

환경부 제정

하수도 시설 기준

2011

한국상하수도협회

시설기준 개정에 따른 경과조치

이 하수도시설기준 개정 시점에서 이미 시행 중에 있는 설계용역이나 건설공사에 대하여는 종전에 적용하고 있는 하수도시설기준을 그대로 사용할 수 있습니다.

개 정 사

물은 모든 생명체의 기원이자 인간에게는 생명의 기반이라고 할 수 있습니다. 따라서 물이 얼마나 깨끗하고 풍부한가는 국가 구성원들 삶의 기본 조건이자 질을 결정하는 중요한 요소가 됩니다. 그러나 인구증가와 산업의 발달, 지구온난화 등으로 세계 곳곳에서 물 부족 현상이 심각해지고 있으며, 깨끗한 물자원의 확보와 물산업 육성이 세계 각국의 중요한 정책으로 대두되고 있습니다.

이제 물은 생활을 위해 단순히 소비하는 소비재가 아니라 소중한 '자원'으로 인식하고 물부족의 심각성을 깨달아야 할 것입니다. 그동안 정부는 상수도 기반시설의 확충과 기술의 선진화를 위하여 많은 노력을 기울여왔으며, 특히 하수도 분야에는 친환경/주민친화적 하수처리시설 건설, 하수처리수 재이용, 에너지자립화를 통한 저탄소·녹색성장의 실현을 위하여 지속적인 투자를 하고 있습니다. 최근에는 댐상류 하수도 확충사업을 비롯한 하수관거 BTL 사업 등 하수관거정비사업이 활발히 진행되고 있으며, 관련기술도 비약적으로 발전함으로써 보다 안정적인 하수도서비스를 제공할 수 있게 되었습니다.

앞으로 하수도는 선도적 기술개발을 통해 하수도의 품질을 더욱 향상시키고, 나아가 물산업 경쟁력을 강화하여 세계의 물시장에서 주도적 역할을 할 수 있도록 모두가 함께 노력을 기울여야 할 것입니다. 이번에 개정하게 된 「하수도시설기준」도 이러한 시대적 요구에 부응할 수 있도록 새로운 기술 및 발전된 기술을 반영하여 현장 활용성을 높일 수 있도록 하였습니다. 또한 범정부적으로 추진 중인 저탄소·녹색성장을 위한 각종 하수도정책과 기후변화에 따른 홍수 등 자연재해에 대응하기 위한 관련 기준을 보완하였습니다. 아무쪼록 본 기준이 하수도 관련 종사자들에게 널리 활용되어 하수도가 깨끗하고 안전한 사회기반시설로서 역할을 다 할 수 있기를 기대합니다.

끝으로 본 「하수도시설기준」 개정을 위해 수고해주신 집필위원, 자문위원, 관계자 여러분께 감사의 말씀을 전합니다.

2011년 4월

상수도정책관 안 문 수

머 리 말

1966년 8월 제정·공포된 우리나라의 하수도법은 그동안 여러 차례의 개정작업을 거쳐 머지않아 반백년의 역사를 갖게 될 것이다. 그간 우리나라의 하수도법은 공공하수도의 설치 및 관리에 관한 법률로 국한되었었고 개인하수도의 영역은 오수·분뇨 및 축산폐수의 처리에 관한 법률의 적용을 받도록 되어 있었으나, 2007년 9월 개인하수도와 분뇨처리에 관한 부문이 하수도법에 통합되어 더 넓은 의미의 하수도 영역을 갖는 새로운 법체계를 갖게 되었다.

그 동안 정부의 하수도사업이 하수처리시설 및 간선관거 설치 위주로 시행되어 오다가 2002년을 계기로 하수관거정비사업이 본격적으로 시작되었으며, 한강수계하수관거정비 시범사업, BTL방식의 하수관거정비사업, 댐상류지역 하수도시설확충사업 등의 시행을 통해 우리나라의 하수도는 괄목할만한 성장을 이루었다. 원래 하수도시설기준은 1979년 건설부에서 처음 제정한 바 있고, 그 후 1992년 1차 개정 그리고 환경부 이관 후 1998년 2차 개정하였고, 2005년에 제3차 개정을 한 후 금번 2007년 개정된 하수도법에 따른 용어 및 법체계 변화의 반영 및 정부에서 추진 중인 녹색성장과 기후변화에 대비한 각종 하수도정책과 연계성이 높은 하수도시설기준으로의 개정을 하게 되었다. 그간의 하수도시설기준은 일본하수도협회에서 발간한 ‘하수도설계지침 및 해설서’를 많이 참고하여 왔다고 할 수 있으나, 이번 개정 작업에서는 최근 국내에서 다양한 하수관거정비사업 및 하수고도처리기술 등의 시행과 개발을 통해 자체적인 설계 및 시설에 관한 노하우(know-how)를 반영하게 된 것이 특징이라고 할 수 있다. 이에 따른 금번 개정의 주요 기본 방향은 다음과 같다.

- ① 기존 시설기준 운용과정 중 발생한 문제점을 개선·보완하고, 새롭게 개발된 기술 및 공법의 적용 검토 등 하수도 관련 설계기준 제시
- ② 2007년 9월 통합된 하수도법 시행에 따른 새로운 시설(분뇨처리시설)의 기준 마련 및 기존 시설기준을 현행 법령체계와 일치시키는 방안 제시
- ③ 하수도시설 관련 각종 연구사업 결과 검토 반영
 - 분류식 하수관거 시설기준 및 하수관거 침입수·유입수 산정방법을 적용한 계획하수량 제시
 - 합류식하수도월류수(CSOs) 관리 및 초기우수처리를 위한 시설기준의 내용 검토
 - 기후변화협약에 따른 온실가스 배출저감 및 에너지자립형 하수처리시설 구축을 위한 기술 검토
- ④ 전 분야에 걸친 유역별 수질관리, 오염총량관리를 고려한 통합운영관리시스템 구축, 친환경 주민친화적 하수처리시설 조성방안 제시
- ⑤ 기후변화 등으로 인한 홍수, 지진 등 자연재해에 대응한 빗물 및 내진관리방안 제시

이러한 기본 방향에 따라 개정된 주요 내용은 다음과 같다.

- 1) 제1장(기본계획)에서는 행정단위 중심의 하수도시설 설치관리를 유역단위로 전환할 경우의 고려사항, 분류식 하수배제방식 강화 및 합류식 하수관거 성능 개선, 공공하수도시설 통합정비 및 운영관리, 관거시설의 계획우수량 산정을 위한 확률년수의 상향 조정 등 강우시 빗물관리기능 강화, 하수처리구역내 비점오염원 관리, 하수처리수 재이용체계 구축, 에너지 자립형 하수도시설 구축, 기후변화에 대비한 하수도시설 관리 등 최근의 하수도정책변화와 새로운 정책수용에 부응한 기본계획의 수립방안이 제시되었다.
- 2) 제2장(관거분야)에서는 합류식하수도 우천시 방류부하량 저감시설에 관한 내용의 대폭 보완, 분류식 및 합류식 하수관거 개보수의 관한 내용, 하수관거 침입수/유입수 산정방법을 적용한 계획하수량 제시방안 추가 등이 이루어졌다.
- 3) 제3장(펌프장시설)에서는 펌프장 시설의 현실성 있는 용도 구분을 위해 구분의 세분화, 저탄소 발생 에너지 절감형 설비 사용 권장, 슬러지계통 펌프에 대한 내용 추가, 내진을 감안한 기초 검토의 필요성 등이 제시되었다.
- 4) 제4장(수처리시설)에서는 생물학적 처리공정 분류의 단순화, 고도처리시설 도입시 방류하천의 수질을 고려한 공정 선정, 처리공법 선정시 지구온난화를 고려한 LCCO2기법의 도입, 일차침전지를 활용한 유량조정조 설치 검토, 각 공정의 설계인자 설명 및 내용 추가, 고도처리에 관한 편제 개편 및 단순화, 처리수 재이용 시설에 대한 상세 내용 추가, 친환경 주민친화적 하수처리시설 조성방안 추가, 생태독성시험 내용 등이 포함되었다.
- 5) 제5장(슬러지처리시설)에서는 최근의 에너지 절감, 슬러지의 자원화를 고려하여 감량화 기술 반영, 건조슬러지의 화력발전소 등 연료사용 내용이 추가되었다.
- 6) 제6장(전기·계측제어설비)에서는, 국내 관련법령의 명칭과 내용 변경으로 인한 수정사항 반영, 침수 및 내진에 관한 검토사항 추가, 전기설비에 포함되는 에너지 계획 신설, 우리나라의 직접 접지계통에 적합한 접지시스템에 관한 내용 추가, 계측장치 일람표 등 지나치게 복잡한 내용의 단순화, 수질원격감시체계(TMS)분야를 추가함으로써 그 활용도를 높였다.
- 7) 제7장(수질 및 슬러지 분석시험)은 대부분 기존 내용을 그대로 유지하였다.
- 8) 제8장(일반관리시설 및 기타 설계시 고려사항)도 기존 내용을 그대로 유지하였다.
- 9) 제9장(분뇨처리시설)은 오수·분뇨 및 축산폐수의 처리에 관한 법률이 하수도법에 통합되면서 새롭게 작성이 된 부분이다. 그 내용은 총설, 기계시설, 협잡물 제거 및 전처리시설, 주처리시설, 분뇨 슬러지 처리 처분시설, 기타 부대시설로 구성되어 있다. 기존 시설기준의 제9장에 포함되어 있던 마을하수도시설의 내용은 삭제하였다.
- 10) 제10장(내진설계)는 지진피해로부터 하수도시설을 보호하고 하수도시설의 기능을 최대한 확보하여 2차 재해를 발생시킬 가능성을 최소화하기 위한 내진성능 확보에 필요한 최소설계요건을 신설하였다.

금번의 개정작업을 통해 우리나라에서 자체적으로 연구한 내용이 하수도시설기준에 많이 반영될 수 있는 기반이 조성되었다고 하지만, 여전히 미국과 일본 등지의 시설기준을 그대로 사용하고 있는 항목이 많이 있음을 부인할 수 없는 상황이다. 우리나라의 하수도사업이 선진화되면서 이러한 외국시설기준에 대해 관·산·학·연에 속한 전문가들이 문제점을 지적하고 있는 상황에서 국내 실정에 맞는 더욱 기초적이며 장기적인 활용도 높은 하수도 연구가 이루어져야 세계로 뻗어 나갈 수 있는 합리적인 근거를 확보한 우리 하수도기술이 정착될 수 있을 것이다.

아무쪼록 이 지침서가 우리나라 하수도시설의 선진화를 위한 설계 기초자료로 많이 활용되기를 바라며, 이 지침서 내용 이상의 공인된 기술로 하수도시설이 설계됨으로써 우리의 하수도 기술의 향상이 이루어지길 바란다. 끝으로 오랜 기간 동안 많은 노력과 협력을 해주신 집필위원, 자문위원 여러분과 환경부, 한국상하수도협회의 관계자 여러분께 깊은 감사의 뜻을 전한다.

2011년 4월

하수도시설기준 집필위원장 박 규 홍

차 례

제1장 기본 계획	3
1.1 총 설	3
1.1.1 적용범위	3
1.1.2 하수도시설의 목적	3
1.1.3 하수도계획의 수립	5
1.2 하수도계획의 기본방침	6
1.2.1 하수도계획의 기본적 요건	6
1.2.2 우수배제계획	7
1.2.3 하수처리·재이용계획	7
1.2.4 슬러지처리·재이용계획	9
1.2.5 통합운영관리계획	10
1.2.6 친환경·에너지절약계획	10
1.3 하수도계획의 기본적 사항	11
1.3.1 계획목표년도	12
1.3.2 계획구역	12
1.3.3 배제방식	14
1.3.4 분뇨처리와 하수도	17
1.3.5 하수도시설의 배치, 구조 및 기능	17
1.3.6 법령상의 규제	20
1.4 조사	20
1.4.1 자연적 조건에 관한 조사	21
1.4.2 관련계획에 관한 조사	23
1.4.3 부하량에 관한 조사	26
1.4.4 기존시설에 관한 조사	29
1.4.5 하수의 자원화 및 시설의 유효이용에 관한 조사	30
1.4.6 기타 필요한 조사	31
1.5 우수배제계획	31
1.5.1 계획우수량	31

1.5.2	우수관거계획	41
1.5.3	빗물펌프장계획	42
1.5.4	우수유출량의 저감계획	43
1.5.5	우수조정지계획	45
1.6	오수배제계획	46
1.6.1	계획오수량	46
1.6.2	우수관거계획	47
1.6.3	오수펌프장계획	49
1.6.4	불명수유입량의 저감계획	50
1.6.5	오수이송계획	52
1.7	하수처리재이용계획	53
1.7.1	계획인구	53
1.7.2	계획오수량	54
1.7.3	계획오염부하량 및 계획유입수질	57
1.7.4	처리방법	60
1.7.5	처리장계획	61
1.7.6	하수처리수 재이용 기본계획	62
1.7.7	하수처리수 재이용 시설계획	65
1.8	분뇨처리계획	66
1.8.1	분뇨처리 계획방향	66
1.8.2	분뇨처리 계획량 및 성상	67
1.8.3	분뇨처리시설	68
1.8.4	분뇨처리방식 및 방법	69
1.9	슬러지처리이용계획	70
1.9.1	계획슬러지량	70
1.9.2	이용방법	71
1.9.3	운송방법	73
1.9.4	처리·처분방식	73
1.9.5	슬러지의 광역처리	74
1.10	합류식하수도 우천시 방류부하량 저감계획	75
1.10.1	우천시 방류부하량 저감 목적	75
1.10.2	우천시 방류부하량 저감 목표	76

1.10.3	우천시 방류부하량 저감 계획	77
1.10.4	우천시 방류부하량 저감 대책	79
1.11	시설계획	81
1.11.1	기본적 사항	81
1.11.2	효율적인 시설계획	82
1.11.3	설비 및 기기의 적절한 조합	84
1.11.4	계획의 재검토	85
1.11.5	기존하수처리시설 성능개선 및 고도처리계획	86
1.11.6	시설의 다목적 이용	88
1.12	설계기준	89
1.12.1	시설의 일반기준	89
1.12.2	토목시설 기준	90
1.12.3	건축시설 기준	90
1.12.4	기계시설 기준	93
1.12.5	전기시설 기준	95
1.12.6	계측제어시설 기준	96
1.12.7	조경시설 기준	97
1.12.8	기타 재료 및 기구 기준	98
1.13	유역별 통합운영관리 계획	99
1.13.1	유역별 통합운영관리 기본방향	99
1.13.2	유역별 통합운영관리 방안	100
1.13.3	통합운영관리시스템 계획	101
제2장	관 거 시 설	107
2.1	총 설	107
2.1.1	계획하수량	107
2.1.2	유량의 계산	108
2.1.3	유속 및 경사	119
2.2	관거의 종류와 단면	120
2.2.1	관거의 종류	120
2.2.2	관거의 단면	123
2.2.3	최소관경	125

2.3 매설위치 및 깊이	126
2.3.1 매설위치	126
2.3.2 매설깊이	128
2.3.3 관거의 표시	129
2.4 관거의 보호 및 기초공	130
2.4.1 외압에 대한 관거의 보호	130
2.4.2 관거의 내면보호	130
2.4.3 기초공	131
2.5 관거의 접합과 연결	141
2.5.1 관거의 접합	141
2.5.2 관거의 연결	145
2.6 역사이편	148
2.7 맨홀	152
2.7.1 맨홀	152
2.7.2 맨홀부속물	159
2.7.3 소형맨홀	160
2.8 우수조정지	163
2.8.1 위치	163
2.8.2 구조형식	164
2.8.3 우수방류방식	165
2.8.4 계획강우의 확률년수	165
2.8.5 유입우수량의 산정	165
2.8.6 조절용량의 산정	168
2.8.7 방류관거	170
2.8.8 퇴사량	170
2.8.9 여수토구	170
2.9 합류식하수도 우천시 방류부하량 저감시설	171
2.9.1 방류부하량 산정	171
2.9.2 처리방법의 선정	174
2.9.3 배수설비 및 관거의 방류부하 저감대책	178
2.9.4 우수토실 및 토구의 방류부하 저감대책	179

2.9.5 차집관의 방류부하 저감대책	180
2.9.6 우수체수지의 방류부하 저감대책	181
2.10 개거의 종류와 단면	184
2.10.1 개거의 종류	184
2.10.2 개거의 단면	185
2.10.3 개거의 여유고	185
2.11 우수토실 및 토구	187
2.11.1 우수토실	187
2.11.2 토구	191
2.12 물받이 및 연결관	193
2.12.1 물받이의 분류	193
2.12.2 오수받이	194
2.12.3 빗물받이	198
2.12.4 집수받이	202
2.12.5 연결관	204
2.12.6 악취방지시설	206
2.12.7 기타시설	207
2.13 배수설비	208
2.13.1 배수설비의 일반사항	208
2.13.2 배수관	209
2.13.3 물받이	211
2.13.4 부대설비	214
2.13.5 제해시설	217
2.14 해양방류시설	220
2.14.1 설계시의 고려사항	220
2.14.2 해양방류관	221
2.15 압력관거 시스템	222
2.15.1 압력관거 시스템의 종류	222
2.15.2 압송식 하수도 수송 시스템	224
2.15.3 진공식 하수도 수집 시스템	228
2.15.4 압력식 하수도 수집 시스템	233

2.16 분류식 하수관거 개·보수	237
2.16.1 적용범위	237
2.16.2 개·보수의 목적	237
2.16.3 하수관거 개·보수 계획	238
2.16.4 기존관거 조사	243
2.16.5 분류식 하수관거 개·보수 판단기준	248
2.16.6 개·보수 범위	256
2.17 합류식 하수관거 개·보수	257
2.17.1 적용범위	257
2.17.2 개·보수의 목적	257
2.17.3 하수관거 개·보수계획	258
2.17.4 기존관거 조사	262
2.17.5 합류식 하수관거 개·보수 판단기준	262
2.17.6 개·보수 범위	262
【참고 2-1】 황화수소 대책	263
【참고 2-2】 소구경관의 수리특성	270
 제3장 펌프장시설	275
3.1 총 설	275
3.1.1 펌프장의 구분	275
3.1.2 계획하수량	277
3.1.3 위치 및 안전대책, 환경대책	278
3.1.4 흡입수위	280
3.1.5 배출수위	280
3.1.6 구동장치	281
3.2 침사설비 및 파쇄장치	282
3.2.1 침사지설비	282
3.2.2 침사지의 형상 및 지수	282
3.2.3 수문	292
3.2.4 스크린	295
3.2.5 침사 제거시설	299
3.2.6 침사 및 협잡물의 처리	302
3.2.7 파쇄장치	304

3.2.8 안전시설	306
3.3 연결관거	307
3.3.1 연결관거	307
3.3.2 바이패스관	307
3.4 펌프시설	307
3.4.1 계획하수량과 대수	308
3.4.2 펌프의 선정	309
3.4.3 펌프구경	318
3.4.4 펌프의 전양정	319
3.4.5 흡입실양정	322
3.4.6 펌프의 축동력	326
3.4.7 전동기의 출력	327
3.4.8 펌프흡수정	328
3.4.9 흡입관	330
3.4.10 펌프계통의 수격작용	332
3.4.11 기초	334
3.4.12 부대시설 및 보조시설	335
3.5 펌프의 자동운전	336
3.5.1 제어방식의 선정	336
3.5.2 자동운전용 기기	337
3.5.3 펌프설비 보호장치	341
3.6 전동기	342
3.6.1 종류	342
3.6.2 형식	343
3.6.3 기동장치	344
3.6.4 동력전달방식	345
3.6.5 전동기 보호장치	346
3.7 비상발전기	347
3.7.1 종류	347
3.7.2 출력	348
3.7.3 비상발전기실	348
3.7.4 보조시설	349

3.7.5 기초	350
3.8 소음 및 진동방지	350
3.9 펌프장	352
3.10 방류시설	356
제4장 수 처 리 시 설	363
4.1 총 설	363
4.1.1 계획하수량과 수질	363
4.1.2 처리방법의 선정	364
4.1.3 처리시설의 배열 및 구조	368
4.1.4 처리시설간의 수위차	368
4.2 생물처리의 기본원리	376
4.2.1 활성슬러지법의 기본원리	376
4.2.2 활성슬러지의 동력학해석	389
4.2.3 생물막법의 기본원리 및 처리특성	393
4.3 유량조정조	400
4.3.1 용량	401
4.3.2 조의 형상 및 수	402
4.3.3 구조 및 수심	403
4.3.4 교반장치	403
4.3.5 유출설비	403
4.4 침전지	404
4.4.1 일차침전지	404
4.4.2 이차침전지	415
4.4.3 다층식침전지	420
4.5 활성슬러지법	422
4.5.1 활성슬러지법의 설계인자	422
4.5.2 포기에 의한 산소용해기구	435
4.5.3 활성슬러지법 처리방식	446
4.5.4 표준활성슬러지법	449
4.5.5 순산소활성슬러지법	469

4.5.6	심층포기법	475
4.5.7	연속회분식활성슬러지법	479
4.5.8	산화구법	490
4.5.9	장기포기법	496
4.6	생물막법	499
4.6.1	생물막법의 처리방식	499
4.6.2	접촉산화법	501
4.6.3	호기성여상법	505
4.7	고도처리	511
4.7.1	개요	511
4.7.2	처리방식의 선정	512
4.7.3	질소 인 동시 제거	514
4.7.4	질소제거	525
4.7.5	인제거	531
4.7.6	기존 하수처리시설의 고도처리시설 설치	536
4.7.7	잔류 SS 및 용존유기물 제거공정	539
4.8	소독시설	554
4.8.1	염소소독	571
4.8.2	탈염소	584
4.8.3	오존에 의한 소독	587
4.8.4	자외선(UV) 소독시설	590
4.9	처리수 재이용시설	593
4.9.1	시설운전용	593
4.9.2	다목적이용	597
4.10	하수처리시설내 부대시설	602
4.10.1	처리장내 연결관거	602
4.10.2	관랑	603
4.10.3	토구	605
4.10.4	급배수관	606
4.11	친환경 주민친화시설	606
4.11.1	친환경 주민친화시설 유형 분류 및 종류	607
4.11.2	친환경 주민친화시설 설치 고려사항	609

4.11.3 친환경 주민친화시설 도입순위	611
【참고 4-1】 화학적처리	612
【참고 4-2】 산화지	626
【참고 4-3】 회전원판법	631
【참고 4-4】 활성탄흡착법	638
【참고 4-5】 오존산화법	645
【참고 4-6】 하수처리시설 방류수의 생태독성	647
제5장 슬러지처리시설	651
5.1 총 설	651
5.1.1 슬러지처리시설 용량	651
5.1.2 슬러지 처리 및 처분방법	657
5.1.3 반류수 처리	660
5.2 슬러지의 수송 및 저류	661
5.2.1 슬러지의 전처리	663
5.2.2 슬러지의 수송관	665
5.2.3 슬러지 펌프	670
5.2.4 슬러지 저류조 및 펌프실	676
5.3 슬러지의 농축	677
5.3.1 중력식 농축조	678
5.3.2 부상식 농축조	687
5.3.3 원심농축기	696
5.3.4 중력식 벨트농축기	700
5.3.5 기타 방식의 농축기	703
5.4 혐기성 소화	703
5.4.1 혐기성 소화의 원리	703
5.4.2 설계시 고려사항	710
5.4.3 소화방식	718
5.4.4 시설계획	718
5.4.5 혼합장치	726
5.4.6 슬러지의 유입 및 배출	728
5.4.7 상징수의 제거와 처리	729

5.4.8	가온 및 보일러	730
5.4.9	소화가스의 포집과 저장	737
5.4.10	소화가스의 에너지화	741
5.4.11	부대시설	743
5.4.12	분뇨, 음식물폐수 등 연계처리	746
5.5	호기성 소화	747
5.5.1	호기성 소화의 원리	747
5.5.2	설계시 고려사항	748
5.5.3	시설계획	749
5.5.4	상징수의 제거와 처리	754
5.5.5	산소공급시설	755
5.6	슬러지의 개량	759
5.6.1	세정장치	760
5.6.2	약품처리	761
5.6.3	열처리설비	765
5.6.4	슬러지 감량화	766
5.7	슬러지의 탈수	768
5.7.1	가압탈수설비	769
5.7.2	벨트프레스 탈수설비	775
5.7.3	원심탈수설비	778
5.7.4	기타 기계적 슬러지 탈수방법	781
5.7.5	탈수기 부대설비	782
5.8	슬러지의 건조	784
5.8.1	함수율 및 건조특성	784
5.8.2	건조방식	787
5.8.3	건조기 설계 순서	793
5.8.4	용량, 수 및 구조	796
5.8.5	건조 조건 설정	798
5.8.6	부대장치	799
5.9	퇴비화	801
5.9.1	기본조건	802
5.9.2	전처리 설비	808

5.9.3 퇴비화조의 크기	808
5.9.4 퇴비화조 형식과 구조	810
5.9.5 공기공급량	813
5.9.6 제품화 관련 설비	814
5.9.7 저류 설비	815
5.9.8 저장 설비	815
5.9.9 악취제거 설비	816
5.9.10 퇴비화의 문제점	816
5.10 슬러지 소각	818
5.10.1 기본 고려 사항	820
5.10.2 다단소각로	825
5.10.3 회전소각로	835
5.10.4 유동층소각로	842
5.10.5 건조건류로	852
5.10.6 습식산화시설	855
5.10.7 기타 슬러지 소각 설비	863
5.10.8 슬러지 용융	865
5.10.9 대기오염문제	870
5.11 슬러지의 자원화	872
5.11.1 녹지 및 농지 이용	872
5.11.2 건설자재로서의 이용	873
5.11.3 에너지 이용	876
5.12 슬러지의 최종 처분	878
5.12.1 고화	878
5.12.2 매립	881
5.13.3 해양투기	884
제6장 전기·계측제어설비	887
6.1 총론	887
6.1.1 기본사항	888
6.1.2 법규의 준수	891
6.1.3 규격 등의 적용	893

6.1.4 시공범위	893
6.1.5 공정 및 지역적 특성	894
6.1.6 설비계획	895
6.2 전기설비	896
6.2.1 수변전설비	896
6.2.2 부하설비	910
6.2.3 예비전원설비	921
6.2.4 제어용 전원설비	930
6.2.5 보호 및 안전설비	936
6.2.6 방재설비	944
6.2.7 에너지 계획	947
6.3 계측제어설비	947
6.3.1 계측항목	947
6.3.2 계측기기의 선정	953
6.3.3 계측기기의 종류	954
6.3.4 수질원격감시체계(TMS)	975
6.3.5 감시제어설비	983
6.3.6 원격감시제어장치	997
6.3.7 통합관리시스템	1001
6.3.8 중앙감시반	1006
6.3.9 CCTV장치	1008
6.3.10 하수처리 시설의 제어 방식	1011
제7장 수질 및 슬러지 분석시험	1029
7.1 수질 및 슬러지 분석시험	1029
7.2 시험실	1032
7.2.1 위치	1032
7.2.2 면적	1033
7.2.3 구성	1033
7.2.4 시험실 형태	1036
7.3 수질 및 슬러지 분석 시험실의 주요기기	1037

제8장 일반관리시설 및 기타 설계시 고려사항	1043
8.1 관리건물	1043
8.1.1 운영회랑	1043
8.1.2 슬러지 소화조 관리건물	1043
8.1.3 화학약품건물	1044
8.1.4 스크린 및 침사지건물	1044
8.2 일반 업무용시설	1045
8.2.1 수리공장	1045
8.2.2 일반저장고	1045
8.2.3 휴게실	1045
8.2.4 샤워장 및 화장실	1046
8.2.5 도구 및 기구	1046
8.3 사무실과 기록보관실	1046
8.3.1 사무실	1046
8.3.2 기록보관실	1047
8.3.3 도서실	1048
8.4 배관의 식별	1048
8.5 시료채취설비	1049
8.6 악취방지시설	1051
8.6.1 일반적인 고려사항	1051
8.6.2 악취방지시설	1052
8.7 건축기계설비	1060
8.7.1 급수시설	1060
8.7.2 냉·난방시설	1061
8.7.3 교차연결	1061
8.7.4 환기시설	1062
8.8 조경	1063
제9장 분뇨처리시설	1067
9.1 총 설	1067
9.1.1 처리공정	1067

9.2 기계시설	1069
9.2.1 펌프장시설	1069
9.2.2 교반기 시스템	1070
9.2.3 송풍기	1071
9.2.4 산기장치	1073
9.3 협잡물제거 및 전처리 시설	1073
9.3.1. 전처리설비	1073
9.3.2 투입설비	1074
9.3.3 협잡물 제거장치	1074
9.3.4 저류설비	1075
9.3.5 협잡물 처리	1076
9.4 주 처리시설	1077
9.4.1 혐기성 처리시설	1077
9.4.2 호기성 처리시설	1078
9.4.3 2차 처리설비	1079
9.4.4 하수처리시설과 연계처리설비	1080
9.4.5 생물학적 질소제거 처리설비	1081
9.4.6 고도처리설비	1082
9.5 분뇨 슬러지 처리 처분 시설	1086
9.5.1 슬러지의 농축 및 처리 설비	1086
9.5.2 슬러지 탈수설비	1086
9.5.3 슬러지퇴비화 설비	1089
9.5.4 탈수케익 및 협잡물 이송장치	1089
9.6 기타 부대시설	1090
9.6.1 악취방지 및 탈취설비	1090
9.6.2 소독시설	1092
9.6.3 전기·계측제어설비	1092
제10장 내 진 설 계	1097
10.1 총 설	1097
10.1.1 목적	1097
10.1.2 적용범위	1097

10.2 내진설계	1098
10.2.1 내진설계의 기본방침	1098
10.2.2 내진등급 및 등급별 내진설계 목표	1099
10.2.3 설계지반운동 수준 및 표현방법	1099
10.3 지반조사	1105
10.4 기본적인 지진설계 및 설계 방법	1107
10.5 품질보증에 대한 기본적인 사항	1108
10.5.1 일반사항	1108
10.5.2 설계품질관리	1108
10.5.3 시공품질관리	1108
10.5.4 유지관리	1109
10.5.5 지진기록 계측에 관한 요구사항	1109

제 1 장

기 본 계 획

제1장 기본계획

1.1 총 설

1.1.1 적용범위

본 하수도시설기준은 공공하수도의 설치에 필요한 하수도시설의 계획 및 설계에 적용하는 지침서이다.

본 시설기준에서 말하는 하수도시설은 규모에 관계없이 전체를 대상으로 하고 있으나, 시설규모에 따라 공정의 구성이나 세부시설의 구성을 가감하되 하수도의 적정기능을 유지하는 범위에서 효율적인 계획 및 설계가 되도록 하여야 한다.

본 설계기준은 보다 효율적이고 경제적인 신기술 개발에 대처하기 위하여 계속 보완되어야 한다.

1.1.2 하수도시설의 목적

하수도 시설의 목적은 아래와 같다.

- (1) 하수의 배제와 이에 따른 생활환경의 개선
- (2) 침수방지
- (3) 공공수역의 수질보전과 건전한 물순환의 회복
- (4) 지속발전 가능한 도시구축에 기여

【해설】

하수도의 법적 근거인 하수도법 제1조에 따르면 법의 목적을 「하수와 분뇨를 적정하게 처리하여 지역사회의 건전한 발전과 공중위생의 향상에 기여하고 공공수역의 수질을 보전함을 목적으로 한다」고 명시하고 있으며, 이는 하수도 시설의 포괄적인 목적이기도 하다. 그러나, 이러한 목적 이외에도 건전한 도시 수변환경의 회복과 함께 지속발전 가능한 도시조성을 위한 기반시설의 한 축으로서 하수를 자원으로 유효이용 하도록 함으로써 도시의 대사기능 유지와 자원순환형 사회로 전환하기 위한 수단으로 이용함은 물론이고, 친환경·주민친화적 시설로 생활공간의 일부로서 역할 하는 등 그 목적의 범위가 확대 되어야 할 것이다.

(1)에 대하여

하수도를 통해 오수를 배제함으로써 화장실의 수세화가 가능해지고, 병원균이나 해충의 배제, 악취 비산 방지 등의 공중위생 향상과 쾌적한 도시생활환경 조성이 가능해진다. 또한 하수도 정비를 통해 오수를 하천수와 분리하여 유하시킴으로써 도시내 수로를 침수공간으로 조성하여 시민에게 되돌려 줄 수 있다.

(2)에 대하여

하수도의 정비에 의해 우수를 신속하게 배제하고, 침수문제를 해소할 수 있다. 도시화의 진전과 토지개발 밀도 고도화에 따라 우수의 유출량은 늘어나고, 도시재산과 인명의 밀집현상이 나타나서 침수 시 재산과 인명 피해가 커지게 되므로 침수대책으로서의 하수도 역할은 그 중요도가 갈수록 더해진다. 이에 대처하기 위해 관거와 펌프장 같은 기존 우수배제 시설의 정비 외에도 우수유출 저감시설을 적절히 조합하여 도시의 치수기능을 향상시켜야 한다.

(3)에 대하여

하수도는 도시활동에 의해 배출되는 오수를 적절히 처리하여 방류수역의 수질오염을 개선하는데 크게 기여하고 있다. 또한 처리수를 하천에 환원시켜 하천유지수량을 확보함으로써 생태계의 보전 및 회복에 기여한다. 우수에 대해서도 오염이 저감되어 지하수 함양, 도시녹화 등에 이용이 가능하게 된다.

한편, 산업의 발달로 인해 사용 배출되는 유해화학물질의 종류는 급속히 증가하고 있고 이들 미지의 독성물질에 대한 개별 대응에는 한계가 있으므로 수계 배출 유해물질의 독성을 통합적으로 관리하고 수생태계 위해성 등 수용체 중심의 수질관리체계의 구축필요성에 따라 폐수배출시설에 대한 「생태독성 배출허용기준」 도입이 예정되어 있으며, 장기적으로는 산업폐수 유입비중이 큰 하수처리시설에도 도입될 수 있는바 생태독성 배출현황 조사, 독성분석 및 원인물질 탐색 등으로 장기적 정책방향에의 부응 및 환경리스크 저감대책 수립 등 공공수역의 생태계 보전과 건전한 물순환에 도움이 되도록 해야 할 것이다.

수질보전과 관련하여 환경정책기본법에 수질에 관한 환경기준이 정해져 있어 이의 달성을 촉진할 필요성이 있고 이에 따라 하수도법의 목적에서도 하수도가 공공수역의 수질을 보전함을 부기하고 있다.

환경정책기본법상의 환경기준, 수질 및 수생태보전에 관한 법률상의 수질오염물질배출허용기준, 하수도법상의 방류수수질기준 및 중수도수질기준 등이 설정되어 있고 이러한 기준들은 환경변화 및 시대적 요구에 따라 변화되고 있으므로 하수도시설의 계획 및 설계당시의 기준에 따라야 할 것이며, 향후 변화가 예상되는 기준도 필요시 고려되어야 할 것이다.

(4)에 대하여

도시활동에 따라 배출되는 하수는 하수에 포함된 열에너지와 하수처리과정에서 발생하는 슬러지 그리고 하수처리수는 자원으로써 유효하게 순환이용이 가능하다. 이들 하수도 자원을 유효하게 이용하여 자원과 에너지 절약 및 순환이용을 통해 지속발전가능한 도시건설에 기여할 수 있다. 또한, 하수도는 도시내 건물을 연결하는 공동구로서 정보화를 위한 통신선로 부설 등이 가능하므로 하수도를 도시기능 향상을 위해 다목적으로 이용가능하다.

- ① 자원절약, 순환형 사회에 기여 : 하수처리수나 슬러지의 적절한 수집, 처리, 재이용 등을 통해 자원의 절약, 수질오염의 방지에 기여하며, 이를 위해 하수처리수, 슬러지, 우수, 열에너지 등의 하수도 자원을 적극적으로 이용하여 도시 대사기능을 강화하고, 에너지 절약형, 순환형 사회건설에 기여하도록 해야 한다.

4 하수도시설기준

- ② 하수도의 다목적 이용 : 하수도시설 중 우수지나 펌프장, 하수처리시설 상부를 복개하여 공원화, 주차장, 체육 등의 시민편의시설 설치공간으로 이용할 수 있다. 또한, 하수처리수는 인공연못이나 도시하천의 유지수로 이용이 가능하며, 하수관거는 도시내 건축물간 연결망을 최대한 이용하여 광케이블을 설치하여 정보화 사회의 인프라로 이용할 수 있는 등 다목적으로 이용이 가능하므로 이에 대한 활용도를 넓혀 나가야 할 것이다.

1.1.3 하수도계획의 수립

하수도계획은 하수도의 역할이 다양화되고 있는 사회적인 요구에 부응할 수 있도록 장기적인 전망을 고려하여 수립하되 다음사항을 포함하여야 한다.

- (1) 침수방지계획
- (2) 수질보전계획
- (3) 물관리 및 재이용계획
- (4) 슬러지 처리 및 자원화 계획

【해설】

하수도는 침수방지 및 생활환경의 개선을 위한 기초적인 역할을 담당하는 생활기반 시설이며, 공공수역의 수질보전뿐만 아니라 자원의 유효이용이라는 관점에서 처리수를 수자원으로 공급할 수 있는 등 다양한 역할을 하는 시설이다.

따라서 도시 및 농촌에 걸쳐서 하수도를 정비할 때는 이와 같은 하수도의 역할이 다양화되고 있는 사회적인 요구에 부응하되 장기적인 전망을 고려하여 하수도계획을 수립하여야 한다.

(1)에 대하여

하수도계획은 하수도계획 구역내의 종합적인 배수계획을 고려하여 수립한다. 하수도는 시가지 또는 농어촌의 우수를 신속히 배제함으로써 침수에 의한 재해를 방지하는 기능도 갖고 있다.

도시계획에 관한 법률에는 시가화구역에 대해서는 적어도 도로, 공원 및 하수도를 도시계획에 의해 정할 것을 규정하고 있으며, 이들 시설이 도시로서 최소한도 필요한 가장 기본적인 시설임을 분명히 하고 있다.

따라서 우수배제의 측면에서 하수도계획을 수립할 경우에는 하천, 농업용 배수로 및 기타 기존수로를 포함한 지역전체의 도시배수 실태를 파악하여, 이들 시설이 도시배수를 위하여 각각 갖추어야 할 기능을 명확히 구분한 후 이를 기초로 하여 도시의 종합적인 배수계획의 일부로서 하수도계획을 수립한다.

또한, 소규모 하수도계획 수립에 있어서도 침수재해를 방지하기 위한 종합적인 배수계획의 수립은 필수적이다.

(2)에 대하여

하수도계획은 수질보전에 관한 관련 법규상의 기준에 따라 수질보전과 하수도의 관계를 충분히 고려

하여 수립한다. 수질오염의 급격한 진행에 따라 오늘날에는 하수도가 단순한 생활환경의 개선뿐만 아니라 공공수역의 수질보전에 의한 수자원의 보호라는 보다 중요한 역할을 수행하는 것으로 평가되고 있다.

(3)에 대하여

하수도계획은 수자원의 확보측면에서 종합적인 물관리계획을 고려하여 수립한다. 각종 목적으로 사용된 물은 오수로 변하여 공공수역을 오염시키는 주원인이 되고 있고, 공공수역의 수질오염이 진행된다면, 하천이나 댐 등은 수자원으로서의 질적 저하를 초래하여 양호한 수자원의 확보문제는 더욱 심각해질 것이다. 또한, 지표면을 따라 일과성으로 유출되어지는 우수 역시 도시의 수자원으로 유효이용이 가능한 주요자원이다. 따라서, 하수도는 수자원의 질적인 확보 측면과 함께, 한정된 수자원을 유효하게 이용하기 위해 하수처리수의 재이용, 도시지역 강우의 유효이용 등을 포함하여 종합적인 물관리계획을 고려하여 수립한다.

(4)에 대하여

하수처리과정에서 발생하는 슬러지는 하수발생원의 특성에 따라 구성성분에 다소간 차이가 있으나 다량의 유기물과 점토같은 무기질로 구성되어있기 때문에 2차 오염원이면서도 유효이용이 가능한 물질이다. 따라서, 종래에 매립과 해양투기 등의 방법으로 처분하던 계획을 수정하여 퇴비화나 건설자재 등으로 유효 이용하도록 해야 하며, 하수처리시설 규모와 발생슬러지 성상에 따라 적절한 전처리 계획과 재이용 계획이 수립되어야 한다. 소규모 하수처리시설은 슬러지 통합처리, 광역화 처리계획 등으로 적절한 전처리 및 수거, 운반계획이 필요하다.

1.2 하수도계획의 기본방침

1.2.1 하수도계획의 기본적 요건

하수도의 계획에 있어서는 하수·분뇨의 유출 및 처리·이용, 그리고 슬러지처리·이용의 기능을 함께 갖출 것을 기본적인 요건으로 한다.

【해설】

하수도는 하수·분뇨의 유출 및 처리·이용, 그리고 슬러지처리·이용의 기능을 가진 것으로서 하수의 유출에 대응하는 하수도의 주요 역할이 침수에 의한 재해의 방제이며, 처리에 대응하는 역할이 생활환경의 개선 및 수질보전이다. 하수처리과정에서 발생하는 슬러지도 적절하게 처리·이용되어야 한다. 따라서 이들의 기능 중 어느 하나라도 원활하지 못하면 완전한 하수도라고는 말하기 어렵다.

특히, 하수도는 단순히 재해방지와 오염의 처리에서 더 나아가 물 순환기능의 보전과 양호한 물환경 유지 및 지속가능한 도시건설을 위한 적극적인 재이용이 추진되는 등 하수도 계획범위가 확장되고 있

6 하수도시설기준

고 향후에는 더욱더 확장되어야 할 것이다.

1.2.2 우수배제계획

우수배제에 관한 하수도계획은 대상지역의 우수배제와 관련있는 하천, 농업용 배수로 및 기타 배수로 등과 함께 하수도를 포함한 종합적인 우수배제계획을 수립한다.

【해설】

시가지에서의 우수배제는 오수배제·처리와 함께 하수도 기능의 중요한 부문이나 우수배제는 단지 하수도만에 의해 이루어지는 것이 아니므로 하천, 농업용 배수로 및 기타의 기존수로와 함께 하수도를 포함한 종합적인 배수체계로서 고려할 필요가 있다.

따라서 시가지의 우수배제에 관한 하수도계획은 하수도를 포함한 우수배제에 관한 배수체계 전체로서의 우수배제계획을 전제로 하여 수립한다.

그러나, 일반적으로 도시의 우수배제실태가 매우 복잡하여, 하천법상의 하천외에 소하천정비법에 따른 소하천, 일반 구거, 기타의 기존수로, 농업용 배수로 및 도로측구 등이 도시배수의 기능면에서 매우 큰 역할을 하고 있음에도 불구하고 그 실태가 명확하지 않고 또 관리주체가 분명하지 않은 경우가 있어 충분한 관리가 이루어지지 않고 있는 실정이다.

따라서 우선 해당지역의 우수배제실태를 충분히 조사·정리하고 하천 및 농업생산기반시설관리자와 협의하여 하천법, 소하천정비법을 적용 또는 준용해야 할 것과 농업용 배수로로서 관리해야 할 것 등의 구분을 명확히 하고, 그 이외의 것에 대해서는 공공하수도시설로 이용해야 할 것과 하수도정비에 따라 폐지해야 할 것 등으로 구분하여 기설하수도와 새로 계획된 하수도 등을 포함한 우수배제에 관한 종합적인 배수계획을 전제로 하여 수로와 하수도, 펌프장 위주의 우수배제계획 이외에도 도시화 진전에 따른 유출유량 증가에 대처하기 위해 도시의 공공용지의 지하공간 등을 이용한 우수저류시설 건설이나 지하공간을 이용한 배수터널 등 다양한 하수도계획을 지역단위로 수립한다.

1.2.3 하수처리·재이용계획

하수처리·재이용계획은 다음 사항을 고려하여 정한다.

(1) 수질환경기준과 하수도

수질환경기준이 설정되어 있는 구역의 하수도계획은 해당구역 수질환경기준의 달성을 전제로 하여 정한다. 한편, 수질환경기준이 설정되어 있지 않은 구역의 하수도계획은 물이용 상황에 따른 수질환경기준을 예상하여 기준설정수역에 준하여 정한다.

(2) 하수도정비기본계획

하수도정비기본계획이 정해져 있는 관할구역내의 개별적인 하수도계획은 하수도정비기본계획에 적합한 것 이어야 한다.

(3) 물 이용계획과 하수도

처리수를 계획적으로 순환 이용하는 경우의 하수도계획은 지역의 물 이용계획을 고려한다.

【해설】

(1)에 대하여

공공수역의 수질오염을 방지하기 위한 행정상의 목표로서 환경정책기본법 제10조의 규정에 의하여 국민의 건강을 보호하고 생활환경을 보전하기 위하여 유지할 필요가 있는 수질환경기준이 설정되어 있는 바, 이의 달성 및 유지를 위한 제반대책을 적극적으로 강구해야 한다.

국민건강의 보호에 관한 환경기준은 모든 공공수역에 해당되며, 생활환경보전에 관한 환경기준은 수역의 현재 및 장래의 이용목적에 따라 수역유형을 설정하고 있다. 특히 지역환경의 특수성을 고려하여 필요하다고 인정되는 경우에는 별도의 환경기준을 설정할 필요가 있다. 수질환경기준을 달성하기 위해 여러 가지 대책을 종합적으로 강구할 필요가 있으며, 특히 유역내 시가지의 하수가 수질오염의 주원인으로 되는 경우에는 하수도정비가 수질환경기준 달성의 근본적인 대책이 된다.

이를 위해서는 그 수역과 관련 있는 다른 하수도계획 및 공장폐수 등과의 관계에 대해서도 충분히 고려할 필요가 있다.

수질환경기준은 영구불변한 것이 아니라 수질오염의 상황, 수질오염원의 성상변화 및 수역이용상황의 변화 등에 따라 개정될 수 있으므로, 하수도계획도 이에 대응할 수 있도록 한다.

(2)에 대하여

지자체별로 또는 광역적으로 하수도정비에 관한 종합적인 기본계획(하수도정비기본계획)을 정한다. 하수도정비에 대해서 합리적인 투자가 되도록 종합적인 하수도정비계획을 수립하여 이를 기본으로 하여 개별하수도사업을 실시하여야 한다.

만약, 광역적으로 하수도를 정비하는 경우에는 각 지자체가 독자적인 판단에 따라 사업을 계획하여 실시한다면 수질환경기준의 적절한 조기달성이 곤란하고, 또한 일시적으로 달성이 가능하더라도 지속성이 없으며, 지자체간 규제의 불공평 또는 비용부담의 불공평을 수반하게 되어 계획의 재검토, 시설의 개선 및 확장 등이 필요하게 된다.

하수도정비기본계획에서는 하수도의 역할을 최대한 합리적, 효과적으로 수행하도록 하수도의 배치, 능력 및 사업의 실시순서 등을 정한다.

하수도정비기본계획의 수립시에는

- ① 지형, 강우량, 하천의 유량 및 기타 자연조건
- ② 공공토지이용의 예측
- ③ 공공수역에 관한 물이용의 예측
- ④ 하수의 양 및 수질의 예측
- ⑤ 하수방류지역의 상황
- ⑥ 하수도정비에 관한 비용효과분석 등을 고려하여야 하며, 아래사항 등을 정하여야 한다.
 - 가) 하수도의 정비에 관한 기본방침
 - 나) 하수도에 따라 하수를 유출 또는 처리하는 구역에 관한 사항
 - 다) 하수도의 기본적 시설의 배치·구조 및 능력에 관한 사항

- 라) 합류식하수관거와 분류식하수관거의 배치에 관한 사항
- 마) 하수도정비사업의 실시순위에 관한 사항
- 바) 공공하수처리시설에서 처리된 물의 재이용계획 및 공공처리수재이용시설의 설치에 관한 사항
- 사) 하수를 공공하수처리시설에서 처리하는 과정에서 발생한 슬러지의 처리계획 및 처리시설의 설치에 관한 사항
- 아) 분뇨의 처리계획 및 분뇨처리시설의 설치에 관한 사항
- 자) 하수와 분뇨의 연계처리에 관한 사항
- 차) 하수도 관련 사업의 시행에 소요되는 비용의 산정 및 재원조달에 관한 사항
- 카) 그 밖에 환경부장관이 하수도의 정비에 관하여 필요하다고 인정하여 고시하는 사항

(3)에 대하여

하수처리수량은 하수도 보급률의 향상과 함께 계속 증가할 것이며, 장래 물이용의 불균형을 보충하는데 충분한 양이 될 것으로 예상되고 있다. 이와 같이 대량으로 발생하는 처리수는 기본적으로 물 순환시스템의 중요한 구성요소로서 하천 등 공공수역으로 환원되거나 재이용을 포함한 자원화가 필요하며, 동시에 지역실정에 적합한 처리장의 입지조건 등을 고려하여 직접적인 순환이용을 적극적으로 추진하는 것이 필요하다.

이러한 처리수의 계획적인 순환이용을 하기 위해서는 해당지역의 물이용계획에 관한 종합적인 계획 중에서 처리수의 재이용 등 순환이용계획을 명확히 하여 지역에 적합한 하수도계획을 수립한다.

1.2.4 슬러지처리·재이용계획

슬러지처리·재이용에 관한 계획은 발생하는 슬러지성상과 지역의 실정에 따라 슬러지가 가지고 있는 자원적 가치를 충분히 이용할 수 있도록 수립한다.

【해설】

하수처리과정에서 발생하는 슬러지는 가정, 사업소, 공장 등에서 세척, 생산공정 과정과 합류식하수도에서 초기우수에 의해 지표면으로부터 유입된 유기물 및 점토질 같은 무기물들을 분리한 물질로서, 그 자체가 오염물질이므로 안전한 방법에 의해 자연으로 환원시키거나 순환이용 되어야 할 물질이다.

종래에 이용했던 위생매립이나 해양투기 같은 방법으로는 슬러지를 대량으로 처분할 수 있으나 단순히 오염물질을 격리·분산시키는 기능만을 갖고 있는데다 2차오염의 문제가 있고, 슬러지가 갖고 있는 자원적인 특성을 활용하지 못했으며, 최근에 들어 다양한 재활용 방안이 시도되고 있고 모색중이다.

그동안 하수관거정비에 따른 유입수질의 상승, 하수처리율 향상, 일반적인 처리시설에 부가된 고도하수처리시설에 따라 하수슬러지양이 증가하고 있으며, 향후에도 증가 될 것으로 전망되므로 하수도 계획시에 장기적인 발생량과 성상의 전망, 비용과 환경영향 등을 고려하여 지역특성에 적합한 유효이용계획과 안정성 있는 처리·처분계획을 수립한다.

소규모 하수처리시설들은 별도의 광역처리장에서 공동처리하여 처분하는 방법이나, 슬러지 처리시설

건설 여건이 유리한 하수처리시설에서 인근처리시설 슬러지를 통합처리하는 방안도 시설비 및 유지관리면에서 합리적인 대안이 될 수 있다. 이 경우, 개별 하수처리시설은 슬러지 운반 방법과 감량화를 위한 농축, 탈수 등 이에 적절한 전처리 시설이 계획되어야 한다.

1.2.5 통합운영관리계획

통합운영관리계획은 하수도시설의 운영관리효율화 및 유지관리비용 저감을 주목적으로 하되, 유역별 수질 관리체계에 부응되어야 한다.

【해설】

사회 및 경제가 발전함에 따라 하수도시설의 종류 및 개소는 다양해지고 증가하고 있어 이들 시설의 효율적인 관리가 요구되고 있다. 이에 따라 하수도시설을 통합운영관리함으로써 시설의 운영관리효율화와 이에 따라 유지관리비용 저감을 도모하여야 한다.

통합운영관리계획은 관할 구역내 하수도시설 전체를 대상으로 하드웨어적 통합관리뿐만 아니라 소프트웨어적 통합관리로 계획하고, 나아가 하수도시설 뿐만 아니라 환경기초시설 전체를 포함하여 추진하는 것이 바람직하다.

또한 통합운영관리계획은 유역별 하수도정비계획, 수질오염총량관리계획 등을 고려하여 단순 행정적 범위를 넘어선 유역별 수질관리체계에 부합되도록 추진되어야 한다.

1.2.6 친환경·에너지절약계획

- (1) 하수도시설은 해당 지역 여건을 고려하여 친환경·주민친화적 시설이 되도록 하여야 한다.
- (2) 하수도시설은 운영 및 유지관리시 에너지를 절약할 수 있는 시설로 계획하고 궁극적으로는 에너지자립률을 최대화하는 것을 목표로 하여야 한다.

【해설】

(1)에 대하여

하수도시설에 있어서 친환경 주민친화적 시설은 하수도의 부정적 이미지를 탈피하여 환경개선과 보호를 위한 시설로 지역사회에 도움이 되는 시설, 즉 주민들과 함께 할 수 있는 공간조성을 말한다.

친환경주민친화적 하수도는 친환경 시설과 주민 친화적 시설로 분류할 수 있으며, 친환경 시설은 ① 자연환경을 보전하거나 훼손을 방지하기 위한 시설 ② 주변 환경을 개선시키기 위한 시설 ③ 재이용시설이나 자원화시설 ④ 에너지 저감 및 에너지 재생산시설 ⑤ 그 밖의 환경 보호나 개선을 하기 위한 시설 등으로 규정할 수 있다.

주민친화시설은 ① 생태관찰을 위한 생태연못, 야생화 동산 등 자연환경을 이용하거나 관찰하기 위한 시설 ② 환경보전관, 환경교육 학습원 등 환경을 보전·이용하기 위한 체험·홍보시설 또는 관리시설 ③ 주차장, 휴게소, 놀이터 등의 편의·이용시설 및 복지시설 ④ 전시관, 박물관, 연구소, 회의실 등의 전

시·문화시설 ⑤ 레크레이션, 관련 집단·단체 활동을 위한 운동 및 체육시설 등으로 규정할 수 있다.

친환경 주민친화적 하수도는 하수도시설 뿐만 아니라 사용 자재에 있어서도 고려되어야 하며, 주변 지역의 향후 개발가능성, 인구밀집지역과의 이격거리, 주변 토지이용현황 등을 종합적으로 고려하되, 필요 이상의 과도한 시설이 되지 않도록 한다.

특히 하수도시설 중 슬러지처리시설, 방류구 주변 및 펌프장 등은 부정적 이미지를 개선할 수 있도록 계획한다.

(2)에 대하여

하수도에서 에너지절약계획은 토목시설, 건축시설, 전기시설 및 기계시설 등 전체시설에서 계획되어야 한다.

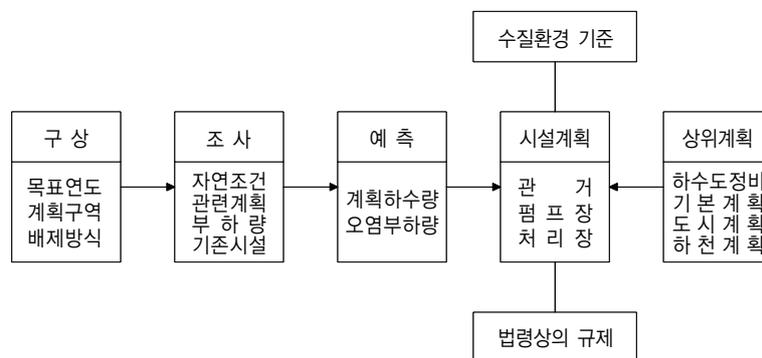
토목시설의 경우 에너지를 최소화할 수 있는 방법으로 수리학적설계, 시설의 배치가 있으며, 건축시설의 경우 자연채광의 이용, 배관·배선의 단축, 비슷한 작업환경의 집약화 등을 통하여 에너지절약을 도모할 수 있으며, 기계시설의 경우 송풍기, 펌프장 등 용량의 적정화, 부하변동에 대응할 수 있는 시설 계획이 있다. 또한 전기시설의 경우 에너지효율이 높은 기기의 적용 등이 에너지절약과 연관되어 있다.

에너지절약계획은 에너지저소비형 하수도시설 설치 및 운영과 같은 에너지절감기술을 접목하는 것과 함께 태양광발전, 풍력발전, 소화가스발전, 하수열회수 등 에너지 생산기술 및 시설 도입으로 하수도시설의 에너지 자립화율을 최대화하는 것을 목표로 하여야 한다.

에너지생산시설은 각 하수도시설별로 편익·비용을 검토하여 경제성을 우선하여 계획하여야 하며, 단계별로 소화가스발전, 방류수 소수력 및 풍력발전, 태양광발전을 검토하여 계획할 수 있다.

1.3 하수도계획의 기본적 사항

하수도계획은 구상, 조사, 예측 및 시설계획이 서로 관련을 가지고 있기 때문에 [그림 1.3.1]과 같이 흐름 및 상호관계를 고려한다.



[그림 1.3.1] 하수도계획의 절차

1.3.1 계획목표년도

하수도계획의 목표년도는 원칙적으로 20년으로 한다.

【해설】

하수도시설의 능력결정은 장기간에 걸친 예측을 기초로 할 필요가 있다.

하수도계획의 목표년도는 시설의 내용년수 및 건설기간이 길고 특히 관거의 경우는 하수량의 증가에 따라 단계적으로 단면을 증가시키기가 곤란하기 때문에 장기적인 관거계획을 수립할 필요가 있으므로 20년 후를 목표로 계획을 수립하는 것이 좋으며 도시기본계획상의 장기지표가 없이는 하수량 추정이 곤란하므로 도시의 성격에 따른 도시기본계획의 지표에 따라 계획목표년도를 결정하도록 한다.

그러나 하수처리시설의 경우에는 유입하수량의 증가에 따라 단계적인 증설을 계획함으로써 사업의 효과를 조기에 거둘 수 있으며, 하수관거에서는 복수관을 계획하는 경우도 있다.

또한, 관련계획 및 정비목표 등에 큰 변동이 생긴 경우는 필요에 따라 여러 가지 조건을 검토하여 하수도계획의 변경 여부를 정할 필요가 있다.

1.3.2 계획구역

하수도의 계획구역은 처리구역과 배수구역으로 구분하여 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 하수도 계획구역은 원칙적으로 관할 행정구역 전체를 대상으로 하되, 자연 및 지역조건을 충분히 고려하여 필요시에는 행정경계 이외구역도 광역적, 종합적으로 정한다.
- (2) 계획구역은 원칙적으로 계획목표년도까지 시가화될 것이 예상되는 구역 전체와 그 인근의 취락지역 중 여건을 고려하여 선별적으로 계획구역에 포함하며, 기타취락지역도 마을단위 또는 인근마을과 통합한 하수도계획을 수립한다.
- (3) 공공수역의 수질보전 및 자연환경보전을 위하여 하수도정비를 필요로 하는 지역을 계획구역으로 한다.
- (4) 새로운 시가지의 개발에 따른 하수도계획구역은 기존시가지를 포함한 종합적인 하수도계획의 일환으로 수립한다.
- (5) 처리구역은 지형여건, 시가화 상황 등을 고려하여 필요시 몇 개의 구역으로 분할할 수 있다.
- (6) 처리구역의 경계는 자연유하에 의한 하수배제를 위해 배수구역 경계와 교차하지 않는 것을 원칙으로 하고, 처리구역외의 배수구역으로부터의 우수 유입을 고려하여 계획한다.
- (7) 슬러지처리시설과 소규모하수처리시설의 운영에 대해서는 필요시 광역적인 처리와 운전, 유지관리가 가능하도록 시설을 계획한다.

【해설】

하수도 계획구역은 하수도 시설계획의 기본이 되므로 투자효과와 경제성, 유지관리, 수역 목표수질 달성 등을 고려하여 결정한다. 하수도의 목적인 오수처리와 우수배제의 목적달성을 위해 계획구역은 처리구역과 배수구역으로 구분하여 계획한다.

(1)에 대하여

수역 수질기준 달성을 위해서는 시가화된 도시지역 외에도 녹지대내의 취락지역을 포함한 종합적인

하수도 계획이 수립되어야 한다.

(2)에 대하여

하수도는 주로 시가화지역에서 필요로 하는 것이므로 계획구역은 국토의 이용 및 계획에 관한 법률상의 도시지역을 참조로 하여 원칙적으로 계획목표년도에 시가화가 예상되는 구역으로 하며, 국토의 이용 및 계획에 관한 법률상 관리지역으로 설정되어 있는 지역에서는 시가화 정도 등을 참고로 하여 정한다. 또한 시가화구역이외에서도 하수도를 필요로 하는 시설 및 취락이 있는 지역이나 장래에 시가화구역으로 될 가능성이 있는 구역은 계획구역에 포함시켜야 한다. 계획구역의 결정은 장기적인 전망을 충분히 고려하여 장래의 변화에 대응할 수 있는 여유를 두어야 한다.

특히, 우수배제에서는 지형조건에 따라 시가화예상구역 이외에서의 유입을 예상할 수 있으므로, 이러한 구역을 계획구역이외의 우수유입구역으로 인정하여 우수배제시설의 능력을 고려한다.

한편, 시가지내의 공장폐수 등에 대해서는 필요한 제해시설을 설치한 후 관거에 투입하는 것을 원칙으로 하나, 다량의 공장폐수를 배출하는 공장이나 특정유해물질 및 하수도시설에 악영향을 미치는 물질이 다량 포함되어 있는 공장폐수를 배출하는 공장 등에 대해서는 하수도시설과의 연계문제를 신중하게 고려한다.

(3)에 대하여

하수도는 우수배제시설로서의 역할 뿐만 아니라 공공수역의 수질보전 및 자연환경보전 등 다양한 역할을 수행하고 있다. 이와 같은 역할을 효과적으로 달성하기 위하여, 시가화가 예상되는 구역이외인 농·어촌지역의 주요 거주지역 및 호소 등의 환경보전을 위한 계획을 수립한 경우에는 계획구역으로 하는 것이 바람직하다.

(4)에 대하여

계획구역은 하수가 방류되는 하천, 해역 및 호소 등의 수질환경기준을 달성하는 것을 전제조건으로 하여 지형조건 등을 고려한 행정상의 경계에만 의존하지 말고, 광역적이고 종합적인 검토 후에 결정한다. 더욱이 행정상의 경계를 넘어 계획구역을 정하고자 할 때에는 관련 지자체간의 협의가 필요하다.

(5)에 대하여

시가지와 취락지역의 분포여건, 계획구역의 지형여건 등을 고려하면 전체 계획구역을 단일 처리장에서 처리하는 것이 불가능한 경우가 많으며, 특히 소규모 지천의 유지용수 확보 측면에서 무리한 통합 처리는 효율적이지 못하다. 따라서, 처리구역은 부지확보, 경제성과 유지관리, 환경영향 등을 고려하여 통합 또는 유역별 처리를 결정하고 이에 따라 처리구역을 결정하여야 한다.

(6)에 대하여

소규모 취락지역과 같이 펌프로 오수를 이송하더라도 관리상 단일처리구역으로 하는 것이 유리한 경우를 제외하면 자연유하에 의한 우수배제를 위해 배수구역경계와 처리구역 경계를 교차시키지 않는 것이 필요하며, 우수에 대해서는 지형에 따라 시가지 후면의 산지 등과 같이 처리구역 외에서 유입하는 경우가 있으므로 이를 고려한 관거 및 빗물펌프장 등이 계획되어야 한다.

(7)에 대하여

소규모 하천의 유지용수 확보와 경제성 측면에서 분산 설치되는 소규모 하수처리시설에 대해서 개별 처리시설마다 별도의 운영조직과 슬러지 처리시설 등을 설치하는 것은 비합리적이므로 슬러지의 광역 처리와 소규모 하수처리시설들의 통합운영 등이 고려되어야 한다.

1.3.3 배제방식

하수의 배제방식에는 분류식과 합류식이 있으며 지역의 특성, 방류수역의 여건 등을 고려하여 배제방식을 정한다.

【해설】

하수의 배제방식에는 분류식과 합류식이 있는데, 분류식은 오수와 우수를 별개의 관계통으로 배제하는 방식이고, 합류식은 동일 관계통으로 배제하는 방식인데 두 배제방식을 비교하면 <표 1.3.1>과 같다. 분류식은 오수만을 처리장으로 수송하는 방식으로서 우천시에 오수를 수역으로 방류하는 일이 없으므로 수질오염방지상 유리하다. 또한 재래의 우수배제시설이 비교적 정비되어 있는 지역에서는 이들의 시설을 유효하게 이용할 수가 있기 때문에 경제적으로 하수도의 보급을 추진할 수가 있다. 그러나, 분류식에 있어서도 강우초기에 비교적 오염된 노면배수가 우수관거를 통해 직접 공공수역에 방류되는 점, 도로폭이 좁고 여러 가지 지하매설물이 교차되어 있는 기존시기에서 우수관거와 오수관거를 모두 신설할 경우에 시공상 곤란한 점, 또한 분류식의 오수관거는 소구경이기 때문에 합류식에 비해 경사가 급해지고 매설깊이가 깊어지는 등의 문제점이 있다.

한편, 합류식은 단일관거로 오수와 우수를 배제하기 때문에 침수피해의 다발지역이나 우수배제시설이 정비되어 있지 않은 지역에서는 유리한 배제방식이며, 분류식에 비해 시공이 용이하다. 그러나, 우천시에 관거내의 침전물이 일시에 유출되고 처리장에 큰 부담을 주는 경우나 우수토실로부터 어느 일정배율 이상으로 희석된 하수가 수역으로 직접방류되는 점 등 수질보전상 바람직하지 않은 문제점이 있다.

우리나라의 경우 기존하수도는 오수처리의 목적이외에 저습지대의 침수를 방지할 목적으로 하수도사업을 실시해온 지자체가 많기 때문에 대부분이 합류식으로 계획되어 있으나 사실상 완전합류식으로 우·오수가 적정한 유속으로 배출되기보다는 우수배제를 위해 노면경사를 따라 부설되어 청천시에 오수량 유하에 있어 제유속을 확보하지 못하는 형태이다. 그러나 최근 공공수역의 수질오염방지상 하수도의 역할이 커지고 있기 때문에 하수도계획시의 배제방식은 우수에 의한 침수방지는 물론 공공수역의 수질오염방지를 위해서는 원칙적으로 분류식으로 하는 것이 바람직할 것이다.

다만 기존 하수도시설의 형태 및 지하매설물의 매설상태 등 여러 가지 여건상 분류식의 채택이 어려운 경우, 합류식에 의하여도 공공수역의 수질보전에 지장이 없다고 판단될 경우 및 방류수역의 제반조건에 대하여 적절한 대책이 강구된 경우에는 합류식을 고려할 수도 있기 때문에, 분류식하수도의 오점합 같은 기술적인 문제와 경제적인 문제, 기존하수도의 여건, 방류수계의 수질보전문제, 초기우수처리 시설 설치 필요성 등을 종합적으로 검토하여 형식을 결정하여야 한다.

〈표 1.3.1〉 배제방식의 비교

검 토 사 항		분 류 식	합 류 식
건설면	관로계획	우수와 오수를 별개의 관거에 배제하기 때문에 우수배제계획이 합리적이다.	우수를 신속하게 배수하기 위해서 지형조건에 적합한 관거망이 된다.
	시공	오수관거와 우수관거의 2계통을 동일도로에 매설하는 것은 매우 곤란하다. 오수관거에서는 소구경관거를 매설하므로 시공이 용이하지만, 관거의 경사가 급하면 매설깊이가 크게 된다.	대구경관거가 되면 좁은 도로에서의 매설에 어려움이 있다.
	건설비	오수관거와 우수관거의 2계통을 건설하는 경우는 비싸지만 오수관거만을 건설하는 경우는 가장 저렴하다.	대구경 관거가 되면 1계통으로 건설되어 오수관거와 우수관거의 2계통을 건설하는 것보다는 저렴하지만 오수관거만을 건설하는 것보다는 비싸다.
유지관리면	관거오점	철저한 감시가 필요하다.	없음
	관거내 퇴적	관거내의 퇴적이 적다. 수세효과는 기대할 수 없다.	청천시에 수위가 낮고 유속이 적어 오물이 침전하기 쉽다. 그러나 우천시에 수세효과가 있기 때문에 관거내의 청소빈도가 적을 수 있다.
	처리장으로의 토사유입	토사의 유입이 있지만 합류식 정도는 아니다.	우천시에 처리장으로 다량의 토사가 유입하여 장기간에 걸쳐 수로바닥, 침전지 및 슬러지 소화조 등에 퇴적한다.
	관거내의 보수	오수관거에서는 소구경관거에 의한 폐쇄의 우려가 있으나 청소는 비교적 용이하다. 측구가 있는 경우는 관리에 시간이 걸리고 불충분한 경우가 많다.	폐쇄의 염려가 없다. 검사 및 수리가 비교적 용이하다. 청소에 시간이 걸린다.
	기존수로의 관리	기존의 측구를 존속할 경우는 관리자를 명확하게 할 필요가 있다. 수로부의 관리 및 미관상에 문제가 있다.	관리자가 불명확한 수로를 통폐합하고 우수배제계통을 하수도관리자가 총괄하여 관리할 수 있다.
수질보전면	우천시의 월류	없음	일정량 이상이 되면 우천시 오수가 월류한다.
	청천시의 월류	없음	없음
	강우초기의 노면 세정수	노면의 오염물질이 포함된 세정수가 직접 하천 등으로 유입된다.	시설의 일부를 개선 또는 개량하면 강우초기의 오염된 우수를 수용해서 처리할 수 있다.
환경면	쓰레기 등의 투기	측구가 있는 경우나 우수관거에 개거가 있을 때는 쓰레기 등이 불법투기 되는 일이 있다.	없음
	토지이용	기존의 측구를 존속할 경우는 뚜껑의 보수가 필요하다.	기존의 측구를 폐지할 경우는 도로폭을 유효하게 이용할 수 있다.

분류식에는 우수관, 우수관을 완전히 별도의 계통으로 매설하는 '완전분류식'과 우수는 암거화한 우수관 계통으로 배제하되, 우수는 도로측구 및 기존(재래) 수로를 활용하여 주로 배제하는 '우수분류식' (또는 '불완전분류식'으로도 부름)의 두 가지 종류가 있다. 우수분류식은 완전분류식에 비하여 유지관리면에서 다소 불리하지만, 건설비가 훨씬 적게 들어가면서도 공공수역의 수질보전 목적도 조기에 달성할 수 있는 배제방식으로서, 우리나라 농어촌을 포함한 지방도시의 하수도정비 모델로 이 우수분류식의 채택을 적극 검토할 가치가 있다. 우수분류식을 택하는 경우 현재 하수구로 사용 중인 도로측구(U형측구 등)는 우수거로 전용할 수 있어 대단히 경제적으로 하수도정비가 가능하나, 우수배제 계통에 우수관을 잘못 연결시키는 소위 '오접'을 적극 방지하여야 하며 정기적으로 청소를 해야 하는 등 유지관리에 세심한 주의가 필요하다.

우리나라의 기존 대도시에서 대부분 채택하고 있는 합류식 하수도의 경우도 그 개선을 전제로 새로운 시각으로 합류식을 평가하고 있는 점도 유의할 필요가 있다. 합류식 하수도의 개선책은 구체적으로 ① 차집관거의 정비로 청천시 오수를 하수처리시설로 전부 차집하여 처리후 방류하도록 하며, ② 초기 우수도 저류시설을 설치하여 강우초기 노면세정 등으로 인한 오염부하량이 매우 큰 초기우수는 일시 저류 후 처리하여 방류하며, ③ 우천시를 대비한 차집유량의 처리를 포함한 하수처리공정의 개선 등이 주요 내용이며, 이러한 개선을 하면 분류식에 뒤지지 않는 공공수역의 수질보전 기능을 발휘할 수 있는 것으로 알려져 있다.

하나의 도시(처리구역) 내에서도 지역 형편에 의하여 합류식과 분류식을 부분적으로 병용하는 경우도 있으며, 이 경우를 합병식(合併式)으로 부르기도 한다.

합류식과 분류식을 계통적으로 분류하고, 우리나라 하수도정비에서 채택하기에 적합하다고 생각되는 경우를 요약 정리하면 아래와 같다.

합류식(개선 필요) ————— 대도시

분류식 —— 완전분류식 —— 신규 도시(또는 단지)

우수분류식 —— 지방 중소도시 및 농어촌

자연배수시스템(natural drainage systems, NDS)은 기존의 우수관거 중심의 우수관리 방법과는 기본 적으로 다른 혁신적인 대안이다. 기존의 우수관거를 이용한 배수시스템의 경우 유분, 페인트, 비료성분, 중금속 등 우수중의 미량 유해성분 물질이 곧바로 하천이나 호소 등으로 유출되어 버려 방류수역의 수질을 저하시키고, 하천 및 해양 먹이사슬을 교란시키는 등 수생 생태계의 보전에 많은 문제를 야기하였던 것이 사실이다.

자연배수시스템은 신도시나 신규 단지의 조성시 분류식 하수도로 정비하면서, 지금까지 해 온 별도의 우수관거의 매설 방법 대신에 빗물을 가운데가 낮게 설계된 화단 등의 자연배수로를 이용하여 될 수 있는 대로 자연 지표면(나무, 풀 등의 식물, 인공낙차공, 소형 습지 등을 이용)과 많이 접촉한 후 배

수한다. 이 과정에서 자연배수시스템은 물이 침투가 되고, 유속을 느리게 하여 여러 가지 오염물질들을 여과하는 친환경적인 기능을 하나 치수관리(홍수재해 방지)기능도 중요하므로 적용시 충분한 여유율에 대한 검토가 필요하다.

1.3.4 분뇨처리와 하수도

하수처리구역내에서 발생하는 수세분뇨는 관거정비상황 등을 고려하여 하수관거에 투입하는 것을 원칙으로 한다. 또한, 수거식화장실에서 수거되는 분뇨는 하수처리시설에서 전처리후 합병처리하는 것을 원칙으로 한다.

【해설】

수세식분뇨는 하수도법상의 “하수”에 해당되고 하수관거에 투입하여 하수처리시설에서 처리하여야 하나 수세분뇨의 하수도투입은 처리구역내의 관거정비 상태에 따라 그 시기를 결정하며, 하수관거 투입에 앞서 반드시 관거정비가 선행되어야 할 것이다. 기존시가지 등에서 하수배제방식이 합류식인 경우에는 하수운송체계가 완벽하게 정비될 때 까지는 정화조 등 개인하수처리시설을 설치하는 것이 불가피할 것이다. 따라서 개인하수처리시설 설치의 관거정비가 시행되기까지의 잠정적인 조치일 뿐이며, 개인하수처리시설 설치를 위한 공사비 및 유지관리비 등에 따른 이중투자의 방지를 위해서도 처리구역내에서 발생하는 수세식분뇨는 하수관거를 통하여 하수처리시설로 유입하는 것이 원칙이다.

또한, 하수처리구역 내·외의 수거식화장실에서 발생하는 분뇨(개인하수처리시설의 청소과정에서 발생하는 찌꺼기 포함)는 하수처리시설에서 전처리후 합병처리하는 것을 원칙으로 하되 필요에 따라 분뇨처리시설에서 처리하여 방류한다.

1.3.5 하수도시설의 배치, 구조 및 기능

하수도시설의 배치, 구조 및 기능은 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 하수도시설의 배치, 구조 및 기능은 유지관리상의 조건, 지형 및 지질 등의 자연조건, 방류수역의 상황, 주변환경조건, 시설의 단계적 정비계획, 시공상의 조건 및 건설비 등을 충분히 고려한다. 특히, 토구(吐口)의 위치 및 구조는 방류수역의 수질 및 수량에 미치는 영향을 종합적으로 고려하여 결정하여야 하며, 계획외수위는 하천의 경우 해당하천의 계획홍수위, 해역의 경우 삭망만조위(朔望滿潮位)로 한다.
- (2) 하수도시설의 용량은 필요에 따라 여유를 둔다.
- (3) 하수도시설은 예측하기 어려운 사고 및 고장뿐만 아니라 보수 및 점검시에도 시설로서의 일정한 기능을 유지할 수 있도록 필요에 따라 예비시설을 설치하며, 시설의 신뢰성, 확실성 및 안전성을 높이기 위해 필요에 따라 시설의 복수화를 고려한다.
- (4) 관거, 펌프장 및 처리장의 시설계획은 오수의 양 및 질의 파악과 시설의 운전관리를 원활히 하기 위하여 적절한 계장설비를 설치한다.
- (5) 장래 하수량의 증감이 예상되는 경우에는 이를 반영한 시설계획을 하여야 한다.

【해설】

(1)에 대하여

하수도시설은 관거시설(펌프장시설 포함), 처리시설, 중수도, 배수설비로 크게 구별된다. 하수도의 목적을 달성하기 위해서는 하수도시설의 적절한 유지관리가 필요하다.

따라서 시설의 배치, 구조 및 기능에 관한 계획의 수립시에는 계획의 규모 및 유지관리체제 등 유지관리상의 모든 조건에 따라 유지관리가 용이하고, 적정하게 이루어지는 것이 기본전제가 되어야 한다.

또한, 하수배제는 자연유하를 원칙으로 하고 있어 주요시설이 일반적으로 저지대에 위치하거나 지하에 축조되는 시설이 많기 때문에 지형 및 지질조건을 충분히 고려해서 계획한다.

방류수역 상황과 관련하여 도구는 하수도시설로부터 하수를 공공수역에 방류하는 시설을 말하며 다음 3가지로 분류된다.

- ① 처리장에서 처리수의 도구
- ② 분류식에서 우수토구 및 펌프장의 도구
- ③ 합류식에서 우수토구 및 펌프장의 도구

도구의 위치 및 구조의 결정은 방류수역의 수위, 수량, 물이용상황, 수질환경기준의 설정상황 및 하천개수계획 등을 충분히 조사하여 외수의 역류를 방지할 수 있도록 하고, 방류수역의 수질 및 수량에 대하여 지장이 없도록 고려한다.

특히, ③의 우수토구는 우천시에 오염부하가 방류수역에 미치는 영향을 충분히 검토하여 계획하는 것이 필요하다.

방류수역의 계획외수위는 하천의 경우 해당 하천의 계획홍수위, 해역의 경우 삭망만조위(朔望滿潮位)로 한다.

하수를 배제시키기 위한 계획에서 방류하천이나 해역의 계획외수위가 극히 중요하며, 계획외수위에 서도 지장없이 하수를 배제할 수 있어야 한다.

계획외수위를 하천의 경우는 계획홍수위, 해역의 경우에는 삭망만조위를 기준으로 설정하면 가장 안전하게 하수를 배제할 수 있으며, 이들 계획외수위를 기점수위로 추정된 동수경사선(배수위)을 고려하여 하수배제계획을 수립시 상기 조건을 만족시킬 수 있다. 또한, 하수처리시설과 펌프장 등의 중요시설은 이상수위에 대해서도 시설기능이 정지나 시설손상이 되지 않도록 대책이 필요하다.

관거시설의 펌프장과 하수처리시설의 배치 및 구조는 지형, 방류수역의 상황, 소음, 대기오염 및 미관상의 문제 등에 대해서도 충분히 고려한다.

또한, 하수도시설은 몇 개의 계열로 나누어 단계적으로 시공되므로, 단계적인 정비계획을 고려하여 종합계획과의 관계로부터 가장 적절한 계열의 구분 및 시설의 배치를 할 필요가 있으며, 시공상의 조건이나 경제성에 대해서도 알맞도록 고려할 필요가 있다.

(2)에 대하여

하수도시설계획의 기본적 고려사항 중에는 경험적이고 유동적인 것이 많을 뿐만 아니라 복잡하고 예측하기 힘든 것이 있다.

한편 하수도시설의 증설 및 개조 등이 간단하게 이루어지는 것이 아니므로 이들의 변동요인에 대응하기 위하여 필요에 따라 여유를 둘 필요가 있으나, 예비와 여유시설이 중복되어 시설이 커지지 않도록 주의해야 한다.

(3)에 대하여

하수도시설은 고도의 공익시설이므로 운전관리가 정지되어서는 안되는 시설이다. 따라서 예측하기 어려운 고장 및 사고뿐만 아니라 보수 및 점검시에도 항상 일정한 기능을 유지할 수 있도록 해야 할 필요성이 있기 때문에 주요시설에 대해서는 그 기능을 보충할 수 있는 예비시설을 설치할 필요가 있다.

시설에 따라서는 동일 기능 및 능력의 시설을 복수로 하여 신뢰성, 확실성 및 안전성을 높일 필요가 있다.

예비시설에 있어서는 최근의 기술발달, 감시·제어기능의 활성화, 구역별·지역별 통합관리체계구축 등을 고려하여 계획한다.

(4)에 대하여

하수의 양 및 질과 시설의 운전상황을 수량적으로 파악해 이것에 근거해서 시설의 운전관리를 용이하고 효율적으로 함은 물론 장래의 계획 및 증설 등에 필요한 자료의 축적을 도모하기 위하여 제어 등을 위한 적절한 계측제어설비를 설치한다.

① 하수관거

관거에서는 유량의 시간적 변화 및 비정상적인 유입상황 등을 기록하여 적절한 유지관리 및 지도를 하는 것은 물론이고, 장래의 증설을 위하여 처리분구의 접속 지점에서 유량 및 수질 등의 계측이 가능하도록 고려한다.

② 펌프장

침사지의 사용 및 펌프의 조작 등을 명확히 하기 위하여 유입량을 계측해야 하며, 운전상황을 파악한 후 양수효율에 의하여 관리 및 보수계획을 세울 수가 있다. 한편 지역특성의 변화와 유입량의 관계는 장래계획을 위하여 중요한 자료가 되며, 방류지점의 상황도 펌프운전에 대한 중요한 자료가 된다.

③ 하수처리시설

하수처리시설에서는 평상시의 운전상황, 처리효율 및 방류지점의 상황 등은 물론 가장 적절한 운전방법의 검토, 증설 및 수리 등을 위하여 처리시설의 상황(수량, 수질, 수위, 슬러지량, 동력, 공기, 가스 및 온도 등)을 계측해야 한다. 특히 냄새가 발생하기 쉬운 곳에는 악취에 대한 대책을 강구해야 한다.

④ 기타

처리구역의 기상상황을 대표하는 위치, 관거시설의 펌프장 및 하수처리시설에서는 주요한 기상상황을 항상 관측하는 것이 바람직하다.

한편, 계측·제어설비의 규모 및 정도는 시설에 필요한 제어항목 및 유지관리인원 등을 고려하여 경제적으로 할 필요가 있으며, 정보처리장치의 도입시에는 도입목적을 명확히 함과 아울러 적용여부를 충분히 검토하여 불필요한 적용을 피한다.

(5)에 대하여

그간에는 하수도정비기본계획상의 각종 지표들은 실제 현황보다 다소 높게 설정되어 있는 경향이 있었으나 최근에는 실제지표와 근접하게 계획되고 있다. 따라서 계획되는 하수도시설에 장래하수량의 증감이 예상되는 경우에는 이를 반영한 시설계획을 하여야 한다.

장래하수량을 반영한 시설계획은 장래부지 및 공간의 확보, 전체적인 시설배치, 장래시설과의 연계 및 접속, 운영관리를 고려한 시설, 설비의 배치 등에서 검토 및 시설계획이 이루어져야 할 것이다.

1.3.6 법령상의 규제

하수도계획은 하수도법 및 관련 법령상의 규정을 검토하여 반영하여야 하며, 또한 법령상의 규정에 위배됨이 없도록 하여야 하고 국토의 이용 및 계획에 관한 법률 등과 이들 법령에 따른 시행령 및 조례와 환경정책기본법의 수질오염에 관한 환경기준 및 기타 환경관련 법규상의 규제에 대하여 충분히 고려한다.

【해설】

하수도계획에서 각 시설의 배치, 규모, 구조 및 능력 등을 결정할 때에는 하수도법, 국토의 이용 및 계획에 관한 법률 및 기타 관련 법령에 근거한 규정을 준수하여 위배됨이 없도록 하고, 관련법령의 정책방향을 고려하여 장기적인 관점에서 계획하여야 한다.

계획수질은 하수도법 뿐만 아니라 환경정책기본법에 근거한 방류수역의 수질환경기준을 고려한다.

상기법령외에 하수도계획시 수질및수생태보전에관한법률, 폐기물관리법, 농어촌정비법, 가축분뇨의관리및이용에관한법률, 소음·진동규제법, 대기환경보전법 및 연안관리법 등의 관계법령에 근거한 규제를 고려하여 계획하며, 우수배제와 관련하여 하천법상의 하천시설 및 농어촌정비법상의 농업생산기반시설과의 연계 등을 신중히 검토하여 시설뿐만 아니라 유지관리상의 문제가 없도록 한다.

1.4 조사

조사는 하수도계획의 기초가 되는 것이므로 충분한 시간을 가지고 광범위하게 필요한 자료의 수집 및 조사를 한다.

1.4.1 자연적 조건에 관한 조사

하수도계획은 계획대상지역의 자연적 조건에 관하여 다음 사항을 조사한다.

- (1) 지역 연혁 및 개황
 - ① 지역연혁
 - ② 위치, 면적, 지세
 - ③ 지형도, 지질도 및 토질조사자료
 - ④ 지하수위 및 지반침하상황 등
- (2) 하천 및 수계현황
 - ① 조사지역내 수역의 유량 및 수위 등의 현황
 - ② 하천 및 기존배수로의 상황
 - ③ 하천 및 수로의 종횡단면도
 - ④ 호소, 해역 등 수저의 지형, 이용상황, 유량 등
- (3) 기상개황 및 재해현황
 - ① 강우, 침수의 기록 및 침수피해상황
 - ② 펌프장 및 처리장 예정위치 부근에서의 풍향
 - ③ 기온
 - ④ 지진발생 현황 등

【해설】

하수도계획에서 유의할 점은 그 지역의 자연적 조건을 어떻게 잘 활용하고 고려하는가 하는 것이다.

하수의 흐름은 자연유하를 원칙으로 하므로, 자연유하에 의하여 하수배제가 가능하도록 펌프장 및 처리장의 배치를 결정하는 것이 건설뿐만 아니라 유지관리면에서도 매우 유리하게 된다.

또한 기상을 고려한 위치선정으로 피해예방과 불필요한 민원발생방지도 가능하다.

하수도계획의 수립시에는 자연적 조건의 파악이 중요한 요건이 되므로, 이를 위한 자료의 수집 및 조사를 충분히 실시한다.

(1)의 ②에 대하여

간선계통의 위치, 간선과 지선과의 접속위치, 펌프장 및 처리장의 위치 등을 결정하기 위하여 도로, 구릉, 호소 및 하천 등의 위치는 물론 지반의 고저, 주요수준점의 위치와 지반고 및 등고선 간격 2m 정도의 지형도를 준비해 두어야 한다. 필요에 따라서는 지형측량을 실시하여 주요지점의 지반고 결정이나 지형도의 보정 등을 행한다.

(1)의 ③ 및 ④에 대하여

간선관거, 펌프장 및 처리장 등의 위치, 기초의 결정 및 공사의 난이도 등을 판단하기 위하여 지질, 토질 및 지하수위 등을 조사한다. 특히 펌프장 및 처리장 예정지에서는 보링(boring) 등의 토질조사자료 및 주변건축물의 기초침하자료 등의 조사도 실시한다. 펌프장, 처리장 및 유입관거와의 접합부에서는 우선 부등침하에 의한 영향을 고려할 필요가 있으며, 매설관거의 부상이나 침하 등의 검사를 할 필요도 있으므로 지반침하상황이나 지하수위 등에 관한 자료를 수집하여 정리한다.

(2)의 ①에 대하여

하수방류지점의 위치 및 펌프양정 등의 결정을 위하여 조사수역의 유량 및 수위 등의 자료를 수집하여 정리한다.

하천에서는 홍수위, 평수위, 저수위, 홍수량 및 저수량, 호소에서는 홍수위, 평수위 및 저수위, 해역에서는 과거의 최고조위, 연간최고조위, 삭망평균만조위, 삭망평균간조위, 소조평균만조위 및 소조평균간조위 등을 수집하여 정리한다.

(2)의 ②에 대하여

하수배제의 역할로서 하천 및 기존배수로의 유효이용을 위하여 배수계통, 배수능력, 구조 및 배수상황 등에 관하여 조사한다.

(2)의 ③에 대하여

펌프장과 처리장에서의 방류위치, 방류수위, 펌프양정 및 방류관거의 형식(저수부지까지 방류관매설의 필요유무 검토) 등을 결정하기 위하여, 펌프장 및 처리장 예정위치부근의 하천종·횡단면도를 수집한다.

(2)의 ④에 대하여

펌프장과 처리장에서의 방류위치, 방류관거의 형식결정 및 방류수가 해역에 미치는 영향을 판단하기 위하여, 펌프장 및 처리장의 예정위치부근에 호소, 해역 등의 수저지형, 어업 및 항로 등의 이용상황이나 호수 및 해수의 유속과 유황에 관한 자료를 수집한다.

(3)의 ①에 대하여

우수배제계획에 필요한 계획우수량의 산정을 위한 강우강도를 결정하기 위하여 필요한 자료이다. 일반적으로 우수배제계획은 일정한 규모 이하의 강우에 의해서는 침수가 일어나지 않을 것을 목표로 수립한다. 즉, 과거의 강우기록으로부터 안전한 크기의 강우강도를 결정하여, 그 강우량에 대한 배제계획을 수립하는 것이다. 따라서 가능한 한 장기간(적어도 20년 이상)에 걸쳐 강우강도, 강우지속시간 및 강우빈도 등의 강우특성이나 강우강도별 침수상황 및 피해 등에 관하여 조사한다.

(3)의 ②에 대하여

펌프장 및 처리장에서는 주변의 주민에 미치는 소음 및 악취 등의 영향을 충분히 고려하여 계획을 수립한다. 이를 위하여 이들 예정지 부근에 대하여 적어도 계절별로 풍향 등을 조사하여, 주요풍향에 관한 자료를 수집한다.

(3)의 ③에 대하여

시설 및 설비의 계획에 있어서 하수의 수온은 중요한 설계인자가 되기 때문에 기온변동 및 인근지역의 수온 자료를 수집한다. 또, 관거의 동결이 예상되는 지역에서는 적설량 등의 자료를 수집한다.

(3)의 ④에 대하여

하수도시설도 사회기반시설로서 그 중요성이 높아지고 있으므로 지진 등에 대한 대책이 필요하며,

이와 관련하여 해당지역 지진발생 회수, 규모 등 현황을 조사한다.

1.4.2 관련계획에 관한 조사

하수도계획시에는 조사지역에 관한 장래계획에 대하여 다음 사항을 조사하여야 한다.

- (1) 장기계획
 - ① 국토계획, 도시기본계획, 도·시·군 종합계획 등
 - ② 국가하수도종합계획
 - ③ 수자원 장기종합계획, 환경보전 장기종합계획
 - ④ 인구, 산업배치 등 계획지역에 관련된 각종 장기계획
- (2) 도시계획
 - ① 도시계획구역 또는 군계획구역에 따른 도시지역 및 관리지역
 - ② 토지이용계획
 - ③ 도로계획
 - ④ 구획정리, 주택단지 및 공업단지 등의 시가지개발계획
- (3) 하천정비기본계획 및 하천환경정비사업계획
 - ① 계획종·횡단면
 - ② 계획홍수위 및 계획홍수량
 - ③ 계획저수위 및 계획저수량
 - ④ 기타 흐름상황 개선계획
- (4) 오염총량관리계획 및 수계환경관리계획
 - ① 오염총량관리계획
 - ② 오염총량관리시행계획
 - ③ 수계영향권별 환경관리계획
- (5) 자연재해대책 계획 및 물수요관리종합계획
 - ① 댐 및 식수전용저수지 계획
 - ② 종합적 치수계획 및 강우유출수 관리계획
 - ③ 수도정비기본계획 및 우수율 제고계획
 - ④ 물수요관리종합계획
- (6) 기타 관련계획
 - ① 지하매설계획
 - ② 토지개발사업계획
 - ③ 폐기물처리에 관한 계획
 - ④ 농어촌 발전계획
 - ⑤ 인접지역의 하수도정비기본계획
 - ⑥ 휴양시설현황 및 개발계획
 - ⑦ 지하수관리기본계획

【해설】

하수도계획의 규모 및 시설의 배치 등을 결정하는 경우에 조사지역에서의 상수도, 공업용수도 등의 물이용계획, 산업개발계획, 단지조성계획 등의 각종 계획 및 이들을 포함한 상위계획과 관련계획을 고려하여 하수도계획의 내용을 결정한다. 따라서 하수도계획의 수립에 필요한 관련계획에 관한 자료의

조사는 가능한 한 광범위하게 하도록 한다.

(1)에 대하여

하수도계획은 인구 및 산업 등에 관하여 상당히 장기간에 걸친 예측을 통하여 이에 대응하는 규모의 시설계획을 수립할 필요가 있다. 이 예측은 과거의 통계자료를 기초로 할 뿐만 아니라 조사지역에 대하여 이미 수립되어 있는 장기계획을 고려한다.

이들 계획에는 국토계획, 도시기본계획, 댐건설기본계획, 도 종합계획, 시·군 종합계획, 수자원 장기종합계획 등이 있으며, 인구, 산업배치 등 계획지역에 관련된 각종 장기계획을 검토하여야 한다. 장기계획 중 국가하수도종합계획, 환경보전 장기종합계획 등은 하수도계획의 정책과 방향을 제시하는 것이므로 이들계획은 보다 면밀히 검토한다.

(2)의 ①에 대하여

하수도계획구역의 결정시에 참고가 되는 것은 국토의 계획 및 이용에 관한 법률에 의한 도시계획구역 또는 군계획구역에 따른 도시지역 및 관리지역이다. 도시지역 및 관리지역을 결정할 당시 인구 및 토지이용계획 등을 고려하여 하수도계획의 규모 및 시설의 배치 등을 결정하며, 도시지역 및 관리지역에 대한 도시계획시설 및 도시기반시설의 정비계획 등을 조사할 필요가 있다.

(2)의 ②에 대하여

하수도시설의 규모 및 배치 등을 결정하기 위해서 인구 및 산업의 지역적 편재여부 즉, 부하량의 지역적 분포를 알 필요가 있다. 이를 위하여 주거, 상업, 공업, 공원 및 녹지 등의 토지이용계획에 관한 자료의 조사를 한다.

(2)의 ③에 대하여

관거는 일반적으로 도로 밑에 매설되므로 관거계통의 선정시에는 기존도로 뿐만 아니라 이에 관한 계획계통도 조사하여 가장 유리한 관거계통을 계획하며, 이를 위하여 조사지역의 도로계획에 관하여 계통, 폭 및 표준단면 등의 계획개요와 착수예정년도 등의 자료를 수집한다.

(2)의 ④에 대하여

하수도계획구역을 결정하거나 시설의 규모를 검토할 경우 각종 개발행위의 고려가 매우 중요하다. 따라서 조사지역에서 계획하고 있는 구획정리, 주택단지 및 공업단지 등의 개발계획상의 위치, 규모 및 계획년도 등에 관한 조사를 실시한다.

(3)의 ① 및 ②에 대하여

우수토실과 처리장의 위치, 펌프시설의 필요성과 양정결정 및 차집관거의 매설위치 등의 판단을 위하여 필요한 자료로서 우수토실 및 처리장 예정위치부근의 하천중·횡단면, 계획홍수위, 계획하상고, 계획고조위 및 공사실시년도 등에 관하여 조사한다. 또 하천의 계획홍수량, 우수배제의 계획유량 및 처리수의 방류량과의 관계를 하수도계획의 수립당시에 대한 하천계획과 충분히 조정할 필요성이 있다.

(3)의 ③에 대하여

수질환경기준은 저수량(호소에서는 저수위)에서도 달성될 수 있어야 한다. 따라서 하수도정비에 의한 수질개선검토는 저수량 또는 저수위에 대하여 이루어져야 하기 때문에 하천에서는 계획저수량, 호소에서는 계획저수위에 관한 자료를 수집한다.

(3)의 ④에 대하여

처리방법, 펌프장 및 처리장의 위치 등을 결정하기 위해서는 하천의 계획저수량을 파악할 필요가 있다.

따라서 댐이나 취수계획 등 물 이용계획 및 정화용수의 도입에 의한 유황개선계획 등 이수, 치수, 환경을 종합한 하천환경정비사업 및 하천생태계복원사업 등에 관한 자료를 수집한다.

(4)에 대하여

오염총량관리기본계획 및 이에 따른 오염총량관리시행계획은 하천의 용수목적 등에 맞는 설정된 목표수질 달성을 위한 계획으로서 해당수계의 오염총량관리제가 수립된 지역의 추진현황 및 계획을 조사하고, 공공하수처리시설 설치로 인한 삭감부하량을 검토하여야 한다.

(5)에 대하여

하수도는 물의 공급과 직접적 관련이 있으므로 댐 및 식수전용저수지 계획과 대상지역 수도정비기본계획 및 물수요관리를 위한 유수율 제고계획을 조사한다. 이들 계획에는 취·정수장의 위치, 급수구역 등이 포함되며, 단계별 유수율 제고계획을 검토하여 향후 물 수요 및 공급과 이에 따른 하수발생량을 검토한다.

하수도와 관련된 재해대책으로서 도시관리계획구역내 자연재해 예방을 위한 종합적 치수계획 및 강우유출수 관리계획을 검토하되 우수저류지(우수지포함) 및 우수유출 저감시설 현황과 위치를 조사한다.

(6)의 ①에 대하여

지하매설물의 계획 및 구획정리 등 도시계획의 결정 또는 변경에 의한 지하매설물의 절단 및 교체계획 등에 관하여 충분히 조사하며, 관계기관의 결정은 계획단계에서 지하매설계획을 고려하여 경우에 따라서는 공동구로 계획하는 등의 검토를 한다.

(6)의 ②에 대하여

하수도계획구역, 간선계통, 펌프장 및 처리장의 위치 등을 결정하기 위해서는 도시계획뿐만 아니라 토지개발사업계획 등의 농업투자계획도 고려한다. 따라서 하수도계획시에는 과수원정비사업, 농업용수 개선사업 등의 현황 및 계획에 관한 자료를 수집한다.

(6)의 ③에 대하여

폐기물관리법에 따라, 생활폐기물 및 사업장폐기물 처리계획 등도 고려한다. 특히, 조사지역의 폐기물관리 종합대책에서는 생활하수처리계획이 포함되는 경우가 많으므로 관련 자료를 수집한다.

(6)의 ④~⑦에 대하여

농어촌 발전계획에 관련된 농어촌주택개량촉진법상의 농어촌 주거환경개선계획 및 농어촌정비법에 의한 농어촌정비계획을 조사한다.

또한 인접지역의 하수도정비기본계획 및 상수원보호구역의 환경정비구역과 관련된 환경정비계획, 최근 휴양 및 문화생활과 관련된 골프장, 온천, 콘도, 종합리조트 등 휴양시설현황 및 개발계획을 포함하여 조사한다.

대상지역내 물사용량과 직접적 관련이 있는 지하수관리기본계획과 현황은 계획구역내 지하수위 및 수질관측을 위한 지하수측정망을 조사하여 최근 3년이내 수질 및 수위현황과 위치도를 조사하며, 지하수수질측정망(환경부)과 지하수관측연보(국토해양부)를 참조한다.

1.4.3 부하량에 관한 조사

하수도계획시에는 조사지역에서의 발생부하량, 삭감부하량, 배출부하량과 방류예정수역의 허용부하량 및 관리목표에 대하여 다음 사항을 조사한다.

- (1) 오염물질의 발생, 삭감, 배출부하량의 조사
 - ① 인구, 주택, 산업, 농축산업, 양식업, 매립시설의 현황 및 계획
 - ② 상수도현황 및 계획
 - ③ 공업용수의 현황 및 계획
 - ④ 주요 공장 및 사업장의 폐수량 및 수질자료 등
 - ⑤ 공장폐수 관련 부하량 조사
 - ⑥ 하수처리구역내 지하수 사용현황 및 계획
 - ⑦ 하수처리구역내 토지이용 현황조사(주거, 상업, 공업, 농지 등)
- (2) 오염원별 오염부하량의 발생특성조사
 - ① 하수처리구역내 오염량 조사지점의 설치현황 및 계획
 - ② 조사지점의 위치도 및 수질자료
- (3) 오염부하량의 배출특성조사
- (4) 공공수역의 허용부하량조사
 - ① 수질현황 및 수질측정시의 수량
 - ② 방류수역의 수질환경기준
 - ③ 물의 이용현황 및 장래계획
- (5) 오염부하량의 관리목표
- (6) 방류수 및 배출허용기준 등 현황 조사

【해설】

하수도시설의 규모, 배제방식 처리방법, 펌프시설 및 처리시설 등의 위치를 결정하기 위해서는 처리시설에 유입하는 하수의 양과 질 및 방류가능한 처리수의 양과 질에 관하여 정확히 파악할 필요가 있다.

(1)의 ①에 대하여

하수도계획은 장기에 걸친 예측을 기초로 하여 계획구역 및 시설규모 등을 결정한다. 따라서 장기예측을 하기 위해서는 인구, 주택, 산업, 농림 및 축산업, 양식업 및 매립시설 등에 관한 도시별 통계자

료를 수집한다. 일반적으로 소규모인 농어촌 지역의 하수도계획의 수립시는 규제미만의 가축사육현황 및 계획을 별도로 조사 수집한다.

상기의 조사는 수계오염총량관리 기술지침에 따른 오염원 분류, 오염원 조사, 오·폐수발생유량 산정, 발생부하량 산정 및 배출량산정 등을 기준으로 한다.

또한 인구, 축산, 산업 등 오염원 분류기준에 따라 발생, 배출부하량을 산정하고 배출부하량은 환경기초시설 운영실태, 관거에서의 유출된 부하량 등을 조사하고, 기타 처리시설의 경우 실측 또는 처리기준에 따라 방류하는 것으로 산정한다.

(1)의 ②에 대하여

하수도시설의 용량을 결정하기 위하여 필요한 자료로서 1인1일급수량 및 각 지역별로 가정용, 상업용 등 용도별 급수량과 사용량에 관한 자료를 수집할 필요가 있다.

(1)의 ③에 대하여

공업용수량은 하수도계획에서 시설규모에 큰 영향을 미치므로, 조사지역의 공장에 대한 공업용수도의 급수현황 및 계획뿐만 아니라 지하수 사용량에 관하여 조사한다.

또 장래에는 공장내에서의 회수 및 재이용 등 물사용과정의 개선에 의하여 단위생산량당 물사용량이 감소하는 경우가 있으므로, 업종별 단위생산량당 물사용량의 연간변화 및 장래예측에 관한 자료에 대하여 조사한다.

(1)의 ④에 대하여

하수도계획은 장기에 걸친 예측을 기초로 하여 계획구역 및 시설규모 등을 결정한다. 따라서 장기예측을 하기 위해서는 인구, 공장출하액, 농림 및 축산 등에 관한 도시별 통계자료를 수집한다. 또, 소규모하수도계획의 수립시는 규제미만의 가축사육현황 및 계획을 별도로 조사 수집한다.

(1)의 ⑤에 대하여

공장폐수 관련 부하량 조사는 공공기관의 자료를 활용하는 것을 기본으로 한다.

(1)의 ⑥에 대하여

대상지역에 따라 지하수사용량이 하수발생량에 많은 영향을 줄 수 있으므로 그 사용량과 계획을 조사하여 조사결과에 따라 하수도계획에 반영하여야 한다.

(1)의 ⑦에 대하여

하수처리구역내 주거, 상업, 공업, 농지 등으로 구분되는 토지이용 현황조사를 조사한다. 용도별 토지이용현황 및 계획으로서 장래 하수발생량을 추정할 수 있다.

(2)에 대하여

하수처리구역내 오염량 조사지점의 설치현황 및 계획과 조사지점의 위치도 및 수질자료를 조사한다.

오염부하량 조사는 하수처리구역내에서 발생하는 점오염원 및 비점오염원(강우초기의 오염부하량 포함)에 의한 오염부하량과 하수도시설로 유입되지 못하는 오염부하량을 기 측정자료나 측정·분석을 통

하여 하수처리구역내 오염부하량의 발생특성을 파악하고 변화상황을 추계함으로써 오염부하량을 지속적으로 관리하고 오염부하량의 저감을 위한 대책을 수립하기 위함이다.

(3)에 대하여

하수처리구역내 오염부하량의 배출특성을 조사하여 하수도계획시 중점반영하여야 할 사항을 정한다. 하수처리구역내 오염부하량의 조사방법의 기본사항은 다음과 같으며 세부사항은 관련지침 등을 참고하여 조사한다.

- ① 생활계는 발생부하량에서 개인하수처리시설(정화조)의 삭감량을 감하여 하수관으로 유입되는 부하량과 분뇨처리시설로 이송되는 부하량을 분리하여 산정. 하수관으로 유입된 부하량은 공공하수처리시설 삭감부하량, 공공하수처리시설 방류부하량, 하수관거 직접배출부하량, 하수관 자체변화량과 물질수지를 맞추어 산정한다.
- ② 산업계는 발생부하량에서 개별방지시설의 삭감량을 감하고 하수도시설로 배출되는 부하량과 폐수종말처리시설을 거쳐서 부하되는 양, 직접방류되는 부하량, 관거에서 직접배출되는 양을 분리하여 산정한다.
- ③ 축산계는 발생부하량에서 개별처리시설의 삭감량을 감하고 하수도시설로 배출되는 부하량과 폐수종말처리시설을 거쳐서 부하되는 양, 직접 방류되는 부하량, 관거에서 직접배출되는 양을 분리하여 산정한다.
- ④ 비점오염원으로부터 배출되는 부하량은 공공하수처리시설로 유입되는 부하량과 직접방류되는 양을 분리하여 산정한다.
- ⑤ 비점오염원은 시행자료 및 관련기관 자료를 활용한다.
- ⑥ 기타 오염원 역시 발생부하량에서 개별처리시설의 삭감량을 감하고 공공하수처리시설로 유입되는 부하량과 직접 방류되는 부하량을 분리하여 산정한다.

(4)의 ①에 대하여

하수도계획의 수립시에는 하수도정비에 의하여 공공수역의 수질이 어느 정도 개선되는가에 대하여 검토할 필요가 있다. 즉 유역내에서 발생하는 오염물질량 중 얼마가 공공수역에 유출되고 있는가를 파악한다. 이렇게 유출오염물질량의 현황을 파악하여 장래예측을 위한 기초자료로 이용하므로, 수질현황 및 수질측정시의 유량에 관한 자료를 수집하여 분석한다. 수질은 적어도 BOD 및 SS에 관하여 조사하며, 필요에 따라서는 질소 및 인에 관한 자료를 수집한다.

수질측정자료는 해양환경측정망, 하천 또는 호소수질측정망의 수질현황자료를 확보하되 최근 5년이상 조사자료를 확보하여 변화추이를 알 수 있도록 한다.

하수도계획지역과 연관된 수질환경기준 및 수질측정망 지점의 위치는 위치도로서 조사·확인한다. 해당 하천에 오염총량관리를 위한 기준유량과 목표수질이 설정된 경우는 오염 총량관리를 위한 계획에 근거하여 허용 부하량을 산정하고, 공공하수처리시설의 방류량과 방류수질은 합류되는 공공수역의 허용 부하량을 고려하여 설정하고 있다.

해당 하천에 오염총량관리 기준유량과 목표수질이 설정되지 않은 경우 목표수질 달성이 가능하도록 공공하수처리시설의 방류량과 방류수질은 저수기를 기준으로 합류되는 공공수역의 수질이 달성되는 조건에서 설정하고 있다.

(4)의 ②에 대하여

하수도의 중요한 기능중의 하나는 공공수역의 수질보전이므로 하수도계획에서는 방류수역의 수질환경기준을 고려하여 배제방식, 처리방법 및 방류지점의 위치 등을 결정한다.

(4)의 ③에 대하여

방류지점과 우수토실의 위치, 희석배율, 처리방법결정 및 필요지점에서의 하천저수량의 추정 등을 위하여 취수지점의 위치, 취수목적(상수도, 공업용수도 및 농업용수 등), 취수량, 확장가능성, 새로운 취수계획 및 기타의 물이용에 관한 자료를 조사한다.

(5)에 대하여

오염부하량은 발생부하량, 유입부하량, 삭감부하량 등으로 구분되며, 하수처리구역내 조사된 오염부하량에 대한 자료를 분석하여 발생특성에 따라 점오염원 및 비점오염원에 의한 오염부하량의 단계별, 하수처리구역별 관리목표를 조사한다.

(6)에 대하여

대상지역의 방류수기준 및 배출허용기준을 조사한다. 하수도와 직간접적으로 관련된 기준은 다음과 같다.

- 공공하수처리시설 방류수기준
- 개인하수처리시설 방류수기준
- 분뇨처리시설 방류수기준
- 가축분뇨정화시설 방류수기준
- 폐수종말처리시설 방류수기준
- 폐수처리시설 배출허용기준
- 별도배출허용기준지정 현황 등

1.4.4 기존시설에 관한 조사

조사지역의 기존시설에 관하여 다음 사항을 조사한다.

- (1) 하수도시설현황 및 계획
- (2) 분뇨, 가축분뇨 및 음식물류 폐기물 탈리액의 처리·처분현황
- (3) 폐수종말처리시설 현황
- (4) 지하매설물 및 기타시설

【해설】

(1)에 대하여

이미 설치되어 있는 하수도시설을 충분히 조사하여 하수도계획에 유효하게 이용한다. 이를 위하여

하수도시설의 배수계통, 배수능력 및 구조 등에 대하여 조사한다.

대상지역의 하수도시설현황 및 계획과 인근지역과 슬러지처리 및 운영을 통합관리 등으로 연계되는 시설을 포함하여 조사한다.

(2)에 대하여

조사지역의 분뇨, 가축분뇨 및 음식물류 폐기물 탈리액 처리시설의 현황과 녹·농지환원 및 해양투입처분 등의 자료를 수집한다.

또한 개인하수처리시설, 분뇨처리시설 및 가축분뇨처리시설 등이 있는 경우에는 장래계획 및 하수도정비가 완료된 후의 시설처분 등에 관해 조사하여, 하수도정비후 조사지역내 구역의 수질예측을 위한 자료로 활용한다. 또한 개인하수처리시설(정화조) 등의 이용상황에 대하여도 함께 조사한다.

(3)에 대하여

대상지역내 공업단지, 농공단지 폐수종말처리시설 현황을 조사한다

(4)에 대하여

계획지역 지하매설물, 폐기물처리시설 및 처리현황, 침출수처리시설 현황 및 계획 등을 조사한다.

하수관거정비계획에 있어서는 지하매설물 유무에 따라 공사비 및 시공성이 크게 좌우되므로 상수도관, 가스관, 공업용 수도관, 지하철, 전기 및 전화선 등 지하매설물에 관하여 상세하게 충분히 조사한다.

또한 간선계통, 펌프장 및 처리장의 위치결정을 위해 필요한 자료로서 도로에 관해 폭, 표준단면, 포장상황, 교통량, 교통규제상황 및 우회도로의 유무 등을 조사한다.

하수도계획시에 시설배치를 결정하기 위해 조사할 필요가 있는 기존시설로서 철도, 역, 인터체인지 및 전주(특히 고압철탄) 등의 현황에 관해 자료를 수집한다.

1.4.5 하수의 자원화 및 시설의 유효이용에 관한 조사

하수의 자원화 및 시설의 유효이용에 관해서는 다음 각항을 조사한다.

- (1) 처리수의 재이용
- (2) 슬러지의 재이용
- (3) 시설의 다목적 이용

【해설】

(1)에 대하여

처리수의 재이용계획은 1.7.6~1.7.7을 참조한다.

처리수의 재이용을 위해서는 물의 수급 및 이용상황의 자료를 수집하여 처리수의 재이용의 필요성을 조사한다. 또한, 타 지역의 처리수 재이용추진을 위한 각종 모델사업에 관한 사례도 조사한다.

(2)에 대하여

슬러지의 이용에 대해서는 1.9.2에 제시한 것과 같은 방식이 있다. 슬러지의 이용을 위해서는 해당 지역의 슬러지이용 가능성, 유통경로 및 이용의 계속성 등에 대해서 조사한다. 또한, 타지역의 하수슬

리지 자원이용 사례도 조사한다.

(3)에 대하여

하수처리시설나 펌프시설의 상부공간은 과밀한 도시의 경우 귀중한 여백공간(open space)이다. 이들을 종합적으로 활용하는 것이 중요하다. 시설의 상부이용으로서는 1.11.6에 제시된 것과 같이 시설 및 공원으로서 이용하는 경우가 많다.

그외, 관거시설에 관해서도 다목적 이용사례가 있기 때문에 이용 및 가능성에 대해서 조사한다.

1.4.6 기타 필요한 조사

하수도계획시에는 필요에 따라 다음 사항을 조사한다.

- (1) 문화재 및 사적
- (2) 지리정보시스템(GIS) 구축에 관한 조사

【해설】

(1)에 대하여

하수도계획시 시설배치는 문화재나 사적에 악영향을 미치지 않도록 충분히 유의한다. 또한 계획수립 시에는 조사지역에 관한 사서(史書) 및 향토지 등을 수집·조사하여 발굴되었거나 혹은 확인되고 있는 문화재뿐만 아니라 그 지역의 다른 문화재 및 사적존재에 대하여 충분히 검토한다.

(2)에 대하여

지리정보시스템 구축 현황 및 계획, 상하수도시설 통합관리계획과 지리정보시스템구축을 위한 사전 연구 및 기본계획수립, 연도별 사업추진 계획 등을 조사한다.

또한 국가지리정보체계(NGIS) 수치지도제작, 수치지도활용 관련부서 및 활용업무와 활용 시스템 개발 및 활용 효과에 대해서도 조사하여 하수도시설의 전산화에 이상이 없도록 하여야 한다.

1.5 우수배제계획

1.5.1 계획우수량

계획우수량은 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 우수유출량의 산정식
최대계획우수유출량의 산정은 합리식에 의하는 것을 원칙으로 하되, 필요에 의해서 다양한 우수유출산정 방법들이 사용 가능하다.
- (2) 유출계수
유출계수는 토지이용도별 기초유출계수로부터 총괄유출계수를 구하는 것을 원칙으로 한다.

(3) 확률년수

하수관거의 확률년수는 10~30년, 빗물펌프장의 확률년수는 30~50년을 원칙으로 하며, 지역의 특성 또는 방재상 필요성에 따라 이보다 크게 또는 작게 정할 수 있다.

(4) 유달시간

유달시간은 유입시간과 유하시간을 합한 것으로서 전자는 최소단위배수구의 지표면특성을 고려하여 구하며, 후자는 최상류관거의 끝으로부터 하류관거의 어떤 지점까지의 거리를 계획유량에 대응한 유속으로 나누어 구하는 것을 원칙으로 한다.

(5) 배수면적

배수면적은 지형도를 기초로 도로, 철도 및 기존하천의 배치 등을 답사에 의해 충분히 조사하고 장래의 개발계획도 고려하여 정확히 구한다.

【해설】

(1)에 대하여

1) 합리식

합리식은 식(1.5.1)로 표시되며 우수유출량 산정에 있어 가장 기본이 되는 공식이므로 이에 대한 자세한 내용을 아래와 같이 소개한다.

$$Q = \frac{1}{360} C \cdot I \cdot A \dots\dots\dots (1.5.1)$$

여기서, Q : 최대계획우수유출량(m³/s)

C : 유출계수

I : 유달시간(t)내의 평균강우강도(mm/h)

$$I = a/(tm+b)n$$

단, a, b, m, n은 정수

A : 배수면적(ha)

식(1.5.1)을 적용하는 과정이 [그림 1.5.1]이다.

식(1.5.1)은 [그림 1.5.1]에서도 잘 나타나 있듯이 계획대상지역의 도시계획이나 강우특성 등을 계산과정에 포함시키므로 최대계획우수유출량의 산정에 많이 사용하고 있다.

2) 강우강도공식

합리식에서 사용하고 있는 강우강도공식의 형태는 다음과 같은 것이 있다.

① Talbot형

$$I = \frac{a}{t + b} \dots\dots\dots (1.5.2)$$

② Sherman형

$$I = \frac{a}{t^m} \dots\dots\dots (1.5.3)$$

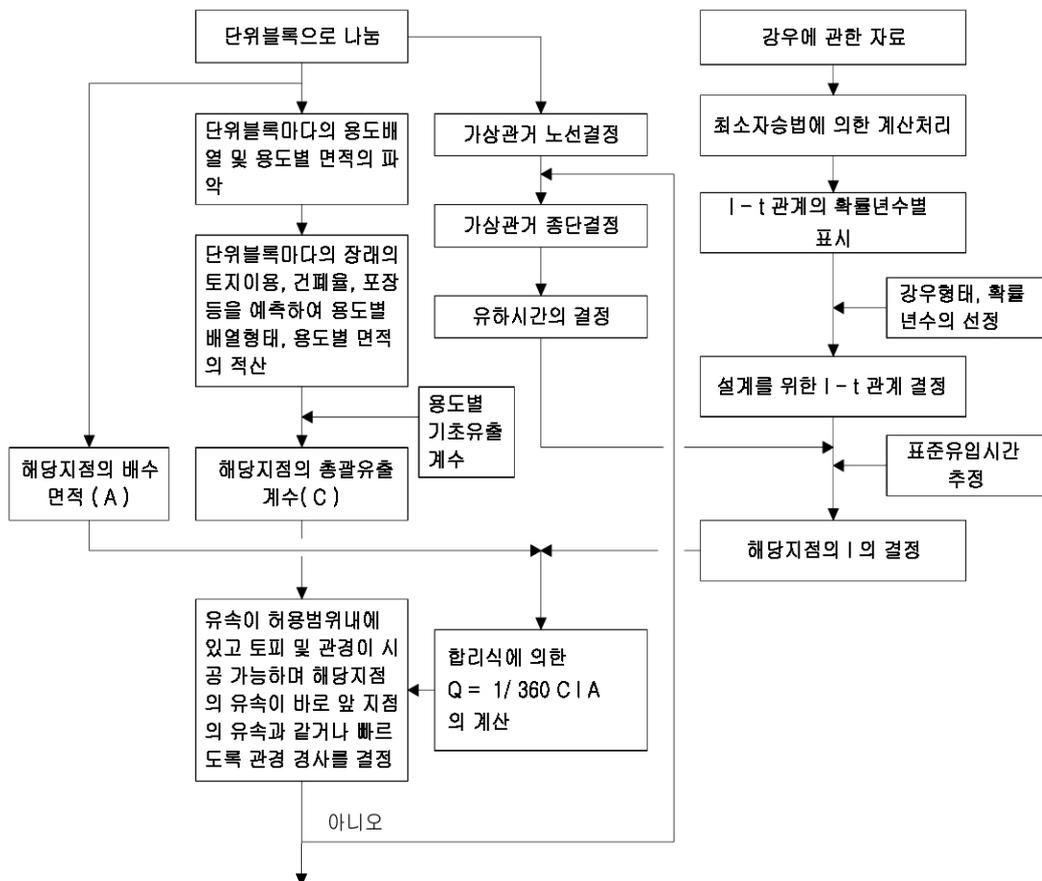
③ Hisano(久野) · Ishiguro(石黒)형

$$I = \frac{a}{\sqrt{t \pm b}} \dots\dots\dots (1.5.4)$$

④ Cleveland형

$$I = \frac{a}{t^m + b} \dots\dots\dots (1.5.5)$$

여기서, I : 강우강도(mm/h)
 t : 강우지속시간(min)
 a, b, m : 상수



[그림 1.5.1] 계획우수량 산정과정

①~④에 대하여 실측자료와의 적합도를 검정해 보면, Talbot형은 곡선의 굽은 정도가 적은 성질을 가지고 있으며, Sherman형 및 Hisano·Ishiguro형은 굽은 정도가 심하다. Talbot형은 지속시간 5~120분 사이에서 Sherman형 및 Hisano·Ishiguro형보다 약간 안전한 값을 얻을 수 있다. 여기서 유달시간이 짧은 관거 등의 유하시설을 계획할 경우에는 원칙적으로 Talbot형을 채용하는 것이 좋다. 또, 24시간 우량 등의 장시간 강우강도에 대해서는 Cleveland형이 가깝다. 저류시설 등을 계획하는 경우에도 Cleveland형을 채용하는 것이 좋다.

강우강도공식에서의 상수결정을 위한 엄밀한 계산은 강우지속시간으로 5, 10, 20, 30, 40, 60, 80, 120분에 대응하는 최저 8조의 강우자료를 N년간(적어도 20년간 이상) 수집해, 확률계산을 통하여 동일확률년치를 5, 10, ..., 120분으로부터 한 개씩 취하는 최소자승법에 의해 상수를 결정하는 방법이나, 자료가 충분치 못한 경우가 많으므로, 특성계수법에 의해서 결정해도 된다. 특성계수법이란 10분 우량과 60분 우량만을 이용하여 강우강도곡선식을 결정하는 방법이다. 계산식은 식(1.5.6)과 같다.

$$I_N = \beta_N \cdot R_N$$

$$\beta_N^{10} = I_N^{10} / I_N^{60} = 6 \times R_N^{10} \quad (\text{단, } R_N = I_N^{60})$$

$$I_N = R_N \cdot \beta_N^{10} = R_N \cdot \frac{a'}{t + b}$$

$$a' = b + 60$$

$$b = (60 - 10 \cdot \beta_N^{10}) / (\beta_N^{10} - 1) \dots\dots\dots (1.5.6)$$

- 여기서, I_N : 강우강도식(mm/h)
 I_N^{10} : N년 확률의 강우지속시간 10분의 강우강도로 $I_N^{10} = 6 \times R_N^{10}$
 β : 특성계수
 R_N : 60분우량(N년 확률)
 R_N^{10} : N년 확률의 10분 강우량(mm)
 t : 강우지속시간(min)
 N : N년 확률

즉, 10분과 60분 우량으로부터 β_N^{10} 은 쉽게 결정되며, β_N^{10} 으로부터 a' , b 가 구해지므로 I_N 은 간단히 구할 수 있다.

(2)에 대하여

총괄유출계수의 산정식은 식(1.5.7)과 같다.

$$C = \frac{\sum_{i=1}^m C_i \cdot A_i}{\sum_{i=1}^m A_i} \dots\dots\dots (1.5.7)$$

- 여기서, C : 총괄유출계수
 C_i : i번째 토지이용도별 기초유출계수
 A_i : i번째 토지이용도별 총면적
m : 토지이용도의 수

토지이용도를 크게 나누면 침투역 및 불침투역의 두 가지가 있으며, 전자는 토질이나 식생 등에 의해 후자는 관거와의 접촉정도에 의해서 유출계수가 달라진다. 따라서 토지이용형태는 다시 세분화되며 세분화된 기초표면형태의 유출계수를 기초유출계수라 부르며, 여러 가지 사실을 실험적으로 고려한 토지이용도별 기초유출계수의 표준값은 <표 1.5.1>과 같다.

<표 1.5.1> 토지이용도별 기초유출계수의 표준값

표면형태	유출계수	표면형태	유출계수
지 붕	0.85~0.95	공 지	0.10~0.30
도 로	0.80~0.90	잔디, 수목이 많은 공원	0.05~0.25
기타 불투수면	0.75~0.85	경사가 완만한 산지	0.20~0.40
수 면	1.00	경사가 급한 산지	0.40~0.60

토지이용도별 구성은 불침투역에 대하여 용도지역별 건폐율, 도로율 및 포장율 등에 의해 엄밀하게 결정될 수 있다. 식(1.5.7)은 이와 같은 엄밀한 토지이용도별 구성을 기초로 하여 모든 기초표면 형태로부터의 유출을 합하여 구하는 유출계수로서 안전하게 사용할 수 있다(<표 1.5.2> 참조).

<표 1.5.2> 토지이용도별 총괄유출계수의 범위

토지이용		유출계수
상업지역	도심지역	0.70~0.95
	근린지역	0.50~0.70
주거지역	단독주택단지	0.30~0.50
	독립주택단지	0.40~0.60
	연립주택단지	0.60~0.75
	교외지역	0.25~0.40
	아파트	0.50~0.70
산업지역	산재지역	0.50~0.80
	밀집지역	0.60~0.90

자료 : 하천설계기준 건설교통부 2002, 미국토목학회 ASCE 1992.

그러나 유출계수는 크기가 지면경사, 피복상태, 요부저류(요부저류), 유역형상, 지표류 속도, 침투, 토양함수조건, 선행강우조건, 강우강도 등에 따라 영향을 받는다. 유역이 산지와 같은 급경사이면 유출계수는 크게 되고 평탄지역이면 적게 된다. 피복상태가 초지인 경우에서도 보다 포장상태에서 그리고

선행강우로 토양이 습윤상태이면 유출계수는 크게 된다.

도시에서의 침수지역은 대부분이 하천연안의 저지대로서 주변의 시가화된 상류지역으로부터의 증가된 지표유출수가 저지대로 유입되어 일시적으로 정체되어 침수가 발생하고 있다. 이러한 상황에서 시외지역의 신시가지의 개발 및 호우터 잠식, 재개발, 미개발지의 개발형태의 도시화로 인하여 불투수지면의 면적이 크게 증가함에 따라 강우의 유출체적이 크게 증가하고 특히 집중호우성 강우의 지속시간이 길어짐에 따라 토양의 침투가 감소하여 유출이 증가한다.

그러므로 최근의 강우양상과 불투수면증가에 의하여 증대되는 우수유출량에 대처하기 위해서는 유출계수가 해당지역의 세분화된 토지현황을 정확하게 반영할 수 있도록 현실화시켜야 한다. 유출계수가 토지이용현황을 정확하게 반영할 수 있도록 <표 1.5.2>의 유출계수표준값과 하수도정비 기본계획변경(서울시, 2002)의 용도별 기초유출계수를 기초로 하고 토지이용을 크게 도시화지역과 녹지 및 오픈스페이스지역으로 나누어 세부적으로 분류한 11개 항목에 대하여 유출계수를 제시하면 다음과 같다.

<표 1.5.3> 토지용도에 적용되는 기초유출계수 범위

토지이용		유출계수범위
교통시설지		0.80~0.90
상업업무시설지		0.70~0.95
공공용도지		0.65~0.75
주택지		0.50~0.75
주거·상업혼합지		0.70~0.95
공업지		0.60~0.90
경작지		0.10~0.25
나 지		0.30~0.40
도시부양시설	조경수목식재지	0.10~0.25
	시 가 화 지 역	0.60~0.75
녹지 및 오픈스페이스		0.50~0.75

자료 : 상습침수해소를 위한 하수도시설기준 재검토, 서울특별시, 2002.

또한 유출계수는 강우가 지속적으로 오는 경우 지반은 초기강우로 인하여 습윤상태를 유지하게 되고 시간이 경과함에 따라 증가되어 유출량은 늘어나게 되므로 장기강우에 대한 유출량은 토지용도만으로 산출된 유출계수와 차이가 있을 수 있다. 그러므로 상습침수지역의 경우에는 침수피해를 최대한 줄일 수 있도록 기초유출계수를 표준값 범위에서 중간값이상이나 상한값을 적용하는 방법과 유출모형에 의한 지표면유출분석을 실시하여 검토된 유출율과 비교·검토하여 총괄유출계수를 산정하는 방법도 검토가능하다.

(3)에 대하여

하수관거의 계획우수량 결정을 위한 확률년수는 10~30년, 빗물펌프장의 계획우수량 결정을 위한 확률년수는 30~50년을 적용한다. 그러나 반드시 전지역이 일정할 필요는 없고, 지역의 중요도나 배수

구역의 크기 등 여러 가지 여건을 고려하여 확률년수를 다르게 하거나 근간적인 시설에 대해 확률년수를 크게 취하는 것은 방재상 필요하며 가능한 경제적인 면과 방재적인 면을 고려하여 설정하는 것이 바람직하다. 시설의 설치 및 운영의 소요비용에 따르는 경제적 효과와 침수피해에 대응하는 방재적 편익을 편익-비용 분석(BCA) 또는 비용-편익 분석(CBA)을 통하여 편익-비용비(B/C), 순현재가(NPV), 내부수익률(IRR)과 같은 경제성 평가지표로 환산하여 대상지역의 적정 확률년수를 산정함이 가능하다. 특히 확률년수 적용에 대해 최근의 국지성 집중호우에 대처가 어렵고 침수피해를 입는 지역이 증가하고 있으므로 신규개발지역은 합리적인 규모내에서 확률년수를 상향조정하고 기존의 시설물에 대한 상향조정이 어려운 지역에 대해서는 하천계획을 고려하여 하수도시설만이 아니라 우수유출저감시설을 포함한 도시시설과 일체로 된 우수배제계획이 될 수 있도록 하여야 한다. 방재상 중요도가 낮은 지역 등에 대해서는 과도한 확률년수를 적용하지 않도록 주의하여야 한다.

확률계산법으로는 Thomas plot법, Hazen plot법 및 이와이(岩井)법 등이 일반적으로 쓰이고 있으나, 어느 방법으로 계산하여도 비슷한 값을 얻을 수 있으므로, 가장 간단한 Thomas plot법의 사용을 원칙으로 한다.

확률계산에는 적어도 20년 이상의 자료가 필요하나 우리나라에서는 전체적으로 자료의 정비가 미흡한 실정이다.

자료정비법에는 매년최대값법(통계기간에서의 연간 최대값을 취하여 모집단으로 하는 방법)과 비매년최대값법(통계기간내에서 최대값순으로 통계년수의 수만큼 취하여 모집단으로 하는 방법)이 있으나, 20년간의 자료가 없는 경우에는 비매년최대값법에 의하는 것을 원칙으로 한다.

비매년최대값법에 의하지 않는 경우에는 확률년수를 1년 증가시킴으로써(즉, 5년인 경우 6년으로 함) 자료부족에 의한 확률년수의 감소를 보완하도록 한다.

〈계산 예〉 확률강우강도의 산출법

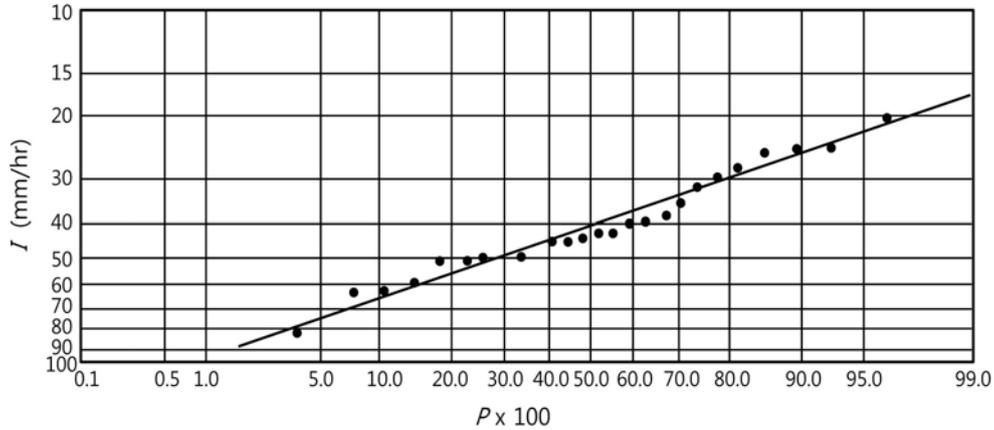
어떤 지역의 26년간의 자료로부터 1년간 강우강도의 매년최대값을 조사하여 1순위로부터 순서대로 81, 63, 62, 60, 52, 51, 50, 50, 49, 46, ..., 20을 얻었다. 식(1.5.8)의 Thomas plot을 이용하여 5년 확률강우강도를 구해보면 아래와 같다.

$$P = \frac{J}{N + 1} \dots\dots\dots (1.5.8)$$

- 여기서, P : Thomas plot
- J : 강우강도순위(= 1, 2, 3, ..., 26)
- N : 자료개수(= 26)

따라서 식(1.5.8)에 J와 N값을 대입하여 <표 1.5.4> 및 [그림 1.5.2]를 얻었다. [그림 1.5.2]는 대수확률용지를 이용하여 <표 1.5.4>의 P와 강우강도값과의 관계를 나타낸 것이다. 이론적 경향선은 최소자승법을 이용하는 것이 일반적이지만, 수문량의 특성 때문에 근사적인 직선을 이용하여도 큰 차이는 나지 않는다. 따라서 5년 확률을 구하는 경우에는 매년최대값을 이용하였기 때문에 5년에 1년을 더한 6년 확

를, 즉 $P=1/6=0.167$ 에 대응하는 경향선상의 강우강도를 구하면 59 mm/h이 된다.



[그림 1.5.2] 확률강우산정도

<표 1.5.4> Thomas plot값과 강우강도

J	1	2	3	4	5	6	...	26
P	0.037	0.074	0.106	0.148	0.185	0.222		0.963
강우강도	81	63	62	60	52	51		20

(4)에 대하여

우수유출의 유하현상은 홍수이동의 현상이므로 유달시간은 이를 고려하여 구한다.

1) 유입시간

유입시간의 표준값으로 <표 1.5.5>의 값이 사용되는 것이 보통이나, 유입시간은 최소단위배수구의 지표면거리, 경사 및 조도계수 등에 의해서 변화한다.

한편, 유입시간을 산출하는 산정식으로서 Kerby식이라고 부르는 식(1.5.9)의 것이 비교적 많이 쓰이고 있으며, <표 1.5.6>에 지체계수 n 값을 보이며 계산 예는 <표 1.5.7>과 같다.

$$t_1 = 1.44 \left(\frac{L \cdot n}{S^{1/2}} \right)^{0.467} \dots\dots\dots (1.5.9)$$

<표 1.5.5> 유입시간의 표준값

우리나라에서 일반적으로 사용되고 있는 유입시간		미 국 토 목 학 회	
인구밀도가 큰 지역	5분	완전포장 및 하수도가 완비된 밀집지구	5분
인구밀도가 적은 지역	10분		
간선오수관거	5분	비교적 경사도가 적은 발전지구	10~15분
지선오수관거	7~10분		
평균	7분	평지의 주택지구	20~30분

여기서, t_1 : 유입시간(min)
 L : 지표면거리(m)
 S : 지표면의 평균경사
 n : 조도계수와 유사한 지체계수(〈표 1.5.6〉 참조)

이론적으로 유입시간을 구하는 방법은 특성곡선법에 의해 근사적으로 구하며 식(1.5.10)에 나타낸 스에이시(未石)식에 의한다.

$$t_1 = \left(\frac{n_e \cdot L}{S^{1/2} \cdot I^{2/3}} \right)^{3/5} \dots\dots\dots (1.5.10)$$

여기서, n_e : 최소단위배수구역의 등가조도계수(等價粗度係數)
 I : 설계강우강도

유입시간은 최소단위배수구의 특성을 파악하여 이상과 같은 계산식에 의해 구하는 것을 원칙으로 한다.

〈표 1.5.6〉 Kerby식에서의 n 값

표 면 형 태	n
매끄러운 불투수표면(smooth impervious surface)	0.02
매끄러운 나대지(smooth bare packed soil)	0.10
경작지나 기복이 있는 나대지(poor grass, cultivated row crops or moderately bare surfaces)	0.20
활엽수(deciduous timberland)	0.50
초지 또는 잔디(pasture or average grass)	0.40
침엽수, 깊은 표토층을 가진 활엽수림지대(conifer timberland, deciduous timberland with deep forest litter, or dense grass)	0.80

자료: 건설부, 수자원 관리 기법 개발 연구 조사 보고서, 1991, 12

2) 유하시간

유하시간은 관거구간마다의 거리와 계획유량에 대한 유속으로부터 구한 구간당 유하시간을 합계하여 구한다. 이를 위해서는 가상적인 관거의 배치와 크기가 필요하다. 이 배치와 크기는 평균유속이 0.8~3.0 m/s가 되도록 하며, 하류로 갈수록 경사는 완만하고 유속은 빠르며, 소류력(掃流力)을 크게 할 수 있도록 배려하여 결정하되 몇 번이고 계산을 반복하여 계획관거를 결정한다.

그리고 관거내의 유수를 등류(等流, uniform flow)로서 계획유량에 대응한 유속에 의해 산정하는 것을 원칙으로 하나, 관거내의 유량 및 수위 등은 시간에 따라 변동하므로 계획유량에 대응한 유속보다 첨두유량의 이동속도를 사용하는 경우도 있다.

〈표 1.5.7〉 Kerby식에 의한 유입시간의 계산 예

L(m)	n	S	t ₁ (min)	L(m)	n	S	t ₁ (min)		
50	0.02	1/100	4.2	150	0.02	1/100	7.1		
		1/500	6.1			1/500	10.3		
		1/1,000	7.2			1/1,000	12.1		
	0.05	1/100	6.4		0.05	1/100	10.8		
		1/500	9.4			1/500	15.8		
		1/1,000	11.1			1/1,000	18.5		
	0.10	1/100	9.0		0.10	1/100	15.0		
		1/500	13.0			1/500	21.8		
	0.20	1/1,000	15.3		0.20	1/1,000	25.6		
		1/100	12.4			1/100	20.7		
	100	0.02	1/500		18.0	200	0.02	1/500	30.1
			1/1,000		21.2			1/1,000	35.4
1/100			5.8	1/100	12.4				
0.05		1/500	8.5	0.05	1/500		18.0		
		1/1,000	10.0		1/1,000		21.2		
		1/100	9.0		1/100		19.0		
0.10		1/500	13.0	0.10	1/500		27.7		
		1/1,000	15.3		1/1,000		32.5		
0.20		1/100	12.4	0.20	1/100		26.2		
		1/500	18.0		1/500		38.2		
0.20		1/1,000	21.2	0.20	1/1,000		44.9		
		1/100	17.1		1/100		36.3		
0.20	1/500	24.9	0.20	1/500	52.8				
	1/1,000	29.3		1/1,000	62.1				

즉, 유하시간의 산정식은 식(1.5.11)과 같다.

$$t_2 = \frac{L}{\alpha \cdot V} \dots\dots\dots (1.5.11)$$

여기서, t₂ : 유하시간(min)

L : 관거연장(m)

V : Manning공식에 의한 평균유속(m/s)

α : 홍수의 이동속도에 대한 보정계수(〈표 1.5.8〉 참조)

(5)에 대하여

배수면적은 비교적 경사가 있는 지역은 정확하게 지형도에 의해 구한다. 그러나 평탄한 지역에서는 배수경계를 지형도만으로는 구하기 곤란하며, 이 경우 도로 배치나 경사, 기존도로나 하천의 위치 및 흐름방향 등을 답사에 의해 충분히 조사하여 배수경계를 확정할 필요가 있다. 배수경계에 걸쳐 있는 특정용도의 토지이용, 즉 공장이나 공원 등에 대해서는 그 부지내의 배수로계통 등에 의해 배수구역에 유입할 필요가 있는 경우와 없는 경우가 있으므로 충분히 조사해 둘 필요가 있다. 또 장래의 개발계획에 의해 유역변경이 생기는 경우가 있으므로 이에 대해서도 검토해 두어야 한다.

배수면적은 정확히 구할 수 있는 유일한 요소이며, 유량에 비례적으로 영향을 미치므로 신중히 검토한다.

〈표 1.5.8〉 보정계수

단면형상	수심(%)	보정계수(α)	비 고
정 사 각 형	80	1.25	Manning식을 이용하며, Kleitz · Seddon의 이론식에서 횡유입이 없는 것으로 하여 수치계산을 할 것 (n =일정)
	50	1.33	
	20	1.48	
원 형	80	1.03	
	50	1.33	
	20	1.42	

1.5.2 우수관거계획

관거시설의 계획은 다음사항을 고려한다.

- (1) 관거는 계획우수량을 기초로 계획한다.
- (2) 관거의 배치는 수두손실을 최소화하도록 고려하며 지형, 지질, 도로폭원 및 지하매설 등을 충분히 고려한다.
- (3) 관거의 단면형상 및 경사는 관거내에 침전물이 퇴적하지 않도록 적절한 유속이 확보될 수 있게 정하도록 한다.
- (4) 우수관거의 수리계산시 방류수역의 계획외수위를 고려한다.
- (5) 기존 배수로의 이용을 고려한다.

【해설】

(1)에 대하여

관거의 능력을 결정하는 경우에는 우수관거에 합류하는 계획우수량을 합리식을 기반으로 산정한다. 즉, 합류식 관거에 있어서는 계획우수량과 계획시간최대우수량을 더한 값으로 한다.

(2)에 대하여

관거는 자연유하를 원칙으로 하기 때문에 일반적으로 지형에 따라 배치계획을 하여야 한다. 지형, 지질, 도로폭원 및 지하매설물 등의 상황을 충분히 고려하여 수두손실을 최소로 하도록 배치를 하여야 한다.

암거(暗渠)의 경우는 개거(開渠)와는 달리 처음부터 매설깊이만큼 수두가 손실되는 단점이 있으므로 더욱 그러하다. 따라서 우수를 수직으로 떨어뜨리는 계통이나 구조는 가능한 한 피해야 한다. 그리고 관거배치에 대한 제약이 많고 바람직한 계통이나 구조를 선택할 수 없는 경우라도 동수경사선이 지표면 위에 오지 않도록 한다.

따라서 지표면 위에 오는 경우에는 관거의 단면을 크게 하는 등 필요한 방법을 강구해야 한다. 이와 같은 방법으로 처리할 수 없는 경우에는 방류점이나 접합점의 위치변경 및 계통의 변경 등을 한다. 이

상의 검토로도 불충분한 경우에는 압력관으로 합과 아울러 우수가 분출하지 않도록 필요한 대책을 강구해야 한다.

(3)에 대하여

관거는 우수가 항상 적정한 유속으로 지장없이 흐를 수 있도록 단면적, 단면형상 및 경사 등을 정해야 하며, 특히 관거내에 침전물이 퇴적하지 않도록 고려할 필요가 있다. 특히, 관거를 우수저류관으로서 계획하는 경우에는 침전물이 퇴적하지 않도록 고려할 필요가 있다. 또한, 관거의 분·합류점, 굴곡부 및 맨홀 등에서의 에너지 손실을 가능한 한 작게 하도록 배려한다.

(4)에 대하여

우수배제 계획구역이 상습침수지역인 경우에는 수리 및 용량검토시 내수침수인지 외수침수인지를 검토하여 항구적인 대책을 수립하여야 하며, 침수원인이 외수에 의한 침수인 경우 그 방류수역의 계획외 수위를 기점수위로 추정된 배수위(동수경사)를 고려하여 침수해소를 위한 관거계획을 수립하여야 한다. 계획외수위에 대한 기준은 1.3.5의 (1)를 따른다.

(5)에 대하여

우수배제 계획구역내에 기존의 배수로가 있는 경우에는 그 이용을 고려할 필요가 있다. 그때에는 배수로의 계통, 능력, 구조 및 장래계획에 대하여 충분히 고려한다.

1.5.3 빗물펌프장계획

펌프장시설의 계획은 다음 각항을 고려하여 결정한다.

- (1) 펌프장 위치의 선정 및 시설계획에 대해서는 입지조건 및 환경조건을 충분히 고려하여 계획한다.
- (2) 우수펌프는 계획우수량을 기초로 계획한다.
- (3) 펌프장은 우천시에 침수로 인해 기능이 정지하지 않도록 계획한다.
- (4) 펌프장의 위치는 배수구역내로 부터 우수를 합리적으로 집수가능한 지점 및 방류수역을 확보할 수 있는 곳으로 한다.

【해설】

(1)에 대하여

펌프에 의한 배수구역은 원칙적으로 방류수역의 계획외수위를 기준으로 하여 동수경사선을 끌어 이것이 지표면에 나타나는 구역으로 한다. 즉, 계획외수위까지 수위가 상승되지 않을 때에는 자연배수가 가능한 경우이므로 펌프장을 통과시키지 않는 우회수로로 우수의 자연배수를 하는 것도 고려할 필요가 있다. 일반적인 펌프장의 입지조건 등으로는 1.6.3을 참조한다.

(2)에 대하여

빗물펌프장의 용량은 계획우수량(계획우수유출량)을 신속하게 배제하도록 계획하며, 미리 우수저류관으로 계획한 경우를 제외하고는 관저류는 고려하지 않는다. 또, 합류식 하수도의 경우에는 차집량을

고려한다(2.1.1을 참조). 계획우수량의 산정은 합리식의 사용을 원칙으로 하되, 도시지역의 유출현상을 잘 나타내는 것으로 알려진 강우유출산정방법/모델(수정합리식, RRL 방법, ILLUDAS, SWMM, STORM, MOUSE 등)을 사용하여 지역특성에 맞도록 산정할 수 있다.

(3)에 대하여

펌프장의 위치는 구역내에서 낮은 곳에 설치하는 경우가 많으므로 우천시에 침수로 인해 기능이 정지되지 않도록 계획할 필요가 있다. 계획외수위 이하의 벽은 방수성으로 한다. 또한, 침사지 등에서 물이 차오르지 않도록 배려를 하며, 특히, 전기관련 기기는 절대침수되지 않도록 높은 위치에 설치할 필요가 있다.

(4)에 대하여

펌프장은 경우에 따라서 유입관이 깊게 되고 방류관연장이 길게 되어 건설비측면에서 불리하게 되므로 합리적으로 집수할 수 있는 위치를 선정하는 것이 중요하다.

또한 펌프의 배수는 충분한 배수능력이 있는 방류수역을 확보하는 것이 중요하다.

1.5.4 우수유출량의 저감계획

우수배제계획시에는 우수유출저감대책에 대해 검토하고 필요에 맞게 시설계획에 반영한다.
 (1) 우수유출저감계획
 (2) 우수유출저감방법
 (3) 계획우수량 산정방법

【해설】

최근 도시의 재개발, 도시주변의 시가화촉진 등에 따라 시가지의 경우 우수의 침투면적이 감소하고 우수의 유출량이 증가하는 동시에 단기간에 우수가 유출하고 있다. 이 때문에 우수배제계획의 수립에 있어서는 이제까지 시행하던 하천개수나 하수도정비에 의해 우수를 신속히 유출시키는 우수배제대책에 더해, 우수를 저류 또는 침투시켜 되도록이면 우수를 천천히 유출시키거나 감소시키기도 하는 우수유출억제대책에 대해서도 검토를 할 필요가 있다.

(1)에 대하여

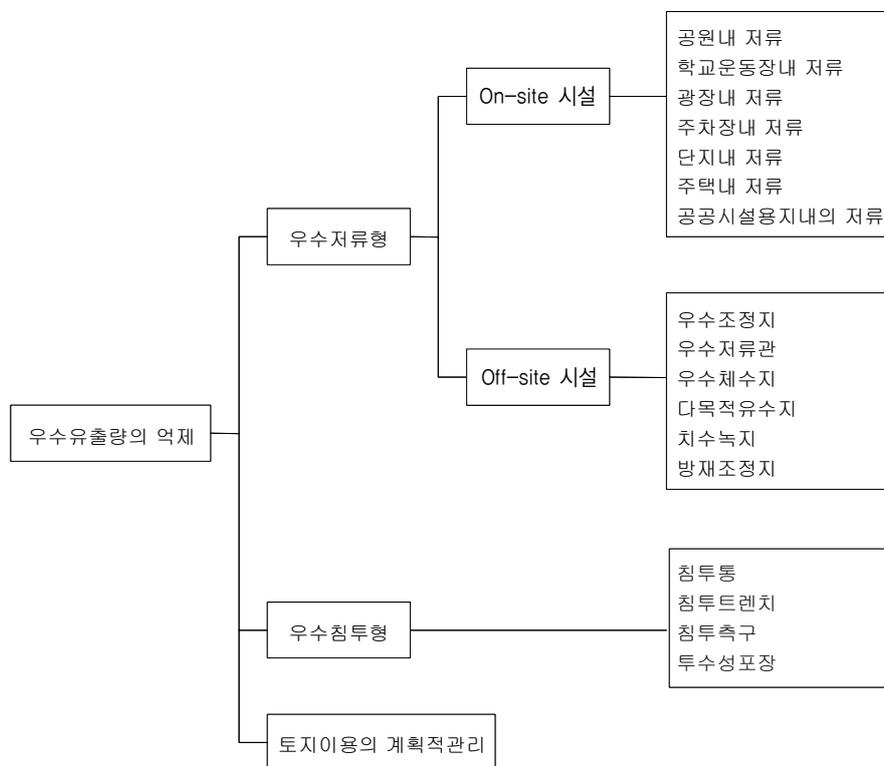
우수배제계획은 우수유출침투량에 대응하는 것을 원칙으로 하고 지역실태 등을 반영하여 수립한다. 우수유출침투량에 대응하는 것이 어려운 지역은 우수유출저감을 포함한 계획을 수립한다.

방류지점 수위의 영향을 받는 경우나 국지적인 기복이 있는 지역은 필요에 따라 등류 또는 부등류계산에 의하여 관거의 단면·중단계획을 수립한다. 기존 설치 관거가 있는 경우는 통수능력을 평가하고 부족한 경우에는 ① 배수구역의 변경, ② 관거 증설, ③ 조절지 등에 의한 침투량의 저감, ④ 단면의 확장과 같은 대체안을 수립한다. 이들 대체안은 침투량을 관거에 의하여 순간에 유하시키는 것으로 관거 증설이나 조절지는 보완적 역할을 하는 것으로 하며, 이 경우의 배수량이나 조절지에 의한 침투량의 저감효과는 합리식 등을 이용하여 산정한다.

그러나 밀집된 시가지는 계획한 단면으로 관거를 시공할 수 없거나 큰 관경으로 관거연장을 길게 하는 것보다 상류에 유출저감시설을 설치한 경우가 경제적이고 방류지점의 하천하류의 통수능에 제약이 있는 경우에는 필요에 따라서 우수유출저감시설을 도입하여 우수배제를 계획한다. 또한 우수배제시설은 관거, 펌프, 저류시설, 토구가 일체가 되어 기능하는 것이므로 기존 시설과의 연계 및 소요비용과 효과의 검토를 통한 배수계통 전체에 대한 종합적인 판단을 근거로 하여 계획해야 한다.

(2)에 대하여

우수유출량의 저감(억제)방법은 우수저류형과 우수침투형으로 크게 나눌 수 있다([그림 1.5.3] 참조).



[그림 1.5.3] 우수유출량 저감방법의 분류

1) 우수저류형

우수저류형은 우수유출총량은 변하지 않으나 유출량을 평균화시켜 첨두유출량을 감소시키는 효과를 발휘한다. 이 저류형에는 강우장소에서 우수를 저류하는 on-site저류(공원내 저류, 학교운동장내 저류, 광장내 저류, 주차장내 저류, 건물사이내의 저류, 집사이내의 저류 등)와 유출한 우수를 집수하여 별도의 장소에서 저류하는 off-site저류(우수조정지, 다목적유수지, 우수저류관 등)가 있다.

우수배제계획에 있어서 기존시설을 증강하는 경우에는 주변의 토지이용상황 등에 따라 우수조정지, 우수저류관 등의 저류시설을 계획하는 것이 많다.

2) 우수침투형

우수침투형은 우수를 지중에 침투시키므로 우수유출총량을 감소시키는 효과를 발휘한다. 이 침투형에는 침투받이, 침투트렌치, 침투측구, 투수성포장 등이 있다.

이러한 우수유출저감책은 합류식하수도의 우천시 월류수대책으로서도 유효하다. 또한, 침투시설은 도시의 경우 지하수 함양대책으로도 이용할 수 있다. 한편, 우수유출량의 저감은 시설의 대응뿐만 아니라 유출수가 관거에 유입하기 이전에 우수량을 감소시키는 대책을 포함한 토지관리가 필요하고, 개발행위에 대한 유출저감을 위해서 행정의 적절한 지도 및 계도외에 하천, 도로 및 공원시설 등에 대한 대응 등, 행정간의 연대를 빈틈없이 하고 종합적인 치수행정체로 검토하는 것이 중요하다.

(3)에 대하여

우수유출저감을 계획할 때에는 우수유출침투량을 어느 정도까지 저감시킬 것인가를 설정하고 유출량의 시간적 변화를 나타내는 유출수문곡선을 산출하며 유출저감시설의 저류량과 침투량을 산정한다. 우수유출저감방법을 검토할 때는 중앙집중형 등의 단기강우뿐만 아니라 장기강우 및 침수피해가 발생한 대표적인 기왕 실강우도 고려하여 계획강우를 설정하는 것이 바람직하다.

유출수문곡선의 산출방법은 우수유출침투량을 산출하는 합리식과 도시지역의 유출현상을 잘 나타내는 것으로 알려진 ILLUDAS, SWMM 모델 등이 있으며, 이들 모형 중에서 지역특성에 맞는 유출모형으로 한다. 저류시설은 유출수문곡선과 허용방류량 및 방류방법에서 소요저류량을 산정하고, 침투시설은 유출수문곡선에서 지역에 설치하는 침투시설의 침투량을 제외하여 산정하는 방법이 있다.

위의 방법에 의하여 유출저감시설의 위치와 규모를 결정하고 우수유출침투량의 저감상태를 파악하여 하수관거의 통수능과 조합이 잘 이루어지고 있는지 재확인하여야 한다. 또한 기존시설의 계통이 복잡하게 분할되어 있는 경우에는 시시각각 변하는 유량과 수위를 동시에 산정할 수 있는 부정류 해석을 실시하여 기존 관거의 통수능을 평가하고 저류시설용량을 산정할 수 있다.

1.5.5 우수조정지계획

도시화에 의해 우수유출량이 증대하고, 하류시설의 유하능력이 부족한 경우에는 필요에 따라 우수조정지의 설치를 계획한다.

【해설】

도시화에 의해 우수유출량이 증대하여 하류의 시설 및 수로 등의 능력을 높이기 곤란한 경우에는 우수조정지를 계획하는 경우가 있다. 특히, 대규모 신시가지 개발에 의한 우수유출량의 제어나 지형이 경사가 급한 지역에서 평탄한 지역으로 변하는 지점에서의 침수대책으로 우수조정지가 유효한 방법이 될 수 있다.

우수조정지의 구조에 대해서는 공원, 건물 및 기타시설의 지하에 설치하거나, 기존의 연못을 이용하는 것 외에 댐이나 웅덩이 및 관내저류 등에 의한 방법도 생각할 수 있으므로 지역실정을 고려하여 결정한다(2.8 참조).

- ① 대규모 택지나 신시가지 개발하는 경우에는 우수조정지를 설치하는 경우가 많다. 우수조정지는 항구적인 시설이므로 하수도관리자가 관리하게 되는 경우에는 하수도계획에 포함하여 시설계획을

세우고 시설의 유지관리도 하수도관리자가 담당할 필요가 있다. 한편 우수조정지가 공원, 운동장 등의 다른 시설과 겹치게 될 경우에는 다른 시설의 관리자와 협의하여 서로 관리구역을 정하여야 하며, 공원 등의 다른 시설에 대해서도 도시계획을 설정하여 원래 계획한 조정능력이 장래에 손상되지 않도록 해둘 필요가 있다. 우수조정지의 기술적 사항에 대해서는 2.8을 참조한다.

- ② 하루 우수간선의 유하능력이나 빗물펌프장의 우수배제능력으로 상류구역의 우수를 신속하게 배제하기 어려운 경우에는 우수조정지를 계획할 필요가 있다.

또한, 합류식하수도에서 우수조정지를 설치하는 경우에는 악취대책 또는 침전슬러지 대책 및 배수방법에 대해서도 고려하여야 하며, 질적 제어를 목적으로 우수체수지로서의 복합이용 가능성에 대해서도 검토할 필요가 있다.

1.6 우수배제계획

1.6.1 계획오수량

계획오수량은 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 우수관거는 계획시간최대오수량을 기준으로 계획한다.
- (2) 합류식에서 하수의 차집관거는 우천시 계획오수량을 기준으로 계획한다.
- (3) 우천시 계획오수량의 산정시 생활오수량 외에 우천시 우수관거에 유입되는 빗물의 양과 지하수의 침입량을 추정하여 합산하여 구한다.

【해설】

(1)에 대하여

우수관중에서 생활오수의 유출량은 계획구역의 크기, 계절 및 기후 등에 의해 큰 차이가 있으며, 하루중에도 시간에 따라 크게 변동한다. 또한 공장폐수에 대해서는 24시간 평균적으로 배출하는 경우, 주간에만 배출하는 경우 및 특정시간에 배출하는 경우 등 여러 가지로 일정하지가 않다.

따라서, 우수관거의 용량을 결정할 때 우수유입량의 변동에 대해 충분한 유하능력을 갖도록 계획오수량중 가장 큰 계획시간최대오수량을 사용한다.

(2)에 대하여

합류식에서는 우수토실이나 펌프장을 통과한 후 하수의 차집관거의 용량은 방류수역의 허용오염부하량을 고려한 희석배율에 의해서 정하는 우천시 계획오수량으로 한다. 또한 합류식에서 차집관거(우수간선관거)를 합류식 하수관거로 사용하는 것은 절대로 피해야 하며, 하수의 차집관거는 항상 우수토실이나 펌프장에서 방류수를 분리한 후 여러 가지 우천시 계획오수량만을 받아들이도록 계획한다.

(3)에 대하여

하수도 설계 용량에는 전체 계획하수량의 일부분이 되는 침입수 및 유입수 유입량도 포함되어야 한

다.(참조 1.6.4 (1)) 그러나, 파손된 하수관과 접합부 또는 관거의 교차지점 불량맨홀, 침수된 맨홀을 통해 하수관거로 들어오는 수량은 제외할 수 있도록 적절하게 설계, 시공하여야 한다.

이와 같이 통제하기 힘든 부적절한 가정하수의 연결과 불법적인 방류 또는 사유지내 배수설비에서의 조치할 수 없는 결함으로 인한 불명수 유입을 방지할 수는 없으므로 건축물 건설 또는 배수구에서 배출되는 유출수, 불량지점으로 유입되는 맨홀 유입수, 지붕 또는 건물사이 통로 방류수, 지하로 흘러들어가는 지표월류수 등을 포함시켜 설계를 수행해야 한다.

지붕과 포장과 같은 수밀지역으로부터 월류되는 물은 법적 제재에 의해 하수로부터 배제되어야 한다. 실험에 의하면, 25 mm 침수된 맨홀 뚜껑 위의 구멍 사이즈와 개수에 따라 맨홀 당 유입량이 1.4~4.7l/s를 보인다. 이와 같은 유입수 및 침입수는 가옥내 배수설비 정비와 수밀성이 우수한 맨홀뚜껑 및 연결관, 관중 등을 사용해서 최소화될 수 있다.

지표 월류수의 지하 또는 우물, 지하차고 등으로의 유입수는 극한적인 양의 증가로 이어지는데, 규제와 처벌만이 이러한 종류의 심각한 피해를 최소화할 수 있다. 이러한 규제를 준수함으로써 공공재 비용 등 사회적 비용을 감소시킬 수 있다. 그러므로 설계시부터 이러한 상황을 진단하고 어쩔 수 없이 발생하는 맨홀 누수, 지붕 월류수, 그리고 지표 월류수를 법적 규정으로 만들어 모든 하수처리구역에서 준수될 수 있는 환경을 조성해야 한다.

1.6.2 오수관거계획

오수관거계획은 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 분류식과 합류식이 공존하는 경우에는 원칙적으로 양 지역의 관거는 분리하여 계획한다. 부득이 합류시킬 경우에는 분류식지역의 오수관거는 합류식지역의 우수토실보다도 하류의 차집관거(간선관거)에 접속하여 합류관거에 접속하는 것은 피한다.
- (2) 관거는 원칙적으로 암거로 하며, 수밀한 구조로 하여야 한다.
- (3) 관거배치는 지형, 지질, 도로폭 및 지하매설물 등을 고려하여 정한다.
- (4) 관거단면, 형상 및 경사는 관거내에 침전물이 퇴적하지 않도록 적당한 유속을 확보할 수 있도록 정한다.
- (5) 관거의 역사이편은 가능한 한 피하도록 계획한다.
- (6) 오수관거와 우수관거가 교차하여 역사이편을 피할 수 없는 경우에는 오수관거를 역사이편으로 하는 것이 바람직하다.
- (7) 기존관거는 수리 및 용량 검토 및 관거실태조사를 실시하여 기능적, 구조적 불량관거에 대하여 오수관거로서의 제기능을 회복할 수 있도록 개량계획을 시행하여야 한다.

【해설】

(1)에 대하여

계획구역내에 분류식지역과 합류식지역이 공존하는 경우에 분류식지역의 오수를 합류관거에 유입시키는 것은 수질보전상 분류식의 효과가 없어지는 결과가 되므로, 양지역의 관거는 원칙적으로 처리시설에 도달할 때까지 분리하는 것으로 하며, 부득이 합류시킬 경우에는 경제적, 기술적 검토를 하여 분류식지역의 오수관거는 합류식의 우수토실이나 펌프장에서 우천시의 월류되는 방류수를 분리한 후 하수의 차집관거에 접속시키는 방안을 강구한다.

(2)에 대하여

관거는 악취발생 등 환경위생상의 관점 및 주로 도로 밑에 매설되는 점 등을 고려하여 우수관거 및 방류관거를 제외하고는 원칙적으로 암거로 한다. 하수관거 부설후 하수관거의 기능에 따라서 수밀시험을 실시하여야 한다.

(3)에 대하여

관거는 자연유하를 원칙으로 하므로 일반적으로 지형에 맞게 배치되도록 계획한다. 특히, 간선 등의 대구경관거에 대하여는 시공상의 문제가 있으므로 지형, 지질, 도로폭 및 지하매설물 등의 상황을 충분히 고려하여 그 배치를 결정한다.

(4)에 대하여

관거는 오수가 항상 적당한 유속으로 유하하는데 지장이 없도록 단면적, 단면형상 및 경사 등을 결정하며, 특히 관거내에 침전물이 퇴적하지 않도록 고려한다. 또한, 관거의 분·합류점, 굴곡부 및 맨홀 등에서는 에너지 손실을 가능한 한 작게 하도록 고려한다.

(5)에 대하여

관거의 역사이편은 침전물의 퇴적에 의한 관거의 폐쇄나 부패에 의한 가스 및 악취가 발생되기 때문에 유지관리상 좋지 않으므로 가능한 한 피하도록 계획하며, 부득이 역사이편을 설치해야 할 경우에는 충분한 유속이 확보되도록 함과 동시에 복수관으로 하는 등 유지관리가 쉽도록 구조 및 기능을 충분히 고려할 필요가 있다.

(6)에 대하여

분류식의 구역에서 우수관거와 우수관거가 교차하여 역사이편을 피할 수 없는 경우에는 일반적으로 우수관거를 역사이편으로 하는 것이 바람직하다. 왜냐하면 우수관거는 시가지의 침수방지시설로서의 중요한 역할을 하는 것이므로 유수의 유하상황을 고려하여 우수배제를 우선적으로 다루는 것을 기본으로 하기 때문이다. 그러나 지형상 문제, 침수가 발생하는 경우의 피해상황, 매설관거의 시공 및 유지관리의 문제를 충분히 고려하여 우수관거를 역사이편으로 하는 경우도 있다.

(7)에 대하여

기존관거는 수리 및 용량 검토, 관거실태조사 등을 실시하여 통수능부족, 최소유속 미달, 역경사 관거 등 기능적, 구조적 불량관거와 관거내부 이상으로 침입수/유입수(I/I) 및 누수가 발생하고 있는 우수관거에 대하여 제기능을 회복할 수 있도록 개선대책을 시행하여야 한다.

기존관거의 문제점은 관거파손 및 연결부 불량 등으로 누수가 토양 및 지하수를 오염시키고, 관거부식으로 관의 내구성이 저하되며, 침입수/유입수 및 토사퇴적으로 통수단면이 줄어들어 통수능력이 저하되는 것으로 크게 구분된다.

기존관거의 정비공법은 기존관을 굴착교체하는 방법과 비굴착 보수하는 방법이 있으며, 비굴착 보수공법은 맨홀간 관거 전체를 보수하는 전체보수공법과 불량발생부분만 보수하는 부분보수공법으로 구분된다.

1.6.3 오수펌프장계획

펌프장계획은 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 펌프장의 설치는 경제성, 시공성, 유지관리의 난이도 및 주변환경에 미치는 영향을 종합적으로 검토하여 정한다.
- (2) 오수펌프는 분류식인 경우는 계획시간 최대오수량으로 하고, 합류식인 경우는 우천시 계획오수량으로 계획한다.
- (3) 펌프장은 침수되지 않는 구조로 한다.
- (4) 펌프장의 위치선정과 시설계획은 입지조건 및 주변의 환경조건을 충분히 고려하여 계획한다.
- (5) 주변 지형에 비해 현저히 낮아 자연유하 관거로 매설시 하류관거 심도가 깊어지는 국부적인 지역의 경우에는 소규모(맨홀) 펌프장 또는 자가오수펌프를 설치할 수 있다.

【해설】

(1)에 대하여

오수펌프장은 관거의 매설깊이가 깊어져 비경제적으로 되는 경우 또는 어떤 지역의 오수를 처리장으로 송수하는 경우 등에 설치하는 중계펌프장과 처리장의 지반고 및 처리수 방류수면의 관계상 오수를 처리시설로 양수하기 위해 설치하는 처리장내 펌프장이 있다. 합류식의 경우에는 일반적으로 오수펌프장과 빗물펌프장을 병설한다.

펌프장의 설치에 일반적으로 펌프장의 수가 많으면 건설비가 증가하고 유지관리가 번거로우며 비용도 많이 들게 되므로 가능한 한 집약화하여 그 수를 적게 하는 것이 바람직하다. 그러나 필요한 펌프장의 수를 과소평가하여 계획할 경우 관거경사불량, 최소유속미달 등의 효과로 오히려 장기적인 도시발전이 이루어질 때 간단한 개보수로 문제를 해결할 수 없는 열악한 하수도시설의 원인이 되므로, 시스템으로서의 경제성, 시공성, 유지관리의 난이도 및 주변환경의 영향을 종합적으로 검토하여 정한다.

또한 계획외수위와 평수위간에 큰 수위차가 있는 경우나 부지 등의 요건으로 처리시설로부터 자연방류가 곤란할 때에는 2단양수로 수위변동에 대응하는 것이 경제적이지만 유지관리측면의 검토를 충분히 한 후에 선택하는 것이 반드시 필요하다.

(2)에 대하여

오수펌프의 용량은 관거의 계획오수량을 항상 지체 없이 배제할 수 있도록 계획할 필요가 있으므로, 분류식에서 중계펌프장 및 처리장내 펌프장의 계획오수량은 계획시간최대오수량으로 하고 합류식에서 중계펌프장 및 처리장내 펌프장의 계획오수량은 우천시 계획오수량으로 계획한다.

(3)에 대하여

펌프장은 우천시 침수되어 그 기능이 정지되지 않도록 배려할 필요가 있으며, 예상되는 침수위까지를 방수벽으로 하며 펌프장 바닥으로부터의 침수를 방지하도록 배려하되, 특히 전기기기는 절대로 침수되지 않도록 높은 위치에 설치할 필요가 있다.

(4)에 대하여

중계펌프장은 성격상 시가지지역에 설치되는 일이 많기 때문에 위치선정시에는 주변환경을 충분히 배려할 필요가 있으며, 양수한 오수는 자연유하로 송수하는 것이 원칙이지만 지형적 조건 및 간선중간의 장애물 등에 따라 어쩔 수 없이 오수를 압송하는 경우에는 유지관리상으로도 압송부분의 연장을 가능한 한 짧게 하도록 고려할 필요가 있다.

합류식에서 오수와 우수의 병설펌프장은 방류수역의 유하능력 및 우수상황을 충분히 고려한다. 일반적으로 펌프장의 입지조건으로는 다음 사항을 들 수 있다.

- ① 시공 및 구조상으로 가능한 한 지질이 양호해야 한다.
- ② 펌프장의 설치공사와 관련된 관거, 펌프기계 및 기자재의 반입이 가능하도록 주변도로가 정비되어 있어야 한다.
- ③ 동력용 전력을 쉽게 끌어 들일 수 있어야 한다.
- ④ 냉각용 및 작업용의 용수가 확보되어야 한다.
- ⑤ 용도지역에 따라 규모 및 시설 등이 건축법에 제약을 받으므로 이 법에 저촉되어서는 안된다.

시설계획시에는 소음, 악취, 일조피해 및 쓰레기의 산란 등에 의한 환경의 악화를 초래하지 않도록 구조 및 기능상의 배려가 필요하며, 펌프장 전체의 경관에 대하여도 충분히 고려한다.

(5)에 대하여

상기 (2) 및 (3)항에 조건에도 불구하고 주변 지형에 비해 현저히 낮아 자연유하 관거로 매설시 하류관거 심도가 깊어져 경제성 및 유지관리가 불리하게 되는 국부적인 소규모지역 또는 단독가옥의 경우에는 소규모(맨홀) 펌프장 또는 자가오수펌프를 설치할 수 있다. 이러한 경우에는 상시 유지관리를 고려한 정비체계를 갖추어야 하며, 시설비 및 사용전력비 부담문제로 인한 민원이 상존하므로 해당 관청의 조례규정을 검토하여 반영한다.

소규모(맨홀)펌프장 계획시 다음 사항을 고려하여 계획하여야 하며, 구조는 간단하게 하는 동시에 유지관리가 용이한 설비로 구성한다. 또한 규모가 3.0m³/min이하의 적은 경우에는 간이형 및 맨홀형식을 원칙으로 한다.

펌프장 구조는 기기의 운전 하중 및 토압, 수압 등을 포함하는 전체 하중에 대하여 안전하여야 하며, 수밀성 및 내구성을 갖도록 하고 기자재 및 배관 등은 내부식성에 대하여 우수한 재질을 선정한다.

펌프실의 용량은 계획오수량, 펌프형식 및 구조, 설치대수, 유지관리공간 등을 고려하여 산정하며, 펌프장 깊이 및 펌프장 용량에 대한 운전시간, 시동 간격 등을 고려하여야 한다.

1.6.4 불명수유입량의 저감계획

오수관거 계획시 불명수 유입을 대비하여 필요에 따라 시설계획을 하여야 하며, 기존 오수관거의 경우에는 불명수 유입량 저감대책을 수립하여야 한다.

- (1) 불명수 유입량 조사 및 분석
- (2) 유지관리모니터링 계획
- (3) 불명수 저감대책 수립

【해설】

오수관에 유입되는 침입수/유입수 이외에도 합류식에서 하수관거 시점부의 계곡수, 하천의 우수토실로 유입되는 하천수, 취락지역의 농업용수로의 하수관거 오점으로 유입되는 농업용수 등 불명수로 인해 공공하수처리시설에 저농도 하수가 유입되어 처리효율을 저하시키고 유지관리의 문제를 야기하므로, 불명수의 유입량 및 유입지점 등의 문제점을 조사하고 개선방안을 분석하여 우선적으로 불명수 유입차단을 위한 조치를 강구하여야 한다.

(1)에 대하여

청천시에도 유입이 확인되는 계곡수, 농업용수 등은 현장조사를 실시하되, 우천시에 오수관으로 유입되는 우수, 빌딩 유출수, 지하수와 같은 침입수/유입수 등은 유량 및 수질조사 결과를 활용한 침입수/유입수 산정 방법에 따라 분석하여야 하며, 또한 연막조사 등을 통한 오점조사 등을 실시하여 유입량을 분석한다.

침입수/유입수 산정방법 비교를 위한 현장조사는 도시규모별, 용도별, 하수배제방식별 등의 특성을 고려하여 하수관거 매설연수, 관중/관경분포, 접합방식, 부실정도(노후화), 지하수위 등 침입수/유입수 발생 특성에 영향을 미칠 수 있는 요인을 고려하여 조사하여야 한다.

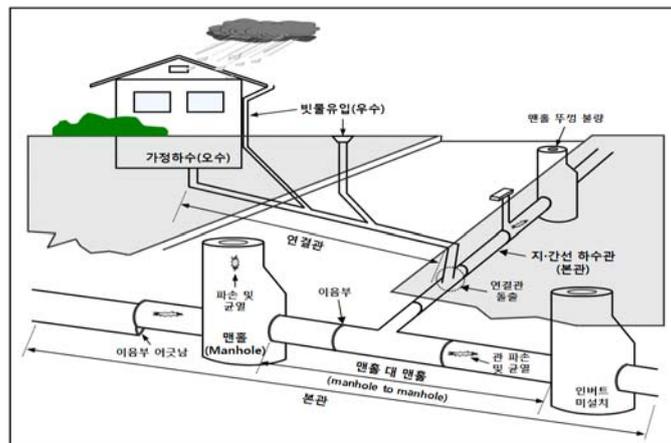
(2)에 대하여

침입수/유입수는 하수관거의 실태에 따라, 경과연수에 따라 지속적으로 발생되므로 이를 효과적으로 모니터링할 수 있는 관리방안을 강구하여야 한다. 일반적으로 침입수/유입수를 모니터링하는 방안은 다음과 같다.

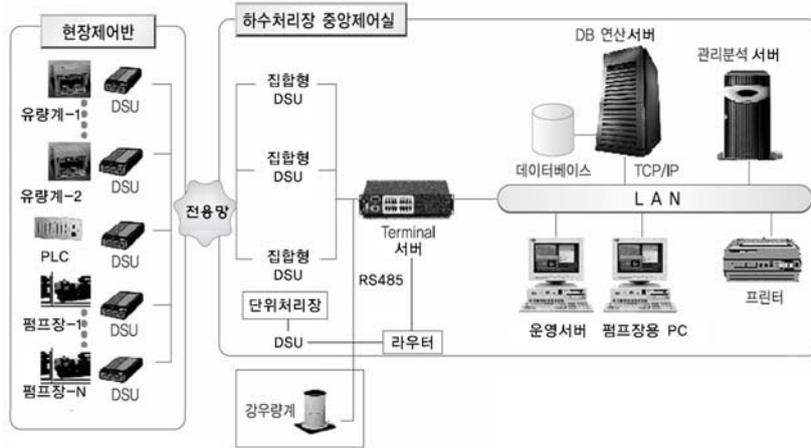
- ① 고정식유량계를 설치하여 침입수/유입수를 전체적으로 파악하는 모니터링 시스템 구축
- ② 이동식유량계를 설치하여 침입수/유입수가 많이 발생하는 지역을 중점적으로 파악하는 모니터링 시스템 구축

(3)에 대하여

파악된 침입수/유입수에 대해 유입지점별, 유입형태별, 관중별 각각 상승하는 대책을 수립하여야 한다.



[그림 1.6.3] 침입수/유입수 주요 발생원 및 모식도



[그림 1.6.4] 하수관거 유지관리 모니터링 시스템 예시

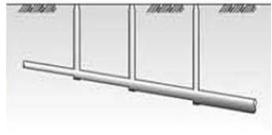
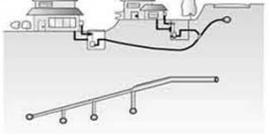
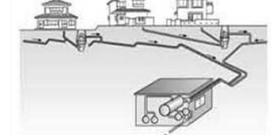
1.6.5 오수이송계획

오수배제를 위한 관거계획은 일반적으로 자연유하 방식으로 이송하는 것이 유리하나, 오수배제구역의 지역적 특성에 따라 오수이송계획을 경제성, 시공성 등을 검토하여 합리적인 방법으로 달리 정할 수 있다.

【해설】

오수배제를 위한 오수관거 계획은 오수를 중력에 의하여 배제시키는 자연유하식 시스템방식과 진공식 및 압력식, 압송식 하수도 수송 시스템인 압력관거 시스템 및 이 두 방식을 혼용하여 적용하는 혼용방식 시스템이 있으며, 지역적인 현장여건을 고려하여 경제성, 시공성, 유지관리성 측면에서 유리한 방식을 채택하여 적용하여야 한다.

〈표 1.6.1〉 오수이송방법 비교

구분	자연유하식	압력식(다중압송)	진공식
개요도			
장점	<ul style="list-style-type: none"> - 기기류가 적어 유지관리 용이 - 신규개발지역 오수 유입 용이 - 유량변동에 따른 대응 가능 - 기술 수준의 제한이 없음 	<ul style="list-style-type: none"> - 지형변화에 대응 용이 - 공사점용면적 최소화 가능 - 공사기간 및 민원의 최소화 - 최소유속 확보 	<ul style="list-style-type: none"> - 지형변화에 대응 용이 - 다수의 중계펌프장을 1개의 진공 펌프장으로 축소가 가능 - 최소유속 확보
단점	<ul style="list-style-type: none"> - 평탄지는 매설심도가 깊어짐 - 지장물에 대한 대응 곤란 - 최소유속 확보의 어려움 	<ul style="list-style-type: none"> - 저지대가 많은 경우 시설복잡 - 지속적인 유지관리필요 - 정전 등 비상대책 필요 	<ul style="list-style-type: none"> - 실양정이 4m 이상일 경우 추가적인 장치가 필요함 - 국내적용실적이 다른 시스템에 비해 적음 - 일반관리자의 초기교육이 필요함

1.7 하수처리·재이용계획

1.7.1 계획인구

계획인구는 계획목표년도에서의 계획구역내 발전상황을 예측하여 다음 사항을 기초로 하여 정한다.

(1) 계획총인구의 추정

계획총인구는 국토계획 및 도시계획 등에 의해 정해진 인구를 기초로 결정한다. 단, 이와 같은 계획이 결정되지 않은 경우는 계획구역내의 행정구역단위별로 과거의 인구증가추세에 의해 계획목표년도의 인구를 정한다.

(2) 인구분포의 추정

계획구역내의 인구분포는 토지이용계획에 의한 인구밀도를 참고로 하여 계획총인구를 배분하여 정한다.

(3) 주간인구

주간인구의 유입이 현저히 큰 지역에 대해서는 주간인구를 고려한다.

【해설】

계획인구는 하수도계획에서 시설규모와 계획유입수질 산정에 기초가 되는 것으로서 계획구역에 관한 도시계획 및 기타 장기계획을 참고로 하여 계획구역내의 계획총인구 및 그 분포상황으로 추정한다. 또한 과거 및 장래의 인구동향을 정확하게 파악하여 인구가 과대하게 산정되지 않도록 유의한다.

(1)에 대하여

계획총인구는 국토계획 및 도시계획 등에 의해 예측된 장래인구와 계획구역내의 행정구역단위별로 과거의 인구증가추세를 고려하여 결정한다.

이와 같은 계획이 결정되지 않은 경우나 목표년도의 인구가 정해지지 않은 경우에는 행정구역 단위별로 과거의 인구변동실적을 기초로 하여 계획구역의 성격에 따라 ①~⑤의 방법 중 계획구역의 성격에 가장 잘 부합하는 방법 하나를 택하여 계획목표년도의 인구를 추정한다.

- ① 연평균증가수에 의한 방법
- ② 연평균증가율에 의한 방법
- ③ 지수함수곡선식에 의한 방법
- ④ Logistic곡선식에 의한 방법
- ⑤ 생잔모형에 의한 조성법(Cohort method)

인구급증지역이나 인구감소지역에서 인구추정치 결정하는 경우에는 각종 개발계획 등에 의한 인구증가 및 기타 특수한 요소를 충분히 고려하여 결정한다.

(2)에 대하여

계획구역내의 인구분포는 토지이용계획상의 용도지역별 인구를 참고로 하여 계획총인구를 배분하지만 이미 결정되어 있는 용도지역에 인구를 수용할 수 없는 경우에는 용도지역이 확대될 것을 예상하여 계획구역을 재검토할 필요가 있다.

(3)에 대하여

인구는 일반적으로 상주인구(야간인구)를 의미하나 주간인구의 유입이 많은 관광지역, 상업지역 등

에서는 계획오수량의 추정에 큰 영향이 있으므로 주간인구를 고려할 필요가 있다. 주간인구는 사무소 및 사업장 등 취업자수의 실적 또는 건물의 연면적당의 취업자수 등을 근거로 하거나 유사지역의 주간인구의 예를 참고로 하여 추정한다. 또한 관광지역에서는 이용자가 연간을 통하여 일정하지 않고 대부분의 경우 이용자가 집중하는 시기가 있다. 이러한 지역에 대해서는 성수기의 이동인구를 추정할 필요가 있다. 처리시설에서는 성수기의 인구만이 아니라 그 시기의 주간의 변동, 성수기의 지속기간, 비수기의 인구 등의 영향도 중요하므로 파악하도록 한다. 계절적인 관광인구 등의 이동인구는 일귀가와 숙박으로 나누고 과거의 실적, 장래의 동향, 숙박시설의 수용능력, 관광개발계획 등을 조사하여 추정한다.

1.7.2 계획오수량

<p>계획오수량은 생활오수량(가정오수량 및 영업오수량), 공장폐수량 및 지하수량으로 구분해 다음 사항을 고려하여 정한다. 또한, 소규모하수도 계획시에는 필요한 경우 가축폐수량을 고려할 수 있다.</p> <p>(1) 생활오수량 생활오수량의 1인1일 최대오수량은 계획목표년도에서 계획지역내 상수도계획(혹은 계획예정)상의 1인1일 최대급수량을 감안하여 결정하며, 용도지역별로 가정오수량과 영업오수량의 비율을 고려한다.</p> <p>(2) 공장폐수량 공장용수 및 지하수 등을 사용하는 공장 및 사업소 중 폐수량이 많은 업체에 대해서는 개개의 폐수량조사를 기초로 장래의 확장이나 신설을 고려하며, 그 밖의 업체에 대해서는 출하액당 용수량 또는 부지면적당 용수량을 기초로 결정한다.</p> <p>(3) 지하수량 지하수량은 1인1일최대오수량의 10~20%로 한다.</p> <p>(4) 계획1일최대오수량 계획1일최대오수량은 1인1일최대오수량에 계획인구를 곱한 후, 여기에 공장 폐수량, 지하수량 및 기타 배수량을 더한 것으로 한다.</p> <p>(5) 계획1일평균오수량 계획1일평균오수량은 계획1일 최대오수량의 70~80%를 표준으로 한다.</p> <p>(6) 계획시간최대오수량 계획시간최대오수량은 계획1일 최대오수량의 1시간당 수량의 1.3~1.8배를 표준으로 한다.</p> <p>(7) 합류식에서 우천시 계획오수량은 원칙적으로 계획시간최대오수량의 3배 이상으로 한다.</p>

【해설】

하수도계획의 대상이 되는 오수는 계획구역내의 일반가정, 사무소, 공장 및 사업장 등에서의 생활, 영업 및 생산활동에 의해 발생하는 오수, 폐수, 지하수 및 기타 배수량으로 분류되므로, 계획오수량을 정확히 결정한다는 것은 매우 어려운 문제이나 신중을 기하는 것이 필요하다.

또한, 오수는 시간 및 계절에 따라 변동하므로, 이러한 변동은 시설설계시에 중요한 변수가 된다. 특히, 온천, 해수욕장 및 행락지 등의 관광지에서는 변동이 현저하기 때문에 매우 신중해야 한다.

(1)에 대하여

생활오수량은 계획목표년도에서 계획지역내 상수도계획(목표 년도내에 상수도계획이 없는 경우는 계

획예정)상의 1인1일 최대급수량을 기준으로 하여, 상수도급수량중 일부는 누수로 손실되거나 사용 후 지하침투 및 증발 등에 의해 손실되는 량을 고려하여야 하는데 과거의 통계 및 조사 등에 의한 1인 1일최대급수량에 이들 요인을 감안하여 1인1일 최대급수량을 산정한다.

1인1일최대급수량 산정시에 정부의 물수요관리정책으로 1인당 1일 급수량은 '97년을 정점으로 40l에서 2008년도 337l까지 꾸준히 감소하고 있고, 또한 2000년부터 추진하고 있는 물질약종합 대책과 2004년의 시·도별 물수요관리종합계획인 절수기기 및 중수도설치 의무화, 수도요금 현실화에 의하여 물사용량이 계속해서 저감되고 있는 것을 고려할 필요가 있다.

우리나라의 도시규모별 보급율 및 1인1일평균급수량의 예가 <표 1.7.1>에 나타나 있으며, 일본에서의 용도지역별 영업오수율의 예가 <표 1.7.2>에 나타나 있다.

<표 1.7.1> 도시규모별 보급율 및 1인1일급수량의 예(2008년 기준)

구 분	총인구 (천명)	급수인구 (천명)	보급율 (%)	급수량 (천톤/일)	1일1인당 급수량 (l/cd)
전 국	50,394	46,733 (47,423)	92.7 (94.1)	15,766	337
특광역시	23,326	23,194 (23,236)	99.3 (99.5)	7,346	317
시 지역	18,013	17,702 (17,730)	98.3 (98.4)	7,354	415
읍 지역	3,903	3,409 (3,484)	87.4 (89.3)	1,066	183
면 지역	5,117	2,427 (2,972)	47.4 (58.1)		

주 : 급수인구 및 보급율 자료중 ()에 있는 자료는 마을상수도 포함한 내역임
 자료: 환경부 2009 상수도통계

<표 1.7.2> 용도지역별 영업오수율(일평균)의 예

용도지역	영업오수율	비 고
상업지역	0.6~0.8	용도지역별로 영업용수량과 영업용지율(營業用地率)과의 상관(相關)을 구한 후에, 1인당 가정용수량에 대한 비율로 설정한 것이다.
주거지역	0.3	
준공업지역	0.5	
공업지역	0.2	

주 : 도시규모에 따라 영업오수율에 다소의 변동이 있다.
 자료 : 일본하수도협회, 하수도시설계획·설계지침과 해설, 2009.

(2)에 대하여

계획구역내의 공장폐수는 공공수역의 수질오염방지를 위해 하수도에서 수용하는 것을 원칙으로 하나, 직접하천 등에 방류해도 지장이 없는 경우를 제외하는 경우도 있으나 호우시 무단방류 등 이를 상

시 보증할 수 있는 방법이 상당히 어려운 일이며 감독자나 관리자에게 상당히 부담스러운 일이므로 공동처리구역으로 지정된 경우를 제외하고는 하수종말처리시설로 유입처리하는 것이 바람직하다.

일반적으로 중·소규모의 공장이나 사업장은 상수도에 의해 급수되며, 이들의 폐수는 생활오수량에 포함된다. 그러나 공업용수 및 지하수 등을 사용하고 있는 공장 등에서는 그 폐수량이 많은 경우가 일반적이므로, 개별적으로 폐수량을 조사하고 장래의 설비투자계획 등을 참고로 하여 폐수량을 예측한다.

또한 공장유치계획 등에 의해 공장의 업종 및 규모 등이 분명한 경우에는 개별적으로 폐수량을 추정한다.

기타 공장 등의 폐수량에 대하여는 출하액당 용수량 또는 공장의 부지면적당 용수량과 이들의 연간 변화를 구하여 업종별로 장래 폐수량의 추정을 한 후 안전율을 고려하여 정한다.

(3)에 대하여

분류식의 오수관거에서 지하수의 유입은 바람직하지 않으므로 설계 및 시공시에 그 양을 최소한도로 억제하도록 노력하나, 완전히 방지한다는 것은 기술적으로 거의 불가능한 실정이다.

그 양은 관거연장 1m당 또는 배수면적 1ha당의 양(m³)으로 표시하나 토질, 지하수위, 관거의 연결 및 공법 등에 따라 다르므로 표준치는 정해져 있지 않지만, 경험적으로 1인1일최대오수량의 10~20%로 하는 것이 바람직하다.

또한, 지하수외에 맨홀 및 빗물받이 등의 오점에 의해 다량의 우수가 오수관거에 유입될 염려가 있으며, 우천시에는 오수량의 몇 배에 달하는 유량이 흐르는 경우도 있는바 이 문제는 분류식의 가장 큰 난점으로서 맨홀뚜껑의 구멍을 없애거나, 시공상의 주의 또는 배수설비의 검사철저 등에 의해 방지할 수밖에 없다.

그리고 기타의 오수량으로서 온천지에서의 온천폐수 혹은 가축폐수 등을 고려하지 않으면 안되는 경우도 있다.

(4)에 대하여

계획1일최대오수량은 처리시설의 용량을 결정하는데 기초가 되는 수치로 1인1일최대오수량에 계획인구를 곱한 후 여기에 공장폐수량, 지하수량 및 기타 배수량을 더한 것으로 한다.

(5)에 대하여

유량의 시간적 변동이나 갑작스런 증가에 의한 부하량에 대하여 계획1일평균오수량에 의한 용량으로는 부족하므로 계획1일최대오수량을 처리시설의 기본량으로 한다.

오수량의 일간변화는 대개 중·소규모의 하수도에서는 크므로 계획1일평균오수량은 계획1일최대오수량에 대해 중·소규모의 하수도에서는 70%, 대규모에서는 80% 정도이다. 또, 공장폐수가 차지하는 비율이 큰 경우에는 그 변화정도를 고려할 필요가 있다.

(6)에 대하여

계획시간최대오수량은 관거 및 펌프장의 용량을 결정하는 기본량이다. 오수량의 시간적 변동은 소도시나 주택단지 등에서 특히 두드러지며, 계획1일최대오수량의 1.5~1.8배, 소규모나 관광지 등에서는

2배 이상에 달하는 수도 있다.

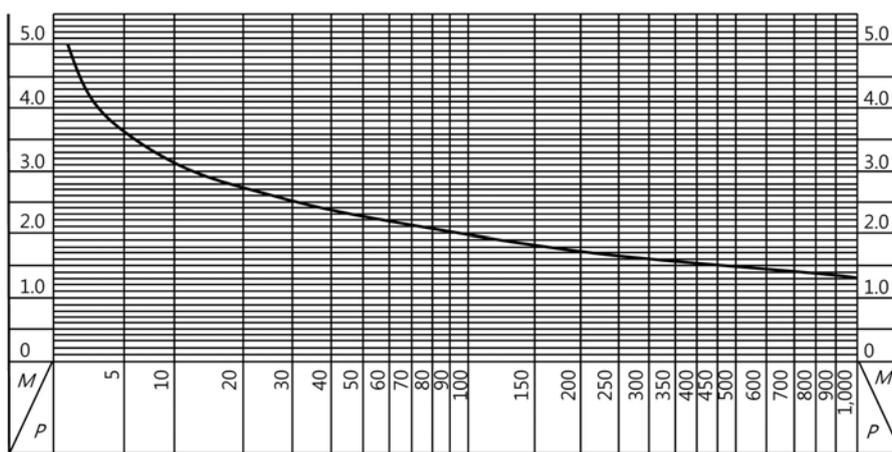
한편, 대규모하수도에서는 오수량의 시간적 변동이 평균화되므로 1.3배 정도이다. 또한 계획시간최대오수량의 산정방법으로 Babbit공식을 이용하는 방법이 있는데 이 방법은 지하수량을 고려하지 않은 것으로 소구경관거에서 간선관거에 이르기까지 배수인구에 따라 시간최대오수량을 구하는 방법이다.

즉, 배수인구에 따른 1일평균오수량의 평균1시간당량에 Babbit계수 M을 곱해서 각 관거에 따른 계획시간최대오수량을 산출한다(그림 1.7.1) 참조).

(7)에 대하여

합류식에서는 우천시 우수토실에서의 월류 및 펌프장에서의 방류에 대한 영향을 고려하여 우천시 하수량 중에서 일부를 오수로서 차집한다. 차집하는 양은 우천시 계획오수량으로 한다.

우천시 계획오수량은 방류지역의 상황이나 배수구역의 특성 등을 고려하여 오염부하량의 저감효과와 그에 따르는 비용을 검토하여 희석배율에 의해 정하지만, 원칙적으로 계획시간최대오수량의 3배 이상으로 한다.



$M = 5 \div P^{\frac{1}{5}}$
 $P < 1,0(1,000명)$ 일때 $M = 5$
 $P > 1,000(100만명)$ 일때 $M = 1.25$
 P : 1,000명 단위 인구수

[그림 1.7.1] Babbit M곡선

1.7.3 계획오염부하량 및 계획유입수질

계획오염부하량은 생활오수, 영업오수, 공장폐수, 관광오수 및 기타오수의 오염 부하량으로 구분하고 다음 각항을 고려해서 정한다.

또한, 계획유입수질은 계획오염부하량과 계획1일평균오수량을 기초로 정한다.

- (1) 계획오염부하량
 계획오염부하량은 생활오수, 영업오수, 공장폐수 및 관광오수 등의 오염부하량을 합한값으로 한다.
- (2) 계획유입수질
 하수의 계획유입수질은 계획오염부하량을 계획1일평균오수량으로 나눈값으로 한다.
- (3) 대상 수질항목
 계획오염부하량의 산정에 있어서 대상 수질항목은 처리목표수질의 항목에 일치시키는 것을 원칙으로 한다.

- (4) 생활오수에 의한 오염부하량
생활오수에 의한 오염부하량은 1인1일당 오염부하량 원단위를 기초로 하여 정한다.
- (5) 영업오수에 의한 오염부하량
영업오수에 의한 오염부하량은 업무의 종류 및 오수의 특징 등을 감안하여 결정한다.
- (6) 공장폐수에 의한 오염부하량
폐수배출부하량이 큰 공장에 대해서는 부하량을 실측하는 것이 바람직하며, 실측치를 얻기 어려운 경우에 대해서는 업종별의 출하액당 오염부하량 원단위에 기초를 두고 추정한다.
- (7) 관광오수에 의한 오염부하량
관광오수에 의한 오염부하량은 당일관광과 숙박으로 나누고 각각의 원단위에서 추정한다.
- (8) 기타 오염부하량
가축폐수 등에 관한 오염부하량은 필요에 따라 고려한다.

【해설】

계획오염부하량 및 계획유입수질은 계획오수량과 함께 하수도계획의 기본이 되는 값이므로 처리구역의 실태를 근거로 하여 가능한 한 실측한 값을 기본으로 구한다.

(1)에 대하여

계획오염부하량은 수처리시설 및 슬러지처리시설의 계획에서 기본인 계획유입수질을 구하기 위해 필요한 수치이다. 계획오염부하량은 일반적으로 생활오수, 영업오수, 공장폐수 및 관광오수 등의 오염부하량을 합한값으로 한다. 그러나, 계절변동을 추정할 수 있는 경우에는 그 값도 파악해둘 필요가 있다.

(2)에 대하여

계획유입수질은 처리장에 유입하는 하수의 수질로 계획오염부하량을 계획1일평균오수량으로 나눈 값이다. 즉, 수처리시설 설계에 쓰이는 계획설계수질은 계획유입수질에 슬러지처리계로부터의 반송수 등을 고려한 수치이다.

(3)에 대하여

하수처리하는 통상 BOD, SS 및 대장균군의 항목을 제거대상으로 하고 있으나, 방류수역에 따라 처리목표수질에 COD, 질소, 암모니아성질소 및 인 등을 추가시킬 경우가 있다. 이 경우에는 추가시킨 항목에 대해서도 유입하수중의 부하량을 검토해 처리방식을 선정한다. 또, COD를 규제하는 처리장에서는 유입하수중의 COD부하량 및 유입하수중의 생물학적 난분해성 COD 부하량을 아는 것이 중요하다.

(4)에 대하여

생활오수에 의한 오염부하량은 일반적으로 1인당 오염부하량 원단위를 참고로 하여 구하나, 각 지자체의 실태에 따라 유입하는 계획유입수질의 변동이 있으므로, 시설을 계획하는 경우에는 각 지역의 실정 및 유사한 지역의 실태를 참고로 하여 결정할 필요가 있다. 일반적으로 생활오수의 계획유입수질은 반송수부하량을 배제시킨 것으로 분류식 하수도인 경우 BOD 및 SS의 경우 200 mg/l 전후로 하는 경우가 대부분이다(〈표 1.7.3〉 및 〈표 1.7.4〉 참조).

〈표 1.7.3〉 연도별 생활오수의 오염부하원단위(서울시)

구 분		2001	2006	2011
오염원단위 (g/인·일)	BOD	72.3	77.2	83.9
	SS	64.1	70.2	80.6
	T-N	14.3	15.1	15.2
	T-P	1.3	1.3	1.4
오수량원단위 (l/인·일)		438	449	451

주 : 오수량원단위는 일최대값임.

자료 : 하수도정비기본계획(변경)보고서, 서울특별시, 2002.

〈표 1.7.4〉 생활오수의 특성(미국 예)

항 목	농 도		계
	용 해 성	입 자 상	
부유물질(SS)			
휘발성			190
불활성			50
계			240
BOD	65	135	200
COD	130	260	400
T-N	20	10	30
T-P	5	2	7

주 : 오수량은 378 l/인·일에 근거한 것임.

자료 : WEF & ASCE, Design of MWTP Vol. I, 1992.

(5)에 대하여

영업오수에 의한 오염부하량은 업무의 형태, 종사하는 사람의 존재 및 건물내의 처리·재이용의 유무 등을 감안해서 추정한다.

영업오수의 부하량은 지역에 따라 크게 다르며, 추정이 곤란한 경우는 생활오수와 유사하게 가정해서 오염부하량을 추정한다.

(6)에 대하여

배출부하량이 많은 공장의 폐수에 대하여는 하수처리시설에 미치는 영향이 크므로 그 값을 실측해야만 한다. 그러나, 배출부하량이 작은 공장 혹은 장래 입지가 예정되는 공장 등에 대해서는 업종별 제품출하액당의 오염부하원단위의 값 등을 이용해 오염부하량을 추정한다.

처리목표수질이 COD의 경우에는 하수의 생물분해성에 유의한다. 생활오수 및 영업오수에 비교하면 공장폐수 중의 유기물의 생물분해성은 업종·공정에 따라 다르며, 정보도 충분하지 않으므로 폐수의 생물분해성을 실측할 필요가 있다.

(7)에 대하여

관광객에 의한 오염부하량은 관광객의 체재경향 및 물이용형태 등에 따라 여러 가지가 있기 때문에 계획구역내의 관광이용시설에서 배출부하량을 실측하는 것이 바람직하지만 할 수 없는 경우에는 유사한 조건을 갖는 지역의 예를 참고로 한다.

(8)에 대하여

계획구역내에 소, 돼지 등의 가축폐수가 유입되는 경우에는 이들의 부하량에 관해서도 추정한다(〈표 1.7.5〉 참조). 다만, 하수도에 실제 유입되는 오염부하량은 가축분뇨의 퇴비이용상황, 청소방법 등에 따라 적절한 유입률을 고려하여 결정한다.

〈표 1.7.5〉 가축폐수의 오염부하 원단위

(단위: g/頭·일)

구분	BOD	COD	TS	T-N	T-P
소	640	3,500	3,500	125	72
돼지	125	250	356	20.4	16.8
닭	12.5	-	18	0.96	0.78

자료: 국립환경연구원, 수질환경기준 달성 적정화 방안에 관한 연구(Ⅱ), 1990.12.

1.7.4 처리방법

처리방법은 유입하수의 수량, 수질의 부하 및 그 변동, 방류수역의 유량, 물의 이용상황, 수질환경기준의 설정현황, 처리장의 입지조건 및 유지관리상의 조건 등에 의하여 정한다.

【해설】

하수도법에 의거하여 설치된 공공하수도로 배제한 오수는 처리장에서 처리한 후 공공수역에 방류하는 것이 필요하다.

하수의 처리정도는 일반적으로 다음과 같이 대별된다.

- ① 1차처리(침전법)
- ② 2차처리: 활성슬러지법, 표준살수여상법 및 기타 이와 같은 정도로 처리할 수 있는 방법
- ③ 고도처리: 여과법, 활성탄 흡착법, 질소와 인의 제거법 및 기타 이와 같은 정도로 처리할 수 있는 방법

하수의 처리방법은 이론적으로는 방류수역의 수량 및 물의 이용상황을 기초로 하여 방류수역의 목표수질(수질환경기준)을 정하고, 방류수역의 허용오염부하량과 처리장 유입하수의 오염부하량에 의해 필요한 제거율을 산정함으로써 결정된다.

그러나, 일반적으로 방류수역에는 처리장으로부터의 방류수뿐만 아니라 처리구역외의 공장폐수 등도 방류되는 한편 방류수역의 목표수질이 영구불변한 것이 아니므로 처리장의 방류수의 수질오염부하량은 일률적으로 정해지지 않는다. 따라서 처리방법은 원칙적으로는 2차처리로서 계획하되, 처리장 수질기

준 강화로 하수의 고도처리가 요구되는 경우, 방류되는 수역이 호소·내만 등 폐쇄성수역으로서 질소·인으로 인한 부영양화가 문제되는 경우, 하수처리수를 중수도, 농업용수 및 공업용수 등으로 재이용할 경우, 기타 수질보전상 고도처리가 필요한 경우는 고도처리계획을 검토한다.

단, 공장폐수 등의 전처리를 위한 중간적 처리시설의 경우는 2차 처리를 검토할 필요는 없다.

구체적인 처리방법에 대하여는 유입하수의 수량, 수질, 부하변동, 처리장의 규모 및 입지조건 그리고 유지관리상의 조건을 고려하여 결정할 필요가 있으며, 특히 공장폐수가 포함된 경우의 수질적인 영향, 단지하수에 미치는 수량, 수질적인 부하변동 등에 대해 충분히 배려함과 함께 처리장의 규모 및 처리장 주변의 환경조건을 고려하고, 처리관리의 체제 및 유지관리비 등을 감안하여, 유지관리가 가장 쉬운 처리방법을 선택하여야 한다.

1.7.5 처리장계획

처리장계획은 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 처리장은 건설비 및 유지관리비 등의 경제성, 유지관리의 난이도 및 확실성 등을 충분히 고려하여 정한다.
- (2) 처리장위치는 방류수역의 물 이용상황 및 주변의 환경조건을 고려하여 정한다.
- (3) 처리장의 부지면적은 장래 확장 및 향후의 고도처리계획 등을 예상하여 계획한다.
- (4) 처리시설은 계획 1일 최대오수량을 기준으로 하여 계획한다.
- (5) 처리시설은 이상수위에서도 침수되지 않는 지반고에 설치하거나 또는 방호시설을 설치한다.
- (6) 처리시설은 유지관리가 쉽고 확실하도록 계획하며, 주변의 환경조건에 대하여 충분히 고려한다.

【해설】

(1)에 대하여

처리장시설의 계획에서 배치 및 규모 등은 하수도정비기본계획에 따라 정한다.

일반적으로 처리장규모가 큰 경우에는 수량 및 수질의 변동이 작은 반면에, 운전초기단계에서 유입하수량과 처리능력과의 차이로 유지관리나 사업효과에 악영향을 미칠 수 있으므로 계획단계에서 신중한 예측과 대책을 검토할 필요가 있다.

또한 소규모처리장의 경우는 수량 및 수질의 변동이 크므로 유지관리에 영향이 미칠 것이 예상되는 경우에는 시설계획에서 대응방안을 마련해 두는 것이 필요하다.

(2)에 대하여

처리장위치는 방류수역의 이수상황 및 계획구역의 지형적 조건에 의해서 대부분 정해져 왔으나, 처리장부지의 확보는 처리장계획 또는 하수도계획전체를 좌우하는 가장 중요한 요건이 된다. 그러므로 처리장위치의 결정은 오수를 자연유하로 수집할 수 있어 건설비와 유지관리비가 경제적으로 되고 주변 환경과 조화되며, 침수피해가 없는 위치로서 신중히 검토하는 것이 필요하다.

(3)에 대하여

처리장의 부지확보는 매우 어려운 문제로서 부지면적에 대해서는 장래의 오수량증가에 대한 시설의 확장, 수질환경기준의 변화추세 및 처리수의 재이용 등에 따른 고도처리의 필요성 등을 검토하여 필요

할 경우 소요면적을 확보할 수 있도록 계획한다.

(4)에 대하여

처리시설의 계획오수량은 공공수역의 수질오염방지를 가장 우선적으로 고려한다는 입장에서 1년을 통하여 처리시설의 과부하현상이 일어날 염려가 적은 계획1일 최대오수량으로 하는 것을 원칙으로 하나, 시간변동이 큰 경우에는 합리적인 범위내에서 계획오수량을 정하거나 유량조정조를 고려한다. 합류식인 경우에 일차침전지, 소독설비 및 이들의 부대시설에 대해서는 우천시 계획오수량을 기초로 하여 계획한다.

(5)에 대하여

처리장은 어떤 경우라도 운전을 중단하는 일이 발생되어서는 안되므로 처리시설자체가 침수되지 않는 높이에 설치하는 것이 바람직하며, 방류수역의 이상 수위에 대해서도 처리시설에 방류수역의 물이 역류하지 않는 높이로 하는 것이 바람직하다.

(6)에 대하여

처리장의 처리기능을 충분히 발휘하고 안정된 처리수의 수질을 유지하기 위해서는 처리시설의 규모, 유입수질의 성상 및 유지관리체제 등에 따라 가장 유지관리가 쉽도록 처리시설을 계획할 필요가 있으며, 처리방법의 선택, 처리시설의 배치, 기기의 선정, 운전방식 및 자동화방식 등에 대하여 신중히 검토할 필요가 있다.

또한 처리장계획에서는 소음, 악취 및 일조 등의 문제가 생기지 않도록 구조 및 기능상의 대책을 검토함과 아울러 처리장과 주변환경과의 조화를 이룰 수 있도록 처리시설주변의 미화 및 녹화 등에 대하여도 배려할 필요가 있다.

1.7.6 하수처리수 재이용 기본계획

하수처리수의 재이용은 다음사항을 기본으로 하여 계획한다.

- (1) 하수처리 재이용수의 용도는 생활용수, 공업용수, 농업용수, 유지용수를 기본으로 계획하며, 용도별 요구되는 수질기준을 만족하여야 한다.
- (2) 하수처리수 재이용량은 해당지역 하수도정비기본계획의 물순환이용계획에서 제시된 재이용량 이상으로 계획하여야 한다.
- (3) 하수처리수 재이용지역은 해당지역 뿐만 아니라 인근지역을 포함하는 광역적 범위로 검토·계획한다.

【해설】

하수처리수는 물 순환의 건전성 확보와 물 수요와 공급 측면에서 중요성이 부각되고 있으며 집중적인 관리와 관심이 필요한 대상이다. 또한 하수처리시설의 고도화와 처리시설의 지속적인 개선·개량, 법적방류수질 강화 등에 따라 수질이 양호하고 연중 발생량이 일정하여 양질의 안정적 용수공급원으로 지역적인 물 부족의 해소의 대안으로 가능성이 높아지고 있다. 하수처리수 재이용의 증가는 수도물 사용량 및 용수공급원 건설에 따른 댐 주변지역 지원비 절감 등의 사회적 편익과 저렴한 재이용수 공급

으로 사회·경제적 비용절감을 기대할 수 있다.

(1)에 대하여

하수처리 재이용수의 용도는 공원이나 골프장 등의 조경용수 및 건물의 수세식 화장실 세정수, 청소용수 등의 생활용수, 공업용수, 농업용수, 하천의 유지용수를 기본으로 계획한다. 이외에도 용설용수, 히트펌프를 이용한 냉난방시스템의 열원 등의 이용방법이 있으며 물순환이용의 관점에서 용도는 다양화되고 있다.

특히, 그간 하수처리수 재이용 용도는 하천유지용수, 농업용수 위주로 추진되어 왔으나 물순환이용의 효과와 사회·경제적 비용절감 측면에서 공업용수로의 이용이 적극 권장되고 추진되고 있다. 하수처리수의 일반적인 재이용의 용도 및 제한조건에 따른 분류를 <표 1.7.6>에 나타내었다.

<표 1.7.6> 재이용수의 용도 구분 및 제한 조건

구분	대표적 용도	제한조건
도시 재이용수	① 주거지역 건물외부 청소 ② 도로 세척 및 살수(撒水) ③ 기타 일반적 시설물 등의 세척 ④ 화장실 세척용수 ⑤ 건물내부의 비음용, 인체 비접촉 세척용수	- 도시지역 내 일반적인 오물, 협잡물의 청소 용도로 사용하며 다량의 청소용수 사용으로 직접적 건강상의 위해가능성이 없는 경우 - 비데 등을 통한 인체 접촉 시와 건물 내 비음용·비접촉 세척 시에는 잔류물 등에 의한 위생상 문제가 없도록 처리하여야 함
조경용수	① 도시 가로수 등의 관개용수 ② 골프장, 체육시설의 잔디 관개용수	- 주거지역 녹지에 대한 관개용수로 공급하는 경우로 식물의 생육에 큰 위해를 주지 않는 수준
친수용수	① 도시 및 주거지역에 인공적으로 건설되는 수변 친수(親水)지역의 수량 공급 ② 기존 수변(水邊)지구의 수량 증대를 통하여 수변 식물의 성장을 촉진시키기 위하여 보충공급 ③ 기존 하천 및 저수지 등의 수질 향상을 통하여 수변휴양(물놀이 등) 기능을 향상시킬 목적으로 보충 공급되는 용수	- 재이용수를 인공건설된 친수시설의 용수로 전량 사용하는 경우, 친수 용도에 따라 재이용수 수질의 강화 여부를 결정. - 일반 친수목적의 보충수는 기존 수계 수질을 유지 혹은 향상시킬 수 있어야 하며 목적에 따라 재이용수의 처리정도를 강화할 수도 있다
하천 유지용수	① 하천의 유지수량을 공급하기 위한 목적으로 공급되는 용수 ② 저수지, 소류지 등의 저류량을 확대하기 위한 목적으로 공급	- 기존 유지용수 유량 증대가 주된 목적이므로 수계의 자정(自淨)용량을 고려하여 재이용수의 수질을 강화시킬 수 있음
농업용수	① 비식용 작물의 관개를 위하여 전량 또는 부분 공급하는 용도 ② 식용농작물 관개용수의 수량 보충용으로 인체 비유해성이 검증된 경우 <ul style="list-style-type: none"> • 직접식용은 조리하지 않고 날것으로 먹을 수 있는 작물 	- 기존 농업용수 수질을 만족하여야 하나, 관개용수의 유량 보충시 농업용수 수질이상 및 기존 수질보다 향상 가능하도록 처리하여야 함

구 분	대표적 용도	제한조건
	<ul style="list-style-type: none"> 간접식용은 조리를 하거나 일정한 가공을 거친 후에 식용할 수 있는 작물 	
습지용수	<ol style="list-style-type: none"> 고립된 소규모 습지에 대한 수원으로서 사용하는 경우 하천유역의 대규모 습지에 대한 주된 수원으로서 공급하는 경우 	- 습지의 미묘한 생태계에 악영향을 미치지 않도록 영양소 등의 제거와 생태영향 평가를 거쳐 공급하여야 함
지하수 충전	<ol style="list-style-type: none"> 지하수 함양을 통한 지하수위 상승 목적 지하수자원의 보충 용도 	- 지하수계의 오염물질 분해제거율과 축적가능성을 평가하여 영향이 없도록 공급하여야 함
공업용수	<ol style="list-style-type: none"> 냉각용수 보일러 용수 공장내부 공정수 및 일반용수 기타 각 산업체 및 공장의 용도 	- 일반적인 수질기준은 설정하되 공업용수는 기본적으로 사용자의 용도에 맞추어 처리하여야 하므로 산업체 혹은 세부적인 용도에 따른 수질 항목은 지정하지 않는다

하수처리수 재이용수의 용도별 사용량과 수질을 조사하고, 용도별 법적기준과 수요처의 요구수질을 만족하도록 하여야 한다. 중수도의 용도별 수질기준은 하수도법에서 규정하고 있으며, 하수처리수 재이용 수질권고기준에 따른다.

(2)에 대하여

하수처리수 재이용수량은 해당역의 물수급현황 등을 고려하되 기본적으로는 하수도정비기본계획의 물순환이용계획에서 제시된 재이용량 이상으로 계획하여야 한다. 개별 하수처리시설의 관점에서 는 일정규모 이상(약 5,000톤/일)인 경우 1일 하수처리량의 5%이상을 목표로 하되 수요처의 요구 량에 맞추어 계획하는 것을 원칙으로 한다. 하천유지용수의 경우 공급하천을 특성을 고려하여 공급 수량을 산정한다. 처리수 재이용시설은 공공하수처리시설의 방류수를 이용하므로 목표연도의 공공 하수처리시설의 일 최소방류량을 초과할 수 없으므로 일 최소방류량을 예측하여 설정하도록 계획 한다.

(3)에 대하여

하수처리수 재이용 지역 및 공급지역은 해당 하수처리시설뿐만 아니라 대도시 지역이나 물 수요가 많은 지역은 지역순환 및 광역순환 시스템 방식을 통한 재이용을 검토·적용하여 재이용을 높이도록 한다.

특히, 공업용수 용도의 경우 하수처리시설 인근(약 5 km 이내)에 산업단지 또는 공업지역이 있는 지역이거나 공업용수가 부족하거나 부족이 예상되는 지역, 기존 용수단가가 높은 지역은 재이용수 공 급대상지역으로서 검토되어야 한다.

1.7.7 하수처리수 재이용 시설계획

하수처리수의 재이용 처리시설은 다음 사항을 고려하여 계획한다.

- (1) 처리시설의 위치는 공공하수처리시설 부지내에 설치하는 것을 원칙으로 한다.
- (2) 처리시설의 규모는 시설설치비, 운영관리비 등의 경제성과 수처리의 효율성, 공급수의 수질 변동성 등을 종합적으로 고려하여 합리적으로 정한다.
- (3) 처리시설의 부지면적은 장래요구량이 있을 경우 확장을 고려하여 계획한다.
- (4) 처리시설은 이상 수위에서도 침수되지 않는 지반고에 설치하거나 또는 방호시설을 설치한다.
- (5) 처리시설에서 발생하는 농축수(역세척수, R/O농축수 등)는 해당 처리장의 영향을 고려하여 반류하도록 한다.
- (6) 처리시설은 유지관리가 쉽고 확실하도록 계획하며, 주변의 환경조건에 대하여 충분히 고려한다.
- (7) 재이용수 저장 시설 및 펌프장은 일최대 공급유량을 기준으로 공급에 차질이 없도록 계획 한다.
- (8) 재이용수 공급관거는 계획시간최대유량을 기준으로 계획한다.
- (9) 재이용시설 유입 및 공급유량계를 설치하여 배수설비 등에 설치한 수위계 또는 펌프장과 연동하여 운전 할 수 있는 시스템 구성을 검토한다.

【해설】

(1)에 대하여

처리장유치는 공공하수처리시설 내에 설치하도록 계획한다. 다만 처리장 부지가 협소할 경우와 공공하수처리시설 부지내에 설치할 경우 공급관로의 길이가 길어져 시설설치비가 증가될 경우 경제성분석을 통해 부지 외에 설치할 수 있다.

민간사업자가 공공하수처리시설 부지내 재이용시설을 설치할 경우 하수도법 및 지방자치단체의 하수도조례에 따른다.

(2)에 대하여

처리수 재이용시설의 규모는 하수도정비기본계획에 따라 정한다. 특히 공공하수처리시설과 연계가능한 재이용시설의 감시제어실과 사무실의 설치는 공공하수처리시설 유지관리 건축물을 활용할 수 있도록 우선적으로 고려하여야 한다.

(3)에 대하여

처리시설의 부지면적에 대해서는 장래의 재이용요구량에 대한 시설의 확장 등을 검토하여 필요할 경우 소요면적을 확보할 수 있도록 계획한다.

(4)에 대하여

처리시설은 운전을 중단하는 일이 발생되어서는 안 되므로 처리시설자체를 침수되지 않는 높이에 설치하는 것이 바람직하며, 방류수역의 이상수위에 대해서도 처리시설에 방류수역의 물이 역류하지 않는 높이로 하는 것이 바람직하다. 또한 수요처의 환경변화에 대처할 수 있도록 비상대책을 수립하여야 한다.

(5)에 대하여

처리시설에서 발생하는 농축수를 공공하수처리시설로 반류하여 처리할 경우 처리장의 공정에 영향을 고려하여야 한다.

유해물질이 함유된 재이용시설의 공정수 및 공공하수처리시설의 정상운전에 지장을 초래할 수 있는 정도의 부하량(농도, 유량, C/N비 등)을 보낼 경우에는 별도의 처리시설을 둘 수 있다.

(6)에 대하여

처리시설의 처리기능을 충분히 발휘하고 안정된 처리수의 수질을 유지하기 위해서는 처리시설의 규모, 유입수질의 성상 및 유지관리체제 등에 따라 가장 유지관리가 쉽도록 처리시설을 계획할 필요가 있으며, 처리방법의 선택, 처리시설의 배치, 기기의 선정, 운전방식 및 자동화방식 등에 대하여 신중히 검토할 필요가 있다.

또한 처리시설 계획에서는 소음, 악취 및 일조 등의 문제가 생기지 않도록 구조 및 기능상의 대책을 검토함과 아울러 처리장과 주변환경과의 조화를 이룰 수 있도록 처리시설주변의 미화 및 녹화 등에 대하여도 배려할 필요가 있다.

(7)에 대하여

재이용수 저장시설의 용량은 일최대유량을 기준으로 하되 시간에 따른 하수유입량의 변동을 고려하여 결정한다. 저장조는 청소시에도 재이용수를 사용할 수 있도록 설계용량에 대해 2조 이상의 구조로 설치하며, 청소가 용이한 구조로 계획되도록 계획한다.

(8)에 대하여

재이용수 공급관거의 시설용량은 계획시간최대유량을 기준으로 하나, 지역이나 수요처의 실정에 따라 계획 송수량에 여유를 두어야 한다. 송수관의 재질은 원칙적으로 부식, 스케일 형성 등에 문제가 적은 재질을 사용하는 것으로 계획한다.

(9)에 대하여

재이용수 총 공급유량계는 1기 이상 반드시 설치하여야 하며, 수요처의 유량계 설치의 사업계획 수립시 공급자와 이용자간 협의에 따라 결정하도록 한다. 다만, 다수의 수요처에 유량계를 설치할 경우 비용부담의 정확성, 유지관리의 편리성, 시간변화에 따른 재이용유량의 변동성 파악, 공급관망의 누수 확인, 용수공급량 결정 용이 등의 사유로 공공하수처리시설 제어실(또는 공급자의 제어실)에 원격감시 체계를 구축하도록 계획한다. 이송펌프는 저장시설, 배수설비 등에 설치한 수위계 또는 유량계와 연동하여 운전할 수 있는 시스템 구성을 계획한다.

1.8 분뇨처리계획

1.8.1 분뇨처리 계획방향

- (1) 계획 처리구역 내의 발생 분뇨를 적정하게 처리하기 위하여 하수도정비기본계획에 처리계획을 반영하고 이를 기본으로 하여 처리시설을 계획하고 설치한다.
- (2) 하수처리구역내에서 발생하는 수세분뇨는 관거정비상황 등을 고려하여 하수관거에 직접 투입하는 것을 원칙으로 하며, 수거식화장실에서 수거되는 분뇨는 하수처리시설에서 전처리후 합병처리하는 것을 원칙으로 한다.

【해설】

(1)에 대하여

개정된 하수도법(2007년)은 이전에 별개 법률에 의해 하수와는 별도로 취급되어온 분뇨도 하수도법의 테두리에서 다루고 있으며, 특히 수세분뇨의 경우 하수의 일종으로 취급되고 있다. 따라서 분뇨관련 시설의 계획은 하수도정비기본계획에 포함하여 처리계획을 수립하고 이를 기본으로 하여 처리시설을 계획하고 설치하여야 한다.

(2)에 대하여

하수처리구역내에서 발생하는 수세분뇨는 일반 하수와 동일하게 분류되고 있으므로 하수관거에 직접 투입하는 것을 원칙적으로 하여야 한다. 다만 합류식하수관거, 우수토실 등 하수관거정비상황을 고려하여 필요한 경우 개인하수처리시설(분뇨정화조)을 통하여 하수도로 유입되도록 한다.

현행 하수도법에 규정된 분뇨처리시설의 분뇨는 “수거식 화장실에서 수거되는 액체성 또는 고체성의 오염물질(개인하수처리시설의 청소과정에서 발생하는 찌꺼기를 포함)”을 말하는 것으로서 분뇨처리시설은 하수처리시설내 또는 인접지역에 위치토록 하여 전처리후 하수와 합병처리하거나 연계처리하는 것을 원칙으로 하여야 한다.

계획구역내 화장실의 수세화 및 지속적인 하수관거정비로 인하여 발생분뇨는 지속적으로 감소하는 추세이므로 기존 분뇨처리시설의 개량·개선이나 신설계획에서는 분뇨처리시설을 하수처리시설과 별도로 계획함으로써 시설설치 및 유지관리상 특별한 경제성이 확보되지 않는 한 하수처리시설과 연계하여 계획하여야 한다.

1.8.2 분뇨처리 계획량 및 성상

- (1) 계획분뇨처리량은 계획지역 수거량을 기준으로 한다.
- (2) 분뇨처리시설 계획에 적용되는 분뇨의 성상은 원칙적으로 실측조사결과를 근거로 적용하되 필요시 통계자료 등 참고 자료를 이용할 수 있다.

【해설】

(1)에 대하여

계획분뇨 처리량은 계획지역의 분뇨수거 실적을 기준으로 하며, 과거 수거량 실적이 있는 경우 이를 근거로 하여 산출하고 수거량 실적이 없거나 실적자료가 신뢰할 수 없는 경우는 인근 유사지역 자료를 이용하는 것이 바람직하다.

계획분뇨 발생량 및 처리량은 변소의 수세화, 하수도시설의 보급 및 확대에 따른 증감을 충분히 고려하여야 한다.

(2)에 대하여

분뇨의 성상은 크게 수거식 화장실의 분뇨성상과 개인하수처리시설의 청소찌꺼기로 구분할 수 있으

며, 계획구역내 수거되는 분뇨의 실측조사결과를 근거로 하여야 하며, 실측자료가 없거나 사용하기 곤란한 경우 인근지역 분뇨처리시설의 자료나 기타 통계자료를 참고하여 설정한다.

우리나라 수거분뇨의 성상은 수거지역의 특성, 섭취하는 음식, 저장탱크의 구조와 크기, 수거간격 및 방법 등에 따라 다르나 BOD가 24,000 mg/l내외, SS는 30,000 mg/l내외, COD_{Mn}과 BOD의 비를 보면 2.4~2.7로서 도시하수의 2.0보다 높게 나타난다.

개인하수처리시설에서 발생하는 청소찌꺼기(정화조 오니)의 경우 처리시설의 형식과 규모에 따라 현저한 차이를 보이므로 대표적인 성상결정에 있어서는 수거대상지역의 실태를 정확하게 파악하여 그 특성을 알아야 하며, BOD는 8,000 mg/l내외, SS는 22,000 mg/l 내외, COD_{Mn}/BOD비는 약 1.9~4.7정도로 분뇨의 경우보다 훨씬 많은 양의 생물학적 분해가 불가능한 성질이 포함되어 있다. 처리시설 찌꺼기에도 분뇨와 마찬가지로 각종 협잡물이 많기 때문에 후속처리를 원활히 하기 위해서는 모래 및 각종 씨앗류를 포함한 조·세 협잡물을 완벽하게 제거할 수 있는 기능을 갖춘 전처리설비가 필요하다.

1.8.3 분뇨처리시설

분뇨처리시설 계획은 다음사항을 고려하여야 한다.

- (1) 분뇨처리시설 및 인근 하수처리시설을 연계하여 설치운영 하여야 한다.
- (2) 처리시설의 효율적인 운영을 위해 처리시설 및 설비를 적절하게 계열화하여야 한다.
- (3) 후속공정 및 연계시설의 부하경감과 처리효율을 증대할 수 있도록 협잡물과 토사류가 완벽하게 제거될 수 있도록 하여야 한다.
- (4) 처리시설의 제어 계측을 통해 처리장의 원활한 운영을 위한 운영관리시스템이 구축되어야 한다.

【해설】

(1)에 대하여

분뇨는 하수의 일종으로 분류되고 수세분뇨의 경우 하수와 동일하게 취급 처리되고 있으므로 분뇨처리시설 및 인근 하수처리시설을 연계하여 설치운영 하여야 한다. 연계처리 및 운영의 경우 유기원 등의 부족으로 수처리에 어려움을 겪고 있는 하수처리시설의 안정적인 시설운영과 시설설치 및 운영의 경제성도 확보가 가능하다.

(2)에 대하여

분뇨처리시설은 분뇨수거량 및 처리량, 분뇨성상의 계절별 변동을 고려하고 에너지 손실 및 불필요한 운영비 지출방지를 위하여 시설 및 설비의 적절한 계열화로 효율적인 설치 및 유지관리가 이루어질 수 있도록 한다.

(3)에 대하여

분뇨속에는 다량의 협잡물 및 토사류가 존재하는 데 이를 제거하지 않고 처리시설에 투입하면 처리공정상 처리효율의 저하, 이들 침적에 의한 조의 유효용량 감소, 스크 및 슬러지 부상, 배관이나 펌프의 폐쇄 및 마모 등 전체 처리공정에 많은 지장을 초래하게 된다. 따라서 분뇨처리시설에서 협잡물의

경우 2mm이상의 모든 협잡물을 제거하고, 토사류의 경우 미세한 토사까지 제거시킬 수 있는 처리시설을 설치하여 후속공정의 부하경감과 장애를 제거하도록 하여야 한다.

(4)에 대하여

처리장이 원활하게 운영될 수 있도록 제어장치와 계측설비 계획을 합리적으로 수립하고 운전관리 요원이 운영관리하기에 최대한 편리하도록 설치하여야 하며, 최적의 운전관리시스템을 갖추어 유지관리 동선을 최소화시킬 수 있도록 하여야 한다.

1.8.4 분뇨처리방식 및 방법

분뇨처리방식 및 방법 선정시 다음사항을 고려하여야 한다.

- (1) 처리수질과 경제성에 대한 사항을 고려하여야 한다.
- (2) 2차적인 환경영향 피해가 발생되지 않도록 충분한 방지사항을 고려하여야 한다.
- (3) 처리방법은 분뇨만 단독처리하는 완전 개별처리법과 하수처리시설 등 타처리시설과 연계처리하는 연계처리방법 등의 두 가지 방법으로 분류할 수 있다.

【해설】

(1)에 대하여

분뇨는 수질성상이 고농도일 뿐만 아니라 질소, 인 등의 난분해성 물질이 다량 함유되어 있는 등 처리에 어려움이 많으므로 이에 대한 적절한 처리를 위하여 경제적이고 기술적인 관점에서 최적의 처리수질을 안정적으로 확보토록 한다.

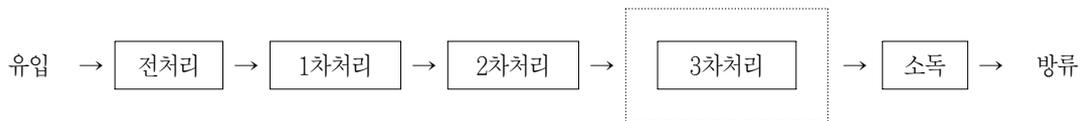
(2)에 대하여

분뇨처리시설은 혐오시설로서 지역주민의 민원 및 소송의 대상이 되기 쉽다는 것은 빈번히 야기되었던 주지의 사실로서 민원발생의 주요 요인인 악취방지 등 2차적인 환경영향 피해가 발생되지 않도록 협잡물 및 슬러지의 탈수처리 등을 위생적으로 안전하고 계획하여 충분한 방지사항을 반영하여야 한다.

(3)에 대하여

분뇨처리는 분뇨 단독만의 개별처리보다 하수처리시설 등 타 처리시설과 연계하여 처리하는 방법을 우선으로 한다. 개별처리 및 연계처리방법에 대한 유형별 기본 개념은 다음과 같다.

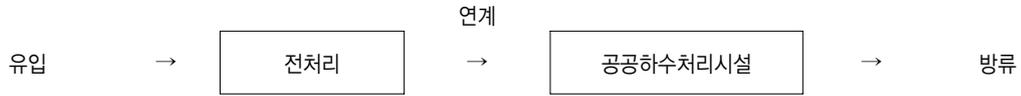
1) 단독처리방법



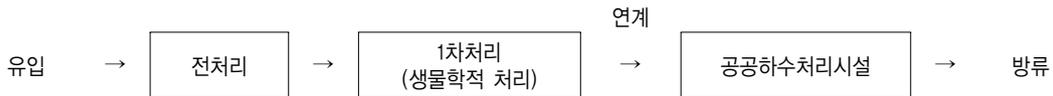
※ [] 는 전단계까지의 처리효율과 방류수질조건에 따라 가변성이 있는 단위처리공정임.

2) 공공하수처리시설 연계처리방법

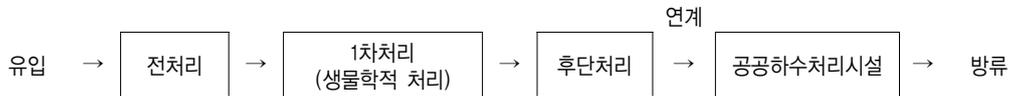
① 유형 1



② 유형 2



③ 유형 3



※ 연계처리는 최종처리시설인 공공하수처리시설의 수용여건을 고려하여 상기 3가지 유형중 1가지를 택하는 것이 보편적이다.

1.9 슬러지처리·이용계획

1.9.1 계획슬러지량

발생하는 슬러지의 양 및 질의 파악은 처리·이용방법의 결정이나 시설계획에서 중요하기 때문에 계획슬러지량의 산정이나 추정시에 특히 신중을 기해야 한다. 슬러지처리·이용계획의 기본이 되는 계획발생슬러지량은 계획1일최대오수량을 기본으로 하여 하수중의 SS농도, BOD농도 제거율 및 슬러지의 함수율을 정하여 산정한다.

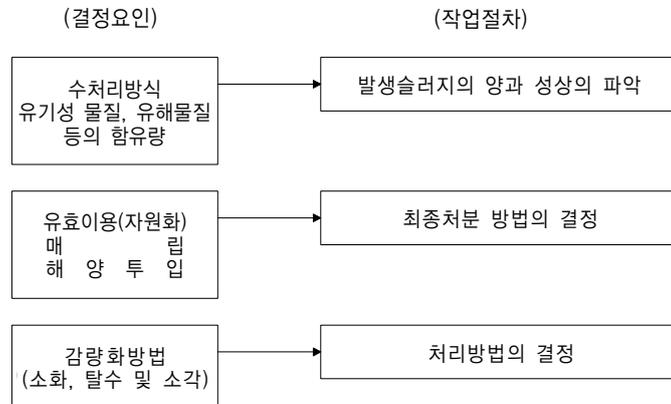
【해설】

슬러지처리·처분계획은 일반적으로 [그림 1.9.1]의 흐름에 따라 수립되므로, 발생슬러지량과 성상에 관해서는 계획단계에서 충분히 검토할 필요가 있다.

계획발생슬러지량은 계획1일최대오수량을 기준으로 발생하는 슬러지의 양을 의미하며, 최종처리·처분계획의 기본이 된다. 슬러지의 발생은 일차침전지 등 1차처리시설에서 발생하는 슬러지와 2차처리시설에서 발생하는 잉여슬러지가 추가 되며 다음과 같은 방법으로 산정한다.

$$\begin{aligned} \text{계획발생슬러지량(m}^3\text{/d)} &= \left(\text{계획1일최대오수량(m}^3\text{/d)} \times \Delta \text{SS}_i \text{(mg/l)} \times \frac{1}{10^6} \right) \\ &\times \frac{100}{100 - \text{함수율(\%)}} + \text{잉여슬러지량(m}^3\text{/d)} \dots\dots\dots (1.9.1) \end{aligned}$$

식(1.9.1)에서 ΔSS_i 는 일차침전지 등 1차처리시설에서의 유입수와 유출수의 고형물질 농도의 차이를 나타낸다.



[그림 1.9.1] 슬러지처리·처분계획의 흐름도

유입수의 SS농도는 지역특성에 따라 차이가 있으므로 설계의 범위를 검토한다. 또한 슬러지처리방법에서 탈수의 전처리로서 약품을 첨가하는 경우는 약품첨가량도 발생슬러지량으로서 고려한다. 또한 운전초기에서는 유입오수의 양 및 농도가 계획치보다 적은 경우가 있어 실제 운전자료를 근거로 하여 발생슬러지량을 산정한다.

잉여슬러지량은 생분해성을 이용한 중속영양미생물에 의한 세포합성량과 SRT에 따라 미생물의 사멸에 따른 세포잔류물과 유입수내 비분해성 VSS량의 합으로 산정할 수 있으며, 4.5.1 활성슬러지법의 설계인자 6)잉여슬러지발생량의 식(4.5.16)과 같이 계산 할 수 있다.

또한 합류식하수도에서 우천시 방류부하량 삭감계획이 수립되어 있는 지역에서는 발생하는 슬러지량을 계획슬러지량에 포함한다.

1.9.2 이용방법

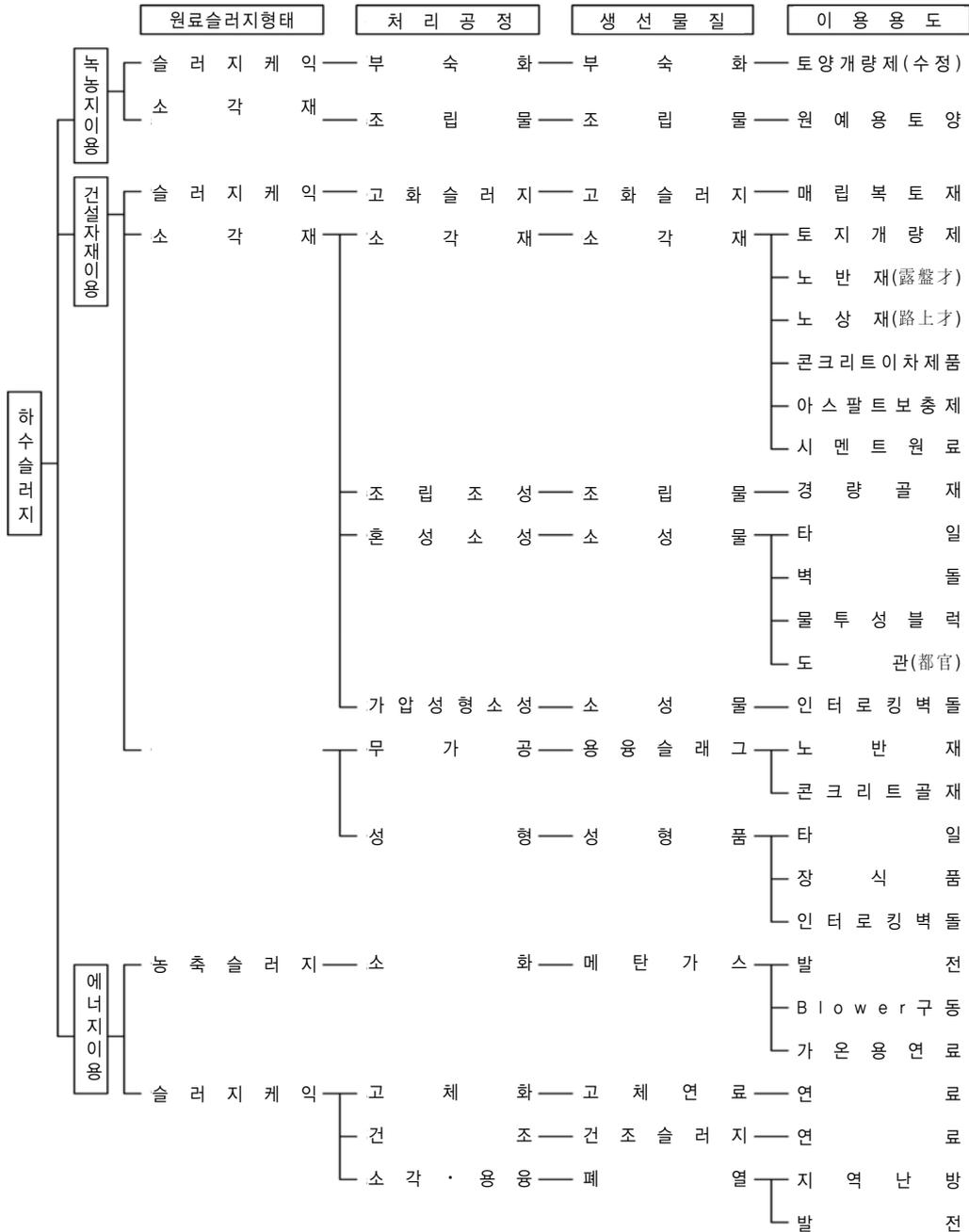
슬러지는 이용가치를 고려하여 적극적으로 이용을 계획한다.

【해설】

슬러지는 하수처리의 부산물로서 하수도정비의 확대 및 생활수준의 향상에 따라 발생슬러지량은 증가한다. 따라서, 슬러지를 안정적이며 동시에 계속적으로 처리하기 위해서는 슬러지에 함유되어 있는 병원균 및 중금속 등에 따른 위해여부를 고려한 후, 슬러지의 이용가치에 따라 자원의 유효이용의 관점에서 적극적으로 슬러지의 이용을 계획할 필요가 있다.

우리나라에서는 슬러지의 이용사례가 2007년에 18.4%로 재이용율이 많이 상승했지만 그래도 일본에 비해 매우 낮은 편이다. 일본의 경우에 1998년 발생슬러지량의 약 57%가 효과적으로 이용되고 있으며 그 중에서 26%가 녹농지이용, 74%가 건설자재이용으로 되고 있다. 녹농지이용은 약 74%가 되

비화이며 이용의 형태로서 가장 많이 이용되고 있는 방법이지만 근년 소각재나 용융슬래그 등을 건설 자재로서 이용하는 예가 증가하고 있고 1995년도부터는 건설자재로서의 이용량이 녹농지로의 이용량을 상회하고 있다. 또한 하수슬러지의 혐기성소화과정에 있어서도 발생하는 소화가스의 유효이용이나 하수슬러지의 연료화, 하수슬러지의 소각폐열의 이용 등도 행해지고 있다.



[그림 1.9.2] 하수슬러지의 효과적인 이용용도

한편, 슬러지의 이용을 촉진하기 위해서는 지역내 슬러지발생량의 파악 및 슬러지에서 얻을 수 있는 다양한 제품에 대한 수요 및 판매방법 등에 대해서 면밀히 조사하고, 확실한 이용용도가 있고 시장성이 높은 유망한 분야의 제품개발이 필요하다.

한편, 지금까지 알려져 있는 슬러지의 이용용도는 [그림 1.9.2]와 같다.

또한, 매립지는 한정이 있고 도시화의 진전에 따라 매립지의 확보가 곤란하므로 슬러지의 안정화 및 감량화를 추진하여야 할 것이다.

1.9.3 운송방법

슬러지의 수집, 운송은 경제적이며, 주변환경에 대한 영향이 적은 방법으로 한다.

【해설】

처리장내 및 처리장간을 운송시키는 슬러지형태로서는 인발슬러지, 농축슬러지 및 슬러지케익 등이 있고, 운송수단으로서는 탱크로리, 슬러지이송관 및 트럭 등을 들 수 있으며, 슬러지의 발생량, 형태 및 운송거리에 따라 어느 수단이 효율적인가에 대해서 검토할 필요가 있다. 여기서 소화슬러지를 이송관으로 수송하는 경우는 수송 중에 인산마그네슘암모니아가 석출하고 관로에 스케일이 발생하여 관을 폐쇄시키는 경우가 있으므로 대책이 필요하다.

처리장간 슬러지를 운송할 경우에는 주변의 냄새 등에 따른 민원이 발생하므로 슬러지의 반출 및 반입측의 처리장에서 충분한 환경대책을 검토할 필요가 있다. 잉여슬러지와 농축슬러지는 수송시간이 길어지면 슬러지의 질이 변하고 농축이나 탈수성이 저하하는 경우가 있으므로 주의하여 계획할 필요가 있다.

1.9.4 처리·처분방식

슬러지는 안정화, 감량화를 도모하는 것과 함께 집약·광역적으로 처리·처분하는 것을 원칙으로 한다. 처리방식은 발생하는 슬러지의 양과 성상, 슬러지의 이용, 반송수의 성상과 수처리예의 영향, 처리장의 입지조건, 경제성 및 유지관리성을 잘 검토하고 슬러지 유효이용, 에너지절약을 고려하여 결정한다.

【해설】

슬러지처리는 양의 감소(수분제거), 고형물의 감소, 위생학적 안정화 및 슬러지의 이용 목적에 따라 구분된다.

양 의 감 소 : 농축, 탈수, 건조

고형물의 감소 : 소화, 소각, 용융

위생학적 안정화 : 혐기성소화, 호기성소화, 열처리, 부숙화, 소각, 용융

이 용 : 고화, 부숙화, 소각, 용융

처리·처분방식의 선정에 있어서는 발생하는 슬러지의 양과 성상을 파악하고, 슬러지의 이용목적에

적합한 방식을 선택한다. 공장폐수가 유입되는 하수도에서 발생하는 슬러지는 미량이지만 중금속류 등이 포함되어 있는 경우가 있으므로 슬러지이용계획에서 검토하여 방법을 선택할 필요가 있다. 또한 슬러지의 유효이용 외에 에너지절약, 여열이용, 소화가스의 이용 등을 고려하는 것과 함께 소각하는 경우에는 다이옥신류가 배출기준을 초과하여 발생되지 않는 시설로 한다. 이용목적에 따른 처리·처분방식의 예는 다음과 같다.

- 녹농지 이용 : 농축 - 탈수 - 부숙화
- 건설자재이용 : 농축 - (소화) - 탈수 - 소각 - 건설자재화
용융 - 건설자재화
- 에너지 이용 : 농축 - (소화·탈수) - 연료화
- 매 립 : 농축 - 소화 - 탈수 - (고화)
탈수 - 소각

슬러지처리는 수처리에 비해 기계설비가 차지하는 비율이 크기 때문에 기기의 점검이나 고장시 대책 등을 유의해서 점검해둘 필요가 있다. 특히 복수의 처리장에서 슬러지를 공급받아 처리하는 경우에는 장기휴가의 전후나 슬러지수송설비의 점검 및 고장시에는 반입하는 슬러지량이 급증하므로 시설에 여유를 두는 계획을 세워야 한다.

반류수에 대해서는 반류수를 받아들일 처리장의 운전상황 및 방류수의 규제 등을 잘 감안하여 프로세스의 선정과 반류수의 부하량의 추정을 한다. 각 처리 프로세스부터 반송되는 반류수에서 특히 주의를 요하는 수질항목은 다음과 같다. 특히 COD 및 질소, 인의 규제를 받는 처리장에서는 반류수의 문제가 중요하다.

- 농 축 : SS, 질소, 인
- 혐기성소화 : 질소, 인, COD
- 탈 수 : 전처리에 따라 다르다
- 건 조 : 암모니아성 질소
- 열 처 리 : COD, 색도
- 소 각 : 중금속, 다이옥신

1.9.5 슬러지의 광역처리

슬러지의 이용촉진 및 처리의 효율화를 위해서 슬러지의 광역처리계획을 수립하는 경우에는 다음 각 항을 고려한다.

- (1) 대상지구 및 대상처리장은 반드시 행정구역에 구애될 필요는 없다.
- (2) 연차별, 형태별 발생슬러지량 및 슬러지성상은 대상처리장의 현황 및 장래계획 등을 충분히 고려해서 정한다.
- (3) 처리시설은 주위의 환경을 충분히 고려해서 정한다.
- (4) 슬러지처리 과정에서 생기는 반류수 및 가스에 대해서는 그 성상을 예측하고 주변의 상황을 감안하여 처리 방법을 정한다.

【해설】

슬러지의 처리·이용은 각 처리장에서 하고 있으나, 일반적으로 처리장규모의 다양화, 슬러지의 이용·가공을 위한 시설운영상의 문제 및 용지의 확보 등의 문제로 광역적으로 해결해야 할 필요성이 높아지고 있다. 광역처리는 몇 개의 슬러지처리시설을 통합해서 실시하는 것으로서, 지방자치체의 요청을 받아 하수슬러지 광역처리사업을 실시할 수도 있다. 또, 복수의 소규모처리장을 대상으로 이동탈수차로 순회하여 슬러지탈수를 할 수도 있다.

(1)에 대하여

슬러지의 공동처리는 광역적인 슬러지의 이용촉진 및 슬러지처리의 효율화를 목적으로 하고 있고, 대상지구 및 대상처리장은 반드시 행정구역에 구애될 필요는 없다. 하수슬러지 통합처리계획이 수립되어 있는 경우에는 이에 근거하여 효율적인 광역화를 검토하는 것과 함께 다른 환경기초사업과 연계하여 공동으로 슬러지를 처리할 수 있는 경우에 대해서는 집약처리하는 것이 바람직하다. 더욱이 슬러지의 소각은 쓰레기 등과 같은 일반폐기물과 혼합하여 소각하는 방법도 검토할 필요가 있다.

(2)에 대하여

연차별, 형태별 발생슬러지량 및 슬러지성상은 이용, 처분방법, 처리 프로세스, 시설계획 및 건설계획을 기본으로 하기 때문에 대상처리장의 계획 및 현황을 정확히 파악하고 슬러지의 공동처리에 의한 슬러지발생량의 변화 등을 고려하여 정한다.

(3)에 대하여

악취가 심한 슬러지를 처리하는 시설이기 때문에 탈취를 충분히 고려하여야 한다. 또한, 슬러지처리시설은 기계설비를 중심으로 하기 때문에 주위의 환경을 고려하고 녹지화 등을 계획한다.

(4)에 대하여

슬러지처리 과정에서 생기는 분리액, 여액 및 소각 등으로부터의 반송수에는 난분해성물질, 암모니아성질소, 인 및 중금속(낮은 비등점) 등을 함유하고 있다. 한편, 소각 등의 배가스에는 금속 및 다이옥신을 함유할 가능성이 있으며, 이외에 질소산화물, 황산화물을 포함하고 있다. 이러한 오수 및 배가스의 처리에 대해서는 환경기준 및 인근의 하수처리의 상황 등을 고려하여 정하고, 필요한 경우에는 환경영향평가 결과 등에 따라서 정한다.

1.10 합류식하수도 우천시 방류부하량 저감계획

1.10.1 우천시 방류부하량 저감 목적

합류식하수도에서 공공수역의 수질보전을 위해 우천시에 배출되는 방류부하량을 저감한다.

【해설】

합류식하수도는 우수 및 오수를 신속하게 배제·처리하여 공중보건위생 대책과 침수 방재대책을 동시에 진행하는 것이 가능하다는 측면에서 간편하고 우수한 시스템이지만 우천시에 기능적 불완전성으로 인해 우수, 관내 퇴적물, 도시 비점오염원 등의 일부가 적절히 처리되지 않고 하천 등의 공공수역에 방류되는 위생측면, 수질오염방지측면, 미관측면에서 반드시 바람직한 것은 아니다. 그러나, 우리나라의 도시형태 및 지역특성 등을 고려할 때 일부지역은 합류식하수도 체계를 그대로 유지하면서 하수도정비를 수행하여야 하는 경우가 많이 있으며, 종합적인 합류식하수도 시설의 성능개선을 통해 수계에 배출되는 방류 오염부하량을 저감한다면 분류식하수도 체계와 견줄 수 있는 장점이 있다. 따라서 최근의 수변환경과 친수공간에 대한 관심이나 요구 등이 높아지는 것을 고려할 경우 우천시 인근 수계에 방류되는 오염부하를 저감하는 대책은 가장 우선적으로 검토할 필요가 있다.

1.10.2 우천시 방류부하량 저감 목표

우천시 합류식하수도의 방류부하량 저감목표는 대상 처리구역 혹은 배수구역에서 배출되는 연간 오염 방류 부하량이 인근 수계에 악영향을 미치지 않을 수준 이하로 삭감하거나 혹은 분류식하수도로 전환하였을 경우에 배출되는 연간 오염 방류부하량과 같은 정도로 하거나 그 이하로 한다.

【해설】

합류식하수도의 우천시 오염 방류부하량 문제는 간단히 우수토실과 병행한 펌프장의 월류수(CSOs) 대책뿐만 아니라 하수처리시설의 우천시 하수 처리 대책 등 합류식하수도 시스템 전체의 종합 수질오염대책의 일환으로서 검토할 필요가 있다. 궁극적인 우천시 오염 방류부하량의 저감목표는 인근 수계에 악영향을 미치지 않아 주민의 쾌적한 생활환경이 확보되고 수생태계가 건강하게 유지되는 수준을 확보하는 것이다. 이는 지역 특성에 따라 다양한 목표 수준이 결정되어질 수 있다(지역의 특성을 고려한 수질보전계획을 실시할 필요가 있으며, 폐쇄성수역(閉鎖性水域)으로 부영양화가 염려되는 수역 및 관광 레크레이션 등 물이용 관점에서 보다 높은 수질보전목표를 달성하기 위한 계획을 검토할 필요가 있다). 한편, 합류식하수도 대상지역을 분류식하수도로 정비한 경우로 가정하였을 때, 대상 합류식하수도 처리구역에서 배출되는 총오염부하량(월류수+처리장 우천시 하수처리수의 합)이 정비된 분류식하수도에서 배출되는 총오염부하량(우수+처리장 우천시 하수처리수의 합)과 같은 정도 혹은 그 이하로 되는 관리 수준을 또 다른 목표로 설정할 수가 있다.

보다 구체적으로 오염부하 BOD 수질항목을 평가지표로 선정하고 방류부하량 삭감률을 산정한 경우에는 아래의 예와 같으며, 방류수역의 수생태 환경 및 오염총량규제 관점을 고려하여 BOD 이외의 추가적인 수질항목으로 동일한 방식으로 평가할 수 있다.

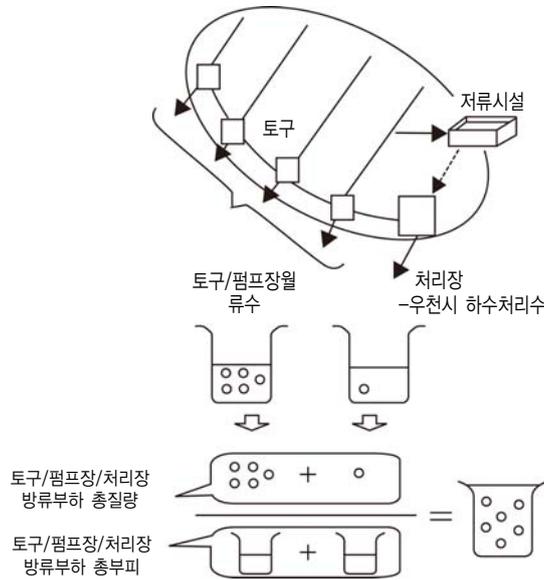
- ① 연간 BOD발생부하량에 대한 연간방류부하량 삭감률의 비율

$$\text{연간 BOD부하량삭감률(\%)} = \left(1 - \frac{\text{연간 방류BOD부하량}}{\text{연간 BOD발생부하량}}\right) \times 100$$

② 연간 우천시 BOD발생부하량에 대한 우천시 방류부하량 삭감량의 비율

$$\text{우천시 BOD부하량삭감률(\%)} = \left(1 - \frac{\text{우천시 방류BOD부하량}}{\text{우천시 BOD발생부하량}}\right) \times 100$$

합류식하수도의 우천시 방류부하량 계산은 분류식하수도의 우수에 의한 오염부하량과 비교하여 산정할 수 있다. 우수에 의한 오염부하량은 [그림 1.10.1]에서 보여지는 바와같이 다양한 방류 지점의 우천시 유량 및 수질의 모니터링 자료를 충분히 확보한 다음 모델링을 통해 산정하여야 하며, 이때 사용되는 수질특성은 원칙적으로 유량가중평균농도(EMC)를 구해 산정한다. 수량 및 수질데이터는 각 지역별로 독자적인 데이터를 쓰거나, 방류특성이 유사한 다른 지역의 수질데이터를 참고로 하여 계산한다.



[그림 1.10.1] 유량가중평균농도 산출 개념도

1.10.3 우천시 방류부하량 저감 계획

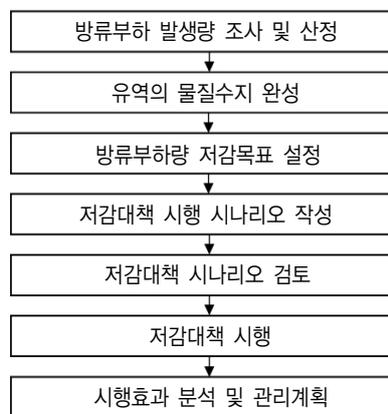
합류식하수도의 우천시 방류부하량 저감계획은 각종 부하량 조사 및 산정, 유역의 물질수지 파악, 부하량 저감목표 설정, 저감 시나리오 구축 및 검토, 저감대책 시행, 시행효과 분석 및 관리계획 구축 등과 같은 단계 순으로 종합적으로 비교·검토해야 한다.

【해설】

합류식하수도의 개선은 도시의 경우에 기인하는 침수문제와 수질오염문제를 통합적으로 접근하여 대책을 세우는 것이 중요하며, 해당 합류식하수도 지역의 여건(수질항목, 문제의 긴급성, 하수도정비 상황, 연간투자액, 개선효과, 사업기간 등)에 가장 적합하도록 단계적으로 방류부하량 저감 계획을 수립한다.

우천시 방류부하량의 단계별 저감계획은 [그림 1.10.2]와 같다.

- ① 모니터링을 통한 방류부하 발생량의 조사 및 산정
- ② 모델링을 통한 합류식하수도 구역의 물질수지 완성
- ③ 단계별 방류부하량 저감목표의 설정
- ④ 저감목표 달성을 위한 다양한 저감대책 시행 시나리오 작성
- ⑤ 시뮬레이션을 통한 저감대책 시나리오의 검토
- ⑥ 저감대책의 시행
- ⑦ 모니터링을 통한 저감대책 시행효과 분석 및 관리계획



[그림 1.10.2] 단계별 방류부하량 저감계획

1) 모니터링을 통한 방류부하 발생량의 조사 및 산정

모니터링은 방류부하(월류수+처리장 우천시 하수처리수 방류부하)의 현황을 조사하여 저감 대책의 효과검증과 공공수역의 영향을 파악하기 위하여 행한다. 모니터링의 위치 및 방법은 물이용의 실태, 우수토실의 위치 및 개소 등을 고려하고 월류횟수, 월류수량, 방류수량, 방류오염물질, 방류수질, 방류부하량, 공공수역의 수질현황 등에 따라 측정항목, 측정방법, 측정빈도, 측정개소 등을 설정하여 실시한다.

2) 모델링을 통한 합류식하수도 구역의 물질수지 완성

오염부하 물질수지의 계산은 구역에서 발생하여 배출되는 총오염부하를 파악하고 저감 대책의 효과를 검증하기 위해 행한다. 구역내 하수관거와 처리장으로 연계된 합류식하수도 시스템 전체와 방류구역간의 물질수지의 계산은 합류식하수도 구역의 시스템적 파악을 통한 강우-유출-수질 모델링 및 수계수질관리 모델링을 통하여 궁극적으로 완성된다.

3) 단계별 방류부하량 저감목표의 설정

단계별 방류부하량 저감목표의 설정은 장기적인 목표를 체계적으로 달성하기 위하여 필요하다. 장기

적인 관점에서 최종 오염부하 저감목표를 설정하고, 이를 시행하기 위한 구체적인 단기계획 및 목표를 수립하여 단계적인 저감대책을 시행하도록 한다.

4) 저감목표 달성을 위한 다양한 저감대책 시행 시나리오 작성

저감목표 달성을 위한 저감대책 시행 시나리오 작성은 여러 가지 대책 중 유역의 특성을 고려하여 가장 적합한 대책을 도출하기 위하여 수행한다. 단계별 저감목표에서 설정된 오염부하 저감대책의 시행을 위해 가능한 여러 가지 저감대책을 고려하여야 하며, 두 가지 이상의 대책을 조합하는 것까지 포함하여 종합적으로 시나리오를 검토하여야 한다.

5) 시뮬레이션을 통한 저감대책 시나리오의 검토

저감대책 시나리오의 검토는 저감대책의 시행에 앞서 가장 효과적이며 경제적인 방법을 택하기 위해 행한다. 설정된 여러 가지 수행 시나리오의 저감효과를 예측하기 위해서는 시뮬레이션을 통한 시나리오의 검토가 필요하다. 단기강우 혹은 장기연속강우에 대한 시뮬레이션을 수행하여 각 대책별 오염부하 저감효과를 비교하며, 동시에 저감시설이나 방법에 소요되는 비용에 대해서 분석, 평가하는 것이 바람직하다.

6) 저감대책의 시행

검토를 통해 선정된 저감대책을 시행한다.

7) 모니터링을 통한 저감대책 시행효과 분석 및 관리계획

저감대책의 시행효과 분석은 각 단계별 저감 목표의 달성여부를 파악하고, 지속적인 유지관리를 행하기 위해 수행한다. 시행된 저감대책은 지속적인 모니터링을 통하여 그 효과를 검토하여야 하며, 단계별 목표의 달성 여부를 통한 계획의 수정 및 보완이 이루어져야 한다. 또한 시행된 대책에 대하여 지속적인 모니터링 결과를 통하여 적절한 유지관리가 지속적으로 수반되도록 한다.

1.10.4 우천시 방류부하량 저감 대책

합류식하수도 방류부하량을 저감하는 대책은 실효적 효과, 경제성, 유지관리성 등을 종합적으로 평가하여 결정한다. 대상 합류식하수도 유역의 특성을 감안한 단기, 중·장기 단계별 저감목표에 부합하는 다양한 저감 대책을 시행하고 그에 따르는 효과검증 및 생애주기평가(LCA)를 반영하여 종합적으로 대책을 수립한다.

【해설】

합류식하수도에서 발생하는 우천시 방류부하량을 저감하는 대책은 크게 하수관거시스템에서 대응하는 월류수(CSOs) 대응 방식과 우천시 하수를 처리하는 하수처리시설 대응 방식으로 구분할 수 있다. 특히 많은 지점에서 동시다발적으로 발생하는 월류수 오염부하에 대응하는 방식은 그 실효성 관점에서 대부분 단기 대책, 중·장기 대책 등 다양한 저감목표에 부합하는 단계별 저감대책을 시행하고 있다. 특히 미국 EPA에서는 각 지자체에 우선적으로 단기최소요구충족 저감대책(NMC, nine minimum

control)를 시행하도록 하였으며, 궁극적으로는 장기적인 월류수부하량 저감대책의 시행을 통한 수계 수질기준의 달성을 위해 중·장기 저감대책(LTCP, long-term control plan)을 개발하여 수행하도록 하였다.

단기최소요구충족 저감대책은 ① 합류식 관거시스템의 적정운영과 정기적인 유지관리, ② 관거시스템(차집시스템)에서의 저류능 극대화, ③ CSOs 영향을 최소화하기 위한 전처리 요구조건들의 평가 및 개선, ④ 하수처리시설에서의 처리를 위한 이송의 극대화, ⑤ 건기시 CSOs 발생금지, ⑥ CSOs 내의 고형 및 부유물질 제어, ⑦ 사전오염예방, ⑧ CSOs 발생 및 영향에 대한 적절한 주민공지, ⑨ CSOs 영향 및 제어 효율을 효과적으로 규정하기 위한 모니터링과 같은 아홉가지 항목을 말하며, 이는 월류수 문제에 대응하기 위하여 단기적, 우선적으로 수행해야하는 최소한의 대응방법 제시를 의미한다.

중·장기 저감대책은 월류수 제어를 위한 장기적 대응 방법론을 의미하며, 합리적이고 실효적인 월류수 대책을 도출하기 위한 접근방법으로 반드시 포함되어야 할 내용으로 다음과 같은 항목을 제시하고 있다. ① 합류식하수도시스템의 특성 조사, 모니터링 및 모델링, ② 주민참여, ③ 민감한 지역의 고려, ④ 대안들의 평가, ⑤ 비용/효과의 검토, ⑥ 운영 계획, ⑦ 하수처리시설 처리능의 극대화, ⑧ 저감대책 시행의 계획, ⑨ 시설기능 체크를 위한 모니터링이다.

합류식하수도 방류부하량을 저감하는 대책을 적용대상 관점으로 세분하여 살펴보면 (1) 발생원, (2) 관거 및 부속시설(펌프장, 저류시설, 침투시설 등), (3) 하수처리시설의 시설 등으로 구분할 수 있으며, 적용 기술적인 측면에서는 [그림 1.10.3]에 나타난 내용으로 자세히 구분할 수 있다. 그러나 이러한 기술적 저감대책이 실효성을 얻으려면 대상지역 특성이나 상황에 따라서 단독 혹은 다양한 조합의 형태로 적용해야 하며 그에 따르는 효과검증 및 생애주기평가(LCA)를 수행하여 종합적으로 대책을 수립해야 한다.

우천시 방류부하량을 저감하기 위한 대책을 수단적 관점으로는 다음의 4가지 방식으로 대별될 수 있으며 자세한 내용을 아래와 같다.

- ① 유지관리기법
- ② 관거시스템개선
- ③ 저류시설
- ④ 처리기술

1) 유지관리기법

유지관리기법은 ① 발생원억제, ② 오염원유출예방, ③ 토지관리, ④ 공공홍보 등을 이용하여 우천시 방류부하량을 예방 혹은 저감하는 방법이다.

2) 관거시스템개선

하수관거시스템에 관한 개선대책은 월류수부하량에 의한 공공수역에의 영향을 저감시키기 위해 지역 특성이나 기존시설의 상황을 고려하여 ① 관거분류화, ② 관거퇴적물제어, ③ 협잡물제어, ④ 우수토실개

선, ⑤차집관거용량증대, ⑥펌프장개선, ⑦실시간제어방법 등의 대책 적용을 활용한다.

3) 저류시설

저류에 의한 우수유출량의 제어는 합류식하수도 월류수 개선대책 뿐만 아니라 침수대책, 지하수의 보충 등의 효과가 기대되는 시책이다. 이들은 하수관거로의 우수유입을 제어함으로써, 월류유량 및 월류횟수를 감소시키는 효과가 있다. 이에 해당하는 대책으로는 ① 지역내저류, ②지역외저류가 있다.

4) 처리기술

합류식하수도의 입자성 혹은 용존성 오염부하량을 처리하는 기술들을 의미하며, 크게 처리장으로 이송되기 전에 방류, 월류되는 오염부하량을 처리하는 기술(① 추가처리)과 하수처리시설에 이송된 우천시 하수를 하수처리시설에서 처리하는 내용(② 처리장우천시하수처리)으로 구분할 수 있다. 하지만 이러한 두 가지 처리 기술은 유기적으로 연계되어 계획, 실행되어야 한다. 또한 대상 합류식하수도 구역의 지역특성을 감안하여, NMC(단기최소요구충족 저감대책) 관점과 LTCP(중·장기 저감대책) 관점에서 종합적으로 대책이 적용되어야 한다.



[그림 1.10.3] 우천시 방류부하량 저감대책

1.11 시설계획

1.11.1 기본적 사항

시설계획에서는 투자효과가 조기에 발휘되고 시설이 효율적으로 운전될 수 있도록 배려함과 동시에 개축 등에도 유의한다.

【해설】

전체시설계획의 목표년도는 원칙적으로 약 20년 후로 하고 있다. 이것은 시설의 내용년수 및 건설기간이 장기간이 걸리기 때문이며, 특히 관거의 경우는 수량의 증가에 맞추어 단계적으로 시설을 확장하는 것이 곤란하기 때문이다.

더욱이 20년 후에는 계획구역의 인구가 계획인구에 가깝다는 예측도 포함하고 있다. 그러나, 목표에 이르는 경로는 지역에 따라 다르고 또, 경제 및 사회정세에 좌우된다. 한편, 사업의 집행에는 건설단계에서 많은 투자가 필요로 될 뿐만 아니라 시설의 운전관리 및 유지보수에도 많은 비용을 필요로 한다. 따라서, 시설계획을 20년 후의 계획값 만을 대상으로 하여 관거망이나 처리장내 시설의 배치를 검토하는 것은 효율적인 사업운영을 저해할 수 있다. 이 때문에 수세화 인구나 사용수량의 증가에 따른 시계열적(時系列的) 추정으로 목표년도에 이르는 중간단계에서의 계획제원, 시설의 건설조건, 유지관리 및 비용 등을 충분히 배려하면서 정확한 예측을 하고, 그 예측치에 따른 시설계획을 세워 최종적으로 전체적인 계획이 되도록 하는 검토가 필요하다.

즉, 앞으로는 처리수가 방류되는 공공용수역의 수질환경기준의 재검토, 수질의 규제가 강화되는 방향, 처리장 등 시설의 관리체계가 시설의 대소에 관계없어지는 것, 관리인원의 재검토, 에너지절약 및 자동화 되는 경향 등 시설의 안정하고 양호한 운전관리가 중요한 과제가 된다.

따라서, 시설계획에 있어서는 효율성, 경제성뿐만 아니라, 안전성, 신뢰성 및 개축의 난이도 등에 대해서도 유의할 필요가 있다.

1.11.2 효율적인 시설계획

간선관거, 펌프장, 처리장 등의 기간시설에 대해서는 효율적인 정비를 위해 유입수량의 증가에 따른 단계시공을 고려한다. 또, 사용개시초기의 적은 유량 유입시 등 단계시공을 하여도 처리효율이 나쁘고, 통상의 유지관리가 곤란한 경우에는 초기대책에서 검토한다.

【해설】

간선관거, 펌프장 및 처리장 등의 기간시설의 정비에 대해서는 중간년차(中間年次)의 경우 유입수량에 따라 단계적으로 시행하여 과대한 선행투자를 억제함과 동시에 시설의 효율적인 이용을 도모할 필요가 있다.

이를 위해서 유입수량의 증가를 감안하여, 관거시설은 2계열 방식을 채용하며, 펌프장 및 처리장 시설에서는 계열로 나누어 대응하고 이러한 계열분할시 유입수량의 명확한 산정이 중요하고 정도가 높은 예측이 필요하다.

일반적으로 시설의 사용개시부터 일정기간 사이에는 계획에 비해 유입수량이 작기 때문에 단계시공을 하여도 처리수량당 처리비용이 높아지며, 안정한 처리기능의 확보가 어려운 등 운전관리상 지장을 가져오는 경우가 있다. 따라서, 수처리·슬러지 처리 방식에 대해서는 단계적인 처리 프로세스의 검토도 필요하다. 구체적으로는 표준활성슬러지법을 채용하더라도 유입수량이 적은 범위내에서는 일차침전

지를 건설하지 않고 장시간포기법, 산화구법과 같은 운전을 한다. 또, 운전초기는 슬러지탈수기를 설치하지 않고 보다 간편한 슬러지처리법의 채용을 계획한다.

단계시공을 하여도 유입수량이 적고 효율적인 시설의 운전이 곤란하다고 예상되는 경우에는 초기대책에서 검토한다.

1) 간선관거

간선관거의 하류부는 상류로부터 발생하는 하수를 모두 수집하기 때문에 큰단면이 될 뿐만 아니라, 장래 증가량도 고려하기 때문에 공용개시 후 당분간은 관거의 능력에 비교하여 실제의 유량은 꽤 작아진다. 그럼에도 불구하고 관거건설은 처리장에 가까운 하류측에서 부터 축조해 가지 않으면 효과가 나지 않으므로 간선관거의 선행투자는 불가피한 경우가 많다.

이 때문에 아래와 같은 수법에 대해서도 건설비용의 비교 및 그 외의 제반조건을 고려하여 검토한다.

단계시공으로

- ① 유입수량을 전기와 후기로 나누고 2계열화 등을 검토한다.

초기대책으로

- ① 처리구가 여러 개인 경우 처리구역내에서의 배제 및 처리에 구애하지 않고, 다른 처리구의 간선관거에 연결관 등을 설치하여 초기에는 어느 한쪽의 처리장에서 처리한다.

2) 펌프장

펌프장은 구조나 시공성 및 경제적인면에서 토목구조물은 전체를 일체로 만들어야 하는 경우가 많으나 설비 등에서는 투자효율적인 면에서 배려가 가능하다.

이를 위해서 아래와 같은 대책에 대해서도 검토한다.

단계시공으로

- ① 분류식하수도의 침사지는 홍수 후의 침사상황을 보면서 건설할 수 있고, 초기에는 맨홀펌프 등으로 대응하는 경우가 있다.

초기대책으로

- ① 펌프설비는 수중펌프 등의 간단한 것을 쓰며
- ② 펌프장을 건설하지 않고 맨홀형식펌프장 등에 의한 간단한 시설로 양수한다.

3) 처리시설

처리장시설에 대해서 배치, 구조 및 기능 등을 20년 후의 계획치에 따라 설계하는 것은 합리적이지 못하므로, 처리수량이 경년적으로 증가하는 것을 충분히 배려하는 것이 필요하다.

선행투자를 되도록 억제하고 경제성을 충분히 고려하여 시설의 사용을 빠르게 하고 사용개시후도 시설의 능력과 유입하수량과의 평형을 취할 수 있도록 고려할 필요가 있다. 그 때문에 처리장의 시설계획은 관거 및 펌프장과 비교하여 단계시공을 특별히 배려할 필요가 있다.

특히 유입하수량이 적고, 수질도 계획치와 대폭 다른 경향이 강한 1단계 계획은 원칙적으로 시설의 운전개시후 2~3년 정도이고, 시설의 능력을 발휘할 수 있는 규모로서 착수부터 운전개시까지의 건설 비용을 억제하고 단기간에 운전할 수 있도록 고려한다. 이것이 어려울 때는 초기대책을 검토한다.

슬러지처리에 대해서는 시설계획이 수처리에서 계열로 나누는 것보다는 큰 범위의 계열로 나누는 경향이 있으므로 건설단위가 크게 된다. 또, 유입하수의 수질은 계획유입수질보다 낮은 기간이 일반적으로 길다. 이 때문에 운전개시초기는 슬러지농축탱크에서의 체류시간이 매우 길어지고 부패에 의한 부상이 생겨 농축이 안되는 등의 처리상의 문제를 일으키는 경우가 있다.

또, 슬러지처리의 기술은 진일보하므로 적합한 신기술의 도입을 하는 편이 유리하게 되는 경우도 있다. 따라서, 초기의 슬러지처리시설의 건설규모를 작게 하는 것이 유리한 경우도 있다.

효율적인 처리장을 고려하는 경우 처리방식은 전체를 반드시 동일방식으로 하지 않는다. 특히, 건설의 착수부터 운전에 이르는 1단계 계획은 소규모인 시설을 고려하여 이후의 2단계 및 3단계의 계획과는 독립시켜 별도의 처리방식을 채용하는 등의 방법을 고려하며, 처리방식의 일시적인 변경 및 시설의 간소화 등 다양한 방법을 선택하는 것이 가능하다.

이 때문에 아래와 같은 대책에 대해서도 검토한다.

단계시공으로

- ① 일차침전지는 공용개시 초기에는 건설하지 않고, 유입하수량이 증가할 때 설치한다.
- ② 분류식하수도의 침사지는 통수후의 침사상황을 보면서 건설하고, 초기는 맨홀펌프 등으로 대응한다.

초기대책으로

- ① 수처리시설의 1단계는 소규모 또는 간이처리시설을 계획하고, 2단계 이후는 별도의 처리시설을 계획한다.
- ② 처리장내의 관망은 초기는 직접매설 또는 공중가설을 고려한다.
- ③ 1단계 계획에서는 유지관리에 필요한 인원이 적고, 감시시설도 소규모이기 때문에 관리동은 간단하게 하거나 다른 시설과 공용한다.
- ④ 처리장내 펌프장을 건설하지 않고 맨홀형식펌프장 등에 의한 간단한 시설로 양수한다.

1.11.3 설비 및 기기의 적절한 조합

설비 및 기기의 조합은 다음 각 항을 고려한다.

- (1) 유입하수량의 경년변화를 고려하여 설비의 용량 및 대수의 조합을 정한다.
- (2) 1단계에 설치하는 설비능력은 단기적으로도 충분히 가동할 수 있는 용량으로 정한다.

【해설】

(1)에 대하여

설비 및 기기의 용량은 설비전체의 효율 및 운전초기의 적은 유입하수량을 고려하고, 유입하수량의

경년변화추이에 따른 설비 및 기기의 기중, 설비의 용량이나 대수를 적절히 조합시켜 정한다.

예를 들면, 펌프설비는 운전초기의 적은 유입수량부터 2~3년 후의 유입하수량까지 대응할 수 있는 가변용량설비(可變容量設備)의 설치 등을 1단계 계획으로 하고, 이후의 유입하수량의 증가에 따른 고정설비의 증설을 2단계, 3단계 계획으로 한다.

또, 수전설비(受電設備)에 있어서도 설비용량에 균형이 맞도록 불필요하게 큰 수전설비를 처음부터 설계하는 일이 없도록 배려한다.

(2)에 대하여

1단계에 설치하는 설비 및 기기에 대해서는 유입하수량의 급증이나 차기의 설비 및 기기의 설계, 제작, 설치, 시운전 및 조정기간을 고려하여 일반적으로 운전개시후 2~3년을 목표로 용량 및 대수를 정한다.

또, 계측제어설비는 운전초기에 있어서는 정상운전 레벨보다 크게 동떨어지는 경우가 많기 때문에 아주 최소로 필요한 것만 설치하는 것이 좋다. 따라서, 설비의 운전상황을 정확히 파악하기 위한 계측장치만 설치하며, 수질계측은 수질데이터를 활용하고, 처음부터 고도계측장치를 설치하는 것은 피한다. 또한, 제어도 시설의 규모 및 유지관리의 형태에 따라 개별감시조작방식으로 하며, 처음부터 중앙감시조작방식은 하지 않도록 한다.

단, 펌프 및 송풍기 등 자동제어가 필요한 것은 별도로 고려한다.

1.11.4 계획의 재검토

전체 계획의 중간년차에 있어서 예측수량 등과 차이가 생기는 경우는 가능한 신속하게 재검토한다.

【해설】

전체 계획의 수립에 있어서는 중도년차의 경우 인구, 원단위 등의 기본수치를 충분히 검토한 후에 유입하수량 및 유입부하량을 가능한 한 정확히 예측하여 시설의 능력을 결정할 필요가 있다.

또한, 이 값은 예측값이므로 계획수립시점부터 시간이 지남에 따라 경제나 사회정세의 변화에 의해 당초의 계획과 크게 동떨어질 수 있다. 즉, 방류수역의 이용상황이나 수질조건의 변화에 의해 목표처리수질의 향상이 필요로 되는 경우도 있고, 우수의 정비목표레벨 향상에 의한 계획수량의 증가 등도 있다. 또, 계획구역내의 주택단지 및 공업단지의 신설이나 공업단지의 계획과 다른 업종의 진출 등, 도시의 발전형태의 변화에 따라 당초 처리구역의 변화가 있고, 수량 등의 변경이 생기는 경우도 있다.

예측수량 등에 대해서는 일부분의 공용개시에 의해 그 지역에 있던 원단위 등의 실측치를 참고하여 가능한 한 정확한 예측치로 수정하여 전체계획을 재검토하고, 적절한 시설의 건설계획을 재검토하여 지역의 실적에 맞는 계획이 필요하다.

전체계획의 완성후 또는 중간년차에 있어서도 시설은 장기간의 사용에 의해 노령화되어 물리적, 기

능적으로 능력이 감소하여 최종적으로는 개량·갱신 등의 개축이 필요로 되지만, 기존시설의 상황을 정확히 파악·판단하여 계획적이고 합리적으로 시설을 재검토할 필요가 있다.

1.11.5 기존하수처리시설 성능개선 및 고도처리계획

<p>기존하수처리시설의 고도처리 및 성능 개선시는 다음사항을 고려하여 처리공법의 변경 또는 시설 증설계획을 수립한다.</p> <p>(1) 처리장 운영실태 정밀분석</p> <p>(2) 기존시설에 의한 처리가능성을 충분히 검토</p> <p>① 운전방식 개선에 의한 처리효율 증대</p> <p>② 부하율 개선에 의한 처리효율 증대</p> <p>③ 기존시설 일부 개조 또는 증설에 의한 처리효율 증대</p> <p>(3) 기존 시설에 적절한 처리공법 변경계획 수립</p> <p>① 유기물(BOD, COD)과 부유물질 문제시 시설개선계획 수립</p> <p>② 총질소(T-N) 및 총인(T-P) 문제시 시설개선계획 수립</p>

【해설】

기존하수처리시설에 있어서 관로정비에 의한 유입하수 수질농도 증가시나 방류수질 기준강화, 총량 규제 등으로 인하여 기존시설만으로 배출기준을 달성하기 어려울 경우 가능하면 기존시설을 최대한 이용하고 불가능할 경우에 한해서 시설의 개선 및 공법변경계획을 수립 하도록 해야 한다.

(1)에 대하여

기존시설 운영실태 파악을 위하여 최소한 다음 사항에 대하여 운영자료를 수집하여 분석하는 것이 바람직하다.

- ① 수질현황 분석 : 유입수와 방류수에 대한 최소한 1년치 이상의 수질을 평균, 최대, 최소, 95% 확률수질, 연중 4회 이상 72시간 연속수질변동상황 등을 분석하여 검토수질과 문제 수질항목을 발췌한다.
- ② 침전지 운영실태 분석 : 일차침전지와 이차침전지 수리 및 고형물 부하율 분석과 슬러지 계면관리 실태, 슬러지 유출에 관련된 침전지의 수리구조적 특성 및 기타사항을 분석하여 문제 발생요인을 검토한다. 특히, 합류식 하수도의 처리시설의 경우 초기우수에 대해 1차침전 효율과 바닥에 적체된 슬러지 유출 등을 분석하고, 슬러지처리시설 개선시 예측되는 일차침전지 유출수질을 분석한다. 이차침전지에 대해서도 슬러지처리계통의 과부하로 인한 계면관리 어려움이나 구조물 세부사항의 문제로 인한 슬러지 유출에 대해 일중 유출형태를 분석할 필요가 있다.
- ③ 생물반응조 운영실태 분석 : MLSS, MLVSS, F/M 비, 반응조 부위별 운영 DO, 슬러지 침전특성 및 벌킹(bulking)과 핀플록(pin floc)등의 이상상태 발생여부 및 조건을 분석할 필요가 있다.
- ④ 슬러지처리시설 : 각 단위공정들의 월류수 및 탈리여액에 의한 수처리시설에 대한 부하율, 소화조 체류시간과 운영온도 및 가스 발생률, 응집제사용량, 탈수 후 함수율 및 탈수기 부하율 등을 여

건에 따라 적절히 조정하여 조사할 필요가 있다.

(2)에 대하여

(1)항에서 조사된 자료를 기초로 하여 최소한 다음 내용에 대한 처리가능성을 분석한다.

(2)의 ①에 대하여

유기물의 농도가 높을 경우는 생물학적 부하율이 문제가 되어 용해성 유기물 농도가 높은 경우와 벌킹(bulking) 및 핀플록(pin floc)등으로 인하여 2차 침전지에서의 침강특성 악화, 이차침전지 계면관리 실패로 인한 경우로 나누어 판단할 수 있으며, 침강특성에 문제가 없을 경우 F/M 비 제어를 통해 제거효율 향상가능성을 판단한다. 이 경우 운영 MLSS가 3,500~4,000 mg/l 이상일 경우는 이차침전지의 부하율에 문제가 생기므로 증설이나 생물반응조로부터 미생물 유출억제방안이 필요하다.

(2)의 ②에 대하여

시간대별 부하율변동이 과다하여 상시 수질유지가 어려울 경우 유량조정조 설치 등을 검토할 수 있다. 침전지의 계면관리가 불가능하여 슬러지 유출이 생길경우는 슬러지처리시설의 부하율과의 관계가 문제가 될 경우가 크므로 부하율 개선을 위해 농축방식의 전환, 소화율 개선, 탈수기 증설 등을 검토할 필요가 있다.

(2)의 ③에 대하여

전항에서 제시한 문제점들에 대하여 기능개선과 운영방법 변화시 예상되는 처리수질을 물질수지 등을 분석하여 결정하고, 문제가 되는 수질항목을 분석한다. 특히, 유기물(BOD, COD)과 부유물(SS) 등이 문제가 생길 경우 이차침전지 기능개선을 먼저 검토하고, 소화조를 설치하여 운영중인 하수처리 시설에서 소화효율이 낮거나 소각 등의 추가적인 처리를 계획함에 따라 운영의 경제성이 떨어지는 경우에는 소화효율을 높일 수 있는 방안을 먼저 검토한 후 기능전환을 검토해야 한다.

(3)의 ①에 대하여

전항에서 제시한 사항과 당해 하수처리시설이 갖고 있는 문제점을 개선하더라도 충분한 처리효율을 발휘할 수 없거나 특정수질 항목이 허용수질을 넘어설 가능성이 있을 경우 공법변경 또는 3차처리, 시설 증설 등을 고려하여야 한다.

특히, 유기물(BOD, COD)과 부유물(SS) 등이 문제가 생길경우 먼저 유량조정조에 의해서 개선이 충분할지의 가능성과 슬러지 처리시설 개선 등에 의해 해결이 불가능하다면 3차처리시설 추가를 검토하여야 한다.

(3)의 ②에 대하여

총질소(T-N)가 문제될 경우는 슬러지 처리계통의 소화조와 탈수기 탈리여액에 대해 별도의 처리공정을 추가하여 고농도 총질소가 수처리계통으로 반송되는 것을 막아서 해결하는 방법과 수처리공정의 생물학적인 공정에 혐기와 호기공간을 별도로 두어서 해결하는 방법 등을 판단하되, 반응조 수리체류시간이 부족하여 미생물량 확보가 충분치 못하거나 이차침전지 여건상 과다한 MLSS 유지가 어려울

경우 미생물 확보대책을 별도로 수립하거나 생물반응조를 증설해야 한다. 총인(T-P)이 문제가 될 경우에는 생물반응조에 인방출공정을 별도로 추가하거나 응집제에 의한 화학적인 제거를 고려할 수 있다. 생물학적인 처리의 경우 탈질이나 인방출에 필요한 탄소 공급능력이 충분한지 검토되어야 하고, 응집제에 의한 인처리시는 슬러지 발생량이 현저히 늘어나므로 슬러지 처리시설에 대한 과부하가 함께 검토되어야 한다.

1.11.6 시설의 다목적 이용

처리장, 펌프장 및 간선관거 등 하수도시설 공간의 다목적 이용에 있어서는 목적, 용도 및 지역의 상황 등을 근거로 하여 효율적인 시설의 운영관리나 공공성의 확보 등의 면에서 적절한 것으로 한다.

【해설】

처리장, 펌프장 등의 하수도시설은 도시 가운데의 귀중한 여유공간으로서 활용이 강하게 요구된다. 최근에는 양호한 도시환경의 형성, 방재(防災)성의 향상, 지역의 활성화, 커뮤니티의 형성 등을 도모하고, 지역주민의 요망에 따라 이들의 시설을 공원, 스포츠시설 및 피난장소 등에 활용하는 사례가 증가하고 있는 중이다. 이것은 하수도사업을 원활히 추진하여 하수도의 이미지를 높이는 것과 밀접하게 관련되어 있다.

또, 관거시설에는 수위정보의 전달, 펌프장의 원격감시체제 등 하수도시설의 유지관리의 효율화를 목적으로 하여 광케이블의 설치도 고려할 수 있다. 다목적 이용의 실시예를 <표 1.11.1>에 나타내었다.

<표 1.11.1> 하수도시설의 다목적 이용사례

이용의 대상	이용의 형태	사 례
처리장·펌프장	레크레이션시설 커뮤니티시설 방재시설 열이용시설 사무소 등	공원, 운동장, 테니스장 공회당 피난장소 눈녹이는 시설 업무건물
관 거	정보통신망	광케이블

앞으로도 도시의 토지이용의 고도화에 수반하여 하수도시설의 공간이용이 늘어날 것으로 예상되나, 이용시설의 선정에 있어서는 하수도의 공공적 시설로서의 위치와 결부되어 지역주민의 의견이나 주변 토지이용상황을 충분히 감안하여 다음과 같은 사항에 대해 검토할 필요가 있다.

- ① 하수도의 이미지를 높이는데 공헌할 수 있는 것
- ② 공공시설로서 어울리는 내용인 것
- ③ 지역 및 주변주민에 공헌할 수 있는 것

다목적 이용의 경우는 사업내용에 따라 하수도법 이외에도 도시계획에 관한 법률, 수질환경보전법 등의 법률관계를 충분히 검토할 필요가 있다.

즉, 이용시설이 하수도시설의 구조·관리 등에 지장을 가져오지 않도록 충분한 배려함과 동시에, 장래에는 하수도시설의 개축·수선에 방해가 없도록 고려하여야 한다.

1.12 설계기준

1.12.1 시설의 일반기준

하수도시설은 다음과 같은 일반기준에 부합하게 설치되어야 한다.

- (1) 시설의 주된 목적에 부합되어야 한다.
- (2) 구조적으로 안전하고 사용성과 내구성이 있어야 한다.
- (3) 시설설치에 따른 사업비 및 공사비가 최소화되도록 하여야 한다.
- (4) 시설의 효율화를 위하여 유지관리가 용이하고 운영관리비용이 최소화되도록 하여야 한다.
- (5) 하수도시설의 설계 및 설치는 현행법령 및 각종 기준에 적합하여야 한다.

【해설】

(1)에 대하여

하수도 시설은 하수의 배제, 침수방지, 공공수역 수질보전과 물순환의 회복 및 지속발전 가능한 도시 기반구축과 같은 목적에 부합되어야 하며, 하수의 이송, 유입하수의 고도처리, 하수의 재이용과 같은 각 시설의 주된 목적에도 부합되도록 하여야 한다.

(2)에 대하여

시설은 내마모성 및 내화학성을 가져야 하고, 또한 안전하고 2차적인 환경오염을 발생시켜서는 안 되며 사용자가 사용하기 쉬워야 한다.

(3)에 대하여

시설설치에 따른 사업비 및 공사비는 최소화되도록 하여 투자대비 효율을 최대화 하여 경제성을 확보하여야 한다.

(4)에 대하여

하수도시설은 시설의 설치시 뿐만 아니라 운영관리시 효율화를 위한 구조 및 시설배치가 되도록 하고, 개별 시설의 공법의 선정에도 신중을 기하여야 한다.

(5)에 대하여

시설의 구조내력의 설계에 쓰이는 재료의 단위중량, 활하중, 고정하중, 풍하중, 적설하중, 지진하중, 토압과 수압 외에 크레인하중, 진동, 충격, 건조수축, 크리프와 온도변화 및 탄성수축, 부동침하, 연약

지반의 부마찰력 등 각종하중 및 외적영향 등은 건축법 및 동시행령, 그리고 정부에서 제정한 해당법령 및 각종 구조물의 설계기준과 기타 일반적으로 인정되고 있는 사항에 의한다.

전기시설의 설계에 있어서는 전기사업법, 소방시설공사법 및 이와 관련된 시행령, 규칙 및 조례 그리고 전기시설과 관련있는 각종 KS, 지식경제부, 대한전기학회 및 한국전기공업협동조합 등이 기타 정한 각종 규격과 기타 일반적으로 인정되고 있는 사항에 의한다.

기계시설의 설계는 근로기준법, 소방시설공사법, 환경정책기본법, 고압가스 취급법 및 이와 관련된 시행령, 규칙 및 조례와 기계시설과 관련 있는 각종 KS 및 기타 일반적으로 인정되고 있는 지식에 의한다.

1.12.2 토목시설 기준

토목시설의 구조는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 시설은 시공 중 또는 완성 후 구조물에 작용하는 각종하중 및 외적영향 등을 고려하여 안전하고 내구성이 있어야 한다.
- (2) 시설은 누수 또는 지하수 침입의 염려가 없어야 한다.
- (3) 지하수위가 높은 지점에 축조하는 구조물은 내부가 비어 있을 때에도 부력에 대하여 안전하여야 한다.

【해설】

하수도시설의 토목구조물은 일반적으로 저습지나 연약지반의 지하수위가 높은 지점에 축조되는 경우가 많다. 더욱이 축조되는 깊이도 자연유하를 원칙으로 하는 점에서 깊어지게 마련이므로 시공중 또는 완성후 구조물에 작용하는 활하중, 고정하중, 풍하중, 적설하중, 지진하중, 토압과 수압 외에 크레인하중, 진동, 충격, 건조수축, 크리프와 온도변화 및 탄성수축, 부동침하, 연약지반의 부마찰력 등 각종하중 및 외적영향 등을 고려하여 충분히 안전하고 또한 내구성이 요구된다. 또한, 토목시설에는 관거, 펌프장 및 처리장 등이 있고 각각의 기능을 발휘할 수 있도록 견고한 구조물로 하는 것이 필요하다.

한편, 오수의 누수에 의한 지하수오염이나 지하수침입에 의한 하수량의 증가가 없도록 수밀한 구조로 하여야 한다. 직접 외수에 접하는 펌프시설 및 방류관거 등은 고장났을 경우 침수되어 큰 피해를 가져올 우려가 있으므로 그 구조는 견고하며 수밀한 것이 요구된다. 그리고 지하수위가 높은 지점에 축조되는 침사지, 유량조정조 및 반응조 등의 구조물에 대하여는 수리 및 청소를 위해 내부를 비울 경우 등을 예상하여 부력에 대한 안전성을 고려할 필요가 있다.

1.12.3 건축시설 기준

하수도시설 건축구조물은 관련법규를 준수하여야 하며, 다음 사항을 고려하여 계획하여야 한다.

- (1) 유지관리의 편의성 추구
- (2) 주변환경과의 조화
- (3) 위생 및 환경요구 충족에 대한 고려
- (4) 방재대책의 강구

【해설】

하수도시설의 건축구조물에는 설비동 및 관리동, 펌프장, 전기실 등이 있으며, 시설규모 및 다음사항 등을 고려하여 적정규모로 계획하여야 한다.

(1)에 대하여

배치계획시 유사 기능별 연결 및 효율적인 연계를 고려하여 관리동선의 단순화 및 집약화로 유지관리의 편의성을 도모하여야 하며, 내구성 및 내후성을 고려한 건설자재 및 설비기종의 선정으로 유지 및 보수·점검이 경제적이고 용이하도록 고려하여야 한다.

(2)에 대하여

시설 주변의 자연환경·인문환경 등 지역특성에 조화되는 시설의 배치 및 형태계획으로 시각적 이미지 고려 및 혐오시설로서 부정적 이미지를 개선하도록 친환경·주민친화적 시설개념을 기본으로 하여 계획하여야 한다.

(3)에 대하여

하수도시설은 기능 및 목적상 항상 온도, 습도, 소음, 조명, 채광이 불리한 환경에 노출되어 있으므로 이를 개선할 수 있는 방안의 적극적인 도입으로 쾌적한 환경을 창출하여 물리적인 환경가치 충족될 수 있도록 한다.

또한 지역 및 주변의 건물군과 자연환경이 조화되는 계획으로 인문, 사회적 환경가치 충족될 수 있도록 한다.

(4)에 대하여

침수·지진·강풍·적설 등의 자연재해와 화재 등 인위적 재해에 대한 안전대책을 강구하여야 한다. 하수도시설의 건축물은 상기와 같은 기준으로 추진되어야 하며, 하수도시설 건축물 계획 및 설계시 고려하여야 할 구체적 사항은 다음과 같다.

1) 구조계획

- ① 구조계획은 건물의 기능, 하중조건, 외관, 내구성, 진동, 소음, 기존 시설물과의 연계성 등 기타 외적 조건을 충분히 고려하여 계획한다.
- ② 처리장의 기능은 재해시에도 기능을 확보하지 않으면 안되는 점을 고려하여 일반 건축물보다 안전율이 높게 설계되어야 한다.
- ③ 처리장 건축물은 철근콘크리트조를 원칙으로 하고 필요시 철골조 등을 적용할 수 있다.
- ④ 구조 계획시 기초에 대한 안정성과 부등침하 및 최대홍수시 부력에 대한 안정성도 검토하여 경제적인 구조가 되도록 한다.

2) 배치계획

- ① 관리 업무공간은 외부에서의 접근이 쉽고 처리시설공간과의 연계성을 고려하여 계획하는 등 운영 관리 및 기능상 합리적인 시설배치 및 효율적인 토지이용계획이 되도록 하여야 한다.

- ② 소음, 악취 등이 부지 주변에 미치는 영향이 최소화 되도록 고려하여야 한다.
- ③ 단계적 증설계획이 있는 경우 최종 증설분을 고려하여 관리시설 및 기타 설비시설의 위치를 결정하여야 하며, 이들 시설에 대한 규모 및 건설시기 등을 조정하여 전체적으로 중복투자가 발생하지 않도록 고려하여야 한다.

3) 동선계획

- ① 각 차량의 동선교차를 가능한 한 피한다.
- ② 단순한 동선으로 한다.
- ③ 각 시설에 대한 진입동선을 확보하고 시설의 기능을 충분히 발휘하도록 한다.

4) 평면계획

- ① 각 동별 평면은 전체 배치계획, 건물의 고유기능 및 외적조건(일조, 소음, 풍향, 진동)등을 고려하여 전반적인 동선의 흐름 및 기능상 문제점이 발생하지 않도록 구성한다.
- ② 건축물은 고유기능을 충족할 수 있는 규모 및 마감계획으로 경제성 및 기능성이 확보되도록 한다.
- ③ 평면분할시 창고 등 불필요한 공간이 최소가 되도록 한다.
- ④ 사람이 거주하는 공간은 외기에 면하도록 계획하며, 통풍 및 자연채광을 최대한 확보한다.

5) 입면계획

- ① 입면계획은 확실적인 단순 박스 형태의 외관을 배제하고 처리장주변여건 및 시각적 이미지 관계를 고려하여 혐오시설로서의 이미지탈피 및 지역특성을 고려한 외관이 되도록 계획하여야 한다.
- ② 건물 내·외벽은 유지관리성이 뛰어나고 내구성 및 내화성이 있는 것으로 미관도 병행하여 고려한다.
- ③ 우아하고 친근하면서 품위를 느낄 수 있는 형태와 질감을 나타내도록 계획한다.
- ④ 지붕은 주변지역을 고려하여 계획한다.
- ⑤ 모든 창은 가능한 자연채광, 통풍 등을 원칙으로 한다.

6) 단면계획

건물의 단면계획은 기계의 소요높이, 유지관리 및 운전기능에 의해 결정되어야 하며 특히 보수를 위한 여유공간 등의 확보에 역점을 둔다.

7) 에너지 절약화 계획

냉·난방이 필요한 건축물에는 자연요소를 적극적으로 활용하는 방안을 우선적으로 고려하고, 에너지절감을 이룰 수 있는 기기를 선정하는 등 에너지절약계획을 반영하여야 한다.

- ① 동절기 주로 부는 풍향 쪽으로는 출입구의 설치를 자제하고, 조경계획과 연계하여 수목의 그늘로 인한 일조조정 및 복사열, 반사열의 완화를 도모하여야 한다.
- ② 열영향을 작게 하기 위하여 외벽면적이 작은 방향으로 계획하며, 채광 및 환기를 위한 적절한 규모의 창호계획으로 불필요한 열손실을 방지하여야 한다.

- ③ 동등한 실내환경을 요하는 시설끼리 모아서 배치할 것을 고려한다.
- ④ 자연채광을 충분히 활용하기 위한 실내색채계획을 고려하여야 한다.
- ⑤ 기타 에너지절약을 위한 단열계획은 건축물의 에너지 절약 설계기준 등 관련 기준을 준수하여야 한다.

1.12.4 기계시설 기준

하수도시설 기계시설은 펌프류, 송풍기류, 포기설비, 각종밸브류, 침전지 및 농축설비, 탈수설비, 각종교반기류, 침사제거설비 등의 에너지를 필요로 하는 설비로 구성되며, 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 평상 가동시 또는 현장 기상 여건하에 발생할 수 있는 부하, 압력, 온도 등의 모든 변화조건하에서도 만족스러운 운전이 지속될 수 있어야 한다.
- (2) 이상 소음 및 진동 등의 발생으로 하수도시설 구조물 및 근무자에 위해를 주지 않아야 한다.
- (3) 시설 운영에 따른 검사, 청소, 관리 및 보수작업을 위한 고려사항이 반영되어야 한다.
- (4) 운전 및 관리에 관계된 제반 안전 및 방호시설과 비상시 대책이 충분히 반영되고 환경개선이 이루어질 수 있도록 되어야 한다.
- (5) 하수처리시설에서 기계설비는 에너지를 다소비하는 설비로서 에너지 절감대책을 강구하여 적정한 설비가 설치될 수 있도록 하여야 한다.

【해설】

(1)에 대하여

하수도 기계시설은 일반적인 산업기계 설비와 달리 가혹한 사용상황, 열악한 환경조건 등 특수한 환경에 노출되는 설비이므로 이와 같은 조건에 대응하여 안정적으로 운전될 수 있는 일정한 기능을 갖추어야 한다.

이와 같은 기능과 관련된 사항으로서는 예비기의 설치, 수격방지 배관, 바이패스 설치, 설비능력의 여유 및 고장시 제작사의 사후관리체제 등이 있다.

또한 일정 이상의 기술수준이 확보된 신뢰성이 높은 설비를 설치하여 운전의 연속성이 보장되도록 하여야 한다. 이를 위하여 기계설비의 설계는 국내외의 규격 또는 각종 지침과 기준 등의 기술적 자료를 근거로 하는 것이 바람직하다.

(2)에 대하여

하수도 기계시설로 인한 소음 및 진동 등으로 하수도시설 구조물 및 근무자에 위해를 주지 않아야 하며 이를 위하여 소음 및 진동을 최소화하는 설비가 구축되도록 하여야 한다.

(3)에 대하여

기계설비는 가동후 적정한 유지관리를 하여 부품의 마모와 부식 등이 발생하여 정기적으로 보수할 필요가 있으므로 부품의 교환이 용이한 설비와 유지관리 공간을 고려하여 설치할 필요가 있다.

또한 보수를 계속하여도 물리적, 기능적, 경제적인 내구연수에 도달하여 개축을 하여야 하는 시기가

있다. 이러한 경우를 대비하여 처음의 설계 단계에서 개축을 고려한 반출입구, 경로 등의 공간을 확보하는 것이 필요하며 처리기능을 유지하면서 시설개축이 쉽도록 설계시에 가설적인 배려를 검토하는 것도 필요하다.

(4)에 대하여

기계설비의 설계는 각 시설·설비의 중요도에 대응하여 시스템으로서의 안전성(安全性)이 확보되도록 배치계획(유지관리를 위한 동선 및 공간, 조도의 확보), 안전대책(배관설치위치, 점검통로, cover류 설치) 및 보호장치의 검토(기계적 보호, 전기적 보호)를 하여야 한다.

또한 기계설비의 설계는 최근 빈번하게 일어나고 있는 지진에 대비하여 충분한 안정성을 가질 수 있도록 하여야 하고, 지진으로 인한 충격을 흡수할 수 있도록 내진 설계를 검토하여야 한다.

비상시를 대비하여 다음과 같은 사항이 검토되어야 한다.

- ① 정전시 관련 기기 들의 동작(예 : 밸브의 자동폐쇄 기능)
- ② 지진(기초구조, 배관의 설치)에 의한 내진 설계
- ③ 침수(기중선정, 단자 등 설치 위치)

처리시설에서 발생하는 이상소음 및 진동, 악취 등이 발생되지 않거나 저감될 수 있는 시설을 설치하여 환경개선이 이루어지도록 하여야 한다.

(5)에 대하여

운전관리에 관한 에너지 절감은 간헐운전이나 운전 설정치에 의한 최적화 운영을 하여야 하나, 처리 시설 설치시 기계시설 에너지 절감에 대한 충분한 검토와 반영으로 효율적이고 안정적인 운영을 통한 에너지절감 시설이 되도록 하여야 한다. 일반적인 하수도 기계시설과 관련된 에너지 절감설비 및 대책은 다음과 같다.

〈표 1.11.2〉 에너지 절감설비 및 대책

처리공정	설 비	에너지 절감 대책
전처리	침사지설비	스크린설비 타이머운전
	주 펌프	인버터 제어
수처리	1,2차 침전지	반송슬러지펌프 인버터제어
		반송슬러지울 설정 최적화
	여과설비	역세용 송풍설비 간헐운전
	생물반응조	초미세기포장치 도입
		포기풍량 최적화
반응조 송풍량 제어밸브 도입		
	인버터형 터보송풍기 도입	
슬러지처리	슬러지탈수설비	고효율탈수기 채용
공통설비	공조설비	하수열원 히트펌프 도입

1.12.5 전기시설 기준

전기설비의 설계에 있어서 수처리방식, 시설규모 및 형태, 유지관리방식 등을 기초로 신뢰성과 경제성을 고려하여 적정하게 해당시설을 설계하고 효율적인 운영 및 유지관리가 될 수 있도록 하여야 하며, 장래 증설 및 설비개선이 용이하도록 하여야 한다.

【해설】

전기설비 설계시 기본적으로 고려하여야 할 사항 중에는 신뢰성, 경제성, 유지관리성, 안전성, 확장성, 조작성 등이 있다. 각 설비별 연관사항에 대해서는 충분히 검토하여야 하며, 특히 토목·건축구조물 및 기계설비의 설계조건을 고려하여 이들과 부합된 전기설비가 설치되도록 설계한다.

1) 신뢰성

- ① 하수처리시설에는 비상시 수동운전 조건, 열악한 사용 환경조건 등 많은 특수성이 있으므로 사용 기기는 성능 및 신뢰성이 높고 일정기간 이상의 내용년수 확보가 가능한 것으로 한다.
- ② 하수처리시설은 공공성이 강하므로 만일의 고장에 대비하여 주요기기는 이중화, 백업(back-up), 기능분산을 고려한다.
- ③ 하수 및 부식성가스 등에 의해서 부식의 우려가 있는 장소에 설치될 기기는 구조, 재질의 선정에 유의한다.
- ④ 전력배분이 적정하고 교체 및 증설공사 중에도 안정적으로 운전될 수 있도록 한다.

2) 경제성

설비투자 최소화 및 유지관리비의 절감화(운영 및 유지관리인력의 최소화, 에너지절감, 자원의 절감 등)를 도모한다.

3) 유지관리성

- ① 보수점검이 용이도록 하고 점검회수가 최소화되도록 한다.
- ② 기기의 호환성을 확보한다.
- ③ 합리적으로 기기를 배치하고 적당한 여유공간을 확보한다.

4) 안전성

- ① 화재, 감전사고 등을 미연에 방지하도록 한다.
- ② 감전의 우려가 있는 부분에는 감전방지용 보호덮개를 설치한다.
- ③ 폭발성 또는 인화성 물질이 있는 장소는 폭발에 대비한 시설을 설치하여야 한다.
- ④ 조작스위치, 램프 등은 오조작이나 착오의 우려가 없도록 배치함과 동시에 조작회로에는 필요에 따라 인터록 회로를 설치한다.

5) 확장성

- ① 증설 용이 및 기술혁신 대비 등을 고려한다.

② 사용년수 경과 후 개조 및 변경이 용이하도록 한다.

6) 조작성

- ① 운전조작이 용이하고 오조작이 발생하지 않도록 한다.
- ② 조작의 안전성을 확보한다.
- ③ 운전조작의 연동 및 자동화를 채택한다.

7) 기타 시설계획

- ① 지역특성에 따라서 한랭지대책, 염해대책, 방진대책 등을 고려한다.
- ② 공해(소음, 진동 등)발생이 최소화되도록 한다.
- ③ 초기 및 연차별 하수 유입계획을 고려한다.

8) 고려사항

- ① 관계법령에 저촉되지 않도록 충분히 검토하여야 한다.
- ② 기술적인 사항은 관련 국내규격, 규정, 지침을 적용하여야 하며, 해당내용이 불충분 할 경우에는 국제규격이나 지침을 적용할 수 있다.
- ③ 타 공종과의 시공범위, 상호관계 및 장래 공사와의 시공범위를 명확히 한다.
- ④ 해당지역의 적설, 한랭, 해변지역 등의 지리적, 기후적 환경조건 및 관광지, 그 지방 산업지역 등의 사회적 입지조건에 대해서 고려한다.
- ⑤ 처리장 전체계획과 조화되도록 계획하고 연차계획에 의한 단계적인 시설의 증설 및 부하의 증가에 대응할 수 있도록 설계한다.

1.12.6 계측제어시설 기준

계측제어시설의 주목적은 자동화 설비로서 하수도시설 특유의 환경 및 공중 조건과 운용관리를 고려하여 실제로 최적인 효율적 시설을 갖추어 감시제어 및 유지관리가 원활하도록 하여 신뢰성, 경제성, 안정성, 효율성 등을 확보하는데 있다.

【해설】

하수도의 계측제어설비는 시설의 처리공정을 포함하는 처리시설 전반의 합리적 관리운영을 위하여 중요한 것으로, 계측 장치나 감시제어장치, 정보처리장치 등이 갖는 우수한 기능을 활용하기 위하여 계측제어설비가 갖는 각종 기능, 특성을 충분히 인식하고, 시설 목적에 맞게 안전하고 합리적이고 안정된 운용을 도모할 수 있도록 계측화를 검토한다.

또한, 동시에 설비의 규모, 시설의 특성, 유지관리체제나 운영자의 기술 수준, 장래 확장 계획, 기술 혁신의 동향, 설비의 표준적 내구 연수와 보수, 개조, 투자 효과 등을 충분히 검토하여 설치할 필요가 있다.

하수도시설의 계측제어 설비의 기본방향은 다음 사항을 기초로 하여 설계되어야 한다.

1) 안전성

- ① Fail Safe 개념 도입 설계
- ② 시스템 자기 진단 기능으로 운전자의 신속한 정비가 가능토록 설계
- ③ 자동 백업 시스템 구축으로 데이터의 안전성 확보
- ④ 통신네트워크 서비스 가능지역 검토하여 안정성 확보

2) 신뢰성

- ① 시스템의 이중화(CPU, Communication, 제어 전원)
- ② 개방형(Open System) 채택
- ③ 무정전 전원 장치의 도입으로 전원의 안정성 확보

3) 조작성

- ① MMI의 대화형 소프트웨어로 간편하고 쉬운 조작
- ② 키보드 또는 마우스, 터치스크린 등으로 직접 수행
- ③ 운전자 조작 확인으로 오조작 방지
- ④ 운전상태에서 데이터 수정이나 변경 가능

4) 감시성

- ① 모니터 및 CCTV에 의한 감시
- ② 운전 화면의 한글 표시 및 한글 프린터 출력

5) 경제성

- ① 최대 전력 부하 관리
- ② 시설 자동화로 최소의 운전 요원으로 처리장 운영
- ③ 안정적 운전으로 인한 기기 소모 절감

6) 유지관리성

- ① 모든 관리를 집중화함으로 운전의 효율화 및 업무 경감
- ② 주요 인자를 온라인으로 실시간 제시

1.12.7 조경시설 기준

하수도시설에 대한 조경계획의 원칙은 다음과 같다.

- (1) 하수처리시설 계획지역은 최소한의 조경계획을 수립하되 친환경요소의 적용으로 혐오시설로서의 이미지를 불식시키도록 계획한다.
- (2) 조경계획시에는 교육체험의 목적이 달성되는 계획이 되도록 한다.
- (3) 조경계획이 상징성, 지역성 등을 강조하여 각 지역 주민들에게 자연의 소중함을 일깨워 주도록 계획한다.

【해설】

하수도시설에 대한 조경계획의 원칙과 다음 기본개념을 고려하여야 한다.

- ① 조경계획은 건축물과 주변경관이 조화될 수 있도록 계획을 수립하며, 이곳에 종사하는 근무요원 및 방문객 등을 위해 쾌적한 옥외 휴식공간을 제공하되 각 사업대상 지자체의 특색이 반영 되도록 하여야 한다.
- ② 지역의 기후와 자연경관을 고려한 계획을 수립하여야 한다.
- ③ 수종은 가급적 각 지역의 향토수종을 선택하여야 한다.
- ④ 동선의 결절점 및 주요공간에는 랜드마크(land mark)적인 성격을 줄 수 있는 수목을 선택하여 식재하여야 한다.
- ⑤ 조경면적 및 수종, 규격, 상록비율, 식재밀도, 수급관계, 수목특성 등을 고려하여 배식계획을 수립하고 지자체 조례 등의 규정을 준수하여야 한다.
- ⑥ 각 공간의 기능 및 형태를 분석하여 조경시설물을 배치하여야 한다.
- ⑦ 시설물의 재료는 가급적 질감이 좋고, 내구성이 좋은 것으로 설계하고 그 기능에 맞게 방부처리 및 녹슬음 방지를 하여야 한다.
- ⑧ 각종 관련공사(건축, 토목, 기전 등) 검토 후 지하, 지상구조물을 파악하여 그에 따른 배식 및 보완조치를 강구하고, 토목포장재료 및 배수처리관계, 가로등, 기타 시설물 등이 서로 상충되지 않도록 한다.
- ⑨ 장래 시설부지에는 최소한의 조경계획을 수립한다. 또한 식재 계획시 계절별 변화에 대한 검토를 하여 사계절을 느낄 수 있도록 한다.

1.12.8 기타 재료 및 기구 기준

재료, 기계 및 기구는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 장기적인 사용에 견디는 것으로 한다.
- (2) 유지관리가 쉬운 것으로 한다.
- (3) 환경에 적응하는 것으로 한다.
- (4) 유지관리비용이 최소화되는 것으로 한다.

【해설】

시설에 사용하는 재료, 기계 및 기구는 장기간에 걸친 기능의 확보라는 견지에서 선정하는 것이 필요하고 시공성, 경제성 및 안전성을 고려할 필요가 있다.

이 경우 KS 및 전기용품취급법규 등에 의해 규격화되어 있는 것에 대해서는 규격품을 선정하지만 규격화되어 있지 않은 것에 대해서는 형, 질, 크기 및 강도 등이 사용목적에 충분히 적합한 것이거나 혹은 동일 목적에 사용되는 규격제품이상의 것이어야 한다.

필요에 따라 수압시험, 강도시험 및 품질시험 등을 실시한다.

(1)에 대하여

기기에 사용되는 부품에 따라서는 가동시간에 제한이 있는 것 또는 제품의 형식변경 등에 따라 부품 교체를 필요로 하는 것이 있는 데 일반시설은 반영구적으로 사용하므로 일반시설에 사용되는 재료, 기계 및 기구는 재질이 변화되지 않고 강도도 충분하며, 장기사용에 견디는 것이어야 한다.

(2)에 대하여

재료, 기계 및 기구는 장기적인 사용에 견딜 뿐만 아니라 관리, 운전 및 조작 등이 쉬운 것이 요구된다. 기계 및 기구의 보전면에서 정기적인 부품교환을 하는 것도 필요하고, 때에 따라서는 사고 등에 의하여 부품교환을 하는 것도 있다.

재료, 기계 및 기구의 선정에서는 부품의 신속한 조달이 가능하고 타사제품과의 호환성 등에 대하여 고려할 필요가 있다.

(3)에 대하여

재료, 기계 및 기구는 아무리 우수하더라도 그것을 사용하는 환경에 적응을 하지 못하면 기능을 충분히 발휘하는 것은 불가능하다.

특히, 수중이나 습기가 많은 환경에서 사용되는 것은 방청대책이 관리상의 문제가 되고, 임해지역 및 공업지역에서는 대기중에 포함된 염분이나 오염물질에 의해 부식이 빠르게 진행되는 경우가 있다. 따라서, 재료, 기계 및 기구의 선정시에는 환경에 대하여 충분히 고려할 필요가 있다.

(4)에 대하여

하수도시설은 설치에 따른 비용뿐만 아니라 운영에도 많은 비용이 소요된다. 따라서 재료, 기계 및 기구는 구입 및 설치뿐만 아니라 운용에 따른 유지관리 비용이 최소화되도록 하여야 한다.

특히 외산기자재의 경우 유지관리에 따른 비용뿐만 아니라 고장시 부품조달 지연 등으로 시설 및 설비의 정상화에 시간이 소요될 수가 있음을 고려할 필요가 있다.

1.13 유역별 통합운영관리 계획

1.13.1 유역별 통합운영관리 기본방향

시설의 통합운영관리는 다음 사항을 기본방향으로 계획한다.

- (1) 통합운영관리계획은 하수도시설의 운영관리 효율화 및 유지관리비용 저감을 주목적으로 한다.
- (2) 관할 구역의 유역별로 하수도시설의 통합운영관리를 계획하되, 관할 구역 외 수질오염총량관리계획상의 수계를 고려하여 계획한다.

【해설】

그간 국내의 하수도시설의 설치 및 관리는 행정구역을 중심으로 이루어짐에 따라 하천 건천화 발생, 수생태 환경유지 어려움 및 하천유지용수 등에 대한 종합적인 검토가 곤란하였고 비점오염원의 효율적

인 관리가 어려워 비효율적인 하수도시설의 운영 및 건설 사례가 발생하고 있었다.

이에 따라 물환경관리기본계획 및 수질오염총량관리제도의 효율적인 이행과 유역별 수질관리체계에 부합하는 하수도시설의 설치 및 운영관리체계의 구축이 필요하게 되었다.

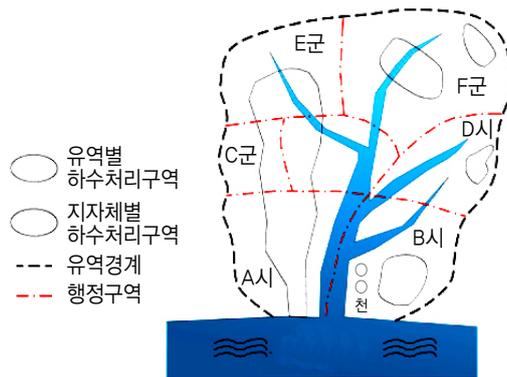
이와 더불어 하수처리 시설물의 증가로 관리의 효율성이 요구되고, 다수의 유지관리 인력이 필요한 현행 관리운영 체제를 개선하고, 시설물의 효율적인 통합관리를 위한 원격지 시설 자동제어 시스템을 필요로 하게 되었다.

(1)에 대하여

하수도시설의 통합운영관리는 기존의 시설별, 지역적 운영관리에서 탈피하여 유역별 통합운영관리체계를 구축·운영함으로써 운영관리의 효율화와 이에 따른 운영관리(유지관리)비용의 저감이 주목적으로 되어야 한다.

(2)에 대하여

하수도시설의 정비주체는 특별시장·광역시장·시장 또는 군수로 행정적 구역으로 구분되어 있으나 국가 하수도종합계획에 따라 유역별 하수관리체계로 전환되고 있으며, 하수도시설의 건설 및 운영의 효율화를 위하여 행정구역내 유역뿐만 아니라 수질오염총량관리제도상의 관할구역의 수계를 고려하여 계획하여야 한다.



[그림 1.13.1] 유역별하수도 개념도

1.13.2 유역별 통합운영관리 방안

- 하수도시설의 통합운영관리계획은 다음과 같이 계획한다.
- (1) 유역별 통합운영관리를 위한 중심 하수도시설을 선정·계획하고, 유역범위 및 시설범위 등을 고려하여 소유역별 중심(지역)시설을 추가로 계획한다.
 - (2) 통합운영관리계획에는 현재 및 장래계획의 모든 하수도시설을 포함하고, 하수도시설외 환경기초시설의 통합운영관리도 함께 검토·반영되어야 한다.
 - (3) 통합운영관리시스템은 하수도시설의 무인자동화, 유지관리인원의 최소화로 계획하여야 한다.
 - (4) 중심처리시설은 운영관리시스템 뿐만 아니라, 행정·유지보수, 실험실 등 전체적 유지관리의 중심시설로 구성되어야 한다.

【해설】

(1)에 대하여

유역별로 최적 통합운영관리를 위한 중심 하수도시설을 선정·계획하며, 중심하수도시설은 하수처리 시설, 펌프장 또는 별도의 통합운영시설로 계획될 수 있다.

유역관리 범위의 지나친 광범위화, 통합운영관리시설의 다양화 및 개소수 증가와 유역의 지형적 특성 등으로 소유역별 관리가 필요한 경우에는 소유역별 중심(지역)시설을 추가로 계획하여 효율화를 기한다.

(2)에 대하여

유역별 통합운영관리계획은 현재 운영 및 설치중인 시설뿐만 아니라 계획 중인 시설도 포함하여야 한다.

통합운영관리계획의 효율성을 높이기 위하여 장기적 관점에서는 하수도시설외에도 폐수종말처리시설, 가축분뇨처리시설 등 환경기초시설을 총망라하여 계획하는 것으로 한다.

(3)에 대하여

통합운영관리시스템은 공공하수처리시설에 자동화설비 및 원격감시제어시스템, 중앙 집중감시제어시스템 등 통합운영관리시스템 등에 의한 최적 감시제어 구축으로 무인자동운전 또는 유지관리 인력의 최소화로 계획하여야 한다. 유역내 하수도시설 중 중심처리시설 이외 시설은 자동화시스템에 의한 중앙 집중감시제어방식의 무인운전으로 계획하는 것을 기본으로 하여야 한다.

(4)에 대하여

유역내 통합운영관리의 중심시설의 운영관리 시스템의 중심역할 뿐만 아니라 행정 및 시설 유지보수의 중심시설의 기능을 갖추어야 하며, 이를 위하여 실험실, 평상시 및 비상시 유지·보수인력의 대기 및 시설의 정비를 위한 설비가 구축되도록 하여야 한다.

1.13.3 통합운영관리시스템 계획

하수도시설의 통합운영관리시스템은 각 시설별로 다음과 같은 기능을 갖추도록 하여야 하며, 아래 사항을 고려하여 시스템을 계획한다.

- (1) 통합관리시스템은 감시 및 제어기능, 시설물 정보관리기능, 운영관리 기능을 갖추도록 하여야 한다.
- (2) 중심처리시설 통합운영관리시스템은 최상위 시스템으로 소유역 중심시설 및 단위시설의 운영관리시스템의 모든 기능을 수행할 수 있어야 한다.
- (3) 소유역 중심시설은 단위시설 운영관리와 밀접하게 관계되는 시설로, 단위시설의 원격감시 및 제어기능에 우선권을 둔 시설관리 기능 수행이 요구된다.
- (4) 하수처리시설, 펌프장 등 개별단위 하수도시설은 자체시설의 원격감시 및 제어에 우선하며, 일부 연속된 하부시설에 대한 원격감시 및 제어의 기능을 수행하도록 한다.

【해설】

통합운영관리시스템 구축은 중심처리시설(통합관리센터), 소유역(지역) 중심관리센터, 개별처리장 등의 시설규모, 운영방식, 지역적 분포 등에 대하여 충분히 검토하여 초기투자비 및 운영비 측면에서 전체적인 경비가 최소화되며 최상의 통합관리시스템이 구현될 수 있도록 최적의 설비를 선정하여야 한다.

(1)에 대하여

통합관리시스템의 감시 및 제어기능은 개별처리시설 운전제어 데이터 실시간 수집, 네트워크를 통한 처리장 원격 감시제어, 각종 운영자료의 수집 및 데이터베이스 구축, 통신망의 주기적인 점검 및 컴퓨터 시스템 동작상태 이상 유무 자기진단 등이 있다.

시설물 정보관리 기능은 각종 시설물 상태진단 및 유지보수 이력관리, 고장 통계분석 및 대책수립, 예비품 정보 제공 등이 있다.

운영관리 기능에는 유지보수 보고서 작성, 운영 스케줄 작성, 유입 및 방류수질 데이터 관리, 주요설비 경보 이력관리, 전력사용량·약품 투입량·소모품, 예비품 재고량 관리 및 사용자권한 관리, 시설 점검계획, 시설운영전략을 위한 의사결정 자료제공(비용, 공정별 분석자료 등), 정보공개, 네트워크 및 시스템 보안 등이 있다.

(2)에 대하여

중심처리시설의 통합운영관리시스템은 최상위 시스템으로서 기능을 수행할 수 있도록 다음과 같이 구성되어야 한다.

- ① 장래 통합운영 대상처리장의 시설 확장 및 통합운영 대상처리장 개소 증가를 고려하여 통합관리 시스템의 확장 및 수정이 용이하도록 개방형시스템 구성
- ② 전체 통합운영대상처리장의 감시제어 데이터베이스 구축
- ③ 통합관리센터를 통하여 하위 지역관리센터 컴퓨터 시스템에 접속하도록 시스템 구성
- ④ 데이터베이스의 안정적인 운영을 위한 이중화 구성
- ⑤ 시스템의 자동 백업 및 자기진단 시스템 채택
- ⑥ 인터넷, 전용회선, 무선통신 등의 통신망을 이용한 광역 통신망 구성
- ⑦ 통신보안설비 구축에 의한 통합관리 시스템의 보안성 확보
- ⑧ 각종 서버 및 통신장비 등은 랙에 실장
- ⑨ 운영프로그램, 프로그램 개발도구, 통신 및 응용프로그램 등은 동일 프로그램 또는 호환 가능한 프로그램을 적용하여 통합관리 시스템 확장성 및 호환성 확보

(3)에 대하여

소유역(지역) 중심시설의 통합운영관리시스템은 개별 시설관리에 중점을 두고 다음과 같이 구성되어야 한다.

- ① 장래 통합운영 대상처리장의 시설 확장 및 통합운영 대상처리장 개소 증가를 고려하여 통합관리

시스템의 확장 및 수정이 용이하도록 개방형 시스템 구성

- ② 상위 통합관리센터 컴퓨터 시스템을 통하여 하위 소유역(지역)관리센터 컴퓨터 시스템에 접속하도록 시스템 구성
- ③ 소유역(지역)관리센터에 지역별 통합운영 대상처리장의 감시제어 데이터베이스 구축(중심처리시설과 중복투자 검토)
- ④ 소유역(지역)관리센터에 지역별 통합운영 대상처리장의 감시제어 프로그램 구축
- ⑤ 인터넷, 전용회선, 무선통신 등의 통신망을 이용한 광역 통신망 구성
- ⑥ 통신보안설비 구축에 의한 통합관리 시스템의 보안성 확보

(4)에 대하여

자체시설의 원격감시 및 제어와 일부 예속된 하부시설에 대한 원격감시 및 제어의 기능이 구성되어야 한다.

- ① 지역관리센터에서 개별 하수처리시설 원격운전 가능토록 시스템 구성
- ② 지역관리센터 컴퓨터 시스템과의 원활한 통신을 위한 통신망 구성
- ③ 통신 서비스 가능지역 검토하여 안정성 확보

제 2 장

관 거 시 설

제2장 관거시설

2.1 총 설

관거시설은 관거, 맨홀(manhole), 우수토실(雨水吐室), 토구(吐口), 물받이(오수, 우수 및 집수받이) 및 연결관 등을 포함한 시설의 총칭이며, 주택, 상업 및 공업지역 등에서 배출되는 오수나 우수를 모아서 처리장 또는 방류수역까지 유하시키는 역할을 한다.

2.1.1 계획하수량

- 각 관거별 계획하수량은 다음 사항을 고려하여 정한다.
- (1) 오수관거에서는 계획시간최대오수량으로 한다.
 - (2) 우수관거에서는 계획우수량으로 한다.
 - (3) 합류식 관거에서는 계획시간최대오수량에 계획우수량을 합한 것으로 한다.
 - (4) 차집관거는 우천시 계획오수량으로 한다.
 - (5) 지역의 실정에 따라 계획하수량에 여유율을 둘 수 있다.

【해설】

(1)에 대하여

오수관거는 오수량의 시간적 변화에 충분히 대응하고 오수를 지체없이 유하시킬 수 있어야 한다. 계획시간최대오수량의 산출은 1.7.2의 (6)에 따르며, 각 지역의 실정을 고려하여 정한다.

(2)에 대하여

계획우수량은 다른 하수량에 비해 발생량이 매우 많으므로 사용하는 강우강도, 유출계수 및 유출량 산출공식에 따라 결과에 차이가 많다. 따라서 1.5.1에 의해 각 도시의 실정에 적합한 산출공식을 유도한다.

(3)에 대하여

합류식 관거의 단면을 결정할 때에는 계획시간최대오수량과 계획우수량을 합한 것을 기준으로 한다. 계획우수량은 계획시간최대오수량에 비하여 발생량이 많으므로 단면 결정시에는 계획우수량이 중요한 요소가 된다.

(4)에 대하여

합류식에서는 우천시 하수량의 일부를 우천시 계획오수량으로 하여 차집관거로 유하시켜야 한다. 우천시 계획오수량은 1.7.2의 (7)에 따라 각 지역의 실정 및 그에 따른 효과와 필요한 비용 등을 검토하여 정한다.

(5)에 대하여

계획하수량과 실제 발생하수량 간에는 큰 차이가 있을 수 있기 때문에 각 지역의 실정에 따라 계획하수량에 여유율을 두는 것이 좋다. 그러나 여유율에 따른 관경의 증가로 인한 경제적 부담, 간선관거 및 대구경 관거는 지선에서 하수의 유하시간 차이로 인한 여유율의 증가 등을 감안하여 결정한다. 따라서 일반적인 여유율로서 오수관거인 경우 계획시간최대오수량에 대해 소구경관거(200~600 mm)에서는 약 100%, 중구경관거(700~1,500 mm)에서는 약 50~100%, 대구경관거(1,650~3,000 mm)에서는 약 25~50% 정도 여유율을 갖도록 하는 것이 좋다.

2.1.2 유량의 계산

유량은 식(2.1.1)~식(2.1.3)을 이용하여 산출한다.

(1) Manning 공식

$$Q = A \cdot V \dots\dots\dots (2.1.1)$$

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

- 여기서, Q : 유량(m³/s)
- A : 유수의 단면적(m²)
- V : 유속(m/s)
- n : 조도계수
- R : 경심(m) (=A/P)
- P : 유수의 윤변(m)
- I : 동수경사(분수 또는 소수)

(2) Kutter 공식

$$Q = A \cdot V$$

$$V = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0.00155}{I}}{1 + \left(23 + \frac{0.00155}{I}\right) \frac{n}{\sqrt{R}}} \cdot \sqrt{R \cdot I} = \frac{N \cdot R}{\sqrt{R + D}} \dots\dots\dots (2.1.2)$$

- 여기서, N : $\left(23 + \frac{1}{n} + \frac{0.00155}{I}\right) \sqrt{I}$
- D : $\left(23 + \frac{0.00155}{I}\right) n$

(3) Hazen · Williams 공식(압송의 경우)

$$Q = A \cdot V \dots\dots\dots (2.1.3)$$

$$V = 0.84935 \cdot C \cdot R^{0.63} \cdot I^{0.54}$$

- 여기서, V : 평균유속(m/s)
- C : 유속계수
- I : 동수경사(h/L)
- h : 길이 L에 대한 마찰손실수두(m)

【해설】

(1)~(3)에 대하여

하수는 보통의 물에 비하여 부유물이 많이 포함되어 있으나 수리계산에 지장을 줄 정도는 아니므로 보통의 물에서와 같은 방법으로 수리계산을 한다. 따라서 하수에서도 일반적으로 사용하는 수리계산식은 자연유하에서는 Manning식 또는 Kutter식을 사용하고, 압송의 경우에는 Hazen·Williams식을 사용한다.

식(2.1.1)~식(2.1.3)에서는 각 계산인자에 대하여 다음 사항을 고려한다.

1) 관저인 경우

- ① 경사는 이론적으로 수면의 경사값을 사용하나 배수 등의 영향은 없는 것으로 간주하고 관저경사를 사용한다.
- ② 조도계수는 Manning식 또는 Kutter식은 철근콘크리트관 및 도관의 경우는 각각 0.013, 경질 염화비닐관 및 강화플라스틱복합관의 경우는 0.010을 표준으로 하며, 관저 보수공법에서는 공법의 재질이나 종류 등에 따라 다르지만, 일반적으로 경질염화비닐관과 동일한 정도로 예상된다. 일반적으로 사용되고 있는 조도계수 범위는 <표 2.1.1>과 같다.
- ③ Hazen·Williams식에서 유속계수 C 값은 <표 2.1.2>와 같이 관내면 조도(粗度), 굴곡, 분지 등의 수에 따라 다르나 이들의 굴곡손실 등을 포함해 110을 표준으로 한다. 직선부(굴곡손실 등은 별도 계산한다)만의 경우는 130을 표준으로 한다.
- ④ 관저 단면적은 유량과 경사가 결정되면 식(2.1.1)~식(2.1.3)의 수리계산식으로 구할 수 있다. 여기에서 수심을 결정할 때 원형거는 만류, 직사각형거는 높이의 90%, 말굽형거는 높이의 80%로 하여 정해진 계획유량을 충분히 유하시킬 수 있도록 단면을 결정한다.

<표 2.1.1> 관재질에 따른 Manning식의 조도계수(n)

단 면	조도계수(n)
관 거	
시멘트관	0.011~0.015
벽돌	0.013~0.017
주철관	0.011~0.015
콘크리트	
매끄러운 표면	0.012~0.014
거친 표면	0.015~0.017
콘크리트관	0.011~0.015
주름형의 금속관	
보통관	0.022~0.026
포장된 인버트	0.018~0.022
아스팔트 라이닝	0.011~0.015
플라스틱관(매끄러운 표면)	0.011~0.015

단 면	조도계수(n)
점토	
도관	0.011~0.015
갈판	0.013~0.017
개 거	
인공수로	
아스팔트	0.013~0.017
벽돌	0.012~0.018
콘크리트	0.011~0.020
자갈	0.020~0.035
식물	0.030~0.040

자료 : WEF, MOP 9, 1969.

〈표 2.1.2〉 Hazen·Williams 공식의 유속계수 C값

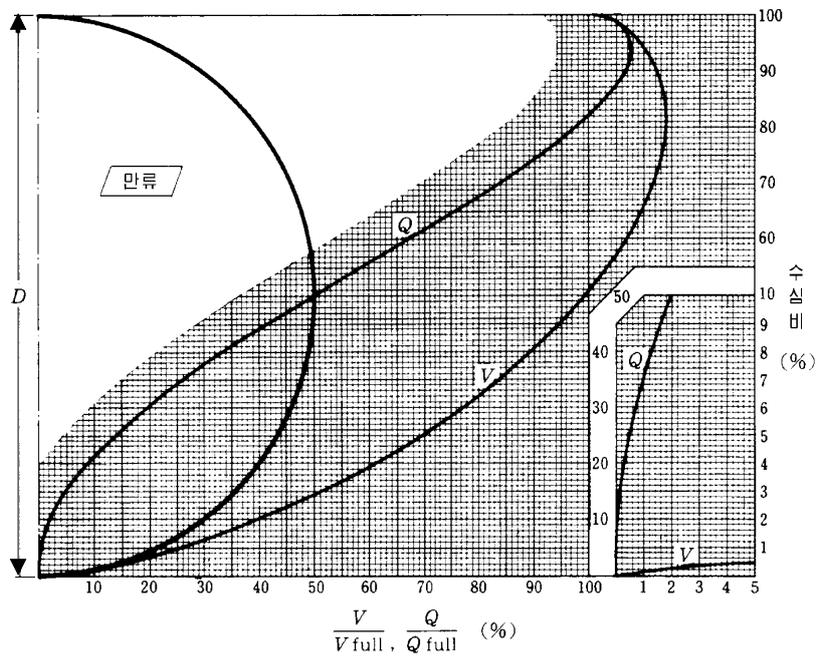
관 재 료	유 속 계 수 (C)
주철관	
신관	130
5년 경과	120
10년 경과	110
20년 경과	90~100
30년 경과	75~90
강관(부설후 20년)	100
도장된 강관	130
원심력 철근 콘크리트관	130
경질염화비닐관, 폴리에틸렌관	130
유리섬유 강화 플라스틱관	150
흙관(100 mm 이하)	120~140
흙관(100~600 mm)	150

자료 : Water Supply & Sewerage, McGraw-Hill 6th ed., 1991 and AWWA M 45, 2th ed, 2005.

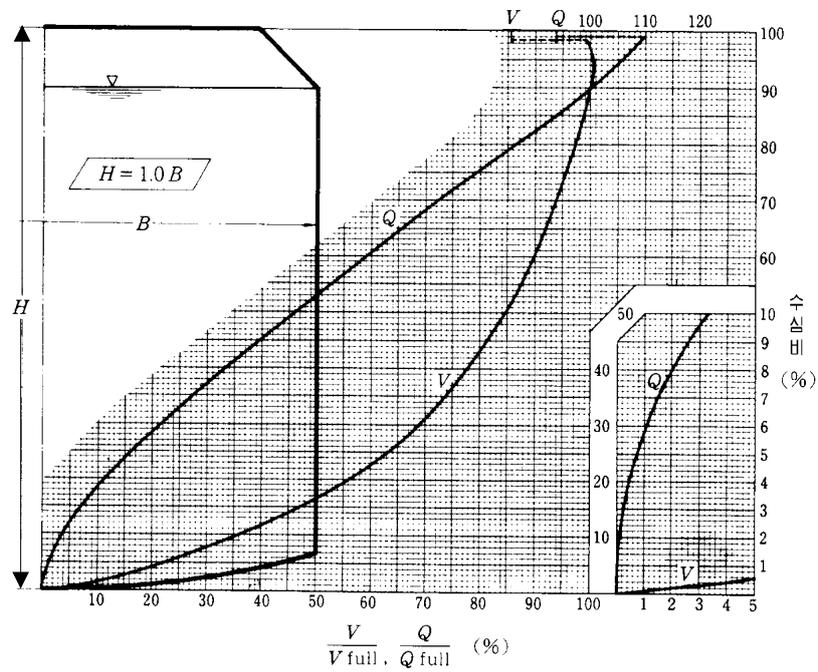
2) 개거인 경우

- ① 유량은 하도(河道)의 상황에 따라 다르게 계산되므로 등류(等流) 혹은 부등류(不等流)를 고려하여 계산한다.
- ② 평균유속은 일반적으로 Manning식을 사용하여 구하고, 조도계수는 〈표 2.1.1〉과 같은 범위로 한다.
- ③ 적당한 여유고를 갖도록 단면을 결정한다. 일반적으로 여유고는 계획유량이 200 m³/s 미만일 때는 0.6 m로 정하지만, 계획유량이 이보다 현저히 적을 경우에는 여유고를 0.2H(H는 개거의 깊이(m), 0.2H > 0.6 m의 경우는 0.6 m로 함) 이상으로 한다.

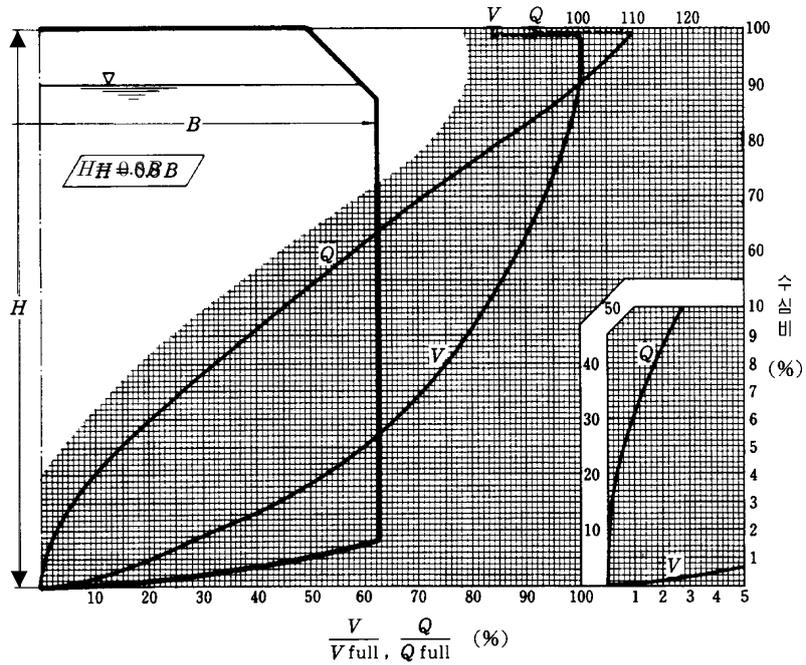
각 수심별로 유속 및 유량 등은 수리특성곡선을 통해 알 수 있으며 원형거, 직사각형거, 폭과 높이가 같은 말굽형거 및 계란형거 등의 수리특성곡선은 [그림 2.1.1]~[그림 2.1.11]과 같다. [그림 2.1.1]~[그림 2.1.11]에서 각 관거 형태별 최대유속 및 유량은 다음과 같다.



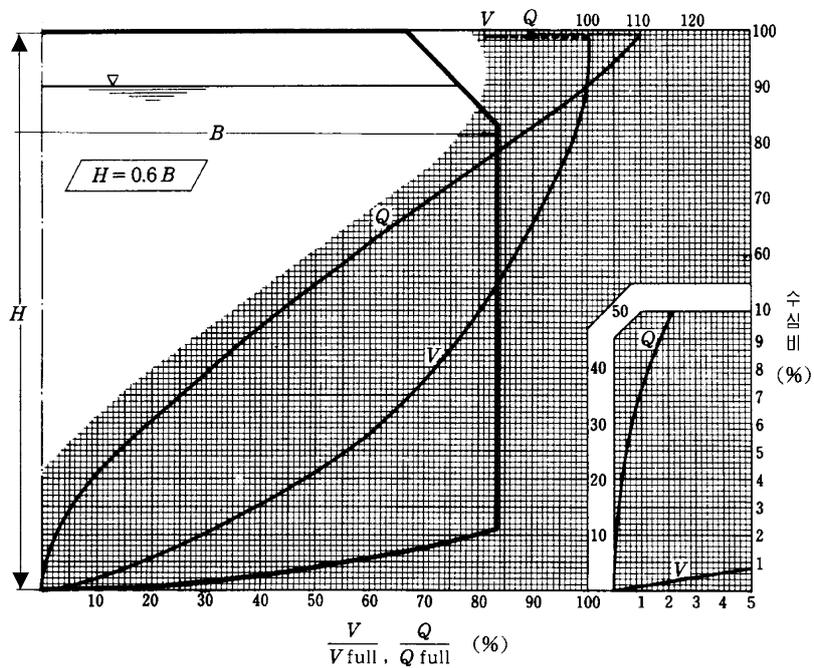
[그림 2.1.1] 원형거의 수리특성곡선(Manning공식)



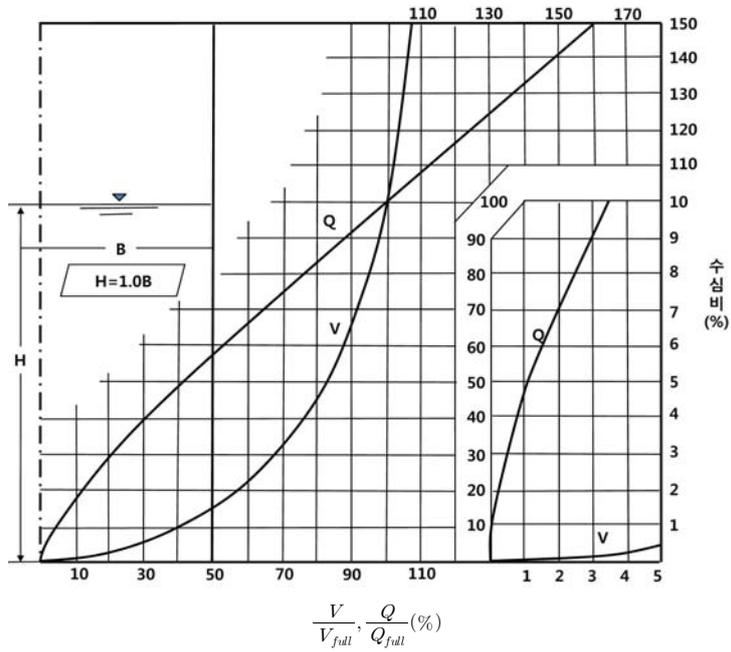
[그림 2.1.2] 정사각형거의 수리특성곡선(Manning공식)



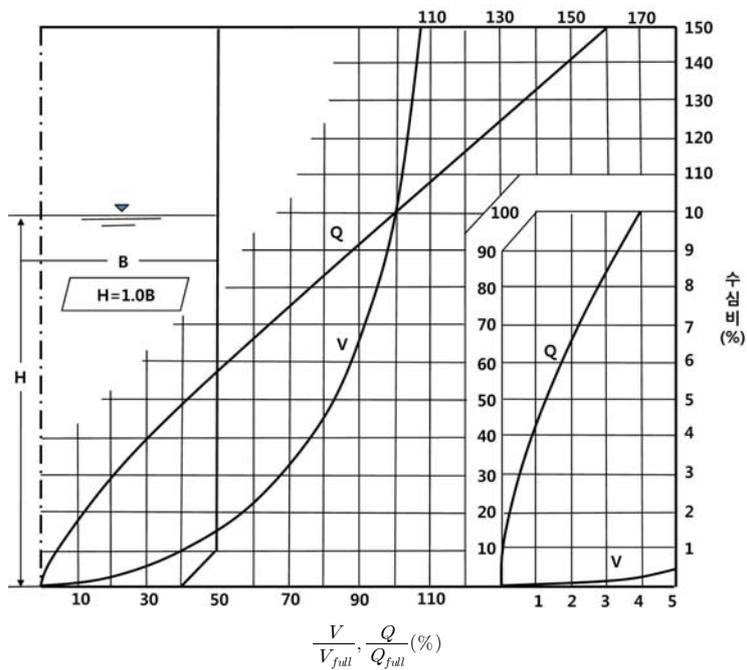
[그림 2.1.3] 직사각형거의 수리특성곡선(H=0.8B)(Manning공식)



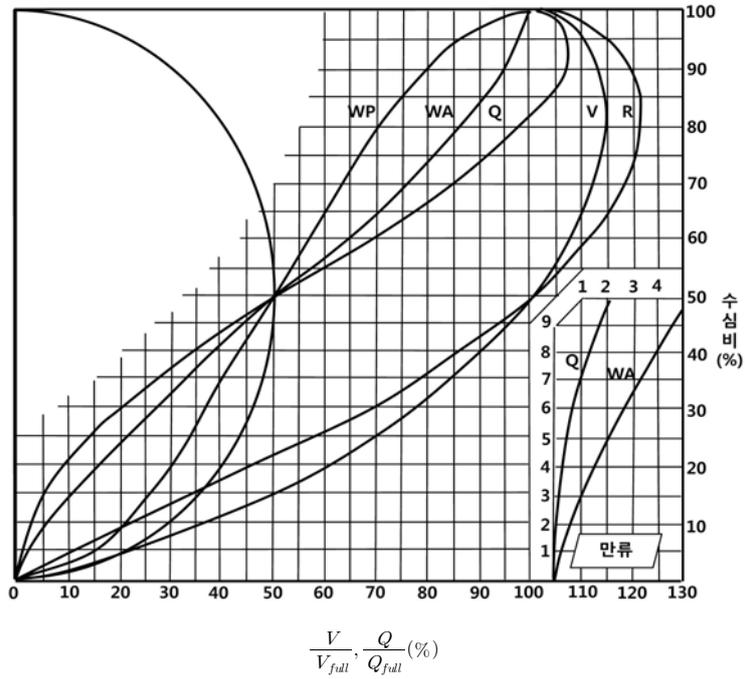
[그림 2.1.4] 직사각형거의 수리특성곡선(H=0.6B)(Manning공식)



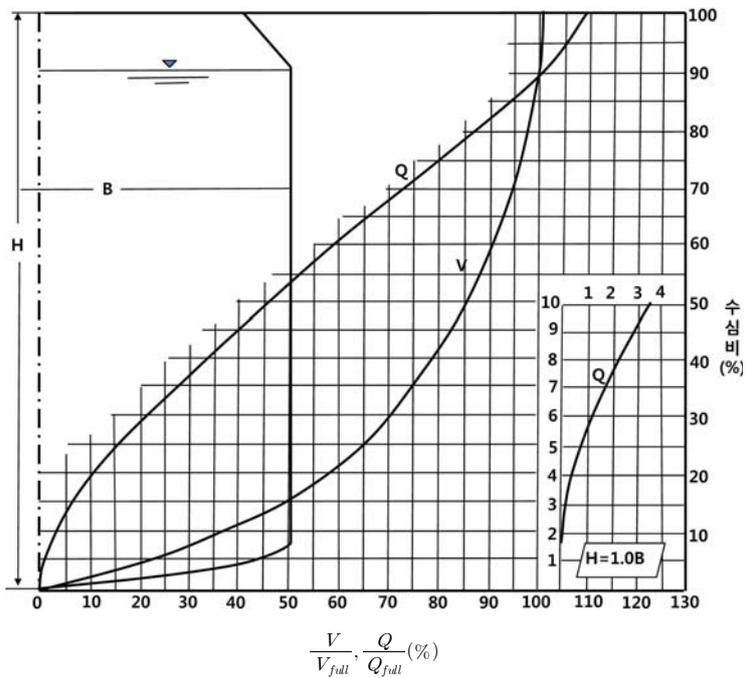
[그림 2.1.5] U형거의 수리특성곡선(H=1.0B)(Manning공식)



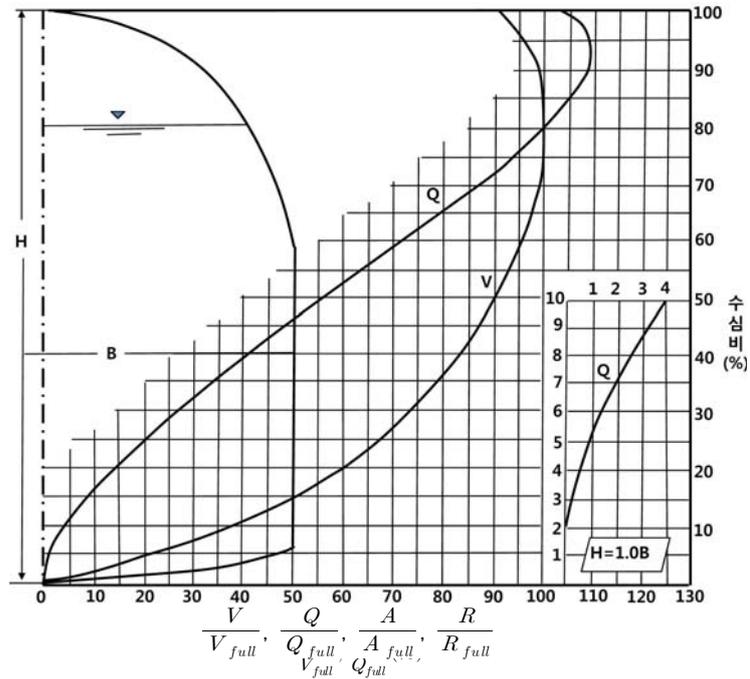
[그림 2.1.6] U형거의 수리특성곡선(H=1.0B) 저부 Haunch부침(Manning공식)



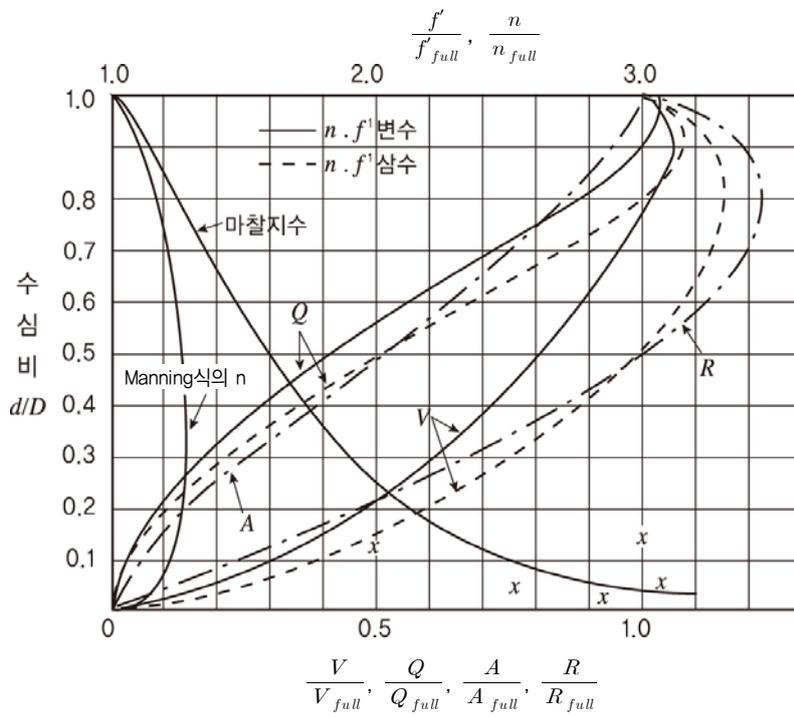
[그림 2.1.7] 원형거의 수리특성곡선(Kutter공식)



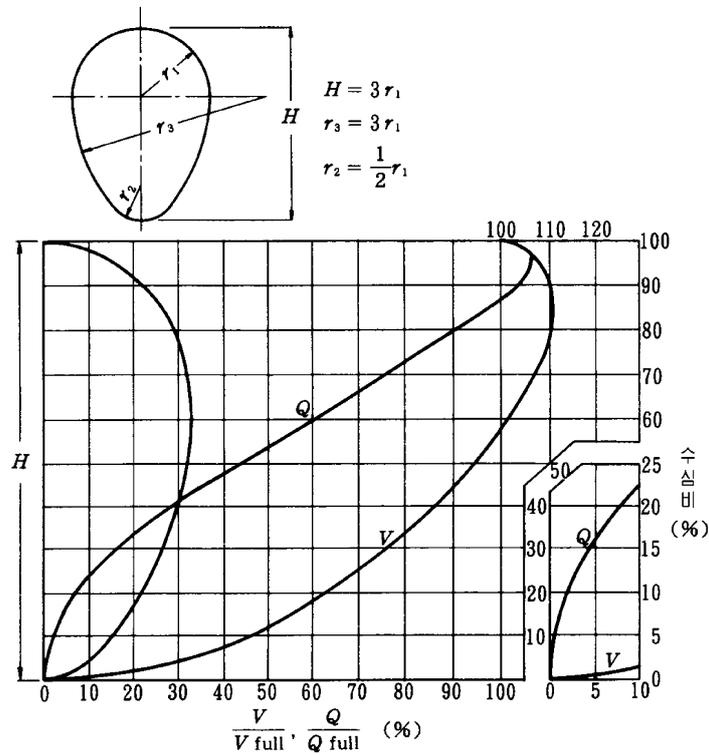
[그림 2.1.8] 직사각형거의 수리특성곡선(Kutter공식)



[그림 2.1.9] 말굽형거의 수리특성곡선(Kutter공식)



[그림 2.1.10] 원형거의 수리특성곡선(n가 변하는 경우)(Manning공식)



[그림 2.1.11] 계란형거의 수리특성곡선(Manning공식)

- 원형거 및 말굽형거에서 유속은 수심이 81%일 때 최대이며, 유량은 수심이 93%일 때 최대가 된다.
- 직사각형거에서는 유속 및 유량이 모두 만류가 되기 직전에 최대이나 만류가 되면 유속 및 유량이 급격히 감소한다.
- 계란형거에서는 유량이 감소되어도 원형거에 비해 수심 및 유속이 유지되므로 토사 및 오물 등의 침전방지에 효율적이다.

한편, 분류식 및 합류식의 유량계산표의 예는 <표 2.1.3> 및 <표 2.1.4>와 같다.

〈표 2.1.3〉 분류식의 유량계산표 예

하 수 도 유 량 계 산 표
 ○○처리구
 ○○배수구
 ○○분구

$$ha당\ 시간최대오수량(Q) = ((1인\ 1일\ 최대오수량 \times 인구밀도 \times 1.3 \sim 1.8) + 지하수량) \times \frac{1}{24} \times \frac{1}{60 \times 60} = m^3/s$$

관 기 호	면 적				연 장		유 달 시 간 (분)	유 출 량			계 화 하 수 관 거									비 고								
	배수면적 각 신 (ha)	환산면적 각 신 (ha)	누 가 신 (ha)	누 가 (ha)	유출 계수	우 수 량		시간 최대 오수량 (m ³ /s)	기타 인구 배수량 (m ³ /s)	상류부터 유입허수 량 (m ³ /s)	총수량 (m ³ /조)	우 수 관 거			오 수 관 거			관 지 고			지 반 고 (m)	토 괴 외 (m)						
						ha당 유출량 (m ³ /s)						총 량 (m ³ /s)	단면 (m ²)	경사 (%)	유속 ¹⁾ (m/s)	유량 ¹⁾ (m ³ /s)	단면 (m ²)	경사 (%)	유속 ¹⁾ (m/s)				유량 ¹⁾ (m ³ /s)	기점 (m)	종점 (m)			

주 : 1) 유속 및 유량은 만관과 실제로 나누어 고려할 것

2.1.3 유속 및 경사

유속은 일반적으로 하류방향으로 흐름에 따라 점차로 커지고, 관거경사는 점차 작아지도록 다음 사항을 고려하여 유속과 경사를 결정한다.

(1) 오수관거

계획시간최대오수량에 대하여 유속을 최소 0.6 m/s, 최대 3.0 m/s로 한다.

(2) 우수관거 및 합류관거

계획우수량에 대하여 유속을 최소 0.8 m/s, 최대 3.0 m/s로 한다.

【해설】

유속이 작으면 관거의 저부에 오물이 침전하여 항상 준설작업이 필요하며, 유지관리비가 들고 반대로 유속이 너무 크면 관거를 손상시키고 내용년수를 줄어든다.

일반적으로 관거의 경사는 지표경사에 따라 결정하며, 경제성 등을 고려하여 적당한 경사를 정하여야 한다.

즉, 하수 중의 오물이 차례로 관거에 침전되는 것을 막기 위하여 하류방향으로 내려감에 따라 유속을 점차 증가하도록 해야 한다.

그러나 경사는 하류로 갈수록 감소시켜야 한다. 결국 하류로 갈수록 하수량은 증가되어 관거는 커지므로 경사가 감소되어도 유속을 크게 할 수 있다. 또한 유속을 너무 크게 하면 경사가 급하게 되어 굴착깊이가 점차 깊게 되므로 시공이 곤란하게 되고 공사비용이 증대된다.

(1)에 대하여

오수관거의 유속은 다음사항을 고려한다.

- ① 자연유하인 경우, 오수관거 유속은 유량변동이 있더라도 오물이 침전되지 않을 정도의 유속을 갖도록 해야 하나, 지표의 경사가 없어서 불가피한 경우에는 계획하수량에 대해 최소유속이 0.6 m/s가 되도록 한다. 오수의 최소유속이 유지되지 않으면 오물이 침전되고 관거내의 유하시간이 길어져 침전물 부패로 인한 황화물질 및 악취 등이 발생할 수 있다. 또한, 유속이 지나치게 크게 되면 관거를 손상시키므로 최대유속은 3.0 m/s로 한다. 지표경사가 심하면 관거경사가 급하게 되어 최대유속이 3.0 m/s를 넘게 될 때에는 적당한 간격으로 단차(段差, 2.5.1 참조)를 설치하여 경사를 완만하게 하고 유속을 작게 해야 한다. 또 지형 등에 따라서 단차의 설치가 곤란한 경우에는 급경사에서 완경사로 변화하는 구간에 월류수나 감압에 대처하기 위해 감세공(減勢工)의 설치(2.5.1 참조), 관경이나 맨홀의 종별을 1단계 올리는 등의 감세 조치를, 또 맨홀에 수격(水擊)에 의한 파손을 방지하기 위한 조치를 고려할 필요가 있다.
- ② 처리구역이 큰 경우 등에서, 관망정비에 시간을 요하는 경우에는 사용개시후도 유량이 적기 때문에 간선관거내의 최소유속을 유지하지 못하므로 침전물이 퇴적하기도 하고, 유하시간이 길어짐에 따라 침전물의 부패에 의해 관거내에 취기(황화물 등)가 발생하기 쉽다. 따라서, 간선관거는 적당한 유속을 유지하도록 복단면의 구조로 하거나, 관을 2개로 분할하여 단계시공하는 방법 등을 검토할 필요가 있다. 단, 이 경우에는 시공성 및 경제성 등을 종합적으로

판단하여 결정한다.

- ③ 압송인 경우 관거내 유속은 침전물이 퇴적되지 않도록 최소유속을 0.6 m/s로 하며, 관거내면의 모르타라이닝, 도장 등에 손상을 일으키지 않도록 최대유속은 3.0 m/s 정도로 한다. 또 유속의 증가에 따라 관내 마찰손실수두가 증가하므로 경제적인 압송펌프의 선정을 위해 압송관경과 유속과의 관계를 고려할 필요가 있다.

(2)에 대하여

우수관거 및 합류관거에서 우수관거보다 최소유속이 더 큰 이유는 토사류 등의 유입에 따라 침전물의 비중이 우수관거보다 크기 때문이다. 특히, 합류관거에서 청천시 또는 계획기간이 긴 경우 목표년도의 계획하수량에 대하여 최소유속을 만족하도록 계획하면 건설초기년도에는 최소유속을 유지 못하는 경우가 있으므로 적당한 유속을 유지하도록 하여야 한다. 한편, 급경사지 등에서 유속이 크면 관거의 손상 뿐만 아니라 유수의 유달시간이 단축되어 하류지점에서의 유량이 크게 되므로 단차 및 계단을 두어 경사를 완만하게 하여 유속을 작게 하여야 한다.

우수관거, 우수관거 및 합류관거에서의 이상적인 유속은 1.0~1.8 m/s 정도이다.

2.2 관거의 종류와 단면

2.2.1 관거의 종류

관거는 일반적으로 다음과 같은 종류를 사용한다.

- (1) 철근콘크리트관
- (2) 제품화된 철근콘크리트 직사각형거(정사각형거 포함)
- (3) 도관
- (4) 경질염화비닐관
- (5) 현장타설철근콘크리트관
- (6) 유리섬유 강화 플라스틱관
- (7) 폴리에틸렌(PE)관
- (8) 덕타일(ductile)주철관
- (9) 파형강관
- (10) 폴리에스테르수지콘크리트관
- (11) 기타

【해설】

관거는 압력관 등을 제외하고는 내압에 대하여 고려할 필요는 없지만 외압에 대하여 충분히 견딜 수 있는 구조 및 재질을 사용하며, (1)~(10)에 제시한 것 외에 다른 관종을 사용하고자 할 때에는 내구성 및 내식성 등에 있어 KS제품과 동등한 성능 이상의 재료를 사용한다. 또한 동일 관종에서도 심도에 따른 구조적 안정성 검토를 반드시 시행하여 두께, 강도, 지하수 수위변화에 따른 수밀성 확보(탄

력적 시험 수두 기준) 가능한 자재를 선정할 것을 권장한다.

한편 관중 선정시에는 유량, 수질, 매설장소의 상황, 외압, 접합방법, 강도, 형상, 공사비 및 장래 유지관리 등을 충분히 고려하여 합리적으로 선정한다. 또한 하수도법에서 규정하고 있는 하수도용 자재 기준을 고려하되, 국가에서 인정한 공인된 단체나 협회 등에서 제시한 제품기준도 참고하여 결정한다.

(1)에 대하여

1) 원심력철근콘크리트관

발명자의 이름을 따서 흙(Hume)관이라고도 한다. 재질은 철근콘크리트관과 유사하며 원심력에 의해 굳혀 강도가 뛰어나므로 하수관거용으로 가장 많이 사용되고 있다.

흙관의 규격은 KS에서 그 사용 조건에 따라 보통관과 압력관으로 구별하고 있으며, 접합형상에 따라 A형, B형, C형, NC형으로 분류된다. 또한, 이형관은 사용형태에 따라 T자관, Y자관, 곡관(U,V형)으로 구분되어 있다. 적합한 규격 및 형태는 매설장소의 하중조건 등에 따라 신중하게 결정해야 한다.

2) 코아식프리스트레스트콘크리트관(PC관)

콘크리트로 된 코아관(core pipe)주위에 PC강선을 인장시켜 줌으로써 원주방향 및 관축방향으로 압축응력을 작용하게 하여 내외압에 의해 발생하는 인장응력을 소멸시켜 상당히 큰 압력에서도 견딜 수 있게 만든 것으로 흔히 PC관으로 부른다. 따라서 안전성은 좋으나 가격이 원심력철근콘크리트관 보다 비싸 내외압이 크게 걸리는 장소에서 주로 사용되고 있다. 현재 KS상에서는 1~5종으로 관중을 나누고 있으며, 제작방법에 따라 원심력방식과 축전압방식이 규정되어 있고 접합은 소켓으로 한다.

3) 진동 및 전압철근콘크리트관(VR관)

롤러(roller, 원형단면의 회전봉)를 사용하여 콘크리트 표면을 접합하여 단단히 굳혀서 만든 철근콘크리트관으로 규격은 KS에서 용도에 따라 보통관과 압력관으로 구별하고 있으며, 모양에 따라 A형, B형, C형으로 구분된다.

4) 철근콘크리트관

거푸집에 조립철근과 콘크리트를 넣은 후 진동기 또는 이것과 동등한 효과를 얻을 수 있는 방법으로 다져서 제작한 철근콘크리트관을 말하며 KS에는 외압 강도에 따라서 1종관, 2종관으로 구분되어 있다.

(2)에 대하여

철근콘크리트 또는 프리스트레스트콘크리트에 의한 공장제품으로 운반경로 및 시공조건에 따라 측벽, 상판, 바닥판 등으로 분할해서 제조하는 것이 가능하기 때문에 제품화된 철근콘크리트 직사각형거는 현장타설철근콘크리트관에 비하여 공사기간이 단축된다는 이점이 있다.

(3)에 대하여

도관은 내산 및 내알칼리성이 뛰어나고, 마모에 강하며 이형관을 제조하기 쉽다는 장점이 있으나, 충격에 대해서 다소 약하기 때문에 취급 및 시공에 주의해야 한다. 접합방법으로는 공장에서 제작되는

압축조인트접합과 현장시멘트모르터접합이 있는데 수밀성을 확보하기 위해서 압축조인트접합을 사용하는 것이 바람직하다.

KS에는 보통관, 두꺼운 관이 규격화되어 있으나, 오수관으로는 두꺼운 관이 적합하다. 또한 여러 가지 각도의 곡관이나 가지관도 KS에 규격화되어 있다.

한편, 국내에서는 도관의 사용실적이 많지 않으나 외국의 경우는 수질변화가 심하여 부식의 염려가 많은 400 mm이하의 소형 오수관거용으로 많이 이용되고 있다.

(4)에 대하여

1) 배수 및 하수용 비압력 매설용 구조형 폴리염화비닐(PVC)관

원형의 통파이프를 외부관과 내부관으로 생산하여 외부관을 캐터필러식의 금형이 연속적으로 O링 형상을 성형하여 제조한 관으로 매끄러운 안쪽 벽면과 주름진 바깥쪽면으로 구성되어 있다. 큰 하중을 요하는 곳에 사용가능하며 경량으로 시공성, 내화학성이 우수하고 KS규격에서는 이중벽관과 리브관으로 분류되어 있다. 설계시 장기허용변형율은 내경의 5% 이내로 한다.

2) 내충격용 하수도용 폴리경질염화비닐관

경질염화비닐관의 재료에 충격 보강제를 추가 혼합한 관이며 경량으로 운반이 용이하다. 1종(HI-VG1, 고강성용), 2종(HI-VG2, 저강성용)이 있다. 설계시 장기허용변형율은 내경의 5% 이내로 한다.

(5)에 대하여

공장제품의 사용이 불가능한 경우, 큰 단면 및 특수한 단면을 필요로 하는 경우 및 특히 고강도를 필요로 하는 경우 등에는 현장에서 직접 타설하는 철근콘크리트관을 사용한다. 단면 및 형상은 2.2.2에 따른다. 또한 원심력철근콘크리트관, 코아식프리 스트레스트콘크리트관, 롤러전압철근콘크리트관 및 철근콘크리트관의 하중계산은 흙두께가 극히 적은 경우나 3m 이상의 경우는 일단 점검해야만 하며, 최근의 노면하중 증대에 따른 관거에 대한 영향을 점검할 필요가 있다.

(6)에 대하여

유리섬유, 불포화폴리에스테르, 골재를 주원료로 하며, 내외면은 유리섬유강화층이고, 중간층은 수지 몰타르로 구성되며, 규격은 공칭지름, 공칭압력 및 공칭강성에 따라 분류한다. 고강도로 내식성 및 시공성이 우수하다. 설계시 장기허용변형율은 내경의 5% 이내로 한다.

(7)에 대하여

폴리에틸렌관은 폴리에틸렌 중합체를 주체로 한 고밀도 폴리에틸렌을 사용하여 압출 등의 방법에 의하여 성형하며, 가볍고 취급이 용이하여 시공성이 좋다. 또한 내산·내알칼리성이 우수한 장점이 있지만, 특히 부력에 대한 대응과 되메우기 시 다짐 등에 유의하여야 한다. 설계시 장기허용변형율은 내경의 5% 이내로 한다.

(8)에 대하여

내압성 및 내식성에 우수하여 일반적으로 압력관, 처리장내의 연결관, 압송배관, 하천 및 도로횡단관, 및 송풍용관, 차집관거 등 다양한 용도에 쓰이고 있다.

(9)에 대하여

파형강관은 용융아연도금된 강관을 스프이럴형으로 제작한 강관으로서 하수관거 중 아연도금을 한 파형강관은 우수관거용으로 사용되고 있다. 설계시 장기허용변형율은 내경의 5% 이내로 한다.

(10)에 대하여

레진(수지)과 모래, 자갈 등의 골재 및 충전(진)재, 보강재로 이루어진 관이며, 내산성이 우수하고 관의 노화가 적은 관재이다. 관종은 이음 형상에 따라서 A형 및 B형으로 구분된다. A형은 유연성을 갖는 컬러를 접속하는 이음구조이며, B형은 철근콘크리트관의 B형과 유사한 수구와 삼구를 갖는 이음구조가 된다.

(11)에 대하여

최근 하수관거의 수요 급증으로 관종 개발이 활발하게 이루어져 (1)~(10) 이외에도 신규 KS 취득 및 신제품(NEP)에 대한 충분한 고려와 검토가 필요하다.

2.2.2 관거의 단면

관거의 단면형상에는 원형 또는 직사각형을 표준으로 하고, 소규모 하수도에서는 원형 또는 계란형을 표준으로 한다.

【해설】

관거의 단면형상에는 암거의 경우 [그림 2.2.2]에 나타낸 것과 같이 원형, 직사각형(정사각형도 포함), 말굽형 및 계란형 등이 있다. 이 가운데, 가장 일반적으로 사용되는 것은 원형이다.

그러나 어떤 형상을 선정하더라도 다음 사항을 고려하여 결정한다.

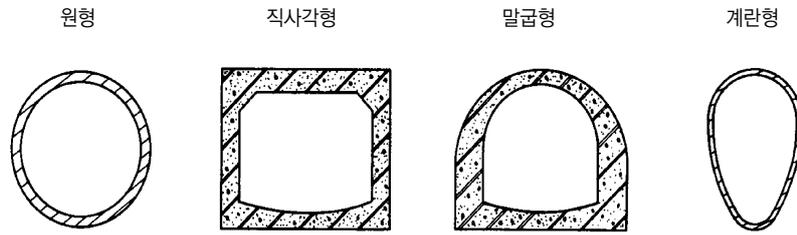
- ① 수리학적으로 유리할 것
- ② 하중에 대해 안전할 것
- ③ 시공비가 저렴할 것
- ④ 유지관리가 용이할 것
- ⑤ 시공장소의 상황에 잘 적응될 것

일반적으로 사용되는 원형, 직사각형, 말굽형 및 계란형의 장·단점은 다음과 같다.

1) 원형

① 장점

- 수리학적으로 유리하다.
- 일반적으로 내경 3,000 mm 정도까지 공장제품을 사용할 수 있으므로 공사기간이 단축된다.
- 역학계산이 간단하다.



[그림 2.2.2] 관거단면의 종류

② 단점

- 안전하게 지지시키기 위해서 모래기초 외에 별도로 적당한 기초공을 필요로 하는 경우가 있다.
- 공장제품이므로 접합부가 많아져 지하수의 침투량이 많아질 염려가 있다.

2) 직사각형

이 형상은 일반적으로 높이가 폭보다 작다.

① 장점

- 시공장소의 흙두께 및 폭원에 제한을 받는 경우에 유리하며 공장제품을 사용할 수도 있다.
- 역학계산이 간단하다.
- 만류가 되기까지는 수학적으로 유리하다.

② 단점

- 철근이 해를 받았을 경우 상부하중에 대하여 대단히 불안하게 된다.
- 현장타설일 경우에는 공사기간이 지연된다. 따라서 공사의 신속성을 도모하기 위해 상부를 따로 제작해 나중에 덮는 방법을 사용할 수도 있다.

3) 말굽형

이 형상은 일반적으로 상부는 반원형의 아치(arch)로 하며 측벽은 직선 또는 곡선을 갖고 내측으로 굽혀 수직으로 한다.

① 장점

- 대구경 관거에 유리하며 경제적이다.
- 수학적으로 유리하다.
- 상반부의 아치작용에 의해 역학적으로 유리하다.

② 단점

- 단면형상이 복잡하기 때문에 시공성이 열악하다.
- 현장타설의 경우는 공사기간이 길어진다.

4) 계란형

① 장점

- 유량이 적은 경우 원형거에 비해 수리학적으로 유리하다.
- 원형거에 비해 관폭이 작아도 되므로 수직방향의 토압에 유리하다.

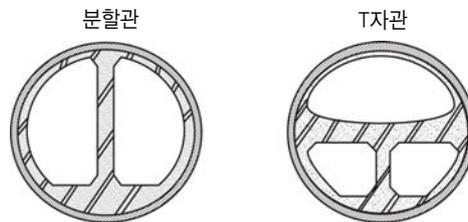
② 단점

- 재질에 따라 제조비가 늘어나는 경우가 있다.
- 수직방향의 시공에 정확도가 요구되므로 면밀한 시공이 필요하다.

5) 기타 단면형태

기타관거의 단면형상은 [그림 2.2.3]과 같다.

직사각형 또는 말굽형을 사용하는 경우에는 원활한 유수의 흐름을 위하여 일반적으로 관거의 저면에 폭의 1~2배 정도의 곡률반경을 가진 인버트(invert)를 설치하는 것이 좋다.



[그림 2.2.3] 분할관 및 T자관의 형태

2.2.3 최소관경

최소관경은 다음과 같이 한다.

- (1) 오수관거 200 mm를 표준으로 한다.
- (2) 우수관거 및 합류관거 250 mm를 표준으로 한다.

【해설】

배수면적이 작으면 계획하수량도 적게 되어 필요한 관거의 내경도 매우 작은 것으로 충분하다. 그러나 관경이 너무 작으면 관거 내의 청소나 점검 및 사용후의 새로운 부착관의 설치 등 유지관리에 지장을 초래하므로 계산상 200 mm 이하로 충분해도 200 mm 또는 250 mm의 관경을 사용한다.

단, 오수관거는 국지적으로 장래에도 하수량의 증가가 예상되지 않는 경우에는 150 mm로 할 수 있다. 150 mm로 할 경우에는 장래에도 공장이나 공동주택의 입지 등 토지이용의 변경이 전혀 예상되지 않는 지역에 한정하는 등 충분한 검토가 필요하다.

진공 또는 압송방식의 최소관경에 대해서는 펌프구경, 유속, 마찰손실, 오수의 종류 등을 종합적으로 판단하여 결정한다.

2.3 매설위치 및 깊이

2.3.1 매설위치

매설위치는 다음 사항을 고려해서 결정하여야 한다.

- (1) 관거는 공공도로상에 매설하는 것을 기본으로 하고, 그 매설위치 및 깊이를 도로관리자와 협의하여 정한다.
- (2) 관거가 하저를 횡단하는 경우에는 그 매설위치 및 깊이를 하천관리자와 협의해야 한다.
- (3) 철도횡단의 경우에는 관거가 교통하중 및 진동을 직접 받지 않도록 충분한 깊이로 매설해야 한다. 그러나 종단경사의 특수성에 의하여 교통하중 및 진동이 작용하는 경우에는 관거에 직접 영향을 주지 않도록 방호공을 설치하여야 한다.
- (4) 관거를 사유지내에 매설하는 경우에는 토지소유자와 협의하여야 한다.
- (5) 시스템 배치계획은 해당지역의 지형도 등을 따른다.

【해설】

(1)에 대하여

공사계획에 있어서 매설위치 및 깊이에 관하여 계획표준도([그림 2.3.1]~[그림 2.3.4] 참조)를 결정하지 않으면 안된다.

하수관거는 특별한 사정이 없는 한 매설부지의 소유권분쟁방지 및 유지관리를 위하여 공공도로상에 매설하는 것을 기본으로 하여 계획하고 그 매설위치 및 깊이에 관해서는 도로관리자와 협의하여 정한다.

사업을 실시할 때는 도로법 제40조에 의하여 도로관리자에게 점용원을 제출하고 허가를 받아야 한다. 또한 사전에 다른 매설물에 대해 충분히 조사하여 장애가 되는 구조물은 이설을 의뢰한다.

(2)에 대하여

하천부지내에서 사업을 실시할 때는 하천법 제33조에 의하여 하천관리자에게 하천공작물 신축허가원을 제출하고 허가를 받아야 한다. 또한 관거의 역사이편을 피할 수 없는 경우에는 2.6절에 의한다.

(3)에 대하여

철도를 횡단하여 관거를 부설하는 경우에는 그 설계 및 공법에 관해서 철도관리자와 협의하여 승인을 받아야 한다. 또한 관거가 직접적으로 교통하중 및 진동을 받지 않도록 충분한 깊이로 매설할 필요가 있으나 종단경사의 상태 등에 의해 교통하중 및 진동을 받는 경우에는 관거에 직접적인 영향이 미치지 않도록 방호공을 설치할 필요가 있다. 또한 공사시에는 차량의 운행에 영향을 주지 않도록 고려한다.

간선

T : 통신케이블

E : 전기케이블(고압·저압 있음)

지선

t : 통신케이블

e : 전기케이블

W : 상수도

S : 하수관거(합류관 또는 우수관)

R : 하수관거(우수관거)

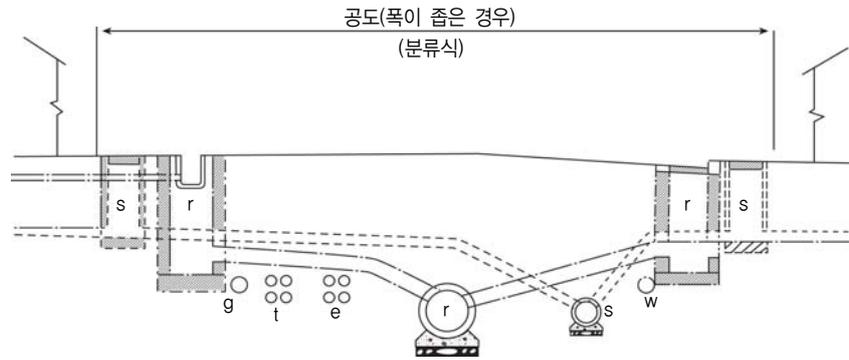
G : 가스관

w : 상수도

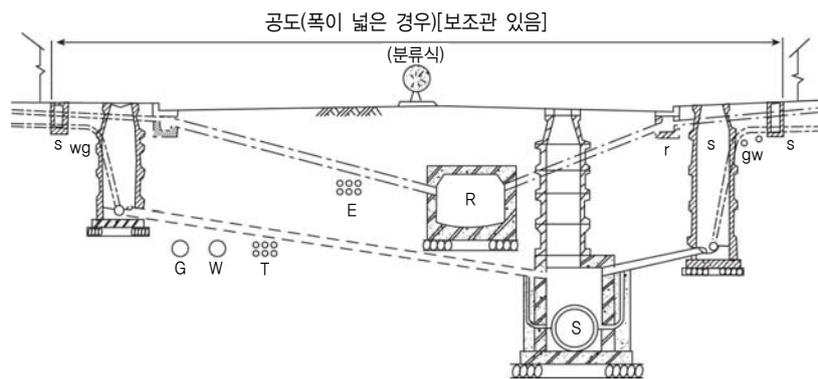
s : 하수관거(합류관 또는 우수관, 우수받이)

r : 하수관거(우수관거, 빗물받이)

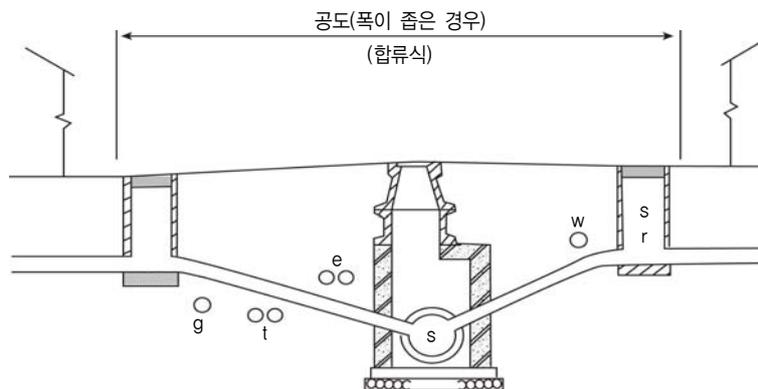
g : 가스관



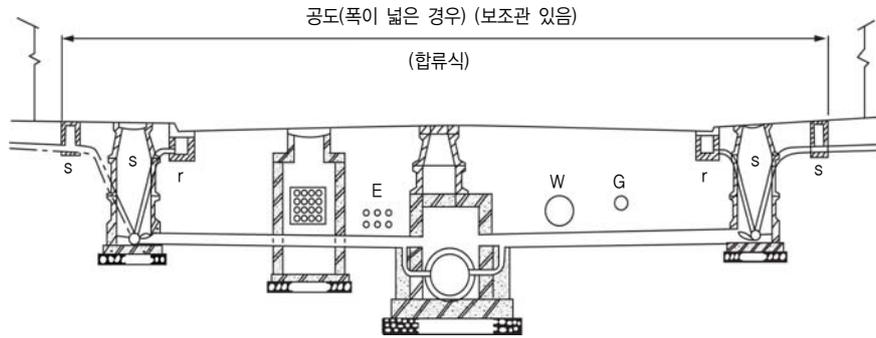
[그림 2.3.1] 계획표준도의 참고 예(분류식)



[그림 2.3.2] 계획표준도의 참고 예(분류식)



[그림 2.3.3] 계획표준도의 참고 예(합류식)



[그림 2.3.4] 계획표준도의 참고 예(합류식)

(4)에 대하여

지형 및 기타의 불가피한 이유로 관거를 사유도로 등의 사유지에 매설할 수 밖에 없는 경우에는 그 토지의 소유자와 협의해 유지관리에 지장을 주지 않도록 지상권 설정 및 협의서 등의 필요한 조치를 취해야 한다.

(5)에 대하여

하수관거시스템 계획시 도시계획도, 지형도 및 지적도 등을 분석하여 처리구역의 지역적인 특성에 따라 배수구역 및 처리구역을 결정하며 하수관망을 형성한다. 하수관거는 지표의 경사를 고려하여 계획하며 하수관거의 기능 및 수용하는 면적 등에 따라 지선관거와 간선관로서 구분한다. 이와 같이 구성된 하수관거시스템은 처리장이나 펌프장이나 주요 간선관거(차집관거)와 연결된다. 처리구역내 하수관거의 정확한 매설위치에 영향을 미칠 수 있는 몇 가지 사항들로 교통환경, 도로가 만나는 형태 등이 있으며, 이러한 사항들은 도시정비계획 등에 의해서 가변적이다. 하수관거시스템이나 시스템의 구성요소들은 전체적인 처리구역내 하수를 효율적으로 처리할 수 있는 계획에 적합하게 설계한다.

- ① 매설 위치 : 일반적으로 우수는 인도와 차도사이에 보차도 경계석 주위에 고이게 한 후 집수반이로 집수시킨다. 현장 여건에 따라 우수를 도로 위에 있는 우수맨홀에 집수시키는 것이 필요할 때도 있다.
- ② 관거 배열 : 우수 및 오수관로는 맨홀과 맨홀사이에 일직선으로 위치하는 것을 원칙으로 하되, 도로 선형에 따라 곡선관로가 필요할 경우에 곡선배열도 허용한다.(2.7.1 맨홀 참조)
- ③ 지하매설물과 교차 : 다른 지하매설물과의 교차는 일반적으로 금지되지만, 불가피한 경우에는 45도 이상의 각도로 설치해야한다. 주로 도시에서 시설물 보수에 교차접합이 사용되는데 많은 비용이 발생하며, 주위환경에 유의하여 설치해야 한다.

2.3.2 매설깊이

관거의 최소 흙두께는 원칙적으로 1m로 하나, 연결관, 노면하중, 노반두께 및 다른 매설물의 관계, 동결심도, 기타 도로점용조건을 고려하여 적절한 흙두께로 한다.

【해설】

관거의 최소 흙두께 결정에 있어서는 연결관, 노면하중, 노반두께 및 다른 매설물의 관계, 기타 도로점용조건을 고려하여 적절한 흙두께로 할 필요가 있다. 공공도로 내에 매설하는 관거에 대해서는 도로법시행령 제28조제1항의 별표1의2에 따르면 “하수도관의 본선을 매설하는 경우에는 그 윗부분과 노면까지의 거리를 3m(공사시행으로 인하여 부득이한 경우에는 1m) 이상으로 할 것”으로 규정되어 있다.

덕타일주철관, 흙관(외압 1중, 2중관), 강화플라스틱복합관, 경질염화비닐관, 도관의 관중에서 300mm 이하 하수도관의 매설에 대해서 전선, 수도관, 가스관 또는 하수도관을 도로의 지하에 설치하는 경우 매설의 깊이 등에 대해서 최소 흙두께를 <표 2.3.1>에 준하여 운용하면 되지만, 도로관리자에게 알은층 매설기준의 운용에 대한 확인이 필요하다.

차량의 통행이 많은 간선도로, 륜하중이나 진동의 영향을 받는 궤도부내 또는 부득이하게 흙두께가 적어지는 경우에는 관거의 안전성을 확인하고 동시에 고강도관의 채용이나 적절한 방호공을 검토할 필요가 있다.

하수도는 배수구역으로부터 자연유하에 의해 하수량을 전부 집수할 수 있도록 하는 것이 바람직하므로 적절한 깊이로 설치되어야 한다. 하수관거보다 낮은 건물지하나 저지대에는 펌프시설을 갖추어야 하며, 저지대이나 평상시 자연유하로 배제가 가능하고 현장여건상 펌프설치가 용이하지 못하는 곳에서는 하수관으로부터 역류를 방지하기 위하여 플랩밸브와 같은 역류방지 설비를 설치할 수 있다.

<표 2.3.1> 알은층 매설기준

하수관종별		관거 윗부분과 노면과의 거리
하수관의 본선		해당 도로의 포장 두께에 0.3m를 더한 값(해당값이 1m에 이르지 않는 경우에는 1m) 이하로 하지 않을 것
하수관의 본선 이외의 선	차도	해당 도로의 포장 두께에 0.3m를 더한 값(해당 값이 0.6m에 이르지 않는 경우에는 0.6m) 이하로 하지 않을 것
	보도	토피를 0.5m 이하로 하지 않을 것. 단, 0.5m 이하가 될 경우에는 미리 충분한 강도를 갖는 관거 등을 사용하거나 관보호 조치를 할 것

주: 흙관(외압 1중)을 사용하는 경우에는 해당 하수도관과 노면의 거리는 1m 이하로 하지 않을 것.

하수도는 공공의 도로 또는 편의시설에 매설되기 때문에, 설계시에 다른 지하구조물과 편의시설과의 지나친 접합을 피하는 것이 좋다. 하수도의 깊이는 보통 우수 배제시스템을 제외하고 모든 시설물들 밑으로 통과하게끔 자리잡는 것이 권장된다.

2.3.3 관거의 표시

관거의 오접 및 굴착파손을 피하기 위하여 테이프, 페인트 또는 인식장치 등을 적극 설치한다.

【해설】

지하매설물 굴착에 따른 사고를 방지하기 위해서는 환경부제정 『하수관거공사 표준시방서』을 참고로 하여 우·오수관의 식별이 용이하도록 한다. 또한, 관거 매설 후 관거탐지 장치 등으로 탐지가 가능하도록 설계·시공시 적극 고려한다. 관과 맨홀의 식별을 위하여 맨홀뚜껑에 관명칭, 관리자, 사업자 등을 기록하고 사업자, 일련번호, 부설연도 등이 표기된 명판을 맨홀벽체 상단에 부착한다. 시공완료 후 맨홀, 관거 등의 위치를 측량법에 준하여 측량을 실시하고 사업규모, 사업기간 등을 고려하여 필요한 경우 공공측량성과심사를 받아 준공도를 작성한다.

최근에는 하수도시설 운영관리의 효율화 및 통합화 추세에 따라 지리정보시스템(GIS)을 기반으로 하수도시설물 전반에 대하여 도형과 속성에 대한 데이터베이스를 구축하고 있다. 따라서, 관거 설계도 작성시부터 3차원좌표계를 도입, 수평·수직의 위치(x, y, z)를 명확히 한다.

각종 지상·지하매설물 중에서 하수도관거의 상대적 위치를 정확하게 파악할 수 있는 정보를 얻게 되면 관거의 신설 및 보수나 교체시 단시간 내에 경제적으로 시행할 수 있을 것이다. 상수도관거, 도시가스, 전력선 및 통신선로 등 다른 계통의 사업자에게 관거의 위치를 정확하게 제공하여 하수도에 대한 신뢰성을 도모할 수 있을 것이다.

이 때 도로망에 대한 측량성과심사가 구축된 지자체의 경우 지자체로부터 도로망 성과를 제공받아 하수관거에 대한 측량성과를 등기하여 심의를 득한다. 그러나 도로망에 대한 측량성과심사가 구축되지 않은 지자체의 경우에는 향후 지자체가 지리정보시스템(GIS) 구축시에 참고할 수 있도록 신설부분에 대한 하수도대장도 업데이트만을 시행할 것을 권장한다.

2.4 관거의 보호 및 기초공

2.4.1 외압에 대한 관거의 보호

흙두께 및 재하중이 관거의 내하력을 넘는 경우, 철도 밀을 횡단하는 경우 또는 하천을 횡단하는 경우 등에는 콘크리트 또는 철근콘크리트로 바깥둘레를 쌓아서 외압에 대하여 관거를 보호한다.

【해설】

현장타설을 제외한 관거는 일정한 하중조건에 따라 제조되므로 그 조건을 벗어나 안전율을 저하시키는 경우에는 콘크리트 또는 철근콘크리트로 바깥둘레를 싸서 외압에 대하여 관거를 보호한다. 특히, 철도횡단, 하천제방횡단 또는 하저횡단시의 바깥둘레 싸기에는 철근콘크리트로 종방향의 보강을 충분히 할 필요가 있다.

2.4.2 관거의 내면보호

관거의 내면이 마모 및 부식 등에 따른 손상의 위험이 있을 때에 내마모성, 내부식성 등에 우수한 재질의 관거를 사용하거나 관거의 내면을 적당한 방법에 의해 라이닝(lining) 또는 코팅(coating)을 해야 한다.

【해설】

관거에서 경사가 급한 부분에서는 마모가 심하다. 또 압력관거의 토출구 등에서는 황화수소가 발생하기 쉽고 부식할 우려가 있다(〈참고 2-1. 황화수소대책〉 참조). 관거내가 혐기성 상태가 될 때 혐기성균이 하수에 포함된 황을 환원시켜 황화수소를 발생시키고 이 황화수소가 관거의 천정부근에서 또 다른 종류의 균에 의해 산화되어 황산이 되면서 관거를 부식시키는 관정부식(管頂腐蝕, crown corrosion)이 일어나게 된다. 따라서 관거의 내면이 마모 및 부식 등에 의해 손상될 위험이 있을 때에는 내마모성, 내식성 및 내약품성이 우수한 관을 사용하거나 합성수지나 모르타 등으로 라이닝하여 관내면을 보호할 필요가 있다. 부식에 대한 보호재료에는 모르타르, 역청재(瀝青材), 합성수지 등이 있다.

강관 및 덕타일주철관을 전기철도나 변전설비의 주변에 매설하는 경우에는 미주전류(迷走電流, stray current)의 영향을 받아 전식(電蝕, electrolyte corrosion)이 일어날 수 있으므로 절연문제를 고려해야 하며, 상황에 따라서는 전기분해 방식(防蝕)을 고려할 필요가 있다.

부식으로 인해 관거에 치명적 손상이 발생하며, 부유물질 양이 증가함에 따라 환경문제나 추가적인 비용이 발생하기도 한다. 관거교차부, 낙하부, 침전물 변화부 등에 있어 부식이 특히 영향을 미치므로 물의 흐름을 변화시키는 암거, 관거 등의 설계시에는 부식방지를 위한 조치를 강구하여야 한다.

2.4.3 기초공

관거의 기초공은 관거의 종류 및 토질 등에 따라 다음 사항을 고려하여 정한다.

(1) 강성관거(剛性管渠)의 기초공

철근콘크리트관 등의 강성관거는 조건에 따라 모래, 쇠석(또는 자갈), 콘크리트 등으로 기초를 실시하며, 필요에 따라 이들을 조합한 기초를 실시하되, 모래기초의 경우 관의 부식방지를 위하여 한국공업규격 KS F 2526 『콘크리트용 골재』에서 규정한 염화물(NaCl) 함유량이 허용값 이하의 모래를 사용하여야 한다. 단, 지반이 양호한 경우에는 이들 기초를 생략할 수가 있다.

(2) 연성관거(軟性管渠)의 기초공

경질염화비닐관 등의 연성관거는 자유받침 모래기초를 원칙으로 하며, 조건에 따라 말뚝기초 등을 설치한다.

【해설】

기초공은 사용하는 관거의 종류, 토질, 지내력, 시공방법, 하중조건 및 매설조건 등에 따라 정하지만, 기초공의 선택은 공사비용에 큰 영향을 미치게 되므로 관거의 내구성 및 경제성을 충분히 검토하여 적절한 방법을 선택하도록 한다.

관거의 기초공은 철저히 시공하는 것이 중요하며, 관거의 부등침하하는 하수의 정체, 부패 및 악취를 발생시키는 원인이 될 뿐만 아니라 최악의 경우에는 관거가 파손되어 누수가 일어나거나 지하수의 침입을 초래하여 관거주변의 토사가 유입하여 유지관리면에서 큰 장애가 되거나 심하면 도로가 함몰하는 현상이 나타나기도 하므로 기초공은 특히 중요하다.

〈표 2.4.1〉은 관중에 따른 기초를 개략적으로 분류한 것이지만 실제에서는 관체의 보강과 부등침하의 방지를 위하여 각각의 기초를 조합하여 시공하는 경우도 있다.

〈표 2.4.1〉 관중에 따른 기초

관중	지반	경 질 토 보 통 토	연 약 토	극 연 약 토
강성관	철근콘크리트관	벼개동목기초 쇄석기초 모래기초	콘크리트기초	말뚝기초 철근콘크리트기초
	도관	벼개동목 쇄석기초 모래기초	쇄석기초 콘크리트기초	철근콘크리트기초
연성관	경질염화비닐관	모래기초	모래기초 베드토목섬유(bed geotextile)기초 소일시멘트(soil cement)기초	베드토목섬유기초 소일시멘트기초 사다리동목기초 말뚝기초 콘크리트+모래기초
	덕타일주철관, 강관	모래기초	모래기초	모래기초 사다리동목기초 콘크리트+모래기초

주: 1) 압반에 매설하는 경우는 응력을 균등히 분포시킬 수 있는 구조의 기초로 한다.
2) 지반의 구분 예를 나타내면 〈표 2.4.2〉와 같다.

〈표 2.4.2〉 지반의 구분 예

지반	대표적인 토질
경 질 토	경질점토, 역혼토 및 역혼사
보 통 토	모래, 롬(loam) 및 사질점토
연 약 토	실트(silt) 및 유기질토
극연약토	매우 연한 실트 및 유기질토

(1)에 대하여

1) 강성관에서 사용되는 기초공의 종류는 [그림 2.4.1]과 같다.

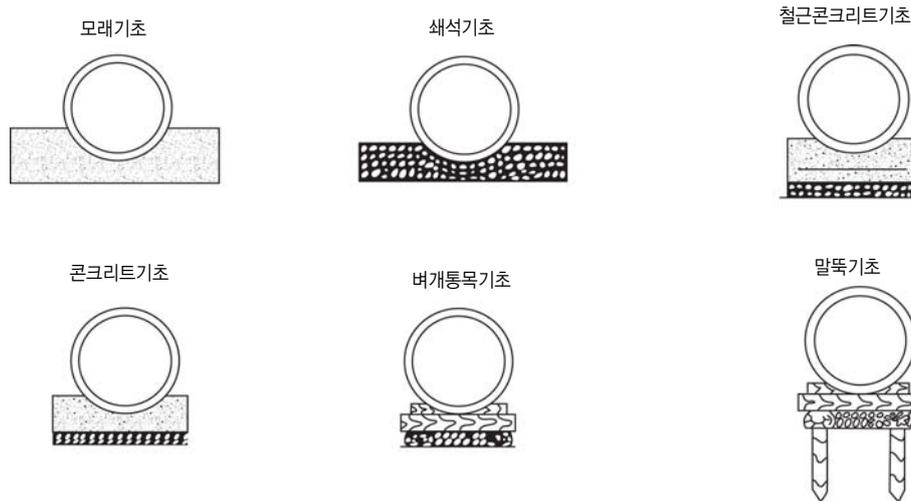
① 벼개동목기초

보통지반에서 관거의 경사를 정확히 유지하고 접합을 용이하게 하기 위한 목적으로 주로 철근콘크리트관에 사용하는 매우 단순한 기초방식이다. 일반적으로 벼개동목기초의 구조는 관 1개에 대하여 2~3개의 받침을 놓고, 그 위에 관을 부설하여 췌기로 안정시키는 방식이다. 시공시에는 횡목설치에 유의하여야 하며 횡목을 견고하게 지반에 고정하고, 동시에 일정한 높이로 설치되도록 하여야 한다.

② 모래기초 및 쇄석기초

지반이 연약한 경우 및 관거에 미치는 외압이 큰 경우에 채택한다. 모래 또는 쇄석 등을 관거 외주(하부)에 밀착되도록 견고히 관거를 지지한다. 이 기초가 관거에 접하는 폭(또는 받침각)에 따라 관거

의 보강효과는 다르며, 받침각이 클수록 내하력이 증가한다. 이 경우에 주의할 점은 필요한 받침각을 확보하는 것이고 그러기 위해서는 시공상의 받침각을 크게 할 필요가 있다. 또한 관거하단의 기초두께는 최소 100~200 mm 또는 관거외경의 0.2~0.25배로 하는 것이 바람직하며, 관거의 매설지반이 암반인 경우의 기초두께는 이 범위보다 다소 두껍게 하는 것이 안전하다.



[그림 2.4.1] 강성관의 기초공 종류

③ 콘크리트기초 및 철근콘크리트기초

지반이 연약한 경우 및 관거에 미치는 외압이 큰 경우에 채택한다. 관거의 저부를 콘크리트로 둘러싸는 것으로 외압하중에 의한 관거의 변형을 충분히 보호할 수 있어야 한다. 이 경우에도 받침각이 클수록 내하중은 증가한다. 또한 최소 기초두께는 2.4.3. (1)의 ②에 따른다.

④ 콘크리트+모래기초

극연약지반에서 지지층이 매우 깊고 베타통목기초가 비경제적인 경우 굴착구바닥에 콘크리트상판을 타설해 상부하중을 바닥으로 분산시켜 지반침하를 방지하는 방법이다. 이 경우 상판에 직접 관을 설치하면 관저부가 점반침이 되어 하중이 집중하게 되므로 상판에는 2.4.3. (1)의 ②에 기술한 모래기초 등을 하도록 한다.

2) 강성관의 강도계산은 다음에 의한다.

매설토의 수직토압에 의해 작용하는 수직등분포 하중을 구하기 위해 수직토압공식, 마스톤(Marston) 공식 및 Janssen공식 등을 이용한다.

① 수직토압공식

식(2.4.1)은 흙의 마찰력을 전혀 고려하지 않고 단순히 관상부 매설토의 중량이 관에 직접 작용하는 것으로 가정해서 구하는 식으로 측면의 마찰을 무시한 것이다.

$$W_d = r \cdot H \dots\dots\dots (2.4.1)$$

여기서, W_d : 매설토에 의한 수직토압(N/m²)

r : 매설토의 단위중량(N/m³)

H : 흙두께(m)

② 마스톤(Marston)공식

토압계산에 가장 널리 이용되는 공식으로 수직토압은 굴착도랑 바로 위의 흙기둥 중량의 전체가 관에 전달되지 않고 굴착면에 인접하는 흙기둥 사이의 전단마찰력을 상쇄한 하중이 관에 작용하는 것으로 하여 구한다. 여기서, 마찰전단력은 이들 토압의 상대적 침하로 결정되며, 여기에는 수평토압이 관련된다. 마스톤공식에서는 이 수평토압에 랭킨(Rankine)공식을 이용한다.

일반적으로 사용되는 마스톤 공식은 식(2.4.2)와 같다.

$$W = C_1 \cdot r \cdot B^2 \dots\dots\dots (2.4.2)$$

여기서, W : 관이 받는 하중(kN/m)

r : 매설토의 단위중량(kN/m³)

B : 폭요소(width factor)로서 관의 상부 90° 부분에서의 관매설을 위하여 굴 토한 도랑의 폭(m)

C_1 : 흙의 종류, 흙두께, 굴착폭 등에 따라 결정되는 상수
(trench일 때 예 : <표 2.4.3> 참조)

<표 2.4.3> Trench일 때 Marston공식의 C_1 값

$\frac{\text{흙두께(H)}}{\text{토양의 폭(B)}}$	젖은 사질의 표토	물로 포화된 표토	젖은 진흙	물로 포화된 진흙
0.5	0.46	0.46	0.47	0.47
1.0	0.85	0.86	0.88	0.90
1.5	1.18	1.21	1.24	1.28
2.0	1.46	1.50	1.56	1.62
2.5	1.70	1.76	1.84	1.92
3.0	1.90	1.98	2.08	2.20
3.5	2.08	2.17	2.30	2.44
4.0	2.22	2.33	2.49	2.66
4.5	2.34	2.47	2.65	2.87
5.0	2.45	2.59	2.80	3.03
5.5	2.54	2.69	2.98	3.19
6.0	2.61	2.78	3.04	3.33
6.5	2.68	2.86	3.14	3.46
7.0	2.73	2.93	3.22	3.57
7.5	2.78	2.98	3.30	3.67
8.0	2.81	3.03	3.37	3.76
8.5	2.85	3.07	3.42	3.85
9.0	2.88	3.11	3.48	3.92

흡두께(H) 토양의 폭(B)	젖은 사질의 표토	물로 포화된 표토	젖은 진흙	물로 포화된 진흙
9.5	2.90	3.14	3.52	3.98
10.0	2.92	3.17	3.56	4.04
11.0	2.95	3.21	3.63	4.14
12.0	2.97	3.24	3.68	4.22
13.0	2.99	3.27	3.72	4.29
14.0	3.00	3.28	3.75	4.34
15.0	3.01	3.30	3.77	4.38
대단히 큰 경우	3.03	3.38	3.85	4.55

참고 : Design and Construction of Urban Stormwater Management Systems, ASCE Manuals and Reports of Engineering Practice NO 77, WEF Manual of Practice FD 20, 556~633쪽

때때로 하수관거는 흡두께 외에도 지표면상에 존재하는 물체에 의하여 하중을 받게 되는데 상재하중이 하수관거에 주는 하중은 식(2.4.3)으로 계산한다.

$$L_p = C_2 \cdot L \dots\dots\dots (2.4.3)$$

여기서, L_p : 상재하중의 흡두께 상당하중(kN/m)

L : 상재하중의 무게(kN/m)

C_2 : 상재하중의 종류(장기하중 및 단기하중)에 따라 결정되는 계수

(〈표 2.4.4〉 및 〈표 2.4.5〉 참조)

- 장기하중 : 하중의 길이가 관거매설용 도랑의 폭보다 긴 하중
- 단기하중 : 도랑을 횡단하는 차량 등과 같이 분포폭이 짧은 하중

〈표 2.4.4〉 장기하중을 위한 C_2 값

흡두께(H) 토양의 폭(B)	젖은 사질의 표토	물로 포화된 표토	젖은 진흙	물로 포화된 진흙
0.0	1.00	1.00	1.00	1.00
0.5	0.85	0.86	0.88	0.89
1.0	0.72	0.75	0.77	0.80
1.5	0.61	0.64	0.67	0.72
2.0	0.52	0.55	0.59	0.64
2.5	0.44	0.48	0.52	0.57
3.0	0.37	0.41	0.45	0.51
4.0	0.27	0.31	0.35	0.41
5.0	0.19	0.23	0.27	0.33
6.0	0.14	0.17	0.20	0.26
8.0	0.07	0.09	0.12	0.17
10.0	0.04	0.05	0.07	0.11

〈표 2.4.5〉 단기하중을 위한 C₂값

흙두께(H) 토양의 폭(B)	젖은 사질의 표토		물로 포화된 표토		젖은 진흙		물로 포화된 진흙	
	최대	최소	최대	최소	최대	최소	최대	최소
0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.5	0.77	0.12	0.78	0.13	0.79	0.13	0.81	0.13
1.0	0.59	0.02	0.61	0.02	0.63	0.02	0.66	0.02
1.5	0.46	-	0.48	-	0.51	-	0.54	-
2.0	0.35	-	0.38	-	0.40	-	0.44	-
2.5	0.27	-	0.29	-	0.32	-	0.35	-
3.0	0.21	-	0.23	-	0.25	-	0.29	-
4.0	0.12	-	0.14	-	0.16	-	0.19	-
5.0	0.07	-	0.09	-	0.10	-	0.13	-
6.0	0.04	-	0.05	-	0.06	-	0.08	-
8.0	0.02	-	0.02	-	0.03	-	0.04	-
10.0	0.01	-	0.01	-	0.01	-	0.02	-

③ Janssen공식

굴착도랑에 관을 매설할 경우 굴착도랑과 매설토 사이의 전단마찰력과 매설토 자체가 갖는 점착저항력에 의해 상쇄되는 중량을 도랑내 흙기둥의 전중량에서 뺀 중량이 도랑폭에 작용한다는 가정에서 매설토에 의한 수직토압을 구하는 방법이다. 얀센공식은 관측의 매설토가 충분히 다져지므로써 굴착도랑 폭 전체에 하중이 균등하게 분포한다는 가정에서 식이 성립하는 것으로 이와 같은 조건을 만족하기 위해서는 다짐 등의 시공상의 공정에서 세심한 주의를 필요로 한다.

$$W_d = \frac{1}{K_a \cdot \tan\theta} \left(\frac{B_d}{2} \cdot r - f \right) \times \left[1 - \frac{1}{\exp\left(\frac{2K_a \cdot \tan\theta' \cdot H}{B_d}\right)} \right] \dots\dots\dots (2.4.4)$$

- 여기서, W_d : 매설토에 의한 수직토압(N/m²)
- θ : 매설토의 내부 저항각
- θ' : 원지반의 내부 저항각
- f : 매설토와 굴착도랑 벽과의 점착력(N/m²)
- B_d : 굴착도랑 폭(m)
- r : 매설토의 단위중량(N/m³)
- H : 흙두께(m)
- K_a : 주동토압계수

④ 활하중에 의한 수직토압

매설관거의 상부로 차량 등이 통과하는 경우 그 하중에 의한 압력이 토압하중에 가산되는데 차량하

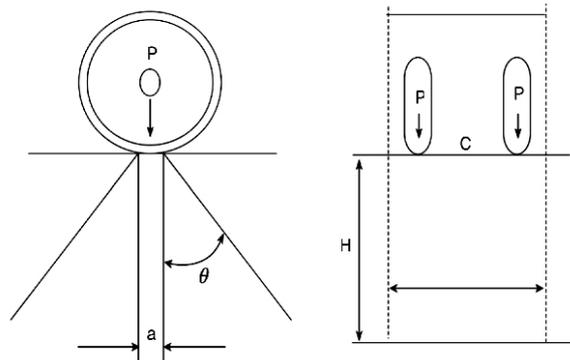
중은 후륜하중을 사용하며 전륜하중의 영향은 무시하는 것으로 한다. 식(2.4.5)은 도로의 종방향에 타이어의 접지폭 20 cm에서 45°로 분산하고, 횡방향에는 차체 점유폭 2.75 m로 분산하는 것으로 고려한다.

$$W_r = \frac{2p(1+i)}{C(a+2H \tan \theta)} \dots\dots\dots (2.4.5)$$

- 여기서, W_r : 활하중(N/m²)
 p : 후륜하중(참고치수 DB-13.5 : 5,400 N, DB-18 : 7,200 N, DB-24 : 9,600 N)
 a : 차륜접지길이(참고치수 0.2 m)
 C : 차륜점유폭(참고치수 2.75 m)
 θ : 분포각(참고치수 45°)
 I : 충격계수(〈표 2.4.6〉 참조)
 H : 흠두께(m)

〈표 2.4.6〉 충격계수

H(m)	$H \leq 1.5$	$1.5 < H < 6.5$	$H \geq 6.5$
i	0.5	$0.65 - 0.1H$	0



[그림 2.4.2] 활하중

⑤ 강도계산

강성관의 강도계산은 다음에 의한다.

관의 외압에 대한 강도를 나타내는 외압강도는 철근콘크리트관의 경우 균열하중을 적용하고 도관의 경우 파괴하중을 적용한다. 매설관에 등분포하중이 작용하는 경우 관체에 발생하는 최대휨모멘트는 식(2.4.6)과 같다.

$$M_{max} = k \cdot q \cdot R^2 \dots\dots\dots (2.4.6)$$

- 여기서, M_{max} : 관체에 발생하는 최대휨모멘트($kN \cdot m/m$)
 k : 관의 받침조건에 따라 변하는 계수
 q : 매설관에 작용하는 등분포하중(kN/m^2)
 R : 관두께 중심반경(m)

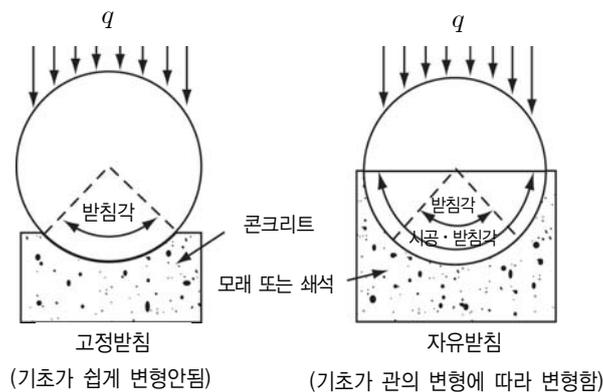
관거를 매설한 경우에는 수직토압이외에도 관위를 통과하는 각종 차량에 의한 활하중이 작용하는데 이들 외압하중에 의해 관체에는 휨모멘트가 발생하게 된다. 또한, 관거의 자중 및 관거내 물의 중량이나 수직토압에 의하여 발생하는 측벽(主動土壓)에 의해서도 휨모멘트가 발생할 수 있으나, 관의 자중과 관내수의 중량에 의해 발생하는 휨모멘트와 수직토압에 수반되는 측벽(주동토압)에 의해서 발생하는 휨모멘트는 서로 상쇄되므로 일반적으로 무시한다.

따라서 휨모멘트의 계산은 수직토압과 활하중만을 고려대상으로 한다. 또한 그 휨모멘트는 관거의 기초구조나 토질 및 시공의 양부에 의해서 크게 영향을 받는다.

한편 식(2.4.6)에서 받침각에 따른 k 값은 <표 2.4.7>과 같으며, 관의 받침형태는 [그림 2.4.3]과 같다.

<표 2.4.7> 받침각에 따른 계수 k 값

받침각 2α (도)	k 값	
	고정받침의 경우	자유받침의 경우
30	-	0.470
60	-	0.377
90	0.303	0.314
120	0.243	0.275
180	0.220	-

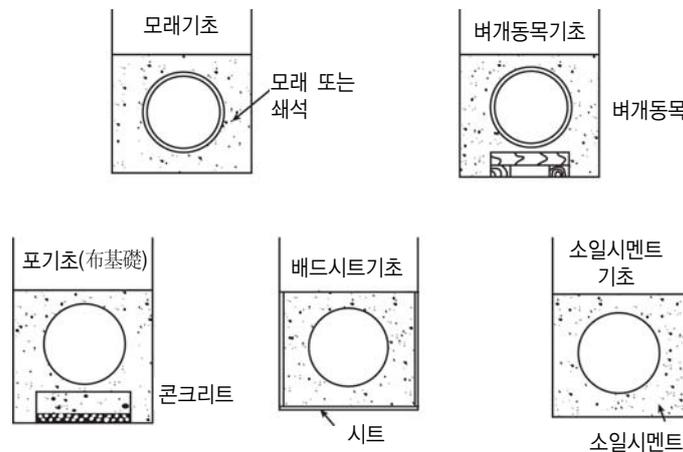


[그림 2.4.3] 관의 받침형태

(2)에 대하여

1) 연성관에서 사용되는 기초공의 종류

연성관에서 사용되는 기초공의 종류는 [그림 2.4.4]와 같다. 연성관에서도 강성관의 기초와 마찬가지로 관체의 보강 혹은 관거의 침하방지를 주목적으로 하는데, 연성관의 기초공은 원칙적으로 자유받침의 모래기초가 바람직하다. 또한 관 하단에 끼는 모래의 두께는 100~300 mm로 하는 것이 바람직하다. 특히, 관 상단에서 200 mm까지는 양질의 토사로 충분히 다짐시공 되어야 하며 모래로 사용되는 것이 바람직하다. 즉 연성관의 기초는 관 주변을 모래로 완전히 쌓는 360° 모래기초가 바람직하다.



[그림 2.4.4] 연성관의 기초공의 종류의 예(시공받침각 360°)

① 관체의 보강을 주목적으로 한 기초

지반의 조건에 따라서 관체측부흡의 수동저항력을 확보하기 위해 소일시멘트(soil cement)기초, 베드 토목섬유(bed geotextile)기초 등을 이용하기도 한다.

② 관거의 부등침하 방지를 주목적으로 한 기초

극히 연약한 지반에서 부등침하가 우려되는 경우에는 말뚝기초 및 콘크리트+모래기초 등과 2.4.3. (1)에서 기술한 기초공을 병용할 수 있지만 베타동목기초, 콘크리트+모래기초와 관체 사이에 충분한 모래를 깔아 틈이 없게 할 필요가 있다. 참고로 말뚝기초란 극연약지반으로 거의 지내력을 기대할 수 없는 경우에 사용되며, 사다리동목의 밑을 말뚝으로 받치는 형태이다.

2) 연성관의 강도계산

① 연성관에 작용하는 하중

- 매설토에 의한 수직토압은 연성관의 상부토압에 의해 관 측부의 매설토와 관거가 똑같이 변형하기 때문에 관거에 작용하는 하중은 관거 폭만의 토압으로 하고 매설토에 의한 수직토압은 식 (2.4.1)에 의한다.

b. 활하중에 의한 수직토압은 강성관의 경우와 같다.

매설토에 의한 토압분포는 관의 상부토압과 저면반력이 등분포의 수직토압으로 상하에 작용하는 것으로 하고 관의 변형에 의해 발생하는 반력은 이등변삼각형의 수평토압으로 좌우에 작용하는 것으로 한다. 또한, 활하중에 의한 토압분포는 관의 상부토압과 저면반력이 상하에 등분포의 수직하중으로서 작용하는 것으로 하고, 관의 변형에 의해 발생하는 반력은 직각 삼각형의 수평토압이 좌우에 작용하는 것을 산정한다.

② 강도계산

연성관의 매설토와 활하중에 의한 휨모멘트 및 휨응력은 식(2.4.7) 및 식(2.4.8)에 의하여 구할 수 있으며, 수직방향의 변형량 및 변형률은 식(2.4.9) 및 식(2.4.10)에 의하여 구할 수 있다.

매설토와 활하중에 의한 휨모멘트 및 휨응력은 식(2.4.7) 및 식(2.4.8)과 같이 표현할 수 있다.

$$M = K_1 \cdot q \cdot R^2 + K_2 \cdot p \cdot R^2 \dots\dots\dots (2.4.7)$$

$$f = \frac{M}{Z} \dots\dots\dots (2.4.8)$$

여기서, M : 관길이 1m당 매설토와 활하중에 의한 휨모멘트의 합(kN·m/m)

K₁ : 매설토에 의한 모멘트 계수(〈표 2.4.8〉 참조)

K₂ : 활하중에 의한 모멘트 계수(〈표 2.4.8〉 참조)

q : 매설토에 의한 정토압(kN/m²)

R : 관두께 중심반경(m)

p : 활하중에 의한 정토압(kN/m²)

f : 매설토와 활하중에 의한 휨응력(kN/m²)

Z : 관길이 1m당 단면계수(m³/m) $(z = \frac{t^2}{6})$

t : 관두께(m)

또한, 매설토와 활하중에 의한 수직방향의 변형량 및 변형률은 식(2.4.9) 및 식(2.4.10)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\delta = K_3 \cdot \frac{q \cdot R^4}{E \cdot I} + K_4 \cdot \frac{p \cdot R^4}{E \cdot I} \dots\dots\dots (2.4.9)$$

$$V = \frac{\delta}{2R} \times 100 \dots\dots\dots (2.4.10)$$

여기서, δ : 매설토와 활하중에 의한 직경변형량의 합(m)

K₃ : 매설토에 의한 직경변형량 계수(〈표 2.4.8〉 참조)

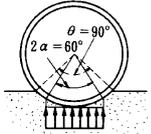
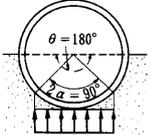
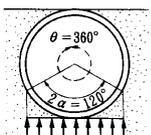
K₄ : 활하중에 의한 직경변형량 계수(〈표 2.4.8〉 참조)

E : 관재료의 Young율(kN/m²)

I : 관길이 1 m당 단면 2차모멘트(m⁴/m) ($I = \frac{t^3}{12}$)

V : 직경변형률(%)

〈표 2.4.8〉 기초조건과 계수와의 관계

기초조건	시공 받침각 (θ)	유효 받침각 (2α)	관위치	휨모멘트계수		변형계수		기초시공 상태
				K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	
A	90°	60°	관정	0.132	0.079	0.102	0.030	
			관저	0.223	0.011			
B	180°	90°	관정	0.120	0.079	0.085	0.030	
			관저	0.160	0.011			
C	360°	120°	관정	0.107	0.079	0.070	0.030	
			관저	0.121	0.011			

2.5 관거의 접합과 연결

2.5.1 관거의 접합

관거의 접합은 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 관거의 관경이 변화하는 경우 또는 2개의 관거가 합류하는 경우의 접합방법은 원칙적으로 수면접합 또는 관정접합으로 한다.
- (2) 지표의 경사가 급한 경우에는 관경변화에 대한 유무에 관계없이 원칙적으로 지표의 경사에 따라서 단차 접합 또는 계단접합으로 한다.
- (3) 2개의 관거가 합류하는 경우의 중심교각은 되도록 60° 이하로 하고 곡선을 갖고 합류하는 경우의 곡률반경은 내경의 5배 이상으로 한다.

【해설】

관거의 설계에 있어서는 관거의 방향, 경사, 관경이 변화하는 장소 및 관거가 합류하는 장소에는 맨홀을 설치해야 한다. 또한 관거내 물의 흐름을 수리학적으로 원활하게 흐르게 하기 위해서는 원칙적으로 에너지경사선에 맞출 필요가 있다. 흐르는 물이 충돌이나 심한 와류, 난류 등을 일으키면 손실수두

가 증가되어 유하능력이 저하되고 아울러 합류점 또는 지표경사가 급격히 변하는 경우에는 접합방법이 올바르지 못하면 맨홀로부터 하수가 분출하는 등 예측치 못한 사고가 발생할 수도 있다. 따라서 관거를 접합할 때에는 충분한 주의가 필요하다.

(1)에 대하여

관거의 접합에는 일반적으로 다음과 같은 방법을 사용한다(그림 2.5.1) 참조).

- ① 수면접합
- ② 관정접합
- ③ 관중심접합
- ④ 관저접합

이러한 접합방법은 각각의 특성을 가지고 있으므로 배수구역내 노면의 중단경사, 다른 매설물, 방류하천의 수위 및 관거의 매설깊이를 고려하여 가장 적합한 방법을 선정해야 한다. 특별한 경우를 제외하고는 원칙적으로 수면접합 또는 관정접합으로 하는 것이 좋다. 각 접합방법의 특징은 다음과 같다.

1) 수면접합

수리학적으로 대개 계획수위를 일치시켜 접합시키는 것으로서 양호한 방법이다.

2) 관정접합

관정을 일치시켜 접합하는 방법으로 유수는 원활한 흐름이 되지만 굴착깊이가 증가됨으로 공사비가 증대되고 펌프로 배수하는 지역에서는 양정이 높게 되는 단점이 있다.

3) 관중심접합

관중심을 일치시키는 방법으로 수면접합과 관정접합의 중간적인 방법이다. 이 접합 방법은 계획하수량에 대응하는 수위를 산출할 필요가 없으므로 수면접합에 준용되는 경우가 있다.

4) 관저접합

관거의 내면 바닥이 일치되도록 접합하는 방법이다. 이 방법은 굴착깊이를 알게 함으로 공사비용을 줄일 수 있으며, 수위상승을 방지하고 양정고를 줄일 수 있어 펌프로 배수하는 지역에 적합하다. 그러나 상류부에서는 동수경사선이 관정보다 높이 올라 갈 우려가 있다.

(2)에 대하여

지표의 경사가 급한 경우 관내의 유속 조정과 하류측의 최소 흠두께를 유지하기 위해서, 또 상류측 굴착깊이를 줄이기 위해서 지표경사에 따라서 단차접합 또는 계단접합으로 한다(그림 2.5.2) 참조).

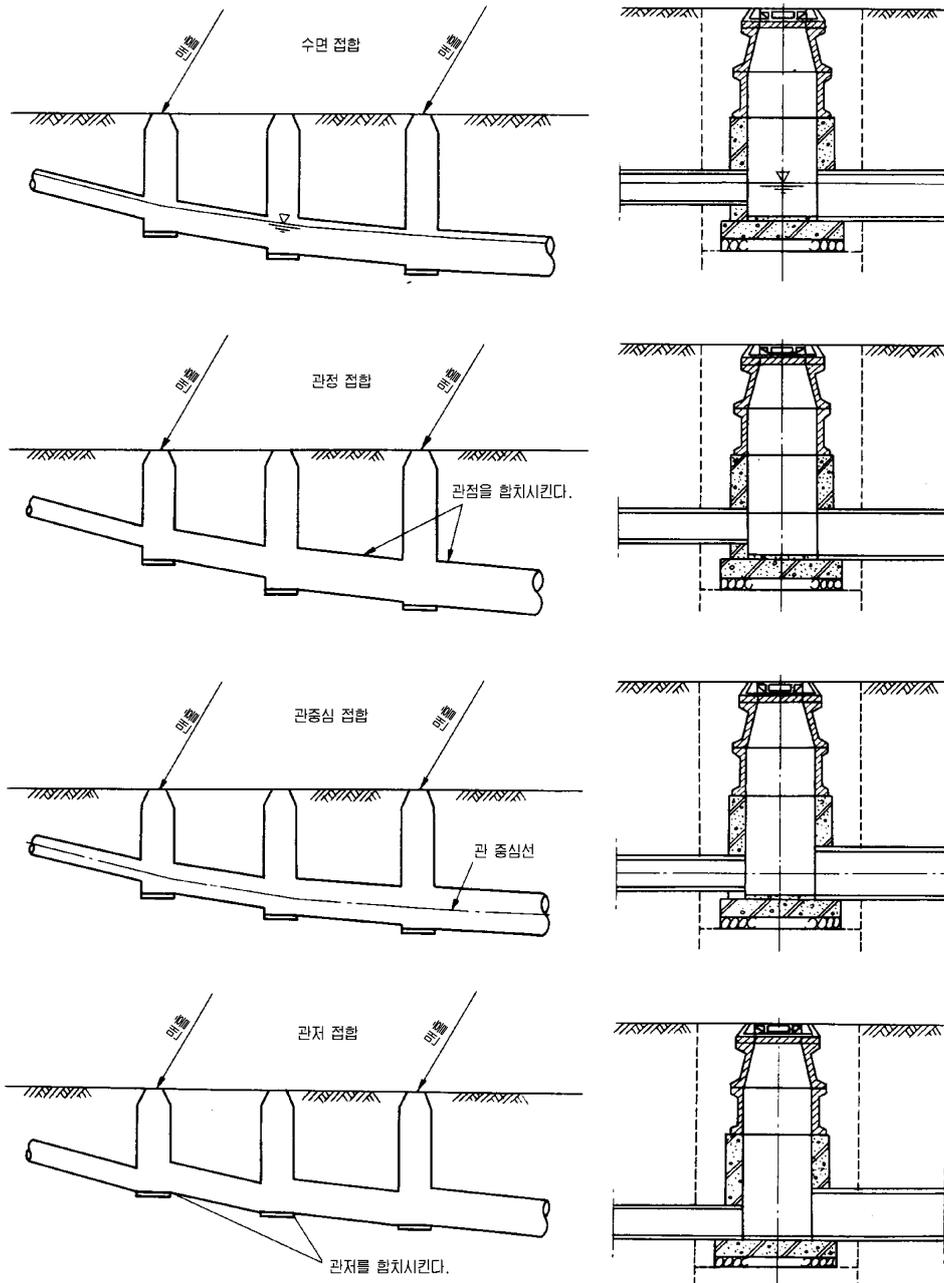
1) 단차접합

지표의 경사에 따라 적당한 간격으로 맨홀을 설치한다. 1개소당 단차는 1.5m 이내로 하는 것이 바람직하다. 단차가 0.6m 이상일 경우 합류관 및 오수관에는 부관(副管)을 사용하는 것을 원칙으로 한다.

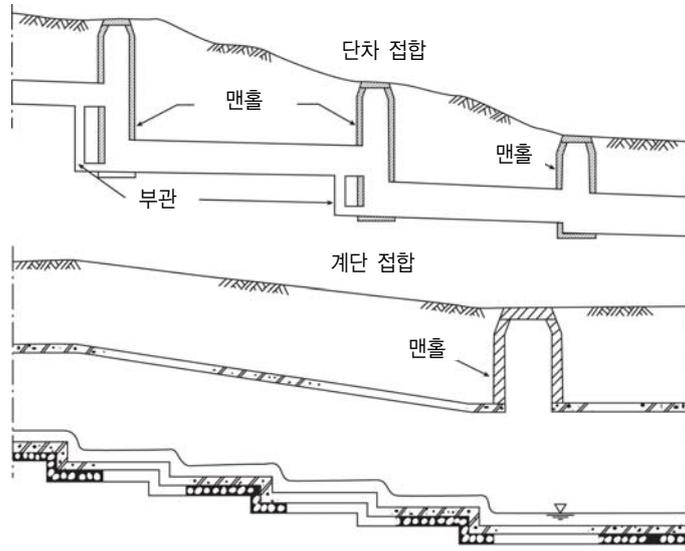
2) 계단접합

통상 대구경관거 또는 현장타설관거에 설치한다. 계단의 높이는 1단당 0.3m 이내 정도로 하는 것이

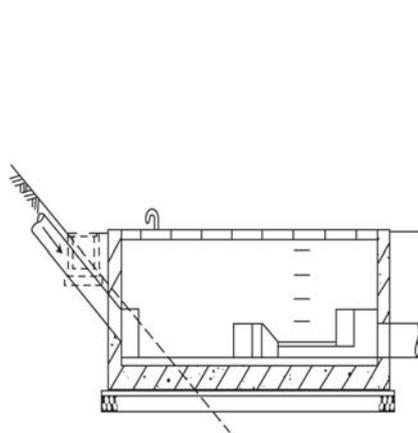
바람직하다. 지형상황에 따라서 단차접합이나 계단접합의 설치가 곤란한 경우 유속의 억제를 목적으로 하는 감세공의 설치를 검토한다((그림 2.5.3)참조). 또한 간선관거의 접속 등 고낙차에서 관거를 접합할 필요가 있는 경우에는 맨홀저부의 세굴방지 및 하수의 비산방지를 목적으로 드롭사프트 등의 설치를 검토한다((그림 2.5.4) 참조).



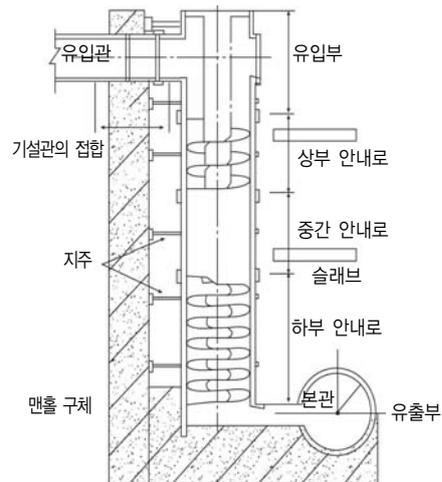
[그림 2.5.1] 관거의 접합종류



[그림 2.5.2] 지표의 경사가 급한 경우의 접합



[그림 2.5.3] 감세공의 예



[그림 2.5.4] 드롭(drop)샤프트의 예

(3)에 대하여

대구경관거와 대구경관거가 합류하는 경우에는 물의 흐름을 원활하게 흐르도록 유의하고 유속이 크게 되는 것에 주의해야 한다. 또한 대구경관거에 소구경관거가 합류하는 경우에는 유속이 적은 소구경관거의 물의 흐름이 대구경관거의 큰 유속에 지장을 받아 소구경관거의 상류부에 유속이 정체되어 예상 못했던 지장을 일으킬 수도 있으므로 이런 경우에는 가능한 한 작은 중심교각을 갖도록 합류시키는 것에 주의해야 한다.

이때 중심교각은 30~45°가 이상적이지만 도로의 폭, 그 밖의 장애물과의 관계를 고려하여 60° 이

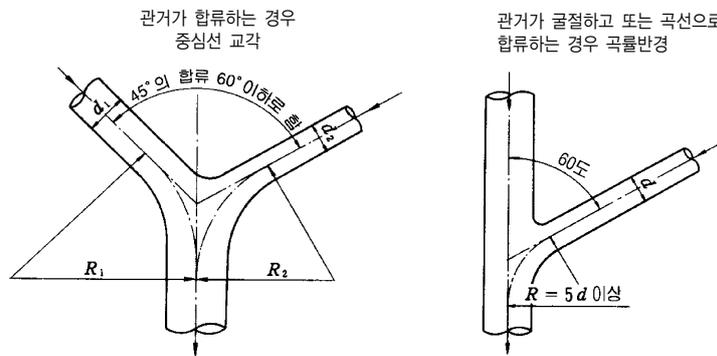
하로 하는 것이 바람직하다.

한편 대구경관거에 소구경관거가 합류하는 경우 소구경관거의 지름이 대구경관거 지름의 1/2 이하이고, 수면접합 혹은 관정접합에 의한 접합 이상으로 낙차를 붙이는 경우 중심교각은 90°까지를 한도로 해도 지장이 없다.

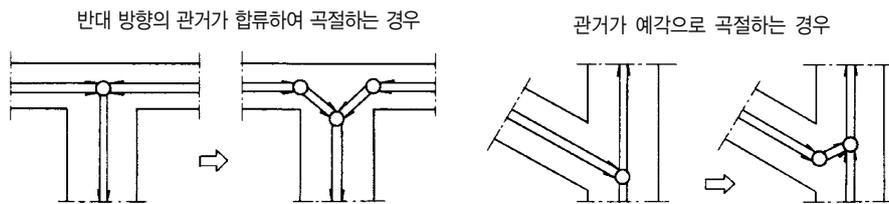
또한 곡선을 갖고 접합하는 현장타설철근콘크리트관거 등의 경우에는 내경 5배 이상의 곡률반경으로 접합시키는 것이 바람직하다.

소구경관거가 합류하는 경우의 곡률반경은 보통 맨홀내에 대처되지만 대구경관거가 합류하는 경우의 곡률반경은 특수맨홀 또는 현장타설철근콘크리트관거를 설치해야만 부착되는 경우가 많다. 또한 관거가 단순히 곡절(曲切)하는 경우도 이와 같은 사항을 고려할 필요가 있다(〔그림 2.5.5〕 참조).

또한 반대방향의 관거가 곡절하는 경우나 관거가 예각으로 곡절하는 경우의 접합도 이와 같은 사항을 고려하며, 이상적으로는 2단계로 곡절하는 것이 바람직하다(〔그림 2.5.6〕 참조).



[그림 2.5.5] 관거가 합류할 때의 중심교각과 곡률반경



[그림 2.5.6] 관거가 곡절하는 경우

2.5.2 관거의 연결

- (1) 관거의 연결은 수밀성 및 내구성이 있는 것으로 한다.
- (2) 연약지반 등에서 관거와 맨홀 등이 강성이 높은 구조물과 접속하는 경우에는 필요에 따라 연성연결을 사용한다.

【해설】

(1)에 대해서

관거는 다른 매설물에 비하여 매설깊이가 깊은 경우가 많다. 그러므로 지하수 수위가 높고 연결이 불완전한 경우에는 지하수가 다량으로 관거내에 침입한다. 따라서 펌프배수의 경우는 펌프의 증설을 필요로 하게 되고, 배수경비를 증가시키는 결과를 낳게 된다. 또한 지하수의 침입은 관거용량의 부족 및 여유의 감소를 초래하여 관거기능에 예상치 못했던 지장을 줄 뿐만 아니라 처리장 기능을 저하시킬 우려가 있으므로 충분한 주의가 필요하다. 특히, 지하수 수위가 높은 곳에서는 연결이 불완전하고 연결이 불량한 부분으로 지하수가 관거내에 침입하면서 관거주위의 지반을 불안정하게 하거나 토사를 끌어들이어 관거내에 쌓이게 하고 때로는 부등침하, 노면함몰, 다른 지하매설물 등에 피해를 주는 경우가 있다.

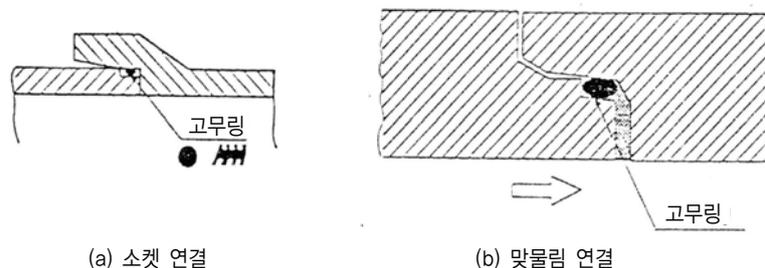
이 때문에 연결은 기초공사와 함께 토질 및 지하수수위를 고려하여 가장 적합한 방법을 선택하고, 시공상에 있어서도 관중 및 연결구조에 따라 정확하고 면밀한 연결을 하여 항상 수밀성이 있는 동시에 내구성이 있는 것이어야 하며 수밀성 시험을 하도록 한다.

1) 연결방법의 종류

연결방법은 다양하여 여러 종류가 있으나 일반적으로 사용되고 있는 연결방법중 그 대표적인 것의 특징은 다음과 같다.

① 소켓(socket)연결

시공이 쉽고 고무링이나 압축조인트를 사용하는 경우에는 배수가 곤란한 곳에서도 시공이 가능하며, 수밀성도 높다. 소켓용 관거의 운반시에는 소켓이 파손될 우려가 있으므로 주의가 요구된다. 종래에는 연결부를 모르터로 충전하였으나 수중연결이 곤란하고 시공상 숙련을 필요로 하기 때문에 최근에는 모르터 대신에 고무링이나 합성수지제의 패키징을 사용한 압축조인트가 채용되고 있어 시공성, 수밀성 및 내구성이 향상되고 있다([그림 2.5.7] (a) 참조). 또한, 소켓부분에 플라스틱부착 등으로 소켓고무링 접합의 효율성을 도모하기도 한다.



[그림 2.5.7] 소켓 및 맞물림 연결

② 맞물림(butt)연결(고무링 사용)

중구경 및 대구경의 시공이 쉽고 배수가 곤란한 곳에서도 시공이 가능하다. 수밀성도 있지만 연결부의 관두께가 얇기 때문에 연결부가 약하고 연결시에 고무링이 이동하거나 꼬여서 벗겨지기 쉽고, 연결부에도 이것이 원인으로 누수 되는 수가 있다(〔그림 2.5.7〕 (b) 참조).

③ 맞대기연결(수밀밴드 사용)

흡관의 칼라연결을 대체하는 방법으로서 수밀성이 향상된 수밀밴드 등을 사용하여 시공한다.

2) 충전재

관거연결부의 수밀성을 유지하기 위해 연결에 충전하는 재료는 고착성, 지수성 및 내구성이 뛰어나고 시공성이 좋은 것을 사용한다.

일반적으로 보통 모르타가 사용되어 왔으나 강성이 있고 수축하기 쉬우며 균열이 일어나기 쉽다는 단점이 있으므로 콤포모르터(compomortar, 시멘트와 물의 비율 1:2)로 하여 수밀성을 높일 수 있다. 충전재는 토질조건 및 지하수위 등을 고려하여 선정해야 한다.

부등침하를 피할 수 없는 지반에서의 충전재로는 연성의 재질이 좋고, 역청계인 것으로는 가열주입형이나 상온주입형을 사용한다. 이외에 두 가지 액을 혼합해서 사용하는 합성수지계의 상온주입형도 있다.

(2)에 대해서

맨홀 등의 구조물과 관거와의 접속부분에 있어서 연결각도, 연결방향, 접합부 친공에 따른 관거파손과 부등침하 등에 의한 편하중에 의해 관거의 손상사고를 일으키는 경우가 있다. 이 같은 경우에는 연성연결의 사용을 고려할 필요가 있다.

검토사항으로는

- ① 내진성을 특히 필요로 하는가의 여부
- ② 택지조성 등의 경우 성토구역 지반의 안정성
- ③ 관거의 중요성 여부 등을 들 수 있다.

대응책으로는 이 같은 경우에 적용이 가능한 다양한 관거 형태의 개발과 더불어 접합부 이상 및 관이음부 불량을 시공단계에서 개선하는 방안이 시급하다.

연성관, 맨홀용 연성연결, 단관의 사용, 유동성 맨홀접속제, 합성수지계 접착충전제 및 수팽창 고무접속제 등이 있으며 그 외에 쉘드공사의 경우 연성세그먼트(segment)의 사용이 있다. 또한, 채택시에는 연성, 수밀성, 내구성, 시공성 및 경제성 등을 종합적으로 검토하여야 한다.

2.6 역사이편(inverted syphon)

역사이편은 다음 사항을 고려하여 정한다.

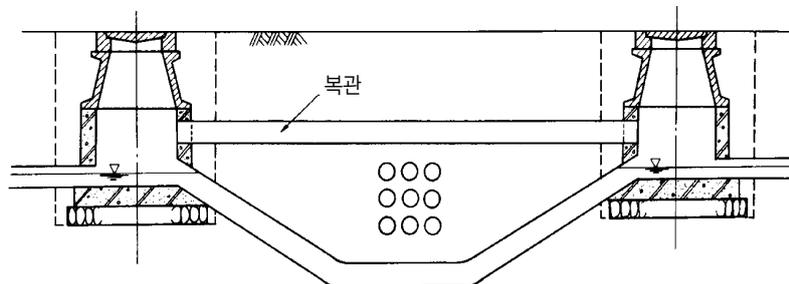
- (1) 역사이편의 구조는 장애물의 양측에 수직으로 역사이편실을 설치하고, 이것을 수평 또는 하류로 하향 경사의 역사이편 관거로 연결한다. 또한 지반의 강약에 따라 말뚝기초 등의 적당한 기초공을 설치한다.
- (2) 역사이편실에는 수문설비 및 깊이 0.5m 정도의 이토실을 설치하고, 역사이편실의 깊이가 5m 이상인 경우에는 중간에 배수펌프를 설치할 수 있는 설치대를 둔다.
- (3) 역사이편 관거는 일반적으로 복수로 하고, 호안, 기타 구조물의 하중 및 그들의 부등침하에 대한 영향을 받지 않도록 한다. 또한 설치위치는 교대, 교각 등의 바로 밑은 피한다.
- (4) 역사이편 관거의 유입구와 유출구는 손실수두를 적게 하기 위하여 종모양(bell mouth)으로 하고, 관거내의 유속은 상류측 관거내의 유속을 20~30% 증가시킨 것으로 한다.
- (5) 역사이편 관거의 횡두께는 계획상고, 계획준설면 또는 현재의 하저최심부로부터 중요도에 따라 1m 이상으로 하며 하천관리자와 협의한다.
- (6) 하천, 철도, 상수도, 가스 및 전선케이블, 통신케이블 등의 매설관 밑을 역사이편으로 횡단하는 경우에는 관리자와 충분히 협의한 후 필요한 방호시설을 한다.
- (7) 하저를 역사이편하는 경우로서 상류에 우수토실이 없을 때에는 역사이편 상류측에 재해방지를 위한 비상 방류관거를 설치하는 것이 좋다.
- (8) 역사이편에는 호안 및 기타 눈에 띄기 쉬운 곳에 표식을 설치하여 역사이편 관거의 크기 및 매설깊이 등을 명확히 표시하는 것이 좋다.

【해설】

하천, 수로, 철도 및 이설이 불가능한 지하매설물의 아래에 하수관을 통과시킬 경우에 역사이편 압력관으로 시공하는 부분을 역사이편이라고 한다. 역사이편은 시공이 곤란할 뿐 아니라, 유지관리상에도 문제가 많다. 따라서 지하매설물 등을 잘 처리하여 가능한 한 피하는 것이 바람직하다. 부득이하게 설치할 경우에는 다음 각 항을 고려할 필요가 있다.

(1)에 대하여

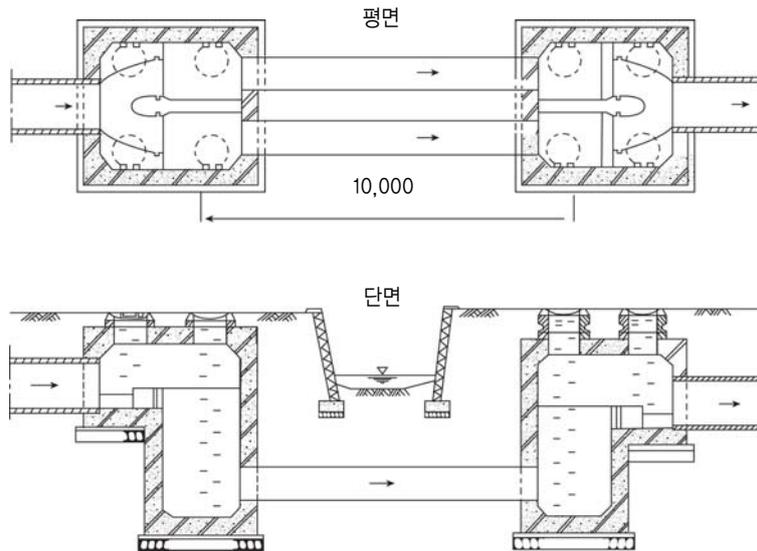
역사이편은 양측에 수직인 역사이편실을 두고 그 사이를 수평 또는 하류가 낮게 되도록 역사이편 관거로 접합한다(그림 2.6.1) 참조).



[그림 2.6.1] 역사이편의 예

또한, 역사이편은 시공후의 점검 및 보수 등이 몹시 곤란하므로 특별히 부등침하가 되지 않도록 지반의 특성에 따라서 적당한 기초공을 시공한다. 역사이편실에 접속하는 상하류측의 유입 및 유출관거의 접속부분도 구조상 약점이 되기 때문에 같은 배려가 필요하다.

소구경관거의 경우에는 역사이편실의 토사, 찌꺼기(scum) 등의 퇴적 및 부상을 없앤다는 점에서 간단한 형상으로 밴드관을 이용한 역사이편 형식을 채용하는 경우도 있다(그림 2.6.2) 참조).



[그림 2.6.2] 밴드관을 이용한 역사이편 형식의 예

(2)에 대하여

역사이편실에는 역사이편 관거내에 토사나 슬러지가 퇴적하는 것을 방지하기 위하여 이토실을 설치한다. 또한 역사이편의 상류측에 별도로 침사실을 설치하는 경우도 있다.

역사이편실이 5m 이상 깊게 되면 배수펌프의 양정을 고려하여 중간에 상판을 설치하여 설치대 또는 작업대 등을 둔다.

(3)에 대하여

역사이편의 설치는 가능한 한 피하는 것이 바람직하나 어쩔 수 없이 설치하는 경우에는 폐쇄시의 대책이나 청소시 하수의 배수대책 등을 고려하여 역사이편 관거는 일반적으로 복수로 한다.

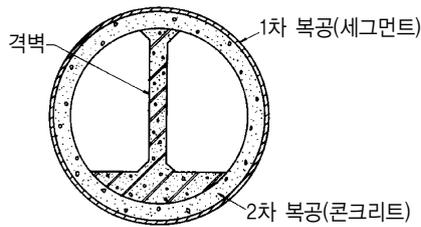
복수로 하는 경우 계획하수량은 복수관으로 유하시키는 것으로 하지만 소구경관거 또는 유지관리상에 특별한 이유가 있을 때에는 1개의 관거를 완전한 예비로서 설계할 수가 있다. 예를 들어 역사이편 관거를 실드(shield)공법으로 시공하는 경우에는 대단면의 역사이편 관거를 우선 매설한 후에 격벽을 설치하여 소정의 단면을 분할하여 복수관으로 하는 경우가 있다. 또한 합류식에서는 청천시 유량이 우천시 유량에 비하여 몹시 적으므로 청천시용과 우천시용을 병렬로 하여 각각의 최소유량시에도 충분한

자체소류력(掃流力)을 유지하도록 하는 경우도 있다([그림 2.6.3] 참조).

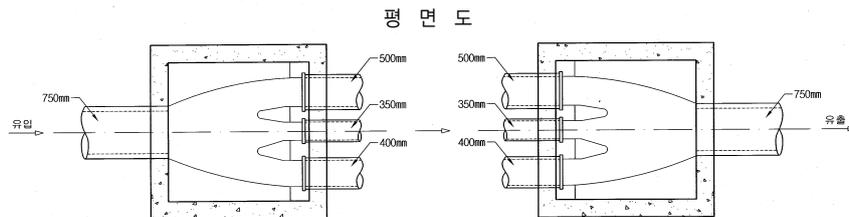
또한, 3개 이상의 역사이편 관거를 각각 다른 높이에 설치하면 관거내 유속을 빠르게 유지할 수 있어 역사이편 관거의 효율적인 유지관리를 할 수 있다([그림 2.6.4] 참조).

교각이나 교대의 부등침하에 의한 영향을 직접 받지 않게 하기 위해서나 유지관리상으로도 그 바로 밑에 역사이편을 설치하는 것은 피해야 한다.

관거 내 격벽을 설치하는 경우



[그림 2.6.3] 실드공법에 의한 역사이편 관거의 복수의 예



[그림 2.6.4] 3개의 관거를 이용한 역사이편의 예

(4)에 대하여

역사이편에서의 손실수두는 식(2.6.1)에 의한다.

$$H = i \cdot L + \beta \cdot \frac{v^2}{2g} + a \dots\dots\dots (2.6.1)$$

- 여기서, H : 역사이편에서의 손실수두(m)
- i : 역사이편 관거내의 유속에 대한 동수경사(분수 또는 소수)
- L : 역사이편 관거의 길이(m)
- v : 역사이편 관거내의 유속(m/s)
- g : 중력가속도(9.8 m/s²)
- a : 3~5 cm
- β : 1.5를 표준으로 한다.

식(2.6.1)의 제2항은 역사이편 관거의 마찰 이외의 손실수두를 간편하게 나타낸 것이다. 통상, 역사

이편실과 역사이편 관거와의 사이의 급확(急擴) 및 급축(急縮)손실을 고려하여 $\beta=1.0+0.5=1.5$ 로 하고 식(2.6.1)에 의해 계산하면 된다. 그러나 역사이편실의 단면이 작을 때, 깊을 때, 복잡한 형상일 경우 등에서 역사이편실 내에서의 손실수두를 무시할 수 없는 경우가 있다. 이 경우에는 실제 급확, 급축, 굴곡 상황을 고려하여 식(2.6.1)에 의하지 않고 계산할 필요가 있다. 또 식(2.6.1)의 α 는 여유량이며, 통상은 30~50 mm로 한다((그림 2.6.5) 참조). 역사이편 관거 내의 유속은 토사, 슬러지 등이 퇴적하는 것을 물의 힘으로 방지하기 위해 단면을 축소하고 상류관거 내의 유속의 20~30% 증가로 한다.

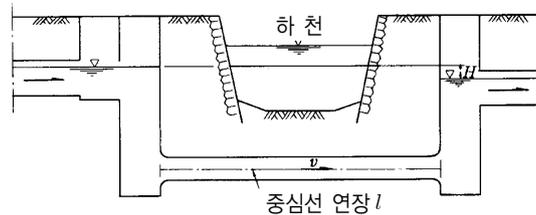
(5)에 대하여

하천부지내에 역사이편을 설치하는 경우에는 하천법에 따라 하천관리자의 허가를 받아야 한다. 설계 및 공법에 대해서는 공사중 혹은 완성후에도 하천의 유지관리상 지장이 있어서는 안되므로 하천관리자와 충분한 협의를 할 필요가 있다.

또한, 역사이편 관거의 흡두께는 역사이편 관거를 보호하기 위하여 계획하상고, 계획준설면 또는 현재의 하저최심부로부터 하천의 상황에 따라 흡두께를 1 m 이상으로 한다. 운하, 항만구역 등에 있어서는 항로준설을 하기도 하므로 충분히 협의할 필요가 있다.

(6)에 대하여

하천, 철도의 밑을 역사이편으로 횡단하는 경우에는 관리자와 충분히 협의한 후 방호를 견고하게 하며, 특히 종방향의 보강을 충분히 한다. 또한 상수도, 가스, 전선케이블, 통신케이블 등의 매설관을 횡단하는 경우에는 교차로 인한 사고를 미연에 방지하기 위하여 관리자와 충분히 협의하여 필요한 방호시설을 한다.



[그림 2.6.5] 역사이편의 수위관계

(7)에 대하여

역사이편은 구조상 일반적으로 이물질에 의해 폐쇄되기 쉽고, 또한 토사나 슬러지가 퇴적하기 쉬우므로 상류측에 비상용 또는 재해방지를 위한 방류관거를 설치해 두면 좋다. 특히, 역사이편 관거가 단수 또는 하나일 때 필요하다. 또한 방류관거에는 비상시에 개방되는 수문설비 또는 밸브를 설치할 필요가 있다.

(8)에 대하여

역사이편의 설치장소에 표식을 붙여 역사이편 관거의 크기 및 매설깊이 등을 표시하는 것은 설치후 하천의 개수공사 등에 의해 역사이편 관거가 손상을 받는 것을 방지하기 위함이며, 일반인에게 주의를 환기시키는 동시에 역사이편의 관리도 철저히 할 수가 있다.

2.7 맨홀

2.7.1 맨홀

맨홀은 다음 사항을 고려하여 설치한다.

(1) 배치

- ① 맨홀은 관거의 기점, 방향, 경사 및 관경 등이 변하는 곳, 단차가 발생하는 곳, 관거가 합류하는 곳이나 관거의 유지관리상 필요한 장소에 반드시 설치한다.
- ② 관거 직선부에서는 맨홀의 최대 간격은 600 mm 이하 관에서 최대간격 75 m, 600 mm 초과 1,000 mm 이하에서 100 m, 1,000 mm 초과 1,500 mm 이하에서 150 m, 1,650 mm 이상에서 200 m를 표준으로 하며, 관거 곡선부에서도 현장여건에 따라 곡률반경을 고려하여 맨홀을 설치한다.

(2) 종류 및 구조

맨홀의 종류는 접합관경에 따라 <표 2.7.1> 표준맨홀에 준하며, 지형의 특성, 지하매설물과의 관계 및 관거의 구조 등에 따라 특수한 맨홀을 필요로 하는 경우에는 <표 2.7.2>를 표준으로 한다.

<표 2.7.1> 표준맨홀의 형상별 용도

명 칭	치수 및 형상	용 도
1호맨홀	내경 900 mm 원형	관거의 기점 및 600 mm 이하의 관거 중간지점 또는 내경 400 mm까지의 관거 합류지점
2호맨홀	내경 1,200 mm 원형	내경 900 mm 이하의 관거 중간지점 및 내경 600 mm 이하의 관거 합류지점
3호맨홀	내경 1,500 mm 원형	내경 1,200 mm 이하의 관거 중간지점 및 내경 800 mm 이하의 관거 합류지점
4호맨홀	내경 1,800 mm 원형	내경 1,500 mm 이하의 관거 중간지점 및 내경 900 mm 이하의 관거 합류지점
5호맨홀	내경 2,100 mm 원형	내경 1,800 mm 이하의 관거 중간지점

<표 2.7.2> 특수맨홀의 형상별 용도

명 칭	치수 및 형상	용 도
특1호맨홀	내부치수 600×900 mm 각형	흙두께가 특히 적은 경우, 다른 매설물 등의 관계 등으로 1호맨홀이 설치 안되는 경우
특2호맨홀	내부치수 1,200×1,200 mm 각형	내경 1,000 mm 이하의 관거 중간지점에서 원형맨홀이 설치 안되는 경우
특3호맨홀	내부치수 1,400×1,200 mm 각형	내경 1,200 mm 이하의 관거 중간지점에서 원형맨홀이 설치 안되는 경우
특4호맨홀	내부치수 1,800×1,200 mm 각형	내경 1,500 mm 이하의 관거 중간지점에서 원형맨홀이 설치 안되는 경우
특5호맨홀	내부치수D×1,200 mm 각형(D는내경+인버트 폭)	현장여건상 표준맨홀 및 특1, 2, 3, 4호 맨홀이 설치 안되는 경우에 600 mm 이상의 홑관에 적용
현장타설 관거용 맨홀	내경 900, 1,200 mm 원형	직사각형거, 말굽형거 및 실드(shield)공법에 의한 하수관거의 중간 지점
부관붙임 맨홀		관거의 단차가 0.6 m 이상인 경우

【해설】

(1)에 대하여

[그림 2.7.1]에 나타난 맨홀은 관거내의 점검, 청소 및 장애물의 제거, 보수를 위한 기계 및 사람의 출입을 가능하게 하고, 악취, 부패성 가스의 환기 등을 위해 필요할 뿐만 아니라 관거의 접합을 위해

반드시 설치하며, 맨홀의 설치장소 및 간격은 유지관리의 편리성이 우선적으로 고려되어야 한다. 관거의 직선부에서도 되도록 많이 설치하는 것이 유지관리상 용이하지만 이로 인한 공사비용의 증가와 시공상의 어려움이 많으며, 분류식의 오수관거의 경우는 우천시에 맨홀뚜껑의 구멍 등을 통해 우수가 유입하는 등의 문제도 있으므로 직선부 관거에서는 관경별 최대간격으로 하는 것이 바람직하다. 관거의 곡선부에서 곡률반경이 60m~120m인 연속적인 곡선부 구간에는 곡률반경과 비례하여 맨홀의 설치간격을 조정하되 관종별 연결부의 움직임을 고려한다. 단, 곡률반경이 120m이상 되는 구간에서는 직선부와 동일한 기준으로 적용한다. 또한 곡률반경이 60m이내의 구간에서는 유연성 재질의 관종을 고려할 수 있으며, 반향곡선 구간에서는 불가피한 경우를 제외하고 양 곡선의 접점에 맨홀을 설치하는 것을 원칙으로 한다. 대구경 관거 또는 직사각형거 등의 현장타설관거의 경우도 이에 준하나 현장의 상황 등에 따라 적당한 간격을 둘 수도 있다.

또한 관경이 300 mm 이하이고 청소용 차량이 진입할 수 없는 좁은 도로 및 보행자 전용도로에서의 청소작업 등은 인력으로 하는 경우가 있기 때문에 이 때에는 작업효과를 좋게 하기 위해 특별적으로 맨홀간격을 최대 30 m 정도로 하는 경우도 있다.

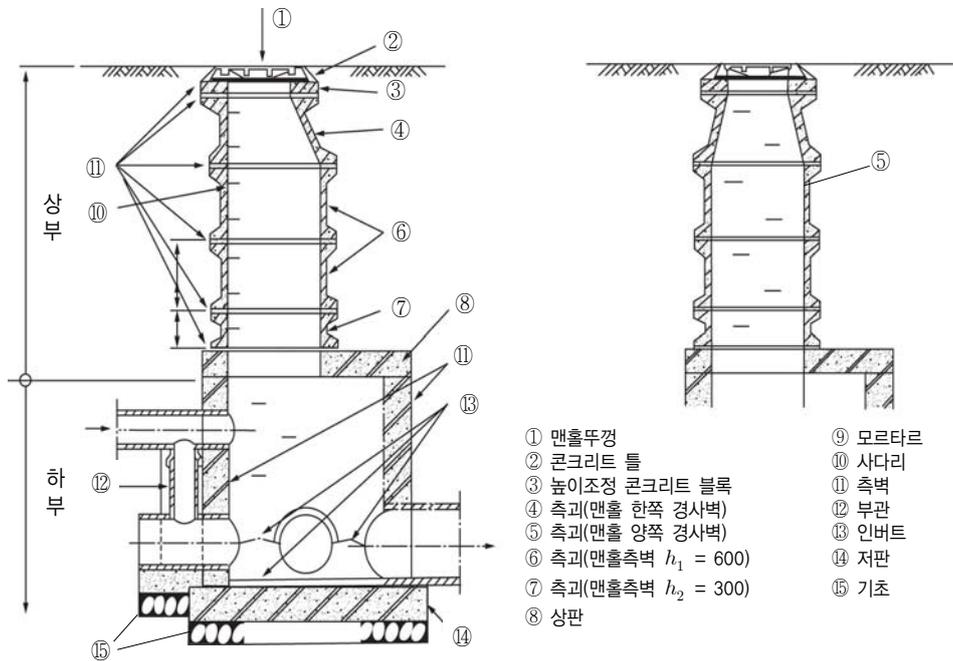
(2)에 대하여

맨홀의 종류는 관경에 따라 <표 2.7.1> 표준맨홀을 기준으로 하며 도시의 실정, 매설물의 관계 및 관거의 구조 등에 따라 특수한 형태를 필요로 할 때는 <표 2.7.2>의 특수맨홀을 기준으로 한다.([그림 2.7.2]~[그림 2.7.12] 참조).

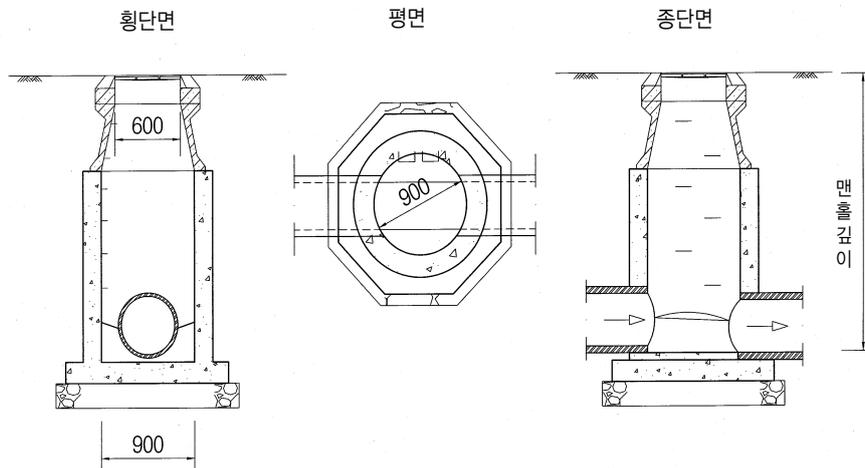
표준맨홀에는 중간맨홀(<표 2.7.3> 참조)과 합류맨홀이 있는데 중간맨홀이란 1개의 유입관과 1개의 유출관이 일직선상으로 위치하는 맨홀이며, 합류맨홀이란 유입관과 유출관이 일직선상으로 위치하지 않거나 2개 이상의 관이 유입되는 형태의 맨홀을 말한다. 한편 합류맨홀은 <표 2.7.4>를 참고로 하여 선정한다.

특수맨홀에는 <표 2.7.2>와 같은 표준적인 것과 역사이편실, 터널암거, 박스암거 및 우수토실 등에 이용되는 특수구조의 것이 있다.

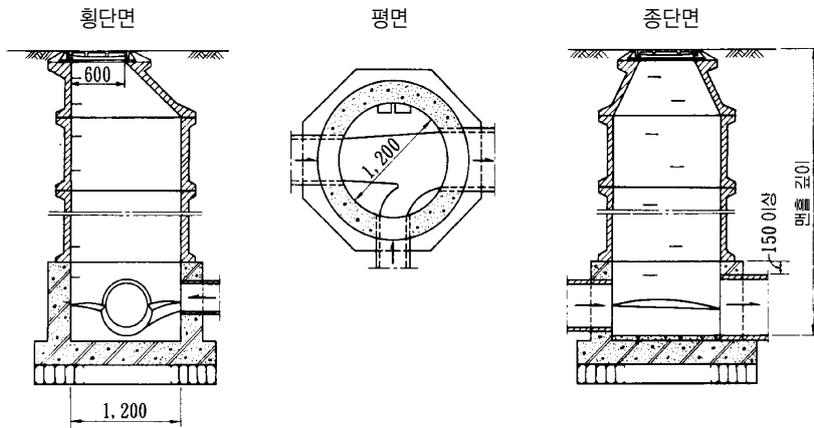
한편, 맨홀의 상판 높이(인버트의 상단~맨홀상판)는 유지관리상 작업원이 서서 작업할 수 있도록 1.8~2.0m 정도로 하는 것이 바람직하나 현장 여건상 불가피한 경우에는 그 이하로 할 수 있으며, 맨홀뚜껑의 노면과의 높이조절은 볼터 및 너트 등으로 해당 높이로 고정후 콘크리트로 타설하여 고정·조절하여야 하며, 우수의 노면배수 및 유입수 방지를 위하여 우수맨홀의 경우 노면보다 낮게 우수맨홀의 경우 노면보다 높게 설치하도록 한다. 저부는 하수의 원활한 유하를 도모하기 위해 관거의 접합이나 합류의 상황에 따라 인버트(invert)를 설치한다. 또한, 지표의 경사가 급하여 단차가 0.6m 이상인 경우에는 유하량에 적합한 부관붙임 맨홀을 고려한다. 부관은 원칙적으로 맨홀 외측에 설치하지만, 시공상 경우에 따라서 맨홀 내측에 설치하는 경우도 있다. 이 경우 유지관리를 고려하여 2호 맨홀 이상을 적용한다.



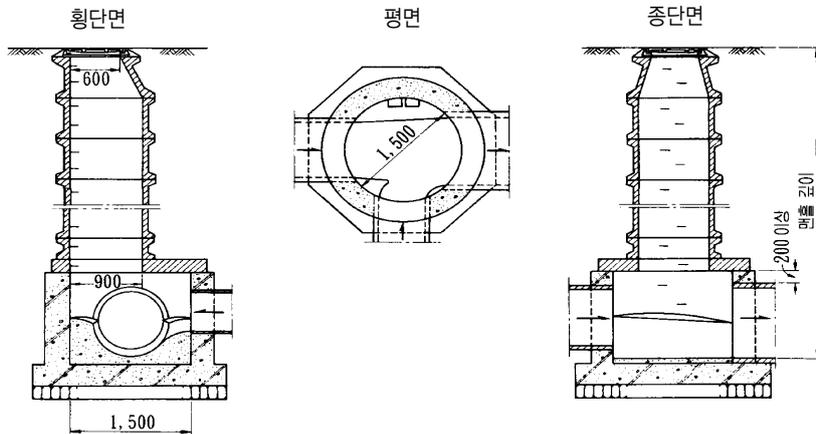
[그림 2.7.1] 맨홀 각부의 명칭



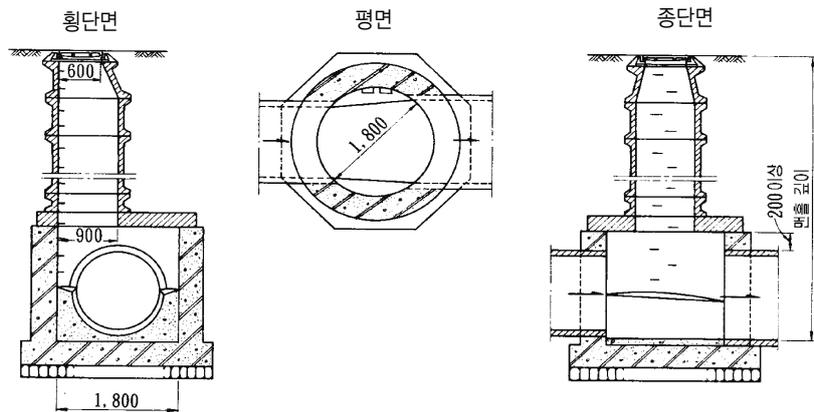
[그림 2.7.2] 1호 맨홀(내경 900mm) 구조표준도



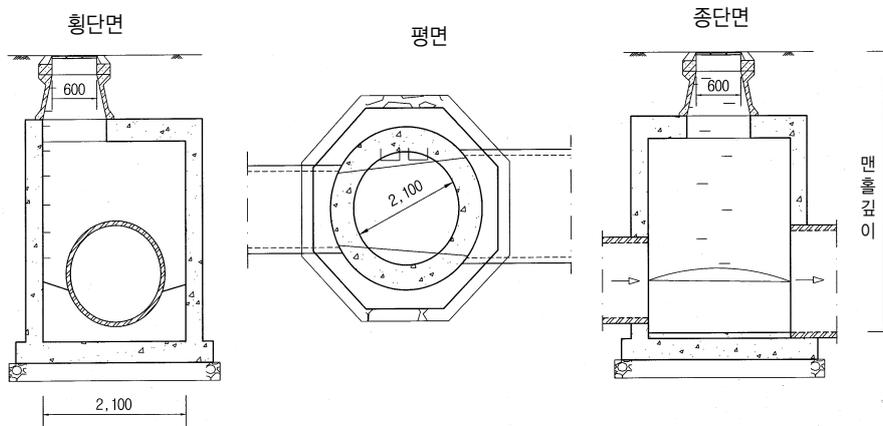
[그림 2.7.3] 2호 맨홀(내경 1,200mm) 구조표준도



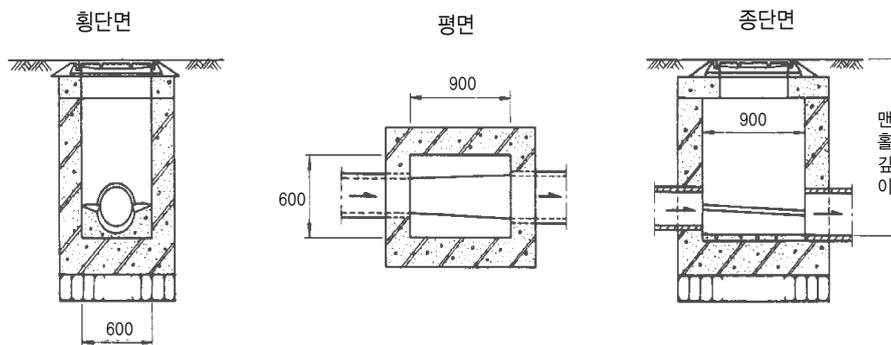
[그림 2.7.4] 3호 맨홀(내경 1,500mm) 구조표준도



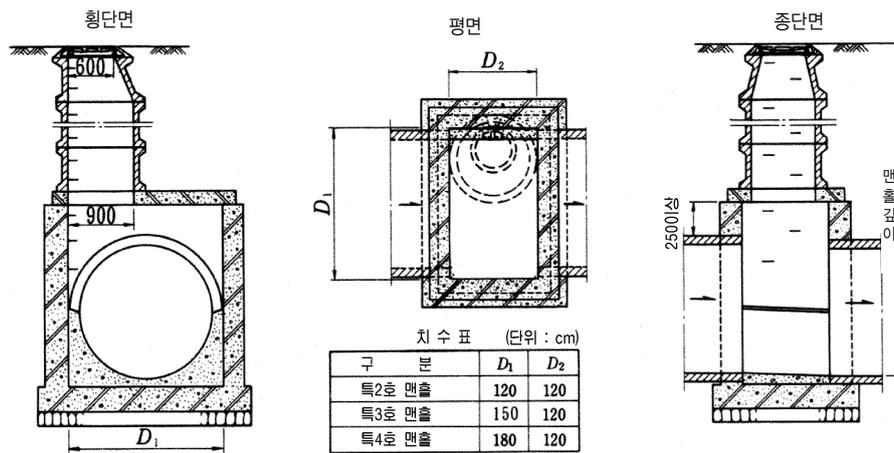
[그림 2.7.5] 4호 맨홀(내경 1,800mm) 구조표준도



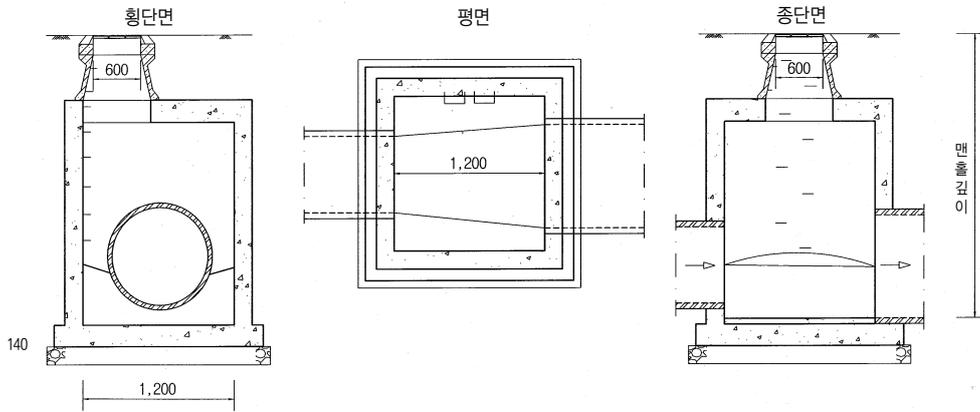
[그림 2.7.6] 5호 맨홀(내경 2,100mm) 구조표준도



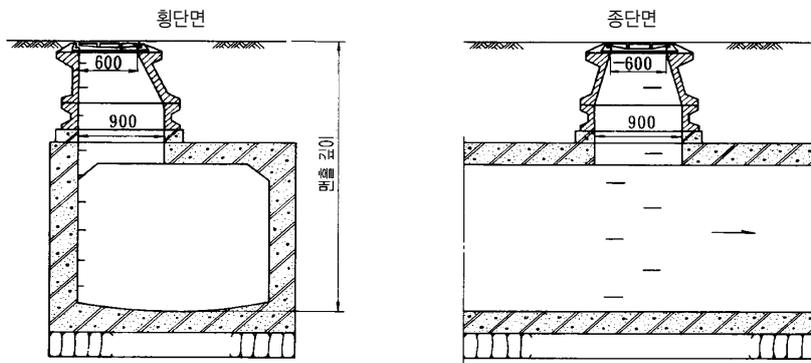
[그림 2.7.7] 특 1호 맨홀(내부치수 600×900mm) 구조표준도



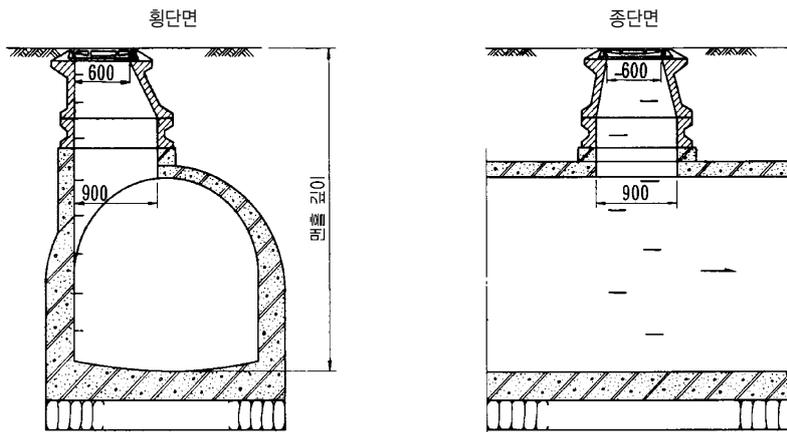
[그림 2.7.8] 특 2~4호 맨홀 구조표준도



[그림 2.7.9] 특 5호 맨홀 구조표준도

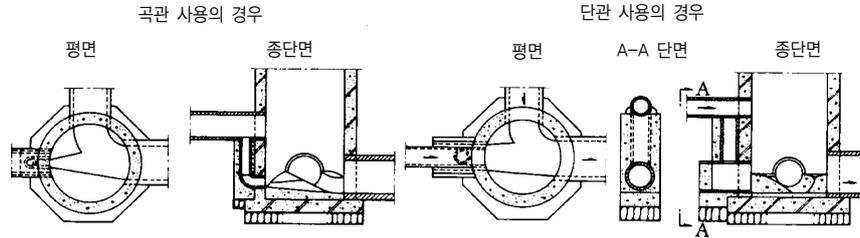


[그림 2.7.10] 현장타설관거(직사각형거)용 맨홀(내경 900mm, 1,200mm) 구조표준도

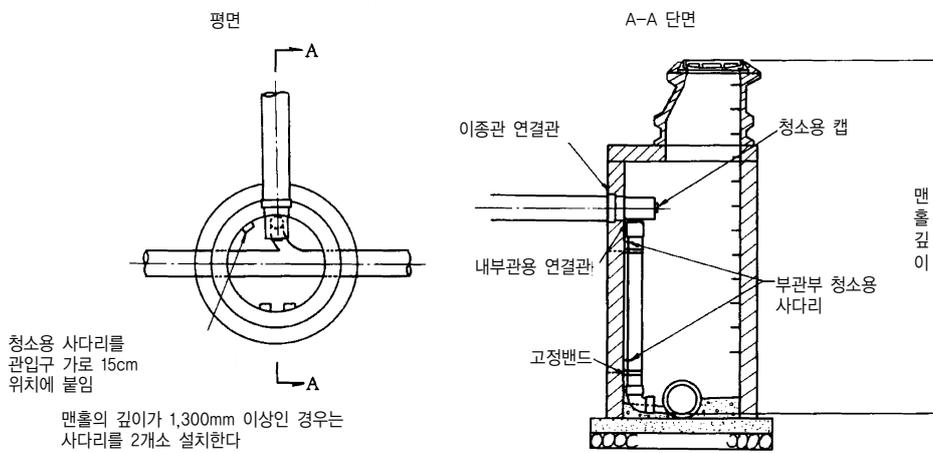


[그림 2.7.11] 현장타설관거(말굽형거)용 맨홀(내경 900mm, 1,200mm) 구조표준도

(1) 외부관 설치구조



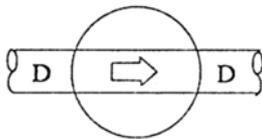
(2) 내부관 설치구조



[그림 2.7.12] 부관붙임맨홀 구조표준도

〈표 2.7.3〉 중간맨홀

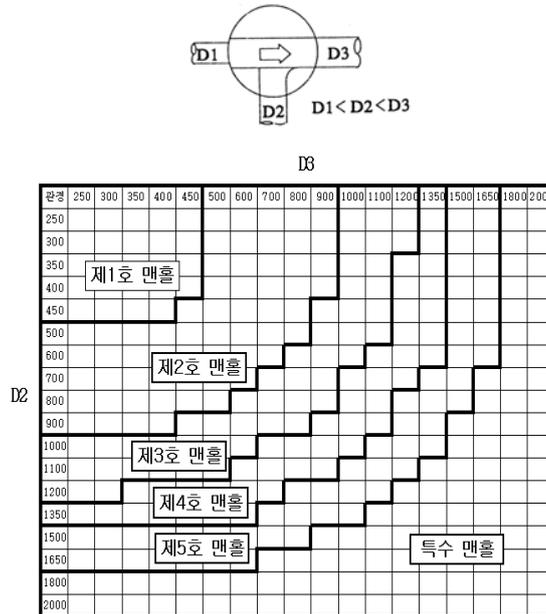
관의 내경(mm)	명칭	치수 및 형상
내경 ≤ 600	제1호 맨홀	내경 900mm 원형
600 < 내경 ≤ 900	제2호 맨홀	내경 1,200mm 원형
900 < 내경 ≤ 1,200	제3호 맨홀	내경 1,500mm 원형
1,200 < 내경 ≤ 1,500	제4호 맨홀	내경 1,800mm 원형
1,500 < 내경 ≤ 1,800	제5호 맨홀	내경 2,100mm 원형



또한, 고낙차 접합에는 드롭샤프트(drop shaft) 방식의 맨홀을 사용하기도 한다. 분류식 하수도 우수관거용 맨홀에는 부관을 사용치 않은 것이 통례이다.

맨홀은 종래부터 맨홀 전체를 현장타설하는 방법과 하부는 현장타설, 상부는 블록(block)쌓기로 하는 방법이 이용되고 있으나 시공을 간편하게 하고 공사기간을 단축시키기 위하여 전체를 프리캐스트로 하는 것이 바람직하나 이때에는 [그림 2.11.15]의 예와 같은 맨홀과 본관부의 충분한 수밀구조를 고려하여야 한다.

〈표 2.7.4〉 합류맨홀의 선정표



2.7.2 맨홀부속물

맨홀부속물은 다음 사항을 고려하여 설치한다.

(1) 인버트(invert)

- ① 인버트는 하류관거의 관경 및 경사와 동일하게 한다.
- ② 인버트의 발디딤부는 10~20%의 횡단경사를 둔다.
- ③ 인버트의 폭은 하류측 폭을 상류까지 같은 넓이로 연장한다.
- ④ 상류관과 인버트 저부는 3~10 cm 정도의 단차를 두는 것이 바람직하다.

(2) 발디딤부

- ① 발디딤부는 부식이 발생하지 않는 재질을 사용한다.
- ② 발디딤부는 이용하기에 편리하도록 설치하여야 한다.

(3) 맨홀뚜껑

맨홀뚜껑은 유지관리의 편리성 및 안전성을 고려하여 설치한다.

【해설】

(1)에 대하여

유지관리를 위해 작업원이 작업을 할 때 맨홀내에 퇴적물이 쌓이게 되면 상당히 불편하고 하수가 원활하게 흐르지 못하며 부패시 악취를 발생시킨다. 이를 방지하기 위해서는 바닥에 인버트를 설치하여 하수의 흐름을 원활히 하고 유지관리가 편리하도록 하는 것이 필요하다(〔그림 2.7.1〕 참조). 인버트의 종단경사는 하류관거의 경사와 동일하게 하며 상류관거의 저부와 인버트 저부에는 일정한 낙차를 두어야 하는데 이는 인버트의 재질변화에 따른 조도계수의 증가와 하수의 수위가 인버트 높이 위로 흐를때

발생하는 수두손실을 감안한 것으로 중간맨홀에서는 3 cm 정도, 합류맨홀에서는 3~10 cm 정도로 단차를 두는 것이 바람직하며, 상습침수지역의 우수관거 수리계산시 합류 및 맨홀 등에 의한 미소 손실 수두를 감안하여 여유고를 고려하여야 한다.

(2)에 대하여

발디딤부는 맨홀내부로 출입을 위해 만든 시설로서 편리성과 안전성이 충분히 고려되어야 하며, 유지관리시 안전 등을 위하여 하수흐름방향과 직각이 되도록 한다. 그리고 부식이 발생하지 않도록 피복하거나 내식성 재질을 선택하여 견고하게 고정될 수 있도록 부착시켜야 한다.

또한, 깊은 특수맨홀은 유지관리자의 안전성을 고려하여 사다리를 이용하고 3~5 m마다 중간슬라브를 설치하기도 한다.

(3)에 대하여

맨홀뚜껑은 작업원의 출입, 기구 및 장비 등의 반입을 위해 설치되며 상부슬라브에서 도로외쪽(인도 쪽)으로 위치토록 한다. 재질은 KS규격의 탄소강과 주철제가 있다. 우수관의 맨홀뚜껑은 밀폐식으로 하고, 필요한 곳에서는 악취 및 폭발성 기체를 방출할 수 있는 구조가 되도록 하되 악취 등 2차적인 오염이 없도록 한다. 맨홀뚜껑의 형상은 일반적으로 원형(내경 64.8 cm, 76.6 cm)을 사용하며, 특수한 경우에는 직사각형이 사용된다. 그러나 최근 도로의 미관을 좋게 하기 위해 다양한 맨홀뚜껑이 개발 보급되고 있으며, 보도측에도 주철제 맨홀을 설치하는 도시가 증가하고 있으므로 구조적 안전성과 경제성을 함께 고려한다. 또한 방류수면의 수위가 높아져 관거가 압력관이 되는 장소나 고수부지의 차집관거와 같이 지하수위가 높거나 범람 등으로 인해 관거내로 침입수가 유입될 우려가 있는 지역에서는 압력뚜껑을 사용하고 환기시설을 설치한다. 한편 도로상에는 많은 종류의 맨홀이 설치되므로 하수도용 맨홀임을 알 수 있는 표기를 한다.

특히 분류식지역에서의 하수도 맨홀뚜껑에는 오점을 방지하고 유지관리시 착오가 없도록 우·우수맨홀을 명확히 구분할 수 있는 표기를 한다. 또한 모든 공공하수도용 맨홀의 뚜껑에는 유지관리의 책임이 있는 관리단체를 알아 볼 수 있는 고유표식을 나타내야 한다.

또한 분류식 우수 맨홀은 수밀형 뚜껑을 사용한다.

도로상에 설치되는 하수도맨홀뚜껑은 통행차량에 의한 맨홀 뚜껑이탈에 따른 인명사고의 발생을 방지하고 폐기물 불법투기방지를 위해 잠금장치를 설치하는 것이 바람직하다.

2.7.3 소형맨홀

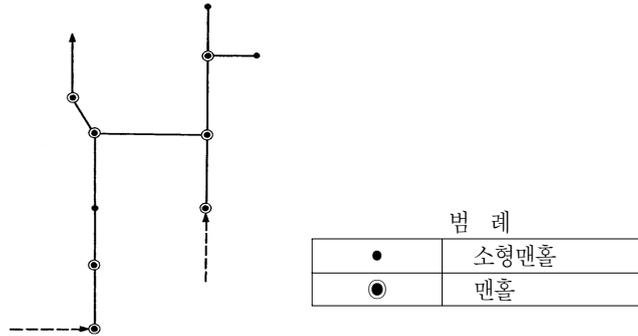
소형맨홀은 협소한 기존의 도로 및 골목길에 장비투입이 어렵고 기존지장물이 많아 지장물 이설이 곤란할 경우에 설치한다.

(1) 소형맨홀은 일반적으로 내경치수에 따라 용도별로 분류된다.

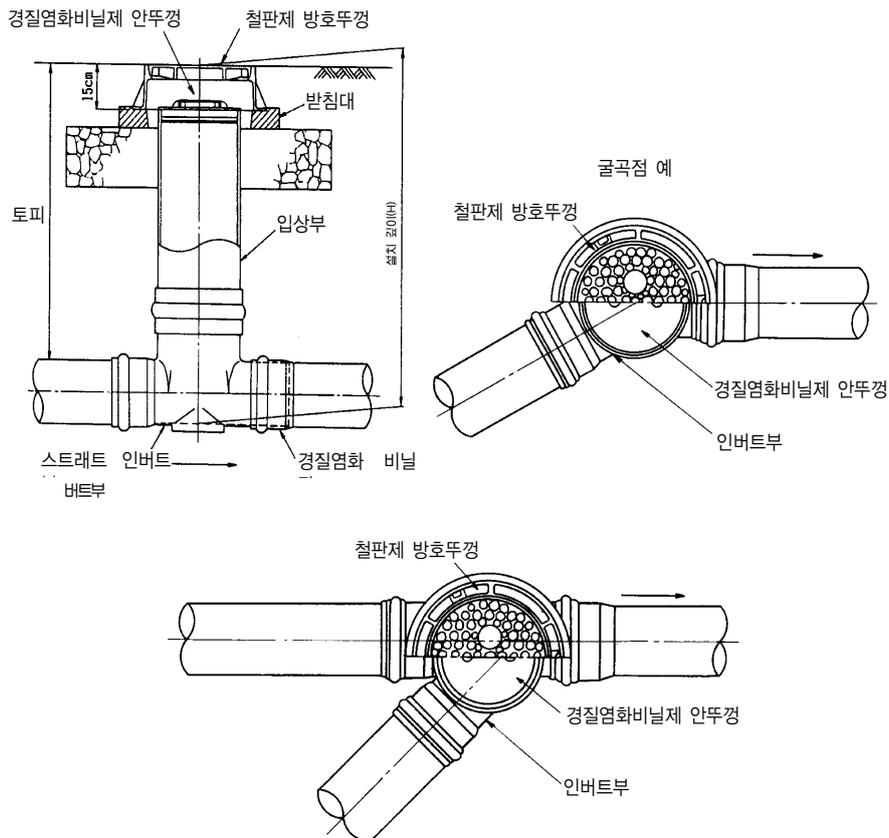
(2) 소형맨홀의 구성 및 기능은 표준맨홀을 준용한다.

【해설】

소형맨홀은 기존의 협소도로 등에서 시공 폭원이 마련되지 않고 대형 기계에 의한 시공이 곤란한 지역이나 지하매설물이 폭주하고 지장물 이설이 곤란한 경우 등에 설치되었는데, 최근에는 유지관리 기구의 소형화 등과 함께 비용 감축 시책으로 장래 연장이 예상되지 않는 관거 기점이나 중간점 등에 소형맨홀(〔그림 2.7.13〕~〔그림 2.7.16〕 참조)의 채용이 많아지고 있다.



[그림 2.7.13] 소형맨홀의 설치예



[그림 2.7.14] 하수도용 경질염화비닐 소형맨홀 설치예

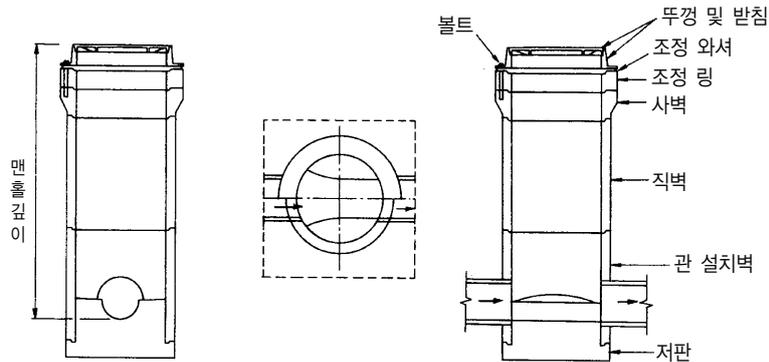
대부분 작업환경이 열악한 지역에 설치되므로 프리캐스트의 콘크리트 및 플라스틱 제품을 많이 사용한다.

(1)에 대하여

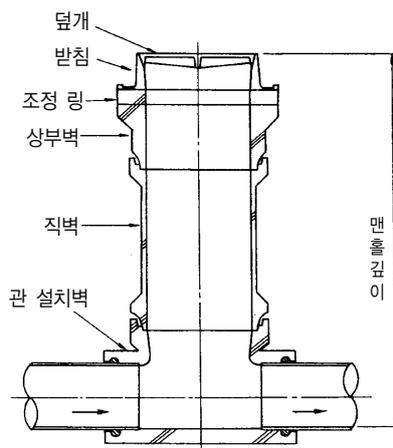
하수도용 소형맨홀의 종류는 환경에 따라 <표 2.7.5>에 따른다.

<표 2.7.5> 하수도용 소형맨홀의 종류

종 류	형상 치수	용 도
소형 1호맨홀	내경 30 cm 원형	내경 150 mm 이하 관거의 기점 및 중간지점 내경 250 mm 이하 경질염화비닐관의 기점
소형 2호맨홀	내경 40 cm 원형	내경 200 mm 이하 관거의 기점 및 중간지점 내경 250 mm 이하 경질염화비닐관의 중간지점
소형 3호맨홀	내경 50 cm 원형	내경 250 mm 이하 관거의 기점 및 중간지점 내경 300 mm 이하 경질염화비닐관의 중간지점
소형 4호맨홀	내경 60 cm 원형	내경 300 mm 이하 관거의 기점 및 중간지점 내경 400 mm 이하 경질염화비닐관의 중간지점



[그림 2.7.15] 하수도용 콘크리트 소형 맨홀 조립예



[그림 2.7.16] 소형레진맨홀 조립예

(2)에 대하여

소형맨홀은 일반적으로 인버트, 벽체, 뚜껑으로 구성되며, 뚜껑은 주철제로 하여야 한다. 이외 소형 맨홀의 구성 및 기능은 표준맨홀에서 제시되는 것을 따르도록 하고, 구조나 강도는 필요시 측면부, 기초부 보강 등을 통하여 이상이 없도록 한다.

2.8 우수조정지

2.8.1 위치

우수조정지는 하류관거 유효능력이 부족한 곳, 하류지역 펌프장 능력이 부족한 곳 및 방류수로 유효능력이 부족한 곳 등에 설치하여 우수유출시에 효과적인 기능을 할 수 있는 용량 및 구조 등으로 한다.

【해설】

우수조정지의 설치에 대해서는 1.5.5에 기술한 사항을 검토한다. 우수조정지는 신시가지와 기존시가지를 불문하고 <표 2.8.1>에 제시한 장소에 설치하여 하수도 및 기타 배수시설을 보완하는 시설로서 배수구역으로부터 유출되는 우수를 일시 저장하여 유량조절을 적절히 할 수 있는 위치, 용량 및 구조 등으로 한다.

〈표 2.8.1〉 우수조정지의 설치 예

	분류식 하수도의 경우	합류식 하수도의 경우
기설관거에 조정지		
펌프장 의 조정지		
방류수 유출 점의 조정지		

2.8.2 구조형식

우수조정지의 구조형식은 댐식(제방높이 15m 미만), 굴착식 및 지하식으로 한다.

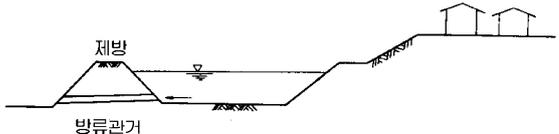
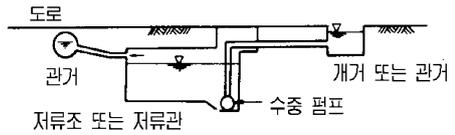
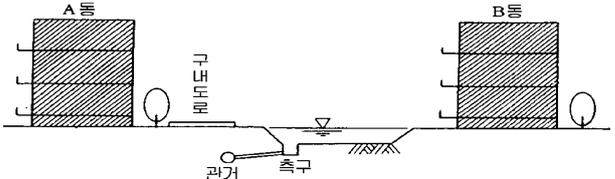
【해설】

우수조정지의 구조형식은 <표 2.8.2>와 같이 댐식, 굴착식 및 지하식 등이 있다.

우수조정지의 구조는 침사와 침전물 제거 등의 유지관리가 용이하도록 하며, 합류식의 우수조정지에서는 환경대책도 고려할 필요가 있다.

또한 현지저류식은 토지의 유효이용 측면에서 좋은 방법이지만 설치장소는 학교교정 및 공원 등이 일반적이므로 유지관리를 포함한 제반사항에 대해서는 설치장소의 관리자와 충분히 협의할 필요가 있다.

<표 2.8.2> 우수조정지의 구조형식 예

구조형식	내 용	방류(조절) 방식
댐 식 (제방높이 15m 미만)	<p>흙댐 또는 콘크리트 댐에 의해서 우수를 저류하는 형식이다.</p> 	자연 방류식이 일반적
굴착식	<p>평탄지를 굴착하여 우수를 저류하는 형식이다.</p> 	자연 방류식 펌프배수 게이트조작에 의한 배수
지하식 (관내 저류 포함)	<p>일시적으로 지하의 저류탱크 관거 등에 우수를 저류하고 우수 조정지로서 기능을 갖도록 하는 것이다.</p> 	저류 수심이 크게 되므로 펌프에 의한 배수가 일반적
(참고) 현지 저류식	<p>공원, 교정, 건물, 사이, 지붕 등을 이용하여 우수를 저류하는 시설로서 보통 현지에 내린 비만을 대상으로 하기 때문에 관거의 상류측에 설치한다.</p> 	자연 방류식이 일반적

2.8.3 우수방류방식

우수의 방류방식은 자연유하를 원칙으로 한다.

【해설】

우수조정지로부터의 우수방류방식은 인공조작에 의하지 않는 자연유하가 바람직하다.

굴착식 및 지하식에서는 방류지역 수로와의 수위관계 때문에 자연유하를 하는 것이 곤란한 경우 펌프 또는 수문에 의한 방류방식을 채택할 수 있다.

펌프에 의한 방류방식으로 하는 경우에는 강우유출시에 펌프기능에 지장이 없도록 충분한 유지관리가 필요하다.

2.8.4 계획강우의 확률년수

우수조정지의 조절용량을 정하기 위한 계획강우의 확률년수는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 해당지역에서 하수도의 우수배제계획과의 조정
- (2) 우수조정지의 구조형식에 따른 재해방지에 필요한 안전도

【해설】

우수조정지 계획에서 계획우수량의 확률년수는 1.5.1에 기술한 것처럼 10~30년을 원칙으로 하지만, 최근의 도시의 재개발 및 국지성 집중호우에 대한 방재적인 면을 고려하여 확률년수를 보다 크게 취하는 것이 필요하다. 1.5.5에 기술된 바와 같이 우수배제시설은 관거, 펌프, 저류시설, 토구 등 시스템 전체의 관점에서 고찰하여야 하며, 관거시설의 계획우수량 산정을 위한 확률년수의 상향에 발맞추어 저류지와 유수지를 포함한 우수조정지의 확률년수는 30년 이상으로 함이 바람직하다. 또한 댐식의 우수조정지는 방재상 예외적으로 확률년수를 크게 하는 것이 필요하다. 댐식은 하류에 도시가 형성되어 있고 굴착식에 비해 높은 안전도가 필요하므로 지역의 상황에 따라 확률년수를 30~50년 범위에서 적절한 것으로 한다. 여기서 제시한 범위는 확률년수를 정하는 경우의 대략값이다. 유역 지형으로 인한 집수의 어려움, 주변 토지이용 상황 및 우수조정지 계획수위와 주변 지반고와의 관계 등을 고려하여 적절한 확률년수를 정한다.

2.8.5 유입우수량의 산정

우수조정지에서 각 시간마다의 유입우수량은 장시간 강우자료에 의한 강우강도곡선에서 작성된 연평균 강우량도(hyetograph)를 기초로 하여 산정하는 방법과 빈도별, 지속 시간별 확률강우량에 의한 강우강도식을 산정하여 시설물별 임계지속시간에 대한 유입수문곡선을 구하는 방법 중 적절한 방안을 선택하여 산정한다.

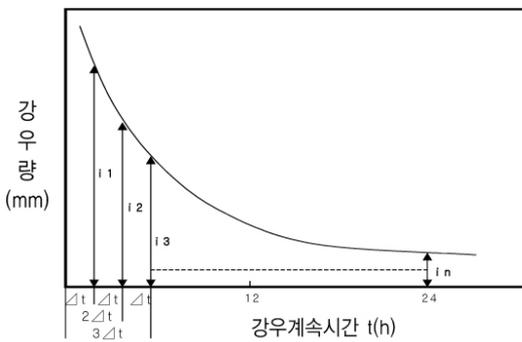
【해설】

- (1) 하수도에서 유입유량을 계산하기 위한 강우강도곡선은 일반적으로 단시간 강우자료(5분, 10분, 20분, 30분, 40분, 60분, 80분, 120분)를 기초로 하여 작성하고 있으나, 우수조정지의 용량

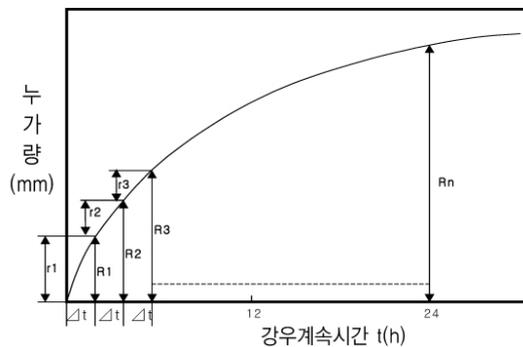
산정에서는 장시간 강우자료(예를 들면 10분, 20분, 30분, 40분, 60분, 2시간, 3시간, 6시간, 12시간, 24시간)를 기초로 하여 작성한다.

(2) 강우강도곡선에서 우수조정지로의 유입우수량, 즉 유입유량도(hydrograph)는 다음 방법에 의하여 구할 수 있다.

- ① 강우량을 Δt 시간으로 [그림 2.8.1]과 같은 강우강도곡선을 구한다.
- ② $R_1 = i_1 \cdot \Delta t$, $R_2 = i_2 \cdot 2\Delta t$, ..., $R_n = i_n \cdot n\Delta t$ 로 하여 [그림 2.8.2]와 같은 누가우량곡선을 구한다.
- ③ $r_1 = R_1$, $r_2 = R_2 - R_1$, ..., $r_n = R_n - R_{n-1}$ 로 해서 [그림 2.8.3]과 같은 연평균강우량도를 구한다.

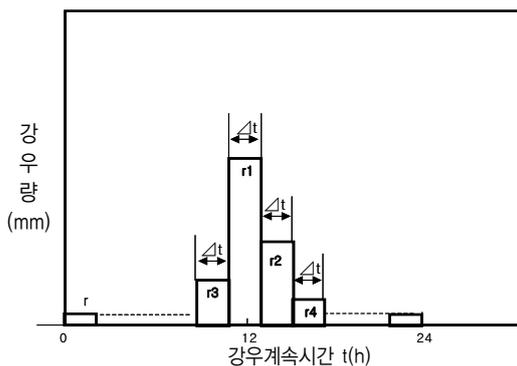


[그림 2.8.1] 강우강도곡선

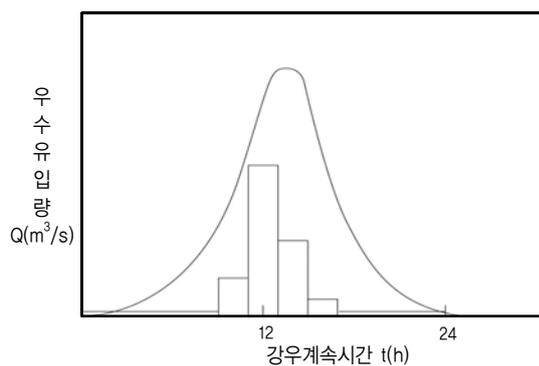


[그림 2.8.2] 누가우량곡선

이 경우 피크(peak) 위치는 계획지점에서 강우실적에 따라 정해야 되지만, 지금까지 통계에 의하면 거의 중앙에 있다는 것이 알려지고 있으며, 또한 피크(peak)위치의 상위는 조절지 용량에 큰 영향이 없다는 점에서도 일반적으로 중앙에 온다고 하여도 지장이 없다고 생각된다.



[그림 2.8.3] 연평균강우량도(hyetograph)



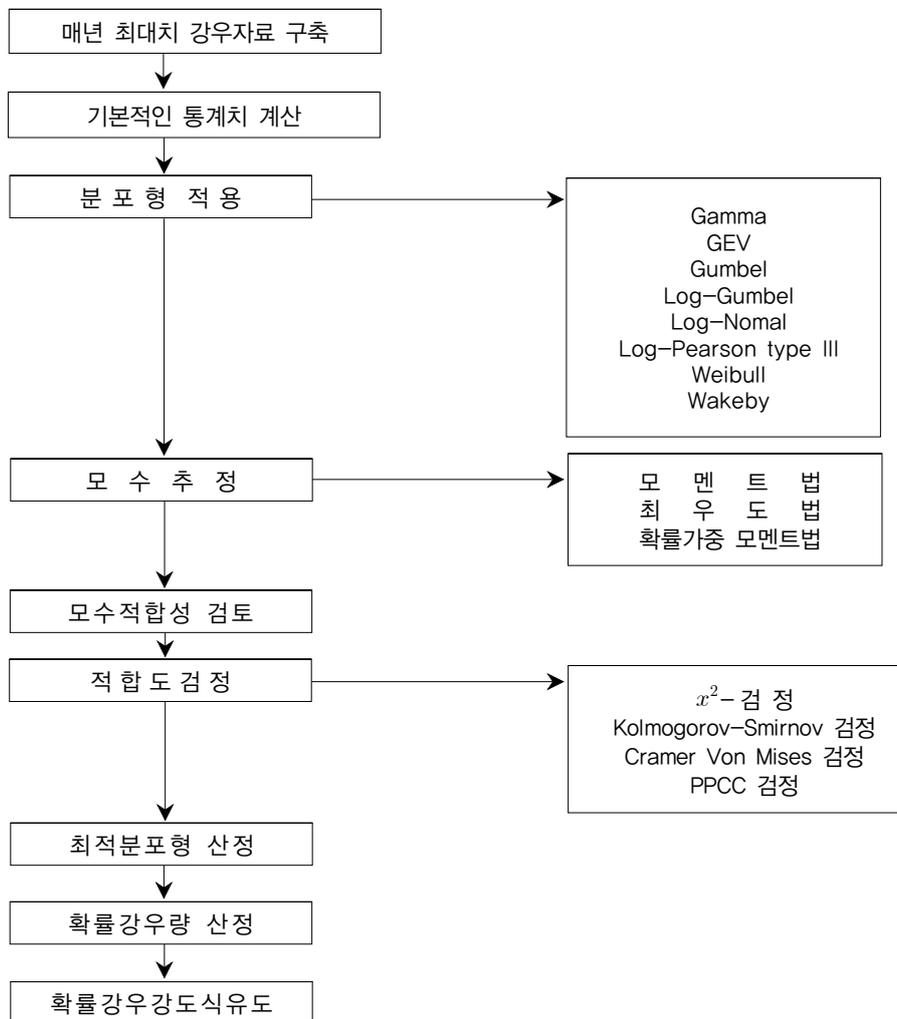
[그림 2.8.4] 유입수문곡선

④ 앞서 기술한 ③에서 구한 연평균강우량도로부터 합리식($Q=CIA/360$)을 사용하여 [그림 2.8.4]와 같은 유입수문곡선을 구한다.

한편, Δt 를 유달시간과 같도록 하면 유입수문곡선의 작성에 편리하며 유출계수의 값은 일반적으로 강우강도, 강우지속시간, 지질특성 및 배수면적 등에 의하여 변화하나, 우수조정지는 장시간 강우에 대한 유출기구임을 고려하여 0.9 정도의 값을 사용하는 예가 많다.

(3) 확률강우량별 강우강도공식을 Talbot, Sherman, Japanese, Semi-log형 등에서 장·단시간으로 구분하여 산정한다.

(4) 강우의 시간 분포는 중앙집중형과 Huff의 4분위법 등을 고려하여 적용하며, 유입우수량 산정은 수정합리식, RRL법, ILLUDAS, SWMM 등의 방법·모델을 통하여 산정하며, 이때 조정지규모가 최대가 되는 강우의 임계지속시간을 고려한다.



[그림 2.8.5] 확률강우량 산정 흐름도

〈표 2.8.3〉 강우강도식 일반형

강우강도식	일반형	비고
Talbot형	$I = \frac{a}{t + b} + C$	여기서, I는 강우강도(mm/hr) t는 강우지속시간(min) a, b, c는 상수
Sherman형	$I = \frac{a}{(t + C)^b}$	
Japanese형	$I = \frac{a}{\sqrt{t + b}} + C$	
Semi-Log형	$I = a + b \cdot \log(t + c)$	

2.8.6 조절용량의 산정

조절용량이란 계획강우에 따라 발생하는 침투유량을 우수조정지로부터 하루로 허용되는 방류량까지 조절하기 위해 필요한 용량으로, 그 산정은 우수조절계산에 따른다.

【해설】

우수조절계산은 연속식으로 하는데 그 기본식은 식(2.8.1)과 같다.

$$\frac{dV}{dt} = Q_i - Q_o \dots\dots\dots (2.8.1)$$

또한 우수저류는 우수조정지에 수평으로 저류하는 것으로 하여 수치계산은 식(2.8.1)의 중앙차분식인 식(2.8.2)에 의한다.

$$V(t + \Delta t) - V(t) = \left[\frac{Q_i(t + \Delta t) + Q_i(t)}{2} - \frac{Q_o(t + \Delta t) + Q_o(t)}{2} \right] \cdot \Delta t \dots\dots\dots (2.8.2)$$

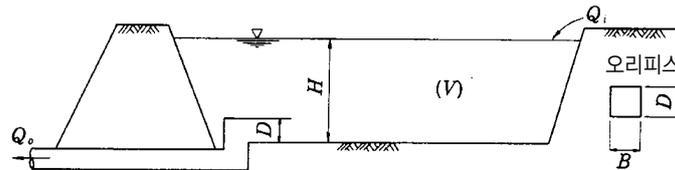
- 여기서, Q_i : 우수조정지로 유입되는 유량(m^3/s)
- Q_o : 우수조정지에서 방류되는 유량(m^3/s)
- V : 우수조정지의 저류량(= $f(H)$, 저류우수의 수심 H 의 관계로부터 주어진다.)(m^3)
- Δt : 계산시간의 길이(유달시간 t_c 또는 $t_c/2$ 정도로 한다.)(s)
- $t, t + \Delta t$: 계산시각을 나타내는 첨자

또, Q_o 는 오리피스에의 형상에 따라 달라지지만 H 의 범위에 따라 식(2.8.3)과 같이 된다(〔그림 2.8.5〕 참조).

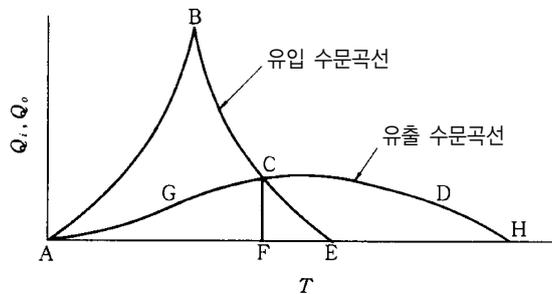
$$\begin{aligned}
 H \leq 1.2D \quad Q_o &= (1.7 \sim 1.8)B \cdot H^{3/2} \\
 H \geq 1.8D \quad Q_o &= C \cdot B \cdot D \left[2g \left(H - \frac{D}{2} \right) \right]^{1/2} \dots\dots\dots (2.8.3)
 \end{aligned}$$

$1.2D < H < 1.8D$ $H = 1.2D$ 의 Q_o 와 $H = 1.8D$ 의 Q_o 를 이용한 직선근사값으로 한다.

- 여기서, C : 유량계수로 종모양(bell mouth)이 있는 경우 0.85~0.95, 없는 경우 0.6
 B : 방류오리피스의 폭(m)
 D : 방류오리피스의 높이(m)
 g : 중력가속도(= 9.8 m/s²)



[그림 2.8.5] 수심과 오리피스와의 관계



[그림 2.8.6] 유입 및 유출수문곡선

따라서 우수조절계산은 H-V곡선(수위-저류량곡선)과 식(2.8.3)에 의한 H-Q₀곡선(수위-방류량곡선)에서 작성된 V-Q₀곡선(저류량-방류량곡선)과 식(2.8.2)를 연립시켜 반복하여 계산한다.

필요한 조절용량은 [그림 2.8.6]에 나타난 것과 같이 하류에서 허용되는 방류량이 CF일 때, 유입유량도(hydrograph)의 ABCE에서 방류 오리피스로부터 유출유량도(hydrograph) AGCDH를 초과하는 부분의 면적, 즉 ABCGA의 수량을 저류할 수 있는 용량이 된다.

또한, 우수조절계산에 있어서 연속식으로 수치계산을 할 수 없을 경우에는 필요한 조절용량을 개략적으로 구하기 위해 간이식으로서 식(2.8.4)를 이용한다. 식(2.8.4)는 이미 설치된 하류수로의 유효능력이 비교적 큰 경우에는 조절용량이 크게 되는 경향이 있으므로 조절용량 및 방류 오리피스 크기를 개략적으로 검토하기 위해 사용된다.

$$V_t = 60 \left(r_i - \frac{r_c}{2} \right) \cdot \frac{t_i \cdot f \cdot A}{360} \dots\dots\dots (2.8.4)$$

- 여기서, V_t : 필요한 조절용량(m³)
 r_i : 강우강도곡선상의 t_i에 대응하는 강우강도(mm/h)

r_c : 하류로 허용되는 방류량 Q_c 에 상당하는 강우강도($= \frac{360 Q_c}{f \cdot A}$)(mm/h)

t_i : 임의의 강우지속시간(min)

A : 유역면적(ha)

f : 유출계수

i : 지속시간을 표시하는 첨자

또한, 펌프에 의한 배수의 경우에는 펌프의 배수능력이 r_c 이면 식(2.8.4)의 $r_c/2$ 를 r_c 로 치환하여 계산한다.

2.8.7 방류관거

방류관거는 가능하면 자연유하로 하며, 현지 여건 및 경제성을 고려하여 압송으로 할 수도 있다.

【해설】

- (1) 방류관거는 계획방류량을 안전하게 방류시켜야 한다.
- (2) 배수구의 전면에는 부유물 등으로 인한 폐쇄를 방지하기 위하여 스크린을 설치한다.

2.8.8 퇴사량

우수조정지에서의 퇴사량은 토지이용, 지형, 지질 및 유지관리방법 등을 고려하여 정한다.

【해설】

우수조정지의 퇴사량은 배수구역의 상황에 따라 다르지만 신시가지의 토지조성 완료후의 퇴사량은 현재까지의 경험에 비추어 보통 $1.5 \text{ m}^3/\text{ha} \cdot \text{yr}$ 정도이다. 또한 택지조성공사기간 중의 퇴사량은 별도 시설에 따라 조치하는 경우를 제외하고는 $150 \text{ m}^3/\text{ha} \cdot \text{yr}$ (실적은 $70 \sim 240 \text{ m}^3/\text{ha} \cdot \text{yr}$)을 표준으로 하며, 계획퇴사년수는 1년 이하가 되지 않는 것으로 한다.

2.8.9 여수토구

여수토구(餘水吐口)는 다음 사항을 고려하여 정한다.
(1) 여수토구는 확률년수 100년 강우의 최대우수유출량의 1.44배 이상의 유량을 방류시킬 수 있는 것으로 한다.
(2) 계획홍수위는 댐의 천단고(天端高)를 초과하여서는 안된다.

【해설】

(1)에 대하여

댐의 구조기준에서는 여수토구의 설계유량과 이상홍수량으로 나누어서 정의한다. 설계유량(홍담에서

는 확률년수 100년 강우의 최대우수유출량의 1.2배 이상의 유량)에 대해서는 안전하게 처리할 수가 있고, 이상홍수량(설계유량의 1.2배 이상의 유량)에 대해서는 방류가능한 여수토구를 설계하도록 규정 하며, 바람 또는 지진에 의한 파랑 등을 감안하여 여유고를 가산하여 설계한다. 여기서 취급하는 우수 조정지에서는 댐의 높이 15m 미만의 것임을 고려하여, 확률년수 100년 강우의 최대우수유출량의 1.44(1.2×1.2)배 이상의 유량으로 한 것이다. 또한 하류수로는 원칙적으로 개수로로 한다.

(2)에 대하여

댐의 안전확보를 위하여 댐 본체의 월류는 이상 우천시에서도 절대로 방지할 필요가 있기 때문에 (1)항의 소통능력을 갖는 여수토구를 설치한다.

2.9 합류식하수도 우천시 방류부하량 저감시설

2.9.1 방류부하량 산정

합류식하수도 시스템의 우천시 방류부하량은 다음의 단계적 방법을 통해 정확히 산정함을 원칙으로 한다.

- (1) 대상처리구역의 유역특성 및 관거특성 조사
- (2) 처리구역의 방류량 및 방류수역의 수질조사
- (3) 방류량 및 방류부하량 산정
- (4) 모델링을 통한 검토

【해설】

합류식하수도 시스템의 우천시 오염 방류부하량 제어 목적은 대상 합류식하수도 처리구역에서 배출 되는 총오염부하량(월류수+처리장 우천시 하수처리수의 합)으로부터 야기되는 수질오염을 실효적으로 감소시켜 실질적인 수계 수질개선을 달성하는 비용-효과적인 저감(처리)방법을 도출·실행하는데 있다 (1.10.2 참조). 이를 위해서는 먼저 정확한 우천시 방류부하량 산정이 매우 중요하며, 이 과정에서 모니터링과 모델링이 필수적으로 요구된다. 특히, 미국 EPA에서는 합류식하수도월류수(CSO) 제어를 위한 모니터링과 모델링의 중요성과 효용성을 다음과 같이 제시하고 있다.

- ① 강우에 의한 합류식하수도의 수리학적 특성파악
- ② 월류수량과 오염물질의 농도 및 부하 산정
- ③ 월류수가 방류수역 수질에 미치는 영향평가
- ④ 모델의 입력자료와 보정과 검증에 필요한 데이터 제공
- ⑤ 수질기준의 달성여부를 평가하고 조정하기 위한 기초자료 제공
- ⑥ 단기최소요구충족 저감대책(NMC)시행의 효과 평가
- ⑦ 장기적인 CSO 저감 방법의 평가 및 선택

<1.10.3 우천시 방류부하량의 저감계획>에서는 우천시 방류부하량의 단계별 저감계획을 수립하기

위하여 합류식하수도에서 발생하는 우천시 방류부하(월류수+처리장 우천시 하수처리수 방류부하) 발생량을 모니터링을 통해 조사 및 산정하도록 하였으며, 모델링을 통하여 유역의 물질수지를 완성하여 방류부하량의 저감목표를 설정하도록 하였다. 이에 우천시 방류부하량은 다음의 사항을 고려하여 단계적으로 정확히 산정한다.

(1)에 대하여

대상구역의 유역특성 및 관거특성에 대한 기존자료의 조사 및 현장조사를 충분히 실시한다. 이를 통해 분석 대상지역의 합류식하수도 구조를 명확히 파악한다. 조사된 각종 정보를 이용하여 합류식하수도 유역을 분할하고, 대상지역의 수문학적 강우분석을 시행하며, 월류수 발생 토구의 위치, 하수처리시설의 우천시 하수처리수 방류위치와 방류량 등을 파악하고, 초기 수리학적 분석을 시행한다.

(2)에 대하여

모니터링은 방류부하의 현황을 조사하여 저감 대책의 효과검증과 공공수역의 영향을 파악하기 위하여 수행한다. 대상구역의 우천시 총 방류량(월류수량+처리장 우천시 하수처리수량)을 파악하기 위하여, 기존의 유량 및 수질자료를 통하여 방류수량 및 오염물질의 종류를 파악하고 현재 방류수역에 미칠 수 있는 다양한 영향인자를 조사한다. 필요에 따라서는 충분한 현장 조사를 통해 시스템적 방류량 및 방류부하량 산정을 위한 자료를 확보한다.

모니터링의 위치 및 방법은 물이용의 실태, 우수토실, 하수처리시설의 우천시 하수처리수의 방류 위치 및 개소 등을 고려하고 공공수역의 수질현황 등에 따라 측정항목, 측정방법, 측정빈도, 측정개소 등을 설정하여 실시한다.

(3)에 대하여

우천시 대상구역의 총 방류량 및 방류부하량의 산정은 월류수량+우천시 하수처리수량을 모두 파악하는 것을 기반으로 하며, 하수처리시설에서 발생하는 우천시 하수처리수량의 측정은 처리장 관리체계상 충분히 가능한 것으로 가정한다. 따라서 우수토실(토구) 및 펌프장에서 파악하는 월류량 및 월류부하량의 산정절차만을 중점적으로 검토하면 다음과 같다.



[그림 2.9.1] 월류량 및 월류부하량 산정절차

1) 조사대상과 조사지점수

조사대상은 우수토실에 연결된 배수구역 및 방류수역으로 하며, 조사지점은 처리분구 당 1지점 이상으로 한다.

2) 우수토실의 선정

우천시 합류식하수도월류수의 저감목적인 공공수역의 수질보전을 위한 우천시 총방류부하량의 저감에 있다. 이를 위해서는 우수토실에서 방류되는 월류수의 방류수계에 대한 영향이 큰 배수구역의 조사 및 대책의 수립이 선행되어야 한다. 조사대상으로 하는 우수토실은 예상되는 방류수질, 배수면적이나 토지이용상황 등의 지역특성을 파악한 후에 효과적인 월류수 관리계획의 수립과 조사대상수역의 현안지점에 대한 영향을 고려하여 선정하며, 방류수역에의 영향정도를 고려하여 월류부하량이 큰 우수토실을 우선적으로 선정한다.

3) 방류수역의 선정

방류수역은 관리계획의 책정에 적합하게 설정하는 것이 중요하다. 또한 방류수역에 주요영향수역이 존재하는 경우에는 주요영향수역을 우선적으로 조사대상수역으로서 선정한다.

4) 채수위치의 선정

합류식하수도 월류수의 채수위치는 자연배수구역에서는 우수토실, 펌프배수구는 펌프장내의 차집시설의 맨홀 등이 바람직하다. 방류수역의 채수위치는 퇴적물의 유입이나 흐름이 정체되지 않을 것, 자연적인 흐름을 저해하지 않을 것, 다리위에서의 채수는 원칙적으로 하류측에서 채수할 것, 또한 시가지내의 하천에서는 자동차, 사람 등의 통행에 지장이 없을 것, 제외지에서의 채수는 급격한 유량증가의 위험성이 있으므로 원칙적으로 금지해야 한다.

5) 조사횟수

모니터링은 청천시 조사 및 우수시 조사를 원칙으로 하고 조사횟수는 청천시 조사는 2회, 우천시 조사는 3회 이상을 원칙으로 한다. 우천시 조사에 있어서는 지역의 계절적 특성에 따른 강우특성을 파악하여 조사기간을 고려하도록 한다. 특히 여름철의 조사는 타 계절에 비해 초기유출(first-flush)의 특성이 반영되지 못하는 경우가 있으므로 주의하도록 하며, 각 조사는 필요한 무강우기간을 확인한 후에 행하는 것으로 한다.

6) 채수간격

채수의 개시시기, 종료시기 및 채수시기중의 채수간격에 대하여 합류식하수의 초기유출을 포착하고 우천시 방류수에 의한 방류수역의 영향지속시간을 고려하여 설정한다. 강우에 의하여 유출이 발생하는 시점부터 유량 및 수질조사를 시작하고 강우종료 후에도 강우유출이 종료되는 시점까지 조사하는 것이 바람직하다. 강우초기에는 유량 및 수질변동이 크므로 채수간격을 짧게 유지하고, 강우지속시간이 길어질수록 채수간격을 길게 조절한다.

특히 강우사상 및 유출특성에 따라 초기유출의 발생기간이 다르므로, 초기유출의 발생을 간과하지

않도록 주의해야하며, 초기유출의 특성이 명확히 보이는 강우초기의 채수간격은 5-10분정도로 좁게 유지하도록 한다.

7) 측정항목

측정항목은 합류식하수의 수량, 수질 및 부하량, 방류수역의 영향을 파악할 수 있는 항목으로 한다. 이를 위해 ①강우, ②유량, ③수질, ④기타로 구분된 측정항목을 대상수역 및 대상시설의 상황에 맞게 설정한다.

8) 월류량 및 부하량 산정

월류량과 부하량은 측정된 유량 및 수질 결과를 이용하여 다음과 같이 계산한다. 측정된 강우사상별 강우유출량에 대한 월류량의 관계를 해석하고, 월류량에 대한 오염부하량의 관계를 산정한다. 총월류 오염부하는 유량가중평균농도에 의하여 산정하거나, 유량 및 수질 측정시점의 오염부하량을 시간 적분하여 산정한다.

$$\text{총 월류량}(m^3) = \Sigma(Q \times t) \dots\dots\dots (2.9.1)$$

Q : 월류시점부터 월류종점 사이의 유량

t : 월류 시간간격

$$\begin{aligned} \text{유량가중평균농도}(mg/l) &= \frac{\text{강우사상별총오염물질발생량}(kg)}{\text{강우사상별총강우유출량}(m^3)} \\ &= \frac{\Sigma QC_t}{\Sigma Q_t} \dots\dots\dots (2.9.2) \end{aligned}$$

$$\text{월류오염부하량}(kg) = \text{유량가중평균농도}(mg/l) \times \text{총 월류량}(m^3) \dots\dots\dots (2.9.3)$$

(4)에 대하여

합류식하수도 우천시 방류수의 특성을 조사 및 분석하고, 방류부하의 적절한 관리를 위한 대안을 수립하고 적용하는 대안적 방법의 평가를 위해 모델링을 활용한다. 모델링을 통하여 다양한 강우(event, continuous)사상에 따른 유출특성 및 방류부하량의 해석이 수행되어진다. 산정된 강우유출량, 월류량 및 부하량 자료의 다양한 시나리오 해석을 기반으로 우천시 방류부하량 저감목표의 달성을 위한 여러 가지 저감 대책의 효과를 비교, 평가하고 적용효과를 검증한다.

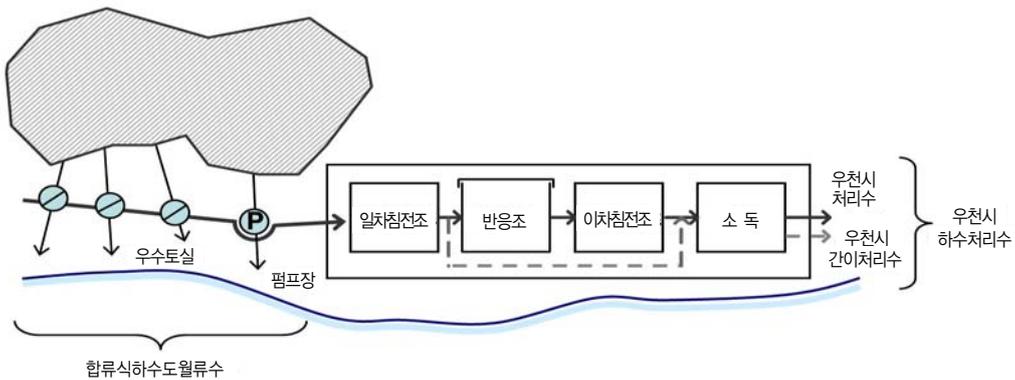
2.9.2 처리방법의 선정

비용·효과적인 대책의 수립을 위해서는 다양한 저감방법들의 유기적인 적용방식을 검토하고 적용대상구역에서 최대한의 효과를 나타낼 수 있는 방법들을 선정한다. 또한 선택된 저감(처리) 방법에 따른 유지관리 대책의 적용성을 충분히 검토해야 한다.

【해설】

(1) 시스템 개요

우천시 합류식 배수구역에서는 ① 우수토실(구) 및 펌프장에서 차집관을 통해 차집되지 않고 방류수역으로 월류되는 월류수인 합류식하수도월류수(CSO)와 ② 처리장에서 하수처리 수준에 따라 처리장 우천시 하수처리수(우천시 간이처리수+우천시 처리수)가 발생할 수 있다(그림 2.9.2 참조). 우천시 간이처리수는 우천시 차집관 수집후 하수처리시설에 유입, 1차처리 후 배출되는 방류수를 말하며, 우천시 처리수는 우천시 차집관 수집후 하수처리시설에 유입, 2차처리 이상을 거친후 배출되는 방류수를 말한다. 기본적으로 우수토실·펌프장에서 발생하는 미처리하수인 월류수와 처리장에서 우천시 하수처리 수준에 따른 방류수가 대상구역 합류식하수도시스템에서 수계에 배출되는 모든 우천시 방류 오염부하량이라 할 수 있다. 따라서 설정된 저감목표를 달성하기 위해서는 앞에서 언급한 두 가지 형태의 우천시 방류수의 균형 잡힌 대책이 요구된다.



[그림 2.9.2] 우천시 합류식하수도 배수구역의 방류수

(2) 오염부하 저감·처리방법의 구분 및 종류

오염부하저감을 위한 개선대책에는 다양한 수단적 방법이 존재하며, 그 효과도 다양하다. 또한 유사한 방법론이라고 하더라도 적용대상지역에 따라 효용성이 다를 수 있으며, 시스템적 조합에 따라 그 대책효과가 달라질 수 있으므로 종합적인 관점에서 최대한의 효과가 보장되는 대책을 구성하여야 한다. 또한, 기존시설의 개량 등에 의한 저비용 대책의 수립, 주민참가·관련 프로젝트와의 연계 등, 비용·효과적 측면과 유지관리 편의성을 고려하여 수립하도록 한다.

개선대책의 선택을 위해서는 물이용 상황, 지역특성 등 도시 실정을 충분히 고려하여 하수도 시스템 전체에 대한 각종대책을 검토하고, 개선효과를 파악하며, 동시에 시설의 설치위치·공간적인 제한 등을 고려한 실현가능성을 파악하는 것이 중요하다. 또한, 하수도 사업전체의 추진상황을 파악하여 기존 시설의 개축·개량, 침수대책 등의 하수도시설의 고도화에 관한 계획과 일치하도록 한다. 또한 동시에 도시재개발사업, 도로정비사업 등과 연계된 종합적인 시책을 전개하여야 한다. 중요영향수역에 대해서

는 토구의 폐지·이동이나 펌프시설에서의 소독 등의 대책을 강화하는 등의 우선적인 대책의 실시를 검토한다.

합류식하수도시스템에서 발생하는 월류수 및 처리장 우천시 하수처리수의 다양한 처리방법은 그 기능과 적용범주에 따라 ① 관거시스템개선, ② 저류시설, ③ 처리기술 등으로 크게 구별할 수 있다.

1) 관거시스템개선방법

관거시스템개선방법은 주로 관거, 펌프장 및 우수지, 우수토실, 토구 등에 적용하여 월류수 및 미처리 하수 오염부하량을 저감하는 방법이다. 관거시스템 개선을 위해서는 관거분류화, 관거퇴적물제어, 협잡물제어, 우수토실개선, 차집관거용량증대, 펌프장 개선, 실시간제어방법 등의 방법을 사용할 수 있다. 이 방식에는 다양한 수준의 기술들을 내포하고 있으며, 비용·효과적인 측면과 시급성 측면에서 가장 우선적으로 검토되어야 한다.

2) 저류시설 활용방식

저류시설 활용방식은 처리장 유입 전 하수관거 시설 내·외에 설치될 수 있는 저류 방식을 통해 오염부하 조절 및 저감을 꾀하는 방식이다. 저류시설은 적용 위치에 따라 크게 지역내저류(on-site storage)와 지역외저류(off-site storage) 방식으로 나눌 수 있으며, 다양한 처리기술과의 연계 조합으로 그 활용성이 증대되고 있다. 합류식하수도월류수 저감을 위한 저류시설은 우수체수지로 일컬어진다.

3) 처리기술

처리기술은 크게 적용 대상 관점에서 하수처리시설 유입 전에 개선을 꾀하는 추가처리방식과 처리장내에서 개선을 꾀하는 우천시하수처리방식으로 나뉘질 수 있으며 다양한 수처리 시설과 밀접히 연관되어 있다.

추가처리방식은 강우시 지표유출수가 관거로 유입되는 지점이나, 관거, 우수토실 및 토구, 저류조 등에 설치하여 물리, 화학, 생물학적 처리과정을 거쳐 월류오염부하를 저감시키는 기술들이다. 이에는 primary clarification, screening, swirl/vortex separators, hydrocyclones, ballasted(microcarrier) sedimentation, chemical coagulation and sedimentation, deep bed filtration, chemical coagulation and filtration 등의 장치 기술들이 있다.

처리장 우천시하수처리 방식은 기본적으로 처리장의 주 공정과 연계하여 차집된 우천시하수 처리의 처리능을 극대화하는 여러 가지 기술들이다. 기술들은 크게 ① 현장저류, ② 처리장 내에서의 유량 재경유, ③ 고효율 처리 프로세스, ④ 1차 처리 또는 2차 처리만의 사용, ⑤ 완전한 2차 처리의 방법 등으로 나눌 수 있다.

한편 앞에서 언급한 다양한 저감 기술들은 지속적인 유지관리 관점에서 연계하여 살펴볼 필요가 있으며, 유지관리기법은 크게 ① 발생원억제, ② 오염원유출예방, ③ 토지관리, ④ 공공홍보 등으로 분류할 수 있다.

1) 발생원 억제

우천시에는 합류식 관거로의 우수유입에 따라 지표면에 퇴적되어 있던 오염물질이나 청천시에 관거내에 퇴적되어 있던 오염물질이 혼합되어 공공수역으로 방류되는 경우가 있다. 발생원 억제 방법은 노면청소, 빗물받이청소 및 관거청소의 방법을 이용하여 오염물이 하수도시스템의 유입을 저하시키기 위

한 방법이다.

2) 오염예방

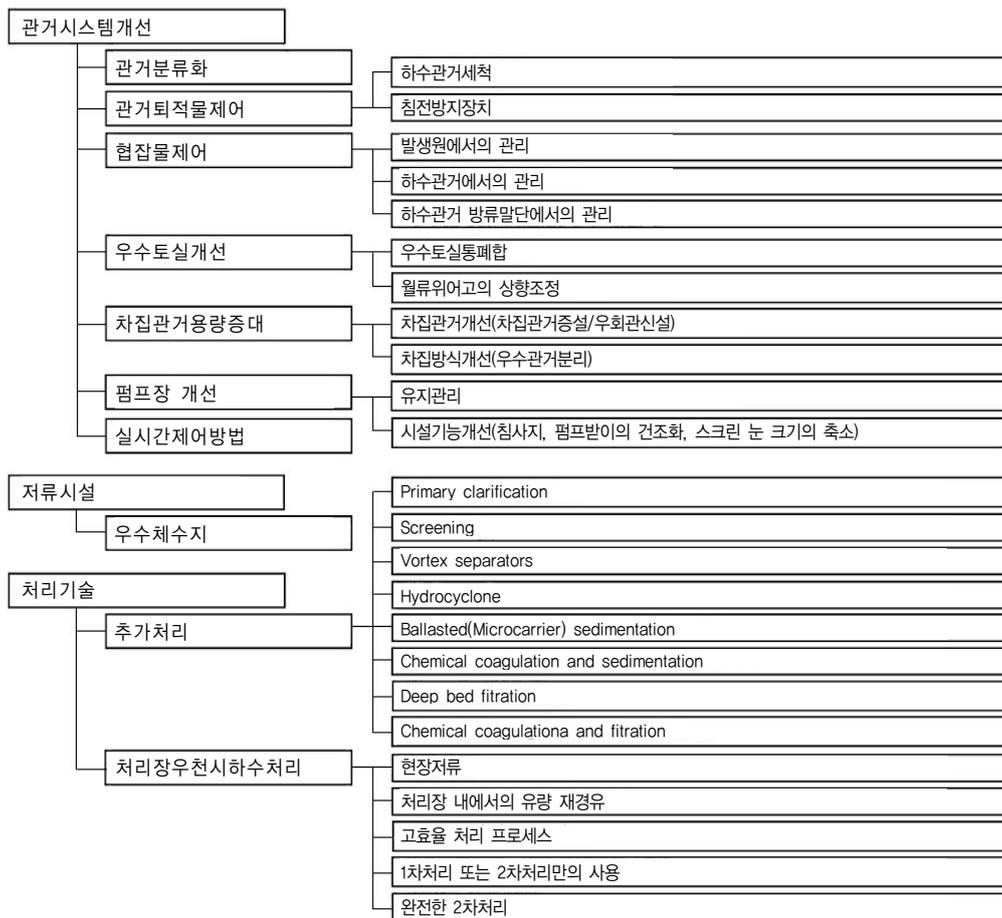
하수도시스템의 오염물 유입을 예방하는 방법으로는 가정에서의 쓰레기투기를 관리하는 방법, 유지류의 유출 관리, 산업 및 공장폐수의 유입을 관리하는 방법이 있다.

3) 토지관리

토지관리는 토지이용의 제한을 주어 강우시 지표면 유출량을 줄임으로서 오염부하의 발생을 방지하는 방법이다.

4) 공공홍보

합류식하수도 우천시 월류수부하량 저감사업의 원활한 집행을 위해서는 주민들의 이해나 협력을 얻는 것이 중요하다. 광고·공청회 활동은 사업의 원활한 추진을 이루기 위해 알기 쉽고 동시에 다양한 수단을 사용하여 실시하도록 한다.



[그림 2.9.3] 합류식하수도시스템의 월류수 및 처리장 우천시 하수의 오염부하 저감대책 종류

2.9.3 배수설비 및 관거의 방류부하 저감대책

우천시 오염부하 방류량을 저감하기 위하여 배수설비 및 관거시설에 다양한 대책을 적용할 수 있으며, 지역 특성이나 기존시설과의 연계 상황을 고려하여 다음 대책의 적용을 검토한다.

- (1) 배수설비 기름제어
- (2) 관거퇴적물제어
- (3) 관거분류화
- (4) 펌프장개선
- (5) 실시간 제어방법

【해설】

(1)에 대하여

가정 및 상용시설에서 배출되는 FOG(fat, oil, grease) 등을 제어하는 배수설비 부속 장치 및 시설을 통해 궁극적으로 하수관망으로 유입되는 오염물질을 사전에 제거하여 우천시 오염 방류부하량을 줄인다. 배수설비 기름제어를 위한 유지차단장치의 종류 및 설계는 2.13.4를 참조한다.

(2)에 대하여

합류식하수관거는 청천시 오수량이 우수시 하수량에 비해 극단적으로 적기 때문에 청천시 충분한 소류능력을 얻을 수 없고 일부 구간에서 퇴적물이 적재되기 쉽다. 따라서 하수관거세척, 침전방지장치 등의 설치를 통해 퇴적물 제어를 강우발생 전에 수행할 수 있다.

(3)에 대하여

관거분류화는 합류식 하수도를 우수관거와 오수관거로 분리하는 것이다. 분류화의 방법으로는 완전분류식과 오수분류식(불완전분류식)이 있으며, 근본적으로 우천시에 합류식 오염방류부하에 대응하는 방안이 될 수 있다.

(4)에 대하여

펌프시설은 방류수역의 상황, 기존시설의 상황을 고려하여 적절한 방법을 선정하여야 한다. 펌프장의 유지관리 방안 및 시설기능 개선이 월류수부하 저감대책으로 행해질 수 있으며, 시설기능의 개선으로는 침사지 및 펌프반이의 건조화, 스크린 눈 크기의 축소 등으로 행해질 수 있다.

(5)에 대하여

실시간 제어방법은 컴퓨터를 이용하여 조작 및 제어가 이루어지도록 하는 시스템이다. 우천시 하수관거내의 유량상태 및 강우형태의 변화에 적정 대응하고 월류부하량을 최소화시키는 것을 목적으로 월류위어의 높이, 펌프장 용량 등을 조절한다. 이 방법은 우천시 우수토실을 적절히 제어함으로써 차집관거내의 유량을 조절한다. 제어시스템은 여러 지점에서 동시에 강우측정 및 유량측정 등을 통해 최적의 유량제어방법을 도출하게 된다.

2.9.4 우수토실 및 토구의 방류부하 저감대책

우수토실 및 토구에서의 대책은 주로 하천 등의 방류수역에서 월류 후에 고형물 및 협잡물이 쌓이는 경우가 많아 위생상, 미관상으로 문제가 발생하는 것을 대응하기 위한 것이다. 지역특성이나 기존시설의 상황을 고려하여 방류지점 공공수역의 이용상황, 유지관리성, 경제성 등을 종합적으로 감안하고, 우천시 하수의 배제 기능을 충분히 검토하고 대책을 강구한다.

- (1) 협잡물 제어
- (2) 우수토실 개선

【해설】

우수토실과 토구에서 협잡물제거를 위한 방법으로는 여과스크린의 설치가 있으며, 우수토실의 개선(차집량 증대)을 위해서는 우수토실 통폐합, 월류위어고의 조정을 들 수 있다.

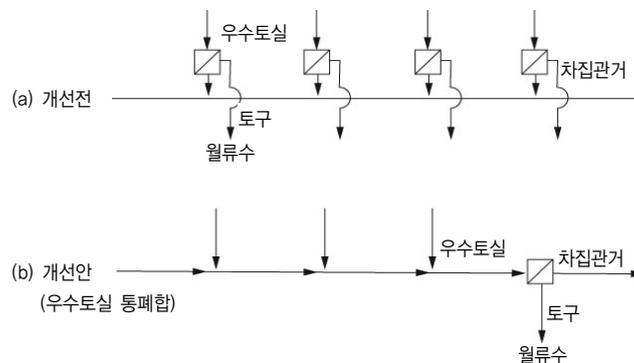
(1) 협잡물제어

여과스크린은 우수토실내의 월류위어에 설치하고 우천시 월류수에 의해 협잡물이 하천 등의 공공수역에 배출되는 것을 방지하는 시설이다. 여과스크린은 기존 시설의 월류위어에 그대로 설치하면 설치후의 월류수위가 설치전보다 높게 되어 차집량에 영향을 미친다. 또한 정전이나 여과스크린이 고장이 나면 통수면이 전면 폐쇄되어 스크린 상부에서 전량 월류되는 것도 고려할 필요가 있다. 그러므로 여과스크린시설을 계획할 때는 여과스크린 설치에 의하여 손실수두가 증가하거나 스크린 폐쇄에 의하여 월류수위가 상승하여 침수가 발생되지 않도록 수위관계를 충분히 검토할 필요가 있다. 한편 협잡물제어는 하수도시스템의 적용대상지역에 따라 발생원에서의 관리, 하수관거에서의 관리, 하수관거 방류말단에서의 관리로 나눌 수 있다.

(2) 우수토실 개선

우수토실은 우천시 차집관거 용량까지를 처리장으로 보내고 차집관거용량을 초과하는 하수는 월류위어에서 방류되므로 침수피해 방지와 처리장의 안전 운전을 유지시키는 기능을 가지고 있다.

하천 주변에 설치된 우수토실의 개수가 과다할 때 [그림 2.9.4](a)의 개선전과 같이 여러개소의 우수토실에서 월류수가 발생한다. 이를 (b)와 같이 통폐합하여 유지관리 하는 방향으로 개선시킬 수 있으며, 월류위어고를 상향조정하여 우천시 차집관거를 월류하는 유량을 조정함이 가능하다.



[그림 2.9.4] 우수토실의 통폐합

2.9.5 차집관의 방류부하 저감대책

차집관거의 개선은 합류식하수도의 월류수대책에 적합하도록 효과, 경제성, 유지관리성 등 종합적으로 평가하여 결정한다. 차집관거의 용량은 우천시 계획시간최대오수량에 차집우수량을 더하여 정하며, 차집우수량은 합류식하수도의 우천시 방류부하량저감계획에 적합하도록 결정한다.

【해설】

합류식하수도의 차집방식은 우수토실에서 오염부하가 높은 오수를 차집관거로 유입시켜 처리장으로 보내는 것이 일반적이다. 그러나 차집기능이 제대로 발휘되지 못하여 고농도의 오수가 우수토실에서 월류되는 경우가 있으므로 우수토실의 차집방식의 개선이나 충분한 능력을 가진 차집관거의 정비가 필요하다. 그러므로 차집방식은 우천시 방류부하저감대책을 고려하여 효과, 경제성 유지관리성 등을 종합적으로 평가검토하여 결정할 필요가 있다.

한편 합류식하수도에서는 우천시에 우수토실이나 펌프장에서 연간 수습회에 걸쳐 월류가 발생하고 대부분의 우천시 하수가 미처리된 상태로 방류되고 있으므로 차집량을 증가시키면 방류량이 감소되고 특히 적은 우천시에 월류를 효과적으로 방지할 수 있다.

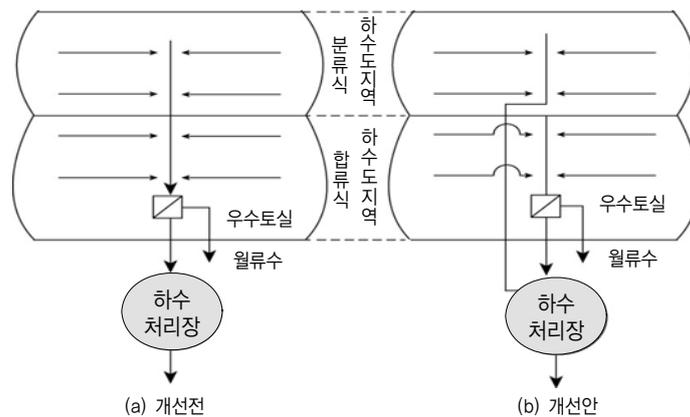
일반적으로 각 도구에서의 월류BOD부하량의 비율을 연간 청천시 발생BOD부하량의 약 5% 이하로 하고, 차집우수량을 2mm/h로 하며, 차집관의 용량은 청천시 계획시간최대오수량에 차집우수량을 더하여 정한다.

차집관거의 용량 = 청천시 계획시간최대오수량 + 차집우수량(2 mm/h)

차집량은 방류수역의 물이용을 고려하고 우천시 월류수대책계획에 적합하도록 결정한다. 일정량을 적정하게 차집하는 것은 월류횟수와 방류량을 저감시키고 차집관거, 저류시설 및 처리장의 기능이 충분히 발휘할 수 있을 뿐만 아니라 우천시 방류부하량을 효과적으로 저감하기 위하여 중요하다.

차집량의 적정화 이외에 차집관거 용량증대를 통한 월류수 대책의 방법은 차집관거의 증설 및 우회관 신설을 통한 차집관거 개선, 우수관거 분리를 통한 차집방식의 개선이 있다.

특히 상류의 분류식 지역에서 오수가 합류간선에 연결된 합병식과 같은 경우 분류식지역의 오수를 분리하여 차집관거 혹은 처리장까지 직접연결시키는 방법이 있다. 우수관거 분리를 통한 차집방식 개선의 예는 [그림 2.9.5]와 같다.



[그림 2.9.5] 관거분류화의 예

2.9.6 우수체수지의 방류부하 저감대책

합류식하수도의 우천시 방류부하량을 저감하기 위해 필요에 따라 우수체수지를 계획한다.

우수체수지의 계획은 다음 각 항을 고려하여 정한다.

- (1) 우수체수지는 우수토실, 펌프장 및 처리장주변에 설치하고 우수토실 등에서 배출하는 청천시 방류부하량을 효과적으로 삭감할 수 있는 시설로 한다.
- (2) 우수체수지의 형식은 우천시 방류부하량의 삭감효과, 입지조건, 방류수역의 상황, 경제성 및 유지관리의 용이성 등을 고려하여 종합적으로 선정한다.
- (3) 우수체수지의 계획유입량은 우천시 방류부하량의 삭감효과, 경제성 및 유지관리의 용이성 등을 종합적으로 검토하여 결정한다.
- (4) 우수체수지는 침수되지 않도록 하며, 유지관리 및 주변환경조건 등을 충분히 고려하여 계획한다.

【해설】

우수체수지는 우천시의 초기우수나 우수토실, 펌프장에서의 월류수, 혹은 차집우수의 일부를 저류 또는 침전방류하고, 저류한 우천시 합류식하수를 강우종료후 원칙적으로 처리시설에 송수하여 처리함으로써 배수구역 및 처리구역 전체에서 배출시키는 우천시 방류부하량의 저감을 도모하는 시설이다.

또한 우수체수지의 저류량은 방류수역의 수질환경기준이나 물이용의 상황 등을 감안하고 우천시 월류수대책계획에 적합하도록 결정한다.

(1)에 대하여

우수체수지는 우수토실, 펌프장 등과의 위치관계에 따라 다음과 같이 분류할 수 있다.

- ① 우수토실, 펌프장 등의 뒤에 설치한다.
- ② 우수체수지내에 월류위어를 설치하고 우수토실을 병설한다.
- ③ 우수토실, 펌프장 등의 앞에 설치한다.

일반적으로 ①이 많고, 펌프장에 우수체수지를 설치하는 경우는 우천시 펌프로 합류식하수를 유입시키며 저류한 하수는 가능한 자연유하에 의해 처리장으로 보내고 나머지는 펌프로 배수시키는 예가 많다.

또한 하수를 펌프로 우수체수지로 유입시키는 경우는 지상형이 되고, 자연유하의 경우는 지하형이 된다.

(2)에 대하여

우수체수지의 형식은 기본적으로 유입개시조건과 방류조건에 따라 <표 2.9.1>에 나타난 4가지 형식으로 분류한다.

I형 및 II형은 차집관거의 용량까지를 처리장에 우선적으로 보내고, 초과되는 수량은 우수체수지로 유입시키는 것이므로, I형에서는 우수체수지의 만수 이후에도 우천시 합류식하수가 차집관거용량을 초과하는 경우에는 우수체수지로 계속해서 유입시키고 우수체수지의 하류단으로부터 월류시킨다. 따라서, I형은 수리계산상의 손실수두가 커지므로 펌프양수 후에 우수체수지를 설치하는 경우가 많다.

또한 만수 이후의 차집우수는 저류한 초기우수와 혼합되어 유출될 우려가 있으므로 일반적으로 계산상으로는 침전효과를 고려하지 않지만, 유입수의 정상조사나 단락류(短絡流)의 방지 등 우수체수지의

구조에 대해 충분히 검토할 필요가 있다.

Ⅱ형은 우수체수지가 만수로 되면 차집관거 용량 이상의 하수는 공공수역에 직접 방류된다.

Ⅲ형은 수량이 계획시간최대오수량을 초과하는 시점에서 우수체수지로 유입되는 것으로서 우수체수지가 만수가 될 때까지 처리장으로는 계획시간최대오수량만이 송수된다. 만수이후는 차집관거 용량까지 처리장으로 송수되고, 그 이상의 하수는 Ⅱ형과 같은 형태로 공공수역에 직접 방류된다. 또한, Ⅲ형은 계획시간최대오수량을 약간 상회하는 경우에도 저류되므로 적은 우천시에 특히 효과가 있지만 우수체수지의 사용빈도가 많아지고 강우종료후 항상 저류수를 처리하여야 한다.

Ⅳ형은 처리장 및 그 주변에 우수체수지를 설치하고 우천시 차집관거용량을 상회하는 합류식하수는 상류의 기존 우수토실이나 펌프장 등에서 월류되는 형식으로서 계획시간최대오수량을 초과하면 우수체수지로 유입되지만 차집우수량까지만 유입된다.

따라서, Ⅳ형은 적은 강우에는 효과적이지만 큰 강우에서는 상류의 우수토실이나 펌프장에서 월류수가 발생하므로, 상류의 우수토실이나 빗물펌프장의 경우는 스월조절조(swirl regulator)의 설치나 차집관거 용량의 증대를 도모하는 등과 같은 다른 저감대책과 조합하여 실시하는 것이 보다 한층 효과적이다.

또한, 위의 4가지 형식 외에 Ⅲ형에 침전방류기능이 부가된 경우도 있다.

이상과 같이 각 형식에는 각각 특징이 있고, 우수체수지의 형식은 우천시 방류부하량의 저감효과, 입지조건, 방류수역의 상황, 시스템으로서의 경제성 및 유지관리의 용이성 등을 종합적으로 검토하여 결정할 필요가 있다.

(3)에 대하여

우수체수지의 계획유입량은 I ~Ⅲ형의 경우에 우천시 합류식하수량에서 차집관거용량 또는 계획시간최대오수량을 제외한 하수량이 대상이 된다.

그러나 우천시 합류식하수에서는 우수유출 개시직후에 상당히 고농도의 초기우수가 유하며, 초기우수의 발생시간이 지나면 급격히 농도가 저하하는 특징이 있고, 유입량의 피크와 초기우수가 겹치는 확률은 낮으므로 계획유입량은 우천시 방류부하량의 저감효과, 건설비 및 유지관리비 등의 경제성, 유지관리의 용이성 등을 종합적으로 검토하여 결정할 필요가 있다.

또한 Ⅳ형은 차집우수량이 우수체수지의 계획유입수량이 되지만, 차집우수량을 결정할 때는 1.9.4에 따라 우천시 방류부하량의 저감효과, 건설비 등을 종합적으로 검토할 필요가 있다.

(4)에 대하여

우수체수지는 우천시에 합류식하수를 저류하는 시설이므로 기계·전기설비의 기능이 정지하지 않도록 시설을 침수되지 않는 높은 장소에 설치하거나 침수에 대한 안전시설을 설치하는 등 내수성이 있는 시설로 할 필요가 있다.

또한, 우수체수지는 펌프장이나 우수토실이 있는 주변 시가지에 설치되는 경우가 많으므로, 시설계획시 소음, 진동 및 악취 등에 대해 관련법규를 검토하며, 주변환경과 조화되도록 시설주변의 경관에 대해서도 고려할 필요가 있다.

〈표 2.9.1〉 우수체수지의 형식

형식	수문곡선(hydrograph)과의 관계	설 명	특 징	평 가
I		<ol style="list-style-type: none"> 1. 차집관거 용량을 상회하면 우수저류지에 유입한다. 2. 만수가 되어도 차집관거용량을 상회하는 수량은 우수저류지로 유입하며, 유입수량과 같은 수량이 방류된다. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 강우 중에는 침전작용이 있다. 2. 저류하수를 처리하는 것이 가능하다. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 간이처리량이 존재하기 때문에 적은 우천시에는 우수저류지의 효과가 작다. 2. 만수가 되면 초기우수가 유출하는 염려가 있다.
II		<ol style="list-style-type: none"> 1. 유입은 I 형과 같다. 2. 우수저류지가 만수가 되면, 그 이후의 유입하수는 공공용수역에 방류된다. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 저류하수를 처리하는 것이 가능하다. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 간이처리량이 존재하기 때문에 적은 우천시에는 우수저류지의 효과가 작다. 2. 우수저류지의 용량이 크면 효과적이다. 3. III형과 비교하여 월류부하량이 삭감효과가 크다.
III		<ol style="list-style-type: none"> 1. 우천시 합류식하수가 계획시간최대우수량을 상회하면 우수저류지에 유입한다. 2. 우수저류지가 만수가 되기까지는 계획시간최대우수량만이 처리장에 송수된다. 3. 만수 이후는 II형과 같다. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 우수저류지가 만수가 될 때까지는 처리장은 간이처리가 없고, 적은 강우시에 간이처리량은 감소한다. 2. 저류하수를 처리하는 것이 가능하다. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 사용빈도가 높고 적은 우천시에는 특히 효과적이다. 2. II형과 비교하여 월류부하량의 삭감 효과가 크다.
IV		<ol style="list-style-type: none"> 1. 계획시간최대우수량을 상회하면 차집관거용량 이하의 차집 우수량은 우수저류지로 유입시킨다. 2. 차집허용량을 상회하는 우천시 합류식하수는 직접 방류한다. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 간이처리량이 감소한다. 2. 다른 형식과 비교하여 월류수량이 많다. 3. 저류하수는 처리하는 것이 가능하다. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 적은 우천시에는 III형과 같은 효과가 있다. 2. 큰 강우에는 상류의 펌프장이나 우수토실에서 월류수가 있으므로 효과는 비교적 작아진다.

2.10 개거의 종류와 단면

2.10.1 개거의 종류

개거는 일반적으로 무근콘크리트, 돌쌓기, 콘크리트블록쌓기, 철근콘크리트 및 철근콘크리트조립흙막이 등을 사용한다.

【해설】

개거는 구조상 측벽부와 저부로 나누어진다. 측벽부에는 외압이 주로 작용하므로 이에 충분히 견딜 수 있는 구조로 하고, 저부는 필요에 따라 콘크리트 타설 등을 사용한다.

개거의 종류는 형식 및 재료에 따라 [그림 2.10.1]과 같이 분류된다.

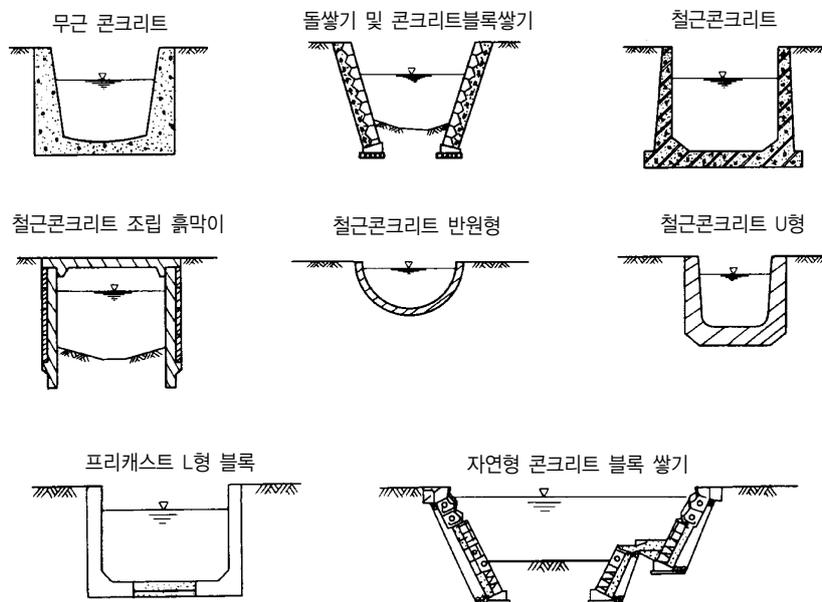
(1) 무근콘크리트

측벽은 중력식 옹벽으로 하고, 역학적으로 안전한 설계를 해야 한다.

구조가 간단하고 시공이 용이하지만 개거의 외폭이 커진다.

(2) 돌쌓기 및 콘크리트블록쌓기

측벽은 돌쌓기 옹벽으로 설계하고, 돌쌓기에는 문지석, 할석, 잡할석, 야면석 및 잡석이 있고, 콘크리트블록은 각 제작자에 따라 형식이 다양하다. 양쪽 모두 법고(法高)는 5m 정도로 한다. 시공 및 부분보수가 용이하며 석재의 채취 및 콘크리트블록의 생산과정에 따라 가격이 비싸지는 경우도 있다.



[그림 2.10.1] 개거의 종류

(3) 철근콘크리트

측벽 및 저부를 하나의 구조로 하여 하중에 대응하도록 설계할 수 있어 시공단면이 작아도 무방하다. 측벽은 편지판(片持板)으로서 설계하지만 높이가 크게 될 때에는 양측벽의 정상지점에 보를 사용하는 등으로 강도의 증가를 도모하는 경우가 있다. 개거가 소규모일 경우에는 철근콘크리트 U형 및 철근콘크리트 반원형 등을 사용한다.

또한 현장타설의 경우에 구조적으로 안정도가 높은 반면 공사기간이 길어지게 되며 보수정비가 곤란한 경우가 있다.

(4) 철근콘크리트조립흙막이

취급이 용이하며 공사기간이 짧고 공사비가 저렴하지만 구조상 단면이 제약된다.

(5) 기성L형 블록

좌우에 L형의 철근콘크리트 제품을 조립하고 저부는 현장타설콘크리트로 시공한다. 이점으로는 계획 단면에 대해 수로폭을 자유롭게 조정할 수 있고 시공이 용이하며 공사 기간의 단축을 도모할 수 있다는 것을 들 수 있다.

2.10.2 개거의 단면

개거의 단면형은 사다리꼴형, 직사각형 또는 반원형 등으로 한다.

【해설】

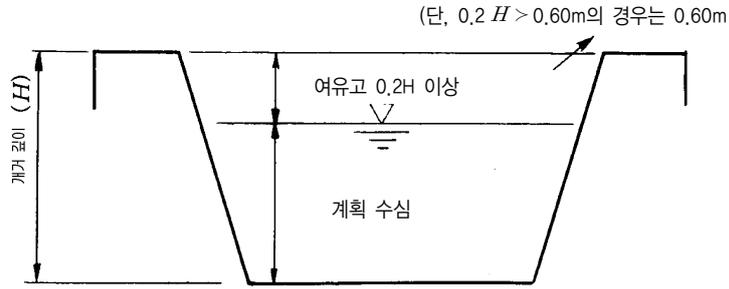
개거의 단면형은 유량, 유속, 수로용지 및 호안의 종류 등에 따라 다음 사항을 고려하여 결정한다.

- ① 수리학적으로 유리할 것
- ② 토압 등에 대하여 충분히 견딜 수 있는 구조일 것
- ③ 저부의 변동이 일어나지 않을 것
- ④ 설치비가 저렴할 것
- ⑤ 유지관리가 용이할 것
- ⑥ 설치장소의 환경에 적응할 것

2.10.3 개거의 여유고

개거의 여유고는 개거의 깊이에 따라 정한다.

개거의 여유고는 $0.2H$ (H 는 개거의 깊이) 이상으로 할 수 있다. 단, $0.2H > 0.6\text{ m}$ 의 경우는 0.6 m 로 한다(〔그림 2.10.2〕 참조).



[그림 2.10.2] 개거의 여유고

계획유량이 200 m³/s 미만의 경우의 여유고는 0.6 m로 하고 계획고수위에 여유고를 더한 것이 필요한 제방고로 한다.

개거 유효능력의 계산은 하도의 상황에 따라서 등류 또는 부등류의 계산을 실시하는 것으로 한다. 또한 평균 유속공식은 일반적으로 Manning식을 이용한다. 조도계수는 대략 <표 2.10.1>과 같은 범위이다.

<표 2.10.1> 개거의 조도계수(n)

구 분	하천이나 수로의 상황	Manning식의 범위
인공수로 및 인공하천	콘크리트 인공수로	0.014~0.020
	나선형 반관수로	0.021~0.030
	양안에 돌붙임이 적은 수로	0.025(평균값)
	암반을 굴착하여 방치한 하상	0.035~0.05
	암반을 다듬은 인공하상	0.025~0.04
	점토성 하상, 유속이 낮음	0.016~0.022
	사질 진흙, 점토질 진흙	0.020(평균값)
	굴착 준설, 잡초 적음	0.025~0.033
자연하천	평야의 소하천, 잡초 없음	0.025~0.033
	평야의 소하천, 잡초, 관목 있음	0.030~0.040
	평야의 소하천, 잡초 많음, 잔자갈 하상	0.040~0.055
	산지하천, 바닥이 골재와 호박돌	0.030~0.050
	산지하천, 바닥이 호박돌과 큰 호박돌	0.040 이상
	대하천, 점토와 사질하상, 사행이 적음	0.018~0.035
	대하천, 자갈하상	0.025~0.040

2.11 우수토실 및 도구

2.11.1 우수토실

우수토실은 다음 사항을 고려하여 결정한다.

- (1) 우수토실을 설치하는 위치는 차집관거의 배치, 방류수면 및 방류지역의 주변환경 등을 고려하여 선정한다.
- (2) 우수토실에서 우수월류량은 계획하수량에서 우천시 계획오수량을 뺀 양으로 한다.
- (3) 우수월류위어의 위어길이를 계산할 때는 식(2.11.1)에 의한다.

$$L = \frac{Q}{1.8H^{3/2}} \dots\dots\dots (2.11.1)$$

여기서, L : 위어(weir)길이(m)
 Q : 우수월류량(m³/s)
 H : 월류수심(m)(위어길이간의 평균값)

유입관거에서 월류가 시작될 때의 수심은 수리특성곡선에서 구하며, 이 수심을 표준으로 하여 위어높이를 정한다.

- (4) 우수토실에는 출입구 및 진입도로 등을 만들어 항상 월류위어 또는 오수유출관거의 상태를 점검할 수 있도록 유지관리 방안을 수립한다
- (5) 우수토실의 오수유출관거에는 소정의 유량 이상은 흐르지 않도록 한다.
- (6) 우수토실은 위어형 이외에 수직오리피스, 기계식 수동수문 및 자동식수문, 볼텍스 밸브류 등을 사용할 수 있다.
- (7) 우수토실이 안전하게 제기능을 유지하도록 적절하게 정하고 이상을 통보하는 적절한 감시 설비를 설치한다.

【해설】

합류식에서 우수유출량의 전량을 처리장으로 보내 처리하는 것은 관거 및 처리장시설의 증대를 초래하여 비경제적이기 때문에 우수토실을 설치하여 오수로 취급하는 하수량(우천시 계획오수량) 이상의 우수는 바로 또는 관거에 의하여 하천, 해역 및 호소 등으로 방류하도록 하고 있다.

(1)에 대하여

위치의 되도록 방류수역 부근에 설치하며 계획외수위 경우에도 충분히 방류될 수 있는 곳을 택하는 것이 바람직하다. 따라서 차집관거는 하천, 해역 및 호소 등의 방류지역 부근에 배치한다. 그러나 지형에 따라 방류관거를 압송관거로 하여 원거리에서 방류하는 경우도 있다.

방류수로 인하여 하천, 해역 및 호소 등이 오염될 우려가 있으므로 하천, 해역 및 호소 등의 흐름방향, 상수원, 수영장 및 어업 등에 영향을 주지 않도록 우수토실의 위치를 선정한다.

우수토실은 비교적 큰 구조물이므로 부지확보에 유의해야 하며 도로, 교대, 호안 및 지하매설물 등에 지장을 주지 않는 장소를 선정한다.

우수토실은 너무 많은 수를 설치하는 것보다 어느 정도까지 통합 설치하여 방류량을 다량으로 만들어 방류하는 것이 건설 및 유지관리 측면에서 유리한 경우가 많다.

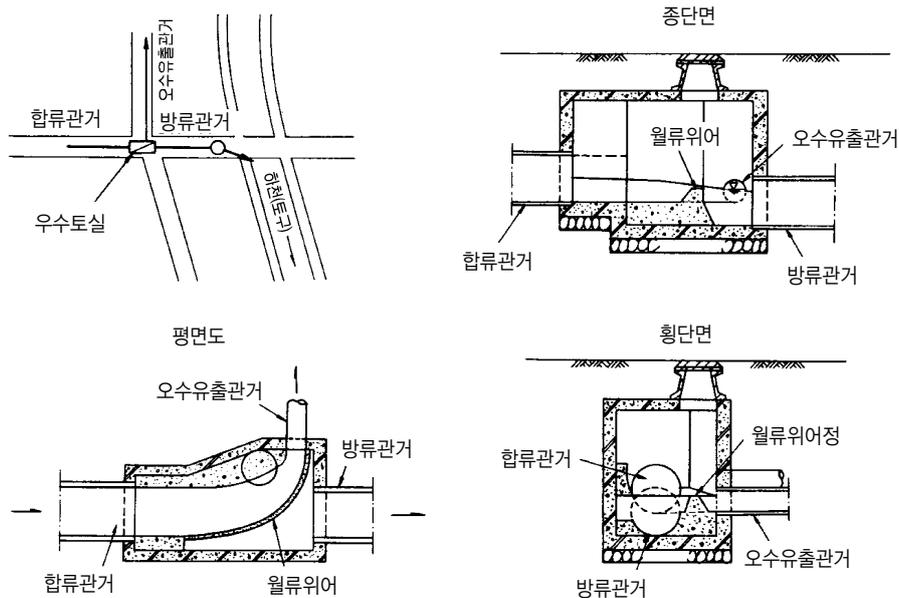
(2)에 대하여

보슬비가 올 때 또는 강우 초기시의 오수는 우수에 의해 그다지 희석이 되지 않으며, 또 강우 초기시의 우수는 도로면의 오물, 먼지 등을 포함하고 있으므로 이들 우수를 방류하면 방류수역을 오염시킬 염려가 있다.

한편, 우수량이 상당히 커져 오수가 희석되면 이와같은 위험성은 적어지며, 또한 다량의 우수까지 처리장으로 도입하는 것은 처리장의 시설이 증가되므로 처리작업상에도 여러 가지 장애를 일으켜 비경제적이 된다. 우수로서 취급하는 하수량은 일반적으로 시간최대오수량의 3배 이상으로 하는 것이 바람직하다. 그러므로 우수토실에서 우수월류량은 계획하수량에서 우천시 계획오수량을 뺀 양이 된다 (1.6.2 참조).

(3)에 대하여

위어는 완전 월류를 원칙으로 한다. 월류위어의 평면형은 되도록 직선으로 하는 것이 좋으나 위어가 길어지고 우수토실이 커질 때에는 월류위어를 곡선으로 하여 우수토실이 커지는 것을 방지한다((그림 2.11.1) 참조).

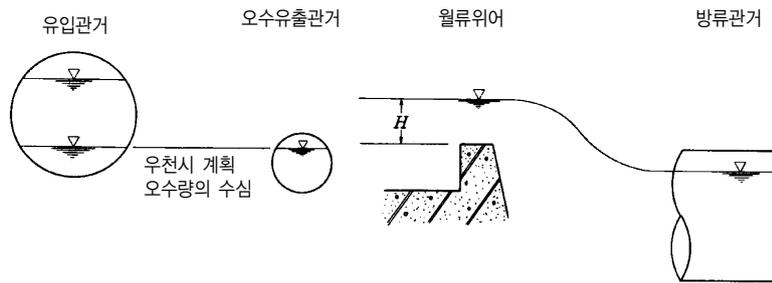


[그림 2.11.1] 우수도실의 예

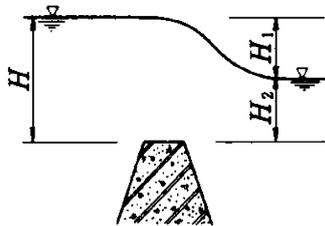
월류개시의 경우 유량에 대한 수심은 계획하수량과 월류개시시의 유량과의 비에 의해 수리특성곡선에서 구해진다. 우수유출관거의 수위는 월류위어높이보다 낮게 하며 우수유출관거의 관저고는 유입관거의 관저고보다 높지 않게 한다((그림 2.11.2) 참조). 수중위어인 경우 위어길이의 계산은 식(2.11.2)와 같으며((그림 2.11.3) 참조), 방류수역에서 우수토실로 역류되지 않도록 주의한다.

$$L = \frac{Q}{1.8 (H_1 + 1.4H_2) (H_1)^{1/2}} \dots\dots\dots (2.11.2)$$

여기서, L : 위어길이(m)
 Q : 우수유통량(m³/s)
 H₁, H₂ : 수심(m)



[그림 2.11.2] 우수토실의 구성예



[그림 2.11.3] 수중위어

(4)에 대하여

출입구는 맨홀의 출입구와 같이 지름 60 cm 정도의 원형으로 하는 것이 좋고, 위치는 우수유출구와 월류위어가 동시에 보이는 장소로 한다. 또한 우수토실에 수문을 설치할 때에는 보수할 때에 큰 재료나 기계 및 기구를 갖고 들어갈 수 있도록 출입구를 크게 하거나 폭이 좁고 길이가 긴 것으로 하고 우수토실의 상부상판을 떼어낼 수 있도록 한다. 또한 우수토실은 대부분 하천변에 설치되어 있으므로 장비 및 차량 등이 진입할 수 없어 정상적인 유지관리(준설 등)가 이루어지지 않은 경우가 많으므로, 원활한 유지관리를 위해 진입도로 설치 등의 유지관리 방안을 수립한다.

(5)에 대하여

우수유출관거는 우천시 우수토실의 수위가 상승하면 일반적으로 압력관거가 될 위험성이 있으므로 오리피스(orifice), 밸브류, 수문 등의 적당한 방법으로 유량을 조절하는 것이 바람직하다.

(6)에 대하여

우수토실의 형태는 위어형 외에 <표 2.11.1>의 여러 가지 형태로 사용할 수 있다.

〈표 2.11.1〉 우수토실의 형태

형태	항목	개 요	설 치 부 지	비 고
고정식	횡월류위어	기존 합류식 관거내의 흐름방향에 평행하게 위어를 설치하여 차집량 이상의 오수는 측면으로 월류하도록 고안된 형태로 구조가 간단하다.	부지가 협소한 곳에도 시공가능	
	수직 오리피스	분류위어에 의해 차집된 오수를 수직 오리피스를 통해 차집하는 방식으로 구조가 간단하나 우수토실내 수위 증가에 의한 차집량 조절이 불가능하다.	비교적 작은 부지에 시공가능	
	볼텍스밸브류	볼텍스밸브의 수리특성을 이용하여 우수토실내 수위가 증가하여도 일정유량을 효과적으로 차집할 수 있으며, 외부동력 및 구동부가 없어 유지관리가 용이하다.	비교적 작은 부지에 시공가능	
기계식	수동식 수문	수직 오리피스형에 수동식수문을 설치한 형태로서 수직 오리피스 입구에 설치된 수문을 수동으로 조작하여 오리피스의 통수면적을 가감함으로써 차집량을 조절한다.	수직오리피스와 같으나, 수문실을 우수토실내 또는 지상에 설치	
	부표연동식 수문	수동식수문과 같은 형이나 수동식수문 대신 부표연동식수문을 설치하여 유량을 조절하도록 되어 있으나 복잡한 기계부품으로 되어 있어 하수중의 이물질에 의한 기능장애가 빈발하는 단점이 있다.	오리피스외에 부표 설치를 위한 추가 부지가 필요	
자동식	중앙집중 제어식 전동수문	수동식수문 대신 전동모터에 의해 작동되는 수문을 설치하여 유역내 우수토실을 한 곳에서 통제하는 형태로 가장 효율적인 방식이나, 막대한 공사비, 고도의 유지관리 기술 및 특수 기술요원 확보 등의 어려움이 있다.	전동모터실 및 비상동력(디젤엔진 등)실 설치로 큰 부지 필요	

(7)에 대하여

우수토실의 이상은 청천시 오수가 공공수역에 유출되어 생태환경에 심각한 영향을 끼친다. 따라서 조기에 확인하고 대응할 필요가 있으므로 경고 내용을 장외로 통보한다.

감시 방식에는 이상에 의한 주변 환경에 대한 영향, 통보처의 관리자나 주민과의 거리, 이상시 감시 체제 등을 고려하여 결정한다.

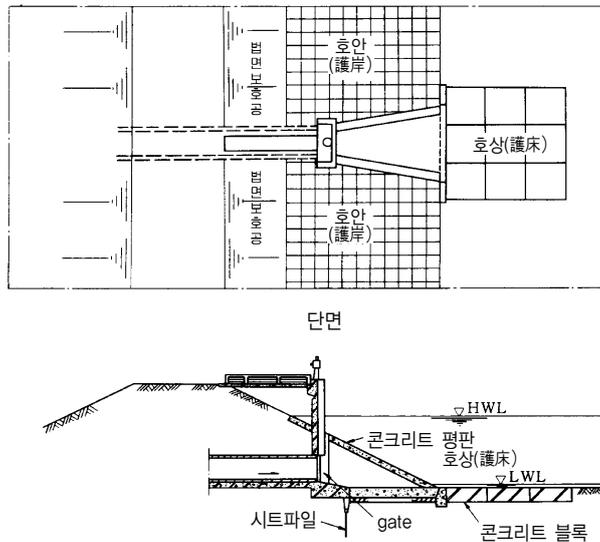
2.11.2 토구

토구는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 토구의 위치 및 구조는 방류하는 하천, 항만 및 해안 등의 관리자와 사전에 충분한 협의를 거친 후에 결정한다.
- (2) 토구에서 유속은 선박의 운항 및 하저의 세굴 등 주변환경에 영향을 미치지 않을 정도로 한다.
- (3) 토구의 저면높이는 하천, 해역 또는 호소 계획홍수위와 저수위의 중간에 둔다. 단, 어떠한 경우라도 토구의 저면은 하천 및 해역의 저면보다 높게 한다.
- (4) 토구의 위치 및 방류의 방향은 우수가 부근에 정체되지 않도록 정한다.
- (5) 방류수면 수위가 우수토실의 위어정보다 높아지는 경우에는 방조수문을 설치한다. 이 경우 수문은 반드시 자동으로 개폐되도록 하고 예비로 수동수문을 설치한다.
- (6) 주민편의시설 등이 있는 사람 왕래가 잦은 하천, 해안 등으로 방류하는 토구에는 악취차단, 토구내 출입차단을 할 수 있는 시설을 설치한다.

【해설】

토구를 설치하기 위해서는 호안의 일부를 파괴 및 개조하거나 혹은 하천, 항만 등에 돌출시켜 축조하는 경우도 있어 토구의 설치미비에 의하여 유수를 저해하거나 하상을 침식하여 호안 등에 피해를 줄 수도 있으므로 다른 구조물에 해를 주지 않도록 충분히 주의한다(〔그림 2.11.4〕 참조).



[그림 2.11.4] 토구의 예

(1)에 대하여

토구는 주변의 홍수 및 파랑 등에 의해서 피해를 받기 쉽다. 따라서 토구의 위치, 구조 및 기존호안의 보강방법 등은 하천, 항만 및 해안 등의 관리자와 사전에 충분히 협의하고 그 의견을 반영하여 정한다. 또한 하천, 항만 및 해안 등의 장래계획에 대하여도 충분히 협의하여 다른 시설사업과 마찰이 발생하

지 않도록 계획을 수립한다.

(2)에 대하여

토구에서 유속이 큰 때에는 배가 역류되든가 착안하지 못하는 경우도 있으므로 선착장, 계선장 등에 큰 토구를 만드는 것은 바람직하지 못하다. 또 세굴(洗掘)을 일으켜 호안 등을 파괴시킬 위험도 있으므로 토구 부근에 받이를 설치하든가 콘크리트 등을 바닥에 깔아 세굴을 방지하거나 혹은 호안의 기초에 널말뚝을 박아 보호한다.

(3)에 대하여

토구의 저면높이는 하천, 해역 또는 호소의 계획홍수위와 저수위의 중간에 두지 않으면 안되지만 토구가 저수위보다 훨씬 높을 때에는 세굴을 일으키거나 기포가 발생하는 경우가 있다. 또한 물의 낙하하는 소리로 부근의 주민들에게 피해를 주게 되므로 이와 같은 일이 없도록 주의하지 않으면 안된다. 토구를 낮게 하기 위해서는 우수토실에서 위어의 하류측에 낙차를 둔다. 토구의 저면이 하천, 해역 또는 호소 저면보다 낮게 될 경우에는 계통을 변경하거나 방류관거의 단면을 크게 하여 경사를 완만하게 하는 등의 방법을 강구하여 반드시 토구의 저면은 하천, 해역 또는 호소 저면보다 높은 위치에 두는 것이 좋다.

해저에 토구를 설치하는 경우는 토사의 퇴적대책으로 방류수가 확산되도록 구조를 고려한다.

(4)에 대하여

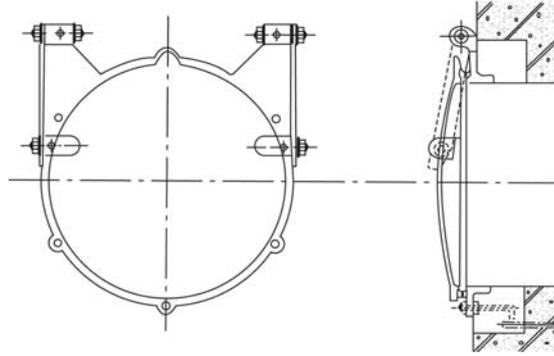
토구의 방향은 하천의 흐름이나 바다의 조류에 순응하도록 한다. 만약에 역방향으로 하면 방류관거의 우수의 유하가 저해됨과 동시에 하천의 유하도 저해되어 범람할 우려가 있고, 또한 토구부근에 침전이 일어나기 쉽다. 토구의 위치가 만입된 강의 깊숙한 안쪽에 있으면 강내에 우수가 정체되어 부근을 오염시키므로 이러한 곳을 피하든가 또는 지장이 없으면 강을 매립하여 암거에 의하여 직접 하천 또는 바다로 방류하도록 한다.

또한 작은 하천일 경우에는 방류수에 의해 하천 법면이 세굴되지 않도록 콘크리트 벽 등의 보호공을 설치할 필요가 있다.

(5)에 대하여

방류수면의 수위가 위어정 높이 보다 높은 것은 피하도록 하지만 지형, 주변의 환경, 방류수역 등 때문에 어쩔 수 없이 높아지는 경우는 자동수문을 설치하여 하천, 해역 및 호소 등의 물이 월류위어를 넘어 우수유출관거로 역류되는 것을 방지한다. 또한 예비의 수동수문을 설치할 때에는 수문의 개폐조작이 안전하고 신속하게 되도록 설치장소 및 설치방법 등을 정한다.

수문은 확실한 개폐, 필요한 수밀성을 갖는 구조로 하고, 강철제 또는 주철제로 한다. 자동수문의 예로 제시한 [그림 2.11.5]는 방류수면이 높을 때에는 그 수압 때문에 수문이 접합부에 밀착되어 역류를 막고, 반대로 관거내의 수위가 높을 때에는 그 수압에 의해 수문이 밖으로 열려 우수를 방류수면으로 향해 유출시킬 수 있는 구조로 되어 있다.



[그림 2.11.5] 자동수문의 예

더욱이 수문은 협잡물 등에 의해 충분한 기능을 하지 못할 우려가 있으므로 점검 및 관리에 특별히 유의할 필요가 있다(3.2.3 참조).

또한 해면에 방류하는 경우는 해수에 의한 부식 및 도구부근의 관거내면에 패류가 부착하는 것에 대한 대책을 세워 두는 것이 바람직하다.

(6)에 대하여

최근에는 하천 등을 주민에게 되돌려 주는 일환으로 자연형으로 하천을 정비할 뿐만아니라, 체육시설 및 자전거도로 등 주민편의시설을 설치하여 많은 사람들이 이용하고 있다. 따라서 청천시 오수만 흐르거나 정체되므로써 발생하는 악취로 인하여 주민에게 시설이용에 있어서 불편을 초래하고, 어린이들이 도구내로 들어가 사고를 초래할 수 있으므로, 유수의 흐름에 지장을 않은 범위내에서 악취차단 시설과 출입차단 시설을 설치하며, 가능한 도색 등을 통해 주위 경관과 어울림을 고려한다.

2.12 물받이 및 연결관

2.12.1 물받이의 분류

공공하수도로서의 물받이는 오수받이, 빗물받이 및 집수받이 등이 있는데 배제방식에 따라 적절히 선정하여 배치한다. 개인하수도시설인 배수설비의 물받이와 구분된다.

【해설】

물받이는 배수설비와 연결관의 효율적인 유지관리를 목적으로 설치하며, 물받이는 공공도로상에 설치하는 것을 원칙으로 하되 그 목적 및 기능을 고려하여 정한다. 그러나 다른 매설물의 점유위치에 따라 여유가 없는 경우 등은 적법한 절차를 거쳐 사유지에 설치할 수도 있다. 빗물받이의 경우 침전물질의 사전제거 목적이 추가된다. 따라서 배제방식, 하수의 종류 및 발생원별로 물받이를 구분·분리하여 각각 별도로 설치한다. 한편 집수받이란 빗물받이의 일종으로 개거와 암거의 접합부분에 설치되는 물

받이를 말한다.

물받이의 설치·관리 주체 및 범위에 있어서 공공하수도와 개인하수도를 구분할 필요가 있다.

하수도법 규정에 의하면 “공공하수도”라 함은 지방자치단체가 설치 또는 관리하는 하수도로써 개인하수도를 제외한 시설을 말하며, “개인하수도”는 건물·시설 등의 설치자 또는 소유자가 당해 건물·시설 등에서 발생하는 하수를 유출 또는 처리하기 위하여 설치하는 중수도·배수설비·개인하수처리시설과 그 부대시설로 정의할 수 있다.

즉 공공하수도로써의 물받이는 개인하수도로 분류되는 배수설비중의 택지물받이와 구분된다.

공공하수도와 개인하수도중 배수설비에 대한 하수도법상의 주요규정은 다음과 같다.

- ① 공공하수도의 사용이 개시된 때에는 배수구역안의 토지의 소유자·관리자 또는 국공유시설물의 관리자는 그 배수구역안의 하수를 공공하수도로 유입시켜야 하며, 이에 필요한 배수설비를 설치하여야 함(제27조 1항)
- ② 배수설비의 유지관리는 당해 지방자치단체의 조례가 정하는 바에 따라 그 설치자가 하여야 함. 다만 그 토지의 경계로부터 공공하수도까지의 배수설비는 당해지방자치단체의 조례가 정하는 바에 따라 공공하수도관리청이 유지·관리할 수 있음(제27조 6항)
- ③ 지방자치단체의 장은 관할구역안의 개인하수도를 설치·변경 또는 폐지하고자 하는 자에게 소요비용의 전부 또는 일부를 지원하거나 직접 개인하수도에 관한 공사를 할 수 있음(제32조 2항)
따라서 아파트 등 공동주거시설, 학교 등 대형공공시설에 설치되는 배수설비는 그 시설물의 규모나 소유주체에 관계없이 개인하수도상의 배수설비로 보아야 할 것이다.

물받이 설치간격은 하수관거의 안지름이나 안폭의 120배가 넘지 않아야 하며, 안폭이 30cm이상인 원형, 각형의 물질로 튼튼하고 물이배지 않는 구조로 설치한다.

2.12.2 오수받이

1) 오수받이의 설치

오수받이는 공공도로상에 설치하는 것을 원칙으로 하되 목적 및 기능을 고려하고 유지관리상 지장이 없는 장소에 설치한다.

【해설】

오수받이는 공공도로상에 설치하는 것을 원칙으로 하되 목적 및 기능을 고려하여 차도, 보도 또는 공공도로와 사유지의 경계부근에 설치한다. 부득이 사유지에 설치시는 소유자와 협의하여 정한다. 한편 분류식의 경우 오수받이와 빗물받이는 각각의 기능 및 용도를 고려하여 별도로 분리하여 설치하고, 오수받이는 우수의 유입을 방지하고 오수만을 수용할 수 있는 구조로 설치한다. 합류식의 경우에도 택지내의 우·오수를 분류시켜 각각 설치된 우·오수받이로 통하여 배제시킨다.

또한, 단독주택 지역 등의 경우 오수받이의 설치간격은 유지관리상 1필지당 하나를 원칙으로 하나 택지와 도로의 상황에 따라 다수의 필지당 하나를 설치할 수도 있다.

2) 형상 및 구조

- (1) 형상 및 재질은 원형 및 각형의 콘크리트 또는 철근콘크리트제, 플라스틱제로서 <표 2.12.1>을 표준으로 하나 형상치수별 용도는 오수받이 설치 위치, 설치장소, 제조사 등에 따라서 다양한 조건들이 있을 수 있음에 유의하여 필요시 적정 변경하여 적용한다. 다만, 도로와 배수지의 상황에 따라 오수받이 설치가 곤란한 경우에는 유지관리를 위하여 연결관 관경 이상의 점검구를 설치할 수도 있다.

<표 2.12.1> 오수받이의 형상별 용도의 예

명 칭		형 상 치 수	용 도
콘크리트제	1호 오수받이	내경 300 mm 원형 또는 내경 300 × 300 mm 각형	연결관 내경 150 mm, 깊이 1.2 m 미만의 경우에 사용
	2호 오수받이	내경 500 mm 원형 또는 내경 500 × 500 mm 각형	연결관 내경 150 mm, 깊이 1.2 m 이상의 경우에 사용
	3호 오수받이	내경 700 mm 원형 또는 내경 700 × 700 mm 각형	연결관 내경 200 mm 이상인 곳에 사용
플라스틱제	경질염화비닐제, 폴리에틸렌제, 폴리프로필렌오수받이	내경 300, 350 mm 원형 또는 내경 300 × 300 mm, 350 × 350 mm 각형	연결관 내경 150 mm 이하인 곳에 사용

- (2) 플라스틱제 오수받이는 품질이 확보되는 경우 콘크리트제 1~3호 오수받이 형상 및 치수를 적용할 수 있다.
 (3) 오수받이의 규격은 내경 300~700 mm 정도로서 원활한 하수의 흐름과 유지관리 관점에서 계획 한다.
 (4) 오수받이의 저부에는 인버트를 반드시 설치한다.
 (5) 오수받이의 뚜껑은 밀폐형으로 하고, 외뚜껑은 주철제(ductile 포함), 철근콘크리트제 및 그 외의 견고하고 내구성이 있는 재료로 만들어진 뚜껑으로 한다.
 (6) 오수받이의 높이조절재(입상관) 및 오수 유출입관 연결부는 수밀성을 가져야 한다.

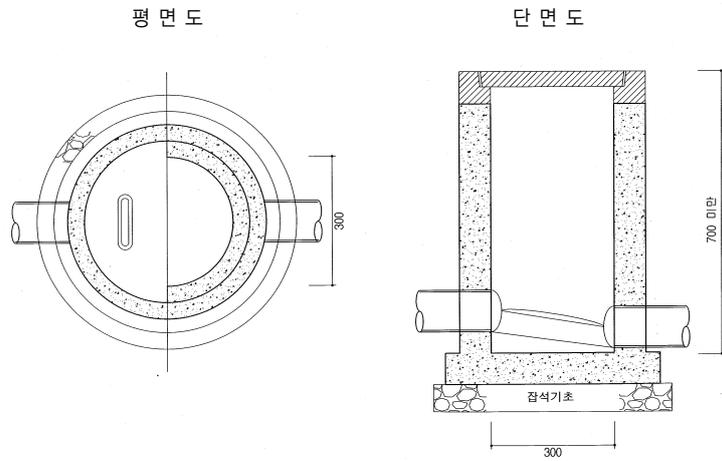
【해설】

(1)에 대하여

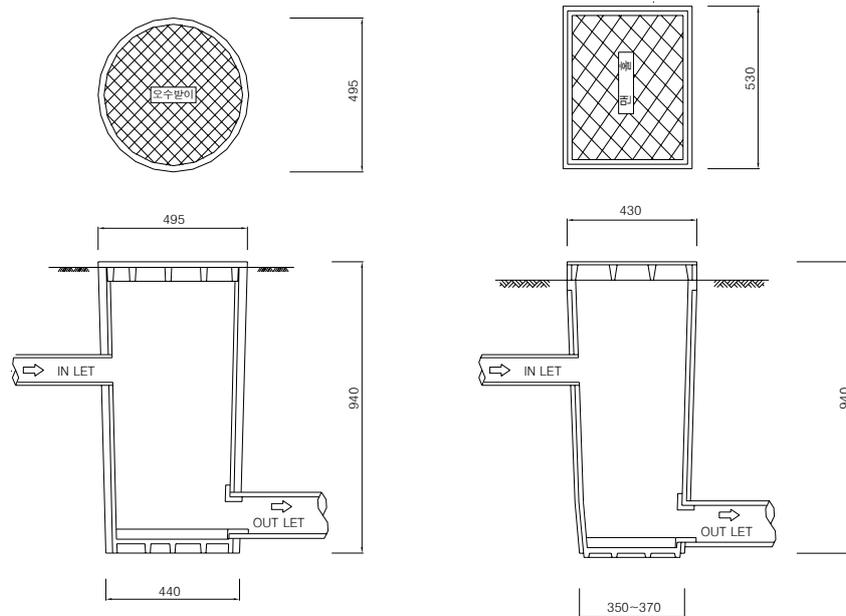
물받이의 형상은 원형 및 각형을 사용할 수 있으나 일반적으로 원형을 많이 사용하고 있다. 그 이유는 구조적인 안정성과 물받이로 연결되는 오수관의 연결을 용이하게 하기 위함이다. 오수받이는 <표 2.12.1>을 표준형상으로 한다. (그림 [2.12.1]~그림 [2.12.3] 참조) 한편, 오수받이는 감독관의 승인하에 프리캐스트 공장제품을 사용할 수도 있다.

(2)에 대하여

플라스틱제 오수받이는 취급 및 시공의 용이성으로 인하여 많이 사용되고 있다. 플라스틱제 오수받이는 콘크리트제 1호 오수받이의 형상 및 치수를 가지는 것이 보통이나 품질이 확보되는 경우 콘크리트제 2~3호 오수받이 형상 및 치수를 적용할 수 있다.



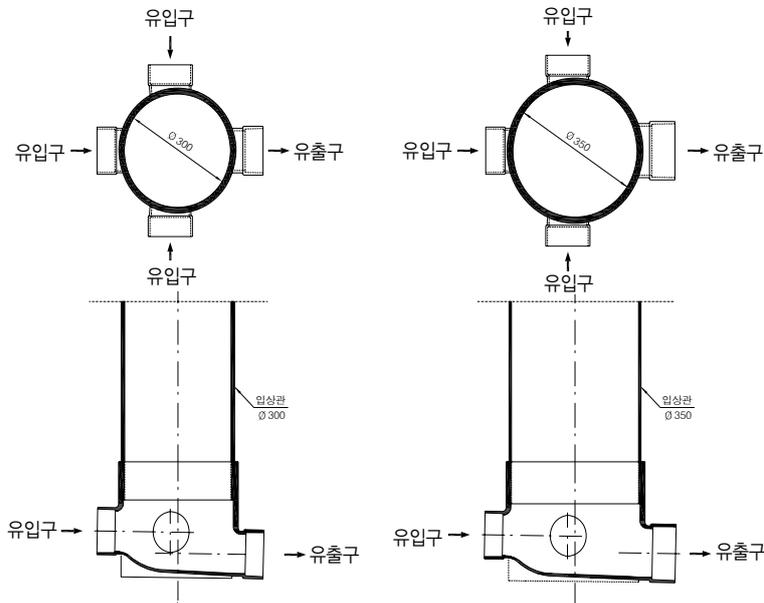
[그림 2.12.1] 1호~3호 오수받이(내경 30~70cm) 구조표준도



[그림 2.12.2] 플라스틱(PE) 오수받이 평·단면형상(예)

(3)에 대하여

오수받이의 내부치수는 사람이 물받이내에 들어가지 않고서도 원활한 유지관리와 오수의 지체현상 등 수리학적 문제점을 최소화할 수 있는 크기로 한다. 즉, 물받이 크기가 너무 작으면 유지관리가 불편하고, 또 너무 크면 다른 지하매설물에 지장을 초래하거나 통행에 불편을 줄 수 있다. 따라서 30~70cm 정도의 크기가 사용되는데 이 중 1~2호 오수받이인 내경 30~50cm의 오수받이가 보편적으로 사용되고 있다.



[그림 2.12.3] 플라스틱(PVC) 오수받이 평·단면형상(예)

(4)에 대하여

오수받이로 유입되는 하수를 원활히 유하시키고 오수받이 바닥에 침전물이 퇴적되지 않도록 하기 위하여 오수받이 저부에 인버트를 설치하고, 설치후에는 오수유입관과 인버트 재질에 따라 생기는 손실 수두를 줄이고 파손을 방지하기 위해 1 : 2 모르타 또는 콘크리트로 덧씌운다. 또한 인버트는 오수유입관의 갯수 및 관의 연결위치에 따라 형태가 달라질 수 있으므로 주변지형 및 배수관거의 접합위치 등 현지 상황을 고려하여 적당한 형태를 선정하여 설치하도록 한다.

(5)에 대하여

오수받이에서 가장 문제가 되는 것은 악취의 발생이다. 따라서 오수받이는 악취를 차단할 수 있는 구조로, 그리고 뚜껑은 밀폐형으로 설치하여야 하며 오수받이 뚜껑 재질은 주철제 및 철근콘크리트제 등 견고하고 내식성이 있는 재질의 것을 사용하도록 한다.

(6)에 대하여

플라스틱오수받이는 설치 깊이에 따라 높이조절재를 사용하고, 다수의 기성 오수 유입관중 미사용되는 유입관은 폐쇄를 하고 있으나 이러한 연결부는 불명수 유입에 취약하므로 수밀성을 가지는 구조 및 재질로 하여야 한다.

2.12.3 빗물받이

1) 빗물받이의 설치

- (1) 빗물받이는 도로옆의 물이 모이기 쉬운 장소나 L형 측구의 유하방향 하단부에 반드시 설치한다. 단, 횡단 보도, 버스정류장 및 가옥의 출입구 앞에는 가급적 설치하지 않는 것이 좋다.
- (2) 빗물받이의 설치위치는 보·차도 구분이 있는 경우에는 그 경계로 하고, 보·차도 구분이 없는 경우에는 도로와 사유지의 경계에 설치한다.
- (3) 노면배수용 빗물받이 간격은 대략 10~30m 정도로 하나 되도록 도로폭 및 경사별 설치기준을 고려하여 적당한 간격으로 설치하되, 상습침수지역에 대해서는 이보다 좁은 간격으로 설치할 수 있다.
- (4) 빗물받이는 협잡물 및 토사의 유입을 저감할 수 있는 방안을 고려하여야 한다.
- (5) 빗물받이에 악취발산을 방지하는 방안을 적극적으로 고려한다.

【해설】

(2)에 대하여

빗물받이는 도로내 우수를 모아서 공공하수도로 유입시키는 시설로서 원칙적으로 공공도로내에 설치하지만 분류식에서는 우수 배제에 기존 우수관거 또는 도로측구 등을 이용하는 경우도 있으므로 지역의 실정, 유지관리 등을 충분히 고려하여 정하는 것이 바람직하다. 또한 합류식에서 사유지내 우수배제는 차도측 도로배수와 별도로 고려하며, 택지내 우수도 택지내에 설치된 빗물받이에 연결하여 유하시키는 것이 바람직하다. 또한 종단경사가 큰(약 5% 이상) 곳에서는 우수의 차집능력을 고려하여 낙수공 면적이 큰 2호 빗물받이를 차도측에 설치하도록 한다.

(3)에 대하여

빗물받이 간격은 도로폭, 경사별 설치간격기준을 고려하여 충분한 집수능력을 가질 수 있도록 적당한 간격으로 설치하되, 상습침수지역 등 방재상 필요한 지역에 대해서는 이보다 좁은 간격으로 설치할 수 있다.

(4)에 대하여

빗물받이는 우천시 우수와 지표면 오염물질이 쓸려 유입되며, 이 후 접속된 관거망을 따라 유하하게 된다. 그러나, 협잡물의 과도한 유입, 인근 상가 등지에서 쓰레기 불법투입 등으로 빗물받이 유입구 막힘현상이 발생하며, 이로 인해 설치 본래 기능을 상실할 경우가 빈번하여 도로침수가 유발되는 등 많은 문제점을 낳고 있다.

따라서, 빗물받이는 다음과 같은 점을 고려하여야 한다.

- ① 협잡물 및 토사 등의 유입감소를 위한 방안의 수립이 필요하다.
- ② 빗물받이 청소가 용이하도록 빗물받이 구조형식이 요구된다.
- ③ 도로포장시 원활한 노면배수에 대한 고려가 필요하며, 도로보수공사 등으로 인한 노면경사 변화에 따른 대응방안 수립이 요구된다.

〈표 2.12.2〉 빗물받이 크기별, 도로 차선별 적정 빗물받이 설치간격

도로 차선 (편도)	유입부 규모 (cm)	간 격(m)														
		측구 횡경사 4%					측구 횡경사 7%					측구 횡경사 10%				
		평지	종경사 2%	종경사 5%	종경사 7%	종경사 10%	평지	종경사 2%	종경사 5%	종경사 7%	종경사 10%	평지	종경사 2%	종경사 5%	종경사 7%	종경사 10%
2	30×40	*	*	*	*	*	20	20	20	20	20	30	30	30	30	30
3		*	*	*	*	*	15	15	15	15	15	25	25	25	20	20
4		*	*	*	*	*	10	10	10	10	*	20	20	20	15	15
2	40×50	20	20	20	15	15	30	30	30	30	25	30	30	30	30	30
3		15	10	10	10	10	30	30	30	20	20	30	30	30	20	20
4		10	10	10	*	*	25	25	20	15	15	30	30	25	15	15
2	40×100	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
3		30	25	25	25	25	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
4		30	20	20	20	20	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
2	40×150	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
3		30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
4		30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

주: *는 부적정/노면의 횡경사가 2%일 때의 값임.

(5)에 대하여

건물의 배수시설에서 공공하수도로 방류된 오수는 혐기성상태에서 황화수소를 생성하고 이때에 발생된 황화수소는 도로상의 빗물받이 등에서 주변으로 발산되어 사람의 후각에 불쾌한 악취로 감지된다. 황화수소는 무색, 달걀썩은 냄새가 나는 유독기체로서 농도가 3~5 ppm에서 불쾌하게 느끼게 되고 10 ppm이 되면 눈의 점막을 자극하게 된다. 또한 100~200 ppm으로 되면 눈이 가렵거나 통증이 나타나고 연속적으로 폭로되면 기관지염, 폐렴이나 폐수종에 의한 질식사, 특히 700 ppm 이상의 고농도를 흡입하면 단기간으로 실신, 호흡정지, 치사에 이른다.

악취는 방지시설의 설치에 의한 발산방지와 악취첨가에 의한 발생억제방법이 있지만 악취의 확산범위가 주로 기후에 좌우되고 발생의 원인규명이 어려우므로 일반적으로 방지시설을 설치하여 확산을 최소화시키는 방법이 주로 적용된다.

배제시스템이 합류식일 경우에는 건물의 배수시설에서 공공하수도로 유입한 악취가 개구부가 많은 빗물받이에서 발산하는 등 문제점이 발생하고 있다. 따라서 빗물받이에서 악취가 발생하는 것을 방지하기 위해서는 연결관과 빗물받이 입구에 악취방지장치를 설치하는 것을 적극적으로 고려한다.

빗물받이에서 발산하는 악취를 방지를 하기 위하여 다음과 같은 점이 고려되어야 한다.

① 빗물받이입구 악취방지시설

빗물받이의 뚜껑의 바로 아래에 설치하고 도로상에서는 우수을 배제하고 본관에서 발생된 악취의 발산을 방지하는 구조로 하되 우수의 원활한 유입이나 유지관리의 지장을 초래해선 안된다.

② 연결부 악취방지시설

빗물받이의 연결관에 설치하여 하수관거에서 빗물받이로 악취가 유입되지 않도록 한다(링에 흐름방향으로 폴리프로필렌 수지를 붙인 장치로서 연결관에 설치하여 악취의 발산을 방지).

한편 빗물받이의 이토실에 쌓인 토사에서 냄새가 발생하지 않도록 주기적으로 청소하는 등 냄새발생원을 제거할 필요가 있다.

2) 형상 및 구조

(1) 형상 및 재질은 원형 및 각형의 콘크리트 또는 철근콘크리트제, 플라스틱제로서 <표 2.12.3>를 표준으로 하되 설치 위치, 설치장소, 제조사 등에 따라서 다양한 조건들이 있을 수 있음에 유의하여 필요에 따라 변경 적용한다.

<표 2.12.3> 빗물받이의 형상별 용도

명 칭	내부치수	용 도
차도측 1호 빗물받이	300×400 mm	L형 측구의 폭이 50 cm 이하의 경우에 사용
차도측 2호 빗물받이	300×800 mm	L형 측구의 폭이 50 cm 이하의 경우에 사용 교차로나 도로의 종단경사가 큰 곳에 사용
보도측 빗물받이	500×600 mm	도로의 종단경사가 급하지 않은 곳에 사용 차도측 1호 및 2호 빗물받이 적용이 곤란한 곳에 사용

- (2) 빗물받이의 규격은 내폭 30~50 cm, 깊이 80~100 cm 정도로 한다.
- (3) 빗물받이의 저부에는 깊이 15 cm 이상의 이토실을 반드시 설치한다.
- (4) 빗물받이의 뚜껑은 강제, 주철제(덕타일 포함), 철근콘크리트제 및 그외의 견고하고 내구성이 있는 재질로 한다.
- (5) 빗물받이는 <표 2.12.3>의 표준형 이외에 협잡물 및 토사유입을 막기 위한 침사조(혹은 여과조) 및 토사받이 등을 설치한 개량형 빗물받이를 설치할 수 있다.

【해설】

(1)에 대하여

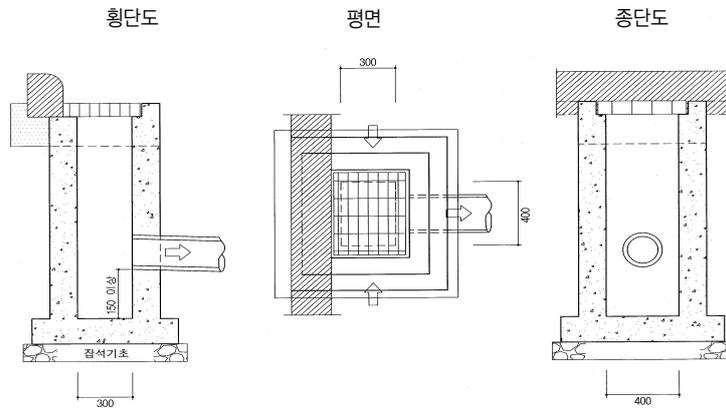
빗물받이는 종경사 10%일때를 표준형상으로 한다([그림 2.12.4]~[그림 2.12.6] 참조). 한편 빗물받이는 감독관의 승인하에 프리캐스트 공장제품을 사용할 수도 있다.

(2)에 대하여

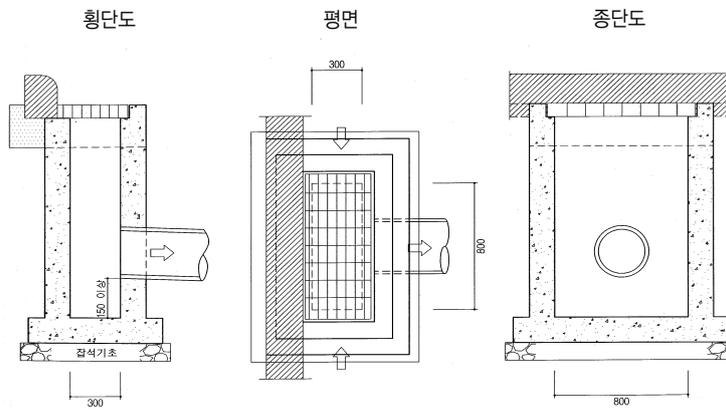
빗물받이가 너무 크면 교통에 지장을 주고 너무 작으면 토사의 제거 등 유지관리 작업이 불편하므로 우수의 유입량에 따라 크기를 선정하나 도로가 5% 이상의 급경사인 장소나 교차로, 광장 등에는 낙수공의 면적이 큰 차도측 2호 빗물받이를 사용하도록 한다.

(3)에 대하여

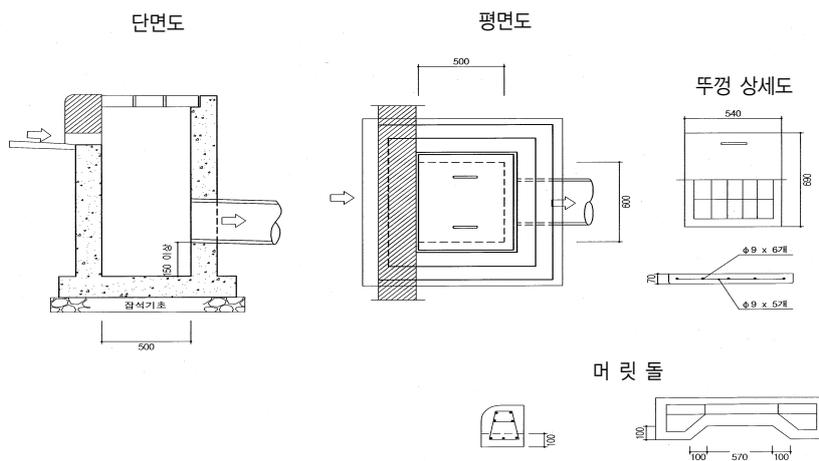
일반적으로 빗물받이 저부에 설치되는 이토실은 토사가 본관에 유입하는 것을 방지하기 위하여 설치되는 것으로서 일반적으로 빗물받이의 이토실 깊이는 연결관 연결부 저부로부터 토사의 유입량에 따라 15 cm 이상의 깊이로 한다.



[그림 2.12.4] 차도측 1호 빗물받이(내부치수 30×40cm) 구조표준도



[그림 2.12.5] 차도측 2호 빗물받이(내부치수 30×80cm) 구조표준도



[그림 2.12.6] 보도측 빗물받이(내부치수 50×60cm) 구조표준도

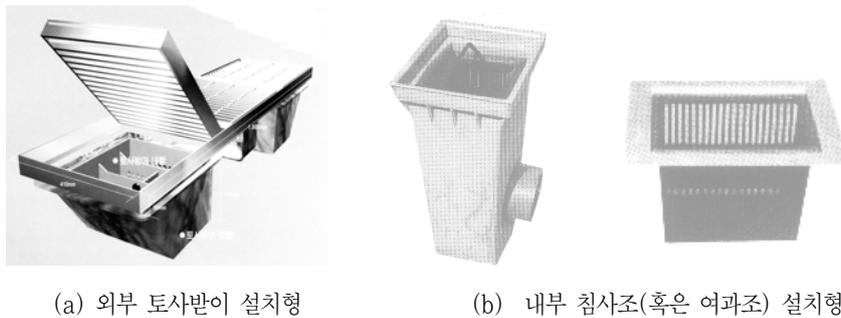
(4)에 대해서

뚜껑은 세로칸막이형, 가로칸막이형, 혼합형 및 격자형 등이 있는데, 격자형(grating)의 재질은 강재이나 그 외의 것은 주철제 또는 철근콘크리트제이다. 현재 시판되고 있는 빗물받이 뚜껑은 세로칸막이형과 혼합형이 많고, 그 낙수공의 면적은 500~800 cm²가 보통이다. 또한 최근의 사용경향은 차도 측에 빗물받이를 설치할 때 콘크리트 제품의 파손 등을 고려하여 강제 격자형(steel grating)과 주철제를 많이 사용하는 추세에 있다.

(5)에 대해서

개량형 빗물받이는 협잡물 및 토사 등에 의한 하수관거 막힘 및 도로침수를 방지하기 위해 침사조나 토사받이를 빗물받이 상부 및 외부에 1~2개 설치하여 토사, 쓰레기 등이 하수구에 유입하기 전에 상부에서 손쉽게 제거할 수 있도록 한다.

개량형 빗물받이의 예로서 침사조(혹은 여과조) 및 토사받이가 외부 및 내부에 설치된 예를 [그림 2.12.7]에 나타내었다.



[그림 2.12.7] 개량형 빗물받이의 예

2.12.4 집수받이

집수받이는 개거와 암거를 접속하는 경우 및 횡단하수구 등에 설치하며 <표 2.12.4>를 표준으로 한다.

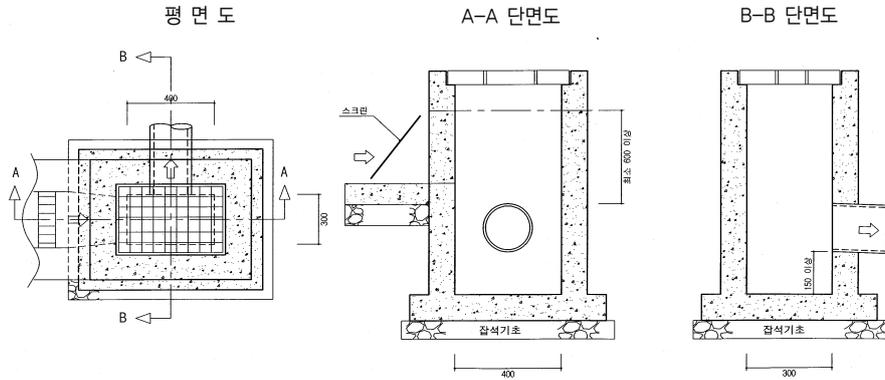
<표 2.12.4> 집수받이의 형상별 용도

명 칭	내부치수	용 도
1호 집수받이	300×400 mm	폭 300 mm까지의 U형 측구에 사용
2호 집수받이	450×450 mm	폭 300~450 mm까지의 U형 측구에 사용
3호 집수받이	450×450 mm	폭 450 mm까지의 U형 측구에 사용

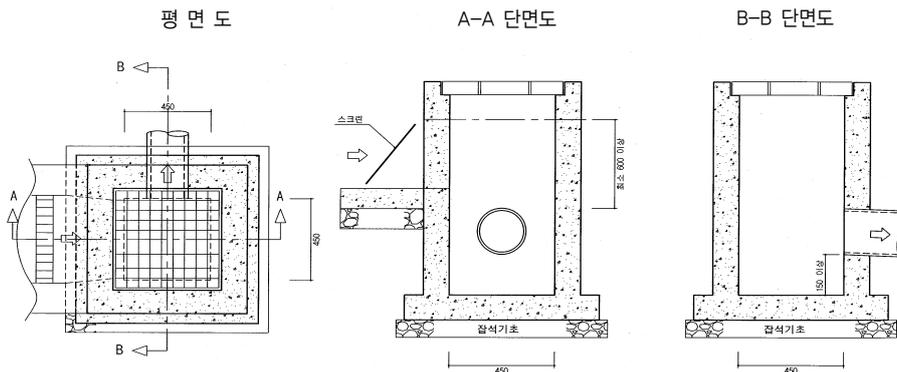
【해설】

집수받이는 빗물받이의 일종으로서 U형 측구 등과 같은 개거와 관거 및 급경사 도로의 횡단하수구

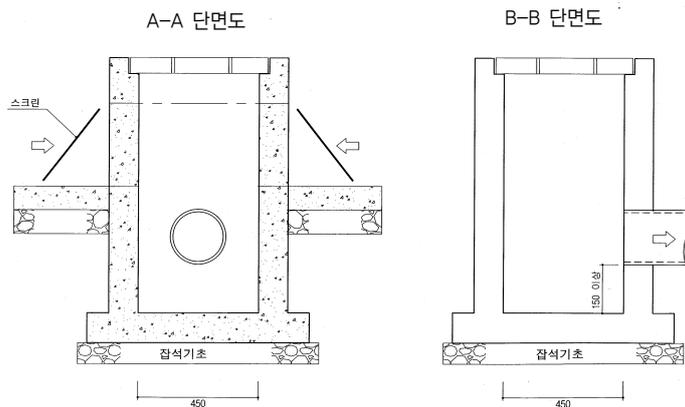
에 설치하는 것으로서 집수받이 저부에 15 cm 이상 이토실을 설치하고 필요에 따라 받디딤부를 설치할 수 있다. 집수받이는 <표 2.12.4>를 표준형상으로 한다(〔그림 2.12.8〕~〔그림 2.12.10〕 참조). 한편 집수받이는 감독관의 승인하에 프리캐스트 공장제품을 사용할 수도 있다.



[그림 2.12.8] 1호 집수받이(내부치수 30×40cm) 구조표준도



[그림 2.12.9] 2호 집수받이(내부치수 45×45cm) 구조표준도



[그림 2.12.10] 3호 집수받이(내부치수 45×45cm) 구조표준도

2.12.5 연결관

연결관은 다음 사항을 고려하여 결정한다.

(1) 재질 및 배치

① 재질

재질은 도관, 철근콘크리트관, 경질염화비닐관 또는 이것과 동등 이상의 강도 및 내구성이 있는 것을 사용한다.

② 평면배치

가) 부설방향은 본관에 대하여 직각으로 부설한다.

나) 본관연결부는 본관에 대하여 60° 또는 90°로 한다.

③ 경사 및 연결위치

연결관의 경사는 1% 이상으로 하고, 연결위치는 본관의 중심선보다 위쪽으로 한다.

④ 관경

연결관의 최소관경은 150 mm로 한다.

(2) 연결부의 구조

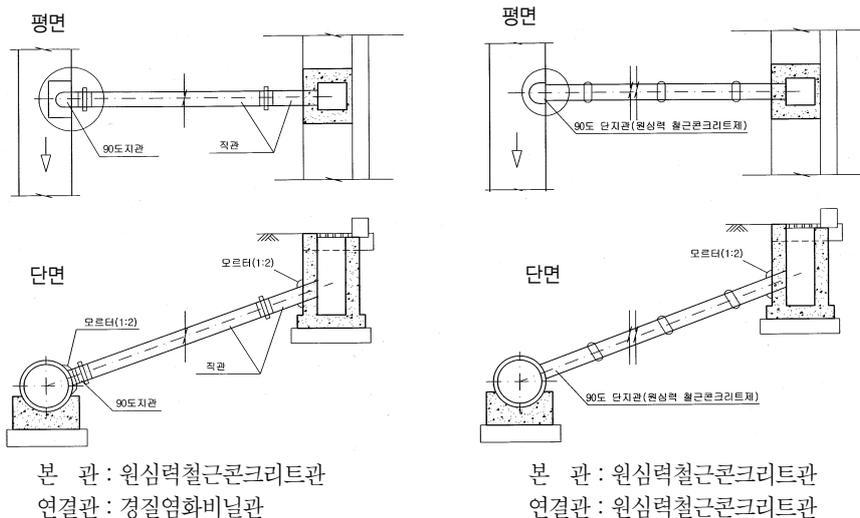
본관이 도관, 철근콘크리트관 등 강성관인 경우에는 지관 또는 가지달린관을, 주철관, 합성수지관 등 연성관인 경우는 접속용 이형관, 분기관 등을 주로 사용하나 본관과 연결관의 재질, 현장여건, 시공의 편리성 등에 따라 다양한 연결방식을 사용한다.

(3) 유지관리를 위하여 종단면배치상의 내각은 120°이상이 바람직하며, 연결관 평면배치 연장이 20m이상 이거나 굴곡부 등에는 연결관 관경이상의 점검구를 설치한다.

【해설】

(1)에 대하여

연결관에서의 지하수 침입 및 다른 지하매설물 공사에 의한 파손의 위험이 가장 크기 때문에, 연결관의 재질은 내구성, 내식성 및 수밀성이 있는 것을 사용한다. 연결관의 부설방향은 [그림 2.12.11]과 같이 본관에 대하여 직각이며 직선적으로 연결한다.

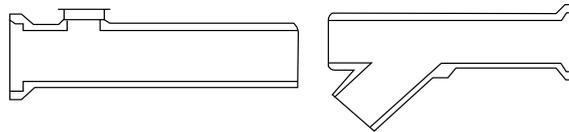


[그림 2.12.11] 관연결도의 예

또한 연결관은 관거내의 유수를 잘 흐르도록 하기 위하여 흐름방향에 대하여 원칙적으로 60°로 하지 만, 본관이 대구경관거인 경우는 90°로 연결하여도 된다. 경사는 부유물질 등의 침전 및 퇴적이 생기 지 않도록 하기 위하여 1% 이상이 적절하다. 연결관의 관저가 본관의 중심선보다 낮게 되면 유수에 저항을 일으켜 소정의 유량을 흐르게 할 수가 없다. 또한 평상시 연결관내에 본관으로부터의 배수를 받아 그 부분에 부유물질 등이 침전 및 퇴적하여 연결관을 폐쇄시킬 우려가 있으므로 본관의 중심선보 다 윗쪽에 연결한다. 연결관의 최소 관경은 150 mm를 표준으로 하고, 소규모하수도 처리구역 등 국 소적인 하수량의 증가가 장래에 걸쳐 예상되지 않는 경우는 본 관경을 150 mm로 하고 연결관경은 100~150 mm로 한다.

(2)에 대하여

연결관의 접합부분은 다짐이 어렵고 부등침하 등으로 침입수가 발생하기 쉽고 관저준설 등 유지관리 시 문제가 많이 발생하는 곳일 뿐만 아니라 시공장소가 많고 복잡하기 때문에 설계 및 시공에 철저한 주의가 필요하다. 따라서 본관이 도관, 철근콘크리트관 등 강성관인 경우에는 지관 또는 가지달린관을 사용하여 본관천공 및 추가적인 작업을 최소화하는 것이 바람직하며, 만약 맨홀 등에 연결관을 직접 접속하는 경우에는 천공기 등을 사용하여 접속할 관거의 구경에 따라 정확히 천공하고 고무커넥터 등 의 연성재질을 사용하여 관거를 연결하는 방법도 사용한다. 또한, 연결시에는 연결관 및 모르타가 본 관내에 침입되지 않도록 하여야 하며, 시공후 이 부분에 대한 수밀검사 및 CCTV검사 등을 한다.



[그림 2.12.12] 가지달린관 단면형상 예

또한, 경우에 따라서는 도로매설물의 상태를 고려하여 본관과의 연결이 가능한가를 충분히 검토한다. 한편, 중차량이 많이 통과하는 도로 아래의 연결관은 차량하중에 의해 파손될 우려가 있으므로 콘크리 트로 보호한다.

본관의 매설과 연결관의 매설시 시차가 있을 경우에는 접속관이나 연결관을 설치한 후 끝을 막고 그 위치와 깊이 그리고 연결관의 종류 등을 정확히 기록하여 추후 연결시 정확한 시공이 가능하도록 하는 것이 바람직하다.

한편 주철관, 합성수지관 등 연성관인 경우는 접속용 이형관, 분기관 등을 주로 사용하나 본관과 연 결관의 재질, 현장여건, 시공의 편리성 등에 따라 다양한 연결방식을 사용하며, 주로 관제조자가 제시 하는 연결 및 접속방식에 따르는 것이 바람직하다.

(3)에 대하여

물받이와 하수분관을 연결하는 연결관은 도로 및 배수구역 현황 등에 다르나 통상적으로 10 m내외

이나, 도로현황, 지장물 등에 연결관의 연장이 길어지는 경우가 있으므로 유지관리를 위하여 연장이 20 m 이상이거나 굴곡부 등에는 연결관 관경과 동일하거나 그 이상의 점검구를 설치한다.

또한 연결관 종단배치상 내각은 120° 이상으로 하여 하수의 원활한 흐름과 유지관리시 청소구 등의 이동이 용이하도록 하여야 한다.

2.12.6 악취방지시설

- (1) 악취방지시설을 계획하기 위해서는 우선 발생원을 조사하여 이에 대응한 시설이 되도록 하여야 한다.
- (2) 악취발생을 저감할 수 있는 계획 및 시설은 발생방지를 우선으로 하고 시설계획을 하여야 한다.
- (3) 방취시설은 가장 효과적이고, 비용절감적인 측면에서 계획되어야 한다.

【해설】

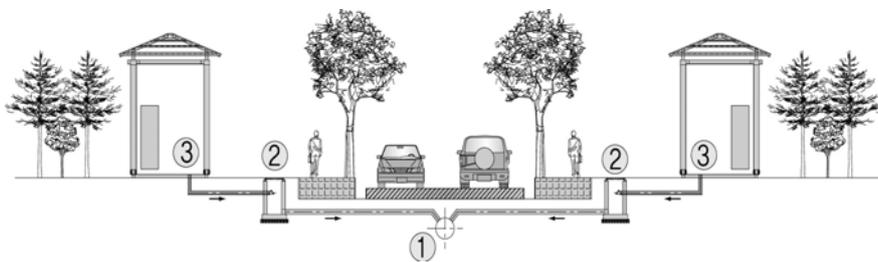
(1)에 대하여

악취방지법에서 악취는 “황화수소·메르캡탄류·아민류 그 밖에 자극성이 있는 기체상태의 물질이 사람의 후각을 자극하여 불쾌감과 혐오감을 주는 냄새”로 정의하고, 22개 물질을 지정악취물질로 규정하고 있으며 또한 하수처리시설을 악취배출시설로 규정하고 있다.

악취는 소음과 같이 감각 공해에 해당되며 청각, 후각, 미각 등 신경계통에 작용하고 많은 사람에게 불쾌감과 피해를 주고 있다. [그림 2.12.13]은 하수관거의 일반적인 악취발생 위치 및 유입경로를 보여주고 있으며, 악취발생 주요지점 및 원인을 조사하여 그 정도에 따른 계획 및 시설 또는 방취시설을 고려한다. 특히 합류식지역의 도심내 악취원은 정화조 폐액의 관로내 유입, 시장, 음식점 밀집지역의 경우 빗물받이로의 음식물 잔반류 무단투기 등으로 지역특성 등을 감안하여 계획을 수립하여야 한다.

(2)에 대하여

하수관거에서의 악취저감계획의 주안점은 유속확보, 오점개선 등 관거정비 및 지속적인 유지관리를 통하여 근본적으로 악취발생을 방지하는 것이나 현실적으로는 다양한 원인과 장소에서 발생되고 있으므로 이를 고려한 저감시설의 계획 및 설치가 필요하다.



- ① 지점 : 하수분관 및 차집관거에서 오수받이 및 맨홀로 악취 유입
- ② 지점 : ① 지점과 배수설비관에서 오수받이로 악취 유입
- ③ 지점 : ①+② 지점에서 옥내 배수설비로 악취 유입

[그림 2.12.13] 악취발생 주요지점

일반적인 악취발생 및 확산을 방지할 수 있는 방법으로는 가정잡배수와 화장실 배관을 별도 연결하여 주방내로 악취유입방지를 차단하는 방법, 부엌에서 배출되는 배수관을 화장실 배수관보다 뒤쪽에 배치하여 가정내 잡배수 유출 수류를 이용, 분뇨의 지체현상을 보완하는 방법이 있다. 오수받이내 분뇨유하에 따른 지체현상을 최소화하기 위해 인버트 설치로 침체 및 퇴적방지와 악취의 외부발산을 차단하기 위해 밀폐형 뚜껑을 사용하는 방법 등이 있다.

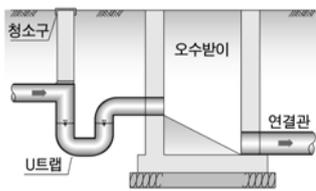
우수관에서 발생하는 악취를 방지하기 위한 시설계획이 있을 수 있으나, 관거정비를 통한 우수관 기능확보를 최우선한 후 그 결과에 따라 악취방지시설은 차선책으로 고려되어야 한다.

(3)에 대하여

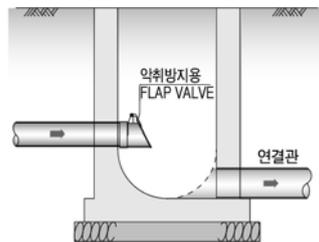
하수관거에서 발생된 악취를 방지할 수 있는 가장 일반적이고 효과적인 방법은 오수받이의 방취기능 확보라고 할 수 있다.

유티랩내 오수에 의해 기밀을 유지하는 유티랩(U Trap)형 [그림 2.12.14], 관말단에 밸브를 설치하는 플랩밸브(flap valve)형 [그림 2.12.15], 곡관 말단부를 물에 잠기게 하는 봉수형 [그림 2.12.16] 등이 있다. 플랩밸브형은 오수받이 내부로 밸브가 돌출되는 형상을 갖게 되는데 유지관리를 위해서 밸브와 맞은편 벽체 또는 밸브와 밸브 사이는 최소 150 mm 이상을 확보하는 것이 좋다. 이 모든 방취시설은 주기적인 청소와 점검으로 유지관리에 만전을 기하여야 한다.

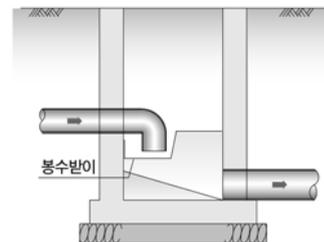
오수받이외의 방취시설은 옥내배수관의 방취용 트랩이 있으며 배수설비의 부대시설 규정에 따른다.



[그림 2.12.14] U트랩형



[그림 2.12.15] Flap Valve형



[그림 2.12.16] 봉수형

2.12.7 기타시설

- (1) 연결관이나 하수관에는 필요한 경우 점검구를 설치하여 유지관리가 용이하도록 하여야 한다.
- (2) 빗물받이에는 협잡물 낙엽 및 토사 등 협잡물유입방지 및 제거를 용이하게 하기위한 장치를 설치할 수 있다.

【해설】

(1)에 대하여

물받이와 하수분관을 연결하는 연결관의 연장이 지형 및 배수구역 여건 등으로 지나치게 길어지거나 연결관에 연결관이 접속되는 경우, 지장물 등으로 소형맨홀설치도 곤란한 경우 등은 유지관리를 점검구를 설치한다.

점검구는 유지관리를 위하여 설치되는 것이므로 연결되는 하수관의 환경과 동일하거나 그 이상이어야 하며, 토압이나 외부하중에 의해 파손되지 않는 일정한 강도를 가져야 한다. 또한 뚜껑은 악취방지를 위하여 밀폐형으로 하고 외부 뚜껑은 보호를 위하여 철근콘크리트 또는 주철재로 하여야 한다.

(2)에 대하여

빗물받이는 표준형 외에 협잡물 유입방지과 제거를 용이하게 하기 위하여 개량된 다양한 재질과 형상을 가진 제품이 생산·설치되고 있다.

개량형 빗물받이는 일반적으로 협잡물유입방지과 제거기능 강화를 위한 거름장치가 추가 및 변형된 것으로서, 그 목적에도 불구하고 집중호우 등의 경우에는 협잡물 및 토사로 인한 막힘현상으로, 오히려 우수흐름을 방해하여 물받이의 기능을 저해할 수 있으므로 그 기능 및 유지관리가능성을 고려하여 선택적으로 적용되어야 한다.

2.13 배수설비

2.13.1 배수설비의 일반사항

- (1) 배수설비는 개인하수도의 일종이다.
- (2) 배수설비의 설치 및 유지관리는 의무가 있는 개인이 하는 것을 기본으로 한다.
- (3) 배수설비중의 물받이의 설치는 배수구역 경계지점 또는 배수구역안에 설치하는 것을 기본으로 한다.
- (4) 결빙으로 인한 우·오수 흐름의 지장이 발생되지 않도록 하여야 한다.

【해설】

(1)에 대하여

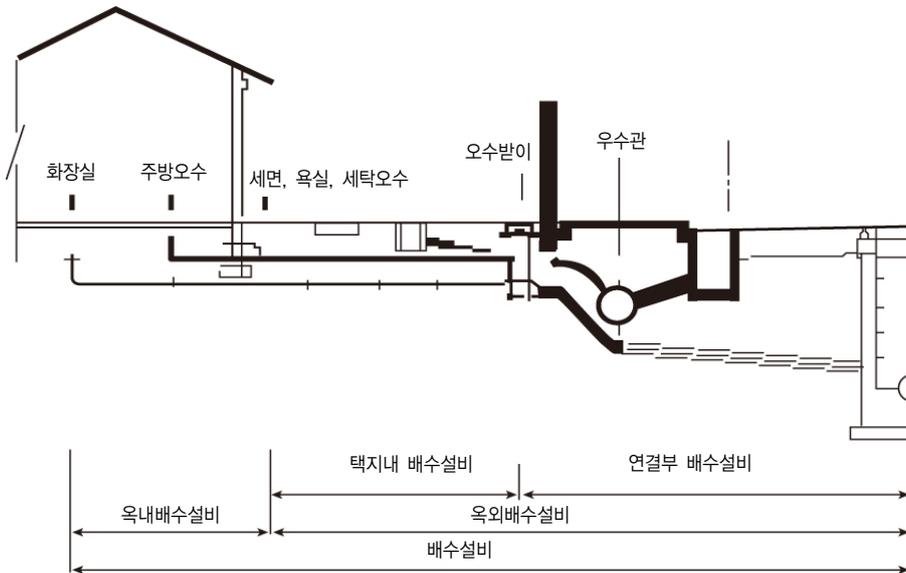
배수설비는 개인하수도의 일종이며, 개인하수도란 건물·시설 등의 설치자 또는 소유자가 당해 건물·시설 등에서 발생하는 하수를 유출 또는 처리하기 위하여 설치하는 중수도·배수설비·개인하수처리시설과 그 부대시설을 말한다.

(2)에 대하여

개인하수도의 배수설비는 배수관, 물받이, 공공하수도로 배제하기 위한 연결관 및 부대설비로 구성되며, 설치 및 유지관리책임이 개인에 있는 시설을 말하며, 여기서 개인이라 함은 배수구역안의 토지의 소유자, 관리자(토지인 시설물의 소유자 또는 관리자) 또는 국·공유시설물의 관리자를 의미한다.

(3)에 대하여

물받이는 공공도로와 사유시설(사유지, 건축물 등사유시설)의 경계지점 또는 사유시설에 설치하는 것을 기본으로 한다.



[그림 2.13.1] 공공하수도 및 개인하수도구조도

(4)에 대하여

한랭지역에서 배수관 또는 우·오수받이에 하수가 정체되는 경우 결빙으로 인하여 하수흐름방해, 배수설비 파손 등이 발생할 수 있다. 따라서 이러한 지역에 설치되는 배수설비는 동결심도이상으로 매설하거나 배제된 하수가 신속하게 배수되도록 관경, 경사 및 구조를 가져야 하며 또한 필요한 경우 동결을 방지할 수 있는 보온구조를 갖추어야 한다.

2.13.2 배수관

배수관은 암거로 하며 관종 및 크기는 다음 사항을 고려하여 정한다. 단, 우수만을 배수하는 경우에는 개거로 하여도 좋다.

(1) 관의 종류

암거는 도관, 철근콘크리트관 및 경질염화비닐관 등 내구성이 있는 것을 사용한다.

(2) 관의 크기

① 오수관의 크기

오수관의 크기는 <표 2.13.1>에 의한다. 단, 일부의 오수를 배제하기 위한 지관으로서 연장이 3m 미만의 것은 관경 75mm의 것을 사용하여도 좋다.

<표 2.13.1> 배수인구에 의한 오수관의 크기

배수인구(명)	150 이하	300 이하	600 이하	1,000 이하
관경(mm)	100 이상	150 이상	200 이상	250 이상

② 합류관 및 우수관의 크기

〈표 2.13.2〉 배수면적에 의한 합류관 및 우수관의 크기

배수면적(m ²)	200 미만	600 미만	1,200 미만	1,200 이상
관경(mm)	100 이상	150 이상	200 이상	좌편과 같은 비율로 관경 또는 개수를 증가한다.

③ 배수량이 특히 많은 장소에서의 관의 크기는 <표 2.13.3>에 의한다.

〈표 2.13.3〉 배수량에 의한 관의 크기

배수량(m ³ /일)	1,000 미만	2,000 미만	4,000 미만	6,000 미만	6,000 이상
관경(mm)	150 이상	200 이상	250 이상	300 이상	좌편과 같은 비율로 관경 또는 개수를 증가한다.

(3) 관거의 경사 및 유속

관거의 경사는 관거내 유속이 0.6~1.5 m/s가 되도록 정한다.

(4) 최소토피

최소토피는 건물의 부지내에서는 20 cm 이상으로 한다.

합류관 및 우수관의 크기는 <표 2.13.2>에 의한다. 단, 우수관의 지관으로서 연장 3 m 미만의 것은 관경 75 mm의 것을 사용하여도 좋다.

【해설】

배수설비는 각 배수지역에서 나오는 하수를 지체 없이 하수도에 유입시키는 설비를 말하며, 이를 완비함으로써 하수도의 설치목적이 달성된다.

(1)에 대하여

관거는 암거로 하지만 우수만을 유하시키는 관거는 개거로 할 수 있다. 오수가 누수되어 지하수 등을 오염시키는 것을 방지하기 위하여 도관, 철근콘크리트관 및 경질염화비닐관 등과 같은 수밀성의 관을 사용한다. 또한 연결부는 누수가 없도록 가장 적합한 접합제로 충전하여 완전하게 시공한다.

(2)에 대하여

관의 크기는 <표 2.13.1>~<표 2.13.3>과 같지만 이는 최소값을 표시하고 있는 것이므로, 특수하게 수량이 집중되는 곳에서는 그 배수량이 지체 없이 유하될 수 있는 크기와 경사를 갖도록 관을 매설하여 적은 양이라도 범람하는 일이 없도록 해야 한다.

(3)에 대하여

일반적으로 옥외배수설비는 각각 유량계산을 하여 배수관의 관경 및 경사를 결정하지 않고 다음의 예와 같이 미리기준을 설정해 두고 이에 따라 정한다.

〈표 2.13.4〉 배수관의 경사(예)

관경(mm)	100	150	200	250	300
경사	2/100 이상	1.5/100 이상	1.2/100 이상	1/100 이상	1/100 이상

배수관은 원칙적으로 자연유하방식이며, 하수를 지장없이 유하시키기 위해서 적절한 관경, 경사로 할 필요가 있다. 경사를 완만하게 하면 유속이 작고 큰 관경이 필요하며 경사를 급하게 하면 유속이 커지고 관경이 작아도 필요한 하수량을 유하시킬 수 있다. 지나치게 급경사이면 관거에 손상을 줄 우려가 있고 반대로 지나치게 완만한 경사이면 소류력이 저하되어 부유물이 퇴적된다. 관내 유속은 소류력을 고려하여 0.6~1.5 m/s의 범위로 한다. 단, 부득이한 경우에는 최대 유속을 3.0 m/s로 할 수 있다.

(4)에 대하여

관거 상부의 흠두께는 건물부지내에서는 최저 20 cm 이상으로 하고, 공공도로에 준하는 도로, 차량이 출입하는 장소 등에 대해서는 공공하수도에 준하는 깊이로 한다. 흠두께가 적은 경우는 외압으로부터 관거를 보호하거나 하중조건에 적합한 관거를 사용한다.

2.13.3 물받이

물받이는 빗물받이 및 오수받이가 있으며, 배치 및 구조 등은 다음 사항을 고려하여 정한다.

(1) 물받이의 배치

- ① 관거의 기점, 종점, 합류점, 굴곡점 및 기타 유지관리상 필요한 장소에 설치한다.
- ② 관거의 내경, 경사 또는 관종이 다른 장소에 설치한다.
- ③ 직선부에서는 관경의 120배 이하의 간격으로 하며, 관경에 따라 <표 2.13.5>와 같은 범위내의 간격으로 설치한다.
- ④ 배수관의 합류점이나 굴곡점에 물받이 설치가 곤란하거나 타시설로 동일한 기능발휘가 가능한 경우에는 점검 및 청소·보수를 할 수 있는 청소구를 설치할 수 있다.

(2) 물받이의 크기, 형상 및 구조

내경 또는 내부치수가 30 cm 이상되는 원형 또는 각형의 벽돌, 콘크리트제 및 철근콘크리트제 등으로 하고, 깊이별 내경 및 내부치수와 관계는 <표 2.13.5>를 참고로 한다.

〈표 2.13.5〉 깊이별 내경 및 내부치수

깊이 (cm)	내경 및 내부치수 (cm)
30~60 미만	30
60~90 미만	40
90~120 미만	50
120~150 미만	60

다만, 하수본관의 규격이 최소관경이 적용되는 소규모 지역에서 부지의 여유, 기타시공조건 유지관리 등을 고려하여 소형 오수받이를 설치할 수도 있으나 최소화 하여야 한다.

〈표 2.13.6〉 소형오수받이의 크기

구 분		소형오수받이의 내경(mm)
배수관의 내경(mm)	설치깊이(m)	
75	0.60이하	125이상
100~150	0.90이하	150이상
200	1.20이하	200이상

(3) 물받이의 뚜껑 및 저부구조

오수받이는 2.12.2의 2)에 의하며, 빗물받이는 2.12.3의 2)에 의한다.

(4) 특수받이

① 트랩(trap)받이

배수설비용의 기구에 방취트랩이 되지 않는 경우에 방취 등을 목적으로 설치한다.

② 드롭(drop)받이

관의 합류점에서 관저고에 단차가 큰 곳에 설치한다.

③ 청소구

배수관의 합류점이나 굴곡지점에 오수받이 설치가 곤란한 경우 보수점검을 위하여 설치한다.

【해설】

(1)에 대하여

관거는 잘 유지관리되지 않으면 침전물로 인하여 그 사용이 불가능하게 된다. 따라서 관거의 유지관리가 용이하도록 물받이를 설치하여야 한다.

물받이는 오수물받이와 빗물받이의 2종류가 있고, 양쪽 모두 견고하고 내구성이 있는 구조로 한다. 물받이는 배수관의 접합이나 합류 또는 점검, 청소 등의 유지관리가 용이하도록 하는 것을 목적으로 하여 설치한다.

따라서 관거의 유지관리가 용이하도록 직선부에서의 최대배치간격은 배수관의 120배를 기준으로 하고, 좁은 장소에서 관거의 청소용으로 대나무나 철선 등을 사용할 수 없는 곳에서는 물받이 사이의 간격을 짧게 하는 등의 장소에 따른 적절한 배려가 필요하다.

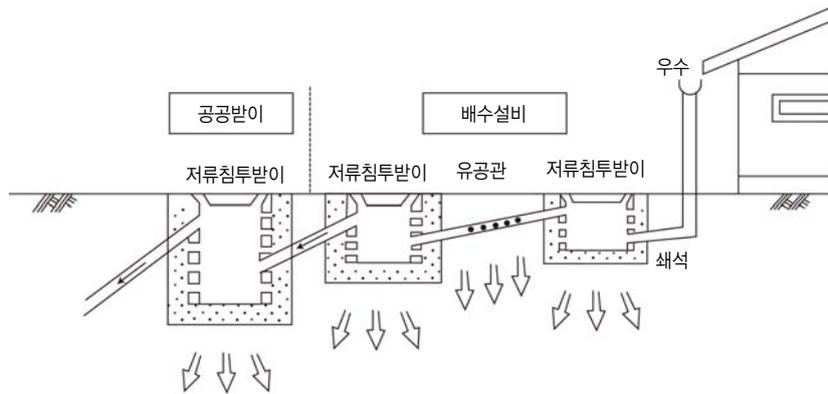
또한, 빗물받이에는 필요에 따라 빗물침투받이의 설치를 고려한다(〔그림 2.13.2〕 참조).

배수관의 합류점이나 굴곡점에 현장여건 등으로 물받이설치가 곤란하거나 타시설로 동일한 기능발휘가 가능한 경우에는 점검 및 청소·보수를 할 수 있는 청소구를 설치할 수 있다.

(2)에 대하여

물받이의 형태는 원형 또는 각형으로 하고, 좁은 장소 등에서는 이형이 되는 것도 있으나 어떤 경우라도 크기는 접속하는 관이 완벽하며 약간의 여유를 가지고 접속되어야 한다.

물받이의 크기는 유지관리의 필요상 최소 30cm로 하고, 또 깊이에 따라 〈표 2.13.5〉과 같은 크기를 표준으로 한다.



[그림 2.13.2] 빗물침투형 받이

재질은 콘크리트 및 철근콘크리트 등의 수밀성이 있는 것으로 하며, 구조는 외압에 의해 파괴되지 않도록 견고한 것으로 한다.

하수분관의 규격이 최소관경이 적용되는 소규모 지역에서 부지의 여유, 기타시공조건 유지관리 등을 고려하여 소형 오수받이를 설치할 수도 있으나 받이의 기본적인 기능인 배수관과 연결관의 효율적인 유지관리 기능을 확보할 수 있도록 최소화 되도록 하여야 한다.

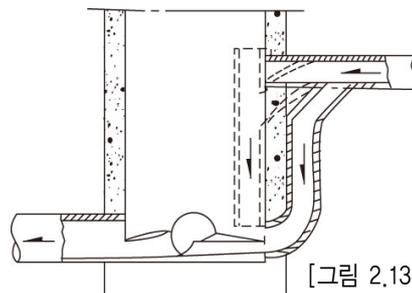
(3)에 대하여

물받이의 뚜껑 및 저부구조는 오수받이는 2.12.2의 2)에 의하며, 빗물받이는 2.12.3의 2)에 의한다.

(4)에 대하여

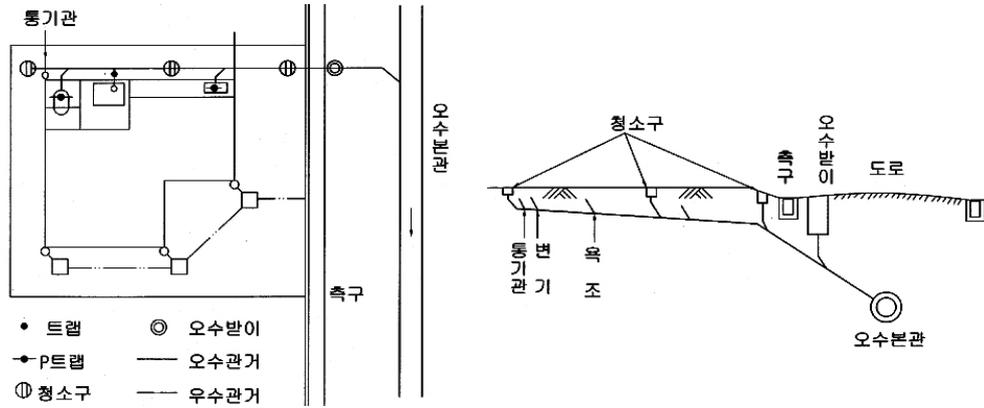
트랩받이에 대해서는 2.13.의 (2)에 의한다.

드롭받이는 그 구조상 낙하받이, 드롭받이, 저하받이로 불리며, 공공하수도에 있어서 부관붙임맨홀과 같이 상류관과 하류관의 관저고에 심한 낙차가 있는 경우에 설치한다. 더욱이 우수만의 배수관에는 설치하지 않는 것이 통례이다([그림 2.13.3] 참조).

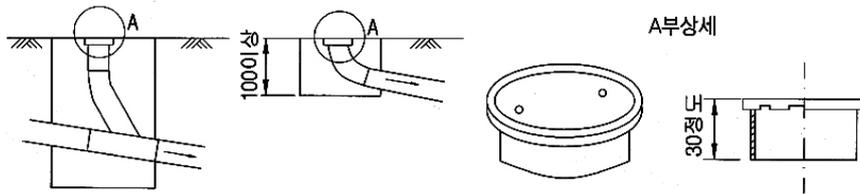


[그림 2.13.3] 드롭(drop)받이의 예

또한, 배수관의 점검 청소를 위해 회합점이나 굴곡점에 받이를 설치하는 것이 원칙이지만, 부지 이용의 관계상 이것을 설치할 수 없는 경우에는 받이를 대신해서 청소구를 설치한다([그림 2.13.4] 및 [그림 2.13.5] 참조).



[그림 2.13.4] 청소구의 연결 예



[그림 2.13.5] 청소구의 상세 예

2.13.4 부대설비

부대설비는 다음 사항을 고려하여 정한다.

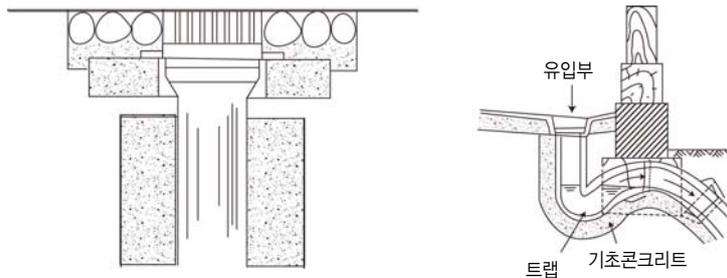
- (1) 쓰레기 차단장치
고형물질이 유입되는 유입구에는 유효간격 10 mm 이하의 스크린 또는 스트레이너(strainer)를 설치한다.
- (2) 방취장치
필요한 장소에 악취방지트랩(trap)을 설치한다.
- (3) 유지차단장치
유지류가 유입되는 유입구에는 유지차단장치를 설치한다.
- (4) 모래받이
토사가 다량으로 유입되는 유입구에는 적당한 크기의 모래받이를 설치한다.
- (5) 통기장치
방취트랩의 봉수(封水)의 보호 및 배수관내의 흐름을 원활히 하기 위하여 설치한다.
- (6) 배수펌프
저지대, 지하실 등에서 공공하수도로 자연유하로 배수되지 않는 경우에는 배수펌프를 설치한다.

【해설】

배수설비중 공공하수도관리청이 유지·관리하는 것을 제외한 배수설비는 개인하수도에 포함되므로 부대시설을 포함한 배수설비의 유지·관리는 개인에게 책임이 있다.

(1)에 대하여

고형물을 배수관에 유입시키면 관내에 침전되어 하수의 흐름을 저해하므로 고형물이 유입되는 유입 구에는 유효간격 10mm 이하의 스크린 또는 스트레이너를 설치한다. 또한 스크린 및 스트레이너에 걸린 쓰레기를 자주 제거해야 하므로 점검이나 청소가 용이한 구조로 한다([그림 2.13.6] 참조).



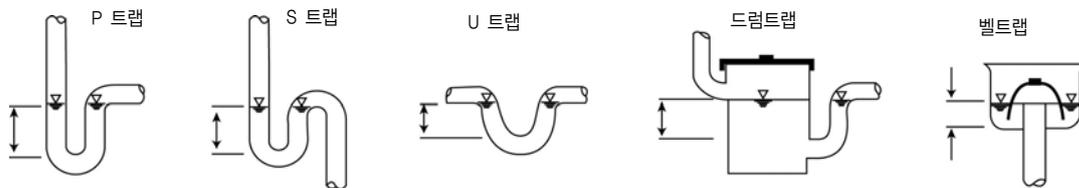
[그림 2.13.6] 쓰레기 차단장치의 예

(2)에 대하여

트랩(trap) 등의 방취장치는 유출구 및 위생기구 등에 근접하게 설치하고, 관거내의 악취가 실내에 침입하는 것을 방지하는 것이다. 방취장치는 고형물 등이 침전하여 막힐 우려가 있으므로 구조를 간단하게 하고, 배수작용에 의해 트랩내부가 세척되며 검사나 청소가 용이한 장소에 설치한다([그림 2.13.7] 참조).

내식성 및 내흡수성을 가진 견고한 재질의 것으로 기구 및 본체에 접속하기 쉽고, 적당한 봉수깊이를 갖고 봉수를 유지할 수 있는 구조가 바람직하다.

또 기구 등에 접근해서 트랩을 설치할 수 없는 경우에는 트랩받이를 설치하기도 한다. 트랩받이의 크기는 보통의 트랩에 준하면 좋으나 비위생적으로 되기 쉬우므로 청소를 고려하여 약간 크게 하는 것이 바람직하다. 봉수깊이는 50mm 이상이면 좋으나 가능하면 75mm 이상이 바람직하다. 또한, 합류식의 빗물받이에 설치하는 경우에는 모래받이 깊이를 가능한 한 크게 한다([그림 2.13.7] 참조).



[그림 2.13.7] 트랩받이 종류의 예

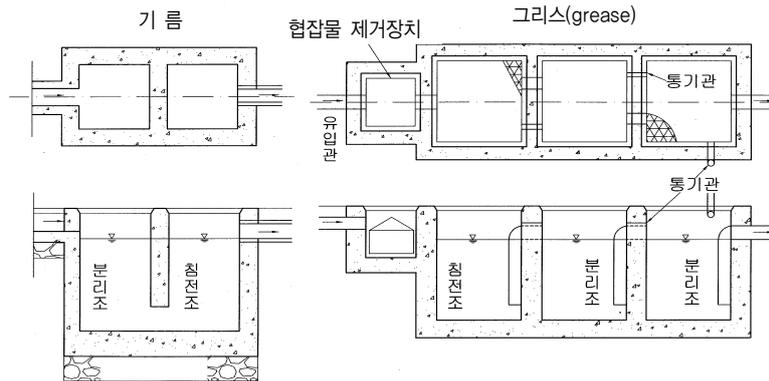
(3)에 대하여

유지차단장치는 [그림 2.13.8]에서와 같이 받이의 내부에 격벽을 설치한 것으로 하수는 격벽의 하부로 유출되지만 물보다 가벼운 유지는 스킴(scum)이 되어 수면에 떠올라서 격벽에 차단되어 받이 내부에 모인다. 격벽의 수중부분이 적으면 유지 등이 그 밑을 벗어나 유출된다. 또한 모인 유지 등을 적

당히 퍼내어 별도로 처분해야 하므로 받이의 상부는 유지 등을 퍼내기에 용이한 구조로 한다. 더욱이 기름(oil)과 그리스(grease)로 구분해서 설치하는 것이 바람직하며, 유지류를 다량으로 배출하는 경우에는 [그림 2.13.8]을 참조한다.

(4)에 대하여

우수관에서 유입하는 토사는 2.12.3의 2)와 같이 빗물받이에 이토실을 두어 공공하수도에



[그림 2.13.8] 유지차단장치의 종류

유입하는 것을 방지하지만, 세차장이나 제조공정에서 다량의 고형물이 발생하여 하수와 함께 유출할 우려가 있는 공장 등에서는 상당용량의 이토실을 설치하고 본관으로의 토사유입을 방지하는 구조가 바람직하다.

(5)에 대하여

통기장치는 2층 이상의 건축물에 필요하고 통기장치가 없으면 직립 관거내에 압력현상이 생겨 트랩의 봉수유지가 어렵다.

분류식의 배수설비에 있어서는 소규모인 일반주택에 대해서도 통기장치를 설치해야 하고 배수관내의 통기를 충분히 하는 것이 바람직하다.

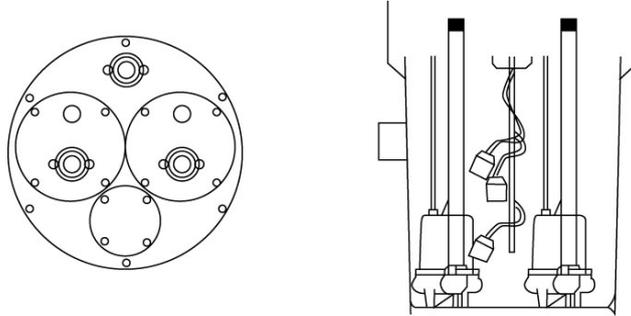
(6)에 대하여

건축물등에서 배수되는 우·오수는 공공하수도 및 다른 배수설비에 일반적으로 자연유하로 연결되어 배수되지만, 자연유하가 어려운 저지대 독립가옥, 지하공간 등의 배수지역에는 배수펌프를 설치하고, 펌프시설은 물받이기능을 포함한 자가배수 펌프시설 설치를 고려할 수 있다.



[그림 2.13.9] 자가배수 펌프시설 설치 개념도

경우에 따라서 저지대 독립가옥 등 다수를 배수구역으로 설정하여 하나의 배수펌프를 적용할 수 있으며, 자가배수펌프는 고장에 대비한 예비시설 및 경고기능 등이 구비되어야 하며, 또한 악취방지 및 이물질 유입으로 고장이 발생되지 않도록 하여야 한다.



[그림 2.13.10] 자가배수펌프 평면 및 단면 개념도

2.13.5 제해시설

제해시설(除害施設)은 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 공장폐수 등을 공공하수도에 유입시키는 경우에는 관거를 손상시키고, 그 기능을 저하시키거나 또는 처리장에서의 처리능력을 방해하거나 방류수의 수질기준을 유지하기가 어려우므로 제해시설을 설치하여 폐수의 종류에 따라 배출 전에 배출 처리한다.
- (2) 다음 사항에 해당하는 폐수를 하수도로 배출하는 경우에는 적당한 제해시설을 설치한다.
 - ① 온도가 높은(45℃ 이상) 폐수
 - ② 산(pH 5이하) 및 알칼리(pH 9이상) 폐수
 - ③ BOD가 높은 폐수
 - ④ 대형 부유물을 함유하는 폐수
 - ⑤ 침전성 물질을 함유하는 폐수
 - ⑥ 유지류를 함유하는(30 mg/l 초과) 폐수
 - ⑦ 페놀 및 시안화물 등의 독극물을 함유하는 폐수
 - ⑧ 중금속류를 함유하는 폐수
 - ⑨ 기타 하수도시설을 파손 또는 폐쇄하여 처리작업을 방해할 우려가 있는 폐수, 사람, 가축 및 기타에 피해를 줄 우려가 있는 폐수
- (3) 제해시설의 설치 또는 개조에 있어서는 충분한 사전조사를 하여 적절한 처리방법을 선택한다.

【해설】

(1)에 대하여

폐수의 성질에 따라서 폐수를 그대로 하수관거에 배출시키면 여러 가지 장애를 발생시킬 수 있다. 예를 들면 산이나 알칼리를 함유하는 폐수와 같이 관거나 그 밖의 시설을 침식시키는 물질, 부유물이나 침전물이 많아 관거의 유하를 저해하는 것, 독성물질과 유지류를 다량으로 함유하여 처리기능에 장애를 주는 것 등이 있는데, 이와 같이 하수도시설 및 처리기능에 장애를 주는 폐수에 대해서는 2.13.4의 부대설비 이외에 제해시설을 만들어서 관거에 배출되기 전에 폐수의 종류에 따른 처리를 실시하여

하수도시설에 손해를 주지 않도록 한다.

(2)에 대하여

1) 온도가 높은(45℃ 이상) 폐수

온도가 높은 폐수는 관거내에서 악취를 발산시키고 관거를 침식시킨다. 또한 처리장에서 침전지의 분리기능을 저하시켜 활성슬러지나 살수여상의 미생물에 악영향을 미치기도 한다. 따라서 온도가 높은 폐수는 냉각탑이나 기타의 제해시설을 만들어 냉각 후 관거로 배출시켜야 한다.

2) 산(pH 5 이하) 및 알칼리(pH 9 이상)폐수

산 및 알칼리폐수는 관거, 맨홀, 받이 및 처리시설 등의 구조물을 침식하여 파괴한다. 또한 처리기능상에도 여러 가지 장애를 주게 되므로 산 및 알칼리폐수는 중화설비를 설치하여 각각의 중화제에 의해 중화시킨 후에 관거로 배출시킨다.

3) BOD가 높은 폐수

다량의 부유성 유기물이 관거내에 유입되면 유기물이 관저부에 체류하게 되어 유해가스를 발생시킬 뿐만 아니라 악취가 발생되기도 한다. 용해성 유기물농도가 높은 폐수는 생물처리에 과부하를 주게 되어 처리기능을 악화시킨다. 특히, 탄수화물을 다량으로 함유한 폐수는 활성슬러지의 분해와 침강성을 감소시켜 팽화현상(bulking)을 일으키기 쉽다. 일반적으로 하수도시설은 생활오수를 기본으로 하여 설계되어 있으므로 BOD가 높은 폐수가 들어가면 처리능력이 부족하여 처리가 곤란하게 된다. 따라서 하수도에서의 허용농도는 생활오수의 BOD가 평균 150~200 mg/l이므로 300 mg/l 정도로 규제할 필요가 있다. 단, BOD가 높아도 수량이 적고 또한 도중의 관거내에서 퇴적의 우려가 없다고 판단되는 경우에는 600 mg/l 정도까지는 허용될 수 있는 경우도 있다.

4) 대형 부유물을 함유하는 폐수

부유물이 많으면 관거내에 침전되어 하수의 흐름을 저해하며 대형 부유물은 소량이라도 관거를 폐쇄시켜 범람의 요인이 된다. 따라서 대형 부유물은 관거에 배출되기 전에 침전지 등에서 수거하거나 스크린을 설치하여 제거한다.

5) 침전성 물질을 함유하는 폐수

침전성 물질은 폐쇄 및 범람의 원인이 되므로 침전지에서 제거한다.

6) 유지류를 함유하는(30 mg/l초과) 폐수

유지류는 관거의 벽에 부착하여 관거를 폐쇄하며 처리기능을 저해시킨다. 따라서 유지류는 침전지로 보내어 침전하는 것은 침전물과 같이 제거하고, 부상하는 것은 스크럼과 함께 제거하지만 양이 많을 때에는 부상분리장치를 설치하여 스크럼과 함께 별도로 처리한다. 이런 경우 필요에 따라 조의 저부에 설치한 산기장치에 의해 압착공기를 폐수중에 불어 넣어 스크럼의 분리를 좋게 한다. 또한 원심분리설비에 의해 유지류를 분리시키는 방법도 있다.

7) 페놀 및 시안화물 등의 독극물을 함유하는 폐수

페놀 및 시안화물 등은 처리기능에 악영향을 주는 것으로, 특히 활성슬러지나 살수여상 등의 미생물

을 죽게 함으로 이들 독성물질의 독성을 제거한 후에 관거로 배출시켜야 한다.

8) 중금속류를 함유하는 폐수

중금속류를 함유하는 폐수는 농도가 높은 경우에는 처리기능을 파괴하며, 농도가 낮은 경우라도 처리장으로부터의 방류수중에 기준 이상의 중금속이 들어 있으면 안되며, 슬러지에 중금속 농도가 높아져 슬러지의 유출이용에 지장을 초래하게 되므로 중금속류를 제해시설로 제거시킨 후 관거로 배출시켜야 한다.

9) 그 밖의 폐수

그 밖에 휘발성 물질을 다량 함유하는 폐수는 폭발의 우려가 있고, 또한 황화물, 악취를 발생하는 물질 및 착색물질 등은 여러 가지 장애 및 관거 유지관리자의 안전에 까지 악 영향을 끼칠 수 있으므로 적당한 제해시설을 설치할 필요가 있다.

(3)에 대하여

공장폐수 등의 폐수성질에 따라 제해시설에서의 폐수처리방법은 여러 가지가 있어 그 설치장소, 처리과정 등도 상이하다. 제해시설의 계획에 관한 일반적 사항은 다음과 같다.

1) 사전조사

제해시설의 계획에서는 계획전에 다음 사항에 대하여 충분한 조사를 한다.

① 일반적인 사항

- (a) 공장의 규모와 장래계획
- (b) 생산공정 및 시간적 변화
- (c) 공장내 폐수처리시설용 부지
- (d) 배제해야 할 하수도와의 관계
- (e) 공장폐수와 다른 오수와의 관계

② 폐수에 관한 사항

- (a) 공정중 폐수를 생성시키는 부분의 명확성
- (b) 생산물 또는 원료 단위당의 폐수량 및 처리해야 할 물질의 부하량
- (c) 폐수의 양 및 질의 시간적 변화와 공장측 자료의 신뢰성
- (d) 분리처리의 가능여부
- (e) 발생슬러지 양 및 성상

2) 처리방법의 선정

처리방법의 선정시에는 다음 사항을 사전에 검토할 필요가 있다.

- ① 종합적인 처리계획
- ② 처리해야 할 항목과 처리정도
- ③ 처리공정
- ④ 처리방법의 경제성
- ⑤ 배출지역의 특성
- ⑥ 폐수관찰 및 시료채취장소의 결정

2.14 해양방류시설

2.14.1 설계시의 고려사항

해양방류시설은 다음의 사항을 고려하여 결정한다.

- (1) 주변해역의 이용상황
- (2) 방류해역의 물이용 형태와 해안으로의 이동시간
- (3) 방류해역의 조위
- (4) 해저상태, 조석간만차 및 수위 등 제반여건
- (5) 기타

【해설】

해안에 인접해 있는 도시는 배제된 우수와 처리수를 해양에 방류하는 것을 고려한다. 우수의 배제를 위한 방류관은 일반적으로 짧고 방류수위가 조위의 간조내에 있게 된다.

처리수의 해양방류는 처리정도에 따라 달라진다. 즉, 살균된 2차처리수는 일반적으로 해안 가까이 방류할 수 있으나, 1차처리수는 해안의 오염을 방지하기 위하여 바다 안쪽으로 되도록이면 멀리까지 끌어내어 확산 및 희석이 잘 되도록 방류해야 한다.

하수를 해양으로 방류하는 데는 여러가지 방법이 있을 수 있다. 수로 혹은 수로박스를 이용하여 해안에 인접한 수면에 직접방류하는 표층방류 방법은 경제성 측면에서 가장 유리한 방법이나 오염물의 혼합 및 희석과정이 주로 주변 수체에 존재하는 난류성분에 의존한다. 수중에서 방류하는 방법은 해안에서 일정거리 떨어진 해역까지 관로를 설치하고 이를 통해 해저에서 고속으로 방류하는 방법으로 고속방류에 따른 방류수체의 운동량과 주변수와의 밀도차에 의한 부력의 효과를 이용하여 방류구 근접 지역에서 높은 희석률을 유도하는 방법이다.

(1)에 대하여

해양방류시설은 인근해역의 기존 어업권 및 어업활동에 대한 피해를 최소화 할 수 있도록 하여야 하며, 장래 매립계획, 방조제계획 및 항만시설계획 등 주변의 관련계획을 종합적으로 검토한 후 결정하여야 한다.

(2)에 대하여

방류지점의 선정은 인근해역의 물이용 형태와 해안으로의 이동시간 등 제반여건을 충분히 검토하여, 해양방류관을 설치하는 방법과 고도처리를 하는 방법 등을 비교 검토하여 지역에 적합한 방법을 선정하도록 한다.

일반적으로 동해안과 같이 해저경사가 급하고, 해류이동이 큰 개방된 해역에서는 해양방류관을 설치하는 것이 유용하나, 서해안 및 남해안과 같이 섬이 많고, 해류의 이동도 적은 폐쇄성 해역에서는 해양방류관의 소요연장이 장대하게 되므로 해양방류관의 설치보다는 고도처리를 하는 것이 바람직할 수가 있다.

(3)에 대하여

처리장 방류수는 방류해역의 조위가 대조 평균만조위일 때에도 원활한 방류가 이루어지도록 하여야 하며, 이를 위하여 방류펌프시설 등이 필요하다.

(4)에 대하여

해양방류시설의 설치공법으로는 부설선법(敷設船法), 해저예방법, 부유예방법 등이 있으나 공법의 선정은 조석간만차, 수심, 파고, 해류, 관경 및 관길이 등 제반여건을 충분히 고려하여 지역에 가장 적합한 방법을 선정하여야 하며, 해양방류관의 해저부설방법은 사전굴착법과 사후굴착법이 있으나 이는 해저상태에 따라 연약지반에서는 사후굴착법을, 견고한 지반에서는 사전굴착법이 유용하다.

(5)에 대하여

하수도시설 계획과 병행하여 시행되는 환경영향평가의 자연환경, 생활환경 및 사회·경제환경에 대한 종합적인 영향을 고려하여 해양방류시설을 결정한다.

2.14.2 해양방류관

방류관은 처리수를 확산관까지 수송하는데 그 길이는 유속, 수두손실, 구조물의 고려 및 경제성에 의해서 결정된다.

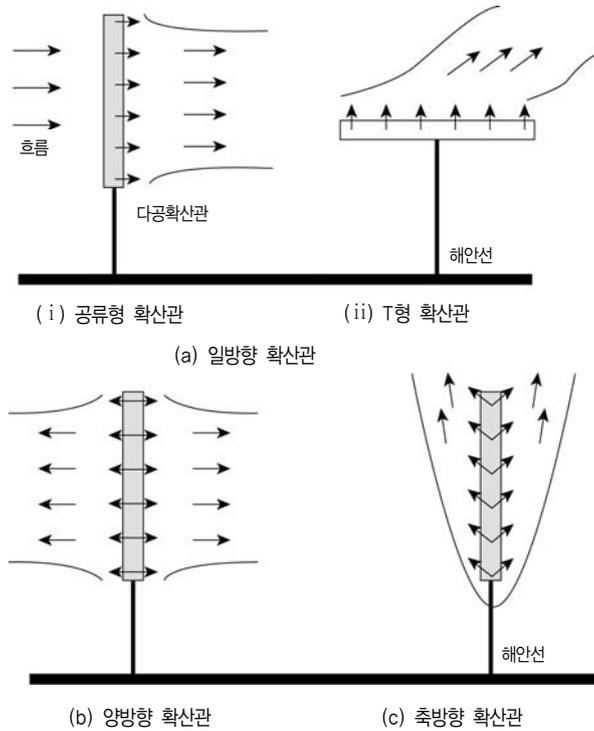
방류관은 처리수를 확산관까지 수송하는데 그 길이는 유속, 수두손실, 구조물의 고려 및 경제성에 의해서 결정된다.

수중다공확산관(Submerged multiport diffuser)은 일방향확산관(unidirectional diffuser), 축방향확산관(staged diffuser), 양방향확산관(alternating diffuser)등 세 가지로 분류할 수 있다.

일방향확산관의 경우 주변수 흐름방향과 방류방향이 이루는 각도에 따라 공류형확산관(co-flowing diffuser)과 T형확산관(tee diffuser)으로 구분할 수 있다. 일방향확산관은 확산관에 설치된 모든 방류구가 한 방향으로 설치되어 방류되는 확산관으로써 초기 방류운동량이 다른 확산관에 비해 크기 때문에 정체수역 또는 주변수 흐름과 방류방향이 평행한 수역에 효율적이다. 일방향확산관 중 공류형확산관(co-flowing diffuser)은 확산관축과 주변수 흐름방향이 직각을 이루는 확산관으로 방류방향은 해류 흐름방향과 평행을 이루게 된다. T형확산관은 확산관축이 주변수 흐름과 평행하고 방류방향은 해류 방향과 수직인 확산관이다. 공류형확산관에 비해 조수에 의해 주변수 흐름이 주기적으로 바뀌는 해역에서 효율적이다.

양방향확산관은 확산관축에 대해 양쪽으로 방류공을 설치하는 형태로 일반적으로 확산관축에 방류공들을 직각으로 설치하거나 방류각도를 확산관축에 따라 변화시켜 설치하기도 한다. 양방향확산관은 확산관축에 대해 대칭으로 하수를 방류하므로 주변수 흐름이 주기적으로 변화하는 수역에 효율적이다.

축방향확산관은 확산관 축과 방류방향의 각도가 20° 이내로 방류공을 설치한다. 일방향확산관의 경우와 마찬가지로 높은 방류운동량을 외해로 발생시키므로 해안선에서 외해로 나가는 흐름이 존재하는 해역에 설치하면 효율적이다.



[그림 2.14.1] 다공확산관의 일반적 형태

2.15 압력관거 시스템

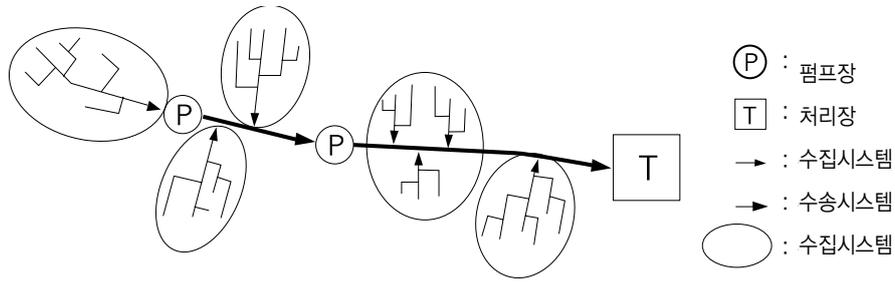
2.15.1 압력관거 시스템의 종류

압력관거 시스템에는 수송시스템으로서의 압송식과 수집시스템으로서의 진공식 및 압력식이 있다. 각 방식에서 다른 특성을 갖기 때문에 관거 시설의 규모나 중요성을 고려하여 적절한 것을 선정한다.

【해설】

관거 시설은 자연 유하 방식을 표준으로 하는데, 지형·지질 조건 및 하수의 유입 상황 등에 따라서는 양압 및 부압을 이용한 압력관거 시설로 하는 것이 유리해지는 경우도 고려된다.

분류식하수도의 오수를 각 가정이나 사업소에서 수집하고 펌프장이나 처리장까지 수송하는 관거를 분류하면 대략 [그림 2.15.1]에 나타나는 수집시스템과 수송시스템의 2가지 부분으로 구분할 수 있다.



[그림 2.15.1] 하수도 시스템의 분류 이미지도

이 두 가지 시스템을 정의하면 다음과 같다.

수집 시스템 : 주로 발생원에서 하수를 직접 받기 위해 설치되는 관거시설(본관, 받이, 부차관)으로 구성되고 관거는 자연유하방식, 압력식, 진공식 등에 의해 정비된다.

수송 시스템 : 수집 시스템에 의해 모아진 하수를 처리시설까지 수송하는 관거 및 펌프장의 총칭으로 관거는 주로 자연유하방식 또는 압송식으로 정비된다.

일반적으로 진공식 및 압력식은 수집 시스템에, 압송식은 수송 시스템에 적용된다.

수집 시스템은 다음과 같은 상황 하에 있는 지역에서는 진공식 및 압력식 하수도 수집 시스템도 검토의 대상으로 한다.

- ① 지형적·지리적 조건, 지반, 토질 특성으로 인해 하수도 정비가 지체되는 곳
- ② 급격한 인구 증가로 인해 설계 유량 이상의 수량이 발생하고 관거가 능력 부족이 된 곳
- ③ 지하매설물이 복잡하고 있으며 자연유하관의 부설이 곤란하거나 부설할 수 있어도 건설비가 많이 드는 곳
- ④ 리조트 지역과 같은 계절적 인구 변동이 심한 곳
- ⑤ 경관, 자연보호를 위해 대구경관을 매설할 수 없는 곳
- ⑥ 초기 투자를 억제, 단계적인 건설계획을 세우는 곳
- ⑦ 하수도의 조기 사용 개시를 희망하는 곳
- ⑧ 인구 밀도가 낮은 곳
- ⑨ 합류식 하수도를 분류화할 필요가 있는 곳

자연유하식, 진공식 및 압력식에 의한 수집 시스템의 특징을 <표 2.13.1>에 나타내었다.

〈표 2.15.1〉 각 수집 시스템의 특징

구 분	자연유하방식	진공식	압력식
수집원리	하수를 중력에 의해 자연유하시킨다.	하수를 진공 부압을 이용하여 이송한다.	하수를 그라인더 펌프에 의해 압송한다.
표준적 시설 배치	각 가구 설치의 받이, 부차관과 관거 및 맨홀	각 가구 또는 복수 가구를 대상으로 한 진공 밸브 유닛과 진공 관거 및 중계펌프장.	각 가구 또는 복수 가구를 대상으로 한 그라인더 펌프 유닛과 압송관로
관경	일반적으로 $\phi 150$ mm 이상	일반적으로 $\phi 100 \sim 250$ mm	일반적으로 $\phi 32 \sim 150$ mm
매설 심도	지형, 장애물 등에 의해 깊게 되는 경우가 있다.	얕은층에 거의 일정한 심도에 매설할 수 있다.	얕은층으로 매설할 수 있다.
지형조건 등	영향이 크다.	흡입가능한 진공도를 유지할 수 있는 평탄한 지역에 적합하다.	광범위한 지형 조건 등에 대응할 수 있다.
전원	압송식으로 하기 위한 중계 펌프장(맨홀 펌프장 포함)을 설치하는 경우에는 필요	중계펌프장에 필요	각 그라인더 펌프 유닛에 필요.
건설 비용	지형 조건 등에 의해 크게 변화한다.	지형 조건에 따라 타방식보다 저렴해 지는 경우가 있다.	지형 조건에 따라 타방식보다 저렴해 지는 경우가 있다.
유지관리 비용	유지관리가 비교적 간편하고 동력비도 불필요하며 일반적으로는 저렴.	진공 밸브 유닛, 중계펌프장 등의 유지관리와 동력비가 필요하며, 자연 유하방식에 비해 일반적으로 고가이다.	그라인더 펌프 유닛 등의 유지관리와 동력비가 필요하며, 자연 유하방식보다 일반적으로 고가이다.

2.15.2 압송식 하수도 수송 시스템

압송식 하수도 수송 시스템은 펌프 시설과 압력 관거로 구성된다. 압송식에 의한 압력관거는 다음 각 항을 고려하여 정한다.

- (1) 정비 대상 구역의 지형이나 지질, 사회적 조건을 고려하여 자연유하방식과의 비교 검토를 한다.
- (2) 관거 노선의 선정이나 펌프장의 배치 계획은 시공성, 유지관리성, 경제성 등을 고려한 것으로 한다.
- (3) 압송관거에는 내압이 작용하기 때문에 수격압을 포함한 설계 수압에 대해 충분히 견디는 구조 및 재질로 한다.
- (4) 유량계산은 Hazen-Williams식을 이용한다. 또한 유속은 최소 0.6 m/s, 최대 3.0 m/s를 원칙으로 한다.
- (5) 관거의 적절한 장소에 역지밸브, 공기밸브 등을 설치한다.
- (6) 황화수소 대책을 검토한다.

【해설】

압송식 하수도 수송 시스템 중, 펌프 시설에 대해서는 3. 펌프장시설에 의한 것으로 한다.

(1)에 대하여

정비 대상 구역의 지형이나 지질 및 사회적 조건(집락 형태, 시공상의 제약, 정비시기 등)에 따라서는 펌프 설비를 이용한 압송식이 유리해 지는 경우가 있다. 정비 대상 구역이 다음과 같은 특성을 갖는 경우는 자연유하방식과 압송식에 의한 비교 검토를 하고 수송 방식을 결정한다.

- ① 어느 배수구의 오수를 다른 처리구나 처리장 등에 수송하는 경우나 저지대의 오수를 자연유하로 모은 후, 높은 지역 처리장으로 보내는 경우
 - ② 수송 거리가 길어지는 경우
 - ③ 하천횡단 등에서 매설 깊이가 변화하는 경우(역사이편, 사이편 등으로 횡단)
 - ④ 기복이 많고 처리구가 연속하지 않은 경우나 매우 적은 지역을 통과하는 경우
 - ⑤ 지질 조건에 따라 깊은 매설이 곤란한 경우
 - ⑥ 도로 상황(폭원, 교통량 등)이나 지하매설 상황 등에 따라 제약을 받는 경우
- 또한 그 결정에 있어서는 양 방식의 특성을 충분히 파악하고 다음과 같은 항목에 대해 비교 검토하도록 한다.

- ① 시공성
- ② 건설비 및 유지관리비
- ③ 보수 및 점검 작업 내용
- ④ 긴급시 대응(관내 막힘, 정전시 사고 대책 등)
- ⑤ 개축 시 대응
- ⑥ 기타자연 유하 방식과 압송식의 일반적인 특징은 다음과 같이 정리된다.

1) 자연유하방식

- ① 유지관리가 비교적 간편하고 특히, 관거 점검이 용이하다.
- ② 내압이 작용하지 않기 때문에 강도가 낮은 관을 사용할 수 있다.
- ③ 도중 유입을 자유롭게 할 수 있다.
- ④ 유량이 적어져도 유속 저하는 그다지 일어나지 않는다.
- ⑤ 수송 에너지 비용이 싸고 유지관리 비용도 비교적 저렴하다.
- ⑥ 평탄지의 경우, 관거가 길어질수록 관의 매설이 깊어지고 건설비가 비싸진다.
- ⑦ 관의 매설이 깊어짐에 따라 추진·실드 공법 등의 특수 공법을 채용하는 경우가 증가한다.
- ⑧ 매설이 깊으면 보수도 어려워진다.
- ⑨ 이음 등에서 지하수의 침입이나 하수의 누출 우려가 있다.

2) 압송식

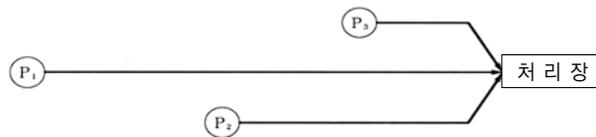
- ① 사용하는 관의 구경을 작게 할 수 있다.
- ② 관의 매설 깊이를 낮게 할 수 있고 건설비의 절감이나 공사 기간의 단축이 가능하다.
- ③ 타관과의 영향이 적어진다.
- ④ 불명수(지하수 등)의 침입이 없다.
- ⑤ 적절한 관의 재질, 이음의 구조를 선정할 필요가 있다.
- ⑥ 공기밸브, 배슬리지설비가 필요해진다.
- ⑦ 수압에 대한 이형관 방호 등이 필요하다.
- ⑧ 정전 대책이 필요하다.

(2)에 대하여

하나의 정비 대상 구역 내에 펌프장이 복수로 필요해 지는 경우에는 다음에 나타나는 압송식 중에, 적절한 형식을 선정할 필요가 있다.

1) 단일압송 형식

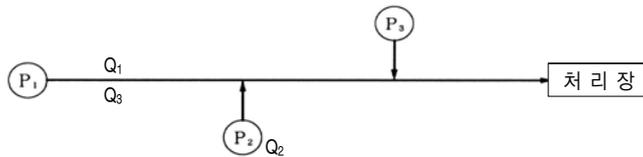
각 펌프장에서 처리장까지 개별적으로 보내는 형식



[그림 2.15.2] 단일압송방식 개요도

2) 다중압송형식

메인 압송관에 펌프 압송으로 도중 유입시키는 형식



[그림 2.15.3] 다중압송방식 개요도

각 펌프의 전양정은 모든 펌프가 동시 기동했을 경우를 고려하여 계산한다. 즉, P₁에서 P₂ 합류점까지의 압력 손실은 유량 Q₁로 계산한다.

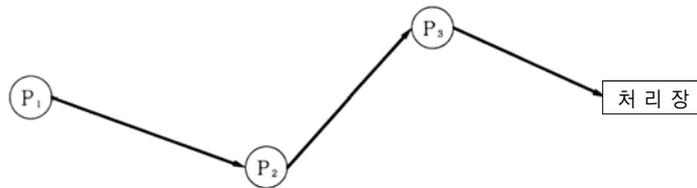
P₂ 합류점에서 P₃ 합류점까지의 압력 손실은 유량(Q₁+Q₂)로 계산한다.

P₃ 합류점에서 처리장까지의 압력 손실은 유량(Q₁+Q₂+Q₃)로 계산한다.

단, 펌프 P₂, P₃의 가동 시간이 매우 짧고 간선 펌프 P₁도 간헐적으로 가동하는 경우는 이에 한하지 않는다.

3) 다단 압송 형식

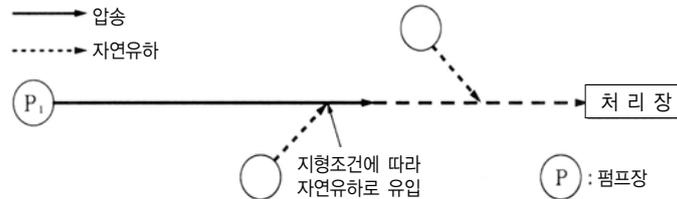
각 펌프장을 경유하여 단계적으로 압송하는 형식



[그림 2.15.4] 다단압송방식 개요도

4) 압송-자연유하병용 형식

도중까지 압송하고 그 후에는 자연유하로 보내는 형식
지형 조건에 따라서는 자연압에 의한 유입도 가능하다.

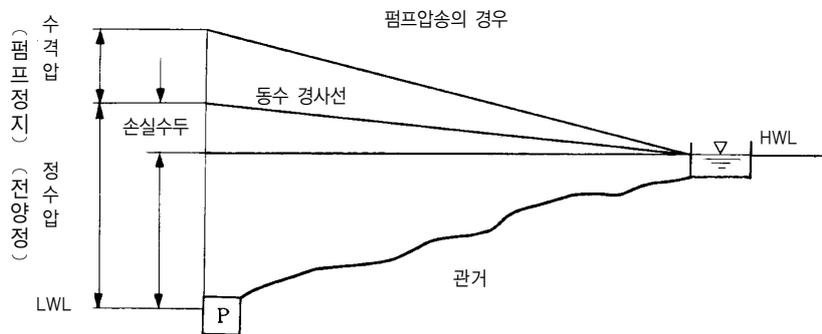


[그림 2.15.5] 다단압송방식 개요도

(3)에 대하여

압송관거의 설계 수압은 정수압과 수격압으로 이루어지고 [그림 2.15.6]으로 나타난다.

여기서 정수압은 전양정의 수압으로 하고 수격압은 계산에 의해 구할 수 있지만, 계산에 의하지 않는 경우는 정수압이 0.44 MPa(4.4 kgf/cm²) 미만인 경우는 그 100%, 정수압이 0.44 MPa(4.4 kgf/cm²) 이상인 경우는 그 60% 또는 0.44 MPa(4.5 kgf/cm²) 중에 큰 값으로 한다.



[그림 2.15.6] 정수압과 수격압

(4)에 대하여

압송관거의 유량 계산에는 일반적으로 식(2.1.3)의 Hazen-Williams식 및 유속 계수를 이용한다.
관내 유속은 침전물이 퇴적하지 않도록 최소 유속을 0.6 m/s로 하고 관내 벽면이나 내면의 모르타르 라이닝, 도장 등에 손상이 일어나지 않도록 최대 유속은 3.0 m/s 정도로 한다.

또 유속의 증가에 따른 마찰손실수두가 증가하기 때문에 경제적인 압송 펌프의 선정이 이루어지도록 압송관경과 유속과의 관계에 대해서도 고려할 필요가 있다.

(5)에 대하여

압송관거에는 관거 시설이나 펌프 시설의 유지관리 등을 위해 적절한 장소에 차단용, 관거 교체용, 드레인용, 역류방지용, 흡배기용 등의 밸브를 설치한다.

(6)에 대하여

압송관거 내에서는 오수가 공기와 차단된 상태에 있으므로 하수의 혐기화가 진행된다. 이때, 미생물에 의해 하수 중의 황산염이 환원되고 황화물이 된다. 황화물은 압송관거 말단 등에서 대기중에 개방된 지점에서 황화수소로서 방산하고 다시 미생물에 의해 황산이 된다. 황화수소는 악취 발생의 원인이 되고 황산은 콘크리트 시설 노화의 원인이 된다. 따라서 압력 개방된 개소의 관거 등에 대해서 방식 등의 황화수소 대책을 강구하는 것이 바람직하다.

황화수소 대책의 상세 설명은 <참고 2-1. 황화수소대책> 참조.

2.15.3 진공식 하수도 수집 시스템

진공식 하수도 수집 시스템은 다음 시설에 의해 구성된다.

- ① 오수와 일정한 비율의 공기를 흡입하는 진공밸브 유닛
 - ② 오수와 공기가 혼합된 상태에서 이송되는 진공 관거
 - ③ 진공을 발생시키고 오수의 수송 매체인 공기를 오수 발생원에서 흡입하고 배출하는 중계 펌프장(진공 발생 장치 등을 포함)
- (1) 진공 밸브 유닛
- 진공 밸브, 컨트롤러 및 저수 탱크 등에서 구성되는 진공 밸브 유닛은 다음 각 항을 고려하여 정한다.
- 1) 진공 밸브
 - ① 진공 밸브의 구경은 이물질에 의한 막힘에 대해 안전한 구경으로 한다.
 - ② 진공 밸브의 흡입 능력은 시설 전체의 진공도의 유지를 고려하여 정한다.
 - 2) 진공 밸브 유닛
 - ① 진공 밸브 유닛의 구조는 가옥 등으로부터의 오수의 유입량, 유입 형태, 설치 장소 등을 고려하여 적절하게 정한다.
 - ② 진공 밸브 유닛으로의 접속 호수는 가옥 등의 배치, 유입 오수량, 저수 탱크의 용량 등을 검토하여 정한다.
- (2) 진공 관거
- 진공 관거는 진공식 특성이 충분히 발휘될 수 있도록 다음 각 항을 고려하여 정한다.
- 1) 진공 관거의 관경, 경사
 - ① 진공 관거의 관경은 수리 계산 및 진공 밸브 유닛의 접속 상황을 거쳐 기능성, 경제성을 고려하여 정한다.
 - ② 진공 관거는 일정한 내리막 경사와 리프트라 불리는 짧은 오르막 경사의 반복에 의한 「톱날상」의 종단 형상으로 부설한다.
 - 2) 관재의 종류와 이음
 - ① 진공 관거에 사용하는 부재는 관거에 작용하는 부압 및 외압에 충분히 견디는 구조 및 재질로 한다.
 - ② 진공관거의 이음은 기밀성이 높고 안전하며 기능적이고 경제적인 구조로 한다.
- (3) 중계 펌프장 시설
- 1) 중계 펌프장은 설치 장소, 시설 규모 등의 조건을 통해 시공성, 경제성, 유지관리성 등을 고려하여 정한다.
 - 2) 진공발생 장치는 시설 규모, 경제성, 유지관리성 등을 고려하여 방식을 선정한다.

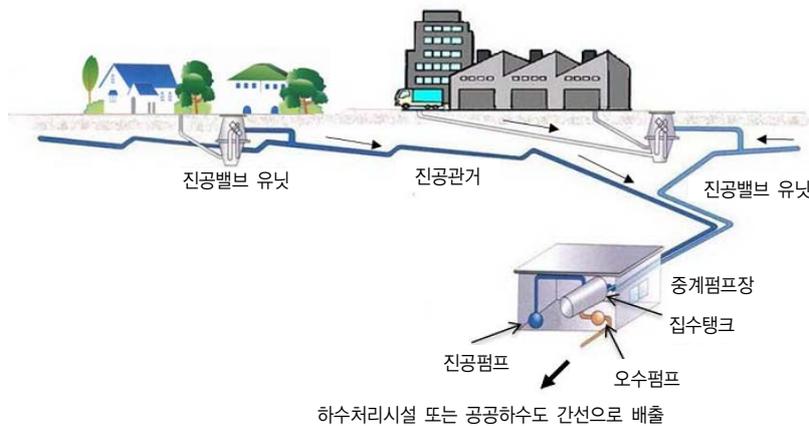
- 3) 오수 펌프는 집수 탱크 내의 진공도가 가장 높고 실 양정이 가장 높은 경우에 설계 대상 오수량을 배출할 수 있는 능력을 갖는 것으로 한다.
- 4) 집수 탱크의 용량은 오수 펌프의 운전 빈도를 고려하여 정한다.
- 5) 전기·계측제어설비는 중계 펌프장이 안전하게 소정의 능력·기능을 유지하도록 적절하게 정하고 이상을 통보하는 적절한 감시 설비를 설치한다.
- 6) 관련 설비의 설치를 필요에 따라 검토한다.

【해설】

진공식 하수도 수집 시스템은 관거 내에 발생시킨 진공과 대기와의 차압에 의해 오수를 진공과 혼합하여 이송·수집하는 시스템이며 [그림 2.15.7]과 같이 「진공밸브 유닛」, 「진공관거」, 「중계펌프장」의 세 가지 요소로 구성된다.

가정에서 배출된 오수는 자연유하에 의해 유입관을 거쳐 진공 밸브 유닛에 유입한다. 진공 밸브 유닛의 저수 탱크 내의 수위가 상승하고 규정된 수위가 되면 수위 검지기가 작동하여 진공 밸브가 열리고 오수와 공기가 진공 관거 내에 흡인된다. 관내의 오수는 흐름이 정지될 때에는 리프트 저부에 고여 정지하는데, 진공 밸브가 열리면 팽창하는 공기에 눌려 기액혼상류(氣液混相流)가 되어 리프트를 타고 넘어 펌프장까지 운반된다. 중계펌프장에 수집된 오수는 일정량이 도달되면 압송펌프가 작동되어 자연유하 간선 또는 하수처리시설까지 보낸다.

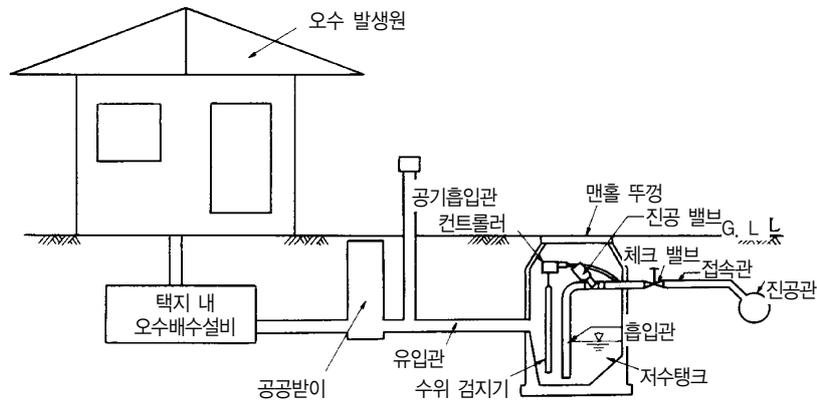
진공식 하수도 수집 시스템은 오수를 대상으로 한 시설이며 우수를 유입시켜서는 안 된다. 따라서 택지내 우수 배수 설비에 대해서도 이러한 점을 충분히 배려하도록 한다.



[그림 2.15.7] 진공식 하수도 수집 시스템

(1)에 대하여

진공밸브 유닛 및 그 부속 기기로 구성되는 오수 흡입 시설의 배치 예를 [그림 2.15.8]에 나타내었다. 진공 밸브 유닛은 오수의 발생원에 근접하여 설치된다. 진공 밸브 유닛의 형식 및 구조는 오수의 발생원인 일반가정이나 사업장 등, 설치 장소의 상황을 고려하여 최적의 시설이 되도록 선정한다.



[그림 2.15.8] 오수 흡입 시설의 배치 예

1) 진공 밸브

진공 밸브에는 공칭경 50 mm 및 공칭경 75 mm의 2종류가 있다. 통상 이용하는 진공밸브는 공칭경 75 mm로 하고 공칭경 50 mm 진공 밸브에 대해서는 설치 장소의 조건에 따라 사유지 내 또는 소로에 진공밸브 유닛이 설치되는 경우에 이용한다.

진공식 하수도 수집 시스템은 어떠한 운전 상태에서도 말단 진공관거에 진공 밸브의 작동에 필요한 진공도 -25 kPa(-2.5 mAq)가 도달하고 시스템 전체가 바르게 기능해야 한다.

2) 진공 밸브 유닛

진공 밸브 유닛은 본 시스템의 진공에 의한 유속 부분과 택지 내 배관의 자연유하 부분을 연결하는 장치이며 유닛 내에 저류한 일정한 오수를 간헐적으로 진공관거로 배출한다.

진공 밸브 유닛의 설계에 있어서는 가옥 등의 배출원의 오수량이나 유입 형태, 유닛의 설치 장소, 정전시 오수 저류 용량 등을 고려하여 진공 밸브의 설치 개수, 재질, 형식 등을 적절하게 결정한다. 진공 밸브 유닛은 건설비, 유지관리성을 고려하여 소형·경량인 것을 선정하는 것이 바람직하다. 설치 장소가 율하중을 고려할 필요가 없는 경우는 수지제 유닛을, 율하중을 고려할 필요가 있는 경우는 콘크리트제의 유닛을 선정한다. 또한 소로나 사유지 내에 설치하는 경우는 소형 수지 유닛을 선정한다. 진공 밸브 유닛의 부속 기기로서 필요에 따라 다음을 고려한다.

① 차단 밸브

진공 밸브 유닛의 관리를 위해 진공 밸브 유닛의 내부 또는 접속관에 차단 밸브를 설치한다.

② 진공 취입관, 브리터(breather)관

진공 밸브 유닛에서 5m 이내에 오수와 동시에 흡인하는 공기를 취입하는 공기 취입관을 설치한다.

진공 취입관은 진공 밸브 유닛에서 직접 혹은 유입관에서 가동한다.

공압방식형 컨트롤러는 신선한 공기를 필요로 하기 때문에 브리터관을 진공 밸브 유닛 외부의 침수시나 적설(積雪)시에 수몰 또는 매몰하지 않는 위치에 설치하고 신선한 공기를 취입한다.

(2)에 대하여

관거의 명칭으로 진공 유닛에서 제1분기점까지를 접속관, 그 앞을 본관으로 하고 진공 본관과 접속관을 합쳐 진공관거로 총칭한다.

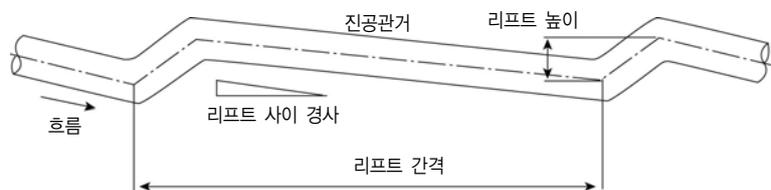
진공관거는 「내리막 경사의 직선부」와 「리프트」(그림 2.15.9 참조)라 불리는 단차의 조합으로 구성되며 허용압력손실 한도 내라면 모든 지형에도 부설이 가능하다.

1) 진공관거의 관경, 경사

본관 관경은 100 mm, 150 mm, 200 mm, 250 mm로 한다. 또한 접속관 관경은 75 mm를 원칙으로 하고 관 길이는 20 m를 한도로 한다. 단, 공칭경 50 mm의 진공 유닛을 사용할 경우의 접속관의 관경은 50 mm로 하고 관 길이가 20 m를 초과하는 부분은 관경을 75 mm로 한다.

평탄 또는 오르막 경사 지형에서는 0.2% 이상의 내리막 경사로 관거를 부설하고 매설 깊이가 깊어지면 리프트를 설치하여 얇게 한다. 내리막 경사의 지형에서는 0.2%를 하회하지 않는 경사로 지면과 평행하여 관거를 부설하면 좋고 리프트를 설치할 필요는 없다. 연약지반 지대나 소규모 시설 등에서는 특수한 경사로 하는 경우가 있다.

표준 리프트 높이는 0.3 m, 0.45 m, 0.6 m로 하고 관경에 관계없이 낮은 쪽을 사용한다. 표준 리프트 높이를 초과하는 리프트가 필요한 경우는 표준 리프트를 복수 설치한다. 또한 리프트의 끌어올림 각도는 45° 이하로 하고 리프트 설치 간격은 6 m로 한다.



[그림 2.15.9] 리프트

2) 관재의 종류와 이음

진공관거에는 폴리에틸렌관 또는 경질염화비닐관을 표준으로 사용한다. 또한 이음은 기밀성 및 내구성이 있는 것으로 하고 폴리에틸렌관의 접합에는 열융착접합을 사용하고 경질염화비닐관의 이음에는 고무링접합을 원칙으로 사용한다.

또한, 관거가 수관교 또는 교량 첨가가 되는 경우나 토피가 부족한 경우에는 적당한 방호공을 설치하거나 스테인레스관 등의 내구성 및 안전성을 고려한 관재를 사용하도록 한다.

진공관거에는 유지관리를 위해 구간 밸브 및 점검구를 설치한다.

(3)에 대하여

중계 펌프장에는 「진공발생장치」, 「집수탱크설비」, 「오수펌프설비」 및 「전기설비」 등이 설치된다. 진공 관거를 거쳐 집수 탱크까지 이송된 오수가 일정량으로 도달하면 오수 펌프가 작동하여 오수는 집수 탱크에서 하수처리시설 또는 자연유하 간선에 수송된다.

1) 중계 펌프장

중계 펌프장에는 다음의 3가지 형태가 있으며 시공성, 경제성, 운전 및 유지관리를 고려하여 적절한 형식을 선정한다.

- ① 유닛형
- ② 독립 RC형
- ③ 오수처리시설병설형

2) 진공발생 장치

진공 발생 장치에는 진공 펌프식과 이젝터(ejector)식이 있으며 설계에 이용하는 기액비(대기압 환산)는 진공펌프식 2:1~3:1, 이젝터식 1.5:1이다.

3) 오수 펌프

오수 펌프는 충분한 흡입성능을 갖고 회전차는 오수 내의 이물질로 막히지 않는 충분한 이물질 통과 성능을 갖는 것이어야 한다. 또한, 전동기는 옥내 전폐외선형(全閉外扇型)이 바람직하다. 오수 펌프의 설치 대수는 2대로 하고 그 중 1대를 예비기로 한다.

오수 펌프는 집수 탱크 내의 진공도가 가장 높고 실 양정이 가장 높은 상태에서 1대로 시간 최대 오수량의 110% 이상의 배수 성능을 갖는 것으로 한다.

4) 집수 탱크

집수 탱크의 용량은 오수 펌프의 운전 빈도에 따라 구한 운전 용량의 3배 정도의 용량으로 하는 것이 바람직하다.

또한 집수 탱크는 중형 또는 횡형 원통형의 강제를 표준으로 하고 -80 kPa(-8 mAg)의 진공도에 대해 안전한 구조로 함과 동시에 내구성, 내식성을 고려한다.

집수 탱크의 설치 기수는 1기로 하고 예비는 설치하지 않는다.

5) 전기·계측제어설비

전기·계측제어설비는 수전설비, 동력제어 설비 및 전등 분전 설비로 이루어진다.

① 수전방식

중계 펌프장은 상용 전원을 기본으로 하고 수전방식은 가능한 한 저압 수전이 되도록 계획하는 것이 바람직하다. 단, 처리 시설 병설형의 경우는 처리 시설의 기기 용량에 의해 고압 수전이 되는 경우도 있다.

② 운전제어

중계펌프장은 무인 운전, 순회감시의 관리 체제에 대응하여 자동 운전으로 한다.

통상, 진공 펌프는 집수 탱크의 압력에 의해 제어되고 오수 펌프는 집수탱크의 수위에 의해 제어된다. 진공펌프·오수 펌프 모두 기동 빈도를 경감하기 위해 예비기를 포함한 자동 교대 운전으로 하고 고장시에는 자동적으로 예비기로 교체하도록 한다. 또한, 통상 회복시에는 자동적으로 복귀하는 것이 바람직하다.

③ 계측 항목

계측 항목은 운전 방식, 관리 체제에 따라서 계측 목적에 의해 필요한 최소항목으로 한다.

시스템의 운전 상황은 집수 탱크의 압력 변화와 진공 펌프와 오수 펌프의 기동 빈도 및 운전 시간을 아는 것으로 파악할 수 있으므로 이들을 기록할 수 있는 설비로 한다.

④ 비상용 자가 발전 설비

통상, 비상용 자가 발전 설비는 설치하지 않도록 하지만, 과거 정전 시간 등의 지역 특성에 따라 비상용 자가 발전 설비의 필요성을 검토하도록 한다.

자가 발전 설비를 설치하지 않는 경우라도 비상시에 대비하여 발전기가 접속 가능한 단자를 설치해 두면 좋다.

⑤ 감시 설비

중계 펌프장의 이상은 시스템 전체의 기능에 중대한 영향을 끼친다. 따라서 조기에 확인하고 대응할 필요가 있으므로 경고 내용을 장외로 통보한다.

감시 방식에는 이상에 의한 주변 환경에 대한 영향, 통보처의 관리자나 주민과의 거리, 이상시 감시 체제 등을 고려하여 결정한다.

6) 관련 설비

중계 펌프장의 관련 설비로서 필요에 따라서 다음 설비를 고려한다.

- ① 펌프축봉수, 세정, 화장실, 청소용 등의 급수 설비
- ② 탈취 설비
- ③ 환기, 조명 등의 건축 부대 설비

2.15.4 압력식 하수도 수집 시스템

압력식 하수도 수집 시스템은 다음 시설로 구성된다.

- ① 오수 중의 이물질을 파쇄하고 압송하기 위한 파쇄기가 부착된 소형 수중 펌프(그라인더 펌프 : 이하, 「GP」라고 한다) 유닛
 - ② 오수를 압송 상태로 반송하는 압송관거
- 압송식 하수도 수집 시스템 시설은 다음 각 항을 고려하여 정한다.

(1) GP 유닛

GP 유닛은 펌프와 저수 탱크 등으로 이루어지는 GP 유닛 본체와 부속시설로 구성된다.

1) 펌프

- ① 펌프는 GP를 사용한다.
- ② 펌프의 토출량은 GP 유닛에 유입하는 오수량, 펌프의 운전 시간, 운전 빈도를 고려하여 결정한다.
- ③ 펌프의 전 양정은 실 양정과 압송관거의 손실수두 및 유닛내 배관, 밸브류의 손실수두를 고려하여 결정한다.

2) GP 유닛

- ① GP 유닛으로의 접속 호수는 입지조건, 지반의 상황 등을 고려하여 정한다.
- ② 저수 탱크의 용량은 유입 오수량, 펌프 능력, 운전 시간 및 운전 빈도를 고려하여 결정한다.
- ③ GP 유닛 내에는 수위계를 설치하고 수위에 의한 펌프의 자동 운전을 원칙으로 한다.

(2) 압송 관거

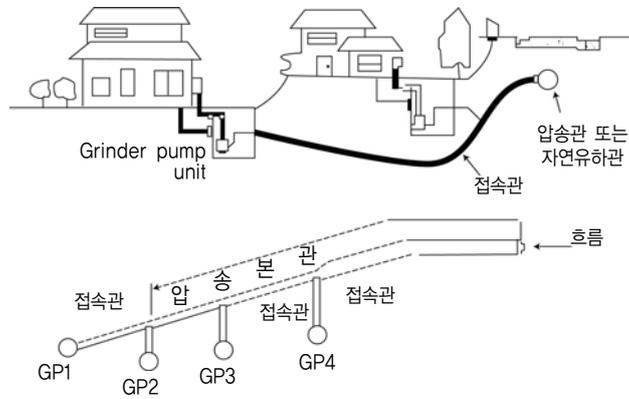
- 1) 압송관거의 설계 유량은 각 펌프의 토출량과 펌프의 동시 운전 대수를 고려하여 정한다.
- 2) 압송관거는 내압 및 외압에 충분히 견디는 구조 및 재질로 한다.

【해설】

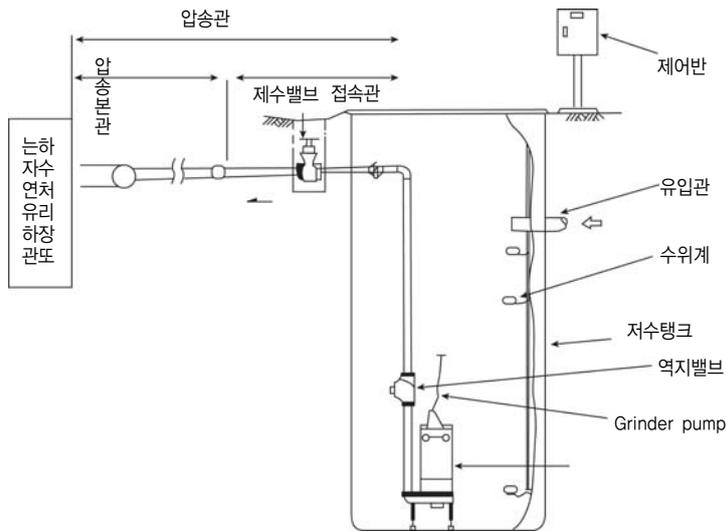
압력식 하수도 수집 시스템이란 [그림 2.15.10]과 같이 파쇄기 부착 소형 수중 펌프를 이용한 압송 시스템이며, 가정 등에서 배출된 오수를 저수 탱크에 모으고 처리장 또는 자연유하관까지 압송하는 오수 수집 시스템이다. 따라서 자연유하방식에 비해 소구경관을 이용할 수 있으며 본관을 지형에 따라 얇게 매설하는 것이 가능하다.

저수 탱크의 표준적인 구조는 [그림 2.15.11]과 같으며 저수탱크 및 GP, 전기설비 등을 일괄해서 GP 유닛이라 한다.

또한, GP의 토출구에서 제1분기점까지를 접속관, 그 앞을 압송 본관으로 하고 압송 본관과 접속관을 합쳐 압송관이라 총칭한다.



[그림 2.15.10] 압력식 하수도 수집 시스템 개략도



[그림 2.15.11] GP 유닛의 구성도

(1)에 대하여

1) 펌프

본 시스템에서 이용하는 GP에는 일반적으로 원심형과 용적형이 있다. 원심형과 용적형의 특성 곡선에는 큰 차이가 있으며 각각의 특징을 충분히 검토하고 펌프 형식을 선정하도록 한다.

GP 유닛에 유입하는 시간 최대 오수량은 실측에 따라 결정하는 것이 바람직한데, 지역의 특성이나 가정의 물 사용 상태, 접속 가정 수 등에 의해 크게 다르며 그 값의 파악이 곤란한 경우가 있다. 1인 하루 평균 생활 오수량에서 피크 수량을 구하는 방법으로 GP 유닛에 접속하는 인구를 변수로 한 Giffit의 식이 제안되고 있으며 식(2.15.1)로 나타난다.

$$\frac{Q_{\max}}{Q_{\text{ave}}} = \frac{5.0}{P^{1/6}} \dots\dots\dots (2.15.1)$$

여기서, Q_{\max} : 시간 최대 오수량
 Q_{ave} : 1인 하루 평균 생활 오수량
 P : GP 유닛에 접속하는 인구(천명)

GP는 빈도에 on-off를 반복하면 그 내구성에 크게 영향을 받는다. 1시간당 10회 정도의 기동을 최대로 하는 것으로 한다. 즉, 1시간당 최대 오수량이 유입했을 때에 1시간에 평균 10회 정도 기동하도록 고려한다. 또한, 1회당 2~3분의 운전 시간이 되도록 선정의 기초가 되는 토출량을 식(2.15.2)에 따라 설정한다.

$$Q'_P = \frac{Q_{\max}}{10 \times (2 \sim 3)} \dots\dots\dots (2.15.2)$$

여기서, Q'_P : GP 선정 기초 토출량(l/min)
 Q_{\max} : 해당 유닛에 유입하는 1시간당 최대 오수량(l/h)가 된다.

GP의 전 양정은 각각의 GP유닛에 따라 식(2.15.3)에 의해 산정한다.

$$H_a = H_s + H_L + H_o \dots\dots\dots (2.15.3)$$

여기서, H_a : GP 선정 기초 전 양정(m)
 H_s : 실 양정(m)
 H_L : 마찰손실(m) (Hazen-Williams식에 따른다)
 H_o : 기타 손실(m)

또한, GP 설치 대수는 유입 오수량의 증가 경향, 시간 변동 및 초기 대책을 고려하여 정한다. 예비기는 GP 유닛마다 설치하는 경우와 시스템 전체를 대상으로 처리장 등에 공통하는 예비기를 설치하는 경우가 있다. 예비기의 설치 방법은 GP의 고장에 의한 영향, 고장시 대응 방법, 경제성 등을 고려하여

결정하도록 한다.

2) GP 유닛

GP 유닛의 수를 줄이고 1유닛당 접속 호수를 많게 한 경우에는 유입관의 연장이나 깊이가 커지고 유입관 건설비의 증대, GP의 대형화를 초래하게 된다. 따라서 1유닛당 접속 호수는 지형, 입지조건, 지반 등을 고려하여 최적의 접속 호수를 선정하도록 한다. 또한 GP 유닛의 설치 장소는 집수의 용이성, 유지관리의 작업성, 경제성을 고려하여 결정한다. 저수 탱크의 상시 운전 용량은 작으면 펌프의 운전 회수가 많아지고 고장의 원인이 되는 경우가 염려된다. 그러나 지나치게 크면 저수 탱크 용량이 커지고 비경제적이 되므로 1회 운전 시간이 2~3분 정도가 되도록 정하도록 한다. 또한 계획을 초과하는 오수의 유입이나 정전시 및 GP 등의 수리 시 오수의 유입도 고려할 필요가 있다.

저수 탱크의 저부에는 테이퍼를 붙이고 침전물이 적어지는 구조로 하고 GP의 위치는 가능한 저수 탱크 중심으로 오도록 설치한다. 저수 탱크 내의 접속관에는 조인트부를 설치하는 등, 고장시 GP 교환이 간편하게 이루어지는 구조로 한다. 또 저수 탱크의 구조는 상재하중 및 토압, 수압에 대해 안전하고 수밀성을 갖는 것으로 하는데, 가능한 한 간단한 것으로 한다.

유닛 내에 설치하는 수위계는 전도식, 에어퍼지식, 차압식 등으로 하고 수문, 스크린설비 및 침사지는 원칙적으로 설치하지 않는다. 또 GP 유닛의 보수 및 점검 등을 고려하여 GP 유닛의 토출측에 필요에 따라서 역지밸브를 설치한다. 뚜껑의 형상, 구조는 필요한 강도, 크기를 갖고 동시에 유지관리의 취급의 용이성을 충분히 고려한 것으로 한다. 외부로의 이상 통보는 제어반 상부의 경보용 램프 등에 의한 것을 표준으로 한다. 따라서 제어반은 이상 발생이 신속하게 발견되도록 사람 눈에 띄기 쉬운 위치에 설치할 필요가 있다.

(2)에 대하여

압송관거의 설계는 원칙적으로 2.15.2에 따르도록 한다. 단, 압력식 하수도 수집 시스템에서는 개개의 GP 가동 시간은 비교적 짧고 모든 GP가 동시에 가동하는 확률은 매우 적고 모든 GP의 토출량의 합계를 기초로 한 것에서는 과대한 설계가 되고 동시에 관내 퇴적 방지에 필요한 최저 유속을 확보할 수 없는 경우가 되기도 한다. 그런데 어느 정도의 빈도에서 일어날 수 있는 GP의 동시 운전 대수를 설계 동시 운전 대수(NR)로 하여 그것을 기초로 관거를 설계하도록 한다. 즉, 설계 동시 운전 대수분의 GP가 동시에 가동했을 때에 해당 관거 내에 적정한 유속이 발생하도록 관경을 결정하도록 한다.

압송관거의 재질은 내압 및 외압에 충분한 강도와 내구성을 갖고 부설 조건, 시공성 및 경제성을 고려하여 선정해야 한다. 표준적으로는 경질염화비닐관, 폴리에틸렌관이 이용되는데, 부설 조건, 관경 등에 따라서는 강관, 덕타일 주철관 등이 이용되는 경우가 있다.

관거의 청소 및 보수를 고려하여 압송관거 상류단 및 간선의 주요 합류부에, 또한 기타 관거구 내에서는 적절한 간격으로 세정구를 배치하는 것이 바람직하다.

2.16 분류식 하수관거 개·보수

2.16.1 적용범위

본 분류식 하수관거 개·보수기준은 노후화된 기존 분류식 우·오수관거의 개·보수에 필요한 설계에 적용하는 기준이다.

본 설계기준에서 말하는 하수관거 개·보수는 분류식 하수배제방식을 채택하고 있는 지역의 하수관거를 대상으로 하고 있으며, 합류식 하수배제방식을 채택하는 대상지역의 관거 개·보수는 2.17 합류식하수관거 개·보수기준으로 별도로 구분하고 있다.

본 설계기준은 보다 효율적이고 경제적인 신기술 개발에 대처하기 위하여 계속 보완되어야 하며, 설계지침에서 정하지 않은 시설 또는 방안을 계획하고자 하는 경우에는 이와 동등하거나 그 이상의 기준이나 지침에 의하여 계획하도록 하여야 한다.

2.16.2 개·보수의 목적

하수관거 개·보수의 목적은 다음과 같다

- (1) 하수관거 기능의 회복
- (2) 구조적 안정성의 확보
- (3) 하수의 누수방지를 통한 지하수 오염가능성 배제

【해설】

(1)에 대하여

분류식 하수관거는 우·오수가 항상 적당한 유속으로 유하하는데 지장이 없도록 관거의 단면, 경사 등을 확보하여야 하며, 특히 관거 내에 침전물이 발생하지 않도록 유지함으로써 그 기능을 충분히 발휘할 수 있다. 그러나 설계 또는 시공상 문제, 노후화로 인한 관거의 물리적 결함 등으로 과도한 불명수의 유입, 통수능 저하 등 관거의 기능을 저해하는 문제점이 나타나고 있다.

따라서 이러한 관거의 체계적인 정비를 통하여 통수능과 적정유속을 확보하고 불명수의 유입을 저감하여 관거의 기능을 최적화할 필요가 있다.

(2)에 대하여

구조적으로 사용연한을 초과한 하수관거는 관거 손상으로 인한 방류하천의 수질악화, 도로의 함몰, 약취 발생 등 도시의 정상적 기능 저해뿐만 아니라 유지비용의 상승을 가져오게 된다. 또한 관거시설의 대부분은 차량의 진동하중을 반복해 받는 극한 조건 하에 설치되어 있어 관거 재질의 시공불량, 부등침하, 지진 등에 의하여 파손, 균열, 이음부의 수밀성 저하 등 시설의 손상이 발생하기 쉬운 환경에 있다. 특히 동일한 부지 내에 수도, 가스, 전기, 전화 등의 지하매설물과 함께 매설되어 있기 때문에 이는 시설과 상호 영향을 미치기도 한다.

따라서 이러한 관거의 물리적 결함을 개·보수함으로써 관거의 구조적 안정성을 확보, 관거의 내구

연환을 증가시킬 필요가 있다.

(3)에 대하여

하수관거 내에서 수송되는 오수는 각종 생활하수, 유류성분, 부식성분, 찌꺼기 등이 포함되어 있고 분류식관거의 오수관의 경우 수세변소수 등이 혼합된 상태이기 때문에 이것이 지하로 누출될 경우 토양과 지하수의 직접적인 오염원인이 된다.

또한, 오수의 누출은 토양과 지하수 오염뿐 만 아니라 하수관거의 구조적인 기능을 마비시킬 수 있다. 하수관거 주변 토양에 황성분이 누적되면 관거 내부 뿐만 아니라 외부표면의 콘크리트가 부식되어 미세한 균열의 진행이 점점 가속화되어 궁극적으로 관거의 구조적 안정성에 치명적인 영향을 미치게 된다. 또한 겨울의 경우 침출수가 하수관거 주변에 얼어붙어 주야간 지하의 급격한 온도변화에 따라 결빙과 해빙을 반복하여 관거의 누수부위를 중심으로 물리적인 파손을 일으킬 수 있다.

관거 이상부위에 대한 개·보수는 관거내로의 침입수 발생 억제 및 하수 누출에 의한 지하수 오염 방지대책으로도 유효할 것으로 판단된다.

2.16.3 하수관거 개·보수 계획

하수관거 개·보수계획은 관거의 중요도, 계획의 시급성, 환경성 및 기존관거 현황 등을 고려하여 수립하되 다음과 같은 사항을 포함하여야 한다.

- (1) 기초자료 분석 및 조사우선순위 결정
- (2) 불명수량 조사
- (3) 기존관거 현황 조사
- (4) 개·보수 우선순위의 결정
- (5) 개·보수공사 범위의 설정
- (6) 개·보수공법의 선정

【해설】

하수관거 정비사업은 장기간의 투자가 소요되는 절대 필요한 기간사업으로 정부의 지속적인 관심과 정책 의지가 있어야 성공할 수 있는 사업이다. 한정된 사업비로 보다 효율적이고 경제적인 하수관거 개·보수계획을 수립하기 위해서는 철저한 관거조사를 전제로 한 사업우선 대상지역의 선정과 함께 관거의 중요도, 사업의 시급성 및 지역 특성을 고려한 사업우선순위의 결정이 이루어져야 하며, 이는 최종적으로 지방 재정계획과의 연계방안을 통해 단계적으로 사업이 수행되어야 한다.

하수관거 개·보수계획은 다음 [그림 2.16.1]과 같은 절차에 의하여 수립한다.

(1)에 대하여

합리적인 관거 개·보수계획을 수립하기 위해서는 기초자료 수집 및 기존관거에 대한 충분한 조사가 필요하다.

또한 사업우선순위 선정전에 조사지역 우선 순위결정 안을 도입하여 사업시행 초기에 모든 지역에 걸쳐 CCTV 등 조사를 수행하는 번거로움과 비용적, 시간적 낭비를 줄일 필요가 있다.

조사 우선순위 선정을 위해서는 다음과 같은 기초자료 조사를 하여야 하며 절차는 [그림 2.16.2]와 같다.

1) 처리장 유입유량평가

하수처리시설의 유입하수량이 계획하수량을 상당량 초과하여 유입되는 현상은 대부분 오수관거의 결함에 의한 침입수에 기인한 것으로 판단할 수 있는바 하수처리시설 실제 유입하수량과 처리인구를 토대로 한 이론적 유입하수량 비교 평가를 통해 광역적 사업지역을 선정하여야 한다.

2) 건기시 우수관 유량조사

건기시 우수관에 흐르는 하수는 관거 손상부위를 통한 지하수의 침입 등에 의한 것 예측할 수도 있으나 대부분 오수관거를 우수관에 오점합 함으로써 발생하는 현상으로 판단할 수 있다. 따라서 사업지역내 우수관의 토구에서 건기시 유량을 조사하여 광역적 조사 우선지역을 선정할 필요가 있다.

3) 우기시 우수관 유량조사

건기시와 비교한 우기시 오수관거내 유량의 급격한 증가는 대부분 상승한 지하수위에 의한 지하수 침입, 맨홀뚜껑, 관거 손상 부위를 통한 우수의 유입에 의한 현상으로 광역적 우선지역 선정 시 이러한 지역에 대한 충분한 고려를 하여야 한다.

4) 기존 보수현황 자료

기 개·보수하여 비교적 상태가 양호한 관거까지 포함하여 전체지역을 조사한다는 것은 관거조사 비용이 편익을 초과하게 되어 비경제적일 수밖에 없으므로 조사우선지역선정 시 이를 충분히 고려한다.

5) 기타 자료

상습침수지역, 관거 파손에 의한 도로함몰지역, 악취발생에 따른 민원발생지역 등 관거정비의 긴급을 요하는 지역에 대한 충분한 검토를 통하여 조사우선지역 선정에 이용한다.

(2)에 대하여

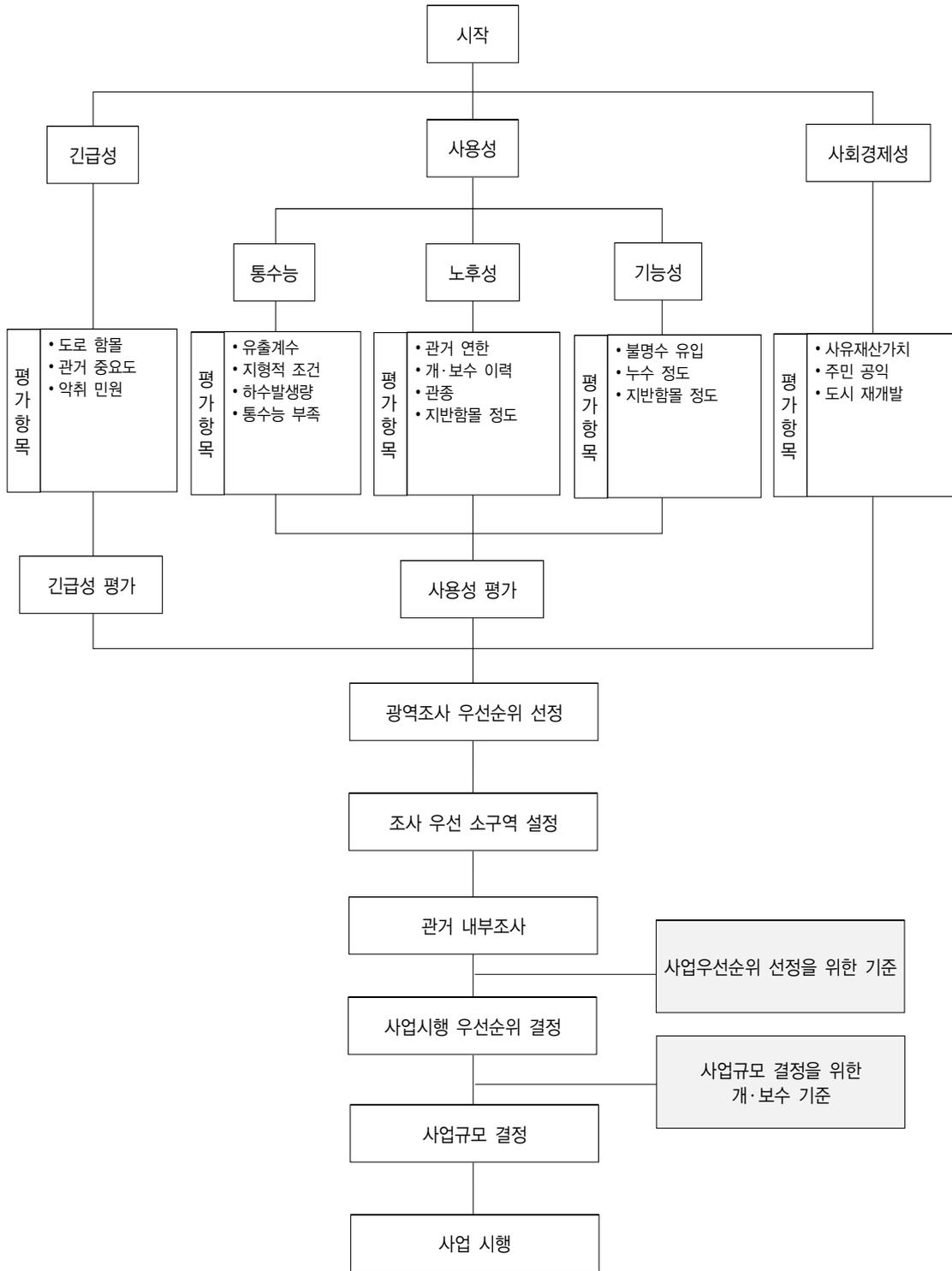
광역적 조사우선지역으로 선정된 지역에 대한 보다 세부적인 조사우선순위의 선정은 소규모 배수구역별 불명수량을 통하여 판단한다.

불명수량의 조사는 개략적 조사와 세부 중점조사로 구분될 수 있으며 사업기간, 조사지점수, 비용 및 기타 수행여건 등을 고려하여 조사방법을 결정한다.

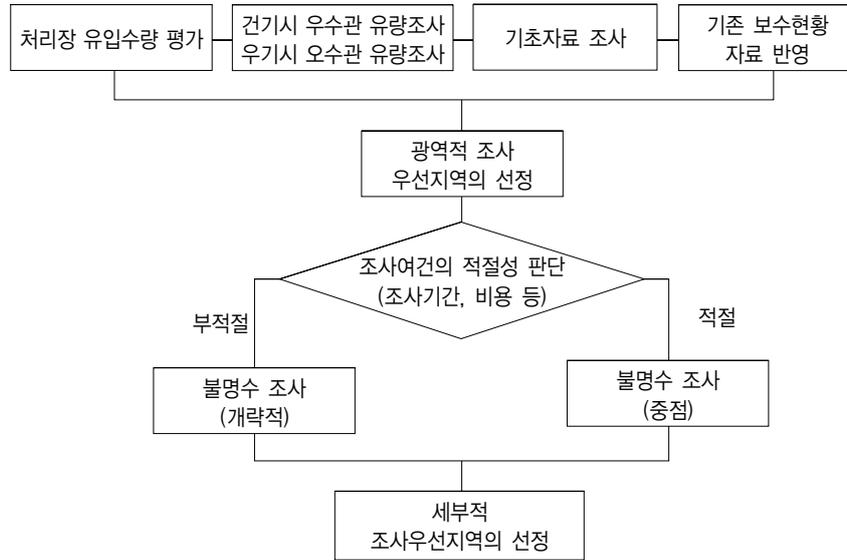
1) 개략조사

개략조사는 시간 및 절차의 간소화에 초점을 맞춰 진행되며, 따라서 불명수량의 조사방법 또한 개략적 성격을 띠게 된다.

개략적 조사에서 불명수량의 평가는 단지 CCTV조사 및 기타 관거 정밀조사를 위한 조사우선순위의 선정을 위한 것인 만큼 조사단계에서 실측 시 발생하는 오차를 감안한 측정지점별 상대평가의 의미로 활용한다.



[그림 2.16.1] 하수관거 정비사업 절차



[그림 2.16.2] 분류식 지역 조사우선지역 선정 흐름도

〈표 2.16.1〉 개략적 불명수량 측정 방법

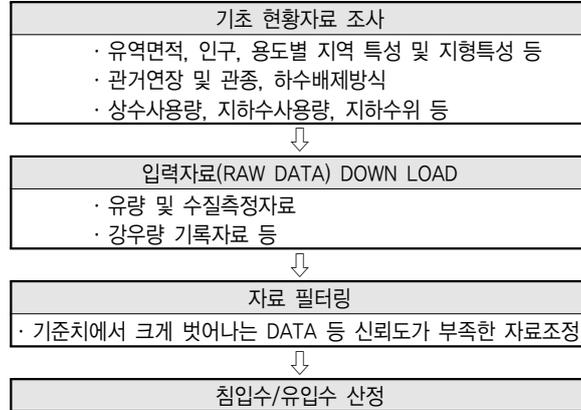
단 계	측 정 방 법
1 단계	하수발생량이 최소인 시간대의 관거내 유하하수량을 불명수로 간주, 처리구역별 최하류 관거에서의 실측을 통하여 처리인구 또는 관거 매설 연장으로 나누어 측정지점별 가상 불명수량 산정
2 단계	동일 시간대 상수 공급량을 분석하고 가장 상수공급량이 적은 시간대를 조사하여 이 시간대를 1단계 측정시간대에 반영하여 최저 시간당 상수 공급량이 과도한 경우 각 처리구역 인구당당당 상수공급량을 1단계 불명수량에서 차감한다.
3 단계	1, 2단계의 과정을 거쳐 소구역별 불명수량의 대소(상대적평가)를 가려 차등적인 우선순위를 부여한다.

2) 중점조사

지역특성 및 관거현황 등을 고려하여 다음 조사지점 선정기준에 의거하여 조사후보지점을 선정하고 불명수조사 및 분석에 가장 적합한 지점을 최종 선정하여 장기간(통상 계절별 30일 총 60일 정도)에 걸쳐 조사 및 분석을 수행한다.

- ① 하수처리시설 및 중계펌프장 유입부
- ② 처리구역내의 최하류 토구지점
- ③ 주요 간선관거 합류점
- ④ 24시간 유량의 연속측정 및 시료채수가 용이한 지점
- ⑤ 측정장치의 설치 가능성 및 관리 용이성 확보 지점
- ⑥ 기타 현장 여건

조사의 절차 및 불명수량 산정방법은 [그림 2.16.3], <표 2.16.2>와 같다.



[그림 2.16.3] 불명수 산정 흐름도

<표 2.16.2> 침입수/유입수의 산정방법과 특징

구 분	주요인자	산정방법	분석방법 검토
물사용량 평가법 (Water Use Evaluation)	일평균하수량, 상수사용량, 지하수사용량, 오수전환율	침입수량(m ³ /d) = 건기평균유량(m ³ /d) - [물사용량(m ³ /d) × 오수전환율 (70~90%)]	- 해당지역 월별 상수 및 지하수 사용량 산정오차 - 상수요금에 부과되지 않는 사용량에 대한 고려 필요 - 오수전환율의 부정확(이론적으로는 정확하지만 실질적으로는 오차가 크다.)
일최대-최소유량 평가법 (Max.-Min. Daily Flow Comparison)	일최대하수량 공장폐수량 (상시발생)	침입수량(m ³ /d) = 일최소하수량(m ³ /d) - 공장폐수량(m ³ /d) (24시간 조업)	- 처리구역내 폐수배출업소 및 발생량에 대한 상세조사 필요(공장폐수 배출량은 일정) - 도시에 적용 시 실제보다 과대 산정(야간인구유량배출량을 미 고려) · 침입수량은 항상 일정하며 유량의 변화는 전적으로 가정하수에서 기인한다고 가정
일최대유량 평가법 (Maximum Daily Flow Comparison)	일최소하수량	침입수량 = 일최소유량의 Max (m ³ /d) - 일최소유량의 Min (m ³ /d)	- 일최소유량 시점의 야간활동인구유량과 공장폐수 발생량을 '0'으로 가정 - 야간생활하수발생량 및 상시폐수발생량이 반영되지 않음 - 실제보다 과대 산정(야간인구유량배출량을 고려하지 않음) - 지하수위의 영향으로 장기간의 측정이 요구됨(1년 이상의 기간 요구)
야간생활하수 평가법 (Night time Domestic Flow Evaluation)	일최소하수량 야간발생하수량 공장폐수 (상시발생)	침입수량(m ³ /d) = 일최소하수량(m ³ /d) - 공장폐수량(m ³ /d) (24시간 조업) - 야간발생하수량(m ³ /d)	- 미국 대도시의 1960년대 설계 기준값 사용 - 국내 하수발생특성에 비교해 볼 경우 맞지 않음 - 일최소유량에서 공장폐수와 야간활동인구에 의한 유량을 차감(일최소유량의 일부 차지)

주: 상세내용은 '국내실정에 맞는 하수관거 침입수/유입수 산정방법 및 적용방안 연구(2008, 9, 환경부)' 참조.

(3)에 대하여

기존자료 및 불명수량 산정을 통한 세부조사우선지역을 선정된 후에는 선정된 지역의 관거에 대한 현황조사를 수행하여 개·보수 우선순위를 결정, 사업을 추진하여야 한다.

관거 현황조사시는 육안 또는 CCTV를 이용하여 맨홀의 이상여부, 관거파손 상황, 오접합 현황 등을 파악하여야 한다.

(4)에 대하여

한정된 사업비로 보다 효율적이고 경제적인 하수관거 개·보수계획을 수립하기 위해서는 사업우선순위를 결정하여 단계별로 추진할 필요성이 있다.

우선순위 선정 시 단순히 연장대비 이상항목의 개수만을 고려할 경우 관거의 중요도, 사업의 시급성 등이 반영되지 않을 우려가 있으며 관거 개·보수의 목적과 효과 측면에서 우선순위가 불일치 할 우려가 있으므로 관거의 기능적, 구조적, 수리적 관점에서 구간별 등급화 방법을 모색하여 보다 면밀한 검토가 필요하다.

(5)에 대하여

개·보수에 대한 사업범위의 설정은 관거의 굴착교체, 비굴착전체 보수 및 부분보수로 구분하여 공사비 및 편익을 분석하여 합리적인 방안으로 수립한다.

특히, 관거의 굴착 및 비굴착에 대한 경제성 비교는 단순한 직접공사비 비교를 지양하고 도로를 굴착함으로써 발생될 수 있는 사회간접비용까지를 포함한 계획을 수립한다.

(6)에 대하여

관거의 개·보수공법은 기존 자료의 수집 및 조사·진단 결과를 바탕으로 사업범위, 현장여건, 경제성, 시공성 등을 감안하여 선정한다.

2.16.4 기존관거 조사

조사는 점검에 의해 발견된 이상 장소를 육안조사 및 각종 조사에 의하여 파악하는 것이다. 조사의 목적은 이상 장소에 대한 문제의 정도를 관측하여 개·보수 계획을 수립하기 위함이다. 조사의 주요 내용은 다음과 같다.

- (1) 관거 내부 조사(변형, 손상 및 토사 등의 퇴적물)
- (2) 침입수 조사(오접합, 수량 및 수밀성)
- (3) 부식 및 노후도 조사
- (4) 부설환경상태 조사(지하수위 및 공동)
- (5) 기타 조사

【해설】

관거내부에서 발생한 이상상태의 대부분은 조사원이 관거 내부로 들어가거나 CCTV 등 시각조사로 확인할 수 있다. 관거의 수밀성은 지하수위가 높을 경우 관거내부로의 침입수나 유입수를 육안 또는 CCTV조사로 관측할 수 있다. 그러나 육안으로 조사 할 수 없는 경우에는 합리적인 조사 및 시험에

의해 확인할 필요가 있다.

(1)에 대하여

관거 개·보수를 위해서는 다음과 같은 관거 내부의 이상(변형, 손상 및 토사 등의 퇴적물)에 대한 조사를 수행하여야 한다.

1) 시각조사 방법

관거 내부 이상항목에 대한 시각조사는 조사원의 육안 또는 CCTV를 이용하며 조사하여야 할 주요 이상 항목은 다음과 같다.

- ① 부식, 마모, 파손, 균열, 변형, 이음부 이탈, 연결 및 접합부의 패킹 어긋남
- ② 침입수, 누수
- ③ 유지부착, 모르터부착, 나무뿌리 침입, 이물질 혼입, 토사퇴적
- ④ 역경사, 종단구배 휨, 사행, 연결관 돌출
- ⑤ 오접합
- ⑥ 단면부족, 구조불량, 불필요한 연결관
- ⑦ 발디딤쇠 부식, 맨홀뚜껑의 마모/요철/불일치/차이, 맨홀의 매물

2) 변형조사

일반적으로 하수관거는 자연유하식으로 설계되었는데, 부등침하, 토압, 하중 등의 외력으로 인하여 경사나 관 형상이 변형하게 된다.

관의 단면변형은 연성관에서 발생하는 현상으로 관거의 유효단면이 감소하기 때문에 유하능력이 저하될 뿐만 아니라, 접합 및 연결 부위를 변형시켜 침입수의 유입을 초래하고, 구조상의 내력도 현저히 저하된다. 단면 변형은 관거재료의 물리화학적 특성과 기초 및 다짐방법에 현저히 차이가 있으므로 상세한 조사와 원인 규명 및 대책수립이 필요하다.

조사방법은 맨홀부나 대구경관거와 같이 조사원이 들어갈 수 있는 경우에는 실측조사하며, 사람이 들어갈 수 없는 중·소구경 관거내의 상태는 변형량을 측정하는 전용기기를 사용하거나, CCTV 촬영 동영상 및 정지화면으로 수직/수평 형상변경 및 변형량을 추정하고 일정이상 변형이 예상되는 부분을 전용기기로 측정하는 방법을 사용할 수 있다.

3) 손상조사

주요 손상원인은 지반의 부등침하, 노후화나 부식 등과 같은 내부적인 원인이 있으며, 타 공사의 영향 또는 배수구역내 공장에서 발생하는 악성하수 등과 같은 외적인 요인이 있다.

또한, 하수관거의 폐쇄나 도로함몰의 현상은 연결관의 손상에 기인한 경우가 많으므로 연결관의 건전성 여부를 고려하여야 하며 타 매설물에 대한 영향을 판단하기 위하여 지하매설물의 종류와 형상 및 위치를 조사하여 평가하여야 한다.

4) 토사 등의 퇴적량 조사

토사 등의 퇴적량이 많아지면 통수능력이 저하되어 침수의 원인이 되거나 악취 발생의 원인이 되므

로 관거 개·보수 계획 수립을 위한 기초자료로 활용할 수 있도록 퇴적깊이 등을 측정한다.

(2)에 대하여

관거로 유입하는 침입수는 관거 및 처리시설의 유지관리에 다양한 악영향을 미친다. 관거의 통수능력 저하, 월류사고 발생, 처리수질의 악화나 비용 증대 등이 대표적인 현상이다. 또한 침입수 유입시 관거의 기초재나 다짐재를 관거 내로 유입시킴으로써 관거 주변의 지반을 공동화시켜 도로함몰의 원인이 되기도 하며 관거내에 토사 퇴적을 가중시킨다.

관거내 침입수는 다음과 같은 오점조사, 유량조사, 수밀성조사 등을 조합시켜서 유입량과 침입경로를 명확하게 추적하여 관거시설의 개·보수를 위한 기초 자료를 작성한다.

1) 오점조사

분류식 하수도의 오수, 우수 계통이 확실하게 분리되는지 여부를 확인하는 조사이다. 범위는 하수도 본관에서부터 가옥내 배수설비까지가 포함된다.

맨홀 및 관거 내의 점검조사 시 침입수의 발생량과 그 위치를 판별하기 어렵다. 따라서 침입수의 유입량과 경로를 추적하기 위해서는 다음 3가지 시험방법을 사용한다.

① 연기시험

연기시험은 오점이 예측되는 분류식 하수관거에 연기 발생통을 사용하여 오수받이나 빗물받이에서의 연기발생 유무에 따라 오점 여부를 판단한다.

시험을 통하여 빗물받이나 물받이 등의 우수배제시설이 직접 오수관거나 오수받이로 접속되는 장소의 확인이 가능하다. 또한 지표나 측구 등과 같이 지중으로부터 유입하는 우수(지하수)가 오수관거나 오수받이로 침투하는 장소를 판별할 수 있다.

② 음향시험

가옥내의 배수관 계통이나 하수본관 경로와 연결관 경로를 파악하는 효과적인 방법으로 망치 등에 의한 타격음 및 음파(발신기 및 통신기)를 이용하는 방법이 있다.

③ 염료시험

하수본관이나 연결관, 배수설비 등에 무해한 형광염료 희석수를 상류에 투입시켜서 유하경로와 누출 경로 및 도달 시간을 조사한다. 특히, 저류조 및 펌프정 등에서 오수 유출에 의한 악취가 발생할 경우 그 유출경로의 확인을 신속하게 할 수 있다. 또한 관내의 유하상황, 유속 측정에도 이용할 수 있다.

2) 침입수/유입수량 조사

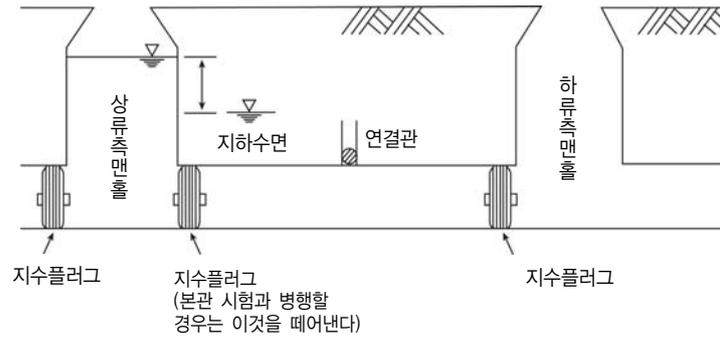
2.16.3 (2)항 참조

3) 수밀성 조사

수밀성 조사는 침입수나 누수의 원인이 되는 관거시설의 수밀성을 조사하는 방법으로 매우 다양한 방법이 있다. 조사방법의 종류와 기준 등은 “하수관거공사 표준시방서, 한국상하수도협회”를 참조하여야 하며, 대표적인 2가지 방법을 소개하면 다음과 같다.

① 침입시험

관저 1구간마다 수밀성을 단시간에 파악할 수 있는 방법으로 지하수위가 관저보다 낮거나 그다지 높지 않은 경우에 이용한다. 유량계측 및 양수시험의 상관관계를 파악하고 지하수위를 고려하여 누수량을 보정할 필요가 있다.



[그림 2.16.4] 침입 시험

② 부분수밀 및 공기압시험

측정용 지수패커를 이용하여 본관의 이음부, 연결관 접합부 등을 각 1개소마다 한정적으로 수밀성을 측정하는 방법으로 일반적으로 물 또는 저압공기를 보내고 압력의 유지상태에서 수밀성을 확인한다.

(3)에 대하여

관저의 노후화는 육안 또는 카메라 조사에 의한 판단을 기초로 하여 진입이 가능한 관저에 대한 시료분석, 부식 깊이의 측정, 수질 및 가스분석 등으로 판단한다.

관저시설의 재질은 콘크리트관, 도관, 경질염화비닐관 등 다양하며 그 부식 및 노후 조건도 다르다. 관련 조사 방법은 다음과 같다.

- ① 육안 또는 카메라 조사에 의한 벽면 상황 조사
- ② 균열 조사
- ③ 중성화 깊이 시험
- ④ 철근부식 조사
- ⑤ 압축강도 시험
- ⑥ 조도계수 조사
- ⑦ 관재질 조사

관저시설의 콘크리트는 일단 부식 환경이 시작되면 그 진행이 가속되는 경향이 있다. 이러한 경우에는 단기간에 콘크리트의 유효 두께가 감소하여 내구력이 저하된다.

따라서 부식 및 노후화를 방지하기 위해서는 계획적이며 효과적인 조사를 실시하여 신속하게 대처할 필요가 있다.

(4)에 대하여

지중에 매설된 관거의 열화특성은 관주변의 지반 및 지하수 등의 상태와 관내에 흐르는 하수의 수질에 의하여 영향을 받는다.

지반 공동화의 원인은 수밀성이 부족한 부분(이음, 파손부 등)의 관거시설에서 지하수 또는 우수침입수가 유입시 관거의 기초와 다짐 토양을 관내로 유입시킴으로써 발생한다. 이의 현황과 대책을 수립하기 위해서는 관거의 수밀성을 체크하는 것은 물론 지하수의 상태를 파악해 둘 필요가 있다.

또한 관거(특히 콘크리트관)로 유입하는 오수는 그 성질에 따라 관거를 노후시키는 원인이 된다. 따라서 악성하수 유입여부를 처리장 및 관거시설의 수질조사를 통해 항상 검토할 필요가 있다.

지하수위와 공동화의 조사방법은 다음과 같다.

1) 지하수위 조사

조사구역의 지하수위 분포와 그 변동을 측정하여 지하수위와 관거 매설 심도 및 지하수위와 지하수 침입수량과의 상관관계를 조사한다.

지하수위는 지형에 따라서 다르고 시간적, 계절적으로 변동하는 것을 고려하여 측정 장소와 측정 방법을 적절하게 결정한다. 또한 지하수위 측정결과는 침입시험의 시험수두 결정에도 이용된다.

지하수위 조사는 지하수위 관측정의 수위 측정 결과를 기초로, 관저고, 맨홀 내부의 지하수위 측정 자료, 기설 우물 및 타 공사의 시추(boring)자료 등을 종합 분석한다. 결과적으로 지하수 등수위선도를 작성하여 지하수위와 관거매설과의 관계를 명확하게 한다.

2) 공동조사

지중에 발생한 공동은 다음과 같은 방법으로 탐사할 수 있다.

① 레이더 탐사

지중에 전파를 발사하여 흙과 공기의 경계면에서 반사하는 전파를 검출하여 공동 위치를 확인하는 방법이다. 공기 중의 전자파의 전파속도는 지중의 2~6배로 빠르다. 따라서 공동 이 존재하는 장소에서는 반사영상이 달라서 공동탐사를 실시할 수 있다.

② 적외선 탐사

하수관거가 매설된 지표면을 적외선 탐사기로 탐사하여, 지표면의 온도변화를 컴퓨터 그래픽으로 표시하여 그 지표면의 온도변화로 공동을 발견한다.

③ 초음파 탐사

망치로 진동판에 충격을 주어 전파된 초음파의 속도와 전파상태를 검출하여 탐사한다.

④ 파이버스코프 탐사

공동탐사의 보조적 조사방법으로 이용되고, 육안에 의해 공동 장소를 확인한다.

(5)에 대하여

조사에는 상기의 각종 조사 외에 시설의 기능을 검증하는데 필요한 자료수집을 위해 다음과 같은 조

사를 수행한다.

- ① 관저고 조사 : 관저의 상황파악과 하수도 대장의 수정 등
- ② 토사 분석조사 : 퇴적토사의 성상파악 등
- ③ 산소농도 및 위험가스검지 조사 : 관저시설에 발생하는 가스의 확인 등

2.16.5 분류식 하수관거 개·보수 판단기준

하수관거 개·보수 사업을 위한 판단기준은 발생 우·오수를 효과적으로 계획된 양만큼 배제할 수 있도록 하는 관저의 구조적, 기능적 개선에 목표를 두어 다음과 같이 구분하여 설정한다.

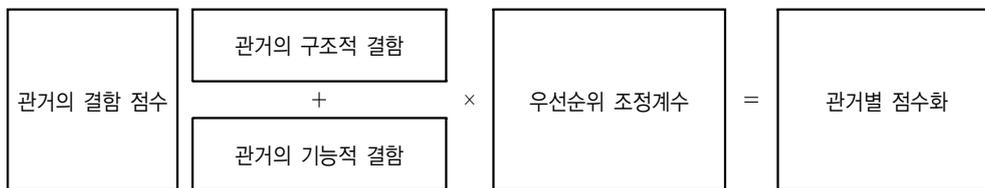
- (1) 관저 정비 우선순위 선정을 위한 판단기준
- (2) 관저 개·보수 규모 결정을 위한 판단기준

【해설】

(1)에 대하여

관저 정비의 우선순위는 단순히 관저 이상개소수만을 고려할 경우 관저정비의 시급성, 관저의 중요도 등이 간과되어 사업 효과 측면에서 불합리한 결과를 도출할 우려가 있으므로 다음 [그림 2.16.5]와 같이 관저 내부조사를 통한 관저의 결함 점수를 우선순위 조정계수로 보정하여 점수화한 결과를 근거로 결정한다.(하수관거정비계획 수립지침 개발 등에 관한 연구, 2006. 12, 환경부 참고)

관저의 이상 등급별 결함 점수 및 우선순위 조정계수는 <표 2.16.3>~<표 2.16.5>과 같다.



[그림 2.16.5] 우선순위 선정을 위한 관저별 점수화 방안

관저내부의 결함은 크게 관저의 파손 등 구조적 결함과 통수능 저하, 침입수 발생 등의 기능적 결함으로 분류할 수 있으며 이를 토대로 다음과 같은 3개의 등급으로 구분하여 적용하는 것이 합리적일 것으로 판단되어 진다.

- A등급 : 긴급한 개·보수를 필요로 하는 관거
- B등급 : 2~5년 기간내에 관거 개·보수를 필요로 하는 관거
- C등급 : 당장 개·보수의 필요는 없지만 곧 그 필요가 있을 것으로 판단되는 관거

우선순위 조정계수는 단순한 관거 내부의 결함정도만을 고려한 사업 우선순위를 선정할 경우 지역적 사업의 시급성, 관저의 중요도, 관저의 불량에 의한 가장 큰 문제점으로 대두되고 있는 불명수 유입량

의 과소 등이 간과될 수 있는 문제점을 보완하기 위한 방안으로 다음 <표 2.16.5>~<표 2.16.8>과 같이 적용한다.

<표 2.16.3> 관거의 구조적 결함 등급 판단기준 및 점수<예시>

구 분	세부항목	등급 판단기준 및 결함 점수					
		A	점수	B	점수	C	점수
관부식 및 마모 ¹⁾	관부식 및 마모	철근노출	15	골재노출	10	표면박리	5
관 파괴	파손	함몰	20	균열발생 (2mm 이하)	15	균열미세 (2mm 미만)	10
이음부	이음부이완(틈)	관경의 1/3 이상	10	관경의 1/3 ~ 1/5	5	관경의 1/5 미만	3
	이음부 수평 어긋남	관경의 1/3 이상	10	관경의 1/3 ~ 1/5	5	관경의 1/5 미만	3
관의 변형 ²⁾	관의 변형률	관경의 30%이상	20	관경의 10 ~ 30%	15	관경의 5 ~ 10%	10

주: 1) 철근콘크리트관에 해당
2) 연성관에 해당

<표 2.16.4> 관거의 기능적 결함 등급 판단기준 및 점수<예시>

구 분	세부항목	등급 판단기준 및 결함 점수					
		A	점수	B	점수	C	점수
침입 장애물	타관통과 및 기타장애물	관경의 1/2 이상	15	관경의 1/2 ~ 1/10	10	관경의 1/10 미만	3
점착	모르터, 유지류, scale 점착	관경의 1/2 이상	10	관경의 1/2 ~ 1/10	5	관경의 1/10 미만	1
관돌출	-	관경의 1/2 이상	15	관경의 1/2 ~ 1/10	10	관경의 1/10 미만	3
침입수	침입수 발생유무	분출	20	흐름	15	적셔진 정도	10
침전	토사 및 퇴적물	관경의 1/2 이상	10	관경의 1/2 이상	5	관경의 1/10 미만	3

〈표 2.16.5〉 우선순위 총괄 조정계수(예시)

항 목	평가 항목	조정계수
사업의 긴급성	관거의 통수능 확보 여부 상습 침수지역의 우수관거 악취 등에 의한 민원다발 지역의 우수관거 등	1 ~ 2.5
관거의 중요도	간선관거 등 비교적 중요한 관거 관거당 처리인구 비율	0 ~ 1.0
불명수 유입량	관거별 불명수 유입량 등급 평가	0 ~ 1.5

〈표 2.16.6〉 사업의 시급성 조정계수(예시)

항 목	범위	조정 계수	
관거의 통수능 확보 여부	관거연장당 통수능 부족	30% 이상	1.5
	관거 구성 비율	10~30%	1.3
		10% 미만	1.0
상습 침수 지역의 우수관거	과거 침수 발생 여부	홍수시 상습 침수	1.0
		침수 미 발생	0.0
민원다발 지역의 우수관거	악취 등에 의한 민원 발생 여부	민원 발생 지역 관거	1.0
		민원 미 발생 지역 관거	0.0

〈표 2.16.7〉 관거의 중요도 조정계수(예시)

항 목	범위	조정 계수	
관거의 중요도	지·간선 관거	간선관거	0.5
		지선관거	0.0
관거당 처리인구 비율	대상지역의 관거 당 처리인구의 순위	상위 30%	0.5
		30 ~ 70%	0.3
		하위 30%	0.0

〈표 2.14.8〉 불명수 유입량 조정계수(예시)

항 목	범위	조정 계수	
불명수 유입량	계획하수량 대비 불명수 유입량	50% 이상	1.5
		30 ~ 50%	1.0
		10 ~ 30%	0.5
		10% 미만	0.0

관거별 침입수 유입량은 (2.16.3의 (2))에 의해 산정된 값을 사업 지역 전체를 대상으로 등급화 하여 평가하여야 한다.

(2)에 대하여

하수관거는 시가지의 하수를 이송·처리하여 생활환경의 개선, 공공수역의 수질보전을 도모할 뿐 아니라 우수를 신속히 배제함으로써 침수에 의한 도시재해를 방지하는 기능을 갖고 있으나, 관거 노후화 등으로 불명수가 과다 유입되어 하수처리시설의 유입하수량 증가 및 수질저하의 주요 원인이 되는 것으로 나타났다.

따라서 하수관거의 개·보수는 2.16.4 기존관거 조사를 통하여 처리분구별로 합리적인 기준에 의해 계획을 수립하여야 한다.

하수관거 정비는 크게 오수관거와 우수관거로 구분하여 구조적, 기능적으로 불량한 관과 관거내부 이상으로 침입수/유입수 및 누수가 발생하고 있는 관을 대상으로 하며, 구조적·기능적 불량으로 인한 통수능 부족, 최소유속 미달, 역경사 관거는 다음과 같은 방법으로 개·보수한다.

1) 오수관거

① 통수능 불량관거

목표년도의 계획하수량에 대한 수리계산을 통하여 통수능력이 부족 관거는 전체를 개량하는 것을 원칙으로 하며 개량방법으로는 관경을 확대하는 것이 가장 좋은 방법이나 관경 확대만으로 통수능력부족 해소가 안 되는 관거에 대해서는 관경 확대와 동시에 관거의 경사를 조정하거나 유로를 변경하여 통수능력 부족으로 인한 문제점을 해결한다.

〈표 2.16.9〉 통수능 불량관거 개·보수 방법

개보수 방법	적용 기준
관경의 확대	<ul style="list-style-type: none"> 기존 상·하류 및 주변관거에 영향을 가장 적게 미치는 방법으로 공간확보 및 시공성 등에 문제가 없는 경우에 적용한다. 원형관의 경우는 관거를 교체하는 것으로 계획하며, 암거일 경우에는 옆에 암거를 병행하여 설치하는 것으로 계획한다.
관거경사 조정	<ul style="list-style-type: none"> 관거경사를 조정하는 것은 상·하류관거에 영향을 미쳐 주변 관거와의 연결상 많은 문제점을 야기하므로 상·하류관거와의 연결가능성을 검토한 후 계획을 수립한다.
상류지역 유로 변경	<ul style="list-style-type: none"> 시공상 관경 확대시 공간확보 등에 문제가 있거나, 관거 경사조정시 하류부 관거와의 연결에 문제가 있을 경우 상류지역의 유로를 변경하여 유량을 감소시키는 방법을 검토한 후 적용한다.
조도계수 조정	<ul style="list-style-type: none"> 통수능이 부족할 경우 병용관거를 부설하거나 관경을 확대하는 것이 가장 일반적인 방법 이겠으나, 전체보수 공법중 반전삽입 및 제관공법 등은 관 내부의 조도계수를 개선하여 유속 및 유량을 증대시키는 효과를 기대할 수 있다. 하지만 이러한 방법은 조도계수 개선효과는 있으나 반면 라이닝 두께로 인한 통수능 감소로 전체적인 통수능 증가효과는 미미할 것으로 판단되므로 원칙적으로 통수능 불량관거의 개·보수를 방안으로 적용하는 것은 지양하여야 하다. 다만, 관거 내부 이상부위의 개·보수를 위해 전체보수 공법(라이닝, 제관공법)을 적용한 경우 수리검토시 개선된 조도계수, 관거 단면적 축소 영향 등을 고려할 수 있다.

② 최소유속 미달 관거

하수관거는 시가지의 하수 및 우수를 이송·처리의 목적을 달성하기 위하여, 적정 통수능의 확보와 함께 고형물을 이송하기 위한 적정유속범위의 확보가 필요하다.

특히, 오수관거에서는 분뇨직투입에 따른 퇴적을 방지하기 위하여 최소유속 이상의 유속확보가 필요하나 오수 초기관의 경우 계획오수량이 지나치게 작아 충분한 소류력을 확보하지 못하는 경우가 대부분이어서 지형적 한계로 인해 과도한 심도를 유발하거나 다수의 펌프장 계획으로 과도한 사업비가 소요되는 등의 문제점이 발생할 수 있다.

따라서 기존관거의 개·보수시에는 원칙적으로 오수관거의 최소유속 0.6m/s를 유지할 수 있도록 개선하는 것이 필요 할 것으로 판단되어진다.

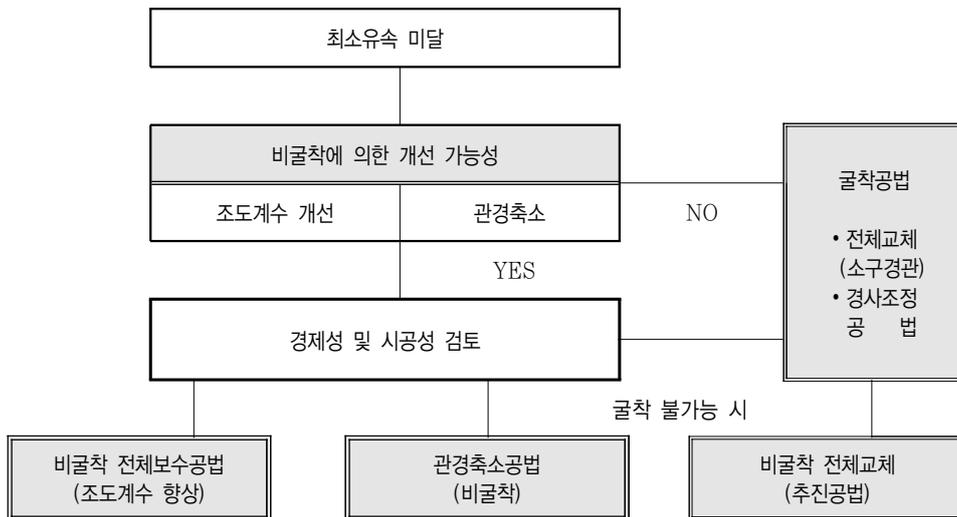
조도계수 개선, 경사조정 및 관경축소를 통해 최소유속 확보가 가능한 경우 경제성 검토를 통하여 전체교체, 조도계수 개선(반전삽입공법 등), 경사조정 및 관경축소 공법 등을 적용할 수 있으며, 굴착 공법을 적용시 굴착이 곤란한 경우에는 추진치환공법을 적용을 검토하여야 한다.

최소유속 미달관거 개선에 대한 업무 흐름도 및 주의사항은 다음 [그림 2.16.7], <표 2.16.10>와 같다.

③ 역경사관거

현장조사 결과 나타난 역경사관거의 경우 축소된 단면 A'만으로도 충분한 통수능이 확보될 수 있다 하더라도 역경사 구간의 관거 저부에 침전물이 퇴적되어 악취발생의 주된 원인이 되고 있다.

따라서 역경사 관거에 대해서는 관거 정비시 역경사 구간에 대한 개선을 포함하여 관내 침전 발생을 억제하여야 한다.



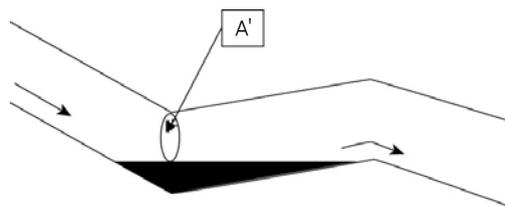
[그림 2.16.7] 최소유속 미달관거 개선 업무 흐름도

〈표 2.16.10〉 최소유속 미달관거 경제성 검토시 유의사항

구 분		경제성 검토시 주의사항 및 적용한계
비 굴 착 공 법	전체보수공법	<ul style="list-style-type: none"> • 조도계수를 향상시킬 수 있는 공법에 한해서 검토 및 적용 가능 (반전삽입공법, 스트립라이닝 공법 등)
	관경축소공법	<ul style="list-style-type: none"> • 관거 내부를 두껍게 라이닝 하여 관경을 축소 • 주의사항 <ul style="list-style-type: none"> - 상하류관의 관경축소 필요 여부 필히 검토 - 장래 하수량에 대한 통수능 검토 수행
굴 착 공 법	전체교체공법	<ul style="list-style-type: none"> • 관종을 교체할 경우 <ul style="list-style-type: none"> - 조도계수를 향상시킬 수 있는 관종 선정 - 교통지체 해소비용도 포함하여 검토 - 시공성이 불량할 경우 비굴착 교체공법(추진공법)도 검토 • 소구경관으로 교체할 경우 <ul style="list-style-type: none"> - 상하류관의 관경축소 필요 여부 필히 검토 - 교통지체, 민원 처리비용도 포함 - 장래 하수량에 대한 통수능 검토 수행
	경 사 조 정 공 법	<ul style="list-style-type: none"> • 상하류관과의 단차를 맞추기 위해 인접관의 공사 필요여부도 필히 검토 • 교통지체 해소비용도 포함해서 검토

④ 관거내부 이상관거

관거의 개·보수 사업을 위한 관거 판단기준의 설정은 발생 우·오수를 효과적으로 계획된 양만큼 정확히 배제할 수 있도록 하는 관거의 구조적·기능적 개선에 목표를 두어야 한다. 또한 판단기준은 재정계획과 연계된 개·보수 사업의 우선순위를 설정할 수 있는 기초 자료를 제공하여야 하며, 관거 개·보수 사업시 적용될 수 있는 공법의 선정에 있어서도 합리적이고 경제적인 기준을 적용하여야 한다.



[그림 2.16.8] 역경사관거의 단면도

개·보수를 필요로 하는 판단기준은 관종별로 〈표 2.16.11〉, 〈표 2.16.12〉과 같이 이상항목의 결함 정도에 따라 A, B, C의 3종류로 구분하여 개·보수의 우선순위를 정하기 위한 기초 자료로 활용하여야 하며 해당 사업 지역 내 전반적인 관거의 상태, 소요사업비 및 예산확보 현황 등을 고려하여 개·보수의 범위를 설정하여야 하며 일반적으로 A, B등급까지의 결함을 정비하는 것이 사업의 효과측면에서 합리적이다.

〈표 2.16.11〉 강성관 내부 이상 판단기준(예시)

구분	불량관거	정비등급		
		A	B	C
연결관	연결관 돌출	본관 내경의 1/2 이상	본관 내경의 1/10 ~ 1/2	본관 내경의 1/10 미만
	연결관접합부	접합부 파손 심각 (철근 노출)	접합부 파손 (골재 노출)	접합부 파손 적음 (표면 박리)
본관	이음부 이완	관경의 1/3 이상의 틈	관경의 1/5 ~ 1/3 틈	관경의 1/5 미만의 틈
	이음부 어긋남	관경의 1/3 이상 어긋남	관경의 1/5 ~ 1/3 어긋남	관경의 1/5 미만 어긋남
	침입수부식	숫구치는 정도	흐르는 정도	스며 들어옴
		철근노출	표면골재노출	표면 박리
	관과손땀균열	함몰 등 구조적 위험상태	균열 발생(2mm 이상)	균열미세(2mm 이하)
	관침하	관경의 1/2 이상 침하	관경의 1/2 미만 침하	-
	타관통과	타관통과 있음	-	-
	폐유 및 모르타르부착	관경의 1/2 이상	관경의 1/10 ~ 1/2	관경의 1/10 미만
기타장애물	관경의 1/2 이상	관경의 1/10 ~ 1/2	관경의 1/10 미만	

〈표 2.16.12〉 연성관 내부 이상 판단기준(예시)

구분	불량관거	정비등급		
		A	B	C
연결관	연결관 돌출	본관 내경의 1/2 이상	본관 내경의 1/10 ~ 1/2	본관 내경의 1/10 미만
	연결관접합부	-	접합부 파손	접합부 파손 적음
본관	이음부	관경의 1/3 이상의 틈	관경의 1/5 ~ 1/3 틈	관경의 1/5 미만의 틈
	이음부 어긋남	관경의 1/3 이상 어긋남	관경의 1/5 ~ 1/3 어긋남	관경의 1/5 미만 어긋남
	침입수	숫구치는 정도	흐르는 정도	스며 들어옴
	관과손땀균열	함몰 등 구조적 위험상태	균열 발생	-
	곡관로	10° 이상 꺾임	5 ~ 10° 꺾임	5°미만 꺾임
	관침하	관경의 1/2 이상 침하	관경의 1/2 미만 침하	-
	변형률	관경의 30% 이상	관경의 10 ~ 30%	관경의 5 ~ 10%
	타관통과	타관통과 있음	-	-
폐유 및 모르타르부착	관경의 1/2 이상	관경의 1/10 ~ 1/2	관경의 1/10 미만	
기타장애물	관경의 1/2 이상	관경의 1/10 ~ 1/2	관경의 1/10 미만	

2) 우수관거

① 통수능 불량관거

우수관의 통수능 불량관거의 개량은 (가) ① 통수능 불량관거)에 준하며, 계획하수량은 목표년도의 계획우수량을 기준으로 한다.

또한, 우수관의 경우 개별관거의 수리계산상 통수능은 확보되나 경사가 급격히 변화하는 지점 또는

합류지점 등에서 통수장애가 발생할 우려가 있으므로 이러한 지점에 대해서는 통수장애를 해결할 수 있는 방안을 수립하여야한다.

② 최소유속 미달 관거

우수관거에 대한 최소유속 미달관거를 개량대상에 포함할 경우 지나치게 많은 관거가 사업대상범위에 포함되게 되어 비용-효과측면에서 유리하지 않을 것으로 판단되므로 사업범위에서 제외하는 것이 합리적이다. 그러나, 우천시 유량을 기준으로 최소유속 0.8 m/sec를 만족하지 못하여 토사퇴적이 우려될 경우 유지관리 대상관거로 선정하여 관리하여야 한다.

③ 역경사관거

현장조사를 통한 역경사관거는 [그림 2.16.8]과 같이 축소된 단면 A'로 충분한 통수능을 확보할 수 있다고 판단될 경우 개량대상에서 제외하며 역경사가 크지 않아 개량대상에 포함되지 않는 관거 중 관 내부상태 불량에 따라 개량이 필요한 경우에는 굴착, 비굴착 및 전체보수 부분보수에 대한 경제성 검토 결과와는 상관없이 굴착에 의한 전체보수를 채택하여 역경사도 동시에 개선하는 것을 원칙으로 한다.

또한, 역경사를 개선시키는 경우 경사 조정이 가능한 경우 이외에는 관 전체 교체에 의한 개량을 원칙으로 한다.

④ 관거내부 이상관거

우수관 경우 관종별로 다음 <표 2.16.13>, <표 2.16.14>의 내부 이상관거 판단기준에 따르며 개·보수 대상은 구조적 안정성이 결여되어 정비가 시급한 A등급에 한하는 것이 바람직하다. 다만, 연결관 돌출의 경우 통수에 지장을 초래할 수 있어 침수발생 등 문제가 발생될 우려가 있으므로 B등급까지를 포함하는 것이 합리적이다.

또한, 연성관의 경우 구조적 안정성을 고려하여 관파손 및 균열, 변형률 항목의 B등급까지를 포함하는 방안도 검토할 필요가 있다.

<표 2.16.13> 강성관 내부 이상 판단기준(예시)

구분	불량관거	정비등급		
		A	B	C
연결관	연결관 돌출	본관 내경의 1/2 이상	본관 내경의 1/10~1/2	본관 내경의 1/10 미만
본관	이음부 이완	관경의 1/3 이상의 틈	관경의 1/5~1/3 틈	관경의 1/5 미만의 틈
	이음부 어긋남	관경의 1/3 이상 어긋남	관경의 1/5~1/3 어긋남	관경의 1/5 미만 어긋남
본관	부식	철근노출	표면골재노출	표면 박리
	관파손 및 균열	함몰 등 구조적 위험상태	균열 발생 (2mm 이상)	균열미세 (2mm 이하)
	관침하 ¹⁾	관경의 1/2 이상 침하	관경의 1/2 미만 침하	-
	타관통과	타관통과 있음	-	-

주: 1) 관거가 침하되어 역경사가 발생한 경우는 역경사 관거의 개보수 기준 적용

〈표 2.16.14〉 연성관 내부 이상 판단기준(예시)

구분	불량관거	정비등급		
		A	B	C
연결관	연결관 돌출	본관 내경의 1/2 이상	본관 내경의 1/10~1/2	본관 내경의 1/10 미만
본관	이음부	관경의 1/3 이상의 틈	관경의 1/5~1/3 틈	관경의 1/5 미만의 틈
	이음부 어긋남	관경의 1/3 이상 어긋남	관경의 1/5~1/3 어긋남	관경의 1/5 미만 어긋남
	관파손 및 균열	함몰 등 구조적 위험상태	균열 발생	-
	관침하	관경의 1/2 이상 침하	관경의 1/2 미만 침하	-
	변형률	관경의 30% 이상	관경의 10 ~ 30%	관경의 5 ~ 10%
	타관통과	타관통과 있음	-	-

2.16.6 개·보수 범위

하수관거의 결함에 대한 개·보수범위는 2.16.5와 같이 설정하며 보수목적, 현장조건, 유하능력 향상의 필요성, 관거 불량상태, 시공비용 등을 고려하여 다음과 같은 방안을 비교하여 사업계획을 수립하여야 한다.

(1) 굴착 및 비굴착
 (2) 전체보수와 부분보수

【해설】

(1)에 대하여

맨홀간 관거의 전체적인 보수·보강이 필요한 것으로 판단되는 경우 굴착 또는 비굴착에 의한 개·보수 방안의 비교 검토를 통하여 합리적인 계획 수립이 필요하다.

이 경우 각기 방안에 대한 경제성 및 시공성에 대한 평가를 통하여야 하며 경제성 평가 시에는 직접 공사비용외에 굴착에 따른 교통지체비용 등 사회간접비용을 고려하여야 한다.

다만, 경제성의 검토결과와 상관없이 비굴착 공법에 의한 통수능 및 구조적 안정성 확보가 곤란한 경우 등에는 굴착교체를 원칙으로 한다.

(2)에 대하여

전체보수는 맨홀간 관거의 전부를 정비하는 방안이며 부분보수는 맨홀간 불량개소만을 부분적으로 정비하는 것으로 이에 대한 판단은 관거의 내부조사에 통한 구조적 안정성 평가를 통하여 결정하여야 한다.

부분보수만으로 관거의 구조적 안정성 확보가 곤란한 경우나 보수 후에도 지속적인 결함이 예상되는 관거에 대해서는 전체보수를 선정하는 것이 바람직하며, 하수관거의 이상항목 중 본관부의 이음부 불량, 관 부분파손, 지관 접속부 불량 등 경미한 항목에서 발생한 경우 부분보수로 시행되는 것이 바람직하다.

특히, 지하수위보다 깊게 매설된 관거의 부분보수공법 적용은 향후 지하수의 이동으로 미 보수·보강 부위로 이동하게 되어 추가적인 지하수의 유입이 있을 수 있으므로 면밀한 검토를 필요로 한다.

2.17 합류식 하수관거 개·보수

2.17.1 적용범위

본 합류식 하수관거 개·보수기준은 노후화된 기존 합류식관거의 개·보수에 필요한 설계에 적용하는 기준이다.

본 기준에서 말하는 하수관거 개·보수는 합류식 하수배제방식을 채택하고 있는 지역의 하수관거를 대상으로 하고 있으며, 분류식 하수배제방식을 채택하는 대상지역의 관거 개·보수는 2.16 분류식하수관거 개·보수기준으로 별도로 구분하고 있다.

본 기준은 보다 효율적이고 경제적인 신기술 개발에 대처하기 위하여 계속 보완되어야 하며, 설계기준에서 정하지 않은 시설 또는 방안을 계획하고자 하는 경우에는 이와 동등하거나 그 이상의 기준이나 지침에 의하여 계획하도록 하여야 한다.

2.17.2 개·보수의 목적

하수관거 개·보수의 목적은 다음과 같다

- (1) 하수관거 기능의 회복
- (2) 구조적 안정성의 확보
- (3) 하수의 누수방지를 통한 지하수 오염가능성 배제

【해설】

(1)에 대하여

합류식 하수관거는 계획 하수량이 항상 적당한 유속으로 유하하는데 지장이 없도록 관거의 단면, 경사 등을 확보하여야 하며, 특히 관거 내에 침전물이 발생하지 않도록 유지함으로써 그 기능을 충분히 발휘할 수 있다. 그러나 설계 또는 시공상 문제, 노후화로 인한 관거의 물리적 결함 등으로 과도한 불명수의 유입, 통수능 저하 등 관거의 기능을 저해하는 문제점이 나타나고 있다.

따라서, 이러한 관거의 체계적인 정비를 통하여 통수능과 적정유속을 확보하고 불명수의 유입을 저감하여 관거의 기능을 최적화할 필요가 있다.

(2)에 대하여

합류식 하수관거의 목적 (2)는 2.16.2 (2) 해설을 참조한다.

(3)에 대하여

합류식 관거 내에서 수송되는 하수는 각종 유류성분, 부식성분, 찌꺼기 등이 포함되어 있고 관거정

비가 완료된 지역의 경우 수세변소수 등이 혼합된 상태이기 때문에 이것이 지하로 누출될 경우 토양과 지하수의 직접적인 오염원인이 된다.

또한, 하수의 누출은 토양과 지하수 오염뿐만 아니라 하수관거의 구조적인 기능을 마비시킬 수 있다. 하수관거 주변 토양에 황성분이 누적되면 관거 내부뿐 만 아니라 외부표면의 콘크리트가 부식되어 미세한 균열의 진행이 점점 가속화되어 궁극적으로 관거의 구조적 안정성에 치명적인 영향을 미치게 된다. 또한 겨울의 경우 침출수가 하수관거 주변에 얼어붙어 주야간 지하의 급격한 온도변화에 따라 결빙과 해빙을 반복하여 관거의 누수부위를 중심으로 물리적인 파손을 일으킬 수 있다.

관거 이상부위에 대한 개·보수는 관거내로의 침입수 발생 억제 및 하수 누출에 의한 지하수 오염 방지대책으로도 유효할 것으로 판단된다.

2.17.3 하수관거 개·보수계획

합류식 하수관거 개·보수계획은 관거의 중요도, 계획의 시급성, 환경성 및 기존관거 현황 등을 고려하여 수립하되 다음과 같은 사항을 포함하여야 한다.

- (1) 기초자료 분석 및 조사우선순위 결정
- (2) 불명수량 조사
- (3) 기존관거 현황 조사
- (4) 개·보수 우선순위의 결정
- (5) 개·보수공사 범위의 설정
- (6) 개·보수공법의 선정

【해설】

하수관거 정비사업은 장기간의 투자가 소요되는 절대 필요한 기간사업으로 정부의 지속적인 관심과 정책 의지가 있어야 성공할 수 있는 사업이다. 한정된 사업비로 보다 효율적이고 경제적인 하수관거 개·보수계획을 수립하기 위해서는 철저한 관거조사를 전제로 한 사업우선 대상지역의 선정과 함께 관거의 중요도, 사업의 시급성 및 지역 특성을 고려한 사업우선순위의 결정이 이루어져야 하며, 이는 최종적으로 지방 재정계획과의 연계방안을 통해 단계적으로 사업이 수행되어야 한다.

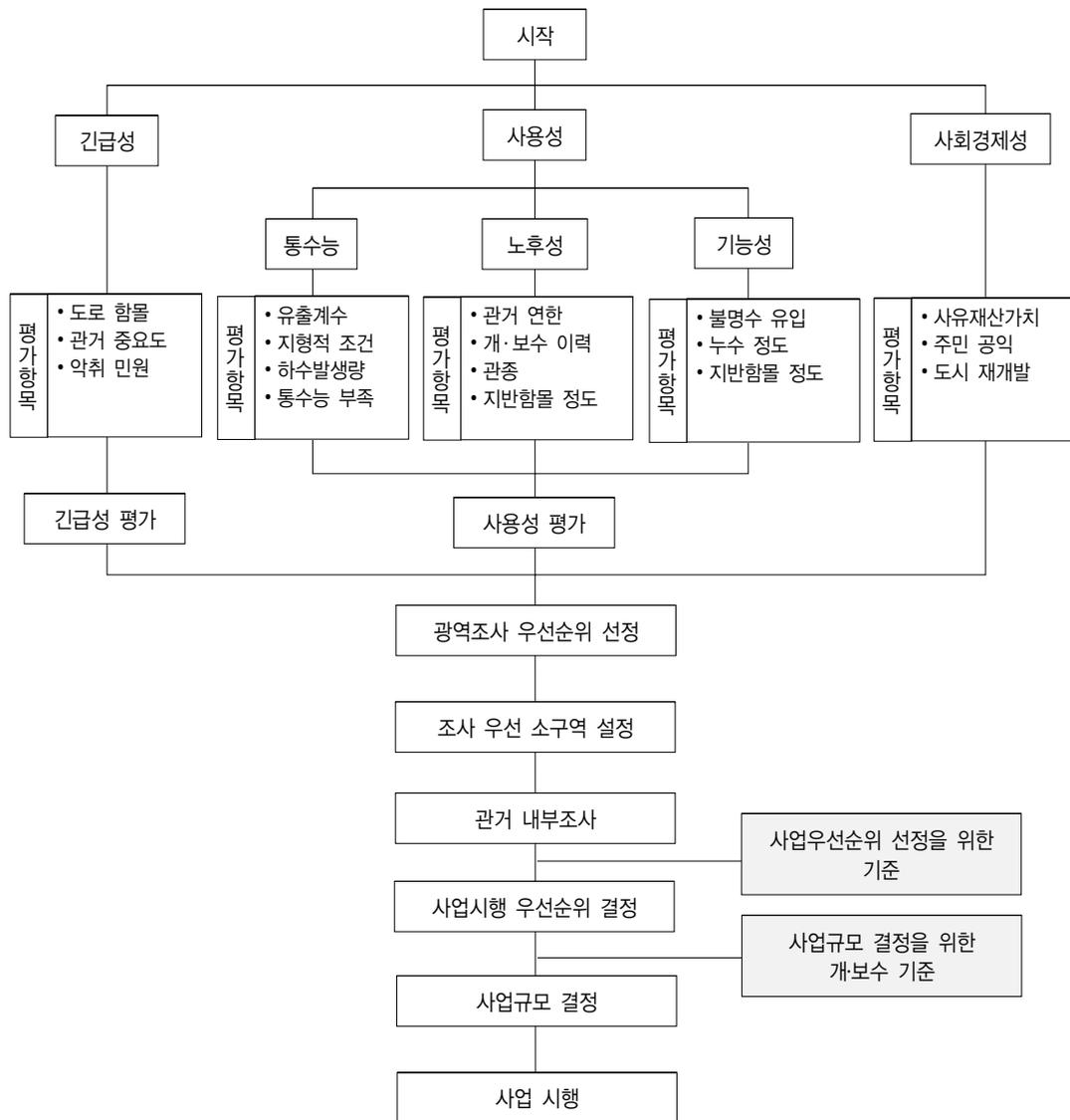
하수관거 개·보수계획은 다음 [그림 2.17.1]과 같은 절차에 의하여 수립한다.

(1)에 대하여

합리적인 관거 개·보수계획을 수립하기 위해서는 기초자료 수집 및 기존관거에 대한 충분한 조사가 필요하다.

또한 사업우선순위 선정전에 조사지역 우선 순위결정안을 도입하여 사업시행 초기에 모든 지역에 걸쳐 CCTV 등 조사를 수행하는 번거로움과 비용적, 시간적 낭비를 줄일 필요가 있다.

조사 우선순위 선정을 위해서는 다음과 같은 기초자료 조사를 하여야 하며 절차는 [그림 2.17.2]와 같다.



[그림 2.17.1] 하수관거 정비사업 절차

1) 처리장 유입유량평가

처리구역내 계획하수량을 상당량 초과하여 하수가 유입되는 현상은 대부분 오수관거의 결함에 의한 침입수에 기인한 것으로 판단할 수 있는바 하수처리시설 실제 유입하수량과 처리인구를 토대로 한 이론적 유입하수량 비교 평가를 통해 광역적 사업지역을 선정하여야 한다.

2) 건기시 우수토실 월류량 조사

건기시 우수토실에서의 월류량을 조사함으로써 관거 손상부위를 통한 지하수의 침입 등을 예측할 수 있으므로 사업지역내 우수토실에서의 건기시 유량, 차집 가능량 등의 검토를 통하여 광역적 조사 우선

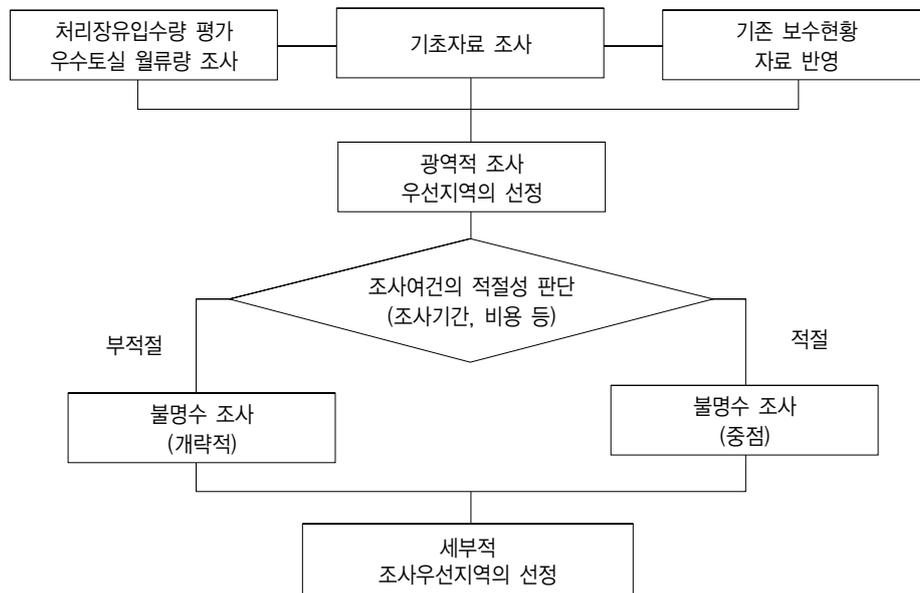
지역을 선정할 필요가 있다.<참조 [그림 2.17.1] 하수관거 정비사업 절차>

3) 기존 보수현황 자료

기 개·보수하여 비교적 상태가 양호한 관거까지 포함하여 전체지역을 조사한다는 것은 관거조사 비용이 편익을 초과하게 되어 비경제적일 수밖에 없으므로 조사우선지역선정 시 이를 충분히 고려한다.

4) 기타 자료

상습침수지역, 관거 파손에 의한 도로함몰지역, 악취발생에 따른 민원발생지역 등 관거정비의 긴급을 요하는 지역에 대한 충분한 검토를 통하여 조사우선지역 선정에 이용한다.



[그림 2.17.2] 합류식 지역 조사우선지역 선정 흐름도

(2)에 대하여

광역적 조사우선지역으로 선정된 지역에 대한 보다 세부적인 조사우선순위의 선정은 소규모 배수구역별 불명수량을 통하여 판단한다.

불명수량의 조사는 개략적 조사와 세부 중점조사로 구분될 수 있으며 사업기간, 조사지점수, 비용 및 기타 수행여건 등을 고려하여 조사방법을 결정한다.

1) 개략조사

개략조사는 시간 및 절차의 간소화에 초점을 맞춰 진행되며, 따라서 불명수량의 조사방법 또한 개략적 성격을 띠게 된다.

개략적 조사에서 불명수량의 평가는 단지 CCTV조사 및 기타 관거 정밀조사를 위한 조사우선순위의 선정을 위한 것인 만큼 조사단계에서 실측 시 발생하는 오차를 감안한 측정지점별 상대평가의 의미로

활용한다.

2) 중점조사

지역특성 및 관거현황 등을 고려하여 다음 조사지점 선정기준을 고려하여 조사후보지점을 선정하고 불명수조사 및 분석에 가장 적합한 지점을 최종 선정하여 장기간(통상 계절별 30일 총 60일 정도)에 걸쳐 조사 및 분석을 수행한다.

- ① 하수처리시설 및 중계펌프장 유입부
- ② 처리구역내의 최하류 토구지점
- ③ 주요 간선관거 합류점

〈표 2.17.1〉 개략적 불명수량 측정 방법

단 계	측 정 방 법
1 단계	하수발생량이 최소인 시간대의 우수토실 유하하수량을 불명수로 간주, 우수토실에서 실측을 통하여 이를 배수 면적 거주 인구 또는 관거 매설 연장으로 나누어 측정지점별 가상 불명수량 산정
2 단계	동일 시간대 상수 공급량을 분석하고 가장 상수공급량이 적은 시간대를 조사하여 이 시간대를 1 단계 측정시간대에 반영하여 최저 시간당 상수 공급량이 과도한 경우 각 처리구역 인구당량당 상수공급량을 1단계 불명수량에서 차감한다.
3 단계	1, 2단계의 과정을 거쳐 소구역별 불명수량의 대소(상대적평가)를 가려 차등적인 우선순위를 부여한다.

- ④ 합류식 및 분류식의 합류점
- ⑤ 주요 우수토실
- ⑥ 24시간 유량의 연속측정 및 시료채수가 용이한 지점
- ⑦ 측정장치의 설치 가능성 및 관리 용이성이 확보된 지점
- ⑧ 기타 현장 여건

조사의 절차 및 산정방법은 2.16.3 (2) 참조

(3)에 대하여

합류식 관거의 개·보수 계획 수립을 위한 기존관거 현황 조사는 2.16.3 (3) 참조

(4)에 대하여

합류식 관거의 개·보수 계획 수립을 위한 개·보수 우선순위의 결정은 2.16.3 (4) 참조

(5)에 대하여

합류식 관거의 개·보수 계획 수립을 위한 개·보수 범위의 설정은 2.16.3 (5) 참조

(6)에 대하여 개·보수공법의 선정

합류식 관거의 개·보수 계획 수립을 위한 개·보수공법의 선정은 2.16.3 (6) 참조

2.17.4 기존관거 조사

합류식 관거의 기존관거 조사는 2.16.4에 따른다.

2.17.5 합류식 하수관거 개·보수 판단기준

하수관거 개·보수 사업을 위한 판단기준은 발생 우오수를 효과적으로 계획된 양만큼 배제할 수 있도록 하는 관거의 구조적, 기능적 개선에 목표를 두어 다음과 같이 구분하여 설정한다.

- (1) 관거 정비 우선순위 선정을 위한 판단기준
- (2) 관거 개·보수 규모 결정을 위한 판단기준

【해설】

(1)에 대하여

합류식 관거 정비 우선순위 선정을 위한 판단기준은 2.16.5 (1) 참조

(2)에 대하여

하수관거는 시가지의 하수를 이송·처리하여 생활환경의 개선, 공공수역의 수질보전을 도모할 뿐 아니라 우수를 신속히 배제함으로써 침수에 의한 도시재해를 방지하는 기능을 갖고 있으나, 관거 노후화 등으로 불명수가 과다 유입되어 하수처리시설의 유입하수량 증가 및 수질저하의 주요 원인이 되는 것으로 나타났다.

따라서 합류식 하수관거의 개·보수는 (2.16.4) 기존관거 조사를 통하여 배수분구별로 합리적인 기준에 의해 계획을 수립하여야 한다.

하수관거 정비는 구조적, 기능적으로 불량한 관과 관거내부 이상으로 침입수/유입수 및 누수가 발생하고 있는 관을 대상으로 하며, 구조적·기능적 불량으로 인한 통수능 부족, 최소유속 미달, 역경사 관거는 다음과 같은 방법으로 개·보수한다.

1) 통수능 불량관거

합류식 관거의 통수능 부족관거에 대한 개·보수 기준은 2.16.5 (2) 1)의 ①항 참조

2) 최소유속 미달 관거

합류식 관거의 최소유속 미달 관거에 대한 개·보수 기준은 2.16.5 (2) 2)의 ②항 참조

3) 역경사관거

역경사관거, 합류식 관거의 역경사관거에 대한 개·보수 기준은 2.16.5 (2) 2)의 ③항 참조

4) 관거내부 이상관거

합류식 관거의 관거내부 이상관거에 대한 개·보수 기준은 2.16.5 (2) 1)의 ④항 참조

2.17.6 개·보수 범위

합류식 하수관거의 결함에 대한 개·보수범위는 2.16.6에 따른다.

【참고 2-1】 황화수소 대책

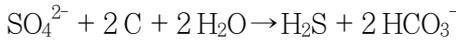
1. 부식 메커니즘

하수관거 시설의 황화수소에 의한 부식 사례는 압송관의 출구, 역사이편, 맨홀의 단락부, 관내 저류를 이용하여 유량조정 운전을 하는 펌프의 주변부 등에 많이 보고되고 있다.

황화수소의 생성 및 콘크리트 부식의 메커니즘은 다음과 같이 고려된다.

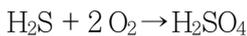
- ① 하수가 체류하는 개소에서 혐기상태가 되면 하수 중에 포함되는 황산염(SO₄²⁻)이 황산염 환원세균에 의해 환원되어 황화수소(H₂S)가 생성된다.

황산염 환원 세균

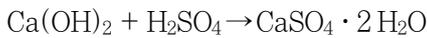


- ② 환기가 충분히 되지 않는 관거 내에서는 이들 황화수소는 외부로 확산되지 않고 기상 중에 농축되어 콘크리트벽면의 결로 중에 재용해하고 거기서 호기상태로 유황산화 세균에 의해 산화되고 황산이 생성된다.

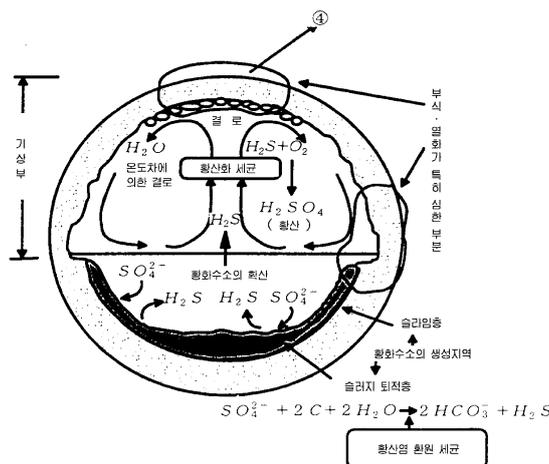
유황산화세균



- ③ 이와 같이 2단계 생물 반응이 진행되고 콘크리트 표면에서 황산이 농축되고 pH가 1~2로 저하되면 콘크리트의 주성분인 수산화칼슘이 황산과 반응하여 황산칼슘이 생성된다.

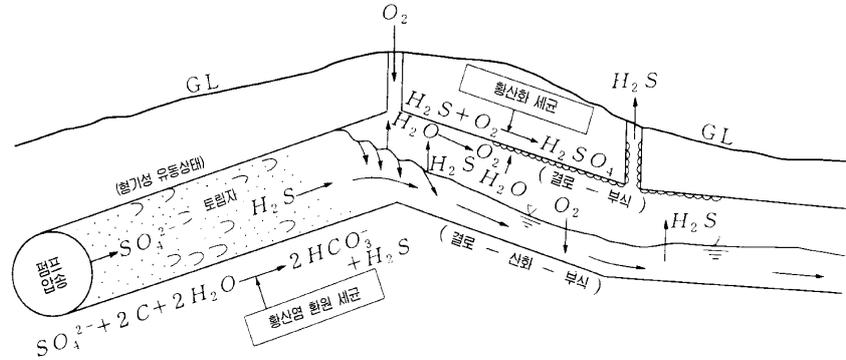


- ④ 황산칼슘(CaSO₄ · 2H₂O)는 다시 시멘트 경화체중의 알민산 3칼슘(3CaO · Al₂O₃)과 반응하여 에트린가이트(3CaO · Al₂O₃ · 3CaSO₄ · 32H₂O)를 생성한다. 에트린가이트는 생성시 결합수를 받아들이고 크게 팽창한다. 이 팽화에 의해 콘크리트가 부식하고 붕괴한다.



[그림 2.1] 하수도 시설에 특유한 콘크리트 부식

압송관의 출구 부근에서는 압력관 내에서 발생한 황화수소가 기상 중에 개방되고 생물화학 반응에 따라 황산을 생성하고 콘크리트 부식이 진행한다고 한다.

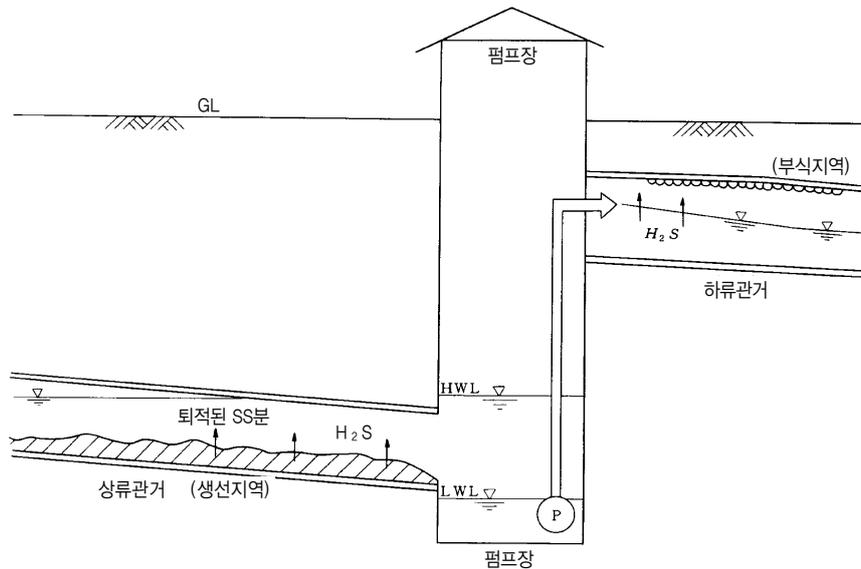


[그림 2.2] 하수 압송에 의한 황화수소 생성 영역과 부식 영역의 개념도

또한 관내 저류를 이용하여 유량 조절을 하는 펌프장에서는 야간의 고수위, 저류량 시에 관내에 침전된 퇴적물이 황화수소를 생성하고 관내 유속의 변동 또는 펌프에 의해 교반되어 기상 증으로 황산하고 동일한 황화수소 부식 현상이 진행한다고 한다.

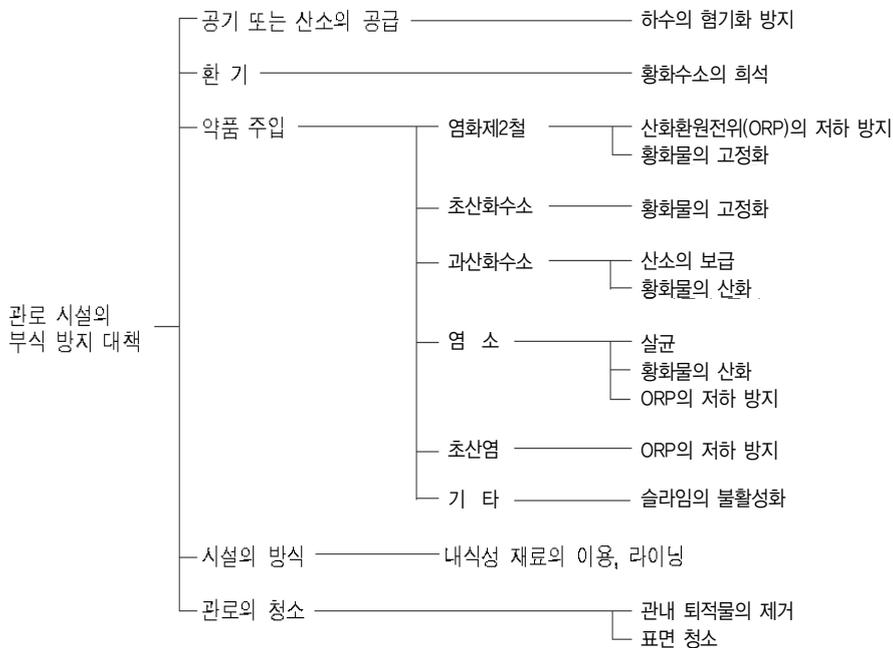
2. 황화수소에 의한 부식 대책

관거 시설의 부식 대책은 콘크리트 부식의 메커니즘을 끊는 것이 중요하므로 관거가 놓여져 있는 환경에 적합한 방법으로 실시한다. 관거 시설의 황화수소 부식 대책에는 다음을 들 수 있다.



[그림 2.3] 관내 저류에 의한 황화수소 생성의 개념도

- ① 황화수소의 생성을 방지한다.
공기, 산소, 과산화수소, 초산염 등의 약품 주입에 의해 하수의 혐기화를 억제, 황화수소의 발생을 방지한다.
- ② 관거를 청소하고 미생물의 생식 장소를 제거한다.
관거의 청소로 황화수소 발생의 원인이 되는 관내 퇴적물을 제거하고 황산염 환원 세균, 유황산화 세균의 생식 장소를 제거한다.
- ③ 황화수소를 희석한다.
황화수소가스가 저농도인 경우, 유황산화 세균의 증식이 억제된다. 환기에 의해 관내 황화수소를 희석한다.
- ④ 기상중으로의 확산을 방지한다.
산화제의 첨가에 의한 황화물의 산화, 금속염의 첨가에 의한 황화수소의 고정화 등의 방법에 의해 황화수소의 대기중으로의 확산을 방지한다.
- ⑤ 황산염 환원 세균의 활동을 억제한다.
황산염 환원 세균에 선택적으로 작용하는 약제를 주입하고 살균 또는 세균 활동을 억제한다.
- ⑥ 유황산화 세균의 활동을 억제한다.
유황산화 세균에 선택적으로 작용하는 약제를 혼입한 콘크리트(방균, 항균 콘크리트)를 이용한다.
- ⑦ 방식 재료를 사용하여 관을 방호한다.
수지계 자재나 피복(라이닝) 등에 의해 부식을 받는 콘크리트 표면을 방호한다.
구체적으로는 [그림 2.4]와 같은 각종 대책 방법이 있다.



[그림 2.4] 관거시설의 염화수에 의한 부식대책

3. 압송관거의 황화수소의 생성 억제 대책의 실시 예

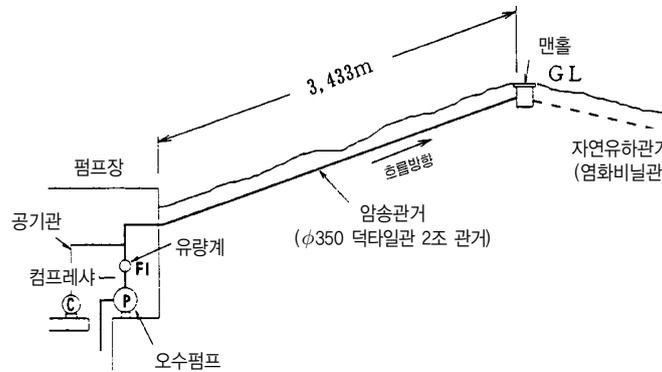
1) 고베시

고베시에서는 로코야마(六甲山) 배후의 내륙부에 입지하는 주택·산업 단지의 하수 송수간선에 압송 방식을 채용하고 관거 시설의 부식 노화 원인이 되는 황화수소 생성의 억제를 위해 공기 주입 시스템을 채용한다.

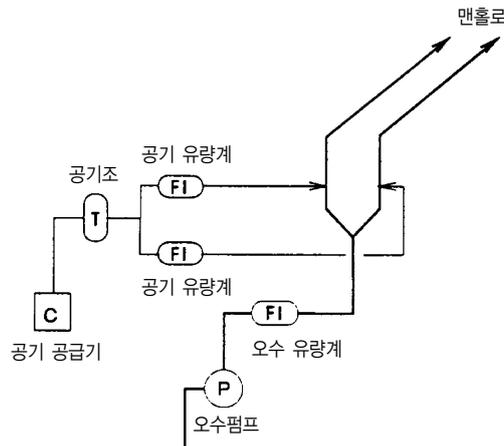
압송관거 시설은 1990년부터 공용되었는데, 현재까지 여러 가지 조사를 실시, 공기 주입에 의한 황화수소 생성 억제 효과를 확인하였다.

① 시스템의 개요

관거 시설의 개요도 및 펌프장에서 오수와 공기의 흐름을 [그림 2.5], [그림 2.6]에 나타내었다.



[그림 2.5] 압송 간선 개요도



[그림 2.6] 펌프장에서 오수와 공기의 흐름

압송관거는 유지관리를 고려하여 병렬관으로 되어 있으며 $\phi 350$ 덕타일 주철관으로, 연장 3,433m이다. 관거는 공기주입에 따른 에어포켓 발생을 피하기 위해 전노선 상승경사로 하였다. 이것은 에어포

켓 발생에 의한 관거 폐색을 방지하고 하강 경사에서의 공기와 오수의 혼합유체의 압력손실 증대에 의한 송수량 저하를 방지하기 위한 것이다.

② 황화수소 생성의 억제 효과

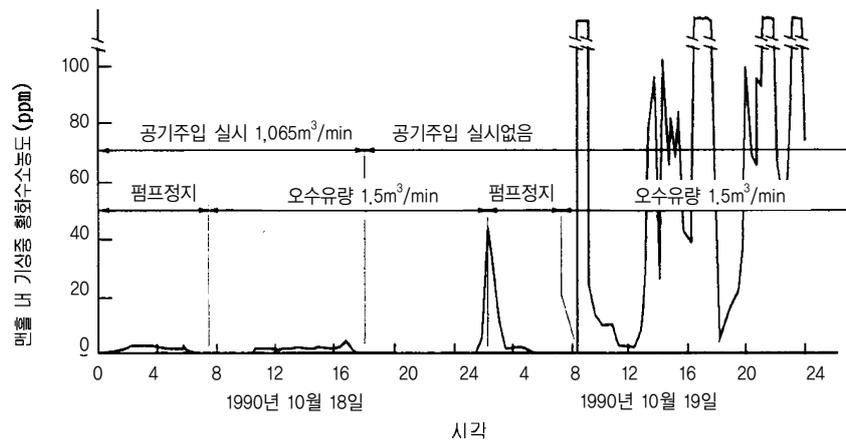
공기 주입에 의한 황화수소 생성의 억제 효과의 예로서 압송관로 종점의 맨홀 내 황화수소 농도의 측정을 실시하였다(그림 2.7).

공기 주입을 실시한 경우 3 ppm 이하였던 황화수소 농도는 공기 주입을 정지한 경우에 100 ppm 이상의 농도가 되었다.

③ 황화수소 생성 유무의 판단 지표

하수 중의 용존산소량 및 하수의 산화 환원 전위가 황화수소 발생량을 크게 좌우하는 지표가 되고 있으며 황화수소 생성 억제에는 압송 관로 종점에서 용존산소량이 1 mg/l 이상, 산화 환원 전위가 -100 mV 이상으로 할 필요가 있다는 것을 확인하였다.

본 보고에 의해 공기 주입 시스템의 유용성은 확인되었는데, 향후 다양한 경사·형상의 관로로의 적용성의 확인이 필요하다.



(「압송관거의 공기주입에 의한 황화수소 대책」에서 인용)

[그림 2.7] 압송관거 종점의 맨홀 내 황화수소 농도의 예

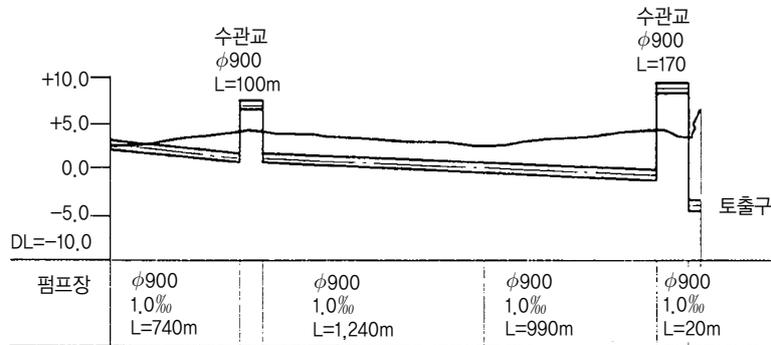
2) 염화제2철 주입 시스템의 실시 예

황화수소 생성 억제 외의 접근으로서 일본 하수도사업단에서는 치바현에서 염화제2철 주입 시스템에 의한 억제 방법의 개발 조사를 통해 양호한 결과를 얻었다.

① 시스템의 개요

이 시스템은 치바현 인방(印旛)소(沼)유역 하수도에서 채용되고 있으며 압송관의 구경은 φ900, 연장 3,260 m, 사용관재는 강화플라스틱 복합관(FRPM관), 주철관 및 강관의 3종류이다. 또한 오수펌프의 능력은 32 m³/min이다.

주입설비는 펌프장 부지 내에 설치되고 염화제2철 약액을 펌프정에 주입한다. 유입량은 소형 컴퓨터를 이용하여 수온, 수량에 의해 자동 제어된다.



[그림 2.8] 압송관거 종단도

② 황화수소 발생 억제 효과

황화제2철 주입에 의한 황화수소 생성의 억제 효과는 현저하게 보이며 염화제2철을 80 mg/l 주입하면 황화수소 발생을 거의 모두 억제할 수 있다고 보고된다. 단, 이 주입량은 화학량론적인 이론치의 16배에 상당하는 것이다.

3) 하수도 압송 관거 크리닝 시스템

하수도 압송관거 연구회에서는 하수 압송 관로의 통수 장애가 되는 관내 퇴적물이나 공기 제거를 위해 「하수도 압송관거 크리닝 시스템(PSP 시스템)」을 제창하고 있으며 그 운전 등에 관한 실태 조사를 실시하였다.

① 시스템의 개요

하수도 압송관거 크리닝 시스템은 피그(pig)라고 하는 발포수지제의 포탄형 청소기구를 펌프장의 펌프 압력을 이용하여 관내 주행시켜서 관내 퇴적물, 슬라임, 가스, 공기를 배출시키는 세관 시스템이다.

청소기구인 피그(pig)라는 명칭의 유래는 그 형상이 “돼지”와 비슷하기 때문이라고도 한다. 미국에서 개발되어 상수도 분야의 적수(탁수) 대책에 이용되었는데, 하수 압송의 증가에 따른 하수도 분야에서의 적용 사례가 증가하고 있다.

본 시스템의 구성 기기는 펌프장 내에 설치하는 피그(pig) 발사 장치, 관거 도중에 설치하는 피그(pig) 통과 확인 장치 등으로 이루어지고 발사장치의 밸브 조작만으로 세관 작업이 가능하기 때문에 압송관로의 간편한 유지관리를 실현하는 것이다.

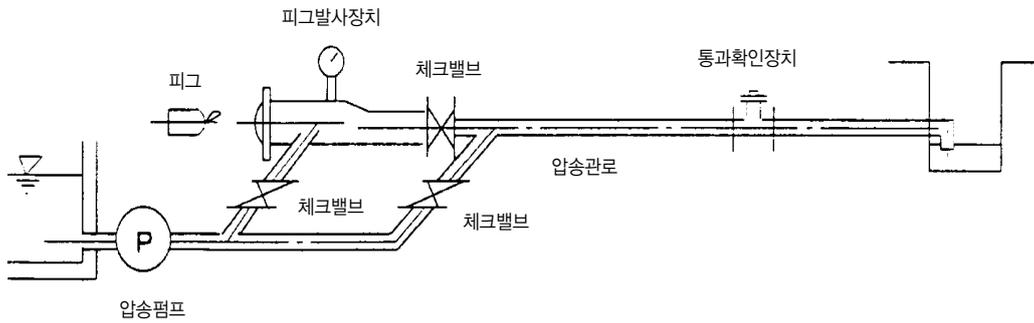
<특징>

- 피그(pig)의 발사는 발사 장치의 밸브 조작에 의해 간편하게 이루어지기 때문에 통수한 채로 크리닝할 수 있다.

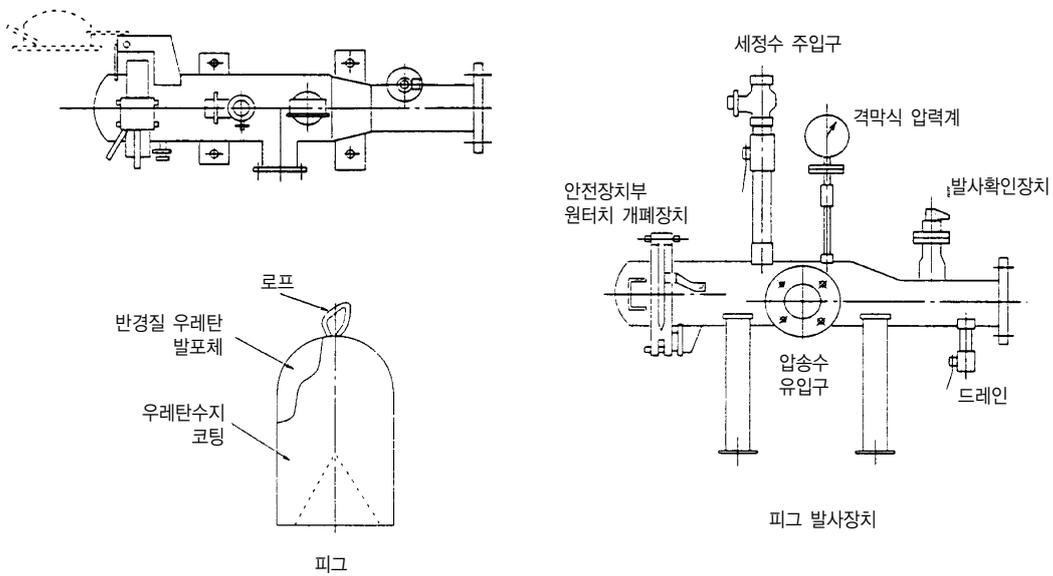
- 피그(pig) 수류와 함께 관내를 주행하기 때문에 장거리 관거를 한번에 크리닝이 가능하다.
- 크리닝에 의해 공기, 가스, 퇴적물을 배출하기 때문에 공기 밸브나 배니 시설의 설치 수를 감소할 수 있다.
- 피그(pig) 발사 및 주행에는 하수 압송 펌프를 이용하기 때문에 별도 동력원을 준비할 필요가 없다.
- 펌프 운전과 밸브 조작이 주요 작업이며 시스템 조작에 특히 어려운 기술을 필요로 하지 않는다.

상용 구경은 $\phi 50 \sim \phi 600$ 덕타일 주철관이다.

[그림 2.9], [그림 2.10]에 시스템 개요도, 기기도를 나타내었다.



[그림 2.9] 하수도 압송관거 크리닝 시스템 개요도



[그림 2.10] 하수도 압송관거 크리닝 시스템 기기도

【참고 2-2】 소구경관의 수리특성

말단관거에서는 유량이 적고 시간변동이 크므로 기존의 설계 수법인 정상 흐름에 따른 오물의 유하·반송을 기대할 수 없다.

관거의 유하능력, 오물의 청소에 관하여 순간 최대유량에 착안하여 유량의 시간변화, 소류연장과 경사 등의 특성에 대하여 조사한 연구에 따르면 옥조 및 세탁 배수에 의한 영향이 크고 배수의 반복에 의해 오물이 반송되는 것이 확실해진다.

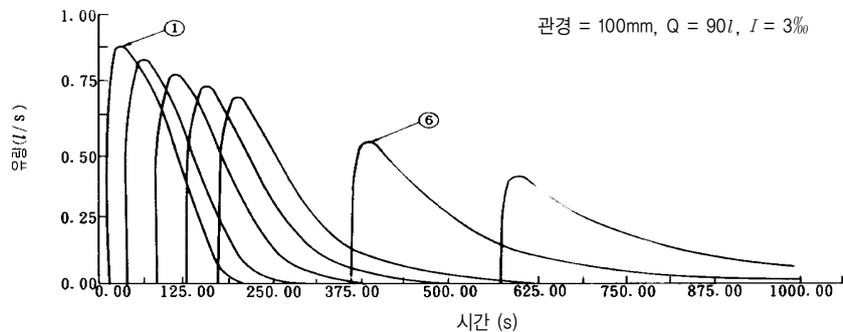
순간최대 유량에 기초하여 말단관거의 경사, 관경, 배수량을 결정하는 경우의 고찰을 다음에 나타내었다. 퇴적 문제 등이 일반적으로 발생하지 않고 또 비정상 흐름에 기초한 새로운 설계 방법에 대한 지식이 아직 불충분하다.

1) 시간의 경과와 순간최대유량의 감쇠

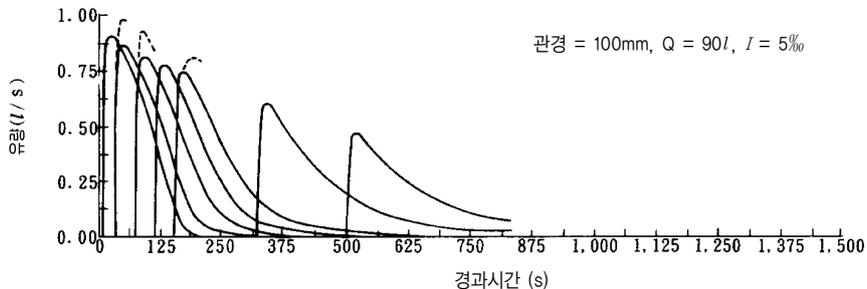
공칭 100mm·경사 5%의 경질염화비닐 계란형관(조도계수를 0.010으로 한다)에 의한 1호분의 옥조배수(90 l)의 유하 실험을 실시했을 때의 유량의 시간변화를 나타내면 [그림 2.11]과 같다.

①은 유입점의 유량의 시간변화이며, 순간최대유량은 0.88 l/s이다. ⑥은 그것보다 375초 경과한 200 m 하류 지점에서의 유량으로 순간최대유량은 0.50 l/s로 감소한다. 이와 같은 순간최대유량의 감소는 유입점에서의 흐름의 단속시간에 관계하며 예를 들어, 화장실의 수세수(15 l)에서의 동일한 실험에 의하면 유입점의 유량 0.90 l/s가 25 m 하류 지점에서 0.40 l/s로 감소한다.

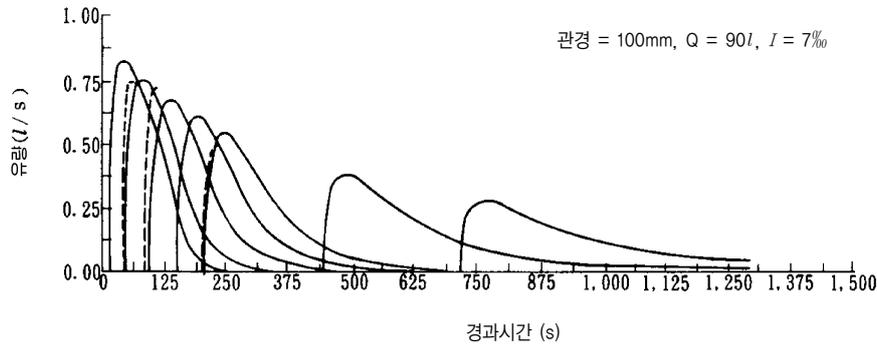
또 경사 7‰ 및 3‰의 경우의 시간변화를 [그림 2.12], [그림 2.13]에 나타내었다.



[그림 2.11] 유량의 시간변화(1)



[그림 2.12] 유량의 시간변화(2)



[그림 2.13] 유량의 시간변화(3)

2) 단말오수관거의 소류연장과 경사와의 관계

1가구분의 오수를 받는 경우의 단말오수관거에 대해서 고품물을 소류하는 것에 필요한 관거의 경사를 구하기 위해 경질염화비닐제의 계란형관(조도계수를 0.010으로 한다)를 이용하여 실험한 결과를 나타내면 <표 2.1>과 같다.

<표 2.1> 중의 소류연장은 1회 화장실의 배수에 수중중량 28 mN(29 g) 및 단위체적중량 10.3 kN/m³(1.05 g/m³)의 대용오물 4개를 투입하고 욕조배수나 세탁배수를 조합시킨 4일간 분의 오수의 유하에 의해 대용오물이 반송된 거리를 나타낸 것이다.

이어서 이상의 경질염화비닐 계란형관을 이용하여 실시한 유하실험의 결과에서 상정한 말단오수관거의 ① 최상류부에서 1가구만을 수집한 경우의 경사와 연장, ② 경사별 수집가능 가구수와 연장 및 추정 최대 동시 배수가구수를 <표 2.2>에 나타내었다.

<표 2.1> 관거의 소류연장

번호	욕조 90l/회, 1회/3d	세탁 30l×2회주1, 3회/3d	화장실(대변) 12회/3d(l/회)	관거의 경사(‰)	소류연장(m)
1	○	○	15주 2	3	100 이상
2	○	○	9주 2	3	100 이상
3	×	○	15	3	79
4	×	○	15	5	100 이상
5	×	○	9	5	80
6	×	○	9	7	100 이상

주: 1. 세탁은 1회에 30l의 물을 5분 간격으로 2번 배수한다.

2. 화장실의 배수의 15 l/회는 표준형, 9 l/회는 절수형이다. 오물수는 4개/회×1회/d×4명/d×3, d=48개이다.

3. ○는 배수하는 경우에 ×는 배수하지 않는 경우를 나타낸다.

4. 배수 패턴(3일간)은 화장실 4회→세탁 1회→화장실 4회→세탁 1회→화장실 4회→세탁 1회→욕조 1회이다.

〈표 2.2〉 1가구만을 수집하는 경우의 관거의 경사와 연장

경사(%)	연장(m)
3	50
5	80
7	100

〈표 2.3〉 경사별 수집가능가구수, 연장 및 최대동시배수 가구수

경사(%)	유하능력(l/s)	수집가능가구수(가구)	연장(m)	최대동시배수가구수(가구)
3	3.7	26	200	3.9
5	4.8	36	270	6.4
7	5.7	46	350	7.4

- 주: 1. 수집 가능 가구수는 집합주택 등에서 이용되는 최대동시사용 기기 수의 산정 방식을 응용하여 옥조로 부터의 배수가 동시에 배출되는 가구수를 구하고 이들이 일어나는 비초과확률 99%의 최대동시배수 가구수의 경우의 유량이 관거의 유하 능력을 초과하지 않는 것으로 산정하였다.
2. 연장은 1가구당 문 입구를 15m로 하고 양측에 가옥이 있는 것으로 산정하였다.
3. 이상의 수집 가능 가구수 및 연장은 대용 오물을 이용한 반송 실험의 결과에서 상정한 것으로 실시 계획, 설계에 있어서는 충분한 검토를 필요로 한다.

제 3 장

멤프장시설

제3장 펌프장시설

3.1 총 설

하수처리시설의 펌프장시설은 처리구역내 및 처리장내 하수이송용, 하수처리공정에 따른 수처리공정 용과 처리수 방류를 위한 방류용으로 구분할 수 있다. 하수이송용으로는 지형적인 자연경사에 의해 하수를 유하시키기가 곤란한 경우, 관거의 매설깊이가 현저히 깊어져 우수를 공공수역으로 자연방류시키는 것이 곤란한 경우 또는 처리장에서 자연유하에 의해 처리할 수 없는 경우에 설치하는 양수시설이다. 수처리 공정용으로는 하수처리의 생물학적 처리공법에서 중요한 미생물을 원활히 공급하여 수처리의 효율성을 유지할 수 있도록 하는 경우에 설치하는 이송시설이며, 처리수 방류용으로는 하수처리를 거쳐 처리수질이 법적기준이내로서 방류구 위치가 자연적으로 흐름을 유지할 수 없을 경우 양수하여 방류하기 위해 설치하는 시설이다.

3.1.1 펌프장의 구분



[그림 3.1.1] 펌프장의 구분

1) 빗물펌프장

우천시에 지반이 낮은 지역에서는 자연유하에 의해 우수를 배제할 수 없으므로 펌프를 이용하여 배제하여야 한다. 배수구역내의 우수를 방류지역으로 배제할 수 있도록 설치하는 펌프시설을 빗물펌프장이라고 한다.

2) 중계펌프장

중계펌프장은 관로가 길어 관거의 매설깊이가 깊어져 비경제적으로 되는 경우 처리구역의 우수를 다

음의 펌프장 또는 처리장으로 수송하거나 처리장내 자연유하 흐름으로 원활한 수처리가 유지될 수 있도록 수두형성을 확보하기 위한 펌프시설로서 다음과 같이 분류한다.

① 양수펌프장

비교적 평탄한 지형에 관거를 설치하는 경우 관거의 연장이 길어지면, 필요한 경사에 의해 매설깊이가 현저히 깊어지고, 건설비가 비싸지기 때문에 경제성을 고려하여 적당한 위치에서 양수하여 관로를 얇게 할 필요가 생긴다. 이 때 사용하는 펌프장을 양수펌프장이라고 한다.

양수펌프장의 설치 및 위치의 선정에 있어서는 건설비 외에 유지관리비도 고려할 필요가 있다.

양수펌프장의 전양정은 실양정이 주이고 관거의 손실수두가 적기 때문에 비교적 작다.

② 압송펌프장

비교적 기복이 큰 지형에서 관거를 매설하는 경우이거나, 저지대에서 고지대로 오수를 압송할 필요가 생기는 경우 또는 가까운 거리에서 펌프압송에 의한 방법이 자연유하방법보다 득이 많은 경우 등에 사용하며, 오수를 필요한 위치까지 압송하는 펌프장시설을 압송펌프장이라고 한다.

전양정은 실양정에 압송거리에 의한 손실수두가 가산되기 때문에 비교적 크다.

가) 하수관거에서 중계펌프장을 이용하여 하수를 전량 압송하는 경우에는 중계펌프장에 침사설비를 설치하고, 처리장내에는 특별한 경우를 제외하고는 침사지 및 유입펌프장을 설치하지 않는다.

압송방식과 자연유하방식을 혼합하여 하수를 운송하는 경우, 하수처리시설내의 침사제거 설비는 압송관거의 중계펌프장에 설치된 침사설비의 용량을 감안하여 적정규모가 되도록 설치하여야 한다.

나) 하수배제방식이 합류식으로 계획된 처리시설의 경우에는 다음 원칙에 따라 이송방식 및 침사지의 설치위치를 선정하여야 한다.

㉠ 하수관거의 굴착심도가 깊거나 암반굴착인 경우에는 반드시 중계펌프장(스크류형 등)을 도입하는 방안과의 경제성을 분석하여야 한다.

㉡ 하수관거의 말단부와 처리시설 유입분배조간의 수두차이가 적어 스크류형 펌프를 적용할 수 있는 정도이면 시설특성 및 경제성 등을 비교·분석하여 장점을 반영할 수 있는 방식의 펌프설비 선정을 적극 검토하여야 한다. 또한, 침사지는 펌프장 후단의 지상에 설치하는 방안을 적극 검토하여야 한다.

다) 시간대별 유량변화가 심하여 유량조정조를 설치하는 경우에는 가급적 병렬(off-line) 방식을 채택하여야 한다. 직렬(in-line)방식은 굴착심도가 깊고 펌프설비의 규모가 과다하게 되어 공사비 및 유지관리비가 많이 소요될 우려가 있다.

3) 유입 펌프장

유입한 하수가 수처리시설까지 처리공정별 자연흐름에 의한 중력작용으로 수처리할 수 있도록 양수 또는 압송하기 위해 설치한 펌프장이다. 유입하수이외 슬러지 탈수여액, 스킴배수, 역세척배출수 등의 반송수 유입시 필요에 따라 계획오수량에 가산하며, 그 성상에 따라 협잡물이나 스킴의 제거 등 대책이 필요하다.

유입펌프의 용량을 선정할 때에는 유지관리상 동일용량으로 선정하는 것이 바람직하지만 가동초기 및 시간대별로 저유량 유입에 대비하여 최적유량이상으로 펌프의 잦은 가동을 방지하며 에너지 절감 및 수처리 운전의 균일화를 위하여 일부속도 제어 및 2종류 이상의 용량이 다른 펌프를 선정하는 방안을 강구하여야 한다.

4) 소규모펌프장

소규모 하수도 집수시스템에 이용되고 있는 펌프장으로서, 일반적으로 탈착식 수중 오수 펌프를 사용하는 통상 침사지가 생략된 맨홀형식 펌프, 콤팩트형 펌프장을 말하며, 3.9 펌프장 제11호 항목을 참조하여 시설규모를 결정하여야 한다.

5) 내부반송펌프

유입하수는 암모니아성 질소-아질산성 질소-질산성 질소로 산화되며, 산화과정의 호기성반응과정에서 충분히 질산화된 하수를 탈질화시켜 질소가스로 환원시키기 위해 무산소반응과정의 계내로 반송하는 펌프시설을 내부반송펌프라 하며, 수처리시설의 고도처리공법 수처리공정에 포함한다.

6) 외부반송펌프

생물반응조에서 충분히 반응된 하수가 2차침전지에서 물과 슬러지로 침전분리되어, 침전된 슬러지는 생물반응조의 MLSS농도에 따라 슬러지의 일부를 반응조의 계내로 공급하는 펌프시설을 외부반송펌프라 하며, 수처리시설의 표준활성슬러지 및 고도처리공법 수처리공정에 포함한다.

7) 방류펌프장

방류펌프장은 수처리공정을 거쳐 처리된 처리수의 수질이 법적기준이내에 있을 때 하천이나 해역 또는 호소내로 자연유하 방류가 어려울 경우 강제적으로 방류시키기 위해 설치한 펌프시설이며, 자연유하의 방류가 가능할 경우는 펌프시설이 필요치 않으며 방류구와의 수두차가 있을 경우 소수력발전 적용여부를 검토한다.

이와 같이 펌프장은 용도에 따라 시설이 다르므로 용도의 특성을 고려하여 계획한다.

3.1.2 계획하수량

펌프장시설의 계획하수량은 <표 3.1.1>과 같이 정한다.

<표 3.1.1> 펌프장시설의 계획하수량

하수배제방식	펌프장의 종류	계 획 하 수 량
분 류 식	중계펌프장, 소규모펌프장 유입·방류펌프장	계획시간최대오수량
	빗물펌프장	계획우수량
합 류 식	중계펌프장, 소규모펌프장 유입·방류펌프장	우천시 계획오수량
	빗물펌프장	계획하수량 - 우천시 계획오수량

【해설】

1) 분류식에서 펌프장의 계획하수량은 다음과 같이 정한다.

- ① 중계펌프장 및 유입펌프장의 계획하수량은 오수관거내의 오수를 지체없이 배제할 필요성이 있으므로 계획시간최대오수량(2.1.1의 (1) 참조)으로 한다. 더욱이 맨홀 및 빗물받이로부터 우수의 침입을 피할 수 없는 경우의 펌프용량은 계획하수량의 여유(2.1.1의 (5) 참조)를 고려하여 예비용을 설치하는데 예비용량 및 여유율 등을 종합적으로 고려하여 과대한 용량이 되지 않도록 주의한다. 소규모시설에서는 반송수량이 유입유량에 비해 종종 큰 경우가 발생하여 유입하수량의 변동이 크므로 소용량 펌프의 대수를 증가시켜 설치하는데 이 경우에는 배관 등의 조정기능을 고려한다.
- ② 분류식에서 빗물펌프장은 계획구역내의 우수유출량을 신속하게 배제하여 우수에 의한 침수방지를 목적으로 설치되므로 빗물펌프장의 계획하수량은 계획우수량(1.5.1 또는 2.1.1의 (2) 참조)으로 한다.

2) 합류식에서 펌프장의 계획하수량은 다음과 같이 정한다.

- ① 중계펌프장 및 유입펌프장은 오수로 취급하는 하수를 수송해야 하기 때문에 계획하수량은 우천시 계획오수량(2.1.1의 (4) 참조)으로 한다.
- ② 빗물펌프장의 계획하수량은 합류관거의 계획하수량에서 우천시 계획오수량을 뺀 것으로 한다. 또한, 펌프장시설의 용량을 결정할 때에는 지역의 실정에 알맞는 여유율을 고려할 필요가 있다. 그러나 특수한 예로서 우수량을 합리식으로 산정하고, 특히 배수면적이 큰 경우에는 단기간의 고강도 호우에서는 하류에서, 장기간의 중강도 호우에서는 상류에서 관거단면에 여유가 생기므로 관거내의 저류를 고려하여 펌프의 용량을 20~30% 줄일 수 있는 경우가 있다. 특히, 빗물펌프장 계획우수량은 본 시설기준의 합리식과 하천설계기준의 다양한 강우유출모형(SWMM, ILLUDAS, TR-20, PSRM-QUAL, RRL 등) 사용에 의해 산출토록 하며, 산출된 값이 기준에 따라 차이가 있을 수도 있으므로 그 때는 유입지천의 동수구배도 등의 환경과 흐름의 유속과 지천 말구의 배수조건 등을 고려하여 배수능력에 방해가 되지 않는 적정량을 결정해야 한다.

3.1.3 위치 및 안전대책, 환경대책

- (1) 펌프장의 위치는 용도에 가장 적합한 수리조건, 입지조건 및 동력조건을 고려하여 정한다.
- (2) 펌프장은 빗물의 이상 유입 및 토출측의 이상 고수위에 대하여 배수기능 확보와 침수에 대비해 안전대책을 세운다.
- (3) 펌프장의 설계시에는 펌프 운전시 발생할 수 있는 비정상 현상(캐비테이션, 서어징, 수충격 현상)에 대해서 검토하여야 한다.
- (4) 펌프장에서 발생하는 진동, 소음, 악취에 대해서 필요한 환경대책을 세운다.

【해설】

(1)에 대하여

빗물 펌프장은 되도록 방류수역에 가까이 위치하여 펌프로부터 직접 방류할 수 있거나 방류관거를 사용하더라도 단거리인 것이 유리하다. 중계펌프장은 가능한 설치 수가 적게 되도록 그 위치를 정한다. 또한, 유입 및 방류펌프장은 유입관거, 처리시설의 배치, 방류관거 등을 종합적으로 검토하고, 합리적인 배치계획에 기초하여 위치를 결정한다.

(2)에 대하여

펌프장은 하천 부근의 저지대에 설치하는 경우가 많고 태풍 등 홍수에 의해 범람 및 펌프장이 침수하는 경우를 예상하여야 한다.

또한, 계획 우수량을 초과하는 강우가 있는 경우에도 일시적으로 펌프장이 침수되는 경우도 고려하여야 한다. 이 때문에 기상 최고 내수위 등을 충분히 조사하여 펌프장 주변이 침수되어도 펌프장 기능을 발휘할 수 있는 구조로 한다.

대응 예로서

- ① 구내 지반은 주변 지반보다 높게 한다.
- ② 펌프실, 전기실, 감시제어실 등 중요 설비실의 외부 개구부, 환기 구멍 등은 구내 지반보다 높게 하거나 수밀화 등으로 보호해야 한다.
- ③ 배수 기능 확보에 필요한 전동기, 제어반, 축봉수 펌프 등의 설비에 대해서는 침수가 되지 않도록 한다.
- ④ 방류 관거에 연결하는 토출 수조 등의 상부 개구부 위치는 방류수역의 계획 고수위 및 하천 등의 제방 높이 이상으로 한다.

등의 대책을 준비할 필요가 있다.

(3)에 대하여

펌프의 급기동, 급정지나 과도한 고수위, 저수위 운전에 의한 펌프 계획운전 범위를 이탈하는 경우도 고려해야 한다.

1) 캐비테이션(cavitation)

펌프 회전차나 동체 속에 흐르는 압력이 국소적으로 저하하여 그 액체의 포화증기압이하로 떨어지면 발생하는 현상이다.

펌프 캐비테이션은 펌프 성능을 현저히 저하시키고 회전차의 침식과 소음을 유발하고 수명을 저하시킨다.

2) 서어징(surging)

펌프 운전중에 토출량과 토출압이 주기적으로 숨이 찬 것처럼 변동하는 상태를 일으키는 현상으로 펌프 특성 곡선이 산형에서 발생하며 큰 진동을 발생하는 경우가 있다.

3) 수격 작용(water hammer)

관내에 흐르고 있는 물의 속도가 급격히 변화하여 압력변화가 발생하는 현상이다.

수격 작용에 의한 압력상승 및 압력 강하의 크기는 유속의 변화정도, 관로 상황, 유속, 펌프의 성능 등에 따라 다르지만, 펌프, 밸브, 배관 등에 이상 압력이 걸려 진동, 소음을 유발하고, 펌프 및 전동기가 역회전하는 경우도 있으므로 충분한 검토가 필요하다.

(4)에 대하여

펌프장의 설치에 있어서는 소음·진동규제법과 악취방지법 등 관련법에 저촉되지 않도록 충분히 고려하여야 한다.

특히, 시가지의 인구 밀집지역에 설치하지 않으면 안되는 경우에는 진동, 소음, 악취 등의 대책을 충분히 고려하여야 한다.

또한, 침사 및 협잡물 등의 저장, 처리, 처분에 있어서도 주변에서 민원이 생기지 않도록 고려함과 동시에 가능한 한 주변에 녹지 등으로 주변과 조화를 도모하는 것이 필요하다.

3.1.4 흡입수위

펌프의 흡입수위는 유입관거 수위에서 펌프 흡수정에 이르기까지의 손실수두를 빼서 결정한다.

(1) 오수 펌프의 흡입수위는 원칙적으로 유입관거의 일 평균 오수량이 유입할 때의 수위로 정한다.

(2) 빗물 펌프의 흡입수위는 유입관거의 계획하수량이 유입할 때의 수위로 정한다.

【해설】

펌프의 흡입수위를 결정하는 경우 유입관으로부터 펌프 흡수정까지의 손실수두는 침사지, 유입수문, 스크린의 손실수두 등이 있다.

(1)에 대하여

오수펌프의 축동력을 결정하는 흡입수위는 유입관거 일평균 오수량이 유입할 때의 수위로부터 손실수두를 뺀 수위로 한다. 또한, 펌프의 흡입관 위치는 유입관거 최저 수위를 유지시키는 위치로 한다.

(2)에 대하여

빗물펌프의 축동력을 결정하는 흡입수위는 유입관거 계획 하수량이 유입할 때의 수위로부터 손실수두를 뺀 수위를 표준으로 한다.

또한, 빗물펌프장의 유입수위는 강우의 상황에 따라서 각각 변화하는 것이며, 여러 대의 펌프를 자동운전하기 위해 펌프흡수정의 수위를 일정하게 유지하기는 곤란하다. 따라서, 펌프 흡수정의 수위를 일정 이상으로 올라가지 않도록 펌프 흡입관을 깊게 하거나 펌프 흡수정 바닥을 내릴 필요가 있다.

3.1.5 배출수위

빗물펌프장에서는 배수구역의 중요도에 따라 최고배출수위를 정한다.

【해설】

배출수위는 중계펌프장 및 방류펌프장의 경우는 각각의 계획에 의해서 일정하지만, 빗물펌프장의 경우는 방류수면의 수위가 항상 변동하므로 배출수위를 외수의 최고수위로 하는 것은 경제적이지 못하며, 또한 최고수위를 기준으로 하여 설계하면 청천시의 수위는 최고수위에 훨씬 미치지 못하므로 펌프의 운전효율 측면에서 보면 불리하다. 외수(外水)의 이상고조시(異常高潮時)나 하천홍수시와 내수(內水)의 최대유출시가 일치하는 경우가 드물기 때문에 빈도가 높은 외수의 고수위를 대상으로 해서 기준 배출수위를 정한다. 계획홍수위를 기준배출수위로 하면, 이때의 펌프 실양정은 계획외수(계획 홍수위)와 계획내수의 차에서 70~80%를 일반적으로 채택하는 것이 좋다.

오수펌프를 청천시의 배수에 사용하고 있는 경우에는 외수의 최다빈도수위를 배출수위로 하면 좋으며, 고수위에 대해서는 흡입수위의 최고수위를 저수위로 하여 실제양정으로 산정하여도 된다.

이와 같이 오수용 펌프는 흡입수위 및 배출수위의 변동이 많기 때문에 펌프의 설계는 이에 대응하고, 우수용 펌프는 최다양정에서 최대효율을 얻을 수 있게 해야 하며, 필요한 양정변화의 범위내에서는 현저하게 효율이 저하되지 않도록 한다.

그러나 외수의 최고수위시에서도 계획우수량을 배제할 수 있어야 하는 것이 본래의 취지이므로, 배수구역의 중요도에 따라서는 최대 외수시에도 충분히 양정할 수 있도록 펌프설계를 하여야 한다. 또한, 여과설비, 소독설비 등을 설치하는 경우, 설비의 손실수두를 충분히 검토하고 원칙적으로 처리수가 자연유하 배수할 수 있도록 처리수 방류펌프의 배출수위를 정한다.

3.1.6 구동장치

펌프장의 원활하고 안정적인 운영을 위한 구동장치는 시설의 안정성 및 경제성과 불시의 운전정지가 배수 구역에 주는 영향을 고려하여 정한다.

【해설】

펌프장의 구동장치는 오수 또는 우수용 등의 펌프용량, 사용목적, 연간가동시간 또는 운전조작 및 보수의 용이, 안정성, 경제성 등을 고려하여 선정한다. 또한 불시의 운전정지는 배수구역에 크게 영향을 주므로 비상용 또는 예비의 동력원을 갖추는 것이 필요하다. 중계펌프장과 유입 및 방류펌프장의 펌프에는 안정성, 운전의 용이 및 저렴한 동력비 등의 관점으로 볼 때 전동기를 사용하지만, 중요도에 따라 정전사고에 대비하여 2회선 또는 지하매설선의 설치를 고려한다.

특히 호우일 때 운전하는 빗물펌프는 운전시간이 적고 전력사용이 비경제적이며, 현재로는 태풍이나 뇌우 등의 비상시에는 정전을 피하기 어려운 상태이므로, 전동기를 디젤기관 및 가솔린기관으로 하는 엔진펌프를 보유하거나, 디젤기관이나 가솔린기관에 의해 전동기의 동력시스템을 확보할 수 있는 비상 발전시설을 갖추는 것이 바람직하다. 이러한 경우 디젤기관 및 가솔린기관은 유지관리상 정기적으로 실부하운전(實負荷運轉)을 할 필요가 있다.

특히, 갈수기에는 장기간에 걸쳐 운전정지상태가 지속되므로 이러한 경우에 시운전을 할 수 있는 설

비를 갖추는 것이 바람직하다. 이를 위한 시설로는 토출관에서 펌프흡수정에 이르는 바이패스관을 설치하고 흡수정의 저류수를 순환해서 사용하면 된다. 그러나 중간 강도의 강우빈도가 비교적 높고, 즉시 기동할 수 있는 유리한 점이 있으므로 우수용 펌프의 일부는 전동펌프로 하고, 되도록 유량조절을 할 수 있도록 기종이나 대수를 선정해 두는 것이 필요하다.

또한 주요 펌프장에 대하여는 보안용 전원으로서 축전지를 준비하고, 기동용 펌프, 자동수문, 자동밸브, 기계스크린 및 기타 필요한 동력을 정전시에도 공급할 수 있는 발전기를 준비해 두는 것이 바람직하다.

3.2 침사설비 및 파쇄장치

3.2.1 침사지설비

침사지는 일반적으로 하수중의 직경 0.15 mm 정도 또는 0.2 mm 이상의 무기질, 비부패성 무기물 및 입자가 큰 부유물을 제거하여 방류수역의 오염 및 토사의 침전을 방지하고 또는 펌프 및 처리시설의 파손이나 폐쇄를 방지하여 처리작업을 원활히 하도록 펌프 및 처리시설의 앞에 설치한다.

침사지는 침두유량 유입시에도 그리트(grit)제거를 효율적으로 할 수 있도록 설계하여야 한다. 특히, 합류식에서 우천시 계획오수량(약 3Q)을 처리할 수 있는 용량이 확보되어 있어야 한다. 최근에는 종전보다 적은 무기물입자까지도 제거하는 것을 목표로 설계하고 있는데, 이것은 작은 입자들이 다음의 공정들에 악영향을 미친다는 것이 밝혀졌기 때문이다.

침사설비가 설치된 중계펌프장을 거쳐 하수가 유입되는 경우는 중계펌프장의 침사설비 용량을 제외한 하수처리시설 침사설비 용량으로 계산한다.

침사지방식을 선정할 경우에는 중력식, 포기식, 기계식(선회류식, 선와류식 등) 등에 대해서 경제성, 기술성, 환경성 및 유지관리측면을 종합적으로 비교 검토한 후 선정하고 그 결과를 설계보고서에 함께 제시하여야 한다.

3.2.2 침사지의 형상 및 지수

1) 중력식 침사지

① 형상 및 지수

침사지의 형상은 직사각형이나 정사각형 등으로 하고, 지수는 2지 이상으로 하는 것을 원칙으로 하며, 점검정비 등 시설물 유지관리를 위해 지 배수가 원활히 이루어질 수 있도록 배수구 또는 별도의 배수시설을 설치하여야 한다.

【해설】

형상은 부지형태, 시설배치, 하수의 유입, 유출방향 및 그리트 제거방식 등과 관련하여 검토하며 일반적으로 직사각형 또는 정사각형이 이용된다.

형상에 관계없이 편류(偏流)나 사수(死水)가 생기지 않도록 세부적인 사항을 고려한다. 한편 유입하수량은 항상 증감하며, 특히 합류식에서는 그 차이가 현저하여 1지만으로는 침사지내 유속을 일정한 범위내로 유지할 수가 없으며, 침사지의 청소, 부속기계시설의 점검 및 보수 등을 위하여 침사지를 비울 필요가 자주 생기므로 간이시설이 아닐 때는 2지 이상으로 하고 우천시 계획오수량에 따라 침사지의 수를 결정한다.

또한 소규모시설 또는 초기의 유입하수량이 적은 경우 등은 침사지를 설치하지 않는 경우도 있다. 이 경우 침사지는 예비로 설치하지 않고 보수 등을 할 때에는 측관으로 대응하도록 한다.

② 구조

침사지의 구조는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 견고하고 수밀성 있는 철근콘크리트구조로 한다.
- (2) 유입부는 편류를 방지하도록 고려한다.
- (3) 저부경사는 보통 1/100~2/100로 하나, 그리트 제거설비의 종류별 특성에 따라서는 이범위가 적용되지 않을 수도 있다.
- (4) 합류식에서는 청천시와 우천시에 따라 오수전용과 우수전용으로 구별하여 설치하는 것이 좋다.

【해설】

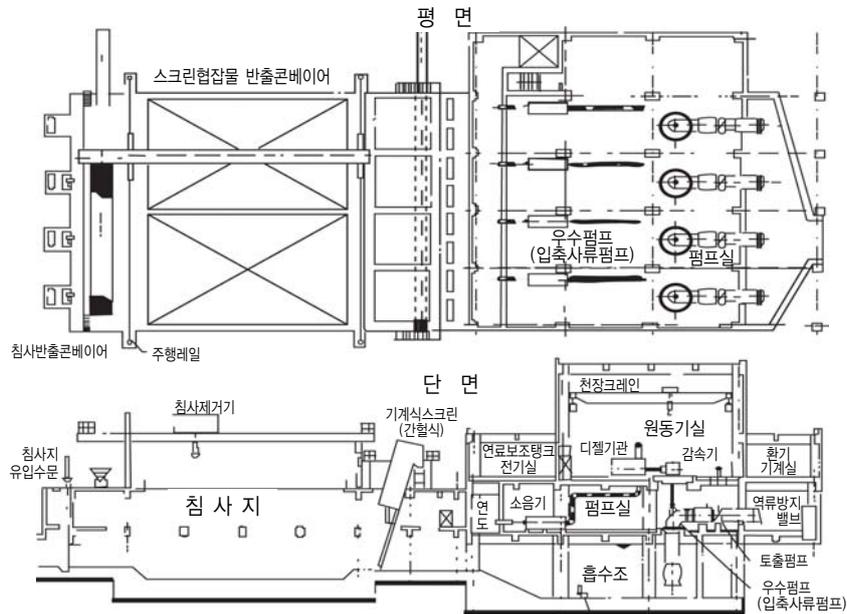
(1)에 대하여

침사지는 일반적으로 지하 깊숙이 축조되므로 지하수에 의한 부력에 대응할 것과 지하수의 침투에 의해 유량이 증가하는 일이 없도록 견고하고 수밀성있는 철근콘크리트구조로 한다. 직사각형의 것은 부등침하 등에 대비하여 종방향의 강도를 고려할 필요가 있으며, 유입관거 및 펌프장 등의 연결부에서는 하중 및 지지조건이 다르게 되는 경우가 많으므로, 부등침하에 대비하여 신축이음, 단차의 시정방법 등을 배려할 필요가 있다.

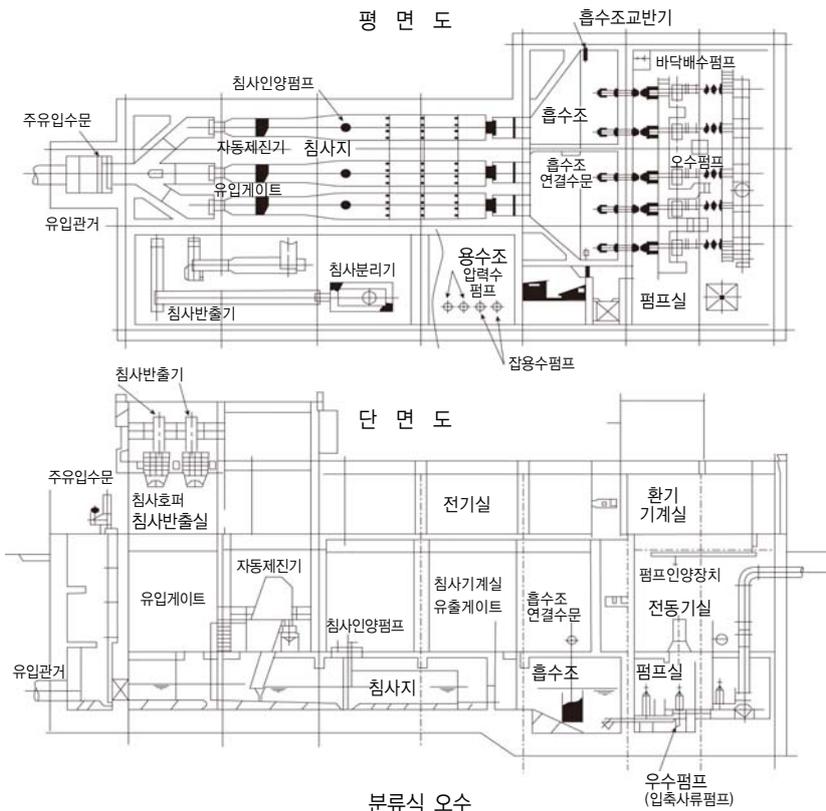
(2)에 대하여

유입관거는 편류로 인한 유속의 불균형을 방지하기 위하여 침사지에 근접하여 굴곡하는 것은 되도록 피해야 하며, 침사지의 유하방향과 일치시켜 유입시키고, 양자의 중심선을 일치시키는 것이 바람직하다.

유입부는 유입하수량을 각 침사지에 균등하게 배분하고, 다음의 침전부에서 편류를 일으키지 않는 균일한 유속을 얻기 위해 도류벽(導流壁)을 설치하지만, 수리학적 현상이 복잡하기 때문에 도류벽의 형상, 방향, 유입구의 크기 등을 결정할 때에는 신중을 기해야 한다. 그러나, 유입부는 직접 침사되지 않는 부분이므로 과대단면이 되지 않도록 할 필요가 있다.



분류식 우수



분류식 오수

[그림 3.2.1] 펌프장의 예

(3)에 대하여

침사지의 청소, 부속기계시설의 유지 및 보수 등을 위한 배수를 용이하게 하기 위하여, 유입부쪽으로 침사지바닥에 1/100~2/100 정도의 하향경사를 둔다. 그리트 제거시설을 설치할 때는 경사를 둘 필요성이 적지만, 그리트 제거시설의 특성에 따라서는 저부의 형상을 여러 가지로 검토할 필요가 있다.

(4)에 대하여

합류식의 침사지에서 우수와 오수를 함께 받아들이는 것은 청천시의 유입하수량이 계획하수량에 비하여 현저히 적으므로, 청천시에는 무기물 외에 유기물이 침전하여 부패를 일으키게 되어 처리시설을 갖지 않을 때는 방류수역을 오염시킬 염려가 있다.

여러 개의 침사지를 병렬로 배치하여 유량변화에 따라 가동 침사지수를 가감하는 것은 운용이 번잡하고 적당하지 않을 우려도 있으며, 그리트 제거시설 및 스크린 등의 기계시설을 청천시와 우천시용으로 동시에 적용시키는 것은 기능 및 강도상으로 곤란한 점이 많다.

따라서 우수용과 우수용을 분리해서 각각의 기능에 적합한 침사지를 설치하여, 목적을 충분히 달성할 수 있게 하는 것이 바람직하다. 이때 청천시에 우수침사지에 오수가 유입하지 않도록 수문(gate)을 설치하는 것도 하나의 방법이 될 수 있으나, 우천시에 여는 것이 지체될 우려가 있으므로 우수침사지를 한 단 낮게 설치하여 청천시에 우수침사지에 하수가 남지 않도록 하는 경우가 있다((그림 3.2.1) 참조).

③ 평균유속

침사지의 평균유속은 0.30 m/s를 표준으로 한다.

【해설】

침사지의 유속이 너무 느리면 미세한 유기물까지 침전하고, 유속이 커서 토사의 한계유속을 넘을 때는 침전된 토사가 부상하게 된다.

한계유속은 Shield공식에 Darcy Weisbach의 유속공식을 이용하면 식 (3.2.1)과 같다.

$$V_c = \left[\frac{8\beta}{f} \cdot g (S - 1) D \right]^{1/2} \dots\dots\dots (3.2.1)$$

- 여기서, V_c : 한계유속(m/s)
- f : 마찰계수(≒ 0.03)
- β : 상수(≒ 0.06)
- g : 중력가속도(= 9.8 m/s²)
- S : 입자의 비중
- D : 입자의 직경(m)

입자의 직경이 0.2 mm인 토사(비중 2.65)의 한계유속은, 식(3.2.1)에 의해 계산하면 0.23 m/s이고, 0.4 mm인 토사의 직경은 0.32 m/s이므로, 일반적으로 침사지의 평균유속은 제거대상에 따라 다르지만 0.30 m/s를 표준으로 한다.

④ 체류시간

체류시간은 30~60초를 표준으로 한다.

【해설】

체류시간은 침사지의 규모 및 중요도에 따라 다르지만 과거의 실험, 실적 및 침전효율 등으로부터 30~60초 정도로 한다.

⑤ 수심

수심은 유효수심에 모래퇴적부의 깊이를 더한 것으로 한다.

【해설】

유효수심은 침전효율에는 관계가 없으며, 표면부하율, 평균유속 및 체류시간에 따라 정한다. 침사지의 유효길이, 유효폭 및 유효수심간에는 식 (3.2.2)~식 (3.2.4)와 같은 관계를 가지고 있다.

$$L = V \cdot T \dots\dots\dots (3.2.2)$$

$$W = \frac{Q}{V \cdot T \cdot v} \dots\dots\dots (3.2.3)$$

$$H = T \cdot v \dots\dots\dots (3.2.4)$$

- 여기서, L : 침사지의 유효길이(m)
 V : 평균유속(m/s)
 T : 침전시간(s)
 W : 침사지의 유효폭(m)
 Q : 유입하수량(m³/s)
 v : 표면부하율(m³/m²·s)
 H : 침사지의 유효수심(m)

유효수심의 기준수면은 일반적으로 오수침사지에서는 계획시간최대오수량, 우수침사지에서는 계획오수량을 대상으로 한다. 수위는 유량 등에 따라 변하므로 수위변동에 따른 침사지의 수리학적 조건을 충분히 검토한다.

침사량은 일반적으로 하수량 1,000 m³에 대해 분류식의 경우 오수는 0.001~0.02 m² 정도이고, 우수는 0.001~0.05 m³ 정도이며, 합류식인 경우는 0.001~0.02 m² 정도이다. 그러나 침사량은 지역의 상황에 따라서 차이가 있으며, 호우시에 분류식의 우수 및 합류식의 경우에는 몇 배에서 수십배에 달하는 경우가 있으므로 모래퇴적부의 깊이는 일시에 이를 수용할 수 있도록 예상되는 침사량, 청소방법 및 빈도 등을 고려하여 일반적으로 수심의 10~30%로 보며, 적어도 30 cm 이상으로 할 필요가 있다.

⑥ 표면부하율

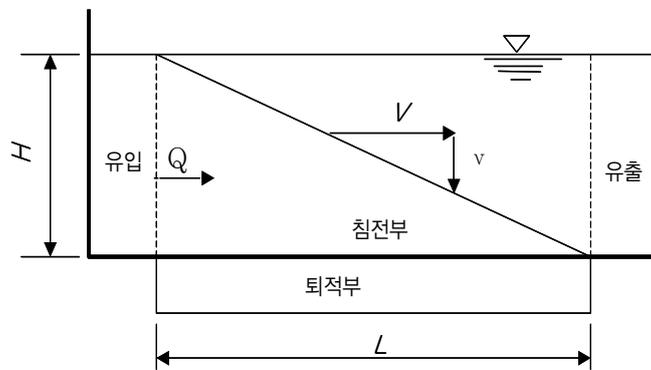
침사지의 표면부하율은 우수침사지의 경우 1,800 m³/m²·d 정도로 하고, 우수침사지의 경우 3,600 m³/m²·d 정도로 한다.

【해설】

식 (3.2.3)에서 v (=표면부하율)는 다음 식으로 나타낸다.

$$v = \frac{Q}{L \cdot W}$$

침사지에서 제거되는 토사의 침전속도는 수심과는 무관하며, 침사지의 표면적과 관계가 있다([그림 3.2.2] 참조).



[그림 3.2.2] 유효수심과 유속과의 관계

일반적으로 표면부하율은 우수침사지의 경우 약 1,800 m³/m²·d, 우수침사지의 경우 약 3,600 m³/m²·d를 표준으로 한다. 따라서 토사의 비중이 2.65인 경우, 이와 같은 표면부하율에서 최소제거 입자의 직경은 우수침사지의 경우 0.2 mm, 우수침사지의 경우 0.4 mm 정도이다. 입자의 침전속도는 <표 3.2.1>과 같다.

〈표 3.2.1〉 입자의 침전속도

직 경 (mm)	침전속도(mm/s)		직 경 (mm)	침전속도(mm/s)	
	비 중			비 중	
	2.65	1.20		2.65	1.20
1.00	100	12.0	0.04	1.10	0.15
0.90	92	10.5	0.03	0.62	0.08
0.80	83	9.5	0.02	0.28	0.035
0.70	72	8.4	0.015	0.155	0.020
0.60	63	7.7	0.010	0.069	0.0084
0.50	53	6.2	0.009	0.056	0.0068
0.40	42	4.9	0.008	0.044	0.0054
0.30	32	3.8	0.007	0.034	0.0041
0.20	21.0	2.20	0.006	0.025	0.003
0.15	15.0	1.50	0.005	0.017	0.0021
0.10	7.4	0.80	0.004	0.011	0.0013
0.09	5.6	0.75	0.003	0.0062	0.00075
0.08	4.8	0.58	0.002	0.0028	0.00035
0.07	3.7	0.45	0.0015	0.00155	0.00020
0.06	2.5	0.35	0.001	0.00069	0.000084
0.05	1.7	0.26	0.0001	0.00007	0.0000085

2) 포기식 침사지

포기식 침사지는 다음 사항을 고려하여 정한다.

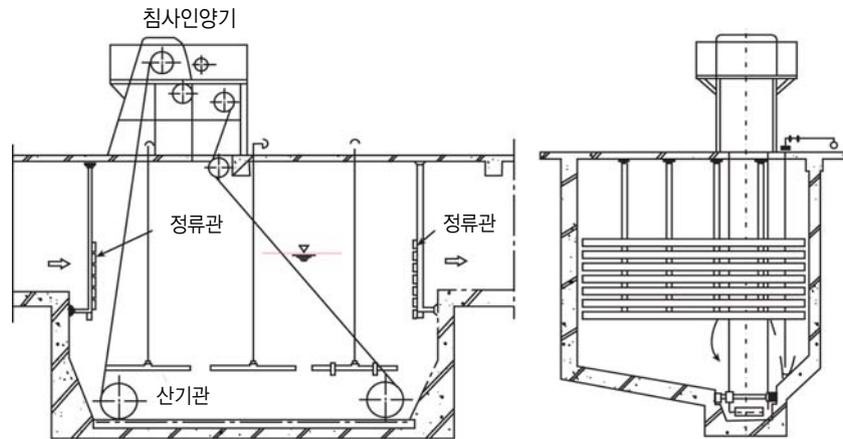
- (1) 형상 및 침사지수는 중력식 침사지기준에 따른다.
- (2) 구조는 중력식 침사지기준에 따른다.
- (3) 체류시간은 1~2분으로 한다.
- (4) 유효수심은 2~3 m, 여유고는 50 cm를 표준으로 하고, 침사지의 바닥에는 깊이 30 cm 이상의 모래퇴적부를 설치한다.
- (5) 송기량은 하수량 1 m³에 대하여 1~2 m³/h의 비율을 표준으로 한다.
- (6) 필요에 따라 소포장치를 설치한다.

【해설】

포기식 침사지는 바닥에 산기관을 설치하여 침사지내의 하수에 선회류(旋回流)를 일으켜, 원심력으로 무거운 토사를 분리시키는 것이다(〔그림 3.2.3〕 참조).

종래의 침사지와 비교하여 일종의 세척작용에 의해 침전한 토사에는 유기물이 비교적 적어 예비포기의 효과도 있을 수 있다. 공기량에 따라서는 그리트 제거율을 조절하는 것을 기대할 수 있지만 자연유하식의 침사지에 비하여 기능적이므로 산기관의 위치, 침사지 바닥의 경사, 모래퇴적부의 형상 및 그리트 제거시설 등에 대해서는 규모에 따라서 충분히 검토한다.

포기식 침사지는 소규모시설에 많이 사용하고, 유기물 함유량이 많은 오수침사지에 유효하다.



[그림 3.2.3] 포기식 침사지의 예

(1)에 대하여

중력식침사지기준에 따른다.

(2)에 대하여

중력식침사지기준에 따른다.

(3)에 대하여

체류시간은 일반적으로 1~2분이 적당하며, 예비포기를 겸하여 사용하는 경우에는 체류시간을 적당히 조정하면 된다.

(4)에 대하여

유효수심은 유입관저의 유효수심과 무관하게 정하지만 일반적으로 2~3 m로 하고, 여유고는 50 cm를 표준으로 한다. 침사지의 바닥에는 깊이 30 cm 이상의 모래퇴적부를 두지만, 침전효과를 좋게 하기 위해서는 침사지내에 선회류에 의한 정체현상이 생기지 않도록 한다.

그리트 제거방법은 여러 가지가 있지만 에어리프트펌프(air lift pump)가 많이 사용되고 있으며, 규모가 큰 경우에는 버킷컨베이어(bucket conveyer) 등이 적합하다.

(5)에 대하여

송기량은 일반적으로 오수량 1 m³에 대하여 1~2 m³/h로 하며 유입하수 지속시간(HRT)과 송기량과의 조화에 따른 질산화 반응이 발생하지 않도록 세부적인 사항을 고려하며, 산기관은 침사지의 바닥보다 60 cm 이상 위에 설치하는 것으로 한다.

또한 송풍관에는 포기식 침사지로 유입하는 송풍량을 조절할 수 있는 밸브를 설치한다.

(6)에 대하여

포기식 침사지는 자연유하식의 침사지와는 달리 세제 등으로 인한 거품현상이 자주 발생하므로 소포장치를 설치한다.

3) 원형 침사지

원형 침사지는 다음사항을 고려하여 정한다.

- (1) 지수 및 구조는 중력식 침사지 기준에 따른다.
- (2) 유입부는 와류가 자연적으로 형성될 수 있는 구조로 한다.
- (3) 하부에는 침사 퇴적부를 설치한다.

【해설】

(1)에 대하여

유입하수량은 항상 증감하며, 특히 합류식에서는 그 차이가 현저하여 1지만으로는 침사지내 유속을 일정한 범위내로 유지할 수 없으며, 침사지의 청소 및 유지관리를 위하여 침사지를 비울 필요가 있어 2지 이상으로 하고 우천시 계획오수량에 따라 침사지의 수를 결정한다.

(2)에 대하여

형상은 와류가 형성될 수 있는 원형을 원칙으로 하고, 하수의 유입, 유출방향 및 침사 제거 등과 관련하여 검토하고 일반적으로 하수가 원형침사지의 접선방향으로 유입된다. 편류(偏流)나 사수(死水)가 생기지 않도록 세부적인 사항을 고려한다.

(3)에 대하여

침사지의 청소 및 유지관리 등을 위해 배수의 용이성과 침사물(grit)이 자연적으로 그리트 저장조(hopper)에 포집되기 위하여, 원형침사지 몸통 바닥부는 하향경사를 두며 필요에 따라 별도의 배수시스템을 고려한다. 포집된 침사를 침사지에서 제거하기 위해 저장조(hopper)에 침사이송펌프를 설치하여 침사를 주기적으로 제거할 수 있도록 충분한 유량과 수두를 가지는 침사이송펌프를 이용한다. 펌프로 이송된 침사는 침사 분리기를 사용하여 대부분의 유기물질을 제거하여 처분한다.

표면부하율은 원형 침사지의 지름, 처리하고자 하는 입자의 효율, 처리유량 등에 따라 정해진다. 원형침사지의 표면부하율은 식(3.2.5)와 같은 관계를 가지고 있다.

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\frac{\pi D^2}{4}} (= \text{표면부하율}) \dots\dots\dots (3.2.5)$$

- 여기서, Q : 유입하수량(m³/s)
- A : 원형침사지 표면적(m²)
- π : 원주율(3.14)
- D : 원형침사지 직경(m)

침사지에서 제거되는 토사의 침전속도는 수심과는 무관하며, 침사지의 표면적과 관계가 있다. 침전물의 비중이 2.65인 경우, 이와 같은 표면 부하율에서 직경 0.3mm 입자가 95%이상 제거되는 정도이다.

4) 일체형 기계식 침사설비

일체형 기계식 침사설비는 다음사항을 고려하여 정한다.

- (1) 대수는 원칙적으로 2대 이상을 설치한다.
- (2) 평균유속 및 체류시간은 중력식 침사지 기준에 따른다.
- (3) 별도의 침사 세정장치 없이 반출이 가능한 구조이어야 한다.

【해설】

일체형 기계식 침사제거기는 강판제 탱크내에 중력식 침강을 이용한 침전부에서 침강 처리 한 후 수평식 및 경사식 스크류(screw) 컨베이어의 조합에 의하여 고형물을 스크리닝-이송-압착-탈수하여 수거 처리될 수 있는 [그림 3.2.4]와 같은 구조로 제작되고 이러한 모든 공정은 단일 탱크 안에서 이루어질 수 있는 구조이다.

(1)에 대하여

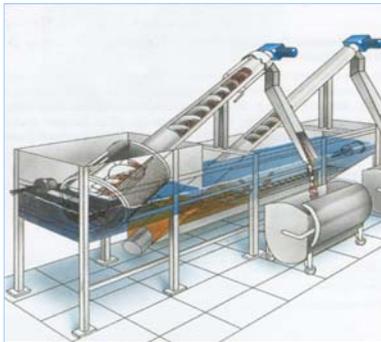
일체형 기계식 침사제거기의 보수 및 점검 등 유지관리를 고려하여 2대 이상 설치하는 것이 유리할 것이며, 1대의 처리용량이 screw 치수를 고려하면 최소 2,000 m³/d이므로 소규모처리시설에서는 과다 설계 우려가 예상되어 바이패스관을 이용하는 등 경제성 및 유지관리 편의성을 고려하여 설계에 반영하여야 하나, 하수도달시간이 짧아 협잡물 및 분뇨가 그대로 유입되어 모래받이 등에 침전되어 악취 발생의 원인이 되고 유지관리가 어렵기 때문에 악취방지 및 유지관리가 용이한 일체형 설비를 적용하는 것이 유리할 수 있으며, 아울러 협잡물에 의한 펌프흡입측 막힘여부에 대해 병행 검토하여야 한다.

(2)에 대하여

중력식 침사지설비 기준에 따른다.

(3)에 대하여

일반적으로 경사스크린 공정은 스크리닝-이송-압착-탈수하는 구조로서 탈수효율이 60 %에 달하므로 별도의 세정장치를 설치하지 않는다.



[그림 3.2.4] 일체형 기계식 침사제거기

3.2.3 수문

침사지의 조작, 불시의 정전 및 펌프장의 보수와 긴급시 펌프장시설의 보호 등을 위하여 펌프장 및 침사지 등 시설물 유입 및 유출구에 수문 또는 각락(stoplog)을 설치하며, 설치하는 수문 개폐시 좌우로 밀리는 추력(thrust)방지를 위해 물의 흐름과 직각성분의 전압력이 작용되도록 하여 수문의 개폐용이성과 유지관리성을 확보하여야 한다.

- (1) 수로의 유입 및 유출구의 수문은 원칙적으로 수동조작을 원칙으로 한다.
- (2) 무인 원격감시운전 등을 위한 자동화시스템이 도입된 경우에는 현장조작 및 중앙조작이 가능하도록 하여야 한다.
- (3) 자중강하식 수문은 비상 정전시 등 펌프장내 급격한 하수유입이 우려될 경우를 제외하고는 설치하지 않는 것을 원칙으로 한다.
- (4) 시설물의 유지관리 용이성과 안전성을 고려하여 각락을 설치할 경우, 용도에 따라 각락 블럭자중 등에 의한 수밀이 확보되어야 하고, 하수흐름의 유속에 따라 삽입과 인출에 어려움이 없어야 한다.

【해설】

침사지는 유량의 증감으로 인하여 통수지(通水池) 수(數)의 조작, 스크린 및 침사 제거시설의 점검이나 보수, 구조물의 보수나 개선, 침사지의 청소, 펌프흡수정의 점검, 펌프시설의 보수 및 정전시 바이패스할 경우가 많다.

따라서 가시설 또는 평상시에 바이패스 수로로 이용할 수 있는 경우 외에는 침사지를 2지 이상으로 나누고, 각각에 수문을 설치해 전환하여 사용할 수 있도록 한다.

침사지는 일반적으로 구조가 깊기 때문에 각락으로 제어작업이 용이하지 않을 뿐만 아니라 신속한 대응을 필요로 하는 경우가 많으므로 입구는 원칙적으로 수문을 설치한다.

침사지내부의 배수를 완전히 하기 위해 출구에도 제어장치가 필요하지만 입구만큼 위급한 상황이 적으므로, 중요하지 않은 것은 각락으로 하여도 된다.

수문의 개폐장치는 수동조작 및 동력조작의 것이 있으며, 선정은 개폐빈도, 개폐의 난이도(수문의 대소, 수압의 대소 및 설치장소 등) 및 원격조작 등의 운전조건에 따라 검토해야 하고, 단지 침사지를 비우기 위한 것으로는 수동식이 많이 사용된다.

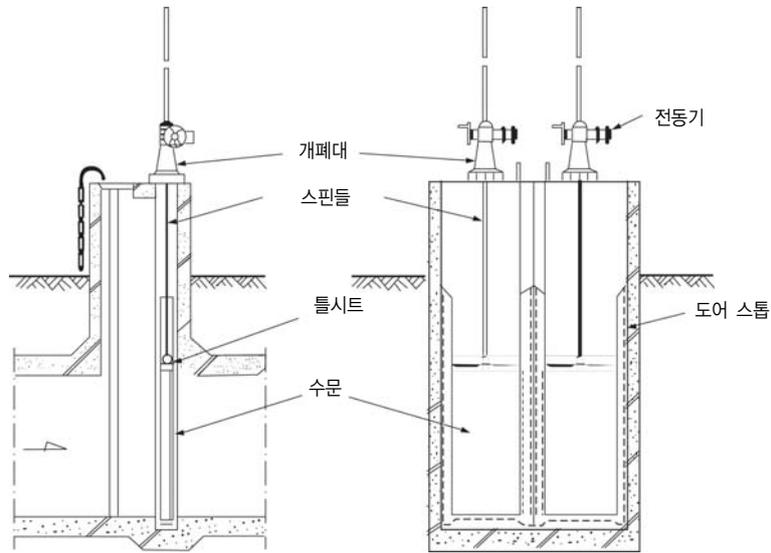
수동식 수문을 사용할 때는 조작을 1인이 10~15 kg의 힘으로 간단히 작동할 수 있는 개폐장치를 택할 필요가 있다.

동력식 수문은 사용하는 동력에 따라 전동식, 내연기관 구동식 및 유압식 등으로 분류하지만, 불시의 정전 또는 고장 등에 대비하여 수동조작이 가능하거나 자중강하식 차단이 될 수 있도록 해 두어야 한다. 전동 및 내연기관 구동식의 것은 과부하에 의한 보호정지장치도 병행하여 설치할 필요가 있다. 또한 개폐장치에는 반드시 개도지시계를 설치하며, 전동인 경우 중앙제어실에 원격제어가 가능하도록 하여야 하며, 문과 틀은 내부식성을 고려하여 주철제, 스테인레스제 혹은 비금속제(HDPE) 등의 재질을 사용할 수 있다(〔그림 3.2.5〕~〔그림 3.2.7〕 참조).

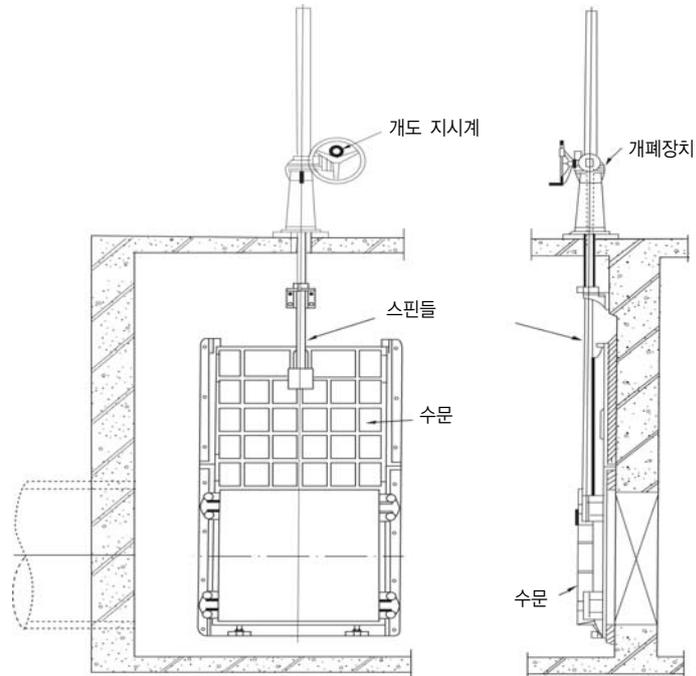
소규모 수문은 일반적으로 각락이나 수동식 수문을 사용하고 사용빈도나 유지관리성을 고려한 관리조건에 따라 전동식 수문을 사용하며, 지수플러그 사용이 가능한 경우에는 수문시설을 생략할 수 있다.

(1)에 대하여

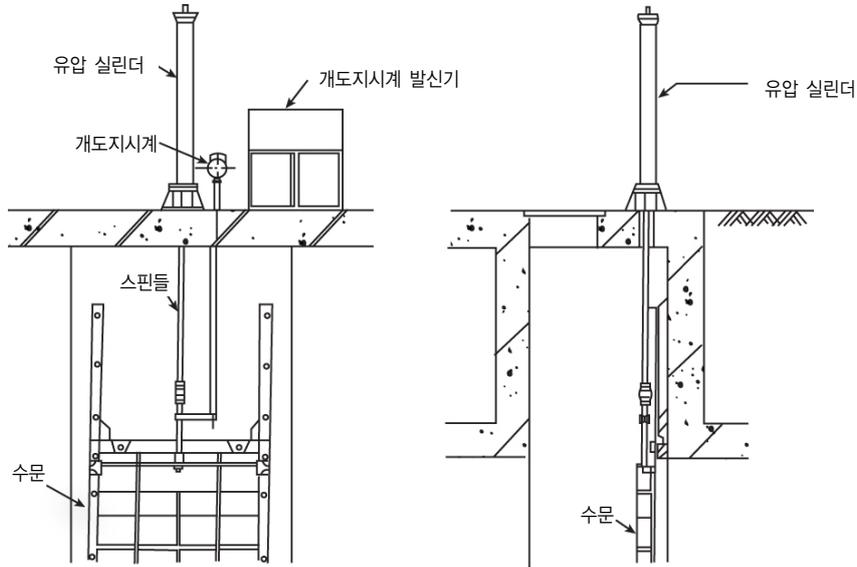
수문의 개폐장치는 수동조작 및 동력조작의 것이 있으나, 침사지의 유입 및 유출수문은



[그림 3.2.5] 전동식 수문의 예



[그림 3.2.6] 수동식 수문의 예



[그림 3.2.7] 유압식 수문의 예

수로의 유지관리용으로 설치되거나 하수 및 슬러지를 균등분배하기 위한 용도로는 개폐빈도가 거의 없으므로 수동조작을 하여야 하며 수동식 수문을 사용할 때는 조작을 1인이 10~15 kg의 힘으로 간단히 작동할 수 있는 개폐장치를 택할 필요가 있다.

(2)에 대하여

무인 원격감시운전 등을 위한 자동화시스템이 도입된 경우 운영자가 상주하지 않고 순회 및 모니터링으로 원격감시운전함으로 인하여 비상시 현장조작 및 중앙조작이 가능하도록 전동수문을 설치하여야 한다.

(3)에 대하여

자중강하식 수문은 비상 정전 시 등 펌프장내 급격한 하수가 유입되어 침사지 및 펌프장설비의 침수로 인한 피해방지를 목적으로 설치하나, 중계펌프장에서의 압송되는 경우와 같이 정전 등 비상시에도 침사지 등 하수처리시설 시설물에 침수가 되지 않을 경우는 전동 또는 수동으로도 충분하므로 설치하지 않는다. 전동 및 내연기관 구동식의 것은 과부하에 의한 보호정지장치도 병행하여 설치할 필요가 있다.

(4)에 대하여

각락의 용도는 시설물 점검정비 등 시설물관리를 위한 유지보수용, 개수로 등에서 유량을 조절하는 유량조절용과 흐름의 방향을 전환하는 방향제어용이 있다. 유지보수용의 경우는 작업공간으로 하수 유입을 차단시킬 수 있는 자중력이 필요하며, 각락의 크기를 상부블록과 하부블록을 차별화하여 상부블록의 중량에 의한 자중력 작용으로 충분한 수밀을 확보할 수 있도록 한다. 여기에 수밀은 P형, L형, 캐슨형 시일(seal) 등을 사용하여야 하며, 유량조절용과 방향제어용도 가급적 수밀을 확보하여야 한다.

각락의 중량이 커서 인력이동이 어려울 경우 삽입과 인출을 위해 별도의 인양시설을 설치할 수 있다.

3.2.4 스크린

스크린(screen)은 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 침사지 앞에는 세목스크린, 침사지 뒤에는 미세목스크린을 설치하는 것을 원칙으로 하며, 대형하수처리시설 또는 합류식인 경우와 같이 대형협잡물이 발생하는 경우는 침사지 앞에 조목스크린을 추가로 설치한다.
- (2) 스크린 전후의 수위차 1.0 m 이상에 대하여 충분한 강도를 가지는 것을 사용한다.
- (3) 협잡물 제거장치는 우수용 및 우수용으로 구분하며, 스크린은 협잡물의 양 및 성상 등에 따라 적절한 방식을 사용한다.
- (4) 인양장치는 기종(조목, 세목 및 미세목), 스크린협잡물의 양, 그 형상, 스크린을 통과하는 하수량 등에 따라 큰 차가 있으며, 또 사용조건이 특히 나쁘므로 사용재료, 강도 등 여유를 감안하여 용량을 결정토록 하는 것이 안전하다.
- (5) 스크린에서 인양된 협잡물은 컨베이어 등으로 한곳에 수집하여 조기에 처분한다.
- (6) 소규모의 처리시설에서 발생하는 협잡물은 협잡물 버킷으로 직접 수집하여 조기에 처분한다.
- (7) 스크린 부분을 통과하는 유속을 크게 하면 침사지의 효율을 저하시키므로 통과 유속에 신중을 기하여야 한다.

【해설】

우수중에는 여러 가지 부유물이 있으므로 그것을 제거하는 것은 중요하며, 단순히 방류수역의 오염 방지 및 펌프기계류의 보호뿐만 아니라 처리공정을 원활히 하기 위하여 필요하다.

(1)에 대하여

부유물에는 먼지, 주방쓰레기, 섬유 및 나무토막 등 여러 가지의 것이 있으므로 제거효율을 높이기 위하여, 대형 하수처리시설인 경우 침사지 앞에는 조목스크린, 침사지 뒤에는 세목스크린을 설치하였으나, 관가 정비되고, 중·소규모처리장인 경우 협잡물의 양과 크기가 작으므로 침사지 앞에는 세목스크린을, 침사지 뒤에는 미세목스크린을 설치한다. 스크린 협잡물의 양은 일반적으로 하수량 1,000 m³당 분류식의 경우는 하수가 0.001~0.015 m³이고, 우수는 0.001~0.03 m³ 정도이며, 합류식의 경우는 0.001~0.015 m³ 정도이나 지역상황에 따라 차이가 있다.

스크린의 형식에는 일반적으로 레이크 바(rake bar)식, 스크류 바(screw bar)식 및 계단(step)식 등 평강계 격자형의 스크린이 사용되며, 사용용도에 따라 드림형의 미세목스크린이 사용된다.

평강계 격자형의 유효간격은 펌프구경의 크기에 따라 설정한다. 일반적으로 스크린 목폭의 유효간격은 세목스크린으로 우수용의 경우 15~25 mm, 우수용의 경우 25~50 mm 정도로 하며, 조목스크린의 유효간격은 50~150 mm 정도로 한다.

한편, 미세목스크린의 간격은 2~5 mm 정도로 침사지 후단에 설치하여 일차침전지(또는 포기조)에서 넘치는 부유성 스컴의 양을 줄이고, 스컴반송수로 인한 일차침전지(초침)의 유입오염부하량이 설계 값보다 크게 되는 경우를 방지할 수 있다. 특히 미세목스크린의 경우 간극막힘을 효과적으로 방지하기 위해서 역삼각형 단면의 바(wedge-bar)식 또는 계단식스크린(step screen)식이 사용되고 있다.

또한 드림스크린은 협잡물과 함께 하수를 이송하는 시스템에 주로 적용되며, 눈목은 미세목과 거의 동

일하다.

스크린의 경사각은 협잡물 제거장치가 있는 경우는 70도 전후로 하고, 제거장치가 없는 경우에는 45~60°로 한다.

(2)에 대하여

스크린의 강도는 전후의 수위차를 1.0m 이상으로 하여 계산한다.

특히, 스크린은 침사 및 협잡물의 퇴적에 의해서 수위가 차이나며 심한 때는 1m 이상의 수위차를 초래하는 경우도 있으므로 스크린 및 설치대는 충분히 이에 견딜 수 있고 휘지 않을 정도의 강도가 필요하다. 또 재해시에 수위가 스크린 높이를 넘는 경우가 있을 수도 있으므로 하수가 스크린을 거치지 않고 펌프에 유입하여 펌프운전을 할 수 없는 경우 등이 없도록 스크린 상부를 구조물까지 바 스크린(bar screen) 설치하고, 또 수평으로는 휘지 않도록 보강 바를 설치하여야 한다.

바 스크린(bar screen)은 보통 평강재를 사용할 경우 두께 6~12mm, 폭 50~150mm, 역삼각형 단면의 바(wedge-bar)를 사용할 경우 두께 2~5mm, 폭 2~5mm의 등간격으로 나란히 하고 등간격을 유지하기 위해 스페이서(spacer) (흔히 강관을 고리모양으로 자른 것을 사용한다)를 끼워 놓고 가운데를 통해 볼트로 조여 놓은 구조의 것이 바람직하다((그림 3.2.8 참조)).

지의 폭이 넓은 경우에는 분해조립으로 운반에 편리하도록 폭 0.6~1.0m 정도로 해서 몇 개로 나누어 각각의 끝에 다시 스페이서를 끼워 넣고 볼트로 연결하는 것이 좋다. 스크린의 긴 것 또는 눈금엮음에 의해 수위차가 생길 우려가 있는 것은 도중에 몇 본의 형강을 양단 벽에 매설하여 보강할 것이 필요하다.

스크린의 길이가 5m 이상이 되면 수동식으로 굽어 올리는 경우는 저부의 협잡물을 굽어 올리는 것이 곤란하게 되므로, 도중에 작업대를 설치하지 않으면 안된다.

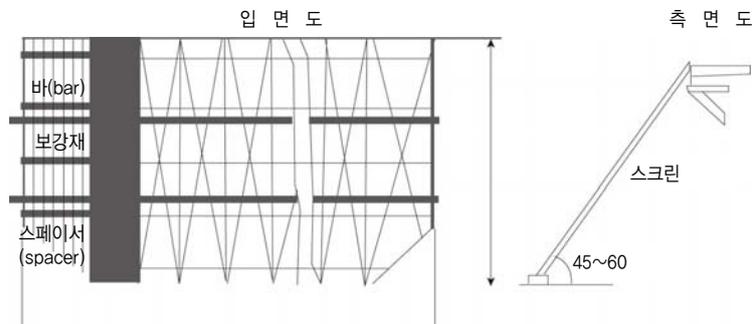
(3)에 대하여

스크린은 협잡물의 양 및 성상을 충분히 검토한다.

스크린은 일반적으로 다음과 같이 분류된다.

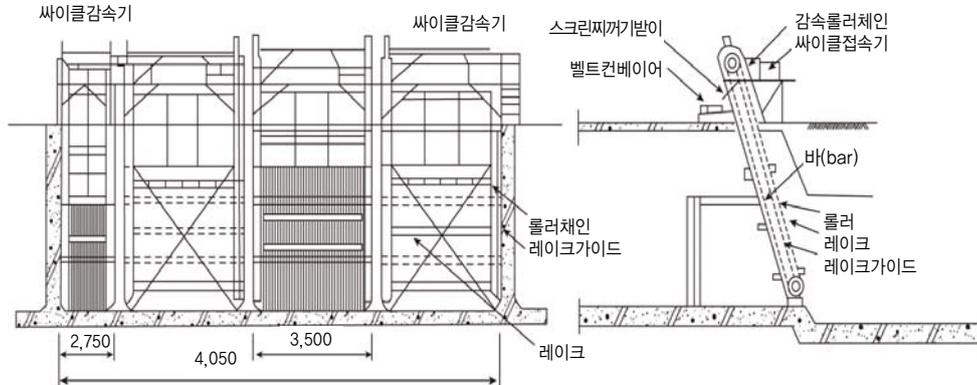
1) 수동식

인력에 의하여 협잡물을 제거한다.



[그림 3.2.8] 수동식 스크린의 예

2) 기계식



[그림 3.2.9] 기계식 스크린의 예

① 연속식

기계장치에 의하여 협잡물을 연속적으로 제거한다.

② 간헐식

기계장치에 의하여 협잡물을 간헐적으로 제거한다.

한편, 소규모시설에서는 규모 및 관리체제면에서 전에는 수동식으로 하는 것을 원칙으로 하지만, 무인자동화에 따른 유지관리를 고려하여 기계식을 설치할 수 있다.

기계식 제거장치의 설계상 주의사항은 다음과 같다.

- ① 기계의 강도결정 : 기계 각부의 강도는 사용하는 전동기가 100%의 회전력을 전달하는 경우에도 안전하게 운전할 수 있도록 충분한 안전율을 고려한다.
- ② 기계의 안전장치 : 스크린과 레이크 사이에 큰 나무조각이 끼어들거나 레이크가 반전하는 곳에 침전된 토사가 쌓이게 되면 기계가 파손되기 때문에 전기 또는 기계적인 안전장치를 설치한다.
- ③ 기계 각부의 사용재료 : 하수중에 잠기는 재료는 부식에 견딜 수 있도록 두께를 크게 하고 부분에 따라서는 특수강재를 사용한다.
- ④ 체인(chain) : 스크린에 있는 협잡물을 인양할 때 좌우의 체인에 힘이 불균등하게 걸리기 쉬우므로, 힘이 한 쪽에 100% 집중되더라도 안전한 것을 선정할 필요가 있다.

3) 유압식

태풍 등 자연재해(自然災害) 또는 천재지변(天災地變)의 자연현상으로 인해 과다유입되는 통나무 및 기타 부피와 무게가 큰 협잡물이 스크린에 밀려들어 옴으로 인해 펌프장 등의 정상가동이 불가능할 때, 유압에 의한 신속한 협잡물제거가 가능하여야 하며, 형식으로는 설치위치, 설치공간 및 용량에 따라 더블암식이나 씨저형 등의 종류가 있다.

(4)에 대하여

1) 인양 체인(chain)

기계식 바 스크린(bar screen)은 레이크 양단에 체인을 부착하고 체인을 안내하는 가이드 후레임(guide frame)상을 회전하는 구조의 것이지만, 스크린에 부착한 협잡물을 인양할 때 좌우의 체인에 힘이 불균등하게 걸리기 쉬우므로, 사용하는 체인을 올리는 힘이 안쪽에 100% 걸리더라도 안전한 것을 설정할 필요가 있다.

체인은 롤러체인, 푸시드체인(pushed chain) 또는 핀틀체인이 사용되며, 비교적 피치가 큰 것이 좋으며, 하수에 사용되므로 강도 및 부식에 강한 재질을 사용하여야 한다.

2) 기계 각부의 사용재료

하수중에 잠기는 부재는 강도가 충분하더라도 부식이 두드러지므로 부식여유를 두거나 또는 부식에 강한 재질을 사용하는 편이 좋다.

특히, 인양 체인(chain), 하부축, 바(bar), 레이크(rake) 등은 하수, 미세한 모래 등의 침입에 의해 원활한 회전을 할 수 없게 되므로, 스테인레스(stainless)강 등의 내식성 특수강을 사용한다. 수중부와 상중부의 프레임(frame)은 둘 이상의 부분으로 나누어 휘일 양상이 현저한 것부터 교체할 수 있는 구조로 하면 유지관리상 좋다.

(5)에 대하여

스크린 컨베이어는 벨트식, 스크류식 및 공기압식으로 구분된다.

벨트식은 V-벨트를 표준으로 하며 내마모성과 내약품성을 갖춘 것으로, 벨트폭은 보통 50~90 cm 정도를 사용한다. 수송하는 협잡물이 벨트에서 떨어지지 않도록 컨베이어와 트랩의 각도는 20° 정도로 하며 필요에 따라서는 협잡물의 낙하방지를 위해 컨베이어 밑에 협잡물 낙하방지 트랩을 설치하는 것이 바람직하다. 또 협잡물 낙하방지 트랩에는 세척장치를 하기도 한다.

스크류식은 벨트식에 비하여 구조가 간단하고 탈취에 대한 대책이 양호하나, 정지시 스크류와 협잡물의 접촉을 고려하여 세척하여야 한다.

공기압식 컨베이어는 설치가 간단하고, 설치면적이 작지만 운전방법 및 협잡물을 이송하는 배관은 내마모성 재질 등에 신중을 기하여야 한다.

(6)에 대하여

소규모 처리시설의 경우 처리구역이 좁아 협잡물의 발생이 적어 스크린과 컨베이어를 설치하면 제거 효과에 비하여 공사비 및 유지관리비가 과다하기 때문에 시설설치를 생략하거나 간단한 시설인 컨테이너 및 호이스트로 직접 반출하는 것이 효과적이다.

계속적으로 관거정비가 필요하고 나무조각 등의 유입이 우려되는 경우에는 시설보호를 위해 조목스 크린 설치를 고려할 수 있고, 적은 수량의 맨홀형식 펌프장의 경우에는 펌프의 폐쇄에 영향이 없도록 간이바구니형 등의 스크린 설치를 고려할 수 있다.

(7)에 대하여

스크린부의 유효유속은 시간최대하수량을 기준으로 하고, 수동스크린은 0.3~0.45 m/sec, 자동스크린은 0.45~0.6 m/sec로 하며 설치수로의 폭에 따라 결정한다.

3.2.5 침사 제거시설

침사지에는 그리트 제거시설을 설치한다.

침사지에는 원칙적으로 침사제거시설을 설치한다.

(1) 침사제거시설에는 탈취에 대한 대책을 세워야 한다.

(2) 소규모의 처리시설에 침사지를 설치할 경우 원칙적으로 기계일체형 침사제거기를 설치하여야 한다.

【해설】

침전된 토사의 제거작업을 항상 인력으로 하는 것은 곤란하며, 제거작업의 지체는 침사지가 목적으로 하는 효과를 낼 수 없으므로, 가능한 한 기계식 침사 제거시설을 설치한다.

특히 오수침사지의 침사 제거작업은 비위생적이므로 가능한 한 인력작업을 피하는 것이 좋으며, 우수침사지의 침사 제거시설은 호우시에는 단시간에 다량의 토사가 유입하는 경우가 있으므로 침사지내의 침사 제거시설이 과부하로 인하여 사용불능이 되지 않도록 선정시 고려할 필요가 있다.

침사 제거시설로서는 다음과 같은 것이 있으며, 침사 제거시설의 선정시에는 침사지의 형상 등을 고려한다.

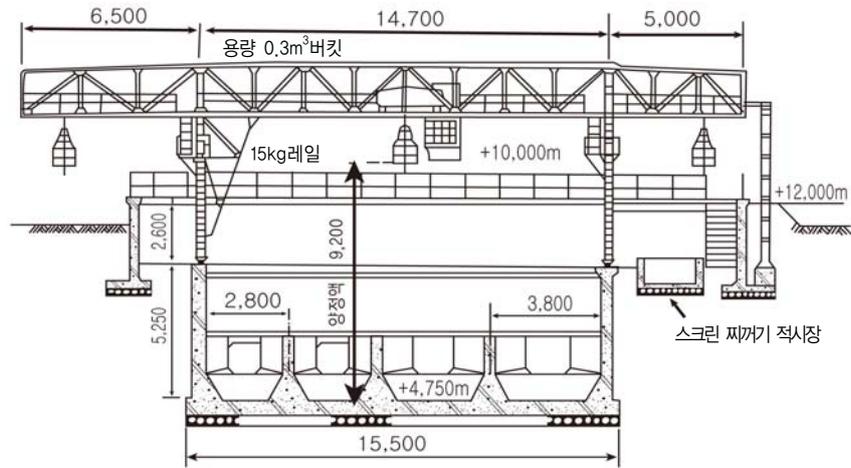
(1)에 대하여

침사지는 일반적으로 구조상 지하에 설치되어 항상 악취가 발생되며 침사 및 고형물이 침전·부패되어 악취방지법에 따른 악취방지에 대한 대책을 강구하여야 한다.

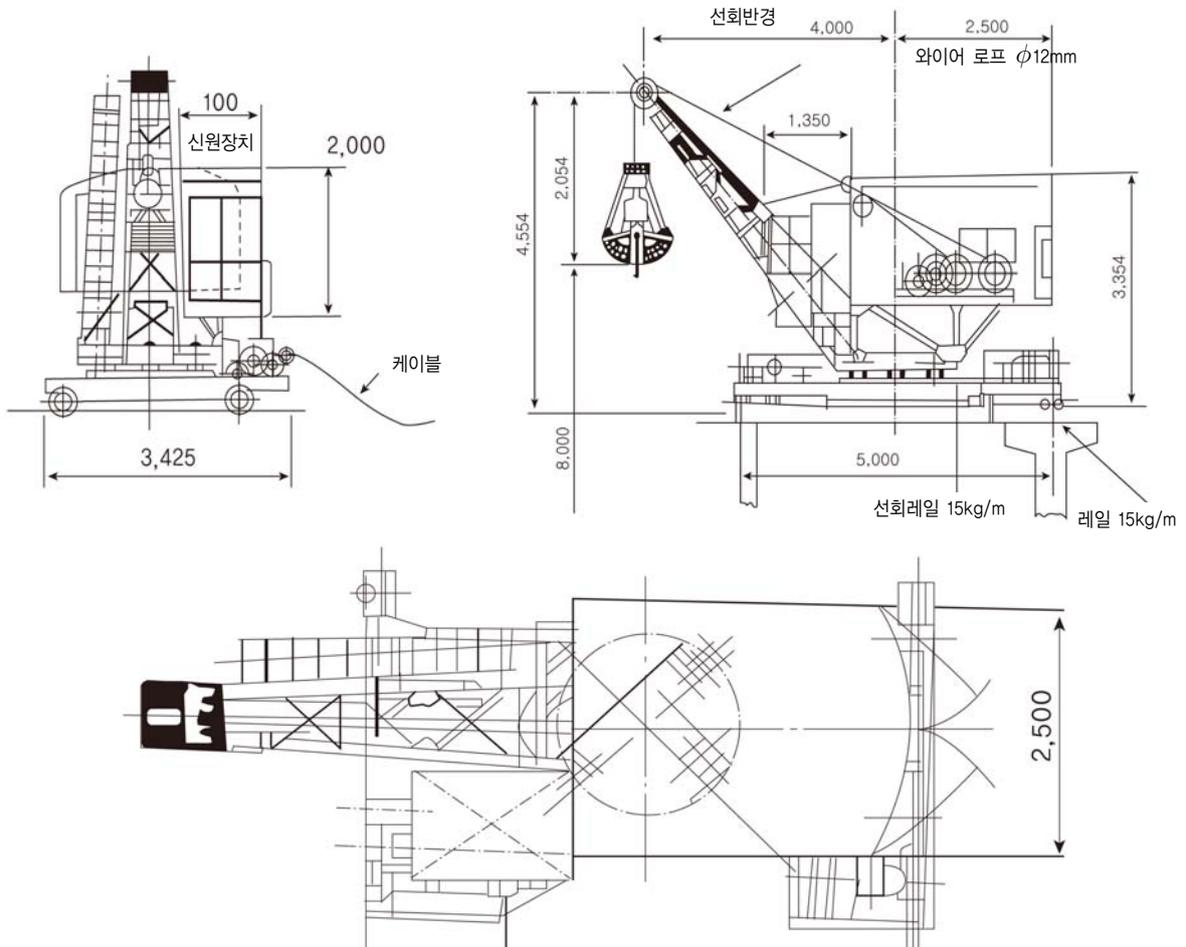
(2)에 대하여

중력식 등 구조물에 설치하는 침사시설은 대부분 지하에 설치되어 있어 설치비용이 과다하게 소요되고, 기계·전기설비의 부식이 심하여 내구연한이 떨어지고, 운영관리가 불편하며, 악취를 배출하고 있는 대표적인 시설임. 따라서, 소규모 처리장의 침사지시설을 설계할 경우에는 공사비 및 무인자동화 등 유지관리성을 고려하여 협잡물과 침사를 동시에 제거할 수 있는 기계일체형 침사제거기를 설치하는 것이 바람직하다고 할 수 있다.

① 그레브(grab)식 모래인양기를 침사지 천장에 설치하여 달아 올리는 조작으로 침전된 토사를 제거하는 방법([그림 3.2.10] 및 [그림 3.2.11] 참조).

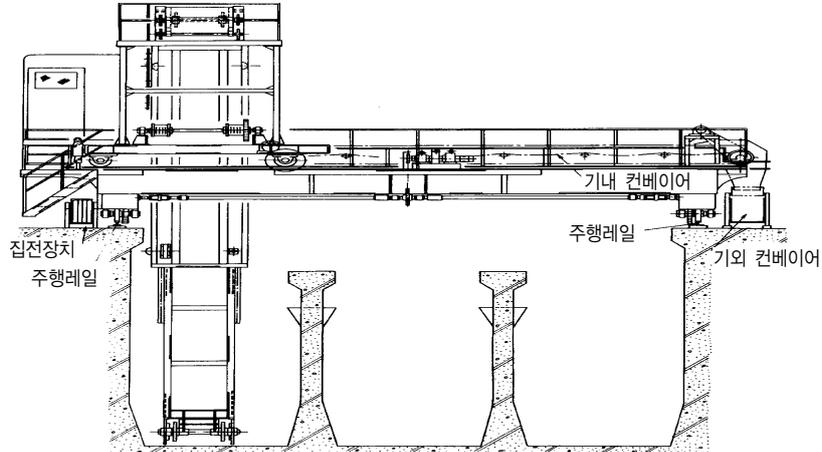


[그림 3.2.10] 그레브식 그리트 제거시설(門形) 예



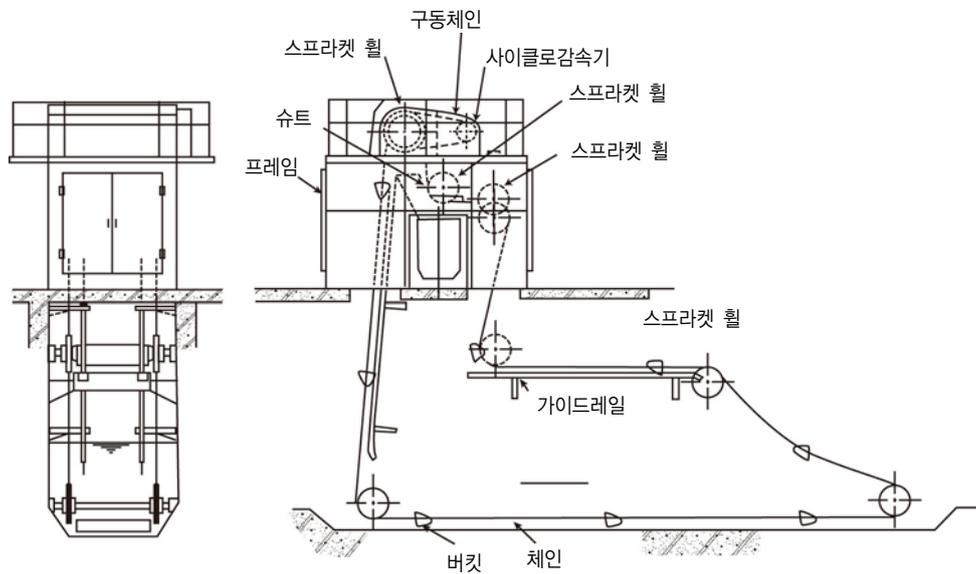
[그림 3.2.11] 그레브식 그리트 제거시설(旋回形) 예

- ② 침사지 위에 주행식 기계차를 설치하고 버킷컨베이어로 침사지 바닥의 침전된 토사를 제거하는 방법([그림 3.2.12] 참조)



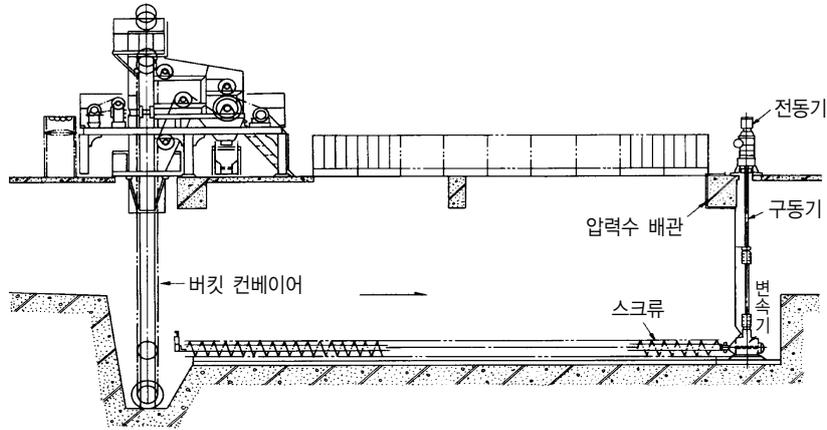
[그림 3.2.12] 주행식 기계차를 설치한 버킷컨베이어 그리트 제거시설 예

- ③ 침사지의 바닥에 버킷컨베이어를 설치·운전하여 버킷에 의해 침전된 토사를 제거하는 방법으로 이 방법에서 침사를 긁어 모으는 속도는 침사량, 버킷용적 및 버킷붙임간격에 따라 다르지만 대략 0.5~3.0 m/min으로 한다([그림 3.2.13] 참조).



[그림 3.2.13] 버킷컨베이어 그리트 제거시설의 예

- ④ 침사지의 바닥에 스크류(screw)컨베이어를 설치하여 침전된 토사를 한 곳으로 모으고, 샌드펌프나 버킷컨베이어에 의하여 침전된 토사를 제거하는 방법([그림 3.2.14] 참조)



[그림 3.2.14] 스크류(screw)컨베이어와 버킷컨베이어의 조합에 의한 그리트 제거시설 예

3.2.6 침사 및 협잡물의 처리

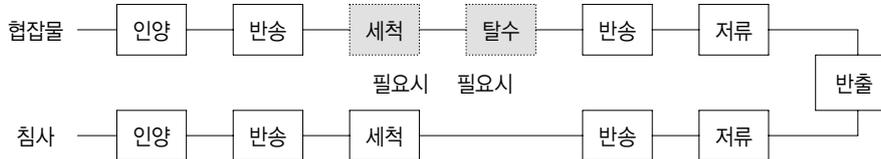
침사 및 협잡물의 처리는 다음 각항을 고려하여야 한다.

- (1) 침사지에는 침사세정장치 설치를 고려하여야 한다. 또한, 필요시 협잡물은 탈수장치 설치를 할 수 있다.
- (2) 운반 및 저류장치에는 침사 및 협잡물의 비산 및 낙하를 방지하여야 하며 탈취시설을 설치하는 것이 좋다.
- (3) 협잡물제거는 연속 자동스크린에 의해 제거하는 것을 원칙으로 한다. 협잡물량이 적은 경우 수동식 스크린을 설치할 수 있다.
- (4) 빗물펌프장의 경우는 필요시 초기우수(CSO) 처리방안을 고려할 수 있다.

【해설】

(1)에 대하여

수세화의 보급에 따라 침사 및 스크린 협잡물의 성상이 주변환경을 악화시킬 염려가 있으므로 적절한 처분방법 등을 고려하여 필요에 따라 세척 및 탈수장치를 설치한다. 한편, 처리 흐름도는 [그림 3.2.15]와 같다.



[그림 3.2.15] 침사 및 스크린 협잡물의 처리 흐름도

침사지에는 어느 정도 유기물을 함유한 부유물이 침전하기 때문에 반출 및 매립 등의 작업을 용이하게 하기 위해, 침사를 물로 씻는 것이 좋다.

침사지의 그리트 제거시설로서 샌드펌프에 의한 경우는 그대로 세척장치에 투입할 수 있으나, 그 밖의 그리트 제거시설의 경우는 컨베이어를 이용하여 세척장치로 보낸다.

침사의 세척장치로는 침사를 세척수로 씻은 후 모래는 침전시켜 제거하며, 세척수는 침사지로 보내는 방법이 많이 이용되고 있다.

대형하수처리시설인 경우 이송된 협잡물을 탈수기로 압축하여 협잡물량을 감량하는 경우도 있으나, 탈수기의 효율성을 고려하여 신중히 설계하여야 한다.

(2)에 대하여

침사제거기 및 스크린에서 인양된 침사 및 협잡물은 악취 발생물로서 설비의 노후화의 원인이 되므로, 비산 및 낙하를 방지하는 시설 및 배관을 설치하며 탈취시설을 설치하는 것이 좋다.

1) 반출처분방법

반출은 보통 정기적으로 하기 때문에 스크린 협잡물을 어느 정도 쌓아 두어 방치해 두기 쉬우므로 필요한 용기를 갖추어 일시에 받아낼 수 있도록 하기 위해 소독약 등을 적시에 살포해 둔다.

2) 소각법

소각법은 악취가 발생하기 쉬우므로 소각장치는 오일버너식의 보조연소장치를 설치하거나 탈취장치를 설치한다.

(3)에 대하여

하수중의 협잡물을 제거하여 펌프, 배관 등의 손상과 막힘을 방지함과 동시에 후속공정의 처리시설을 보호하여 하수처리를 용이하게 하는데 있다.

협잡물 등이 연속적으로 발생할 경우 수처리기능에 장애가 되지 않으며 협잡물 및 침사류 등을 함께 제거할 수 있는 연속자동스크린 설치를 고려하고, 협잡물이 간헐적이며 발생량이 적을 경우 현장조건에 따라 수동식스크린 설치를 검토한다.

스크린용량은 시간최대유입량(우천시 계획하수량의 3Q)을 만족할 수 있는 처리용량이 확보되어야 하며, 유입 협잡물량과 처리효율을 고려하여 유지관리가 용이하도록 검토한다.

스크린은 침사지의 설계에 따라서 정하고, 스크린의 폭은 구조상 2.0~2.5m를 표준으로 하며, 최대 3.0m정도로 한다.

스크린은 예비대수없이 용량을 고려하여 2대를 원칙으로 하며, 소규모처리시설에서는 현장여건에 따라 결정하고, 3.0m 이상의 수로 폭에서는 분할하여 1지의 침사지에 2대로 하는 것이 좋다.

일일발생량 및 반출계획을 감안하여 협잡물 박스는 인력반출 또는 호이스트로 컨테이너에 저장하고 저류용량은 2~3일분으로 한다. 호퍼에 의해 협잡물을 저장하는 경우에는 반출방법 등을 고려하여 용량을 검토한다.

스크린부 손실은 협잡물에 의한 손실을 고려하여 0.3~0.6m 정도로 한다.

스크린 설치각도는 수동제거식은 45~60°, 기계에 의한 연속자동제거식은 70°전후로 하며 현장 여건을 고려하여 검토한다.

하수처리시설의 수동제거식 스크린은 작업성을 고려함과 동시에 면적을 크게 하기 위하여 설치각도는 약간 작게 한다.

스크린부의 손실수두는 자동식에서는 0.1m, 수동식에서는 0.3m정도로 한다.

연속자동스크린은 타이머에 의하여 간헐운전하면서 협잡물 이송 및 저장설비인 컨베이어, 스킵호이스트 설비와는 연동운전을 구성하여야 한다. 또, 기기의 내구성을 고려하여 필요시에만 운전하는 것으로 하고 가동시간을 최소화하여 경제적인 시간이 되도록 하며, 3.2.4 스크린을 참조하여 계획한다.

(4)에 대하여

초기우수 처리방법은 하수처리시설로 이송하여 처리하거나 또는 펌프장내에 간이처리시설을 설치하여 자체처리하는 방안 등이 있다.

3.2.7 파쇄장치

파쇄장치를 설치하는 경우에는 다음 사항에 유의해서 시설한다.

- (1) 계획하수량은 계획시간최대오수량으로 한다.
- (2) 파쇄장치는 침사제거설비의 유출측 및 펌프설비 유입측에 설치하는 것을 원칙으로 한다.
- (3) 파쇄장치에는 반드시 스크린이 설치된 바이패스관을 설치하여야 한다.
- (4) 파쇄장치는 유지관리를 고려하여 유입 및 유출측에 수문 또는 stoplog를 설치하는 것을 표준으로 한다.
- (5) 파쇄기는 원칙적으로 2대이상으로 설치하며, 1대를 설치하는 경우 바이패스 수로를 설치한다.

【해설】

파쇄장치는 유입되는 하수에 포함된 협잡물을 부수어 펌핑(pumping)시 막힘 등으로 인한 펌프의 고장을 방지하는 목적으로 설치하는 것이나 스크린(screen)설치 시에는 펌프 회전차(impeller)의 성능향상 및 목간격(5mm 이하)조정으로 막힘으로 인한 장애가 없으므로 설치하지 않는 것을 원칙으로 하며, 음식물파쇄기가 별도로 설치된 경우 처리장에서의 설치여부를 신중히 검토하여야 한다.

(1)에 대하여

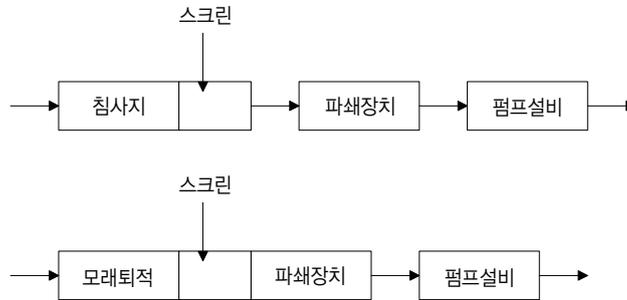
파쇄장치는 하수처리과정에서 전처리로 쓰이기 때문에 유입하수의 시간적 변화에 크게 영향을 받는다. 따라서 관거 및 침사지 등의 계획과 마찬가지로 계획시간최대오수량을 기본으로 하여 계획하며, 유입하수를 지체없이 처리하지 않으면 안된다.

(2)에 대하여

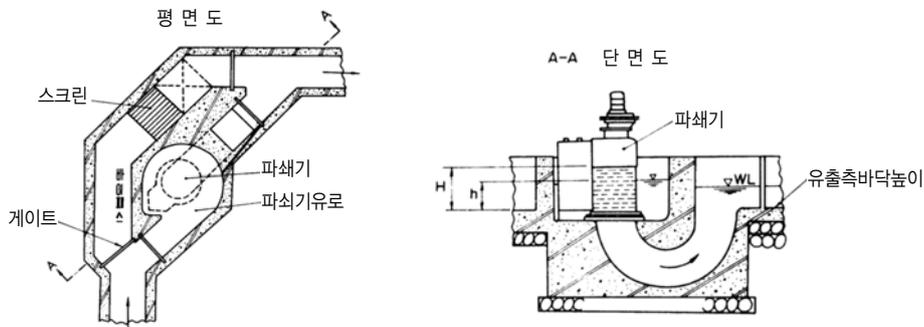
처리시설에 유입되는 하수에는 협잡물 이외에 때로는 못 등의 금속제품이 섞여 들어오는 경우가 있으며, 이것들이 파쇄기(communitor)의 전단칼날 등의 손상을 초래하는 요인이 되므로 파쇄장치는 침사제거설비의 유출측에 설치하도록 한다. 또한 일반적으로 쓰여지고 있는 펌프는 고흥물로 인하여 막히기 쉬우므로 이러한 부담을 덜기 위하여 파쇄장치는 펌프시설의 유입측에 설치한다.

이 밖에 특별한 예로 지형 또는 처리시설의 구조상 파쇄장치를 펌프시설의 유출측에 설치하는 것이 좋을 때에는 고흥물 종류를 쉽게 배제할 수 있도록 특별히 고려된 구조의 펌프를 쓰도록 한다.

한편 파쇄장치는 침사지와 하나의 구조로 하는 것이 경제적이거나 유입토사에 의한 파쇄기의 사고 우려가 있는 경우에는 분리방식을 택한다(〔그림 3.2.16〕 참조).



[그림 3.2.16] 파쇄장치의 배치도



[그림 3.2.17] 드럼형 파쇄장치의 예

(3), (4)에 대하여

파쇄기는 보통 [그림 3.2.17]과 같이 파쇄장치의 유로와 바이패스관을 조합시킨 하나의 구조로 하고 각각의 유입 및 유출측에 수문 또는 각각(stoplog)을 설치하는 것을 표준으로 한다. 파쇄장치에서 유로의 형상은 파쇄기의 종류에 따라 정하지만 일반적으로 많이 사용되고 있는 드럼모양의 경우는 [그림 3.2.17]과 같이 유로중단면을 U자형으로 하고, h는 될 수 있는 한 H/2 이상이 되도록 유출측의 바닥높이를 조절하여 파쇄효율을 높일 수 있게 하는 것이 바람직하다.

파쇄기의 설치부위는 [그림 3.2.17]과 같이 편심하중을 받게 되는 구조가 되기 쉽고 또한 파쇄기의 가동시에 진동을 일으키게 되므로 지반의 지지력 및 진동억제에 대해 충분히 고려한다.

성토 및 연약지반에서는 나무말뚝 및 콘크리트파일 등의 지지파일을 시공하고, 파쇄기 설치부위의 중량은 적어도 파쇄기중량의 2배 정도로 하는 것이 좋다.

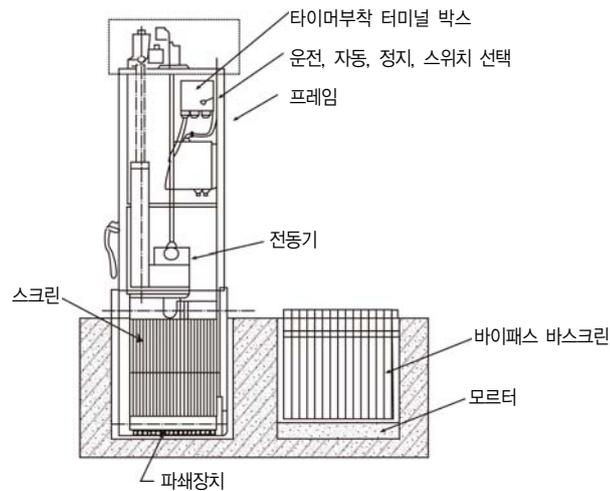
(5)에 대하여

파쇄기의 설치대수는 1~2대를 표준으로 한다. 파쇄기는 고장시 등을 고려하여 동일 성능을 가진 예비기의 설치가 바람직하지만 소규모 처리시설에서는 건설비가 커지게 되므로 일반적으로 바이패스관을 병설하므로써 해결하고 있다.

따라서 처리대상 20,000명 정도까지는 1대, 그 이상은 유입하수량의 시간적 변동을 고려해서 2대를 설치하는 방법이 가장 많이 사용되고 있다.

단, 펌프형(파쇄 및 양수겸용) 파쇄기를 사용하는 경우는 펌프시설의 기준에 준하도록 한다.

파쇄기에는 여러 종류가 있으나 소규모 처리시설에 많이 쓰이는 것으로 드럼형 및 스크린형 등이 있으며 그 밖에 펌프형이 있다. 이들은 처리시설의 규모 및 처리과정 등에 따라 형식을 선정하지만 일반적으로 처리대상인구 3,000명 정도의 비교적 적은 처리시설에서는 [그림 3.2.17]과 같은 드럼형을 사용하고, 그 이상의 처리시설에서는 [그림 3.2.18]과 같은 스크린형을 사용한다.



[그림 3.2.18] 스크린형 파쇄기의 예

3.2.8 안전시설

침사지 및 스크린에는 다음 사항을 고려하여 안전시설 및 환경보전시설을 설치한다.

- (1) 보수점검용 통로 및 작업상 위험한 장소에는 원칙적으로 위험방지용 난간 또는 울타리를 설치한다.
- (2) 실내에 침사지를 두는 경우에는 환기에 충분히 유의한다.

【해설】

(1)에 대하여

침사지 및 스크린에는 수문, 침사지, 스크린, 침사 및 스크린 협잡물 처리장치 등의 시설이 있지만, 이에 따르는 보수점검용의 통로 또는 작업상 위험한 곳에서는 강관 또는 강재를 써서 위험방지를 위해 난간 또는 울타리 등을 설치할 필요가 있다.

(2)에 대하여

실내에 침사지를 두는 경우에는 환경위생상 충분한 환기시설을 고려할 필요가 있다. 또한 냄새가 주위에 공해를 끼칠 우려가 있는 경우에는 악취방지법에 따라 탈취시설을 설치함과 아울러 대기환경보전법에 따라 실내의 환경에 대해서도 충분히 배려할 필요가 있다.

3.3 연결관거

3.3.1 연결관거

침사지와 펌프흡수정이 떨어져 있는 경우에는 연결관거로 연결하고 관거내의 유속은 1 m/s를 표준으로 한다. 연결관거와 펌프흡수정과의 접속은 가능한 한 직각으로 한다.

【해설】

침사지와 펌프흡수정은 직결하여 침사지의 저수량도 펌프기동시 수량변화의 조정에 이용하는 편이 펌프흡수정의 용량도 적게 되어 경제적이고 운전도 원활히 될 뿐만 아니라 지의 구조상에도 지장이 적다. 그러나 배치의 형편상 또는 유량계를 삽입할 경우 양자를 떨어지게 해야 하는 경우에도 연결관거를 설치하여 접속한다.

연결관거는 하수의 유통을 신속 원활히 하기 위하여 유입구 및 유출구를 확대하고 단면은 평평하고 매끈하게 크게 잡고 유속은 토사의 침하를 막기 위해 최대 1 m/s를 표준으로 하지만 펌프의 흡수정 입구에서는 0.5 m/s 이하가 되도록 하고 와류의 발생, 공기흡입 및 흡입관의 진동 등의 이상현상이 발생하지 않도록 한다. 또한 되도록 굴곡을 적게 하고 길이도 짧게 하며 펌프흡입은 직각으로 접속하도록 한다. 한편 하수의 유입방향을 펌프흡입의 장방향(펌프가 늘어서는 방향과 동일방향)으로 할 때에는 흡수에 의한 수위저하가 크게 되며 펌프흡입부를 필요 이상으로 크게 해야하므로 배치가 허락하는 한 피하는 것이 좋다.

3.3.2 바이패스관

토출측의 수위가 낮을 때에는 자연방류를 위하여 스크린을 거친 뒤의 적당한 장소에 바이패스관을 설치하는 것이 좋다.

【해설】

펌프시설의 고장, 정전 및 그 밖의 펌프에 의한 배수가 불가능하게 되었을 때 달리 배제방법이 없다면 펌프장을 설치하지 않은 경우보다도 더욱 큰 수해를 초래하게 됨으로 이러한 비상시의 배수를 위해 토출측의 수위가 배수구역의 지반고보다 낮을 때에는 스크린을 지난 뒤의 적당한 장소에 바이패스관을 설치하여 자연배수를 할 수 있도록 해준다. 물론 정상시는 수문은 닫아 두고 외수가 역류하지 않도록 한다.

3.4 펌프시설

펌프의 하수이송용과 처리수방류용으로는 원심펌프, 왕복펌프, 회전펌프 및 스크류(screw)펌프가 있고, 수처리공정용으로는 편흡입볼텍스펌프, 편흡입무폐쇄나선형펌프, 단일축나사식정량펌프 등이 있다.

3.4.1 계획하수량과 대수

하수이송용과 처리수방류용에 대한 펌프의 계획하수량과 설치대수는 다음 사항을 고려하여 정한다.

(1) 펌프대수는 계획오수량 및 계획우수량의 시간적 변동과 펌프의 성능을 기준으로 정하며, 수량의 변화가 현저한 경우에는 용량이 다른 펌프를 설치하도록 한다.

(2) 펌프의 설치대수는 계획오수량과 계획우수량에 대하여 각각 2~6대를 표준으로 한다.

〈표 3.4.1〉 오수펌프의 설치 예

설치대수 \ 펌프능력	case	소	중	대
2대	1	-	$1/2 \cdot Q \times 2$ 대	-
3대	1	$1/4 \cdot Q \times 2$ 대	-	$2/4 \cdot Q \times 1$ 대
	2	$1/6 \cdot Q \times 1$ 대	$2/6 \cdot Q \times 1$ 대	$3/6 \cdot Q \times 1$ 대
4대	1	$1/8 \cdot Q \times 2$ 대	$2/8 \cdot Q \times 1$ 대	$4/8 \cdot Q \times 1$ 대
	2	$1/8 \cdot Q \times 1$ 대	$2/8 \cdot Q \times 2$ 대	$3/8 \cdot Q \times 1$ 대
5대	1	$1/10 \cdot Q \times 2$ 대	$2/10 \cdot Q \times 2$ 대	$4/10 \cdot Q \times 1$ 대
	2	$1/13 \cdot Q \times 1$ 대	$2/13 \cdot Q \times 2$ 대	$4/13 \cdot Q \times 2$ 대

주: 1. 계획 오수량을 Q로 한다.
 2. case1, 2를 유입수량의 변동폭 등에 의해 선택한다.

【해설】

(1)에 대하여

펌프의 설치대수는 계획오수량 및 계획우수량을 기본으로 해서 정하지만 용도별 건설비의 대소 및 유지관리 등을 고려해서 다음 사항으로부터 정한다.

- ① 펌프는 가능한 최고효율점 부근에서 운전하도록 대수 및 용량을 정하며, 현장여건을 고려한다.
- ② 펌프의 설치대수는 유지관리상 가능한 적게 하고 동일용량의 것으로 한다.
- ③ 펌프는 용량이 클수록 효율이 높으므로 가능한 대용량의 것으로 하며, 유입오수량에 따라 대응운전이 가능한 대·중·소 조합운전이 되도록 한다.
- ④ 건설비를 절약하기 위해 예비는 가능한 대수를 적게 하고 소용량으로 한다.
- ⑤ 건설중의 일부 통수시나 청천시 등 수량이 적은 경우 또는 수량의 변화가 현저한 경우 오수변동량에 따른 효율적 운영과 유지관리상 경제적으로 운전하기 위하여 용량이 다른 펌프를 설치하거나 동일용량의 펌프회전수를 제어한다.
- ⑥ 과잉운전방지와 과잉운전에 따른 에너지소비량이 절감될 수 있도록 한다.

(2)에 대하여

오수펌프의 설치대수는 분류식의 경우는 계획시간최대오수량을 기준으로, 합류식의 경우는 강우시 계획오수량을 기준으로 정한다.

오수펌프는 펌프장 운전초기 유입량과 시간 변동에 의한 수량변화에 대하여 용량이 다른 2~3종류의 펌프의 설치를 고려하거나 펌프의 잦은 기동을 방지하며 에너지절감 및 수처리운전의 균일화를 위하여 일부 속도제어시스템을 고려한다.

빗물펌프의 설치대수는 빈도가 많고 적은 양의 강우일 때를 고려하면, 운전대응의 용이성으로 동일형식의 대소펌프의 조합이 바람직하다. 그러나, 대수가 많은 대규모 배수펌프장에는 동일형식, 동일용량의 것을 설치하는 것이 좋다.

빗물펌프는 예비기를 설치하지 않는 것을 원칙으로 하지만, 강우시 펌프의 고장이 발생하여 펌프장의 기능이 저하하고 그 지역의 특성에서 침수가 일어나 사회적 영향이 크다고 판단되는 경우에는 예비기의 설치를 검토한다.

3.4.2 펌프의 선정

펌프의 형식은 표준특성을 고려해서 다음 사항에 따라서 정한다.

- (1) 펌프는 계획조건에 가장 적합한 표준특성을 가지도록 비교회전도를 정하여야 한다.
- (2) 펌프는 흡입실양정 및 토출량을 고려하여 전양정에 따라 <표 3.4.2>를 표준으로 한다.

<표 3.4.2> 전양정에 대한 펌프의 형식

전양정(m)	형 식	펌프구경(mm)
5 이하	축 류 펌 프	400 이상
3~12	사 류 펌 프	400 이상
5~20	원심 사류 펌프	300 이상
4 이상	원 심 펌 프	80 이상

- (3) 침수될 우려가 있는 곳이나 흡입실양정이 큰 경우에는 입축형 혹은 수중형으로 한다.
- (4) 펌프는 내부에서 막힘이 없고, 부식 및 마모가 적으며, 분해하여 청소하기 쉬운 구조로 한다.
- (5) 펌프는 그 효율이 <표 3.4.7>에서 지시하는 값 이상의 것으로 한다.

【해설】

펌프형식의 선정시에는 펌프의 표준특성을 충분히 검토한 후 사용목적에 적합한 것을 결정한다. 펌프는 토출량 및 전양정을 결정하면 비교회전도(N_s) 또는 표준특성을 고려해서 회전수를 정하고 고효율에너지 기자재로서 에너지절감형인 고효율펌프를 가장 안정적이고 효율적인 형식으로 선정한다. 전동기는 회전수에 대해 특별한 경우를 제외하고 될 수 있는 대로 4~8극의 일반용 전동기를 사용하지만 가급적 저탄소발생을 유도하는 에너지절감형인 고효율전동기를 사용하고 전력을 효율적으로 이용하고 최대수요전력을 합리적으로 관리하기 위한 최대수요전력 제어설비 사용을 고려한다. 이때 N_s 가 과대하게 되면 양흡입식으로 하든가 회전수를 낮춘다. 또 N_s 가 과소할 때는 회전수를 높이는 등 N_s 를 적당한 값으로 조정한다. 또 공동현상(cavitation)의 발생 우려가 있는 경우는 이것을 방지하기 위해 낮은 회전수로 한다.

(1)에 대하여

1) 비교회전도(Ns)와 펌프형식

펌프는 Ns의 값에 따라 그 형식이 변한다. Ns는 펌프형식을 나타내는 지수로 Ns가 동일하면 펌프의 크기에 관계 없이 같은 형식의 펌프로 하고, 특성도 대체로 같게 된다. Ns는 식(3.4.1)로 계산된다.

$$N_s = N \times \frac{Q^{1/2}}{H^{3/4}} \dots\dots\dots (3.4.1)$$

여기서, Ns : 비교회전도

N : 펌프의 규정회전수(회/min)

Q : 펌프의 규정토출량(m³/min)(양흡입의 경우에는 1/2로 한다.)

H : 펌프의 규정양정(m)(다단펌프의 경우에는 1단에 해당하는 양정)

Ns는 사용하는 단위에 따라 수치가 다르게 되지만, 일반적으로는 식(3.4.1)의 단위가 쓰여진다. 식(3.4.1)에서 알 수 있듯이 일반적으로 Ns가 적으면 유량이 적은 고양정의 펌프로 되고, Ns가 크면 유량이 많은 저양정의 펌프로 된다.

또 수량 및 전양정이 같다면 회전수가 많을수록 Ns가 크게 된다.

펌프의 형식과 Ns와의 관계는 대략 <표 3.4.3>과 같다. Ns가 어느 형식에도 취할 수 있는 경우에는 사용조건 등에 의해 가장 적당한 것을 선택한다.

<표 3.4.3> 펌프의 형식과 비교회전도(Ns)와의 관계

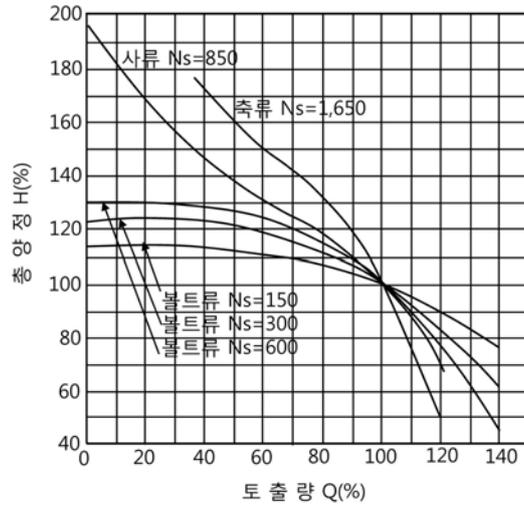
형	식	Ns
터빈 펌프	1단식 편흡입 및 양흡입형	100~250
	다단식	100~250
원심 펌프	1단식 편흡입형	100~450
	1단식 양흡입형	100~750
	다단식	100~200
사류 펌프		700~1,200
축류 펌프		1,100~2,000

2) Ns와 표준특성

회전수가 일정할 때에 Ns가 변하거나 펌프의 형식이 다르면 펌프의 표준특성을 나타내는 특성곡선의 형태도 변하지만 그 상황은 [그림 3.4.1]~[그림 3.4.3]과 같다.

① 양정곡선

Ns가 적을 때는 수량의 변화에 대해 양정의 변화율이 적고 체절양정(shut off head)도 규정양정보다 그다지 크게 되지 않는다. Ns가 크게 될수록 체절양정은 크게 되고, 규정양정의 2배 이상으로도 되어 수량변화에 대해 양정변화의 비율이 커 경사가 급한 양정곡선으로 된다. 또 Ns가 200 이하로 되면 체절양정이 최고 양정보다 아래로 산모양의 양정곡선으로 되는 경향이 있다([그림 3.4.1] 참조).



[그림 3.4.1] 펌프의 표준특성(양정)곡선

② 축동력곡선

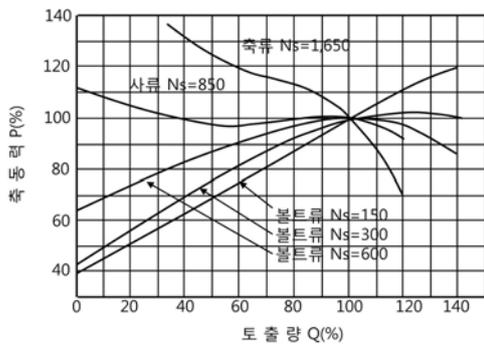
N_s 가 대체로 600이하일 때는 유량이 적을 수록 축동력이 떨어져 체절양정이 최소로 된다. N_s 가 작을수록 이 경향이 강하고 규정수량 이상의 점에서는 과부하로 될 우려가 있다. N_s 가 650~700 부근은 유량변화에 대해 축동력은 거의 변화하지 않는다. N_s 가 700을 넘으면 유량이 적을수록 축동력이 증가하여 1,100 이상에서는 체절축동력은 규정점의 2배 이상으로 된다([그림 3.4.2] 참조).

③ 효율곡선

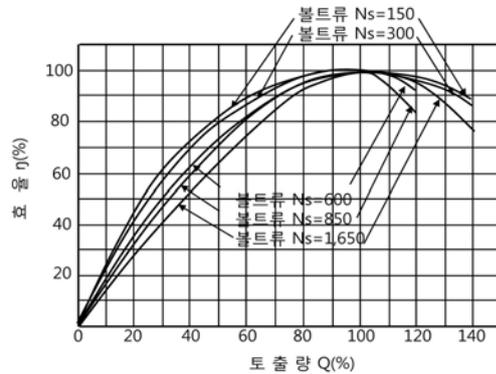
N_s 가 작을수록 효율곡선은 완만하게 되고, 유량변화에 대해 효율변화의 비율이 적다([그림 3.4.3] 참조).

3) N_s 와 공동특성

일반적으로 N_s 가 크게 될수록 흡입성능이 나쁘고 공동현상이 발생하기 쉽다.



[그림 3.4.2] 펌프의 표준특성(축동력)곡선



[그림 3.4.3] 펌프의 표준특성(효율)곡선

4) 회전수의 표준특성

펌프를 규정회전수 N 이외의 회전수 N' 로 운전하는 경우, 표준특성은 식(3.4.2)~식(3.4.4)와 같이 변화한다.

회전수 N' 인 경우의 토출량 Q' :

$$Q' = Q \times \frac{N'}{N} \dots\dots\dots (3.4.2)$$

회전수 N' 인 경우의 전양정 H' :

$$H' = H \times \left(\frac{N'}{N}\right)^2 \dots\dots\dots (3.4.3)$$

회전수 N' 인 경우의 축동력 P' :

$$P' = P \times \left(\frac{N'}{N}\right)^3 \dots\dots\dots (3.4.4)$$

- 여기서, Q : 규정회전수 N일 때의 토출량(m³/min)
- H : 규정회전수 N일 때의 전양정(m)
- P : 규정회전수 N일 때의 축동력(kW)

식(3.4.2)~식(3.4.4)는 N' /N = 0.8~1.2의 범위에서 적용된다. 또 축류펌프는 회전차의 날개 각도를 변화시켜 최고효율을 변화시키지 않고 펌프의 표준특성을 바꿀 수 있다. 단, 최고효율점의 위치는 이동하므로 주의를 요한다.

(2)에 대하여

하수도용의 펌프는 원심펌프, 사류펌프 및 축류펌프 또는 수중모터원심펌프를 표준으로 한다. 원심 펌프에는 터빈펌프와 볼류트펌프(volute pump)가 있으며, 일반적으로 볼류트펌프를 사용한다. 하수도용은 항상 양정고가 변동하고, 더구나 배수펌프에서는 그 변동률이 크므로 년중을 통해서 가장 많이 사용되는 양정인 경우에 효율이 좋은 펌프로 하고 또한 최대양정일 때도 양수할 수 있는 성능을 가져야 한다. <표 3.4.3>은 전양정으로부터 본 펌프의 형식선정을 가늠하는 것으로써 펌프의 형식선정 및 흡입실양정에 대해서도 충분히 검토하고 사용목적 및 설치장소에 적합한 것을 선정한다.

양정, Ns 등에 의해 어느 형식이라도 좋은 경우는 다음의 사항을 비교 검토해서 가장 적합한 것을 선정한다.

1) 원심펌프

원심펌프는 구조가 간단해서 기체가 작고 가격이 저렴하여 광범위에 걸친 양정과 수량이 많을 때 적합할 뿐만 아니라 연속적인 양수, 전동기와의 직결 및 운전이 간단한 것 등 많은 이점이 있는 펌프로

서, 회전차(impeller)의 회전에 의해 액체에 압력과 속도에너지를 주며, 볼류트 케이싱을 통과하는 사이에 속도에너지를 능률 좋게 압력에너지로 변환하여 방출한다. 원심펌프는 날개의 직경차에 의한 원주속도(원심력) 대부분을 이용하여 유체에 압력에너지를 공급한다. 흡입구의 수에 따라 편흡입, 양흡입으로 구분된다. 특성은 전동기와 거의 직결로 고속회전이 가능하며 일반적으로 효율이 높고, 적용 범위가 넓으며, 적은 유량을 가감하는 경우 소요동력은 적어도 운전에 지장이 없다. 또 흡입성능도 우수하고 공동현상(cavitation)이 잘 발생하지 않는다. 구조적으로 날개는 견고하지만 원심실이 크고 반경 및 축방향으로도 장소를 차지한다. 일반적으로 사류펌프는 수중베어링을 가지지만 원심펌프는 수중베어링을 필요로 하지 않으므로 보수가 쉽다(〔그림 3.4.4〕~〔그림 3.4.6〕 참조). 주로 상하수도용, 농업용, 공업용 등에 사용된다.

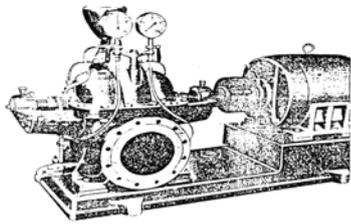
2) 사류펌프

사류펌프는 원심펌프와 축류펌프의 중간형태로 물이 축방향에서 유입하여 축방향과 경사를 두고 유출되며, 회전차의 작용은 원심력과 양력에 의하여 양수되는 펌프로서 그 특성은 원심펌프와 축류펌프의 중간특성을 가지며, 체절시동($Q=0$)이 가능하며, 양정변화에 대하여 수량의 변동이 적고 또 수량변동에 대해 동력의 변화도 적으므로 우수용의 양수펌프 등 수위변동이 큰 곳에 적합하다. 구조적으로는 축방향으로 길게 되지만 일반적으로 원심펌프보다 소형이 된다. 흡입성능은 원심펌프보다 떨어지지만 축류펌프보다 우수하다. 최근에 원심사류형 펌프의 사용빈도가 많아졌지만, 이 형식의 펌프는 사류펌프와 다르게 안내날개가 없이 회전차를 개방형으로 하면 이물질로 인한 폐쇄가 적다. 또 횡축형으로 해서 조의 바깥에 설치하는 방식으로 하면 주요부분이 수중에 있는 입축사류펌프에 비해 부식이 적고 유지관리가 쉽다(〔그림 3.4.7〕 참조).

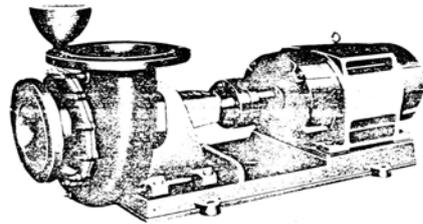
주로 상하수도용, 냉각수 순환용, 농업용, 도크배수용 등에 사용된다.

3) 축류펌프

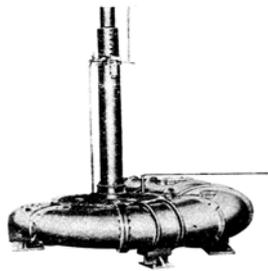
축류펌프는 회전차의 날개가 크고 넓으며 선풍기와 같은 형상이며, 날개 형상의 특성상 입구와 출구에서의 원주속도는 같기 때문에 상대속도(양력)에 의하여 유체에 압력에너지 및 속도에너지를 공급하고, 유체는 회전차속을 축방향에서 유입되어 축방향으로 유출한다. 특성으로는 고유량 저양정에 적합하고, 고속운전에 적합하여 형태가 작다, 효율면에서는 소형은 나쁘지만 대형은 원심펌프보다 훨씬 좋고, 운전동력비도 절감된다. 양정변화에 따른 유량변화가 적고 효율저하도 적다. Foot 밸브와 송수 밸브를 생략할 수 있는 등 구조가 간단하고 취급이 쉽고 가격도 싼 편이다. 회전수를 높게 할 수 있으므로, 사류펌프보다 소형으로 되며 전양정이 4m 이하인 경우에는 축류펌프가 경제적으로 유리하다. 그러나 축류펌프는 규정양정의 130% 이상이 되면 소음 및 진동이 발생하여 축동력이 급속하게 증가해서 과부하로 되기 쉬우므로 수위변동이 현저한 경우에는 이 점에 유의한다. 또 체절운전이 불가능하고 흡입성능이 낮고 효율폭이 좁다. 주로 증기터빈 복수기의 순환용, 농업용, 상하수도용 등에 사용된다.



[그림 3.4.4] 양흡입원심펌프의 예



[그림 3.4.5] 편흡입원심펌프의 예



[그림 3.4.6] 입축원심펌프의 예



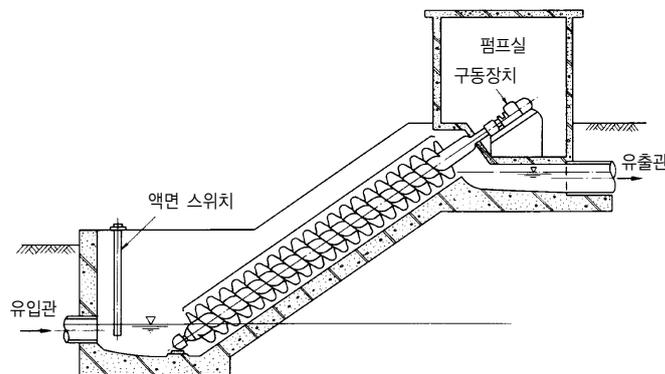
[그림 3.4.7] 입축사류펌프의 예

4) 수중펌프

수중펌프는 펌프와 전동기를 일체로 펌프흡수정내에 설치한다. 펌프실이 작고, 시동이 간단하며, 유입수량이 적은 경우 및 펌프장의 크기에 제한을 받는 경우 등 소규모펌프장에 주로 사용한다. 사용할 때는 점검과 정비가 용이하고, 탈착이 쉬운 방식을 채택한다. 한편, 전원케이블의 손상 등의 방지대책을 고려하여야 한다.

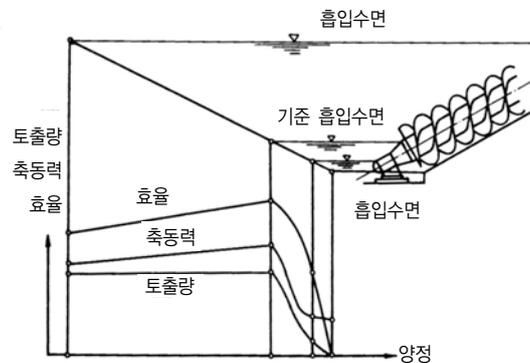
5) 스크류(screw)펌프

스크류(screw)펌프는 스크류(screw)형의 날개를 용접한 속이 빈 축을 상부 및 하부의 수중베어링으로 지지하고 수평에 대해 약 30도 경사인 U자형 드럼통 속에서 회전시켜 하부로부터 양수하는 펌프이다([그림 3.4.8] 참조).



[그림 3.4.8] 스크류(screw)펌프의 예

스크류펌프의 성능은 [그림 3.4.9]와 같이 최대양정은 그 구조상으로부터 약 8m가 한도이고, 효율은 평균 75~80% 정도이며 회전수가 낮아 분당 100회 이하이다.



[그림 3.4.9] 스크류(screw)펌프의 성능곡선

유입하수량의 변동에 따른 대응성이 양호하여 펌프대수를 적게 하면서 같은 용량의 펌프를 설치하는 것이 좋다.

흡입수면이 기준흡입수면보다 높은 경우는 토출량은 일정하고 효율과 축동력도 거의 일정하나 기준 흡입수면보다 낮게 되면 토출량, 효율 및 축동력이 급격히 저하한다.

스크류펌프의 장점은 다음과 같다.

- ① 구조가 간단하고 개방형이어서 운전 및 보수가 쉽다.
- ② 회전수가 낮기 때문에 마모가 적다.
- ③ 수중의 협잡물이 물과 함께 떠올라 폐쇄가 적다.
- ④ 침사지 또는 펌프설치대를 두지 않고도 사용할 수 있다.
- ⑤ 기동에 필요한 물체움장치나 밸브 등 부대시설이 없으므로 자동운전이 쉽다.

한편, 스크류펌프의 단점은 다음과 같다.

- ① 양정에 제한이 있다.
- ② 일반 펌프에 비하여 펌프가 크게 된다.
- ③ 토출측의 수로를 압력관으로 할 수 없다.
- ④ 오수의 경우 양수시에 개방된 상태이므로 냄새가 발생한다.

중계펌프장에서는 스크류펌프를 사용하면 폐쇄 및 마모가 적으므로 침사지를 적게 하거나 생략할 수 있다. 따라서 침사지 및 펌프장 등의 토목구조물을 포함시킨다면 일반 펌프장에 비하여 건설비 절감이 가능한 경우가 있다. 또한 소규모 펌프장에서의 무인운전 또는 슬러지펌프로써 이용하는 것도 적합하다.

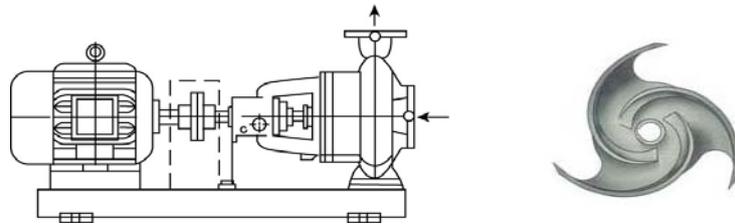
수처리공정용으로는 내부반송용과 외부반송용으로 구분하며 내부반송시설은 고도처리공법에서 적용되는 시설로서 탈질공정을 위해 질산화된 하수를 무산소계통으로 이송하는 축류형 펌프와 수중모터원심펌프가 있으며, 외부반송시설은 2차침전지에서 포기조(활성슬러지공법) 또는 생물반응조(고도처리공

법)의 MLSS를 조절하기 위해 반응조 계통으로 슬러지를 반송하는 반송슬러지펌프와 잔여슬러지를 농축조로 이송하는 잉여슬러지펌프가 있으며, 또한 1차 침전지를 설치할 경우 1차침전지에서 인발된 생슬러지를 농축조로 이송하는 생슬러지펌프가 있다. 여기에 사용되는 펌프는 편흡입무폐쇄볼류트펌프, 편흡입볼텍스펌프, 편흡입무폐쇄나선형펌프, 단일축나사식정량펌프 등이 있으며, 수처리와 슬러지 처리 능력과 효율성과 경제성과 설비의 신뢰성과 협잡물이 내재된 슬러지용 설비로서 내부부품의 마모와 막힘 등을 연계하여 종합적으로 검토하여야 한다.

이에 따라 수처리공정용인 슬러지 이송펌프에 대한 종류와 특성은 다음과 같다.

6) 편흡입 무폐쇄 볼류트펌프

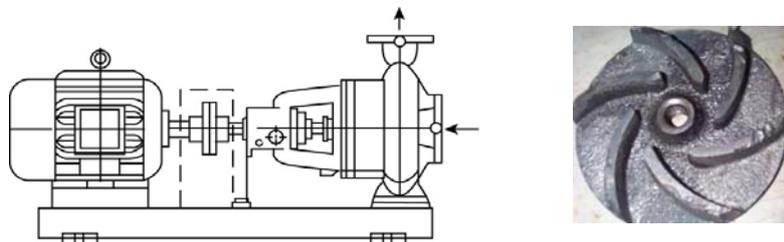
볼류트 케이싱내에 슬러지 막힘방지를 위해 선택한 개방형 회전차의 원심력으로 유체에너지를 가하여 슬러지를 보내며, 특성으로는 저농도 슬러지이송에 적합하고 유량이 크며 일정한 유량으로 이송이 가능하고, 큰 부유물이 함유된 슬러지 이송에도 막힐 염려가 없으나 제어가 곤란한 단점이 있으며, 효율은 40~50% 수준이다.([그림 3.4.10] 참조)



[그림 3.4.10] 편흡입 무폐쇄 볼류트펌프의 예

7) 편흡입볼텍스펌프

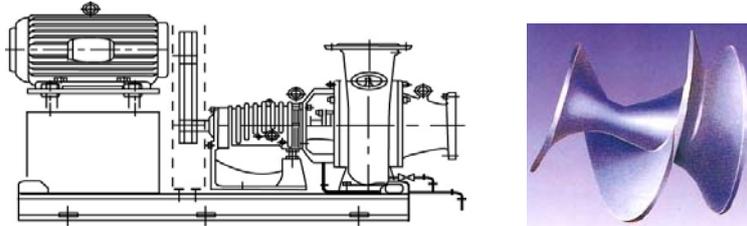
회전차가 직접슬러지를 밀어내지 않고 회전으로 와류를 형성시켜 자유볼텍스 흐름의 유체학적 원리로 유체를 토출하며, 특성으로는 유체가 자유소용돌이 흐름을 따라 고형물은 관성에 의해 회전차에 충돌하면서 넓은 회전차 공간을 이용하여 큰 부유물과 함께 이송에 용이하고, 대당 유량이 크며 고형물 함유율이 큰 슬러지 이송에 적합하지만 원심펌프중 효율이 30~40%로 가장 낮으며 유량제어가 곤란하고 유지비가 많이 드는 단점이 있다.([그림 3.4.11] 참조)



[그림 3.4.11] 편흡입볼텍스펌프의 예

8) 편흡입무폐쇄나선형펌프

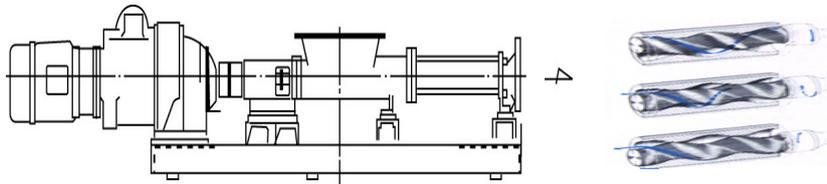
흡입부쪽은 나선형이며, 맑은 물은 아르키메데스작용을 일으키고 고형물은 선회작용을 하는 원심형과 용적형의 혼합형이라고 볼 수 있으며, 특성으로는 효율이 좋고 유지비가 적게 들며 대당 유량이 크고 동시에 제어가 용이하다. 또한 과도한 마모없이 마모성 물질의 취급이 용이하지만 단일축 정량펌프로 제어가 어려운 단점이 있으며, 펌프효율은 50~60%로 다소 높다.((그림 3.4.12) 참조)



[그림 3.4.12] 편흡입무폐쇄나선형펌프의 예

9) 단일축나사식정량펌프

용적형펌프로서 유체에 에너지를 가하지 않고 나선형 회전자로 유체를 밀어내는 펌프로서 특성은 고형물이 유체와 함께 나사부분의 회전에 따라 전진하므로 흡입능력이 우수하고 토출량이 일정한 정량펌프로도 사용가능하며, 회전수에 의한 유량제어가 가능하고, 크고 함유율이 높은 고형물 유입시에도 막힘없이 원활하게 사용 가능하나 30~40% 정도의 저효율 펌프로서 양정에 제한이 있고 설치공간을 넓게 차지하는 단점이 있다. 또한 고형물과 회전자의 길이에 따른 접촉시간이 길어 마모가 쉽게 발생되어 내마모성의 회전자 재질선택에 신중함을 고려하여야 한다.((그림 3.4.13) 참조)



[그림 3.4.13] 단일축나사식 정량펌프의 예

(3)에 대하여

입축형과 횡축형 펌프는 각각의 장·단점을 가지고 있기 때문에 펌프의 선정시에는 장·단점을 충분히 고려한다. 입축형은 고정부분의 면적이 적고 공동현상 발생의 염려가 없으며, 일반적으로 기동할 때 기동수가 불필요해서 기동이 빠르고 자동운전이 쉬워서 우수배제에 적합하다. 반면에 분해 및 보수가 곤란하고, 전동기를 입축형으로 특수하게 하든가 또는 전동기를 횡축형으로 하려면 전동장치가 복잡하게 된다. 또한 일반적으로 주요부분이 수중에 있으므로 부식되기 쉽고 수질이 나쁜 장소에서는 부적당한 단점이 있다. 일반적으로 고정부분의 면적이 협소한 곳 또는 흡입조건이 나쁘고 공동현상이 발생할 우려가 있는 곳에는 전동기를 상부에 두어 침수하더라도 안전한 구조로 되어 있는 입축형 펌프를 쓰는 것이 좋다.

(4)에 대하여

하수도용의 펌프는 회전차입구(回轉車入口)가 쓰레기, 나무조각 및 천 등에 의하여 막힐 우려가 있으므로 회전차를 개방형 또는 볼텍스형으로 하든가 날개수를 가능한 한 적게 하는 등 이를 방지함과 아울러 청소를 쉽게 하기 위해 청소구를 설치하고 분해하기 쉬운 구조로 하는 것이 좋다. 또한, 오수 쓰레기, 토사에 의한 부식 및 마모를 적게 하기 위해 펌프 각 부의 재질은 부식 및 마모에 견디는 것을 사용해야 한다. 특히 스크린시설이 없는 소규모펌프장 적용에 신중한 검토가 필요하다.

3.4.3 펌프구경

펌프구경(口徑)은 다음 사항을 고려하여 정한다.

(1) 펌프의 흡입구경은 토출량과 펌프흡입구의 유속으로부터 식(3.4.5)에 의해 정한다.

$$D = 146 \left(\frac{Q}{V} \right)^{1/2} \dots\dots\dots (3.4.5)$$

여기서, D : 펌프의 흡입구경(mm), Q : 펌프의 토출량(m³/min), V : 흡입구의 유속(m/s)

단, 흡입구의 유속은 펌프의 회전수 및 흡입실양정 등을 고려하여 1.5~3.0 m/s를 표준으로 한다.

(2) 펌프의 토출구경은 흡입구경, 전양정 및 비교회전도 등을 고려하여 정한다.

【해설】

펌프의 크기는 구경에 의해 표시되어 흡입구경과 토출구경이 다른 경우는 양자를 같이 표기하고, 같은 경우에는 하나의 구경으로 나타낸다.

요즈음 와류펌프의 효율을 좋게 하기 위하여 와류(볼류트)실을 적게 해서 실내의 유속을 빠르게 하고 양정이 높아지는 만큼 와류실 토출구경을 모두 적게 한다. 따라서 와류펌프에서는 양정이 높을 수록 토출구경은 흡입구경보다 작게 한다.

사류 및 축류펌프는 낮은 양정에 사용되는 것으로 양구경이 서로 다른 경우는 적고, 같은 경우가 많다. 입축형의 사류 및 축류펌프는 흡입구가 나팔모양으로 되어 있으므로 토출구경으로 표시한다.

(1)에 대하여

와류펌프의 토출구경은 토출량만으로 결정되지 않으며, 흡입구경으로써 토출량을 정한다. 펌프의 흡입구경은 펌프의 토출량을 기준으로 해서 흡입구의 유속에 따라 식(3.4.5)에 의해 정한다.

펌프흡입구의 유속은 1.5~3.0 m/s를 표준으로 하지만, 흡입실의 양정 또는 흡입측 손실수두가 큰 경우 또는 온도가 높은 물 등의 경우는 흡입조건을 좋게 하기 위하여 유속을 느리게 한다.

(2)에 대하여

원심펌프에서는 토출구경은 토출량 뿐만 아니라 양정에 의해 변하고 흡입구경에 따라 1단 또는 2단의 소구경으로 되므로 전양정, 비교회전도 및 제조회사의 제조기준 등을 고려하여 정한다. 토출측 관경과 펌프의 토출구경이 다른 경우는 무리해서 같게 하지 말고 확대관으로 접속하는 것이 좋다. 사류 및 축류펌프에서는 일반적으로 토출구경은 흡입구경과 같게 된다.

3.4.4 펌프의 전양정

펌프의 전양정(全揚程)은 다음 사항을 고려하여 정한다.

(1) 펌프의 전양정은 실양정과 펌프에 부수된 흡입관, 토출관 및 밸브의 손실수두를 고려하여 식(3.4.6)에 의하여 정한다.

$$H = h_a + h_{pv} + h_o \dots\dots\dots (3.4.6)$$

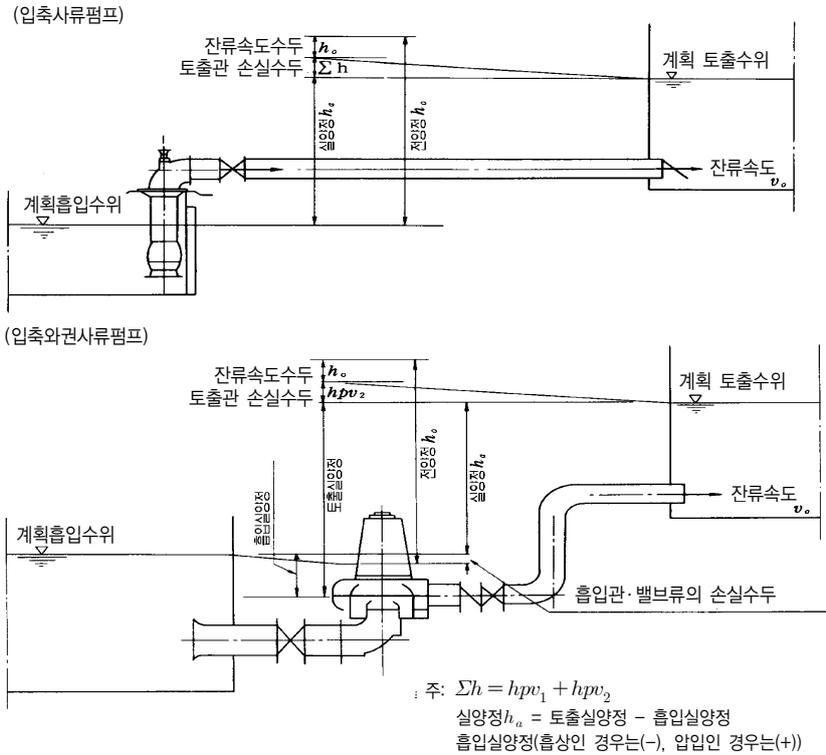
- 여기서, H : 전양정(m)
- h_a : 실양정(m)
- h_{pv} : 흡입 및 토출관의 손실수두의 합(m)
- h_o : 토출관 말단의 잔류속도수두(m)

(2) 실양정은 펌프의 흡입수위 및 배출수위의 변동, 범위, 계획하수량, 펌프특성, 사용목적 및 운전의 경제성 등을 고려하여 정한다.

【해설】

(1)에 대하여

펌프의 토출수면과 흡입수면과의 차이를 실양정이라 한다. 펌프의 전양정은 실양정에 펌프에 달린 흡입관, 토출관 및 밸브류 등의 손실수두를 고려하여 식(3.4.6)에 의해 정한다([그림 3.4.14] 참조). 손실수두는 식(3.4.7)로 나타낸다.



[그림 3.4.14] 전양정의 예

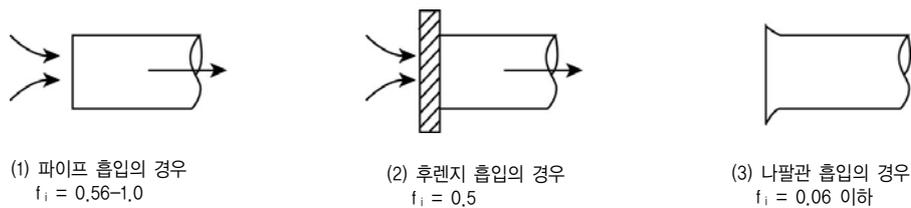
$$h = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots (3.4.7)$$

- 여기서, h : 손실수두(m)
 f : 손실계수
 L : 직관길이(m)
 D : 관내경(m)
 V : 유속(m/s)
 g : 중력가속도(9.8 m/s²)

중요한 것에 대한 손실계수 f 값은 다음과 같다.

1) 흡입구의 손실계수, (f_i)

f_i는 흡입구 모양에 따라 다르며 값은 [그림 3.4.15]와 같다. 구경이 클 경우에는 작은 값을 취한다.



[그림 3.4.15] 흡입구의 손실계수 f_i

2) 푸트밸브(foot valve, strainer 부착)의 손실계수, (f_i)

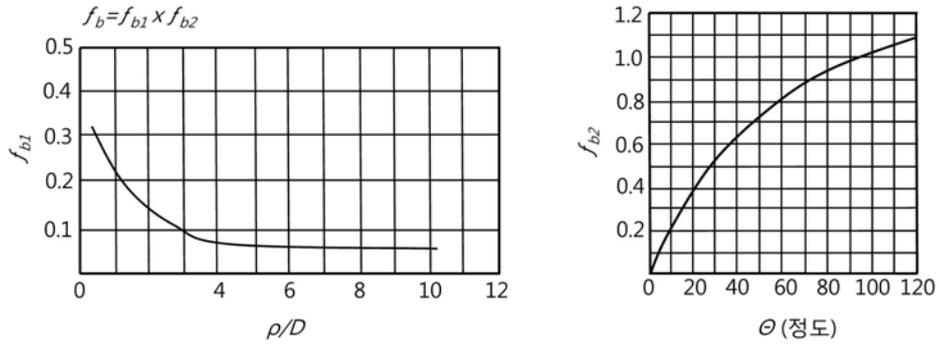
$$f_i = 1.5 \sim 2.0$$

3) 곡관의 손실계수, (f_b)

$$f_b = f_{b1} \times f_{b2}$$

[그림 3.4.16]에서는 f_{b1}, f_{b2}의 값으로 앤더슨(Anderson) 및 스트라우브(Straub)에 의한 것을 나타내며 마찰손실을 포함하지 않는다. 또 f_{b1}는 매끄러운 관에 대한 값으로, f_{b1}은 곡률반경과 관경의 비 (ρ/D)에 의해 결정되는 손실계수이다(단, 곡선의 중심각이 90도인 경우).

또한 f_{b2}는 임의의 중심각인 경우의 손실과 중심각 90°인 경우와의 손실차이며 ρ는 곡률반경, D는 관경 그리고 θ는 중심각(도)을 의미한다.



[그림 3.4.16] 곡관의 손실계수(f_b)의 값

4) 체크밸브(check valve)의 손실계수(f_{cv})

$$f_{cv} = 0.8 \sim 1.2$$

5) 플랩밸브(flap valve)의 손실계수(f_{fv})

$$f_{fv} = 0.2 \sim 0.5$$

6) 슬루스밸브(slucice valve)의 손실계수(f_{sv})

<표 3.4.4> 구경에 따른 f_{sv} 의 값 (완전히 열어 놓은 경우)

구경(mm)	50	80	100	150	200	250	300 이상
f_{sv}	0.175	0.169	0.164	0.145	0.103	0.047	0

7) 버터플라이밸브(butterfly valve)의 손실계수(f_{bv})

$$f_{bv} = 0.2 \sim 0.4 \text{ (완전히 열어 놓은 경우)}$$

8) 직관의 손실수두(h_f)

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g} \text{ (Darcy-Weisbach의식)} \dots\dots\dots (3.4.8)$$

$$\text{여기서, } f = 0.02 + \frac{1}{2,000 \times D} \text{ (신품의 주철관인 경우)}$$

$$f = 0.04 + \frac{1}{1,000 \times D} \text{ (낡은 주철관인 경우)}$$

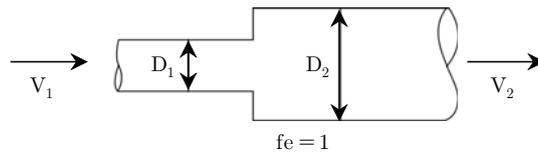
L : 직관의 길이(m)

D : 직관의 직경(m)

9) 확대관의 손실수두(h_e)

$$h_e = f_e \times \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g} \dots\dots\dots (3.4.9)$$

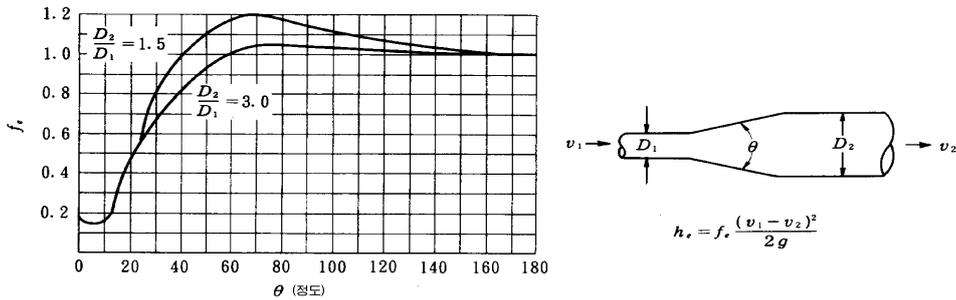
손실계수 f_e 는 [그림 3.4.17]과 [그림 3.4.18]과 같다.



[그림 3.4.17] 단면이 급격히 확대되는 경우의 손실계수(f_e)

10) 기타 손실수두

관로의 분기 및 합류, 각종밸브류의 저항 및 흡입관입구에서의 형상저항에 의한 손실 수두 등을 계산하여 반영한다.



[그림 3.4.18] 단면이 완만하게 확대되는 경우의 손실계수(f_e)

(2)에 대하여

하수도용의 펌프는 흡입수위와 배출수위의 변동이 많기 때문에 펌프의 실양정을 얼마로 하는가는 변동범위, 계획하수량, 펌프의 특성, 사용목적 및 운전의 경제성 등을 고려하여 정한다.

3.4.5 흡입실양정

펌프의 흡입실양정은 다음 사항을 고려한다.

- (1) 펌프의 흡입실양정은 공동현상이 발생하지 않도록 펌프의 형식에 따라 가능한 한 작게 한다.
- (2) 펌프의 흡입실양정 및 회전수는 공동현상을 피하기 위하여 토출량 및 전양정과의 관계를 충분히 고려하여 정한다.

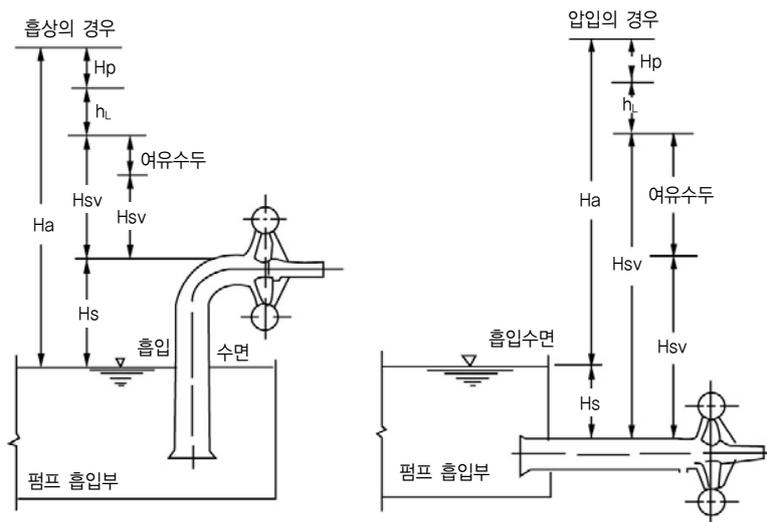
【해설】

(1)에 대하여

펌프는 토출량, 전양정, 회전수에 의해 흡입실양정에 한계가 있으며, 그 한계 이상으로 되면 공동현상이 발생한다. 펌프내에서 공동현상이 발생하면 그 성능을 현저하게 저하시켜 소음 및 진동이 발생하고, 그 부분의 재료를 침식하게 되므로 반드시 피한다. 펌프의 흡입실양정은 가능한 한 작게 하는 편이 좋으므로 원심펌프의 흡입실양정 5m 이하를 표준으로 하고, 될 수 있으면 이보다 작게 하는 것이 좋다. 또 사류 및 축류펌프는 원심펌프보다 흡입성능이 떨어지므로 흡입실양정은 사류펌프에서는 4 m 이하, 축류펌프에서는 2 m 이하를 표준으로 한다.

(2)에 대하여

펌프가 공동현상을 일으키지 않으면서 운전하기 위해서는 시설에서 이용할 수 있는 유효흡입수두가 어느 한도 이상일 것이 필요하다.
 시설로부터 이용할 수 있는 유효흡입수두는 식(3.4.10)과 같다(〔그림 3.4.19〕 참조).



[그림 3.4.19] 펌프의 유효흡입수두

$$H_{sv} = H_a - H_p + H_s - H_L \dots\dots\dots (3.4.10)$$

- 여기서, H_{sv} : 시설에서 이용 가능한 유효흡입수두(m)
- H_a : 대기압을 수두로 나타낸 것(m)
- H_p : 수온에서의 포화수증기압을 수두로 나타낸 것(m)(표 3.4.5 참조)
- H_s : 흡입실양정(m)(흡입인 경우는 -, 압입인 경우는 +)
- H_L : 흡입관내의 손실수두(m)

〈표 3.4.5〉 수온과 포화수증기압(Hp)

수온(°C)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
H _p (m)	0.062	0.089	0.125	0.174	0.238	0.323	0.433	0.573	0.752	0.977	1.258
(Pa)	608	872	1225	1705	2332	3165	4243	5615	7370	9575	12328

단, 식(3.4.10)의 계산에서는 흡입실양정(H_s)는 흡입수면으로부터 펌프의 회전차 흡입 최상위까지 수직거리를 잡는 것이 좋다.

펌프가 공동현상에 대해 안전하기 위해서는 시설상으로부터 이용 가능한 유효 흡입수두(H_{sv})가 펌프가 필요로 하는 유효흡입수두(h_{sv})보다 커야 한다.

펌프가 필요로 하는 유효흡입수두라 함은 펌프가 공동현상을 일으키지 않으면서 물을 회전차 입구의 최상위에 이르는 최소의 수두로서 식(3.4.11)로 나타낸다.

$$h_{sv} = \sigma \times H \dots\dots\dots (3.4.11)$$

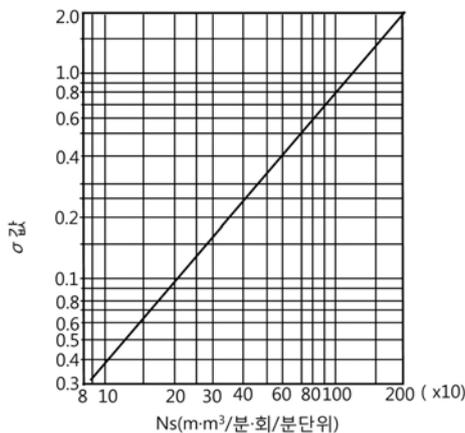
여기서, h_{sv} : 펌프가 필요로 하는 유효흡입수두(m)

σ : 공동현상계수

H : 펌프의 전양정(다단펌프의 경우는 제1단의 회전차가 갖는 양정)(m)

공동현상계수의 σ는 일반적으로는 펌프의 비회전도(N_s)의 함수로 표시되며, 그 관계는 [그림 3.4.20]과 같다.

펌프의 전양정, 토출량 및 회전수가 변하면 h_{sv} 값도 다르게 된다.



[그림 3.4.20] N_s 와 σ와의 관계

일반적으로 펌프의 운전은 반드시 계획수량으로 이루어지는 것으로 한정되지 않고, 계획수량보다 작든가 또는 큰 수량으로 운전하는 경우가 많으므로 실제 계획에서는 1~1.5 m 정도의 여유를 가지도록 식(3.4.12)와 같이 한다.

$$H_{sv} - h_{sv} = 1 \sim 1.5 \text{ m} \dots\dots\dots (3.4.12)$$

또 펌프의 날개 입구의 형상이 서로 같으면 날개의 외경이 다른 경우에도 같은 수량에서 공동현상이 발생된다고 생각되므로, 식(3.4.13)에 의해 흡입 비교회전도를 계산한다.

$$S = N \times \frac{Q^{1/2}}{h_{sv}^{3/4}} \dots\dots\dots (3.4.13)$$

여기서, S : 흡입 비교회전도

N : 펌프의 회전수(회/min)

Q : 토출량(m³/min) (양흡입의 경우는 수량의 1/2로 한다)

h_{sv} : 펌프가 필요로 하는 유효흡입수두(m)

펌프의 전양정, 토출량 및 회전수가 변하면 h_{sv} 값도 변한다.

일반적으로 펌프를 운전하는 경우, 양정이 크게 변동하기 때문에 규정수량과 다른 수량에서 운전되는 경우가 많기 때문에 실제 계획할 때에는 예상되는 운전범위(최고효율점보다 큰 수량치)에 대해 펌프가 필요로 하는 흡입수두를 검토하여야 한다.

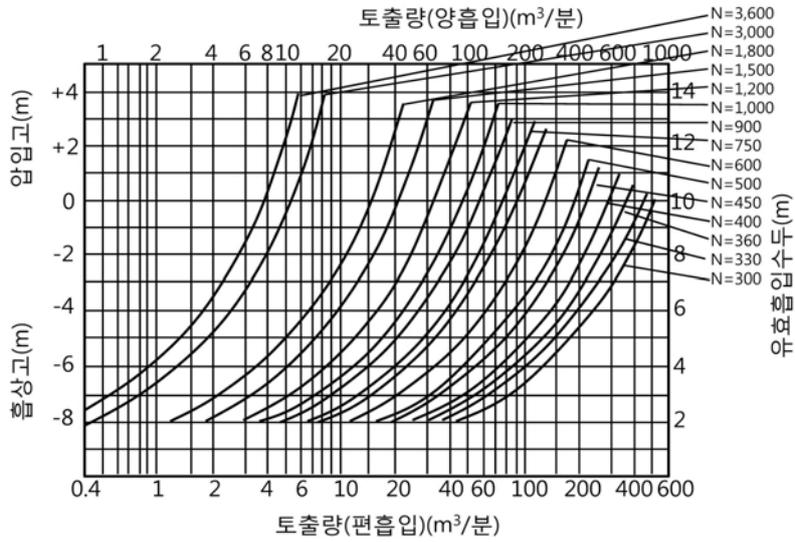
통상 h_{sv} - H_{sv} = 1.0 - 1.5 m 정도의 여유를 보인다.

〈표 3.4.6〉 흡입 비속도

형 식	S (흡입비속도)	
	최고효율점 수량	120%점 수량
축 류 펌 프	1,200	900
사 류 펌 프	1,300	1,000
원 심 펌 프	1,400	1,050

계산치에는 최고효율점과 일반적으로 목표로하여 최고 효율점 수량보다 20% 증가하는 수량의 h_{sv}과 H_{sv}를 각각 구하고, 예상되는 운전범위에서 여유가 있는 것을 확인한다. 흡입비속도(S) 값은 펌프 고유의 것이지만 토출량의 변화에 의해 그 자신도 변한다. 특히 설계점보다 대수량측에 있어서 S값은 감소하고, h_{sv}가 현저히 증가한다. 일반적으로 S값의 한계는 최고 효율점 또는 120% 점수량에서 〈표 3.4.6〉과 같다.

[그림 3.4.21]은 S를 1,200으로 한 경우 여러가지의 토출량과 회전수에 대해서 펌프가 필요로 하는 유효흡입수두(h_{sv})를 나타낸다. 이것을 이용하여 h_{sv}를 정하는 경우 식(3.4.13)과 같이 1~1.5 m의 여유를 두는 것이 좋다.



[그림 3.4.21] 펌프가 필요로 하는 유효흡입수두(h_{sv})

3.4.6 펌프의 축동력

펌프의 축동력은 식(3.4.14)에 의하여 정한다.

$$P_s = \frac{1}{60 \times 10^3 \times \eta} \times \rho g Q H \left(P_s = 0.163 \frac{\gamma \times Q \times H}{\eta} \right) \dots\dots\dots (3.4.14)$$

- 여기서, P_s : 펌프의 축동력(kW)
- Q : 펌프의 토출량(m^3/min)
- ρ : 양정하는 물의 밀도(kg/m^3) (단, 하수의 경우는 $1,000 kg/m^3$)
- g : 중력가속도($9.8 m/s^2$)
- H : 펌프의 전양정(m)
- η : 펌프의 효율(소수)

【해설】

펌프의 축동력은 토출량, 전양정 및 펌프효율에 의해 식(3.4.14)의 식으로 구한다.

펌프의 효율은 펌프의 형식과 토출량에 의해 다르지만, <표 3.4.7>을 표준으로 하며 KSB 6301, 6302, 6309 등의 규격에서 정한 효율과 비교 검토하여 결정한다. 하지만, 대구경의 펌프에서는 그 형식(축형식 및 회전차형식)에 의해 다소 변하기 때문에 주의한다.

〈표 3.4.7〉 펌프의 효율

(1) 입축축류펌프

구경(mm)	400	500	600	700	800	900	1,000
효율(%)	70	72	75	76	77	78	79
구경(mm)	1,200	1,350	1,500	1,650	1,800	2,000	
효율(%)	80	80	81	81	83	83	

(2) 입축사류펌프

구경(mm)	400	450	500	600	700	800	900
효율(%)	72	74	75	78	79	80	81
구경(mm)	1,000	1,200	1,350	1,500	1,650	1,800	2,000
효율(%)	82	83	83.5	84	84	84	85

(3) 수중펌프

구경(mm)	300	400	500
효율(%)	70	73	74

3.4.7 전동기의 출력

펌프를 운전하는 전동기 출력은 축동력의 여유율을 보아 식(3.4.15)에 의하여 계산한다.

$$P = \frac{P_s (1 + \alpha)}{\eta_b} \dots\dots\dots (3.4.15)$$

- 여기서, P : 전동기 출력(kW)
- P_s : 펌프의 축동력(kW)
- α : 여유율
- η_b : 전달효율(직결의 경우 1.0)

단, 여유 α는 펌프의 형식, 전동기의 종류 및 양정의 변동에 따라 다르므로 <표 3.4.8>을 표준으로 한다.

〈표 3.4.8〉 전동기의 여유율(α)

펌프형식 \ 전동기의 종류	전동기		내연기관	
	A의 경우	B의 경우	A의 경우	B의 경우
원 심 펌 프	0.10	0.15	0.15	0.20
사 류 펌 프	0.15	0.20	0.25	0.30
축 류 펌 프	0.20	0.25	0.30	0.35

주 : A의 경우는 양정의 변화가 비교적 적은 경우(규정상정보다 원심펌프에서는 20% 정도까지 낮게 될 때, 축류펌프에서는 높게 될 때)
 B의 경우는 양정의 변동이 비교적 많은 경우(A이외의 경우)
 ※ 내연기관의 경우 전동기 가동 불가로 엔진펌프 대응처리시 적용

【해설】

펌프를 운전하는 경우 전동기는 전압 및 주파수의 변동에 의해 내연기관은 연료 및 취급하는 정도에 따라서 출력이 변동한다. 또, 펌프의 운전상황 변화 등에 따라서도 축동력이 변하는 것이 있으므로 전동기가 과부하로 되지 않도록 여유율을 두는 것이 좋다.

전동기가 다소의 과부하에는 견딜 수 있어서 여유율은 적어도 좋으나 내연기관은 과부하로 되면 운전이 불안정하게 되고 수명이 짧아지므로 여유율을 많이 잡는다.

또, 전동기에 내연기관을 채택한 경우, 출력의 산출은 감속기 등의 동력전달장치 효율을 고려한다. 감속기전달 효율은 기어(gear)의 종류에 따라 다르나 0.94~0.97 정도의 범위이며, 유체커플링을 사용하는 경우 전달효율은 0.96 정도이다.

또 펌프의 형식에 따라 여유율(a)이 다른 것은 형식에 따라 축동력의 특성이 다르고 양정의 변화에 대해 축동력의 변동이 다르게 되기 때문이다. 전동기의 경우 앞의 식(3.4.15)로 계산한 P값에 끝수가 있을 때는 반올림하여 사용한다. 전동기는 정격출력 200 kW까지는 가능한 한 KS의 규격품 또는 동등 이상을 쓰도록 한다(〈표 3.6.2〉 참조). 또한 펌프구매 시방서 작성시는 전동기 출력을 최대소요전력으로 하여 효율향상을 꾀하도록 한다.

3.4.8 펌프흡수정

펌프흡수정은 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 수밀성 있는 철근콘크리트 구조로 한다.
- (2) 합류식에서는 우수전용과 우수전용으로 구별해서 설치하는 것이 좋다.
- (3) 종류 및 형식에 적합하게 배치하고, 펌프고정부 위치로부터 수직 또는 수평으로 설치한다.
- (4) 펌프흡수정이 실내에 설치되고 펌프실 바닥면이 지반보다 낮은 경우에는 펌프흡입부의 바닥판, 건물바닥 및 측벽 등은 일체로 하고, 수밀성 있는 구조로 한다.
- (5) 펌프흡입부의 상부에는 수밀성 있는 맨홀을 설치한다.

【해설】

(1)에 대하여

펌프흡수정은 지하수에 의한 부력이나 지하수의 침투 및 누수를 방지하기 위하여 철근콘크리트 구조로 축조한다.

(2)에 대하여

합류식에서는 우수용과 우수용으로 구분하여 설치하는 것이 유지관리상 바람직하다.

(3)에 대하여

펌프흡수정을 펌프고정대 위치에서 수직으로 설치하면 흡입관의 손실수두가 가장 적게 되어 바람직하지만, 불가피한 경우에도 가능한 한 가까이 설치하여 흡입관의 손실수두를 적게하는 것이 필요하다. 그러나 우수펌프에서는 펌프흡수정의 옆을 건정(乾井)으로 하고 여기에 펌프를 설치하여 삽입식으

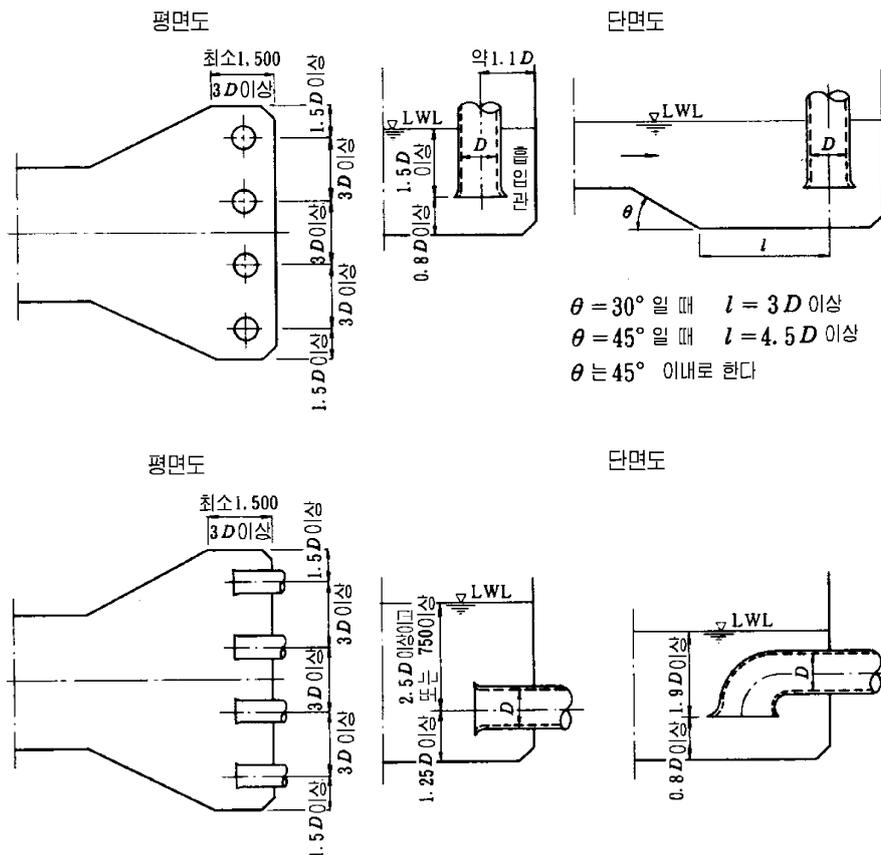
로 하면 기동에 필요한 마중물이 필요없이 기동이 빠르고 자동운전 및 보수가 용이하여 유리하게 되므로 필요에 따라 건설비등을 감안하여 선정한다.

펌프흡입 및 유입구는 구조, 형상, 크기 및 위치가 적당하지 않으면 흡수정내에서 와류(vortex)가 생기고 공기를 흡입해서 펌프의 운전상태가 불안정하게 되어 양수가 될 수 없으므로 [그림 3.4.22]와 같은 구조로 하는 것이 좋다.

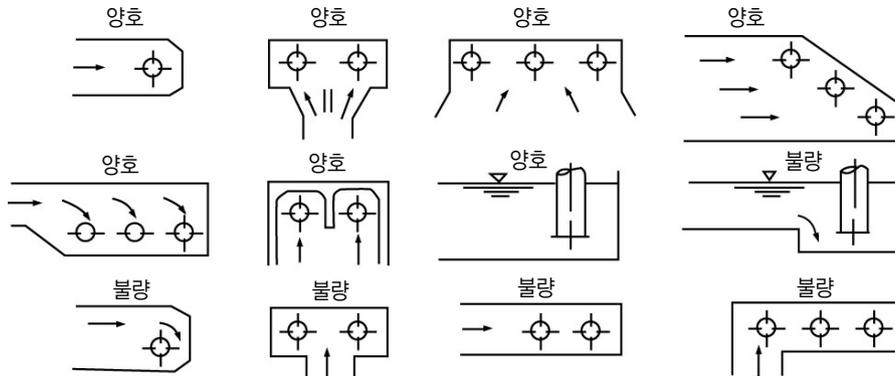
또한 2대 이상의 펌프를 설치하는 경우에는 각 펌프의 흡입조건이 대등하게 되도록 한다. 펌프흡수정내의 난류를 방지하기 위해서는 적당한 간벽이나 정류벽 등을 설치하면 효과가 있다.

대용량의 펌프에 대해서는 펌프흡수정의 크기 및 형상이 건설비에 크게 영향을 미치므로 모형실험 등에 의해 경제적인 흡수정의 형상, 치수를 정하는 것이 좋으며 [그림 3.4.23]과 같다.

펌프흡수정의 유효용적은 계획하수량, 펌프용량, 대수, 침사지와와의 관계위치 및 건설비 등을 충분히 고려하여 정한다. 충분한 용량이 아니면 흡입수위의 변동이 격심하고 펌프를 자주 기동, 정지하게 되어 강우시에 펌프의 운전조작이 곤란하게 되고, 또 기기의 소모를 빠르게 하거나 펌프의 운전 및 보수상 좋지 않으므로 주의한다.



[그림 3.4.22] 펌프흡수정의 크기와 형상



[그림 3.4.23] 펌프흡수정과 흡입관의 배치 예

(4)에 대하여

펌프실의 바닥이 지반면 이하인 경우에는 실내에 지하수가 침투하거나 침수하는 것을 막기 위해 바닥 및 주위벽은 모두 방수구조로 하고, 필요에 따라 통기공을 지붕높이까지 설치한다.

(5)에 대하여

펌프흡수정의 상부바닥 또는 흡수정으로 통하는 적당한 위치에 흡입부의 내부점검 및 준설 등을 위하여 맨홀을 설치한다. 맨홀은 필요에 따라 침수방지 및 방취 등을 위하여 수밀성 있는 구조로 한다.

3.4.9 흡입관

펌프의 흡입관은 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 흡입관은 펌프 1대당 하나로 한다.
- (2) 흡입관을 수평으로 부설하는 것은 피한다. 부득이 한 경우에는 가능한 한 짧게 하고 펌프를 향해서 1/50 이상의 경사로 한다.
- (3) 흡입관은 연결부나 기타 부분으로부터 절대로 공기가 흡입하지 않도록 한다.
- (4) 흡입관 속에는 공기가 모여서 고이는 곳이 없도록 하고, 또한 굴곡부도 적게 한다.
- (5) 흡입관 끝은 벨마우스의 나팔모양으로 하며, 관의 끝으로부터 최저수면 및 펌프흡입부 바닥까지의 깊이를 충분히 잡고, 흡입관 상호간과 펌프흡입부의 벽면과의 거리도 충분히 확보한다(그림 3.4.22 참조).
- (6) 흡입관이 길 때에는 중간에 진동방지대를 설치할 수도 있다.
- (7) 횡축펌프의 토출관 끝은 미중물(priming water)을 고려하여 수중에 잠기는 구조로 한다.
- (8) 펌프의 흡입부는 간벽(수문 포함)을 설치하여 조내부 점검정비 및 청소 등 유지관리가 가능하도록 한다.
- (9) 펌프흡입부와 흡입관의 구조, 형상, 크기 및 위치는 흡입부내 난류로 인한 공기흡입으로 펌프운전에 지장을 초래하지 않게 각 펌프의 흡입조건이 대등하도록 해야 하며, 필요시 난류방지를 위한 정류벽 또는 간벽설치를 검토한다.
- (10) 펌프흡입부의 유효용적은 계획하수량, 펌프용량, 대수 등을 감안하여 결정하되 가능한 한 충분한 용량으로 계획하여 빈번한 가동중지에 따른 기기손상 및 전력 낭비를 방지토록 한다.

【해설】

펌프의 흡입관은 시공의 양부에 따라 흡입관의 진공도에 중대한 관계가 있어 양수능력을 좌우하는

것이므로 다음 사항에 주의해야 한다.

(1)에 대하여

펌프의 흡입관에서 자연흡입 하는 경우에는 관내가 진공으로 되어야 한다. 이 경우 공통의 흡입관을 두어 슬루스밸브를 붙여서 각 펌프에 연결하면 밸브 및 펌프의 글랜드패킹 등으로부터 공기가 흡입되어 양수불능이 될 수도 있다. 따라서 반드시 펌프 1대에 1개의 흡입관을 연결한다. 단 흡입측이 수압에 의해 강제흡입이 되는 경우는 공동 흡입관으로 해도 지장이 없다.

(2)에 대하여

흡입관은 펌프를 기동시킬 때에 공기를 쉽게 뽑아내고, 또 관내의 손실수두를 적게 하기 위해 펌프 바로 아래에 수직으로 부설하는 것이 바람직하지만 부득이 수평으로 부설해야 하는 경우에는 가능한 길이를 짧게 하며 펌프를 향해 상향경사를 만들어 둘 필요가 있다.

(3) 및 (4)에 대하여

흡입관은 플랜지접속으로 하고 연결부로 부터 절대로 공기가 새어들지 않도록 함과 동시에 흡입관 중에는 공기가 모여 고이는 곳이 없도록 굴곡부도 적게 할 필요가 있다.

(5)에 대하여

펌프를 운전할 때 흡입관이 수면 아래에서 잠기게 하지 않으면 저수위가 되었을 때 공기를 흡입하게 되어 양수불능으로 되고 또, 흡입관 끝에서부터 펌프흡입부의 바닥면까지의 깊이가 얕으면 토사 등을 흡수하여 펌프날개에 손상을 주므로 충분한 깊이로 한다. 흡입관 상호간의 거리가 너무 가까우면 펌프의 흡입작용으로 인해 소용돌이가 생기게 하여 공기를 흡입해서 양수를 할 수 없게 되기 때문에 [그림 3.4.22]와 같이 한다.

(6)에 대하여

흡입관의 배관은 단순하며 길이와 곡면을 짧고 적게 하여 흡입관의 손실을 최소화하여야 한다. 불가피하게 흡입관의 변형이 수반되어 길이가 길어지거나 곡면이 많아질 경우 펌프 흡입력에 의한 진동이나 흔들림이 발생할 수 있다. 이를 방지하기 위해 길이에 따라 최소구간마다 진동방지대를 설치하여 시설보호와 소음 및 진동발생을 최소화하여야 한다.

(7)에 대하여

펌프를 기동할 때 펌프 및 흡입관 중에 마중물(priming water)을 채우기 위해 펌프내부를 진공으로 해야 하므로 토출관 끝은 항상 수중에 잠겨 있도록 한다.

(8)에 대하여

펌프장 흡입부는 하수의 특성과 체류를 고려하면 부유성 물질 등이 침전되어 퇴적되는 현상이 발생되며, 침전 퇴적물의 제거 등 청소와 흡입부 점검정비가 필요할 경우 차수 또는 단수가 가능하도록 간벽 또는 수문 등의 구성을 검토하여야 한다.

(9)에 대하여

흡입부는 그 구조, 형상, 크기, 유수로(流水路)와의 연결이 적당하지 않으면 흡입부내의 유동이 난류가 되고 공기가 혼입되어 펌프운전상태가 불안정하거나 펌프성능이 저하될 수 있다. 흡입부내의 유심(流心)이 한쪽으로 치우치지 않게 하고 2대이상의 펌프를 설치할 때에는 각 펌프의 흡입조건이 균등하도록 하여야 한다. 흡입부의 유심이 치우치는 것과 난류발생을 억제하기 위해 흡입부내에 간벽이나 정류벽 설치를 검토하여야 한다. 종류로는 금속재, PDF, GRP, PHP 등이 있다.

(10)에 대하여

펌프대수는 2대 또는 그 이상으로 분할한다. 용량이 큰 펌프일수록 효율이 좋고 경제적이 될 수 있지만 양수량의 변동이 심할 때는 한 대의 펌프로 용량을 조절하기가 어렵기 때문에 어느정도 대수를 늘려 운전대수를 양수량에 맞추어 조절하는 것이 경제적이고 기기손상을 방지할 수 있다.

특히 양정변화가 심할 때는 고양정의 펌프와 저양정의 펌프로 나누는 것이 경제적이고 유지관리에도 유리할 수 있다.

펌프용량의 한계는 기계의 제작기술, 공사의 시공기술 발전에 따라 1대의 용량이 무분별하게 크게 제작되어 기기손상 및 전력낭비가 발생될 수 있기 때문에 다음 조건을 고려하여 펌프장 구성을 검토하여야 한다.

- (가) 운송한계 치수 및 중량
- (나) 펌프의 설치지점 및 운송방법
- (다) 전동기의 종류와 동력전달방법
- (라) 제작사의 제작한계
- (마) 캐비테이션 등에 의한 펌프성능상의 제한 등이다

3.4.10 펌프계통의 수격작용

펌프의 토출측 관로의 상황에 의하여 수격작용(水擊作用, water hammer)이 발생할 우려가 있는 경우에는 이것을 방지하기 위하여 적당한 장치를 설치한다.

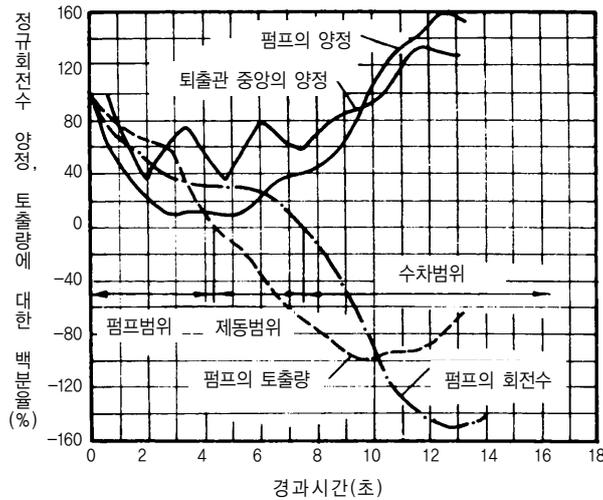
【해설】

하수 등을 펌프로 압력수송하는 경우 운전중 펌프가 정전 등에 의해 급정지한 경우 관내를 흐르고 있던 하수 등은 갑자기 유속이 떨어져 결국에는 정지상태로 되고 이어 역류하게 되며, 그 사이에 관내 압력은 크게 상승 또는 하강한다. 이러한 과도현상을 수격작용이라 하고, 펌프의 급기동 또는 토출측 밸브를 급격히 개폐할 경우에도 일어나는 수가 있다. 수격작용의 분석은 매우 복잡한 작업으로 전문가에 의해 이루어져야 한다. 다만, 경험적인 지침서로서 (1)~(3)의 경우는 반드시 수격작용의 분석을 하는 것이 바람직하다.

- ① 관내유량이 115 m³/h 이상이고, 동력학적 수두가 14 m 이상인 경우
- ② 역지밸브(check valve)를 가지고 있는 고양정 펌프시스템

③ 수주분리가 일어날 수 있는 시설, 즉 고위점이 있는 시설, 압력관으로 자동공기배출구나 공기진공밸브가 있는 시설과 관 길이가 100 m 이상인 경우

수격작용의 정도는 관내유속의 시간적 변화(펌프의 기동, 정지 및 밸브의 개폐에 필요한 시간), 관로의 고저기복과 연장, 펌프나 원동기의 회전관성 및 펌프의 특성 등에 따라 다르다((그림 3.4.24) 참조). 또한 양정이 크고 압송관의 길이가 길어지는 경우 수격작용 발생을 고려하여 전동밸브 설치여부 및 체크밸브의 기종을 정하여야 한다.



[그림 3.4.24] 수격작용

수격작용에 의해 다음과 같은 피해가 발생할 우려가 있다.

- ① 압력강하로 인해 관로를 사용하지 못하게 된다.
- ② 압력강하에 의해 관로내에 물이 증기압 이하로 되는 부분이 나타나서 수주분리(水柱分離)를 일으키고, 이 공동부분이 다시 물로 채워지게 될 때 격감한 충격압이 생겨 관을 파괴한다.
- ③ 압력 상승에 의해 펌프, 밸브 및 관로 등을 파괴한다.
- ④ 펌프 및 전동기가 거꾸로 회전하는 데 대한 고려가 없을 때는 역회전에 의한 사고를 일으킨다.

펌프의 송수관로에서 수격작용을 충분히 검토하는 것은 중요하며, 이와 관련한 컴퓨터 프로그램이 개발되어 있으므로 편리하게 프로그램을 이용할 수가 있다.

수격작용을 방지 또는 줄이는 데는 다음과 같은 방법이 있지만 수격작용의 정도에 따라 시설하기에 적합한 방법을 선택한다.

1) 수주분리 발생의 방지방법

- ① 펌프에 플라이휠(fly wheel)을 붙여 펌프의 관성을 증가시켜 급격한 압력강하를 완화한다. 소용량의 펌프에는 유리하지만 용량이 큰 펌프나 토출측 관로연장이 긴 경우는 플라이휠이 과대하게 된다. 플라이휠이 클 때는 베어링을 별도로 설치하고 기동방법도 고려를 한다.

- ② 토출측 관로에 압력조절수조(surge tank)를 설치해서 부압 발생장소에 물을 보급하여 부압을 방지함과 아울러 압력상승도 흡수한다. 압력조절수조는 건설비는 커지지만 안전하고 확실한 방법이다.
- ③ 토출측 관로에 일방향 압력조절수조를 설치하여 압력강하시에 물을 보급해서 부압 발생을 방지한다. 평상시에 역지밸브(check valve)는 관로와 분리된다. 압력조절수조에 비해 소형으로 되어 경제적이거나 유효범위가 한정되고 또 하수의 경우는 역지밸브에 이물질이 낄 우려가 있다.
- ④ 펌프 토출구 부근에 공기탱크를 두거나 또는 부압 발생지점에 흡기밸브를 설치해서 압력강하시에 공기를 불어 넣는다. 공기흡입점보다 하류측이 자연유하로 되는 경우는 좋지만 그 이외에서는 공기를 배제하는 데 문제가 따른다. 소용량의 펌프에서 쓰이고 있다.
- ⑤ 관내유속을 낮추거나 관거상황을 변경한다.

2) 압력상승의 방지법

- ① 펌프의 토출구에 완만히 닫을 수 있는 역지밸브(소용량 펌프의 경우) 또는 완만히 닫을 수 있는 바이패스관이 달린 역지밸브(중급 용량 이상의 펌프)를 설치하여 역류하는 물을 서서히 차단해서 압력상승을 적게 한다. 관로가 비교적 짧은 경우에 적합하다.
- ② 역지밸브를 설치하지 않고서 펌프의 토출측 밸브를 유압 또는 수압에 의해 자동적으로 서서히 폐쇄한다. 고양정, 대용량의 펌프에 적합하다.
- ③ 그 밖에 급히 폐쇄하는 역지밸브(소용량 펌프의 경우) 또는 관로에 안전밸브를 두는 방법이 있으나, 하수의 경우 그다지 적당하지 않다. 또 물을 역류시키는 방법도 있지만 전동기의 역회전과 펌프흡입부의 크기를 고려해야 할 필요가 있다.

3.4.11 기초

펌프의 기초는 다음 사항을 고려한다.

- (1) 펌프와 전동기는 가능한 한 같은 기초로 하고 하중 및 진동과 지반의 내압을 고려해서 충분한 콘크리트 기초면적으로 한다.
- (2) 펌프를 펌프흡입부의 상부 바닥 위에 설치하는 경우, 바닥두께는 펌프 및 흡입관의 중량과 물무게 및 스러스트(thrust) 하중에 견디는 철근콘크리트 구조로 한다.

【해설】

펌프의 기초는 그 중량에 의해 펌프의 진동을 작게 하는 것이므로 진동을 억제할 수 있는 충분한 무게를 가지는 크기로 하며, 가능한 한 전동기와 같은 콘크리트 기초로 한다.

기초의 중량은 전동기를 직결하는 경우는 적어도 기계중량의 3배 이상, 내연기관을 직결하는 경우에는 기계중량의 4배 이상으로 하는 것이 바람직하다. 특히 지진 등에 안전성이 확보될 수 있도록 내진을 감안하여 기초를 검토·적용 설계하여야 한다.

3.4.12 부대시설 및 보조시설

펌프의 부대설비 및 보조설비는 다음 사항을 고려한다.

- (1) 펌프의 토출구 또는 토출관 중에는 반드시 슬루스밸브 또는 버터플라이밸브를 설치하는 것을 표준으로 하고 유체특성 및 관경 등을 고려하여 다른 종류의 밸브를 선정할 수 있다. 밸브의 개폐조작은 필요에 따라 수동식 또는 동력식으로 한다.
- (2) 펌프가 정지할 때 역류를 방지하기 위해 토출관의 중간, 관의 끝 및 배수관의 끝에 역류방지용의 밸브를 설치한다.
- (3) 펌프의 흡입측 및 토출측에는 반드시 진공계 및 압력계를 설치한다.
- (4) 펌프의 운전에 필요한 수위를 검지하기 위해 수위계(지시계 또는 기록계)를 설치하고, 펌프의 유지보수를 위하여 필요한 경우 수동 혹은 전동 슬루스밸브를 설치한다.
- (5) 마중물을 필요로 하는 경우는 적당한 진공펌프 또는 진공설비를 설치한다. 진공펌프는 기동후 2~3분간에 펌프를 물로 꽉 채울 수 있는 용량으로 한다.
- (6) 펌프장에는 천정크레인 또는 전기기중기 등을 설치하는 것이 좋다.
- (7) 펌프의 축봉용, 냉각용 및 윤활용 등의 급수장치와 실내 배수펌프를 필요에 따라 설치한다.

【해설】

(1)에 대하여

펌프의 토출구 또는 토출관 중에서 펌프 기동시의 부하경감, 토출량 절감 또는 역류방지를 위해 슬루스밸브 또는 버터플라이밸브를 설치하며, 밸브의 설치위치는 물의 흐름방향에 직각을 유지토록 하여 수류의 쓸림에 의한 밀리는 추력 등 불필요한 추가부하가 발생치 않도록 한다. 차단용에는 슬루스밸브, 유량조절용에는 버터플라이밸브 등을 쓰는 것이 좋다. 밸브의 개폐는 구경 400 mm 정도까지는 수동식을 사용하지만 그 이상 일때는 동력개폐식으로 한다. 단, 사용빈도가 적은 경우에는 수동식으로 해도 좋다. 또, 구경 400 mm 이하에서도 자동 또는 원격제어를 할 때는 동력개폐식으로 한다. 동력개폐식에는 전동식과 압력식(수압 또는 유압식)이 있다. 또한 밸브에는 열림 정도를 표시하기 위해 적당한 개도지시계가 필요하다.

(2)에 대하여

토출측 수위가 펌프보다 상당히 높고 정전 및 기타의 사고시에 역류를 발생할 우려가 있는 경우는 역류방지용의 밸브를 설치한다.

역류방지용 밸브는 가능한 한 저항이 적은 구조로 하고, 보통 토출관의 도중에 역류방지밸브가 쓰여진다. 저양정의 대형펌프에서 토출측 관로가 짧은 경우에도 관 끝에 플랩밸브를 쓰는 것이 좋다.

(3) 및 (4)에 대하여

펌프의 운전상황을 확인하고자 진공계 및 압력계를 설치하며 또, 운전조작을 안전하게 하기 위해 펌프흡입부 및 토출측 수면의 수위를 계측하기 위해 수위계를 설치하는 것이 바람직하다.

(5)에 대하여

펌프의 흡입측이 수압에 의해 강제흡입하는 경우와 입축펌프에서 날개가 항상 수중에 있는 경우에는

마중물을 위한 급수장치가 필요없다. 그러나 이외의 펌프에서는 마중물을 위해 진공펌프를 설치한다. 진공펌프 및 진공시설의 용량은 기동 후 2~3분간에 주펌프를 물로 채울 수 있는 것으로 한다.

진공펌프는 건식진공펌프 및 습식인 낫슈형이 가장 많이 사용되지만 이 습식진공펌프는 펌프본체내에 항상 일정량의 물이 필요하므로 진공펌프의 최초의 마중물 및 운전중의 물공급용으로서 보조수조가 필요하다.

하수도용의 펌프에서는 오수 중의 슬러지 및 모래 등이 진공펌프 내부로 들어오는 것을 막기 위해 진공탱크 등을 두는 것이 바람직하다. 다시 말하여 자흡수(自吸收)펌프는 펌프 본체의 내부구조를 기동에 필요한 물을 공급할 수 있는 특수구조로 한 것이다.

(6)에 대하여

펌프실에는 천정크레인(crane) 또는 호이스트(hoist)를 설치하는 것이 좋다. 그러나 필요에 따라서는 체인블록(chain block)을 쓰는 것도 좋다. 천정크레인은 작업조건에 따라 고속형, 보급형 및 저속형의 3종류가 있으나 펌프장용으로는 되도록 저속의 것을 쓰는 편이 좋다. 천정크레인 또는 호이스트를 설치할 때는 해당 KS 및 관계법규를 따라야 한다.

(7)에 대하여

펌프의 축봉수(軸封水) 또는 펌프 및 전동기의 베어링 등의 냉각용수, 저양정 펌프에서 토출압력이 극히 낮은 경우, 하수도용의 펌프와 같이 양수에 슬러지, 모래 등을 포함하고 있는 경우 및 물로 윤활을 하는 수중베어링을 사용하고 있는 펌프에서도 별도로 보조급수펌프 등의 적당한 급수장치가 필요하다. 또 펌프장의 바닥면이 지반보다 낮은 경우, 마중물의 누수 및 잠용수 등을 자연배수할 수 없으므로 펌프실의 일부에 배수구를 설치해서 실내 배수펌프로 배수한다.

3.5 펌프의 자동운전

3.5.1 제어방식의 선정

펌프의 제어방식은 펌프의 형식과 사용조건, 건설비, 유지관리비 및 전동기의 종류 등을 고려하고 운전의 합리화를 도모하기 위하여 적당한 제어방식을 선정한다.

【해설】

일반적으로 물을 양수하는데는 펌프의 기동에 필요한 마중물(priming water), 축봉수, 냉각, 윤활, 전동기의 기동 및 정지, 토출측 밸브의 개폐 등 일련의 조작을 한다.

종래에는 이들의 조작을 현장에서 개별적으로 수동 조작하여 왔으나 근래 기술이 진보함에 따라 운전관리를 합리화하기 위해 연동(連動) 또는 자동화하는 것이 일반적이다. 펌프의 운전방식을 선정하는데 있어서는 유입하수량의 변동, 펌프의 형식과 사용빈도, 건설비, 유지관리비, 근무인원수, 기술수준 및 단계적 시공에 따른 초기대책 등을 종합적으로 검토하지만 제어기술의 진보, 기계화 및 에너지 절

약화 등에 따라 자동제어방식이 많이 채용되는 경향이다.

그러나 어떠한 경우라도 시운전과 조정을 위하여 현장에는 단독운전을 할 수 있도록 현장제어반을 설치한다. 또한 안전하게 자동화한 방식에서도 1인 조작제어방식으로 운전이 가능하도록 설치하면 편리하므로 이를 권장한다.

펌프의 자동제어에는 수위와 관련하여 자동적으로 기동 또는 정지하는 간단한 방법에서 대수를 선택하고, 토출량을 제어하는 등 복잡하고 다양하며 이들 목적에 따라 대별하면 수위제어, 유량제어 및 압력제어로 구분된다. 하수처리시설에서 일반적으로 채용되는 수위 및 유량제어는 다음과 같다.

1) 수위제어

유량의 변동에 따라 펌프흡수정의 수위 또는 그 변화를 검출하여 펌프흡수정의 수위를 일정하게 유지하도록 유입하수량에 비례한 유량을 양수하는 방식이다.

2) 유량제어

펌프흡수정의 수위에 의한 목표토출량을 수위목표 토출량곡선 및 수위변화 보정률로부터 토출량을 제어하는 방식이다.

이러한 수위 및 유량제어는 다음과 같은 방법으로 이루어진다.

- ① 펌프의 대수제어 : 펌프흡수정 수위에 의해 펌프마다 설정수위를 설치하여 수위의 증감에 따라 펌프의 운전대수를 증감하여 토출량을 조절하는 것이다.
- ② 펌프의 회전수제어 : 펌프의 회전수를 변화시켜 토출량을 조절하는 방식이다. 건설단계의 일부 통수시 또는 청천시 등 수량이 적은 경우와 수량변화가 현저한 경우 유지관리상 경제적으로 운전하기 위하여 용량이 다른 펌프를 설치 또는 동일 용량의 펌프를 설치하여 이를 회전수 제어하므로써 처리공정의 안정화 및 자동화를 도모한다.
- ③ 토출밸브의 제어 : 펌프의 토출밸브를 조절하여 토출량을 조절하는 방법으로 밸브를 개방할 때 손실이 크고 운전효율이 나쁘므로 기기에 미치는 영향을 적게 하기 위하여 정격용량의 70% 정도까지 수량조절을 하는 것이 좋다.
- ④ ①~③을 조합하여 제어할 수 있다.

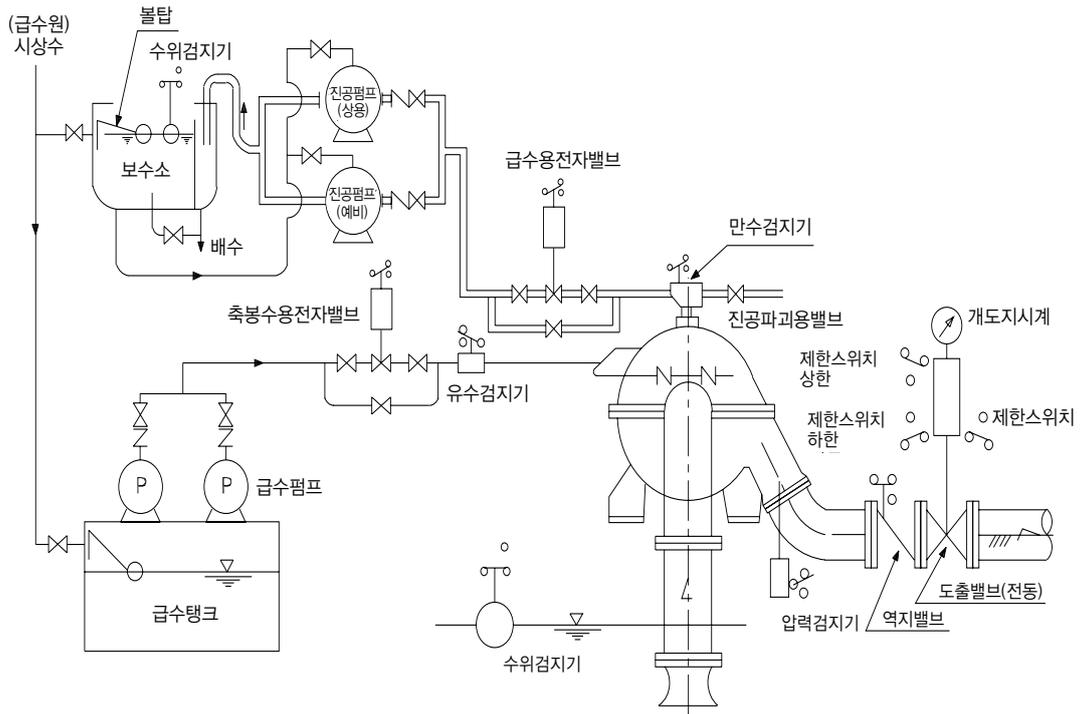
3.5.2 자동운전용 기기

펌프를 자동 또는 원격제어하는 경우 기동 및 정지의 작동과정을 자동적으로 진행시키기 위하여 다음 사항중 필요한 장치를 설치한다.

- (1) 만수(滿水)검지장치
- (2) 토출압력 검지장치
- (3) 축봉수, 냉각수, 윤활용수 등의 압력 또는 물의 흐름 검지장치
- (4) 마중물(priming water), 축봉, 냉각, 윤활용 등의 소배관에 전기식 또는 압력 개폐식 밸브
- (5) 토출측 밸브에 제한스위치 및 안전장치

【해설】

펌프의 기동, 정지를 자동적으로 또는 원격제어(1인제어의 경우를 포함한다.)로 하는 경우에는 펌프의 형식 및 시설 내용에 따라 다르지만, 축봉용, 냉각, 운환, 마중물, 전동기의 기동 및 정지, 토출측 밸브의 열림정도 등 일련의 과정을 자동적으로 원활히 진행시키기 위해 필요한 물을 채우는 경우에 대해 설명하면 다음과 같다(그림 3.5.1) 참조).



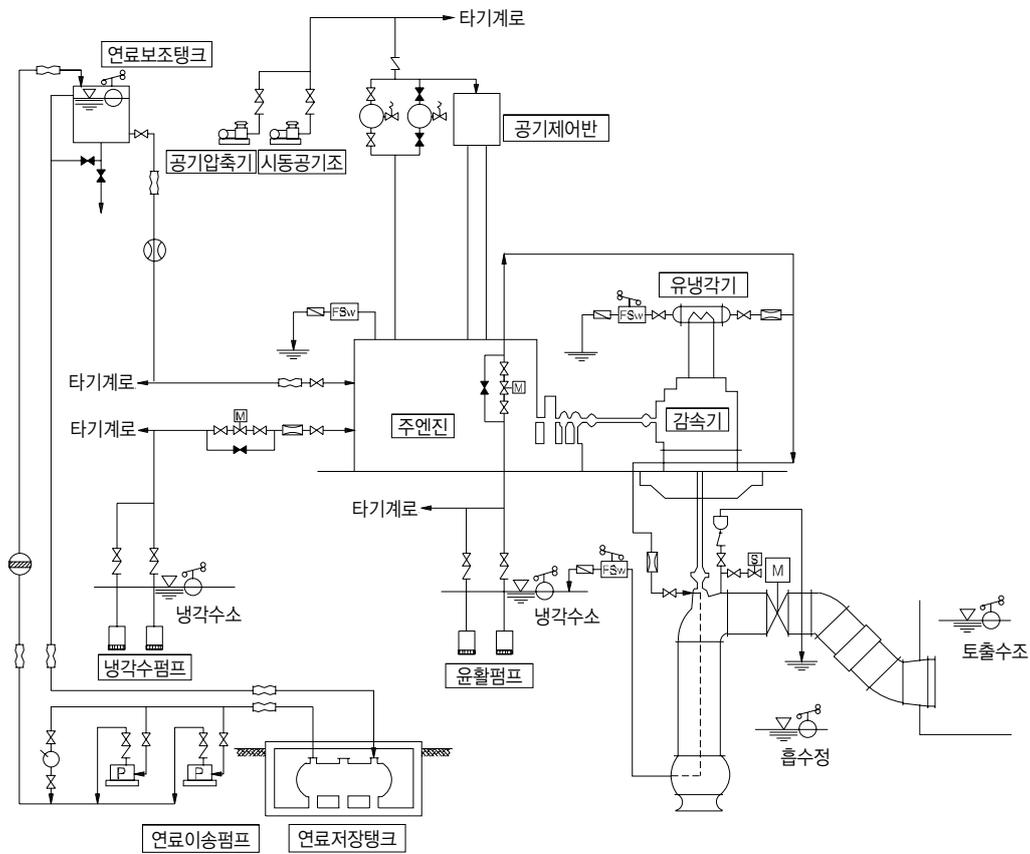
[그림 3.5.1] 원심펌프의 자동운전의 예

구조작스위치를 기동측에 넣든가 또는 다르게 기동지령에 의해 다음의 기동과정이 순차로 자동적으로 진행된다.

- ① 펌프의 축봉수 및 펌프전동기의 축반이 냉각수의 급수펌프 기동
- ② 급수펌프 토출압력검지기 작동(토출압력이 정상인가 확인)
- ③ 펌프의 축봉수에 쓰이는 전자밸브 열림(펌프축봉수 채움개시)
- ④ 진공펌프 및 진공시설 기동
- ⑤ 만수검지기 작동
- ⑥ 기동에 필요한 물채움용 또는 전자밸브(또는 압력개폐식 밸브)단힘(기동수 완료)
- ⑦ 진공펌프 및 진공시설 정지

- ⑧ 전동기의 차단기 투입(펌프기동)
- ⑨ 펌프의 토출압력검지기 작동(토출압력의 정상확인)
- ⑩ 토출측 밸브를 열기 시작한다.
- ⑪ 토출측 밸브를 모두 연다.

단, 펌프의 흡입측이 수압에 의해 흡입하는 경우와 입축펌프 등에서 펌프속이 항시 물이 차있을 때는 기동에 필요한 물 조작이 필요 없으므로 기동과정이 간단하게 된다. 또 원격제어의 경우는 토출측 밸브의 개폐를 앞서 기술한 일련의 과정으로부터 제외시켜 행하는 것도 있다.



[그림 3.5.2] 내연기관 구동펌프의 자동운전 예

펌프의 정지는 조작스위치를 정지측으로 넣든가 또는 다르게 정지명령에 의해 다음의 순서로 행한다.

- ① 토출측 밸브를 닫기 시작한다.
- ② 토출측 밸브를 완전히 닫는다.
- ③ 전동기의 차단기를 끊는다.
- ④ 냉각수 급수펌프를 정지시킨다.

단, 냉각수 급수펌프 1대로 2대 이상의 펌프를 급수하고 있을 때는 정지시키지 않는다. 농형 유도전동기의 경우는 전전압기동(全電壓起動)과 기동장치에 의한 기동이 있지만 각각 기동방식에 적합한 기동순서로 하지 않으면 안된다. 또 내연기관구동의 펌프에서 공기기동의 경우는 펌프를 물로 채운 후 기동용 공기배관의 전자밸브를 열어 기동하고 회전수 상승을 확인해서 전자밸브를 닫아 공기의 공급을 멈추도록 한다((그림 3.5.2) 참조).

사류펌프 및 축류펌프에서 물로 유회하는 베어링을 사용하고 있는 경우는 이것에 확실하게 급수하는 것을 기동과정의 중점으로 한다((그림 3.5.3) 참조).

이상의 기동 및 정지를 자동적으로 행하기 위해 사용하는 기기로서는 (1)~(5)중에서 시설에 적합한 것을 선택하면 좋다.

(1)에 대하여

펌프의 케이싱(casing)안에 채워진 것을 검지하고 펌프의 기동과정을 진행시키기 위하여 만수검지장치를 설치한다.

이것에는 전극식(정전용)과 부자식 등이 있지만 양수 중에 협잡물, 비닐, 기름 등에 의해 잘못 작동할 우려가 있으므로 그 대책을 충분히 고려함과 아울러 청소하기 쉬운 구조로 한다.

(2)에 대하여

펌프의 기동중에 토출압력이 소정압력으로 된 것을 검지하고, 필요에 따라 토출측 밸브의 열림명령을 내기 위해 압력검지장치를 설치한다. 또, 압력검지장치는 펌프운전중의 토출압력 또는 축반이, 냉각수, 마중물 등의 급수압이 비정상적으로 저하한 것을 검지하여 경보 또는 고장표시를 하는 보호장치로 사용한다.

(3)에 대하여

펌프 기동중에 마중물, 냉각수 및 수중베어링의 유회수가 흐르고 있는 것을 검지하고 기동과정을 진행하기 위해 유수검지장치를 설치한다. 또, 유수검지장치는 펌프운전중에 있어서 앞서 기술한 급수의 단수(斷水)를 검지하고, 경보 또는 고장표시를 하는 보호장치로서 사용한다. 마중물과 같은 아주 적은 수량일 때는 유수검지장치 대신에 압력스위치를 쓰는 경우가 있지만관이 막힌 때는 효과가 없으므로 주의한다.

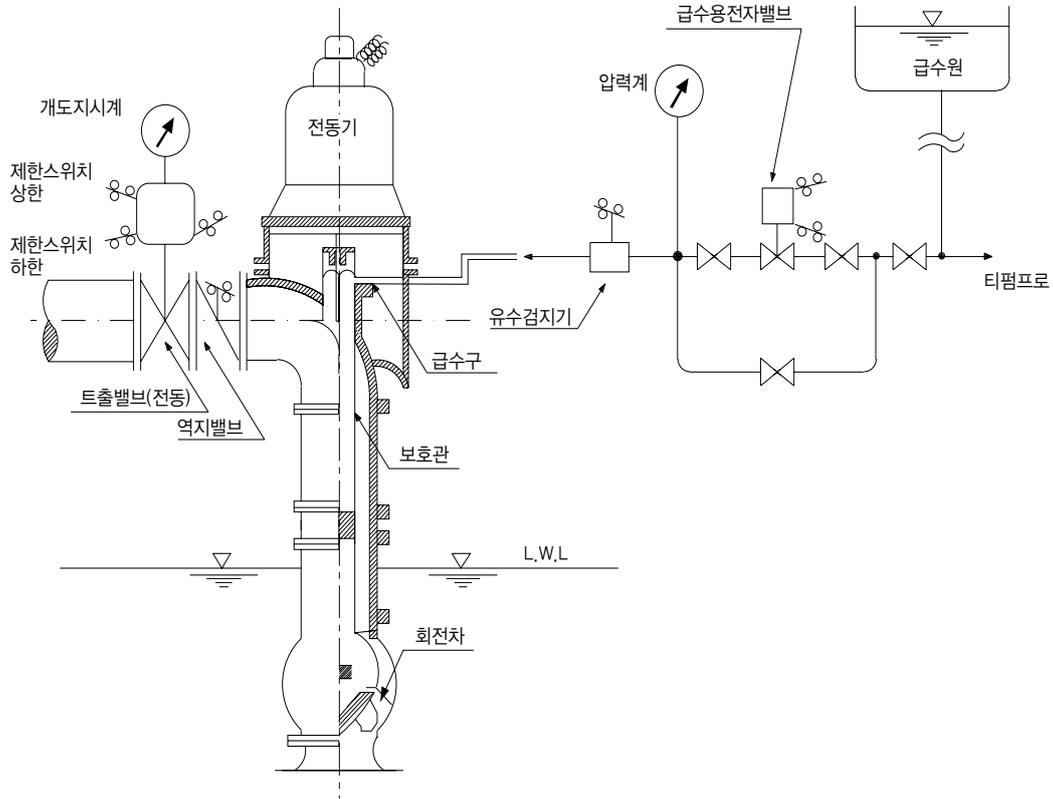
(4)에 대하여

마중물, 냉각, 축봉용, 유회용 등의 작은 배관 중간의 밸브에는 일반적으로 전자밸브 또는 전동밸브를 쓴다. 하수도용 등과 같이 하수를 양수하는 펌프의 마중물의 배관에서는 협잡물이나 불순물 등에 의해 잘못 작동되지 않도록 그 대책을 고려한다. 다이어프램밸브(diaphragm valve) 또는 볼밸브(ball valve, 공기 또는 수압개폐식)는 그 장애가 적으므로 이를 사용하는 것도 좋다.

(5)에 대하여

토출측 밸브에는 완전히 열거나 닫거나 또는 어느 정도에서 밸브를 멈출 수 있게 하기 위해 제한스위치를 설치한다. 전동밸브의 경우는 밸브에 이물질이 들어간 경우의 보호장치로서 토크스위치(torque

switch)를 설치하여 밸브 구동용 전동기를 멈추도록 한다. 또 수동으로 밸브를 개폐할 때는 조작하는 사람의 안전을 위해 전동조작이 되도록 한다.



[그림 3.5.3] 입축펌프의 자동운전 예

3.5.3 펌프설비 보호장치

펌프에는 운전중 발생하는 이상을 검출하고, 이상정도에 따라 운전정지, 경보 또는 고장표시를 할 수 있는 적합한 보호장치를 설치한다.

【해설】

펌프를 운전하기 위해서는 펌프가 기동중 또는 운전중에 발생하는 이상을 검출하여 제어할 등 필요한 장소로 경보 또는 고장표시를 하기 위한 적당한 보호장치를 설치한다. 펌프가 기동중 또는 운전중에 일으키는 이상현상은 시설의 내용에 따라 다르지만 일반적으로 다음과 같은 것이 있다.

- ① 전동기(펌프 및 보조기기)의 과부하
- ② 펌프 토출유량의 감소
- ③ 펌프 토출압력의 이상저하

- ④ 흡입수위의 이상상승 및 저하
- ⑤ 펌프 및 전동기의 베어링 온도의 이상상승(전동기 권선온도 포함)
- ⑥ 축봉수, 냉각수 및 윤활수(또는 윤활유) 압력의 이상저하와 유량감소
- ⑦ 진공펌프용 보조수조의 수위 이상
- ⑧ 기동 및 정지의 지체

이들의 이상현상을 검토하는 기기로 압력검지기, 유수검지기, 수위검지기, 온도스위치, 과전류계전기 또는 과부하계전기 등이 있으며 펌프의 형식, 운전방식 및 사용조건 등에 따라 필요한 것을 사용한다.

이상의 것 이외에 기동과정에 있어서 정해진 조건을 만족하지 못하는 경우 다음의 과정으로 넘어가지 않도록 하는 연동장치를 설치해 두고 또 필요에 따라서는 조작반에 펌프 비상정지용 조작스위치를 둔다.

고장은 그 중요성에 따라 중(重)고장과 경(輕)고장으로 나누고, 중고장의 경우에는 펌프를 정지시킴과 동시에 경보 및 고장표시를 하고, 경고장의 경우는 경보 및 고장표시만으로 한다. 고장표시는 조작반 또는 제어반에 집합고장표시기에 의해 집중적으로 표시하여 감시하기 쉽도록 하는 것이 좋다.

3.6 전동기

3.6.1 종류

전동기는 3상유도전동기를 표준으로 한다.

【해설】

전동기의 종류는 다양하지만 그 중에서도 3상유도전동기는 구조가 간단하고 운전보수가 용이한 점 등의 이점이 있기 때문에 가장 일반적으로 사용되므로 하수도용 기계의 전동기도 이것을 표준으로 한다.

3상유도전동기는 회전자(回轉子)의 구조에 따라 다음과 같이 분류되고 있다.

- ① 보통 바스킷형(籠形) 유도전동기
- ② 특수 바스킷형(籠形) 유도전동기
- ③ 권선형 유도전동기

특수바스킷형(1종, 2종)이라 함은 기동전류를 제한하거나 또는 기동토크(torque)를 크게 하기 위해 회전자를 특수한 구조로 한 것으로 기동토크가 1종은 전부하토크의 100% 이상, 2종은 전부하토크의 150% 이상의 것이다. 전동기의 정격주파수 및 정격전압은 <표 3.6.1>과 같고 전동기축에 연속발생하는 정격출력의 표준은 <표 3.6.2>와 같다.

〈표 3.6.1〉 정격전압

주 파 수 (Hz)	60
저 전 압 (V)	220
	380
	440
고 전 압 (V) ¹⁾	3,300
	6,600

주: KS C 4203에서는 고전압으로 3,000V 및 3,300V를 표준으로 하고 있으나 실제로는 3,300V 및 6,600V가 사용되고 있다.

〈표 3.6.2〉 전동기의 정격출력의 표준

(단위 : kW)

KS C 4202	KS C 4203 ¹⁾	KS C 4202	KS C 4203 ¹⁾
0.2	(37)	7.5	(110)
0.4	40	11	125
0.75	50	15	150
1.5	(55)	22	200
2.2	60	30	
3.7	75	37	
5.5	100		

주: 고전압으로 3,000V 및 3,300V를 기준으로 한 정격출력을 나타낸 것이다.

3.6.2 형식

(1) 전동기의 형식은 설치(지지)장소 및 주위의 상황에 따라 <표 3.6.3>을 표준으로 한다.

〈표 3.6.3〉 전동기 형식

설치(지지)장소의 상황	형 식	
	외 피 형	보 호 방 식
건조하고 한적한 장소	개 방 형	보호형
물방울을 받을 우려가 있는 장소	개 방 형	포말보호형
물이 고이거나 습기가 현저한 장소	전 폐 형	전폐방수형
부식성 가스를 받을 우려가 있는 장소	전 폐 형	전폐외선형 또는 전폐방식형
옥외에 설치하는 경우	전 폐 형	전폐실외형
수중에서 사용하는 경우	전 폐 형	전폐수중형

(2) 전동기의 용량과 대수는 펌프의 용량과 대수 결정시 연계 검토한다.

【해설】

(1)에 대하여

전동기의 외피형과 보호방식은 부하의 종류 및 설치장소의 상황에 따라 정해야 한다. <표 3.6.3>은 설치장소의 상황에 적합한 형식의 표준을 나타낸 것이다. 습기가 적고 통풍환기가 양호한 환경에서는 저렴한 값으로 보수가 용이한 개방형이 가장 적합하지만, 물방울의 영향을 받을 수 있는 곳에서는 방포말보호형(防泡沫保護形)이 좋다. 물이 스며들거나 습기가 현저한 곳에서는 전폐방수형(全閉防水形),

부식성 가스의 영향을 받을 우려가 있는 장소에서는 전폐외선형(全閉外扇形) 또는 전폐방부식형(全閉防腐蝕形)이 적당하다. 실외에 설치되는 전동기에는 전폐실외형(全閉室外形)이 사용된다. 또, 수중에서 사용하는 경우는 전폐수중형(全閉水中形)이 좋다. 더욱이 주택지 또는 시가지 등에서 특히 소음방지를 고려하는 경우는 저소음전동기를 사용한다. 또한 전압 600V이하의 삼상유도전동기(200kW이하)를 사용하는 경우에는 KS C 4202 규정 이상의 고효율기준을 만족하며 에너지소비율을 저감 개선하는 저탄소 녹색성장 품목으로 고효율전동기를 가급적 사용한다.

(2)에 대하여

전동기 출력을 펌프 축동력보다 크게 하여야 하며, 전동기 용량이 과대하면 고가의 큰 전동기를 사용함에도 불구하고 효율 및 역율이 나빠 비경제적이고, 과소하면 기동이 되지 않고 과부하발생으로 고장을 발생할 수 있기 때문에 운전범위내에서 최대축동력에 대한 여유율을 고려하여 검토하여야 한다.

3.6.3 기동장치

전동기는 전전압기동의 경우 외에는 <표 3.6.4>의 기동장치를 설치한다.

<표 3.6.4> 기동장치(起動裝置)

전 동 기 종 별	기 동 장 치
바스킷형(농형) 유도전동기	스타델타 기동장치
	기동보상기
	기동리액터
권선형 유도전동기	2차저항기

【해설】

정지하고 있는 유도전동기에 정격전압을 가하면 큰 전류가 흐른다. 이 전류(기동전류)는 역율(力率)이 나쁘고 전원용량이 작은 경우에는 전자접촉기가 떨어지며, 같은 계통의 다른 기기에 악영향을 준다. 바스킷형 유도전동기는 구조상 기동시에 2차측 회로에 저항기를 삽입할 수 없으므로 기동전류제어는 일반적으로 1차측 전압을 변화시키는 것으로 한다.

기동전류는 단자전압(端子電壓)에 비례하며 기동토크는 단자전압의 제곱에 비례하기 때문에 기동방법 및 감전압(減電壓) 탭(tap)의 선정은 전원용량 및 필요 기동토크 등을 충분히 고려할 필요가 있다. 전전압기동방식은 전동기의 단자에 직접 정격전압을 가해서 기동하는 방식으로 일반적으로 기동전류는 전부하전류의 500~800%, 기동토크는 전부하토크의 100~150%이다. 3.7 kW 이하의 전동기는 전원의 대소에(전압의 고저) 관계없이 이 기동방법을 취한다. 전원용량이 충분하다면 5.5 kW 이상의 전동기에서도 전원용량에 따라서 이 기동방법을 취한다. 단, 전원용량이 작을 때는 전력회사와 협의할 필요가 있다.

스타델타기동방식은 기동할 때 1차전선을 스타에 접속하고 대체로(거의) 정격속도로 된 후에 델타에 접속하는 기동방법이다. 이 방식은 (저압을 수전하는 수용가는) 5.5 kW~37 kW까지의 저압전동기에

쓰여지고 있다. 기동전류 및 기동토크는 전전압기동시의 약 1/3이다.

보상기동방식(補償起動方式)은 단권변압기(單券變壓器)를 사용하여 전동기 단자전압을 정격전압보다 저하시켜 기동하는 방법으로 기동토크 및 전원측의 전류는 모두 변압비의 제곱에 비례한다.

리액터(reactor)기동방식은 1차회로에 직렬로 기동리액터(reactor)를 넣어 기동하는 방법이다. 이 방법은 직렬로 넣은 리액터(reactor) 중에서 전압을 강하시키는 것이므로 보상기동방식에 비해 기동시의 입력전력이 크게 되는 단점을 가지고 있다.

2차저항기 기동방식은 권선형 유도전동기를 기동할 때 쓰이는 방법으로 2차에 삽입한 저항을 가감해서 기동전류 및 기동토크를 변화시키는 것이다. 삽입한 2차저항을 속도가 상승하는데 따라 점차로 적게 되도록 하다가 후에 단락한다. 이 방법은 기동전류도 적고 시동역율도 좋아 바스킷형 유도전동기에 비해 기동특성은 매우 좋아진다.

3.6.4 동력전달방식

동력전달방식은 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 전동기와 부하의 연결은 플렉시블축이음(flexible joint)에 의한 직결을 표준으로 한다.
- (2) 회전수 관계로 직렬로 할 수 없을 때는 기어 및 벨트 등의 방법으로 한다.
- (3) 부하의 변동이 급격하여 전동기와 부하사이에 기능상 슬라이딩 등의 완충을 둘 필요가 있는 경우에는 유체축(流體軸)커플링, 분체축(粉體軸)커플링 및 전자축(電磁軸)커플링 등을 사용한다.

【해설】

(1)에 대하여

전동기와 부하와의 연결은 일반적으로 플랜지형, 힙축 커플링을 표준으로 한다. 이것은 축심이 약간 휘는 정도로는 운전상 큰 지장을 주는 일이 없기 때문이다. 그러나 자재축 커플링은 아니기 때문에 조립과정이나 설치에 있어서나 정확히 중심선이 맞도록 해야 한다.

또 전동기와 부하가 기초를 달리하는 구조에서 부등침하의 우려가 있는 경우 또는 힙축 커플링에서는 축의 편심에 의한 진동을 흡수할 수 없는 경우에는 자재축 커플링을 사용한다.

더욱이 출력이 큰 전동기에서 플랜지형 힙축 커플링에 의해 축동력을 전달할 수 없는 경우는 기어형 커플링을 사용하는 수도 있으나, 입축펌프로 힙축 커플링을 사용할 수 없는 경우는 고정축 커플링을 사용한다.

(2)에 대하여

부하관계로 회전수를 변화시킬 필요가 있는 경우는 간단하고 값싼 방법으로서 기어 또는 벨트의 방법을 표준으로 한다. 변속비에 대해 기어는 정확하지만, 벨트는 정확하지 않다. 아울러 그 제작과 설치가 잘 되고 못되는 것에 따라 전동효율에 상당한 차가 있으므로 계획에서는 충분히 주의할 필요가 있다.

기어전동장치는 일반적으로 유욕식(油浴式)으로 한다. 대용량의 것은 강제급유식으로 하고 기름냉각

기나 초기주유장치 등의 부속장치가 필요하다.

(3)에 대하여

기계스크린 및 침사스크레이퍼 등의 동력전달은 기능상 부하가 대폭으로 변동하기 때문에 축커플링으로서 유체축커플링, 분체축커플링 및 전자축커플링 등을 사용하면 과부하인 경우는 슬라이딩에 의해 이를 흡수해서 전동기를 보호함과 동시에 피동측을 원활히 운전할 수가 있다.

3.6.5 전동기 보호장치

전동기의 보호장치는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 전동기의 개폐기와 기동장치 및 2차측 단락장치의 상호간에 연동장치를 설치한다.
- (2) 전동기에는 과부하 및 저전압의 차단장치를 부착시킨다.

【해설】

(1)에 대하여

기동기를 가진 권선형 전동기의 조작절차가 잘못된 경우에 일어나는 전기사고를 막기위해 기동기와 전동기의 2차측 단락장치가 기동상태로 되돌아오지 않을 때는 계전기가 작동해서 개폐기를 놓더라도 회로가 단혀 있도록 하는 연동장치를 설치한다.

(2)에 대하여

전동기에는 과부하에 의한 손실, 파손 및 정전 후의 재송전에 의한 위험을 방지하기 위해 배전반에 과부하 및 저전압의 차단장치를 부착한다.

저압전동기의 경우 단락보호장치로서 배선용차단기(전동기)를 설치하고, 과부하보호에는 전자접촉기 2차측에 열동계전기(熱動繼電器)를 설치한다.

전원의 결상(缺相)에 의한 전동기 손실을 방지하기 위하여 2E(과부하 및 결상)계전기를 사용하고 역상보호가 필요한 경우에는 3E계전기를 사용한다. 단, 지락(地絡)보호장치를 할 필요가 있는 경우에는 지락시 정전에 의한 영향범위를 고려하여 배선용 차단기 또는 차단기에 지락보호장치를 조합한 것을 사용한다.

고압전동기의 경우 과부하와 단락보호를 위하여 고압한류퓨즈(진공차단기)와 고압전자접촉기를 조합한 스위치를 사용하여 단락보호는 고압한류퓨즈(진공차단기)로 과부하보호는 과전류계전기를 조합하여 사용한다.

진공식 차단기는 개폐동요에 의한 이상 고전압이 발생하므로 동요(찌지)흡수기(動搖吸收器)의 설치를 검토할 필요가 있다.

유도전동기에 과부하의 단락보호를 하는 경우 검토할 사항은 다음과 같다.

- ① 전동기의 허용과부하특성과 과부하보호용 계전기의 작동특성의 검토
- ② 전동기의 기동전류에 의한 과전류계전기 또는 한류퓨즈의 불필요한 작동검토
- ③ 전동기보호용 계전기와 상위측과 전류계전기의 검토

지락보호에 대하여는 수전용차단기(受電用遮斷器)로 보호하는 경우 정전에 의한 영향범위가 커지므로 각 전동기마다 지락방향계전기의 설치가 요망된다. 또한 전력퓨즈와 고압전자접촉기의 조합은 전력퓨즈 용단(湧斷)시의 결상보호로서 2E계전기(과부하 및 차상보호)로 결상을 검출하여 접촉기를 개방한다.

정전시에는 부족전압 계전기에 의해 접촉기 또는 차단기를 개방시키지만 펌프의 기동장치는 동시에 기동되지 않도록 한다.

3.7 비상발전기

3.7.1 종류

비상발전기에 사용하는 내연기관은 <표 3.7.1>을 표준으로 한다.

<표 3.7.1> 내연기관의 종류

출력(PS)	내연기관의 종류
30 미만	디젤기관 가솔린기관
30 이상	디젤기관

【해설】

비상발전기에 사용하는 내연기관은 기동이 쉽고 취급이 간편하고 운전경비가 싼 것으로 한다. 이 조건을 만족시키기 위해 디젤기관 또는 가솔린기관이 쓰여진다. 디젤기관은 소용량으로 부터 대용량까지 널리 쓰이고 있지만 가솔린기관은 30PS 정도 이하의 소용량의 것에 쓰이고 있다.

저속기관은 비싸고 중량이 크므로 하수도용으로는 주로 중속 및 고속기관을 쓰는 것이 좋다. 내연기관에서 고속, 중속 및 저속의 구분은 명확하지 않지만 대개 500회/min 미만을 저속, 500~1,000회/min을 중속, 1,000회/min 이상을 고속이라 부른다. 한편 최근에는 과급기를 붙인 디젤기관이 보급되고 있으며 동출력의 무과급디젤기관에 비해 크기 및 중량이 작아도 된다. 또 배기가스 터빈의 발달에 따라 이것을 과급기로서 응용해서 값도 싸고 안전하며 기술적으로도 신뢰할 수 있는 것이 제조되고 있으므로 건설비, 설치장소 및 사용조건 등을 고려해서 사용을 검토하는 것이 좋다. 한냉지에서는 동절기에 디젤기관의 기동이 곤란하게 되므로 기온 및 기관의 제조 등에 따라서 기관의 난방, 냉각수, 연료 및 윤활유의 예열, 또는 예열전에 의하여 연료실을 예열하는 등 기관의 기동을 쉽게 하는 대책을 강구할 필요가 있다. 또한 연료 및 윤활유는 기온에 적합한 양질의 것을 사용하는 것이 필요하다.

3.7.2 출력

비상발전기용 내연기관의 출력은 식(3.7.1)에 의하여 정한다.

$$P_E \geq \frac{1.36 P_r}{\eta_G} \dots\dots\dots (3.7.1)$$

여기서, P_E : 내연기관의 출력(PS)
 P_r : 소요전력(kW)
 η_G : 발전기의 효율(0.85~0.90)

【해설】

비상발전기용 내연기관의 출력은 식(3.7.1)에 의한 것이지만 소요전력 P_r 은 발전기의 부하로 되는 주펌프용 전동기, 압동력 및 전동용 전력의 입력치(kW)로부터 구한 값으로 한다. 발전기는 그 출력을 kVA로 표시하므로 소요전력(kW)을 부하의 역률로 나누어 발전기의 출력(kVA)으로 한다.

3.7.3 비상발전기실

발전기실의 위치와 크기는 다음 사항을 고려하여 결정한다.

- (1) 기기의 반출, 반입과 점검정비 등 운영유지관리가 편리하여야 한다.
- (2) 가급적 배기가스 배출구를 가까운 곳에 설치하여 실내의 온도상승을 억제할 수 있는 곳이어야 한다.
- (3) 실내환기를 충분히 행할 수 있는 곳으로 급유 및 급배수가 용이하여야 하며, 연료유 급유와 냉각수 급수의 배관이 용이한 곳이어야 한다.
- (4) 전기부하선, 콘트롤 조작선 등의 작업이 용이한 장소로서 판넬에 가까운 장소이어야 한다.
- (5) 엔진소음 및 진동등으로 인한 공진현상이 없고 주위에 영향이 없으며, 발전기 세트하중에 충분히 견딜 수 있는 구조의 장소이어야 한다.
- (6) 소규모시설의 경우 처리구역별 또는 단위지역별로 이동식 비상발전기시설을 고려하여야 한다.

【해설】

(1)에 대하여

발전기실의 벽면의 간격은 최소 800~1,000mm이상 유지시켜 장비의 조립, 분해, 보조기기의 설치, 보수 등의 필요한 공간을 확보할 수 있어야 한다.

(5)에 대하여

발전기실의 크기는 가로, 세로의 비율이 1:1.5~1.2가 되는 것이 좋으며, 천정의 높이는 피스톤이 움직이는 높이, 체인블록의 취부에 소요되는 높이, 체인블록장치와 천정과의 거리 등을 감안해서 결정해야 한다. 기관의 크기에 따라 다르나 일반적으로 4~5m 정도로 실린더 직경의 20배 정도면 좋다.

3.7.4 보조시설

비상발전기용 내연기관에는 보조설비로서 다음 사항의 설비를 설치한다.

- (1) 연료탱크
- (2) 기동탱크 장치
 - ① 공기기동인 경우 : 압축공기탱크 및 공기압축기
 - ② 전기기동의 경우 : 축전지 및 충전기
- (3) 냉각수설비
- (4) 천정크레인(crane) 또는 호이스트(hoist)(대형기관의 경우)

【해설】

(1)~(4)에 있는 시설은 비상발전기용 내연기관을 설치하는 경우 최소한도의 보조시설을 열거한 것으로 반드시 설치한다.

(1)에 대하여

연료탱크는 내연기관의 윗부분 보다 약간 높은 곳에 설치하여 중력에 의해 연료를 기관으로 보내는 것으로 그 용량은 되도록 장기간 전부하 운전을 할 수 있는 것으로 한다. 운전시간이 긴 경우, 또는 비상시에 대비하여 필요한 경우는 별도로 기관실 가까이 적당한 저장탱크를 설치하여 연료이송펌프 등에 의해 연료탱크로 송유한다. 저장탱크에는 옥내탱크, 옥외탱크 및 지하탱크가 있으나 입지조건, 건설비 등을 고려해서 결정한다. 연료저장탱크 및 연료탱크는 그 설치위치, 구조 및 취급 등에 대하여 소방방법과 관계법규에 따라야 한다.

(2)에 대하여

내연기관은 15PS 정도 이하는 인력에 의해 기동하지만 그 이상에서는 공기기동 또는 전기기동이 쓰여진다. 공기기동의 경우 압축공기탱크는 상용압력 25~30 kg/cm²로 그 용량은 연속 3회 이상 기동할 수 있는 것으로 한다. 단 소요공기량은 기온, 윤활유의 종류 등의 영향이 크므로 잘 검토하여야 한다. 또한 자동기동방식을 사용하는 경우 공기탱크의 용량은 수동의 경우 2배 정도로 하는 것이 바람직하다. 공기탱크는 고압가스 및 위험물안전관리법에 기초를 둔 보일러 및 압력용기안전규칙에 적합한 것이어야 한다. 공기압축기는 압축공기를 공기탱크에 충전하는 것으로 토출압력은 30 kg/cm² 정도이고 용량은 공기충전에 요하는 시간이 30~60분 정도로 하는 것이 적당하다. 전기기동의 경우 기동발전기는 보통 직류 24V로 축전지의 용량은 연속 3회 이상 기동할 수 있는 것으로 한다.

(3)에 대하여

내연기관은 실린더 및 윤활유 등의 냉각수를 필요로 하므로 적당한 냉각수원 및 냉각수탱크 등의 냉각수 시설을 설치하지 않으면 안된다. 기관에 부착된 냉각수펌프는 최대흡수양정이 2~3m 정도의 것이 많으므로 냉각수원의 위치 및 흡입관의 배관에 주의하지 않으면 안된다. 필요에 따라 냉각수펌프를 설치한다.

순환식의 냉각수펌프를 설치하는 경우는 수온상승에 의한 냉각효과의 저하를 막기 위해 그 용량은

10시간분 이상으로 하는 것이 바람직하다. 단 냉각탑을 설치하는 경우는 이 제한이 없다.

(4)에 대하여

대형 내연기관을 설치하는 곳에는 설치, 분해 및 보수 등을 위해 천정크레인 또는 호이스트를 설치한다(3.4.12의 (6) 참조).

3.7.5 기초

기초는 진동에 대하여 충분한 넓이와 중량의 것으로 한다.

【해설】

비상발전기용 내연기관의 기초는 적어도 기관중량의 4배 이상의 콘크리트 기초로 하는 것이 바람직하다. 특히 연약지반인 곳에서는 충분한 기초파일을 한다(3.4.11 참조).

또한, 필요하다면 독립기초를 할 필요가 있다.

3.8 소음 및 진동방지

펌프, 비상발전기 및 전동기, 송풍기 등의 소음에 의하여 주위의 주민에게 악영향을 미칠 우려가 있는 곳에서는 다음과 같은 방음 및 방진조치를 강구하며, 특히 생물반응조에 급기하기 위해 공기를 생산하는 송풍기와 그 시설의 건물에 대책을 중점적으로 강구하여야 한다.

- (1) 펌프는 가능한 한 회전수를 적게 하며, 필요에 따라서는 입축펌프나 수중모터 펌프를 사용한다.
- (2) 전동기 및 비상발전기는 충분한 기초위에 방진시설과 함께 설치하고, 소음기 등의 방음장치를 설치하며, 가능한 저속기를 사용한다.
- (3) 펌프장은 진동이 발생되지 않는 구조로 하고 벽면에 흡음판을 설치하는 등 적당한 방음 및 방진구조로 한다.
- (4) 송풍기와 전동기의 경우 비상발전기와 동일한 방법으로 충분한 기초위에 일체형 베드로 방진시설과 함께 설치하고, 대기중의 흡입공기에 함유된 습도 처리대책을 감안한 소음기와 고주파형 기계소음을 차단하기 위한 방음함 등의 방음장치를 설치한다.
- (5) 방음 및 방진대책으로는 그 재료의 성질과 역음장의 성질을 함께 고려해서 가장 유효적절한 사용법을 적용해야 한다.

【해설】

민가에 근접하여 펌프장을 위치시키면 기계 및 전기시설로부터 생기는 기계적 소음과 진동으로부터 유발되는 소음때문에 부근의 주민이 악영향을 받게 되므로 충분한 방음 및 방진장치를 강구한다.

소음 및 진동의 기준과 시설종류에 대해서는 환경정책기본법 및 소음·진동규제법에 의해 규제되고 있으므로 이에 준하여 적당한 방음 및 방진장치를 설치하여야 한다.

(1) 및 (2)에 대하여

전동기에서는 소음장치를 부착한 것 또는 전폐내냉형(全閉內冷形) 또는 전폐수냉형(全閉水冷形) 등 소음이 적은 것을 사용한다. 비상발전기용 내연기관에서는 배기관 계통에 소음기를 설치하고, 특히 필요한 때에는 콘크리트실내에 설치하여 방음효과를 높인다. 변압기에는 철심 및 권선 등의 내부구조를 고려하는 외에 실외형으로 대용량인 경우에는 이중탱크식 또는 콘크리트방음식으로 한다.

(3)에 대하여

건물을 방음구조로 하는 것에는 벽면에 흡입관을 설치함과 아울러 창문을 다른 곳에 설치하거나 적게 설치한다. 또는 지하식 및 반지하식 구조로 하며, 이 경우에는 적당한 환기장치를 설치하는 것이 필요하다.

(4)에 대하여

상기 (2)와 같이 동일 베드구조에 전동기와 송풍기를 일체형으로 공간을 최소화하는 방음 및 방진시스템을 설치하여야 한다. 특히 소음과 진동은 고주파형과 저주파형으로 이뤄지며 기계적 맥동에 의한 진동·소음과 동력전달방식에 따른 소음, 압력 및 풍량 등의 변화로 인한 숨쉬는 듯한 서징현상과 같은 현상의 소음과 진동 등이 발생한다.

소음·진동의 패턴은 송풍기 형식 및 특성에 따라 다르기 때문에 소음기 및 방음함 등의 시설에 대해 충분히 검토하여 관련규정에 따라 설치하여야 한다. 아울러 흡입공기에 포함되어 있는 습도의 불완전한 제거로 소음기 수명이 저하되어 소음·진동이 감소되지 않을 수 있으므로 수명을 연장하기 위해 적절한 흡입측의 건식 및 습식필터의 시설을 선정 및 설치하여야 한다.

(5)에 대하여

재료표면에서의 음의 반사와 공간을 둘로 분할하고 있는 벽 등에 한 방향으로부터 다른 방향으로의 음의 투과에 관해 나타나는 음의 감쇠에 따라 건물내부의 소음레벨을 저하시키는 흡음재로는 다음과 같다.

- ① 암면, 유리섬유, 마면 등의 섬유류, 커튼이나 주단 등의 직물류, 또는 플라스틱 등의 다공성 재료로서, 재료의 표면에 입사한 음파는 그로부터 구멍이나 틈새 가운데로 들어가 다시 재료의 중심을 전파하려고 할 때에 공기의 진동적 흐름에 대해서 점성에 기인한 흐름저항에 따라 그 에너지를 잃게 하는 다공성 흡음재료가 있음
- ② 판 등을 적당한 공기층을 두고 벽에 붙이면 음의 주파수가 판의 고유진동수에 가깝게 되어 판이 심하게 진동하므로 흡음효과를 내는 판진동·막진동에 의한 흡음재료가 있음
- ③ 합판, 경질 섬유판, 금속판 등에 구멍을 뚫은 것이나, 이것들에 슬릿을 설치하여 배후에 공기층을 두어 벽에 붙이면 구멍 또는 슬릿이 공기층과 일체가 되어 공명구조가 되고 그 공명 주파수 부근에서 흡음특성을 발휘하게 되는 공명에 의한 흡음재료가 있음
- ④ 선택이나 시공에 있어 주의할 사항은 첫째로 흡음률과 주파수 특성 등을 요하는 재료나 공법의 선택을 충분히 고려하여야 하고, 두 번째는 내화성(불연성), 기계적 강도(충격, 마찰 또는 고속

기류 등), 먼지의 방출, 경년변화(흡음률 또는 치수), 온도나 습도의 영향, 열전도율, 내수성, 층해의 유무 등과 부식, 빛의 반사율이나 색조 등 외관상의 문제 등을 다양하게 검토하여야 하고, 특히 시공에 있어서는 흡음특성 변화, 제품의 얼룩, 치수오차의 정도, 중량, 두께, 먼지의 흡착상태, 청결 및 재화장 등을 충분히 고려하여야 한다.

3.9 펌프장

펌프장은 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 펌프장은 가능한 한 철근콘크리트로 하거나 철골콘크리트 등의 불연성 건물로 하고, 지하수의 침투 및 우수의 침입 등이 없는 구조로 한다.
- (2) 펌프장의 넓이는 펌프, 관, 밸브 및 기타 기계를 분해할 때에 이들을 보관하기에 필요한 여유를 둔 크기로 하며, 높이는 설치되는 펌프의 반입, 반출 및 분해, 조립, 설치시에 지장을 초래하지 않는 적절한 높이로 한다.
- (3) 펌프장은 환기와 채광을 좋게 한다.
- (4) 펌프장의 조명은 조작에 지장을 초래하지 않는 충분한 조명설비로 한다.
- (5) 기계의 감시에 적당하고 환기가 좋은 곳에 감시실을 설치하고, 이것에 근접하여 채광과 환기가 좋은 곳에 담당자 대기소를 설치한다. 단, 무인펌프장에서는 이 제한이 없다.
- (6) 펌프장에서 소방법 등에 의하여 규제를 받는 것에 대해서는 관계법령에 따르는 구조로 하고 소화설비 등을 설치한다.
- (7) 펌프장의 벽과 기계의 선단과의 간격은 취급자가 통행하기에 충분한 여유를 갖도록 한다.
- (8) 펌프장 바닥은 구내의 지반면보다 적어도 15 cm 높게 한다. 펌프의 흡입실 양정 관계로 바닥을 지반 아래로 하지 않으면 안되는 경우에는 입구부분을 구내 지반면보다 높게 한다.
- (9) 펌프장에는 기계반입을 위해 필요한 넓이의 반입구를 설치한다.
- (10) 펌프 인양 하중량 3 ton 이상의 시설은 천정크레인의 설치를 표준으로 한다.
- (11) 소규모 펌프장은 계획오수량, 펌프형식 및 구조, 설치대수, 유지관리공간과 깊이, 운전시간 및 시동간격 등을 고려하여 정한다.

【해설】

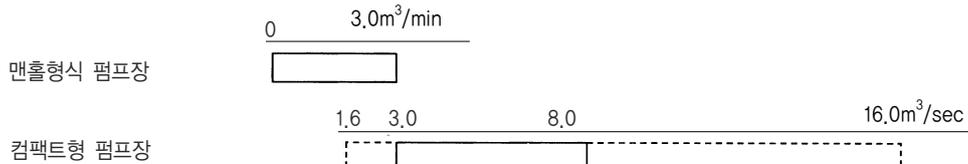
펌프장에서 펌프 및 전기 시설의 설치는 침수선 이상으로 설치하여 홍수시 기준 강도 이상의 우수에도 안전하도록 하고, 주 펌프 가동을 위한 유회유 펌프, 냉각수 펌프 등 보조기기의 설치 위치도 침수에 안전하여야 한다. 또한, 변압기, 수배(변)전 설비는 옥내에 설치하여 홍수시에 침수피해가 없도록 지상 일정높이 이상의 위치에 설치하여 위험에 대비하고, 중앙감시반은 가급적 2층에 위치하는 것이 좋으며, 2층 배치가 곤란할 시 1층에 설치하되 침수되지 않도록 한다.

펌프장은 전동기, 비상발전기용 내연기관의 발열량을 감안하여 환기방식은 강제 환기가 좋으며, 채광과 자연환기를 할 수 있도록 충분한 창문을 설치하는 것이 바람직하다. 또한, 크레인의 용량은 분해, 조립, 설치시 발생하는 최대 하중량을 기준으로 선정하며, 크레인의 인양 높이는 2상식 입축 펌프에서 설치 및 유지보수를 고려하여 펌프 흡수정까지 내릴 수 있는 충분한 높이로 계획한다.

(11)에 대하여

소규모 펌프장이란 소규모 하수도 집수 시스템에 이용되고 일반적으로 탈착식 수중 오수 펌프를 사용하는 통상 침사지가 생략된 맨홀형식 펌프, 콤팩트형 펌프장을 말한다.

- ① 집수 시스템에는 일반적으로 진공식 및 압력식 집수 시스템과 압송식 수송 시스템으로 구분된다.
- ② 소규모 펌프장의 형식은 그 규모에 따라 맨홀형식 펌프장 또는 콤팩트형 펌프장으로 분류된다.



[그림 3.9.1] 소규모 펌프장의 분류와 적용 범위

소규모 펌프장은 가능한 경제적 설비를 요구하고 있기 때문에 침사지를 생략하는 것이 일반적이다. 따라서 펌프의 임펠러가 마모되거나 막혀서 발생하는 진동, 발열, 과부하 등에 주의하여야 한다.

형식별 펌프장에 대한 사항은 다음과 같다.

1) 맨홀형식 펌프장의 경우

펌프장은 펌프시설, 전기시설 및 조립 맨홀로 구성되며, 펌프시설은 탈착식 수중 오수펌프 등으로 설치한다.

수문설비는 맨홀 내에 탈착식의 수중 오수 펌프를 설치하기 때문에 별도의 유입 오수를 차단하지 않고 펌프의 보수·점검이 가능하여 설치하지 않는다.

스크린설비는 막히지 않는 타입의 수중 오수 펌프를 채택한 경우 설치하지 않는다.

맨홀형식 펌프장에 감시, 경보수신 및 운전기록을 위해 자동경보장치와 감시장치 등을 제어실 등의 중앙 감시실에 설치하여야 한다.

소규모 펌프장의 경우 펌프의 시동정지 빈도가 많으면 고장의 원인이 되기 쉽기 때문에 펌프실의 용량은 시동정지빈도를 되도록 적게 하도록 결정한다(계산 예 참조).

또한, 펌프장에 대해서는 2대 이상의 펌프가 동시에 가동시 와류에 의하여 펌프의 성능이 저하되므로 필요 설치간격, 밸브(valve) 등 부대설비 설치 공간, 및 유지관리공간을 추가하여야 하며, 맨홀형 펌프장은 <표 3.9.1>의 크기를 표준으로 한다.

맨홀형 펌프장은 버킷차(bucket car) 등에서 정기적으로 청소하는 것을 고려하여 깊이는 7m 이내로 하는 것이 바람직하다.

맨홀형식 펌프장의 유효용량은 다음과 같다.

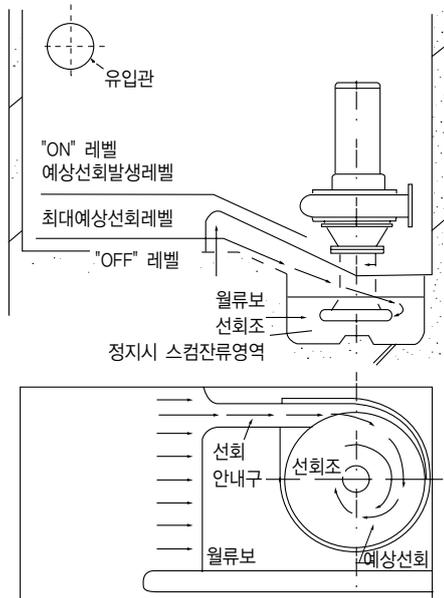
소요유효용량(V) : 맨홀내수위가 유입관저의 높이인 펌프시동수위(HWL)와 펌프정지수위(LWL)와의 차(그림 3.9.3), (부)의 체적을 유효용량(V)으로 한다.

HWL~LWL 간의 수위폭은 운전조작상 0.5 m 이상을 확보하는 것이 바람직하다.

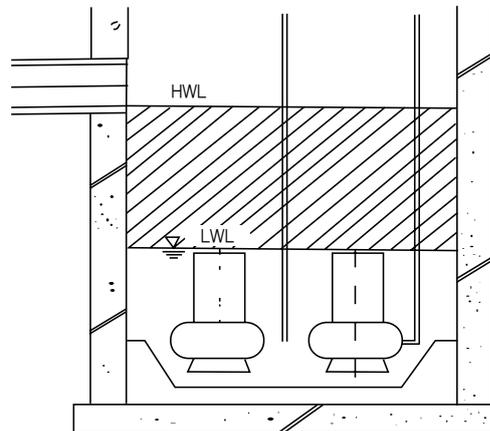
즉, 스크발생의 원인인 부유물을 가능한 한 남기지 않고 펌프로 양수하는 방법으로서 펌프실의 펌프 흡입측에 특수한 형상의 장치(선회조, 인버트뷰레트, 저수위조) 등이 있다([그림 3.9.2] 참조).

〈표 3.9.1〉 펌프장의 형상

계획오수량(m ³ /min)	항목	펌프구경×대수(예비포함)	펌프장 형상
~1.0		φ80×2대	φ1,500
0.7~1.6		φ100×2대	
1.6~1.0		φ125×2대 또는 φ150×2대	φ1,800 각형·특수맨홀



[그림 3.9.2] 펌프실의 유효용량



[그림 3.9.3] 선회조의 사용 예

형상에 따라 펌프의 LWL이 다르기 때문에 계획시에 충분히 검토할 필요가 있다.

〈계산 예〉 펌프실의 유효용량의 결정방법

펌프의 시동간격에서 펌프실의 유효용량을 산출하는 방법은 다음과 같다.

펌프의 시동간격, 운전시간, 정지시간 및 펌프실용량의 관계는 식(3.9.1~3.9.3)과 같다.

$$T_1 \times Q_0 = V + T_1 \times Q_1 \dots\dots\dots (3.9.1)$$

$$T_2 \times Q_1 = V \dots\dots\dots (3.9.2)$$

$$T = T_1 + T_2 \dots\dots\dots (3.9.3)$$

- 여기서, T : 펌프시동간격(분)
 T₁ : 펌프운전시간(분)
 T₂ : 펌프정지시간(분)
 Q₁ : 유입량(m³/min)
 Q₀ : 펌프양수량(m³/min)
 V : 펌프실의 용량(m³)

식(3.9.1)에서

$$T_1 = \frac{V}{Q_0 - Q_1} \dots\dots\dots (3.9.4)$$

식(3.9.4)에서

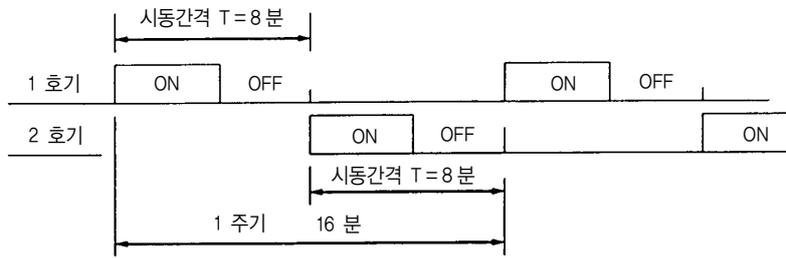
$$T_2 = \frac{V}{Q_1} \dots\dots\dots (3.9.5)$$

식(3.9.3~3.9.5)에서

$$\begin{aligned} T &= \frac{V}{Q_0 - Q_1} + \frac{V}{Q_1} = \frac{V \times Q_1 + V \times (Q_0 - Q_1)}{Q_1(Q_0 - Q_1)} \\ &= \frac{V \times Q_0}{Q_1(Q_0 - Q_1)} = \frac{V \times Q_0}{Q_1 \times Q_0 - Q_1^2} \\ &= \frac{V \times Q_0}{\frac{1}{4}Q_0^2 - (Q_1 - \frac{1}{2}Q_0)^2} \dots\dots\dots (3.9.6) \end{aligned}$$

식(3.9.6)에서 시동간격 T가 최소(최대시동빈도)로 되려면, $(Q_1 - \frac{1}{2}Q_0)$ 가 최소, 즉, $Q_1 = \frac{1}{2}Q_0$ 로 되는 것이 조건이다.

펌프실의 유효용량의 결정은 식(3.9.6)에서 펌프최소시동간격 (T)=8분, 유입량 (Q₁) = 펌프양수량 (Q₀) × $\frac{1}{2}$ 로 하면, $8 = \frac{V \times Q_0}{\frac{1}{4}Q_0^2} V = 2.0Q_0$ 에 의해, 펌프최소시동간격을 8분으로 하면 펌프유효용량은 펌프양수량의 2.0분간 용량분이 필요로 된다([그림 3.9.4] 참조).



[그림 3.9.4] 펌프 2대의 자동교대 운전의 경우

2) 콤팩트형식 펌프장의 경우

펌프장은 우수중계기능에 필요한 설비, 시설의 유지관리상 필요한 설비, 기타 설비로 구성되며, 규모에 따라 펌프형식을 검토 선정한다.

구성설비는 스크린찌꺼기 및 모래를 함유한 오수를 확실히 후단으로 압송할 수 있는 높은 신뢰성과 안전성과 원활한 운영이 가능하여야 한다.

이 밖에 유입관과 압송관의 위치관계, 유입관의 깊이 등 입지 조건이나 유입측 관거의 정비 계획, 예상되는 스크린 찌꺼기와 모래의 양, 사용 개시 후의 유지관리체제 제반 조건 등도 고려하여 적절한 설비 구성을 결정하는 것이 좋다.

이상 유입시에 펌프장 내의 침수를 방지하기 위해 유입 수문은 펌프 흡수정 수위에 따른 긴급 차단을 하는 경우도 있다. 이 경우 운전 조작원이 현장에 도착할 때까지 원격으로 수문 개도 조작을 하여 가능한 수중 우수펌프 운전이 계속 유지될 수 있도록 하여야 한다.

3.10 방류시설

처리장 유입하수는 각 공정을 거쳐 처리되어 지정된 방류수역(하천, 호소, 해역 등)으로 방류하는 시설로 방류펌프와 방류관거 및 처리수 재이용 등과 관련한 관거 등의 재이용시설이 있는데, 이에 적용되는 시설에 대해 검토시 다음사항을 고려하여야 한다.

- (1) 처리수 방류는 방류수역의 상황에 따라 자연유하와 펌프시설에 의한 강제유하로 구분하여 방류하며, 하수도법규정에 따라 처리수 재이용 활성화로 양질의 자원을 확보할 수 있도록 일정규모의 양에 대해 재이용 의무화 방안에 따라 처리수 방류방법을 정해야 한다.
- (2) 처리수 방류방법은 방류수를 재이용하지 않고 방류수역에 바로 방류하는 직접방류와 재이용을 한 후 다른 매체를 통해 방류수역에 방류하는 간접방류가 있으며, 이에 따른 환경을 검토하여 적절한 시설을 설치하여야 한다.
- (3) 고도처리공정의 양질의 처리수를 공업, 농업, 생활용수로 용도를 전환하여 공급하므로서 수자원의 효율적인 이용을 도모하고 향후 물부족에 대비하고 도심건천하천에 유지용수공급으로 수생태 기능을 회복과 함께 친수공간을 제공할 수 있는 처리수 재이용 방안을 검토한다.
- (4) 방류구의 잔류수두가 2m이상 이 되고 유량이 0.2 m³/s 이상 유지될 경우 기후변화에 대비한 이산화탄소 저감대책 일환으로 소수력발전 검토한다.

(5) 방류관거 및 부속설비는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- ① 방류관거가 개거인 경우
측면의 높이는 펌프로부터 토출관단의 속도수두 및 최대조위(最大潮位), 최대 수위에 대하여 충분한 여유가 있는 높이로 하며, 토구에는 각각 또는 수문을 설치한다.
- ② 방류관거가 암거인 경우
정전시의 역류에 의한 동수압에 대하여 적당한 조치를 강구한다.
- ③ 배수펌프장은 필요에 따라 적당한 장소에 바이패스관을 설치한다.

【해설】

(1)에 대하여

처리수 방류는 방류수역의 상황에 따라 자연유하와 펌프에 의한 강제유하방식으로 구분하여 방류하며, 처리수의 재이용여부에 따라 관거를 통해 방류수역에 방류하는 직접방류와 재이용 매체를 통해 처리수를 재이용한 후 방류수역 등으로 방류하는 간접방류가 있으며, 펌프와 관거 등은 설치 및 운영에 관한 주변환경을 고려하여 내식성 재질로서 부식발생이 없고 원만한 흐름을 유지하며 방류될 수 있도록 설치하여야 한다.

(2)에 대하여

직접방류는 펌프와 관거를 통해 하천, 호소, 해역 등의 방류수역으로 직접방류토록 하며, 방류펌프와 관거의 설치위치에 따른 토양환경 등에 대해 충분히 검토하여 적절한 재질 등을 선택하여야 한다.

간접방류는 용도에 따라 처리수를 방류펌프로 송수하여 재이용될 수 있도록 방류펌프와 관거 및 재이용시설을 설치하여야 한다. 방류펌프는 본 장에서 거론한 펌프설계요령, 관거는 제2장에서 거론한 관거시설 설계요령을 참조하여 결정한다.

(3)에 대하여

처리수 재이용 용도는 세척용수, 침사지 기계시설 등 세정수, 포기조 등 소포수, 소독시설용 급수, 슬러지 탈수시설 여포세정수, 슬러지소각시설 세정기 세정수, 청소용수나 화장실 세척용수 등의 도시 재이용수, 조경용수, 도심의 인공하천이나 친수목적의 보충수 등의 친수용수, 하천유지용수, 직접식용이나 간접식용의 관개용수를 위한 농업용수, 습지용수, 지하수충전, 공업용수 등으로 구분할 수 있으며, 처리수 재이용 방식과 재이용 용도에 적용되는 처리공법의 예시를 <표 3.10.1>과 <표 3.10.2>에서 볼 수 있으며, 처리수의 재이용을 검토할 경우 이를 참고한다.

<표 3.10.1> 처리수 재이용방식 (예시)

구 분	개 요
개별순환방식	사무소, 빌딩 등의 건물에서 발생된 오수를 자가 처리하여 빌딩내 재이용하는 방식을 말한다.
지역순환방식	비교적 한곳에 집중되어 있는 좁은 지구, 즉 아파트단지나 새로 건설되는 주거지역 등에 사업자와 건축물 등의 소유자가 공동으로 중수도 형태로 운영하고 해당 건축물 수요에 따라 처리수를 중수로 급수하는 방식을 말한다.
광역순환방식	대규모 하수처리시설 유출수나 공단폐수처리장 유출수를 처리하여 일정지역내에서 해당지역내 빌딩과 주택 등 일반적으로 중수수요에 따라 광역적, 대규모적으로 처리수를 공급하는 방식을 말한다.

〈표 3.10.2〉 처리수 재이용 처리공법 (예시)

재이용 용도		처리공법
도시재이용수		모래여과 정밀막여과(MF) + 역삼투압(RO)
조경용수		모래여과
친수용수		모래여과 + 활성탄 정밀막여과(MF) + 역삼투압(RO)
하천유지용수		모래여과 또는 정밀막여과(MF)
농업용수	직접식용	정밀막여과(MF) + 역삼투압(RO) 이상
	간접식용	모래여과 또는 정밀막여과(MF)
습지용수		모래여과 + 활성탄 정밀막여과(MF) + 역삼투압(RO)
지하수충전		모래여과 + 활성탄 정밀막여과(MF) + 역삼투압(RO)
공업용수		상기조합 모두 가능

(4)에 대하여

방류구의 잔류수두가 2m 이상이 되고 유량이 0.2m³/s이상 유지될 경우 기후변화에 대비한 이산화탄소 절감대책 일환으로 재생에너지 확보를 위해 소수력발전을 도입하여 사용수량, 유효낙차, 발전규모, 수차 및 발전기 형식, 발전기 용량 및 대수, 토목 및 건축시설, 기계설비 등의 검토를 통한 발전량 해석으로 수차발전설비 설치를 검토하여야 한다.

하수처리시설의 방류수량은 계절적으로 변동할 뿐 아니라 하루중의 시간대별로도 변화가 있으므로 그 유량을 계절별, 시간대별로 조사하여 유량곡선을 작성하고 적절한 설비이용률이나 유량설비이용율을 선정하여 최대사용수량을 정하여야 한다.

처리수 재이용을 위한 소수력발전은 방류구 낙차에 의한 위치에너지를 이용하여 수차의 회전력을 발생시키고, 수차와 직결되어 있는 발전기에 의해서 전기에너지를 생산하는 방식으로 설비용량, 낙차 및 발전방식에 따라 분류할 수 있다.

수차의 형식과 적용범위는 수차를 설치하는 지점의 유효낙차와 유량에 의해 적절한 수차의 형식이 다르다. 하수 처리수를 이용한 소수력발전의 경우, 저낙차에서 광범위한 유량에 대응할 수 있기 위해 횡축고정날개 프로펠라 수차의 사용이 일반적이다.

(5)에 대하여

방류관거의 토구는 특히 선박의 운항 및 세굴 등 주위에 영향을 미치지 않도록 하천 및 해양관리자와 사전에 충분한 협의를 거칠 필요가 있다(2.11.2 참조).

- ① 방류관거는 일반적으로 암거이지만 입지조건에 따라 개거 구조상 자체가 하천이나 바다의 호안 또는 제방과 동일성격을 가지는 것이므로 동등 이상으로 충분히 견고한 구조로 하지 않으면 안된다. 측벽의 높이는 방류수면의 최대수위, 또는 최대수위시의 유하에 요하는 손실수두를 고려하여

방류수가 절대로 넘쳐 흐르지 않도록 충분한 여유가 있는 높이로 한다. 또 점검 및 보수 등을 위해 토출 부근에 각각 또는 수문을 설치한다.

- ② 방류관거가 암거인 경우 정수압 및 동수압이 걸리므로 반드시 수밀성이 있는 구조로 한다. 일반적으로 철근콘크리트구조의 관거를 사용하며 특히 종단방향으로 부등침하가 일어나지 않도록 유의해야 한다. 또 관을 사용할 때는 이음 및 보호공 등을 신중히 시공한다. 토구가 완전히 물에 잠겨있든가 또는 잠기는 일이 있을 때에는 공기가 있지 않도록 적당한 장소에 배기공 또는 수문 실 등 개구부의 천단높이는 방류수면의 최대조위 또는 최대수위의 유하에 필요한 손실수두외에 펌프의 기동 및 정지시의 동수압에 의한 수두를 가산하여 절대로 하수가 흘러 넘칠 수 없도록 한다. 물론 토구부근에 하천이나 바다의 제방이 있을 때는 그것보다 낮게 해서는 안된다. 완전가동시 정전으로 인해 펌프가 일제히 정지한 경우의 동수압이 크기 때문에 구조물의 강도에 대하여 주의한다.
- ③ 바이패스관은 외수위가 펌프장의 유입수위보다 낮을 때 이용한다. 단, 펌프설비의 고장 등에 의해 우수의 배수가 불가능한 경우 부분적으로 자연유하로 배수를 가능하게 하는 것이다. 바이패스 관에는 외수가 역류하지 않도록 수문을 설치한다.

제 4 장

수처리시설

제4장 수 처리 시설

4.1 총 설

4.1.1 계획하수량과 수질

계획하수량과 수질은 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 처리시설의 계획하수량은 1차처리, 2차처리, 고도처리 및 3차처리의 각 시설에 대하여 <표 4.1.1>을 표준으로 한다.

<표 4.1.1> 각 시설의 계획하수량

구 분		계 획 하 수 량	
		분류식 하수도	합류식 하수도
1차처리 (일차침전지까지)	처리시설(소독시설 포함)	계획1일최대오수량	계획1일최대오수량
	처리장내 연결관거	계획시간최대오수량	우천시계획오수량
2차처리	처리시설	계획1일최대오수량	계획1일최대오수량
	처리장내 연결관거	계획시간최대오수량	계획시간최대오수량
고도처리 및 3차처리	처리시설	계획1일최대오수량	계획1일최대오수량
	처리장내 연결관거	계획시간최대오수량	계획시간최대오수량

※ 고도처리시설의 경우, 계획하수량은 겨울철(12, 1, 2, 3월)의 계획1일최대오수량을 기준으로 한다. 단 관광지 등과 같이 계절별 유입하수량의 변동폭이 큰 경우는 예외로 한다.

- (2) 유입되는 하수의 수량과 수질은 사전에 충분히 조사하여 결정한다.
 (3) 유입되는 하수의 수량과 수질변동에 대처하기 위해서 필요에 따라 유량조정조를 설치한다.

【해설】

(1)에 대하여

처리시설은 계획하수량을 모두 처리할 수 있어야 하며 계획하수량은 <표 4.1.1>과 같다. 합류식 하수도의 우천시 계획오수량은 1.7.2를 참조하고, 합류식 지역의 경우 우천시 청천시에 비해 강우 초기에 오염물의 농도가 매우 높은 경우가 생기므로 이에 대한 대책으로 우천시는 우천시 계획오수량을 유입시켜 1차처리해야 한다. 따라서 합류식의 경우 표면부하율은 우천시 침전시간이 0.5시간 이상 확보되도록 계획1일최대오수량에 대해 $25 \sim 50 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ 정도로 한다(4.4.1 일차침전지, 3) 표면부하율 참조). 합류식 지역에서 1차처리를 위한 처리장내 연결관거는 침두유량, 장래 계획하수량 등을 고려해서 원칙적으로 3Q로 하되 지역 여건을 고려하여 정하여야 한다.

또한 합류식지역에서 소독을 고려할 때 우천시 일차침전지 유출수에 대한 소독이 고려되어야하므로 고탁도에도 안정적인 소독이 가능하도록 소독방법을 선정하여야 한다. 한편 분류식하수도에서도 초기 강우오염에 따른 대책이 필요한 경우 처리장내 연결관구에 여유를 둔다. 유입하수량의 변동이 큰 경우에는 유량조정조를 설치해서 과도한 하수의 유입을 막아 처리시설에 손상을 입히지 않도록 하고 유입하수의 부하변동을 완화시킨다.

(2)에 대하여

유입하수량, BOD, SS 등의 수질과 이들의 시간적 변동 등은 그 지역의 환경과 유사한 처리구역을 사전에 충분히 조사함과 동시에 주야간 인구변동 및 그 이외의 장래계획도 고려해서 정한다. 또한 공장폐수의 유입이 예상되는 처리장에서는 처리에 악영향을 미치지 않도록 계획처리구역을 미리 조사해서 필요한 대책을 강구한다. 슬러지 처리시설로 부터의 반류수에 대해서는 통상의 경우 양이 적기 때문에 방류수질에는 크게 영향을 미치지 않으나, 반류수의 수질이 지나치게 높거나, 타처리장의 슬러지를 연계처리할 경우 등에 대해서는 고형물수지산정을 통해 계획설계수질을 결정하는 것이 바람직하고 필요하다면 별도의 반류수처리시설 등을 고려할 수도 있다.

(3)에 대하여

처리장에 유입되는 하수량과 수질의 변동은 처리구역의 규모 등에 따라 다르다. 처리구역이 작은 경우 특히 소규모 하수처리시설에서는 발생하수가 처리장까지 도달하는 시간이 짧아 처리구역의 주민생활양상이 유입하수에 직접 나타나며, 유입하수의 유량과 수질의 시간변동이 커서 처리기능을 저하시키는 경우도 있다. 이와 같은 경우에는 운전조건의 범위가 넓은 처리방법을 채용하거나 유량조정조를 설치하는 등 유량 및 수질의 균등화를 검토한다.

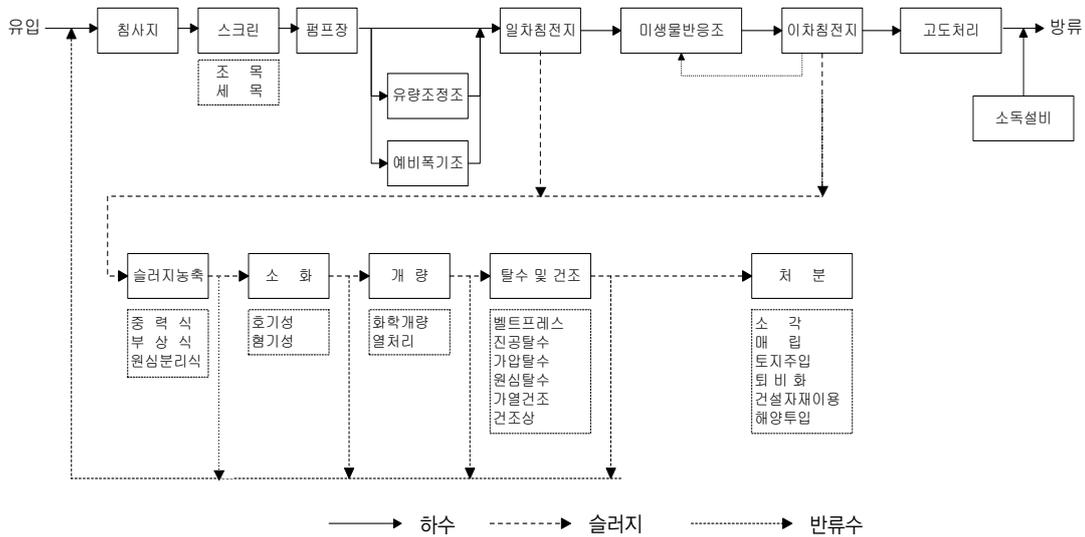
4.1.2 처리방법의 선정

처리방법의 선택시에 다음 사항을 고려한다.

- (1) 유입하수량과 수질
- (2) 처리수의 목표수질
- (3) 처리장의 입지조건
- (4) 방류수역의 현재 및 장래 이용상황
- (5) 건설비 및 유지관리비 등 경제성
- (6) 유지관리의 용이성
- (7) 법규 등에 의한 규제
- (8) 처리수의 재이용계획

처리방법을 선택할 때 각 처리방법의 특징을 파악한 후 건설비, 유지관리비, 운전의 난이도, 에너지 사용량, 환경성, 지구온난화 가스(CO₂, N₂O)등의 발생량, 통합운영시 중심처리장(주처리장)과의 호환성 등에 대한 검토가 이루어져야하고, 필요하다면 LCA(life cycle assessment) 혹은 LCC(life cycle cost) 및 LCCO₂기법 등을 이용할 수 있다.

처리장 시설은 단위처리공정을 조합한 종합체로서 일반적인 하수처리 흐름도의 예를 [그림 4.1.1]에 나타내었다. 또한, 물리적, 화학적 및 생물학적 처리공정과 그 적용 예는 <표 4.1.2>~<표 4.1.4>와 같다.



[그림 4.1.1] 일반적인 하수처리 흐름도의 예

<표 4.1.2> 하수처리에 사용되는 물리적 단위조작의 적용 예

단 위 조 작	적 용 예
유량측정	공정조절, 공정감시, 배출량기록
스크린	차단에 의하여 큰 침전성 고형물의 제거
분쇄	조대입자를 거의 균일한 크기로 갈아주기
유량조정	유량과 BOD, SS의 질량부하를 균등화
혼합	하수에 화학약품과 가스를 섞어주고 고형물을 부유상태로 유지
침전	침전성 입자의 제거
여과	생물학적 처리나 화학적 처리후에 남아 있는 미세한 부유물질의 제거
Microscreen	여과와 같으며 안정화지 유출수에서 나온 조류의 제거
가스전달	가스의 첨가 및 제거
휘발 및 가스제거	하수로부터 휘발성과 비휘발성 유기물질의 방출

<표 4.1.3> 하수처리에 사용되는 화학적 단위공정의 적용 예

공 정	적 용 예
흡착	일반적인 화학적, 생물학적 처리방법으로 제거되지 않는 유기물질의 제거
살균	질병유발 미생물의 선택적 사멸(염소, 오존, 자외선 등)
탈염소	염소살균 후에 남아있는 모든 잔류염소를 제거
기타화학약품사용	하수처리에서 특별한 목적을 달성시키기 위해 여러 가지 다른 화학약품이 사용될 수 있다

〈표 4.1.4〉 하수처리에 사용되는 주요 생물학적 처리공정 예

종 류	일 반 명	용 도
부유미생물(2차처리)	활성슬러지법 표준활성슬러지법 점감포기법(step aeration) 순산소활성슬러지법 장기포기법 산화구법 회분식활성슬러지법(SBR) 협기-호기활성슬러지법	BOD제거(질산화) BOD제거(별킹제어)
부착미생물(2차처리)	호기성여상법 접촉산화법 회전생물막법(RBC)	BOD제거(질산화)
부유미생물(고도처리)	순환식질산화탈질법 질산화내생탈질법 단계협기호기법 협기무산소호기조합법 고도처리 산화구법 응집제첨가형 순환식질산화탈질법 막분리활성슬러지법	BOD, T-N, T-P제거
부유+부착미생물(고도처리)	유동상미생물법 담체투입형 A2O변법	BOD, T-N, T-P제거

(1)에 대하여

유입하수량 및 수질에 대해서는 1.7.2와 1.7.3에 따르고 그 변동범위를 고려한다.

(2)에 대하여

처리수의 목표수질에 대하여 고려할 사항은 다음과 같다.

- ① 방류수역의 현재 유량 및 수질
- ② 동일수역 내에 방류되는 기타 배출원과의 관계
- ③ 다른 오염원의 장래 오염부하량 예측
- ④ 방류수역의 자정능력

(3)에 대하여

처리장의 입지조건은 1.7.5와 관련하여 다음과 같은 사항을 사전에 조사한다.

- ① 상수원 및 지하수를 오염시키지 않는 곳이어야 한다.
- ② 침수의 염려가 없고 자연유하식으로 처리 및 방류할 수 있으며 가능한 한 방류수역과 가까운 장소가 바람직하다. 지대가 낮은 경우에는 과거의 침수상황을 충분히 고려하여 대책을 강구한다.

- ③ 주택지역, 상업지역은 되도록 피하고, 입지조건에 맞게 주변의 환경대책(방음, 악취제거, 경관 등)에 특별히 유의한다.
- ④ 처리장에서 발생하는 슬러지, 스크린 찌꺼기 등의 최종처리 및 처분방법을 고려한다. 여건 변화로 인하여 쉽게 고장이 나지 않는 것을 선택하도록 한다.

(4)에 대하여

방류수역의 현재 및 장래 이용상황에 대하여 고려할 사항은 다음과 같다.

- ① 생활용수
- ② 공업용수
- ③ 농업 및 레크레이션용수로의 이용

(5)에 대하여

시설의 건설비 및 유지관리비는 가급적 저렴한 것이 좋다. 그러나 건설비나 유지관리비가 다소 높은 경우에도 처리수의 재이용이 가능하며 발생슬러지의 양이 적어 최종처분비용을 감소시킬 수 있는 공정이 보다 경제적인 수 있다. 따라서 처리공정 선정시 건설비, 유지관리비가 적정한 수준이어야 함은 물론이고, 재이용, 슬러지발생량감소 등의 부가적인 비용절감의 측면을 고려하고, 필요하다면 LCA(life cycle assessment) 혹은 LCC(life cycle cost), LCCO₂기법 등을 이용할 수 있다.

(6)에 대하여

처리공정에 사용되는 기계 및 약품은 구입하기 쉽고 투입인력을 최소화할 수 있는 것이 바람직하다. 또한, 유입수의 성상 변화에 따라서 신속한 대처가 가능한, 자동화 또는 반자동화된 제어방식이 도입되어야 하며, 계측제어 및 자동제어장치의 경우 주위의 여건 변화로 인하여 쉽게 고장이 나지 않는 것을 선택하고, 비상시를 대비해 수동운전방법 등에 대해서도 고려하여야 한다.

(7)에 대하여(1.3.6 참조)

하수도법 시행규칙 제3조 1항 의 별표1 에 제시하고 있는 방류수수질기준을 참고하여 처리장 시설의 운전목표를 정하고 적절한 유지관리체제를 확립하며 이와 같은 법규에 따라야 한다. 특히, 고도처리시설의 도입에 따라, 영양염류(T-N, T-P)에 대한 방류하천수질을 고려하여 처리방법을 설정하여야 한다. 고도처리법은 수온에 따른 처리효율의 변동폭이 크므로 수온에 따라 생물학적처리공정 선택에 주의하여야 한다.

(8)에 대하여

처리수의 직접적인 이용으로는 다음과 같은 경우를 생각할 수 있다.

- ① 처리장내에서의 잡용수(소포수, 세척수, 마중물(priming water))
- ② 빌딩 및 아파트 등의 수세식 변소용수
- ③ 공업용수
- ④ 농업용수
- ⑤ 조경용수
- ⑥ 기타

4.1.3 처리시설의 배열 및 구조

처리시설의 배열과 그 구조는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 각 시설은 유지관리가 용이하고 기능이 충분히 발휘될 수 있어야 한다.
- (2) 처리시설은 수밀성과 내구성이 있는 구조로 한다.
- (3) 처리장의 주요시설은 2계열 이상으로 설치한다.
- (4) 단계적 시공을 고려해서 정한다.
- (5) 주변의 환경을 고려해서 정한다.

【해설】

(1)에 대하여

하수처리시설이 그 기능을 다하기 위해서는 각 시설이 적정하게 유지관리되어야 한다. 따라서 시설의 배치, 구조 및 기능에 관한 계획을 세울 때에는 그 규모, 체계 등의 조건에 대해서 유지관리가 가장 용이하고 적절하게 이루어지는 것을 전제로 한다. 또한 위험을 방지할 수 있는 안전대책을 강구한다.

(2)에 대하여

처리시설 중에 특히 부식이 심한 곳은 방식도장 등 부식방지를 위한 대책을 강구한다.

(3)에 대하여

침사지, 침전지, 포기조 등과 같이 중요한 시설은 점검, 수리, 청소 또는 고장에 의한 운휴를 감안하여 2계열 이상으로 설계하여 처리를 계속할 수 있도록 한다.

(4)에 대하여

일반적으로 전체시설은 몇 개의 계열로 나누어 단계적으로 시공하므로 시설의 배치 및 구조에 대하여 단계적 정비계획을 예상해서 전체계획과의 관계, 시공상 조건, 건설비의 경제성 및 이미 설치한 부분의 유지관리조건에서 가장 적절한 계열과 시설배치를 선택한다. 그럼에도 불구하고 유입하수량이 설계치 보다 장기간 적게 유입되는 경우에는 일부 시설에 대한 잠정조치 및 공정관리의 효율성을 꾀할 수 있도록 고려한다.

(5)에 대하여

처리장의 배치 및 구조에 있어서 지형, 방류수역의 상황 등 이외에도 주변지역에 미치는 악취, 소음, 일조장애, 대기오염, 전파장애, 미관상 문제 등에 대하여 충분한 배려를 하여 설계 및 시공을 한다.

4.1.4 처리시설간의 수위차

1) 수리계산의 필요성

수리계산을 통한 처리시설의 수리종단도를 작성함으로써 시설의 수리학적 안정성확보, 펌프소요수두 및 각 시설 설치지반고 산정 등이 가능하다.

【해설】

하수처리시설은 일반적으로 침사지까지 하수를 자연 유하시킨 다음 펌프로 양수하여 본 처리시설을 거쳐 자연유하의 형식으로 방류될 수 있도록 한다. 수리계산은 이러한 유수의 자연유하가 가능하도록 각 시설간의 소요 수위차를 산정한 후 수리종단도를 작성하기 위하여 필요하며, 수리종단도를 이용하여 자연유하에 의한 수리학적경사의 안정성을 검토하고, 펌프 등 기타 부대시설에 요구되는 동력요구를 산정할 수 있으며, 각 처리시설의 적절한 굴착깊이 및 침두유량 등 최악의 상태에서 시설의 정상운전 등을 검토할 수 있다.

수리계산은 하수처리시설의 설계시 기본이 되는 사항으로, 올바르게 정확한 수리계산으로 각 전후 시설간의 적정 수위차를 유지하고 높이를 결정하여 시설들 간의 연결관거를 적절하게 설계할 필요가 있다. 수리계산은 대부분의 처리시설 수위차 계산에 적용되나, 슬러지처리시설의 수위관계는 수리계산상으로 결정되는 것이 적으므로 자연유하에 의한 상징액의 유출을 유도하는 슬러지농축조를 제외하고는 일반적으로 수리계산대상에서 제외한다.

2) 수리계산시 고려사항

수리계산시 다음과 같은 사항을 고려한다.

- (1) 계획방류수위 및 계획지반고
- (2) 계획수량 및 유속
- (3) 각 시설간의 연결관
- (4) 여유치
- (5) 시설의 구조
- (6) 각종 수리학적 악조건의 발생

【해설】

(1)에 대하여

하수처리시설의 방류수위 수위를 결정하는 것은 매우 중요한 기본적인 사항으로, 방류에 앞서 하천에 있어서는 해당 하천의 계획고수위, 해역에 있어서는 최고조수위를 결정한다. 하천계획은 통상 100년 확률 강우강도에 의한 수위를 예상하는데 계획고수위가 매우 높은 경우가 많으며, 계획고수위에서도 처리수를 자연유하로 방류하려면 시설의 수위를 상당히 높게 할 필요가 있다. 그러나 시설을 지나치게 높게 설치하면 유입펌프의 소요 양정이 높아지므로 비경제적이 된다. 이러한 계획방류수위의 결정에 있어서는 계획고수위를 정한 다음 주변의 조건, 경제성을 충분히 검토하여야 하며, 일반적인 설계순서는 다음과 같다.

- ① 하천의 수위관측자료를 조사하고 최대수위를 계획수위로 한다. 단 계획고수위와의 차가 작은 경우에는 계획고수위로 한다.
- ② 계획고수위에 의한 배수와 조의 여유고와의 관련을 검토한다.
- ③ 방류펌프(재양수펌프)의 설치를 검토한다. 그런 경우 연간의 가동횟수와 경제성 검토를 행하고,

유입수량의 추이를 충분히 고려하여 그 설치시기를 검토한다.

- ④ 계획고수위시점에 있어 관내 저류능력 등을 검토한다.
- ⑤ 계획고수위시 간이처리수의 방류, 주펌프에 의한 방류가능성을 검토한다.

계획지반고는 계획방류수위와 밀접한 관계가 있는데, 유의해야 할 점은 침수방지대책에 있다. 처리장은 지표면에 중요한 기기가 설치되어 있는데, 이들 기기들은 일단 침수하면 기능회복에는 장시간 및 막대한 경비가 소요된다. 방류수역의 상황, 제방의 개수상황 및 부지부근에 있어서 과거의 침수상황을 파악하여 침수방지대책에 적합하도록 선정하여야 한다. 또한 장내의 맨홀 등의 개구부에 대비하도록 충분한 주의를 하고, 주변환경과의 조화, 공사비, 유지관리의 용이 등을 종합적으로 검토하여 결정한다.

(2)에 대하여

각 처리시설은 수리학적으로 유리하도록 수량 및 유속에 대하여 충분한 검토를 해야 한다. 각 시설 간의 소요 수위차는 각 시설마다의 계획수량 및 유속에 의한 손실수두 및 여유치에 의하여 계산되는데 각 처리시설의 계획수량 및 평균유속은 <표 4.1.5>와 같다. 장내의 물수지에는 각종 슬러지처리시설 반송수, 인발슬러지, 소포수, 장내재이용수 등을 고려하지만 일반적으로 그 수량은 적다. 활성슬러지법에 대해서는 반송슬러지량만을 수리계산상 고려하는 경우가 많으며, 그러한 경우 반송슬러지량은 계획상한치를 적용한다. 특히 포기조와 이차침전지사이의 도수관거의 설계시 슬러지반송을 고려하여야 하는데, 슬러지반송량은 운전관리상의 인자이고 가변적인 요소로서 통상 유입수량의 50~150% 정도이다.

(3)에 대하여

수위관계는 통상 전체 계획시 수량을 이용하여 계산하고 각각의 시설 및 연결용 도수관거에 대한 충분한 조사를 하여야 한다. 통상 처리장 시설들 간의 도수관거 설계시 주의할 점은 다음과 같다.

- ① 도수관거는 계획수량의 여유를 예상하여 단면형상을 결정하며 필요에 따라 측관, 그외의 연결관을 고려한다.
- ② 도수관거는 일반적으로 수밀한 철근콘크리트조의 사각형단면을 표준으로 모서리는 약간 둥근형상으로 한다. 철근콘크리트관, 주철관 등의 관종을 사용할 경우에는 연결, 보호공, 기초공을 완전히 하며 단수 연결방향으로 부등침하가 발생하지 않도록 한다. 또한 정수압, 동수압이 걸리는 경우에는 관거내에 공기가 정체되는 일이 발생하지 않도록 적당한 장소에 환기시설을 설치한다.
- ③ 도수관거는 가능한 한 짧게 하며 수리적으로 불리한 곡면, 단면형상의 급변, 수류를 방해하는 장애물 등은 적게 한다.

〈표 4.1.5〉 각 시설의 계획수량 및 평균유속

시 설 명		계 획 수 량	평 균 유 속
유입관거		계획시간최대오수량	0.6~3.0 m/s
스크린	수동식	-	0.3~0.45 m/s
	자동식	-	0.45~0.6 m/s
침사지유입관거		계획시간최대오수량	1.0 m/s 이상
침사지분배수로		계획시간최대오수량	1.0 m/s 정도
침사지		계획시간최대오수량	0.3 m/s 정도
침사지~펌프장		계획시간최대오수량	1.0 m/s 정도
펌프정~펌프방류토구		계획시간최대오수량	1.0 m/s 정도
펌프방류토구~일차침전지		계획시간최대오수량	1.5~3.0 m/s 정도
일차침전지		계획일최대오수량	0.3 m/s 정도
일차침전지~반응조관거		계획시간최대오수량	0.6~1.0 m/s
반응조		계획일최대오수량	-
반응조~이차침전지관거		계획시간최대오수량 + 계획반송슬러지량	0.6 m/s 정도
이차침전지		계획일최대오수량	0.3 m/s 이하
3차처리시설(여과지등)		계획일최대오수량	0.2 m/s 이하
3차처리시설~소독조관거		계획시간최대오수량	0.6 m/s 정도
소독조		계획일최대오수량	0.2 m/s 이하

- ④ 도수관거는 관랑 등 기타시설과의 교차를 될 수 있는 한 피하고 교차하는 경우에도 사이편 형상은 피하며 일정한 구배로 유하하도록 한다. 부득이 역사이편으로 할 경우에는 수리학적으로 충분히 검토하고 여유를 예상하여 설계하며 우회수로 등의 설치도 고려한다.
- ⑤ 일차침전지, 포기조, 이차침전지 등의 주요시설은 일반적으로 2지 이상으로 하지만 이것들의 연결관거가 1계열이면 사고가 발생할 경우 전 기능이 정지하는 염려가 있으므로 주요시설간의 연결관거는 될 수 있는 한 복수로 하여 이들 사이에도 상호 연결이 가능하도록 하는 것이 바람직하다.

(4)에 대하여

각 시설은 구조상의 수위변화량에 관거, 계량설비 등의 수위변화량을 가산하여 소요 수위차를 갖도록 하며, 기본적으로 수리학적인 계산에 의하여 설계를 할 때에는 필요한 여유를 예측하여야 한다. 수리계산이 여러 가지 가정에 기준한 근사계산인 경우, 계획치 하수량이 유입하는 경우 장래의 증설, 유량의 증가 및 지반침하 등 예상치 못한 사태에 대비할 필요가 있으므로 이를 고려하여 다소 여유를 가

지게 하는 것이 좋다. 여유치는 수리계산시의 통일성을 기하기 위하여 나타내는 것으로 지형조건에 의해서 충분한 여유를 두어도 경제적인 경우, 지반침하 등이 예측되는 경우, 충분한 여유를 잡을 필요가 없는 경우 등 각 경우에 대하여 검토할 필요가 있다. 그러나 포기조와 이차침전지 사이는 슬러지 플록을 파괴하지 않기 위하여 가능한 한 여유수위를 작게 하는 것이 좋다.

(5)에 대하여

수리계산과정에 있어서 각 시설의 구조에 대하여 타당성을 충분히 검토한다. 즉 처리시설의 구조는 단위처리시설 사이의 유량분배를 균등화할 수 있고, 미생물의 손실을 방지하기 위하여 극도의 침두유량에서는 이차처리시설을 우회할 수 있는 대책을 마련하여야 하며, 관로나 수로에서 하수가 흐르는 방향이 변환되는 경우를 최소화하는 것이 필요하다. 침사지나 침전지에 있어서는 사수부(dead space)나 단락류 등이 발생하지 않는 구조가 되도록 해야 한다. 또한 포기조나 소독조에 대하여는 혼합상태를 양호하게 하기 위하여 우회수로를 설치하는 경우가 많으나 우회부분에 사수부가 발생하기 쉽기 때문에 구조를 원만한 각도로 하는 것이 필요하다. 또한 다소 건설비 및 유지비가 증가하여도 각 시설의 구조는 될 수 있는 대로 수리학적으로 유리하도록 설계하는 것이 좋다. 그러나 일차침전지, 포기조, 이차침전지, 접촉조, 정류관, 정류벽 등의 수처리시설들은 계산상의 손실이 정상적이지 못한 경우가 많다.

(6)에 대하여

처리장내의 기계설비 고장 등으로 인하여 가동을 중지한 상태에서의 수리학적 상태와 유량이나 수질 면에서 최악의 상태 등에 대비하여 수리계산을 행하여야 한다. 처리장의 높이는 방류수역의 이상고수위시 역류가 발생하지 않도록 설정할 필요가 있으며, 특히 전기, 기계설비 등은 침수하지 않는 높이로 설치하여야 한다.

3) 수리계산 방법

- | |
|--|
| <p>(1) 수리계산은 계획방류수위를 정한 후 방류관거로부터 처리시설의 펌프시설 또는 유입관거까지 역으로 계산한다.</p> <p>(2) 수리계산시에는 적합한 수리공식이 적용되어야 하고 그 계산은 정확하여야 한다.</p> |
|--|

【해설】

(1)에 대하여

처리공정을 선택하고 각 시설의 크기를 결정한 후 행하는 수리계산은 계획방류수위를 먼저 정한 다음 방류관거로부터 처리시설의 펌프시설이나 유입관거까지 역으로 계산한다. 이에 각 시설별로 연결관로와 수로의 크기를 결정하고, 적정 손실수두 및 수위차를 산정하여 자연유하가 원활하도록 하고 시설의 구조 및 위치, 지형조건 등을 고려하여 계산한다. 하수의 특성에 따라 고형물의 농도가 다르나 통상 물과 같은 수리특성을 지닌다고 가정하고 유입량의 증가, 수질의 악화에 대응할 수 있도록 여유를 준다. 일반적인 하수처리시설의 수리계산시에는 각 시설의 계열화 및 사용계열의 결정, 유량증가나 유

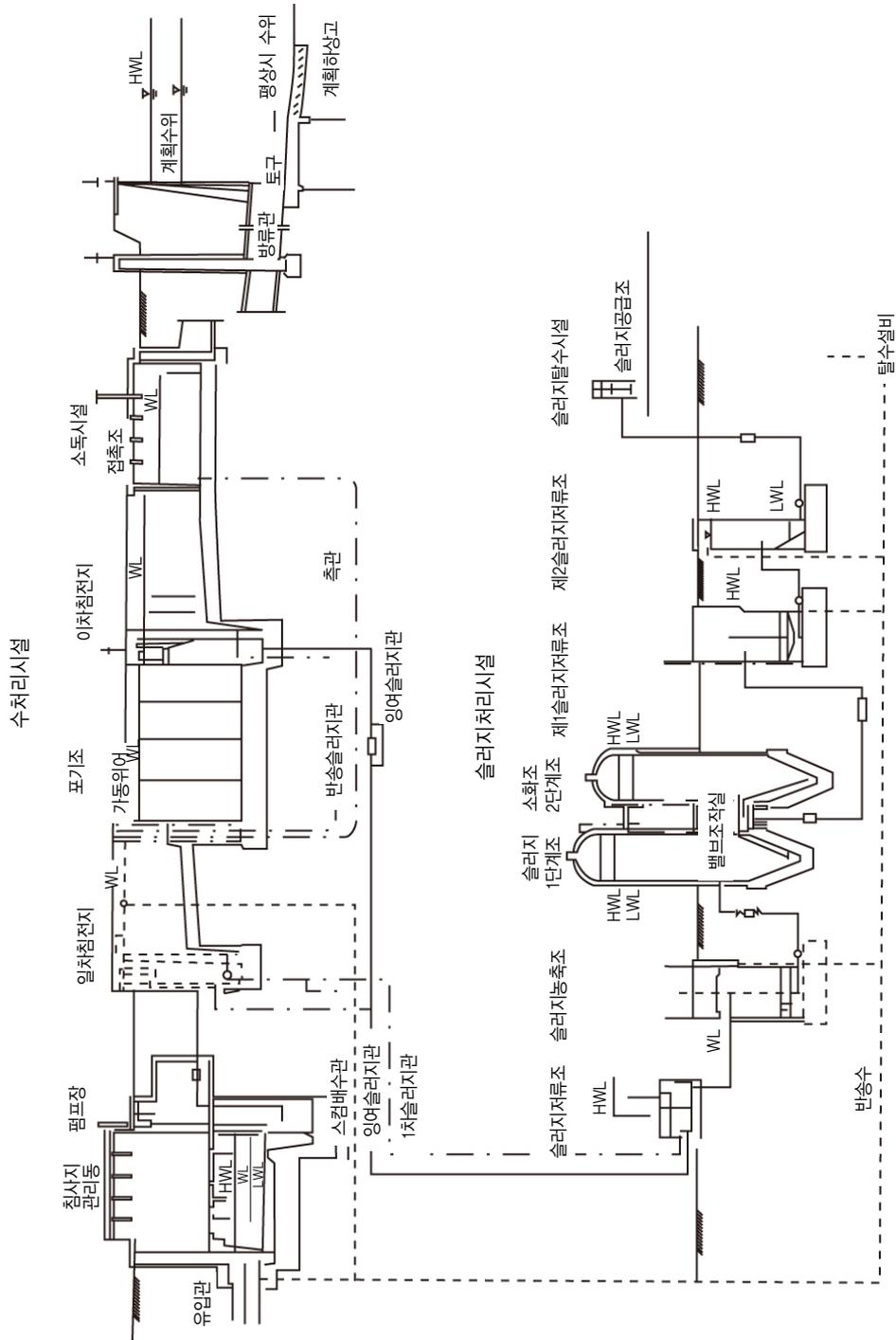
입수질 악화시의 대책들을 고려하고 다음과 같은 순서로 한다.

- ① [계획방류수위의 선정] 방류수역 및 주변여건을 고려하여 계획방류고수위와 계획방류저수위를 정한다.
- ② [방류거의 수위] 방류거의 형상 및 크기에 따른 수로상의 마찰손실, 유입유출구의 확대 및 축소에 의한 손실을 구하고, 이 때 유출에 의한 수두손실을 줄이기 위하여 방류거는 방류수역의 유수의 흐름방향과 일치시키는 것이 유리하며 암거나 개거인 경우로 분리하여 수로상고를 계산한다. 계획방류고수위시 암거인 경우는 잠입유출을 고려하고 개거인 경우에는 마찰에 의한 수위변화를 계산한다. 계획방류저수위시 암거인 경우에는 자유표면유출로 하고 마찰손실, 유입 및 유출에 의한 손실, 굴곡에 의한 손실을 고려하고, 수로연장이 짧고, 그 사이의 여러 가지 손실수두가 작으며 유속이 느린 경우에는 수위변화량이 작게 되어 속도에 의한 마찰손실수두가 작아져 무시할 수 있으나 여유고를 고려하여야 한다.
- ③ [월류위어의 수위] 월류위어의 높이는 건설장소의 지반고에 자연히 제약을 받지만, 처리시설에 방류수위에 영향을 주지 않게 완전 월류되도록 한다. 유량별로 월류수심을 계산하며, 특히 공식의 적용에 주의한다.
- ④ [염소소독조의 수위] 계획유량별 수위를 산정하고 유출위어의 수두손실, 집축조내의 수로폭의 변화에 따른 마찰손실수두, 굴곡이나 만곡부에 의한 손실수두를 계산하고, 집축시간을 고려한다.
- ⑤ [이차침전지와 염소소독조 사이의 도수관거] 이차침전지 유출관거의 형상별 수두손실과 굴곡부의 수두손실, 유입 및 유출에 의한 수두손실을 계산하고 계열화를 고려하여 충분한 여유고를 둔다.
- ⑥ [이차침전지의 수위] 이차침전지의 수위 산정시에는 다음의 경우를 고려한다.
 - [집수트리프에 의한 수위] 하류단 자유낙하가 아닌 경우 한계수심의 산정으로 상류단수위를 결정하며, 주트리프 및 분지트리프의 흐름을 고려하고 유출이나 굴곡에 의한 수위변화를 검토한다. 그러나 설계상 자유낙하로 하는 것은 유량증가에 대처할 수 있도록 하고, 처리시설내 예상치 않은 수위상승에 대비할 수 있으며 기본적인 여유고를 확보할 수 있다.
 - [삼각위어에 의한 월류수위] 월류량 및 월류수심을 산정한다.
 - [침전지내의 수위] 지내의 평균유속은 0.3m/s 이하로 유속에 의한 손실수두는 매우 작기 때문에 무시할 수 있다. 정류벽에 의한 수위변화는 중간정류벽, 유입부 정류벽, 정류판에 의한 수위변화를 고려하여야 하며, 또한 여유고를 고려하는 것이 바람직하다.
- ⑦ [반응조와 이차침전지사이의 연결수로] 유입개이트에 의한 수두손실은 단면급확대에 의한 수위계산을 적용하고 도수거의 마찰, 굴곡 및 잠수오리피스에 의한 수두손실을 계산하는데 일반적으로 평균유속이 매우 작기 때문에 마찰에 의한 손실을 무시할 수 있다.

- ⑧ [반응조 수위] 유출위어의 높이를 결정할 때에는 잠수 월류되도록 높이를 결정하고 유출게이트의 설치도 고려한다. 포기조내의 수위산정시에는 포기에 의한 유속의 감소로 지내 마찰손실, 개구부에서의 손실, 굴곡부에서의 손실은 무시할 수 있다.
- ⑨ [반응조와 일차침전지사이의 연결수로] 전 유량이 전체수로를 거쳐 유하하는 것으로 가정하여 계산하고 포기조의 유입게이트에 의한 손실, 도수거의 마찰에 의한 수위변화를 산정하는데 마찰에 의한 수위변화는 무시할 수 있다. 단 합류식의 경우 우천시 by-pass유량의 적정분배를 위해 월류위어와 포기조유입수문과의 수리학적 관계를 고려하여 포기조 유입수문의 형태 및 월류위어 높이 등을 설정하여야 한다.
- ⑩ [일차침전지의 수위] 집수트리프의 상류단 수위와 삼각위어의 월류수심 및 수위를 결정하고 일차침전지내의 형상에 따른 수위변화, 마찰에 의한 수위변화, 정류벽, 정류판에 의한 수위변화 등이 있는데 이들은 매우 작기 때문에 무시할 수 있다.
- ⑪ [일차침전지와 예비포기조사이의 도수관거] 일차침전지 유입게이트에서의 수위변화, 연결수로의 마찰손실에 의한 수위변화, 유입 및 유출에 의한 수위변화 등을 계산한다.
- ⑫ [예비포기조 수위] 월류위어에 의한 수위변화를 계산하고 여유고를 고려한다.
- ⑬ [토출정과 예비포기조사이의 수위] 수로폭 변화에 따른 수위변화 및 마찰에 의한 수위변화를 계산하고 토출정과 펌프장 흡입정의 수위차로부터 펌프의 양정고를 계산한다.
- ⑭ [침사지와 펌프장의 수위] 수로폭 변화에 따른 수위변화 및 마찰에 의한 수위변화를 계산하고 토출정과 펌프장 흡입정의 수위차로부터 펌프의 양정고를 계산한다.
- ⑮ [기타] 조목 및 세목스크린 등의 스크린시설과 슬러지농축조에 의한 수위변화를 계산한다.

(2)에 대하여

각 처리시설간의 수두차에 의한 수위를 계산함에 있어서는 가장 적합한 수리공식이 적용되어야 하고 계산은 정확하여야 한다. 수리계산은 될 수 있는 대로 엄밀하게 계산을 하는 것이 좋으며, 불가피하게 간이계산에 의한 경우 등은 그에 상당하는 여유를 예측하거나 자유월류부를 설치하여 수위를 단절하는 것이 필요하다. 특히 수면접합의 경우에는 다소의 수량증가나 수류의 방해요인 등에 의한 수위의 상승이 각 부분에서는 미소하다 하여도 누적되면 높은 수위상승을 초래할 염려가 있으므로 주의를 요한다. 각 처리시설간의 소요수위차는 지형이나 처리시설의 형상 등에 의하여 변화하지만, 활성슬러지법에 의한 하수처리의 경우 일차침전지에서 방류수역 수면까지의 소요수위차는 일반적으로 자유월류에 의한 유출지형을 이용한 수면접합에 의한 유하의 경우 1.0~1.5m 정도, 방류수역 수면의 이상고수위나 유입하수량의 급속한 증가 등에 의한 배수의 수위상승을 극복하기 위한 계량 독이나 집수트리프 등의 자유월류형식의 경우에는 1.5~2.5m 정도이다. 또한 수리계산은 일반적으로 m단위에서 소수점 이하 3자리까지 계산하여 소수점 이하 2자리까지 표시한다. 이는 수리계산상의 편리를 위하여 정한 것이나 엄밀한 수리계산시에는 이러한 제한은 필요없다. 수리계산에 관련되는 손실수두의 계산은 각종 수리공식집을 참고한다.



[그림 4.1.2] 하수처리시설의 수위변화의 예

4) 수리중단도

수리계산시는 수리중단도를 작성하여 처리시설에 대한 수리계산의 적합성 및 수리경사의 안정성 등을 확인하여야 한다.

【해설】

일반적으로 수리계산을 행한 후 각 시설 수리의 적합성 및 기타 부대시설의 설치 등을 고려한 여유를 파악하기 위하여 수리중단도를 작성한다. 수리중단도를 작성할 때에는 보통시설물을 묘사하기 위하여 변형된 수직 및 수평 축척이 사용되며 계획수위는 고수위(high water level : HWL), 평균수위(mean water level : MWL) 및 저수위(low water level : LWL) 등으로 나누어 작성하고, 지반고(ground level : GL) 등도 나타낸다. 이때 고수위는 시간최대 유량, 평균수위는 일최대 유량, 저수위는 일평균 유량을 기준으로 하여 결정한다. 단 합류식 배제방식의 경우에는 별도로 강우시 수위(WWFL : wet weather flow level)를 나타낼 수 있다.

하수처리시설내의 수위변화의 예를 [그림 4.1.2]에 나타내었다.

4.2 생물처리의 기본원리

자연계에는 유기물을 분해, 제거하는 미생물이 많이 존재한다. 유기물을 함유하고 있는 오수가 하천 등의 자연 수역에 배출되면 돌 등에 부착되어 있는 미생물이 산소가 존재하는 상태에서 수중의 유기물을 분해한다. 이것이 자연계의 자정작용이다.

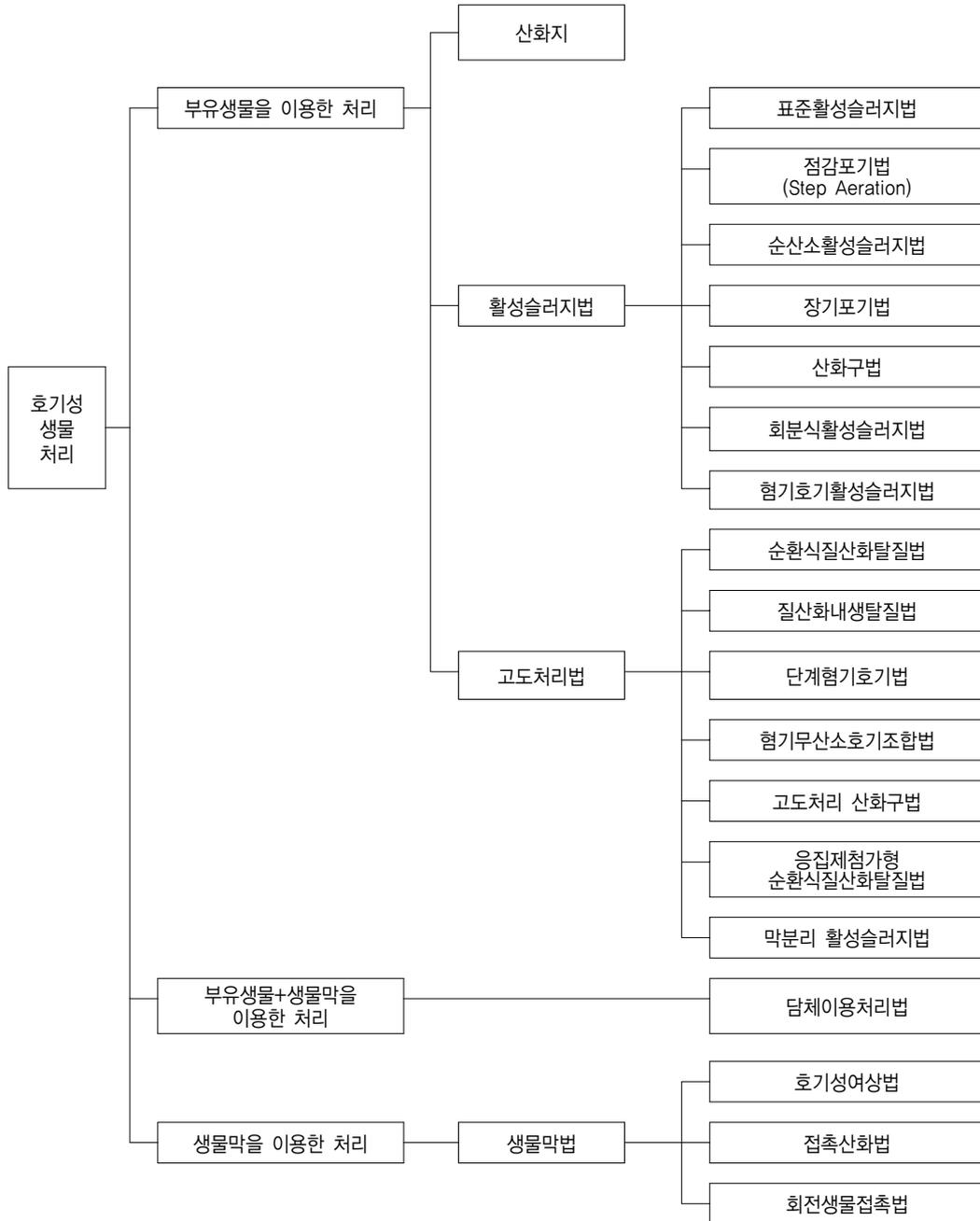
하수의 생물처리는 주로 자연계에 존재하는 이러한 호기성 미생물을 이용하여 하수중의 유기물 및 질소, 인 등의 제거를 도모하는 것이다. [그림 4.2.1]에 제시한 것과 같이 미생물을 수중에 부유된 상태로 이용하는 방법(부유생물법)과 미생물을 고정상 또는 유동상 매질에 부착된 상태에서 이용하는 방법(생물막법) 등이 있다. 여기서는 유기물제거와 질소, 인 제거와 관련된 생물처리의 기본원리에 대해 기술하고자 한다.

4.2.1 활성슬러지법의 기본원리

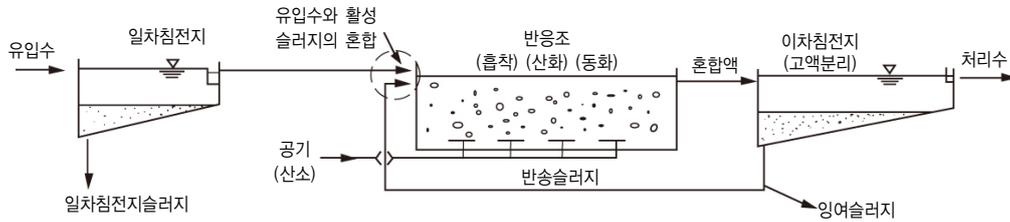
하수에 공기를 불어넣고 교반시키면 각종의 미생물이 하수중의 유기물을 이용하여 증식하고 응집성의 플록을 형성한다. 이것이 활성슬러지라 불리는 것인데 세균류, 원생동물, 후생동물 등의 미생물 및 비생물성의 무기물과 유기물 등으로 구성된다.

활성슬러지를 산소와 함께 혼합하면 하수중의 유기물은 활성슬러지에 흡착되어 활성슬러지를 형성하는 미생물군의 대사기능에 따라 슬러지체류시간(SRT)동안 산화 또는 동화되며 그 일부는 활성슬러지로 전환된다. 활성슬러지법에서는 공기를 불어넣거나 기계적인 수면 교반 등에 의해 반응조내에 산소를 공급하며 이 때 발생하는 반응조내의 수류에 의해 활성슬러지가 부유상태로 유지된다. 반응조로부

터 유출된 활성슬러지 혼합액은 [그림 4.2.2]와 같이 이차침전지에서 중력침전에 의해 고액 분리되고 상징수는 처리수로서 방류된다. 침전·농축된 활성슬러지는 반응조에 반송되고 하수와 혼합되어 다시 하수처리에 이용됨과 동시에 일부는 잉여슬러지로서 처리된다.



[그림 4.2.1] 호기성 생물처리법의 분류



[그림 4.2.2] 활성슬러지법의 처리기구와 처리계통

즉, 활성슬러지법에 의한 하수중의 오탁물질 제거과정은 활성슬러지 미생물에 의한 반응조에서의 오탁물질 제거(흡착·산화·동화)와 일차침전지에서의 활성슬러지 고액분리로 요약될 수 있다. 활성슬러지 미생물에 의해 제거되는 하수중의 주요성분은 탄소를 주요 구성성분으로 하는 탄소계유기물, 질소 함유화합물, 인함유화합물 등이 있다.

한편, 이러한 유기물을 제거하는 활성슬러지 미생물은 생리적인 특성에 의해 다음과 같이 네 가지 군으로 나누어 생각해 볼 수 있다.

- ① 호기적 조건(산소가 존재하는 조건)에서 탄소계유기물을 이용하여 증식하는 종속영양미생물(세균류 외에 원생동물과 대형생물 포함)
- ② 호기적 조건하에 암모니아성질소를 아질산성질소, 또는 질산성질소로 산화시키는 독립영양미생물(*Nitrosomonas* 등의 암모니아 산화미생물, *Nitrobacter* 등의 아질산 산화미생물을 포함하며 이 반응을 질산화라 하며, 이러한 미생물을 질산화미생물이라 함)
- ③ 무산소상태(용존산소가 존재하지 않는 상태)하에서도 질산성호흡, 아질산성호흡을 행하는 통기성 미생물(종속영양미생물로 분류되며 탈질미생물이라 함)
- ④ 혐기상태(산소와 질산 및 아질산도 존재하지 않는 상태)와 호기상태를 교대로 반복하여 다중인산을 통상적으로 다량 축적하도록 하는 미생물(종속영양미생물로 분류되며 탈인미생물, 인축적미생물이라 함)

활성슬러지법의 운전조건의 제어는 이러한 4가지 군의 미생물들이 각각 탁월한 생리특성을 발휘할 수 있는 조건을 인위적으로 실현하는 것이다. 반응조내의 슬러지체류시간(SRT: solids retention time)을 상대적으로 짧게 하면 종속영양생물에 따른 탄소계유기물의 제거는 진행되지만, 암모니아의 산화(질산화)는 진행되지 않도록 할 수 있으며, 반대로 SRT를 상대적으로 길게 하면 질산화 미생물의 증식이 진행되어 암모니아의 질산화가 일어나기 쉽다. 또 질산화가 진행된 뒤(질산·아질산 포함) 활성슬러지혼합액을 탄소계유기물이 존재하는 조건하에서 용존산소가 없는 상태로 유지한다면, 탈질미생물이 활동하여 질소제거가 일어난다. 이것이 생물학적 질산화탈질법의 기본원리이다. 또한 인 축적미생물이 성장할 수 있는 환경을 조성하여 인제거를 꾀하는 것이 생물학적 인제거법이다.

활성슬러지의 정화기능은 크게 다음의 6가지로 대별될 수 있다. 이중 유기물제거를 위해서는 ①~③의 기능이 중요하고, 영양염류인 질소 및 인제거를 위해서는 ④~⑥의 기능이 중요하다.

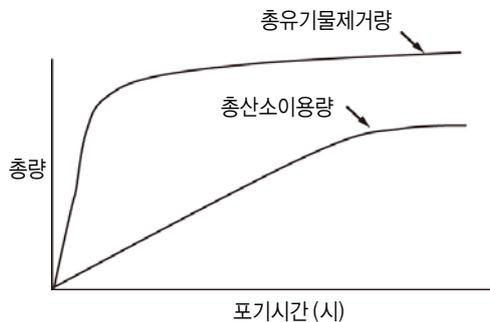
- ① 활성슬러지에 의한 유기물의 흡착 및 섭취

- ② 섭취된 유기물의 산화 및 동화
- ③ 활성슬러지 플록의 양호한 고액분리
- ④ 질산화
- ⑤ 탈질산화
- ⑥ 생물학적 인제거

1) 활성슬러지에 의한 유기물의 흡착

기체와 액체, 고체와 액체 등 서로 다른 계면에서는 물질이 물리적·화학적으로 농축되는 경향이 있으며 이 현상을 일반적으로 흡착이라 부른다. 활성슬러지에 의한 유기물의 흡착은 활성슬러지의 표면에 유기물이 농축되는 현상이다.

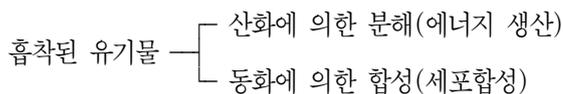
하수와 활성슬러지를 혼합하여 포기시키면 하수로부터 C-BOD로서 표현되는 유기물이 제거된다. 하수로부터의 유기물 제거량과 활성슬러지가 이용하는 산소량의 시간적인 변화를 그려 보면 [그림 4.2.3]과 같다. 즉, 하수중의 유기물은 활성슬러지와 접촉하면 단시간에 대부분이 제거된다. 이러한 현상을 초기흡착이라 한다. 초기흡착에 의해 제거된 유기물은 슬러지 체류시간(SRT)동안 가수분해를 거쳐 미생물 체내로 섭취되어 산화 및 동화된다. 따라서 활성슬러지의 산소이용량은 외관상으로는 유기물 제거량과 관계없고, 산화 및 동화가 진행되는 시간까지의 포기시간에 비례하여 증가하게 된다. 하수의 유기물과 그 제거량이 클수록 산소소비량이 증가한다.



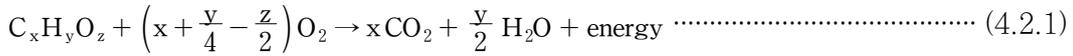
[그림 4.2.3] 하수에서의 유기물 제거량과 활성슬러지의 산소이용량의 시간적 변화

2) 흡착된 유기물의 산화 및 동화

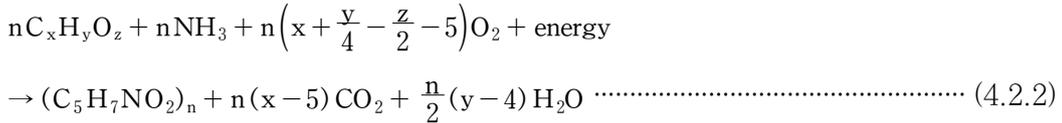
활성슬러지에 흡착된 유기물은 미생물의 영양원으로 이용되며 다음과 같이 산화와 동화에 이용된다.



산화는 생체의 유지, 세포합성 등에 필요한 에너지를 얻기 위하여 흡착된 유기물을 분해하는 것으로서 식(4.2.1)과 같이 그 관계를 나타낼 수 있다.

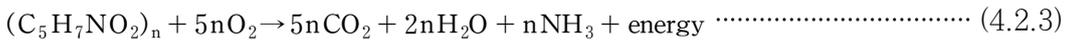


또한, 동화는 산화에 의해 얻어진 에너지를 이용하여 유기물을 새로운 세포물질로 합성하는 것(활성 슬러지의 증식)으로서 식(4.2.2)와 같이 그 관계를 나타낼 수 있다.

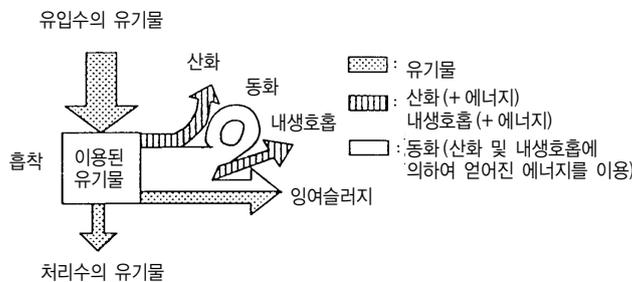


여기서, $C_xH_yO_z$: 하수중의 유기물
 $(C_5H_7NO_2)_n$: 활성슬러지 미생물의 세포질

하수중의 유기물이 적어지면 활성슬러지 미생물은 체내에 축적된 유기물과 세포물질을 산화하여 생명 유지에 필요한 에너지를 얻는다. 이것을 내생호흡이라 부르며 식(4.2.3)과 같이 관계를 나타낼 수 있다.



활성슬러지에 의한 하수중의 유기물 제거를 [그림 4.2.4]에 모식적으로 나타내었다. 하수중에 함유되어 있는 유기물은 일부가 처리수중에 유출되지만 대부분은 활성슬러지에 의해 흡착된 후 산화 및 동화에 의해 이용되어 제거된다. 또 산화·동화되지 않은 유기물은 처리시스템내에 저류되어 내생호흡에 의해 산화되지 않은 세포물질과 함께 최종적으로 잉여슬러지로서 처리시스템 외부로 배출된다.



[그림 4.2.4] 활성슬러지에 의한 호기성처리에서의 물질수지

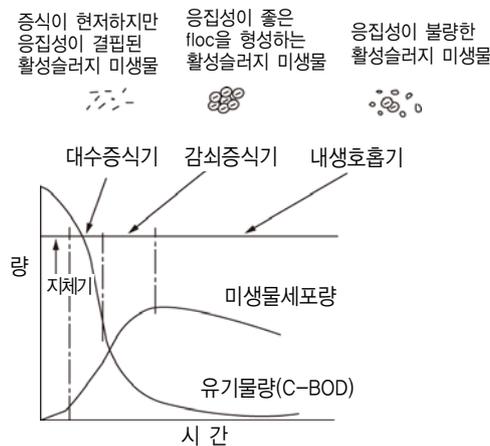
3) 활성슬러지 플록의 침강·분리

활성슬러지법에서 보다 깨끗한 처리수를 얻기 위해서는 이차침전지에서의 활성슬러지의 양호한 응집성과 침강성이 보장되어야 한다. 활성슬러지의 응집성과 침강성은 활성슬러지 미생물의 증식과정에 따라 변화되는데 이러한 증식과정을 [그림 4.2.5]와 같이 나타낼 수 있다. 대수증식기는 미생물에 대한 유기물의 비율(F/M비)이 클 때에 일어나며, 이때 미생물의 유기물 제거속도는 커지지만 응집성과 침강성은 떨어진다. 시간이 경과하여 미생물의 증식이 진행되면 F/M비가 감소하며, 미생물은 순차적으로 감쇠증식기로부터 내생호흡 단계에 접근하여 미생물의 흡착력, 응집성 및 침강성이 향상된다. 하수

처리에 폭넓게 응용되는 표준활성슬러지법에는 감쇠증식기로부터 내생호흡기에 걸쳐 존재하는 미생물에 의해 하수가 처리되며 이에 따라 활성슬러지 미생물에 의한 유기물 제거가 반응조내에서 양호하게 진행되며, 이차침전지에서 활성슬러지의 양호한 침전 및 분리가 도모될 수 있는 것이다.

활성슬러지의 침강성의 악화에 따른 이차침전지의 고액분리 장애의 중요한 원인으로 사상균 별킹을 들 수 있다. 사상균 별킹을 유발하는 운전조건으로서 낮은 용존산소농도, 낮은 F/M비, 부패된 오수(황화수소의 존재), 영양염류의 부족, 낮은 pH 등이 보고되고 있다. 이 중에서 낮은 F/M비가 문제되는 경우 생물학적 대응책으로서 다음과 같은 방법이 있다.

- 혐기-호기조합법
- 간헐유입
- 일차침전지의 일부 by-pass, 혹은 일차침전지 슬러지를 반응조로 유입 (SRT의 단축과 플록형성 미생물의 식종)



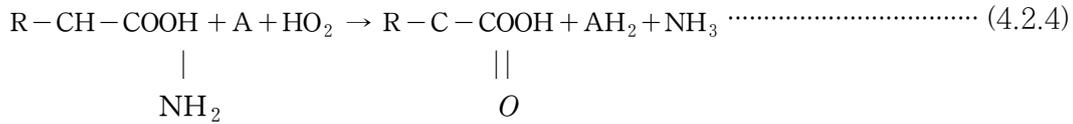
[그림 4.2.5] 회분 배양시 미생물에 의한 유기물의 대사과정

4) 질산화

활성슬러지법에 의한 하수의 처리는 일반적으로 유기물의 제거를 목적으로 하기 때문에 유기물을 에너지원으로 하는 종속영양미생물이 주가 되지만, 활성슬러지중에는 유황, 질소, 철 및 그 화합물을 산화하여 얻는 에너지를 이용하여 성장하는 미생물군도 존재한다. 이것들을 종속영양미생물과 대응하여 독립영양미생물이라 부른다. 활성슬러지법에 의한 하수처리에는 질소화합물을 산화하는 질산화미생물에 의한 질산화반응이 일어나는데 이러한 질산화반응에 관여하는 미생물인 질산화균이 바로 독립영양 미생물 중의 하나라고 할 수 있다.

하수중에 포함되어 있는 질소화합물에는 유기성질소, 암모니아성질소, 아질산성질소, 질산성질소 등이 있다. 유기성질소와 암모니아성질소를 포함하는 TKN 화합물은 하수중의 질소화합물의 대부분을 차지한다. 유기성질소는 주로 식물류와 분뇨에 함유된 단백질과 분해생성물로부터 유래하며, 단백질 등이 미생물에 의해 분해되면 식(4.2.4)와 같이 탈아미노반응에 의한 암모니아성 질소가 생성된다.

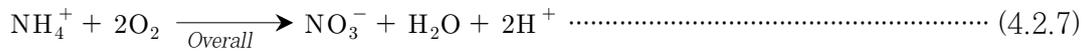
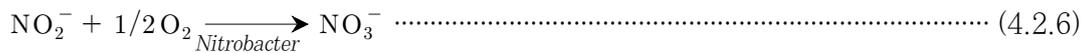
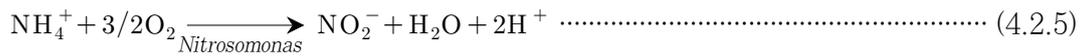
(산화적 탈아미노 반응의 예)



여기서, A : 수소수용체

R : 반응에 관여하지 않는 부분

이 반응에는 1g의 암모니아성질소의 생성에 따라서 3.57g의 알칼리도(CaCO₃ 로서)가 생성된다. 질산화미생물의 증식속도는 통상적으로 활성슬러지중에 있는 중속영양미생물보다 늦기 때문에 활성슬러지중에서 그 개체수가 유지되기 위해서는 비교적 긴 SRT를 필요로 한다. 또 질산화미생물의 증식속도는 수온, 용존산소농도, pH 등에 의해 크게 영향을 받는다. 질산화미생물에는 암모니아성질소를 아질산성질소로 산화하는 암모니아 산화미생물(*Nitrosomonas*)과 아질산성질소를 질산성질소로 산화하는 아질산산화미생물(*Nitrobacter*)이 있으며, 이러한 질산화미생물에 의한 질산화 반응을 반응식에 의해 표현하면 식(4.2.5~4.2.7)과 같다.



식(4.2.6)의 반응은 식(4.2.5)의 반응에 비해 속도가 빠르기 때문에 식(4.2.7)의 전체반응속도는 식(4.2.5)의 반응속도에 따라 결정된다.

위 식에 따르면, 질산화미생물에 의한 질산화반응은 산소가 필요하며, 1g의 암모니아성 질소가 질산성질소로 산화되기 위해서는 4.57g의 산소와 7.14g의 알카리도가 필요하다.

유기물의 제거를 대상으로 하는 활성슬러지 미생물의 비증식속도와 BOD와의 관계가 질산화미생물의 비증식속도와 암모니아성 질소와의 관계에도 성립한다. 활성슬러지중의 질산화미생물을 측정하는 것은 실제상 곤란하기 때문에 일반적으로 단위 활성슬러지량당 암모니아성질소(NH₄-N)의 감소속도, 또는 아질산성질소(NO₂-N)+질산성질소(NO₃-N)의 증가속도로서 질산화반응의 속도가 표시되는 경우가 많다. 다만, 암모니아성 질소의 감소중 일부는 생체합성에 사용되므로 질산화반응의 속도는 아질산성질소와 질산성질소의 증가속도로 표시하는 것이 더 적합하다. 질산화는 질산화미생물에 의한 암모니아성 질소의 산화작용이며, 기질로서의 암모니아성 질소농도에 관하여 식(4.2.8)로 표현할 수 있다.

$$R_L = R_{L,max} \frac{L}{K_L + L} \dots\dots\dots (4.2.8)$$

여기서, R_L : 질산화속도정수(mg N/g SS시)

- R_{Lmax} : 최대질산화속도(mg N/g SS시)
- L : 암모니아성질소 농도(mg/l)
- K_L : 암모니아성질소의 포화정수(mg/l)

K_L 은 식(4.2.9)로부터 주어지며, 예를 들면 T(수온 °C)가 15°C일 때 0.4 mg/l로 상당히 작은 값이기 때문에 SRT가 충분히 큰 반응조내에 질산화미생물이 충분히 존재하는 경우에는 질산화반응은 암모니아성질소농도에 대해 실제로 0차 반응이라고 볼 수 있다.

$$K_L = 10^{0.051T - 1.156} \dots\dots\dots (4.2.9)$$

질산화미생물의 증식속도는 유기물을 분해하는 미생물의 증식속도와 비교하여 상당히 작은 값이기 때문에 생물학적 질산화·탈질공정에서 BOD의 산화분해와 질산화를 동일한 조내에서 하는 경우에는 질산화미생물을 계내에 유지하는 것에 주의해야 한다. 질산화미생물의 유지에 최저한도로 필요한 SRT는 식(4.2.10)으로 나타낼 수 있다.

$$(V_A \cdot X_A) / (Q_w \cdot X_w) = SRT_c \geq 1 / (\mu_N - b_N) \dots\dots\dots (4.2.10)$$

여기서, SRT_c : 질산화미생물을 계내에 유지하기 위해 필요한 SRT(일)

- μ_N : 질산화미생물의 비증식속도(1/d)
- b_N : 질산화미생물의 사멸속도(1/d)
- V_A : 호기조 반응조 체적(m³)
- X_A : 호기조 미생물 농도(mg/l)
- Q_w : 잉여슬러지량(m³/일)
- X_w : 잉여슬러지의 SS농도(mg/l)

활성슬러지중의 질산화미생물의 양은 적기 때문에 활성슬러지법 시스템의 SRT는 일반적으로 질산화미생물의 양의 다소에 거의 영향을 받지 않는다. 즉, 활성슬러지법의 질산화반응의 예측에 대해서는 다음과 같은 사항이 고려되어야 한다.

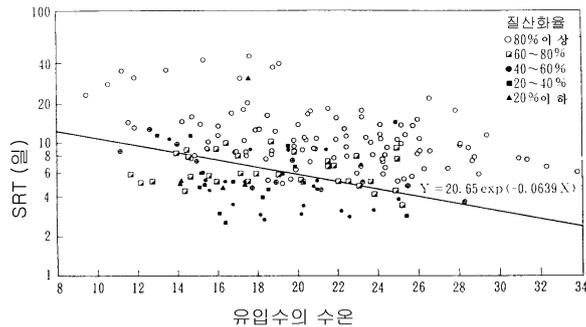
- ① 활성슬러지중에 존재하는 질산화미생물량은 SRT와 수온에 따라 크게 변화한다. 때문에 단위활성슬러지량 당 질산화속도로는 질산화반응을 정확하게 예측하기 힘들다.
- ② 실제로 유기물제거량으로부터 구한 SRT를 사용하여 질산화미생물의 증식 가부를 예측하는 것이 가능하며, 질산화미생물이 증식 가능한 조건이면 암모니아성 질소의 농도에 영향을 받지 않는 0차반응으로서 취급되기 때문에 질산화반응이 완전하게 진행된다고 생각된다. 그러나 질산화를 촉진하는 것을 전제로 활성슬러지법의 공정을 설계하는 경우에는 외적영향조건에 대해 필요한 SRT 값을 결정해야 한다.

질산화미생물의 증식속도는 수온, pH, 알카리도 등에 의해 영향을 받지만 수온에 의한 영향이 가장 크다. 일반적으로 미생물의 증식속도는 수온이 10°C 증가시 2배 가량 증가한다고 알려져 있다. 따라서 수온과 이에 따른 최소한의 SRT_c 와의 관계를 통하여 설계대상 처리장의 동절기 설계수온에 따라 필요

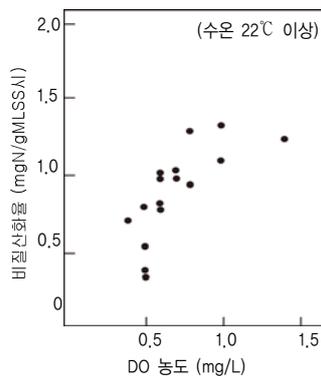
한 SRT_c 를 확보할 수 있도록 하여야 한다. 또한 유량변동이 크거나, 잉여슬러지 인발량이 불규칙한 조건 즉, 소규모하수처리시설의 경우 SRT관리가 일정하게 이루어지지 않으므로 여유율을 두어야 한다. 표준활성슬러지법으로 설계된 하수처리시설에서 질산화반응에 대한 수온과 SRT의 영향을 정리한 것이 [그림 4.2.6]이다. 그림중의 직선은 질산화율(유입수의 TKN농도-처리수의 TKN농도) \times 100/유입수의 TKN농도(%)가 80% 이상의 자료에서 각 수온에 대한 SRT값의 하한값을 보여주고 있다. 이 선보다 상부 영역이 충분한 질산화를 시키는 조건임을 의미하고 있다. 이 그림을 사용함으로써 충분한 질산화가 가능한 수온마다의 SRT값을 경험적으로 정량화하는 것이 가능하다.

활성슬러지법의 하수처리에서 질산화 촉진을 전제로 운전을 하는 경우 1g의 암모니아성질소가 질산성질소로 산화되기 위해서 4.57g의 산소가 필요하므로 반응조의 DO농도의 유지에 주의를 기울일 필요가 있다. [그림 4.2.7]에 질산화속도와 활성슬러지 혼합액의 DO농도의 관계 예를 보여주고 있지만, 그림에서 DO농도가 1mg/l이하로 되면 질산화속도가 저하하는 것을 알 수 있다.

한편, 질산화반응이 완전하게 진행되지 않는 경우, 즉 불완전질산화의 경우 처리수중에는 암모니아성질소와 질산화미생물이 동시에 존재하여, 처리수의 BOD측정시 잔존된 암모니아성 질소의 질산화에 따른 BOD(N-BOD)값이 상승하는 경우가 발생할 수 있다. 따라서, BOD 5mg/l 이하의 방류수 수질 기준 준수를 위해서는 처리수내 암모니아성 질소의 농도를 1.0mg/l 이하로 유지할 필요가 있다.

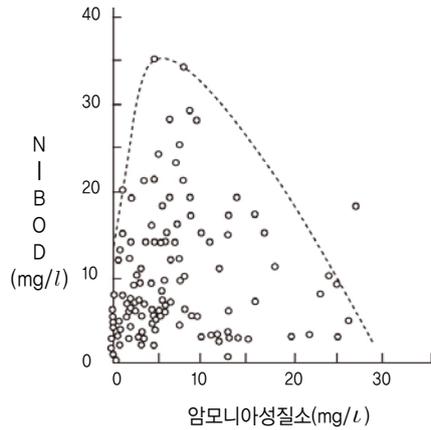


[그림 4.2.6] 질산화 및 수온과 SRT의 영향



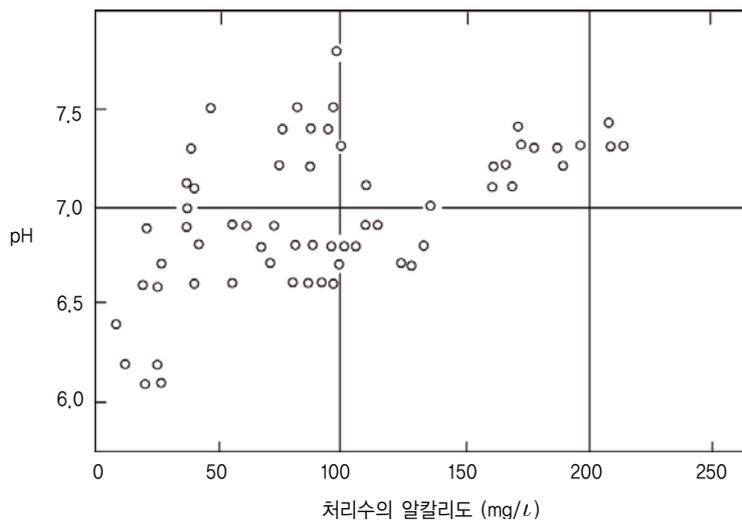
[그림 4.2.7] 질산화속도와 활성슬러지 혼합액의 DO농도와의 관계 예

[그림 4.2.8]은 활성슬러지법의 처리장에서 처리수의 암모니아성질소와 N-BOD값의 관계 예를 나타낸 것이다. 이 그림에서 전체적으로 처리수중의 암모니아성질소농도가 높을수록 N-BOD농도도 높게 나타나나, 일부 암모니아성 질소가 높은 경우에도 N-BOD가 낮게 나타나는 경우는 처리수중의 질산화 미생물량이 적어 질산화가 진행되는 속도가 느렸기 때문으로 판단된다.



[그림 4.2.8] 처리수의 암모니아성 질소농도와 N-BOD의 관계 예

유입하수의 알칼리도가 낮고, 질소농도가 높은 경우, 질산화의 진행에 따라 하수중의 알칼리도가 소비됨으로써 처리수의 pH가 저하되어 하수처리에 악영향을 미칠 수 있다. [그림 4.2.9]는 처리수중의 알칼리도와 pH의 관계 예를 나타낸 것으로, 질산화에 따라 pH가 저하될 경우 수산화나트륨 등의 첨가 혹은 탈질반응에서 생성되는 알칼리도의 순환을 통하여 pH를 회복할 수 있다.

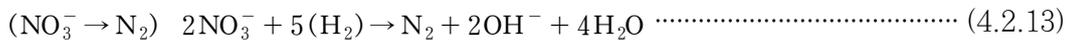
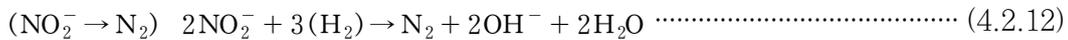
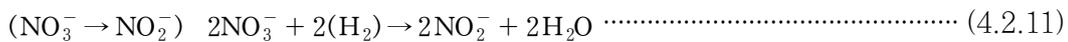


[그림 4.2.9] 처리수의 알칼리도와 pH와의 관계 예

5) 탈질산화

활성슬러지에 포함되어 있는 중속영양미생물 중에는 혼합액중의 용존산소가 결핍되더라도 질산성 질소를 이용하여 유기물을 분해하는 미생물군이 있다. 이 미생물군은 산소이용형태에 따라 통성혐기성미생물로 분류된다. 통성혐기성 미생물군이 유기물을 이용하여 아질산성 질소와 질산성 질소를 질소가스로 환원하는 반응을 생물학적 탈질소반응이라 하며, 이 반응에 관여하는 미생물군을 탈질미생물이라 부른다.

탈질반응은 용존산소가 존재하지 않는 조건하에서 통성혐기성미생물의 호흡(질산성 호흡 또는 아질산성 호흡)이며, 식(4.2.11)~(4.2.13)과 같이 나타낼 수 있다.



위의 반응에 있어서 (H₂)는 수소공여체(기질)로부터 공급받게 된다. 이 수소공여체는 하수중의 유기물, 메탄올 등의 유기물과 미생물내 축적된 유기물 등의 분해에 의해 공급된다. 이 탈질반응이 진행되기 위해서는 활성슬러지 혼합액에 용존산소가 존재하지 않아야 하고 활성슬러지 혼합액 또는 반응에 관여하는 미생물내에 산화 대상인 유기물이 존재해야 한다.

식(4.2.13)의 탈질반응에 따라 1g의 질산성 질소로부터 3.57g의 알칼리도가 생성되고, 1g의 질산성 질소를 환원하기 위해서는 2.86g O₂에 해당하는 유기물이 필요하다.

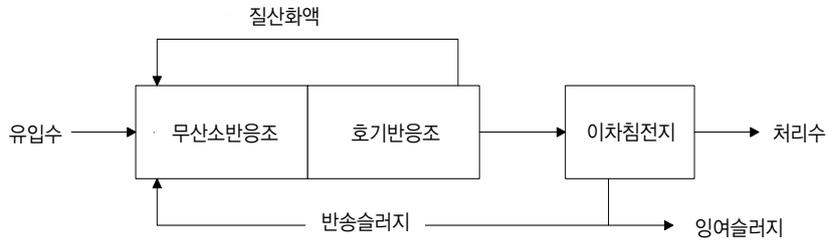
그러나 탈질반응과 동시에 미생물의 증식에 유기물이 사용되므로, 미생물증식을 포함한 반응식은 메탄올이 유기탄소원으로 이용되는 경우 식(4.2.14)로 제시된다.



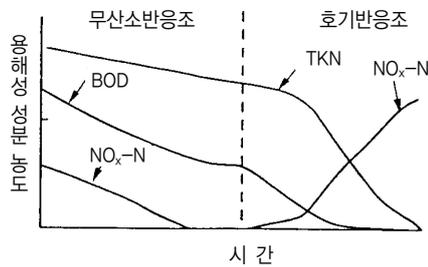
이 식으로부터 1g의 질산성 질소의 탈질을 위해서는 2.47g의 메탄올이 필요하며, 메탄올 1g은 거의 BOD 1g 정도이므로, 1g의 질산성 질소의 탈질을 위해서는 약 2.5g의 BOD가 필요하다. 단, 유기물의 종류에 따라 탈질에 이용되는 BOD량은 다소 변동되므로 탈질에 필요한 BOD량은 2~3gBOD/g NO₃-N 정도로 보는 것이 일반적이다.

생물학적 질소제거는 앞서 설명한 질산화와 탈질반응을 결합하는 방법이 일반적으로 적용되고 있고, 수소공여체인 유기탄소와 중화제인 알칼리도의 절감 등을 목표로 하여 각종 공정에 제안되고 있지만 크게 나누어 보면 직렬방식, 순환방식 및 이것들을 조합시키는 방법으로서 분류된다. 생물학적 탈질의 원리를 [그림 4.2.10]에 나타내었다.

(a) 순환식질산화탈질법의 FLOW



(b) 순환식질산화탈질법의 반응조에 있어서 BOD와 질소의 거동



[그림 4.2.10] 생물학적 탈질의 원리

6) 생물학적인 제거

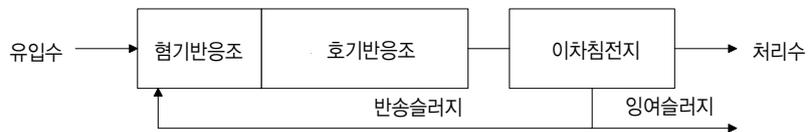
활성슬러지 미생물에 의한 인 과잉섭취 현상을 이용하여 원수중의 인을 생물학적으로 제거하는 방법으로 [그림 4.2.11]에 활성슬러지 미생물의 인 과잉섭취현상의 원리를 나타내었다. 활성슬러지 미생물에 의한 인의 방출 및 섭취의 대사 기작에 대해서는 명확히 밝혀지지 않은 부분이 많지만 현재까지의 대사 기작에 대한 설명은 다음과 같다.

- ① 혐기상태와 연속되는 호기상태를 거치는 동안 활성슬러지내 폴리인산축적미생물(PAOs)에 의해 섭취된 정인산(PO_4-P)은 세포내에 폴리인산으로 축적된다.
- ② 혐기상태에서는 세포중에 축적된 폴리인산이 가수분해되어 정인산으로 혼합액에 방출되며 혼합액중의 유기물이 세포내에 섭취된다. 이때 인의 방출속도는 일반적으로 혼합액중의 유기물 농도가 높을수록 크다.
- ③ 혐기상태에서 정인산의 방출과 동반되어 섭취되는 유기물은 글리코젠 및 PHB(poly hydroxy-beta butyrate)를 주체로 한 PHA등의 기질로서 세포내에 저장된다.
- ④ 호기상태에서는 이렇게 세포내에 저장된 기질이 산화, 분해되어 감소된다. 폴리인산축적미생물(PAOs)은 이때 발생하는 에너지를 이용하여 혐기상태에서 방출된 정인산을 섭취하고 폴리인산으로 재합성한다.
- ⑤ 이상 ①~④의 과정이 반복되면서 활성슬러지의 인의 과잉섭취(luxury uptake)가 발생하게 된다. 이때 과잉섭취는 인 이외의 필수원소가 제한되는 상태에서 세포 내로 인을 이동시키는데 필

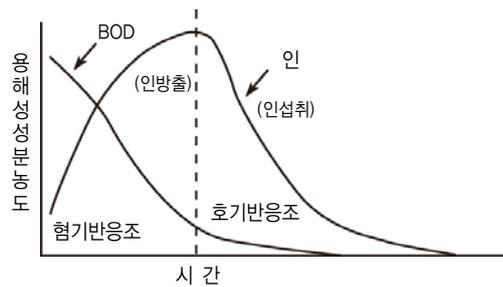
요한 에너지가 충분하여 인을 과잉 섭취하는 현상을 말하며, 다시 인 농도가 높은 환경에 있게 되면 인을 급속히 섭취하는 현상을 말한다. 보통 미생물 세포내의 인 함량은 0.015~0.025 gP/g MLSS 정도이나, 인의 과잉섭취 현상이 나타날 경우는 활성슬러지 세포내 폴리인산이 축적되어 인의 함유량이 약 0.035~0.06 gP/g MLSS 정도가 된다.

활성슬러지 미생물의 인 과잉섭취현상을 이용한 생물학적 탈인법, 즉 혐기호기활성슬러지법은 일반적으로 반응조 일부를 용존산소가 존재하는 상태와 용존산소가 없는 상태(아질산상태 및 질산상태)인 혐기상태로 유지하여 이를 반복시켜 활성슬러지중의 인 함유율을 증가시킴으로써 인 제거 효율을 높인다.

(a) 혐기호기조합법의 FLOW

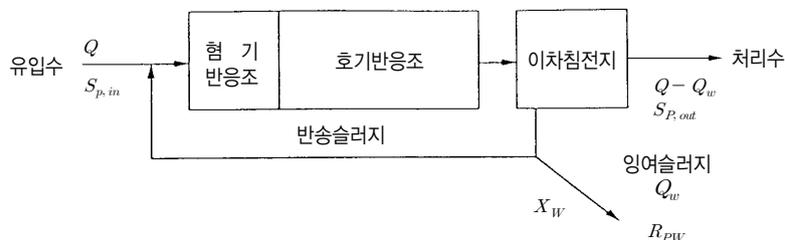


(b) 혐기호기활성슬러지법의 반응조에 있어서 BOD와 인의 거동



[그림 4.2.11] 생물학적 인제거의 원리

활성슬러지 미생물에 의한 하수중의 인제거 과정에서, 인은 가스로서 휘발되는 것이 아니고 잉여슬러지에 포함되어 제거되는 것인데 이것이 인의 제거량이 된다. 즉 [그림 4.2.12]의 활성슬러지법에 있어서의 인 수치 개념도는 잉여슬러지의 인 함유율 R_{PW} 이 커지게 되면 인의 제거율도 커지게 된다는 것을 의미한다.



[그림 4.2.12] 활성슬러지법에 있어서의 인 수치 개념도

$Q \cdot S_{P, in} = Q_W \cdot X_W \cdot R_{PW} + (Q - Q_W) S_{P, out}$ 을 정리하면,

$$S_{P, out} = \frac{1}{Q - Q_W} (Q \cdot S_{P, in} - Q_W \cdot X_W \cdot R_{PW}) \dots\dots\dots (4.2.15)$$

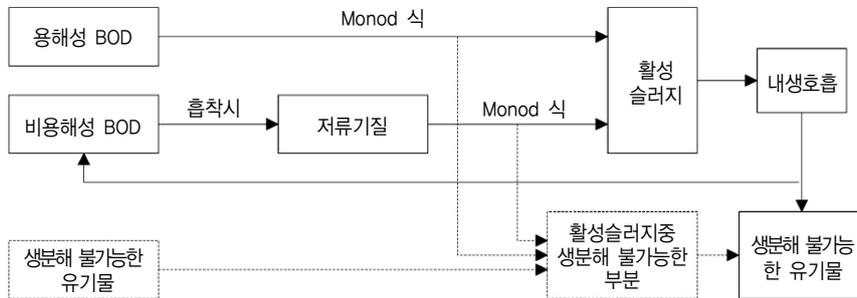
- 여기에서, Q : 유입유량
- Q_W : 잉여슬러지량
- S_{P,in} : 유입수의 인농도
- S_{P,out} : 처리수의 인농도
- X_W : 잉여슬러지의 SS 농도
- R_{PW} : 잉여슬러지의 인 함유량

4.2.2 활성슬러지의 동력학해석

활성슬러지법에서는 유입수의 질·양의 일 변화와 수온, 반응조의 형태에 따라 반응조내의 기질농도, 활성슬러지의 산소소비속도 및 용존산소 농도가 변하며 그 결과 처리수질도 변화한다. 이러한 변화를 예측하는 기법으로 [그림 4.2.13]에 제시한 활성슬러지법의 동력학 모형이 이용된다.

이 모형에 필요한 가정은 다음과 같다.

- ① 하수중의 BOD는 빨리 분해되는 저분자유기물(용해성기질)과 분자량이 커 가수분해를 경유함으로써 천천히 분해되는 비용해성기질로 구성된다.
- ② 용해성기질을 이용하는 미생물의 증식속도는 Monod 식에 따라 표현된다.
- ③ 비용해성 기질은 미생물과 접촉되어 미생물의 표면에서 가수분해되어 저분자 유기물이 된다.
- ④ 비용해성기질을 이용하는 미생물의 증식은 다음 두 가지의 가정에 따라 성립된다.
 - i) 활성슬러지 미생물에 의한 비용해성기질은 흡착 후 가수분해되어 용해성기질이 되어 저류된다.
 - ii) 저류된 기질은 용해성기질과 마찬가지로 Monod 식에 따라 미생물에 의한 세포합성이 이루어진다.
- ⑤ 활성슬러지 미생물은 활성슬러지량에 비례하여 일정한 속도로 자기분해된다.
- ⑥ 자기분해에 의해 생분해되지 않은 활성슬러지의 일부분은 생분해 불가능한 유기물과 비용해성 BOD로 변환된다.



[그림 4.2.13] 활성슬러지법의 동력학모형의 개념도

[그림 4.2.14]에서 제시한 관계를 반응조내의 기질농도, 활성슬러지의 산소소비속도, 활성슬러지 미생물농도의 시간적 또는 장소적 변화율에 의해 나타낸 것이 반응속도식이다. 또한 시설구조와 운전조건이 다른 각종 활성슬러지법의 동력학 모형을 완성하기 위해서는 반응조내의 기질, 활성슬러지 미생물 및 용존산소에 대한 물질수지계산을 할 필요가 있다. 따라서 반응조에서 미생물에 의한 오염물질의 생물반응을 쉽게 이해하기 위하여 아래와 같은 가정을 하여 SRT와 처리수의 기질농도(S), 그리고 미생물농도(X) 사이의 관계를 정량적으로 설명할 수 있다.

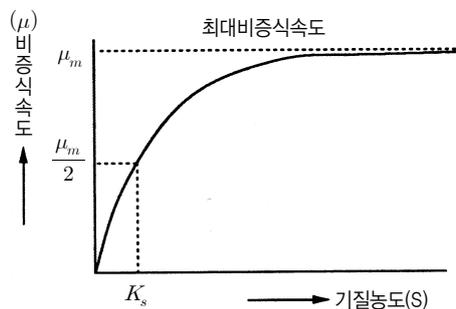
[가정]

- ① 정상상태(시간적 변화 없음)
- ② 완전혼합형(장소적 변화 없음)
- ③ 미생물에 의한 오염물질 제거반응은 반응조에서만 발생
- ④ SRT 계산에는 반응조 부피만을 사용
- ⑤ 유입수 중의 미생물 농도는 무시
- ⑥ 기질은 용해성이며, 단일 물질로 가정

대상이 되는 미생물의 비증식속도(μ)와 그 미생물의 제한 기질농도(S)의 관계를 Monod식에 의하여 식(4.2.16)과 같이 나타낼 수 있다([그림 4.2.14]). 이 경우에 대상이 되는 기질로서는 유기물 제거에 있어서는 C-BOD 또는 COD_{cr} , 질산화에 있어서는 암모니아성 질소를 각각 대상으로 한다.

$$\mu = \mu_m \frac{S}{K_s + S} \dots\dots\dots (4.2.16)$$

- 여기서, μ : 비증식속도(1/d)
- μ_m : 최대비증식속도(1/d)
- S : 성장제한 기질농도(mg/l)
- K_s : 포화정수(mg/l)



[그림 4.2.14] 미생물의 비증식속도에 미치는 기질농도의 영향

미생물의 증식속도 (γ_g)는 $\gamma_g = \mu \cdot X$ (X : 미생물농도)로 정의되므로 식(4.2.16)은 식(4.2.17)로 된다.

$$r_g = \frac{\mu_m \cdot S \cdot X}{K_s + S} \dots\dots\dots (4.2.17)$$

여기서, γ_g : 미생물의 증식속도(mg MLVSS/l · d)
 X : 미생물농도(mg MLVSS/l)

수율(Y) 즉, 제거된 기질량에 대하여 증식된 미생물량의 비율은 식(4.2.18)로 정의된다.

$$r_g = Y r_{su} \dots\dots\dots (4.2.18)$$

여기서, γ_{su} : 기질이용속도(mg MLVSS/l · d)
 Y : 세포생산율(mg MLVSS/mg기질)

기질이용속도 (즉, 기질제거속도)는 식(4.2.19)로 나타난다.

$$r_{su} = \frac{\mu_m \cdot S \cdot X}{Y (K_s + S)} \dots\dots\dots (4.2.19)$$

최대기질이용속도(k)를 $k = \frac{\mu_m}{Y}$ 로 정의하면, 식(4.2.19)는 식(4.2.20)이 된다.

$$r_{su} = \frac{k \cdot S \cdot X}{K_s + S} \dots\dots\dots (4.2.20)$$

미생물의 자기분해속도(γ_d)가 식(4.2.21)과 같이 일차 반응을 따른다고 가정하면, 자기 분해를 고려한 미생물의 증식속도(γ_g')는 식(4.2.22) 또는 식(4.2.23)이 된다.

$$r_d = -k_d \cdot X \dots\dots\dots (4.2.21)$$

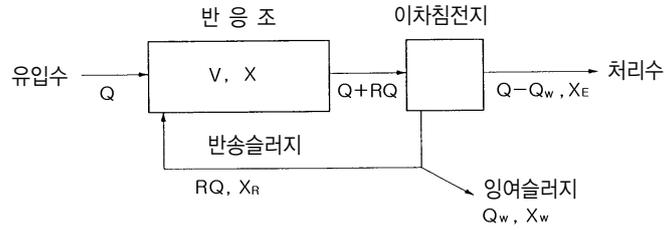
여기서, γ_d : 미생물의 자기분해속도(mg MLVSS/l · d)
 k_d : 자기분해속도상수(1/d)

$$r_g' = \frac{\mu_m \cdot S \cdot X}{K_s + S} - k_d \cdot X \dots\dots\dots (4.2.22)$$

$$r_g' = Y \cdot r_{su} - k_d \cdot X \dots\dots\dots (4.2.23)$$

여기서, γ_g' : 자기 분해를 고려한 미생물의 증식 속도(mg MLVSS/l · d)

[그림 4.2.15]와 같은 슬러지반송이 있는 연속류식 완전혼합형 활성슬러지법 모형에 있어서는 반응조의 HRT와 SRT는 식(4.2.24)와 식(4.2.25)로 정의할 수 있다.



[그림 4.2.15] 반응조 및 이차침전지에서의 활성슬러지 미생물의 물질수지

$$HRT = \frac{V}{Q} \dots\dots\dots (4.2.24)$$

$$SRT = \frac{V \cdot X}{Q_w \cdot X_w + (Q - Q_w) X_e} \dots\dots\dots (4.2.25)$$

여기서, HRT : 반응조의 수리학적 체류시간(일)

SRT : 반응조의 미생물 체류시간(일)

V : 반응조 용량(m³)

Q : 반응조로의 유입수량(m³/d)

Q_w : 반응조로부터의 잉여슬러지량(m³/d)

X_e : 처리수의 SS 농도(mg/l)

X_w : 잉여슬러지 농도(mg/l)

한편, 반응조의 미생물 물질수지는 식(4.2.26)과 같다.

반응조에서의 축적율 = 유입율 - 유출율 + 증식율

$$\frac{dX}{dt} V = Q \cdot X_0 - [Q_w \cdot X_w + (Q - Q_w) X_e] + V \cdot r_g' \dots\dots\dots (4.2.26)$$

여기서, X₀ : 유입수의 미생물 농도(mgMLVSS/l)

이 모형에서는 정상상태 ($\frac{dX}{dt} = 0$)를 대상으로 하고 유입수 중의 미생물농도를 무시하는 것으로 가정하기 때문에 식(4.2.26)은 식(4.2.27)과 같이 변형될 수 있다.

$$\frac{1}{SRT} = Y \frac{r_{su}}{X} - k_d \dots\dots\dots (4.2.27)$$

또, 이 모형이 정상상태에서의 완전혼합형이기 때문에 기질이용속도는 식(4.2.28)로 표현된다.

$$r_{su} = \frac{Q}{V} (S_0 - S) = \frac{S_0 - S}{HRT} \dots\dots\dots (4.2.28)$$

여기서, S₀ : 유입수의 기질농도(mg/l)

따라서, 식(4.2.27)과 식(4.2.28)로부터 미생물농도는 식(4.2.29)로 나타낼 수 있다.

$$X = \frac{SRT}{HRT} \cdot \frac{Y(S_0 - S)}{1 + k_d \cdot SRT} \dots\dots\dots (4.2.29)$$

또, 식(4.2.27)은 식(4.2.29)를 이용하면 식(4.2.30)의 형태로도 나타낼 수 있다.

$$\frac{1}{SRT} = \frac{Y \cdot k \cdot S}{K_s + S} - k_d \dots\dots\dots (4.2.30)$$

식(4.2.30)에 의하여 정상상태에서의 완전혼합형 활성슬러지법의 처리수농도(S)는 식(4.2.31)과 같이 주어진다.

$$S = K_s \frac{1 + k_d \cdot SRT}{Y \cdot k \cdot SRT - (1 + k_d \cdot SRT)} \dots\dots\dots (4.2.31)$$

상기 활성슬러지의 동력학적 모델의 유기물제거 원리를 정리하면 다음과 같다

- ① 처리수 유기물 농도는 SRT에 의해 결정된다.
- ② 유입수 유기물농도가 증가되면, 활성슬러지의 미생물농도가 증가되어 SRT가 일정 수준 유지됨에 따라 처리수의 유기물농도가 안정된다.
- ③ 활성슬러지법에 의한 하수의 유기물 제거는 비교적 작은 SRT로 양호한 처리수질이 기대된다.

4.2.3 생물막법의 기본원리 및 처리특성

생물막법은 접촉제 및 유동담체의 표면에 부착된 미생물을 이용하여 처리하는 방법으로, 매체의 표면에 미생물을 부착시켜 전체적으로 반응조내 미생물양을 증대시켜, pH 변동 등의 충격부하에 대한 적응성이 강하고 난분해성 물질 유입에 따른 처리능이 저하를 완화할 수 있는 처리특성이 있다. 또한 최근에는 부영양화의 원인 물질인 질소 및 인을 제거하기 위한 고도처리공법이 도입되고 있지만, 기존의 부유성미생물을 이용할 경우 고도처리에 필요 소요부지면적이 커진다는 단점을 보완하기 위해 생물반응조에 접촉제나 유동상 담체 등을 투입하여 매체에 미생물을 부착 증식시켜 짧은 체류시간에도 고도처리가 가능하게 하는 특징이 있으며, 또한 생물막법은 호기성 생물처리 뿐만 아니라 무산소 및 혐기공정에도 사용되고 있다.

생물막법은 다음과 같은 처리특성을 필요로 할 경우 효과적이다.

- ① 특수한 기능을 가진 미생물을 반응조내 고정화해야 할 필요가 있는 경우
일반적인 활성슬러지를 고정화하는 것은 특별한 장점이 될 수 없고, 특수한 기능을 가지는 미생물을 고정화해야 할 필요가 있는 경우.
- ② 증식속도가 느려 고정화하지 않으면 유출될 가능성이 있는 미생물이 필요한 경우
특수한 미생물이라도 증식속도가 빨라 기존처리시스템 내에서 충분히 증식할 수 있는 경우에는 생물막법을 적용할 필요가 적다. 즉 특수한 기능을 가지고 증식속도가 느린 미생물을 생물막으로 고정화시켜 처리에 이용하는 것이 생물막법의 장점을 극대화 할 수 있다. 대표적인 예가 질산화미생물을 고정

한 질산화 담체를 들 수 있다.

③ 활성슬러지로는 대응할 수 없을 정도의 큰 부하변동이 있는 경우

극히 부하변동이 큰 경우 활성 슬러지의 농도로는 부하변동에 대처하지 못하여 처리성능이 불안정하게 된다. 이러한 조건에서 매체에 활성 슬러지를 고농도로 유지하여 부하변동에 완충적으로 대응할 수 있어 안정적인 처리가 가능해지는 장점을 극대화 할 수 있다.

④ 생물반응의 저해물질 혹은 난분해성 물질이 유입하는 경우

유입수중 저해물질이나 난분해성물질이 유입되는 부유미생물의 경우 처리성능이 급격히 저하되거나 난분해성 물질에 대한 순응이 어려워진다. 따라서 매체 미생물을 고정화하는 것으로 독성 및 난분해성에 대한 내성을 증가시켜 처리의 안정성을 기할 수 있다. 이러한 결과 담체공법의 도입 시 장점은 다음과 같이 정리할 수 있다.

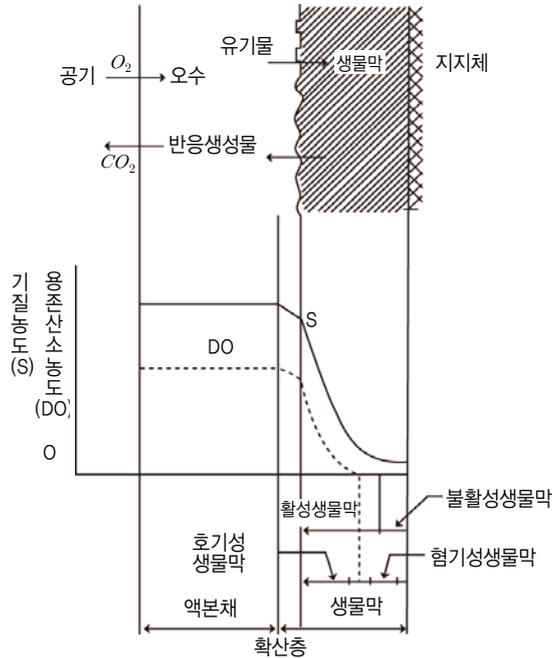
- pH, 충격부하 및 난분해성 물질 유입에도 안정된 처리가능
- 고농도의 미생물농도를 유지하여 부지면적 축소가능
- 미생물체류시간(SRT)이 길어져 슬러지발생량이 감소
- 특수미생물을 선택 고정하여 특정물질에 대한 제거성능 확보가능
- 담체단독처리로 인한 필요산소량 절감가능
- 수처리뿐만 아니라 악취제거에도 적용가능

(1) 생물막법의 기본원리

활성슬러지법에서는 미생물이 플록을 구성하고, 산소와 유기물은 플록 전면으로부터 3차원적으로 미생물에 공급된다. 이에 대해 생물막법에서는 일반적으로 생물막이 매체상에 평면적인 넓이를 가지고 형성되기 때문에 산소와 유기물은 생물막 표면으로 부터 2차원적으로 공급될 수밖에 없다. 또, 생물막의 지지매체로 부터 산소와 유기물의 공급이 없기 때문에 생물막법에서는 생물학적인 동력학뿐만 아니라 산소와 유기물 등의 물질이동이 처리반응에 큰 영향을 준다.

① 생물막에서의 물질이동

생물막에서의 물질이동을 [그림 4.2.16]에 개념적으로 나타내었다. 오수 중의 유기물은 교반·혼합에 따라 생물막 표면으로 움직이며 생물막내로 확산하는 과정에서 미생물에 의해 분해된다. 한편, 미생물은 이 유기물을 이용하여 증식하고 생물막의 두께가 증가한다. 유기물의 공급량에 비례하여 생물막이 두꺼워지면 매체 부근의 미생물에 충분한 유기물이 공급되지 않으며, 이 부분의 미생물이 내생 호흡상의 상태로 된다. 미생물에 의한 유기물의 산화 및 동화에 필요한 산소는 공기중으로부터 오수에 용해된 후 생물막 표면으로부터 내부로 확산된다. 이 과정에서 용존산소는 미생물에 의해 소비되어 감소되며, 생물막이 매체 부근에서 혐기상태로 되는 경우도 있다. 유기물의 생물학적 분해에 따라 발생하는 CO₂와 기타 반응생성물은 산소와 유기물과는 역방향으로 매체로부터 생물막 표면으로 확산되어 하수중으로 방출된다.



[그림 4.2.16] 생물막에 의한 물질이동의 개념도

② 생물막의 탈리

내생호흡상태인 생물막과 혐기성상태의 생물막은 매체로의 부착력이 약하며, 이러한 상태가 매체 부근에서 일어나면 생물막의 탈리가 발생한다. 탈리 후의 매체 표면에서는 다시 생물막의 형성 및 증식이 시작된다. 또 오수의 교반과 매체의 이동에 따라 생기는 전단력에 의해서도 생물막의 표면부분의 탈리가 일어난다.

③ 반응조내의 미생물량의 조정

생물막의 증식과 탈리에 의해 매체상에 형성된 생물막의 양, 즉 반응조내의 미생물량이 조건에 따라 자동적으로 조정된다. 이 결과 활성슬러지법에서는 불가결한 슬러지 반송과 반응조내의 슬러지량의 조절이 특별히 필요하지 않기 때문에 생물막은 활성슬러지법에 비해 운전관리상의 조작은 간단하다. 그렇지만 생물막법에서는 반응조내의 미생물량을 인위적으로 변화시키는 것이 어려우며, 처리가 악화된 경우 반응조내의 미생물량을 조절하여 단시간내 대응하는 것이 불가능하다. 특히 운전을 개시할 때처럼 매체상에 생물막을 새로 형성해야 하는 경우 다른 처리장에서 잉여슬러지를 운반해 와서 순양하는 것은 불가능하기 때문에 정상상태의 처리를 할 수 있을 때까지 비교적 긴 기간이 소요된다.

(2) 생물막법의 처리특성

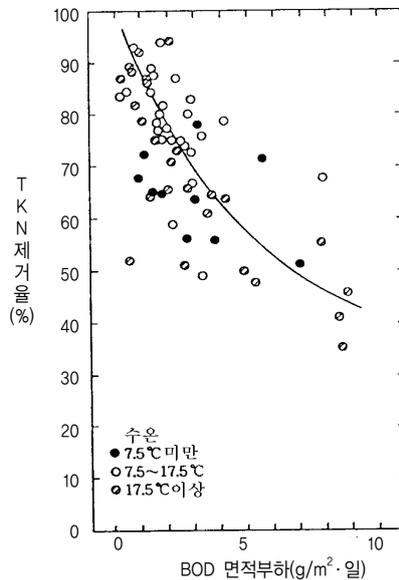
생물막법의 처리특성은 다음과 같다.

① 생물학적 특징

부유생물법은 활성슬러지가 처리프로세스내를 순환하기 때문에 활성슬러지의 생물상은 처리프로세스

내 위치에 관계없이 거의 일정하다. 한편 생물막법에서는 생물막지지체가 반응조의 일정부분에 부착되어 있기 때문에 생물막의 생물상은 그 부분의 환경조건의 영향을 상시 받게 된다. 이 때문에 하수의 유입측은 고부하운전상태의 생물상이 그리고 방류측에는 저부하운전에 대응한 생물상이 형성된다. 또한 활성슬러지법에서는 질산화미생물의 유지하기위해 활성슬러지의 SRT를 길게 하지만, 생물막법에서는 반응조 후단으로 갈수록 유기물농도가 저하하여 질산화미생물의 증식에 적합한 환경이 조성됨과 동시에 미생물의 생물막이 탈리되지 않는 한 반응조로부터 유출되지 않기 때문에 부착 미생물의 SRT가 길어져 질산화반응이 진행되기 쉽다.

[그림 4.2.17]은 회전원판법에서의 부하조건(BOD면적부하)와 TKN 제거율의 관계 예를 나타내었다.



[그림 4.2.17] 회전원판법에서의 BOD면적부하와 TKN 제거율의 관계

2차처리시설로 회전원판법을 이용하는 경우 BOD면적부하를 $5\sim 7 \text{ g BOD/m}^2 \cdot \text{d}$ 정도로 결정하는 경우가 많지만, 이 부하 범위에서도 질산화가 진행됨을 알 수 있다. 활성슬러지법에서의 하수처리 경우와 동일하게 생물막법에서도 질산화에 의하여 오수 중의 알칼리도가 소비되기 때문에 알칼리도가 낮은 오수의 pH가 극단적으로 저하되는 경우도 있다. 이 경우 알칼리 성분을 보급하거나 유입수를 단계적으로 유입시키거나 가동중인 계열수를 감소시켜서 질산화 반응을 억제할 필요가 있다.

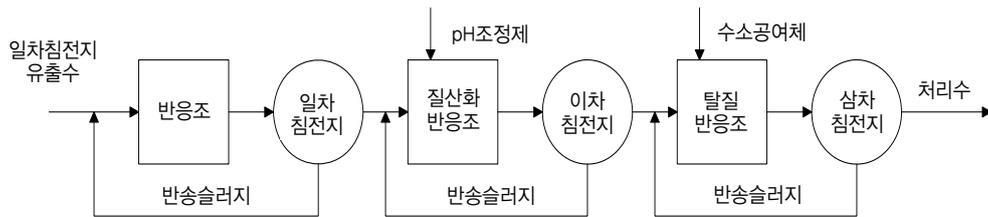
생물막에서는 통상의 미생물류에 비하여 증식속도가 작은 원생동물이나 미소후생동물도 안정적으로 증식할 수 있다. 이 결과 생물막법에서는 활성슬러지법에 비하여 다양한 생물종이 생물막을 구성하게 된다. 일반적으로 먹이 고리가 복잡해지는 만큼 생태계는 안정되기 때문에 생물막법은 유기물부하나 수온 등의 환경의 변화에 대하여 저항성이 상승할 것으로 생각된다. 또, 생물막내에서의 먹이 연쇄가

길어짐에 따라 섭취된 유기물이 에너지로서 소비되는 비율이 크게 되며 발생슬러지량이 감소된다고 알려져 있다. 후생 동물은 생물막을 구성하는 다른 미생물을 포식하며, 생물막의 과도한 발달을 억제함과 더불어 적절한 탈리를 활성화시켜서 생물막에 의한 처리를 정상적으로 유지하는데 기여하기도 하지만, 과도한 탈리슬러지로 인하여 운전 관리상의 문제가 발생하는 경우도 있다.

② 반응조의 다단화와 단계(step) 유입

생물막에서의 생물상의 다양성은 반응조를 다단화함으로써 촉진된다. 하수의 생물처리에서는, 다단화에 의하여 반응효율이 향상되며 처리의 안정성도 향상되는 것으로 생각되지만, 활성슬러지법에서는 생물상의 다단화를 행하면 [그림 4.2.18]에 나타난 것처럼 이차침전지가 여러 단이 필요하게 된다. 이에 대하여 생물막법에서는 미생물이 매체에 부착되어 있기 때문에 생물상의 다단화를 쉽게 이룰 수 있다.

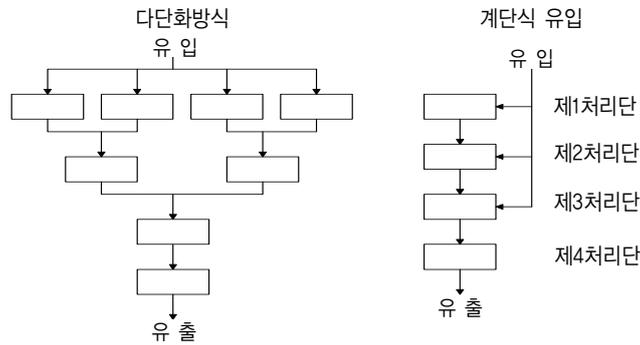
회전원판법이나 접촉산화법에서는 [그림 4.2.19]에 나타난 것처럼 반응조를 다단화 하는 경우가 많고, 살수여상법에서도 다단화 한 예가 있다.



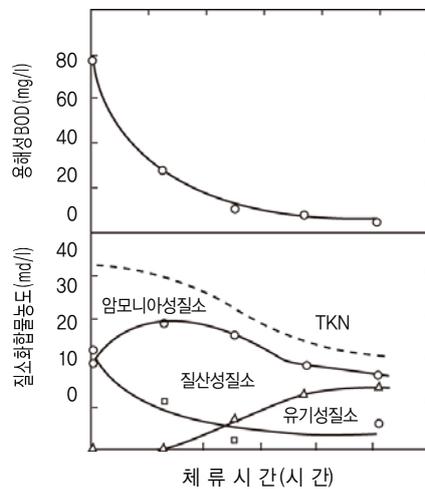
[그림 4.2.18] 활성슬러지법에서의 생물상의 다단화 예

생물막법에 있어서 반응조를 다단화하면 각각의 부하조건에 따른 생물상의 생물막이 각 처리 단계에서 형성된다. 최상류층의 처리단에 있어서는 유기물부하가 가장 높기 때문에 종속영양미생물이 주종을 이루는 비교적 두꺼운 생물막이 형성된다. 하류층 처리단으로 이동됨에 따라 각단에 유입되는 유기물 부하가 점차 감소하기 때문에 생물막의 두께가 감소된다. 유기물을 이용하는 종속영양미생물은 하류층 처리단으로 이동됨에 따라 감소하고 질산화미생물 등의 독립영양미생물이 증가한다. [그림 4.2.20]은 회전원판법에서 4단 처리를 행한 경우의 용해성 BOD와 질소화합물농도의 변화 예를 나타낸 것으로 그림 중의 각각의 점은 각각의 처리단을 나타내고 있다. 이 예로부터도 알 수 있듯이 유기물 제거는 상류층의 처리단에서 행해지며 하류층의 처리단에서는 질산화가 진행되고 있다. 생물막법에서는 생물막이 형성되어도 상호 적당한 공간이 유지되도록 매체의 형상이나 배치에 여러 가지 방안이 행해지고 있지만 과부하 등의 이유로 인해 생물막이 지나치게 두꺼워지고 매체가 폐쇄되는 경우가 발생한다. 특히, 플러그흐름형의 반응조 유입 말단부 부근에서 이와 같은 폐쇄가 발생하기 쉽다.

살수여상법에서 행해지는 것과 마찬가지로 처리수를 순환하여 유입수 유기물 농도를 저하시키기도 하며 또한, 유입 수량을 증가하여 폐쇄를 방지하기도 하지만 반응조로의 단계 유입도 효과적인 대책이다.



[그림 4.2.19] 반응조의 다단화 방식과 단계 유입 예



[그림 4.2.20] 회전원판법에서 용해성 BOD와 질소화합물농도의 변화 예

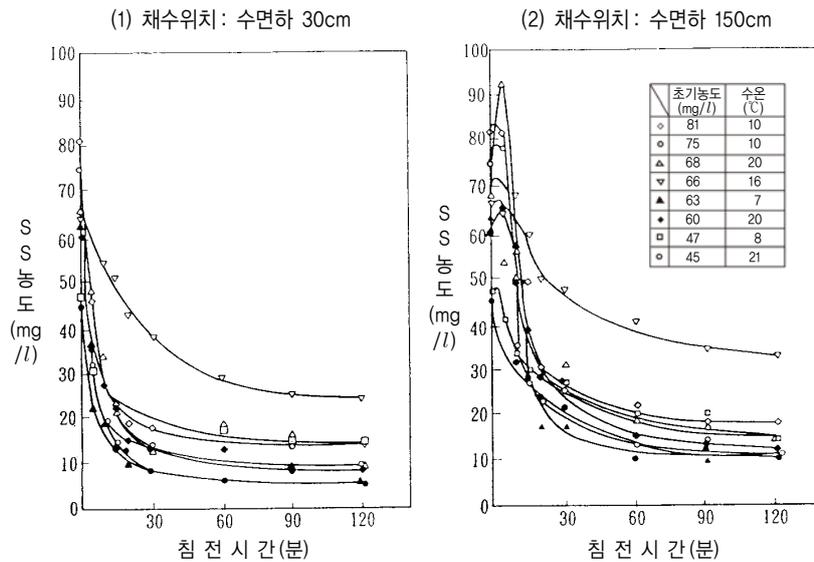
③ 고액분리상의 특징

하수처리에서의 고액분리 조작에서는 침강입자의 응집성과 농도가 큰 효과를 지니며 침강형태는 이러한 사항을 변수로 하여 분산침강, 계면침강 또는 압밀침강으로 분류된다. 생물막법 반응조 유출수중의 고형물은 대부분이 생물막으로부터 탈리된 부착 생물이고 그 농도는 <표 4.2.1>에 나타난 바와 같이 20~150 mg/l로 활성슬러지법에 비하여 작다. 탈리된 슬러지는 응집성이 부족하기 때문에 이차침전지에서는 활성슬러지법의 경우와 같은 고액 계면이 형성되지 않고 각각의 슬러지 입자가 단독으로 침강하는 분산침강의 형태가 된다. 이차침전지 내의 고형물농도는 수면으로부터 수심이 깊어질수록 완만하게 증가하며 일반적으로 침전지 저부에 수 cm의 압밀지역이 형성된다.

이차침전지에서 제거될 수 있는 SS 입경은 통상의 침전 시간에서는 약 74 μm 이상이며 미세한 SS를 제거하기 위해서는 수면적부하를 감소시키는 것만으로는 효과적인 대책이 될 수 없다. 처리수 SS농도를 효과적으로 감소시키고 투명도를 개선하기 위해서는 스크린, 여과 등의 후처리가 필요하다.

〈표 4.2.1〉 활성슬러지법과 생물막법의 이차침전지에서 요구되는 역할의 차이

구 분	활성슬러지법	생물막법
반응조 유출수의 SS 농도(mg/l)	1,500~4,000	20~150
고액분리 공정 목적	고액분리와 슬러지 농축	고액분리
필요 체류시간	길다	짧다
반응조 유출수중의 플록 성장	큰 플록	미세 플록 및 탈리된 생물막



[그림 4.2.21] 회전원판법에서의 반응조 유출수의 정지 침강시험결과의 예

회전원판법의 반응조 유출수의 정지침전시험(내경 40 cm, 높이 2m의 침강관을 사용)결과 예를 [그림 4.2.21]에 나타내었다. 여기서는 수면 아래 30 cm 지점의 SS농도의 시간변화를 나타내고 있다. 생물막법의 탈리슬러지는 형상이나 크기가 일정하지 않으며 긴 섬유상의 물질로부터 미세한 물질까지 다양하며 플록을 형성하지 않는다. 이런 예에 나타난 바와 같이 탈리슬러지를 정지 침전시키면 비교적 큰 입자는 단순하게 빠른 속도로 침강하지만 침강속도가 느린 미세한 입자가 상정수 중에 잔류하기 쉽다. 연속 유입식의 이차침전지에서는 밀도류 등의 지내 흐름에 교란이 발생하기 때문에 미세한 입자가 처리수와 함께 유출될 뿐만 아니라 일단 침전된 응집성이 부족한 탈리슬러지가 상향류 등의 영향을 받아 재부상하여 유출되는 경향이 강하다. 이로 인하여 생물막법의 처리수는 활성슬러지법에 비하여 투명도가 낮은 특성을 갖는다.

한편 접촉산화법에서 정기적으로 생물막의 강제탈리를 행하는 경우나 1일에 1회 정도의 역세를 행하는 호기성여상법에 있어서는 생물막미생물의 조내체류시간이 다른 생물막법과 비교하여 짧기 때문에 생물막의 응집성이 높고, 생물막의 자연적인 탈리가 적기 때문에 반응조로부터 유출되는 처리수중의 SS농도는 낮은 경향을 보인다.

4.3 유량조정조

유량조정조는 유입하수의 유량과 수질의 변동을 균등화함으로써 처리시설의 처리효율을 높이고 처리수질의 향상을 도모할 목적으로 설치하는 것이 기본 목적이나, 하수배제방식에 따라 다른 용도로 활용될 수 있다. 즉 합류식지역의 경우 우천시 불명수의 일시 저류 목적으로 사용될 수도 있다. 소규모 하수처리시설의 경우에는 유입수량과 수질의 변동폭이 크게 되므로 필요시에 설치할 수 있다. 또한, 택지지구 등 주택단지와 같이 처음부터 수량 및 수질의 큰 변동이 예상되는 경우에는 경제성, 부지 확보 가능여부 등을 고려하여 설치한다. 또한 후속 수처리공법의 수리학적 체류시간이 비교적 짧거나 유입수량 변화에 악영향을 받기 쉬운 공법인 경우에는 유량조정조의 필요성이 더욱 증대된다.

유량조정조의 효과는 충격부하를 줄이거나 독성물질의 희석을 통하여 생물학적 처리효율이 증대되며, 고품질 부하를 비교적 안정적으로 유지시켜주기 때문에 생물학적처리공정의 후속공정인 최종침전지의 농축기능이 안정되어 처리수질을 안정화 할 수 있다. 또한 후단의 3차 처리시설이 있는 경우, 특히 여과 등의 경우 여과지 면적이 줄어들고 여과지의 효율향상 및 역세주기 등을 일정하게 할 수 있어 운영관리상의 편의성이 향상된다.

유량조정조 설치여부 및 조정방식을 결정하기 위해서는 유량조정조 건설비용과 유량조정후 후속공정의 반응조 규모 축소에 따른 비용절감과 후속 반응조 관련 기자재의 용량축소에 따른 비용절감 및 운영비용절감 등을 비교하여 판단하여야 한다.

유입하수의 조정방법으로는 직렬(in-line)방식과 병렬(off-line)방식이 있다. 직렬방식에서는 유입하수의 전량이 유량조정조를 통과하므로 수량 및 수질 모두를 균일화하는 효과가 있지만 병렬방식에서는 1일최대하수량을 넘는 양만 유량조정조에 유입하므로 직렬방식에 비하여 수질의 균일화 효과가 적다. 또한 직렬방식은 조정조 유출펌프를 제어함으로써 유량의 평균화가 용이하게 이루어지는 반면, 병렬방식은 분배량이나 유출량, 유출시간 등을 상황에 따라 제어하여야 함으로 유량의 평균화가 어렵다. 특히 분류식지역의 경우 유량뿐만 아니라 수질변동이 클 수 있으므로 수질균일화 효과가 큰 방식을 채택하는 것이 유리할 수 있다. 단, 직렬방식은 병렬방식에 비해 조정조의 용량이 커질 수 있으므로, 직렬방식과 병렬방식에 대한 선택은 유입하수의 변동형태, 유량조정조에서의 송수량, 송수방식, 제어방식 등을 검토해서 경제성, 유지관리의 난이도, 조정효과 등을 평가하여 선정한다.

유입하수량의 조정에는 완전한 균등화를 꾀하는 방법과 어느 정도 변동을 두는 방식이 있지만, 전자의 방식은 비경제적이므로 유입하수 조정 후 변동비를 일최대하수량 대비 시간최대하수량의 변동비를 1.5이하로 유지하는 것을 표준으로 한다. 조정방식의 예를 [그림 4.3.1]에 나타내었다. 한편, 분류식의 경우는 수량뿐만 아니라 수질변동을 고려한 부하량변동에 대한 균일화도 고려할 수 있다.

유량조정조는 24시간 균등하게 조정되도록 하는 것이 이상적이지만 이런 경우 조의 용량이 커지고 건설비도 늘어나 비경제적이 되므로 조의 용량은 계획시간최대하수량이 계획1일 최대하수량에 대하여 1.5배 이하로 되도록 처리장의 특성과 건설비 등을 고려하여 정한다.

한편, 대규모 처리장의 경우 유량변동폭이 상대적으로 적어 유량조정조를 설치할 필요가 없으나, 유

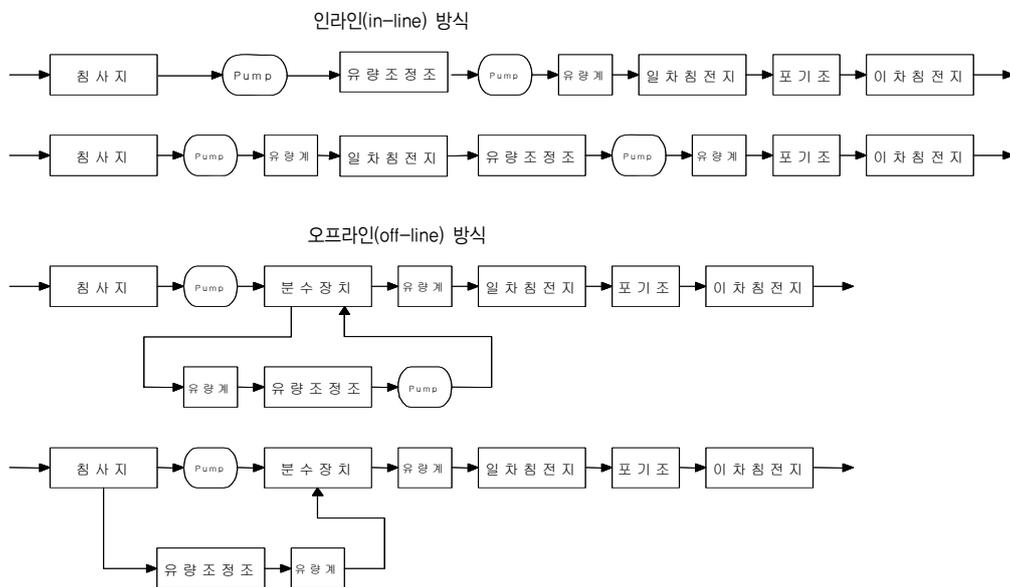
량변동비가 1.5이상을 초과하여 유량조정조를 설치할 필요가 있는 경우, 일차 침전지 및 간선관거의 수문조작 등을 통해 일정부분 유량조정조 기능을 수행할 수 있다. 다만 일차침전지를 유량조정조 기능으로 활용하기 위해서는 유량변동에 따른 일차침전지 배수 및 충수과정이 유입펌프장의 펌프 압송량 관리와 함께 정밀하게 이루어져야 하며, 일차침전효율 및 슬러지관리에 대한 검토가 필요하다.

4.3.1 용량

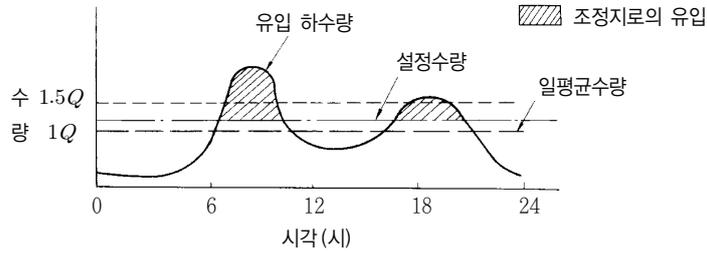
조의 용량은 유입하수량 및 유입부하량의 시간변동을 고려하여 설정수량을 초과하는 수량을 일시 저류하도록 정한다.

【해설】

조의 용량은 처리장에 유입되는 하수량의 시간변동에 의해 정한다. 일반적으로 시간최대하수량이 일간평균치(계획1일최대하수량의 시간평균치)에 대해 1.5배 이상이 되는 경우, 고려할 수 있다. 단, 산화구법, 장기포기법, 연속회분식활성슬러지법(SBR) 등과 같이 체류시간이 길어 유량변동에 강한 처리시설의 경우는 예외로 한다. 유입하수의 변동형태는 처리구역내의 지형, 토지이용현황, 생활형태 등을 검토하여 정한다. 유량조정조에서는 양·질과 함께 24시간 균등하게 조정하는 것이 이상적이지만, 지의 용량이 크게 되고 건설비도 커져 비경제적임과 동시에 부하량을 균등화하는 것은 실제로는 운전·제어가 복잡하게 되기 때문에 유입량의 조정에 의한 유입부하량의 조정을 기본으로 한다. 다만 분류식의 경우 필요에 따라 유입수질의 변동을 고려한 유입부하량 조정을 고려할 수 있다.



[그림 4.3.1] 유량조정조 조정방식의 예



주: 일 평균수량은 계획 1일 최대오수량에 있어서 시간평균치를 의미한다.

[그림 4.3.2] 용량산정

4.3.2 조의 형상 및 수

조의 형상 및 수는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 형상은 직사각형 또는 정사각형을 표준으로 한다.
- (2) 조수는 부속기계설비의 점검 및 수리방식을 고려하여 정한다.

【해설】

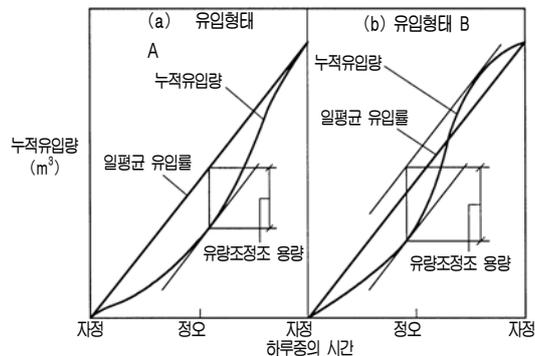
(1)에 대하여

형상은 부지의 형태, 시설의 배치, 교반 방식, 침전물의 제거설비 등을 감안해서 정하는데 일반적으로 직사각형 또는 정사각형으로 한다.

(2)에 대하여

부속기계설비의 점검 및 수리를 위해 조의 배수가 필요한 경우에는 2조 이상을 원칙으로 하나, 그 이외의 경우, 수량 및 수질의 균등화를 위해 1조를 원칙으로 한다. 기존 처리장을 개조하면서 조정조를 설치할 경우에는 유입하수량에 대한 실측자료에 근거하여 유량변동 패턴을 설정하고 신규 하수처리 시설의 경우에는 유사처리장의 자료를 참조할 수 있다.

위와 같은 유량변동 특성이 조사되면 [그림 4.3.3]과 같이 유입량 누가곡선을 작성하여 도상에서 소요조정조 용량을 구하는 방안도 있다.



[그림 4.3.3] 유입량 누가곡선에 의한 소요조정조 용량 산정

실제 용량은 포기 및 교반을 위한 최소수심유지, 구내반송수 유입 및 주간유량 변화에 대한 여유율을 고려하여 20% 정도 크게 결정한다.

4.3.3 구조 및 수심

- (1) 조는 수밀한 철근콘크리트구조로 하고 부력에 대해서 안전한 구조로 한다.
- (2) 유효수심은 3~5m를 표준으로 한다.
- (3) 조 내부의 콘크리트 방식처리를 고려한다.

【해설】

(1)에 대하여

조는 지하수가 침투하거나 오수가 침출되어 지하수를 오염시키는 일이 없도록 수밀성 구조로 한다. 또한 조는 보통 지표면 아래에 축조되므로 지하수가 높은 지반에서는 부력에 대하여 안전한 구조로 한다.

(2)에 대하여

유효수심은 송수펌프의 양정을 작게 하기 위하여 3~5m 정도로 한다.

(3)에 대하여

유량조정조의 경우, 관거를 유하되는 동안 혐기화된 하수가 공기와 접촉하여 황화수소(H_2S)를 발생시킬 가능성이 커 악취와 함께 부식의 우려가 큰 곳으로 상부를 복개하는 경우, 조 및 연결수로 내면의 콘크리트 방식도장을 고려하여야 한다.

4.3.4 교반장치

조내에 침전물의 발생 및 부패를 방지하기 위해 교반장치 및 산기장치를 설치한다.

【해설】

유량조정조에는 오염물의 침전을 방지함과 동시에 유출수의 수질을 균질화하기 위해 교반을 한다. 또한 체류시간이 긴 경우에는 유입하수가 혐기성으로 되어 부패하므로 이를 방지하기 위하여 산소를 공급할 필요가 있다. 이때 송풍량은 조 용적 $1m^3$ 당 $0.3\sim 1.0m^3N$ /시간 정도로 한다.

교반방식은 조내의 수위변동이 크므로 수위변화 및 토목구조를 고려하여 정하며, 교반장치에는 산기식, 입축식, 수중식, 수중포기식 등이 있다. 또한, 각 교반방식의 특성에 따라 적절한 수량 및 동력을 산출하여 반영하되, 조 하부에 슬러지가 침강되지 않도록 한다.

4.3.5 유출설비

유량조정조의 유출수는 침사지에 반송하거나 펌프로 일차침전지 혹은 생물반응조에 송수한다.

【해설】

유량조정조의 유출은 직렬방식의 경우에는 펌프로, 병렬방식의 경우에는 자연유하로 유량조정조 하부로부터 침사지 등에 반송하는 것이 유리한 경우를 제외하고, 펌프에 의해 수처리시설로 송수한다. 이 경우 적절한 장소에 유량계를 설치하고 유입하수량의 변동에 대응하여 송수펌프의 운전을 제어한다. 또한 가능한 한 균등한 송수가 되도록 제어가 가능한 펌프를 설치하거나, 유출부에 삼각위어 등을 설치하여 일정유량 이상의 수량을 조정조로 반송하는 방법도 고려할 수 있다.

4.4 침전지

침전지는 고형물입자를 침전, 제거해서 하수를 정화하는 시설로서 대상 고형물에 따라 일차침전지와 이차침전지로 나눌 수 있다.

일차침전지는 1차처리 및 생물학적 처리를 위한 예비처리의 역할을 수행하며, 이차침전지는 생물학적 처리에 의해 발생하는 슬러지와 처리수를 분리하고, 침전한 슬러지의 농축을 주목적으로 한다. 소규모 하수처리시설에서는 처리방식에 따라서 일차침전지를 생략할 수도 있다.

침전된 슬러지는 부패를 방지하기 위하여 슬러지수집기를 이용하여 신속하게 제거하여야 한다. 또한 부패된 침전슬러지의 부상 및 침전 불량으로 인하여 스크임이 발생할 수 있으므로 스크임제거장치를 설치할 수 있다. 또 이차침전지의 경우 슬러지 부상유출에 따른 처리수의 악화를 방지하기 위하여 월류위어의 배치에 유의하여야 한다.

4.4.1 일차침전지

1) 형상 및 지수

침전지의 형상 및 지수는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 형상은 원형, 직사각형 또는 정사각형으로 한다.
- (2) 직사각형인 경우 폭과 길이의 비는 1:3 이상으로 하고, 폭과 깊이의 비는 1:1~2.25:1 정도로, 폭은 슬러지수집기의 폭을 고려하여 정한다. 원형 및 정사각형의 경우 폭과 깊이의 비는 6:1~12:1 정도로 한다.
- (3) 침전지 지수는 최소한 2지 이상으로 한다.

【해설】

(1)에 대하여

형상은 처리장의 규모, 부지면적 및 시설의 전반적인 배치에 따라 원형, 직사각형 또는 정사각형으로 한다. 이때 침전지내에서 단락류(short circuiting)나 국지적인 와류가 발생되지 않도록 저류관의 설치 등 설계시에 각별한 유의를 한다.

(2)에 대하여

직사각형의 경우 길이에 비해 폭이 지나치게 크면, 지내의 흐름이 불균등하게 되어 정체부가 많이 발생되고 이로 인해 편류 등이 발생하여 침전효과가 저하된다. 이러한 사항을 고려하여 폭과 길이의 비는 1:3 이상으로 하고, 폭은 체인플레이트식 슬러지수집기를 채용하는 경우 슬러지수집기의 폭을 고려하여 3~4m를 표준으로 하되 5m 정도를 최대로 한다. 또한 침전지폭은 지수에 영향을 미치므로 필요 없는 세분화는 피하여야 한다.

침전지가 원형 및 정사각형인 경우 중심부로 하수가 유입될 때 유체의 유속이 충분히 감소되도록 유입지역을 충분히 크게 한다. 단, 수심을 지나치게 크게 할 경우 지내의 흐름이 불균일하게 되고 이에 따라 정체부가 증가되어 침전효과가 저하될 수 있다. 수류상태를 균일하게 하고 침전효과를 높이기 위해서는 한 변의 길이(폭)과 깊이의 비를 6:1~12:1 정도로 하는 것이 좋다

(3)에 대하여

청소, 수리, 개조 등을 위하여 최소한 2지 이상으로 한다.

2) 구조

침전지의 구조는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 침전지는 수밀성 구조로 하며 부력에 대해서도 안전한 구조로 한다.
- (2) 슬러지를 제거시키기 위해 슬러지수집기를 설치한다.
- (3) 슬러지수집기를 설치하는 경우의 침전지 바닥 기울기는 직사각형에서는 1/100~2/100으로, 원형 및 정사각형에서는 5/100~10/100으로 하고, 슬러지 호퍼(hopper)를 설치하며, 그 측벽의 기울기는 60° 이상으로 한다.
- (4) 악취대책 및 지역특성을 고려하여 복개를 검토할 수 있다.
- (5) 초기운전대책으로 우회수로(by-pass line)의 설치를 검토할 수 있다.

【해설】

(1)에 대하여

지하수위가 높은 경우 부력에 대한 안전성을 높이기 위해 구조물의 자중을 크게 함과 동시에 구조물의 마찰저항을 증대시키거나 구조물을 기초에 정착시킴 등을 고려할 수 있다.

(2)에 대하여

침전된 슬러지가 장시간 체류하게 되면 부패현상이 일어날 수 있으므로 이러한 부패현상을 막고 또한 유효침전 구역을 되도록 넓게 하기 위해서 침전된 슬러지는 신속히 슬러지수집기를 이용하여 제거한다.

(3)에 대하여

조의 바닥은 침전된 슬러지를 어느 한쪽으로 모으기 쉽게 적당한 기울기를 두는 것이 바람직한데 원형인 경우 8/100가 가장 일반적이며, 만약 침전된 슬러지를 농축시키기 위해서는 17/100까지 증가시킬 수 있다. 또한 침전된 슬러지를 진공펌프 등으로 제거시키는 경우에는 기울기가 비교적 완만하므로 사용되는 슬러지수집기와 관련하여 결정한다. 직사각형 침전지에서는 한쪽의 수심이 너무 깊게 될 수 있으므로 원형 및 정사각형 침전지보다 기울기를 완만하게 한다. 또한 호퍼의 기울기는 굽어모은 슬러

지가 경사부에 퇴적되지 않게 수평에 대하여 60° 이상으로 한다.

(4)에 대하여

처리장의 악취대책 및 지역특성을 고려하여 일차침전지상부 및 유입, 유출수로를 복개할 수 있다. 이 경우 조나 수로내면의 콘크리트면에는 방식처리 등이 필요하다. 또한 환기 및 탈취설비를 설치할 수 있다. 한편 한랭지역에서의 수온저하방지대책으로 복개를 할 경우에는 건설비 및 유지관리비가 증가하므로 충분한 검토가 필요하다.

(5)에 대하여

가동초기에는 유입수량 및 유입수질이 계획수량 및 계획수질에 도달하지 못하는 경우가 많아 반응조의 생물처리에 필요한 영양원을 확보할 수 없는 경우가 발생한다. 이 경우 일차침전지를 거치지 않고 우회수로를 통하여 원수를 직접 반응조로 유입시켜 처리효과를 향상시켜야 한다. 그러나 이때 협잡물이 반응조에 유입되지 않도록 스크린설비의 설치 등을 고려할 수 있다.

3) 표면부하율

표면부하율은 계획1일최대오수량에 대하여 분류식의 경우 $35\sim70\text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{d}$, 합류식의 경우 $25\sim50\text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{d}$ 로 한다.

【해설】

침전에 의해 부유고형물(SS)을 제거하는 경우 제거율은 입자의 침강속도와 침전지에서의 체류시간에 의해 정해진다. 기준이 되는 입자의 침강속도는 유입유량을 침전지의 표면적으로 나눈 표면부하율로 중요한 설계인자가 된다. 지의 용량은 우선 표면부하율을 정한 다음 유효수심과 침전시간을 고려하여 정한다. 표면부하율이 지나치게 적을 경우, SS제거율은 향상되나, 반응조내 유입 부유물질량이 감소하여 활성슬러지의 침강성이 저하되어 최종침전지에서의 고액분리가 곤란한 경우가 발생할 수 있다. 따라서 일차침전지의 적정 표면부하율은 하수의 수질, 침강성 물질의 비율, SS농도 등에 의해 달라진다. 분류식의 경우 SS 제거율이 높아지면 반응조유입수의 BOD/SS비가 상승하여 별킹의 원인이 되기도 하고 활성슬러지의 SVI가 높게 되어 처리수질을 악화시킬 수도 있으므로 표면부하율은 $35\sim70\text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{d}$ 를 기준으로 한다.

한편 합류식에서는 우천시 처리 등을 고려하여 표면부하율 $25\sim50\text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{d}$ 를 기준으로 한다.

4) 유효수심

유효수심은 2.5~4 m를 표준으로 한다.

【해설】

침전효과는 침전지의 표면적에 좌우되고 깊이에는 큰 영향이 없다고 하나, 실제 침전지 깊이가 너무 얇으면 유체의 흐름에 의해 영향을 받거나 슬러지를 제거할 때 슬러지가 부상할 수도 있다. 또한 온도, 풍향 등의 외적 환경영향을 크게 받을 수 있어 침전효과가 감소될 수도 있다. 유효수심이란 침전지에서 가장 얇은 부분의 수심을 말한다.

5) 침전시간

침전시간은 계획1일 최대오수량에 대하여 표면부하율과 유효수심의 고려하여 정하며, 일반적으로 2~4시간으로 한다.

【해설】

침전시간에 대한 표면부하율과 유효수심의 상호관계는 <표 4.4.1>과 같다.

<표 4.4.1> 유효수심과 표면부하율 및 침전시간과의 관계

표면부하율($m^3/m^2 \cdot d$)	유효수심	침 전 시 간 (h)			
		2.5 m	3.0 m	3.5 m	4.0 m
25		2.4	2.9	3.4	3.8
30		2.0	2.4	2.8	3.2
40		1.5	1.8	2.1	2.4

침전시간을 길게 할수록 SS의 제거효율은 높아지는 반면, 시간이 너무 길면 침전지의 크기가 커지는데 비해 효율이 별로 증가하지 않고 침전된 슬러지가 부패하여 오히려 수질악화를 초래하는 경우가 생긴다. 따라서 침전시간은 침전시키려는 하수의 수질 등을 고려해서 정하여야 하지만 분류식에 있어서 일반적으로 1.5시간 정도로 하며, 합류식의 경우에는 계획1일 최대오수량에 대하여 3시간 정도로 하면, 우천시 계획오수량에 대해 30분 이상의 침전시간확보가 가능하게 된다(<표 4.4.2> 참조).

<표 4.4.2> 계획하수량에 의한 처리방법별 침전시간

분류식하수도	합류식하수도	
계획1일최대오수량	계획1일최대오수량	우천시계획오수량
1.5 시간	3.0 시간	0.5 시간

6) 여유고

침전지 수면의 여유고는 40~60 cm 정도로 한다.

【해설】

여유고를 필요이상 두게 되는 경우에는 시설비를 증대시키며 유지관리상 불편하다. 따라서 여유고는 수위의 변화 및 바람에 의한 요소 등을 고려하여 40~60 cm 정도로 한다. 또한 구조보가 있을 경우의 여유고는 별도로 고려할 필요가 있다.

7) 정류설비

정류설비에 대하여 다음 사항을 고려한다.

- (1) 직사각형 침전지와 같이 하수의 유입이 평행류인 경우에는 저류판 혹은 유공정류벽을 설치한다.
- (2) 원형 및 정사각형 침전지에서와 같이 하수의 유입이 방사류인 경우에는 유입구의 주변에 원통형 저류판을 설치한다.

【해설】

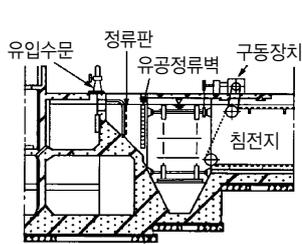
정류설비는 유입수를 단면전체에 대해 균등하게 분포시켜 침전지로 유입하는 유체의 흐름을 층류(laminar flow)로 유지시키기 위하여 설치하는 것이다. 정류설비 설치시 와류가 발생되지 않도록 하여야 하며 침전지내의 유효침전구역을 좁히지 않도록 한다.

(1)에 대하여

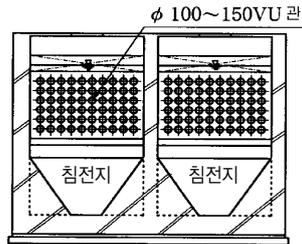
직사각형 침전지의 경우는 유입된 하수가 침전지의 전체 폭에 균일하게 도달하게 하기 위해 유공정류벽을 설치한다. 유공정류벽을 사용하는 경우에는 구멍의 면적을 저류관 면적의 6~20% 정도로 한다. 저류관에 의해 유효침전구역으로 유입되는 하수의 유속은 0.08 m/s 이하가 되도록 하며, 유입지역에서의 유속은 1m/s 정도로 한다. 2개 이상의 침전지인 경우는 유입량을 균등하게 하기 위해서 유입구에 수문을 설치하여 조정하는 것이 좋다. 또한 유입부에 스크임이 체류하지 않도록 구조적으로 고려하여야 한다.

(2)에 대하여

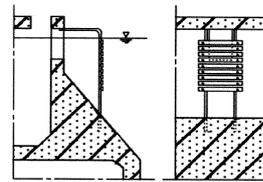
원형침전지의 정류통의 직경은 침전지 직경의 15~20%, 수면 아래의 침수 깊이는 90 cm 정도가 되도록 설치한다. 정류통을 수면 아래로 너무 깊게 하면 침전된 슬러지를 부상시킬 우려가 있고, 너무 낮게 하면 단락류가 발생할 우려가 있으므로 주의해야 한다.



[그림 4.4.1] 침전지유입부의 예



[그림 4.4.2] 유공정류벽의 예



[그림 4.4.3] 정류판의 예

8) 유출설비 및 스크럼제거기

유출설비 및 스크럼제거장치는 다음 사항을 고려하여 설치한다.

- (1) 유출부분에는 월류위어와 스크럼저류판(scum baffle), 스크럼제거기를 설치한다.
- (2) 스크럼저류판의 상단은 수면위 10 cm, 하단은 수면아래 30~40 cm 가량 되도록 설치한다.
- (3) 월류위어의 부하율은 일반적으로 250 m³/m·d 이하로 한다.

【해설】

(1)에 대하여

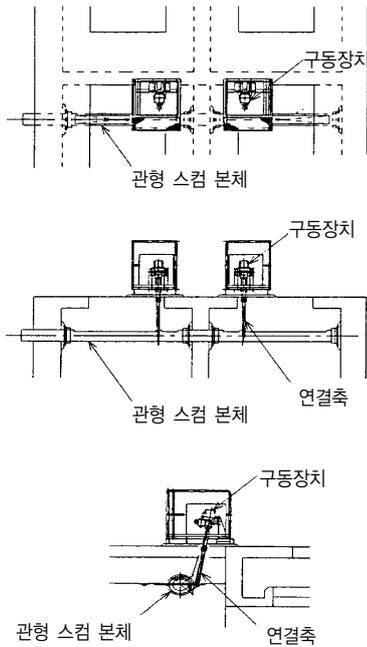
침전지내의 유속이 불균일하게 되는 주요 원인은 유입과 유출설비를 불량하게 설치하기 때문이며 이로 인하여 침전지내에 난류상태가 발생한다. 유출설비는 침전지의 전면적에 대하여 유체가 일정하게 유출되도록 하여 균일한 유속을 유지시키기 위하여 설치하는데 주로 월류위어가 사용되고 있다. 월류위어의 수심이 낮을 경우 바람 등의 영향으로 위어전체길이에 대해 일정한 월류수량을 확보하기 어렵

기 때문에 보통 위어의 상부를 파형으로 하는 삼각위어로 하고, 수위변동 및 구조물의 부등침하 등에 대응하기 위하여 보통 상하로 조정 가능한 구조로 된 철판이나 플라스틱판을 사용한다.

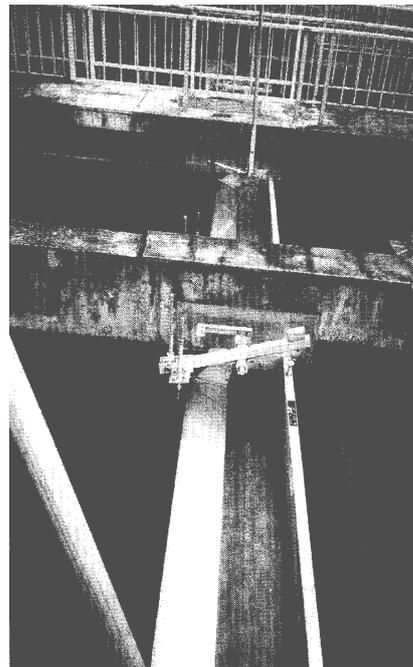
한편, 하수중의 부유물질중 가볍거나 슬러지가 부패하면 부상하여 스킴이 되므로, 유출설비 앞에서 스킴이 유출되지 않도록 스킴저류판을 설치함과 동시에 스킴제거기를 설치한다.

(2)에 대하여

스킴은 자연적으로 월류위어 쪽으로 모이게 되므로 월류위어의 전면에 스킴저류판을 수면 위 10 cm, 수면 아래 30~40 cm 정도로 설치하는데, 스킴저류판에 놓인 스킴은 침전된 슬러지를 수집하는 슬러지수집기의 구동장치와 연결시킨 스킴제거기(skimmer)로 일정한 곳으로 수집하여 제거할 수 있도록 한다. 스킴제거기는 동력식인 전동식 및 공기작동식인 파이프스키머(pipe skimmer)등이 있으나, 최근에는 무동력식이 유지관리비가 적게 들어 많이 채용되고 있다. 제거된 스킴은 수분을 최대한 제거한 뒤 적절한 처분이 될 수 있도록 고려하여야 한다.



[그림 4.4.4] 스킴제거장치의 예

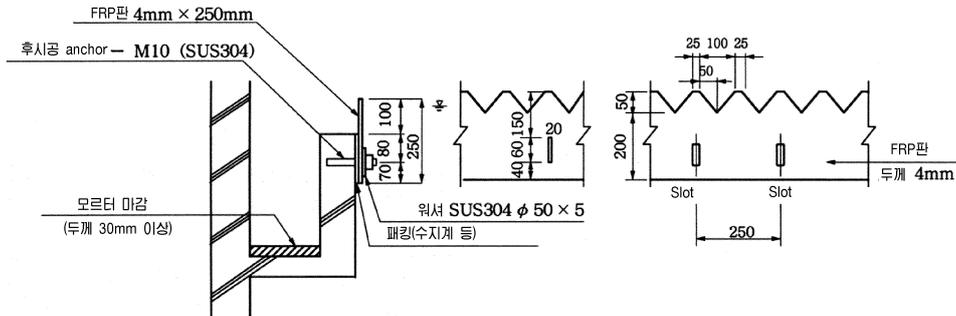


[사진 4.4.1] 스킴제거장치(무동력방식)의 예

(3)에 대하여

위어의 월류수심이 높게 되면 위어로 향하는 접근속도가 크게 되어 침전성물질의 부상을 동반하게 된다. 따라서 미립자의 부상효과를 억제하고 침전효율을 높이기 위해서는 월류길이당의 월류량(월류부하)를 작게 하는 것이 필요하다. 일반적인 월류부하는 $250 \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{d}$ 이하로 한다.

한편 월류위어는 침전지의 후방에 설치하나, 지면적에 대해 필요한 위어길이가 길기 때문에 물의 흐름방향에 대해 몇 개의 유출 트라프(trough)를 설치하여 그 위에 위어를 설치하는 것이 좋다. 또 원형침전지의 경우 위어의 길이는 원주로 하는 것이 바람직하다.



[그림 4.4.5] 월류위어의 예

9) 슬러지수집기

- (1) 직사각형지의 경우에는 연쇄(chain-flight)식이 좋다.
- (2) 원형지 및 정사각형지의 경우에는 회전식으로 한다.
- (3) 수집기의 이동속도는 침전된 슬러지가 교란되지 않을 정도로 한다.

【해설】

(1)에 대하여

직사각형 침전지의 경우 연쇄(chain-flight)식을 많이 채용하고 있다. 연쇄체인의 재질은 과거에는 금속물이 많았으나 최근에는 내마모성 및 내부식 등에 탁월하고, 경량화등으로 작업성이 우수한 스테인레스 및 합성수지체인 등이 많이 사용되고 있다. 지수가 많은 경우에는 연쇄(chain-flight)구동장치에 2지의 연쇄체인을 연결하는 2지1구동방식을 채용하는 경우가 많다. 특히 지수가 많은 대규모처리장의 경우 종방향의 복수의 슬러지수집기가 굽어모은 슬러지를 횡방향으로 설치된 슬러지수집기로 수집하는 방식도 많이 채용되고 있다.

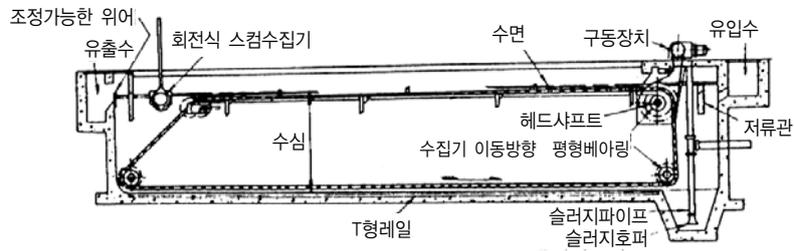
(2)에 대하여

원형침전지 및 정사각형침전지의 경우 회전식이 이용되고 있고 지 중앙의 지주를 축으로 회전하여 순차적으로 슬러지를 중앙으로 수집하게 된다. 구동방식은 기계설비를 중앙지주위에 두는 중앙구동방식과 원주에 놓는 주변구동방식이 있으나 주로 큰 원형침전지에는 주변구동방식을 이용하는 것이 좋다.

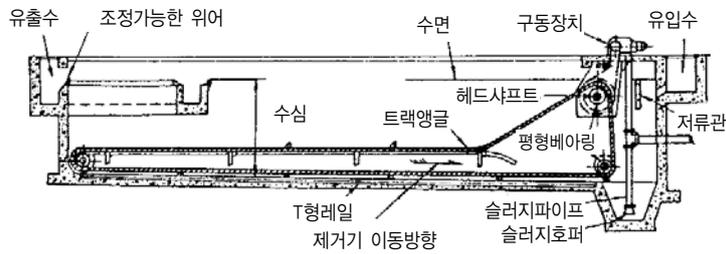
(3)에 대하여

슬러지수집기의 속도는 침전물의 침전을 방해하거나 침전된 슬러지가 뜨거나 또는 스크림이 발생하지

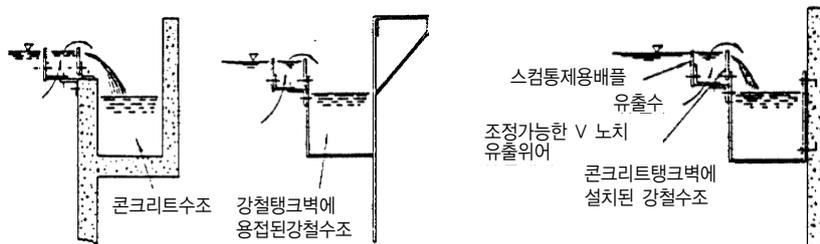
않을 정도로 완만하게 한다. 직사각형 침전지에서 슬러지수집기의 속도는 연쇄(chain-flight)식의 경우 0.3~1.2 m/min 정도, 원형침전지에서 스크레이퍼(scraper)의 원주속도는 1.5~3.0 m/min, 회전속도는 1~3회/h가 적당하다. 원형침전지에서 직경이 매우 큰 경우에는 원주속도를 1.5~3.0 m/min으로 유지시키면 침전지의 중심부분에는 거의 속도가 없게 되므로 [그림 4.4.8]과 같이 짧은 길이의 스크레이퍼를 더 설치하는 방법도 있다. 슬러지수집은 스크레이퍼를 이용하는 방법 외에도 수두차를 이용하여 슬러지를 스크레이퍼에 설치된 관을 통하여 흡입시키는 방법도 있다. 만약 직사각형인 침전지에 회전식 슬러지수집기를 설치할 때에는 [그림 4.4.9]에 나타난 바와 같이 구석진 곳에 쌓인 슬러지를 제거하기 위해 특별히 고안된 코너-스위퍼(corner-sweeper)를 설치하여 구석에 침전한 슬러지를 수거한다.



(a) 스크제거장치가 포함된 컨베이어 슬러지수집기

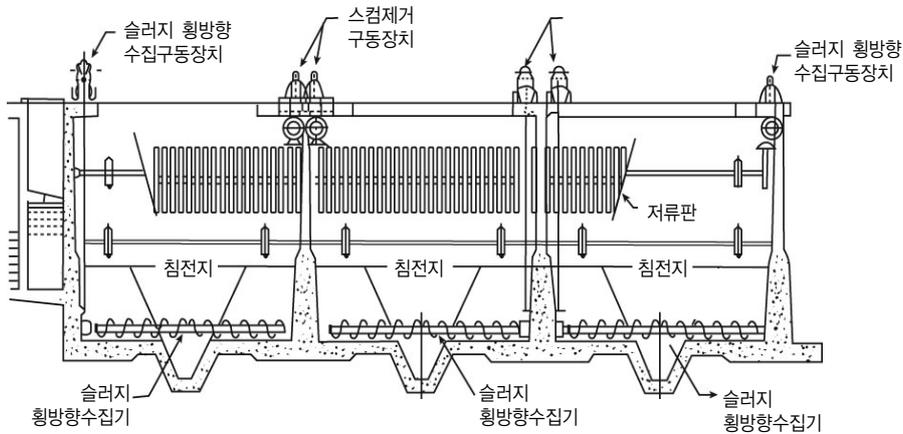


(b) 스크제거장치가 포함된 컨베이어 슬러지수집기

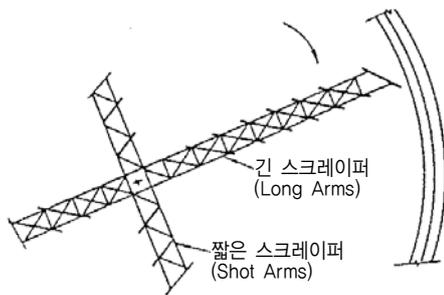


(c) 월류위어 세부도

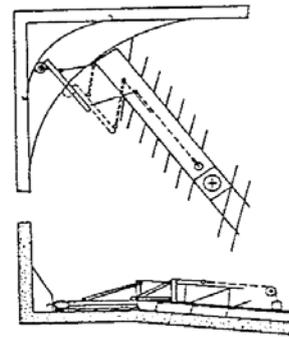
[그림 4.4.6] 컨베이어 슬러지수집기



[그림 4.4.7] 슬러지 횡방향 수집기



[그림 4.4.8] 짧은 길이의 스크레이퍼

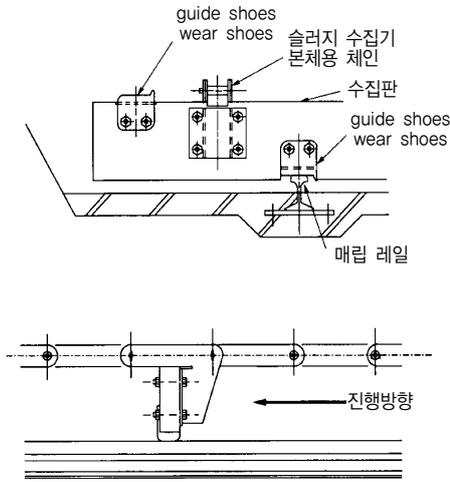


[그림 4.4.9] 코너 스위퍼(corner sweeper)

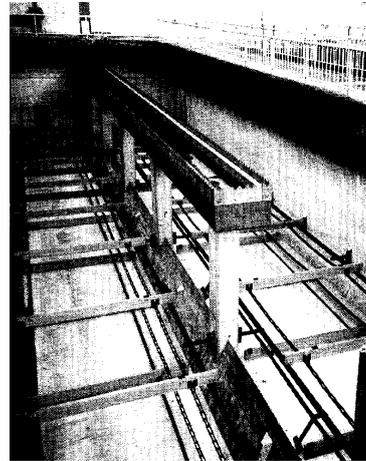
10) 슬러지배출설비

슬러지수집기에 의하여 모아진 슬러지는 다음 사항을 고려하여 배출한다.

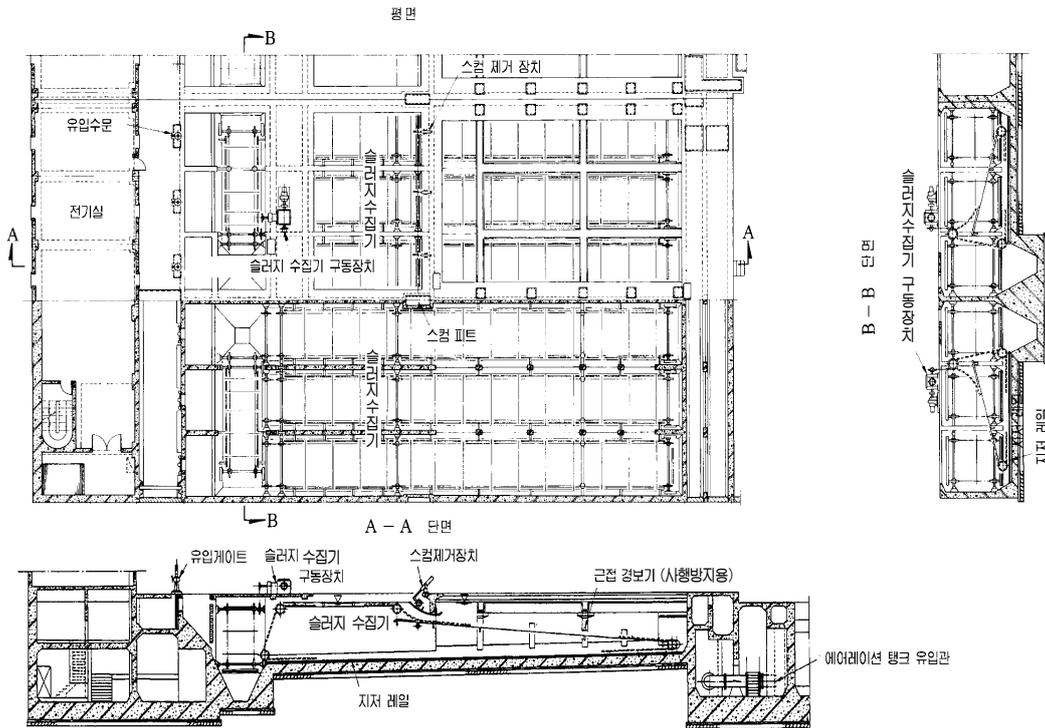
- (1) 슬러지배출을 위해서 펌프를 사용한다.
- (2) 슬러지배출관은 주철관 또는 이와 동등이상의 기능을 갖는 재질의 관이어야 하며, 직경은 최소한 150 mm 이상으로 한다.
- (3) 배출관은 폐쇄되기 쉬우므로 청소가 용이하도록 배관하여야 하고, 적당한 장소에 점검구 및 압력수세척배관을 설치한다.



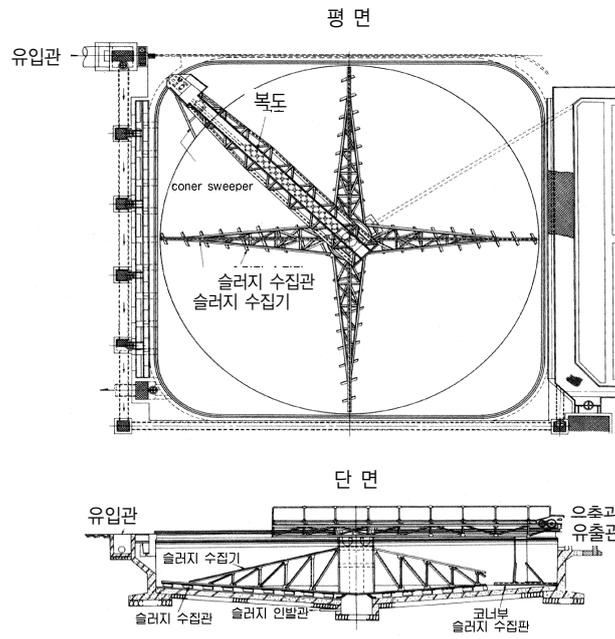
[그림 4.4.10] 슬러지수집기와 수집부의 예



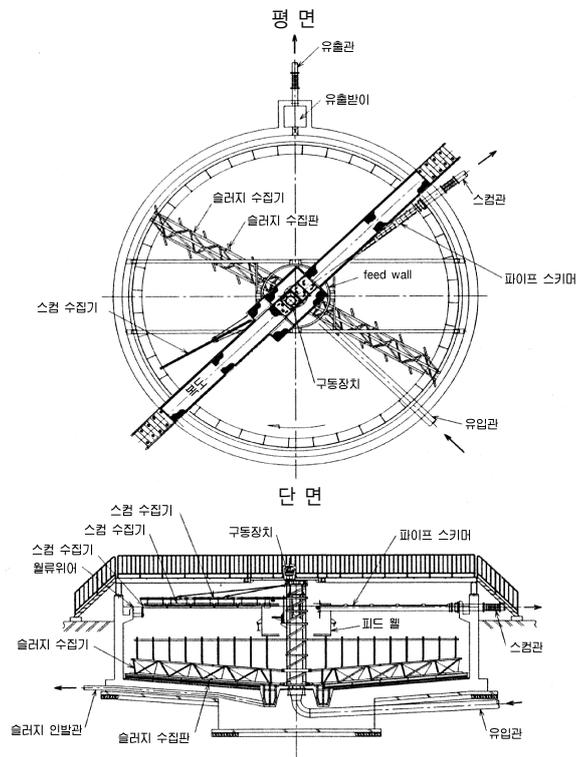
[사진 4.4.2] 체인플레이트식 슬러지수집기의 예



[그림 4.4.11] 체인플레이트식 슬러지 수집기의 예



[그림 4.4.12] 주변구동식 슬러지 수집기의 예



[그림 4.4.13] 중앙구동식 슬러지 수집기의 예

【해설】

(1)에 대하여

일차침전지슬러지는 이차침전지슬러지에 비해 무기질을 다량 포함하여 비중이 크고 큰 헝잡물이 다량 포함되어 있으므로 수위차에 의한 슬러지배출은 폐쇄가 되기 쉽고, 특히 우천시에는 배출관의 폐쇄가 심화될 수 있으므로 일차침전지의 슬러지는 펌프에 의한 강제배출을 기본으로 한다. 펌프를 사용하여 슬러지를 뽑아내는 경우에는 침전지 수위보다 낮은 곳에 펌프를 설치하며 슬러지를 쉽게 뽑아내기 위하여 침전지 하부에 슬러지호퍼를 설치한다. 슬러지 관에는 일정한 주기로 개폐시킬 수 있도록 수동식 혹은 자동식으로 개폐가 가능한 밸브를 설치한다.

또한 발생슬러지량은 유입수량 및 수질의 변동, 강우 등에 의한 영향으로 통상의 2배 정도 증가할 수 있으므로 배출설비는 이를 고려하여야 한다.

(2)에 대하여

관의 부등침하 및 부식 등에 의한 문제가 없도록 견고하고 내식성을 갖는 재질을 사용하며, 관경은 슬러지에 의해 폐쇄되지 않을 정도로 하며 150 mm 이상으로 한다.

(3)에 대하여

슬러지배출관은 청소가 쉽도록 배관하며,관이 막혔을 때는 압력수나 공기 또는 막대기를 이용하여 쉽게 청소할 수 있도록 배관의 굴곡부 등에 청소구를 설치한다. 또한 슬러지 배출관은 슬러지호퍼의 하부에 쌓인 토사 등에 의해 막히지 않도록 호퍼하부로부터 30 cm 이상의 위치에 설치한다.

4.4.2 이차침전지

1) 형상 및 지수

침전지의 형상 및 지수는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 형상은 원형, 직사각형 또는 정사각형으로 한다.
- (2) 직사각형인 경우, 폭과 길이의 비는 1:3 이상으로 하고, 폭과 깊이의 비는 1:1~2.25:1 정도로, 폭은 슬러지수집기의 폭을 고려하여 정한다. 원형 및 정사각형의 경우, 폭과 깊이의 비는 6:1~12:1 정도로 한다.
- (3) 침전지 지수는 최소한 2지 이상으로 한다.

【해설】

4.4.1의 1) 참조.

2) 구조

침전지의 구조는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 침전지는 수밀성 구조로 하며 부력에 대해서도 안전한 구조로 한다.
- (2) 슬러지를 제거시키기 위해 슬러지수집기를 설치한다.
- (3) 슬러지수집기를 설치하는 경우의 침전지 바닥 기울기는 직사각형에서는 1/100~2/100으로, 원형 및 정사각형에서는 5/100~10/100으로 하고, 슬러지호퍼(hopper)를 설치하며 그 측벽의 기울기는 60° 이상으로 한다.

【해설】

4.4.1의 2) 참조.

3) 표면부하율

표준활성슬러지법의 경우, 계획1일 최대오수량에 대하여 $20\sim30\text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{d}$ 로 하되, SRT가 길고 MLSS농도가 높은 고도처리의 경우 표면부하율을 $15\sim25\text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{d}$ 로 할 수 있다.

【해설】

이차침전지에서 제거되는 SS는 주로 미생물 응결물(floc)이므로 일차침전지의 SS에 비해 침강속도가 느리고, 따라서 표면부하율은 일차침전지보다 작아야 한다. 지의 용량은 일차침전지와 마찬가지로 우선 표면부하율을 정하고, 다음으로 유효수심과 침전시간을 고려하여 결정한다. 한편, 처리공법상 SRT가 긴 경우나 MLSS농도가 높아 슬러지의 침강특성이 나쁜 경우에는 그 값을 $15\sim25\text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{d}$ 로 낮출 수도 있다.

4) 고형물부하율

이차침전지의 고형물부하율은 $40\sim125\text{ kg}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ 로 한다.

【해설】

이차침전지에서 침전되는 슬러지의 SS농도가 매우 크므로 지역침전(zone settling)현상이 일어난다. 특히 활성슬러지법인 경우, MLSS(mixed liquor suspended solids)농도가 매우 높은 경우에는 침전속도가 매우 느리므로 표면부하율로 침전지를 설계하면 문제가 발생하는 경우가 있다. 따라서 침전시키려는 고형물의 양을 토대로 하여 계산된 값과 표면부하율에 의하여 계산된 값을 비교하여 소요면적이 큰 것으로 침전지의 표면적을 결정한다. 고형물부하는 유입하수의 성상 및 포기조 운전방법 등을 고려하여 산정하는 것이 좋으며, 슬러지의 침강성이 나쁜 경우는 부하를 낮추는 것이 좋다.

5) 유효수심

유효수심은 2.5~4m를 표준으로 한다.

【해설】

지의 유효수심에 대하여는 4.4.1 4) 및 <표 4.4.3>을 참조한다.

<표 4.4.3> 이차침전지 직경과 유효수심

직 경 (m)	유효 수 심 (m)	
	최 소	적 정 치
12이하	3.0	3.4
12~21	3.4	3.7
21~30	3.7	4.0
30~43	4.0	4.3
43이상	4.3	4.6

6) 침전시간

침전시간은 계획1일 최대오수량에 따라 정하며 일반적으로 3~5시간으로 한다.

【해설】

이차침전지는 생물학적 처리과정에서 발생하는 슬러지를 침전 제거시켜 맑고 깨끗한 처리수를 얻는 것을 목적으로 하므로 표면부하율을 결정한 후 유효수심을 고려해서 정한다. 표준적인 표면부하율 및 유효수심의 경우는 3~4시간 정도, 침강특성이 양호하지 않을 경우는 4~5시간 정도 확보하여야 한다.

7) 여유고

침전지 수면의 여유고는 40~60 cm 정도로 한다.

【해설】

4.4.1의 6) 참조.

8) 정류설비

정류설비에 대하여 다음 사항을 고려한다.

- (1) 직사각형 침전지와 같이 하수의 유입이 평행류인 경우에는 저류판 혹은 유공정류벽을 설치한다.
- (2) 원형 및 정사각형 침전지에서와 같이 하수의 유입이 방사류인 경우에는 유입구의 주변에 원통형 저류판을 설치한다.

【해설】

4.4.1의 7) 참조.

9) 유출설비 및 스크제거기

유출설비 및 스크제거장치는 다음 사항을 고려하여 설치한다.

- (1) 유출부분에는 월류위어와 스크저류판(scum baffle), 스크제거기를 설치한다.
- (2) 스크저류판의 상단은 수면위 10 cm, 하단은 수면아래 30~40 cm 가량 되도록 설치한다.
- (3) 월류위어의 부하율은 일반적으로 $190 \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{d}$ 이하로 한다.
- (4) 월류위어 및 위어수로에는 필요에 따라 조류증식 방지대책을 고려할 수 있다.

【해설】

(1)과 (2)에 대하여

4.4.1의 8) 참조.

(3)에 대하여

월류위어의 부하율은 일본에 있어서는 $150 \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{d}$, 미국의 10개주 기준에서는 $190 \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{d}$ 로 양자에 차이가 있는데, 일본은 침전시간이 미국에 비하여 약간 짧은 경향이 있으므로 낮은 부하율을 사용하는 것으로 보인다. 그러므로 침전시간이 긴 경우에는 $190 \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{d}$ 로 한다.

(4)에 대하여

월류위어 및 유출수로에 조류가 발생되면 부분적으로 월류가 방해되어 편류가 생성되기 쉬우므로 침전슬러지의 부상 및 미생물플록의 유출이 발생되어 처리수질이 악화될 수가 있다. 또한 미관상의 문제를 위해서도 조류증식 방지대책을 고려할 수 있다. 조류증식의 억제되면 방류수질의 수질확보 및 미관 확보 뿐만 아니라 조류제거작업에 소요되는 유지관리 인력의 절감에도 효과적이다. 조류증식 방지대책으로는 동판 및 스테인레스판 부착, 조류증식억제 약품처리 등이 있다.

10) 슬러지수집기

슬러지수집기는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 직사각형지의 경우에는 연쇄식, 주행사이편식을 이용하는 것이 좋다.
- (2) 원형지 또는 정사각형지의 경우에는 회전식으로 한다.
- (3) 슬러지수집기의 속도는 침전된 슬러지가 교란되지 않을 정도로 한다.

【해설】

(1)에 대하여

주행사이편식은 진공주행장치 및 사이편관 선회장치를 설치하여 약 30~120 cm/min의 속도로 왕복하면서 저부에 침전된 슬러지를 뽑아 올리는 방식이다(〔그림 4.4.14〕 참조).

연쇄식은 4.4.1의 9)를 참조.

(2)에 대하여

회전식은 4.4.1의 9)를 참조.

(3)에 대하여

이차침전지에서의 슬러지수집기 속도는 일차침전지에 비해 느리게 하여, 연쇄식에서는 0.3 m/min 정도가 일반적이다. 원형에서는 원주속도가 0.6~1.2 m/min 정도이며, 2.5 m/min을 초과하지 않도록 한다(기타사항은 4.4.1의 9) 참조).

11) 슬러지배출설비

슬러지수집기에 의하여 모아진 슬러지는 다음 사항을 고려하여 배출한다.

- (1) 슬러지를 배출하기 위해서는 수위차를 이용하거나 펌프 또는 주행사이편을 사용한다.
- (2) 슬러지를 배출하기 위한 관은 주철관 또는 이와 동등이상의 기능을 갖는 재질의 관이어야 하며 직경 150 mm 이상으로 한다.
- (3) 배출관은 폐쇄되기가 쉬우므로 배관에 특히 유의하며, 적당한 곳에 청소구를 설치한다.

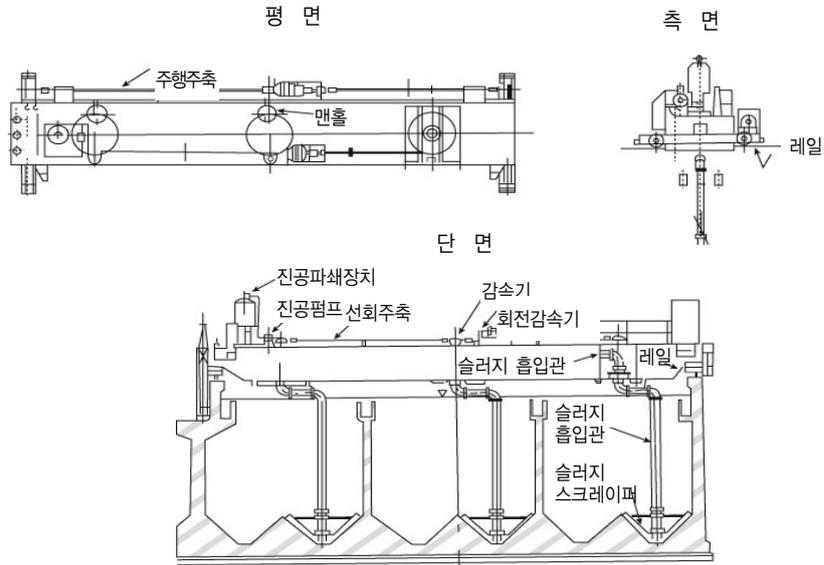
【해설】

(1)에 대하여

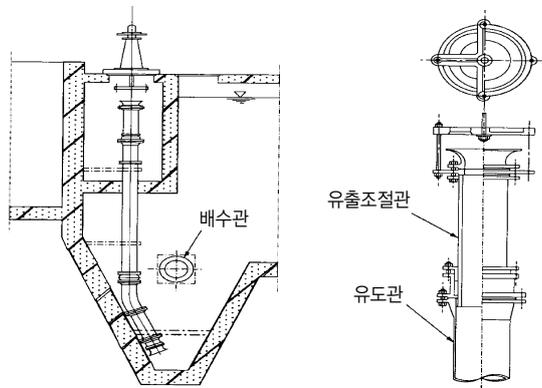
슬러지배출은 연속적으로 하는 것이 일반적이다. 수위차에 의한 슬러지의 배출 밸브에는 슬루이스밸브(sluiice valve) 또는 텔레스코픽형(telescopic type) 월류밸브 등을 사용한다(〔그림 4.4.15〕 참

조). 이 월류밸브는 무동력으로 슬러지의 성상, 퇴적량 등에 따라 그 수위차를 조절할 수 있는 이점이 있는 반면 농도변동이나 협잡물 등에 의해 슬러지 배출주기가 단축될 수 있다.

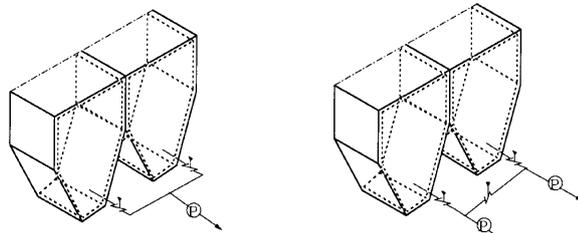
펌프에 의한 슬러지의 배출은 4.4.1의 10)을 참조한다.



[그림 4.4.14] 주행사이펀식 슬러지수집기의 예



(a) 수위차에 의한 슬러지 인발의 예



(b) 펌프에 의한 슬러지 인발의 예

[그림 4.4.15] 슬러지 인발의 예

(2) 및 (3)에 대하여

4.4.1의 10) 참조.

4.4.3 다층식침전지

침전지를 다층식으로 하는 경우는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 형상은 직사각형을 원칙으로 하며 평행류로 한다.
- (2) 유입부 및 월류부에 대해서는 상하 각 층에 균등하게 유입하도록 한다.
- (3) 유출설비는 월류위어, 구멍난 관 등에 의하여 일차침전지의 유출설비는 월류위어방식으로 한다.
- (4) 상하층 분할 슬래브(slab) 단에 스킴이 부착될 염려가 있으므로 슬러지수집기로 제거하는 것이 좋다.
- (5) 슬러지배출관은 수심이 커지므로 폐쇄에 대해 안전한 구조로 한다.
- (6) 유효수면적은 상하층의 평면적의 합계로 한다.

【해설】

(1)에 대하여

원형이나 정사각형인 것은 구조상 다층으로 하는 것이 곤란하다. 우회류식도 생각할 수 있지만 슬러지제거 등에 문제가 있다.

(2)에 대하여

유입부의 위치 및 형상은 가능한 한 상하층에 균등하게 유입하도록 하며 월류부의 조절로 균등화를 도모할 수 있는 구조로 한다.

(3)에 대하여

하층의 유출설비를 상층과 동일한 높이로 설치할 수가 없는 경우는 집수관에 의해 유출시키는 것이 좋다. 집수관은 유하방향과 직각으로 교차하도록 설치하고 각 유출관마다 균등한 유량조절이 되도록 집수관의 개구면적을 하류단으로 갈수록 작게 하여야 한다. 또한 헝잡물에 의한 폐쇄를 방지하기 위해 집수관의 직경은 5cm 정도로 한다. 처리시설의 다층화는 이층 및 삼층 침전지외에 반응조와 이차침전지를 다층화 할 수 있다.

(4)에 대하여

[그림 4.4.16]을 참조한다.

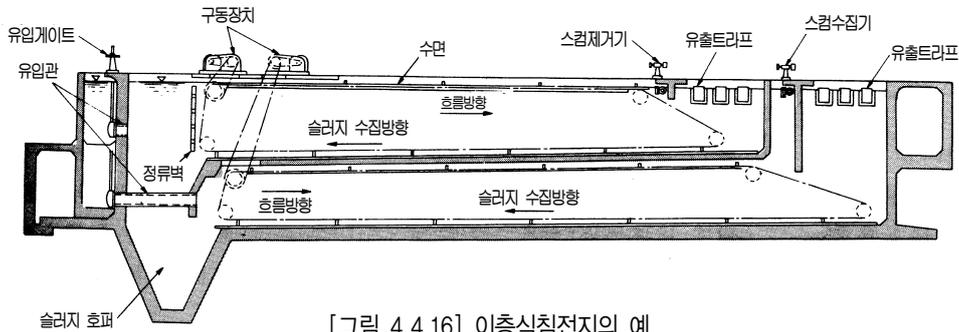
(5)에 대하여

슬러지 배출관에 대해서는 4.4.1의 10)을 참조한다.

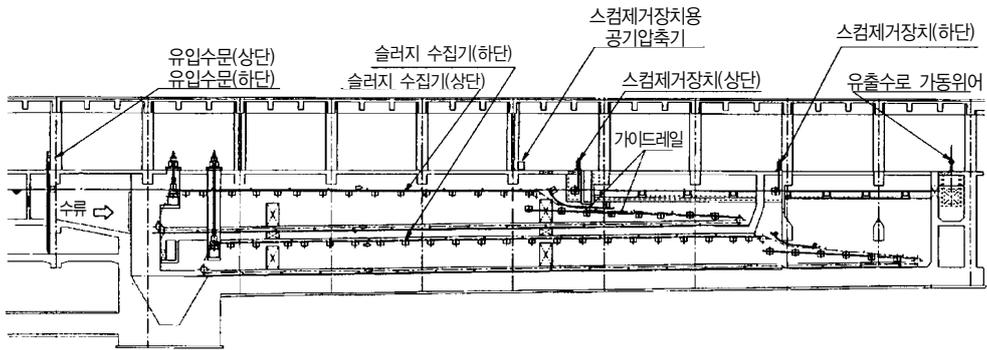
(6)에 대해서

표면부하율은 4.4.1의 3), 4.4.2의 3)을 참조한다.

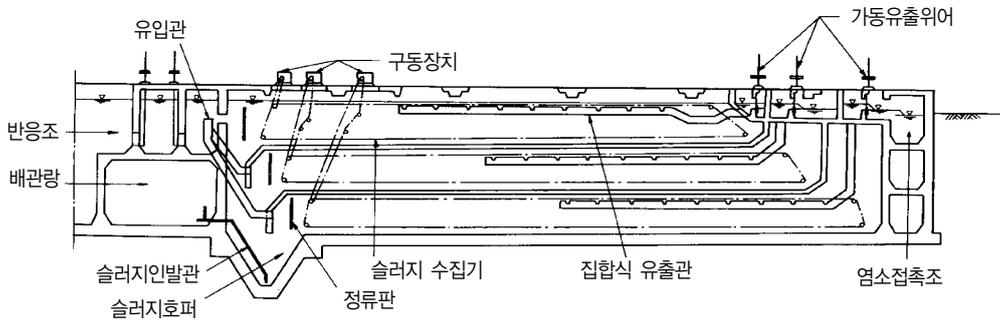
하층의 수면적은 정류벽으로 부터 침전지 종단까지의 길이를 기준으로 산출한다.



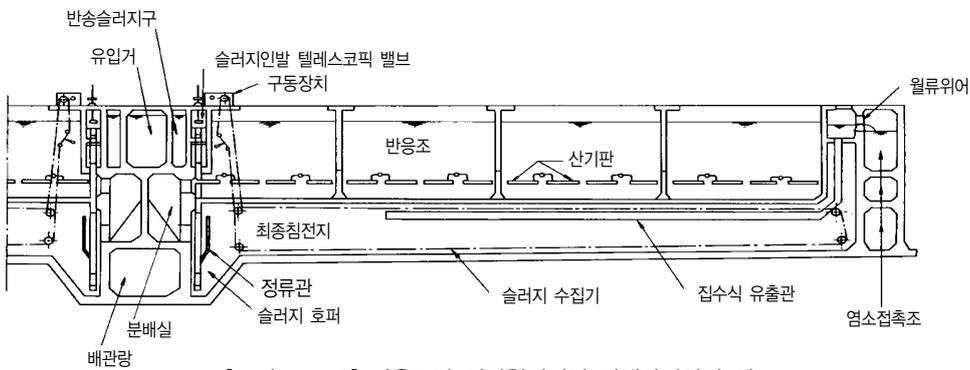
[그림 4.4.16] 이중식침전지의 예



[그림 4.4.17] 이중식 이차침전지의 예



[그림 4.4.18] 삼층식 이차침전지의 예



[그림 4.4.19] 반응조와 이차침전지의 입체화시설의 예

4.5 활성슬러지법

4.5.1 활성슬러지법의 설계인자

1) 설계·조작인자에 영향을 미치는 조건

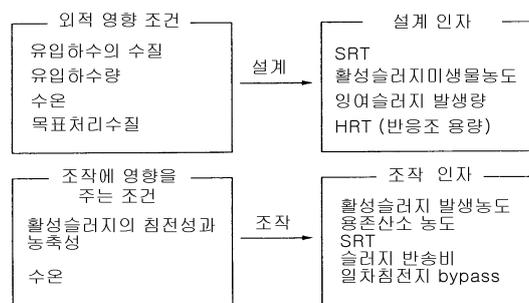
활성슬러지법의 각종 변법에 있어서 조작 조건으로는 F/M비, MLSS 농도, SRT, 송풍량, 포기시간, 슬러지반송비, 유기물부하, 잉여슬러지 발생량, 용존산소농도, 필요산소량, 슬러지의 침강성 등이 있다.

생물반응조의 체류시간(HRT)이 6시간~8시간인 표준활성슬러지법의 경우 동계 및 하계와 같이 질산화가 완전히 정지되거나, 완전질산화가 이루어지는 경우에는 N-BOD의 영향이 상대적으로 적게 나타나 BOD제거효율이 높게 유지되나, 수온이 상승하거나 하강하는 경우 불완전 질산화의 영향으로 N-BOD가 나타나 BOD제거효율이 상대적으로 저하될 수 있다.

SRT는 반응조 유입수질을 가정하여 각각의 활성슬러지법의 경험적인 HRT과 MLSS농도를 설정하여 구할 수 있다. 여기서 MLSS농도는 반응슬러지농도와 슬러지반송비에 의해 구해진다. 또 잉여슬러지의 발생량은 SRT가 길수록 적고, SRT가 긴 경우 질산화반응에 필요한 산소량과 활성슬러지의 내생호흡에 필요로 하는 산소량이 증가됨으로 결과적으로 처리수량당의 소비산소량(결과적으로 필요공기량)이 증가된다.

활성슬러지의 침강성과 농축성을 악화시키는 원인의 한가지로 사상균 벌킹이 있다. 활성슬러지 혼합액중에 사상성미생물이 증식함으로 인해 활성슬러지의 침강성과 농축성이 악화함으로 이 경우 사상성미생물의 증식을 억제하는 운전인자를 고려하여 적절한 대책을 취하는 것이 필요하다.

활성슬러지법의 설계인자, 조작인자 및 이러한 인자에 영향을 미치는 조건을 정리하면, [그림 4.5.1]과 같다.



[그림 4.5.1] 활성슬러지법 반응조의 설계인자와 조작인자

2) 반응조의 종류

(1) 반응조의 형상

활성슬러지법의 반응조의 형상에는 사각형 수로와 장원형 무한수로가 있다. 사각형수로 반응조는 활성슬러지법을 사용하는 대부분의 하수처리시설에서 일반적으로 사용되는 형식이며, 수심을 깊게 하는 것이 가능하고 처리시설의 평면배치라는 관점에서 보면 가장 유리한 방법이라 할 수 있다. 한편, 장원

형무한수로 반응조는 산화구법에서 채용되는 것으로 수심이 얇고 활성슬러지가 반응조내에 침전되지 않도록 최저유속을 주어야만 하지만, 흐름의 방향에 무산소지역과 호기지역을 설정하거나 간헐포기 등에 의해 질산화·탈질운전이 가능하다.

(2) 혼합방식

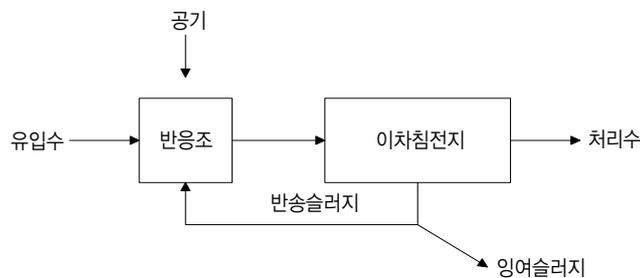
반응조는 혼합액의 혼합방식에 따라 플러그흐름형 반응조와 완전혼합형 반응조로 구분된다. 완전혼합형 반응조는 [그림 4.5.2]의 처리계통과 같이 유입된 하수가 반응조내의 혼합액과 매우 빠른 시간에 혼합될 수 있도록 형상, 하수의 유입방식, 산기장치 등을 설치한다.

플러그흐름형 반응조는 [그림 4.5.3]의 처리계통에 나타나 있는 것과 같이 긴 장방형 수로의 반응조로서 한쪽 끝으로부터 하수를 연속적으로 유입시켜 반응조내 혼합액을 다른 쪽 끝으로 유출시키는 방식이다. 이상적인 플러그흐름형 반응조는 전체의 유입수가 반응조내에서 체류시간이 동일하여야 한다. 실제 시설에서는 플러그흐름형 반응조의 조건을 완벽하게 설정하는 것이 불가능하기 때문에 일반적으로 [그림 4.5.4]와 같이 여러 개의 완전혼합형 반응조를 격벽으로 분리하여 단락류를 방지하는 다단완전혼합형 반응조가 채용되고 있다.

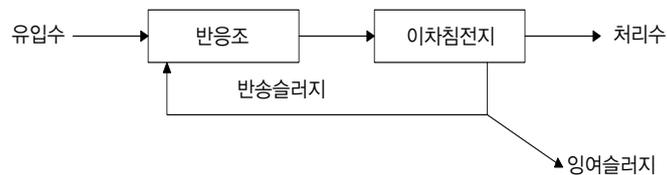
(3) 호기상태, 무산소상태와 혐기상태에 의한 반응조의 구별

최근의 활성슬러지법의 연구·개발 성과에 따라 다음에 제시된 예와 같이 반응조에 있어서 활성슬러지 혼합액을 부분적으로 포기하거나 간헐포기 하는 경우가 있다.

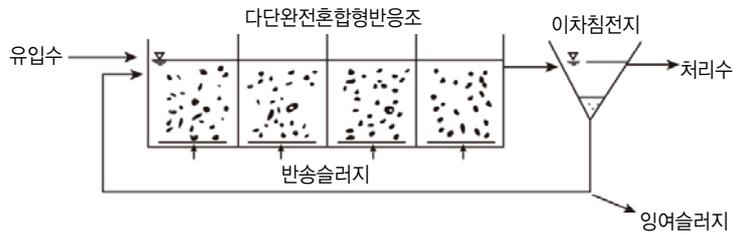
- ① 표준활성슬러지법에서 사상성별킹에 의하여 활성슬러지의 침강성이 악화되는 것을 억제하기 위하여 반응조의 앞부분(1/2~1/6)을 혐기상태로 한다(포기는 하지 않고 교반만 하는 상태).



[그림 4.5.2] 완전혼합형 반응조의 처리계통



[그림 4.5.3] 플러그흐름형 반응조의 처리계통

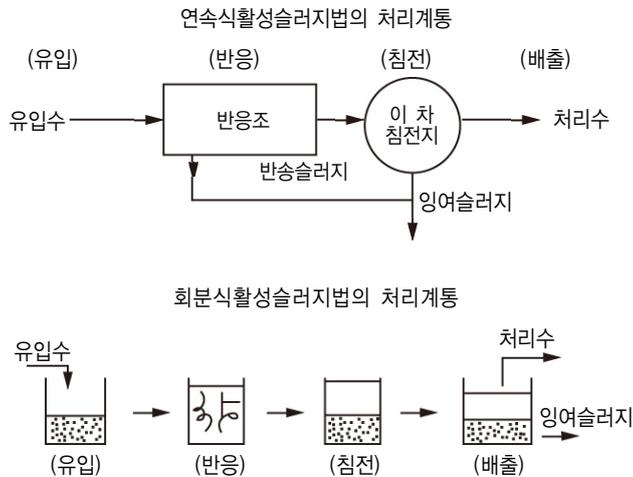


[그림 4.5.4] 다단완전혼합형 반응조의 개념도

- ② 질소 제거를 목적으로 순환식질산화탈질법 및 질산화내생탈질법 등을 채용한다.
- ③ 인제거를 목적으로 혐기-호기조합법 등을 채용한다.
- ④ 연속회분식활성슬러지법을 채용한다.
- ⑤ 간헐포기를 행하여 질산화·탈질을 도모한다.

(4) 하수의 유입방법과 단위조작의 구성

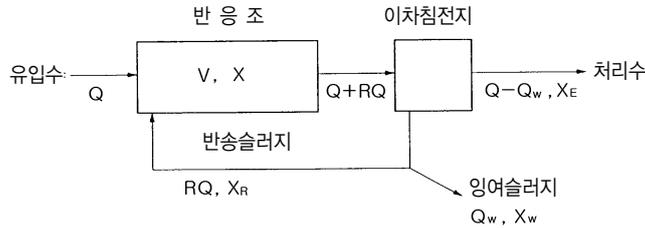
단일 반응조 중에 하수의 유입, 반응, 활성슬러지의 고액분리(침전) 및 처리수의 배출을 시간적으로 연속시키는 것에 따라 하수를 처리하는 연속회분식 활성슬러지법이 최근 들어 중소규모의 하수처리시설에 채용되고 있다. 연속식활성슬러지법과 회분식활성슬러지법의 비교를 [그림 4.5.5]에 나타내었다.



[그림 4.5.5] 연속식활성슬러지법과 회분식활성슬러지법의 처리계통의 비교

3) SRT(고형물체류시간 : Solids Retention Time)

SRT는 반응조, 이차침전지, 반송슬러지 등의 처리장내에 존재하는 활성슬러지가 전체 시스템내에 체재하는 시간을 의미하며, 식(4.5.1)과 같이 정의된다. 반송슬러지의 경로와 이차침전지중에 포함되어 있는 활성슬러지량을 무시하면, [그림 4.5.6]에 제시한 반응조 및 이차침전지에서의 활성슬러지 미생물 물질수지식에 따라 식(4.5.1)은 식(4.2.25)와 같이 표현된다.



[그림 4.5.6] 반응조 및 이차침전지에서의 활성슬러지 미생물의 물질수지

SRT의 설정은 활성슬러지중의 특정한 미생물의 증식의 가부를 결정하기 때문에 활성슬러지법의 하수처리시설 설계에 있어 잉여슬러지량의 예측뿐만 아니라 유기물제거 및 질산화반응의 예측에도 이용이 가능하다.

$$SRT(\text{일}) = \frac{\text{수처리 시스템 내에 존재하는 활성슬러지량(kg)}}{\text{하루에 시스템 외부로 배출되는 활성슬러지량(kg/d)}} \dots\dots\dots (4.5.1)$$

반응조내의 활성슬러지량에 비해 처리수중의 활성슬러지량은 무시될 수 있기 때문에 식(4.2.25)는 식(4.5.2)처럼 쓸 수 있다.

$$\theta_c = \frac{V \cdot X}{Q_w \cdot X_w} \dots\dots\dots (4.5.2)$$

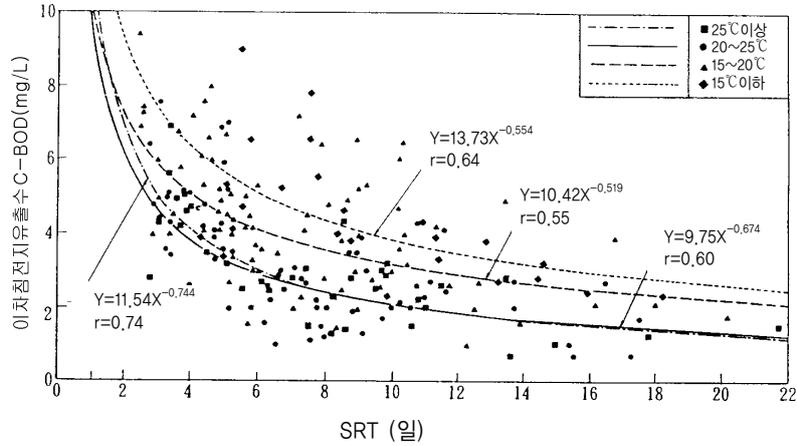
활성슬러지의 비증식속도는 자기분해를 고려하는 경우 SRT의 역수와 같다고 볼 수 있다. 활성슬러지법의 처리성능을 고려하는 경우에는 활성슬러지의 정화능력과 관련 깊은 미생물의 비증식속도를 고려하여 SRT를 설정하고 관리할 필요가 있다. 특히 질산화미생물은 유기물을 제거하는 미생물과 비교하여 비증식속도가 작기 때문에 증식속도에 큰 영향을 주는 수온에 따라 다르지만, SRT를 크게 함으로써 질산화가 진행된다.

[그림 4.5.7]에 실제 처리장의 SRT와 이차침전지 유출수의 C-BOD의 관계를 제시하였다. 이 결과는 정상상태에서의 완전혼합형 활성슬러지법의 처리수농도(S)를 예측한 식(4.2.31)과 동일한 경향을 나타내 동일 수온에서는 SRT가 길수록 처리수의 C-BOD가 낮고, 동일한 SRT에 대해 수온이 낮은 경우 처리수의 C-BOD농도가 크게 되어 수온이 활성슬러지법의 C-BOD 제거특성에 영향을 주고 있음을 알 수 있다.

종래의 BOD-SS부하(F/M비)를 이용하여 경험적으로 처리수의 수질 (BOD)을 예측하는 방법 이외에 정상상태에서의 완전혼합형 활성슬러지법의 동력학적 모형을 통한 계산 결과로부터 알 수 있으며, 이는 미생물의 활동에 영향을 주는 수온 등의 인자와 SRT라는 개념을 사용함으로써 보다 정확하게 활성슬러지법의 하수처리에서의 유기물 제거성능을 예측할 수 있다.

더구나 [그림 4.5.7]의 관계는 처리수의 C-BOD의 월평균치를 대상으로 하는 것이며, 실제 상정된 처리수의 C-BOD의 최대치와 월평균치의 비교가 주어지게 되면 설정한 수온과 SRT의 값에서 처리수의 C-BOD를 예측할 수 있다. 한편, 표준활성슬러지법을 채용하고 있는 실제 처리장의 처리수의 C-BOD의 95% 비초과확률치와 평균치의 비는 2.2 정도, 최대치와 평균치의 비는 3.0 정도로 [그림

4.5.7)의 C-BOD의 평균치가 6 mg/l이면 최대일 때에도 20 mg/l을 넘지 않는다.



[그림 4.5.7] 실제 처리장에서의 SRT와 이차침전지 유출수의 C-BOD의 관계

4) 유기물부하

활성슬러지 미생물은 산화와 동화작용을 통해 하수중의 유기물을 영양원으로 사용하여 증식하고 하수중의 유기물은 산화 분해되어 처리된다. SRT를 관리하기 위해서는 HRT, 활성슬러지 미생물량, 유기물량 등의 인자가 사용되며, 일반적으로 이러한 인자를 유기물량과 활성슬러지 미생물량의 비(F/M 비)로 표현하고, 실제로는 유기물을 BOD, 활성슬러지 미생물을 반응조내의 SS로 대표하여 BOD-SS 부하 (kg BOD/kg MLSS · d)로써 설계와 운전관리의 지표로 활용하고 있다. 한편 반응조내의 MLSS 중 미생물의 비율은 하수처리시설로 유입되는 하수의 조성 차이, 이차침전지의 유무, SRT로 대표되는 반응조의 운전조건에 따라 크게 달라진다. BOD부하로는 식(4.5.3)에 정의된 BOD-SS부하 이외에 식(4.5.4)에 정의된 BOD용적부하(kg BOD/m³ · d)를 사용하는 경우도 있다.

① F/M비 : L_s (kg BOD/kg MLSS · d)

$$L_s = \frac{Q \cdot S_o}{X \cdot V} \dots\dots\dots (4.5.3)$$

② BOD 용적부하 : L_v (kg BOD/m³ · d)

$$L_v = \frac{Q \cdot S_o}{V} \times 10^{-3} \dots\dots\dots (4.5.4)$$

여기서, S_o : 반응조 유입수의 BOD농도(mg/l)

식(4.5.5)에 정의된 하수의 수리학적 체류시간 (HRT : Hydraulic Retention Time)은 하수가 반응조내에 체류하는 시간이며, 각 활성슬러지변법의 HRT의 대소는 반응조의 필요용적의 대소를 의미한다.

$$\theta = \frac{V}{Q} \dots\dots\dots (4.5.5)$$

여기서, θ : 반응조의 HRT(일)

BOD-SS부하, BOD용적부하 및 HRT의 관계는 식(4.5.6), 식(4.5.7)과 같이 된다.

$$L_v = \frac{Q \cdot S_o}{V} \times 10^{-3} = \frac{1}{\theta} \times S_o \times 10^{-3} \dots\dots\dots (4.5.6)$$

$$L_s = \frac{Q \cdot S_o}{X \cdot V} = \frac{L_v}{X \cdot 10^{-3}} = \frac{S_o}{X} \times \frac{1}{\theta} \dots\dots\dots (4.5.7)$$

통상 도시하수에서는 유입수의 평균 BOD가 거의 일정하기 때문에 활성슬러지법의 처리성을 생각 하는 경우 HRT와 BOD 용적부하는 서로 반비례 관계에 있는 지표가 된다. 한편 BOD-SS부하는 경험적으로 처리수의 BOD와 BOD 제거율의 예측 및 산소소비량의 예측을 위한 지표로 사용될 수 있다. 활성슬러지법의 설계 및 관리 지표로서 SRT와 BOD-SS부하는 중요한 인자이지만 이들은 유입부하량에 따라 적량의 활성슬러지를 반응조에 유지하기 위한 지표로 하수처리에 따라 증가하는 활성슬러지를 잉여슬러지로서 공정외로 방출됨에 따라 SRT 또는 BOD-SS부하를 관리한다.

SRT와 BOD-SS부하의 관계는 식(4.5.7)과 식(4.2.29)로부터 식(4.5.8)처럼 표현된다.

$$L_s = \frac{1 + k_d \cdot \theta_c}{\theta_c} \cdot \frac{1}{Y} \cdot \frac{S_o}{S_o - S} \dots\dots\dots (4.5.8)$$

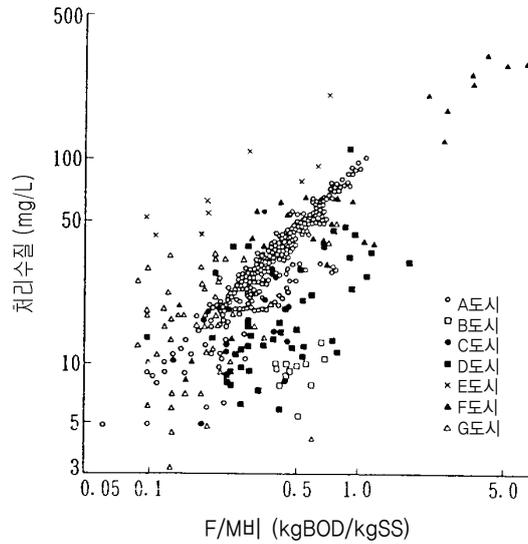
여기서, S : 처리수의 BOD농도(mg/l)

Y : 수율(mg SS/mg BOD)

슬러지의 자기분해가 작고(k_d 가 작고), BOD제거율이 큰 경우 식(4.5.8)은 식(4.5.9)와 같이 되며, SRT와 BOD-SS부하가 거의 반비례 관계에 있음을 알 수 있다.

$$L_s = \frac{1}{\theta_c \cdot Y} \dots\dots\dots (4.5.9)$$

지금까지 활성슬러지법을 채용하는 하수처리시설의 반응조의 설계는 BOD-SS부하를 사용하여 경험치에 따라 이루어져 왔다. 하지만 [그림 4.5.8]에 나타난 것과 같이 처리장 개별적 혹은 도시별로는 BOD-SS부하와 처리수질(BOD)이 일반적으로 좋은 상관관계를 나타내지만, 처리수질이 낮은 영역에서는 반드시 상관성이 좋지 않다. 이는 처리장 및 도시별로 유입수질과 수온 등이 다르기 때문에 단순히 BOD-SS부하만으로는 처리수질을 정확하게 예측하는 것은 불가능함을 알 수 있다.



[그림 4.5.8] BOD-SS부하와 처리수의 수질(BOD)의 관계

5) 미생물농도

활성슬러지법을 통한 하수처리에서는 미생물이 유기물을 분해·섭취하기 때문에 처리에 관여하는 미생물농도가 가장 중요한 조작 조건의 하나가 된다. 그러나 활성슬러지중에는 많은 불활성유기물이 포함되어 있기 때문에 미생물만의 농도를 측정하는 것은 불가능하다. [그림 4.5.9]에 유입수의 조성 과 활성슬러지의 조성의 관계를 모형적으로 나타내었다. 일반적으로 활성슬러지 미생물농도를 대표하는 것으로서 MLSS농도 또는 MLVSS농도를 사용하고 있지만, 유입하수의 조성, 일차침전지에서의 BOD와 SS의 제거율, F/M비, SRT의 대소에 따라 미생물농도, MLVSS농도 및 MLSS농도의 비율이 달라진다.

활성슬러지의 미생물농도는 식(4.2.29)를 적용하되, 식(4.2.29)는 유입수의 용해성 BOD나 SS성 BOD 등의 분해를 통해 증식된 순수한 미생물농도를 의미하며, 일반적으로 미생물농도를 나타내는 MLVSS, 혹은 MLSS는 식(4.2.29)에 생물학적 불가능한 VSS, 그리고 무기성분등이 포함되어야 한다. 즉

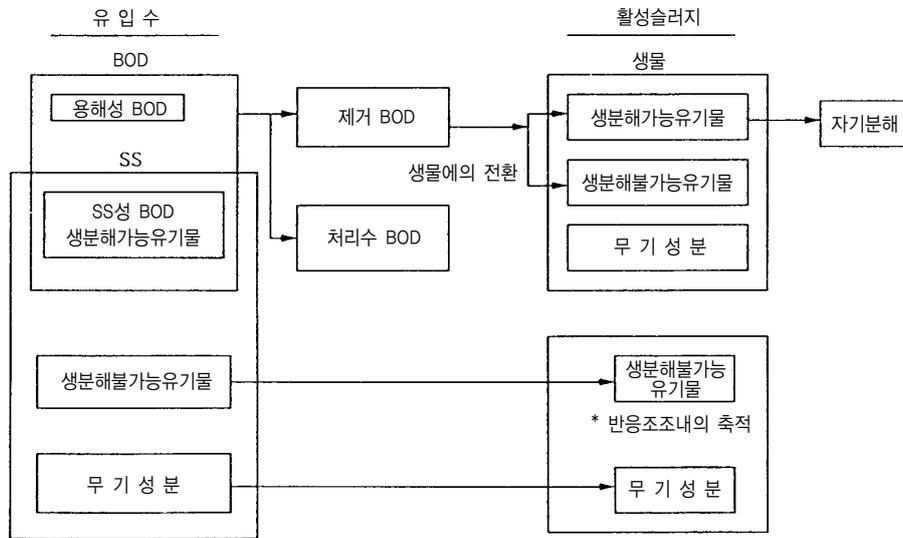
$$X_{MLVSS} = X + X_i \dots\dots\dots (4.5.10)$$

$$X_{MLSS} = X + X_i + \text{무기물} \dots\dots\dots (4.5.11)$$

한편, 고도처리 공정의 경우, 미생물은 중속영양성 미생물 뿐만 아니라 질산화미생물 등의 미생물량도 존재한다. 질산화미생물의 농도는 식(4.2.29)를 참고로 다음 식(4.5.12)와 같이 나타낼 수 있다.

$$X = \frac{SRT}{HRT} \cdot \frac{Y_n(NO_x)}{1 + k_{dn} \cdot SRT} \dots\dots\dots (4.5.12)$$

- 여기서, NO_x : 질산화된 유입수의 암모니아성 질소농도(mg/l)
- Y_n : 질산화미생물 세포생산율(mgMLVSS/mg N)
- k_{dn} : 질산화미생물 내생분해계수(1/d)



[그림 4.5.9] 유입수의 구성과 활성슬러지의 조성의 관계 모형화

한편, 반응조내의 MLSS농도(X)와 슬러지반송비의 관계는 반응조의 고형물수지로부터 식(4.5.13)과 같이 나타낼 수 있다.

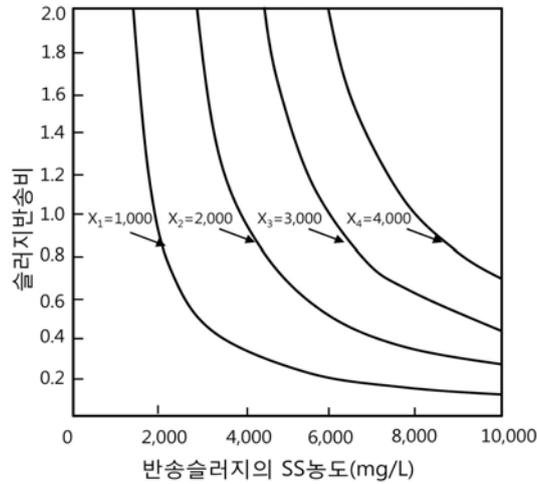
$$X = \frac{R \cdot X_R + S_{ss}}{1 + R} \dots\dots\dots (4.5.13)$$

여기서, X_R : 반송슬러지의 SS 농도(mg/l)
 R : 슬러지반송비

유입수의 SS농도(S_{ss})는 $R \cdot X_R$ 값에 비해 너무 작기 때문에 무시한다면 슬러지반송비(R)는 반송슬러지의 SS농도(X_R)와 MLSS농도(X)에 의해 식(4.5.14)와 같이 된다.

$$R = \frac{X}{X_R - X} \dots\dots\dots (4.5.14)$$

[그림 4.5.10]에 MLSS농도를 유지하기 위하여 필요한 슬러지반송비와 반송슬러지의 SS농도의 관계를 보여준다. 그림에서 알 수 있듯이 설정한 MLSS농도가 표준활성슬러지법처럼 비교적 낮은(1,500~3,000 mg/l) 경우에도 반송슬러지의 SS농도가 낮게 되면 슬러지반송비를 100% 정도로 할 필요가 생긴다. 또, 장기포기법과 산화구법처럼 MLSS농도가 3,000~4,000 mg/l로 큰 경우에는 반송슬러지의 SS농도가 높을지라도 슬러지반송비를 150~200% 정도로 비교적 높게 유지할 필요가 있다. 활성슬러지법의 운전관리에서 반응조에서의 설정 MLSS농도를 유지하기 위해 이차침전지에서의 활성슬러지의 농축성을 확보할 수 있도록 구조적인 배려를 함과 동시에 활성슬러지의 별킹이 일어나지 않도록 대책을 강구할 필요가 있다.



[그림 4.5.10] MLSS농도를 일정하게 유지하는 경우에 필요한 슬러지반송비와 반송슬러지의 SS농도 관계

6) 잉여슬러지발생량

잉여슬러지량은 생분해성 유기물을 이용한 종속영양미생물에 의한 세포합성량(A)과 SRT에 따라 미생물의 사멸에 따른 세포잔류물(B)와 유입수내 비분해성 VSS량(C)의 합으로 계산할 수 있으며 다음 식(4.5.15)처럼 구할 수 있다.

$$P_{x,vss} = \frac{QY(S_o - S)}{1 + K_d \theta_c} + \frac{f_d K_d Y Q (S_o - S) \theta_c}{1 + K_d \theta_c} + Q X_{o,i} \dots\dots\dots (4.5.15)$$

(A)
(B)
(C)

종속영양미생물
세포잔류물
유입수내 비생분해성 VSS

여기서, $P_{x,vss}$: 매일 생산되는 잉여슬러지발생량(VSS 기준), kg/d

f_d : 활성미생물중 비생분해성분율

$X_{o,i}$: 유입수내 비생분해성 VSS, mg/l

매일 폐기되는 건조고형물의 총질량은 VSS와 무기성고형물을 합한 TSS양에 기초한다. 무기성고형물은 유입하수내에 존재하며, 미생물에도 건조무게 기준으로 10에서 15%의 무기성고형물을 포함하고 있다. 유입 무기성고형물은 불용성이므로 혼합액 고형물에 포함되어 폐슬러지로 제거되는 것으로 가정할 수 있다.

따라서, 매일 생산되는 잉여슬러지량을 TSS기준으로 바꾸기 위해서는, 식(4.5.15)에 유입수내 무기성고형물을 더하고, 미생물의 VSS/TSS 비를(대표값 0.85로 가정) 이용하여 미생물성분(A, B)을 TSS 기준으로 다음 식(4.5.16)과 같이 계산해주어야 한다. 미생물성분의 VSS/TSS 비율은 0.80에서 0.90의 범위의 값을 가진다.

$$P_{x,TSS} = \frac{(A)}{0.85} + \frac{(B)}{0.85} + (C) + Q (T_{SSo} - V_{SSo}) \dots\dots\dots (4.5.16)$$

여기서, $P_{x,TSS}$: 매일 생산되는 잉여슬러지발생량(TSS 기준), kg/d

T_{SSO} : 유입하수의 TSS농도, mg/l

V_{SSO} : 유입하수의 VSS농도, mg/l

MLVSS와 MLSS의 양은 다음 식(4.5.17)과 식(4.5.18)과 같이 계산할 수 있다.

$$\text{MLVSS 양} = (X_{vss}) (V) = (P_x, VSS) \text{ SRT} \dots\dots\dots (4.5.17)$$

$$\text{MLSS 양} = (X_{Tss}) (V) = (P_x, TSS) \text{ SRT} \dots\dots\dots (4.5.18)$$

위의 식에서 적절한 MLSS 농도를 선택함으로써 포기조 부피는 식(4.5.18)로부터 포기조 부피를 구할 수 있다. 위의 식에 필요한 도시하수내 유기물의 호기성산화에 대한 증속영양미생물 및 질산화반응에 관여하는 질산화미생물의 전형적인 동력학적 계수값은 다음 <표 4.5.1> 및 <표 4.5.2>를 참조한다. 단, 아래의 표를 활용하기 위해서는 식(4.5.15)의 유기물농도(S_0 , S)로 생분해성 COD_{cr} (bCOD, biodegradable COD)이 사용된다. 생분해성 COD_{cr} 성분은 COD Fraction Test를 통해 결정할 수 있으며, 도시하수의 경우 BOD의 1.6배 정도가 된다.

<표 4.5.1> 도시하수의 활성슬러지공정에 적용되는 증속영양미생물의 동력학적계수

계 수	단위	값	
		범위	전형적인값
μ_m	$gVSS/gVSS \cdot d$	3.0~13.2	6.0
K_s	$gCOD_{cr}/m^3$	5.0~40.0	20.0
Y	$gVSS/gCOD_{cr}$	0.30~0.50	0.40
K_d	$gVSS/gVSS \cdot d$	0.06~0.20	0.12
f_d	-	0.08~0.20	0.15
θ 값			
μ_m	-	1.03~1.08	1.07
K_d	-	1.03~1.08	1.04
K_s	-	1.00	1.00

주: 20°C에 대한 값, bCOD : biodegradable COD.

<표 4.5.2> 도시하수의 활성슬러지공정에 적용되는 질산화미생물의 동력학적계수

계 수	단위	값	
		범위	전형적인값
μ_{mn}	$gVSS/gVSS \cdot 일$	0.20~0.90	0.75
K_n	gNH_4-N/m^3	0.5~1.0	0.74
Y_n	$gVSS/gNH_4-N$	0.10~0.15	0.12
K_{dn}	$gVSS/gVSS \cdot 일$	0.05~0.15	0.08
K_o	g/m^3	0.40~0.60	0.50
θ 값			
μ_n	-	1.06~1.123	1.07
K_n	-	1.03~1.123	1.053
K_{dn}	-	1.03~1.08	1.04

주: 20°C에 대한 값.

7) 슬러지 침강성

① 슬러지지표(SVI)

슬러지지표는 활성슬러지의 침강성을 보여주는 지표로서 광범위하게 사용되며, 간단히 슬러지지표라고 하면 통상 슬러지용량지표(SVI: sludge volume index)를 의미한다. SVI는 반응조내 혼합액을 30분간 정제한 경우 1g의 활성슬러지 부유물질이 포함하는 용적을 ml로 표시한 것이며, 동일한 시료에 대해 MLSS농도 및 활성슬러지 침전율(SV₃₀: 용적 1l의 메스실린더에 시료를 30분간 정체시킨 후의 침전슬러지량을 그 시료량에 대한 백분율로 표시한 것)을 측정하여 식(4.5.19)에 의해 산출한다.

$$SVI = \frac{SV_{30}(\%) \times 10,000}{MLSS \text{ 농도}(mg/l)} \dots\dots\dots (4.5.19)$$

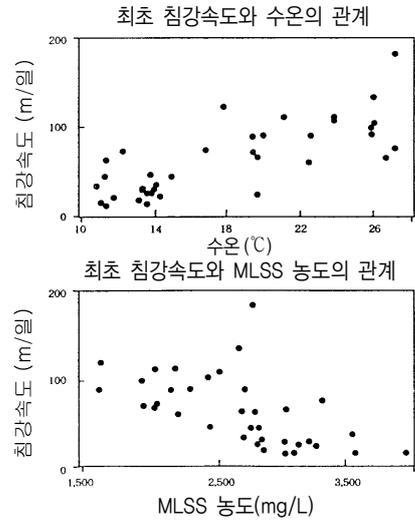
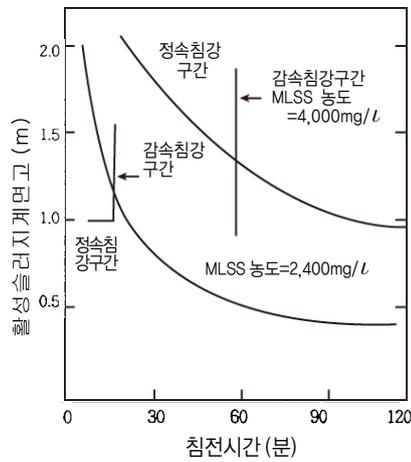
SVI가 100 전후로 활성슬러지의 침강성이 양호한 경우에는 용량 1l의 메스실린더에 30분간 정치 후에는 일반적으로 압밀침강에 해당된다. 따라서 이때의 침전슬러지의 SS농도는 반송슬러지의 최대 SS농도로 생각할 수 있으므로, 반응조내의 최대 MLSS농도는 식(4.5.20)과 같이 슬러지반송비와 SVI에 의해 구할 수 있다.

$$X = \frac{10^6}{SVI} \cdot \frac{R}{1+R} \dots\dots\dots (4.5.20)$$

그러나 SVI가 높은 경우 활성슬러지의 침강과정에 있어서 메스실린더의 벽면효과를 무시할 수 없으므로 SVI에 의해 이차침전지에서의 반송슬러지농도를 정량적으로 예측하기 어렵다. 한편 수온저하에 따른 활성슬러지의 침강성 및 농축성의 악화로 인해 반송슬러지농도가 저하되는 경우도 많다.

② 활성슬러지계면의 초기침강속도

활성슬러지의 이차침전지에서 침강성과 농축성을 보다 잘 예측하기 위해서는 침강과정에서의 벽면효과를 가능한 한 적게 하도록 직경과 높이가 큰 침강관에서 정지상태의 활성슬러지 계면 침강곡선을 조사할 필요가 있다. 일반적으로 활성슬러지의 침강곡선은 [그림 4.5.11]처럼 정속침강구간과 그에 비해 완만한 감속침강구간으로 나뉘어 진다. 이 정속침강구간에서의 슬러지 계면의 침강속도를 구하고, 활성슬러지의 침강특성을 조사하여 이차침전지에서의 활성슬러지 농축성을 보다 정확하게 파악할 수 있다. [그림 4.5.12]에 직경 70 mm, 높이 1,000 mm의 침강관에서 활성슬러지 초기 침강속도와 수온의 관계를 MLSS농도별로 정리하였다. 여기서는 SVI가 150이하의 기간의 데이터를 이용하였다. 일반적으로 활성슬러지의 초기 침강속도는 수온과 MLSS농도에 의해 영향을 받는다. 즉, 수온이 낮은 동절기에는 사상균의 별킹이 일어나지 않아도 활성슬러지의 농축성이 저하되고, 반송슬러지의 SS농도가 떨어질 수 있다.



[그림 4.5.11] 활성슬러지의 침강곡선의 예 [그림 4.5.12] 수온, MLSS농도와 활성슬러지 초기 침강속도의 관계 예

8) 용존산소농도 및 필요산소량

포기의 목적은 활성슬러지 미생물의 산화 및 동화작용(BOD제거)과 질산화 반응에 필요한 산소의 공급과 하수와 활성슬러지와의 혼합액을 교반하여 활성슬러지를 부유상태로 유지하기 위함이다. 하수 처리시설에서는 유입하수량 및 수질이 항상 변동하므로 안전한 운전을 행하기 위해서는 반응조유출구에서 약 2~3 mg/l의 DO농도를 유지하는 것이 바람직하다. 특히 질산화를 위해서는 반응조의 DO농도가 1 mg/l 이하가 되지 않도록 주의하여야 한다.

필요산소량은 탄소화합물(BOD)의 산화 및 활성슬러지 미생물의 내생호흡에 필요한 산소량을 고려하고, 질산화반응이 진행되는 경우에는 질산화에 필요한 산소량도 고려해야 한다. 활성슬러지법의 하수처리에 있어서 필요산소량은 식(4.5.21)과 같다.

$$\text{필요산소량(AOR : Actual Oxygen Requirement)} = O_{D1} + O_{D2} + O_{D3} + O_{D4} \dots\dots\dots (4.5.21)$$

- 여기서, O_{D1} : BOD의 산화에 필요한 산소량
- O_{D2} : 내생 호흡에 필요한 산소량
- O_{D3} : 질산화 반응에 필요한 산소량
- O_{D4} : 용존산소농도의 유지에 필요한 산소량

① BOD의 산화에 필요한 산소량 O_{D1} (kg O_2 /d)

$$O_{D1} = A(\text{kg } O_2/\text{kg BOD}) \times \{ \text{제거 BOD}(\text{kg BOD}/\text{d}) - \text{탈질량}(\text{kg N}/\text{d}) \times K(\text{kg BOD}/\text{kg N}) \} \dots\dots\dots (4.5.22)$$

- 여기서, A : 제거 BOD당 필요한 산소량(kg O_2 /kg BOD)
- K : 탈질에 의해 소비되는 BOD량(kg BOD/kg N)

② 내생호흡에 필요한 산소량 O_{D2} ($\text{kg O}_2/\text{d}$)

$$O_{D2} = B(\text{kg O}_2/\text{kg MLVSS} \cdot \text{d}) \times V_A(\text{m}^3) \times \text{MLVSS}(\text{kg MLVSS}/\text{m}^3) \dots\dots\dots (4.5.23)$$

여기서, B : 단위 MLVSS당 내생호흡에 의한 산소 소비량($\text{kg O}_2/\text{kg MLVSS} \cdot \text{d}$)

V_A : 호기 부분의 반응조 용량(m^3)

③ 질산화반응에 필요한 산소량 O_{D3} ($\text{kg O}_2/\text{d}$)

$$O_{D3} = C(\text{kg O}_2/\text{kg N}) \times \text{질산화된 TKN량}(\text{kg N}/\text{d}) \dots\dots\dots (4.5.24)$$

여기서, C : 질산화 반응에 의해 소비되는 산소량($\text{kg O}_2/\text{kg N}$)

질산화된 TKN량 : (유입 TKN량) - (유출 TKN량) - (잉여슬러지에 의한 TKN 제거량)

④ 용존산소농도의 유지에 필요한 산소량 O_{D4} ($\text{kg O}_2/\text{d}$)

$$O_{D4} = \text{DO} \times Q(1 + R + r)(\text{m}^3/\text{d}) \times 10^{-3} \dots\dots\dots (4.5.25)$$

여기서, DO : 호기반응조의 말단의 용존산소농도(mg/l)

R : 반송슬러지비

r : 내부반송비

상기의 ①, ②, ③, ④의 합계가 필요 산소량이 된다.

식(4.5.22~4.5.25)중의 계수 A, B, C, K로서 다음과 같은 값이 보고되고 있다.

A : 0.5~0.7, B : 0.05~0.15, C : 4.57, K : 2.0~3.0

따라서 유입수질과 운전방식의 차이, 처리방식 등에 따라 필요산소량은 크게 변하게 되므로 유입 및 운전조건 등을 고려하여 적절한 계수값의 채택을 통해 필요산소량을 산출하여야 한다.

9) 필요공기량

필요공기량의 산출에 사용되는 포기장치의 산소이동효율은 청수상태에서의 성능이기 때문에, 필요산소량(AOR)은 식(4.5.26)과 같이 청수상태에서의 산소공급량(SOR)으로 환산하고, 그 산소이동효율에서 실제필요공기량(G_s)을 식(4.5.28)와 같이 구한다.

$$\text{SOR} = \frac{\text{AOR} \cdot C_{S1} \cdot \gamma}{1.024^{T_2 - T_1} \cdot \alpha \cdot (\beta \cdot C_{S2} \cdot \gamma - C_O)} \times \frac{101.3}{P} \dots\dots\dots (4.5.26)$$

여기서, SOR : T_1 °C에서의 청수상태에서의 산소공급량, kgO_2/d

AOR : 생물반응조 T_2 °C에서의 필요산소량, kgO_2/d

T_1 : 포기장치성능의 기준 청수온도(20°C)

T_2 : 생물반응조 혼합액의 수온(°C)

C_{S1} : 청수 T_1 °C에서의 포화산소농도

- C_{S2} : 청수 T_2 °C에서 포화산소농도
- C_0 : 혼합액의 DO농도
- α : K_{La} 의 보정계수(저부하법 0.93, 고부하법 0.83)
- β : 산소포화농도 보정계수(저부하법 0.97, 고부하법 0.95)
- γ : 산기수심에 의한 C_S 의 보정계수

여기서, $\gamma = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{10.332 + h}{10.332} + 1 \right)$ (4.5.27)

- h : 산기수심(m)
- P : 처리장에서의 대기압(kPa abs)

포기장치의 소요공기량(G_S)는 다음 식(4.5.28)로 산출한다.

$$G_S = \frac{SOR}{E_A \cdot \rho \cdot O_W} \times \frac{273 + T_2}{273} \times 100$$
 (4.5.28)

- 여기서, G_S : 소요공기량(m^3/min)
- E_A : 청수중 산소전달효율(SOTE, %)
- ρ : 공기밀도($1.293kg/m^3$)
- O_W : 공기중 산소함유중량($0.232kgO_2/kg$ -공기)

4.5.2 포기에 의한 산소용해기구

1) 총산소이동용량계수(K_{La})

포기에 의한 산소의 용해는 가스상 산소가 용액중으로 확산하는 현상이며, 그 기구를 설명하는데 있어서는 이중경막설, 표면갱신설 등의 몇 개의 모형이 제안되고 있지만, 이것은 기체-액체 계면에서의 산소 확산 현상을 간단하게 정량화하기 위한 모형이다. 이와 같은 확산이론을 정리하면 활성슬러지법에 있어서 산소이동에 관한 식(4.5.29)가 얻어진다.

$$N = K_L \cdot A (DO_S - DO) \times 10^{-3}$$
 (4.5.29)

- 여기서, N : 산소 이동 속도(kg/h)
- K_L : 액경막에 있어서의 총산소이동계수(m/h)
- A : 기체-액체 접촉 면적(m^2)
- DO_S : 액상의 포화용존산소농도(mg/l)
- DO : 액상의 용존산소농도(mg/l)

또, 반응조의 단위 부피당 산소이동속도를 고려하면 단위 부피당 기체-액체 접촉 면적(a)가 A/V 가 되기 때문에 식(4.5.29)는 식(4.5.30)과 같이 표현된다.

$$\frac{N}{V} = K_L \cdot \frac{A}{V} (DO_s - DO) \times 10^{-3} = K_{La} (DO_s - DO) \times 10^{-3} \dots\dots\dots (4.5.30)$$

여기서, V : 반응조 용량(m³)

$$K_{La} : \text{총산소이동용량계수} (= K_L \cdot \frac{A}{V}) \text{ (1/h)}$$

2) K_{La}에 영향을 주는 인자

K_{La}는 각각의 포기장치 고유계수는 아니고 송풍량, 산기 심도, 수온, 하수의 특성 등 많은 인자에 의하여 결정된다.

① 송풍량과 산기심도

기포 직경이 작고 수중에서의 기포 체류시간이 길면 K_{La}는 증가한다. 반응조 단위 체적당 기체-액체 접촉면적은 송풍량에 따라서 증가한다. 기포 직경 및 기포 상승 속도가 송풍량에 관계없이 일정하면 송풍량과 기체-액체 접촉 면적과의 관계는 기포 발생속도와 단일 기포체적 및 기포체류시간으로부터 식(4.5.31)로 표현될 수 있다.

$$A = \frac{G_s}{\frac{\pi}{6} \cdot d_B^3} \cdot \pi \cdot d_B^2 \cdot \frac{H}{V_B} = 6 \cdot \frac{G_s}{d_B} \cdot \frac{H}{V_B} \dots\dots\dots (4.5.31)$$

여기서, G_s : 송풍량(m³/h)

d_B : 기포 직경(m)

H : 산기 심도(m)

V_B : 기포 상승 속도(m/h)

H/V_B : 반응조내(수중)의 기포 체류시간, 즉 기체-액체 접촉시간(h)

또, K_L도 송풍량에 관계없이 일정하다고 가정하면, K_{La}는 식(4.5.31)을 이용하여 식(4.5.32)와 같이 나타낼 수 있다.

$$K_{La} \cdot V = K_L \cdot \frac{A}{V} \cdot V = K_L \cdot \frac{6}{d_B \cdot V_{B \cdot G_s H} = F \cdot G_s H} \dots\dots\dots (4.5.32)$$

여기서, F : 비례상수

식(4.5.32)에서 K_{La} · V는 송풍량과 산기 심도에 비례하지만, Eckenfelder는 이들 사이의 관계를 식(4.5.33)과 같이 정리하였다.

$$K_{La} \cdot V = F' \cdot G_s^{(1-n)} \cdot H^{(1-m)} \dots\dots\dots (4.5.33)$$

여기서, F' : 비례 상수

n, m : 계수

식(4.5.33)에 있어서 $K_{La} \cdot V$ 는 송풍량의 $(1-n)$ 승에 비례한다. 각종 포기 장치의 $(1-n)$ 및 $(1-m)$ 의 값에 대한 측정 결과를 <표 4.5.3>에 나타내었다.

<표 4.5.3> 각종 포기 장치의 $(1-n)$ 및 $(1-m)$ 값

포기 장치	$(1-n)$	$(1-m)$
산기판	0.95~1.2	0.71~0.77
spacer	0.8~1.35	0.78

$K_{La} \cdot V$ 가 산기심도의 0.7승에 비례하여 증대한다고 가정하면 산소이동 속도(N)는 산기 심도를 크게 하면 증가하지만 그것과 함께 단위 공기량을 송풍하기 위하여 송풍기의 소요 동력 P_s 도 증가한다. 이 관계는 $P_s = H^q$ 로 표현되며 18 m까지는 $q = 0.67$ 의 값을 갖는다고 알려져 있다. 이 값은 전술한 $(1-m) = 0.7$ 과 유사한 값이기 때문에 산기 심도가 증가하여도 동일한 산소이동속도를 얻기 위한 소요 동력은 변화하지 않는다고 알려져 있다.

② 수온

물에 대한 산소의 용해는 수온이 높을수록 용해속도는 증가하지만 용해도, 즉 DO_s 는 감소된다. K_{La} 는 일반적으로 수온 20°C에서의 값으로 나타내지만 임의의 온도(T°C)와의 관계는 식(4.5.34)로 나타낼 수 있다.

$$K_{La}(T) = K_{La}(20) \cdot \theta^{T-20} \dots\dots\dots (4.5.34)$$

여기서, $K_{La}(T)$: 임의의 수온 T°C에서의 K_{La}
 $K_{La}(20)$: 수온 20°C에서의 K_{La}
 θ : 온도 보정 계수

θ 값은 보고에 따르면 1.016~1.047 범위로 알려져 있지만 일반적으로는 1.02를 사용한다.

③ 하수중 함유성분과 농도

활성슬러지에서 포기를 행하는 경우 하수중에 함유되어 있는 성분이나 그 농도에 의하여 K_{La} 값에 차이가 발생한다. 깨끗한물에 대한 변화 정도를 계수 α 로 표시하면 이 관계는 식(4.5.35)와 같이 표현된다.

$$K_{La}(\text{활성슬러지}) = \alpha \cdot K_{La}(\text{깨끗한물}) \dots\dots\dots (4.5.35)$$

활성슬러지에 대한 α 값으로서는 다음과 같은 값이 보고되어 있다.

산기식 포기 경우 0.3~0.9
 기계교반식 포기 경우 0.6~1.2

3) 하수의 포화용존산소농도

하수 중에 함유된 성분이나 그 농도에 의하여 DO_s에 차이가 발생한다. 깨끗한 물에 대한 변화 정도를 계수 β로 표시하면 이 관계는 식(4.5.36)과 같이 표현된다.

$$DO_{SW} = \beta \cdot DO_s \dots\dots\dots (4.5.36)$$

여기서, DO_{SW} : 하수의 포화 용존산소농도(mg/l)

DO_s : 하수와 동일 온도 상태의 깨끗한 물의 포화 용존산소농도(mg/l)

계수 β값은 생하수에서는 0.8 전후이고, 처리수에서는 처리 공정에 따라 다르지만 약 1.0에 근사값을 나타낸다. Henry 법칙과 같이 산소의 용해도는 산소 분압에 비례하지만 DO_s는 산기심도가 증가하면 증가한다. 일반적으로는 DO_s의 값을 식(4.5.37)과 같이 보정한다.

$$DO_s = DO_{SA} \left(1 + \frac{H}{10.24} \right) \dots\dots\dots (4.5.37)$$

여기서, DO_s : 산기 심도 H의 깨끗한 물의 포화용존산소농도(mg/l)

DO_{SA} : 대기압 하에서 깨끗한 물의 포화용존산소농도(mg/l)

4) 포기장치 효율

포기장치 효율은 일반적으로 산소전달효율이나 산소이동 동력효율로서 나타내는 경우가 많다. 동일 포기장치에 있어서도 효율은 포기 조건에 따라 변화하기 때문에 효율을 나타내는 경우는 송풍량, 산기심도, 수온, 하수 특성, 반응조의 크기 등 조건을 모두 포함하여 나타내는 것이 바람직하다.

가. 산소전달효율(O_{TE}, Oxygen Transfer Efficiency)

산소전달효율은 식(4.5.38)과 같이 반응조에 송입된 산소 중량에 대한 용해 산소 중량의 비로서 표시할 수 있다.

$$E_A = \frac{K_L a \cdot (DO_s - DO) \cdot V \times 10^{-3}}{G_s \cdot \rho \cdot O_w} \times 100 \dots\dots\dots (4.5.38)$$

여기서, E_A : 산소전달효율(%)

ρ : 공기 밀도(= 1.293 kg/Nm³)

O_w : 공기중의 산소 함유 중량(= 0.2330 kg/kg공기)

식(4.5.38)에서의 DO값은 조작인자이고 다른 조와 비교하는 경우 DO값에 의해 E_A가 다르기 때문에 일반적으로 E_A는 DO가 0인 경우의 식(4.5.39)로부터 구한다.

$$E_A = \frac{K_L a \cdot DO_s \cdot V \times 10^{-3}}{G_s \cdot \rho \cdot O_w} \times 100 \dots\dots\dots (4.5.39)$$

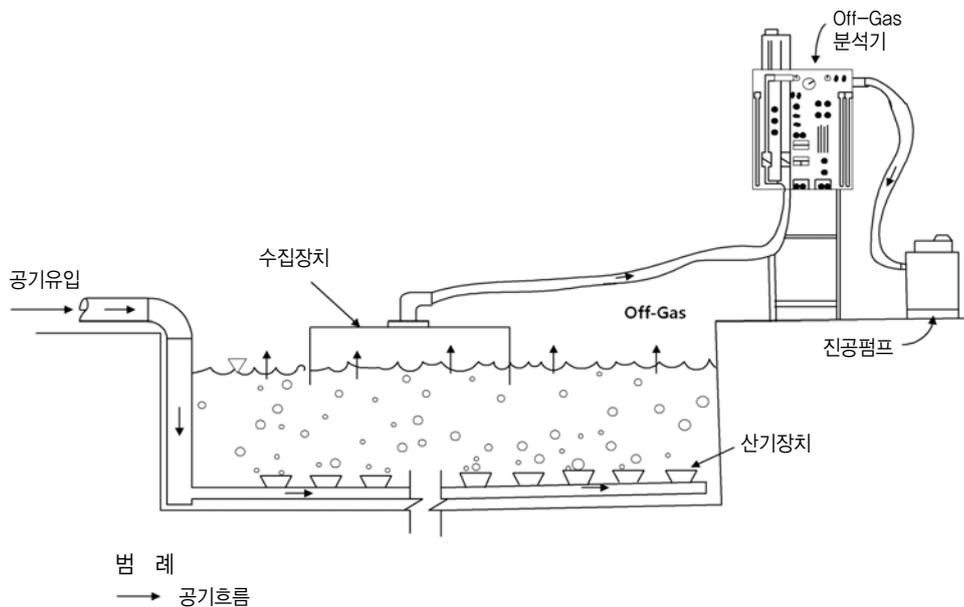
나. 산소전달효율 측정

산소전달효율 측정에는 산소공급에 따른 DO 변화를 분석하여 전달효율을 평가하는 비정상상태분석

법과 안정적인 DO 농도가 유지되는 상태에서 수면에서 배출되는 off-gas의 조성을 분석하여 전달효율을 평가하는 off-gas 분석법이 대표적인 방법으로 적용된다.

일반적으로, 산기장치의 표준적인 산소전달효율은 청수상태에서의 산소전달효율(SOTE, standard oxygen transfer efficiency)로 제시되며 주로 비정상상태분석법을 적용하여 측정된다. 그러나 SOTE 값은 하수에 산기기를 설치하여 포기할 경우 어떠한 효율을 나타낼 것인지에 대해 정확한 지표가 될 수 없다. 따라서, 포기조 운전상태 및 포기장비에 대한 성능평가를 위해서는 하수처리시설에 설치되어 정상적으로 운전되고 있는 산기시스템의 하수중 산소전달효율을 확인할 필요가 있다.

하수상태의 산소전달효율을 측정하는 대표적인 방법인 off-gas 분석법의 개요를 [그림 4.5.13]에 나타내었다. Off-gas 분석법은 송풍기에서 포기조로 공급되는 공기 중의 상대적인 산소 조성과 하수를 통과하여 대기 중으로 배출되는 가스(off-gas)의 상대적인 산소의 조성을 측정하여 포기조 내에 설치된 산기장치의 산소전달효율을 평가한다.



[그림 4.5.13] off-gas 분석법 개요

5) 포기장치의 종류와 특성

포기장치는 송풍기로부터 공급되는 공기를 미세한 기포로 반응조에 주입하여 활성슬러지의 침전을 방지하고 하수와 혼합시켜 하수와 공기와의 접촉면적을 크게하여 활성슬러지의 미생물이 필요로 하는 공기를 공급하는 장치이다. MLSS의 침전방지를 위해 포기조내의 유속을 대략 0.3 m/s로 해야 하는데, 최소한 0.1 m/s 이상이 되어야만 한다. 활성슬러지공법에 사용되는 포기장치는 크게 산기식과 기계식으로 분류할 수 있다. <표 4.5.4>에 각종 포기장치의 특성을 나타내었다.

〈표 4.5.4〉 포기장치의 종류와 특성

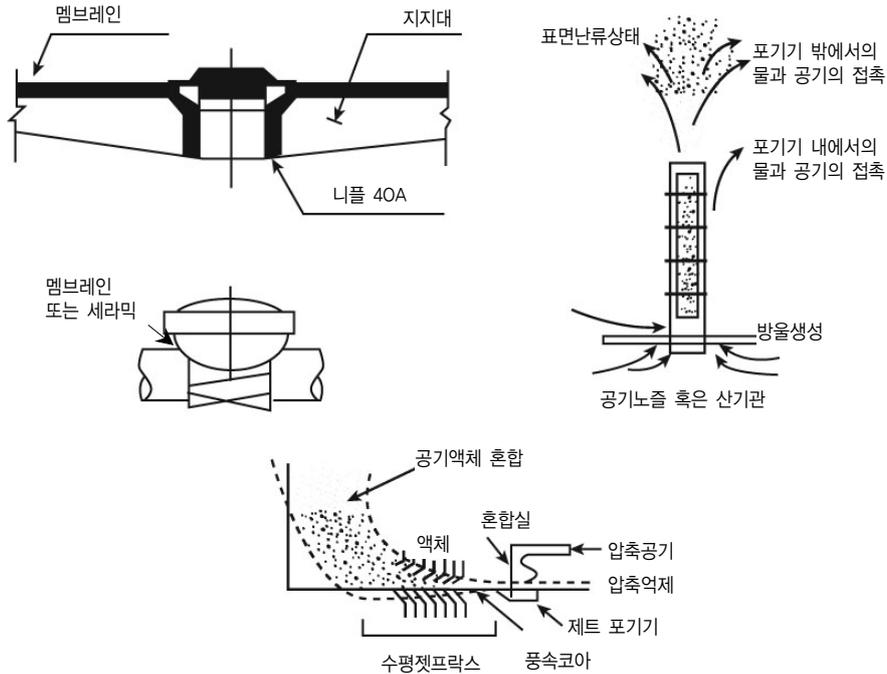
포기조의 종류	특 성	일 반 적 인 폭 기 기 의 특 성			산소전달효율 (kgO ₂ /kW-hr)
		적 용 범 위	장 점	단 점	
산기식포기조 A) 산기식 a. 미세기포 산기식	매우 작거나 혹은 중간크기의 공기방울을 배출시키며 멤브레인이나 세라믹으로 된 판, 관 및 플라스틱섬유관 또는 백(bag)으로 제작됨.	고율, 재래식, 장기포기, 계단식, 수정식, 접촉안정법, 활성슬러지법에 적용됨.	혼합정도가 좋고, 유지효과가 있고, 양호한 운전상 유동성으로 공기량을 조절할 수 있음.	초기시설비 및 유지관리비가 크며, 공기여과가 필요. 주입된 공기가 나선형으로 이동되므로 반응조의 모양이 한정되어 있음.	0.82~1.14
	b. 조대기포 산기식	미세기포산기와 같다.	산기기가 막히지 않으며, 수온 유지효과와 유지관리가 쉽다.	초기시설비가 크다. 산소전달효율이 낮고 전력비가 비교적 많이 지출된다. 간혹 공기방울이 조정 안 되는 경우도 있다.	
B) 관통형 (tubular)	수직으로 설치된 관통을 통해서 공기가 유출될 때 물과 혼합되는 전단력을 이용한 것으로 플라스틱재료나 금속제품이다.	포기식산화지에 주로 사용된다.	경제성이 있다. 산소전달효율이 높다. 유지관리가 쉽다.	포기조를 잘 혼합시킬 수 있는지가 의문이며 처리효과가 높은 생물학적 처리법에 적용가능여부가 확인되지 않고 있다.	0.82~1.18
C) 젯트(jet)형	노즐을 이용해 압축된 공기와 펌프로 양수된 물을 혼합시키고 분출시킨다.	산기식과 같다	깊은 포기조에 적합하고, 비용이 그리 높지 않다.	사용하는 포기조의 모양이 제한되어 있으며 노즐이 막히는 경우가 있다.	1.14~1.59
기계식표면 포기조 A) 방사류 저속 (20~60 rpm)	저속, 직경이 큰 터빈으로 수중에 부상 및 고정형 (fixed-bridge)에 설치가능하고 감속기어가 설치된다.	산기식과 같다	반응조모양에 크게 구별받지 않으며 양수용량이 크다.	동절기에 결빙문제가 발생하며 축류형포기조보다 시설비가 고가이며 기아감속기의 유지관리가 힘들다.	0.91~2.04
	B) 축류형 고속전동기 (300~1200rpm)	포기식산화지와 채포기조	시설비가 저렴하며 수위 변화에도 운전이 쉽고, 운전에 융통성이 있다.	동절기에 결빙문제가 발생하며 유지관리가 어렵고 혼합정도가 불충분할 수 있다.	
	C) 브러시 로터 (brush rotor)	산화구, 포기식산화지와 활성슬러지	초기시설비가 중간정도이며, 유지 관리가 쉽다.	운전방법에 따라 효율이 감소될 수 있으며 사용되는 반응조모양에 제한이 있다.	
수중형 포기기 (submerged turbine)	저속터빈과 압력튜브 혹은 보통관을 통한 압축공기를 주입하는 형식. 고정형 (fixed-bridge) 및 자립형으로 설치가능	산기식과 같다.	혼합정도가 좋으며 단위용량당 주입량이 크고, 깊은 반응조에 적용하며 운전에 융통성이 있다. 결빙문제나 유체가 튀지 (splash) 않는다.	기아감속기와 송풍조가 소요되어 전기료가 많이 든다.	0.77~1.14

주: 산소주입 가능량은 1기압 20℃에서 깨끗한 물을 기준으로 하였을 때 값이다.

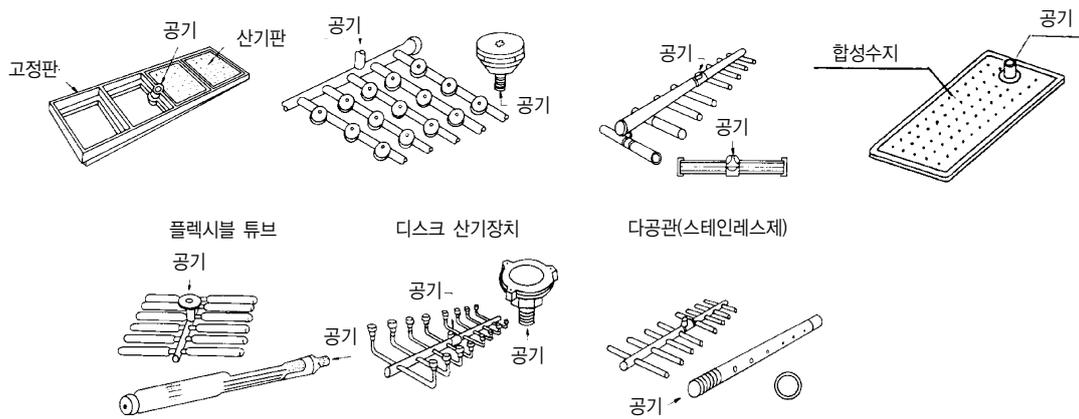
가. 산기식 포기장치

산기식 포기장치는 공기의 산기판, 산기관, 다공관 및 미세산기판 등이 있다.

산기판 및 산기관류에는 공기의 분출방법, 기포의 크기, 부착위치 등에 의해 각종 구조 및 재질이 사용되고 있고 미세기포장치와 조대기포장치로 구분된다. 통상 반응조에는 미세기포장치가 채용되고 있다([그림 4.5.14] 참조).



[그림 4.5.14] 산기식 포기기의 종류



[그림 4.5.15] 산기장치의 예

미세기포장치로는 세라믹제 혹은 합성수지제의 산기관 및 산기관, 그리고 멤브레인 디퓨저 등이 있다. 이형식의 산기장치는 기포가 미세함으로 하수와 공기와의 접촉면적이 커 산소전달효율이 크다. 산기관 및 산기관은 공기중의 미세한 먼지, 기름등에 의해 막힘현상이 일어날 가능성이 있으므로 송풍기의 흡입구에서 공기여과기를 설치하는 것이 바람직하다. 또한 송풍기정지시 하수의 역류로 인해 막힘현상이 다발할 가능성이 있다.

조대산기장치는 금속제 혹은 합성수지제가 많고, 다공관, 디스크 디퓨저 등이 있다. 이 형식은 기포가 크므로 미세기포장치에 비교하여 단위공기량당 하수와 공기의 접촉면적이 작고 산소전달효율이 낮기 때문에 흡입 공기량이 많아 막힘현상이 적고 설치가 간단한 것이 특징이다.

① 산기관

산기관은 미세기포가 균일하게 발생하도록 균일한 기공을 가진 것으로 내충격성 및 내구성이 뛰어나 장시간 안정적인 통기성 등을 가져야 한다. 이를 위해 산기관에는 균일한 입경의 세라믹입자를 결합체와 같이 고온소성 시킨 다공성경질자기, 경질합성수지에 화학적 가공을 한 다공성경질합성수지 혹은 소성결합시킨 금속을 성형가공한 극미세기포 장치 등 다양한 재료가 있고 형상은 구형 및 원형이 있다. 산기관의 특성은, 일반적으로 건식통기량, 습식통기저항 및 항절력으로 나타낼 수 있다. 건식통기량은 건조상태의 산기관에 통기저항 0.5 kPa의 조건일 때 표준흡입공기(20℃, 101.2 kPa)의 통기량을 의미한다.

습식통기저항은 산기관의 표준통기량에 대하여 수중의 실 저항을 의미한다. 항절력은 산기관의 물리적인 강도를 나타내는 것으로, 일반적으로는 한편의 길이가 30 cm로 평형한 두변을 지지한 상태로 980N이상의 하중을 견딜 수 있도록 하여야 한다.

산기관은 통기량을 증가시키면 기포가 크게 되어 산소전달효율이 저하되고 통기저항도 증가한다. 또한 통기량을 적게하면 기포가 작게 되어 산소전달효율은 크게 되나 통기가 불균일하게 되어 막힘현상에 의한 통기저항의 증가 등이 문제가 된다. 따라서 설계시 적당한 통기량의 범위를 설정할 필요가 있고 이 양을 표준통기량으로 산기관의 설치수량 등을 결정하는데 이용하여야 한다(〈표 4.5.5〉 참조).

선회류식의 산기관의 설치는 반응조의 저부 혹은 중간수심의 벽측에 산기관 4~10장을 한조로 하여 산기관고정판에 설치하여 송풍관의 말단과 산기관고정판을 연결한다. 산기관을 이용한 산기장치는 형상이 크고 중량이 무거워 고정식을 원칙으로 한다.

전면포기식의 산기관은 선회류식의 산기관보다 소형의 세라믹제 혹은 합성수지제를 많이 사용하고, 기포는 종래의 산기관보다 미세하다. 통기특성은 세라믹제의 경우 20~40l/min·매 정도로 통기저항은 종래의 산기관보다 약간 크고 기포는 극히 미세하다. 기공경이 150μm의 산기장치를 이용하는 경우 송풍기의 공기여과기에 대해 주의하여야 한다.

② 산기관

산기관은 미세기포가 균일하게 발생되도록 균일한 기공을 가진 원통으로 재질은 다공성자기 및 다공성경질합성수지로 되어 있다. 통기특성으로는 산기관의 경우와 거의 동일하다. 산기관의 설치는 반응조 저부 혹은 중간수심의 벽측에 산기관 4~32본을 한 조로 하여 송풍관과 연결된 연결관에 연결한다.

③ 다공관

조대기포를 발생시키는 산기장치로 스테인레스제 강관 등에 공경 4mm 정도의 구멍을 다수 뚫어 놓은 것으로 막힘현상 및 부식 등의 우려가 적은 산기관으로, 산소전달효율은 적지만 반응조의 교반 등을 목적으로 할 경우 많이 사용되는 산기장치이다.

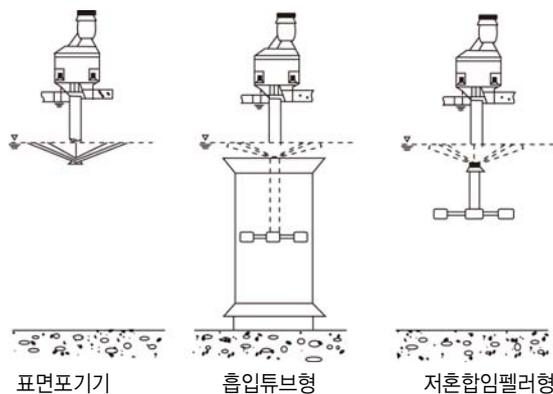
④ 그외 산기장치

그외 산기장치로는 디스크형 디퓨저와 멤브레인디퓨저가 많이 사용된다. 디스크형 디퓨저는 송풍중에는 디스크가 상승하여 본체와 디스크의 틈으로 공기를 분출하고, 송풍을 멈추는 경우에는 디스크와 본체가 밀착되어 하수가 송풍관으로 역류하는 것을 막는 구조로 되어 있다. 멤브레인 디퓨저는 미세공을 가진 특수 폴리우레탄재질의 막을 판위에 고정시켜놓은 것으로 산기시에는 판과 막 사이에 공기를 불어넣어 막이 팽창되어 내압이 수압을 상향하게 되어 막표면의 기공으로부터 공기가 분출된다. 산소전달효율은 높으나 통기저항이 높다.

나. 기계식 포기장치

기계식 포기장치는 기계식 표면포기, 수중교반식 포기기로 구분되며, 표면포기기는 방사형 저속형(radial flow low speed), 축류형 고속형(axial flow high speed)과 브러시 로터형(brush rotor)으로 나누며, 수중교반식 포기기는 수중모타식 교반산기장치, 흡입튜브(draft tube)식 교반산기장치 등이 있다. 이들 포기장치는 부동형 또는 고정형으로 설치한다. 방사형은 포기의 회전속도를 기어감속기로 감속시키며, 축류형 고속포기장치는 일반적으로 전동기와 직결되어 있다. 저속과 고속 포기장치는 수면과 직각으로 설치한다. 브러시 로터(brush rotor)는 수면과 평행으로 설치하며 저속으로 회전하도록 되어 있다. 기계식 포기장치의 설치 특성으로는 브러시 로터를 제외하고는 직사각형의 포기조에 잘 맞지 않으며 작은 포기조보다 큰 포기조에 비교적 흔히 사용된다. 표면 포기장치의 산소전달효율은 회전날개(impeller)가 수중에 잠기는 깊이와 관계가 있는데 어느 경우에는 양수력이 좋으나 포기는 좋지 못한 경우가 있다. 표면 포기장치는 포기조의 깊이가 4.5~9m 이상인 경우, 즉 불완전한 혼합이 이루어질 가능성이 클 때는 흡입유도관(draft tube)을 설치하기도 한다.

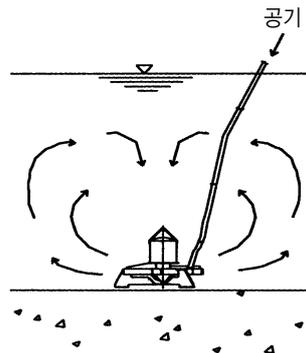
[그림 4.5.16]은 방사형 저속포기장치를 나타낸 것이다.



[그림 4.5.16] 방사형 저속포기장치

축류형 고속표면 포기장치는 포기식 산화지에 사용되는 경향이 증가되고 있는데 회전날개의 속도가 매우 빨라 미생물 플록을 깨뜨리는 경향이 있어 좋지 않다는 주장도 있다. 고속포기장치는 저속보다 양수력이 비교적 적어서 교반깊이와 산소전달능력에 제한이 있다. 따라서 이러한 두 가지의 결점이 크게 문제가 되지 않는 포기식 산화지에 흔히 사용된다. 브러시 로터는 수평축으로 연결된 회전날개가 회전하는 형상을 가졌는데 회전속도는 저속방사형 포기장치와 거의 같다. 유럽에서는 길고 좁은 형상의 활성슬러지법에서도 이용하고 있다. 포기기의 효율은 산화구의 수심에 따라 변화되는데 수심이 클수록 에너지가 많이 소요된다. 산화구의 수심은 1.5~4.5 m 정도를 표준으로 하나 최대 깊이는 4.5 m 정도이다.

[그림 4.5.17]과 같은 수중교반식 포기기는 수중교반기의 토출부에 산기장치를 설치하여 교반기능과 산기기능을 일체화한 것으로 반응조내에 설치하여 송풍기에서 공급되는 공기를 교반날개로 미세하게 전단시켜 높은 산소전달효율을 얻을 수 있는 것이 장점이다. 최근 고도처리 도입으로 인해 교반 및 산기기능이 일체화되어 송풍을 멈추면 교반만의 운전도 가능해 동일한 기계측제어치로 혐기조 및 호기조 동시에 사용할 수 있다는 것과 경우에 따라서는 동일반응조를 혐기 및 호기운전을 교대로 수행할 수 있는 장점이 있다.



[그림 4.5.17] 수중형 포기기

〈표 4.5.5〉 산기장치의 사양 예

형식	선 회 류 식				전 면 산 기 식		
	산 기 판		산 기 관		산 기 판		
재 질	세라믹	합성수지	세라믹	합성수지	세라믹 (구형)	세라믹 (원형)	합성수지
표준통기량 (l/min)	80~100/매	80~120/매	120~150/본	100~150/본	20~40/매	30~40/매	40~80/매
기포경(μm)	200~400	100~400	200~450	100~400	200~260	150	150

〈표 4.5.6〉 각종 산기장치의 효율

산 기 장 치		청수에 대한 산소전달효율 EA (%)	청수에 대한 산소전달동력효율 EP (kg/MJ)
미세 기포	선회류식	표준식	14~16
		심층식	15~17
	전면포기식		20~32
조대 기포	2열배치		10~13
	1열배치		8~10
기포분사식		15~26	0.44~0.64
수중교반식		20~30	0.4 ~0.64

너무 많은 공기를 주입하면 회전날개가 헛도는 경우가 있어 결과적으로 산소전달율이 감소되므로, 공기주입량을 적절히 하여야 한다. 수중포기기에 있어서 공기주입은 공기파이프 또는 압력튜브를 통하여 공급시키는데 축류형이 방사형보다 산소전달효율이 좋다. 수중형포기기의 산소전달률은 200~300 mg O₂/l·h 이상으로써 산기식 포기기의 60~80 mg O₂/l시에 비하여 매우 큰 값으로 고농도 폐수가 유입되거나 혹은 포기조의 체류시간이 비교적 짧은 경우에 적합하다. 수중형포기기의 영향범위는 4~13 m³/kW인데 조의 형상과 크기에 따라 변한다. 수중형포기기의 임펠라 회전속도는 37~100 rpm이며, 기어박스(gear box)의 사용계수(service factor)는 2.0 이상이며, 산소전달률은 송풍기 동력까지 포함해서 1.2~2.0 kg O₂/kWh 이다. 수중형 포기기의 최대 크기는 150 Hp이며 350 Hp까지 증대시킬 수 있다. 공기량은 4~8 l/s이며 산소전달효율은 15~35% 정도이다.

한편 심층식 반응조의 경우 표면포기기와 마찬가지로 수심 약 5m 정도에 수중교반포기기를 설치하고 그 하단에 흡입유도관(draft tube)을 설치한다.

다. 송풍장치

산기식 및 수중형 포기기에는 송풍기(blower)로 공기를 공급하는데 기계식 표면 포기장치보다 포기조 내로 공급되는 공기량을 쉽게 조절할 수 있다.

송풍기의 소요 전력량은 전동기의 회전속도와 공기 공급지점의 압력에 의하여 결정되는데 하수처리에 사용되는 송풍기는 상대습도와 운전속도에 공기량이 크게 영향을 받지 않으며 최대압력은 120 kg/m²이다. 원심력식 송풍기는 두 형태로 나누어지는데 수평분리형은 효율이 75~85%이며 유지관리가 쉬우나 가격이 비교적 비싸고, 수직분리형은 효율이 60~79%이나 가격이 저렴하다. 수평분리형은 약 340 kg/m²의 압력까지 작동 가능하나 수직분리형은 80 kg/m²의 압력까지만 작동 가능하다.

공기공급시스템의 저항은 관저, 밸브, 산기방식, 산기기의 수면깊이에 따라 결정되는데 산기기를 2.5~4.0m에 설치하는 것이 비교적 손실수두면에서 경제적이다.

송풍기를 사용할 때 열이 발생되는데 에너지 절약효과 측면을 고려하여 이러한 발생열은 열교환기를 사용하여 소화조에 공급하거나 또한 처리장 건물의 난방용으로도 사용이 가능하도록 고려한다. 예를 들면 65℃의 공기를 배출하는 송풍기는 매 m³/s 당 52 kJ/s의 열이 발생하게 되는데 이것은 시간당 2.8l의 유류에 상당하는 열량이다. 특히 깊은 포기조에 공기를 공급시키는 경우에는 높은 압력에 의하여 송풍기 방출공기의 온도가 더욱 상승하며 이 때에는 보다 많은 에너지의 회수가 가능할 수 있다.

라. 혼합능력

포기장치의 선정에 있어서 포기장치의 산소공급능력 이외에 포기조내에 MLSS가 침전되지 않도록 충분한 혼합을 줄 수 있는 능력을 고려한다. <표 4.5.7>은 혼합을 위하여 소요되는 공기량과 소요동력을 나타내고 있다.

<표 4.5.7> 소요동력 및 소요공기량

포기 형식	소요 공기량 및 동력
산 기 식	0.02~0.03 m ³ /min · 포기조용량 m ³
기 계 식	0.3~1.0 W/포기조용량 m ³

4.5.3 활성슬러지법 처리방식

1) 활성슬러지법 변법

활성슬러지법의 처리방식은 처리방법의 선정시 고려사항(4.1.2 참조) 이외에도 시설의 규모, 주변 환경조건, 경제성 등을 고려하여 적절한 방식을 선택한다. 활성슬러지법에는 그 처리 목적에 따라 여러가지 변법이 실용화되고 있으며, <표 4.5.8>은 각 처리방법에 따른 특징을 나타낸 것이다.

<표 4.5.8> 각종 활성슬러지법의 특징

처리방식	특징	MLSS 농도 (mg/l)	F/M비 (kgBOD/kgSS일)	반응조의 수심 (m)	반응조의 형상	HRT (시간)	SRT (일)	비고
표준활성슬러지법	-	1,500 ~2,500	0.2~0.4	4~6	사각형다단 완전혼합형	6~8	3~6	
step aeration법	유입수를 반응조에 분할 유입시켜, 표준활성슬러지법과 동일한 F/M비에도 MLSS 농도를 높게 유지하여 반응조의 용량을 작게 함	1,000 ~1,500 (반응조후단)	표준활성슬러지법과 동일함	표준활성슬러지법과 동일함	표준활성슬러지법과 동일함	4~6	3~6	
순산소활성슬러지법	높은 유기물부하와 높은 MLSS 농도를 가능하게 하기 위하여 산소에 의한 포기를 채용한 방법	3,000 ~4,000	0.3~0.6	4~6	사각형 다단 완전혼합형	1.5 ~3	1.5 ~4	
장기포기법	일차침전지를 생략하고, 유기물부하를 낮게 하여 잉여슬러지의 발생을 제한하는 방법	3,000 ~4,000	0.05~0.10	4~6	사각형 다단 완전혼합형	16 ~24	13 ~50	일차 침전지 없음
산화구법	일차침전지를 생략하고, 유기물부하를 낮게 하며, 기계식교반기를 채용하여 운전관리를 용이하게 한 방법	3,000 ~4,000	0.03~0.05	1.5~4.5	장원형 무한수로 완전혼합형	24 ~48	8 ~50	일차 침전지 없음
연속회분식활성슬러지법	한 개의 반응조로 유입, 반응, 침전, 배출의 각 기능을 행하는 활성슬러지법의 총칭	고부하형에서는 낮고 저부하형에서는 높음	고부하와 저부하가 있음	5~6	사각형 완전혼합형 시간적인 플러그흐름형	변화폭이 큼	변화폭이 큼	일차 침전지 없음

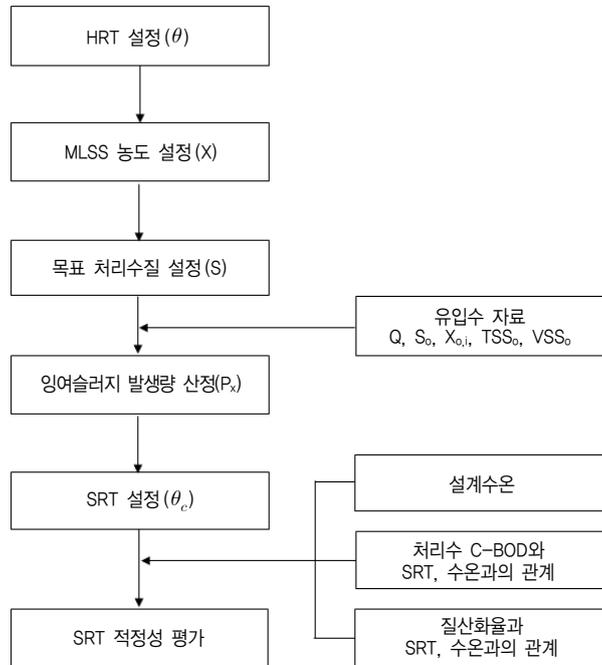
2) 반응조의 설계

활성슬러지법의 반응조 설계는 수리학적체류시간(HRT)의 설정을 기본으로 하는 방법과 고형물체류시간(SRT)의 설정을 기본으로 하는 방법을 사용할 수 있다.

【해설】

활성슬러지법의 반응조 설계 순서에는 여러 가지 방법이 있을 수 있다. 여기서는 수리학적체류시간(HRT) 설정을 기본으로 하는 방법을 [그림 4.5.18 ①]에 나타내었고, 고형물체류시간(SRT) 설정을 기본으로 하는 방법을 [그림 4.5.18 ②]에 나타내었다.

수리학적체류시간(HRT) 설정을 기본으로 하는 경우에는, 반응조 유입수질을 고려하여 적절한 HRT(θ)와 MLSS농도(X)를 경험적 판단에 근거하여 우선적으로 설정한다. 다음으로, 목표 처리수질(S)을 설정한 후 잉여슬러지발생량(P_x)과 고형물체류시간(SRT, θ_c)을 산정한다.



[그림 4.5.18 ①] 반응조의 기본적 설계방법 1

잉여슬러지 발생량은 식(4.5.15)와 식(4.5.16)으로부터 다음 식(4.5.40)과 같이 표현된다.

$$P_x = \frac{QY(S_o - S)}{1 + K_d\theta_c} \cdot \frac{1}{0.85} + \frac{f_d K_d QY(S_o - S)\theta_c}{1 + K_d\theta_c} \cdot \frac{1}{0.85} + Q X_{o,i} + Q(TSS_o - VSS_o) \quad (4.5.40)$$

그리고, 식(4.5.1)로부터 $SRT(\theta_c)$ 는 다음 식(4.5.41)과 같이 표현된다.

$$\theta_c = \frac{V \cdot X}{P_x} \dots\dots\dots (4.5.41)$$

한편, 반응조 용량(V)은 유입수 유량(Q)과 HRT(θ)로부터 식(4.5.42)와 같이 표현된다.

$$V = Q \cdot \theta \dots\dots\dots (4.5.42)$$

그리고, 식(4.5.41)과 식(4.5.42)로부터 $SRT(\theta_c)$ 에 대한 다음 식(4.5.43)이 유도된다.

$$\theta_c = \frac{\theta \cdot Q \cdot X}{P_x} \dots\dots\dots (4.5.43)$$

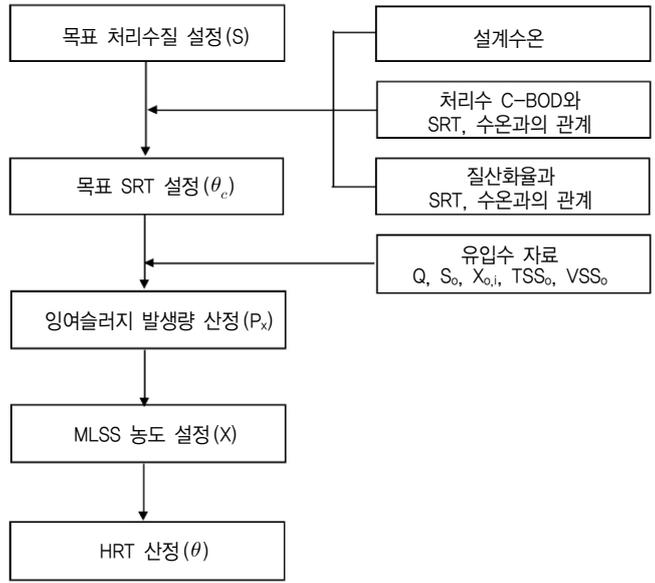
따라서, 반응조의 HRT(θ)와 MLSS농도(X) 및 목표 처리수질(S)이 우선적으로 설정되었고, 유입수의 유량(Q) 및 수질(S, $X_{0,i}$, TSS₀, VSS₀) 값이 주어지고, 활성슬러지 미생물 관련 계수값(Y, K_d , f_d)이 결정되면(〈표 4.5.1〉과〈표 4.5.2〉참조), 식(4.5.40)과 식(4.5.43)을 이용하여 잉여슬러지 발생량(P_x)과 $SRT(\theta_c)$ 를 산정할 수 있다.

산정된 SRT의 적정성 여부를 평가하기 위해 처리수의 C-BOD와 SRT, 수온과의 관계(〈그림 4.5.7〉)을 참고하여 설계수온 및 산정된 SRT 조건에서 목표 처리수질 달성이 가능한지를 평가한다. 그리고, 질산화율과 SRT, 수온과의 관계(〈그림 4.2.6〉)을 참고하여 설계수온 및 산정된 SRT 조건에서 목표하는 질산화가 가능한지를 평가한다. 평가결과 목표 처리수질을 만족하지 못하는 경우에는 HRT 또는 MLSS를 증가시켜 재계산을 수행하거나, 다음에 제시되는 고�형물체류시간(SRT) 설정을 기본으로 하는 설계 방법에 의해 반응조의 HRT를 결정한다.

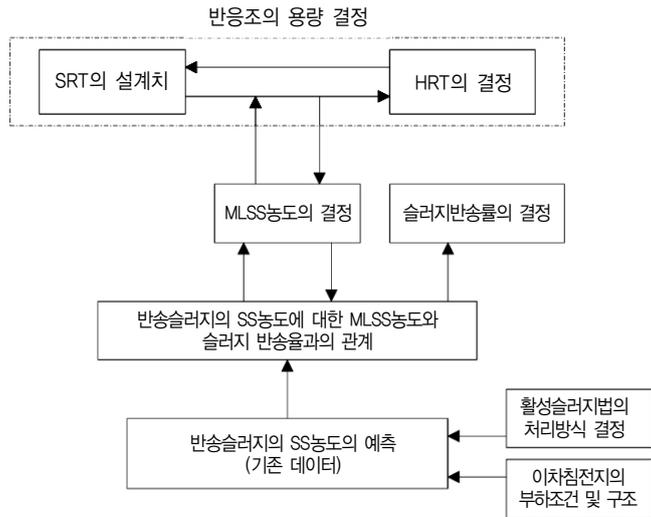
고형물체류시간(SRT) 설정을 기본으로 하는 방법은 [그림 4.5.18 ②]에 제시된 바와 같이 우선적으로 목표 처리수질(S)을 설정한다. 그리고, 처리수의 C-BOD와 SRT, 수온과의 관계(〈그림 4.5.7〉) 및 질산화율과 SRT, 수온과의 관계(〈그림 4.2.6〉)을 참고하여 설계수온에서 목표하는 처리수질 달성에 필요한 목표 $SRT(\theta_c)$ 를 설정한다. 그리고, 식(4.5.40)을 이용하여 잉여슬러지발생량(P_x)를 산정한 후 식(4.5.43)를 변형한 다음의 식(4.5.44)를 이용하여 필요한 HRT(θ)를 산정할 수 있다.

$$\theta = \frac{\theta_c \cdot P_x}{Q \cdot X} \dots\dots\dots (4.5.44)$$

[그림 4.5.19]는 반응조 설계에 있어서 MLSS농도 및 슬러지반송비의 결정위치를 나타내었다. 앞서 제시된 반응조 설계에 있어서 설정하는 MLSS농도(X)에 따라 반응조 HRT가 달라지므로 적정한 MLSS농도가 설정이 매우 중요하다. 그리고 예상되는 반송슬러지의 SS농도에 근거하여 설정한 MLSS 농도 유지에 필요한 적정 슬러지반송비를 결정해야 하며, 이로 인해 발생하는 이차침전지 고�형물부하가 적정한지 여부가 반드시 검토되어야 한다.



[그림 4.5.18 ②] 반응조의 기본적인 설계방법 2

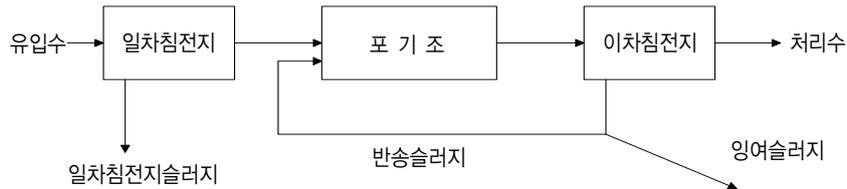


[그림 4.5.19] 반응조 용량 계산시 슬러지반송비의 결정 위치

4.5.4 표준활성슬러지법

활성슬러지법에는 반응조의 HRT, MLSS농도, F/M비, 반응조의 수심 및 형상 등에 따른 많은 방식이 있다. 현재, 전국에서 가동되고 있는 하수처리시설에서 가장 많이 채용되고 있는 처리법이 표준활성슬러지법이다. 표준활성슬러지법은 처리수질, 시설의 건설비, 운전관리 등을 모두 고려할 때 중규모 이상의 하수처리시설에 경제적인 처리법으로 채용되고 있다. 표준활성슬러지법의 처리계통은 [그림

4.5.20)과 같다. 반응조에의 유입수는 반송슬러지와 함께 반응조에 투입되어 조내에서 혼합되며 일정 시간동안 연속적으로 포기가 이루어진다. 그 후 활성슬러지 혼합액은 이차침전지에 유출되어 고액분리를 행하게 된다. 이차침전지의 상징수는 처리수로서 월류되고 침전된 슬러지는 반송슬러지로서 반응조에 이송되어 다시 생물처리에 사용된다. 이중 일부는 잉여슬러지로서 배출되게 된다.



[그림 4.5.20] 표준활성슬러지법의 처리계통

1) 수리학적 체류시간(HRT)

표준활성슬러지법의 HRT는 6~8시간을 표준으로 한다. 단 유입수온이 낮거나 유입수질(용해성 BOD, SS)농도가 높아 처리수질을 만족할 수 없는 경우에는 필요한 SRT로부터 HRT를 구한다.

【해설】

HRT는 계획하수량에 따라서 결정한다. 따라서 반송슬러지량은 고려하지 않는다.

표준활성슬러지의 HRT는 6~8시간을 표준으로 하나, 수온이 낮거나 유입수질(용해성BOD, SS)농도가 높아 처리수질을 만족할 수 없는 경우 [그림 4.5.7]에 따라 처리수질 예측결과, 처리수질이 목표 처리수질을 만족할 수 없을 경우는 필요한 SRT, MLSS농도를 설정하고 식(4.5.42)로부터 반응조의 HRT를 구한다.

2) MLSS농도와 슬러지반송비

MLSS 농도는 1,500~2,500 mg/l를 표준으로 한다. 또한, 슬러지반송비는 반송슬러지의 SS농도를 고려하여 적정하게 설정한다.

【해설】

반응조내의 MLSS농도는 일반적으로 1,500~2,500 mg/l의 범위로 운전하는 것을 표준으로 한다. MLSS농도가 너무 낮게 되면 처리가 안정되지 않고, 너무 높으면 필요산소량이 증가하거나 이차침전지의 침전효율이 악화될 우려가 있다.

MLSS농도를 일정하게 유지하기 위한 반송슬러지의 SS농도와 슬러지반송비의 관계는 [그림 4.5.10]과 같다. 반송슬러지의 SS농도에 대하여 설정한 MLSS농도를 유지하기 위해서 필요한 슬러지반송비는 식(4.5.45)으로부터 구할 수 있다.

$$R = \frac{X}{X_R - X} \dots\dots\dots (4.5.45)$$

여기서, R : 슬러지반송비
 X_R : 반송슬러지의 SS농도(mg/l)

위식을 이용하여 설정된 MLSS농도를 유지하기 위하여 예상되는 반송슬러지의 SS농도에 대한 슬러지반송비를 결정하여야 한다.

3) 포기방식

포기방식은 전면포기식, 선회류식, 미세기포 분사식, 수중교반식 등이 있다. 이들의 선택은 충분한 기액혼합과 높은 산소전달효율, 경제성, 입지조건 등을 고려하여 정한다.

【해설】

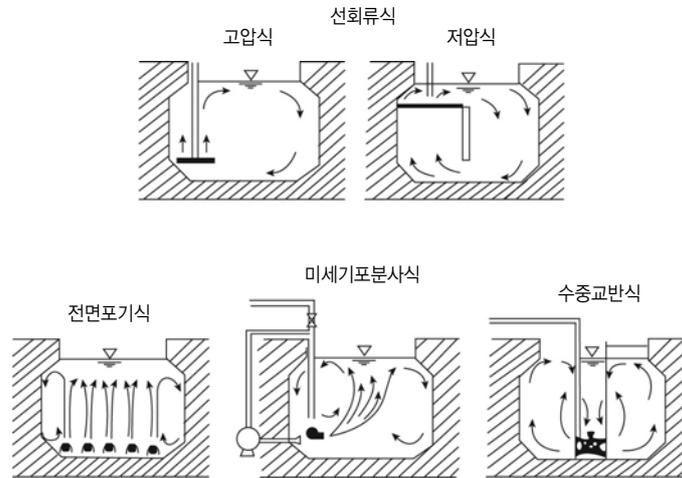
포기방식에는 포기조의 형상이나 산기장치의 배치에 따라서 여러 종류가 있으나 크게 나누어 산기식과 기계식으로 구별된다. <표 4.5.9>에 나타난 각 포기방식별로 필요산소량에 대한 필요공기량, 장치의 대수, 소비에너지 등을 결정하는 방법이 각각 다르다.

<표 4.5.9> 산기방식별 설계항목

산 기 방 식		설 계 항 목
산기식	선회류식 전면 산기방식	필요공기량
	기포분사식 수중교반식	필요공기량과 순환펌프의 대수 및 능력 필요공기량과 수중교반기의 대수 및 동력
기 계 교 반 식		기계교반장치의 대수 및 동력

전면포기식은 산기판과 비교해서 소형이고 산기구멍이 작은 산기판을 포기조의 밑바닥 전체에 분산시켜 설치한다. 이 포기방법은 발포면적의 축소와 기포를 미세하게 하여 포기조내에서 기포의 분산성을 좋게 하여 산소전달효율을 높이는 방식이다.

선회류식은 [그림 4.5.21]과 같이 포기조의 밑바닥에 수평으로 포기조의 길이방향으로 한쪽에 산기기를 설치하여 공기를 분출시키는 방법이다. 반응조의 수심이 6m 이상되는 것을 심층식이라 하고 일반적으로 10m 전후가 많다. 선회류식은 포기조의 밑바닥 부근으로 공기를 분출시키는 고압식과 수면하 80cm 정도에서 공기를 분출시키는 저압식이 있다. 고압식의 경우는 송풍량의 3~7배이지만, 저압식의 경우에는 공기의 압력이 적고 효율이 불충분하며 또한 산소전달 효율이 적으며 혼합후 선회류가 생기게 하기 위해서 고압식의 4배 정도 송풍량이 필요하다. 반면에 고압식은 혼합이 충분하고 산소전달효율은 크나 동력이 많이 드는 단점이 있다.



[그림 4.5.21] 포기방식의 종류

미세기포 분사식은 포기조내 혼합액을 펌프에 의해 순환시켜 그 에너지에 의하여 공기를 분산 및 세분화시키고 노즐에서 미세기포를 혼합시킨 기액혼합 순환수를 포기조 내부를 향해 고속으로 분출시킴으로써 산소전달효율을 높이는 방식이다. 수중교반식은 송풍기에서 나온 공기를 수중에 설치한 수중포기기의 날개로 교반하는 방식이다. 이 방식은 기계식 교반의 강한 전단작용에 의해 기포를 미세화시키고 동시에 강한 유체의 흐름에 의해 기포를 분산시켜 기액의 접촉을 좋게 해서 산소전달효율을 높이는 방식이다.

4) 반응조의 형상, 구조 및 수

반응조의 형상, 구조 및 수는 다음의 항목을 고려하여 정한다.

- (1) 형상은 장방형 혹은 정방형으로 하고 폭은 수심의 1~2배 정도이나, 심층식의 경우는 수심과 같은 정도로 한다.
- (2) 흐름방향에 대하여 저류벽을 설치한다.
- (3) 수밀된 철근 콘크리트 구조로 주벽의 상단은 지반으로부터 15 cm 이상 높게 한다.
- (4) 보수 및 유지를 위하여 약 90 cm 이상의 폭을 가지는 인도와 안전설비를 설치한다.
- (5) 수는 2조 이상으로 한다.
- (6) 심층식에는 흐름방향에 대해 수평으로 도류판을 설치한다.

【해설】

(1)에 대하여

활성슬러지를 혼합시키기 위해 포기조내에서의 수류상태를 최적으로 하기 위해 포기조의 폭은 수심의 1~2배 정도로 한다. 특히 선회류식 포기방식인 경우에는 포기조의 형상이 포기조내의 MLSS 혼합에 매우 관계가 크다. 포기조의 폭을 수심에 비하여 너무 크게 하는 경우에는 유체의 흐름이 불균형하게 된다. 또한 폭에 비해 수심을 깊게 하는 경우에는 송풍관의 압력이 증대되어 비경제적이다. 포기

조에 유입되는 반송슬러지와 유입하수가 충분히 혼합되도록 혼합지점에 포기장치, 기계적인 혼합장치 및 저류관 등을 설치하는 경우도 있다.

(2)에 대하여

선회류식 포기방식에서는 단락류(short circuiting)방지와 포기조내의 균질화를 목적으로 조류벽을 설치하기도 한다. 조류벽의 하부에는 보수점검 등을 고려하여 개구를 설치함과 동시에 상부에도 스크립 등의 체류를 방지하기 위해 개구를 설치하여야 한다. 또한 조류벽은 벌킹대책으로 혐기운전시의 구별벽으로서 혹은 고도처리시설로의 개조시 조 구별벽으로서 사용된다.

(3)에 대하여

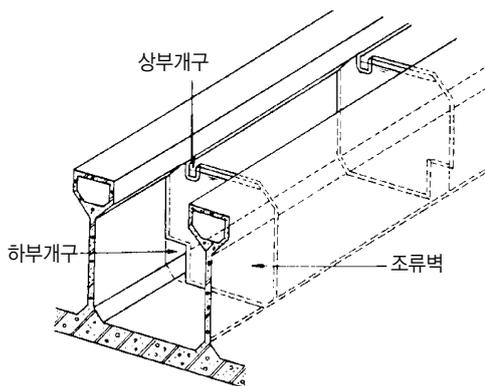
포기조는 다른 구조물에서와 마찬가지로 수밀성 철근콘크리트 구조로 하며, 주벽의 상단은 계획지반보다 15 cm 이상 높게 하여 토사나 지표수가 포기조에 유입되는 것을 방지하도록 한다. 또한 선회류식인 경우에는 일반적으로 포기조 횡단면의 사각에는 수평에 대하여 곡면 또는 45°의 기울기를 준다.

(5)에 대하여

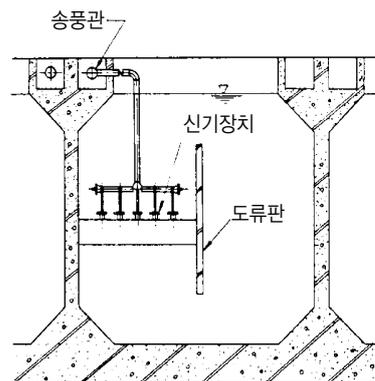
청소, 보수 등을 고려하여 2조 이상으로 할 필요가 있다.

(6)에 대하여

도류관은 선회류식 심층포기에 있어서 산소전달효율과 혼합액의 순환효율을 높임과 동시에 저면유속을 확보하기 위하여 설치한다. 산기부분과 다른 부분과를 구분하여 상승기포분포를 동일하게 함과 동시에 동일한 상승류를 일으켜 선회류를 극대화하기 위하여 반응조의 흐름방향에 평행하게 설치한다. 또한 도류관을 설치함으로써 산기수심을 낮게(4.5~5.0 m) 할 수 있다.



[그림 4.5.22] 반응조와 조류벽의 설치예



[그림 4.5.23] 심층식반응조와 산기장치의 설치예

5) 수심 및 여유고

포기조의 수심 및 여유고는 다음 사항을 고려한다.

- (1) 포기조의 유효수심은 표준식은 4.0~6.0m를 심층식은 10m를 표준으로 한다.
- (2) 여유고는 표준식은 80cm 정도를 심층식은 100cm 정도를 표준으로 한다.

【해설】

(1)에 대하여

포기조의 수심은 처리장의 면적이 협소한 경우에는 어쩔 수 없이 깊게 할 경우도 있으나 수심이 너무 깊으면 구조물의 건설비 등이 늘어나 비경제적이 된다. 또한 수심이 너무 얕으면 포기 효과를 충분하게 할 수가 없으며 동시에 포기조의 소요면적이 커져서 불리하게 되므로 유효수심은 일반적으로 4~6m로 하는 것이 적당하다. 심층식은 처리장의 면적이 협소한 경우 등 용지의 이용효율을 높이기 위하여 고려할 수 있고, 유효수심은 8~12m 정도가 이용되고 있다.

(2)에 대하여

포기조의 여유고를 필요 이상으로 할 때에는 건설비를 증대시킬 뿐만 아니라 포기조의 수리, 청소 등 유지관리상 문제가 발생하므로 보통 80cm 정도로 한다. 심층식은 송풍관구경이 크므로 송풍관 공간을 고려하여 100cm 정도로 하여야 한다.

6) 계측제어설비

포기조에는 유입하수량, 반송슬러지량 및 공기량을 계측할 수 있는 계측제어설비를 설치한다.

【해설】

6.3 계측제어설비 참조

7) 산기장치

산기장치는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 산기장치로는 산기판, 산기관, 산기노즐(nozzle)을 사용한다.
- (2) 산기장치는 청소 및 유지관리가 간편한 구조로 한다.
- (3) 산기장치는 공기가 균등하게 분배되는 것으로 한다.
- (4) 산기장치는 내구성이 크고 내산성 및 내알칼리성의 재질로 한다.

(1)에 대하여

4.5.2의 5)를 참조.

(2)에 대하여

산기장치는 설치 및 탈착이 간편한 형식을 선정할 필요가 있다. 또한 산기장치를 들어올릴 수 있게

설치하는 것도 유지관리면에서 이점이 있으므로 설계시 고려해볼 사항이다. 들어올리는 방법은 포기조의 형상, 산기장치의 종류, 배열, 중량, 높이 등에 의하여 정하도록 한다.

(3)에 대하여

산기장치는 균일하게 공기를 분출하지 않으면 포기효과가 저하되므로 통기기관에 조정밸브를 설치함과 동시에 홀더와 모관에도 조정장치를 설치하는 것이 좋다.

(4)에 대하여

산기장치는 가능한 한 장기간에 걸쳐 고장 없이 사용할 수 있는 것이라야 한다. 산기기의 재질은 내부식성 재질을 사용한다.

8) 송풍량 및 송풍압

송풍기의 송풍량 및 송풍압은 다음 사항을 고려한다.

- (1) 송풍량은 포기조 등과 같이 공기공급을 필요로 하는 시설에서 사용하는 공기량으로 한다.
- (2) 반응조의 필요공기량은 유입수질, 질산화의 유무 등을 고려하여 구한 필요산소량을 기준으로 산기장치의 산소전달효율로부터 구한다.
- (3) 송풍압은 산기장치에 걸리는 수압과 산기장치, 송풍관 풍량측정장치, 공기여과기 등의 통과저항의 합계에 여유를 둔 것으로 한다.

【해설】

(1)에 대하여

공기공급을 필요로 하는 시설은 포기조가 주된 것이지만, 그 이외에 처리장내 연결관거, 포기침전지, 유량조정조, 예비포기조, 에어리프트(air lift)펌프 등이 있다.

송풍기의 용량 및 송풍관의 크기는 연결되는 시설 등에 필요한 최대 송풍량을 공급할 수 있는 것으로 한다.

송풍량은 식(4.5.46) 및 식(4.5.47)에 의해서 구한다.

$$Q_t = Q_a + Q_x \dots\dots\dots (4.5.46)$$

$$Q_a = Q_s \times C \dots\dots\dots (4.5.47)$$

- 여기서, Q_t : 총송풍량(m^3/min)
- Q_a : 포기조의 필요 최대송풍량(m^3/min)
- Q_x : 기타 시설등의 필요 최대송풍량(m^3/min)
- Q_s : 계획하수량(m^3/min)
- C : 하수 $1 m^3$ 에 대한 송풍량(배)

(2)에 대하여

반응조의 필요공기량은 4.5.1의 9) 참조

(3)에 대하여

송풍압은 산기장치 등의 포기효과를 만족시킬 수 있는 것으로 한다. 송풍압은 식(4.5.48)로 구할 수 있다.

$$P_t = h + H_z + H_c + H_p + H_m + H_a + \alpha \dots\dots\dots (4.5.48)$$

여기서, P_t : 송풍압(mmAq)

h : 수심(mmAq)

H_z : 이형관부의 압력손실(mmAq)

H_c : 공기여과기 통과저항(mmAq)

H_p : 송풍관의 압력손실(mmAq)

H_m : 풍량측정장치 통과저항(mmAq)

H_a : 산기장치등의 통과저항(mmAq)

α : 산기장치가 막히는 것에 의한 손실 및 배관에 의한 손실을 고려해서 500 mmAq 정도로 하는 것이 좋다

송풍관의 압력손실은 배관의 길이, 관경, 유속 및 손실계수에서 식(4.5.49~4.5.51)에 의해 구한다.

가) 직관부의 압력손실은 식(4.5.49)와 [그림 4.5.24]를 이용하여 구한다.

$$H_p = 4f_1 \frac{L}{d} \cdot \frac{\gamma \cdot V^2}{2g} \dots\dots\dots (4.5.49)$$

여기서, H_p : 직관부의 압력손실(mmAq=kg/m²)

f_1 : 손실계수(0.004~0.0059)

L : 관의 길이(m)

d : 관의 직경(m)

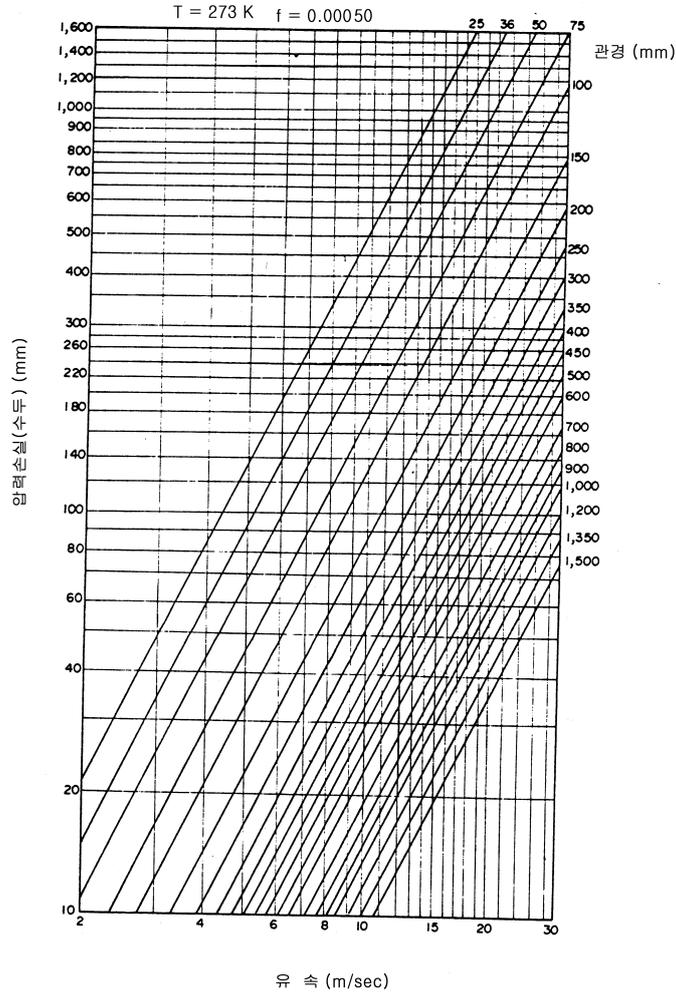
γ : 공기의 비중(kg/m³), $(= 1.293 \times \frac{273}{T} \cdot P)$

V : 송풍유속(m/s)

g : 중력가속도(9.8m/s²)

T : 절대공기온도(°K), $(= t \text{ } ^\circ\text{C} + 273)$

P : 절대공기압(kg/cm²), $(= 1.0332 + \text{계기압})$



[그림 4.5.24] 강관에서의 압력손실(관길이 100m당)

[그림 4.5.24]는 강관을 사용할 경우의 압력손실로서 주철관에 대하여는 이 값에 20%를 증가시켜 사용하며, 경질염화비닐관에서는 10% 정도 감하여 사용한다.

20℃, 대기압의 조건에서 손실계수를 0.005(강관), 공기의 밀도 1.2kg/m³라 하면 직관부의 압력 손실은 식(4.5.50)이 된다.

$$H_p = 0.02 \frac{L}{d} \cdot \frac{1.2 \cdot V^2}{2g} \dots\dots\dots (4.5.50)$$

나) 이형관부의 압력손실은 식(4.5.51)과 같다.

$$H_z = f_2 \cdot \frac{\gamma \cdot V^2}{2g} \dots\dots\dots (4.5.51)$$

여기서, H_z : 이형관의 압력손실(mmAq)
 f_2 : 손실계수(〈표 4.5.10〉 참조)

〈표 4.5.10〉 이형관부의 압력손실계수 (f_2)

90° 곡관					T자관	관입구	관출구	편락관	밸브	
r/R									sluice	butterfly
1/3	1/2	1/1.5	1/1.2	1/1						
0.21	0.36	0.70	1.37	2.44	1.23	0.62	1.23	0.06	0.02	0.26

주: r은 관의 반경이며, R은 관의 곡률반경이다. 또한, 임의의 각도 α 의 곡관은, f_2 의 값으로, (90도 곡관의 f_2) * $\alpha/90$ 을 사용한다.

다) 산기장치 등의 압력손실

산기장치 등의 통과저항에 대한 압력손실은 〈표 4.5.11〉에 의한다.

〈표 4.5.11〉 산기장치 등의 압력손실

장치의 종류	산기판	산기통	풍량측정장치	공기여과기
압력손실 (mmAq) {kPa}	400 {3.92}	400 {3.92}	200 {1.96}	30 {0.29}

주: 산기판 및 산기통은 holder orifice를 부착한 경우이며, 풍량측정장치는 orifice형의 경우임.

라) 송풍관의 관경 및 유속

송풍관의 관경 및 유속은 경제성, 관의 방진 등을 고려하여 〈표 4.5.12〉를 참고로 하여 정한다.

〈표 4.5.12〉 송풍관의 경제적인 유속

관 경 (mm)	유속 (m/s)
25~80	5~7
100~250	7~11
300~600	10~15
650~1,500	15~19

단, 송풍기의 흡입 및 토출접속관은 각 관의 통과풍량에 송풍유속이 20~30 m/s가 되도록 정한다. 송풍기의 흡입접속관풍량은 20℃, 대기압하에서 토출접속관의 풍량은 압축에 의해 축소된 상태로 한다. 압축된 축소풍량은 다음 식(4.5.52)와 같다.

$$Q_{BD} = Q_{BS} \frac{V_S}{V_D} \dots\dots\dots (4.5.52)$$

여기서, Q_{BD} : 압축된 축소풍량(m^3/min)

- Q_{BS} : 송풍기 흡입접속관풍량(m^3/min)
 v_S : 송풍기 흡입 공기밀도(kg/m^3) ($20^\circ C$, 대기압일 때 $v_S=1.2$)
 v_D : 압축된 축소 공기밀도(kg/m^3) $\left(= v_S \frac{T_S \cdot P_D}{T_D \cdot P_S} \right)$
 T_S : 송풍기 흡입접속관 공기절대온도 ($^\circ K$) ($= t^\circ C + 273$)
 P_S : 송풍기 흡입 절대압력($mmAq\ abs$) ($= 10,332 + \text{계기압}$)
 { $kPa\ abs$ } { $= 101.3 + \text{계기압}$ }
 P_D : 송풍기 토출 절대압력 ($mmAq\ abs$) ($= 10,332 + \text{계기압}$)
 { $kPa\ abs$ } { $= 101.3 + \text{계기압}$ }
 T_D : 송풍기 토출접속관 공기절대온도($^\circ K$)
 $\left(= T_S + \frac{T_S}{n_{TH}} \left\{ \left(\frac{P_D}{P_S} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right\} \right)$
 n_{TH} : 송풍기의 온도효율 (단열효율) ($= 0.6 \sim 0.8$)
 k : 공기의 비열비($= 1.4$)

9) 송풍관

송풍관은 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 송풍관은 강관을 원칙으로 하나 부식 등이 우려될 경우 스테인레스관, 경질 염화비닐관 등을 사용하는 등 부식대책을 한다.
- (2) 송풍관은 하수가 역류 또는 저류 되지 않도록 배관한다.
- (3) 송풍관의 이음은 공기가 새지 않도록 신축이음 설치를 고려하여야 한다.
- (4) 송풍관에는 각 분기점, 기타 소요되는 곳에 밸브를 설치한다.
- (5) 송풍관에는 풍량측정장치를 설치한다.

【해설】

(1)에 대하여

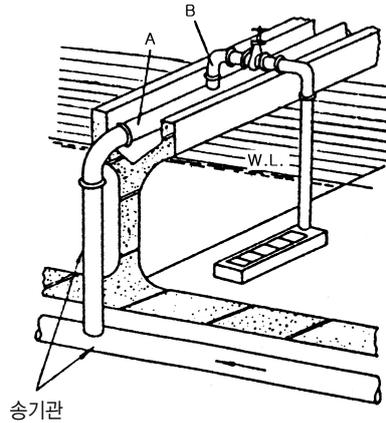
송풍관은 아연도금을 한 강관을 원칙으로 한다. 지중에 매설하거나 하수와 접촉되는 부분은 방식대책과 침하방지를 위한 기초공사를 고려하여야 한다.

송풍관은 압력관으로 포기조 수심이 5m 정도일 경우 송풍기 토출구 부근의 온도는 약 $80^\circ C$ 정도에 달하므로 화상방지 및 방열저감의 목적으로 단열피복을 하고 관의 연장이 긴 경우에는 신축이음을 둘 필요가 있다. 경질염화비닐관은 열에 약하므로 송풍온도가 낮은 지관 등에만 사용하는 것이 안전하다. 또한, 송풍관과 조내 수온과의 차이로 송풍관내에 응결수가 발생되어 통기단면적이 축소되므로 원활한 급기가 이루어지지 않기 때문에 환기시설설치 등을 충분히 검토하여야 한다.

(2)에 대하여

송풍관이 포기기의 수면 이하에 있을 때 운전조작 등의 실수로 송풍관내의 하수가 역류하여 녹이 생

기게 되는 원인이 되고 동시에 다시 송풍을 시작하는데 지장을 줄 수 있다. 그러므로 송풍관은 하수의 역류를 방지할 목적으로 [그림 4.5.25]의 송풍관(A) 및 (B)와 같이 반응조의 수면보다 높게 배관의 일부분을 설치하여야 한다.



[그림 4.5.25] 송풍관 배관의 예

(3)에 대하여

송풍관의 이음은 관의 종류에 따라 다음과 같다.

- ① 강관 : 용접
- ② 주철관 : 기계식 이음
- ③ 배관용 강관(가스관) : 스크루(screw)이음
- ④ 염화비닐관 : T_S이음 및 H식 이음
- ⑤ 석면시멘트관 : 볼트이음

(4)에 대하여

공기밸브로는 버터플라이(butterfly)형 혹은 슬루스(sluiice)형을 사용하는데 관경 및 설치 위치를 고려하여 사용한다.

(5)에 대하여

송풍량 측정장치는 측정이 정확하고 압력손실 및 고장이 적은 것을 선정하는데 보통 오리피스를 사용한다. 계량장치를 설치하는 송풍관에는 측정장치 앞에 송풍관경의 10배 이상 그리고 뒤에서는 5배 이상의 직관부를 설치하는 것이 좋다. 제어용 측정장치는 송풍분관 및 포기 계열마다 설치하고 또한 산기장치가 있는 설비에 설치하는 것이 좋다. 포기에 사용하는 송풍량은 자유공기량으로 나타내므로 측정장치는 송풍기의 흡입관부에 부착하는 것이 바람직하다.

10) 송풍기(blower) 설비

송풍기는 다음 사항을 고려하여 정한다.

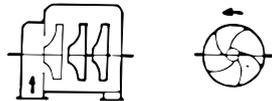
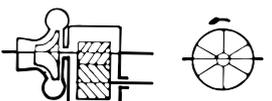
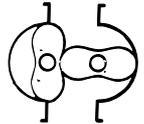
- (1) 송풍기의 기종 및 구조는 송풍량, 송풍압 및 경제성 등을 고려하여 선정한다.
- (2) 송풍기의 구조는 장시간 연속운전시 지장이 없는 구조이어야 한다.
- (3) 송풍기의 용량 및 대수는 다음사항을 고려하여 정한다.
 - ① 송풍기의 용량 및 대수는 2대 이상으로 하고 향후 증설계획 등을 고려하여야 한다.
 - ② 유입하수량의 일변화 및 계절변화 등을 고려하여 송풍량 제어가 가능하도록 한다.
- (4) 송풍기에 공급되는 공기는 깨끗한 바깥공기를 사용하며 필요에 따라서 여과 처리된 공기를 사용한다.
- (5) 송풍기의 기초는 가능한 한 진동을 방지하는 구조로 한다.
- (6) 송풍기의 원동기의 동력은 소요공기량, 설치장소의 기압, 토출공기압, 온도 그리고 여유율 등을 고려하여 정한다.

【해설】

(1)에 대하여

송풍기는 송풍량, 송풍압, 가스의 성질, 사용목적 등에 따라 기종 및 형식을 다르게 사용할 수 있다. 산기식 포기조에 사용하는 송풍기는 <표 4.5.13>에 표시한 바와 같이 원심터보형 송풍기와 용적형 루츠송풍기가 일반적으로 사용된다.

<표 4.5.13> 송풍기의 분류 및 적용범위

기종		개략도	풍량(m ³ /min)	압력(kPa)	회전수(rpm)
터보형	다단형		20~500	40~70	3,600
	단단형		30~500	40~100	8,000~30,000
용적형	루츠형		5~80	7~70	400~2,500

규모가 큰 산기식 포기조에는 터보(turbo)다단식 또는 단단식 송풍기가 사용된다. 터보 다단식 송풍기는 2극 전동기와 직결되어 주파수 60 Hz의 경우에는 3600회/min의 회전수를 가지며 1단당 1 m의 수두에 해당되는 송풍압을 얻을 수 있다. 즉, 5 m의 수두에 해당되는 송풍압을 얻기 위해서는 5단식 송풍기를 사용한다. 전동기의 출력에 관한 식은 다음과 같다.

$$P_A = h \times Q / 6, 120 \dots\dots\dots (4.5.53)$$

여기서, P_A : 공기동력(kW)

Q : 흡입상태의 공기량(m^3/min)

h : 평균유효수두(mmH_2O)

$$= \left(\text{흡입시의 절대압력} \times \frac{r}{r-1} \right) \left[\left(\frac{\text{토출시의 절대압력}}{\text{흡입시의 절대압력}} \right)^{\frac{(r-1)}{r}} - 1 \right]$$

r : 공기의 정압비열과 정적비열의 비(1.4)

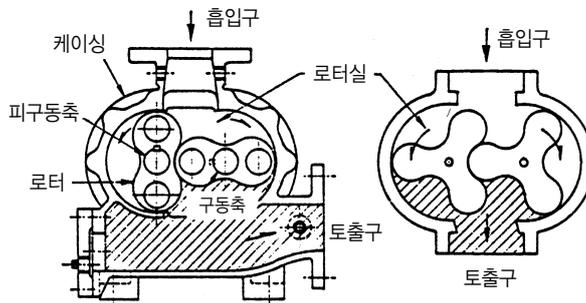
$$P_s = \frac{P_A}{\eta} \dots\dots\dots (4.5.54)$$

여기서, P_s : 소요동력(kW)

η : 송풍기의 효율(60~80%)

P : 전동기의 출력(kW), $[(1\sim 1.2) \times P_s]$

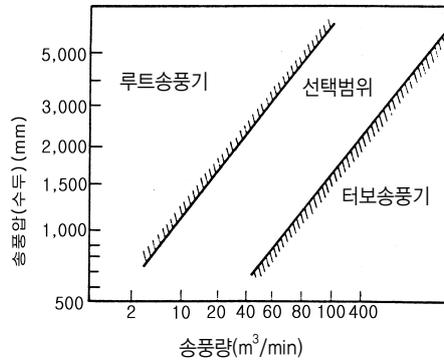
식(4.5.53)과 (4.5.54)는 표준상태(20℃)인 경우에 적용되며, 겨울철에 온도가 저하되면 t℃ 저하에 따라 소요동력은 $(273+20) / (273+t)$ 의 배로 증가되며 이때에 과부하가 걸리지 않도록 전동기의 크기를 결정할 필요가 있다. 또한 송풍기의 토출공기는 압축에 따라 온도가 80℃ 정도까지 상승하므로 송풍관의 접합부에는 신축관 또는 신축이음을 설치한다.



[그림 4.5.26] 루츠 송풍기

산기식 포기조에서는 산기방식 이외에 증속기어방식에 의한 터보 송풍기나 루츠(roots) 송풍기를 사용하는 경우도 있다. 또한 루츠 송풍기는 터보 송풍기와 다르게 송풍량을 산출하여 압력은 송풍량-동력 특성이 직선이 되고 송풍량은 회로수에 대체로 비례하여 변화하는데, 설치하는 사용조건을 고려하여 과부하가 없도록 충분히 주의해야 한다. 일반적으로 송풍량은 $500 m^3/min$, 압력은 20 m(수두) 정도까지이며, 구동장치에는 벨트를 사용하는 경우가 많다. 전동기 출력은 터보 송풍기와 같으나 송풍기보다 효율이 나쁘다. 루츠 송풍기는 취급이 간편하며, 터보 송풍기는 토출시에 공기중에 유류가 포함될 걱정은 없으나 소음이 크고 송풍량 조절에 어려운 점이 있으므로 미세한 송풍량을 필요로 하지 않는 비교적 소용량에 사용하면 좋다.

터보 송풍기와 루츠 송풍기의 사용범위는 대략 [그림 4.5.27]과 같다.



[그림 4.5.27] 터보송풍기와 루츠송풍기의 사용범위

처리장의 근처에 쓰레기 소각기 등과 같은 증기발생원이 있을 경우에는 포기용 터빈송풍기의 구동에 증기터빈을 사용하면 대단히 경제적이다. 설계할 때에는 다음 몇 가지 점에 유의한다.

- ① 증기는 물로 응축된 후 보일러에 사용한다.
- ② 응축기의 냉각에는 염소살균후의 처리수를 사용하여 응축기 통과 후에는 소포용 용수로서 사용한다.
- ③ 응축기내부에 있는 냉각실은 둘로 나누어 청소시 송풍기를 정지시키지 않고 관로청소를 수행할 수 있도록 한다.
- ④ 증기터빈 및 터보송풍기는 과도한 속도, 윤활유 보충탱크의 유면저하 및 송풍기 축의 온도 상승 시에는 자동으로 정지되어 조정실에 경보를 울리도록 하여 기기의 안전한 운전을 확보할 수 있어야 한다. 응축기에는 내부의 수위를 항상 적절히 유지할 수 있도록 수위조절기를 설치한다.

(2)에 대하여

송풍기는 고속회전으로 연속 운전할 때 허용한계를 초과하면 진동, 베어링의 온도상승 등 악영향이 발생하므로 감시제어장치를 설치하여 이상운전 방지를 고려하여야 한다. 또한 송풍압 이상상승을 방지하기 위하여 감압변, 안전변 등 과부하방지장치를 설치한다.

(3)에 대하여

산기식 포기를 위하여 사용되는 송풍기는 장시간 운전되고 회전수가 높아서 마모와 고장 등이 발생하기 쉬우므로 2대이상으로 하고 송풍기의 대수에 여유를 둔다.

송풍량은 하수의 유입량과 수질에 대응하여 조정할 필요가 있기 때문에 최대 필요 용량의 송풍기 1대로 하면 평상시에는 항상 송풍량을 감소시켜 운전하게 되어 조작이 불편할 뿐만 아니라 전력손실도 크다. 따라서 평균 필요량에 대한 1대와 최대 필요량에 대하여 별도의 1대를 설치하여 on-off제어하거나, 같은 용량의 것 2대를 설치하는 등 여러 가지 방법으로 효율적으로 설치하는 것이 바람직하다.

한편, 송풍기의 용량은 「8」 송풍량 및 송풍압」에서 구한 용량에 대하여 부하변동률 등을 고려하여

10% 정도 여유를 두고 설계한다.

처리장에서의 유입부하량은 일반적으로 처리장 운전개시부터 상당기간은 계획치에 미달하는 경우가 많다. 또한, 주야간의 하수량의 비는 수배에 달한다. 송풍기의 전용량은 계획 일최대부하에 대응하여 용량을 정하는데 변동되는 필요공기량에 대응하기 위하여 송풍량 조절이 필요하다.

송풍기의 용량 및 대수는 송풍기의 풍량제어 가능범위, 처리장 운전개시 초에서 이후 년차 별 유입 부하량 변동, 주야간 하수량의 비, 처리장의 규모 등을 고려하여 정한다.

풍량의 조절방법으로는 송풍기의 베인 각도를 조절하는 풍량제어 및 대수제어가 있다. 풍량제어방법으로는 제어효율, 성능의 안정성, 조작 등을 고려하여 정한다.

1) 원심터보송풍기 풍량제어

다단터보송풍기인 경우 in-let vane제어와 흡입밸브 제어가 있고, 단단 터보송풍기인 경우 in-let vane제어, 가변토출 디퓨저제어 및 효율 보상을 고려하여 두 가지 제어기능을 함께 설치하는 경우도 있다. 단단 터보송풍기인 경우 조절범위가 제작사마다 차이는 있으나 45%까지 가능하고 단열 효율이 약 80%에 달한다.

2) 용적형 송풍기(루츠송풍기) 풍량제어

루츠송풍기의 풍량조절방법으로는 벨트폴리를 조절하는 방법, 회전수를 변환하는 방법, 토출측에 방풍밸브를 설치하여 풍량을 조절하는 방법이 있고, 방풍밸브를 이용하는 방법은 일반적인 사용되는 방법이나 비경제적이다. 풍량조절범위가 50% 정도이며 효율은 약 60%로서 기계의 특성상 낮다.

(4)에 대하여

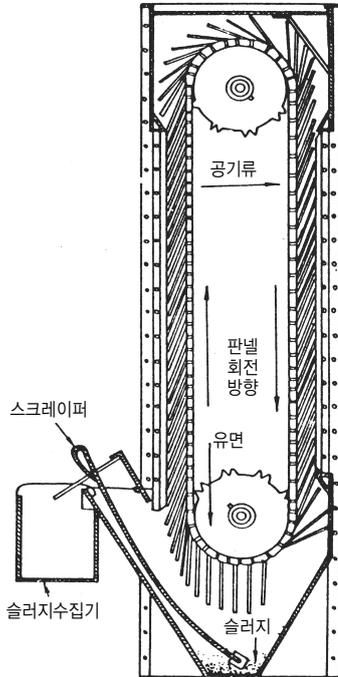
산기기의 구멍은 수중에서 폐쇄될 가능성이 있으므로 송풍기의 흡입구 측에는 공기청정기가 흔히 설치된다. 공기청정기에는 건식공기여과기와 습식공기여과기가 있다.

습식공기여과기는 유리섬유, 비닐, 동섬유, 금속망 등에 기름을 먹여, 통과하는 공기중의 먼지를 유면에 충돌시켜 부착시켜서 제거하는 것이고 유지성 먼지에 특히 유효하다. 습식공기여과기에는 일정한 틀에 끼어 넣어 고정시킨 것과 [그림 4.5.28]에서와 같이 자동적인 회전으로 세척하는 것이 있다. 전자는 여재가 더러워 질 때는 세척하고 새 기름을 발라 재사용하거나 여재만을 교체하여 사용한다. 후자는 메딕판넬(matic panel)이라고도 불리며 금속망의 커튼을 여러 겹으로 매달리게 하여 타임스위치에 의하여 기름탱크를 통과하도록 회전시켜 자동적으로 세척할 수 있도록 한 것이고, 세척탱크 중의 기름이 더러워지면 기름에서 오염을 제거시키거나 혹은 새로운 세척유로 교체시킨다.

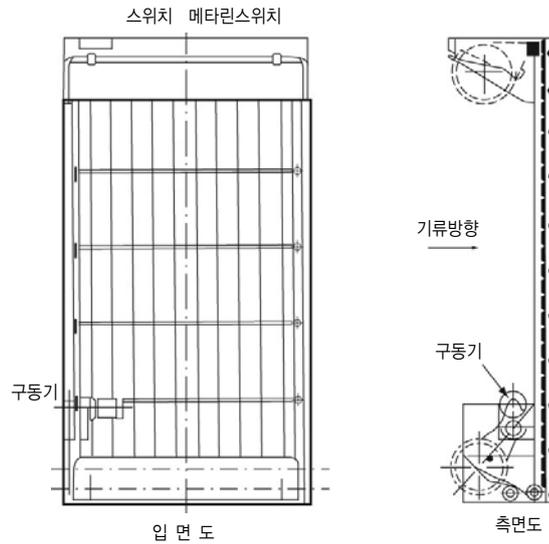
건식공기여과기는 유리섬유, 모직섬유, 여과지, 나일론섬유, 면, 석면 등이 이용되고 이것을 통과한 공기중의 먼지를 여재에 포착시키는 것인데, 섬유상의 먼지는 잘 여과되지만 기름분의 먼지가 통과되면 포집능력은 갑자기 저하된다.

모직섬유, 나일론섬유의 경우는 오염된 후에는 진공청소기로 청소하거나 또는 드라이크리닝을 하여 재생하지만 유리섬유 등의 경우에는 새것으로 보충한다. 또한 건식공기여과기에도 [그림 4.5.29]에서와 같이 일정한 틀에 끼어 넣어 고정된 것과 여재가 자동적으로 감겨 하부로 보내지도록 하거나 혹은

여재가 접어지도록 하는 방법이 있다.



[그림 4.5.28] 습식여과기의 예



[그림 4.5.29] 건식공기여과기의 예

(5)에 대하여

송풍기는 고속회전에 의한 진동과 마모로 인한 고장이 발생하기 쉽다. 운전시에 진동은 편진동 1/100 이하가 요망된다. 송풍기의 기초는 건물의 바닥과 별개로 하기도 하고, 방진장치를 설치할 때에는 진동을 흡수하도록 충분한 크기로 하며, 건물에 진동을 전달하여 공진이 조성되지 않도록 가능한 한 방진에 대해 충분히 고려하여야 한다. 또한 송풍기 회전날개의 회전수와 공기의 유속이 크기 때문에 송풍기는 매우 큰 소음을 발생시키므로 방음시설을 하여 가능한 한 소음이 밖으로 나오지 않도록 한다. 일반적으로 루츠식 송풍기는 터보식 송풍기 보다 소음이 크다.

(6)에 대하여

송풍기의 풍량은 20℃, 1기압, 습도 65%의 표준상태를 기준으로 나타내고, 산소필요량은 중량으로 표시하지만 표준 값을 20℃로 환산하여 산정한다. 동력 및 원동기의 출력은 다음 식에 따른다.

$$L_{AD} = \frac{\kappa}{\kappa - 1} \times \frac{P_s \cdot Q_s}{60} \times \left[\left(\frac{P_d}{P_s} \right)^{\frac{\kappa - 1}{\kappa}} - 1 \right] \dots\dots\dots (4.5.55)$$

여기에서, L_{AD} : 이론 단열공기동력(kW)
 κ : 비열비(공기인 경우 $C_p/C_v = 1.4$)

- P_s : 흡입공기 절대압력(kPa abs)
- Q_s : 흡입상태 환산된 공기량(m^3/min)
- P_d : 토출공기 절대압력(kPa abs)

$$L_s = \frac{L_{AD}}{\eta} \dots\dots\dots (4.5.56)$$

여기에서, L_s : 송풍기 구동동력(kW)
 η : 전단열 효율

$$P = L_s \times \alpha \dots\dots\dots (4.5.57)$$

여기에서, P : 원동기 출력(kW)
 α : 여유율(전동기인 경우 1.1~1.2)

송풍기의 성능은 흡입상태의 변화에 따라 압력 및 동력이 변화된다. 상기식에서 구한 송풍기의 동력은 표준 흡입상태의 공기를 환산하고, 겨울철에는 기온 T 를 $20^\circ C$ 이하일 경우 필요동력은 $(273+20) / (273+T)$ 배이다.

11) 송풍기실

송풍기실은 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 송풍기실은 가능한 한 불연성 건물로 부등침하, 지하수의 침투, 우수에 의한 침수가 없는 구조로 한다.
- (2) 송풍기실은 필요에 따라 적당한 방음설비를 한다.
- (3) 송풍기실은 기계조작 및 점검에 지장이 없도록 충분한 공간을 확보하고 환기를 고려하여야 한다.
- (4) 송풍기 및 그 원동기의 기초는 운전시의 진동 및 최대하중을 고려하여 설치한다.

【해설】

(1)에 대하여

송풍기실은 열이 발생하므로 불연성 재료를 사용하여야 하며, 송풍기 등의 자체 중량에 의한 부등침하가 없는 구조이어야 하고, 지하수의 침투, 우수에 의한 침수가 없도록 한다.

(2)에 대하여

송풍기는 그 회전수와 공기의 유속이 크기 때문에 소음이 많이 발생된다. 따라서 송풍기실의 벽, 천정 등에 방음시설을 하여 소음이 반사되지 않도록 하며, 특히 주거지가 인접되어 있는 경우에는 특히 유의하여 소음발생을 최소한으로 줄일 수 있는 시설을 하는 것이 좋다. 송풍기의 소음은 일반적으로 루츠 블로워 ≒ 다단 터보 블로워 > 단단중속 블로워의 순으로 높고 소음의 발생을 최소화하기 위해서는 다음과 같은 방법을 고려할 수 있다.

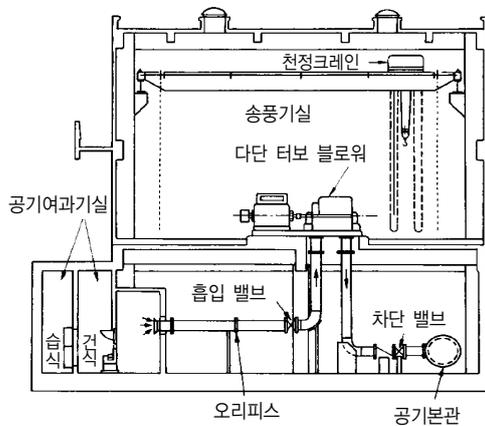
- ① 다단 터보 블로워의 경우 소음기부착용 원동기를 이용할 것
- ② 단단 중속 블로워의 경우 송풍기에 커버를 설치하고 소음기 부착 원동기를 이용할 것
- ③ 루츠 블로워의 경우 송풍기에 커버를 설치할 것

(3)에 대하여

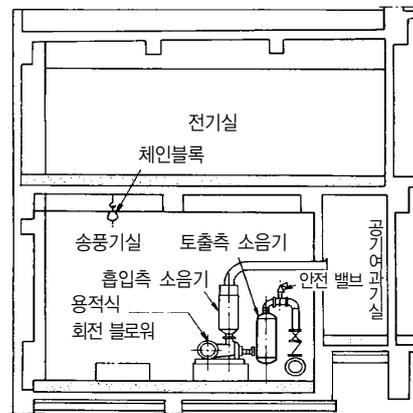
송풍기실은 송풍기, 송풍관, 밸브류 등 예상되는 기타 기계의 분해 및 조립 등에 대비하여 기계 상호간의 간격, 기기류와 건물벽과의 간격, 관리통로 등을 고려하여 충분한 작업공간을 확보하여야 한다. 또한 천정에는 크레인과 같은 설비를 설치하는 것도 필요하다. 한편 송풍기실에는 송풍기설비로부터의 방열에 의해 실내온도가 상승하는 것을 방지하기 위하여 환기설비를 고려하여야 한다.

(4)에 대하여

송풍기 및 원동기의 기초는 기동시 및 운전시의 최대하중을 고려하여 설계하여 침하, 구조물의 균열이 발생하지 않도록 하고, 운전시의 진동이 송풍기 원동기 및 건물에 악영향을 미치지 않도록 송풍기 및 원동기의 지지대와 기초 사이에 방진장치를 설치하는 것을 고려하여야 한다.



[그림 4.5.30] 송풍기실의 예 1



[그림 4.5.31] 송풍기실의 예 2

12) 슬러지반송설비

이차침전지의 슬러지를 포기조로 반송하기 위해서는 다음 사항을 고려해서 슬러지 반송펌프 및 기타 설비를 정한다.

- (1) 반송슬러지 펌프의 계획용량은 4.5.4의 2)를 참조하여 필요한 반송슬러지량의 50~100%의 여유를 두고 정한다.
- (2) 반송슬러지 펌프는 2대 이상으로 한다.
- (3) 반송슬러지 시료의 채취 및 계량 등을 쉽게 할 수 있도록 설비한다.

【해설】

슬러지 반송설비는 포기조의 MLSS를 설계치로 유지하기 위해 이차침전지의 활성슬러지를 포기조에 반송하도록 설치한다. 반송슬러지량은 하수량과 수질 또는 MLSS의 농도 등에 의하여 변화되기 때문에 반송슬러지 펌프의 대수는 많은 편이 좋지만 소용량 펌프는 대용량 펌프에 비하여 효율이 저조하고 시설비가 비싸고 유지관리상 불편하기 때문에 이와 같은 점 등을 고려하여 결정한다. 또한 펌프는 가

능한 한 설계시의 유량과 양정에 대하여 운전하는 것이 경제적이거나 반송슬러지량의 현저한 변화가 있는 경우에는 이에 대응하여 대소용량의 펌프를 효율적으로 사용해야 한다.

반송슬러지는 함수율이 약 99% 정도이므로 일반적으로 볼류트(volute)펌프를 사용한다. 그러나 머리카락이나 기타 잡물에 의하여 폐쇄되어 고장이 날수 있기 때문에 펌프의 구경은 100 mm 이상으로 하고 쉽게 분해·조립할 수 있는 구조가 좋다. 또한 소정의 반송슬러지량에 대해 펌프의 구경이 작은 것을 사용하는 경우에는 펌프 회전날개에 다른 물질이 끼기 쉽기 때문에 이러한 이물질에 대해 특별히 설계된 슬러지 펌프 또는 에어리프트 펌프를 사용한다.

(1)에 대하여

포기조의 F/M비, MLSS농도를 유지하기 위하여 슬러지를 반송시킬 때 그 반송율은 시간적 혹은 계절적으로 다를 수 있으며 또한 SVI에 의해서도 다를 수 있다. MLSS를 일정하게 유지하기 위해서는 반송슬러지량을 제어하는 것이 필요하다. 정상적인 운전시의 반송슬러지 펌프 계획용량은 처리방법과 규모, 분류식 및 합류식에 따른 구분, 예상되는 반송슬러지농도 및 장래의 단계적 시공 그리고 잉여슬러지의 배출을 같은 펌프로 할 경우 등을 고려하여 계획반송슬러지량의 50~100%의 여유를 두어 정한다.

(2)에 대하여

반송슬러지 펌프의 대수는 보통 제어 계열마다 2대 이상 설치하는 경우가 많고, 포기조의 규모, 계획반송슬러지량 및 반송슬러지량의 변동폭을 고려해서 펌프의 대수를 정하는 것이 좋다. 슬러지 반송 펌프는 최대 슬러지반송비를 확보하면 예비펌프는 필요하지 않다. 반송슬러지의 조절은 펌프의 대수에 의한 방법 이외에도 토출밸브의 개폐제어 및 회전수 제어로도 가능하다.

(3)에 대하여

활성슬러지의 침전성 및 기타 성질은 그 시험방법에 따라서 판정할 수 있지만, 보통 경험적으로 육안으로 관찰하는 경우와 평상시 운전자료를 사용하여 판단할 수 있다. 활성슬러지의 침전율과 SVI는 가능한 한 매일 여러 번 측정하여 처리조작을 정확하게 할 필요가 있다. 따라서 이러한 슬러지의 관측과 슬러지 반송량 및 폐슬러지량 등을 쉽게 측정하기 위하여 슬러지 반송설비를 결정하지 않으면 안 된다.

13) 부대설비

부대설비는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 반응조의 유입구와 유출구에는 제수밸브 및 제수문을 설치하며, 적절한 위치에 배수관 또는 배수펌프를 설치한다.
- (2) 포기조에는 소포장치를 설치한다.

【해설】

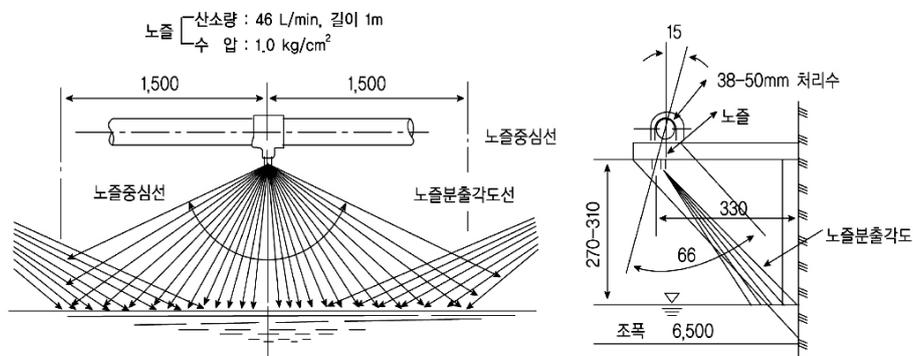
(1)에 대하여

반응조유입구에는 하수의 차단과 유량조절을 목적으로 제수밸브 혹은 제수문 혹은 조절용 위어 등을 설치한다. 반응조의 배수를 위해 배수구를 설치하고 반응조 저면에 배수용 측구를 설치한다.

(2)에 대하여

포기조의 표면에 많은 거품이 생성되면 거품이 포기조의 보도와 수면을 덮어서 작업에 위험을 초래할 뿐만 아니라 거품에 포함된 오염물질에 의하여 의류, 도장 및 구조물 등을 손상시킨다. 또한 바람이 불면 인근 주거지로 거품이 날아가 민원을 야기시킬 수도 있다. 따라서 거품이 많은 경우에는 거품 제거를 위한 소포설비를 하는데 소포설비에는 소포장치, 방포망, 방포덮개 등이 있다.

소포장치는 기포가 모이는 수면에 소포노즐에서 물을 분사 살수하여 소포한다. 소포노즐은 포기조의 수면위에서 0.3~0.6m 높이로 1.2~1.5m의 간격으로 설치한다. 일반적으로 분사압은 1.0~1.5 kg/cm²이고, 분사수량은 6~8 l/min으로 한다([그림 4.5.32] 참조). 경우에 따라서는 거품이 비산하는 것을 막기 위해 금속망을 설치하기도 한다. 포기조의 복개는 콘크리트 슬래브, FRP 등과 같은 재질로 된 것을 사용한다.



[그림 4.5.32] 포기조에서 소포설비의 예

4.5.5 순산소활성슬러지법

1) 원리

활성슬러지는 포기조내에서 호기성 미생물을 부유시켜 하수와 접촉시키면서 하수를 정화시키는 방법이지만 공기 공급방법으로는 산소공급능력에 한계가 있으므로 포기조내에서 유지할 수 있는 MLSS농도에 한계가 있다. 하수의 정화능력은 MLSS농도와 관계가 있기 때문에 포기조내 혼합액의 농도를 높일 수 있다면 포기조를 작게 해도 정화가 가능할 것이다. 순산소 공급에 의한 순산소활성슬러지법은 이와 같은 요구를 만족시키기 위해 개발된 처리방식이다.

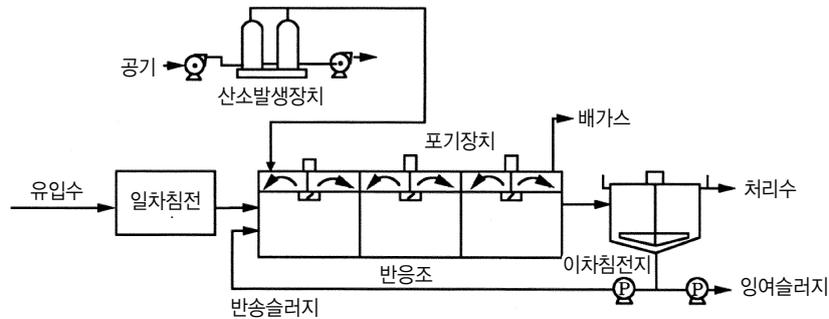
순산소활성슬러지법의 기본적인 원리는 공기 대신에 산소를 직접 포기조에 공급하는 방법으로 이것 이외에는 일반 활성슬러지법과 동일하다. 순산소활성슬러지법에는 산소분압이 공기에 비해 5배 정도 높으므로 포기조내에서 용존산소를 높게 유지할 수 있다.

즉, 순산소활성슬러지법은 공기에 의한 종래의 방법에 비해서 순산소활성슬러지법이 고농도의 하수에 대해 보다 적용성이 높고, 또한 동일한 성질의 하수라면 공기에 의한 종래의 방법과 비교해서 포기조의 용량을 작게 할 수 있다는 것을 뜻한다.

순산소활성슬러지법에서는 필요한 산소를 처리장내에서 순산소를 발생시켜 이용함에 있어서 포기시킨 산소가 충분히 이용될 수 있도록 개발되어 있는 방법은 다음과 같다.

- ① 포기조를 복개해서 기밀한 구조로 하여 순차적으로 기체 산소를 액체속으로 용해시켜 가는 밀폐형이 있다.
- ② 효율이 좋은 산기장치에 의해 액체 속에 산소의 전달효율을 높이는 방법 및 포기조의 수심을 깊게 (10m 이상) 해서 산소와 액체와의 접촉시간을 증가시켜 산소 전달 효율을 높이는 개방형이 있다.

순산소활성슬러지법의 시설은 일차침전지, 반응조 및 이차침전지의 산소발생장치로 구성되어 있다 ([그림 4.5.33] 참조). 본법은 기본적으로 공기에 의한 활성슬러지법과 유사하지만 공기 대신 산소를 이용하여 포기하기 때문에 처리장내에 산소발생장치를 설치할 필요가 있다. 한편, 표준활성슬러지법에 비해 반응시간이 짧아 유량변동의 영향을 받기 쉽기 때문에 필요에 따라 유량조정조를 설치할 수 있다.



[그림 4.5.33] 순산소활성슬러지법

2) 특징

순산소활성슬러지법의 특징은 다음과 같다.

- ① 이 처리방법은 표준활성슬러지법의 1/2 정도의 포기시간으로도 처리수의 BOD, SS, COD 및 투시도 등을 표준활성슬러지법과 비슷한 결과로 얻을 수 있다.
- ② MLSS농도는 표준활성슬러지법의 2배 이상으로 유지 가능하므로 BOD용적부하를 1.0~2.0 kg BOD/m³·d 및 F/M비를 0.3~0.6 kg BOD/kg MLSS·d로 운전할 수 있다.
- ③ 순산소활성슬러지법의 포기조내의 SVI는 보통 100 이하로 유지되고 슬러지의 침강성은 양호하다. 또 잉여슬러지 발생량은 슬러지의 체류시간에 의해서 큰 차이가 나므로 표준활성슬러지법에 비해서 일반적으로 적다. 또한 슬러지의 농축성도 양호하지만 탈수할 때의 여과속도는 표준활성슬러지법과 거의 동일하다.
- ④ 이차침전지에서 스크임이 발생하는 경우가 많다.

3) 반응조의 용량

반응조의 용량은 HRT 1.5~3.0시간을 표준으로 한다.

【해설】

순산소활성슬러지법의 설계제원은 조사결과에 의하면 <표 4.5.14>와 같다.

순산소활성슬러지법은 MLSS농도가 높고 용존산소농도도 높기 때문에 질산화가 진행되기 쉬운 조건이다. 특히 고수온기에는 질산화반응과 동반하여 필요산소량이 증가하는 경우가 많다. 또한 밀폐구조로 되어 있어 탄산가스가 수중에 용해되기 쉬워 pH가 약산성이 되기 쉬우나 수로 및 이차침전지에서 탄산가스의 방출로 인해 중성으로 회복된다.

<표 4.5.14> 반응조의 설계제원

항 목	단 위	계 원
HRT	(시간)	1.5~3.0
MLSS 농도	(mg/l)	3,000~4,000
F/M비	(kg BOD/kg SS · d)	0.3~0.6
슬러지 반송비	(%)	20~50
SRT	(일)	1.5~4.0

4) 반응조의 형상, 구조 및 수

조의 형상 및 구조는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 기밀성의 철근콘크리트구조로 하며 덮개를 설치한다. 또한 각 실의 형상은 정사각형을 표준으로 한다.
- (2) 조류벽, 격벽 등을 설치한다.
- (3) 구조, 재질 등은 부식에 대해 안전한 것으로 한다.
- (4) 수는 2조 이상으로 한다.

【해설】

(1)에 대하여

조는 산소이용률을 높이기 위해서 특별한 경우가 아니면 기밀성으로 된 복개구조로 하고 산소가스의 누출을 방지할 수 있는 구조라야 한다. 그리고 압력은 통상적으로 운전시에 +50 mmHg 정도로서 유지 가능하도록 한다.

산소의 용해는 기계식 산기장치를 이용하므로 조 내부에는 격벽을 설치해서 3~4실로 구분하고, 포기를 위한 에너지를 효율적으로 이용하기 위해서 각 실은 되도록 정방형에 가깝게 하고, 각 실은 동일한 용량으로 하는 것이 보통이며 1실의 폭(W)과 길이(L)와의 관계는 식(4.5.58)과 같다.

$$0.75 \leq W/L \leq 1.3 \dots\dots\dots (4.5.58)$$

유효수심(H)은 기계식 혼합장치의 성능에 따라서 다르나 6.0 m 이하로 하는 것이 일반적이다. 폭(W)과 길이(L) 및 수심(H)과의 관계는 식(4.5.59)의 조건을 만족할 수 있도록 하는 것이 좋다.

$$\frac{H}{(W \times L)^{1/2}} \leq 0.55 \dots\dots\dots (4.5.59)$$

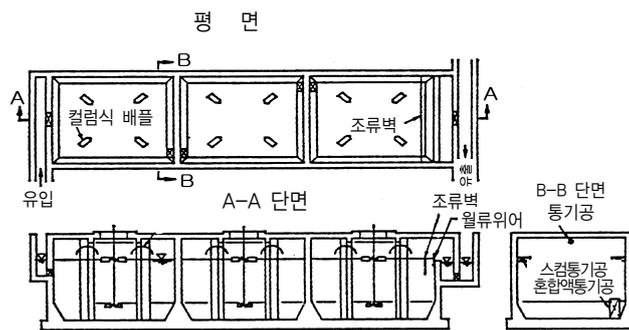
상부의 복개 아래에서 수면까지 높이는 기계식 혼합에 의한 혼합액의 비산높이 이상으로 하고, 혼합액이 비산하는 높이는 교반기 날개의 외경길이, 회전수, 형식 등에 따라 다르지만 보통 1.0 m 이내로 하기 때문에 상부 상판 아래에서 수면까지의 높이는 0.8~1.0 m 정도로 한다.

(2)에 대하여

조의 각 실에는 교반기 날개의 회전에 따라서 혼합액이 함께 도는 것을 방지하고, 하수와 활성슬러지의 혼합 및 조의 깊은 부분까지 산소가 충분히 공급되도록 철근 콘크리트 구조로된 주상의 컬럼배플(column baffle)을 설치한다. 이 컬럼배플은 비산혼합액과 접촉하므로 기상부에서 액상부에 걸쳐서 스테인레스제의 판을 설치하는 것이 좋다. 또한 포기조에는 격벽을 설치하는데 다음과 같은 3종류의 개구부를 설치한다.

- ① 기상부에 설치한 산소가스의 통기공
- ② 수면부근에 설치한 스크 통과공
- ③ 혼합액을 유하시키기 위한 액상부에 설치한 통과공

여기서 ③의 통과공은 혼합액의 흐름에 단락류가 발생되지 않도록 좌우교대로 설치하는 것이 바람직하다. 또한 반응조의 최종단에는 수위를 유지하기 위해 월류위어를 설치하는데, 높은 DO농도의 혼합액이 직접 유출되지 않도록 격벽과 동일한 위치에 설치하든지 또는 측벽의 외부에 설치하고, 이때 기상부의 액체가 밀봉되는 구조로 하고 월류위어 앞에 조류벽을 설치한다. 수몰형 위어를 설치할 경우 최종단 부근에는 스크이 쌓이므로 유출부에는 스크 파쇄용 스프레이를 고려하여야 한다. 반응조의 구조를 나타낸 예가 [그림 4.5.34]와 같다.



[그림 4.5.34] 순산소식 활성슬러지법의 포기조 예

(3)에 대하여

조는 보통 수밀한 콘크리트 구조로 하지만 탄산가스의 축적으로 야기되는 콘크리트의 중성화에 따른

부식에 충분히 주의를 해야 한다.

(4)에 대하여

청소, 보수 등의 경우를 고려하여, 조는 2조 이상으로 한다.

5) 포기장치

포기장치는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 산소를 효율적으로 잘 용해시킬 수 있는 장치로 한다.
- (2) 조의 기밀성이 유지되어야 한다.
- (3) 유입부하의 변동에 대해 산소공급제어가 쉬운 장치로 한다.

【해설】

(1)에 대하여

포기장치의 능력은 포기조에 있어서 필요산소량의 용해 및 혼합액의 교반이 효율적으로 이루어지는가에 좌우된다. 필요능력은 하수의 성상 및 포기조의 형상에 크게 영향을 받기 때문에 교반 날개의 형상 및 길이, 침적심, 회전수, 저부교반기의 유무, 전동기의 출력 등을 충분히 검토할 필요가 있다. 포기장치에는 산소의 용해를 효율적으로 수행하는 교반날개를 설치하는 것 외에, $H/(W \cdot L)^{1/2}$ 이 0.3을 넘는 경우에는 활성슬러지의 침전방지 및 조내에서 교반과 산소확산이 충분히 이루어지도록 보조 교반날개를 설치한다.

(2)에 대하여

회전축은 수봉식으로 하여 산소의 누출을 방지하도록 한다.

(3)에 대하여

구동용 전동기는 유입부하변동에 대해 산소공급량을 제어하여 에너지 절약을 할 수 있도록 회전수 변동이 가능한 것으로 하여야 한다.

6) 산소발생장치

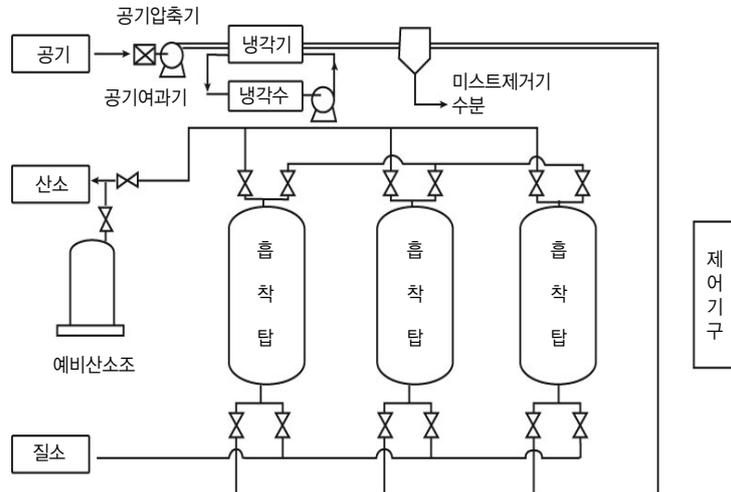
산소발생장치는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 용량은 계획1일 최대오수량에 대해서 필요산소량과 산소전달효율을 고려하여 정한다.
- (2) 산소발생장치는 예비를 마련해 두고 계열수가 작은 경우 고장에 대비해서 예비의 액체 산소저장설비를 설치한다.
- (3) 소음대책을 고려한다.

【해설】

산소발생장치는 공기의 액화분류에 의한 것(심냉분리방식)과 선택적으로 산소를 흡착하는 흡착제를 이용해서 압력변화에 따라 산소를 분리하는 것(흡착분리방식)이 있다. 전자는 대규모방식이고 보통은 흡착분리방식을 채택하고 있다. 흡착분리방식은 가압식과 감압식으로 구분되나 최근에는 에너지 절약형인 감압식이 많이 채용되고 있다. 감압식 흡착분리방식에 의한 산소발생장치의 구성은 공기를 가압

하는 공기압축기, 3탑 또는 4탑으로 된 흡착탑, 공기중의 수분과 유분을 분리하고 제거하는 미스트 분리기(mist separator), 연결배관, 자동변화밸브와 기타 조작용 제어기구, 배가스(질소가스)의 질소제거장치, 경보장치, 제어판넬 등이 있다. 산소발생장치의 예를 [그림 4.5.35]에 나타내었다.



[그림 4.5.35] 산소발생장치의 흐름도(흡착분리방식)

(1)에 대하여

산소발생장치의 적절한 용량을 정하는데 있어서는 조내의 필요산소량을 파악하는 것이 필요하다. 필요산소량은 4.5.1 8)을 참조하여 구할 수 있다. 반응조로의 공급되는 산소 중량 및 체적은 필요산소량과 산소전달효율, 산소가스의 밀도 및 산소가스의 순도로부터 구할 수 있다. 포기조내에서 산소전달효율은 85~90% 정도로 하는 것이 일반적이다. 한편 산소발생장치의 설계에 있어서는 수량 및 수질의 시간변동을 고려하여 첨두부하(peak loading)에 대해 설계하여야 한다.

$$\text{산소(O}_2\text{) 중량(kg O}_2\text{)} = (\text{필요산소량 kg O}_2\text{)} \times \frac{1}{(\text{산소전달효율})} \dots\dots\dots (4.5.60)$$

$$\begin{aligned} \text{산소(O}_2\text{) 체적(Nm}^3\text{)} &= (\text{필요산소량 kg O}_2\text{)} \times \frac{1}{(\text{산소가스의 밀도 kg/Nm}^3\text{)}} \\ &\times \frac{1}{(\text{산소가스의 순도})} \dots\dots\dots (4.5.61) \end{aligned}$$

(2)에 대하여

산소발생장치의 점검 및 보수를 위해 원칙적으로 산소발생장치의 예비기를 설치하거나, 액체산소저장설비를 설치하여야 한다. 액체산소저장설비는 처리장의 규모, 산소구입의 용이성 등을 감안해서 저장용량을 정한다. 이 저장설비는 고압가스취급법의 적용을 받는다. 한편 산소저장조내의 산소는 1일 0.3% 정도의 비율로 증발하므로 정기적인 보충이 필요하다.

(3)에 대하여

공기흐름, 자동교체밸브 등에 의한 소음의 방지대책으로 산소발생장치는 옥내에 설치하거나 차음설비를 설치한다.

7) 이차침전지

이차침전지의 형상, 지수 및 구조는 표준활성슬러지법에 준한다. 또한, 반응조와 마찬가지로 콘크리트 중성화에 대한 배려가 필요하다.

【해설】

이차침전지의 수면적부하 및 월류부하는 표준활성슬러지법과 같은 정도 또는 그 이하로 설정하는 것이 적당하다. 순산소활성슬러지법에서는 높은 MLSS농도를 유지하기 위해서 반송슬러지를 항상 높은 농도로 안정되게 공급할 필요가 있다. 따라서 유효수심은 활성슬러지를 양호하게 농축하기 위해 3m 이상으로 한다.

4.5.6 심층포기법

1) 개요

심층포기조는 수심이 깊은 조를 이용하여 용지이용율을 높이고자 고안된 공법으로 그 특징은 다음과 같다.

- ① 포기조를 설치하기 위해서 필요한 단위 용량당 용지면적은 조의 수심에 비례해서 감소하므로 용지이용율이 높다.
- ② 산기수심을 깊게 할수록 단위 송풍량당 압축동력은 증대하지만, 산소용해력 증대에 따라 송풍량이 감소하기 때문에 소비동력은 증가하지 않는다.
- ③ 산기수심이 깊을수록 용존질소농도가 증가하여 이차침전지에서 과포화분의 질소가 재기포화되는 경우가 있어 활성슬러지의 침강성이 나빠지는 일이 있다. 따라서 용존질소의 재기포화에 따른 대책이 필요하다.

이들 특징중에서 ①과 ②는 수심에 관계되는 일반적인 경향이지만 ③은 종래의 산기식 포기조에서 잘 일어나지 않는 심층포기조의 독특한 특징으로서 산기수심이 5m를 넘을 때 슬러지의 부상경향이 뚜렷해진다. 최근에는 초심층포기조가 개발되어 소개되고 있다. 이 포기조는 깊이가 50~150m이고 직경이 2~6m인 우물형 포기조로 조의 깊이에 따라 수압이 커져 산소전달율이 좋은 것으로 알려져 있다.

2) 크기, 형상, 구조 및 수

- 포기조의 크기 및 형상은 다음 사항을 고려하여 정한다.
- (1) 조의 용적은 계획1일 최대오수량에 따라서 설정한다.
 - (2) 조의 수는 2조 이상으로 한다.
 - (3) 수심은 10m 정도로 한다.
 - (4) 형상은 직사각형으로 하고, 폭은 수심에 대해 1배 정도로 한다. 조내에서 유체의 흐름은 플러그흐름형으로 하고, 혼합방식 및 포기방식에 따라서 정류벽을 설치한다.
 - (5) 조의 구조는 4.5.4의 4)에 의하여 정한다.

【해설】

(2)에 대하여

4.5.4의 4)를 참조.

(3)에 대하여

산기수심을 깊게 할수록 용존질소의 재기포화에 대한 대책을 확실하게 한다. 조의 수심이 10~15 m 정도를 넘는 경우에는 포기방식에 특별한 대책이 필요하다.

(4)에 대하여

4.5.4의 4)의 (6)을 참조.

활성슬러지의 정화기능을 촉진시키기 충분한 산소의 공급과 하수의 균일한 혼합을 위하여 포기가 필요하다. 산소전달과 혼합이 잘 이루어지도록 조의 형상 및 포기방식을 정하는 것이 좋는데 조 내 혼합을 균일하게 하기 위해서는 송풍량당 조 내 혼합액의 순환량이 많은 것이 바람직하고, 선회류식(spiral flow)이 적합하다. 선회류식은 선회류 효율이 좋은 포기방식으로 폭은 수심이 10 m 정도의 조에서 포기방식이 선회류식인 경우에 폭은 수심의 1배 정도로 하는 것이 바람직하다. 정류벽은 산소전달률, 혼합액의 순환 및 혼합률을 높이기 위해서 부착하는데 두 가지 방법이 있다.

(5)에 대하여

조의 구조는 4.5.4의 4)에 의하여 정한다.

3) 포기방식 및 송풍량

포기방식 및 송풍량은 다음 사항을 고려하여 정한다.

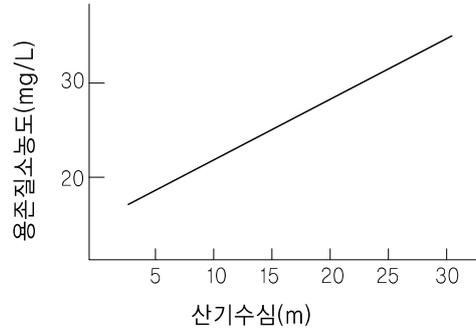
- (1) 포기방식은 포기에 따라 용해된 용존질소의 농도가 이차침전지에서 과포화상태가 되지 않도록 한다.
- (2) 산기장치는 수심 5 m를 한도로 하여 조의 밑바닥에서 중간부분의 높이에 설치할 경우 선회류에 의해 균일하게 혼합되도록 배열한다.
- (3) 수심 5 m를 넘어서 저부에 산기장치를 설치하는 경우에는 혼합액이 이차침전지로 넘어가기 전에 용존질소가스를 탈기하기 위해 재포기를 한다.
- (4) 송풍량은 4.5.4 8)에 의하여 정한다.

【해설】

(1)에 대하여

심층포기방식으로 혼합액에 용해된 가스가 과포화된 상태이면 이차침전지에서 과포화분의 용존가스가 다시 기포화하는 경우가 있다. 그 기포화에 의해서 발생하는 미세기포가 슬러지에 부착해서 슬러지의 침강성을 악화시키며 기포량이 많은 경우에는 슬러지가 부상하는 경우도 있다. 기포화하는 가스는 주로 질소가스인데 그 용존농도는 조의 산기수심에 비례하며 [그림 4.5.36]과 같이 추정할 수 있다. 산기수심이 깊을수록 슬러지의 부상현상이 일어나는 경향이 있는데, 부상현상의 방지책으로 다음과 같은 방법이 있다.

- ① 산기장치는 5 m를 한계로 하고 조의 밑바닥에서 중간부분의 높이에 설치하는 방법이 있다. 산기장치를 중간에 설치하는 경우 선회류에 의해 균일하게 혼합되도록 하여야 하며, 조 하부 슬러지 침강을 방지하기 위해 교반기를 병용하여 사용하는 방법이 있다.

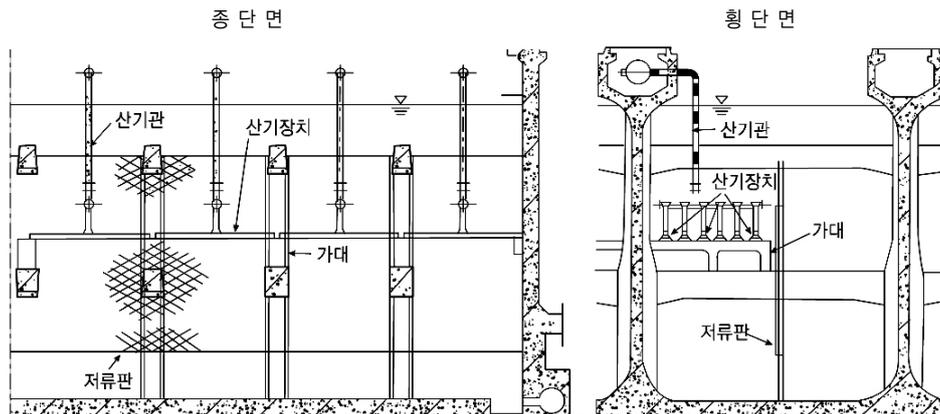


[그림 4.5.36] 용존질소농도와 산기수심의 관계

- ② 산기장치를 밑바닥에 설치하는 경우에는 이차침전지에 혼합액이 도달하기 전에 재포기를 행하여 질소가스를 탈기시키는 방법이 있다.

(2)에 대하여

산기장치를 조의 깊이의 중간부분에 설치한 예가 [그림 4.5.37]인데 선회류에 의한 방법으로 혼합액을 혼합시킨다. 이 경우 조 전체의 산소요구량은 한정된 산기 부분에서 공급되므로 여기서 포기가 과도하게 되어 활성슬러지의 해체가 일어나지 않도록 주의할 필요가 있다. 그러나 경험상 부분적으로 강하게 포기할 경우에는 슬러지의 해체영향이 비교적 적으므로 종래의 산기식 포기강도 보다 큰 포기강도도 허용된다.



[그림 4.5.37] 산기장치 설치 예

(3)에 대하여

재포기 수심은 4~5 m보다 얇게 하고, 용존질소가스의 재기포화에 의한 활성슬러지의 침강성 저하가 없도록 한다. 재포기에 의한 용존질소가스의 탈기효율은 질소에 관한 총괄질소전달계수 $K_{La}(N_2)$ (l/h)와 산기수심에 비례하는 포화용존질소농도 $C_S(N_2)$ 로 나타내는 탈기속도에서 추정된다. $K_{La}(N_2)$ 는 혼합방식에 따라 식(4.5.62)와 식(4.5.63)으로 계산할 수 있다.

① 완전혼합형

$$K_{La}(N_2) \cdot t = \frac{C_{NO} - C_N}{C_N - C_{NS}} \dots\dots\dots (4.5.62)$$

② 플러그흐름형

$$\exp^{K_{La}(N_2) \cdot t} = \frac{C_N - C_{NS}}{C_{NO} - C_{NS}} \dots\dots\dots (4.5.63)$$

- 여기서, C_{NO} : 심층식 포기조 유출구의 용존질소농도(mg/l)
- C_{NS} : 재포기조 유입수의 포화용존질소농도(mg/l)
- C_N : 재포기조 유출수의 용존질소농도(mg/l)
- t : 재포기시간(시간)

C_N 은 지금까지의 경험치로 19mg/l 정도이고, $K_{La}(N_2)$ 는 쉽게 측정이 가능한 총괄산소전달계수 K_{La} 의 80~90% 정도로 하면 좋다. 따라서 재포기 효율을 향상시키기 위해서는 C_S 를 낮추기 위해 산기수심을 얇게 하면 $K_{La}(N_2)$ 도 저하하기 때문에 보통 산기수심은 4~5 m 정도를 표준으로 한다. 그러나 산기효율이 좋은 방식인 경우에는 달리할 수 있다. 재포기도 포기의 일부이므로 포기시간에 포함되지만 재포기조가 커지는 것은 앞의 산소용해능력이 큰 심층식포기를 행하는 의도에 적합하지 않으므로 충분히 검토할 필요가 있다.

(4)에 대하여

4.5.4 8) 참조.

4) 송풍기 설비

송풍기 설비는 4.5.4 9)와 10)을 고려해서 정한다.

【해설】

산기수심이 5 m 이상인 경우에는 토출압이 높은 송풍기를 필요로 하지만, 송풍기설비에 대해서는 4.5.4의 9)와 10)을 참조한다.

5) 산기장치

산기장치는 4.5.4의 7)를 고려해서 정한다.

【해설】

4.5.4의 7) 참조.

6) 부대설비

부대설비는 4.5.4의 12)를 고려해서 정한다.

【해설】

4.5.4의 12) 참조.

4.5.7 연속회분식활성슬러지법

1) 원리

연속회분식(sequencing batch)활성슬러지법은 [그림 4.5.38]에 나타나 있는 것과 같이 1개의 반응조에 반응조와 이차침전지의 기능을 갖게 하여 활성슬러지에 의한 반응과 혼합액의 침전, 상정수의 배수, 침전슬러지의 배출공정 등을 반복하여 처리하는 방식이다. 연속회분식활성슬러지법에는 고부하형과 저부하형이 있다.



[그림 4.5.38] 회분조의 처리공정

2) 특징

본법은 다른 처리방식에 비해 유입수량변동의 영향을 받기 쉬우므로 관리를 용이하게 하기 위해서는 유량조정조가 필요하다. 또한 본법은 원칙적으로 일차침전지가 필요 없으므로 반응조내의 큰 고형물의 축적이나 스크럼부상 등을 방지하기 위해 반응조 유입수에 스크린 등을 설치하는 것을 고려하여야 한다. 또한 처리수의 방류가 간헐적으로 이루어지게 되므로 처리수조를 설치하여 소포수 등을 확보하여야 한다.

연속회분식활성슬러지법의 특징은 다음과 같다.

- ① 유입오수의 부하변동이 규칙성을 갖는 경우 비교적 안정된 처리를 행할 수 있다.
- ② 오수의 양과 질에 따라 포기시간과 침전시간을 비교적 자유롭게 설정할 수 있다.
- ③ 활성슬러지 혼합액을 이상적인 정치상태에서 침전시켜 고액분리가 원활히 행해진다.
- ④ 단일 반응조내에서 1주기(cycle) 중에 호기-무산소-혐기의 조건을 설정하여 질산화 및 탈질반응을 도모할 수 있다.
- ⑤ 고부하형의 경우 다른 처리방식과 비교하여 적은 부지면적에 시설을 건설할 수 있다.
- ⑥ 운전방식에 따라 사상균 별킹을 방지할 수 있다.

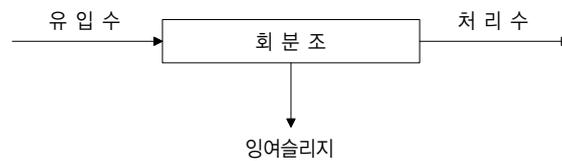
- ⑦ 침전 및 배출공정은 포기가 이루어지지 않은 상황에서 이루어짐으로 보통의 연속식침전지와 비교해 스킴 등의 잔류가능성이 높다.

3) 시설의 구성

시설은 산기장치 및 상징수 배출장치를 설치한 회분조로 구성된다.

【해설】

연속회분식활성슬러지법의 구성은 [그림 4.5.39]와 같다.



[그림 4.5.39] 연속회분식활성슬러지법의 처리계통

4) 회분조의 형상, 구조 및 수

회분조의 형상, 구조 및 수는 다음의 각항을 고려하여 결정한다.

- (1) 평면형상은 일반적으로 정사각형 또는 직사각형으로 하며 유효수심은 4~6 m 정도로 한다.
- (2) 수밀성 구조로 하며 부력에 대하여 안전한 구조로 한다.
- (3) 조의 수는 원칙적으로 2조 이상으로 한다.
- (4) 단락류를 방지할 수 있도록 배치를 강구한다.
- (5) 상징수 배출장치 등을 고려하여 여유고를 설정한다.

【해설】

(1)에 대하여

회분조는 지폭과 지장의 비를 1 : 1~1 : 2 정도의 정사각형 또는 직사각형으로 한다. 또한, 본법의 회분조의 수심에 대해서는 다음과 같은 특성을 고려하여 설정한다.

- ① 반응조의 수심이 지나치게 깊으면 배출수심이 커져 침전시간이 증가하고, 상징수 배출방치의 구조상의 제약으로 배출수심을 현저히 크게 할 수 없다.
- ② 반응조의 수심이 지나치게 낮으면 배출공정중의 활성슬러지계면상의 최소수심의 제약으로 배출비를 크게 설정하지 못한다.

이상의 점을 고려하여 유효수심은 4~6 m 정도로 한다.

(2)에 대하여

동일조에서 배수와 슬러지 배출을 행하기 때문에 배출시 회분조의 수심이 낮아지게 되므로 부력에 대한 안정성을 검토한다.

(3)에 대하여

청소, 보수 등의 경우를 고려하여 회분조는 원칙적으로 2조 이상으로 한다.

(4)에 대하여

회분조의 유입량이 설정된 이상 유입될 때 혹은 고장 등을 대비해 단락류 방지시설을 설치한다. 간헐식의 경우 유입부에 단락방지관 혹은 단락방지관 및 월류수도입관을 설치함과 동시에 월류구를 설치하여 월류 및 예비반응조로의 월류가 될 수 있도록 하여야 한다.

(5)에 대하여

복개 등을 하는 경우 상등수배출장치의 형상 등을 고려하여 여유고를 설정하여야 한다.

5) 유입방식

유입방식은 원칙적으로 간헐적으로 한다.

【해설】

회분조에의 오수 유입방식에는 연속식과 간헐식이 있지만 소규모시설에서는 원칙적으로 간헐방식으로 한다. 연속방식은 회분조가 1조인 경우에 사용되는 방법으로 오수는 모든 공정에 연속적으로 유입된다. 따라서 침전, 배수 공정에 있어서 오수가 미처리된 상태로 방류되지 않도록 반응조의 구조에 유의할 필요가 있다. 이 방식은 유입수량의 변동이 매우 큰 경우에는 1일 1회의 주기로 운전하는 경우도 있다. 또한, 1일 수회의 주기로 운전하는 경우는 단락류를 방지하기 위하여 회분조 용량을 크게 할 필요가 있다.

간헐방식은 복수의 회분조를 이용하는 경우에 사용되는 방식으로 침전, 배수 공정에 있어서도 1조는 반드시 오수를 유입할 수 있도록 운전하는 방법이다. 또한, 유입오수량의 시간변동에 대처하기 위해 주기 수, 각 처리공정의 공정시간을 타이머 등으로 조절할 수 있도록 한다.

6) 설계제원

회분조의 계획오수량은 계획1일최대오수량으로 하며, 설계제원은 계획오수량에 따라 <표 4.5.15>를 표준으로 한다.

〈표 4.5.15〉 회분조의 설계제원

항 목	제 원	
	고부하형	저부하형
HRT	12~24	24~48
F/M비 (kg BOD/kg SS · d)	0.2~0.4	0.03~0.05
MLSS농도 (mg/l)	1,500~2,000	3,000~4,000
유출비 (1/m)	1/2~1/4	1/3~1/6
주기 수 (회/d)	3~4	2~3
필요산소량 (kg O ₂ /kg BOD)	1.4~1.7	1.8~2.2

【해설】

연속회분식활성슬러지법은 F/M비, 계획 MLSS농도 및 HRT를 표준활성슬러지법과 산화구법 사이의 값으로부터 정할 수 있으며, 표준활성슬러지법 등 높은 F/M비 조건으로 설계할 수 있는 고부하형과 산화구법 등 낮은 F/M비 조건으로 설계할 수 있는 저부하형이 있다.

고부하형 및 저부하형에는 [그림 4.5.40] 및 <표 4.5.16>에 나타난 바와 같은 특징이 있다. 용지면적이 제한을 받는 등 저부하형이 곤란한 경우는 고부하형으로 한다. 다만, 부하변동이 큰 소규모시설에서는 운전의 유연성 등을 고려하여 저부하형을 검토한다.

연속회분식활성슬러지법에 있어서 F/M비는 포기시간을 반응시간과 함께 고려하여 계획1일최대오수량에 대한 회분조의 유효용량을 V_s 라 하고 식(4.5.64)와 같이 정의할 수 있다.

$$L_s = \frac{Q_s \cdot C_s}{e \cdot C_A \cdot V_s} \dots\dots\dots (4.5.64)$$

- 여기서, L_s : F/M비(kg BOD/kg SS · d)
- Q_s : 계획오수량(m^3/d)
- C_s : 유입오수의 평균 BOD(mg/l)
- C_A : 평균 MLSS농도(mg/l)
- V_s : 회분조의 유효용량 (m^3)
- e : 포기시간비($e = \frac{n \cdot T_A}{24}$)
- n : 주기수(1/d)
- T_A : 1주기에서의 포기시간(시간)

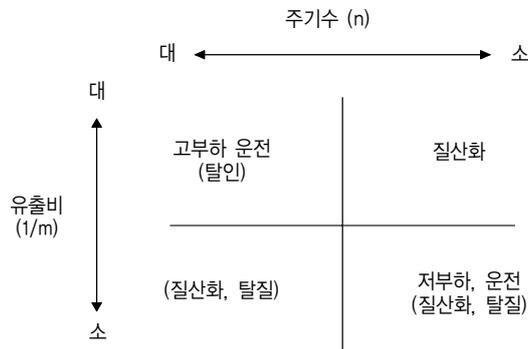
고부하형 및 저부하형의 특징 및 적용성은 <표 4.5.16> 및 [그림 4.5.40]에 나타나 있는 바와 같은데 여기서 유출비(1/m)는 회분조에서의 기준수위에 상당하는 수심에 대한 기준 수위와 배수종료시의 수위차의 비이며, 식(4.5.65)로 표시하였다([그림 4.5.43] 참조).

$$\frac{1}{m} = \frac{h_2 - h_1}{h_2} \dots\dots\dots (4.5.65)$$

회분조의 용량은 다음과 같이 정한다.

1) 전제조건

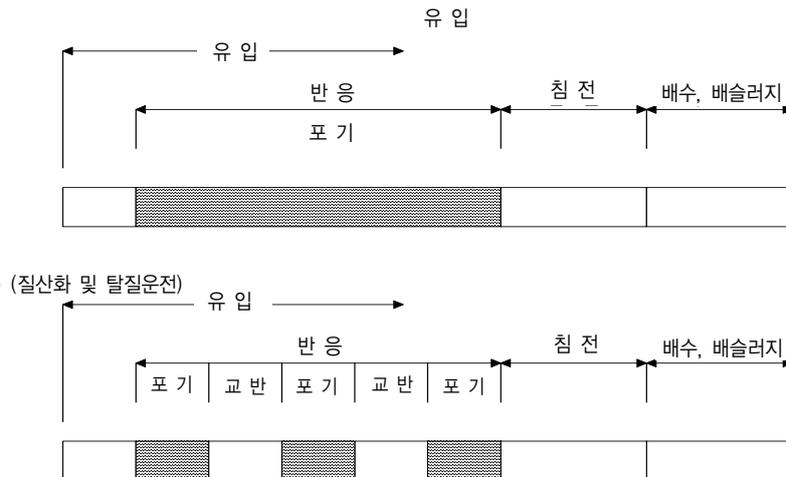
연속회분식활성슬러지법의 1주기의 운전은 [그림 4.5.41]에 나타나 있는 것처럼 유입, 반응, 침전, 배수, 슬러지 배출 등의 각 공정으로 구성할 수 있다.



[그림 4.5.40] 주기수와 유출비의 조합에 따른 운전상황

<표 4.5.16> 부하조건에 의한 특징

구분		고 부 하 형	저 부 하 형
운전 조건	BOD-SS부하 주기수 인 발 비	0.2~0.4 (kg BOD/kg SS · d) 크다(3~4). 크다(1/4~1/2).	0.03~0.05(kg BOD/kg SS · d) 작다(2~3). 작다(1/6~1/3).
처리 특성	유기물제거 질소제거 인제거	저부하형에 비하여 낮다. 저부하형에 비하여 낮다. 높다.	높다. 높다. 고부하형에 비하여 낮다.
발생슬러지량		많다.	적다.
유지관리		부하변동에 대한 내성은 저부하형에 비하여 낮다.	부하변동에 강하고, 운전의 유연성이 높다.
용지면적		회분조의 용량이 작아 용지를 절약할 수 있다.	회분조의 용량이 커서 넓은 용지를 필요로 한다.
적용성		용지면적에 제약이 있는 처리장에 적합하다.	넓은 용지가 있는 처리장에 적합하다. 또한 질소의 제거를 필요로 하는 시설에 적용할 수 있다.



[그림 4.5.41] 1주기내의 각 공정

1계열 N조를 단위로 하여 연속적으로 유입오수를 받는 각조에 순번대로 처리를 하고, 유입공정중에 침전 및 배출을 행하지 않는 것을 전제조건으로 할 때 각 공정의 소요시간은 다음과 같은 조건을 만족시키지 않으면 안 된다.

$$T_C \geq T_A + T_S + T_D \dots\dots\dots (4.5.66)$$

$$T_F = T_C / N \dots\dots\dots (4.5.67)$$

$$T_C - T_F \geq T_S + T_D \dots\dots\dots (4.5.68)$$

- 여기서, T_C : 1 주기의 소요시간(시간)
 T_F : 1 주기당의 유입시간(시간)
 T_A : 1 주기당의 포기시간(시간)
 T_S : 1 주기당의 침전시간(시간)
 T_D : 1 주기당의 배출시간(시간)
 N : 1 계열당의 회분조수(단, $N \geq 2$)

(2) 각 공정의 필요시간의 산정

식(4.5.66)에서, 1주기의 최소소요시간은 $T_A + T_S + T_D$ 가 된다. 또한 주기수 n 은 식(4.5.69)에서 구할 수 있다.

$$n = \frac{24}{T_A + T_S + T_D} \dots\dots\dots (4.5.69)$$

여기서, n 은 1, 2, 3 등의 정수값을 갖도록 한다.

① 포기 시간(T_A)

유입오수량(Q_s)과 회분조의 유효용량(V_s), 유출비(l/m) 및 주기수(n)는

$$Q_s = V_s \cdot \frac{1}{m} \cdot n$$

의 관계를 갖기 때문에 F/M비(L_s)는 식(4.5.69)로부터 식(4.5.70)으로 나타낼 수 있다.

$$L_s = \frac{n \cdot C_s}{e \cdot m \cdot C_A} \dots\dots\dots (4.5.70)$$

1주기 안의 포기시간(T_A)는 포기시간비(e)가

$$e = \frac{n \cdot T_A}{24}$$

의 관계를 갖기 때문에 식(4.5.70)로부터 식(4.5.71)를 구할 수 있다.

$$T_A = \frac{24 \cdot C_s}{L_s \cdot m \cdot C_A} \dots\dots\dots (4.5.71)$$

따라서 1주기당의 필요포기시간은 F/M비, 유출비, 유입오수의 BOD 및 MLSS 농도를 알면 식(4.5.71)로부터 구할 수 있다.

② 침전시간(T_s)

활성슬러지계면의 정속침강이 종료한 시점에서 배수를 행할 경우 필요한 침전시간 T_s 는 식(4.5.72)에 의해서 구할 수 있다.

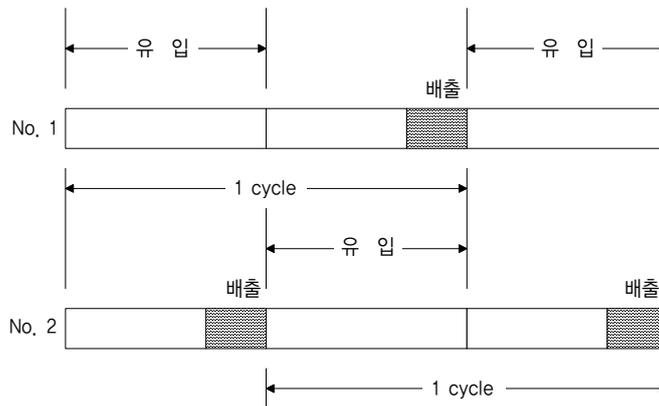
$$T_s = \frac{h_2 \cdot (1/m) + \varepsilon}{v_0} \dots\dots\dots (4.5.72)$$

- 여기서, h_2 : 기준 수위까지의 수심(m)
- ε : 활성슬러지계면상의 최소수심(m)
- v_0 : 활성슬러지계면의 초기침강속도(m/h)

식(4.5.72)는 활성슬러지 계면의 정속침강구간을 고려한 유출비 1/m의 범위에서 적용될 수 있다. 예를 들어 MLSS농도가 2,000 mg/l 정도인 경우에는 슬러지계면이 반응조의 수심의 50% 이하가 될 때까지 정속침전이 계속되기 때문에 1/m이 1/2 정도가 될 때까지 식(4.5.72)를 적용할 수 있다. 활성슬러지계면의 초기침강속도(v_0)는 MLSS 농도, 수온 등과 관련이 있지만 MLSS농도 2,000 mg/l 정도에서는 통상적으로 2~4m/h가 된다. 또한, 배수공정에서 슬러지가 따라 올라오는 것을 억제하기 위하여 상정수배출장치의 월류부하 설정과 활성슬러지 계면상의 최소수심(ε)의 설정이 중요하다. 이 최소수심에 대해서는 상정수 배출장치의 형식에 따르게 되지만 일반적으로 30~60 cm이다.

③ 배출시간 (T_0)

표준활성슬러지법 등의 연속유입식의 처리방식에서는 단위시간당의 유입오수량과 처리수량은 같다. 그러나 연속회분식활성슬러지법에서는 [그림 4.5.42]에 나타나 있는 바와 같이 1 주기에서의 유입시간과 배출시간이 다르게 되기 때문에 단위시간당 처리수의 배출량은 유입오수량과 비교할 때 크게 된다.



[그림 4.5.42] 연속회분식활성슬러지법에서의 유입과 배출의 관계

1주기당의 배출시간은 배출장치의 설치대수 및 월류부하에 따라 조정될 수 있지만 배출시간을 짧게 하면 집축조의 용량 및 방류관거의 단면적이 커지게 되기 때문에 유의할 필요가 있다. 또한, 처리수를

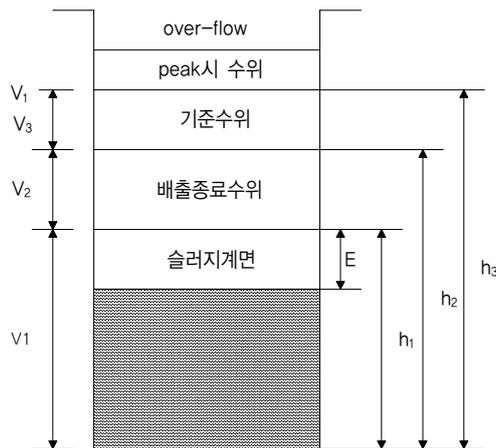
수면 부근에서 배출하는 방식에서는 침전공정중에도 배출을 개시할 수 있다.

(3) 회분조용량의 산정

연속회분식활성슬러지법에서는 일반적으로 유량조정조를 설치하지 않는다. 이 때문에 간헐방식으로 유입을 행하는 경우 유입오수량의 시간변동을 회분조에 흡수할 필요가 있으며 회분조의 유량의 산정에 있어서는 유입오수량의 시간변동을 고려한다.

이 유량변동에 대응하는 용량에 대해서는 높이 방향에 의한 조정 방법과 횡방향의 조정에 의한 방법이 있지만 일반적으로 높이 방향에 의한 조정을 하게 되고 6~8m 수심이 일반적이다.

아래에 유량변동을 높이방향으로 조정하는 경우의 회분조 1조당의 유효용량(V)을 구하는 방법을 나타내었다. 회분조의 바닥으로부터 배수종료수위까지의 수심(h_1)에 해당하는 용량을 V_1 , 배수종료수위로부터 계획1일 최대오수량에 해당하는 수위(기준수위)까지의 수심($h_2 - h_1$)에 해당하는 용량을 V_2 , 기준수위로부터 peak시의 수위까지의 수심($h_3 - h_2$)에 해당하는 용량을 V_3 라 할 때 유입오수의 시간변동에 대응할 수 있는 회분조의 유효용량 V는 식(4.5.73)에 의해 산출될 수 있다([그림 4.5.43] 참조).



[그림 4.5.43] 회분조의 수위

$$V = V_1 + V_2 + V_3 \dots\dots\dots (4.5.73)$$

식(4.5.73)에서 V_1 은 V_2 와 유출비(1/m)의 관계로 식(4.5.74)와 같이 나타낼 수 있다.

$$V = \frac{m-1}{V_2} \dots\dots\dots (4.5.74)$$

또한, V_2 는 배수종료수위로부터 기준수위까지의 용량에 상당하기 때문에 1계열당의 계획1일최대오수량을 q 라 하면, 1주기당 1개의 회분조에 유입하는 오수량 V_2 는 식(4.5.75)와 같이 구할 수 있다.

$$V_2 = \frac{q}{nN} \dots\dots\dots (4.5.75)$$

여기서, N : 1 계열당의 반응조 수

한편, 최대수량에 대응하는 용량(V_3)은 각 회분조의 1주기 당의 유입시간(T_F)에 있어서 평균유입오수량(계획1일 최대오수량의 1시간량 $\times T_F$)을 넘는 누계량의 최대량(Δq)에 상당하기 때문에 최대유량 변동비(평균유입오수량에 대한 1주기 내의 최대유입오수량의 비)를 Y 이라 하면 V_3 는 식(4.5.76)에 의해 산출될 수 있다.

$$V_3 = \Delta q = (Y - 1) V_2 \dots\dots\dots (4.5.76)$$

여기서, 최대유량변동비의 설정에 있어서는 계획1일 최대오수량에 대응하는 시간변동 패턴을 가정하여 오수의 유입개시시간을 변동시키는 것으로 각 모드의 주기의 평균유입오수량의 초과수량을 산정한다. 따라서 유입오수량의 시간변동에 대응할 수 있는 회분조의 유효용량(V)은 식(4.5.73)에 식(4.5.75) 및 (4.5.76)을 대입하여 정리하면,

$$V = (m - 1) V_2 + V_2 + (Y - 1) V_2 = (m + Y - 1) V_2$$

가 되며, 식(4.5.75)로부터 식(4.5.77)을 얻을 수 있다.

$$V_2 = (m + Y - 1) \frac{q}{nN} \dots\dots\dots (4.5.77)$$

여기서, 설정된 최대유량변동비 Y 을 초과하는 유입변동에 대해서는 최대수위(h_s)보다 높은 수위가 되기 때문에 그 위부터 월류할 수 있는 구조로 해야 한다.

7) 산기장치 및 송풍량

산기장치 및 송풍량은 다음의 각항을 고려하여 결정한다.

- (1) 산기장치는 막히지 않으면서 필요 산소량의 공급, 혼합액의 교반을 충분히 행할 수 있는 기능을 가진 것으로 한다.
- (2) 산기장치의 형식, 기증선정에 있어서 장치의 능력 및 운전방법의 차이에 유의해야 한다.
- (3) 송풍량은 고부하형에서는 유기물의 산화를 저부하형에서는 유기물의 산화와 내생호흡 및 암모니아성질소의 질산화를 고려하여 결정한다.

【해설】

(1)에 대하여

연속회분식활성슬러지법에서는 1개의 반응조에서 활성슬러지의 포기 및 침전을 행하므로 산기장치가 막히지 않도록 해야 할 필요가 있다. 연속회분식활성슬러지법에서는 무산소공정과 혐기공정을 설정하여 생물학적인 질소, 인의 제거를 수행할 수 있기 때문에 포기를 하지 않아도 교반을 하는 기능을 갖는 것이 바람직하다. 또한, 이 경우에는 호기시간내에 필요한 산소를 공급할 수 있는 송풍설비 등의 능력에 유의할 필요가 있다.

(2)에 대하여

산기장치의 선택에 있어서는 기액혼합, 산소전달효율, 경제성, 유지관리성 등을 검토하여야 한다. 주요한 산기방식으로는 미세기포분사식, 산기장치+교반식과 수중교반방식 등이 있다(〈표 4.5.17〉 참조). 이중 기액혼합분사식은 노즐의 막힘이 생기지 않도록 고려해야 한다.

〈표 4.5.17〉 산기교반장치의 특성비교

	미세기포분사식	산기장치 + 교반기방식	수중교반방식
구조	<p>전체구성도</p> <p>산기부단면상세도</p>	<p>전체구성도</p> <p>공기</p> <p>플렉시블 튜브</p> <p>산기통</p> <p>교반기</p>	<p>수중기계식 교반장치</p> <p>전체구성도</p> <p>단면상세도</p>
개요	<p>반응조 혼합액을 펌프에 의해 순환시키고 이 에너지를 이용하여 공기를 분산 세분화하여 산소전달효율을 높인다. 혼합분사시 액체와 기체의 유속 혹은 마찰에 의해 기액계면에서의 전단력을 발생시켜 산소전달과 주변 액체의 교반을 동시에 수행한다.</p>	<p>산소공급은 산기관(플렉시블 튜브형)을 이용하고 무산소운전을 행하는 경우는 별도수중 교반기로 수행한다. 즉 산기관은 플렉시블 튜브에 슬랏을 설치한 것으로 on-off 운전에도 막히지 않은 구조로 되어 있다.</p>	<p>반응조 혼합액의 교반을 기계적으로 행하고 동시에 흡입되는 공기를 파쇄하여 산소전달효율 및 동력효율을 높인다. 교반과포기의 두 기능이 동일 기계로 이루어지고 반응조 저부에 배치된다.</p>

(3)에 대하여

필요산소량은 제거 BOD량, 반응조내에 존재하는 생물량, 질산화량 및 탈질량에 관계된다. 이 때문에 산기장치로부터의 산소공급량의 결정은 유기탄소화합물의 제거와 자기산화에 필요한 산소량 이외에 질산화가 일어나는 경우에는 질산화반응에 필요한 산소량 및 질산화반응을 저감할 수 있는 산소량에 대해서도 고려한다.

8) 상징수 배출장치 및 스크럼제거장치

상징수배출장치 및 스크럼제거장치는 다음의 각항을 고려하여 결정한다.

- (1) 상징수배출장치는 설정된 배출시간내에 활성슬러지가 부상하는 일없이 상징수를 배출할 수 있는 것으로 한다.
- (2) 상징수배출장치의 고장 등에 대비한 비상용 배출장치를 설치한다.
- (3) 상징수배출장치는 스크럼유출방지의 기능을 갖는 것으로 한다.
- (4) 스크럼제거장치를 설치한다.

【해설】

(1)에 대하여

연속회분식활성슬러지법의 배출장치는 침전공정에서 활성슬러지와 분리된 상징수를 배출하는 장치이므로 다음과 같은 특징을 갖지 않으면 안 된다.

- ① 침전분리된 슬러지를 교란시키지 않으면서, 일정 유량을 배출할 수 있을 것
- ② 분리된 청정한 처리수를 얻기 위해 수면 근처에 집수기구를 설치하며, 상징수가 배출됨에 따라 수위가 변동할 때 이에 따라 배출할 수 있을 것
- ③ 배출 및 배출정지의 작동이 원활하게 이루어지고 오작동이나 동작불량이 없이 내구성을 가져야 한다.

배출장치의 구조형식에는 승강방법으로 부유식과 기계식 그리고 승강기능이 없는 고정식이 있다.

부유식은 배수장치의 집수부가 부유구조로 되어 수면에 부상한 상태에서 수위에 따라 승강한다. 따라서 수위가 배출유량에 따라 변동되므로 배출장치의 승강은 수위에 의하여 결정된다. 배출장치의 승강이 자동적으로 조정되므로 기구의 간소화가 이루어진다. 반면 배출유량이 기능의 기본이 되기 때문에 배출유량의 설정 및 배출기능에 영향을 주는 집수부의 끝부분 등에 충분히 주의를 할 필요가 있다. 기계식은 집수부의 승강을 기계를 사용하여 강제적으로 수행하는 방식이다. 배수유량과 수위는 집수부의 승강속도에 따라 결정된다. 때문에 배출과 수위제어는 확실히 이루어지지만 승강을 위해 동력을 필요로 하고 처리메카니즘이 복잡하다. 또한, 배출개시 수위와 정지수위는 수위계에 의한 제어도 검토할 필요가 있다.

고정식은 가장 간단한 메카니즘으로 될 수 있지만 수위에 따라 배출유량이 변동하므로 집수부를 복수단으로 하여야 하고 유출비가 작은 시설에 사용하는 것이 좋다. 고정식은 비상시배출장치로서 적합한 방법이다.

처리수의 배출방법은 반응조의 유출수위와 방류점의 수위간에 수위차가 충분히 큰 경우에는 자연유하방식의 채용이 가능하며, 수위차가 크지 않은 경우에는 펌프에 의한 강제적인 배출방식을 사용한다. 배출량제어방법에는 다음의 방식이 있다.

- ① 전동 밸브의 개폐에 의한 방법
- ② 기계적인 승강메카니즘에 의한 방법
- ③ 부력조정에 의한 방법
- ④ 사이펀 및 사이펀 브레이커에 의한 방법
- ⑤ 펌프에 의한 방법

집수 메카니즘에는 집수관에 의한 방법과 위어 및 월류관에 의한 방법이 있지만, 포기 공정중에 집수부가 수중에 있게 되는 경우에는 혼합액의 혼입을 피하기 위해서 초기 배출수의 분리를 고려할 필요가 있다. 배출장치의 성능과 관련하여 슬러지계면상의 최소수심은 슬러지가 따라 올라오는 것을 방지한다는 점에서 중요한 항목이 된다. 기능상 가능하면 수심을 낮게 하는 것이 바람직하다.

(2)에 대하여

상징수의 배출장치는 표준활성슬러지법의 이차침전지와는 달리 본법에서만 특유한 것이고 기계적, 전기적 조작이 필요하기 때문에 고장 등의 이상사태가 발생한 경우 상징수의 배출이 행해지지 않는 가능성이 있다.

이 때문에 비상용의 배출장치를 설치한다. 비상용의 배출장치로서는 수중에 고정된 배출구를 설치한다. 또한 받아들이는 능력이상으로 수량이 유입되는 경우를 고려하여 다른 조로 월류될 수 있는 설비를 설치한다.

(4)에 대하여

회분조에는 스크럼이 축적되기 쉽기 때문에 스크럼의 제거 대책이 필요하다. 반응공정 종료전 5~10분간 소포수를 살포하여 스크럼을 침전시키는 방법, 수중기계교반식 및 기액혼합분사식 산기장치의 경우는 포기공정 종료후에 펌프를 정지시키고 공기를 15분간 정도 분출시켜 수면을 교반하여 스크럼을 파쇄하는 방법, 스크럼제거기 및 부유식펌프 등에 의해 강제적으로 스크럼을 제거하는 방법 등이 있다.

4.5.8 산화구법

1) 개요

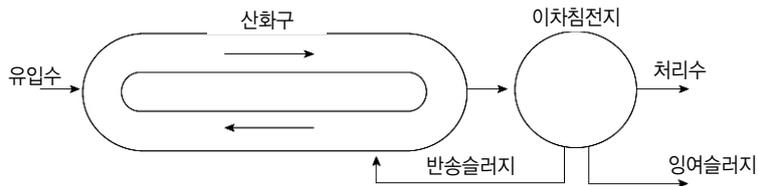
산화구(oxidation ditch)법은 일차침전지를 설치하지 않고 타원형무한수로의 반응조를 이용하여 기계식 포기장치에 의해 포기를 행하며, 이차침전지에서 고액분리가 이루어지는 저부하형 활성슬러지 공법이다. 기계식 포기장치는 처리에 필요한 산소를 공급하는 이외에, 산화구내의 활성슬러지와 유입하수를 혼합·교반시키고 혼합액에 유속을 부여하여 산화구내를 순환시켜 활성슬러지가 침강되지 않도록 하는 기능을 갖는다. 산화구법의 처리계통 예를 [그림 4.5.44]에 나타내었다.

본법은 저부하조건(F/M비 0.03~0.05 kg BOD/kg SS·d)에서 처리를 수행하므로 고형물체류시간(SRT)이 길어 질산화반응이 진행되기 쉽다. 또한 산화구내에 무산소지역을 설치하여 질소의 제거를 기대할 수 있다.

산화구법은 다음과 같은 특징을 갖고 있다.

- ① 산화구법은 저부하에서 운전되므로 유입하수량, 수질의 시간변동 및 수온저하(5℃ 부근)가 있어도 안정된 유기물제거를 기대할 수 있다.
- ② 저부하조건의 운전으로 SRT가 길어 질산화반응이 진행되기 때문에 무산소 조건을 적절히 만들면 70% 정도의 질소 제거가 가능하다.
- ③ 질산화반응에 의해 처리수의 pH저하에 의해 처리수질의 악화를 방지하기 위하여 반응조내 무산소영역을 만들거나 무산소시간을 설정하여 탈질반응을 일으켜 질산화로 소비된 알칼리도를 보충할 수 있다.
- ④ 산화구내의 혼합상태에 따른 용존산소농도는 흐름의 방향에 따라 농도구배가 발생하지만 MLSS 농도, 알칼리도 등은 구내에서 균일하다.

- ⑤ 슬러지 발생량은 유입 SS량당 대략 75% 정도이다. 이 비율은 표준활성슬러지법과 비교하여 작다.
- ⑥ 잉여슬러지는 호기성 분해가 이루어지게 되므로 표준활성슬러지법에 비해 안정화되어 있다.
- ⑦ 체류시간이 길고 수심이 얕으므로 넓은 처리장부지가 소요된다.



[그림 4.5.44] 산화구법의 처리계통 예

2) 용량, 형상, 구조 및 수

산화구의 용량 및 형상 등은 다음의 각 항을 고려하여 정한다.

- (1) 용량은 HRT가 24~48시간이 되도록 정한다.
- (2) 형상은 장원형무한수로 하며 수심 1.0~3.0m, 수로폭 2.0~6.0m 정도가 되도록 한다.
- (3) 구조는 수밀한 철근콘크리트조를 표준으로 한다.
- (4) 수는 2지 이상으로 한다.

【해설】

(1)에 대하여

본법은 질산화반응이 불가피하게 진행되므로 BOD제거를 안정적으로 수행하기 위해서는 질산화, 탈질반응을 함께 고려하여 설계하는 것이 일반적이다.

(2)에 대하여

산화구의 형상은 장원형의 무한수로로 한다. 그러나 부지 형상에 의해 형상이 변경되어야 할 필요가 있는 경우에는 수로가 굽은 형태의 무한수로로 하는 것도 가능하다. 수심은 1.0~3.0m 정도를 표준으로 한다. 수로폭은 2.0~6.0m 정도를 표준으로 하지만 이차침전지와의 관계를 고려하여 특별한 경우에는 그 제한을 두지 않는다. 굴곡부에 있어서는 외측의 유속이 내측의 유속에 비해 빠르게 되어 흐름의 정류부가 발생하게 되므로 슬러지의 침강 및 유효용량의 감소 등이 발생하기 때문에 굴곡부에는 도류벽을 설치하여 내측의 유속을 증대시키는 것이 바람직하다([그림 4.5.45]참조).

(3)에 대하여

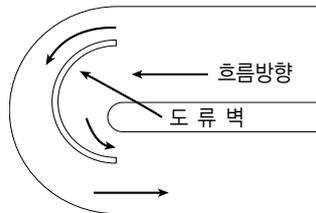
철근콘크리트조를 표준으로 하지만 간이 구조로서 아스팔트라이닝, 모르타라이닝, 석적, 석장, 블록쌓기 등을 이용하는 것도 가능하다. 그러나 포기 장치의 설치부분은 수류가 격렬하기 때문에 철근콘크리트조로 하여야 한다. 소규모 시설의 경우, 용지조건, 재료비, 시공비, 유지관리비 등을 비교하여 간이구조의 시설을 설치할 수 있다. 이러한 예로서는 조립식 산화구법이 있다. 이법은 프리캐스트 부재

를 현장조립하여 설치하는 것으로 동심원의 외관부에 반응조를 내관부에 이차침전지를 배치하는 것으로 그 예를 [그림 4.5.46]에 나타내었다.

〈표 4.5.18〉 산화구의 설계제원

항 목	제 원
HRT (시간)	24 ~48
MLSS농도 (mg/l)	3,000~4,000
F/M비 (kg BOD/kg SS · d)	0.03~0.05
슬러지반송비 (%)	100~200
필요산소량 (kg O ₂ /kg BOD)	1.4~2.2
SRT (일)	8~50 *

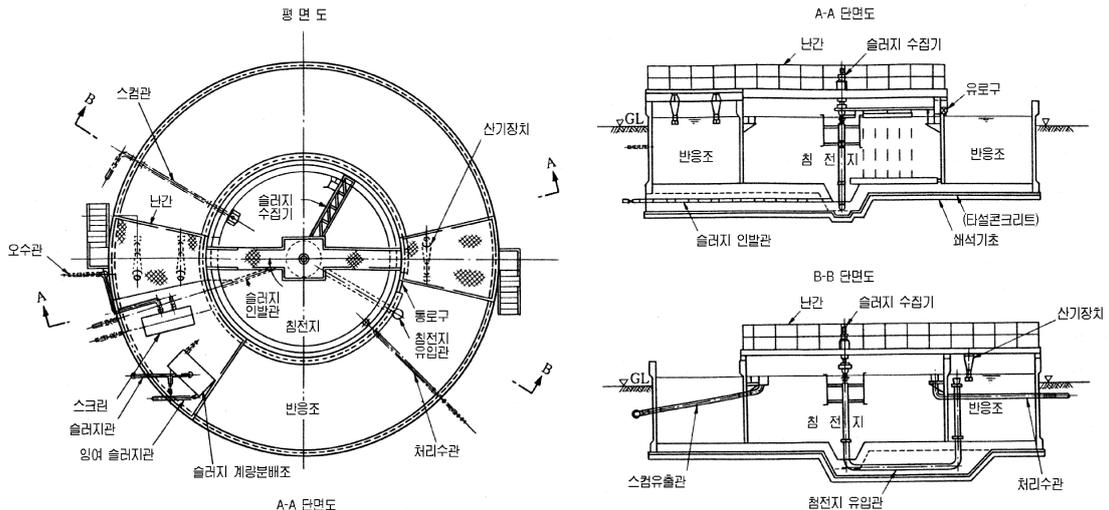
* 산화구내의 호기적 조건하의 용량에 대한 SRT값을 나타냄.



[그림 4.5.45] 도류벽 설치예

(4)에 대하여

지수는 청소, 보수 등의 경우를 고려하여 2지 이상으로 한다. 단, 유입수량이 적은 경우에는 1지로 할 수도 있다.



[그림 4.5.46] 프리캐스트 부재를 이용한 산화구

3) 포기장치

포기장치는 다음의 항목을 고려하여 결정한다.

- (1) 포기장치는 1지에 2대 이상을 표준으로 한다.
- (2) 산소의 공급, 혼합액의 교반, 유속의 확보가 충분하도록 한다.
- (3) 간헐 운전, 운전 대수 제어, 회전수 제어, 침적심도의 변경 등에 따라 운전방법의 선택이 가능하도록 한다.
- (4) 포기장치의 종류로는 증축형, 횡축형, 스크루형 등의 기계식교반장치, 축류펌프형 및 프로펠라형 등이 있다.

【해설】

(1)에 대하여

설치 대수는 고장에 의한 정지를 고려하여 2대 이상으로 하는 것이 바람직하지만 처리수량이 작은 경우와 방류 수질을 양호하게 유지하는 것이 가능한 경우에는 1대로 하는 것도 가능하다.

(2)에 대하여

포기장치는 산소를 공급하고 혼합액에 순환유속을 부여하며 유입하수나 활성슬러지를 혼합 교반한다. 산화구내의 유속은 최저유속(저부유속) 0.1 m/s 이상, 평균유속 0.25 m/s 정도로 한다. 각 형식에 따라 운전방법이 다르고 효율이 좋은 산소공급이 수행되는 동력투입밀도(단위혼합액당의 투입동력)의 범위 및 동력투입밀도와 유속 및 유속분포의 관계, 또한 산소공급효율이 다르기 때문에 각각의 특징을 충분히 파악하여 선정할 필요가 있다.

(3)에 대하여

유기물의 산화 및 질산화, 탈질은 구내의 용존산소농도 상태와 깊게 관련되어 있다. 용존산소농도는 유입하수의 수량, 수질, 수온 및 MLSS농도에 따라 변화한다. 산소공급량의 조정은 포기장치의 운전 방법에 따라서(간헐운전, 운전대수제어 등) 또한, 산소공급능력의 제어(회전수 제어, 침적심도의 조절 등)와 연계하여 수행한다.

(4)에 대하여

포기장치의 종류는 <표 4.5.19>를 참조한다. 기계교반식은 산소공급 및 교반 및 유속의 확보를 모두 수행하지만, 축류펌프, 프로펠라형은 교반 및 유속의 확보를 수행하고 산소의 공급은 별도 산기장치로 수행한다.

4) 부대설비

부대설비는 다음의 각 항을 고려하여 정한다.

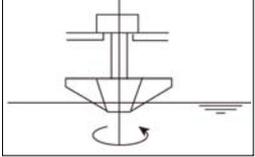
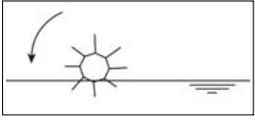
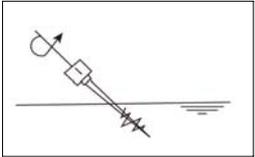
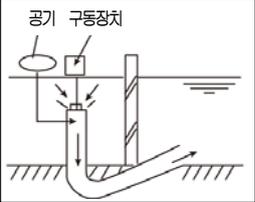
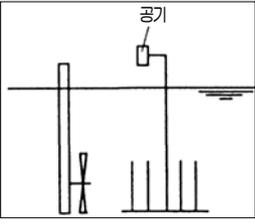
- (1) 유입 및 유출구에는 각각 게이트를 설치한다.
- (2) 포기장치에는 필요에 따라서 위험방지, 비산방지, 점검 등을 위해 덮개 및 보행로를 설치한다.

【해설】

(1)에 대하여

수위 조절을 행하기 위해 유출구에 게이트를 설치한다.

〈표 4.5.19〉 산기장치의 종류

형식	개요	
중축형		모터의 회전력을 이용하여 반응조의 수면상에 침적되어있는 임펠러를 회전시켜 포기하는 표면포기방식
횡축형		횡축회전축에 부착된 로터를 이용한 수면을 교반하고 포기하는 표면포기방식
스크류형		스크류의 회전에 의한 부압을 이용하여 공기를 미세화시켜 공급하는 수중포기방식
축류펌프형		축류임펠러의 교반과 산기관의 공기 흡입을 조합한 방식으로 축류펌프를 이용하여 기액혼합액을 반응조 후단의 저부로부터 토출하는 방식
프로펠라형		교반과 혼합은 수중프로펠라로 산소의 공급은 산기관으로 하는 방식

(2)에 대하여

구동부가 지상에 있을 때에는 안전대책으로 덮개 등을 설치한다.

5) 이차침전지

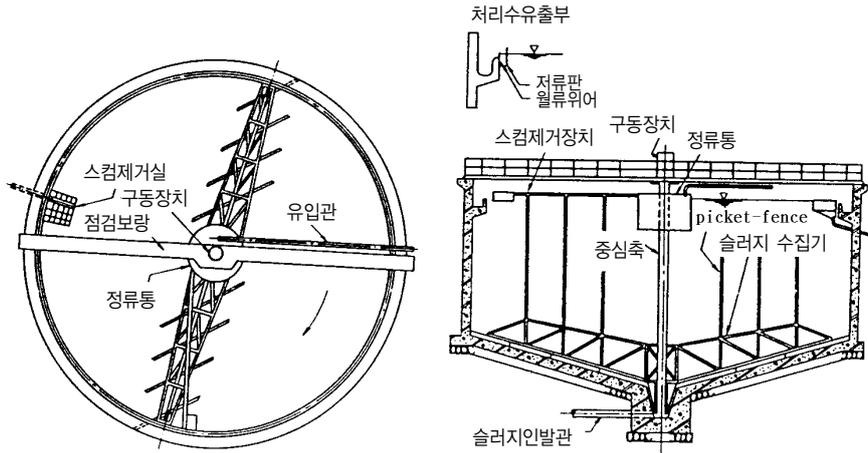
이차침전지는 다음의 각 항목을 고려하여 결정한다.

- (1) 형상은 원칙적으로 원형 방사류식으로 한다.
- (2) 방식은 연속식을 원칙으로 한다.
- (3) 지수는 원칙적으로 2지 이상으로 한다.

【해설】

(1)에 대하여

이차침전지의 형상은 원칙적으로 원형방사류식으로 한다([그림 4.5.47] 참조). 이 방식은 슬러지수집기의 유지관리가 용이하며 일반적으로 소규모인 경우 경제적이다.



[그림 4.5.47] 원형 방사류식 이차침전지의 예

이차침전지의 설계제원은 <표 4.5.20>과 같다.

<표 4.5.20> 산화구법용 이차침전지 설계제원

항 목	제 원
침전 시간 (시간)	6~12
유효 수심 (m)	3.0~4.0
수면적 부하 ($m^3/m^2 \cdot d$)	8~12
월류 부하 ($m^3/m^2 \cdot d$)	25~30

이차침전지에서는 구내의 MLSS농도를 높게 유지하기 위해 활성슬러지를 충분히 농축할 필요가 있다. 또한, MLSS농도가 표준활성슬러지법의 2배 이상으로 계면침강이 지배적이므로 침강 속도가 늦다. 따라서 수면적부하는 시간최대오수량 유입시에 $20 m^3/m^2 \cdot d$ 이 확보될 수 있게 정한다. 슬러지 계면의 위치를 상대적으로 낮게 유지하기 위해서는 유효수심을 3.0~4.0 m로 크게 하여야 한다.

(2)에 대하여

산화구법의 이차침전지는 연속식을 원칙으로 하지만 간헐식의 예도 있다.

(3)에 대하여

지수에 대해서는 4.4.2 이차침전지에 준한다.

6) 이차침전지 부대설비

부대설비는 다음의 각항을 고려하여 정한다.

- (1) 슬러지수집기
원형방사류식 침전지는 picket fence 부착형으로 한다.
- (2) 스크 제거장치
이차침전지에는 스크 제거장치를 설치한다.
- (3) 슬러지인발기 및 슬러지반송설비
반송슬러지펌프 능력은 일최대수량의 100~200% 정도로 한다. 각 펌프는 예비 포함 2대 이상으로 한다.
슬러지 배관의 최소 구경은 100 mm로 한다.

【해설】

(1)에 대하여

Picket fence 등을 설치함으로써 슬러지의 침강성을 개선하는 것이 가능하다.

(2)에 대하여

산화구법은 일차침전지를 설치하지 않으므로 스크이 이차침전지에 유입되기 때문에 스크 제거장치를 설치한다. 또한, 이차침전지에서 스크 발생을 줄이기 위해 산화구 유입전에 간격 2~5 mm의 미세목 스크린을 설치하기도 한다.

(3)에 대하여

활성슬러지의 침강성이 악화되어 반송슬러지농도가 낮아지는 경우에는, MLSS농도를 적정히 유지하기 위해 슬러지반송비를 증가시킬 필요가 있다.

4.5.9 장기포기법

1) 개요

장기포기법은 활성슬러지법의 변법으로 플러그흐름 형태의 반응조에 HRT와 SRT를 길게 유지하고 동시에 MLSS농도를 높게 유지하면서 오수를 처리하는 방법으로 특징은 다음과 같다.

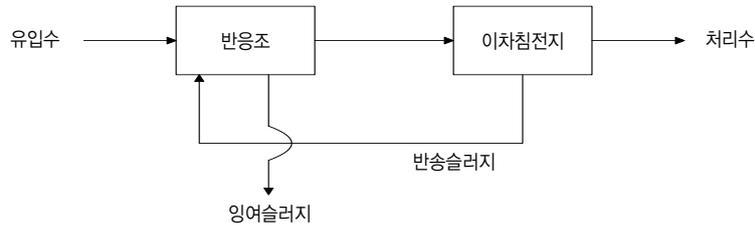
- ① 활성슬러지가 자산화되기 때문에 잉여슬러지의 발생량은 표준활성슬러지법에 비해 적다.
- ② 과잉 포기로 인하여 슬러지의 분산이 야기되거나 슬러지의 활성도가 저하되는 경우가 있다.
- ③ 질산화가 진행되면서 pH의 저하가 발생한다.

2) 시설의 구성

시설은 산기장치를 설치한 반응조와 이차침전지로 구성된다.

【해설】

장기포기법의 구성은 [그림 4.5.48]과 같다.



[그림 4.5.48] 장기포기법의 처리계통

원칙적으로 유량조정조 및 일차침전지는 설계하지 않으며 유량변동이 매우 큰 경우에는 이차침전지에의 유입량의 균등화를 도모하기 위해 유량조정조 및 유량조정장치의 설치 등을 검토할 필요가 있다.

3) 반응조의 형상, 구조 및 수

반응조의 형상, 구조 및 수는 다음의 각 항을 고려하여 결정한다.

- (1) 형상은 장방형 또는 정방형으로 하며 장방형의 경우 유로의 폭은 유효수심의 1~2배의 범위에서 결정한다.
- (2) 유효수심은 4~6 m를 표준으로 한다.
- (3) 여유고는 80 cm 정도를 표준으로 한다.
- (4) 플러그흐름형 반응조의 경우에는 조의 내부를 분할할 수 있는 저류벽 등을 설치한다.
- (5) 수밀성 철근콘크리트조로 하며 벽의 최상단이 지면으로부터 15 cm 이상이 되도록 한다.
- (6) 유지관리를 위한 보도를 설치한다.
- (7) 수는 원칙적으로 2조 이상으로 한다.

【해설】

(1)에 대하여

활성슬러지의 혼합과 조내의 수류상태를 양호하게 하기 위해 조의 폭은 유효수심의 1~2배로 하는 것이 좋다. 특히 선회류식의 경우 오수와 활성슬러지와의 혼합액의 수류상태는 조의 폭과 수심의 비에 관계가 있는데 조의 폭을 수심에 비하여 크게 하면 수류가 불균등하게 된다. 조에 유입되는 하수와 반송슬러지를 충분히 혼합시키기 위해 저류판 등을 설치하는 것을 검토한다.

(4)에 대하여

질산화가 진행됨에 따라 pH가 저하되는 것을 막기 위해 반응조내에 탈질공정을 도입하여 알칼리도를 회수하는 것이 바람직하며 이를 위해 반응조를 적절히 분할할 필요가 있다. 조를 40~50% 정도로 분할하여 운전의 상황에 따라 최적의 무산소시간과 호기시간과의 비를 조정한다.

(7)에 대하여

청소, 보수 등의 경우를 고려하여 조는 원칙적으로 2조 이상 필요하다.

4) 반응조의 설계제원

반응조의 계획오수량은 계획1일최대오수량으로 하며, 설계제원은 계획오수량에 대하여 <표 4.5.21>을 표준으로 한다.

<표 4.5.21> 반응조의 설계제원

항 목	제 원
F/M비 (kg BOD/kg SS · d)	0.03~0.05
BOD용적부하 (kg BOD/m ² · d)	0.13~0.2
MLSS농도 (mg/l)	3,000~4,000
SRT (일)	13~50
HRT (시간)	16~24
슬러지반송비 (%)	100~200

【해설】

본법에 있어서 F/M비, MLSS농도 및 슬러지반송비에 대해서는 산화구법과 동일한 정도의 값을 갖게 되지만 HRT는 16~24 시간으로 한다. 통상적으로 저수온시에는 16시간 정도의 HRT로는 안정된 처리를 유지할 수 없기 때문에 24시간 정도로 하는 것이 바람직하다.

5) 산기장치 및 송풍량

산기장치 및 송풍량은 다음의 각 항을 고려하여 결정한다.

- (1) 산기장치는 반응조의 운전방법에 대응할 수 있는 기종 및 구성이 되도록 유의한다.
- (2) 송풍량은 유기물의 산화와 내생호흡 및 암모니아성 질소의 질산화를 고려하여 결정한다.

【해설】

(1)에 대하여

본법에 사용하는 산기장치는 반응조의 운전방법에 따라 산기식, 기계식 및 병용식으로 선정할 수 있지만 질산화-탈질 운전의 경우는 기계식을 선정한다. 또한 산기장치의 선정에 있어서는 필요한 공기량을 공급할 수 있고 반응조내에서 고형물의 퇴적이 일어나지 않도록 충분한 교반능력을 갖추어야 하며, 질산화-탈질 운전을 행하는 경우에도 지장이 없는 기종을 선정한다.

(2)에 대하여

본법과 같이 낮은 F/M비로 운전하는 활성슬러지법에 있어서 필요한 산소공급량은 유입 BOD의 산화, 암모니아성질소의 질산화 및 내생호흡과 같은 자산화 반응에 필요한 산소량을 총합하는데 대략적으로 BOD 1kg당 1.8~2.2kg의 O₂가 필요하다.

장기포기법에서는 대부분의 경우 질산화가 일어나지만 질산화작용은 알칼리도의 소비를 동반한다. 통상적으로 암모니아성 질소 1kg이 질산화되는 데에는 7.14kg의 알칼리도가 소비되게 된다. 예를 들어 암모니아성 질소농도 25mg/l의 유입수를 완전히 질산화시키기 위해서 알칼리도는 약 180mg/l

정도 소비되는 것으로 계산된다. 하수중의 알칼리도가 100~200 mg/l 정도인 경우 알칼리도가 부족하여 pH의 저하가 발생하게 된다. 이런 현상을 예방하기 위해 알칼리제(수산화나트륨등)를 첨가하는 방법이 있지만 소규모처리시설에 있어서는 탈질작용에 의한 알칼리도의 회수를 도모하는 방법을 택하는 것이 바람직하다. 반응조1의 앞부분을 무산소반응조로 하며, 이 무산소반응조는 포기를 하지 않으면서 유입오수와 반송슬러지를 혼합할 수 있는 구조로 만들며, 반응조의 뒷부분은 포기를 행할 수 있는 구조로 만든다.

또한, 초기 운전시와 같이 유입수량이 작은 때에는 과잉 포기가 되지 않도록 포기 강도를 계획치에 1/3 정도로 낮추어 운전하도록 한다. 조내의 교반 능력은 조의 형상과 포기장치의 배치에 따라 크게 차이가 나는데 저부의 최저유속이 10 cm/s 이상이 되면, 고형물의 침전이 일어나지 않는다.

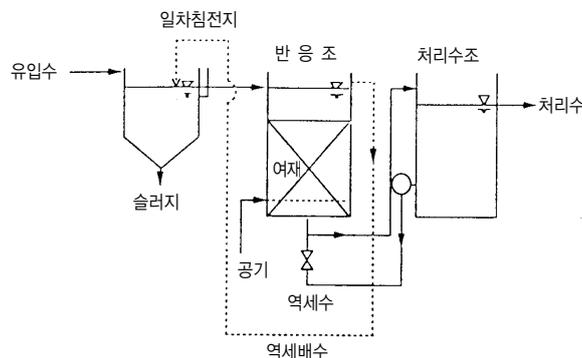
4.6 생물막법

4.6.1 생물막법의 처리방식

생물막법은 대기, 하수 및 생물막의 상호 접촉양식에 따라 살수여상법, 회전원판법, 접촉산화법 및 침적여과형의 호기성여상법으로 분류된다.

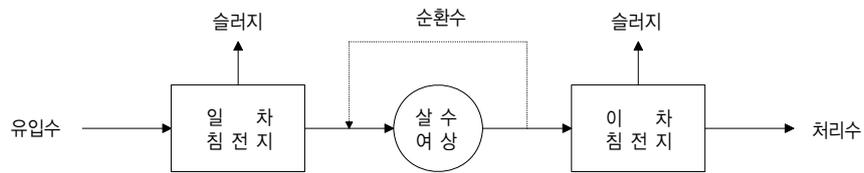
호기성여상법은 3~5 mm 정도의 여재를 충전한 여상의 상부에 오수를 유하시켜 여상의 하부로 부터 호기성 생물처리에 필요한 공기를 불어넣는 것이며, 오수중의 부유물은 여재사이에 포획되고 용해성 유기물은 여재 표면에서 증식한 생물막에서 처리된다. 따라서 운전관리는 공기량의 조정과 역세척만으로 이루어진다.

또 호기성여상법의 여재는 조밀하게 충전되어 있기 때문에 생물막의 기능과 동시에 여과기능을 가지고 있어 다른 생물막법과 달리 이차침전지를 필요로 하지 않아 [그림 4.6.1]에 제시한 흐름도와 같이 이 처리법은 일차침전지와 반응조로 구성되어 있어 별킹, 스컴의 발생 등 활성슬러지법에서 나타나는 문제점도 없다.

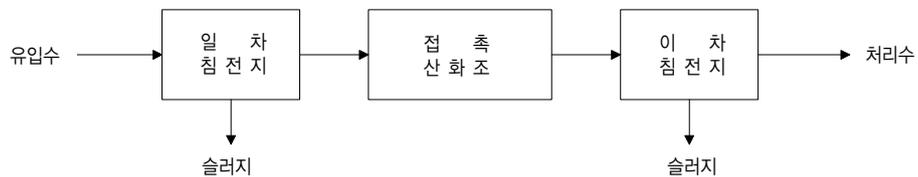


[그림 4.6.1] 호기성여상법의 흐름도

살수여상법, 회전원판법 및 접촉산화법은 [그림 4.6.2~4.6.4]의 처리계통도와 같이 일차침전지, 반응조 및 이차침전지로 구성되며, 반응조내의 여재 등과 같은 접촉체의 표면에 주로 미생물로 구성된 생물막을 만들어 오수를 접촉시키는 것으로 오수중의 유기물을 분해·처리하는 것이다.

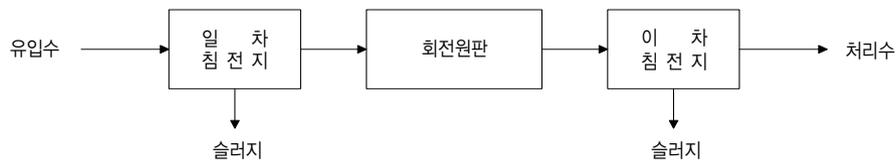


[그림 4.6.2] 살수여상법의 흐름도



[그림 4.6.3] 접촉산화법의 흐름도

살수여상법에서는 고정된 쇠석과 플라스틱 등의 여재 표면에 부착한 생물막의 표면을 하수가 박막의 형태로 흘러내린다. 하수가 여재 사이의 적당한 공간을 통과할 때에 공기중으로부터 하수에 산소가 공급되며 하수로부터 생물막으로 산소와 기질이 공급된다.



[그림 4.6.4] 회전원판법의 흐름도

접촉산화법에서 접촉여재는 통상 물에 잠겨 있다. 이 때문에 하수에 산소를 공급하며 또한 하수와 생물막의 접촉을 촉진하기 위한 교반을 하는 장치가 필요하다. 접촉산화법은 접촉여재를 고정시킨 것과 부유상태 또는 유동상태인 것으로 대별되며 전자를 고정상식, 후자를 유동상식이라고 한다.

회전원판법에서는 반응조의 상태가 살수여상법과 접촉산화법의 중간에 위치해 있다. 이 방법에서는 플라스틱 등으로 만들어진 접촉체가 구동축을 중심으로 회전한다. 접촉체는 일반적으로 그 표면의 40% 정도가 하수중에 침적되어 있으며, 접촉체의 회전에 동반하여 그 표면에 부착된 미생물막은 하수중과 대기중을 상호로 왕복한다. 그러나 대기, 하수 및 생물막의 접촉양식은 접촉체가 대기중에 있는 시간은 살수여상법과 또 접촉체가 하수중에 있는 시간은 접촉산화법과 유사하게 된다.

이러한 세 가지 처리법은 설계 및 운전관리 인자가 각각 다르지만 같은 호기성 처리인 활성슬러지법과 비교한 경우 공통적으로 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

- ① 반응조내의 생물량을 조절할 필요가 없으며 슬러지 반송을 필요로 하지 않기 때문에 운전 조치가 비교적 간단하다.
 - ② 활성슬러지법에서의 벌킹현상처럼 이차침전지 등으로부터 일시적 또는 다량의 슬러지 유출에 따른 처리수 수질악화가 발생하지 않는다.
 - ③ 반응조를 다단화함으로써 반응효율, 처리의 안전성의 향상이 도모된다.
- 한편, 생물막법에서는 공통적으로 다음과 같은 문제점이 지적되고 있다.
- ① 활성슬러지법과 비교하면 이차침전지로부터 미세한 SS가 유출되기 쉽고 그에 따라 처리수의 투시도의 저하와 수질악화를 일으킬 수 있다.
 - ② 처리과정에서 질산화 반응이 진행되기 쉽고 그에 따라 처리수의 pH가 낮아지게 되거나 BOD가 높게 유출될 수 있다.
 - ③ 생물막법은 운전관리 조치가 간단하지만 한편으로는 운전조작의 유연성에 결점이 있으며 문제가 발생할 경우에 운전방법의 변경 등 적절한 대처가 곤란하다.

4.6.2 접촉산화법

(1) 원리

접촉산화법은 생물막을 이용한 처리방식의 한가지로서, 반응조내의 접촉제 표면에 발생 부착된 호기성미생물(이하 '부착생물'이라 칭함)의 대사활동에 의해 하수를 처리하는 방식이다. 일차침전지 유출수 중의 유기물은 호기상태의 반응조내에서 접촉제 표면에 부착된 생물에 흡착되어 미생물의 산화 및 동화작용에 의해 분해 제거된다.

부착생물의 증식에 필요한 산소는 포기장치로부터 조 내에 공급된다. 접촉제 표면의 과잉부착생물은 탈리되어 이차침전지에서 침전분리되지만, 활성슬러지법에서처럼 반송슬러지로서 이용되는 것이 아니라 잉여슬러지로서 인출된다.

(2) 특징

접촉산화법의 특징은 다음과 같다.

- ① 반송슬러지가 필요하지 않으므로 운전관리가 용이하다.
- ② 비표면적이 큰 접촉제를 사용하여 부착생물량을 다량으로 보유할 수 있기 때문에, 유입기질의 변동에 유연히 대응할 수 있다.
- ③ 생물상이 다양하여 처리효과가 안정적이다.
- ④ 슬러지의 자산화가 기대되어 잉여슬러지량이 감소한다.
- ⑤ 부착생물량을 임의로 조정할 수 있어서 조작조건의 변경에 대응하기 쉽다.
- ⑥ 접촉제가 조 내에 있기 때문에 부착생물량의 확인이 어렵다.

⑦ 고부하에서 운전하면 생물막이 비대화되어 접촉제가 막히는 경우가 발생한다. 이러한 접촉산화법의 장단점을 요약하면 <표 4.6.1>과 같다.

<표 4.6.1> 접촉산화법의 장단점

장 점	단 점
<ul style="list-style-type: none"> • 유지관리가 용이하다. • 조내 슬러지 보유량이 크고 생물상이 다양하다. • 분해속도가 낮은 기질 제거에 효과적이다. • 부하, 수량변동에 대하여 완충능력이 있다. • 난분해성물질 및 유해물질에 대한 내성이 높다. • 수온의 변동에 강하다. • 슬러지 반응이 필요없고 슬러지발생량이 적다. • 소규모시설에 적합하다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 미생물량과 영향인자를 정상상태로 유지하기 위한 조작이 어렵다. • 반응조내 매체를 균일하게 포기 교반하는 조건설정이 어렵고 시수부가 발생할 우려가 있으며 포기비용이 약간 높다. • 매체에 생성되는 생물량은 부하조건에 의하여 결정된다. • 고부하시 매체의 폐쇄위험이 크기 때문에 부하조건에 한계가 있다. • 초기 건설비가 높다.

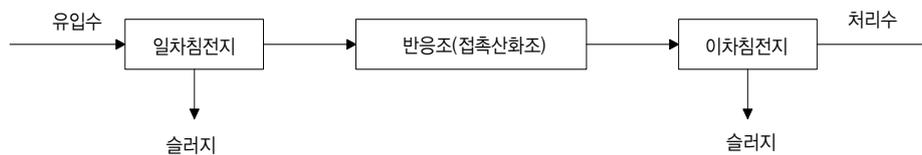
1) 시설의 구성

시설은 일차침전지, 반응조(접촉산화조), 이차침전지 등으로 구성된다.

【해설】

접촉산화법의 시설구성을 [그림 4.6.5]에 나타내었다.

접촉산화법에 있어서 유입수량의 일간변동이 큰 경우는 유량조정조를 설치할 수 있다. 이차침전지에서의 고액분리가 불충분하게 되는 경우에는 경제성, 유지관리성 등을 검토하여 이차침전지 뒤에 여과시설을 설치할 수 있다. 여과의 방법으로는 급속여과지, 스크린, 스트레이너 등이 있다.



[그림 4.6.5] 접촉산화법의 처리계통

2) 침전지

일차 및 이차 침전지는 다음의 각항을 고려하여 결정한다.
 (1) 형상은 장방형, 정방형 또는 원형방사류로 한다.
 (2) 지수, 구조 및 설비

【해설】

(1)에 대해

일차 및 이차침전지의 설계제원은 <표 4.6.2>와 <표 4.6.3>에 따른다.

〈표 4.6.2〉 접촉산화법의 일차침전지의 제원

항 목	제 원
수면적부하($m^3/m^2 \cdot d$)	20~30
유효수심(m)	2.5~4.0
월류부하($m^3/m \cdot d$)	100 이하

〈표 4.6.3〉 접촉산화법의 이차침전지의 제원

항 목	제 원
수면적부하($m^3/m^2 \cdot d$)	20~30
유효수심(m)	2.5~4.0
월류부하($m^3/m \cdot d$)	80 이하

(2)에 대하여

일차침전지의 지수, 구조 등에 대해서는 4.4.1의 1)과 2)를 참조.

이차침전지의 지수, 구조 등에 대해서는 4.4.2의 1)과 2)를 참조.

3) 반응조의 형상, 구조 및 수

조의 형상, 구조 및 수는 다음의 각항을 고려하여 결정한다.

- (1) 형상은 장방형 또는 정방형으로 하며, 유로의 폭은 수심의 1~2배의 범위내에 결정한다.
- (2) 유효수심은 3~5 m를 표준으로 한다.
- (3) 수는 2기 이상으로 한다.
- (4) 반응조의 실수는 2실 이상으로 한다.
- (5) 수밀한 철근콘크리트조로 제작하며 조의 최상단은 지면으로부터 15 cm 이상으로 한다.

【해설】

(1)에 대하여

하수가 조내의 접촉제 전체에 균등히 접촉되어 양호한 수류상태를 유지하기 위해 조의 폭은 수심에 1~2배 정도로 하는 것이 좋다. 조의 폭을 수심에 비하여 크게 하면 수류상태가 불균등하게 되어 접촉제 전체가 유효하게 이용되지 못한다.

(2)에 대하여

수심을 크게 하면 건설비가 비경제적이고, 작게 하면 소요면적이 커져서 불리하다. 따라서 유효수심은 일반적으로 3~5 m로 하는 것이 좋다.

(3)에 대하여

청소, 보수 등의 경우를 고려하여 조는 2기 이상이 필요하다.

(4)에 대하여

조 내에서의 유입수의 단락류방지를 위하고 각 실의 기능의 상호보완작용에 의한 처리성능의 향상을 위해 실수는 2실 이상으로 한다.

제1실의 기능이 상승하면 제2실은 제1실 보다 저부하가 되어 안정성이 증대한다. 역으로 제1실의 기능이 저하되면 제2실의 기능이 상승되어 이것을 보완하게 되기 때문에 이러한 각 실의 상호기능보완에 의해 처리수질의 안정화를 도모할 수 있다. 또한 부하가 높은 경우는 실수를 증가시키는 것이 가능하다. 제1실과 제2실의 용량비는 3 : 2 정도가 바람직하다.

(5)에 대하여

반응조는 철근콘크리트조로 제작하며 충전된 접촉제에 균등히 오수가 접촉되어 단락류를 일으키지 않는 형상으로 한다. 또한 바닥에는 흐름 방향으로 1~2% 정도의 구배를 주어 슬러지를 배제시키는 슬러지배출장치를 설치한다.

4) BOD 용적부하

BOD 용적부하는 계획오수량에 대하여 $0.3 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{d}$ 정도를 표준으로 한다.

【해설】

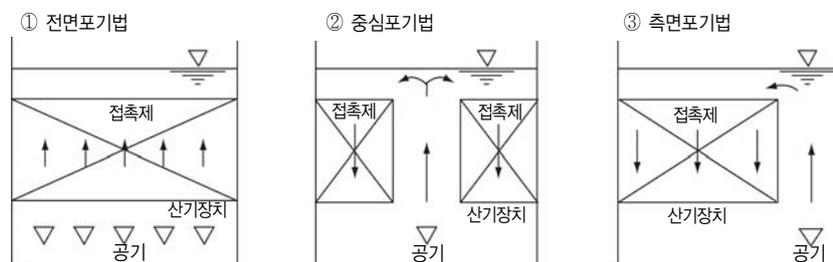
접촉제의 비표면적이 커지면 이에 따라 BOD 용적부하를 높게 하는 것이 가능하다. 그러나 부하가 높아지게 되면 접촉제의 공극부위에 슬러지가 과잉 축적되어 조의 막힘을 야기하기 때문에 안정된 처리효과를 기대하기 어렵게 된다. 이렇게 조의 막힘을 방지하고 안정된 처리를 유지하기 위해서는 반응조의 BOD 용적부하를 계획1일최대오수량에 대하여 $0.3 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{d}$ 정도로 한다.

5) 송풍량

송풍량은 접촉제를 전면에 설치하는 경우 계획오수량에 대하여 8배를 표준으로 한다.

【해설】

접촉제의 설치형식은 고정형과 유동상형이 있으며 고정형에는 [그림 4.6.6]에서 볼 수 있듯이 일반적으로 ① 전면설치, ② 양측설치 및 ③ 편측설치의 3종류가 있다.



[그림 4.6.6] 접촉제의 설치방법

①의 전면설치형식의 경우에 있어서 공기량은 조내의 오수를 균일하게 교반하고, 조 유출구에서의 용존산소를 2~3mg/l 정도로 유지하기 위해 계획오수량의 8배 정도가 필요하다. 그러나 ② 및 ③의 경우는 선회류를 유지하기 위해, 송풍량을 더욱 늘려야 할 필요가 있다. 고부하운전을 계속하면 생물막이 비대화되어서 접촉제가 막히게 되는 경우가 있다. 이 경우에는 접촉제 바로 밑에 배치한 역세용 공기배관을 통하여 공기로 세척해냄으로써 비대화된 생물막을 탈리시킨다.

6) 접촉제의 형상 및 재질

접촉제의 형상 및 재질은 다음의 각 항을 고려하여 결정한다.

- (1) 접촉제는 비표면적이 크고 충분한 공극률을 갖고 있는 것으로 한다.
- (2) 재질은 내부식성이 큰 슬러지의 축적에 의한 중량 증가 및 교반 수류에 의해서 변형 및 파손이 발생하지 않을 강도를 가진 것이어야 한다.

【해설】

(1)에 대하여

접촉제는 오수가 접촉제와 균등하게 충분히 접촉할 수 있도록 균질하고 공극률이 충분하여야 하며 생물막이 부착하는 비표면적이 큰 것을 사용하는 것이 바람직하다. 또한 수류에 의해서 손상되지 않는 강도를 가져야 하고, 오수에 의한 변질이 생기지 않도록 화학적 강도를 갖는 재질을 선정할 필요가 있다.

접촉제의 형상은 튜브모양, 끈모양, 망모양, 망상골격체모양, 평판모양, 공모양 등의 다양한 종류가 있으나 이러한 형상에 따라 처리특성과 충전방법 및 포기 방법이 달라진다. 따라서 유입오수의 특성에 적합한 접촉제를 선정하고 그 접촉제에 적합한 산기장치의 설치를 검토한다. 일반적으로 반응조내의 접촉제의 충전율은 55% 정도로 하며, 접촉제는 1실과 2실의 종류를 다르게 하여 1실에는 공극률이 크고, 2실에는 작은 것을 사용하는 것이 바람직하다.

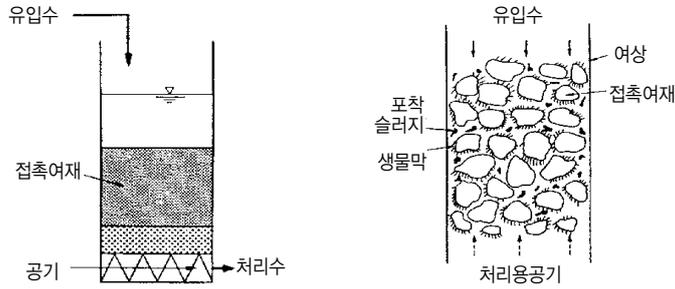
(2)에 대하여

접촉제의 재질은 일반적으로 가벼우며 부식성이 없는 합성수지제품을 사용하는 것을 표준으로 한다. 접촉제표면의 부착미생물량을 확인하기 위해 접촉제의 일부분을 들어올려 확인할 수 있도록 하는 것이 바람직하다.

4.6.3 호기성여상법

1) 원리

호기성여상법은 [그림 4.6.7]에 나타나 있는 것처럼 3~5 mm 정도의 접촉여재를 충전시킨 여상의 상부에 일차침전지 유출수를 유입시켜 여재를 통과하는 사이에 여재의 표면에 부착된 호기성미생물로 하여금 유기물의 분해와 SS의 포착을 동시에 행하게 하는 처리방식으로 이차침전지는 설치하지 않는다.



[그림 4.6.7] 호기성여상의 구조 및 여상단면

미생물의 산화 및 동화작용에 필요한 산소의 공급은 여상하부의 산기장치로부터 이루어진다. 처리시간의 경과와 더불어 포착된 SS와 증식된 미생물에 의해 여상이 폐쇄되기 때문에 여과기능을 회복하기 위해서 공기 또는 물을 이용하여 역세척을 하게 된다. 이때 발생하는 역세배수는 유량조정조 혹은 일차침전지로 반송되어 역세배수 중의 SS 등을 침전시켜 제거한다.

2) 특징

호기성여상법의 특징은 다음과 같다.

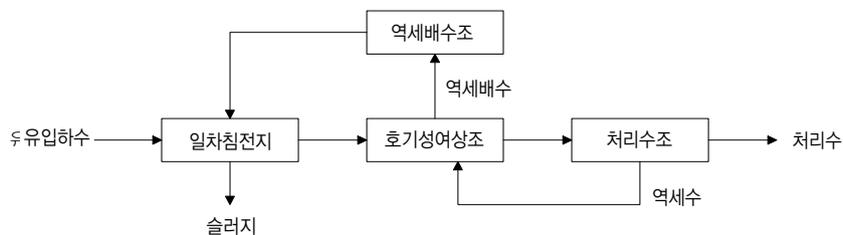
- ① 호기성미생물의 흡착작용, 생물분해작용과 물리적 여과작업이 동시에 이루어져 이차침전지가 필요 없어 체류시간이 짧고 필요 부지면적이 적다.
- ② 반송슬러지가 필요하지 않고 고액분리 장애(벌킹) 등의 염려가 없어 공기량의 조정과 역세척만의 조정으로 양호한 처리수를 얻을 수 있는 비교적 용이한 처리방식이다.
- ③ 본법은 산소용해효율이 높기 때문에 다른 처리법에 비해 필요산소량 및 필요공기량이 적다.
- ④ 부하량에 따라서는 질산화미생물의 증식이 가능해 유기물제거 뿐만 아니라 질산화반응도 가능하다.

3) 시설의 구성

호기성여상법의 시설은 일차침전지 및 호기성여상조와 송풍기, 역세수를 저류하는 처리수조, 역세배수를 저류하는 역세배수조 등으로 구성된다.

【해설】

호기성여상법의 기본적인 처리계통은 [그림 4.6.8]과 같다.



[그림 4.6.8] 호기성여상법의 처리계통

본법은 일차침전지 및 호기성여상, 여상의 역세에 필요한 역세수를 저장하는 처리수조, 그리고 역세 배수를 저류하는 역세배수조등으로 구성되어 있다.

일간의 유량변동이 현저한 소규모의 경우, 역세배수조에 오수량의 조정기능을 추가시킬 것을 검토한다. 단, 이때는 스킴, 악취, 부식성 가스등이 일반적인 일차침전지보다 많이 발생하기 때문에 충분한 대책을 검토하여야 한다. 보다 안정된 처리효율 및 운전을 위해서는 일차침전지 전단에 유량조정조의 설치를 검토하여야 한다.

일차침전지의 수면적부하는 역세배수에 의한 부하를 고려하여 계획1일최대오수량에 대하여 $30 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$, 계획시간최대오수량에 대하여 $50 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ 이하로 하고 월류부하는 $250 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ 이하로 한다.

2) 여상의 형상, 구조 및 수

여상의 형상, 수 및 구조는 다음의 각 항을 고려하여 결정한다.

- (1) 평면형상은 정방형, 장방형 혹은 원형으로 한다. 그 단면형상은 단락류 및 슬러지 의 퇴적이 생기지 않도록 한다.
- (2) 수는 2기 이상으로 한다.
- (3) 수밀한 철근콘크리트조를 원칙으로 하며, 조의 상단 높이는 역세시의 수위를 고려하여 결정한다.

【해설】

(1)에 대하여

유입오수가 여상전체에 균일한 여과속도로 통수되기 위해서 평면형상을 정방형, 장방형 또는 원형으로 한다. 여상내부는 단락류 및 슬러지의 퇴적을 방지하기 위해서 균일한 단면형상이어야 한다.

(2)에 대하여

청소, 보수, 역세척 등 통수가 불가능한 경우를 고려하여, 2기 이상 설치한다.

(3)에 대하여

반응조는 다른 처리시설과 마찬가지로 수밀한 철근콘크리트조로 제작한다. 다만, 조의 용량이 매우 작게 되는 경우는 철재조로 제작할 수 있다. 조의 최상단 높이는 역세척시 상승하는 수위 및 역세배수 유출 트랩의 부착위치 등을 고려하여 결정한다.

3) 설계제원

호기성여상조의 설계제원은 다음과 같다.

- (1) 여과속도는 계획오수량에 대하여 25 m/d 이하로 한다.
- (2) BOD 용적부하는 계획오수량에 대하여 $2 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{d}$ 이하로 한다.

【해설】

(1)에 대하여

호기성여상법은 일차침전지의 처리성능을 고려하여 여과속도와 BOD용적부하에 의해 설계한다. 호기성여상의 여상면적은 다음 식(4.6.1)에 의해 구한다.

$$\text{여상면적(m}^2\text{)} = \frac{\text{계획1일최대오수량(m}^3\text{/d)}}{\text{여과속도(m/d)}} \dots\dots\dots (4.6.1)$$

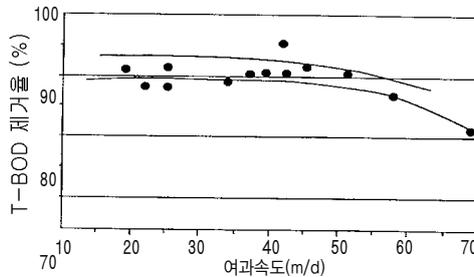
BOD용적부하는 다음 식(4.6.2)에 의해 구한다. 단, 여기서 용적이란 여상의 충전용적을 말한다.

$$\text{BOD용적부하(kg BOD/m}^3 \cdot \text{d)} = \frac{\text{계획1일 최대오수량(m}^3\text{/d)} \times \text{여상유입BOD(mg/l)}}{\text{여상면적(m}^3\text{)} \times \text{충전높이(m)} \times 10^3} \quad (4.6.2)$$

여과속도와 BOD 제거율의 관계를 [그림 4.6.9]에 나타내었다. 여과속도가 50m/d 인 경우에는 BOD 제거율이 90% 이상이 되며 처리수질이 양호하다. 따라서 유입오수량의 시간변동을 고려하여 계획1일최대오수량에 대한 여과속도는 25 m/d 이하로 하는 것이 좋다.

(2)에 대하여

안정된 처리수질을 얻기 위해서 계획1일 최대오수량에 대하여 BOD 용적부하를 2kg/m³·d 이하로 할 필요가 있다.



[그림 4.6.9] 여과속도와 BOD 제거율의 관계

4) 산기장치 및 송풍량

- (1) 산기장치는 다공관을 표준으로 하여 여상에 균일하게 공기를 공급할 수 있도록 배치한다.
- (2) 송풍량은 유입 BOD 1kg당 0.9~1.4 kg O₂를 표준으로 한다.

【해설】

(1)에 대하여

산기장치로부터 공급되는 공기는 여재 간에 보유되면서 여층 내를 분산하여 상승한다. 때문에 미세한 공기로 공급되어도 모여서 큰 기포로 형성되기 쉬우므로 산기장치는 다공관으로 충분하다. 그러나 여층에 공급된 공기가 여층 전체에 균일하게 분산되지 않으면 단락류가 발생되어 공기가 공급되지 않은 부분이 혐기성으로 되어 수질이 악화되는 경우가 발생한다. 이런 이유로 여층내에 복수의 산기장치를 설치하여 여상 전체에 공기가 공급될 수 있도록 배려해야 한다. 더욱이 본법은 통상적으로 역세척을 1일 1회 정도로 간헐적으로 이루어지기 때문에 산기장치는 폐쇄가 이루어지지 않는 구조로 하여야 한다.

(2)에 대하여

호기성여상법에서는 공급된 공기가 여재 사이에 보유되면서 여층 내를 비교적 천천히 상승하게 되므로 산소용해효율이 높아 유입 BOD 1kg당의 필요산소량은 저부하형 처리방식에 비하여 낮은 0.9~1.4 kg O₂이다. 단 질산화반응을 고려할 경우에는 증가분의 공기량은 별도 고려하여야 한다.

5) 여재 및 여층의 높이

여재 및 여층의 높이는 다음의 각 항을 고려하여 결정한다.

- (1) 여재는 내구성이 좋고 표면이 거칠며 입경이 고른 것을 사용한다.
- (2) 여재의 입경은 3~5 mm 정도로 한다.
- (3) 여층의 높이는 2 m 정도로 한다.

【해설】

(1)에 대하여

여재의 표면에 형성된 생물막은 오수의 처리역할을 담당하기 때문에 여재로서는 그 표면이 생물이 부착되기 용이한 정도로 거친 것이 좋다. 또한, 역세척을 행하므로 파쇄되거나 하수에 의해 침식되지 않는 내구성이 필요하다.

(2)에 대하여

여재의 입경은 작을수록 오수의 처리효율이 좋지만 반대로 여재 사이 특히, 표층부에서는 탈리된 슬러지가 퇴적되기 쉬우므로 역세척 빈도가 많아지게 된다. 또한, 입경이 클수록 생물의 부착량이 부족하게 되고 SS의 포착이 불충분하여 처리수질의 악화를 초래하게 된다. 이런 이유로 경험적인 최적 입경은 3~5 mm이다.

(3)에 대하여

여층의 높이는 산소용해효율 및 시설면적 등을 고려하여 정하나 일반적으로 충전층이 높을수록 유리하다. 단 역세척 역세수의 유속 및 역세공기의 유속에 소요되는 동력과 여재의 강도를 고려하면 낮을수록 유리하다. 따라서 여재의 입경이 3~5 mm인 경우 2 m 정도로 한다.

6) 역세척공정

역세척공정은 다음의 각 항을 고려하여 결정한다.

- (1) 역세척공정은 공기세척, 공기 및 물의 동시세척, 수세척의 3공정을 원칙으로 한다.
- (2) 역세척은 1일 1회 정도로 한다.
- (3) 역세배수는 역세배수조에 일시 저류하여 처리기능에 지장이 없는 시간대에 일차침전지 혹은 유량조정조의 유입부에 반송한다.

【해설】

(1)에 대하여

역세척공정은 여과시간이 경과함에 따라 포착된 SS와 여재 사이에 증식된 생물에 의하여 여상이 폐

왜되기 때문에 여과기능을 회복하기 위하여 강제적으로 여재를 세척하는 것이다. <표 4.6.4>에 역세척 공정의 한 예를 나타내었다.

〈표 4.6.4〉 역세량

① 공기세척	공기 50~60m ³ /m ² ·h	세척시간 2~4분간
② 공기, 물 동시세척	공기 50~60m ³ /m ² ·h 물 30~40m ³ /m ² ·h	세척시간 1~2분간
③ 물세척	물 50~60m ³ /m ² ·h	세척시간 3~5분간

또한, 여상의 폐쇄 정도에 따라 역세척공정을 2회 반복하는 것이 효과적인 경우도 있다. 세척수는 보통 처리수를 이용한다.

역세를 위해 포기용 송풍기와 별도로 역세용 송풍기를 둘 수 있다. 통상의 경우 역세공정에 필요한 시간은 1조당 약 30분 정도 소요되므로 각조별 역세시작 시간을 다르게 설정하여 역세용 송풍기를 공용으로 사용하도록 하여야 한다. 여상의 지수가 많을 경우 역세에 필요한 시간대를 고려하여 역세용 송풍기 대수를 정하여야 한다.

(2)에 대하여

호기성여상법의 초기여과저항 및 여과저항상승 특성은 사여과와는 다르다. 역세종료후 처리를 재개 하여도 당분간은 거의 여과저항이 상승하지 않지만 일정시간 처리를 행하면 여과저항상승이 시작되고 그 후 급격히 여과저항상승속도가 증가하는 경향이 있다. 따라서 급격한 여과저항상승이 시작되기 전에 정기적인 역세를 행하는 것이 바람직하다.

여상의 지수, 처리장의 수질특성에 따라서는 적절한 역세방법이 달라지나, 원칙적으로는 정해진 시각에 역세를 행하는 타이머 설정 역세방법을 기본으로 한다.

통상 여과지속시간이 24시간이 넘어도 양호한 수질을 유지할 수 있어도 운전조작을 용이하게 행하기 위하여 역세척은 타이머 설정에 의하여 1일 1회 정도로 유입수량이 적은 시간대에 행하는 것이 좋다. 한편 유입수량 및 유입 SS가 급격히 증가할 때에는 타이머로 설정한 역세시각 이전에 여과저항이 급격히 상승하게 된다. 이러한 때를 대비하여 수위탐지에 의해 역세를 수행할 수 있도록 수위스위치를 설치하여야 한다.

(3)에 대하여

역세배수조는 역세 1회분의 수량을 확실히 보유할 수 있는 용량으로 하며 일차침전지로의 반송은 호기성여상의 처리기능에 지장을 주지 않도록 충분히 고려하여야 하고, 만약 일차침전지 처리능력에 영향이 미칠 경우는 유량조정조를 설치하여 유량조정조로 반송하여야 한다. 또한, 역세배수조에 유량조정기능을 갖게 하는 경우에는 역세 1회분의 수량 혹은 유량조정량에 상당하게 그 용량을 결정한다.

4.7 고도처리

4.7.1 개요

「고도처리」는 통상의 유기물제거를 주목적으로 하는 2차처리에서 얻어지는 처리수질 이상의 수질을 얻기 위하여 행해지는 처리이다. 전에는 「3차처리」라는 용어가 사용되었는데 이는 활성슬러지법 등에 의한 2차처리를 행한 후 부가적으로 수행되는 처리를 의미하였지만, 근년에 들어서는 기술 개발에 의하여 단독 공정으로도 2차처리 이상의 수질을 얻을 수 있는 처리기술들이 많이 등장하였기 때문에 「3차처리」라는 용어 대신에 「고도처리」라는 용어를 사용하게 되었다.

고도처리를 도입하는 이유는 다음과 같다.

(1) 방류수역의 수질환경기준의 달성

도시하천과 같이 고유유량이 적고 하수처리수로서 수량의 대부분이 점유되는 경우와 폐쇄성수역 및 수질의 총량규제가 이루어지는 경우에는 방류수역의 수질환경기준을 달성하기 위하여 BOD, COD, SS, 질소, 인 등을 대상으로 하는 고도처리가 필요하다.

(2) 폐쇄성 수역의 부영양화 방지

만의 안쪽 및 호소등과 같은 폐쇄성 수역에서는 적조 또는 수화(water bloom) 등 플랑크톤의 발생 등에 의한 물이용시 피해를 방지하기 위해서 그 원인이 되는 질소, 인의 유입부하량을 줄여야 할 필요가 있다. 이와 같은 폐쇄성 수역에 처리수를 방류하는 경우에는 질소, 인을 대상으로 하는 고도처리가 필요하게 된다.

(3) 방류수역의 이용도 향상

방류수역의 다양한 물이용 형태에 따라 고도의 방류수질이 요구되는 경우가 있다. 고도처리의 제거 대상 물질은 부유물, 유기물, 영양염류 등이 있으며, 각각의 제거 대상 물질에 대하여 다양한 처리 방식이 존재한다.

(4) 처리수의 재이용

하수처리수의 재이용에는 하수처리시설을 운전하는데 필요한 시설운전용 재이용수와 조경용수 등 하수처리시설 내외에 다목적으로 필요한 다목적용 재이용수로 구분되며, 그 이용 목적에 따라 처리대상 물질이 다르게 된다. 따라서 각 용도에 맞는 고도처리를 행하는 것이 필요하다.

고도처리시설 설치시 다음사항에 대해서 검토를 하여야 한다.

- (1) 기존하수처리시설에 고도처리시설을 설치하고자 할 때에는 기본설계 과정에서 처리장의 운영실태 정밀분석을 실시한 후 이를 근거로 사업추진방향 및 범위 등을 설계에 반영하고, 그 결과가 수록된 설계보고서를 설계자문 요청시 제시하여야 한다.
- (2) 기존하수처리시설의 고도처리시설 설치사업은 운전개선방식에 의한 추진방안을 우선적으로 검토 하되 방류수수질기준 준수가 곤란한 경우 시설개량방식으로 추진하여야 한다.

- (3) 기존하수처리시설에 고도처리시설을 설치할 경우에는 하수처리시설의 부지여건을 충분히 고려하여 고도처리시설 설치계획을 수립하여야 한다.
- (4) 기존하수처리시설에 고도처리시설을 설치할 경우에는 기존 시설물 및 처리공정을 최대한 활용하여 중복투자가 발생되지 않도록 하여야 한다.
- (5) 표준활성슬러지법이 설치된 기존처리장에 고도처리시설을 도입할 경우에는 개선대상 오염물질별 처리특성을 감안하여 효율적인 설계가 되도록 하여야 한다.
- (6) 신설 하수처리시설에 고도처리시설을 설치할 경우의 검토 사항도 기존 하수처리시설에 고도처리시설을 설치할 때의 검토사항을 동일하게 적용한다.

4.7.2 처리방식의 선정

고도처리의 처리방식은 처리대상에 따라 다음의 공정에서 선정한다.

- (1) 질소, 인 동시 제거공정
- (2) 질소제거공정
- (3) 인제거공정
- (4) 잔류 SS 및 잔류 용존유기물 제거공정

【해설】

고도처리의 처리방식은 처리대상에 따라서 아래와 같은 공법들 중에서 다양하게 선정하게 되지만 아래에 제시된 공법들 이외에도 현재 여러 기술들이 국내외에서 연구 개발되어 이미 특허 또는 신기술을 득하였거나 개발중에 있다. 따라서 처리장의 방류수역 조건, 경제성, 유지관리의 용이성 등 제반조건을 고려하여 적절한 공법을 선정할 필요가 있다.

(1)에 대하여

질소, 인 동시 제거공정을 <표 4.7.1>에 나타내었다.

<표 4.7.1> 질소, 인 동시제거 공정

구 분	공 법	비 고
생물학적 공정	혐기무산소호기조합법	4.7.3 참조
	응집제비용형 순환식질산화탈질법	
	응집제비용형 질산화내생탈질법	
	반송슬러지 탈질탈인 질소인동시제거법	
	기타공법	

(2)에 대하여

질소 제거공정은 <표 4.7.2>와 같다.

〈표 4.7.2〉 질소 제거공정

구 분	공 법	비 고
탈질전자공여체에 의한 구분	순환식질산화탈질법	4.7.4 참조
	질산화내생탈질법	
	외부탄소원탈질법	
기 타	단계혐기호기법	
	고도처리 연속회분식활성슬러지법	
	간헐포기탈질법	
	고도처리 산화구법	
	탈질생물막법	
	막분리 활성슬러지법	
	기타 공법	

(3)에 대하여

인 제거공정으로는 화학적공정과 생물학적공정이 있으며 〈표 4.7.3〉과 같이 나타낼 수 있다.

〈표 4.7.3〉 인 제거공정

구 분	공 법	비 고
화학적공정	응집제첨가활성슬러지법	4.7.5 참조
	정석탈인법	
생물학적공정	혐기호기활성슬러지법	
	반송슬러지탈인 화학침전법	
기타	기타공법	

(4)에 대하여

잔류 SS 및 잔류 용존유기물 제거공정으로는 〈표 4.7.4〉와 같은 대표적인 방법들이 있다.

〈표 4.7.4〉 잔류 SS 및 잔류 용존유기물 제거 방법

구 분	공 법	비 고
잔류 SS 제거	급속여과법	4.7.7 참조
	막분리법(MF, UF)	4.7.7 참조
잔류 용존유기물 제거	막분리법(NF, RO)	4.7.7 참조
	활성탄흡착법	[참고] 4-4 참조
	오존산화법	[참고] 4-5 참조
잔류 SS 및 용존성 인제거	응집침전법	[참고] 4-1 참조

4.7.3 질소 인 동시 제거

1) 혐기무산소호기조합법

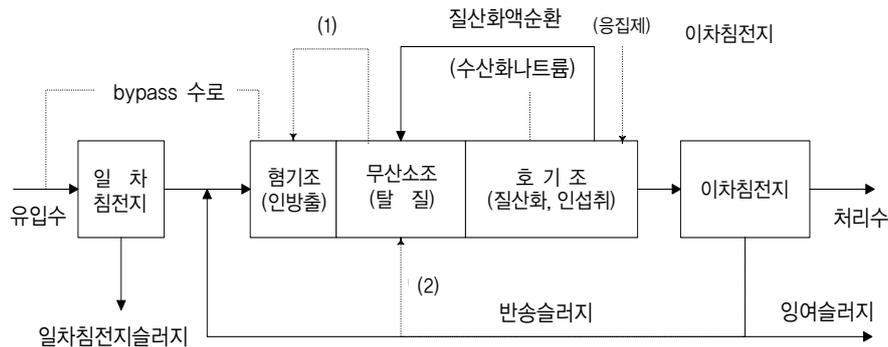
(1) 개요

혐기무산소호기조합법은 생물학적 인제거공정과 생물학적 질소제거공정을 조합시킨 처리법으로 활성 슬러지 미생물에 의한 인 과잉섭취현상 및 질산화, 탈질반응을 이용한 것이다. 본법에 적용한 인제거 공정은 혐기호기조합법이며 혐기반응조, 무산소(탈질)반응조, 호기(질산화)반응조의 순서로 배치하여 유입수와 반응슬러지를 혐기반응조에 유입시키면서, 호기반응조 혼합액을 무산소반응조에 순환시키는 방법이다.

본법의 기본적인 처리계통은 [그림 4.7.1]과 같다.

그리고 이런 기본적인 처리계통을 토대로 하여 [그림 4.7.1]에서의 (1)과 같이 무산소조로부터 혐기조로의 순환을 추가하고 (2)와 같이 반응슬러지 유입을 무산소조로 변경하여 적용한 특허공법 등이 있으며, 호기조 이후에 무산소조와 호기조를 추가한 특허공법 등이 있다.

국내의 경우 이 혐기무산소호기조합공법을 기본으로 하여 여러 특허, 신기술공법들이 다양하게 개발되었고, 또한 개발중에 있다.



[그림 4.7.1] 혐기무산소호기조합법의 처리계통

(2) 처리특성

표준 도시하수의 경우 일차침전지 유출수에 대하여 총질소 제거율 60~70% 정도, 총인 제거율 70~80% 정도가 기대된다. 인제거율 또는 인제거량은 잉여슬러지량과 잉여슬러지의 인함량에 의해 결정되지만 이를 지배하는 인자는 유입하수의 BOD-P비, SRT, BOD-SS 등이다. 또한, 수온에 의한 인제거율의 영향은 적지만 우수가 유입되는 경우에는 인제거성능이 저하되는 경우가 많다. 이러한 원인은 우수에 포함된 DO의 영향과 유기물농도 저하 등으로, 혐기조에서의 인방출이 불충분해지기 때문이다. 본 공법의 질소, 인제거는 유입하수의 질소, 인농도, 유기물농도, 슬러지처리 계통으로부터의 인 반류 부하 등에 지배된다. 본법의 처리 성능, 특히 인 제거성능은 우천시에 저하하는 경향이 있기 때문에 보다 안정적인 처리수의 인농도를 확보할 필요가 있는 보완적 설비로서 응집제 첨가 등의 물리화학적

인 제거공정의 병용이 필요한 경우가 많다. 또한, 기존의 생물반응조 말단에 응집제를 첨가하여 인 제거를 행하는 처리장에 본법을 채용하여 응집제의 절감이 가능하다고 보고되고 있다.

(3) 설계 및 유지 관리상의 유의점

본법의 설계 및 유지관리상의 유의점은 다음과 같다.

- ① 우천시나 가동초기대책으로 혐기반응조 또는 무산소반응조에 필요한 유기물을 공급하기 위해 유입수가 일차침전지를 우회하는 by-pass 수로를 설치하는 것이 바람직하나, 협잡물이 혐기조에 유입되어 수중교반기의 고장원인이 되기도 하므로 주의가 필요하다.
- ② 표준 도시 하수의 경우에는 탈질을 위한 메탄올이나 pH 조정용의 수산화나트륨 등의 첨가가 필요 없지만, 유역특성에 의해 유입수중의 알칼리도가 낮은 경우나 강우 등의 영향이 큰 경우에는 알칼리제나 메탄올 등의 탈질보조제의 주입 설비가 필요하게 된다.
- ③ 질산화액의 순환은 기본적으로 순환펌프에 의하지만 호기반응조의 산기에 동반된 에어리프트효과에 의한 순환류를 이용할 수도 있다.
- ④ 인제거를 효과적으로 행하기 위해서는 일차침전지 슬러지와 잉여슬러지의 농축을 분리하는 것이 바람직하며 슬러지 처리계통으로부터의 인 반류부하가 적은 슬러지처리공정을 선택할 필요가 있다.
- ⑤ 방류수의 인농도를 안정적으로 확보할 필요가 있는 경우에는 호기반응조의 말단에 응집제(PAC 등)를 첨가할 설비를 설치하는 것이 바람직하다.

(4) 반응조 수리학적체류시간 및 호기조 고행물체류시간(ASRT)

혐기무산소호기조합법의 생물반응조는 혐기조, 무산소조, 호기조로 구성되며, 각 반응조의 수리학적 체류시간은 생물반응조로 유입되는 하수의 성상, 목표처리수질 및 수온에 따라 다르게 설계된다.

- (1) 혐기조 수리학적체류시간
- (2) 무산소조 수리학적체류시간
- (3) 호기조 수리학적체류시간
- (4) 호기조 고행물체류시간(ASRT)

【해설】

(1)에 대하여

혐기조의 수리학적체류시간은 활성슬러지의 PO_4-P 방출을 확실히 하도록 설계하며, 혐기조의 용해성 PO_4-P 방출의 유무는 프로세스에서의 인 제거량에 큰 영향을 미친다. 일반적으로는 혐기조의 인 방출량이 많을수록 호기조내의 인 고정량(인 섭취량-인 방출량)이 커지는 경향이 있다. 또한, 반송슬러지의 NO_3-N 으로 인한 탈질로 인한 인방출 저해 등을 고려하여야 한다.

(2)에 대하여

무산소조의 수리학적체류시간은 탈질을 고려하여 설계하며, 질산화 속도와 함께 탈질속도도 반응조 내 수온의 영향을 받기 때문에 수온이 높은 기간에는 무산소조의 말단까지 가는 도중에서 이미 탈질반

응이 완료되는 경우가 많다.

(3)에 대하여

호기조의 수리학적체류시간은 질산화를 고려하여 설계하며, 인 제거도 고려하면서 ASRT제어를 통해 질산화미생물을 계내에 유지하는 것이 중요하다.

(4)에 대하여

ASRT는 설계수온 조건에서 질산화미생물의 계내 유지에 필요한 중요한 운전 제어 인자이다. 호기 상태에서 질산화미생물의 계내 유지에 필요한 고형물체류시간은 반응탱크 전부를 기준으로 한 고형물 체류시간(SRT, Solid Retention Time, θ_c)이 아니라, 식 (4.7.1)에서 나타나 있듯이 호기조 고형물 체류시간(ASRT, Aerobic-SRT, θ_{CA})으로 표현된다.

$$\theta_{CA} = \theta_c \cdot \frac{t_A}{t} \dots\dots\dots (4.7.1)$$

여기서, θ_{CA} : 호기조 고형물체류시간(일)

θ_c : 전체 반응조 고형물체류시간(일)

t_A : 호기조 수리학적 체류시간(시간)

t : 전체 반응조 수리학적 체류시간(시간)

단, (4.7.1)식은 MLSS가 전체 반응조에에서 동일한 경우에 적용가능하며, 반응조별 MLSS 농도가 다른 경우(원수분할주입, MBR 공법 등)에는 식(4.7.2)에서 나타나듯이 전체반응조 고형물량에 대한 호기조 고형물량의 비로 계산된다.

$$\theta_{CA} = \theta_c \cdot \frac{X_A}{X_t} \dots\dots\dots (4.7.2)$$

여기서, X_A : 호기조 고형물량(kg/d)

X_t : 전체 반응조 고형물량(kg/d)

또한, 질산화미생물을 계내에 유지하기 위해서는 다음 식이 만족되어야 한다.

$$\theta_{CA} \geq \frac{1}{\mu_n - b_n} \dots\dots\dots (4.7.3)$$

여기서, μ_n : 질산화미생물의 비증식 속도(수온 T(°C)의 함수)(1/d)

b_n : 질산화미생물의 내호흡계수(수온 T(°C)의 함수)(1/d)

질산화미생물의 비증식 속도(μ_n)는 식(4.7.4)에 의해 구한다.

$$\mu_n = 0.47e^{0.098(T-15)} \times \left[\frac{DO}{K_{DO} + DO} \right] \times [1 - 0.833(7.2 - pH)] \dots\dots\dots (4.7.4)$$

- 여기서, T : 반응조내 수온(°C)
- pH : 반응조내 수소이온농도
- DO : 호기조의 용존산소농도, mg/l
- K_{DO} : 용존산소농도의 반포화계수, mg/l
(0.4~0.6, 일반적으로 0.5적용)
(Wastewater Engineering, 2003)

여기서, 호기조에 필요한 설계 고형물체류시간(ASRT) design은 식(4.7.3)에 의한 호기조 최소 필요 고형물체류시간(ASRT)min에 안전계수(safety factor, SF)를 곱하여 계산한다. 안전계수를 적용하는 이유는 SRT를 조정하는데 있어 운영상의 변화에 대한 안전율을 적용하는 것과 질산화미생물이 처리하는 TKN Peak 부하를 고려하여야 하기 때문이다.

$$(ASRT)_{design} = (ASRT)_{min} (SF) \dots\dots\dots (4.7.5)$$

여기서, SF = 안전계수(1.3~2.0)이나, 동절기에 질소농도의 Peak 부하를 고려하며, 불확실한 조건을 고려하여 안전한 반응조설계를 위하여 일반적으로 1.5 이상으로 하는 것이 일반적이다.

(5) 필요공기량

필요공기량은 유기물의 산화, 질산화 및 내생호흡에 의한 산소 소비량과, 호기조의 용존산소농도 유지를 위한 필요산소량을 확보할 수 있어야 하며, 산기장치의 산소이동효율 등을 고려하여 산정한다.

【해설】

호기조 말단의 잔존 암모니아성질소 농도나 인산성인 농도를 일상적으로 감시하여 MLDO 농도가 적절한 값이 되도록 송풍량을 조절한다. 일반적으로는 호기조 말단의 MLDO 농도가 1.5~2.0mg/l 정도가 되도록 자동 제어(DO 제어)하는 예가 많다. 기타 사항은 4.5 표준활성슬러지법의 생물반응조 설비의 송풍량 지침에 준한다.

(6) 알칼리제 및 추가유기물원 주입설비

- (1) 질산화 촉진 및 응집제 첨가 등으로 반응조내 pH가 저하되는 경우 수산화나트륨 설비를 설치한다.
- (2) 유입수중의 BOD농도의 저하로 인한 혐기조, 무산소조 운전에 필요한 BOD원이 부족할 경우 아세트산, 메탄올등의 추가유기물원 공급설비를 설치한다.

【해설】

(1)에 대하여

유입하수의 질소농도 및 알칼리도에 따라서 질산화가 진행됨에 따라 반응조의 pH가 저하된다. 또한, 응집제의 첨가등으로 반응조내의 pH가 저하될 수 있다. 한편, 질산화반응은 pH에 의해 영향을 많이 받게 되는데 pH가 저하함에 따라 질산화 속도가 저하된다. 통상, 반응조의 pH를 6.5에 유지하는 것이 필요하며 이를 위해서는 [그림 4.2.9]에 나타나 있는 바와 같이 질산화 반응 종료시 수치계산을 행

하여 알칼리도가 부족한 경우에는 수산화나트륨을 첨가해야 한다.

알칼리도 감소 $\Delta C_{ALK}(mg/l)$ 는 식(4.7.6)과 같이 질산화에 의한 알칼리도감소량 - 탈암모니아 및 탈질에 의해 회복되는 알칼리도의양 + 응집제에 의한 알칼리도 감소량으로 계산할 수 있다.

$$\Delta C_{ALK} = 7.14 \cdot \alpha \cdot C_{TN,in} - 3.57(C_{orgN} + \Delta C_{NOX}) + \varepsilon \cdot C_{AL} \dots\dots\dots (4.7.6)$$

여기서,

- $C_{TN,in}$: 유입수의 T-N 농도(mg/l)
- C_{orgN} : NH_4-N 으로 분해되는 유기성 질소농도(mg/l)
- ΔC_{NOX} : 탈질되는 질소 농도(mg/l)
- α : 유입 T-N에 대해 질산화되는 질소의 비(통상 0.7~0.8)
- ε : 첨가 알루미늄 1mg당 알칼리도 소비량(mg/mg)
5.56(Alum), 3.24(PAC)
- C_{AL} : 알루미늄 첨가농도(mg/l)

통상, 30~40 mg/l의 잔류 알칼리도가 유지되도록 수산화나트륨을 첨가한다.

여기서, $\alpha \cdot C_{TN,in}$ 과 관련하여, 유입 T-N 중 질산화되지 않는 질소에는 유입 난분해성 유기질소와 유입 질산성 질소 및 세포합성에 이용된 질소가 포함된다.

또한, C_{orgN} 과 관련하여, 이 항은 유기성 질소가 NH_4-N 으로 분해되는 탈아미노화 반응에서 생성되는 알칼리도를 반영하기 위한 항이다. 유입 유기성 질소 중 난분해성 유기질소는 NH_4-N 으로 분해되지 않는다.

(2)에 대하여

우천시 유입수의 BOD 농도가 저하되어 무산소조의 탈질에 필요한 수소공여체가 충분히 공급되지 못할 경우에는, 수소공여체로서 메탄올 등의 추가가 필요하다. 메탄올 1g당 BOD 1g에 해당한다. 기타, 유입수 중에 유기물농도를 확보하는 방법으로는 최초침전지 바이패스 수로를 설계하거나, 최초침전지슬러지를 반응조에 공급하는 등의 방법이 있다. 또한, 우천시로 인해 유입수의 BOD농도가 저하되는 경우, 혐기조입구의 BOD/P의 비가 25 미만인 경우 혐기조 내에서 인방출에 필요한 수소공여체가 충분하지 못하게 되므로, 수소공여체로서 유효한 아세트산 등을 주입한다. 주입점은 혐기조 입구부근에 주입한다. 메탄올을 외부탄소원으로 사용할 경우 필요한 메탄올 요구량은 4.7.4 질소제거 3) 외부탄소원 탈질법의 식(4.7.12~4.7.15)를 참조한다.

(7) 응집제첨가설비

인을 안정적으로 제거하기 필요한 보완설비로서 응집제첨가설비 설치여부를 검토하여 필요한 경우 설치하여야 한다. 응집제첨가를 위한 응집제 주입량 산정은 다음항목을 고려하여 정한다.

- (1) 목표 처리수 총인 농도 달성에 필요한 목표 처리수 용해성 총인 농도를 산정한다.
- (2) 응집제 첨가를 통한 인제거를 도입하는 경우 처리대상 용존성 총인 농도 대비 목표 처리수 용해성 총인 농도 달성에 필요한 응집제 첨가 물비를 실험을 통해 확인하여 적용한다.

【해설】

목표처리수 총인 농도가 매우 낮을 경우 생물학적 인제거 만으로는 한계가 있을 수 있으며, 우천시 유입수 DO농도 상승 및 기질농도 저하로 인해 혐기조 DO농도가 상승하고 인방출이 저해되어 생물학적 인제거 효율이 감소될 수 있다. 이와 같은 경우 인을 안정적으로 제거하기 위한 보완설비로서 응집제첨가설비를 설치할 수 있다. 일반적으로 생물학적 인제거를 적용할 경우 슬러지내 인함유율은 0.035~0.06gP/MLSS 정도이다.

(1)에 대하여,

① 처리수 총인 농도 $C_{TP,eff}$ 는 식(4.7.7)에 의해 구한다.

$$C_{TP,eff} = C_{SP,eff} + C_{PP,eff} \dots\dots\dots (4.7.7)$$

여기서,

$C_{SP,eff}$: 처리수 용해성 총인 농도(mg/l)

$C_{PP,eff}$: 처리수 입자성 총인 농도(mg/l)

② 처리수 입자성 총인 농도 $C_{PP,eff}$ 는 식(4.7.8)에 의해 구한다.

$$C_{PP,eff} = C_{SS,eff} \times P_X \dots\dots\dots (4.7.8)$$

여기서,

$C_{SS,eff}$: 처리수 SS 농도(mg/l)

P_X : 슬러지내 인 함유율(gP/gMLSS)

③ 슬러지내 인 함유율 P_X 는 식(4.7.9)에 의해 구한다.

$$P_X = (C_{TP, in} - C_{SP, eff}) \times Q_{in} \times 10^{-3} / L_{SS,W} \dots\dots\dots (4.7.9)$$

여기서,

$C_{TP,in}$: 유입수 총인 농도(mg/l)

$C_{SP,eff}$: 처리수 용해성 총인 농도(mg/l)

Q_{in} : 유입하수량(m^3/d)

$L_{SS,W}$: 슬러지 발생량(kg/d)

④ 슬러지 발생량 $L_{SS,W}$ 는 4.5.1 표준활성슬러지법 설계인자 6) 잉여슬러지발생량의 식(4.5.16)으로 구한다.

포기조에 응집제를 첨가하는 경우 잉여슬러지량 산정시 응집제 첨가에 따른 약품슬러지량을 반드시 포함시켜야 한다. 응집제로 알루미늄염을 사용하는 경우 첨가한 알루미늄량의 5배 정도의 무기성 SS가, 철염을 사용하는 경우 첨가한 철량의 3.5배 정도의 무기성 SS가 추가로 발생되므로 슬러지발생량에 반영한다.

목표처리수 총인 농도를 0.5mg/l 이하로 하는 경우, 최종침전지에서의 SS의 유출에 주의를 요한다.

(2)에 대하여

처리대상 용존성 총인농도에 대하여, 일차침전지 유입부에 응집제를 첨가하는 경우 처리대상 용해성 총인농도는 설계유입하수 중의 용해성 총인을 의미하며, 생물반응조 후단에 응집제를 첨가하는 경우 처리대상 용해성 총인농도는 생물반응조 유입수의 총인에서 슬러지에 함유되는 인을 뺀 값이 적용된다. 응집제 첨가물비를 결정하기 위해서는 적용대상원수(일차침전지 유입수, 포기조 유출수 등)에 대해 응집침전 실험을 실시하여, 목표 처리수 용해성 총인농도 달성에 필요한 응집제 첨가 물비를 확인하여 적용한다.

응집제 첨가량은 처리대상 용존성 총인 농도, 응집제 첨가 물비 및 설계하수량으로 산출한다. 알루미늄 첨가농도 $C_{Al}(mg/l)$ 은 다음 식(4.7.10)에 의해 구한다.

$$C_{Al} = C_{SP, in} / P \times m \times Al \dots\dots\dots (4.7.10)$$

여기서,

- $C_{SP, in}$: 처리대상 용해성 총인 농도(mg/l)
- P : 인 원자량(-)
- m : 알루미늄 첨가 물비(-)
- Al : 알루미늄 원자량(-)

유입하수량에 대한 액체황산알루미늄 첨가량 $R_{Al,L}(ml/m^3)$ 은 식(4.7.11)과 같다.

$$R_{Al,L} = C_{Al} \times \frac{O \times 3 + Al \times 2}{Al \times 2} \times \frac{1}{C_{Al,L} \times 10^{-2}} \times \frac{1}{\rho_{Al,L}} \dots\dots\dots (4.7.11)$$

여기서,

- $\rho_{Al,L}$: 액체황산알루미늄의 비중(g/cm³)
- $C_{Al,L}$: 액체황산알루미늄의 농도(% , as Al₂O₃)
- O : 산소 원자량 (-)

(8) 일차침전지

일차침전지는 다음항목을 고려하여 정한다.
(1) 수면적부하는 25~70m³/m²일 정도로 설정하는 것이 바람직하다.
(2) 일차침전지를 우회하여 반응조내에 유입시킬 수 있는 바이패스 수로를 설치하는 것이 바람직하다.

【해설】

(1)에 대해서

본법의 일차침전지는 표준활성슬러지법의 일차침전지기준을 적용한다. 그러나, 인제거에 필요한 유기물농도를 확보하기 위해 수면적부하를 25~70m³/m²일의 범위내에서 어느정도 높게 설정할 필요가 있다.

(2)에 대해서

강우시 및 통수초기에 유기물부하가 저하될 경우 일차침전지를 우회해서 바이패스 수로를 통해 반응조내 유입시킬 필요가 있다. 다만, 유입수중에는 반응조내에 설치되어 있는 기기 등의 고장의 원인이 될 수 있으므로 스크린 및 파쇄기를 설치할 필요가 있다.

(9) 이차침전지

이차침전지는 다음의 각항을 고려하여 정한다.

- (1) 수면적부하는 설계 MLSS농도를 고려하여 $15\sim 25\text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{d}$ 정도로 한다.
- (2) 유효수심은 설계 MLSS농도를 고려하여 3.5~4.0 m 정도로 한다.
- (3) 기존시설의 개조시 운전 및 구조개선을 통한 효율향상 방안을 고려하여야 한다.

【해설】

(1)에 대하여

본법은 MLSS농도를 높게 유지하여 운전하기 때문에 이차침전지에 유입되는 고형물 부하가 증가한다. 따라서 표준활성슬러지법보다는 낮은 수면적부하에서 운전하는 것이 바람직하다. 그러나, 설계 MLSS 농도를 고려하여 표준활성슬러지법과 유사한 설계 MLSS농도에서는 4.4.2 이차침전지 3)항에 준한다.

(2)에 대하여

또한 유효수심에 대하여도 미세 슬러지의 유출에 의하여 처리수중의 질소농도가 상승하는 등의 경우를 고려하여 운전관리를 용이하게 할 수 있도록 여유있게 설정한다.

(3)에 대하여

기존 하수처리시설 이차침전지의 경우 표준활성슬러지법 수면적부하기준인 $20\sim 30\text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{d}$ 및 유효수심기준 2.5~4m에 근거하여 시설되어 있어 상기 (1), (2)항을 일률적으로 적용할 경우 불가피하게 운전개선 및 시설개량에 큰 제약이 되는 경우가 생길 수 있다. 따라서 이러한 경우 기존시설의 이차침전지 성능 개선을 위해서 운전 및 구조개선을 통해 침전효율을 증대시키는 등의 효율향상 방안을 고려하여야 한다.

(10) 수질관리항목

수질관리항목은 처리프로세스를 적절히 관리하기 위하여 필요하다. 시설의 규모나 관계법령 등에 따라 운전관리에 필요한 수질관리항목을 설정하여야 한다.

【해설】

이 방법은 일반적인 표준활성슬러지법의 수질관리 이외에 질소, 인 제거에 관련되는 수질항목 등에 대해서도 추가적으로 관리할 필요가 있다. 혐기조, 무산소조, 호기조내의 상황을 정확하게 파악하는데 필요한 수질항목과 측정장소는 <표 4.7.5>와 같다.

또한 적당한 수질 측정 결과를 통해 인 제거나 질산화 반응이 제대로 이루어지는지 확인하는 것이 좋다.

〈표 4.7.5〉 질소, 인 제거에 관한 수질항목

항 목	T-N	NO _x -N	NH ₄ -N	T-P	PO ₄ -P	활성슬러지중 인 함유율	ORP	pH	MLSS	MLDO
유입수	○		○	○	○			○		
혐기조		△			○		○			
무산소조		○			△		○			
호기조말단		△	△		△	○		○	○	○
처리수	○	○	○	○	○			○		

○ : 수질 관리를 목적으로 정기적으로 실시하는 항목

△ : 적절한 시험실시가 바람직한 항목

(11) 기존활성슬러지법의 개량

기존 활성슬러지법 처리시설을 혐기무산소호기조합법으로 개량할 경우에는 다음과 같은 장치를 고려하여야 한다.

- (1) 혐기조 및 무산소조의 교반장치
- (2) 질산화액의 내부순환장치
- (3) 생물반응조내의 격벽
- (4) 스크 제거장치
- (5) 일차침전지의 by-pass 수로
- (6) 수질계측장치
- (7) 보완설비(응집제, 수산화나트륨 등 첨가설비)
- (8) 송풍량의 증대로 인한 기존 공기공급설비의 교체 또는 증설

【해설】

(1)에 대해서

혐기조내 인방출을 고려하여 반응조내 혐기상태를 유지하기 위한 교반장치는 활성슬러지의 침강을 방지하고 유입하수와 활성슬러지와의 접촉을 양호하게 유지하기 위하여 필요하다. 또한, 무산소조내에서도 반응조를 무산소상태로 유지하도록 교반장치가 필요하며, 겨울철 온도변화에 따른 질산화미생물의 활동저하가 우려될 경우, 무산소조의 후단은 호기조로도 사용가능하도록 교반이외에 포기기능이 유지될 수 있도록 할 필요가 있다.

(2)에 대해서

무산소의 탈질을 위해 호기조 말단에서 무산소조 유입부로 질산화액을 순환한다. 내부순환량의 조절은 펌프의 운전대수 또는 회전수제어에 의한 방식이 일반적이며, 에어리프트효과를 이용한 방법도 적용가능하나 내부순환량이 유입수량의 변동에 크게 영향을 받을 경우는 제어가 곤란할 수 있다.

(3)에 대해서

생물반응조를 적절한 비율로 혐기조, 무산소조, 호기조로 나눌 경우 격벽을 설치하여 나눌 수 있다. 격벽을 설치할 경우 기존 반응조의 유입수로, 수문 등의 위치를 고려하여 적절한 위치에 설치하여야 한다.

(4)에 대해서

일차침전지내 스크발생을 고려하여 스크제거장치를 설치한다. 또한, 혐기조내 스크발생을 감안하여 유출측 격벽 상부에 스크이 월류될 수 있도록 구멍을 뚫거나 위어를 설치하여 스크이 정체되지 않도록 하여야 한다. 또한 반응조내에는 살수장치를 설치하여 스크을 파쇄할 필요가 있다.

(5)에 대해서

강우시 또는 운전초기시 유입하수의 유기물부하가 낮을 경우 일차침전지를 바이패스하여 반응조에 필요한 충분한 유기물을 확보할 필요가 있다.

(6)에 대해서

수질계측장치로서는 DO계, MLSS계, ORP계 및 반송슬러지농도계 등이 있으며, 하수처리 상황등을 파악하는데 필요하다. 한편, 과포기로 인한 에너지 낭비를 방지하기 위하여 DO 계를 포기장치와 연동하여 제어하도록 할 필요가 있다.

(7)에 대해서

상기 (6) 알칼리제 및 추가유기물원 주입설비 및 (7) 응집제첨가설비 등을 참조한다.

(8)에 대해서

본 법은 표준활성슬러지법과 비교하여 단위처리수량당 필요공기량이 증대되므로 송풍량의 증대로 인한 기존 산기장치의 산소공급능력을 off-gas test 등을 통해 검토하여 필요시 공기공급설비의 교체 또는 증설 등을 고려하여야 한다.

2) 응집제병용형 생물학적 질소제거법

(1) 개요

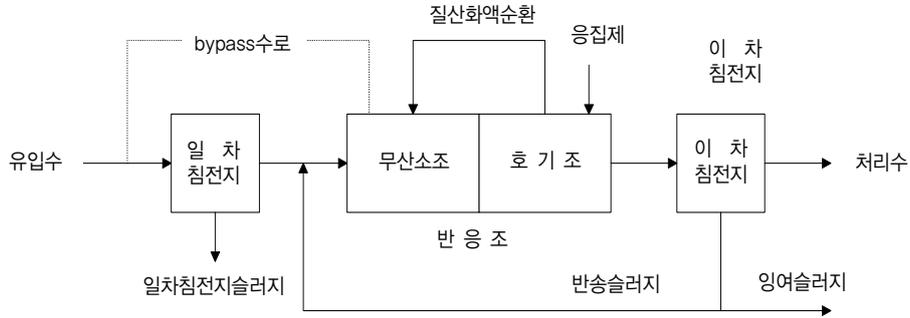
응집제병용형 생물학적 질소제거법은 생물학적 질소제거법의 순환식질산화탈질법 또는 질산화내생탈질법의 생물반응조에 응집제를 첨가하여 기존의 생물처리기능에 인 제거기능을 부가한 고도처리공정이며 인 및 질소를 동시에 제거할 수 있는 공정이다. 인의 제거기작에 대해서는 응집제첨가활성슬러지법의 항을, 질소의 제거기작에 대해서는 순환식질산화-탈질법 및 질산화내생탈질법의 항을 참조한다.

순환식질산화-탈질법 및 질산화내생탈질법의 기본적인 처리계통은 [그림 4.7.2, 4.7.3]과 같다.

(2) 처리특성

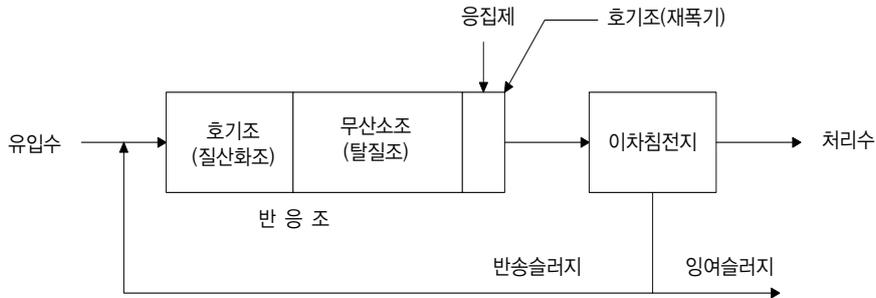
표준 도시하수의 경우 유입수(일차침전지 유출수)에 대한 총질소 제거율은 60~70%, 총인제거율은 70~80%로 기대할 수 있다.

① 응집제병용형 순환식질산화-탈질법



[그림 4.7.2] 응집제병용형 순환식질산화탈질법의 처리계통

② 응집제병용형 질산화내생탈질법



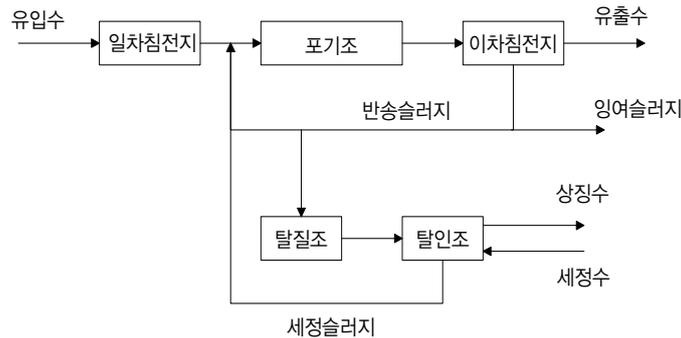
[그림 4.7.3] 응집제병용형 질산화내생탈질법의 처리계통

(3) 설계 및 유지관리상의 유의점

- ① 응집제 주입량은 응집제첨가활성슬러지법을 참조하며, 응집제 주입위치는 반응조 말단부근 및 이차침전지 유입관랑에 주입한다.
- ② 응집제 주입에 의한 슬러지량은 주입한 알루미늄양의 5배정도의 SS가, 철염을 이용할 경우 첨가한 철의 3.5배정도의 SS가 새롭게 발생하므로 슬러지량의 증가를 예상하여 슬러지시설 용량을 검토한다.
- ③ 응집제를 첨가함에 따라 알칼리도가 소비되어 질산화가 저해될 우려가 있으므로 알칼리제 주입설비를 설치할 필요가 있다.
- ④ 응집제를 첨가함에 따라 활성슬러지 중에 응집제에 의한 무기물이 포함되어 과잉 투입될 경우 반응조내의 MLSS 조성이 변하므로 질산화 및 탈질속도가 감소할 우려가 있으므로 반응조설계시 고려하여야 한다.
- ⑤ 반응조의 수리학적체류시간, 호기조고형물체류시간(ASRT), 필요공기량, 알칼리제 및 추가 유기물 원 주입설비, 일차침전지, 이차침전지 등에 대한 사항은 1) 혐기무산소호기조합법을 참조한다.

3) 반송슬러지 탈질탈인 질소인동시제거 공정

질소와 인을 동시에 제거하고자 고안된 반송슬러지 탈질탈인 질소인동시제거 공정은 기존의 phostrip 공법에서 탈인조 앞에 탈질조를 설치하여 탈질과 후속되는 탈인조에서 질산성질소의 영향을 최소화하여 탈인 효율을 높인 수정 phostrip 공법, 이에 더하여 포기조 이전에 미생물 선택조를 추가하여 낮은 F/M비에 의한 사상성미생물의 슬러지별킹을 방지하는 공법 등이 있다. 수정 phostrip 공법을 [그림 4.7.4]에 나타내었다.



[그림 4.7.4] 질소, 인 동시 제거 반송슬러지 탈질탈인 제거공법의 예

4) 기타공법

연속회분식활성슬러지법, 간헐포기식활성슬러지법 등의 공법들과 특허법 및 실용신안법의 규정에 의하여 등록된 특허 및 실용신안 기술, 환경기술개발 및 지원에 관한 법률에 의해 지정된 환경신기술, 건설기술관리법에 의해 지정된 신기술, 기술개발촉진법에 의해 지정된 국산신기술(KT), 공업발전법 및 동법 시행령에 의한 신기술(NT) 및 품질인증 기술, 공업 및 에너지기술개발조성에 관한 법률에 의한 K마크 품질인증 기술, 기타 국책과제로서 연구 진행 중인 신기술 등 다양한 기술들이 현재 연구 개발되고 있다.

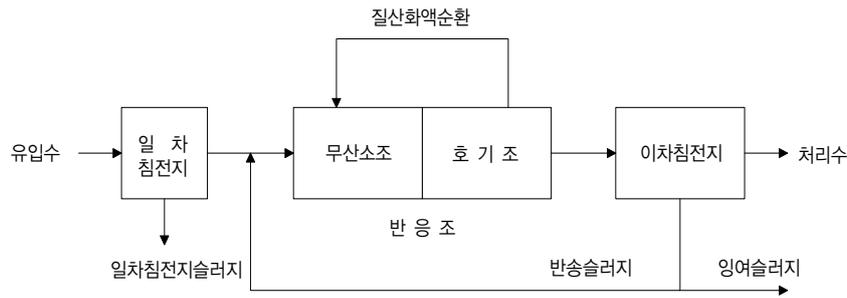
4.7.4 질소제거

1) 순환식질산화탈질법

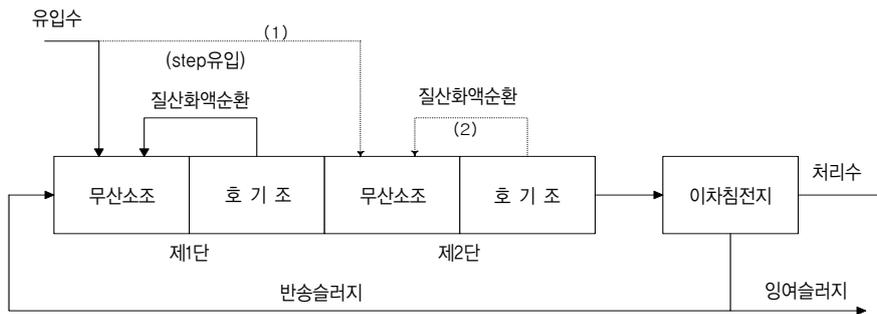
(1) 개요

순환식질산화탈질법은 [그림 4.7.5]에서 볼 수 있듯이 반응조를 무산소(탈질)반응조, 호기(질산화) 반응조의 순서로 배열하여 유입수 및 반송슬러지를 무산소반응조에 유입시키고 한편으로는 연속되는 호기반응조의 질산화 혼합액의 일부를 무산소반응조에 순환시켜 처리하는 방식이다. 호기반응조에서는 유입된 암모니아성질소가 아질산성질소로, 그리고 다시 질산성질소로 산화되며, 무산소반응조에서는 질산성질소가 유입수중의 유기물의 산화반응에 의해서 질소가스로 환원된다. 본법은 하수중의 유기물의 일부가 탈질 반응시 수소공여체로 이용되기 때문에 질산화촉진형 활성슬러지법에 비해 BOD제거에 필요한 산소공급량이 적어지게 된다.

또한, 질소제거율 향상을 목적으로 [그림 4.7.6]에 나타나 있는 것처럼 2단순환방식이 있다. 이 방식에서는 무산소반응조 및 호기반응조를 2단 직렬로 조합시켜 유입수를 각단의 무산소반응조에 단계유입시킴으로써 높은 MLSS 농도와 긴 SRT를 가능하게 한다. 이와 같은 조작에 의해 전단의 질산화반응조로부터의 유출수를 후단의 무산소반응조로 유입시키는 것이 가능하여 높은 질소 제거율을 얻을 수 있다(Bardenpho공법은 이 방식에서 (1)의 step 유입 및 (2)의 질산화액 순환이 없는 방식임).



[그림 4.7.5] 순환식질산화탈질법의 처리계통



[그림 4.7.6] 2단순환방식의 처리계통

(2) 처리 특성

일반 도시하수의 경우 유입수(일차침전지 유출수)에 대하여 총질소(T-N)제거율은 연 평균 60~70%를 기대할 수 있으며, 동시에 표준활성슬러지법과 비교해서 BOD, SS에 대해서도 제거율이 높은 편이다.

(3) 설계 및 유지 관리상의 유의점

본법의 질소제거 성능은 유입수의 수온, 유입수의 질소 및 유기물농도, 호기반응조의 고형물체류시간(ASRT), 순환비, MLSS농도, 호기반응조 용존산소농도, pH 등에 의해 지배된다. 그러므로 설계목표수질을 정하는 경우에는 이러한 사항을 충분히 고려할 필요가 있다. 다단식의 순환법을 채용하는 경우 총질소제거율은 단단식에 비해 10% 정도 향상되지만, 질소제거성능은 전술한 인자들뿐만 아니라 각 단계의 단계유입비, 전단과 후단의 반응조 용량비 등에 의하여 크게 좌우되기 때문에 운전관리는 그리 쉽지 않다.

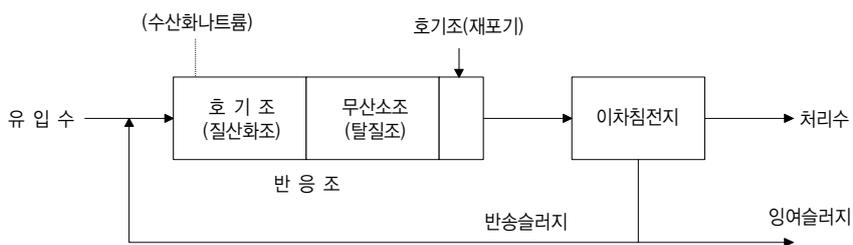
본법(단단)의 설계 및 유지관리상의 유의점은 다음과 같다.

- ① 질소제거율의 목표치를 60~70%로 설정한 경우 반응조의 용량을 표준활성슬러지법의 반응조의 용량에 비하여 크게 한다.
- ② 무산소 반응조는 무산소상태가 항상 유지될 수 있는 구조로 하여야 한다.
- ③ 질산화액을 순환시키기 위해 펌프 등이 필요하다. 질산화액의 순환방법으로는 순환펌프를 사용하면서 호기반응조의 포기과 동반한 에어리프트효과에 의한 순환류를 이용하는 방법이 있다. 단, 이 경우는 순환수량의 파악이 어렵기 때문에 반송수유입게이트의 형상 등에 대하여 검토를 요한다.
- ④ 강우시와 사용개시시점의 대책으로 무산소반응조에 필요한 유기물을 확보하기 위해서 유입수가 일차침전지를 우회하는 bypass 수로를 설치한다.
- ⑤ 반응조의 MLSS농도는 활성슬러지법에 비해 높은 2,000~3,500 mg/l 를 유지하여야 한다. 따라서 이차침전지에의 유입고형물부하가 크게 되므로 수면적부하를 작게 하고 유효수심을 크게 할 필요가 있다.
- ⑥ 무산소반응조에서 스크임의 발생이 많은 것으로 보고되므로 스크임과쇄장치의 설치가 바람직하다.
- ⑦ 반응조의 수리학적체류시간, 호기조고형물체류시간(ASRT), 필요공기량, 알칼리제 및 추가유기물원 주입설비, 일차침전지, 이차침전지 등에 대한 사항은 1) 혐기무산소호기조합법을 참조한다.

2) 질산화내생탈질법

(1) 개요

질산화내생탈질법은 [그림 4.7.7]의 처리계통에 나타나 있는 것처럼, 질산화공정 이후에 탈질공정을 배치하여 탈질반응에 필요한 수소공여체로서 활성슬러지에 흡착되어 세포내에 축적된 유기물을 이용하게 된다. 따라서 탈질반응에 필요한 유기물을 외부로부터 첨가하지 않으며 질산화액의 순환도 행하지 않는다.



[그림 4.7.7] 질산화내생탈질법의 처리계통

본법에서는 전단의 호기반응조에서 질산화된 질소의 전량을 후단의 무산소반응조에서 탈질하는 것이 가능하기 때문에 높은 질소제거율이 가능하다. 반면, 탈질반응의 수소공여체로서 활성슬러지에 흡착되어 세포내에 축적된 유기물을 이용하게 되기 때문에 탈질속도가 느리고 큰 무산소반응조가 필요하게

된다.

일반적인 도시하수인 경우에는 탈질을 위해 메탄을 등의 첨가가 필요하지 않으나, 유입수의 수질에 따라서는 질산화에 의한 알칼리도의 저하를 보충하기 위하여 수산화나트륨의 첨가를 필요로 하는 경우도 있다. 후단의 재포기반응조는 무산소반응조로부터 유출하는 혼합액을 이차침전지에서의 탈질에 의한 슬러지 부상을 방지하고, 방류수의 용존산소농도를 확보하기 위해서 설치한다.

(2) 처리 특성

일반적인 도시하수의 경우 일차침전지를 설치하지 않은 하수처리시설에 있어서 T-N제거율은 70~90% 정도가 가능하며, 처리수의 총질소농도는 5 mg/l 이하까지 되는 것이 가능하다.

(3) 설계 및 유지 관리상의 유의점

본법은 질소제거율의 목표치가 높은 경우, 또는 장기포기법과 같은 정도의 시설을 설치할 여유가 있는 경우에 유력한 처리공정이다. 또한, 기존의 장기포기법의 처리시설에 질소제거의 기능을 추가하는 방법으로 본법을 충분히 활용할 수 있다. 그러나 본법의 질소제거율은, 유입수의 총질소 및 유기물 농도, 호기반응조(질산화 반응조 및 재포기반응조) 및 무산소반응조에 있어서의 HRT, 수온, pH, MLSS 농도, SRT, DO농도 등에 의하여 지배 받는다.

본법과 순환식질산화탈질법(순환법)과의 중요한 차이점은 다음과 같다.

- ① 순환법의 질소제거율 목표치가 60~70%인데 비하여 본법에서는 그 목표치를 70~90%의 범위로 높게 설정할 수 있다.
- ② 질산화반응조 이후에 무산소반응조가 설치되기 때문에, 생물반응조 말단에 재포기반응조를 설치할 필요가 있다.
- ③ 질산화액의 반송을 위해 순환펌프가 필요하지 않다.
- ④ 본법의 생물반응조 용량은 통상, 순환법의 용량에 1.2~1.3배가 필요하다.
- ⑤ 내생탈질용의 유기탄소원을 확보하기 위해 일차침전지를 생략한다.
- ⑥ 본법에서는, 질산화반응조의 용존산소농도를 0.5 mg/l 정도에서 유지하여 호기조건하에서의 탈질반응도 기대할 수 있다. 이 경우 반응조의 용량은 순환법의 용량과 동일한 정도이며 고품의 질소제거율을 얻는 것도 가능하다.
- ⑦ 순환법에서는 탈질공정이 선행되기 때문에 이 공정에서 알칼리도의 생성이 있고, 후속 질산화공정에서 소비되는 알칼리도의 일부를 보충할 수 있다. 본법에서는 통상 70~100% 정도의 높은 슬러지반송률에 의해 탈질공정에서 생성하는 알칼리도를 질산화공정에서 이용할 수 있다. 그러나, 유입수의 알칼리도, 총질소 농도에 따라서는 전단에 질산화공정이 설치되어 있기 때문에 알칼리도 소비에 의한 pH 저하대책을 확실히 세워야 할 필요가 있다. 알칼리도의 보충이 필요한 경우 통상 수산화나트륨 첨가 설비를 설치한다.
- ⑧ 반응조의 수리학적체류시간, 호기조고형물체류시간(ASRT), 필요공기량, 알칼리제 및 추가유기물 원 주입설비, 일차침전지, 이차침전지 등에 대한 사항은 1) 혐기무산소호기조합법을 참조한다.

3) 외부탄소원탈질법

1) 순환식 질산화탈질법과 2) 질산화내생탈질법의 경우에 있어서도 탈질에 필요한 수소공여체가 절대적으로 부족할 경우에는 외부로부터 메탄올 등의 탄소원의 주입이 필요하게 된다. 그러나 본법은 분리 단계 질산화공정의 경우처럼 C-BOD 제거와 질산화-탈질이 분리된 반응조에서는 탈질을 유도하기 위하여 외부탄소원을 사용하게 되는 경우를 의미하는데 필요이상의 외부탄소원이 유입될 경우에는 유출수의 수질악화를 초래하게 되므로 설계 및 운전시에 주의가 필요하다.

메탄올을 탄소원으로 사용할 경우 탈질의 화학 양론은 다음 식(4.7.12~4.7.15)와 같다.

총괄 에너지반응 :



한편 전형적인 합성반응은 다음과 같다.



실질적으로 에너지로 요구되는 메탄올량의 25~30%가 합성에 소요된다. 질산성질소의 총괄제거반응은 다음식과 같이 표현될 수 있다.



만일 모든 질소가 질산염의 형태로 존재한다면 총메탄올 요구량은 식(4.7.14)를 이용하여 구할 수 있다. 그러나 생물학적으로 탈질을 해야 할 유입수에는 약간의 아질산염과 용존산소가 있을 수 있다. 따라서 질산염, 아질산염 그리고 용존산소가 존재한다면 메탄올 요구량은 다음의 경험식에 의하여 계산할 수 있다.

$$C_m = 2.47 N_0 + 1.53 N_1 + 0.87 D_0 \dots\dots\dots (4.7.15)$$

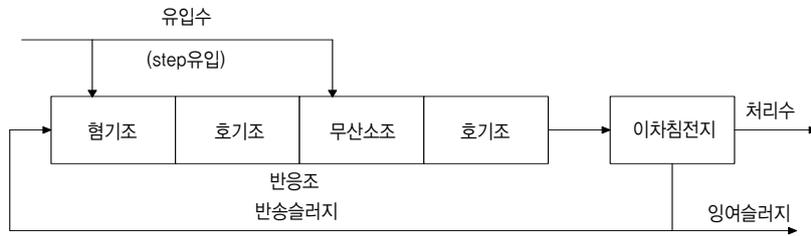
- 여기서, C_m : 요구되는 메탄올농도(mg/l)
- N_0 : 초기 질산성질소농도(mg/l)
- N_1 : 초기 아질산성질소농도(mg/l)
- D_0 : 초기 용존산소농도(mg/l)

4) 단계혐기호기법

(1) 개요

단계혐기호기법은 표준활성슬러지법의 문제점인 빈번한 벌킹발생, T-N 제거기능 등을 보완하기 위하여 유입하수를 2단이상으로 분리하여 유입시키면서 생물반응조를 혐기(무산소), 호기, 무산소, 호기(재포기) 반응조의 순서로 배치하여 질산화, 내부순환 없는 내생탈질 반응이 동시에 일어나게 하는 방

법이다. 본법의 기본적인 처리계통은 [그림 4.7.8]와 같다. 본법은 가정오수를 주로 하는 분류식 하수 처리시설의 벌킹 대책과 질산화 및 탈질화를 위하여 주로 적용되고 있다.



[그림 4.7.8] 단계혐기호기법

(2) 처리특성

유입부하의 변동과 수온저하에 대해서 안정된 처리를 기대할 수 있으며 특히 동절기의 사상성 벌킹을 방지할 수 있다. 질소제거는 내부순환 없이 탈질반응에 필요한 탄소원을 내부탄소 및 유입하수를 직접 이용하기 때문에 질소제거 효율이 50~60%로 안정적이다. 또, 혐기조 운전에 따라서는 인제거도 가능하다.

5) 막분리활성슬러지법(MBR공법)

(1) 개요

막분리활성슬러지법은 생물반응조와 분리막을 결합하여 이차침전지 및 3차처리 여과시설을 대체하는 시설로서, 생물반응의 경우는 통상적인 활성슬러지법과 원리가 동일한데 이차침전지를 설치하지 않고 폭기조내부 또는 외부에 부착한 정밀여과막 또는 한외여과막에 의해 슬러지와 처리수를 분리하기 때문에 처리수중의 입자성분을 제거하므로 고도의 BOD, SS제거가 실현된다. 또 종래 이차침전지의 경우는 고액분리의 한계로 인해 생물반응조의 MLSS 농도를 수 천 mg/l 이상에서의 관리가 어려웠으나 막을 이용함으로써 미생물농도로서의 MLSS를 종래방법의 3~5배 이상 고농도로 유지할 수 있게 되었다. 그러므로 처리시설의 설치공간의 대폭적인 축소도 가능해졌다. 한편 현재의 막분리 활성슬러지 방식은 정밀여과막(MF막)을 직접 생물반응조에 침지하여 흡인·여과하는 경우가 대부분이다.

(2) 처리특성

순환식질산화탈질법, 단일 조내에서 폭기, 비폭기를 반복하는 간헐폭기활성슬러지법 등에 막분리를 이용함으로써 질산화박테리아의 유지가 가능해져 효율적인 생물학적 질소제거가 가능하다. 또 염화제이철, PAC 등을 첨가하는 응집침전법과 이온교환법 등을 이용하는 방법을 조합함으로써 인제거도 가능해진다. 이로써 처리수는 T-N 10 mg/l 이하, T-P 1 mg/l 이하를 달성할 수 있다.

(3) 설계 및 유지관리상의 유의점

본 법의 장단점 및 설계 및 유지관리상 유의점은 다음과 같다.

- ① 생물학적 공정에서 문제시 되는 이차침전지의 침강성과 관련된 문제가 없다.

- ② 완벽한 고액분리가 가능하며 높은 MLSS 유지가 가능하므로 지속적인 안정된 처리수질을 획득할 수 있다.
- ③ 긴 SRT 로 인하여 슬러지발생량이 적다.
- ③ 적은 소요부지로 부지이용성이 탁월하다.
- ④ 분리막의 유지보수비용, 특히 분리막의 교체비용 등이 과다하다.
- ⑤ 분리막의 파울링에 대처가 곤란하며, 높은 에너지 비용소비로 유지관리 비용이 증대된다.
- ⑦ 분리막을 보호하기 위한 전처리로 1 mm 이하의 스크린 설비가 필요하다.

6) 고도처리 연속회분식활성슬러지법

연속회분식활성슬러지법에서 SRT를 길게 하여 유기물 부하를 낮게 설정할 수 있는 경우에는 질산화 반응이 진행되고 탈질공정을 도입하여 동일한 반응조에서 용이하게 질소제거를 행할 수 있다(4.5.7 연속회분식활성슬러지법 참조).

7) 간헐포기탈질법

간헐포기법은 단일단계 질소 제거방법으로 활성슬러지법에서 포기를 일정주기로 간헐적으로 행함으로써 호기성 및 무산소단계를 반복하여 질소를 제거하는 방법으로 다음과 같은 운전 요건을 필요로 한다.

- 포기기에 타이머를 연결하여 일정시간비의 호기-무산소단계를 주기적으로 수행함.
- 질산화와 탈질을 위하여 반응조의 용량을 적절히 조절함.
- 탈질단계에서의 혼합액 혼합, 유입수의 유입을 위한 설비

8) 고도처리 산화구법

산화구법은 SRT가 길기 때문에 처리과정에서 질산화반응이 일어나기 쉽다. 반응조내에 무산소 상태를 도입하여 탈질반응을 발생시키고 생물학적 질소제거를 도모함으로써 안정성의 향상을 기할 수 있다(4.5.8 산화구법 참조).

9) 탈질생물막법

부유성장식의 순환식질산화탈질법, 질산화내생탈질법, 외부탄소원탈질법 등은 매체를 이용한 생물막법에 의하여서도 가능하다. 즉, 무산소, 호기 생물막 반응조를 조합하고, 다양한 매체를 활용하여 부착성장식의 안정적인 질소제거가 이루어질 수 있다. 부유성장식에 비하여 SRT를 용이하게 길게 할 수 있고 질산화, 탈질미생물의 분리배양이 가능하여 체류시간의 감소가 가능하다(4.6 생물막법 참조).

10) 기타공법

위에 제시된 공법 이외에 부유성장식과 부착성장식이 조합된 공법등 다양한 질소 제거 공법들이 국내외에서 개발 또는 연구 진행중이다.

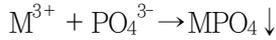
4.7.5 인제거

1) 응집제첨가활성슬러지법

(1) 개요

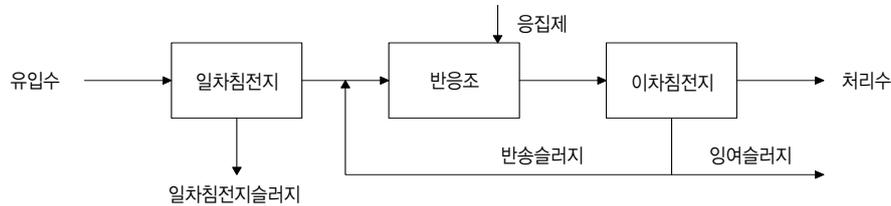
응집제첨가활성슬러지법의 인제거기작은 3가금속이온이 하수중의 3가인산이온과 반응하여 난수용성

의 인산염을 생성하는 반응에 기초를 둔다.



통상적으로 중성부근에서 침전물을 생성하는 알루미늄염이나 3가철염이 응집제로 사용된다. 이와 같은 원리에 기초한 제거공정은 응집제와 하수와의 혼화, 플록형성 및 침전분리의 3가지 공정이 필요하지만, 본법에서는 혼화 및 플록형성은 반응조내의 흐름에 따라 이루어지고 생물플록과 합쳐진 플록을 형성하며 이것이 이차침전지에서 침전분리된다. 본법에 적용 가능한 응집제로서는 황산알루미늄, 폴리염화알루미늄(PAC), 염화제이철, 황산제일철 등이 있다.

본법의 기본적인 처리계통은 [그림 4.7.9]와 같다.



[그림 4.7.9] 응집제첨가 활성슬러지법의 처리계통

본 법은 활성슬러지법에 의한 처리시설에 응집제 주입설비와 배관, 제어시스템 등을 부가한 방식이다. 따라서 기존의 처리시설에도 간단히 적용가능하다. 또한, 응집제첨가 위치는 응집제로서 알루미늄염, 제이철염 등을 사용하는 경우는 반응조의 말단부분에 첨가한다. 응집제로서 제일철염을 사용하는 경우는 제일철이 반응조의 말단부분에서 제이철로 산화되는 것이 가능한 위치로 한다.

(2) 처리특성

① 인의 제거

본법은 적절한 운전조건을 선택하면 용해성총인농도 0.3 mg/l 이하, 총인농도 0.5 mg/l 이하의 처리수를 얻는 것이 가능하다.

② 유기물 제거

본법과 표준활성슬러지법 사이에 유기물제거에 대하여는 특별한 차이가 없다.

(3) 설계 및 유지관리상의 유의점

① 응집제의 선정

응집제의 선정에 있어서는 응집제의 성질, 처리시설의 특성, 응집제의 가격 등을 고려하여 선정한다.

② 응집제 첨가 mole비

유입수의 용해성총인농도에 대한 응집제의 첨가 몰비는 목표처리수 인농도와 응집제 몰비의 관계로부터 설정한다. 응집제의 종류에 따라 첨가 몰비는 달라진다.

③ 생물체의 영향

각종 응집제가 활성슬러지 미생물의 생물활성에 거의 악영향을 주지는 않지만, 어느 응집제를 사용하여도 본법에 의한 처리 개시시에는 활성슬러지의 응집체에 대한 순응이 필요하다. 본법의 응집 반응에 동반되는 알칼리도 소비에 따라 질산화 반응이 저해를 받을 가능성이 있지만, 반응조 말단에 첨가하는 경우에는 그런 가능성이 거의 없다.

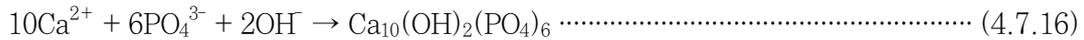
④ 슬러지 발생량

응집제로서 알루미늄염을 사용하는 경우는 첨가한 알루미늄량의 5배 정도의 SS가, 철염을 사용하는 경우에는 첨가된 철의 3.5배의 SS가 발생하여 잉여슬러지량이 증가하게 된다. 본법에서는 2~4 g Al³⁺/m³의 알루미늄염을 첨가하는 경우 잉여슬러지량이 5~20% 증가한 사례가 있다. 잉여슬러지의 농축성, 탈수성은 표준활성슬러지법의 잉여슬러지와 거의 같다.

2) 정석탈인법

(1) 개요

정석탈인법의 인제거 원리는 정인산이온이 칼슘이온과 난용해성의 염인 하이드록시 아파타이트 ([Ca₁₀(OH)₂(PO₄)₆], 이하 「아파타이트」라 칭함)를 생성하는 반응에 기초를 둔다. 기본적인 화학반응식은 식(4.7.16)과 같다.



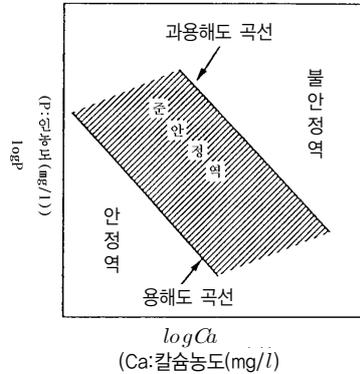
본법에 있어서 아파타이트의 제거 메카니즘은 다음과 같다.

어느 물질의 과포화용액에 그 물질의 결정을 넣으면 용질이 결정을 핵으로 하여 석출되는 원리를 응용한 것이다. [그림 4.7.10]에 나타나 있는 바와 같이 인산과 칼슘이 혼합된 용액은 각각의 성분의 농도에 따라서 아파타이트를 검출하는 경계, 즉 용해도 곡선이 존재한다. 또한 준안정지역이 존재하여 이 지역의 경계이상으로 칼슘이온을 첨가하면 아파타이트가 응집침전되기 시작한다. 통상, 석회응집침전법은 이 불안정지역에서의 반응을 응용한 것이다. 준안정지역의 상태에서 그 용질과 동일하거나 유사한 물질의 종결정이 존재하면, 결정표면에 아파타이트가 석출되어 그 결과로서 인산과 칼슘이 제거된다.

정석탈인법의 이점은 응집침전법에 비하여 석회의 주입량을 30~90 mg/l로 적게 할 수 있으며, 따라서 슬러지의 발생이 적어지게 된다. 본법에 의해 2차 처리수중의 총인 농도를 0.5 mg/l 이하로 할 수 있는 것이 확인되었지만, 하수중에 포함되어 있는 총 탄산이온의 알칼리도가 정석반응을 방해하기 때문에 전단에 산첨가에 의한 탈탄산공정이 필요하다.

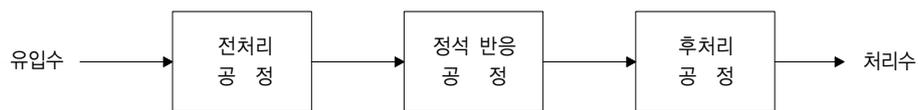
전처리공정은 정석탈인반응이 실용적인 속도로 안정되게 진행되도록 유입수를 조정하는 공정이다. 과용해도 부근의 준안정지역의 상태로 하기 위해 칼슘농도와 pH의 조정을 행하고 필요에 따라서는 방해물질을 제거하는 공정을 포함한다. 정석반응공정은 전처리된 유입수를 종결정(종결정에는 인광석, 전로슬래그 및 골탄 등이 있다)과 접촉시켜 인을 제거하는 공정이다. 후처리공정은 필요에 따라서 처리수의 중화 등을 행하는 공정으로 처리수의 pH가 배수기준인 8.6 이하가 되지 않는 경우에 필요한

시설이다.



[그림 4.7.10] 정석 반응과 인산 및 칼슘 이온 농도(pH 일정)

본법의 기본적인 처리계통은 [그림 4.7.11]과 같다.



[그림 4.7.11] 정석탈인법의 처리계통

(2) 처리 특성

본법은 비교적 고농도의 인(10 mg/l 정도)을 함유하고 있는 유입수로부터 1 mg/l 정도의 비교적 낮은 농도의 인을 함유하는 유입수까지 적용가능한 방법이다. 통상의 하수 2차 처리수를 본법으로 처리한 경우 총인농도 0.5 mg/l 이하(용해성 정인산형태의 인(PO₄-P)농도는 0.3 mg/l 이하)의 처리수질을 기대할 수 있지만 탈인 성능은 설정 pH, 칼슘농도, 수온, 원수중의 방해물질, 접촉시간, 종결정의 성질에 따라 지배된다. 또한 제거대상은 용해성 정인산과는 다른 형태의 인(폴리인산, 유기인 및 현탁인)인 경우, 여과 등의 부차적인 기능에 의한 경우를 제외하면 제거할 수 없다.

(3) 설계, 유지관리상의 유의점

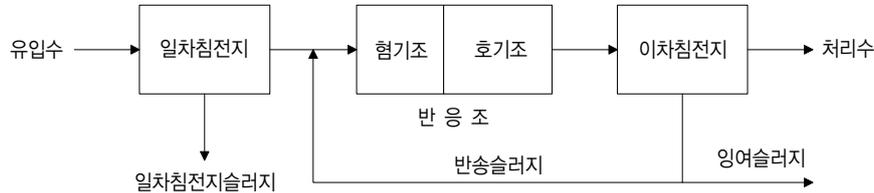
정석탈인법에 있어서 처리성능에 영향을 미치는 인자로는 총탄산이온, 정석반응조의 SV(space velocity), 유입수의 인농도, 수온 등을 생각해 볼 수 있다. 설계시에는 이런 모든 점들을 충분히 검토할 필요가 있다.

3) 혐기호기조합법

(1) 개요

혐기호기조합법은 하수유입과 반송슬러지의 유입이 첫 단계의 혐기조로 함께 유입되는 생물학적 탈인 공정의 대표적인 예이다.

본법의 기본적인 처리계통은 [그림 4.7.12]와 같다.



[그림 4.7.12] 혐기호기조합법의 처리계통

(2) 처리 특성

본법은 도시하수의 처리에 있어서 ① 처리수의 BOD 및 SS농도를 표준활성슬러지법과 동등하게 처리할 수 있고, ② 유입수중에 총인농도가 5.0 mg/l 정도되면, 처리수의 총인농도를 1.0 mg/l 이하로 처리하는 것이 가능하며, 총인 제거율은 80% 이상 가능하다. 그러나 최종유출수의 총인 농도를 1 mg/l 이하로 유지하기 위해서 용존성 BOD와 용존성 인의 비가 10~15가 되어야 하며, 유출수 총인 농도를 0.5 mg/l 이하로 유지하기 위해서는 용존성 BOD와 용존성 인의 비가 20~25가 되어야 하는 것으로 보고되고 있으며 MLSS농도, SRT, 혐기반응조 및 호기반응조 HRT, 혐기반응조의 산화환원 전위(ORP), 호기반응조의 DO농도, 슬러지 처리계통으로부터의 인 부하 등에 의해 영향을 받기 때문에 제반 조건을 충분히 고려할 필요가 있다. 또한, 혐기호기활성슬러지법은 인제거 기능 이외에 사상성미생물에 의한 벌킹이 억제되는 효과가 있는 것으로 알려지고 있다.

(3) 설계 및 유지 관리상의 유의점

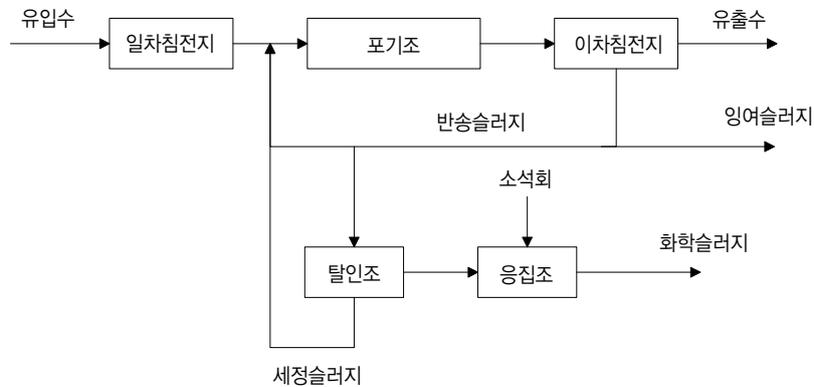
본법의 설계 및 유지관리상의 유의점은 다음과 같다.

- ① 표준활성슬러지법의 반응조 전반 20~40% 정도를 혐기반응조로 하는 것이 표준이다.
- ② 슬러지 처리시설에 있어서 잉여슬러지가 혐기상태에서 섭취한 인을 재방출하기 때문에 반류수의 인부하에 의해 처리수의 인농도가 증대될 수 있으므로 인의 재방출 방지대책을 고려할 필요가 있다.
- ③ 본법의 인제거 성능은 우천시에 저하되는 경향이 있기 때문에 보다 안정적인 처리수의 총인농도를 확보할 필요가 있는 경우에는 보완적 설비로서 응집제 첨가등의 물리화학적인 인제거공정의 병용이 필요할 경우도 있다.
- ④ 혐기반응조의 운전지표로서는 산화환원전위(ORP)를, 호기반응조는 DO농도를 사용할 수 있다.
- ⑤ 반응조의 수리학적체류시간, 호기조고형물체류시간(ASRT), 필요공기량, 알칼리제 및 추가유기물 원 주입설비, 일차침전지, 이차침전지 등에 대한 사항은 혐기무산소호기조합법을 참조한다.

4) 반송슬러지 탈인제거 공정

반송슬러지 탈인제거공정은 반송슬러지의 일부만이 포기조로 유입되고, 분리된 단위 공정에 의해 생물학적 탈인조에서 슬러지의 인을 방출시킨 후 그 상정액을 화학적인 방법으로 침전시켜 제거한다.

[그림 4.7.13]에 대표적인 공법인 phostrip 공정을 나타내었다.



[그림 4.7.13] Phostrip 공법

이 공정은 비교적 유입수의 유기물 부하에 영향을 받지 않고 인을 과잉으로 함유하여 잉여슬러지로 배출하는 혐기호기조합법에 비해 슬러지의 처리가 용이하다. 또한, 석회주입량은 알루미늄이나 금속염과 달리 알칼리도에 의하여 결정되고 탈인조 상징액이 총유입수량에 비하여 아주 적으므로 인을 침전시키기 위하여 소요되는 석회의 양이 순수화학처리방법보다 적게 된다.

5) 기타공법

위에 제시된 공법이외에 국내외에서 다양한 신기술들이 연구, 개발 중이다.

4.7.6 기존 하수처리시설의 고도처리시설 설치

기존의 하수처리시설에 고도처리시설을 설치하고자 하는 경우에는 다음과 같은 사항을 검토하여야 한다.

- (1) 기본설계과정에서 처리장의 운영실태 정밀분석을 실시한 후 이를 근거로 사업추진방향 및 범위 등을 결정하여야 한다.
- (2) 시설개량은 운전개선방식을 우선 검토하되 방류수수질기준 준수가 곤란한 경우에 한해 시설개량방식을 추진하여야 한다.
- (3) 기존 하수처리시설의 부지여건을 충분히 고려하여야 한다.
- (4) 기존시설물 및 처리공정을 최대한 활용하여야 한다.
- (5) 표준활성슬러지법이 설치된 기존처리장의 고도처리개량은 개선대상 오염물질별 처리특성을 감안하여 효율적인 설계가 되어야 한다.

【해설】

(1)에 대하여

기존하수처리시설에 고도처리시설을 설치하고자 하는 경우에는 기본설계과정에서 처리장의 운영실태 정밀분석을 실시한 후 이를 근거로 사업추진방향 및 범위 등을 설계에 반영하고 사업을 추진하

여야 한다.

처리장의 운영실태 정밀분석은 다음과 같은 내용을 포함한다.

- ① 유입하수량의 수량 및 수질특성 조사
 - 유입하수량 및 수질특성 분석(분뇨, 축산폐수, 침출수 등 연계처리수가 차지하는 오염부하량 등)
 - 하수처리구역내 배출특성 및 주요 하수관거 실태조사
- ② 하수처리시설의 기능진단
 - 수처리 및 슬러지처리공정의 공정별 기능평가
 - 각종설비의 기능평가
 - 처리시설 운전방법 및 처리효율 검토
 - 인력, 조직 및 유지관리 등 하수처리시설 운영실태조사
- ③ 시설개선 및 효율화방안 제시
 - 현상진단에서 도출된 문제점에 대한 원인분석 및 대안제시
 - 처리효율 및 경제성 향상을 위한 장단기대책 방안 제시
 - 시설개선의 방향설정 및 소요되는 개략비용의 산정
- ④ 처리효율개선사업의 시행타당성 검토·제시

(2)에 대하여

기존하수처리시설의 고도처리시설 설치사업은 운전개선방식(renovation)에 의한 추진방안을 우선적으로 검토하되 방류수수질기준 준수가 곤란한 경우 시설개량방식(retrofitting)으로 추진하여야 한다.

- ① 운전개선방법 등으로 처리효율을 향상시켜 고도처리시설 도입이 불필요하는 등 사업비를 절감할 수 있는지의 여부를 우선적으로 검토하여야 한다.
- ② 시설용량증설 없이 처리공법개선 등으로 처리능력을 증대시켜 사업비를 절감할 수 있는지 여부를 우선적으로 검토하여야 한다.

(3)에 대하여

기존하수처리시설에 고도처리시설을 설치할 경우에는 하수처리시설의 부지여건을 충분히 고려하여 고도처리시설 설치계획을 수립하여야 한다.

- ① 기존하수처리시설 부지확장의 한계성 등 입지여건을 최대한 고려하여 처리효율 및 경제성이 비슷한 경우에는 하수처리시설의 부지가 가급적 적게 소요되는 고도처리시설을 선정한다.
- ② 특히, 기존하수처리시설에 고도처리시설 부지가 미확보된 경우에는 부지확장의 어려움을 감안하여 이에 적합한 고도처리시설 도입을 우선적으로 검토한다.

(4)에 대하여

기존하수처리시설에 고도처리시설을 설치하는 경우에는 기존 시설물 및 처리공정을 최대한 활용하여 중복투자가 발생하지 않도록 하여야 한다.

- ① 고도처리시설 설치에 수반되는 수처리 및 슬러지처리시설은 기존시설과 호환성이 없을 경우 사업 비용의 중복투자가 우려되므로 기존 처리시설과의 호환이 가능한 고도처리공법이 우선적으로 도입되도록 검토한다.
- ② 처리장의 수처리구조물, 건축물 및 기계·전기설비 등 기존시설물을 최대한 활용한 고도처리시설이 설치되도록 한다.
- ③ 고도처리공법을 선정할 때에는 기술적 검토 이외에 LCC(life cycle cost) 등의 경제성 검토 등을 종합적으로 판단하여 고도처리공법 선정의 타당성을 제시하여야 한다.
- ④ 하수처리시설을 증설하면서 고도처리시설을 설치하는 경우에는 기존 처리시설과의 연계성 및 오염물질 제거효율이 우수하고 유입수량과 수질의 변동에 대응할 수 있는지의 여부를 검토하여야 한다.
- ⑤ 하수처리시설에 고도처리시설을 설치할 경우에는 설치·운전실적 여부 등을 감안하여 안정적·경제적인 기술을 선정하여야 한다.
- ⑥ 고정상담체(media) 충전공법 선정시에는 담체에 부착된 slime을 효과적으로 탈리시킬 수 있는 시설을 설치하고, 담체 미생물부착여부를 정기적으로 확인할 수 있는 시편(1프레임 이상)을 설치한다.

(5)에 대하여

표준활성슬러지법이 설치된 기존처리장에 고도처리시설을 도입할 경우에는 개선대상 오염물질별 처리특성을 감안하여 효율적인 설계가 되도록 하여야 한다.

- ① 유기물질(BOD) 항목만 처리효율 향상이 필요한 경우
 - 고도처리방식은 운전개선방식으로 추진하는 방안을 우선적으로 검토
 - 노후설비의 교체 및 개량
 - 유량조정시설 및 전처리시설 기능강화
 - 운전모드 개선(포기조 관리, OFF-GAS TEST에 의한 산소전달효율)
 - 슬러지 처리계통 기능개선(구내 반송수관리)
 - 연계처리수(분뇨, 축산, 침출수 등)의 효율적 관리
 - 2차 처리시설 후단에 여과시설 설치검토
- ② 부유물질(SS) 항목만 처리효율 향상이 필요할 경우
 - 운전개선방식으로 추진할 경우
 - 유량조절기능 및 전처리설비개선
 - 슬러지설비 기능개선(구내 반송수관리)
 - 이차침전지 용량 및 구조개선
 - 시설개량방식으로 추진할 경우

- 운전개선방식에 의한 사항을 검토후 반영
 - 침전지 용량 증설 및 여과시설 설치검토
- ③ T-N 항목만 처리효율 향상이 필요한 경우
- T-N 제거는 운전개선방식으로는 어려우므로 시설개량방식으로 추진
 - 운전개선방식에 의한 사항을 검토후 반영
 - 기존 포기조의 HRT를 고려한 고도처리공법 선정
- ④ T-P 항목만 처리효율 향상이 필요한 경우
- 기존 하수처리시설의 T-P 처리는 생물학적 처리방식보다 화학적 처리방식이 효율적, 경제적이므로 운전개선방식에 의한 사항을 검토후 반영하며 필요시 시설개량방식을 검토한다.
- ⑤ T-N 과 T-P 항목을 동시에 처리효율 향상이 필요한 경우
- 기존하수처리시설에 T-N 및 T-P 항목에 대하여 동시에 처리효율 향상이 필요할 경우에는 T-N 처리방법은 상기의 T-N 처리방식을 채택하되 T-P의 경우에는 생물학적처리방식과 화학적처리 방식에 대한 경제성 및 효율성 등을 비교 평가후 결정한다.

4.7.7 잔류 SS 및 용존유기물 제거공정

1) 급속여과법

(1) 개요

급속여과법은 안정된 처리성능을 얻을 수 있고 운전도 용이하며 2차 처리수질의 향상을 기대할 수 있는 고도처리의 기본공정이다. 급속여과법은 모래, 모래와 안트라사이트, 섬유사, 폴리에틸렌 등의 여재로 이루어진 여층에 비교적 높은 속도로 유입수를 통과시켜 부유물을 제거하는 방법이다.

활성슬러지법 등에 의한 하수의 2차처리수에는 통상 5~20 mg/l 정도의 미생물플록을 주체로 한 SS가 포함되어 있다. 이 SS를 제거하면 더욱 청정한 처리수를 얻을 수 있다. 또한 질소, 인제거를 목적으로 한 처리공정의 처리수중에 포함된 SS를 제거함으로써 보다 안정된 질소, 인제거를 기대할 수 있다. 더욱이 처리수의 재이용에 있어서 SS의 제거에 의해 탁도가 감소되어 처리수의 미관이 향상되며, 소독전에 부유물을 제거함으로써 소독의 효과가 증대한다.

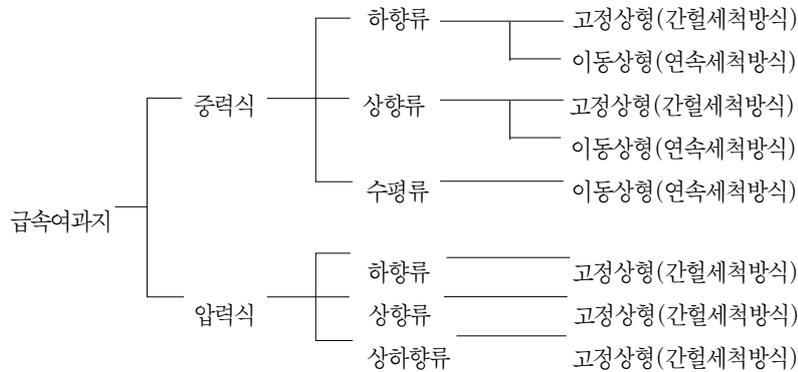
급속여과지의 형식은 주로 3가지의 요인에 의해 다음과 같이 분류할 수 있다.

- ① 여과압의 확보방법에 따라서-중력식 및 압력식
- ② 여과방향에 따라서-하향류, 상향류, 수평류 및 상하향류
- ③ 여층의 운동방식에 의해-고정상형 및 이동상형

이것을 보다 자세히 <표 4.7.6>에 나타내었다.

처리수의 처리장내 재이용을 위한 여과시설로서는 압력식 여과 등이 사용되고 있으며, 고도처리 및 재이용을 위한 대형시설로서는 고정상 및 이동상을 포함한 중력식 하향류 여과 및 상향류 여과가 많이 채용되고 있다.

〈표 4.7.6〉 급속여과지의 형식의 분류



(2) 설계 및 유지 관리상의 유의점

본법의 계획처리수량은 고도처리로서 전량여과를 행하는 경우는 계획1일 최대여과수량(계획1일 최대처리수량), 재이용 등을 위해 처리수의 일부를 여과하는 경우에는 목표로 하는 최대수량으로 한다. 계획유입수질은 미리 충분히 조사하여 결정한다. 여과지 유입수의 시료를 얻기 어려운 경우에는 SS농도를 20 mg/l로 한다. 여과속도는 압력식여과를 포함하여 모래여과인 경우 계획1일 최대여과수량에 대하여 300 m/d를 상한으로 하고, 계획시간최대오수량에 대하여 450 m/d를 상한으로 정하나 기타 여과재를 사용하는 경우 그 이상으로 할 수 있다. 여과를 계속하게 되면 포착된 부유물질에 의해 여층의 손실수두가 증대하기 때문에 설정수두에 도달하거나 정기적으로 세척할 필요가 있다.

여과를 개시한 후 세척을 하기 전까지 여층에 포착된 SS량을 SS포착량이라 한다. SS포착량은 하향류에서는 2~5 kg/m²(여상면적)정도, 상향류에서는 사용여재가 크고, 여층이 깊기 때문에 그 값이 보다 커진다. 여과지의 세척방법에는 일반적으로 표면세척, 공기세척 및 물역세척 등의 조합으로 구분하나 공기세척없이 물역세척으로만 세척하는 방법이 있다. 하수처리시설에 있어서는 일반적으로 공기세척, 공기·물 동시세척으로 여층내에 포착된 부유물을 이탈시키고, 물역세척으로 부유물의 배출과 여층의 성층화를 행하는 방법이 사용되고 있다. 상향류는 격자에 의해 여층의 팽창이 억제되어 하향류보다 세척이 어렵다. 때문에 상향류는 세척이 복잡하고 소요시간이 길다. 통상 상기의 조합을 2회 정도 반복하여 수행한다. 세척수는 하향류에서는 여과수를 상향류에서는 2차처리수를 사용한다. 2차처리수의 SS농도가 높으면 여층이 단시간에 막히게 되어 세척빈도가 증가한다. 또한, 미세입자와 콜로이드는 처리되기 어려우며 처리효율을 저하시킨다. 따라서 급속여과지를 정상적으로 운영하기 위해서는 2차처리의 적절한 관리가 불가결하다.

(3) 계획여과수량

급속여과시설의 설계유량은 <표 4.7.7>과 같다.

〈표 4.7.7〉 급속여과시 계획여과수량

시 설	계 획 여 과 량	적 용
급속여과지	계획일최대여과수량	시설규모, 세척용 펌프, 송풍기
처리시설 연결관거	계획시간최대여과수량	원수양수 펌프

(4) 급속여과장치

급속여과장치는 다음 사항을 고려해서 정한다.

- (1) 여과방법은 중력식과 압력식이 있고, 그 선택은 설치조건, 계획수량 등에 따라서 정한다.
- (2) 여재 및 여층의 구성은 SS제거율, 유지관리의 편의성 및 경제성을 고려하여 정한다.
- (3) 여과속도는 유입수와 여과수의 수질, SS의 포획능력 및 여과지속시간을 고려하여 정한다.
- (4) 여층의 역세척은 세척방법으로 여과장치의 종류에 따라 다르나 역세척수를 이용하는 방법과 공기와 역세척수를 병용하는 방법이 있다.

【해설】

(1)에 대하여

일반적으로 쓰는 급속여과장치를 나타내면 <표 4.7.8>과 같다. 중력식 여과장치는 여과지내에 자유수면을 가지며, 지내의 수위와 유출수 수위의 수두차를 이용해서 여과가 이루어지고, 강재 또는 철근 콘크리트재로 제작된다. 압력식 여과장치는 밀폐구조로 되어 있는 여층의 위쪽 면에 압력이 걸리게 되어 있다(〔그림 4.7.14〕 a) 참조). 중력식에서는 손실수두를 크게 취하기 위해 측벽을 높게 하지만 압력식에서는 유입압력을 높이는 것만으로도 여과조작이 가능하다. 그러나 압력식에서는 내압이 걸리므로 재질은 강판이어야 하고, 형상도 원통형으로 하는 것이 일반적이다. 또 계획수량이 비교적 적은 경우에 주로 사용된다.

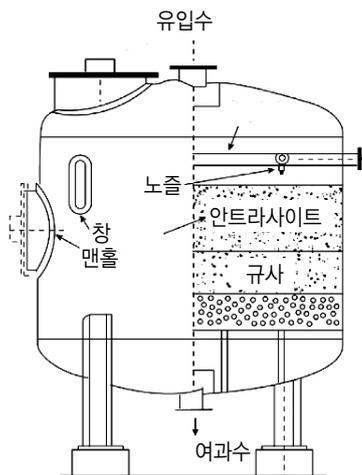
(2)에 대하여

종래에는 여재가 모래, 안트라사이트(anthracite)로 한정되었으나 폴리에틸렌, 섬유사 등 다양한 국내·외의 다양한 여재 기술 및 여과방식의 개발로 여과효율의 증대, 유지관리의 편의성을 도모하게 되어 2차 처리수의 수질 및 양을 면밀히 검토하여 유지관리성 및 경제성을 고려하여 선정하여야 한다.

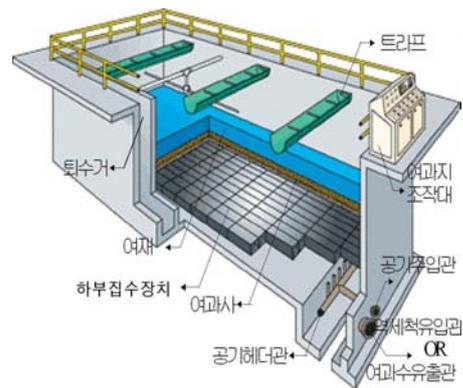
모래여과인 경우 일반적으로 하향류식 여과의 경우에는 안트라사이트(anthracite)와 모래로 구성된 2층 구조로 사용하고, 상향류식 여과의 경우에는 모래로만 된 단층으로 사용한다.

〈표 4.7.8〉 급속모래여과장치

여과의 형식			여 층 의 구 성	최대여과속도 (m/d)
여과압의 종류	여과의 방향	여층의 형태		
중력식	상향류	이동상형	① 여재로서 모래를 사용할 경우, 모래의 유효경은 1.0 mm 정도를 표준으로 한다. ② 단층여과장치를 표준으로 하고, 여사 두께는 1 m를 표준으로 한다. ③ 모래의 균등계수는 1.4 이하로 한다.	300
		고정상형	① 여재를 모래로 할 경우 단층을 표준으로 하고 여사두께는 1.0~1.8 m를 표준으로 한다. ② 여사는 유효경 1~2 mm 정도, 균등계수 1.4 이하를 표준으로 한다. ③ 여층표면하 10 cm에 grid를 설치한다.	
압력식	하향류	고정상형	① 안트라사이트와 모래로 된 2층여과지를 표준으로 하고 모래층의 두께는 안트라사이트층의 60% 이하로 함. ② 안트라사이트의 유효경은 1.5~2.0 mm를 표준으로 함. ③ 안트라사이트의 유효경은 모래 유효경은 모래 유효경의 2.7배 이하로 한다. ④ 안트라사이트와 모래의 균등계수는 1.4 이하를 목표로 한다. ⑤ 안트라사이트와 모래로 된 여층의 두께는 60~100 cm로 한다.	300



a) 압력식



b) 중력식

[그림 4.7.14] 여과장치의 예

(3)에 대하여

여과속도는 2차 처리수와 여과수의 수질, 여재의 SS의 포획 능력 및 여과지속시간이 다르므로 유지관리 및 경제성을 고려하여 여과속도를 정한다.

모래여과기인 경우 여과속도는 일반적으로 300 m/d 이하를 사용하나 폴리에틸렌, 섬유사인 경우 역세척 수의 발생량을 적도록 개발하여 여과지속시간을 짧게 하는 대신 여과속도를 약 500 m/d까지 사용하기도 한다.

(4)에 대하여

여과능력의 재생을 위하여 여층을 역세척한다. 역세척은 여층의 하부에서 역세척수를 주입하여 여층의 상부에서 배수하는 방법이 일반적이다.

역세척의 방법으로는 여재 및 그 방법에 따라 조금씩 차이는 있으나 역세척수(여과수 또는 2차 처리수)만으로 역세척하는 방법과 역세척수와 공기세척을 병용하는 방법으로 대별할 수 있다.

급속모래여과에서는 역세척을 촉진하기 위해 하향류식 여과에서는 표면세척과 공기세척을 함께 하고, 상향류식 여과에서는 여층의 하부에서 역세척수와 공기를 동시에 주입하여 세척한다.

(5) 여과지 면적, 지수 및 기종

- (1) 여과면적은 계획여과수량을 여과속도로 나누어서 구한다.
- (2) 대수는 원칙적으로 2대 이상 설치를 원칙으로 한다.
1대당 최대여과면적, 역세척시 운전시간 등을 고려한 역세척시 유입수량의 저류방법 등을 고려하여 결정한다.
- (3) 여과장치의 구조 및 기종은 처리장의 규모, 처리수질, 유지관리 및 경제성을 고려하여 정한다.

【해설】

(1)에 대하여

계획여과수량을 $Q(m^3/d)$, 여과속도를 $v(m/d)$ 라 하면 소요여과면적 $S(m^2)$ 는 식(4.7.17)과 같다.

$$S = \frac{Q}{v} \dots\dots\dots (4.7.17)$$

(2)에 대하여

급속여과장치는 기종에 따라 역세척과 동시에 여과를 할 수 있고, 역세척 운전시간 3분 이내로 매우 짧은 경우도 있으므로 예비를 반드시 둘 필요는 없다. 그러나 여과장치의 보수, 점검 등 유지관리를 고려하여 원칙적으로 2대 이상을 설치하는 것이 좋다.

$$(n_{min} - 1) \cdot A \cdot v_w = A \cdot I \dots\dots\dots (4.7.18)$$

여기서, n_{min} : 예비지를 포함하지 않는 최소지수

I : 세척시간중 평균세척속도(m/d)

A : 1지당 여과면적(m^2)

v_w : 1지 세척할 때 남아있는 다른 여과지의 여과속도(m/d)

식(4.7.18)에 의하여 n_{\min} 은 식(4.7.19)로 구할 수 있다.

$$n_{\min} = \frac{I}{v_w} + 1 \dots\dots\dots (4.7.19)$$

2차처리계통으로 반송되는 역세척폐수의 수량, 부유물, BOD 등의 부하를 균등하게 2차처리계통에 반송하기 위한 역세척폐수조를 설치하지 않고, 또한 2차처리계통이 역세척폐수에 의해 과부하로 되지 않게 하기 위해서는 저수량시에 여과지의 역세척을 하는 것이 바람직하다. 저수량시에 1지씩 연속세척을 한다고 가정하면 식(4.7.20)이 성립된다.

$$T = t \cdot n_{\max} \dots\dots\dots (4.7.20)$$

- 여기서, T : 역세척 가능 시간(분)
 t : 1지당 역세척시간(분)
 n_{\max} : 예비지를 포함하지 않는 최대지수

식(4.7.20)에 의해 n_{\max} 는 식(4.7.21)로 구할 수 있다.

$$n_{\max} = \frac{T}{t} \dots\dots\dots (4.7.21)$$

1지가 역세척되고 있는 경우, 다른 여과지의 여과속도(v_w)는 식(4.7.22)와 같다.

$$v_w = \frac{n}{n-1} \cdot v \dots\dots\dots (4.7.22)$$

여기서, v : n지가 모두 운전되고 있을 때의 여과속도(m/d)

식(4.7.22)에 의하면 n = 4, 6, 8, 10의 경우 1지 역세척에 의해 다른 여과지의 여과속도는 역세척전과 역세척중의 유입수량에 변화가 없다고 하면 역세척전의 여과속도의 1.33, 1.20, 1.14, 1.11배가 된다. 역세척에 의한 여과운전중 여과지의 여과속도 증가로 인해 여과수질이 나빠지지 않도록 지수를 결정해야 한다.

(3)에 대하여

급속여과장치는 처리장의 규모, 처리수질의 조건, 유지관리 및 경제성을 고려하여 기준을 정하여야 한다.

여과지인 경우 형상은 철근 콘크리트제의 경우 직사각형을 표준으로 한다.

(6) 여재

급속여과에 사용하는 여재는 다음 사항을 고려한다.
 (1) 여재는 종류, 공극률, 비표면적, 균등계수 등을 고려하여 정한다.
 (2) 여재의 충전 높이는 충전밀도, 여과의 효율, 역세척 주기 및 여과지속시간 등 유지관리 편의성 및 경제성을 고려하여 정한다.

【해설】

(1)에 대하여

여과란 부유물 특히, 침전으로 제거되지 않는 미세한 입자의 제거에 가장 효과적인 방법으로 다공성 물질에 액체를 통과시켜 여재의 공극보다 더 큰 입자가 제거되며 공극보다 더 작은 입자는 부착, 응결, 침전, 거름 등에 의해 제거되는데, 원수가 여재의 공극 사이를 통과할 때 일부 미세 부유물은 모여서 응결되어지는 과정, 커진 부유물은 공극부에 침적되는 과정, 축적된 부유물의 거름현상 유발 과정 및 일부 유입 부유물의 직접 여과에 의해 제거된다.

여재는 그 종류에 따라 제거율이 다르고 같은 조건에서도 공극률, 비표면적이 크고 균등계수가 균일하면 처리유량을 크게 할 수 있다.

(2)에 대하여

여과가 계속되면 압력손실이 증가하여 제거된 입자들이 농축되어 여재가 폐색되면 여과공정을 중단하고 역세공정을 행해야 한다. 여과지속시간은 원수의 부유물 농도, 형상, 성질 등과 여재의 공극률, 여재의 충전높이에 따라 다르다.

유입수중의 플록(floc)이 크고 탁도가 높은 경우에는 표면제거가 일어나며 공극공간은 급속히 막히게 되어 상대적으로 여과상의 운영시간이 짧아지게 된다. 유입수의 플록이 작고 탁도가 낮은 경우에는 심층제거가 일어나는데 부유물질이 여과상 내부로 깊이 스며들며 여과지속시간이 길어지게 된다.

또한 같은 충전높이라도 여재의 특성에 따라 여과효율 및 여과지속시간이 달라지므로 여재의 특성을 고려하여 설치하여야 한다.

2) 기계식 표면여과기

(1) 개요

표면여과(surface filtration)는 얇은 격벽(septum; 여재)을 통해 액체를 통과시켜 기계적 체거름에 의해 액체 안의 부유입자들을 제거하는 것이다. 여과 격벽으로 사용되는 물질에는 엮여진 금속 직물, 섬유 직물, 합성물질 등이 있다. 여재(여과막) 표면여과의 간극 크기는 10~30 μ m 정도이다. 대표적인 여재(여과막) 표면여과기에는 디스크필터(disc filter, DF)와 섬유여재디스크필터(cloth-media disk filter, CMDF) 등이 있다.

(2) 디스크필터(disc filter, DF)

전형적인 디스크필터(DF)는 두 개의 수직으로 세워진 평행한 디스크 양면에 여과막을 댄 여러 개의 디스크로 이루어져 있다. 각 디스크는 중앙의 유입수 공급관으로 연결되어 있다.

전형적인 운전방식은 유입수가 중앙 수로로 들어와서 여과막을 통과하여 처리수는 바깥으로 흐른다. 일반적인 운전 시 DF 표면적의 60~70%가 물에 잠기고 디스크는 수두손실에 따라 1~8.5 회전/분의 속도로 회전한다. DF는 간헐식 또는 연속식 역세척방식으로 운전할 수 있으며, 연속식 역세척방식으로 운전할 때 DF 디스크는 여액을 생산하고 동시에 역세척한다. 운전 초기에 유입수가 중앙 유입관으로 들어온 뒤 디스크로 배분된다. 디스크가 잠겨 있는 동안, 물과 여과막의 간극보다 작은 입자들은

여재를 통과해서 유출수 집수로 흐르고 스크린보다 큰 입자들은 갇히게 된다.

역세척방식은 디스크가 회전할 때 공기중 노출된 여과막이 고압분사세척장치를 통과하면서 여과막에 갇혀있던 찌꺼기들이 디스크로부터 떨어져 역세척수 집수호통에 모이게 되며, 역세척노즐을 통과한 후 세척된 스크린은 여과에 다시 사용하게 된다. DF가 간헐식 역세척방식으로 운전될 때는 여재의 수두 손실이 미리 정해진 수준에 도달한 경우에만 역세척 분사장치가 가동된다.

(3) 섬유여재디스크필터(cloth-media disk filter)

전형적인 섬유여재디스크필터(CMDF)는 탱크에 수직으로 세워진 몇 개의 디스크로 구성된다. 전형적인 CMDF의 운전은 유입수가 유입수조로 들어 와서 섬유여재를 통해 중앙의 집수관이나 드럼으로 흐른다. 이 때 디스크는 물에 완전히 잠겨서 운전하게 된다. CMDF 여액은 중앙의 파이프나 드럼에 모인 후 유출수로의 율류 위어를 넘어 최종 방류된다. 부유물질이 여재의 표면이나 안에 축적됨에 따라 흐름에 대한 저항이나 수두손실이 증가한다. 섬유여재의 수두손실이 미리 정해진 수준에 도달하면 디스크를 역세척 한다.

역세척방식은 CMDF의 한쪽에 설치된 진공흡입헤드에 의해 디스크가 회전하는 동안 여액헤드로부터 섬유여재를 통해 여액을 흡입하여 세척한다. 이 역흐름에 의해 섬유여재의 표면과 안에 갇혀있던 입자들이 제거된다. 한편, 흡입세척만으로 제거되지 않을 경우에는 고압분사세척장치를 가동하여 주기적으로 역세척을 할 필요가 있다.

3) 막분리법

(1) 개요

압력차에 의해서 막을 통과시켜 물질을 분리하는 방법이 막분리법이다. 막의 두께는 보통 0.05~2 mm 정도이다. 한외여과시설이 고분자량 물질의 분리를 목적으로 하는 것에 비하여 역삼투시설에서는 저분자량의 이온영역까지의 분리를 목적으로 한다. 나노여과는 역삼투의 변형으로 분리범위도 역삼투와 비슷하나 주로 조대 유기분자들이 제거된다. 정밀여과에서 분리되는 입경이 가장 크며 주로 부유물, 박테리아, 효소 등이 제거된다. 막의 분리기구용 용질의 입자가 단순히 기계적으로 막의 표면에 부착하는 것과 막표면이나 내부에 흡착되는 것으로 나누어진다. 부착·흡착된 입자는 모두 용매의 투과속도를 저하시키지만 전자의 기구로 제거된 입자는 비교적 간단히 역세척에 의해 제거된다. 그러나 흡착에 의한 막힘은 적절한 약품처리에 의해서만 제거 가능하다. 막분리시설에서는 고압축에 제거물질이 농축되기 때문에 시간이 지날수록 막면에 제거물질이 침착하여 겔층이 형성되어 간다. 겔층의 형성은 막면을 막히게 하기 때문에 막면을 세척하지 않으면 안 된다. 하수의 고도처리에서는 일반적으로 원수 중의 SS, 콜로이드입자(탁도유발물질), 고분자 유기물 및 박테리아 등은 막의 세공을 통과할 수 없기 때문에 농축액으로 분리되나, 무기염류나 저분자량의 유기물은 막을 투과수와 같이 통과한다.

(2) 적용범위

역삼투막의 투과수는 무취, 무색투명하고 수도물과 같은 외관을 띠며, 입자에서 용존성물질이 대부분 제거되는 반면 한외여과막 및 정밀여과막의 투과수는 약간의 색도와 악취가 남아있고 무기물 및 박

테리아보다 작은 크기의 미생물류는 제거가 어렵다. 일반적으로 막분리법은 설치 및 유지비용이 높기 때문에 현 시점에서는 그 적용분야가 한정되어 있다.

(3) 고려사항

분리막의 선정시에는 다음과 같은 사항을 고려한다.

- (1) 분리막의 성능
- (2) 투과능력
- (3) 내구성

【해설】

(1)에 대하여

일반적으로 역삼투막을 제외한 막의 분리성능은 막에 의해 거의 완전히 저지되는 물질의 입경 또는 분자량으로 나타낸다. 이것은 분자량 또는 입경을 알고 있는 표준물질을 이용하여 그 값을 정한다. 이것을 지표로 하여 대상물질에 따른 막의 종류를 선택할 수 있다. 정밀여과막에서는 입경인 공칭분획경으로, 한외여과막에서는 분자량 크기인 분획분자량으로, 역삼투막에서는 특정조건의 운전조건에서의 염제거율(예를 들면, 공급수 1,500 mg/l 식염수, 압력 30 kg/cm², 온도 25℃, 회수율 75%)로 나타낸다.

(2)에 대하여

막의 투과능력은 막면적당 투과수량인 투과유속, 또는 투과계수 등으로 나타내며, 그 관계는 다음 식(4.7.23)과 같다. 단, 모듈에서는 모듈당 순수투과수량으로 통상 표시한다.

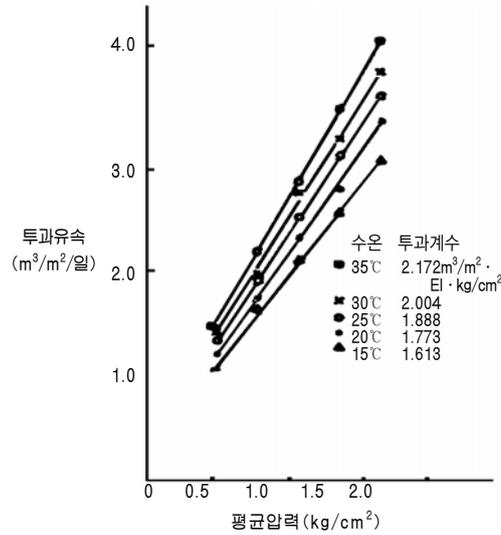
$$J = A \times \Delta P \dots\dots\dots (4.7.23)$$

- 여기서, J : 투과유속(m³/m² · d)
- A : 투과계수
- ΔP : 막에 걸리는 압력차(kg/cm²)

온도별 압력과 투과유속의 관계의 예는 [그림 4.7.15]와 같은데 투과유속은 압력에 비례 하고 온도에 의존하는 것을 알 수 있다. 이 그림에서 기울기가 투과계수이다. 투과능력은 온도의 영향을 받기 때문에 통상 25℃에서의 값으로 처리특성을 평가한다.

(3)에 대하여

막의 수명은 막의 폐쇄에 의한 투과수량의 감소 또는 막의 물리적 손상이나 화학변화에 의한 분리성능의 저하로 결정된다. 한외여과막은 물론 역삼투막도 응집침전 및 모래여과 등으로 수질개선을 철저히 한 뒤에 막에 공급하면 이론상 만시간 이상 경과해도 성능저하는 적으나 제작회사에 따라 큰 차이가 있다.



[그림 4.7.15] 한외여과막의 압력-투과유속 관계

(4) 종류

주요 막분리시설로는 다음과 같은 시설들이 있으며 각각의 특징을 파악하여 처리목적에 적합하게 선택한다.

- (1) 한외여과시설
- (2) 역삼투시설
- (3) 정밀여과시설

【해설】

(1)에 대하여

한외여과는 용존물질 또는 콜로이드물질을 제거하기 위해 다공성 막을 이용하여 가압 운전하는 시설로서, 보통 콜로이드 물질과 분자량 5,000 이상인 고분자의 제거에 이용된다. 한외여과막 공경의 크기는 보통 0.001~0.02 μ m이다. 이 시설은 역삼투보다 상대적으로 낮은 압력에서 운전되는데 일반적으로 1~10 kg/cm² 정도이다. 한외여과의 응용분야로는 물로부터의 기름제거와 유색 콜로이드로부터의 탁도제거 등이 있다. [그림 4.7.16]은 가압에 의해서 처리수중의 미립자가 물과 분리되는 상황을 모델적으로 표시한 것이다. 이 방식을 교차(cross)흐름방식이라 하며 흐름의 방향과 압력이 걸리는 방향이 수직이다. 유입수는 투과수와 농축액으로 분리된다. 한외여과법에서의 막의 투과기구는 세공설에 의해 설명할 수 있다. 한외여과막은 막에 다수의 세공을 가지고 있는데, 용매는 다공성막을 통과하나 다른 성분 즉, 용질은 막표면에 걸리게 되는 성질에 의해 용매로부터 물리적인 여과에 의해 분리된다. 한외여과막에 의해 분리되는 물질은 막의 구멍의 크기와 용질의 분자의 크기 및 형상에 의해 좌우된다. 한외여과막으로는 셀룰로즈 아세테이트, 폴리아미드, 폴리술폰, 폴리비닐클로라이드 등이 사용된다.

(2)에 대하여

역삼투시설은 용매는 통과하지만 용질은 통과하지 않는 반투막 성질을 이용한 처리시설이다. 원리를 나타내면 다음 [그림 4.7.17]과 같다. 물은 자유롭게 통과하지만 용질은 통과하지 않는 반투막에 의해 서로 2개의 실로 나뉜 용기 A에 염류용액을, B에는 물을 넣은 경우 B의 물 일부는 A의 용액으로 침입하여 평행에 달한다. 이때 A, B 사이에서 압력차가 발생하여 [그림 4.7.17]의 I의 상태로 된다. 이 압력차를 삼투압이라고 하며, 이 삼투압에 견딜 수 있는 만큼의 외압을 농후용액측에 가하면 [그림 4.7.18]의 II와 같이 역으로 용액중의 용매가 수축으로 이동한다. 이 현상을 역삼투라고 한다. 이것을 이용하여 용액에서 용매를 분리하는 방법이 역삼투법이다. 삼투압과 농도와 관계에는 다음 식 (4.7.24)가 성립한다.

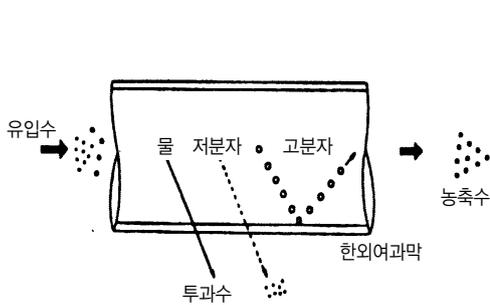
$$\Pi = \Delta CRT \dots\dots\dots (4.7.24)$$

여기서, Π : 삼투압 (Pa)

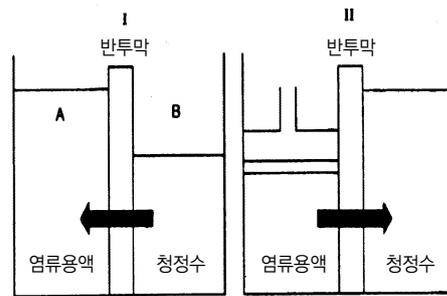
ΔC : 농도차 (mol/m^3)

R : 기체상수 = $8.314(\text{J}/\text{mol}/\text{K})$

T : 절대온도 (K)



[그림 4.7.16] 교차흐름방식에 의한 막분리 예



[그림 4.7.17] 역삼투의 원리

(3)에 대하여

정밀여과는 주로 현탁입자, 각종의 균체 등의 분리에 넓게 사용되고 있다. 역삼투막과 한외여과막에 비하여 낮은 압력으로 큰 여과속도를 얻는 것이 가능하다. 막의 공경은 $0.01 \sim 1\mu\text{m}$ 정도로 분리 대상은 입자이다. 정밀여과는 제거대상이 입자이기 때문에 제거대상물이 현탁성분, 박테리아이고 역삼투막의 전처리로 사용되기도 한다. 막의 투과기구 및 운전방법은 한외여과와 유사하다.

(5) 분리막 모듈의 형식

분리막 모듈에는 다음과 같은 형식이 있다.

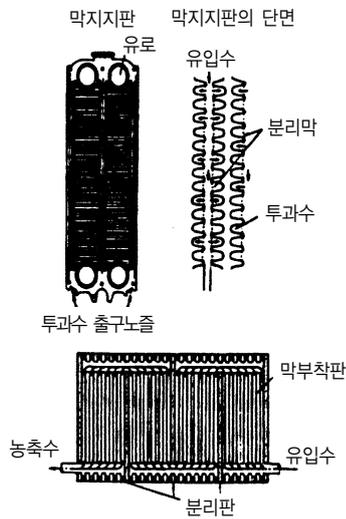
- (1) 관형
- (2) 판형
- (3) 나선형
- (4) 중공사형

【해설】

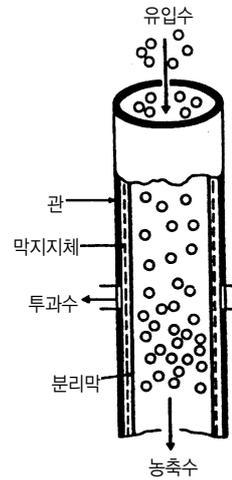
막에는 막 자체만으로 구성된 것, 얇은 막과 그것을 지지하는 다공층이 하나로 되어 있는 비대상막, 얇은 막과 지지막을 별도로 만들어 조합시킨 복합막이 있다. 복합막은 얇은 막과 지지막의 조합을 자유롭게 할 수 있기 때문에 최근에 개발은 이 경향으로 향하고 있다. 이러한 투과막을 공업적으로 이용 가능하도록 한 장치를 모듈이라 한다.

(1)에 대하여

판형은 [그림 4.7.18]와 같이 평면상의 막을 여러 장 겹쳐서 조이는 형이며, 구조가 간단하고 조립되어 있어 분해하여 보수하기가 용이하다. 한외여과용에 주로 사용되고 대상 원액은 슬러지에서 고분자용액까지 비교적 폭이 넓다. 원수 유로의 폭을 매우 좁게 하는 것으로 유속을 크게하여 막면에 겔층이 부착하는 것을 방지한다. 물리적 세척은 불가능하고 약품세척을 실시한다.



[그림 4.7.18] 판형 모듈



[그림 4.7.19] 관형 모듈

(2)에 대하여

관형은 [그림 4.7.19]에 나타난 것과 같이 원통형으로 만들어진 막을 같은 원통형의 통수성을 갖는 내압지지체의 내측 또는 외측에 장착하고 있다. 내경은 10~20 mm, 길이는 1.5~3m의 것이 많이 사용되고 있다. 단관식과 복수로 구성된 다관식 모듈이 있다. 공급액의 유로폭이 크기 때문에 전처리는 조대입자를 제거하는 것만으로 충분하다. 공급액의 유속을 크게하기 쉽고 막면에 스케일 부착이 적다. 세척이 용이하며 물리적 세척법을 적용할 수 있다. 약품세척도 수시로 병용한다. 막교환은 용이하지만 막면적당 장치용량이 크고 설비용적도 커진다. 통상 고유속으로 운전하기 때문에 여과량당 소비동력이 크다.

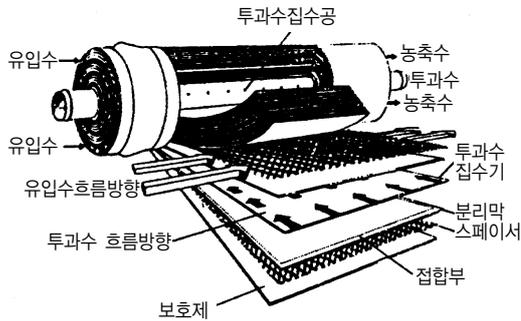
(3)에 대하여

나선형(소용돌이상) 모듈은 [그림 4.7.20]에 나타난 것과 같이 막, 막지지체, 스페이서, 투과액

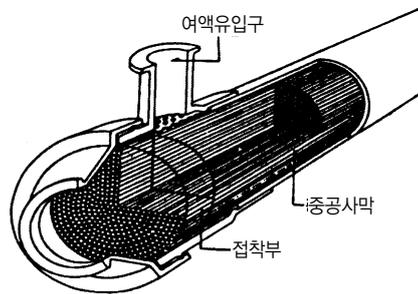
채수관 등으로 이루어진다. 2장의 평막 사이에 투수성 지지물질을 끼워 넣고 막의 외측면에는 망상의 스페이서를 겹치고 막의 세 변을 접착제로 봉하여 투과액 채수관을 중심으로 말아 넣은 것이다. 원수는 스페이서부에 들어가고 막을 통과한 액은 지지체부에서 투과액 채수관을 통과하여 배출된다. 나선형 모듈은 모듈당 막면적이 크고 투과속도도 빠르기 때문에 장치의 콤팩트화가 가능하다. 스페이서는 활류촉진효과를 갖고 있기 때문에 막으로의 공급량이 적어도 막면에서의 유속이 커지고 염분이 막표면 부근에 농축되어 염분제거율이 저하되는 농도분극현상을 방지할 수 있다. 따라서 소비동력이 적게 드는 에너지절약형이다. 반면 유로단면이 작기 때문에 유로폐쇄를 방지하기 위한 전처리를 필요로 한다.

(4)에 대하여

중공사형은 [그림 4.7.21]에서 볼 수 있듯이 내면적 중의 한면 또는 외측면이 0.1~1 μ m 정도의 활성막면으로 되어 있는 중공사 여러 개를 하나의 모듈에 수납하고 있다. 다른 형식과는 달리 지지체를 사용하지 않고 자기지지구조로 되어 있기 때문에 막 자체에 어느 정도의 기계적 강도가 요구된다. 원수가 중공사의 외측과 내측에 공급되는 두 가지 형이 있다. 단위용적당 유효면적이 크고, 보다 낮은 압력으로 소정의 처리 능력을 달성할 수 있어 소비동력이 적다. 출구측에서 압입하는 역세척과 약품세척을 실시한다.



[그림 4.7.20] 나선형 모듈



[그림 4.7.21] 중공사형 모듈

(6) 막분리시설의 구성

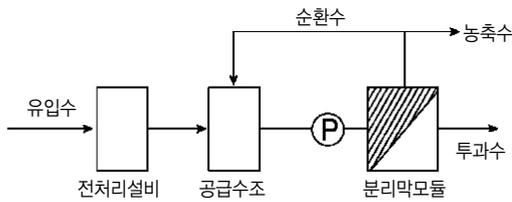
- (1) 막분리시설은 모듈, 가압펌프로 구성되며 농축수를 순환시켜원수와 혼합시킨 뒤 재투과시키는 경우도 있다.
- (2) 막분리 여과시스템은 가압형 여과방식과 침전형 여과방식이 있다.

【해설】

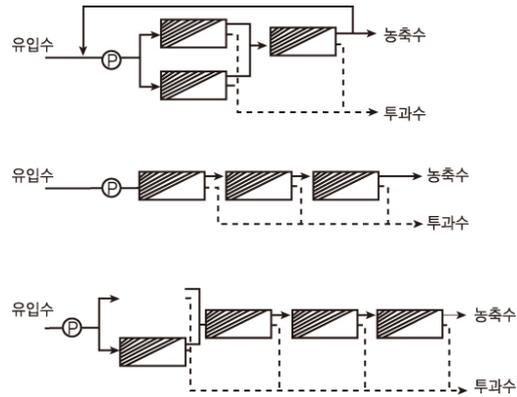
(1)에 대해서

막분리시설의 기본흐름을 [그림 4.7.22]에서 보면 원수는 펌프로 가압되어 모듈로 보내지고 투과수와 농축수로 분리된다. 농축수는 순환해서 유입수와 혼합하여 재투과시키는 경우도 있다. 또, 유입수는

응집침전, 모래여과 등으로 전처리하는 경우가 많다. 실용적으로는 단일막으로 처리하는 경우가 적고 여러 단에서 투과수를 통과하는 것이 보통이다. 모듈의 배열 예인 [그림 4.7.23]에서도 볼 수 있듯이 단을 직렬 또는 병렬로 여러 단을 연결하여 처리한다. 예를 들면, 제1단에서 50%를 회수하여 그 농축수를 제2단에 통과시키고 25%를 회수하여 다시 제3단에 통과시켜 합계 85% 정도를 회수한다.



[그림 4.7.22] 막분리법 기본모식도



[그림 4.7.23] 모듈배열의 예

(2)에 대해서

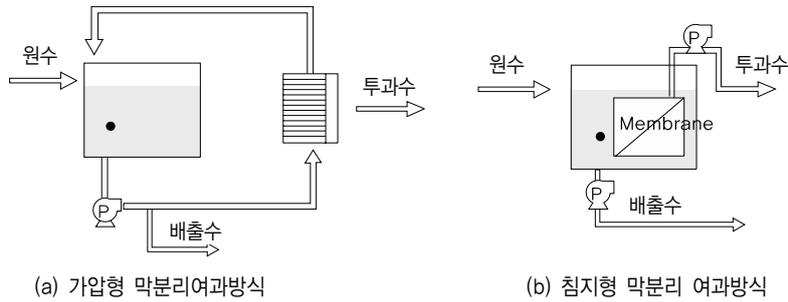
SS제거용 분리막 시스템은 구동압력을 분리막 시스템으로 전달하는 방법에 따라 2가지가 있으며 이는 여과펌프와 외부설치형 분리막을 이용하여 원수를 가압시켜 여과를 수행하는 가압형 여과방식과 분리막 모듈을 반응조 혹은 별도의 조에 침지시키고 흡입(suction) 펌프를 사용하여 여과하는 침지형 여과방식이 있다. [그림 4.7.24]

① 가압형 여과방식

가압형여과방식은 반응조와 분리막 모듈이 독립적으로 설치된 방식이므로 운전의 자동화 및 대형화(scale-up)가 쉬우며 접근성과 같은 유지관리가 유리한 장점이 있지만 침지형 여과방식의 구동펌프보다 전력비가 다소 높다.

② 침지형 여과방식

본 여과방식은 1980년대말 하수처리를 위한 MBR시스템에 도입되었으며 분리막 모듈을 유입수가 공급되는 개방형조 등에 침지시킨 상태에서 분리막 여과시스템을 운전하는 방식이며 최근에는 2차 처리의 후속처리 여과방식으로 적용되고 있다. 본 방식은 가압형 여과방식에 비해 구동펌프의 운전비 및 전력비가 낮은 것이 특징이나 분리막 오염방지를 위한 별도의 동력이 추가로 필요하다. 여과에 필요한 구동압력(막간 차압)은 수위 차에 의한 자연 유하, 펌프에 의한 흡인, 혹은 이들의 병용 등에 의해 계획 때문에 부대설비가 비교적 간소하다. 그러나, 높은 구동압력을 이용할 수 없으므로 투과플럭스가 상대적으로 적다.



[그림 4.7.24] 막분리 여과시스템

(7) 막분리 여과시스템 설계시 주요 고려사항

막분리 여과시스템 설계시 고려사항은 다음과 같다.

- (1) 투과플럭스
- (2) 수온
- (3) 구동압력
- (4) 회수율

【해설】

(1)에 대하여

투과플럭스는 분리막 여과시스템의 공사비, 유지관리비 및 설치 공간을 결정하는 중요한 인자로서 계획시에는 분리막 종류, 원수 수질, 전처리 조건 및 최저 수온 등이 검토되어야 한다.

(2)에 대하여

수온변화에 의해 물의 점성계수가 변화하기 때문에 수온에 의한 투과플럭스의 영향은 검토되어야 한다. 수온이 저하되면 물의 점성계수가 커지므로, 분리막 투과플럭스가 저하된다. 따라서 분리막 여과시스템 계획시, 연간 최저 수온시의 처리량 및 분리막의 온도 특성(수온과 막 투과플럭스의 관계)을 충분히 고려해야 한다.

(3)에 대하여

투과플럭스를 높게 설정하면 일반적으로 높은 막간차압이 필요하다. 이론적으로 투과플럭스와 막간차압이 비례 관계를 형성하지만, 실제적으로는 막간차압을 증가시키면 투과플럭스의 상승율이 일정하게 증가하는 경향보다는 점진적으로 커지는 경향이 있다.

가압형 여과방식의 경우, 운전 막간차압은 일반적으로 MF막에서는 $2\text{kg}/\text{cm}^2$ 이하, UF막에서는 $3\text{kg}/\text{cm}^2$ 이하, NF막에서는 $5\sim 15\text{kg}/\text{cm}^2$ 내외, 그리고 RO막은 약 $30\text{kg}/\text{cm}^2$ 이상으로 운전된다. 한편, 흡입여과방식의 경우는 $-0.6\text{kg}/\text{cm}^2$ 이상(절대치로 $0.6\text{kg}/\text{cm}^2$ 이하)로 운전된다.

(4)에 대하여

회수율은 물리세정 빈도 등에 의해 영향을 받으며 물리세정 빈도는 원수 수질, 투과플럭스에 영향을

받는다. 분리막 모듈 형식에 따라 다르지만, 일반적으로 MF 및 UF막 시스템의 회수율은 약 90%이상으로 계획된다.

4.8 소독시설

하수처리시설에서 시행되는 소독의 목적은 처리 중에 생존할 우려가 있는 병원성미생물을 사멸시켜 처리수의 위생적인 안전성을 높이는데 있다. 사람의 대변 1g에는 10^{12} 마리 정도의 생물체가 존재하며 그 중 총 대장균 군수는 $10^7 \sim 10^9$ 마리, 그리고 분변성균은 $10^6 \sim 10^9$ 마리인 것으로 알려져 있다. 한편 가정오수 내에 존재하는 대장균, *Streptococcus*, virus 등의 수를 조사한 예가 <표 4.8.1>에 주어져 있으며 재래식 하수처리과정에서의 이들 미생물들의 제거 효율과 개략적인 MPN값이 각각 <표 4.8.2>, <표 4.8.3>에 제시되어 있다. 그리고 <표 4.8.4>는 소독전의 2차 처리수내에 존재하는 지표세균과 병원균들의 개체수를 나타낸다. 이들 표에서 보는 바와 같이 하수내에는 각종 세균들이 대단히 많이 존재하므로 일반적인 하수처리과정에서 99%의 높은 율로 제거된다 하더라도 처리수에는 여전히 많은 수의 세균들이 존재하므로 결국 소독이 필요하게 된다.

1) 소독시설 설치대상

소독시설을 설치하여야 할 대상 시설은 다음과 같다.

<표 4.8.1> 전형적인 하수처리시설 유입수의 병원균 및 지표세균의 농도

Organism	Number/100 ml	
	Minimum	Maximum
Total Coliforms	1,000,000	—
Fecal Coliforms	340,000	49,000,000
Fecal Streptococci	64,000	4,500,000
Virus	0.5	10,000

<표 4.8.2> 재래식 하수처리과정에서의 미생물 제거율

Organism	1차처리 후 제거율(%)	2차처리 후 제거율(%)
Total Coliforms	< 10	90 - 99
Fecal Coliforms	35	90 - 99
Shigella sp.	15	91 - 99
Salmonella sp.	15	96 - 99
Escherichia coli	15	90 - 99
Virus	< 10	76 - 99
Entamoeba histolytica	10 - 50	10

〈표 4.8.3〉 가정오수의 처리정도에 따른 대장균 군수의 변화

수 질	BOD (mg/l)	TSS (mg/l)	Total N (mg/l)	Total Coliforms (#/100 ml)	Fecal Coliforms (#/100 ml)
원 수	200	200	35	10 ⁷ -10 ⁹	10 ⁶ -10 ⁷
1차 처리수	130	100	30	10 ⁷ -10 ⁹	10 ⁶ -10 ⁷
2차 처리수	20	20	20	10 ⁴ -10 ⁶	10 ⁴ -10 ⁵
2차 처리후 여과수	12	5	18	10 ⁴ -10 ⁶	10 ³ -10 ⁵
질산화수	7	10	18	10 ⁴ -10 ⁶	10 ³ -10 ⁵
질산화후 여과수	5	5	18	10 ⁴ -10 ⁶	10 ³ -10 ⁵

〈표 4.8.4〉 소독전의 2차 처리수내의 병원 및 지표세균 농도

Organism	Number/100 ml	
	Minimum	Maximum
Total Coliforms	45,000	2,020,000
Fecal Coliforms	11,000	1,590,000
Fecal Streptococci*	2,000	146,000
Virus	0.05	1,000
Salmonella sp.	12	570

* 분원성 Streptococci의 제거효율은 분원성 대장균의 제거효율과 같다고 가정함.

2) 소독방법의 선택

소독방법은 방류수역의 이수특성, 경제성, 효율성을 종합적으로 검토하여 적절한 소독방법을 선정하여야 한다.

일반적으로 이용될 수 있는 소독방법에는 다음과 같은 것들이 있다.

① 물리적 방법

- 가열
- 자외선(UV)조사
- 감마선 조사
- X선 조사

② 화학적 방법

- 할로젠족 산화제 : 액화염소, 차아염소산나트륨, 클로라민, 유기염소제, 이산화염소 등 각종 염소 화합물, 브롬
- 비할로젠족 산화제 : 오존, 과망간산칼륨, 과산화수소
- 금속 : 은이온, 동이온
- 계면활성제
- 이온교환체 : 이온교환수지, 이온교환막

소독방법의 선택시에는 다음과 같은 요건을 고려하여 가장 적절한 방법을 택하여야 한다.

- ① 소독제의 물에 대한 용해도가 높을 것
- ② 소독력이 강할 것
- ③ 잔류독성이 거의 없을 것
- ④ 경제적인 것
- ⑤ 안정적인 공급이 가능할 것
- ⑥ 주입조작 및 취급이 쉬울 것

상기 요건 중 첫 번째에서 세 번째까지의 사항은 소독제로서의 당연한 조건이지만, 실무적인 관점에서 마지막의 세 가지 요건이 중요하기 때문에 첫 번째에서 다섯 번째까지의 요건을 만족시킨다고 할 지라도 조작 및 취급이 어려우면 적합한 방법으로 선택할 수 없게 된다. 이들 요구조건을 만족시킬 수 있다고 현재까지 알려져 있는 방법으로는 염소, 이산화염소, 오존 및 자외선 조사법 등이다.

또한, 소독방법의 선정시 다음과 같은 사항을 고려하여야 한다.

- ① 염소계 소독방법을 선정할 경우에는 THM문제를 해소할 수 있는 탈염소설비 등 대책을 강구한다.
- ② 오존소독방법을 선정할 경우에는 잔여오존 해소대책 및 경제성 비교에 신중을 기하여야 한다.
- ③ 자외선소독을 선정할 경우에는 처리장의 시설용량을 감안하여 접촉방식과 비접촉방식중 시설비 및 유지관리비가 적게 소요되는 방식을 채택하여야 한다.

3) 소독시설 설계시 주요 고려사항

소독시설의 설계시 다음과 같은 사항을 고려하여야 한다.

- ① 기존처리장에 소독시설 설치사업계획을 수립할 경우에는 처리장의 대장균군수에 대한 처리실태분석을 실시한 후 이를 근거로 소독시설 설치여부를 결정하여야 한다.
 - 순수 생활하수만 유입 처리하는 하수처리시설의 경우에는 생물학적 처리과정에서 미생물에 의한 대장균군수 제거효과가 높은 경우가 있으므로 처리수의 대장균군수가 방류수 수질기준을 준수할 수 있을 경우에는 소독시설을 설치하지 않아도 된다.
 - 채택된 하수처리공법이 멸균효과가 높은 미생물(특수미생물 등)을 사용하여 별도의 소독공정이 없어도 처리수의 대장균군수가 방류수 수질기준이하로 배출되는 경우에는 소독공정을 설치하지 않아도 된다.
- ② 기존 처리장에 염소소독시설이 일부 또는 전부가 설치되어 있는 경우에는 기존시설물을 최대한 활용하여 중복투자가 발생되지 않도록 소독시설 설치계획을 수립하여야 한다.
 - 염소소독시설을 폐쇄하고 새로운 소독시설을 도입하는 경우에는 사업비용의 중복투자가 우려되므로 기존 처리방법과 호환성이 있는 처리방법이 우선적으로 도입되도록 검토하여야 한다.
- ③ 소독시설의 처리방법을 선정할 경우에는 시설비뿐만 아니라 유지관리의 효율성에 대해서도 충분히 검토하여 적절한 처리방법이 선정되도록 조치하여야 한다.
 - 소독방법은 처리시설 규모별로 처리효율에 미치는 영향이 클 수 있으므로 대상사업 처리장의 시

설용량을 감안하여 적절한 처리방법이 채택되도록 조치하여야 한다.

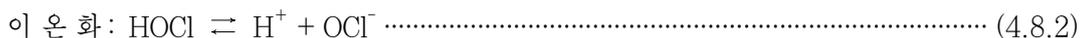
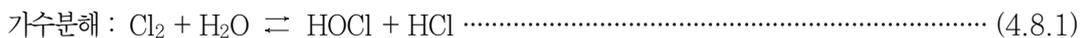
- 소독방법은 하수처리수의 방류수역의 이수상황에 따라 경제적이고 효율적인 적절한 처리방법이 채택되도록 조치하여야 한다.
- 염소계 소독방법을 선정할 경우에는 잔류염소로 인한 2차 오염문제를 해소하기 위한 대책을 반드시 강구해야 한다.
- 자외선 소독방법을 선정할 경우에는 유량, 체류시간 및 자외선 강도를 고려하여야 한다.
- 단순 소독이 필요한 처리장의 경우에는 특별한 경우를 제외하고는 오존소독방법을 채택하지 않아야 한다.

4) 주요 소독방법의 원리

(1) 염소

원소상태의 염소는 보통의 온도와 압력에서 독성이 있는 황록색의 기체이며 수분이 존재하면 부식성이 매우 강하므로 높은 압력 하에서 건조한 액체로 저장된다. 또한 염소가스는 공기보다 약 2.5배 무거우며 자극성이 강한 냄새를 가진다. 염소가스는 비폭발성, 비가연성이지만 250℃의 높은 온도에서는 연소를 도울 수 있다. 염소의 특성은 <표 4.8.5>~<표 4.8.7>과 같다. 염소는 특수 제작된 강철제 고압용기에 압축된 액체상태로 저장하여 사용한다. 액체 염소는 비가연성으로 깨끗한 호박색을 띠며 물보다 1.5배 무거우며, 기화하면 부피가 460배로 늘어난다. 보통 액체염소는 불순물 및 수분함량에 있어서 제한을 받게 되는데, 불순물이 있으면 염소주입기를 폐쇄시키게 되고 수분은 염소와 반응하여 부식성이 강하게 되므로 주의를 요한다.

하수에 염소를 주입하면 여러 가지 반응이 동시에 일어나지만 온도, pH, 하수의 완충력, 염소의 특성에 따라 반응에 영향을 끼친다. 염소가스를 물에 주입하면 반응은 식(4.8.1) 및 식(4.8.2)와 같이 된다.



<표 4.8.5> 염소가스의 특성

항 목	특 성
외관	황록색
비중	2.491(공기를 1, 0℃에서)
비점	-34.6℃
임계온도	144℃
임계압력	7.46MPa
1l의 무게	3.166g(0℃)
물 1l의 대한 용해량	4.61l(0℃)
분자량	70.91

〈표 4.8.6〉 물 1l에 대한 염소가스의 용해량

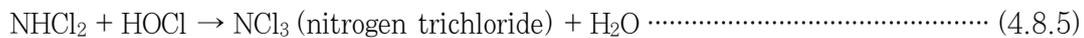
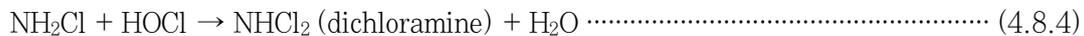
온도(℃)	용해량(l)	온도(℃)	용해량(l)
0	4.610	40	1.438
10	3.148	50	1.225
15	2.680	60	1.023
20	2.299	80	0.683
25	2.019	100	0
30	1.799		

〈표 4.8.7〉 염소가스가 인체에 미치는 독성

감 응 정 도	mg/l	염소 cm ³ /공기cm ³
장시간 작업에 견딜 수 있는 한계	0.003	1.0
냄새를 맡을 수 있다	0.010	3.5
0.5~1.0 시간 작업에 견딜 수 있는 한계	0.012	4.0
목구멍에 자극을 준다	0.040	14.0
0.5~1.0 시간 작업에 생명이 위험	0.04~0.06	14~21
기침이 심하게 난다	0.080	28
0.5~1.0 시간 작업시 사망	0.1~0.15	35~50
즉시 사망한다	2.5~2.8	900~1,000

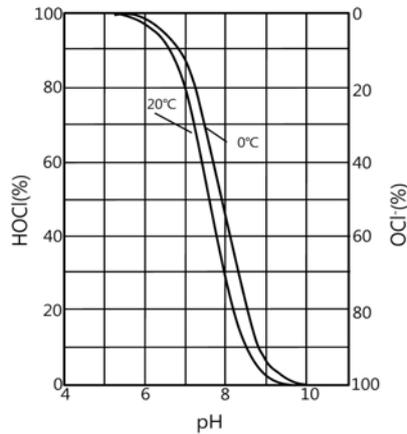
이 반응에서 주어진 바와 같이 HOCl과 OCl⁻의 비는 수용액의 최종 pH에 의하여 결정되며 그 변화가 [그림 4.8.1]과 같다.

하수내에는 각종 오염물이 존재하는데 그 중에서 S²⁻, HS⁻, SO₃²⁻, NO₂⁻, Fe⁺ 등과 같은 환원상태의 무기물은 염소와 즉시 반응하여 염화물을 형성함으로써 소독을 위한 염소의 양을 감소시킨다. 하수에는 또한 상당한 양의 암모니아를 함유하는데 염소가 주입되면 상호 반응하여 클로라민(chloramine) 화합물을 형성한다. 그 반응은 식(4.8.3), (4.8.4) 및 (4.8.5)와 같다.



이러한 반응은 pH, 온도, 접촉시간, 초기의 염소와 암모니아의 비 등에 크게 영향을 받으며, 이들도 소독작용이 있다.

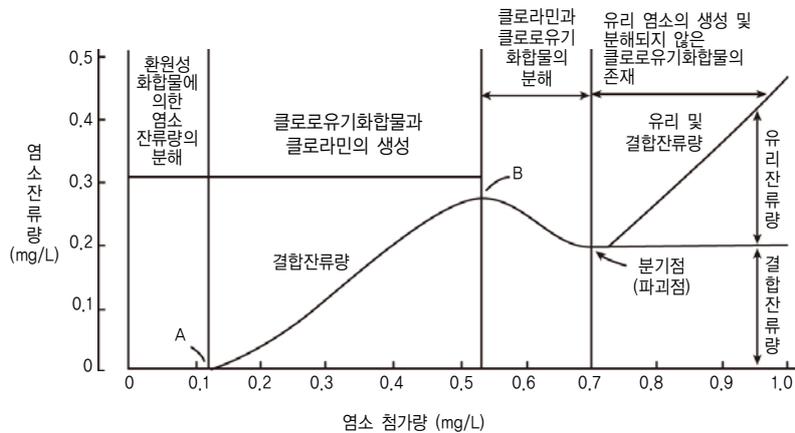
또 염소는 하수내의 암모니아 외에도 아미노산, 단백질 등과 반응하며, 하수가 공장폐수를 함유하면 페놀(phenol) 등의 오염물과도 반응하므로 염소 소모량이 증가하게 된다. 암모니아를 함유한 물에 염소를 첨가하였을 때의 단계적 현상은 [그림 4.8.2]와 같다.



[그림 4.8.1] HOCl과 OCl⁻의 관계

염소는 독성가스로서 액화시켜 고압용기로 저장, 이용되기 때문에 취급에 주의해야 하고, 고압가스안전관리법에 의해 고압가스 사용시설 및 저장시설로 구분되어 규제를 받아야 하며 안전설비 및 제해설비를 갖추어야 한다. 염소처리는 원래 탈취의 목적으로 하수처리시설에서 사용되기 시작하였으나 간편하고 경제적이며 소독의 효과가 확실하기 때문에, 미국에서는 1958년경에 전체 하수처리시설의 30%, 그리고 1982년에는 약 7,800여 개소의 하수처리시설이 염소처리를 택하기에 이르렀다. 그러나 염소처리시 발생하는 발암물질인 THM의 위해성, 환경에 미치는 2차적 독성, 수생 생물에 대한 영향 등으로 인하여 염소소독에 대한 재검토 작업이 최근 각국에서 활발히 전개되고 있다. 염소처리된 하수처리시설 유출수의 수생 생물에 대한 독성은 첨가된 염소량 뿐 만 아니라 잔류염소의 농도 및 종류에 의해서 결정되는 것으로 알려져 있다.

실험에 의하면 염소처리된 하수는 수생생물에 대하여 급성 및 만성의 독성을 나타내는 것 외에도 물고기의 종류 수를 감소시키는 현상도 보여준다. 또한, 하수처리시 virus 제거는 염소처리보다 흡착작용에 의한 영향을 크게 받으며 대장균은 염소처리로 대응이 가능하나 *E. Histolytica* 및 장티푸스 병원균은 제거가 불충분하다. 따라서 병원균들은 염소처리에 대하여 대장균보다 강한 내성을 보이기 때문에 대장균이 검출되지 않더라도 병원균은 존재할 수 있는 것이다.



[그림 4.8.2] 파괴점 염소처리중에 얻을 수 있는 일반적인 곡선

염소처리된 하수가 수역에 방류될 때 제기될 수 있는 문제점을 요약하면 다음과 같다.

- ① 염소처리를 하여도 완전한 소독이 이루어지지 않는다.
- ② 염소처리된 하수는 해수가 가지고 있는 세균감소작용을 손상시킨다.
- ③ 염소처리된 병원균에 대해서는 충분히 효과적이지 못하다.
- ④ 염소처리된 하수는 발암성물질을 생성할 수 있다. (THM 생성 등)

따라서 염소처리 여부는 이상의 문제점들을 종합적으로 판단한 다음 염소처리에 의해 얻을 수 있는 이익을 검토하여 각 경우별로 채택 여부를 결정하여야 할 것이다. 또한 미처리 하수, 시가지 유출수, 홍수 유출수 등에 의한 총체적인 환경과 위락 등에 대한 영향도 고려하여야 할 것이다.

(2) 이산화염소

이산화염소(ClO_2)는 일반적으로 사용되고 있는 열처리, 자외선 조사 및 오존(O_3) 주입 등의 소독방법과는 달리 지속적인 소독력을 가진 대체 소독제로서 최근에 각광을 받기 시작하였다. <표 4.8.8>과 같이 이산화염소의 물리적 특성은 적황색의 가스 또는 완충용액의 형태로 되어 있으며, 상온에서의 용해도는 $2.9 \text{ g ClO}_2/\text{l}$ 이고 밀도는 2.4로 공기보다 무겁다.

그동안 대규모의 상업적 생산방식이 개발되지 않아 일반적으로 사용이 제한되어 왔으나 최근 상업적인 제조방법이 개발되고 일반 염소계통 약품의 단점을 보완하게 됨으로써 유럽 및 미국 등 선진국에서는 먹는물의 소독 및 식품가공 분야 등에서 사용이 점차 증가되고 있는 추세이다. 이산화염소는 <표 4.8.9>에 주어진 바와 같이 물에 쉽게 녹고 냄새가 없으며 산화력이 강하고, pH에 의한 영향을 받지 않을 뿐만 아니라, 할로겐 화합물을 생성하지 않는다는 장점이 있으나, 불안정한 가스상태로는 저장 및 운반이 불가능하고 일정 농도 이상에서는 폭발 위험성이 있으며 공기 또는 일광과 접촉할 경우 분해되는 단점이 있기 때문에 현장에서 특별히 제조하여 완충용액 상태로 생산하여 사용하여야 한다.

<표 4.8.8> 이산화염소의 물리적 특성

항 목	특 성
외 관	적황색
비 중	1.642(액상, 0℃)
용해점	-159℃
비 점	11℃
분자량	67.45

자료: Determination of Noncancer Chronic Reference Exposure Levels Batch 2A December 2000, 기타 web 자료.

(3) 차아염소산나트륨

차아염소산나트륨은 시판용을 주입하는 방법과 현장에서 염수 또는 해수를 원료로 해서 전기분해에 의한 방법으로 차아염소산나트륨을 생산해서 주입하는 방법이 있다. 시판용을 사용하는 경우에는 구입

및 운반에 따른 문제점을 충분히 검토한다. 또한 해수를 이용하는 경우에는 수질 문제를 고려해야 하며, 특히 염소이온농도가 높고 불순물이 적은 것이어야 한다.

〈표 4.8.9〉 염소와 이산화염소의 특성비교

특 성	이산화염소	염 소
사 용 상 태	완 충 용 액	액 화 가 스
살 균 력 (대장균 99% 이상 살균기준)	pH=8.5에서 0.25 ppm 주입시 20초 내	pH=8.5에서 0.5 ppm 주입시 60초 내
냄새 발생 농도	17 ppm 부터	0.35 ppm 부터
THM 생성농도	없 음	10시간 반응시 0.25 mol/l
음료수 살균시의 사용농도	0.1에서 0.2 ppm	0.2에서 0.4 ppm
산화력(이론치)	염소의 2.5배	1.0

자료 : A Focus on Chlorine Dioxide, S. D. Simpson, R. F. Miller, G. D. Laxton, and W. R. Clements.

① 시판용 차아염소산나트륨

일반적으로 시판용 차아염소산나트륨용액은 수산화나트륨용액에 염소가스를 흡수시켜 제조하는데 유효염소가 5~12%의 수용액으로 황갈색의 투명한 액체이고, 염소와 유사한 특유의 냄새를 갖는다.

또한 수용액 이외에도 무수물 및 수화물이 있으며 이들도 황갈색의 결정으로 조해성이다. 또한, 상온에서 불안정한 화합물이며 가용염소(available chlorine)의 양에 따라 분해정도가 다르나 통상 가용염소가 10~15%인 경우 최대저장기간을 60~90일로 하는 것이 좋다. 〈표 4.8.10〉은 그 분해율을 나타낸 것이다. 또한 차아염소산나트륨은 자외선에 의해 분해가 촉진되고 온도상승과 함께 분해율이 증가되므로 보관장소로서는 건조하고 차며 어두운 곳에 저장하고, 강한 알칼리성이므로 취급시 특히 주의할 해야 한다. 저장용기는 내식성 용기를 사용한다.

〈표 4.8.10〉 NaOCl의 분해율

가용염소(%)	25°C에서의 반감기(d)
3	1,700
6	700
9	250
12	180
15	100
18	60

② 현장 제조형 차아염소산나트륨

이에 반해 현장 제조형 전기분해 차아염소산나트륨의 경우에는 원료가 소금이므로 구입과 운반이 쉽고 위험이 없으며 유효염소농도가 1% 이하로 시판용 차아염소산나트륨보다 안정적이고 가용염소의 유

지성이 높다. 그리고 현장 제조형이므로 소요되는 차아염소산나트륨과 비례하여 생산하기 때문에 저장 용량이 크지 않아도 되며(약 1일) 그에 따른 보관 장소도 크게 구애받지 않는다. 또 낮은 농도로 인해 주입량의 제어가 더 쉽고 확산이 빠른 반면 시판용보다 주입장치 용량이 커야 한다.

현장 제조형 전기분해 차아염소산나트륨은 초기 설치비가 시판용보다 고가이나 유지비용이 저렴하여 장기간 사용으로 볼 때 유리하며 화학적 성질이 염소가스와 비슷하지만 소독효과가 더 높고 유독성인 염소가스에 비해 안전성에서 뛰어난 편이다.

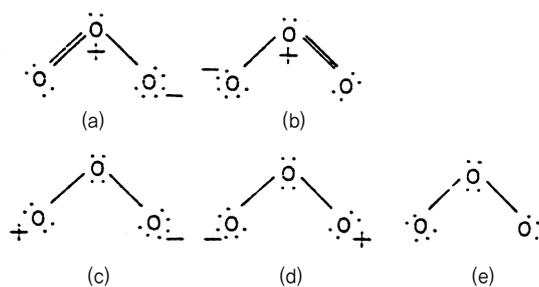
(4) 오존

① 물리적 특성

오존은 산소원자가 3개가 결합한 분자로서 그 구조는 결합각도 116.8°, O-O 결합거리 1.278Å이며, [그림 4.8.3]에 나타낸 것처럼 (a)~(d)의 4개의 혼성체로 되어 있다. 이 때문에 오존은 구전자 시약, 구핵시약으로 사용될 뿐만 아니라 1.3-쌍극자로도 반응한다. 가스 상에서는 (e)와 같은 비라디칼 구조도 생각되지만 수중에서는 그 형태가 중요하지 않다고 생각된다.

기체상태의 오존은 옅은 청색이지만, 액체와 고체는 각각 흑청색 및 암자색이다. 그 이름의 유래와 같이 특이한 취기를 가지므로 공기중에 1/500,000 정도의 부피로 존재하여도 감지할 수 있다. 오존의 물리적 특성이 <표 4.8.11>에 정리되어 있다.

오존에는 Hartley Band라고 불리는 200~300 nm의 자외선(UV)의 과장흡수특성이 있다. 극대흡수 파장은 가스상에서 245 nm, 수중에서 260 nm(물 흡광계수 $\epsilon=3.292/M.cm$)이다. 이 때문에 성층권에 있는 오존이 태양광선중의 자외선(UV)을 흡수하므로 지상에는 보다 장파장인 가시광선 밖에 도달하지 않는다. 따라서 오존 홀(ozone hole)의 생성에 동반하여 자외선이 지상에 도달함으로써 피해를 받는 것도 이 때문이다. 수중에서의 오존용해도는 오존농도, 온도, pH 등에 의해 결정된다. 용해 특성을 나타내는 수치나 식으로서 헨리정수(H), 분배계수(D), 액측총괄물질이동계수(Ke), 또는 가스 총괄 물질이동계수(Kg) 등이 있다.



[그림 4.8.3] 오존의 공명구조

헨리법칙(Henry's Law) ... $P = H \cdot x$ (4.8.6)

위의 식에서, P : 기체의 분압(atm)

H : 헨리정수(atm/몰분율)

x : 용액중의 용질의 몰분율

〈표 4.8.11〉 오존의 물리적 특성

항 목	물 성 치	항 목	물 성 치
분자량 (M.W)	48	정압 비열 (100℃)	43.4 kJ/mol.deg
비점 (b.p)	-111.9 ℃	(-173℃)	33.2 kJ/mol.deg
융점 (m.p)	-192.7 ℃	점도 [액체] (-183℃)	1.57 cp(Centipoise)
임계온도	-12.1 ℃	증발열 (-112℃)	316 kJ/g
임계압력	54.6kg/cm ²	생성열	144 kJ/mol
임계밀도	0.437 l/ml	용해열 (물, 18℃)	15.3 kJ/mol
임계용적	0.147 l/mol	이온화전위 (ion potential)	12.8 eV
기체밀도 (0℃)	2.144 g/l	전자친화력	1.9~2.7 eV
액의 밀도 (-112℃)	1.345 g/ml	쌍극자 모멘트	0.53 D
(-183℃)	1.571 g/ml	유전율 (기체, 0℃)	1.0019
(-195.4℃)	1.614 g/ml	(액체, -183℃)	4.73
표면장력 (-112℃)	38.4 dyne/cm		

$$D = \frac{\text{수중의 오존농도(mg/l)}}{\text{가스중의 오존농도(mg/l)}} \dots\dots\dots (4.8.7)$$

오존은 상당히 불안정하여 대기중 또는 수중에서 자기분해하며 그 속도는 온도, 농도, 압력 등에 따라 다르다. 수중에서의 안정성은 pH의 영향을 크게 받아 산성에서는 안정하지만 알칼리성으로 됨에 따라 불안정하게 된다. 오존가스는 폭발성이 있고, 오존처리시 생성물에는 다양한 과산화물질이 있으므로 그 취급에는 주의가 필요하다.

② 독성

오존은 강력한 산화력을 이용하여 살균, 바이러스, 미생물 등의 불활성화 등에 이용되고 있는 반면에 사람의 생체에 독성을 나타낸다. 상세한 반응론은 아직 충분히 규명되어 있지 않지만, 생체막 및 조직을 구성하는 지질, 단백질, 핵산 등이 오존의 공격을 받는다고 생각된다. 그리고 오존 자신에 의한 독성뿐만 아니라 그에 유래하는 hydroxyl radical 등 다른 활성물질에 의한 독성도 생각된다. 오존의 농도에 따른 독성을 〈표 4.8.12〉에 요약하였다. 이러한 오존의 독성을 방지하기 위해서도 오존을 이용하는 경우에는 잔존한 오존을 분해하여 제거시킬 필요가 있다.

③ 오존의 소독효과

오존의 일반적인 장단점은 〈표 4.8.13〉에 주어진 바와 같다.

〈표 4.8.14〉에 나타낸 바와 같이 오존을 수처리에 이용하는 경우 염소나 이산화염소에 비하여 장점도 많다.

오존은 효과적이고 강력한 소독물질이지만 산화력이 대단히 강하여 수중에 존재하는 물질, 특히 유기물질에 의해 다량으로 소비되고, 이들 간의 산화반응은 비교적 신속히 일어나므로 후속되는 소독과정에서의 충분한 소독효과를 기대하기 어렵다. 그러므로 유기물질을 함유하는 경우에는 소독조에 잔류 오존을 확보하기 위해 다량의 오존주입이 필요한 경우가 많다. 또, 자기분해 속도가 빨라 비록 수중에

오존 소비물질이 존재하지 않더라도 장시간 수중에 잔존시킬 수 없다. 따라서 상수도 분야에서는 오존을 유일한 소독제로 사용하지 않고 다른 잔류성 소독제를 병용해야 하지만 원생동물의 아포(cyst) 및 바이러스 문제에 대처하기 위한 주 소독제로서의 오존은 장래성이 높다. 반대로 잔류효과가 없어 하수처리에서는 물 환경생태계에 대한 악영향이 거의 없다고 생각되므로 하수처리를 위한 소독제로서 매우 우수하다고 할 수 있으나, 처리수중에 잔존하는 유기물질에 의한 오존의 소비가 현저하므로 많은 양의 오존주입을 해야 하는 어려운 문제점이 있다.

〈표 4.8.12〉 생체에 대한 오존의 독성

오존 농도(ppm)	작 용
0.01~0.02	다소 취기를 느낀다.
0.1	명확한 취기, 코나 목에 자극을 준다.
0.2~0.4	3~6시간 폭로로 시각을 저하시킨다.
0.5	상부기도에 확실한 자극을 느낀다.
1~2	2시간 폭로로 두통, 흉부통, 상부기도의 갈증과 가래를 일으키고, 폭로가 계속되면 만성중독이 된다.
5~10	맥박 증가, 폐수종을 초래한다.
15~20	작은 동물은 2시간 이내에 죽는다.
50	사람도 1시간 이내에 생명이 위험한 상태로 된다.

〈표 4.8.13〉 오존의 장단점

장 점	단 점
<ul style="list-style-type: none"> ① 많은 유기화합물을 빠르게 산화, 분해한다. ② 유기화합물의 생분해성을 높인다. ③ 탈취, 탈색효과가 크다. ④ 병원균에 대하여 살균작용이 강하다. ⑤ Virus의 불활성화 효과가 크다. ⑥ 철 및 망간의 제거능력이 크다. ⑦ 염소요구량을 감소시켜 유기염소 화합물의 생성량을 감소시킨다. ⑧ 슬러지가 생기지 않는다. ⑨ 유지관리가 용이함. ⑩ 안정하다. 	<ul style="list-style-type: none"> ① 효과에 지속성이 없으며 상수에 대하여는 염소 처리의 비용이 필요하다. ② 경제성이 좋지 않다. ③ 오존발생장치가 필요하다. ④ 전력비용이 과다하다.

〈표 4.8.14〉 오존, 염소 및 이산화염소의 효과 비교

오염물질	오 존	염 소	이산화염소
맛	+++	+	++
색	+++	+	++
THM 생성 능력	0	+++	0
생분해성	+++	+	+
암모니아	0	+++	0
철 및 망간	+++	+	++

주: + : 효과 있음, 0 : 효과 없음

④ 하수처리를 위한 오존의 이용

오존의 경우 수중 잔류농도가 0.2mg/l 미만이면 거의 독성을 나타내지 않는 것으로 알려져 있다. 또한 살균효과 외에 탈색 및 탈취효과가 있으므로 최근 일본에서는 하수의 고도처리에 오존을 이용함으로써 처리수를 수경용수 또는 중수도에 이용하고 있다.

〈표 4.8.15〉은 2차처리 이상의 처리를 거친 하수를 오존으로 소독하는 경우에 표에 명시된 소독정도를 위하여 요구되는 오존주입농도의 일반적인 값으로서, 통상 오존주입은 질산화나 여과를 거친 매우 깨끗한 처리수에 대하여 실시되며 적은 비용으로 산소를 구할 수 있거나 특별한 경우가 아니고서는 여과되지 않은 2차처리수에는 잘 적용되지 않는다.

〈표 4.8.15〉 하수처리시의 오존 주입 농도

대 상	주입량 (2.2/100 ml total coliforms)	주입량 (23/100 ml total coliforms)	주입량 (200/100 ml total coliforms)
2차처리후 여과수	30 to 40 mg/l	16 to 25 mg/l	4 to 8 mg/l
질산화후 여과수	15 to 20 mg/l	4 to 15 mg/l	3 to 5 mg/l

(5) 자외선

자외선(UV)의 소독작용은 주파장이 253.7 nm인 자외선이 박테리아나 virus의 핵산에 흡수되어 화학변화를 일으킴으로써 핵산의 회복기능이 상실되는데 기인한다고 알려져 있다. 따라서 물의 소독에는 주 파장 253.7 nm를 방사하는 자외선램프가 사용되고 있으며, 그 기본구조와 작동원리는 일반 형광램프와 거의 같고 유리관의 재료로는 자외선 투과율이 좋은 석영유리가 사용된다. 자외선 조사에 의한 물의 소독방법은 물이 흐르는 상태에서 외부로부터 자외선을 조사하는 외조식과 석영유리 램프에 의해 유수중의 내부로부터 자외선을 조사하는 내조식으로 대별되고 있으나, 단순한 장치로서 다량의 물을 처리할 수 있는 내조식이 주로 이용된다. 자외선에 의한 물의 소독은 화학물질의 첨가를 필요로 하지 않기 때문에 인체나 생물에 해가 없어 안전성이 높을 뿐만 아니라 경제적으로 양질의 물을 얻을 수 있는 소독방법으로 다음과 같은 장점을 가지고 있으며 염소소독과 비교하여 자외선 소독의 장단점을 〈표 4.8.16〉에 수록하였다.

1) 관리요원의 안전

- 2) 무독성
- 3) THM 불생성
- 4) 공공의 인식이 염소에 비해 상대적으로 좋음
- 5) 건물의 불필요
- 6) 낮은 유지관리비

〈표 4.8.16〉 염소 및 자외선 소독의 장단점 비교

	장 점	단 점
염소 소독	<ol style="list-style-type: none"> 1. 잘 정립된 기술이다. 2. 소독이 효과적이다. 3. 잔류염소의 유지가 가능하다. 4. 암모니아의 첨가에 의해 결합잔류 염소가 형성된다. 5. 소독력 있는 잔류염소를 수송관거 내에 유지시킬 수 있다. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 처리수의 잔류독성이 탈염소과정에 의해 제거되어야 한다. 2. THM 및 기타 염화탄화수소가 생성된다. 3. 특히 안정규제가 요망된다. 4. 대장균살균을 위한 낮은 농도에서는 virus, cysts, spores 등을 비활성화 시키는데 효과적이지 못할 수도 있다. 5. 처리수의 총용존고형물이 증가한다. 6. 하수의 염화물함유량이 증가한다. 7. 염소접촉조로부터 휘발성유기물이 생성된다. 8. 안전상 화학적 제거시설이 필요할 수도 있다.
자외선 소독	<ol style="list-style-type: none"> 1. 소독이 효과적이다. 2. 잔류독성이 없다. 3. 대부분의 virus, spores, cysts 등을 비활성화 시키는데 염소보다 효과적이다. 4. 안전성이 높다. 5. 요구되는 공간이 적다. 6. 비교적 소독비용이 저렴하다. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 소독이 성공적으로 되었는지 즉시 측정할 수 없다. 2. 잔류효과가 없다. 3. 대장균살균을 위한 낮은 농도에서는 virus, cysts, spores 등을 비활성화 시키는데 효과적이지 못하다.

① 자외선 소독의 원리

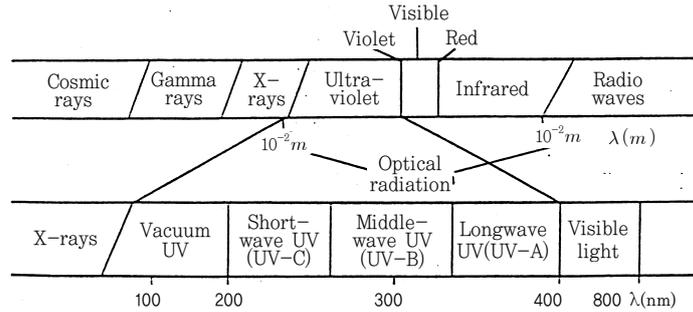
자외선은 [그림 4.8.4]에 도시된 바와 같이 가시광선의 파장(400 nm)보다는 짧고, X-선(100nm) 보다는 긴 파장의 범위 안에 있는 파장을 가진 전자방사선을 의미하는데 그 중에 살균력을 갖는 가장 적합한 파장은 253.7 nm이며, 이 파장 범위 내에서 대부분의 에너지는 대기에 흡수되어 태양광선에는 매우 적은 양이 존재하고 있다.

현재 보유하고 있는 기술에서 에너지 주 발생원은 저압수은 아크램프로부터 나오는 것인데 이것이 널리 사용되는 이유는 아크램프에서 나오는 자외선 에너지의 85% 정도가 253.7 nm의 파장인 것이다. 램프의 수은가스를 통해 전기아크가 발생하며 수은을 자극하여 생긴 에너지의 방출이 자외선 방사가 되는 것이다. 253.7 nm의 파장을 갖는 자외선은 박테리아나 바이러스 등이 갖고 있는 유전인자의 특성에 변형을 주어 이들이 번식하지 못하게 하며 특히 각종 세균의 세포막을 투과하여 핵산(DNA)을

손상시킴으로써 소독을 하게 된다. 살균에 필요한 자외선의 조사량은 microwatt second/cm²로 나타내며 이는 광선의 강도에 따라 접촉시간을 곱한 것이다.

$$\text{조사량 (dose)} = \text{자외선 강도 } (\mu\text{W}/\text{cm}^2) \times \text{접촉시간 (seconds)} \dots\dots\dots (4.8.8)$$

자외선 조사량은 자외선램프의 출력감소와 램프 슬리브의 오염정도에 따라 점차 감소한다. 그러므로 이러한 감소율을 고려한 자외선 조사량을 결정하여 목표로 하는 살균율을 확보하여야 한다.



[그림 4.8.4] 각종 전자파의 파장영역

방류수 중의 대장균군수를 3,000개/ml 이하로 하는 대장균 살균율을 만족하기 위해 필요한 자외선 조사량은 일반적으로 아래와 같다.

대상수	대장균살균율 (%)	자외선조사량 (μW초/cm ²)
2차 처리수	90.0	15~20
	99.0	20~30
	99.0	30~50

② 자외선 소독의 영향인자

자외선 강도와 접촉시간에 영향을 미치는 요소들은 <표 4.8.17>과 같으며, 이들 요소들은 자외선 소독설비의 효율에 많은 영향을 미친다.

• 자외선 투과율

자외선 투과율은 시료 1cm를 자외선이 통과한 후에 흡수되지 않고 남은 254nm 파장을 가진 자외선의 백분율(%)로 정의된다. 이 투과율은 수중에 용해 또는 부유상태의 물질의농도에 따라 좌우되는데, 투과율이 낮으면 수중에서 자외선의 강도가 떨어지므로 적절한 조사량을 유지시키기 위해서는 더 오랜 시간동안 자외선을 조사시켜야 한다.

<표 4.8.17> 자외선 소독에 있어서의 영향인자

자외선 강도	접촉시간
<ul style="list-style-type: none"> • 수질 <ul style="list-style-type: none"> - 자외선 투과율 - 부유물 농도 - 용존유기물 농도 - 총경도 • 램프의 상태 <ul style="list-style-type: none"> - 슬리브의 깨끗한 농도 - 사용기간, 노후상태 • 처리 공정 	<ul style="list-style-type: none"> • 유량 • 접촉조(반응조)의 설계

- 용존 유기물의 농도

하수에 함유되어 있는 유기물은 살균효과를 갖는 파장 범위에 있는 에너지를 흡수할 수 있다.

- 부유물의 농도

부유물은 입자들로 되어 있으므로 광선을 분산시키거나 흡수함으로써 자외선의 투과를 저하시키며, 또한 이들은 박테리아가 자외선에 노출되는 것을 막아서 살균효과를 감소시킨다. 그러므로 하수의 부유물 농도가 높으면 더욱 강한 자외선의 조사가 필요하게 되는데, 일반적으로 하수처리시설의 이차처리 방류수의 부유물 농도는 5~30 mg/l이다.

- 총경도

하수내에 마그네슘이나 칼슘의 화합물이 많이 존재하면 석영 슬리브에 막을 씌우는 역할을 한다.

- 슬리브의 깨끗한 정도

자외선 소독시설의 효과를 최대로 하기 위해서는 석영 슬리브를 항상 청결하게 유지해야 하며 이 슬리브에 막이 생기면 물에 투과하는 자외선량이 줄어들게 되므로 세척에 주의하여야 한다. 세척주기는 기계식 자동세척의 경우 세척주기와 횟수를 현장 여건에 따라 세팅하여 세척이 이루어져야 한다.

- 사용기간 및 노후상태

1년 사용한 자외선램프의 자외선 강도는 100시간 사용 후 강도의 약 65%에 해당되며 2년 후에는 58% 정도로 줄어든다.

- 처리 공정

생물학적 처리공정에 따라 자외선 투과상태가 달라지고 슬리브의 세척빈도가 다르므로 UV시스템의 효율이 다르게 나타나게 된다.

- 유량

유량은 접촉시간을 결정하게 되며 유지시간 및 자외선의 강도에 따라 자외선 조사량이 결정된다.

- 반응조의 설계

반응조내의 수리학적 특성은 소독효과에 결정적인 영향을 미치게 되는데 살균작용에 있어서 가장 적절한 수리학적 형태는 플러그흐름 형태이며 손실수두가 적어야 한다.

UV 소독법을 오존소독법, 염소소독법, 이산화염소소독법 및 차아염소산나트륨소독법과 비교하여 요약하면 <표 4.8.18>와 같다.

〈표 4.8.18〉 UV, 오존 및 염소 소독 방법의 비교

항목 살균 설비	시설의 구성	장 점	단 점
UV	① 수로(구조물) ② UV램프 ③ UV모듈 지지대 ④ 자외선 강도 센서 ⑤ PLC 제어장치 ⑥ 유량조정 및 수위조절장치 ⑦ 세척장치	① 자외선의 강한 살균력으로 바이러스에 대해 효과적으로 작용한다. ② 유량과 수질의 변동에 대해 적응력이 강하다. ③ 과학적으로 증명된 정밀한 처리시스템이다. ④ 전력이 적게 소비되고 램프수가 적게 소요되므로 유지비가 낮다. ⑤ 접촉시간이 짧다. (1~5초) ⑥ 화학적 부작용이 적어 안전하다. ⑦ 전원의 제어가 용이하다. ⑧ 자동 모니터링으로 기록, 감시가능하다. ⑨ 인체에 위해성이 없다. ⑩ 설치가 용이하다. ⑪ pH변화에 관계없이 지속적인 살균이 가능하다.	① 잔류하지 않는다. ② 물이 혼탁하거나 탁도가 높으면 소독 능력에 영향을 미친다.
O ₃	① 제진장치 ② 공기압축기 또는 송풍기 ③ 냉각장치 ④ 제습건조기 ⑤ 오존발생기 및 접촉조 ⑥ 산기장치 ⑦ 잔류오존 파괴기 ⑧ 제어설비	① Cl ₂ 보다 더 강력한 산화제이다. ② 저장시스템의 파괴로 인한 사고가 없다. ③ 생물학적 난분해성 유기물을 전환시킬 수 있다. ④ 모든 박테리아와 바이러스를 살균시킨다.	① 저장할 수 없어 반드시 현장에서 생산해야 한다. ② 초기투자비 및 부속설비가 비싸다. ③ 소독의 잔류효과가 없다. ④ 가격이 고가이다.
Cl ₂	① 염소실 ② 염소중화실 ③ 염소주입기 ④ 염소기화기 ⑤ 염소컨테이너, hoist 및 계량저울 ⑥ 중화설비 ⑦ 염소노출설비 ⑧ 멸균수 공급펌프 ⑨ 배관설비(급수배관, 진공배관, 염소살균수배관) ⑩ 염소혼화지 ⑪ 제어설비	① 소독력이 강하다. ② 잔류효과가 크다. ③ 박테리아에 대해 효과적인 살균제이다. ④ 구입이 용이하고 가격이 저렴하다.	① 불쾌한 맛과 냄새를 수반한다. ② 바이러스에 대해서는 효과적이지 않다. ③ 인체에 위해성이 높다. ④ 불순물로 발암물질인 THM을 수반한다. ⑤ 유량변동에 대해 적응하기가 어렵다. ⑥ 접촉시간이 길다. (15~30분)
ClO ₂	① 발생기실 ② 아염소산나트륨 저장탱크 ③ 염소 또는 산 저장탱크 ④ 아염소산나트륨 주입펌프 ⑤ 염소 또는 산 주입펌프 ⑥ 공급수펌프 ⑦ 제어설비	① Cl ₂ 보다 더 강력한 산화제이다 ② Fe, Mn, H ₂ S, 페놀화합물 등을 산화할 수 있다. ③ pH 변화에 따른 영향이 적다. ④ 잔류효과가 크다. ⑤ THM이 생성되지 않는다.	① 현장에서 제조되어야 한다. ② 공기 또는 일광과 접촉할 경우 분해된다. ③ 부산물에 의해 청색증이 유발될 수도 있다.
NaOCl	① 발생기실 ② 차아염소산나트륨발생기 ③ 소금 및 자염저장탱크 ④ 차염주입펌프 ⑤ 공급수펌프 ⑥ 제어설비 ⑦ 탈염소설비 ⑧ 소금용 hoist ⑨ 염소접촉지	① 안전하다 ② 소독력이 강하다. ③ 잔류효과가 크다. ④ 박테리아에 대해 효과적인 살균제이다. ⑤ 유지비용이 저렴하다. ⑥ 별경현상도 제어할 수 있다. ⑦ 재활용수 소독도 결합할 수 있다. ⑧ 유량이나 탁도 변동에서 적용이 쉽다. ⑨ 소독효과의 결과 확인이 쉽다.	① 불쾌한 맛과 냄새를 수반한다. ② 바이러스에 대해서는 효과적이지 않다. ③ 극미량이지만 발암물질인 THM이 발생할 수도 있다. ④ 접촉시간이 길다(10~15분).

자료 : ClO₂ 시설구성 장·단점-Alternative Disinfectants and Oxidants, 1999, EPA.

(6) 방사선

방사선에 의한 소독은 방사선 조사에 의한 전리작용을 이용하여 미생물을 살균하는 방법으로 화학약품의 필요로 하지 않기 때문에 화학약품을 살균제로 사용하는 화학적 처리법에서와 같은 잔류농도나 유해유기물의 생성 등에 의한 2차 공해에 대한 문제점이 없고 수질에 거의 영향을 주지 않을 뿐만 아니라 화학적 처리법에서는 자멸되지 않는 spores 및 virus 등에 대해서도 소독효과가 뛰어나다는 장점이 있다. 방사선법도 자외선법과 같은 물리적 소독법이나 방사선법은 자외선법에 비해 상당히 대형의 장치를 필요로 하기 때문에 주로 대량의 하수의 이차처리수 소독 등과 같은 대규모 처리에 적합한 것으로 평가되고 있다. 하수처리수의 방사선 조사가 최초로 시도된 것은 1953년이며 그 후 각국에서 응용연구가 활발히 진행되었지만 종래의 소독법에 비해 처리단가가 고가이며 안전성 등의 이유에서 실용되지는 못하였다. 그러나 최근 전자가속기 제조기술의 진보에 따라 대출력의 장치가 개발되고, 대량 처리에 의한 처리단가의 저감화가 기대되기 때문에 실용화가 기대되는 신기술이다.

(7) 각종 소독방법의 비교

각 소독방식들의 장단점 및 효과를 요약하면 <표 4.8.19>과 같다.

<표 4.8.19> 각 소독방식의 장단점 및 효과비교

고려 사항	Cl ₂	Cl/deCl ₂	ClO ₂	NaOCl	O ₃	UV
시설 규모	전규모	전규모	중·소규모	중·소규모	대·중규모	중·소규모
소독처리수 응용 단계	모든 단계	모든 단계	모든단계	모든단계	2차처리	2차처리
장비의 신뢰성	좋음	아주 좋음	좋음	좋음	아주 좋음	아주 좋음
기술의 상대적 복잡성	간단-보통	보통	보통	보통	복잡	간단-복잡
안전성, 현장으로의 운반	위험 필수적	위험 필수적	위험 필수적	안전	안전 보통	안전 최저
박테리아 사멸	좋음	좋음	좋음	좋음	좋음	좋음
바이러스 사멸	나쁨	나쁨	좋음	나쁨	좋음	좋음
어독성	독성	무독성	독성	독성	가능성 없음	무독성
유해 부산물	있음	있음	없음	거의 없음	없음	없음
잔류성	길다	없음	길다	길다	없음	없음
접촉 시간	길다 30~60분	길다 30~60분	보통	보통 10~15분	보통 10~20분	짧다 1~5초
용존산소에 대한 기여	없음	없음	없음	없음	기여	없음
암모니아와의 반응	반응	반응	무반응	반응	반응(높은 pH에서만)	무반응
색도 제거	보통	보통	제거	보통	제거	제거 안 됨
용존고형물의 증가	증가	증가	증가	증가	증가 안 됨	증가 안 됨
pH 영향	있음	있음	없음	없음	약간 (높은 pH)	없음
유지·관리의 민감성	최소	보통	높음	최소	높음	보통
부식성	있음	있음	있음	있음	있음	없음

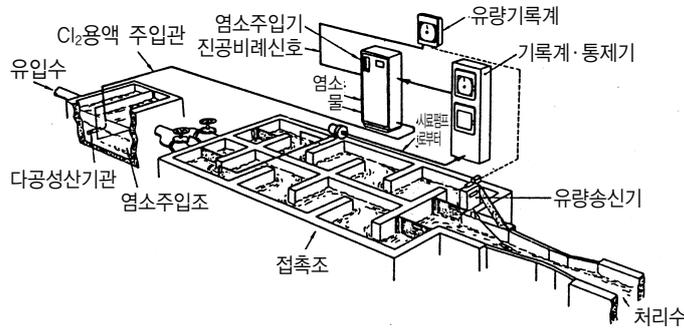
4.8.1 염소소독

1) 주입위치

염소는 하수가 접촉조에 유입하기 전에 주입되어야 하며, 주입되는 즉시 하수와 잘 혼합되어야 한다.

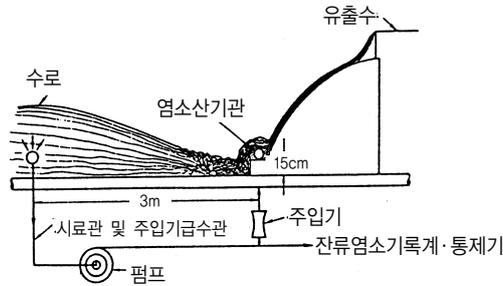
【해설】

소독용 염소는 염소접촉조의 입구나 혹은 [그림 4.8.5]에 주어진 바와 같이 접촉조 앞에 별도로 설치된 염소주입조에 주입되며, 주입되는 즉시 하수와 잘 혼합되도록 하는 것이 소독효과를 크게 한다. 그러나 접촉조에서 단락류를 방지하기 위하여 가능한 한 혼합이 일어나서는 안 된다.



[그림 4.8.5] 염소소독을 위한 폐회로 통제 시스템

염소주입조에서의 혼합은 도관이나 하수내에서의 빠른 유속을 혹은 [그림 4.8.6]과 같이 수리학적 도수를 이용하여 실시될 수 있는데 그렇지 못한 경우에는 혼합기를 설치하는 것이 좋다.



[그림 4.8.6] 수리학적 도수를 이용한 염소주입 및 혼합

2) 접촉조

접촉조는 다음 사항을 고려하여 설계한다.

- (1) 계획하수량은 계획1일최대오수량으로 한다. 단, 합류식에 있어서는 우천시를 고려한다.
- (2) 접촉조에서의 접촉시간은 요구되는 살균효율을 얻을 수 있을 만큼 충분히 길어야 하며 15분 이하가 되어서는 안 된다.
- (3) 접촉조는 침전물제거시설을 갖추든지 아니면 침전이 일어나지 않는 구조로 한다.

【해설】

접촉조는 염소가 주입된 후 소독이 진행되도록 하수가 머무는 조이다.

(1)에 대하여

소독을 대상으로 하는 하수량은 계획1일오수량으로 하는 것이 좋으나 합류식에 있어서는 강우량에 따라서 수중의 대장균수가 현저하게 변동하기 때문에 그 관계를 미리 고려해 둘 필요가 있다. 즉 강우량이 많은 경우에는 희석에 의해서 세균농도가 감소하지만 강우량이 적은 경우에는 부근의 오물이 혼입되기 쉽기 때문에 세균수가 증가할 수도 있으므로 이 점을 염두에 두고서 소독시설을 설계한다.

(2)에 대하여

접촉조의 주목적은 주입된 염소에 의하여 박테리아의 수가 허용치로 감소될 수 있도록 충분한 체류시간을 부여하는 것이다. 염소의 소독효과는 하수의 성질, 접촉시간, 혼합도, 온도 및 염소주입률에 의해서도 영향을 받는다. 소독효과를 높이기 위해서는 접촉시간은 최저 15분간으로 하고, 염소를 충분히 혼합 및 접촉시킬 필요가 있다. 또 방류관에서 접촉시간이 충분히 확보되는 경우에는 접촉조를 생략하는 것도 가능하다. 접촉조는 단락류가 생기거나 사공간(dead space)이 형성되지 않는 플러그흐름형의 구조로 한다.

(3)에 대하여

하수에 염소를 주입하면 고형물의 침전성을 향상시킨다. 따라서 접촉조를 2개 만들어 교대로 침전물을 제거하든지 또는 슬러지제거시설을 갖추어야 하며 저류관(baffle)을 설치하여 스크림이 유실되지 않도록 해야 한다. 그 외에도 유속의 증가, 포기, 경사진 바닥 등 여러 가지 방법에 의하여 고형물의 침전을 방지할 수 있으나 권장되는 방법은 아니다. 접촉조 다음에 침전지를 두어서 접촉조에서 씻겨 내려오는 침전물을 침전시킬 수도 있다. 처리수를 방출시키는 방류관도 플러그흐름형 접촉조로 이용될 수 있는데 이런 경우 하수가 방류관을 흘러가는데 최소한 15~20분은 소요되어야 하며, 관내면에 미생물막이 생성되는 것을 방지하기 위하여 잔류염소농도를 충분히 유지시켜야 한다.

3) 염소주입

염소주입은 하수의 수질과 요망되는 살균효율 및 방류수역의 대장균수에 대한 환경기준을 감안하여 결정한다.

【해설】

일반적으로 염소소독시설의 설계에서 맨 먼저 고려해야 할 사항은 처리장에서 요구되는 염소의 양으로 소독을 위하여 요구되는 염소주입은 처리되는 하수의 수질에 따라 다르고, 결정된 주입률은 주어진 접촉시간에서 요구되는 소독효과를 줄 수 있어야 한다. 그러나 잔류염소가 과다하게 투입되면 비경제적일 뿐만 아니라 방류수역의 수생생물에 영향을 미치기 때문에 방류수역의 수질오염 한계를 초과하지 않는 정도로 한다.

일본의 예를 보면 염소주입률이 대장균수로 1 cm^3 중 3,000개 이하로 정하고 있으며, 이를 초과하는 경우에는 염소주입 후 15분 후에 잔류염소가 0.1 mg/l 정도 되도록 하면 대장균을 사멸할 수 있다고 한다.

각종 하수의 소독에 요구되는 염소주입농도는 일반적으로 다음 <표 4.8.20>과 같다.

<표 4.8.20> 염소주입률

하수의 종류	주입률(mg/l)
유 입 하 수	7~12
일차침전지 유출수	7~10
2차 처리수	2~4

4) 액체염소주입장치

염소주입장치의 용량은 다음 사항을 고려한다.

- (1) 용량은 계획1일 최대오수량과 주입률에 따라 정한다.
단, 합류식인 경우 우천시를 고려한다.
- (2) 염소주입기의 용량 및 대수는 처리수의 수량 및 수질변동에 대응할 수 있도록 한다.
- (3) 염소주입기는 습식진공형으로 한다.
- (4) 염소주입기는 예비주입기를 설치한다.

【해설】

(1)에 대하여

염소주입장치의 용량은 계획1일최대오수량에 주입률을 곱하여 정한다. 합류식의 경우에는 우천시를 고려하여 염소주입장치의 용량을 결정한다.

<표 4.8.21> 염소주입기 혼합용수의 소요수압과 수량

종 별	수압	보통형 (단위: l/min)	진공형 (단위: l/min)
		0.5 kg/cm ²	2~3 kg/cm ²
기계용량 (kg/h)			
0.5까지		10	10
1.0		10	15
1.5		10	20
2.0		13	25
2.5		17	30
3.0		20	35
4.0		27	40
5.0		33	45
6.0		40	50
10.0		—	60
20.0		—	120
25.0		—	150
50.0		—	300
100.0		—	600
200.0		—	1200

(2)에 대하여

염소주입기는 실린더 또는 기화기에서 연속적으로 공급되는 염소가스를 안전하고 정확하게 계량해서 물에 녹여 이를 처리하려는 물에 주입하는 것이다. 염소주입기의 용량 및 대수는 처리수의 수량 및 수질 변동에 대응할 수 있도록 정한다. 또 염소주입기의 제어는 정격치의 60~80% 범위에서 조작하는 것이 가장 사용하기 쉬우므로 일상적인 운전시 이 범위가 되도록 염소주입기의 용량, 대수 등을 정하는 것이 좋다.

또한 염소주입을 위한 혼합용수의 소요압력 및 수량은 염소주입기의 종류와 용량에 따라 다르지만 <표 4.8.21>을 표준으로 한다.

액체염소의 주입량 제어는 직접 염소주입기를 조작하는 방법과 소정의 주입률에 방류수량에 따라 비례하여 제어하는 방법 등이 있다. 비례주입제어는 주입비율 설정기에 의해 필요한 주입률을 정하여 방류수량의 증감에 맞게 염소량 조절계를 작동시켜 정해진 비율의 염소를 주입한다.

(3)에 대하여

염소주입기는 안전성 및 유지관리면에서 널리 쓰이고 있는 장치로 습식진공형 염소주입기를 사용하고 있다. 습식진공형 염소주입기에서는 실린더로부터 염소가스가 도관을 통하여 통제밸브(control valve)로 유도되어 벨자르(belljar)내로 방출된다. 벨자르의 하부는 물로 봉해져 있기 때문에 염소가스는 오리피스(orifice)계량기로 계량되어 인젝터(injector)로 유도된다. 한편 압력수를 공급감압밸브로 조절하여 벨자르내가 항상 $-40 \text{ mmHg}_2\text{O}$ 를 유지되도록 인젝터에 급수하며(인젝터의 고유의 흡인력은 700 mmHg 이상), 여기에서 염소가스를 흡인, 혼합하여 필요한 농도의 염소수를 만들어 처리수에 주입한다. 소요염소량은 눈금이 있는 관을 대조하여 오리피스계량기의 진공가감관을 상하로 조절하여 계량한다. 또 다른 종류의 습식진공형 염소주입기에서는 실린더로부터의 염소가스를 초과하여 유도밸브로 -90 mmHg 를 유지하도록 감압시킨 뒤에 캐피린리계량기로 계량하여 진공조절밸브, 역지밸브를 통하여 인젝터로 유도한다. 한편 압력수는 급수조절밸브로 조절하여 인젝터로 유도하며, 여기에서 염소가스를 혼합시켜서 필요한 농도의 염소를 만들어 처리수에 주입시킨다. 이 장치는 압력이 내려가면 기계내의 진공도가 0으로 되고, 그 결과 자동정지밸브도관을 통하여 자동정지밸브가 작동하여 실린더로부터 염소가스의 공급을 중지시킨다. 또한 어떤 사고로 인하여 물이 인젝터로부터 기계내로 역류하는 경우에는 물 역지밸브의 부자가 작동하여 물의 침입을 방지하는 구조로 되어 있다.

위에서 설명된 진공형은 보통형과 비교하여 높은 압력수를 필요로 하지만 실린더에 염소가 남지 않으며, 새지 않는 특징이 있다.

(4)에 대하여

염소주입기는 고장 및 소독강화를 고려하여 반드시 예비 또는 비상용 소독장치(예를 들어 수동식)를 설치할 필요가 있다. 예비대수는 1대인 경우에는 1대를 예비로 더 설치하고, 2대 이상의 경우에는 필요에 맞게 예비대수를 정하여 설치한다.

5) 염소주입기실

염소주입기실은 다음 사항을 고려하여 설계한다.

- (1) 염소주입기실은 가능한 한 주입점 근처에 독립시켜 설치하되 지하실이나 낮은 부분을 피하고 지면보다도 높게 한다.
- (2) 건물은 내화성으로 하고 내실의 채광이 잘 되도록 하며, 환기용의 작은 창을 측벽하부의 바닥부근에 설치한다. 또한 마루바닥은 콘크리트로 하고 실내 온도는 항상 15℃ 이상이 유지되어야 한다.
- (3) 마루면적은 주입기가 1대일 때 최소한도 6 m²를 하고, 2대의 경우는 15 m², 2대 이상일 때에는 1대를 증설할 때마다 3 m³를 증가시킨다.
- (4) 염소주입기는 주위의 벽 또는 인접주입기로부터 적어도 60 cm 격리시켜 수리나 정비에 편리하도록 한다.
- (5) 주입량과 잔류량을 조사하기 위하여 계량기를 준비한다.
- (6) 적당한 작동압을 유지하도록 주입기의 용량 1 kg/h에 대하여 50 kg실린더 1대의 비율로 장치될 수 있도록 설비한다.
- (7) 염소주입관은 경질의 고무관, 염화비닐관 또는 고무호스 등을 사용하며, 전기기구나 기구 금속류는 부식되기 쉽기 때문에 내산처리를 한다.
- (8) 염소주입기실내의 기계의 배치는 주입기의 보수, 가스배관의 점검, 조작반 등의 감시에 편리하도록 한다.
- (9) 고압가스 안전관리기준에 맞도록 한다.

【해설】

(1)에 대하여

염소주입기실은 일반기계실, 휴식실과 완전히 격리시켜 독립되게 설치한다. 또한 지하실이나 낮은 곳을 피하여 지면보다 높게 하는 것은 염소가스가 공기보다도 2.5배나 무겁기 때문에 새는 경우에도 마루바닥에 정체하여 배제시키기가 곤란하다는 것과 또한 염소는 습기가 있으면 강한 부식성을 나타내므로 습기가 많은 장소를 피하기 위함이다.

(2)에 대하여

건물을 내화성으로 하는 것은 염소가 폭발하는 염려가 있기 때문이다. 또한 염소가 새어서 위험이 따를 경우에는 건물을 밀폐시키면 외부에 대한 위험을 방지할 수 있다. 환기용의 작은 창을 측벽하부의 마루바닥 부근에 설치하면 염소가스가 새는 경우 바닥부근에 머물므로 배제시키기가 쉽다. 개폐식의 갤러리나 외부조작이 가능한 환기용 선풍기를 설치하는 것도 좋다.

실내온도를 15℃ 이상으로 유지하는 것은 온도가 너무 낮으면 기화가 완만하며 염소의 수화물 형성을 쉽게 하기 때문이다. 가능하면 21℃ 이상으로 유지하는 것이 좋으며, 염소의 주입과 저장이 별도의 방에서 실시된다면 염소저장실의 온도가 10℃ 이하로 떨어지지 않도록 해야 한다. 그러나 온도가 너무 높으면 실린더내의 액체염소의 용량과 가스압이 증대하여 파열될 우려가 있으므로 35℃를 넘지 않도록 주의를 요한다.

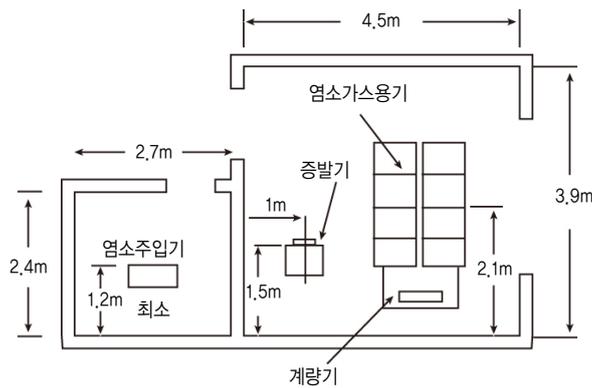
(3)에 대하여

염소주입기실의 요구면적 및 배관은 염소주입기 생산업자에 의하여 보통 제안되며 그 예가 [그림 4.8.7]에 주어져 있다. 모든 기기에 접근이 용이하고 기기와 염소용기의 취급에 편리한 공간이 부여되

어야 한다. 일반적으로 다음 사항을 만족시키면 된다.

- ① 한 대의 염소주입기로 90 kg/d 이하의 염소를 주입하는 경우 염소주입시설을 위하여 약 6 m²의 면적이 요구된다.
- ② 두 대의 염소주입기로 180 kg/d 이하의 염소를 주입하는 경우 약 15 m²의 면적이 요구된다.
- ③ 염소증발기 1대당 15 m²가 제공되어야 한다.

그리고 3대 이상의 염소주입기를 설치할 경우에는 1대당 3 m² 정도의 면적을 제공하는 것이 좋다.



[그림 4.8.7] 3,600 kg 염소주입기를 위한 요구면적 및 배치

(4)에 대하여

기기에의 접근, 수리와 정비 등의 편리성을 위하여 염소주입기는 벽면, 주위의 염소주입기 등에서 최소한 50 cm 정도는 떨어져야 한다.

(5)에 대하여

염소주입기의 계량기가 나타내는 값과 실제로 실린더에서 유출한 양을 비교하여 주입기가 효율적으로 작동하고 있는가를 확인하여 주입의 정확을 기하며 실린더내의 잔류량을 검사하여 손실없이 염소가스를 이용하기 위해서는 계량장치를 설치하여 검사한다.

(6)에 대하여

실린더에서 유출되는 염소가스는 주입기의 감압밸브(유도밸브)로 감압된 다음 사용되지만 일시에 다량의 가스가 사용되면 <표 4.8.22>에 주어진 증발잠열 때문에 온도가 내려가고 가스의 유출이 나빠져서 소요량의 주입이 불가능하게 되기 쉽다. 실린더내의 액체염소가 가스화하는 양과 주입량간에 균형이 유지되기 위해서는 실온 15~19℃에서는 경험상 1 kg/h의 사용량에 대해서 50 kg 실린더 1대의 비율로 하는 것이 적당하다. 또한 감압설비와 주입설비 사이의 배관에는 역류방지장치를 설치한다.

(7)에 대하여

미량의 염소가스가 실내로 새어나오는 경우 습기가 있으면 염소는 대단히 부식성이 강하므로 내산처리된 기구류를 사용하는 것이 좋다.

〈표 4.8.22〉 염소의 온도에 따른 증발잠열

온 도(°C)	증발잠열(kcal/kg)	온 도(°C)	증발잠열(kcal/kg)
-20	66.96	10	62.58
-15	66.28	15	61.78
-10	65.58	20	60.95
-5	64.86	25	60.09
0	64.12	30	59.20
5	63.36	40	57.33

(8)에 대하여

염소주입기실은 보수 등을 고려하여 전면에 공간을 두고 주입기실 주위에 고압가스배관을 제외한 배관용 덕트를 설치한다. 고압가스배관은 점검상 노출시키는 것이 바람직하다. 주입기실의 전면은 경질 유리를 사용하여 조작실과 구분시키고 현장용 조작반 등을 배열하면 감시하기도 좋다.

6) 액체염소의 저장

액체염소의 저장은 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 액체염소의 저장량은 평균주입량의 7~8일 분으로 하는 것이 바람직하다.
- (2) 저장방법은 실린더에 의한 것과 조에 의한 것이 있다. 일반적으로 실린더의 용량은 100 kg과 1 ton이다.
- (3) 조에 의한 저장방법은 대규모 살균시설에 이용되며 2조 이상을 병설한다.
- (4) 주입량과 잔류량을 검사하기 위하여 계량장치를 설치한다.

【해설】

(1)에 대하여

저장량은 저장실의 크기에 관계되지만 액체염소의 반입빈도가 너무 많게 되지 않도록 항상 어느 정도의 저장량의 여유를 갖고 있도록 고려하는 것이 좋다.

(2)에 대하여

실린더의 용량은 100 kg 또는 1 ton이지만 하루의 염소주입량에 따라 실린더의 교환회수를 고려하여 실린더의 크기를 선정한다.

(3)에 대하여

조에 의한 저장은 대규모의 소독시설에 이용되는데 고장 혹은 보수에 대비하여 2조 이상으로 나누어서 설치하는 것이 좋다. 조로 액체염소를 받아들이기 위해서는 탱크차로부터 관을 접속시켜 실시하는데 이때 고압건조공기가 필요하다. 고압건조공기를 얻기 위해서는 다음과 같은 시설이 요구된다.

- ① 공기제습조 : 건조제를 통과시킴으로서 공기중의 습기를 제거한다.
- ② 공기압축기 : 고압공기제조용 공기압축기에서 압력은 상온에서 10 kg/cm²로 한다.
- ③ 냉각분리기 : 압축된 고온의 공기를 물로써 냉각시킨다.
- ④ 공기조 : 고압건조공기를 저류하는 것으로서 안전밸브를 설치한다.

(4)에 대하여

주입기의 계량기와 실제 실린더나 조에서 유출되는 양을 비교하여 주입기가 유효하게 작동하고 있는가를 확인함으로써 주입에 정확을 기하고, 실린더나 탱크의 잔류량을 검사하여 손실없이 사용할 수 있도록 액량계 등의 계량장치를 설치한다.

7) 염소저장실

염소저장실은 다음 사항을 고려한다.

- (1) 내화성으로 하며 안전한 위치에 시설한다.
- (2) 저장능력 1 ton 이상의 경우는 염소주입량과 분리시켜 실린더의 반출입이 편리한 위치에 또한 감시하기 쉬운 장소에 설치한다.
- (3) 지하실이나 기타 습기가 많은 장소를 피하여 외부로부터 밀폐 가능한 구조로 하고 저장실에는 환기용의 작은 창을 측벽하부에 설치한다.
- (4) 필요에 따라 실린더 이동용의 기중기(hoist)를 설치한다.

【해설】

(1)에 대하여

염소저장은 위험방지를 위하여 내화성으로 하고 통풍이 잘 되어야 한다. 건물의 내면과 외면은 불연 재료로 피복되어야 한다. 가능한 한 저장능력 1 ton 이상의 경우는 두께 12 cm 이상의 철근콘크리트 또는 이와 동등이상인 구조의 장벽을 저장실의 주위에 설치하고, 그 외벽은 주위의 주택이나 기타 건물로부터 15 m 이상 떨어진다. 또한 연속적인 염소주입이 가능하고 필요시는 염소주입을 강화할 수 있도록 어느 정도의 여유량을 저장하여 둔다.

(2)에 대하여

염소저장능력 1 ton 이상의 경우는 안전을 위하여 염소저장실을 염소주입기실로부터 분리시켜야 한다.

(4)에 대하여

1일 최대염소사용량이 200 kg/d을 넘는 시설에 대해서는 실린더 이동용으로 기중기(hoist)의 설치를 고려할 필요가 있다. 기중기의 적재하중은 2 ton 이상으로 하되 실린더의 교환을 위하여 알맞은 형식의 것을 사용한다.

8) 중화설비

염소는 독성이 강하기 때문에 누출 및 기타의 사고에 대비하여 필요한 방독 및 재해시설을 다음 사항을 고려하여 설계한다.

- (1) 100 kg 용량의 실린더를 사용하는 경우에는 새어나오는 염소의 검출, 중화 및 흡수용의 약품류를 비치하여 두어야 한다.
- (2) 1 ton 용량의 실린더나 저장탱크를 사용하는 경우에는 염소의 누출에 대비하여 누출검지기, 중화반응탱크 및 배풍기 등의 중화시설을 설치한다.
- (3) 중화장치의 능력은 누출염소를 충분히 중화시켜 무해하게 할 수 있어야 한다.

【해설】

(1)에 대하여

염소주입기실의 적당한 장소에 다음 약품류를 준비하여 두는 것이 좋다.

- ① 염소검출, 중화 및 흡수용
방독면, 암모니아, 치오황산소다, 소석회, 가성소다, 소다회 등
- ② 응급용
산소흡입기, 양치질용 중조수, 알콜 등

(2)에 대하여

저장능력 1 ton 이상의 경우에는 제해시설을 설치하는 것이 좋으며 염소의 중화시설에는 다음과 같은 것이 있다.

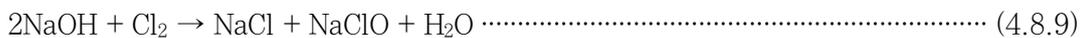
- ① 누출검지기
누출염소가스를 검지하여 중화시설의 제기기를 작동시키는 것으로서, 검지시간은 검지용 배관 1 m당 약 1초를 요하고 검지가능거리는 100 m까지이다. 또한 검지를 위해서는 실온 15℃ 이하가 바람직하고 40℃ 이상에서는 감도가 둔하다.

- ② 중화반응탱크
중화반응탱크는 반응탑과 가성소다, 용액탱크로 구성되며 반응탑 내에서 염소가스를 가성소다용액에 접촉시켜 중화한다. 또한 재질은 염화비닐 또는 강철판에 염화비닐을 피복 시킨 것으로 내식성의 것을 사용한다.

- ③ 환풍기
환풍기는 염소가스를 누출점으로부터 덕트 또는 배관에 의하여 흡인한 다음 중화반응탑에 보내고 또한 중화된 가스를 배출시킨다. 일반적으로 터보팬(turbo fan)을 사용하지만 재질은 경질염화비닐 또는 강철판을 염화비닐로 피복시킨 내식성의 것을 사용하는 것이 좋다.

(3)에 대하여

중화장치의 능력은 염소저장량에 따라서 정하지만 일반적으로 누출염소량 1ton을 중화시킬 수 있도록 하는 것이 좋다. 가성소다를 이용한 중화반응은 식(4.8.9)와 같다.



식(4.8.9)로부터 식(4.8.10)이 유도된다.

$$x = a \times \frac{2 \times \text{NaOH의 분자량}}{\text{Cl}_2\text{의 분자량}} \times \frac{1}{n}$$

$$= a \times \frac{2 \times 40}{71} \times \frac{1}{n} = \frac{1.12a}{n} \dots\dots\dots (4.8.10)$$

여기서, x : 중화에 요구되는 가성소다의 양(kg)

a : 누출염소량(kg)

η : 반응효율(80%)

9) 차아염소산나트륨 주입장치

차아염소산나트륨의 저장은 다음 사항을 고려해서 정한다.

- (1) 차아염소산염은 약 7~8일 분이 저장되어야 하며, 내식성의 용기에 저장하여야 한다.
- (2) 저장방법은 저장조에 의한 것을 표준으로 한다.
- (3) 저장장소는 차고 어둡고 통풍이 좋은 장소로 한다.
- (4) 저장조는 2조 이상으로 하고 차아염소산나트륨에 의해 손상되지 않는 재질을 사용하며 적당한 부대장치를 설치하는 것으로 한다.
- (5) 잔류량을 감시하기 위해 계량장치를 설치한다.
- (6) 현장 제조형 차아염소산나트륨의 저장은 시판용과 다음 사항을 구분한다.
 - ① 소요량에 따른 연속적인 발생으로 저장은 2일 이내로 한다.
 - ② 차고 어둡고 통풍이 좋은 장소를 표준으로 하되 저장기간이 길지 않음으로 일반 노출형 탱크로도 가능하다.

【해설】

(1)에 대하여

차아염소산염의 구입 및 수송의 편의성에 따라 저장량이 달라지겠지만 대략 7일분을 저장하는 것이 알맞으며, 부식성이 대단히 강하므로 내식성의 용량에 저장해야 한다.

(2)에 대하여

저장방법은 저장조를 표준으로 하지만 소량인 경우는 용기에 의한 방법도 있다.

(3)에 대하여

저장장소는 차아염소산나트륨의 물리 및 화학적특성을 충분히 고려해서 직사광선을 피하고 가능한 차고 어둡고 통풍이 잘되는 곳으로 정하여 설치한다.

(4)에 대하여

저장조는 고장 또는 점검과 수리를 고려해서 2조 이상으로 설치하는 것이 좋다. 저장조는 입형과 횡형이 있고 설치공간에 따라서 정하도록 한다. 저장조의 재질은 강화플라스틱 또는 강철재를 사용하며 내면에 내식성 차아염소산나트륨의 라이닝재를 쓰거나 또는 내식성 차아염소산나트륨용의 강화플라스틱재를 사용한다. 대용량인 경우 철근콘크리트 구조로 할 수도 있다. 저장조에는 액면계, 점검용 맨홀, 차아염소산나트륨의 저장 및 인출, 배액, 월류, 가스배출, 세척 등에 관련된 배관 및 접속구를 필요에 맞추어 사다리등의 부대장치를 설치해 기초홀더로 견고하게 부착한다.

(6)의 ①에 대하여

현장에 필요한 용량의 발생기가 선정되므로 소모되는 용량의 차아염소산나트륨의 연속적으로 발생되어 차아염소산나트륨 저장용량은 1~2일로 하여 계속 생성하도록 하고, 현장 제조형 차아염소산나트륨

의 원료가 되는 소금의 저장용량은 구입 및 수송의 편의성에 따라 대략 10일분 이상으로 저장하는 것이 좋다.

(6)의 ②에 대하여

차아염소산나트륨의 물리 및 화학적 특성을 충분히 고려해서 직사광선을 피하고 가능한 차고 어둡고 통풍이 잘되는 곳으로 정하여 설치하는 것을 표준으로 하되 시판용보다 농도가 낮고 그 저장되는 기간이 짧아 가용염소의 반감이 거의 없으므로 외부 노출 탱크를 사용하여도 무방하나 결빙온도가 약 -10°C 이므로 동절기에 대한 결빙 대책을 마련하여야 한다.

10) 차아염소산나트륨 용액저장실

차아염소산나트륨 용액저장실은 다음 사항을 고려해서 정한다.

- (1) 구조는 내진 및 내화성으로 한다.
- (2) 차아염소산나트륨이 새는 경우에 유출방지를 위하여 전체 저장분에 대응하는 용량의 방액벽 또는 피트를 설치한다.
- (3) 필요에 따라서 환기장치를 설치한다.

【해설】

(1)에 대하여

차아염소산나트륨 저장실은 내진 및 내화성으로 하고 통풍을 좋게 한다.

(2)에 대하여

차아염소산나트륨 저장실에는 저장조 전체에서 차아염소산나트륨이 새는 경우도 있을 수 있으므로 이에 대비하여 방액벽 또는 피트를 설치한다. 또한 누출된 액의 처리가 쉽게 이루어질 수 있는 구조로 한다.

(3)에 대하여

차아염소산나트륨은 온도 등의 여러 가지 조건에 따라 분해가 촉진된다. 따라서 필요에 맞게 환기장치를 설치한다.

11) 이산화염소의 주입

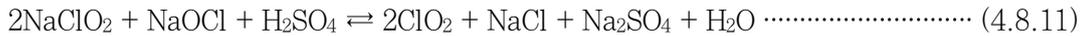
이산화염소의 생산을 위한 염소용액의 pH는 4 이하가 되어야 한다.

【해설】

이산화염소를 생산하기 위해서는 pH를 4이하로 유지해야 하므로 주입되는 염소용액의 pH도 4이하가 되어야 한다. 이는 염소용액의 농도가 결코 500 mg/l 이하가 되어서는 안 된다는 것을 뜻한다. 또한 주입점에서 분자상태의 염소가 파괴되지 않도록 염소농도가 $3,500\text{ mg/l}$ 를 초과해서는 안 되므로 결국 이산화염소의 생산을 위한 효율적인 범위는 약 7 : 1이 되는 셈이다. 그러나 실제 약품주입기는

유량에 비례해서 20 : 1까지 주입통제시스템에 의하면 200 : 1까지 취급할 수 있게 되어 있다.

차아염소산염이 염소대신 사용되는 경우에는 산성화를 위해서 황산이 사용된다. 이런 경우 차아염소산염, 아염소산나트륨 그리고 황산의 공급을 위하여 3대의 다이어프램(diaphragm)펌프가 요구되며, 각 용액의 공급률은 모두 같게 하여 다음 반응식(4.8.11)이 일어날 수 있도록 농도를 알맞게 맞추면 좋다.



식(4.8.11)에 의하면 이론적으로는 염소 1 kg당 1.81 kg의 이산화염소가 생산된다.

12) 아염소산나트륨의 주입

이산화염소의 생산을 위한 아염소산나트륨의 용액은 농도가 무게로 20% 이하가 되도록 공급되어야 하며, 용기는 1일 소비량을 저장할 수 있는 크기가 되어야 한다.

【해설】

아염소산나트륨(NaClO_2)은 유기성이 없으면 어느 정도 거칠게 취급해도 관계없으나 유기물과 접촉하면 점화될 수 있으며 열, 충격, 마찰 등에 대해서 민감하다. 따라서 고체로 취급하는 것보다는 용액을 이용하는 것이 좋다. 아염소산나트륨용액을 위한 펌프의 규모는 용액의 농도가 무게로 20%를 초과하지 않도록 선정되어야 하며 피스톤 펌프보다는 다이어프램펌프를 이용하는 것이 좋다. 또한 최소한도 1일분의 소모량을 저장할 수 있는 용기를 준비해야 한다.

13) 이산화염소의 반응탑

이산화염소의 생산을 위하여 주입되는 염소용액은 반응탑에 들어가기 직전에 아염소산나트륨용액과 혼합되어야 하며, 반응탑에서도 생성된 이산화염소용액은 바로 주입점으로 보낸다.

【해설】

반응탑에서 이산화염소가 생성되며 용액이 녹색으로 변할 때 이산화염소가 생긴다. 반응탑의 유출구에는 검사유리창이 있어서 반응탑 내부를 볼 수 있도록 해야 한다. 반응탑은 아염소산나트륨을 하루에 110 kg 정도를 저장할 수 있는 용량으로 한다. 또한 안정성을 고려하여 생성된 이산화염소의 농도는 10%(부피기준) 미만으로 유지되어야 하며, 가스누출로 인한 냄새가 발생하지 않도록 하여야 한다.

14) 염소소독시설 운영관리시 고려할 사항

염소는 다른 소독제에 비해 비교적 낮은 주입량, 간편한 공급 및 조절, 낮은 가격 때문에 비교적 널리 쓰이나 소독제 중에서 가장 위험한 물질로서 독성이 매우 높고, 취급부주의로 누출이 발생하여 이를 흡입하게 될 경우 관리자의 생명에 치명적인 손상을 입히게 된다.

염소 소독시설은 액체시설은 액체염소저장용기, 저장용기 자동교체장치, 증발기, 염소주입장치, 잔류염소 측정장치, 가스주입장치, 염소가스 누출감지장치 및 안전장치 등으로 이루어지는데 이러한 시설을 운영함에 있어 장비의 수명과 효율을 증가시키기 위한 예방정비의 차원에서 아래 사항을 주기적으로 수행하여야 한다.

- ① 염소저장용기의 무게를 일정한 주기로 측정하여 항상 여분을 보유할 것
 - ② 진공조절기의 주요 부품인 여과기, 방취관, 배관 등을 점검하고 청소할 것
 - ③ 염소저장용기내의 염소가 모두 소모되었을 경우 여분의 저장용기로 자동 변환시키는 시스템의 운전상태를 점검할 것
 - ④ 연결배관 등을 점검하고 배관에 변색 및 뒤틀림이 발생하였을 경우 즉시 교체할 것
 - ⑤ 염소를 주입하기 위한 모터 구동축 및 증발기의 열교환 시스템내 순환 펌프의 모터에 주기적으로 윤활유를 주입할 것
 - ⑥ 증발기 내부의 양극 마그네슘 막대봉을 점검할 것
 - ⑦ 유량계를 청소할 동안 염소주입장치의 V-notch를 청소할 것
 - ⑧ 염소주입 유량조절계의 유리관내에 침전물이 쌓이면 유량계를 청소할 것
 - ⑨ 염소누출감지기의 경보회로를 주기적으로 점검할 것
 - ⑩ 항상 누출감지전극의 누출감지범위를 조절하고 점검할 것
 - ⑪ 누출감지센서를 주기적으로 증류수로 세척할 것
 - ⑫ 누출감지기 air fan의 운전상태를 점검할 것
 - ⑬ 누출감지장치의 유리창과 모든 O-링 부분의 누출을 점검할 것
 - ⑭ 누출감지전극 저장조의 fill cap내의 카트리지 필터를 주기적으로 교체할 것
- 염소소독시설의 운영 중에 발생하는 문제점과 이에 대한 대처방안은 다음과 같다.
- ① 처리수의 수질이 저하하여 염소요구량이 증가하는 경우에는 염소요구량 및 주입량을 측정하여 염소의 적정 주입이 될 수 있도록 공정을 조절할 것
 - ② 염소저장용기의 무게를 측정하여 무게가 낮은 경우 또는 염소가 고갈된 경우에는 침전물이 시스템내로 유입되기 전에 즉시 염소주입용기를 교체할 것
 - ③ 염소주입장치의 밸브, 배관 및 연결부위에서 염소가 누출될 경우에는 인체에 치명적인 손상과 주변 장치에 부식을 초래하므로 모든 탱크의 주입부분과 밸브를 잠그고 즉각 누출부분을 수리해야 한다. 만일 누출상태가 심각하다면 비상대책팀에 통보할 것
 - ④ 염소주입이 과도한 경우 염소저장용기가 얼어버리므로 염소주입량을 줄일 것
 - ⑤ 염소용액이 흐르는 배관에서 염소가스가 누출될 시에는 염소주입 연결부위를 분리하고 즉시 배관의 누출부분을 수리할 것. 염소 누출이 조금이라도 발생할 경우에는 모든 안전한 검사절차를 수행해야 한다.
 - ⑥ 항온조의 온도 조절장치, 염소가스 압력계 등 각종 시스템의 계기의 작동상태가 고르지 못하거나 작동이 되지 않을 경우 즉시 기기를 교체하거나 수리할 것
 - ⑦ 진공압이 낮은 경우에는 염소주입이 멈추어 버리므로 수압을 증대시키거나 인젝터의 목부분을 청소할 것
 - ⑧ 염소주입장치의 유량계 tube에 수분이 존재할 경우에는 염소가스 주입부의 O-링이 나쁜 것이므로 염소주입장치로 물이 역류하지 않도록 O-링을 교체할 것

- ⑨ 유량계 눈금이 최대가스유량으로 증가되지 않는 경우에는 가스배관에 누출이 있는 것이므로 점검할 것
- ⑩ 염소주입량이 설정된 유량계가 일정하게 작동하지 않는 경우에는 진공압 및 가스압이 낮거나 유량계 및 염소주입 V-notch plug에 이물질이 있는 것이므로 적절한 진공압 및 가스압으로 조정하거나 유량계 및 V-notch plug를 청소해 주어야 한다.
- ⑪ 잔류염소의 농도가 낮거나 높게 측정될 경우는 염소주입량 측정장치로 점검 조정할 것
이상과 같이 염소소독에서 염소가 누출될 경우에는 매우 위험하므로 염소소독 시설은 엄격하게 통제되어야 하고 잘 훈련된 관리자만이 다루어야 한다. 특히 염소를 다룰 때는 항상 2인 1조로 하여 필히 개인 휴대용 호흡장치 및 개인보호장구를 착용하고 작업에 임하여야 한다.

4.8.2 탈염소

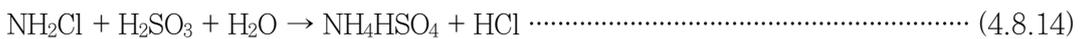
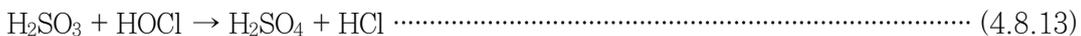
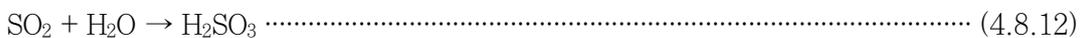
1) 아황산가스

(1) 주입률

잔류염소 1 mg/l를 제거하기 위하여 약 1 mg/l의 비율로 아황산가스를 주입할 수 있도록 탈염소 시설을 설계한다.

【해설】

아황산가스는 자유 및 결합상태의 잔류염소와 순간적으로 반응한다.



식(4.8.12)~식(4.8.14)에 의하면 탈염소를 위한 아황산가스 요구량은 1 mg/l 보다 적지만 경험에 의하여 염소 1 mg/l를 제거하기 위하여 아황산가스를 대략 1 mg/l의 비율로 주입한다.

(2) 저장 및 공급

아황산가스 실린더를 액체염소 실린더와 같은 곳에 저장하도록 고려한다.

【해설】

아황산가스는 액체염소와 마찬가지로 강철제 실린더에 압축되어 공급되는 것이 보통이며, 실린더 취급상의 유의사항은 염소가스 실린더의 취급과 마찬가지로이다. 아황산가스 실린더는 염소 실린더와 함께 저장될 수 있다. 아황산가스는 통상 약 2.5 kg/cm²의 낮은 압력 하에 저장되므로 압력감소밸브가 불필요하며, 이 정도의 낮은 압력 하에서도 염소보다도 더 쉽게 재액화하므로 헤더(header)는 증가되어

야 한다. 상온에서 실린더로부터 180 kg/d의 비율로 아황산가스를 뽑아 쓸 수 있다.

(3) 혼합

주입된 아황산가스는 하수와 충분히 혼합하여야 한다.

【해설】

아황산가스에 의한 탈염소 효율을 좋게 하기 위해서는 아황산가스와 하수를 충분히 혼합해야 한다. 자연적인 혼합만으로 불충분한 경우에는 혼합기를 설치하는 것이 바람직하다.

(4) 주입통제시설

아황산가스에 의한 탈염소 효율을 좋게 유지하기 위해서는 염소접촉조 유출수의 잔류염소측정기를 위시하여 각종 통제시설을 설치한다.

【해설】

탈염소 시스템은 잔류농도를 통제하는데 기본을 두고 있다. 특히 아황산가스는 과도히 주입되어 물 속에 잔류하게 되면 하수나 강물의 용존산소를 소모시키게 되므로 주입이 철저히 통제되어야 한다. 중요통제시설로서 염소접촉조의 유출구에 잔류염소측정기를 설치해야 하며, 아황산가스로 처리된 유출수도 채취하여 분석해야 한다. 아황산가스와 염소는 순식간에 반응하므로 혼합후 바로 하류에서 시료채취를 한다.

탈염소 시스템의 관측(monitoring)은 잔류염소분석기로 하게 된다. 분석기는 케이블을 통하여 600~900 m까지 떨어진 잔류농도기록계 및 통제기에 전기통제신호를 보낼 수 있다. 그러면 잔류농도기록계는 진공송신기에 의하여 100V 교류회로를 통하여 진공조정기에 전기통제신호를 보낸다. 회로시간(loop time)을 알맞은 범위 내에 유지하기 위해서 아황산가스 주입기를 산기관 부근에 위치시키는 것이 좋으며 인젝터에 필요한 물은 시료채취지점에서 취하면 된다. 대부분의 경우 아황산가스주입점이 공급지점에서 멀리 떨어져 있으므로 잔류염소기록계, 아황산가스주입기 그리고 인젝터펌프를 주입점부근의 별개 건물내에 위치시키는 것이 좋다. 아황산가스는 PVC진공관으로 저장지점에서 주입점으로 수송될 수 있다.

2) 아이중황산나트륨($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$)

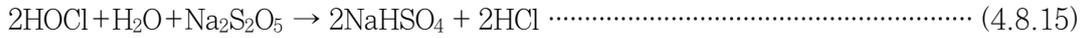
(1) 주입률

탈염소를 위하여 아이중황산나트륨(sodiummetabisulfite, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$)을 사용하는 경우 주입시설은 1 mg/l의 염소를 제거하기 위하여 1.5 mg/l의 율로 주입될 수 있도록 설계한다.

【해설】

도시지역의 하수처리시설에서 아황산가스를 저장하는 것이 위험하다고 판단되는 경우에는 아황산가스대신에 아이중황산나트륨의 사용을 고려해 볼 필요가 있다. 또한 하수량이 $3,800 \text{ m}^3/\text{d}$ 이하이거나

아황산가스 소모량이 약 2kg/d 이하인 경우에는 아이중황산나트륨의 사용을 고려해 보아야 한다. 아이중황산나트륨은 물에 녹으면 아황산나트륨이온(NaHSO₃)으로 해리하며, 0.45 kg을 용해시키는데 5분이 걸리며 최소한 7.6l의 물이 요구된다. 탈염소는 식(4.8.15)와 같은 반응에 의하여 실시된다.



위의 식에 의하면 이론적으로는 1 mg/l의 염소를 제거하는데 1.34 mg/l의 아이중황산나트륨이 요구되나, 실제로는 1 mg/l의 잔류염소를 제거하기 위하여 1.5 mg/l의 율로 아이중황산나트륨을 주입할 수 있도록 시설의 규모를 결정한다.

(2) 저장 및 취급

아이중황산나트륨은 생산업자로부터 공급되는 용기내에 그대로 저장되어야 하며 취급기기는 내식성이어야 한다.

【해설】

아이중황산나트륨은 흰색 또는 크림색의 가루로 물에 잘 녹는다. 석회와 마찬가지로 건조된 상태로 취급될 수 있으며 용액을 만들어 다이어프램펌프(diaphragm pump)로 계량할 수도 있다. 포장하지 않은 채로 쌓아서 저장하기는 어려우며 가능한 한 사용직전까지 공급시의 밀폐된 용기에 그대로 저장해야 한다. 용액으로 만들어 탈염소에 이용하는 경우 기기의 재료는 차아염소산 용액취급기와 마찬가지로 건조상태인 경우에는 철제 혹은 강철제도 사용될 수 있다.

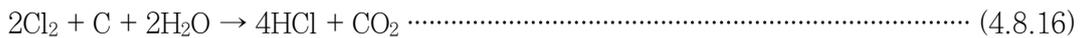
3) 활성탄

(1) 설계기준

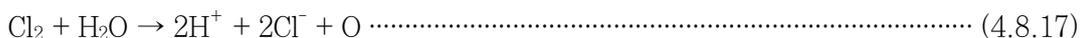
탈염소를 위한 활성탄접촉조의 설계를 위해 다음 사항들을 고려하여야 한다.
 (1) 접촉조의 하수주입률은 2 l/m³·s를 초과하여서는 안 된다.
 (2) 접촉조의 크기는 접촉조가 텅 빈 상태에서 체류시간이 15~20분 정도 되도록 한다.

【해설】

하수처리시설 유출수에서 염소를 제거하기 위하여 과립상의 활성탄을 사용할 수도 있다. 이 경우 탈염소 반응은 잔류염소의 화학적 상태, 염소농도와 유량, 활성탄의 물리적 특성 및 폐수의 특성에 의하여 영향을 받는다. 활성탄에 의한 탈염소 과정은 순수한 흡착과정이 아니며 염소와 물 사이의 화학반응에서 활성탄이 촉매작용을 할 수도 있다. 활성탄의 표면에서 일어나는 반응은 식(4.8.16)과 같이 가정된다.



그러나 실제반응은 식(4.8.17)과 같이 설명된다.



잔류염소의 화학적상태에 의해서 탈염소 과정은 크게 영향을 받는다. 즉 클로라민은 탈염소 효율을 크게 감소시킨다. 유입수의 염소농도에 의해서도 효율이 영향을 받는다. 염소농도가 10배 증가하면 동일한 제거농도를 유지하기 위해서 활성탄층의 두께가 3.3배 증가해야 한다고 보고되고 있다. 활성탄입자가 작을수록 탈염소 효율은 증가하겠지만 수두손실이 증가한다는 제약을 받게 된다. 활성탄에 의한 탈염소 반응은 무기물 및 유기물제거반응과 동시에 진행되므로 가장 쉽게 산화될 수 있는 물질은 염소에 의하여 산화될 것이며, 나머지 흡착된 물질은 표면반응시 생성되는 발생기산소에 의하여 산화된다. 따라서 활성탄에 의한 탈염소 효율은 하수내의 유기물 및 무기물에 의해서도 감소된다.

(1)에 대하여

활성탄에 의한 탈염소는 중력식 또는 가압식 활성탄 여과기에 의하여 실시되는데 이때 하수량은 여과기내의 활성탄층 표면적 1m²당 2l/s를 초과해서는 안 된다.

(2)에 대하여

접촉조내에서의 체류시간은 너무 짧으면 탈염소가 제대로 일어나지 않는다. 따라서, 접촉조를 비운 상태에서 하수가 머무는 시간이 최소한 15~20분이 되도록 설계한다. 위와 같은 조건아래 활성탄접촉조를 설계하면 유입수의 자유잔류염소가 3~4mg/l 이하이고 양호한 질의 활성탄을 사용하는 경우 3년의 수명을 유지할 수 있다. 물론 활성탄의 탈염소 효율을 좋게 유지하기 위해서는 접촉조를 규칙적으로 역세척해야 한다.

4.8.3 오존에 의한 소독

오존소독시설은 오존반응설비와 오존발생설비로 크게 구성되며 오존반응설비는 주입장치, 반응조, 배오존처리장치로, 오존발생설비는 원료가스공급장치, 오존발생장치, 냉각장치 등으로 각각 구성된다.

1) 오존반응설비

- (1) 주입장치 용량은 계획수량과 주입률에 의해 산출된 주입량에 의해 결정한다.
- (2) 미반응 오존의 처리를 위하여 배오존장치를 설치하며, 실내 오존농도를 상시 모니터링 하기 위해 오존검출기를 예비포함 2대이상 설치하도록 하여야 한다.

【해설】

(1)에 대하여

계획수량은 분류식의 경우 계획1일최대오수량, 합류식의 경우에는 우천시 설계유량을 고려한다. 오존주입장치로는 산기장치, 인젝터 등이 있지만, 오존의 대상수예의 용해효율, 유지관리성에 따라 일반적으로 산기장치가 많이 채용되고 있다. 산기장치는 반응조에 오존배관을 설치하고, 다공질 세라믹제의 산기통 및 산기관을 반응조의 바닥에 설치하여 오존가스를 기포로서 수중에 산기한다. 기포경이 작을수록 용해효율이 좋으나 기포경은 산기통(산기관)의 기공경에 의해 결정되며 일반적으로 기공경은

100 μ m 정도가 많이 채택되고 있다.

(2)에 대하여

반응조에서 미반응된 오존이 대기에 방출될 경우 인체에 매우 유해하기 때문에 반응조에 미반응된 오존을 분해하기 위한 처리장치를 설치한다. 또한, 만일의 경우를 대비하여 오존반응설비를 설치한 실 내에 환기설비를 설치하고 환경오존모니터 등의 검출기를 설치하여 작업환경중의 오존농도를 감시하고, 0.1 ppm 이상이 되면 경보를 발생하게 하는 것이 바람직하다. 배오존처리장치에는 활성탄흡착분해법, 촉매분해법 등이 있다. 활성탄흡착분해법은 설계가 간단하고 적절한 관리를 행하면 신뢰성이 향상되지만, 오존의 강력한 산화력에 의해 활성탄이 파괴되기 때문에 6개월에 1회 정도 활성탄을 교환해야 한다. 촉매분해법은 가온하에 금속표면에서 오존이 촉매분해되는 것을 이용하는 것으로서 금속은 망간계, 철계, 니켈계, 동-망간계 등이 촉매로 이용된다. 촉매는 자주 교환할 필요가 없어서 경제적으로 유리하다.

산소활성슬러지법의 경우 배오존은 산소원으로 이용될 수 있다.

2) 오존접촉방식의 형식

오존접촉방식은 아래와 같은 형식으로 분류되며 형식의 선정은 사용목적, 설치공간, 유지관리성을 고려하여 결정하여야 한다.

- (1) 산기식 접촉방식(디퓨저 또는 미세기포 장치 이용 등)
- (2) 가압식 접촉방식(전체가압 방식, 측면가압 방식)으로 구분한다.

【해설】

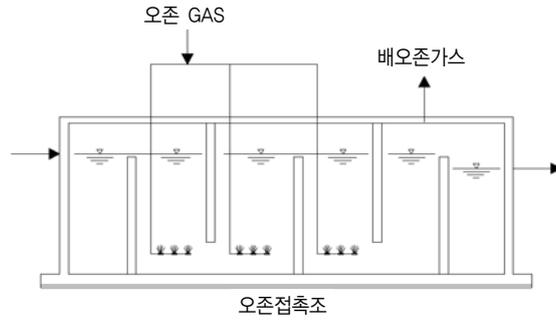
(1)에 대하여

산기식 접촉방식은 [그림 4.8.8]에 주어진 바와 같이, 미세기공을 가진 디퓨저나 미세기포(microbubble)를 공급하는 장치를 이용하여 오존가스를 수중에 전달하는 방법으로써, 오존접촉조는 공급되는 오존과 유입수의 접촉이 원활히 이루어질 수 있는 구조로 하여야 한다. 접촉조(반응조)는 내식성 및 안전성을 고려하여 콘크리트제의 수조 또는 스테인레스제의 밀폐구조로 설치하며 미반응된 오존이 외부로 누출되지 않도록 하여야 한다. 접촉수심이 클수록 좋지만 수심이 커질수록 오존발생장치에의 압력이 증가하기 때문에 오존발생효율이 저하하고 반응조에 오존을 주입하는 동력비가 증대한다. 따라서 반응조의 수심은 4~6 m, 접촉시간은 10~20분 정도가 적당하다.

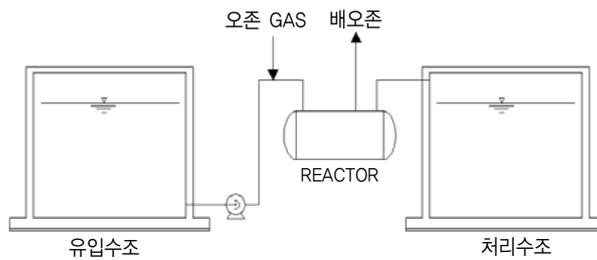
(2)에 대하여

오존의 용해성을 높이기 위해 가압식 오존 용해탱크(reactor)를 이용하는 방법으로 처리유량 전체를 가압식 용해탱크에 주입하는 전체가압(full stream) 방식과 처리유량 중 오존주입을 위해 일부 혹은 필요량을 가압식 용해탱크에 주입하는 측면가압(side stream) 방식이 있다. 전체 가압식 방법은 [그림 4.8.9]에 주어진 바와 같이 처리유량 전체를 펌핑하여 인젝터 등으로 통과시키고 이때 인젝터 등에 오존을 주입시켜, 특수노즐이 부착된 가압식 용해탱크(reactor)에서 1~3분 정도 체류시켜 처리하는 방식

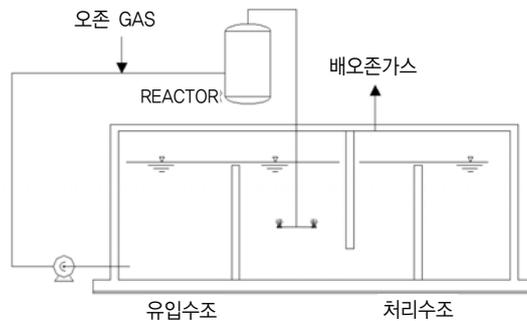
으로 용해탱크는 내식성 및 안전성을 고려하여 콘크리트제 또는 스테인레스제의 완전밀폐구조로 설치하며 미반응된 오존이 외부로 누출되지 않도록 하여야 한다. 전량 가압반응시킴으로 동력소모량이 많이 소요되고, 시간별 유입유량이 변동하는 하수처리시설의 특성을 고려하여 오존공급시스템의 빈번한 단락이 발생하지 않도록 하여야 할 것이다.



[그림 4.8.8] 산기식 오존접촉방식의 모식도



[그림 4.8.9] 전체가압식 오존접촉방식의 모식도



[그림 4.8.10] 측면가압식 오존접촉방식의 모식도

측면 가압식 방법은 [그림 4.8.10]에 주어진 바와 같이 처리유량중 오존주입을 위해 일부 혹은 필요량을 펌핑하여 인젝터 등을 통과시키고 이때 인젝터 등에 오존을 주입시켜 특수노즐이 부착된 가압식 용해탱크(reactor)에서 1~3분 정도 체류시켜 처리하는 방식으로 용해탱크는 내식성 및 안전성을 고려하여 콘크리트제 또는 스테인레스제의 완전 밀폐구조로 하여야 한다. 용해된 오존은 처리수조(반응조)에서 유입수와 접촉하도록 한다. 처리수조(반응조)는 내식성 및 안전성을 고려하여 콘크리트제의 수조 또

는 스테인레스제의 밀폐구조로 설치하며 미반응된 오존이 외부로 누출되지 않도록 하여야 한다. 필요 유량만 가압반응시킴으로 동력소모량이 전체 가압식 방식에 비해 적게 소모된다. 또한 일정유량만 가압식 용해탱크에 유입하므로써 하수처리시설의 시간별 유량변동에 대응성이 우수하다.

3) 오존발생설비

- (1) 원료가스공급장치는 필요한 원료가스를 공급하기에 충분한 용량으로 설계하고 효율 높은 운전이 가능하도록 하여야 하며 충분한 안전성을 갖도록 하여야 한다.
- (2) 오존발생장치는 발생효율이 높고 내구성, 안전성을 충분히 갖도록 하여야 하며 예비시설을 설치한다.
- (3) 오존발생장치의 온도를 일정하게 유지하기 위하여 냉각장치를 설치한다.

【해설】

(1)에 대하여

원료가스는 공기와 산소로 크게 구별되며 설비용량에 따라서 경제성, 유지관리성 등을 고려하여 선정한다. 공기를 원료로 할 경우 수분이 오존발생장치내에서 오존의 발생을 방해하기 때문에 수분을 충분히 제거하여야 한다. 또한, 오존과 질소화합물과 결합하여 질산을 생성하는 경우 방전전극에 부착되어 오존발생효율이 저하된다.

(2)에 대하여

공업용오존발생장치로는 전극의 구조에 따라 원통다관전극형, 평판전극형의 2가지로 분류된다. 원통다관전극형에는 유리관삽입형과 스테인레스관 유리라이닝형이 있고, 냉각방식은 수냉식이 적당하다.

평판전극형은 전극, 유도체가 평판에 배치되기 때문에 설치면적이 작고, 냉각방식은 공랭식이 적당하다. 오존발생장치는 장치의 점검, 수리, 고장 등을 고려하여 예비시설을 설치한다.

(3)에 대하여

냉각방식은 공랭식과 수냉식이 있는데 일반적으로 공랭식은 구조가 간단하지만 풍량의 제약이 있기 때문에 중소형에 사용하고, 수냉식은 구조가 복잡하지만 효율이 좋기 때문에 중대형에 사용한다. 수냉식에는 일과식, 열교환기에 의한 순환식, 냉각탑에 의한 순환식이 있다.

4.8.4 자외선(UV) 소독시설

1) 소독수로

자외선(UV) 소독시설에서는 UV 램프 모듈이 설치되는 소독수로를 함께 설계해야 한다. 용량이 작은 하수처리시설에서는 스테인레스 스틸 재질의 반응조를 제작하여 최종방류수의 배관에 플랜지를 연결하여 사용할 수도 있으나 용량이 큰 하수처리시설에서는 철근콘크리트 구조물의 수로에 소독장비를 장착하여 운영한다. 모듈은 수개의 램프를 하나의 단위로 묶은 것이며 बैं크는 수개의 모듈이 합쳐져서 구성된다. 램프와 모듈, बैं크의 규격은 설계시 제품의 특성을 충분히 파악하여 결정하여야 한다.

소독수로는 다음 사항을 고려하여 설계하여야 한다.

- (1) 설계유량은 일최대하수량으로 하고 합류식의 경우에는 우천시의 설계 유량을 고려한다.
- (2) 수로의 치수는 설계 안전인자를 고려하여 UV 램프 모듈이 밀집하여 배치될 수 있고 적은 소요부지를 요하도록 설계한다.
- (3) 설계유량이 5,000 m³/d 이상인 경우에는 소독효과를 높이기 위해 두개 이상의 बैं크를 설치한다.
- (4) 수로 유입부에는 스크린을 설치하여 작은 부유물이나 조류 덩어리가 램프와 모듈 사이에 걸리는 것을 방지하며 유출부에는 수위조절장치를 둔다.
- (5) 수로에는 격자모양의 뚜껑을 덮어 유지관리를 용이하게 한다.

【해설】

(1)에 대하여

합류식 지역의 하수처리시설에서는 우천시 발생하는 유량을 일차침전지 및 우회 수로를 통해 소독시켜 방류시켜야 한다. 그러나 통상 우천시의 유량은 청천시 하수량의 3배에 달하므로 이를 모두 자외선으로 소독하는 것은 경제적으로 낭비가 된다. 또한 우회된 하수는 일차처리만을 거친 것이므로 탁도가 높아 이차처리수와 혼합하여 UV 소독을 하면 오히려 소독효과가 저하되어 비효율적이다. 따라서 이 경우 이차처리수만을 UV로 소독하고 우회 유량은 별도의 수로에서 비상 염소소독에 의해 소독을 하거나 그대로 방류시키는 것이 불가피하다. 비상시의 염소소독은 설비비가 적은 차아염소산나트륨 또는 차아염소산칼슘 소독이 바람직하다.

(2)에 대하여

수로는 요구되는 램프 수의 배치형태에 의해 규격이 결정되고 자외선이 병원성 미생물을 소독할 수 있도록 체류시간을 충분히 가져야 한다. 저압램프의 경우는 처리 대상 수질에 따라 다르지만 4~14초로 광범위하고 중압램프의 경우에는 1초 내외로 하며 소독의 안전성 확보를 위하여 가급적 접촉시간이 길수록 유리하다.

램프 배열에 의해 수로 깊이가 지나치게 깊어지지 않도록 주의해야 하고 유속이 커져서 손실 수두가 커지지 않도록 수리계산을 적절히 수행하여 플러그흐름형 흐름을 유지하며 전체 영역에 걸쳐 자외선이 방사되어 소독될 수 있도록 UV설비에 적합한 구조를 가져야 한다. 수로의 규격은 UV설비 제작 회사에 따라 달라지므로 설계 전에 UV 제작설비업체에 문의하여 설계하여야 한다.

(3)에 대하여

수로 내 बैं크를 두 개 이상 둠으로써 소독의 효과를 높이고 램프와 석영슬리브의 교체 및 청소시 또는 기타 유지보수시 전수로를 폐쇄시키지 않고서도 작업할 수 있는 환경을 제공한다.

(4)에 대하여

1차처리수를 소독할 경우에는 수로 상단에 전처리설비를 갖추면 조류와 작은 부유물이 램프 사이에 끼어 램프가 손상되는 것을 줄이고 오염도를 최소화시킬 수 있으며, 결국 자외선 소독의 효과를 증대

시키게 된다. 그러나 통상적으로 이차처리수의 소독에는 전처리 설비를 하지 않는다. 또한 방류 수문을 설치하여 수위를 항상 일정하게 유지해야 하고, 살균에 효율적인 단면적을 제공하여 최종유출수가 소독되지 않고서 방류되는 것을 막을 수 있도록 한다. 또한 플러그흐름형 흐름을 도모하기 위해 자외선램프 전단부에 정류벽을 두는 것이 좋다.

(5)에 대하여

수로 전체 길이에 걸쳐 격자상의 그레이팅을 설치하여 유지보수 및 운영자의 안전을 도모하며, 외부 물질이 수로 내에 유입되어 소독에 영향을 미치지 않도록 한다. 이때 램프, 모듈 또는 기타 부수장비의 유지관리를 위한 적당한 공간이 수로 주변에 마련되어야 한다.

2) 자외선(UV) 소독시설의 구성

자외선소독장치는 다음과 같은 사항을 고려하여 결정한다.

- (1) 장치능력은 일최대하수량에 의하여 정한다. 단, 합류식 하수도의 경우에는 우천시 설계유량을 고려한다.
- (2) 원수의 자외선투과율은 70% 이상을 표준으로 한다.

【해설】

(1)에 대하여

자외선소독장치는 대상수에 대한 자외선투과율에 의해 소독의 성능이 좌우되기 때문에 합류식하수도의 경우 SS가 높고 투과율이 낮은 우천시 월류수에 자외선소독을 적용할 때에는 충분한 고려가 있어야 한다.

(2)에 대하여

조사된 자외선은 하수중의 SS, 탁도를 갖는 유기성물질 등에 흡수되기 때문에 조사된 자외선이 모두 살균에 이용되지 않는다. 자외선의 소독효과는 하수의 성질, 접촉시간, 온도 및 자외선조사량에 의해 영향을 받는다. 소정의 자외선소독 효과를 얻기 위해서는 자외선 투과율이 70% 이상이 되어야 한다.

3) 자외선(UV)램프의 종류

자외선램프는 저압(고출력을 포함)과 중압의 두 가지 종류가 있다.

- (1) 저압(고출력을 포함)자외선램프
- (2) 중압자외선램프

【해설】

하수처리수의 소독에 사용되는 램프는 현재 2가지 종류의 램프가 실용화되고 있다. 램프 점등시의 수은증기압에 의해 저압자외선램프, 중압자외선램프로 구별되며, 발생하는 자외선의 파장분포, 램프의 출력, 설치방법, 전력소비량 등이 다르기 때문에 각 처리장의 상황에 맞게 선택하여야 한다. 램프의 표준수명은 1~1.5년이 표준이다.

(1)에 대하여

살균효과가 높은 260 nm 부근의 자외선을 발생하기 때문에 에너지 효율이 높은 장점을 갖고 있다. 저압램프의 출력은 최대 100 W(고출력의 경우 1 kW) 정도이다. 저압자외선램프는 램프 표면의 온도가 낮고 석영 슬리브에 오염물질이 비교적 덜 부착되는 이점을 갖는다.

(2)에 대하여

중압자외선램프는 비교적 에너지 효율이 낮지만 살균력이 있는 광역의 파장에 의해 램프당 소독력이 강하다. 램프 출력 2~3 kW와 대출력의 램프가 있어서 대용량의 처리수를 대상으로 하는 경우에 유효하다. 램프 표면의 온도가 높고 석영슬리브에의 오염에 대한 세척장치가 필요하다.

4) 장치의 형식

<p>자외선소독장치는 아래와 같은 형식으로 분류되며 형식의 선정은 사용목적, 설치공간, 보수관리성 등을 고려하여 결정하여야 한다.</p> <p>(1) 설치방식은 수로방식(channel) 및 탱크(tank)방식으로 대별된다.</p> <p>(2) 조사방식은 접촉식(contact) 및 비접촉방식(noncontact)으로 구분된다.</p> <p>(3) 램프의 설치방법은 수평과 수직의 두 가지 방법이 있다.</p> <p>(4) 램프와 유수의 관계는 평행 또는 직각으로 구분된다.</p>
--

【해설】

자외선 소독장치의 형식은 장치의 설치방법에 따라 수로방식(channel)과 탱크(tank)방식으로 크게 구분된다. 또한 조사방식에는 램프가 석영관내에 장치되어 하수에 잠기는 형식인 접촉식(contact)과 하수가 자외선을 투과하는 튜브안으로 흐르고 램프는 튜브밖에 설치하므로써 튜브안의 하수를 조사하는 방식인 비접촉식(noncontact)이 있다.

4.9 처리수 재이용시설

처리수의 재이용은 공공수역으로 배출되는 오염부하의 총량삭감 및 상수사용량의 절감과 같은 수자원을 효율적으로 이용한다는 면에서 그 필요성이 증가하고 있다.

처리수의 재이용은 그 용도에 따라서 다음과 같이 크게 구분할 수 있다.

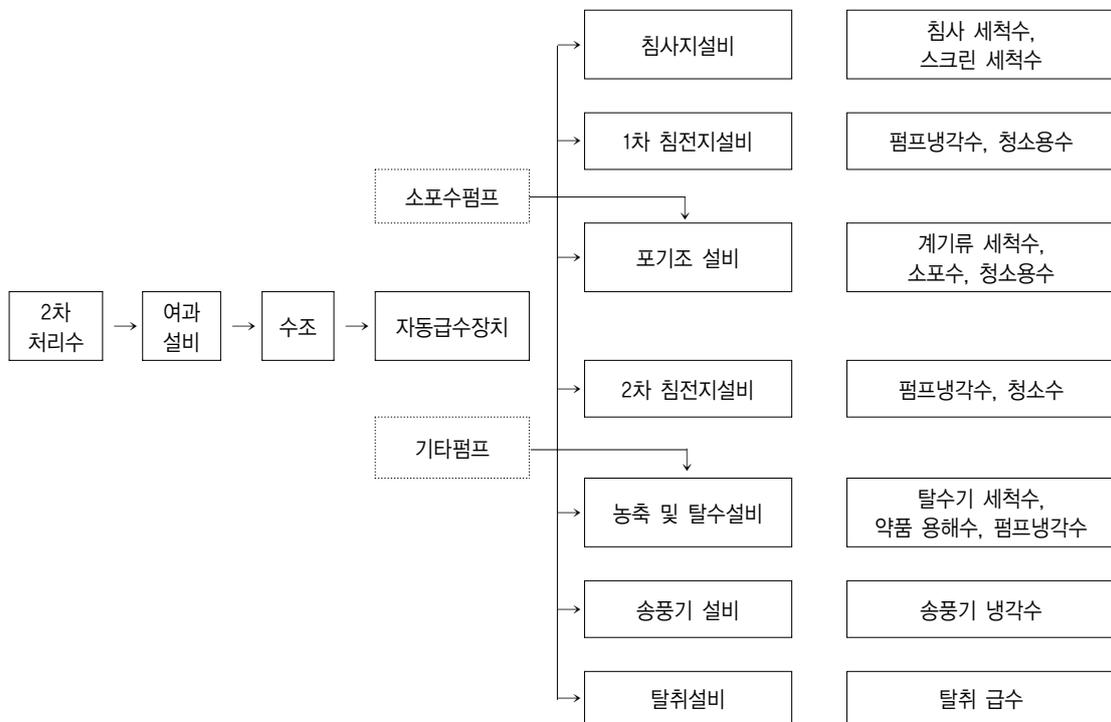
- (1) 기계용수 등 하수처리시설을 운전하는데 필요한 재이용(이하 「시설운전용」이라 함)
- (2) 조경용수 등 하수처리시설 내외에 다목적으로 필요한 재이용(이하 「다목적이용」이라 함)

4.9.1 시설운전용

시설운전용으로서의 주요한 용도는 다음과 같이 고려해 볼 수 있다.

- (1) 처리장내 세척용수

- (2) 침사지 기계설비 등의 세척수
- (3) 포기조 등의 소포수
- (4) 소독시설, 탈취설비의 급수
- (5) 펌프, 송풍기 등의 냉각수
- (6) 약품설비의 급수
- (7) 슬러지 탈수 및 소각세척용수
- (8) 청소용수
- (9) 조경용수
- (10) 화장실용수



[그림 4.9.1] 구내용수 계통도

- ※ 화장실 용수는 변기에만 해당하며 사용 시에는 배관 부식, 막힘 및 소독을 고려하여야 한다.
- ※ 기타 펌프로는 탈수기(여포)세척수 펌프, 약품용해수 펌프 등이 있으며 소규모 하수처리시설에서는 자동급수장치를 사용하여도 충분하나 중·대규모하수처리시설에서는 탈수기의 세척수, 소포수 및 약품용해수의 가동빈도 및 양이 많아 별도의 펌프를 두어 사용하는 것이 효과적임.

1) 계획수량, 취수장소 및 계열수

수조는 다음 사항을 고려하여 결정한다.

- (1) 수조의 용량은 계획 순간최대사용량을 고려하여 정한다.
- (2) 수조의 위치는 재이용수의 사용개소가 많고 유지관리가 용이한 장소이어야 하며 처리장 방류수위보다 높은 위치에 설치하는 것을 원칙으로 한다.
- (3) 수조의 청소 및 보수 시에도 용수가 안정적으로 공급되도록 2계열 이상으로 하여야 한다.

【해설】

(1)에 대하여

시설에 사용되는 용수량은 각 시간대에 따라 다르므로 계획수량은 각 시간대에 따른 사용량의 변화를 충분히 고려해서 정하도록 한다. 또한 시간 평균 사용수량으로 시설계획하면 순간최대사용수량에서는 적은 시설이 될 수 있으므로 재이용시설을 통과한 여과수의 저류조를 설치하여 시간변동에 대처할 수 있는 방법을 강구하여 적절한 계획수량을 정한다.

(2)에 대하여

구내 용수시설의 수조는 수위변동이 적고 취수량을 충분히 확보할 수 있는 장소로 한다. 특히 처리장에서 방류되는 최종방류수의 양은 야간에 최저가 되는 경우가 많으므로 저류조의 규모는 이 시간대를 충분히 고려한다.

보통 취수장소는 이차침전지의 처리수, 여과기의 여과수를 소독 전에 방류되는 유출수를 취수한다. 그러나 이와 같은 장소는 보통 유하속도가 느리고 침전물이 모이기 쉬우므로 이들의 영향을 받지 않도록 취수구의 높이와 구조 등에 충분한 주의를 할 필요가 있다.

또한, 저류조 설치위치가 방류수 수위 이상으로 설치하여 over flow되지 않도록 하며, 설비동과 같이 재이용수를 많이 필요로 하는 곳에 수조를 설치하면 유지관리 편의성 및 경제적으로도 유리하다.

(3)에 대하여

구내 용수시설에는 일반적으로 여과수의 저류조를 설치하는데 그 용량은 용수의 안정공급 확보라는 측면에서 유의하여 정한다. 보수, 점검 등을 고려하여 2계열 이상으로 하는 것이 효과적이다.

또 재이용 보조용수로써 상수 등을 여과저류조에 급수할 수 있도록 하면 비상시에 대응할 수 있다. 그러나 이러한 경우 상수 배관에 재이용수를 혼입시켜서는 안 된다.

2) 기종의 선정

처리수 재이용시설의 종류선정은 사용목적, 요망되는 수질 등을 참고해서 정한다.

【해설】

처리수 재이용시설의 종류는 재이용수의 용도에 따라서 요망되는 수질에 차이가 있으므로, 그 사용목적에 적합한 종류를 선정하도록 한다.

처리수재이용설비에는 다음과 같은 기종이 있으며 사용목적에 따라 단독 또는 조합하여 사용한다.

(1) 기계식 스트레이너

(2) 급속여과장치(고도처리편의 급속여과장치 참조)

예를 들면, 펌프의 축봉수, 슬러지탈수설비의 세척수, 슬러지소각설비의 세척수 등은 급속여과수를 사용하며, 침사지 기계설비 등의 세척수, 소포수 등은 기계식 스트레이너의 여과수를 사용한다. 이차처리수에 협잡물이 많은 경우에는 급속여과장치의 전처리로서 기계식 스트레이너를 설치한다.

3) 급수방식

각 시설의 급수방식은 이용수량, 급수압 및 설치조건 등을 고려하여 결정한다.

【해설】

각종펌프의 축봉수 등 중요한 기기에의 급수방식은 시설의 배치 및 급수압을 고려하여 직접펌프에 송수하도록 하고 고압수조, 압력조 등을 조합하여 설치한다.

4) 자동용수공급장치의 용량 및 압력

자동용수공급장치의 용량 및 압력은 다음을 고려하여 결정한다.

- (1) 자동용수공급장치의 용량은 순간최대용수사용량에 동시 사용율을 곱하여 결정한다.
- (2) 압력은 최대요구압력과 손실수두가 가장 긴 총양정을 비교하여 큰 것으로 결정한다.
- (3) 펌프의 대수는 2대 이상으로 하고 적절한 가동횟수가 되도록 탱크의 용량을 선정하여야 하며, 가동시간이 빈번함에 따른 각 펌프의 수명 등을 유지관리를 위하여 자동교대운전이 되도록 한다.

【해설】

처리수 재이용시설의 종류는 재이용수의 용도에 따라서 요망되는 수질에 차이가 있으므로 그 사용 목적에 적합한 종류를 선정하도록 한다.

일반적으로 소포수용을 제외하고는 압력과 소요용량을 여러 곳에 동시에 공급할 수 있는 자동용수공급장치를 이용한다.

자동용수공급장치로는 공기압을 이용한 압력탱크식과 펌프의 회전수제어에 의한 inverter식이 있다.

(1)에 대하여

자동용수공급장치는 여러 시설물에 동시다발로 여과수를 공급하여야 하나 시설물의 운전시간 등 운전조건이 다양하여 순간최대사용량으로 처리용량 선정시 기계의 크기가 과대해지고 빈번한 운전이 불가피하여 펌프의 수명을 단축한다.

따라서, 각 시설의 용량, 운전시간, 운전빈도 등 운전조건을 고려한 급수를 요구하는 시설물 중 동시에 사용되는 순간최대사용량의 면밀한 검토가 필요하여 용량을 선정하여야 한다.

(2)에 대하여

여과수를 공급 받고자 하는 모든 기자재는 요구압력이 다양하다. 자동용수공급장치의 최대압력을 설정할 경우 실양정, 손실수두 뿐만 아니라 기자재의 요구압력을 고려하여야 하며, 여러 시설물의 압력

조건을 면밀히 검토하여 선정하여야 한다.

(3)에 대하여

자동급수장치에 포함되는 펌프는 보수, 점검 등을 고려하여 2대 이상 설치하여야 한다.

각 시설물마다 요구하는 수량의 차가 많으므로 1대의 펌프로 가동하는 경우 펌프의 운전이 빈번하고 2대 이상 설치시는 장비가 커지는 경향이 있으므로 면밀히 검토하여 선정하여야 한다.

또한, 예비펌프를 포함하여 2대인 펌프는 빈번한 운전에 따른 펌프 수명 저하를 고려하여 2대가 상시운전이 되도록 하고, 3대 이상의 펌프를 설치할 경우에는 예비펌프를 두지 않고 순번으로 운전하는 것이 펌프의 가동횟수를 줄여 펌프 수명 향상 등 효과적이라 할 수 있다.

만약 1대가 고장 날 경우 수동으로 운전하거나 냉각수 등 불가피한 시설물은 제외하고는 제한적으로 공급하여야 한다.

4.9.2 다목적이용

다목적이용을 위한 재이용 용도를 8개 분야로 세분화할 수 있다. 재이용수의 용도 구분 및 제한조건을 <표 4.9.1>에 수록하였다.

<표 4.9.1> 재이용수의 용도 구분 및 제한조건

구분	대표적 용도	제한조건
도시 재이용수	① 주거지역 건물외부 청소 ② 도로 세척 및 살수(撒水) ③ 기타 일반적 시설물 등의 세척 ④ 화장실 세척용수 ⑤ 건물내부의 비음용, 인체 비접촉 세척용수	- 도시지역 내 일반적인 오물, 협잡물의 청소 용도로 사용하며 다량의 청소용수 사용으로 직접적 건강상의 위해가능성이 없는 경우 - 비데 등을 통한 인체 접촉 시와 건물 내 비음용·비접촉 세척 시에는 잔류물 등에 의한 위생상 문제가 없도록 처리하여야 함
조경용수	① 도시 가로수 등의 관개용수 ② 골프장, 체육시설의 잔디 관개용수	- 주거지역 녹지에 대한 관개용수로 공급하는 경우로 식물의 생육에 큰 위해를 주지 않는 수준
친수용수	① 도시 및 주거지역에 인공적으로 건설되는 수변 친수(親水)지역의 수량 공급 ② 기존 수변(水邊)지구의 수량 증대를 통하여 수변 식물의 성장을 촉진시키기 위하여 보충 공급 ③ 기존 하천 및 저수지 등의 수질 향상을 통하여 수변휴양(물놀이 등) 기능을 향상시킬 목적으로 보충 공급되는 용수	- 재이용수를 인공건설된 친수시설의 용수로 전량 사용하는 경우, 친수 용도에 따라 재이용수 수질의 강화 여부를 결정. - 일반 친수목적의 보충수는 기존 수계 수질을 유지 혹은 향상시킬 수 있어야 하며 목적에 따라 재이용수의 처리 정도를 강화할 수도 있다
하천 유지용수	① 하천의 유지수량을 공급하기 위한 목적으로 공급되는 용수 ② 저수지, 소류지 등의 저류량을 확대하기 위한 목적으로 공급	- 기존 유지용수 유량 증대가 주된 목적이므로 수계의 자정(自淨)용량을 고려하여 재이용수의 수질을 강화시킬 수 있음
농업용수	① 비식용 작물의 관개를 위하여 전량 또는 부분 공급하는 용도 ② 식용농작물 관개용수의 수량 보충용으로 인체 비유해성이 검증된 경우 • 직접식용은 조리하지 않고 날것으로 먹을 수 있는 작물 • 간접식용은 조리를 하거나 일정한 가공을 거친 후에 식용할 수 있는 작물	- 기존 농업용수 수질을 만족하여야 하나, 관개용수의 유량 보충시 농업용수 수질이상 및 기존 수질보다 항상 가능하도록 처리하여야 함

구 분	대표적 용도	제한조건
습지용수	① 고립된 소규모 습지에 대한 수원으로 사용하는 경우 ② 하천유역의 대규모 습지에 대한 주된 수원으로 공급하는 경우	- 습지의 미묘한 생태계에 악영향을 미치지 않도록 영양소 등의 제거와 생태영향 평가를 거쳐 공급하여야 함
지하수 충전	① 지하수 함양을 통한 지하수위 상승 목적 ② 지하수자원의 보충 용도	- 지하수계의 오염물질 분해제거율과 축적가능성을 평가하여 영향이 없도록 공급하여야 함
공업용수	① 냉각용수 ② 보일러 용수 ③ 공장내부 공정수 및 일반용수 ④ 기타 각 산업체 및 공장의 용도	- 일반적인 수질기준은 설정하되 공업용수는 기본적으로 사용자의 용도에 맞추어 처리하여야 하므로 산업체 혹은 세부적인 용도에 따른 수질 항목은 지정하지 않는다

1) 목표수질 및 시설용량

<p>(1) 재이용수의 용도별 수질을 조사하고 수요처의 요구수질을 조사하여 재이용수 목표수질을 설정한다.</p> <p>(2) 관련계획을 검토하여 목표연도의 하수처리시설 일최소유입하수량을 예측하고, 기존 하수처리시설 방류수량을 시간별로 측정하여 일최소방류량을 기준으로 재이용수량을 검토한다.</p> <p>(3) 재이용수 수요처를 조사하여 필요수량을 조사한다.</p>

【해설】

(1)에 대하여

다목적 이용을 위한 재이용수의 처리수질은 환경부의 용도별 하수처리수 재이용 수질기준을 준수하는 것을 원칙으로 한다. 또한 공업용수 및 생활용수의 경우 수요처의 요구수질이 다양할 경우 원칙적으로 공급자는 공통으로 요구되는 수질에 맞추어 처리하여 공급하고 그 이상의 수질은 개별 수요처에서 재처리할 수 있도록 계획됨이 바람직하다. 다만, 공동으로 재처리설비를 설치할 경우 경제적 효과가 높고 수요처의 요구가 있을 시에는 그러하지 않을 수 있다.

하천유지용수의 경우 하천의 수질을 사전에 조사하여야 하며, 특히 조류 발생 등을 고려하여 공급수의 수질이 계획되어져야 한다.

농업용수의 경우 갈수기와 관개용수의 유량 보충시의 경우 경작자와 협의하여 재배 농작물의 생육 및 수확량에 악영향이 없도록 계획하여야 한다.

(2)에 대하여

처리수 재이용시설의 용량은 목표연도의 하수처리시설의 일최소유입량을 예측하여 설정한다.

(3)에 대하여

공업용수 및 생활용수의 경우 수요처의 요구량에 맞추어 계획하는 것이 원칙이나, 장래 계획된 요구량이 있을시 공급배관은 장래 요구량까지 계획하여 설치하고 기타의 시설(재처리시설 및 공급펌프 등)은 필요한 시기에 설치되도록 계획되어져야 한다. 다만, 계열화 설치가 불가능할 경우에는 예외로 한다. 하천유지용수의 경우 재이용수 공급하천의 특성 및 유황분석을 통해 갈수량, 하천하상의 손실량, 증발산량을 반영하여 재이용수량을 산정하여야 하며, 공급량 계획은 하수처리수의 평균 유량을 초과할 수 없다. 또한 재이용 목적(생태계, 경관, 친수활동)을 명확히 설정 후 수면폭, 유속, 수심 등의 3요소

를 고려하여 결정하는 것이 바람직하다. 농업용수의 경우 농업용수 공급하천의 특성, 유황분석 및 토지이용현황 등을 조사·분석하여 갈수량에 대한 재이용수량을 산정하는 것이 바람직하다.

2) 재이용 시설의 위치 및 규모

- (1) 재이용시설 위치는 원칙적으로 하수처리시설 부지에 설치해야하나 부지면적이 협소할 경우 수요처의 위치 등 주변상황을 고려하여 결정한다.
- (2) 장래 재이용수 공급계획을 고려하여 여유부지 확보계획을 세워야한다.
- (3) 재이용시설의 규모는 시설설치비, 운영관리비 등의 경제성과 수처리의 효율성, 공급수의 수질 변동성 등을 종합적으로 고려하여 합리적으로 결정하여야 한다.

【해설】

(1)에 대하여

처리시설 부지내 설치시 부지매입비 및 관료연장에 따른 시설설치비를 절감할 수 있으며, 하수처리 시설과 통합 운전시 운전경비 절감 및 운영의 효율성을 도모할 수 있으므로, 재이용시설의 설치 위치는 원칙적으로 하수처리시설 부지내에 설치함을 원칙으로 한다. 다만, 처리장 부지가 협소할 경우와 하수처리시설 부지내에 설치할 경우 공급관로의 길이가 길어져 시설설치비가 증가될 경우 경제성분석을 통해 부지 외에 설치할 수 있다.

(2)에 대하여

장래 재이용수 공급확대등의 계획이 있거나 필요시에는 여유부지 확보계획을 수립하여야 한다.

(3)에 대하여

재이용시설의 감시제어실과 사무실의 설치는 하수처리시설 유지관리 건축물을 활용할 수 있도록 우선적으로 고려하여야 한다.

3) 재이용 시설 설치계획

- (1) 이용목적별 처리방법이 다양하므로 유입되는 원수의 특성(유량 및 수질), 이용 목적, 목표수질을 고려하여 처리방법을 결정한다.
- (2) 유입원수는 하수처리시설 최종처리수를 대상으로 하며, 상시 재이용수 용도별 수질권고기준을 달성할 수 있도록 계획하여야 한다.
- (3) 재이용 시설에서 발생하는 공정폐수는 해당 하수처리시설의 영향을 고려하여 반류하도록 한다.

【해설】

(1)에 대하여

재이용시설의 공정은 유입원수 수질, 재이용목적 및 용도 등에 따라 다양하므로 요구되는 수질에 따라 처리방법을 결정한다.

처리수를 대부분 재이용하는 경우에는 처리시설 전체를 목표수질에 도달하도록 할 필요가 있지만 처리수의 일부를 재이용하는 경우에는 재이용을 위한 특별한 처리공정을 도입해야 한다.

재이용을 위하여 도입되는 처리공정은 대상처리항목에 따라서 <표 4.9.2>와 같이 나타낼 수 있다. 목표수질에 따라서는 각 처리공정을 적절히 조합한다. 각 공정의 구체적인 설치기준은 하수도 시설기준 및 상수도 시설기준을 참조하여 결정한다. 또한 처리시설의 단위공정별 유지관리는 상수도 및 하수도 시설기준의 유지관리 지침을 참고로 한다.

<표 4.9.2> 수질항목별 재생처리법의 예

대분류	중분류	소분류	유기물 등의 생물처리법 ~질산화법	부유물질 등의 물리화학적 처리법		용해성물질 등의 화학적처리법				소독법			
			생물막여과법	급속사여과법	응집침전법	응집여과법	활성탄흡착법	한외여과법	역삼투법	오존산화법	염소소독	오존소독	자외선소독
기본적수질항목	위생항목	대장균군수	○		△	△	△	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	환경항목	BOD	○	△	△	△	○	○	◎				
		pH			□	□							
	미관유지항목	탁도	○	○	◎	◎	○	◎	◎				
		취기	△				○	△	◎	○		△	
용도별수질항목	미관유지항목	발포원인물질	△				◎		○	△		△	
		무기성탄소	△						◎				
	어류생식항목	용존산소								○			
		암모니아질소	○						○				
		잔류염소	-	-	-	-	-	-	-	-		(◎)	(◎)

범례	◎ (처리대상) : 개략제거율 90% 이상 ○ (처리대상) : 개략제거율 50% 이상(제거율은 용존산소를 제외) △ (유효) : 개략제거율 20%~50% 이상 □ : pH 조정
----	---

주: (1) 평균적 이차처리수를 대상으로 개략제거율을 표시
(2) pH는 처리과정에서 조정을 요할 가능성이 있음
(3) (◎) 는 잔류염소의 문제가 없음

(2)에 대하여

유입원수는 하수처리시설 최종처리수를 대상으로 하며, 계절 및 일간중 시간대별 수질과 유량의 변화를 고려하여 약조건에서도 충분히 재이용수 용도별 수질권고기준을 달성할 수 있도록 계획하여야 한다.

(3)에 대하여

재이용시설을 하수처리시설 부지내에 설치할 경우에는 재이용시설에서 발생하는 역세척수, R/O 농축수 등의 공정폐수는 하수처리시설로 반류시켜 재처리하는 것을 원칙으로 한다.

다만, 유해물질이 함유된 재이용시설의 공정수 및 하수처리시설정상운전에 지장을 초래할 수 있는 정도의 부하량(농도, 유량, C/N비 등)을 보낼 경우에는 예외로 한다.

재이용사업자가 민간이고 재이용시설을 하수처리시설 부지외에 설치할 경우에는 재이용시설에서 발생하는 농축수는 수질 및 수생태계보전법에 따른 방지시설을 설치하고, 배출수는 폐수배출허용기준 이하로 유지되도록 계획되어야 한다.

4) 재이용수 공급계획

- (1) 저장시설 및 펌프장은 일최대 공급유량을 기준으로 한다.
- (2) 공급펌프는 공급유량의 변동을 고려하여 결정하여야 한다.
- (3) 공급관거는 계획시간 최대유량을 기준으로 계획한다.
- (4) 배수펌프, 배수관의 시설용량은 시간최대 이용수량, 배수탱크 및 고가수조의 시설용량은 일최대 이용수량에 근거하여 결정한다.

【해설】

(1)에 대하여

저장시설의 용량은 일최대유량을 기준으로 하되 시간에 따른 하수유입량의 변동을 고려하여 결정한다. 저장조는 청소시에도 재이용수를 사용할 수 있도록 설계용량에 대해 2조 이상의 구조로 설치하며, 청소가 용이한 구조로 계획되어야 한다.

(2)에 대하여

펌프장의 형식은 계획공급유량, 유입관의 깊이, 펌프의 설비대수 등에 의해 결정하며 기자재, 배관 등은 내부식성이 우수한 재질로 한다. 펌프의 용량은 유지관리상 동일용량으로 선정하는 것이 바람직하지만 가동초기 및 시간대별 송수 유량변동에 대응이 가능하도록 펌프를 선정하여야 한다.

(3)에 대하여

송수관의 시설용량은 계획시간최대유량을 기준으로 하나, 지역이나 수요처의 실정에 따라 계획 송수량에 여유를 두어야 한다. 송수관의 재질은 원칙적으로 부식, 스케일 형성 문제가 적은 관종에 대한 경제성, 기능성, 시공성, 유지관리성 등의 비교·검토 후 현장여건에 가장 적합한 관종을 선정하여야 한다.

(4)에 대하여

이용자의 목적에 따라 이용수량의 시간적 변동에 대하여 수량조절 목적으로 배수탱크를 설치할 수 있으며, 수량 및 수압조정 목적의 고가수조를 설치할 수 있다. 하수처리수 재이용수는 배수탱크 및 고가수조내에 침전물이 쌓일 가능성이 높기 때문에 침전물을 배출할 수 있는 배수설비를 설치하여야 한다.

또한 재이용수 배관은 상·하수관망과의 오접(誤接)을 피하고 타 용도의 배관 등과 구별될 수 있도록 보라색 계통의 색상으로 표기하여야 하며, 매 30m 거리마다 별도로 “재이용수배관”이란 문구를 흑색으로 표기하여야 한다.

5) 전기 및 계측제어설비

재이용시설 유입 및 공급유량계를 설치하여 배수설비 등에 설치한 수위계 또는 펌프장과 연동하여 운전할 수 있는 시스템 구성을 검토한다.

재이용수 총 공급유량계는 1기 이상 반드시 설치하여야 하며, 수요처의 유량계 설치의 사업계획 수립시 공급자와 이용자간 협의에 따라 결정한다. 다만, 다수의 수요처에 유량계를 설치할 경우 비용부담의 정확성, 유지관리의 편리성, 시간변화에 따른 재이용유량의 변동성 파악, 공급관망의 누수 확인, 용수공급량 결정 용이 등의 사유로 하수처리시설 제어실(또는 공급자의 제어실)에 원격감시체계를 구축하는 것을 검토하여야 한다. 이송펌프는 저장시설, 배수설비 등에 설치한 수위계 또는 유량계와 연동하여 운전할 수 있는 시스템 구성을 검토한다.

4.10 하수처리시설내 부대시설

4.10.1 처리장내 연결관거

처리장내 연결관거는 다음 사항을 고려한다.

(1) 처리장내 연결관거의 계획하수량은 다음을 기준으로 한다.

- ① 펌프토구~일차침전지 : 합류식·우천시계획오수량
분류식·계획시간최대오수량
- ② 일차침전지~포기조 : 계획시간최대오수량
- ③ 포기조~이차침전지 : 계획시간최대오수량 + 계획반송슬러지량
- ④ 이차침전지~토구 : 계획시간최대오수량
- ⑤ 일차침전지~토구 : 합류식·우천시계획오수량
분류식·계획시간최대오수량

(2) 처리장내 연결관거 내의 평균유속은 0.6~1.0m/s를 표준으로 한다.

(3) 처리장내 연결관거는 수밀 철근콘크리트 관거 또는 주철관 등으로 한다.

(4) 처리장내 연결관거는 가능한 짧게, 굴곡을 작게 함과 동시에 측관이나 기타 연결관을 고려하여 설계한다.

【해설】

(1)에 대하여

하수처리시설로 유입되는 하수량은 매일 변할 뿐만 아니라 시간에 따라 변하므로 하수처리시설내에 위치하는 관거는 이러한 점을 미리 고려하여 설계해야 한다. 분류식하수도의 연결관거 및 합류식하수

도의 일차침전지 이후 각 시설간의 연결관거는 일변동, 시간변동을 고려한 계획시간최대오수량을 표준으로 한다. 합류식하수도의 경우 펌프토구에서 일차침전지까지 그리고 일차침전지에서 토구까지는 일반적으로 우천시계획오수량을 기준으로 한다. 또, 분류식하수도의 경우에는 우천시의 peak 수량을 고려한 여유를 갖도록 하는 것이 바람직하다.

(2)에 대하여

처리장내 연결관거의 평균유속은 하수처리시설내 각 시설의 수위관계를 고려하되 0.6~1.0 m/s로 한다. 유속이 너무 낮으면 관거 저부에 슬러지가 침전하기 쉽고, 또 유속이 너무 빠르면 수위차가 크게 되어 펌프의 양정을 증가시켜야 하므로 비경제적이 된다. 포기조와 이차침전지를 연결하는 관거는 활성슬러지가 침전할 우려도 있지만 플록이 파괴될 우려도 있으므로 유속을 0.6~1.0 m/s 정도로 하는 것이 바람직하다. 그리고 이러한 관거에는 활성슬러지의 침전을 방지하기 위하여 필요에 따라서는 산기장치를 설치하여 포기를 실시하는 것이 바람직하다.

(3)에 대하여

처리장내 연결관거는 일반적으로 수밀성 철근콘크리트 구조물로 하며 철근콘크리트관, 주철관 등의 관 종류를 사용하는 경우에는 이음, 보호공, 지지를 완전히 함과 동시에 종단방향에 부등침하가 생기지 않도록 유의해야 한다. 특히 연약지반에서의 구조물과 연결관거의 접속부, 기초조건이 크게 다른 접속부, 지반이 급변하는 장소에는 신축이음을 설치하여야 하며 지진에 대비한 내진대책이 필요하다. 또한 관거내에 공기가 머물지 않도록 적절한 장소에 배기밸브를 설치한다.

(4)에 대하여

일차침전지, 살수여상, 포기조, 이차침전지 등의 주요시설은 통상 2개 이상 만들게 되는데, 상호간의 연결관이 1개이면 사고시 전체 기능이 일시적으로 정지될 염려가 있으며, 사고가 장시간 계속되면 처리기능에 영향을 줄 우려가 있다. 따라서 주요시설간의 연결관을 가능하면 복수로 하여 어떠한 경우에도 연결이 되도록 하는 것이 바람직하다.

4.10.2 관랑

관랑을 설치할 경우에는 다음 사항을 고려한다.

- (1) 관랑은 수밀한 철근콘크리트 구조로 만들도록 하고 수용하는 관과 밸브의 지지가 충분히 가능한 구조로 한다.
- (2) 관랑은 수용하는 관 및 밸브류, 계기류의 반출입, 고정, 분리, 점검, 수리에 편리한 구조로 한다.
- (3) 관랑은 환기, 조명, 배수가 잘 되도록 한다.
- (4) 관랑은 우수의 침입, 화재, 작업 중의 장애를 방지할 수 있도록 한다.

【해설】

하수처리시설에는 각 시설을 연결하는 다수의 연결관거를 필요로 한다. 포기조의 송풍관, 반송슬러지관, 슬러지소화조의 가스관, 증기관, 온수관 등을 지상이나 공중에 배관한 것도 있다. 그러나 일반적

으로 관의 종류는 가능한 한 관랑 등 공동경로를 통하도록 집약적으로 배관하는 것이 바람직하다. 대규모하수처리시설에서는 배관류를 관랑에 수용하면 관의 기울기와 지지가 안정함과 동시에 점검 수리에 대단히 편리하다. 또 관랑을 각 시설의 지하실이나 관리건물 등에 연결하여 두면 통로로 이용하는 것이 가능하고 특히 풍우시나 혹한기에도 처리장의 운영에 유리하다. 그리고 관랑에는 주요시설간의 연결관외에도 송풍관, 슬러지관, 시료채취관, 각종 급수관, 잠용수관 등이 수용될 수 있다. 그 외에도 각 시설을 위한 동력케이블, 조작케이블 등도 절연체로 피복된 경우에는 관랑에 수용될 수 있다.

(1)에 대하여

관랑내의 관의 지지는 일반적으로 배관선반이나 걸이(hanger)로 하는 경우가 많다. 그러한 금속지물과 구조물간의 밀착이 나쁘면 관이 진동하거나 굽기도 하여 안정한 지지가 불가능하게 된다. 배관선반이나 걸이를 사용하는 경우에는 구조물에 완전히 밀착하도록 고려해 둘 필요가 있다. 또한 관이나 밸브를 직접 구조물에 정착시킬 때에는 구조물에 신축이음을 설치하는 경우 관에도 필히 신축이음을 설치하지 않으면 관이 절단될 수도 있다. 그 외에 온도변화에 따른 관로의 신축, 지반의 부등침하 및 여러 가지 기계의 진동에 대응시키기 위하여 신축성이 있는 관 또는 관재료를 사용하는 경우를 제외하고는 배관 중에 신축이음을 설치할 필요가 있다.

신축이음은 필요한 장소의 관내물질의 성질, 온도, 압력, 지반의 강약에 따른 진동의 대소 등을 고려하여 신축 이음의 종류, 재질의 선정, 장치수, 설치 위치, 설치 방법을 결정한다. 또한 지하매설시 구조물을 관통하여 배관하는 경우, 기초 구조가 다른 구조물을 연속하여 배관하는 경우 등은 부등침하를 고려하여 신축이음을 설치한다.

(2)에 대하여

관랑내에서 관은 한정된 넓이에 밸브나 이형관을 연속시켜 배관하기 때문에 관의 정착지지 및 배치에 특히 주의하며 수리시 관과 밸브를 알맞게 떼어낼 수 있도록 하고, 출입이 가능한 크기로 하고 근무자의 통행에 충분한 통로를 확보하여 점검 및 수리에 편리하도록 설계시 충분히 고려한다. 또한 관랑에는 관과 밸브류의 크기를 고려하여 반출입구를 설치함으로써 고정 및 수리시 관의 이동과 근무자의 출입이 쉽도록 출입구를 설치한다.

(3)에 대하여

일반적으로 관랑은 축조비의 절약, 시설의 조밀한 배치를 고려할 때 각 시설의 연결수로 하부나 시설간의 지하에 매설하는 경우가 많아서 환기 및 조명을 충분히 고려한다. 또한 수리하는 경우 일시적으로 관이나 밸브를 떼어내어서 관내를 청소해야 할 때가 있기 때문에 관랑의 바닥에는 배수를 위한 기울기를 두어야 하며 배수구, 배수웅덩이를 설치하여 배수가 쉽게 되도록 할 필요가 있으며 배수펌프를 설치할 수도 있다.

(4)에 대하여

관랑내에 우수가 침수하거나 화재가 발생하는 경우 수용되어 있는 기기들을 손상시키고 처리시설을 정지시킬 정도가 되어서 관랑과 연결되어 있는 다른 시설에도 영향을 미칠 수 있다. 따라서 관랑의 개

구부는 수밀한 구조로 하여 우수 및 기타 지표수의 침입을 방지함과 동시에 지하실과 관랑 사이에 방화벽, 방수벽 등의 절단벽을 설치하는 것이 요망된다. 또한 관랑내에는 관과 밸브, 덕트(duct), 걸이(hanger) 등의 돌출부, 관의 횡단 등이 많으므로 수용물의 배치, 지지금속물의 위치, 높이, 형상 등에 주의하여 위험한 장소는 명시해 둔다.

4.10.3 토구

토구는 다음 사항을 고려하여 설계하여야 한다.

- (1) 토구의 위치 및 구조는 방류수역의 관리자와 사전에 충분히 협의하여 결정하여야 한다.
- (2) 토구의 유속은 선박의 운항, 세굴 등 주변에 영향을 미치지 않도록 하여야 한다.
- (3) 토구의 높이는 가능한 한 하천이나 해역 등의 방류지의 저수위 부근에 위치하도록 하는 것이 바람직하다.
- (4) 토구의 위치 및 방류의 방향은 방류수가 부근에서 정체되지 않도록 결정해야 한다.
- (5) 토구에는 필요에 따라 게이트를 설치한다.

【해설】

(1)에 대하여

토구의 주변은 홍수, 파랑 등에 대하여 약점을 갖기 쉽다. 따라서 토구의 위치, 구조, 호안의 보강방법 등은 방류수역의 관리자와 사전에 충분히 협의하여야 할 필요가 있다.

(3)에 대하여

방류수는 특히 급속혼합 등의 충격을 가하지 않는 한 거품이 일지는 않지만 하천이나 해역 등 방류지의 수위와 낙차가 있는 경우, 방류관거에 낙차를 만들어 위어를 월류하여 유하시키는 경우 등에는 거품이 발생할 수도 있기 때문에 토구의 높이를 가능한 한 하천이나 해역 등 방류지의 저수위 부근으로 하고 방류관거의 저면과 토구의 저면 사이에는 가능한 한 낙차가 생기지 않도록 하는 것이 좋다. 부득이 하천이나 해역 등 방류지의 저수위 이상에 방류시키기 위해 방류관거에 낙차를 만들거나 위어를 설치하는 때에는 그 하류에 살수장치를 부착하여 거품이 하천이나 해역으로 유출하는 것을 방지한다.

(4)에 대하여

토구의 방향은 하천의 수류 및 바다의 조류방향에 따라야 한다. 또한, 소하천의 경우에는 방류수에 의해 대안이 세굴 될 수 있으므로 관리자와의 협의에 의해 보호공사를 해야 할 필요가 있다.

(5)에 대하여

토구에 하천·항만·해안 등의 관리자와 협의에 의해 필요에 따라 게이트를 설치한다. 또한, 외수의 역류방지 및 유지관리를 위해 게이트, 각각 등을 필요로 하는 경우가 있고, 토구가 수면하에 있는 경우에는 보수관리를 위해 게이트, 각각이 필요하다.

4.10.4 급배수관

하수처리시설내의 급배수관은 다음 사항을 고려하여 설계한다.

- (1) 급수관의 계획유량은 하수처리시설에서 사용하는 축봉수, 냉각수, 세척수 등의 용수사용량을 고려하여 결정한다.
- (2) 배수관의 계획유량은 장내의 우수, 오수 그리고 각 시설의 배수량을 고려하여 결정한다.
- (3) 배수관의 매설 깊이와 수위, 관거의 접합, 관의 이음, 기초공, 맨홀 등은 관거시설의 2.3, 2.4, 2.5 및 2.7에 따라 정한다.

【해설】

(1)에 대하여

하수처리시설에서는 다량의 용수를 필요로 한다. 이런 목적의 급수를 위하여 용수사용량에 대응하는 급수관을 설치하는데, 축봉수, 냉각수 등 재사용이 가능한 것은 가급적 회수하여 순환 사용할 수 있도록 연구한다.

또한, 처리수를 사용하여도 문제가 발생하지 않는 곳에서는 가능한 한 처리수를 이용함으로써 상수의 절약에 도모할 필요가 있다. 이 경우 상수도의 급수관과 처리수의 급수관은 완전히 별개의 계통으로 배관하고 색상으로 의해 쉽게 구별이 될 수 있도록 하여야 한다.

(2)에 대하여

하수처리시설은 일반적으로 저지, 습지 등의 배수가 불량한 위치에 설치되는 경우가 많기 때문에 처리장내의 배수설비를 완비해야 한다. 처리장내의 배수에는 우수, 각종 지표수, 오수, 각 시설의 배수, 잡배수, 세척수, 건물바닥의 배수 등이 포함된다. 이들을 배수하기 위해서 배수관을 설치하고 필요에 따라서는 각 시설에 부속시켜 배수펌프를 설치하거나 혹은 각종 배수관을 몇 군데로 모이게 하여 거기에 배수펌프를 설치할 수도 있지만 가능한 한 자연배수가 되도록 하는 것이 좋다.

(3)에 대하여

관거시설의 2.3, 2.4, 2.5 및 2.7 참조.

4.11 친환경 주민친화시설

친환경 주민친화적 하수처리시설은 부정적 이미지를 탈피하여 환경개선과 보호를 위한 시설로 지역 사회에 도움이 되는 시설, 주민들과 함께 할 수 있는 공간이 조성되는 것을 말한다. 따라서 친환경 주민친화적 하수처리시설은 단지 오수나 하수를 처리하기 위해서만 만들어진 시설이 아니라, 도시민들이 자연을 접할 수 있는 친수공간을 제공함으로써 일상생활 속에서의 휴식과 여가를 즐길 수 있는 공간, 공연·전시 및 다양한 지역문화를 수용함으로써 지역주민들이 활용할 수 있는 새로운 문화 공간, 이용 효율이 높은 운동 및 체육시설을 도입하여 체력단련 및 주민화합을 도모할 수 있는 공간 그리고 생태

공원 및 체험공간을 제공하여 수 처리 과정이나 생태환경을 체험하고 학습하는 체험학습장 등으로 만들어지는 것을 뜻한다.

친환경 주민친화적 하수처리시설은 친환경 시설과 주민 친화적 시설로 분류할 수 있으며, 친환경 시설은 (1) 자연환경을 보전하거나 훼손을 방지하기 위한 시설 (2) 주변 환경을 개선시키기 위한 시설 (3) 재이용시설이나 자원화 시설 (4) 에너지 저감 및 에너지 재생산시설 (5) 그 밖의 환경 보호나 개선을 하기 위한 시설 등으로 구분할 수 있으며, 주민 친화시설은 (1) 생태관찰을 위한 생태연못, 야생화 동산 등 자연환경을 이용하거나 관찰하기 위한 시설 (2) 환경보전관, 환경교육 학습원 등 환경을 보전·이용하기 위한 체험·홍보시설 또는 관리시설 (3) 주차장, 휴게소, 놀이터 등의 편의·이용시설 및 복지시설 (4) 전시관, 박물관, 연구소, 회의실 등의 전시·문화시설 (5) 레크레이션, 관련 집단·단체 활동을 위한 운동 및 체육시설 등으로 구분할 수 있다.

4.11.1 친환경 주민친화시설 유형 분류 및 종류

친환경 주민친화시설은 하수처리시설의 본연의 기능, 활용가능한 친환경 자원 이용과 하수처리시설 근무자, 방문자 또는 지역주민들의 이용이나 편의를 제공하는 형태에 따른 분류를 한다.

【해설】

친환경 시설의 경우는 기본형과 활용형으로 나눌 수 있다. 친환경 시설의 기본형의 범주는 하수처리 시설에서 이루어지는 본연의 기능으로 수질오염방지시설, 슬러지처리시설, 악취방지시설 등으로 분류할 수 있다.

친환경 시설의 활용형은 하수처리시설을 통하여 발생시킬 수 있는 친환경 요소들로서, 도시화에 따른 건천화 방지를 위한 하수처리수를 하천유지용수로 재이용하는 것이나, 하수처리를 통해 발생하는 폐기물을 재활용하여 에너지 생산을 할 수 있는 시설이나 자원화 할 수 있는 시설, 초기 우수에 따른 오염 부하량을 줄이기 위한 우수저류시설이나 CSO 처리시설 등으로 분류할 수 있다. 활용형은 하수처리시설을 이용한 추가적인 요소로써 설치시 하수처리시설의 규모와 주변 환경과 밀접한 관계가 있는 것으로 하수처리시설의 특성에 따라 탄력적으로 적용할 수 있는 시설이다. 주민친화시설의 경우는 하수처리시설의 건설 후 유휴 부지를 이용하여 지역주민들에게 이용 및 편의시설을 제공하는 것으로 생태공원의 조성뿐만 아니라 동식물의 관찰 등을 할 수 있는 관찰형과 환경체험 및 학습, 환경교육, 공연, 전시, 놀이, 운동 등 이용자의 편의를 고려한 다양한 시도가 가능한 이용형으로 분류할 수 있다. 친환경 주민친화시설의 각 유형구분을 <표 4.11.1>에 수록하였으며, 친환경 시설과 주민친화시설에 대한 구체적인 분류를 <표 4.11.2>에 나타내었다.

〈표 4.11.1〉 친환경 주민친화적 하수처리시설 유형구분의 예

	유형구분	유형에 대한 설명
친환경 시설	기본형	<ul style="list-style-type: none"> 하수처리시설에 의한 하수의 처리과정을 거쳐 정화되어지는 본연의 기능 환경개선과 보전이 최우선 수질과 악취 등에 대해 좀 더 강화된 처리기준과 운영관리 도입
	활용형	<ul style="list-style-type: none"> 하수처리시설을 통하여 발생되어지는 요소들을 활용할 수 있는 친환경 자원들 하수처리시설의 특성에 따라 탄력적으로 적용할 수 있는 시설 지역사회의 도움이 되는 시설로 제안되어질 수 있는 시설 처리시설의 규모와 주변 환경과 밀접한 관계 <ul style="list-style-type: none"> -도시화에 따른 건전화 방지(하천유지용수 공급시설) -에너지 저감, 자원화 시설 -우수저류시설 등으로 주변 환경개선과 재생산 시설로 탈바꿈 할 수 있는 시설
주민 친화 시설 주민 친화 시설	관찰형	<ul style="list-style-type: none"> 생태공원 조성뿐만 아니라 동식물의 관찰 등을 목적 다양한 시설 설치가 가능하고 소규모의 활동 프로그램의 개발 및 운영이 허용될 수 있음 이용자와 관찰·학습자원 모두에 대한 세심한 배려가 요구됨 <ul style="list-style-type: none"> -생태공원(생태연못) -생태관찰시설
	이용형	<ul style="list-style-type: none"> 비교적 다양한 목적의 시설 설치가 가능 관찰, 학습·교육뿐만 아니라 문화 시설 이용이나 전시, 운동 등과 같이 이용자의 편의를 고려한 다양한 시도가 가능한 유형 다른 유형에 비하여 보다 적극적이고 활동적인 프로그램을 운영하기에 적절 비교적 규모가 넓은 입지여건을 갖춘 지역에 해당하는 경우가 많음 현재까지 대부분의 주민 친화시설이 여기에 속함 <ul style="list-style-type: none"> -환경 체험 및 학습시설 -문화 및 복지시설 -운동시설

〈표 4.11.2〉 친환경 주민친화적 시설 분류의 예

대분류	소분류	설치가능 시설	
친환경 시설	기본형	<ul style="list-style-type: none"> 고도처리시설 이중복개시설 악취방지시설 등 	
	활용형	<ul style="list-style-type: none"> 하수처리수 재이용시설 하수슬러지 재이용 및 자원화시설 에너지 재생산시설 우수저류시설 CSO 처리시설 등 	
주민 친화 시설	관찰형	휴양	생태연못, 실개천, 습지, 전통마을 숲, 수림대, 산책로, 쉼터
		관찰	야생화동산, 잠자리원·나비원 등 인공서식처, 식물원, 동물원, 반딧불이원 등 인공증식장, 온실, 관찰센터, 탐조대, 야생조수관찰장, 생태탐방 데크, 관찰원, 전망대, 관찰오두막, 관찰벽, 자연관찰로 등
	이용형	체험 학습	생태계교육센터, 생태학습원, 자연교육장, 생태학교, 자연환경보전보호교육장, 자연환경보전교육관, 도양·미생물자연관찰학습장 등
		문화 전시	전시관, 촉각전시관(장애인 배려), 박물관, 자연사 박물관, 박제품·밀렵도구 전시시설, 연구소, 회의실 등
		근린 생활	방문객센터, 유모차 및 휠체어 전용보도, 휴게소, 어린이놀이터, 파고라, 식당, 커피샵, 선물샵, 예술·공예갤러리, 농기구 수리센터, 마을 복지회관 등
운동	야구장, 농구장, 스케이트장(롤러, 인라인), 축구장, 테니스장, 수영장, 체육관(헬스장), 체력단련장, 게이트볼장, X-게임장 등		

4.11.2 친환경 주민친화시설 설치 고려사항

1) 기본방향

친환경 주민친화시설은 기본방향은 다음과 같다.

- (1) 지역적 특성을 고려한 계획이 이루어져야 한다.
- (2) 환경개선 및 생태보전에 크게 기여하여야 한다.
- (3) 에너지 보전적 측면을 고려하여야 한다.
- (4) 이용자의 안전성을 최대한 확보해야 한다.

【해설】

(1)에 대하여

주민친화시설은 하수처리시설의 본래의 기능 이외에 부가하는 시설이므로 주민들의 적극적인 참여가 이루어질 수 있도록 계획되어야 하며, 관찰, 체험, 학습, 교육, 연구 등 사람의 활동에 의해 운영되므로 시각적 미와 기능성, 이용자 편의, 동선행태 등 이용자 선호와 행동 패턴을 예측하여야 한다.

환경교육전문가, 지역주민, 공무원, 관리자, 잠재 이용자 등 관련 이해당사자의 의견이 모든 단계에서 수용할 수 있는 통로를 마련하고 계획단계에서부터 파트너십을 형성하여 주민친화 시설이 조성된 이후에도 효율적인 운영관리에 참여할 수 있도록 한다.

지역의 특색과 주민들의 요구사항이 반영된 시설의 종류, 위치, 규모가 시설목적과 수용능력에 부합하도록 계획하여야 한다.

(2)에 대하여

지역 및 지역주민에게 환경 친화적인 방식으로 하수처리시설을 설치하여 종래의 혐오시설로서의 이미지 해소 및 환경교육장의 역할을 하도록 한다. 따라서 친환경 주민친화적 하수처리시설은 주변의 환경을 개선하고 주민 생활에 편익을 주는 시설로 인식되어지도록 부각시켜야 한다.

친환경적 소재를 이용한 시설설계, 주변 환경과 조화를 위한 운영·관리 등 각 단계에서 친환경성, 주민친화성을 반영·유지할 수 있는 방안을 검토한다.

(3)에 대하여

자원과 에너지의 효율적인 이용뿐만 아니라 재순환 과정을 거쳐 쾌적한 환경을 조성할 수 있는 방안을 모색하여야 한다.

- 하수처리수를 재이용하여 수자원을 보전하고 유지하는 기능을 가지도록 한다.
- 화석연료 사용을 최소화 할 수 있는 기능을 가지도록 한다.
- 폐기물의 발생을 최소화하고 재활용을 활성화 할 수 있도록 한다.

(4)에 대하여

친환경 주민친화적 하수처리시설은 이용자가 사고나 재해로부터 안전할 수 있도록 세심하고 다양한 배려를 해야 한다. 따라서 시설물 및 이용자 운영관리에 있어 요구되는 안전대책을 사전에 수립하도록

한다.

2) 설치시 고려사항

- (1) 지역의 특성과 입지여건을 최대한 고려하여야 한다.
- (2) 시설의 종류, 위치, 규모가 시설목적과 수용능력에 부합하도록 계획한다.
- (3) 친환경적 구조, 소재, 시스템을 사용한다.
- (4) 사회적 약자의 편의를 최대한 반영한다.
- (5) 친환경 주민친화시설의 계획수립 전·후에 이해당사자가 참여할 수 있도록 한다.

【해설】

(1)에 대하여

주민친화시설의 공간구조는 주변 자연환경, 경관특성 및 지역적 특성을 고려하여 설계한다. 하수처리시설 주변의 주민 편의시설에 대한 현황을 조사 분석하여 가장 효과적이고 필요한 시설을 도입해야 하고, 하수처리시설 대상지내 뿐만 아니라 주변입지에 대해서도 환경을 훼손하거나 잠재적인 악영향을 미치는 일이 없도록 해야한다. 상지의 자연적, 인문적, 사회적 여건에 대한 현황파악을 위한 사전조사를 실시하며, 조사항목의 선정과 조사정도는 각 해당입지의 특성에 따라 결정한다. 지역별 입지조건에 따른 현황조사 내용을 <표 4.11.3>에 수록하였다.

(2)에 대하여

철저한 수용능력을 분석하여 해당지역이 허용하는 시설총량 및 이용자수를 초과하지 않도록 한다. 또한 시설의 종류, 위치, 규모를 정할 때 활용할 교육프로그램을 고려해야한다.

(3)에 대하여

친환경 주민친화시설의 재료와 소재는 가능한 해당지역에서 산출되는 목재 및 석재 등 자연재료를 활용하도록 한다. 건축물을 설계할 때는 생태적 건축기법 등을 활용하여 주변 환경과 이질적 느낌이 들지 않도록 하며, 보도 및 산책로는 가능한 비포장 또는 투수성 포장으로 한다.

(4)에 대하여

일반 이용자층뿐만 아니라 어린이, 고령자, 장애인 등 사회적 약자의 동선을 예측하여 이용에 불편이 없도록 하며, 필요할 경우 다음과 같이 이들 배려한 별도의 시설물들을 설계하도록 한다.

- 휠체어, 유모차, 맹인견 보행로(필요할 경우 일부구간 포장)
- 휠체어 및 유모차 대여소
- 점자안내판
- 장애인용 화장실, 주차장
- 각 시설의 진입부, 데크, 계단 등의 완만한 경사처리
- 촉각/음성 전시관
- 기타 편의시설 및 안전시설

〈표 4.11.3〉 계획단계시 지역별 입지조건에 따른 현황조사 내용

구분	조 사 내 용
자연여건	지형·지질, 식생·식물, 동물, 생태계, 경관, 기상, 수질 등
인문여건	인문자원, 해설자, 문화특성, 야외 레크레이션, 지역활동 등
사회여건	상위계획 및 토지이용, 권리제한 관계, 기반시설 등
기타여건	이용동향, 접근성, 주변의 흥미대상, 주변의 공원시설, 보전복원기관, 협력조직·기관 등

(5) 대하여

환경교육전문가, 생태전문가, 지역주민, 공무원, 관리자, 잠재 이용자 등 관련 이해당사자의 의견이 모든 단계에서 수용할 수 있는 통로를 마련하도록 하고, 계획단계에서부터 파트너십을 형성하여 친환경 주민친화적 시설이 조성된 이후에도 효율적인 운영관리에 참여할 수 있도록 한다.

4.11.3 친환경 주민친화시설 도입순위

사업의 도입 우선순위의 평가기준 및 평가 항목을 합리적이고 타당성있게 제시하여야 하며, 긴급성, 환경성, 경제성 등으로 분류하여 계량화하여 제시토록 하여야 한다.

【해설】

하수처리시설의 혐오시설이미지 개선을 위한 시설, 하수처리시설의 본연의 기능을 수행할 수 있는 악취문제 해소, 근무자 환경개선과 에너지 및 유지관리비용저감시설에 대한 친환경시설 설치 등을 우선적으로 고려하며, 주민친화시설중에서는 공공성이 높고 주민이용율이 높은 시설순으로 도입하도록 한다. 기존 하수처리시설의 친환경시설과 주민친화시설 도입을 위한 사업우선순위를 아래와 같다.

- 1) 악취발생, 소음 등과 같이 민원 발생이 많은 경우
- 2) 처리시설의 노후화로 인해 악취방지시설의 개선이나 교체가 시급하거나 악취방지시설이 없는 도시 및 도시주변의 주거지역과 근접한 경우
- 3) 하수처리시설이 주민과 접촉이 빈번하고 친환경 주민친화시설 도입시 이용자수가 많을 것으로 예상되는 경우(대도시나 대도시 주변)
- 4) 하수처리시설 부지에 공공성이 높은 시설을 설치하여 지역 주민들에게 큰 도움을 줄
- 5) 주변지역의 개발로 노후화된 처리시설이 주변 환경과 조화를 이루지 못해 미관을 해치는 경우
- 6) 주민친화시설에 대한 민간투자 유치로 도입이 가능한 경우
- 7) 친환경 주민친화시설 도입에 따른 주변의 인식전환 효과가 클 것으로 예상되는 경우

【참고 4-1】 화학적처리

1. pH 조정시설

1) pH 조정시설의 설치목적

pH 조정시설은 유입수의 pH가 후속 생물학적처리에 영향을 미치는 경우 중화하거나 후속 화학적처리를 위하여 적정 pH로 조정하기 위하여 설치된다.

【해설】

pH 조정은 유입수의 중화는 물론 각종 처리공정의 최적화를 위한 pH 조정을 포함한다. 산업폐수의 유입에 의한 산성 또는 알칼리성의 하수의 경우에는 생물학적 처리시설이전에 pH를 중성부근으로 조정하여야 할 필요가 있다.

2) pH 조정방법

pH 조정에는 다음과 같은 종류가 있다.

- (1) 중화
- (2) 산성화 및 알칼리성화

【해설】

(1)에 대하여

하수처리시설로 유입되는 유입수내의 과잉의 산성 및 알칼리성 물질에 의한 pH의 저하 또는 상승을 중성 부근으로 조정하는 것을 중화라 한다. pH를 조정하는 것은 이론적으로는 간단하지만 실제로 처리시설에서 중화처리를 계획하는 것은 여러 가지 변수가 작용하므로 곤란할 경우가 많다. 하수처리시설내의 유량조정조에 의하여 어느 정도 중화 효과가 있을 수 있지만 실질적으로 하수의 특성, 중화반응의 특성 등을 검토하고 유지관리면의 경제성, 용이성을 충분히 고려한 후 중화시설을 설치하여야 한다.

(2)에 대하여

pH 조정은 응집이나 인의 침전처리에 많이 사용되며, 기타 각종 단위공정의 반응을 양호하게 하기 위하여 하수를 산성화 및 알칼리성화 시킬 수 있다.

3) pH 조정제의 종류

pH 조정에는 산성 및 알칼리성 화학약품이 사용된다.

【해설】

pH 조정은 화학약품을 사용하기 때문에 이에 필요한 장비가 화학약품의 종류에 따라 달라지고 비용의 변화가 크게 된다. 또한, 중화되거나 부분적으로 제거되어야 할 하수중의 산이나 알칼리의 종류, 양 등에 따라 다양한 화학약품을 선택하여야 한다.

4) pH 조정제의 선택

pH 조정제의 선택시 고려사항은 다음과 같다.

- (1) 경제성
- (2) 취급의 간편성
- (3) 반응속도
- (4) 반응결과 및 슬러지발생량

【해설】

pH 조정제의 선택시에는 유량, 수질특성, 처리계통 등을 고려하여야 하며, 조정목적에 적합한 pH 조정제를 선택한다. pH 조정제의 선택에 있어서는 경제성, 취급의 간편성, 그리고 pH 조정후의 후속 공정인 침전 등에 의해 발생하는 침전물의 탈수성 등에 따라 제약을 받게 된다. 또한 pH 조정제의 반응속도가 너무 느려서 불완전한 경우에는 이단처리로 분리조정을 하여 두 가지 종류의 약품을 사용할 수도 있다. pH 조정제의 일반적인 선택조건은 다음과 같다.

(1)에 대하여

pH 조정제는 약품의 pH 조정능력, 가격 등의 경제성을 검토하여야 한다.

(2)에 대하여

pH 조정에 사용되는 화학약품은 주로 수용액상태로 주입하는 것이 용이하므로 용해도에 대한 검토가 충분히 이루어져야 한다. 예를 들면 나트륨염은 갈슘염, 마그네슘에 비하여 용해도가 커서 pH의 자동제어를 용이하게 하고, pH 조정에 필요한 인건비, 보수 유지관리에 필요한 비용을 절감시키는 이점이 있다.

(3)에 대하여

반응속도는 용해도와 관련된다. 나트륨염은 가용성이고 용해가 균일하며, 확산하여 혼합하는 속도가 빠른 반면, 용해도가 낮은 물질을 사용하면 반응탱크가 커지고, 교반 조건에 따라 영향을 많이 받으므로 운전이 어렵고 유지관리비가 많이 소요된다.

(4)에 대하여

용해도가 큰 pH 조정제가 난용성의 염을 생성하는 경우에는 pH 조정제의 자체 용해도는 낮지만 염을 적게 생성하는 약품을 선택하는 것이 경제적이므로 약품반응결과와 슬러지 발생량에 대해서도 충분히 검토하여야 한다.

5) pH 조정조의 설계

- (1) 체류시간은 10~15분을 기준으로 한다.
- (2) 조의 형태는 사각형 및 원형으로 한다.
- (3) 조정조의 교반강도는 속도경사(G)로 300~1,500/s로 급속교반한다.

【해설】

(1)에 대하여

pH 조정조는 하수를 교반하여 난류를 일으켜 약품과의 혼합을 급속하게 하여 pH의 조정반응을 촉진시켜야 하는데 체류시간은 하수에 사용되는 약품의 종류, 교반 상황 등에 따라 다르지만 대개의 경우 10~15분 정도가 적당하며, 교반정도 등을 고려하여 5분 정도까지 줄일 수 있다. 대개의 경우 소석회를 사용할 경우 20분 정도, 나트륨염의 경우는 약 10분 정도이다.

(2)에 대하여

pH 조정조의 형태에는 원형과 사각형이 있는데 원형인 경우 교반 효과를 크게 하기 위해서 저류관을 설치하여 단락류를 방지하는 것이 좋다. 원형일 경우 조의 크기는 대체로 깊이 : 직경의 비가 1 : 1에서 1 : 1.5의 범위가 바람직하다.

(3)에 대하여

교반조는 급속교반을 이루어 pH 조정제와 하수와의 혼합이 잘 되도록 하고 교반 강도를 나타내는 속도경사(G)는 300~1500/s 정도로 유지하게 한다. 교반 속도는 약품의 혼합과 단락류의 현상을 방지하기 위하여 통상 120~180 rpm의 범위로 운전하나 이는 하수의 특성 및 약품의 종류에 따라 다르고 임펠러나 프로펠러의 크기 및 조의 형상에 따라 다르므로 실험적인 자료를 이용하여 적당한 범위로 운전하는 것이 가장 바람직하다.

6) pH 조정조의 재질 및 부대시설

- | |
|---|
| <p>(1) pH 조정조는 일반적으로 콘크리트구조를 사용하는데 산이나 알칼리에 부식되지 않는 재질로 피복한다.
 (2) pH 조정조는 자동으로 제어되고 다음과 같은 부대시설을 필요로 한다.
 ① pH 자동조절장치 ② 교반장치 ③ 약품주입시설 ④ 기타 부대시설</p> |
|---|

【해설】

(2)에 대하여

pH 조정시설은 자동제어방식에 의하여 대부분 운전이 되고 교반에 의하여 급속혼합이 이루어져야 하므로 다음과 같은 부대시설을 필요로 한다.

- ① [pH 자동조절장치] : pH 자동조절장치의 전극은 pH 조정조의 pH를 신속히 측정할 수 있는 위치에 설치되어야 하고 수시보정 및 교체가 용이하여야 한다. 또한 유입수내 유분(n-Hexane 추출물질)농도가 높은 경우에는 pH 전극에 부착하여 동작오류를 유발할 수 있으므로 주의하여야 한다. 또한 감지기는 1일 1회 이상 세척하는 것이 좋고 수시로 표준액을 이용하여 보정해야 할 필요가 있으며 온도에 의한 영향을 충분히 고려하여야 한다. 최적pH 범위를 유지하도록 약품주입장치가 자동운전 될 수 있도록 하여야 한다.
- ② [교반장치] : 교반기의 종류로는 터빈형과 프로펠라형이 있으며 속도경사가 크게 할 필요가 있을 경우에는 터빈형을 주로 사용한다.

③ [약품주입시설] : 약품 주입시설은 주입량의 조절이 용이하여야 하고 신뢰성이 있어야 하며, 또한 적당한 범위에서 자유롭게 조절할 수 있는 것이라야 한다. 주입약품의 성상에 따라 고체 및 액체 약품 주입시설이 있다. 약품주입탱크는 화학적으로 안정화된 재질을 사용하여야 한다. 일반적으로 철판에 고무라이닝을 하거나 FRP 또는 경질염화비닐제를 주로 사용한다.

④ 기타부대시설로는 액상의 약품을 보관할 수 있는 약품저장탱크와 약품정량 주입펌프 등이 필요하다. [약품저장탱크] : 약품저장탱크는 액상으로 저장하는 경우 약품의 응고나 침전을 방지하기 위하여 교반시설을 갖추는 것이 바람직하다. 또한 약품에 대하여 내알칼리, 내식 및 내구성이 뛰어난 재질로 사용하여야 한다.

[약품정량펌프] : 약품정량펌프는 내산 및 내알칼리성의 재질을 사용하며 점성이 있는 약품용액을 효과적으로 제어할 수 있는 내구성이 뛰어난 것을 사용하여야 하고 pH계, 타이머 등과 함께 하수의 pH 및 완충능력에 따른 약품의 자동조절이 가능하도록 펌프의 주입속도를 조절할 수 있도록 일정 범위의 조절속도를 갖춘 것을 사용하여야 한다. 일반적으로 약품의 정량주입을 위하여 사용하는 펌프로는 원심펌프, 플러저펌프 및 다이아프램펌프 등이 사용된다. 약품의 주입량이 많으며 압력의 소요가 클 경우 압력펌프를 사용하는 것이 바람직하다.

2. 응집시설

1) 개요

2차 처리수중에는 침전이 어려운 미세입자, 부유고형물 등이 존재하는데 이는 전하를 지니고 서로 안정되게 수중에 존재하며 탁도를 유발하고 생물학적 처리시설로는 제거가 어려운 경우가 있다. 따라서 응집제를 사용하여 미세입자들을 응집시켜 플록으로 형성하고, 완속교반으로 플록입자를 크게 성장시켜 침전성을 양호하게 하여 미세부유물질등을 제거한다. 이때 응집보조제를 병행하면 효율이 증진된다. 또한 조대화된 플록들이 안전하게 침강할 수 있는 침전시설을 갖추면 응집공정이 완료되는데 이 때에는 조대화된 플록들이 다시 깨어지지 않도록 수중의 조건을 적절히 조정할 필요가 있다.

응집반응은 응집제의 종류 및 투여량, 교반조건 등에 따라라도 달라지지만 하수중의 온도, pH, 알칼리도 등에 의해서도 효과가 달라지므로 하수의 특성을 파악하는 것이 무엇보다도 중요하다고 할 수 있다. 이러한 응집공정을 지배하는 인자는 <표 4.1>과 같다.

<표 4.1> 응집에 영향을 미치는 인자

인 자	내 용
수 온	수온이 높으면 반응속도증가와 물의 점도저하로 응집제의 화학반응이 촉진되고, 낮으면 플록형성에 소요되는 시간이 길어질 뿐만 아니라 입자가 작아지고, 응집제의 사용량도 많아진다.
pH	응집제의 종류에 따라 최적의 pH 조건을 맞추어 주어야 한다.
알칼리도	하수의 알칼리도가 많으면 응집제를 완전히 가수분해시키고, 플록을 형성하는데 효과적이며, pH 변화와 관련된다.
용존물질의 성분	수중에 응집반응을 방해하는 용존물질이 다량 존재하는지의 여부를 검토하여야 한다.
교반조건	응집제 및 응집보조제의 적절한 반응을 위하여 교반조건을 조절하여야 한다.

2) 적용 및 위치

- (1) 응집공정은 하수중의 콜로이드 등 미세입자 및 부유고형물 뿐만 아니라 인의 제거에 효과적이거나 용존 유기물의 제거에는 큰 효과가 없다.
- (2) 응집시설의 설치는 그 설치 목적이 분명하여야 한다.
- (3) 경우에 따라서는 응집조를 설치하지 않고 처리공정 라인상에서 응집제와 응집보조제의 적절한 투여로 처리효율의 극대화를 이룰 수도 있다.

【해설】

(1)에 대하여

응집은 수중에 존재하는 미세입자 등의 침강성을 증가시켜 침전에 유리한 조대플록을 형성시킨다. 응집에 의한 침전은 부유물질(SS), 부유물질 유래의 BOD 및 COD, 그리고 인의 제거에 있어서 처리효율을 높게 유지할 수 있고 유량 및 수질의 변동에 대한 융통성 있는 운전이 가능하다는 장점을 가지나 처리단가가 높고 다량의 화학슬러지가 발생하여 슬러지 처리처분 비용도 상승할 뿐 아니라 하수중의 용존성BOD, 용존성COD 등의 용존유기물의 제거에는 거의 효과가 없는 등 많은 단점도 지니고 있어 응집공정의 적용시에는 처리의 목적을 분명히 하고, 하수의 성상은 물론 전후처리시설 및 슬러지 처리시설과의 연계성에 관한 면밀한 검토가 요망된다. 응집효과를 극대화하기 위해서는 응집제 투여시 적정 온도 및 pH를 유지하는 것이 필요하며, 유기성하수인 경우 과도한 응집제 투여는 후속 생물학적 처리시 인 등의 영양염류의 부족을 초래할 수 있다는 점에 유의하여야 한다.

(2)에 대하여

응집시설은 그 제거가능 물질이 다양하여 하수에 적용될 수 있으나 타 공정으로도 경제적으로 제거 가능한 물질의 제거에 남용되어서는 안 된다. 즉 응집시설은 약품 종류 및 주입량의 변경에 의하여 어느 정도 제거대상물질 및 처리효율을 조정할 수 있기 때문에 응집시설이 일단 설치된 후에는 그 설치 위치에 관계없이 타 처리 공정의 불안정한 운전시 뿐만 아니라 평상시에도 응집처리에 의존하게 되기 쉽다. 극단적인 경우에는 그 처리효율이 저조함에도 불구하고 응집처리를 위하여 불필요한 다량의 약품을 소모하게 될 뿐 아니라 다량의 슬러지발생이 초래되어 전체 처리시설의 정상적인 운영을 어렵게 할 수 있으므로 응집공정의 적용시에는 이에 유의할 필요가 있다. 따라서 응집시설의 설치시에는 하수의 성상, 경제성을 고려한 분명한 응집처리 목적을 갖도록 하여야 한다.

(3)에 대하여

경우에 따라서는 별도의 응집조를 설치하지 않고도 수로내 응집약품 혼화시설 및 배플의 설치 등으로 수류에 의한 응집제와 하수를 혼합하여 응집효과를 기대할 수 있다. 전체 공정라인상에서 응집제와 응집보조제의 적절한 투여와 수류의 조절 등으로 분처리시설의 처리효율을 극대화할 수도 있다. 이러한 방법은 별도의 시설 없이 인을 제거할 때 흔히 이용되는 방법이다. 응집제의 주입은 가능한 한 공정의 운영에 따라 여러 지점에서 주입할 수 있도록 하여 유량이나 수질의 변동에 따른 융통성있는 공정변화를 기대하는 것이 바람직하다.

3) 응집제의 종류

가장 널리 사용되고 있는 응집제로는 알루미늄염이나 철염이며, 하수의 특성을 고려하여 응집보조제를 함께 사용하면 응집효과가 증대된다.

【해설】

응집제로는 알루미늄염, 철염 등이 가장 많이 사용되고 있다. 주요 응집제의 종류는 <표 4.2>와 같다.

<표 4.2> 주요 응집제의 종류

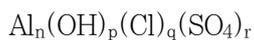
응집제	화학식	분자량(g)	밀도(kg/m ³)	
			건조상	액상
황산알루미늄	Al(SO ₄) ₃ · 18H ₂ O	666.7	961-1201	1121-1281(49%)
	Al(SO ₄) ₃ · 14H ₂ O	594.3	961-1201	1281-1362(49%)
염화제2철	FeCl ₃	162.1		1346-1490
황산제2철	Fe ₂ (SO ₄) ₃	400		1121-1153
	Fe ₂ (SO ₄) ₃ · 3H ₂ O	454		
황산제1철	FeSO ₄ · 7H ₂ O	278	993-1057	
석회	Ca(OH) ₂	CaO로 56	561-801	

① 황산알루미늄(aluminium sulfate : alum)

중탄산칼슘 및 중탄산마그네슘에 의한 알칼리도를 함유한 하수에 황산알루미늄(알룸)을 가하면 다음과 같은 반응이 일어나고 일반적으로 하수에 대해서는 투입량이 50~300 g/m³ 정도이다. 황산알루미늄은 주로 건조상으로 된 입자상의 약품을 주로 용해하여 사용하고, 액체상은 50% 알룸이며 탱크트릭으로 운반된다. 황산알루미늄과 반응을 하려면 충분한 알칼리도가 공급되어야 하고 알칼리도가 부족한 경우에는 소석회를 사용하여 알칼리도를 공급하기도 하는데, 반응에 적당한 pH의 범위는 4.5~8 정도이다. 황산알루미늄은 다른 응집제에 비하여 가격이 저렴하고 탁도, 세균, 조류 등의 거의 모든 현탁성 물질 또는 부유물의 제거에 유효하며 독성이 없으므로 대량으로 주입할 수 있다. 또한 결정은 부식성이 없어 취급이 용이하며 철염과 같이 시설을 더럽히지 않는다는 장점을 지니고 있으나 생성된 플록의 비중이 가볍고 적정 pH폭이 좁다는 단점도 있다.

② (알루미늄 폴리머) 알루미늄폴리머(polymer)는 콜로이드를 중화시키고 가교시켜 응집이 더욱 효과적으로 발생할 수 있게 한다. 응집반응이 진행될수록 플록은 결정 구조에 접근하고 밀도화 된다. 일반적으로 유통되고 있는 상품들은 대부분 일정한 분자비 R(R=OH/Al)에 접근하지만 불안정하다.

[상품화된 폴리머] 일반적으로 상품화된 폴리머의 구조식은 다음과 같다



분자비(R)는 대부분 0.4~0.6의 범위이고, 안정성은 즉각적인 중합반응을 방해하는 황산이온의 존재에 의해 결정된다. 황산알루미늄을 사용할 때 보다 낮은 처리효율을 나타내기도 하고 응결물을 넣어

주어야 하지만 슬러지의 부착성이 좋다.

- PCBA(basic polymerization chloride)

분자비는 원수의 특성에 따라 다르지만 대개 2.5 정도이다. 재래식 알루미늄염과 비교할 때 PCBA는 응결이 빠르고 유기물질을 효과적으로 제거시키고, 슬러지발생량을 감소시키는 등의 장점을 가지고 있으며 응결물의 추가가 필요하지 않을 때도 있다.

③ (철염) 철염의 반응원리는 알루미늄염과 비슷하지만 철이온은 처리수에 색도를 유발할 수 있다.

- [염화제2철(ferric chloride)] 일반적으로 액체로 주입하며 하수에 대하여 50~300 g/m³ 정도 주입한다.
- [염화제 2철 및 석회] 일반적으로 하수에 대하여 50~300 g/m³의 염화제2철과 50~500 g/m³의 석회를 투입하는 것이 적당하다.
- [황산제2철]
- [황산제2철 및 석회] 알칼리도 보조제로서 석회를 사용하여 침전이 빠른 플록을 형성하고 반응에 적정한 pH 범위는 4~12이다.
- [황산제1철 및 석회] 황산제1철을 빠르게 반응시키기 위해서는 pH가 상승되어야 하고 그에 따른 알칼리도가 필요하기 때문에 일반적으로 석회를 동시에 투입하여 응집을 실시하며, 이는 황산알루미늄에 비하여 가격이 저렴하고 형성된 응결물의 침전이 빠르다. 일반적으로 건조상의 입자상을 사용한다.

④ (소석회) 일반적으로 하수의 응집에 자주 사용된다.

일반적으로 황산제1철과 같이 사용될 때보다 더 많은 양이 필요하다. 탄산칼슘을 침전시키기 위해서는 pH가 9.5 이상되어야 하고, 수산화마그네슘을 침전시키기 위해서는 pH가 10.8 이상되어야 하며 일반적으로 pH가 증가함에 따라 인산염이온의 제거량이 증가하므로 pH를 높게 할수록 유리하다.

⑤ (응집보조제) 응집공정에서 플록을 강도 높게 형성하여 침전이 빠른 플록을 형성하여 최적의 응집상태를 조성하는데 응집보조제를 사용하며, 응집제와 응집보조제를 병행하여 사용하면 응집제의 사용량도 절감할 수 있다. 응집보조제로는 소석회나 생석회, 고분자응집제 등이 있는데 주로 고분자 응집제가 사용된다. 석회의 경우 pH를 조정하여 금속수산화물의 용해도가 최소로 되도록 하여야 하며, 알루미늄이나 철염을 응집제로 사용하는 경우에는 산성이기 때문에 상대적으로 pH가 떨어지는 것을 방지하기 위하여 석회를 첨가할 필요가 있다.

4) 응집제의 선택

적정 응집제 및 적정투입량은 실험을 통하여 유입수질에 적합하게 선정하여야 한다.

【해설】

응집시설에서 적정응집제의 종류 및 적정농도의 선정은 유사한 공업 및 농공단지의 수질자료를 검토하고 자테스트(jar-test)를 통하여 응집제 및 응집보조제의 종류, 적정 투입량에 대하여 예측하는 것이 경제적이고 합리적인 하수처리시설 설계 및 관리에 바람직하다. 이 때에는 온도 및 pH 등의 영향과 주입응집제의 강도를 주의 깊게 파악하여 처리하고자 하는 수질에 적합한 응집제와 투입량을 결정한다.

5) 약품 주입시설

약품주입시설은 다음 사항을 충분히 고려하여야 한다.

- (1) 약품의 주입시 상태
- (2) 주입약품의 물리화학적 성질
- (3) 수질 및 수온
- (4) 약품저장탱크
- (5) 약품주입기
- (6) 주입제어방식
- (7) 약품주입펌프

【해설】

(1)에 대하여

응집제 및 응집보조제는 보관 및 적정주입의 편리성으로 인하여 액상으로 많이 주입시키나 점성이 높아질 가능성과 응고될 가능성 등을 충분히 고려하여야 한다.

(2)에 대하여

pH 조정조에서와 마찬가지로 응집조에 투입되는 응집제 및 응집보조제를 선정하려면 약품의 용해도 및 응집과정에서의 염의 생성 가능성 등을 충분히 파악하는 것이 필요하다. 일반적으로 석회의 경우는 수분과 쉽게 반응하므로 밀폐용기에 저장하여야 하고 황산반토의 경우 액상과 고체상에서의 부식의 정도가 다르다. 주입약품의 물리화학적 성질을 검토하는 것은 경제적이고 효과적인 응집시설을 설계하는데 있어 필수적인 요소라고 볼 수 있다.

(3)에 대하여

자테스트를 통하여 응집제의 소요투입량을 추정할 수 있지만 실제 응집시설에서의 응집효과는 수질 및 온도 등에 의하여 영향을 많이 받는다. 수질에 따른 약품주입량이 달라질 수 있으므로 필요에 따라 주입후의 상징액의 탁도 등의 측정을 통해 적절한 주입량이 제어될 수 있는 제어시스템의 도입이 필요하다.

(4)에 대하여

약품저장탱크는 약품에 대하여 내산·내알칼리, 내구성이 뛰어난 재질을 사용하여야 하고, 주입조건

및 약품의 특성을 고려하여 저장용량을 결정하여야 한다. 또한 약품의 응고 및 침적을 방지하기 위하여 혼합을 하며 적절한 온도와 습도가 유지되게 하여야 한다.

(5)에 대하여

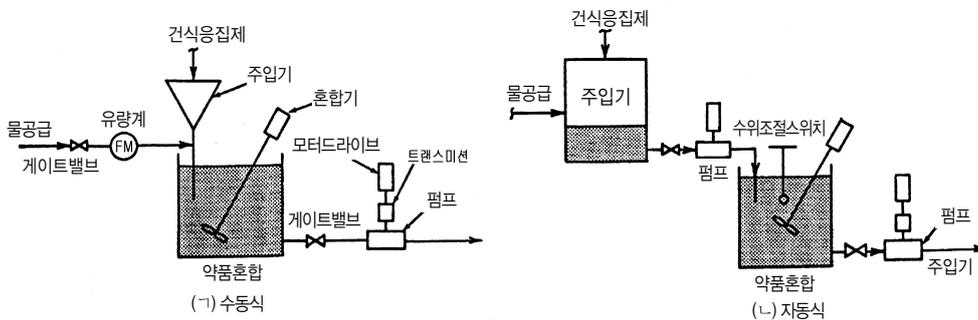
약품주입기의 용량은 계획시간최대오수량과 수질에 대한 최대약품주입량을 기준으로 한다. 그리고 유지관리와 청소 및 고장 등을 고려하여 2대 이상의 약품주입기를 설치하는 것을 원칙으로 한다. 일반적으로 습식주입기가 건식주입기보다 많이 사용되고 있다.

① (건식약품주입기) 건조한 상태의 약품을 미세분말체상태로 일정한 주입률에 의하여 연속적으로 용량 또는 중량단위로 주입하는 장치로 저장호퍼, 주입장치, 용해조, 분배장치 등으로 구성되어 있으며 고체를 하수중에 직접 주입하는 경우와 주입기(ejector)를 사용하여 주입점까지 유도하여 주입하는 경우가 있다. 각 장치의 크기는 유량, 처리율, 화학약품의 최적 주입 및 용해시간 등에 의하여 결정된다. 석회와 같이 압축되기 쉽고 가교현상을 일으키는 분말에서 사용되는 호퍼는 호퍼 교반기와 먼지수집장치를 갖추어야 한다. 건식약품주입기는 용량에 의한 부피식과 중량식이 있는데 부피식에는 주입된 건식화학약품의 부피를 재고, 중량식에는 무게를 재며 일반적으로 건식장치에서는 용해작용이 가장 중요하다. 용해조의 용적은 체류시간에 의하여 결정이 되고 용액의 강도를 일정하게 유지하기 위하여 물을 많이 공급할 수 없을 때에는 기계식 교반기를 사용하여야만 한다.

② (습식약품주입기) 액체화학약품의 희석이 필요없는 경우에는 화학약품주입펌프를 이용하여 직접 용액저장조로부터 인출한다. 이러한 용액저장조의 크기는 화학약품의 안정성, 주입률, 운반시 제약조건, 공급의 난이도 등에 의하여 결정되다. 용액은 일반적으로 10%의 용액을 사용하나 고농도일 경우에는 20~30%의 용액을 사용한다. 이는 부식이 심하므로 내식성의 재질을 사용하도록 주의해야 한다.

(6)에 대하여

약품을 저장탱크로부터 주입지점으로 일정한 주입률로 주입하는 방법으로는 수동식과 자동식이 있으며((그림 4.1) 참조), 약품의 특성에 따라 적절한 방식과 보조장치를 선정하고 특히 밸브 및 펌프 등은 내구성, 내산, 내알칼리성의 재질을 선택하며, 습식약품주입기의 경우 약품용액의 점성 등에 특히 유의하여야 한다.



[그림 4.1] 약품주입의 제어방식

(7)에 대하여

약품주입펌프는 약품의 물리화학적인 특성에 대하여 충분히 내구성, 내마모 및 내식성이 있어야 하며 약품의 특성에 적합한 것을 사용하여야 한다.

6) 급속교반시설

가. 급속교반의 목적

급속교반의 목적은 응집제를 하수중에 신속하게 분산시켜 하수중의 입자와의 혼합시키는데 있다.

【해설】

응집제와 하수내 입자와의 혼합의 극대화를 이루기 위하여 급속교반을 한다. 응집제를 투여하고 급속으로 교반하면 응집제의 균일한 분산이 이루어져 하수중 입자의 제타전위가 감소된다.

나. 급속교반기의 종류

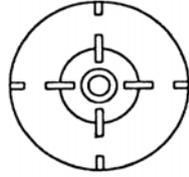
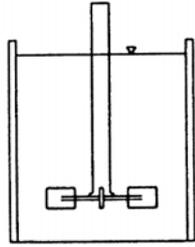
급속교반기는 터빈형과 프로펠라형을 사용한다.

【해설】

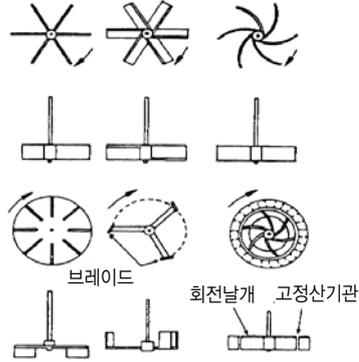
급속교반시 사용되는 교반기는 혼합의 극대화를 이루기 위하여 터빈형과 프로펠라형을 사용하며 유량의 변화에 큰 영향을 받지 않고 수두손실이 적은 것을 사용한다. 이러한 기계적인 교반기 외에도 급속교반의 효과는 라인상의 수류혼합, 펌프, 정류막 및 공기혼합기 등의 시설에 의해서도 급속교반의 효과를 기대할 수 있다. 기계식교반이나 수류상의 혼합은 유량의 변동에 대하여 충분히 대처할 수 있는 능력을 가지고 있으나 비용부담이 커지고 수중에 존재하는 협잡물들을 함께 응집시키는 경우가 발생할 가능성이 있다. 그러나 공기에 의한 교반은 포기식수로나 포기식침사지가 있는 경우 협잡물에 의한 문제점을 경감할 수 있다.

(1) [터빈형 교반기] 급속교반을 위하여 사용하는 터빈형 교반기는 [그림 4.3]과 같이 임펠러 주위에 강한 난류가 발생되는데 이러한 난류에 의한 소용돌이 현상과 순환류를 방지하고, 단락류 현상을 막기 위하여 [그림 4.2]와 같이 정류판을 설치하는 것이 바람직하다. 통상 임펠러의 직경은 반응조 직경의 30~50%이고, 임펠러는 보통 교반조의 바닥위로 임펠러 직경만큼 떨어진 곳에 설치한다.

(2) [프로펠라형 교반기] 프로펠라형교반기는 두개 내지 세 개의 임펠러를 가지는데, 날개는 액체에 축방향의 흐름을 주기 위하여 옆으로 기울어져 있으며 매우 고속으로 운전되고 고농도인 경우에 주로 사용된다. 모터의 회전속도는 소형일 경우 대개 1,500~2,000 rpm이상이고, 대형일 경우에는 400~800 rpm의 범위이다. 이는 패들형이나 터빈형보다 직경이 작으며, 조의 크기에 상관없이 대개 0.46 m 이하이다. 조가 깊은 경우에는 같은 샤프트에 2개 이상의 프로펠러를 부착한다.



[그림 4.2] 정류판을 가진 터빈형 교반기



[그림 4.3] 각종 터빈의 임펠러

다. 급속교반시설 설계인자

급속교반시설을 설계시에는 다음에 준한다.

- (1) 난류상태를 유지하기 위하여 필요한 교반기의 소요동력을 유지하여야 하며, 지표로 속도경사(G)를 사용하고 속도 경사값은 400~1,500/s로 한다.
- (2) 교반기는 유속 및 유량의 변화에 대처할 수 있도록 회전속도를 조정할 수 있도록 한다.
- (3) 급속교반조의 체류시간은 0.5~2분 정도가 적당하다.
- (4) 조의 형태는 1:1:1~1.2가 적당하되 입출구는 대각선에 위치하도록 한다.

【해설】

(1)에 대하여

레이놀드수(Reynolds number)가 105 이상인 경우 난류상태를 유지하기 위하여 소요되는 교반기의 동력은 다음식에 의하여 산정한다.

$$P = \rho K_T n^3 D^5 / g_c \dots\dots\dots (4.1)$$

- 여기서, P : 소요동력(N·m/s)
 ρ : 물의 밀도(ton/m³)
 n : 임펠러 회전속도(회전/s)
 D : 임펠러 직경(m)
 g_c : 중력가속도계수(19.79m·kg/N·s²)
 K_T : 상수

상수 K_T는 임펠러의 형상, 크기, 저류관의 수 등에 따라 달라지며 일반적으로 저류관이 있는 교반조에 소요되는 동력은 저류관이 없는 교반조에 필요한 동력보다 적게 든다. <표 4.3>은 바닥이 평평한 원통형이고 조의 벽면에 4개의 정류판이 직경의 1/10 정도 나와 있으며 깊이와 직경의 크기가 같고 임펠러 직경이 조직경의 30%인 응집조에서의 K_T 값이다. 혼합의 강도를 나타내는 지표로서 속도경사를 사용하는데 그 식은 다음과 같이 표현된다.

〈표 4.3〉 임펠러 소요동력 결정에 사용되는 K_T 값

임펠러의 종류	K_T
프로펠러(정방향 피치(square pitch)날개(blade) 3개)	0.32
프로펠러(피치 2개, 날개 3개)	1.00
터빈(평날개 (flat balde) 6개)	6.30
터빈(곡날개 (curved blade) 6개)	4.80
터빈(화살촉형날개 (arrowhead blade) 6개)	4.00
팬 터빈(날개 6개)	1.65
평탄형 패들(날개 2개)	1.70
달개형 터빈(곡날개 6개)	1.08
달개형 터빈(고정자 설치, 정류판 없음)	1.12

(피치 : 1회전하는 동안 축방향으로 액체가 이동한 거리를 프로펠러 직경으로 나눈 값)

$$G = (P/\mu V)^{1/2} \dots\dots\dots (4.2)$$

- 여기서, G : 속도경사(l/s)
- P : 소요동력(N·m/s)
- V : 혼합조 용적(m³)
- μ : 물의 절대점성계수(N·s/m²)

일반적으로 속도경사가 클수록 응집제와 콜로이드 입자간의 혼합의 기회는 증대된다. 여기에 수리학적 체류시간인 $t_d (= V/Q)$ 를 곱하면 아래와 같다.

$$Gt_d = \frac{(PV/\mu)^{1/2}}{Q} \dots\dots\dots (4.3)$$

- 여기서, t_d : 조의 수리학적 체류시간(초)
- Q : 설계유량(m³/s)

경험적으로 낮은 농도에서는 응집제의 투입량에 비례하여 생성된 플록의 농도와 부피가 증가한다. 교반의 강도와 지속시간은 과도 및 과소 교반을 피하여야 하고 과도하게 교반 되는 경우 이미 수중에 존재하는 고형물과 새롭게 형성되는 플록을 파괴할 우려가 있고, 과소교반인 경우 응집제 등의 화학약품의 분산이 잘 안되어 약품의 사용량이 증가하고 처리효율을 감소시킨다. 급속교반시 속도경사는 하수의 특성에 따라 다소 다르지만 일반적으로 속도경사(G)값은 400~1,500/s가 적당하며 최소한 400/s 이상은 유지되어야 하는데, 너무 높은 속도경사값에서는 오히려 전단력이 발생하여 플록이 파괴된다. 그리고 속도경사는 점성의 함수이므로 온도에 따라 영향을 받는데 다음과 같이 표현된다.

$$G = K(P/V)^{1/2} \dots\dots\dots (4.4)$$

〈표 4.4〉 온도변화에 따른 K값의 변화

온도(°C)	0	5	10	15	20	30	40
K 값	23.6	25.6	27.6	29.6	31.5	35.4	38.9

(2)에 대하여

교반기의 회전속도는 소요동력에 따라 다르지만 동력의 변화 없이 프로펠러의 크기나 피치의 조정으로 회전속도를 변화시킬 수 있는 것이 바람직하다. 또한 유입수량과 수질의 변화에 충분히 대처할 수 있도록 회전속도를 조절할 수 있는 것이 바람직하다.

(3)에 대하여

하수 및 약품특성에 따라 다르나 급속교반기 하수의 체류시간은 일반적으로 1분 이내로 충분한 교반강도가 확보되어야 한다.

(4)에 대하여

조의 형태는 원형 및 사각형이 있는데 사각형의 경우 길이 : 폭 : 깊이의 비가 1:1:1~1.2가 적당하며 유입과 유출을 대각선에 위치시킴으로써 단락류를 방지하여야 한다.

라. 완속교반기

교반기는 패들형과 터빈형을 사용한다.

【해설】

완속교반은 교반기의 회전속도를 비교적 저속으로 유지하여 플록간의 응집을 촉진하여 플록의 크기를 증대시키는 하는 역할을 한다. 완속교반기의 형태로는 패들형과 터빈형이 있는데 그 특징은 다음과 같다.

(1) [패들형 교반기] 4.5m 이하의 비교적 낮은 수심과 속도경사가 60/s 이하인 경우에 패들교반기가 주로 사용되는데, 천천히 회전하여 플록간의 응집을 이루는 데 사용된다. 그러나 교반이 심하게 일어나면 플록입자들이 다시 미세입자로 되는 경우가 있어 주의 깊게 운전하여 적당한 크기로 성장시켜 침전이 잘되는 입자로 유도하여야 한다. 패들형 교반기는 패들의 크기, 조내에서의 차지공간 및 속도에 의해 응집효율이 결정되는데, 일반적으로 플록을 파괴하지 않고 충분한 난류를 발생하려면 약 0.6~0.9m/s의 원주속도가 필요하다. 기계적인 패들교반기의 소요동력은 다음과 같이 표현된다.

$$F_D = \frac{C_D A \rho V_P^2}{2} \dots\dots\dots (4.5)$$

$$P = F_D V_P = \frac{C_D A \rho V_P^3}{2} \dots\dots\dots (4.6)$$

- 여기서, F_D : 마찰항력(N)
- C_D : 저항계수
- A : 패들의 단면적(m^2)
- ρ : 물의 밀도(kg/m^3)
- V_P : 패들의 물에 대한 상대속도(m/s)
- P : 소요동력(W)

일반적으로 회전축당 패들의 폭을 합한 전단폭은 수심의 25%이고 저항계수는 1.3~2.0의 범위로서 1.50~1.65가 흔히 사용된다. 또한 패들의 물에 대한 상대속도는 경험적으로 날개 선속도의 3/4를 사용한다.

(2) [터빈형 교반기] 터빈교반기는 주로 수심이 깊고 60초 이상의 속도경사가 필요할 때 사용된다. 수평형인 경우 대당 간격은 최대 6m이며 임펠러의 원주속도는 0.6~1.2m/s가 적당하다. 이의 장점으로는 속도경사값을 크게 할 수 있으며 양수작용이 좋고 양호한 순환속도를 유지할 수 있어 수심이 깊은 경우에 유리하다는 것이다.

〈표 4.5〉 패들의 형태에 따른 C_D 값

길이/폭	C_D
5	1.2
20	1.5
∞	1.9

마. 완속교반시설 설계인자

- (1) 완속교반시 속도경사는 40~100/s 정도로 낮게 유지한다.
- (2) 체류시간은 통상 20~30분이 적당하며, 조는 3~4개의 실로 분리하는 것이 좋다.
- (3) 조의 형태는 폭:길이:깊이가 1:1:1~1.2가 적당하며, 입출구는 대각선에 위치하도록 한다.

【해설】

플록간의 응집효과를 증가시키기 위해서는 교반을 서서히 해주어야 하므로 일반적으로 침전이 잘되는 플록의 형성시에는 40~100/s 정도의 속도경사가 필요하다. 응집조의 형상은 단락류가 발생하지 않도록 유입구와 유출구를 대각선으로 위치시키는 것이 좋다. 유출구는 응결물이 깨어지지 않도록 구조를 설계하는 것이 좋다. 또한 체류시간은 약품의 혼합과 응결이 충분히 이루어지도록 통상 20~30분의 범위 설정하는 것이 적당하고, 조의 형태는 일반적으로 폭과 길이 및 깊이를 비슷하게 설계하는 것이 바람직하다. 완속교반의 효과는 완속교반조와 같이 독립된 구조물을 설치해야 되는 경우도 있지만 다른 목적으로 사용되고 있는 수로, 조 등 기존의 시설물의 정류벽이 설치된 곳에서도 이를 기대할 수 있다.

7) 응집침전지

- (1) 체류시간은 통상 1~4시간, 표면부하율은 25~50m³/m²·d 정도로 한다.
- (2) 침전지의 형상 및 부대시설은 4.4.1 일차침전지를 참고한다.

【해설】

(1)에 대하여

응집침전지는 완속교반으로 형성된 플록을 침전시키기 위하여 필요한 시설이며, 조대화된 플록을 파괴시키지 않게 유입시켜 침전시킬 필요가 있다. 체류시간은 통상 1~4시간으로 유지하는 것이 적당하며, 응집효율 및 유량에 따라 변동한다. 또한 표면 부하율은 25~50m³/m²·d 정도로 한다.

(2)에 대하여

응집침전지의 설계는 일차침전지의 설계와 비슷하다. 유출수중의 플록이 포함되어 있을 가능성도 배제할 수 없으므로 유입 및 유출에 의한 난류의 형성을 방지하여야 하고, 유입부에는 플록이 파괴되지 않도록 지나친 낙차 등에 유의한다.

【참고 4-2】 산화지

1) 산화지의 종류

산화지법은 생물학적처리법의 일종으로 다음과 같이 분류된다.

- (1) 호기성산화지(aerobic lagoon)
- (2) 포기식산화지(aerated lagoon)
- (3) 임의성산화지(facultative lagoon)

【해설】

(1)에 대하여

호기성산화지의 깊이는 0.3~0.6m 정도이며 산소는 바람에 의한 표면포기와 조류에 의한 광합성에 의하여 공급된다. 호기성산화지는 전 수심에 걸쳐 일정한 용존산소농도를 유지하기 위해 주기적으로 혼합시켜 주어야 한다.

〈표 4.6〉 산화지에 있어서의 생물학적 특성

종 류	성 질					환 경 조 건				
	미생물	먹이	생성물	소요기간 (일)	냄새	운전온도 (℃)	산소	pH	태양광선	독성물질
호기성 산화지 ¹⁾	박테리아	탄수화물 단백질	CO ₂ NH ₃	5~10	없음	0~4	필수	7~9	불필요	농약, 살충제, 중금속, NH ₄
탄소 동화작용 ²⁾	조류	CO ₂ NH ₃	산소 조류	10~20	없음	4~40	특별한 경우에 소요됨	6.5~10. 5	필요	농약, 살충제, 중금속, Cl ₂
산형성과정의 산화지 ³⁾	박테리아	탄수화물 단백질 지방	유기물	0~20	H ₂ S 및 기타 냄새 유발	0~50	특별한 경우에 소요됨	4.5~7.5	불필요	농약, 살충제, 중금속,
메탄가스를 발생시키는 산화지 ⁴⁾	박테리아	유기산	CH ₄ CO ₂ H ₂ S	40~50	H ₂ S	6~50	불필요	6.8~7.2		농약, 살충제, 중금속, 산소제거제

- 주: 1) 인위적인 포기를 시켜주는 산화지, 예: 포기식산화지
 2) 일반적인 산화지로서 조류에 의한 산소발생을 이용한 호기성 산화지
 3) 혐기성산화지의 경우로서 유기산 형성을 목적으로 한 경우
 4) 완전한 혐기성 산화지의 경우

(2)에 대하여

산기식 혹은 기계식표면포기기를 사용하며 지의 깊이는 3~6m, 체류시간은 7~20일 정도이다. 포기식산화지는 임의성산화지보다 높은 BOD부하를 받아들이며 악취문제가 적고 소요부지 또한 비교적 작은 편이다. 포기식산화지 다음에는 임의성산화지나 침전지를 설치하여 방류수내의 SS함량을 줄이도록 한다.

(3)에 대하여

임의성산화지의 깊이는 1.5~2.5m, 체류시간은 25~180일 정도이다. 임의성산화지에 있어서는 호기성산화지나 포기식산화지와는 달리 부유물질이 산화지 내에서 침전되어 혐기성지역이 형성되도록 하

며 혐기성 분해가 이루어지도록 설계된다. 따라서 수면과 대기의 접촉부분은 호기성, 밑바닥은 혐기성이 되어 임의성산화지가 형성된다.

각종 산화지별 생물학적 특성과 장단점을 각각 <표 4.6>과 <표 4.7>에 나타내었다.

<표 4.7> 각종 산화지의 적용범위 및 장단점

항 목	비포기식 호기성	임 의 성	포 기 식	
			호 기 성	임 의 성
적 용 범 위	영양소 제거 용해성유기물질 2차처리수	일반하수 및 공장폐수	일반하수 및 공장폐수	일반하수 및 공장폐수
장 점	유지관리비 저렴	유지관리비가 저렴하고 효율적임	소요 부지면적이 적고, 냄새가 없으며 고도처리가 가능하고 운전이 용이함.	소요부지 면적이 적고 냄새가 없으며 운전이 용이함.
단 점	소요부지가 매우 넓고, 냄새문제발생 가능	소요부지가 매우 넓고, 냄새 문제가 있음	비교적 유지관리비가 크고, 처리수의 부유물질의 농도가 크며, 거품이 많음.	비교적 유지관리비가 크며, 거품이 많음.

2) 산화지의 설계요소

산화지를 설계할 때에는 다음 사항을 고려한다.

- (1) 산소공급능력 및 혼합능력
- (2) 유기물질부하율 및 체류시간
- (3) 산화지의 모양
- (4) 운전온도

【해설】

(1)에 대하여

산소공급의 필요성여부는 산화지의 성질에 따라 결정된다. 즉 호기성 및 임의성산화지에 있어서 유입하수를 처리하기 위한 소요크기는 산소공급능력 및 미생물과 하수내 유기물의 혼합정도에 따라 결정된다. 혼합정도가 증가하면 효율이 증대된다. 포기식산화지에 있어서 산소공급과 혼합은 산기식 및 기계식포기기에 의해서 수행되므로 소요체적은 다른 산화지보다 적으나 시설비 및 유지관리비가 높아진다.

<표 4.8>은 포기기의 크기에 따르는 산소전달량(kg O₂/HP·h)과 완전혼합되는 거리(직경으로), 산소전달 가능거리(직경으로), 산소전달기의 양수능력을 나타내고 있다.

일반적으로 포기식산화지내의 용존산소농도는 1~2mg/l를 유지하도록 하고 있다. 또한 포기식산화지에 있어서 소요산소량은 식(4.7)과 같이 표시된다.

$$R_r = aL_r \dots\dots\dots (4.7)$$

여기서, R_r : 소요산소량(kg/d)

a : BOD 제거량에 따르는 소요산소량의 비(1.0~2.0)
 L_r : BOD 유입량(kg/d)

〈표 4.8〉 포기기의 크기 및 효능

마 력 수	산소전달량	완전혼합능력산소전달거리		양수능력
(HP)	(kg/HP · h)	(직경, m)	(직경, m)	(ℓ/s)
5	1.7	14	46	214
7.5	1.6	15	49	238
10	1.5	16	43	319
15	1.6	19	61	387
20	1.4	22	70	524
25	1.5	24	78	619
30	1.6	27	85	792
40	1.7	31	99	882
50	1.6	32	101	1169
60	1.6	35	107	1297
75	1.3	40	116	1420
100	1.3	46	134	2583
125	1.5	56	149	2993
150	1.4	50	162	3591

① 비포기식 호기성 산화지

호기성산화지에 있어서 산소공급원은 조류의 탄소동화작용에 의한 것인데 조류에 의한 산소생산량은 식(4.8)로 나타낸다.

$$Y_{O_2} = 3 \times 10^{-5} \cdot F \cdot S \dots\dots\dots (4.8)$$

여기서, Y_{O₂} : 조류에 의한 산소생산량 (kg O₂/m² · d)

F : 산소생산계수(oxygenation factor) (0~4.0)

S : 가시태양복사량(visible soalar radiation, 여름에는 평균 150~270cal/ cm² · d 이며 겨울에는 0~270cal/cm² · d로서 위도에 따라 다르다)

또한, 산소생산계수 F는 제거된 유입하수의 최종 BOD에 대하여 조류에 의해서 생산된 산소의 비 (kg O₂/kg O₂)로서 최종BOD 제거율을 약 90%로 하려면 F값은 1.6 가량 되어야 한다. 조류에 의한 산소생산량은 유입하수내에 있는 영양소의 양과 질, 일조시간, 온도, 산화지의 체류시간, pH 및 혼합정도에 따라서 다르며 식(4.9)와 같은 관계가 성립한다.

$$d/D = \frac{2.8 \cdot F \cdot S}{S_o} \dots\dots\dots (4.9)$$

여기서, d : 산화지의 수심(cm)

D : 산화지의 체류기간(일)
 S₀ : 유입하수의 최종BOD농도(mg/l)

② 포기식 산화지

포기식 호기성산화지는 MLSS를 침전시키지 않는 공법이며 포기식 임의성산화지는 MLSS를 산화지 내에서 침전시키도록 한 공법이다. 포기식 임의성산화지에 있어서의 산소소요량은 식(4.10)과 같다.

$$R_r = 2 \times 10^{-3} \times S_0 \cdot Q \dots\dots\dots (4.10)$$

여기서, R_r : 산소소요량(kg/d)
 S₀ : 유입하수의 BOD(mg/l)
 Q : 유량(m³/d)

(2)에 대하여

호기성 및 임의성산화지의 설계기준으로서 흔히 사용되는 것이 유기물질 부하량인데 기온에 따라 매우 큰 차이가 있다. 포기식 임의성산화지의 설계에 사용되는 공식은 식(4.11)과 같다.

$$S_L = 10^{-5} \cdot S_0 \cdot Q \cdot d / V \dots\dots\dots (4.11)$$

여기서, S_L : 유기물표면부하율(kg BOD/m² · d)
 S₀ : 유입하수의 최종BOD(mg/l)
 Q : 유입하수량(m³/d)
 d : 산화지의 깊이(cm)
 V : 산화지의 체적(m³)

또한 포기식 임의성산화지에 있어서의 유기물질의 부하량에 대한 공식을 보면

$$L_a = 10^{-3} \cdot S_0 / t \dots\dots\dots (4.12)$$

여기서, t : 체류기간(일)
 S₀ : 유입하수의 BOD(mg/l)
 L_a : 유기물질부하량(kg BOD/m³ · d)

로 표시되며 체적에 대한 공식은 다음과 같다.

$$t = V / Q \dots\dots\dots (4.13)$$

여기서, t : 체류기간(일)
 V : 산화지의 체적(m³)
 Q : 유입하수의 유량(m³/d)

일반적으로 포기식 호기성산화지는 혐기성, 임의성산화지보다 짧은 체류기간으로 처리효율이 좋으며 일반적으로 포기식 임의성산화지는 호기성산화지의 체류기간의 약 2배 정도가 되어야 한다.

(3)에 대하여

공사비를 고려할 때 정사각형 또는 직사각형산화지가 경제적이거나 길이 : 폭의 비를 3 이상으로 하는 것은 좋지 않다. 특히 산화지의 바닥이 수밀성이 아닌 경우 길이 : 폭의 비가 너무 크면 바람에 의하여 산화지의 바닥에 영향을 주므로 길이 : 폭의 비를 감소시키지 않으면 안 된다.

산화지의 깊이는 지형, 소요체적, 소요면적 사용될 포기기 등에 따라 크게 변한다. 깊이는 1~4m 정도가 가능하며 깊이가 깊어지면 포기기를 사용한다. 특히 수심이 얇고 표면적이 넓어지면 단락류가 형성될 가능성이 크므로 이러한 단락류가 형성되지 않도록 적절히 수심과 표면적이 되도록 조정하고 유입 및 유출하수거를 적절히 배관한다. 수심이 얇고 표면적이 넓은 경우에는 겨울철에 대기중에 노출 면이 크게 되어 수온이 강하되는 경향이 있으므로 소요대지의 감소 및 에너지의 축적이라는 면에서 수심이 깊은 산화지가 유리할 수도 있다. 다만 표면을 통한 산소공급이 감소되는 것을 종합적으로 고려하여 수심을 결정하는 것이 타당하다.

겨울철에 산화지는 동결될 가능성이 크며 이러한 경우에 하수의 유출입이 불가능해진다. 따라서 이러한 문제점을 감안하여 겨울철에 충분히 하수를 저장할 수 있도록 산화지의 규모를 결정해야 한다. 즉, 겨울철 초기에 수심을 0.5~0.6m로 내린 후 겨울철동안 유입하수를 저류시킬 수 있도록 하는 것이 좋은 방법이다.

(4)에 대하여

유기물질의 제거에 있어서 온도가 매우 중요한 역할을 하는데 연중 기준 처리효율을 계속 유지하기 위해서는 겨울철을 기준으로 산화지를 설계한다. 일반적으로 겨울철에 산화지의 수면온도는 1~1.5℃로 수심 3m에서의 온도보다 낮다. 수면온도는 대기와의 접촉면의 크기와 유입하수량에 의해서도 달라진다. 산화지의 운전온도를 계산하는 방법으로 식(4.14)를 이용한다.

$$(T_i - T_e) = (T_w - T_a) \cdot \frac{F \cdot A}{Q} \dots\dots\dots (4.14)$$

- 여기서, T_i : 유입하수의 수온 (°C)
- T_e : 유출하수의 수온 (°C)
- Q : 유량 (m^3/d)
- F : 열전달계수에 대한 비례상수
- A : 산화지의 표면적 (m^2)
- T_w : 산화지의 수온 (°C)
- T_a : 기온 (°C)

F 값은 풍속, 습도, 포기기의 종류 등에 따라 서로 다르나 우리나라의 중북부지역의 F 값은 8×10^{-6} 으로 추정된다.

3) 산화지의 설비

산화지의 설비는 다음 사항을 고려하여 정한다.
(1) 제방
(2) 누수방지설비
(3) 관로

【해설】

(1)에 대하여

산화지에는 제방과 배수로를 설치한다. 제방상단의 폭은 최소한 유지관리용 트럭이 다닐 수 있도록 경사를 둔다. 일반적으로 물이 접촉되지 않는 외부의 경사는 4:1~5:1로서 잔디 심기가 편하도록 하여야 하는데 반하여 제방내부는 3:1~2:1을 두어 부유물질이 침전되는 경우에 안쪽으로 침전될 수 있도록 한다. 산화지의 바닥은 되도록 평평하게 하고, 여유고는 5m 정도로 한다. 표면 포기기를 사용하는 산화지에 있어서는 포기기의 바로 밑바닥이 포기기에 의하여 침식되므로 콘크리트로 깔판을 만들거나 약 15cm 두께로 분석을 설치하는 것도 좋다.

(2)에 대하여

산화지의 바닥으로부터의 누수를 막기 위하여 점토를 다져서 깔거나 필요한 경우에 특히 소규모인 경우에 콘크리트라이닝 혹은 5mm 두께의 geomembrane으로 뒤집어 씌우기도 한다. 산화지의 경사면(안쪽)은 잡초가 자라는 것을 방지하여야 하며 또한 경사면이 무너져 내리는 것을 방지하기 위하여 자갈을 깔거나 콘크리트로 적절히 라이닝하는 것도 좋다. 수면적이 2.5ha 이하인 산화지를 제외하고는 되도록 2지 이상의 산화지를 설치하여 직렬 혹은 병렬로 연결시켜 사용하는 것이 좋다.

(3)에 대하여

산화지에 소요되는 관거는 자연유하식으로 맨홀이 부설되어야 하며 유속은 0.6m/s 이상으로 설계한다. 포기기를 설치하는 경우에는 수면적에 대해서 골고루 혼합이 되도록 여러대의 포기기를 설치하는 것이 좋으며 포기기의 회전방향을 서로 다르게 하여 단락류를 방지하도록 한다.

【참고 4-3】 회전원판법

1) 개요

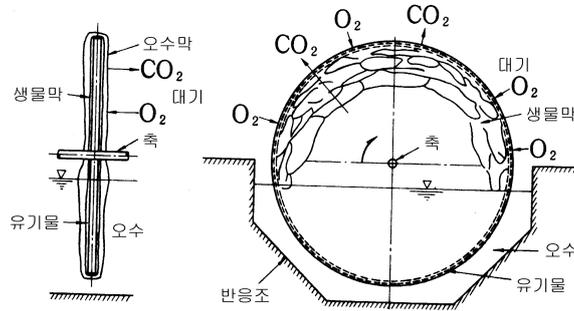
회전원판법은 호기성여상법으로 대표되는 생물막을 이용하여 하수를 처리하는 방식으로서, 원판의 일부가 수면에 잠기도록 원판을 설치하여 이를 천천히 회전시키면서 원판 위에 자연적으로 발생하는 호기성 미생물(이하 “부착생물”이라 함)을 이용하여 하수를 처리하는 것이다. 원판이 회전함에 따라서 생물막 위의 하수막에 용해되는 공기중의 산소를 부착생물이 흡수하고, 하수중의 유기물을 흡착하여 산화 및 동화작용을 통해 하수를 정화시킨다. 또한 원판의 회전에 의해 부착생물과 회전판 사이에 전단력이 생겨 과잉의 부착생물은 자연적으로 떨어지게(탈리) 된다. 이러한 작용에 의해 회전판에 일정한 두께의 부착생물이 유지된다. 원판전단에서 오수중의 유기물농도가 저하되면 후단원판표면에 질산화미생물이 우점적으로 부착증식하여 질산화반응이 진행된다.

회전판 표면에 대한 모식도는 [그림 4.4]와 같다.

회전원판법의 특징은 다음과 같다.

- ① 운전관리상 조작성이 간단하다.

② 소비전력량은 소규모 처리시설에서는 표준활성슬러지법에 비하여 적다.



[그림 4.4] 회전원판 표면의 모식도

- ③ 질산화가 일어나기 쉬우며 pH가 저하되는 경우도 있다.
- ④ 활성슬러지법에서와 같이 벌킹으로 인해 이차침전지에서 일시적으로 다량의 슬러지가 유출되는 현상은 없다.
- ⑤ 활성슬러지법에 비해 이차침전지에서 미세한 SS가 유출되기 쉽고, 처리수의 투명도가 나쁘다.
- ⑥ 살수여상과 같이 여상에 파리는 발생하지 않으나 하루살이가 발생하는 수가 있다.

2) 시설의 구성

- (1) 회전원판법은 얇은 원판과 수평축으로 고정시켜 이를 회전시키는 구동장치와 회전판을 하수에 접촉시키는 반응조, 그리고 일차 및 이차침전지로 구성되어 있다.
- (2) 회전원판법은 유입수 및 요구되는 처리수질에 따라 표준활성슬러지법 혹은 다른 생물막법과의 조합으로 구성될 수 있다.
- (3) 회전원판의 기수는 2기 이상, 처리단수는 복수로 한다.

【해설】

(1)에 대하여

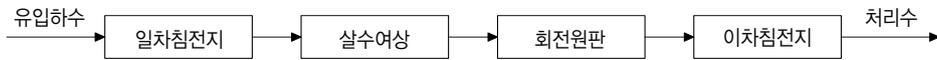
회전원판법은 기본적으로 용해성 유기물 산화 및 질산화 반응이 주요한 처리작용이다. 따라서 유입수의 SS는 일차침전지에서 가능한 한 제거후 반응조로 유입시켜야 한다. 만약 유입수중 부유물질이 거의 없는 경우에는 일차침전지의 생략도 가능하다.

(2)에 대하여

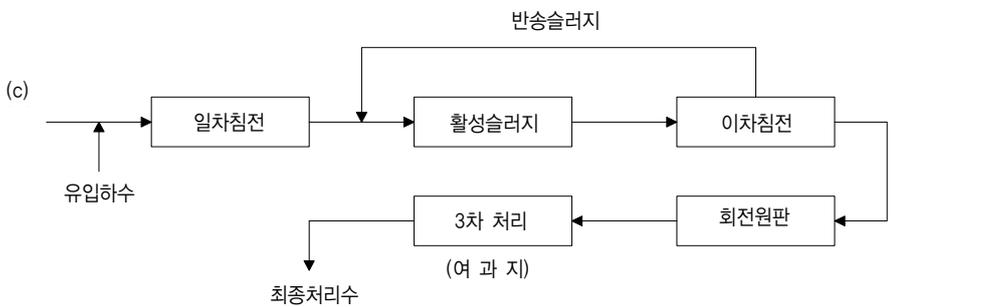
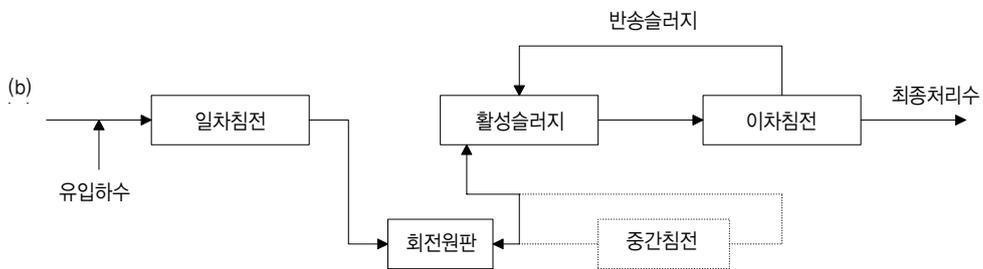
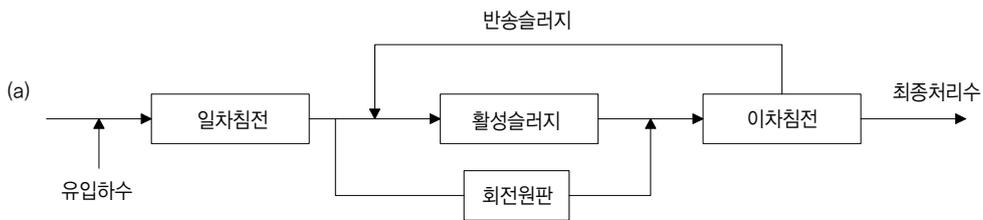
회전원판법의 기본적 조합은 [그림 4.5]와 같으며, 살수여상과의 조합 및 표준활성슬러지법과의 조합 예를 [그림 4.6]과 [그림 4.7]에 나타내었다. 살수여상과의 조합은 살수여상의 부유성 BOD 제거 효율과 용해성BOD 제거효율을 결합함으로써 효율성을 높일 수 있고, 활성슬러지법과의 조합은 활성슬러지법의 장점인 제거효율의 향상과 활성슬러지법의 단점인 벌킹으로 인한 처리성능의 악화를 방지하여 안정적인 처리가 가능하다.



[그림 4.5] 회전원판법의 흐름도 예



[그림 4.6] 기존 살수여상에 회전원판법을 추가시킨 경우 예



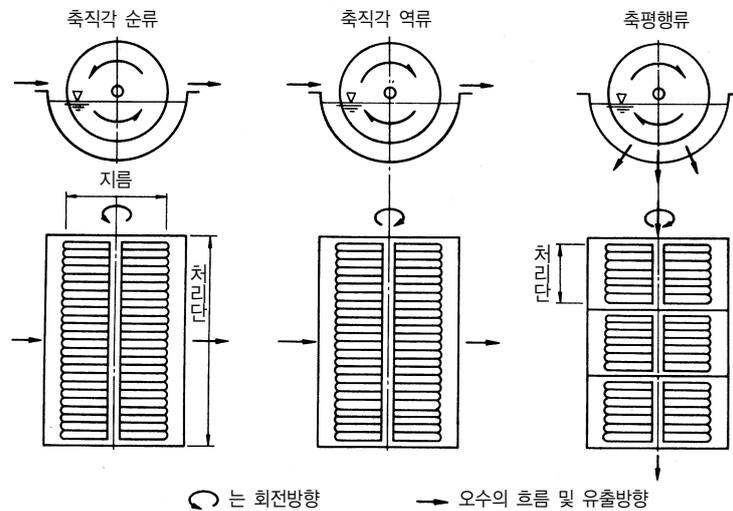
[그림 4.7] 기존활성슬러지법에 회전원판법을 추가시킨 예

이차침전지에서의 고액분리가 불충분한 경우는 이차침전지 뒤에 여과시설을 설치하는 경우가 있으며, 또한 이차침전지 대신에 여과시설을 설치하는 것도 고려할 수 있다. 여과방식은 급속여과지, 스크린, 스트레이너(strainer) 등이 있다.

(3)에 대하여

회전원판의 기수는 일반적으로 유량규모, 점검, 수리, 청소 등을 위해 가동중지와 단계적 시공에 맞추어 결정되지만 보통 2기 이상으로 하는 것이 좋다.

회전원판은 조 1기를 분할하여 직렬단으로 되게 하며 처리단수는 보통 3~4단으로 한다. 또한, 회전원판은 운전변수가 적으므로 처리단수의 변경 또는 스텝(step)유입에 의해 운전방법을 변경시킬 수 있도록 하는 것이 좋다. 하수의 유입방향에는 축직각류, 축직각역류, 축평행류의 3종류가 있다(〔그림 4.8〕 참조).



〔그림 4.8〕 하수의 유입방향과 원판의 회전방향

3) 회전원판의 재질 및 형상

회전원판의 재질 및 형상은 다음 사항을 고려한다.

- (1) 재질은 내식성으로 가벼운 것을 사용한다.
- (2) 직경 및 두께는 강도 등을 고려해서 정한다.
- (3) 간격은 부착생물에 의한 폐쇄가 일어나지 않도록 정한다.
- (4) 축은 충분한 강도를 유지하도록 한다.

【해설】

(1)에 대하여

회전원판의 재질로는 일반적으로 가볍고 부식에 강한 합성수지가 쓰인다.

(2)에 대하여

회전원판의 평면 형상에는 원형 또는 다각형이 있으며, 원판표면은 평면, 파형 등의 여러 종류가 있다. 회전원판의 직경은 보통 3.0~4.0 m이며 지름을 크게 할수록 단위 축길이당 회전원판의 면적을 증가시킬 수 있지만 조립, 운반, 조의 크기 등 때문에 한계가 있다. 회전원판의 두께는 폴리에틸렌이나 염화비닐의 경우에 0.7~2.0 mm, 폴리스틸렌인 경우는 7 mm 정도이다. 회전원판의 조립방법에는 직접 축에 부착시키는 방법과 분할시켜 회전원판을 조립하는 방법 등이 있다.

(3)에 대하여

회전원판의 간격은 보통 15 mm 이상으로 한다. 회전원판의 간격이 너무 좁으면 부착생물에 의해 폐쇄되어 처리효율이 악화될 수 있다. 부착생물의 두께는 부하, 회전속도 등의 변수에 영향을 받는다. 특히 전단일수록 생물막이 두꺼워지므로 원판의 간격을 크게 하는 것이 좋다.

(4)에 대하여

회전원판의 축은 통상 강제의 용접구조로 한다. 원판부착생물의 중량을 고려하여 장기간의 사용에 내구성을 갖는 축지름을 갖도록 하는 것이 좋다.

4) 반응조의 형상 및 구조

조의 형상 및 구조는 다음 사항을 고려하여 정한다.
 (1) 평면형상은 직사각형으로 한다. 그 단면은 단락류와 슬러지의 퇴적이 생기지 않도록 정한다.
 (2) 수밀한 구조로 하고 주벽의 끝은 지면에서 15cm 이상 높게 한다.

【해설】

(1)에 대하여

조의 단면에는 직사각형 및 반원형이 있다. 직사각형은 탈리된 슬러지가 퇴적하지 않도록 구석에 45°의 헌치를 설치하면 좋다. 회전원판과 주벽 그리고 저부와의 간격은 10~40 cm 정도로 하는 것이 좋다. 또한 조에는 세척장치와 배수장치를 설치한다.

(2)에 대하여

조의 구조는 수밀한 철근콘크리트 구조로 하며 주벽의 끝은 지면 높이보다 15cm 이상 높게 하여 지표수가 조에 유입되는 것을 방지하도록 한다.

5) 반응조 설계인자

회전원판의 면적 및 조의 용량은 다음 사항을 고려하여 정한다.
 (1) 회전원판의 소요면적은 BOD면적부하(일반적으로 5~12 g/m²·d) 또는 유량부하(일반적으로 50~100 l /m²·d)에 따라서 정한다.
 (2) 조의 용량은 체류시간에 따라서 정하되 회전원판의 액량면적비를 5l/m² 정도로 한다.

【해설】

(1)에 대하여

BOD면적부하는 유량부하 및 체류시간과 함께 회전원판의 처리성에 관계되는 변수이다. BOD면적

부하는 회전원판 단위면적당 1일 BOD량으로 정의하고 식(4.15)와 같다.

$$L_A = \frac{Q_S \cdot C_S}{A} \dots\dots\dots (4.15)$$

여기서, L_A : BOD면적부하($g/m^2 \cdot d$)
 Q_S : 계획하수량(m^3/d)
 C_S : 조 유입수의 평균 BOD농도(mg/l)
 A : 유효원판면적(m^2)

회전원판의 소요면적은 BOD면적부하를 기초로 하여 식(4.16)으로 계산한다. BOD면적부하는 유입수의 BOD농도와 처리목표수질에 따라서 정한다. 또 회전원판의 소요면적은 유량부하를 기초로 설계할 경우도 있다. 유량부하는 회전원판 단위면적당 1일 공급되는 하수량으로 정의하고 식(4.16)과 같이 표현할 수 있다.

$$I = \frac{Q_S}{A} \times 10^3 \dots\dots\dots (4.16)$$

여기서, I : 유량부하($l/m^2 \cdot d$)

식(4.15)와 식(4.16)에서 BOD면적부하와 유량부하와의 관계는 식(4.17)과 같다.

$$L_A = C_S \cdot I \times 10^{-3} \dots\dots\dots (4.17)$$

(2)에 대하여

체류시간은 식(4.18)과 같다.

$$T = \frac{V}{Q_S} \times 24 = 24,000 \times \frac{V}{A} \times \frac{1}{I} = 24 \cdot G \cdot \frac{1}{I} \dots\dots\dots (4.18)$$

여기서, T : 체류시간(h)
 V : 조의 실용적(조의 용적에서 회전원판의 침적부 체적을 뺀 값)(m^3)
 G : 액량면적비(l/m^2)

액량면적비는 조의 실용적과 회전원판 면적과의 비이다. 일반적으로 회전원판의 액량면적비는 $5l/m^2$ 이상이 많다. 조의 소요 용적도 식(4.18)에서 구할 수 있다.

6) 침적률 및 회전속도

침적률 및 회전속도는 다음 사항을 고려한다.
 (1) 침적률은 축이 수몰되지 않도록 35~45% 정도로 한다.
 (2) 회전속도는 교반효과, 산소공급능력 및 소비전력 등을 고려하되 원주속도 0.3 m/s를 표준으로 한다.

【해설】

(1)에 대하여

침적률은 총회전원판면적에 대한 수중부분의 회전원판면적비로서 식(4.19)로 나타낸다.

$$W = \frac{A_w}{A} \times 100 \dots\dots\dots (4.19)$$

여기서, W : 침적율(%)
 A : 총회전원판면적(m²)
 A_w : 수중부분의 회전원판 면적(m²)

침적률은 일반적으로 35~45% 정도로 한다.

(2)에 대하여

회전속도는 부착생물의 탈리, 조 내의 혼합 및 산소공급능력과 관계된다. 회전속도가 너무 작으면 부착생물에 의한 폐쇄, 탈리된 슬러지의 퇴적, 단락류, 조 내의 혐기화 등의 문제가 발생할 수 있다. 또한 회전속도가 너무 크면 소비전력이 증가하는 단점이 있다.

7) 부대설비

회전원판조에는 덮개를 설치하는 것이 좋다.

【해설】

바람, 비, 햇빛 등에 의한 악영향을 막기 위해 덮개를 설치한다. 그러나 회전원판을 옥내에 설치하는 경우는 덮개를 반드시 설치할 필요는 없다. 일반적으로 덮개를 설치함으로써 저온효과, 하루살이의 발생방지, 악취방지 등의 효과를 얻을 수 있다. 덮개는 통기구멍과 점검용 창을 설치한다. 덮개의 재질로는 강화 플라스틱 등이 있다.

8) 침전지

지의 형상 및 지수, 구조는 4.4.1 1), 2) 및 4.4.2 1), 2)에 준한다.

【해설】

지의 형상 및 지수, 구조는 표준활성슬러지법의 일차 및 이차침전지의 지수 및 구조를 참조. 설계제원을 <표 4.9>에 나타내었다. 회전원판법 반응조에 있어서의 생물반응은 주로, 용해성유기물에 의해 진행된다. 때문에 SS는 앞부분의 일차침전지에서 가능한 한 침전 제거시켜야 하고, 일차침전지의 수면적부하를 25~50m³/m²·d이 되도록 한다.

<표 4.9> 설계제원

항 목	제 원	
	일차침전지	이차침전지
유효수심 (m)	2.5~4.0	2.5~4.0
수면적부하 (m ³ /m ² ·d)	25~50	20~30
월류부하 (m ³ /m·d)	250 이하	150 이하

【참고 4-4】 활성탄흡착법

활성탄(activated carbon)은 다양한 종류의 유기화합물을 흡착하므로 정수처리, 하수의 고도처리 그리고 유기산업폐수의 처리에 광범위하게 사용되고 있다. 하수의 활성탄 처리는 일반적으로 정상적인 생물학적 처리를 거친 물의 최종처리 공정으로 이용되고 있으며, 이때 활성탄은 잔류용존유기물의 제거에 사용된다. 흡착이란 흡착제(adsorbent)를 사용하여 용액으로부터 오염물을 제거하는 것으로서 흡착장치는 회분식(batch), 컬럼식(고정상과 역류이동) 또는 유동층 흡착조 등이 있으며 하수처리에서 사용되는 활성탄은 과립 형태의 입상활성탄을 일반적으로 사용하고 있다.

흡착은 통상 물리적 흡착과 화학적 흡착으로 분류되는데 물리적 흡착은 주로 van der waals힘에 의하여 가역적으로 발생한다. 즉, 용질과 흡착제 사이에서 분자의 인력이 용질과 용매 사이의 인력보다 클 때 용질은 흡착제표면에 달라붙게 된다. 활성탄에 의한 흡착은 이와 같은 물리적 흡착의 대표적인 예이다. 화학적 흡착은 화학반응이 흡착제와 흡착된 용질 사이에서 발생하며 그 반응은 보통 비가역적으로 하수처리의 경우에는 매우 미약하므로 고려하지 않는다.

흡착제에 흡착될 수 있는 흡착질의 양은 흡착질의 농도와 온도의 함수이다. 일반적으로 흡착되는 물질의 양은 일정 온도에서 농도의 함수로 나타내는데 이를 흡착등온선(adsorption isotherm)이라 한다. 실험 등온선 자료를 나타내는데 자주 쓰이는 식으로는 Freundlich, Langmuir 그리고 Brunauer, Emmet 및 Teller(BET 등온선) 등의 식이 있다. 활성탄을 이용한 하수처리에서는 Freundlich와 Langmuir의 식이 주로 사용된다.

(1) Freundlich 흡착등온선

실험식으로서 식(4.20)과 같다.

$$\frac{x}{m} = X = KC^n \dots\dots\dots (4.20)$$

- 여기서, x : 흡착된 용질의 양
- m : 흡착제(활성탄)의 양
- X : 흡착제단위 질량당 흡착된 용질의 질량
- C : 용질의 평형농도
- K, n : 상수

위의 식은 log그래프상에서 x/m을 y축에, C를 x축에 놓았을 때 직선으로 나타남을 알 수 있다. 이 직선의 기울기(1/n)로부터 n값을 구할 수 있고, K값은 절편으로부터 구한다.

(2) Langmuir 흡착등온선

이론적으로 유도한 것으로 식(4.21)과 같다.

$$\frac{x}{m} = X = \frac{abC}{1+aC} \dots\dots\dots (4.21)$$

- 여기서, x : 흡착된 용질의 양
 m : 흡착제(활성탄)의 양
 X : 흡착제 단위 질량당 흡착된 용질의 질량
 C : 용질의 평형농도
 a, b : 상수

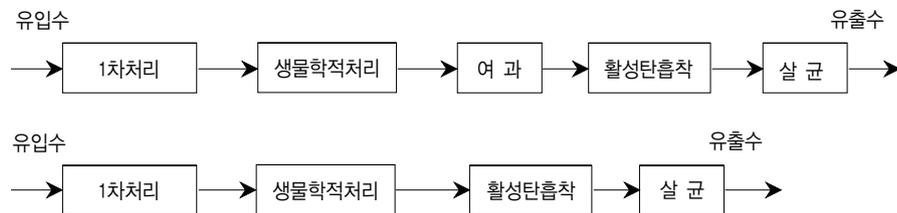
보통 하수처리를 위하여 필요한 활성탄 양은 Freundlich의 식을 주로 이용하고 있다. 활성탄은 원료 및 활성화방법에 따라서 그 흡착능력이 다르다. 활성탄과 액체간의 흡착에 영향을 미치는 요소들을 열거하면 용질에 대한 활성탄의 인력, 용매에 대한 활성탄의 인력, 용질에 대한 용매의 용해능력, 분자의 회합(association), 이온화, 두 물질간의 경계면에서 정위(orientation)에 대한 용매의 영향, 여러 종류의 용질이 존재하는 경우 흡착면에 대한 상호경쟁, 공흡착(co-adsorption), 분자의 크기, 활성탄의 공극크기 분포, 활성탄의 표면적, 용질의 농도 등이다.

활성탄을 흡착제로 사용하면 공극이 유기물에 의해서 점유되므로 활성탄의 흡착능력은 저하되게 된다. 따라서 활성탄을 재생시켜야 하며 활성탄의 재생방법은 다음과 같다.

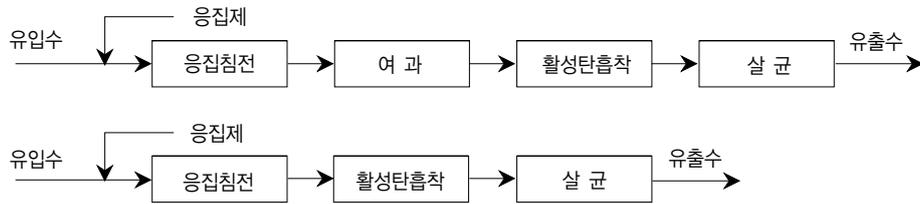
- ① 활성탄층을 통하여 저압의 수증기를 통과시키면 피흡착제는 증발 또는 제거된다.
- ② 용매를 사용하여 피흡착제를 추출시킨다.
- ③ 열을 이용하여 재생시킨다.
- ④ 산화력이 있는 가스에 노출시킨다.

[그림 4.9]와 같이 활성탄흡착시설은 하수의 고급처리방법으로 채택될 수 있는데, 흡착시설 이전에 하수내의 부유물과 용해된 미생물에 의해서 분해가능한 유기물이 모두 제거되어야 하며 응집침전도 흡착이전에 실시되어야 한다. 고도처리법으로 활성탄흡착을 실시하는 이유는 2차 처리수에 존재하는 소량의 미생물에 의하여 분해되지 않는 유기물을 제거하기 위함이다.

활성탄은 [그림 4.10]에 주어진 바와 같이 물리·화학적 처리수내의 용해된 유기물을 제거하기 위하여도 채택된다. 이때 물리·화학적 처리과정에서는 1차 처리수내의 부유물과 그에 관련된 유기물을 제거하기 위하여 응집, 침전 및 여과를 실시한다.



[그림 4.9] 활성탄 흡착시설을 포함한 하수의 고도처리방법의 계통도 예



[그림 4.10] 활성탄 흡착시설을 가진 물리·화학적 처리시설의 계통도 예

가. 유입하수의 수질

활성탄 흡착시설의 유입수는 가능한 한 수질이 일정하고 부유물을 함유하지 않도록 설계시 고려한다.

【해설】

효율적인 처리를 위해서 흡착시설로 유입되는 유입수는 수질이 균등해야 하고 유량변동이 크지 않아야 한다. 또한 기타 부유물, 유기물, 폐놀, 용존산소 등도 흡착시설의 운영에 영향을 미치며 하수의 pH와 온도도 중요한 변수가 된다. 부유물이 흡착제의 능력에 미치는 영향에 관해서는 확실히 알려진 바 없지만, 흡착제의 표면에 부유물이 침적하면 흡착제간의 공극이 막히게 되어 수중의 유기물들이 흡착제와 접촉하기에 불리해지므로 활성탄층내에 부유물이 여과되어 축적되면 손실수두가 증가하고 결과적으로 하수의 통과가 어렵게 된다. 마찬가지로 유입하수의 pH, 온도, 그리고 유량이 크게 변해도 흡착시설의 처리효율이 저하된다.

나. 흡착탑의 운영방법

활성탄 흡착조를 설계할 때 유체의 흐름은 하향 또는 상향으로 하며, 흡착조의 운전방법은 고정상(fixed bed) 또는 유동상(fluidized bed)으로 한다.

【해설】

활성탄흡착탑에는 운영방법에 따라 여러 가지로 분류될 수 있다. 첫째는 동력요구에 따라 중력식과 압력식이 있는데 가능하다면 중력식으로 하는 것이 운영비가 적게 요구된다. 둘째는 유체의 흐름에 따라 상향식과 하향식으로 구분되며 마지막으로 활성탄층이 고정되는지 아니면 팽창되는지에 따라 고정상과 유동상으로 구분된다.

상향식에서는 하수가 밑에서 위로 흐르기 때문에 활성탄이 유기물을 흡착함에 따라 활성탄 입자의 겉보기 비중이 증가하여 입자의 밀도가 증가하여 흡착탑의 바닥 또는 유입구로 소모된 활성탄을 떨어 뜨리려는 경향을 가지게 된다. 그리고 상향식에서는 하향식에 비하여 유출수에 미세한 탄소입자를 더 많이 함유한다. 하향식 활성탄 흡착탑은 통상 2~3개의 흡착탑이 직렬로 연결되어 사용되며 유체의 흐름이 바뀌어도 계속 사용할 수 있도록 배관되어 있다. 하향식을 채택하면 유기물의 흡착과 여과가 동시에 일어나는 이점이 있지만 배관이 좀더 복잡하기 때문에 시설비의 절감은 기대할 수 없다. 여과는 상향식에 비해서 잘되는 장점도 있지만 부유물이 많을 경우 손실수두가 커지고 활성탄의 흡착능력이

감소되는 단점이 있다.

고정상흡착탑을 사용하면 하수내의 부유물이 축적되므로 역세척이 필요하다. 고정상에서 상향식이면 부유물을 역세척으로도 제거하기 어렵게 상의 바닥에 모이므로 통상 하향식으로 하며, 상의 바닥에는 모래나 자갈을 깔아서 활성탄층을 지지하도록 할 수도 있다.

상향식흡착탑에서는 하수가 밑에서 위로 흐르며, 활성탄층은 유동상이 되도록 하여 부유물이 층내에 축적되지 않도록 한다. 흡착능력이 소모된 활성탄은 밑에서 제거되고 새로운 혹은 재생된 활성탄을 그만큼 위에서 보충시켜야 한다. 유동상에서 유기물제거율은 고정상과 비슷하지만, 반면에 낮은 펌프압력이 요구되고 휴지기간이 짧으며 활성탄 표면의 포기가 보다 쉽다. 많이 이용되는 운영방법은 아니지만 역류흡착을 할 수도 있다. 역류흡착의 원리는 한번 사용된 활성탄도 하수내의 오염물농도가 대단히 높으면 오염물을 더 제거할 수 있다는 점에 근거를 두고 있다. 이런 경우 하수는 먼저 한번 사용된 활성탄과 접촉하게 되고 그 다음 새로운 활성탄과 접촉하게 된다.

다. 흡착탑의 크기

활성탄 흡착탑을 설계할 때 다음 사항을 고려한다.

- (1) 접촉시간
- (2) 수리학적 부하율
- (3) 활성탄층의 깊이
- (4) 흡착탑의 수

【해설】

(1)에 대하여

흡착탑에서의 접촉시간은 보통 활성탄에 의해서 점유된 부피를 기준으로 계산된다. 통상 적용방법, 하수의 특성, 요구되는 수질에 따라 15~35분의 접촉시간이 채택된다.

고도처리의 경우 유출수의 COD가 10~20mg/l 되도록 요구된다면 15~20분의 접촉시간을 주고, 그리고 5~15mg/l이면 30~35분의 접촉시간을 준다. 물리·화학적 하수처리 방법에서는 접촉시간이 통상 20~35분이지만 평균 30분 정도이다. 상향류식 흡착탑의 바닥형상은 평면, 원추, 접시모양 등 여러 가지의 용기가 있으며, 상부에 활성탄을 붙잡아두기 위한 스크린, 하부의 바닥에는 지지용 그리트(grit)가 설치되어 있다. 일반적인 높이 : 직경의 최소비는 2 : 1이다.

(2)에 대하여

상의 단면 1m²에 대하여 상향식인 경우 2.5~6.8l/s, 하향식인 경우에는 2.0~3.3l/s의 수리학적 부하가 적용된다. 실제 운영시 압력은 상의 깊이 0.3m당 0.07kg/cm² 이상이 되는 경우가 드물다.

(3)에 대하여

상의 깊이는 주로 접촉시간에 따라 상당히 변하는데 3~12m 정도이다. 최소 깊이는 3m 이하가 되어서는 안 된다. 활성탄층의 깊이는 4.5~6m가 보통이며 역세척시나 유동상의 경우 10~50%의 팽창을 고려하여 여유고를 두어야 한다. 정해진 상의 팽창을 위하여 필요한 역세척수량은 활성탄의 입자크

기와 수온에 의하여 결정된다.

(4)에 대하여

어떤 규모의 처리장에서도 최소한 2개의 흡착탑을 병렬로 배치해야 한다. 이렇게 해야만 1개의 흡착탑을 재생시키거나 새로운 활성탄으로 교환할 때 나머지 1개로 하수처리를 계속할 수 있게 된다.

라. 역세척

활성탄 흡착탑은 역세척이 가능하도록 배관을 설계한다.

【해설】

활성탄흡착탑의 역세척은 흡착탑내에 축적된 부유물을 제거하기 위하여 충분한 양의 물을 통과시킴으로써 실시되는데 역세척률과 횡수는 수리학적 부하, 하수내 부유물질(SS)의 성질과 농도, 탄소입자의 크기 그리고 접촉방법에 의하여 좌우되는데 역세척 횡수는 시간간격, 손실수두, 탁도와 같은 운전 기준에 따라 결정되고, 역세척시간은 대략 10~15분이다.

하향식흡착탑은 유기물을 흡착 제거하면서 동시에 부유물을 여과시킬 수도 있다. 그러나 부유물의 축적때문에 역세척을 주기적으로 철저히 실시해야 한다. 일반적으로 역세척수의 양은 층의 두께가 0.8m인 경우 처리된 물의 5% 이하이며, 층의 두께가 4.5m인 경우에는 10~20% 정도 된다. 입상 활성탄에서 일반적인 역세척수의 유량은 8×12 혹은 12×30체눈(mesh)의 활성탄에서 8.2~13.7l/m²·초이다. 상향식의 충전상에서 축적된 부유물을 제거하기 위하여는 두 가지 단계를 거쳐야 한다. 먼저 상을 임시로 하향식으로 운영함으로써 바닥에 축적된 부유물을 느슨하게 하며, 그 다음에 상의 중앙에 축적된 부유물은 상을 팽창시켜서 제거해야 한다. 상향식 흡착탑을 역세척시키는 경우 상의 바닥이 부유물에 의하여 막히는 일 유방지를 위하여 역세척시간이 더 길어야 하고 수질이 좋은 물을 대량 사용해야 한다. 상향식인 충전상흡착탑의 역세척시간은 일반적인 흡착탑의 역세척 시간인 10~15분보다 두 배 더 길다. 흡착탑의 역세척과 제어를 함으로써 기기는 정수하게모래여과지에서와 거의 비슷하다. 상향식 및 하향식 흡착탑계 모두 비슷로써 밸브 및 배치가 층의되며 상향식 흡착탑은 하향식으로도 이하 될 수 있고 역세척이 가능하도록 배관되어야 한다. 각 흡착탑은 개별적으로 역세척이 가능하도록 배관하고 몇 개의 흡착탑이 연속으로 연결된 하향식에서는 개개의 흡착탑 위치를 상호 교환 가능하도록 밸브 및 배관을 하고, 직렬로 연결된 경우에는 흐름방향이 바뀔 수 있도록 배관해야 한다.

마. 제어장치

각각의 흡착탑은 유량 및 손실수두의 측정이 가능하도록 설계시 고려한다.

【해설】

흡착탑에 하수를 균등하게 공급하고 실제 활성탄과의 접촉시간을 알기 위하여 각 흡착탑에 유량측정장치를 설치해야 한다. 또한 흡착탑에서 수두손실을 파악하여 역세척의 필요성을 판단할 수 있어야 한다.

바. 미생물에 의한 영향

활성탄흡착시설의 설계시에는 미생물의 활동에 의한 영향을 고려한다.

【해설】

활성탄을 흡착제로 사용하여 하수를 처리하는 경우 흡착현상과 미생물의 활동에는 밀접한 관계가 있다는 것이 관찰되었다. 미생물도 흡착능력이 있으며 하수내의 유기물을 제거할 수 있는 능력이 있다. 따라서 흡착탑 내의 활성탄층에 미생물이 번식하여 실험실 결과에 의해서 예측했던 값보다 유기물 흡착능력이 50~100% 더 클 수도 있다. 이런 경우 예측했던 흡착능력이 다 소모된 후에도 미생물의 활동 때문에 흡착은 계속 일어나게 된다. 흡착탑에서 용존산소공급이 불충분하면 혐기성상태가 발생할 수도 있다. 이러한 경우 질산염, 황산염, 탄수화물 등의 산화물과 미생물에 의하여 잘 분해되는 유기물이 함께 존재하면 이들 산화물과 유기물이 혐기성 미생물에 의하여 반응하여 질소, 황화수소, 메탄가스 등이 발생하게 된다. 황화수소의 발생은 혐기성 상태 하에서 황산염을 환원시키는 박테리아에 의해서 일어나는데, 흡착탑내에서 환원상태는 체류시간이 너무 길거나 유입하수의 용존산소농도가 너무 낮으면 발생할 수 있다. 흡착탑내에서 황화수소 발생을 방지하기 위하여 다음과 같은 방법을 채택할 수 있다.

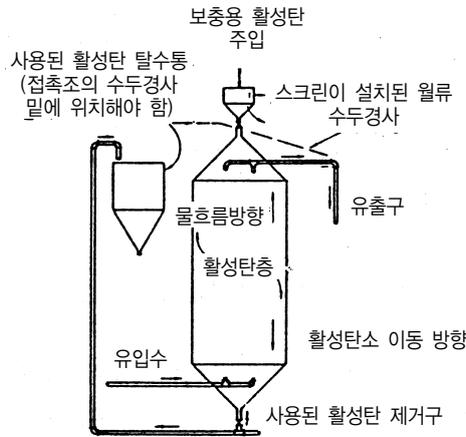
- ① 하수를 흡착탑에 유입시키기 전에 철저히 처리하여 BOD를 유발하는 유기물질을 가능한 한 많이 제거할 것
- ② 유출수의 용존산소농도에 근거해서 흡착탑에서 체류시간을 줄일 것
- ③ 유입수의 용존산소농도를 높게 유지할 것
- ④ 적당한 시간 간격을 두고 흡착탑을 역세척할 것
- ⑤ 상향식유동상에서는 흡착탑내부를 호기성으로 유지시키기 위하여 공기나 과산화수소를 주입할 것.

사. 활성탄의 공급 및 제거

활성탄 흡착탑을 설계할 때에는 흡착탑으로부터 활성탄제거, 흡착탑으로의 활성탄 공급에 필요한 시설을 고려한다.

【해설】

활성탄 흡착탑에서 사용된 활성탄은 제거되어야 한다. 하향식흡착탑에서는 모든 활성탄을 한꺼번에 제거하고, 다시 재생된 활성탄 또는 새로운 활성탄을 채운다. 그러나 상향식유동상흡착탑에서는 재생시키기 전에 활성탄을 철저히 이용하기 위하여 전체의 5~25%만을 한번에 제거한다. 흡착탑에서 활성탄을 제거할 때 층이 수평이 되도록 일정하게 제거해야 하는데 [그림 4.11]과 같이 흡착탑의 밑부분을 원추형으로 하고 물분사 설비를 하면 이 목적을 달성할 수 있다. 이때 활성탄층을 지지하기 위한 자갈이 활성탄과 함께 제거되지 않도록 주의해야 한다.



[그림 4.11] 상향식 흡착탑에서의 활성탄제거

아. 활성탄 재생설비

다량의 활성탄을 사용하는 경우에는 활성탄 재생설비를 갖추도록 설계시 고려한다.

【해설】

활성탄재생설비의 규모를 결정하기 위한 활성탄주입율은 흡착탑 유입하수의 수질과 요구되는 유출수의 수질에 따라 결정된다. 도시하수의 처리를 위한 활성탄주입량의 대표적인 값이 <표 4.10>에 주어져 있다.

<표 4.10> 활성탄 흡착탑의 유입수 수질에 따른 활성탄 주입량

전 처 리	활성탄 주입률(g/m ³)
응집, 침전, 여과된 활성슬러지 유출수	24~48
여과된 2차 유출수	48~72
응집, 침전, 여과된 유입하수	72~216

주: 각 재생사이클 동안의 활성탄 손실은 5~10%이다. 활성탄 보충량은 활성탄 주입량과 재생된 활성탄의 질에 의하여 좌우된다.

- ① 활성탄의 재생방법의 종류는 다음과 같다.
 - 피흡착제의 제거, 혹은 증발을 위해 낮은 압력의 증기통과
 - 용매로 피흡착제 추출
 - 열처리방법에 의한 재생
 - 산화가스에 활성탄을 노출시키는 방법
- ② 열처리법이 가장 널리 이용되는 재생방법으로 그 종류에는 로타리킬른, 다단로가 있다. 다단로는 충분한 온도를 가하여 재생시설에서 생성되는 일산화탄소, 수소를 태운다. 이 공정의 재생율은 90~95% 정도이며 재생된 활성탄은 새 활성탄과 거의 비슷한 흡착능을 갖는다. 다단로는 활성탄으로부터

터 흡착된 유기물을 제거하기에 가장 좋은 재생방법이다. 열처리법에 의한 운전차레는 다음과 같다.

- 활성탄 슬러리를 재생시설로 이송
- 흡착된 오염물을 산화, 휘발시키기 위해서 활성탄을 탈수 및 재생로로 이송
- 활성탄의 수냉각
- 미세입자 제거를 위한 수세척
- 재사용을 위한 활성탄 이동
- 연소가스 제거

【참고 4-5】 오존산화법

1) 오존산화법의 적용범위

오존산화법의 효과는 다음과 같다.

효과	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 색도제거 ◦ 약취제거 ◦ TOC, COD, 발포물질, 일부 n-핵산추출물의 제거 ◦ NO₂-N, Fe²⁺, Mn²⁺의 산화 ◦ 미생물 플록에 의한 탁도물질의 제거 ◦ 세균제거 ◦ 용존산소의 증대 ◦ 고분자 유기화합물의 저분자화
----	--

【해설】

오존처리는 유기물, 색도, 약취의 제거 및 살균 등에 광범위한 효과가 있다. 오존의 살균력은 이산화염소나 염소에 비하여 수십 배 강하기 때문에 더 효과적이며 수중에 암모니아가 존재하는 경우 염소는 암모니아와 반응하여 클로라민을 생성하므로 살균효과를 저하시키지만 오존의 경우는 이와 같은 문제가 없다. 그러나 유기물의 제거에는 오존의 산화특성(무기물까지 산화하기는 힘들다)상 한계가 있으며 다량의 오존을 필요로 하므로 처리비용도 높아진다. 오존산화처리에 의한 용존성 유기물의 제거는 유입수의 특성, pH, 오존가스의 접촉방법, 오존농도, 접촉시간 등에 따라 달라진다. 일반적으로 접촉시간 10~30분 정도의 반응조가 이용되고 오존은 반응조의 하부에서 유입된다. 유입되는 오존농도는 10~30 mg/l 정도이다.

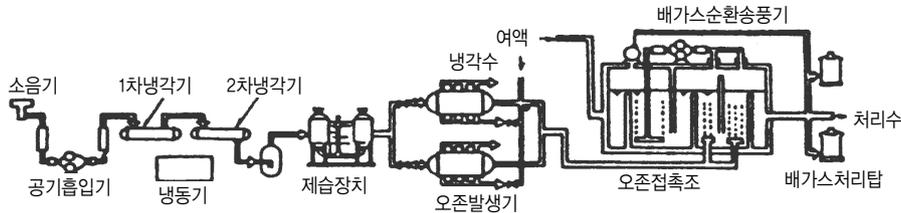
2) 오존산화시설의 구성

<p>오존산화시설은 다음의 세 공정으로 나누어진다.</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 원료공기제조공정 (2) 오존발생공정 (3) 오존반응공정

【해설】

오존은 불안정한 물질이고 기체상태에서 공기-오존 혼합기체의 오존농도가 30%를 넘으면 폭발하기

쉬워 염소와 같이 액체상태 또는 고농도, 고압력상태로 저장하는 것이 불가능하다. 따라서 현장에서 제조하여 사용한다. 오존처리공정은 다음 [그림 4.12]와 같으며, 원료공기정제공정, 오존발생공정, 오존반응공정의 세 단계로 나누어진다.



[그림 4.12] 오존산화시설의 공정도

(1)에 대해서

현재 주로 이용되는 오존발생방법은 유리 등의 유전체를 끼운 한 쌍의 전극간에 원료공기를 통과시켜 5~18kV의 전압을 가하는 무성방전법이다. 따라서 오존발생효율을 높이기 위해 오존발생기에 유입하는 공기는 무진의 건조공기이어야 한다. 원료공기는 필터에 의해 제진한 후에 제습효과를 높이기 위해 냉각장치에서 5℃ 정도까지 냉각한 다음에 제습용 흡착제를 충전한 제습장치에 의해 원료공기의 이슬점온도가 -50℃ 이하가 되도록 제습한다.

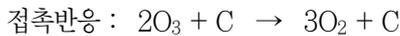
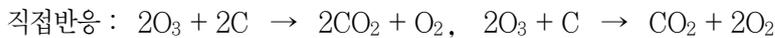
(2)에 대해서

오존발생방법은 여러 가지가 있으나 공업적으로 널리 실용화되어 있는 것은 무성방전법이다. 이 방법은 유리 혹은 세라믹과 같은 유전체를 끼워 넣은 전극간에 공기, 산소, 또는 산소농도를 높인 공기를 흘려보내면서 5~18kV의 교류고전압을 가하여 오존과 공기를 발생시키는 방법이다. 소비되는 전력의 상당 부분이 열로 전환되므로 발생장치를 냉각하기 위하여 열교환기가 필요하다. 오존발생장치는 에너지 효율이 나쁘고 공기를 원료로 할 경우 원료중 산소가 오존으로 전환되는 것은 1% 이하이다. 오존생성에 필요한 전력과 오존화 공기중의 오존농도와의 관계를 보면 과거에 비하여 오존생성에 필요한 전력이 줄어들고 있으며, 산소를 이용할 경우에는 공기를 이용하는 것보다 두 배 이상의 오존농도를 얻을 수 있다.

(3)에 대해서

오존화공기는 오존농도가 낮고 물에 대한 용해도도 작으므로 수중에 효율적으로 용해시켜 처리대상 물질과 반응시킬 필요가 있다. 오존반응조는 각종 가스흡착탑 흡수용으로 이용되고 있는 장치를 이용할 수 있으나 오존함유기체를 하부에서 산기장치를 이용하여 수중으로 분산시키는 기포탑방식이 일반적으로 이용되고 있다. 하수성상에 따라 다르나 반응조 체류시간은 평균 10분~30분 정도이다. 배출 오존은 순환시키고 일부는 무해처리하여 배출한다. 순환시킬 경우 먼저 유출층의 반응조에서 물과 접촉시켜 배출오존을 유입적으로 재순환시키는 방식이 효율적이며 몇 몇 정도의 흡수효율이 얻어진다. 단, 순환용 설비비, 운전동력비의 흡수효율개선에 의한 비용회수 용회성이 검토되어야 한다. 오존반응탑에서 배출되는 미반응의 오존은 광화학 스모그의 원인이 되므로 반드시 처리하여야만 한다. 이 처리

방법으로는 활성탄접촉법이 널리 이용되고 있다. 활성탄에 의한 미반응 오존의 분해는 다음 식과 같이 활성탄과 오존의 직접반응과 활성탄표면에서의 촉매적 접촉분해가 병행되어 일어난다.



미반응 오존분해장치의 크기는 활성탄 단위중량당 오존의 분해량 4g 정도, 선속도 300 ~600m/h 일 때 활성탄의 교환빈도를 고려하여 결정한다.

[참고 4-6] 하수처리시설 방류수의 생태독성

1) 도입배경

배출원의 유해화학물질 농도 및 독성 저감 필요성이 증대됨에 따라 우리나라에서도 선진국에서 운용하고 있는 산업폐수 생태독성 배출 허용제도 도입의 필요성이 인식되어 2007년 12월 수질 및 수생태계보전에 관한 법률 시행령 개정을 통해 유해화학물질을 배출하는 35개 업종 및 폐수종말처리시설에 대해 2011년도부터 생태독성 배출허용기준을 적용토록 하였다.

한편, 국내에는 2008년 12월 기준으로 403개의 하수처리시설이 운영되고 있으며, 매일 23,816,100톤의 방류수가 하천으로 배출되고 있다. 이 양은 국내 산업폐수 배출량인 2,687,000톤의 약 8배에 해당하는 양이다.

하수처리시설 방류수는 산업폐수와는 달리 생태독성 관리대상에서 제외가 되어 현재는 생태독성 방류수 수질기준이 없는 상태이다. 그러나 하수처리시설은 다양한 종류의 산업폐수를 연계처리하고 있으며, 개별배출시설에서 전처리를 통해 공공처리시설로 유입시키고는 있으나, 유해화학물질을 완벽하게 처리하여 방류하기는 어려운 실정이다.

따라서 생태독성관리제도의 도입취지와는 달리 다양한 종류의 유해화학물질이 하수처리시설을 거쳐 수계로 유입될 가능성이 높다.

지금까지 수질은 이화학적인 분석방법을 통해 관리되어왔다. 그러나 현재 10만종에 이르는 수많은 물질들을 이화학적인 방법으로 분석하기에는 분석업무증가 등 제반 사회비용이 크게 증가하게 된다.

또한, 기존의 연구결과 생태독성과 화학독성의 상관관계는 거의 없으며, 생태독성은 화학분석을 통해 나타나는 독성보다 높은 결과를 나오는 것으로 나타나기 때문에 개별물질별 규제구결과 생태현존하는 수많은 화학물질을 일일이 관리하기가 사실상 불가능하다. 그러나 생물독성평가구결은 미량 화학물질의 영향, 화학물질간의 상호작용 그리고 생물상관관성 등을 포함하는 총괄물질영향을 평가할수 있으므로 수생태계에 대한 안전성을 평가할 수 있는 구결이라 볼 수 있다.

2) 하수처리시설 방류수 수질기준에 생태독성 적용

하수도법 제3조 제1항 제2호와 관련된 시행규칙 별표 1의 하수처리시설의 방류수수질기준에 생태독성(TU) 1을 추가하였으며, 생태독성 방류수수질기준은 물벼룩에 대한 급성독성시험을 기준으로 하고,

“수질 및 수생태계 보전에 관한 법률” 시행규칙 별표 13 비고3의 규정을 적용받는 시설의 폐수가 유입 되는 1일 하수처리용량 500m³ 이상인 하수처리시설에서만 해당되며, 2011.1.1부터 시행한다.

3) 물벼룩을 이용한 독성시험법 관련 용어의 정의

관련시험법은 수질오염공정시험법을 참조한다. 생태독성과 관련된 용어를 정리하면 다음과 같다.

① 반수영향농도(EC₅₀, median effective concentration)

일정시험기간 동안 시험생물의 50%가 유영저해를 일으키는 시료농도(시험수 중 시료의 함유율 %)이다.

② 생태독성값(TU, toxic unit)

단위시험기간 시험생물의 50%가 유영저해를 일으키는 농도(시험수 중 시료 함유율 %)인 EC₅₀을 100/EC₅₀으로 환산한 값을 말한다. 단, 100% 시료에서 물벼룩의 0~10%에 영향이 있을 경우에는 TU를 0으로 하고, 물벼룩의 10~49%에 영향이 있을 경우에는 0.02×영향 받은 퍼센트로 TU를 계산한다(예 : 100% 시료에서 물벼룩의 25%에 영향이 있는 경우 0.02×25 = 0.5TU가 된다).

$$TU = \frac{100}{EC_{50}(\%)} \dots\dots\dots (4.22)$$

제 5 장

슬러지처리시설

제5장 슬러지처리시설

5.1 총 설

하수도정비의 진전으로 생활환경의 향상과 공공용수역에 수질개선 등의 성과를 달성할 수 있게 되었지만, 하수도정비에 따라 하수처리량이 증대하고 혹은 고도처리에 의해 수처리 과정에서 발생하는 슬러지량 또한 증가하고 있다. 슬러지는 하수처리과정에서 반드시 발생하는 것이므로 발생한 슬러지를 효율적, 안정적, 영구적으로 처리해야 한다.

일반적으로 슬러지 성상은 수분외에 자연석에 근접한 무기물조성과 비료가 될 수 있는 유기물로 구성되어 있으며, 유기물당 석탄과 비슷한 발열량을 내는 유용한 자원이다. 이와 같은 특성을 갖는 슬러지의 바람직한 처리형태는 녹지 및 농지이용, 건설자재 및 에너지이용 등으로 유효하게 이용될 수 있다. 또한, 사회경제활동의 고도화로 폐기물 발생량의 증대, 폐기물최종처분장의 신규입지 확보의 어려움 등으로 최종처분장의 잔여공간 부족 현상이 예상된다. 따라서 최종처분량을 줄이기 위해서는 하수슬러지의 효율적 처리 및 유효이용 등의 방법으로 감량화를 추진할 필요가 있다.

향후에는 온실가스인 이산화탄소, 메탄, 일산화이질소 및 다이옥신류 등의 배출억제에 한층 더 총력을 기울여야 하며, 소화가스발전 및 슬러지소각열의 유효이용에 의한 자원순환형 사회형성을 위하여 하수처리의 에너지 절약화 및 하수도의 자원 에너지화에 적극적인 활용과 노력이 필요하다.

5.1.1 슬러지처리시설 용량

슬러지처리시설 용량은 계획발생슬러지량을 기초로 하여 각 슬러지처리시설로부터 반송되어 순환하는 고품 물량을 고려한 시설계획슬러지량 및 운전방법을 감안하여 산정한다.

【해설】

하수처리과정에서는 수중 부유물이 물로부터 분리되어 별도로 처리 및 처분되는데 이것이 슬러지(sludge)이다. 슬러지는 수중의 부유물이 중력작용에 의하여 침전지의 바닥에 침전한 고형물로서 고품 물의 양에 비하여 훨씬 많은 양의 수분을 함유한다. 이와는 반대로 부력에 의해서 침전지의 표면에 뜬 것을 스크(scum)이라고 하고, 스크린에 걸린 큰 부유물을 헤파물(screenings)이라고 하는데 이들도 통상 슬러지와 함께 처리되므로 광의적으로 슬러지에 포함시킨다. 하수처리과정에서 발생한 슬러지는 유기물을 다량 포함하므로 그대로 방치하면 부패하여 악취를 유발한다. 또한, 위생 및 환경오염의 관점에서 위해성을 잠재하고 있으므로 슬러지의 부패를 감소시키고 안정화시킨 후에 최종 처분하여야 한다.

슬러지처리시설의 처리용량은 수처리시설, 고도처리시설 및 우수저류지 등에서 발생하는 계획발생슬러지에 각 슬러지처리시설로부터의 반송 및 처리과정에서 발생하는 증감량을 고려하여 정한다.

계획발생슬러지량은 <표 5.1.1>에 나타낸 바와 같이 수처리 방식에 따라 다르다. 또한, 표준활성슬러지법과 비교해 볼 때 응집제첨가활성슬러지법은 약 2배 정도 슬러지발생량이 증가하고, 혐기호기활성슬러지법은 표준활성슬러지법과 비슷한 정도로 슬러지가 발생하며 순환식질산화·탈질산화법보다는 약 2% 정도 슬러지발생량이 감소한다는 사례가 있다.

<표 5.1.1> 처리방법별 제거SS량당 슬러지발생률

수처리방법	발생률	제거SS량당 슬러지발생률 (%)
표준활성슬러지법		100
회분식활성슬러지법(고부하)		100
회분식활성슬러지법(저부하)		75
산화구법		75
장기포기법		75
호기성여상법		100
접촉산화법		93
회전생물접촉법		93

자료 : 하수오니처리종합계획책정 매뉴얼, 일본하수도협회, 1991.

활성슬러지법에 있어서 계획발생슬러지량은

- (1) 일차침전지에서 제거되는 고형물량과
- (2) 생물반응조 및 이차침전조에서 제거 및 생성되는 고형물량의 합으로 계산되지만, 여기에서 (2)에 의해 생성되는 고형물은 다음과 같이 분류된다.
 - 1) 하수중에 포함된 고형물중 미생물에 이용되지 않는 불활성한 것
 - 2) 하수중의 유기물중에서 미생물에 이용되고 균체로 전환되는 것
 - 3) 수처리과정에 있어 새롭게 추가된 약제 등이 고형물화된 것
 이와 같은 1)~3)의 값은 하수의 특성, 수처리방식, 수처리 및 슬러지처리에 첨가하는 약제 등에 의해 달라진다.

활성슬러지법에 있어 잉여슬러지 발생량(ΔX) 예측식으로는 식(5.1.1)이 있다.

$$\Delta X = a \cdot \text{용해성 BOD량} + b \cdot \text{SS량} - c \cdot \text{MLSS량} - \text{방류수 중 SS량} \dots\dots\dots (5.1.1)$$

여기서, a : 용해성BOD량에 대한 슬러지 전환율

b : SS에 대한 슬러지전환율

c : 활성슬러지 미생물의 내생호흡에 의한 감량을 나타내는 계수

식(5.1.1)은 생물반응조의 SS가 그대로 슬러지가 되고, 여기에 용해성 BOD로부터 전환된 슬러지가 첨가된 것에서 활성슬러지 미생물의 내생호흡에 의한 슬러지감량분 및 방류수중의 SS를 배제한 것이다.

그러나, 실용적으로는 수처리시설 전체에서의 슬러지발생량은 SS제거량을 기준으로 한 식(5.1.2)로 계산해도 된다.

$$\begin{aligned} \text{계획발생슬러지량(고형물량 t/d)} &= \text{계획1일최대오수량(m}^3\text{/d)} \\ &\quad \times \text{계획유입 SS농도(mg/l)} \times 1/10^8 \\ &\quad \times \text{수처리시설에서의 종합 SS제거율(\%)} \times m \dots\dots\dots (5.1.2) \end{aligned}$$

여기서, m : 제거 SS량당 슬러지발생률

식(5.1.2)에서 제거SS량당 슬러지발생률은 수처리방식에 따라 다르고, 표준활성슬러지법의 경우 1.0으로 하고, 장기포기법이나 산화구법 등은 1.0보다 작은 값을 이용한다(표 5.1.1 참조). 수처리시설에서 총SS제거량은 <표 5.1.2>와 같다.

<표 5.1.2> 처리방법별 제거율

처리과정	처리방법	BOD(%)	SS(%)	COD(%)	비 고
일차처리	침전법	30~50	40~60	30~50	
이차처리	표준활성슬러지법	90~95	90~95	75~85	산소활성슬러지법, 호기성여상법, 접촉산화법 및 일차처리를 생략한 산화구법, 장기포기법, 회분식활성슬러지법 등은 비슷한 처리효율을 나타냄

또한 용해성 BOD가 일반적인 하수와 비교할 때 높은 경우나 급속여과법등의 고도처리 및 우수저류지에서 제거되는 슬러지량은 별도로 고려한다. 그리고, 습윤상태의 계획발생슬러지는 다음 식(5.1.3)으로 구한다.

$$\begin{aligned} \text{계획발생슬러지량(m}^3\text{/d)} &= \text{계획발생슬러지량(고형물량 t/d)} \\ &\quad \times 100/\text{슬러지농도(\%)} \div \text{비중량(t/m}^3\text{)} \dots\dots\dots (5.1.3) \end{aligned}$$

슬러지농도는 <표 5.1.3>과 같으며, 일반적인 습윤상태의 슬러지 비중은 1.0t/m³로 한다.

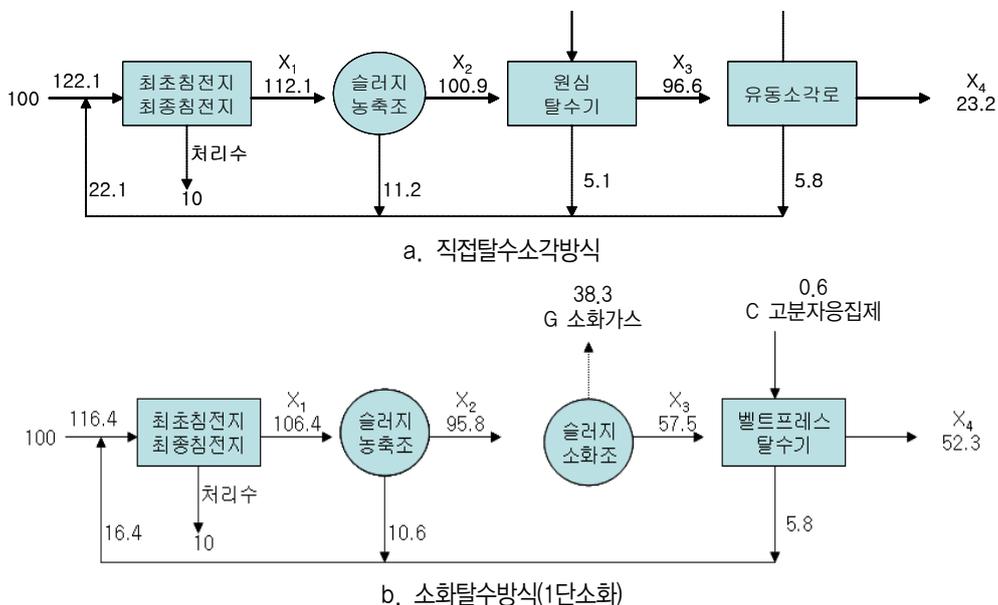
슬러지 처리시설에서 하수처리시설로 반송되는 상정수, 탈리액, 여액 등에 의한 SS부하량은 슬러지 처리방식이나 운전상황에 따라 유입하수에 수반되는 SS의 부하량에 대하여 100% 이상 해당하는 경우도 있으나, 양호한 슬러지처리가 되면 20~40% 정도에 해당한다. 또한 BOD부하량도 20% 이하로 된다.

〈표 5.1.3〉 처리방법별 슬러지농도

수처리방법	슬러지농도	제거SS량당 슬러지발생률 (%)		
		초침슬러지	잉여슬러지	혼합슬러지
표준활성슬러지법		2~4	0.5~1.0	1.0
회분식활성슬러지법(고부하)		-	1.0	-
회분식활성슬러지법(저부하)		-	0.5~1.0	-
산화구법		-	0.5~1.0	-
장기포기법		-	0.5~1.0	-
호기성여상법		-	-	1.0
접촉산화법		2	0.8	1.0
회전생물접촉법		2	0.8	1.0

각 슬러지 처리시설의 용량 산정시에는 각 시설에서의 반송부하나 가스화 등에 의한 감소, 약품첨가 등에 의한 증가를 고려한 슬러지 처리시설 전체의 고�형물 물질수지를 기초로 슬러지의 함수율, 체류시간, 운전시간 등을 고려해야 하며 반송되는 고�형물량은 최소한의 양을 계획슬러지량에 고려하도록 한다. 특히 슬러지 탈수설비는 처리장내에 반송되는 슬러지의 양이 증가되지 않도록 하기 위한 중요한 시설이므로 탈수능력 설정시에는 슬러지의 함수율이나 질의 변동을 고려하여 결정해야 한다.

실태조사에 따른 고�형물수지의 예는 [그림 5.1.1]과 같다. 여기에서 a는 직접탈수소각방식(농축-원심탈수-유동소각로)의 경우이고, b는 소화탈수방식(농축-소화-벨트프레스탈수)의 경우를 나타낸다.



[그림 5.1.1] 고�형물수지(활성슬러지공법)

유입하수에 의한 부하를 100으로 하고, a에서는 반류수에 의한 부하 22.1과 합한 부하 122.1가 수처리시설로 부하된다. 이중 처리수로서 방류되는 부하 10을 뺀 부하 112.1가 슬러지처리장치에 부하된다. 슬러지는 농축, 감량화 되어 이 분리액의 부하 11.2가 수처리시설로 반송되어, 탈수기로는 100.9이 부하된다.

슬러지 탈수를 거치면 96.6가 소각처리되고 처리과정중에 발생하는 여액에 의한 부하 5.1가 수처리시설로 반송된다.

슬러지소각에따라 부하 67.6이 연소가스화되어 감소되고, 부하 23.2가 시설 밖으로 방출되고, 스크러버 배수에 의해 부하 5.8이 수처리시설로 반송된다.

동일하게 b의 경우는 슬러지처리시설로 116.4의 부하가 걸리게 되고, 이중 38.3에 해당하는 부하가 가스화되어 감소된다.

슬러지 처리시설의 고품질 물질수지를 구하기 위해서는 각 처리과정의 고품질 회수율을 알아야 하는데, 이것은 전후의 처리과정이나 슬러지 성상에 따라 변동된다. <표 5.1.4>에는 양호한 처리가 이루어진 경우의 처리공정별 고품질 회수율의 예를 나타내고 있다.

<표 5.1.4> 각 처리공정의 고품질 회수율의 예

처리공정	고 형 물 회 수 율
슬러지농축	중력농축(혼합슬러지, 최초슬러지) 80~90% 원심 및 벨트식 농축 90%전후 부상농축(가압부상) 85~95% 부상농축(상압부상) 95%이상
슬러지소화	가스화 등에 의한 고품질 감소율 30~40%
소각	가스화 등에 의한 고품질 감소율 40~80% 소각후의 회수율 80~90%
슬러지탈수	가압탈수, 벨트프레스 95%전후 원심탈수기 95%전후

[계산 예] 각 시설의 계획슬러지량의 산정

유입고형물량을 100으로 가정하고, 계획발생슬러지량 D를 90으로 한 경우 각 시설의 고품질회수율을 <표 5.1.4>로 부터 다음과 같다고 하면(<그림 5.1.1> 참조),

슬러지 농축조의 고품질 회수율	r_1	90%	90%
슬러지 소화조의 고품질 감소율	r_{G1}	—	40%
슬러지 탈수설비의 고품질 회수율	r_2	95%	90%
슬러지 탈수설비의 응집제 투입률	r_c	0.8%	1.0%
소각로에서의 고품질 감량	r_{G2}	70%	—
소각로의 고품질 회수량	r_3	80%	—

[그림 5.1.1] a [그림 5.1.1] b

이상으로부터 [그림 5.1.1] a의 경우 각 시설의 계획 슬러지량 $X_1 \sim X_4$ 는 다음과 같이 구해진다. 슬러지처리계로부터 반송수의 고형물함량을 R로 하고, 그 전량이 다시 슬러지처리계로 들어간다고 할 때,

$$\begin{aligned} R &= (D+R) \cdot \{(1-r_1) + r_1 \cdot (1+r_c) \cdot (1-r_2) \\ &\quad + r_1 \cdot (1+r_c) \cdot r_2 \cdot (1-r_{G2}) \cdot (1-r_3)\} \\ &= (90+R) \cdot \{(1-0.9) + 0.9 \cdot (1+0.008) \cdot (1-0.95) \\ &\quad + 0.9 \cdot (1+0.008) \cdot 0.95 \cdot (1-0.7) \cdot (1-0.8)\} \\ &= (90+R) \times 0.197 \\ \therefore R &= 22.1 \end{aligned}$$

슬러지농축조	$X_1 = D + R = 90 + 22.1 = 112.1$
슬러지탈수기	$X_2 = X_1 \cdot r_1 = 112.1 \times 0.9 = 100.9$
응집제주입량	$C = X_2 \cdot r_c = 100.9 \times 0.008 = 0.8$
소각로	$X_3 = X_2 \cdot (1+r_c) \cdot r_2 = 100.9 \times (1+0.008) \times 0.95 = 96.6$
소각로 고형물량	$G = X_3 \cdot r_{G2} = 96.6 \times 0.7 = 67.6$
소각재	$X_4 = (X_3 - G) \cdot r_3 = (96.6 - 67.6) \cdot 0.08 = 23.2$

또한 [그림 5.1.1] b의 경우 각시설의 계획슬러지량 $X_1 \sim X_4$ 은 다음과 같이 된다. [그림 5.1.3] a와 같이 슬러지처리계로부터의 반송수중의 고형물량을 R이라 하고 그 전량이 다시 슬러지처리계로 들어간다고 할 때,

$$\begin{aligned} R &= (D + R) \cdot \{(1-r_1) + r_1 \cdot (1-r_1) \cdot 1 \cdot (1+r_c) \cdot (1-r_2)\} \\ &= (90+R) \cdot \{(1-0.9) + r_1 \cdot (1-0.4) \cdot 1 \cdot (1+0.01) \cdot (1-0.90)\} \\ &= (90+R) \times 0.154 \\ \therefore R &= 16.4 \end{aligned}$$

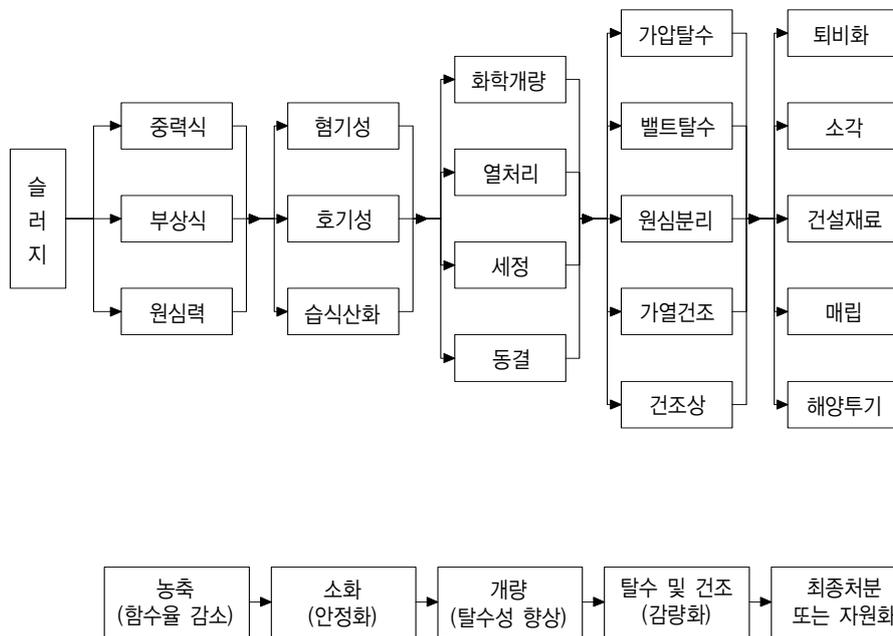
슬러지농축조	$X_1 = D + R = 90 + 16.4 = 106.4$
슬러지소화조	$X_2 = X_1 \cdot r_1 = 106.4 \times 0.9 = 95.8$
고형물감소량	$G = X_2 \cdot r_{G1} = 95.8 \times 0.04 = 38.3$
슬러지탈수기	$X_3 = X_2 - G = 95.8 - 38.3 = 57.5$
응집제주입량	$C = X_3 \cdot r_c = 57.5 \times 0.01 = 0.6$
탈수슬러지량	$X_4 = X_3 \cdot (1+r_c) \cdot r_2 = 57.5 \times (1+0.01) \times 0.9 = 52.3$

5.1.2 슬러지 처리 및 처분방법

슬러지의 처리 및 처분 방법은 슬러지의 특성, 처리효율, 처리시설의 규모, 최종처분방법, 입지조건, 건설비, 유지관리비, 관리의 난이도, 재활용 및 에너지화 그리고 환경오염대책 등을 종합적으로 검토한 후 지역특성에 적합한 처리법을 평가하여 결정한다.

【해설】

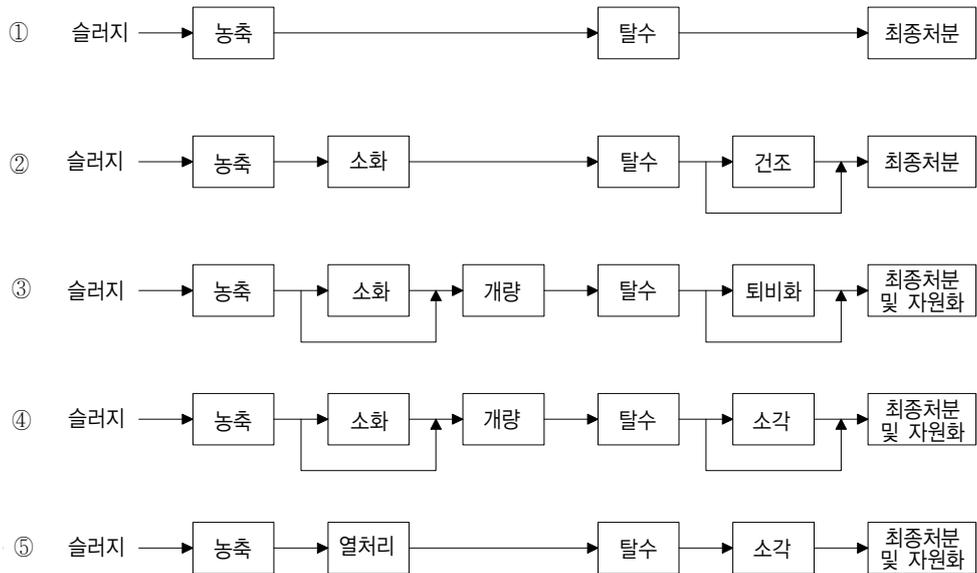
슬러지의 처리방법에는 농축, 개량, 소화, 탈수, 소각 등 여러 가지가 있으며 이들 방법은 통상 [그림 5.1.2]에 주어진 바와 같은 계통을 따른다.



[그림 5.1.2] 슬러지 처리 계통도

그러나, 반드시 [그림 5.1.2]에 주어진 순서를 지킬 필요는 없으며 [그림 5.1.3]에 주어진 바와 같이 요구되는 방법을 선택조합하여 사용할 수 있다. 슬러지 처리시설의 건설비 및 유지관리비는 매우 높으므로 소화가스를 이용하거나 슬러지를 재활용 하여 최종처분 부산물의 슬러지자원화, 에너지화하는 등의 방법을 최대한 고려하여 경비를 절감하도록 노력하여야 한다.

슬러지의 최종처리·처분방법에는 [그림 5.1.3]과 같은 여러 방법이 있으며 현재 우리나라에서는 주로 슬러지 탈수 후 해양배출을 하거나 ②번과 같은 농축→소화→탈수→육상매립의 형태를 취하고 있으나 해양배출 금지 또는 육상매립 축소가 예상된다. 따라서 앞으로는 슬러지의 VS함량, 매립지의 확보 가능여부 등을 충분히 고려하여 슬러지의 재사용(퇴비화 등), 건조, 소각을 이용한 경제적인 최종처리·처분이 이루어져야 할 것이다. 각 방법별 특징을 설명하면 다음과 같다.



[그림 5.1.3] 슬러지 처리·처분방법의 예

①의 방법은 슬러지를 함수율만 낮추어서 최종 처분하는 것으로, 슬러지내의 유기물이 안정화되어 있지 않으며 위생적으로도 안전하지 못하나 소규모시설에 이용가능하다. 원심농축탈수기를 이용하여 별도의 농축공정 없이 직접 탈수하기도 한다.

②의 방법은 슬러지를 소화시킨 후 탈수·건조시켜 최종 처분하는 것으로 유기물을 안정화시키고 슬러지 부피도 감소시킬 수 있다. 보통 슬러지의 건조를 위해서는 건조기나 건조상을 이용하여야 하지만 경제성 또는 부지확보의 어려움 때문에 잘 적용하지 않는다.

③의 방법은 탈수케익을 퇴비로 사용하는 것으로 탈수케익은 함수율이 높아 퇴비가 곤란하므로 수분함량을 조정하여야 한다. 슬러지를 녹지에 투여하는 경우에는 슬러지의 직접 주입이 고려되는 경우도 있다.

④의 방법은 탈수 후 소각하는 방법으로 도시지역 등과 같이 매립지 확보가 어렵거나 매립처리가 어려운 경우에 검토할 필요가 있다. 슬러지를 소각하는 경우에 혐기성 소화의 채택 여부는 슬러지 소화시 슬러지의 감량화로 인한 후속 처리시설규모의 축소, 소화가스의 이용, 슬러지의 저류효과 등의 장점과 수처리시설에 미치는 상징수의 영향, 슬러지 발열량의 저하, 가온의 필요성, 부지면적, 시설의 복잡정도 등의 단점을 종합적으로 판단해서 결정한다.

⑤의 방법은 열처리에 의해 탈수성을 향상시키는 것으로, 가열에너지가 필요하므로 슬러지 소각시 발생하는 폐열 이용을 전제로 하며 탈리액은 BOD가 높고 슬러지에서는 독특한 악취가 난다. 또한, 유지관리가 어려운 단점이 있다.

슬러지의 각 단위공정에 의한 슬러지 부피의 감량화 계산 예를 <표 5.1.5>에 나타내었다. 슬러지의 농축, 소화, 개량, 탈수 및 소각 등의 처리방법에 관해서는 5.4~5.9를 참조하면 된다. 슬러지의 최종

처분방법으로는 매립, 퇴비화, 소각재의 이용 등이 있다.

이상의 설명과 같이 하수슬러지의 처리 및 처분에는 여러 가지 방법이 있으나 궁극적으로는 최종 부산물의 자원화를 목표로 감량화가 이루어져야 한다. 슬러지 부산물의 자원화 방법으로는 건설자재로의 이용과 녹·농지 이용 등을 들 수 있는데 제품의 안전성과 유통과정에 대한 충분한 검토가 있어야 한다.

〈표 5.1.5〉 슬러지 처리공정에 따르는 잉여슬러지의 부피감소의 계산 예

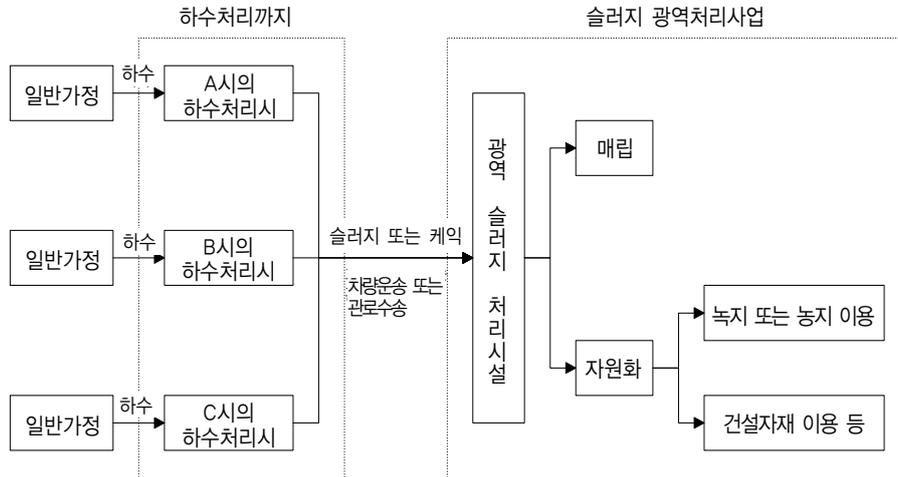
처리 공정	조 건		부피감소율		비 고
			전체 ¹⁾	DS ²⁾	
잉여슬러지	함수율	99%	100 (1)	1	
농 축	농축후함수율	97%	33 (1/3)	1	$\text{농축후의 부피} = \frac{\text{DS}}{100 - \text{함수율}} \times \frac{1}{100}$ $= \frac{1}{0.03} = 33$
소 화	VSS 소화율 소화후함수율	60% 50% 96%	18 (1/6)	0.7	$\text{소화후의 DS} = 1.0 \times 0.6 \times 0.5 + 1.0 \times 0.4 = 0.7$ $\text{소화후의 부피} = \frac{0.7}{0.04} \approx 18$
탈 수	약품주입률 탈수후함수율	30% 78%	4 (1/25)	0.9	$\text{탈수후의 DS} = 0.7 \times 1.3 \approx 0.9$ $\text{탈수후의 부피} = \frac{0.9}{0.22} \approx 4$
소 각	외관비중	0.8	0.8 (1/125)	0.6	$\text{소각감량분} = \text{케익중의 유기성분}$ $= 1.0 \times 0.6 \times 0.5 = 0.3$ $\text{소각후의 무게} = 0.9 - 0.3 = 0.6$ $\text{소각후의 부피} = \frac{0.6}{0.8} \approx 0.8$

주: 1) 잉여슬러지 전체부피에 대한 부피감소율, ()는 분수 표시
2) DS : 건조슬러지

효과적인 감량화 방법으로는 소각을 고려할 수 있는데 이 경우 환경오염 방지시설이 필요하다. 또 슬러지 반출 및 작업환경 등의 공해대책을 고려하여 설계 및 시공되어야 한다.

효과적인 슬러지 처리·처분을 위하여 슬러지 광역처리도 고려할 필요가 있다. 슬러지의 광역처리란 여러 개의 중·소규모 하수처리시설에서 발생하는 슬러지를 수송관이나 운반차량에 의해 한 곳의 처리장에 모아 처리하는 방법으로 그 개념을 (그림 5.1.4)에 나타내었다. 슬러지 광역처리의 장점으로는 광역화로 처리의 경제성이 높아지며 악취 등의 환경문제를 최소화시킬 수 있고, 슬러지의 자원화를 추진하기 유리하다는 점을 들 수 있다. 슬러지 광역처리를 실시할 때의 대표적인 수송방법으로는 탈수슬러지의 운반, 액상 슬러지의 운반, 수송관에 의한 수송을 고려할 수 있다. 탈수슬러지는 양이 적으므로 다량의 슬러지가 발생하는 경우에 적합하며, 액상슬러지 운반은 비교적 소규모 처리장에서 발생하는

슬러지에 적합하다. 수송관에 의한 장거리 수송은 발생량이 많을 때 장기적인 관점에서 유리하며 수송 슬러지 농도는 1% 내외가 적당한 것으로 알려져 있다. 이는 슬러지의 농도가 증가하면 마찰손실이 급격히 증가되기 때문이다.



[그림 5.1.4] 하수슬러지 광역처리사업의 개념도의 예

5.1.3 반류수 처리

슬러지처리의 각 처리공정에서 발생하는 반류수는 일반적으로 수처리시설로 보내어 처리하든지 필요에 따라 반류수 단독처리를 한다.

【해설】

슬러지의 각 처리공정에서 생성된 농축분리액, 소화탈리액, 탈수여액 등을 총칭하여 반류수라고 한다. 일반적으로 수처리시설로 보내어져 처리한다. 각 처리과정에서 발생하는 반류수에 대하여 주의해야 할 수질항목은 다음과 같다.

농 축 : SS, 질소, 인

혐기성소화 : 질소, 인, COD

탈 수 : 탈수까지의 처리공정에 따라 달라지나, 소화공정이 있는 경우에는 질소, 인

소각, 용융 : 중금속(저비등점의 것), 다이옥신류, 시안

개개의 처리장으로부터 발생하는 슬러지만을 처리하는 경우에는 슬러지처리로부터 발생하는 반류수의 부하를 고려한 수처리시설을 설계하기 위해 일반적으로 반류수가 수처리시설에 악영향을 주지 않는다. 그러나, 반류수의 수량 및 수질이 시간적변동이 큰 경우는 반류수저류조를 설치하여 반류수를 저류시켜 일정량의 반류수가 처리시설로 유입되도록 할 필요가 있다. 반류수는 침사지 혹은 일차침전지

의 유입부로 반송하는데, 침사지로 반송하는 경우에 반류수를 포함하지 않는 유입하수를 채수할 수 있게 배려해야 한다.

또한, 수처리시설과 슬러지처리시설과의 시설간을 순환하는 반류부하를 감소시키는 방법으로는 반류수를 단독으로 처리하는 방법이 있다. 다른 처리장으로부터 슬러지를 받는 경우 혐기성처리를 하는 경우는 반류수의 BOD, SS, COD, 질소 및 인의 부하량이 높아지므로 단독으로 반류수를 처리하든지 적절한 전처리를 하여 수처리시설로 반송하는 방법도 있다. 특히 모아진 슬러지만을 처리하는 처리장은 상세한 검토가 필요하다.

반류수를 단독처리하는 경우 처리수질을 유입수질까지 처리한 후 2차처리시설로 반송시키는 방법과 직접방류가 가능한 정도까지 처리하는 방법이 있으나, 처리비용등의 경제성 과 처리수질의 안정성 등에 대하여 종합적인 판단을 하여 결정할 필요가 있다.

5.2 슬러지의 수송 및 저류

슬러지의 수송방식으로는 일반적으로 슬러지관에 의한 관로수송방식과 진공차나 트럭에 의한 차량수송방식이 있다. 슬러지를 액상으로 수송할 때는 관로수송이나 진공차를 이용하고, 탈수슬러지 등의 고체슬러지로 수송할 때는 트럭을 이용한다. 관로수송방식은 슬러지의 대량 수송이 가능하지만 시설의 건설, 유지관리가 필요하다. 차량수송방식은 액상의 슬러지의 대량 수송은 부적합하지만 개별처리장에 있어 특별한 시설이 불필요한 소규모하수도에 적합하다. 관로수송방식은 슬러지의 대량 수송이 가능하지만 시설의 건설, 유지관리가 필요하다. 차량수송방식은 액상의 슬러지의 대량 수송은 부적합하지만 개별처리장에 있어 특별한 시설이 불필요한 소규모하수도에 적합하다.

관로수송방식으로 액상슬러지를 수송할 때는 시설간의 연계가 원활하게 하기 위해 증계기능을 하는 슬러지펌프나 슬러지저류조가 필요하다.

관로 수송방식에 의한 슬러지 수송은 수처리시설과 슬러지처리시설이 같은 장소에 계획되어 있는 경우 비교적 단거리에 있으나, 경우에 따라서 멀리 떨어져 있는 곳으로 이동시켜 집약하여 처리할 때는 가능하면 신선한 슬러지를 빠른 시간에 보내야 한다.

하수처리시설에서는 침전지나 슬러지농축조로부터 슬러지 소화조로, 2차침전지에서 포기조로 또는 슬러지 소화조에서 슬러지 저류조나 탈수시설로 슬러지를 수송해야 한다. 이때 사용되는 펌프를 선택할 때에는 1차슬러지, 반송슬러지, 잉여슬러지 및 소화슬러지 등과 같은 슬러지의 종류, 점성, 유속, 농도 및 수두 등을 고려하여야 한다.

이상의 여러 가지 요소를 모두 만족시키는 펌프는 거의 없으므로 실제 하수처리시설에서는 한 종류의 펌프만을 사용할 수 없는 경우가 대부분이다.

슬러지 수송관이 단거리인 경우는 1계열로 설치하는 경우가 대부분이나 각 시설을 하수도 보급에 맞추어 단계적으로 건설하는 경우는 유지관리상 수송관을 2계열로 분리하여 설치하는 것이 편리할 때

도 있다. 수송관이 장거리인 경우는 관로의 도중에 예기치 못했던 사고가 일어날 위험성이 있으므로 2계열로 하는 것이 바람직하다. 2계열로 하는 경우는 각각 별도 노선으로 하여 필요에 따라 연결관을 설치하면 안전성이 높고 유지관리상 어느 한 계열이 사고로 슬러지를 수송할 수 없는 경우라도 지장을 받지 않게 된다. 하수처리시설내에 설치되는 슬러지관은 비교적 단구간이므로 1계열로 하는 경우가 많은데 이는 2계열로할 경우 교대운전이나 1계열의 장시간 미사용으로 폐색될 염려가 있기 때문이다.〈추가〉 수송관을 1계열로 하는 경우는 슬러지 저류조를 설치하여 만약의 사고에 대비할 필요가 있다. 또한, 소규모시설에서의 슬러지 수송은 슬러지 발생량 및 수송거리를 고려하여 수송관이나 탱크수송차량을 이용한다. 특히, 수송관을 이용할 경우에는 최소관경 및 최소유속 등을 충분히 고려해서 정한다. 〈표 5.2.1〉에는 슬러지의 장거리 수송 예가 나타나 있다. 소규모시설의 슬러지를 공동처리하기 위한 수송체계로는 차량에 의한 방법이 유리한 경우가 많다. 슬러지는 하수에 비하여 많은 양의 고형물을 함유하며 점성이 높고 부패하기 쉬우므로 슬러지 수송관 및 펌프의 설계시에는 특별한 주의를 하여야 한다.

〈표 5.2.1〉 슬러지의 장거리 수송 예(미국)

위 치	길이 (km)	관경 (mm)	총수두 (m)	슬러지 종류	총고형물 농도(%)	펌프 종류	비 고
Mogden, England	11.2	300	43.3	혐기성소화	4.0~5.0	이중작용 피스톤펌프	수두손실이 물의 1.4배
Brimingham, England	6.4	225 300	-	혐기성소화	8.5~10.0	스팀작용 램펌프	수두손실이 물의 1.4배
The Hague, Netherlands	11.2	200	-	혐기성소화	4.0~5.0	-	-
Los Angeles, Calif.	12	600	-	혐기성소화	3.73	-	-
Chicago, Ill.	27.2 9.0	350 300	63 51	1차슬러지	1.0~2.0 2.0~4.0	단흡입원심력 펌프	총수두손실 6.72kg/cm ²
Cleveland, Ohio	20.8	300	118	1차슬러지	3.0~4.0	-	-
Philadelphia, Pa.	9.0	200	68	1차슬러지	4.0~5.0	수평의 막히지 않는 단흡입펌프	수두손실이 물의 1.75배
Columbus, Ohio	9.0	-	-	-	4.0~5.0	-	-
Huston, Texas	1.28	150	-	활성슬러지	0.5~1.0	원심력펌프	-
"	3.2	100	-	"	"	왕복펌프	-
"	3.5	200	-	"	"	원심력펌프	-
"	6.4	100	-	"	"	원심력펌프, 왕복펌프	-
"	10.9	200	-	"	"	원심력펌프	-
"	3.2	100 250	-	"	"	프로그램스 캐비티펌프	-
Kansas City, Mo.	10.6	300	-	1차슬러지	-	수평원심력펌프	-

위 치	길이 (km)	관거 (mm)	총수두 (m)	슬러지 종류	총고형물 농도(%)	펌프 종류	비 고
Sandiego, Calif.	-	200	-	혐기소화 2차슬러지	6.0	슬러지펌프	그리트 침전을 방지하기 위해 1.5m/s 유속
Jersey City, N.J.	4	150 이중	-	1차슬러지	0.85~1.55	플랜저펌프이중	평균운전압력 4.55~4.9kg/cm ²
Bay Park, N.Y.	2.4	250	-	1차슬러지 및 혐기소화슬러지	2.8	-	-
Rahway Valley, N.Y.J.	-	200	17.4	1차슬러지 및 혐기소화슬러지	2.8 5.0	원심력펌프, 플랜저펌프	-
Austin, Texas	-	200	-	활성슬러지	0.8	-	-
Knoxville, Tern.	5.1	150	-	1차슬러지	0.55	와동원심력펌프	-
Morgantown, W. Va.	-	50	-	혐기성소화	일정하지 않음	-	-

5.2.1 슬러지의 전처리

슬러지의 농축, 소화, 탈수 등 처리공정 전에 슬러지의 전처리를 통하여 협잡물 및 그리트에 의한 문제가 발생하지 않도록 다음사항을 고려하여야 한다.

- (1) 외부슬러지를 반입할 경우 반입설비를 설치하여야 한다.
- (2) 1차슬러지에 포함된 협잡물 및 그리트를 제거한다.
- (3) 1차슬러지에 유기성분이 많이 포함될 경우 분리시설을 설치할 수 있다.
- (4) 필요에 따라 슬러지 분쇄시설을 설치할 수 있다.
- (5) 협잡물 및 그리트는 적절하게 최종처분 되어야 한다.

【해설】

(1)에 대하여

비교적 소규모의 하수처리시설의 경우 발생 슬러지가 많지 않아 별도의 슬러지처리시설을 설치하는 것보다 인근의 슬러지처리시설을 이용하는 것이 경제적인경우가 있다. 이때에는 양쪽 하수처리시설의 슬러지 처리시설 용량검토 및 이격 거리등을 고려한 사전 검토가 이루어져야하며, 슬러지 반출, 반입 시설을 설치하여야한다.

슬러지 반출시설로는 슬러지저류조와 슬러지 이송펌프등 시설이 필요하며, 반입 시설로는 슬러지저류조와 스크린설비, 슬러지 공급펌프 등이 필요하다. 때에 따라서는 Push rod, 유압장치, 탈취설비 등이 필요할 수도 있다.

(2)에 대하여

1차슬러지에는 침사지에서 제거되지 못한 각종 협잡물이 1차침전지에서 부유하여 스킴제거시 제거되

기도 하지만 침전되어 1차슬러지에 포함되기도 한다. 여기에는 미세한 모래와 유기물 덩어리가 포함될 수 있으며, 제거하지 않으면 후속처리과정에서 여러 가지 부작용이 생길 수 있기 때문에 1차침전지에서 제거되는 슬러지내의 협잡물 및 그리트를 제거할 수 있는 시설이 필요할 때도 있다. 일반적으로 수처리공정의 앞부분에 중력식 또는 포기식 침사지를 설치해 최소한 210 μ m(65 mesh) 크기의 모래입자를 제거하도록 하고 있으나 유량이 최대인 경우와 합류식 관거지역에서 초기 강우시에 대량의 토사가 유입되는 경우에는 저류조내에 슬러지를 장기간 방치할 경우 부패하여 변질되거나 스크림이 부상하거나 설계 목적대로 그리트가 제거되지 않는다. 따라서 1차슬러지를 농축시키기 전에 1차슬러지내의 그리트를 제거할 필요가 있다. 경험에 의하면 협잡물의 경우 하이드로시브(hydro-sieve), 드럼스크린(drum screen) 설비가 효과적이며 그리트 입자를 유기성 슬러지 입자로부터 분리시키기 위해서는 원심력을 이용하는 것이 효과적인 것으로 알려져 있다. 하이드로사이클론(hydrocyclone)을 이용하는 경우 65~75 μ m 이상의 크기를 가진 그리트를 효과적으로 제거할 수 있다.

(3)에 대하여

1차슬러지가 유기성 그리트를 많이 함유할 경우 하이드로사이클론에서 유기성과 무기성 그리트를 분리시킬 수 없으므로 하이드로사이클론에서 제거되는 그리트도 마찬가지로 유기성 그리트를 많이 함유하게 된다. 따라서 그리트를 씻어서 유기성분을 폐수로 되돌려 보낼 필요가 있다.

그리트의 세척과 탈수는 보통 그리트 분류기(grit classifier)를 사용하여 실시할 수 있다. 그리트 분류기는 스크루식세척장치(screw washer)나 왕복식갈퀴(reciprocating rake)가 장치되어 있으며 하이드로사이클론에서 제거되는 그리트를 취급할 수 있는 크기로 선택되어야 한다. 보통 하이드로사이클론에서 제거된 그리트중에서 유기성 물질은 월류되고 잔모래도 분류될 수 있도록 세척기의 침전면적이 충분히 주어져야 한다. 즉, 처리되는 그리트의 유량 1 l/s당 최소한 0.7 m²의 면적이 제공되어야 한다. 분류기에서 침전된 그리트는 스크루식 또는 왕복식 갈퀴에 의하여 물 밖의 경사판에 옮겨짐으로써 유기성 그리트와 분리되고 탈수도 된다.

경사판을 지난 그리트가 잔모래나 실트를 많이 함유하면 수분함량이 증가하게 된다.

(4)에 대하여

슬러지 분쇄의 필요성은 슬러지내에 존재하는 입자의 크기와 슬러지를 취급할 기구의 종류에 따라서 결정된다. 비록 하수처리시설로서 분쇄기를 설치하였다 하더라도 걸레조각 등의 큰 부유물에 의해서 발생하는 문제점이 완전히 없어지지는 않으며 펌프, 관, 열교환기, 원심분리기가 막힐 수 있고 슬러지 소화조의 혼합장치 운영이 곤란할 수도 있다.

슬러지 분쇄기를 사용하면 희석되거나 농축된 슬러지내의 큰 부유물을 최대크기 6~13 mm 정도로 분쇄시킬 수 있다.

슬러지 분쇄기에서 슬러지는 구멍 뚫린 그리트판(grit plate)으로 주입되며 고속으로 회전하는 여러 개의 칼날에 의해서 절단된다. 이때 판의 구멍크기와 칼날의 회전속도에 의해서 잘린 부유물의 크기가 결정된다. 구멍은 직경 11 mm의 원형이나 16×38 mm의 직사각형이다.

슬러지 분쇄기는 슬러지 펌프의 유출부에 설치하면 유출압력이 낮아지게 되므로 흡입부에 설치한다. 슬러지 펌프의 방출압이 너무 높으면 펌프의 밀폐부(seal)에 과도한 압력이 작용하여 밀폐부와 축의 수명이 단축된다.

슬러지 분쇄기는 큰 유기성 입자를 쉽게 분쇄시킬 수 있지만 암석 및 금속입자에 의해서 심하게 마모될 수 있다. 이에 대한 대비책으로 분쇄기 앞에 설치된 슬러지관내에 길이 300 mm, 직경 250 mm 인 웅덩이(ump)를 설치하면 관의 바닥을 따라 흐르는 무거운 물질들이 이 통으로 떨어져 모이게 되므로 분쇄기의 마모를 방지할 수 있다.

(5)에 대하여

1차슬러지에서 분리된 그리트는 유기성분을 상당히 함유하여 잘못 처분하면 부작용을 유발할 수 있으므로 적절하게 처분하여야 한다. 때로는 협잡물 및 그리트를 소각시켜 유기성분을 없앤 다음 매립하는 경우도 있으나, 이런 경우 발생지에서 소각장까지 수송하는 시설이 필요하며 그 시설(컨베이어 등)의 유지관리가 요구된다.

5.2.2 슬러지의 수송관

슬러지 수송관 설계시에는 다음 사항을 고려한다.

- (1) 관은 스테인레스, 주철관 등 견고하고 내식성 및 내구성 있는 것을 사용한다.
- (2) 관내유속은 1.0-1.5 m/s를 표준으로 하고, 관경은 관경폐쇄를 피하기 위하여 150 mm 이상으로 한다.
- (3) 필요에 따라서는 세척장치를 설치한다.
- (4) 배관은 다음과 같이 한다.
 - ① 동수경사선 이하로 배관한다.
 - ② 가능하면 직선으로 하고, 급격한 굴곡은 피한다.
 - ③ 곡관 및 T자관 등은 콘크리트 블록 등을 설치하여 이탈을 방지한다.
- (5)필요에 따라 안전설비를 한다.

【해설】

(1)에 대하여

슬러지는 펌프로 압송하므로 내압 및 외압에 안전하고 수밀성, 안전성 및 경제성을 고려하여 관을 선택한다. 관의 재질은 일반적으로 관내부의 마찰손실을 감소시키기 위하여 에폭시수지 분체 도장 혹은 모르타 라이닝(mortar lining)한 주철관을 주로 이용하지만, 시공장소의 조건에 따라 스테인레스 강관을 사용하는 경우도 있으며 이때는 향후 교체나 보수를 위한 대책을 강구해 두는 것이 중요하다.

최근에는 황화수소로 인한 부식방지대책으로 폴리에틸렌 혹은 FRP관 등의 수지관을 이용하는 경우도 있다. 슬러지관이 교량을 따라 설치되는 경우 강관을 사용할 때에는 관의 부식방지 및 동결파손에 유의하여야 한다.

(2)에 대하여

슬러지관의 관내유속 및 관경은 계획슬러지량, 수송시간, 슬러지농도 등을 고려하여 결정하는데, 관

내유속은 고형물의 침적에 의한 막힘을 피하기 위해 1.0~1.5 m/s를 표준으로 한다. 장거리 수송시에는 관내 마찰손실을 감소시키기 위하여 유속을 1 m/s 전후로 하면 좋다.

관경은 관이 막히는 경우가 없도록 150 mm 이상인 것으로 한다. 또한 장거리 수송의 경우 슬러지 농도는 수송거리, 수송시간, 슬러지량, 경제성, 슬러지관의 설치상황, 유지관리성, 처리공정 등을 고려하여 판단할 때 일반적으로 1.0%로 하는 경우가 일반적이다. 슬러지 수송량 결정에는 슬러지농도의 변동, 고장에 따른 슬러지 수송의 중단을 고려하여 1일 운전시간에는 어느 정도 여유를 주어 정하는 것이 좋다.

고형물농도가 약 2% 이하이며, 유속이 1 m/s 이상이면 슬러지 수송은 난류가 되므로 수송 슬러지의 손실수두를 계산하는 방법으로 하젠·윌리엄스(Hazen-Williams)공식을 수정하여 사용하는 방법이 있다.

$$H_f = 6.82 C_H^{-1.85} \cdot D^{-1.17} \cdot V^{1.85} \cdot L \dots\dots\dots (5.2.1)$$

- 여기서, H_f : 마찰손실수두(m)
- C_H : 유속계수
- D : 관경(m)
- V : 유속(m/s)
- L : 관로연장(m)

슬러지의 고형물농도가 4~6%이면 유속계수 C_H 값이 깨끗한 물의 60~80%가 되도록 하고 슬러지의 고형물농도가 8~10%이면 C_H 값이 깨끗한 물의 25~40%가 되도록 한다. 잘 설계된 슬러지관은 8~12%의 고형물을 함유하는 슬러지도 수송이 가능하다.

슬러지의 수리학적 특성은 슬러지의 종류에 따라 크게 다르므로 슬러지의 종류별로 유속, 마찰손실 등을 고려하여야 한다.

1) 1차슬러지와 소화슬러지

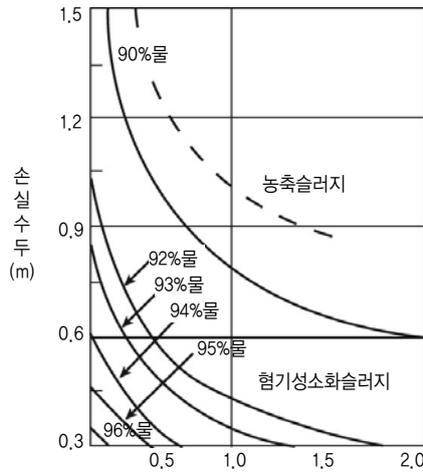
슬러지의 함수율을 감소시키면 수송상 어려운 점이 생길 수 있다. 예를 들어 고형물농도가 8~10%로 농축된 슬러지를 관경 100 mm 및 150 mm의 강관을 사용하여 수송하는 경우에는 깨끗한 물에 비하여 6~8배의 손실수두가 발생한다고 한다. 소화슬러지를 펌프로 수송할 경우의 임계유속(critical velocity)은 <표 5.2.2>와 같으며 150 mm 관내에서 유속에 따른 속도수두는 [그림 5.2.1]과 같다.

2) 활성슬러지와 그 혼합물

활성슬러지 및 활성슬러지와 1차슬러지의 혼합슬러지 고형물 농도는 각각 2.5~6% 및 4~10%로 높으며, 그에 따라 점성이 증가하므로 수송시 손실수두도 증가한다. 20% 농도의 활성슬러지도 양수가 가능하지만 보통 농도가 4% 이상이면 양수하기가 어렵다고 알려져 있다. 부상법에 의하여 농축된 활성슬러지는 내부에 공기방울을 많이 함유할 수 있으므로 원심력펌프에서 에어 바인딩(air-binding)을 일으킬 수 있다.

〈표 5.2.2〉 소화슬러지의 수송시 관경에 따른 임계유속

관경 (mm)	임계유속 (m/s)	
	하한	상한
200	1.09	1.38
250	1.08	1.35
350	1.05	1.31
500	1.04	1.29



주 : 실선 : 150, 200, 250 mm 주철관에 의한 소화슬러지 수송
 점선 : 150 mm 주철관에 의한 농축슬러지 수송

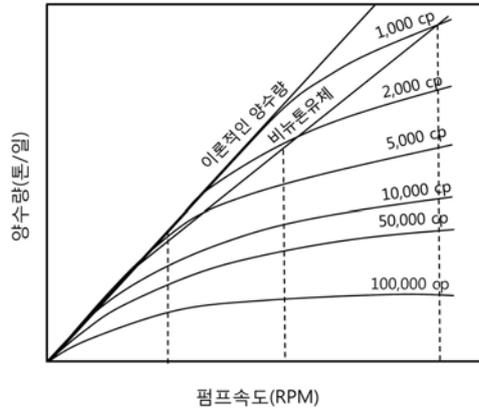
[그림 5.2.1] 소화슬러지와 농축슬러지를 수송하는 경우의 손실수두

3) 슬러지 케익의 수송

슬러지 케익의 수리학적 특성에 관하여는 잘 알려져 있지 않다. 슬러지 케익은 펌프를 이용하여 수송할 수 있는 경우가 많으며 이때 손실수두는 매우 크다. 예를 들어 28%의 고형물을 함유하는 슬러지 케익을 건조무게 0.23 kg/s의 속도로 76 mm관을 사용하여 양수시킨 결과 손실수두는 〈표 5.2.3〉과 같다. 양수시 손실수두와 양수량은 슬러지 케익의 점성에 의하여 크게 영향을 받는데 대부분의 슬러지 케익은 10,000~30,000 CP(centipoise)의 점도를 갖는다. [그림 5.2.2]는 점도가 펌프의 양수량에 미치는 영향을 나타낸다.

〈표 5.2.3〉 슬러지 케익 양수시의 손실수두

부 분 품	손실수두	비고
플러그 밸브(plug valve), 5~7.5 cm	5.6 kg/cm ²	50% 개구
호스(hose), 21 m	4.2 kg/cm ²	-
리듀서(reducer), 7.5×5 cm	0.7 kg/cm ²	짧은 것(약 15 cm)
리듀서(reducer), 5×3 cm	1.4 kg/cm ²	긴 것(약 45 cm)



[그림 5.2.2] 점도가 펌프의 양수량에 미치는 영향

관내에서 슬러지 케익의 유속은 0.06 m/s를 초과해서는 안 되며, 관경은 150 mm 이상이 요구된다. 관내에서의 손실수두는 유속보다 관경의 변화에 의하여 더 크게 영향을 받는다. 1차 및 활성슬러지의 혼합물을 탈수시킨 다음 0.06 m/s의 속도로 150 mm관을 사용하여 수송하는 경우의 손실수두는 대략 <표 5.2.4>와 같다. 다른 관경에서의 손실수두는 대략적으로 식(5.2.2)를 사용하여 추정할 수 있다.

$$\Delta P \cong \frac{LQ^n}{d^{3n+1}} \dots\dots\dots (5.2.2)$$

- 여기에서, d : 관경
- L : 관의 길이
- Q : 유량
- n : 0.33

수송되는 물질이 유사소성(pseudo-plastic)인 경우 n값은 0이 되며, 손실수두는 관경만의 함수가 된다.

<표 5.2.4> 슬러지 케익의 양수를 위한 설계손실수두

탈수방법	슬러지 케익 총고형물농도(%TS)	손실수두(kg/cm ² ·m)
진공탈수기	20~30	0.07~0.12
원심탈수기	20~30	0.05~0.07
가압탈수기	35~50	0.35~0.47

4) 열처리된 슬러지

슬러지를 130~210℃로 가열하면 양수특성이 완전히 변한다. 즉 열처리에 의하여 슬러지내에 결합된 물은 모두 파괴되므로 유동성이 250~400% 증가한다. 그러나 열처리된 슬러지를 농축시키면 손실수두가 [그림 5.2.1]에 보인 함수율 90%인 슬러지의 손실수두보다 100% 더 크게 된다.

(3)에 대하여

슬러지 수송을 간헐적으로 하는 경우는 수처리수 등으로 슬러지수송관을 세정할 수 있도록 하고, 간

헐적이지만 자주 운전하는 경우는 슬러지와 처리수를 혼합하여 연속운전 하여 슬러지 침전을 방지하는 방법도 있지만, 슬러지 침전이나 수송관의 막힘 등의 문제점 발생 방지를 고려하여 관내에 세정장치를 설치하는 것이 바람직하다.

(4)의 ①에 대하여

수송관을 동수경사선 이상으로 포설하면 그 부분은 가스에 의해서 막히게 되어 슬러지의 흐름이 방해 받게 되므로 슬러지관은 동수경사선 이하로 설치하는 것이 바람직하다. 또한, 장거리 수송의 경우 관의 튀어 나온 부분에 가스가 모이게 되면 슬러지의 흐름이 방해 받게 되므로 그 부분에 공기밸브를 설치해야 한다.

(4)의 ②에 대하여

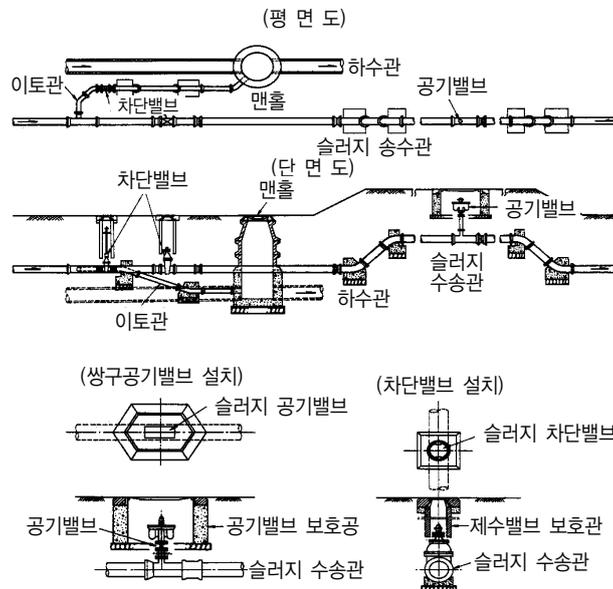
펌프주변이나 펌프장 내에 곡관을 사용하는 빈도가 높아지는데 급격한 곡관은 피한다.

(4)의 ③에 대하여

내압에 의해 슬러지가 새어 나올 염려가 있는 곳은 콘크리트 블록 등으로 방호한다.

(5)에 대하여

슬러지 구성물 중 비중이 큰 침전물이 오목한 부분에 침전하여 관을 폐쇄시키게 되면 슬러지 수송이 곤란하게 되므로 이 부분에 이토밸브 및 배수관을 설치할 필요가 있다. 물론 공기밸브의 전후, 배수관의 전후 및 교량 시공장소의 전후 등에는 제수밸브를 설치하여 만약의 경우 슬러지의 흐름을 중단시킬 수 있도록 준비해야 한다. 관로의 길이가 긴 경우에도 중간에 일정한 간격을 두고 공기밸브와 배수관을 설치하는 것이 좋다([그림 5.2.3] 참조).



[그림 5.2.3] 슬러지 수송관의 예

5.2.3 슬러지 펌프

슬러지 펌프는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 슬러지펌프는 슬러지의 종류와 특성에 따라 선정한다.
- (2) 슬러지 내의 그리트에 의한 마모 및 부식에 강한 재질을 사용하여야 한다.
- (3) 막힘이 없고, 청소 등의 목적을 위하여 분해 및 조립이 용이하여야 한다.
- (4) 설치대수는 예비를 포함하여 2대 이상으로 한다.
- (5) 위치는 수면 이하이거나 양압력식(positive head)으로 한다.
- (6) 슬러지펌프를 제어할 수 있도록 관련설비를 갖추어야한다.

【해설】

슬러지는 고형물의 농도가 높고, 점성이 있으며, 이물질이 많이 포함되어있으므로 일반펌프와 달리 무폐쇄 형식의 펌프가 사용되며, 원심력을 이용한 회전날개의 형식에 따라 무폐쇄형 원심펌프, 블래드리스(bladeless) 원심펌프, 흡입스크류 원심펌프가 있다. 원심펌프 이외에 공기의 부력을 이용한 에어리프트 펌프와 나선형 몸체에 나선형 축이 회전하면서 밀어내는 일축나사펌프(mono-pump)가 있으며, 에어리프트 펌프는 슬러지 인발용으로만 사용되며, 일축나사펌프는 모터 회전수에 따라 이송량이 일정하기 때문에 슬러지를 정량으로 이송할 경우에 많이 사용되고 있다.

(1)에 대하여

슬러지는 특성에 따라서 점성이 높은 슬러지, 점성이 낮은 슬러지, 스크과 협잡물 및 슬러지 케익의 네 가지 경우로 나눌 수 있다.

슬러지 펌프의 선정기준은 펌프에 의한 슬러지의 수송가능 여부이다. 만약 슬러지가 흐를 수 없으면 정량펌프를 사용해야 하며, 슬러지가 흐를 수 있으면 원심펌프가 이용할 수 있다. 그러나 이 경우에도 원심펌프의 경제성은 슬러지의 농도 및 점성에 의하여 결정된다.

즉, 슬러지 농도가 너무 높으면 원심펌프를 통한 손실수두가 크기 때문에 다른 방법으로 슬러지를 수송하는 것이 더 경제적일 수도 있다.

하수처리시설에서는 활성슬러지의 반송 및 처분, 1차슬러지의 수송, 농축슬러지의 수송, 소화슬러지의 수송, 슬러지 케익의 수송 및 소각재 슬러리의 수송 등 여러 가지 경우를 위하여 펌프가 필요하다.

펌프는 경제적이고 유지관리가 쉬우며 문제점 발생이 적은 것이 효율이 높은 것보다 더 중요하다. 이는 비록 효율이 높다고 하더라도 잘 막히거나 마모가 잘되면 비용이 더 많이 들 수도 있기 때문이다.

펌프의 최종선정은 지정된 용도, 처리장의 규모, 운영방법 및 유지관리의 용이성 등에 따라 설계자가 결정한다.

〈표 5.2.5〉는 일반적인 펌프의 요구사항을 나타내고 있는 바 실제 요구사항은 처리장의 하수 특성에 따라 변할 수 있다.

〈표 5.2.5〉 일반적인 슬러지 펌프 요구사항

용도	총고형물농도(%)	정수두(m)	총수두(m)	마모성	부하
전처리	0.5~10.0	0~1.5 (중력)	1.5~3.0	높음	큼
		5~10 (사이클론)	6~12	높음	큼
1차침전					
슬러지(농축전)	0.2~2.0	3~12	10~18	있음	보통
슬러지(농축후)	4.0~10.0	3~12	12~24	있음	큼
2차침전					
반송슬러지	0.5~2.0	1~1.8	1.8~4.5	없음	적음
잉여슬러지	0.5~2.0	1.2~2.4	3~5	없음	적음
농축슬러지	5~10	6~12	24~45	있음/없음 ¹⁾	큼
	5~10	60~120 ²⁾	75~165	있음/없음 ¹⁾	대단히 큼
슬러지 소화조					
재순환	3~10	0~1.5	2.4~3.6	없음	보통
소화슬러지	3~10	0~6	15~30	있음/없음 ¹⁾	대단히 큼
화학적 슬러지					
황산반토/철염(1차)	0.5~3.0	3~12	9~18	없음	적음
석회(1차)	1.0~6.0	3~12	9~24	없음	보통
석회(2차)	2.0~15.0	3~12	9~24	없음	보통
소각재 슬러리	0.5~10	0~15	6~30	높음	대단히 큼

주: 1) 그리트 제거효율에 의해서 결정됨.

2) 열처리를 위한 고압의 경우.

1) 점도가 낮은 슬러지

잉여슬러지는 1차슬러지에 비하여 균질성이 높으며, 잉여슬러지의 점도는 SVI에 의하여 크게 영향을 받는다. 점도가 낮은 슬러지의 총고형물농도는 〈표 5.2.6〉과 같다.

〈표 5.2.6〉 점도가 낮은 슬러지의 총고형물농도

슬러지의 종류	총고형물농도(%)
농축전 1차슬러지	4 이하
농축전 잉여슬러지	2 이하
농축전 1차슬러지 및 잉여슬러지 혼합물	3 이하
소화슬러지	4 이하
고도처리시 발생하는 석회슬러지	10 이하
황산반토 및 철염슬러지	2 이하
소각재 슬러리	15 이하

하수를 고도처리하면 화학적 슬러지나 화학적 슬러지와 하수슬러지의 혼합물을 취급해야 할 경우가

더 많아진다. 이 경우 각 구성 슬러지의 특성을 파악하면 적합한 펌프를 선정하는 데 도움이 된다. 일반적으로 점도가 낮은 슬러지를 위하여 가장 경제적인 펌프는 원심펌프이다. 원심펌프는 농축되지 않은 1차슬러지, 잉여슬러지, 화학적 슬러지 및 소각재슬러리를 수송하기 위하여 사용될 수 있다. 에어리프트펌프(air-lift pump)와 스크루펌프(screw-lift pump)도 점도가 낮은 슬러지의 수송을 위해서 이용되는 수가 있으나 일반적으로 원심펌프가 사용되고 있다.

2) 점도가 높은 슬러지

농축된 잉여슬러지, 1차슬러지와 잉여슬러지의 혼합물이나 소화슬러지 등은 점도가 높기 때문에 별도의 펌프가 필요하다. 흡입양정이 높지 않으면 슬러지가 펌프로 흘러 들어오지 않기 때문에 점도가 높은 슬러지를 위한 펌프는 모두 흡입양정이 높다는 특성이 있다. 정량펌프(positive displacement pump)를 사용하면 슬러지의 유량을 조절할 수도 있고 효과적으로 유량을 측정할 수도 있다. 슬러지의 농도가 변할 때 원심펌프와 달리 정량펌프의 수리학적 특성은 유량이 펌프속도의 함수로 나타난다는 것이다. 점도가 높은 슬러지의 고형물농도는 <표 5.2.7>과 같다. 경우에 따라 고분자응집제를 첨가함으로써 슬러지의 흐름 상태를 향상시킬 수도 있다.

<표 5.2.7> 점도가 높은 슬러지의 총고형물농도

슬러지의 종류	총고형물농도 (%)
농축된 1차슬러지	4~12
농축된 잉여슬러지	2~6
농축된 (1차+잉여)슬러지의 혼합물	3~8
소화슬러지	4~10
화학적 슬러지(3차슬러지)	10~30
황산반토 및 철염슬러지	2~6

3) 스킴과 협잡물

1차침전지에서 제거되는 스킴의 양수는 1차슬러지의 양수와 밀접한 관계가 있으며 때로는 1차슬러지 펌프가 스킴양수의 용도로 설계될 수도 있다. 스킴은 1차슬러지의 특성과 비슷하며 고형물농도가 상당히 높다.

원심펌프로 스킴의 양수가 어려울 때는 스킴을 휘저어서 혼합시키거나 표면에 물을 뿌려서 양수가 쉽도록 만들어야 한다. 스킴은 막대기나 큰 부유물질을 함유할 수도 있으므로 펌프의 틈이 넓어야 할 필요성이 있다.

슬러지 소화조내의 스킴조절은 별도의 문제이다. 즉, 소화조에는 수면의 스킴을 슬러지와 함께 제거하여 재순환시킬 필요성이 있다. 이 때 관마찰, 유입구와 유출구의 손실수두 등의 합계가 2.4~3.6 m를 넘지 않으면 큰 원심펌프를 사용할 수 있다.

협잡물의 최대 크기가 펌프의 틈에 의하여 제약 받는 경우에는 오목한 임펠러펌프나 회전캠펌프가 이용될 수 있다. 협잡물을 별도로 취급하지 않는 경우에는 분쇄기로 분쇄한 다음 수처리계통으로 되돌

려 보내 1차침전지에서 침전하게 하여 1차슬러지로 제거하게 한다.

이렇게 하면 협잡물을 별도로 취급하는데서 생기는 문제점을 제거할 수 있다. 협잡물을 용이하게 양수하거나 분쇄하기 위해서는 부유물의 농도가 2% 이하가 되도록 충분한 양의 물을 첨가해야 한다.

4) 슬러지 케익

최근에 개발된 펌프 중에는 슬러지 케익을 단거리 수송할 수 있게 설계된 것들이 있다. 이들 펌프는 펌프에 케익을 주입시키기 위하여 일체나선력을 이용하는 변형된 프로그래싱캐비티펌프(progressing cavity pump)로서 농도가 높은 슬러지 케익을 쉽게 수송할 수 있다. 25% 혹은 그 이상의 잉여슬러지 고형물을 함유하는 슬러지 케익도 펌프에 의해서 수송될 수 있으나 문제점은 고형물을 펌프에 주입시키는 것이다. 철염이나 황산반토의 침전물을 함유하는 혼합된 슬러지도 프로그래싱캐비티펌프를 이용하여 수송할 수 있다.

1차슬러지와 같이 섬유성 고형물을 함유한 슬러지는 양수하기가 어렵다. 압력하에서 물은 앞으로 이동하지만 슬러지 케익은 소성을 잃으면서 구조적인 강도를 갖게 되므로 관로가 점차 막히게 된다. <표 5.2.8>는 펌프에 의해서 31 m의 거리까지 수송될 수 있는 슬러지 케익의 종류와 농도를 나타내고 있다. 석회침전물과 혼합된 1차슬러지 및 잉여슬러지도 펌프에 의해서 수송될 수 있으나 CaCO₃로 나타낸 칼슘의 농도가 슬러지의 50%가 되면 탈수시에 보통 총고형물농도가 30% 이상되므로 펌프로 수송하기가 어렵게 된다. 석회를 사용하여 하수내의 인산염을 침전시킬 때 생기는 슬러지는 함수율이 높기 때문에 펌프로 양수하기가 비교적 쉽다.

(2)에 대하여

슬러지에 포함된 큰 협잡물은 펌프를 폐쇄시킬 위험성이 있으므로 특수한임펠러를 가진 원심펌프를 사용하는 것이 좋으며, 임펠러 날개의 수는 2~4개인 것이 좋다. 펌프의 임펠러는 슬러지에 포함된 모래와 같은 경질의 물질에 의하여 마모되기 쉬우므로 경도가 높은 내마모성의 재료로 제작한다. 펌프의 축베어링과 같이 청동 등의 연질재료를 사용하는 곳에는 일반적으로 펌프의 양정보다 더 높은 압력수를 주입하여 그 부분으로 슬러지가 침투하지 않도록 하는 것이 좋다.

<표 5.2.8> 펌프로 양수가능한 슬러지 케익

슬러지케익의 종류	총고형물농도(%)
(1차+잉여)슬러지의 혼합물	15~25
잉여슬러지	8~25
소화된 (1차+잉여)슬러지의 혼합물	15~30
1차+잉여+황산반토슬러지	15~25
1차+잉여+철염슬러지	15~25
1차+잉여+석회슬러지	20~35

(3)에 대하여

펌프보호장치나 토출관에는 청소구를 설치하여 이물질이 걸린 경우에 청소가 가능한 구조로 한다.

또한 슬러지 펌프는 청소나 수리를 위하여 분해할 필요가 있으므로 분해와 조립이 용이한 구조로 한다.

(4)에 대하여

슬러지 수송을 위한 펌프의 설치대수는 계획슬러지량에 의하여 결정되며, 펌프의 유지관리상 가능한 적은 수로 설치하는 것이 좋으나, 펌프의 고장에 대비하기 위하여 2대 이상 설치하는 것이 바람직하다.

슬러지 수송을 위한 펌프의 예비능력은 펌프의 목적, 처리장의 규모, 사용기간, 수리에 요구되는 시간 및 펌프배열 등 여러 가지 요소에 의하여 결정된다. 1차슬러지 및 잉여슬러지의 양수는 각각 다른 두 대의 펌프를 사용하거나 이중목적용 펌프를 설치함으로써 예비펌프가 제공되는 셈이다. 스킴의 양수는 1차슬러지 펌프에 의해서 예비능력이 제공된다. 반면 슬러지 소화조의 스킴조절용 펌프는 며칠간 작동되지 않더라도 슬러지 소화조의 운영이 크게 지장을 받지 않고 조가 크기 때문에 반드시 이중으로 할 필요는 없다.

용도별로 한 대씩의 펌프를 설치하는 경우에는 용량이 크고 가능한 한 현장에서 신속한 수리가 가능하며, 부속품을 쉽게 구할 수 있는 펌프를 채택하는 것이 좋다. 따라서 설계자는 최초의 펌프공급시 필요한 양의 부속품도 공급이 되도록 고려해야 할 것이다. 슬러지의 반송이 제대로 실시되지 않으면 유출수의 수질이 곧 나빠지기 쉬우므로 반송슬러지의 예비펌프는 반드시 준비되어야 한다.

(5)에 대하여

슬러지에 모래나 걸레조각 등의 각종 협잡물이 함유되면 슬러지 양수시 이들의 흡입이 어려우므로 펌프를 수면 이하로 설치하여 공동현상이 생기지 않도록 하는 것이 좋다. 만약 양압력식인 경우에는 펌프가 협잡물에 의하여 폐쇄되지 않도록 특수 임펠러가 있는 펌프가 좋으며 흡입고는 2.5 m 이하로 되는 것이 좋다.

(6)에 대하여

하수처리시설에서는 슬러지의 반송이나 처리·처분을 위하여 슬러지의 유량과 밀도를 측정하고 조절하는 것이 중요하다. 압력과 마찬가지로 유량의 변화를 감시함으로써 운영상 또는 기계상의 이상을 쉽게 발견할 수 있기 때문이다. 반면 스크린, 분쇄기 및 슬러지농축조의 유입펌프와 같은 설비에서는 유량을 측정할 필요가 별로 없다. 유량측정이 필요하거나 요구되는 경우와 유량측정장치는 <표 5.2.9>와 같다.

유량의 측정, 기록 및 제어를 위한 시설의 정밀도는 처리장의 설계 및 운영상의 융통성과 균형을 이루어야 한다. 전자유량계는 슬러지의 유량측정용으로 좋으며 고형물 유량을 자동적으로 제어할 수 있도록 밀도계와 연결될 수 있다. 벤추리 유량계와 관형 유량계는 잉여슬러지에 알맞으며 쉽게 청소할 수 있도록 준비하여야 한다.

소규모 처리장에서는 작은 유량의 측정을 위하여 정량펌프를 사용할 수 있으며, 펌프의 마모가 유량에 영향을 미칠 수 있으나 제어에 지장을 줄 정도여서는 안 된다.

〈표 5.2.9〉 슬러지의 유량측정장치

적용 슬러지	측정장치	정밀도(최대스케일의 ±%)
고농도 1차슬러지	전자유량계	1
	정량펌프	10
반송슬러지	벤추리 유량계	2
	관형 유량계(flow-tube)	2
	전자유량계	1
잉여슬러지	벤추리 유량계	2
	관형 유량계(flow-tube)	2
	전자유량계	1
농축슬러지	정량펌프	10
	전자유량계	1
	정량펌프	10

밀도를 측정해야 할 대상은 별도의 농축을 실시 않는 경우의 1차슬러지, 포기조의 MLSS 및 농축조에서 농축된 다음 제거되는 슬러지 등이다. 이들 측정자료는 하수처리시설의 운영자가 처리장을 운영하는 기본자료로 활용할 수 있다.

슬러지 농도의 측정방법중에는 방사성 동위원소 이용법(γ -선식), 초음파 밀도계, 광학식 밀도계 등이 있다. 방사성 동위원소 이용법은 측정의 재현성이 좋으나 방사선 물질의 취급이 번거롭다.

초음파밀도계(ultrasonic density meter)는 가격이 싸고 간단하여 일반적으로 많이 사용되고 있으며 타이머와 연결하여 사용하면 슬러지 펌프를 작동 및 정지시킬 수 있다. 그러나, 측정 원리상 측정 액중 기포가 존재하면 오차가 크기 때문에 배관계통에서 기포가 존재할 경우에는 기포를 없애는 소포(消泡)장치가 필요하다.

광학식 밀도계는 구조가 단순하며 취급도 용이하지만 슬러지의 상태(특히 색의 변화)에 취약하며, 광학계의 오염에 따라 지시 변동이 되는 단점이 있다. 활성슬러지와 같이 비교적 상태가 균일하여 안정한 슬러지의 농도 측정에 적합하다.

하수처리시설의 운영자가 잉여슬러지의 제거율과 양을 결정하는 데 도움이 될 수 있는 또 하나의 기구는 MLSS 연속분석기(continuous MLSS analyzer)이다. 포기조내에 설치된 MLSS 연속분석기는 매주 정기적인 청소를 해야 하며, 유량을 정확히 측정하고 포기조에서 완전혼합이 이루어질 경우에 매우 효과적으로 이용될 수 있다.

슬러지 배관에서는 펌프의 급시동 등 혹은 운전 중 펌프가 정전 등으로 급정지 될 경우 펌프 토출 부위의 관로상황에 의해 수격작용(water hammer)이 발생하므로 이것을 방지하기 위한 필요장비를 설치한다.

5.2.4 슬러지 저류조 및 펌프실

슬러지 저류조 및 펌프실은 다음 사항을 고려하여 설계한다.

- (1) 철근콘크리트나 철골콘크리트로 축조하되 방수, 방식을 고려하여야 한다.
- (2) 슬러지 저류조의 용량은 그 기능을 고려하여 정한다.
- (3) 슬러지저류조는 2조 이상을 원칙으로 하고 교반장치를 설치한다.
- (4) 슬러지펌프실은 기계의 배치와 반출입이 가능하도록 충분한 공간을 확보하여야 한다.
- (5) 슬러지펌프실은 조명시설을 갖추도록 하고 전기설비의 설치는 침수를 고려하여 설치위치를 정한다.
- (6) 악취를 고려하여 환기시설 및 탈취설비를 설계하여야하며, 역세설비 및 배수설비의 설치를 고려하여야 한다.

【해설】

슬러지를 수송하는 경우, 수송하여야 할 슬러지를 제때에 수송할 수 없는 경우에 대비하고 슬러지 펌프의 운영을 원활히 하기 위해서는 슬러지 저류조가 필요하다. 슬러지 저류조의 용량은 단위시간당 저류조에 유입되는 슬러지의 양과 저류조에서 유출되는 양을 고려하여 결정하여야 한다.

저류조에서 수송되는 슬러지의 농도를 균일하게 만들어주기 위해 교반 등의 간단한 방법으로 저류조 내의 슬러지를 혼합시킬 필요가 있다. 청소, 부속기기의 점검, 수리 등을 위하여 저류조는 충분한 공간을 갖추어야 하며 원칙상 2개 이상이 좋을 뿐만 아니라 월류장치를 설치하는 것이 좋다.

(1)에 대하여

슬러지 펌프는 공동현상 등에 의한 지장을 받지 않도록 수면 이하의 위치에 설치해야 하는 경우가 많으므로 펌프실 및 저류조는 지하에 위치하는 철근콘크리트 또는 철골콘크리트 구조물로서 방수구조이어야 한다. 또한, 펌프실의 입구는 침수를 방지하기 위하여 위치를 높게 하거나 각을 낮추어 물이 고이지 않게 하는 설치 등 배려가 필요하다. 또한, 배수구, 전기덕트 등으로 빗물이 유입되지 않도록 한다.

(2)에 대하여

슬러지저류조의 용량은 투입량, 슬러지인발량, 슬러지수송방식(연속, 간헐) 및 유지관리상 필요한 저류시간을 고려하여 정한다.

(3)에 대하여

조의 수는 5.3.3 슬러지농축조 참조한다.

슬러지저류조에 슬러지를 장시간 방치하면 부패작용으로 변질되거나, 스크림이 발생하게되므로 필요에 따라 공기를 주입할수있는 시설이나 교반시설 및 스크림제거장치를 설치한다.

슬러지를 처리과정중에서 일시 저류하는 경우에는 슬러지가 혐기성화되면 수처리 공정에서 과잉 흡수된 인이 재방출되어 상징수와 함께 수처리공정으로 되돌아가 인부하를 증가시키게된다. 따라서 슬러지를 타지역으로 수송하기 위한 저류조가 아니라면 공기를 주입하여 혐기성화를 방지하여 인 재방출을 방지하는것이 효과적이다.

(4)에 대하여

슬러지 펌프실의 크기는 슬러지 펌프, 배관, 기타 기계의 배치와 이들의 반출입이 충분하도록 계획하며 슬러지중 모래, 걸레조각 등의 협잡물이 흡입될 경우 펌프를 분해, 청소, 수리해야 하므로 이들 작업을 충분히 할 수 있는 공간으로 한다.

(5)에 대하여

보수작업 및 안전 등의 기준에 알맞은 조명시설을 갖추어야 하며, 슬러지 펌프실에 위치하는 전기설비는 침수나 습기에 의한 사고를 막는 것 이외에도 수리, 점검 등의 작업성을 고려해서 설치위치를 정한다.

(6)에 대하여

슬러지저류조 및 펌프실에는 슬러지 부패시에 생기는 휘발성, 유기성 기체가 혼입될 우려가 있으므로 충분한 환기시설을 갖추어야 한다.

슬러지인발 펌프의 구경과 인발관경은 반드시 같지 않으며, 인발관경을 협잡물의 유입으로 인한 막힘을 막기 위해 최소관경은 150 mm로 한다. 또한 관내유속의 감소로 인한 모래성분의 침적이 있으므로 슬러지 인발관은 역세가 가능하게 설계한다.

지하수가 침투한 경우나 펌프밀폐용수(sealing water) 및 잠용수 등을 배수시킬 필요가 있으므로 이를 위한 펌프를 설치한다.

5.3 슬러지의 농축

슬러지 농축의 역할은 수처리시설에서 발생한 저농도 슬러지를 농축한 다음 슬러지소화나 슬러지탈수를 효과적으로 기능하게 하는데 있다. 농축하는 슬러지는 일차침전지에서 발생하는 일차침전지 슬러지와 이차침전지에서 발생하는 잉여슬러지가 있다.

슬러지 농축에는 중력식, 부상식, 원심분리식, 중력식벨트 농축으로 크게 나눌 수 있다. 여기에서 부상농축은 가압부상농축과 상압부상농축 등이 해당된다.

슬러지의 함수율은 다음과 같다.

$$H_w(\%) = \frac{W}{S + W} \times 100 \dots\dots\dots (5.3.1)$$

여기서, S : 슬러지중의 건조고형물량

W : 슬러지중의 수분중량

슬러지 농축이 충분하지 못하면 슬러지처리 효율저하를 초래하는 것뿐만 아니라 상징수중에 다량의 부유물이 포함되어 반송되므로 처리수의 수질악화의 원인이 된다.

이를 위해 중력농축이 어려운 잉여슬러지 등은 원심농축기나 부상농축조 등에서 기계농축한다. 특히 농축슬러지의 함수율이 98% 이상이 되는 경우에는 분리농축에 대한 검토가 필요하다. 슬러지 농축방법들의 장단점을 <표 5.3.1>에 나타내었다.

<표 5.3.1> 슬러지 농축방법의 비교

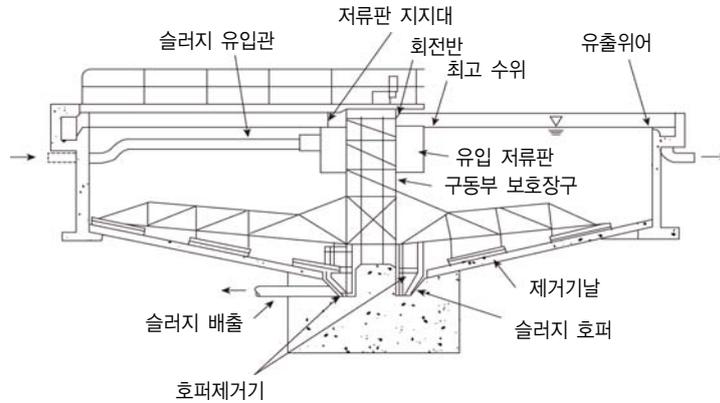
구분	중력식 농축	부상식 농축	원심분리 농축	중력벨트 농축
설 치 비	크다	중간	작다	작다
설치면적	크다	중간	작다	중간
부대설비	적다	많다	중간	많다
동 력 비	적다	중간	크다	중간
장 점	- 구조가 간단하고 유지 관리 용이 - 1차슬러지에 적합 - 저장과 농축이 동시에 가능 - 약품을 사용하지 않음	- 잉여슬러지에 효과적 - 약품주입 없이도 운전 가능	- 잉여슬러지에 효과적 - 운전조작이 용이 - 약취가 적음 - 연속운전이 가능 - 고농도로 농축가능	- 잉여슬러지에 효과적 - 벨트탈수와 같이 연동운전이 가능하다. - 고농도로 농축가능
단 점	- 악취문제 발생 - 잉여슬러지의 농축에 부적합 - 잉여슬러지의 경우 소요면적이 큼.	- 악취문제 발생 - 소요면적이 큼 - 실내에 설치할 경우 부식 문제 유발.	- 동력비가 높다. - 스크류 보수필요. - 소음이 크다.	- 악취문제 발생 - 소요면적이 크고 규격(용량)이 한정됨. - 별도의 세정장치가 필요함.

자료 : WEF & ASCE, Design of MWTP, Vol. II, 1992.

5.3.1 중력식 농축조

중력식 농축조는 조내에 슬러지를 체류시켜 중력을 이용하여 농축한 후 바닥에 침강한 농축슬러지를 슬러지 제거기(scraper)로 배출구에 모으는 것이다(<그림 5.3.1> 참조). 중력식에 의한 슬러지 농축은 계절변화의 영향을 받으므로 안정적인 운전이 어렵고, 특히 수온이 상승하는 여름에는 슬러지가 부패하여 농축슬러지의 농도가 낮아지거나 슬러지 부상이 일어나 고형물 회수율이 낮아질 수 있으므로 겨울에 비해 농축하기 어려운 것이 일반적이다.

중력식 슬러지농축조는 주로 1차슬러지, 석회슬러지를 농축시키기 위하여 채택되며, 장시간 체류로 인한 슬러지 혐기화로 수처리 공정에서 과잉흡착된 인(P)이 방출되어 수처리 공정으로 재유입 될 수 있어 1차슬러지와 잉여슬러지의 혼합 슬러지와 잉여슬러지만을 농축시키기 위해서는 별로 채택되지 않는다. 이는 1차슬러지는 잉여슬러지와 비교해 무기분이 많고 입자도 크므로 농축하기 쉬우나, 잉여슬러지는 유기분이 많고 농축하기 어렵기 때문이다. 1차침전지에 잉여슬러지를 유입시켜 침전시킨 슬러지의 농축성은 앞에 말한 슬러지들의 중간 정도이다.



[그림 5.3.1] 중력식 농축조의 예

잉여슬러지는 농축이 어려우며 생분해로 인한 가스에 의해 슬러지 부상을 초래하므로 1차슬러지와 분리농축이 요망되나 기온이 20℃ 이상이며, 고형물체류시간이 20일 이상인 경우에는 분리농축을 피한다.

소규모처리시설에서 슬러지 농축시 유의사항은 다음과 같다.

- ① 중력식의 경우에는 슬러지 농도가 낮아지는 경우가 있으므로 슬러지 소화조, 슬러지 탈수설비 등의 용량에 여유를 둔다.
- ② 중력식의 경우 용량이 작으면 호퍼식으로 하여 슬러지 스크레이퍼를 설치하지 않을 수도 있으며, 슬러지의 성질에 따라 수중펌프 또는 에어리프트펌프로 배출할 수도 있다.
- ③ 슬러지 펌프의 용량에 여유를 두어 폐쇄를 방지하고, 슬러지 호퍼용량을 충분히 확보하고, 저류판(baffle) 등을 설치함으로써 슬러지의 고형물질 및 슬러지농축조의 표면류의 단회로현상을 방지하도록 한다.
- ④ 1차침전지의 슬러지 호퍼용량이 충분한 경우에는 슬러지농축조를 별도로 설치하지 않아도 1차슬러지의 농축효과를 기대할 수 있다.
- ⑤ 중력식 농축조에서는 수처리방식이나 수온에 따라 슬러지 농도가 낮아지거나 상정수의 농도가 높아지는 경우가 있으므로 슬러지의 처리 및 처분을 감안하여 부상식 농축조 또는 원심분리식 농축설비의 설치를 고려할 수 있다.

1) 형상과 수

중력식 농축조의 형상과 수는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 형상은 원칙적으로 원형으로 한다.
- (2) 슬러지 제거기(sludge scraper)를 설치할 경우 탱크바닥의 기울기는 5/100 이상이 좋다.
- (3) 슬러지 제거기를 설치하지 않을 경우 탱크바닥의 중앙에 호퍼를 설치하되 호퍼측벽의 기울기는 수평에 대하여 60° 이상으로 한다.
- (4) 농축조의 수는 원칙적으로 2조 이상으로 한다.

【해설】

(1)에 대하여

중력식 농축조에서는 슬러지내의 부유물을 중력을 이용하여 바닥에 침전시킨 다음 제거기를 사용하여 바닥 중앙에 위치하는 호퍼에 모으게 된다. 형상은 원형을 원칙으로 하며 설계상 불가피한 경우에는 직사각형으로 한다.

(2)에 대하여

바닥의 기울기를 증가시키면 탱크 중앙에서의 슬러지층 두께가 커지고 슬러지 체류시간을 단축시킬 뿐만 아니라 슬러지 배출관 위의 슬러지 깊이를 크게 해 슬러지를 긁어모으는데 드는 노력이 감소된다. 대체적으로 바닥의 기울기를 5/100 이상으로 하면 제거기가 슬러지를 긁어모으는데 큰 문제가 없다.

슬러지 농축조 바닥의 중앙에 위치하는 슬러지 호퍼는 제거기가 긁어모은 슬러지를 저장시켜 잘 농축된 슬러지가 슬러지 배출관으로 빠져 나가도록 한다. 이때 호퍼측벽의 기울기가 충분히 커야만 슬러지가 잘 제거될 수 있다.

(3)에 대하여

소규모시설에서는 슬러지 제거기없이 호퍼식으로 하는 경우도 있으며 조의 직경이 커지면 농축슬러지가 잘 제거되지 않으므로 슬러지 제거기를 설치하는 것이 일반적이다.

(4)에 대하여

슬러지농축조의 청소, 정비 혹은 기계의 고장수리 등에 대비하기 위하여 농축조는 2조 또는 그 이상 설치하는 것이 좋다. 그러나 슬러지 제거기를 설치하지 않는 경우나 농축조를 사용할 수 없을 때 슬러지를 일시적으로 다른 방법에 의해 처리할 수 있는 경우는 농축조가 1조라도 좋다.

2) 용량

슬러지농축조의 용량은 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 농축조의 용량은 계획슬러지량의 18시간 분량 이하로 하고, 유효수심은 4m 정도로 한다.
- (2) 농축조의 고형물부하는 25~70 kg/m²·d를 표준으로 하나, 대상 슬러지의 특성에 따라 변경될 수 있다.

【해설】

(1)에 대하여

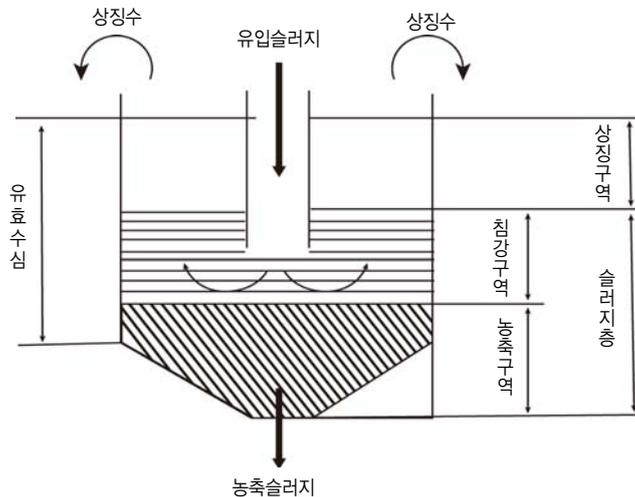
농축조의 용량은 경험에 비추어 고형물부하, 수리학적부하 등을 고려해서 정하는 경우가 많다. 대부분 탱크의 용량을 계획슬러지량의 18시간 분량 이하로 하는 것이 무난하다.

(2)에 대하여

중력식 농축조에서 슬러지가 농축될 때 [그림 5.3.2]에서와 같이 상징구역, 침강구역 그리고 농축구역의 세 부분이 형성되며 침강구역에서는 지역침전, 농축구역에서는 농축침전이 일어날 것이다. 따라서 슬러지농축조의 소요면적은 상징구역에서 넘치는 물이 부유물을 상승시키지 않을 정도로 커야 하

며, 침전 및 농축에 필요한 소요면적을 비교해 큰 면적을 사용하여야 한다.

대체적으로 농축조로 유입되는 슬러지의 농도가 낮은 경우에는 상징구역에서의 수면적부하가 소요면적의 결정을 지배하고, 반대로 농축되는 슬러지의 농도가 높은 경우에는 침강구역에서의 고형물부하가 소요면적의 결정에 영향을 크게 미친다. 농축조로 유입되는 슬러지의 고형물질량이 일정하더라도 함수율에 따라서 슬러지량이 크게 변한다. 슬러지의 함수율이 크면 슬러지의 양은 증가하나 경계면침강속도는 빠르게 되며 함수율이 감소하면 그 반대가 된다. 따라서, 농축조로 유입되는 슬러지의 농도가 낮으면 고형물부하가 적으며 농도가 높으면 수면적부하가 적게 된다. 미국의 경우 고형물부하율은 <표 5.3.2>에 제시되어 있는데 1차와 잉여슬러지가 혼합된 경우는 $25\sim70\text{ kg/m}^2\cdot\text{d}$ 이고, 분리농축시에는 1차슬러지에 대하여 $100\sim150\text{ kg/m}^2\cdot\text{일}$, 잉여슬러지에 대하여 $20\sim40\text{ kg/m}^2\cdot\text{d}$ 정도로 나타나 있다. 우리나라의 슬러지는 침강농축특성이 다르므로 보통 이 부하율보다 낮게 설계하는 것이 좋다.



[그림 5.3.2] 슬러지농축조의 침강농축영역

참고로 <표 5.3.3>에 나타난 우리나라 하수처리시설의 중력식 농축조에 관한 자료를 보면 고형물부하율은 평균 $60\text{ kg/m}^2\cdot\text{d}$ 정도로 설계되고 있으나 실제로는 약 $40\text{ kg/m}^2\cdot\text{d}$ 정도로 운전되고 있음을 알 수 있다.

수리학적 부하율은 미국의 경우에는 1차슬러지에 대하여 $16\sim32\text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{d}$, 잉여슬러지에 대하여 $4\sim8\text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{d}$ 가 사용되고 있다. 특히, 잉여슬러지의 경우에 미생물의 활동을 억제시키기 위해 농축조의 체류시간은 18시간 이하가 되어야 한다고 추천되고 있다.

<표 5.3.2>에 따르면 황산반토나 철염 등의 응집제를 사용해서 얻은 슬러지는 석회를 응집제로 사용한 경우보다 농축시키기가 어려움을 알 수 있다. 사용한 화학약품의 양은 슬러지의 특성에 큰 영향을 미치는 바 전형적인 응집제 투입률은 <표 5.3.4>에 주어져 있다.

〈표 5.3.2〉 슬러지의 종류에 따른 중력식 농축조의 설계자료

슬러지의 종류	유입슬러지의 농도 TS(%)	농축된 농도 TS(%)	부하율 (kg/m ² ·day)
분리농축시			
1차슬러지	2~7	5~10	100~150
살수여상슬러지	1~4	3~6	40~50
RBC슬러지	1~3.5	2~5	35~50
활성슬러지			
공기포기법	0.5~1.5	2~3	20~40
순산소공법	0.5~1.5	2~3	20~40
장기포기법	0.2~1.0	2~3	25~40
소화슬러지(이단소화 1단계조 유출)	8	12	120
열처리로 개량된 슬러지			
1차슬러지	3~6	12~15	200~250
1차+잉여슬러지	3~6	8~15	150~200
잉여슬러지	0.5~1.5	6~10	100~150
약품침전슬러지			
석회슬러지(고농도)	3~4.5	12~15	120~300
석회슬러지(저농도)	3~4.5	10~12	50~150
철염슬러지	0.5~1.5	3~4	10~50
기타 슬러지			
1차+잉여슬러지	0.5~1.5	4~6	25~70
	2.5~4.0	4~7	40~80
1차+살수여상	2~6	5~9	60~100
1차+RBC	2~6	5~8	50~90
1차+철염	2	4	30
1차+저농도 석회	5	7	100
1차+고농도 석회	7.5	12	120
1차+(잉여슬러지+철염)	1.5	3	30
1차+(잉여슬러지+황산반토)	0.2~0.4	4.5~6.5	60~80
(1차+철염)+살수여상	0.4~0.6	6.5~8.5	70~100
(1차+철염)+잉여슬러지	1.8	3.6	30
잉여+살수여상	0.5~2.5	2~4	20~40
혐기성소화된 1차+잉여슬러지	4	8	70
혐기성소화된 1차+(잉여슬러지+철염)	4	6	70

자료 : WEF & ASCE, Design of MWTP, Vol. II, 1998.

〈표 5.3.3〉 우리나라 하수처리시설의 중력식 농축조 설계 및 운전자료

배제방식	농축시간		고형물부하		농축슬러지농도	
	(시간)		(kgTS/m ² ·d)		(%TS)	
	설계치	평균	설계치	평균	설계치	평균
분류식	12.6	20.1	76.7	6.7	3.5	0.5
분류식	54.0	205.2	60.0	4.5		3.9
분류식	54.0	29.1	60.0	16.5		5.1
합류식(차집거)		39.9		20.5	3.0	1.1
합류식(차집거)		82.5		69.3		3.3
합류식(차집거)	13.4	12.5	60.8	100.1	3.0	1.5
합류식(차집거)	13.4		60.8			
합류식(차집거)	12.0		60.0		3.0	
합류식(차집거)	12.0	28.7	60.0	28.7	5.0	
합류식(차집거)	14.9	13.9	72.2	5.3		
합류식(차집거)	12.0	14.5	60.0	22.4	4.0	
합류식(차집거)	13.9	40.8	53.4	27.1	4.0	
합류식(차집거)	12.0	28.2	60.0	97.4	4.0	5.3
합류식(차집거)	12.7		62.1	6.4	4.0	
합류식(차집거)	48.0	13.9	40.0	23.7	3.4	
합류식(하 천)	12.7	12.8	68.6	59.8		3.2
합류식(하 천)	16.9	7.3	47.0	133.5		4.0
합류식(차집거)	12.0	67.8	60.0	17.5	4.0	2.6
평균	20.4	41.1	60.1	40.0	3.7	3.1
최대	54.0	205.2	76.7	133.5	5.0	5.3
최소	12.0	7.3	40.0	4.5	3.0	0.5

자료 : 한국건설기술연구원, 하수도시설의 유지관리개선방안에 관한 연구, 1990.

〈표 5.3.4〉 슬러지 농축을 위한 화학약품주입률

슬러지의 종류	슬러지의 특성과 화학약품 주입률			
	생슬러지		혐기성소화 슬러지	
	FeCl ₃ (mg/l)	CaO (mg/l)	FeCl ₃ (mg/l)	CaO (mg/l)
1차슬러지	1~2	6~8	1.5~3.5	6~10
1차+잉여슬러지	1.5~2.5	7~9	1.5~4.0	6~12
잉여슬러지	4~6	-	-	-

자료 : WEF & ASCE, Design of MWTP, Vol. II, 1992.

슬러지농축조의 소요단면적은 위에서 언급된 바와 같이 유량과 고형물부하 두 가지 조건을 만족시켜야 하는데 고형물부하에 의한 농축조의 소요단면적은 식(5.3.2)에 의하여, 그리고 수면적부하에 의한

값은 식(5.3.3)에 의하여 구할 수 있다.

$$A = \frac{Q_f C_f}{V} \left(\frac{1}{C} - \frac{1}{C_u} \right) \dots\dots\dots (5.3.2)$$

$$A = \frac{Q_0}{V_0} = \frac{Q_f - Q_u}{V} \dots\dots\dots (5.3.3)$$

- 여기에서, A : 소요단면적(m²)
 Q_f : 유입슬러지량(m³/d)
 C_f : 유입슬러지의 농도(kg/m³)
 Q_u : 농축슬러지량(m³/d)
 C_u : 농축슬러지의 농도(kg/m³)
 Q₀ : 월류수량(m³/d)
 C₀ : 월류수의 고형물농도(kg/m³)
 V : 경계면 침강속도(m/d)

식(5.3.2)와 식(5.3.3)을 이용하려면 슬러지 농도 C와 경계면 침강속도 V와의 관계를 알아야 한다. 그러기 위해서는 침전관 실험을 실시하여 여러 가지 슬러지 농도에 대한 슬러지의 침전속도를 측정하여야 하며, 각각의 C값에 대하여 얻은 V값을 식(5.3.2)에 대입하여 A값을 구하고 여러 가지 A값 중에서 가장 큰 것을 식(5.3.3)으로부터 구한 A와 비교하여 둘 중에서 큰 값을 소요단면적으로 취한다. 예를 들어 고형물농도 9 kg/m³, 함수율 99.1%, 유량 1,000 m³/d인 슬러지를 고형물농도가 45 kg/m³이고 함수율이 95.5%인 슬러지로 농축시키고자 하는 경우 요구되는 농축조의 단면적은 다음과 같이 구한다.

Q_f : 1,000 m³/d
 Q_u : $\frac{Q_f C_f}{C_u} = \frac{9.0 \times 1,000}{45} = 200 \text{ m}^3/\text{d}$
 C_f : 9 kg/m³
 C_u : 45 kg/m³ (1/C_u=0.022)

여러 가지 슬러지 농도 C에 대한 경계면 침강속도 V를 실험에 의하여 구해야 하며, 그 값들을 식(5.3.2)에 대입시켜 각각의 단면적을 구한 결과가 <표 5.3.5>와 같다.

<표 5.3.5>로부터 고형물부하에 의한 슬러지 농축조 최대소요단면적은 C가 12.0 kg/m³·d 때 57.2 m²이라는 것을 알 수 있다. 이 조건에서 수면적부하에 의한 소요단면적을 식(5.3.3)에 의해 구하면 83.3 m²가 된다.

$$A = \frac{Q_f - Q_u}{V} = \frac{1,000 - 200}{9.6} = 83.3 \text{ m}^2$$

〈표 5.3.5〉 슬러지 농축을 위한 소요단면적 계산 예

실험번호	C(kg/m ³)	V(m/d)	1/C	1/C-1/Cu	A(m ²)
1	9.1	18.72	0.110	0.088	41.8
2	12.0	9.60	0.083	0.061	57.2
3	15.4	7.44	0.065	0.043	52.0
4	22.3	2.40	0.045	0.023	53.8
5	43.0	1.20	0.023	0.001	7.5

따라서, 소요단면적은 57.2m² 대신 83.3m²이 되어야 한다. 만약 동일한 조건에서 수면적부하를 6~8m³/m²·d로 하면 소요단면적은

$$A = \frac{1,000}{6 \sim 8} = 167 \sim 125 \text{ m}^2$$

그리고, 고품물부하는

$$\frac{9.0 \times 1,000}{167 \sim 125} = 54 \sim 72 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{d}$$

체류시간을 14시간으로 할 경우 조의 용량은

$$1,000 \text{ m}^3/\text{day} \times \frac{14}{24} \approx 584 \text{ m}^3$$

그리고, 유효수심은

$$\frac{584}{167 \sim 125} = 3.5 \sim 4.7 \text{ m이다.}$$

3) 구조

중력식 농축조의 구조는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 구조는 원칙적으로 철근콘크리트 구조물로 하고 내식성을 고려한다.
- (2) 슬러지 유입관, 슬러지 배출관, 상징수 유출관 그리고 월류위어를 설치하여야 한다.

【해설】

(1)에 대하여

농축조는 지하에 설치하는 경우가 많으므로 철근콘크리트 구조물로 하되 지하수의 침투하지 않는 구조로 한다. 또한, 슬러지는 부패성이 높으므로 농축조 내면은 내식도장(耐蝕塗裝) 등을 한다.

4) 부대장치

중력식 농축조의 부대장치는 다음의 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 피켓(pickets)을 설치하는 것이 좋다.
- (2) 슬러지 제거기를 설치하는 경우 침강한 슬러지가 재부상하여 혼탁해지지 않을 정도의 속도로 운전한다.
- (3) 슬러지 배출은 펌프로 하는 것을 원칙으로 한다.
- (4) 슬러지 배출관은 최소관경 150 mm 이상으로 한다.
- (5) 슬러지 배출관에는 관이 폐쇄될 경우를 대비해서 적당한 곳에 청소구를 설치한다.
- (6) 수면에 스크럼제거장치를 설치한다. 또한, 월류위어의 청소가 가능하도록 고려한다.
- (7) 필요한 경우에 복개하고 환기 및 탈취설비를 한다.
- (8) 조내의 슬러지 경계면과 슬러지농도가 파악되도록 하는 것이 좋다.

【해설】

(1)에 대하여

중력식 농축조에서 슬러지의 농축을 향상시키기 위하여 피켓을 장치하는 것이 좋다. 피켓의 설계는 대상 슬러지의 특성에 따라 달라지지만 구동장치는 1차침전지의 슬러지 제거장치에 비해서 부하가 크다. 석회슬러지나 열처리된 슬러지 등 특수한 슬러지를 취급할 경우에는 부하가 미리 정해진 값보다 크면 피켓이 자동적으로 들어 올려지도록 힌지장치를 하는 수도 있지만, 보통 1차 및 잉여슬러지를 처리하는 경우에는 그런 특수한 장치는 불필요하다.

(2)에 대하여

조의 내경이 작은 경우에는 현수식의 제거기, 내경이 15 m를 넘는 경우에는 지주식 제거기를 설치하며 속도는 3 m/min 정도로 한다.

(3)에 대하여

슬러지 배출펌프의 최소구경은 80 mm로 한다. 이 경우 소규모시설에서는 조의 용량에 비해 슬러지 배출시설이 너무 크게 되므로 호퍼식으로 하고, 청소가 쉬운 수중펌프 또는 에어리프트펌프로 배출하는 것도 검토한다.

(4), (5)에 대하여

슬러지 배출펌프의 구경과 배출관의 관경이 항상 같지는 않다. 배출관의 협잡물에 의한 폐쇄를 방지하기 위해 150 mm이상으로 한 경우는 관내 유속이 작아져 모래가 침적하기도 한다. 따라서 슬러지 배출관은 역세척할 수 있도록 하며 청소구를 설치한다.

(6)에 대하여

농축조의 체류시간이 비교적 길기 때문에 슬러지가 부패하여 가스가 발생하며 이 가스가 슬러지나 다른 협잡물을 부착하며 수면에 부상한다. 이것을 방지하면 상정수의 월류위어에 스크럼이 부착되어 유출량이 부분적으로 편재하여 슬러지가 유출되는 원인이 되므로 농축조에 스크럼제거기를 설치하는 것이 좋다. 그렇지 않으면 농축조의 스크럼이 상정수와 함께 하수처리과정으로 재순환된다. 1차침전지에서 제

거된 슬러지와 스킴을 함께 농축조로 보내면 스킴의 일부는 슬러지와 함께 농축슬러지로 제거되고 상징수면의 스킴은 농축조에 설치된 스킴웅덩이(scum pit)에 모여져서 별도로 처리된다.

(7)에 대하여

하수처리시설의 입지조건에 따라서는 농축조에서 발생하는 악취가 주변의 생활환경을 악화시킬 우려가 있으므로 악취방지대책을 고려하여야 한다. 악취방지를 위해서는 발생원이 되는 농축조를 복개하고 반드시 환기 또는 탈취시설을 설치한다. 또한 배치설계시에 인근으로부터 충분한 거리를 두어 자연환기와 바람에 의한 희석으로 악취가 감소되도록 할 필요가 있다.

복개된 농축조에서 배기구를 통해 배출되는 가스에는 악취의 원인물질인 황화수소, 암모니아, 아민(amine)류 등이 포함되어 있다. 악취 원인물질을 제거하기 위해서는 방취, 희석, 방향(masking), 탈취 등의 방법이 적용될 수 있다. 탈취방법의 선정에 있어서는 탈취풍량, 악취물질의 종류와 양, 탈취목표효율, 주변환경, 유지관리의 용이성과 경제성을 충분히 검토하여 최적의 방법을 선택하여야 한다.

(8)에 대하여

과거와는 달리 근래에 설치되어 운영되는 하수종말처리시설은 계측기기의 설치가 많아지고 운영시스템의 자동화가 이루어지면서 슬러지 농축조에도 슬러지계면계가 설치되어 슬러지의 인출을 자동으로 조절하도록 하는 것이 필요하며, 또한 슬러지 인출배관에 샘플링설비를 설치하여 필요시 슬러지농도를 확인할 수 있도록 하는 것이 좋다.

5.3.2 부상식 농축조

부상식에 의한 고액분리는 부유물질에 미세한 기포를 부착시켜 고형물의 비중을 물보다 작게 해서 부상분리시키는 것으로, 기포를 발생시키는 방법에 따라 가압부상농축과 상압부상농축으로 나눌 수 있다. 현재까지는 가압부상농축이 많이 이용되어 왔으나 최근에는 고형물회수율이 높고 장치가 콤팩트하며 고속회전체나 고압력을 쓰지 않기 때문에 보수빈도가 적은 상압부상농축이 소규모처리장을 중심으로 급속하게 이용되고 있다. 부상농축을 이용하는 경우는 중력농축에서 농축성이 나쁜 잉여슬러지 등을 대상으로 처리하는 경우가 많다.

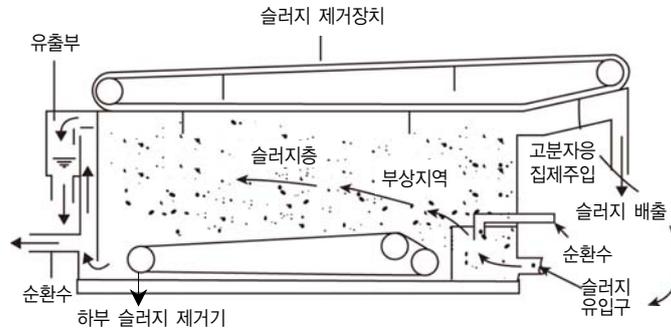
1) 가압부상농축

부상식 농축조의 예를 [그림 5.3.3]에 나타내었다. 부상식에서는 적절한 크기의 미세기포를 발생시키는 것과 슬러지 입자에 미세 기포를 효과적으로 부착시키는 것이 중요하다. 기포의 부착특성은 입자 표면의 물리적·화학적 성질에 따라 다르다.

부분가압법은 유입슬러지의 일부를 직접 가압펌프로 공기포화조에 넣기 때문에 다른 방법에 비해 공기포화도가 낮으므로 슬러지 처리에는 별로 사용되지 않는다.

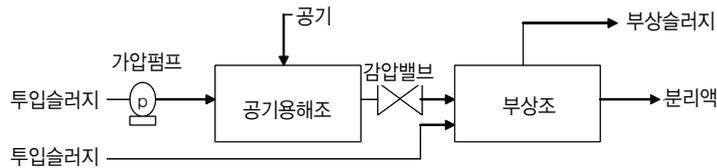
전량가압법은 유입슬러지의 전량을 가압펌프로 공기포화조에 보내기 때문에 순환수가압법에 비해 간단하지만, 공기포화도에 한계가 있으므로 유입슬러지의 농도가 비교적 낮은 경우에 쓰이는 경우가 많다.

순환수가압법은 유입슬러지와 순환수의 혼합을 위해 이젝터(ejector)를 사용하는 방법으로 슬러지 펌프의 동력을 절약할 수 있으나, 슬러지 성상에 따라 적합성 여부를 판단하여 사용해야 한다.



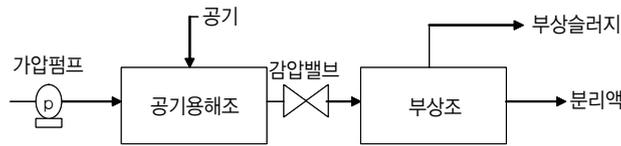
[그림 5.3.3] 부상식 농축조의 예

부분가압법

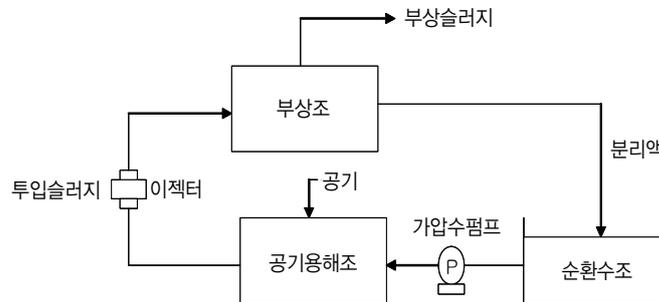


[그림 5.3.4] 부상식 농축조(부분가압법)

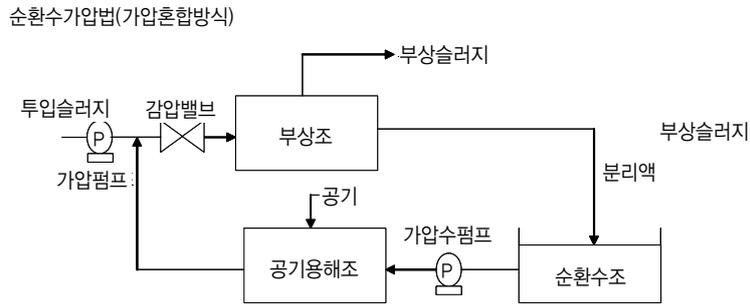
전량가압법



[그림 5.3.5] 부상식 농축조(전량가압법)



[그림 5.3.6] 부상식 농축조(순환수가압법, 이젝터방식)



[그림 5.3.7] 부상식 농축조(순환수가압법, 가압혼합방식)

최근에는 가압수에 유입슬러지를 가압해서 혼합하는 방법(가압혼합방식) 및 가압수를 감압한 직후에 유입슬러지를 혼합하는 방법도 사용되고 있다. 순환수가압법에는 가압수로 분리액 또는 처리수가 쓰여진다.

부상식 농축은 중력식에서는 농축성이 나쁜 잉여슬러지만을 대상으로 하는 것이 바람직하다. 부상식 농축은 활성슬러지나 살수여상슬러지와 같이 비교적 가벼운 슬러지의 농축에 많이 이용되며 1차슬러지 같이 무거운 슬러지의 농축은 중력식이 좋다. 그러나 잉여슬러지량이 대단히 많은 대규모 하수처리시설에서는 부상식 농축조를 사용하거나 1차슬러지와 잉여슬러지를 분리처리 함으로써 비용을 줄일 수 있다.

부상식 농축조 설계에 영향을 미치는 요소에는 유입슬러지 농도, 공기량, 입자의 부상속도 등이 있다. 공기/고형물비(A/S)는 사용되는 공기의 무게를 유입슬러지중의 고형물 무게로 나눈 값으로, 공기방울의 상승속도와 가압수가 고형물을 부상시킬 수 있는 능력을 결정하기 위한 적용압력과 함께 사용되어야 한다.

공기/고형물 비에 대한 식은 식(5.3.4)와 식(5.3.5)와 같다.

$$\frac{A}{S} = \frac{1.3 S_a (f \cdot P - 1)}{S} \dots\dots\dots (5.3.4)$$

가압수의 반송이 있는 경우에는

$$\frac{A}{S} = \frac{1.3 S_a (f \cdot P - 1)}{S} \cdot \frac{R}{Q} \dots\dots\dots (5.3.5)$$

- 여기서, 1.3 : 공기의 밀도(mg/cm³)
 S_a : 1기압, 운전온도에서의 공기의 용해도(mg/l)
 f : 포화상태에서의 공기의 실제 용해비(보통 0.5)
 P : 공기포화조내의 압력(atm)
 S : 고형물 농도(mg/l)
 R/Q : 반송률

A/S비가 너무 높으면 심한 와류에 의한 전단력(shearing)의 발생으로 플러키나 스컴이 깨져서 오

히려 부상효과가 나빠질 수 있다.

① 용량과 형상

부상식 농축조의 용량과 형상은 다음의 사항을 고려하여 정한다.
 (1) 형상은 원형이나 사각형으로 한다.
 (2) 고행물부하는 100~120 kg·ds/m²·d 정도로 한다.
 (3) 깊이는 4.0~5.0 m를 표준으로 한다.
 (4) 농축조의 수는 원칙적으로 2조 이상으로 한다.

【해설】

(2)에 대하여

부상농축조의 고행물부하는 유입슬러지의 종류, 농도, 공기/고행물비(A/S비)를 고려하여 정한다. A/S비가 클수록 농축슬러지의 농도는 커지지만 너무 커도 동력비에 비해 농축효과는 증가하지 않는다.

일반적으로 A/S비는 0.006~0.04 kg공기/(kg·ds) 정도이며, 고행물부하는 100~120 kg/(m²·d), 함수율은 96~97%를 표준으로 한다. 또한, 고행물회수율은 85~95%를 표준으로 한다.

미국의 경우 잉여슬러지 농축의 A/S비는 0.02~0.04 kg/kg 정도이며, 고행물부하는 약품주입없이 40~120 kg/m²·d로 3~5% 농도를 얻으며, 약품주입시 80~240 kg/m²·d의 부하로 3.5~6.0%의 농도를 얻을 수 있다(〈표 5.3.6〉 참조).

〈표 5.3.6〉 부상식 농축조의 운전결과(미국)

처리장	활성슬러지 공법	유입슬러지 농도 (mg/l)	고행물 부하율 (kg/m ² ·h)	농축슬러지 농도 (%)	고분자응집제 사용량 (g/kg)	고행물 회수율 (%)
Green Bay, WI San Francisco, CA (S. E. Plant)	접촉안정화 순산소	4,000	1.45	3~4	-	80~85
		6,000	3.38	3.7	1.6	98.5
Salem, OR Milwaukee, WI (S. S. Plant)	순산소 표 준	14,800~20,000	19.33	5	48.5~59.5	95 이상
		300	4.83	3.2	1.5~2.5	90~95
Tri-Cities, OR Milwaukee, WI (K. C. Plant)	표 준 완전혼합식	11,300	-	3.94	1.5~2.5	98
		5,000	9.67	3.5	3~5	95 이상
Arlington, VA Kenosha, Wisconsin	표 준 표 준	10,000	7.25~9.67	2.6	1.5~2	95 이상
		8,600	5.4	4.3	-	99 이상

자료 : WEF & ASCE, Design of MWTP, vol. II, 1998.

(3)에 대하여

체류시간은 기포부착된 입자의 상승속도와 조의 수심에 의해 정해진다. 순환수가압법에서는 유입슬러지와 가압수와의 합계에 대한 체류시간을 고려해 일반적으로 2시간 이상이 바람직하다. 부상조의 유효수심은 부상슬러지 형성에 필요한 압밀을 주기 위한 깊이가 필요한데 일반적으로 4.0~5.0m를 표준으로 한다. 또한, 체류시간은 부상분리면적과 조의 수심에 의해 정해지며 일반적으로 2시간 이상으로 한다. 순환수가압법에서는 투입슬러지와 가압수와의 합계량에 대한 적절한 체류시간을 고려한다.

(4)에 대하여

다른 하수처리시설과 마찬가지로 부상농축조도 2조 또는 그 이상 설치하여 고장, 수리, 청소 등에 대비하여야 한다.

② 구조

부상식 농축조의 구조는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 농축조는 수밀성의 철근콘크리트 구조물로 만드는 것이 좋다.
- (2) 농축조에는 부상슬러지 제거기와 침전슬러지 제거기를 모두 설치한다.
- (3) 농축조의 수위조절을 위하여 월류위어 등의 설비를 갖추어야 한다.

【해설】

(2)에 대하여

부상식 농축조에서 슬러지 입자는 수면으로 부상하여 150~300 mm 정도의 두께로 슬러지층을 형성하며 부상슬러지 제거기에 의하여 제거된다. 이때 슬러지 입자에 부착된 기포가 떨어지지 않도록 부상슬러지층을 가능하면 흐트리지 않도록 한다. 이를 위해서는 슬라이드(slide)식의 제거기보다 직접 수면상에 부상한 슬러지를 제거하는 것이 바람직하다. 한편 유입슬러지 중에는 하수 중에 있던 모래나 고형물 등의 무거운 물질들이 바닥으로 침전하므로 침전슬러지 제거기도 설치되어야 한다.

(3)에 대하여

슬러지의 부상농축시 유출수는 저류관 밑을 지나 수위가 조정될 수 있는 위어 너머로 흘러나가게 된다. 농축조내의 수위는 유입되는 슬러지의 양과 재순환되는 유출수의 양에 따라 변할 수 있으므로 수위가 조절될 수 있도록 월류위어를 설치하여야 한다.

③ 가압펌프

가압펌프는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 가압펌프의 형식은 공기의 주입위치에 따라 선정한다.
- (2) 가압펌프의 토출압력은 2~5 kg/cm²의 범위가 되도록 선정한다.
- (3) 가압펌프의 양수량은 다음에 의해 정한다.
 - ① 전량가압방식인 경우는 유입슬러지량으로 한다.
 - ② 부분가압방식의 경우는 필요한 공기/고형물 비가 얻어지도록 슬러지의 농도 및 가압력 등을 고려해서 정한다.
 - ③ 순환수가압방식의 경우는 유입슬러지량으로 한다. 가압펌프는 ②에 따라 정한다.

【해설】

(1)에 대하여

용존공기부상법에서는 보통 유입슬러지를 재순환수와 혼합시킨 다음 부상조로 보내는데 슬러지 압력 펌프에 공기가 혼입되면 공동현상이 발생하여 펌프를 손상시킬 우려가 있으므로 이를 고려하여야 한다. 또한, 공기의 주입위치가 흡입측인가 혹은 토출측인가에 따라서 펌프가 선정되어야 한다.

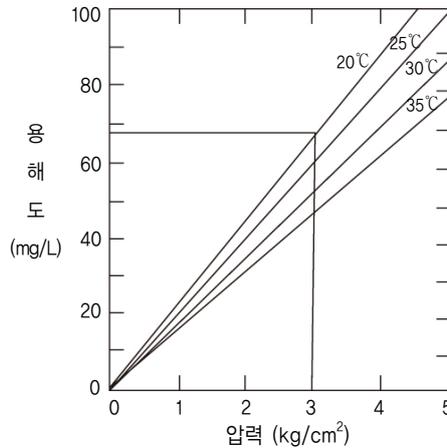
(2)에 대하여

헨리의 법칙(Henry's Law)에 의하면 공기가 물속으로 녹아 들어가는 용해도는 압력에 비례하고 온도에 반비례한다. 즉, 물에 대한 공기의 용해도는 압력이 높아지면 증가하지만 경제적인 면에서 한계가 있다. 일반적으로 채택되는 펌프의 토출압력은 2~5 kg/cm² 정도이다.

(3)에 대하여

슬러지의 부상농축시 가압수량은 슬러지의 농도, 특성, 공기주입방법 및 압력에 따라서 좌우된다. 일반적으로 공기용해량은 압력이 3 kg/cm²일 때 이론량의 50% 정도 되므로 슬러지 농도가 8 kg/m³, 가압수 압력이 3 kg/cm², 가압수량이 슬러지 유량의 3배, 수온이 20 °C이면 [그림 5.3.8]에서 이론적인 공기용해량이 69.5 mg/l이므로 식(5.3.5)에 의해서 공기/고형물 비는 0.013이 된다.

$$\frac{A}{S} = \frac{3 \times 69.5 \times 10^{-3} \times 0.5}{8} = 0.013$$



[그림 5.3.8] 이론적인 공기용해량

④ 공기포화조

공기포화조는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 조는 내압용기구조에 관한 규격에 따라 압력과 부식에 견딜 수 있는 재료로 만들어야 한다. 일반적으로 강철판의 원통형으로 만들고 조내의 물이 완전히 비는 것을 방지하기 위하여 저수관을 설치하는 것이 좋다.
- (2) 조의 용량은 가압수의 체류시간이 2분 정도 되도록 결정한다.
- (3) 조에는 포화수 확산장치, 자동배기밸브, 압력계를 볼 수 있는 창, 안전밸브, 가압수 유입구와 유출구, 밸브가 부착된 배수구, 그리고 내부점검용의 맨홀 등을 설치한다.

【해설】

(2)에 대하여

공기포화조에서 물에 대한 공기의 포화용해도는 체류시간내에 공급되는 공기량과 관계가 있다. 공기와 물의 접촉이 양호할 경우 체류시간이 1~2분이면 공기용해율은 60~80% 정도 된다. 따라서 공기포화조의 체류시간은 2분 정도 되는 것이 좋다.

⑤ 부대장치

부상식 농축조의 부대장치는 다음의 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 유입슬러지 저류조
- (2) 부상슬러지 탈기조
- (3) 슬러지 펌프
- (4) 순환수펌프(순환수가압법의 경우)
- (5) 필요한 경우에 복개시설을 설치하고 환기 및 탈취설비를 한다.

【해설】

(1)에 대하여

유입슬러지 저류조는 유입슬러지의 농도 및 유입량의 변동을 어느 정도 완화시키는 것으로 슬러지의 침전을 막기 위해 교반과 부패방지를 겸한 공기공급장치 등을 설치하면 좋다.

(2)에 대

부상조에서 제거된 부상슬러지에 함유되어 있는 기포를 탈기하기 위한 것으로 그 용량은 부상슬러지를 1회 떠낸 용적의 1.5배 정도로 한다. 탈기조의 깊이가 얇거나 폭이 좁고 긴 것은 탈기효과가 나쁘다.

(3)에 대하여

농축슬러지를 다음 처리과정으로 보낼 때는 그 속에 기포가 들어 있을 염려가 있으므로 스크루펌프 등을 사용한다.

(4)에 대하여

부상조에서 유출되는 분리액을 받아 다시 가압수로 사용하기 위한 조로서, 용량은 가압수량의 20분간에 해당하는 정도로 한다.

(5)에 대하여

연간을 통해 볼 때 비나 눈이 많은 지역에서는 부상된 슬러지를 보호하기 위해 간단한 지붕형태를 만드는 것이 바람직할 때도 있으며 복개하는 경우에는 환기 및 탈취시설을 설치하고 부식방지도 고려하여야 한다.

2) 상압부상농축

상압부상농축은 기포조제 첨가로 형성된 기포와 슬러지중의 고형물을 혼합장치에서 고분자응집제를 첨가하여 흡착시켜 슬러지를 부력으로 부상농축시키는 방법이다.

① 용량과 형상

부상조의 용량과 형상은 다음의 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 형상은 원형을 표준으로 한다.
- (2) 고형물부하는 $25 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 정도로 한다.
- (3) 유효수심은 4.0 m 정도로 한다.
- (4) 농축조의 수는 원칙적으로 2조 이상으로 한다.

【해설】

(2)에 대하여

고형물부하는 부상장치의 단위면적당 처리고형물량으로 나타내고 통상 $25 \text{ kg} \cdot \text{ds}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 정도로 한다. A/S비는 $0.05 \sim 0.1 \text{ kg공기}/(\text{kg} \cdot \text{ds})$ 를 표준으로 한다. 슬러지농축설비의 성능은 농축슬러지농도 4~5% 및 고형물회수율은 95~96%을 표준으로 한다.

(3)에 대하여

분리액과 부상시킨 슬러지가 충분하게 분리할 수 있는 충분한 공간을 두어 분리액쪽으로 슬러지가 유출되지 않도록 유효수심을 4.0 m 정도로 한다.

(4)에 대하여

고장, 수리, 청소 등에 대비하여 부상농축조는 2조 이상 설치한다.

② 구조

부상조의 구조는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 내구성, 내식성을 고려한 강판제를 표준으로 한다.
- (2) 수면조절을 위하여 월류위어 등의 설비를 갖추어야 한다.

【해설】

(1)에 대하여

부상조 본체의 구조는 내구성, 내식성을 고려한 강판제를 표준으로 한다. 조의 상부에서는 슬러지 제거기의 수리점검이 용이하게 하고 분리기포 및 악취가 외부로 퍼져나가지 않도록 덮개를 설치한다.

(2)에 대하여

부상슬러지 농도조정을 위해 수위조정 가능장치를 설치한다. 위어높이를 너무 높게 하면 수면위로 부상슬러지 두께가 크게 되고 부상슬러지가 제거될 때까지 체류시간이 길게 되기 때문에, 부상슬러지의 압밀에 의한 자유수의 낙하가 일어나 농축슬러지 농도가 높게 된다.

③ 기포(起泡)공급·혼합장치

기포공급·혼합장치는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 기포장치를 설치한다.
- (2) 기포용수펌프를 설치한다.
- (3) 공기압축기를 설치한다.
- (4) 혼합장치를 설치한다.

【해설】

(1)에 대하여

기포장치는 기포조제가 첨가된 기포용수와 공기의 혼합물을 터빈 교반시켜 미세한 기포를 생성하는 장치로 내구성·내식성을 고려한 강판제의 밀폐형을 표준으로 한다.

(2)에 대하여

기포용수펌프는 기포용수조로부터 기포용수를 기포장치에 공급하는 것이므로, 외권펌프로 한다. 기포용수량은 기포용공기량과 동량으로 한다.

(3)에 대하여

공기압축기 용량은 기포용 공기를 기포장치에 공급하는 양에 공기작용밸브나 응집제공급기에 사용하는 양을 고려해야 한다.

(4)에 대하여

혼합장치는 기포장치에서 발생한 기포를 혼합시킨 슬러지와 응집제를 혼합하고, 슬러지에 기포를 부착시키는 장치로서 내구성·내식성을 고려한 강판제의 밀폐형을 표준으로 한다. 내부에는 교반기를 설치한다.

④ 약품공급장치

약품공급장치는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 기포조제주입펌프를 설치한다.
- (2) 기포조제희석조를 설치한다.
- (3) 응집제용해조를 설치한다.
- (4) 응집제공급기를 설치한다.
- (5) 응집제주입펌프를 설치한다.

【해설】

(1)에 대하여

기포조제주입펌프는 기포조제를 기포장치에 주입하는 것으로 다이어프램 정량펌프로 한다.

(2)에 대하여

기포조제희석조는 기포조제원액을 규정농도로 희석하고 저장하는 것으로 내구성·내식성을 고려한 강판제의 밀폐형을 표준으로 한다. 내부에는 교반기를 설치한다.

(3)에 대하여

응집제용해조는 응집제 공급기로부터 공급되는 약품을 일정농도로 희석해서 혼합장치에 공급하는 것으로 조 본체, 믹서 및 지지대 등으로 구성된다.

(4)에 대하여

응집제공급기는 응집제용해조에 일정농도가 되도록 물과 고분자응집제를 정량공급하는 것으로 유입 호퍼, 계량장치, 공급기본체, 가변구동장치, 혼합기 및 급수공급장치 등으로 구성된다.

(5)에 대하여

응집제주입펌프는 응집제를 혼합장치에 공급하는 것으로 일축스크류펌프로 한다.

⑤ 부대장치

부대장치는 다음의 사항을 고려하여 정한다.
(1) 투입슬러지 저류조를 설치한다.
(2) 부상슬러지 탈기조를 설치한다.
(3) 농축슬러지 저류조를 설치한다.
(4) 슬러지 호퍼를 설치한다.
(5) 필요한 경우에 복개시설을 설치하고 환기 및 탈취설비를 한다.

【해설】

(1)에 대하여

5.2.4 슬러지 저류조 및 펌프실 참조

(2), (3), (4), (5)에 대하여

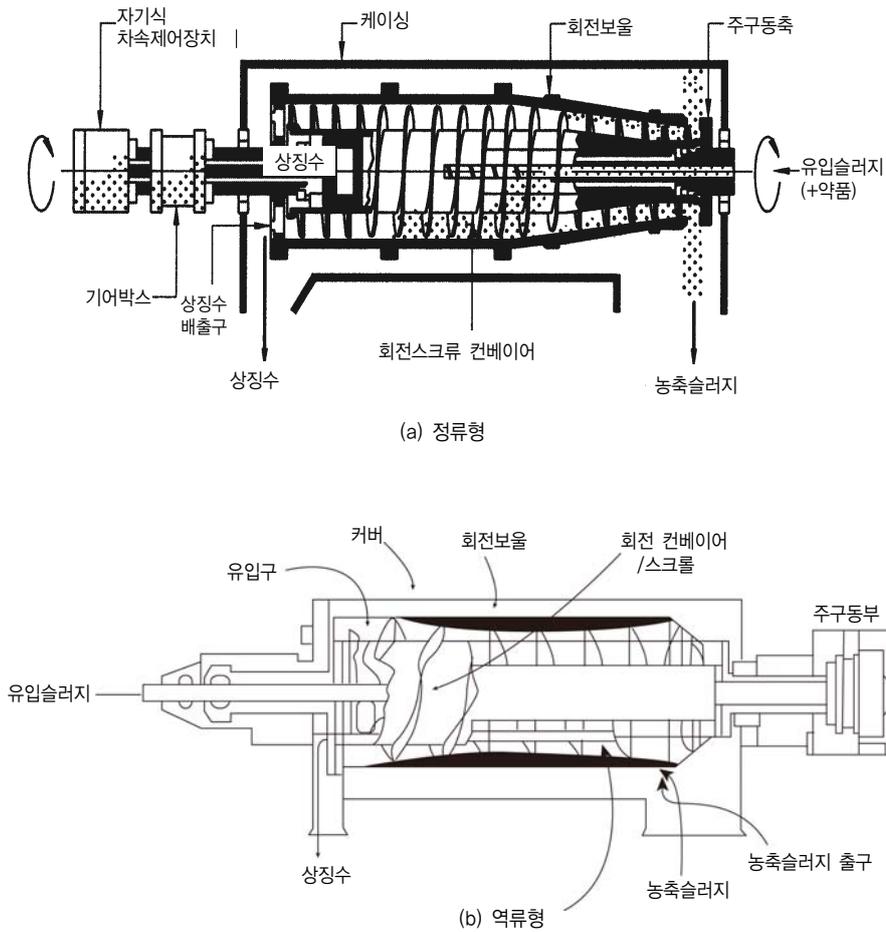
5.3.2 부상식농축조 5)항의 부대설비 참조.

5.3.3 원심농축기

원심농축기는 중력만으로는 침강농축하기 어려운 슬러지를 원심력을 이용해 효과적으로 농축하는 것으로 보통 횡형의 솔리드-보울 컨베이어형(solid-bowl conveyer type)과 입형의 디스크-노즐형(disk-nozzle type), 배스킷형(basket type)이 있다. 그러나 최근에는 입형 원심농축기는 폐쇄와 마모 등 유지관리상의 어려움이 많아 슬러지농축에는 거의 사용하지 않는 추세이다.

솔리드 보울 컨베이어형 원심농축기는 슬러지 유입방향과 농축된 슬러지의 이동방향이 같은 정류

형과 그 방향이 서로 반대인 역류형으로 구분된다. 솔리드 보울 컨베이어형 원심농축기는 원심탈수기와 외형이 비슷하며 보울(bowl)에서 유출되는 분리액의 액축수심을 슬러지층의 배출구 높이 정도까지 높게 운전하고, 농축슬러지가 보울의 경사부를 올라가기 쉽도록 설계되어 있다(〔그림 5.3.9〕참조). 유입슬러지는 보울내에서 원심력을 받아 농축슬러지는 보울내의 주변부에 분리되고, 자기식 차속제어에 의해 보울과 근소한 회전속도차로 돌고 있는 스크루에 의해 경사부를 맡아올려 연속적으로 배출시킨다.



[그림 5.3.9] 원심농축기의 예

농축슬러지의 농도, 고형물회수율(또는 분리액의 수질) 등 농축효과가 유입슬러지의 성상에 따라 최적상태가 되도록 하기 위해서는 운전상의 주요인자인 유입슬러지량, 회전수, 보울과 스크루의 속도차, 액축수심 등이 설치 후에도 조절가능한 설비를 선정하는 것이 중요하다. 참고로 미국의 원심농축기에 관한 운전결과가 <표 5.3.7>에 나타나 있다.

〈표 5.3.7〉 원심농축기의 운전결과(미국)

처리장	활성슬러지 공법	유입슬러지 농도 (mg/l)	SVI	유입유량 (l/sec)	농축슬러지 농도 (%)
Atlantic City, NJ	표준	3,000	100 (60)	20.5	10
Los Angeles, CA (Hyperion)	표준	4,800~6,014	109~191	37.8~50.6	3.67~5.68 3.67~5.95
	표준	4,800~6,014	109~191	37.8~50.6	1.91~7.90 1.75~8.16
Oakland, CA (East Bay MUD)	순산소	5,000	250~400	69.4	7
Naples, FL	표준	10,000~15,000	70~80 (55~70)	6.3	6
Milwaukee, WI (Johes Island)	표준	6,000~8,000	80~150 (75)	18.9~31.5	3~5.5
Littleton, CO	표준	6,000~8,000	100~300	9.5~18.9	6~9

처리장	고형물 회수율 (%)	고분자응집제 사용량 (g/kg)	규모(보울직경×길이) (cm)	보울회전속도 (rpm)	형식
Atlantic City, NJ	95	0.25	73.7×73.7	2,600	역류형
Los Angeles, CA (Hyperion)	87.7~91.4	-	111.8×419.1	1,600	정류형
	77.2~96.5	0.25~2.15	111.8×419.1	1,600	정류형
	47.1~89.3	-	101.6×355.6	1,995	역류형
	57.0~97.4	0.45~1.4	101.6×355.6	1,995	역류형
Oakland, CA (East Bay MUD)	66	6	101.6×355.6	-	역류형
Naples, FL	90~92	-	73.7×304.8	2,000	역류형
Milwaukee, WI (Johes Island)	92~93	-	-	1,000	정류형
Littleton, CO	88~95	3~3.5	73.7×233.7	2,300	역류형

자료 : WEF & ASCE, Design of MWTP, Vol. II, 1998.

1) 용량 및 효율

슬러지의 농축을 위하여 원심농축기를 선택할 때에는 다음 사항을 고려한다.

- (1) 용량은 슬러지의 성상, 고형물의 농도 및 운전시간을 고려하여 결정한다.
- (2) 대수는 다음 식(5.3.6)을 이용하여 구할 수 있다.

$$N = \frac{Q}{q \cdot t} \dots\dots\dots (5.3.6)$$

여기에서, N : 대수(대)
 Q : 유입슬러지량(m³/day)
 q : 1대당 처리 용량(m³/대·h)
 t : 일 운전시간비(h/day)

- (3) 원칙적으로 예비없이 2기 이상 설치한다.
- (4) 농축슬러지의 함수율은 96% 정도이며, 고형물회수율은 90~95% 정도를 목표로 한다.
- (5) 재질은 내구성이 있는 것을 사용한다.
- (6) 농축효율 및 고형물회수율을 높이기 위해 약품주입설비를 설치할수있다.

【해설】

(1), (2), (3)에 대하여

원심농축기의 용량 및 성능을 결정하기 위해서는 슬러지의 성상, 고형물의 농도 및 운전시간을 고려하여 결정한다. 제작업체마다 슬러지 성상에 따른 원심효과, 보울과 스크루 컨베이어간의 속도차, 액측수심 등이 다르므로 선정시 주의하여야 한다. 점검 및 수리 등 유지관리를 고려하여 예비를 두는 것은 바람직하나 장비가 고가이고, 비경제적이므로 근무시간 상시가동 기준으로 2대 이상을 설치한다.

(4)에 대하여

일반적으로 함수율 96% 이하 및 고형물회수율 90% 이상을 목표로 이에 맞도록 각 형식마다 원심효과를 결정한다.(무약주방식일 경우에는 고형물 회수율을 80%이상 고려) 원심효과는 횡형에서는 중력의 1,500~3,000배 정도이다.

(5)에 대하여

횡형은 보울과 스크루가 고속회전하므로 슬러지와 접한 부분이 슬러지에 포함된 모래로 인해 마모되기 쉽다. 따라서 마모에 견디는 견고한 재질을 사용하며, 특히 심하게 마모되는 부분은 경도가 높은 금속을 피복하는 방법, 텅스텐 카바이드 타일 부착 등을 고려한다.

2) 슬러지 펌프

슬러지 공급펌프는 다음 사항을 고려한다.

- (1) 원칙적으로 용적형 펌프를 설치한다.
- (2) 예비를 포함하여 2대 이상 설치한다.
- (3) 배관은 개별배관을 원칙으로 한다.

【해설】

(1)에 대하여

유입슬러지량이 운전상의 중요인자 중의 하나이므로 슬러지 공급펌프의 유량이 일정하도록 용적형 펌프를 사용한다.

(2) 및 (3)에 대하여

슬러지 공급펌프 예비를 설치하지 않을 경우 점검 및 수리시 원심농축기 운전 중단이 불가피하므로 슬러지 농축처리에 지장을 초래하므로 예비대수를 설치하고 상시 운전펌프와 농축기는 1 : 1로 개별배관하고, 예비펌프는 각 농축기에 모두 연결배관하면 어떠한 펌프의 고장시에도 정상운전이 가능하게 된다.

3) 부대장치

부대장치는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 필요에 따라 미리 슬러지에 포함된 모래나 협잡물을 사전에 제거하도록 한다.
- (2) 악취 및 소음에 대한 방지 대책을 강구하며 진동에 대해서도 대비한다.
- (3) 유입슬러지의 농도변화에 대비한 약품주입설비를 설치할 수 있다.

【해설】

(1)에 대하여

슬러지에 포함된 모래에 의해 보울, 스크루, 슬러지 배출구 등에 의한 마모를 방지하기 위하여 경도가 높은 금속제를 사용하게 되면 보수비가 높아진다. 그러므로 모래성분이 많은 슬러지는 가능하면 사전에 모래를 제거하는 것이 좋다.

(2)에 대하여

원심농축기의 본체는 수분의 발산과 소음, 악취 등을 방지하기 위해 케이싱과 충분히 밀착되어야 하며, 필요에 따라 커버를 설치할 경우 내부청소와 수리가 용이하도록 외부덮개를 분해할 수 있는 구조로 만들어져야 한다. 또한, 본체의 진동으로 인한 소음발생 및 기계장치의 손상을 방지하기 위해 다음과 같은 점을 고려한다.

- ① 본체는 진동이 하부에 전달되지 않는 구조로 설치한다.
- ② 배관의 접속은 신축관을 사용하여 진동이 외부에 전달되지 않도록 한다.
- ③ 건물에 소음흡수 또는 차단시설을 설치하여 실내에서 외부로 소음이 새지 않도록 한다. 이 경우 전동기에서 발생되는 열을 고려해 충분한 환기를 한다.

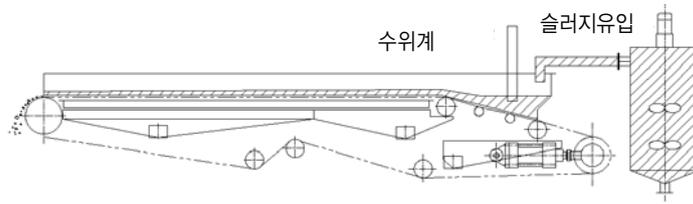
(3)에 대하여

유입슬러지의 농도변화에 대해서도 농축슬러지의 농도를 96% 이하로 유지할 수 있도록 약품주입설비를 설치할 수 있다.

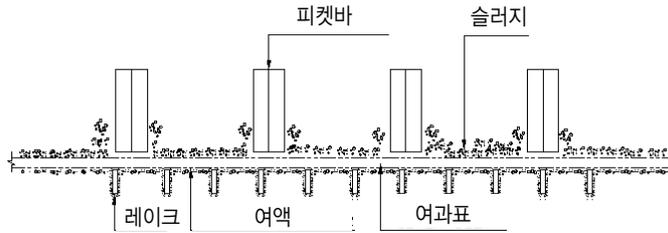
일반적으로 혼합슬러지를 원심농축할 때 응집제주입률은 처리고형물당 0.2% 이하로 한다.

5.3.4 중력식 벨트농축기

중력식 벨트농축기의 농축은 연속적으로 이동하는 한 장의 여과포 위에서 이루어지며 [그림 5.3.10]에서와 같이 혼화조에서 응집된 슬러지는 수위센서에 의해 최적의 조건으로 투입된다. 투입된 슬러지는 경사지역 및 중력지역에서 농축되고, 피켓 바(picket bar)에 의한 여과포의 상면을 긁어 슬러지를 뒤집어 줌으로써 농축을 촉진 시켜주는 강제 중력농축 및 레이크를 부착하여 여과포의 하부에 발생하는 응축수를 효과적으로 제거하는 방식이다.



(a)



(b)

[그림 5.3.10] 중력식 벨트농축기의 예

<표 5.3.8> 중력식 벨트 농축기의 성능

슬러지 종류	유입농도(%)	체적감소(%)	배출농도(%)	약품투입량(ton,DS)
1차 슬러지	3~6	50~75	7~10	1~1.5
활성슬러지	0.5~1	75~90	4.5~10	2~3.5
1차(50%)+2차(50%)	2~4	45~55	5~8	1.5~2.5
호기성 소화	0.8~2	70~80	4.5~6.5	2~3.5
혐기성 소화	2.5~5	50~60	5~10	~3
제지	2~8	50~60	9~15	0~1.5

1) 용량 및 효율

슬러지의 농축을 위하여 중력식벨트농축기를 선택할 때에는 다음 사항을 고려한다.

- (1) 용량은 처리슬러지량으로 한다.
- (2) 원칙적으로 2기 이상 설치한다.
- (3) 농축슬러지의 함수율은 96% 정도이며, 고형물회수율은 85~95% 정도를 목표로 한다.
- (4) 재질은 내구성이 있는 것을 사용한다.

【해설】

(1), (2)에 대하여

중력식벨트 농축기의 용량 및 성능 결정은 슬러지 성상에 따른 농축효과, 여과포 선정, 벨트속도 등의 결정으로 정해진다. 점검과 수리 대비를 위해 예비를 포함한 2기 이상을 설치한다.

(3)에 대하여

일반적으로 함수율 96% 이하 및 고형물회수율 85% 이상을 목표로 각 형식마다 농축효과를 결정한

다. 벨트식의 경우 구동속도조절을 통해 원하는 농축효율을 얻을 수 있다.

(4)에 대하여

프레임은 운전중에 견딜 수 있도록 일반구조용 압연강재 또는 스테인레스 강재로 제작하고 부식방지를 위하여 샌딩 및 에폭시 프라이머(epoxy primer)로 표면처리 한다. 롤러류는 압력 배관용 탄소강관을 사용하여 제작하고 강관은 작용하는 굽힘 모멘트에 견딜 수 있어야 하며 표면은 부식방지를 위하여 고무 혹은 폴리아미드로 코팅을 한다. 여액 받이 및 덮개는 부식방지를 위하여 스테인레스 강재로 제작하고 쟁기는 여과포에 손상을 주지 않는 재질을 사용한다.

2) 슬러지 유입펌프

슬러지 유입펌프는 다음 사항을 고려한다.

- (1) 정량성 있는 것을 사용한다.
- (2) 벨트식 농축기 1대마다 설치한다.

【해설】

(1)에 대하여

유입슬러지량이 운전상의 중요인자 중의 하나이므로 슬러지 유입펌프의 유량이 일정하도록 정량성 있는 펌프를 사용한다.

(2)에 대하여

슬러지 유입펌프를 2대 이상의 벨트식 농축기에 연결한 경우, 그 중 벨트식 농축기가 1대라도 정지해야 될 경우는 운전관리가 복잡해지고 유입펌프의 예비시설도 대형화 되므로 비경제적이다.

3) 부대장치

부대장치는 다음 사항을 고려한다.

- (1) 유입슬러지의 농도변화에 대비한 슬러지 유량 자동제어장치를 설치할 수 있다.
- (2) 자동화의 용이성을 위한 폴리머 용해장치를 설치할 수 있다.

【해설】

(1)에 대하여

유입슬러지의 농도변화에 대해서 농축슬러지의 농도를 96% 이하로 일정하게 유지할 수 있도록 슬러지 및 폴리머량을 자동 조절할 수 있는 슬러지 유량 자동제어장치를 설치할 수 있다.

(2)에 대하여

폴리머의 일정농도 유지 및 원활한 용해를 통해 무인운전을 위한 자동제어가 용이하도록 폴리머 용해장치를 설치할 수 있다.

5.3.5 기타 방식의 농축기

기타방식의 농축으로는 디스크형 농축기가 있다.

디스크형농축기는 농축기능을 하는 디스크(고정판, 유동판)와 중앙부의 슬러지를 이동시키는 스크류로 구성되며 디스크는 고정판 사이사이에 유동판이 끼워져 있는 형식으로 제작되어 유동판이 슬러지 이송의 직각 방향으로 움직임으로서 고정판과 유동판사이의 작은 공극을 형성하여 이곳으로 간극수가 배출되면서 농축되는 방식이다.

디스크형 농축기는 보통 2~2.5%의 슬러지농도로 운전되나 고농도의 슬러지 농축 및 탈수기와 연동이 가능하도록 제작이 가능하며, 이때 고농도의 농축 및 탈수를 위하여 고분자응집제와 응집보조제가 사용되기도 한다. 용량 및 효율은 5.3.3 원심농축기 참조

5.4 혐기성 소화

5.4.1 혐기성 소화의 원리

혐기성 소화는 하수슬러지를 감량화, 안정화하는 것으로 소화과정, 목적, 영향인자 및 운전시 주의사항은 다음과 같다.

- (1) 혐기성 소화는 혐기성균의 활동에 의해 슬러지가 분해되어 안정화되는 것이다.
- (2) 소화 목적은 슬러지의 안정화, 부피 및 무게의 감소, 병원균 사멸 등을 들 수 있다.
- (3) 공정 영향인자에는 체류시간, 온도, 영양염류, pH, 독성물질, 알칼리도 등이 있다.
- (4) 혐기성 소화공정을 적절하게 운전 및 관리하기 위해서는 유입슬러지의 상태 및 주입량, 소화조내의 슬러지 성상, 거품 등을 지속적으로 파악하여 이상상태가 발생하면 신속하고 적절한 조치를 취할 수 있도록 하여야 한다.

【해설】

(1)에 대하여

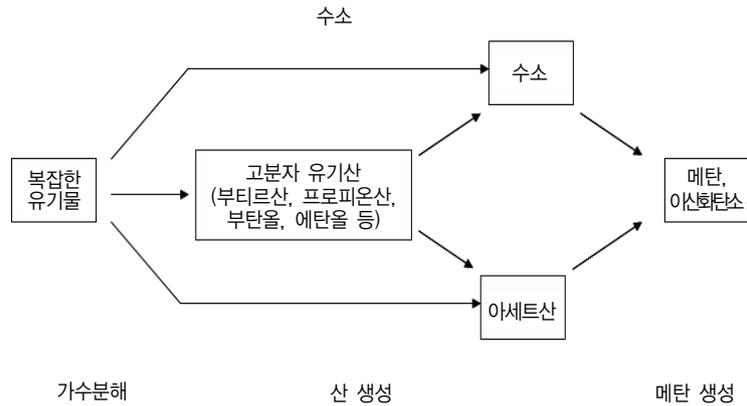
혐기성 소화란 용존산소가 존재하지 않는 환경에서 유기물이 미생물에 의해 분해되는 과정으로 슬러지중의 유기물은 혐기성균의 활동에 의해 분해된다.

혐기성 소화에 의한 슬러지의 분해과정은 크게 [그림 5.4.1]에 나타난 바와 같이 가수분해단계, 산생성단계, 그리고 메탄생성단계의 세 단계로 나눌 수 있다. 각 단계의 반응은 발효균, 아세트산 및 수소생성균, 그리고 메탄생성균 등 서로 다른 미생물에 의하여 이루어지며, 이들의 활동은 서로 유기적으로 연결되어 있다.

가수분해 및 발효 단계에서는 슬러지가 휘발성 유기산, 단당류, 아미노산 등과 같은 용해성 유기물을 거쳐 아세트산, 프로피온산, 부티르산, 고분자 유기산 및 H₂와 CO₂로 변화하게 된다. 이 단계에서는 유기물이 분해되어 무기물로 변하지 않고 단지 다른 형태의 유기물로 변하기 때문에 유기물의 총

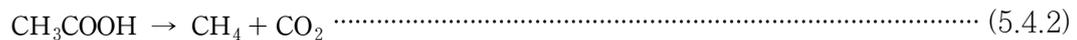
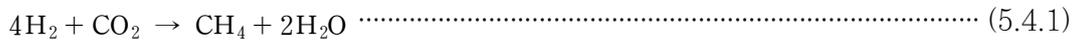
COD는 변하지 않는다. 슬러지의 혐기성 소화과정에서는 가수분해단계가 느리기 때문에 전체 처리 속도를 제한한다.

아세트산은 발효단계에서 직접 생성되기도 하지만, 발효단계의 생산물인 프로피온산, 부티르산 및 고분자 휘발성 유기산 등에서도 생성된다. 후자의 경우를 아세트산과 수소생성단계라고 칭한다.



[그림 5.4.1] 혐기성 분해단계

메탄화 과정에서는 앞 단계에서 생성된 수소 및 아세트산이 메탄으로 변화한다. 이 과정에서 유기물의 COD가 가스상태의 메탄으로 변화함으로써 실질적인 유기물의 제거가 이루어지게 된다. 수소 및 아세트산으로부터의 메탄생성식은 다음 식(5.4.1), (5.4.2)와 같다.



혐기성 소화가 호기성 소화에 비해 지닌 장점으로서는 다음과 같은 점을 들 수 있다.

- ① 유효한 자원인 메탄이 생성된다.
- ② 처리후 슬러지 생성량이 적다.
- ③ 동력비 및 유지관리비가 적게 든다.

혐기성 소화의 단점으로는 높은 온도(35℃ 혹은 55℃)를 요구한다는 것인데, 이는 발생하는 메탄가스를 열원으로 이용하면 해결할 수 있는 문제이다. 또한, 미생물의 성장속도가 느리기 때문에 초기운전이나 온도, 부하량의 변화 등 운전조건이 변화할 때 그에 적응하는 시간이 길다는 점과 암모니아와 H₂S에 의한 악취도 단점으로 지적될 수 있다.

혐기성 처리에서는 외부로부터 산소가 주입되지 않기 때문에 유기물의 안정화는 메탄의 생성을 통하여서만 일어나며, 이 때 생성되는 메탄과 미생물의 양은 적절한 양론식을 세움으로써 예측할 수 있다. McCarty에 의하면 체류시간 20일인 혐기성 소화조에서 하수슬러지의 소화시 일어나는 반응식은 다음 식(5.4.3)과 같다.



식(5.4.3)에서 보면 약 210 g의 하수슬러지가 혐기성 분해되면 5.78 mols(129 l)의 메탄과 0.19 mols(21.5 g)의 미생물, 그리고 0.81 mols(40.5 g as CaCO₃)의 알칼리도가 생성됨을 알 수 있다. 또한, 가스중 메탄 구성비는 약 70%(5.78/(5.78+2.47))이다.

(2)에 대하여

하수처리시설에서 발생하는 슬러지를 혐기성으로 소화시키는 목적은 다음과 같다.

- ① 슬러지내의 유기물을 분해시킴으로써 슬러지를 안정화시킨다.
- ② 슬러지의 무게와 부피를 감소시킨다.
- ③ 이용가치가 있는 메탄을 부산물로 얻을 수 있다.
- ④ 병원균을 죽이거나 통제할 수 있다.

슬러지의 혐기성 소화법은 하수슬러지의 처리를 위하여 많이 이용되어 왔으며 유기성 공장폐수의 처리를 위해서도 좋은 방법이다. 소화중 휘발성 고형물은 감소되고 물과 결합하는 능력도 감소하므로 소화된 슬러지는 탈수시키기가 쉬울 뿐만 아니라 소화되지 않은 슬러지보다 탈수비용이 적게 들 수도 있다.

(3)에 대하여

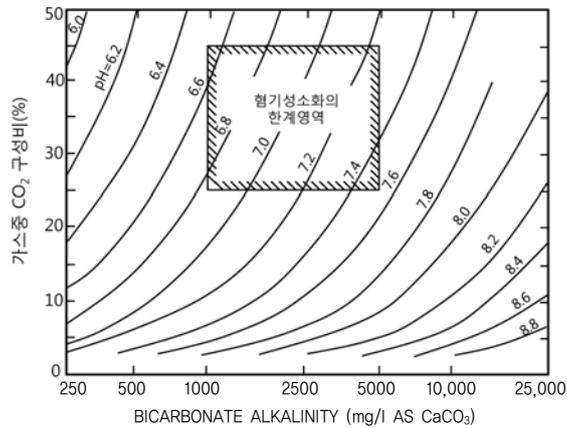
슬러지는 소화조에 유입되어 적절한 소화온도로 적당한 소화일수를 지내면 유기물은 가스화 되어 25~60% 정도 감소한다. 유입된 슬러지는 소화 후 침전분리하면 용해성 유기물을 포함한 상징수, 소화가스 및 안정된 소화슬러지가 된다.

상징수는 잔류유기물 농도가 높아 방류할 수 있는 수질이 되기 위해서는 호기성 처리 등의 2차처리가 필요하다. 통상 상징수는 하수처리계통에 되돌려져 재처리된다. 슬러지의 혐기성 소화시설은 많은 양의 유기물이 가스로 전환될 수 있도록 설계되어야 한다. 이를 위하여 pH와 온도가 적합하여야 하며, 충분한 양의 영양소가 있어야 할 뿐만 아니라 중금속 및 유기용매와 같은 독성물질이 없어야 한다. 혐기성 소화는 소화온도에 따라 중온소화영역 및 고온소화영역으로 구별할 수 있다. 각 소화영역의 효율적인 소화온도는 중온소화영역이 36℃ 전후, 고온소화영역이 55~60℃로서 온도상승에 따라 가스발생속도도 상승한다. 일반적으로 소화온도는 중온소화영역을 사용한다.

소화조내에는 여러 가지 화학물질들이 평형상태를 유지하고 있기 때문에 pH를 조절하는 것은 그리 쉬운 일만은 아니다. 그러나 중성 pH(6~8)에서는 주로 CO₂-HCO₃⁻의 평형상태에 의하여 다음과 같이 pH가 결정된다.

$$BA = 6.3 \times 10^{-4} \left(\frac{P_{CO_2}}{10^{-pH}} \right) \dots\dots\dots (5.4.4)$$

여기에서, BA : CaCO₃(mg/l)로 나타낸 HCO₃⁻ 알칼리도
 PCO₂ : 소화조내 CO₂ 분압(atm)



[그림 5.4.2] pH, CO₂ 분압 및 HCO₃⁻ 알칼리도 간의 관계

자료: McCarty, P. L. "Anaerobic Waste Treatment Fundamentals, Part 2: Environmental Requirement and Control", Public Works, Oct., pp.123~126, 1964.

HCO₃⁻ 알칼리도는 소화조의 CO₂분압에 비례하고, H⁺이온의 농도에 반비례한다. [그림 5.4.2]는 식(5.4.4)의 관계를 나타낸 것이다. 유기산의 농도가 낮은 경우 소화조 내의 알칼리도는 HCO₃⁻양에 의하여 결정된다. 그러나 유기산의 농도가 증가하면 유기산이 HCO₃⁻에 의하여 중화되고 HCO₃⁻ 알칼리도는 유기산의 알칼리도로 대체되게 된다. 이 같은 경우 HCO₃⁻ 알칼리도는 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$BA = TA - (0.85) (0.833) TVA \dots\dots\dots (5.4.5)$$

여기에서, TA : CaCO₃ (mg/l)로 나타낸 총알칼리도

TVA : 아세트산 (mg/l)으로 나타낸 총유기산

0.85 : pH 4까지 알칼리도를 측정할 때 유기산 알칼리도의 약 85%만이 측정되는 것을 보정하기 위한 계수

0.833 : 아세트산 1 mole (60 g)의 알칼리도는 HCO₃⁻ 1 mole(50 g)의 알칼리도와 같다. 보정계수는 50/60 = 0.833

예를 들어 TA가 2,500 mg/l로 일정하여도 TVA이 50 mg/l인 경우에 BA는 2,465 mg/l, TVA이 3,000 mg/l인 경우에 BA는 370 mg/l로 HCO₃⁻ 알칼리도는 총유기산의 농도에 따라 변하게 된다.

[그림 5.4.2]에 의하면 CO₂가 40%, HCO₃⁻ 알칼리도가 1,000 mg/l인 경우 pH는 약 6.6이다. 만일 유기산이 생성되어 HCO₃⁻ 알칼리도가 감소하는 경우에는 pH가 더욱 감소하여 소화조가 정상적으로 운영되지 못하게 된다. 이 같은 현상을 방지하고 안전율을 고려하여 HCO₃⁻ 알칼리도는 2,500~5,000 mg/l로 유지하는 것이 바람직하다고 보고되었다.

유기산 축적에 의하여 pH가 저하된 경우에는 유기산이 완전히 분해될 때까지 슬러지 유입속도를 줄이는 방법과 라임($\text{Ca}(\text{OH})_2$), NaHCO_3 또는 NaOH , KOH 등을 주입하여 pH를 정상적으로 유지시키는 방법이 있다. 라임은 비교적 저렴하다는 장점이 있으나 칼슘염의 불용성의 문제가 있다. 라임은 CO_2 와 반응하여 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 를 형성하지만 이 칼슘염은 용해도가 낮아 소화조내의 HCO_3^- 알칼리도는 약 500~1,000 mg/l로 유지하게 된다. 이 상태에서 라임을 더 주입하면 라임은 CO_2 와 결합하여 불용성의 CaCO_3 를 형성하므로 HCO_3^- 알칼리도는 더 이상 증가하지 않는다. 이 경우, CO_2 의 소모는 일시적으로 소화조 pH를 증가시킬 수 있지만 미생물의 활동에 의하여 CO_2 가 생성되면 pH는 다시 감소하게 된다. 그러므로 라임으로 pH를 약 6.7 이상으로 유지시키기는 것은 거의 무의미하다. 가장 경제적으로 라임을 사용하기 위하여서는 pH 조정범위를 6.5에서 6.8로 고정하여 6.5 이하일 때만 라임을 첨가하며 그 양은 pH가 6.8 이상이 되지 않도록 조정한다.

NaHCO_3 는 pH를 조정하는데 가장 효과적인 수단의 하나로서 비교적 값이 싸고 CO_2 와 반응하지 않으며, pH를 지나치게 높이지 않으며, 용해성이 높은 등의 장점을 가지고 있다. NaHCO_3 로는 알칼리도를 약 5,000~6,000 mg/l까지 높이 올릴 수 있고 라임보다 적은 양으로 pH조정이 가능하다.

미생물이 필요로 하는 영양물질은 주로 질소(N)와 인(P), 그리고 그 밖의 미량원소 등이 있다. 질소는 단백질, 효소, DNA, RNA의 합성 등에 쓰이며, 미생물의 화학식을 $\text{C}_5\text{H}_7\text{O}_2\text{N}$ 이라고 가정하면 미생물 중량 중 질소는 약 12%를 차지한다. 질소를 소화조에 공급할 때에는 암모니아의 형태로 첨가되어야 한다. NO_2^- , NO_3^- 를 첨가하면 혐기성상태에서 N_2 로 변화되므로(탈질) 직접 영양분으로 사용할 수는 없다. 인은 ATP, RNA, DNA의 합성 등에 쓰이며, 인의 요구량은 질소의 약 1/5~1/7이라고 알려져 있다. 유기물의 분해되며 생성하는 모든 형태의 비유기성 인 그리고 일부 형태의 유기성 인은 미생물이 직접 섭취할 수 있다. 미생물 성장에 필요한 미량원소로는 Fe, Ni, Co, Ca, 그 밖에 미량원소의 유기물질 등을 들 수 있지만 아직 메탄균에 대한 정확한 미량원소요구량은 밝혀지지 않고 있다. 일반적으로 도시 하수의 1차 및 2차 슬러지는 다량의 N과 P 그리고 여러 종류의 영양물질을 함유하고 있으므로 영양분을 공급할 필요가 없다고 알려져 있다. 그러나, 경우에 따라서는 미량원소인 철분 첨가가(30~60 mg/l) 효율을 증가시킨다고 보고되어 있으므로 도시 하수에 영양물질이 충분하게 포함되었다고 단정하기는 어렵다.

혐기성 처리에 영향을 미칠 수 있는 독성물질의 종류는 크게 알칼리성 양이온, 암모니아, 황화물, 독성유기물, 그리고 중금속의 5가지로 나눌 수 있으며 그 밖에도 CN^- 등이 독성을 미칠 수 있다. 일반적으로 혐기성 처리시 하수의 경우에는 주로 중금속이 문제가 될 수 있다.

중금속중 용해성 Cu, Zn, Ni 등은 독성이 상당히 강하여 낮은 농도에서도 소화조의 운전에 큰 영향을 미친다. Cr^{+6} 도 역시 독성이 강하지만 소화조내에서는 3가로 환원되어 비용해성 상태로 존재하게 되므로 큰 영향을 미치지 못하는 못한다. 철이나 알루미늄염 역시 용해도가 작아 독성이 크지는 않지만 1차 및 2차 슬러지를 처리하기 위하여 많이 사용한 경우에는 응결작용에 의하여 분해도가 저하되는 경우가 있다. <표 5.4.1>에 혐기성 처리에 영향을 미치는 중금속의 농도를 표시하였다.

〈표 5.4.1〉 혐기성 소화에 심각한 영향을 미치는 중금속의 농도

중금속	건조고형물 함량(%)	용해성 농도(mg/l)
Cu	0.93	0.5
Cd	1.08	-
Zn	0.97	1.0
Fe	9.56	-
Cr ⁶⁺	2.20	3.0
Cr ³⁺	2.60	-
Ni	-	2.0

자료 : WPCF, Operation of Municipal Wastewater Treatment Plants, Manual of Practice No 11, Vol III, 2nd ed., 1990.

중금속의 독성을 제거하는 가장 보편적인 방법이 중금속 황화물에 의한 침전법으로 소화조내에 황화물이 충분하지 않을 때에는 Na₂S를 첨가하면 된다. 이 때 약 1 mole의 황화물(S의 분자량 32)은 같은 mole(분자량 58~65)의 중금속과 결합하므로 1 mg/l의 중금속을 제거하기 위해서는 약 0.5 mg/l의 황화물이 필요하게 된다.

혐기성 처리에 독성을 미치는 유기물질의 범위는 유기용매에서부터 알코올, 고분자 지방산 등의 혼합 물질에 이르기까지 매우 다양하다. 일반적으로 대부분의 독성유기물질은 미생물을 죽이는 것보다는 미생물의 활성을 저하시키는 효과를 지니므로, 일부의 독성물질은 순응기간을 거치면 미생물의 기질로 사용될 수 있다.

유기산에 의한 독성은 pH와 밀접한 관계가 있다. 유기산이 축적하면 소화조의 pH는 낮아지게 되어 소화효율이 저하되게 된다. 총유기산(TVA)은 이온화 된 것(IVA)과 이온화 되지 않은 휘발성산(UVA)으로 나눌 수 있는 데 소화조내에서 pH의 메탄화에 저해작용은 주로 UVA의 양에 의해 결정된다. 이는 UVA는 미생물막을 쉽게 통과하기 때문에 미생물내에 축적되어 신진대사를 저하시키기 때문이다. UVA의 농도는 소화조내의 pH와 총휘발성산의 함수이다. 아세트산의 경우, UVA와 TVA의 분포를 계산하면 TVA의 총량이 500 mg/l인 경우, pH 7, 6.5, 6 에서 각각 UVA가 2.5, 7.8, 23.9 mg/l 이다. 저해작용을 일으킨다고 보고된 이온화 되지 않은 산의 농도는 아세트산일 경우는 10~25 mg/l, 총유기산의 경우는 30~60 mg/l라고 알려져 있다. 그러므로, pH를 알맞은 범위로 조절할 경우 유기산의 농도가 높아도 메탄 생성량이 영향을 받지 않게 되며, 이로부터 pH 조절이 매우 중요함을 알 수 있다.

위에서 언급한 독성물질이외에도 산소도 혐기성균에 독성을 미치는 물질이다. 메탄생성균이나 기타 편성 혐기성균들은 미량의 용존산소에도 매우 치명적인 손상을 입기 쉬우므로, 소화조는 항상 밀폐가 되어야 하며, 이 조건은 메탄의 회수에도 필수적이다. 산소에 의한 영향도 가역적으로 혐기성 미생물이 산소에 노출된 후 약 10일 정도 이후에는 가스발생량이 정상상태로 회복됨이 보고되었다.

(4)에 대하여

혐기성 소화공정을 적절하게 운전 및 관리하기 위하여 다음을 고려하여야 한다.

- ① 운전상태 및 소화의 진행상태 파악을 위해 유입슬러지량, 소화슬러지량, 상징수량 및 가스발생량을 측정한다.
- ② 유입슬러지, 소화슬러지, 소화조내의 슬러지 성상을 파악하기 위해 온도, TS, VS, pH, 휘발산 및 알칼리도를 측정한다.
- ③ 상징수의 TS, VS, pH 등을 측정하고 하수처리계통에 미치는 영향을 파악하기 위해 BOD, 질소, 인 농도를 측정한다.
- ④ 위의 사항을 정기적으로 측정하여 소화조에 이상이 발생했을 경우 정상시 기록과 비교하여 그 원인을 파악하고 신속히 적절한 조치를 취한다.

혐기성 소화조 관리자들이 흔히 겪는 문제중의 하나가 거품과 스킴이다. 스킴은 가스방울이 없는 경우에도 물보다 비중이 작은 물질(기름, 식물성분 등)이 부유하며 발생하는 것이고 거품은 반드시 가스방울이 존재하는 경우에만 생성된다. 이 문제들은 주로 초기시동단계와 유기물 과부하시나 소화조의 균형이 맞지 않을 때 발생하게 된다. 초기시동단계에서는 유기산생성균의 활동은 활발하고 메탄균은 그 활동이 미약하여 유기산이 축적되는 경우 거품이 흔히 발생하기도 하지만 약 1~2주 후면 소멸한다. 두 번째 경우에는 검고 두꺼운 스킴층이 형성된다.

혐기성 소화조에서 거품이 발생하는 원인으로는 유입수의 과다한 기름성분 함유, 과다 혹은 과소 혼합, 유입수중 높은 활성슬러지 함유량, 심한 온도 변화, 높은 CO₂ 농도, 높은 알칼리도 등을 들고 있다. 이 문제의 해결방안으로는 원수 중의 활성슬러지의 양을 줄이는 방법, 온도의 변화폭을 작게 유지하고 유입을 균등히 하며, CO₂의 분압을 낮추는 방법 등이 제시되고 있다. CO₂의 분압을 낮추는 방법으로는 가스를 KOH용액에 통과시켜 CO₂를 흡수하거나 메탄 등의 가스를 주입하는 방법 등이 있다. 물리적으로 거품을 제거하는 방법으로는 소화조의 표층을 혼합시키는 방법도 고려할 수 있다.

혐기성 소화조에서 흔히 발생하지만 별로 알려지지 않은 문제의 하나가 struvite, 즉 magnesium ammonium phosphate(MgNH₄PO₄) 스케일의 형성이다. 이 스케일은 관로나 열교환기를 막는 문제를 일으키며 일단 생성이 되면 쉽게 제거할 수가 없다. 소화조내에서는 암모니아와 인산은 미생물의 작용에 의하여 생성되므로 Mg가 충분한 양이 유입되면 MgNH₄PO₄의 용해도적을 넘어 스케일이 형성되게 된다. 용해도적은 온도 pH의 함수이다. 이 스케일을 방지하는 방법으로는 표면이 매끄러운 PVC와 같은 관과 polyethylene 혹은 teflon coated plug valve를 사용하거나 관리를 철저히 하는 방법이 있고, 보다 적극적인 방법으로는 철분을 주입하여 인산염을 침전시키는 방법이 있다. 혐기성 소화조 운전시 발생할 수 있는 일반적인 문제점과 그 대책을 <표 5.4.2>에 나타내었다.

〈표 5.4.2〉 소화조 운전상의 문제점 및 대책

상 태	원 인	대 책
1. 소화가스 발생량 저하	1) 저농도 슬러지 유입 2) 소화슬러지 과잉배출 3) 조내 온도저하 4) 소화가스 누출 5) 과도한 산생성	1) 저농도의 경우는 슬러지 농도를 높이도록 노력한다. 2) 과잉배출의 경우는 배출량을 조절한다. 3) 저온일 때는 온도를 소정치까지 높인다. 가온시간이 정상인데 온도가 떨어지는 경우는 보일러를 점검한다. 4) 조용량감소는 스크 및 토사 퇴적이 원인이므로 준설한다. 또한 슬러지농도를 높이도록 한다. 5) 가스누출은 위험하므로 수리한다. 6) 과도한 산은 과부하, 공장폐수의 영향일 수도 있으므로, 부하조정 또는 배출 원인의 감시가 필요하다.
2. 상정수 악화 BOD, SS가 비정상적으로 높다.	1) 소화가스발생량 저하와 동일원인 2) 과다교반 3) 소화슬러지의 혼입	1) 소화가스발생량 저하와 동일원인일 경우의 대책은 1.에 준한다. 2) 과다교반시는 교반회수를 조정한다. 3) 소화슬러지 혼입시는 슬러지 배출량을 줄인다.
3. pH저하 1) 이상발포 2) 가스발생량 저하 3) 악취 4) 스크 다량 발생	1) 유기물의 과부하로 소화의 불균형 2) 온도 급저하 3) 교반부족 4) 메탄균 활성을 저해하는 독물 또는 중금속 투입	1) 과부하나 영양불균형의 경우는 유입슬러지 일부를 직접 탈수하는 등 부하량을 조절한다. 2) 온도저하의 경우는 온도유지에 노력한다. 3) 교반부족시는 교반강도, 회수를 조정한다. 4) 독성물질 및 중금속이 원인인 경우 배출원을 규제하고, 조내 슬러지의 대체방법을 강구한다.
4. 이상발포 맥주모양의 이상발포	1) 과다배출로 조내 슬러지 부족 2) 유기물의 과부하 3) 1단계조의 교반부족 4) 온도저하 5) 스크 및 토사의 퇴적	1) 슬러지의 유입을 줄이고 배출을 일시 중지한다. 2) 조내 교반을 충분히 한다. 3) 소화온도를 높인다. 4) 스크를 파쇄·제거한다. 5) 토사의 퇴적은 준설한다.

5.4.2 설계시 고려사항

<p>혐기성 소화조를 설계할 경우에는 다음 사항을 고려하여 조의 크기를 정한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 소화조에 유입되는 슬러지의 양과 특성 (2) 고형물 체류시간 및 온도 (3) 소화조의 운전방법 (4) 소화조내에서의 슬러지 농축, 상정수의 형성 및 슬러지 저장을 위하여 요구되는 부피
--

【해설】

(1)에 대하여

소화조 유입슬러지의 양은 하수의 특성, 하수처리방법 그리고 슬러지 고형물농도에 의하여 좌우된다. 분석자료가 없는 경우에는 유입하수내에 있는 부유물의 양은 일반적으로 추정될 수도 있는데, 미국의

경우 0.07~0.09 kg SS/d·인의 값이 이용된다. 우리나라의 경우 수세식 화장실 및 수거식 화장실의 분포상황에 따라 부유물배출량이 다르며 하수가 공장폐수를 함유하는 경우에는 부유물의 양이 변할 수도 있다.

유입슬러지와 소화슬러지의 특성은 물리적 또는 화학적 측정용어로 표현될 수 있다. 물리적 특성은 함수율, 휘발성 고형물, 밀도, 색도, 액성, 소성 등을 포함하며 화학적 특성에는 질소, 인, 단백질, 탄수화물, 지방질 등의 농도가 있다.

슬러지의 특성은 하수 및 슬러지 처리방법에 따라 변한다. <표 5.4.3>에 1차슬러지, 소화된 1차슬러지 및 잉여슬러지의 구성에 관한 대표적인 값들이 주어져 있다.

<표 5.4.3> 슬러지 구성의 예(미국)

특 성	1차슬러지		소화된 1차슬러지		잉여슬러지 범 위
	범 위	대표치	범 위	대표치	
총고형물(TS, %)	2.0~7.0 ¹⁾	4	6.0~12.0 ²⁾	10.0	0.83~1.16
휘발성고형물(VS, TS중 %)	60~80	65	30~60	40.0	65.1~79.3
그리스(grease)와 지방질 (에테르에 용해성TS중 %)	6.0~30.0	-	5.0~20.0	-	-
단백질(TS중 %)	20~30	25	15~20	18	-
질소(N, TS중 %)	1.5~4.0	2.5	1.6~6.0	3.0	2.4~5.0
인(P ₂ O ₅ , TS중 %)	0.8~2.8	1.6	1.5~4.0	2.5	2.8~11.0
칼륨(K ₂ O, TS중 %)	0~1.0	0.4	0.0~3.0	1.0	-
셀룰로스(TS중 %)	8.0~15.0	10.0	8.0~15.0	10.0	-
철(황화물 제외, TS중 %)	2.0~4.0	2.5	3.0~8.0	4.0	-
규사(SiO ₂ , TS중 %)	15.0~20.0	-	10.0~20.0	-	-
pH	5.0~8.0	6.0	6.5~7.5	7.0	6.5~7.5
알칼리도(mg/l CaCO ₃)	500~1,500	600	2,500~350	3,000	580~1,100
유기산(mg/l HAc)	200~2,000	500	100~600	200	1,100~1,700
열량(kcal/kg)	2,800~5,600	4,200 ³⁾	1,500~3,800	2,200 ⁴⁾	-

주: 1) 별도의 중력식 농축조 없음.

2) 소화슬러지로부터 상정수를 제거한 후.

3) 휘발성 고형물이 65%라고 가정함.

4) 휘발성 고형물이 40%라고 가정함.

유입슬러지의 특성은 직접 소화조의 운전에 영향을 미치기 때문에 혐기성 소화조의 설계에 있어서 대단히 중요하다. 혐기성 소화조를 운전하는데 중요한 유입슬러지의 특성에는 다음과 같은 것들이 있다.

- ① 유기물의 농도와 구성
- ② 슬러지의 함수율

- ③ 무기성 영양분의 농도
- ④ 온도의 변화
- ⑤ 독성물질의 함량
- ⑥ 알칼리도

우리나라의 1차와 잉여슬러지의 성상을 나타낸 것이 <표 5.4.4>와 <표 5.4.5>인데 우리나라 슬러지는 VSS/TSS 비가 미국과 비교해 매우 낮다는 특징이 있다.

<표 5.4.4> 1차슬러지의 성상

처리장	pH	습윤 비중	건조 비중	COD/BOD	BOD/SS	COD/SS	TSS (%)	VSS (%TSS)	TS (%)	VS (%TS)
중량천(I)	5.6	1.01~1.02	1.3~1.8	3.4~3.7	0.27~0.36	0.87~1.28	4.2~6.0	41~49	4.5~6.2	40~41
중량천(III)	6.4	1.006	1.35	4.1	0.3	1.04	2.27	51	2.35	51
탄 천	-	1.01	1.52	3.9	0.18	0.69	2.9	47	-	-
난 지	-	1.013	1.61	2.8	0.29	0.72	3.4	37	-	-
안 양 천	-	1.025	1.72	2.35	0.27	0.65	5.84	35	-	-
미국	5~8	1.02	1.4	-	0.5~1.1	1.2~1.6	-	-	2~7	64~93

자료: 최의소 외, 우리나라 하수슬러지를 위한 농축조의 기초설계요소검토연구, 환경과학연구협의회, 1989.

<표 5.4.5> 잉여슬러지의 성상

처리장	pH	습윤 비중	건조 비중	COD/BOD	BOD/SS	COD/SS	TSS (%)	VSS (%TSS)	TS (%)	VS (%TS)
중량천(I)	6.5	1.002~1.003	1.21~1.26	3.0~3.3	0.26~0.38	0.84~1.13	1.0~1.4	60~62	1.15~1.45	54~59
중량천(II)	6.9	1.0008	1.09	2.49	0.33	0.83	0.91~0.9	60	0.93~0.96	60
중량천(III)	6.3	1.0024	1.21	2.58	0.34	1.14	1.29	56	1.36	56
탄 천	-	1.0015	1.25	2.09	0.58	1.05	0.7~0.85	50	-	-
미국	6.5~8	-	1.08	-	-	2.17	-	-	0.83~1.16	61~88

자료: 최의소 외, 우리나라 하수슬러지를 위한 농축조의 기초설계요소검토연구, 환경과학연구협의회, 1989.

(2)에 대하여

슬러지의 혐기성 소화효율은 체류시간 및 온도의 영향을 받게 되며, 각 온도영역에서 효율이 최대이고 고형물체류시간이 최소인 최적온도가 존재하게 된다. 따라서 소화에 필요한 기간도 온도에 따라 다르게 된다.

수리학적 체류시간(hydraulic retention time)은 슬러지 입자가 처리시설내에 머무는 시간을 뜻하며, 혐기성 소화시에는 고형물체류시간과 혼용되고 있다. 1950년대까지는 슬러지를 친온성 영역에서 30~60일간 소화시키는 방법이 채택되었으나 고율처리공정이 발달되면서 비교적 짧은 소화기간으로도 슬러지를 성공적으로 혐기성 소화시킬 수 있게 되었으며 11~15일 정도의 수리학적 체류시간에서도 만족스럽게 슬러지를 소화시킬 수 있다는 것이 알려졌다.

안정된 상태에서 박테리아의 성장을 가장 단순하게 표현하는 모델은 영양분과 박테리아가 일정한 유량과 농도로 유입 및 유출하는 완전혼합 반응조의 모델이다. 하수처리시설의 1차슬러지 처리시 palmitic, stearic, oleic acids 등으로 구성된 지방성분과 프로피온산의 분해속도가 가장 느리므로 SRT가 10일 이상이 되어야 분해되기 시작하며 이때 셀룰로스, 단백질, acetate의 분해는 거의 완전하게 이루어진다. 따라서, SRT가 10일 이상이 될 때에는 COD중 메탄화된 양은 지방성분과 propionate의 분해성 여부에 의하여 좌우되는데 이들을 분해시키는 미생물의 Y, k, 그리고 b의 값이 크게 다르지 않다고 보면 슬러지 반응을 실시하지 않는 완전혼합형 소화조에서 하수처리시설의 1차슬러지 처리에 대하여 다음과 같다.

$$X = Y(S_d^0 - S_d) \frac{(1 + 0.2b \cdot \theta_c)}{(1 + b \cdot \theta_c)} \dots\dots\dots (5.4.6)$$

$$S_t = S_r^0 + K_c \frac{(1 + b \cdot \theta_c)}{((\theta_c Y_a k - b) - 1)} + 1.42X \dots\dots\dots (5.4.7)$$

- 여기에서, X : 미생물의 농도(mg/l)
 Y : 미생물 수율(g cells/g COD consumed)
 Y_a : rate limiting step인 유기산 분해에 대한 미생물 생산계수
 S_t : 유출수의 TCOD(mg/l)
 S_d : 유출수의 생분해성 COD(mg/l)
 S_r : 유출수의 난분해성 COD(mg/l)
 1.42 X : 미생물에 의한 TCOD(mg/l), 미생물 1g은 1.42g COD와 같다
 b : 미생물 자산화속도(d)
 k : 최대 유기물 분해속도(g COD/g bacteria · d)
 K_c : Monod half-velocity 계수(g/l)
 첨자(°)는 유입수를 나타냄

위의 식(5.4.6)과 (5.4.7)에서 온도가 20~35°C의 범위인 경우 하수슬러지에 대한 각 계수의 값은 다음과 같다.

$$k = 6.67(1.035^{T-35}) \text{ (d)}$$

$$K_c = 1.8(1.112^{35-T}) \text{ (g COD/l)}$$

$$Y_a = 0.04 \text{ g cell/g COD}$$

$$Y = 0.103 \text{ g cell/g COD}$$

$$b = 0.03(1.035^{T-35}) \text{ (d)}$$

식(5.4.6)과 식(5.4.7)에서 보면 θ_c , 즉 미생물 체류시간이 전형적인 혐기성 소화조의 설계 및 운영에 있어서 가장 중요한 변수임을 알 수 있다.

위의 계수를 사용하여 $St^0 = 28.4 \text{ g COD/l}$, $Sr^0 = 8.8 \text{ g COD/l}$, $Sd^0 = 19.6 \text{ g COD/l}$ 인 1차슬러지의 처리시 유출수의 수질과 메탄발생량을 예측한 것이 [그림 5.4.3]에 나타나 있다. 전반적으로 SRT가 30일 이상일 경우에는 처리효율이 온도와 무관하지만 SRT가 짧아지고 온도가 낮아지면 처리효율도 저하됨을 알 수 있다. 온도가 35°C일 경우에는 SRT가 10일을 넘을 경우 SRT를 증가시켜도 처리효율이 거의 증가하지 않는다. 통상적으로 소화조는 30일 정도의 SRT에서 운영되기 때문에 운영 온도는 처리효율에 그다지 큰 영향을 미치지 않게 된다. 그러나 온도가 높거나 SRT가 긴 경우에는 소화조 운영의 안정성이 커지게 된다. 또한, 온도가 15°C 이하이면 지방성분이 분해되지 못하므로 적어도 그 이상의 온도는 유지하여야 한다.

〈표 5.4.6〉 각종 하수처리과정에서 생기는 슬러지의 양

하수처리과정	슬러지량 ¹⁾		함수율 (%)	슬러지 고형물 비중	슬러지 비중	고형물	
	m ³ /1,000m ³ 폐수	m ³ /1,000 인·일				kg/1,000m ³ 폐수	kg/1,000 인·일
1차침전							
생슬러지	2.95	1.10	95	1.40	1.02	150	56.6
2단소화	1.45	0.54	94	-	1.03	90	34.0
소화후 건조상에서 탈수	-	0.16 ²⁾	60	-	-	90	34.0
소화후 진공탈수	-	0.12	72.5	-	1.000	90	34.0
살수여상 ³⁾	0.745	0.28	92.5	1.33	1.025	57	21.7
화학침전	5.12	1.94	92.5	1.93	1.03	396	149.5
진공탈수	-	0.55 ⁴⁾	72.5	-	-	396	149.5
1차침전 + 잉여슬러지							
생슬러지	6.90	2.61	96	-	1.02	281	106.0
진공탈수된 생슬러지	1.48	0.57	80	-	0.95	281	106.0
2단소화	2.70	1.02	94	-	1.03	168	63.4
소화후 건조상에서 탈수	-	0.51 ⁵⁾	60	-	-	168	63.4
소화후 진공탈수	-	0.33	80	-	0.95	168	63.4
잉여슬러지 ⁶⁾							
탈수전	19.30	7.31	98.5	1.25	1.005	270	101.9
진공탈수	-	0.54	80	-	0.95	270	101.9
열건조기로 건조후	-	0.08	4	-	1.25	270	101.9
부패조의 소화슬러지	0.90	0.34	90	1.40	1.04	97	36.7
임호프조의 소화슬러지	0.50	0.19	85	1.27	1.04	83	31.3

주: 1) 하수의 유량 378.5 l/d·인, 하수내 SS농도 300 mg/l 또는 0.11 kg/d·인으로 가정. 슬러지는 공정의 종류와 수, 하수수집방법, 그리고 처리장의 위치에 따라 생산량이 변할 수 있음.

2) 밀도가 530 kg/m³이라고 가정함.

3) 2차침전 포함.

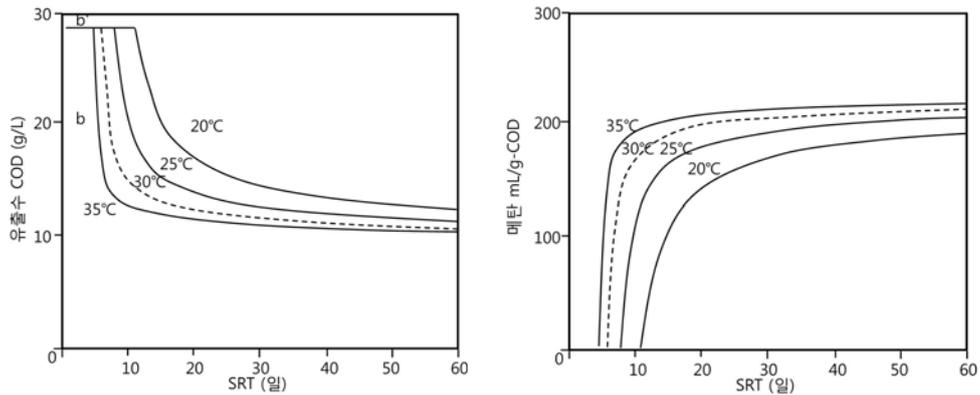
4) 밀도가 1000 kg/m³이라고 가정함.

5) 밀도가 305 kg/m³이라고 가정함.

6) 생하수가 직접 포기조로 유입됨.

소화조의 운영에 있어서 교반의 역할은 매우 중요하다. 교반은 소화조내의 성층화에 의한 스킴층 및 온도경사의 발생 억제, 독성물질의 분산, 미생물효소와 유기물과의 접촉증대에 필요하며, 불완전할 경우에는 유효용적을 감소시킴으로써 처리효율을 저하시킨다. 실제로 현장에서는 불완전 교반에 의하여 소화조 유효용적이 약 70% 정도까지 감소한 예가 보고되었다. 이와 같은 불완전 교반의 영향은 [그림

5.4.3]에 의하여 파악할 수 있다. 유효용적이 50% 감소하는 것은 SRT가 반으로 감소하는 것으로 생각할 수 있다. [그림 5.4.3]에서 SRT가 20일인 경우 유효용적이 50% 감소하면(점 a) 처리효율이 약 5%정도 감소한다. 이때 온도 역시 35°C에서 30°C로 낮아지면(점 a') 처리효율이 약 16% 정도 감소함을 알 수 있다. 하지만 SRT가 10일인 경우 35°C에서 유효용적이 50% 감소하는 경우(점 b) 처리효율이 약 48%정도 감소하며 온도가 30°C인 경우에는(점 b'') 소화조 운영이 완전히 실패함을 알 수 있다.



[그림 5.4.3] 1차슬러지 처리시 미생물 체류시간과 온도변화에 따른 유출수 COD, 메탄 발생량 예측치

자료: O'Rourke, J. T., Kinetics of Anaerobic Waste Treatment at Reduced Temperatures. PhD. Thesis, Stanford Univ. 1969.

완전혼합되는 혐기성슬러지 소화조를 설계하기 위해서는 최대유량에서도 충분한 체류시간이 되도록 함으로써 가스생성량이 알맞도록 할 수 있는 고형물체류시간(solids retention time, SRT)을 선택해야 하는데 이에 관한 참고자료가 <표 5.4.7>에 주어져 있다.

<표 5.4.7> 완전혼합 소화조 설계를 위한 고형물체류시간

운전온도(°C)		최소 SRT*(일)	제안되는 SRT(일)
중온소화영역	29	14	25
	35	10	20
	38	10	20
고온소화영역	54	7	15
	60	7	10

주*: 이 정도의 SRT를 하수처리시설에서 채택하여 슬러지를 혐기성 소화시키면 처리 과정의 안정도가 나쁘다.

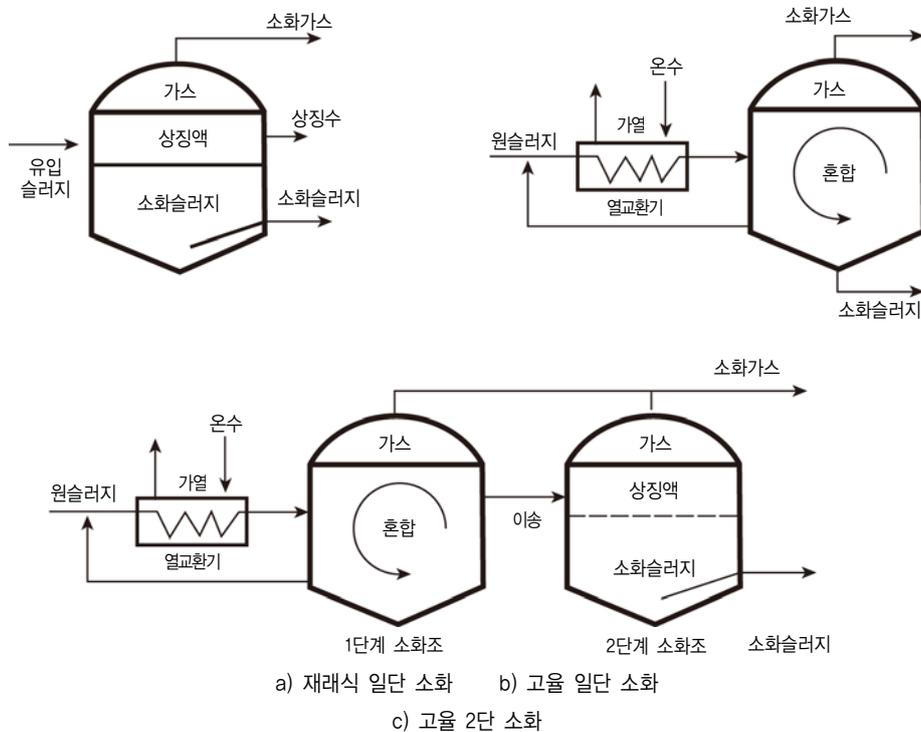
(3)에 대하여

과거에는 슬러지를 혐기성으로 소화시키기 위하여 30~60일의 고형물 체류시간을 이용하였지만 고율처리공정이 개발되면서 재래식 방법에서 통제하기 어려웠던 여러 가지 요소를 통제할 수 있게 되었으므로 체류시간이 상당히 단축되었다.

고율처리공정에서는 소화조내의 슬러지를 계속 활발하게 혼합시켜주며 체류시간을 상당히 짧게 하면

서 슬러지를 가열하여 온도를 높게 유지한다. 고율이라 하여 재래식의 표준율에 비하여 박테리아가 유기물을 빨리 메탄가스로 분해시킨다는 뜻은 결코 아니다. 실제에 있어서 온도만 같다면 화학적 반응상수는 양쪽 모두 동일하다고 할 수 있다. 그러나 고율에서는 슬러지를 혐기성으로 소화시키는데 좀 더 적합한 상태를 조성해 줄 뿐이다. 소화조내의 슬러지를 계속 혼합시키고 가열하고 슬러지를 계속적으로 유입시킴으로써 미생물이 슬러지내의 유기물과 보다 완전한 접촉을 하게 된다.

고율처리과정에서는 체류시간이 10~15일이면 만족스러운 슬러지 소화를 달성할 수 있지만 대부분의 경우 15~25일로 함으로써 공정을 좀 더 안전성 있게 한다. [그림 5.4.4]에 재래식 표준율 및 고율 소화공정의 설명도가 주어져 있다. 고율소화조에서는 슬러지가 완전히 혼합되므로 상징수층이 형성되지 않으며 따라서 슬러지를 최종처리·처분하기 전에 상징수를 분리시키려면 침전지역할을 할 수 있는 별도의 조가 필요하게 되는데 이와 같은 경우를 이단계 소화라고 한다. 소화조가 하나만 있는 경우를 일단계 소화라 하고 이때는 별도의 고액분리과정을 거쳐 화학적 개량 후에 탈수시키도록 한다.



[그림 5.4.4] 슬러지 혐기성 소화공정의 종류

슬러지를 혐기성으로 소화시키는 경우 혼합이 필요한 이유는 다음과 같다.

- ① 유입되는 슬러지를 소화조내에 균등히 분배하여 미생물에 연속적인 양분 공급
- ② 소화조의 온도를 모든 부분에서 같게 하며 층이 형성되는 것을 방지
- ③ 완충제인 알칼리도를 소화조내에 균등하게 분배함으로써 pH 조절
- ④ 미생물의 성장을 방해하는 물질의 농도를 최소화

⑤ 스크럼의 형성을 줄이거나 방지

고율소화단계와 슬러지 농축단계가 분리되면 더 좋은 상정수를 얻을 수 있다. 따라서 슬러지 소화는 보통 2단으로 설계한다. 즉, 1단계에서는 슬러지를 가열 및 혼합시켜 소화가스의 생성을 최대로 하며 2단계에서 슬러지를 가열시키지 않고 장기간 저류시킴으로써 깨끗한 상정수를 슬러지로부터 분리시키게 된다.

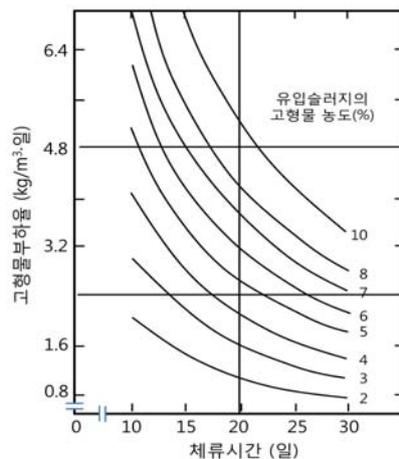
슬러지 소화조의 상정수는 BOD와 고형물농도가 높아 하수처리시설 유입부로 되돌려 보내 재처리되도록 하므로 하수처리시설의 설계시 소화조 상정수에 의한 부하를 고려하여야 하며 이를 무시하는 경우 하수처리효율이 떨어질 수도 있다.

(4)에 대하여

소화조로 유입되는 슬러지의 고형물농도는 소화조내에서의 생물학적 반응에 영향을 미치므로 결국 소화조의 크기에도 영향을 미치게 된다. 1차슬러지의 고형물농도는 2~5%, 잉여슬러지의 경우는 0.8~1.5%이므로 생물학적 처리방법을 채택하는 하수처리시설에서는 슬러지를 농축하여 소화조로 유입시킨다. 슬러지를 소화시키기 전에 농축시키면 다음과 같은 장점이 있다.

- ① 가열에 필요한 에너지를 감소시킨다.
- ② 알칼리도의 농도가 높아져 소화과정이 보다 안정하다.
- ③ 미생물의 양분이 되는 유기물의 농도가 높게 된다.
- ④ 식중미생물의 유출을 감소시킨다.
- ⑤ 혼합효과를 최대로 발휘하게 한다.
- ⑥ 소화과정을 더 잘 조절할 수 있다.
- ⑦ 상정수의 양을 감소시킨다.

표준을 소화인 경우 유입슬러지를 농축시키면 고형물부하를 증가시킬 수 있다. 예를 들어 [그림 5.4.5]에서 보는 바와 같이 유입슬러지의 고형물농도가 6%이면 체류시간을 20일로 하는 경우 고형물 부하가 $3.1 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{d}$ 이나 10%이면 $5.2 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{d}$ 로 증가될 수 있다.



[그림 5.4.5] 유입슬러지의 고형물농도, 부하율, 체류시간과의 관계

유입슬러지의 휘발성 고형물농도가 증가함에 따라 같은 휘발성고형물제거효율을 얻는데 요구되는 체류시간은 짧아진다. 예를 들어 휘발성고형물이 70%인 슬러지를 처리하여 휘발성고형물의 제거효율이 60%되게 하려면 58일의 체류시간이 요구되나, 80%인 경우에는 60% 제거하는데 30일이 요구된다 ([그림 5.4.9] 참조). 슬러지의 고형물 농도가 너무 높으면 양수하기가 어렵게 되며 소화조내에서 알맞게 혼합시키기도 어렵기 때문에 10~12%를 최대치로 사용한다.

소화된 슬러지의 양과 특성도 후속 처리와 처분을 위하여 중요성을 갖는다. 소화조의 바닥에서 제거되는 소화슬러지는 상당한 양의 그리트, 머리카락, 걸레조각, 합성수지 등 미생물에 의해서 분해가 안 되는 물질을 함유한다.

5.4.3 소화방식

소화방식은 일단소화 또는 이단소화방식으로 한다.

【해설】

혐기성 소화조의 주된 기능은 복잡한 유기물을 혐기성 미생물에 의해 분해시키는 것이지만 일반적으로 고액분리도 기대하는 경우가 많다. 이 경우에 생물반응조와 고액분리조를 분리해서 설치하는 2단소화가 바람직하다. 그러나, 소화과정에서 슬러지 소화조에 유입되는 슬러지 농도가 높아 고액분리를 하지 않아도 소화 후의 슬러지 농도가 높아 직접 탈수할 수 있는 경우나 슬러지 세정조에서 고액분리를 함께 시키려는 경우에는 1단소화도 가능하다.

소화방식은 일반적으로 2단소화가 많이 사용되며, 1단계 소화조에서 가온 및 교반하고, 2단계 소화조에서는 비교적 정지된 상태에서 소화슬러지와 상정수를 분리시킨다. 2단소화에서는 소화조 2기를 직렬사용하는 방식과 이중소화조방식이 있다. 이중소화조는 동심원형의 내측에 1단계 소화조, 외측에 2단계 소화조를 설치하여 사용하므로 열손실이 적어 에너지면에서 유리하지만, 2단계 소화조의 형상때문에 소화슬러지의 배출에 어려움이 있다.

5.4.4 시설계획

(1) 소화조의 용량은 다음에 주어진 공식을 이용하여 계산할 수 있다.

① 1단소화조의 용량은 식(5.4.8)을 이용하여 계산한다.

$$V = \left[\frac{V_1 + V_2}{2} \right] \cdot T_1 + V_2 T_2 \dots\dots\dots (5.4.8)$$

여기에서, V : 소화조의 전체용량(m³)
 V₁ : 소화조로 주입되는 슬러지의 유량(m³d)
 V₂ : 소화조에 축적되는 소화슬러지의 유량 (m³/d)
 T₁ : 슬러지 소화기간 (일)
 T₂ : 소화슬러지 저장기간 (일)

② 고율 이단소화조의 용량은 식(5.4.9)와 식(5.4.10)을 이용하여 계산한다.

$$V_1 = V_1 \times T \dots\dots\dots (5.4.9)$$

$$V_{II} = \left[\frac{V_1 + V_2}{2} \right] \cdot T_1 + V_2 T_2 \dots\dots\dots (5.4.10)$$

- 여기서, V_I : 1단계 소화조의 용량(m^3)
 V_{II} : 2단계 소화조의 용량(m^3)
 V_1 : 소화조로 주입되는 슬러지의 유량(m^3/d)
 V_2 : 소화조에 축적되는 소화슬러지의 유량(m^3/d)
 T : 슬러지 소화기간(일)
 T_1 : 소화슬러지의 농축기간(일)

- (2) 소화효율이란 유입슬러지중의 유기성분이 가스화 및 무기화하는 비율로서 소화일수, 소화온도, 유입슬러지의 유기성분함량 등에 따라 정해진다.
(3) 소화슬러지량은 투입슬러지중의 유기성분, 소화율 및 슬러지의 함수율에 따라 정해진다.
 T_2 : 소화슬러지의 저장기간(일)
(4) 소화조의 수와 형상은 다음 사항을 고려하여 정한다.
① 형상은 원통형, 계란형 등으로 하고 내경과 축심(유효수심)의 비율은 조내의 교반효과를 고려해서 정한다.
② 바닥은 가능한 한 기울기를 크게 하는 것이 좋다.
③ 조의 수는 원칙적으로 2조 이상으로 하는 것이 좋다.
(5) 소화조의 구조는 다음 사항을 고려하여 정한다.
① 소화조는 수밀성, 기밀성 그리고 내식성의 구조로 한다.
② 소화조는 열손실을 방지할 수 있는 재료로 축조하거나 열손실을 줄이기 위한 방법을 강구한다.
③ 혐기성 소화조에는 소화가스의 포집 및 저장, 보온 그리고 혐기성 상태의 유지 등의 목적을 위하여 지붕을 설치한다.
④ 천정과 슬러지면간의 여유고는 충분히 둔다.

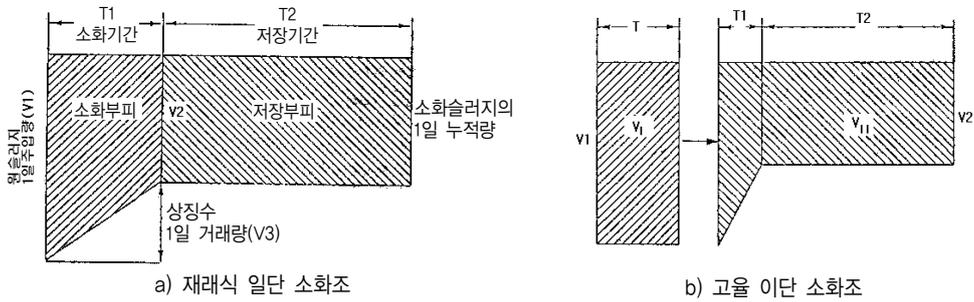
【해설】

(1)에 대하여

① 재래식 일단 소화조의 용량은 [그림 5.4.6]을 이용하면 합리적으로 산출할 수 있다. 즉, 유입슬러지는 $V_1(m^3/d)$ 의 유량으로 소화조에 유입되어 T_1 (일) 동안 소화를 거치면서 유기물의 분해, 상징수의 제거 등으로 인하여 유량 $V_2(m^3/d)$ 로 감소된다. 소화된 슬러지는 바로 소화조에서 제거되는 것이 아니고 후속 처리나 처분을 위하여 T_2 동안 같은 소화조내에 머물러 있게 된다. 따라서 요구되는 소화조의 전체용량은 식(5.4.8)로 구하면 된다.

② 고율 2단소화조는 2개의 조로 구성되므로 1단계 소화조의 용량은 식(5.4.9)를 이용하고, 2단계 소화조의 용량은 식(5.4.10)을 이용하여 구하면 된다. 유량 $V_1(m^3/d)$ 인 슬러지는 [그림 5.4.1]에 보인 바와 같이 1단계 소화조에 유입된 다음 T (일) 동안 소화를 거치나 상징수의 제거가 없으므로 유량 변화가 없다. 1단계 소화조에서 소화된 슬러지는 2단계 소화조로 이동된 다음 T_1 (일) 사이에 침전농축되어 유량 V_2 로 줄어들며 그 후 T_2 (일) 동안 저장되다가 후속처리를 위해 배출된다.

그러나 실제 소화처리되어야 할 슬러지의 양과 특성, 소화슬러지의 양 등을 추정하기가 곤란하므로 소화조의 용량을 <표 5.4.8>에 주어진 바와 같이 등가인구(population equivalent)에 기준을 두고 정하는 수도 있다.



[그림 5.4.6] 소화조의 용량 결정

<표 5.4.8> 재래식 및 고울 2단 소화조의 설계범위

항 목	재 래 식	고울 2단소화조
고형물 체류시간(SRT, 일)	30~60	10~20
고형물 부하(kgVSS/m ³ ·d)	0.5~1.1	1.6~6.4
소화조의 용량(m ³ /인)		
1차슬러지	0.057~0.085	0.038~0.057
1차슬러지+살수여상슬러지	0.11~0.14	0.076~0.096
1차슬러지+잉여슬러지	0.11~0.07	0.076~0.11
유입슬러지(1차+잉여슬러지)의 농도	2~4	4~6
소화슬러지의 농도(% , 건조중량기준)	4~6	4~6

1단계 소화조는 체류시간이 20일 정도면 충분한 소화가스가 발생한다. 2단계 소화조는 고액분리를 주된 목적으로 하므로 체류시간은 10일 정도면 좋다. 그러나 슬러지의 성장 및 소화 후의 슬러지 처리·처분형태 등 운전상의 편의를 위하여 체류시간을 적절히 조절할 수가 있다. 소화조 하부의 원추부분에는 그리트가 퇴적되기 쉬우며 소화조 상부에는 스킴과 소화가스가 모이는 여유공간이 있어야 하므로 이 부분은 유효용량에서 제외되는 경우가 많다.

(2)에 대하여

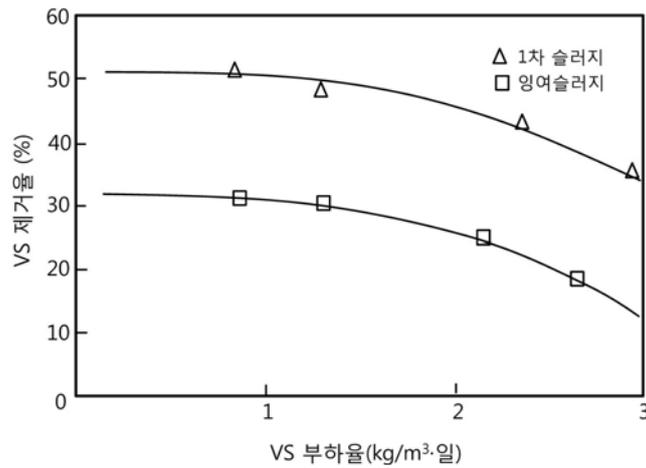
소화효율은 투입슬러지중의 유기성분이 가스화하여 감소하는 비율을 말하는데 소화일수, 소화온도, 투입슬러지의 유기성분 등에 따라 정해진다. 소화효율의 산출은 식(5.4.11)과 같이 표시된다.

$$D = \left(1 - \frac{FS_1 \cdot VS_2}{VS_1 \cdot FS_2}\right) \times 100 \dots\dots\dots (5.4.11)$$

- 여기에서, FS₁ : 투입슬러지의 무기성분(%)
- VS₁ : 투입슬러지의 유기성분(%)
- FS₂ : 소화슬러지의 무기성분(%)
- VS₂ : 소화슬러지의 유기성분(%)

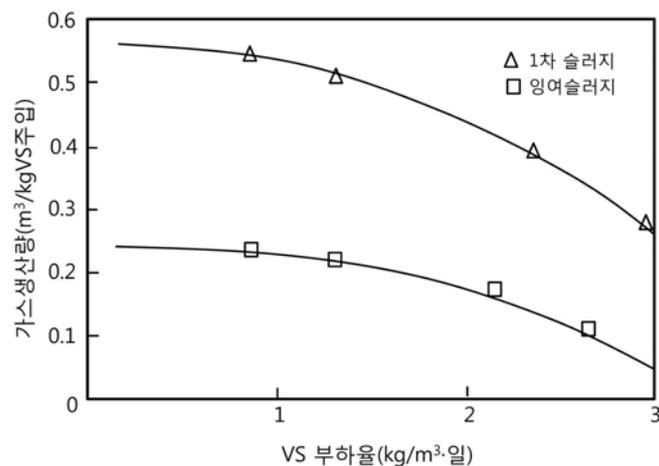
일반적으로 소화온도 30~35℃, 소화일수 20일 정도의 중온소화에서 투입슬러지의 유기성분이 70% 이상이면 소화율은 50%정도가 얻어진다.

[그림 5.4.7]은 우리나라 하수처리시설에서 채취된 1차와 잉여슬러지를 농축시킨 후 완전혼합형 혐기성 소화조에서 소화시켰을 때의 VS(휘발성고형물질)의 소화제거효율을 나타내고 있다. 1차슬러지의 경우에는 1 kgVS/m³·일의 부하에서 약 50%의 제거효율을 나타내며, 잉여슬러지는 같은 부하에서 약 30% 내외의 제거효율을 나타내었다.



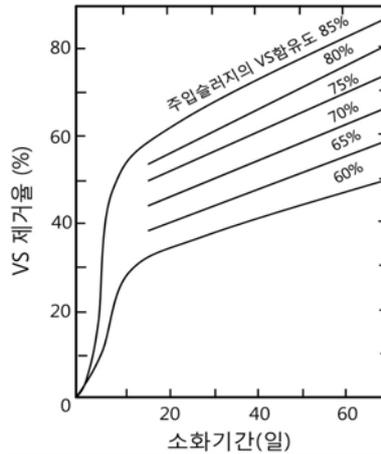
[그림 5.4.7] VS부하율에 따른 VS제거효율

[그림 5.4.8]은 슬러지 VS부하율(kgVS/m³·d)에 따른 가스발생량으로서 1차슬러지는 1 kgVS/m³·일에서 약 0.55 m³gas/kg(VS유입), 잉여슬러지는 약 0.25 m³gas/kg(VS 유입)으로 나타나고 있다. 가스내의 CH₄ 함량은 1차슬러지가 63~65%, 잉여슬러지는 65~68% 정도였다.



[그림 5.4.8] VS부하율에 따르는 가스생산량

[그림 5.4.9]는 유입슬러지의 VS함량과 소화기간(일)에 따르는 VS제거효율을 나타내고 있다. 완전혼합형 소화조 후에는 고액분리용 소화조를 설치하는데 소화된 슬러지의 함수율은 96~97.5%로 유입슬러지의 함수율과 거의 같다.



[그림 5.4.9] VS함량과 소화기간에 따르는 VS제거효율

(3)에 대하여

소화슬러지량은 소화효율 등을 고려하여 식(5.4.12)에 의해 정해진다.

$$S = Q \times \frac{100 - MC_1}{100 - MC_2} \times \left(1 - \frac{VS_1}{100} \times \frac{D}{100} \right) \dots\dots\dots (5.4.12)$$

- 여기에서, S : 소화슬러지량(m³/d)
- Q : 투입슬러지량(m³/d)
- MC₁ : 투입슬러지의 함수율(%)
- MC₂ : 소화슬러지의 함수율(%)
- VS₁ : 투입슬러지의 유기성분(%)
- D : 소화율(%)

식(5.4.12) 중 (VS₁/100)×(D/100)는 고형물 감소율로서 그 값은 약 30~40% 정도이다. 탈리액을 뽑아내는 경우는 소화탱크의 고형물회수율에 의한 소화슬러지량을 보정한다.

탈리액을 뽑아내는 경우 소화슬러지의 함수율은 96.0~97.5% 정도로서 투입슬러지의 함수율과 비슷한 정도이다. 탈리액을 분리하지 않는 경우 소화슬러지량은 투입슬러지와 같으므로 소화슬러지의 함수율은 소화탱크내에서 유기성분이 분해됨에 따라 투입슬러지보다 증가한다.

(4)에 대하여

슬러지 소화조의 수와 형상은 슬러지 부하율, 요구되는 소화효율, 운영방법, 소화가스의 저장, 소화

슬러지의 저장, 유통성의 정도, 구조물의 기초문제 등에 의하여 결정되며, 고율소화에서는 체류시간이 짧으므로 조의 크기가 작아도 된다. 특수한 소형 소화조를 제외한 일반적인 소화조의 용적은 대체로 다음과 같이 나눌 수 있다.

소형조의 용적 : 1,000~2,500 m³

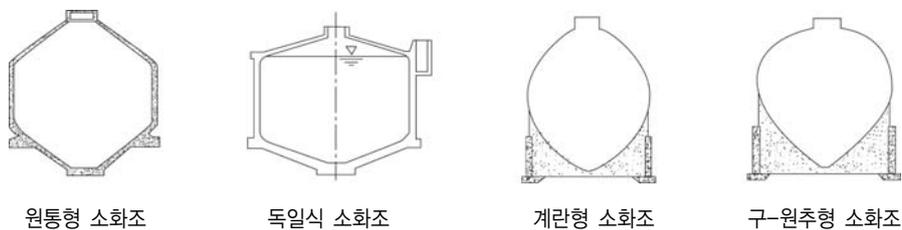
중형조의 용적 : 2,500~5,000 m³

대형조의 용적 : 5,000~8,000 m³ 또는 10,000 m³까지

- ① 슬러지 소화조의 형상은 슬러지의 교반, 조내 온도의 균일화, 가온, 보온 및 구조상의 경제성과 안정성을 고려해서 결정하는데 원통형이 가장 많이 사용되어 왔다. 원통형인 경우 내경은 10~30 m가 많은데 내경과 축심(유효수심)의 비가 2:1 정도로 한다. 가스교반을 할 경우에는 유효수심이 얕으면 교반효과가 적으므로 최저 4 m는 확보되도록 한다.

소화조의 다른 형상으로 우리나라에서도 건설되어 가동되고 있는 계란형 소화조가 있다. 계란형 소화조는 역학적, 구조적, 기술적, 미적 관점에서 장점이 있어 1956년부터 독일을 선두로 유럽에서 많이 건설되었으며, 미국에서도 활발하게 건설되고 있다. 계란형 소화조의 특징으로는 첫째, 충분히 교반되므로 사각지역(dead space)이 없다. 둘째, 조바닥에 슬러지나 그리트가 침적될 염려가 없다. 셋째, 상부가 좁으므로 스크림이 생성되더라도 표면적이 적어 스크림 파쇄에 적은 동력이 소요된다. 넷째, 보온상 열손실량이 적다(동일용적에 대해 전체표면적이 작다). 다섯째, 수밀성과 소화가스 포집효과가 뛰어나다.

[그림 5.4.10]에는 다양한 소화조의 형태를 나타내었다.



[그림 5.4.10] 다양한 소화조의 형태

- ② 하수처리시설에서는 침사지를 이용하여 그리트를 제거하지만 소화슬러지내에도 상당한 양의 무거운 입자가 존재하므로 이를 제거하기 위하여 소화조의 바닥에 경사를 둔다. 미국에서는 대부분의 경우 1/12 정도의 기울기를 요구하며, 일본에서는 원통형일 때 30/100 이상을, 계란형일 때 1/1 정도로 한다. 따라서, 조건이 허락하면 가능한 기울기를 크게 하는 것이 좋다.
- ③ 소화조의 수는 수리, 점검, 청소 등에 의한 운전정지를 대비해 2계열 이상으로 하는 것이 바람직하다. 또, 계열수가 적을 때는 슬러지 소화조의 용량에 여유를 두도록 한다. 또, 2단계 소화조에 슬러지 유입, 가온 및 교반장치를 설치해 1단계 소화조로서 사용가능 하도록 하는 방법도 있다. 2단소화에 있어서, 1단계 소화조와 2단계 소화조의 용량비를 2:1로 한 경우 슬러지 소화조를 3

조 건설하여 그중 2조를 1단계조로 병렬운전하고, 남은 1조를 2단계조로 하면 같은 형태로 더 많은 용량을 처리할 수 있다.

(5)에 대하여

① 슬러지 소화조는 다른 하수처리시설과 마찬가지로 수밀성의 철근콘크리트 구조물이 좋다. 그러나 계란형 소화조의 경우에는 시공상의 편리성 때문에 철제구조가 훨씬 많이 쓰이고 있다. 혐기성 소화조는 다른 시설물과 달리 슬러지가 분해할 때 소화가스가 발생하며 소화가스가 누출되면 폭발이나 악취 발생의 위험성이 있으므로 이를 방지하기 위하여 기밀성의 구조물이어야 한다. 또한, 소화가스내의 황화수소는 부식성이 강하므로 내식성의 구조이어야 한다.

② 소화조는 열발산을 최소화 하여 열효율을 상승시켜야 한다. 따라서 조의 벽과 지붕을 열전도율이 낮은 재료로 피복하거나 벽을 이중으로 하여 보온이 되도록 하여야 한다.

주변벽을 적당한 두께의 복토로 보온하는 경우도 있다. 이 경우에 복토재로는 점토질이 적고 투수성이 좋은 흙을 사용한다. 슬러지 소화조의 보온구조를 [그림 5.4.11]에 나타내었다.

③ 슬러지 소화조에서는 [그림 5.4.12]에 보인 바와 같이 고정식 지붕과 부유식(浮遊式) 지붕이 가장 많이 이용되며 때로는 이 두 종류를 혼합한 것도 이용된다. 2단소화를 채택하는 경우에는 1단계 소화조에는 고정식 지붕을 설치하고 2단계 소화조에 부유식 지붕을 설치하여 소화가스의 대부분을 저장시키는 것이 좋다. 물론 두 조에 모두 부유식 지붕을 설치하거나 고정식 지붕을 설치할 수도 있지만 1단계 소화조에 부유식 지붕을 설치하거나 2단계 소화조에 고정식 지붕을 설치하는 것은 좋지 않다.

부유식 지붕에는 두 종류가 있는데 하나는 슬러지 표면에 바로 얹힘으로써 가스저장공간이 제한된 형이고 또 하나는 둘레에 굽도리널(skirt)이 있어서 소화가스의 완충력에 의하여 지지되는 가스저장형이다.

고정식 지붕에는 철근콘크리트로된 돔형, 원추형, 평면슬래브형 그리고 철제 돔형이 있다. 고정식 지붕에 비하여 부유식은 다음과 같은 장점이 있다.

첫째, 부피가 변하므로 운영상의 융통성이 크다.

둘째, 소화가스와 산소가 혼합되어 폭발가스가 될 위험을 최소화시킨다.

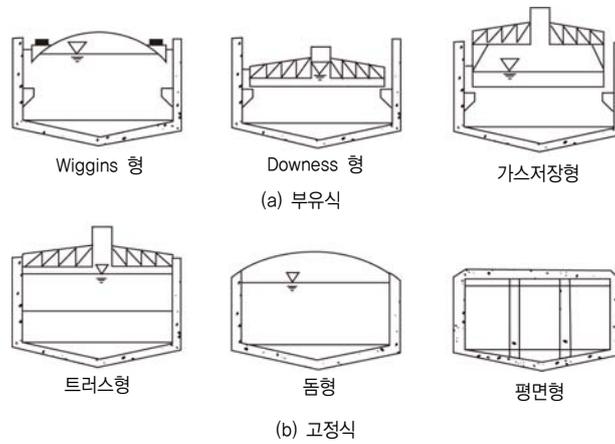
셋째, 스컴이 수중에 잠기게 되므로 스컴을 혼합시킬 필요가 없다.

넷째, 통상 0.6~1.8m의 높이를 이동할 수 있으므로 지붕 아래에 가스저장을 위한 공간이 부여된다.

그러나 부유식 지붕은 고정식에 비하여 고가라는 단점이 있다. 과거에는 부유식 지붕을 사용하는 경우 공기가 새어 들어올 위험성이 있었으나, 조내의 압력이 대기압보다 낮게 되면 가스저장실의 가스가 소화조로 흐르도록 하는 자동시설이 생기면서 이 문제는 부분적으로 해소되었다.

지 붕	지상부 및 지하 1m까지

[그림 5.4.11] 슬러지 소화조의 보온방법의 예



[그림 5.4.12] 소화조의 고정식 지붕과 부유식 지붕의 단면도

모든 지붕에는 압력 및 진공제거밸브, 역화방지장치(flame trap)가 갖추어져야 한다. 또한, 직경이 최소 200 mm이며, 재빨리 여닫을 수 있는 가스밀폐형의 뚜껑이 부착된 가스시료 채취관이 2개 설치되어야 한다. 소화조의 지붕에는 최소한 2개의 맨홀을 설치하는 것이 좋다. 맨홀의 내경은 보통 0.6 m이나 0.7 m 정도로 크게 만들어 스크 제거, 내부수리 등을 쉽게 할 수 있도록 하는 것이 좋으며, 맨홀 뚜껑을 여는 경우에는 화재 및 폭발에 각별히 유의하여야 한다.

- ④ 슬러지 소화조의 여유고는 지붕의 종류와 소화가스의 최대압력을 고려하여 결정되어야 한다. 부유식 지붕인 경우 실제 수위는 벽의 상단으로부터 0.8 m 아래에 위치하므로 액체면과 벽상단면에 0.5~0.6 m의 여유고가 있게 된다. 고정식의 평탄한 슬래브인 경우 실제수위상부에 0.3~0.6 m의 여유고가 제공된다. 그러나 고정식의 원추형 또는 돔(dome)형 지붕에서는 실제 수위와 측벽상단간의 여유고가 0.3 m보다 적을 수도 있다. 제한된 여유고를 가진 고정식 지붕의 경우 압력에 의해 파괴되는 것을 방지하기 위하여 소화가스와 상징수를 자동적으로 제거할 수 있는 시설을 갖추어야 한다.

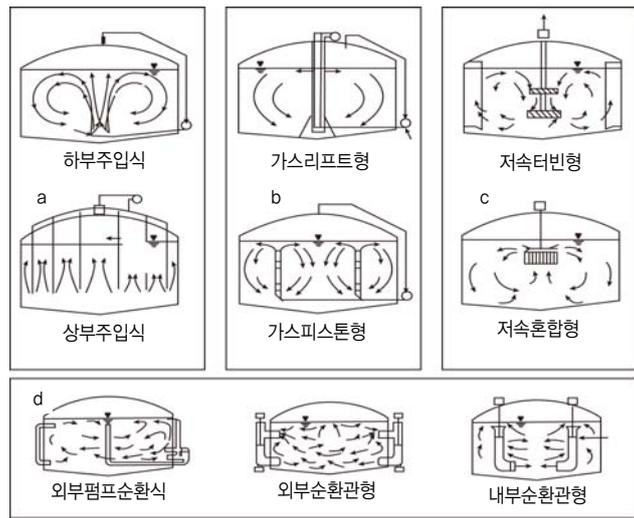
5.4.5 혼합장치

슬러지 소화조에는 다음에 열거된 방법의 혼합장치를 준비하여 조내의 온도분포를 균일하게 하고, 유입되는 슬러지를 조내에 골고루 분산시켜 전체적으로 균질한 상태로 만들어 주는 것이 좋다.

- (1) 소화가스에 의한 재순환
- (2) 기계식 방법에 의한 혼합
- (3) 펌프에 의한 슬러지의 재순환

【해설】

혼합의 목적은 투입슬러지와 소화슬러지와의 혼합, 탱크내 온도의 균일화, 입자에 부착된 가스의 분리에 의한 소화효율의 향상 및 스크 발생에 의한 유효용량의 감소를 방지하는 것이다. 혼합 방법으로는 기계식 혼합기를 설치할 수도 있고, 펌프를 설치하여 조내의 슬러지를 재순환시킬 수도 있으며, 소화조의 바닥에 설치된 산기관을 통하여 소화가스를 재순환시켜 슬러지를 혼합시킬 수도 있다. [그림 5.4.13]에는 소화조의 혼합방법을 나타내고 있다.



[그림 5.4.13] 소화조 혼합방법의 예

혼합정도의 적정 여부는 조내의 고형물농도의 차이를 확인함으로써 판단할 수 있다. 즉, 조에서 고형물농도 차이가 10% 이하이면 완전혼합이 일어나고 있다고 본다. 이때 바닥에 축적된 부유하기 어려운 그리트는 제외된다.

소화조내의 슬러지를 반드시 계속 혼합시켜야만 효과적이라고는 할 수 없다. 1~3시간 정도로 매일 3~6회 혼합시켜도 충분하다. 최근의 연구결과에 의하면 소화조내의 슬러지를 재순환펌프 등을 사용하여 30분에 한번씩 양수시키는 것으로도 충분했다고 한다. 그러나 슬러지가 소화조에 유입될 때 혼합은 반드시 실시되어야 한다. 이때 슬러지는 혼합기, 펌프 또는 소화가스주입점 등의 위치에 유입시켜 혼합이 잘 되도록 해야 한다.

(1)에 대하여

소화가스를 재순환시켜 슬러지를 혼합시키는 방법은 널리 이용되며 여러 가지 방법이 있다. 산기관을 사용하는 경우에는 압축기로 소화가스를 압축시켜 소화조의 바닥에 볼트로 고정되거나 조의 바닥 중앙의 콘크리트대에 설치된 산기관으로 뿜어줌으로써 혼합을 한다. 산기관에 의한 재순환 방법의 예는 [그림 5.4.13]의 a)에 나타내었으며, 산기관을 통하여 공급해야 하는 가스의 유량을 <표 5.4.9>에 나타내었다.

<표 5.4.9> 산기관에 공급되는 소화가스의 유량

소화조의 직경(m)	산기관의 배치방법	소화가스 재순환유량(m ³ /min)
6	1	0.85~1.13
9	2	1.4~1.7
12	2	1.4~1.7
15	3	1.85~2.3
18	3	2.5~3.4
21	4	2.5~3.4
24	5	2.8~4.2
27	5	3.8~5.1
30	6	4.2~5.7
33	6	4.7~6.2
36	6	5.1~6.8

재순환되는 가스를 여러 개의 방출관으로 방출시키는 방법([그림 5.4.13]의 b) 참조)에서는 소화조의 둘레를 따라 조 깊이의 1/2~3/4 지점에 설치된 관을 이용한다. 이때 각 관은 각각 다른 시간에 가스가 방출될 수 있도록 시간조정기에 의해서 통제된다. 따라서, 가스방출관은 정해진 시간간격으로 압축기에서 보내지는 가스를 방출시키게 된다. 슬러지 소화조의 고품질부하가 높은 경우에는 이 방법을 사용하여 소화조를 완전혼합시키면 효과적이다.

(2)에 대하여

여러 가지 형태의 기계식 혼합기([그림 5.4.13]의 c) 참조)가 소화조의 혼합을 위하여 이용될 수 있는데 평판날개터빈(flat-bladed turbine)이나 위드레스프로펠러(weedless propeller) 등이 그 예이다. 소화조의 지붕이 부유식인 경우에는 혼합기를 측벽에 설치하는 것도 좋다. 프로펠러식인 경우에는 소화조의 깊이가 얼마든간에 프로펠러가 물속에 잠기기만 하면 일정한 혼합을 유지할 수 있다. 또한 측벽에 설치된 혼합기는 소화조 바닥을 깨끗이 유지하기 위해서도 알맞다. 그러나 정비시에는 소화조를 비워야 한다는 단점이 있다.

지붕에 설치된 혼합기는 고정식 및 부유식 지붕에 모두 이용되며, 소화조내의 슬러지를 모두 혼합시키면서 동시에 스크림이 축적되지 않도록 소화조내의 수면을 유지할 수 있다. 혼합기 구동장치는 패킹상자(stuffing box)나 기계식 밀폐법에 의하여 소화조의 슬러지로부터 격리시킬 수 있다.

(3)에 대하여

펌프와 순환관(draft tube)에 의한 혼합([그림 5.4.13]의 d) 참조)은 소화조에 유입되는 슬러지를 소화중인 슬러지와 효과적으로 혼합시키는 방법으로 외국에서 가장 많이 쓰이고 있다. 펌프의 용량조절로 소화조내의 혼합정도를 조절할 수 있는 장점이 있다.

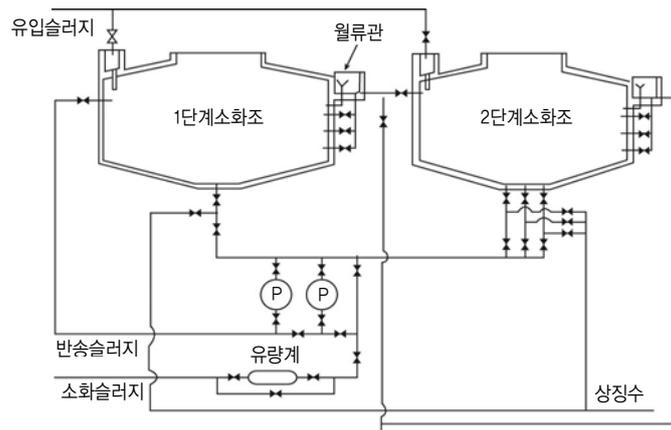
5.4.6 슬러지의 유입 및 배출

슬러지 유입관 및 소화슬러지 배출관은 다음 사항을 고려하여 설계한다.

- (1) 슬러지 유입관은 슬러지가 소화조내에 균일하게 혼합될 수 있는 위치에 설치한다.
- (2) 소화슬러지 배출관은 소화조 바닥 중심부근에 위치시킨다.
- (3) 슬러지 유입관 및 소화슬러지 배출관은 내경이 최소한 150mm 이상되도록 한다.
- (4) 슬러지 배출밸브 등은 정전시를 고려해야 한다.

【해설】

슬러지 배관 계통도의 예를 [그림 5.4.14]에 나타내었다.



[그림 5.4.14] 슬러지 배관 계통도의 예

(1)에 대하여

슬러지 유입관은 유입된 슬러지가 소화중인 슬러지와 혼합되어 소화가 잘 진행될 수 있도록 위치하여야 한다. 따라서 슬러지는 소화가 최대로 활발히 진행되는 층에 유입되어야 하며, 슬러지가 유입된 후 즉시 조내에 완전히 분산될 수 있는 위치에 유입관을 배치할 필요가 있다. 일반적으로 슬러지를 조의 중심부근 수면상에 유입시킨 다음 혼합장치로 강하게 혼합시켜 슬러지가 분산되도록 한다. 소규모 소화조에서는 단일유입관을 사용하지만 대규모 소화조에서는 2개 또는 그 이상의 유입관을 배치시켜 슬러지가 균등히 분배되도록 한다.

(2)에 대하여

일반적으로 소화된 슬러지는 소화조의 바닥에 침전하여 농축되므로 소화슬러지 배출관을 조의 바닥 중심부근에 위치시키는 것이 보통이다.

(3)에 대하여

슬러지관은 부유물에 의하여 폐쇄되는 것을 방지하기 위하여 내경이 150 mm 이상인 관을 사용하는 것이 좋으며, 펌프로 상징수를 압송하여 슬러지관을 역세척시킬 수 있도록 하는 것이 좋다.

1단계 소화조에서 2단계 소화조로의 슬러지 수송은 원칙적으로 월류관에 의한 자연유하식으로 이루어지도록 하는데 월류관이 대기중에 개방되어 스킴이 발생하는 경우가 있으므로 직접 이송할 수 있는 배관도 설치한다.

(4)에 대하여

소화슬러지의 배출을 중력식으로 수행하는 경우에 제거밸브가 열렸을 때 정전이 되면 밸브가 닫히지 않아 슬러지가 계속 배출되므로 역작동되는 공기밸브 등 긴급차단장치를 고려한다.

5.4.7 상징수의 제거와 처리

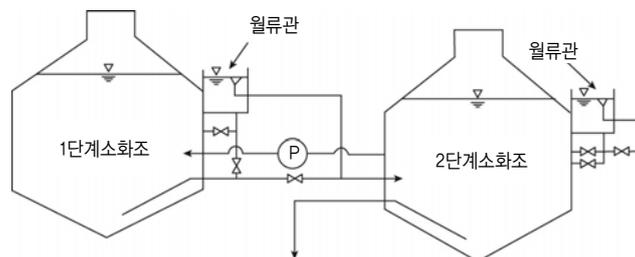
소화조 상징수의 제거와 처리를 위해서는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 상징수 제거관은 소화조의 적당한 깊이에서 상징수를 제거할 수 있도록 3-4개소에 배치되어야 하며 또한 소화조에는 월류관을 설치한다.
- (2) 소화조 상징수는 하수처리시설의 하수처리계통으로 반송하여 재처리시켜야 한다.

【해설】

(1)에 대하여

1단소화조와 2단소화의 2단계 소화조는 소화된 슬러지가 침전해서 바닥에는 농도가 높은 소화슬러지가, 수면에는 농도가 높은 스킴층이 존재하고 그 중간에 고형물농도가 낮은 상징수층이 위치하게 된다. 소화의 정도에 따라 양호한 수질의 상징수층이 위치하게 되는 수심이 변하므로 수심을 달리하는 3~4개의 상징수 제거관을 설치하여 가장 양호한 수질의 상징수를 제거할 수 있는 깊이를 선택할 수 있도록 한다. 소화조간의 슬러지와 상징수의 이송의 예를 [그림 5.4.15]에 나타내었다. 2단계 소화조에서의 상징수 배출은 월류관을 이용한다. 소화슬러지 제거 및 2단계 소화조로의 이송시의 관경은 150 mm 이상으로 한다.



[그림 5.4.15] 슬러지와 상징수의 이송의 예

(2)에 대하여

소화조의 상징수는 혐기성 상태를 거친 것이므로 색상이 검고 상당한 양의 부유물과 유기물을 함유하므로 재처리해야 한다. 보통 하수처리시설의 하수처리계통으로 되돌려 보내어 처리한다. 혐기성 소

화조의 상징수를 반송수로서 1차침전지로 반송시킴에 따라 하수가 설계유량보다 과다유입되는 경우 과부하로 인하여 1차처리수의 수질이 악화되고, by-pass되는 경우에는 방류수역의 수질을 악화시킨다. 따라서 설계유량보다 하수가 과다유입되는 경우 오전과 오후 유입유량이 시간당 평균유량보다 2배 이상 많은 경우, 또한 1차 처리후 by-pass시키는 경우에는 혐기성 소화조의 상징수를 1차침전지로 반송시키지 말고 별도의 저류조로 이송시켜 과부하에 따른 오염부하를 줄이는 대책을 강구할 필요가 있다. 즉, 유입유량의 0.2~0.3% 정도 발생하는 혐기성 소화조 상징수에 대하여 체류시간 24시간의 저류조를 건설한다. 저류조에서 상징수를 24시간 체류시킨 후 침강된 슬러지는 탈수기로 보내고, 상징수는 포기조로 유입시켜 처리하면 하수처리시설의 과부하시 및 설계용량보다 하수의 과다유입시에 방류수역의 수질악화를 줄일 수 있다.

5.4.8 가온 및 보일러

소화조의 가온을 위한 설비는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 가온은 직접가온방식 또는 간접가온식으로 한다.
- (2) 가온에 필요한 열량은 유입슬러지의 가온에 필요한 열량에 소화조와 가온배관 등에서 외계로의 방사열 등을 고려한다.
- (3) 보일러의 구조는 관련법규에 기초를 둔 것으로 안전한 운전이 될 수 있게 해야 한다.
- (4) 보일러 및 증기배관 등은 단열재로 덮고, 증기관에는 증기트랩 및 진공방지 밸브를 설치한다.
- (5) 증기주입은 진동 및 소음을 방지를 고려하여 결정한다.
- (6) 증기보일러에는 급수처리장치를 설치한다.

【해설】

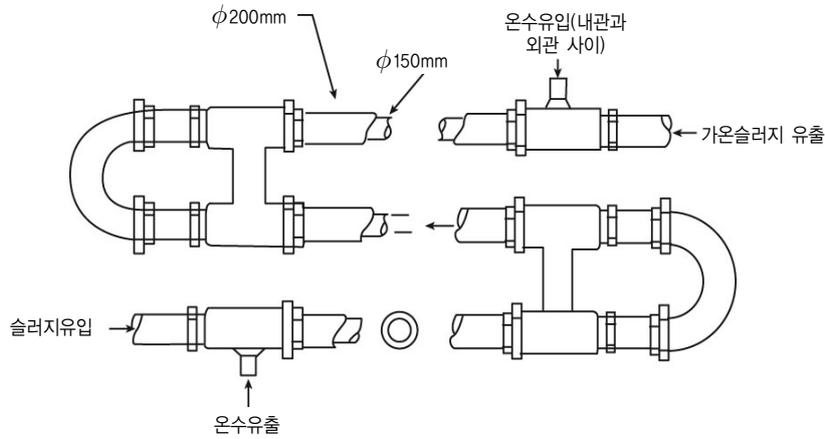
슬러지 소화조를 가온하는 목적은 소화속도를 가속시킬 수 있는 알맞는 온도를 유지함에 있다. 따라서 소화조의 가온시설을 설계하려면 소화조의 에너지 수지를 검토하여야 하며, 가온되지 않는 경우와의 장·단점을 비교해 볼 필요성도 있다.

(1)에 대하여

소화조의 가온방법으로는 다음과 같은 방법들이 있으며 가능하다면 열병합발전기의 폐열을 이용할 수 있다.

1) 간접가온식(열교환기를 사용하는 방법)

슬러지 소화조를 외부의 열원으로부터 가온하는 이중관식 열교환기의 예를 [그림 5.4.16]에 나타내었다. 슬러지나 상징수를 흘려보내는 내관으로는 강관을 사용하고, 온수용의 외관으로는 주철관을 이용하는 이중관식으로 관내의 흐름을 서로 반대방향이 되게 하며, 유속은 슬러지나 온수 모두를 1.0~2.0 m/s 정도로 유지시킨다. 이 방법을 채택하면 시설비가 많이 들고 슬러지나 상징수를 온수의 경우와 마찬가지로 관내에 강제순환시켜야 한다는 단점이 있으나 열전도율이 높고 조 외부에 설치되므로 청소, 수리 등이 용이할 뿐만 아니라 90℃ 정도의 온수를 사용하면 50~60℃의 고온소화를 실시할 수 있다는 장점이 있다.



[그림 5.4.16] 이중관식 열교환기의 예

열교환기를 사용하는 경우 요구되는 이중관의 전체길이는 식(5.4.13)을 이용하여 구할 수 있다.

$$A = 1.2 \cdot \frac{Q_{\max}}{K \cdot \Delta T_m} \dots\dots\dots (5.4.13)$$

여기에서, A : 열교환기의 열전달 면적(m²)

Q_{max} : 슬러지 소화조의 최대가온열량(kcal/h)

K : 총열전달계수(대략 600 kcal/m² · °C · h)

ΔT_m : 대수평균온도차 $\left(= \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{2.3 \log(\Delta T_1 / \Delta T_2)} \right)$ (°C)

ΔT₁ : 열교환기 입구온수온도(T_w)와 출구슬러지 온도(T_s')의 차이(°C)

ΔT₂ : 열교환기 출구온수온도(T_w')와 입구슬러지 온도(T_s)의 차이(°C)

1.2 : k의 변동 등에 대비한 여유분 슬러지 순환량을 Q_s(m³/h), 온수순환량을 Q_w(m³/h)라 하면 T_s'와 T_w'는 다음의 식(5.4.14)와 (5.4.15)를 이용하여 구할 수 있다.

$$T_s' = T_s + \frac{Q_{\max}}{Q_s \times 1,000} \dots\dots\dots (5.4.14)$$

$$T_w' = T_w + \frac{Q_{\max}}{Q_w \times 1,000} \dots\dots\dots (5.4.15)$$

T_w는 60~90°C, T_w-T_w'는 대략 10~15°C 정도이다.

2) 증기를 주입하는 방법

이 방법은 고온의 수증기를 직접 슬러지에 주입하는 방법으로 시설비가 낮고 조작이 간편하다는 장점이 있다. 우리나라의 대규모 하수처리시설에서는 대부분 이 방법에 의해 소화조를 가온하고 있는 것

으로 알려져 있다. 그러나, 주입되는 수증기량에 상당하는 양의 물을 공급해야 하므로 슬러지가 회석되며 완벽한 혼합이 이루어지지 않으면 부분적인 과열현상이 발생할 가능성이 크다.

(2)에 대하여

① 소화조에 유입되는 슬러지의 온도를 소화에 알맞는 온도로 높이기 위하여 요구되는 열량은 식(5.4.16)을 이용하여 계산할 수 있다.

$$Q_1 = CQ_i(T_D - T_S) \times 1,000 \dots\dots\dots (5.4.16)$$

- 여기에서, Q_1 : 유입슬러지의 온도를 소화온도까지 상승시키기 위하여 요구되는 열량 (kcal/h)
- C : 슬러지의 비열(≒ 1 kcal/kg·°C)
- Q_i : 슬러지 유입속도(m³/h)
- T_D : 소화슬러지의 온도(°C)
- T_S : 유입슬러지의 온도(°C)
- 1,000 : 슬러지의 비중(kg/m³)

② 소화조로부터 지면 또는 대기중으로 방사되어 손실되는 열량은 식(5.4.17) 및 식(5.4.18)을 이용하여 계산할 수 있다.

가) 단일조인 경우

$$Q_2 = \{ \Sigma K_1 \cdot A_1(T_D - T_A) + \Sigma K_2 \cdot A_2(T_D - T_B) \} \times 1.2 \dots\dots\dots (5.4.17)$$

- 여기에서, Q_2 : 조 외부로 방사되는 열량(kcal/h)
- A_1 : 조 벽면 등의 방열면적(m²)
- A_2 : 조 바닥벽 등의 방열면적(m²)
- K_1 : 조 벽면, 덮개 등의 총열전달계수(kcal/m²·°C·h)
- K_2 : 조 바닥벽 등의 총열전달계수(kcal/m²·°C·h)
- T_A : 대기 온도(°C)
- T_B : 땅속 온도(°C)

나) 이중조의 경우(동심원형 이중 소화조)

$$Q_2 = \{ \Sigma K_1 \cdot A_1(T_D - T_A) + \Sigma K_2 \cdot A_2(T_D - T_B) + \Sigma K_3 \cdot A_3(T_D - T_1) \} \times 1.2 \dots\dots\dots (5.4.18)$$

- 여기에서, Q_2 : 조 외부로 방사되는 열량(kca/h)
- A_1 : 내측조 지붕 등의 방열면적(m²)
- A_2 : 내측 바닥벽 등의 방열면적(m²)

- A_3 : 내측 벽면의 방열면적(m^2)
- K_1 : 내측조 지붕 등의 총열전달계수($kcal/m^2 \cdot ^\circ C \cdot h$)
- K_2 : 내측 바닥벽 등의 총열전달계수($kcal/m^2 \cdot ^\circ C \cdot h$)
- T_1 : 외측조의 슬러지 온도($^\circ C$)

외측조에서는 내측조에서 옮겨가는 슬러지의 열량과 내측조의 측벽으로부터 복사되는 열량의 합이 외측조로부터 배출되는 슬러지 또는 상징수에 의해 없어지는 열량과 외측조로부터 외부로 방사되는 열량의 합과 같게 되도록 계산한다.

③ 열교환기 등의 방사열량은 식(5.4.19)로 구할 수 있다.

$$Q_3 = \Sigma K \cdot A (T_m - T_A) \times 1.2 \dots\dots\dots (5.4.19)$$

- 여기에서, Q_3 : 열교환기에서 외계로의 방사열량($kcal/h$)
- K : 열교환기의 총열전달계수($kcal/m^2 \cdot ^\circ C \cdot h$)
- A : 열교환기의 방열면적(m^2)
- T_m : 보일러 출구와 입구에서의 온수온도의 평균치, 보일러 출구와 조 입구에서의 증기 온도의 평균치($^\circ C$)

식(5.4.17)~식(5.4.19)의 1.2는 온수, 증기, 가온배관 등의 열손실을 고려한 수치이다. 따라서, 슬러지 소화조의 가온열량 및 보일러의 소요발생열량은 식(5.4.20)과 (5.4.21)로 구할 수 있다.

$$Q_{IN} = Q_1 + Q_2 \dots\dots\dots (5.4.20)$$

$$Q_{max} = Q_{1,max} + Q_{2,max} + Q_{3,max} \dots\dots\dots (5.4.21)$$

- 여기에서, Q_{IN} : 소화조의 가온열량($kcal/h$)
- Q_{max} : 소화조 가온용 보일러의 발생열량($kcal/h$)
- Q_1 : 슬러지 가온에 필요한 열량($kcal/h$)
- Q_2 : 소화조내의 방사열량($kcal/h$)
- Q_3 : 열교환기 등의 방사열량(외부가온식의 경우)($kcal/h$)

슬러지 소화조의 가온에 소요되는 최대열량은 중온소화에서는 $35 \sim 37^\circ C$ 를 유지할 수 있을 정도로 하며 유입슬러지의 부하에 따라 소화온도 조정이 되도록 한다. 보온재를 2종 이상 조합하여 사용하는 경우의 열전달계수는 식(5.4.22)를 이용하여 계산할 수 있다. 보통 많이 사용되는 보온재의 두께 1 cm당 열전도율은 <표 5.4.10>과 같으며, <표 5.4.11>은 소화조 각 부분의 열전도율이다.

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{a_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{a_2} \dots\dots\dots (5.4.22)$$

여기서, K : 총열전달계수($\text{kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{C} \cdot \text{h}$)
 α_1 : 소화가스 또는 슬러지의 열전도계수($\text{kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{C} \cdot \text{h}$)
 α_2 : 대기 또는 흡속의 열전도계수($\text{kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{C} \cdot \text{h}$)

〈표 5.4.10〉 각종 보온재의 열전도율

(단위 : $\text{kcal}/\text{m} \cdot \text{C} \cdot \text{h}$)

재료	열전도율	재료	열전도율
벽돌	0.5	펄라이트모르터	0.13
모르터	1.2	펄라이트	0.04
경량콘크리트	1.2	골재(모래)	0.32
철근콘크리트	1.4	공기	0.48
콘크리트블록	1.0	흡	1.0~2.0
유리섬유	0.04		

〈표 5.4.11〉 소화조 각 부분의 열전도계수

(단위 : $\text{kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{C} \cdot \text{h}$)

소화조의 부분	열전도계수
15 cm 두께의 콘크리트 지붕	2.44
부동식 지붕	1.17
공간으로 단열된 30 cm 두께의 콘크리트 벽	1.71
습한 흡으로 덮혀진 30 cm 두께의 콘크리트 벽	1.22
건조한 흡으로 덮혀진 30 cm 두께의 콘크리트 벽	0.88
바닥	0.59

λ_1, λ_2 : 보온재의 열전도율($\text{kcal}/\text{m} \cdot \text{C} \cdot \text{h}$)

δ_1, δ_2 : 보온재 두께(m)

보일러의 용량은 식(5.4.23)으로 구하면 된다.

$$G_e = \frac{G(I - I_1)}{1} \dots\dots\dots (5.4.23)$$

여기에서, G_e : 보일러의 용량(대당 증발량)(kg/h)

I : 보일러 상용압력시의 증발증기의 엔탈피(kcal/kg)
 (보일러의 상용압력은 증기보일러에서는 $2 \sim 5 \text{ kg}/\text{cm}^2$)

I' : 소화슬러지의 엔탈피

I_1 : 보일러용수의 엔탈피(kcal/kg)

(이 값은 그 지방의 가장 추울 때의 보일러용수의 온도와 같은 값으로 한다. 예를 들어, 온도가 15°C 라면 $15 \text{ kcal}/\text{kg}$ 이 된다.)

I : 1 kg/cm²(대기압)에서의 100℃ 물의 증발잠열(= 538.8 kcal/kg)

G : 실제증발량 $(= \frac{Q_{max}}{I-I'})$ (kg/h)

Q_{max} : 보일러의 필요발생열량(kcal/h)

포화수증기의 엔탈피를 <표 5.4.12>에 나타내었다.

온수보일러의 용량은 식(5.4.24)로 구할 수 있다.

$$Q_H = \frac{Q_{max}(I_H - I_1)}{I_H - I'} \dots\dots\dots (5.4.24)$$

여기에서, Q_H : 온수보일러용량(kcal/h)

I_H : 온수보일러 상용사용온도에서의 엔탈피(kcal/kg)

보일러는 2대 이상 설치하는데 가온용 보일러는 가온하는 방법에 따라 형식이 다르다. 열교환기로 가온하는 경우에는 압력이 낮으므로 보통 주철제 보일러를 보통 사용하나 증기를 주입하는 경우에는 노통연관식(爐筒煙管式, fire-tube boiler) 보일러나 노통수관식(爐筒水管式, water-tube boiler) 보일러가 사용된다. 노통연관식 보일러는 노통수관식 보일러에 비하여 효율이 낮으나, 설치면적이 작고 가격이 저렴하며 가스연소가온부의 스케일 제거가 편리하다. 상당증발량 10,000 kg/h을 초과하는 경우 이외에는 노통연관식 보일러를 보통 사용한다.

<표 5.4.12> 온도에 따른 포화수증기의 성질

온도 (℃)	증기압 (kg/cm ²)	엔탈피 (kcal/kg)	온도 (℃)	증기압 (kg/cm ²)	엔탈피 (kcal/kg)
0	0.0062	0.00	16	0.0185	16.04
1	0.0067	1.01	17	0.0197	17.04
2	0.0072	2.01	18	0.0210	18.03
3	0.0077	3.02	19	0.0224	19.03
4	0.0082	4.02	20	0.0234	20.03
5	0.0089	5.03	100	1.0330	638.80
6	0.0095	6.03	110	1.4610	642.50
7	0.0102	7.03	120	2.0250	646.10
8	0.0109	8.04	130	2.7540	649.50
9	0.0117	9.04	140	3.6850	652.80
10	0.0125	10.04	150	4.8540	658.60
11	0.0134	11.04	160	6.3020	655.80
12	0.0143	12.04	170	8.0760	661.10
13	0.0156	13.04	180	10.2240	663.40
14	0.0163	14.04	190	12.7990	665.40
15	0.0174	15.04	200	15.8560	667.00

보일러의 연료로는 슬러지 소화조에서 생기는 가스를 이용할 수 있으나, 가스발생량이 부족한 경우에는 중유 등을 연료로 사용할 수 있는 버너를 선택한다.

(3)에 대하여

보일러는 수위저하, 불완전연소 등의 사고가 발생할 수 있으므로 연소, 급수, 온도 등을 자동제어 할 수 있도록 한다. 또한, 고장시나 정기 성능검사시에는 운전을 정지하여야 한다는 점을 고려하여 2대 이상의 보일러를 설치하는 것이 좋다.

보일러는 폭발의 위험이 있으므로 설치장소 및 유입구의 결정에 특히 유의하여야 한다. 소화가스를 연료로 이용하는 경우에는 실내의 환기에 유의하며 가스누출탐지기를 준비해야 한다.

(4)에 대하여

보일러, 열교환기, 증기관, 온수관 등은 단열재로 싸서 열손실을 감소시킨다. 증기관에는 응축수 여과를 위한 스팀트랩(steam trap)을 설치한다. 온수관에는 팽창조 및 공기밸브를 설치하고, 가온배관은 필요한 곳에 신축관을 설치할 필요가 있다. 추운지방에서는 운전정지시에 증기관내의 응축수가 동결되는 경우가 있으므로 필요에 따라 배관가온용 히터를 설치하며 배관내의 물은 전부 배수되도록 한다. 증기관의 관경은 식(5.4.25)로 구할 수 있다.

$$d = \left(\frac{4S}{3,600 \times \rho \cdot \mu \cdot \pi} \right)^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (5.4.25)$$

- 여기에서, d : 주관 내경(m)
- S : 단위시간당 통과 증기량(kg/h)
- ρ : 증기의 비중량(kg/m³)
- μ : 증기의 유속(m/s)

또, 증기배관의 내경은 50 mm 이상, 배관내의 포화증기속도는 20~30 m/s로 하는 경우가 많다.

(5)에 대하여

증기주입부의 증기속도를 20 m/s 이상으로 하며, 주입관의 측면에도 노즐을 설치하여 증기주입을 분산시키며 액면 아래 4.0 m 이상의 깊이에서 주입될 수 있도록 한다. 주입관의 관경은 50~80 mm로 한다.

(6)에 대하여

보일러용수가 칼슘 및 마그네슘 등 경도유발물질을 많이 함유한 경우에는 보일러용수를 여러번 재사용함에 따라 관내면에 스케일이 생기게 되어 열전달효율이 떨어지며 열을 받는 부분이 과열되어 보일러가 파손되는 원인이 되기도 한다. 이를 방지하기 위하여 보일러용수의 수질이 나쁜 경우에는 경수연화장치를 설치하며, 스케일방지제나 탈산소제를 주입하는 장치를 하기도 한다.

5.4.9 소화가스의 포집과 저장

슬러지 소화가스의 포집과 저장을 위한 시설은 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 소화가스의 포집은 슬러지의 소화상태, 슬러지의 유입, 소화슬러지 및 상징수의 제거에 따른 소화가스 발생량과 가스압의 변동을 고려한다.
- (2) 슬러지 소화조 지붕의 가스돔 및 가스포집관에 안전장치를 설치한다.
- (3) 가스포집관은 내경 100~300 mm 정도로 한다.
- (4) 탈황장치를 설치한다.
- (5) 하루에 발생하는 가스부피의 1/2 정도를 저장할 수 있는 용량의 가스저장조를 설치한다.
- (6) 가스저장조의 구조는 관계법규에 준하여 설계한다.
- (7) 잉여가스의 가스연소장치를 준비한다.

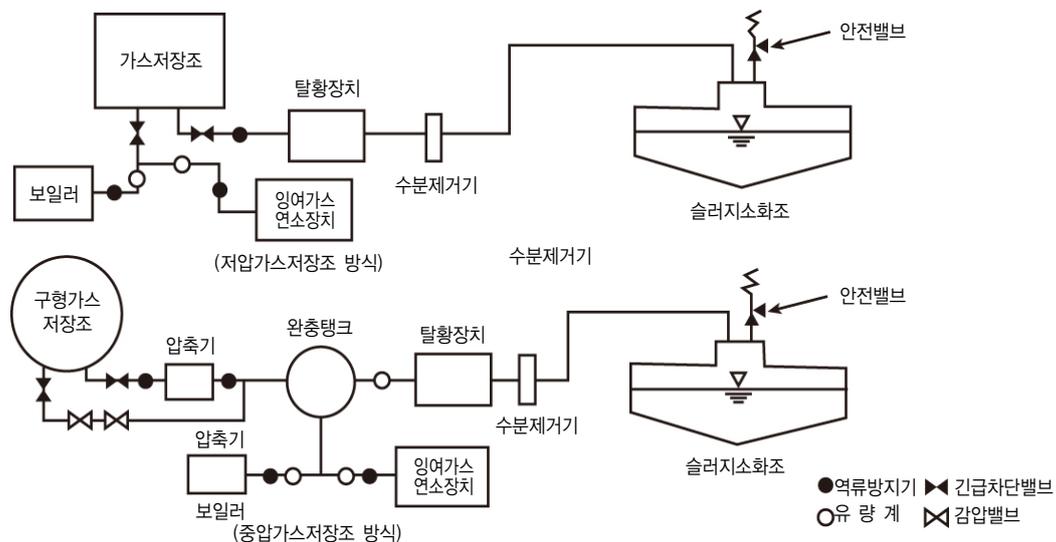
【해설】

소화가 원활하게 이루어지는 경우의 소화가스량은 1차슬러지의 경우에는 1.0 m³가스/(kgVS제거), 잉여슬러지는 0.75 m³가스/(kgVS제거)이다. 소화가스의 성분은 소화상태에 따라 다르나 <표 5.4.13>에 나타낸 바와 같으며, 약 3~15배 정도의 공기가 혼입되면 폭발할 위험성을 지니고 있으므로 소화가스 포집시설은 정압하에 유지되어야 한다.

<표 5.4.13> 소화가스 성분의 예

(v/v %)

메탄	이산화탄소	수소	질소	황화수소
55~65	25~35	0~2	0~6	0.01~0.1



[그림 5.4.17] 소화가스 포집설비 계통도의 예

(1)에 대하여

슬러지의 소화상태, 슬러지의 유입, 소화슬러지의 제거 및 상징수의 배출 등에 따라 슬러지 소화조 내에서의 가스발생량 및 가스압이 현저히 변하며, 부압이 생기는 경우에는 소화조로 공기가 혼입되어 가스폭발의 위험이 생길 수도 있다. 그러므로 슬러지 소화조내의 가스압이 항상 100~300 mmHg 이상 유지되도록 배관계통이 설계되어야 하며 그 한 예가 [그림 5.4.17]에 주어져 있다.

(2)에 대하여

슬러지 소화조에서 가스를 채취하려면 슬러지 소화조의 중앙부에 가스돔을 설치하여 가스포집관으로 가스를 포집, 계량한다. 포집관의 위치는 슬러지 소화조의 최고수위로부터 최소한도 1 m 정도 높아야 하며 포집관으로 거품, 스크 등이 유입되어서는 안된다.

가스압력이 계속 변동하여 이상고압이 발생함으로써 소화조를 파괴시키는 것을 방지하기 위하여는 감압밸브를 설치하여 소화조를 보호하는 것이 좋다. 또한 가스돔의 내면은 방식성 도장을 하거나 방식성 재료를 사용하여 보호해야 한다.

(3)에 대하여

슬러지 소화조에서는 가스포집, 소화슬러지 및 상징수의 제거 등에 의하여 수위가 내려가며 이때 소화조내의 가스압이 부압이 될 경우가 있으므로 소화조 상호 및 가스저장조간에는 충분한 관경의 연결관을 설치하여 부압이 발생하지 않도록 해야 한다. 또한 단기간에 다량의 가스가 발생할 수도 있으므로 가스포집관의 내경은 100~300 mm 정도가 되도록 한다.

소화가스중의 포화증기는 온도가 내려가면 응축하여 물이 되어 가스포집관내에 모이게 되어 가스의 이동에 방해가 되므로 배관은 가스 흐름방향에 따라 약 1/200 정도의 기울기를 가져야 하며, 관의 수직부분 바로 앞에는 제수밸브를 위치시켜야 한다. 또한, 사고시 화염이 번지는 것을 방지하기 위하여 보일러 등 중요부분에는 프레임트랩이나 수봉식(水封式) 안전밸브 등의 역화방지장치를 설치하여야 한다. 지하실에 설치된 가스펌프에서 관내의 응축수 배수시 소량으로 누출되는 메탄가스가 누적되는 경우 지하실 작업시 질식 및 폭발의 위험이 있으므로 배수관은 지하실 밖으로 설치해야 한다. 한냉지역에서는 동결에 대비하여 부동액, 가온, 연속급수 등을 고려해야 한다.

(4)에 대하여

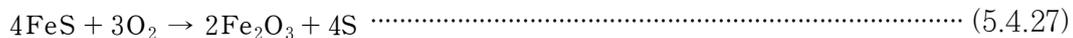
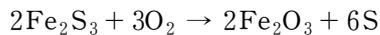
소화가스내의 황화수소(H_2S)농도는 통상 100~200 ppm이나 처리상황에 따라 400~600 ppm, 분뇨와 혼합처리하는 경우 1,000~2,000 ppm에 달하기도 한다. 황화수소는 무색의 기체로 부패취가 심하고 비중(공기비)이 1.2이며 대단히 유독성이다. 특히, 습윤상태에서는 600 ppm의 농도에서 급속히 금속을 부식시킨다. 또한, 연소하면 부식성이 강한 아황산가스가 발생하므로 소화가스는 일반적으로 탈황시킨다. 소화가스의 탈황은 황화수소의 부식성 및 연소 후의 영향을 고려해 50 ppm 정도 이하가 되도록 하는 것이 바람직하다. 일반적으로 소화가스를 알칼리세정 하거나 또는 탈황제를 통과시키면 황화수소 함유율은 10 ppm 이하가 된다. 소화가스내의 황화수소를 제거하기 위한 방법에는 건식 탈황법과 습식 탈황법이 있다.

1) 건식 탈황법

산화철분식은 산화철과 대팻밥을 용적비 1:5~1:10, 중량비 약 2:1의 비율로 혼합한 철스폰지(iron sponge)를 내식성의 탈황기에 40~60 cm 정도의 두께로 채워서 소화가스를 통과시키면 식(5.4.26)과 같은 반응이 일어나면서 황화물이 제거된다.



산화철이 황화철로 많이 바뀌어 철스폰지의 탈황능력이 감소되면 철스폰지를 탈황기에서 꺼낸 다음 물을 뿌리면서 공기에 노출시키면 식(5.4.27)과 같은 반응에 의하여 재생될 수 있다.



성형탈황제식은 철분과 점토 등을 혼합해 펠릿(pellet)형태로 만든 성형탈황제를 충전시켜 소화가스와 접촉시키는 것으로 사용 후의 탈황제는 매립처분한다.

건식방법을 채택하면 부지면적은 적게 필요하나 탈황제를 자주 교체 또는 재생시켜야 하는 단점이 있다. 탈황제의 교체나 재생을 위하여 탈황기는 2대 이상 설치하는 것이 좋다.

2) 습식 탈황법

습식 탈황법에는 수세정식과 알칼리세정식, 약액세정식이 있다. 수세정식은 지하수나 2차처리수로 소화가스를 세정하는 방법으로 건설비는 적으나 다량의 세정수가 발생하며 황화수소 제거율도 비교적 낮다. 알칼리세정식은 2~3%의 탄산나트륨(Na₂CO₃) 또는 수산화나트륨(NaOH)용액과 소화가스를 접촉시키는 것으로 약액은 순환사용가능하며, 일부는 새로운 약액과 교환해야 한다. 약액농도의 관리가 필요하지만 황화수소 제거율은 높다. 약액세정식은 흡수탑과 재생탑을 결합한 것으로 알칼리세정 후 약액은 재생탑에서 촉매를 사용하여 황화물을 분리재생시켜 반복사용하는 것이다. 약액세정식은 건설비가 많이드나 황화수소가 고농도이고 소화가스량이 많은 경우는 유지관리비가 싸게 든다.



(5)에 대하여

슬러지의 소화과정에서 생기는 가스의 양은 식(5.4.30)과 같은 경험식을 사용하여 하수의 BOD농도로부터 계산할 수 있다.

$$C = 0.35(eF - 1.42A) \dots\dots\dots (5.4.30)$$

- 여기에서, C : 표준온도 및 압력에서 하루에 발생하는 메탄의 부피(m^3)
 e : 유기물 제거율
 F : 유입된 유기물의 양($kgBOD_w/d$)
 A : 생성되는 미생물의 양(kg/d)

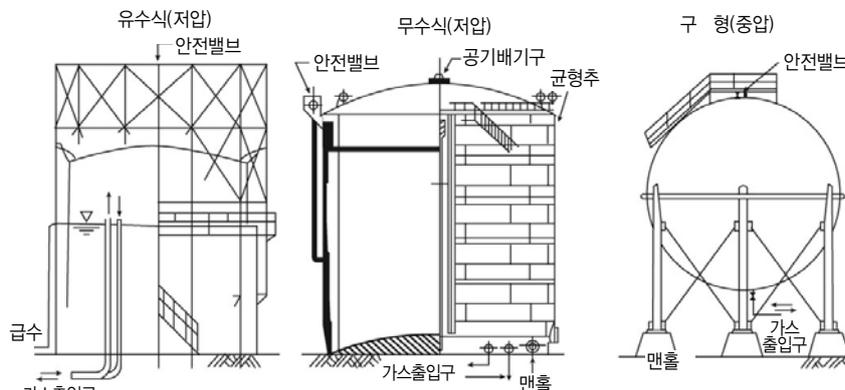
식(5.4.30)에서 계수 0.35는 표준상태($0^{\circ}C$, 1기압)에서 1kg의 최종BOD(BOD_w)가 분해될 때 발생가능한 메탄가스의 이론적인 부피를 m^3 의 단위로 나타낸 값이며, 1.42는 1kg의 미생물체의 휘발성 고형물을 최종 BOD(BOD_w)로 나타내기 위한 환산계수이다. 정상적인 운영상태하에서 e값은 0.80~0.95이다.

가스발생량은 유입되는 슬러지의 휘발성 고형물의 함량과 소화조내에서의 미생물의 활동에 따라 크게 변한다. 통상 가스발생량은 소화조의 휘발성 고형물부하나 휘발성 고형물의 제거율에 의하여 추정할 수 있으며 그 값은 유입된 휘발성 고형물 1kg당 $0.25\sim 0.75 m^3$, 또는 제거된 휘발성 고형물 1kg당 $0.75\sim 1.1 m^3$ 이다. 소화조 자체내에 가스를 저류시킬 때의 압력은 $150\sim 200 mmH_2O$ 이다.

앞에서 언급된 바와 같이 가스발생량은 슬러지의 유입, 배출 등에 따라 증감하므로 가스저장조를 설치한다. 소화조수가 많은 경우는 총발생소화가스량이 비교적 균일하므로 가스저장조의 저류량은 1일 평균발생소화가스량의 1/2 정도의 용량으로 하고, 슬러지 소화조의 수가 적은 경우나 소화가스를 최대한으로 유효 이용하는 경우는 가스저장조 저류량을 크게 한다.

(6)에 대하여

가스저장조는 사용하는 가스밀폐제의 종류([그림 5.4.18] 참조)에 따라 유수식과 무수식 그리고 저장압력에 따라 중력식(저압식)과 중압식(구형)으로 분류된다. 유수식에서는 물을 사용하여 가스를 차단하며, 무수식에서는 고무와 같은 밀폐제를 사용하여 가스를 차단시킨다. 저압식 저장조내의 가스압력은 $100\sim 300 mmH_2O$ 정도이나 중압식에서는 $4\sim 6 kg/cm^2$ 로 한다. 소화조에서 생성된 가스는 소화가스로 작동되는 압축기에 의하여 저장조로 압송될 수 있으며 압축기를 실내에 설치하는 경우에는 완전 밀폐되어야 한다. 가스저장조가 중압식인 경우에는 폭발의 위험이 있으므로 내압용기에 관한 관계법규에 저촉되지 않도록 설계 및 제작되어야 한다.



[그림 5.4.18] 가스저장조의 종류

(7)에 대하여

소화가스는 폭발성이 강하므로 잉여가스는 안전하게 연소시켜야 한다. 잉여가스연소장치는 주위의 상황을 고려하여 안전한 장소에 위치시켜야 하며 역화방지장치, 자동차단장치를 갖추어야 한다. 일반적으로 잉여가스 연소시설은 소화조의 지붕이나 가스저장조로부터 최소한 15m는 떨어져 있어야 하며 눈에 잘 띄는 곳에 위치시켜야 한다.

잉여가스 연소장치로는 노내연소형과 노외연소형이 있고, 버너에 공급하는 가스 및 노에 보내는 공기의 가압여부에 따른 구분도 있다. 가스홀더의 보수중에 소화가스를 직접 소화조에서 빼내 연소시킬 필요가 있는 경우에는 소화가스를 가압하지 않는 기종이 적합하나, 대규모시설에서는 많은 양의 가스를 이동시켜야 하므로 가압하는 기종이 필요하다.

5.4.10 소화가스의 에너지화

가능한 한 소화가스를 폐기시키지 말고 다음에 열거된 목적을 위하여 이용할 수 있도록 필요한 시설을 갖추는 것이 좋다.

- (1) 가온
- (2) 슬러지의 건조 및 소각
- (3) 동력원

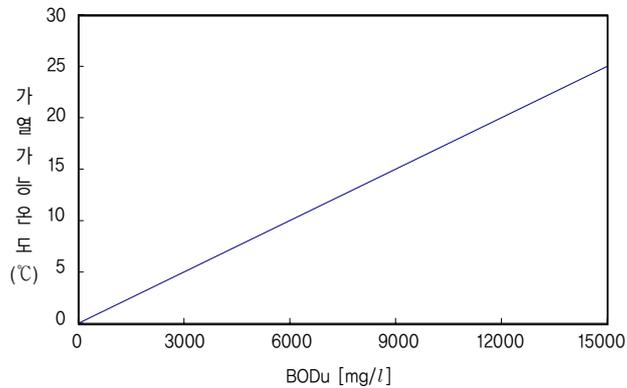
【해설】

하수처리시설에서 생기는 슬러지 소화가스를 이용할 수 있도록 시설을 설계하는 것은 보편화되고 있으며, 주로 가온용 또는 동력원으로 이용된다. 과거에는 소화가스를 이용하여 동력을 생산하는 것이 비경제적일 수도 있었으나 계속 상승하는 에너지가격 때문에 특히 대규모 하수처리시설에서는 소화가스가 훌륭한 에너지원으로써 소화가스를 정제한 후 판매가 가능하다.

(1)에 대하여

소화가스는 소화조내의 슬러지를 가온시키기 위하여 많이 이용되고 있다. 소화가스를 연료로 이용하려면 부식문제가 발생하지 않도록 가스 중의 황화물성분을 제거해야 한다. 소화가스를 동력장치의 연료로 이용하는 경우에도 가스연소에 의해 발생된 에너지의 약 50%를 열로 회수하여 슬러지 가온에 이용할 수 있다.

식(5.4.30)을 이용하여 계산한 메탄생성량과 이를 이용하여 슬러지를 가열할 때의 온도와의 관계를 계산한 예는 [그림 5.4.19]와 같다. [그림 5.4.19]에서 소화조에서 발생한 메탄을 이용하여 슬러지 온도를 10℃ 올리기 위하여는 유입수 BOD_U가 최소 6,000 mg/l이어야 함을 알 수 있다. 따라서, 처리대상 슬러지의 유기물 함량이 낮고 체류시간이 긴 경우에는 메탄생성량이 작아 잉여 가온동력비가 요구되므로 가능한 한 중은 이상의 슬러지를 직접 소화조에 공급하는 것이 바람직하며 설계시에도 이를 고려한다.



[그림 5.4.19] 유입수 최종 BOD와 온수간의 관계

(2)에 대하여

소화가스의 양이 충분하면 슬러지를 건조시키는데 이용할 수도 있다. 즉, 진공탈수된 슬러지 케익의 수분을 증발시키기 위하여 이용된다. 이런 경우 소화가스의 양과 발열량을 면밀히 분석하여야 한다.

(3)에 대하여

대규모의 하수처리시설에서는 소화가스를 보일러의 연료로 이용하는 것 외에 오수의 양수, 송풍기의 가동, 발전 등을 목적으로 하는 내연기관의 연료로 이용하는 경우도 많다. 표준온도 및 압력에서 1m³의 메탄가스는 약 8,640 kcal의 발열량을 가지는데 소화가스는 65% 정도가 메탄가스이므로 약 5,600 kcal의 발열량을 갖는 셈이다. 소화가스를 동력원으로 이용하는 경우에도 엔진의 부식을 방지하기 위하여 가스내의 황화물을 제거해야 한다.

일반적으로 슬러지 소화 가스발전에는 크게 나누어 3개의 방식(가스엔진, 가스터빈, 연료전지)이 있으며, 발전용량과 발전효율에 차이를 가지고 있다. 가스터빈은 대용량이지만 발전효율이 낮고, 연료전지는 발전효율이 높고, 가스엔진은 소용량으로부터 대용량까지 여러가지 기종이 있으며, 발전효율도 용량에 따라 변화한다. 이러한 가스엔진, 연료전지, 마이크로가스터빈은 소화가스를 연료로 하는 발전으로서 실적이 있으며, 기술로서 확립되어 있다.

가스엔진 메탄이 가스엔진 내에서 연소하여 화학에너지로부터 생긴 열에너지가 운동에너지로 변환된다. 운동에너지는 발전기에 의해 전기에너지로 변환된다. 하수처리시설에 있어서의 가스엔진 발전의 운용에서는 밤낮의 소비 전력이 크게 다르기 때문에, 설비 단독의 전원 이용이 아니고, 계통연계로 하는 경우가 많다. 가스엔진 발전기의 발전기 부분은 유도 발전기와 동기 발전기의 2종류가 있지만, 상용 전원과의 연계로 발전기의 회전수를 상용 전원과 합하여 투입하는 것으로 가능하고, 설비 구성이 간단하게 되기 때문에 유도 발전기를 이용하는 것이 많다.

연료전지는 화학에너지를 직접 전기에너지로 변환하는 장치이다. 수소와 산소를 전해질로 떨어진 연료극과 공기극으로 따로 따로 전기화학 반응시켜 생긴 전자를 외부 회로로 추출하는 것으로 전기를 발생시킨다.

연료전지도 가스엔진 발전과 같이 계통연계로 하는 경우가 많다. 또한 직류전력을 발생시키고 있기 때문에, 전력변환장치(인버터)를 이용해 교류 전력으로의 변환을 실시할 필요가 있다. 상용 전원과의 연계를 하려면, 상용계통의 전압을 동기 신호로서 인버터의 출력 전압폭과 위상을 제어한다.

소화가스 발전장치가 이용되는 용도로서는 잉여 가스 활용(열이용을 포함한다), 계약 전력의 저감을 목적으로 한 상용 발전을 들 수 있다.

소화가스발전은 전력 외에 부생하는 열에너지를 유효 이용하는 것에 의해 에너지이용 효율이 높아진다. 단, 열이용에 관해서는 기존 기계설비의 대폭적인 개조를 필요로 하는 경우가 있으므로, 소화조 등을 포함한 소화시설 전체적으로 도입 검토를 실시하는 것이 바람직하다.

5.4.11 부대시설

- (1) 슬러지 소화조의 밸브 조작실은 다음 사항을 고려하여 설계한다.
 - ① 소화조에 인접시키거나 부근에 설치한다.
 - ② 내화성으로 가스의 누출 및 화재에 대하여 안전한 구조로 한다.
 - ③ 필요한 기기의 반출입, 설치, 점검, 수리 등에 편리한 구조로 한다.
 - ④ 실내의 환기, 조명, 배수를 고려한다.
- (2) 슬러지 소화조에는 가온설비, 교반장치, 소화가스 포집 및 저장설비 외에도 스킴 방지 및 제거장치, 맨홀, 시료채취장치, 온도측정장치, 수위계 및 투시창과 보호관 등을 설치하는 것이 좋다.
- (3) 슬러지 소화시설의 설계시 소화조를 주기적으로 청소할 수 있는 시설이 되도록 고려한다.

【해설】

(1)에 대하여

- ① 밸브조작실은 슬러지 소화조에 부속된 관, 밸브, 기타 여러 가지 기기를 수용하는 건물로서 소화조와 인접한 곳에 위치시키는 것이 좋다. 슬러지 소화조의 외벽은 밸브조작실의 벽으로 이용하는 것이 경제적이며 배관상에도 유리하다. 슬러지 소화조가 2기 이상이면 소화조 사이에 밸브조작실을 위치시키는 것이 보통이다. 이런 경우 부등침하 등으로 인하여 관이 파손되는 것에 주의하여야 한다.
- ② 슬러지 소화조의 외벽을 타건물의 벽으로 이용하려면 소화조의 벽이 수밀성 및 기밀성의 철근콘크리트구조이어야 하며 벽두께도 충분하여 물이나 가스가 새지 않도록 주의해야 한다. 그리고 외벽, 바닥, 창 등은 불연성의 재료를 사용하여 내화성의 건물이 되도록 해야한다. 또한, 밸브조작실은 소화가스관, 송풍기 등을 수용하고 있어 소화가스가 새어 나올 수 있으므로 폭발성의 메탄가스에 대한 자동경보장치를 설치할 것이 요망된다. 또한, 모든 폭발에 대비한 구조로 설치되어야 한다.
- ③ 밸브조작실에서는 기기들 간의 간격, 위치, 높이 등에 관하여 특히 유의하여야 하며, 운전자가 쉽게 접근할 수 있고 기기의 작동에 불편이 없도록 충분히 넓어야 한다. 또한, 모든 기기류의 반출입이 가능하도록 공간이 넓어야 하며, 설치, 점검, 수리에 불편이 없도록 하여야 한다.
- ④ 밸브조작실은 운전자가 수시로 출입하여 기기를 작동, 점검, 수리하는데 지장이 없도록 조명시설

이 충분하여야 하며, 가스가 새는 것에 대비하여 환기장치도 충분하여야 한다. 수리가 필요한 경우에는 밸브를 열어서 관내의 물질을 배출시킬 수 있어야 한다.

관이 막힌 경우 관내부를 청소해야 하므로 밸브조작실의 바닥에는 배수를 위하여 적절한 기울기를 주어야 하고, 배수구 또는 배수웅덩이를 설치하여 배수가 용이하도록 하고 필요한 경우 배수펌프도 설치하여야 한다.

(2)에 대하여

1) 스킴 방지 및 제거장치

소화조에 스킴이 발생하여 수면에 스킴층을 형성하면 가스의 발생을 저해하고 소화가 억제될 뿐만 아니라 소화조의 유효용량이 감소하여 과부하상태가 될 수도 있으므로 스킴의 형성을 방지하거나 발생된 스킴층을 파괴시켜야 한다. 스킴방지는 2단계 소화조보다 1단계 소화조에 중점을 둔다. 스킴층의 형성을 방지하거나 파괴시키기 위해서는 다음과 같은 방법이 있다.

- ① 수면에 설치된 레이크(rake)나 스크루를 회전시키는 방법
- ② 펌프를 사용하여 상징수를 수면상부와 하부에 설치된 노즐을 통하여 스킴층 위에 살수하는 방법
- ③ 소화가스를 소화조의 수면부근에 주입하여 교반시키는 방법

이 외에도 강력한 혼합기를 설치하여 스킴층의 발생을 방지하는 방법과 교반력을 크게 하기 위하여 소화가스를 이용하는 방법도 있다.

2) 맨홀

맨홀은 소화조 내부의 점검, 수리 및 청소 등을 위하여 필요하다. 맨홀의 뚜껑은 덕타일 주철제를 사용하되 고무패킹을 한 다음 볼트로 조여서 기체가 새지 않도록 해야 한다. 소용량의 조에서는 가스 돛을 맨홀과 겹치게 하기도 한다. 이때, 가스돛의 배관은 맨홀측벽에 접속시키며 맨홀 뚜껑은 단독으로 열릴 수 있는 구조로 한다. 맨홀은 소화조의 지붕에 적어도 2개는 설치되어야 하며 직경이 0.6 m 이상이 되어야 한다.

3) 시료채취장치

각각의 소화조마다 내경이 최소한도 40 cm 이상인 관을 최저수위 아래 1.0 m 정도까지 내려 소화조내 여러 깊이로부터 상징수나 슬러지를 뽑아낼 수 있도록 한다. 슬러지의 시료채취를 위한 배관은 세척 및 배수가 편리한 장소에 설치한다.

4) 온도측정장치

온도는 소화조의 운전상 대단히 중요한 요소이므로 상시 측정할 필요가 있으며, 이를 위해서 지시 및 기록온도계가 이용된다. 고온수로 소화조를 가온하는 경우에는 각 소화조에 공급되는 온수와 사용된 온수의 온도를 측정하기 위하여 지시온도계가 필요하다. 온도계는 보통 소화조에 인접한 조정실에 위치한다.

소화조의 슬러지 온도를 측정하기 위해서도 지시온도계가 이용되며 조정실에서 읽을 수 있도록 알맞은 장소에 위치되어야 한다. 때로는 원격지시온도계를 설치하여 조정실에서 읽을 수 있도록 할 수도 있다.

소화조내의 슬러지 온도를 측정하기 위한 온도계는 소화중인 슬러지층에 설치되어야 하며, 가스압력

형으로서 강철 또는 구리제 자켓(jacket)으로 보호되어야 한다. 온도계는 소화조의 벽체로부터 3.3 m 이상 내부에 위치해야 하며 효율적인 측정을 위해 온도계의 위치를 상, 중, 하 3곳에 설치하는 것이 좋고, 청소시 침적된 슬러지 제거를 위한 세척시설을 준비하는 것이 좋다.

5) 수위계

소화조내의 수위는 일정하지 않으므로 각 소화조마다 계기판과 수위측정기로 구성된 수위지시기가 필요하다. 부자식 수위계를 사용하면 부자관이 스킴으로 막히는 경우 부정확하게 될 위험이 있다. 부유식 지붕인 경우에는 수위계가 지붕의 운동에 의해 작동되며 지붕이 상단 및 하단에 도달하면 경보가 울리게 되어 있다.

6) 투시창

조내의 액면상태를 관찰하기 위해 조의 천정부분에 2개 정도의 투시창을 설치해 그 내면에 청소용 와이퍼와 수세노즐을 설치해 손전 등으로 조 내부를 비춰볼 수 있는 구조로 하면 편리하다.

7) 보호관

공기주입관, 가스주입관 등을 조 속의 슬러지중에 배관할 경우는 보호관내에서 시공해야한다.

(3)에 대하여

계란형 소화조의 경우에는 그리트의 축적이 적을 수 있으나 그 외의 소화조내에는 상당한 양의 그리트가 축적될 수 있으므로 소화조를 주기적으로 청소할 수 있는 시설을 설계시 고려해야만 소화조의 설계용량을 유지할 수 있다. 소화조의 바닥에서 제거되는 소화슬러지는 상당한 양의 그리트, 머리카락, 걸레조각, 합성수지 등 미생물에 의해서 분해가 안되는 물질을 함유한다. 따라서 소화조의 상태에 따라서 주기적으로 소화조를 청소하여 처리효율을 높여야 한다. 또한, 혐기성 소화조의 유효용적 확보와 효율적인 분해를 하기 위해서는 농축조에서 농축슬러지를 혐기성 소화조로 이송할 때 드럼스크린 등과 같은 장치에 의하여 헝잡물(머리카락, 씨앗류, 비닐 등)을 제거하는 방법 등도 고려할 수 있다. 소화조내의 슬러지를 혼합시킨다고 해서 그리트의 축적을 방지할 수는 없으므로 그리트 제거는 설계시에 충분히 고려하여야 한다.

- ① 소화조상부로부터 청소를 수행하는 경우에는 충분한 크기의 맨홀을 설치하여 장애를 받지 않고 바닥에 그리트제거기가 도달할 수 있는 내부구조가 되도록 하여야 하며, 그리트를 제거하기 위한 펌프 등을 이용할 수 있도록 강구하여야 한다.
- ② 제거된 그리트를 일시적으로 저장할 수 있는 용기나 저류지 등의 이용방안을 강구하여야 한다.
- ③ 청소수 확보방안을 제시하여야 한다.
- ④ 소화조 측벽을 이용하여 청소하는 경우에는 소화조의 측벽에 컨베이어벨트나 소형 운반기가 사용될 수 있도록 충분한 크기의 개구를 설치하여야 하며, 소화조를 비울 경우 상부의 액체를 제거할 수 있도록 직경 200 mm 이상의 상징수 배출밸브를 측벽의 상징수층 하부위치에 설치해야 한다.

한편, 소화조의 청소시에는 소화조 내에 축적된 슬러지를 수처리계통으로 반송시키지 않도록 하는 것이 좋으며, 소화조의 부대시설 즉, 혼합가스 블로워 또는 교반시설, 소화슬러지 인발 배관내의 침적 여부, 가온 보일러 배관 등 소화조 관련 시설도 동시에 점검하는 것이 바람직하다.

5.4.12 분뇨, 음식물폐수 등 연계처리

분뇨 및 음식물폐수를 혐기성 소화조에서 연계처리하는 경우에는 다음 사항을 고려한다.

- (1) 분뇨 및 음식물폐수처리용량
- (2) 전처리방법
- (3) 운전방법
- (4) 상징수의 처리

【해설】

하수처리시설 인근의 위생처리장에서 시설용량을 초과하는 분뇨가 유입되거나 정화조폐액 또는 음식물폐수를 하수처리시설에서 연계처리해야 할 필요가 있는 경우에는 수용 가능한 처리용량, 유입위치, 전처리방법, 운전방법 등을 신중히 고려하여야 한다. 슬러지를 처리하는 혐기성 소화조에 분뇨 또는 음식물폐수가 유입되는 경우에는 고농도의 소화조 상징수가 다시 하수처리시설로 반송되는 것을 고려하여 충분한 대책을 마련하여야 한다. 또한, 분뇨정화조에서 정기적으로 제거되는 정화조 폐액을 하수처리시설에서 연계처리하여야 할 경우 이를 위한 주입설비나 처리용량, 전처리방법 등도 분뇨와 마찬가지로 고려하여야 한다. 정화조 폐액이나 음식물폐수의 경우에는 특히 주입지점의 선정시 침전특성에 따라 1차침전지에 주입하거나, 전처리 후 포기조에 주입하는 방법을 고려하여야 한다.

(1)에 대하여

하수처리시설에서 연계수용 가능한 분뇨 또는 음식물폐수처리용량은 과다 설계되었거나 설계용량에 비하여 실제 처리용량이 적은 처리장에 대하여 하수처리계통 및 슬러지 처리계통 전체를 고려한 여유용량 만큼으로만 한정하는 것을 원칙으로 한다. 또한, 분뇨 또는 음식물폐수의 유입지점도 수처리시설에 직접 유입시키는 것보다는 혐기성 소화조에서 소화과정을 거친 후 소화상징수를 수처리시설로 반송하는 것이 유기물과 영양소에 의한 과부하를 방지할 수 있는 방법이다. 분뇨나 정화조 폐액 또는 음식물폐수를 주입하는 경우에는 악취문제가 발생할 수 있으므로 이에 대한 대책을 마련하여야 한다. 특히, 분뇨 또는 음식물폐수를 차량으로 수송하는 경우 도착된 분뇨 또는 음식물폐수를 일정시간 간격으로 나누어 주입하여 고부하를 방지할 필요가 있다.

(2)에 대하여

분뇨는 하수에 비하여 대단히 많은 양의 혐잡물과 모래성분을 함유하고 있으므로 각별한 전처리 대책을 강구하여야 한다. 이를 위해서 드럼스크린(drum screen)이나 분쇄기, 침사제거설비를 추가 설치하는 것이 필요하다.

(3)에 대하여

분뇨 또는 음식물폐수를 혐기성 소화시키는 경우에는 슬러지와 분뇨 또는 음식물폐수를 혼합하여 처리하지 말고 여러 개의 소화조중에서 하나를 선택하여 분뇨또는 음식물폐수만 분리시켜 처리하는 것이 좋다. 유입되는 분뇨 또는 음식물폐수의 특성을 파악하여 적절한 부하량을 선정하여 체류시간을 조절하고 가스생산량과 발생하는 소화슬러지량 등도 고려하여 후속처리시설에서의 문제발생을 줄이도록 한다.

(4)에 대하여

분뇨를 혐기성 소화시켰을 때 발생하는 상징수는 소화과정에서 가수분해과정만을 거치고 액화된 유기물과 암모니아와 같은 용해성 영양소를 다량 함유하고 있다. 따라서 이 상징수가 하수처리계통으로 반송되어 하수처리시설에 과부하를 유발하지 않도록 주의하여야 한다. 침사지나 1차침전지로 반송하는 경우에는 소화조 상징수 중에 포함된 고형물과 스크성분을 상당량 제거시킬 수 있으므로 유리하다. 하수처리시설의 용량이 충분하여 직접 포기조로 반송하는 경우에는 산소섭취량, 유기물질 부하량의 변동, 그리고 거품발생문제도 고려하여야 한다.

5.5 호기성 소화

5.5.1 호기성 소화의 원리

호기성 소화는 미생물의 내생호흡을 이용하여 유기물의 안정화를 도모하며, 슬러지 감량뿐만 아니라 차후의 처리 및 처분에 알맞는 슬러지를 만드는데 있다.

【해설】

슬러지를 호기성으로 소화시키는 주목적은 생슬러지나 부분적으로 산화된 슬러지를 안정화시키고 차후의 처리 및 처분에 알맞는 슬러지를 만드는데 있다. 통상 가온되는 혐기성 소화에 비하여 호기성 소화는 가온시키지 않고 슬러지를 장기간 포기시킴으로써 달성된다. 슬러지의 혐기성 소화에 비하여 호기성 소화는 최초 시공비가 낮고, 처리된 슬러지에서 악취가 나지 않으며 상징수의 BOD 농도가 낮을 뿐만 아니라 운영이 비교적 간단하다. 그러나 슬러지의 호기성 소화는 가온되는 혐기성 소화에 비하여 최초 시공비는 낮으나 포기를 위한 동력요구량 때문에 운영비는 더 높을 수 있다. 또한 수온이 낮은 겨울철에는 처리효율이 떨어지며, 가치있는 부산물이 생기지 않는다는 단점이 있다(〈표 5.5.1〉 참조).

〈표 5.5.1〉 혐기성 소화법과 비교한 호기성 소화법의 장단점

구분	호기성 소화법
장점	<ul style="list-style-type: none">- 최초시공비 절감- 악취발생 감소- 운전용이- 상징수의 수질 양호
단점	<ul style="list-style-type: none">- 소화슬러지의 탈수불량- 포기에 드는 동력비 과다- 유기물 감소율 저조- 건설부지 과다- 저온시의 효율 저하- 가치있는 부산물이 생성되지 않음.

슬러지의 호기성 소화와 혐기성 소화간의 차이는 주로 관련 미생물의 물질대사 특성에 의해서 생긴다. 혐기성 소화에서는 임의성 또는 순수한 혐기성 박테리아가 복합유기물을 최종적으로 탄산가스, 메탄 그리고 물로 분해시킨다. 한편, 호기성 소화에서는 호기성 및 임의성 미생물들이 산소를 이용하여 분해 가능한 유기물과 세포질을 분해시킴으로써 에너지를 얻는다. 양분이 제한된 상태에서 미생물체를 포기시키면 미생물들은 체내에 저장해 두었던 양분을 이용하여 생존하게 되며 점차로 오래된 미생물은 분해되고 그 결과 다른 미생물에게 먹이가 되는 유기물을 방출시키게 된다. 호기성 소화의 최종생성물은 주로 탄산가스, 물, 그리고 미생물에 의하여 분해되지 않는 유기물들로서 이들 유기물은 폴리싸카라이드(polysaccharides), 헤미셀룰로오스(hemicellulose) 그리고 셀룰로오스(cellulose)로 구성된다. 그리고 소화중에 생기는 암모니아는 아질산 및 질산으로 산화된다. 이 과정에서 알칼리도가 상당히 파괴되어 pH가 떨어질 수 있으므로 알칼리도 소모량을 추정하여 부족한 경우에는 보충해 주어야 한다.

슬러지의 혐기성 및 호기성 소화의 근본적인 목적은 생물학적 고형물을 안정화시켜서 최종처분에 알맞는 물질로 바꾸는 것이다. 호기성 소화는 혐기성 소화에 비해서 운전이 쉽고 상정수의 수질이 좋으며 최종처분에 알맞는 고형물을 생성시킬 뿐만 아니라 더 짧은 체류시간에서도 동일한 휘발성 고형물 감소율을 얻을 수 있다. 또한 1차슬러지보다는 농도가 낮은 잉여슬러지에 적용하는 경우 슬러지의 탈수능력이 향상된다. 호기성 소화는 장기포기식 소규모하수처리시설에서 성공적으로 이용되어 왔으며 최근에는 대규모하수처리시설에서도 채택되고 있다.

호기성 소화는 하수를 1차침전지없이 호기성의 생물학적인 방법으로 처리하기 위하여 많이 채택되어 왔으며, 이때 포기는 낮은 유기물 부하와 긴 체류시간에서 실시된다. 이러한 생물학적 처리과정에서 생기는 슬러지의 산소요구량은 상당히 낮기 때문에 슬러지를 더 포기시켜도 비용면에서 큰 부담이 안되며, 슬러지 생성량도 내호흡으로 인하여 상당히 적다.

슬러지의 호기성 소화는 1차슬러지가 생기는 하수처리시설에도 적용될 수 있다. 그런 경우 1차슬러지와 잉여슬러지 또는 살수여상슬러지의 혼합물은 1차슬러지 때문에 잉여슬러지에 비하여 산소요구량이 크며, 연구결과에 의하면 9배 정도되는 것으로 알려졌다. 따라서, 1차슬러지는 혐기성으로 소화시키고 잉여슬러지만 호기성으로 소화시키는 것이 더 경제적일 수도 있다. 하수처리시설의 스크린에 의해서 제거되는 협잡물, 그리스, 스크럼 등도 별도의 처리방법이 없으면 호기성으로 소화시킬 수 있다.

5.5.2 설계시 고려사항

- (1) 온도가 소화효율에 미치는 영향을 고려한다.
- (2) 유입슬러지의 농축 필요성을 설계시 고려한다.

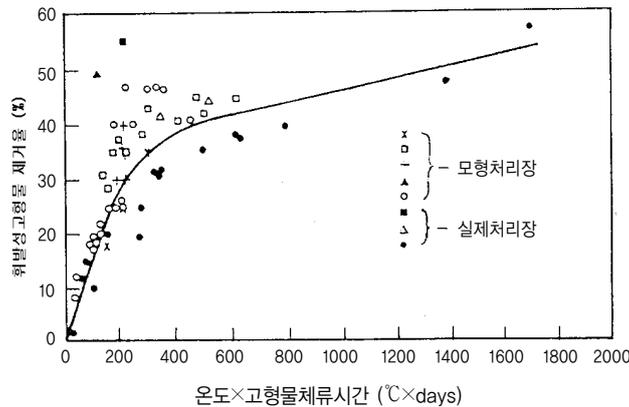
【해설】

(1)에 대하여

슬러지의 호기성 소화시 고형물제거효율은 체류시간 뿐만 아니라 온도에 의해서도 크게 영향을 받는다. 즉, 온도가 내려가면 휘발성 고형물 제거효율도 감소한다. [그림 5.5.1]은 고형물체류시간과 운전온도의

곱에 대한 휘발성 부유물 제거효율을 나타낸 것으로 20℃인 경우 체류시간의 실질적인 상한치는 16~20 일 이라는 것을 알 수 있다. 따라서 추운 겨울에는 소화효율이 최소가 될 것이라는 것을 알 수 있다.

온도에 의한 영향, 즉, 겨울철의 소화효율 감소를 극복할 수 있는 한 방법은 소화중인 고형물의 양을 증가시켜 고형물 체류시간을 길게 하는 것이다. 소화조내의 고형물량을 증가시키기 위해서는 슬러지의 고형물농도나 소화조의 부피를 크게 하면 된다. 그러나 일정한 소화효율을 유지하기 위하여 소화부피를 증가시키는 것보다 소화효율의 감소를 감수하는 것이 더 현명한 일일 수도 있다. 왜냐하면 소화조의 부피를 증가시키면 비용이 크게 요구되고 조의 노출면적이 커지면서 표면이 얼어붙을 위험성도 있기 때문이다.



[그림 5.5.1] 호기성 소화조의 온도와 고형물체류시간에 따르는 VS 제거율

자료 : Koers and Mavinic, Aerobic Digestion of Waste Activated Sludge at Low Temperature, J. WPCF, March, pp.460~468, 1977.

(2)에 대하여

슬러지의 호기성 소화에서 체류시간이 효율결정에 주된 역할을 하므로 유입슬러지의 농축여부는 소화조의 설계 및 운영면에서 큰 중요성을 갖는다. 소화조의 운영시 농축을 실시하여 유입슬러지의 농도를 증가시키면 소화조내에서의 고형물체류시간을 크게하며 그 결과 휘발성 고형물 제거효율을 증가시키게 될 뿐만 아니라 상징수제거량을 줄이게 된다. 1차침전지가 있는 하수처리시설에서는 1차슬러지를 별도로 농축시킬 필요가 없다.

5.5.3 시설계획

(1) 호기성 소화조의 용량은 식 (5.5.1)을 사용하여 계산할 수 있다.

$$V = \frac{Q_i (X_i + Y \cdot S_i)}{X \left(b \cdot P_v + \frac{1}{SRT} \right)} \dots\dots\dots (5.5.1)$$

여기에서, V : 호기성 소화조의 실용적 (m³)

- Q_i : 평균슬러지유입량(m^3/d)
- X_i : 유입슬러지의 부유물농도(mg/l)
- Y : 유입슬러지의 BOD 중에서 1차슬러지가 차지하는 비율
- S_i : 유입슬러지의 BOD(mg/l)
- X : 소화조의 부유물농도(mg/l)
- b : 내호흡률(l/d)
- P_v : 소화조의 부유물 중에서 휘발성 고형물이 차지하는 비율
- SRT : 고형물체류시간(d)

- (2) 호기성 소화조의 수와 형상은 다음 사항을 고려하여 정한다.
 - ① 소화조의 수는 최소한 2조 이상으로 한다.
 - ② 형상은 직사각형 또는 원형으로 하며, 원형인 경우 바닥의 기울기는 10~25% 정도 되게 한다.
 - ③ 축심은 5m정도로 하며, 0.9~1.2m의 여유고를 주어야 한다.
- (3) 호기성 소화조는 수밀성의 구조로 한다.
- (4) 호기성 소화조의 설계시 소화조가 다음에 열거된 두 가지 방법중에서 어느 방법에 의하여 운전될 것인가를 고려한다.
 - ① 회분식 운전
 - ② 연속 운전
- (5) 호기성 소화조는 슬러지의 유입, 상징수의 제거, 소화슬러지의 제거, 그리고 포기용 공기공급을 위한 배관을 고려하여 설계한다.

【해설】

(1)에 대하여

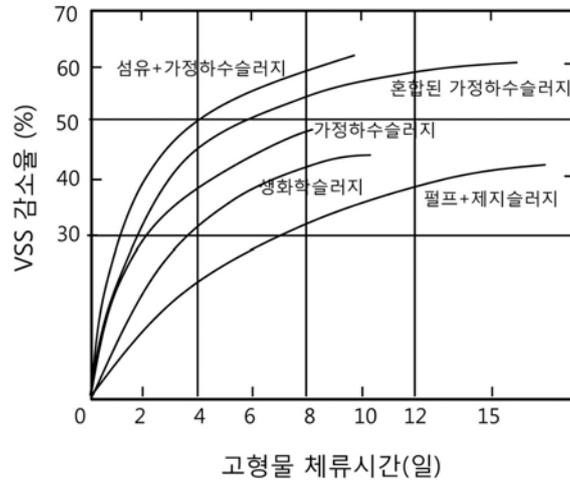
지금까지의 경험에 의하면 잉여슬러지를 호기성으로 소화시키는 경우 고형물을 기준으로 대략 15일의 체류시간이 요구되며 약 10일 이상 소화시키면 슬러지의 탈수성이 좋아진다. 그러나, 슬러지의 특성과 소화요구정도에 따라 소화기간이 다를 수도 있다. 어떤 경우이든 슬러지의 전단계 처리과정(예를 들어 활성슬러지 처리 과정에서의 체류시간)을 고려하여 호기성 소화조의 체류시간을 결정하여야 한다. 만약 잉여슬러지가 포기조에서의 체류시간이 대단히 길었다면 호기성으로 소화시킬 미생물 양이 크게 감소한다.

소화조의 체류시간이 슬러지의 호기성 소화에 미치는 영향을 평가하기 위하여 많은 연구가 실시되어 왔으며, 그 결과 [그림 5.5.2]에 보인 바와 같이 10~15일의 체류시간을 주면 휘발성 고형물의 제거 효율이 요구되는 정도가 된다.

[그림 5.5.3]은 연속흐름형 호기성 소화시설의 개념도로서 침전지는 소화된 슬러지를 농축시키는 역할을 한다. 연속흐름형에서는 활성슬러지법에서와 같이 침전지로부터 농축된 슬러지를 제거한 다음 일부는 소화조로 반송시키고 나머지는 시스템에서 제거시킨다. [그림 5.5.4]에서 소화조와 침전조에 대하여 물질수지를 취하면 식(5.5.2)와 식(5.5.3)이 성립된다.

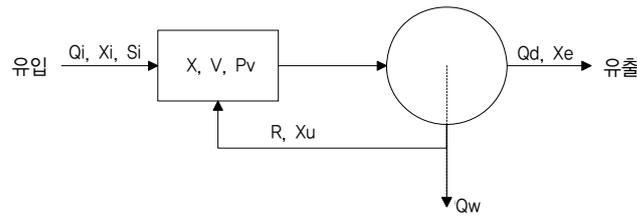
$$Q_i \cdot X_i + R \cdot X_u + Y \cdot S_i \cdot Q_i = b \cdot X \cdot V \cdot P_v + (R + Q_i) X \dots\dots\dots (5.5.2)$$

$$(R + Q_i) X = (R + Q_w) X_u + Q_d \cdot X_e \dots\dots\dots (5.5.3)$$

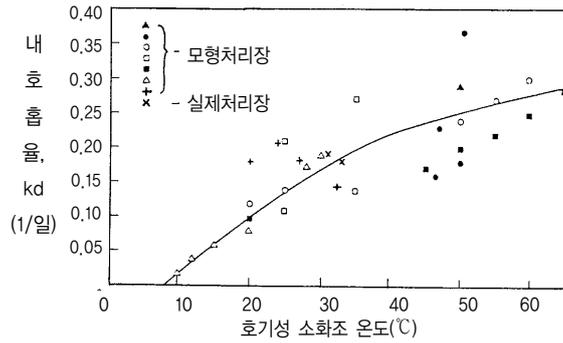


[그림 5.5.2] 호기성 소화에서 체류시간이 휘발성고형물 제거효율에 미치는 영향

한편, 고형물체류시간(SRT)은 식(5.5.4)와 같이 정의된다.



[그림 5.5.3] 호기성 슬러지 소화조의 개념도



[그림 5.5.4] 호기성 소화조의 운전온도에 따른 내호흡률

$$SRT = \frac{X \cdot V}{Q_w \cdot X_u + Q_d \cdot X_e} \dots\dots\dots (5.5.4)$$

여기에서, R : 반송슬러지의 유량(m^3/d)
 X_u : 농축슬러지의 농도(mg/l)
 Q_w : 폐슬러지의 유량(m^3/d)
 Q_d : 침전지의 상징수(m^3/d)
 X_c : 상징수의 부유물농도(mg/l)

(나머지 부호는 식(5.5.1)에서 설명된 바와 같다).

위의 3개의 방정식을 연립으로 풀면 식(5.5.1)과 같이 호기성 소화조의 부피계산을 위한 식을 얻을 수 있다.

호기성 소화조에 유입되는 슬러지가 1차슬러지같은 유기성 슬러지를 함유하지 않고 단지 잉여슬러지만 함유한다면 식(5.5.1)에서 $Y \cdot S_i$ 항을 0이라고 가정할 수 있다. 결과적으로 호기성 소화조의 부피는 유입슬러지의 특성인 Q_i , X_i , Y , b 및 S_i 그리고 운영시 요구되는 SRT와 X 를 식(5.5.1)에 대입시켜 계산할 수 있다. [그림 5.5.4]는 소화조의 온도에 따르는 내호흡률을 보여주고 있다.

식(5.5.1)은 질산화를 위하여 요구되는 산소량이 적어서 무시될 수 있는 경우에 알맞으며 대부분의 경우가 그러하다. 그러나 1차슬러지나 고율 살수여상 슬러지를 취급하는 경우는 그렇지 않기 때문에 주의하여야 한다.

(2)에 대하여

- ① 소화조의 수는 소화조의 전체용량과 용통성의 필요정도에 따라 결정되어야 하며 최소한 2개를 준 비해서 청소, 수리시에도 나머지 하나로 계속 처리가 가능하도록 하여야 한다.
- ② 호기성 소화조는 혐기성 소화조와는 달리 원형뿐만 아니라 직사각형도 될 수 있으며 이런 점에서 활성슬러지법에서의 포기조와 비슷하다. 슬러지 제거를 용이하게 할 수 있도록 원형인 경우 바닥은 10~25%의 기울기를 갖는 것이 좋다.
- ③ 소화조의 측심은 여러 가지 조건에 의하여 결정되겠지만 포기조와 비슷하게 5m 정도가 알맞으며, 때때로 심하게 발생하는 거품에 대비하여 0.9~1.2m의 여유고를 제공하는 것이 안전하다. 혐기성 소화조와는 달리 호기성 소화조는 지붕이 불필요하며 가온시킬 필요성도 없다.

(3)에 대하여

호기성 소화조는 혐기성 소화조와 달리 부식성이나 폭발성 또는 유독성의 가스가 발생하지 않으므로 수밀성의 철근콘크리트 구조로 하면 된다.

(4)에 대하여

다른 하수처리시설의 운전과 마찬가지로 호기성 소화조도 회분식 또는 연속으로 운전될 수 있는데 선택되는 운전방법에 따라 설계시 여러 가지 차이점이 생긴다.

- ① 회분식 운전에서는 소화된 슬러지를 수동식으로 제거하게 된다. 즉, 간헐적으로 소화조의 혼합 및 산소공급시설을 가동중지시킨 다음 슬러지를 침전시켜서 상징수는 하수처리계통으로 되돌려

보내 다시 처리하고, 소화된 슬러지는 제거시켜 탈수 등의 후속처리를 한다. 이때 약 2시간 정도 소화조의 가동이 중단되는데 소화조에서의 산소요구량이 적고 질산화물 상태의 산소가 충분하여 전자수용체의 역할을 할 수 있으므로 호기성 상태를 유지하는데는 특별한 문제가 없다. 상징수 및 슬러지 제거를 통하여 소화조내의 수위가 일시적으로 0.3~0.6m 낮아지며 그 결과 슬러지를 더 투입할 수 있다. 소화슬러지 및 상징수의 제거횟수는 소화조의 운전특성과 유입슬러지의 특성에 따라 결정되지만, 소화슬러지 제거율은 소화조의 슬러지 체류시간의 소요정도에 따라 조정되며, 상징수 제거율은 슬러지 유입에 필요한 소화조 부피의 요구정도에 의하여 결정된다. 이 방법은 운전이 단순하다는 장점 때문에 소규모 소화조에 많이 적용된다.

- ② 호기성 소화조는 소규모의 침전조나 소화조내에 정지정(stilling well)을 갖추면 연속적으로 운전될 수 있다. 그러나 정지정을 사용하면 소화조와 정지정의 연결부분에서 소화조내의 포기로 인한 와류가 파급되어 정지정 상징수의 고형물농도가 대단히 높아지기 때문에 그다지 좋은 방법은 아니다.

[그림 5.5.3]에서와 같이 소화조에서 소화된 슬러지가 침전지로 흘러 들어가면 소화슬러지는 침전되어 소화조로 다시 보내지고 상징수는 하수처리시설로 되돌려 보내진다. 탈질현상에 의하여 수면에 부상하는 슬러지도 제거된 다음 소화조로 되돌려 보내진다.

대규모의 호기성 소화조는 대부분 별도의 침전지를 가짐으로서 운전이 더욱 연속적으로 되게끔 한다. 침전지의 목적은 고형물농도가 낮은 상징수를 얻음과 동시에 슬러지를 농축시켜 소화조로 반송시키거나 폐기시킬 수 있도록 함이다.

호기성 소화조의 침전지 설계는 잉여슬러지의 중력식 농축조 설계와 비슷하다. 호기성으로 소화된 슬러지는 지역 및 압축침전을 일으키므로 침전지의 고형물부하와 재순환유량을 모두 고려해야 한다. 슬러지의 부상에 의해서 야기되는 문제를 최소화시키기 위해서는 침전된 슬러지를 침전지로부터 빨리 제거하는 것이 중요하다. 수면으로 부상한 슬러지가 상징수와 함께 흘러나가는 것을 방지하기 위하여 저류벽을 설치하는 것도 중요한 일이다. 수면에 스크메거기를 설치하여 계속 작동시킴으로써 수면으로 부상한 슬러지가 축적되는 것을 막을 수 있다.

소화조의 침전지에서 제거된 농축슬러지는 고형물농도가 2~3%이다. 일반적으로 폐기시킬 슬러지의 부피를 최소화시킨다는 관점에서 볼 때 과도한 부상슬러지 문제만 없다면 농축슬러지의 고형물농도가 높을수록 좋다. 이는 호기성 소화를 거쳐 농축된 슬러지를 모래 건조상이나 진공탈수기 등으로 탈수시킬 때 유입슬러지의 농도가 높은 것이 좋기 때문이다.

(5)에 대하여

회분식으로 운전되는 소규모 호기성 소화조에서 소화슬러지와 상징수는 자연유하식이나 공기양수펌프를 이용하여 제거되는데, 소화슬러지는 각 조의 바닥 가장 낮은 지점에서 제거된다. 운전상의 융통성을 좋게 하기 위하여 최소한 2개의 상징수제거관이 각각 다른 깊이에 설치되어야 한다. 소화조내에서는 완전혼합이 이루어지므로 단지 한 개의 슬러지 유입관이면 충분하게 된다. 소화조가 넘쳐흐를 위험성이 있는 경우에는 월류관이 필요하다.

침전지가 있는 대규모 호기성 소화조에서는 소화슬러지 및 상징수의 제거를 위한 배관이 침전지에 필요하며, 반송슬러지 및 잉여슬러지를 위한 배관도 요구된다. 상징수는 활성슬러지 공정에서와 같이 소화조의 유티위어를 넘쳐흐르게 된다.

슬러지관을 하수처리시설 유출수로 세척시킬 수 있는 시설도 필요하다. 그러나 소화조에 생기는 거품을 없애기 위하여 물을 뿌리는 방법은 별로 채택되지 않는다. 왜냐하면 대량의 물이 소화조에 가해져서 슬러지를 희석시키게 되고 그 결과 여러 가지 부작용이 생기기 때문이다.

5.5.4 상징수의 제거와 처리

호기성 소화는 상징수에 관하여 다음 사항을 고려하여 설계한다.
 (1) 상징수는 용해성 BOD 및 부유고형물의 농도가 가급적 낮게 되도록 한다.
 (2) 상징수는 하수처리시설에서 재처리한다.

【해설】

(1)에 대하여

호기성 소화조를 회분식으로 운전하든지 연속운전하든지 상징수의 BOD와 SS농도가 가능한 한 낮게 되도록 노력하여야 한다. 그렇다고 상징수를 하수처리시설의 유출수와 함께 방류할 수 있을 정도로 BOD와 SS를 대단히 낮게 만들 수는 없다. 결국 소화조의 상징수를 하수처리시설로 되돌려 보내 재처리시켜야 하므로 하수처리시설에 가해지는 부하를 낮추기 위해 상징수의 BOD와 SS를 가급적 낮게 만들도록 해야 한다. 호기성 소화조 상징수의 수질의 예가 <표 5.5.2>에 주어져 있다.

<표 5.5.2> 호기성 소화조 상징수의 수질 예

(단위 : mg/l, pH 제외)

특성	평균	범위
pH	7.0	5.9~7.7
BOD ₅	500	9~1,700
용해성 BOD ₅	51	4~183
COD	2,600	288~8,140
SS	3,400	46~11,500
TKN	170	10~400
총인(P)	98	19~241
용해성 인(P)	26	2.5~64.0

(2)에 대하여

호기성 소화조의 상징수는 특히 부유성 고형물의 농도가 높기 때문에 그냥 방류시킬 수는 없으며, 하수처리시설의 1차침전지나 생물학적 처리시설로 반송시켜서 재처리한다. 따라서 하수처리시설의 설계시 이를 고려하여야 한다.

5.5.5 산소공급시설

(1) 슬러지를 호기성으로 소화시키기 위하여 요구되는 산소의 양은 식 (5.5.5)로 계산할 수 있다.

$$R_i = K(1.67 S_i - O_a) \dots\dots\dots (5.5.5)$$

여기에서, R_i : 호기성소화조의 산소요구량(kg/d)
 S_i : 산화되는 폐고형물에 상응하는 유입오수의 BOD₅부하(kg/d)
 O_a : 주포기조에서 소모된 산소량(kg/d)
 K : 상수(그림 5.5.5의 A 곡선과 같이 질산화를 일으키지 않으면 1.0이고 B곡선과 같이 질산화를 일으키면 1.24이다.)

(2) 소화조에서의 산소공급 및 슬러지혼합을 위한 포기시설은 다음의 세 종류 중에서 알맞는 것을 선택한다.

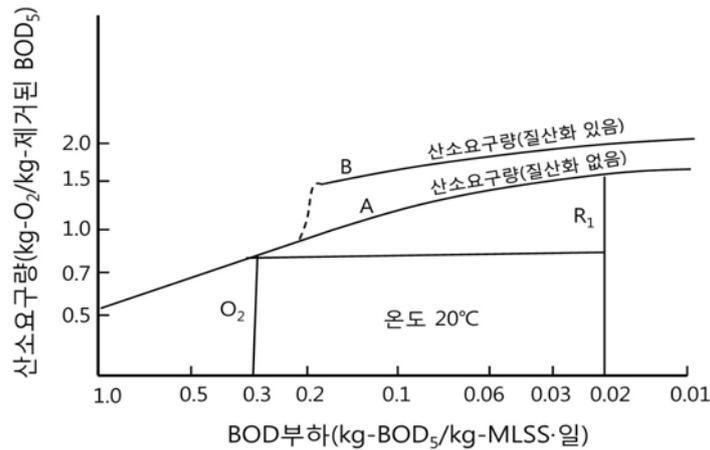
- ① 산기식 포기법
- ② 기계식 수면포기법
- ③ 기계식 수중포기법

【해설】

(1)에 대하여

슬러지의 호기성 소화를 위하여 요구되는 산소의 양은 소화조에 유입되는 슬러지의 특성과 전체 포기시스템이 운전되는 방법에 따라 결정된다. 잉여슬러지를 소화시키는 경우 요구되는 산소의 양은 적지만 1차슬러지가 존재하면 산소요구량은 증가한다.

식(5.5.5)는 하수처리계통 전체를 기준한 것으로 [그림 5.5.5]에 보인 바와 같이 필요한 산소량은 하수처리계통의 포기조에서 BOD를 제거하기 위하여 소모된 산소량을 고려함으로써 구해진다. 하수처리계통의 포기조에서 질산화가 일어나면 [그림 5.5.5]의 B곡선이 소모된 산소량을 뜻하고, 그렇지 않으면 A곡선이 이용된다.



[그림 5.5.5] 전체 하수처리과정에서의 산소요구량

[그림 5.5.5]는 하수처리시설 유입하수내에 100 kg의 BOD당 12.5 kg의 암모니아성 질소가 있고 운전온도는 20℃, 그리고 슬러지 미생물내의 질소함량이 8%로서 유기성 고형물이 산화되면 그에 대응하는 세포내의 질소도 산화된다는 가정 아래 만들어진 것이다. [그림 5.5.5]를 사용하기 위해서는 먼저 하수처리계통의 포기조의 부하와 이에 상당하는 산소요구량을 먼저 결정한다. 그 다음 포기조와 소화조의 고형물을 이용하여 전체시스템의 부하를 결정한다. 예를 들어 슬러지 고형물 1 kg당 포기조의 부하가 0.3, 소화조의 부하가 0.02 kgBOD₅이면 곡선 A로부터 산소요구량이 각각 0.8 및 1.6 kgO₂/kgBOD₅이라는 것을 알 수 있으며 소화조의 산소요구량은 1.6-0.8 = 0.8 kgO₂/kgBOD₅가 된다. 식(5.5.5)에 K값으로 1.0을 대입시키면 0.87 kgO₂/kgBOD₅를 얻는다. 직렬로 연결된 2개의 소화조를 사용한다면 약 60%의 산소는 첫번째 조에 공급하며 40%는 두번째 조에 공급한다.

온도변화에 대해서 설계를 조정하는 것은 호기성 소화조의 경우 그다지 중요하지 않으며 포기조에서 질산화가 일어나느냐 않느냐 하는 것도 소화조에서의 산소요구량을 크게 변화시키지 않는다. 그러나 여름철에 온도가 25~30℃로 상승하면 계산에 의하여 구한 소화조의 산소요구량을 15~25% 증가시켜야 한다. 미국의 설계기준에 의하면 최대슬러지 부하시를 기준으로 kgVS유입량의 2배의 산소를 주입하면 과도한 것으로 나타나고 있다.

소화조의 실제 산소요구량은 산소흡수특성, 용존산소, 온도 그리고 압력을 고려하여 표준산소요구량으로 조정되어야 한다. 대부분의 포기시설 생산업자들은 그들의 포기기능력을 표준산소전달률로 표시하게 되는데 실제 전달률은 표준치의 60~70%밖에 되지 않는다. 표준산소전달률은 식(5.5.6)으로 계산된다.

$$N = N_0 \frac{\alpha (C_s \cdot P \cdot \beta - C_L)}{9.1} (1.024)^{(20-T)} \dots\dots\dots (5.5.6)$$

- 여기에서, N₀ : 표준상태에서의 산소전달률(kgO₂/kW·시)
- N : 실제 운전상태에서의 산소전달률(kgO₂/kW·시)
- α : 혼합액 또는 슬러지의 산소흡수율을 깨끗한 물의 산소흡수율로 나눈 값(0.7~0.85)
- β : 동일한 온도 및 고도에서 포기중인 하수의 용존산소포화농도를 물의 용존산소포화농도로 나눈 값(0.90~0.95)
- T : 설계온도(℃)
- P : 하수처리시설 고도에서의 기압을 평균해수면의 기압으로 나눈 값
- C_s : 설계온도 및 1기압에서 증류수에 대한 용존산소포화농도(mg/l)
- C_L : 소화조에서 유지해야 하는 용존산소농도(통상 1.5 mg/l)
- 9.1 : 20℃, 1기압에서 증류수에 대한 용존산소포화농도(mg/l)

(2)에 대하여

슬러지를 호기성으로 소화시키기 위하여 요구되는 산소의 양은 비교적 적기 때문에 포기시설의 선택시 슬러지의 혼합이 주결정요소이다. 호기성 소화조에 이용될 수 있는 포기시설에는 여러 가지가 있으며 산소요구량과 혼합을 만족시키면서 동시에 충분한 용통성을 제공하는 포기시설이 가장 이상적이다.

①에 대하여

호기성 소화조를 위한 산기시설의 설계는 활성슬러지 시설을 위한 것과 비슷하다. 산기관은 슬러지에 나선회전운동을 일으킬 수 있도록 소화조의 한쪽 바닥 가까이 위치한다. 필요한 산기관의 수와 공기량은 시스템의 산소 및 혼합요구도에 의하여 결정되나 연구결과에 의하면 산소공급을 위해서는 소화조부피 1,000 m³당 15~20 m²/min의 공기가 필요하며 혼합을 위해서는 20~40m³/min의 공기가 필요하다고 한다.

현재 시판되고 있는 산기에는 발생하는 기포의 크기에 따라 소기포형과 대기포형의 두 가지가 있다. 소기포산기관의 산소전달효율은 9~12%이며 대기포에는 오리피스형 비다공성 산기관의 산소전달효율은 5~7%이다. 여기에서 산소전달효율이라 함은 전달된 산소량을 산소공급량으로 나눈 값을 뜻하는데 기포의 크기, 산기관의 공기공급률, 산기관의 위치, 주위 슬러지의 상대유속 등 여러 가지 요소에 의하여 결정된다.

산기식 포기방법을 호기성 소화조에 적용하는 경우의 장점은 다음과 같다.

첫째, 소화조에 주입되는 공기의 양을 조절함으로써 산기관에 의한 산소전달을 조절할 수 있다. 이점은 수위변화가 대단히 큰 회분식 운전에서 특히 중요한 점이다. 물론 이때 슬러지 혼합을 위한 공기요구량을 고려해야 함은 당연하다.

둘째, 소화조에서의 거품발생이 산기관에 의한 산소전달에는 영향을 미치지 않는다.

셋째, 산기식 포기법을 채택하면 소화조에 열이 가해진다.

산기식 포기법의 단점은 산기관이 막힘으로써 정비가 많이 요구된다는 점이다. 특히 슬러지 소화조에서는 고형물의 농도가 대단히 높기 때문에 활성슬러지 공정에 비해서 산기관이 막힐 우려가 더 크다. 소화조를 회분식 운전하면 산기관이 막힐 우려가 더 크며 산기관이 그리트, 유기성 또는 무기성 고형물로 막힐 때마다 수동식으로 산기관을 청소해야 한다. 막힘에 대한 저항만을 고려한다면 대기포-오리피스형의 산기관보다는 다공성 물질로 만들어진 산기관이 더 좋다.

②에 대하여

저속 및 고속 기계식 표면포기기도 호기성 소화조에 이용되어 왔는데 이들 포기기는 통상 수면에 떠 있는 부교에 설치되므로 포기기가 회전하거나 갑작스럽게 움직이는 것을 방지하기 위하여 잘 고정시켜야 한다. 이러한 포기기의 생산업자들은 케이블이나 기둥을 사용하여 포기기를 고정시키는 방법을 제시하고 있다. 완전고정식 표면포기기는 수위변화가 크지 않은 소화조에서만 사용할 수 있다.

기계식 표면포기기의 산소전달률은 상당히 높기 때문에 소화조에 이용하는 경우 그 규모는 보통 혼합요구정도에 의하여 결정된다. 고속표면포기기의 깨끗한 물에 대한 표준산소전달률은 약 1.51~1.69 kgO₂/kW·시이며, 반면 저속표면포기기는 고속에 비하여 산소전달률은 낮지만 가격이 싸다는 장점이 있어 고속포기기보다 많이 사용되고 있다. [그림 5.5.6]과 [그림 5.5.7]은 슬러지의 고형물 농도가 1%인 경우 호기성 소화조에 이용되는 고속 및 저속표면포기기의 특성을 나타낸다. 예를 들어 [그림 5.5.6]에서 소화조의 부피가 1,300 m³인 경우 39.5 kW의 동력과 68 kg/h의 산소 즉, 1.72 kgO₂/kW·h의 산소전달이 요구된다. 저속인 경우에도 [그림 5.5.7]을 사용하여 마찬가지로

구할 수 있다.

기계식 표면포기기를 슬러지의 호기성 소화에 이용하는 경우 장점은 다음과 같다.

첫째, 산소전달이 효율적이다.

둘째, 유지비가 적게 든다.

반면, 다음과 같은 단점이 있다.

첫째, 일정한 산소전달률을 나타내므로 고가의 변속장치를 설치하지 않는 한 산소전달률을 변화시키는 것이 어렵다.

둘째, 거품이 많이 발생하여 임펠러가 잠기면 산소전달률이 크게 감소한다.

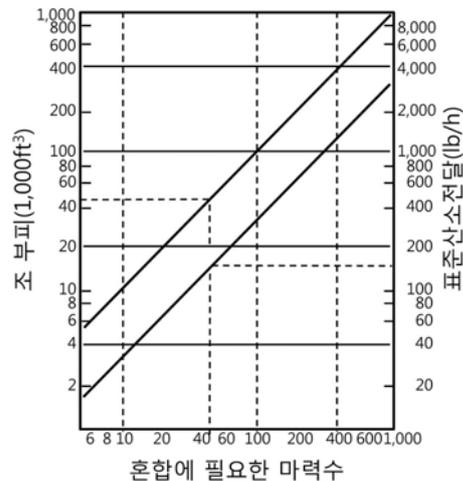
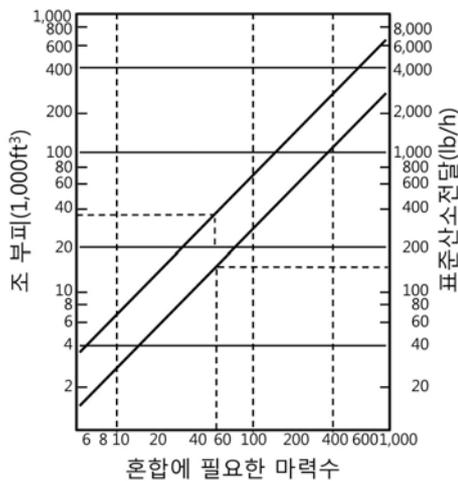
셋째, 추운 겨울에는 포기기와 부교에 얼음이 얼어 포기기의 임펠러와 지지구조물에 해를 가할 수 있다.

넷째, 수중포기기에 비하여 소화조의 열손실이 크므로 겨울철에 소화 효율이 감소될 수 있다.

③에 대하여

기계식 수중포기기는 소화조에 수직으로 설치된 구동축에 지지된 임펠러로 구성되어 있으며 압축공기가 회전임펠러 밑으로 공급되면 기포가 형성되면서 조 전체에 퍼지게 된다.

수중터빈포기기의 산소전달률은 공기유량, 터빈의 형상, 직경 그리고 속도에 의하여 변한다. 통상 임펠러에 공급되는 압축공기의 양을 변화시킴으로서 산소전달률을 조절한다. 대부분의 경우 산소전달률은 0.60~1.81 kgO₂/kW·h이다.



※ 단, ft³×28.3 = m³, hp×0.746 = kW, lb/h×0.454 = kg/h

[그림 5.5.6] 호기성 소화조에서 고속기계식 표면포기기의 특성

[그림 5.5.7] 호기성 소화조에서 저속기계식 표면포기기의 특성

수중터빈포기기는 소화조내의 수위가 크게 변하는 경우에 이용하면 좋다. 또한 포기기가 수중에 위치하므로 얼음에 의한 문제가 생기지 않는다. 대략 소화조 부피 1,600m³당 27~40 kW의 동력을 공

급하면 슬러지 혼합에 적당하다.

기계식 수중포기기를 호기성 소화조에 이용하면 다음과 같은 장점이 있다.

첫째, 터빈에 공급되는 공기량을 변화시킴으로써 산소전달률을 폭넓게 조절할 수 있다.

둘째, 거품이 발생하더라도 산소전달에 영향이 없다.

셋째, 수위가 크게 변해도 큰 지장이 생기지 않는다.

넷째, 추운 겨울에도 결빙에 의한 피해가 거의 없으며 열손실도 적다.

그러나 수중터빈포기기는 표면포기기에 비해서 고가이며 산기식 포기기와 거의 비슷한 가격이다. 따라서 수중포기기를 선택하려면 경제성을 고려해야 한다.

5.6 슬러지의 개량

하수슬러지는 복잡한 구조를 갖는 유기물과 무기물의 집합체로서, 슬러지의 입자는 물과 친화력이 강하므로 적절한 예비처리를 하지 않으면, 입자와 물을 효과적으로 분리하기 어렵다. 이런 슬러지의 특성을 개선하는 처리를 슬러지 개량이라 한다. 슬러지를 개량시키면 슬러지의 물리적 및 화학적 특성이 바뀌면서 탈수량 및 탈수율이 크게 증가한다. 슬러지의 개량방법으로는 세정, 열처리, 동결, 약품첨가 등이 있다.

슬러지의 세정은 슬러지량의 2~4배의 물을 혼합해서 슬러지중의 미세입자를 침전에 의해 제거하는 방법이다. 통상 세정작업만으로는 충분한 탈수특성을 높이기 어려우므로 응집제를 첨가해야 하는 경우가 생기는데 이때 세정작업에 의해 슬러지중의 알칼리성분이 씻겨져서 응집제량을 줄일 수 있는 효과가 있다. 약품첨가는 슬러지중의 미세입자를 결합시켜 응결물을 형성시켜 고액분리를 쉽게하여 탈수성을 향상시키기 위한 것이다.

열처리법은 단백질, 탄수화물, 유지, 섬유류 등을 포함한 친수성 콜로이드로 형성된 하수슬러지를 130℃ 이상으로 열처리하여 세포막의 파괴 및 유기물의 구조 변경을 일으켜 탈수성을 개선시키는 방법이다.

각 슬러지의 개량법을 <표 5.6.1>에 비교하였으며 슬러지의 개량방법은 처리대상 슬러지의 성상이나 후속의 슬러지 처리, 처분방법 등에 따라 달라지나 일반적으로 다음과 같은 조합으로 이루어진다.

- ① 농축-약품첨가-탈수(벨트 프레스, 원심 등)
- ② 농축-혐기성소화-약품첨가-탈수(벨트 프레스, 원심 등)
- ③ 농축-혐기성소화-세정-약품첨가-탈수(가압 여과)

〈표 5.6.1〉 각 슬러지 개량방법의 비교

슬러지 개량법	단위 공정	기 능	특 징	원 리
고분자 응집제 첨가	농축 탈수	고형물 부하, 농도 및 고형물 회수율 개선 슬러지 발생량, 케익의 고형물 비율 및 고형물 회수율 개선	1. 슬러지 응결을 촉진한다. 2. 슬러지 성상을 그대로 두고 탈수성, 농축성의 개선을 도모한다.	슬러지는 안정한 콜로이드상의 현탁액으로 이것을 불안정하게 하는 것이 약품의 기능이다. 결합수의 분리, 표면전하의 제거 등의 역할도 한다. 슬러지 입자는 공유결합, 이온결합, 수소결합, 쌍극자결합 등을 형성함으로 전하를 뺏기도 하고 얻기도 한다.
무기약품 첨가	탈수	슬러지 발생량, 케익의 고형물 비율 및 고형물 회수율 개선	무기약품은 슬러지의 pH를 변화시켜 무기질 비율을 증가시키고, 안정화를 도모한다.	금속이온(제2철, 제1철, 알루미늄)은 수중에서 가수분해 하므로 그 결과 큰 전하를 갖으며 중합체의 성질을 갖는다. 그러므로 부유물에 대한 전하 중화작용과 부착성을 갖는다.
세 정	탈수	약품사용량 감소 및 농축률 증대	혐기성 소화슬러지의 알칼리도를 감소시켜 산성금속염의 주입량을 감소시킨다.	슬러지량의 2~4배 가량의 물을 첨가하여 희석시키고 일정시간 침전농축시킴으로써 알칼리도를 감소시킨다.
열처리	탈수	약품사용량의 감소 또는 불필요, 슬러지 발생량, 케익의 고형물 비율 및 안정화 개선	슬러지 성분의 일부를 용해시켜 탈수개선을 도모한다.	130~210℃에서 17~28 kg/cm ² 의 압력으로 슬러지의 질, 조성에 변화를 준다. 미생물 세포를 파괴해 주로 단백질을 분해하고 세포막을 파편으로 한다. 유기물의 구조변화를 일으킨다.
소각재(ash)의 첨가	탈수	벨트 진공탈수기의 케익의 박리 개선, 가압탈수기의 탈수성 개선, 약품사용량 감소	슬러지를 소각재를 재이용하는 방법으로 무기성 응집 보조제로 슬러지 개량 등에 사용할 수 있다.	슬러지 소각재에는 무기성 물질이 다량 함유되어 있으므로 이를 재이용하여 탈수성을 증대시키는 개량제로 사용하면 소화슬러지의 함수율을 감소시키고 응결핵으로 작용한다.

5.6.1 세정장치

슬러지 세정장치는 다음 사항을 고려하여 설계한다.

- (1) 슬러지의 알칼리도를 400~600 mg/l 정도로 낮추기 위하여 최종처리수 등을 이용하여 세정한다.
- (2) 세정조의 고형물부하는 50~90 kg/m²·d 정도로 한다.
- (3) 세정조의 형상은 원형 또는 사각형으로 하고 유효수심은 4m 정도로 한다.
- (4) 세정조 상징수의 처리방법을 고려한다.

【해설】

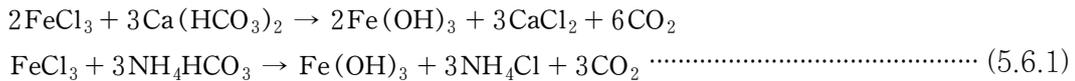
세정은 소화된 슬러지에 세정수를 첨가하여 알칼리도를 희석시키고 고형물을 분리, 농축시키는 단위 공정이다. 응집제사용량 감소로 인한 비용절감효과가 세정조 운전비에 비해 크므로 과거에는 많은 하수처리시설에 적용되어 왔으나 세정조 상징수에 포함되어 있는 다량의 용해성 유기물과 암모니아, 인 등의 영양염류, 그리고 혐기성 소화를 거치면서 생성된 난분해성 미세립자들이 수처리계통으로 다시 반송되었을 때 완전히 처리되지 않고 방류되어 처리효율을 격감시키는 원인이 되므로 최근에는 적용하

는 사례가 줄어들고 있다.

또한 중·소규모의 하수처리시설에서 소요비용 및 유지관리측면을 고려하여 슬러지 소화공정을 배제하고 「농축→탈수」 공정으로 운영할 경우 슬러지 세정은 실제적으로 필요하지 않다.

(1)에 대하여

소화슬러지는 소화시에 발생하는 중탄산염에 의해 알칼리도가 2,000~3,000 mg/l정도이며, 이들 중탄산염은 염화제2철 등의 응집제에 대해 식(5.6.1)과 같이 반응한다.



또한 소화슬러지를 세정시키면 슬러지내의 가스방울을 없애주므로 부력을 감소시켜 농축이 잘된다.

(2)에 대하여

슬러지 세정조는 슬러지와 세정수의 혼합액을 체류시킴으로써 세정조 상징수는 조 외부로 흘러나가고 세정슬러지는 유입슬러지와 같은 농도 또는 10%의 높은 농도로 제거되는 일종의 연속적인 슬러지 농축조라고 생각할 수 있다. 따라서 각 슬러지 세정조의 고형물부하는 50~90 kg/m²·d 정도로 한다.

(3)에 대하여

규모가 작은 세정조는 원형 또는 정사각형으로 하며, 규모가 큰 경우는 통상 직사각형으로 만든다. 조의 바닥에는 조의 형상에 따라 적절한 위치에 슬러지 호퍼 및 슬러지 수집기가 설치되어야 하며 유효수심은 4m 정도로 한다.

(4)에 대하여

슬러지 세정시 발생하는 세정조 상징수는 슬러지 소화조의 상징수나 진공탈수기의 탈리액과 같이 오염물을 많이 함유하므로 수처리계통으로 반송시켜 유입하수와 함께 다시 처리한다.

5.6.2 약품처리

약품을 이용하는 슬러지의 화학적 개량장치는 다음의 사항을 고려하여 설계한다.

- (1) 응집제로는 유기응집제(고분자응집제) 및 무기응집제(염화제1철, 염화제2철 및 황산제1철 등)이 이용되고, 응집보조제로서는 소석회, 과산화수소 등이 이용될 수 있다.
- (2) 약품용해조의 내면은 부식방지 처리되어야 하며 교반기를 설치한다.
- (3) 응집혼합조는 약품용해조에 준하여 설계한다.
- (4) 약품저장량은 계획주입량의 3~7일분 정도로 한다.
- (5) 약품은 습기가 적고 환기가 잘 되는 곳에 저장한다.
- (6) 약품은 취급이 편리하도록 약품주입장치와 동일 건물 또는 인접위치에 저장한다.
- (7) 약품주입기는 설계주입률의 0.5~5배의 용량을 가져야 한다.
- (8) 고분자응집제를 사용할 경우 저장시에 방습을 고려하여야 하며, 응집제의 용해조작 및 응집효과 개선을 위하여 일정온도 이상의 온수를 용해수(희석수)로 사용하는 것이 좋다.

【해설】

슬러지는 콜로이드성 미립자가 주 구성물질로 화학적으로 복잡한 구조를 가지고 있으며, 물과 친화력이 대단히 강하기 때문에 적당한 예비처리를 거치지 않으면 기계적으로 탈수시키기가 곤란하다. 따라서 탈수시키기 전에 슬러지 입자의 성질을 물리화학적으로 변화시킴으로서 물과의 친화력을 감소시키고, 응집력을 증대시키며 입자를 크게 함으로써 탈수시에 비저항을 감소시켜 탈수효율을 향상시킬 필요가 있다. 이 목적을 달성하기 위한 방법중의 하나가 약품처리법이다.

응집제로는 무기성과 유기성 응집제가 있다. 일반적으로 진공탈수기와 가압탈수기에는 무기성을, 원심탈수와 벨트프레스탈수기에는 유기성 응집제를 사용한다.

〈표 5.6.2〉는 슬러지 개량을 위한 응집제 사용량의 예를 나타내고 있다.

무기성 응집제에는 염화제2철과 소석회를 병용하기도 한다. 고분자응집제에 의한 탈수는 소석회에 비해 건조고형물량은 증가되지 않으나 탈수케익의 취급과 악취방지를 위한 대책이 필요하다.

〈표 5.6.2〉 슬러지 개량을 위한 응집제 사용량의 예

슬러지 종류	FeCl ₃ (kg/ton 건조고형물)	Ca(OH) ₂ (kg/ton 건조고형물)	고분자응집제 (kg/ton 건조고형물)
1차	10~30	0~50	1.5~2.5
(1차+RBC*)	30~60	0~150	2~5
(1차+잉여)	40~80	0~150	3~7.5
잉여	60~100	50~150	4~12.5
소화된 1차	20~30	30~80	1.5~4
소화된(1차+RBC*)	40~80	50~150	3~7.5
소화된(1차+잉여)	60~100	50~150	3~10

* RBC : 회전원판법 또는 살수여상슬러지 포함

(1)에 대하여

응집제와 응집보조제로 많이 이용되는 약품들의 특성이 〈표 5.6.3〉에 주어져 있으며 이들 중에서 가장 많이 이용되는 것은 염화제2철이나 황산제1철을 석회와 병용하는 경우이다. 석회는 중탄산염에 의한 알칼리도를 제거함으로써 염화제2철의 요구량을 감소시키며 응집시 응결물의 무게를 크게 하고 응결물형성을 위한 핵작용을 한다.

응집제와 응집보조제의 첨가량은 슬러지 성상에 따라 다르나 유기응집제(고분자응집제)는 양이온성 폴리머, 음이온성 폴리머, 난이온성 폴리머, 양성 폴리머의 4종류로 나눈다. 일반적으로 하수슬러지에는 양이온성 폴리머가 이용되고 0.2~0.3% 농도로 용해해서 이 용액을 슬러지 건조고형물에 대해 0.5~1.5%가 되도록 첨가한다. 무기응집제의 경우는 슬러지 건조고형물에 대해 염화제2철(결합수 제외) 3~10%, 소석회 5~15% 정도를 첨가한다. 과산화수소는 황산제1철과 반응하여 큰 응집효과를 내지만 황산제1철은 슬러지 건조고형물의 15~25%, 과산화수소는 800~1,500 mg/l 정도를 첨가해야 한다.

〈표 5.6.3〉 주요 응집제 및 응집보조제 성질

명칭	분자식	분자량	형상	용해도 (물 100g에 용해하는 g수)				시판제품농도 (중량%)	희석농도 (중량%)
				0℃	10℃	20℃	30℃		
염화제2철	FeCl ₃ ·6H ₂ O	270	괴상	-	81.9	-	-	37 (수용액)	10~20
황산제1철	FeSO ₄ ·7H ₂ O	278	결정, 입상	28.7	37.5	48.5	60.2	(결정, 입상)	10
황산제2철	Fe ₂ (SO ₄) ₃	400	입상, 분말	용해도가 대단히 크다				(입상, 분말)	10~20
소석회	Ca(OH) ₂	74	분말	0.18	0.17	0.16	0.15	(분말)	10~20
생석회	CaO	56	분말	(CaO+H ₂ O → Ca(OH) ₂)				(분말)	10~20
과산화수소	H ₂ O ₂	34	액상	-				35 (수용액)	10
고분자응집제	-	-		-				100 (분말)	0.2~0.3

과산화수소는 수용액으로 농도가 36%(중량) 이상의 것은 폭발성이 있는 위험물에 해당되므로 보통 35%의 것이 사용된다.

응집제 선정, 응집보조제 주입여부, 주입량(농도)을 계획할 경우에는 슬러지의 종류, 탈수방식, 탈수 슬러지(cake)의 계획함수율 등을 고려하여야 하며 자-테스트(jar-test), 리프테스트(leaf-test)등을 실시하여 결정하는 것이 좋다.

(2)에 대하여

응집제 용해조는 계획슬러지량에 따라 정해진 약품주입량을 용해시킬 수 있는 용량으로 예비를 포함하여 2대 이상 설치해야 한다.

응집제로 염화제2철을 사용하는 경우 일정농도의 용액을 만들기 위해서는 전자유량계를 사용하여 슬러지량에 대하여 알맞는 양의 약품이 자동적으로 주입될 수 있는 비례 제어방식을 택하면 좋다. 염화제2철용액을 콘크리트조나 강철조에 사용하는 경우에는 아스팔트, 경질염화비닐관 등으로 보강하며, 에폭시수지 등의 내산도료를 바르고 라이닝 등의 방식처리를 실시해야 한다. 또한, 주입관이나 기타 장치에는 경질염화비닐, 납, 도자기, 경질고무 등으로 라이닝된 철관을 사용한다. 최근에 경질염화비닐관을 많이 사용하는 경향이나 약품에 대하여 내산성이 크지만 내열성이 약하며, 60℃ 이상에서는 연화되고 충격에 약하다는 단점이 있다. 나머지 응집제들도 정도의 차이는 있으나 모두 부식성이 강하므로 장치의 방식에 유의해야 한다.

약품을 관을 통하여 흘러보낼 때는 자연유하식이 좋으며 관은 일정한 기울기를 가지고 굴곡부가 생

가지 않도록 하되 굴곡부가 있는 경우는 청소가 쉽도록 플랜지 연결을 채택한다. 또한 주입관의 세척 설비 및 측관 등을 고려해야 한다. 특히, 석회액은 관을 폐쇄시키는 경우가 많으므로 주의를 요한다. 약품용액을 펌프로 압송하는 경우에는 사용하는 펌프의 밸브류를 내산, 내알칼리성의 재료로 만들어야 한다.

(3)에 대하여

응집혼합조는 최소한 2개를 설치하는 것이 좋으며 조의 내면은 약품용해조와 마찬가지로 처리하는 것이 바람직하다.

슬러지에 주입되는 응집제는 혼합에 의하여 슬러지중의 고형물과 작용하여 응결물을 형성하는데 혼합의 세기 및 시간 등에 따라 응결물형성효과가 현저하게 다르다. 일반적으로 급속교반을 하는 것이 효과적이며 통상 5분 이내가 좋다. 너무 장시간 급속혼합을 하면 응결물이 파괴될 위험이 있다.

응집혼합조에서 혼합된 슬러지를 탈수기로 보낼 때는 자연유하식이 좋으며 펌프로 압송하면 응결물이 파괴되어 탈수효율이 떨어진다.

(4)에 대하여

필요한 약품량을 매일 주문하는 것보다 소요량의 변화에 대비하고 유사시의 반입불가능을 고려하여 계획주입량의 7일분 정도는 저장해 두는 것이 좋다.

(5)에 대하여

소석회는 습기가 많으면 $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ 의 반응에 따라 CaCO_3 로 변하여 유효함량이 감소하게 되므로 저장고를 완전한 방습구조로 하여야 한다. 약품을 마루바닥에다 직접 놓아두는 것보다 포대에 담아서 선반에 저장하는 것이 좋다. 약품이 분말상태이면 먼지가 생겨서 작업조건이 악화되므로 환기장치를 하여야 하며 필요한 경우에는 제진시설을 갖추어야 한다.

(6)에 대하여

소석회는 통상 포대에 담아서 판매되므로 운반 및 취급이 용이하나 많은 양의 응집제를 취급할 경우 노력이 많이 들고 분말상태이면 분진이 생겨서 작업조건이 나빠지므로 저장고를 가능한 한 용해조 가까이 위치시키는 것이 좋다. 또한, 운반량이 많을 때는 엘리베이터, 벨트컨베이어(belt conveyor), 포크리프트(fork-lift) 등을 사용하는 것도 좋다. 때때로 응집제를 주입기 상부에 위치한 사일로(silo)에 저장하는 수도 있다.

(7)에 대하여

약품주입기의 용량은 최소한 10 : 1의 범위로 주입할 수 있을 정도가 되어야 하며 설계주입률의 0.5~5배의 용량을 가져야 한다. 실제의 주입률을 감소시켜야 하는 경우 용액의 농도를 감소시키고 유량은 감소시키지 않는 것이 좋다. 약품주입기의 규모를 결정하기 위해서는 실제 운전중인 처리장의 자료를 참조하는 것이 좋지만 자료가 없으면 <표 5.6.2>를 참조하여 선택할 수 있다.

(8)에 대하여

유기성 응집제로 고분자응집제를 사용할 때는 슬러지 건조고형물량의 0.5~1.5% 정도를 0.1~0.3% 수용액으로 희석해서 첨가한다. 고분자응집제는 약품교반실험(jar test)에 의한 응집효과측정과 CST(capillary suction time) 실험에 의한 투과시간 측정에 의해 종류와 사용량을 결정하는 것이 좋다. 고분자응집제는 흡습성이 높고 흡습하면 고형화하므로 특히 방습에 유의해야 한다. 고분자응집제 첨가장치에는 응집혼합조, 교반기, 약품저장조 등을 설치해야 한다.

고분자 응집제(양이온성 폴리머)는 분말의 건조상태로 보관할 경우에 6개월 동안은 품질변화가 없으나 용해후에는 양이온도의 저하와 폴리머분자의 변화가 나타나므로 용해후에는 짧은 기간내에 사용하는 것이 좋다.

고분자 응집제의 용해수 온도를 30℃정도로 유지할 경우 용해시간을 단축시킬 수 있고 응집제의 표면적을 확장시켜 응집 및 탈수 효과를 향상시킨다.

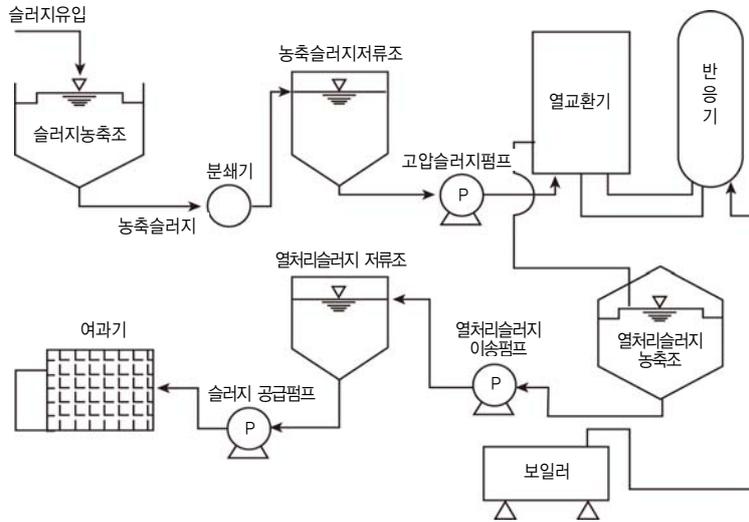
따라서 용해수로서 온수를 사용하는 것이 효과적이며(특히 동절기시), 용해수의 가온설비는 소화슬러지의 폐열 등을 이용하여 에너지를 절감시킬 필요가 있다.

5.6.3 열처리설비

슬러지의 열처리는 슬러지를 130~210℃에서 30~60분간 가온해 슬러지중의 콜로이드(colloid) 또는 겔(gel)상태의 물질을 변화시켜 농축성을 높이면서 탈수성 좋은 슬러지로 만드는 방법으로, 약품을 첨가하지 않고 함수율이 낮은 탈수케익을 얻을 수 있다. 열처리설비는 액상슬러지를 연속적으로 반응조에 넣어 슬러지중 유기물 성상이 변하는 온도까지 가온한다. 따라서 대부분이 고형잔류물이 되고 일부는 용해성 유기물을 포함한 분리액과 기체로 되며 분리액의 BOD농도는 5,000~7,000 mg/l, SS농도는 600~700 mg/l 정도로 수처리공정으로 반송하여 처리할 경우 이에 대한 영향을 검토하여야 한다.

열처리는 연료사용에 따라 운전비가 많이 소요되므로 열처리설비의 단독운영보다 하수처리시설내 또는 인근지역의 폐열을 이용하는 등의 고려가 필요하다. 슬러지 열처리 장치의 주요부분은 [그림 5.6.1]에 주어진 바와 같이 고압슬러지펌프, 열교환기, 반응조, 열공급 보일러 등이 있으며 다음사항을 고려하여 설치한다.

- (1) 가열온도, 시간, 적요압력은 슬러지의 특성을 고려하여 결정하며 시설용량은 계획슬러지량에 대하여 10% 정도 여유를 고려한다.
- (2) 장치는 2계열 이상으로 설치한다.
- (3) 장치의 중심부인 반응조, 열교환기, 압력배관 등은 재질 및 구조면에서 특히 안전을 고려하여 설계한다.
- (4) 대수는 1계열에 대하여 여비를 포함하여 2대 이상으로 한다.
- (5) 열교환기는 이중관식으로 하며 관경과 유속은 슬러지중의 협잡물에 의하여 폐쇄되지 않도록 정한다.
- (6) 열전달계수는 대략 200~800kcal/m²·℃·h 정도의 값을 사용한다.
- (7) 반응조는 원통형이나 이중관형으로 하되 내부의 청소가 가능한 구조로 한다.
- (8) 보일러의 용량은 증발량, 압력, 장치의 처리능력을 고려하여 충분한 여유가 있어야 한다.
- (9) 보일러는 예비를 포함하여 2대 이상을 설치한다.
- (10) 열처리장치에는 슬러지 저류조, 분쇄기, 탈취설비, 열처리 슬러지 농축조를 설치한다.



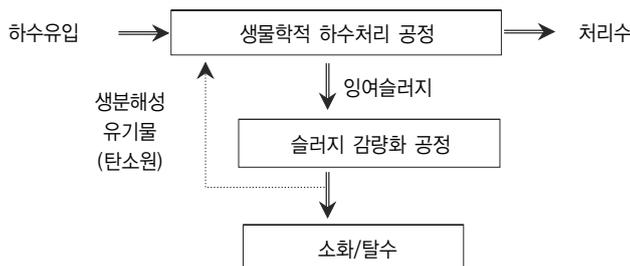
[그림 5.6.1] 슬러지 열처리장치의 공정도

5.6.4 슬러지 감량화

하수처리 과정에서 발생하는 슬러지의 양과 부피를 감소시키고 탈수성을 향상시키기 위하여 지금까지는 혐기성 소화공정에 의한 유기성 고형물의 감량화 방식이 채택되어 왔다.

그러나 슬러지 입자의 낮은 생분해도와 두꺼운 미생물의 세포벽 때문에 가수분해에 상당한 시간이 소요되어 소화조의 규모가 과대해지고 소화조 운영효율이 낮다는 문제점이 있었다.

이에 슬러지와 미생물 세포벽을 인위적으로 파괴하여 슬러지를 가용화시키므로써 슬러지의 생분해성과 압밀성을 개선하는 여러가지 슬러지 감량화 방안이 실용화 되고 있다. 또한 하수고도처리에 있어서는 이러한 생분해성이 양호한 슬러지 가용화액을 생물반응조의 기질로 사용하여 제거할 수 있으며, 저농도 유입하수의 경우에는 매우 유용한 유기탄소원이 될 수 있다.



[그림 5.6.2] 하수처리공정의 슬러지 감량화(예)

슬러지의 가용화는 혐기소화시 반응시간 단축에 따른 소화조 규모축소, 소화가스 발생량 증가, VS감량 등의 효과가 있으나 슬러지 입자의 파괴에 따른 탈수약품량의 증가 또는 탈수효율을 저하 시킬 수 있으며, 슬러지 가용화액의 반송처리에 따른 수처리 공정에서의 오염부하 증가 및 처리효율 저하를 초래

할 수도 있으므로 전체하수처리 계획에 부합되는 감량화 방식을 계획하여야 한다.

슬러지의 감량화에는 초음파처리, 오존처리, 기계적(물리적)처리, 수리동력학적처리, 열처리 등의 방식이 대표적인 것으로 알려지고 있다.

(1) 초음파 처리

슬러지 입자의 크기분포에 교란을 일으키는 원리로서, 슬러지중에 초음파를 조사하면 급속한 초음파 공동화(cavitation)현상이 일어나며 슬러지액 속에 미세기포가 발생하게 된다. 이러한 미세기포가 내파되는 과정에서 일으키는 순간압력, 전단력, 국부적인 고온 등을 에너지원으로 슬러지의 입자구조를 물리·화학적으로 변화시켜 플록구조를 파괴하고 유기물을 분해한다.

초음파의 주파수와 조사시간에 따라 슬러지의 분해효율이 영향을 받으며, 일반적으로는 낮은 주파수 대와 긴 조사시간으로 처리할 경우에 세포의 분해와 유기물의 분해가 양호하며 반응시간이 적을 경우에는 세포분해 없이 슬러지 플록만 분해시켜 탈수효율을 감소시킬 수도 있다.

(2) 오존(O₃) 처리

오존은 강한 산화력을 지니며 염소보다도 2배 이상의 산화력을 가진 산화제이다.

오존을 물에 주입하면 일부가 분해되어 OH라디칼을 생성하고 유기물과 무기물을 산화시키는데 산성에서는 비교적 안정하나 알칼리성으로 갈수록 분해속도가 빠르다. 오존에 의한 슬러지 처리는 압력탱크 또는 가압펌프 등에 의하여 일정 이상으로 가압된 잉여슬러지를 오존용해장치에서 오존과 혼합·용해시킨 후 혼합액을 미세기포생성장치에 다시 통과시킨다. 이때 오존은 초미세 기포화 상태로 되어 접촉효율을 증가시키며 슬러지를 산화·분해시킨다. 보다 고효율의 산화를 위하여 오존과 H₂O₂ 또는 UV등을 혼합사용하여 OH라디칼의 생성농도를 극대화 시키는데, 이를 고급산화공정(advanced oxidation process, AOP)이라 한다.

(3) 기계적 전처리

슬러지의 입자성 물질을 혼합, 진탕, 교반 등에 의하여 크기를 감소시키는 방식이다. 슬러지를 일정 시간 동안에 급속교반을 시키거나, 슬러지를 고압으로 충돌판에 분사 및 충돌시키면 침강성 입자크기의 감소로 콜로이드성 및 용존성 부분이 증가하게 되어 소화효율을 증가시킬 수 있다. 하지만 슬러지 입자의 크기가 감소할수록 슬러지 탈수에는 나쁜 영향을 줄 수도 있다.

(4) 수리동력학적 처리

벤추리관과 펌프를 이용하여 수리동력학적 캐비테이션(cavitation)을 발생시켜 슬러지의 해체 및 가용화를 촉진시키는 방식이다. 단면적이 급격하게 감소하는 벤추리관의 목 부분에 유체(슬러지)를 통과 시킬 경우 유체의 속도는 더욱 빨라지고 압력은 크게 감소하게 된다. 이때에 슬러지 내부에 용해되어 있던 기체가 기포형태로 유지되어 나오면서 캐비테이션 기포가 생성된다. 생성된 기포는 벤추리관의 확장부를 지나면서 격렬하게 파괴되며 이 과정에서 발생하는 충격파에 의해 슬러지의 가용화가 이루어진다.

이러한 수리동력학적 처리방법을 단독적으로 사용할 수도 있으나 초음파처리 등과 같은 다른 처리방식과 조합하여 사용할 경우에는 보다 높은 효율을 기대할 수도 있다.

(5) 기타방식

이외에도 열처리방식과 알칼리제(NaOH), 효소, 특정미생물 등을 투여하여 감량화 하는 방법이 있다.

5.7 슬러지의 탈수

슬러지를 최종처분하기 전에 부피를 감소시키고 취급이 용이하도록 만들기 위해서 탈수시킨다. 일반적으로 농축슬러지 혹은 소화슬러지의 함수율은 96~98% 상태인데 이 슬러지를 함수율 80%로 탈수하면 케익상태가 되고 슬러지 용량은 1/5~1/10로 감소하게 되어 취급하기 쉽게 된다. 슬러지를 탈수시키는 방법에는 기계를 이용한 기계탈수와 태양열이나 바람 등의 자연에너지를 이용한 천일건조가 있다.

천일건조는 소화슬러지의 건조에 적합하며 동력비가 들지 않아 경제적인 방법이지만 설치면적, 주변 환경 등의 입지조건적인 제약이 있으므로 현재는 기계탈수를 많이 이용한다. 기계적인 방법에는 진공탈수, 가압(filter press)탈수, 벨트프레스(belt press)탈수, 원심탈수 등이 있는데 그 중 진공탈수는 국내 외에서 거의 사용되고 있지 않다. 가압탈수는 여포형 탈수(filter press) 및 스크류프레스(screw press) 탈수 방식으로 분류할 수 있다. 슬러지 탈수기의 특성들을 비교하여 <표 5.7.1>에 나타내었다.

<표 5.7.1> 각 탈수기의 종류별 비교

항 목	가압탈수기		벨트프레스탈수기	원심탈수기
	filter press	screw press		
유입슬러지 고형물농도	2~3%	0.4~0.8%	2~3%	0.8~2%
케익 함수율	55~65%	60~80%	76~83%	75~80%
용 량	3~5 kgDS/m ² ·h	-	100~150 kgDS/m·h	1~150 m ³ /h
소요면적	많다	적다	보통	적다
약품주입물 (고형물당)	Ca(OH) ₂ 25~40% FeCl ₃ 7~12%	고분자응집제 1% FeCl ₃ 10%	고분자응집제 0.5~0.8%	고분자응집제 1% 정도
세 척 수	수량 : 보통 수압 : 6~8 kg/cm ²	보통	수량 : 많다 수압 : 3~5 kg/cm ²	적다
케익의 반출	싸이클마다 여포실 개방과 여포이동에 따라 반출	screw가압에 의해 연속 반출	여포의 이동에 의한 연속반출	스크류에 의한 연속반출
소 음	보통(간헐적)	적다	적다	보통(팩지포함)
동 력	많다	적다	적다	많다
부대장치	많다	많다	많다	적다
소 모 품	보통	많다	적다	적다

5.7.1 가압탈수설비

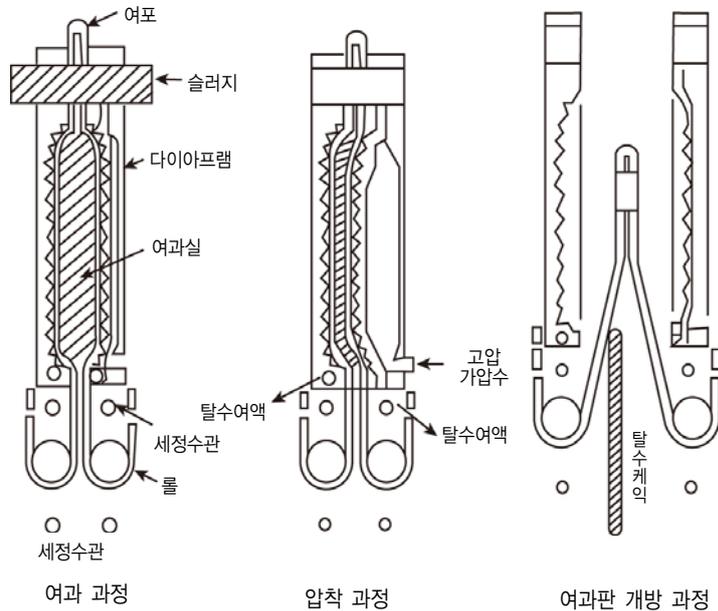
가압탈수는 여포형 탈수(filter press) 및 스크류프레스(screw press) 탈수 방식으로 분류할 수 있다.

1) 여포형 가압탈수기(filter press)

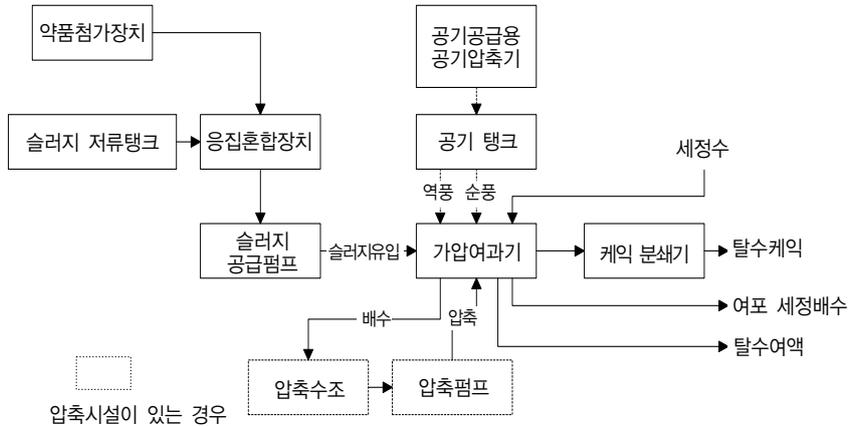
[그림 5.7.1]은 여포형 가압탈수기로 여포를 2매의 주철제 탈수판에 붙여서 하나의 탈수실이 되도록 한 것으로서 필요용량에 맞추어 실수를 증가시키면 된다.

가압탈수방법에는 단면탈수와 양면탈수가 있는데, 두 방법 모두 탈수를 실시할 경우에는 유압으로 탈수판 전체를 연결시킨 다음 탈수판의 가운데에 있는 구멍으로 유입펌프를 이용하여 슬러지를 각 탈수실내로 유입시킨다. 탈수실 전체에 슬러지가 가득 찰 때까지 가압이 계속되며, 탈수실내에 슬러지가 가득 차게 되면 슬러지의 공급이 정지되고 유압실린더에 의해 탈수판이 가압되어 슬러지에 포함된 수분을 압출시켜서 탈수가 실시된다. 탈수판을 분리시키면 케익은 여포에서 박리되어 밑으로 떨어지고, 탈리액은 탈수판상에 파여 있는 다수의 작은 홈을 통하여 탈수판 밑에 있는 탈수여액 배출구로 빠져 나간다.

가압탈수기의 운전방식에는 수동, 반자동 및 완전자동이 있다. 슬러지의 진공탈수시와 마찬가지로 가압탈수시에도 미리 슬러지를 개량시키는 경우가 많다. 가압탈수의 계통도의 예가 [그림 5.7.2]에 나타나 있다.



[그림 5.7.1] 여포형 가압탈수기의 단면도



[그림 5.7.2] 여포형 가압탈수 계통도의 예

① 가압탈수기

탈수기는 다음 사항을 고려한다.

(1) 탈수면적으로 표시되는 여포형 가압탈수기의 용량은 다음 식(5.7.1)을 이용하여 구할 수 있다.

$$A = \frac{1,000(1 - W/100) \cdot Q}{V \cdot t} \dots\dots\dots (5.7.1)$$

여기에서, A : 탈수면적(m²)

W : 슬러지 함수율(%)

Q : 유입슬러지량(m³/d)

V : 탈수속도(kg/m³·h)

t : 일 운전시간(h/d)

$$N = \frac{A}{a}$$

여기에서, N : 대수(대)

a : 1대당 유효탈수면적(m²/대)

(2) 대수는 예비없이 2대 이상으로 한다.

(3) 여포는 내구성 있는 것을 사용한다.

【해설】

(1)에 대하여

탈수면적은 모형실험기에 의한 실험결과와 운전실적으로부터 탈수속도를 결정한 다음, 식(5.7.1)을 사용하여 구한다.

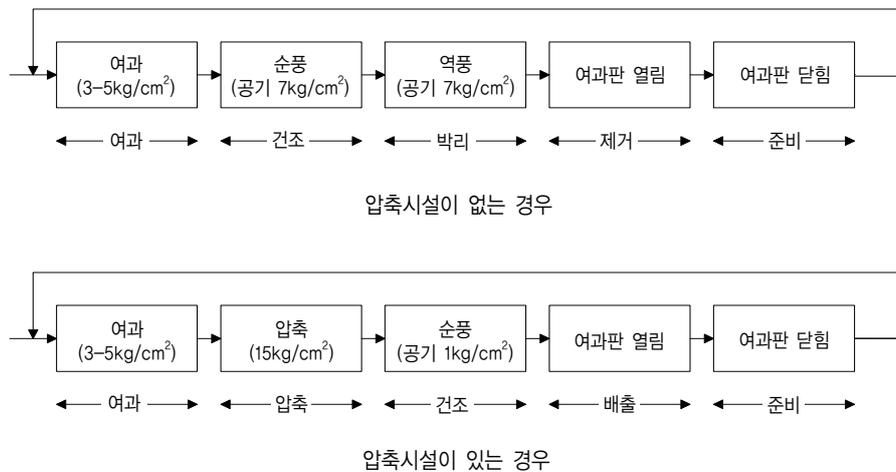
가압탈수기의 탈수속도를 결정하기 위해서는 슬러지 유입, 공기주입, 탈수판의 개폐, 기타 과정에 요구되는 시간을 모두 포함시킨 순환기간(cycle time)을 고려하여야 하는데 압축기구가 있으면 탈수시간이 단축되어 20~40분 정도가 1사이클이 될 수 있다.

슬러지의 유입압력은 압축기구의 유무에 상관없이 통상 3~5 kg/cm²를 사용한다((그림 5.7.3) 참조).

탈수속도로부터 소요탈수면적을 구하고 탈수판의 단위치수에 의한 탈수실의 면적, 기타 조건을 감안하여 적당한 대수를 선택한다.

(2)에 대하여

여포는 장기간 사용하면 폐쇄되어 물이나 약품으로 세척해야 하며, 파손되면 새것으로 교환해야 한다. 또한 불시의 기계적 고장에 대처하기 위하여 최소한 1대 이상의 예비 탈수기가 필요하다. 또한 점검 및 수리 등 유지관리를 고려하여 예비를 두는 것은 바람직하나 장비가 고가이고, 비경제적이므로 근무시간 상시가동 기준으로 2대 이상을 설치한다.



[그림 5.7.3] 여포형 가압탈수기의 탈수과정

(3)에 대하여

슬러지를 탈수시키는 경우 여포는 표면이 매끈하고 눈이 잘 막히지 않아야 하며 탈수상태가 끝까지 변하지 않고 케익의 박리가 용이한 합성섬유제의 여포를 많이 사용한다. 여포는 다음과 같은 구비요건을 만족시키는 것이 좋다.

- ① 내구성이 좋아야 한다.
- ② 화학적으로 안정성이 높아야 한다.
- ③ 마찰, 휨, 인장 등에 대한 강도가 높아야 한다.
- ④ 저항계수가 낮아야 한다.
- ⑤ 케익의 박리가 용이해야 한다.
- ⑥ 청징도가 높은 탈리액을 얻을 수 있어야 한다.

따라서 위의 조건을 대체적으로 잘 만족시키는 나일론, 테트론, 비닐론, 폴리프로피렌 등의 합성섬유가 많이 이용된다.

가압탈수기에서 케익의 박리는 케익의 자중에 의해서 일어나지만 박리가 곤란한 경우에는 진동기를

사용하여 여포를 진동시켜 박리를 쉽게 할 수도 있다. 여포는 장기간 사용하면 눈이 막히므로 물이나 약품으로 세척하여야 하므로 가압탈수기에는 여포세척장치를 설치하여야 한다.

② 슬러지 유입펌프

슬러지 유입펌프는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 유입펌프는 회전식, 왕복운동식 및 다이어프램펌프 등으로 선정한다.
- (2) 유입펌프는 탈수기 1대마다 설치하며 대수는 예비를 포함해 2대 이상으로 한다.

【해설】

(1)에 대하여

슬러지 유입펌프는 회전식 슬러지 펌프가 유지하기에 간편하나 토출량이 많은 경우에는 왕복운동식 펌프를 사용한다.

왕복운동식 또는 다이어프램펌프의 경우 토출관에다 안전밸브를 설치하나 일정압력 이상이 되는 경우에는 펌프의 흡입측에다 배관한다.

회전식 펌프의 경우 유입이 시작되는 최초에는 저양정이므로 실제토출량은 겉보기 토출량보다 많으나 시간이 흐름에 따라 감소하므로 유입슬러지량/시간곡선의 평균토출량을 기준으로 한다.

왕복운동식 펌프의 경우는 일정한 용량이므로 유입슬러지량/시간곡선의 평균토출량의 약 2배를 기준으로 한다.

펌프의 동력은 회전식 펌프의 경우 유입이 시작되는 최초에는 양정이 낮아서 큰 동력을 요구하므로 기준양정에서 소요동력의 약 2배로 한다.

(2)에 대하여

슬러지 유입펌프 1대로 가압탈수기 2대 이상에 슬러지를 유입할 때는 동시에 가동하지 않으면 슬러지가 꼭 같은 압축상태가 될 때까지 먼저 운전된 가압탈수기에 유입되므로 탈수시간이 부족하여 함수율이 높고 케익의 박리가 어렵게 되므로 자동운전의 경우 다음 탈수과정에 지장을 일으킬 수도 있다. 따라서 가압탈수기마다 슬러지 유입펌프를 설치하여야 한다.

③ 공기압축기

송풍용 공기압축기는 다음의 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 토출공기량은 탈수실 용량 1m³당 대기압하에서 약 2m³/min으로 한다.
- (2) 토출압력은 7kg/cm² 정도로 한다.
- (3) 대수는 예비를 포함해 2대 이상으로 한다.

【해설】

탈수과정이 끝난 후 탈수여액의 배출, 케익함수율의 저하, 그리고 케익의 박리성을 향상시키기 위하여 공기송풍을 실시한다.

(1)에 대하여

소요공기량은 여포의 연결상태 및 압축상태에 따라 영향을 받으나 대기압하에서 탈수실용량 1m³에 대하여 약 2m³/min으로 한다.

(2)에 대하여

토출압력은 탈수압력과 같거나 그보다 1~3kg/cm² 높은 압력으로 한다. 송풍시간이 길수록 케익의 함수율이 감소되지만 탈수효율을 고려하여 1~5분 정도로 한다. 기중에 따라서는 순풍과 역풍을 병행하는 것과 순풍만 하는 것이 있다.

④ 부대설비

부대장치로서 슬러지 저류조, 압축설비, 여포세척, 약품주입 및 슬러지공급펌프, 탈수케익 이송 및 저장설비 등을 설치한다.

【해설】

부대장치는 [그림 5.7.2]를 참조하여 슬러지 저류조, 압축설비, 여포세척, 약품주입 및 슬러지공급 펌프, 탈수케익 이송 및 저장설비 등을 설치한다.

2) 스크류프레스 탈수방식(screw press)

① 스크류프레스 탈수기

스크류프레스 탈수기는 스크류프레스 탈수 방식의 원형으로 원통의 스크린과 스크류 날개로 구성되며 양자간의 용적은 탈수슬러지 유출부에 가까울 수록 축소 압축되어 탈수된다. 분리된 탈수여액은 원통 스크린을 통해 배출된다. 스크류의 회전수는 2회/분 정도이고 스크린의 세정은 탈수종류후 수행한다.

응집제는 양이온고분자 응집제를 슬러지 건조 고형물량당 1.0~1.3%정도 투입하며 함수율은 76~82% 범위이다. 일반적으로 스크류의 회전수가 높을수록 탈수량과 함께 함수율도 증가하므로 회전수를 적정하게 유지하여야 한다.

② 다중판형 스크류프레스 탈수기

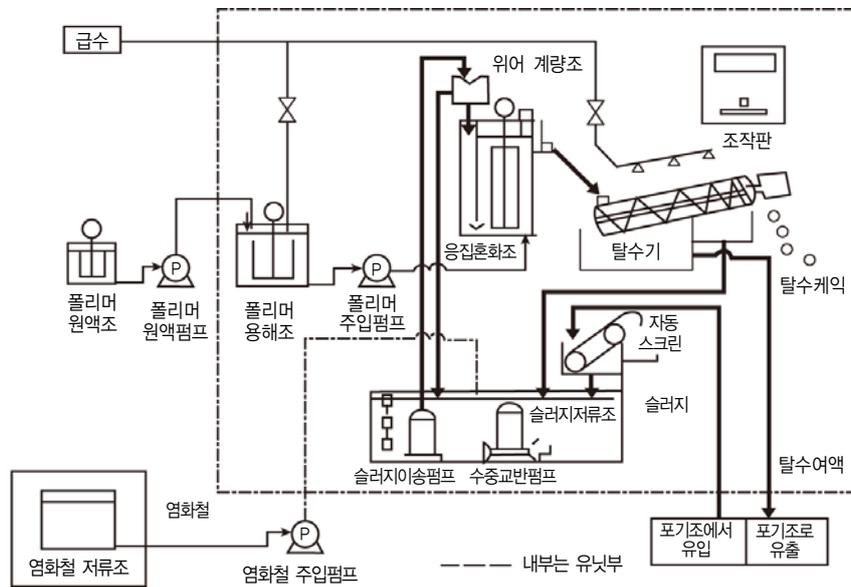
다중판형 스크류프레스 탈수기는 고정축에 의해 스크류의 내통을 형성하는 고정판과 고정판 사이에서 편심축에 의해 편심운동을 하는 유동판(링)과 내통 사이에서 저속 회전하는 스크류에 의해 이송 및 압축하여 슬러지를 출구방향에 이송하면서 탈수가 진행되는 탈수기이다.

본 탈수기는 응집제 투입시설, 응집·혼화조, 탈수기본체, 조작반등 부대시설을 하나의 유닛으로 구성할수 있어 집약화가 가능하며, 최대 5분까지 하나의 유닛으로 구성된다. 본 탈수기의 특징은 다음과 같다.

가) 사용되는 응집제는 고분자응집제와 철염을 동시에 사용하며, 철염투입량은 탈수슬러지의 함수율에 따라 달라지나, 탈수슬러지의 함수율을 80% 이하로 유지하기 위해서는 철염의 투입량이 슬러지 건조 고형물에 대해 10~15%이다. 따라서 탈수용량 설정시 슬러지 성상을 고려하여 응집 보조제의 투입여부와 투입농도를 결정하여야 하며 철염 투입에 따른 탈수슬러지 발생량 증가에

대해 고려하여야 한다.

- 나) 본 탈수기의 탈수성능은 슬러지 건조 고형물당 응집제 투입량에 민감하게 반응하므로, 슬러지성상(슬러지농도, 강열감량 등)이 안정된 슬러지의 탈수에 적합하여 생물반응조로부터 잉여슬러지를 직접 인발하여 연속적으로 탈수 할 수 있으며, 소규모처리시설에 적합하다(〔그림 5.7.4〕 참조).
최근에는 공급슬러지의 농도를 높이고 안정화 시키기 위하여 전단부에 약품응집장치를 포함하는 기계식 농축기를 부착하는 경우가 있다.(『5.3.5 기타방식의 농축기』참조)
- 다) 탈수기능력은 내경 200φ기준으로 탈수본체 본당 6~8 kg ds/hr 정도이다.
- 라) 기타 특징은 스크류프레스 탈수기와 유사하다.



(5.7.4) 다중판형 스크류프레스 탈수기 설치예

(1) 용량은 다음식에 의해 구한다.

$$N = \frac{Q \times d}{1000 \times q \times t} \dots\dots\dots (5.7.2)$$

- 여기에서, N : 스크류 분수(본)
- Q : 유입슬러지량(m³/hr)
- d : 유입슬러지 농도(mg/l)
- q : 스크류 1분당 처리량(kg · DS/hr · 본)
- t : 일 운전시간(hr/24)

- (2) 보통 스크류 분수는 1본을 예비로 한다.
- (3) 스크류의 속도는 변속이 가능하도록 한다.

【해설】

(1)에 대하여

슬러지 성상변화에 따른 탈수실험결과와 운전실적으로부터 스크류 1분당 처리능력을 산출하여 용량을 산정한다.

(2)에 대하여

근무시간 상시가동 기준으로 대수가 아닌 스크류 1분을 예비로 고려하여 슬러지량 변동과 시설정비에 대비하도록 한다.

(3)에 대하여

스크류의 속도를 낮추면 함수율을 감소시킬 수 있으나 처리량은 낮아진다. 따라서 효율적인 운전을 위해서 스크류의 속도를 변속할 수 있도록 한다.

③ 다중원판형 탈수기

다중원판형 탈수기는 상단과 하단에 얇은 원판을 배치하고 구동장치를 통해 회전시키며 상하의 원판 사이에 슬러지를 통과시켜 탈수시키는 방식이다.

슬러지는 응집조에서 응집제와 혼합되어 플록을 형성시킨뒤 상하의 원판사이로 유입되어 원판의 회전운동에 의해 슬러지는 탈수되며 여액은 하부의 원판을 통과하여 배출된다.

이 탈수기는 원판간의 막힘현상 방지와 유입/유출부 원판간의 적정한 회전수차 유지 등으로 운영이 다소 복잡하여 실제 운영사례는 많지 않으며 특징은 다음과 같다.

가) 원판사이의 세정은 연속적으로 수행된다.

나) 처리능력은 단위여과폭·단위시간당의 처리고형물량으로 표시되며 원판(여과체)의 회전수에 영향을 받아 회전수가 높으면 처리량이 증가하고 탈수슬러지의 함수율이 증가한다.

다) 시설이 콤팩트하여 차량탑재형 이동식 탈수기로도 사용할 수 있다.

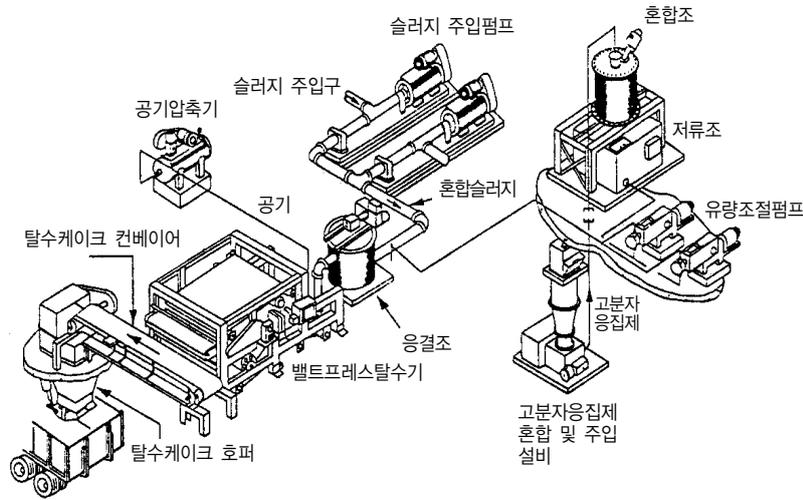
라) 응집제 투입량에 따라 탈수성능이 민감하며 슬러지 함수율이 비교적 높다.(80~83%)

5.7.2 벨트프레스 탈수설비

벨트프레스 탈수는 [그림 5.7.5]에 나타낸 것처럼 슬러지에서 물을 짜내기 위하여 벨트(belt)와 롤러(roller)를 사용하여 압력을 가하는 방법이다.

탈수할 때, 여포를 연속이동시키면서 여포 위에 고분자응집제를 첨가시킨 응집슬러지를 공급하면, 응결물 사이의 간극수가 중력에 의해 탈수되고 이동된 슬러지는 상하의 여포압축에 의해 탈수된다.

탈수케익은 제거기에 의해 여포에서 박리된다. 탈수케익이 박리된 여포는 압력수로 세척되어 다시 탈수부에 돌아가며 다시 앞의 과정이 연속적으로 반복된다. 벨트프레스탈수의 계통도의 예를 [그림 5.7.5]에 나타내었다.



[그림 5.7.5] 벨트프레스 탈수설비 계통도의 예

1) 벨트프레스 탈수기

(1) 용량은 다음 식(5.7.3)에 의해 구한다.

$$B = \frac{1,000(1 - W/100) \cdot Q}{V \cdot t} \dots\dots\dots (5.7.3)$$

- 여기에서, B : 유효여포폭(m)
- W : 슬러지 함수율(%)
- Q : 유입슬러지량(m³/d)
- V : 탈수속도(kg/m²·h)
- t : 일 운전시간(h/d)

$$N = \frac{B}{b}$$

- 여기에서, N : 대수(대)
- b : 1대당 유효여포폭(m/대)

- (2) 대수는 예비없이 2대 이상으로 한다.
- (3) 여포는 잘 막히지 않으며 내구성 있는 것을 사용한다.
- (4) 벨트의 속도는 변속할 수 있는 것으로 한다.

[해설]

(1)에 대하여

여포폭은 슬러지 성상변화에 따른 탈수실험결과와 벨트프레스 탈수기의 운전실적으로부터 탈수속도를 정해 식(5.7.3)에 의해 정한다.

(2)에 대하여

대수는 점검 및 수리 등 유지관리를 고려하여 예비를 두는 것은 바람직하나 장비가 고가이고, 비경제적이므로 근무시간 상시가동 기준으로 2대 이상을 설치한다.

(3)에 대하여

탈수슬러지의 함수율은 슬러지의 종류, 슬러지농도, 유기물함유율 등의 슬러지 특성과 약품종류, 약품첨가량, 벨트속도등의 운전조건에 의해 달라진다. 탈수슬러지 함수율 설정은 가능하다면 낮게 하는 것이 좋으나, 처리슬러지 특성과 탈수슬러지 처리방법, 경제성을 유의하여 적당한 함수율을 설정한다 (<표 5.7.2> 참조).

<표 5.7.2> 벨트프레스 여과기 성능 예(표준형)

슬러지종류		중력농축혼합슬러지	기계농축혼합슬러지	혐기성소화슬러지
슬러지성상	Ts	1.5~2.5%	약 3.5%	2.0~2.5%
	VTs	75~80%	75~80%	60~65%
약품첨가율		1.0~1.3%	1.0~1.3%	1.1~1.3%
여과속도		90~120 kg/m·h	약 130 kg/m·h	70~90 kg/m·h
탈수슬러지함수율		80~83%	79~82%	81~83%
SS회수율		93% 이상	93% 이상	90% 이상

최근의 경향은 슬러지의 난탈수화·탈수슬러지처분비의 저감등을 감안하여 탈수슬러지함수율의 저감화를 목적으로한 고효율형 벨트프레스여과기를 사용하는 처리장이 증가하고 있다. 고효율형은 탈수기 내의 유효탈수시간이 길고, 또한 슬러지를 전압하기위한 최고 면압도 높아서 표준형에 비하여 탈수슬러지의 함수율을 약 3% 정도 낮게 탈수성능을 발휘할 수 있다.

이러한 조건을 만족시키기 위해서는 구조적으로 탈수에 기여하는 많은 물의 수가 필요하고, 또한 여포의 길이도 길게 된다.

(4)에 대하여

여포는 표면이 매끄럽고 막힘이 적으며 탈수케익을 박리하기 쉬운 합성섬유여포를 선정한다. 탈수케익은 제거기에 의해서 박리되므로 여포의 연결부분에 대한 충분한 고려가 필요하다.

특히 여포는 롤러를 사이에 두고 인장력이 걸리므로 연결부분이 기계적인 강도를 갖춤과 동시에 주름이 생기지 않고 여포의 횡축에서 슬러지가 새지 않도록 고려하여야 한다.

여포는 주기적으로 약품세척을 하여야 한다. 여포의 세척장치는 상하 각 여포가 세척되도록 하며 여포폭에 맞도록 노즐을 설치한다. 벨트프레스 탈수기는 다른 탈수기에 비해 세척수량이 많다.

또 벨트프레스 탈수기에서 나는 악취를 방지하기 위한 덮개 등을 고려하는 것이 바람직하다.

여포의 수명은 슬러지성상이나 운전조건에 따라 다르지만 일반적으로 3,000~5,000시간 정도이다.

2) 벨트프레스 탈수기실

벨트프레스 탈수실은 작업하기에 충분한 넓이로 환기, 조명, 배수가 좋아야 하며, 탈수케익의 반출이 편리한 위치에 설치한다.

3) 탈수케익 수송장치

탈수케익 수송용 컨베이어의 기울기는 20° 이하로 하며, 벨트폭은 40~90cm 정도로 한다.

【해설】

벨트는 수평벨트를 표준으로 하며 내마모성과 내약품성을 갖춘 것으로 벨트폭은 보통 40~90 cm 정도를 사용한다. 수송하는 탈수케익이 벨트에서 떨어지지 않도록 컨베이어와 트랩의 각도는 20° 정도로 하며 필요에 따라서는 케익의 낙하방지를 위해 컨베이어 밑에 탈수케익 낙하방지 트랩을 설치하는 것이 바람직하다. 또 탈수케익 낙하방지 트랩에는 세척장치를 하기도 한다. 벨트 컨베이어의 기울기는 슬러지 케익의 성상에 따라 다르나 벨트에서 미끄러지지 않도록 20°이하로 한다.

4) 부대설비

부대장치로서 슬러지 저류조, 압축설비, 여포세척, 약품주입 및 슬러지공급펌프, 탈수케익 이송 및 저장설비 등을 설치한다.

【해설】

부대장치는 슬러지 저류조, 압축설비, 여포세척, 약품주입 및 슬러지공급펌프, 탈수케익 이송 및 저장설비 등을 설치한다.

5.7.3 원심탈수설비

슬러지에 약품을 첨가하여 중력가속도의 2,000~3,500배의 원심력으로 원심분리시키면 슬러지가 탈수된다.

중력에 의한 입자의 침강속도는 Stokes의 법칙에 따라 식(5.7.4)로 구할 수 있다.

$$V = \frac{g(\rho_2 - \rho_1)}{18\mu} \cdot D^2 \dots\dots\dots (5.7.4)$$

여기에서, V : 중력에 의한 침강속도(m/s)

g : 중력가속도(m/s²)

ρ₁ : 액체의 밀도(kg/m³)

ρ₂ : 입자의 밀도(kg/m³)

μ : 액체의 점도(kg/m·s)

D : 입자의 직경(m)

원심력에 의한 침강속도는 g 대신에 r·ω²을 넣으면 식(5.7.5)을 얻을 수 있다.

$$U_r = \frac{r \cdot \omega^2}{d\theta} = V \cdot \frac{r \cdot \omega^2}{g} = V \cdot Z \dots\dots\dots (5.7.5)$$

여기서, U_r : 원심력에 의한 반경방향의 침강속도(m/s)

r : 원통의 반경(m)

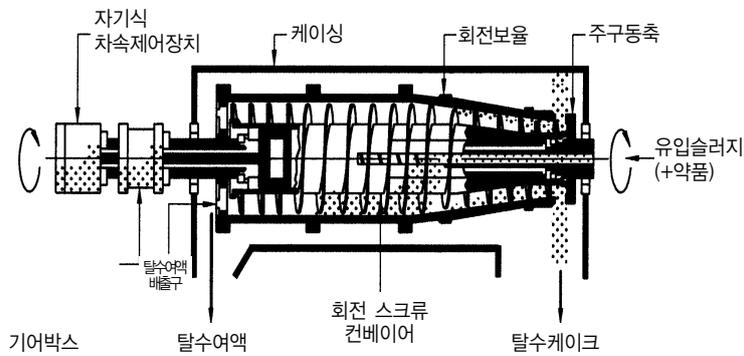
ω : 원통의 각속도(rad/s)

θ : 시간(초)

V : 중력에 의한 입자의 침강속도(m/s)

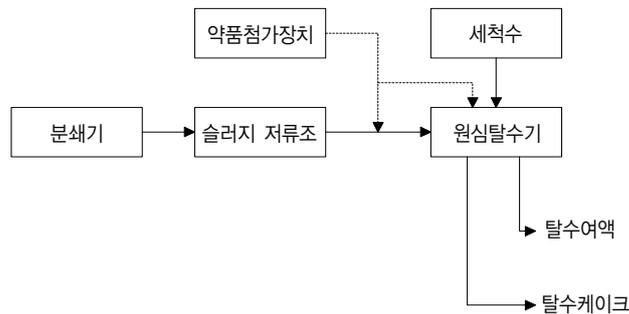
Z : 반경 r 의 원심효과

원심력에 의한 침강속도는 고체입자 직경의 자승에 비례하므로 응집제를 첨가해 슬러지 입자의 크기를 증대시키고 Z 를 크게 할수록 빨라진다. 분리특성은 슬러지의 입자직경, 밀도 및 교반작용에 따라 변화한다.



[그림 5.7.6] 원심탈수기의 예

원심탈수기는 고액분리기능과 침강분리된 고형물의 함수율을 낮추는 탈수기능으로 나눌 수 있다. [그림 5.7.6]에는 원심탈수기의 예를, [그림 5.7.7]에는 원심탈수기의 계통도를 나타내었다.



[그림 5.7.7] 원심탈수기 계통도의 예

1) 원심탈수기

원심탈수기에 의한 탈수효율을 증가시키기 위해서는 다음 사항을 고려하여 설계한다.

- (1) 탈수기의 용량은 슬러지의 성상, 고형물의 농도 및 운전시간을 고려하여 결정한다.
- (2) 대수는 다음 식(5.7.6)을 이용하여 구할 수 있다.

$$N = \frac{Q}{q \cdot t} \dots\dots\dots (5.7.6)$$

여기에서, N : 대수(대)
 Q : 유입슬러지량(m³/d)
 q : 1대당 처리 용량(m³/대·h)
 t : 일 운전시간(h/d)

- (3) 대수는 예비없이 2대 이상으로 한다.
- (4) 스크루 부분의 재질은 내구성 있는 것으로 한다.

【해설】

원심탈수기의 탈수효율에 영향을 미치는 기본변수에는 슬러지 유입률, 입자의 크기와 밀도, 고형물 농도, 온도, 그리고 응집제의 사용여부 등이 있다. 이들 변수들의 영향은 주어진 슬러지 유입률에서 얻을 수 있는 고형물회수율과 슬러지 케익의 함수율로 표현되는데 고형물의 특성은 탈수효율에 영향을 미치지만 통제할 수는 없다.

탈수슬러지의 함수율은 슬러지량성상, 슬러지량, 원심효과, 약품종류, 약품첨가량에 따라 달라진다. 탈수슬러지 함수율 설정은 가능하면 낮게 하는 것이 좋으나, 처리슬러지 특성과 탈수슬러지 처리방법, 경제성을 유의하여 적당한 함수율을 설정한다(〈표 5.7.3〉 참조).

기계농축슬러지등의 고농도슬러지를 탈수하는 경우 탈수기내의 고형물부하량이 탈수기 고유의 허용 부하량을 넘어 분리액측면에 고형물입자의 갈라짐이 발생하여 SS회수율이 떨어지게 되므로 투입슬러지량을 표준보다 낮은 농도로 운전한다.

또한 슬러지의 난탈수화·탈수슬러지처분비의 저감 등을 감안하여 탈수슬러지함수율의 저감화를 목적으로한 고효율형 원심탈수기를 사용하는 처리장이 증가하고 있다.

〈표 5.7.3〉 원심탈수기 성능 예(표준형)

슬러지종류		중력농축혼합슬러지	기계농축혼합슬러지	혐기성소화슬러지
슬러지성상	Ts	1.5~2.5%	약 3.5%	2.0~2.5%
	VTs	75~80%	75~80%	60~65%
약품첨가율		1.0~1.3%	1.0~1.3%	1.1~1.3%
탈수슬러지함수율		80~83%	80~83%	82~84%
SS회수율		95% 이상	95% 이상	95% 이상

(1), (2)에 대하여

탈수기의 탈수조건 및 성능을 정하는 방법에는 실험운전, 원심분리실험, 기존 원심탈수기의 운전자료 등에 의한 방법이 있다.

원심탈수기의 용량 및 성능을 결정하기 위해서는 슬러지의 성상, 고형물의 농도 및 운전시간을 고려하여 결정한다. 제작업체마다 슬러지 성상에 따른 원심효과, 보울과 스크류 콘베이어간의 속도차, 액층수심 등이 다르므로 선정 시 주의하여야 한다. 원심효과가 중력가속도의 2,000~3,500배일 때 1대당 슬러지 최대처리용량이 150 m³/h 정도의 것도 개발되어 있으며 동일처리용량에 대한 시설면적이 다른 기종보다 적게 드는 장점이 있다.

(3)에 대하여

정기점검과 마모되기 쉬운 부분(스크류 및 슬러지 배출구)의 유지관리를 고려하여 예비를 두는 것은 바람직하나 장비가 고가이고, 비경제적이므로 근무시간 상시가동 기준으로 2대 이상을 설치한다.

(4)에 대하여

회형은 보울과 스크류가 고속회전하므로 슬러지와 접한 부분이 슬러지에 포함된 모래로 인해 마모되기 쉽다. 따라서 마모에 견디는 견고한 재질을 사용하며, 특히 심하게 마모되는 부분은 경도가 높은 금속을 피복하는 방법, 텅스텐 카바이드 타일 부착 등을 고려한다.

2) 원심탈수기실

탈수기실은 작업하기에 충분한 넓이로 환기, 조명, 급배수가 좋도록 한다. 또한, 원심탈수기에서 발생하는 진동이 건물과 공진하지 않도록 배려한다.

3) 탈수케익 수송장치

농축슬러지를 탈수시키는 경우는 탈수케익의 악취가 심하므로 탈수케익 수송장치, 저류설비 등의 방취방법을 고려한다.

4) 부대장치

부대장치는 5.3.3의 3)을 참조할 것.

5.7.4 기타 기계적 슬러지 탈수방법

슬러지의 탈수를 위하여 지금까지 설명된 기계적 방법 외에도 다음과 같은 기계적 방법을 고려해 볼 필요가 있다.

- (1) 중력법
- (2) 중력가압법
- (3) 반연속적 복합가압시설
- (4) 다이어프램이나 나사식 가압기를 이용하는 압출기
- (5) 진공차 및 이동용탈수차

【해설】

지금까지 설명된 기계적인 슬러지 탈수방법 외에도 여러 가지 기계적인 방법이 있으며 이들 새로운 기계는 슬러지 케익의 함수율을 줄이고 경제적인 이득을 얻으며 공정의 신뢰도를 높이기 위하여 개발된 것으로 에너지 비용과 슬러지 케익의 최종처분비용을 감소시키는데 큰 의의를 갖는다. 이들 공정들은 주로 소규모 하수처리시설에서 채택되었지만 대규모 하수처리시설에도 충분히 적용이 가능한 방법이다.

(1)에 대하여

중력식 탈수기는 여러 가지로 설계될 수 있으며 슬러지로부터 수분을 제거하기 위하여 중력을 이용한다. 일반적으로 탈수될 슬러지는 먼저 약품처리되며 그 다음 스크린처리를 받는다. 슬러지를 스크린처리만 시키는 경우도 있으며, 함수율을 더욱 감소시키기 위하여 탈수된 슬러지를 재처리하는 경우도 있다.

(2)에 대하여

슬러지를 탈수시키기 위하여 중력 및 가압법을 모두 적용시키는 방법이다.

(3)에 대하여

반연속다이아프램(diaphragm)가압기가 일례로서 수동 또는 자동으로 조작될 수 있는 여러 개의 수직압출판으로 구성된다. 이런 종류의 가압기는 화학적 슬러지와 같이 대단히 탈수시키기 어려운 슬러지를 탈수시키기 위하여 사용되며 섬유질이나 큰 고형물을 함유하는 슬러지의 탈수를 위해서는 부적합하다.

(4)에 대하여

슬러지를 탈수할 때 압출되는 탈수여액을 스크린이나 다공성의 벨트로 여과처리하기 위하여 연속작용시키는 기계로, 슬러지는 탈수되기 전에 약품에 의한 개량이 필요하다.

(5)에 대하여

처리규모가 매우 적은 경우에는 고정식 탈수설비를 설치하지 않고 진공차를 이용하여 광역슬러지처리 또는 이동식 탈수차 순회처리를 할 수 있다.

5.7.5 탈수기 부대설비

1) 슬러지 및 약품 공급펌프

공급펌프는 다음 사항을 고려하여 결정한다.
(1) 원칙적으로 용적형 펌프를 설치한다.
(2) 예비를 포함하여 2대 이상 설치한다.
(3) 배관은 개별배관을 원칙으로 한다.

【해설】

5.3.3 원심농축기 2) 슬러지공급펌프 해설 참조.

2) 공기압축기

공기압축기는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 용량은 압축기의 운전시간 및 탈수기 요구압을 기준으로 산정한다.
- (2) 일시에 요구하는 용량을 고려한 압력탱크와 건조기를 설치한다.
- (3) 대수는 예비를 포함해 2대 이상으로 한다.

【해설】

여포형 탈수기인 경우 여포의 막힘방지 및 탈수과정이 끝난 후 탈수여액의 배출, 케익함수율의 저하, 그리고 케익의 박리성을 향상시키기 위하여 압축공기를 공급한다.

(1)에 대하여

공기압축기의 용량은 탈수기의 요구압에서 토출공기량, 탈수기에서의 압축공기요구시간을 고려한 압축기의 운전시간을 고려하여 토출용량을 결정한다.

(2)에 대하여

공기압축기는 적절한 크기의 압력탱크를 설치하여 압축기의 용량보다 일시에 많은 용량을 요구할 때를 대비하여야 하며 습기는 기기를 부식시켜 고장의 원인이 되므로 기기에 공급되는 압축공기를 건조를 위하여 반드시 건조기를 설치하는데 공기압축기보다 조금 큰 용량으로 산정하여야 한다.

(3)에 대하여

유지관리를 고려하여 예비를 포함하여 2대 이상을 설치한다.

3) 탈수케익 이송장치

탈수케익 이송장치는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 용량은 탈수기의 용량 및 대수를 고려하여 정한다.
- (2) 이송장치로는 컨베이어식과 펌프압송식 있다.

【해설】

(1)에 대하여

이송장치의 용량은 탈수기의 시간당 배출 케익의 양과 대수를 고려하여 정하는데 컨베이어식인 경우 여러대의 탈수기를 병렬로 연결하여 1대의 컨베이어로 이송하므로 고장시 대책을 강구하여야 하며, 펌프식인 경우 일반적으로 탈수기 1대에 1대의 펌프로 운전하는데 케익 함수율이 낮아 막힘 등에 세척장치를 고려하여야 한다.

(2)에 대하여

3.2.4 스크린 (5) 해설 참조.

5.8 슬러지의 건조

슬러지 건조 설비는 녹지·농지 이용 등의 유효 이용을 목적으로 한 수분량 조절, 소각·용융 처리의 에너지 절약화 및 안정화 또는 다양한 용도에 적합한 취급성 향상 등을 목적으로서 사용한다. 슬러지를 건조하기 위해서는 건조 방식에 상관없이 잠열로서 다량의 에너지를 투입해야 하므로 건조의 효율화를 도모하기 위해서는 슬러지 건조 설비의 전 공정인 탈수 조작의 단계에서 가능한 한 수분을 제거하는 것이 중요하다.

건조슬러지의 함수량 설정은 이용 용도에 따라 다르지만, 녹지·농지 이용이나 토양 개량제 등으로 이용하는 경우는 대략 20% 이하이다. 소각 처리나 용융 처리의 전 처리로서 건조하는 경우는 로 형식 등에 따라 적절한 함수량으로 조정한다.

건조방식은 가열방식에 따라서 직접가열건조방식과 간접가열건조방식의 2가지 종류로 크게 나눌 수 있으며, 이들은 구성 흐름도 및 건조특성도 다르다. 따라서 건조방식의 결정에는 후속 처리 방식, 건조 후 슬러지의 수분량 및 건조에 이용할 수 있는 열원의 양이나 종류 등을 종합적으로 검토할 필요가 있다. 어떤 방식의 경우에도 건조기에서 발생한 배기가스에는 악취 성분이 높은 농도로 포함되어 있는 경우가 많다. 배기가스 처리 방법중 가스세정기 등의 수분 제거 장치에는 배수 중에 악취 성분이 이동하기 때문에 이를 충분한 고려하여야 한다. 또한, 배기가스를 대기로 배출하는 경우에는 독립된 탈취설비의 검토하여야 하며, 소각로의 소각용 공기로서 이용하는 경우에는 고온 연소 탈취 등 악취에 대한 충분한 배려가 필요하다.

5.8.1 함수율 및 건조특성

슬러지 건조는 다음의 각 항목을 고려하여 결정한다.

- (1) 건조슬러지의 함수율은 건조슬러지의 이용 목적이나 후속 공정에 대하여 적절한 값으로 설정한다.
- (2) 슬러지 건조 특성을 사전에 파악하는 것이 바람직하다.

【해설】

슬러지의 함수율을 나타내는 방법은 함수율을 슬러지 습윤 중량에 대하여 표시하는 방법과 건조 중량에 대하여 표시하는 경우의 2가지 방법이 있다. 첫 번째를 습윤중량기준 함수율(W_w), 두 번째를 건조중량기준 함수율(W_d)라고 한다.

즉, 두 방법은 식(5.8.1)로 나타낼 수 있다.

$$W_w = \left(\frac{W}{S + W} \right) \cdot W_d = \frac{W}{S} \dots\dots\dots (5.8.1)$$

여기에서, S : 슬러지중 건조 고형물 질량
W : 슬러지중 수분 중량

또한, 두 방법은 식(5.8.2)의 관계를 갖는다.

$$W_w = \frac{W_d}{1 + W_d} \dots\dots\dots (5.8.2)$$

하수도의 설계 및 유지 관리에 있어서는 일반적으로 슬러지 함수율을 나타내는 경우는 습윤중량기준 함수율을 사용하는 경우가 많다. 본 절에서의 함수율 표기에 있어서도 습윤중량기준 함수율로 나타내기로 한다.

(1)에 대하여

슬러지 건조설비는 녹지·농지 이용 등의 유효 이용을 목적으로 한 수분량 조정, 소각·용융 처리의 에너지 절약화 및 안정화, 또는 다양한 용도에 적합한 취급성 향상 등을 목적으로 하여 사용한다. 건조슬러지의 용도에 따른 함수율 정도는 다음에 나타내었다.

- ① 녹지·농지 환원이나 토지 개량제 등의 유효 이용을 목적으로 한 경우에는, 건조슬러지 중 수분의 안정화, 취급성 등을 고려하여 약 20% 이하로 한다. 퇴비화를 위한 전처리로서 건조시키는 경우에는 슬러지의 양호한 호기성 발효를 위하여 함수율을 50 ~60%로 하는 것이 바람직하다.
- ② 슬러지 소각의 전처리로서 건조를 행하는 경우에는 자연 소각이 가능한 건조슬러지 함수율을 목표로 하는 것이 일반적이다. 슬러지 특성이나 소각 방식에 의하여 다르지만 건조슬러지의 목표 함수율은 약 70% 정도로 한다.

보조 연료 소비량 삭감을 위한 자연 소각을 목표로 슬러지를 건조하는 경우에는 슬러지 성상이나 열적 특성, 소각 방식, 소각 시스템에 따라 투입슬러지의 자연 한계 함수율은 다르다. 자연 한계 함수율보다 낮은 함수율의 슬러지를 로내로 투입하는 경우, 로내에서의 발생열량이 소각에 필요한 열량 이상으로 많게 되어 로내 온도가 이상 고온이 되는 등 제어가 불가능한 상태가 되는 경우가 있기 때문에 투입슬러지 함수율의 설정에 주의할 필요가 있다.

유효 열량이 큰 슬러지에서는 함수율 70% 전후에서 자연 가능한 경우도 있지만, 건조기로부터 배출 또는 반송시 취급의 용이성을 고려하여 건조기에서는 50% 이하까지 건조하고 이를 건조되지 않은 원슬러지를 이용하여 함수율을 조정하는 경우가 많다.

더욱이 통상의 소각 설비에 있어 배기가스를 이용하여 열회수를 시행하는 경우에는 포화 증기로서 인출하는 경우가 많기 때문에 증기 간접 수증 건조방식의 교반기부착형 건조기를 사용할 수 있다.

- ③ 용융의 전처리로서 건조를 행하는 경우에는 용융로 형식 등을 고려하여 건조슬러지 함수율을 결정하지만, 소각 전처리 경우보다 낮은 함수율이 필요하다.

대부분의 경우 보조 연료 소비량의 절감 및 소각·용융을 효과적으로 행하기 위해서는 기본적으로는 가능한 한 낮은 함수율의 투입슬러지를 이용하는 것이 바람직하다. 건조슬러지의 함수율 또는 투입시의 형상은 로 구조 또는 건조기의 특성에 의하여 결정된다(〈표 5.8.1〉 참조).

〈표 5.8.1〉 용융로 형식에 따른 슬러지 함수율과 형상

용융로 형식	투입 슬러지 함수율 (%)	투입 슬러지 형상
코크스상 용융	30~40	덩어리
표 면 용융	20 전후	입 자
회 전 용융	5~10	분 말

④ 화력발전소 등에 고체연료로 슬러지를 이용하기 위해 건조를 행하는 경우에는 다양한 사용처의 상황, 운반의 용이성 등을 감안하여 10% 이하로 건조할 필요가 있다.

(2)에 대하여

슬러지는 종류나 성상에 따라 건조 특성이 다르므로 건조기 기종의 선정, 용량 결정시에는 대상 슬러지의 건조 특성을 사전에 실험 등을 통하여 파악하는 것이 바람직하다.

하수슬러지의 건조 속도는 슬러지 함수율, 종류, 특성에 따라 다르다. 또한, 처리장으로 유입되는 원수의 종류, 소화·열처리 유무, 탈수 보조제의 종류, 목표로 하는 건조슬러지 함수율 등 제반 인자에 의하여 슬러지의 건조 특성은 다양해진다. 일반적으로 함수율이 높은 범위에서는 급속하게 건조하며, 그 이후에는 수분의 감소 비율이 현격하게 감소되는 경향이 있다. 함수율이 높은 하수슬러지를 일정한 온도, 습도 및 운반기체 유량에서 건조할 때 경과 시간과 함수율 및 슬러지 온도와의 관계는 [그림 5.8.1]에 나타나 있다.

건조 과정은 다음의 3 구간으로 크게 나눌 수 있다.

- ① 예열기간 : 슬러지가 예열되어 함수율이 다양하게 변화하는 기간
- ② 향률건조기간 : 함수율이 직선적으로 감소하고 슬러지 온도가 일정한 기간
- ③ 감률건조기간 : 함수율의 감소 비율이 완만하며 함수율이 최종적으로 평형상태에 도달하기까지의 기간

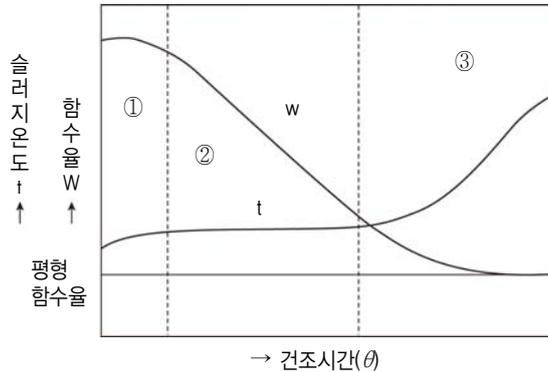
건조 특성을 나타내는 항목은 다음과 같다.

1) 건조 속도

건조기의 검토시 대상슬러지가 있는 경우에는 실험 등에 의하여 [그림 5.8.1]에 나타난 바와 같이 실제 슬러지 함수율 감소 변화율로부터 기본적인 슬러지 건조 특성을 파악하는 것이 바람직하다. 건조 속도는 일반적으로 단위건조고형물 중량당 단위 시간에 증발하는 수분 중량(kgH₂O/kg·h)으로 나타낸다. 건조 속도의 값이 크면 단시간내에 슬러지의 함수율을 저하시킬 수 있다.

2) 한계함수율

향률건조기간으로부터 감률건조기간으로 변화하는 점, 즉 건조 속도의 변화 비율의 변곡점에서의 함수율을 한계함수율이라고 한다. 한계함수율의 파악은 목표 함수율 까지 건조에 필요한 시간 설정에 효과적이지만 현재에는 실험에 의하여 추정한다. 일반적인 슬러지에서 한계함수율은 25~40% 범위이다.



[그림 5.8.1] 건조 과정 특성곡선

3) 평형함수율

감률건조기간의 종료 시점에서 슬러지 함수율은 평형값에 도달한다. 이와 같이 일정한 온도, 습도 등의 조건에서 일정한 수분이 잔류하여 평형에 도달한 때의 함수율을 평형함수율이라고 한다. 평형함수율은 응집제 종류나 슬러지 고유 특성에 따라 다른데 건조 목표함수율을 설정하는데 자료가 된다.

하수슬러지를 건조하는 경우 슬러지 점성이 변한다. 일반적으로 슬러지를 건조함에 따라 함수율 90% 이상에서는 액상, 50~70%에서는 점성이 대단히 큰 덩어리, 30~50%에서는 입자 그리고 30% 이하에서는 점진적으로 분말로 변화한다. 슬러지 성상에 따라 차이가 있지만 함수율 50~70%의 영역에서 건조기의 열전달면에 부착하거나 반송면에서의 취급성이 악화되는 경향이 있다. 따라서 건조 슬러지 함수율은 건조기내에서 한번에 50% 이하로 하는 것이 바람직하다.

일반적인 슬러지 건조 특성은 다음과 같다.

- ① 건조 특성이 크게 저하하는 시점을 나타내는 한계함수율은 일반적인 슬러지의 경우 25~40% 정도이다.
- ② 건조 과정중 50~70% 정도의 수분 영역에서 점성이 상승하여 강한 부착 특성을 보이기 때문에 건조슬러지를 안정적으로 인출하는 것은 어렵다.
- ③ 슬러지는 열감수성이 높기 때문에 열촉매의 온도가 높은 경우 일부 가연성분이 휘발하며, 이것이 악취의 원인이 된다. 또한, 연속 공정에서 슬러지의 열량을 이용하는 경우에는 발열량이 저하하기 때문에 시스템 전체의 열효율에 영향을 미치는 경우도 있다.
- ④ 건조슬러지 함수율이 낮은 경우 발화성이 높아지므로 건조기내에서 착화연소의 위험성이 있다.

5.8.2 건조방식

건조 방식은 가열 여부에 따라 열적건조방식과 기계식건조방식으로 구분하며, 열적건조방식에는 다음의 두 가지가 있다.

- (1) 직접가열 건조방식
- (2) 간접가열 건조방식

【해설】

건조방식은 슬러지 건조설비 전후 설비 구성, 건조 목적, 건조 정도, 열원 종류나 양 등을 고려하여 종합적으로 판단하여 선정하는 것이 바람직하다.

산업체에서 대규모로 건조를 행하는 경우에는 취급 재료의 종류, 제품의 종류가 다양하기 때문에 건조 장치도 다양한 형식의 종류가 사용된다. 그러나 하수슬러지는 수분이 많고, 점착성이 있으며, 비 Newton 유체 특성의 거동을 보이며, 슬러지의 종류에 따라 특성이 다르기 때문에 건조하기 어렵다. 따라서 하수슬러지에 최적 건조 장치를 결정하기는 곤란하지만 현재의 실적 등을 고려하여 채택되고 있는 건조 방법은 직접가열 건조방식과 간접가열 건조방식이 주류를 이루고 있다.

직접가열 건조방식과 간접가열 건조방식의 대표적인 건조기 종류 및 특징은 <표 5.8.2>에 나타나 있다. 두 건조방식 모두 물을 기화하여 제거하기 때문에 1 kg의 수분을 제거하기 위해서는 적어도 539 kcal의 발열 잠열 이상의 열량이 필요한데, 필요열량을 저하시키기 위한 다양한 기술 개발이 진행되고 있다.

<표 5.8.2>의 열효율은 식(5.8.3)에 의해 정의된다.

$$\eta = Q - \frac{(q_1 + q_2)}{Q} \times 100 \dots\dots\dots (5.8.3)$$

여기에서, η : 건조기 열효율 (%)

Q : 전열량 (kcal/h)

q_1 : 배기가스 열량 (kcal/h)

q_2 : 열손실 (kcal/h)

한편, 기계식건조방식의 건조기는 고열을 사용하지 않기 때문에 대기오염으로 인한 민원발생 등의 우려는 없으나 건조기 내에 고속 회전부가 있어 동력 소모가 많고 소음을 발생시킬 우려가 있다.

(1)에 대하여

직접가열 건조방식은 열매체와 슬러지 사이에 집적적인 접촉을 통하여 가열하기 때문에 열매체로서 주로 열풍을 이용한다. 가열 증기를 이용하는 경우도 있다.

비교적 함수율이 높은 슬러지를 다량으로, 또는 함수율이 낮은 슬러지를 경제적으로 건조시키기 위해서는 직접가열 건조방식을 선정하는 것이 일반적이다.

대표적인 직접가열 건조기는 다음의 두 가지 종류가 있다.

- ① 교반기부착형 열풍회전건조기
- ② 기류건조기

효율적으로 다량의 열에너지를 슬러지에 공급하기 위해서는 가능한 한 고온 공기를 투입하고, 접촉 면적을 넓게 확보하여 긴 시간 동안 슬러지에 열량을 공급하는 것이 바람직하다. 그러나 설비 용량이 증가하는 것과 슬러지와 고온 공기의 접촉에 의한 건조기 발화 위험성에 대한 주의가 필요하다.

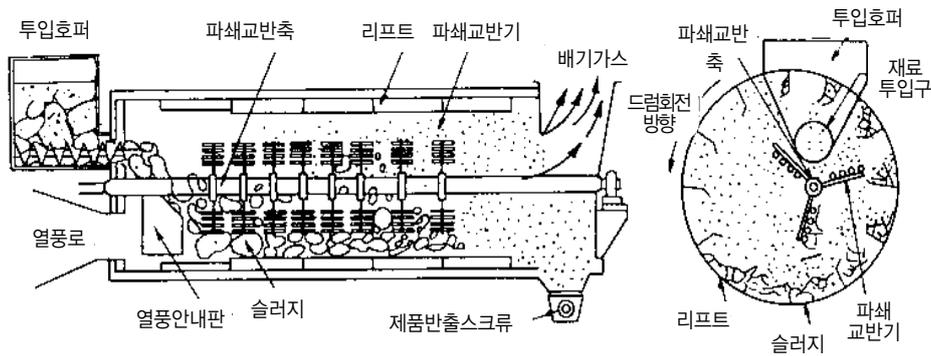
〈표 5.8.2〉 직접가열 건조방식과 간접가열 건조방식

항 목		직접가열방식	간접가열건조
장치 형식		교반기부착 열풍회전건조기 기류건조기	교반기형 건조기
건조 방식		열풍에 의한 직접접촉 열전달	열매체에 의한 전열면을 매개로 한 열전달
배기가스	가스량	다량	소량(열풍가열식의 약 1/2~1/5)
	먼지량	소량(1~10 g/Nm ³)	소량(0.1~2 g/Nm ³)
	온도	고온(이슬점 40~70℃)	고온(이슬점 80~95℃)
	배가스처리 설비	대형	소형
열효율 (%)		50~70	75~85*

주 : *는 열매체 발생 장치인 보일러의 열효율을 고려하지 않았으나 보일러의 열효율은 80~90%이다.

1) 교반기부착형 열풍회전건조기(회전건조기)

이 건조기는 600~800℃ 정도의 열풍을 건조기내에서 슬러지와 접촉시켜 건조하는 것으로 그 구조는 [그림 5.8.2]에 나타나 있다.



[그림 5.8.2] 교반기부착형 열풍회전건조기 구조개요

회전드럼 안으로 투입된 슬러지는 내부에 설치된 리프트의 작동에 의해 드럼상부로 이동되어 낙하시 열풍과 접촉한다. 점착성이 큰 덩어리 모양의 슬러지는 미건조시 리프트에 부착하여 건조가 원활하게 진행되지 않기 때문에 고속 회전하는 교반 날개로 파쇄한다. 회전드럼 입구로부터 출구까지 이 작동은 반복되는데, 특히 새로운 슬러지면이 열풍과 접촉하는 출구 부근에서는 굽어 올리는 장치에 의해 위로 운반된 입상의 슬러지는 커튼 형상으로 낙하하여 최종 마무리 건조가 행해져 입자상 또는 분말상의 건조슬러지로서 배출된다.

건조기에서 열매체 온도는 600~800℃ 정도로 고온이며 슬러지중 가연분의 일부가 휘발되어 악취의 원인이 되므로 탈취 처리가 필요하다.

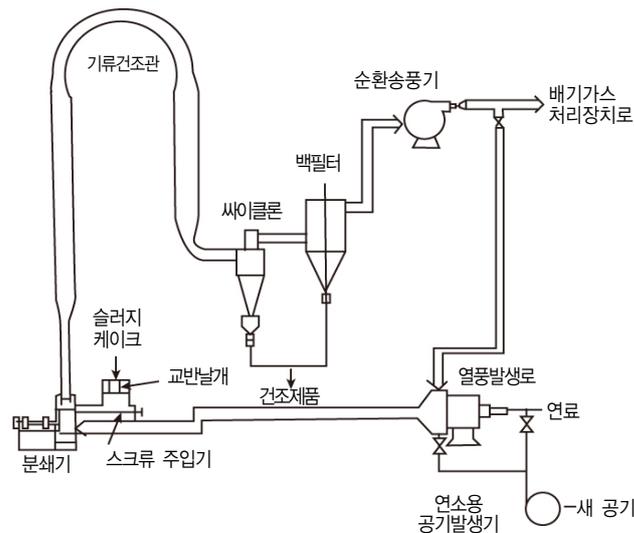
열용량 계수는 일반적으로 200~500kcal/m³·h·℃이며, 건조슬러지 함수율은 통상 0~15% 정

도로 비교적 함수율이 낮다. 증발 속도는 보통 $100\sim150\text{kgH}_2\text{O}/\text{m}^3\cdot\text{h}$ 정도이며, 1대의 최대증발능력은 $5,000\text{kgH}_2\text{O}/\text{h}$ 정도이다. 이 건조기는 열효율이 높고 비교적 경제적이며, 슬러지 수분·부하변동에 대하여 안정하게 대량 연속 처리가 가능하다.

2) 기류건조기

기류건조기는 [그림 5.8.3]에 나타난 것과 같이 분쇄기, 기류건조관, 사이클론 등으로 구성되어 있다. 슬러지는 적절하게 수분 조정된 후 분쇄기 내의 400°C 정도의 열풍 흐름 가운데 투입되어 급속하게 파쇄·건조된다. 더욱이 이 열풍 흐름에 의하여 미분화된 슬러지가 기류건조관을 통과할 때 효과적인 열전달이 발생하며 보통 함수율 15% 이하로 건조된다. 건조된 슬러지는 사이클론 또는 백필터에서 포집된다. 증발 수분량의 $1/3\sim2/3$ 은 분쇄기 내에서 증발하며 나머지는 기류건조관에서 증발된다. 건조 시간은 2~10초 정도이다.

건조기 입구 슬러지 함수율을 건조기에 적합한 수분으로 조정하기 위하여 건조슬러지 일부를 건조전 슬러지와 혼합하기 위하여 반송시킨다. 일반적으로 열용량 계수는 분쇄기는 $5,000\sim6,000\text{kcal}/\text{m}^3\cdot\text{h}\cdot^\circ\text{C}$, 건조관은 $2,000\sim3,000\text{kcal}/\text{m}^3\cdot\text{h}\cdot^\circ\text{C}$ 정도이며, 건조슬러지 수분은 대개 한계함수율보다 낮은 15% 이하이다. 증발속도는 $100\sim150\text{kgH}_2\text{O}/\text{m}^3\cdot\text{h}$ 로서 건조기 1대의 최대증발능력은 $9,000\text{kgH}_2\text{O}/\text{h}$ 정도이다.

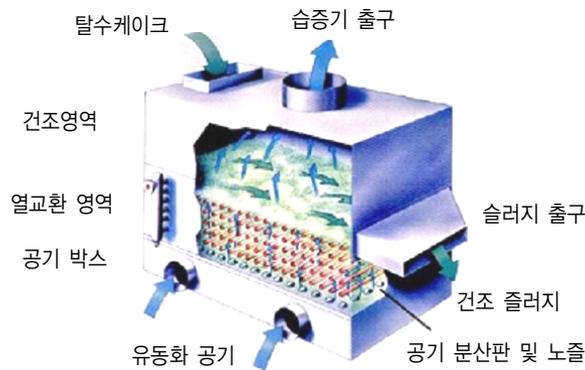


[그림 5.8.3] 기류건조기 구조개요

기류건조기는 건조 과정의 열효율이 높으며 함수율이 높은 다량의 슬러지 건조에 적합하다. 또한, 장치 설치면적도 다른 형식의 건조기에 비하여 작게 할 수 있는 장점이 있다. 그러나, 건조가 순간적으로 이루어지기 때문에 슬러지의 성상이나 양의 순간적인 변동에 대한 대응이 곤란하다.

3) 유동상건조기

유동상건조기는 [그림 5.8.4]에 나타난 것과 같이 유동화 공기상자, 열교환영역, 건조영역으로 구성되어 있다.



[그림 5.8.4] 유동상 건조기의 구조개요

슬러지는 유동화영역에 공급될 때 일정한 크기의 입자로 분해되어 공급되며, 유동화영역에서 이미 건조된 입자들과 혼합되어 유동화 공기에 의해 유동상태를 유지하면서 건조된다. 유동화영역의 온도는 85℃ 정도로 일반적인 건조방식에 비해 낮으며 건조 슬러지는 보통 함수율 10% 이하, 직경 1~5mm의 입자상태를 유지하게 되어 보관 및 운송이 용이한 상태로 배출된다. 건조에 필요한 열원은 보일러를 통해 얻게 되며 가열된 열매체유를 건조기 내에 순환시켜 건조기 내의 온도를 85℃ 정도로 유지한다.

유동상건조기는 건조에 고열을 이용하지 않기 때문에 대기오염물질의 발생율이 상대적으로 낮고 건조 슬러지가 입자상태로 배출되기 때문에 미세입자의 비산방지를 위해 슬러지 저장고에 물을 뿌릴 필요가 없다.

(2)에 대하여

간접가열 건조방식은 열매체와 슬러지의 간접적 접촉을 통하여 열을 전달한다. 열매체로서 증기를 이용하는 것이 일반적이지만 기름을 이용한 경우도 있다. 간접가열 건조방식은 직접가열 건조방식보다 약취 처리 대상 공기량이 작다. 즉 슬러지로부터 증발 되는 수분만이 건조기에서 가스로 발생하기 때문이다. 따라서 탈취에 필요한 시설이나 비용이 감소되는 경제적인 장점이 있다.

형식적으로는 교반기부착형 건조기가 대표적인데 패들건조기라고도 한다. [그림 5.8.5]에 나타난 것과 같이 0.5~3도의 작은 경사로 설치된 구형의 케이싱에 1~4개의 교반 날개를 장착한 회전샤프트를 설치한 것도 있다. 회전 샤프트는 케이싱을 따라 배열되며, 인접한 축은 서로 반대방향으로 각속도 0.1~1.5m/s로 회전한다. 케이싱 자켓 또는 증공 패들 내에 포화증기를 공급하고 자켓과 패들 벽면으로부터 슬러지에 열을 가하는 구조이다. 슬러지는 입구에서 연속적으로 투입되며 회전 샤프트와 케이싱 사이를 채우면서 혼합, 교반된다. 이때 슬러지가 열전달면과의 접촉을 반복하면서 수분이 증발되며 건조된 슬러지는 출구에서 순차적으로 배출된다. 케이싱내의 증발 수분은 외부로부터 흡입된 약간의 건조용 공기(수송가스)와 함께 기계 외부로 배출된다.

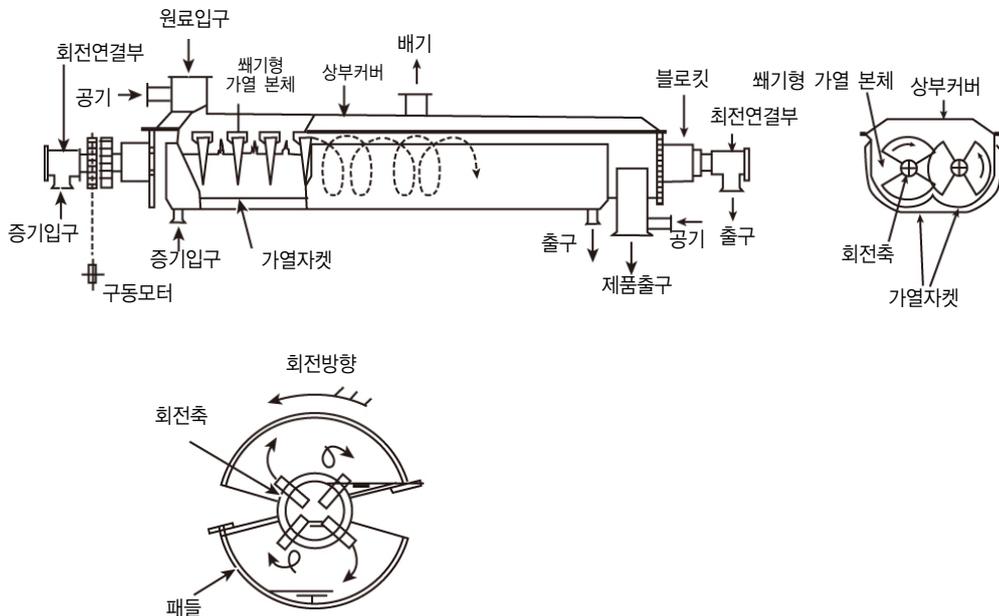
교반기부착형 건조기의 사용상 가장 큰 문제점은 열전달면에 슬러지 부착이다.

열매체로서는 압력 7~9 kg/cm²·G(170~180℃)의 포화수증기를 이용하는 것이 일반적이다. 총열 전달계수는 100~180 kcal/m²·h·℃ 정도이고, 증발속도는 보통 8~15 kgH₂O/m²·h이다. 1대당 최대 증발 능력은 2,500 kgH₂O/m²·h이며, 열전달면적은 200 m² 정도이다. 건조슬러지 함수율은 20~40%로, 목표함수율이 비교적 높을 때 이용되는 경우가 많다.

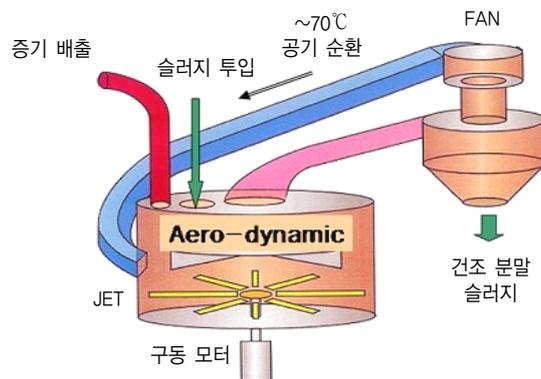
기계식건조방식은 슬러지를 미분화하여 슬러지 내부에 있는 수분이 외부로 드러나게 함으로써 건조시키는 방식으로, 슬러지를 미분화시키기 위해 슬러지를 고속의 공기에 접촉시키거나 고속으로 회전하는 회전판에 슬러지를 충돌시켜 분쇄하는 방식이 사용된다. 이 방식의 건조기는 건조에 열을 이용하지 않기 때문에 슬러지의 건조과정에서 발생하는 악취가 상당부분 저감된다는 장점이 있다.

[그림 5.8.6]은 기계식건조기의 한 가지 형식인 분쇄 건조기의 건조 원리를 나타낸 것으로, 투입된 슬러지는 분쇄기 하부에서 고속 회전하는 회전판과 체인 등에 접촉하면서 분쇄된다. 이 과정에서 슬러지 내부에 포함되어 있던 수분이 외부로 드러나게 되며 판의 회전력에 의해 발생하는 원심력에 의해 슬러지와 분리되면서 건조가 진행된다.

이렇게 건조된 슬러지는 80μm 정도의 입경을 갖게 되어 분말상태로 연료를 공급해야 하는 화력발전소 등에 유효하게 이용될 수 있다. 반면 건조 슬러지가 미세 분말상태이므로 운반 시 특수 차량을 이용해야 한다는 단점이 있다.



[그림 5.8.5] 교반기부착형 건조기의 구조개요



[그림 5.8.6] 분쇄건조기의 건조원리

5.8.3 건조기 설계 순서

건조기 설계는 다음의 순서에 따라 행한다.

- (1) 설계 조건의 설정
- (2) 증발 수분량의 산정
- (3) 건조기 필요용적 또는 열전달면적의 계산
- (4) 필요열량의 산정
- (5) 열원의 검토
- (6) 건조 장치 결정
- (7) 보조 기기의 결정

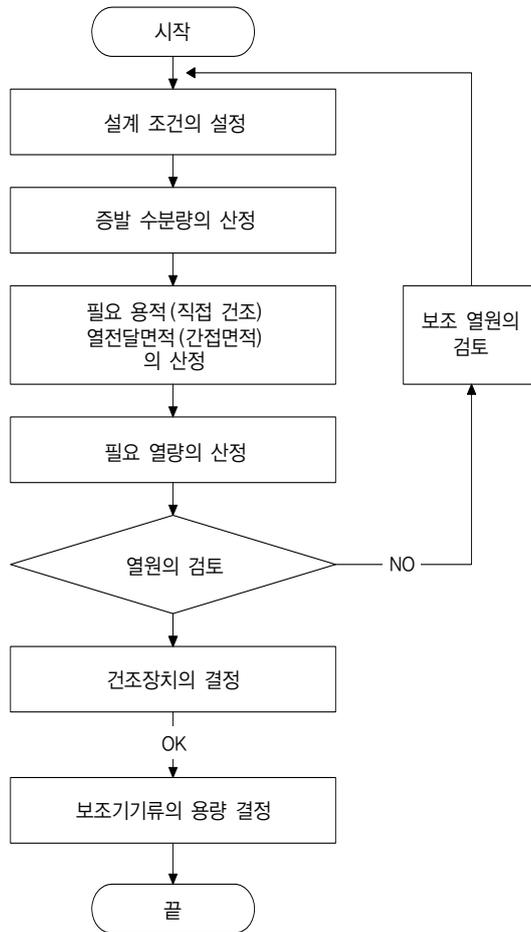
【해설】

건조기 설계 순서 흐름은 [그림 5.8.7]에 나타내었다.

(1)에 대하여

설계 조건으로 다음의 사항을 결정한다.

- ① 처리량
- ② 슬러지 종류(탈수보조제 종류) : 슬러지나 탈수 보조제 종류에 따라 건조 특성이나 점성이 다르기 때문에 설계 시 충분한 배려가 필요하다.
- ③ 공급 슬러지 케익 함수율 : 슬러지 케익은 일반적으로 함수율의 변동 폭이 비교적 크기 때문에 수분과 건조되는 처리량과의 관계를 명확하게 파악해야 한다.
- ④ 건조슬러지 함수율
- ⑤ 건조방식



[그림 5.8.7] 슬러지 건조기 설계 순서

(2)에 대하여

증발수분량은 식(5.8.4)에 의하여 구한다.

$$X = M \cdot \frac{(W_0 - W')}{(100 - W')} \dots\dots\dots (5.8.4)$$

- 여기에서, X : 증발수분량(kg/h)
- M : 슬러지 케익 중량(kg/h)
- W₀ : 슬러지 케익 함수율(%)
- W' : 건조슬러지 함수율(%)

(3)에 대하여

직접가열 건조기의 경우는 필요용적, 간접가열 건조기의 경우는 필요 열전달면적을 식(5.8.5)에 의하여 계산한다.

$$V \text{ 또는 } A = \frac{X}{S_v} \dots\dots\dots (5.8.5)$$

여기에서, V 또는 A : 필요용적(m³) 또는 필요열전달 면적(m²)
 SV : 증발속도(kgH₂O/m³·h) 또는 (kgH₂O/m²·h)

하수슬러지의 증발속도 예는 <표 5.8.3>에 나타나 있다.

<표 5.8.3> 건조기별 증발 속도 예

	증발 속도
직접가열 건조기	100~150 kgH ₂ O/m ² ·h
간접가열 건조기	12~18 kgH ₂ O/m ² ·h (W' = 40~60%)
	10~13 kgH ₂ O/m ² ·h (W' = 30~40%)

(4)에 대하여

열전달량은 식(5.8.6) 및 식(5.8.7)에 의하여 계산한다.

$$Q = H_a \cdot \Delta t \cdot V \text{ (직접가열 건조기의 경우)} \dots\dots\dots (5.8.6)$$

$$Q = U \cdot \Delta t \cdot A \text{ (간접가열 건조기의 경우)} \dots\dots\dots (5.8.7)$$

여기서, Q : 전열량 (kcal/h)
 H_a : 열용량계수 (kcal/m²·h·°C)
 U : 총열전달계수 (kcal/m²·h·°C)

$$\Delta t : \text{슬러지와 열축매의 대수평균온도차 (°C)} = \left\{ \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{2.3 \log \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}} \right\}$$

Δt₁ : 건조기 입구 열매체의 온도와 슬러지 온도와의 차 (°C)

Δt₂ : 건조기 출구 열매체의 온도와 슬러지 온도와의 차 (°C)

일반적인 하수슬러지의 열용량계수(직접가열 건조기) 혹은 총열전달계수(간접가열 건조기)는 <표 5.8.4>에 나타내었다.

<표 5.8.4> 건조기별 열용량계수 및 총열전달계수의 예

	열용량계수 또는 총열전달계수
직접가열 건조기	200~500 kcal/m ³ ·h·°C
간접가열 건조기	100~180 kcal/m ³ ·h·°C

(5)에 대하여

배기가스로부터 회수한 열량을 이용하여 건조에 필요한 열량을 모두 공급할 수 있는 가를 검토하여 부족한 경우에는 보조 열원을 검토한다. 보조 열원으로는 직접가열 건조기의 경우 열풍발생기 등이 있으며, 간접가열 건조기의 경우 전연소보일러 등이 있다.

(6)에 대하여

슬러지 성상 및 건조 목적에 따라 건조 장치 형식은 다르다. 따라서 (1)~(5)의 순서에 따라 경제성, 입지 조건 등을 충분히 파악하고 검토하여 건조 장치를 결정한다. 또한, 배기가스 중의 악취, 먼지, 유해가스, 가연성 가스 등의 적절한 처리가 필요하다.

(7)에 대하여

건조 설비의 주요 보조 기기에는 정량 공급 장치, 보일러 및 급수 장치(증기 간접 건조기 경우), 가스세정기, 악취제거장치 등이 있다.

5.8.4 용량, 수 및 구조

용량 등은 다음의 항목을 고려하여 결정한다.
(1) 용량은 열용량 계수, 총열전달계수 및 증발 속도 등을 고려하여 결정한다.
(2) 대수는 1대당 증발 능력, 계열수순 및 증설 계획 등을 고려하여 결정한다.
(3) 건조기 내부 재료는 내열, 내식성 또는 내마모성 등의 특성이 있는 것을 사용한다.

【해설】

(1)에 대하여

용량 결정은 건조기 형식에 따라 열용량계수, 총열전달계수 또는 증발속도로부터 식(5.8.8)~(5.8.10)을 이용하여 구한다.

① 회전건조기 및 기류건조기

$$V = \frac{Q}{H_S} \cdot \Delta t \dots\dots\dots (5.8.8)$$

여기에서, V : 건조기용량(m³)
Q : 필요열량(kcal/h)
H_S : 열용량계수(kcal/m³ · h · °C)
Δt : 대수평균온도차(°C)

② 교반기부착형 건조기

$$A = \frac{Q}{U} \cdot \Delta t \dots\dots\dots (5.8.9)$$

$$A = \frac{X}{W} \dots\dots\dots (5.8.10)$$

여기에서, A : 건조기 열전달면적(m²)
U : 총열전달계수(kcal/m³ · h · °C)
X : 수분증발량(kgH₂O/h)
W : 증발속도(kgH₂O/m² · h)

회전건조기 또는 기류건조기는 일반적으로 열용량계수에 따라 건조기 본체의 부피를 산출한다. 열용량계수 H_d 는 슬러지 케익의 형상 및 수분에 따라 변하지만 일반적으로 회전건조기는 $200\sim 500 \text{ kcal/m}^3 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$ 정도이다. 기류건조에서 케이싱 부분은 $5,000\sim 6,000 \text{ kcal/m}^3 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$ 이며, 기류건조관은 $2,000\sim 3,000 \text{ kcal/m}^3 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$ 정도이다.

교반기부착형 건조기에서는 총열전달계수 또는 증발속도로 건조 열전달 면적을 산출하는 바, 일반적으로 후자의 방법을 이용한다. 총열전달계수 U 는 $100\sim 180 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$, 증발속도 W 는 보통 $8\sim 15 \text{ kgH}_2\text{O/m}^2 \cdot \text{h}$ 정도이다.

(2)에 대하여

건조기 대수는 1대당 최대 증발능력, 연속되는 공정의 계열수 및 증설 계획을 고려하여 결정한다.

건조 능력을 나타내는 총열전달계수, 열용량계수 및 증발 속도 값은 열매체 온도에 따라, 건조슬러지 함수율은 건조기 조작 조건 및 슬러지 성상에 따라 다르다. 열용량계수나 총열전달계수 값은 원칙적으로는 각 처리장에서 실제 슬러지 운전 실적으로부터 결정하는 것이 바람직하다. 각종 계수는 건조기의 고유한 값이 아니라 건조 과정의 슬러지 함수량 변화에 따라 변하며 슬러지 형상이나 부착성 차이에 따라서도 크게 다르기 때문에 실제 시설 설계에 있어서는 충분한 검토가 필요하다.

건조기 scale-up factor는 슬러지의 건조 특성이 복잡하기 때문에 이론적인 해석에 의한 예측이 곤란하다. 따라서 경험적인 값을 기본으로 하여 <표 5.8.5>에 정리한 최대 증발능력을 기준으로 계획한다.

건조기 대수는 앞서 기술한 1대당 최대 증발 능력을 기본으로 하여 결정하지만 탈수 보조제 종류나 건조 정도, 시설 증설 계획 등을 충분히 고려하여 결정한다. 특히, 소각이나 용융 전처리로서 슬러지 건조 설비를 설치하는 경우에는 시설의 안정적인 연속 운전을 전제로 한 능력 또는 여유 대수 등을 고려한다.

<표 5.8.5> 건조기 형식에 따른 최대 증발 능력

건조기 형식	최대 증발 능력 (kgH ₂ O/h)
회 전 건 조 기	5,000 정도
기 류 건 조 기	9,000 정도
교 반 구 형 건 조 기	2,500 정도

(3)에 대하여

건조기 내부는 고온, 고습이고 약취 성분을 다량 함유하기 때문에 부식이나 마모가 발생하기 쉬운 환경이다. 따라서, 슬러지 접촉부나 기류관은 내열, 내식 및 내마모성을 고려한 재질을 사용할 필요가 있다. 교반기부착형 건조기에서는 케이싱 자켓이나 패들 내에 압력 $7\sim 9 \text{ kg/cm}^2 \cdot \text{G}(170\sim 180^\circ\text{C})$ 의 증기가 통과하기 때문에 재질과 함께 압력 용기로서의 설계 또는 관리를 행할 필요가 있다.

5.8.5 건조 조건 설정

건조 조건은 다음의 각 항목을 고려하여 결정한다.

- (1) 열매체의 건조기 입구의 온도
- (2) 건조에 필요한 열매체 양
- (3) 건조용 공기의 양과 온도

【해설】

(1)에 대하여

열매체의 건조기 입구 온도는 건조 장치 형식에 따라 다르지만 다음에 나타난 온도를 목표로 한다. 회전건조기의 열풍 온도는 건조 시스템 효과 및 사용되는 풍량을 고려하여 650~700℃로 한다. 기류 건조기의 열풍 온도는 효율, 풍량 및 건조 분체 슬러지의 열적 변질 및 과건조에 의한 발화를 고려하여 300~500℃로 한다. 교반기부착형 건조기의 증기 온도는 효율, 열전도면에서의 슬러지 부착, 발화성 및 급격한 과잉 건조를 고려하여 170~180℃로 한다.

(2)에 대하여

열풍이나 증기량은 슬러지 건조에 직접 필요한 열풍과 더불어 슬러지 건조에 직접 기여하지 않고 대기로 방열되는 열손실부분을 고려하여 산출하며, 그 온도 또는 에너지를 기초로 하여 결정한다. 슬러지 건조에 필요한 열량은 식(5.8.11)을 이용하여 구한다.

$$Q = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 \dots\dots\dots (5.8.11)$$

- 여기에서, Q : 슬러지 건조에 필요한 열량
q₁ : 슬러지 고형분 가열 열량(kcal/h)
q₂ : 수분예열 열량(kcal/h)
q₃ : 수분증발 잠열(kcal/h)
q₄ : 대기발산 열량(kcal/h)

q₄의 발산 열량은 계산하는 것이 곤란하며 보통 건조기로 투입되는 열량의 5~10% 정도이다.

(3)에 대하여

건조용 공기는 가능한 한 소량으로 하는 것이 바람직하다. 그러나 건조기내에서 제거된 수분을 확실하게 건조기 외부로 배출하는 위해서는 건조용 가스 중의 수증기가 건조기 내부 및 먼지중에서 응축되지 않을 정도의 양과 온도가 필요하다.

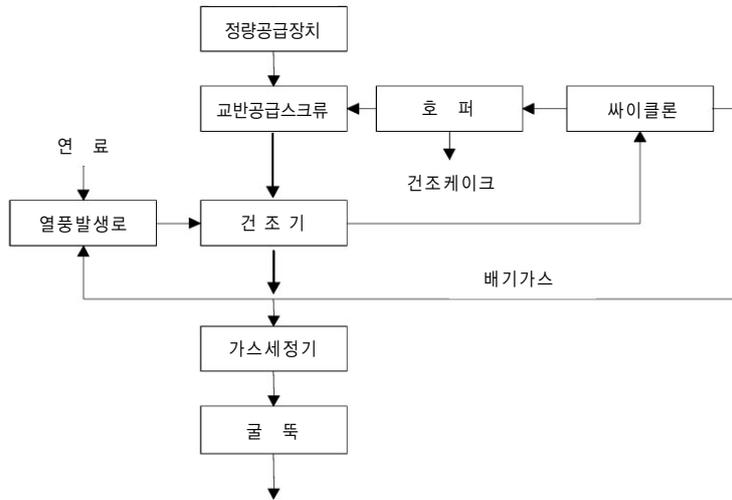
교반기부착형 건조기에서 건조용 공기의 일반적인 외부 배출 온도는 80~90℃이기 때문에 배출시 가스 중의 절대 습도는 0.5~0.8 kgH₂O/kg 건조공기 정도가 된다. 일반적으로 배기가스 온도가 설정된 값보다 10~20℃ 저하된 경우에서도 응결되지 않도록 검토한다. 건조용 공기의 배출 온도 저하를 방지하기 위해서 건조기로 유입 전에 120~130℃로 예열하기도 한다.

5.8.6 부대장치

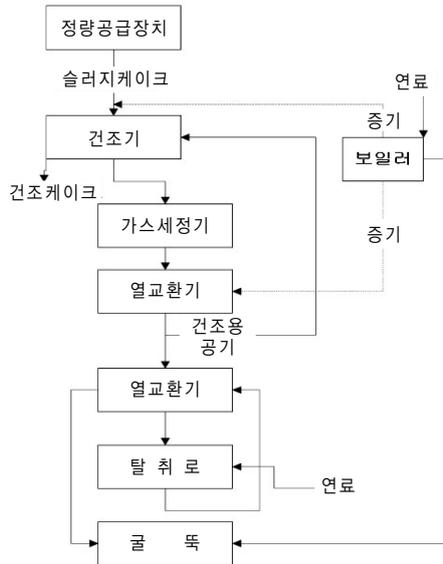
부대장치로서 정량 공급 장치, 보일러 및 열풍 발생로, 가스 세정기, 열교환기, 필요에 따라 독립된 탈취 장치를 설치하기도 한다.

【해설】

건조 설비의 부대장치의 예를 기류건조기 경우는 [그림 5.8.8]에 교반기부착형 건조기 경우는 [그림 5.8.9]에 나타내었다.



[그림 5.8.8] 기류건조설비 흐름도의 예



[그림 5.8.9] 교반기부착형 건조설비 흐름도의 예

1) 정량 공급 장치

건조기의 안정적인 운전을 위해서는 건조기로의 유입슬러지를 정량적으로 공급하는 것이 중요하다. 그러므로 정량 공급 장치는 슬러지 건조 설비의 중요한 구성 요소이다. 통상적으로 나사식 펌프나 호퍼 부착 스크류 피더(screw feeder) 등이 사용된다.

정량 공급 장치에서 가장 주의해야 하는 점은 함수율이 높은 슬러지 케익 성상과 형태를 충분히 파악하는 것이다. 습윤 상태의 슬러지가 정량 공급될 수 없는 원인은 주입 호퍼나 투입 슈트에서 가교나 부착에 의한 막힘, 주입부 내에서의 부착이나 압밀에 의한 막힘, 또는 슬러지의 요동성(搖動性)으로 인해 원활하게 배출되지 않는 점 등이다. 따라서 슬러지의 이와 같은 특성을 각 부분의 구조에 충분히 배려할 필요가 있다.

2) 열풍발생로 또는 보일러

기류건조설비에서 열풍발생로는 슬러지 건조용 열매체인 열풍을 발생시키는 장치는 중유나 도시가스 등을 연료로 사용하는 버너이다. 보일러도 열매체인 과열 증기를 발생시키는 장치이다. 구성 기기로는 보일러 본체의 급수 수질을 개선하기 위한 연수화 장치, 약품주입장치나 급수펌프 등이 있다. 일반적으로는 보일러 기사가 운전 관리를 행한다.

대부분의 건조 설비에서는 다른 공정에서 발생한 증기 또는 소화 가스를 효과적으로 이용하여 시스템 전체의 열효율을 향상시킨다.

3) 가스세정기

가스세정기의 목적은 건조용 공기중 수분과 먼지를 제거하는 것으로 형식은 습식 배기가스 세정 장치이다. 건조용 공기를 처리하는 세정 배수는 현탁고형물질 및 약취의 용해 성분을 함유하므로 처리에 유의할 필요가 있다. 일반적으로는 처리장의 반송수 관로에 의하여 수처리시설로 반송하여 처리한다.

4) 약취제거장치 및 배열회수장치(열교환기)

황화수소 및 암모니아 등의 약취 성분을 함유한 건조 배기가스는 미처리 상태로 대기로 배출할 수 없기 때문에 소규모의 약취제거장치를 설치하는 것을 원칙으로 한다. 약취제거로에 의한 처리에서는 배기가스를 800℃ 정도에서 수 초간 체류시켜 고온 열분해에 의하여 약취를 제거한다. 이 경우 약취제거로에서 보조 연료 소비량 절감을 위하여 배기가스를 약취제거로 입구의 건조 배기가스 온도 상승을 위하여 사용하는 등의 방안이 필요하다.

약취제거장치에서 발생하는 열에너지를 건조 설비 열원으로서는 순환이용하는 방법은 다음과 같다. 열풍을 열매체로 이용한 건조의 경우에는 약취제거로부터 배출되는 고온 배기가스와 공기를 교환기를 이용하여 순환 이용한다. 증기를 열매체로 이용한 경우에는 폐열 보일러에서 과열 증기를 발생시켜 건조 열원으로서는 이용하는 것이 바람직하다.

한편, 슬러지 소각처리시설을 위한 건조 설비의 경우에는 건조 배기가스를 순환 사용하고, 나머지를 연소용 공기로서 로내로 투입하여 약취를 제거하는 것이 일반적이다.

5.9 퇴비화

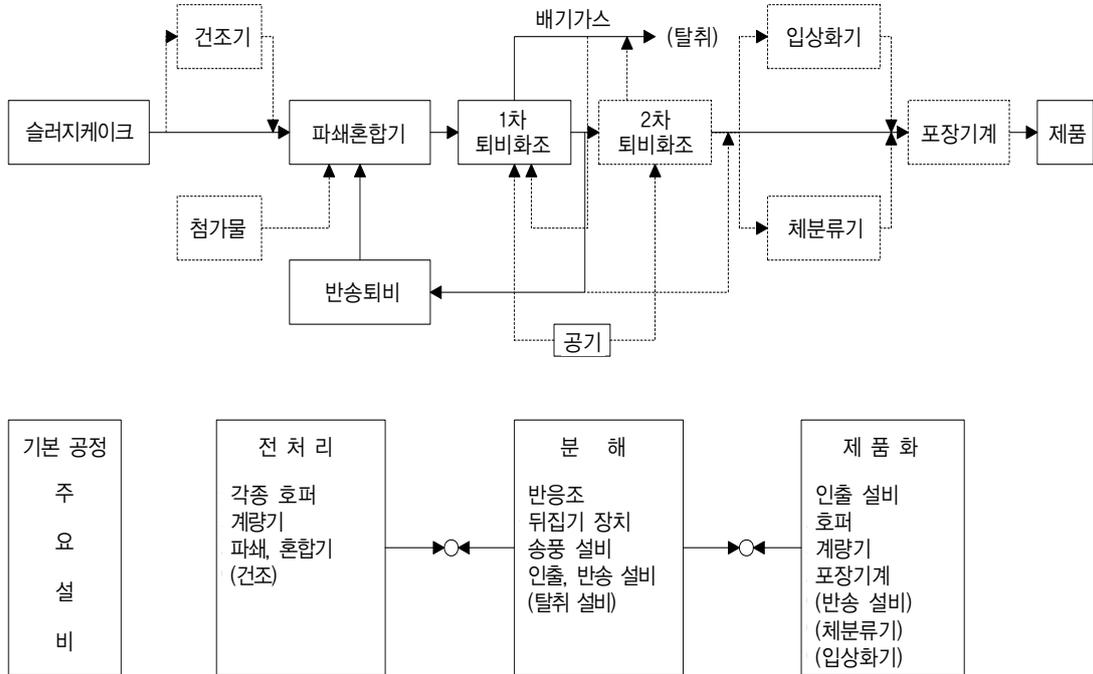
하수슬러지는 질소 및 인 등의 비료 성분 이외에 각종 유기물과 무기물로 구성되어 있기 때문에 녹지·농지에 유기질 보급원으로서의 이용 가치가 높다. 하수슬러지의 녹지·농지로의 이용 형태로서는, 하수슬러지 퇴비, 건조슬러지, 슬러지 케익, 소각재 등이 있지만 비료로서의 가치, 취급의 용이성, 위생 등을 고려할 때 하수슬러지 퇴비화가 바람직한 방법이다.

하수슬러지의 퇴비화는 하수슬러지중 분해가 쉬운 유기물을 호기성 분위기에서 미생물에 의해서 분해시켜서 녹지·농지로의 이용 가능한 형태로 안정화시키는 과정을 말한다.

퇴비화 시설의 기본 공정과 주요 설비를 정리하여 [그림 5.9.1]에 나타내었다.

전처리 공정에서는 양호한 퇴비화를 진행시키기 위하여 통기성 개선, 함수율 및 pH 조정을 행한다. 이를 위해 퇴비 원료가 되는 슬러지 케익에 퇴비의 반송, 왕겨, 톱밥 등을 첨가하고, 파쇄·혼합을 행하여 퇴비화조로 투입한다.

퇴비화 공정에서는 유기물의 분해와 수분의 증발이 진행되며 일반적으로 반응과정은 1차퇴비화와 2차퇴비화로 구분된다. 1차퇴비화에서는 온도 상승과 수분 증발이 급속하게 진행되며, 2차퇴비화에서는 완만한 속도로 진행된다. 퇴비화 기간 중에는 분해에 필요한 산소를 공급하고 분해산물을 적당한 빈도로 뒤집기를 행하여 반응을 촉진시킨다.



[그림 5.9.1] 퇴비화 설비의 기본 공정과 주요 설비

호기성 미생물은 성장에 적절한 환경 조건(온도, pH, 수분, 호기성 상태 등)에서 슬러지 케익에 포함된 유기물을 최종적으로 탄산가스, 암모니아, 수분 및 무기염류로 분해시킨다. 발생된 탄산가스나 암모니아의 대부분은 대기중으로 배출되며 슬러지 케익중의 수분은 분해에 따른 발열에 의해 증발된다. 이와 같은 유기물 분해에 의한 안정화의 주된 효과는 다음과 같다.

- ① 슬러지가 감량화되며, 부패성 가스에 의한 악취와 시비시 작물의 장애(뿌리 부식병, pH 장애 등)를 방지할 수 있다.
- ② 유기물 분해에 따라 발생한 열량에 의해 슬러지 케익의 수분이 증발되므로 생산된 퇴비의 함수율이 낮아 비료로서의 취급성(사용시나 저장시 등)이 향상된다.
- ③ 65℃ 이상(80℃ 부근까지 상승)의 온도상승으로 인하여 하수슬러지중에 포함된 병원균이나 기생충알 또는 잡초 종자를 사멸 또는 불활성화시킴으로서 안정성 확보를 도모할 수 있다.

퇴비화 설비에서는 이러한 점을 효율적으로 행하기 위하여 미생물 반응에 적절한 환경 조건을 조성함으로써 분해를 촉진시키며, 분해시간의 단축이나 수분 증발의 효율화를 도모하는 것이 중요하다.

제품화 공정에서는 주로 제품 퇴비 출하, 사용 및 저장시 취급이 용이하도록 체분류를 통해 입상화하고 포장한다.

재료나 제품의 저장 설비는 퇴비화 시설내의 원료, 제품 등의 간헐적인 흐름에 대한 완충적 설비로서 중요하다. 또한, 발생된 가스 등에 의한 시설의 부식, 작업 환경 및 주변 환경에 대한 대책의 하나로 악취제거 시설이 필요하다.

5.9.1 기본조건

퇴비화 시설의 기본 조건은 다음의 각 항을 종합적으로 고려하여 결정한다.

- (1) 퇴비화 시설의 규모는 퇴비의 수요량에 적합하도록 한다.
- (2) 퇴비는 분해 과정에서 65℃ 이상의 온도에서 2일 이상 경과하여야 한다.
- (3) 퇴비의 품질목표는 슬러지 케익의 성상, 퇴비화 방식, 시비시의 상황, 법령기준 등을 감안한다.
- (4) 퇴비화 시설은 입지조건을 충분히 고려하도록 한다.
- (5) 투입 조건은 품질목표 이외에도 슬러지 케익의 함수율, 퇴비의 반응률, 첨가물의 첨가율 등을 고려한 물질 수지 또는 열수지를 기초로 하여 설정한다.

【해설】

(1)에 대하여

퇴비화 시설의 규모는 퇴비 수요량 예측값에 적합한 양을 기준으로 설정해야 한다. 따라서 지역 특성을 고려한 시장 조사 등에 의해 품질목표 설정과 수요량 예측을 행한 후 퇴비 생산량을 설정하며, 뒤에 언급할 물질 수지를 기초로 퇴비화 계획 슬러지 케익량을 설정한다. 또한, 시설의 가동중지시 대체 처리 시설이 없는 경우에는 시설의 계열수를 복수화하는 것이 바람직하다.

퇴비화 계획 슬러지 케익량과 퇴비 생산량과의 관계는 첨가물의 분해가 없는 것을 가정하면 식(5.9.1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$Q = \frac{Q \times (100 - W_0) \times \left(1 - \frac{D}{100} \times \frac{V_s}{100}\right) + Q_A \times (100 - W_A)}{100 - W} \dots\dots\dots (5.9.1)$$

- 여기에서, Q : 퇴비 생산량(t/d)
 Q0 : 퇴비화 계획 슬러지 케익량(t/d)
 W0 : 슬러지 케익의 함수율(%)
 D : 유기물 분해율(%)
 VS : 슬러지 케익의 유기분(%)
 QA : 첨가물량(t/d)
 WA : 첨가물의 함수율(%)
 W : 퇴비의 함수율(%)

(2)에 대하여

슬러지 케익은 분뇨, 식물에 유해한 병원균, 기생충알, 잡초 종자 등이 포함되었을 가능성이 높다. 따라서, 보건 위생상 고온 살균 효과를 고려하여 퇴비는 65℃ 이상에서 2일 이상 경과하도록 한다.

(3)에 대하여

퇴비의 품질은 크게 다음 항목으로 나눌 수 있다.

- ① 시비시 작물이나 식물 등의 육성을 촉진하고 장애를 일으키지 않을 것
- ② 저장 및 시비시 취급성이 좋을 것
- ③ 제품 퇴비중에 함유된 중금속 등이 토양 및 작물 등에 축적되지 않을 것

퇴비화에 의해 생산되는 제품의 품질은 퇴비화 방식에 따라 차이가 날 수는 있지만 원료인 슬러지 케익 성분 특성과 비슷한 경우가 대부분이다. 일반적으로 슬러지 케익의 특성(함수율, 강열감량, pH, 질소, Ca 함유량 등)은 수처리 및 슬러지 처리 방식에 따라 크게 달라진다.

취급에 있어서는 퇴비의 외관, 냄새, 손 접촉, 첨가물량 및 입경 등을 고려하여야 한다. 또한, 중금속 등의 토양 축적에 대하여는 법령 등에 의한 규제는 물론이며, 시비시의 상황이나 시비량 등을 고려하여 충분한 주의를 기울여야 한다.

이러한 점을 감안하여 품질목표를 설정할 필요가 있으며, 구체적인 설정 항목의 예로서는 다음과 같은 항목을 들 수 있다.

- ①에 해당하는 항목 : 유기분(강열감량), 비료성분(질소, 인, 칼륨), pH, C/N비(탄소/질소 비), 칼슘(알칼리도) 등
- ②에 해당하는 항목 : 외관, 악취, 함수율, BOD, 입경 등
- ③에 해당하는 항목 : 비료관리법의 오염물질 허용치 등

이러한 품질 항목 가운데 pH는 6~8.5, 함수율은 30~40%, C/N비는 20 이하, BOD는 30 mg/g-건조고형물량 이하가 바람직하다.

미생물 체내의 C/N 비는 평균 5~6이므로, C/N비가 높으면 질소 부족으로 인해 미생물의 증식 기능이 제한되어 유기물의 분해 속도가 감소된다. C/N비가 낮으면 질소 화합물의 분해가 진행되어 퇴비 중의 질소 성분이 감소하며 악취가 발생한다.

함수율은 제품, 입경, 시비 방법에 따라 다르나 기계식 시비의 경우에는 건조 설비 등으로 함수율을 20% 정도까지 감소시키는 것이 좋다.

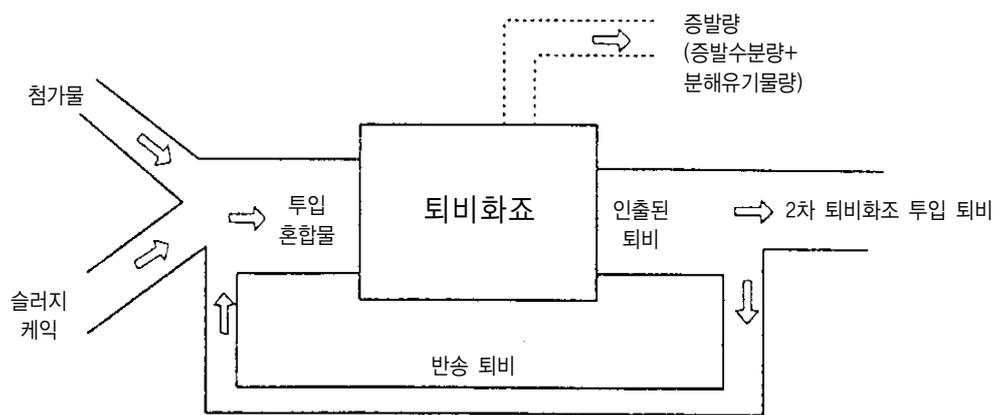
(4)에 대하여

퇴비화 시설은 처리장이나 수요처와의 위치 관계, 주변 환경 등이 경제성에 큰 영향을 미치기 때문에 입지 조건을 충분히 고려해야 한다.

(5)에 대하여

투입 조건 설정은 미생물의 적절한 환경 조건 유지와 생성 퇴비의 품질목표를 만족시키기 위하여 중요한 항목이다. 정상상태의 퇴비화에서는 투입 혼합물량, 분해유기물량, 발열량, 증발 수분량, 생성 퇴비량 사이에서 일정한 순환계가 형성된다.

퇴비화에 있어서 물질(고형물 및 수분)의 흐름은 [그림 5.9.2]와 같다. 물질 수지의 고려대상 물질은 원료, 각종 퇴비, 분해 유기물 또는 증발 수분 등이며, 이는 처리 대상 슬러지 케익, 투입 혼합물의 함수율, 기대되는 분해물질량의 비율, 필요한 퇴비의 함수율을 계산하여 구할 수 있다. [그림 5.9.3]에 나타난 물질수지의 계산 순서를 이용하여 산출한 계산 예를 <표 5.9.1>에 나타내었다.

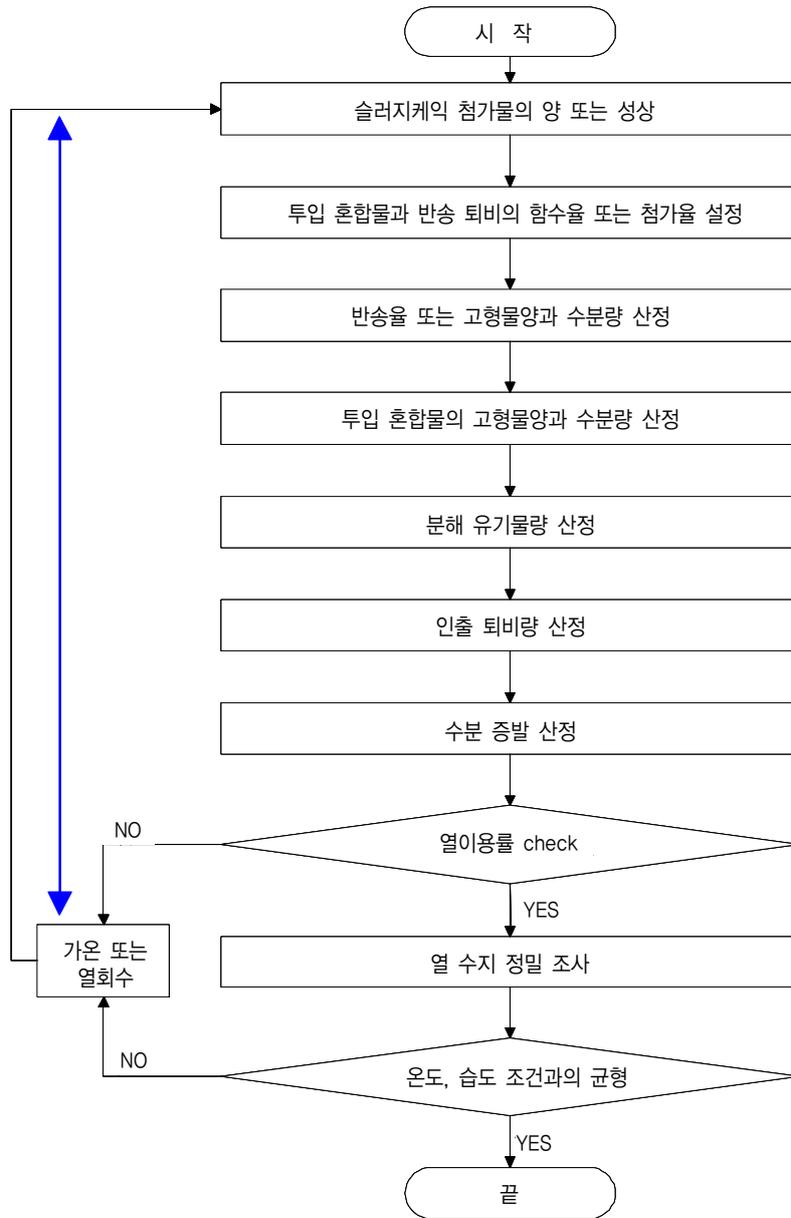


[그림 5.9.2] 퇴비화조 주변의 물질 수지

〈표 5.9.1〉 퇴비화의 유기물 분해율 및 수분 증발률 예

	횡형 스쿠프식		횡형 자동굴진차식		입형 1단패들식		입형 다단낙하로식	
	여름	겨울	가을	겨울	여름	겨울	여름	겨울
투입혼합물의 종류	석회계 생슬러지케익 무첨가		석회계 소화슬러지케익 무첨가		고분자계 생슬러지케익 압축양겨 첨가		고분자계 생슬러지케익 파쇄 나무껍질 첨가	
탈수케익 성상								
함수율(%)	65	72	64	63	79	75	76	77
강열감량(%·DS)	46	58	49	47	54	58	82	84
BOD(mg/g-DS)	162	149	87	53	143	192	451	240
유기물 분해율 (%)								
투입혼합물 기준								
(일차)	18	11	16	12	16	8		
(이차)	-	-	-	-	2	13		
(전체)	-	-	-	-	17	20	19	23
슬러지케익 기준								
(일차)	33	52	48	39	63	25		
(전체)	-	-	-	-	69	63	41	63
수분 증발률 (%)								
투입혼합물 기준								
(일차)	70	33	27	29	68	51		
(이차)	-	-	-	-	6	29		
(전체)	-	-	-	-	70	65	82	75
슬러지케익 기준								
(일차)	-	-	-	-	81	61		
(전체)	84	81	63	65	83	79	105	97
	횡형 스쿠프식		횡형 자동굴진차식		입형 1단패들식		입형 다단낙하로식	
	여름	겨울	가을	겨울	여름	겨울	여름	겨울
비산유기물 kg당								
증발수분량 (일차)	10.1	6.8	4.2	5.8	9.1	12.5		
(kg·수분) (이차)	-	-	-	-	2.3	2.4		
(kg·유기물) (전체)	-	-	-	-	8.5	8.5	9.6	6.4

주 : (일차)=일차분해, (이차)=이차분해, (전체)=전체 공정

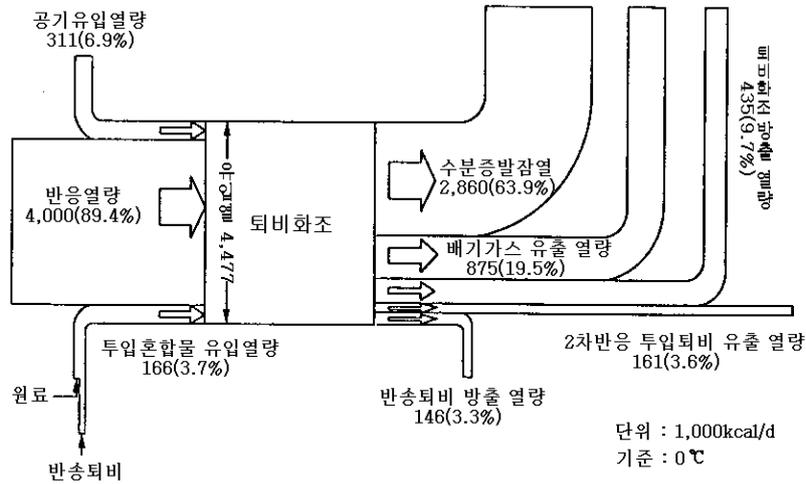


[그림 5.9.3] 퇴비화 공정의 물질 수지의 계산 순서

퇴비화에 있어서는 온도 조건도 중요한 조작 인자이기 때문에 먼저 설정한 물질 수지를 기본으로 유기물 분해에 의한 분해 열량, 외기온도, 배기가스 온도 등의 설정을 행하고 열수지의 검토를 행한다. [그림 5.9.4]에 퇴비화조 주변에 있어서의 열수지의 예를 나타내었다.

이와 같이 물질수지 및 열수지를 산정하여, 목표한 품질을 얻기 위한 반송물이나 첨가물의 투입 조건이 적당한가를 확인한다. 일반적으로 퇴비화는 반송 퇴비만을 이용하여 첨가물을 사용하지 않는 무

첨가 방식과 반송 퇴비와 첨가물의 모두를 사용하는 첨가 방식으로 분류된다. 석회계 슬러지 케익의 경우에는 무첨가 방식을, 고분자계 슬러지 케익의 경우에는 첨가방식을 채택하는 경우가 많다.



[그림 5.9.4] 퇴비화 공정의 열수지 계산 예

<표 5.9.2> 퇴비화시 첨가물 및 반송율의 예

첨가 유무	슬러지케익 함수율 (%)	첨가물 함수량 (%)	반송퇴비 함수량 (%)	투입혼합물 함수량 (%)	첨가물 습윤증량비 (%)	반송물 습윤증량비 (%)	퇴비 C/N비	비고
무 첨 가 방 식	65	-	(1) 25	50	-	54	-	하기
	72	-	41	48	-	258	-	동기
	62	-	(2) 32	45	-	119	-	하기
	63	-	30	46	-	119	-	동기
	65	-	(1) 43	50	-	205	-	하기
	66	-	42	49	-	190	-	동기
	81	-	(1) 33	52	-	181	-	동기
	83	-	(1) 27	66	-	42	-	우기
첨 가 방 식	65	-	(1) 34	49	-	100	-	설계치
	80	-	(1) 26	46	-	200	-	연평균
	74	-	(1) 18	30	-	370	-	연평균
	80	톱밥 29	(2) 57	65	31	39	17.9	동기
	79	압축왕겨 12	(2) 31	58	26	36	18.0	하기
	75	압축왕겨 13	41	57	30	29	19.7	동기
	76	나무껍질 52	(2) 28	62	30	21	11.2	하기
	77	나무껍질 46	36	60	23	38	9.9	동기
	77	톱밥 37	(1) 62	66.5	25	74	-	연평균
	72	압축왕겨 11	(2) 22	61	39	89	-	시운전시
77	톱밥 27	(1) 57	34	34	30	-	설계치	

주 1. 실적 수치는 평균적인 값을 나타냄.

2. 반송 퇴비의 종별 : (1) 일차분해 퇴비 (2) 이차분해 퇴비

반송률 및 첨가율은 주로 투입 혼합물의 통기성을 확보하기 위하여 실시하며, 이때 지표로는 함수율을 사용하지만 품질도 고려할 필요가 있다. 통기성의 기준이 되는 투입 혼합물의 함수율은 석탄계 슬러지 케익의 경우에는 50% 정도, 고분자계 슬러지 케익의 경우에는 60~65% 정도이다. 따라서 슬러지 케익의 함수율을 고려하면 석회계의 반송률(중량비)은 100~200%, 고분자계의 반송률(중량비)은 50% 정도이며, 첨가율(중량비)은 C/N비 등을 고려하여 10~30% 정도가 일반적이다.

고농도의 약품이 주입된 석회계 슬러지 케익의 경우에는 반송률을 낮게 설정하면 투입 혼합물의 pH가 상승하기 쉽고, 분해시 장애가 발생하는 경우가 있기 때문에 주의할 필요가 있다. 혼합물의 최적 pH는 8 부근이지만, pH 6~9의 경우에도 큰 지장이 없다고 한다. <표 5.9.2>에 첨가율과 반송률 예를 나타냈다.

반송 퇴비는 일차 분해물을 사용하는 경우와 이차 분해물을 사용하는 경우가 있지만 미생물의 종류와 pH 조정의 관점에서 보면 분해가 진행중인 일차 분해물을 이용하는 편이 효과적이며, 이 경우 이차 퇴비화조의 용량을 감소시킬 수도 있다.

5.9.2 전처리 설비

전처리 설비는 다음의 각 항목을 고려하여 결정한다.
 (1) 혼합 장치는 교반 또는 분산 기능이 우수한 것으로 한다.
 (2) 필요에 따라 건조 설비를 설치한다.

【해설】

전처리 설비는 슬러지 케익을 호기성 미생물에 의해 분해시키기 위한 환경조건(유기물량, pH, 함수율, 통기성 및 온도)을 조정하기 위해 설치한다.

(1)에 대하여

슬러지 케익 또는 반송 퇴비와 같이 습윤상태로 부착성이 높은 물질의 혼합이나, 첨가물과 같이 물성 차가 매우 다른 물질을 혼합하는 경우에는 내부에 교반장치를 부착한다.

교반장치의 주축에 주어지는 토크 또는 회전 날개에 작용하는 힘이 일정하지 않기 때문에 구조는 강도상 충분히 여유있게 고정한다. 각 부재는 내식성 및 내마모성이 우수한 재료를 사용한다.

(2)에 대하여

슬러지 케익 함수율이 특히 높거나 반송 퇴비 혹은 첨가재료만으로 수분 조정이 곤란한 경우는 건조 설비를 설치한다. 경우에 따라 하루 정도 노천건조방식을 채택하는 경우도 있다.

5.9.3 퇴비화조의 크기

분해 일수 및 유효 용량은 다음의 각 항목을 고려하여 결정한다.
 (1) 일차분해 일수는 10~14일을 기준으로 한다. 다만 퇴비성상의 안정화가 필요한 경우는 이차분해를 행한다.
 (2) 퇴비화조의 유효 용량은 투입 혼합물의 용적, 퇴비화에 의한 용적의 변화 또는 혼합물의 분해 일수를 고려하여 결정한다.

【해설】

(1)에 대하여

분해 시간은 투입 혼합물이 퇴비화조를 통과하는 시간을 나타내는 분해시간과 반송 퇴비의 분해시간이 있지만, 여기에서는 일반적으로 투입 혼합물이 퇴비화조내에 체류하는 분해시간을 사용한다. 분해시간은 <표 5.9.3>을 표준으로 결정한다.

〈표 5.9.3〉 퇴비화의 분해 시간

프로세스		분해시간 (일)
일차분해		10~14
이차분해	자연 통기	30~60
	강제 통기	20~30

(2)에 대하여

퇴비화 과정에 있어서는 유기물 분해, 수분 증발, 혼합물 미세 입자화 등으로 용량이 감소된다. 유효 용량은 투입량과 평균 인출량에 분해시간을 곱하여 식(5.9.2)에 의해 구한다.

$$V = \left(\frac{Q_1 + Q_2}{2} \right) T \dots\dots\dots (5.9.2)$$

- 여기에서, V : 퇴비화조 유효 용량(m³)
- Q₁ : 퇴비화조에 투입되는 혼합물 부피(m³/d)
- Q₂ : 퇴비화조로부터 인출되는 퇴비 부피(m³/d)
- T : 혼합물의 분해시간(일)

더우기, 횡형 퇴비화조나 입형 다단식 퇴비화조의 일부 또는 퇴적형과 같이 구조상 퇴적 높이의 감소에 대한 조 단면을 구하기 곤란한 경우는 Q₁ = Q₂로 가정한다.

투입 혼합물 또는 인출된 퇴비 부피는 각각에 겉보기 비중 값을 설정하여 식(5.9.3)에 따라 산출한다.

$$Q_V = \frac{S_W}{\gamma} \dots\dots\dots (5.9.3)$$

- 여기에서, Q_V : 부피(m³)
- S_W : 습윤 중량(t)
- γ : 겉보기 비중(t/m³)

겉보기 비중 값은 슬러지 케익의 종류, 첨가물의 유무, 함수율 등에 따라서 다르기 때문에 예비실험 등을 통하여 결정하는 것이 바람직하다. 일반적으로는 <표 5.9.4>의 겉보기 비중의 예(실측치)를 참고로 하여 결정한다.

〈표 5.9.4〉 퇴비의 걸보기 비중

	투입 혼합물	일차분해 퇴비
무첨가 방식	0.60~0.75	0.55~0.85
첨가 방식	0.55~0.70	0.50~0.70

퇴비화조에 있어서 혼합물의 퇴적 높이는 3m 이하를 표준으로 한다. 단, 첨가 방식의 경우는 퇴적 높이가 5.5m까지도 가능하다.

5.9.4 퇴비화조 형식과 구조

퇴비화조 형식과 구조는 다음의 각 항목을 고려하여 결정한다.

- (1) 퇴비화조 형식은 퇴적형 및 횡형, 입형이 있으며 주변 환경에 미치는 영향을 충분히 고려하되 가능한 한 간단한 것으로 한다.
- (2) 퇴비화조 구조는 조내 혼합물의 이동이 적절하게 행해지도록 한다.
- (3) 혼합물 및 배기가스 접촉 부분은 내식성을 고려한다.

【해설】

(1)에 대하여

형식 결정은 시설 용량, 원료 성상, 유지 관리성, 환경(작업 환경 및 주변 환경)에 미치는 영향, 실적 등을 충분히 고려하여 종합적으로 결정한다. 일반적으로 일차분해는 반응이 급속하게 진행되며, 발생 가스도 많기 때문에 악취 대책이 쉬운 입형이, 분해 속도가 비교적 완만한 이차분해에서는 퇴적형 또는 횡형이 채택되는 경우가 많다.

① 퇴적형 퇴비화조

입형 또는 횡형과 비교하여 설비가 필요하지 않지만 넓은 부지 면적을 필요로 하며 기상 조건에 따른 영향도 받기 쉽다. 또 통기 시설이 없는 경우가 많기 때문에 장기간의 분해시간을 필요로 한다.

② 횡형 퇴비화조

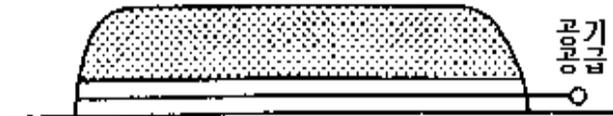
혼합물의 투입, 분쇄 혼합, 이동을 자동 굴진차(shovel roader)로 수행하는 방법과 퇴비화조의 부대 장치로 수행하는 방법이 있으며, 육안으로 분해 상태나 분쇄 혼합 장치를 감시할 수 있다. 입형에 비교하여 퇴비화조 부지면적당 처리 능력이 작다. 악취, 분진, 수증기 등의 관리에 주의가 필요하다.

③ 입형 퇴비화조

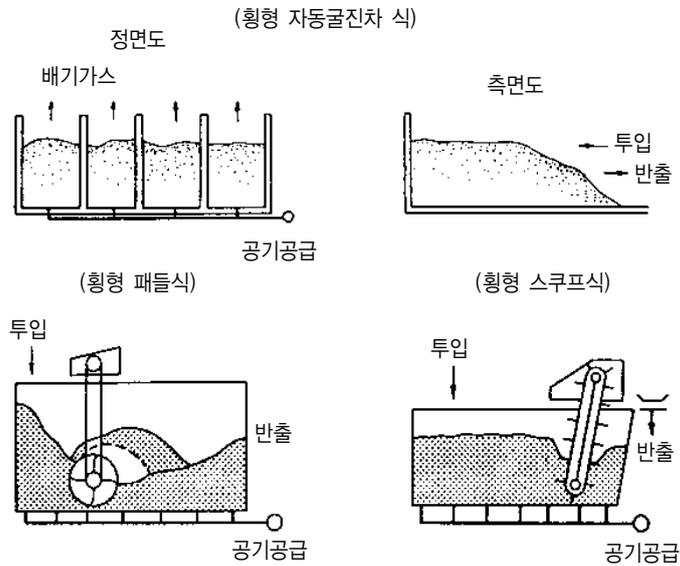
혼합물은 상부로부터 투입되며 부대 장치로 분쇄·혼합하면서 자중에 의해 아래로 이동하는 구조로 구성되어 있다. 밀폐식 구조이기 때문에 작업 환경이 양호하고, 횡형 등의 개방식 퇴비화조와 비교하여 열 손실이 적으며, 악취 대책이 용이하다. 그러나, 다른 형식에 비하여 퇴비화조 설비가 약간 복잡하다. 각 형식의 개요를 〈표 5.9.5〉 및 [그림 5.9.5]~[그림 5.9.7]에 나타내었다.

〈표 5.9.5〉 주요 퇴비화 시설 개요

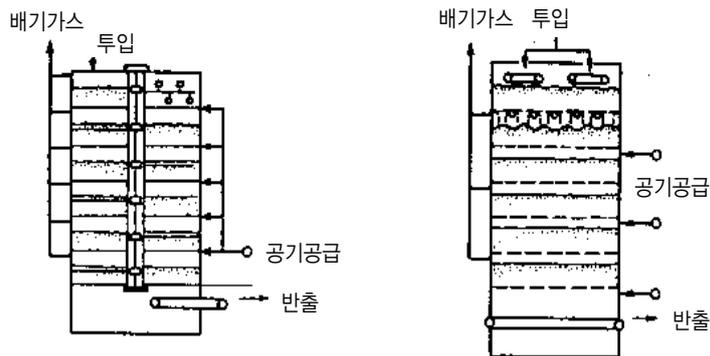
분해조 형식		구조	혼합물의 이동 뒤집기 빈도	통기방법	장점	단점
퇴 적 형	자연 통기식	칸막이, 울타리 가 없는 평면바 닥	트럭, 자동 굴진차 등으로 수행한다. 1회/주 정도	-	시설이 간단하여 신속하고 저렴하게 실시할 수 있다. 고도의 기술을 필 요로 하지 않는다.	덩어리화로 인해 통기불량 발생 장기간의 분해시간 필요 넓은 부지가 필요 발효물의 균일화가 곤란 기상조건에 쉽게 영향을 받는다.
	강제 통기식			조 바닥의 통 기관으로 수행 한다.		
횡 형	자동 굴진차 량방식	상부, 측면 개방 식 사각형조	트럭, 자동 굴진차 등으로 행한다. 1회/주 정도	조 바닥의 통 기관으로 행한 다.	시설이 간단하며 쉽 게 시설할 수 있다. 개방식 구조이기 때 문에 유안으로 감시 가 가능하다.	악취제거 설비가 대형화 된다. 분진 대책이 곤란 덩어리화로 인한 통기 불량 발생 반응물의 균일화가 곤란
	패들식	상부 개방식 사 각형조	패들의 지그재그 운전(전진, 후진 또 는 횡단방향)에 따 라 이동, 뒤집기 1회/주 정도		패들의 뒤집기에 의해 덩어리화가 발생하지 않으며 통기는 양호 발효기간이 짧다. 대형발효조의 운전 이 가능	악취제거 설비가 대형화 된다.
	scoop식		이동 scoop에 의한 이동, 뒤집기 2~6회/주		scoop의 분쇄 혼합 에 의해 덩어리화가 발생하지 않으며 통 기가 양호	악취제거 설비가 대형화 된다 반응조의 최대 규모는 작다.
입 형	패들식	밀폐식 원형조	각단의 회전 패들 에 의해 동시에 교반이 동시되며, 벨트 반대측으로 날려서 연속적으 로 아래쪽으로 이 동 퇴적 된다. 1회/주 정도	각 단의 바다 으로부터 통기 하며, 반응조 상부로 배기된 다.	반응물이 회전판에 의하여 교반되며 압 축되지 않는다. 통기 저항이 작고 필요동력은 작다. 소규모의 악취제거 설비로 좋다.	다단 형식으로 기계 높이가 높아 진다.
	다단 낙하식		각단의 낙하문의 개폐에 의하여 연 속적으로 낙하하 며 교반, 이동된다. 1회/2~4 일	통기와 배기는 각 단의 교차 로 인해 행해 진다.	부지면적이 작다. 소규모의 악취제거 설비로 좋다.	자연 낙하에 의해 교반되기 때문 에 적당한 분쇄와 통기는 기대할 수 없다. 구조가 비교적 복잡하다. 다단형식으로 기계 높이가 높다.



〔그림 5.9.5〕 퇴적형 퇴비화조의 형식



[그림 5.9.6] 횡형 퇴비화조의 형식



[그림 5.9.7] 입형 퇴비화조의 형식

(2)에 대하여

① 퇴적형 퇴비화조

- 1) 실내식의 경우는 분쇄·혼합·반출에 필요한 작업 공간을 확보하는 것과 함께 악취가 외부로 유출되지 않도록 배려한다.
- 2) 실내식, 실외식 모두 퇴비화조 하부는 콘크리트로 작업한다.

② 횡형 퇴비화조

- 1) 조내 각 부위의 혼합물을 이동시킬 수 있는 분쇄·혼합장치를 설치한다.
- 2) 악취 및 분진 대책을 고려한다.

③ 입형 퇴비화조

- 1) 자립형으로서 자중, 집적 하중, 풍압 또는 지진에 내구성이 있는 구조로 한다.
- 2) 기밀 구조로서 보온을 고려한다.
- 3) 수리 점검이나 시료 채취를 위한 개구부를 고려한다.
- 4) 조내 혼합물의 이동이 적절하게 행해질 수 있는 구조로 한다.
- 5) 단수는 1~10단으로 한다.

(3)에 대하여

퇴비화조 본체는 입형의 경우를 제외하고는 철근콘크리트제로 시공하는 것이 원칙이며, 배기가스가 접촉되는 부분에 대하여는 스테인리스 재질을 사용하거나 방식도장 등의 부식 대책을 고려한다.

5.9.5 공기공급량

공기공급설비는 다음의 각 항목을 고려하여 결정한다.

- (1) 공기공급량은 퇴비화조 형식, 슬러지 케익 종류, 분해 일수 등을 고려하여 결정한다.
- (2) 공기공급용 송풍기 등의 설치 대수는 예비율 포함하여 2대 이상으로 한다.
- (3) 공기공급장치는 필요 공기공급량을 확보할 수 있는 용량의 것으로 한다.

【해설】

(1)에 대하여

공기공급량은 공기공급 방법, 퇴비화조 형식, 분해시간 등의 조건에 따라 다르지만 <표 5.9.6>에 나타난 값을 참고로 한다.

<표 5.9.6> 퇴비화의 공기공급량

공기공급 지표	퇴비화조 형식	공기공급량 범위
유효부피(m ³)당 (N l/min)	퇴적형·회형	50~150
	입형 일단식	30~100
공기공급속도 (m/min)	입형 다단식	100~150
	회형 또는 입형	0.10~0.25

이차퇴비화조에는 공기공급이 반드시 필요하지는 않지만, 분해시간을 단축하고자 할 경우에는 공기공급을 고려한다. 공기공급량은 퇴비화조내 혼합물 1 m³당 10~20 l/min을 표준으로 한다.

(2)에 대하여

송풍기의 종류에는 터보 송풍기, 축류팬, 로타리 송풍기 등이 있다. 기종의 선정은 풍압 또는 풍량에 따라 가장 합리적이고 효율이 우수한 것을 사용한다. 또한, 원칙적으로 예비 송풍기를 계획한다.

풍압은 투입 혼합물의 함수율, 공기공급성, 퇴적 높이, 배관 밸브의 마찰 손실 등에 따라 다르므로

이를 고려하여 적절한 풍압(송풍기) 또는 진공압(배풍기)을 선정한다.

지금까지의 실적에 의하면 퇴비화조 형식에 따른 풍압의 대략적인 범위는 다음과 같다.

횡형: 1.96~16.66 kPa

입형다단식(무첨가방식): 2.45~9.80 kPa

입형다단식(첨가방식): 0.294~6.86 kPa

입형일단식: 6.86~39.2 kPa

(3)에 대하여

공기공급장치의 용량은 필요 공기량에 따라 결정하며, 주입된 공기가 퇴적 혼합물을 한 번에 통과하도록 배관 및 공기공급공을 배치한다. 공기공급장치의 구조는 혼합물에 의하여 막힘이 없도록 한다.

5.9.6 제품화 관련 설비

제품화 설비는 필요에 따라 다음의 각 설비를 설치한다.

- (1) 체분류 설비
- (2) 입상화 설비
- (3) 포장 설비

【해설】

(1)에 대하여

체분류 설비는 입경의 균일화, 미분해부분이 많은 큰 덩어리의 제거, 첨가물 등의 회수, 포장기계 조작성의 문제방지 등을 위하여 설치한다.

체분류기의 선정시에는 체간격의 크기, 처리량, 원료의 점성에 따른 막힘, 포장기계의 특성 및 진동 강도 등을 검토하여 사용 목적에 맞도록 결정하여야 하지만 일반적으로 진동 체분류방식 가운데서 선정하는 것이 바람직하다. 또한, 분진의 발생에 대한 대책도 고려할 필요가 있다.

(2)에 대하여

입상화 설비는 퇴비 제품을 3~10 mm 정도의 원주 또는 입자 형태로 가공하는 것으로 시비상(농업 기계 등)의 편리성 향상, 비산 방지 등을 위하여 설치한다.

입상화 설비에는 원료를 스크루를 이용하여 한쪽 끝에서 스크린으로 밀어 넣어 입상화하는 스크루압출형, 원료를 둥근 롤러에 의해 스크루로 압입하여 입상화하는 롤러 압입형, 경사진 pan(원통형)을 회전시켜 공전 및 자전에 의하여 입상화하는 경사판형이 있다.

(3)에 대하여

포장 설비는 유통시 저장, 운반 및 취급의 용이성을 도모하기 위하여 설치한다. 포장기는 상부 저장 호퍼, 계량기, 포대 탈착기, 포대 밀봉기, 컨베이어 벨트 등으로 구성되며, 전자동방식과 반자동방식이 있다.

전자동식은 모든 공정을 자동으로 행하는 것이고, 반자동은 계량을 자동으로 행하지만 밀봉은 수동으로 행하는 방식이다.

1시간당 처리량이 100포대 정도까지는 반자동 방식이 가능하지만, 이 이상의 처리가 필요한 경우에는 전자동 방식을 채택하는 것이 바람직하다.

5.9.7 저류 설비

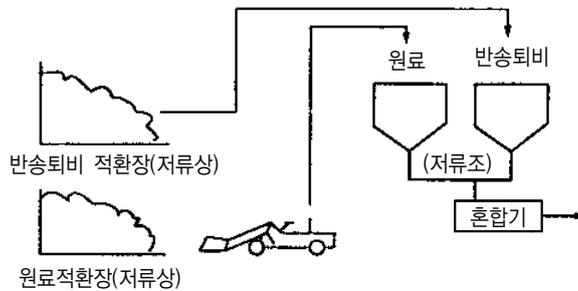
저류 설비는 다음의 각 항목을 고려하여 결정한다.
 (1) 저류 방식은 노상저류 또는 호퍼 방식으로 한다.
 (2) 저류 용량은 1~2일 정도로 한다.

【해설】

(1)에 대하여

퇴비화 시설내의 원료, 제품 등의 간헐적인 흐름의 완충 설비로서 필요에 따라 저류조 또는 저류상을 설치한다.

저류조는 원료나 반송 퇴비의 일차 저류용으로 설치하며 원료에 따른 형식은 강철제 호퍼형으로서 브릿지 현상 등이 발생하지 않는 구조로 한다. 또한, 스크루 분쇄, 인출기 등의 분쇄·인출 장치를 설치한다. 저류상은 임시 설비인데 바닥면은 콘크리트로 시공한다. 저류 설비의 사용 예를 [그림 5.9.8]에 나타내었다.



[그림 5.9.8] 저류조 및 저류상의 예

(2)에 대하여

저류 설비는 일시적인 저류를 수행하는 것이기 때문에 최소한의 용량으로 한다.

5.9.8 저장 설비

저장 설비는 수요량의 계절적 변동을 고려한 용량으로 한다.

【해설】

퇴비 수요는 통상 봄과 가을에 최대가 되며 변동이 크다. 특히 적설 한냉지 등에서는 겨울동안 수요의 극단적인 감소가 예상되기 때문에 연간 수요 변동이나 유통 경로에서의 비축량도 고려하여 필요한 저장 설비를 설치한다.

5.9.9 악취제거 설비

악취제거 시설을 설치한다.

【해설】

퇴비화 설비에 있어 주요 악취원은 저류조, 퇴비화조, 반송 장치 등이며 특히 퇴비화조의 배기가스의 악취 강도가 높다. 배기가스 중의 악취 물질의 주성분은 암모니아, 메틸머캡탄, 이황화메칠, 트리메틸아민 등이 있지만 성분은 슬러지 케익 종류에 따라 다르며, 생탈수케익을 원료로 하는 경우가 소화슬러지 케익의 경우보다 암모니아, 메틸머캡탄 또는 이황화메칠의 악취 강도가 높은 경향을 나타낸다. 퇴비화조의 형식에 따라라도 배기가스량이나 악취 물질 농도가 다르다.

탈취 설비로부터의 세정배수는 고농도의 암모니아 등을 포함하기 때문에 하수 처리장으로 직접 유입시킨다. 소량인 경우에는 진공 운반 차량으로 흡입하여 하수 처리장으로 투입할 수 있다. 어떠한 경우도 세정배수는 처리 시설에 의해 적절하게 처리할 필요가 있다.

5.9.10 퇴비화의 문제점

하수슬러지를 이용하여 퇴비를 생산할 경우는 다음 사항을 고려하여야 한다.
(1) 품질관리
(2) 유통체계

【해설】

퇴비의 함수율은 약 35% 이하를 목표로 하며, 양호한 퇴비화가 이뤄진 경우에는 적갈색 혹은 다갈색의 균일한 입자가 된다. 퇴비화가 불량하고 혐기성이 강한 경우에는 흑갈색이며, 슬러지 덩어리가 생긴다.

(1)에 대하여

슬러지로 생산한 퇴비의 품질에 대해서는 사용목적에 맞도록 정기적인 검사를 실시하여 안전성을 확보하여야 하며 판매를 위해서는 비료관리법 제14조의 규정에 의한 부산물 비료로 지정받아야 한다.

① 중금속

탈수케익중에 유해물질이 미량이라도 들어 있으면 퇴비 속에도 이러한 유해물질이 잔류할 가능성이 있다. 퇴비를 작물에 사용할 경우에는 농림부에서 정한 부산물 비료의 중금속 위해성 기준을 만족시켜야 한다(〈표 5.9.7〉 참조).

〈표 5.9.7〉 부산물 비료 규격

항 목		함유농도
크	롬	300 mg/kg 이하
납		150 mg/kg 이하
카드뮴	뮴	5 mg/kg 이하
수은	은	2 mg/kg 이하
비소	소	50 mg/kg 이하
구리	리	500 mg/kg 이하

※ 자료 : 농촌진흥청 고시 제 2002-29호(2002.12.31) 비료공정규격

〈표 5.9.8〉 병원균 및 기생충의 내열성

병원균	사멸조건		비고
	온도(°C)	시간(분)	
티브스균	55~60	30	40°C 이상에서 성장 중지
살모넬라균	55, 60	60, 15	
이질균	55	60	
대장균	55, 60	15~20	
선모충	62~65		50°C의 1시간처리로 감염성 감소
결핵균	66	15~20	
디프테리아균	55	45	알
회충	15~20	15~20	
아메리카갈충	45	50	

② 위생처리

하수슬러지중에는 병원균, 기생충, 바이러스 및 잡초씨 등이 들어 있을 가능성이 있으므로 이에 대한 위생처리가 필요하다. 위생처리란 슬러지 퇴비 사용자의 건강에 대한 안전성과 작물에 대한 식물병 이상의 안전성 등을 고려하는 것을 말한다.

유해생물에 대해서는 분해온도 65~70°C 이상의 상태가 1~2일 이상 지속되면 일반적으로 위생처리 되었다고 볼 수 있으나 제품화하여 공급할 퇴비에 대해서는 반드시 정기적인 확인검사를 실시하도록 한다. 〈표 5.9.8〉에 병원균 및 기생충의 불활성화 온도를 참고로 제시한다.

(2)에 대하여

퇴비는 연중 지속적으로 생산되므로 농가의 수급 시기와 맞지 않는 경우가 발생한다. 따라서, 보관 및 저장체계에 대한 고려가 필요하며 도시 부근의 녹지대나 공원, 도로 및 건설현장, 쓰레기 매립장의 복토재 등 지속적인 사용이 가능한 시장확보도 고려하여야 한다.

5.10 슬러지 소각

슬러지의 소각은 슬러지에 열을 가함으로써 산화 가능한 유기물질을 이산화탄소와 수분으로 전환시켜 제거하는 것으로 슬러지 처분량의 감소 및 안정화를 도모하는 것이다. 슬러지 소각의 장점으로는

- ① 위생적으로 안전하다(병원균이나 기생충 알의 사멸).
- ② 부패성이 없다.
- ③ 탈수케익에 비하여 혐오감이 적다.
- ④ 슬러지 용적이 1/50~1/100로 감소된다.
- ⑤ 다른 처리법에 비해 소요 부지면적이 적다.

그러나, 단점으로

- ① 대기오염방지를 위한 대책이 필요하다.
- ② 유지관리비가 상당히 높다.
- ③ 주변환경에 영향을 줄 수 있다.
- ④ 소각장을 건설할 경우 처리장의 입지조건을 충분히 검토하여야 한다.

는 점 등이 있다.

슬러지 소각방식에는 기존의 폐기물 소각로에 슬러지를 투입하여 폐기물과 함께 소각하는 혼합소각방식과 슬러지 만을 전용으로 소각하는 소각로에서 슬러지를 소각하는 전용소각 방식이 있으며, 전용소각 방식은 열조작방식에 따라 소각, 용융, 건류, 습식산화 등으로 분류된다. 또한, 소각로의 구조에 따라 단소각로, 회전소각로(로타리킬른), 기류건조소각로, 유동층소각로, 분무소각로, 사이클론소각로, 그리고 열분해(pyrolysis) 등이 있다. 습식산화는 슬러지를 액상 그대로 고압에서 공기를 공급해 산화시키고, 액상의 재를 탈수하는 방법이다. 주요 소각로의 특성을 비교한 자료가 <표 5.10.1>에 나타나 있다.

슬러지를 혐기성 소화시킬 것인가 소각시킬 것인가를 판단하기 위해서는 신중한 고려가 필요하다. 혐기성 소화와 소각처분은 각각 장단점을 지니고 있으며 이러한 처분방법의 결정에는 건설비와 장기적인 유지관리비, 슬러지의 최종처분방법, 지역적 규모와 특성, 운전관리 능력, 매립지의 확보 가능 여부 등의 종합적인 요소를 고려하여야 한다. 하수슬러지의 처리방식에 따른 에너지측면에서 유지관리비를 비교해보면, 일반적으로 슬러지 처리시에 소요되는 에너지량은 하수처리시설의 총전력사용량의 약 10~20%를 차지하는 것으로 알려져 있으며, 슬러지를 소각하는 경우 소각로의 형식, 운전조건 등에 따라 소요 에너지량도 다르게 나타난다.

혐기성 소화조에 의한 슬러지 소화방식과 소각방식을 비교하여 슬러지 처리과정을 선택할 때에는 최종처분 방법을 충분히 고려하여야 한다(<표 5.10.2> 참조).

슬러지 소각시설을 설치할 때에는 먼저 인근에 이미 가동 중인 생활폐기물 소각시설에 슬러지를 혼합 소각할 수 있는지 검토해야 하며, 이때에는 접근성과 경제성, 소각시설의 여유용량, 장래 증설계획, 혼합소각에 따른 대기오염물질 저감대책 등을 충분히 검토하여야 한다.

생활폐기물 소각시설에 슬러지를 혼합 소각하는 경우, 소각시설의 종류에 따라 혼합 소각할 수 있는

량이 다르지만 탈수 슬러지 기준으로 중량대비 최고 40~60% 범위 내에서 혼합소각이 가능하다.

슬러지를 혼합 소각하면 시설설치비가 절감될 뿐 아니라 소각시설에서 발생하는 폐열을 건조열원으로 활용할 수 있으며, 악취물질은 소각시설의 연소용 공기로 활용할 수 있어 악취 발생을 최소화 하는 등의 다양한 장점이 있다.

〈표 5.10.1〉 주요 소각로의 종류별 특성 비교

항목 \ 종류	다단소각로	유동층소각로	회전소각로	기류건조소각로
건설비	중	중	중	대
내구성	대	대	중	중
처리량범위(습윤기준)	50~6,000 kg/h	50~6,000 kg/h	100~3,000 kg/h	100~3,000 kg/h
소각의 용이성	아주 용이	아주 용이	비교적 용이	용이하지 않음
승온시간	40분~1시간 정도	20~40분	30~50분	40분~1시간 정도
공기비	1.4~2.0	1.3	2.4~3.2	2~3
열부하량(kcal/m ³ ·h)	70,000~150,000	150,000~450,000	70,000~100,000	-
소각온도(℃)	700~900	750~850	700~900	700~900
소각건조병행	가능	가능	가능	가능
보조연료사용량	중	적음	많음	많음
분진발생량(g/Nm ³)	0.85~2	5~30	3~6	-
혼합소각가능성	가능	가능	가능	불가능

〈표 5.10.2〉 하수 1 m³당 슬러지 처리시 총에너지 사용량의 예(일본, 요코하마시)

처리방식	전력사용량		연료사용량		합계	
	전력(kwh)	사업용 발전소연료(kcal)	사업용 발전소연료(kcal)	연료(kcal)	전력(kWh)	연료(kcal)
농축슬러지+탈수	0.034	91	0	0	0.034	91
혐기성소화+탈수	0.021	56	0.06 (0)	165 (0)	0.081 (0.021)	221 (56)
농축슬러지+탈수+소각	0.055	148	0.058	161	0.113	309
혐기성소화+탈수+소각	0.042	113	0.121 (0.061)	326 (161)	0.163 (0.102)	439 (278)

주: 1) 혐기성 소화의 ()는 연료사용량중 소화가스의 사용량을 뺀 경우임.

2) 연료를 전력으로 환산하는 경우 사업용 화력발전효율은 40%, 송전효율은 80%로 함.

슬러지 소각설비를 선택할 때에는 슬러지의 처리방법 및 최종처분방법을 검토하며, 처리장의 입지조건, 경제성, 운전조작의 편리성, 안전성, 환경대책 등을 고려해야 한다. 또한, 슬러지 소각설비를 하는 경우는 악취, 배기가스 등이 주변 환경에 미치는 영향을 고려해 충분한 대기오염방지장치를 설치해야 한다.

5.10.1 기본 고려 사항

슬러지 소각로는 다음 사항을 고려하여 설계한다.

- (1) 슬러지의 열량을 파악하여 보조연료의 필요유무를 결정한다.
- (2) 이론공기요구량 및 잉여공기 요구량을 결정한다.
- (3) 열회수의 경제성을 파악한다.

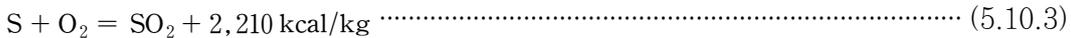
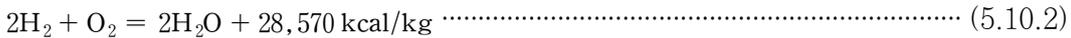
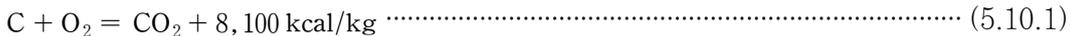
【해설】

(1)에 대하여

연소는 연료와 산소가 반응하여 열을 내는 것으로, 하수슬러지의 구성원소 중에서 연소가능한 성분은 탄소, 수소, 황 등이다.

연소시 필요한 산소의 공급을 목적으로 공기가 주입되어야 하며 완전연소 결과 탄산가스, 수증기, 아황산가스 그리고 불활성의 재가 생긴다. 연소가 잘되기 위해서는 연료와 공기를 알맞는 비율로 공급하여 완전히 혼합시켜야 하며 지속적인 점화가 되도록 유지해야 한다.

다음은 주요 물질연소의 기본식이다.



각각의 보조연료는 유효열량을 가지고 있는데 유효열량은 연소실 내에서 발생하는 총발열량에서 건 배기가스와 수분의 손실을 뺀 열량으로 계산된다.

수분을 함유하는 유기성 슬러지를 연소시킬 때 기체상태의 생성물은 식(5.10.6)에 주어진 바와 같이 슬러지의 수분증발과 수소의 산화 때문에 수증기를 함유한다. 배기가스의 열량은 각 성분 가스의 무게에 출구온도에서의 열량을 곱하면 된다. 슬러지내 수소의 연소로 생기는 배기가스 중의 수분은 분리시켜 유입슬러지의 수분무게에 더함으로써 연소가스 내에 존재하는 전체수분의 열량계산이 가능하게 된다. 배기가스 내에 존재하는 수분의 전체 열량은 출구온도에서의 잠열(latent heat)과 감열(sensible heat)의 합계와 같다. 보조연료가 사용되는 경우에는 슬러지는 물론 보조연료의 연소로부터 생기는 연소가스의 부피와 열량을 계산할 필요가 있다.

소각공정의 설계에 있어서 기본요소중의 하나는 연소되는 연료의 구성과 양이다. 연료의 구성은 연료의 열량을 결정하며, 연료량은 소각로의 크기에 영향을 미칠 수 있다. 연료의 열량은 연료의 탄소, 수소 그리고 황 함량에 의하여 결정되는데 이들의 열량은 식(5.10.5)~(5.10.7)에 주어진 것과 같다. 따라서 연료의 탄소 및 수소 함량에 변화가 생기면 열량에도 변화가 일어난다는 것을 알 수 있다.

각 연료는 특징적인 열량을 가지는데 유효열(effective heat)은 연료의 열량에서 배기가스로 빠져나가는 열량을 뺀 것이다. 슬러지나 연료의 열량을 조사하는 방법에는 열량계에 의한 방법과 원소분석에 의한 방법, 추정식에 의한 방법이 있다. 일정량의 물질을 연소시켜 발생하는 열량을 기계적으로 측

정할 수 있는 장치중 하나가 단열열량계(bomb calorimeter)이다. 단열열량계로 측정된 슬러지의 열량의 대표적인 값들이 <표 5.10.3>에 주어져 있다. 그러나 이 값은 미국의 자료이므로 소각로 설계시에는 실제 슬러지의 발열량 분석이 선행되어야 한다.

〈표 5.10.3〉 단열열량계로 측정한 하수슬러지의 열량

종류	연소가능물질함량(%)	열량(kcal/kg건조고형물)
그리스와 스킴	88	9,280
일차슬러지	74	5,740
소화슬러지	60	2,940
화학슬러지	57	4,170

슬러지의 총열량을 대략적으로 결정하는 추정식중의 하나로 식(5.10.4)로 표시되는 두롱공식(dulong formula)이 있는데 이 공식을 이용하기 위해서는 슬러지의 탄소, 수소, 황 및 산소함량을 알아야 한다.

$$Q = 14,544C + 62,208\left(H - \frac{O}{8}\right) + 4,050S \dots\dots\dots (5.10.4)$$

- 여기에서, Q : 슬러지의 총열량(kcal/kg)
- C : 슬러지의 탄소함량(%)
- H : 슬러지의 수소함량(%)
- O : 슬러지의 산소함량(%)
- S : 슬러지의 황함량(%)

연소과정을 적당히 조절하면 슬러지 내의 유기성 질소는 질소산화물로 산화되지 않으므로 질소는 열량 계산에 영향을 미치지 않는다.

소각시설의 운영을 이해하는데 있어서 감열과 잠열의 이해가 대단히 중요하다. 감열은 물체가 열을 얻거나 잃었을 때 물체의 온도변화에 사용되는 열로서 식(5.10.5)와 같이 그 물질의 열용량 또는 비열에 기준온도(보통 0℃ 혹은 15.5℃)와 소각온도와의 차이를 곱해서 구한다.

$$Q_s = (M_{cp})(W)(T - t) \dots\dots\dots (5.10.5)$$

- 여기에서, Q_s : 잠열(kcal)
- M_{cp} : 평균비열(kcal/kg·℃)
- T : 소각온도(℃)
- W : 물질의 질량(kg)
- t : 기준온도(℃)

잠열은 온도변화없이 상변화를 일으키는데 요구되는 열량이다. 대부분의 열수지 계산에서 취급되는 상변화는 액체와 기체간의 전이를 의미하며 주로 증발잠열과 관련이 있다. 잠열은 온도에 따라 변하며 연소계산에서 0℃ 혹은 15.5℃를 기준으로 가정한다.

식(5.10.5)를 T에 대해 정리하면 식(5.10.6)과 같이 소각시의 이론적인 소각온도를 구할 수 있다.

$$T = \frac{Q_s}{(W)(M_{cp})} + t \dots\dots\dots (5.10.6)$$

이론적인 소각온도는 모든 열이 회수되어 소각생성물의 온도를 올리는데 이용되기 때문에 소각환경에서 열손실이 전혀 없다는 가정 아래 성립된다. 그러나 실제에 있어서는 소각시 다음에 열거된 이유에 의하여 이론소각온도보다 낮은 온도가 된다.

- ① 배기가스내의 수분(잠열)
- ② 소각하지 않은 탄소
- ③ 잉여공기
- ④ 복사
- ⑤ 재의 열합량
- ⑥ 반응열 또는 생성열

따라서, 소각과정에서는 연료의 소각에 의하여 공급되는 열량과 열손실이 같은 평형상태의 최종온도를 유지하게 된다. 이와 같은 평형온도가 자체의 연료에 의하여 유지되는 경우 자생연소온도(auto-genous burning temperature)라 한다.

하수슬러지의 구성은 여러 가지 요소에 의해서 크게 변한다. 예를 들어 1차슬러지는 생물학적 슬러지보다 그리스 함량이 높기 때문에 열량도 높다. 슬러지를 소화시키면 유기물이 감소되어 열량이 줄어들므로 소화슬러지보다는 소화되지 않은 슬러지를 소각시키는 것이 더 경제적이다. 여러 가지 슬러지의 평균 성상은 <표 5.10.4>와 같다.

<표 5.10.4> 하수슬러지의 가연분 및 열량(미국)

슬러지(%)	가연성물질(%)	재(%)	열량(kcal/kg가연성물질)
유지류와 스크	88.5	11.5	9,320
유입하수슬러지	74.0	26.0	5,720
생물학적 슬러지	80.0	20.0	5,010
세목스크린으로 제거된 부유물	86.4	13.6	4,350
분쇄된 음식찌꺼기	84.8	15.2	4,590
소화된 슬러지와 파쇄된 음식찌꺼기	49.6	50.4	4,460
소화된 슬러지	59.6	40.4	2,940
그리트	30.2	69.8	2,230

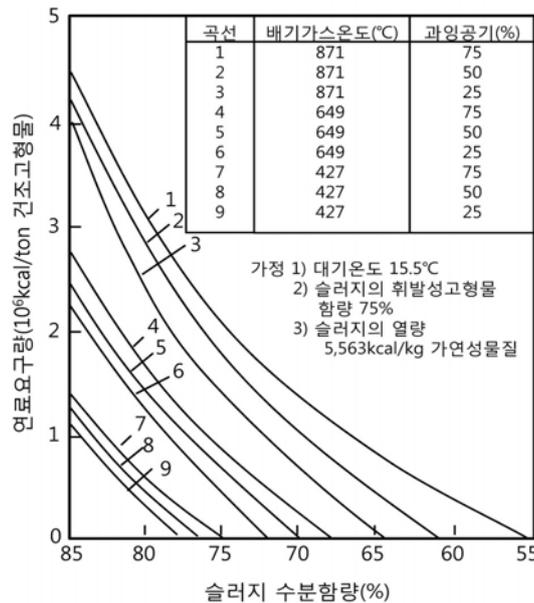
슬러지의 열량을 증가시킬 수 있는 유일한 방법은 슬러지의 유기물농도를 증가시키는 것으로 다음과 같은 방법이 있다.

- ① 슬러지 내 그리트를 효과적으로 제거함으로써 슬러지의 휘발성 고형물농도를 5% 정도 증가시킬 수 있다.
- ② 하수를 응결(flocculation)시키면 슬러지의 침전효율이 높아지며, 그 결과 2차 슬러지에 대한 1차 슬러지의 비가 증가한다. 포기를 시키면 슬러지가 산화되어 슬러지의 열량이 감소된다.
- ③ 슬러지 개량 시에 염화철이나 석회 대신 유기성 고분자응집제를 사용한다. 그 이유는 염화철과 석회는 소각온도에서 반응할 때 열을 흡수하기 때문이다.

슬러지 소각로 내에서 자생연소의 유지 가능성은 슬러지의 열량, 기체상태의 생성물을 필요한 출구 온도까지 올리는데 요구되는 열량에 달려있다. 이들 생성물에는 슬러지의 수분에 의하여 생기는 수증기도 포함한다. 슬러지 내의 수분은 상태의 변화가 일어나므로 감열 외에 배기가스의 온도까지 올릴 수 있도록 증발잠열도 공급되어야 한다. 상태의 변화를 위한 잠열요구량이 대단히 크므로 자생연소 또는 보조연료의 필요 여부는 슬러지의 수분함량에 따라 크게 달라진다. [그림 5.10.1]은 슬러지 소각 시 요구되는 연료량이 슬러지의 수분함량에 따라서 어떻게 변하는가를 보여주고 있다.

그림에서 보는 바와 같이 슬러지의 수분함량을 80%에서 70%로 낮추고 소각로를 50%의 과잉공기와 배기가스온도 650℃에서 운영하는 경우 연료요구량은 1.5×10^6 kcal/t에서 0으로 줄어들면서 자생연소가 실시된다. 따라서 소각되는 슬러지의 수분을 가능한 한 적게 만드는 것이 대단히 중요하다.

슬러지 내의 고형물은 주위 환경으로부터 열을 빼앗음으로써 점화온도까지 온도가 올라간다. 제공된 열이 요구되는 열을 보충시킬 수 있을 만큼 충분한 경우 소각은 유지되며, 그렇지 않은 경우에는 배기가스로부터 열을 회수하든지 보조연료에 의해서 열이 제공되어야 한다. <표 5.10.5>에 각종연료의 열량이 비교되어 있다. 보조연료의 유효열량은 그 연료의 공칭열량보다 적을 수 있으며 특정한 배기가스 온도와 과잉공기량에 대하여 계산되어야 한다.



[그림 5.10.1] 슬러지 수분함량에 따른 연료요구량의 변화

〈표 5.10.5〉 각종 연료의 열량

연 료	열량(kcal/kg)
천 연 가 스	12,680
휘 발 유	11,520
연 료 오 일	10,290
원 유	10,850
석 탄(무 연 탄)	7,050

(2)에 대하여

소각에 필요한 산소는 공기로부터 공급되는데, 공기는 많은 양의 질소를 함유하므로 순수산소가 사용되는 경우에 비하여 훨씬 많은 부피의 공기가 공급되어야 한다. 즉, 요구되는 산소 1kg에 대하여 4.6kg의 공기가 공급되어야 한다.

이론공기량은 슬러지나 연료의 원소분석(ultimate analysis)을 실시함으로써 식(5.10.7)을 이용하여 이론적으로 구할 수 있다.

$$\frac{\text{표준 } m^3/s \text{의 공기}}{\text{kg/s의 연료}} = 0.095C + 0.284H + 0.036S + 0.036O \dots\dots\dots (5.10.7)$$

위의 식에서 C, H, S, O는 각각 슬러지나 연료의 탄소, 수소, 황 및 산소의 함량을 %로 나타낸 값이다.

이론공기량은 슬러지나 연료의 열량으로부터도 구할 수 있다. 즉, 연료열량 100 kcal/l 당 2.352 m³의 이론공기가 공급되어야 한다. 연료와 산소가 잘 접촉되게 하여 완전연소가 일어나도록 하기 위하여 요구되는 과잉공기량은 소각로의 종류에 따라 다르며, 슬러지를 소각시키는 경우 이론공기량의 25~75% 정도 되어야 한다.

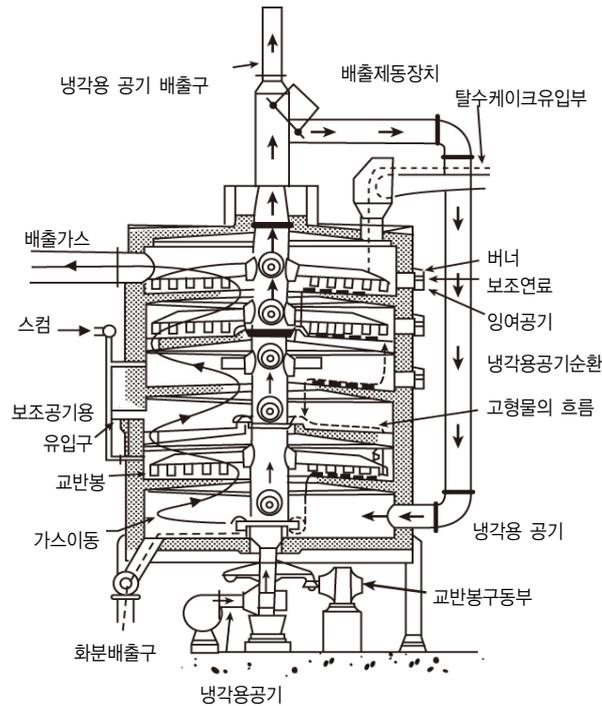
과잉공기량이 부족한 경우에는 연소가 부분적으로 일어나서 일산화탄소, 검댕, 악취가 나는 탄화수소, 기타 불완전 산화된 가스가 생겨서 대기오염문제를 야기시킬 수 있다.

(3)에 대하여

슬러지 소각로 배기가스에 함유된 열은 폐열회수 보일러나 공기에열기를 사용하여 회수할 수 있다. 열회수는 고품물폐기공정의 에너지 경제성을 향상시켜 보조연료의 필요성을 제거하거나 감소시키기 위하여 채택된다. 폐열회수시설은 열경제성을 최대로 하는 것이 목적이다. 슬러지를 열처리에 의하여 개량시키면 자생연소가 될 수 있을 정도로 슬러지가 탈수된다. 배기가스로부터 회수되는 열량은 항상 슬러지의 열처리를 위하여 요구되는 열량을 충족시키고도 남는다. 따라서, 연료는 점화나 비상상태에 대비하기 위하여 요구된다. 폐열보일러를 사용하면 열처리된 슬러지 고품물 1kg당 1~1.25×10⁶ kcal의 열량을 절약할 수 있다. 예를 들어 [그림 5.10.1]에서 공기에열기를 사용하여 배기가스온도를 87℃에서 649℃로 낮추고 75%의 함수율을 가진 슬러지를 50%의 과잉공기로 태우는 경우 보조연료요구량이 슬러지 고품물 1톤당 약 1.7×10⁶에서 0.7×10⁶ kcal로 감소된다.

5.10.2 다단소각로

다단소각로는 [그림 5.10.2]에 나타난 것처럼 내부는 내화성 물질로 만들어진 구조물로서 6~12단 정도의 내화성 수평로상, 방열을 막는 노벽, 탈수케익을 혼합 이동시키는 중앙축, 혼합기팔(arm) 및 보조연료장치, 구동장치 등으로 구성되어 있다.



[그림 5.10.2] 다단소각로의 예

다단소각로는 형태나 방식에 따라 다음의 네 가지로 구분된다.

- ① 입형원통형 다단로
- ② 회전디스크형 다단로
- ③ 각형 다단로
- ④ 열분해형 다단로

노에 공급된 탈수케익은 중앙축에 고정된 혼합기팔의 회전에 의해 각 단의 노상위에 뿌려져서 타면서 밑의 단으로 떨어지는 과정을 계속해 점차적으로 건조, 소각 및 냉각의 과정으로 이행한다.

탈수케익은 건조과정에서 연소가스와 역류접촉되어 건조되고, 연소가스는 수증기를 많이 포함한 250~350℃의 가스로서 노의 위로 배출된다. 탈수케익은 소각용공기와 노측면에서 나오는 1,000℃ 정도의 조연용 열풍에 의해 700~900℃에서 연소된다. 소각재는 냉각과정에서 신선한 공기와 역류접촉하여 냉각되며 노의 외부로 배출된다.

다단소각로의 장점은 다음과 같다.

- ① 단순히 습식세정을 사용해도 배출되는 가스중 입자상 물질이 매우 적다.
- ② 유량의 변화에 민감하지 않고 고형물의 노내 체류시간이 3~4시간 정도로 안정되어 있다. 또한, 중앙부에서 차가운 공기를 재순환시킴으로써 열수지의 유지가 가능하며, 역류로 운전되므로 스모크에 의한 열손실이 줄어든다.
- ③ 정상적인 부하보다 낮은 상태에서도 안정적인 운전이 가능하다.
- ④ 상대적으로 에너지 소비량이 합리적이다.
- ⑤ 소각로를 운전하는데 별 어려움이 없으며, 슬러지 주입이 용이하다.

그러나 다음과 같은 단점도 포함하고 있다.

- ① 노가 상당히 많은 열적비활성물질을 포함하고 있어 운전 시작 시 많은 양의 보조열이 필요하다. 따라서, 연속적으로 가동하는 것이 유리하며 가급적 간헐적 운전 및 운전중지는 피하는 것이 좋다.
- ② 50~80% 정도에 이르는 많은 잉여공기량이 필요하다.
- ③ 400℃ 정도의 낮은 온도로 운전할 경우 열회수가 어렵고 회수시에도 특별한 장치가 필요하다.
- ④ 대기 중으로 악취를 발산할 우려가 있다.

1) 노상면적, 단수 및 기수

다단소각로의 노상면적, 단수 및 기수는 다음의 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 노상면적은 건조, 소각 및 냉각의 각 과정에 필요한 면적의 합으로 한다.
- (2) 단수는 6~12단 정도로 한다.
- (3) 기수는 2기 이상으로 하는 것이 좋다.

【해설】

(1)에 대하여

다단로 내로 투입되는 슬러지 케익은 건조, 소각 및 냉각을 거쳐서 소각이 달성되므로 다단로의 소요상면적은 각 과정을 수행하는데 필요한 면적의 합이 되며 다음 식들로 구할 수 있다.

$$A_h = A_d + A_b + A_c \dots\dots\dots (5.10.8)$$

$$A_d = \frac{F_w}{V_w} \dots\dots\dots (5.10.9)$$

$$F_w = F_f \frac{W - W'}{100 - W'} \dots\dots\dots (5.10.10)$$

$$A_b = \frac{F_b}{V_b} \dots\dots\dots (5.10.11)$$

$$F_b = F_f \frac{100 - W}{100 - W'} \dots\dots\dots (5.10.12)$$

- 여기에서, A_h : 전체 노상면적(m^2)
 A_d : 건조단의 상면적(m^2)
 A_b : 소각단의 상면적(m^2)
 A_c : 냉각단의 상면적(m^2)
 F_w : 건조단에서의 증발수량(kg/h)
 V_w : 건조단에서의 평균수분증발량($kg/m^2 \cdot h$)
(일반적으로 $25 \sim 30 kg/m^2 \cdot h$)
 F_f : 탈수케익의 공급량(kg/h)
 W : 노에 공급되는 케익의 함수량($\%$)
 W' : 소각단의 입구에서 케익의 함수율($\%$)
 F_b : 소각단에서의 소각되는 물질의 양(kg/h)
 V_b : 소각단에서의 평균소각률($kg/m^2 \cdot h$)
(일반적으로 $25 \sim 30 kg/m^2 \cdot h$)

단, 건조과정에서 소각과정으로의 이행은 케익이 완전히 건조되기 전에 실시하며 소각단 입구에 케익의 함수율은 일반적으로 $30 \sim 50\%$ 정도로 한다.

냉각단의 노상면적은 다음의 관계식을 만족시키도록 고려하는 것이 좋다.

$$\frac{A_c}{A_d + A_b} = 0.1 \sim 0.3 \dots\dots\dots (5.10.13)$$

따라서 식(5.10.8)에 식(5.10.9)~(5.10.13)을 대입시키면 다음 식들을 얻을 수 있다.

$$A_h = (1.1 - 1.3) F_f \cdot \frac{1}{100 - W'} \left(\frac{W - W'}{V_w} + \frac{100 - W}{V_b} \right) \dots\dots\dots (5.10.14)$$

$$A_h = \frac{F_f}{V} \dots\dots\dots (5.10.15)$$

$$V = \frac{1}{(1.1 - 1.3)} \cdot \frac{100 - W'}{\left(\frac{W - W'}{V_w} + \frac{100 - W}{V_b} \right)} \dots\dots\dots (5.10.16)$$

여기에서 V 는 다단로의 케익면적부하율($kg/m^2 \cdot h$)을 고려한 것으로 일반적으로 $30 \sim 40 kg/m^2 \cdot h$ 의 값으로 한다.

(2)에 대하여

노의 단수는 전노상면적과 노의 직경에 의해 정해지는데, 일반적으로 $6 \sim 12$ 단 정도이며, 위에서부터 건조, 소각 및 냉각의 영역으로 구분된다.

단 간격은 다음 식에 의하여 결정할 수 있다.

$$H \geq \frac{Q_t}{A_b \cdot L_b} + H' \dots\dots\dots (5.10.17)$$

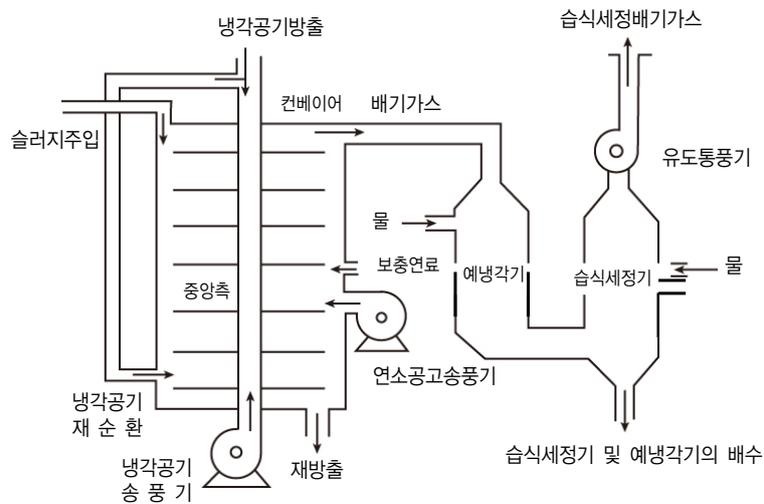
여기에서, H : 노의 단 사이 간격(m)

H' : 내화물질의 두께(m)

Q_t : 노에 투입되는 전체열량(kcal/h)

L_b : 소각실 부하율(kcal/m³·h)

A_b : 소각단의 상면적(m²)



[그림 5.10.3] 다단로에서의 물질의 이동 및 계통도

다단로의 경우 투입되는 전체열량은 소각단의 부하이므로 소각실 용적부하율은 150,000~300,000 kcal/m³·h의 값이 된다. 또한 H'의 값은 최소 0.3m, H-H'의 값은 노의 작업을 고려하여 최소 0.4m가 필요하다. 따라서 다단로에서 단간격은 일반적으로 0.6~1.2m로 한다.

(3)에 대하여

소각로 1기당의 용량과 설치대수는 시설계획 슬러지량을 기초로 결정하지만, 노의 정기점검 및 고장시를 고려해서 다음 항목에 의해 정한다.

- ① 대용량의 노를 소수설치하는 것이 바람직하지만, 처리장에 있어서 최종발생탈수 케익량 및 하수처리시설의 단계별 시공 시 탈수케익량을 고려하여 소각로 1기당의 용량 및 설치대수를 정한다. 소각로는 탈수케익의 질과 양의 변동에 대응할 수 있도록 최대처리용량을 고려해 둘 필요가 있다.
- ② 연 1, 2회의 1~3주간 정도의 정기점검, 정비 등이 필요하므로 가동률은 85~90%이다.
- ③ 정기점검, 고장 등을 고려하여 2기 이상으로 하며 대체처리 및 처분방법을 강구해 두는 것이 좋다. 대체처리나 처분방법이 없는 경우는 필요에 따라 예비를 설치한다.

④ 소각로 1대당 처리능력은 탈수케익 15~300 t/d 정도의 것이 사용된다.

2) 구조와 재질

다단로의 구조와 재질은 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 소각로는 자립형으로 지지부와 셸(shell) 저부는 지중, 적재하중, 풍압, 지진력, 적설하중 등에 충분히 견딜 수 있어야 한다. 또한, 셸바닥의 벽돌에 접하는 부분에서는 벽돌의 열팽창에 의한 응력발생을 충분히 고려한다.
- (2) 바닥벽돌과 내화벽돌은 내화성과 고온강도를 충분히 가져야 하며 내식, 내마모성의 것이어야 한다. 또한, 내화벽과 셸 사이에는 내화 및 내열재를 이중구조로 하는 등 단열층을 설치하면 좋다.
- (3) 노의 측부에는 수리를 위하여 출입구를 설치한다.
- (4) 다단로내의 중앙구동축과 혼합기팔, 혼합기의 이(teeth)는 내열성과 내식성이 충분히 있어야 하며, 축과 팔은 이중관 구조로 하여 내부공냉식이 되도록 한다.
- (5) 중앙구동축의 회전수는 분당 0.5~2 rpm 정도로 한다.
- (6) 비상시를 대비하여 긴급개방밸브를 설치한다.

【해설】

(1)에 대하여

다단로의 설계를 위한 설계하중은 소각로 자체의 무게와 소각로의 부대시설의 무게, 투입되는 슬러지 케익의 하중 및 지진과 풍압에 의한 전도모멘트의 크기를 고려해야 한다.

(2)에 대하여

소각로는 대단히 높은 온도에서 운영되므로 노상과 벽은 내화도가 높을 뿐만 아니라 고온에서도 충분한 강도를 가질 수 있는 내화벽돌로 축조되어야 한다. 즉, 1,300℃ 이상에서도 견딜 수 있어야 한다.

(3)에 대하여

소각로의 운전조작 시에는 가끔 슬러지 덩어리(clinker)가 발생하여 바닥벽돌의 파괴 및 낙하가 일어날 수 있으므로 로 내부의 점검, 정비, 수리 등을 위하여 출입구를 설치하여야 한다. 출입구를 통한 공기흡입이 일어나지 않도록 기밀성을 유지한다.

(4)에 대하여

소각로 저온부분은 저크롬주철 등의 내열주철을 사용하여 만들면 되지만 500~600℃ 이상의 고온부분은 고크롬니켈주철강을 사용하여야 한다. 따라서 특히 온도가 높은 부분에 위치하는 중앙축과 혼합기팔 및 혼합기의 이는 내열성 및 내식성이 높아야 하고 내부를 공기로 식혀줄 수 있도록 만들어야 한다.

다단로에서 로 내의 케익을 혼합 및 이동시키는 기능을 발휘하는 혼합기는 중앙축에 의해 지지되며, 케익 이동능력은 로의 최대처리능력보다 크게 설계되어야 한다. 또한, 슬러지 케익의 물리적 특성이 현저히 변하는 경우에는 그에 맞추어 혼합기팔의 설계를 변경시킬 필요가 있다. 그러한 설계를 실시함에 있어서 이동능력이 처리능력보다 크게 되는 경우 중앙구동축축의 회전수는 케익 공급속도와 무관하므로 소각로 내부에서 각 과정의 저항이 최소로 되는 조건으로 하여야 한다.

(5)에 대하여

중앙구동축은 고온에 견딜 수 있는 재질로 설계되며 특히 전체가 충분한 응력을 가지도록 설계되어야 한다. 이 중앙구동축은 충분한 공기로 계속해서 냉각을 하여야 깨지는 일이 없다. 또한, 이들 기기를 보호하기 위해서는 로 내 온도를 갑작스럽게 올리거나 내리는 방식의 운전은 가급적 피하는 것이 좋다. 정상가동을 위하여 로를 승온할 경우 적정승온율은 시간당 28℃ 정도가 적당하다.

(6)에 대하여

운전 시 로 내의 압력변동은 유인팬으로 조정한다. 정전, 단수 등의 비상시에는 이런 조절이 불가능하므로 로를 보호하기 위해 노의 정지를 인식해 로 내의 가스를 배출하는 긴급개방밸브를 설치한다. 이상 연소 등의 경우에는 순간적으로 노내압을 개방할 필요가 있으므로 개방판을 작동시킨다.

3) 소각온도, 공기비 및 로내압

소각온도, 공기비 및 로내압은 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 다단로에서의 소각온도는 700~900℃로 한다.
- (2) 공기비는 1.3~2.0이 적합하다.
- (3) 노내압은 부압을 갖도록 한다.

【해설】

(1)에 대하여

다단로에서는 각 단마다 온도차가 생기는데 소각단에서의 소각온도가 최고온도이다. 소각로 내에서의 온도는 로 내의 각 단의 처리능력과 노의 열효율에 영향을 미치는데 온도의 결정인자로서는 소각단의 소각속도(소각률을 결정하는 최저치)와 로 내에서 사용하는 재료의 내열성 등이 있다. 슬러지 케익의 소각속도로 보아서는 소각온도가 가급적 높은 것이 좋으나 로 내에 사용되는 재료의 내열성을 고려하여 700~900℃로 하는 것이 다단로의 소각온도로서 타당하다.

(2)에 대하여

열효율을 높여 배기가스 처리장치의 용량을 감소시키는 등의 견지에서 공기량은 이론공기량에 접근하는 것이 바람직하지만, 공기량을 감소시키면 건조작용의 저하 및 소각 영역의 고온화를 초래한다. 일반적으로 공기비(보조연료 및 탈수케익의 소각에 필요한 공급공기량과 이론공기량과의 비)는 1.3~2.0 정도로 한다. 보조연료의 저감과 배기가스량을 감소시키기 위해 공기비를 1.3에 가깝도록 하는 경우에는 로상에서의 건조 및 소각효과를 향상시킬 필요가 있으므로, 배기가스의 일부를 로 내에 순환시켜 소각공기를 불어 넣는 방법이나 처리량의 제어를 하는 등의 대책이 강구되어야 한다.

(3)에 대하여

로내압은 소각가스가 출입구에서 흘러나오는 것을 막기 위해 항상 부압(-5~-20 mmH₂O)을 유지한다.

4) 부대장치

부대장치는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 탈수된 슬러지 케익은 직접 연속적으로 로에 주입하는 것이 바람직하다. 탈수케익의 발생속도와 케익을 로에 공급하는 속도 간에 차이가 생기는 경우에는 탈수케익을 저류시킬 수 있는 저류조를 설치하여 이곳으로부터 케익이 로 내로 공급되도록 하며, 또한 적절한 정량을 로에 공급할 수 있는 장치를 설치한다.
- (2) 다단로에서는 슬러지 소화가스나 중유, 등유, 도시가스 등을 보조연료로 사용할 수 있다.
슬러지를 혐기성 소화시킬 것인가 소각시킬 것인가를 판단하기 위해서는 신중한 고려가 필요하다. 혐기성 소화와 소각처분은 각각 장단점을 지니고 있으며 이러한 처분방법의 결정에는 건설비와 장기적인 유지관리비, 슬러지의 최종처분방법, 지역적 규모와 특성, 운전관리 능력, 매립지의 확보 가능 여부 등의 종합적인 요소를 고려하여야 한다. 하수슬러지의 처리방식에 따른 에너지측면에서 유지관리비를 비교해보면, 일반적으로 슬러지 처리시에 소요되는 에너지량은 하수처리시설의 총전력사용량의 약 10~20%를 차지하는 것으로 알려져 있으며, 슬러지를 소각하는 경우 소각로의 형식, 운전조건 등에 따라 소요 에너지량도 다르게 나타난다. 슬러지를 혐기성 소화시킬 것인가 소각시킬 것인가를 판단하기 위해서는 신중한 고려가 필요하다. 혐기성 소화와 소각처분은 각각 장단점을 지니고 있으며 이러한 처분방법의 결정에는 건설비와 장기적인 유지관리비, 슬러지의 최종처분방법, 지역적 규모와 특성, 운전관리 능력, 매립지의 확보 가능 여부 등의 종합적인 요소를 고려하여야 한다. 하수슬러지의 처리방식에 따른 에너지측면에서 유지관리비를 비교해보면, 일반적으로 슬러지 처리시에 소요되는 에너지량은 하수처리시설의 총전력사용량의 약 10~20%를 차지하는 것으로 알려져 있으며, 슬러지를 소각하는 경우 소각로의 형식, 운전조건 등에 따라 소요 에너지량도 다르게 나타난다.
- (3) 소각재 저류조 용량은 1일 발생량 이상을 표준으로 한다. 또한 건조된 소각재는 배출시 비산하기 쉬우므로 가습장치 등의 적절한 조치를 필요로 한다.
- (4) 노에서 배출되는 배기가스에 포함된 매연을 제거하기 위해 배기가스 처리장치를 설치한다. 또한, 소각 시 발생하는 악취성분을 제거하기 위한 악취제거장치를 설치한다.
- (5) 보조연료연소장치
- (6) 공기 공급장치
- (7) 기타 탈수케익 이송설비, 펌프설비, 소각재 반출설비 및 소각재 저류조, 배기가스 냉각설비, 배기굴뚝, 방음 및 제진설비, 온도감지기 등

【해설】

슬러지 탈수케익을 고무벨트컨베이어로 반송하는 경우에는 케익이 벨트에 부착할 수 있으므로 벨트의 청소에 특히 주의를 요한다.

벨트의 재질은 내유, 내산 그리고 내열성의 고무를 사용하는 것이 바람직하며, 케익을 정량공급하기 위해 탈수케익 계량장치를 설치하는 것이 바람직하다.

(1)에 대하여

일반적으로 소각가열장치의 열효율 η 은 식(5.10.18)로 표시될 수 있다.

$$\eta = \left(1 - \frac{\sum L}{\sum Q}\right) \times 100 \dots\dots\dots (5.10.18)$$

$$\sum L = L_i + L_e + L_e' + L_s + L_r + L_x \dots\dots\dots (5.10.19)$$

여기에서, ΣL : 열손실량(kcal/kg케익)

L_i : 가열가스의 미소각손실(kcal/kg케익)

L_e : 소각재중의 미소각손실(kcal/kg케익)

L_e' : 소각재로서의 열손실(kcal/kg케익)

L_s : 배기가스의 열손실(kcal/kg케익)

L_r : 로의 벽에서 방사되는 열손실(kcal/kg케익)

L_x : 기타 열손실(kcal/kg케익)

$$\Sigma Q = q_e + \frac{Q_f}{F_f} = \frac{W}{100} \cdot l + \Sigma L \dots\dots\dots (5.10.20)$$

여기에서, Q_f : 로 내에 보급된 열량(kcal/h)

F_f : 탈수케익 공급량(kg/h)

l : 케익수분의 증발잠열(kcal/kg)

W : 탈수케익의 수분(%)

q_c : 탈수케익의 기준발열량(kcal/kg)

식(5.10.18) 및 식(5.10.20)으로부터 소각로의 열효율 계산을 위한 식(5.10.21)을 유도할 수 있다.

$$\eta = \frac{W \cdot l}{q_c + \frac{Q_f}{F_f}} \dots\dots\dots (5.10.21)$$

또, 식(5.10.21)로부터 로 내에 보급된 열량을 계산할 수 있는 식(5.10.22)를 얻을 수 있다.

$$Q_f = F_f \left(\frac{W \cdot l}{\eta} - q_c \right) \dots\dots\dots (5.10.22)$$

로 내에 보급된 열량을 구하기 위해서는 수분의 증발잠열을 정할 필요가 있다. 로 내의 건조단에서 수분은 대개 소각가스의 습구온도(약 70~80°C)에서 증발함을 고려하여야 하며, 수분의 증발잠열은 열수지의 기준온도에서의 값을 사용하지 않으면 안된다. 그런 값을 사용하는 경우 다단로의 정상부하시의 열효율은 50~60% 정도 된다.

하수슬러지 휘발성 물질의 고위발열량은 5,000~6,000 kcal/kg이 된다. 일반적으로 소석회의 주입율이 20% 전후인 탈수케익의 건조중량 기준의 고위발열량은 대략 다음과 같다.

소화슬러지 탈수케익 : 1,500~2,000 kcal/kg

농축슬러지 탈수케익 : 2,000~3,000 kcal/kg

(2)에 대하여

다단로에서는 여러 개의 보조 소각용버너를 소각단 로 벽에 붙여서 설치한다. 연료로서는 중유나 슬러지 소화가스를 사용하되 버너의 형식은 중유의 경우는 저압공기분무식 비례버너가 일반적으로 사용되며, 병용하는 경우는 오일, 가스 혼합소각식버너를 사용하는 것이 좋다. 버너의 설치위치는 노벽의

개폐가 가능한 구조이며 발생된 슬러지 덩어리의 제거작업이 용이하게 실시될 수 있도록 하는 것이 좋다.

보조소각장치로서는 버너 외에 연료저장탱크, 오일펌프, 송풍기 등을 설치하여야 하며, 만약 $q_c \geq \frac{W \cdot L}{n}$ 이면 케익은 자체의 발열량으로 소각하나 소각로 가동 초기의 온도 상승을 위하여 보조 연료공급장치가 필요하다. 중유 및 등유 저장조의 용량은 대략 1일 사용량을 기준으로 3~7일분으로 한다.

(3)에 대하여

슬러지 탈수케익의 소각 시 발생하는 소각재의 양은 케익의 가연성분의 소각효율을 100%로 가정했을 때 식(5.10.23)을 이용하여 사용하여 구할 수 있다.

$$F_g = F_f \left(1 - \frac{W}{100}\right) \cdot \frac{a}{100}$$

$$F_v = \frac{F_g}{1,000\rho} \dots\dots\dots (5.10.23)$$

- 여기에서, F_g : 소각재 발생량(kg/h)
- F_f : 탈수케익의 공급량(kg/h)
- W : 탈수케익의 함수율(%)
- a : 케익 건조중량의 재성분(w/w%)
- F_v : 소각량(m^3/min)
- ρ : 소각재의 비중(0.55~0.65)

일반적으로 소석회 주입률 20% 전후의 탈수케익을 소각할 때 건조중량중 소각재 성분은 대략 다음과 같다.

- 소화슬러지 탈수케익 : 60~70%
- 농축슬러지 탈수케익 : 45~55%

노의 바닥에서 배출되는 소각재는 컨베이어를 사용하여 수송한다.

소각재 저류호퍼의 용량은 소각재 발생량, 배출능력, 고장 등을 고려해 1일 소각재 발생량 이상으로 한다. 소각재 발생량을 파악하기 위해 계량장치를 설치하면 좋다. 소각재 저류호퍼는 소각재의 비산방지 및 흡습에 의한 고화방지를 고려해서 밀폐구조로 하고 필요에 따라서는 배기장치를 한다.

가습장치는 중량비 30% 정도의 물을 균일하게 가습할 수 있는 장치로 하며 배출 시, 운송 및 매립 시에 비산을 방지한다.

(4)에 대하여

로에서 배출되는 배기가스는 황산화물, 매연, 질소산화물, 염화수소 등을 함유하고 있으므로 배기가스 처리시설의 설치가 필요하다. 일반적으로 배기가스 처리장치는 황산화물 및 매연의 제거를 주목적

으로 세정탑, 알칼리세정탑, 전기집진기, 배기가스유입팬 및 굴뚝으로 구성된다.

세정탑은 배기가스를 40℃ 정도까지 냉각해 가스용량을 감소시키며 주로 매연제거 역할을 한다. 알칼리세정탑은 수산화나트륨용액 등의 알칼리액을 배기가스와 접촉시켜 황산화물, 염화수소 등을 제거한다. 전기집진기는 매연을 추가로 제거시키는 경우에 쓰이며 습식이 많이 사용된다. 배기가스 유입팬은 수세정탑 및 알칼리세정탑 뒤에 설치해 용량 및 동력 절감을 도모하며 매연의 부착에 의한 진동, 마모 및 부식을 방지한다.

악취에 대해서는 일반적으로 배기가스 처리장치로 만족할 만 하나 탈수케익의 성상 및 주변조건에 따라서 탈취장치가 설치한 경우가 있다. 또한, 굴뚝에서 나오는 배기가스가 기상조건에 따라 백연(白煙)이 되는 경우도 있다. 이것은 배기가스를 재가열하거나 노의 축에 냉각공기를 혼합하여 방지할 수 있다.

소각 시 발생하는 악취성분을 제거하는 방법으로는 직접연소법, 촉매연소법, 흡착법, 가스세정법, 오존산화법, 정전포집법 등을 사용한다. 이중 제거효율이 높고 신뢰도가 높은 것은 직접연소법과 촉매연소법이다. 연소법을 채택하는 경우에는 배출가스의 온도를 700℃까지 상승시킨 후 후연소를 시키는 방식을 채택할 수 있다. 후연소법의 경우 760~816℃에서 1초나 2초 동안 체류시킨다. 설치위치는 다단로의 상부나 노 외에 설치한다. 후연소법을 사용할 경우에도 보조연료를 필요로 하기 때문에 운전 유지비가 추가된다는 것을 설치 시에 고려하여야 한다.

(5)에 대하여

연소기의 종류에는 다음과 같은 것들이 있다.

- ① 유압식연소기
- ② 회전식연소기
- ③ 기류분무식연소기

또한, 연소기의 선정 시에는 다음의 사항을 고려한다.

- ① 석유를 사용하는 연소기는 형식에 따라 특성을 달리하므로 가열조건, 로 구조에 적합한 연소기를 선정한다.
- ② 사용유에 대하여 연소계산에서 구한 보조연료량에 따라 연소기의 용량을 결정한다.
- ③ 부하에 변동이 있을 때는 연소기 유량조절범위를 고려하여 선정한다.
- ④ 자동연소제어를 할 경우 연소형식과의 관계를 고려한다.
- ⑤ 중유의 경우 가열히터를 설치하는 것을 고려한다.
- ⑥ 연소기의 용량은 습윤케익을 최대로 주입할 수 있는 용량으로 하고 28℃/h 정도로 승온시킬 수 있도록 한다.
- ⑦ 연소기는 유입케익량에 능동적으로 대처할 수 있도록 용량을 10~20%까지 줄일 수 있는 것으로 한다. 다단소각로는 발열량 3,900 kcal/kg을 기준으로 고형물농도가 20~35%인 경우에 아주 효과적인 소각법이다. 유입되는 슬러지는 최소 15% 이상의 고형물을 슬러지 내에 포함하고 있어야 하고 보조연료는 고형물 함량이 20% 이하인 경우에 필요하다. 그러나, 고형물 함량이 50%를 초과할 경우에는

로의 내화재에 손상을 가할 수 있으므로 주의해야 한다.

(6)에 대하여

소각로에 사용하는 송풍기는 연소공기공급용, 냉각공기, 건조공기 등의 유입용과 배기가스 배출용이 있다. 설계 시에는 다음사항을 고려한다.

① 사용하는 송풍기는 주로 원심터보형과 임펠러형이 사용되는데 선정 시에는 효율특성, 풍량 등을 고려한다.

송풍기 및 유입용 배풍기를 선정할 경우에는 우선 필요한 풍량과 정압을 구하고, 소각시설에서의 사용상태, 가스온도, 가스의 종류, 입자상 물질의 성상 및 함진량을 고려한다. 또한, 기기의 효율 및 특성을 고려하여 적정기종을 선정한다.

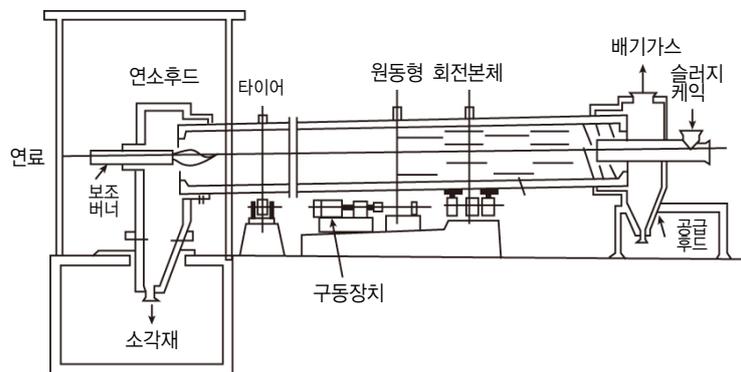
송풍기의 용량은 풍량과 정압을 토대로 결정하는데 풍량과 정압에 대한 자료는 송풍기 제작사의 카탈로그를 참고한다. 유입송풍기의 재질은 내식성 및 내마모성 등을 고려하여 정한다. 유출송풍기에 있어서 상온에서 연소가 시작될 경우에는 전동기의 정압이 커지고 연소가스량도 적기 때문에 댐퍼에 의해 제어하고, 100~200℃ 온도에서 소요동력으로 운전하는 것이 경제적이다. 송풍량은 연소계산에서 구한 양에 30~40% 정도의 여유를 두는 것이 좋다. 일반적으로 송풍량은 휘발성고형물당 10 kg공기/kg휘발성고형물 또는 15 l/s를 공급할 수 있는 양으로 한다. 유입용을 사용하는 경우의 용량은 음압 0.12~0.5 kg/m²에서 산정할 필요가 있다.

② 송·배풍기와 소각로 유입덕트를 연결 시에는 압력손실이나 유지관리 등을 고려한다.

송·배풍기와 덕트를 연결할 경우에는 급격한 축소나 확대를 피하고 굽은 경우에는 유선형으로 한다. 직접 밴드를 접속하는 경우에는 정류판을 설치한다.

5.10.3 회전소각로

회전소각은 로터리킬른(rotary kiln)이라 불리는 것으로 [그림 5.10.4]에 나타난 것처럼 내화재를 내부에 설치한 원형회전본체, 고정부인 공급후드, 그리고 소각후드로 구성된다. 본체의 기울기와 회전 운동에 의해 탈수케익이 점차적으로 건조 및 소각과정으로 이행된다.



[그림 5.10.4] 회전건조소각로의 예

공급된 탈수케익은 건조영역에서 분쇄되고 섞이면서 소각가스와 역류접촉에 의해 건조되고 소각영역에서 교반되면서 소각된 후 냉각된 소각재로서 소각후드의 밑으로 배출된다. 본체는 가운데가 빈 원통구조이므로 탈수케익의 공급구, 건조영역 및 소각영역 등 노내 전 과정을 한눈으로 볼 수 있는 특징이 있다.

소각부하의 변동에 대한 운전제어는 주로 보조연료의 증감으로 인한 온도제어로서 비교적 제어조건이 적다. 보조연료는 소각후드에 부착된 버너로 공급한다.

원칙으로는 연속운전으로 하지만 간헐운전의 경우는 내화재의 온도변화를 막기 위해 정지시간 중이라도 보온을 위한 가온이 필요하다.

1) 공정개요

원통형 소각로를 수평으로 설치하여 연속적으로 회전시키면서 소각하는 방법으로 건조와 소각을 동시에 할 수 있다. 노는 역류직화식 형태로 사용하며 전체적으로는 부압상태에서 운전된다. 노의 운전상태는 외부로 배출되는 가스의 온도를 검사하여 조절하는데 대략 850℃ 정도를 유지한다.

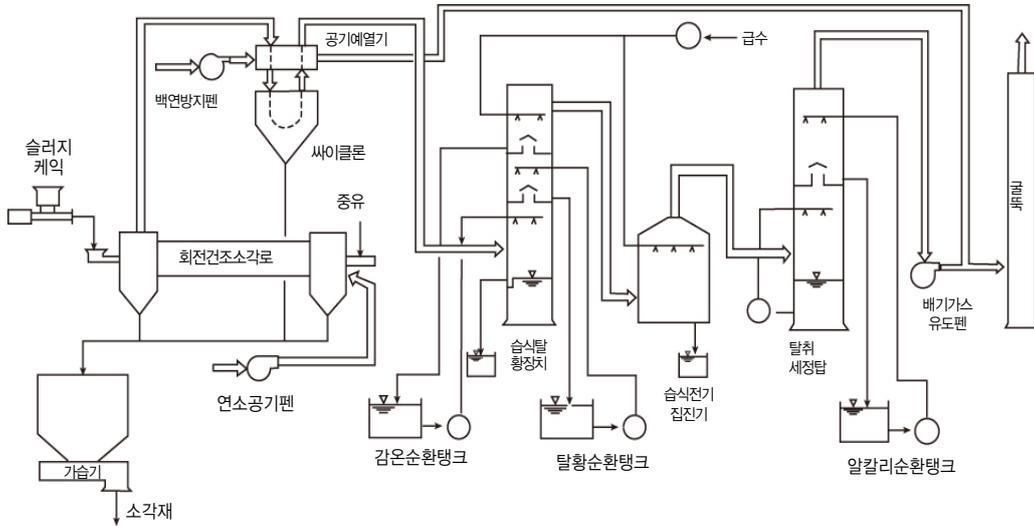
【해설】

회전소각로는 주로 연속형으로 운전되는 것으로 원통형의 본체가 약간 기울어져 가로로 놓여 있다. 이 본체는 하부의 받이roller가 지지하며, 구동장치에 의해 천천히 회전한다. 슬러지는 위에 있는 투입호퍼를 통하여 투입된다. 투입된 슬러지는 반전교반을 되풀이하여 킬른 하위단 또는 상위단에 설치한 고정연소기의 연소가스와 향류 또는 병류 접촉을 하면서 건조 착화하여 차례로 아래로 옮겨 소각된다. 소각재의 배출구조는 간단하며, 건조효과를 발휘할 수 있어서 착화연소하기 쉬운 점이 특징이다. 그러나, 점착성 물질이나 섬유상 물질 등은 반전을 되풀이 하는 동안에 표면만이 고온에 노출되어 급격히 용해된 후 덩어리 형태로 변할 수 있다.

슬러지 내 연소가 잘 안되는 물질이 포함된 경우에 인위적으로 연소물을 착화시켜 연소시켜도 로가 계속 회전하므로 연소반응의 조절이 저해되는 결점이 있다. 점착성이 적은 슬러지에 적합하며, 연소성이 양호한 기타 물질과 동시에 소각하는 경우 연소가스를 향류로킬른 내의 슬러지에 유입하여 접촉시키는 방법을 취하면 보조연료의 양이 절감된다.

회전소각을 회분식으로 운전할 수도 있는데 이 경우 슬러지의 투입은 노의 중앙부나 앞부분을 통하여 회전시키면서 주입하며, 킬른의 한쪽 끝에서 보조연료연소기 연소가스와 공기를 불어넣고 노의 다른 쪽 끝에서 가스를 배출하는 구조로 운전한다. 소각재는 소각이 끝났을 때 일괄 반출한다.

소각부하에 대한 운전제어는 주로 보조연료의 증감에 의한 온도제어로 비교적 제어조건이 적은 편이다. 원칙적으로 연속운전으로 하지만 간헐운전인 경우에는 내화재의 온도변화를 막기 위해 정지시간 중이라도 보온을 위한 가온을 필요로 한다. [그림 5.10.4] 및 [그림 5.10.5]에는 회전건조소각로가 예시되어 있다.



[그림 5.10.5] 회전건조소각로의 흐름도

회전소각로는 비교적 효율이 좋은 편이지만 설치 시에는 다음과 같은 단점을 주의 깊게 고려하여야 한다.

- ① 설비를 위해 비교적 넓은 부지가 필요하다.
- ② 탈수성이 나쁜 케익을 사용하면 덩어리가 생겨 건조가 불충분하여지기 쉽다.
- ③ 투자비에 비해 소각능력이 다소 떨어진다.
- ④ 열방사에 의한 외부 열손실이 상대적으로 크다.
- ⑤ 주입되는 슬러지나 건조고형물농도의 변화에 능동적으로 대처하기 어렵다.
- ⑥ 악취발생의 소지가 있으며 배기가스를 통제하기 위하여 사이클론과 제거장치가 필요하다.
- ⑦ 노에서 회수되는 회분이 매우 불균질하다.

반면, 다음과 같은 장점도 있다.

- ① 수분이 많은 슬러지나 점성이 있는 슬러지의 소각에 사용할 수 있고 일반적으로 범용성을 가진다.
- ② 구조가 간단하고 취급이 용이하다.
- ③ 동력비 및 운전비가 적게 소요된다.
- ④ 소각재를 소결(燒結)시킬 수 있다.

2) 형상, 용적 및 대수

회전소각로의 형상, 용적 그리고 대수는 다음 각 항을 고려하여 정한다.

- (1) 노의 형식은 역류직화식으로 한다.
- (2) 노의 용적은 건조영역과 소각영역에 필요한 부피를 합한 것으로 한다.
- (3) 노의 내경과 길이의 비는 1:10~1:15 정도로 한다.
- (4) 노의 대수는 2대 이상으로 하는 것이 좋다.

【해설】

(1)에 대하여

역류직화식은 열가스를 탈수케익의 진행방향과 반대방향으로 흐르게 하는 방식으로 열가스를 탈수케익의 건조와 가열에 이용할 수 있다.

(2)에 대하여

회전소각로에서 로에 주입된 슬러지 케익은 건조와 소각의 과정을 거쳐 소각되므로 로의 용적은 각 과정을 수행하는데 필요한 용적을 합한 것인데 식(5.10.24)와 같이 구할 수 있다.

$$V_h = V_d + V_b \dots\dots\dots (5.10.24)$$

여기에서, V_h : 전체용적(m^3)
 V_d : 건조영역의 용적(m^3)
 V_b : 소각영역의 용적(m^3)

$$V_d = \frac{V}{K \cdot \Delta T_m} \dots\dots\dots (5.10.25)$$

여기에서, V : 건조영역에서의 열량(kcal/h)
 K : 열용량계수($100 \sim 200 \text{kcal}/m^3 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{h}$)
 ΔT_m : 건조영역의 입구와 출구에서의 가스와 케익간의 대수평균온도차(평균 $250 \sim 350^\circ\text{C}$)

식(5.10.25)의 V 를 개략적으로 계산하기 위하여 식(5.10.26)을 이용할 수도 있다.

$$V = 590 \times \frac{W}{100} F_f \dots\dots\dots (5.10.26)$$

여기에서, W : 케익의 함수율(%)
 F_f : 케익 소각량(kg/h)

소각영역의 용량은 식(5.10.27)로 구하면 된다.

$$V_b = \frac{Q_i}{L_b} \dots\dots\dots (5.10.27)$$

여기에서, Q_i : 노에 투입되는 전체발열량(kcal/h)
 L_b : 소각실 부하율(일반적으로 $70,000 \sim 90,000 \text{kcal}/m^3 \cdot \text{h}$)

식(5.10.27)에서 Q_i 를 개략적으로 계산하기 위하여 다음 식을 이용할 수 있다.

$$Q_i = Q \cdot F_f \left(1 - \frac{F}{100}\right) \dots\dots\dots (5.10.28)$$

여기에서, Q : 고형물발열량(kcal/kg)

단, 소각영역 및 소성영역의 용적은 소성온도와 소성시간 간의 관계를 실험으로 구하여 결정한다. 이때 노의 용적은 보조연료소비량 등을 결정하는데 필요한 탈수케익의 조성에 관한 다음 항목을 구하여야 한다.

- ① 고품질의 불연성분의 합
- ② 불연성분의 조성

(3)에 대하여

회전소각로는 회전체이므로 그의 단면은 원형이며 강철제로 만들어야 하나 길이를 길게 하면 열효율은 좋지만 지지점, 기초 등의 시공, 고정 등이 곤란하다. 또한, 단면을 너무 크게 하면 강도 및 제작기술상 곤란한 점이 있으며 열효율도 좋지 않다.

직경과 길이는 다음 식을 이용하여 구할 수 있다.

$$D = \left(\frac{4}{\pi} \cdot \frac{F_i}{V_d} \right)^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (5.10.29)$$

$$L = (V_d + V_b) \cdot \frac{4}{\pi \cdot D^2} \dots\dots\dots (5.10.30)$$

여기에서, D : 노의 내경(m)

L : 노의 길이(m)

F_i : 건조영역 입구의 총가스량(kg/h)

V_d : 건조영역의 가스질량속도(kg/m²·h)(2,500~3,500 kg/m²·h)

K·D는 200~300이다. 설계 순서는 다음과 같다. 먼저, 소각영역 출구의 가스온도를 700~900℃의 범위로 정하고, 로에 들어가는 입열과 출열과의 열수지를 계산한 후 보조연료사용량을 산출하여 가스질량을 산정한다. 이로부터 식(5.10.25)와 식(5.10.27)을 이용하여 전체용적을 계산한 후 식(5.10.29)로 로의 내경을 계산한다. 소각영역 직후의 탈수케익의 함수율은 약 30~50%이며, 1기당 소각능력은 슬러지 케익 기준 25~50 t/d 정도가 된다.

3) 구조와 재질

회전건조소각로의 구조와 재질은 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 로는 정하중 및 동하중 등에 충분히 견딜 수 있어야 하며, 부등침하가 생기지 않도록 견고한 기초 위에 설치한다.
- (2) 로의 벽은 열손실이 적은 내화재 구조로 하여야 하며, 열팽창에 의한 응력 발생을 충분히 고려한다.
- (3) 로의 회전수는 2 rpm 정도로 하며 기울기는 2/100를 표준으로 한다.

【해설】

(1)에 대하여

강철제 셸을 열로부터 보호하기 위하여 내화재로 내부를 피복하여야 하며, 중규모의 것도 수십 톤의 하중을 가지므로 부등침하가 발생하면 안된다. 그러므로 기초는 일체구조로 하며 운전 중의 동하중에도 충분히 견딜 수 있도록 해야 한다.

(2)에 대하여

로의 벽은 벽돌 등의 내화재 구조로 하여 열손실을 방지하여야 한다. 또한 셸의 철과 내부 내화재 간의

열팽창에 큰 차이가 생기면 고온의 회전체에서는 열팽창에 의한 응력이 발생하므로 이를 고려해야 한다.

(3)에 대하여

로의 회전 및 기울기는 탈수케익의 교반 및 수송에 필요하므로 열효율을 좋게 하기 위해서 노에 날개를 부착하여 교반 및 열가스와의 접촉을 도모한다. 또한, 노의 회전수는 2회/min, 기울기는 2/100 정도로 하지만, 공급된 탈수케익의 양 및 성상변화에 대응하기 위해 회전수를 1~3회/min 정도로 변속시킬 수 있는 구조로 하는 것이 좋다.

탈수케익의 체류시간은 식(5.10.31)로 산정된다.

$$t = \frac{0.19L}{N \cdot S \cdot D} \dots\dots\dots (5.10.31)$$

- 여기에서, t : 노내 체류시간 (분)
- N : 노의 회전수(회/min)
- S : 노의 기울기

4) 소각온도

- (1) 회전로에서의 소각온도는 850℃로 한다.
- (2) 공기비는 1.5~2.0으로 한다.
- (3) 노내압은 부압을 유지하도록 한다.

【해설】

(1)에 대하여

소각온도는 로 내의 사용재료의 내열성, 미소각분량의 증대, 슬러지 덩어리의 발생 등을 고려해서 850℃로 한다.

(2)에 대하여

열효율을 높이고 배기가스 처리장치의 용량을 감소시키는 등의 관점에서 보면 공기량을 이론공기량에 근접하게 하는 것이 바람직하지만, 공기량을 줄이면 건조작용의 저하를 초래한다. 실제로 공급 후드와 연소후드 등에서의 공기 누출에 의한 손실이 있기 때문에 일반적으로 공기비는 1.5~2.0 정도로 한다.

(3)에 대하여

연소후드 및 공급후드와 연통회전부 등으로부터 연소가스의 유출을 방지하기 위해 항상 부압(-20~-100 Pa)으로 유지한다.

5) 부대장치

- 회전소각로의 부대장치는 다음의 각 항을 고려하여 정한다.
- (1) 탈수케익의 공급장치, 보조연료장치, 연료공급장치, 소각재 저류조, 배기가스 처리장치 등의 부대장치를 갖춘다.
 - (2) 정전이나 기타 사고에 대하여 노의 운전을 단속할 수 있도록 필요한 비상용 구동설비를 설치한다.

【해설】

(1)에 대하여

5.10.2의 4)를 참조할 것.

(2)에 대하여

노의 가동 중에 정전이나 기타 사고에 의해서 노구동용 전동기의 운전이 정지될 경우에 노의 셸이 열에 의하여 변형되는 것을 방지하기 위하여 노 자체를 계속 운전해야 할 필요가 있으므로 비상용 구동설비를 설치할 필요가 있다.

소결할 경우에는 배출되는 덩어리의 온도가 높아서 냉각시켜야 하므로 공냉장치를 설치할 필요가 있다. 또한 덩어리의 조도를 균일하게 해야 할 필요가 있는 경우에는 분쇄 및 체분류 설비를 설치할 필요가 있다.

6) 보조연료 공급장치

보조연소장치 및 보조연료공급장치는 다음의 각항을 고려하여 정한다.

- (1) 보조연소장치는 직접가열방식으로 한다.
- (2) 보조연소장치용 버너는 연소량의 변동폭을 크게 변화시킬 수 있는 것으로 한다.
- (3) 연료공급장치는 보조연료로서 일반적으로 중유, 등유, 소화가스 또는 도시가스를 사용하며 중유 및 등유 저류탱크의 용량은 적정 사용량의 3~10일분으로 한다.

【해설】

(1)에 대하여

직접가열방식은 보조연소용 버너를 연소후드에 부착시켜 직접 화염을 로 내로 보내는 방식인데 연소 버너는 long flame 버너로 한다.

(3)에 대하여

연료의 선정에 있어서는 경제성, 취급의 용이성, 조작성 등을 고려한다.

보조연료로서 중유 또는 등유를 사용하는 경우 저류탱크의 용량은 처리장의 입지조건, 취급의 용이성, 법령 등에 따라서도 정하지만 연휴 등을 고려하여 1일 사용량을 기준으로 3~10일분으로 한다.

7) 공기공급장치

회전소각로에 주로 사용되는 공기공급방식은 송·배풍방식을 사용한다. 공기공급장치의 용량은 연소계산에 잉여공기량을 감안하여 산정한다. 공기공급장치의 설치대수는 고장 등에 대비하여 2대로 하는 것이 좋다.

【해설】

공기공급장치에 대한 자세한 사항은 5.10.2 4) 부대장치를 참조한다.

5.10.4 유동층소각로

유동층소각로는 [그림 5.10.6]에 나타난 것처럼 송풍실, 유동층 및 프리보드로 구성되며, 노 본체는 내화벽돌 등의 내벽을 강판으로 피복하고 있는 형태이다.

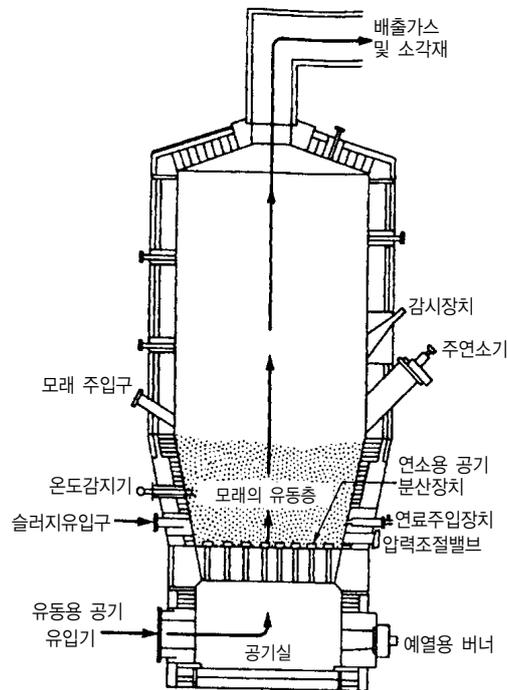
유동층바닥에 설치된 공기분산판은 유동층 공기가 균일하게 분사되도록 하고, 로의 정지 시에는 유동매체가 송풍실로 낙하하는 것을 방지한다.

로 내에서 유동층을 형성하는 유동매체는 송풍실에서 주입하는 공기에 의해 물의 비등상태와 같이 움직이면서 로 내에 체류하며, 보조연료에 의해 작열된다. 최근에는 공기분산판을 설계할 때 파이프 등의 분산 노즐을 설치하는 방식이 채택되고 있다.

노에 투입된 탈수케익은 유동층 내의 유동매체와 접촉해서 교반되며 빠른 속도로 열을 전달받아 수분증발 및 슬러지 입자의 소각분해가 일어난다. 소각온도는 850℃ 정도이다. 소각재는 프리보드에 날아올라가 4~6초 만에 타고, 남은 가연물은 유동층 내 휘발하는 가연가스와 함께 전부 연소된다. 노에서 배출되는 소각재의 크기는 약 50~300 μm 정도이다.

유동층소각로는 건조와 소각이 순간적으로 일어나고 배기가스가 고온이므로 열회수를 할 수 있고 가스중 악취성분은 열에 의해 분해되므로 일반적으로 탈취시설은 필요없다. 연소된 물질은 회분을 형성하여 배기가스와 함께 배출되는데 온도는 대략 850℃ 정도이다.

배기가스내의 소각재를 회수하는 방법으로는 다음과 같은 방법이 있다.



[그림 5.10.6] 유동층 소각로의 예

① 건식처분방법 : 사이클론, 전기집진기, 여과집진기

② 습식처분방법 : 습식세정 후 사이클론처리

배기가스로부터 회수된 열은 연소실에 주입되는 연소용 공기의 예열 또는 스팀을 만드는데 사용된다. 발생하는 가스 중 먼지를 미리 제거하지 않는 경우에는 습식세정을 거쳐야 한다. 고농도의 염분을 함유하고 있는 슬러지의 경우에는 로 내에서 재가 용융할 가능성이 있으므로 주의해야 한다. 유동층소각로는 노의 직경이 10m보다 크고 그리드(grid) 표면적이 90m²인 경우 시간당 25톤의 물을 증발시킬 수 있는데 이 양은 대략 단위 그리드면적당 단위시간당 300kg의 물을 처리할 수 있는 용량이다.

이러한 유동층소각로의 장점은 다음과 같다.

- ① 유동매체의 열용량이 매우 크기 때문에 액상슬러지나 건상슬러지에 관계없이 연소가 가능하며 소각시간이 매우 짧고 소각로가 콤팩트하다.
- ② 연소효율이 높고 소각되지 않는 양이 매우 적기 때문에 로 잔사매립에 의한 2차 공해가 없다.
- ③ 소량의 과잉공기(20~25%)를 사용하기 때문에 보조연료비가 절감되며 배출가스량도 적다.
- ④ 로 내에 기계적 가동부분이 없기 때문에 유지관리가 용이하다.
- ⑤ 로 내 온도의 자동제어 및 열회수가 용이하다.
- ⑥ 로의 배기가스 온도를 탈취 한계온도 이상으로 제어할 수 있기 때문에 탈취를 위해서 추가적인 시설을 하지 않아도 된다. 즉, 배기가스 중의 악취문제를 해결할 수 있다.
- ⑦ 유동매체에 석회, 돌로마이트 등을 혼합함으로써 로 내에서 탈황, 탈염소가 가능하다. 실측 예에 의하면 850℃에서 운전되는 유동층소각로에서 탈황률은 97%, 탈염소율은 92% 정도가 가능하다.
- ⑧ 유동매체의 축열량이 크기 때문에 단기적인 가동이나 간헐적인 가동에도 유리하며 운전정지 후 재가동 시에도 유리하다.

반면에 단점은 다음과 같다.

- ① 다단소각로 및 회전소각로 등에서는 소각재의 대략 90% 이상이 노하부에서 제거되지만 유동층에서는 모두 상부에서 배기가스와 함께 가스 상태로 배출되며 유동매체와 슬러지의 충돌에 의한 작은 입자상 물질이 추가적으로 발생할 소지가 크다.
- ② 소각 시 효율을 높이기 위해서 전처리로서 슬러지 분쇄과정이 수행되어야 한다.
- ③ 유동매체로 규소 등을 사용할 때에 손실이 발생하므로 손실보충을 연속적으로 하여야 한다. 따라서, 마모가 적은 유동매체의 사용 및 추가적인 개발이 필요하다.

1) 용량 및 수

(1) 용량 및 수는 2대 이상으로 한다.

(2) 슬러지 성상의 연간 변화 및 가동률을 예측하여 처리규모를 결정한다.

【해설】

(1)에 대하여

유동층소각로는 다단소각로보다 소형의 것이 많고 처리능력이 탈수케익 10~100t/d 정도의 것이

사용된다.

(2)에 대하여

소각로의 규모는 원칙적으로 슬러지 성상의 연간 변동 및 정기점검, 고장 시의 대응을 고려하여 식(5.10.32)에 의해 계산한다.

$$1\text{기당 규모} = \text{일최대슬러지량} \cdot \frac{100}{(100 - \text{슬러지 케이크의 함수율})} \div \text{가동율} \text{DIV대수} \quad (5.10.32)$$

슬러지 소각설비는 1일 24시간 연속운전을 원칙으로 하지만 정기점검, 고장 시에는 로를 정지한다. 또한, 소각처리 슬러지량이 계획량에 미치지 못하는 경우 등에는 간헐운전을 행한다. 이 때문에 소각설비의 가동률(케익 투입일수/연간일수)는 통상 75~80%로 하며 상한은 90% 정도이다.

한편, 소각설비는 낮은 부하 또는 간헐운전 시에는 처리슬러지량당 보조연료와 전력의 소비량이 많아지게 된다. 이 때문에 소각설비 운전 시작 시점부터 가능한 한 가동률을 높게 하는 것이 바람직하다. 운전시작시의 가동률은 30% 이상을 목표로 하며 가동후 4~5년 정도에서 최대 가동률이 되도록 계획하는 것이 바람직하다.

로의 정지 시에 다른 대체처리방식이 있는 경우는 가동률을 100%로 할 수도 있다. 실제로 로 1기당 소각능력은 1일당 15~300톤-케익 정도이다.

2) 노상면적

노상면적은 공탑속도, 연소실(유동층)의 용적부하율, 노상면적부하율 및 수분부하율을 검토하여 정한다.

【해설】

노상면적을 구할 때는 공탑속도(프리보드내의 연소가스속도), 연소실 용적부하율 및 노상면적부하율 및 수분부하율을 검토하여 구한다. 그러나 공탑속도와 각종부하율에는 차이가 있고 속도를 제한하는 조건도 다르기 때문에 각 수치를 일률적으로 정하는 것은 불가능하다. 결정되는 노상면적은 다음의 4가지를 기초로 계산한 범위 내에서 결정하는 것을 원칙으로 한다.

① 공탑속도

유동매체가 유동상태를 유지하기 위해서는 공탑속도가 유동매체의 최소 유동화 속도와 종말속도 사이에 있어야 하는데 이 값은 0.5~1.2m/s로 하는 것이 일반적이다.

② 연소실의 용적부하율

유동층에 있어서 양호한 연소상태를 유지하기 위해서 연소실(유동층)의 용적부하율은 25~60만 kcal/m³·h 정도로 하는 것이 일반적이다.

노상면적과 연소실(유동층)의 용적부하율과의 관계는 다음 식(5.10.33)과 같다.

$$A = \frac{Q_t}{L_b \cdot H_s} \dots\dots\dots (5.10.33)$$

여기에서, A : 로상면적(m²)
 L_b : 연소실의 용적부하율(kcal/m³·h)
 H_s : 정지 시의 모래층 높이(m)
 Q_t : 로에 공급된 전열량(kcal/h)

③ 로상면적부하율

로상 단위면적당 슬러지 케익 소각량(로상면적부하율)은 슬러지 케익의 함수율이 작을수록 커지는데 함수율은 65~80% 사이에서 300~200 kg/m²·h 정도로 하는 것이 일반적이다.

로상면적과 로상면적부하율과의 관계식은 다음과 같다.

$$A = \frac{F_f}{V} \dots\dots\dots (5.10.34)$$

여기에서, F_f : 슬러지 케익 공급량(kg/h)
 V : 로상면적부하율(kg/m²·h)

④ 로상 수분부하율

로상에 투입하는 슬러지 케익에 포함된 수분량은 일정한 범위 내로 한정할 필요가 있다. 수분부하율은 200~280 kg/m²·h로 하는 것이 일반적이다.

로상면적과 수분부하율과의 관계는 다음과 같다.

$$A = \frac{F_h}{L_h} \dots\dots\dots (5.10.35)$$

여기에서, F_h : 투입슬러지 케익 수분량(kg/h)
 L_h : 수분부하율(kg/m²·h)

3) 구조 및 재질

구조 및 재질은 다음 사항을 고려한다.

- (1) 노는 입형으로 자중, 적재하중, 풍압, 적설하중 등에 견딜 수 있는 구조라야 한다.
- (2) 구조 및 높이는 로 내에서 완전소각이 되며 유동매체가 노 밖으로 튀어나오지 않아야 한다.
- (3) 내부벽은 내화성, 내식성, 내마모성의 것으로 한다.
- (4) 유동층 및 프리보드의 로 벽의 일부에 수리 및 점검을 위한 점검구를 설치한다.
- (5) 비상시를 대비해 긴급개방밸브를 설치한다.

【해설】

(1)에 대하여

5.10.2의 2)를 참조할 것.

(2)에 대하여

로의 높이는 송풍실, 유동층 및 프리보드의 높이로 정해진다. 송풍실은 유동송풍기에서 송풍되는 유

동공기를 정류하는 곳이므로, 정류된 공기는 분산판에 의해 균일하게 유동층에 배출된다. 분산판은 폐쇄 및 유동매체의 누출방지, 내열성을 충분히 고려하여야 한다.

유동층부의 높이는 정지 시에는 1.0m 정도이며 유동 시에는 1.5배 정도가 된다. 유동매체는 일반적으로 내마모성 및 내열성이 뛰어난 규사를 선정해 입경 14~48 mesh 정도의 것을 사용한다. 프리보드부에서의 체류시간은 4~6초 정도이며, 프리보드부의 높이는 6~7m 정도가 일반적이다.

(3)에 대하여

내화벽돌은 로내온도에 충분히 견디는 것으로 하며, 내화벽돌과 외벽사이에는 내화단열재를 2층으로 설치하는 것이 바람직하다.

(4)에 대하여

로 내의 내화벽돌은 파손 및 탈락하는 경우가 있으므로 노내의 점검, 수리를 위해 점검구를 설치한다.

(5)에 대하여

5.10.2의 2)를 참조할 것.

4) 소각온도, 공기비 및 로내압

소각온도, 소각용 공기 및 로내압은 다음 사항을 고려하여 결정한다.

- (1) 소각온도는 850℃ 정도로 한다.
- (2) 공기비는 1.3 정도로 하며 공기와 건조고형물의 무게비는 6~50 kg/kg 정도로 한다.
- (3) 프리보드부의 로내압은 항상 -5~-50 mmH₂O를 유지하도록 한다.
- (4) 연소용 공기는 배기가스와의 열교환에 의해 500℃ 정도로 예열한다.

【해설】

(1)에 대하여

소각온도를 낮추면 보조연료가 적게 들어 경제적이지만 소각의 불안정 및 악취성분의 제거 등을 고려하여 850℃로 한다.

(4)에 대하여

유동층소각로의 배기가스는 800~850℃이므로 공기에열기를 설치해 배기가스열을 회수해 소각용 공기를 500℃ 이상으로 예열한다.

5) 탈수케익 및 연료의 공급장치

탈수케익 공급장치는 슬러지가 로 내에 골고루 투입될 수 있는 구조로 설치하며, 공급장치와 관련한 기타 사항 및 연료공급장치는 5.10.2의 4)에 준한다.

【해설】

유동상식 소각시설의 투입장치는 슬러지의 소각에 영향을 미치는 중요한 장치이며, 슬러지가 로 내에 골고루 투입되지 않으면 편소(偏燒)현상이 발생하여 완전연소에 지장을 초래하므로 로 내의 여러

곳에 투입장치를 설치하여 균일한 투입이 가능한 구조로 설치하여야 한다.

6) 보조소각장치

보조소각장치로는 유동층부에 항상 연료분사기, 송풍실에 시동용 열풍 발생로 등이 있다.

【해설】

연료분사기는 탈수케익 소각에 부족열량을 보충하기 위해 유동층부에 설치하는 것으로 로 1대당 2개 이상 설치한다.

7) 배기가스 처리장치

노에서 배출되는 배기가스중에 포함된 매연을 제거하기 위해 배기가스 처리장치를 설치한다.

【해설】

유동층소각로에서 노 출구의 배기가스중에는 30~80 g/Nm³의 소각재가 포함되어 있어 사이클론이나 건식전기집진기 등으로 포집한다. 사이클론 집진율은 80~90%, 건식전기집진기는 85~95% 정도이다. 사이클론은 고온가스에 접하므로 내열성을 충분히 고려해야 하며 소각재로 인한 마모 및 막힘이 적은 재질과 구조로 한다.

건식전기집진기는 장시간 사용하더라도 효율이 좋은 구조의 것으로 집진전극 및 절연애자에 분진이 부착되는 것을 고려한다. 흰 연기를 방지할 경우에는 배기가스 열을 회수하는 열교환기로 공기온도를 상승시켜 굴뚝 내의 배기가스와 혼합시키는 방법이 있다.

8) 유동층소각로 유동매체 및 유동장치

유동매체와 유동장치는 유동층소각로의 중요한 부분이므로 설계 시에는 다음 사항을 고려하여야 한다.

- (1) 유동매체로 주로 사용하는 것은 모래이며 내마모성 및 내열성을 갖추어야 한다.
- (2) 투입되는 모래의 양은 모래 대 슬러지의 비가 3~8 kg/kg 정도가 되도록 한다.
- (3) 유동 시에 매체가 배출되지 않도록 주의한다. 유동매체의 손실은 300시간 운전을 기준으로 5% 이내가 되도록 한다.
- (4) 유동장치는 공기를 이용하므로 송풍기를 일반적으로 이용한다. 가압송풍기의 토출압력은 약 2,500 kg/m² 정도이다.

【해설】

(1)에 대하여

모래층의 깊이는 대략 0.5~1.0 m 정도이고 유동 시에는 1.5~2.0배 정도로 팽창된다. 일반적으로 유동매체는 내마모성 및 내열성이 뛰어난 모래를 선정해 입경 0.1~0.5 mm 정도를 사용한다.

(2)에 대하여

유동층소각로 내 모래의 양은 모래입자와 케익 충돌효율, 모래입자의 열전도도, 유입되는 케익의 온도 등에 의해 달라진다. 투입되는 모래의 양은 케익의 수분 증발 및 건조 케익의 착화온도까지 필요한

열량을 계산하여 모래의 평균입자표면적, 체적, 열전달계수를 구하여 역산하면 구할 수 있다.

(3)에 대하여

유동매체가 유동층과 노의 공탑부에 체류하지 못하는 경우 회분과 함께 노외로 배출되게 된다. 이렇게 배출된 모래는 후속장치의 마모를 초래하고 내화재에 문제를 일으키며, 배기가스로나 대기오염방지시설에 영향을 준다. 유동매체의 손실은 작을수록 좋는데 유동부 체적의 5% 이내가 되도록 하므로 탈수케익 1톤당 20 kg 정도이다. 보충용 유동매체는 노 상부를 통하여 직접 공급되며, 그외 특별한 경우로는 그리트가 함유된 슬러지를 직접 소각할 경우 그리트를 로 내에서 회수하여 사용하는 경우도 있다.

(4)에 대하여

주입되는 공기는 모래를 유동시키고 연소에 필요한 공기를 충분히 공급할 수 있을 정도로 하는데 모래를 날려 보낼 정도로 주입량이 커서는 안된다.

9) 열회수장치

열회수장치는 다음의 각 항을 고려하여 정한다.

- (1) 연소용 공기를 예열하는 경우 공기예열기를 이용하여 배기가스로부터 열을 회수한다.
- (2) 배기가스 처리장치로 보내는 배기가스에서는 백연방지 예열기에 의해 열을 회수한다.
- (3) 보조연료의 절약을 위해서는 배기가스로부터 회수된 열로 슬러지 케익을 건조한다.
- (4) 세연배수의 열이용에 대해서도 검토한다.

【해설】

(1)에 대하여

유동층소각로에서 배기가스는 850℃ 정도로 배출되기 때문에 공기예열기를 설치, 배기가스 중의 폐열을 회수하여 연소용 공기를 500℃ 정도로 예열한다. 또한, 슬러지 케익 성성의 변화에 대응할 수 있도록 필요에 따라 냉각기 등의 설치도 고려한다.

공기예열기의 구조는 배기가스중의 소각재에 의한 막힘과 스케일의 부착을 고려하여 청소가 용이하도록 하는데 일반적으로 다관식열교환기를 많이 사용한다.

연소공기의 예열온도의 범위에 따라 다음의 두 가지 방식이 있다.

① 일반적인 방식

배기가스에서 나오는 열량을 회수하여 연소용 공기를 400~500℃로 가온하는 방식

② 고온열회수방식

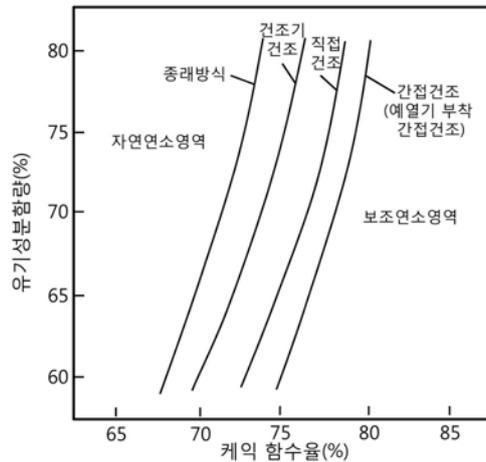
배기가스로부터 열회수의 효율을 향상시켜 연소용 공기의 온도를 600~650℃까지 가온하는 방식

(2)에 대하여

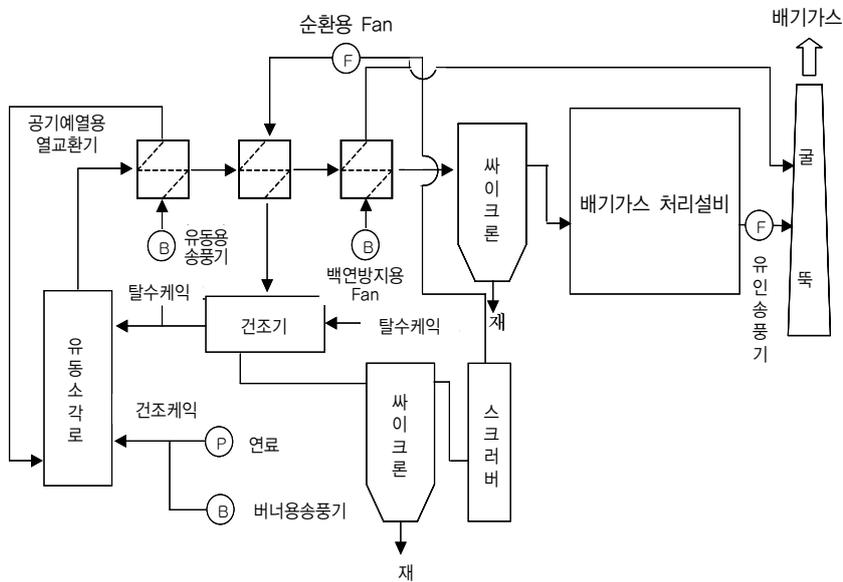
배기가스는 공기예열기에서 열회수된 후에도 500~550℃의 고온이기 때문에 다시 백연방지 예열기에서 열을 회수하여 250~350℃까지 냉각시킨다. 주변 환경을 고려하여 백연방지 예열기에서는 상온의 공기를 200~300℃의 열풍으로 회수하고 굴뚝 내에서도 세정, 냉각후의 배기가스와의 혼합하여 백연방지용으로 이용한다.

(3)에 대하여

슬러지 케익의 유기물 함량이 높고, 함수율이 낮거나 또는 함수율이 높더라도 건조시켜 함수율을 낮춘 경우에는 자연연소한다. 그러므로 배기가스로부터 회수된 열을 이용하여 슬러지 케익을 건조시킴으로서 보조연료의 절약을 도모할 수 있다. 자연연소한계점 부근에서의 조작이 예측되는 경우에는 안전운전을 고려한 설비계획을 행할 필요가 있다. 슬러지 케익의 유기분과 함수율에 의한 자연연소영역 및 보조연소영역과의 관계는 [그림 5.10.7]에 나타난 바와 같다.



[그림 5.10.7] 유기물 함량과 자연연소영역 및 보조연소영역의 관계



[그림 5.10.8] 직접가열건조방식

슬러지 케익의 건조방식에는 배기가스로부터 열회수방법에 따라 다음의 세 가지 방식이 있다.

① 직접가열건조방식

공기에열기 출구의 배기가스로부터 열교환기에 의한 열회수를 행하여 고열풍(400~500℃)을 직접 슬러지 케익에 접촉시켜 건조를 행하는 방식

② 간접가열건조방식

배기가스 열량을 폐열보일러에서 회수하고 열매체(증기 또는 열매개오일)와 케익과의 열교환을 금속면을 통하여 간접적으로 행하는 방식

③ 예열기 부착 간접가열건조방식

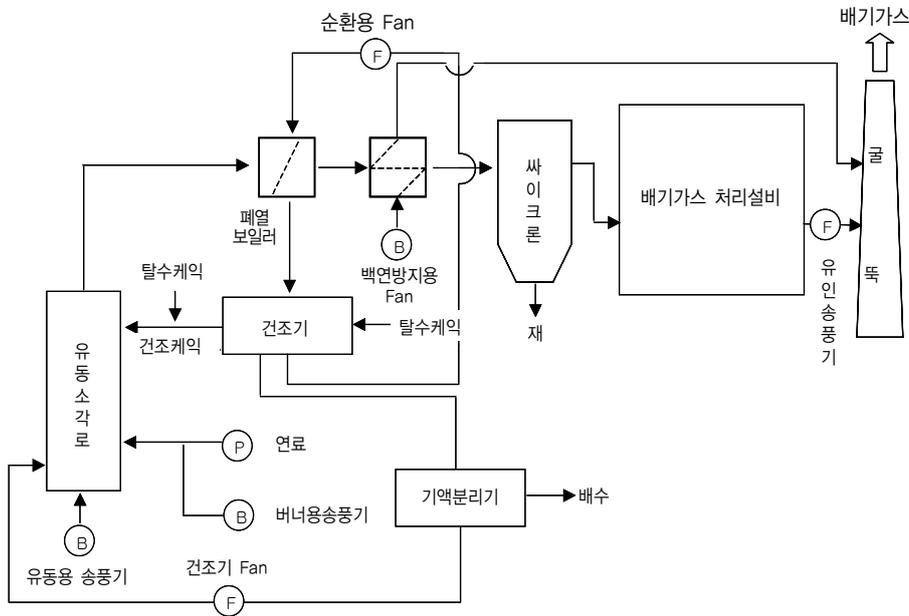
배기가스열량을 열교환기에서 공기에열을 통해 열회수하는 방식

여기에서 앞의 방식과 같은 식으로 폐열 보일러에서 열을 회수한다. 열매체와 케익과의 열교환을 금속면을 통해 간접적으로 행하는 방식이다.

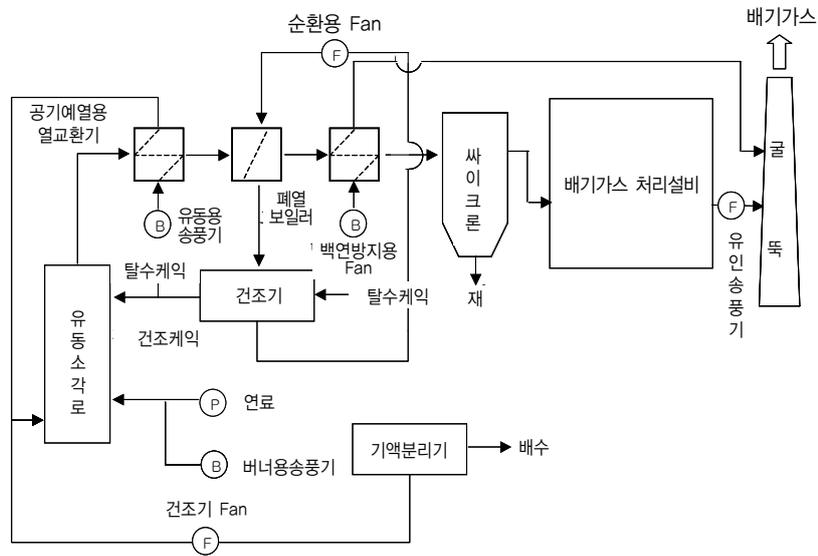
건조기의 종류는 사용하는 열매체에 따라 열풍가열식, 증기가열식 및 열매개오일가열식이 있는데, 선정 시에는 열의 이용형태, 부하율, 사용빈도, 배치공간 등을 종합적으로 검토하여야 한다.

(4)에 대하여

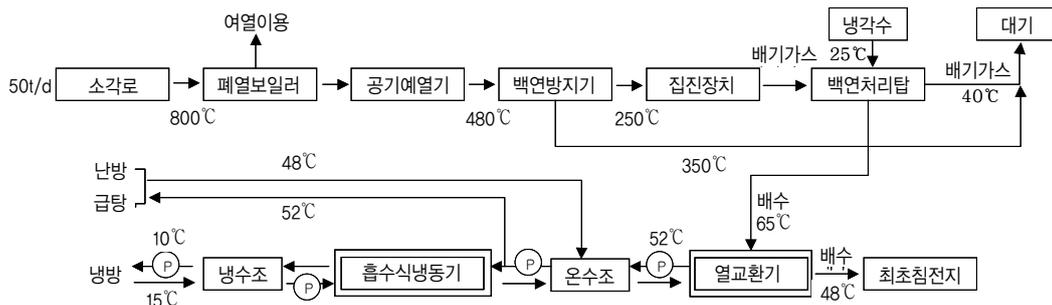
세연배수는 40~60℃의 온수로 비교적 저온이기 때문에 열이용방법은 한계가 있지만, 다량의 열량을 포함하고 있으므로 이용방안을 대해서 종합적으로 검토할 필요가 있다. 처리장 내에서의 이용 예로서는 슬러지 처리동의 급탕 및 난방의 열원으로 이용 등을 들 수 있다. 또한, 처리장외에는 주변지역의 온수공급의 열원으로서 이용할 수 있다.



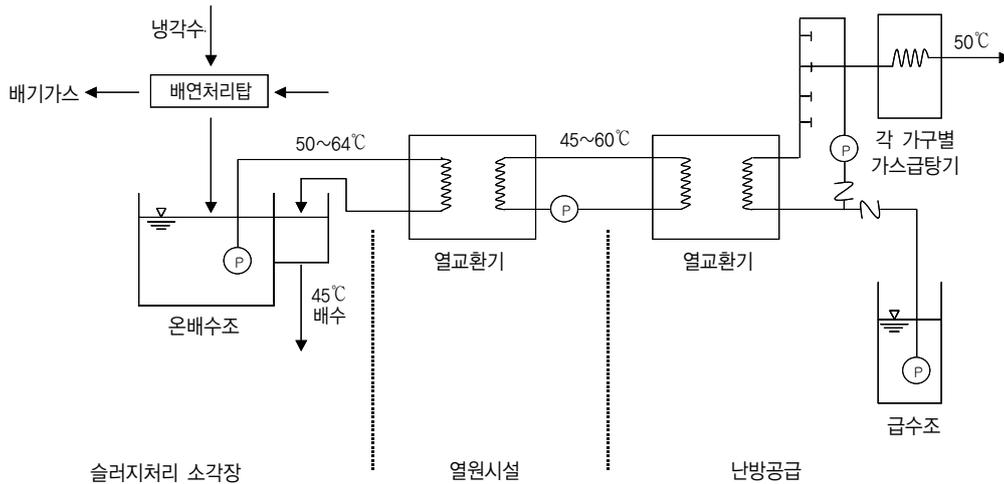
[그림 5.10.9] 간접가열건조방식



[그림 5.10.10] 예열부간접가열건조방식



[그림 5.10.11] 장내이용의 예

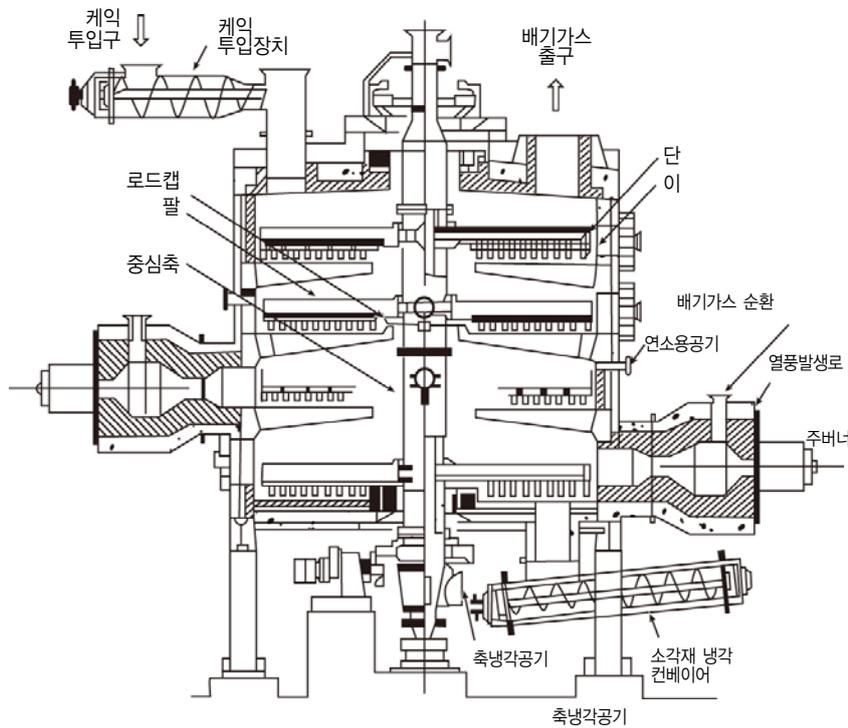


[그림 5.10.12] 장외이용의 예

5.10.5 건조건류로

건조건류로는 [그림 5.10.13]에 보인 바와 같이 일반적으로 4~6 단의 내화벽돌의 노상, 방열을 막는 노벽, 슬러지(건조) 케익을 교반·혼합시키는 중앙축과 팔, 노 전체를 지지하는 셀, 보조연소장치, 구동장치 등으로 구성된다.

건류로 형태에는 함수율이 낮은 슬러지 케익을 직접 건류로로 투입하는 직접건류방식과 사전에 슬러지 케익을 함수율 30~40%까지 예비건조하여 이 건조케익을 건류로로 투입하는 건조건류방식이 있는데, 건조건류방식이 연료소비량 등에서 유리하기 때문에 많이 채택된다.



[그림 5.10.13] 건조건류로의 예

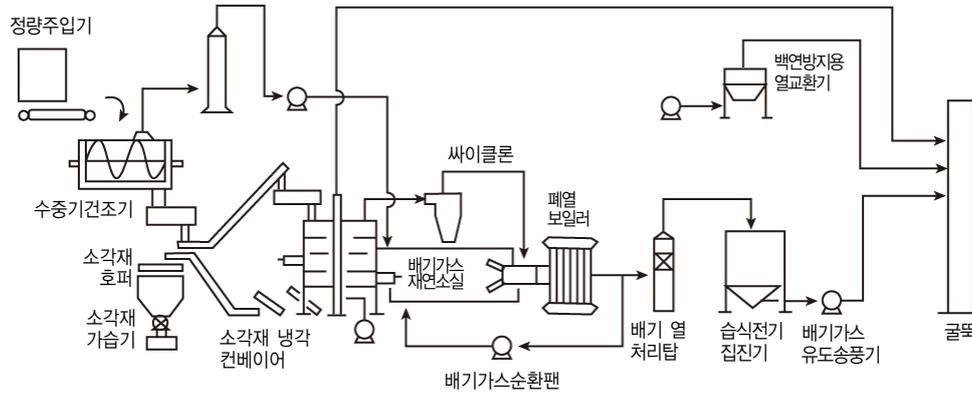
건조건류로에는 슬러지 케익에 포함된 크롬을 환원성 상태에서 산화억제연소를 시켜 소각재중의 크롬 형태를 3가크롬으로 하여 6가크롬이 용출되지 않도록 고려한 것도 있다.

수증기 건조기 등에서 미리 30~40% 정도로 건조시킨 건조케익은 로의 상부의 공급구에서 공급되고 중앙축에 고정된 팔의 회전에 따라 서서히 이동, 낙하를 하며 열분해 건류된다.

연소용 공기는 로 하단부에서 이론공기량에 대해 0.4~0.8의 비율로 공급되고 건류가스는 500℃ 전후의 배기가스로서 로 상부로 배출된다. 700~900℃의 주 연소영역에서 건류된 건류재는 로 밖으로 배출되고 다음 공정의 소각재 냉각 컨베이어에서 대기와 접촉하여 100~200℃까지 간접 냉각된다. 건조건류로에서는 저수분의 건조 케익을 공급하여 이론공기비 이하의 적은 공기량으로 건조 케익을 부분

연소시키기 때문에 연료소모량이 적다. 한편, 로로부터는 악취성분을 포함한 가연성 가스가 다량으로 발생하기 때문에 후단의 배기가스 재연소실에서 악취성분을 열분해한다.

건조건류로의 흐름도의 예를 표시하면 [그림 5.10.14]와 같다.



[그림 5.10.14] 건조건류로 흐름도 예

1) 규모 및 대수

처리규모 및 대수는 5.10.4 1)에 준한다.

【해설】

건조건류로 1 기당 소각능력은 1일당 30~140 톤-케익 정도이며, 처리규모 및 대수는 5.10.4의 1)에 준한다.

2) 로상면적

로상면적 및 단수는 다음의 각 항을 고려하여 정한다.
 (1) 로상면적은 건류조작에 필요한 면적이다.
 (2) 단수는 4~6 단 정도로 한다.

【해설】

(1)에 대하여

건류로의 로상면적은 30~40%의 건조 케익을 투입하는 경우 다음 식으로 구할 수 있다.

$$A_n = \frac{F_f \cdot \left(\frac{100 - W}{100} \right)}{V_p} \dots\dots\dots (5.10.36)$$

여기에서, A_n : 노상면적(m^2)
 F_f : 건조케익 공급량(%)

W : 건조케익 함수율(%)

V_p : 건류속도($\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$) (일반적으로 $20 \sim 25 \text{ kg}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$)

슬러지 케익을 직접 투입하는 직접투입건류방식의 경우는 식(5.10.8)에서 구한 건조단상면적을 식(5.10.36)에 더하여 전로상면적을 구하는 것이 좋다.

(2)에 대하여

건조건류방식의 단수는 4~6단, 직접투입건류방식의 단수는 6~12단 정도로 한다.

단의 간격은 바닥벽돌의 두께와 팔의 형상 등을 포함한 계산법을 기본으로 하여 여기에 경제성과 점검작업을 고려하여 0.8~1.2m 정도로 한다.

3) 연소온도, 공기량 및 로내압

연소온도, 공기비 및 로내압은 다음의 각 항을 고려하여 정한다.

(1) 연소단의 온도는 $700 \sim 900^\circ\text{C}$ 로 한다.

(2) 공기비는 0.4~0.8로 한다.

(3) 로내압은 부압을 유지한다.

【해설】

(2)에 대하여

건류조작에 있어서 노 출구의 산소농도는 거의 0이 되고 공기비는 부분연소율(전가연분량에 대한 가연분연소량의 비)과 거의 같게 된다.

공기비가 낮을 경우 노에서의 보조연료가 많이 필요하고, 반면 높을 경우 건류조작 유지가 불가능하게 된다. 따라서 최적 공기비는 0.4~0.8의 범위에서 보조연료가 최저로 되는 값이다.

(3)에 대하여

로내압은 연소가스가 점검구 등에서 유출되는 것을 막기 위해 항상 부압으로 유지할 필요가 있으며, 부압이 강하면 누출되는 공기량이 많아지기 때문에 통상 미소부압($-50 \sim -200 \text{ Pa}$) 정도를 유지한다.

4) 배기가스 처리장치

로로부터 배출되는 배기가스 중에 포함된 매연을 제거하기 위해서 배기가스 처리장치를 설치한다.

【해설】

로로부터 배출되는 배기가스 중에는 다른 소각로와 마찬가지로 매연으로서 황산화물, 분진, 질소산화물, 염화수소 등이 많고, 건류로의 특성으로서 가연성 가스를 다량 포함하고 있다. 이 악취를 포함한 가연성 가스를 완전히 열분해하기 위해서 배기가스 재연소실을 설치한다. 재연소실에서는 건류로로 투입된 공기량과 합한 총 공기비가 약 1.3정도 되도록 부족한 연소용 공기를 공급한다. 연소실온도는 $850 \sim 900^\circ\text{C}$ 정도가 바람직하다.

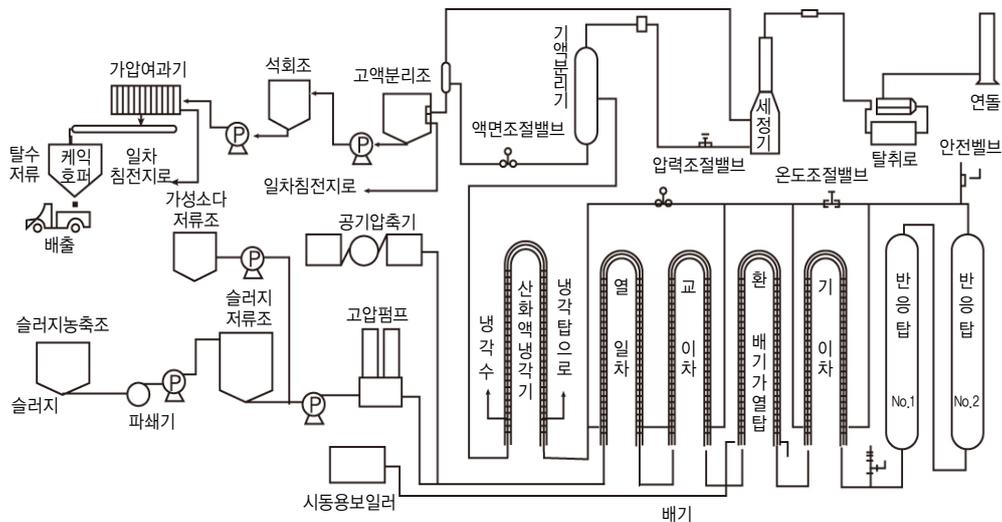
분진은 로 출구에서 $5 \sim 10 \text{ g}/\text{Nm}^3$ 정도인데 로 출구에 사이클론, 배기가스 처리설비로서 배연처리

탑 및 습식전기집진기를 설치하는 경우가 많다.

황산화물 및 염화수소는 다른 소각방식과 마찬가지로 배연처리탑에서 알칼리세정으로 제거한다. 질소산화물은 건류로에서는 거의 발생하지 않으며 배기가스 재연소실에서 주로 발생한다. 배기가스 재연소실에서는 질소산화물 억제 대책으로서 다단연소방식 등을 채택하면 그 농도를 100 ppm 이하까지도 유지할 수 있다.

5.10.6 습식산화시설

습식산화는 액상 슬러지 중의 가연성물질을 고온, 고압에서 보조연료없이 공기 중의 산소를 산화제로 이용하여 습식산화시키는 방법이다. 실제 처리장치에서는 액체상태의 슬러지에 공기를 주입하기 위하여 반응조에 압력을 가하며, 슬러지에 포함된 유기물이 산화반응에 의하여 용해하거나 무기화할 수 있는 온도까지 가열한다. 이렇게 산화된 슬러지는 소량의 불활성고형잔유물(재), 용해성 유기물을 함유한 분리액, 그리고 기체(가스)로 변한다. 재는 약품을 첨가하지 않아도 쉽게 탈수되며, 강열감량이 15% 이하로 안정된다. 처리 후 양은 농축슬러지량의 1/30~1/40로 감소된다. 분리액은 보통 하수처리시설에 반송되어 처리한다. 가스는 탈취해서 배출하는데, 질소산화물이나 황산화물 등은 다른 소각법에 비교해 낮다. [그림 5.10.15]에는 슬러지 습식산화시설의 계통도가 주어져 있다.



[그림 5.10.15] 슬러지 습식산화 처리시설 계통도의 예

습식산화법의 장점은 다음과 같다.

- ① 부지면적이 작다.
- ② 유기물 제거율이 좋고 생성물의 양이 적다.
- ③ 악취발생 문제가 없고 대기오염문제를 해결하기 쉽다.
- ④ 발열반응이기 때문에 에너지 요구량이 낮다.

⑤ 발생하는 재는 약품을 첨가하지 않아도 쉽게 탈수된다.

⑥ 단시간에 처리가 가능하며 위생적이다.

반면에 단점은 다음과 같다.

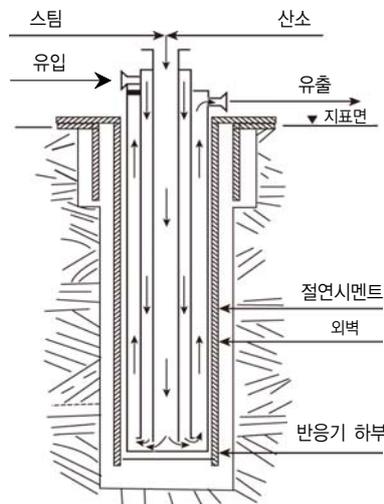
① 슬러지에 대한 운전경험이 부족하다.

② 숙련된 운전자를 필요로 한다.

③ 열교환기에 스케일이 생성된다.

④ 사용관 및 기타 설비에 부식문제가 발생한다.

습식산화법에 있어서 고압과 가열의 문제점을 해결하기 위해서 길이 1,500 m의 수직원통관을 지하에 매설하여 슬러지 산화를 시도한 실험 결과에 의하면 바닥의 온도 260℃에서 COD제거효율은 75~80%였으며, VSS제거효율은 평균 97%였다([그림 5.10.16] 참조).



[그림 5.10.16] 수직형 지하원통관을 이용한 습식산화방법의 예

1) 습식산화시설 설계 시 고려사항

습식산화시설의 설계에는 다음 사항을 고려하여야 한다.

- (1) 산화도는 슬러지의 성상 및 처리방법 등에 따라 달라지지만 통상 50~70% 정도로 한다.
- (2) 소요공기량 및 발열량을 산정한다.
- (3) 처리용량은 처리량의 10% 정도 여유를 두며, 설치대수는 고장 등에 대비하여 2계열로 하는 것이 좋다.
- (4) 반응시간은 40분에서 1시간 정도로 한다.

【해설】

(1)에 대하여

설계 시 산화도는 슬러지의 COD_{Cr}(이하 COD) 감소율로 평가할 수 있다. 산화도는 온도나 압력에 따라 다르지만 유입되는 슬러지의 성상 및 농도에도 영향을 받는다. 습식산화시 부산물로 생성되는 습

식산화액이 처리장에 미치는 영향도 있으므로 이를 고려한다. 일반적으로 산화도는 처리후 탈수케익중 유기물 함량이 15% 이하가 되도록 하는 것이 좋다. 심정습식산화법은 일반법이나 고압법에 비해 다소 산화도가 높아 SS, VS, COD의 경우에 각각 70~80%, 95%, 75~80% 정도이다.

(2)에 대하여

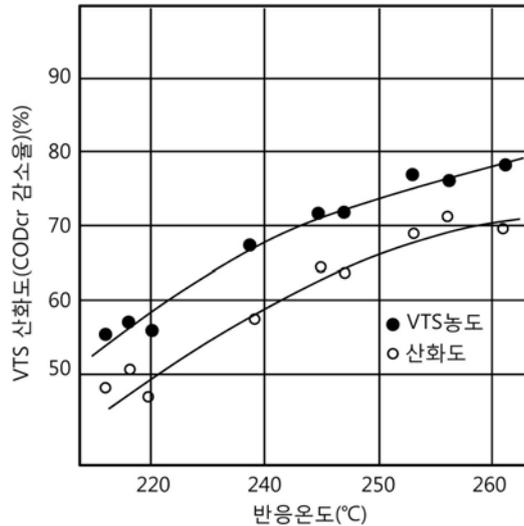
산화반응에 필요한 소요공기량은 케익의 COD농도를 이용하여 다음 식으로 계산할 수 있다.

$$\text{소요 공기량(g/L)} = \text{COD 농도(g/L)} \times \text{COD 감소율} \times \text{과잉공기율} \times \frac{1}{0.232} \dots\dots\dots (5.10.37)$$

여기에서 0.232는 공기 중 산소의 중량이다. 사용되는 공기량은 일반법에서는 대략 2.8 m³/kg-건조고형물이 필요하고, 고압법에서는 6.2 m³/kg-건조고형물이 필요하다.

$$\text{발열량(kcal/gCOD)} = \text{COD 농도(g/L)} \times \text{COD 감소율} \times \text{발열량(kcal/gCOD)} \dots\dots\dots (5.10.38)$$

이때 사용되는 슬러지의 COD는 30~45 g/l 정도 범위에 있는 것이 경제적이다.



[그림 5.10.17] 습식산화 시 반응온도에 따른 산화도의 변화

(3)에 대하여

습식산화시설의 처리능력은 정기적인 열교환기의 세정, 점검 및 수리 등을 고려하여 계획슬러지량의 10% 정도의 여유를 고려하여 결정하는 것이 운전의 융통성이나 처리의 안정성면에서 바람직하다.

(4)에 대하여

일반적인 화학반응과 마찬가지로 반응시간이 길수록 반응은 더 진행되지만 습식산화반응은 비교적 단시간에 반응이 완결되어 평형상태에 도달한다. 산화도는 반응온도에 크게 영향을 받으므로 반응은 대략 40분에서 1시간 정도면 충분하다.

2) 온도와 압력

반응온도와 압력은 요구되는 산화도 및 적용방법에 따라 결정한다.

【해설】

반응온도와 압력은 습식산화의 방법에 따라 달라진다. 즉, 중압법, 고압법 그리고 심정습식산화인 경우에 다소 차이가 난다.

- ① 중압법인 경우 반응온도는 대략 230℃ 정도이고 압력은 3,500~4,200 kPa 정도를 가하게 된다.
- ② 고압법은 온도 250~260℃, 압력 6,900~10,300 kPa 정도이다.
- ③ 심정관 습식산화인 경우에는 중압법이나 고압법에 비하여 온도 및 압력이 높는데, 온도는 260~290℃, 압력은 10,340~13,800 kPa 정도를 사용한다.

온도 및 압력이 높을수록 산화도는 증가하지만 이에 따라 처리비용도 상승하므로 적절한 범위 내에서 산화시키는 것이 바람직하다.

3) 구조

습식산화장치는 고온 및 고압에 견딜 수 있는 내압 및 내식성의 재질을 사용한다.

4) 가압펌프

가압펌프는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 용량은 계획슬러지량에 따라서 정한다.
- (2) 가압펌프의 대수는 예비를 포함하여 2대 이상으로 한다.

【해설】

예비를 고려한 가압펌프의 용량 및 대수는 장치의 규모에 따라 변하며, 장치가 1계열이면 계획슬러지를 100%를 감당할 수 있는 1대의 예비 포함하여 모두 2대를 준비하여야 한다.

장치가 2계열 이상인 경우에는 용량 100%인 1대의 예비를 준비하여 각 계열에 모두 사용하면 된다.

5) 공기압축기

공기압축기는 다음의 사항을 고려하여 정하는 것이 좋다.

- (1) 용량은 슬러지량, 슬러지의 COD, 산화도, 잉여산소량 등을 고려하여 정한다.
- (2) 다단왕복운동식으로 단수는 소요압력에 따라 3~5단으로 한다.

【해설】

습식산화에 필요한 공기량은 식(5.10.39)을 이용하여 계산할 수 있다.

$$W_A = 4.3 \times 10^{-3} \times \text{COD} \times \frac{21}{21 - O_2} \times d \times Q \dots\dots\dots (5.10.39)$$

여기에서, WA : 필요한 공기량(kg/min)

4.3 : 산소와 공기의 환산계수

COD : 유입슬러지의 COD(g/l)

O₂ : 잉여산소(%)(반응 후의 배기가스중에 잔재하는 산소량(2.0~3.0%))

d : 산화율(%)

Q : 슬러지량(l/min)

(2)에 대하여

공기압축기는 고압을 얻기 위해서 다단식으로 한다. 각 단의 토출온도는 150℃ 이하로 하고, 최종단의 토출온도는 100℃ 이하로 한다. 이를 위해서 각 단의 중간과 최종단의 끝에는 각각 냉각기를 설치하는 것이 좋다.

6) 열교환기

열교환기는 다음의 사항을 고려하여 정한다.

(1) 이중관을 사용한다.

(2) 관경과 유속은 슬러지 중의 협잡물에 의하여 막히지 않고 오염물의 부착이 적게 일어날 수 있게 선정한다.

(3) 열전달계수는 대체로 500~1500 kcal/m²·℃·h 정도의 값을 사용한다.

【해설】

(1)에 대하여

습식산화장치에 유입되는 슬러지는 전처리 분쇄하지만 그래도 열교환기의 가는 관이 막힐 위험성이 있으므로 이중관을 사용한다. 이중관은 막히는 경우를 고려하여 U형 곡관부를 플랜지 구조로 하는 등 청소가 편리하도록 한다.

(2)에 대하여

열교환기에 스케일이 부착하는 것을 방지하기 위하여 유입 슬러지의 경도에 따라 연화제를 첨가하지만, 장기간 운전하면 스케일 부착이 많아지므로, 매달 1번 정도 약품세척장치로 세척하는 것이 좋다. 또한, 스케일이 관벽에 부착하는 것을 방지하기 위하여 관내의 유속을 어느 정도 빠르게 할 필요가 있다. 유속은 공기압축기와 고압펌프의 최대유량에 대하여 마찰, 부식이 일어나지 않는 범위인 3.0~4.5 m/s 정도로 설계하는 것이 좋다.

(3)에 대하여

열교환기의 열전달계수가 저하하는 것은 열전달면이 더러워지기 때문이므로 열교환기의 약품세척주기를 정함으로써 설계열전달계수를 결정하는 방법을 고려하는 것이 좋다.

7) 반응탑

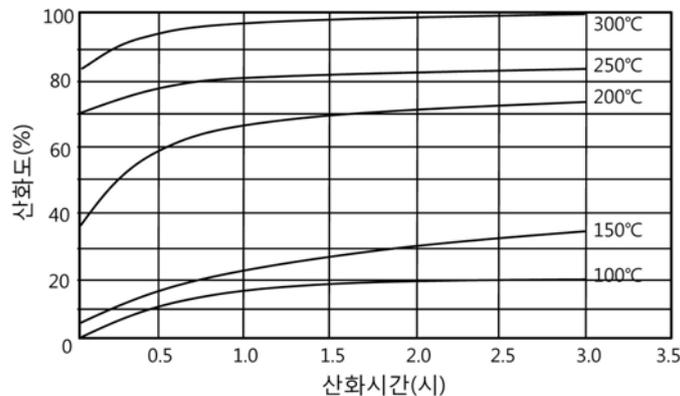
반응탑은 다음의 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 용량은 계획슬러지량에 대해 반응시간이 40~60분 정도가 되도록 한다.
- (2) 원통형으로 하며, 직경과 높이의 비는 1:10을 표준으로 한다. 단, 직경은 최소한 75 cm 이상으로 한다.
- (3) 내부청소가 가능한 구조로 한다.

【해설】

(1)에 대하여

반응탑 내부는 슬러지와 공기의 혼합물이 흐르므로 이에 대한 반응시간을 고려해야 하나 실용상으로는 슬러지 처리량에 대하여 60분 정도이고, 모래퇴적을 고려해서 10~15분의 여유를 두는 것이 좋다 ([그림 5.10.18] 참조).



[그림 5.10.18] 슬러지의 습식산화 시 온도, 시간 및 산화도와와의 관계

(2)에 대하여

반응탑의 직경과 길이의 비는 용량에 따라 다르나 경제성을 고려한 탑의 높이를 생각하여 2대를 직렬로 설치하는 것이 좋다. 또한, 청소할 수 있도록 최소한 75 cm 정도의 직경을 주어야 한다. 최신 공법인 지하원통관법은 길이가 1,500 m나 되며 직경은 30 cm에 불과한 경우도 있다.

(3)에 대하여

슬러지에 함유되어 있는 모래가 반응탑 내에 축적되면 반응탑의 유효용량을 감소시키므로 매년 1회 정도 탑 내부를 청소할 필요가 있다. 따라서 반응탑의 상부와 하부에 맨홀을 설치하는 것이 좋다.

8) 관 및 밸브

관 및 밸브는 다음 사항을 고려하여 설치한다.

- (1) 압력조절밸브와 수위조절밸브는 2개씩 설치하는 것이 좋다.
- (2) 반응탑 입구에는 역류방지밸브를 설치한다.
- (3) 고압 하에서의 배관연결은 링(ring) 연결 또는 플랜지 연결을 한다.

【해설】

습식산화장치는 고압을 유지하므로 배관은 기밀성과 안전성을 확보할 수 있는 것이어야 한다. 장치 내 압력은 압력조절밸브에 의해 유지되며 밸브를 통과하는 속도가 매우 크므로 형식과 구조에 주의한다. 압력조절밸브 및 액면조절밸브는 예비를 포함하여 2개씩 설치하는 것이 좋으며 반응탑 입구에는 역류방지밸브를 설치한다. 고압 하에서 일반적으로 사용하는 배관연결에는 링 연결 및 플랜지 연결이 있다.

(1)에 대하여

습식산화장치내의 압력은 압력조정밸브와 수위조절밸브에 의해서 일정한 값으로 유지되어야 한다. 이들 밸브를 통과하는 유체의 속도는 대단히 빠르므로 모양 및 재질의 선정에 유의하여야 하며, 장기간 동안 운전중을 중단시키지 않고 밸브의 변경이 가능하도록 2개씩 설치한다.

그 외 압력을 유지하기 위하여 사용하는 블록밸브는 고장이 나기 쉬우므로 가능한 한 그 수를 줄이는 것이 좋다.

(2)에 대하여

운전정지 시에는 반응탑 내의 토사가 열교환기로 역류하여 막힘을 일으킬 수도 있으므로 역류방지밸브를 설치할 필요가 있다.

(3)에 대하여

습식산화장치에서는 고압이 유지되어야 하므로 배관이 기밀성과 안전성을 유지할 수 있도록 나사식 연결 대신에 링 연결을 사용한다. 연결 위치 등의 조건에 따라 부득이한 장소에는 플랜지 연결을 사용한다.

9) 부대장치

부대장치로는 저류조, 분쇄기, 기액분리기, 연화제 주입설비, 탈취설비, 약품세척설비, 고액분리조, 세정장치, 시동용보일러, 계측설비 등이 있다.
--

【해설】

(1) 저류조

저류능력이 2일 정도인 제1저류조와 슬러지 이송상의 완충을 겸한 소형의 제2저류조를 준비하여야 한다.

(2) 분쇄기

10 mm 정도 이하의 크기로 분쇄시킬 수 있어야 하며 반드시 예비분쇄기를 보유하여야 한다.

(3) 기액분리기

기액분리기는 단지 비중차에 의해 기체(산화가스)를 상부로, 고체 및 액체를 하부로 분리하는 것이므로 액면의 안정 및 충분한 분리효과를 얻기 위해서는 액상의 체류시간을 3분이상, 가스상은 공탁속

도 2 cm/s로 하여 2분 이상으로 한다.

(4) 연화제 주입설비

슬러지의 경도를 낮출 목적으로 탄산나트륨, 수산화나트륨, 무수암모니아 등이 연화제로 이용된다. 연화제의 첨가위치는 일반적으로 공급슬러지 펌프의 흡입측이다. 첨가시 혼합을 충분히 고려할 필요가 있으며, 주입량은 슬러지의 경도변화에 따라 달라야 하므로 설비용량은 여유가 있어야 한다.

(5) 탈취설비

고압펌프 이후의 시설은 고압으로 유지되므로 냄새의 누설이 있을 수 있으며, 배기가스나 고액분리액에서 독특한 냄새가 생길 수 있다. 따라서, 이런 것들에 대비할 필요가 있다.

(6) 약품세척설비

경도연화제를 첨가하여 운전을 실시해도 열교환기에 스케일이 부착한다. 통상 5%의 질산용액을 사용하는데 물과 교대로 세척할 수 있어야 한다.

(7) 고액분리조

습식산화를 거친 슬러지는 침전에 의하여 고액이 분리되는데 농축된 슬러지는 농도가 20% 정도이나 액상이므로 펌프수송이 가능하다. 이 정도의 농도를 얻기 위하여 고액분리의 고형물부하는 $150\sim 300 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{d}$ 정도로 한다.

(8) 여과설비

가압탈수기를 사용하는 경우 산화도에 관계없이 약품주입을 하지 않고 탈수를 실시하며 탈수속도는 $5.5 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}$ 정도로 한다.

(9) 세정장치

연화제를 첨가하고 운전하여도 일반적으로 30~35일 정도 운전하면 스케일이 생성되어 열전달률이 저하되므로 운전정지 시에 질산용액을 이용하여 열교환기를 세정하여야 한다.

(10) 시동용 보일러

습식산화장치 시동 중에 증기를 발생시켜 증기가열기의 외관측에 공급하여 산화반응을 시작하는 온도까지 승온시키는 역할을 하는 것으로 증기발생시간이 짧은 관류펌프를 사용한다.

(11) 계측설비

습식산화장치의 운전제어에는 열교환기, 반응탑, 기액분리기 등의 일련의 장치부에 온도기록계 및 조절계, 압력기록조절계, 액면지시조절계, 유량조절계, 산소농도계 등의 각종 계측설비를 확보하여 확실한 운전이 되도록 한다.

5.10.7 기타 슬러지 소각 설비

슬러지의 소각을 위하여 다단소각로와 회전건조소각로 외에 다음에 열거된 소각법의 채택을 고려해 볼 필요가 있다.

- (1) 기류건조소각로
- (2) 분사식소각로
- (3) 사이클론소각로
- (4) 열분해
- (5) 전기소각로

【해설】

(1)에 대하여

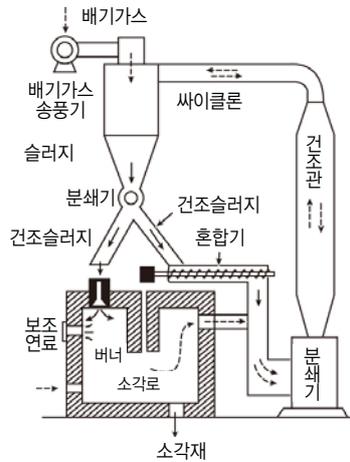
기류건조 소각로는 슬러지를 더운 기류 속에 주입시킴으로써 수분이 제거되게 하는 것이다. 이 단위 공법은 4가지로 뚜렷이 구별될 수 있는 사이클시스템의 일부분으로 다음과 같이 여러 방법으로 조합이 되면서 최대의 융통성을 부여할 수 있다.

- ① 기류건조
- ② 소각
- ③ 배기가스 취급
- ④ 비료취급

기류건조 설비는 고온가스 덕트, 분쇄기, 혼합기, 승강덕트, 사이클론, 공기밸브, 건조슬러지 분쇄기, 수증기팬 등으로 구성된다. 슬러지의 기류건조 시 습윤상태의 슬러지 케익은 혼합기에서 미리 건조된 슬러지와 혼합되며, 혼합된 슬러지는 분쇄기에 들어가기 전에 노에서 나오는 700℃ 정도의 고온 가스를 만나면서 수분이 급속히 증발하기 시작한다.

분쇄기에서 슬러지와 고온가스는 기계적으로 혼합되면서 거의 완전히 건조되어 함유율이 8~10% 정도로 감소된다. 건조된 슬러지가 소각되는 경우 소각재는 노의 바닥에서 제거되며 소각가스의 일부는 분쇄기로 보내져서 슬러지 케익을 건조시키는데 이용된다(그림 5.10.19 참조). 기류건조소각로 내에서 움직이는 슬러지 중에는 경질의 미세한 모래가 포함되어 있어 곡관부의 마찰이 크며, 사이클론 하부의 건조슬러지 분쇄기가 폐쇄될 우려가 클 뿐만 아니라 분쇄기의 마모도 크므로 이런 점에 유의하여 재질을 선택하여야 한다.

슬러지의 기류건조는 연료비 때문에 비교적 비싼 편이다. 슬러지 케익 1 kg 건조시키는데 대략 4,450 kcal의 열량이 요구된다고 추정되며 실제하수처리시설에서의 경험에 의하면 기류건조된 슬러지의 함유율은 평균 5%이었다.



[그림 5.10.19] 기류건조소각로의 예

(2)에 대하여

약 4.5~11%에 농축된 슬러지 내의 고형물을 25 μm 이하의 크기로 분쇄시킨 후 반응조의 상부에서 뿌리며 슬러지를 건조 및 소각시키는 방법이다.

(3)에 대하여

원추형의 반응조이다 고속의 예열된 공기를 원추방면으로 주입시키면서 슬러지를 뿌려주며 연소시키는 방법이며, 소규모의 하수처리시설에 이용된다.

(4)에 대하여

이 방법에서는 슬러지를 산소 공급없이 고온으로 유지하면 휘발성 고형물이 증발되고 탄소와 불활성 물질의 재가 남게 되는데, 폐기물의 이용이라는 점에서 고려해 볼만하다.

(5)에 대하여

전기소각로는 투입호퍼를 통하여 유입된 슬러지나 케익이 섬유상으로 제작된 판상의 벨트위에 놓인다. 벨트 밑의 롤러의 연동작용에 의하여 주입된 케익의 높이가 대략 2.5cm 정도로 균일하게 된 후 교반장치가 연소를 용이하게 하기 위해 케익층을 교반함과 동시에 균질화시킨다. 이와 동시에 슬러지는 벨트를 타고 적외선이 방출되는 지역을 통과하면서 연소과정이 시작된다.

소각이 완료된 후 소각재는 벨트와 함께 이동하여 소각로의 맨 마지막 부분에서 노외로 배출된다. 소각용 공기는 케익 이동방향과 반대방향으로 주입되며 잉여공기량은 대체로 20~70% 정도를 사용한다. 전기소각로의 주요 구성은 케익 유입부분, 건조부분, 연소부분, 소각재 배출의 4 부분으로 구성되며, 케익 유입부분과 소각재 배출부분의 길이는 약 2.4m 정도이나 건조와 연소부분의 길이는 처리정도, 유입슬러지의 성상에 따라 달라질 수 있다. 최적의 화상부하율은 다단소각로에 비해 약간 높은 편이고, 보조연료의 사용량은 다단소각로나 유동층소각로 및 사이클론소각로와 비슷하다. 이 소각로는 대규모에도 설치할 수 있으나 전기를 사용하므로 유지비가 다소 높을 수 있다. 일반적으로는 소규모에 적용할 경우 경제적으로 유리하다.

5.10.8 슬러지 용융

슬러지 용융 설계 시 다음 사항을 고려한다.

- (1) 슬러지 용융은 용융의 목적과 슬래그의 이용 방법을 고려한 시스템이어야 한다.
- (2) 슬러지의 용융 특성을 사전에 파악한다.

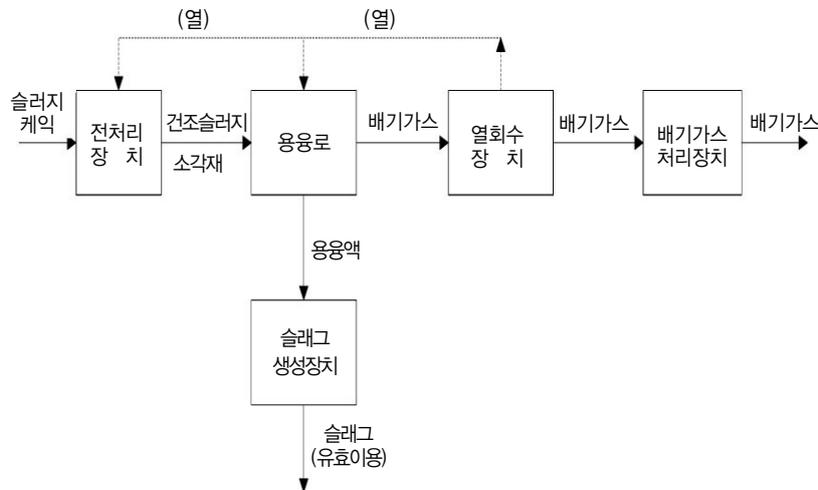
【해설】

슬러지 용융은 매립지 확보가 곤란한 경우나 슬러지 소각을 이용한 감량화도 어려운 대도시 및 하수 슬러지 광역처리 사업 등 대량의 하수슬러지를 처리하는 경우에 도입되기 시작한 방법이다. 슬러지 용융은 감량화, 안정화 및 자재화가 가능하여 유효이용을 적극적으로 할 수 있는 것이 장점이다.

슬러지 용융설비로서는 코우크스베드용융로, 회전용융로, 표면용융로 및 아아크용융로가 있으며, 개발 중인 것으로서 전기저항로, 마이크로파용융로가 있다.

(1)에 대하여

슬러지의 용융은 용융의 목적과 슬래그의 이용방법을 고려한 시스템으로 할 필요가 있다. 슬러지 용융 시스템은 [그림 5.10.20]에 나타난 바와 같이 전처리장치, 용융로, 열회수장치, 배가스처리장치 및 슬래그 생성장치의 각 단위 공정으로 구성되는 것이 일반적이다. 여기에서 용융로와 슬래그생성장치 이외는 슬러지 소각설비의 기술을 응용하면 된다.



[그림 5.10.20] 하수슬러지 용융 시스템에서 단위 공정의 구성

슬러지 용융설비의 큰 특징은 용융 공정의 온도가 1,200~1,500℃로 대단히 높다는 점이다. 하수 슬러지 용융설비의 특성은 여러 가지가 있지만 슬러지에 대한 효과는 다음의 3가지 정도가 있다.

1) 슬러지의 감량화

슬러지를 감량화에서 감량화 정도는 대상 슬러지의 성상(함수율, 유기물 함량 등) 및 생성 슬래그의 형상에 따라 매우 다르다. 유기계 슬러지(유기응집제를 사용한 슬러지 케익)를 감량화하여 슬래그화한

경우 슬러지 케익을 기준으로 1/15~1/20 정도가 되며, 건조슬러지(완전 건조상태) 기준으로 1/9 정도 된다. 소각재를 기준으로 하면 1/3 정도가 된다.

무기계 슬러지(소석회 및 염화제이철을 사용한 슬러지 케익)를 용융하여 슬래그화한 경우 슬러지 케익(소석회의 약품주입률은 고형물의 40%)를 기준으로 1/3 정도로 감량화된다.

2) 슬러지의 안정화

용융 슬래그 중에는 슬러지 케익 중의 유기물이 완전히 산화·연소하여 무기물인 회분으로 안정화된다. 용융 슬래그 중에 포함된 카드뮴 등의 중금속도 고정화되기 때문에 폐기물 공정 시험법 상의 용출 시험에서도 용출 값이 매우 낮게 나타나 용융은 슬러지의 안정화에 매우 효과적이라 할 수 있다.

3) 슬러지의 자재화(용융 슬래그의 이용)

슬러지 용융 시스템중 슬래그 생성 공정은 슬래그의 냉각방법에 따라 급냉식과 서냉식으로 구분할 수 있다. 냉각방식에 따라 용융액의 냉각 속도는 크게 다르며 이에 따라 생성된 용융 슬래그의 성상도 크게 변한다. 한편, 슬래그의 부가가치를 높이는 방법으로는 냉각속도를 제어하는 방법과 슬래그를 재가열하여 슬래그를 결정화하는 공정이 있다.

슬래그 생성 공정의 냉각방법에 따른 슬래그의 특징은 <표 5.10.6>과 같다.

<표 5.10.6> 하수슬러지의 용융액 냉각방법에 따른 슬래그의 특징

냉각 또는 가열 방법 (슬래그 명칭)		조작 방법	슬래그의 특징
급냉슬래그	직접수냉 (수냉슬래그)	물과 접촉 또는 물에 담가서 냉각	유리질로서 강도는 낮다. 가는 모래상 또는 모래상
	간접수냉 (수냉슬래그)	물 등 냉각 매체와 열교환기를 매개로 간접 냉각	유리질이지만 강도는 직접수냉슬래그보다 크다. 덩어리상
서냉슬래그	직접공냉 (공냉슬래그)	대기 중에 방치하여 냉각	주로 유리질인데 강도는 일반 급냉 슬래그보다 크다.
	보냉 (보냉슬래그)	온도를 제어하거나 방열량을 억제하며 서서히 냉각	결정화가 진행될수록 강도는 커진다. 암석상, 쇠석상
결정화 슬래그		직접공냉한 슬래그를 900~1,000℃ 정도에서 일정시간 방치	강도가 크다. 가는 모래상, 덩어리상, 사석상

(2)에 대하여

슬러지의 종류에 따라 용융 특성이 다르기 때문에 용융 방식과 용융 온도 등을 결정할 때는 대상이 되는 슬러지의 용융 특성을 사전에 실험 등을 통해 파악해야 한다. 슬러지의 용융 특성으로는 용융 온도 특성 및 발열량이 있는데 일반적으로는 다음과 같다.

1) 슬러지의 용융 온도 특성

용융에서 조작 온도는 승온된 액상의 용융물이 용융로 내에서 다시 고체상태로 변할 수 있기 때문에 신속히 배출할 필요가 있다. 이 때문에 슬러지의 온도 등에 대한 용융 특성을 파악하는 것이 매우 중

요하다. 용융 온도 특성의 지표에는 용류점(溶流点), 융점(融点) 및 연화점(軟化点)을 사용하는 것이 일반적이다. 슬러지의 용류점, 융점 및 연화점은 다음과 같다.

① 연화점

시험추의 상부 끝이 녹기 시작하는 상태([그림 5.10.21]의 a)의 온도

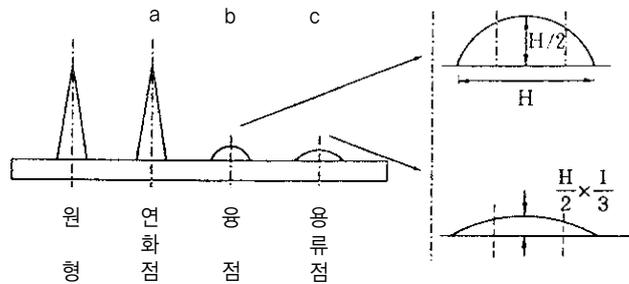
② 융점

시험추가 용융하여 그 높이가 아래쪽 폭의 1/2이 될 때([그림 5.10.21]의 b)의 온도

③ 용류점

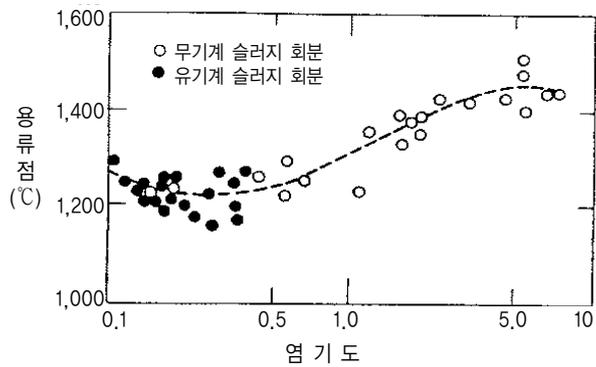
용융물이 바닥 지지판으로 흘러 융점에서의 높이의 1/3이 될 때([그림 5.10.21]의 c)의 온도

용융로 내에서는 용류점 이상의 온도가 안정적으로 유지될 필요가 있다. 용류점은 일반적으로 염기도(염기성 산화물/산성 산화물)에 따라 다르다. 염기도의 정의는 하수슬러지의 경우 CaO/SiO₂로 정의하는 것이 실용적이면서 타당하다고 생각된다. 슬러지 용융 시스템의 보조연료 소비량 절감을 고려하면 용류점을 낮게 할수록 유리한데 통상 염기도를 지표로 조정할 필요가 있다. 일반적으로 무기응집제를 사용한 슬러지 케익(무기계 슬러지)의 경우 염기도는 통상 1 보다 높고 용류점이 높은 경향이 있다. 이런 경우에는 규산 성분을 첨가하여 염기도를 1 정도로 조정하여 용류점을 낮출 수 있다. 반면, 유기응집제를 사용한 슬러지 케익(유기계 슬러지)의 경우 염기도는 통상 0.1~0.2로 낮아 무기응집제를 사용한 슬러지 케익에 비해 용류점은 낮은 경향이 있다. 그러나 염기도가 낮은 경우에는 용융액의 점성이 높은 경향이 있기 때문에 안정한 용융액을 만들기 위해서는 석회 성분을 첨가하여 점성을 낮출 필요가 있는 경우도 있다.



[그림 5.10.21] 용융 온도 특성의 지표

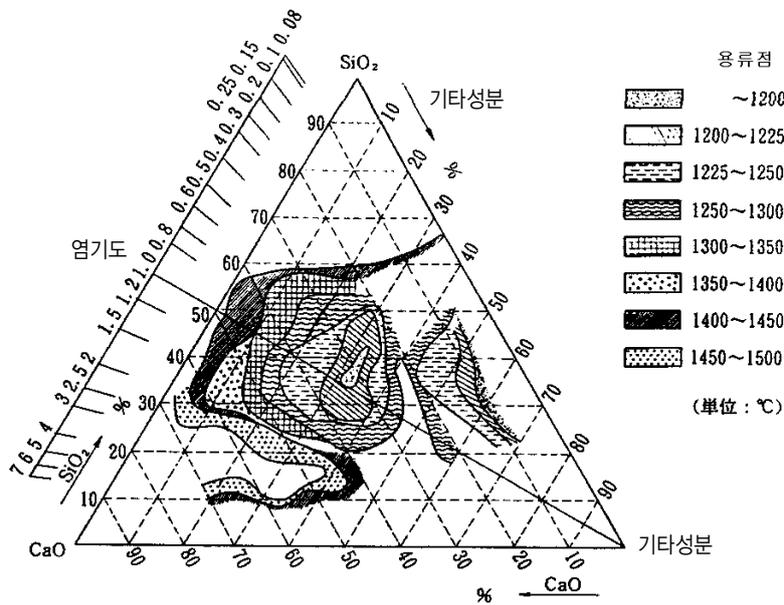
하수슬러지 회분의 염기도와 용류점의 관계는 [그림 5.10.22]와 같다. [그림 5.10.22]을 보면 염기도 0.2~0.7 부근에서는 용류점이 낮아지지만 이 온도는 슬러지에 따라 100℃ 정도까지 차이가 난다. 이 온도차는 CaO와 SiO₂비 이외의 다른 성분 영향이라고 생각된다. 이러한 가정 하에서 'SiO₂-CaO-기타 성분'의 3성분의 상태에 따라 하수슬러지의 회분 조성과 용류점 간의 관계를 나타내면 [그림 5.10.23]과 같다.



[그림 5.10.22] 염기도와 용류점의 관계

[그림 5.10.23]을 보면 하수슬러지의 회분 조성과 용류점과의 관계로부터 다음과 같은 관계가 성립한다.

- ① 1,200°C 이하의 낮은 용류점 영역이 존재한다. 이 영역은 두 개의 영역으로 나타나는데 그 중 하나는 그림의 거의 중앙에 위치한다. 이 영역은 「CaO」, 「SiO₂」 및 「기타 성분」의 함유율이 거의 비슷한 점이고 염기도도 1 전후이다. 또 하나의 영역은 염기도 0.1~0.4에서 CaO와 SiO₂의 함유량의 합이 회분 전체의 30~50% 정도인 영역이다. 이 영역은 대부분 유기계 슬러지가 포함된다.



[그림 5.10.23] 하수슬러지의 CaO-SiO₂-기타 성분에 따른 용류점의 상태도

② 용류점을 낮추기 위해서는 염기도만을 조절하여서는 불충분하다. 동일한 염기도의 슬러지에서 1,200~1,500℃의 범위에 용류점이 변할 가능성이 있다. 용류점을 낮추기 위하여 성분을 조정할 때에는 「기타 성분」의 함유 비율도 고려하여 조정하여야 한다. 이렇게 함으로써 효율적이고 안정적으로 용융시킬 수 있는 적절한 용융로 내 온도의 설정이 가능하다.

2) 슬러지의 발열량

용융 시 용융 온도는 대단히 높기 때문에 다량의 열에너지를 필요로 한다. 이 에너지는 슬러지 자신의 연소에 따른 열에너지와 배기가스에서 회수한 열에너지를 사용할 수 있는데 열수지상 이것만으로는 부족하기 때문에 다량의 보조연료가 필요하다.

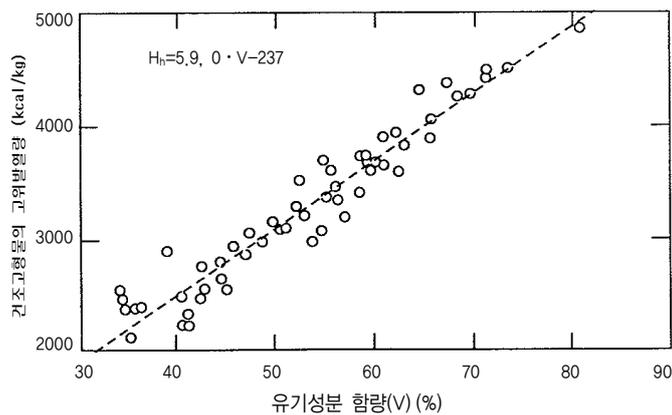
슬러지 케익의 발열량은 유기계 슬러지의 경우 3,000~4,000 kcal/kg-DS 정도로서 열원으로서의 가치가 대단히 높다. 이 슬러지 케익의 발열량은 [그림 5.10.24]에 나타난 바와 같이 슬러지의 유기 성분 함량에 따라 결정되며 유기계 슬러지의 경우 고위발열량은 다음의 식(5.10.40)과 같다.

$$H_h = 59.0 \cdot V - 237 \dots\dots\dots (5.10.40)$$

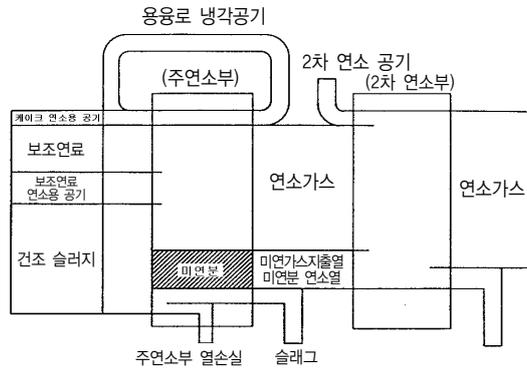
여기에서, H_h : 고위발열량(kcal/kg-DS)

V : 유기성분 함량(%)

슬러지 용융시설의 운전 온도가 대단히 높기 때문에 슬러지 자체가 가지고 있는 발열량을 감안하더라도 열수지상 입열이 부족하기 때문에 보조연료를 다량으로 소비하는 경우가 많다. 그러나, 용융은 소각에 비해 감량화, 안전화 및 자재화가 훨씬 유리하기 때문에 유효이용의 관점에서는 적용할 수 있다. 열수지의 모식도는 [그림 5.10.25]와 같다.



[그림 5.10.24] 유기성 탈수슬러지의 고위발열량



[그림 5.10.25] 슬러지 용융의 열수지 모식도

3) 용융슬래그(slag)의 결정화조건

결정화는 주로 SiO_2 , Al_2O_3 , CaO 의 3가지 성분이 중요 요소고, 슬러지의 성질과 상태에 따라서 조성(화합물을 구성하는 원소의 질량 혹은 원자 수의 비)조정이 필요하다.

결정화온도, 유지시간을 충분히 파악해야 한다.

5.10.9 대기오염문제

슬러지 소각 및 건조시설에서 발생하는 배기가스는 대기오염을 일으킬 수 있으므로 적절한 대기오염 방지시설을 설치하여야 한다. 대기오염방지시설을 설치할 경우에는 배기가스내의 대기오염물질 종류에 따라 적절한 방법을 선정하며 다음 사항을 고려한다.

① 입자상 물질

- 물리적 집진
- 습식세정법
- 여과집진
- 전기집진

② 가스상 물질

- 질소산화물 제어
- 함유한 산가스 제어

③ 악취

대기오염방지시설을 설치할 경우에는 현재 배출기준을 만족시켜야 할 뿐만 아니라 장래의 배출기준도 고려해야 한다.

1) 소각로 배기가스 처리시설

슬러지 소각로의 배기가스에 의한 대기오염을 방지하기 위하여 배기가스 처리장치를 설치하여 배기가스 내의 대기오염물 농도가 법에서 규정하는 허용치 이하가 되도록 한다.

【해설】

슬러지를 소각시키면 부피가 감소되면서 완전살균되지만 소각로를 잘못 설계하거나 운전하면 대기오염을 일으킬 수 있다. 예를 들어 소각이 불완전하면 탄화수소, 질소산화물, 일산화탄소, 매연, 검댕 등의 중간생성물이 생겨 대기에서 광화학적인 반응을 일으킴으로써 가시거리의 감소 등 여러 가지 대기오염현상을 일으킬 수 있다. 이 같은 현상은 배기가스내의 산소량을 지속적으로 감시하거나 굴뚝연기의 온도를 높임으로써 그 정도를 줄일 수도 있다.

소각로에 의한 분진배출정도는 대부분 제진시설의 효율에 의하여 결정되며, 소각로의 상태에 의해서 는 별로 영향을 받지 않는다. 분진제거시설로는 사이클론, 전기집진기, 백하우스(bag house), 습식집진기 등 여러 가지가 있는데 그 중에서도 습식집진기가 많이 이용된다. 습식집진기를 사용하면 분진 외에도 각종 가스의 제거에 도움이 되며 알칼리용액을 이용하면 산에 의한 부식을 방지할 수 있다. 2단 또는 3단 집진기를 사용하여 제진효율을 높일 수도 있다. 고율집진기에서의 압력손실은 400~800 mmH₂O이며, 표준온도와 압력하에서 배기가스의 분진농도를 0.05 mg/l 이하로 줄일 수도 있다.

하수슬러지를 소각하는 경우 중금속을 방출할 수도 있다. 그러나, 슬러지 내의 금속은 수온을 제외하고는 대부분 소각과정에서 산화물로 산화되어 소각재로서 또는 제진시설에서 제거된다. 슬러지의 소각에 의한 기체상태의 대기오염물로는 염화수소, 아황산가스, 질소산화물, 이산화탄소 등이 있으나 소각로의 설계와 운전이 적절하다면 일산화탄소는 큰 문제가 되지 않는다. 플라스틱 제품의 분해에 의해 발생하는 염화수소는 습식집진기에 의한 제거효율이 높다. 대부분의 경우 슬러지의 황 함량은 낮고 또한 대부분이 황산염으로 존재하기 때문에 SO₂에 의한 문제도 심각하지 않다고 볼 수 있다.

슬러지는 단백질과 암모늄염 때문에 질소함량이 높으나 질소산화물이 생성되려면 870℃ 이상의 온도가 필요하다. 대부분의 슬러지 소각로에서 소각온도는 이보다 낮기 때문에 소각로를 적절히 운전하면 질소산화물의 농도를 100 ppm 이하로 배출할 수도 있다. 슬러지는 농약 등의 각종 독성물질을 함유하므로 슬러지를 소각시키면 배기가스내에 그러한 독성물질이 함유되어 있을 수도 있다. 그러나 대부분의 살충제는 500℃ 정도에서 열분해되며 900℃에서는 거의 완전히 분해될 수 있다.

하수슬러지로 실시한 실험의 결과에 의하면 PCB(poly chloro biphenyl)는 590℃의 배기가스온도에서 슬러지와 함께 산화되었으며, 다단소각로에서 배기가스 온도가 370℃인 경우에도 재소각없이 파괴되는 비율이 높았다.

슬러지 소각로에서 생기는 냄새를 통제하기 위해서 두 가지의 방법이 주로 채택된다. 하나는 배기가스내의 유기물을 완전히 산화시킬 수 있도록 배기가스를 650~760℃의 높은 온도에서 충분한 시간동안 정체시키는 것으로 효율적이며 가장 널리 이용되고 있다. 그 다음으로 많이 이용되는 방법은 배기가스를 제2소각실이나 재소각기를 사용하여 처리하는 방법으로 연료가스나 오일을 태워서 유기물을 산화시킨다. 이때 촉매를 사용하면 소각온도를 낮출 수 있으므로 연료가 절약될 수 있다. 어느 경우에도 공기를 추가로 공급해 주어서 완전소각이 일어나도록 해야 한다. 소각시설에 대한 대기오염물질 배출허용기준은 대기환경보전법에서, 소각시설에 대한 다이옥신 배출기준은 폐기물관리법에서 정하고 있으므로 관련 법규에서 정하는 기준을 준수할 수 있도록 소각시설을 운영하여야 한다.

5.11 슬러지의 자원화

하수처리 시 발생하는 슬러지, 관로 시설로부터 제거된 토사, 침전지로부터 제거된 침사 등은 녹지 및 농지 이용, 건설자재화 등의 방법으로 적극적으로 이용할 필요가 있으며, 이와 같은 이용이 불가능한 경우는 매립 등을 행할 필요가 있다.

최근 하수도 정비의 확대 및 생활수준의 향상에 따라 슬러지 발생량은 급격하게 증가하고 있으며 이를 처리하기 위한 여러 가지 방법 등이 모색되고 있다. 하지만 이러한 방법들은 처리비용의 증가를 초래하기 때문에 적절한 방법 선택에 어려움을 겪고 있다.

이와 같은 문제의 가장 좋은 대응방안은 최종 처분량을 감소시키는 것이며, 소각·용융 등의 감량화 방안을 고려할 수 있다. 또한, 향후 자원 및 에너지 절약의 관점에 있어서 슬러지의 녹지 및 농지 이용, 건설자재 이용 또는 에너지 이용 등도 적극적으로 추진해야 할 필요가 있다. 또한, 퇴비화 및 고화처리된 슬러지는 매립지 복토재로도 재이용할 수 있다.

더욱이 우리나라에서는 2010년 1월 개정된 폐기물관리법 시행규칙 별표6 “폐기물의 수집·운반·보관·처리에 관한 구체적 기준 및 방법”에 따르면 하수도법 제2조의 규정에 의한 1일 10,000 m³ 이상인 공공하수처리시설과 수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 제2조에 따른 1일 폐수배출량 2,000 m³ 이상인 폐수배출시설의 유기성 슬러지를 바로 매립하여서는 아니 된다”고 규정되어 있어 하수슬러지의 직매립이 금지되어 있기는 하지만 “매립가스를 회수하여 재이용하는 시설이 설치된 매립시설의 경우에는 수분함량 75퍼센트 이하로 처리하여 매립할 수 있다. 다만, 1일 500톤 이상은 매립할 수 없다”는 규정에 따라 일부 매립장에는 직매립이 가능할 수도 있으므로 이를 고려하여 자원화 방안을 확실하게 수립하여야 한다.

5.11.1 녹지 및 농지 이용

우리나라의 농지는 화학비료를 다량 이용하여 왔기 때문에 지력의 저하가 현저하여 유기성 퇴비사용의 필요성이 인식되기 시작했다. 유기성 퇴비의 원료로서는 가축 분뇨, 나무껍질, 분뇨슬러지, 식품가공슬러지 등이 있으며 이들을 이용한 퇴비의 생산량이 최근 증가하고 있다.

슬러지는 질소 및 인 등의 비료 성분 이외에도 각종 유용한 무기물이 포함되어 있기 때문에 자원으로의 이용 가치가 높으며, 녹지 및 농지 이용도 바람직한 이용 형태로 생각된다. 하수슬러지의 녹지 및 농지 이용은 다양한 비료로서의 효과뿐만 아니라 농지의 토질 개량을 겸한 합리적인 이용 형태의 하나로서 매우 유망하다.

녹지 및 농지에의 이용형태는 시비된 토지의 상황이나 이용자 측의 사용 방법을 고려하여 결정하며 주로 다음의 두가지 종류가 있다.

- (1) 하수슬러지 부숙토
- (2) 지렁이분변토

【해설】

(1)에 대하여

하수슬러지로 만든 부숙토는 유기물이 생물학적으로 분해·안정화되었기 때문에 슬러지를 그대로 농지 등에 그대로 이용함으로써 급격하게 분해되어 식물의 생육에 악영향을 미치는 것을 방지할 수 있으며, 슬러지 중에 포함되어 있는 질소나 인과 같은 비료성분을 토양에 공급함으로써 토양의 상태를 개량할 수 있다.

(2)에 대하여

지렁이 사육시설에 슬러지를 먹이로 공급하면 지렁이와 유기물이 부숙된 분변토를 얻을 수 있다. 지렁이를 이용한 부숙토 생산 방법은 기존의 슬러지 처리 방법보다 간편하며, 시설과 운전비용이 적게 들고 슬러지 처리 후 발생하는 부산물의 재활용이 가능하기 때문에 우수한 슬러지 처리방법이나 지렁이를 사육하는 관계로 큰 시설에는 적용하기 곤란하다는 단점이 있다.

5.11.2 건설자재로서의 이용

도시를 중심으로 한 지역에서 발생한 슬러지 소각재 또는 용융 슬래그의 가장 적합한 이용 형태의 하나가 건설자재로서의 이용이다.

1) 건설자재로의 이용 형태

건설자재 이용의 주된 이용 형태로서는 다음의 2가지 종류가 있다.
(1) 소각재
(2) 용융 슬래그

【해설】

슬러지의 소각재 및 용융 슬래그는 그대로 또는 가공하여 건설자재, 토질 개량제 등으로 이용될 수 있다. 소각재 및 용융 슬래그의 조성은 종래의 건설자재와 유사하기 때문에 건설자재 또는 그 원료로서 사용이 가능하며 다른 용도로도 이용된다. 토질 개량제로의 이용에서는 무기성 소각재가 건설 잔토 등을 개량하는데 효과적이다.

(1)에 대하여

슬러지를 처리할 때 사용되는 응집제는 염화제일철과 소석회 등을 포함한 무기계 소각재와 유기 응집제를 포함한 유기계 소각재의 두 종류로 나뉜다.

무기계 소각재는 이에 함유되어 있는 Ca의 수경성을 이용하는 경우가 많기 때문에 그 함유량을 파악할 필요가 있다. 소각재의 Ca 함유량은 슬러지의 성상 또는 계절적인 변화에 따라 변동하는 경우가 있기 때문에 그 변동 범위를 파악할 필요가 있다.

토질 개량제로서 이용하는 경우에는 개량된 토지의 강도를 적절한 범위로 상승시키는 것이 목표이다. 효과를 높이기 위해서는 소각재를 함수율이 비교적 낮은 상태로 사용하는 것이 바람직하지만, 이

경우에는 비산 방지 등의 배려가 필요하다.

도로 포장재로의 이용 시 소각재는 단독으로 또는 다른 재료의 혼합재로 사용된다. 혼합재로서 사용되는 경우는 소각재 단독으로 사용할 때 목적 기준을 만족하지 못하거나 용융 슬래그와 혼합하여 사용하는 경우 등이 있다. 도로 포장재로서 사용하는 경우에는 소각재를 대량으로 현지에서 취급하기 때문에 토질 개량제로 사용하는 경우 보다 소각재 비산 등에 대하여 더욱 주의를 기울일 필요가 있다.

고분자계 소각재의 이용은 소각재에 함유된 규소(SiO_2)나 알루미늄(Al_2O_3) 등을 점토 등의 대체재로서 이용하는 것이다. 이용 시에는 소각재 성분과 계절적인 변동을 파악할 필요가 있다. 특히, 소성(燒成)하는 경우 소성 온도의 영향이 크기 때문에 주의를 요한다. 더욱이 소각재의 첨가율이 수 %를 초과하는 경우에는 소각재 색(갈색 계통)에 의하여 제품이 착색될 수 있다.

(2)에 대하여

용융 슬래그는 용융액의 냉각 방법에 따라 크게 급냉 슬래그와 서냉 슬래그로 나눌 수 있다. 이들은 입경이나 성상이 다르지만, 각각 세사 또는 쇄석의 대체재로서 이용이 가능하다. 용융 슬래그는 슬러지의 성장, 용융로의 형식, 계절적 변동에 따라 그 성상에 차이가 발생하기 때문에 비중, 입도분포 등을 파악할 필요가 있다. 일반적으로 서냉 슬래그가 급냉 슬래그에 비하여 비중이 크고 강도도 큰 경향을 나타낸다. 도로 포장재 또는 콘크리트 골재 등으로의 이용에 있어서는 입도분포를 조정하기 위하여 용융 슬래그를 파쇄하거나 쇄석 등을 혼합하여 사용하기도 한다.

2) 품질 또는 사용 방법

품질 또는 사용 방법은 다음의 각 항목을 고려하여 결정한다.

- (1) 건설 자재로 이용되는 제품은 품질 또는 성상이 목적에 부합하여야 한다.
- (2) 사용 방법의 선정에 있어서는 건설 자재이용에 대하여 지역 상황을 고려하여 수행할 필요가 있다.

【해설】

(1)에 대하여

원료 또는 가공품은 과거로부터 사용되어 온 건설자재 등과 비교하여 동일 정도의 제품 또는 성상을 요구한다. 그러므로 원료인 슬러지 및 소각재 등의 품질 안정화를 도모하는 것과 함께 품질 관리를 적절하게 행할 필요도 있다.

(2)에 대하여

사용 방법 선정에 있어서는 지역 상황을 조사하여 충분히 고려함은 물론 건설자재로 이용되는 방법이 확립될 때까지 한 가지의 방법에 한정하지 말고 복수의 이용 방법을 검토하여 유연한 대응이 가능하도록 하는 것이 바람직하다.

소각재 및 용융 슬래그의 건설자재로 이용은 이미 실용화된 것, 시험 제작·시험 시행 단계의 것 등 다양한 방법이 있다. 이러한 것들의 형태별 사용 예를 <표 5.11.1>에 나타내었다. 또한 각각의 사용예에 대하여 개략적인 첨가율(습윤중량 %)도 나타나 있다.

〈표 5.11.1〉 슬러지의 건설자재로의 사용 예

소각재	석회계	(무가공)	토지 개량제(5~30%)	
			노반재(~100%)	
	고분자계	(무가공)	콘크리트 2차 제품(2~10%) • 연결 블록 • 콘크리트 L 형 • 콘크리트 경계 블록	
			소결	타일(1~100%)
				보통 벽돌(10~100%)
				연결 벽돌(~100%)
				투수성 블록(~50% 정도)
강관(3~6%)				
경량 골재(80~100%)				
용융슬래그	급냉 또는 서냉	필요한 경우입도 조정	노반재(~100%)	
			콘크리트 골재(~100%)	
			콘크리트 2차 제품(10~25%)(굵은골재 치환율~100%) • 연결 블록 • 콘크리트 경계 블록 • 포장용 콘크리트 평판 • 원심력 철근 콘크리트 관 • 콘크리트 L 형	
		용융 성형	정형 성형 결정화물질(타일)(~100%)	
			장식품(착색 유리)(~100%)	
소결	투수성 블록(~100%)			

3) 저장 및 유통체계

건설자재의 저장 및 유통 체계는 다음의 각 항목을 고려한다.

- (1) 수요량의 계절 변동에 대응하기 위하여 제품의 형상에 적합한 저장설비를 설치한다.
- (2) 제품의 유통 체계를 명확하게 확립해 두는 것이 바람직하다.

【해설】

(1)에 대하여

제품의 형상으로서, 벽돌, 블록 등과 같은 덩어리 형태, 도로 포장재·경량 골재등과 같은 쇄석 형태 및 분말 등으로 크게 나눌 수 있다. 이러한 형상에 적합한 저장 시설을 설치할 필요가 있다. 건설 재료의 계절적 수요 변동은 그다지 발생하지 않는다고 생각되지만 추운 곳에서는 겨울철 수요가 발생하지 않기 때문에 이를 고려한 저장 시설이 필요하다.

(2)에 대하여

건설자재화 제품은 무겁기 때문에 운반에 많은 비용이 요구되어, 경제성 및 유통범위가 한정되는 경우가 많으므로 제품의 수요처가 인근에 위치하고 있는지의 확인이 필요하다.

4) 유의사항

건설 자재로의 이용에 있어서는 다음의 각 항목과 같은 요건을 만족할 필요가 있다.

- (1) 사용 후에 환경에 대하여 장기간 안전해야 한다.
- (2) 시장에 있어서 유통성이 어느 정도 높으며 안정된 공급이 가능하여야 한다.

【해설】

(1)에 대하여

건설자재 등으로 사용된 경우 주변 환경 및 자연 환경 변화에 대한 안정성 등에 대하여 주의할 필요가 있다. 안전성에 있어서는 소각재 및 용융 슬래그 용출 시험 등을 행하여 확인할 필요가 있다. 또한, 이용 실적이 축적되기 전까지는 필요에 따라 추적 조사도 고려한다.

(2)에 대하여

건설자재로 널리 이용되기 위해서는 어느 정도의 유통성을 지닐 필요가 있다. 이용 촉진에 있어서는 먼저 공공사업의 이용 실적을 쌓을 필요가 있다. 또한, 수요 변동에 대하여 안정된 공급이 가능하도록 건설자재화 제품의 저장에 대하여 배려하는 것이 바람직하다. 경제성에 대하여는 사회적 배경을 감안하여 검토한다.

5.11.3 에너지 이용

하수 처리장에서 필요한 전력을 얻기 위해서는 정유 또는 중유 등 다량의 에너지를 필요로 하며, 향후 보급률의 증대나 처리 수준의 향상에 따라 그 양은 점점 증가된다. 우리나라는 에너지 자원이 풍부하지 않기 때문에 에너지원의 대부분을 해외에 의존하고 있는 상황이다. 최근, 화석 에너지의 대량 소비에 의한 지구 온난화 등의 지구환경 문제가 제기되고 있어 에너지 이용의 효율화가 중요시 되고 있다.

하수슬러지는 탄소, 수소, 황 등으로 구성된 유기물을 함유하고 있어 잠재적인 에너지 가치는 높다. 에너지 이용 방법으로는 소화가스로서 에너지를 회수하여 소화조 등의 가온에 이용하거나 슬러지를 건조하여 화력발전소 등의 대체에너지원으로 공급하는 방법 등이 있다.

슬러지의 에너지 이용 시 슬러지 중에 포함된 수분은 에너지소비량 또는 에너지 회수에 큰 영향을 미친다. 따라서 농축슬러지의 초기 탈수나 소각 등의 공정에 있어서 가능한 수분 저감을 도모하여 종합적으로 에너지 이용 효율 향상을 도모하는 것이 중요하다.

하수슬러지의 에너지 이용은 아직 초보 상태이지만, 향후 하수 처리장 에너지 자급률의 향상뿐만 아니라 장기적으로 하수 처리장 운전의 안정성을 확보하고 지구 환경의 보호에 공헌하기 위해서도 추진할 필요가 있다.

1) 에너지 이용의 형태

슬러지의 에너지 이용의 형태로서는 다음의 4가지 종류가 있다.

- (1) 소화 가스
- (2) 건조 슬러지
- (3) 소각·용융로 배기가스
- (4) 슬러지 탄화물

【해설】

(1)에 대하여

소화가스의 저위발열량은 $5,000\sim 5,500 \text{ kcal/Nm}^3$ 이므로 일반적인 도시 가스의 에너지원으로 이용이 가능하다. 소화가스의 이용으로서는 일반적으로 소화조 가온용 보일러, 슬러지 소각로 등의 보조 연료로 사용되지만, 소화가스가 다량으로 발생하는 경우에는 발전이나 동력원으로서의 이용이 가능하다.

(2)에 대하여

슬러지 케익의 발열량은 유기 응집제 사용 슬러지의 경우 $3,000\sim 4,000 \text{ kcal/kg}$ -건조슬러지 정도로 열원으로서의 잠재적 가치는 대단히 높다. 건조된 슬러지 케익은 자연 소각이 가능하며 증발법에 의하여 수분을 제거한 건조슬러지는 고체 연료로서의 이용도 가능하다.

특히, 저위발열량이 $3,000\text{kcal/kg}$ 이상, 수분 함유량이 10% 이상인 경우에는 화력발전소의 연료로도 사용이 가능하다.

(3)에 대하여

소각로나 용융로 등의 배기가스는 다량의 열에너지를 보유하기 때문에 공기 예열이나 백연 방지 예열, 슬러지 케익 건조에 이용될 수 있다. 또한, 굴뚝 청소 시 발생하는 세연배수(洗煙排水)도 대량이기 때문에 그 이용에 대한 검토가 필요하다.

(4)에 대하여

슬러지를 탄화로에서 400°C 이상의 온도를 유지하면서 탄화시켜서 얻게 되는 탄화물은 휘발분이 거의 제거된 상태이기 때문에 슬러지 특유의 악취가 나지 않으며 보관성도 좋아 흡음제 등의 여러 가지 용도로 활용할 수 있다. 또한, 경우에 따라서는 화력발전소의 연료로도 활용이 가능하나 탄화물 생성 과정에서 사용되는 연료 소모량이 많으므로 설치 시 이 부분에 대한 충분한 검토가 필요하다.

2) 유의사항

슬러지 에너지 이용에 있어서는 다음의 각 항목에 유의하여야 한다.

- (1) 이용 가능한 에너지량의 변동을 충분히 파악하고, 에너지수지를 종합적으로 검토하여 장치 용량을 결정한다.
- (2) 처리 공정 전체의 에너지 절약에 대하여 고려한다. 또한, 시스템 전체의 경제성에 대하여도 고려한다.
- (3) 필요에 따라 여유 장치를 설치한다.

【해설】

(1)에 대하여

이용 가능 에너지량은 슬러지 처리 공정에 발생하는 에너지량과 처리에 필요한 에너지량과의 차이로써 이는 슬러지 량과 질, 운전 방법 등에 따라서 크게 변동된다. 따라서, 에너지 이용 장치의 용량 결정시에는 연간 장치가 효율적으로 가동될 수 있도록 이용 가능한 에너지량의 변동에 대한 충분한 파악이 필요하다.

또한, 에너지 이용 장치 및 관련 슬러지 처리 설비의 에너지 수지를 종합적으로 검토하여 전체 에너지 이용 효율이 최대가 될 수 있는 장치 용량을 결정할 필요가 있다.

(2)에 대하여

에너지 이용 효율 향상과 함께 중요한 것은 이용 가능한 에너지량을 가능한 증대시키는 것이다. 발생된 에너지량은 슬러지 양과 질에 의하여 거의 한정되기 때문에 이용 가능한 에너지량을 증대시키기 위해서는 처리에 필요한 에너지량을 가능한 적게 할 필요가 있다. 슬러지 처리 공정에 있어서 수분의 제거가 에너지 소비량 또는 에너지 회수 면에서 큰 영향을 미치기 때문에 슬러지 농축, 탈수, 소각 등 각 공정에 있어서 효율적으로 수분 저감을 도모하는 것이 중요하다. 또한, 시스템 전체의 경제성에 대해서도 고려한다.

(3)에 대하여

시스템 안정성 및 신뢰성 확보를 위해서는 필요에 따라 여유 장치를 설치한다.

5.12 슬러지의 최종 처분

하수도로부터 발생된 슬러지는 가능한 한 자원화하여 이용하는 것이 바람직하다. 녹지 및 농지나 건설자재 등으로 적극적으로 이용되지 않는 것은 매립되고 있다. 매립에는 슬러지 단독매립과 다른 폐기물과의 혼합매립의 두 가지 방법이 있다.

매립을 원활하고 합리적, 경제적으로 행하기 위해서는 관계법규 등에 의거하여 충분히 검토하고 계획적으로 행하는 것이 바람직하다. 특히, 우리나라에서는 2001년 이후부터 하수처리시설에서 발생하는 유기성 슬러지의 직접 매립이 금지되고, 소각 또는 퇴비화 등의 처리 후 잔재물 만이 매립 가능하게 되므로 이를 충분히 고려하여야 한다.

5.12.1 고화

하수슬러지의 고화(固化)는 유해폐기물의 고형화와는 별도의 개념으로 슬러지 케익의 성상을 물리·화학적으로 개선하기 위해 생석회나 시멘트 등의 고화제를 소량 혼합한 후 일정기간(3일 내외) 양생시켜 슬러지의 입자를 단입자화시킴으로써 일반토양과 유사하게 변화시켜 매립작업을 용이하게 하는 방

법으로 슬러지 처리방법 중 고도의 기술이 요구되지 않아 비교적 쉽게 적용가능한 방법이다.

현재 국내에서 발생하는 하수슬러지의 대부분은 탈수 후 일반폐기물과 함께 매립처분되고 있지만, 슬러지의 높은 함수율 및 유기물 함유 등으로 인하여 작업차량의 진입이 어려워지는 등의 문제점과 생활수준의 변화 등에 따른 일반폐기물의 성상변화 등으로 혼합매립이 더욱 어려워지고 있어 이에 대한 적절한 처분대책이 시급히 요망되고 있다. 이런 하수슬러지의 대량 처분을 위한 방법으로 슬러지 케익을 고화처리하여 매립작업을 용이하게 하거나, 나아가서는 단독매립 또는 위생매립지에서 중간복토재로 활용하는 방안을 고려할 수 있다. 특히 고화방법은 슬러지케익의 처분을 매립에 의존하고 있는 도시지역에 적합한 이용형태이다.

1) 고화방법

고화방법은 크게 나누어 다음의 2종류로 구분할 수 있다.

- (1) 슬러지 케익+고화제
- (2) 슬러지 케익+고화제+고화보조제

【해설】

하수슬러지 케익의 고화에 요구되는 고화제의 요건은 다음과 같다.

- ① 매립재로서 충분한 강도, 지지력을 얻을 수 있을 것
- ② 고화시간은 단시간으로서 용적증가가 적을 것
- ③ 장시간 안정된 고화능력을 가질 것
- ④ 고화제 자체에 유해물질을 함유하지 않을 것
- ⑤ 소량의 첨가량으로 효과가 있을 것
- ⑥ 혼합작업이 용이하고, 저렴할 것
- ⑦ 안정공급이 가능할 것

(1)에 대하여

일반적으로 쉽게 적용할 수 있는 고화방법은 고화제로 특수시멘트를 사용하는 방법이다. 이런 특수시멘트는 대부분이 고가의 알루미나계 시멘트로 이들을 사용할 경우에는 고화의 효과는 우수하나 경제적인 면에서 불리한 점이 있다.

(2)에 대하여

슬러지케익의 고화처리에 생석회나 시멘트 등의 고화제와 고화보조제로의 역할이 가능한 소각재, 시멘트킬른 먼지(cement kiln dust), 플라이애쉬(fly ash), 제강 슬래그 등의 폐기물을 활용함으로써 고화제의 사용 비율을 낮추어 경제성을 도모하는 방법으로 최근 들어 관심이 높아지고 있는 방법이다.

2) 품질

고화된 슬러지는 매립작업에 지장이 없는 강도를 가져야 한다.

【해설】

고화된 슬러지의 원활한 매립작업을 위해서는 작업차량의 운전이 지장을 주지 않을 정도의 강도를 가져야 한다. 일반적으로 매립작업에는 불도우저가 많이 이용되므로 이 경우 한계강도는 일축압축강도로서 0.5 kgf/cm² 이상이어야 한다.

〈표 5.12.1〉 개량토의 용도에 따른 시험

개량의 목적		시험방법	목표강도
되메우기 흙으로 이용		실내CBR시험	실내CBR = 10%
참고	핸드링의 개선	일축압축강도	qu = 0.1~0.5 kgf/cm ²
	트래커빌리티의 개선	"	qu = 0.5 kgf/cm ²
	성토재료 이용	"	qu = 1.0 kgf/cm ²

자료 : 일본하수도시설계획·설계지침과 해설, 1994.

3) 고화처리 및 이용 시 유의사항

슬러지케익의 고화처리 이용에 있어서는 다음의 각항에 유의한다.

- (1) 고화된 슬러지의 매립 후 환경에 대해서 장기간의 안정성을 검토한다.
- (2) 연간에 걸친 하수슬러지의 성상 변화를 충분히 파악하여 고화제의 혼합비 및 양생기간을 결정한다.
- (3) 필요에 따라서 혼합 및 양생장치를 설계한다.

【해설】

(1)에 대하여

고화된 슬러지의 매립으로 인한 주변의 환경에 대한 안전성, 자연환경의 변화에 대한 안전성 등에 대하여 주의가 필요하다. 안전성에 대해서는 고화된 슬러지를 대상으로 용출시험 등을 실시하여 확인할 필요가 있다.

(2)에 대하여

하수슬러지의 성상은 계절적 요인 및 사용 응집제의 종류, 탈수방식 등에 의해서 변한다. 따라서 보다 효율적인 고화처리를 위한 최적의 혼합비 및 양생기간을 결정할 때에는 대상 슬러지에 대한 연간의 변화를 충분히 파악할 필요가 있다.

(3)에 대하여

혼합 및 양생장치의 안정성 및 신뢰성을 확보하기 위해서는 대상 시설의 규모 및 현지 여건을 고려하여 한다. 혼합방법에는 연속식과 회분식이 있으며, 양생방법에는 기계식과 야적식이 있다. 필요에 따라서 장치를 설계한다.

5.12.2 매립

슬러지 매립에 있어서는 다음의 각 항목에 유의해야 한다.

- (1) 매립지와 주변 환경
- (2) 슬러지 성상에 따른 매립

【해설】

(2)에 대하여

2002년 8월 개정된 폐기물관리법 시행규칙 별표 폐기물의 수집·운반·보관·처리에 관한 구체적 기준 및 방법에 따르면 “수질환경보전법 제25조 및 하수도법 제2조의 규정에 의한 1일 10,000 m³ 이상 종말처리시설과 1일 폐수배출량 2,000 m³ 이상인 배출업소의 유기성 슬러지를 바로 매립하여서는 아니되며, 소각·퇴비화 처리후 잔재물만을 매립하여야 한다.”고 규정되어 있으며, 이후 개정된 내용에는 함수율이 75% 이하이고, 슬러지를 매립하는 매립장에 가스자원화시설이 설치되어 있는 경우에는 1일 500톤 미만의 슬러지를 매립할 수 있도록 일부 허용하고 있다.

폐기물관리법 시행규칙 별표 폐기물처리시설의 관리기준에는 슬러지는 유기성으로서 부패성 물질의 함량이 40% 이상인 슬러지 만 매립할 경우에는 폐기물의 높이가 매 3m가 되기 전에 복토를 하도록 규정되어 있다. 또한, 매립시설의 사용이 종료된 때에는 최종복토층을 기울기가 2% 이상이 되도록 설치하여야 한다. 이 경우 최종복토층은 하부로부터 다음과 같은 가스배제층(유기성 폐기물을 매립하여 가스가 발생하는 경우에 한한다)·차단층·배수층 및 식생대층을 차례대로 설치하여야 한다.

- ① 가스배제층 : 두께 30 cm 이상 설치
- ② 차단층 : 점토·점토광물혼합토 등으로 두께 45센티미터 이상 투수계수가 1초당 1백만분의 1 cm 이하가 되도록 설치하거나 점토·점토광물혼합토 등으로 두께 30 cm 이상 투수계수가 1초당 1백만분의 1 cm 이하가 되도록 설치한 후 그 위에 두께 1.5 mm 이상인 합성고분자차수막 설치
- ③ 배수층 : 모래 등을 30 cm 이상 두께로 포설하거나 복토층 하중 상태에서 투과능계수가 1초당 3만분의 1 m² 이상인 지오컴포지트·지오네트 또는 지오텍스타일 등의 토목합성수지를 설치
- ④ 식생대층 : 두께 60 cm 이상 설치

1) 계획 매립 용량

계획 매립 용량은 계획 목표년도에 도달할 때까지 매년 다음 계획연간매립용량의 총량에 복토의 용량을 더한 것으로 한다.

【해설】

계획목표년도는 약 10년 후를 목표로 한다. 단기간에 매립이 완료되어 버리는 소규모 처분지는 처분지의 구성 등에 필요한 경비가 상승하게 되므로 처분 단가를 절감시키기 위해서는 가능한 한 대규모의 매립지로 하는 것이 바람직하다.

복토 용량은 샌드위치(sandwich)방식 또는 셀(cell)방식에 의한 중간 복토 용량을 포함시키며 슬러지의 종류, 지형, 사후 매립지 이용 등도 감안하여 결정한다.

2) 매립지 선정

매립지 선정에 있어서는 다음의 각 항목을 고려하여 종합적으로 검토한다.

- (1) 운반도로의 확보
- (2) 지형지질 등
- (3) 주변환경조건
- (4) 사후 매립지 이용계획
- (5) 재해 등에 대한 안전성

【해설】

슬러지의 매립은 슬러지 단독매립, 폐기물과의 혼합매립 등이 있다. 슬러지의 함수율에 따라 매립지 내부에서 압밀시 유동특성이 다르고, 폐기물과의 혼합비율 및 매립조건에 따라 침출수량 및 가스발생량이 달라지므로 혼합매립시에는 이에 대한 충분한 검토를 한 후에 설계해야 한다. 또한 단독매립시에도 매립공법선택에 주의해야 한다.

(1)에 대하여

매립지까지의 운반거리는 가능한 한 짧은 것이 좋다. 교통상황, 도로의 사정 등을 고려하여 가능하다면 대형차로 반입이 가능한 노선을 선정한다. 또한, 복토의 운반이 필요한 경우에는 토취장까지의 거리, 경로 등에 대하여 검토하고 굴삭하여 매립하는 경우에는 임시적환장 및 잔토 처분장에 대해서도 고려한다.

(2)에 대하여

가능한 한 불투수성 지반 위에 건설하는 것이 좋으며 연약지반과 지반침하가 있는 장소를 피하고 지지력을 얻을 수 있는 지질인 장소가 바람직하다.

(3)에 대하여

매립지역에서는 소음, 악취, 분진 등이 발생하여 주변환경에 영향을 줄 염려가 있으므로 주택이나 경작지 등에 인접하지 않도록 선정하는 것이 바람직하다.

(4)에 대하여

매립완료후의 침하, 가스의 발생 등을 면밀히 검토하여 매립지의 사후 이용이 효율적이고 경제적인 장소를 선정하며, 주변의 토지이용계획 등도 고려하여 정한다.

(5)에 대하여

우수의 유출이 많은 지역과 지질이 미끄러운 지역 등의 위험지대를 피하는 것이 좋다.

3) 매립지의 시설 및 관리

- (1) 매립지는 저류구조물, 차수공, 침출수 집배수시설, 침출수 처리시설 등의 주요 시설과 반입관리시설, 모니터링시설, 관리동 등의 관리시설, 그리고 반입도로, 비산방지시설, 방재설비 등의 관련시설들로 구성된다.
- (2) 매립지의 관리는 관련법규에 따른다.

【해설】

생활환경 보전상 침출수의 외부유출, 지하수오염, 쓰레기의 비산, 가스의 발생, 해충의 발생 등을 방지하기 위하여 하수슬러지를 안전하게 매립하도록 하여야 한다.

(1)에 대하여

① 매립시설의 공통 기준

- 가. 매립시설의 주위에 사람 또는 가축 등의 출입을 방지할 수 있는 철망 등의 외곽시설을 지상 1.5 m 이상의 높이로 설치하여야 한다. 다만, 매립시설이 사람 등이 무단으로 출입할 수 없는 사업장안에 있는 경우와 그 주위가 사람 등의 출입이 곤란한 해변·하천·절벽 등의 지형인 경우에는 그 주위에 외곽시설을 설치하지 아니할 수 있다.
- 나. 매립시설에 접근이 용이한 지역 또는 사람의 통행량이 많은 지역에 폐기물 매립지임을 표시하는 가로 100 cm 이상, 세로 50 cm 이상의 표지판을 지상 100 cm 이상의 높이에 설치하여야 한다. 이 경우 표지판에는 매립 시설의 종류, 관리자의 주소·성명·전화번호 등을 기재하여야 한다.
- 다. 폐기물의 유출을 방지할 수 있는 옹벽 및 제방은 매립되는 폐기물의 하중 등을 고려하여 안전하게 설치하여야 한다. 이 경우 옹벽의 경우에는 전도에 대한 안전율이 2.0 이상, 극한 지지력이 경사하중의 3배 이상이어야 하며, 제방의 경우에는 사면 안전율이 1.3 이상이어야 한다.
- 라. 매립시설의 지반은 지반침하 등의 우려가 없도록 하며 공유수면 매립지, 습지, 해안 등에 위치한 경우로서 지반이 연약한 경우에는 지반보강을 위한 필요한 조치를 하여야 한다.
- 마. 매립시설 내부에 떨어진 빗물이 폐기물을 매립중인 구역에 유입되지 아니하도록 빗물배제시설을 갖추어야 한다.
- 바. 폐기물의 중량을 측정할 수 있는 계량시설을 설치하여야 한다. 다만, 시·도지사 또는 지방환경관서의 장이 필요하지 아니하다고 인정하는 경우와 다른 계량시설을 이용하여 반입되는 폐기물의 중량을 측정할 수 있는 경우에는 그러하지 아니하다.
- 사. 폐기물을 고르거나 압축할 수 있는 장비와 운반차량의 세륜·세차시설을 갖추어야 한다. 다만, 시·도지사 또는 지방환경관서의 장이 처리대상폐기물을 고려하여 필요하지 아니하다고 인정하는 경우에는 이를 갖추지 아니할 수 있다.
- 아. 폐기물 매립으로 인하여 침출수가 발생하는 경우에는 지하수 오염여부를 확인할 수 있는 지하수검사정을 사용개시 신고일 2월전까지 매립시설의 주변 지하수흐름층 상류에 1개소 이상, 하류에 3개소 이상 설치하여야 한다. 다만, 매립지의 경계선이 해수면과 인접하여 있어 지하수검사정 설치가 어려운 시설로서 해수면 인접지역에 지하수검사정 대신 해수수질검사를 실시할 수 있는 지점을 2개소 이상 선정한 시설의 경우에는 그러하지 아니하며, 이 경우 시료 채취지역은 일정하여야 한다.
- 자. 침출수가 매립시설에서 유출되는 것을 방지하기 위하여 매립시설의 측면 및 바닥은 폐기물의 성장·매립높이 등을 고려하여 점토·고밀도 폴리에틸렌 차수막 등을 사용하여 다음의 방법에 따라 차수 처리하여야 한다. 다만, 다른 방법에 의하여 동등 이상의 차수효과를 가지는 경우에는 그러하지 아니한다.
 - ㉠ 고밀도 폴리에틸렌 또는 이에 준하는 재질의 합성수지를 사용하는 경우 두께 2 mm 이상의 것을 1겹 이상 포설하여야 하고, 매립시설의 바닥에 설치하는 합성수지 차수막 상부에는 모래 등으로 30 cm 이상의 합성수지 보호층을 설치하여야 하며, 매립시설의 바닥과 측면에 설치하는 합성수지 차수막 하부에는 투수계수가 1초당 1천만분의 1 cm 이하가 되도록 점토·

벤토나이트 등의 차수재를 50 cm 이상을 포설하여야 한다. 다만, 매립시설 측면의 경사가 급하여 합성수지 차수막 하부에 점토 등의 차수재를 포설하는 것이 불가능한 경우에는 합성수지 차수막 하부에 동등 이상의 차수효과를 가지는 벤토나이트매트 등으로 포설할 수 있다.

- ㉠ 점토·벤토나이트 등 점토류를 사용하는 경우 1 m 이상의 두께로 포설하여 투수계수가 1초당 1천만분의 1 cm 이하가 되도록 하여야 하며, 상부에 모래 등으로 30 cm 이상의 보호층을 설치하여야 한다.
- ㉡ 기타의 차수재료를 사용하는 경우 가. 또는 나. 와 동등한 차수효과를 가지도록 차수처리하여야 한다.
- ② 매립시설의 차수층위에는 침출수를 집배수시킬 수 있는 유공관 및 집수정과 이를 처리시설로 이송할 수 있는 설비를 설치하여야 한다. 또한, 침출수 집배수층의 최소두께가 30 cm이어야 하며 침출수의 배수층 주변은 주변물질에 의하여 막히지 아니하도록 충분한 투수층의 자갈을 설치하여야 하고 침출수 집배수시설의 바닥구배는 2% 이상이 되도록 하여야 한다. 다만, 침출수를 강제 배수하고자 하는 경우에는 그러하지 아니하다.
- ③ 매립시설의 차수층 밑에는 주변에서 흡수된 빗물과 오수 또는 지하수를 배제할 수 있는 시설을 설치하여야 한다.
- ④ 침출수는 최근 10년간 1일 강우량이 10 mm 이상인 강우일수 중 최다빈도의 1일 강우량의 7배 이상에 해당하는 침출수를 저장할 수 있는 유량조정조를 설치하여야 한다.
- ⑤ 침출수를 폐기물관리법 시행규칙 별표에서 정하고 있는 침출수배출허용기준 이하로 처리할 수 있는 시설을 설치하여야 한다. 다만, 「하수도법」 제2조에 따른 공공하수처리시설 또는 분뇨처리시설로 옮겨 처리하는 경우 침출수처리시설을 갖추지 아니할 수 있다.

5.13.3 해양투기

하수슬러지를 해양투기할 경우 면밀한 조사를 실시하여 안전하고 경제적인 처분이 될 수 있도록 다음 사항들에 대한 영향을 조사한다.

- ① 투기지역 부근의 해양학적 현황
- ② 해수에 의한 슬러지의 응집효과와 분산, 그리고 침강상태
- ③ 슬러지가 해양생물에 미치는 영향
- ④ 수산업, 오락 등의 이용현황
- ⑤ 접안시설, 정박지, 항해의 현황

슬러지, 농축슬러지, 소화슬러지, 슬러지 케익 등은 해양에 투입될 수 있지만 각각의 경제성 및 안전성을 잘 고려하되 해역을 오염시키지 않도록 해야 한다. 슬러지를 해양투기하는 경우에는 해양환경관리법의 규제를 받게 되므로 동법시행규칙에서 정하는 방법과 투입지역, 배출기준 등에 따라야 함을 원칙으로 한다. 해양환경관리법 행규칙(국토해양부령)에는 해양투기가 가능한 폐기물의 종류와 공유수면 매립시의 해안매립장으로서의 투입방법, 각 지정해역별 배출폐기물의 종류와 처리방법 등이 상세하게 제시되어 있다.

제 6 장

전기 · 계측제어설비

제6장 전기·계측제어설비

6.1 총론

하수도시설에서의 전기·계측제어설비는 시설운영에 필요한 동력 공급원으로서 시설 전체를 합리적이고 효율적으로 운영하는데 필요한 설비로 처리방식, 시설규모, 유지관리체계나 운영자의 기술수준, 장래확장계획, 설비의 수명과 교체 주기 및 투자 효과 등을 충분히 검토 후 계획하여야한다.

또한, 토목 구조물이나 기계 설비 등의 설계 제반 조건을 충분히 파악하고 기술혁신의 동향, 환경보전 대책이나 자원 절감, 에너지 절약을 고려하여 설계하여야한다.

전기·계측제어설비는 수전에서 말단 부하까지 일관된 보호 협조가 되어야하고 감전이나 화재사고 등을 방지할 수 있도록 하고 사고 발생 시 피해 범위를 최소화하여 시설전체의 기능이 문제 없도록 하여야한다. 유지관리가 용이하고 잘못된 조직이나 판단 실수로 인한 사고를 방지할 수 있는 시설 구축을 위하여 가능한 간결하고 통일된 시설이 되도록 하여야한다. 또한, 전기·계측제어설비는 전력설비, 계측제어설비 및 건축부대설비로 크게 분류할 수 있으며, 이 장에서는 펌프, 송풍기 등의 기계설비나 조명, 환기 등의 건축부대설비에 전력을 공급하고 운전을 하기 위한 전력설비, 하수도시설을 적절히 운전하고 관리하기위한 계측제어설비에 대하여 기술한다.

전력설비는 수변전설비, 부하설비, 자가발전설비 및 제어계측설비용 전원설비로 구성된다. 수변전설비는 한국전력공사(KEPCO)의 송·배전 선로에서 3상4선 154kV 또는 3상4선 22.9kV로 인출하여 수전된 전력을 부하의 종류, 용량 등에 따라 3상 6.6/3.3kV, 3상4선 380/220V 등의 전압으로 변성하기위한 설비이다.

부하설비는 배전설비와 동력설비로 구분되며 배전설비는 처리장내 전기실 상호간 고압으로 배전하는 고압배전설비와 저압으로 변성된 전원을 동력설비, 건축부대설비에 공급하는 저압배전설비가 있다. 동력설비에는 펌프 등의 부하와 부하를 운전하기 위한 MCC(motor control center)등의 부하제어장치 및 전력을 공급하는 배선 등이 있다.

자가발전설비는 정전 시 비상용으로 펌프, 배수시설 및 주요 하수처리시설 등의 부하에 전력을 공급하기 위한 것이다. 상용전원으로 시설될 수 있으며 발전기, 원동기, 원동기 보조기기, 배전반, 배선, 배관 등으로 구성된다.

계측제어용 전원설비는 시설의 감시, 제어를 위한 필요 설비로 상용전원, 직류전원장치, 교류무정전 전원장치(UPS)가 있다.

계측제어설비는 하수도시설을 계측, 감시, 제어를 하기 위한 시설로서 정보처리설비가 이용되며 계측설비와 감시제어시스템으로 크게 분류된다.

계측설비는 시설의 상태감시나 자동제어를 목적으로 처리시설의 양(量), 질(質) 및 운전상태 등을 수량적으로 파악하기위한 설비이다. 감시제어시스템은 계측설비에 의해 수집된 물리량 등을 기초로 처리시설의 운전관리를 용이하고 더욱 효율적으로 수행하여 시설의 운전은 물론 지속적인 정보수집과 분석을 실시하며 감시제어설비, 운전조작설비 및 관리·운용설비로 구분된다.

감시제어설비는 운전원과의 인터페이스를 위한 것으로서 감시반, 조작반, CRT조작대, 계측기기반 및 감시제어기 등이다. 또한 운전조작설비는 시설을 운전 및 제어하는 것으로서 process controller, sequence controller, 현장반, 보조 릴레이반 등으로 구성된다.

관리·운용설비는 시설의 운전에 관계되는 지원정보, 운전예측 등을 제공하는 것으로서 감시제어기에서 정보처리기능을 분산시킨 데이터수집 및 제어기와 정보처리설비로 구분된다.

6.1.1 기본사항

전기·계측제어설비의 계획은 다음 사항을 고려하여 결정하여야 한다.

(1) 전기설비의 기본적 사항

전기설비의 계획은 전력계통, 수처리방식, 시설규모 및 형태, 유지관리방식 등을 기초로 신뢰성과 경제성을 고려하여 효율적인 운영 및 유지관리가 될 수 있도록 하여야 하며, 장애 증설 및 설비개선이 용이하도록 계획하여야 한다.

(2) 계측제어 설비의 기본적 사항

계측제어설비는 처리의 안정화, 조작의 확실성, 처리효율의 향상, 작업환경의 개선, 인력절감 등을 통하여 합리적인 관리와 원활한 운전이 되도록 자원 및 에너지 절약을 도모할 수 있도록 계획하여야 한다.

【해설】

(1)에 대하여

전기설비계획 시 기본적으로 고려하여야 할 사항 중에는 신뢰성, 경제성, 유지관리성, 안전성, 확장성, 조작성 등이 있다. 각 설비별 연관사항에 대해서는 충분히 검토하여야 하며, 특히 토목·건축구조물 및 기계설비의 설계조건을 고려하여 이들과 부합된 전기설비가 설치되도록 계획한다. 그리고 장애 다가올 시설 교체를 참고하여 전체를 계획하여야 하며 전기설비계획의 기본사항은 다음과 같다.

1) 신뢰성

- ① 부하 용량에 적합하고 전력 계통에 일치하며 시스템의 안정성에 기여하는 전력시스템을 계획한다.
- ② 하수처리시설에는 비상시 수동운전 조건, 열악한 사용 환경조건 등 많은 특수성이 있으므로 사용 기기는 성능 및 신뢰성이 높고 일정기간 이상의 내용년수 확보가 가능한 것으로 한다.
- ③ 하수처리시설은 공공성이 강하므로 만일의 고장 및 시설 교체의 경우 주요설비는 이중화, 백업(back-up), 기능분산을 고려한다.
- ④ 하수 및 부식성가스 등에 의해서 부식의 우려가 있는 장소에 설치될 기기는 구조, 재질의 선정에 유의한다.
- ⑤ 전력배분이 적정하고 교체 및 증설공사 중에도 안정적으로 운전될 수 있도록 한다.

2) 경제성

설비투자비 최소화 및 유지관리비의 절감화(운영 및 유지관리인력의 최소화, 에너지절감, 자원의 절감 등)를 도모한다.

3) 유지관리성

- ① 보수점검이 용이토록 하고 점검 횟수가 최소화되도록 한다.
- ② 기기의 호환성을 확보한다.
- ③ 합리적으로 기기를 배치하고 적당한 여유 공간을 확보한다.

4) 안전성

- ① 화재, 감전사고 등을 미연에 방지하도록 한다.
- ② 감전의 우려가 있는 부분에는 감전방지용 보호덮개를 설치한다.
- ③ 폭발성 또는 인화성 물질이 있는 장소는 폭발에 대비한 시설을 설치하여야 한다.
- ④ 조작스위치, 램프 등은 오조작이나 착오의 우려가 없도록 배치함과 동시에 조작회로에는 필요에 따라 인터록 회로를 설치한다.

5) 확장성

- ① 증설의 용이성 및 기술혁신 대비 등을 고려한다.
- ② 사용 년수 경과 후 개조 및 변경이 용이하도록 한다.

6) 조작성

- ① 운전 조작이 용이하고 오조작이 발생하지 않도록 한다.
- ② 조작성의 안전성을 확보한다.
- ③ 운전 조작성의 연동 및 자동화를 채택한다.

7) 기타 시설계획

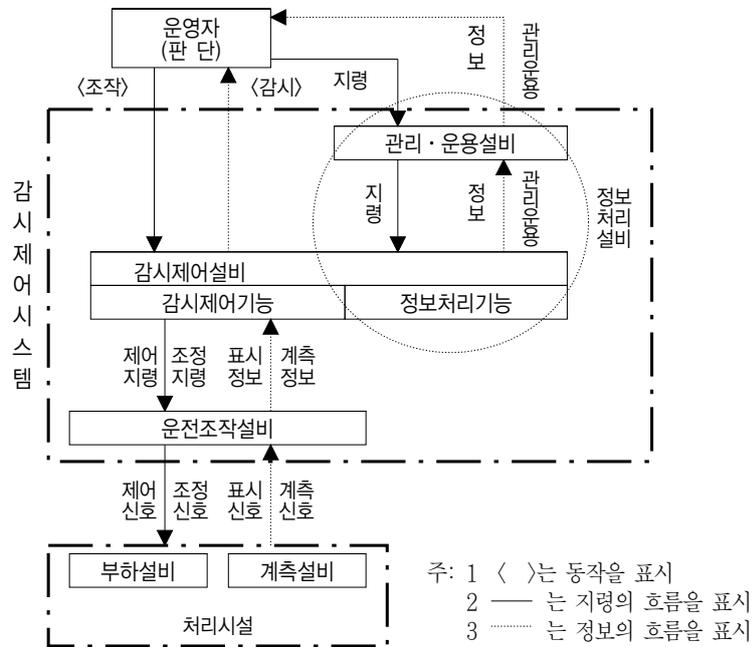
- ① 지역 특성에 따라서 한랭지대책, 염해대책, 방진대책 등을 고려한다.
- ② 침수가 우려되는 경우는 그 대책을 고려한다.
- ③ 필요한 경우 내진 구조를 고려한다.
- ④ 소음, 진동, 수질 등의 규제에 대한 대책을 고려한다.
- ⑤ 초기 및 년차별 하수 유입계획을 고려한다.

(2)에 대하여

하수도시설에 계측제어설비를 도입하는 경우에는 감시제어 시스템간의 조화와 개개의 계측제어설비의 특징을 고려하여 전체의 효과를 발휘할 수 있게 하여야 한다. 또한 사용초기의 대책도 고려하여 대상으로 하는 시설과 규모, 처리과정, 환경조건, 유지관리체계, 작업 내용 등을 충분히 파악하여 시설들의 특징, 특성 및 문제점을 명확히하여 처리시설 전체가 조화를 이룰 수 있도록 하여야 한다.

계측제어설비는 다른 설비와 비교하여 설치환경에 의해 기능적 사용한계 도달이 쉽고 또한 기술 혁

신으로 상대적 노화가 빨리 진행되므로 수선, 개보수 및 신규 교체에 대하여 고려할 필요가 있다. 계측제어설비의 기본사항은 다음과 같다.



[그림 6.1.1] 계측제어설비의 개념도

1) 효율과 경제성의 조화

처리시설에는 다양한 종류의 계측제어설비 및 방식이 사용되므로 계측제어설비의 계획은 선행투자의 과도한 계측제어설비가 되지 않아야 하고 유지관리비에도 유의하여 도입 목적에 적합한 범위와 동일한 정도이어야 한다.

2) 신뢰성 및 안정성

하수도시설은 일반적인 시설과 달리 유동적인 유입조건, 하수 및 슬러지의 성상, 부식성 환경 등 많은 특수성을 가지고 있다. 계측제어설비는 이러한 특수성에 적합한 계측기기 및 계측제어방식을 검토하여 필요한 신뢰성을 보유한 설비를 계획하여야 한다.

계측장치, 감시제어 시스템은 처리프로세스에 맞게 높은 정도를 필요로 한다. 과도한 사용 상태에서도 응답 시간이 오래 유지되어야하므로 정도와 제어시스템의 선정에는 안정성과 내구성이 충분히 검토되어야 한다. 또 신호방식을 통일하고, 너서지, 전자유도장에 대책으로 적절한 접지 등을 시행하여 안정성을 도모할 필요가 있다.

하수도시설은 공공성이 높으므로 고장의 경우를 대비, 안정성을 확보하기 위하여 필요한 back-up, 이중화 등을 채용하여 안전대책, 기능 유지 등을 고려하여야 한다.

3) 시설의 단계별 시공 및 변경에 대응

하수도시설은 목표연도에 의해 단계 시공이나 변경을 수반한다. 계측제어설비도 단계별로 증설·변경이 있으므로 이러한 경우에도 지장이 없도록 고려하여 계획한다. 특히 사용초기와 전체 계획 시 처리량이 크게 다른 경우는 충분히 검토하여 이에 대한 대책을 고려할 필요가 있다.

4) 기능과 작업과의 조화

인간의 기능을 대행할 수 있는 작업, 위험이 따르는 작업, 열악한 환경 조건하에서의 작업 및 인간의 능력을 초월하는 다량, 신속, 적정 및 정확한 처리를 요하는 작업등에 계측설비를 도입하기 위해서는 보전관리방법, 유지관리체제 및 기술수준 등을 고려 후 종합적인 견지에서 계측기능과 작업성과의 균형을 고려하는 것이 바람직하다. 그러나 과대한 계측제어설비는 운영자에게 필요 이상의 심리적 부담 및 기술적인 부담을 줄뿐만 아니라 투자 효과도 저하되므로 유의하여야 한다.

5) 각 기술 분야의 융합화

각 처리시설의 계측제어 자동화시스템은 토목, 건축, 수질, 기계, 전기 등 각 기술 분야가 충분히 융합된 종합 기술로서 계획할 필요가 있다.

6.1.2 법규의 준수

전기·계측제어설비의 설계에서는 관계법령에 저촉되지 않도록 충분히 검토하여야 한다.

【해설】

하수도시설에 있어서 전기·계측제어설비의 설치 및 유지관리 업무와 관계가 있는 법령은 다음과 같다.

〈표 6.1.1〉 관계 국내법령 등

법령 등 명칭	개요	비고
1. 하수도법 하수도법시행령 하수도법시행규칙	하수도를 개량하고 정비하기 위하여 그 설치 및 관리의 기준 등을 정함으로써 도시 및 지역사회의 건전한 발전과 공중위생의 향상에 기여하고 공공수역의 수질을 보전함을 목적으로 한다.	
2. 대기환경보전법 대기환경보전법시행령 대기환경보전법시행규칙	대기오염으로 인한 국민건강 및 환경상의 위해를 예방하고 대기환경을 적정하게 관리·보전함으로써 모든 국민이 건강하고 쾌적한 환경에서 생활할 수 있게 함을 목적으로 한다.	
3. 소음·진동규제법 소음·진동규제법시행령 소음·진동규제법시행규칙	소음·진동으로 인한 피해를 방지하고 소음·진동을 적정하게 관리·규제함으로써 모든 국민이 정온한 환경에서 생활할 수 있게 함을 목적으로 한다.	
4. 수질 및 수생태계보전에 관한 법률 수질 및 수생태계보전에 관한 법률시행령 수질 및 수생태계보전에 관한 법률시행규칙	하천·호소 등 공공수역의 수질을 적정하게 관리·보전함으로써 모든 국민이 건강하고 쾌적한 환경에서 생활할 수 있게 함을 목적으로 한다.	

법령등명칭	개요	비고
5. 해양오염 방지법	해양의 오염물질을 제거하여 해양환경을 보전함으로써 국민의 건강과 재산을 보호함을 목적으로 한다.	
6. 가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률 가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률시행령 가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률시행규칙	오수·분뇨 및 축산폐수를 적정하게 처리하여 자연환경과 생활환경을 청결히 하고 수질오염을 감소시킴으로써 국민보건의 향상과 환경보전에 이바지함을 목적으로 한다.	
7. 전기용품안전관리법 전기용품안전관리법시행령 전기용품안전관리법시행규칙	전기용품의 생산·조립·가공, 판매 및 사용을 함에 있어서의 안전관리에 관한 사항을 규정함으로써 화재·감전 등의 위험 및 장애의 발생을 방지함을 목적으로 한다.	
8. 전력기술관리법 전력기술관리법시행령 전력기술관리법시행규칙	전력설비의 조사, 설계, 시공, 감리 등에 관한 사항을 규정하고 있다.	
9. 전기사업법 전기사업법시행령 전기사업법시행규칙 전기사업회계규칙	전기사업에 관한 기본 제도확립과 전기사업을 합리적으로 운용하여 전기 사용자의 이익보호와 전기사업의 건전한 발전을 도모하기 위한 법이다.	
10. 전기공사업법 전기공사업법시행령 전기공사업법시행규칙	전기공사의 시공·기술관리 및 도급에 관한 기본적인 사항을 정함으로써 전기공사업의 건전한 발전을 도모하고 전기공사의 안전하고 적정한 시공을 확보함을 목적으로 한다.	
11. 정보통신공사업법 정보통신공사업법시행령 정보통신공사업법시행규칙	정보통신공사의 조사, 설계, 시공, 감리 등에 관한 기본적인 사항을 규정하고 있다.	
12. 전기통신기본법 전기통신기본법시행령 전기통신기본법시행규칙 전기통신설비의 기술기준에 관한 규정	전기통신에 관한 기본사항 및 통신기자재의 기술기준을 규정한다.	
13. 산업안전보건법 산업안전보건법시행령 산업안전보건법시행규칙 산업보건기준에 관한 규칙 산업안전기준에 관한 규칙	근로자의 근로환경에 있어서의 안전과 보건을 유지·증진함을 목적으로 한다. 산업안전·보건기준에 관한 사항과 그 시행에 관하여 필요한 사항을 규정하고 있다.	
14. 건축법 건축법시행령 건축법시행규칙 건축물의 설비기준등에 관한 규칙 건축물의 피난·방화구조등의 기준에 관한 규칙	국민의 생명, 건강 및 재산의 보호를 도모하기 위하여 건축물의 부지, 구조, 설비 및 용도에 관한 최저의 기준을 정한다. 전기관계에는 피뢰설비 등의 규정이 있다. 건축구조상의 규정을 주로 하여 비상용조명, 피난 설비, 피뢰설비 등의 세목을 정한다.	
15. 소방기본법 소방기본법 시행령 소방기본법 시행규칙 소방력 기준에 관한 규칙 소방용 기계·기구등의 형식승인 등에 관한 규칙	화재를 예방·경계·진압하고 재난·재해 및 그 밖의 위급한 상황에서의 구조·구급활동을 통하여 국민의 생명·신체 및 재산을 보호함으로써 공공의 안녕질서의 유지와 복리증진에 이바지함을 목적으로 한다. 소방시설의 설치 및 유지에 관한 기술기준과 위험물 제조소등의 기술기준 등에 관한 사항을 규정	

6.1.3 규격 등의 적용

전기·계측제어설비 설계 시 기술적인 사항은 관련 국내규격, 규정, 지침을 적용하여야 하며, 해당내용이 불충분 할 경우에는 국제규격이나 지침을 적용할 수 있다.

【해설】

전기·계측제어설비 설계 시 기술적인 사항은 국내규격, 규정, 지침 등을 적용하되 해당내용이 불충분 할 경우에는 국제규격이나 기준을 적용할 수 있다.

관계되는 국내외 규격, 규정, 지침 등은 다음과 같다.

(1) 국내 규격 및 기준

- ① 전기설비시설기준
- ② 내선규정(사단법인 대한전기협회)
- ③ 배전규정(사단법인 대한전기협회)
- ④ 한국산업규격(KS)
- ⑤ 한국전기공업협동조합 표준규격(KEMC)
- ⑥ 변전설계(ESB, 한국전력공사)
- ⑦ 전기공급약관(한국전력공사)
- ⑧ 판단기준(사단법인 대한전기협회)

(2) 국제 규격 및 기준

- ① ISO(국제표준화기구)
- ② IEC(국제전기기술위원회)
- ③ NEMA(미국 전기제작자협회)
- ④ JEM(일본 전기공업협회규격)
- ⑤ JIS(일본공업규격)
- ⑥ NEC(미국전기규격협회)

6.1.4 시공범위

전기·계측제어설비의 설계에 있어서는 타 공종과의 시공범위, 상호관계 및 장래 공사와의 시공범위를 명확히 한다.

【해설】

하수처리시설 및 펌프장 설치공사는 토목, 건축, 기계 및 전기·계측제어설비로 구성된 복합플랜트 공종임에 따라 최상의 기능 발휘를 위해서는 각 공종간의 연계성 및 시공구분을 명확히 함은 매우 중요하다. 시공구분이 불명확하면 기자재 등의 누락 또는 중복공급, 취부불능 등으로 공사기간의 연장을 초래하거나 신뢰성 및 유지관리 편의성의 저하를 초래하게 된다.

따라서, 설계의 최적화를 위해 다음 사항을 유의한다.

(1) 시공범위

- ① 자재공급의 구분(도급 또는 관급 구분 등)
- ② 다른 공사와의 관계(전원공급, 통신선로공급 범위 및 통합운영시스템과의 공사범위)

(2) 상호관계

- ① 전기·계측제어설비간 및 전기·계측제어설비와 기계설비와의 연동 또는 상호 인터록 등
- ② 토목, 건축, 기계 등 타 공종간의 상관관계

(3) 장래공사

- ① 금회와 장래공사의 구분
- ② 장래공사에 대비한 금회 공사의 시공 범위 및 방법

6.1.5 공정 및 지역적 특성

전기·계측제어설비의 설계에 있어서는 해당지역의 적설, 한랭, 해변지역 등의 지리적, 기후적 환경조건 및 관광지, 그 지방 산업지역 등의 사회적 입지조건에 대해서 고려한다.

【해설】

- (1) 설치지역의 지역특성에 따른 환경적 요인을 고려하고, 다음사항을 검토한다.
 - ① 설비의 기능, 용량, 배치 등에 관한 사항
 - ② 프로세스의 제어에 관한 사항
 - ③ 공정으로 인한 환경 대책 (냄새, 가스 등)
- (2) 지역특성 검토항목을 <표 6.1.2>에 표시한다.

<표 6.1.2> 지역특성 검토항목

지역구분	환경적요인	검토항목	비고	
사회적조건지역	관광지	수질·수량변동	① 교류발전기실, 배기연돌 형상 등의 미관 ② 소음대책	
	수원지	고도처리		
	온천지	특수배수온천	① 황화수소에 의한 부식	
	철도근접지	누설전류(DC)	① 전식방지	
	인가밀집지		① 소음대책	
	경관지		① 교류발전기실, 배기연돌 형상 등의 미관 ② 소음대책	

지역구분	환경적요인	검토항목	비고
기후적조건지역	한랭지	한랭·빙결(동결)	① 기관의 기동성의 악화 ② 축전지의 용량저하 ③ 배관의 동결방지 ④ 전자장치 설치장소의 실온 ⑤ 반 내부 등의 결로
	적설지	한랭·빙결(동결)설해	①~⑤ : 상동 ⑥ 적설에 의한 매몰(옥외기기) ⑦ 적설낙하(옥외기기) ⑧ 적설하중(옥외기기) ⑨ 교통의 차단
	고온지	고온고열	① 전기실의 실온 ② 전자장치 설치장소의 실온 ③ 옥외반의 반내온도 ④ 교류발전기실의 실내온도
	강풍지	먼지	① 먼지침입(옥외기기) ② 전기실의 문, 창, 배치계획(먼지의 유입방지) ③ 전기실의 환기계획(먼지의 유입방지)
	피뢰발지	낙뢰(직격뢰 및 유도뢰)순시전압강하	① 피뢰기형식 ② 피뢰기(전원, 신호, 영상)의 설치 ③ 비상전원설비의 설치
지리적조건지역	해변지	염풍(염해)비산	① 염분에 의한 부식방지 ② 염분에 의한 절연저하 ③ 비사에 의한 마모방지 ④ 전기실의 문, 창, 배치계획 ⑤ 전기실 등의 환기계획
	고지	고지	① 기관출력저하
	골짜기	낙뢰강우	① 피뢰기의 설치 ② 전기설비 침수 보호계획 ③ 침수경보 및 배수방안

6.1.6 설비계획

전기·계측제어설비는 처리장 전체계획과 조화되도록 계획하고 연차계획에 의한 단계적인 시설의 증설 및 부하의 증가에 대응할 수 있도록 설계한다.

【해설】

전기·계측제어설비의 계획 시에는 6.1.1항의 기본사항을 고려하고, 처리시설내 부하수, 용량, 부하의 분포상황 등을 파악하여 설치방식, 용량, 대수 및 기종을 결정하되 설비전체를 일관성 있는 시스템으로 구성하여 배치한다.

또한, 케이블의 포설, 기기의 반입 및 반출 경로를 검토하여 효율적인 시공이 되도록 한다. 설계 입안 시에는 연차계획에 따른 단계적인 시설용량 증대 시 설비의 증설 및 개조가 용이하도록 계획한다. 처리장 전체가 합리적으로 설치되고 운영 관리가 용이하도록 아래의 사항을 고려하여 시설계획을 한다.

(1) 기능성과 LCC

전기·계측제어설비의 사용 년수는 토목, 건축 및 기계설비에 비하여 짧을 뿐만 아니라 기술발전의

속도가 빠른 특성이 있다. 이에 따라 설비의 개조 및 부식 등으로 인하여 해당 기기의 기능 변화와 교환 주기가 빨라 질 수 있어, 설비 개조 및 유지 보수비용 증가로 경제성 확보가 곤란할 수 있으므로 LCC까지 고려한다. 사용년수 기준은 조달청고시 제2008-7호 내용년수 등을 참조한다.

(2) 설치 공간 확보

전기·계측제어설비는 처리시설의 운영에 관련된 주기자재이므로 설치공간을 충분히 확보하여 감시 제어 및 보수·점검이 용이하도록 한다.

(3) 유지관리 편의성

운영관리체계 및 자동화 운전방안은 에너지를 절감하고 유지관리가 용이하도록 계획하고, 정전을 수반하는 점검 작업시에는 시설의 기능저하를 방지하기 위하여 적절하게 정전구분을 할 수 있도록 고려한다.

(4) 공사 중 처리기능의 확보

증설 공사 시에는 정전 및 감시제어기능이 정지될 수 있으나 유입하수의 처리기능이 장시간 정지되지 않도록 하여야 하며 안전 시공이 될 수 있도록 고려한다.

유입하수량은 시간이 경과할수록 증가됨에 따라 처리장이 단계적으로 시공되도록 계획하고 있으나 전기설비는 단계적 증설이 곤란한 부분이 많으므로 이에 대한 고려가 필요하며, 다음 사항에 대하여 충분히 검토하여 건실한 설비계획이 되도록 한다.

- ① 운전개시 초기 유입하수량이 적을 경우에 대비할 것(유입 및 방류유량 측정범위, 송풍기 풍량의 적정성, 반송슬러지량의 조절성 등)
- ② 과대용량, 과잉설비가 되지 않도록 할 것
- ③ 타 설비 및 장래 증설될 시설과 조화되도록 할 것
- ④ 지역적인 환경특성 및 유지관리체계를 고려할 것

6.2 전기설비

6.2.1 수변전설비

1) 수전계획

수전계획 시 다음 사항을 고려한다.

- (1) 수전설비 용량은 시설단계별 최대수요전력으로 한다.
- (2) 계약전력은 한국전력공사의 전기공급 약관에 따라 결정한다.
- (3) 수전전압이 고압이상 수전인 경우에는 2회선 수전방식을 채택하여 전력공급의 신뢰도를 높인다.
- (4) 변압기는 사고에 대비하여 예비변압기 설치를 원칙으로 한다.

【해설】

(1)에 대하여

수요전력을 예측하기 위해서는 연차계획에 따른 부하 리스트를 작성하고, 그 부하설비 용량에 수요율은 곱하여 최대수요전력을 산정한다. 최대수요전력의 발생 시간대가 각 시설별로 상이할 경우에는 부동률을 고려하여야 한다.

단계적으로 증설되는 처리장의 경우는 시설단계별 최대수요전력을 산정하되 최종목표년도의 시설규모를 고려하여 주요설비의 정격 및 용량을 산정하여 경제적이고 합리적인 시설계획이 되도록 하여야 한다.

※ 주 1. 수요율 : 최대수요전력과 전체부하 정격용량의 합계와의 비

2. 부동률 : 하나의 계통에 속하는 시설별 상호간 각개의 최대수요전력은 동시에 발생하지 않고 시차가 있음을 말하며, 각 설비의 최대수요전력의 합계와 합성 최대수요전력의 비

(2)에 대하여

전기사업법에 의해 운용되고 있는 전기공급약관에 따라 한국전력공사와 협의 후 계약전력을 결정하여야 한다.

한국전력공사의 전기공급약관에는 개별입력을 합계한 전력에 대하여 75kW까지는 100%를 적용하고 그 다음부터는 75kW를 단위로 하여 85%, 75%, 65%를 적용하며, 300kW 초과분은 60%를 적용하여 합계한 것을 계약전력으로 하거나 변압기설비에 의한 계약전력을 한국전력공사에서 전기를 공급받는 1차변압기 표시용량의 합계(1kVA=1kW)로 하고 있다.

(3)에 대하여

고압수전은 상용·예비 2회선 수전을 원칙으로 하나 한국전력공사의 배전계통에 문제가 있거나 예비회선 수전용 선로공사비가 현저히 높을 경우에는 1회선 수전을 하고 비상발전기를 설치할 수 있다. 이 경우 비상발전기의 용량산정은 「6.2.3항 예비전원설비의 자가발전설비」에 따른다. 저압수전의 경우는 비상발전기 등 용량에 따라 예비전원을 적절히 선택한다

(4)에 대하여

변압기 사고에 대비하여 예비변압기를 설치하고 별도의 결선변경 등의 조치 없이 현장 및 원격에서 즉시 예비변압기로 회로를 변경하여 부하설비에 전력을 공급할 수 있도록 하고, 사고 변압기 보수·교체시 물리적인 안전기능이 확보되도록 한다.

2) 수전방식

수전방식은 다음 사항을 고려한다.

- (1) 계약전력과 전기공급방식 및 공급전압의 관계는 전기공급약관에 따라 <표 6.2.1>을 표준으로 한다.
- (2) 수전설비의 인입은 한국전력공사의 일반 배전선로 또는 전용선로로 한다.
- (3) 주회로 기본구성은 판단기준과 내선규정 및 한국전력공사의 설계기준에 의한다.

【해설】

(1)에 대하여

- ① 수전방식은 대개의 경우 22,900 V인 다중접지식 3상4선식의 특별고압계통이나 실제로는 수전지점, 수전용량 및 사용조건 등에 따라 한국전력공사의 공급능력이 정하여지기 때문에 한국전력공사와 직접 협의하여 결정하도록 한다. 전기공급방식, 공급전압 및 주파수에 대한 상세 사항은 전기공급약관 제23조, 수급지점에 대하여는 제27조, 공급설비의 시설은 제28조, 가공인입선은 제30조, 지중인입선은 제31조, 전용공급설비에 대하여는 제36조를 각각 참조한다.
- ② 한국전력공사의 지역적인 전력공급능력에 따라 상이할 수는 있지만 대개의 경우 10,000 kVA 이하는 22,900 V의 배전선로에서 수전하며, 한국전력공사 변압기의 공급능력에 여유가 있는 경우에는 10,000 kVA 이상도 22,900 V로 수전할 수 있으므로 한국전력공사와 직접 협의하여 결정한다.

〈표 6.2.1〉 계약전력과 공급전압

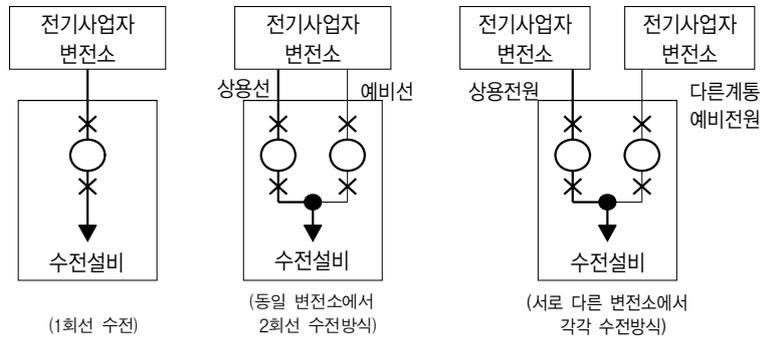
구 분	전기공급방식 및 공급전압
100 kW 미만	교류 단상 220 V 또는 교류 삼상 380 V중 설비의 정격 및 한전공급 가능전압에 따라 선정
100 kW 이상 10,000 kW 이하	교류 삼상 22,900 V
10,000 kW 초과 300,000 kW 이하	교류 삼상 154,000 V
300,000 kW 초과	교류 삼상 345,000 V

(2)에 대하여

타수용가와 공용되는 일반 기존 배전선로에서 T분기하여 인입하면 고객부담 공사비는 저렴하지만 전기사고 또는 보수 등의 원인으로 인해 정전빈도가 높아지므로 하수처리시설과 같이 공익성이 높은 시설은 가능한 정전을 최소화 하여야 하므로 전용선로에 의한 수전이 바람직하다. 그러나 한전의 배전선로계통에서 전용 배전선로의 시설이 곤란한 경우가 많고(특히 도심 및 그 주변과 공업단지 경우) 한전 변전소에 전용기기 설치 공간확보가 어려울 경우, 그 이외에도 많은 공사비 소요로 인하여 일반 배전선로로부터 수전하는 경우가 많다. 일반 배전선로는 물론 전용 배전선로의 경우에도 배전선로의 사고, 공사, 보수, 점검 등에 의한 정전이 불가피하므로 가능한 한 인입선(또는 전용선로)은 예비선을 포함한 2회선(예비회선방식) 수전이 바람직하나 2회선 수전이 불가능한 경우 비상발전기를 설치 할 수 있다.

〈표 6.2.2〉 수전방식별 특성

수 전 방 식	특 징	
1회선 수전	간단하고 경제적이나 신뢰도가 낮음	
2회선 수전	동일 변전소에서 2회선 수전하는 방식	한 쪽 배전선 사고시에 예비선으로 전기공급 가능
	서로 다른 변전소에서 각각 수전하는 방식	배전선 또는 공급변전소 사고 시에 예비변전소로 절체함으로써 정전시간이 짧음



[그림 6.2.1] 수전방식

(3)에 대하여

특별고압 수전설비의 주회로 구성은 '내선규정의 제3220-13절(2010년판) 특별고압 기계기구의 배열 및 결선'에 기재된 기술적인 사항과 특별고압 수전설비 표준결선도 또는 특별고압 간이수전설비 표준결선도를 참고하여 작성한다.

대용량이거나 전력공급의 신뢰성이 특별히 높아야 할 경우에는 스포트네트워크 수전방식을 고려하거나 한전 변전설계기준을 참조하여 모선배치나 보호설비를 결정한다.

3) 수변전설비 계획

수변전설비 계획에서는 신뢰성, 안전성, 경제성, 에너지절감, 장애의 증설 등을 고려하여 결정한다.

【해설】

수변전설비의 계획에서는 아래사항을 고려하여 결정한다.

- (1) 수변전설비는 처리장 동력공급 주설비임에 따라 신뢰성이 높아야 하며 운전 및 유지보수 중 인명에 대한 안전사고, 설비자체의 사고를 방지하기 위하여 최대한 안전성을 확보하여야 한다.
 - ① 한전으로부터의 전력 인입차단기 및 변압기 2차 주차단기는 인출형을 선정하여 유지보수상의 안전을 확보토록 한다.
 - ② 변압기 2차에서 저압반까지의 저압선로 주 간선은 케이블 외에도 부스덕트 등을 선정하여 신뢰성 확보가 용이하도록 한다.
- (2) 수변전설비는 초기 건설비뿐만 아니라 유지관리비도 절감될 수 있도록 경제적으로 계획하여야 한다.
- (3) 수변전설비는 장애의 증설계획 등을 고려하여 결정하고 증설공사 및 개보수가 용이하도록 계획을 한다.
- (4) 수변전설비는 신뢰성, 안전성 및 유지관리성 확보가 용이하도록 실내설치를 원칙으로 하며, 옥외에 설치할 경우에는 외함을 방수구조로 하고 반내부로 습기 등의 침입을 최소화 할 수 있는 구조로 하되 내부 결로를 방지할 수 있도록 히터 등을 설치한다.

(5) 수변전설비는 홍수시에 침수피해가 없도록 지상 일정높이 이상의 위치에 설치하여야 한다.

(6) 수변전설비 설계시에는 아래의 표에 따라 해당 항목을 검토하여 최적의 시설이 설치되도록 한다.

〈표 6.2.3〉 수변전설비 설계 시 검토 사항

항 목	내 용	검 토 사 항
1. 기본구상의 결정	<ul style="list-style-type: none"> 신뢰성의 수준, 유지관리 형태, 증설계획 등에 대하여 기본구상을 결정한다. 	<ul style="list-style-type: none"> 설치장소, 건물의 유무 다른 설비와의 조화, 설비수명(life cycle) 유인 또는 무인관리 최종계획 또는 증설
2. 사전조사	<ul style="list-style-type: none"> 기상, 지형, 유사시설예, 사고예, 법규 등의 사전조사를 실시 	<ul style="list-style-type: none"> 풍수해, 설해, 한해, 기압, 해수의 고조, 홍수, 뇌해 염해, 지진, 지반침하, 분진, 지하수, 전식 유사시설의 운용사례 인명, 설비, 조작, 화재 등 사고의 예 소음, 진동 등의 법규제
3. 부하조사 설비용량의 결정	<ul style="list-style-type: none"> 부하조사를 하여 부하 명세서를 작성하고 설비용량을 결정 부하내용을 확정할 수 없는 경우는 전력원단위, 사례 등에 의해 추정 	<ul style="list-style-type: none"> 부하의 종류, 용도, 용량, 대수 운전상황, 부하율, 예비기, 역률, 비상시운전 설치시기, 배치, 중요도
4. 수전전력의 결정 수전방식의 결정 자가발전설비와의 관계	<ul style="list-style-type: none"> 설비용량으로부터 최대수용전력, 계약전력을 상정하여 전력회사와 협의한 다음에 수전전압을 결정 수전전압으로부터 각종 수전방식의 득실을 비교검토하고, 전력회사와 협의한 다음에 수전방식을 결정 자가발전설비의 위치를 검토하고, 목적(비상용, 상용 peak cut)을 밝힘과 동시에 상용과의 연계방식을 검토 	<ul style="list-style-type: none"> 최대수용전력, 계약전력, 수전전압, 계약종별, 부담금 전용 또는 일반회선 1회선수전, 2회선수전 또는 spot network 수전방식 등 인입방식, 책임분계점, 재산분계점, 전력보안통신 상용 또는 비상용, 시설운전용 또는 보안용, 상용연계의 유무, 전압, 전환방식, 부하제한, 소방용부하
5. 주회로단선결선도의 입안 • 변압기용량과 배크 • 모선구성 • 배전방식 • 배전전압 • 접지계통(직접접지/비접지)	<ul style="list-style-type: none"> 설비용량을 바탕으로, 신뢰성과 경제성을 고려하여 변압기용량, 배크수를 결정 설비규모, 설비배치, 운용방법을 고려하여 모선구성, 배전방식을 결정 각 설비에서의 전기방식, 배전전압(6.6 kV, 3.3 kV, 380 V, 220 V, 110 V)을 경제성과 안전성으로부터 결정 	<ul style="list-style-type: none"> 용도별, 여유, 역률, 기동전류, 임피던스, 최대 수용전력, 부하율, 과부하 장래계획, 과거의 실적 모선형식, 배선방식, 부하군 분할, 배전구분, 불평형률 주기계, 보조기, 건축부대, 조명, 콘센트, 작업용전원 전력시스템에 적합한 접지계통, 보안 및 보호설비 구성
6. 주회로조건의 검토 • 정격전류 • 고장계산 • 역률개선	<ul style="list-style-type: none"> 임피던스맵을 작성하고 각종계산을 하며, 주요기기와 케이블의 사양을 선정 콘덴서의 용량과 배크수를 검토 	<ul style="list-style-type: none"> 정격전류, 임피던스, 단락전류, 지락전류, 전압변동, 허용전류, 전압강하 콘덴서접속개소, 역률제어방식, 콘덴서용량, 리액터용량, 고조파대책

항 목	내 용	검 토 사 항
7. 각종용량계산	<ul style="list-style-type: none"> • 자가발전설비, 무정전전원설비(직류, 교류)의 용량 등의 결정 	<ul style="list-style-type: none"> • 기중, 발전기출력, 원동기출력, 연료종별, 연료저장량, 소음, 급배기량 • 보상시간, 부하측요구조건, 병렬운전, 무순단절체(無瞬斷切替), 고조파대책 • 축전지종별, 셀(cell)수, 충전방식
8. 계측보호방식의 검토	<ul style="list-style-type: none"> • 보호방식, 계측방식, 고조파대책의 상세 검토를 한다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 과전류, 단락, 지락, 정전, 결상, 역상, 온도상승, 기기내부고장 • 선택차단방식, 동작협조곡선, 릴레이정정치(整定値), 절연협조 • 인터록 • CT, ZCT, VT, ZPD, GVT • 진류, 전압, 역률, 전력, 전력량, 펄스취출
9. 법규상의 검토	<ul style="list-style-type: none"> • 전기설비기술기준 등의 법규상의 재확인 실시 	<ul style="list-style-type: none"> • 피뢰기, 차단기, 보호계전기, 보호장치, 계측장치, 감시항목, 접지공사
10. 기기배치의 결정	<ul style="list-style-type: none"> • 장래계획 등을 검토한 다음 기본배치계획결정 	<ul style="list-style-type: none"> • 증설대응, 교체대응, 보유거리, 점검통로, 작업공간, 반입공간, 배선로 선상의 하중, 천장높이 • 환기설비, 조명설비, 방화구획, 소방설비, 비상조명 • 조작성, 감시성
11. 제어방식의 검토	<ul style="list-style-type: none"> • 수·변전설비의 자동제어방식을 검토하고 필요한 기기를 선정 	<ul style="list-style-type: none"> • 유인, 무인, 감시조작장소, 감시조작항목(현장, 원격), 통신회선, 자동제어항목(수전회선 전환, 부하이행, 소내 변압기절체), 디맨드(demand) 감시 • 감시반, 모니터
12. 수·변전설비형식 선정 기기 선정	<ul style="list-style-type: none"> • 수전설비형식 • 기기(변압기, 차단기 등)의 형식, 사양 결정 • 제어전원의 검토 	<ul style="list-style-type: none"> • GIS, C-GIS, 차단기, 단로기, 개폐기, 접촉기, 전력 휴즈, 피뢰기, 변압기, 콘덴서, 리액터, 변성기, 보호계전기, 계기, 케이블 • 정격, 절연방식, 내열등급(class), 보호등급 • 옥내, 폐쇄, 다단적, 라치방식 • 제어전원(구분, 종별, 전압)
13.기 타	<ul style="list-style-type: none"> • 관계관청 등과의 협의를 수시 실시 	<ul style="list-style-type: none"> • 지식경제부, 전력회사, 소방서, 통신공사 등

4) 전기실 계획

전기실은 다음 각 항을 고려하여 계획한다.

- (1) 전기실은 부하의 분포상황, 부하수 및 용량, 유지관리체제 등을 고려하여 시설의 경제성 및 유지관리 편의성 확보가 용이토록 계획한다.
- (2) 전기실은 침수 또는 누수의 우려가 없고 유해한 부식성 가스, 분진, 습기 등의 침투가 곤란하고 온도변화가 적은 위치에 배치한다.
- (3) 건축법, 소방기본법, 기타 관련법령에 의하여 규제를 받는 경우에는 법령 등을 기준으로 하여 관련 설비를 설치한다.

【해설】

(1)에 대하여

전기실은 아래 사항을 고려하여 배치계획을 수립한다.

- ① 대용량 부하설비에 가까운 위치로 계획한다.
- ② 한국전력공사의 수급지점과 가까우며 수전인입선은 배전선로 확보가 용이하고 인입선로 길이가 짧은 위치에 계획한다.
- ③ 전기실은 긴급상황시 신속한 대응을 위하여 사무실, 중앙제어실에서 가까운 위치에 계획한다.

(2)에 대하여

- ① 전기실은 침수 등에 의하여 기능이 손상되면 처리장 운영에 중대한 영향을 미치기 때문에 침수 및 누수의 우려가 없도록 예상 최대 홍수위 이상의 지상1층 설치함을 원칙으로 한다. 또한, 기기의 절연열화를 방지하기 위해서 분진, 습기 및 유해가스의 영향이 없고 온도변화가 적은 장소에 배치토록 한다.
- ② 전기실은 수변전기기의 배치, 증설, 보수 때의 반출입, 보수점검 등에 필요한 공간을 충분히 확보한다.
- ③ 전기실은 수변전기기의 온도상승에 의해 실온이 상승하여 기기에 악영향을 줄 수 있으므로 실온을 적정히 유지하는 환기설비를 설치한다. 또, 건물창문, 기기 반입문으로 들어오는 태양열에 의해 전기실내의 실온이 더욱 상승하는 경우도 있으므로 전기실의 위치, 건물창문의 배치, 기기 반입문 위치선정에도 유의한다. 또한, 컴퓨터와 전자기기가 수변전기기와 같이 설치되는 경우에는 필요에 따라서 공기조화설비를 설치한다. 염해가 많은 지역의 경우는 환기, 공기조화설비에 있어서 급기구에 염해방지용 필터의 설치를 고려한다.

(3)에 대하여

전기실의 면적, 변압기 등의 용량, 기종에 따라서 소방기본법에 의한 특수소화설비를 필요로 하는 경우나 건축법에 의한 내화구조, 방화구획을 필요로 하는 경우가 있다. 이것 때문에 건축법, 소방법외 타 관련법령에 의해서 규제를 받는 것에 있어서는 충분한 사전협의를 한 뒤에 법령 등을 준수한다.

5) 수변전설비 구성

수변전설비는 다음 사항을 고려하여 구성한다.

- (1) 수변전설비에는 수전선로를 안전하게 개폐할 수 있는 개폐기나 부하전류 또는 고장전류를 안전하게 차단할 수 있는 차단기를 설치한다.
- (2) 수배전반 설비는 폐쇄형 배전반 사용을 원칙으로 하며 특별고압 수변전설비의 경우에는 가스절연형배전반 등의 사용을 고려할 수 있다.
- (3) 변압기는 2뱅크 구성을 표준으로 하며 시설규모에 따라서 그 이상의 뱅크로 구성할 수도 있다.
- (4) 수전은 상용 및 예비의 2회선 수전을 표준으로 하며 2회선 수전 시에는 자동부하절환개폐기(ALTS)를 설치하던지, LB(S)에 의한 원전 2회선을 검토한다.
- (5) 수전설비는 원칙적으로 원격감시제어가 가능하도록 구성한다.
- (6) 수변전설비는 전력 및 계통 구성 방식에 따른 적정 보호계전기를 설치한다.
- (7) 변압기 2차측 중성선에는 누설(지락) 영상 전류를 검출한다.

【해설】

(1)에 대하여

전력인입선로에서 한전과 처리장의 책임분기점에는 보수 및 점검을 위하여 구분개폐기를 설치한다. 부하전류 및 고장전류를 안전하게 차단하기 위한 차단기는 보호계전기의 동작과 연동이 되도록 한다.

개폐기에는 단로기와 부하개폐기가 있으며, 단로기는 부하측 충전전류는 차단할 수 있으나 부하전류 및 고장전류는 차단할 수 없음을 따라 오조작에 의한 사고를 방지하기 위하여 조합회로 구성시 차단기 등 관련기기와의 연동조건을 구성한다.

사고 시 흐르는 단락 및 지락전류는 한전의 전원계통용량에 따라 정해지므로 한전과 협의하여 정한다.

또한, 수전선로의 인입부 차단기 또는 퓨즈 등 고장전류 차단기능을 갖는 기기는 한전 변전소의 차단기와 보호협조가 가능하여야 한다.

(2)에 대하여

수배전반 설비는 안전에 대하여 특별히 고려하여야 함에 따라 보수점검이 용이하고 안전하며 방진·방습성이 양호할 뿐만 아니라 사고발생시 외부로의 파급을 최소화 할 수 있는 폐쇄형 배전반 사용을 표준으로 한다.

아울러, 전원의 신뢰성 확보 및 설치면적의 최소화를 도모할 필요가 있는 경우에는 최근 특별고압계통에서 사용이 확대되고 있는 가스절연형 배전반의 사용을 고려하고, 중계펌프장 등 설치 면적의 최소화를 도모할 필요가 있는 경우에는 축소형 배전반을 고려할 수 있다.

(3)에 대하여

변압기를 단일뱅크로 구성하면 계통구성이 간단해지고 경제성 및 설치면적에서 유리한 점이 있다. 하지만 고장 또는 보수점검시 정전범위가 확대될 뿐만 아니라 차단기의 개폐용량 및 단락용량이 커지는 단점이 있다.

여러 뱅크의 변압기로 계통을 구성하면 전력공급 신뢰도가 향상되고 고장 및 보수점검시 대응에 용이한 점이 있음에 따라 경제성을 고려하여 2뱅크 구성을 표준으로 하되 시설규모에 따라서 그 이상의 뱅크로 구성할 수도 있다.

(4)에 대하여

2회선 수전시에는 수전측에 자동부하절환개폐기(automatic load transfer switch)를 설치하며 상용전원 정전시 일정시간 이내에 예비전원으로 절환되어 부하설비가 정전 없이 운전이 가능하도록 하여야 한다.

(5)에 대하여

최근의 하수처리시설이 소용량화 되고 있는 추세에 따라 운영관리의 효율성 제고를 위하여 통합운영 시스템 도입이 확대되고 있으며 수변전설비의 감시 및 제어 또한 중요한 항목중의 하나로 되어 있다. 이에 따라 단위 처리장별 중앙감시제어설비 또는 지역별·수계별 통합운영센터에서 수변전설비의 아래 사항을 선택적으로 감시제어할 수 있도록 관련 변환기나 통신설비를 설치한다.

① 감시기능 : 차단기 및 보호계전기 동작상태, 변압기 온도(소용량의 경우 제외 가능)

- ② 계측기능 : 전압, 전류, 전력, 전력량, 역률, 주파수 등
- ③ 제어기능 : 차단기, 최대전력제어 등

(6)에 대하여

수변전설비의 구성방식에 따라 과부하, 단락, 지락, 결상(퓨즈 사용시) 등의 보호 기능을 갖도록 보호계 전기를 설치하며 상위 및 하위 보호계전기와 보호협조가 가능하여야 한다. 보호계전기의 형식에는 아날로그형 과 디지털형이 있으며 디지털형을 사용할 경우에는 전자파 및 고주파 등에 의한 장애가 최소화되도록 한다.

① 대용량 계통 보호와 보호 계전기 적용

가. 대용량 부하의 과전류보호와 지락보호(과전압)를 중심으로 아래와 같이 적용하되 변압기 중성점보호, 모선보호, 부하측 보호(케이בל포함) 측면으로 검토한다.

〈표 6.2.4〉 계통별 보호 계전기 구성

계 통	PT/CT/ZCT구성	검출 계전기	비 고
직접접지(저압/고압) 계통	3PT+3CT	OCR(순시)/OCGR(한시)	기존(원칙); - 잔류회로이용법 - 저압/고압모선
	3CT+DC.P/WR		- 중성점CT(NCT)적용 가능
비접지(저압대용량) 계통 1)	GPT+3CT+ZCT	OCR(순시)/OVGR/SGR(선택접지계전기)	1) 기존(원칙); - ZCT-200/1.5mA 3C 저압케이블 - 접지선은 ZCT를 비관통 함
	3CT+DC.P/WR	OCR(순시)/OCGR(한시)	
직접(저압/고압)계통	3PT+3CT+ZCT	OCR(순시)/OCGR(한시)	응용; ZCT이용-100/5A 3C - 저압대용량부하/고저압모선케이블
비접지(고압)계통	GPT+3CT+ZCT	OCR(순시)/OVGR/SGR(선택접지계전기) 기존: I ₀ 접점이용 응용: IN접점이용	기존(원칙); - ZCT-200/1.5mA 3C 저압케이블 - 접지선은 ZCT를 비관통 함
직접(고압중성점)계통	ZCT	OCR(순시)/OCGR(한시)	응용; ZCT-100/5A 1C - 변압기 중성선 전류측정

나. 변류기 적용과 특성

- 3상3선식의 경우는 2 또는 3PT, 3상4선식의 경우는 3PT를 많이 적용 한다.
- DC.Power는 110V DC를 적용하는 경우가 많다.
- 고압부하는 정격전류가 적어 부하별 전류차이 구분에 불리하고, 고전압모선 이격거리 확보가 어렵다.

② 소용량(저압) 계통 과전류보호와 지락보호

가. 직접접지(저압) 계통은 MCCB을 원칙으로 하고 습기나 MCCB로 보호가 어려운 곳, 규정 이 내 속도로 차단이 어려운 곳(예, 세면실, 주방, 사우나실)은 ELB로 적용한다.

나. 비접지(저압) 계통은 원칙적으로 ELB로 대응한다.

③ NGR저항/전류값 계산 원칙

NGR 목적은 계통 지락전류의 과대한 흐름을 제한하기 위해 변압기 중성선에 삽입한다.

가. 변압기가 여러대 인 경우 병렬시 지락전류를 구하고 전기기술기준 해석(판단기준)에 의한 2중 접지공사의 접지저항을 구한다. 이 때 지락전류는 최대값이다.

나. NGR의 크기는 삽입소비저항(Pr)과 충전용량(Qc)을 고려 결정한다.

다. MCCB 차단능력을 고려하여 지락전류 크기가 MCCB정격의 8~10배이상 되어 동작이 확실하게 되도록 배선 굵기를 계획한다.

라. 고저압 혼촉 시 전위상승을 억제하기 위해 삽입저항이 적을수록 바람직하다.

(7)에 대하여

- ① 배전반에서 ELD(누전경보기)에 의한 누설전류검출은 일정값 이상시 경보하는 기능만을 가지고 있으므로 누설전류 값이 얼마인지 확인이 필요하다.
- ② 변압기 중성선(접지선)에 지속적인 누설전류는 설비와 인체 안전성에 불리하다.
- ③ 변압기의 누설전류는 발전기 ACB의 OCGR(지락과전류계전기)을 동작 시킬 수 있으므로, 비상 발전기에 의한 전원공급이 어려울 수 있다.

6) 차단기

고압 및 특별고압차단기는 진공차단기 및 가스차단기를 표준으로 한다.

【해설】

고압 및 특별고압차단기는 아래의 <표 6.2.5>을 참조하여 선정한다.

<표 6.2.5> 고압 및 특별고압차단기 특성

구 분	진공차단기	가스차단기
소호방식	밀봉된 진공용기 속에서 아크를 소호하며, 전류영점에서 고진공의 절연회복으로 전류차단	SF6가스 내에서 아크를 소호하는 방식이며 SF6 가스의 냉각 및 소호효과를 이용하여 전류차단
정격전압	3.6 kV~84 kV	3.6 kV~168 kV
정격전류	400 A~3,000 A	600 A~4,000 A
정격차단전류	8 KA~40 kA	12.5 KA~40 kA
차단시간	3~5 cycle	3~5 cycle
차단성능	아크시간은 1 cycle로 짧으나 고조파 소호전류 차단에 의한 이상전압 발생이 쉬움	SF6가스의 우수한 소호능력에 의해 근거리 선로고장 등 가혹한 조건의 차단이 용이함
안전성	소호매질을 진공을 사용하므로 노화, 변질이 없고 불연성이며 무해함	SF6가스의 특성이 불연, 무색, 무취이며 불활성임에 따라 안전성이 높음
보수성	진공도 및 접점의 마모정도를 검사	가스압력, 가스중 수분함유 정도 및 접점의 마모정도를 검사

※ 주 1 : 진공차단기는 3.6kV~24kV 전압에서 사용하는 것이 일반적임.
 2 : 가스차단기는 24kV 이상의 전압에서 사용하는 것이 일반적임.

폐쇄형 배전반에 수납되는 차단기는 진공차단기가 일반적으로 사용되고 있으며, 최근에는 가스차단기도 사용이 확대되고 있는 추세임에 따라 경제성 및 유지관리성을 종합적으로 검토하여 적정 차단기를 선정한다.

7) 변압기의 선정

변압기는 다음 사항을 고려하여 결정한다.

- (1) 변압기의 용량은 변압하는 전력을 피상전력으로 환산한 값에 적절한 여유를 준다.
- (2) 3상 변압을 하는 경우에는 3상 변압기 사용을 표준으로 한다.
- (3) 변압기의 절연 및 냉각방식은 사용조건, 설치장소 및 경제성 등에 따라 결정하되 화재예방이나 내습성, 설치면적 등을 고려하여야 할 경우에는 몰드변압기를 사용한다.
- (4) 변압기의 탭크수는 설비의 신뢰성 요구조건, 증설계획, 운용형태, 자가발전실의 유무 등을 고려하고 종합적인 경제성을 고려하여 결정한다.

【해설】

(1)에 대하여

변압기 용량[kVA]는 동시에 운전되는 각 부하의 출력[kW]의 합을 변압기 입력용량으로 환산하고 이 값에 적절한 여유를 주어 선정하며, 규격품의 경우에는 가장 근접한 상위용량의 변압기를 선정하고, kW를 kVA로의 환산은 부하의 출력을 합한 kW를 부하의 종합 역률로 나누어서 구한다. 변압기의 용량을 구하는 식은 다음과 같다.

① 동력용 변압기

$$\text{변압기용량[kVA]} = \frac{\text{부하설비용량}}{\eta \times \cos \theta} \times PF_L \times \frac{\alpha}{\beta} \dots\dots\dots (6.2.1)$$

여기서, η : 종합효율 $\cos \theta$: 종합역률
 PF_L : 수요율 α : 여유율 β : 부등률
 (※ 부등률 적용은 2단 강압방식에서 적용하되 전력계통 구성방식에 따라 적정 부등률을 적용하여 변압기 용량이 과대하게 선정되지 않도록 한다.)

② 조명용 변압기

$$\text{변압기용량[kVA]} = \text{총설비용량[kW]} \times \beta \times \alpha \dots\dots\dots (6.2.2)$$

수요율은 각 부하설비용량의 총합과 실제 걸리는 부하의 최대값과의 비이므로 각 시설별 적용공법 등에 따른 특수성, 설비별 용량산정 기준, 초기운전방안 및 장래 증설계획과 부하의 시간특성(부등률) 등을 고려함으로써 변압기 용량이 과대하게 선정되지 않도록 유의하여야 하며, 참고로 각 설비별 수요율은 아래표와 같다.

〈표 6.2.6〉 하수도시설의 설비별 수요율

설비구분	수요율	설비구분	수요율	설비구분	수요율
침사지	0.4	동기보기	0.3	환기 및 탈취	0.6
주펌프	0.8(0.65)	일차침전지	0.5	슬러지처리	0.8(0.6)
동기보기	0.3	이차침전지	0.5	건축부대동력	0.5
조정조	0.6	소독설비	0.9(0.6)	조명	0.5
밸브, 수문류	-	처리수 재이용	0.7		
송풍기	0.8(0.6)	구내용수설비	0.5		

주 : • 수요율은 처리공법, 운전시간, 기기수량 등에 따라 차이가 있으며, 실제 각각의 설비부하용량, 동시가동률, 여유 등을 고려하여 산정하여야 함.

- 주펌프, 송풍기의 () 안은 간헐포기방식 처리공법적용 경우이며 시간특성을 고려해야 함.
- 소독설비의 수요율은 자외선(UV)소독방식이며, () 안은 염소계 소독임.
- 슬러지 처리시설은 건조, 소각 등의 수요율이며, () 안은 농축, 탈수시설 등을 나타냄.

(2)에 대하여

최근 변압기의 절연재료 및 제작기술이 현저하게 향상되어 고장율이 현저히 낮아지게 되었다. 이에 따라 3상을 변압하는 경우에는 경제성, 보수성, 에너지 절약 등의 측면에서 단상변압기에 비하여 유리한 3상 변압기를 사용하는 것을 표준으로 한다. 또한 효율, 소음 등의 요구 조건과 사용 철심 종류(아몰피스, 자구 미세화 강판)에 따라 적합한 변압기를 선정한다.

(3)에 대하여

변압기의 절연방식에는 유입식, 건식 및 가스식이 있으며, 냉각방식에는 자연식과 타냉식이 있음에 따라 전압, 용량, 설치장소, 경제성, 보수성 등을 고려하여 변압기 기종을 결정한다. 에폭시 수지를 절연재료로 이용한 몰드변압기는 소형 경량이며 난연성 및 내습성이 우수할 뿐만 아니라 유입식 변압기에 비해 화재의 위험성이 적은 특성이 있으며, SF6가스를 절연 및 냉각매체로 이용한 가스절연 변압기는 불연화가 필요한 장소나 가스절연개폐장치와 조합하여 사용하는 경우에 적합하다.

(4)에 대하여

일반적으로 소규모설비에는 경제적인 '1뱅크방식'을 중·대규모설비에서는 신뢰성을 고려하고 증설에 대비하여야 함에 따라 '2뱅크방식'을 채용하는 것이 바람직하다. 하수도시설에서 채용되는 변압기뱅크의 구성에 따른 비교는 〈표 6.2.8〉과 같으며 이를 종합적으로 판단하여 경제적인 방식이 되도록 결정한다.

〈표 6.2.7〉 변압기의 특성

항 목	유입 변압기	몰드변압기	가스절연변압기
안 전 성	가연성	난연성, 비폭발성	불연성, 비폭발성
내 열 성	보 통	우 수	우 수
내 습 성	금속용기내 수납됨에 따라 습기의 영향이 없음	코일이 수지내에 일체형으로 함침 됨에 따라 습기영향을 받을 수 없음	금속용기내 밀봉됨에 따라 습기의 영향이 없음
내오손성	금속용기내 밀봉 수납됨에 따라 염해손에 강함	코일이 수지내에 일체형으로 함침됨에 따라 습기영향을 받을 수 없음	금속용기내 밀봉됨에 따라 염해손에 강함
절연특성	주위의 영향을 받지 않으며, 절연특성이 안정적인	코일이 수지내에 일체형으로 함침됨에 따라 절연특성이 안정적인	주위의 영향을 받지 않으며, 절연특성이 안정적인
충격전압강도	강함	약함	약함
기계적강도	강함	강함	강함
설치장소	옥내/옥외	옥내	옥내/옥외
설치면적	보통	작음	큼
소 음	소	중	소
유지관리	절연유의 산화에 따라 전기적인 특성이 변하므로 주기적인 점검 필요	특별한 것이 없음	가스누설 감시 필요
가 격	저 가	고 가	고 가
실 적	실적이 타 변압기보다 많음	근년에 개발된 것으로 사용확대 추세임	근년에 개발된 것으로 대용량 특고압이상의 경우에 사용되며 가스절연개폐장치와 조합하여 많이 사용
특 징	<ul style="list-style-type: none"> •충격내전압이 높아 차단기 2차측에 서지흡수기를 설치하지 않아도 됨 •사용장소에 구매를 받지 않음 	<ul style="list-style-type: none"> •코일이 수지내 함침처리됨에 따라 우수한 기계적단락 안정성 •난연성, 내습성 등으로 옥내형으로 적합 	<ul style="list-style-type: none"> •주변에 화재 발생시 변압기 자체의 화재나 폭발 위험성이 없음 •열이나 습기 등에 의한 경년변화가 매우 작음

※ 에너지이용합리화법 제13조 규정에 의한 고효율에너지 기자재를 사용하도록 적극 노력한다(비정질 자성재료를 사용한 변압기).

〈표 6.2.8〉 변압기뱅크(Bank)의 구성

구성 방식	구 성 도	특 징	적 용 예
1Bank방식		<ul style="list-style-type: none"> 전원계통의 반 구성이 단순하며, 설비비가 저렴하다. 설비면적이 적게 소요된다. 변압기의 사고시 또는 보수점 검사에는 설비정전이 불가피 	<ul style="list-style-type: none"> 상용전원 정전 또는 수변전 설비 사고시 처리장 가동을 일시중단하여도 문제가 없는 시설 중계펌프장 또는 소규모처리장으로서 중요도가 낮은 시설
2Bank방식 2대 상용 운전방식		<ul style="list-style-type: none"> 전원계통의 반 구성이 다소 복잡하며 설비비가 고가로 된다. 설비면적은 보통 소요된다. 변압기의 사고시 또는 보수점 검사에도 부하제한에 의한 설비운전이 가능하므로 신뢰성이 높다. 	<ul style="list-style-type: none"> 처리장시설이 일시적으로 정전시 중요시설 일부만 가동하여도 문제가 없는 시설 중·대규모 처리장으로서 중요도가 낮은 시설
2Bank방식 1대상용, 1대예비 운전방식		<ul style="list-style-type: none"> 전원계통의 반 구성이 다소 복잡하며 설비비가 고가로 된다. 설비면적은 보통 소요된다. 변압기의 사고시 또는 보수점 검사에도 전체설비에 대한 100% 부하 운전이 가능하므로 신뢰성이 대단히 높다. 	<ul style="list-style-type: none"> 처리장 시설을 계속적으로 가동할 필요가 있는 시설 특별한 사유가 없는 경우 본 방식을 적용한다.
3Bank 이상의 운전방식		<ul style="list-style-type: none"> 전원계통의 반 구성이 복잡하고 가격이 대단히 높다. 설비면적이 크게 된다. 변압기 사고시 또는 보수점 검사에도 설비의 상시운용이 가능하며 신뢰성이 대단히 높다. 뱅크의 교체시 운용이 복잡하므로 주의를 한다. 	<ul style="list-style-type: none"> 처리장 시설규모가 단계적으로 구성되고 단계적 부하분리가 용이한 경우 대규모 처리장으로서 중요도가 높은 경우

주 : NC : 상시투입, NO : 상시개로

6.2.2 부하설비

1) 배전설비

배전설비는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 전기실에서 각 시설에 전력을 공급하는 배전선로는 원칙적으로 전력케이블을 사용한다.
- (2) 주요 부하의 배전선로에는 전력량계를 붙일 수 있다.
- (3) 배전반에 붙이는 계전기와 기구는 수전반에 준한다.
- (4) 배전설비에는 폐쇄형배전반 사용을 표준으로 한다.
- (5) 배전전압은 사용목적 및 부하측의 특성을 충분히 고려하여 결정한다.
- (6) 모선방식 및 배전방식은 시설의 중요성, 규모 및 운전조건 등을 고려하여 결정한다.
- (7) 각 전선로에는 부하전류 및 고장전류를 안전하게 투입·차단할 수 있는 차단기를 설치한다.

【해설】

(1)에 대하여

배전선로는 원칙적으로 전력케이블을 사용하며, 가교폴리에틸렌절연 비닐시스 케이블(CV)을 사용함으로써 우수한 유전특성에 따른 전력손실저감을 도모하여 에너지를 절약할 수 있을 뿐만 아니라 취급 및 보수가 용이한 점 등의 장점이 있으므로 원칙적으로 이를 사용한다.

배전선로가 케이블 트레이 형태이면 난연성케이블을 사용하고, 수밀을 요하는 장소에는 수밀형케이블을 사용한다.

(2)에 대하여

기계설비의 사용 전력량 측정 필요부하 또는 원 단위 전력량 산정 필요시에는 해당부하설비에 별도의 전력량계를 설치한다. 또한 처리장 전체의 합리적인 운영자료를 얻어야 할 경우에도 관련 부하설비에 각각 전력량계를 설치할 수 있다.

(3)에 대하여

6.1.2 5)의 (5)항의 계측기능을 갖도록 하되 주파수계 및 역률계는 설치하지 않는다.

(4)에 대하여

고압의 경우는 금속형 폐쇄배전반을 사용하며 상세한 사항은 6.1.2 5)의 (2)항을 참조한다. 저압의 경우에도 폐쇄형배전반 및 콘트롤센터를 사용하며 보수 및 점검이 용이하고 안전할 뿐만 아니라 부식의 우려가 없으며 사고발생시 이의 파급을 최소화 할 수 있는 구조이어야 한다.

(5)에 대하여

- ① 하수처리시설에서 사용되는 전기설비의 전압은 <표 6.2.9>과 같다.

〈표 6.2.9〉 하수설비의 배전전압

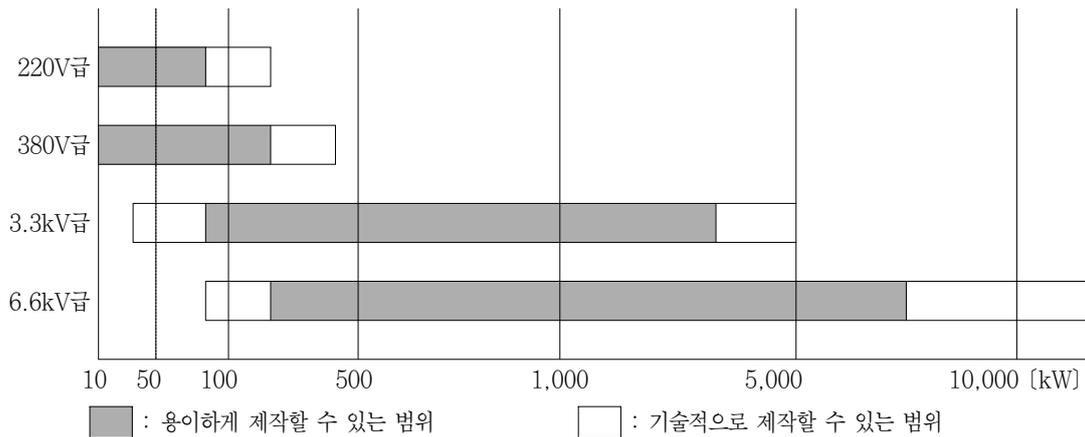
구 분	6.6 kV/3.3 kV	380 V	220 V
유입 및 방류펌프, 송풍기, 오존	●	●	
전동밸브, 기기보조기기, UV설비		●	●
시료 채취펌프, 배수펌프		●	○
건축부대설비		●	○
조명설비			●

주: 1. ● 일반적으로 채용, ○ 특수한 경우 채용
 2. 500kW 이상의 경우에 6.6kV의 채용을 권장한다.

② 배전전압을 선정할 때에 고려해야 할 조건은 다음과 같다.

가. 전동기 출력과 최적 전압의 관계(삼상유도전동기 경우 - 〈표 6.2.10〉)

〈표 6.2.10〉 전동기 출력과 최적 전압의 관계



나. 차단기용량 : 계통 단락전류를 적게 하기 위하여 높은 전압을 선정한다.

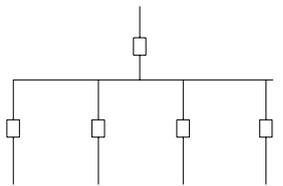
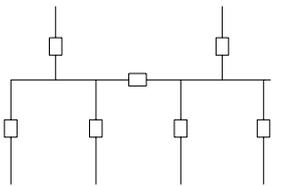
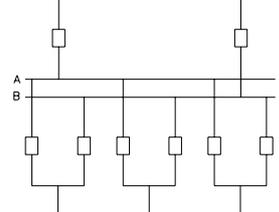
다. 케이블의 굵기 : 처리장 구내가 넓은 경우 부하 분산의 정도에 따라 상시 허용전류와 전압강하를 검토하여 배전전압을 선정한다.

라. 배전반 : 절연레벨과 기기비용의 관계로부터 전압을 결정한다. 위와 같은 조건 중에서 기기비용, 배전반비용, 케이블공사비용 및 시공성을 종합적으로 비교하여 배전전압을 결정한다.

(6)에 대하여

① 모선방식의 종류 및 특징은 〈표 6.2.11〉과 같으며 전기적 사고가 있을 때 모든 부하를 가능한 동시에 정지시키지 않고 분리·접속할 수 있는 차단기(CB)연락 단일모선방식 및 이중모선방식을 채용할 수 있다.

〈표 6.2.11〉 모선방식의 비교

방 식	단일 모선방식	CB연락 단일모선방식	이중모선방식
구 성			
특 징	<ul style="list-style-type: none"> 회로가 간단하고 설비투자액이 최소이다. 주로 변압기가 1뱅크인 경우에 사용된다. 증설 및 점검시 전체가 정전된다. 	<ul style="list-style-type: none"> 계통의 분리·접속을 용이하게 할 수 있다. 2회선 배전시 신뢰성이 높아진다. 주로 2뱅크 이상의 변압기 또는 비상발전기 채용시 사용된다. 증설·점검시 부분정전이 된다. 	<ul style="list-style-type: none"> 모선사고로는 사고측 모선만이 정전된다. 계통의 분리·접속을 용이하게 할 수 있다. 부하를 A, B 어느쪽 모선에도 절환할 수 있으므로 부하조정이 가능하다. (단, 조작이 복잡하다) 주로 발전기 전원과 상용의 전원 병렬운전시 사용된다.
신뢰도 순위	3	2	1
투자비 순위	1	2	3

② 배전방식은 1회선 배전과 2회선 배전이 있으며 이를 비교하면 〈표 6.2.12〉와 같다. 배전방식은 설비의 신뢰성 및 경제성과 운용방식에 따라 선정하는데 일반적으로 소규모시설은 1회선 배전을, 중·대규모시설은 2회선 배전 또는 루프배전을 선택할 수 있다.

(7)에 대하여

각 전선로의 인입측에는 부하측에서 고장 발생시 그 구간을 확실하고 신속하게 분리하여 타 전선로에 영향을 미치지 않도록 하기 위하여 차단기를 설치하여 부하차단기와 보호협조가 가능하도록 하여야 한다. 저압 간선로에서는 저압 배선용 차단기를 사용하여 전 용량 차단이 가능하도록 한다. 또한 전기 설비기술기준에서 정한 바에 따라 필요한 장소에 누전차단기를 설치한다.

〈표 6.2.12〉 배전방식의 비교

배전시스템	1회선	2회선(상용-예비)	루프(Loop)
회로도			
신뢰도	보통	높다	높다
보호계통의 복잡성	단순	약간 복잡	복잡
보수점검시 정전 필요성	필요	불필요	불필요
설치공간	작다	약간 크다	약간 크다
경제성	저가	고가	고가
적용	• 경제성을 중시한 설비	• 신뢰성을 중시한 설비 • A, B 변전소의 거리가 먼 경우 채용	• 신뢰성을 중시한 설비 • A, B 변전소의 거리가 짧은 경우 채용

2) 동력설비

동력설비는 다음 각항을 고려하여 결정한다.

- (1) 고압부하의 개폐장치는 금속폐쇄형배전반 및 고압전동기기동반 사용을 표준으로 한다.
- (2) 저압부하의 개폐장치는 저압 금속폐쇄형배전반 및 저압전동기제어반(MCC)사용을 표준으로 한다.
- (3) 유도전동기의 기동방식은 부하의 특성과 전원용량 등을 고려하여 결정한다.
- (4) 전동기의 공급전압은 전동기 출력과 최적전압의 관계에 의해 <표 6.2.14>을 표준으로 하되 전력계통에 적합한 전압으로 선정한다.

【해설】

동력설비에는 전동기 등을 운전제어하기 위한 제어장치와 전력을 공급하기 위한 배선 등이 있다.

(1)에 대하여

- ① 금속폐쇄형배전반은 고압을 필요로 하는 동력설비에 전원을 공급하기 위한 설비이며 차단기 등을 설치하여 단락, 과부하 및 지락 등의 사고시 전원을 차단하여 고장부위를 격리하며 각종 계측장치 및 보호장치 등과 조합되어야 한다.

- ② 고압전동기기동반은 차단기 또는 고압 교류전자접촉기와 한류형 퓨즈를 조합한 형태로 구성된다. 차단기는 과부하 및 단락사고시 전원을 차단하여 설비를 보호할 수 있어야 하며, 고압 교류전자 접촉기는 부하의 개폐 및 과부하보호를 행하며 전력퓨즈는 단락보호를 행한다. 또한 제어, 계측 및 보호 장치 등이 포함되어야 한다.

(2)에 대하여

- ① 전동기제어반은 배선용 차단기, 전자개폐기 등을 단위 회로별로 unit에 수납하고 인출이 가능하도록 하며 각 unit마다 별도 door와 폐쇄형태로 구성하여 보수 점검이 용이도록 한다. 최근에는 콤팩트형 전동기제어반이 개발·보급됨에 따라 설치면적을 절감할 수 있으나 유지관리 편의성 저하 등의 단점도 발생할 수 있으므로 적정 사이즈의 unit가 선정될 수 있도록 고려하여야 한다.
- ② 저압급속폐쇄형배전반은 반 내를 기동반(제어반)과 같이 unit별로 구분하지 않고 평면상에 임의로 배열할 수 있으며, 전면의 조작부위는 전면 모션부와 격리되도록 하여 운전자의 안전을 도모하여야 한다.
- ③ 일반적으로 소규모설비에서는 저압급속폐쇄형배전반(비 인출형)을 사용할 수 있으나 부하수가 많아지면 상기 ①항과 같이 인출형 전동기제어반 형태로 구성하되 전기실의 설치공간에 따라 편면형 또는 양면형으로 구성할 수 있다.
- ④ 저압 기중차단기(MCCB)를 적용 시에는 과대한 크기가 되지 않도록 하며 목적에 따라 아래 원칙을 따른다
- 과부하보호 : $I_b \leq I_n \leq I_w$
 - 단락보호 : $I_b \leq I_w \leq I_n$
- 단, I_b : 부하전류 I_n : MCCB 정격전류 I_w : 전선의 연속전류
- ⑤ 현장제어반(LOP)은 작업동선을 피하여 설치하되 해당 설비를 보면서 운전이 가능한 근접장소(약 15m 이내)에 위치하도록 한다.

(3)에 대하여

농형 유도전동기는 직입 기동시 정격전류의 5~8배의 전류가 흐르며 기동전류가 변압기나 케이블에 흐를 때 전압강하가 발생한다. 전압강하가 커지면 상시 여자방식인 전자접촉기나 보조계전기 등이 오동작 할 수 있으므로 정격출력이 수전용 변압기용량(kVA)의 1/10을 초과하는 3상 유도전동기는 감전압 기동방식 등으로 구성할 필요가 있다.

다음의 <표 6.2.13>은 전동기의 각종 기동방식에 대한 비교표이다.

(4)에 대하여

전동기에 공급하는 전압은 전력계통과 전동기 단위용량에 의해 결정되며 경제성, 운영성, 유지보수성 등을 고려하여 결정한다. 전동기용량이 100 kW 이상이면 고압으로 100 kW 미만이면 저압으로 하는 것이 일반적이나 전원용량, 소내 계통의 구성방식 및 전력설비 전체의 시설비 경제성 등을 고려하여 결정하는 것이 좋다.

〈표 6.2.13〉 전동기 기동방식 비교

구 분	직입기동	Y-△기동	리액터 기동	기동 보상기	soft starter
기동전압(%)	100	$1/\sqrt{3}$	50-65-80	50-65-80	임의조정
기동전류(%)	100	1/3	50-65-80	25-42-64	전압에 따라 변동
기동토크(%)	100	1/3	25-42-64	25-42-64	전압에 따라 변동
기동토크의 변경	불가	불가	가능	가능	가능
기동전압의 변화	가속과 함께 변함	가속과 함께 변함	가속과 함께 변함	기동중 일정	가속과 함께 변함
적용전동기 용량	제한없음	제한없음	제한없음	제한없음	제한없음
기동기 가격	저	저	중	고	고
적용부하	비교적 경부하 및 소용량 전동기에 사용함	중부하의 유도전동기에서 일반적으로 사용함	Fan, 펌프와 같이 속도상승과 동시에 부하가 증가하는 곳에 사용함	비교적 큰 기동토크를 요하는 부하(권상기등)에 사용함	모든 설비에 적용 가능하나 고압 및 기동빈도가 적은 곳은 검토 필요함

〈표 6.2.14〉 전동기의 공급전압

전동기 용량(kW)	공급전압
150 kW 미만	380 V, 220 V
150 kW~400 kW	380 V, 3.3 kV, 6.6 kV
400 kW 초과	3.3 kV, 6.6 kV

3) 속도제어설비

속도제어방식은 제어의 목적이나 경제성, 유지관리성 및 설치 공간 등을 고려하여 방식을 선정하도록 한다.

【해설】

속도제어방식은 운전시간, 회전수 조정범위, 대상 기기의 용량 및 대수, 시설비, 설치공간, 유지관리의 용이성 및 경제성을 종합적으로 검토하여 결정한다.

반도체 소자를 사용하는 인버터 제어방식은 그 특성상 고조파가 발생하여 전원측으로 유입되고 전압 파형에 왜형파를 포함하게 함으로써 콘덴서의 과열, 이상소음 발생, 전자형 보호계전기의 오동작 및 통신기기의 유도장해를 일으킬 뿐만 아니라 소 외의 타 수용가에도 영향을 미치게 한다. 이와 같은 고조파장해 방지대책으로서는 리액터 설치를 설치하거나 관련필터를 설치한다.

속도제어방식별 개요와 특징은 아래의 〈표 6.2.15〉와 같다.

〈표 6.2.15〉 속도제어방식 비교표

항 목	2차저항제어	정지셀비어스 제어	VVVF제어	와전류제어	극수변환 제어
회로구성					
적용전동기	권선형	권선형	농 형	농 형	농 형
주요구성 기 기	2차저항기 금속 또는 액체 제어장치	전력변환장치 제어장치	인버터 제어장치	와전류 제어장치	극수변환 절환 제어장치
가변범위(%)	50~100	40~100	10~100	10~100	1:2, 2:3등
보 조 기	냉각수가 필요	불필요	불필요	불필요	불필요
주요보수 항 목	브러시, 슬립링 액체저항기	슬립링	없음	없음	없음
특 징	-간단한 장치에 의 해 구성 -조작이 용이하나 효율이 나쁨	-넓은 제어범위로 효율이 높다. -백업으로 2차단축 운전 및 전력회수 가능	-속도제어범위가 넓고 백업으로 직 입운전도 가능 -고효율이며 복수 의 부하 동시속도 제어도 가능	-소용량기에는 사 용실적이 많음 -저속시 효율이 저 하	-연속적인 속도 변환 불가 -속도제어의 한 계가 있음

(1) 2차저항 제어방식

권선형 유도전동기 회전수제어에 가장 간단하게 적용할 수 있는 방식으로 다른 방식에 비해 시설비가 저렴하지만 2차 저항에 의한 전력손실발생으로 대용량의 경우에는 부적당하다.

(2) 정지셀비우스장치

정지셀비우스장치는 부하를 구동하는 권선형 유도전동기와 유도전동기의 슬립에 비례한 2차 출력을 직류로 변환하기 위한 실리콘정류기, 고조파용의 직류리액터, 직류로 변환된 2차 출력을 다시 전원주파수의 교류출력으로서 회수하여 전원에 반환하기 위한 싸이리스터 타여자 인버터 및 변압기로 구성되며, 싸이리스터 인버터의 점호각을 제어하여 직류역전압을 제어함으로써 유도전동기의 속도제한을 한다.

(3) 인버터제어

인버터는 상용전원으로부터 교류전동기구동용의 가변전압, 가변주파수의 전원을 만드는 변환장치이기 때문에 VVVF(variable voltage variable frequency)라고도 한다.

범용인버터는 3상 교류전원(상용)을 전파 정류하여 콘덴서에 의해 리플이 적은 직류전압을 만드는 콘버터부와 평활된 일정한 직류전압을 가변전압 가변주파수를 교류전압으로 변환하는 인버터부로 구성되어 있다.

(4) 와전류 제어

농형유도전동기에 직결되어 있는 드림과 부하에 직결되어 있는 인덕터와의 회전속도 차에 의해 발생하는 와전류와 자속과의 상호작용을 이용, 부하의 회전속도를 제어한다.

(5) 극수변환

극수를 변환하여 회전수를 변환한다.

4) 역률개선설비

역률개선설비는 다음 각 항을 고려하여 정한다.

- (1) 역률을 개선하기 위하여 진상콘덴서를 사용한다. 이 경우 경제성, 보수관리성 등을 고려한 후 아래의 2가지 방식중 한가지를 사용하거나 병용으로 사용한다.
 - ① 전동기와 병렬로 개별적으로 콘덴서를 설치한다.
 - ② 모선에 콘덴서군을 집중 설치한다.
- (2) 콘덴서는 방전장치 설치를 원칙으로 하며 대용량 콘덴서에는 직렬리액터를 설치한다.
- (3) 특별고압 및 고압수전설비의 종합역률은 90% 이상 유지되도록 한다.
- (4) 콘덴서군의 대수제어는 자동 및 수동제어를 할 수 있어야 한다.
- (5) 역률개선설비에는 운전 및 감시에 필요한 장치를 마련한다.

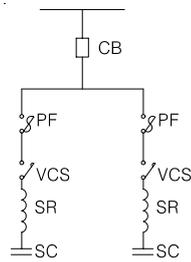
【해설】

(1)에 대하여

고압 및 저압에 관계없이 전동기의 대수가 비교적 적은 경우는 전동기와 병렬로 콘덴서를 부착하는 편이 경제성 및 유지관리면에서 유리하다. 또한, 전동기 대수가 많은 경우는 모선에 콘덴서군을 부착하여 부하의 증감에 따라서 역률 조정을 할 수 있도록 하는 편이 유리하다(〔그림 6.2.2〕 및〔그림 6.2.3〕 참조).

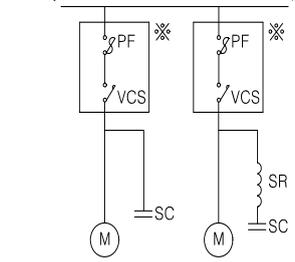
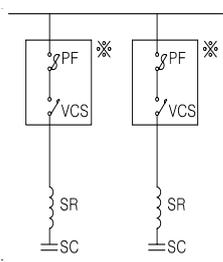
일반적으로 비교적 용량이 큰 전동기에 대해서는 직접 콘덴서를 병렬로 설치하고 변압기의 여자분보상 및 기타 부하에 대한 보상은 고압측 또는 저압측모선에 설치된 콘덴서군이 담당하도록 한다. 콘덴서군의 위치는 고압기기의 유무, 고압전기실의 수, 유지관리성, 경제성 등을 고려하여 결정한다.

소규모시설의 수변전설비 콘덴서군은 저압측에 설치하는 것을 표준으로 한다. 또한, 설비용량이 크고 현장변전소가 있는 경우 등에는 저압측에 설치하면 분산설치로 되어 설비비용이 증대하기 때문에 이러한 경우는 고압측에 설치하는 것이 바람직하다.



C B : 차단기, S R : 직렬리액터, S C : 진상콘덴서, P F : 전력 퓨즈, V C S : 진공개폐기 (주) ※ 표시는 저압의 경우는 MCCB+MC로 한다.

[그림 6.2.2] 모선일괄 병렬 결선도



[그림 6.2.3] 전동기 병렬 결선도

(2)에 대하여

모선에 콘덴서군을 부착하는 경우는 콘덴서를 전로에서 분리시킬 때에 잔류전하가 쉽게 방전되지 않기 때문에 이 잔류전하를 신속하게 방전시키기 위해서 방전장치를 설치하여야 하며, 고압은 개폐 후 5초 이내에 50V 이하, 저압은 개폐 3분 후 75V 이하로 방전시키도록 하여 보수점검시의 안전성을 확보할 수 있어야 한다.

단, 콘덴서가 전동기에 병렬로 접속되어 있는 경우에는 전동기 권선을 통해서 잔류전하가 방전하기 때문에 특별히 방전장치를 설치할 필요가 없다.

고압 콘덴서에 있어서는 직렬리액터 설치를 표준으로 한다.

배전선로에 인버터 등의 반도체응용장치가 접속되어 있으면 선로전압은 고조파를 포함하게 되며 이에 콘덴서를 접속하면, 점점 고조파가 확대되어 전압파형의 변형(비뚤어짐)이 커지게 된다. 또 콘덴서 회로를 개폐하면 과도전압전류가 발생하며 콘덴서에 나쁜 영향을 주기 때문에 이러한 현상을 방지하기 위해서 콘덴서용량의 약 6%에 상당하는 직렬리액터를 설치하며 설치지점의 제3고조파 전압왜곡이 매우 큰 경우에는 13%의 직렬리액터를 설치한다. 또, 리액터용량이 커지면 콘덴서의 단자전압이 상승하기 때문에 사용전압에 주의할 필요가 있다.

(3)에 대하여

역률의 개선 목표는 특별고압 및 고압수전의 경우 90% 이상으로 유지한다.

콘덴서용량은 소용량부하의 경우에는 전기공급약관에 콘덴서 설치용량의 기준이 제시되고 있으며 저압전동기의 경우 <표 6.2.16>와 같다. 또한 기타 부하에 대해서는 다음 용량산출식을 적용할 수 있다.

$$Q = \frac{P}{\eta} \left\{ \sqrt{\frac{1}{\cos^2\theta_1} - 1} - \sqrt{\frac{1}{\cos^2\theta_2} - 1} \right\} \dots\dots\dots (6.2.3)$$

- Q : 콘덴서용량(kVA)
- P : 전동기출력(kW)
- η : 전동기효율

$\cos\theta_1$: 개선전의 역률

$\cos\theta_2$: 개선후의 역률

〈표 6.2.16〉 저압진상콘덴서 부착용량 기준(200V, 380V 삼상유도전동기)

출 력	kW	0.2	0.4	0.75	1.5	2.2	3.7	5.5	7.5	11	15	22	30	37
	HP	1/4	1/2	1	2	3	5	7.5	10	15	20	30	40	50
설치용량 (μ F)	200V	15	20	30	50	75	100	175	200	300	400	500	800	900
	380V	-	-	-	10	15	20	50	75	100	100	150	200	250

한편, 유도전동기회로의 자기여자현상(self-excitation phenomenon)^{주)}에 의한 과전압을 방지하기 위해서 콘덴서용량은 유도전동기의 자기여자용량보다 작아야 한다. 일반적으로 부하단에 콘덴서를 설치하는 경우에는 연속운전되는 부하를 대상으로 하는 것이 좋다. 부하가 많고 설비비가 비싸거나 역률을 원하는 값으로 조정할 수 없는 경우에는 고압모선에서 종합역률을 조정한다.

주) 자기여자현상이란 전동기의 무부하 여자용량 이상의 콘덴서를 직결한 경우에 회로개방 후에도 콘덴서의 잔류전하에 의해서 전동기의 단자전압은 영으로 되지 않고 상승하거나, 또 상당한 시간 감소하지 않는 경우가 있다. 이것을 유도전동기의 자기여자현상이라고 한다.

(4)에 대하여

콘덴서용량이 크고 콘덴서용량을 고정된 경우 야간 등의 경부하시에 말단은 진상역률이 되어 수전단 전압이 상승하여 피해가 발생할 우려가 있다. 따라서, 시설규모가 비교적 크고 고압측에 군 콘덴서를 설치하고 있는 경우에는 경제효과, 에너지절감 등을 고려하여 자동역률제어방식을 채용하는 것이 바람직하다.

소규모시설에 있어서는 부하수, 군 콘덴서대수, 용량, 경제효과 등을 고려하여 자동·수동방식이 가능하도록 구성한다.

역률 자동제어방식에서는 무효전력을 검출하여 이에 따라 콘덴서 투입 또는 개방을 하는 제어가 일반적으로 많이 채용된다. 단, 개폐기의 on/off 빈도가 많아져 지나치지 않도록 투입·개방용량을 적절하게 설정하는 것이 필요하다.

(5)에 대하여

역률개선설비에는 전류계, 상태표시등, 고장표시등 및 전로를 안전하게 개폐할 수 있는 개폐기, 충전전류 및 고장전류를 안전하게 차단할 수 있는 차단기 등을 설치한다.

5) 조명설비

- (1) 조명은 사용목적에 적합하고 작업면에서 충분한 조도를 확보할 수 있어야 하며, 효율이 높은 광원을 사용해야 한다.
- (2) 운전관리상 필요한 장소에는 비상용조명등을 설치한다.
- (3) 조명기구의 배치는 유지관리를 용이하게 할 수 있도록 하여야 한다.

【해설】

(1)에 대하여

조명의 광원으로서 백열등, 형광등, 수은등 및 메탈할라이드 등이 있으며, 고효율등과 기구를 사용해야 한다. 기계실과 전기실의 조명은 기기의 조작, 점검, 수리 등의 보수작업에 지장이 없는 밝기 및 색조로 한다.

감시실은 계기를 감시하고 조작반을 조작할 때에 조작원에게 피로를 주지 않도록 천장, 벽, 마루의 색상에 조화되는 조명방법과 기구를 선정해야 한다.

기기를 점검하거나 수리할 때에 특히 높은 조도가 필요한 경우에는 전반조명뿐만 아니라 국부조명을 병용할 수 있다.

소요조도에 대해서는 한국산업규격(KS A 3011)의 조도기준에 의해 선정하는 것이 바람직하며, 고주파점등방식의 형광램프(Hf형광등), HID 램프 등 효율이 높은 광원을 사용한 조명기구를 가능한 한 채용한다. 특히, 고효율에너지 기자재 및 조명 절전기 등의 채용도 확대하여 에너지를 절감할 수 있도록 계획한다.

또한 설비감시를 위해 상시 점등하는 것과 유지보수 시에만 일시적으로 사용하는 것을 구분하여 설치하고 지하공동구실, 공동구등 점등상태를 외부에서 확인하기 어려운 장소에는 불필요한 점등을 방지하기 위해 타임스위치를 설치하는 방안을 고려하고, 타임스위치 설치시는 장시간 점등도 가능하도록 by-pass 스위치를 설치하는 것이 바람직하다.

점검통로 등 출입구가 2개 이상인 곳에서는 출입구마다 점멸이 가능하도록 스위치를 설치하고 점멸조작이 잦은 장소에는 점등시간이 긴 고압방전등 사용을 피하는 것이 좋다.

(2)에 대하여

비상조명은 「건축법」 등에 규정되어 있지만, 감시실 및 관리실에는 설비의 운전관리상 정전시 운전감시 및 응급조치에 지장 없도록 필요점등시간을 검토하고 비상조명용 전원용량을 산정하여야 한다.

지하층펌프실 등의 입구에는 회중전등 등을 비치하는 방안을 고려한다.

(3)에 대하여

조명기구는 교환이 용이한 위치에 설치하고 배전반이나 배관 등으로 가려지거나 반사에 의해 눈부심이 없도록 해야만 한다. 특히 높은 천정부분에 설치하는 경우에는 유지관리 방안을 충분히 고려하여야 한다.

반내조명기구는 보수시 감전의 위험성이 높으므로 충전부를 차폐하는 것이 바람직하며 콘센트는 다목적용 사용되기 때문에 적정용량과 설치위치를 고려하여야 한다. 지하실의 콘센트 부착위치는 침수 등의 우려가 없도록 한다.

6.2.3 예비전원설비

1) 자가발전설비

자가발전설비는 다음과 같이 계획한다.

- (1) 처리장 또는 펌프장의 수전방식이 1회선 수전일 경우에는 비상용 또는 상용 자가발전설비를 설치한다.
단, 정전시간 내에 주변환경 및 하수도시설의 기능에 중대한 손상을 줄 가능성이 적은 경우는 자가발전설비를 생략할 수가 있다.
- (2) 초기 유입하수량이 적은 경우는 장래시점에서 설치를 검토한다.
- (3) 발전기 구동용 내연기관은 디젤기관 또는 가스 터빈기관으로 한다.
- (4) 자가발전설비 운전시간은 지역적 특성, 정전예측시간 등을 고려하여 결정한다.
- (5) 자가발전설비 계획은 관련규정을 준수하여 결정한다.
- (6) 무인 관리되는 설비의 발전기는 원격감시제어가 가능한 시스템구축을 원칙으로 한다.

【해설】

예비전원설비는 건축법에 의한 예비전원, 소방법에 의한 비상전원으로 그 기능을 충분히 발휘할 수 있어야 한다. 또한 한국산업규격(KS), 한국전기공업협동조합규격(KEMC), 또는 이와 동등한 수준 이상의 규격 및 기준 등에 적합하여야 한다.

(1)에 대하여

펌프장 및 처리장 운전은 주로 전력회사로 부터 공급되는 전력으로 운영하고 있지만 정전사고나 작업정전에 의해 정지될 수 있다. 이런 이유로 정전시 펌프장이나 처리장 배수 등 최소한도의 수처리 기능유지를 함과 동시에 조명, 환기, 통신, 방재 등 최소한 보안전력을 확보하기 위해 비상용 발전설비를 설치한다.

단, 소규모시설에서 정전시간 내에 주변환경 및 하수도시설의 기능에 중대한 손상을 줄 가능성이 적은 경우는 자가발전설비를 생략할 수가 있다.

빗물 펌프장 등 연간 가동률이 낮은 시설에서는 기본전력요금의 절감을 위해 발전설비를 설치하여 자가발전전력으로 운전을 하는 경우가 있다. 이 경우, 전력회사와의 계약전력은 보안전력이 대부분을 차지하게 되어 시설운전시에는 발전설비에 의해 전력이 공급되기 때문에 상용 발전설비로 된다.

비상용 발전설비와 상용 발전설비는 전기사업법 등에 의해 규제내용이 다르기 때문에 유의할 필요가 있다.

(2)에 대하여

관내 저류 등에 의한 저류량이 대략 6시간 이상인 경우는 초기단계 시설계획에서는 자가발전기를 설치하지 않을 수 있다.

(3)에 대하여

① 가스터어빈기관

가스터어빈은 디젤기관에 비하면 연료소비율이 높고 흡배기설비가 대규모이고 본체의 값이 비싸다.

특징으로 가격·연료 면에서는 경쟁력이 뒤떨어지지만, 소형경량·부대설비경량·배기가스의 청정도, 신뢰성, 안정한 운전, 일상보수 면에서는 우수하다.

가스터어빈은 회전운동기관이면서 진동이 적고 설치에는 특별한 기초공사나 방진공사가 필요하지 않으며 운전소음은 고주파가 주체이므로 방음이 용이하다.

또, 냉각방식이 자기공냉식이고 냉각수가 불필요하기 때문에 냉각수의 동결이나 단수 등에 의한 사고발생이 없다. 최근에는 지진재해대책에서 신뢰성이 높은 발전설비로서 가스터어빈의 설치가 증가하는 추세이다.

일축식 가스터어빈은 구조가 간단하고 속도의 변동이 적으며 안정된 양질의 전력을 얻을 수 있으므로 비상용으로서 적합하다.

② 디젤기관

디젤기관은 연료소비율이 다른 내연기관에 비하여 낮고 내구성이 높다는 등의 이점이 있다. 디젤기관의 선택에는 다음 여러 사항에 주의해야 한다.

가. 디젤기관은 고속, 중속, 저속의 3종류로 나누어지고 그 구분은 명확하지 않지만 대강 500 rpm 이하를 저속, 500~1,000 rpm을 중속, 1,000 rpm 이상을 고속이라고 한다.

나. 저속기관은 중량 및 크기가 크고 비싸며 고속 또는 중속기관은 저속기관에 비하여 기동성이 좋고 크기가 작으며 가격이 저렴하므로 비상용으로서 고속 또는 중속기관을 쓰는 쪽이 좋다.

또 과급기장치가 부착된 디젤기관은 과급기가 없는 것에 비해서 출력을 대폭 크게 할 수 있다.

다. 공기기동방식은 5기통 이하는 기동용 공기분배밸브의 불기동위치가 있어서 자동화에는 알맞지 않다.

라. 디젤기관에는 4 사이클기관과 2 사이클기관이 있지만 일반적으로 4 사이클기관쪽이 진동, 내구성, 보수성, 배기음, 연료소비율에 있어서 우수하다. 가스터어빈과의 비교는 <표 6.2.17>과 같다.

(4)에 대하여

자가발전설비 운전시간은 하수도시설의 중요성, 지역조건, 한전에서 공급되는 전력의 신뢰성(배전방식, 정전시간 발생기록 등)에 의해 결정되는 자가발전설비의 운전계속 가능시간(사용시간)을 종합적으로 고려하여 결정한다.

(5)에 대하여

자가발전설비는 위험물에 관한 규제, 소음·진동규제법 등의 규제를 받기 때문에 각 관계법령 등을 기준으로 계획하여야 한다.

특히, 연료사용량이 지정수량 이상인 경우에는 일반 취급소로 규제를 받기 때문에 건물구조, 방재설비 설치에 대해 충분히 검토하고 사전에 소방서 등의 감독관청과 협의한다.

(6)에 대하여

무인 운전되는 중계펌프장 및 소규모처리장의 발전기는 상시전원 정전시 자동운전이 가능하여야 하며 또한 원격지에서도 감시제어가 가능한 시스템을 적용하여야 한다.

〈표 6.2.17〉 가스터어빈 발전설비와 디젤발전설비의 비교

항 목	가스터어빈 발전설비	디젤 발전설비
동작원리	열에너지를 직접회전운동으로 변환 (회전운동기관)	열에너지를 일단 왕복운동으로 변환하고, 그것을 회전 운동으로 변환(왕복운동기관)
기동성능	정전후 정상 전압확립까지의 시간이 약간 길 다(20~40초). 한랭시에 예열(warming up)운전이 불필요	정전된 후 정상 전압확립까지의 시간이 짧다(5~40 초). 한랭시의 예열운전이 필요(저온기동이 약간 곤 란)
부하투입	전압확립후 즉시 전원부하투입이 가능(1축식 인 경우)	전압확립후, 즉시 전부하투입이 불가(과급기부는 특하 문제)
무부하 운전	무부하운전이 가능	불완전 연소로 카본이 부착됨으로 바람직하지 못함
연료 소비율	디젤기관에 비해 높음(190~500 g/ PS·h)	150~230 g/PS·h
사용연료	등유, 경유, A중유, 천연가스 (프로판, B중유, C중유)	경유, A중유 (B중유, C중유, 등유)
냉각수	공랭식이기 때문에 냉각수는 불필요하고 단 수의 영향이 없음	수랭식이기 때문에 냉각수조, 배관설비 및 동결방지책 이 필요 (30~40 L/PS·h(방류식))
사용 공기량	연소용 및 냉각용공기가 다량에 필요하기 때 문, 흡배기설비가 대규모임. (디젤기관에 비하여 2.5~4배)	연소용 및 실온냉각용공기 소량 소요
진동	진동이 작으므로 방진장치가 필요없음	진동이 크고 방진장치가 필요함
소음	음원이 고조파이기 때문에 소음대책이 용 이	소음대책이 용이하지 못함(저주파, 대진동)
체적과 중량	소형 경량이기 때문에 설치공간이 작고, 기초 공사가 간단	대형이고 대중량이기 때문에 설치공간이 크고, 대규모 의 기초공사 필요
내진성	양호(덕터 및 배관 대책이 필요)	장치를 고립시킬 방진장치인 스톱퍼(stopper) 등 의 대책이 필요

2) 발전기 형식

발전기는 3상교류발전기를 표준으로 한다.

(1) 형식

3상교류발전기 형식은 동기발전기 형식을 표준으로 한다.

(2) 여자방식

발전기 여자방식은 브러시리스방식을 표준으로 한다.

(3) 전압

발전기의 정격전압 결정은 하수처리시설의 부하설비중 고압부하가 있는 경우 3,300 V, 6,600 V를 표준으로 하고 저압부하만 있는 경우는 380 V를 표준으로 한다.

【해설】

발전기는 3상의 동기교류발전기를 표준으로 하며 상세사항은 KEMC 1111, KS C 4002, KS C 0913에 따른다.

(1)에 대하여

3상교류 발전기는 동기발전기와 유도발전기가 있지만 비상용 발전설비는 동기발전기를 표준으로 한다. 상용발전설비내의 전력계통과 병렬로 운전되는 것은 유도발전기가 사용될 수 있다(단, 이 경우 상용전원 정전시 기동할 수 없다).

(2)에 대하여

회전자의 여자권선을 여자하는 방식에는 자여자방식과 타여자방식이 있는데 일반적으로 내연기관 발전기에는 자여자 브러시레스방식을 표준으로 한다.

(3)에 대하여

정격전압은 연결된 수변전계통의 발전전력 공급범위, 발전전력 공급용량, 수전-발전 전환방식 등을 종합적으로 검토하고 결정하여야 한다.

일반적으로는 저압수전을 하고 고압변압기 1대 시설인 경우에는 저압발전기를, 고압변압기가 복수대로 설치된 시설에는 고압발전기를 설치한다.

단, 부하설비가 대부분 220V일 경우에는 발전기 표준전압을 220V로 한다.

〈표 6.2.18〉 발전기 정격전압

정격출력(kVA)	200 이하	250~500	625 이상	비 고
220 V급				
380 V급				
6,600 V급				3,300 V급 포함

〈표 6.2.19〉 유도발전기와 동기발전기의 비교

항 목	유도 발전기	동기 발전기
구 조	농형회전자로 구조가 간단하고 견고	계자권선이나 여자기가 불기 때문에 복잡
여자장치	불필요	필 요
단독운전	불가능	가 능
계통과 병렬운전	강제병렬을 하기 때문에 과도전류가 크다. 제어는 간단	위상일치가 필요하고 제어가 복잡하지만 과도전류는 적다.
전압조정	불가능	가 능
역률조정	불가능. 부하역률에 의해 결정되는 진상역률도 운전	무효전력조정가능
보 수	간 단	구조가 복잡하고 점검 항목이 증가한다.
용 량	대용량은 제작곤란. 수천kW 이하가 적당	제작용량범위가 크다.

〈표 6.2.20〉 고압발전방식과 저압발전방식의 비교

항 목	고압 발전 방식	저압 발전 방식
특 징	<ul style="list-style-type: none"> 전력계통의 고압모선에 접속되기 위해서 배전-발전 절환부를 포함하는 전력계통이 단순 배전계통이 고압의 경우 또는 고압부하가 있는 경우에 적용 	<ul style="list-style-type: none"> 전력계통의 저압모선에 접속되기 위해서 발전기운전시에 고압모선이 무전압으로 되고 고압 측의 점검이 가능 소용량의 경우는 탑재형발전장치가 있다.
적 응 성	비교적 대전력 발전에 적합	비교적 소전력 발전에 적합

3) 발전기 대상부하

발전기용량은 배수 및 양수능력이 확보될 수 있고 처리기능을 최소한 유지할 수 있음과 동시에 펌프장, 처리장 유지관리나 보안상 필요한 부하를 확보할 수 있는 용량으로 한다.

【해설】

발전설비는 정전시에 필요한 전력공급을 확보할 목적으로 설치된다. 발전기용량은 수전지역의 전력회사 공급계통의 신뢰도를 조사하여 정전시 운전 필요로 하는 부하에 따라 결정하며 대상부하는 아래와 같이 선정한다.

(1) 부하선정 방침

정전시 시설의 최소기능을 유지 운전하도록 하며 발전기용량이 과대하지 않도록 한다.

(2) 배수, 양수기능 유지

배수 및 양수펌프 용량은 분류식에서는 계획시간을 최대오수량으로 하고 합류식에서는 계획시간을 최대오수량과 계획우수량으로 한다.

(3) 수처리 기능유지

수처리시설은 정전시 정상운전이 불가능함에 따라 발전기는 복전시 까지 수처리 기능을 최소한 확보할 수 있는 용량으로 한다.

수처리 기능의 최소한 확보는 처리규모, 처리방식 등의 차이에 의해 확일적으로 정하는 것은 어렵지만 표준활성슬러지법을 기준하면 <표 6.2.21>과 같다.

〈표 6.2.21〉 처리방식별 비상용발전 대상부하

설비 명칭	부 하 명 칭	비 고	설비 명칭	부 하 명 칭	비 고
침사지 설비	분배조게이트 침사지유입게이트 침사제거기 자동제진기	(합류)	처리수 재이용 설비	처리수펌프 사여과펌프 자동스트레너	#-2
	스크린제진콘베어 침사반출콘베어	(합류)		발전기 보조기기 환기설비	
펌프 설비	오수펌프, 우수펌프 보조기기		슬러지 처리설비	계측제어용공기압축기	
송풍기 설비	송풍기 보조기기	#-1	기 타 설 비	보안용조명설비 계측제어전원, 방재설비전원 조작용전원, 직류전원 소화전 펌프, 양수 펌프 배수펌프 전산실, 중앙감시실공조설비 기타 필요한 보안용 동력	
이차 침전지 설비	슬러지제거기 반송슬러지펌프 반송슬러지인발밸브				
소독 설비	차아염소산주입장치 보조기기				

#-1 : 송풍기 용량은 산기장치의 막힘 현상을 방지할 수 있도록 하며 일 최대오수량의 1배 정도로 한다.

#-2 : 처리수펌프, 사여과펌프 등의 펌프류에 실링수를 공급하는 경우에는 최소 필요량으로 한다.

(4) 슬러지처리기능 유지

슬러지처리시설은 정전시에 운전하지 않는다. 단, 소각로 등 지장이 있는 시설의 기능유지에 필요한 부하는 포함시킨다.

(5) 관리, 보안기능 유지

유지관리에 필요한 조명, 환기, 통신, 소방설비 등 정전시에도 필요로 하는 보안용 전력은 포함시킨다.

(6) 대체방법(수단) 또는 설비가 있는 경우는 발전기 대상부하에서 제외시킨다.

(7) 부하의 인터록

자가발전 운전시 부하의 인터록은 부하 운용을 제약하기 때문에 원칙적으로 하지 않는다. 그렇지만,

특히 소규모시설의 기기는 대부분 자동운전방식으로 되어 있기 때문에 자가발전운전 중 대상부하 이외의 기기가 자동운전을 하면 자가발전설비의 용량부족이 발생하는 경우도 있다. 따라서, 발전기용량에 적당한 부하 이상의 기기가 자동운전되지 않도록 인터록 회로구성을 고려하여야 한다.

인터록 부하가 대부분이고 복잡한 회로로 되는 경우에는 일반부하와 자가발전기부하를 미리 회로 분할하는 방법도 검토한다.

4) 발전기 및 내연기관 용량

- (1) 발전기용량 산출은 적정하게 한다.
- (2) 발전기 구동을 위한 내연기관 용량은 적정하게 산출한다.

【해설】

발전기용량 결정은 그 사용목적에서 따라 부하용량뿐만 아니라 그 부하군으로서 기동특성, 기동순서 등을 충분히 검토할 필요가 있다. 보통 발전기용량은 다음의 4가지 조건에 의해 계산한 값 중 최대의 것을 만족하는 용량으로 선정한다.

(1)에 대하여

발전설비 발전기용량은 다음 계산식에 의해 산출한 용량 중에서 가장 큰 용량을 기초로 표준발전기 출력을 선정한다. 단, PG₁과 비교해서 PG₂, PG₃, PG₄가 현저히 큰 경우는 기동방식, 고조파전류 저감화 등을 검토한다.

표준 발전기용량(kVA)은 아래와 같다.

20, 37.5, 50, 62.5, 75, 100, 150, 200, 250, 300, 375, 500, 625, 750, 875, 1000, 1250, 1500, 2000, 2500, 3125

① 전부하 정상운전에 필요한 용량 PG₁

$$PG_1 = \frac{\sum P_0}{\eta_L \times \phi_L} \times \alpha \times S_f \text{ [kVA]} \dots\dots\dots (6.2.4)$$

여기서 $\sum P_0$: 자가발전대상 부하출력의 총합 [kW] (예비기는 제외)

$\sum P_0$ 의 용량산출은 아래를 참고로 한다.

㉠ 정격이 출력 kW 표시의 기기(일반 유도전동기 등)

$$P_1 = \text{정격출력 [kW]}$$

㉡ 정격이 출력 kVA 표시의 기기(CVCF 등)

$$P_1 = \text{정격[kVA]} \times \text{부하역률(0.9)}$$

㉢ 정류장치

$$P_1 = \text{정격직류전압[V]} \times \text{직류측의 정격전류[A]}$$

㉔ 형광등·백열등

P_i = 정격소비전력 또는 램프전력 [kW]
 = 형광등 부하용량이 [kVA]로 계산되어 있는 경우는

$P_i = [\text{kVA}] \times 0.8$ 로 한다.

η_L : 부하의 종합효율 0.85

ϕ_L : 부하의 종합역률 0.8

α : 종합수용률 0.8

(펄스장등은 0.8~1.0으로 하여 부하의 가동현황에 따라 결정한다)

S_f : 불평형부하에 의한 선전류 증가계수는 다음 식에 의한다.

(저압발전기로 스코트결선 변압기를 사용하는 경우는 $S_f = 1$ 로 한다)

$$S_f = 1 + 0.6 \times \frac{\Delta P}{\sum P_0} \dots\dots\dots (6.2.5)$$

ΔP : 단상 부하불평형 분합계 출력[kW]

삼상 각 상에 단상부하 A, B, C 출력이 있고

$A \geq B \geq C$ 경우

$$\Delta P = A + B - 2C$$

이 식은 $\frac{\Delta P}{\sum P_0} \leq 0.3$ 의 경우에 적용할 수 있다.

단상조명부하 용량은 아래에 의한다.

보안용 조명설비용량은 정전 중에도 보안업무가 필요한 시설, 건물을 대상으로 전등설비용량의 30% 정도로 한다. 단, 자가발전기에 전용의 조명회로를 계획한 경우는 별도 고려한다.

㉕ 허용전압강하로부터 필요로 하는 용량 PG_2

$$PG_2 = P_m \times \beta \times C \times X_d' \times \frac{1 - \Delta E}{\Delta E} \text{ [kVA]} \dots\dots\dots (6.2.6)$$

여기서, P_m : 기동용량이 최대가 되는 효율 고려한 전동기 출력 [kW]

β : 최대용량 1kW당 기동 kVA

C : 기동방식 계수

X_d' : 발전기정수 0.25

ΔE : 허용전압강하율 0.25(특히 필요한 경우는 0.2)

〈표 6.2.22〉 기동방식에 의한 기동 kVA

구 분	시 동 방 식	$\beta \times C$
농 형	직 입 시 동	7.2×1.0
	Y-Δ기동(open 기동)	7.2×2/3
	리액터 기동	50%탭 : 7.2×0.5 65%탭 : 7.2×0.65 80%탭 : 7.2×0.8
농 형	콘돌퍼 기동 자동변압기 기동	50%탭 : 7.2×0.25 65%탭 : 7.2×0.42 80%탭 : 7.2×0.64
권선형		1.2

주 : 기동장치로 soft starter나 inverter를 사용할 경우 기동전압 또는 기동전류를 임의로 조정할 수 있으므로 부하의 특성에 따른 적정 기동계수를 선정하여 예비동력이 과대하게 선정되지 않도록 하여야 한다.

③ 최대용량 전동기를 최후에 기동하기 위해 필요로 하는 용량 PG_3

$$P_{G3} = \frac{f_{v1}}{K \times \phi_L} [(\sum P_o - P_m) \times \frac{\alpha}{\eta_L} + P_m \times \beta \times C \times \text{Cos} \phi] \text{ [kVA]} \dots\dots\dots (6.2.7)$$

- 여기서, f_{v1} : 부하투입감소계수
 X_G : 발전기 순시과부하내량 1.5
 η_L : 기본 부하의 종합효율 0.85
 ϕ_L : 기본 발전기의 역율 0.75~0.8
 β : 최대용량의 1 kW당 기동 kVA
 C : 기동방식에 의한 계수
 $\text{Cos} \theta$: 기동시 전동기 역률
 $\sum P_o$: 자가발전대상 부하 출력의 총합(kW)
 P_m : 기동용량이 최대가 되는 전동기출력(kW)
 α : 종합 수용률 0.8
 (펄프장등은 0.8~1.0으로 하여 부하 가동현황에 따라 결정한다)

④ 허용역상전류로부터 필요로 하는 용량 PG_4

$$P_{G4} = \frac{1}{KG_4} \sqrt{\sum \left(\frac{R \cdot h_i}{\eta_i \cdot \text{cos} \theta_i} \right)^2 + \left(\frac{\Delta P}{\eta_\phi \cdot \text{cos} \phi} \right)^2} \times (1 - 3U + 3U^2) \text{ [kVA]} \dots\dots\dots (6.2.8)$$

- 여기서, KG_4 : 발전기 허용역상전류계수 0.15
 R : 자가발전대상의 고조파발생부하출력의 총합(kW)
 h_i : 고조파발생률
 η_i : 고조파발생부하의 효율

$\text{COS}\theta_1$: 고조파발생부하의 역률
 Δp : 단상부하불평형합계출력값(kW)

삼상 각 상에 단상부하 A, B 및 C 출력값(kW)이 있고, $A \geq B \geq C$ 경우

$$\Delta p = A + B - 2C$$

여기서, η_0 : 단상부하 효율
 $\text{COS}\phi$: 단상부하 역률
 U : 단상부하불균형계수 $U = \frac{A - C}{\Delta P}$

허용역상전류로 필요로 하는 용량 P_{G4} 는 상기 식(6.4.5)에 의하여 계산한다(단, 고조파 억제장치를 고려한 경우는 제외).

실용식은 아래와 같다.

$$P_{G4} = \frac{1}{KG_4} \sqrt{(0.432R)^2 + (1.23 \Delta P)^2 \times (1 - 3U + 3U^2)} \text{ [kVA]} \dots\dots\dots (6.2.9)$$

(2)에 대하여

내연기관은 아래의 식에 따라 산정한 용량(P_{E1})과 최대용량의 전동기를 최후에 기동하기 위하여 필요로 하는 용량(P_{E2})을 비교해서 큰 값 이상으로 용량을 정한다.

내연기관출력 P_{E1}

$$P_{E1} = \frac{P_G \times \phi_G}{\eta_G} \times 1.36 \text{ [PS]} \dots\dots\dots (6.2.10)$$

여기서, P_G : 발전기출력[kVA(발전기출력 계산에서 확정된 값)]
 ϕ_G : 발전기역률 0.8
 η_G : 발전기효율

P_{E2} 가 P_{E1} 보다 현저히 클 경우에는 해당 전동기의 기동방식을 재검토한다.
 또한 엔진 기종에 따라 순간부하투입시 해당 특성이 다른 경우도 있으므로 이를 고려하여야 하며, 원동기 설치고도에 따라 출력저하가 발생하므로 이에 대해 보정을 하여야 한다.

6.2.4 제어용 전원설비

차단기 등의 제어전원 및 계측·감시제어설비용 전원의 종류에는 상용전원, 직류전원, 교류무정전전원이 있다. 일반적으로 각종 제어전원으로는 상용전원이 사용된다. 하지만 정전시 상시 감시 및 조작이 필요한 경우에는 전원전압의 영향을 받지 않는 전원설비를 설치하여야 한다.

부하설비의 중요도 및 특성을 종합적으로 검토하여 상용전원 이외에 안정적으로 전원을 공급할 수 있는 직류전원장치 및 교류무정전전원장치를 설치한다.

1) 직류전원장치

직류전원장치는 다음의 각 항을 고려하여 결정한다.

- (1) 고압 또는 특별고압 수변전설비의 제어용 전원과 비상용 조명의 전원으로 직류전원장치를 설치하며, 축전지는 가능한 연속전지를 사용한다.
- (2) 직류전원장치의 충전장치는 부동충전방식을 사용한다.
- (3) 직류전원장치에는 필요에 따라 부하전압보상장치, 과방전방지보호장치를 추가로 설치한다.
- (4) 직류전원장치에는 동작 및 감시에 필요한 장치를 설치한다.

【해설】

직류전원장치는 축전지, 충전장치, 분전함 등으로 구성되므로 아래의 사항을 검토하여 반영한다.

(1)에 대하여

차단기 등의 제어, 보호계전기·표시등 전원, 비상조명용 전원 등으로 직류전원장치를 설치한다. 하지만 저압수전이나 기타 특수한 경우에는 이를 제한적으로 설치하지 않을 수 있다.

직류전원장치에 사용되는 축전지는 그 용도에 따라 여러 가지가 있으며 설치방식으로는 거치용 축전지를 사용한다. 거치용 축전지에는 연속전지와 알칼리전지가 있다. 일반적으로 가격은 연속전지가 알칼리전지에 비해 저렴하나 수명은 알칼리전지가 연속전지보다 더 길므로 그 용도, 설치장소, 설치대수, 사용년수, 유지관리성, 경제성, 신뢰성 등을 종합적으로 검토하여 선정한다. 각 축전지 형식별로 단시간 방전특성이 우수한 기종이 있는 반면 장시간 방전특성이 우수한 기종이 있음에 따라 부하의 특성에 적합하도록 형식을 선정한다.

수처리시설의 특성, 유지관리성, 경제성 및 최근사용실적을 감안하여 가능한 무보수 밀폐형 연속전지를 표준으로 사용한다.

(2)에 대하여

부동충전이라 함은 축전지를 충전용 기기와 병렬로 접속하여 축전지의 자기방전을 보충하는 정도의 소전류로 충전하여 항상 충전상태를 유지하고 평상시의 작은 부하는 충전용 기기로부터 공급하고 일시적인 큰 부하는 축전지로부터 공급하는 것이다. 이 장치의 충전은 축전지 단자전압이 떨어질 때 자동으로 충전을 행한다. 부동충전 방식은 축전지, 충전기 모두 용량이 적어져서 경제적이다.

충전장치에서는 고조파를 발생하는 경우가 있으므로 적절한 고조파 방지대책을 수립하여야 한다.

(3)에 대하여

충전기에는 필요시 부하단자전압이 일정범위 내에 들어가도록 부하보상장치를 설치하고, 정전시 비상등이 점등되어 장시간이 경과한 경우 축전지 전압이 저하하여 그 밖의 제어대상 기기가 정상적으로 동작되지 않을 경우에 대비하여 비상등 회로에 과방전 보호장치를 설치하는 것을 고려해야 한다.

〈표 6.2.23〉 연속전지와 알칼리축전지의 비교

비교 항목	연속전지	알칼리축전지
1. 구조 (1) 극판 (2) 극판형식 (3) 전해액 (4) 밀폐방법	양극 : 이산화납 음극 : 납 페이스트식(납-칼슘) 황산 음극흡수방식	수산화니켈 카드뮴 소결식 수산화칼륨 축매전방식
2. 특성 (1) 화학변화 (2) 공칭전압 (3) 방전특성 (4) 자기방전 (5) 기대수명	$PbO_2 + 2H_2SO_4 + Pb$ 방전 ↑ ↓ 충전 $PbSO_4 + 2H_2O + PbSO_4$ 2.0V/cell 고율방전특성이 우수 보 통 7년~9년	$2NiOOH + Cd + 2H_2O$ 방전 ↑ ↓ 충전 $2Ni(OH)_2 + Cd(OH)_2$ 1.2V/cell 고율방전특성이 우수 약간 적은편 12년~15년
3. 특 징 보수성	균등충전, 보수, 비중측정 불필요하고 유지관리가 편리하며 자기방전이 적다. 수납성이 좋다. 온도조건이 수명에 영향을 준다.	고율방전특성이 우수하다. 저온특성이 우수하다. 장수명 축매전의 교환필요 균등충전, 보수필요

(4)에 대하여

직류전원장치에는 전압계, 전류계, 상태표시등, 고장표시등, 간선 및 기타 회로에 개폐용의 배선용차단기 등의 필요장치를 설치한다.

2) 무정전전원장치

교류무정전전원장치는 아래의 각 항을 고려하여 정한다.

(1) 교류무정전전원장치는 상용전원의 순간적인 정전에도 부하에 무정전으로 교류전력을 공급하는 장치로 인버터상시운전방식을 표준으로 한다.

(2) 인버터용량은 원칙적으로 정상부하의 용량에 따라 결정한다.

【해설】

교류무정전전원장치(UPS)는 정류기와 축전지로 구성되는 직류전원장치부와 인버터 및 절환회로로 구성된다. 이 장치는 만일 교류입력전력이 정전되면 축전지의 직류전원이 교류변환장치로 공급되고 직류를 교류로 변환하여 부하에 무정전으로 전력을 공급하게 되며, 인버터부의 점검 및 보수시에는 바이패스회로로 절체하여 부하에 교류전원을 연속적으로 공급한다.

여기서 UPS를 CVCF라고도 부르며 아래와 같은 축약어이다.

UPS = Uninterruptible Power System

CVCF = Constant Voltage Constant Frequency

일반적으로 UPS의 부하는 아래와 같다.

- ① 감시제어설비, 프로세스 콘트롤러 및 정보처리장치
- ② 계측기기
- ③ 각종 제어회로
- ④ 보안설비
- ⑤ 긴급차단용 솔레노이드 밸브

무정전전원장치의 상세사양은 한국전기공업협동조합규격 KEMC 1114(교류 무정전 전원장치) 등의 규정에 따르며 중요사양은 아래와 같다.

〈표 6.2.24〉 무정전 전원 장치 중요 사양

방 식	운전방식 절체방식	상시 인버터운전, 직송전원대기 무정전절체방식
교류출력	전압조정범위 전압정밀도 주파수정밀도 파형왜율	± 3% ± 1.5% 이내 ± 0.5% 이내(내부발신시) 5.0% 이하(선형부하)

최근 소규모처리장·펌프장에서 시스템상 지장이 없는 경우 범용미니 UPS를 사용하는 경우가 많아지고 있다. 이는 일반 산업용 UPS에 비해 신뢰성은 떨어지나 경제적인 측면에서는 유리하므로 보수성, 기대 수명이 짧음에 따른 교환 시기 등을 종합적으로 고려하여 채용한다.

(1)에 대하여

인버터 상시운전방식은 아래와 같이 운전된다.

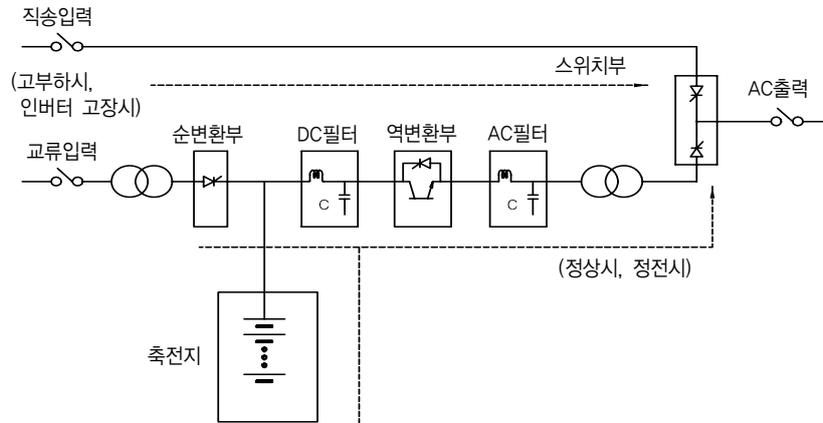
정상시 : 상용교류전원이 정류기를 통해 축전지에 필요한 만큼 부동충전되고 인버터를 통해 정류기 후단의 직류 및 축전지의 직류를 교류로 변환하여 부하에 교류전력을 공급

정전시 : 축전지의 직류전원을 인버터에서 교류로 변환하여 부하에 무정전으로 교류전원을 공급

(2)에 대하여

인버터의 용량은 아래와 같이 3가지 방식으로 계산할 수 있으나 원칙적으로는 정상부하로 결정한다.

- ① 정상부하로 결정되는 용량
- ② 허용전압변동으로 결정되는 용량
- ③ 과전류가 되지 않기 위하여 필요로 하는 용량



[그림 6.2.4) 인버터 상시운전방식 회로 예

정상부하로 결정되는 용량에 비해 허용전압으로 결정되는 용량 또는 과전류가 되지 않기 위하여 필요로 하는 용량이 더 큰 경우가 발생할 수 있는데 이 경우는 아래의 사항을 면밀히 검토 후 용량을 결정하여야 한다.

- ① 전자기기 또는 변압기의 경우 정상용량의 10배 정도로 기동용량이 필요하므로 시동시간을 타이머로 조정하는 등 한시기동방식을 채용한다.
- ② 부하에 의해 기동시 대전류가 흐르는 경우는 최초에는 상용측에 부하를 부담하고 그 후 동기를 잡아 인버터측으로 바꾸거나, 기동전류를 억제하는 한류 장치를 설치하는 것이 경제적이고 바람직하다.

각 방식별 계산식은 아래와 같다.

- ① 정상부하로 결정되는 용량 P_{C1}

$$P_{C1} = \Sigma P \cdot \alpha \cdot \gamma \cdot \beta \text{ (kVA)} \dots\dots\dots (6.2.11)$$

여기서, ΣP : 대상 기기의 입력용량합계(kVA)
 α : 여유율 1.1
 γ : 보정계수 1.414(파고치가 큰 특수부하의 경우)
 β : 이용률 0.7~0.9

- ② 허용전압변동으로부터 결정되는 용량 P_{C2}

$$P_{C2} = P_s \cdot X_d \cdot \frac{1}{\Delta V_n} \times 100 \text{ [kVA]} \dots\dots\dots (6.2.12)$$

여기서, P_s : 부하내 최대기동용량 또는 부하급변량(kVA)
 X_d : 내부임피던스 0.1
 ΔV_n : 허용전압변동률 10

③ 과전류가 되지 않기 위하여 필요로 하는 용량 P_C

$$P_{C_3} = \frac{P_B + P_S}{\delta} \text{ [kVA]} \dots\dots\dots (6.2.13)$$

여기서, P_B : 버스용량 (kVA)
 P_S : 부하내 최대기동용량 또는 부하급변량(kVA)
 δ : 과전류정수 1.2

3) 축전지 및 충전기의 용량 산출

- (1) 축전지의 용량산출은 정전시 부하에 의한 방전시간을 고려하여 적정하게 구한다.
- (2) 충전기의 용량은 축전지에 충전되는 전류와 상시부하전류의 합의 값에 따라 구한다.

【해설】

(1)에 대하여

축전지의 용량을 구하기 위해서는 축전지에서 공급하는 부하의 종류별 용량, 최대정전시간 예측, 축전지의 사용방법, 온도 및 경년변화에 따른 용량의 변동, 축전지 배선케이블의 전압강하, 자가발전설비의 유무, 유지관리체계 등을 종합적으로 검토한다.

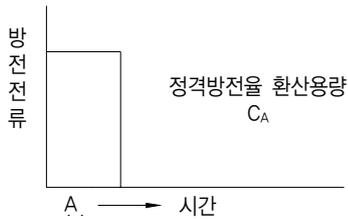
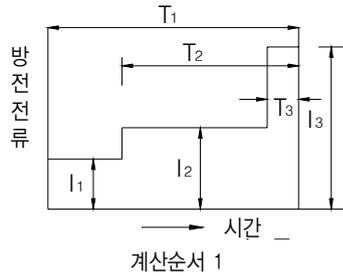
일반적인 축전지용량 계산식은 아래와 같다.

$$C = \frac{1}{L} \times [K_1 I_1 + K_2 (I_2 - I_1) + \dots + K_n (I_n - I_{n-1})] \dots\dots\dots (6.2.14)$$

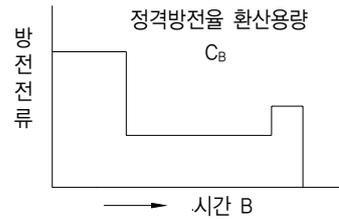
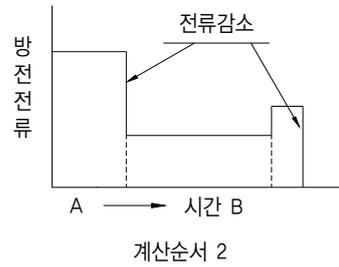
여기서, C : 25℃에 있어서의 정격방전을 환산용량(AH)
 L : 보수율 0.8
 K : 방전시간, 전지의 최저온도 및 허용최저전압에 의해 결정되는 용량 환산시간(시)
 I : 방전전류(A)

첨자 1, 2, 3, ..., n : 방전전류 변화 순서에 번호를 붙인 T, K, I로 아래 그림의 부하특성 예에 의한다.

이 일반식을 적용하는 경우, 상기의 우측 그림과 같이 시간경과와 함께 방전전류가 감소하는 부하 특성은 전류가 감소하는 직전까지의 부하특성에 의해 구분하고 필요한 축전지용량을 구한다. 이렇게 구한 축전지용량 중 최대치가 전체 부하에 필요한 정격방전을 환산용량이다. 예를 들면, [그림 6.2.6]에서와 같은 부하특성의 경우는 A점 및 B점에서 전류가 감소하고 있다. 따라서, A점 및 B점까지 필요한 정격방전을 환산용량 C_A, C_B 중 큰 값의 용량이 전체 부하에 필요한 정격방전을 환산용량이 된다.



[그림 6.2.5]



[그림 6.2.6]

(2)에 대하여

상시부하전류로는 직류전원부하, 무정전 전원장치 등을 말한다.

무정전 전원장치 전용의 상시인버터 운전방식인 경우 충전기 출력전류는 다음 식에 의한다.

$$\text{충전기의 출력전류} = \frac{P \times \phi}{E_D \times \eta} + \alpha \times C [A] \dots\dots\dots (6.2.15)$$

- 여기서, P : 인버터 출력용량 (VA)
- φ : 부하역률 0.9
- ED : 인버터입력전압 (V)
- η : 인버터효율 0.8
- C : 축전지공칭용량 (AH)
- α : 연축전지의 경우 0.1
알칼리 축전지의 경우 0.2

충전기 충전전류는 표준용량 바로 위의 값으로 한다.

6.2.5 보호 및 안전설비

1) 계통보호 및 보안장치

전력설비에는 다음 각 항을 고려하여 적용된 계통을 보호할 수 있는 장치를 설치한다.

(1) 전력회사와의 보안상 책임분기점(terminal Point)에는 구분개폐기를 설치한다.

(2) 특별고압수전 또는 고압 수전 시에는 소내 계통의 과전류 및 지락전류를 검출하여 전로를 자동으로 차단할 수 있는 장치를 설치한다.

- (3) 특별고압변압기에는 온도상승 및 내부고장을 검출하여 경보를 발하거나 전로를 차단할 수 있도록 한다.
- (4) 부하설비에는 단락전류, 과부하전류 및 지락전류검출에 따라 전로를 자동차단하는 장치를 설치한다.
- (5) 콘덴서에는 용량에 따라 과전류, 과전압 및 내부고장을 검출하고 전로를 자동으로 차단할 수 있는 장치를 설치한다.
- (6) 자가발전설비에는 전로 등의 이상검출시 전로를 자동차단하고, 기관을 자동으로 정지시키는 장치를 설치한다.
- (7) 직류전원공급장치 및 교류무정전전원공급장치에는 축전지 이상 및 전로의 이상을 검출하는 장치를 설치한다.

【해설】

적용된 소내계통의 보호 및 보안장치는 각 기술기준에 정한 바에 따라 설치하되 아래의 사항을 검토하여 선정한다.

(1)에 대하여

전력회사와의 보안상 책임분기점에는 구분개폐기를 설치하며, 보안상의 책임분기점은 인입선로의 특성을 고려하여 전력회사와 협의하여 결정한다.

여기서 보안상 책임분기점이란 일반적으로 재산분기점을 의미한다.

구분개폐기는 소내계통의 전력설비를 보수 및 점검할 때 전력공급계통에서 전로를 구분하기 위한 장치로 고장전류의 개폐는 할 수 없지만 부하전류는 개폐가 가능하여야 한다.

고압교류부하개폐기에는 기중개폐기, 진공개폐기, 가스개폐기 등이 있으며, 계통의 특성에 따라 방향성 보호특성을 구비토록 하기도 한다.

(2)에 대하여

특별고압수전설비의 과전류보호에는 전력회사 송전단의 해당 변압기 이하의 계통과 보호협조가 되어야 한다.

과전류보호에는 순시요소 및 한시요소 등을 조합하여 적정하게 보호협조가 되어야 한다.

지락보호에는 지락과 전류보호계전기를 사용하며, 지락검출은 직접접지계통, 중성점 접지계통 및 비접지계통 등 계통특성을 고려하여 적정한 방법을 선정한다.

수전설비의 보호계전기를 정정(setting)할 때에는 전력회사의 전력공급 변전소 보호계전기와 보호협조가 되도록 하여 소내 계통사고가 외부로 파급되지 않도록 한다. 또한 소내의 전력계통에도 보호협조를 실시하여 사고발생시 피해범위가 최소화 되도록 하여 전력공급의 신뢰도를 높여야 한다.

보호협조시에는 각 보호장치별 동작특성그래프를 검토하여 보호협조가 되지 않는 구간이 없도록 하여야 한다. 과전류계전기 또는 지락과전류계전기와 조합되는 변류기(CT)는 해당계통의 최대 사고전류에도 포화되지 않는 특성을 지닌 것으로 선정한다.

(3)에 대하여

변압기 내부의 이상온도 검출에는 온도계전기가 사용되며, 변압기 내부 또는 외부 사고시 권선의 과열로 온도가 이상적으로 상승하게 됨에 따라 회로를 차단하되 필요시 일차적으로 경보를 발하게 할 수도 있다.

대용량 변압기에는 비열차동계전기의 적용도 고려하여 기기보호의 기능을 제고할 수 있다.

(4)에 대하여

각 부하에 전력을 공급하는 소내 배전선로에도 과전류보호계전기 및 지락보호계전장치를 설치하여 전로사고시 경보를 발하거나 선택적으로 회로를 차단토록 한다.

또한 지락보호를 위해 전기설비기술기준 및 산업안전보건법에 따라 누전차단기 또는 지락경보장치를 설치한다.

동력설비에 있어 고압전동기의 경우에는 과전류계전기를 설치하고 필요에 따라 방향성지락과전류계전기를 설치하여 전로의 과전류 및 지락을 검출하여 경보를 발하거나 선택적으로 회로를 차단하도록 한다. 소용량 전동기의 경우에는 과전류계전기로 열동형계전기를 사용할 수 있으나 가능한 전자식계전기(3E 또는 4E relay)를 설치하여 전동기 및 부하의 특성에 따라 계전기의 동작값을 조정할 수 있도록 한다.

단락전류는 배선용차단기가 차단하도록 적정 정격을 선정한다.

(5)에 대하여

대용량의 콘덴서회로에는 각 용량에 적합한 과전류계전기, 전압계전기 및 내부고장검출장치를 설치하고 해당사고를 검출하여 경보를 발하거나 회로를 차단한다. 또한 과전압이 우려되는 지점에 설치할 때는 콘덴서의 내전압을 한 단계 상승시키는 것을 검토한다. 단 소용량의 콘덴서에는 이와 같은 장치를 생략할 수 있다.

(6)에 대하여

발전설비의 보호장치는 전기설비기술기준 및 한국전력공사의 관련 기술기준이 정하는 바에 따라 설치하고 운전중 감시가 필요한 사항의 설비도 설치한다.

일반적으로 적용하는 발전기의 보호항목은 <표 6.2.25>과 같다.

(7)에 대하여

직·교류 변환회로 및 그 외 회로의 전압 이상, 지락 및 과전류발생 등 이상상태가 발생하면 경보 또는 회로를 차단하고 축전지의 이상상태도 감지할 수 있도록 한다.

〈표 6.2.25〉 표준적 보호일람표

고장별	보호항목	보호방식		경보		표시	적용성
		기관정지	차단기개방	벨	부저		
중 고 장	과속도	○	○	○		○적색	
	냉각수단수 또는 온도상승	○	○	○		○적색	디젤기관
	윤활유압력저하	○	○	○		○적색	
	윤활유온도상승	○	○	○		○적색	가스터빈
	기동지연	○		○		○적색	
	가스온도상승	○	○	○		○적색	가스터빈
	발전기축수과열	○	○	○		○적색	상용발전
	발전기고정자권선과열	○	○	○		○적색	상용발전
	발전기과전류	○상용	○	○		○적색	
	과전압	○	○	○		○적색	
	역전력		○	○		○적색	병렬운전
	지락	○	○	○		○적색	고압
	※발전기부족전압		○	○		○적색	고압
	비상정지	○	○	○		○적색	
경 고 장	※윤활유온도상승				○	○등색	디젤기관
	연료탱크유면저하				○	○등색	
	연료보조탱크유면저하				○	○등색	
	직류전원장치이상				○	○등색	전기기동
	기동공기조압력저하				○	○등색	공기기동
	감압수조수면저하				○	○등색	디젤기관
	공기압축기고장				○	○등색	공기기동
	연료이송펌프고장				○	○등색	
	냉각수펌프고장				○	○등색	디젤기관
윤활유프라이밍펌프고장				○	○등색		

주) 1. ※ 표시는 설계조건, 기타 특별히 설치하는 경우
 2. 공기탱크 배관, 안전밸브의 고장으로 콤프레샤가 정지하지 않은 경우 방지책으로서 「공기탱크 충전시간 이상」을 표시하는 경우도 있다.

2) 접지 시스템

전기설비의 접지는 그 목적 및 계통보호 기준에 따라 적합한 종별과 계통을 선정하여 시공한다.

- (1) 직접접지계통인 경우는 접지 시스템화를 고려한 등전위 본딩 및 구조체 접지극을 위주리한 통합 접지시스템을 원칙으로 하고, 비접지계통의 경우는 전기설비기술기준에 정한 바에 따라 해당 종별 저항값 이하로 하는 개별 접지방식을 원칙으로 하되 공용접지 방식을 검토할 수 있다.
- (2) 접지공사에서 현장특성을 고려하여 적절한 시공방법을 선정한다.
- (3) 각 접지선은 고장전류에 대응하는 충분한 용량으로 선정한다.
- (4) 지락전류 경로를 확보하여야 한다.

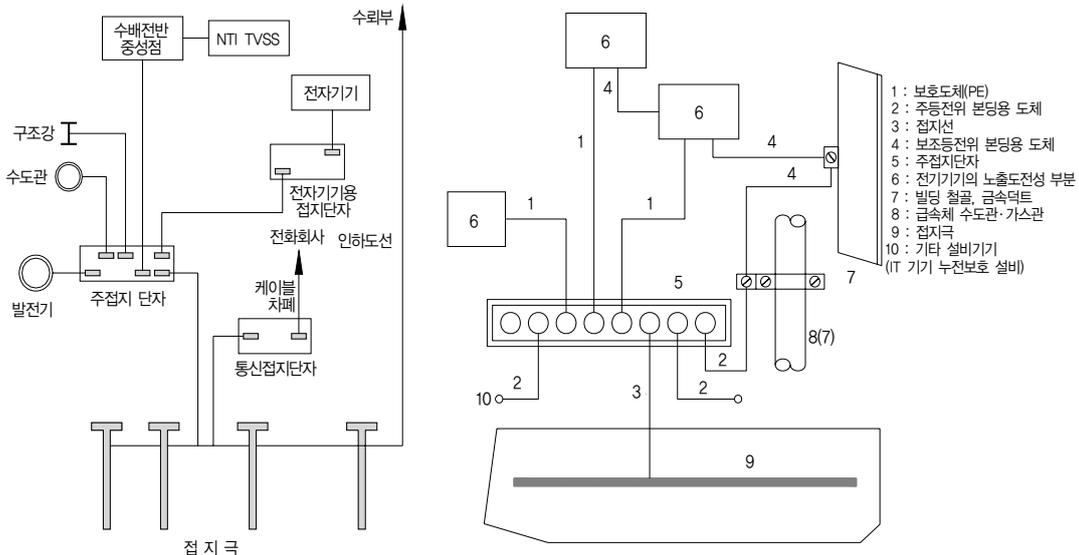
【해설】

(1)에 대하여

접지의 목적은 외부로부터의 서지유입 또는 처리장 내부사고 발생 시 대지전위의 상승을 제한하여 인명과 설비를 보호하고 설비의 기능을 보장하기 위함이다. 접지시스템은 대지와 지상공간을 대상으로 하며 계통의 특성에 따라 구성한다.

① 직접계통에서의 접지

TN-C, TN-S 또는 TN-C-S등의 직접계통에서는 보안을 목적으로 인명이나 설비에 영향이 없도록 접촉전압과 보폭전압을 고려하여 구성한다. 내부와 외부 써지로 부터 인명과 설비를 보호하기 위한 등전위 본딩을 적극 고려해야 한다. 접지극은 개별저항극 보다 기초 콘크리트 철근이나 건물의 구조체를 권장 한다. 피뢰 시스템이 있을 때는 피뢰 시스템과 접속 또는 분리를 검토하여 공용접지 할 것인지를 계획 한다. 등전위본딩(IEC구성)과 통합접지시스템(NEC)은 아래 그림을 참고 한다.



[그림 6.2.7] NEC 규정의 공통접지와 IEC등전위 본딩구성 방식

② 비접지 계통에서의 접지

비접지 계통의 접지종류는 전기설비기술기준에 정한 바에 따라 아래의 <표 6.2.26>와 같이 제1종, 제2종, 제3종 및 특별 제3종으로 구분되며, 목적에 따라 계통접지, 기기접지, 뇌접지, 정전접지, 전자(기기)접지로 구분하고 각 접지대상기기의 해당 접지종은 아래의 <표 6.2.27>과 같다.

<표 6.2.26> 접지종별과 접지대상기기

접지종별	접지계통	접 지 대 상 기 기
제1종	피뢰계통(단독접지)	<ul style="list-style-type: none"> • 피뢰기 • 피뢰침
	특고, 고압	<ul style="list-style-type: none"> • 특별고압. 고압기기의 외함·특별고압기기용 변성기의 2차전로 • 특별고압. 고압전로의 방호장치
제2종	고저압 혼촉방지	<ul style="list-style-type: none"> • 특고, 고압전로와 저압전로를 결합하는 변압기의 저압측의 중성점 • 변압기, 권선간의 혼촉방지판
제3종	400V미만의 저압용	<ul style="list-style-type: none"> • 저압 400V미만의 기기의 외함(현장제어반, 콘트롤 센터, 분전반, 중계 단자반, 보조 릴레이반 등) • 고압계기용 변성기의 2차전로 • 저압 400V미만의 배선덕트, 배관등
특별제3종	400V이상의 저압용	<ul style="list-style-type: none"> • 저압 400V이상의 저압용 기기의 외함(동상기기) • 계장 피뢰기 • 저압 400V초과하는 배선덕트, 배관 등
	인버터계통 (단독접지)	<ul style="list-style-type: none"> • 사이리스터 셀비어스, 자동제어장치 • CVCF, VVVF
	신호계통	<ul style="list-style-type: none"> • 시퀀스 콘트롤러 • TM/TC • 계장로직, 프레임 • 신호 케이블의 실드 • 마이크로 컴퓨터
	계산기(단독접지)	<ul style="list-style-type: none"> • 전자계산기 • 계산기주변기기

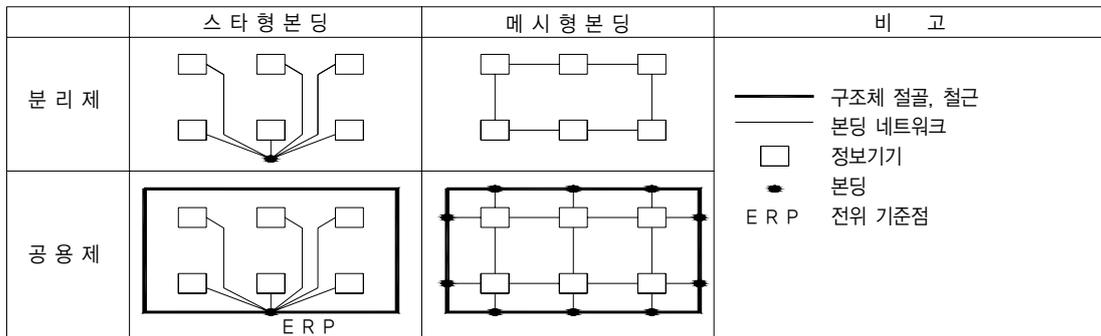
<표 6.2.27> 접지의 종류와 목적

종 류	목 적	접지공사
계통접지	고압과 저압의 혼촉에 따라 발생하는 2차전로의 피해를 방지한다.	제2종
기기접지	기기의 절연이 약화될 경우에 발생하는 감전사고를 방지한다.	제1종, 특별제3종
뇌접지	피뢰설비(피뢰기, 피뢰침)를 접지한다.	제1종
정전접지	정전기에 의한 피해를 방지한다.	특별제3종
전자(기기)접지	외부로부터 진입하는 노이즈와 서지를 방지하고 내부의 정전기를 제거한다.	제3종, 특별제3종
기타접지	케이블의 실드층 접지, 전식방지용 접지 등	제3종, 특별제3종

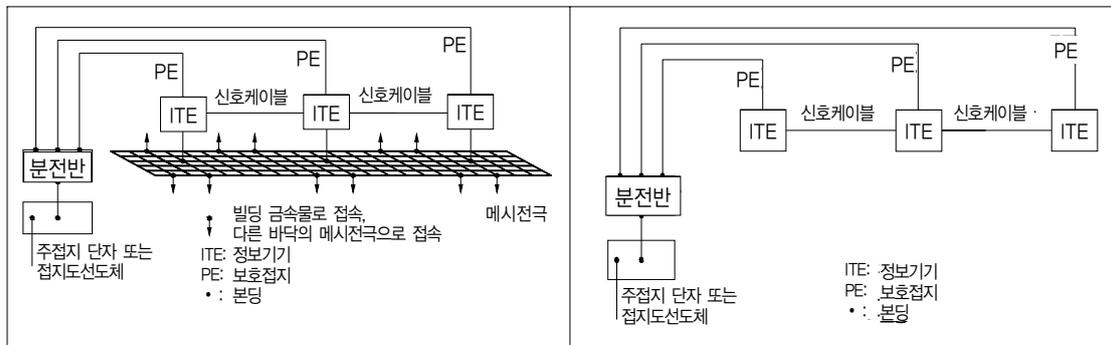
③ 등전위 본딩(Bonding)

가. 등전위 본딩의 개요

- 정보통신설비 또는 기기는 상호접속된 기기간 또는 기기에 유기된 전압/전류에 기인하여 과전압 (noise)장해를 받을 가능성이 있다. 장해 원인으로는 뇌 또는 부하 폐쇄, 정전하방전, 사용주파수의 대지전위차, 자계 및 무선주파자계로 인한 주회로와 접지도체에 발생하는 과도현상이 포함된다.
- 과전압으로 발생하는 침입 전자파 장해(noise) 대책으로는 접지 및 등전위본딩이 있으며 아래 [그림 6.2.8], [그림 6.2.9] 및 [그림 6.2.10]을 참조한다.



[그림 6.2.8] IEC규격에 의한 플랜트/빌딩 접지시스템의 개요도



[그림 6.2.9] 1점 병렬접지 방식

[그림 6.2.10] 다점 접지방식

나. 정보통신설비용 접지 및 등전위본딩 적용

- 통신케이블이나 통신설비의 도전성 스크린, 차폐 또는 외장
- 철골과의 등전위본딩 도체
- 과전압 보호기의 접지선
- 통신안테나 시스템의 접지선

- 정보통신기기용으로 접지된 직류 전력공급설비의 접지선
- 기능접지선

(2)에 대하여

시설부지의 협소, 부지도양 특성에 따른 기준저항값 확보곤란 또는 접지봉 매설 곤란 및 단독접지에 비해 경제성 확보가 유리한 경우 등의 경우에는 관련 국제규격에 따라 공용으로 접지를 시공할 수 있다. 단, 피뢰기(연관설비 포함) 및 제2종 접지는 가능하면 단독으로 접지를 시공하고, 공용접지계통과는 충분한 이격거리를 확보하여 낙뢰 및 소내계통사고로 인한 이상전압이 공용접지계통으로 유기되지 않도록 한다.

(3)에 대하여

각 접지선의 단면적은 계통의 사고전류, 시고지속시간 등에 따라 계산하여 산정하여야 하지만 일반적으로 아래의 표와 같이 접지간선 및 접지분기선을 선정할 수 있다.

〈표 6.2.28〉 접지간선

계 통 명	단면적(mm ²)	비 고
특고, 고압기기	95	77 kV 이하
변압기 중성점	50~95	주 1
저압기기	50~95	주 1
계산기, 계장기기	50	

- 주: 1. 제2종, 제3종, 특별 제3종 접지공사의 접지분기선 도체 공칭단면적 〈표 6.2.28, 6.2.29〉보다 그 계통의 최대의 접지선 도체 공칭단면적을 선정한다. 단, 최저 단면적은 50 mm² 이상으로 한다.
 2. 접지용 단자함의 접지극 간선은 전부 95 mm²로 한다.

〈표 6.2.29〉 제1종 접지공사 접지분기선

구 분	계 통 명	단면적(mm ²)	비 고	
특별고압수전	특별고압 기기	95	피뢰기 포함	
	고압 기기	피뢰기	95	
		배전반		
		변압기		
전동기	16 이상	주 1		
고압수전	피뢰기	50	주 2	
	배전반			
	변압기			
	전동기		16 이상	주 1

- 주: 1. 고압전동기 접지선 도체 공칭단면적은 그 계통의 3상 단락전류에서 선정되는 케이블 도체 단면적과 같게 한다. 〈표 6.2.30〉 참조
 2. 주상에 단독으로 설치되는 피뢰기의 접지선 도체 공칭단면적은 16 mm² 그 외는 50 mm²로 한다.

〈표 6.2.30〉 제2종 접지공사의 접지선 굵기

변압기 1상분 용량			접지선 굵기	
110V	220V	380V	동선	알루미늄
5 kVA까지	10 kVA까지	15 kVA까지	6 mm ² 이상	10mm ² 이상
10 kVA까지	20 kVA까지	30 kVA까지	10 mm ² 이상	16 mm ² 이상
20 kVA까지	30 kVA까지	75 kVA까지	16 mm ² 이상	25 mm ² 이상
30 kVA까지	75 kVA까지	100 kVA까지	25 mm ² 이상	35 mm ² 이상
50 kVA까지	100 kVA까지	150 kVA까지	35 mm ² 이상	50 mm ² 이상
75 kVA까지	150 kVA까지	250 kVA까지	50 mm ² 이상	70 mm ² 이상
100 kVA까지	200 kVA까지	350 kVA까지	70 mm ² 이상	95 mm ² 이상
175 kVA까지	350 kVA까지	600 kVA까지	100 mm ² 이상	185 mm ² 이상

주 : 1. 「변압기 1상분 용량」이란 다음 값을 말한다.

(1) 삼상변압기의 경우는 정격용량의 1/3의 용량을 말한다.

(2) 단상변압기 동용량의 Δ결선 또는 Y결선의 경우는 단상변압기의 1대의 정격용량을 말한다.

2. 단상 3선식 220V/440V의 경우는 380V급을 적용한다.

〈표 6.2.31〉 제3종, 특별 제3종 접지공사인입구에 접지하는 경우의 접지선의 굵기

인입선 부착점에서 인입구까지의 부분 또는 이에 해당하는 부분의 전선		접 지 선 굵 기	
동	알루미늄	동	알루미늄
16 mm ² 까지	25 mm ² 까지	4.0 mm 이상	10 mm 이상
35 mm ² 까지	50 mm ² 까지	6 mm 이상	16 mm ² 이상
95 mm ² 까지	150 mm ² 까지	16 mm ² 이상	25 mm ² 이상
240 mm ² 까지	400 mm ² 까지	25 mm ² 이상	35 mm ² 이상
240 mm ² 초과	400 mm ² 초과	35 mm ² 이상	70 mm ² 이상

(4)에 대하여

지락전류를 확보하여 사고시 차단기를 완벽히 차단하려면 TN 접지계통을 구성하고, 지락전류 경로의 임피던스를 검토하여 지락전류 크기가 충분히 커야 한다.

6.2.6 방재설비

하수 처리장에는 화재와 뇌해 등에 의한 방재 설비를 갖추어야 한다.

- (1) 경보설비
- (2) 피난설비
- (3) 피뢰시스템 설비

【해설】

(1)에 대하여

소방법에 의해 처리장내의 건축물에 설치하게 되어 있다. 이 설비는 감지→통보→소화의 기능으로 되어 있으며 인명과 재산을 보호하는데 그 목적이 있다.

(2)에 대하여

피난구 유도등과 통로 유도등 및 비상조명으로 구분되며 화재시 신속하게 대피할 수 있도록 유도하는데 그 목적이 있다. 직선거리로 20m 떨어진 위치에서 시력 1.0~1.2 범위의 눈으로 문자나 색채가 쉽게 식별될 수 있어야 한다.

(3)에 대하여

피뢰 시스템은 전력설비에서 외부와 내부 보호를 고려하여야 한다. 동시에 방뢰를 시키는 접지시스템을 고려해야 한다. 즉 내부 뇌(개폐 써지 등)와 외부 뇌(낙뢰, 유도뢰 등)와 접지를 연관하여 설계에 반영 하여야 한다.

① 내부 써지 대책

내부 써지 대책은 고압 피뢰기(L.A)와 저압 피뢰기(SPD) 및 접지시스템이 동시에 검토되어야 한다. 이때는 주로 설비간 절연 협조와 사람에 대한 안전을 중심으로 한다.

② 외부 써지 대책

가. 외부 써지 대책은 피뢰침과 인하도선과 접지극으로 대응하며 설비에 고전압 유도 방지에 중점을 둔다. 건축기준법에 의하여 지반면상 20m 이상의 건축물 또는 공작물에는 피뢰설비를 하도록 규정되어 있다. 그러나 하수처리시설 시설의 특성 및 위치 등으로 인해 뇌해 위험도가 높은 경우에는 20m 이하의 경우에도 피뢰 설비를 설치하여야 하며 피뢰설비의 시설에 대한 상세 사항은 KS C 9609 및 KS C IEC 62305에 따른다.

나. 피뢰설비의 설계

피뢰설비의 설계는 건축법, 소방법, 산업안전기준에 관한 규칙, 총포·도검·화약류 등 단속법 시행규칙 및 소방기술기준에 관한 규칙에 따라 각각 정해진 대상물에 피뢰설비를 하여야 하며, 피뢰시스템 설계 흐름을 참조한다.

가) 피뢰방식에는 돌침방식, 수평도체방식, 케이지방식, 가공지선방식 등이 있으며 설계조건에 따라 적절한 방식을 선정한다.

나) 돌침 및 수평도체의 보호각은 KS C 9609에 의하여 일반건축물의 경우 60°, 위험물(화약류포함)관계 건축물의 경우 45°로 한다.

다) 피보호 건물의 상단으로부터 돌침 상단까지의 높이는 3m이상으로 한다.

라) 피뢰도선은 단면적 30mm² 이상의 구리선 또는 그 이상의 전도체로 한다.

마) 접지전극의 접지저항(전극에 접속하는 피뢰도선의 접지저항을 포함한다)은 피뢰도선이 2선 이상일 때에는 그 1선마다 20Ω 이하로, 1선일 때에는 10Ω 이하로 한다.

$$R = \frac{0.4 \times \rho}{A} \text{이며, } R \leq 5 \text{이면 가능} \dots\dots\dots (6.2.16)$$

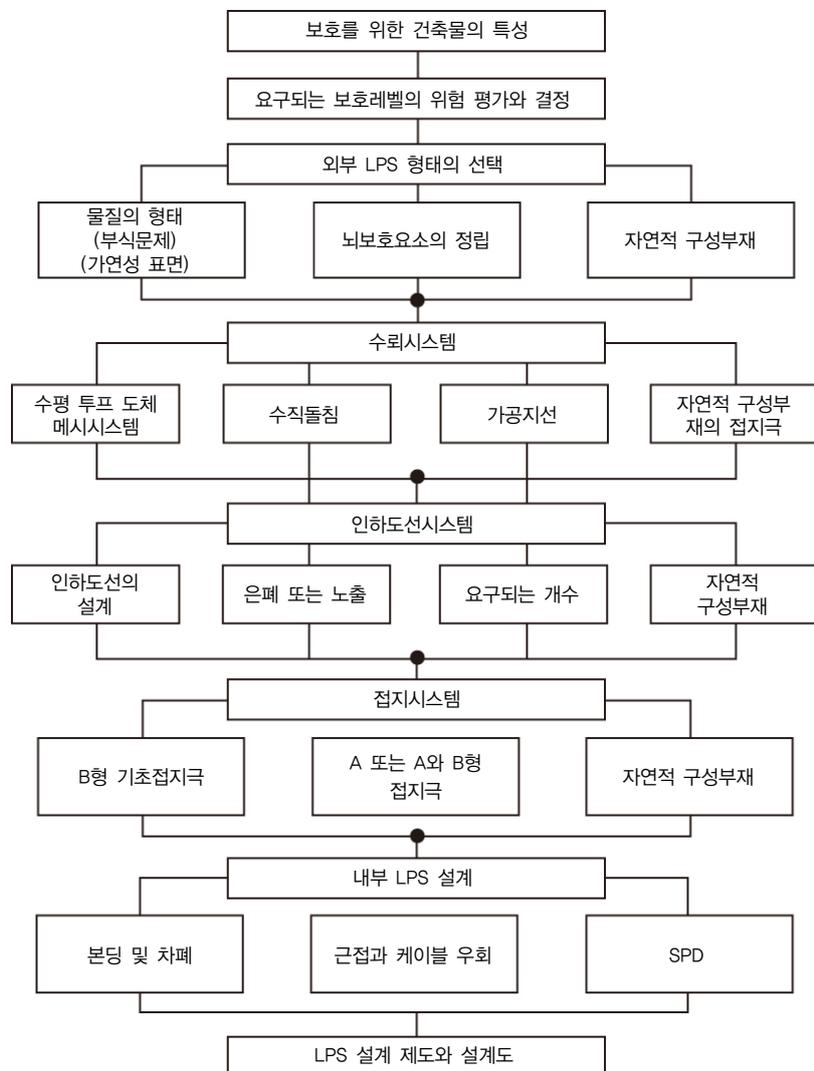
여기서, R : 접지저항(Ω)

ρ : 대지저항률(Ω · m)

A : 지중부의 표면적(m²)

바) 국제규격에 의해 외부 뇌 및 내부 뇌 보호를 위한 시스템 선정시의 상세사항은 KS C IEC 62305(건축물 등의 뇌 보호시스템)와 KS C IEC 60364(건축전기 설비)에 따른다.

사) 국제규격(IEC62305 3부 구조물의 물리적 손상 및 인명위험)에 의한 피뢰시스템 설계 흐름은 다음 그림을 참조한다.



[그림 6.2.11] 피뢰시스템 설계 흐름

6.2.7 에너지 계획

하수처리시설에는 에너지 계획이 검토되어야 한다.

- (1) 에너지 절감 개요
- (2) 건축전기설비 에너지 절감
- (3) 수변전설비 에너지 절감
- (4) 신재생 에너지

(1)에 대하여

하수처리시설에서는 기기설비의 효율향상과 에너지 낭비 방지에 중점을 두고 수배전 시스템의 저부하율 대비 운전 계획과 장래 증설시 효율적인 설비 운영을 중점으로 계획하여야 한다.

(2)에 대하여

건축물 관리에 필요한 적정 조도 확보, 주광을 고려한 조명계획, 고효율 조명기구, 디맨드 콘트롤 등 적용 시 효과가 예상되는 방안을 반영하여야 한다.

(3)에 대하여

수배전 전력설비는 기본계획 시부터 수변전실 위치, 공급 전압, 배전방식, 운전제어, 역률개선 설비, 고효율 기기 등을 고려하고 또 전력 부하관리, 역률관리, 전압관리 등을 검토·계획하여야 한다.

(4)에 대하여

하수처리시설의 내외부 시설환경에 적합한 태양광 발전, 풍력발전, 소수력 발전, 폐기물 발전 등의 시스템을 유지관리의 효율성을 포함하여 검토하여야 한다.

6.3 계측제어설비

6.3.1 계측항목

계측항목을 선정할 경우 계측 목적을 명확히 인식하고 처리방법, 시설규모, 관계법령 등을 충분히 고려하여 운전 관리상 필요한 것을 선정하되, 다음의 표를 참고로 하고 표 내의 순위 표시 기호는 다음의 의미를 갖는다.

- A : 우선 설치 권장 항목
- B : 선택적 설치 권장 항목
- C : 특수한 설계조건 또는 그 외 필요한 경우 설치 항목

【해설】

계측설비를 설치할 경우 계측 목적을 명확히 할 필요가 있다. 그 목적으로서는 프로세스 상태 감시를 목적으로 하는 경우와 프로세스 제어를 목적으로 하는 경우가 있으며 또한 관련 법규 및 법령에 의

해 계측기기를 의무적으로 설치해야 하는 경우 등이 있다.

프로세스 상태 감시를 목적으로 하는 경우에는 프로세스 상태를 명확히 감시, 파악하여 조작의 확실성, 안전 확보 및 작업 조건의 개선 등을 고려하여야 한다.

프로세스 제어를 목적으로 하는 경우에는 처리효율의 향상, 작업 환경의 개선, 인력 투입 절감, 자원 및 에너지 절감을 도모하기 위한 경우이며 이를 위하여 계측기기 자체의 안전성, 신뢰성, 보수성이 확보되어야 하고 제어계의 안전성에 대한 배려도 필요하다.

법령, 법규상 설치하여야 하는 경우에는 환경부 법령, 법규 및 관련 지침에 의해 설치하여야 하는 계측기기는 반드시 설치하여야 한다. 계측항목의 선정은 계측 목적을 명확히 인식하고 입지조건, 방류지역, 처리방법, 시설의 규모, 유지관리 체계 및 관계 법령 등을 충분히 고려하여 그에 적합한 기기를 선정하여야 한다.

각 시설의 주요 계측 항목은 다음과 같다.

1) 소규모 하수처리시설

(1) 침사지 펌프설비

측정항목	적용측정장치	현장				중량	순위
		지시	지시	기록	적산		
유입맨홀수위	투입압력식, 초음파식, 정전용량식, 플로트식, 에어퍼지식	○	○				B
유입게이트개도	가변저항포텐서식, 인덕션포텐서식	○	○				C
펌프정수위	투입압력식, 차압식, 초음파식, 정전용량식, 플로트식, 에어퍼지식	○	○				A
오수양수량	전자식, 초음파식	○	○		○		C
주펌프 회전 속도	VVVF 제어 장치로부터 출력 주파수 연산에 의함	○					C

(2) 산화구 설비

측정항목	적용측정장치	현장				중량	순위
		지시	지시	기록	적산		
용존산소	폴라로그래프식, 갈바닉셀식		○	○			A
혼합액부유물질농도	투과광울식, 반사산란광식, 더블산란광식		○	○			C
반송슬러지량	전자식	○	○		○		A
반송슬러지 농도	초음파감쇄식, 마이크로파식	○	○	○			B
잉여슬러지량	전자식	○	○	○			A
로타 회전수	VVVF 제어 장치로부터 출력 주파수 연산에 의함	○					B

(3) 회분식 설비

측정항목	적용측정장치	현장	중앙			순위
		지시	지시	기록	적산	
슬러지 계면	초음파감쇄식, 광감쇄식	○	○	○		B
반응조 수위	투입압력식, 차압식	○	○	○		A
용존산소	플라로그래프식, 갈바닉셀식(격막식, 무격막식)	○	○	○		A
산화환원전위	금속전극식	○	○	○		C
혼합액부유물질농도	투과광율식, 반사산란광식, 더블산란광식	○	○	○		C
pH	복합전극식, 안티몬 금속전극식	○	○	○		C
잉여슬러지 농도	초음파감쇄식(가압소포부), 마이크로파식	○	○	○		B
잉여슬러지량	전자식	○	○	○	○	A
송풍량	차압식, 기체유량측정 초음파식	○	○			C

(4) 소독 설비

측정항목	적용측정장치	현장	중앙			순위
		지시	지시	기록	적산	
차아저류조 수위	차압식, 초음파식, 전극식, 압력식	○	○			C
차아염 주입량	스크로크 회전수 연산	○	○		○	A
방류유량	전자식, 위어식, 초음파식	○	○	○	○	A
잔류염소	플라로그래프식	○	○	○		C
방류수 COD	전기화학분해법, 과망간산칼륨법, 중크롬산칼륨법	○	○	○		C
방류수 TOC	무촉매열연소법, 연소촉매산화법	○	○	○		C
방류수 BOD	미생물호흡법, 미생물연료전지법	○	○	○		C
방류구 수위	투입압력식, 초음파식	○	○			B
방류수 TN	열연소화학형광검출법, 화학발광식	○	○	○		C
방류수 TP	흡광광도법, 자외선산화방식	○	○	○		C

(5) 슬러지 처리 설비

측정항목	적용측정장치	현장	중앙			순위
		지시	지시	기록	적산	
농축슬러지량	전자식	○	○	○	○	B
농축슬러지 농도	마이크로파식, 초음파감쇄식(가압소포부)	○	○	○		B
슬러지저류조 수위	차압식, 투입압력식, 초음파식, 전극식	○	○			A
탈수기공급슬러지농도	마이크로파식, 초음파감쇄식(가압소포부)	○	○	○		A
슬러지공급펌프속도	인버터 주파수 연산, 교류식(직류식) 타코제너레이터	○				C
탈수기공급슬러지량	전자식	○	○	○	○	A
케이 호퍼 중량	로드셀	○	○			A
공급약품량	전자식	○	○	○	○	A
약품공급펌프회전속도	인버터 주파수 연산, 교류식(직류식) 타코제너레이터	○				C
약품용해조 수위	차압식, 초음파식	○	○			B

2) 하수 처리 시설

(1) 침사지 및 펌프 설비

측정항목	적용측정장치	현장	중앙			순위
		지시	지시	기록	적산	
유입오수량	파마보러스프롬식, 초음파식, 전자식	○	○	○	○	C
유입맨홀수위	투입압력식, 초음파식, 정전용량식, 플로트식, 에어퍼지식	○	○	○		A
유입게이트개도	가변저항포텐서식, 인덕션포텐서식	○	○			C
유입오수 pH	복합전극식, 안티몬 금속전극식	○	○	○		C
침사지 호퍼 중량	로드셀	○	○			A
협잡물 호퍼 중량	로드셀	○	○			A
스크린 수위차	투입압력식, 차압식, 초음파식, 정전용량식, 플로트식, 에어퍼지식	○	○			C
펌프정 수위	투입압력식, 차압식, 초음파식, 정전용량식, 플로트식, 에어퍼지식	○	○	○		A
펌프 속도	교류식(직류식) 타코제너레이터	○	○			B
펌프도출밸브개도	가변저항포텐서식, 인덕션포텐서식	○	○			C
오수양수량	전자식, 초음파식	○	○	○	○	B

(2) 유입맨홀 및 일차침전지 설비

측정항목	적용측정장치	현장	중앙			순위
		지시	지시	기록	적산	
오수유량	개거·관거 초음파식, 위어식, 전자식, 프롬식	○	○	○	○	B
인발슬러지량	전자식	○	○	○	○	A
인발슬러지농도	초음파감쇄식(가압소포부), 마이크로파식	○	○	○		B

(3) 반응조 및 송풍기

측정항목	적용측정장치	현장	중앙			순위
		지시	지시	기록	적산	
수온	측온저항체	○	○			C
용존 산소	갈바닉셀식(격막, 무격막식), 폴라로그래프식	○	○	○		A
혼합액부유물질농도	투과광울식, 반사산란광식, 더블산란광식	○	○	○		B
송풍량	차압식, 기체측정용 초음파식	○	○	○	○	B
송풍압력	압력전송기	○	○			B
송풍온도	측온저항체	○	○			B
송풍기 회전 속도	VVVF 제어 장치로 부터의 출력주파수의 연산	○				B
송풍기 흡입 풍량	차압식, 기체측정용 초음파식	○	○		○	B

(4) 혐기-무산소-호기반응조

측정항목	적용측정장치	현장				순위
		지시	지시	기록	적산	
혐기조산화환원전위	금속전극식, 연마식 백금전극방식	○	○	○		B
혐기조교반기속도	VVVF 제어 장치로 부터 출력주파수 연산	○				C
무산소조교반기속도	VVVF 제어 장치로 부터 출력주파수 연산	○				C
호기조교반기속도	VVVF 제어 장치로 부터 출력주파수 연산	○				B
호기조 용존산소	갈바닉셀식(격막, 무격막식), 폴라로그래프식	○	○	○		A
호기조 MLSS	투과광율식, 반사산란광식, 더블산란광식	○	○	○		B
내부반송량	전자식, 초음파식	○	○	○	○	B

(5) 2단식 혐기·호기 반응조

측정항목	적용측정장치	현장				순위
		지시	지시	기록	적산	
혐기조산화환원전위	금속전극식, 연마식 백금전극방식	○	○	○		C
1단혐기조교반기속도	VVVF 제어 장치로 부터 출력주파수 연산	○				C
1단호기조교반기속도	VVVF 제어 장치로 부터 출력주파수 연산	○				C
2단혐기조교반기속도	VVVF 제어 장치로 부터 출력주파수 연산	○				C
2단호기조교반기속도	VVVF 제어 장치로 부터 출력주파수의 연산	○				C
호기조 용존산소	갈바닉셀식(격막, 무격막식), 폴라로그래프식	○	○	○		B
호기조 MLSS	투과광율식, 반사산란광식, 더블산란광식	○	○	○		C

(6) 이차침전지 설비

측정항목	적용측정장치	현장				순위
		지시	지시	기록	적산	
반송슬러지량	전자식	○	○	○	○	A
반송슬러지농도	초음파감쇄식(가압소포부), 마이크로파식	○	○	○		A
반송슬러지펌프속도	VVVF 출력주파수의 연산, 교류식(직류식) 타코제너레이터	○				B
슬러지계면	초음파감쇄식	○	○	○		C
잉여슬러지펌프속도	VVVF 출력주파수의 연산, 교류식(직류식) 타코제너레이터	○				C
잉여슬러지량	전자식	○	○	○	○	A
잉여슬러지농도	초음파감쇄식(가압소포부), 마이크로파식	○	○	○		B

(7) 소독조 및 방류맨홀 설비

측정항목	적용측정장치	현장		증양		순위
		지시	지시	기록	적산	
차아염 주입량	전자식, 스트로크 회전수 연산	○	○	○		A
방류유량	전자식, 위어식, 초음파식	○	○		○	A
차아탱크 수위	차압식, 초음파식	○	○	○		A
잔류염소	폴라로그래프식	○	○	○		B
방류수 COD	전기화학분해법, 과망간산칼륨법	○	○	○		B
방류수 TOC	무촉매열연소법, 연소촉매산화법	○	○	○		B
방류수 BOD	미생물호흡법, 미생물연료전지법	○	○	○		B
방류구 수위	투입압력식, 초음파식	○	○	○		B
방류수 TN	열연소화학형광검출법, 화학발광식	○	○	○		B
방류수 TP	흡광광도법, 자외선산화방식	○	○	○		B

(8) 슬러지 농축 및 저류 설비

측정항목	적용측정장치	현장		증양		순위
		지시	지시	기록	적산	
농축슬러지인발량	전자식	○	○	○	○	A
농축슬러지농도	초음파감쇄식(가압소포부), 마이크로파식	○	○	○		B
슬러지저류조 수위	차압식, 투입압력식, 초음파식	○	○			A
농축기슬러지 투입량	전자식	○	○	○	○	A
농축슬러지투입농도	초음파감쇄식(가압소포부), 마이크로파식	○	○			C
농축슬러지출구농도	초음파감쇄식(가압소포부), 마이크로파식	○	○	○		B
농축슬러지저류조수위	차압식, 투입압력식, 초음파식	○	○			A
소화설비슬러지투입량	전자식	○	○	○	○	A

(9) 슬러지 소화조 설비

측정항목	적용측정장치	현장		증양		순위
		지시	지시	기록	적산	
소화조수위	레이다식, 초음파식, 정전용량식, 차압식	○	○	○		A
소화조온도	측온저항체	○	○	○		A
소화슬러지pH	복합전극식	○	○	○		C
소화슬러지이송량	전자식	○	○	○	○	A
소화가스압력	압력전송기	○	○			A
CH ₄ (CO ₂)농도	적외선식	○	○			C
소화슬러지농도	초음파감쇄식(가압소포부), 마이크로파식	○	○	○		C

(10) 소화 가스 저장조 설비

측정항목	적용측정장치	현장				순위
		지시	지시	기록	적산	
가스발생량	기체측정용 초음파식, 차압식	○	○	○	○	A
가스저장조레벨	플로트식	○	○	○		A
가온연소가스량	차압식, 메스플로메타, 와류식, 초음파식		○		○	A
소화가스사용량	가온연소량 - 잉여연소가스량 연산				○	A
잉여연소가스량	차압식, 메스플로메타, 와류식, 초음파식		○		○	A

6.3.2 계측기기의 선정

계측기기의 선정은 다음 각 항을 고려하여 선정한다.

- (1) 계측 목적
- (2) 측정 장소의 환경 조건
- (3) 정밀도, 재현성 및 응답성
- (4) 유지 관리성
- (5) 측정 대상의 특성
- (6) 전송 전송 방식
- (7) 측정 범위

【해설】

처리시설에는 각종의 계측기기가 사용되며 운전관리, 감시 및 제어에 중요한 역할을 수행하고 있다. 이들 계측기기의 선정에 있어서는 (1)~(7)의 각 항을 고려함과 동시에 기기의 규모, 사양 및 취급 방법이 간편하고 유지관리가 용이한 것을 채택하여야 한다.

(1)에 대하여

계측기기는 동일 또는 동종의 목적에 대해서도 각 기기의 측정 원리, 구조, 신호방식, 측정 대상물의 특성, 측정단위 등에 따라서 많은 종류가 있으며 각각의 기기에는 장단점이 있으므로 처리시설 각 공정의 계측 목적에 적합하게 선정한다.

(2)에 대하여

계측기기는 온도 변화가 심한 곳, 습도가 높은 곳, 부식성 가스가 존재하는 장소 등 매우 열악한 환경에 설치되는 경우가 많으므로, 필요에 따라서는 이와 같은 환경조건 하에서도 신뢰성 및 내구성이 보장되는 것을 선정할 필요가 있으나, 가능하면 계측기기가 설치되는 장소의 환경을 개선하는 것이 바람직하다.

(3)에 대하여

측정 대상물의 변화가 완만한 경우나 균일하지 않을 경우에는 응답성이 다소 떨어지는 기기를 또한 단순히 참고용으로 사용하는 경우에는 정밀도가 낮은 것을 사용해도 무방하다. 따라서, 계측 기기의

설치 목적, 효과, 경제성 등을 충분히 검토한 후 그에 적합한 계측기기를 선정할 필요가 있다. 측정 정밀도 규정에 있어서 허용 오차의 비율은 풀 스케일(FS)에 대한 허용오차 비율을 %로 표시하는 것과 측정치(RS)에 대한 허용오차를 %로 표시하는 것 등에 있어 설계 시에 유의할 필요가 있다.

(4)에 대하여

계측기기는 유지 관리가 매우 중요하다. 따라서, 유지 관리가 용이한 계측기기를 선정할 필요가 있으며, 가급적 기종을 통일하여 호환성, 보수 점검 및 시험 보정을 용이하게 함과 동시에 운전비용 및 유지 관리 비용을 저렴하게 할 필요가 있다.

(5)에 대하여

측정 대상물이 하수나 슬러지의 경우 검출단에 부착성 물질에 의한 오염 또는 막힘을 초래하여 측정에 오차가 발생하기 쉬우므로, 검출단에 이를 예방할 수 있는 세정장치를 설치하며, 혼입물에 의한 마모나 파손 등 측정 대상물 특성에 의한 장해가 발생할 수 있으므로, 이들의 성질을 충분히 고려하여 선정한다.

(6)에 대하여

계측기기의 정보를 전달하는 수단으로서 사용되는 신호전송 방식에는 전기식, 공기압식, 유압식 및 광방식이 있다. 계측기기는 일반적으로 검출단에서 계측 대상의 변화량에 대해 미소 신호로 출력되며 이것을 아날로그 또는 디지털 표시 및 제어 신호로 증폭, 연산하여 소정의 안정된 프로세스 신호로 발신하게 된다. 이들의 신호는 교류 또는 직류의 전압, 전류 또는 펄스 신호로서 가급적이면 신호 레벨(level)이 높아 외부 노이즈(noise)에 영향이 적은 것을 선정한다. 일반적으로, 검출단 및 검출기에서 변환기까지의 신호는 유도 장해를 받기 쉬우므로, 차폐선을 사용함과 동시에 그 거리는 최대한 짧게 구성한다.

(7)에 대하여

계측기기의 측정 범위는 측정 대상물의 특성에 따라 결정하여야 한다. 측정 범위를 너무 크게 설정할 경우에는 기기의 오차 범위 특성에 의해 정확한 계측값을 나타낼 수 없으며, 너무 낮게 설정할 경우에는 범위를 초과하게 되므로 적정 범위를 설정하는 것이 중요하다. 예를 들어 처리장 운전 개시 초기에는 유입 하수량 및 부하량이 적으므로 측정 범위를 전체 계획량에 따라 선정할 경우에는 측정이 불가능하거나, 오차가 많아지는 등의 문제가 발생한다. 그 차가 큰 경우에는 초기량에 대해서도 정밀도를 떨어뜨리지 않도록 측정 범위가 절체 될 수 있는 기기 등을 채용하는 것이 바람직하다.

6.3.3 계측기기의 종류

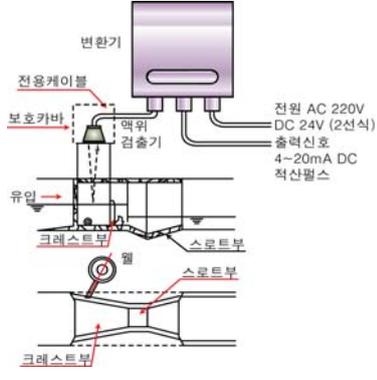
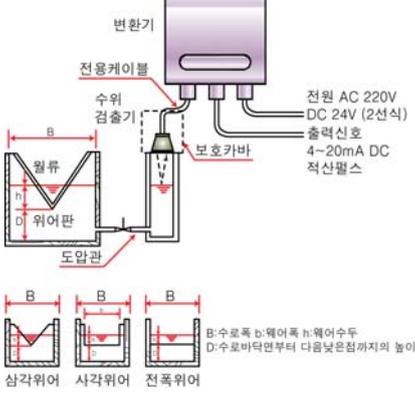
하수처리시설에 주로 사용되는 계측 기기는 양적인 계측기와 질적인 계측기로 구분되며 동작원리, 주요 시방 및 설치 시 주의 사항을 다음에 나타내었다. 계측기기의 설치 지점은 측정 목적, 측정 대상물의 대표성 및 유리 관리에 유의하여 위치를 결정한다.

【해설】

계측기기의 형식 및 종류는 산업 기술에 발달에 따라 다양한 방식으로 제공되고 있으므로 본 표에서 설명하고 있는 내용은 그 일부분으로서 계측장치 형식에 대한 상세 사양내용은 참조사항이며 상세 설계시 설계자의 충분한 근거와 검토를 통해 설계가 되어야 한다. 또한, 계측장치를 설치하더라도 측정치의 오차가 커지거나 신뢰성이 낮게 될 우려가 있는 경우에는 계측기기의 설치를 자제할 필요가 있으며, 측정기기가 많아지면 경제적으로 불리할 뿐만 아니라 유지관리에 많은 노력과 비용이 들기 때문에 비용과 효과 및 보수의 밸런스를 고려하여 최소한의 개소에 설치하는 것이 바람직하다. 특히, 질적 계측기를 사용하는 과도한 계측제어화는 가능한 최소화하며, 대표값을 이용한 제어, 각각의 계측을 통한 제어로 구분하여 이에 적합하도록 시스템(기계 장치 포함)을 구성한다.

No	장치	측 정 방 식	No	장치	측 정 방 식	No	장치	측 정 방 식
1	유량계	파마보리스프롭식	14	수위계	투입압력식	27	COD계	전기화학분해법
2		개거·관거식	15	압력계	반도체, 정정용량식	28		과망간산칼륨법
3		파샬프롭식	16	개도계	포텐서식	29	BOD계	미생물 호흡법
4		위어식	17	pH계	복합전극식	30		미생물 연료전지법
5		전자식	18		안티몬금속전극식	31	TN계	열연소화학형광검출
6		오리피스식	19	농도계	초음파감쇄(가압소포)	32		화학 발광식
7		초음파식(전달시간차)	20		마이크로파식	33	TP계	흡광 광도법
8		초음파식(도플러)	21	DO계	폴라로그래프, 갈바닉셀	34		자외선 산화 방식
9	수위계	초음파식	22	MLSS계	투과광, 반사산란광	35	TOC계	무촉매 열 연소법
10		정전용량식	23	ORP계	금속전극식	36		연소 촉매 산화법
11		플로우트식	24		연마식백금전극방식	37	계면계	초음파감쇄, 적외선식
12		에어퍼지식	25		탁도계	투과광·산란광비교식	38	온도계
13		차압식	26	산류염소	폴라로그래프식			

구분	1	파마보러스프름식 유량계	2	개저·관저식 유량계
구 성 도				
동 작 원 리	<ul style="list-style-type: none"> · 축류부 상류측 수위 측정 · $Q = K \cdot h^n$ ($K \cdot n$은 프름의 형상 치수에 의한 정수) 		<ul style="list-style-type: none"> · 수위 h를 검출하여 수로 단면적 S 연산 · $V = k \cdot v$ (k는 유속보정계수) · $Q = K \cdot V \cdot S$ (K는 연산정수) 	
사 양	<ol style="list-style-type: none"> 적 용 구 경 : $\phi 250 \sim 2,400\text{mm}$ 허용관구배 : 20/1,000이하 적 용 수 심 : 프름구경의 0~90% 최 대 유 량 : $1.5(\phi 250) \sim 400(\phi 2,400)(\text{m}^3/\text{min})$ 정 도 : $\pm 3.0\%$ FS 이하 출 력 신 호 : 4~20 mA DC, 적산 펄스 전 원 : AC 80~250 V, DC 24 V (2선식) 접액부재질 : STS304, 폴리우레탄, PVC 등 		<ol style="list-style-type: none"> 적 용 수 로 : 관저(원형)-내경 $\phi 300 \sim 3,000$ mm 개저(방형)-수로폭 300~5,000 mm 측 정 범 위 : 수위 0~0.3-3m 유속 0~1~5 m/s 적 용 유 체 : 탁도 10,000 mg/l 이하 (전달시간차식) 탁도 60~50,000 mg/l (도플러식) 정 도 : $\pm 3.0\%$ FS 이하 (관저) $\pm 4.0\%$ FS 이하 (개저) 출 력 신 호 : 4~20 mA DC, 적산 펄스 전 원 : AC 80~250 V, DC 24 V (2선식) 접액부재질 : STS 304/316, 폴리우레탄, PVC 등 	
설 치 상 의 주 의	<ol style="list-style-type: none"> 수로 및 파마보러스프름 <ul style="list-style-type: none"> (1) 수로 단면 원형, 구배는 20/1,000 이하 (2) 상류측 10D 이상 직관부 확보 (3) 상·하류측 낙차, 합류, 확대, 축소부가 없을 것 (4) 프름 수평도, 중심축 어긋남이 없도록 설치 (5) 초기유량 적은 경우 인사이드 프름부를 고려 변환기 <ul style="list-style-type: none"> (1) 변환기는 전용동축 케이블로 검출기로부터 300m 이내의 옥내 또는 옥외반에 수납한다. (2) 지하 피트내에 설치할 경우 습기 및 침수의 우려가 있는 곳은 피할 것 		<ol style="list-style-type: none"> 검출기 <ul style="list-style-type: none"> (1) 상류 20D 또는 20B, 하류 10D 또는 10B (D : 관저내경, B : 개저폭)의 직관부 필요. (2) 상류측에 밸브, 게이트, 낙차가 있어 흐름이 흐트러지거나 기포가 연속적으로 혼입하는 장소에는 적용할 수 없다. (3) 검출기 케이블과 전용동축케이블을 중계하는 접속함은 침수되지 않는 위치에 설치 할 것. 변환기 <ul style="list-style-type: none"> 수로(검출기)에서 전용동축 케이블 길이 50m 이내의 옥내 또는 옥외반에 수납한다. 단, 장치에 의해 다르기 때문에 검토할 필요가 있다. 	

구분	3	4
구 성 도	<p style="text-align: center;">파살프름식 유량계</p> 	<p style="text-align: center;">위어식 유량계</p> 
동 작 원 리	<ul style="list-style-type: none"> · 수위를 측정하여 유량을 계측한다. · $Q = K \cdot h^n$ ($K \cdot n$은 프름의 형상치수에 의한 정수). 	<ul style="list-style-type: none"> · $Q = K \cdot h^{5/2}$ (3각 위어의 유량) · $Q = Kb h^{3/2}$ (4각 위어의 유량) · $Q = KB h^{3/2}$ (전폭 위어의 유량)
사 양	<ol style="list-style-type: none"> 1. 수위측정범위 : 0~0.1-3m 2. 측 정 조 건 : 제작사 규정에 의한다. 3. 프 림 사 이 즈 : 제작사 규정에 의한다. 4. 수위검출기재질 : 폴리우레탄, 폴리카보네이트, 염화비닐, FRP 5. 출 력 신 호 : 4~20 mA DC, 적산 펄스 6. 정 도 : ±4.0% FS 이하 7. 전 원 : AC 80~250 V, DC 24V (2선식) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 수위측정범위 : 0~0.1-3m 2. 측 정 조 건 : 제작사 규정에 의한다. 3. 위어판사이즈 : 제작사 규정에 의한다. 4. 수위검출기재질 : 폴리우레탄, 폴리카보네이트, 염화비닐, FRP, STS 304 5. 출 력 신 호 : 4~20 mA DC 6. 정 도 : ±4.0% FS 이하 7. 전 원 : AC 80~250 V, DC 24 V (2선식)
설 치 상 의 주 의	<ol style="list-style-type: none"> 1. 수로 및 파살프름 <ol style="list-style-type: none"> (1) 상류측 스포트 폭의 5~10배의 직관부 길이가 필요 (2) 상류측, 하류측과도 낙차, 합류, 확대, 축소부 등이 없을 것 (3) 제작사 규정에 규정되어 있는 설치조건을 만족시킬 것 (4) 측정 웰에는 드레인이나 스킴등의 배출용 퍼지수를 고려하는 것이 바람직하다. 2. 초기유량과 계획유량 <p>초기유량과 계획유량의 차가 큰 경우에는 오차보정, 스펀 변경 등을 할 수 없기 때문에 채용 시에는 충분히 검토할 필요가 있다.</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 측정 위어에는 드레인이나 스킴 등의 배출용 퍼지수를 고려하는 것이 바람직 함. 2. 플로트식의 경우 동결방지를 고려할 것 3. 위어판의 하류측은 상류부와 간섭이 발생하지 않도록 충분히 낙차를 가질 것 4. 상류측 직선길이 위어판 폭의 10배 이상 확보 5. 위어판의 설치는 통상 토목공사 사항이나, 만약을 위해 사전에 확인할 것 6. 위어판의 중심은 수로의 중심에 맞추어 설치할 것 7. 위어판 설치 부분에 누수가 발생되지 않도록 필요에 따라 패킹 등을 사용할 것 8. 위어판 설치위치보다 상류측 수로의 밑바닥 및 측면이 각각 수평, 연직인 것을 확인한다.

구분	5	전자식 유량계	6	오리피스식 유량계
구 성 도				
동 작 원 리	$E = K \cdot B \cdot Q / (\pi \cdot D)$ (E: 기전력(V) B: 자속밀도 (wb/m ²) K: 정수 D: 관내경 Q: 유량(m ³ /s))		$Q = C\sqrt{\Delta P}$ (Q: 유량, C: 정수, ΔP: 좁아진 전후의 차압)	
사 양	<ol style="list-style-type: none"> 측 정 범 위 : 0~0.3-10m/s 정 도 : ±0.5% FS(유속 0.3m/s 이상) 측 정 관 경 : φ2.5~3,000 mm 검출기접속 : 프랜지식, 나사식(소구경) 여 자 방 식 : 저주파, 구형파, 2주파 방식 등 출 령 신 호 : 4~20mADC, 적산펄스 부 가 기 능 : 정역류/다중레인지(자동) 전 원 : AC 80~250 V 주 위 온 도 : 10~50℃ 		<ol style="list-style-type: none"> 측정범위 : ΔP 0~100-20,000 mmH₂O 적용구경 : 베 나 탭-φ150~750-1,500 mm 플랜지탭-φ25~400 mm 코 너 탭-φ25~300-500 mm 정 도 : ±2.0~±4.0% FS 출력신호 : (차압발신기) 4~20 mA DC(2선식) 방폭구조 : 본질안전방폭 또는 내압방폭-산업안전보 건법 전 원 : 차압발신기-DC 24 V (2선식) 	
설 치 상 의 주 의	<ol style="list-style-type: none"> 검출기·변환기간의 전용 케이블의 최장거리는 장치 및 유체의 도전율에 따라 다르므로 반드시 확인할 것. 검출기는 측정 유체가 항상 만관으로 되는 곳에 설치할 것. 검출기 상류측 5D, 하류측 2D의 직관부가 확보되도록 설치하는 것이 바람직함. 보수접점을 위해 검출기 상·하류측에 게이트 밸브를 설치하고, 필요 시 바이패스관을 설치. 검출기·어싱의 접지는 제3종접지로 할 것 검출기의 전후에 레듀사를 설치하고 구경의 축소를 고려할 것 옥외설치의 경우는 햇빛, 비바람방지 커버를 고려한다. 		<ol style="list-style-type: none"> 상·하류측 직관 거리는 설치기준에 따라 설치할 것 오리피스 축소부와 관경의 중심이 일치하도록 주의하여 설치할 것 도압관의 거리는 10m 이내로 하고 도중에 U자부를 만들지 않도록 시공할 것 도압배관에는 드레인배출(드레인밸브, 드레인포트)을 고려 부식성 유체에는 실포트를 증기의 경우는 콘텐서 포트를 설치하고, 보온을 고려 저유속에서는 오차가 크기 때문에 로우컷을 고려 옥외설치의 경우는 햇빛, 풍우방지 커버를 고려한다. 	

구분	7	초음파식(전달시간차법) 유량계	8	초음파식(도플러법) 유량계
구 성 도				
동 작 원 리	$Q = K \cdot \Delta t / t^2$ (Δt : 전달시간차, t : 평균전달시간)		측정배관 외부에 취부시킨 초음파 발신·수신자에 의해 초음파 도플러효과를 이용하여 배관내 평균유속을 연산하여 유량 Q를 얻는다.	
사 양	<ol style="list-style-type: none"> 적용구경 : φ100~3,000 mm 유 속 : 0~10 m/s 정 도 : 관경 φ300 mm이하 ±1.5% FS 이내 관경 φ350 mm이상 ±1.0% FS 이내 탁 도 : 5,000 mg/l 이하 출력신호 : 4~20 mA DC, 적산펄스 다중레인지 : 정·역류 각각 2중 레인지가능 전 원 : AC 80~250 V, DC 24 V (2선식) 		<ol style="list-style-type: none"> 적용구경 : φ25~1,000 mm 유 속 : 0~3-16 m/s 정 도 : ±2.0% FS 이하(1.5m/s) 이상 재 현 성 : ±0.5% FS 직 선 성 : ±0.1% FS 탁 도 : 75~50,000 mg/l 단, 100μm 이상(입도) 출력신호 : 4~20 mA DC, 적산펄스 전 원 : AC 80~250 V, DC 24V (배터리) 	
설 치 상 의 주 의	<ol style="list-style-type: none"> 유속분포 영향이 크기 때문에 상류측 10D(펌프 출구 50D, 밸브 30D), 하류측 5D 이상의 직관부 길이가 필요 측정관내에는 유체가 항상 만관이 되어 있도록 설치할 것 유체에 부유물, 기포 등이 많은 장소에는 초음파 도플러법을 검토할 것 저유속에서는 정도가 떨어지기 때문에 측정레인지 유속 1m/s 이상으로 할 것 상기 조건이 만족하지 않는 경우에는 2측선법을 검토할 것 옥외설치의 경우는 햇빛 풍우방지 커버를 설치할 것 피뢰기가 변환기에 내장되어 있지 않은 장치도 있으므로 유의할 것 		<ol style="list-style-type: none"> 유속분포 영향이 크기 때문에 상류측 10D(펌프 출구 50D, 밸브 30D), 하류측 5D 이상 직관부 길이가 필요 측정관내에 유체가 항상 만관이 되어 있도록 설치할 것 유체에 부유물, 기포 등이 많은 장소에 사용이 적합 저유속에서는 정도가 떨어지므로 유속 1.5 m/s 이상으로 할 것 검출기와 변환기간 거리는 12m 이내로 하고 가능한 가깝게 설치할 것 옥외 설치의 경우 햇빛 풍우방지 커버를 설치할 것 피뢰기가 변환기에 내장되어 있지 않은 장치도 있으므로 유의할 것 	

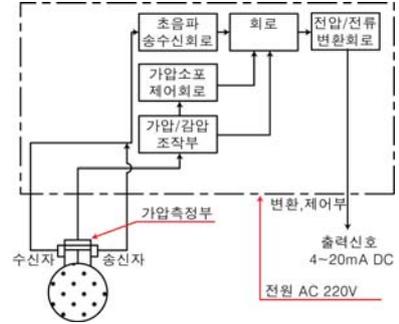
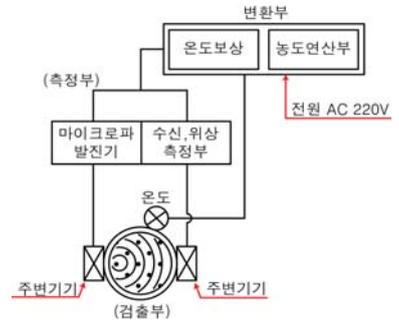
구분	9 초음파식 수위계	10 정전용량식 수위계
구 성 도		
동 작 원 리	<p>· 초음파발신부에서 발신된 초음파펄스가 수면에서 반사하여 그 초음파 신호를 수신기로 잡는다.</p>	<p>T_c : 수조가 비었을 때의 정전용량 ΔC : 수위변화에 의한 정전용량의 변화분 C_x : 수조와 전극간의 정전용량</p> $C_x = T_c + \Delta C \quad ①$ <p>L : 레벨 ε : 측정대상의 유전율 ε_1 : 공기의 유전율 ≈ 1이라고 하면</p> $\Delta C = L(\varepsilon - \varepsilon_1) \quad ②$ <p>① 및 ②식에 의해 $L = (C_x - T_c) / (\varepsilon - \varepsilon_1)$</p>
사 양	<ol style="list-style-type: none"> 측정범위: 0~0.2-10 m 검출기구소재질: 방침형 초음파발신부: STS 316, 염화비닐코팅, 수지코팅 정도: $\pm 1.0\%$ FS 이하 출력신호: 4~20mA DC 전원: AC 80~250 V, DC 24 V(2선식) 	<ol style="list-style-type: none"> 측정범위: 일 반 용 : 0~1-4 m 오 수 용 : 0~1-8 m 고수심용 : 0~1-150 m 정 도 : 일 반 용 : $\pm 2.0\%$ FS 이내 오 수 용 : $\pm 3.0\%$ FS 이내 고수심용 : $\pm 1.5\%$ FS 이내 출력신호: 4~20 mA DC 전 원 : AC 80~250 V, DC 24 V(2선식)
설 치 상 의 주 의	<ol style="list-style-type: none"> 측정면에 물결, 부유물, 거품 등이 있는 장소를 피할 것 검출부와 측정면까지의 사이에 돌기 등의 장애물이 없을 것. 검출기는 수평으로 취부하고 또한 기계적 진동이 적은 장소를 선정할 것 불감대가 있기 때문에 측정상한 수면보다도 통상 1 m 정도 상부에 검출기를 설치할 것 옥외설치의 경우 햇빛, 풍우방지 커버를 고려한다. 초음파의 지향성 범위내 (수직방향에 대하여 전방향 7° 이내) 및 전후좌우 1 m 이내에 돌기물이 없는 장소에 설치할 것 	<ol style="list-style-type: none"> 기름이나 기포가 있는 경우에는 방파관을 설치 오수, 슬러지 등 전극에 부착 우려가 있는 경우는 오수용을 적용 보수 점검 시 전극을 인출하기 위해 상부에 충분한 공간 및 후크 등을 고려 옥외 설치의 경우는 햇빛, 풍우방지 커버를 고려한다. 오수용 전극의 부트부는 고무제이므로 파손에 주의할 것 프로브가 로트 타입이나 에스 전극 없는 경우 통상 방파관은 금속(STS 304)으로 하여 필히 접지(본체 접지에 접속)를 잡을 것

구분	11	플로우트식 수위계	12	에어퍼지식 수위계
구 성 도				
동 작 원 리	<p>1. 접동저항 포텐서식 플로우트에 의한 입력축(회전변위)으로 저항포텐서의 접동자를 이동시켜 그 변화치를 전압변환하여 수위에 비례한 출력신호를 얻는다.</p> <p>2. 인덕션 포텐서식 입력축(회전변위)으로 인덕션 포텐서의 단락환을 이동시키면 여자권선으로부터 2로 분기하는 자속에 차가 생긴다. 그것을 검출권선으로 유도전압을 검출, 동기정류하여 차동증폭기로 증폭 → 전류변환하여 수위에 비례한 출력신호를 얻는다.</p>		<p>측정탱크내에 삽입된 퍼지관을 통하여 일정량의 공기를 보내면 수면 헤드에 적당한 압력(배압) 이상의 공기는 기포로 배출된다. 수면 헤드에 적당한 압력(배압)은 퍼지관 선단액 압력과 같으므로 수면에서 퍼지관 선단의 깊이를 H, 액의 비중을 γ라고 하면 배압 P는 다음의 식으로 된다. $P = \gamma \cdot H$ 따라서, 액의 비중을 알고 P를 측정하여 수위를 알 수가 있다.</p>	
사 양	<p>1. 측정범위 : 0~1-30 m 2. 재 질 : 플로우트 : 염화비닐내식성수지, STS 304/316 중추와이어 : STS 304/316, FRP코팅 3. 구 조 : 방적형, 방침형, 방말형 4. 정 도 : $\pm 1.0\%$ FS 이내 5. 출력신호 : 4~20 mA DC 6. 전 원 : DC 24 V(2선식)</p>		<p>1. 퍼지 세트 (1) 공기원 : 압력 : 2 Mpa/cm² 이상 용량 : 1~2l/min (2) 측정범위 : 0~20 m 2. 퍼지관 (1) 구경 : 3/8B, 1/2B, 3/4B, 1B(B:inch) 3. 차압전송기 조합된 정도 (1) 정 도 : $\pm 0.5\%$ FS 이내 (2) 출력신호 : 4~20 mA DC (3) 전 원 : DC 24 V(2선식)</p>	
설 치 상 의 주 의	<p>1. 흐름이 있는 장소나 기포가 있는 장소에는 방파관을 설치 2. 부유물, 특히 스크 등의 발생장소에 적용시에는 유의 3. 한랭지에서는 동결기, 가동부 동결 방지를 고려할 것 4. 옥외설치의 경우 햇빛, 풍우방지 커버를 고려한다. 5. 파괴기를 내장하지 않는 장치도 있으므로 유의할 것</p>		<p>1. 퍼지관 선단이 모래 등에 매립되지 않도록 바닥에서 일정한 거리를 두어서 설치 2. 공기원은 수위계에 충분히 대응할 수 있는 공기량으로 한다. 3. 유속이 있는 장소에 설치하는 경우는 방파관을 설치 4. 설치시 보수시 퍼지관을 인출할 수 있도록 상부에 점검 공간을 설치 5. 도입관은 피복동관 또는 스테인레스관을 쓴다. 6. 공기 배관은 도중에 U자부를 만들지 않도록 시공하고, 부득이 U자부가 있는 경우에 최하부에 드레인 밸브를 설치</p>	

구분	13	차압식 수위계	14	투입압력식 수위계
구 성 도				
동 작 원 리	<p>탱크하부에 검출기를 설치하여 탱크내의 수압을 측정하여 레벨을 측정한다.</p> <p>탱크상부가 밀폐된 경우에는 탱크 상부의 기체압력이 레벨에 의해 변화하기 때문에 검출기의 저압측에서 보정한다.</p> <p>대기개방의 경우는 불필요</p> $H = \Delta P / \rho$ <p>(H: 레벨 ρ: 액체밀도 ΔP: 차압)</p>		<ol style="list-style-type: none"> 반도체식 다이아프램의 변위를 변환기로 증폭변환하여 수위에 비례한 출력신호를 얻는다. 차동변압기식 다이아프램(벨로우즈)의 변위를(대기압과의 차압) 차동변압기의 자성체로 받아 전자유도에 의해서 발생한 기전력을 증폭 변환하여 수위에 비례한 출력신호를 얻는다. 	
사 양	<ol style="list-style-type: none"> 측정범위: 25~400 kpa 구 조: 방수구조, 방폭구조 설 치: 플랜지취부 KS(80-100A) 정 도: ±0.25% FS 이하 온도변화에 의한 영향: ±0.6%/25℃ 출력신호: 4~20 mA DC 전 원: DC 24V (2선식) 		<ol style="list-style-type: none"> 측 정 범 위: 0~0.8-70 mH₂O 출 력 신 호: 4~20 mA DC(DC 1~5 V도 가능) 사용온도범위: -5~50℃ 정 도: ±0.5% FS 이하 온 도 영 향: ±0.2%/10℃ FS 전 원: AC 80~250 V, DC 24V(2선식) 	
설 치 상 의 주 의	<ol style="list-style-type: none"> 액체의 종류에 따라 접촉부 재질을 적절히 선정 슬러지나 약액의 경우 보수 시 세정용 드레인을 고려 검출기가 침수의 우려가 있는 경우는 저압측 도압관을 침수하지 않는 위치까지 세워 올린다. 옥외설치의 경우 햇빛, 풍우방지 커버를 고려할 것 다이아프램 식의 경우는 모세관 길이의 지정이 필요 		<ol style="list-style-type: none"> 수위발신기는 격한 수류나 펌프 등 진동이 있는 부근에서 분리하여 설치 수위발신기는 슬러지 등의 퇴적이 있더라도 측정은 가능하지만 유지 보수를 용이하게 하기 위해 퇴적면 보다 상부에 설치 유속이 0.8m/s를 초과하는 경우나 이물질이 충돌하는 장소에서는 보호관내에 발신기를 설치한다. 수위발신기는 체인 또는 스테인레스와이어로 매단다. (와이어에 의해 감아올리는 기계의 사용도 가능함) 수위발신기-변환기(중계함)간의 전용 케이블은 특수 케이블이므로 절단하면 중간접속은 곤란하다. 	

구분	15	압력계	16	포텐서식 개도계
구 성 도				
동 작 원 리		<p>1. 반도체식 반도체에 응력이 가해지면 전기전도도가 변화하는 현상이 압력에 비례하는 것을 이용한 반도체 스트레인 게이지이다.</p> <p>2. 정전용량식 감압 다이아프램과 고정전극 사이의 정전용량 변화를 압력으로 검출한다. $P = K \cdot (C_1 - C_2) / (C_1 + C_2)$ P: 프로세스압력 C₁: 고압측정전용량 K: 정수 C₂: 저압측정전용량</p>		<p>1. 인덕션포텐서식 게이트, 밸브 등의 입력측(회전변위)으로 인덕션 포텐서의 단락환을 이동시키면 여자권선으로부터 2개로 분기하는 자속에 차가 생긴다. 그것을 검출권선에 유도전압으로 검출하고 동기 정류하여 차동증폭기로 증폭→전류 변환하여 개도에 비례한 출력신호를 얻는다.</p> <p>2. 접동저항 포텐서식 게이트, 밸브 등의 입력측(회전변위)에 저항 포텐서의 접동자를 이동시켜 저항치의 변화를 구한다. 그 변화치를 전압 변환하여 게이트, 밸브의 개도에 비례한 출력신호를 얻는다.</p>
사 양		<p>1. 측정범위 : 0~100~210 Kpa 2. 과대압력 : 140% FS 3. 주요부재질 수압다이아프램 : STS 316, 하스테로이C 기 타 접 액 부 : 모넬, 탄탈 4. 영점범위 : 최대스판 -32~0~100% 5. 출력신호 : 4~20 mA DC 6. 전 원 : DC 24V(2선식) 7. 주위온도 : -20~+60℃ 8. 구 조 : 방침형, 방폭형(내성, 본질안전) 9. 정 도 : ±0.2% FS 이하</p>		<p>1. 인덕션 포텐서식 (1) 입력회전각 : 0~60°, 0~90°, 0~120° (2) 구 조 : 방말형 (3) 설치방법 : 수평취부 (4) 주위온도 : -30~80℃ (5) 정 도 : ±1.0% FS 이하</p> <p>2. 접동저항 포텐서식 (1) 입력회전각 : 0~270° (2) 구 조 : 방수형(유침형 접동저항) (3) 주위온도 : 0~50℃ (4) 정 도 : ±0.5% FS 이하</p>
설 치 상 의 주 의		<p>1. 배관이 발신기보다 위에 있을 경우 기체의 압력계측에는 드레인 포트를 설치 2. 배관 압력 취출구는 액체는 수평보다 아래방향 45°의 범위, 기체는 바로 위로 할 것 3. 도압관은 굴곡이 적도록 설치 4. 도압관내 공기가 잔류하지 않도록 압력 토출구와 발신기 설치에 주의 5. 옥외 설치의 경우는 햇빛, 풍우방지 커버를 고려한다. 6. 피뢰기를 내장하고 있지 않은 장치도 있으므로 유의할 것</p>		<p>1. 피뢰기를 내장하고 있지 않은 장치도 있으므로 유의할 것</p>

구분	17	복합전극식 pH계	18	안티몬금속전극식 pH계
구 성 도				
동 작 원 리	<p>유리전극과 pH에 무관한 일정한 전위차를 가리키는 비교전극을 시료에 담가 발생한 전력을 전위차계로 측정한다. 이와 같이 하여 측정한 전위차와 pH가 셀 폴리머 전해액을 사용하여 측정한 전위차를 비교하여 시료의 pH 값을 얻는다. 유리전극의 기전력은 시료의 온도에 따라 변화하기 때문에 이것을 자동보상 하기 위해 온도보상전극이 설치된다. 유리전극, 비교전극, 온도보상센서를 일체로 한 복합전극이다.</p>		<p>안티몬전극과 pH에 무관한 일정한 전위차를 가리키는 비교전극을 피검액에 담겨 발생한 기전력을 전위차계로 측정한다. 이와 같이 하여 측정한 전위차와 pH가 기지의 완충액을 사용하여 측정한 전위차를 비교하여 피검액의 pH값을 얻는다. 안티몬전극의 기전력은 피검액의 온도에 따라 변화하기 때문에 이것을 자동적으로 보상하기 위하여 온도보상저항을 설치하고 있다.</p>	
사 양	<ol style="list-style-type: none"> 변환기 <ol style="list-style-type: none"> 정 확 도 : 0.01 pH 분 해 능 : 0.01 pH 전 원 : 110 or 220 V, 60 Hz 낙뢰보호 : 보호회로 내장 저장온도 : -25°C ~ +65°C Protection : IP 65 검출기 <ol style="list-style-type: none"> 측정방식 : 유리복합전극 측정범위 : 0~14 pH 온도측정 : 내장 NTC 서미스터, PT 100Ω 과도전류보호 : 낙뢰보호회로 내장 Protection : IP68 		<ol style="list-style-type: none"> 측정범위 : 0~14 pH 정 도 : ±0.10 pH 이내 직 선 성 : ±0.01 pH 출력신호 : 4~20 mA DC 전 원 : AC 110/220 V, DC 24 V(2선식) 세정방식 : 회전자동연마방식 주위온도 : -5~45°C 구 조 : 방우형, 본질안전방폭 	
설 치 상 의 주 의	<ol style="list-style-type: none"> 운용 조건 <ul style="list-style-type: none"> 운용온도 : -20°C ~ +55°C 저장온도 : -25°C ~ +65°C 센서 침적 깊이 : 최소 40 mm, 최대 15 m 최대 압력 범위 : 16 bar/25°C, 6 bar/100°C 사용 전 채택 센서의 측정 범위 확인 전극이 건조하지 않도록 시료수에 담겨 놓을 것 체인홀더로 1차적 세정을 하며, 점검과 교정이 용이하게 체인형식이 바람직하다. 		<ol style="list-style-type: none"> 검출기의 전극은 유체의 수면이 변동하더라도 항상 액중에 잠겨 있도록 설치 검출기/변환기는 최대 100 m 정도 이격 설치할 수 있지만 가능하면 가까이 설치 시료수의 유속은 0.3~2 m/s 이하의 장소에 설치(침적형) 진동이 적은 장소를 선택 	

구분	19	초음파감쇄식(가압소포부) 슬러지농도계	20	마이크로파식 슬러지농도계																					
구 성 도																									
동 작 원 리	<p>검출기 가압측정부에 슬러지를 샘플링한 뒤 공기로 가압하여 액중 기포를 감소시킨다. 그 후 측정부에 설치된 1조의 초음파 송·수신기로 초음파의 감쇄량을 측정하여 슬러지농도를 구한다.</p> $I = I_0 \cdot C^{-2dx}$ <p>I : 전달방향으로 거리X 떨어진 점의 초음파의 강도 I_0 : X = 0점의 초음파의 강도 X : 송·수신기간의 거리 $a = Kdf^4$ α : 감쇄계수, K : 계수, d : 농도, f : 주파수</p>		<p>마이크로파를 이용한 위상차 측정방식으로 피측정 물질에 마이크로파를 입사하여 피측정물질을 투과한 수신파의 위상지연으로부터 슬러지농도를 측정하는 방법. 즉, 물(농도 0%)을 투과시킨 수신파의 위상지연 θ^1과 슬러지를 투과시킨 수신파의 위상지연 θ^2와의 차 $\Delta\theta = \theta^2 - \theta^1$로부터 슬러지농도를 측정한다.</p>																						
사 양	<p>1. 검출기</p> <p>(1) 재 질 : 메인 파이프-FC-20, STS 304 센 서-STs 316/316 L</p> <p>(2) 구 조 : 방수형, 방말형</p> <p>(3) 설치방식 : 플랜지 취부</p> <p>(4) 검출기구경 : $\phi 100 \sim 500$ mm</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>구 분</th> <th>2. 변환·제어부</th> <th>3. 변환부</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(1) 측정범위</td> <td>0~2-10% SS</td> <td>0~1-8% SS</td> </tr> <tr> <td>(2) 정 도</td> <td>$\pm 3.0\%$ FS 이하</td> <td>$\pm 5.0\%$ FS 이하</td> </tr> <tr> <td>(3) 재 현 성</td> <td>$\pm 2\%$ FS</td> <td>$\pm 2.5\%$ FS</td> </tr> <tr> <td>(4) 출력신호</td> <td>4~20 mA DC</td> <td>좌 동</td> </tr> <tr> <td>(5) 전 원</td> <td>AC 80~250</td> <td>좌 동</td> </tr> <tr> <td>(6) 취 부</td> <td>바닥설치</td> <td>벽 부 등</td> </tr> </tbody> </table>		구 분	2. 변환·제어부	3. 변환부	(1) 측정범위	0~2-10% SS	0~1-8% SS	(2) 정 도	$\pm 3.0\%$ FS 이하	$\pm 5.0\%$ FS 이하	(3) 재 현 성	$\pm 2\%$ FS	$\pm 2.5\%$ FS	(4) 출력신호	4~20 mA DC	좌 동	(5) 전 원	AC 80~250	좌 동	(6) 취 부	바닥설치	벽 부 등	<p>1. 검출기</p> <p>(1) 구 조 : 방적형</p> <p>(2) 취 부 방 식 : 수평관 직부형</p> <p>(3) 플랜지 규격 : KS규격</p> <p>(4) 검출기구경 : $\phi 100 \sim 350$ mm</p> <p>2. 변환기</p> <p>(1) 측정범위 : 0~1.0-10%(TS)</p> <p>(2) 측정정도 : $\pm 2\%$ FS 단, 0~1% TS에서는 $\pm 4\%$ FS</p> <p>(3) 출력신호 : 4~20 mA DC</p> <p>(4) 전 원 : AC 80~250 V</p> <p>(5) 설 치 : 벽면, 스텐션</p> <p>* TS : 전고형분</p>	
구 분	2. 변환·제어부	3. 변환부																							
(1) 측정범위	0~2-10% SS	0~1-8% SS																							
(2) 정 도	$\pm 3.0\%$ FS 이하	$\pm 5.0\%$ FS 이하																							
(3) 재 현 성	$\pm 2\%$ FS	$\pm 2.5\%$ FS																							
(4) 출력신호	4~20 mA DC	좌 동																							
(5) 전 원	AC 80~250	좌 동																							
(6) 취 부	바닥설치	벽 부 등																							
설 치 상 의 주 의	<p>1. 검출기는 가스가 잔류하지 않는 장소에 취부</p> <p>2. 영점교정 및 청수용 급수배관 및 드레인 배관을 설치. 필요에 따라 검출기 전후에 게이트 밸브 및 바이패스 관 설치</p> <p>3. 검출기와 제어장치는 공기배관, 전용케이블이 있기 때문에 가능한 가까이(5m 이내) 설치</p> <p>4. 검출기와 제어장치 사이의 공기배관은 도중에 U 자부를 만들지 않도록 할 것</p> <p>5. 혼합슬러지의 혼합비율이 일정치 않을 때는 오차가 커지므로 유의할 것</p>		<p>1. 검출기는 수평배관이 되도록 설치</p> <p>2. 슬러지가 검출기 관내에 충전, 기포의 잔류가 없는 장소에 설치하여 슬러지가 배관저부에 퇴적하는 장소는 피한다.</p> <p>3. 검출기의 양측에는 스톱 밸브를 설치하고 배관에는 드레인 밸브, 상수급수구를 설치</p> <p>4. 배관을 통해 진동이 전해지지 않도록 주의</p>																						

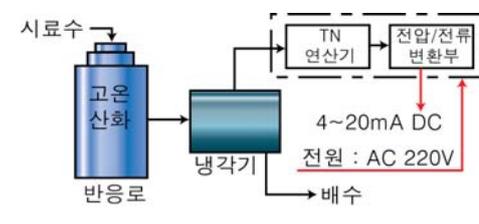
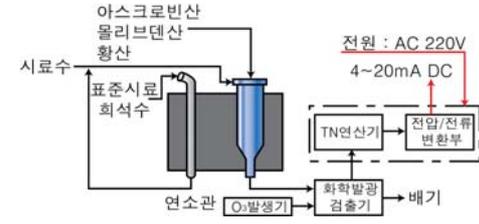
구분	21	DO계(용존산소계)	22	MLSS계(혼합액부유물질농도)
구 성 도				
동 작 원 리	<ol style="list-style-type: none"> 1. 폴라로그래프식(클럭방식) 대극으로부터 전극간 전위를 발생하는 산소분자는 물에 환원하는 반응을 하며, 그 전해전류로부터 산소농도를 측정(전해액: KCl) 2. 폴라로그래프식(평행형격모방식) 대전극 및 비교전극으로 구성되어 있고 한쪽의 전극에 산소분자환원반응을 하여 그 전해전류로부터 산소환원을 측정. 한쪽의 전극에는 환원된 같은 양 산소 발생(전해액: Na₂CO₃) 3. 갈바닉셀식(격막식, 무격막식) 건전지의 원리로 전해액중에 귀금속으로 된 이종의 전극을 담귀 폐회로를 구성하면 환원반응, 산화반응이 되어 전해전류가 흐르며, 그 전류로부터 산소농도를 측정(전해액: KCl) 		<p>측정봉 말단 주위에 광원 및 수광소자(투과광, 산란광, 반사광, 표준광등)를 부착하여 시료수의 부유물질농도에 의해 변화하는 광을 반도체 소자(포토 셀)로 전기량으로 변환.</p> <p>그 전기신호를 증폭·비교연산 등을 하여 MLSS(혼합액부유물질농도)값으로 한다.</p> <p>또, 측정방식이 실제분석과 다르기 때문에 주의할 필요가 있다.</p>	
사 양	<ol style="list-style-type: none"> 1. 측정범위: 0~20 mg/l (단레인지, 2레인지, 3레인지) 2. 온도보상범위: 제작사 표준 3. 직선성: ±1.0% FS 이하 4. 재현성: ±3.0% FS 이하 5. 출력신호: 4~20mA DC 6. 전원: AC 80~250V, DC 24V 7. 측정방식: 제작사 표준 8. 주위온도: -5~45℃ 9. 구조: 변환기 IP 65, 검출기 IP 68 		<ol style="list-style-type: none"> 1. 검출방식에 의한 측정범위 (1) 투과광을 방식: 0~3,000-5,000 mg/l (2) 더블산란광비교방식: 0~3,000-10,000 mg/l (3) 반사산란광 방식: 500~5,000-10,000 mg/l (단레인지, 2레인지, 3레인지) 2. 재현성: ±5.0% FS 이하 3. 영점범위: ±2.0% FS/24h 4. 변환범위: ±2.0% FS/24h 5. 주위온도: -5~40℃ 6. 구조: 변환기 IP 65, 검출기 IP 68 	
설 치 상 의 주 의	<ol style="list-style-type: none"> 1. 전극 건조하지 않도록 시료수에 담귀 놓을 것 2. 시료수의 유속은 0.3~2m/s의 장소에서 검출부에 기포가 체류하지 않도록 유체의 상류측에서 하류측으로 향하게 약 15° 각도로 설치한다. 3. 진동이 적은 장소를 선택할 것 4. 검출부의 설치위치는 반응조의 출구 또는 중앙으로 변경될 수 있으므로 전용 케이블(최장 100m)은 길게 하는 것이 바람직하다. 또, 점검 및 교정을 용이하게 하기 위해 홀더를 부착하는 것이 바람직하다. 		<ol style="list-style-type: none"> 1. 검출기의 설치위치는 측정액이 체류하고 있는 장소를 피하여 측정액을 대표하는 장소를 선택 2. 검출헤드에 기포가 체류하지 않도록 하류측에 15°의 각도를 둔다(침적식). 3. 검출부 세정용의 세정수를 준비 (위터제트식) 4. 측정액의 유속은 0.3~2m/s의 장소를 선택하여 설치할 것(침적식) 5. 진동이 적은 장소를 선택 6. 직사광의 영향을 막기 위해서 검출부의 침적깊이는 0.5m 이상으로 할 것 	

구분	23	금속전극식 ORP계	24	연마식백금전극방식 ORP계
구 성 도				
동 작 원 리	<p>산화환원계를 포함한 용액에 화학적으로 침해되기 어려운 백금 또는 불활성 전극을 침적시키면 그 금속과 용액중에 산화환원계와의 사이에 끊임없이 전자의 교환이 생기기 때문에 평형상태가 성립하여 금속 전위를 가지게 되고, 그 전위를 산화환원전위(ORP)이다. 산화환원전위는 단독으로는 측정할 수가 없기 때문에 전위를 알고 있는 비교전극과 조합하여 구한다. ORP계는 박테리아 활동상태를 알기 위해 혐기조, 활성슬러지처리 등의 관리 지침으로 사용된다.</p>		<p>좌 동</p>	
사 양	<ol style="list-style-type: none"> 1) 변환기 <ol style="list-style-type: none"> 1. 분해능: 1 mV 2. 전 원: 110 or 220 V, 60 Hz 3. 저장온도: -25°C ~ +65°C 4. Protection: IP 65 2) 검출기 <ol style="list-style-type: none"> 1. 측정방식: 금속전극 2. 측정범위: -1,000 ~ +1,000 mV 3. 작동온도: 0°C ~ +60°C 4. 온도측정: 내장 NTC 서미스터, P 100Ω 5. 과도전류보호: 낙뢰보호회로 내장 6. Protection: IP68 		<ol style="list-style-type: none"> 1. 측정범위: ±2,000 mV (-400 ~ 1,000 mV) 2. 정 도: 직선성 ±1 mV 이내 조반성 ±10 mV 이내 3. 출 력: 4~20 mA DC 4. 전 원: AC 110/220 V, DC 24 V(2선식) 5. 세정방식: 회전자동연마방식 6. 주위온도: 0~50°C 7. 구 조: 방우형 	
설 치 상 의 주 의	<ol style="list-style-type: none"> 1. 운용 조건 <ul style="list-style-type: none"> -운용온도: -20°C ~ +55°C -저장온도: -25°C ~ +65°C 2. 센서 침적 깊이: 최소 40 mm, 최대 15 m 3. 최대 압력 범위: 16 bar/25°C, 6 bar/100°C 4. 사용 전 채택 센서의 측정 범위 확인 5. 전극 건조하지 않도록 시료수에 담겨 놓을 것 6. 체인홀더로 1차적 세정을 하며, 점검과 교정이 용이하게 체인형식이 바람직 		<ol style="list-style-type: none"> 1. 검출기 취부위치는 측정액이 체류하고 있는 장소를 피하고 측정액을 대표하는 장소를 선택 2. 검출헤드에 기포가 체류하지 않도록 유체의 상류측에서 하류측으로 약 15°의 각도로 설치 3. 검출기의 전극은 유체의 수면이 변동하더라도 항상 액중에 잠겨 있도록 설치할 것 4. 검출기/변환기는 최대 100 m 정도 이격 설치할 수 있지만 가능하면 가까이 설치 5. 시료수의 유속은 0.3~2 m/s 이하의 장소에 설치할 것(침적형) 	

구분	25	탁도계	26	잔류염소계
구 성 도	<p>1. 산란광비교식 2. 투과광율식 3. 표면산란광식</p>			
동 작 원 리	<p>측정봉의 주위에 광원 및 수광소자(포토 셀)를 설치하여 시료수의 탁도에 의해 변화하는 광을(투과광·산란광) 포토셀이 전기량으로 변환한다. 그 전기신호를 증폭연산을 하여 탁도로 한다.</p> $TB = I_1/I_2 \quad (\text{투과·산란광비교식})$ $TB = K - \log I_2 \quad (\text{투과 광율식})$ $TB = I_1 \quad (\text{표면 산란광식})$ <p>TB: 탁도, I_1: 산란광, I_2: 투과광, K: 정수</p>		<p>분석조에 보내질 시료수와 시약(요오드화칼륨)은 혼합 반응하여 시료수중 염소 농도에 따라 요오드소를 유리하며, 유리된 요오드소는 검지전극(대극에 대하여 부의 인가전압이 걸리고 있음)에 의하여 전해 환원을 받아 요오드소 이온으로 된다. 이 때의 검지전극과 대극간에 흐르는 환원전류(확산전류)와 유리된 요오드소의 양(잔류염소량)이 비례하여 잔류염소량을 측정하는 것</p>	
사 양	<ol style="list-style-type: none"> 1. 검출방식에 의한 측정범위 <ul style="list-style-type: none"> (1) 투과·산란광비교식 : 0~50~1,000 mg/l (2) 투과 광 율 식 : 0~5,000~20,000 mg/l (3) 표면 산란 광 식 : 0~3~1,000 mg/l 2. 조 반 성 : ±2.0% FS 이하 3. 직 선 성 : ±3.0% FS 이하 4. 영점변환범위 : ±2.0% FS/24h 5. 출 력 신 호 : 4~20 mA DC 6. 전 원 : AC 80~250 V 7. 세 정 방 식 : 와이퍼브러시, 워터제트 등 8. 주 위 온 도 : -5~40℃ 		<ol style="list-style-type: none"> 1. 검 지 전 극 : 회전백금전극 2. 대 극 : 백금전극(서머스터 내장) 3. 측 정 범 위 : 0~1~10 ppm(단레인지, 2레인지, 3레인지) 4. 직 선 성 : ±5.0% FS 이하 5. 조 반 성 : ±2.0% FS 이하 6. 세 정 방 식 : 워터제트, 유리구슬 등 7. 검수사용량 : 1~10 l/min 검수 압력 : 0.02~0.2 Mpa/cm²G 8. 시약사용량 : 3 ml/min 이하 9. 출 력 신 호 : 4~20 mA DC 10. 전 원 : AC 80~250 V 11. 주 위 온 도 : 0~40℃ 	
설 치 상 의 주 의	<ol style="list-style-type: none"> 1. 검출부 세정용의 세정수 준비 2. 측정액 유속은 0.3~2m/s 이하의 장소를 선택 3. 진동이 적은 장소를 선택 4. 유지보수 공간을 충분히 확보 5. 검출기 취부장소는 측정액이 체류하고 있는 장소를 피하여 측정액을 대표하는 장소를 선택 6. 검출 헤드에 기포가 체류하지 않도록 유체 상류측으로부터 하류측으로 향하게 약 15° 각도로 설치 7. 직사광의 영향을 방지하기 위하여 검출부 침적깊이는 0.5m 이상으로 할 것 		<ol style="list-style-type: none"> 1. 기계적 진동이 없고 계기가 수평으로 설치할 수 있는 안정성이 있는 곳에 설치 2. 부식성 가스가 적고 환기를 충분히 할 수 있는 장소에 설치 3. 상면에는 액을 흘리더라도 지장이 없도록 배수구를 설치 4. 시약액 조정용의 물을 용이하게 얻을 수 있도록 고려 5. 잔류염소계, 시약액 탱크의 직사광선은 피할 것 	

구분	27	전기화학분해법 COD계	28	과망간산칼륨법 COD계								
구 성 도												
동 작 원 리		<p>시료수를 전기분해하여 산화력이 높은 OH 기를 생성시킨다. 전기화학적 조건들을 일정하게 유지하기 위해 양극의 전극전위는 기준전극에 대해 일정하게 유지된다. 전극 주위에 생성된 OH-기는 측정용액에 포함된 유기물질들에 의해 소모되며, OH-기의 연속 생성을 위해서는 전극시스템을 통한 전류가 필요하다. 산화제를 생성하는 작용전극의 전위가 일정하게 유지되기 때문에, 초당(시간당) 전하량은 유기물의 농도와 작용전극의 산소소모량에 따라 달라진다.</p>	<p>일정량의 시료수와 일정량의 약품을 반응조에 넣어 100℃에서 30분간 반응시킨다. 시료수중의 피산화물이 과망간산칼륨에 의해서 산화한다. 약품(산성법: 수산화나트륨, 알칼리성법: 황산...수산화나트륨)을 가하면 미반응의 과망간산칼륨과 반응하여 과잉의 수산화나트륨이 남는다. 잔류한 수산화나트륨을 과망간산칼륨으로 적정하게 중점을 산화환원전위차적정법에 의해 그 양을 측정하여 연산에 의해 COD값을 구한다. 또, 측정치와 실제분석의 COD값과의 상호관계를 비교할 필요가 있다.</p>									
사 양		<ol style="list-style-type: none"> 1. 측정 범위 : 1-100 mg/l, 1-100,000 mg/l 2. 전극 구성 : 작용전극, 기준전극, 비교전극 3. 재현성 : ±3% FS 이내 4. 측정 주기 : 30분 이내 5. 교정 : 자동교정, 시간과 주기 입력 가능 6. 출력 신호 : 4-20 mA 7. 전 원 : AC 80~250 V 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 측정 범위 : 0~20-1,000 mg/l 2. 안정성 : 영점, 스판 ±4.0% FS 3. 출력 신호 : 4~20 mA DC 4. 전 원 : AC 80~250 V 5. 측정 주기 : 1시간 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>산성법</th> <th>알칼리성법</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>규격</td> <td>KS M 9164 수질오탁방지법 배수기준의 측정법 환경기준의 측정법</td> <td>KS M 9164 공업용수시험법에 규정</td> </tr> <tr> <td>배액처리 약품 염소이온 측정치</td> <td>염화은처리 고가 영향크다 KS에 규정화되어 있어 사용가</td> <td>불요 저가 영향작다 산성법과의 상관값이 필요</td> </tr> </tbody> </table>	구분	산성법	알칼리성법	규격	KS M 9164 수질오탁방지법 배수기준의 측정법 환경기준의 측정법	KS M 9164 공업용수시험법에 규정	배액처리 약품 염소이온 측정치	염화은처리 고가 영향크다 KS에 규정화되어 있어 사용가	불요 저가 영향작다 산성법과의 상관값이 필요
구분	산성법	알칼리성법										
규격	KS M 9164 수질오탁방지법 배수기준의 측정법 환경기준의 측정법	KS M 9164 공업용수시험법에 규정										
배액처리 약품 염소이온 측정치	염화은처리 고가 영향크다 KS에 규정화되어 있어 사용가	불요 저가 영향작다 산성법과의 상관값이 필요										
설 치 상 의 주 의		<ol style="list-style-type: none"> 1. 운용 조건: 열지 않고 건조한 장소에 설치 -주위온도: 5°C-35°C -습 도: 80% 2. 시료량: 5-10 m³/h, 최대압력: 0.2-0.3 bar 3. 수도수 유입: 15φ 튜브 4. 기타 설치시 주의사항 - 측정기는 벽에 고정시킬 수 있도록 설계 - 마운팅 랙에도 설치 가능 - 샘플링 장치는 측정기 바로 아래 고정 - 배수라인은 자연압으로 배수 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 희석수, 수도수, 시료수를 용이하게 얻을 수 있는 장소에 설치 2. 측정폐액: 중화처리후 배수가 가능한 장소에 설치 (산성법) 3. 기계적 진동, 충격이 적은 장소를 선택하여 설치 4. 직접 풍우나 일사를 피할수 있는 옥내에 설치하고 환기 팬 설치 5. 보수점검이 용이한 장소에 설치 6. 동계 동결이 예상되는 경우에는 보온 필요 									

구분	29	미생물 호흡법 BOD계	30	미생물 연료전지 방식 BOD계
구 성 도				
동 작 원 리	<p>현장활성슬러지 첨가에 따른 미생물호흡에 의한 산소소모량 측정방식으로, 반응조를 구성하여 미생물성장온도 유지 및 빠른 속도로 산소를 공급하여 미생물이 거의 모든 유기물을 빠르고 완전하게 분해할 수 있게 해주어 BOD₅ 값과의 상관관계를 산출해낸다.</p>		<p>미생물연료전지식 측정방법으로 측정시료내의 유기물이 미생물연료전지내의 전기화학적 활성미생물에 의해 산화될 때의 전기발생량을 BOD값으로 정확하게 환산한다.</p>	
사 양	<ol style="list-style-type: none"> 1. 측정범위 : 0-50 mg/l, 0-50,000 mg/l 2. 응답시간 : 10분 이내 3. 교정 : 시간과 주기를 입력 자동 교정 4. 자기진단기능 5. 아날로그 출력신호 : 4-20 mA 6. 인터페이스 : 원거리 콘트롤용 씨리얼 인터페이스 7. 상황지시 출력신호 : 점점 출력 8. 전 원 : AC 110, 220V, 50~60Hz 9. 본 체 : IP 65 		<ol style="list-style-type: none"> 1. 측정범위 : 0~200 mg/l 2. 전 원 : AC 110/220 V, 50/60 Hz 3. 출력신호 : DC 4~20 mA, RS232C 4. 측정주기 : 30 min, 임의설정가능 5. Display : 동작상태, 조정중, 자동측정가능 	
설 치 상 의 주 의	<ol style="list-style-type: none"> 1. 운용 조건: 열지 않고 건조한 장소에 설치 <ul style="list-style-type: none"> - 주위온도 : 5°C-35°C - 습도 : 80% - 직사광선을 피한다. 2. 시료량 : 5-10 m³/h, 최대압력 : 0.2-0.3 bar 3. 수도수 유입 : 냉각수로 사용 4. 기타 설치시 주의사항 <ul style="list-style-type: none"> - 측정기는 벽에 고정시킬 수 있도록 설계 - 마운팅 랙에도 설치 가능 - 샘플링 장치는 측정기 바로 아래 고정 - 배수라인은 자연압으로 배수 		<ol style="list-style-type: none"> 1. 사용미생물은 추가적인 임의의 미생물 주입이 필요 없이, 현장미생물을 이용하여 측정값의 재현성 및 안정성을 확보하여야 한다. 2. 측정전극은 유지관리가 편리하여 무인관리 및 감시가 가능하여야 하고 교체주기도 길어서 유지관리비용도 절감하여야 한다. 3. 계측기기의 고장을 및 튜브의 막힘현상을 사전 예방할 수 있는 시료전처리장치 기능을 제공한다. 4. 측정기설치조건은 직사광선을 피하고 접지가 가능하고 부식성 기체나 액체 등이 없는 곳으로 하며 설치온도는 5~40°C로 한다. 	

구분	31	열연소화학형광검출법 TN계	32	화학발광식 TN계
구 성 도				
동 작 원 리	<p>샘플링장치에서 샘플링된 시료를 반응기를 통해 고온에서 산화시킨 후 냉각기와 필터를 경유, 이물질이 제거되도록 한다. 샘플수가 검출기에 도달하면 산화질소성분과 오존의 반응을 거친 후, 이때 반응된 물질이 들뜬 상태에서 바닥상태로 안정화될 때의 빛의 양을 연속적으로 카운팅하여 전류형태로 바꾸어 수치화한다. 질소성분의 농도는 전류치에 비례하여 변화하므로 검출기에서 이 값을 구한다.</p>		<p>고온의 가열로에서 백금촉매를 이용하여 시료를 완전 산화분해하고 여기에 오존을 주입하여 발생하는 화학발광을 측정한다.</p>	
사 양	<ol style="list-style-type: none"> 측정 범위 : 0-200 mg/l 반응 시간 : 10분 이내 출력 신호 : 4-20 mA 자기진단기능 전원 : AC 110, 220 V, 50~60 Hz 		<ol style="list-style-type: none"> 측정 범위 : 0~2/5/10/20/50/100/200/500/1000/2000/4000 mgN/L (선택) 측정 주기 : 시간 선택 제현성 : 4% FS 이내 자동교정기능 : 자동 교정 출력 신호 : 4~20mA 점점출력신호 : 경보신호, 이벤트 신호 고정 점점입력신호 : 유량계 신호, 리모트신호 고정 Serial 출력 : RS-422 또는 RS-232(option) 	
설 치 상 의 주 의	<ol style="list-style-type: none"> 운용 조건 <ul style="list-style-type: none"> -주위온도 : 5°C ~ 35°C -습도 : 80% 시료량 : 5-10 m³/h, 최대압력: 0.2 bar, 온도 : 최대 50°C 기타 설치시 주의사항 <ul style="list-style-type: none"> - 측정기는 벽에 고정시킬 수 있도록 설계 - 마운팅 랙에도 설치 가능. - 샘플링 장치는 측정기 바로 아래 고정 - 배수라인은 자연압으로 배수 		<ol style="list-style-type: none"> 측정시료 조건 <ul style="list-style-type: none"> -수온 : 1~40°C -유량 : 현탁시료 전처리기 사용시 10 L/min, 시료조 제조 사용시 2L/min 세정수 조건 <ul style="list-style-type: none"> - 현탁시료 전처리기용(option) - 수도수 사용 공급수 조건 <ul style="list-style-type: none"> - 희석수 정제 세트(option) 및 UV계용(option) -압력 : 300~500 kPa, 수도수 사용 Air 조건 <ul style="list-style-type: none"> - 현탁시료 전처리기용(option) - 압력 : 250~300 kPa 옥내 설치용 설치온도 : 1~40°C 	

구분	33	흡광광도법 TP계	34	자외선 산화방식 TP계
구 성 도				
동 작 원 리	<p>측광기에 내장된 처리기에서 용액에서 흡수한 빛을 측정 한 뒤, 이어 분석기의 콘트롤 유닛에서 샘플용액의 인산 총량을 검출하게 된다.</p>		<p>자외선 산화방식으로 시료에 과황산칼륨과 황산을 첨가 하고 자외선을 조사하여 가열분해한 후, 분해된 시료에 산화나트륨, 아스코르빈산, 몰리브덴산암모늄, 주석산안티모닐칼륨 등의 약품을 첨가하여 흡광도를 측정한다.</p>	
사 양	<ol style="list-style-type: none"> 측 정 범 위 : 0.01~3.00/6.00 mg/l, 0.3~100/200 μmol/l (선택) 측 정 주 기 : 10/15/20/25/30/60 min(선택) 분 해 능 : 범위 0.01~3.00 mg/l 자동교정기능 : 2-point 완전자동교정 자동교정간격 : 시간과 주기를 입력하면 자동 교정 세 척 : 자동세척 인터페이스 : RS-232, RS-485 출력 		<ol style="list-style-type: none"> 측 정 범 위 : 0~0.5/1/2/5/10/20/50/100 mgP/L 측 정 주 기 : 1/2/3/4/6//12/24 시간중 선택 재 현 성 : ±5% FS 이내 자동교정기능 : 시간과 주기를 입력하면 자동 교정 출력신호 : 4~20 mA 접점출력신호 : 경보신호, 이벤트 신호 고정 접점입력신호 : 유량계신호, 리모트신호 고정 Serial 출력 : RS-422 또는 RS-232 출력 전 원 : AC 110, 220 V 50~60 Hz 	
설 치 상 의 주 의	<ol style="list-style-type: none"> 주위온도 : 0°C-40°C 기타 설치시 주의사항 <ul style="list-style-type: none"> 측정기는 벽에 고정시킬 수 있도록 설계 마운팅 랙에도 설치 가능 샘플링 장치는 측정기 바로 아래 고정 배수라인은 자연압으로 배수 		<ol style="list-style-type: none"> 측정시료 수온 : 1~40°C 세정수 조건 <ul style="list-style-type: none"> 현탁시료전처리기용(option) 압력 : 300~500 kPa, 수도수 사용 공급수 조건 <ul style="list-style-type: none"> 회석수 정제 세트(option) 및 UV계용 압력 : 300~500 kPa, 수도수 사용 Air 조건 <ul style="list-style-type: none"> 현탁시료 전처리기용 압력 : 250~300 kPa 설치온도 : 1~40°C(옥내용), -5~40°C(옥외용) 	

구분	35	무촉매열연소법 TOC계	36	연소촉매산화-CO2검출(NDIR) TOC계
구 성 도				
동 작 원 리	<p>시료를 고온에서 완전 산화 후 총 탄소의 양을 검출하여 TC와 TIC의 차에 의하여 TOC값을 산출하는 difference method, 혹은 시료를 산성화시켜 통기처리한 후 시료 중의 무기탄소를 제거하여 TOC값을 구하는 direct method 방식이 있다.</p>		<p>시료에 염산을 첨가하여 산성화시켜 통기처리를 하여 시료중의 IC(무기탄소)를 대기중으로 배출시키고 남아 있는 시료를 이용하여 TOC값을 측정한다.</p>	
사 양	<ol style="list-style-type: none"> 측 정 범 위 : 0.1-200 mg/l, 5-4,000 mg/l, 100-50,000 mg/l TOC 측 정 간 격 : TC 또는 TOC 직접 측정 : 1분, TC와 TIC의 차이에서 TOC 측정 : 3분 측 정 범 위 : 0.1-200 mg/l 검 출 기 : NDIR detector 정 확 도 : ±2% FS 이내 재 현 성 : ±2% FS 이내 입 자 크 기 : 0.8 mm까지 인터페이스 : 원거리 콘트롤용 씨리얼 상 황 지 시 출력신호 : 4 릴레이 접점 자기진단기능 : 정비 체크리스트 및 자기진단 전 원 : AC 110, 220 V, 50~60 Hz 		<ol style="list-style-type: none"> 측 정 범 위 : 0~2/5/10/20/50/100/200/500/1,000/2,000/5,000/10,000/ mgC/L(선택) 측 정 주 기 : 1/2/3/4/6/12/24 시간중 선택 재 현 성 : ±2% FS 이내 자동교정기능 : 시간과 주기를 입력 자동 교정 출 력 신 호 : 4~20 mA 접점출력신호 : 경보신호, 이벤트 신호 고정 접점입력신호 : 유량계 신호, 리모트신호 고정 Serial 출력 : RS-422 또는 RS-232 전 원 : AC 110, 220 V, 8 A, 50~60 Hz 	
설 치 상 의 주 의	<ol style="list-style-type: none"> 운용 조건 <ul style="list-style-type: none"> -주위온도 : 5°C~35°C -습도 : 80% 시료량 : 5-10 m³/h, 최대압력 : 0.2-0.3 bar, 온도 최대 50°C 기타 설치시 주의사항 <ul style="list-style-type: none"> - 측정기는 벽에 고정시킬 수 있도록 설계 - 마운팅 랙에도 설치 가능 - 샘플링 장치는 측정기 바로 아래 고정 - 배수라인은 자연압으로 배수. 		<ol style="list-style-type: none"> 측정시료 조건 <ul style="list-style-type: none"> -수온 : 1~40°C -유량 : 현탁시료 전처리기 사용시 10 L/min, 시료조 제조 사용시 2 L/min 세정수 조건 <ul style="list-style-type: none"> - 현탁시료 전처리기용(option) -압력 : 300~500 kPa, 수도수 사용 공급수 조건 <ul style="list-style-type: none"> - 회석수 정제 세트(option) 및 UV계용(option) -압력 : 300~500 kPa, 수도수 사용 Air 조건 <ul style="list-style-type: none"> -현탁시료 전처리기용(option) -압력 : 250~300 kPa 옥내 설치용 설치온도 : 1~40°C 	

구분	37 초음파감쇄식, 적외선방식 계면계	38 측온저항체 온도계
구 성 도		
동 작 원 리	<p>수중에 매단 센서(발신·수신자)간의 초음파가 슬러지농도에 의해 감쇄하는 양을 측정하여 농도를 구한다. 또는 설정농도(슬러지계면)가 되도록 센서를 매단 케이블을 감는 장치로 측정한다.</p> $I = I_0 e^{-\alpha dx}$ <p>I : 거리X 떨어진 점의 초음파의 강함 I_0 : X = 0 점의 초음파의 강함 X : 송·수신기간의 거리 $\alpha = Kdf^4$ α : 감쇄계수 K : 계수 d : 농도 f : 주파수</p>	<p>백금선 온도/전기저항변화특성을 이용하여 온도의 변화에 대한 전기 저항치 변화를 측정한다.</p> <p>온도/전기저항변화 : 준거규격 : KS C 1603 $Pt_{100} : R_{100}/R_0$치 = 1.3850</p> <p>전기저항치는 브리지회로에서 R/V로 변환되고 V/I가 변환된다.</p>
사 양	<ol style="list-style-type: none"> 레벨측정범위 : 0~5, 10, 15 m 농도측정범위 : 0~0.5-10% 정도 계면 : $\pm 5.0\%$ FS 이하 농도 : $\pm 5.0\%$ FS 이하 출력신호 계면 : 4~20 mA DC 농도 : 4~20 mA DC 전 원 : AC 80~250 V 검출부 <ol style="list-style-type: none"> 재 질 : 센 서 : STS 304/316 취부금구 : STS 304/316 구 조 : 수중형 	<ol style="list-style-type: none"> 저 항 체 : Pt_{100} 계 급 : A급(0.2급), B급(0.5급) 소 자 수 : 단심, 쌍심 규 정 전 류 : A급(2mA), B급(5mA) 보호관부재 : STS 304/316/316L 취 부 부 : 25PT 또는 플랜지 사용온도범위 : $-20 \sim 650^\circ\text{C}$ 단 자 받 : 밀폐형, 알루미늄합금 방 폭 : 비방폭형, 내압방폭형 변환기부 출력신호 : 4~20mA DC 변환기부 전원 : DC 24 V
설 치 상 의 주 의	<ol style="list-style-type: none"> 조내의 흐름이 있는 경우에 검출기부를 가이드 와이어 등을 사용하여 흔들리지 않도록 고정할 것 수중 기포, 가스 등에 의한 계측오차가 생기기 때문에 기포, 가스발생이 없는 장소에 설치할 것 옥외설치의 경우는 햇빛, 풍우방지 커버를 고려할 것 피뢰기를 내장하지 않는 장치도 있으므로 유의할 것 	<ol style="list-style-type: none"> 삽입길이는 보호관외경의 10~15배 필요 감온부가 측정위치에 적당하도록 보호관 길이를 선택할 것 단자부근의 온도는 100°C 이하로 할 것 소화조 온도측정 : 별도공사로 보호관이 설치되지만 체크가 필요 계측정도를 향상시키기 위해 보호관에 충전제(광유)를 넣는다. 보호관의 길이(침적깊이)는 수면의 최저 레벨보다 200 mm 이상으로 잡을 것

6.3.4 수질원격감시체계(TMS)

1) 일반사항

하수처리 배출량을 기준으로 pH, 유기물(COD, BOD), SS, TN, TP, 유량계, 자동시료채취장치, 자료전송장치(data logger) 등을 설치하도록 법으로 규정하고 있다.

【해설】

수질오염물질 배출을 발생원에서부터 원격 관리함으로써 국가 수질오염을 사전에 저감하고 보다 체계적이고 효율적인 통합관리체계 구축과 양질의 물 공급, 종합적이고 체계적인 물환경 관리를 위한 환경정보화 기반을 마련하기 위하여 수질원격감시체계(TMS)를 구축하고 수질 및 수생태계 보전에 관한 법률을 개정하여 하수 배출량을 기준으로 2,000톤/일(2009년 현재) 이상의 시설에 pH, 유기물(COD, BOD), SS, TN, TP, 유량계, 자동시료채취장치, 자료전송장치(data logger) 등을 설치하도록 규정하고 있다.

수질측정기기로 측정된 자료를 활용하여 사업장에서 배출되는 수질오염물질을 24시간 상시 감시하고, 오염원 배출 사업장 지도·점검의 투명성 및 효율성을 제고하여 행정의 신뢰성을 확보하고, 향후 수질오염 총량관리를 과학적 및 합리적으로 추진하고, 배출부과금제도에 활용할 예정으로 있다.

따라서, 수질원격감시체계(TMS) 구축 대상 사업장은 주변 환경이 측정기에 영향을 미치지 않도록 측정시스템을 별도 공간에 격리시키고 외기온도, 수분, 먼지, 진동, 전원 전압 불안정, 주파수 변동 등으로 인해 측정기의 오동작이 유발될 우려가 있는 경우 항온·항습 장치, 무정전을 포함한 정전압장치(UPS), 방진장치, 접지 등을 설치하여야 하며, 낙뢰 등으로부터 보호하기 위한 피뢰침 설치 등의 대책을 세워야 하고, 채수지점 선정, 설치장소 및 규모, 보수·점검의 신속성 등을 종합적으로 검토하여야 한다.

2) 수질원격감시체계의 구성

수질원격감시체계는 크게 다음과 같이 구성된다.

- (1) 시료 채취부
- (2) 연속 측정부
- (3) 전기 제어부
- (4) 공조설비
- (5) 전송장치
- (6) 측정소건물
- (7) 기타 필요 설비

【해설】

(1)에 대하여

시료 채취부는 채수펌프와 채취된 시료를 전처리하는 조정조 및 저류조 등으로 구성된다. 채수펌프

는 시료의 채수지점이나 측정기 설치 장소의 상황에 적합하게 수중 또는 흡입식 펌프를 사용하고, 조정조는 시료에 포함될 수 있는 불용성 협잡물을 제거시키기 위한 장치이다.

(2)에 대하여

연속측정부는 pH, COD, BOD, SS, TN, TP, 유량 등을 측정하는 장치로, 주요 측정방법은 pH의 경우 유리전극 또는 안티몬 전극방식, 생물학적산소요구량(BOD)은 미생물연료전지법 또는 산소전극법, 화학적산소요구량(COD)은 과망간산칼륨법 또는 전기화학식 등 화학반응을 이용하는 방법이 이용되고, 총질소(TN) 및 총인(TP)은 흡광광도법, 부유물질량(SS)은 광산란법 또는 중량검출법, 유량은 대부분이 위어 또는 파살프롭 방식으로 수위측정을 위해 플로트식 또는 초음파식 등이 사용되고 있다.

(3)에 대하여

전기제어부는 운용에 필요한 전원을 공급하거나 제어하는 부분으로 TMS는 무인으로 운전되므로 누전차단기, 온도 릴레이 등을 사용하여 안전에 대비하여야 한다. 또한, 자동시료채취장치의 샘플링 펌프 제어 및 시료채취조(조정조)의 세정 동작 제어 등이 포함된다.

(4)에 대하여

수질자동측정기기는 온도, 습도 등 주위 환경 영향을 받기 때문에 측정기의 주위 온도를 10~30℃로 유지하도록 시설하고, 환기팬 등 공조 설비를 필수적으로 설치하여야 한다.

(5)에 대하여

전송장치는 수질자동측정기기가 측정한 데이터를 관제센터에 전송하는 기능과 관제센터에서 필요시 자동시료채취장치의 샘플링펌프 전환 제어와 수질자동측정기기의 세정제어 등도 전송장치를 이용하여 실행하는 경우도 있다.

이러한 데이터, 감시신호 및 제어신호 등의 전송에는 주로 유선전송을 요구하지만 불가피한 경우 사업장 내부 구간에 무선 전송을 사용하기도 한다.

(6)에 대하여

측정소 건물은 자동측정기기에 적합한 환경 조건을 갖추어야 하며, 보수 관리를 쉽게 할 수 있는 공간도 고려하여 설계되어야 한다. 건물의 위치는 가능한 방류구 인접하는 것이 유리하나 지리적 여건상 방류구와 이격하여 설치할 경우에는 이송관로 내에 생기는 조류 등의 영향으로 측정값에 오류가 발생될 수 있으므로 세심한 주의가 필요하다.

(7)에 대하여

수질자동측정시스템의 측정실내에는 교정용액 및 측정 기기의 운전에 필요한 시약용액 등의 보존을 위한 냉장고, 시약 조제를 위한 실험대, 시약 또는 부품을 수납하는 선반 및 수질오염공정시험방법으로 측정 또는 분석에 필요한 기자재 등이 갖추어져 있어야 한다.

3) 수질자동측정기기의 선정의 일반사항

수질자동측정기기는 기능, 정밀도, 측정결과의 처리, 전송방법 등의 계획을 명확히 하여 이에 적합한 측정기기를 선정하여야 하며, 설치 환경 조건 및 내구성과 신뢰성도 함께 고려되어야 한다. 선정 시 일반적 고려사항은 다음과 같다.

- (1) 관련 규정상의 적합성
- (2) 목적에 대한 적합성
- (3) 신뢰성의 확보
- (4) 측정기술 동향 파악

【해설】

수질원격감시체계(TMS)의 측정 항목 및 목적, 수질자동측정기기의 기능과 정밀·정확도, 측정 결과의 처리, 전송 방법등의 계획을 명확히 하여 이에 적합한 측정기기를 선정하여야 한다. 수질자동측정기기를 비롯하여 환경 측정용 장비는 일반 분석 장비에 비하여 기술적 발전 및 설계 요소의 변화가 빠르며, 환경 조건 및 고도의 내구성과 신뢰성을 필요로 하므로 측정기를 선정, 설치할 때 고려해야 할 요소가 많다.

(1)에 대하여

측정기기의 측정방법, 형식승인, 검정의 대상 및 필요성 유무를 조사하여 관련 법규에 적합한지 여부를 검토하여야 하며, 설치 후 데이터를 관계 기관 또는 외부에 제출하여야 하는 경우는 특히 규정의 적합성을 고려하여야 하며, 참고 측정용이나 공정 관리용 장비라 할지라도 장기적인 관련 규정의 변화를 예상하여 검토하여야 한다. 또한, 국내 측정기기 관련 제조 기술이 일반화되어 있지 않아 관련 규정에서 비교적 상세히 규정하고 있는 경우가 많으므로 이를 참고하는 것이 바람직하다.

(2)에 대하여

수질 오염 측정은 mg/l(ppm)레벨 이하의 미량 성분을 분석하는 경우가 많으므로 측정 기기의 정밀·정확도가 충분한지 여부, 또한 이러한 정밀·정확도를 장기간(또는 연속적으로) 유지 가능한지의 여부(내구성 파악), 측정원리, 구조, 교정방법 등을 충분히 확인할 필요가 있다.

(3)에 대하여

수질자동측정기기의 동작 또는 정밀·정확도가 양호하지 않은 경우 측정 자료의 신뢰성이 저하되어 해당 관제 센터에 측정 자료의 송신이 불가능해 질 수 있고 당해 생산 시설의 조업 정지도 생각해야 하므로 시료 채취 시스템을 포함하여 측정기 전체에 대한 높은 신뢰성이 요구된다. 따라서 경우에 따라 dual system 설치도 고려할 필요가 있다.

(4)에 대하여

수질연속측정 기술의 발전은 매우 빠르게 진행되고 있기 때문에 항상 기술 개발 동향을 파악할 필요가 있다. 장비의 선정 시점에서 최적의 장비를 선택하여야 하나 단지 최신의 것이 최상의 것은 아니므로 사용실적, 가동 상황을 확인하는 것이 바람직하다.

4) 수질자동측정기기의 선정의 구체적 검토사항

수질자동측정기기 선정 시 구체적 검토 사항은 다음과 같다

- (1) 측정기기의 성능
- (2) 측정기기의 가격
- (3) 설치 비용
- (4) 유지관리 비용
- (5) 시운전 및 교육
- (6) 하자보증

【해설】

(1)에 대하여

측정원리, 측정범위, 정밀도, 재현성, 직선성, 영점편차, 스팬편차, 상대정확도, 응답시간, 절연저항 등이 『환경측정기기의 형식승인·정도검사 등에 관한 규정』에서 규정된 성능 기준에 적합한지의 여부를 판단하고 설치 후 검사를 통하여 확인한다. 측정기기의 측정 범위는 사업장의 평소 배출농도를 참고하여 적정 범위로 선정하여야 하며, 각각의 성능 항목은 제작사 규격서에 따라 다른 용어로 표기되거나 일부 누락된 항목이 있을 수 있으므로 성능 항목의 적합 여부를 검토하여야 한다.

(2)에 대하여

측정기기 가격은 본체 및 부속기기의 가격뿐만 아니라 현장의 설치 공간 및 여건에 따른 설치 공사 비용도 고려되어야 한다. 또한 운영 중의 유지보수비용, 소모품비 등도 함께 고려되어야 하며, 경우에 따라 초기 투자비가 적을 경우 유지보수비가 높아지는 사례가 있으므로 충분히 고려하여 선정하여야 한다.

(3)에 대하여

- ① 설치 지점에 따른 설치 가대(panel 등), 샘플링 지점에 따른 샘플 채취 방법 강구
- ② 배관 공사 작업 부분 또는 드레인 시의 배관 작업(재질 선정- 공사시의 판단)
- ③ 배출수(드레인) 배출 방법(배수 펌프 필요 여부)
- ④ 신호 처리에 따른 현황 파악(신호를 받을 수 있도록 A/D 카드, 컴퓨터 용량 및 프로그램 등을 검토)
- ⑤ 분석 기기의 전원과 신호에 대한 피뢰기(arrester) 부착 비용 등을 검토하여야 한다.

(4)에 대하여

사용되는 소모품 목록, 소모품의 수명 및 교체 주기 등을 감안하여 유지관리비용을 산정하고 측정기기별로 검토하여야 한다.

(5)에 대하여

시운전은 측정기기를 설치한 후 약 1개월간 실시되며, 그 이후 구매 규격과의 적합성 판단을 위한 검수 검사가 진행된다. 또한 운영자의 교육은 측정기기 자체 교육뿐만 아니라 측정데이터의 활용 및

간단한 고장 시 조치 요령 등이 포함되어야 한다.

(6)에 대하여

검수 검사 시 측정기기의 규격, 성능 및 요구 사항의 미준수 사항에 대한 명문화된 하자 보증 방안이 포함되어야 한다.

5) 항목별 측정기기의 성능 기준

수질자동측정기기의 성능은 환경측정기기의 형식승인·정도검사 등에 관한 규정을 만족하여야 하며, 구체적 내용은 한국환경공단의 수질자동측정기기의 선정 및 일반 지침을 참고한다.

- (1) 수소 이온 농도(pH)
- (2) 생물학적 산소요구량(BOD)
- (3) 화학적 산소요구량(COD)
- (4) 부유물질량 (SS)
- (5) 총질소(TN)
- (6) 총인(TP)
- (7) 유량
- (8) 자동시료채취장치

【해설】

(1)에 대하여

공장, 사업장 등에서 배출되는 하·폐수 및 하천, 호소 등의 공공 수역에서 물의 수소이온 농도를 연속적으로 자동 측정할 수 있어야 하며, 측정방식은 유리전극법, 안티몬전극법 또는 이와 동등 이상의 방법이어야 한다.

(2)에 대하여

공장, 사업장 등에서 배출되는 하·폐수 및 하천, 호소 등의 공공 수역에서 물의 생물학적 산소요구량을 연속적으로 자동 측정할 수 있어야 하며, 측정방식은 산소전극 또는 산소센서에 의한 측정방식 및 이와 동등 이상의 방법이어야 한다.

(3)에 대하여

화학적 산소 요구량 자동 측정기(과망간산칼륨법 또는 이와 동등 이상의 성능을 갖는 방법)는 공장, 사업장 등에서 배출되는 하·폐수 및 하천, 호소 등의 공공 수역에서 물의 화학적 산소요구량을 연속적으로 자동 측정할 수 있어야 하며, 측정기는 100℃ 과망간산칼륨법에 의한 산성 또는 알칼리성 및 이와 동등 이상의 성능을 가진 방식이어야 한다.

(4)에 대하여

공장, 사업장 등에서 배출되는 하·폐수 및 하천, 호소 등의 공공 수역에서 물의 부유물질량을 연속적으로 자동 측정할 수 있어야 하며, 측정 방식은 중량검출법, 광산란법 또는 이와 동등 이상의 방법이어야 한다.

(5)에 대하여

총질소(암모니아성, 질산성 및 아질산성 질소 포함) 측정기는 공장, 사업장 등에서 배출되는 하·폐수 및 하천, 호소 등의 공공 수역에서 물의 질소량을 연속적으로 자동 측정할 수 있어야 하며, 측정 방식은 이온전극법, 자외선 흡수분광법, 카드뮴환원법 또는 이와 동등 이상의 방법이어야 한다.

(6)에 대하여

총인(인산염 인 포함) 측정기는 공장, 사업장 등에서 배출되는 하·폐수 및 하천, 호소 등의 공공 수역에서 물의 총인(인산염 인)을 연속적으로 자동 측정할 수 있어야 하며, 측정 방식은 이온전극법, 자외선으로 산화 후 아스코르빈산 환원법 또는 이와 동등 이상의 방법이어야 한다.

(7)에 대하여

총량 규제 및 TMS에서 오·폐수의 발생량을 산정하고, 오염 부하량 및 배출 부과금을 산출 중요한 지표로 정도 관리가 매우 중요하며, 개방형 수로에는 위어(삼각 및 사각), 파살프롬이 있으며 유량 측정 방식에는 초음파 방식과 플로트 방식이 있다.

(8)에 대하여

자동 및 원격으로 채수 용기에 채수된 시료를 배출시키거나 채수할 수 있어야 하며, 좌표 또는 채수 용기를 인식할 수 있는 기능이 있어야 하고, 채수 용기 보관실 문의 개폐 여부에 대한 상태 정보를 지시 및 출력할 수 있어야 한다. 구성은 연속시료주입기, 시료정량배분기, 저온시료보관함, 시료보관용기 및 정보 송수신기 등으로 이루어진다.

6) 수질자동측정기기의 설치

수질원격감시체계(TMS)를 위한 수질자동측정기기의 설치 방법은 수질오염공정시험방법을 기초로 하며, 측정기기의 특성 및 기기와 방류수 특성 등에 따라 철저하게 검토 후 설치하여야 한다.

- (1) 시료채취지점
- (2) 시료 채취조
- (3) 배수관
- (4) 측정소 입지 조건
- (5) 측정소 구조
- (6) 측정소내 기타 설비
- (7) 전기, 수도 등의 Utility 설비

【해설】

(1)에 대하여

시료 채취 위치는 수질오염공정시험방법의 『시료의 채취 및 보존방법』을 만족시켜야 하며, 다음 사항을 고려하여 선정한다.

- ① 방류수의 성질과 오염 물질의 농도를 대표할 수 있는 곳으로 수로나 관로의 굴곡부나 단면

모양이 급격히 변하는 부분을 피하여 배출 흐름이 안정된 곳을 선택하여야 한다.

- ② 측정이나 유지 보수가 가능하도록 접근이 쉬운 곳이어야 한다.
- ③ 시료 채취 시 우수나 조업 목적 이외의 물이 포함되지 말아야 한다.
- ④ 최종 방류구에서 채수 지점을 선정한다.
- ⑤ 취수구의 위치는 수면 하 10cm 이상, 바닥으로부터 15cm를 유지하여 동결기의 결빙을 방지하고 바닥 퇴적물이 유입되지 않도록 하되, 불가피한 경우는 수면 하 5cm에서 채수할 수 있다.

(2)에 대하여

시료채취조는 채수관을 통해 온 시료를 측정기로 보내기 전에 체류시켜 수압과 유량을 안정화시키기 위한 것으로, 큰 부유물질과 침전 물질을 분리시키기에 충분한 용량을 갖고 세정하기 쉬우며, 시료와 반응하지 않고 측정 결과에 영향을 미치지 않는 재질이어야 한다. 필요한 경우 측정 목적에 맞는 여과 시설을 부착할 수 있으나 원 시료의 농도에 영향이 없어야 한다.

시료채취조는 일반 분석 장비를 위한 것으로 측정소 벽면 상부에 위치하며, 자동 시료채취기를 위하여 별도의 채취조를 측정소 바닥에 설치하되 수리, 보수 등 정비기간 외는 방류수와의 물이 혼입되지 않도록 덮개를 고정하여야 한다.

(3)에 대하여

배수를 방류구에 할 경우에는 반드시 채수 지점보다 하류에 방류하여 채수하는 시료와 혼합되지 않도록 하여야 한다. 측정 후 발생하는 폐액 등을 배출할 때는 별도로 수집하여 처리하거나 처리 시설로 이송 처리하여야 한다.

(4)에 대하여

측정소로 사용할 장소는 다음과 같은 조건을 구비하여야 한다.

- ① 진동이 적은 곳
- ② 부식성 가스나 분진이 적은 곳
- ③ 온도나 습도가 높지 않은 곳
- ④ 전력의 공급이 안정적인 곳
- ⑤ 전화선(또는 인터넷선)의 인입이 용이한 곳
- ⑥ 보수 및 점검 작업이 용이하고 안전한 곳
- ⑦ 채수 지점이 가까운 곳

(5)에 대하여

측정소는 수질자동측정시스템을 운용하기 위한 구조로 검토하여야 하고, 특히 시료 및 상수도 등의 배관으로부터 누수가 없도록 하여야 한다. 또 배수관 부위의 피트나 시료에서 발생하는 가스 및 습도를 제어할 수 있어야 한다.

- ① 건축물의 넓이

측정기의 종류 및 설치 댓수에 따라 다를 수 있으나 통상 바닥 면적은 20~25㎡ 이상이 적정하다.

② 작업 공간용 거리

- 측정기기 정면 : 1.5~2.0 m
- 측정기기 좌우 : 좌측 1.5~2.0m, 우측 0.1~1.2m
- 측정기기 배면 : 1.0~1.5 m

③ 천정의 높이는 약 3m가 적정하다.

④ 측정실의 창문을 설치할 경우 방법창 시설을 하고, 커튼 등으로 차광하여야 한다.

⑤ 낙뢰 방지를 위하여 피뢰침을 설비한다.

(6)에 대하여

① 측정기기는 누수가 발생하였을 경우를 대비하여 설치한다.

② 측정소 바닥은 방수 시공을 한다.

③ 전기 배선은 벽 또는 천정 배선 방식으로 한다.

④ 채수관 및 배수관을 설치할 때 pit를 설치하여 누수 등으로 실내에 영향이 없도록 대책 수립한 후 배관을 설치하고, 측정기기 보수 및 점검 시에 배관이 방해가 되지 않도록 하고, 바닥에 배열할 경우에는 배관 보호를 위하여 배관 덮개를 설치한다.

⑤ 자연 배수를 원칙으로 하며, 강제 배수 시에는 펌프 제어 장치가 필요하다.

⑥ 샘플링 펌프와 수질자동측정기에는 반드시 3종 100Ω 접지 공사와 동등 이상의 공사를 하여야 한다.

⑦ 전기기기 방화용 소화기를 설치한다.

(7)에 대하여

① 전기 시설

전기설비는 향후 필요한 전기 용량도 고려하여 설계한다. 콘센트는 사용하기 편하고 안전성을 고려하여 설치 위치를 결정하고, 누전차단기와 브레카를 시설한다. 측정소에 필요한 공조기기, 공기압축기, 샘플링 펌프 등과 같이 부하 변동이 큰 기기는 각각 별도로 전기를 공급할 수 있도록 하며, 전원 케이블과 신호 케이블은 분리해서 배선한다.

② 상수도

수질자동측정기기의 보수 점검 작업을 위해 상수도가 필요하며, 측정 기기의 메이커 및 사양에 따라 소비량은 다르지만 일반적으로 수압 2.2~5.0 kg/cm², 공급량 20L/min 이상이면 적절하다.

③ 측정소 내의 비품과 설비

- 싱크대 - 냉장고 - 실험대 - 환기장치
- 공조설비 - 컴퓨터샤 - 조명기기 - 무정전전원장치(UPS)
- 전화 등

6.3.5 감시제어설비

1) 일반사항

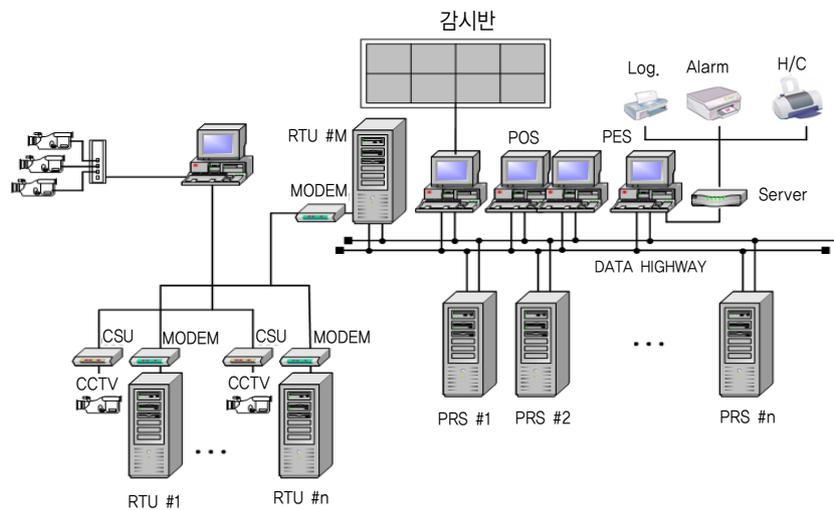
감시제어설비는 광범위하게 분산되어 있는 처리장 설비를 운영 요원이 중앙감시실에서 일괄감시, 조작 및 제어를 수행함으로써 안전하고 효율적으로 처리장을 감시제어 하기 위한 설비로서 유지관리비 절감, 에너지 절감, 노동환경의 개선 및 작업성의 향상 등을 목적으로 설치된다.

따라서 감시제어설비는 처리장 각 요소로부터 대량의 정보를 신속하고 확실히 반영할 수 있는 시스템(감시 제어장치, 데이터 전송장치, 원격감시제어장치, CCTV장치 등)으로 구성된다.

또한, 감시제어설비와 정보처리설비는 기능 및 시스템 구성에서 명확히 구분되지 않고 어느 정도 중복되고 있지만 본 장에서는 POS감시제어기능 까지를 포함시킨 범위로 하였으며, 최근 급속한 기술적 진보를 이루고 있는 IT분야 기술과 병행하여 표현한다.

【해설】

참고로 감시제어의 개략적인 시스템을 표시한다.



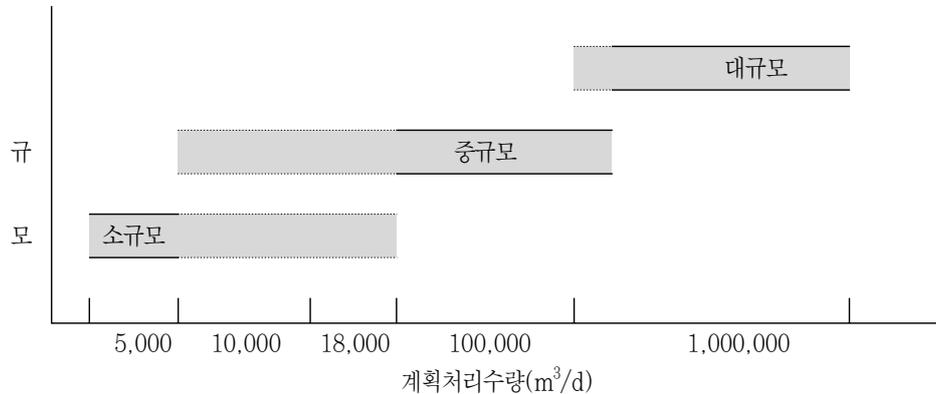
[그림 6.3.1] 감시제어 개략 시스템

2) 기본설계

감시제어설비의 설계기준은 처리장시설의 규모(펌프, 수처리, 슬러지처리) 및 계획처리수량 외에 적용범위, 적용조건, 유지관리의 형태, 각 설비의 배치, 처리방식, 장래의 대응성, 경제성 등을 충분히 검토하여 최적의 설비로 선정한다.

【해설】

(1) 처리장의 규모에 따라서 획일적으로 기준화할 수는 없지만 대략 다음 범위의 규모로 한다.



[그림 6.3.2] 하수처리시설 처리수량에 따른 규모 결정

※ 주: 상기의 처리장 규모는 감시 제어 설비의 용량을 결정하기 위한 개략 기준으로 하수처리시설 용량을 결정하는 것과 는 무관한 사항이다.

- (2) 유지관리의 형태는 시설관리를 상주, 야간무인, 순회관리하며, 시설전체를 일괄관리, 분할관리 등으로 구분하고 감시제어를 하는 부분의 인원구성, 근무체제, 위탁업무의 범위, 기타 유지관리 자의 기술수준 등을 말한다.
- (3) 각 설비의 배치는 수변전설비, 자가발전설비, 주펌프설비, 송풍기설비, 수처리설비, 슬러지처리 설비 등의 배치 및 이들을 수납하는 건물의 배치를 말한다.
- (4) 처리방식으로는 수처리방식(표준활성슬러지법, 산화구법, 회분법 등), 슬러지처리방식(직접탈수, 소화탈수, 소각) 또는 시설의 계열구분 등을 말한다.
- (5) 적용조건으로 감시제어시스템 설치목적에 부합되는 시스템의 설계가 되도록 하기 위해서 예측제 어이론 및 기기의 급속한 발전속도를 고려하여 시스템의 설치와 운용관리가 용이하도록 설계시 충분히 반영하여야 한다.

① 사전조사 및 공정관련 협의

감시제어시스템의 설치목적을 명확히 하고 대상시설의 규모 및 특성(유량, 수질 등)의 적합성에 대 한 세밀한 사전조사와 타 공정에 대한 연계성과 시스템의 운용관리측면에 관한 사항을 충분히 검토 반 영한다.

② 확장성 및 호환성

하수도시설은 시설의 확장성, 유동성 및 개량 보수 등의 요소가 크므로 이에 대비하여 감시제어시스 템의 확장 및 변경이 용이하도록 설계되어야 하며 H/W 및 S/W도 호환성이 확보되도록 상·하위 네 트워크를 원활히 지원하는 국제표준규격을 준용하는 개방형구조를 가져야 한다.

③ 감시조작의 용이성

감시기능의 향상을 위하여 시설전반을 감시하는 동시에 부분적, 지역적으로 설비 및 시설의 세부관 리가 가능하여야 한다. 또, 조작기능의 향상을 위해서는 없이 용이한 조작이 가능하여야 하며 하수의

효율적 관리를 위해 중앙감시제어실에서 중계펌프장 및 수처리시설, 탈수시설 등을 종합적으로 감시제어가 가능하여야 한다.

④ 자동화를 통한 무인화 운전지향

가. 하수처리시설의 많은 시설물을 운영관리하는데 소요되는 인력의 효율적, 경제적 관리방안의 하나로써 본 감시제어시스템의 도입을 통해 가능한 무인자동화운전이 이루어질 수 있도록 계획, 설계하며 이에 필요한 제반 기술적 사항을 검토 반영하여야 하고, 고정관리자 및 이동관리자를 지원할 수 있는 유·무선 실시간 감시 제어기술의 적용을 검토하여야 한다.

나. 자동화·무인화 운전을 위하여 시스템 구성의 단순화 및 운전개소를 최소화하여야 한다.

다. 각 공정별 설비를 package화하여 자동운전이 되도록 구성한다.

⑤ 최신기술의 도입 및 유지보수 대책

시스템 설계시 가급적 최신기술이 도입된 설비를 선정할 수 있도록 하여야 하며 운영 및 유지보수가 용이한 H/W 및 S/W를 검토 반영하여야 한다.

⑥ 인간공학적 배려

시스템은 운영 및 관리자에게 편리성 및 이용성을 제고시키고 주변환경과 조화된 환경친화적 개념의 도입과 법적 규제에 대한 대응 그리고 공해방지 및 예방차원의 설계개념이 시스템 설계시 반영되어야 한다.

(6) 경제성이라 함은 감시제어설비 설치목적을 충분히 이해하여 건설비나 유지관리비가 경제적인 것을 말한다.

3) 시스템 형태

감시제어시스템은 유지관리가 편리한 집중관리방식을 표준으로 한다. 감시제어 시스템 형태에는

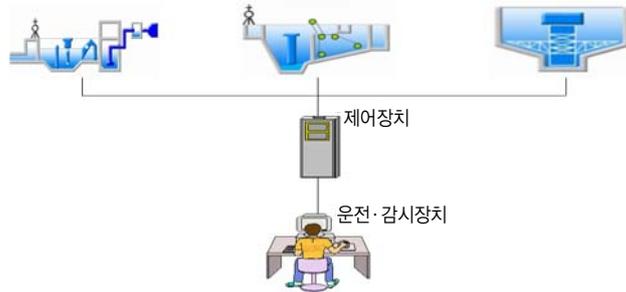
- (1) 집중감시·집중제어방식
- (2) 집중감시·분산제어방식(비계층형)
- (3) 집중감시·분산제어방식(계층형)
- (4) 집중감시·분산제어방식, 통합제어방식(N:N)이 있다.

처리장의 규모, 유지관리체제, 장애 대응 등을 고려하여 최적의 시스템을 선정하여야 한다.

【해설】

(1)에 대하여

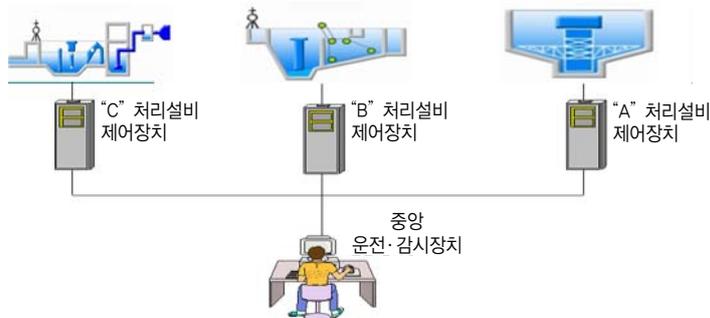
집중감시·집중제어방식은 분산된 각 설비의 정보를 1개소에 모아서 감시·제어를 하므로 각 설비가 일괄감시제어로 되지만 제어장치가 고장나면 감시·제어기능이 전부 정지해 버린다. 비교적 소규모에 적용시킨다.



[그림 6.3.3] 집중감시·집중제어방식

(2)에 대하여

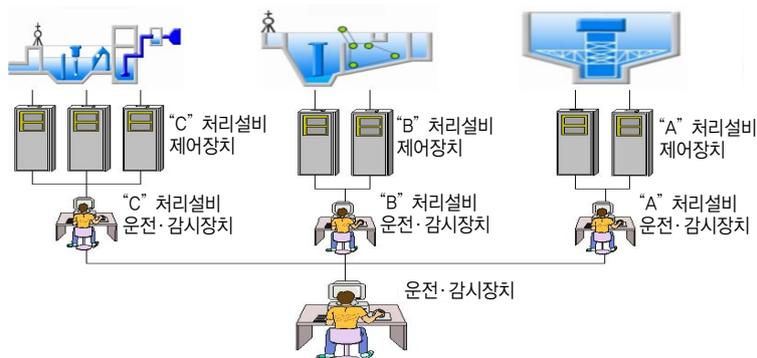
집중감시·분산제어방식(비계층형)은 분산된 각 설비의 정보를 감시실 1개소에 모여서 집중적으로 감시하고 제어장치는 각 설비마다에 분산설치하기 때문에 고장시는 그 설비에 한정된다.



[그림 6.3.4] 집중감시·분산제어방식(비계층형 시스템 예)

(3)에 대하여

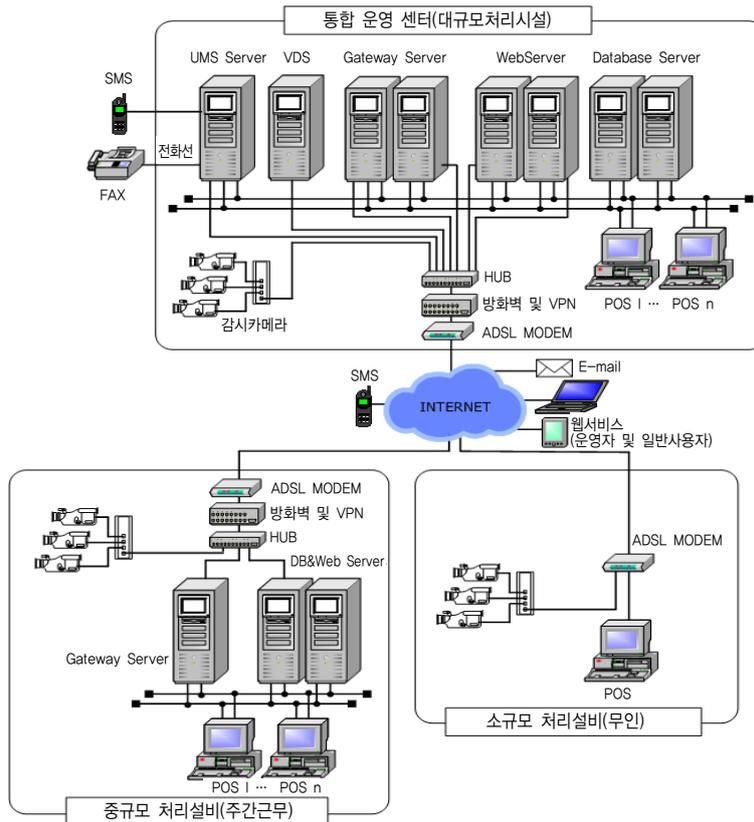
집중감시·분산제어방식(계층형)은 (2)의 방식(비계층형)을 고기능화, 고신뢰화 방식으로 감시실을 분산하여 통일시설관리에 필요한 정보를 종합적으로 관리한다. 대규모처리장, 소각설비 등이 설치된 시설에 채용한다.



[그림 6.3.5] 집중감시·분산제어방식(계층형 시스템 예)

(4)에 대하여

집중감시·분산제어방식, 통합제어방식(통합형 N:N)은 최근 급속히 발전하고 있는 개방형 네트워크 구조를 기반으로 하는 방식으로서 감시실을 분산하거나 소수의 관리자가 이동하면서 수집된 정보에 의하여 관리하고자 할 때, 대규모처리장, 소규모처리장, 무인운전대상 시설의 통합관리 시스템 구축시 적용을 검토하여야 한다.



[그림 6.3.6] 집중감시, 분산제어방식(통합제어방식 시스템의 예)

4) 감시제어설비의 기능분류

감시제어설비를 기능으로 분류하면
 (1) 맨 - 머신 인터페이스 기능(표시운전부)
 (2) 프로세스제어 기능(감시제어부)
 (3) 데이터 전송기능(시설운영부)으로 분류된다.

【해설】

감시제어설비를 기능적인 측면으로 분류하면 다음과 같다.



[그림 6.3.7] 감시제어시스템 기능 분류

(1)에 대하여

맨-머신 인터페이스 기능은 감시실에서 운영요원이 각 시설(설비, 기기)의 정보를 수집하여 각 시설의 상황파악과 원격조작을 하는 기능으로 세분하면 다음과 같다.

① 감시기능

유지관리에 필요한 플랜트 전체의 기기정보(운전, 정지, 고장 등), 계측정보(유량, 수위 등)의 실시간 이력관리 및 감시를 수행하며, 감시방법은 그래픽반, CCTV, POS 감시 등이 있다.

- 가. 그래픽반은 처리설비 전체를 간략화하여 개략의 처리상황이 파악될 수 있도록 수변전, 수처리, 슬러지처리 플로우 등을 표시하여 관련위치에 각 기기의 운전상태를 표시한다.
- 나. 프로세스의 각종 계측값을 실시간으로 표시하고 데이터베이스화 하여야 한다.
- 다. 전체 계통의 이상상태를 화면 및 경보 등으로 표현되어야 한다.
- 라. 각종 기기의 이력관리 등을 표시하여야 한다.
- 마. CCTV에서는 플랜트 기기의 움직임이나 상태를 중앙에서 육안으로 파악할 수 있어야 한다.
- 사. POS의 표시화면은 표시항목이 한정되기 때문에 계통별, 블록별, 기능별로 분류하여 표시한다. POS화면의 일반적인 종류와 기능은 다음과 같다.
 - 가) 그래픽 표시 : 시설 플로우도, 단선결선도, 설비의 운전, 고장, 이상상태 및 관련하는 프로세스 값의 표시
 - 나) 경보 표시 : 설비의 이상, 고장의 내용을 발생시각과 동시에 표시하는 화면
 - 다) 계측값 표시 : 시설의 처리 상황을 파악하기 위해 관련된 프로세스 값을 한 화면에 여러 항목을 동시에 표시한다.
 - 라) 트렌드 표시 : 각종 프로세스 값의 시간별 변화를 꺾은 그래프로 표시한다. 트렌드 표시에는 최신 데이터를 표시하는 실시간 모드와 보존 데이터를 표시하는 historical 모드 2개의 모드가 있다.
 - 마) 그룹화면 표시 : 이상, 고장 발생시에 그 공정에 관계되는 모든 데이터를 동일화면에 표시한다.
 - 바) Point화면 표시 : 각 계측제어항목의 제어정수(설정치) 및 계측치, 각종 정보를 표시한다.
 - 사) Guide Message : 조작방법의 설명, 이상, 고장발생시의 대처방법을 설명 표시한다.
 - 아) 레포트 표시화면 : 일보, 월보 데이터를 인자서식과 동일형식으로 표시하여 수정도 할 수 있다.

② 조작·설정기능

POS에 의해 조작대상 기기의 수동조작, 자동제어, 제어모드의 변경, 각종 설정치의 변경 등을 한다. 또, POS 조작은 조작대상 기기의 운전순서의 설정변경, 루프설정 등 해당화면을 선택하여 그 화면을 보며 조작할 수 있다.

③ 기록기능

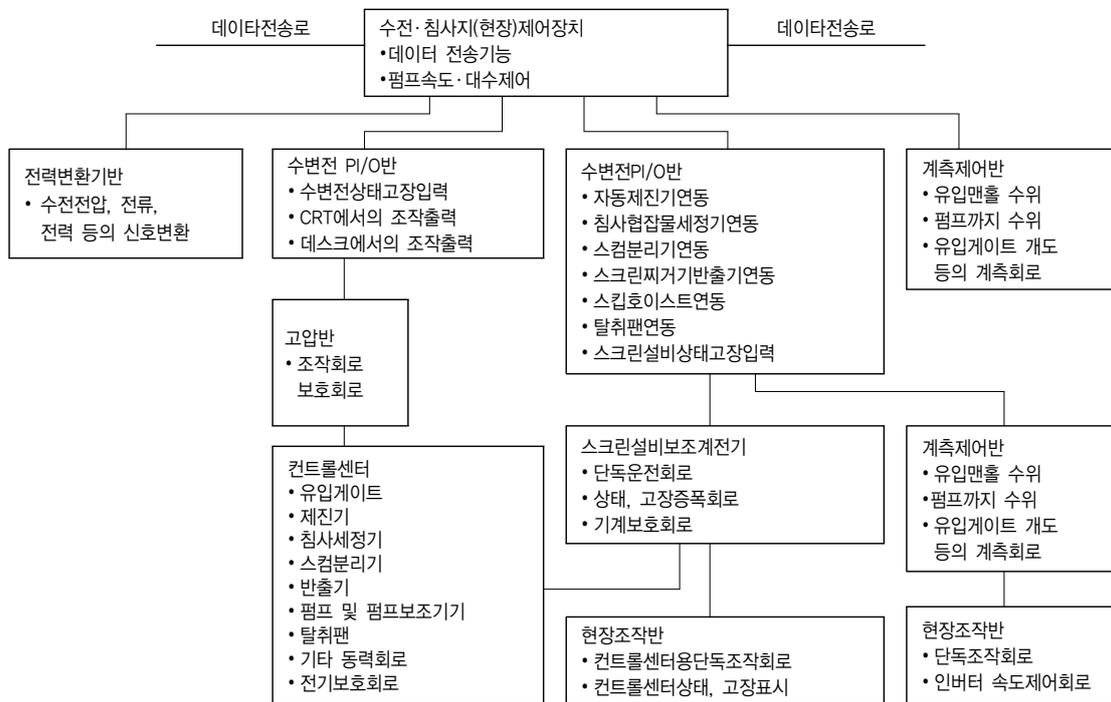
시설의 유지관리에 필요한 프로세스량, 전력량, 플랜트 기기의 운전기록, 이상기록, 고장기록 등을 수행하며, 일보 월보 등의 저장 및 출력이 가능하여야 하며, 비상관리 및 이동관리자 지원용 Messaging 등을 수행한다.

기록의 방법에는 기록계, 적산계, 프린터, 하드카피 등이 있고 가공처리방법에는 mail, UMS, web service 등이 있다.

(2)에 대하여

프로세스 제어기능으로 시퀀스제어, 대상설비의 프로세스량을 제어하는 연산제어 등은 설비의 구성이나 기능 운전의 신뢰성을 좌우한다. 이러한 제어기능은 컴퓨터를 이용하여 구성하며 컴퓨터가 없는 설비를 채택할 경우에는 제어기능에 적합한 설비를 선택하여 구성하여야 한다.

프로세스 제어기능 분담의 예를 다음 그림에 표시한다.



[그림 6.3.8] 프로세스 제어 기능 분담의 예

(3)에 대하여

데이터 전송기능으로는 각 부하설비와 제어장치, 중앙감시실의 맨-머신 기기간, 제어장치간 상호의 데이터 수집을 행하는 기능을 말한다. 그 방법에는 직송, 원격감시제어장치, LAN, WAN 등이 있다.

① 전송로를 구성하는 전송모체에 의한 분류

KT선 사용, 동축케이블 사용, 광파이버 케이블 사용

② 망토폴로지(네트워크의 형상)에 의한 분류

가. 버스형 LAN

버스라고 불리는 전송로에 각 노드가 접속된다. 전송로는 공유되어 있고 각 노드는 필요할 때 마다 필요한 데이터 신호를 주고받는다.

나. 링형 LAN

환상에 접속된 전송로에 각 노드가 임의의 간격으로 접속되는 구성. 신호는 원을 따라 한 방향으로 흐르면서 개별 노드를 모두 거친다.

다. 스타형 LAN

중앙의 노드로부터 스타상의 전송로에 각 노드가 고정 접속되는 구성. 송신노드가 전송한 신호는 허브를 통해 네트워크의 모든 노드에 보내진다.

망 토폴로지(네트워크의 형상)의 분류에 따른 비교는 다음의 <표 6.3.1>과 같다.

③ ACCESS 방식에 의한 분류

가. CSMA/CD방식(carrier sense multiple access with collision detection)

버스형 네트워크의 액세스 방식에 각 노드가 데이터를 송신하기 전에 다른 노드로부터의 데이터가 전송로 상에 없는가를 캐리어의 유무에 의해 체크하여 캐리어가 없는 경우에 데이터를 송신하는 방식

나. Token passing방식

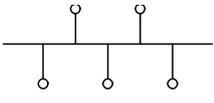
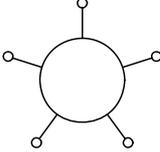
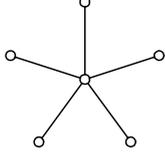
링형 네트워크의 액세스방식에 토큰(송신권)신호가 링형의 전송로를 순회할 때 송신데이터를 가진 노드는 다른 어떤 노드에도 사용되고 있지 않은 프리 상태를 표시하는 토큰을 잡는 것에 의해 송신권을 획득한다.

다. TDMA방식(time division multiple access)

링형 네트워크의 액세스방식에 전송로를 시분할 다중기술에 의해서 복수의 채널에 분할(시분할)하여 노드에 할당하는 방식

각종 액세스 방식에 따른 비교는 다음의 <표 6.3.2>와 같다.

〈표 6.3.1〉 망 토폴로지 분류에 따른 비교

구분	버스형	링 형	루프형	스타형
형태				
특징	<ul style="list-style-type: none"> • 통신코스트가 대부분 단말장치에 분산배치 • 소규모시스템에 적합 • 신호는 버스에서 양방향으로 전송 • 중계의 문제가 없음 • 망 전체를 제어하는 장치가 없기 때문에 송신권의 충돌문제가 생긴다. • 통신프로토콜에 제한이 생긴다. • 충돌에 따른 정보 전송속도의 저하가 있다. • 버스의 확장이 용이 • 네트워크의 연결 길이를 쉽게 연장 할 수 있다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 채널할당 등의 통신제어는 루프내의 각 장치에 분산해서 맡겨진다. • 비교적 중·대규모의 시스템에서 경제적으로 실현할 수 있다. • 총 선로 길이를 짧게 구성 가능 • 각 단말에 허용되는 통신 프로토콜에 제한이 행해지는 경우가 있다. • 루프내의 장애장치에 따라 부분 장애로서 막을 수 있다. • 노드가 추가되어도 네트워크의 성능이 떨어지지 않는다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 모든 정보는 루프제어장치로 보내진다. • 통신제어는 루프제어장치가 한다. • 비교적 소규모의시스템에서도 경제적으로 실현할 수 있다. • 총 선로길이를 짧게 구성 가능 • 각 단말에 허용되는 통신 프로토콜에 제한이 행해지는 경우가 있다. • 루프내의 다른 장애장치에서도 시스템 다운이 됨. 단, 이 경우에는서는 루프백, 바이패스 동작에 따라 부분 장애로서 막을 수는 있다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 중앙의 장치가 모든 통신을 집중제어 한다. • 실현이 용이하다. • 단말당 제어코스트를 싸게 할 수 있다. • 중앙의 장치가 장애를 일으킨 경우, 모든 통신이 두절된다는 폐단이 있다. • 중앙장치의 공통부분의 부담이 크다. • 중앙장치에서 네트워크 트래픽을 스위치하거나 재전송하기위한 장비가 필요하다. • 다른 구성보다 설치비용이 더 많이 필요하다.
액세스 방식	<ul style="list-style-type: none"> • CSMA/CD • 토큰 패싱 	<ul style="list-style-type: none"> • 토큰 패싱 	<ul style="list-style-type: none"> • 토큰 패싱 	<ul style="list-style-type: none"> • CSMA/CD
전송 매체	<ul style="list-style-type: none"> • 동축케이블 	<ul style="list-style-type: none"> • 동축케이블 • 평형쌍 케이블 • 광파이버 케이블 	<ul style="list-style-type: none"> • 동축케이블 • 평형쌍 케이블 • 광파이버 케이블 	<ul style="list-style-type: none"> • 스타카프라를 사용한 광파이버
기타	<ul style="list-style-type: none"> • 광분기술 등의 진보에 따라서는 광파이버도 유망하다. 		<ul style="list-style-type: none"> • 시스템의 신뢰성이 약간 낮다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 이론적으로는 버스와 동등

〈표 6.3.2〉 각종 액세스방식 비교

구 분	CSMA/CD (베이스밴드 방식)	토큰패싱 (링 방식)	TDMA
정보전송용량 (데이터 전송속도)	소(~10 Mbps)	중(~수 10 Mbps)	대(~수 100 Mbps)
적용거리	단(3 km 정도)	중	장
망내 지연 시간	<ul style="list-style-type: none"> • 저 트래픽시에는 작다. • 고 트래픽시에는 증대한다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 트래픽에 관계 없이 일정 (노드수에 따라 고정) • 지연시간은 비교적 짧다 	<ul style="list-style-type: none"> • 거의 없음
경제성 (통신제어장치의 가격비교)	저	비교적 고가	고 가
확장성	간 단	공사가 복잡함	비교적 복잡
장점	<ul style="list-style-type: none"> • 하드웨어가 간단하고 값이 싸다. • 분기방식이므로 노드의 증설과 이동이 간단하다 • 노드장애가 시스템전체에 영향을 주지 않는다. • 경제적인 시스템구성 등으로 사무 자동화에 적합함. • 고속의 버스트전송에 유리 	<ul style="list-style-type: none"> • 충돌이 없으므로 고부하에서도 시간 지연이 없다. • 회선길이에 크게 영향을 받지 않는다. • 프로세서제어, 음성통신등 실시간성이 강한 시스템에 적용 • 고속의 버스트전송에 유리 	<ul style="list-style-type: none"> • 트랜스 페어런트한 전송에 적합하다. • 음성, 데이터등의 리얼타임성을 필요로 하는 고속전송에 유리
단점	<ul style="list-style-type: none"> • Node수가 많아지면 데이터 전송 속도가 떨어짐. • Network 길이가 제한됨. • 중단저항이 필요함. 	<ul style="list-style-type: none"> • 하드웨어가 복잡하고 값이 비싸다. • 각노드에서 재생 증폭되므로 노드의 증설과 이동이 곤란하다. • 한개의 노드장애가 전체시스템에 영향을 미친다. • 장애의 검출과 회복처리가 복잡하다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 주파수 자원의 효율적 활용 곤란 • 국내기술 기반 취약으로 외국 의존 필요

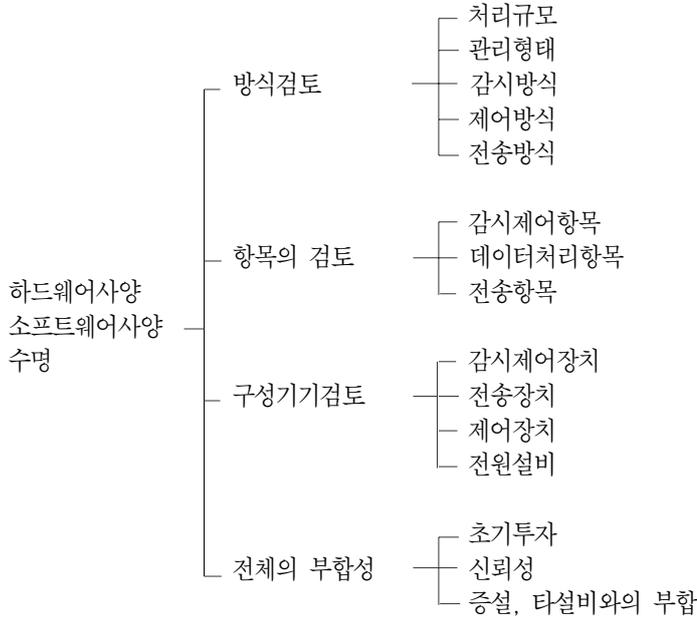
5) 시스템 구축 시 검토사항

시스템 구축에 있어서 아래의 사항에 관하여 항목별로 검토하고 이들을 종합적으로 판단하여 그 시설에 적합한 시스템을 구성하여야 한다.

- (1) 방식의 검토 (처리규모, 관리형태, 감시방식, 제어방식, 전송방식)
- (2) 항목의 검토(감시제어항목, 데이터 처리항목, 전송항목)
- (3) 구성 기기의 검토(감시제어장치, 전송장치, 제어장치, 전원설비)
- (4) 신뢰성 확보의 검토
- (5) 시스템의 완전 개방형 구조 검토
- (6) 전체와의 부합성 검토(초기투자, 증설시, 타 설비와의 부합)
- (7) 시·군 단위별 통합운영
- (8) 시스템 선정 기준

【해설】

시스템 구축시 검토항목은 다음과 같다.



(1)에 대하여

처리장 규모, 처리방식, 관리형태 등에 대하여 검토하여 대상 처리시설의 유지관리에 적절한 방식을 선정하도록 한다. 참고 예로 아래의 방식이 있다.

〈표 6.3.3〉 처리장 규모에 따른 시스템 구축 방식 예

처리규모	관리형태	처리법	감시제어방식	전송방식	비 고
2,000 m ³ /d 이하	순회	산화구법	POS감시제어	직송 Web	[그림 6.3.3] 참조
5,000 m ³ /d 이하	순회, 상주 야간무인	산화구법 회분법	POS감시제어	직송 Web	[그림 6.3.3] 참조
18,000 m ³ /d 이하	상주 야간무인	산화구법 표준법	POS감시제어 그래픽감시	직송 LAN Web	[그림 6.3.4] 참조
18,000 m ³ /d 이상	상주	표준법	POS감시제어 그래픽감시	LAN Web	[그림 6.3.4, 6.3.5] 참조

(2)에 대하여

중앙감시실에서 제어항목, 설정항목, 데이터 관리항목 등에 관해서 검토를 한다. 항목에 있어서 감시

제어의 형태, 제어기능의 분담범위에 의한 검토, 각 설비 및 처리상황의 파악을 정확하고 효율적으로 하기 위하여 필요한 것을 선정한다.

(3)에 대하여

처리장의 동별 전기실 배치계획에 의해 전송장치, 전원설비, 제어장치의 기능분산, 설치분산화에 대한 검토를 한다.

(4)에 대하여

감시제어 시스템은 하수처리시설을 안정적, 효율적으로 운전하는데 필요하므로 시스템 가동률을 높게 하여 이상발생시에도 안정한 운전을 계속할 수 있어야 한다. 또한, 대체수단이 필요한 시스템이 요구된다. 상세한 것은 「6) 시스템 구성의 고신뢰성」에 의한다.

(5)에 대하여

하수처리시설은 시설의 확장성, 유동성 및 유지보수 등의 변동요소가 많으므로 이에 대비하여 감시 제어설비도 확장 및 변경이 용이하도록 H/W와 S/W의 구조는 개방형으로 검토하여 설계에 반영하여야 한다.

(6)에 대하여

전체계획 안에서 경제성을 고려하여 초기에 어느 정도의 기능을 필요로 하지만 증설시 가동시설의 영향, 타 시설과의 부합에 관해서 충분히 검토한다.

(7)에 대하여

시·군 단위별로 산재해 있는 소규모 및 단위처리장의 통합운전을 위하여 감시제어항목의 선정, network구성방식, 주변 하수처리시설의 자동화관련 사항을 정확히 파악하여 중앙통합관리처리장에서 통합관리가 가능하도록 설계시 반영하여야 한다.

(8)에 대하여

중·소규모처리시설의 감시제어설비는 유지관리가 편리하고 확장이 용이하며 무인 자동화가 가능한 경제적인 시스템으로 한다.

6) 시스템 구성의 고신뢰성

시스템구성은 고신뢰성을 확보하기 위해 아래 사항에 대하여 검토한다.

- (1) 감시제어장치의 기능분담, 위험분산, 고장시 대응
- (2) POS 감시제어, 그래픽 패널의 기능분담
- (3) 데이터 전송방식, 타시설과 입출력 인터페이스
- (4) 제어장치의 루프제어, 시퀀스제어, 릴레이반 기능분담
- (5) 제어장치의 분산설치, 증설시의 대응
- (6) 중요설비의 이중화
- (7) 전원 구분의 분할 등 검토를 필요로 한다.

【해설】

시설 일부에 고장이 발생하더라도 전체시설에 작동불능상태를 초래하지 않는 시스템의 검토, surge, EMI, 전자 및 정전유도 등 각종 에러발생 요소로부터 보존될 수 있도록 설계 시부터 검토하여 반영한다.

(1)에 대하여

① 맨-머신 컨트롤러를 1대로 구성하는 장치

데이터 수집부터 입출력제어, 그래픽표시, POS조작, 장표 작성까지 모든 기능을 가진다. 구성은 간단하지만 많은 종류의 자료를 동시에 처리하지 않으면 안되므로 처리효율이 저하되기 쉽고 이상시는 모든 기능이 정지한다.

② 맨-머신 컨트롤러를 복수대로 구성하는 장치

즉, 각종기능(CRT조작, 그래픽 표시, 레포트작성 등)별로 컨트롤러를 분산 설치한다. 이상 시는 상호기능으로 백업이 가능하다.

(2)에 대하여

그래픽판넬 감시는 시설의 전반적인 운전상황 감시를 주체로 한다.

CRT 감시는 각 시설에 대하여 상세한 운전상황이나 제어상태의 이상·고장시의 대응처리와 운전개시의 안내표시를 주체로 한다. 또, 조작모드의 변경, 설비의 운전·정지, 설비의 운전순서설정, 제어값의 설정 등 기능을 갖는다.

(3)에 대하여

중앙감시제어장치와 현장의 제어장치, 기기간의 데이터 전송 및 타시설(외부시설)과의 입출력 인터페이스방식에는 직송, 원격감시제어장치, 모뎀, LAN, direct WAN등이 있다. 각종방식은 시설의 규모 전송용량 전송속도 등을 고려하여 선정한다.

(4)에 대하여

① 연산제어

멀티 컨트롤러, 원루프 컨트롤러에 의한다. 제어루프가 적은 시설에서는 원루프 컨트롤러의 분산설치를 검토한다.

② 시퀀스제어

시퀀스 컨트롤러, 릴레이반에 의한다. 시퀀스 컨트롤러는 연동제어, 입출력기능을 분담하여 릴레이반의 기능에 있어서 기측 단독회로, 기기 보호회로, 점점증폭 등의 기능을 가진다.

(5)에 대하여

① 분산설치

처리시설마다(수변전, 자가발전기, 수처리, 슬러지처리 등) 분산설치 하면 신뢰성은 높게 되지만 경제성이 떨어지기 때문에 고장에 의한 영향범위를 최소한으로 하는 분산설치로 한다. 시설의 규모, 배

치 등에 의한 검토를 한다.

② 증설시 대응

증설시 기 설치된 자동제어기와 연관되는 경우에 정지가 필요하므로 기 설치된 기기는 현장조작반에 의한 수동운전을 할 수 있도록 구성하여 처리능력을 최소한으로 유지할 수 있도록 고려한다.

(6)에 대하여

중앙감시제어설비의 주컴퓨터, Data Way, 현장제어반(RTU)의 CPU, System 및 기기의 전원부 등 중요부분의 이중화 구성을 고려한다(중앙감시제어설비의 주컴퓨터 이중화는 Dual System 방식으로 검토한다).

(7)에 대하여

제어전원에는 직류전원, 무정전전원, 상용전원이 있으며 이들의 용도, 목적에 따라 전원을 사용하고 제어전원의 구분은 감시제어설비, 현장제어설비, 계측제어반, 릴레이반등을 그룹마다 분할하여 신뢰성 확보를 검토한다.

7) 운전 조작 방식

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">(1) 조작장소(2) 조작장소의 우선순위(3) 1단계조작, 다단계조작방식(4) 연동, 단독운전(5) 자동, 수동운전(6) 교대운전, 우선운전 |
|---|

【해설】

(1)에 대하여

조작 장소에는 기기측(현장)조작, 전기실조작, 중앙조작이 있으며 기기의 조작은 특수한 경우를 제외하고는 기기측 조작반에서 조작할 수 있도록 한다.

① 기기측(현장)에서 조작

기기의 점검 시 이상을 발견하였을 때 해당기기의 정지나 기동을 한다. 또한, 기기를 수리하였을 때 해당기기의 상태확인을 위해 시운전이나 동작시험을 한다.

현장의 상황을 파악하고 나서 조작할 필요가 있는 경우 또는 안전 확보상 기기측 조작이 적정한 경우에 조작할 수 있도록 한다.

② 전기실에서 조작

주로 전기실에서 조작을 의미하며 중앙조작이 생략되는 시설, 중앙조작의 백업시설로서 중앙조작과 같은 기능을 갖게 한다.

③ 중앙에서 조작

연동, 자동운전을 주로 하며 주요 기기의 조작은 중앙에서 조작할 수 있도록 한다.

(2)에 대하여

조작장소가 2개소 이상 있는 경우 기측조작을 우선으로 하고 선택 절체스위치는 기측(현장) 조작반에 마련하여 운전개소를 선택하도록 한다.

(3)에 대하여

- ① 1단계 조작방식은 기측 조작반에서 운전조작 하는 경우 또는 중앙감시실의 운전조작 항목이 적은 경우에 적용한다. 또한, 설비의 비상정지, 긴급차단 등을 하는 경우도 1단계 조작방식을 채용한다. 비상정지, 긴급차단은 기기의 정지조건 확립에 관계없이 정지, 차단되기 때문에 스위치는 오작작 방지대책을 수립한다.
- ② 다단계 조작방식은 중앙감시실의 운전조작 항목이 비교적 많은 경우에 채용하며 일반적으로는 2단계 조작방식을 채용하도록 한다.

(4)에 대하여

- ① 연동운전은 해당 기기의 제어만으로는 설비 그 자체의 기능이 충분히 발휘되지 않고 관련 기기와의 연계가 요구되는 경우에 해당 기기에 대응한 연동운전의 기능을 갖게 한다.
- ② 단독운전은 기기에 있어서 최소한 구비해야 할 운전제어 기능이다.

(5)에 대하여

- ① 자동운전은 계측기기, 컨트롤러, 타이머 등의 신호를 받아 기기가 자동으로 운전하는 것을 말한다.
- ② 수동운전은 인위적으로 기기의 개폐조작 하는 것을 말한다.

(6)에 대하여

- ① 교대운전은 자동운전하는 기기의 운전빈도를 평준화한다.
- ② 우선 운전은 동일용도의 기기를 2대 이상 설치하여 2대 동시에 기동할때 문제가 있는 경우 선택에 의한 우선운전을 시행한다.

6.3.6 원격감시제어장치

1) 일반사항

원격감시제어설비는 처리장내의 분산된 부하 또는 펌프장을 처리장의 중앙감시실에서 제어하고 상태표시, 계측정보 등을 전송받아 통일된 집중관리를 위해 도입한다. 도입 계획에 있어서는 피 제어소의 규모, 제어표시항목, 결합방식, 전송속도 전송로의 종류, 경제성, 유지관리 등을 고려하여 선정한다.

【해설】

도입계획에 있어서는 경제성, 유지관리성, 신뢰성 등을 고려하는 것 외에 아래의 사항에 유의한다.

- (1) Data를 허용시간 내에 전송할 수 있어야 하며, 영상과 데이터의 전송대역 조절이 가능하여야 하며, Data error가 발생한 경우에는 이를 검출하여 제어, 처리장치 등으로 전달되지 않는 고

도의 신뢰성이 확보되어야 한다.

- (2) 장치자체의 진단 및 전송회선 체크기능이 있어야 한다.
- (3) 감시제어설비와 용이하게 결합될 수 있고 유·무선 백본지원이 가능하여야 한다.
- (4) 전용 전화기를 가지고 있는 것으로서 영상 통신을 병행하여 지원할 수 있어야 한다.
- (6) 보안관리에 필요한 네트워크 중계지점별 대응책을 가지고 있어야 한다.
- (7) 관리대상 시설의 증설시 연계가 가능한 구조를 가지고 있어야 한다.
- (8) 열린행정, 전자정부 시책을 지원하는 Open System Interconnection(OSI-7 계층) 구조의 시·군별 광역운전에 대비한 N:N multi-point PPP(Point to Point Protocol) 또는 PPPOE(Point to Point Protocol Over Ethernet) 지원이 가능하여야 한다.

2) 원격감시제어장치 선정

원격감시제어장치의 전송방식은 상시 디지털 사이클방식, 포링 디지털방식을 표준으로 하며 선정은 아래의 사항에 대하여 검토한다.

- (1) 피제어소의 규모, 제어·표시·계측항목
- (2) 결합방식
- (3) 전송속도
- (4) 전송로의 종류
- (5) 인터페이스에 관해서 검토하여 최적의 것을 선정한다.

【해설】

(1)에 대하여

원격감시제어장치를 계획하는 경우 전송항목의 결정이 중요한 작업이 된다.

전송항목이 많으면 그것으로부터 각부의 상황이 판단되는 것이지만 장치의 가격이 비싸게 되기 때문에 피제어소의 규모, 중요도 등에 따라 충분한 항목을 선정하여 적절한 운전이 될 수 있도록 할 필요가 있다.

원격감시제어항목에는 다음의 종류가 있다.

- ① 제어항목 ... 제어소에서 피제어소의 각 기기를 제어하기 위한 정보
 - ② 표시항목 ... 피제어소의 각 기기 그 밖의 상태를 표시하기 위해서 피제어소에서 제어소에 보내는 정보
 - ③ 계측항목 ... 피제어소의 각종 프로세스 정보
 - ④ 메시지항목 ... 피제어소의 각종 기기 이력 보고서 비상상황 등 처리장운영정보
- 다음에 펌프장의 원격감시제어 항목의 예를 표시한다.

〈표 6.3.4〉 펌프장 원격 감시 제어 항목 예

명 칭	표 시	제 어	계 측	메 시 지
침사지 설비				
유입맨홀수위고	수위고	폐-개-정	유입맨홀 수위	비정상 수위 경보
유입게이트	전폐, 전개, 고장	자동 - 수동		고장 경보
제진기	운전, 정지, 고장	운전 - 정지		"
모래제거기	고장			고장 경보
컨베이어	고장			"
펌프정수위고	수위고		펌프정수위	"
펌프	운전, 정지 중, 경 고장	자동 - 수동	전류, 전력	"
(내면기관포함)	자동-수동	운전 - 정지	양수량	"
수변전설비	개, 폐	개 - 폐		
수전차단기	고장		전압, 전류, 전력	비정상 가동 경보
변압기	고장			"
직류전원	고장			"
자가발설비	운전, 정지 중, 경 고장			
발전기	자동-수동	자동 - 수동	전압, 전류	자가발전 가동경보
엔진	고장	운전 - 정지	주파수, 전력량	"
보조기기	화재			운전 보고서
기타	원격-직접절체			비상상황 발생 비정상운전경보 발생

(2)에 대하여

결합방식은 1:1, (1:1)×N, 1:N, N:N 등이 있고 신뢰성, 경제성, 보수성, 확장성 등을 고려하여 선정한다.

다음에 (1:1)×N, 1:N, N:N 결합방식의 비교를 나타낸다.

(3)에 대하여

전송속도는 감시제어에 필요한 전송속도로 선정한다.

2,400bps, 4,800bps, 9,600bps, 56kbps, 128kbps, 256kbps, 512Kbps, 1.544Mbps, 2.048Mbps 등을 필요에 따라 선정한다.

자료전송은 실시간 전송을 목표로 하며 자료전송을 일원화하도록 한다.

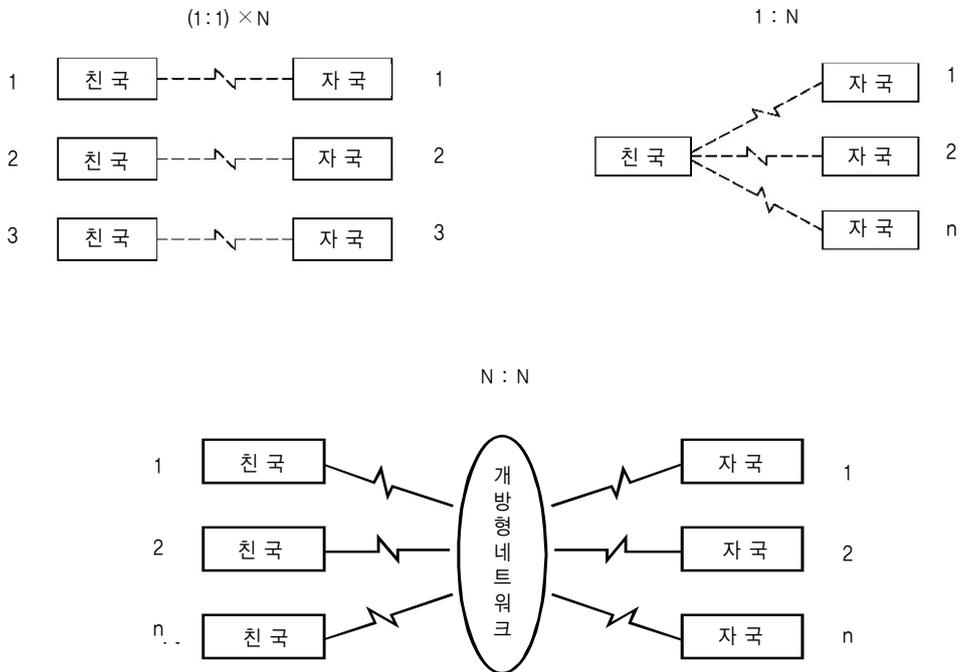
(4)에 대하여

전송로는 유선식으로 하며 아래를 표준으로 한다.

① 자영선

〈표 6.3.5〉 원격 감시 제어 시스템 결합 방식 비교

결합구성	(1:1) × N	1:N	N:N
운용내용	감시제어대상이 2개소 이상으로 비교적 빠른 응답속도가 필요할 경우	감시제어대상이 2개소 이상으로 어느 정도 빠른 응답속도를 필요로 하지 않는 경우	감시대상과 관리자가 복수로서 상시관리 및 빠른 응답이 필요할 경우
전송속도	결합마다 결정할 수 있다. 사이클 시간은 결합마다 독립으로 각각의 전송량에 의해 결정된다.	동일속도 사이클 타임은 전자국 합계의 운송량에 의해 결정된다.	(1:N)으로서 전자국 합계의 운송량으로 결정됨
신뢰성	1결합 이상시 그외에 과급하지 않기 때문에 신뢰성이 높다.	친국고장으로 전체정지가 된다.	Open 구조로서 1결합 이상시 그외에 과급되지 않는다.
확장성	결합마다 증설이 가능하고 확장이 용이하다.	자국추가때 전체 정지가 필요하다.	상시 증설이 가능하다.
경제성	자국이 3국이하에 유리	자국이 4국이상에 유리	2개국 이상의 다수국에 유리하다.
특징	감시제어의 응답속도는 빠르지만 감시제어대상이 많아지면 친국의 공간이 커진다.	감시제어는 포링을 하기 위해서 응답속도는 느리다. 친국의 공간은 작다. 친국이 다운하면 시스템 다운이 된다	개방구조로서 client/server의 영역이 없으며 친국공간이 작고 친국이 다운되어도 타국에 영향이 없다.



[그림 6.3.9] 원격감시제어장치 결합방식

② KT 전용회선

③ KT 일반회선

무선식에 있어서는 RF 무선통신 또는 CDMA 등으로 할 수 있다.

(5)에 대하여

원격감시제어장치와 외부와의 인터페이스는 다음과 같이 분류된다.

① PI/O

프로세스용I/O의 인터페이스가 있고 현장과 TM/TC, 감시제어반과 TM/TC 사이에 일반적으로 사용된다.

② 비트패럴워드시리얼

정보처리장치와 TM/TC간의 신호를 주고받은 방식으로 TM/TC 전송신호의 워드단위에 시분할로 신호를 송·수신하는 방식

③ 제어용 LAN

제어용 컨트롤러, 계산기와 고속 데이터 전송에 사용된다.

6.3.7 통합관리시스템

1) 통합관리시스템 계획

통합관리시스템은 시·군 단위로 산재되어 있는 각종 환경 기초시설물을 시·군을 대표하는 하수처리시설에서 중앙집중식 원격감시·제어 시스템을 도입하여 환경기초 시설물의 효율적인 관리시스템을 구축하기 위한 것으로 아래사항을 검토하여 계획하여야 한다.

(1) 통합관리의 범위 검토

(2) 중앙통합관리 처리장 선정

(3) 통합관리형태 검토

【해설】

처리장의 통합관리는 인원관리, data관리, 운영관리를 중앙통합관리 처리장으로 집중화하여 관리의 전문화, 과학화를 통한 처리장의 운영개선에 그 목적이 있다.

(1)에 대하여

① 시·군 단위의 모든 환경 기초시설을 원칙적으로 통합관리의 범위로 한다.

② 통합관리 대상의 단위처리장 자동화 수준이 미약하여 통합관리가 곤란할 경우에는 최소한의 자동화설비를 갖추거나 장래 단계별 계획으로 검토한다.

③ 만일 단위처리장이 중앙집중식 통합관리를 하여도 투자비용에 비하여 효과가 미비하거나, 통합관리가 특별히 곤란할 경우에는 통합관리의 범위에서 제외하는 것으로 검토한다.

(2)에 대하여

시·군 단위의 모든 처리장을 통합관리하기 위한 처리장의 선정은 다음 사항을 검토하여 선정한다.

- ① 시설물 운영의 중추적인 기능과 외래인 방문, 견학 및 교육 등을 수행하는 기능성, 상징성을 고려하여 선정한다.
- ② 시·군을 대표할 수 있는 처리장으로 한다.
- ③ 처리장 규모가 큰 처리장으로 한다.
- ④ 권역내 통합관리 대상처리장의 효율적인 관리를 위하여 가급적 중앙에 위치한 처리장으로 한다.
- ⑤ 교통 및 도로 여건상 접근이 용이한 위치에 있는 처리장을 선정한다.
- ⑥ 통합관리 시스템 설비의 설치 조건이 유리한 처리장으로 한다.
- ⑦ 단위처리장의 통합유지관리에 가장 적합한 처리장으로 한다.
- ⑧ 기존 처리장을 중앙통합관리 처리장으로 선정할 경우에는 기존시설의 운영관리에 지장을 최소화할 수 있으며, 신설 설비의 설치 조건이 유리한 처리장으로 한다.

(3)에 대하여

- ① 시·군 단위별 단위처리장의 관리체계는 단위처리장에 관리자를 최소한으로 배치하고 실시간 원격감시·제어설비를 갖춘 중앙통합관리 처리장에 관리자를 집중 배치하여 중앙집중식으로 관리하는 방식으로 검토한다.
- ② 통합관리시스템 구축에 따라 중앙통합관리 처리장과 단위처리장의 기구, 인원, 담당업무 한계, 자격요건 등에 대하여 검토하고, 또한 각 처리장의 근무형태(24시간 교대근무, 주간근무, 무인화 등)에 대해서도 검토한다.
- ③ 단위처리장의 효율적인 관리를 위하여 중앙통합관리 처리장에 순회점검반을 편성하여 단위처리장을 상시 순회 점검할 수 있는 체계를 검토한다.
- ④ 단위처리장의 관리효율을 높이기 위해 자료통합관리와 설비통합운영을 분리하여 검토한다.
- ⑤ 중앙통합관리 시스템에 접속하여 단위처리장의 감시, 제어 또는 설정치변경 등의 작업시에는 미리 관리자의 등급을 분류하여 인증된 관리자만 해당작업이 가능하도록 접속자 접속등급을 규정한다.

2) 통합관리시스템 구축 시 검토사항

통합관리시스템 구축에 있어서 아래사항에 관하여 개별 검토하고 이들을 종합적으로 판단하여 그 시설에 알맞은 최적의 통합관리시스템을 구축한다.

- (1) 감시·제어방식
- (2) 전송방식
- (3) 통합관리항목
- (4) 구성기기
- (5) 신뢰성 확보
- (6) Web server구축
- (7) 보안 및 안정성 확보
- (8) 장애증설에 대한 시스템

【해설】

(1)에 대하여

- ① 단위처리장의 감시는 데이터감시, 시스템감시, 화상을 통한 처리장 주요 설비의 운전 상태 감시에 대하여 검토한다.
- ② 단위처리장의 비상상황 발생시에 그 내용을 전화, 팩스, 휴대폰, PDA단말기 등 미리 지정한 매체로 신속하게 자동으로 통보할 수 있는 비상경보 전달시스템(UMS) 감시방식을 검토한다.
- ③ 중앙통합관리 처리장에서 단위처리장의 단속시설물을 원격제어가 가능하도록 구성하여야 한다.
- ④ 단위처리장의 관리를 중앙통합관리 처리장 work station과 같이 지정된 장소 또는 시간 등에 구애없이 효율적인 이용을 위하여 다수의 사용자가 노트북, PDA 단말기 등의 매체를 통하여 통합관리 시스템에 접근하여 관리자 인증절차를 거친 후 중앙통합관리 처리장과 동일한 수준의 원격 감시·제어를 수행할 수 있는 감시제어시스템 구축을 검토한다.
- ⑤ 기존 단위처리장 client/server의 MMI 환경을 광역화하는 것으로서 중앙통합관리 처리장의 work station 및 필요한 개소의 user가 기존 단위처리장 MMI를 별도로 구축하지 않고 MMI 그대로를 감시할 수 있도록 N : N multipoint to multipoint broadcasting engine 기술 적용에 대하여 검토한다.
- ⑥ TM/TC 방식과 web 기반의 인터넷 네트워크망을 이용하는 방식을 비교 검토한다.

(2)에 대하여

- ① 시·군 단위처리장과 중앙통합관리 처리장과의 자료전송방식은 현장 여건을 충분히 조사 분석하고 데이터 종류, 데이터 처리량, 데이터 특성, 전송속도, 전송로의 신뢰성, 장애 증설계획, 유지관리비 등을 종합적으로 검토하여 선정한다.
- ② 전송로의 선정은 통신회사의 전용회선을 이용하는 방식, 자가선로를 시설하는 방식, 초고속 인터넷망을 이용하는 방식 그리고 무선통신(RF 무선통신, CDMA, 기타 적외선 통신 등)을 이용하는 방식 등을 비교 검토하여 주변 여건에 따라 단독 또는 복합적인 사용을 검토한다.
- ③ 전송시스템의 선정시에는 시스템의 신뢰성, 통합관리의 효율성, 시스템의 경제성 및 유지관리성 순으로 비중을 두고 결정한다. 단, 초고속 국가망과 행정망의 연계가 가능한 네트워크로 향후 데이터량의 증가를 감안하여 선정하도록 한다.
- ④ 전송로의 고장시를 대비하여 예비 전송로의 필요성과 적절한 전송방식에 대하여 검토한다.

(3)에 대하여

- ① 중앙집중식 통합관리를 통하여 생산성 제고에 따른 예산절감, 설비운영의 효율화, 수질관리의 향상, 시설물 사고예방 및 긴급 대응 위기관리능력 향상, 하수처리 자료의 축적으로 과학적인 운영기반 구축 등 기대효과를 거둘 수 있도록 통합관리 항목을 검토한다.
- ② 감시항목은 수질관리에 필요한 자료와 처리장 가동상황을 알 수 있는 자료, 전력감시에 필요한 항목을 검토 후 결정한다.

- ③ 제어항목은 처리장의 원격운전이 가능하도록 구성을 하고, 중앙통합관리처리장에서의 원격/지역 운전은 정하여진 사람만이 가능하도록 접속자 접속등급을 규정한다.
- ④ 무인 운전되는 소규모 처리장에서 발생하는 운영자료는 현장의 data base에 1차 유지되며 실시간으로 통합관리처리장으로 전송되어 보존되는 구조로 되어야 한다.
- ⑤ 축적된 자료에 의하여 유입수량과 수질의 예측이 가능하여야 하며, 설비별 점검주기 및 고장예측 통보가 가능하여야 한다.
- ⑥ 송풍기, 유입펌프, 슬러지 반송펌프 등에 인버터를 사용할 경우 미세제어가 가능하도록 구성하여 에너지 절감효과를 극대화시켜야 한다.
- ⑦ 처리장의 중요프로그램은 back-up program을 탑재하여 이상시 자동절체가 가능하도록 하여야 한다.

(4)에 대하여

- ① 단위처리장 통합관리에 적정한 중앙감시제어설비(POS, PES), data관리용 server, gate way server, 중앙감시반, 전송장치, CCTV설비 등을 기능별로 검토하고 증설시 기존시설과 중복되지 아니하도록 한다.
- ② 중앙감시제어설비(POS, PES)는 process의 감시제어, CRT표시, 정보처리 및 저장, 시보, 일보, 월보 및 연보작성 등의 기능을 발휘할 수 있는 최신의 컴퓨터설비로서 10/100 Mbps의 고속통신 지원, 제어 및 자료수집, 프로그램 변경이 가능한 용량확보, 향후 개발되는 H/W, S/W가 동일구조상에 upgrade될 수 있는 개방형 시스템, 완벽한 이중화로 시스템장애 및 이상시 예비 station으로 자동 절체 등을 검토하여 선정한다.
- ③ Data base server는 처리장 공정상태 및 설비운용 등에 관한 모든 data 관리와 공정분석, 경영에 필요한 의사결정의 수단으로 활용하기 위한 기기로서 단위처리장의 data를 이용한 다양한 통계, 분석기능이 가능하도록 검토하여 선정한다.
- ④ Gate way server는 신뢰성이 보장되는 설비이어야 하며 hot-back-up 방식의 예비용 server 구축을 검토하여야 한다.
- ⑤ 통합관리 대상처리장의 주요 개소를 동화상으로 감시하기 위한 CCTV설비는 codec 장비를 이용한 압축영상 전송방식과 web 환경을 이용한 압축영상 전송방식을 비교 검토하고 영상저장방식에 대하여서도 검토한다.
- ⑥ 중앙감시반은 통합관리 전체계통과 부분적인 계통의 상황을 동시에 볼 수 있도록 확대, 축소, 이동이 자유로운 projector를 중앙통합관리처리장에 적용할 수 있으며, projector 선정시는 크기, 수량, 해상도 등에 대하여 검토한다.
- ⑦ 기존 통합관리 대상처리장의 일부 폐쇄적인 시스템의 경우 독자적인 프로토콜을 통합관리시스템에 인터페이스하기 위하여 설비 변경 또는 개방형 프로토콜로 변환하는 방안이 대하여 검토한다.

(5)에 대하여

- ① 중앙집중식 통합관리형태로 운영중 통합관리시스템 구성기기의 고장발생시 단위처리장의 개별운 전방식 때보다도 심각한 문제가 발생할 수 있으므로 통합관리 시스템의 중요설비는 신뢰성이 높 은 기기를 선정하여야 하며, 특히 감시제어설비와 정보처리설비, 전송설비, data way등에 대하 여 이중화를 검토한다.
- ② 통합관리 대상처리장의 raw data의 안정성 확보를 위한 설비 보완과 자동화설비 및 방법설비 보 완에 대하여 검토한다.

(6)에 대하여

중앙통합관리 처리장은 단위처리장으로부터 전송 받은 자료를 필요에 따라 실시간 및 주기적으로 인 터넷을 이용하여 자료 공개를 하여 외부 관련자들에게 자료 검색이 가능하도록 web server 구축을 검 토하여야 한다.

※ 단위처리장에서 인터넷을 이용하여 통합할 경우 중앙통합관리 처리장과 같은 설비의 구성 및 기능을 가져야 한다.

(7)에 대하여

전용회선 또는 공중망 이용시 해커의 침입으로 내부자료 손상 등 시스템운영에 막대한 지장을 초래 할 수 있으므로 시스템을 완벽하게 방호할 수 있는 다단계 보안 및 방화벽 체계를 검토하여야 하며, 또한 아래사항은 포함하여야 한다.

- 프로토콜 교환시 난수화
- 인증절차의 암호키
- 신뢰성이 입증된 방화벽

(8)에 대하여

- ① 중앙통합관리 처리장은 장래 신규 단위처리장 건설시 기존 통합관리시스템설비의 운영에 지장을 주지 않고 최소한의 작업으로 증설이 가능하도록 증설 공간, CPU 처리 능력, 통신 port 여유, data base 구조 및 용량 등에 대하여 검토하여야 한다.
- ② 통합관리시스템은 확장성, 가변성 및 유지보수성 등의 변동 요소가 많으므로 이에 대비하여 확장 및 변경이 용이하도록 H/W와 S/W의 구조를 개방형으로 검토하여 설계에 반영한다.

3) 비상 통보 장치

비상통보장치는 원격감시에 사용하는 것으로 하수처리시설의 고장신호를 원격의 관리자에게 유·무선 네트 워크를 이용하여 PDA, 휴대폰, 전화 사서함 등으로 문자 및 음성 등을 통보하는 장치를 말하며 음성은 미리 녹음한 내용으로 하고, 문자의 경우는 이벤트에 따른 등록 메시지로 하며 방식은 H/W형식과 S/W형식으로 구 분하며 처리장의 설치공간, 유지관리체제 등을 고려하여 선정한다.

【해설】

비상통보장치는 통상 소규모하수처리시설, 소규모 펌프장에 적용하며, 원활한 음성통보를 위해 수신 자를 한정하여 연락할 수 있도록 한다. 다수의 직원이 수신하는 경우는 별도 기록 장치를 설치하는 것

이 바람직하다. 문자의 경우는 관리자가 통보대상자 데이터베이스(DB)에 기록된 FAX 또는 휴대폰, PDA 등으로 전송할 수 있도록 하고, 메시지 변경이 용이하여야 한다. 통보 항목은 고장 내용(7항목 정도)을 집약화 하여 항목마다 내용을 음성 또는 문자로 등록한다.

〈표 6.3.6〉 통보 항목 (참고)

No.	통보내용	No.	통보내용	No.	통보내용
1	수전정전	4	수변전설비이상	7	외부차침입
2	화재경보	5	수처리기기고장		
3	펌프정 수위이상고	6	슬러지처리기기고장		

6.3.8 중앙감시반

1) 일반사항

중앙감시반 설계에 있어서 다음 사항에 대하여 충분히 검토하여야 한다.

- (1) 설치 목적
- (2) 중앙감시반 구성 요소 및 형식

【해설】

(1)에 대하여

하수처리시설의 중앙감시반 설치목적은 감시항목이 많아 POS감시나 CCTV화상감시, 사람에 의한 현장감시 등이 원활하지 않을 경우 감시업무의 보완을 위하여 설치하는 것으로 한다.

※ 단, 중·소규모처리시설의 중앙감시반은 지역주민에게 시각적인 교육 및 홍보효과를 줄 수 있으므로 시·군 단위별 1개소만 설치하는 것을 원칙으로 하고 나머지 처리시설에는 특별한 경우가 아니면 설치하지 않는다.

(2)에 대하여

중앙감시반 구성요소로 graphic board를 설치할 경우 상시감시가 필요한 일부 지시계만을 설치하여야 한다. 그러나, 장래분의 감시항목에 대한 수용이 원활하지 못하므로 중앙통합관리처리장에서의 중앙감시반은 확장 및 변경이 용이하며 현장의 모든 계측기의 지시값과 설비의 상태를 표시할 수 있는 projector 감시반 설치를 검토할 수 있다.

중앙감시반으로 projector 감시반 설치를 검토할 경우 감시·제어 외에 발주처와 활용도를 충분히 협의하여 선정하여야 한다.

감시반의 특성은 아래와 같다.

〈표 6.3.7〉 감시반의 형식별 특성비교

구 분	GDP방식	프로젝터 감시반	대형 TV 감시반
동작개요	<ul style="list-style-type: none"> • 각종계기 및 LED램프 등을 설치하고, 주제어 설비와 GDP간의 hard wiring 접속에 의해 신호전송 	<ul style="list-style-type: none"> • LCD, DLP projector를 사용하여 컴퓨터 화면을 스크린에 영상화시킴. 	<ul style="list-style-type: none"> • 제어설비의 컴퓨터 신호를 encoder를 통하여 video신호로 변환 후 대형화면에 투사
감시성	<ul style="list-style-type: none"> • 공정전반의 운전상황을 한눈에 파악 가능 • 공정상태 및 감시항목 고정(시스템 유연성 부족) 	<ul style="list-style-type: none"> • 선택된 컴퓨터 화면을 대형화하여 다양한 화면 구성 • 감시기능 우수(시스템 유연성 양호) 	<ul style="list-style-type: none"> • 컴퓨터 모니터를 확대하여 다양한 화면 구성 • 감시기능 우수(시스템 유연성 양호)
확장성	<ul style="list-style-type: none"> • 모자이크 판넬 수정과 그래픽 드라이브 추가로 일부 변경은 가능하나 극히 제한적 	<ul style="list-style-type: none"> • 시설의 증설이나 변경시 주제어 설비(컴퓨터)에 의한 변경만으로 가능(시스템 확장성양호) 	<ul style="list-style-type: none"> • 프로젝터 감시반과 동일
유지관리	<ul style="list-style-type: none"> • 표시계기, LED램프, 드라이브 모듈 고장시 부품교체 필요 • 표시계기의 주기적 교정필요 	<ul style="list-style-type: none"> • Tube 및 lamp의 주기적 교체 필요 	<ul style="list-style-type: none"> • 기존 GDP방식이나 프로젝터 감시반에 비하여 유리
경제성	<ul style="list-style-type: none"> • 초기 투자비가 대형TV감시반에 비해 높고 프로젝터 감시반보다 낮음. 	<ul style="list-style-type: none"> • 초기 투자비가 GDP보다 다소 높다. 	<ul style="list-style-type: none"> • GDP방식과 프로젝터 감시반보다 저렴하다.
장점	<ul style="list-style-type: none"> • 공정전반의 운전상황을 한눈에 파악 • 근무자들에게 친숙함. • 실내 조명에 관계없이 설치운영 	<ul style="list-style-type: none"> • 다양한 화면 구성 가능 • 시스템 유연성 및 확장성이 우수 • 다양한 용도로 활용 가능 	<ul style="list-style-type: none"> • 다양한 화면 구성 가능 • 시스템 유연성 및 확장성이 우수 • 유지보수 및 경제성 우수 • 설치공간이 적게 소요
단점	<ul style="list-style-type: none"> • 시스템 확장 및 유연성 부족 • 유지관리에 많은 시간과 인력 소요 • 넓은 설치공간 필요 	<ul style="list-style-type: none"> • 초기투자비 및 유지보수비 과다 소요 • 넓은 설치 공간 필요 • 주위 조명에 영향 받음 • 각 스크린상의 화면색상 및 조도의 상이로 전체화면 불균형 	<ul style="list-style-type: none"> • 현재 사용되고 있는 설비는 해상도가 낮아 화면의 선명도가 다소 낮음. • 고장시 전체 설비 교체(같은 model로 교체) • 해상도 낮음.

2) 시스템의 선정

시스템선정은 최신의 기술동향, 경제성, 현장조건 등을 고려하여 가장 적합한 형식을 선정하여야 한다.

【해설】

- (1) 기술적 사항은 설계당시의 최신기술을 적용하며 신호의 변환에 따른 오차의 발생을 최소화 할 수 있도록 검토한다.
- (2) 경제성은 시스템 설치비용, 유지관리비, 중앙감시실의 구조물 공사비 등을 포함한 종합적인 검토를 한다.
- (3) 현장조건은 처리장의 규모, 유지관리자의 상주유무, 처리장의 중요도 등을 검토한다.

6.3.9 CCTV장치

1) 일반사항

CCTV장치 도입에 있어서 다음의 사항에 대하여 충분히 검토해야만 한다.

- (1) 도입의 목적
- (2) 적용장소

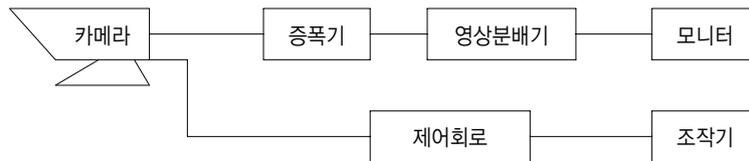
【해설】

(1)에 대하여

처리장, 펌프장에서 시설의 운전상태 파악과 감시업무 보완을 목적으로 도입한다.

(2)에 대하여

침사 및 탈수케익의 상황감시, 소각시설의 연소상황 감시, 기타 위험장소의 출입금지상황의 감시 및 무인 펌프장 등에 설치를 검토한다.



[그림 6.3.10] 시스템 구성도(참고)

2) 시스템 기능

CCTV시스템 선정에는 처리장의 규모, 관리체제, 자동화, 감시제어설비 구성 등을 고려하여 그 처리장에 최적인 것을 선정한다.

카메라의 설치기준은 옥내, 옥외(일반형, 정밀형)형으로 분리하여 검토한다.

주요한 시스템 구성은 다음과 같다.

- (1) TV카메라
- (2) 영상 모니터
- (3) 녹화장비
- (4) 영상분배기
- (5) 케이블 보상장치
- (6) 제어장치
- (7) 사용 케이블
- (8) 조 명
- (9) 피뢰설비

【해설】

CCTV를 통한 화상감시는 야간에도 선명하게 감시가 가능하여야 하며 우천시 또는 외부환경의 변화에도 원활하게 감시할 수 있도록 시스템을 구축하여야 한다.

(1)에 대하여

카메라 설치장소에 따른 표준사항은 다음 <표 6.3.8>을 참조한다.

<표 6.3.8> 카메라 설치 장소에 따른 표준 사항

구 분	속 내	속 외		
		일 반 형	정 밀 형	
카메라	촬상소자	41만화소 칼라 CCD TYPE	41만화소 칼라 CCD TYPE	41만화소 칼라 CCD TYPE
	최대화소	41만화소	41만화소	41만화소
	최저조도	0.7LUX	0.03LUX	0.005LUX
	해 상 도	460본 이상	480본 이상	480본 이상
	영상출력	composite 1.0Vp-p	composite 1.0Vp-p	composite 1.0Vp-p
렌즈	배 율	6배줌(8~64 mm)	15배줌(7.5~112 mm)	20배줌(12~240 mm)
	작동방법	자동	자동	자동
회전기	PAN	±60	±90	±90
	TILT	350°	350°	350°
	재 질	알루미늄	알루미늄	알루미늄
하우징	형 식	비 방수형	방수형	방수형
	재 질	알루미늄 또는 steel	알루미늄 또는 steel	알루미늄 또는 steel

(2)에 대하여

영상 모니터는 20인치 이상 칼라모니터를 표준으로 한다.

(중앙감시반으로 projector가 설치될 경우 모니터 및 projector에서도 영상감시가 가능하도록 구성한다.)

(3)에 대하여

녹화 장비의 선정은 다음표를 참조한다.

(4)에 대하여

영상분배기는 1대의 모니터로 복수대의 카메라 영상을 분할 및 바뀌서 감시하는 경우에 사용한다.

(5)에 대하여

케이블 보상장치는 전송거리에 의한 영향을 받지 않도록 설치한다.

(6)에 대하여

제어장치는 카메라의 선택, 줌 렌즈 조정, 수평·수직·회전등의 원격조작에 사용한다.

(7)에 대하여

사용 케이블은 동축케이블 또는 광케이블을 사용한다.

〈표 6.3.9〉 녹화 장비의 선정

항 목	일반 VTR 방식	time lapse 방식	D.V.R 방식
장 점	- 조작이 간편하다. - 가격이 저렴하다.	장시간녹화 기능보유(테이프 교체의 번거로움이 없음)	- 선명한 화질을 얻을 수 있음. - 외부와의 연동 및 자료보관이 용이 - 동시 다채널의 녹화 가능
단 점	필요한 영상 수만큼 VTR설치 필요 (화면분할 또는 절체영상 녹화시는 제외)	- 재생시 초당 프레임수의 제한 - 필요한 영상수 만큼 설치(화면 분할 또는 절체 영상 녹화시는 제외)	- 상대적으로 가격이 고가 - 다채널 입력시 동영상 재생에 있어 제한
화질상태	중급	중급	고급
녹화시간	최대 2시간	최대 960시간 (T-120 tape기준)	약 720시간(채널수, HDD 용량에 따라 변동)
특 징	녹화tape재생을 통한 모니터 출력	정전보상회로 내장	외부와의 연계가 용이 (LAN/modem)
가 격	저가	중저가	고가

〈표 6.3.10〉 동축케이블에 의한 전송가능거리(참고)

신호전송기		전송 가능 거리	
케이블	신 호	직 송	보상 장치 부
동축 - 5C 2V	전기	350 m	1,200 m
7C 2V	전기	450 m	1,500 m
10C 2V	전기	600 m	2,000 m
클래스 파이버	광	2,000 m	

(8)에 대하여

필요한 조도가 얻어지지 않을 때에는 국부적인 조명장치를 설치하여 카메라의 촬영조건을 채운다. 조명기구는 할로겐 램프를 표준으로 한다.

(9)에 대하여

옥외에 설치된 CCTV카메라가 건물 옥상에 설치된 피뢰설비로부터 낙뢰에 대하여 보호받을 수 없는 경우 CCTV pole에 별도의 피뢰침을 설치하여야 한다.

6.3.10 하수처리 시설의 제어 방식

1) 일반사항

하수처리시설 및 중계펌프장의 자동, 연동, 원격제어는 계측 설비를 이용한 제어 시스템 구성이 주체가 된다.

【해설】

여기서 기술하고 있는 제어시스템은 표준활성슬러지법을 중심으로 하고 있다. 단, 고도처리 및 소규모처리장의 산화구법, 회분법 등의 프로세스에는 응용하여 적용한다.

2) 설계사항

처리시설의 제어시스템 설계에 있어서 다음 사항을 고려한다.

- (1) 목적
- (2) 처리시설
- (3) 유지관리체제
- (4) 신뢰성 및 안전성
- (5) 지역성
- (6) 토목시설, 기계설비와의 부합화

【해설】

(1)에 대하여

각 처리시설의 제어목적은 안전하고 안정적인 운전을 전제로 다음 점을 고려한다.

- ① 수처리, 슬러지처리 성능의 향상
- ② 에너지절감
- ③ 유지관리인원의 최소화
- ④ 작업환경의 개선 등

(2)에 대하여

처리시설은 계획 목표년도 내에 단계적 시공 및 시설 변경이 있을 수 있으므로 이 경우에 지장을 초래하지 않도록 고려하여 계획한다. 특히, 초기시는 유입하수량, 슬러지발생량이 적기 때문에 이에 대한 제어의 방식, 계측범위, 기기 및 장치 선정에 유의한다. 또한, 각 처리시설의 규모, 프로세스 특성, 운전상의 요구를 기초하여 제어시스템의 기능, 보수성, 확장성, 기타 처리시설과 관련 등에 대하여 검토한다.

(3)에 대하여

제어시스템을 적절히 계획함으로써 각 시설의 효율적인 운용, 처리성능의 개선, 에너지절감, 작업성 향상 등의 효과를 기대할 수 있다. 따라서 기본설계에 있어서는 설치지역의 사정을 감안하여 유지관리 체제 등의 관리운용에 관계되는 제어의 기능분담 및 위치를 명확히 한다.

(4)에 대하여

제어시스템의 신뢰성 및 안전성은 처리장, 펌프장 등 각 시설의 특성에 의한 내 환경, 내 노이즈, 확장성, 오조작 방지 등에 대하여 검토를 한다. 또한, 기기의 고장 시 안전장치나 백업 등에 대하여 충분히 배려한 계획으로 한다.

(5)에 대하여

처리시설 운전에 있어서 주요한 외란 요인은 지역특성에 의한 유입하수량, 유입수질의 변동 등이다. 제어시스템은 그것들의 특성과 처리시설, 처리장 시설의 특성 등을 부합시켜 최적한 운전이 될 수 있도록 계획한다.

(6)에 대하여

제어시스템에 의해 안전한 처리시설 운전을 확보하기 위해서는 처리시설, 기계설비 등의 특성, 기능 등을 조사하여 최적의 설계를 한다.

3) 제어 장치 및 제어 기능

- (1) 제어장치는 단위 루프마다 구축하는 것을 원칙으로 한다.
- (2) 시퀀스제어는 시퀀스 컨트롤러, 계측제어는 디지털 제어장치(원루프 컨트롤러 등) 또는 아날로그 제어장치(지시조절계 등)를 적용하는 것을 원칙으로 한다. 또 제어장치는 취급, 조작성도 고려한다.

【해설】

(1)에 대하여

제어장치의 시퀀스 컨트롤러 및 원루프 컨트롤러는 1개 장치의 다운이 다른 루프에 미치는 영향을 피하기 위해 단위 루프마다 구축하는 것을 원칙으로 한다. 그러나, 시퀀스 컨트롤러는 복수의 루프제어와 공통되므로 처리시설마다 위험요소를 최소화 할 수 있도록 하여야 한다.

(2)에 대하여

시퀀스제어는 시퀀스 컨트롤러를 적용하는 것을 원칙으로 하지만 시퀀스 컨트롤러가 다운될 경우에 최소한의 운전레벨을 확보하기 위하여 일부 하드 릴레이를 적용한다.

또한, 제어의 종류는 원루프 컨트롤러 등을 사용한 디지털 제어 및 지시조절계 등을 사용한 아날로그 제어로 구분되지만 어느 것을 적용하는가는 대상으로 하는 프로세스의 성질, 제어내용 또는 처리장 규모를 감안하여 결정할 필요가 있다.

또, 원루프 컨트롤러 또는 지시조절계를 사용하는 외에 제어 루프가 집중적으로 많은 경우에 경제성, 효율성 및 유지관리성을 고려한 경우 멀티루프형 컨트롤러(마이크로 컨트롤러 등)를 적용하는 쪽이 유리하여질 수 있기 때문에 비교 검토가 바람직하다.

〈표 6.3.11〉 디지털 제어과 아날로그 제어의 비교

항 목	디지털 제어	아날로그 제어
1. 시스템구성	기능복합형	기능전용형
2. 시퀀스의 확장성	소프트웨어변경으로 대처	하드웨어의 증설
3. 정보전달	데이터 버스에 의한 디지털 전송	아날로그 신호직송
4. 조작 (설정치의 변경) (파라미터 조정) (조작량)	중앙집중감시장치로부터의 데이터 버스에 의한 다운로드 및 각각 기기의 조작에 의한다.	각각 기기의 조작에 의한다.
5. 제어기능(방식)	단기능 소프트웨어의 조합(결합)에 의해서 각종 제어기능(방식)을 구축하는 일이 발생한다.	각각의 조절계는 전용의 제어기능(방식)으로 되어 있다.(제어 시스템을 구축하는 경우는 각종의 기기를 복수대 조합할 필요가 있다.)
6. 계측시스템의 이상신호 검출	계측신호의 상·하한, 타당성 체크, 조작량 체크 리미트 등을 표준장비로 한다.	표준적으로 체크기능은 없다. (각종의 기기를 조합할 필요가 있다.)
7. 계측제어장치의 고장검출	하드 및 소프트웨어의 고장검지기능이 표준장비	표준적으로 체크기능 없다.

4) 각 시설의 제어 방식

각 시설의 제어방식은 각 설비 제어 방식 일람표에 의한다.

【해설】

- (1) 각 시설의 제어방식은 시설의 규모, 프로세스의 특성, 단계적 건설을 고려하여 가장 적합한 것을 채용한다.
- (2) 제어 대상은 일반활성슬러지 시설까지로 한다. 고도 처리의 경우에는 각 공법에 따라 다양하게 적용되므로 본 장에서는 제외한다.
- (3) 제어에 관하여 계측기기가 관계되고 있지 않은 처리설비는 이 장에서 제외하였다. 이것들의 설비는 운전방안을 참고로 한다.
- (4) 제어는 통상 마이크로 프로세스를 이용한 DCS 또는 PLC가 사용되지만, 여기에서는 원루프 컨트롤러를 기본으로 하여 아날로그 계측제어도 사용가능하며 제어장치구성 가운데서 시퀀스 컨트롤러는 시퀀스제어 기능만을 기본으로 한다.
- (5) 제어에 있어서는 현장부분만 기재하여 중앙감시제어설비와의 관계에는 「6.3.1 계측항목」에서 다루고 있다.
- (6) 제어방식을 나타내는 표는 다음 항목에 표기하였다.

각 설비의 제어 방식 일람표 목차

설비명	제어방식	비고
긴급차단 유입 수문(오수)	수위제어	
유입 수문(우수)	수위제어	
오수 및 우수 펌프	수위제어	
오수 펌프	(1) 수위폭 일정제어 (2) 수위 및 유량 제어	
일차침전지 슬러지 펌프	(1) 타이머 제어 (2) 1지당 인발량을 설정하는 프리세트제어 (3) 1일 인발량을 설정하는 프리세트제어	
송풍기	압력 일정 제어	
반응조 송풍량 조절밸브	(1) 송풍량 일정 제어 (2) 공기 배율 일정 제어 (3) DO 일정 제어	
반송슬러지 펌프	(1) 반송량 일정 제어 (2) 반송 비율 일정 제어	
잉여슬러지 펌프	(1) 타이머 제어 (2) 1지당 인발량을 설정하는 프리세트제어 (3) 1일 인발량을 설정하는 프리세트제어	
농축슬러지 펌프	(1) 타이머 제어 (2) 프리세트 제어	
슬러지 탈수/약품주입펌프	주입 비율 일정 제어	
반류수 펌프	유량 일정 제어	

각 설비의 제어 방식 일람표 내용

설비명	제어 대상 설비를 표시한다	제어장치	제어에 필요한 장치 및 기기
제어 목적 및 개요	주된 제어 목적 및 그 효과 등을 표시하고, 제어의 조건과 개요 등을 표시한다.		
제어방식	기본적 제어 방식을 표시한다.	계측항목	필요한 계측 항목을 표시하고 ()안은 채용 순위를 표시한다.
설계 유의 사항	제어 장치 및 제어 기기의 선정, 운전 조작에 필요한 조건, 제어 루프 구성 상의 유의사항, 공정 및 기기 설비에 대한 고려 및 시공 상 필요한 조건 등을 표시한다.		
제어 블록도	제어 블록도 또는 제어 루프도를 표시한다		

설비명	긴급차단 유입 수문(오수)	제어장치	시퀀스콘트롤러+경보설정기
제어 목적 및 개요			
오수의 이상 유입에 따른 침사지 설비 등의 수몰을 방지하기 위해서 펌프정 수위가 규정치 이상일 경우 유입 수문을 닫는다.			
제어방식		계측항목	
수위제어		(1) 유입 맨홀 수위 (A) (2) 펌프정 수위 (A)	
설계 유의 사항			
(1) 하수처리시설, 펌프장에 적용한다. (2) 긴급차단 수문의 자동 개·폐 절체스위치를 설치한다. (3) 긴급차단 동작 후 수문의 수동 조작이 가능하도록, 동작 해제 스위치는 현장 및 중앙에 설치한다. (4) 프로세스상 무정전을 고려한다.			
제어 블록도			

설비명	유입 수문(우수)	제어장치	시퀀스컨트롤러+경보설정기
제어 목적 및 개요 우수 유입에 따른 펌프 운전을 위하여 유입 맨홀 수위가 규정치 이상일 경우 유입수문을 연다.			
제어방식 수위제어		계측항목 (1) 유입 맨홀 수위 (A)	
설계 유의 사항 (1) 합류식 하수처리시설 및 펌프장에 적용한다. (2) 유입 수문의 닫힘은 수동 조작을 원칙으로 한다. (3) 펌프정 수위가 규정치 이상(처리능력 이상)이 되면 침사지 설비 등의 수물 우려가 있으므로 수동에 의한 유입수문 긴급 차단 제어를 고려한다.			
제어 블록도 			

설비명	오수 및 우수 펌프	제어장치	시퀀스컨트롤러+경보설정기
제어 목적 및 개요			
<p>오수 펌프는 유입하수를 하수처리시설에 송수하기 위하여 맨홀, 침사지 및 펌프정의 총용적량의 버퍼 효과를 이용하여 펌프정 수위 변화에 따라 펌프의 운전 제어를 실시하며, 우수 펌프는 침사지에 유입되는 우수를 안전하게 배제하기 위해 댗수를 조절한다.</p>			
제어방식		계측항목	
수위제어		(1) 펌프정 수위 (A)	
설계 유의 사항			
<p>(1) 수전 용량 등에 의해 펌프의 동시 기동이 곤란한 경우가 있으므로 기동 순서 여부를 검토한다. (2) 펌프 기동/정지 빈도가 가능한 적어지도록 설정치 폭을 검토한다. (3) 펌프 증감 시에 오수 또는 우수량이 급변하지 않도록 오수(우수) 펌프 용량을 검토한다.</p>			
제어 블록도			
<p>수위 ↑</p> <p>h6 3번 펌프 운전 수위 h5 2번 펌프 운전 수위 h4 1번 펌프 운전 수위 h3 3번 펌프 정지 수위 h2 2번 펌프 정지 수위 h1 1번 펌프 정지 수위</p> <p>수위설정기(경보설정기)</p> <p>LA → 확인타이머(T) → 댗수제어 시퀀스 → 펌프 운전정지명령</p> <p>수위계 ⊗</p> <p>침사지 펌프정</p> <p>유량계 ⊗</p> <p>(1) 오수 펌프 (1) 하수처리시설 (2) 우수 펌프 (2) 방류</p>			

설비명	오수 펌프	제어장치	시퀀스컨트롤러+원부프컨트롤러
제어 목적 및 개요			
<p>수위 폭 일정 제어는 수위 변동 폭을 일정 폭 내에서 운전될 수 있도록 펌프의 닷수와 회전수를 제어하는 것이고, 여기에 하수 유입량 대비 목표 양수량을 연산하여 펌프의 회전수를 제어하는 것이 수위 및 유량 제어 방식이다.</p>			
제어방식		계측항목	
(1) 수위폭 일정제어 (2) 수위 및 유량 제어		(1) 펌프정 수위(A), (2) 펌프 회전수(A) (1)+(2)+(3) 펌프토출유량	
설계 유의 사항			
(1) 수위폭 일정 제어 <ul style="list-style-type: none"> - 목표 수위폭은 유입량의 급격한 변화를 검토 후 설정 - 펌프 운전 닷수와 회전수 제어계의 트래킹 회로를 설계 시점에 검토 - 샘플링 시간 설정은 펌프의 운전/정지 빈도를 가능한 적어 지도록 충분히 고려 (2) 수위 및 유량 제어 (수위 제어 유의 사항 포함) <ul style="list-style-type: none"> - 수위 상승 변화율이 큰 경우 목표 토출량 보정 - 펌프 토출량을 계측할 수 없는 경우 펌프 특성 곡선에 의해 제어 - 펌프 증감시에 유량 변동이 적도록 회전수 제어계의 트래킹 회로를 고려 			
제어 블록도			
<p>Note</p> <p>(1)은 수위폭 일정 제어의 경우 적용 (2)는 수위 및 유량 제어의 경우 적용</p>			

설비명	일차침전지 슬러지 펌프	제어장치	시퀀스콘트롤러 + 원부프콘트롤러
제어 목적 및 개요			
일차침전지 유출 수질을 안정화하고 슬러지 부패를 방지하기 위해 정해진 시간에 의해 인발밸브를 순차적으로 제어하는 타이머 제어와 1지당 인발량과 주기를 설정하는 방식과 1일 인발량과 주기를 설정하는 프리세트 제어 방식이 있다.			
제어방식		계측항목	
(1) 타이머 제어 (2) 1지당 인발량을 설정하는 프리세트제어 (3) 1일 인발량을 설정하는 프리세트제어		(1)슬러지인발량(A), (2)인발슬러지농도(A) (1)슬러지인발량(A), (2)인발슬러지농도(A) (1)슬러지인발량(A), (2)인발슬러지농도(A)	
설계 유의 사항			
(1) 타이머 제어 시는 지 단위로 인발량이 다를 경우 타이머 셋팅에 주의하고, 이상이 발생되거나, 휴지가 설정된 침전지는 다음지로 자동 이전되도록 한다. (2) 프리세트 제어의 프리세트 카운터는 소프트웨어 방식 또는 외부 프리세트 카운터를 사용하며, 타이머 제어 방식과 조합한 제어방식(절체 사용)도 고려한다. (3) 1일 인발량 설정 프리세트 제어 방식은 각지 인발량(또는 인발 비율)을 보정할 수 있는 것이 바람직하며, 슬러지 농도에 의해 인발량 보정도 고려할 수 있다.			
제어 블록도			
<p>Note</p> <p>(1)은 타이머 제어 (2)는 1지당 인발량을 설정하는 프리세트 제어 (3)은 1일 인발량을 설정하는 프리세트 제어</p> <p>The diagram illustrates the control logic for the sludge pump. It starts with three main control inputs: '인발주기 설정' (Infeed Cycle Setting), '1일 인발량 설정값' (Daily Infeed Amount Setting Value), and '지단위 인발량승수' (Per-stage Infeed Amount Multiplier). Path (1) uses a '주기타이머 (24시간)' (Cycle Timer, 24h) to trigger an '인발 타이머' (Infeed Timer), which then controls the '인발밸브 순차개폐' (Infeed Valve Sequential Opening/Closing). Path (2) uses '인발주기 설정' and '1지당 인발량설정' (Per-stage Infeed Amount Setting) to set a '1지당인발 프리세트' (Per-stage Infeed Preset), which controls the '인발밸브 순차개폐'. Path (3) uses '인발주기 설정' and '1일 인발량 설정값' to calculate '1주기 인발량연산' (1 Cycle Infeed Amount Calculation), then '1지당 인발량연산' (Per-stage Infeed Amount Calculation) (incorporating the multiplier), and finally '1지당인발 프리세트' (Per-stage Infeed Preset). The '인발밸브 순차개폐' controls the '인발밸브' (Infeed Valve) via '밸브닫힘' (Valve Closing) and '밸브열림' (Valve Opening) signals. The '인발밸브' feeds into the '슬러지인발밸브' (Sludge Infeed Valve), which is controlled by 'n 대' (n stages). The '슬러지인발밸브' feeds into the '슬러지펌프' (Sludge Pump), which is controlled by '펌프 운전정지' (Pump Start/Stop) signals. The '슬러지펌프' feeds into the '유량계' (Flow Meter) and '농도계' (Concentration Meter), which are controlled by 'a' and 'b' signals respectively. The '유량계' and '농도계' feed into the '농축조' (Concentration Tank).</p>			

설비명	송풍기	제어장치	시퀀스컨트롤러+원부프컨트롤러
제어 목적 및 개요			
<p>풍량 증감에 대해 관로 저항이 변동하는 것을 보정하여 송풍기의 안정적 운전을 도모하는 것으로 송풍기의 토출 압력이 설정된 압력에 의해 흡입 밸브 또는 회전수의 제어를 행하는 것이다.</p>			
제어방식		계측항목	
압력 일정 제어		(1) 송풍기 토출 압력(A) (2) 송풍기 흡입 풍량(A)	
설계 유의 사항			
<p>(1) 통상 DO 일정 제어와 조합하여 사용하며, 설정 토출압의 여유가 적거나, DO 제어측의 조절밸브 압력이 작거나 또는 제어성이 나쁠 경우 주의를 요한다.</p> <p>(2) 송풍기의 기종에 따라 제어 방법이 다름을 유의하여야 한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> - 단단 터보 블로어 : 대수제어, 대수제어+흡입밸브제어, 대수제어+흡입배인제어 - 단단증속터보블로어 : 대수제어, 대수제어+유입배인제어, 대수제어+가이드배인제어 - 루츠 블로어 : 대수제어, 대수제어+회전수제어 <p>(3) 초기에는 DO 일정 제어와 관련된 송풍기 흡입 밸브 또는 회전수 제어를 실시하고, 압력 일정 제어는 고려하지 않는 것이 바람직하다.</p> <p>(4) DO 일정 제어측 외란에 의해 제어가 불안정하게 될 수 있으므로 송풍량의 급변을 일으키지 않도록 고려해야 한다.</p> <p>(5) 이종의 송풍기를 조합하여 제어하는 경우에는 그 제어 방식에 유의한다.</p>			
제어 블록도			

설비명	반응조 송풍량 조절밸브	제어장치	원루프콘트롤러
제어 목적 및 개요			
반응조의 송풍량을 제어하여 활성슬러지의 성상을 안정화하여 처리 효율을 높이는 것으로 풍량 설정값에 의해 송풍량을 일정하게 제어하는 방식과 반응조 유입 하수량과 방류유량에 비례하여 제어하는 방식 및 반응조내 DO값을 일정하게 제어하는 방식이 있다.			
제어방식		계측항목	
(1) 송풍량 일정 제어 (2) 공기 배율 일정 제어 (3) DO 일정 제어		(1)송풍량(A), (2)흡입압력(B), (3)흡입온도(B) (1)(2)(3), (4)반응조유입유량(C), (5)방류량(A) (1)(2)(3)(4), (6)DO(A)	
설계 유의 사항			
(1) 송풍량 일정 제어 <ul style="list-style-type: none"> - 통상 풍량 조절 밸브는 버터플라이밸브를 사용하지만 제어 풍량에 대한 구경 검토 - 풍량제어 조절계는 조절밸브의 과잉동작을 피하기 위해 샘플 PI 제어계가 바람직함 (2) 공기 배율 일정 제어는 부하 변동이 큰 시설에는 적용이 곤란 함 (3) DO 일정 제어 <ul style="list-style-type: none"> - DO계 이상에 대처하기 위해 출력 신호 상하한 리미트 설정 - DO계 설치는 반응조 출구 부근으로 타 인접 반응조에 이동할 수 있도록 설치 - 계열별 1개소 DO계 설치할 경우 각조 유입유량, 송풍량, MLSS는 균등하게 한다. - DO 조절 시 반응조 유입량 등 유량 관련 인자를 제어에 넣을 경우도 있다. 			
제어 블록도			
<p>Note</p> <p>(1)은 송풍량 일정제어 (2)는 송풍 배율 일정 제어 (3)은 DO 일정 제어</p>			

설비명	반송슬러지 펌프	제어장치	시퀀스컨트롤러 + 원루프컨트롤러
제어 목적 및 개요			
반응조내 MLSS를 일정하게 유지하여 처리 수질 안정화를 도모하기 위하여 설정값에 따른 반송슬러지 펌프의 회전수를 제어하는 반송량 일정제어와 반응조 유입하수량(방류유량)에 대하여 설정한 반송비율을 일정하게 유지하는 반송비율일정제어 방식이 있다.			
제어방식		계측항목	
(1) 반송량 일정 제어		(1)반송슬러지량(A), (2)반송펌프회전수(A),	
(2) 반송 비율 일정 제어		(3)반송슬러지 농도(A) (1) (2) (3) (4)반응조 유입 유량 (C)	
설계 유의 사항			
(1) 반송량 일정 제어 - 반송률은 유입하수량에 따라 다르므로 1일 유입량에 적정한 반송량 설정 필요 - 지 단위로 인발량이 다를 경우 인발 시간에 유의한다.			
(2) 반송 비율 일정 제어 - 반응조 유입하수량(방류유량)의 급격한 증감에 대처하기 위해 반송 비율 상하한 리미트 고려 - 지 단위로 인발량이 다를 경우 인발 시간에 유의한다.			
제어 블록도			
Note			
(1)은 반송량 일정 제어			
(2)는 반송비율 일정제어			

설비명	잉여슬러지 펌프	제어장치	시퀀스콘트롤러+원부프콘트롤러
제어 목적 및 개요			
증식된 슬러지를 인발하여 프로세스내 슬러지를 일정하게 유지하기 위해 정해진 시간에 의해 인발밸브를 순차적으로 제어하는 타이머 제어와 1지당 인발량과 주기를 설정하는 방식과 1일 인발량과 주기를 설정하는 프리셋 제어 방식이 있다.			
제어방식		계측항목	
(1) 타이머 제어 (2) 1지당 인발량을 설정하는 프리셋제어 (3) 1일 인발량을 설정하는 프리셋제어		(1) 잉여슬러지 인발량(A) (1) 잉여슬러지 인발량(A) (1) 잉여슬러지 인발량(A)	
설계 유의 사항			
(1) 타이머 제어 시는 지 단위로 인발량이 다를 경우 타이머 셋팅에 주의하고, 1지당 인발량을 설정하는 프리셋 제어(절체 사용)도 고려한다. (2) 프리셋 제어의 프리셋 카운터는 소프트웨어 방식 또는 외부 프리셋 카운터를 사용하며, 타이머 제어 방식과 조합한 제어방식(절체 사용)도 고려한다. (3) 1일 인발량 설정 프리셋 제어의 프리셋 카운터는 소프트웨어 방식 또는 외부 프리셋 카운터를 사용하며, 잉여슬러지를 연속적으로 인발하는 경우는 회전수 제어를 고려한다.			
제어 블록도			
<p>Note</p> <p>(1)은 타이머 제어 (2)는 1지당 인발량을 설정하는 프리셋 제어 (3)은 1일 인발량을 설정하는 프리셋 제어</p>			

설비명	농축슬러지 펌프	제어장치	시퀀스컨트롤러+프리셋카운터
제어 목적 및 개요			
<p>농축조에서 적정 슬러지를 인발하여 슬러지 부패를 방지하기 위해 정해진 시간에 의해 인발밸브를 순차적으로 제어하는 타이머 제어와 1지당 인발량과 주기를 설정하는 프리셋 제어 방식이 있다.</p>			
제어방식		계측항목	
(1) 타이머 제어		(1)슬러지인발량(A), (2)슬러지농도(B)	
(2) 프리셋트 제어		(3)슬러지계면(C) (1) (2) (3)	
설계 유의 사항			
<p>(1) 타이머 제어 시, 각 농축조의 인발량은 농축조의 슬러지 계면에 언발란스가 생길 수 있으므로 각 조의 인발 타임을 고려하고, 이상 또는 휴지가 설정된 농축조는 다음조로 자동 이전되도록 한다. 또한, 프리셋트 제어의 제어 방식과 조합 방식도 고려한다.</p> <p>(2) 프리셋트 제어의 프리셋트 카운터는 소프트웨어 방식 또는 외부 프리셋트 카운터를 사용하며, 각 농축조의 인발량은 농축조의 슬러지 계면에 언발란스가 생길 수 있으므로 각 조의 인발 타임을 고려하고, 이상 또는 휴지가 설정된 농축조는 다음조로 자동 이전되도록 한다. 또한, 타이머 제어 방식과 조합한 제어방식(절체 사용)도 고려한다.</p>			
제어 블록도			
<p>Note</p> <p>(1)은 타이머 제어 (2)는 1지당 인발량을 설정하는 프리셋트 제어</p>			

설비명	슬러지 탈수/약품주입펌프	제어장치	원루프콘트롤러
제어 목적 및 개요			
<p>약품량을 적절하게 주입하여 탈수케익의 함수율을 저하시키기 위해 투입슬러지 농도로부터 약품의 주입률을 산출하여 주입 펌프의 속도를 제어한다.</p>			
제어방식		계측항목	
주입 비율 일정 제어		(1) 슬러지 투입량(A) (2) 투입슬러지 농도(A) (3) 약품 주입량(A)	
설계 유의 사항			
(1) 초음파 감쇄식 슬러지 농도계를 사용할 경우에는 측정 대상 물질에 포함될 수 있는 기포에 유의하여야 한다. (2) 투입슬러지 농도의 측정은 슬러지 투입 펌프와 연동시킨다.			
제어 블록도			

설비명	반류수 펌프	제어장치	시퀀스컨트롤러+원부프컨트롤러
제어 목적 및 개요	<p>수처리 시설에서 반류수 유량을 일정하게 유지하여 수처리의 안정화를 꾀하며, 요구 반류수량에 대하여 일정 유량을 유지하여 반류수 펌프의 회전수 제어를 실시한다.</p>		
제어방식	유량 일정 제어	계측항목	(1) 반류수 저류조 수위(A) (2) 반류수 유량(A)
설계 유의 사항	(1) 반류수 저류조의 수위가 넘치지 않도록 주의한다.		
제어 블록도			

제 7 장

수질 및 슬러지 분석시험

제7장 수질 및 슬러지 분석시험

7.1 수질 및 슬러지 분석시험

(1) 시험목적
① 방류수 등의 수질이 환경관련법규의 수질기준에 맞는지 검사한다.
② 정기적으로 처리장 내의 각 단위시설의 유출수를 시험·분석함으로써 운전효율을 검사하고 아울러 기록을 유지한다.
③ 공장 등으로부터 유입되는 폐수의 수질을 조사하고 감시 및 지도를 위한 자료로 사용한다.
④ 처리장의 유지관리비를 적산하기 위한 자료를 얻는다.
(2) 수질검사
방류수의 수질검사 회수 및 시기는 하수도법이 정하는 바에 따른다.
(3) 시험방법
하수에 대한 시험방법은 수질오염공정시험기준에 따른다.

【해설】

(1)에 대하여

하수도시설은 하수를 모은 후 처리함으로써 그 지역주민의 생활환경을 향상시킴과 아울러 공공수역의 수질을 보존하는 데에 의의가 있다.

법적으로는 방류수 수질기준에 따라 하수처리시설 유출수의 수질을 유지하여야 하며, 따라서 방류수가 배출되는 공공수역의 수질이 환경기준에 적합하게 유지되도록 한다는 목표로 하수처리시설 유출수의 수질을 분석·검사한다.

방류수 수질기준 분석항목과 배출기준은 관련 법률인 “하수도법”과 “수질 및 수생태계 보전에 관한 법률”에서 정하고 있으므로 관련 규정을 참고하여 분석을 실시한다.

(2)에 대하여

하수도법 시행령 제15조에 의하면 공공하수처리시설에서 처리된 방류수의 수질검사 횟수는 처리시설의 용량에 따라 매일, 주 1회, 월 1회 등으로 구분되어 있으나 1일 처리능력 500m³ 이상의 처리장에서는 매일 1회 이상 실시하도록 규정하고 있으며, 이런 규정에도 불구하고 방류수의 수질이 현저하게 악화되었다고 인정될 때에는 수시로 수질검사를 실시하도록 규정하고 있다. 규정에 의해 수질검사를 할 때에는 환경부령이 정하는 방류수의 수질검사서에 의하여 검사한 방류수를 채취한 일시, 장소, 일기, 기온 및 당해 방류수의 온도와 검사 결과를 기록하고 이를 5년간 보관하여야 한다.

방류수 수질기준에 해당하는 항목으로는 BOD, COD, SS, T-N, T-P, 생태독성이 있으며, 처리장의 원활한 유지관리를 위해서는 수시로 또는 주기적으로 실험을 실시하여야 하는데 이를 정리하면 다

음의 <표 7.1.1>과 같다.

한편, <표 7.1.2>에는 처리장의 유지관리 및 방류수의 수질 측정을 위해 실시하는 수질 및 슬러지의 측정 지점 및 측정 항목의 예가 나타나 있다.

<표 7.1.1> 수질 및 슬러지의 항목

구분	관련 규정	항목 수	시험 항목
공공하수처리시설 방류수 수질기준 관련	하수도법 시행규칙	7	BOD, COD, SS, T-N, T-P, 총대장균군수, TU
폐수배출시설 배출허용기준	수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 시행규칙	33	Cu, Pb, As, Hg, CN, Cr, 용해성철, Cr ⁺⁶ , Cd, 용해성 망간, Zn, F, Phenols, n-Hexane 추출물질, 유기인, PCB, 색도, 수온, 총 대장균군수, pH, TN, TP, TCE, PCE, 계면활성제, 벤젠, 디클로로메탄, 1,2-디클로로에탄, 1,1-디클로로에틸렌, Se, TU, CCl ₄ , 클로로폼
슬러지 함유 유해물질 관련	폐기물관리법 시행규칙	24	Cu, Pb, As, Hg, CN, Cr, 용해성철, Cr ⁺⁶ , Cd, 용해성 망간, Zn, F, Phenols, n-Hexane 추출물질, 유기인, PCB, 색도, 총 대장균군수, pH, 무기성 질소, NH ₃ -N, 총인, TCE, PCE
유지관리 항목		25	NH ₃ -N, NO ₂ -N, NO ₃ -N, Org-N, PO ₄ ³⁻ , Cl ⁻ , DO (MLDO), TS, SS(MLSS), VS(MLVSS), H ₂ S, NH ₃ (gas), 미생물 (Nocardia 등), VA, 소화조 온도, 알칼리도, 함수율, SV, 투시도, 발열량, CH ₄ , CO ₂ , Mg ⁺² , 응집제 Jar-test, 총경도

<표 7.1.2> 측정 지점 및 항목 예

구분	항목 수	유입수 및 방류수	1차 침전지 유입수	1차 침전지 유출수	포기조	반송수	잉여슬러지	농축조		소화조				탈수 케익	탈수 여액	탈취설비	분뇨화조
								유입슬러지	상정수	유입 및 유출 슬러지	조내 슬러지	상정수	소화가스				
계	46	28	3	5	5	6	2	2	6	5	5	6	2	12	4	2	2
일일시험	20	BOD, COD, SS, T-N, T-P, 수온, DO, 투시도, 대장균군, pH	BOD, COD, SS	BOD, COD, SS, T-N, T-P	MLSS, SV, MLD, O, 미생물	BOD, SS, COD	TS, VS	TS	BOD, COD, SS, T-N, T-P	TS	온도, pH	BOD, SS, COD	CH ₄ , CO ₂	함수율, VS			TS
주간시험	17	NH ₃ -N, NO ₂ -N, NO ₃ -N, Org-N, 세제, 색도			MLVS, S	VS, T-N, T-P		VS, VS	VS, 총경도, 알칼리도, Mg ⁺²	VA, TS, VS	VS, T-N, T-P			BOD, COD, T-N, T-P	H ₂ S, NH ₃	VS	
월간시험	14	Cu, Pb, As, Hg, CN, Cr, Fe, Cr, Cd, Mn, TCE, PCE, TU, n-Hexane추출물질															
분기시험	10													Cu, Pb, As, Hg, CN, Cr ⁺⁶ , Cd, Cl ⁻ , 유기인, 발열량			

(3)에 대하여

일반적으로 하수처리시설에서 실시하는 수질분석시험항목과 수질오염공정시험기준에 의한 주요 분석기기의 내용은 <표 7.1.3>과 같으며, 이외에 유지관리를 위해 실시하는 실험 항목 및 분석기기는 <표 7.1.4>와 같다.

〈표 7.1.3〉 수질 시험항목 및 분석기기

시험 항목		주요 분석기기
온도		유리제 막대형 수온온도계
수소이온농도(pH)		유리전극 pH미터
생화학적 산소요구량(BOD)		인큐베이터(20℃), DO미터
화학적 산소요구량(COD _{Mn})		항온수조
부유물질(SS)		여과기, 진공펌프
노말핵산 추출물질	광유류	가열판(hot-plate), 항온수조, 분액깔대기
	동식물 유지류	상동
용존산소량		DO미터
페놀(phenols)		항온수조, 분광광도계, 진탕기
시안(CN)		통기장치, 항온수조, 시안증류장치, 분광광도계
총수은(Hg)		원자흡광광도계
알킬수은		가스크로마토그래피
유기인		가스크로마토그래피
카드뮴(Cd)		원자흡광광도계 또는 ICP
납(Pb)		원자흡광광도계 또는 ICP
크롬(Cr)		원자흡광광도계 또는 ICP
6가 크롬(Cr ⁺⁶)		분광광도계 또는 원자흡광광도계, 또는 ICP
비소(As)		분광광도계 또는 원자흡광광도계, 또는 ICP
구리(Cu)		상동
아연(Zn)		상동
용해성 철(Fe)		상동
용해성 망간(Mn)		상동
불소(F)		분광광도계 또는 광전분광광도계, 불소증류장치
대장균군수		인큐베이터(35℃)
PCB		가스크로마토그래피
총 질소(T-N)		열분해장치
총 인(T-P)		열분해장치
음이온계면활성제(ABS)		분액깔대기, 분광광도계
트리클로로에틸렌(TCE), 테트라클로로에틸렌(PCE)		가스크로마토그래피 + ECD
색도		색도계 또는 분광광도계
알칼리도		뷰렛 또는 홀렛
음이온 계면활성제		광전광도계 또는 광전분광광도계
벤젠		가스크로마토그래피
셀레늄		원자흡광광도계
생태독성		물벼룩

〈표 7.1.4〉 슬러지 실험 및 유지관리 항목 분석기기

시험 항목	주요 분석기기
총고형물 농도(TS)	건조 오븐
암모니아성 질소(NH ₃ -N)	분광광도계 또는 이온전극
아질산성 질소(NO ₂ -N)	"
질산성 질소(NO ₃ -N)	"
휘발산(VA)	증류장치
투시도	투시판
발열량	칼로리미터
메탄(CH ₄)	가스크로마토그래피+TCD
이산화탄소(CO ₂)	"
총경도	원자흡광광도계 또는 ICP

시험항목 중 비교적 시험이 간단하고, 고도의 기술을 요하지 않는 온도, 수온, 색도, 냄새, pH, DO, BOD, SS(VSS), 알칼리도 등을 일반시험이라 하고, 시험 빈도는 많지 않으나 비교적 고도의 분석능력이나 기기를 필요로 하는 총 인, 총 질소, 암모니아성 질소, 질산성 질소, 세제, 중금속 등 유해 물질에 대한 시험을 정밀시험으로 분류하기도 한다.

7.2 시험실

7.2.1 위치

시험실은 처리장내의 각 시설로부터 채취한 시료를 운반하기에 편리하고 처리장 유지관리상 편리한 곳에 배치한다.

【해설】

수질 및 슬러지 분석시험결과를 각 단위공정의 운전과 유지관리에 반영하기 쉬운 위치에 시험실을 두는 것이 바람직하며 악취발생의 우려가 있으므로 사람이 많이 다니는 곳은 피하는 것이 좋다.

또 하수처리시설내의 모든 단위시설로부터 시료를 운반할 때 통행로가 하수나 슬러지에 의하여 더러워질 수도 있으므로 외래인의 통행로를 피하여 시료를 직접 시험실로 반입할 수 있도록 계획하는 것이 좋다. 시험실은 1층이나 2층에 두는 것이 좋으며 부득이 3층 이상에 두어야 할 때에는 승강기를 설치하는 것이 바람직하다.

종래에는 직사광선에 의한 시약의 변질, 정밀기기, 현미경 등의 보관을 이유로 시험실 위치를 북쪽이나 서쪽에 두는 경향이 있었지만 최근에는 차광시설이 우수하고 기기도 개선되었기 때문에 햇빛의 위치를 고려할 필요는 없다.

시험실 바닥이나 출입구는 운반차를 밀고 다닐 수 있도록 평탄하여야 하며 턱이 있어서는 안 된다.
 시험실 위치로서 1층이 바람직한 이유는 운반이 편리하고, 그 밑에 지하실이 없을 때 바닥방수를 안 해도 되며, 자동채수장치를 설치했을 때 펌프의 양정이 적어지는 이점 등을 들 수 있다.

7.2.2 면적

시험실은 시험항목, 빈도 등을 고려하여 시험에 지장이 없는 면적을 갖도록 하며 <표 7.2.1>을 표준으로 한다.

<표 7.2.1> 처리장도별 수질시험실의 면적

처리 정도	처리량(m ³ /d)	바닥면적(m ²)	시험 설비
고급처리 및 중급처리	10만 이상	200 이상	물리화학적 시험설비
	5만 이상	100 이상	세균시험설비
	5만 이하	50 이상	생물시험설비
슬러지처리	100 이상	50 이상	슬러지시험설비

【해설】

시험실 면적은 처리장 규모, 처리방법, 입지조건 외에도 조사 및 연구의 수행여부에 따라 달라진다. 일반적으로 한 시험종사원이 사용하는 바닥면적은 25~30 m² 정도가 적당하며, 특수장치나 기구를 배치하고 작업을 원활히 할 수 있는 면적을 따로 갖추는 것이 바람직하다.

7.2.3 구성

시험실의 구성요소를 계획할 때에는 다음 사항에 유의한다.

- (1) 시험실의 구성은 처리장의 규모, 시험내용, 직원 수 등에 따라 정하며 중앙시험실 외에 다음과 같은 별실을 설치할 수 있다.
 - ① 연구실, 기기분석실, 생물시험실, 세균준비실, 천칭실, 약품창고, 기재창고
 - ② 암실, 저온실, 압축공기실, 실험용플랜트(plant)실
 - ③ 공기조화기계실, 배기처리실, 액체처리실, 특수가스용기실
- (2) 시험실은 물리화학시험실을 중심으로 시험작업의 효율을 고려하여 각 실험실을 목적별로 연결 배치한다.
- (3) 평상시험만 실시하는 시험실은 원칙적으로 1실만을 사용한다.

【해설】

(1)에 대하여

일반적으로 하수처리시설에서의 시험업무는 크게 물리화학시험, 생물시험 및 세균시험 등이 있다. 따라서 시험실의 기본구성은 물리화학시험실, 생물시험실 및 세균시험실로 되지만 이들 시험에 따른 보조작업을 하기 위해 특수한 목적을 갖는 각종 별실이 필요하다.

하수 및 슬러지에 관계된 전분석항목의 분석과 병행하여 연구업무까지 수행하는 경우에는 시험실을 구성할 때 위와 같은 별실을 두는 것을 표준으로 한다.

처리장에서는 일상적인 수질관리에 필요한 일반시험과 정밀시험을 실시하여야 하지만 정밀시험은 외

부에 위탁하거나 다른 대규모처리장의 시험실을 공동사용함으로써 사용빈도가 낮은 고가의 정밀장비를 효율적으로 운영하고 유지관리할 수 있도록 고려하여야 한다. 이와 같은 경우의 시험실은 직접 수행하는 시험에 필요한 최소한의 별실만을 구성하는 것이 좋다. 일반시험만 하는 경우에는 물리화학시험실, 천칭실 및 창고를 두고, 정밀시험까지 하는 경우에는 이외에 세균시험실(혐기성 생물시험실)을 두는 것을 표준으로 하며 상황에 따라 다음과 같은 별실을 추가할 수 있다.

① 사무실

시험의 결과를 정리하고 보고서를 작성하는 등의 작업을 하기 위해 필요하다. 자료실과 도서실도 함께 두는 것이 좋다. 그러나 일반사무실이 근처에 있을 때는 따로 설치할 필요는 없다.

② 물리화학시험실

pH, DO, COD, SS, 증발잔유물, 질소, 인, 시안, 페놀, 불소, 노말핵산추출물질 등의 분석시험과 같은 물리화학시험을 하는 곳이며 수질 및 슬러지 시험의 대부분을 이곳에서 시행한다.

③ 기기분석실

원자흡광광도계, 가스크로마토그래피 등의 정밀기기를 설치하여 중금속, PCB 등의 함유량을 측정하기 위한 곳이다.

④ 생물시험실

생물의 사육과 배양, 현미경시험 등을 하기 위한 곳이다. 경우에 따라서는 세균시험실과 병행하여 사용할 수 있다.

⑤ 세균시험실

(a) 준비실

시험용 기구의 세척과 멸균, 배지의 조제 등을 하기위한 곳이다.

(b) 배양실

세균의 배양작업을 하기 위한 곳이며 자외선 살균장치 등을 설치하는 것이 좋다.

⑥ 천칭실

저울을 설치하는 곳이며 저울의 특성상 바람, 먼지, 진동 등을 피하기 위하여 별도의 공간으로 분리하는 것이 좋다.

⑦ 창고

예비품, 약품, 채수용구, 우의, 고무장화, 평상시에 사용하지 않는 시험기구 등을 두는 곳이다.

⑧ 암실

사진을 현상하고 섬광발색시험 등의 용도에 이용하지만 사진현상을 외부에 맡기는 경우에는 필요없다.

⑨ 향온실

주로 BOD시험의 배양병 등을 넣어두어 인큐베이터의 대용으로 사용하거나 특별한 시험을 위해 일정한 온도를 유지시켜야 하는 경우에 이용하는 곳이다.

⑩ 저온실

시료의 보존과 특수한 약품을 저장하는 곳이다. 냉장고로만 충분한 경우에는 없어도 된다.

⑪ 분석용 가스 저장실

원자흡광분석 등에 필요한 질소, 아르곤, 아세틸렌, 수소, 헬륨 등의 가스용기를 비치하는 곳이다.

⑫ 특별시험실

연구업무를 위해 실내시험과 특수한 항목의 시험을 하는 경우에 사용되는 곳이다.

보통 ①에 열거한 별실은 중앙시험실 주변에, ②에 열거한 별실은 시험실 특성에 따라, 그리고 ③에 열거한 별실은 중앙시험실에서 떨어진 곳에 설치한다.

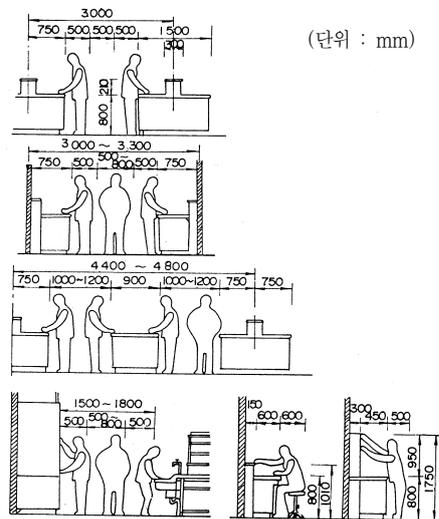
(2)에 대하여

중앙시험실의 사용빈도가 가장 높으며 여기서 전처리된 시료를 별실로 옮기는 경우가 많으므로 중앙 시험실과 각 별실을 직접 연결하는 것이 바람직하다. 처리장 내 시험실에서 정밀시험까지 실시하는 경우 각 별실의 배치 예는 [그림 7.2.1]과 같다.

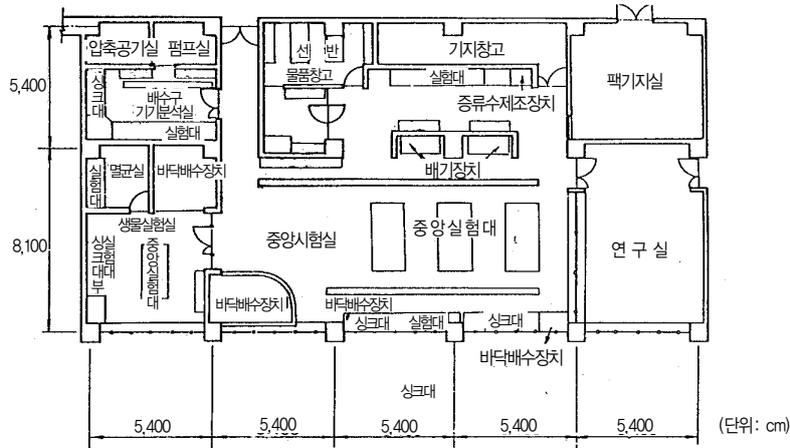
한편, 시험 종사원의 원활한 시험동작을 위하여 필요한 설비의 치수는 [그림 7.2.2]와 같다. [그림 7.2.3]은 시험실 평면도의 예이다.



[그림 7.2.1] 수질시험실 배치도의 예



[그림 7.2.2] 시험 종사원의 동작에 필요한 설비



[그림 7.2.3] 시험실 평면도의 예

7.2.4 시험실 형태

시험실 형태는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 환기, 채광, 조명 등이 충분해야 한다.
- (2) 바닥은 내수 및 내식성으로 한다.
- (3) 천정은 내수 및 내습성으로 한다.
- (4) 적당한 넓이의 벽면을 확보한다.
- (5) 통로 및 출입구의 폭은 설비와 기기의 반출입을 고려하여 충분히 한다.

【해설】

(1)에 대하여

시험실에서는 증기가 발생하는 경우가 많고 유해가스나 악취가 발생하기 쉬워 환기에 충분한 정도의 창문을 설치하고 필요한 장소에는 문, 환풍기 등을 설치해야 한다. 물리화학시험실의 환기는 악취, 부식 등의 문제 때문에 개별환기를 하는 것이 좋다. 또한 정밀한 작업이 많은 경우에는 채광 및 조명에 충분한 배려를 하고 실내는 적당한 온도를 유지하도록 한다.

(2)에 대하여

시험실에서는 물과 약품을 사용하므로 바닥은 내수 및 내식성인 재질로 만들어져야 한다. 특히 방수가 필요한 경우에는 아스팔트방수 등으로 바닥을 시공한 후에 비닐을 까는 것이 좋다. 타일은 깨지기 쉽고 먼지가 앉기 쉬우며 유리로 만든 시험기구가 떨어져 깨지기 쉬우므로 가급적 피하는 것이 좋다.

(3)에 대하여

시험실에서는 화기를 많이 사용하고 또한 증기가 발생하기 쉬워 천정은 될 수 있는 한 높게 하고 재질은 내화, 내습성 및 온도의 변화에 쉽게 영향을 받지 않는 것으로 한다.

(4)에 대하여

시험실에는 기기대, 전기로, 건조기, 냉장고 등과 같이 벽면을 이용하여 배치하는 설비가 많으므로

어느 정도 벽면을 확보한다.

(5)에 대하여

시험대를 비롯한 부피가 큰 실험장치를 실내의 출입구를 통해 운반하기 위해 문은 양쪽으로 개폐되는 것이 좋고 운반통로도 확보해야 한다.

7.3 수질 및 슬러지 분석 시험실의 주요기기

정밀시험까지 실시하는 시험실에서 고정적으로 비치해야 할 주요설비는 대체로 <표 7.3.1>과 같다. 일반시험 만을 실시하는 시험실에서 필요로 하는 주요기기는 <표 7.3.2>와 같으며 정밀시험까지 실시하는 시험실에서 필요로 하는 주요기기는 <표 7.3.3>과 같다.

시험실에서 사용하는 기기의 종류와 수는 많지만 여기서는 설계할 때 꼭 고려되어야 할 것만을 표시하였고 소모성 기기는 제외하였으므로 실제로 수질시험실을 설계할 때에는 좀 더 여유를 주는 것이 좋다.

한편 중앙시험실과 각 별실별 관련설비 및 기기는 대체로 <표 7.3.4>에 나타낸 바와 같다.

<표 7.3.1> 주요 수질시험설비의 예

명 칭	용도	단위	수량	비 고
1. 특수환기설비	공통, COD	대	2	3.0×1.5 m 정도 2.5×1.35 m 정도
2. 중앙시험대	공통	대	3	
중앙시험대	공통	대	1	
3. 보조시험대	공통	조	1	
4. 천칭대	저울용	대	1	
5. 현미경대	현미경용	대	1	
6. 약품선반	공통	조	1	500 ml 병 50개용 4개
7. 기구선반	공통	조	1	(1.8×0.25~0.40 m) 3개
8. 싱크대	공통	조	1	
9. 배기처리설비	공통	조	1	벤츄리식 세정설비 별도건물
10. 가스용기설치대	공통	조	1	
11. 배관	공통			
(1) 급수	공통	조	1	수도꼭지포함 수도꼭지포함 가스꼭지포함 trap포함
(2) 급탕	공통	조	1	
(3) 가스	공통	조	1	
(4) 배수	공통	조	1	
12. 배선				
(1)전등콘센트	공통	조	1	콘센트류
(2)전등	멸균실, 멸균등	등	1	
13. 환기설비	공통	조	1	후드, 덕트, 팬
13 종		조	20	

〈표 7.3.2〉 일반시험용 주요 시험기기 및 설비의 예

	명칭	용도	단위	수량	부속 설비			
					급배수	가스	특수환기	전기
비품 또는 장치	1. 저울	공통	대	1				○
	2. pH미터	pH	대	1				○
	3. DO미터	DO, BOD	대	1				○
비품 또는 장치	4. 현미경	미생물 관찰	대	1				○
	5. 전기항온건조기	공통	대	1				○
	6. 항온건조기	SS, DS	대	1				○
	항온수조	COD	대	1	○			○
	7. 전기로(550℃)	VSS	대	1			○	○
	8. 인큐베이터(20℃)	BOD	대	1				○
	9. 증류수 제조장치	공통	대	1	○			○
	10. 원심분리기	SS, 알칼리도	대	1				○
	11. 진공펌프	SS	대	1				○
	12. 전기냉장고	공통	대	1				○
고정 설비	13. 특수환기설비	공통	대	1			○	○
	14. 중앙 시험대	공통	대	1				○
	15. 천칭대	저울용	대	1				○
	16. 보조시험대	공통	조	1				○
	17. 약품선반	공통	조	1				○
	18. 기구선반	공통	조	1				○
계				19				

〈표 7.3.3〉 정밀시험용 주요수질시험기기의 예

명칭	용도	단위	수량	부속 설비			
				급배수	가스	특수환기	전기
1. 저울	공통	대	1				○
2. pH미터	pH	대	1				○
3. DO미터	DO, BOD	대	1				○
4. 분광광도계	공통	대	1				○
5. 원자흡광광도계 또는 ICP	중금속	조	1	○	○	○	○
6. 가스크로마토그래피+ECD 가스크로마토그래피+TCD/FID	PCB, 알킬수은	조	1		○	○	○
	냄새, 배기가스, 소화가스	조	1		○	○	○
7. 현미경	미생물 관찰	대	1				○
8. 전기항온건조기	공통	대	2				○
9. 건열멸균기	세균	대	1			○	○
10. 항온수조 항온수조	SS, DS	대	1	○	○		○
	COD	대	1	○	○		○
11. 열분해장치	킬달분해, 총인	대	1			○	○
12. 전기로(550℃)	VSS	대	1				○
13. 인큐베이터(20℃) 인큐베이터(35℃)	BOD	대	1				○
	대장균군	대	1				○
14. 증류수 제조장치	공통	대	1	○	○		○
15. 고압증기멸균기	대장균군	대	1	○	○	○	○
16. 원심분리기	SS, 알칼리도	대	1				○
17. 진공펌프	SS	대	1				○
18. 시안증류장치	시안	대	1	○	○	○	○
19. 자동채수장치	공통	대	1				○
20. 전기냉장고	공통	대	1				○
21. 하수처리모형반응조	공통	대	1				○
22. 용출시험기	공통	대	1				○
22 중			26				

〈표 7.3.4〉 시험실별 관련설비 및 기기

시험실 명	고정 설비	비품 또는 기기
중앙 시험실	중앙시험대 3대 보조시험대 바닥배수장치 싱크대 특수 환기장치 2대 실험플랜트용 배수장치	인큐베이터(20℃), 항온건조기, 냉장고, 원심분리기, 전기로, 진공펌프, 시안증류장치, 증류수 제조장치, 폐액처리장치, 자동채수장치
천칭실	천칭대 1대 보조시험대 1대	저울
약품 창고	약품선반	
기기분석실	보조시험대 생크대 선반	원자흡광광도계, 분광광도계, 가스크로마토그래피
생물시험실	중앙시험대 1대 현미경 생크대 보조시험대	현미경
세균준비실, 세균실	보조시험대 싱크대 멸균 바닥배수장치 등	인큐베이터(35℃), 건열멸균기, 고온증기멸균기
특수 환기장치		열분해장치, 항온수조, 냉각기, 냉각수 공급장치 등
기재 창고		pH미터, DO미터, 기타 공통기기류
가스용기실	각종 가스용기로부터의 배관	
배기가스 처리실	벤츄리식 세정설비	

제 8 장

일반관리시설 및 기타
설계시 고려사항

제8장 일반관리시설 및 기타 설계시 고려사항

8.1 관리건물

하수처리시설의 운영상태 및 오수처리효율은 철저한 감독 및 유지에 의하여 크게 좌우되기 때문에 하수처리시설내의 건물은 일반적으로 근무자의 활동을 충분히 고려하여 설계한다. 하수처리시설의 건물에 투자되는 비용은 전체투자비에 비하여 적은 비율이지만 건물은 견고하고 수명이 길어야 하며 기기에 접근이 용이하고, 각종 사고와 위험에 대하여 안전하고 적당한 환기, 조명, 급수 및 위생시설도 갖추어야 한다.

관리건물은 다층으로 설계되기도 하는데 이러한 경우 1층을 주활동공간으로 이용하고 지하실은 배관 및 창고로 이용하면 된다.

8.1.1 운영회랑(運營回廊, operating galleries)

하수처리시설에서는 배관 및 운영자의 통행에 편리하도록 건물이나 처리시설 사이에 운영회랑을 설치하는 것을 고려한다.

【해설】

특히 대규모 하수처리시설에서는 건물과 하수처리시설 사이에 터널로 된 운영회랑을 설치하여 관랑 및 운영자의 통행로로 이용하면 하수처리시설의 건설비용은 증가하나 배관에 편리하고 운영자의 근무능률을 향상시켜 처리장의 운영효율을 크게 증대시킬 수 있다. 그러나 소규모 하수처리시설에서는 비용관계 때문에 운영회랑을 설치하는 것이 어려울 수 있다.

운영회랑의 설계시에는 누수, 출입의 편의성, 환기, 조명, 배수 및 화재예방 등에 특히 유의하여야 한다.

8.1.2 슬러지 소화조 관리건물

슬러지소화조 관리건물의 설계시에는 관 및 기구의 적절한 배치와 접근가능성 및 안전 등에 특히 유의한다.

【해설】

슬러지 소화조 관리건물에는 슬러지, 상징액 및 소화가스를 위한 수많은 관과 밸브류, 측정기, 시료 채취기구, 가온장치, 펌프 및 소화가스압축기 등이 설치되므로 이들 설비가 알맞게 배치되어야 하고, 접근이 용이해서 운영에 지장이 없도록 한다. 또한 시설이 복잡하고 폭발성의 소화가스를 취급하므로

안전에 유의하여 설계한다.

대규모 하수처리시설에서는 슬러지 소화조를 여러 개 밀집시켜 설치하는 경우가 많으므로 소화조의 벽 사이에 소화조관리건물을 위치시켜 소화조의 벽이 관리건물의 벽이 되도록 하면 경제적이다. 이런 경우 소화조내의 가스나 액체가 관리건물내로 스며들지 않도록 누수 및 누기에 특히 유의한다. 소화조 관리실내의 수많은 관과 밸브를 잘못 배치하면, 운영자의 접근이 어렵게 되므로 가능한 한 관을 마루 바닥에서 충분히 격리시켜 벽체를 따라 배치시키는 것이 좋다. 이런 경우 밸브류는 체인을 연결시켜 작동이 쉽게 되도록 하면 편리하다.

소화가스를 취급하는 기기는 특히 안전에 유의해야 하며, 폭발탐지경보장치를 설치하는 것이 좋다. 가스엔진이나 연소기는 가능한 한 외부에서 출입이 가능한 별개의 방에 위치시킨다.

바닥에는 배수구를 충분히 배치하여 내부가 슬러지에 의하여 더러워지지 않도록 하며, 지붕에는 충분한 조명시설을 갖추어 야간·비상시에 소화조 지붕을 검사할 수 있도록 한다.

8.1.3 화학약품건물

화학약품의 저장 및 취급을 위한 건물은 약품수송, 저장, 주입 및 용액준비에 편리하도록 설계하며, 필요한 경우에는 환기 및 냉·난방시설을 갖춘다.

【해설】

하수처리시설에서는 슬러지의 응집침전처리 및 염소살균 등의 목적을 위하여 여러 가지 화학약품이 이용되는데 약품취급이 가능한 한 간편하도록 하는 것이 대단히 중요하며, 저장 및 취급시 지정된 온도를 요구하는 경우에는 냉·난방시설을 갖춘다.

8.1.4 스크린 및 침사지건물

하수처리시설의 위치, 규모 및 지역기후 등의 여건을 고려하여 스크린 및 침사지건물의 필요성을 설계시 고려한다.

【해설】

하수처리시설의 스크린과 침사지를 건물내에 설치하면 처리시설을 보호하고 불결한 험잡물이 눈에 띄지 않게 하며 험잡물을 취급하기 편리하게 할 수 있다. 그러나 반드시 건물을 만들 필요는 없으며 그 지역의 기후, 처리장의 위치와 규모 및 기타 요소 등을 고려하여 필요여부를 결정하면 된다.

스크린 및 침사지건물은 황화수소가스로 인하여 악취가 발생하거나 습도가 높게 될 가능성이 있고, 하수에서 제거된 험잡물이 바닥에 방치될 가능성이 크기 때문에 습기에 잘 견디는 물질로 시공해야 할 뿐만 아니라 바닥은 배수 및 건조가 쉽게 되는 구조로 만들어야 한다.

스크린과 침사지가 지하에 위치하는 경우에는 난간이 있는 계단을 설치하여 접근이 용이하도록 한다.

8.2 일반 업무용시설

8.2.1 수리공장

하수처리시설에서 기기수리를 위한 공장은 충분한 조명 및 환기설비를 갖추도록 한다.

【해설】

하수처리시설에서 수리공장의 중요성은 하수처리시설의 규모가 클수록 그리고 상업적인 수리공장에서 멀수록 그 중요성이 커진다.

수리공장은 크게 일반수리공장과 기계공장으로 구분될 수 있는데 가능하면 같은 건물내의 다른 방에 배치시키는 것이 좋다. 기계공장에서 사용되는 정밀기계는 일반수리공장에서 사용하면 파손되기 쉬우므로 반드시 기계공장에 보관하게 하며, 각 공장에는 강철로 만들어진 저장고를 준비하여 소도구를 보관하도록 하면 좋다.

또한 수리공장에는 책상과 의자를 준비하여 일일기록과 보고서작성에 편리하도록 하고 충분한 환기 및 조명을 제공하여 작업 분위기를 조성한다.

8.2.2 일반저장고

하수처리시설에서 기기의 부속품, 재료 및 기타 처리장운영에 필요한 물품을 저장하기 위하여 처리장의 중앙에 일반저장고가 위치하도록 설계한다.

【해설】

하수처리시설에서는 가능한 한 중앙에 일반창고를 위치시켜 여러 가지 기기의 부속품이나 처리장운영에 필요한 물품을 보관시킬 수 있도록 설계되어야 하며, 저장고에는 선반이나 상자 등을 필요에 따라 배치시켜야 한다.

그리고 필요한 경우에는 조명, 환기 및 보안설비를 갖추어야 하며, 대규모하수처리시설에서는 근무자를 배정하는 것도 고려할 필요가 있다.

8.2.3 휴게실

하수처리시설은 근무자의 편의를 위하여 휴게실이 제공되도록 설계한다.

【해설】

하수처리시설 근무자의 편의를 위해 휴게실을 설치하고 여기에 1인당 1~2개의 로커를 설치하여 제공하는 것이 좋다. 휴게실에는 벤치, 테이블, 음료수, 냉장고, 싱크대 및 캐비닛 등을 설치하여 근무자가 취사 및 식사를 할 수 있도록 하는 것이 좋다.

8.2.4 샤워장 및 화장실

하수처리시설은 근무자의 편의를 위하여 샤워장 및 화장실이 갖추어지도록 설계한다.

【해설】

하수처리시설에는 로커실 근처에 샤워장과 화장실을 배치하는 것이 좋으며, 샤워장에는 더운물과 찬물이 항상 공급될 수 있도록 설계한다. 최근에 와서 실험실요원, 경리사원 및 비서로서 여성이 많이 채용되고 있으므로 이러한 시설은 남녀 구분하여 설계하도록 한다.

8.2.5 도구 및 기구

하수처리시설은 처리장의 규모에 따라 알맞은 수의 도구 및 기구를 설치한다.

【해설】

하수처리시설에서 갖추어야 할 도구와 기구의 종류 및 수는 처리장의 규모, 하수처리방법 및 시설에 따라 결정되겠지만, 대체적으로 처리장의 규모가 커질수록 더 많은 종류와 수의 도구 및 기구가 필요하게 된다. 이들 도구와 기구는 건물, 처리시설 및 차량의 정비에 요구되는 소도구로부터 수리공장에서 필요한 정밀기구까지 여러 가지가 있을 수 있다.

8.3 사무실과 기록보관실

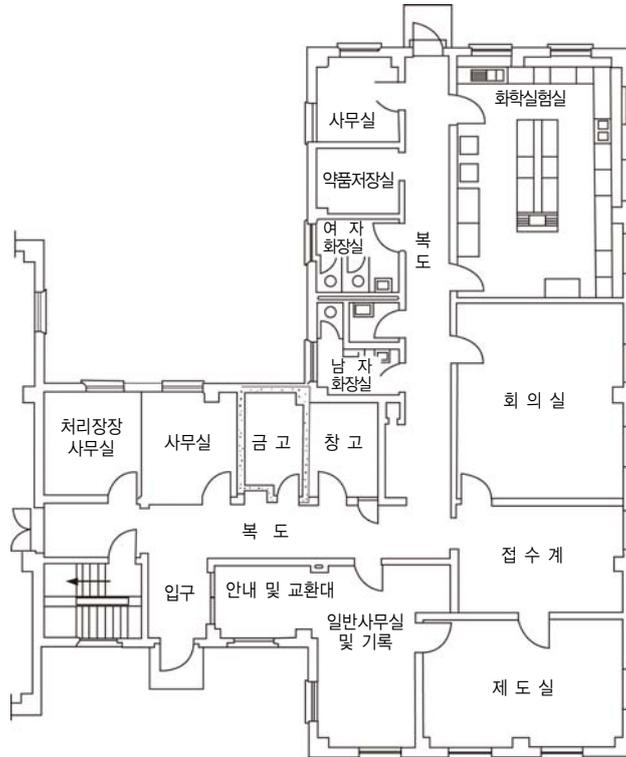
8.3.1 사무실

하수처리시설의 설계시에는 처리장의 규모에 따라 알맞은 크기의 사무실이 갖추어지도록 고려한다.

【해설】

소규모처리장에서는 하나의 사무실만으로도 모든 근무자가 이용할 수 있지만 처리장의 규모가 커질수록 근무자의 수가 증가할 뿐만 아니라 업무내용이 다양화되며, 많은 사람과의 접촉이 잦아지므로 여러 종류의 사무실이 필요하게 된다.

하수처리시설에서 필요한 사무실 중에서 중요한 것을 들면 처리장사무실, 과장사무실, 접수처, 경리사무실, 기록실, 회의실, 숙직실 및 제도실 등이 있다.



[그림 8.3.1] 하수처리시설 사무실건물의 배치 예

8.3.2 기록보관실

하수처리시설에서는 다양한 기록을 보관할 수 있는 관리실이 갖추어지도록 고려한다.

【해설】

하수처리시설에서는 다음의 목적을 위하여 처리장기록철과 운영기록철이 기록 보관되어야 한다.

- ① 처리장의 운영자나 담당자에게 각 단위시설과 전체 처리장의 적절한 운영상황 제공
- ② 상부 행정관청이나 감독관청에 제출하는 보고서의 작성에 필요한 자료제공
- ③ 운영자에게 처리장의 고장이나 문제점 발생을 경고
- ④ 장애에 있을 처리장의 신설, 증설 및 처리방법의 수정에 필요한 자료지침을 제공

여러 가지 형태의 기록양식이 사용될 수 있지만 이들 양식은 특히 처리장의 특수한 사정을 고려하여 만들어져야 하며, 대체적으로 실험실에서의 분석결과를 기록하기 위한 양식은 인쇄하여 미리 많이 준비해 두는 것이 좋다. 처리공정의 제어, 운영, 비용 및 검사가 실시됨에 따라 특별한 기록이 생길 수 있으며, 대규모처리장에서는 예방정비를 위하여 기록하는 수도 있다.

기록철은 침수되기 쉬운 지하실이나 보관에 부적합 곳에는 보관하지 않도록 한다. 특히 중요한 서류, 기록철 및 원도 등은 금고나 특수보관실에 보관한다.

8.3.3 도서실

하수처리시설에는 필요에 따라 도서실을 준비하도록 고려한다.

【해설】

하수처리시설에서는 처리장의 운영, 제어 및 실험실의 분석절차에 필요한 참고서적, 정기 발간지, 관계관청에서 발간되는 회보 및 각종 생산업체의 명세서 등을 보관하여, 근무자들이 필요한 자료를 열람 하기에 편리하도록 도서실을 갖추는 것이 필요하다. 물론 소규모처리장에서는 사무실의 일부분을 자료의 보관 및 열람용으로 이용할 수도 있지만 대규모처리장에서는 자료의 양이 많으므로 도서실을 별도로 갖추는 것이 좋다.

8.4 배관의 식별

하수처리시설 배관시스템의 식별을 용이하게 할 수 있도록 일정한 도색 또는 문자표시규정을 정하는 것이 좋다.

【해설】

일반 생산업체에서 채택하고 있는 바와 같이 하수처리시설에서도 관내에 흐르는 물질의 종류에 따라 관을 다르게 도색하거나 문자로 표시함으로써 관의 용도를 쉽게 구분할 수 있도록 하는 것이 편리하다.

하수처리 기능에 대한 편리성, 안전성 및 내구성을 감안할 때 처리장내 배관은 다음과 같은 색상 및 표시 기준을 정하는 시행하는 것이 좋다.

- ① 슬러지관 : 어두운 갈색
- ② 소화슬러지관 : 밝은 갈색
- ③ 탈리액이송관 : 검정색
- ④ 상수관 : 밝은 청색
- ⑤ 처리수관 : 청회색
- ⑥ 역세척 배수관 : 어두운 청색
- ⑦ 증기관 : 어두운 빨강색
- ⑧ 소화가스관 : 짙은 노랑색
- ⑨ 연료유관 : 빨강색
- ⑩ 염소가스관 : 황색
- ⑪ 염소회석수관 : 노랑색
- ⑫ 액체염소관 : 어두운 주황색

- ⑬ 소화전배관 : 밝은 빨강색
- ⑭ 탈취배관 : 밝은 연두색
- ⑮ 공기배관 : 흰색
- ⑯ 기타 배관 : 유사 용도별 색상

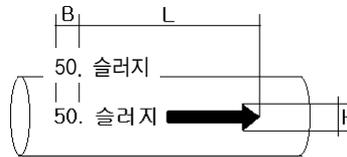
배관시스템의 식별법으로 관내의 물질명을 완전히 또는 약자로 표시하는 문자표시법이 있다. 이때 관내의 흐름방향을 나타내기 위하여 화살표시를 할 수 있으며 범례는 배관시스템 전체를 통하여 일정한 간격으로 배치하되 조작, 수리 및 비상시에 식별이 용이하도록 밸브와 연결부 부근은 확실하게 표시한다. 또한 근무자의 근무위치보다 높은 곳에 위치하는 관에서는 관의 수평중심선보다 낮은 곳에 표시를 한다.

색띠와 범례문자의 크기를 예를 들면 <표 8.4.1>과 같다.

<표 8.4.1> 색띠 및 범례문자의 크기 예

(단위 : mm)

관이나 연결부의 외경	문자와 표시의 길이(L)	색띠의 폭(H)	범례문자(B)
20 mm 이하	200	20	100 이내
65~150 mm	300	40	150 이내
200~250 mm	600	70	300 이내
250 mm 이상	800	100	400 이내



8.5 시료채취설비

하수처리시설설계시에는 다음 두 종류의 시료채취방법을 고려하여 필요한 시설을 설계한다.

- (1) 수동법
- (2) 자동법

【해설】

(1)에 대하여

모든 하수처리시설에는 규모에 관계없이 수동식으로 시료를 채취할 수 있도록 시설한다. 대부분의 경우 유입하수와 처리장의 유출수는 특별한 시설을 하지 않아도 시료를 채취할 수 있지만, 때로는 시

료채취지점에 접근이 가능하도록 설비를 갖추어야 하며 조명시설 및 안전시설이 필요한 경우도 있다. 또한 유량에 비례하여 시료를 채취하는 경우에는 유량계를 설치하여야 하며, 유량계를 쉽게 판독할 수 있도록 조명시설도 설치되어야 한다.

하수처리시설의 처리효율을 파악하기 위해서는 유입수와 유출수의 시료를 반드시 채취하여 분석한다. 활성슬러지법을 이용한 하수처리시설에서는 유량측정위어에서 반송슬러지의 시료를 채취할 수 있도록 설비하는 것이 좋다.

슬러지 소화조에서 시료를 채취하기 위해서는 소화조의 여러 수위로부터 시료채취대까지 배관하여 밸브를 설치하면 된다. 각 소화조의 지붕에는 소화조내의 여러지점에서 슬러지 시료를 채취할 수 있도록 최소한 4개 이상의 시료채취구를 설치한다. 소화조의 슬러지를 채취하기 위하여 다양한 슬러지 시료채취기가 제작·판매되고 있다. 또한 유입슬러지와 상징수 그리고 소화슬러지도 시료채취할 수 있도록 설비해야 한다. 슬러지의 세정을 실시한다면 세정조에 주입되는 슬러지, 세정된 슬러지 및 세정조 유출수의 시료도 채취할 수 있도록 시설한다.

수동식으로 시료를 채취하는 경우에는 여분의 시료를 제거할 수 있는 배수구와 청소를 위한 급수시설을 갖춘다. 때로는 시료채취지점에 펌프를 설치하여 시료를 계속 분석실로 보내게 할 수도 있으나 이때에 배관이 너무 길면 수질이 변하므로 좋지 않다.

(2)에 대하여

하수처리시설에서 사용될 수 있는 여러 가지 종류의 자동시료채취기가 판매되고 있으며, 모두 시료채취기간의 전체유량에 대하여 대표적인 시료를 채취할 수 있도록 제작된다. 자동시료채취기의 작동원리를 종류별로 간단히 설명하면 다음과 같다.

- ① 유량에 비례해서 시료를 채취하는 방식으로 시간당 16~37회 채취
- ② 국자가 회전하면서 일정한 양의 하수를 시료용기에 퍼넣는 방식으로 유량에 따라 1~15회/시의 속도로 채취
- ③ 좁고 경사진 개구를 가진 날이 전후로 운동하면서 하수를 채취하는 방식으로 왕복운동간격을 5~60분으로 조정가능
- ④ 위어에 국자를 설치하여 국자가 회전함에 따라 유량에 비례하여 일정량의 하수시료를 채취
- ⑤ 유량계에 의하여 제어되는 방식으로 일정한 유량이 흐르면 일정량의 시료를 채취

①~⑤에 열거된 자동시료채취기는 시료의 수질변화를 방지하기 위하여 시료를 4~10℃로 유지할 수 있도록 냉장실을 갖추고 있다.

자동시료채취기는 수동시료채취에 비하여 더 정확한 정보를 제공하지만 만약의 고장에 대비하여 수동식 채취법을 적용시켜 이상 유무를 확인할 필요가 있다. 자동시료채취기는 소규모하수처리시설에서는 별로 이용되지 않으며, 공장폐수를 많이 받아들이는 하수처리시설에서 이용하면 공장폐수에 의한 영향을 잘 파악할 수 있는 이점도 있다. 특히 도시하수처리시설에서 공장폐수를 처리해 주면서 특별부가요금을 징수할 경우 공장폐수에 대하여 자동시료채취기를 사용하면 매우 효과적이다.

8.6 악취방지시설

8.6.1 일반적인 고려사항

하수처리시설에서의 악취방지를 위해서 다음 사항을 고려한다.

- (1) 하수처리시설의 위치
- (2) 악취발생공정의 배치
- (3) 수리학적 고려
- (4) 부패방지를 위한 포기
- (5) 주악취원의 복개
- (6) 건물내 환기
- (7) 건설재료 선정
- (8) 구조설계시의 고려

【해설】

(1)에 대하여

하수처리시설의 위치선정시 지형적 특성, 기후, 주풍향·풍속, 인구밀집지역과의 인접여부 등을 고려하여, 발생하는 악취가 최대한 분산되는 곳을 선정한다.

(2)에 대하여

처리장내에서 주악취원이 되는 펌프장, 슬러지 농축조, 소화조, 탈수실 등을 배치할 때는 처리장 경계선으로부터 내부로 일정한 거리 이상 떨어지게 배치하여 발생된 악취가 경계선 이내에서 충분히 희석되어 주변지역에 영향을 주지 않도록 한다.

(3)에 대하여

모든 처리시설에 대하여 수리학적 고려를 한다. 각종 관거에서는 최소유량에 대해 0.45 m/s 이상의 유속을 확보하여 고형물의 침전·부패를 방지하고, 직사각형의 침전지, 포기조 등에는 사각지역을 최소화하며, 슬러지 처리시설에서 발생하는 각종 상징수와 탈리액 등을 처리장 유입부로 반송할 때는 난류발생을 억제하여 수중에서 유입되도록 설계한다.

(4)에 대하여

분배수로, 예비포기조, 유량조정조 등에 고형물의 축적·부패를 억제하기 위해 필요하면 간단한 포기시설을 설치해 산소를 공급해 준다. 폐수의 특성상 포기시 용존황화물이 탈기될 가능성이 있는 경우에는 피한다.

(5)에 대하여

악취발생 가능성이 큰 중력식 농축조, 열처리슬러지의 침전지, 슬러지 탈수시설, 슬러지 저류조, 정화조폐액 투입/저장 설비 등은 복개하여 악취의 발산을 막고 배기가스를 포집하여 별도처리하도록

한다.

(6)에 대하여

작업자가 들어가 활동하는 건물이나 공간에서는 환기가 필수적이다. 특히 농축조, 탈수기, 소화조 등의 건물 내부에는 황화수소류 등이 존재할 수 있으며 악취문제 뿐만 아니라 중독사고의 위험을 방지하기 위해 6~12회/h의 속도로 환기하도록 하고 상대습도도 60% 이하가 되게 조정하도록 권장되고 있다.

(7)에 대하여

처리시설에는 표면이 조밀하고 평탄하며 밝은 색의 건설재료를 사용하여 악취물질이 흡착되어 실내 조건에 따라 장기적인 악취를 발생하지 않도록 한다. 또한 화학물질에 대해 안정하고, 열전도율이 낮은 재료를 사용한다.

(8)에 대하여

수로, 스크램퍼, 저류조, 스크린, 그리트 컨베이어와 같은 시설에 대하여 주기적인 청소가 가능하도록 압력수를 제공할 수 있는 수도시설과 30m 이상의 호스를 비치하며, 바닥은 배수가 쉬운 구조로 설계한다.

8.6.2 악취방지시설

악취방지를 위해서는 다음 사항을 고려하여 적절한 방법을 선정한다.

- (1) 악취방지법 등의 관계법령을 준수한다.
- (2) 악취물질의 종류와 양, 발생장소 및 주변의 환경을 파악하여 악취발생 방지의 목적에 알맞은 경제적인 설비를 설치한다.
- (3) 탈취는 가능한 한 고농도의 악취를 적은 부피가 되도록 포집하여 처리한다.
- (4) 탈취방식은 약액세정방식, 미생물탈취방식, 활성탄흡착방식이 있으며, 악취조건을 고려하여 선정한다.
- (5) 탈취풍량은 환기계통과는 별도 계통으로 하고 악취가스의 희석, 확산을 가능한 피하여 필요 최소한의 양으로 한다.
- (6) 탈취팬은 원칙적으로 2대로 하고 형식은 FRP, 스테인레스제의 터보팬으로 한다.

【해설】

(1)에 대하여

우리나라에서 하수처리시설에서의 악취에 대한 법적 규제는 구체적으로 설정되어 있지 않으나 최근 악취방지법상의 공공수역의 악취방지(제16조)조항과 관련하여 장차 주택가에 인접한 하수처리시설의 경우는 규제의 대상이 될 것으로 예상된다. 따라서 하수처리시설의 설계시에도 관련법규를 충분히 고려하여 적절한 악취방지대책을 강구해야 한다.

악취공정시험방법의 악취편에는 악취의 배출허용기준 및 배출물질 측정을 위해 공기희석관능법에 대하여 규정하고 있다. 일반적으로 악취의 측정방법에는 인간의 감각적 요소에 의존하는 관능법과 악취 유발물질의 농도를 측정하는 성분분석법이 있으나 우리나라에서는 관능적인 평가방법을 도입하고 있으므로 이에 따라 악취발생현장의 부지경계선상이나 피해지점에서 악취강도가 가장 높은 지점을 선정하

여 판정자로 하여금 악취의 악취강도를 측정하게 하고 판정요원 전체의 시료회석배수가 배출허용치 이내이면 적합, 이상이면 부적합으로 판정한다. <표 8.6.1>에는 관능법에 의해 악취강도를 표시하는 방법이 제시되어 있다.

〈표 8.6.1〉 6단계 악취강도 표시법

악취도	악취강도 구분	설명
0	무취(none)	상대적인 무취로 평상시 후각으로 아무것도 감지하지 못하는 상태
1	감지 냄새(threshold)	무슨 냄새인지 알 수 없으나 냄새를 느낄 수 있는 정도의 상태
2	보통 냄새(moderate)	무슨 냄새인지 알 수 있는 정도의 상태
3	강한 냄새(strong)	쉽게 감지할 수 있는 정도의 강한 냄새를 말하며 예를 들어 병원에서 크레졸 냄새를 맡는 정도의 상태
4	극심한 냄새(very strong)	아주 강한 냄새, 예를 들어 여름철에 재래식 화장실에서 나는 심한 정도의 상태
5	참기 어려운 냄새(over strong)	견디기 어려운 강렬한 냄새로서 호흡이 정지될 것 같이 느껴지는 정도의 상태

(2)에 대하여

악취의 발생장소로는 침사지, 침사 및 헹잡물 저류조, 예비포기조, 일차침전지, 살수여상, 포기조, 슬러지 농축조, 슬러지 소화조, 슬러지 저류조, 슬러지 세정조, 슬러지 건조상, 열처리설비, 슬러지 탈수설비, 슬러지 소각설비, 탈수케익 저류조 등을 생각할 수 있다. 하수중계펌프장에서는 하수가 빠른 속도로 토출될 때 맨홀에서 악취가 나기도 한다. 각 장소에서 어떤 악취가 발생하는 가는 시설의 방식, 규모, 구조, 운전방법, 기온 등에 따라 다르므로 다른 처리장들의 실례를 충분히 조사하여 참고하는 것이 바람직하다.

소규모시설은 일반적으로 시가지에서 거리가 먼 경우가 많으므로 악취방지대책은 꼭 필요한 것만 설치하고 가능한 한 간단한 방법을 적용하는 것이 좋다. 그러나 인가에 근접해 있는 경우에는 특별한 배려를 할 필요가 있다.

악취의 방제방법에는 다음과 같은 방법들이 있다.

① 방취

악취의 발생장소 및 발생량을 최소화하는 것으로 다음의 방법이 있다.

1) 경로차단법

복개, 밀폐뚜껑, 기밀문, 수봉트랩 또는 에어커튼 등을 사용하여 악취를 차단시키는 방법이다.

2) 부패방지법

유기물이 혐기성 세균에 의해 분해되어 악취를 발생시키는 것을 방지하는 방법으로 살균시키는 방법과 호기적 환경을 유지시키는 방법 등이 있다.

3) 청소세정법

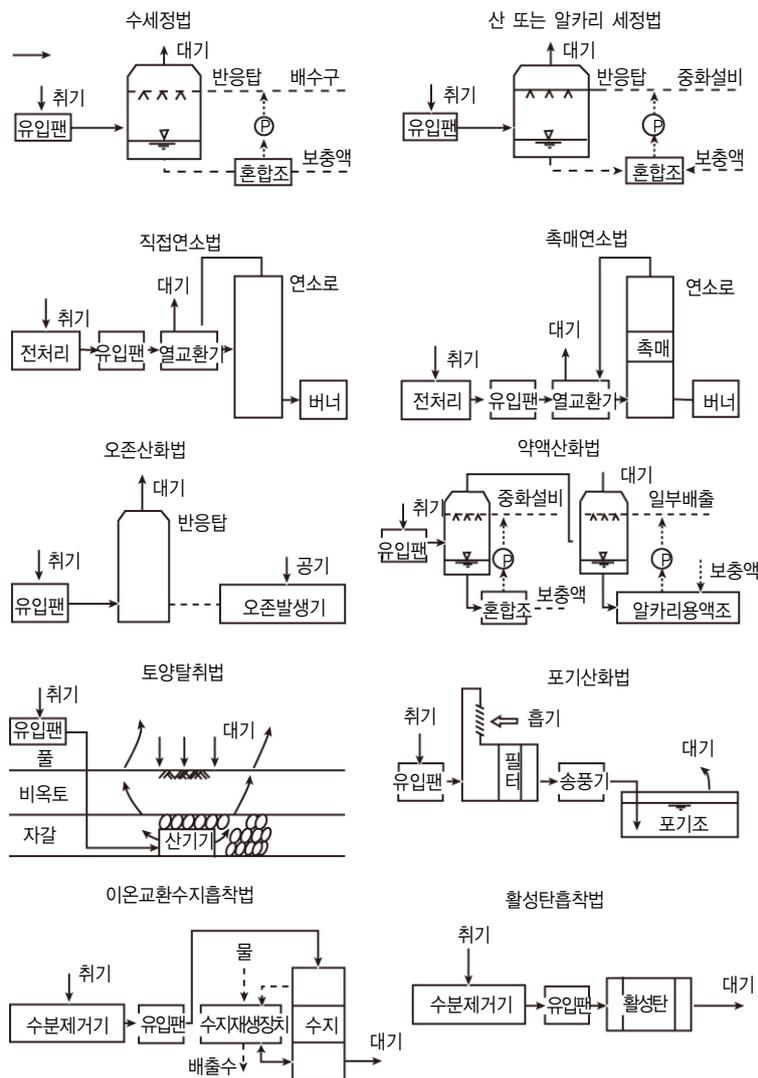
침사지의 스크린, 제사설비, 세정장치 등의 주변은 불결해지기 쉬우므로 청소세정하여 악취를 방지하는 것으로 청소세정하기 쉬운 구조 및 설비로 설계한다.

② 희석

발생한 악취를 환기시켜 희석 및 확산시킴으로써 악취를 없애는 방법이다.

③ 방향(masking)

악취물질에 대해 강한 방향액을 스프레이로 살포하는 방법이다. 방향제를 선정할 때는 미리 그 효용을 충분히 확인한다.



[그림 8.6.1] 탈취공정의 공정도의 예

④ 탈취

탈취에는 여러 가지 방법이 있으나 그 선정에 있어서는 탈취의 풍량, 악취물질의 종류와 양, 탈취목

표, 주변의 환경, 유지관리의 용이성과 경제성 등을 충분히 검토해 가장 적합한 방법을 정한다. 또 펌프장과 처리장의 모든 악취를 모아 탈취할 것인지 또는 발생장소마다 몇 개의 구역으로 나누어 각 장소에서 탈취할 것인지를 검토해야 한다. 같은 풍량이라도, 풍압에 따라 동력비가 달라지므로 반응탑, 덕트 등의 설계에 주의하고 배출구의 높이와 방향, 팬의 소음 등도 고려할 필요가 있다.

일반적으로는 탈취후의 악취강도(또는 농도)를 어느 정도로 할 것인가에 따라 다르나 복수의 방법을 조합하여 사용하는 경우가 많다. 탈취에는 다음과 같은 방법이 있다(그림 8.6.1) 참조).

1) 수세정법

가. 원리

악취물질을 물에 접촉·용해시켜 제거

나. 적용물질

암모니아, 아민류 등 물에 용해하기 쉬운 물질

다. 특징

설비비 및 유지관리비가 싸다. 탈취보다는 다른 방법의 전처리로 사용되는 경우가 많다. 2차 처리수를 세정수로 사용하면 오히려 악취가 나는 경우가 있으므로 주의한다.

2) 산 및 알칼리세정법

가. 원리

산세정법은 악취물질을 염산 또는 황산에 접촉시켜 중화반응으로 제거

나. 적용물질

암모니아 및 아민(산세정법), 황화수소 및 메틸머캅탄(알칼리세정법)

다. 특징

약액의 중화설비가 필요하다. 약액과 악취의 접촉방법으로는 여러 가지의 방식이 있으므로 충분한 검토가 필요하다. 또 약액의 pH가 탈취효율에 관계되므로 주의할 필요가 있다.

3) 직접연소법

가. 원리

악취물질을 연소로에서 800℃ 정도로 연소시켜 분해

나. 적용물질

거의 모든 악취물질

다. 특징

탈취효과는 좋으나 연료비가 높다. 폭발하한계 이하의 높은 농도의 장소에 유리하다. 연소가스중의 SO_x를 고려할 필요가 있다. 또 산소농도가 낮아지지 않도록 주의한다.

4) 촉매연소법

가. 원리

악취물질을 열교환기에서 350℃ 정도로 가열해, 백금, 파라디움 등의 촉매가 들어 있는 연소로에 통과시켜 저온연소시켜 분해

나. 적용물질

거의 모든 악취물질

다. 특징

연료비는 직접연소에 비해 적다. 폭발한계 이하의 고농도인 장소에 유리하다. 악취중에 납 등이 있으면 촉매표면에 부착되어 활성을 저하시키므로 1년에 1~2회의 세정 및 제거가 필요하다.

5) 오존(ozone)산화법

가. 원리

악취물질을 오존과 접촉시켜 산화작용으로 제거

나. 적용물질

고농도에서 대용량의 악취물질(단, 암모니아에는 부적합)

다. 특징

오존은 유독 및 유취하므로 처리가스중의 잔류오존이 과다하지 않도록 주의하며 필요에 따라 오존 제거용 활성탄을 설치한다. 악취물질을 습윤상태로 오존과 접촉시키면 탈취효과가 좋아진다.

6) 약액산화법

가. 원리

악취물질을 염소수, 차아염소산나트륨, 이산화염소, 취화나트륨 등의 용액과 접촉시켜 산화작용에 의해 제거

나. 적용물질

피산화성물질

다. 특징

처리가스내 잔류염소제거를 위해 알칼리용액에 의한 흡수설비가 필요하다.

7) 토양탈취법

가. 원리

악취물질을 토양에 주입시켜 세균 등의 작용에 의해 흡착·산화시켜 분해

나. 적용물질

세균의 영양이 되는 유기성 물질

다. 특징

유지관리비는 싸지만 넓은 부지를 필요로 한다. 토양을 습윤하고 비옥한 상태로 유지할 필요가 있다.

8) 포기산화법

가. 원리

악취물질을 포기조에 보내어 활성슬러지의 작용에 의해 산화분해

나. 적용물질

황화합물

다. 특징

설비비 및 유지관리비 모두 싸다. 포기조내의 송풍기 등의 부식에 주의한다.

9) 활성탄 흡착법

가. 원리

악취물질을 활성탄에 통과시켜 물리적 흡착에 의해 제거

나. 적용물질

황화수소 및 메틸머캅탄(암모니아 및 아민)

다. 특징

활성탄은 비교적 고가이며 수두손실이 크다. 또 수명이 다되면 교환해야 한다. 가스중에 수분이 있으면 흡착력이 떨어진다. 저농도의 악취에 적합하므로 탈취 최종단계에서 쓰인다. 일반적인 활성탄에 산, 염기 또는 할로젠을 첨착시킨 첨착활성탄이 있으며 이것을 사용하면 암모니아, 아민 등의 물질의 제거도 가능하다.

(3)에 대하여

시설의 주변상황에 따라 필요에 맞게 복개를 하고 그 내부를 환기 및 탈취해서 외부로 누출되는 것을 방지하는 방법이 있으나, 가능하면 적은 양으로 고농도의 악취를 포집해 탈취하는 것이 경제적이고 효과적이다. 따라서 수면과 덮개 등의 비작업공간과 상판, 천정, 벽 등의 작업공간은 기기를 유지관리 할 수 있으면서 가능한 한 작게 하고 환기횟수도 비작업공간에서는 덮개 등에서 악취가 나오지 않는 정도로 하고, 작업공간에서는 주변환경에 지장이 없는 정도로 적게 할 필요가 있다. 더욱이 기계설비에 있어서 본체는 처음부터 탈수케익 호퍼, 스크린협잡물 호퍼, 벨트컨베이어 등의 부대설비에도 탈취 카바 등을 설치하면 더욱 효과적이다.

복개를 하는 장소의 내측(지측)은 대단히 환경이 나빠지므로 토목구조물, 기계설비, 덮개 등의 내부 식성을 충분히 고려한다. 또 점검시의 조작성, 미관 및 주위와의 조화를 고려한다.

일반적으로 사람이 통행하는 상면 또는 천정에는 PC 판 또는 RC 구조, 덮개는 강화유리섬유가 들어 있는 폴리에틸렌 수지, 착색한 염화비닐수지, 또는 알루미늄을 사용하고 있다. 복개방법으로는 다음과 같은 종류가 있다([그림 8.6.2] 참조).

① 단식 복개

지의 수면 가까이 상판상에 복개를 한다. 일차침전지, 슬러지 농축조 등의 비교적 악취가 센 지의 상부를 특별한 용도로 이용하지 않는 경우에 쓴다.

② 건물식 복개

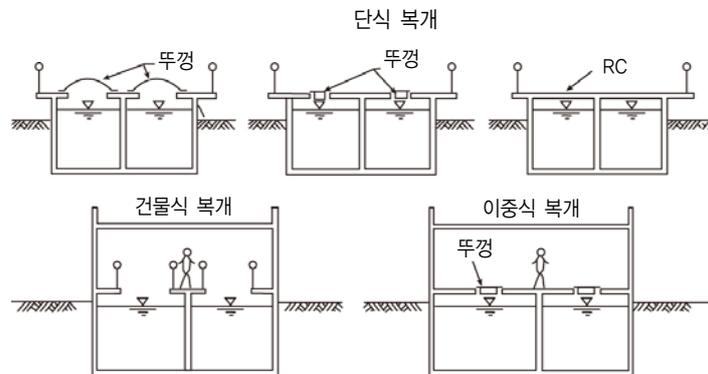
지의 위에 건물을 지어 복개한다.

③ 이중복개

①과 ②를 조합한 것이다.

(4)에 대하여

하수도시설은 악취발생 장소가 많고 발생원 면적이 큰 편이나 악취성분은 다양하게 대량으로 존재하므로 탈취방식 중에서 비교적 건설비와 유지관리비가 저렴한 방식으로 현장여건을 고려하여 선정한다.



[그림 8.6.2] 복개방식의 예

1) 약액세정방식

약액세정방식은 약취성분과 약액의 주성분과의 사이에 비가역적인 화학반응에 의해서 탈취되는 것이지만, 약취성분에 따라서는 화학반응을 일으키는 것과 일으키지 않는 것, 완만한 것 등이 있다.

가. 알칼리용액법

1~10%의 수산화소다용액을 사용하여 황화수소를 제거한다.

나. 산성용액법

0.5~5%의 황산용액, 1~10%의 염산용액을 사용하여 암모니아, 트리메틸아민 등의 저급아민류를 제거한다.

다. 산화법

산화제로 차아염소산소다와 과망간산칼륨을 이용하여 탈취한다.

라. 오존(차아액상오존)은 차아염소산소다의 농도가 다른 방식에 비해서 4배의 농도가 필요하고, 오존을 이용하는 경우는 건설비, 관리비를 충분히 검토할 필요가 있다. 또 잔류오존에 의한 2차 공해에 대해서도 일어날 가능성이 있으므로 오존분해장치(활성탄흡착)를 반드시 설치할 필요가 있다.

마. 차아염소산소다와 산을 혼합하면 염소가스를 발생하므로 혼합하지 않는 구조물로 한다.

바. 세정탑의 종류

가) 충전탑식

조내에 비표면적이 큰 물질을 넣고 약액을 탑의 상부로부터 유하시키고 가스와 접촉시키며, 일반적으로 액가스비는 1~3 l/m³이고, 충전탑은 높이 2~5 m, 통과 유속 0.5~1.0 m/s, 압력손실은 충전물의 높이 1 m당 50 mmH₂O 정도이다.

나) 액막식

조내의 합성수지나 금속제의 망을 수직 또는 경사를 두어 설치하고, 망의 상부에서 액막을 연속적으로 유입시켜서 약취가스와 약액을 접촉시키며 통과유속은 3~6 m/s, 액가스비는 2~5 l/m³, 압력손실은 50~100 mmH₂O 정도이다.

다) 와류식

펌프에 의해 용매가 노즐에서 분출될 때 또 다른 혼합 area에 원주로 회전하고 있는 용매와 강력한 속도에 의해 수많은 양의 와류가 형성되며 오염된 가스는 가스챔버를 통하여 용매가 회전하는 방향과 같은 방향으로 분출시켜 형성된 와류의 용매와 오염된 가스가 접촉하여 처리하는 방법이다.

2) Bio(미생물)탈취법

악취가스의 유기물 및 무기화합물을 매체로 부착성장하는 미생물을 이용하여 생분해시키는 탈취법으로 필터의 재질로는 퇴비, 나무껍질, 나뭇잎 등이 이용되어 왔으나 최근에는 표면적이 큰 다공성점토, 폴리스티렌, 바다조가비 등을 주로 이용한다. 악취가스의 유량 및 농도의 변화가 심한 경우에는 필터의 완충용량을 증가시키기 위하여 활성탄을 첨가하며, 탈취가스는 아세트알데히드, 스티렌, 이황화메틸, 황화수소, 메틸메르캅탄, 황화메틸류, 아민류, 암모니아 등을 제거하는데 효과적이다.

3) 활성탄흡착법

활성탄흡착방식은 활성탄 표면을 화학처리(침착성활성탄)하여 악취를 흡착 처리하는 방식이다.

가. 활성탄의 특성

가) 평균세공직경(Å) : 10~40

나) 비표면적(m²/g) : 700~1,400

다) 충전밀도(g/m³) : 0.35~0.6

나. 활성탄흡착법 탈취시의 영향인자

가) 악취가스 온도가 60℃ 이상이면 흡착효과가 급격히 감소하므로 40℃ 이하로 유지하는 것을 원칙으로 한다.

나) 악취가스중에 수분이 많으면 활성탄 표면에 응축해서 탈취효율을 저하시키므로 가급적 수분을 배제한다.

다. 가스중에 분진, 훈연이 다량 함유되어 있으면 활성탄 표면을 폐쇄하므로 미리 제거할 필요가 있다.

(5)에 대하여

일반적으로 탈취 풍량에서 탈취 환기횟수는 침사지의 경우 수면적당 10 m³/m²·시간, 스크린 등 기자재류는 공간면적당 7회/시간으로 하는 것이 보통이나 탈취 또는 환기횟수가 적을 경우 온도차에 의한 응결로 인하여 기자재의 부식이 우려되고, 전체 탈취량에 비하여 기자재의 탈취 풍량은 미미하므로 충분히(10~15회/시간) 고려하는 것이 좋다.

(6)에 대하여

탈취팬은 점거 및 유지관리를 고려하여 2대로 하고 소풍량 또는 민가에 근접되어 있는 경우를 제외하고 상용 1대로 해도 좋다.

악취에 포함된 부식성 물질을 고려하여 탈취팬의 재질은 FRP, 스테인레스제로 한다.

8.7 건축기계설비

8.7.1 급수시설

급수시설은 다음을 고려하여 정한다.

- (1) 급수용량은 처리장내 근무하는 인원, 내방객, 실험실 급수기구, 소화전, 난방 및 냉방수 보충용을 고려하여 산정한다.
- (2) 시수는 고가탱크에 양수하여 자연유하식으로 공급되는 것을 원칙으로 한다.
- (3) 시수와 처리수는 교차연결이 일어나지 않도록 유의하여 설계한다.

【해설】

(1)에 대하여

하수처리시설에서의 시수를 사용하는 곳으로서 먹는 물, 세면기, 샤워, 변기 등 생활용수와 소방용수, 냉·난방수 등이 있고, 처리장 운영 용수로는 실험실 수가 있다.

일반적으로 급수량은 근무자와 내방객의 수로 생활용수와 실험실이 있는 경우 급수기구 가산하여 산정한다.

(2)에 대하여

건물내 급수방식은 수도직결방식, 고가수조방식, 가압수조방식 및 펌프 직송방식 등이 일반적으로 사용되나 건물의 용도, 규모 및 설치 환경을 고려하여 선택한다.

하수처리시설은 처리 위치 상 시 외곽에 시 상수의 꼭지점에 있어 수압 및 시수량의 확보에 있어서 문제가 있을 것이다. 따라서 시 수량 및 수압이 낮은 주간에도 안정적으로 시수를 사용하기 위해서는 사용이 적고 수압이 높은 은 야간에 시수량을 확보되도록 하여야 한다.

1) 수도직결방식

수도 본관으로부터 급수관을 직접 분기하여 건물내의 필요한 곳에 급수하는 방식이다.

2) 고가 수조 방식

시수를 일단 지하 저수조에 저수시킨 다음 펌프로 옥상이나 또는 별도로 설치된 고가수조로 송수하여 중력으로 필요한 곳에 급수하는 방식이다.

3) 압력탱크방식

시수를 일단 지하저수조에 저수시킨 다음 급수가압 펌프에 의해 필요한 곳에 직접 급수하는 방식이다.

4) 펌프 직송방식

상수를 일단 지하 저수조에 저수한 다음 급수가압펌프에 의해 필요한 장소로 직송하는 급수방식이다.

(3)에 대하여

시수와 여과수를 교차연결하면 시수보다 처리수위 압력이 높아 시수로 역류되어 오염의 원인이 되므로 불가피하게 교차 연결할 경우 체크밸브 등 안전장치를 설치하여야 한다.

8.7.2 냉·난방시설

냉·난방시설은 다음을 고려하여 정한다.

- (1) 건물의 냉·난방은 실별 사용시간대가 다른 특성을 고려하고, 유지관리 및 경제성이 있는 방식으로 선정한다.
- (2) 중앙제어실은 온·습도로 인한 기기의 성능저하가 생기지 않도록 별도로 관리하여야 한다.
- (3) 시간대 및 용도별 zoning 분류하여 각 실을 구역으로 나누어 관리하여야 한다.

【해설】

(1)에 대하여

난방방식을 열원공급위치로 분류하면 중앙난방과 개별난방이 있다.

중앙난방은 열원이 비교적 값싼 등유 등을 사용하고, 열효율이 좋고 배관 또는 덕트로 어느 곳이나 공급이 가능하다.

그러나 개별 난방방식에 비하여 초기투자비가 많이 들고 규모가 큰 경우에는 전문인력이 필요하므로 시간대별, 사용 용도별로 면밀히 검토하여 선정하여야 한다.

(2), (3)에 대하여

중앙제어실과 같이 온·습도에 민감한 계장기구류 설치하는 구역에는 항온항습기 등을 설치하여 대책을 강구하여야 하며, 유지관리를 고려하여 사용용도, 시간대별로 분류하여 관리하여야 한다.

8.7.3 교차연결

하수처리시설의 급수시설에서는 교차연결이 일어나지 않도록 유의하여 설계한다.

【해설】

하수처리시설내의 급수시설에 교차연결이 존재하면 하수나 오염된 물이 음료수와 혼합될 수 있으므로 특히 유의하여야 한다. 또한 하수처리시설을 위한 주급수관에다 점검밸브를 이중으로 설치하여 하수처리시설의 급수관에서 도시의 급수관으로 물이 역류하는 것을 방지하여야 한다.

하수처리시설에서 교차연결과 관련하여 다음과 같은 것을 유의하여야 한다.

- ① 하수 펌프, 슬러지 펌프 및 소각재 제거 펌프의 밀폐용수
- ② 펌프시동용 물
- ③ 물을 사용하는 진공펌프
- ④ 여러 가지 기기의 세척수
- ⑤ 스크린에서 제거된 혐잡물의 분쇄기
- ⑥ 역세척 상징수 선택기
- ⑦ 슬러지 세정
- ⑧ 거품제거

교차연결을 방지하기 위한 한 방법으로 수면이 급수관 밑 15cm 정도에 도달하면 물이 월류할 수 있게 만들어진 물탱크를 사용할 수 있다. 물탱크에 의한 급수시 수압이 모자라면 탱크의 위치를 높이거나 펌프를 사용하면 된다. 또 한 가지의 방법은 급수관과 사용지점 사이에 특별한 유도관으로 된 휘기 쉬운 연결부를 설치하는 것으로 물 사용시에는 이 유도관을 손으로 지지해 주어야 하고, 물 사용이 끝나서 놓으면 자동적으로 단수가 되게 한다. 이 방법은 벤추리관을 세척하거나 기타 일정한 간격으로 세척을 실시하는 경우에는 많이 사용된다.

8.7.4 환기시설

환기시설은 다음을 고려하여 정한다.

- (1) 환기의 종류로는 1종환기, 2종환기 및 3종환기로 구분된다.
- (2) 열 발생, 악취 발생지역은 원칙적으로 1종환기로 하여야 하며, 전체실이 균등하게 환기되도록 하여야 한다.
- (3) 환기의 횟수는 사용용도 및 빈도별로 구분하여야 하며, 열 발생 구역 산출 환기량과 발열량에 의한 환기량 중 큰 쪽을 택한다.

【해설】

(1)에 대하여

환기방식으로는 강제급·배기의 1종환기, 강제급기+자연배기의 2종환기, 자연급기+강제배기의 3종 환기로 구분되며 일반적으로 악취가 다량으로 발생하고, 열 발생이 많은 기계실은 1종 환기를 채택한다.

(2)에 대하여

탈수기실, 침사지, 송풍기실 및 전기실 등 열 발생, 악취 발생지역은 1종 환기로 하여 전체실이 균 등하게 환기되도록 덕트방식으로 적극 검토하여야 한다.

이외의 각 실의 사용빈도 및 용도에 따라 적절한 환기방식을 채택해야 한다.

(3)에 대하여

환기횟수는 화장실, 탈수기 실, 침사지, 송풍기실 및 전기실 등 열 발생, 악취 발생구역은 보통 10~15회/시간, 사무실, 복도구역은 5회/시간 이내로 하는 것이 보통이다.

또한, 송풍기, 전기실 등 열 발생이 많은 지역은 기자재의 오동작을 고려하여 적정온도가 되도록 하여야 한다. 이러한 지역은 전체실이 균등하게 환기되도록 덕트방식으로 적극 검토하여야 한다.

8.8 조경

하수처리시설의 조경을 위해서는 다음 사항을 고려한다.

- (1) 배수
- (2) 도로 및 보도
- (3) 파종
- (4) 잔디
- (5) 식수
- (6) 울타리
- (7) 조경시설물

【해설】

하수처리시설의 조경은 처리장 운영요원들의 정서적 안정 및 주변환경과의 조화를 위하여 계획수립시에 고려하여야 한다. 조경계획은 배수, 도로 및 보도, 울타리 조경을 위한 기본시설의 배치와 구성을 위한 조경기본계획과 파종, 잔디, 식수 등에 관한 식재계획, 조경시설물의 설치계획 등으로 세분되며, 구체적인 시설기준은 건축관계법에 그 규모와 용도지역에 따라 정한 기준을 준수하도록 한다.

(1)에 대하여

배수설비를 갖추면 우수를 차단하고 처리장지역에 물이 고이는 것을 막을 수 있다. 처리장지역에 물이 고여 겨울에 얼어붙으면 근무자에게 위험하다. 배수설비의 용량은 5~10년의 빈도를 갖는 강우에 대처할 수 있도록 하면 알맞다.

처리장의 배치가 결정되기 전에 배수계획을 완료하면 지면배수설비의 비용이 감소될 수 있다. 도로를 포함하여 자연배수형태를 고려하고 처리장의 구조물은 지면배수에 방해가 되지 않도록 배치해야 한다.

우수가 살수여상, 모래여과지, 슬러지 건조상 등으로 흘러 들어가면 운영효율이 감소할 수 있으므로 배수계획시 이를 고려한다.

하수처리시설의 배수는 개수로나 암거를 이용하여 달성될 수 있지만, 평탄한 지역에서는 물이 고이게 되므로 덮개가 있는 수로를 사용하는 것이 좋다.

(2)에 대하여

도로나 보도의 위치는 필요에 의하여 결정된다. 살수여상에서 여재를 교환할 때와 같이 고형물을 차량으로 자주 제거해야 하는 곳은 진입도로가 있어야 하며, 물자나 기기가 사용되는 건물과 근무자의 왕래가 빈번한 곳에도 도로나 보도가 있어야 한다.

일반적으로 처리시설간의 왕래는 하수처리시설내에 국한되어야 하므로 때로는 부근의 공용도로와 평행하게 처리장내에 도로가 위치하게 되는 수도 있지만 처리장을 주위지역으로부터 분리시킨다는 점에서는 수급되어야 한다. 마찬가지로 가능한 한 근무자나 방문자를 위한 출입구는 차량의 출입구와 분리되는 것이 좋다. 물론 차량 출입구도 허가되지 않은 사람들의 출입을 통제할 수 있는 곳에 위치시켜야 한다.

보통 차도는 포장을 해서 영구적인 것이 되도록 하며, 차도가 많고 사용빈도가 일정하지 않은 경우에는 차량의 왕래가 가장 빈번한 도로에만 포장을 하는 수도 있다. 처리시설간이나 도로 사이에는 콘크리

트 또는 자갈보도를 위치시키면 좋다. 보도의 필요한 지점에서는 계단이나 난간을 설치하여야 한다.

차도와 보도의 배치는 하수처리시설의 조경에 큰 몫을 차지한다. 부지가 허용한다면 직선보다는 곡선으로 된 도로가 미관상 좋다.

(3)에 대하여

풀씨를 뿌려야 하는 곳에는 표토를 약 10 cm 정도 깔고 비료도 뿌려야 한다. 표토는 보통 6~10%의 유기질을 함유하며 배수가 잘 되도록 충분히 과립상태를 유지해야 한다. 여러 종류의 풀씨를 혼합하여 뿌리면 식물의 종류에 따라 성장속도가 다르므로 조심하여야 한다. 경사가 급하거나 식물의 성장이 어려운 곳에는 씨를 뿌리지 말고, 잔디를 입히거나 아예 풀을 심지 않는 것이 좋다.

(4)에 대하여

모든 보도와 차도의 주변 그리고 씨뿌리기가 어려운 급경사지역엔 잔디를 입히는 것이 좋다.

(5)에 대하여

하수처리시설은 자칫 잘못하면 불결한 곳으로 인식받기 쉬우므로 꽃나무, 넝쿨나무, 관상목, 기타 나무를 심어서 미관을 향상시키는 것은 바람직하다. 즉 불결한 곳이나 보기에 좋지 않는 곳은 그 주위에 나무를 심어 숨기면 구조물이 좋게 보임은 당연하다. 그러나 나무를 너무 많이 심으면 원래의 목적에 어긋나게 하수처리보다는 나무의 관리가 문제가 될 수 있으므로 주의를 요한다.

처리시설주위의 축대에는 넝쿨나무, 딸기 등을 심으면 좋고, 처리시설이 지상에 축조된 경우에는 그 주위에 키가 큰 관목을 심으면 알맞다. 보도나 차도주변, 좁은 공터의 잔디에는 부분적으로 화초를 심으면 좋으나 겨울에 관리가 필요한 화초는 심지 않는 것이 좋다.

넓은 잔디밭의 중간중간이나 처리장 들레에는 큰 나무를 심고, 벽주위나 건물모퉁이 부근에는 상록수를 심으면 좋다.

(6)에 대하여

하수처리시설의 들레는 완전히 울타리가 되어 있어서 비인가자의 출입을 막아야 하며, 특히 어린이들이 몰래 들어와서 사고를 발생시키지 않도록 하는 것이 바람직하다. 가장 많이 사용되는 기둥은 콘크리트 기초에 고정된 도금파이프에 도금된 철강을 부착시킨 것이며, 출입구와 코너의 파이프기둥은 다른 것보다 직경이 크고 단단하게 지지해야 한다. 울타리의 상단에는 외부로 향하여 경사지게 3~4줄의 가시철사를 고정시켜 사람들이 울타리를 뛰어넘지 못하게 한다.

모든 출입구에는 자물쇠장치가 되어 있어야 하며 울타리주위를 따라 일정한 간격으로 출입금지의 표식을 다는 것이 요망된다.

(7)에 대하여

관련법규에 의하면 일정한 규모이상의 시설물에 대해서는 미려하고 친근한 공간조성을 위하여 건축조례 등에서 정하는 기준에 따라 회화·조각 등의 조경시설물의 설치를 권장하고 있으므로 이를 고려하여 내부 근무자 및 외부 방문객에게 친근감을 줄 수 있는 조경시설물을 설치하는 것이 좋다.

제 9 장

분뇨처리 시설

제9장 분뇨처리시설

9.1 총 설

우리나라의 경우 과거에는 분뇨가 대용 비료로서의 이용성 때문에 분뇨의 위생적인 처리문제를 소홀히 하여 왔으나, 도시인구의 증가 및 비료공업의 발달로 1971년부터 서울과 부산에서 하수 및 슬러지 처리기술을 변형한 형태의 분뇨처리시설을 설치하였다. 이후 도시뿐만 아니라 농·어촌 지역에서도 분뇨의 적정처리가 시급하게 되어 전국의 읍 단위 이상 지역 까지도 분뇨처리시설이 확충되었으며, 2008년도 기준으로 전국에 196개소, 39,732m³/일의 분뇨처리시설이 운영되어 환경기초시설로서의 역할을 수행하여 왔다. 1991년 「오수, 분뇨 및 축산폐수의 처리에 관한 법률」이 제정되어 분뇨의 수거, 운반 및 처리기준을 강화하여 분뇨의 수거처리 의무지역을 확대하고 방류수수질기준을 강화함으로써 분뇨처리 시설의 확충 및 전국적인 시설 설치 및 운영이 이루어졌다. 「오수·분뇨 및 축산폐수의 처리에 관한 법률」이 2006년 9월에 폐지되고 「하수도법」으로 통합되면서 분뇨처리 분야도 하수도시설로 통합 관리되어 시행령 및 시행규칙이 개정된 2007년 9월부터 시행되고 있다. 최근에는 하수도보급률의 증가, 하수처리시설의 확충, 분류식 하수도 지역의 확장 등으로 분뇨 및 개인하수처리시설 찌꺼기의 발생량이 급격히 줄어들면서 분뇨처리시설은 과도기적인 시설로 간주되어지고 있다.

9.1.1 처리공정

원활하고 안정적이며 효율적인 분뇨처리를 위해서는 처리공정별 충분한 검토가 이루어져야 한다.

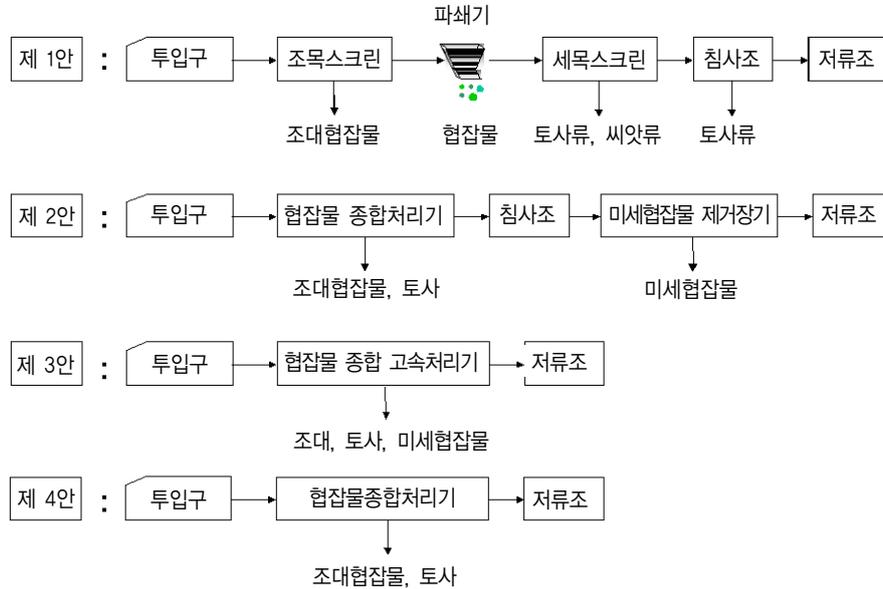
- (1) 분뇨는 유입 원수 내에 토사, 씨앗류 등의 협잡물을 많이 포함하고 있어 원활한 수처리를 위해서는 적절하고 충분한 전처리가 이뤄져야 한다.
- (2) 전처리를 거친 분뇨는 주처리 공정인 생물반응조로 유입되어 다양한 생물학적 처리공법에 의해 처리되어진다.
- (3) 분뇨를 단독처리 후 방류시키는 처리시설에서는 방류수기준을 부합시킬 수 있는 후단처리시설의 설치를 검토하여야 한다.
- (4) 분뇨의 특성을 고려한 냄새와 설비운영에 따른 소음 및 진동에 대한 대책이 관련규정에 따라 수립되어야 한다.

【해설】

(1)에 대하여

수거 또는 운반되어 반입되는 분뇨는 다량의 각종 협잡물 및 토사류, 부유물을 함유하고 있기 때문에 후속처리 시설의 펌프, 배관, 기계시설에 대한 보호와 적절한 처리효율을 거두기 위해 충분한 제거

가 요구되어진다. 협잡물 등의 제거공정을 전처리라 하며, 이에 대한 처리방식은 [그림 9.1.1]에 나타난 것과 같이 구분할 수 있다.



[그림 9.1.1] 분뇨의 전처리 공정

상기 안중에서 “제1안”은 종래에 많이 사용되었던 방식으로서 기계의 조합이 복잡하고 파쇄기의 마모 및 전력소모량이 많으며, 협잡물 제거 시 악취가 다량 발생하고, 운반 등 취급 시 비위생적이다.

“제2안”은 협잡물 및 토사류를 동시에 제거시킬 수 있는 협잡물종합처리기를 설치하고 후속공정으로 미세협잡물 제거장치를 설치하여 폐수의 잔존 부유물을 안정적으로 제거시킴으로써 1차 처리 등 후속 처리공정에서 각종 배관, 펌프류 등의 작동을 원활히 하고 처리효율을 개선할 수 있도록 한다.

“제3안”은 미세협잡물을 처리하는 시설을 추가한 병합시설이나 3mm이하의 부유물은 제거하기 어려우며, 설비가 타 기종에 비해 고가이다.

“제4안”은 협잡물 및 토사류를 동시에 제거시킬 수 있으나 미세협잡물의 제거효율은 다소 낮은 편으로 초기설치비가 가장 경제적이다.

따라서 협잡물 및 토사류를 동시에 제거시킬 수 있는 협잡물종합처리기를 설치하고, 후속공정으로 미세부유물을 제거할 수 있는 미세협잡물제거기를 설치하여 분뇨의 잔존 부유물을 제거시킴으로써 후속처리공정에서 각종 배관, 펌프류 등의 작동을 원활히 하고 처리효율을 개선할 수 있도록 계획하여야 한다.

(2)에 대하여

분뇨는 유기물질 및 부유물질을 도시하수에 비해 100배 이상 함유한 고농도 폐액이므로 생물학적 주처리공정을 통해 적정 처리되어야 한다. 분뇨처리장에 주로 적용되는 생물학적 주처리공정으로는 혐

기성소화, 호기성소화 그리고 물리·화학적 설비들을 결합한 생물학적공법 등이 있다.

(3)에 대하여

하수연계처리 등의 타 공정과 연계처리가 되지 않는 단독처리 방류 처리장에서는 생물학적 처리공정을 거친 후에도 방류수기준을 부합하기 위해 추가적으로 부유물질, 질소, 인 및 생물학적 분해불능 유기물(NBDCOD)에 대한 처리공정이 검토되어야 한다. 추가공정으로는 모래여과, 막여과, 화학약품산화, 오존산화, 활성탄흡착 등의 공정이 검토될 수 있다.

(4)에 대하여

분뇨처리공정은 주변 지역의 민원과 작업자의 작업환경관리를 위해 악취, 소음, 진동에 대한 방지 및 저감시설을 검토해야 한다.

9.2 기계시설

9.2.1 펌프장시설

펌프형식으로는 전처리, 2차처리, 슬러지처리용으로 구분할 수 있으며, 처리장 동선에 가장 적합하고 효율이 우수하며, 내부식성 등을 고려한 다각적인 검토가 필요하다. 상세한 내용은 '제3장 펌프장시설'을 참조한다.

【해설】

분뇨처리계통에서 슬러지 이송설비로는 주로 슬러지펌프가 사용되고 있으며 폐수 및 슬러지의 성상, 성분, 함유물 및 기계효율 등에 의하여 선정되어야 한다.

- ① 폐수 및 슬러지의 원활한 수송이 이뤄져야 한다.
- ② 폐수 및 슬러지중의 혐잡물 등에 의해 임펠러 등의 막힘이 없어야 한다.
- ③ 운전, 유지, 보수관리가 용이하여야 한다.
- ④ 자흡능력이 우수하고 효율이 높아야 한다.
- ⑤ 사용용량 및 폐수, 슬러지 성분에 적합하여야 한다.

펌프용량계산은 다음과 같은 과정으로 하며, 가장 효율이 좋고 안정적인 운전범위가 유지되는 펌프를 선정하여야 한다.

1) 펌프구경

$$D = 146 \sqrt{\frac{Q}{V}} \dots\dots\dots (9.2.1)$$

여기서, D : 펌프구경(mm), Q : 토출량, V : 유속 (1~1.5m/sec)

2) 양정

- 실양정(H_a)
- 손실양정(H_f)

〈표 9.2.1〉 펌프 부속시설의 손실양정 계산

구 분	유 속(m/sec)	계 산 식	손실계수
CHECK V/V	0.23	$f \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$	1.2
GATE V/V	0.23	$f \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$	0.15
직 관	0.23	$f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$	0.02
TEE	0.23	$f \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$	1.5
90° ELBOW	0.23	$f \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$	0.3

3) 전양정 = 손실양정 + 실양정

이송유체가 분노임을 감안 배관손실 여유를 3배 고려한다.

4) 전동기 동력(P)

$$P = 0.163 \times \frac{r \times Q \times H}{\eta} \times \alpha \dots\dots\dots (9.2.2)$$

여기서, P : 전동기 출력(kW), r : 분노의 비중(1.2), Q : 유량
 H : 전양정, η : 펌프의 효율(0.15), α : 여유계수(1.15)

9.2.2 교반기 시스템

유입유량과 수질의 변동을 흡수해서 균등화함으로써 처리시설의 처리효율을 높이고 처리수질의 향상을 도모하는 시설로서 교반장치는 조내 침전물의 발생 및 부패를 방지하기 위하여 설치한다. 상세한 내용은 제4장 수처리시설의 기준을 참조한다.

【해설】

기종으로는 전면산기식, 수중포기식, 수중믹서와 선회류식이 있으며 다음사항을 고려하여야 한다.

- ① 체류시간이 긴 경우 처리수의 부패가 발생하지 않도록 하여야 한다.
- ② 완전교반이 가능하고 조내 퇴적물이 발생하지 않아야 한다.

- ③ 운전 및 유지관리가 용이하고 연간유지경비가 저렴하여야 한다.
- ④ 기계구조가 지 및 조의 형상에 적합하여야 한다.
- ⑤ 부대설비가 간단하여야 한다.

9.2.3 송풍기

폐수의 생물학적처리에 있어서 미생물 성장에 필요한 산소를 공급하는 방법으로 산소가 포함된 대기중의 공기를 이용하게 되며 이러한 공기를 수중으로 이송하는데 일반적으로 송풍기가 사용된다.

【해설】

송풍기는 호기성 처리공정에서 미생물의 성장에 필요한 산소를 공급하는 중요한 기계설비로 송풍에 소요되는 동력은 전체처리시설 소요동력의 50~90%정도를 차지하게 되며, 수처리 공정의 처리효과를 좌우하는 결정적인 요인으로 작용하게 되는 등 처리장 기능의 중추적 역할을 수행하는 중요한 설비이다.

Blower는 처리장 공정 중에서 가장 중요한 설비로서 유입수의 수질을 충분히 고려하여 충분한 산소를 공급할 수 있는 용량이어야 하며, 소음·진동이 관련규정에서 정한 기준치 이내이어야 한다. 기종으로는 ring blower, turbo blower, roots blower 등이 있다.

1) 송풍기의 종류와 특성

송풍기에는 일반적으로 원심형과 용적형 송풍기가 주종을 이루고 있으며 송풍기를 원활하게 가동시키기 위한 부속장치가 있다.

2) 선정기준 조건

조의 공기공급을 위한 설비로서 공기를 적절히 공급하여 폐수를 산화 및 교반하며, 고장으로 인한 정지가 없어야 하고 소음, 경제성 등을 고려하여 선정하여야 한다.

- ① 효율이 높아야 한다.
- ② 연간 유지경비가 저렴하고 보수관리가 용이하여야 한다.
- ③ 내구성 및 신뢰성이 좋아야 한다.
- ④ 소음 및 진동이 적어야 한다.
- ⑤ 토출압의 변동이 적어야 한다.

송풍기용량은 다음 예와 같이 계산할 수 있다.

예시) 가) 소요공기량

$$\text{저 류 조} : 0.016\text{m}^3/\text{min} \cdot \text{m}^3$$

$$\text{유량조정조} : 0.092\text{m}^3/\text{min} \cdot \text{m}^3$$

나) 저류조 및 유량조정조 용량 : 540m^3

$$\cdot \text{저류조용량}(4,200\text{W} \times 12,000\text{L} \times 3,000\text{H} \times 1\text{지}, 150\text{m}^3)$$

- 유량조정용량(10,800W × 12,000L × 3,000H × 1지, 390m³)
- 다) 소요풍량 : 38.3m³/min × 1.2(여유율) = 45.96m³/min ≒ 24.6m³/min×2대
- 저 류 조 : 0.016m³/min · m³ × 150m³ = 2.4m³/min
- 유량조정조 : 0.092m³/min · m³ × 390m³ = 35.9m³/min

라) 흡입구경

$$D = 146 \sqrt{\frac{Q}{V}}$$

여기서, Q : 송풍기풍량(m³/min), V : 풍속(20~30m/sec)

$$D = 146 \sqrt{\frac{24.6}{20 \sim 30}} = 132 \sim 161 \approx 150\text{mm}$$

마) 송풍기출력

- 흡입절대입력 P₁ = 10,133mmAq abs
 - 토출절대입력 P₂ = 14,333mmAq abs
 - 송풍기의 흡입공기량 Q₁ 은
- $$Q_1 = Q(P_0 / P_1) \quad P_0 : 10,333\text{mmAq(대기압)}$$
- $$= 24.6(10,333/10,133) = 25.1\text{m}^3/\text{min}$$
- 토출측 풍압(P_a) : 수심과 산기관의 막힘 고려 3,800mmAq
 - 흡입측 풍압(P_b) : 여과기 막힘을 고려하여 200mmAq
 - 총필요 풍압

$$H = P_a + P_b = 3,800 + 200 = 4,000\text{mmAq로 한다.}$$

따라서, 송풍기의 풍압은 4,000mmAq로 한다.

- 송풍기의 단열공기동력 (L₁)

$$L_1 = \frac{Q_1 \times P_1}{6,120 \times \frac{K-1}{K}} \times \left\{ \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right\}$$

여기서, K : 비열비 = 1.4

$$L_1 = \frac{25.1 \times 10,133}{6,120 \times \frac{1.4-1}{1.4}} \times \left\{ \left(\frac{14,333}{10,133} \right)^{\frac{1.4-1}{1.4}} - 1 \right\} = 15.1\text{kW}$$

- 전단열효율 : 50%로 하면

$$L_2 = L_1 / \eta = 30.2 \text{ kW}$$

- 최저기온시 온도보정

$$L'_2 = L_2 \times \left(\frac{273+20}{273-13.3} \right) \approx 33.9\text{kW}$$

- 전동기출력 L_0

$$\begin{aligned} L_{20} &= L'_2 \times (1+a) \quad a=10\% \text{ 여유} \\ &= 33.9 \times 1.1 \approx 37\text{kW} \end{aligned}$$

9.2.4 산기장치

'제4장 수처리시설'에 따른다.

9.3 협잡물제거 및 전처리 시설

9.3.1. 전처리설비

- (1) 본 시설기준에서 전처리설비는 투입설비와 저류설비로 구성되며, 원활한 후속처리를 위하여 완벽한 협잡물 제거장치를 갖추어야 한다.
- (2) 전처리 설비에서는 고농도의 취기가 발생하므로 취기의 포집·이송 및 탈취계획에 만전을 기해야 한다.
- (3) 분뇨 반입량을 파악하기 위한 반입량 계량장치를 설치하여 반입량을 계량하여야 한다.

【해설】

(1)에 대하여

수집·운반된 분뇨 중에는 상당량의 조협잡물(형짚, 플라스틱, 나무조각 등)과 세협잡물(모래를 포함한 각종 과일 씨앗류)이 함유되어 있으며, 이들 조·세협잡물을 완벽하게 제거하지 않을 경우에는 이들이 후속처리계통으로 유입되어 반응조의 유효용적을 감소시키거나 배관 또는 산기관 등을 폐쇄시켜 처리효율에 심각한 장애를 초래하게 되므로, 완벽한 전처리는 분뇨처리시설에서 필수적이다.

(2)에 대하여

분뇨처리시설에서 발생하는 고농도 취기는 대부분이 생분뇨의 물리적처리 단계인 전처리설비에서 발생되므로 이들 악취의 포집·이송·탈취에 만전을 기하여 처리장내 작업 환경을 유지하고 분뇨처리시설에 대한 지역주민의 혐오시설 인식을 전환하도록 하여야 한다.

(3)에 대하여

분뇨의 수집·운반차는 용량 1.8m³의 소형차로 부터 용량 15m³의 대형차가 있으며, 수집 작업의 상황에 따라 분뇨가 집중적으로 반입되는 경우를 대비하여 시간최대반입량을 수용 가능한 전처리설비를 갖추어야 한다.

또한 수집·운반차가 원활하게 운행할 수 있는 공간이 확보되어야 하며, 이와 함께 분뇨의 투입에 앞서 반입량을 정확하게 파악할 수 있는 반입 분뇨량 계량장치를 설치하여야 한다.

9.3.2 투입설비

- (1) 투입구는 분뇨의 시간최대반입량에 적절한 수를 설치해야한다.
- (2) 투입구의 구조는 수봉식 또는 호스 고정식(부압식)을 표준으로 하며 취기의 확산을 방지하여야 한다.

【해설】

(1)에 대하여

투입구는 분뇨의 시간최대반입량에 맞추어 그 수를 결정하여야 한다.
소요투입구수 (N)는 다음의 산정식에 의한다.

$$N = \frac{Q \times K}{A \times B \times C} \dots\dots\dots (9.3.1)$$

- 여기서, N : 소요투입구수(개소)
- Q : 계획처리량(m³/d)
- K : 피크(Peak 계수(통상 1.5))
- A : 수집·운반차의 대당 적재량(m³/대)
- B : 투입구 1 개소의 시간당 투입대수(대/hr)
- C : 1일 투입시간(hr)

(2)에 대하여

투입구는 각종 설비 중에서 가장 악취가 발생하기 쉬운 장소이므로, 수봉식 또는 호스 고정식(부압식)을 적용하여 수봉 및 취기흡인(부압)으로 취기가 밖으로 확산되지 않는 밀폐구조로 하고, 재질은 스테인레스강(STS 304) 등의 내식성인 것이어야 한다.

9.3.3 협잡물 제거장치

- (1) 협잡물을 제거하기 위하여 로터리스크린(rotary screen) 또는 드럼스크린(drum screen) 등의 협잡물 제거장치와 스크류프레스(screw press) 등의 탈수장치를 조합한 것이 사용된다. 조합잡물 제거장치의 눈금간격은 5~8 mm, 세협잡물 제거장치의 눈금간격은 1~3 mm를 표준으로 한다.
- (2) 협잡물 제거공정에서 조·세협잡물의 제거 효율은 분뇨의 성상 및 협잡물 제거장치의 종류 등에 따라 다르기 때문에 정상적으로 가동하고 있는 시설장치의 운전실적 등을 참고로 하는 것이 바람직하다.

【해설】

(1)에 대하여

- 1) 조목 드럼스크린(coarse drum screen)
바 스크린(bar screen)을 원통상에 감아서 횡형으로 한 것을 회전시켜 그 내측에서 분뇨를 공급하

여 협잡물을 제거한다. 드럼스크린은 구조가 간단하며 스크린의 폐쇄도 적고 기계자체 취기 포집으로 악취확산의 방지가 쉽기 때문에 분뇨처리에서는 가장 일반적인 장치로 사용되며, 부대적으로 탈취장치인 스�크류 프레스(screw press)와 조합하여 사용하고 있다.

2) 로터리스크린(rotary screen)

로터리스크린은 율류유어를 통해 분뇨가 유입되어 회전하는 드럼의 외부에 협잡물이 걸려져서 칼퀴에 의해 제거되고 분뇨액은 드럼 내부로 유입되었다가 하부 드럼호퍼로 배출되는 구조이다. 칼퀴로 제거된 협잡물은 하부에 일체구조로 제작된 스�크류프레스로 보내어져 가압 탈수된다. 단, 이 장치는 개방형 수로에 설치되는 구조이므로 취기 방지에 곤란한 점이 있어 취기에 대한 대책이 고려되어야 한다.

3) 원심분리기

조협잡물이 제거된 분뇨 중의 세협잡물을 원심력에 의해 분뇨에서 분리하는 것으로 드럼스크린보다 높은 회전수로 운전되므로 협잡물의 회수율은 높다.

4) 세목드럼스크린

세목드럼스크린의 구조와 거의 유사하며 제거원리는 유입되는 분뇨의 추진력과 원심력에 의해 고액 분리가 일어나고, 원형 또는 장방형의 눈금(1~3mm)을 통해 액체가 배출되므로 눈금 규격보다 훨씬 작은 협잡물까지 회수가 불가능하지만 대체적으로 고형물 회수율이 높다. 눈금의 폐쇄에 대한 방지장치로 세정수 또는 세정용 공기가 필요하므로 이에 대한 고려가 있어야 하며, 취기는 기계자체의 포집 구조 부터 직접 포집한다.

(2)에 대하여

협잡물 제거후의 분뇨성상을 결정하는 것은 시설의 설계에 있어 계획처리량과 같은 정도로 매우 중요하다. 참고로 할 실측치를 구할 수 없는 경우에는 수집 분뇨의 성상과 동일한 값을 사용해도 좋다. 드럼스크린에 의한 협잡물 제거장비에는 고형물(100mm망을 통과하여, 2mm망에 걸리는 물질)이나 우발적으로 혼입하는 이물질(100mm망을 통과하지 않는 것) 제거가 주목적이므로 BOD, SS, T-N 등의 제거기능은 거의 기대할 수 없다.

9.3.4 저류설비

- (1) 저류조의 평면형상은 장방형 또는 정방형으로 하며, 그 구조는 철근콘크리트조 등의 수밀한 것이어야 한다.
- (2) 저류조의 용량은 계획처리량(당해시설에 관계되는 것에 한함)을 저류할 수 있도록 하여 1저류조는 0.5일분 이상으로, 2저류조는 2일분 이상의 용량을 갖추어야 한다. 단, 개인하수처리시설 찌꺼기를 전용으로 처리하는 경우에 있어서의 2저류조 용량은 4일 이상으로 한다.
- (3) 개인하수처리시설 찌꺼기의 혼입에 의해 후속 처리공정에서 부하가 현저하게 변동하여 처리효율 저하의 염려가 있을 경우에는 개인하수처리시설 찌꺼기 전용의 저류조를 설치하여야 한다.

【해설】

저류조는 조협잡물 제거장치 및 침사지에서 조협잡물과 모래성분이 제거된 분뇨를 임시 저류시켜 잔류모래성분을 제거한 후 세협잡물 제거장치로 송분하기 전까지 저류하는 제1저류조, 세협잡물이 제거된 분뇨를 후속처리계통에 송분하기 전에 일단 저류하여 수질을 균질화시켜 정량공급하기 위해 설치하는 제2저류조가 있다.

(1)에 대하여

저류조의 평면형상은 장방형 또는 정방형으로 수압, 토압 및 자체 강도가 충분히 고려된 철근 콘크리트구조 등의 수밀구조와 부식에 견디는 구조로 설치하여야 하고 조의 바닥 퇴적방지를 위한 경사를 두어야 한다. 철근콘크리트 구조 이외에 강판제도 채용되며, 이 경우에는 방식 라이닝을 실시하여야 하고 방식 사양에 있어서는 저류조의 사용기간 및 정기보수 상황에 따라서 결정한다.

(2)에 대하여

분뇨 수집량에 변동이 있어도 분뇨를 세협잡물 제거장치로 균등히 보내기 위하여 펌프정의 역할만 하는 제1저류조의 용량은 설계처리량의 0.5일분 이상으로 하고, 분뇨의 균질화 및 후속처리계통에 정량공급 역할을 하는 제2저류조의 용량은 2일분 이상으로 한다. 분뇨 수집량의 변동이 현저한 경우가 있을 때는 분뇨 수집계획을 재점검하여 변동을 완화시킬 필요가 있다. 또한 처리의 안정성을 도모할 필요가 있을 경우에는 저류조 용량을 크게 잡아 시설용량을 감당할 수 있는 방안을 검토해야 한다. 특히 한랭지 또는 오지, 벽지는 강설 등으로 인하여 수집 작업을 중단할 경우에 대체할 수 있도록 사전에 수집을 마쳐둘 필요가 있고, 지역적인 특성에 따라 한꺼번에 수집하는 경우가 있기 때문에 이때에는 그에 충분한 용량의 예비저류조를 설치하는 등 배려를 하는 것이 바람직하다.

(3)에 대하여

최근에는 개인하수처리시설 찌꺼기의 수집량이 증대하는 경향이 있어 그에 수반하여 충분하게 대체할 필요가 있다. 일반적으로 분뇨처리시설에 유입되는 개인하수처리시설 찌꺼기는 질적, 양적인 변동이 크기 때문에 전용 저류조를 설치해 둬야 바람직하다.

그러한 경우의 참고로 수집방법, 수집량, 분뇨에 대한 수집비율, 분뇨처리시설의 용량 등을 감안하여 결정하여야 한다.

9.3.5 협잡물 처리

분뇨처리의 전처리시설에서 발생하는 조대협잡물 함유율은 약 80%이며, 조대협잡물 성상은 목재조각, 시멘트덩어리 등 대단히 다양하므로 분리공정을 거치는 것이 바람직하다. 이에 조대협잡물 처리방식에는 매립 및 소각 방법이 있으며 각 방식의 특성 및 장·단점 비교는 <표 9.3.1>과 같다.

〈표 9.3.1〉 혐잡물 처리방식의 비교

구 분	소 각	매 립
원 리	열원을 이용하여 연소반응을 일으켜 산화처리한다.	자연계 대사기능을 이용, 안정화 및 부패화로 처리한다.
장.단점	<ul style="list-style-type: none"> - 부피 및 무게의 감소율이 크다. - 처리시간이 짧음 - 소규모 부지로 가능 - 위생적으로 안전 - 생화학적으로 안정 - 필요에 따라 처리량을 증가가능 - 건설비 및 유지비 과다 - 고급기술 필요 - 분리수거 필요 	<ul style="list-style-type: none"> - 처리비 저렴 - 고급기술 불필요 - 일시에 대량처리 가능 - 향후 매립비 확보 곤란 - 수질, 토양오염 우려 - 악취발생 - 광범위한 부지 필요

9.4 주 처리시설

9.4.1 혐기성 처리시설

전처리설비에서 공급되는 분뇨를 혐기성균으로 소화시키는 것으로 혐기성소화공정이라 칭하며, 처리액은 후속적으로 생물학적 또는 화학적 2차 처리를 필요로 한다.

【해설】

혐기성 소화 공정의 구성은 다음과 같다

- ① 혐기성소화조의 구조는 PC콘크리트, 철근콘크리트조 등 수밀하고 기밀한 것으로 한다. 특히 발생가스에 의해 부식을 받기 쉬운 부분은 철근의 피복을 두껍게 함은 물론 적절한 방식 라이닝을 하는 등 방식구조로 해야 한다.
- ② 혐기성소화조의 액면과 상부 슬라브의 간격은 가스압의 균일화, 발생 가스의 유효이용, 교반에 의한 발포, 스킴에 의한 가스인출관의 폐쇄방지 등을 고려하여 여유 있는 구조로 하여야 한다.
- ③ 혐기성소화조의 측면에는 청소를 위한 수밀 맨홀을 설치함이 바람직하다.
- ④ 소화단수는 2단을 표준으로 한다.
- ⑤ 제1단의 소화온도는 37±2℃ 로 한다.
- ⑥ 소화일수는 20~30일로 하고, 투입 분뇨 등의 성상에 따라 결정한다. 단 제1단의 소화일수는 15일 이상으로 한다.
- ⑦ 혐기성소화조의 용량은 계획처리량에 소화일수를 곱한 것으로 한다.
- ⑧ 분뇨의 투입관, 슬러지 배출관 및 탈리액 배출관 등의 배관내경은 100mm 이상으로 한다.

- ⑨ 일반적으로 혐기성 소화의 처리효율은 BOD 기준으로 80% 내외이며, 단독처리 방류시설의 경우 방류수기준 충족을 위해 추가적인 생물학적 또는 화학적 공정에 의한 처리가 요구된다.

9.4.2 호기성 처리시설

전처리 설비에서 공급되는 분뇨를 호기성균에 의해 처리하는 공정을 말하며 호기성 소화 또는 호기성 산화라 칭한다. 1단계 호기성 처리 후에 후속적으로 생물학적, 화학적, 물리학적 처리시설의 추가가 요구된다.

【해설】

호기성 소화공정의 구성은 다음과 같다.

- ① 호기성 소화조의 평면형상은 장방형 또는 정방형으로써 그 구조는 철근콘크리트조 등의 수밀한 것이어야 하고, 2개조 이상이 표준이다. 밀폐구조인 경우에는 포기조 내에서 발생한 가스배출구의 점검 및 보수용 맨홀을 설치하여야 한다. 또한 포기조의 유효수심은 3.5~5.0m로 하고, 여유고는 80cm이상으로 한다.
- ② 호기성소화법으로 분뇨를 무회석으로 처리하면 생물반응열에 의하여 액온이 상승하고, 여름철에는 40℃를 넘는 경우도 있다. 이와 같이 고온이 되면 미생물의 활동은 오히려 저하하므로 반응조 온도의 상한치는 38℃로 한다. 특히, 영양물질 제거를 목적으로 하는 경우, 질산화 미생물은 고온에 더 민감하게 반응하므로 여름철에는 냉각수의 사용을 검토할 필요가 있다. 무회석 처리에서 반응조 온도는 동절기에도 생물처리에 부적합한 15℃ 이하의 온도가 되는 경우가 거의 없으므로 소화조의 가온설비에 대한 고려는 특별히 필요가 없다.
- ③ 호기성소화조의 소화일수는 15일 이상을 표준으로 한다.
- ④ 반송슬러지량은 계획처리량에 대하여 호기성소화조에 있어 소정의 MLSS농도를 유지하기 위하여 필요한 양이어야 한다. 즉 호기성소화조 유입량에 대하여 30%를 표준으로 하고 최대 50%를 넘지 않아야 한다. 이때 소화조의 MLSS농도를 분뇨 단독처리인 경우 20,000mg/l 내외, 개인하수처리 시설 찌꺼기 단독처리인 경우 15,000mg/l 내외, 혼합처리인 경우에는 15,000~20,000mg/l로 한다.
- ⑤ 소화조의 BOD-MLSS부하는 개인하수처리시설 찌꺼기 단독처리인 경우 0.03정도이고 분뇨 단독처리인 경우 0.06정도으로써 전반적으로는 0.03~0.07kgBOD/kgMLSS·일의 범위로 한다. 또한 BOD 용적부하는 개인하수처리시설 찌꺼기 단독처리인 경우 0.4정도이고 분뇨단독 처리인 경우 0.6정도이므로 전반적으로 0.6kgBOD/m³·일 이하를 표준으로 한다.
- ⑥ 일반적으로 호기성소화에 의한 처리효율은 BOD 기준으로 90% 내외로 알려지고 있으며, 단독처리 방류 공정의 경우 방류수 기준 충족을 위해 추가적인 생물학적, 물리·화학적 시설의 추가가 요구된다.

9.4.3 2차 처리설비

(1) 약품처리설비

생물학적 1차 처리를 거친 유출수에 대하여 황산알루미늄이나 폴리머를 이용, 응집침전 또는 부상분리시켜 부유상태의 유기물질을 제거하는 설비로써 응집분리설비 또는 약품침전설비라 한다.

(2) 생물학적 2차 처리 공정

분뇨 및 개인하수처리시설 찌꺼기 처리 시에는 전처리 및 1차처리 후에도 BOD, SS 등의 수질이 높게 나타날 경우 활성슬러지법 등의 2차 생물학적처리공정을 두어 잔류 유기물질과 부유물질을 제거한다.

【해설】

(1)에 대하여

1) 응집분리설비의 처리공정

본 설비의 처리공정은 혼화조, 응집조, 침전지 및 부상분리조 또는 농축스크린 장치로 구성되며, pH 조정조를 독립적으로 설치하여 처리수의 pH를 조정하거나 필요에 따라 중화조를 설치하는 수가 있다.

2) 응집제의 종류 및 응집기구

① 응집제의 종류 및 특성

응집분리처리법의 원리는 입자상이 작은(10~3mm 이하) 부유물질을 응집제를 투여하여 중력분리가 가능토록 입자화하여 처리하는 것이다. 응집분리처리에 사용되는 약품으로는 응집제, pH조정제, 응집보조제로 대별된다. 응집제는 수중의 부유물질 중 콜로이드물질에 대해 플록을 형성시키는데 사용되고, pH 조정제는 응집제의 응집력을 최적의 범위로 조정하며, 응집보조제는 플록의 성장을 돕고 수중에서 플록의 분리성을 높이는데 사용된다.

② 응집기구

수중에 침전된 미립자는 통상 음(-)전하를 띠어 상호 반발한다. 이러한 미립자상의 전하를 무기응집제를 사용하여 전기적으로 중화 응집시켜 입경을 커지게 함으로써 침전이 용이하게 한다.

(2)에 대하여

과거 분뇨처리시설은 대부분 혐기 또는 호기성 소화에 이어 1단계 처리수를 회석수를 이용하여 회석한 후 2 단계 활성슬러지로 처리하는 것이 일반적이었다. 그러나 공정내의 회석수 사용 제한과 처리 운전 관리의 효율성 등을 위하여 1, 2단계 생물학적 공정을 결합한 공법들이 많이 제시되었다. 1, 2단계 생물학적인 공정을 하나의 공정으로 병합하고, 여기에 약품 응집침전이나 분리막공정 등을 결합한 공법들이 적용되어 졌는데, 분뇨처리시설에 적용된 대표적인 공법들은 액상부식법, 자연정화법, BCS 공법(BIO-CERAMIC공법), B3공법, BIOSUF공법 등이 있다.

9.4.4 하수처리시설과 연계처리설비

하수처리시설의 처리용량과 유입수질을 고려하여 수집분뇨 및 개인하수처리시설 찌꺼기를 전처리후 하수처리시설 내에 투입시켜 합병으로 처리하는 방식을 말한다.

【해설】

1) 하수처리시설에 분뇨 투입시 유의사항

하수와 분뇨는 그 성분 및 처리방식이 유사하여 혼합 처리하는 것이 바람직하며, 특히 일반적인 하수의 슬러지와 분뇨의 성상 중 TS에 대한 VS의 비율이 하수가 40~50%, 분뇨는 70% 정도이다. 따라서 분뇨를 투입하여 처리하는 것이 VS의 제거율을 높일 뿐 아니라 처리장의 유지관리에 필요한 메탄가스의 발생량을 증대시켜 유지관리비 절감에도 도움이 되므로 분뇨의 하수처리시설 투입은 유익한 방법이다. 그러나 자칫 분뇨 중에 함유되어 있는 잔류 조·세협잡물(각종 씨앗류 포함) 및 모래류가 제거되지 않고 하수처리과정으로 유입될 경우 스크럼발생 및 구조물 내에 침적물이 발생되어 하수의 처리에 지장을 초래할 우려가 있으므로 필히 완벽한 전처리 후 하수처리시설에 투입하여야 한다. 유입수질에 대한 여유부하를 검토한 후에 필요에 따라 1차처리를 거쳐 투입하는 방안도 검토할 필요가 있다. 또한 하수처리시설의 근무환경 및 인근 주변에 미치는 환경 영향을 없애기 위하여 분뇨전처리 과정에서 발생하는 악취를 제거하기 위한 탈취설비도 완벽히 갖추어야 한다.

2) 하수처리시설 내 분뇨투입 가능지점

수집분뇨 및 개인하수처리시설 찌꺼기를 하수처리시설에 투입하는 방안은 여러 가지로 생각할 수 있으나 하수처리시설의 기능적인 측면을 고려하여야 한다. 투입시에는 반드시 씨앗류 및 모래를 포함한 조·세협잡물을 완벽하게 제거시킬 수 있는 설비를 거쳐야 하며, 장래의 하수처리시설 유입수질을 정확하게 예측한 다음 여유부하를 계산하여 투입 가능 지점 및 가능 양을 검토하여야 한다.

① 유입 펌프장 투입

협잡물 제거를 위한 전처리와 수질 균등화를 위해 계획적 주입을 고려한 저류시설 등을 구비하여 후속처리기능에 영향을 미칠 수 있는 각종 장애요인을 제거시킨 다음에 유입펌프장에 투입하는 방법이다. 그러나 하수처리시설의 선단부인 유입펌프장에 분뇨 등을 투입할 때에는 하수처리시설 전반에 걸쳐 악취를 발생시킬 우려가 있고, 부식가스로 인한 수처리 기계의 내구연한이 감소될 수 있으므로 투입 가능 지점의 선정 시에 고려하여야 한다.

② 농축조 투입

유입부 투입과는 달리 농축조 투입방법은 유입부에서 일어나는 문제점은 없으나 예비농축조가 마련되어 있지 않는 경우에는 농축조를 신설해야 하며, 연속적 투입이 되는 것이 바람직하고 완벽한 전처리 설비가 갖추어져야 한다. 이 방법에서는 농축슬러지가 이송펌프를 통해 소화조로 유입되고 농축조의 상징수는 유입펌프장, 최초침전지 또는 포기조로 반송된다.

③ 소화조 투입

이 방법은 소화조의 유기물 부하를 설계 수준으로 높일 수 있는 방법이나 농축조를 거치지 않고 전처리한 수집분뇨 또는 개인하수처리시설 찌꺼기를 소화조 내에 주입할 수 있는 농축슬러지 이송펌프에 연결하는 등의 방법을 강구하여야 한다. 농축조 투입 방법보다는 악취발생 문제를 해결할 수 있으며 양적인 측면에서도 상당한 양의 개인하수처리시설 찌꺼기와 수집분뇨를 투입할 수 있다. 이 경우에 있어서도 완벽한 전처리를 거쳐 투입함으로써 소화조의 정상운전에 지장을 초래하지 않도록 해야 한다.

3) 전처리

각종 씨앗류 및 모래 등이 하수처리시설로 유입하여 스크럼을 유발시켜 유효용적을 감소시키는 문제점이 발생되지 않도록 반드시 전처리 설비를 거쳐야 하며, 이에 대하여는 '9.3.2 전처리설비'를 참조한다.

4) 투입 가능량

하수처리시설 내에 유입되는 실제 오염물질부하량과 설계 오염물질부하량을 비교 검토하여 투입가능 지점별로 부하 가능량을 산정하고, 시설물의 처리능력에 따른 여유부하로 부터 투입 가능량을 산정하여야 한다.

5) 투입시점

하수처리시설 내로 유입되는 부하량은 하루 중에도 변화폭이 다양하므로, 가능한 하수처리시설이 과부하상태로 운전되는 일이 없도록 투입시점에 신중을 기하여야 한다. 따라서 지역의 특성이 반영된 하수유입량의 변화 양상을 파악한 후 하수유입량이 비교적 적은 시간대에 투입하는 것이 바람직하다.

9.4.5 생물학적 질소제거 처리설비

이 방식은 협잡물을 제거한 분뇨를 직접 생물학적 질산화·탈질소화법으로 처리하여 BOD와 질소를 동시에 제거하는 방식이다.

【해설】

1) 개요

생물학적 질소제거법은 자연계에 널리 서식하는 미생물 중에 질산화균 및 탈질균을 이용하여 분뇨중의 질소화합물을 최종적으로 질소가스로 전환하는 기술이다. 광의의 생물학적 질소제거 방법에는 여러 가지 방법이 있지만 활성슬러지법을 수정하여 BOD 및 질소를 동시에 제거하는 방법이 매우 합리적이며 경제적이라고 인정되고 있다.

2) 생물학적 탈질소 영향 인자

탈질속도계수는 여러 가지 인자의 영향을 받기 때문에 각각의 구체화기술 또는 실험에 의하여 구하여야 하지만 대개 다음과 같은 경향이 있다.

- ① 분뇨 BOD나 메탄올을 이용한 외부탄소원 이용 탈질이 내생호흡형 탈질보다 크다.

- ② 어떤 형식의 탈질에 있어서도 15°C와 35°C의 적정 운전 온도 범위 내에서는 액온이 높을수록 반응속도가 크다.
- ③ 적정 운전 온도 범위를 벗어난 경우 질산화-탈질소화 효율은 현저히 감소한다.
- ④ 활성슬러지 중에 함유된 불활성 SS의 비율이 클수록 작다.

탈질공정의 시설용량을 축소하기 위해서는 가능한 외부탄소원을 이용한 탈질을 이용하여 NO_x-를 탈질시키는 편이 유리하며, 운전경비의 면에서 메탄올을 이용하는 것보다 분뇨 BOD를 이용한 쪽이 유리하다. 외부 탄소원을 이용하려면 탈질해야 할 질소량에 대하여 일정비율 이상의 BOD 또는 메탄올이 필요하다. 분뇨 BOD 라면 NO_x-N 1kg에 대하여 2.0~3.0kg 이상, 메탄올이라면 2.8kg 이상 필요하다고 보고되고 있다. 분뇨의 BOD/N 비는 개인하수처리시설 찌꺼기의 혼입률에 의하여 달라지나, 수집 분뇨만이라면 대개 2.6 정도이다.

9.4.6 고도처리설비

1) 응집분리설비

응집분리설비는 혼화조, 응집조, 침전지 (또는 부상분리조) 를 조합한 것으로 '9.4.3 (1)약품처리설비 (응집분리설비)'에 준한다.

【해설】

응집분리설비는 생물처리 반응조 처리수에 응집제(황산알루미늄, PAC, 철염 및 고분자응집제 등)를 첨가하여 생물반응조 처리수에 함유된 미세한 SS를 침전하기 쉬운 플록으로 형성함과 동시에 부유성 COD 성분인 유기물의 일부와 인산염을 침전시켜 고액분리로서 제거할 목적으로 설치된다. 고액분리설비에는 침전지외에 부상분리조도 사용되며, 원심분리기와 탈수기 등의 기계적 고액분리장치가 사용되기도 한다.

생물반응조 처리수의 수질 성상은 적용되는 분뇨의 주처리공정 처리방식에 따라 다르기 때문에 각각의 최적 응집분리조건을 설정할 수 있도록 2차 처리수의 성상에 대하여 충분히 검토할 필요가 있다.

2) 오존산화처리설비

오존산화처리설비는 오존처리 원수조, 오존발생장치, 오존접촉조를 조합한 것이다.

【해설】

오존산화처리설비는 2차 처리수를 산기장치 등에 의해 반응조에서 오존과 처리수를 접촉시켜서 COD나 색도성분을 산화분해하는 것이다. 또 오존 산화처리에는 멸균효과도 있다. 본 설비의 전체공정은 오존처리 원수조, 오존발생장치 및 오존반응조 등으로 구성되지만 2차 처리에서 자연유하로 유입하는 경우에는 오존처리 원수조를 생략할 수 있다.

① 오존처리 특성

분뇨 처리수는 20배 희석을 해도 200~3,000도 정도의 색도를 갖고 있다. 분뇨처리수의 착색성분은 휴민산(humic acid) 등의 고분자물질이나 담즙색소의 헤모그로빈 변성물인 우로비인, 스텔코빈 등에 기인하며 그것들은 C=N, C=C, C=O 등의 관능기를 갖고 있다. 오존은 이들 관능기나 삼중결합을 갖는 발색기에 작용하여 오존나이드(ozonide)를 형성한 후 가수분해를 하는 반응이며, 그 외의 탈색법인 응집분리처리법이나 활성탄 흡착법과 같이 색도성분을 수중에서 제거하여 탈색하는 방법과는 근본적으로 다르다. 오존 반응은 강력한 산화력을 이용한 화학반응을 기반으로 하고 있고, 앞에서 언급한 발색기를 제거함과 동시에 NO₂⁻와 동시에 반응한다. 따라서 오존을 효율적으로 탈색 반응시키기 위해서는 본 처리공정인 생물처리과정에 있어서 NO₂⁻를 필히 제거해야할 필요가 있다. 또한 분뇨처리수를 직접 오존 처리하는 것보다 응집분리처리에 의하여 콜로이드 성분, SS 성분 및 고분자량의 물질을 제거한 후 오존으로 처리함이 경제적이다.

② 오존발생장치

가) 오존의 발생능력

주입율은 제거대상물질의 종류 및 농도 등에 의해 달라진다. 오존의 물에 대한 용해도는 통상 얻어지는 오존 농도 1~4%의 오존화 공기에 있어서 5~20 ppm 이지만 액체약품 등과 달라서 주입된 오존의 일부가 수중에서 분리하기 때문에 주입율의 조사 실험에는 이것을 고려하여야 할 필요가 있다. 즉, 실험 장치에는 밀폐된 연속식의 것을 사용함이 바람직하며 또 오존의 용존량, 배기량 및 소비량 등의 양적 관계를 파악한 후 적절한 주입율을 판단해야 한다. 오존처리효과는 분뇨처리시설의 처리방식에 의하여 다르지만 일반적으로는 응집분리처리를 병용한 경우에는 오존주입율은 20~50ppm이며, 오존공급량에 거의 비례해서 COD와 색도성분이 산화 분해된다.

나) 오존발생관 내의 냉각

방전밀도를 일정하도록 냉각수온을 변화시키면 전극온도 및 공기평균온도는 각각 냉각수온의 변화분만큼 오르내린다. 이러한 온도 변화에 따라서 오존의 발생량, 오존의 회수율도 함께 변화한다. 온도가 상승하면 오존이 수중에서 자기분해반응이 활발하게 되기 때문에 반응상태에서 온도는 가능한 낮으면 좋다. 오존발생관 내에는 방전전력이 열이 되기 때문에 오존발생관내의 온도가 높아지지 않도록 충분히 냉각할 필요가 있다.

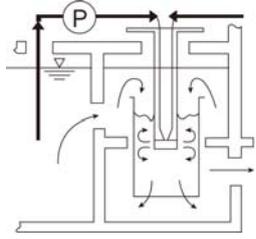
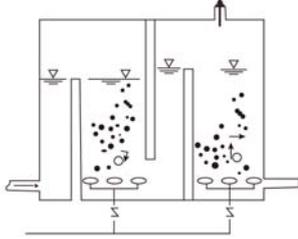
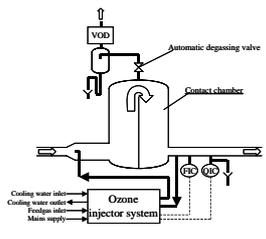
다) 오존의 원료

오존의 발생효율에 영향을 주는 요인으로는 습도가 있으며, 제습장치는 매우 중요하다. 원료공기 중에 수분이 많으면 오존발생 효율이 저하될 뿐만 아니라 오존화 공기 중에 불순물로서 질소산화물이 된다. 또, 수분은 불균일 방전을 일으켜 방전관의 수명을 단축한다. 따라서 원료공기는 충분히 제습, 건조시켜야 할 필요가 있다. 제습은 냉각된 원료공기를 활성 알루미늄이나 또는 실리카겔 등을 충전한 제습장치를 통과시켜서 실시한다. 제습장치는 통상 2개의 제습탑에 의하며, 제습과 재생은 1 탑씩 상호 자동 변환하여 할 수가 있기 때문에 연속적인 사용이 가능하게 되어있다.

③ 오존 접촉장치

오존접촉장치는 접촉방식에 따라 레디얼방식, 포러스 디퓨저 방식 및 인젝터 가압분사방식 등이 있는데 <표 9.1.2>에 작동 원리와 장, 단점을 나타내고 있다.

<표 9.1.2> 오존접촉 방법 비교

구분	레디얼 방식	포러스디퓨저 방식	Injector 가압분사 방식
개요도			
작동 원리	수조 저부에 오존화된 공기가 배관을 통해 분사될 때 펌프의 토출 압력으로 분사되는 물의 수압에 의해 물이 와류를 만들면서 오존 가스를 흡입시키면서 접촉시킴	수조 저부의 오존화된 공기가 배관을 통해 디스크 판의 작은 기공을 통해 오존화 가스를 미세화시켜 접촉시키는 방법을 말함	인젝터를 이용하여 펌프 압력에 의해 오존화 된 가스를 인젝터 내부로 흡수시켜 리액터내의 적정 압력하에서 난류를 형성시켜 폐수에 용해시키는 것을 말함
장점	-적당한 수조의 높이에 외부의 펌프수압을 이용하므로 전오존 접촉조 같은 수질상태가 안좋은 경우 사용 -고장 및 보수가 적고 용이 -터빈방식을 개선한 것임	-산기시킬시 추가동력이 필요 없음 -유지관리가 매우 편리 -대용량, 소용량 적용 가능	-오존전달효율이 높음 -점검이 매우 쉬움 -유지관리가 모두 수조 밖에서 이루어짐 -오존요구량이 낮음
단점	-펌프동력이 소모됨	-수조 수두가 5-6m이상 유지되어야 높은 효율(90%)을 유지 -산기관의 주기적인 점검 및 가스켓 교체가 필요 -수조내 점검방법 어려움 -기액비가 높을 경우 오존전달 효율을 고려하여 여러 개의 오존접촉조가 필요	-추가동력이 필요하나 오존전달 효율 만큼 동력이 절감됨

3) 사여과설비

사여과설비는 여과원수조, 사여과장치(고정상식 또는 이동상식), 사여과처리 수조, 세정 배수조를 조합한 것이다.

【해설】

고도처리에 있어서 사여과설비는 수중에 부유하고 있는 고행입자를 충전되어 있는 모래나 안트라사이트 등의 여층에서 물과 분리하여 정화하는 설비이다. 정수기술에서 도입된 것으로 특히 저농도 부유물질의 고액분리에 유효한 기술이다. 분뇨처리시설의 경우 사여과설비는 응집분리설비 또는 오존산화처리설비의 전후공정으로서 설치되며, 사여과에 의하여 제거되는 물질은 부유물질 및 이에 기인하는 BOD, COD 등이며 용해성 물질의 제거는 기대할 수 없다.

사여과에 있어 혼탁물질의 제거기구으로써는 (1)여재표면에 대한 응집·침전작용 (2)여재간극을 통과하는 여과작용 (3)여재표면에 부착 증식한 미생물에 의한 보조제거 작용이다. 분뇨의 고도처리에 이용되고 있는 급속여과 설비는 주로 (1) 및 (2)의 작용에 기대하고 있다.

(1)여재표면에 대한 응집·침전작용은 혼탁입자의 응집성과 함께 여재표면적에 지배된다. 생물적인 혼탁입자는 (-)전하를 띠고 있으며 특히 침전성이 나쁜 분산성 입자의 (-)전하량은 크기 때문에 원칙적으로 급속여과설비의 유입수는 응집 분리설비 유출수여야 한다. (2)의 여과작용은 여재의 간극치수와 여재공극 용적이 지배된다. 이것들은 여재의 표면적과 함께 여재 입경 및 여재의 균등계수에 지배된다. 일반적으로 여재입경이 작고 또한 여재의 균등계수가 1에 가까울수록 여재로서 적당하지만, 여재 입경이 작을수록 여층에 의한 손실수두가 크게 되고 여재의 비용이 높게 되기 때문에 적절한 여재를 선정할 필요가 있다. (3)의 여재표면에 부착 증식하는 미생물에 의한 보조제거작용도 기대되지만 생물이 이상하게 증식하면 슬라임(slime)이 발생하여 본래의 여과수량을 저하시키기 때문에 주의해야 한다. 여층에 혼탁물질이 보조제거시 역류되면 여재간극이 폐쇄되어 손실수두가 증가하고 여과 수량이 저하된다. 여재 간극에 쌓인 혼탁물질을 제거하여 다시 여과를 하기 위하여 여층을 세정하여야 한다. 또한, 두 종류 이상의 여재로서 여층을 구성하는 다층여과도 적용되고 있다. 이것은 여재경이 큰 여재로부터 작은 여재를 복층 배열하여 여층을 구성하며, 여층 전체로서 혼탁입자를 여과시킬 수 있도록 한 것이다.

4) 활성탄 흡착처리 설비

활성탄 흡착처리 설비는 원수조, 활성탄 흡착장치, 처리수조 및 세정배수조 등을 조합한 것이다.

【해설】

활성탄 흡착처리 설비는 활성탄의 흡착작용에 따라 수중에 함유된 용해성, 난분해성의 유기물이나 무기물 등의 흡착을 하는 것으로 COD나 색도제거에 유효하다. 본 설비의 처리공정은 원수조, 활성탄 흡착장치, 처리수조 및 세정배수조 등으로 구성된다.

9.5 분뇨 슬러지 처리 처분 시설

슬러지처리 및 최종처분 분뇨처리시설에서 배출된 슬러지는 함수율이 높고 유기물을 많이 함유하고 있으므로 방치하면 부패해서 악취를 발생시키는 등 환경보전상 좋지 않음은 물론 위생상 문제가 되므로, 슬러지처리설비에 의해 감량화 및 안정화를 꾀한 후 최종처분할 필요가 있다. 최종처분은 크게 나누어 매립처분, 농지이용 등이 있지만 어떠한 방법으로 최종처분할 것인가는 지역의 환경조건, 처분지의 상황, 슬러지의 성상, 경제성 등을 고려하여 결정한다. 매립처분은 일반적인 방법으로 육상매립 및 해양투기 등이 있지만, 최근에는 매립용지를 확보하는 것이 곤란한 경우가 많고 또한 2012년 이후 해양투기 가 금지될 예정이므로 기타의 방법이 고려되어야 할 것이다. 농지이용은 비료나 토양개량재로서 유효하며, 분뇨슬러지는 원래 질소, 인 등의 비료성분을 많이 함유하고 있어서 적용 농지의 확보가 어려운 요즘이지만 가장 유용하고 바람직한 처분 방법이다. 이 경우 슬러지를 건조 또는 퇴비화하여 함수율을 낮추어 취급하기 쉽고 안전성을 높여서 이용하는 것이 바람직하다.

9.5.1 슬러지의 농축 및 처리 설비

분뇨슬러지의 농축 및 처리 설비는 '5.3 슬러지 농축'편을 참조한다.

【해설】

분뇨슬러지의 농축 및 처리설비는 본 장 '5.3 슬러지 농축'편에 준하여 계획한다. 단 분뇨 슬러지는 15,000 mg/l 이상의 고농도 부유물질을 함유한 유입 분뇨의 특성상 하수처리시 발생하는 1차 슬러지가 존재하지 않으며, 고농도의 2차 슬러지만이 존재한다. 슬러지 처리시설의 계획시 이러한 분뇨의 특성을 고려하여 농축 및 처리 시설을 결정하여야 한다.

9.5.2 슬러지 탈수설비

슬러지 탈수설비는 슬러지 개량장치, 탈수기, 탈수슬러지 이송장치 및 탈수슬러지 저류장치를 조합한 것으로 한다.

【해설】

슬러지의 기계탈수방법에는 진공탈수, 가압탈수, 원심탈수, 벨트-프레스탈수, 스크류-프레스탈수가 있지만, 근래에 고분자응집제의 개발, 개량과 함께 원심탈수기, 스크류-프레스 탈수기나 벨트-프레스 탈수기가 많이 사용되고 있다. 탈수슬러지의 수분은 탈수기의 종류나 슬러지의 성상, 전처리 등에 의해 변동된다. 따라서 탈수기의 기종을 선정할 때에는 탈수슬러지의 처리·처분방법을 고려함과 동시에 운전관리의 안전성, 경제성, 처리시설 내외의 환경보전 등도 고려하여 총체적으로 판단하여 결정하여야 한다. 슬러지탈수설비의 구성은 분뇨처리시설에서 발생하는 슬러지(고도처리 슬러지 포함)를 탈수효율을 높이기 위하여 슬러지 개량장치에서 질을 조절한 후 슬러지탈수기에서 탈수슬러지와 탈리액으로 분리한다.

1) 슬러지개량

- (1) 슬러지의 질 조정은 화학적 처리 또는 물리학적 처리에 의한다.
- (2) 화학적 처리에 의하는 경우는 슬러지의 성상에 적합하고 효과적인 슬러지 개량제를 선정하여야 한다.

【해설】

(1)에 대하여

슬러지의 질 개량은 탈수를 효율적으로 하기 위하여 슬러지의 성상을 개선하는 것으로 분뇨처리슬러지의 질 개량에 사용되는 것은 대다수가 무기계와 유기계의 개량제에 의한 화학적 처리이다. 분뇨처리 시설에서 생성되는 슬러지는 콜로이드성의 미립자를 주체로 하여 화학적으로 복잡한 구조를 갖고 있으며, 물과의 친화력이 아주 강하기 때문에 적당한 예비처리를 하지 않으면 기계적으로 물과 분리하는 것은 곤란하다. 따라서 탈수에 앞서 슬러지입자의 성질을 물리화학적으로 변화시켜 물과의 친화력 감소, 응집력 증대, 입자 조립화를 도모하여야 한다.

(2)에 대하여

1) 무기계 개량제

대표적인 무기계 개량제로서는 석회, 염화제이철, 황산제일철을 주체로 하는 철염, 그리고 황산알루미늄, 폴리염화 알루미늄으로 대표되는 알루미늄염이 있다. 따라서 분뇨처리슬러지의 가압탈수기 등에 의한 탈수의 질 개량에는 철염이나 소석회가 사용되고 있다.

2) 유기계 개량제

유기계 개량제로서는 양이온계 고분자 응집제가 널리 사용되고 있다. 양이온계 고분자 응집제 중 가장 많이 사용되고 있는 것은 메타클리릭산 에스텔계로, 이것은 고분자량의 폴리머가 용이하게 얻어져 아크릴아미드와의 공중합에 따라 양이온화 정도를 임의로 조정시켜, 슬러지의 성상이나 탈수기종에 구애 받지 않는다. 또한 양이온계 고분자 응집제가 일반적으로 사용되는 것은 무기계의 철염이나 소석회와 비교하여 다음과 같은 특징을 지니고 있기 때문이다.

- ① 슬러지표면의 전하 중화작용 및 플록의 가교 흡착작용이 우수하며 소량으로 처리효과가 향상된다.
- ② 탈수슬러지중에 회분이 증가하지 않기 때문에 소각에 적합하다.
- ③ 탈수슬러지의 이용이나 처분을 할 때 알카리 침출 등의 문제가 적다.
- ④ 용해주입기의 부식문제, 소석회에 의한 분압발생이 없는 등 작업환경의 개선을 도모하기 쉽다.

2) 탈수기

- (1) 탈수기의 종류는 원심탈수기, 가압탈수기, 스크류프레스 또는 벨트프레스 탈수기 등이 있다.
- (2) 탈수슬러지의 함수율은 85% 이하로 한다. 단 혐기성 소화처리설비에서 발생하는 슬러지를 탈수할 경우에는 75% 이하로 한다.
- (3) 탈수기의 용량은 계획처리슬러지량에 대하여 충분한 것이어야 한다.
- (4) 탈리액은 원칙적으로 주처리 공정의 생물학적 처리설비로 처리해야 한다.

【해설】

(1)에 대하여

탈수처리시설에는 각종 처리방식이 있으며 시설에서 발생하는 슬러지(고도처리슬러지를 포함)는 종류나 특성이 다양하기 때문에 시설의 제 조건에 적합한 탈수기를 선정할 필요가 있다.

① 원심탈수기

고속으로 회전하는 회전통 내부에 공급된 슬러지가 가속되어 회전하는 원심력으로 고액분리된다. 원통형과 분리형으로 분류되며 분뇨처리에 사용되는 것은 횡형원통형의 스크류 디칸터(screw decanter) 탈수기가 많다. 이 스크류 디칸터형은 1,000~3,000G의 원심력으로 고속 회전시킨 외통의 내측에서 슬러지를 농축 탈수시키며 내통의 스크류 컨베이어를 저속 회전시켜 슬러지를 긁어내어 배출하는 구조이다. 함수율이 낮은 탈수슬러지를 필요로 하는 경우는 원추상드럼을, 분리액의 청정도를 요구하는 경우는 원통형드럼이 적당하다.

② 가압탈수기

가압 탈수기는 각각 여포를 편 2매의 여판을 조합한 여과실을 필요 용량에 따라 병렬시킨 구조이다. 원리는 여포의 양면에 압력차를 두고 슬러지 중의 수분을 이동시켜 탈수하는 방법이지만 슬러지에 압력을 주어 탈수하는 것이 특징이다. 여과압은 통상 $4\sim 5\text{ kg/cm}^2$ 정도이다. 탈수조작은 여판 전체를 유압으로 밀어내는 상태에서 여판에 있는 구멍에서 슬러지를 유입시켜 가압함에 따라 슬러지 중의 수분이 여판상에 새겨진 다수의 작은 홈을 통하여 탈수기 외로 배출된다.

③ 벨트프레스 탈수기

벨트프레스는 여포를 사용하는 여과형 탈수법이다. 이 방법은 고분자 응집제로서 개량한 슬러지를 벨트상의 여포위에서 중력에 의해 탈수하고 슬러지의 유동성을 잃은 후에 2매의 여포 사이에 끼워 상하의 물 및 여포의 장력에 의하여 서서히 압축한 후, 최후에 강하게 압착하여 케익 모양으로 배출시키는 구조이다.

(2)에 대하여

탈수슬러지의 함수율은 일반적으로 85% 이하, 혐기성 소화슬러지의 경우는 75%이하이다. 슬러지를 85% 이하의 함수율로 탈수하려면 약품개량이 필수조건이다. 혐기성 소화슬러지의 경우는 배출슬러지의 고형물 농도가 4~6%로 높아 약품개량을 하지 않고 탈수가 가능하다. 그러나 이 경우의 슬러지 회수율(총고형물중의)은 50~70%로 낮기 때문에 탈리액의 처리는 2단계 처리설비에 균등하게 이송하는 등의 배려가 필요하다. 또 원심탈수기에서 탈수된 슬러지는 혐기성 소화슬러지를 제외하고 일반적으로 점착성이 높으며 탈수슬러지이송장치 등에 부착하기 쉽다. 가압탈수기에서 탈수된 슬러지는 소성전의 점토와 같은 형상을 하고 있으며 건조할 경우에는 내부까지 건조되지 않을 수가 있기 때문에 필요에 따라 건조기 등에 공급하기 전에 파쇄한다. 벨트 프레스 탈수기에서 탈수된 슬러지는 일축스크류 펌프 등으로 이송하면 쉰여져 점착성이 증가 한다.

(3)에 대하여

탈수기의 용량을 결정할 때에는 계획처리 슬러지량, 계획처리 고형물량 및 계획운전시간 등을 고려하여 충분한 성능이 있는 것을 선정한다.

(4)에 대하여

슬러지의 탈리액은 주처리공정의 생물학적 처리설비 등으로 처리하는 것이 원칙이다. 어떠한 경우에 있어서도 주처리설비 등의 성능에 영향을 주지 않도록 탈리액이 균등히 반송되는 구조로 한다.

9.5.3 슬러지퇴비화 설비

슬러지퇴비화설비는 탈수슬러지를 호기성 조건하에서 발효시켜 이용 가능하도록 예비 건조장치, 혼합기, 1차 발효장치, 2차 발효장치, 송·배풍기, 수분 조정재 저류장치 및 슬러지 공급장치 등을 조합한 것이다.

【해설】

슬러지의 퇴비화란 슬러지를 호기성 조건하에서, 호기성 미생물의 활동에 의해 유기물을 분해해서 보다 안전하고 안정된 물질로 전환시키는 것이며, 호기성발효라고도 한다. 퇴비화는 1차 발효와 2차 발효의 2가지 단계로 대별할 수 있다. 1차 발효에서는 우선 비교적 단순한 구조의 분해용이성 유기물(저분자의 탄수화물, 지방, 단백질 등)이 주로 분해되고, 그 다음에 복잡한 구조의 난분해성 유기물(고분자의 헤모셀룰로스, 셀룰로스 등)이 2차 발효로 분해된다. 분해할 때에는 열이 발생하여 최고 60~80℃에 도달하고, 최종적으로는 탄산가스나 암모니아 등의 배기가스가 발생한다. 탈수슬러지의 성상은 일반적으로 함수율이 높고 통기성이 나쁘므로, 그대로는 호기성 발효가 곤란한 경우가 많다. 그 때문에 탈수슬러지를 건조한다든지 볏짚 등의 수분조정재의 첨가, 또는 생성한 슬러지퇴비를 반송하는 것으로 슬러지의 수분, 형상을 조절하는 방법이 강구된다.

9.5.4 탈수케익 및 협잡물 이송장치

협잡물종합처리기 및 탈수기에서 발생하는 침사 및 협잡물을 호퍼로 인양하는 장치로 협잡물종합처리기 또는 컨베이어 바로 뒤에 설치하며, 제5장 슬러지처리시설을 참조한다.

【해설】

협잡물을 호퍼로 인양하는 장치는 기계실에 설치되며 기종 및 규모에 따라 유지관리 및 경제적인 가치에 영향을 미친다. 따라서 분뇨처리시설에 사용되는 대표적인 형식의 기종은 다음과 같다.

1) 검토기종

- ① 플라이트 이송장치
- ② 벨트식 이송장치
- ③ 스크류식 이송장치

④ 공압식(pneumatic) 이송장치

2) 고려조건

- ① 소요 비용이 적게 들고 경제적이어야 한다.
- ② 점검, 보수 및 유지관리가 용이하여야 한다.
- ③ 운전조건이 용이하고 자동운전이 가능하여야 한다.
- ④ 처리장의 규모에 적절하여야 한다.
- ⑤ 헝잡물, 슬러지 등의 흐트러짐이 발생하지 않아야 한다.

9.6 기타 부대시설

9.6.1 악취방지 및 탈취설비

- (1) 전처리, 1, 2차 처리설비, 슬러지처리설비 등에서 발생하는 악취를 생활환경의 보전상 지장이 생기지 않도록 탈취설비로 처리하여야 한다.
- (2) 각종 탈취 방식별 탈취장치는 물리적방법, 화학적방법, 연소법, 생물학적방법 등으로 구분되므로, 그 특징과 장단점을 비교 검토한 후 당해 처리시설에 가장 적합한 방법을 선정한다.

【해설】

(1)에 대하여

분뇨처리시설에서 발생하는 취기는 대별하여 고농도계 취기, 중저농도계 취기로 분류된다. 각 발생원별 취기농도에 따라 처리방법에는 매우 차이가 있으며 일반적으로 고농도계는 투입에서 저장까지의 전처리설비 및 슬러지처리설비며 중저농도계는 포기조 등에서 발생한다. 분뇨에서 발생하는 취기에는 주성분으로서 산성가스(황화수소, Mercaptan 류), 암모니아성가스(Ammonia, Amine 류) 및 중성가스(Sulfide류 등) 등이다.

(2)에 대하여

1) 물리적 처리

① 수세법

취기 가스를 덕트로 흡인하여 수세탑의 하부로 유입시키고, 상부로 부터는 세정수를 유입시킴으로써 액·가스 향류식의 수세탑에 의해 처리하는 방법이다. 암모니아, 저급아민류, 저급 지방산류의 제거에 효율적이며 암모니아의 경우 액·가스가 1.5~2.0에서 80% 이상의 제거효율을 나타낸다. 충전탑은 탑을 충전재로 채우고 스프레이탑은 탑의 상부로 부터 스프레이하는 세정액의 발포에 흡수되는 방식이다.

② 활성탄 흡착법

활성탄 흡착법은 취기가스 중의 악취 발생물질을 활성탄의 미세한 공극에 물리적·화학적 친화력을 이용하여 악취발생물질을 제거하는 방법이다.

2) 화학적 방법

① 오존 산화법

오존 산화법은 오존에 의해 악취물질을 산화 분해하여 탈취하는 방법으로 오존자체가 악취를 커버하는 마스크(masking) 작용을 하기도 한다. 위생처리장 악취의 제거시 필요한 오존의 소요량은 취기용량에 대하여 1.0~2.0ppm이 최소로 필요하며, 오존의 접촉시간은 최소 5초 이상이어야 한다. 오존 산화법 만으로는 제거되지 않는 악취물질이 있으므로 수용성 취기는 수세탑에서 제거 후 오존반응탑에서 처리하기도 하고, 산화계의 작용을 받지 않는 물질의 제거를 위하여 활성탄 흡착법 등의 방법과 병행하기도 한다.

② 산·알카리 세정법

산·알카리 세정법은 악취가스와 약액의 기액평형을 이용하는 방법으로서, 악취물질을 중화반응에 의해 액체 내에 고정시키거나 산화반응에 의해 무기물질로 분해하는 방법이다. 중화반응으로는 암모니아, 트리메틸아민 등의 염기성 가스는 황산, 염산 등의 산성 희석용액으로 산세정하며, 황화수소, 메틸메르캅탄 등의 산성가스는 수산화나트륨 등의 염기성용액으로 중화하여 제거한다. 산화반응으로는 수산화나트륨 용액, 염소 수용액, 이산화탄소, 과망간산칼륨 및 과산화수소 등을 사용하여 악취물질을 산화분해 시킨다.

3) 연 소 법

① 직접연소법

직접 연소법은 악취가스를 연소로에 보내어 고온의 연소온도에서 가스 중의 악취물질을 탄산가스과 물로 산화분해하는 것이다. 직접 연소 산화에 필요한 조건은 분해온도, 체류시간 및 난류형성으로 나누어지는데 분해온도는 통상 700~800℃ 정도이고 산화반응을 완전하게 하기 위한 체류시간은 0.3~0.5초이며, 이외에 난류조건으로 오염물질성분, 연소가스의 균등혼합, 반응실내의 온도분포의 균일화가 필요하다.

② 촉매 연소법

악취물질의 산화분해는 취기의 농도가 비교적 높을 때 직접 연소방식으로 간단히 진행되지만 악취물질의 농도가 극히 미량일 때가 많으므로 산화반응이 용이하게 진행되지 않을 때가 많다. 이럴 때 백금, 동, 은, 바륨, 니켈 등의 산화물촉매가 매개되면 산화가 현저하게 촉진될 뿐만 아니라 연소온도가 200~300℃의 저온에서도 연소가 가능하다. 산화될 악취물질과 공기 중의 산소가 촉매의 표면에 확산, 흡착하며 이때의 분자는 즉시 원자로까지 해리되어 활발한 산화반응을 일으키게 되고 반응생성물은 CO₂, H₂O, N₂ 등의 형태로 표면에서 확산을 계속하면서 탈취가 진행된다.

4) 생물학적 방법

① 토양 탈취법

탈취상은 악취가스를 특수 토양에 흡입시켜서 토양 중에 존재하는 미생물에 의한 분해 및 토양에 흡착, 수분에 용해, 토양성분과의 화학반응에 의한 중화작용 등에 의해 악취를 제거하는 시설이다. 토양에 서식하는 미생물에는 크게 사상균, 조류, 원생동물 및 세균의 4가지 종류가 있으며, 미생물은 에너지원의 종류와 생체구성물질의 합성이 필요한 영양원의 종류에 따라 광합성, 무기 또는 유기영양 미생물, 화학합성 유기 또는 무기영양 미생물로 분류할 수 있다.

② 포기조 미생물 탈취법

포기조 미생물 탈취법은 생물학적 탈취법 중에서 활성슬러지 중에 존재하는 미생물을 이용하는 방법으로서 악취가스를 호기성 활성 슬러지처리를 하고 있는 포기조에 포기용 블로워를 이용해 투입하여 생물학적 작용을 이용, 악취물질을 산화 분해하여 무취화 하는 것이다.

9.6.2 소독시설

소독설비는 주처리 공정 및 후속처리설비를 거친 처리수 전량에 대하여, 소독용 약품을 주입하고 충분히 혼화하여 접촉시간을 갖은 후에 방류할 수 있도록 접촉조, 주입장치 및 약품 저장조를 조합한 것이다.

(1) 약품은 염소제로서 원칙적으로 차아염소산으로 한다.

(2) 염소주입율은 방류수중의 대장균수가 1ℓ에 3,000개 이하가 될 수 있도록 정해야 한다.

【해설】

(1)에 대하여

소독용 약품으로 액화염소를 사용하는 경우에는 고압가스안전관리법, 산업안전보건법 등에 의해 엄중한 규제를 받는다. 이것은 염소가스가 인체에 대하여 극히 높은 독성이 있기 때문이며, 분뇨처리시설의 안전위생상 염소가스에 비하여 비교적 안전한 차아염소산나트륨, 차아염소산칼슘 등을 사용하는 것이 유리하다.

(2)에 대하여

염소주입율은 방류수기준에 부합되도록 처리수 1ℓ 당 3,000개 이하의 대장균수가 되도록 주입한다.

9.6.3 전기·계측제어설비

‘제6장 전기·계측제어설비’ 참조

【해설】

분뇨처리시설의 전기·계측제어설비의 계획은 ‘제6장 전기·계측제어설비’를 참조하여 계획한다.

1) 전기설비의 계획

전기설비는 전력계통, 시설규모 및 형태, 유지관리방식 등을 기초로 신뢰성과 경제성을 고려하여 효율적인 운영 및 유지관리가 될 수 있도록 하여야 하며, 장애 증설 및 설비개선이 용이하도록 계획하여야 한다. 또한 분뇨처리장 환경에 적합한 기기를 선정하고 부식성 가스에 대비한 계획을 수립하여야 한다.

2) 계측제어 설비의 계획

계측제어설비는 처리의 안정화, 조작의 확실성, 처리효율의 향상, 작업환경의 개선, 운영 및 유지관리 인력절감 촉진 등을 통하여 합리적인 관리와 원활한 운전이 되도록 계획하여야 한다. 특히, 고농도 분뇨에 대비한 계측기기의 선정 및 사용환경(부식성 가스, 악취 등)을 고려한 계획이 수립되어야 한다.

제 10 장

내진설계

제10장 내진설계

10.1 총 설

10.1.1 목적

이 기준은 하수도시설의 내진성능 확보에 필요한 최소 설계요건을 규정한 것으로서, 지진피해로부터 하수도시설을 보호하고 하수도시설의 기능을 최대한 확보하여 환경오염 및 수인성전염병 발생 등 2차 재해방지를 목적으로 한다.

10.1.2 적용범위

- (1) 이 설계기준은 신설되는 하수도시설 뿐 아니라 개량되는 기존 하수도시설물의 내진설계에 관한 일반적이고 기본적인 요구사항을 규정한다. 그러나 이 설계기준의 적용이 적절하지 못한 경우, 또는 특수한 형식의 하수도시설인 경우에는 이 설계기준의 내진설계개념 및 원칙을 준수하는 범위 내에서 적절한 보정을 하여 설계할 수 있다.
- (2) 이 설계기준에 규정되어 있지 않은 사항에 대해서는 환경부 및 국토해양부에서 제정한 관련 설계기준과 설계지침 등에 따른다.

【해설】

(1)에 대하여

하수도시설은 크게 관거시설, 펌프장시설, 수처리시설 및 슬러지처리시설의 4가지로 구분된다. 이 기준은 『지진재해대책법』 제14조, 제15조 및 제16조, 『하수도법』 제12조에 따라 하수도시설의 내진안전성 확보를 위한 설계에 적용되며, 관리동, 운영실 및 사무실 등의 건축물은 관련 건축구조 설계기준에 따른다.

(2)에 대하여

기준 작성시 근거로 삼거나 이 시설기준에 규정되어 있지 않는 사항에 대해서 참고할 수 있는 관련 설계기준과 지침 예는 다음과 같다.

- 1) 콘크리트구조 설계기준(한국콘크리트학회)
- 2) 도로교설계기준(한국도로교통협회)
- 3) 공동구 설계지침(일본도로협회)
- 4) 댐설계기준(한국수자원학회)
- 5) 터널설계기준(한국터널공학회)
- 6) 구조물기초설계기준(한국지반공학회)

10.2 내진설계

10.2.1 내진설계의 기본방침

- (1) 이 기준은 하수도시설의 내진성능기준의 목적을 달성하기 위한 최소요건을 규정한다.
- (2) 지진 시나 지진이 발생된 후에도 구조물이 안정성을 유지하고 그 기능을 발휘할 수 있도록 설계에 지진하중을 추가로 고려하여 설계를 수행한다.
- (3) 내진설계는 성능에 기초한 내진설계개념을 도입하였으며, 성능수준은 기능수행수준과 붕괴방지수준으로 구분하고 있으나 이 설계기준에서는 붕괴방지수준에 대하여만 고려한다.
- (4) 하수도시스템을 구성하는 개개 시설의 위험도, 지진에 의한 시설의 손상으로 초래될 수 있는 영향 범위를 고려하여 내진등급을 결정한다.
- (5) 이 규정을 따르지 않더라도 하수도시설의 내진성능기준을 충족시킬 수 있는 창의력이 발휘된 보다 발전한 설계를 할 경우에는 이를 인정한다.
- (6) 필요하다고 판단되면 관할기관은 발주자로 하여금 최소한 한 개 이상의 가속도계와 간극수압계를 포함하여 지진응답계측을 위한 기기를 설치하고 유지하도록 요구할 수 있다
- (7) 관거의 경우 구조물과 연결된 부위에 힘과 전단응력이 발생할 수 있으므로 지진에 대응 가능한 신축조인트 설치를 고려할 수 있다.

【해설】

(2)에 대하여

하수도시설물은 상수도시설물과 유사하게 시민생활과 도시기능 유지에 필수불가결한 기본적인 시설로서 다른 사회 기반시설과의 상호 의존성이 높을 뿐 아니라 피해 복구가 빨리 이루어지지 않을 경우 사회경제 시스템의 기능이 장시간 마비될 수 있다. 근래 하수도시설물의 중요도는 지진피해로 인한 환경오염 및 질병발생과 같은 2차 재해 발생이 예상됨에 따라 사회 관심도가 높아지고 있다.

(3)에 대하여

건설교통부의 연구과제 “내진설계기준연구(Ⅱ)”(1997, 건설교통부)에서 제시된 내진설계성능기준은 기능수행수준과 붕괴방지수준으로 구분하고 있으며 기능수행수준은 설계지진 작용 시 시설물의 기능을 차질 없이 수행할 수 있는 범위내로 제한되는 성능수준이고 붕괴방지수준은 시설물이 붕괴되거나 또는 시설물의 손상으로 인하여 대규모 피해가 초래되는 것을 방지하는 성능수준을 의미한다. 이 기준에서는 기능수행수준은 고려하지 않고 붕괴방지수준만을 고려하고 있는데 그 이유는 두 성능수준을 모두 고려하는 것이 일견 합리적으로 보일 수는 있으나, 현재 우리나라의 설계기준은 강도설계법으로 되어 있어서 기능수행을 만족하는지 여부를 확인하는 설계절차가 명확하게 정립되어 있지 않기 때문이다. 현 상황에서 기능수행수준의 설계를 요구하는 것은 설계자에게 혼란을 초래할 뿐 아니라 일관된 설계 성과를 기대하기 어렵기 때문에 이 기준에서는 붕괴방지수준만을 만족시키도록 요구하고 있다.

10.2.2 내진등급 및 등급별 내진설계 목표

- (1) 하수도시설의 내진설계는 원칙적으로 내진 2등급의 내진 성능을 갖도록 한다. 다만 하수도시설의 방류수역 내에 상수원보호구역, 수변구역 또는 특별대책지역이 있는 경우 등 지진재해시 중대한 2차 피해가 예상되는 시설에는 내진 1등급을 적용한다.
- (2) 등급별 내진성능 목표에서 고려하는 설계지진강도는 붕괴방지수준에서 시설물의 내진등급이 2등급인 경우에는 평균재현주기 500년, 1등급인 경우에는 1000년에 해당되는 지진지반운동으로 한다.

【해설】

(1)에 대하여

하수처리시설물의 위치가 관련 법률에 따른 상수원보호구역, 수변구역 또는 특별대책지역 내에 있어 지진피해를 입게 되면 막대한 2차 피해 및 인명피해가 예상되는 특수한 경우에는 내진설계 시 중요도를 고려하여 내진 1등급을 적용한다.

〈표 10.2.1〉 내진등급별 시설분류

내진등급	하수도시설
내진 I 등급	방류수역 내에 상수도보호구역, 특별대책지역, 수변구역 등이 있는 경우, 군사시설 등 주요시설과 연결된 하수도시설
내진 II 등급	내진 I 등급 이외의 시설

10.2.3 설계지반운동 수준 및 표현방법

- (1) 설계지반운동은 지상구조물에 대해서는 부지 정지작업이 완료된 지표면에서의 자유장 운동으로 정의하며 지중구조물에 대해서는 기반암에서의 자유장 운동으로 정의한다.
- (2) 설계지반운동수준은 지진재해도 해석결과에 근거한 구역계수, 평균재현주기별 최대유효지반가속도비를 나타내는 위험도계수, 기초지반의 영향을 고려한 지반분류에 의한 지반계수를 산정하고, 이로부터 설계지반운동수준을 결정한다.
- (3) 설계지반운동의 특성은 표준설계응답스펙트럼으로 표현한다.

【해설】

(1)에 대하여

설계지반운동의 정의, 위치와 고려사항은 다음과 같다.

1. 설계지반운동은 지상구조물의 경우, 부지 정지작업이 완료된 지표면에서의 자유장운동으로 정의되고, 지중구조물의 경우는 기반암에서의 자유장운동으로 정의된다.
2. 국지적인 토질조건, 지질조건과 지표 및 지하 지형이 지반운동에 미치는 영향이 고려되어야 한다.

3. 기본적인 지진재해도는 암반지반을 기준으로 평가한다.
4. 설계지반운동은 흔들림의 세기, 주파수 성분 및 지속시간의 세 가지 측면에서 그 특성이 잘 정의되어야 한다.
5. 설계지반운동은 수평 2축 방향과 수직방향 성분으로 정의된다.
6. 설계지반운동의 수직방향 성분의 세기는 수평방향 성분의 2분의 1로 가정할 수 있고, 주파수 성분과 지속시간은 수평방향 성분과 동일하다고 가정할 수 있다.

(2)에 대하여

1. 설계지반운동 수준

가. 설계지반운동 수준은 다음과 같이 분류한다.

- ① 평균재현주기 500년 지진지반운동(50년내 초과확률 10%)
- ② 평균재현주기 1000년 지진지반운동(100년내 초과확률 10%)

나. 지진재해도는 어느 장소에서 일어날 수 있는 재현주기에 해당하는 최대가속도 값을 중력가속도 ($1.0g = 980\text{cm/sec}^2$)의 퍼센트 값으로 나타낸 것이다. 지진재해도 해석결과에 근거하여 <표 10.2.2>에 기술된 바와 같이 남한을 두 개의 지진구역으로 설정한다. 각 지진구역에서의 평균재현주기 500년 지진지반운동에 해당하는 구역계수는 <표 10.2.3>에 수록된 바와 같이 지진구역 I에서는 0.11, 지진구역 II에서는 0.07이다.

다. 평균재현주기별 최대유효지반가속도의 비를 의미하는 위험도계수(I)는 <표 10.2.4>와 같다.

라. 하수도시설의 각 구조물 및 관거가 위치할 부지에 대한 지표면 지진 지반운동의 가속도계수(A)는 내진등급별 설계지진의 평균재현주기에 해당되는 위험도계수를 지진구역에 따른 지진계수(C_a)에 곱하여 계산한다.

마. 기반암 위치에서 지진 지반운동의 가속도계수(A)는 평균재현주기에 해당되는 위험도계수에 지진구역 I에서는 0.09, 지진구역 II에서는 0.05를 곱하여 구한다.

바. 기반암의 정의는 전단파속도가 760 m/s~1500 m/s를 초과하는 지반을 말한다. 기반암의 위치를 판단하기가 어려운 경우는 전문가의 자문을 받아 결정해야 한다.

<표 10.2.2> 지진구역 구분(건설교통부, 1998)

지진 구역	행정 구역 ⁵⁾	
I	시	서울특별시, 인천광역시, 대전광역시, 부산광역시, 대구광역시, 울산광역시, 광주광역시
	도	경기도, 강원도 남부 ¹⁾ , 충청북도, 충청남도, 경상북도, 경상남도, 전라북도, 전라남도 북동부 ²⁾
II	도	강원도 북부 ³⁾ , 전라남도 남서부 ⁴⁾ , 제주특별자치도

주: 1) 강원도 남부(군, 시) : 영월, 정선, 삼척시, 강릉시, 동해시, 원주시, 태백시

2) 전라남도 북동부(군, 시) : 장성, 담양, 곡성, 구례, 장흥, 보성, 화순, 광양시, 나주시, 여수시, 순천시

3) 강원도 북부(군, 시) : 홍천, 철원, 화천, 횡성, 평창, 양구, 인제, 고성, 양양, 춘천시, 속초시

4) 전라남도 남서부(군, 시) : 무안, 신안, 완도, 영광, 진도, 해남, 영암, 강진, 고흥, 함평, 목포시

5) 행정구역의 경계를 통과하는 경우에는 구역계수가 큰 값을 적용한다.

〈표 10.2.3〉 지진구역계수 Z(재현주기 500년에 해당)

지진구역	I	II
구역계수 Z (g값)	0.11	0.07

〈표 10.2.4〉 위험도 계수 I

재현주기 (년)	500	1000
위험도계수 I	1.0	1.4

2. 지반의 분류

가. 국지적인 토질조건 및 지질조건과 지표 및 지하 지형이 지반운동에 미치는 영향을 고려하기 위하여 지반을 〈표 10.2.5〉에서와 같이 S_A , S_B , S_C , S_D , S_E , S_F 의 6종으로 분류한다. 지반의 분류는 일반적으로 〈표 10.2.5〉에서와 같이 평균 전단파 속도 또는 표준관입시험 값으로 판단할 수 있으며 이들 값을 계산하는 방법은 “구조물 기초설계기준 해설(한국지반공학회, 2003)”을 참조할 수 있다.

나. 지반종류 S_F 는 부지고유의 특성 조사가 요구되는 다음 경우에 속하는 지반을 일컫는다.

- (1) 액상화가 일어날 수 있는 흙, 키클레이(quick clay)와 매우 민감한 점토, 붕괴될 정도로 결합력이 약한 흙과 같이 지진하중 작용시 잠재적인 파괴나 붕괴에 취약한 지반
- (2) 이탄 또는 유기성이 매우 높은 점토지반
- (3) 매우 높은 소성을 갖는 점토지반
- (4) 층이 매우 두꺼우며, 연약하거나 중간 정도로 단단한 점토

〈표 10.2.5〉 지반의 분류

지반종류	지반상태	상부 30.0m에 대한 평균 지반 특성1)		
		평균전단파속도 ²⁾ v_s (m/sec)	평균표준 관입시험 N(타격수)	평균비배수 전단강도 s_u (kN/m ²)
S_A	경암지반	1500초과	-	-
S_B	보통암 지반	760초과 1500이하		
S_C	매우 조밀한 토사지반 또는 연암지반	360초과 760이하	50초과	10초과
S_D	단단한 토사지반	180이상 360이하	15이상 50이하	5이상 10이하
S_E	연약한 토사지반	180미만	15미만	5미만
S_F	부지고유의 특성평가가 요구되는 지반			

주 : 1) 상부 30m 이내에 기반암층이 있는 경우는 지표층(기반암 상부 토층)의 평균지반특성을 고려한다. 상부 30m의

평균 전단파속도는 아래 식을 이용한다.

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n d_i / V_{si}}$$

여기서, V_{S30} = 상부 30m 평균 전단파 속도
 V_{si} = 각 층의 전단파속도

상부 30m의 평균 SPT-N값은 아래 식을 이용한다.

$$\bar{N} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n d_i / N}$$

여기서, \bar{N} = 상부 30m 평균 SPT-N값
 N = 각 층의 SPT-N값

상부 30m의 평균 비배수강도(S_u)는 아래 식을 이용한다.

$$\bar{S}_u = \frac{30}{\sum_{i=1}^n d_i / S_{ui}}$$

여기서, \bar{S}_u = 상부 30m 평균 비배수강도
 S_{ui} = 각 층의 비배수강도
 d_i = 각 층의 두께

2) 전단파속도 또는 표준관입시험치는 현장시험 결과치를 이용하는 것을 원칙으로 한다. 또한, 전단파속도와 표준관입시험치를 모두 측정할 경우는 전단파속도에 의해 분류한다.

3. 기반면은 아래 조건을 고려하여 선정한다.

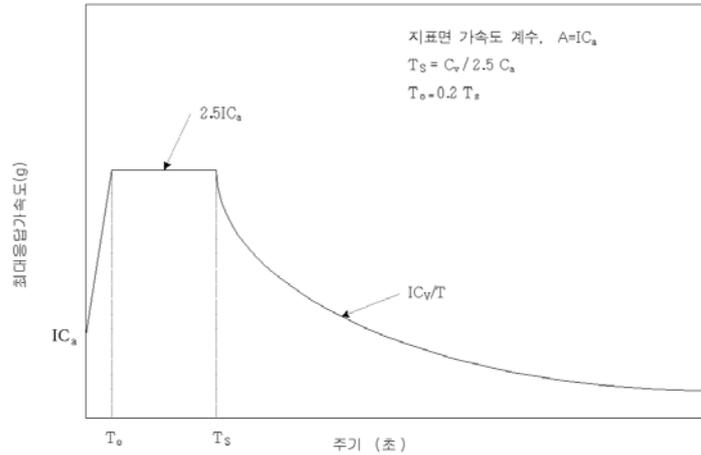
- 가. 지반분류 S_B 에 해당되는 전단파속도 760m/sec 이상인 지반
- 나. 물성변화가 적고 해석대상 구조물의 아래면에 걸쳐 넓게 존재하는 지반으로 충분히 강성이 큰 압반과의 경계면을 갖는 지반
- 다. 기반암이 구조물 저면보다 높은 경우는 구조물 저면을 기반면으로 정의한다.

(3)에 대하여

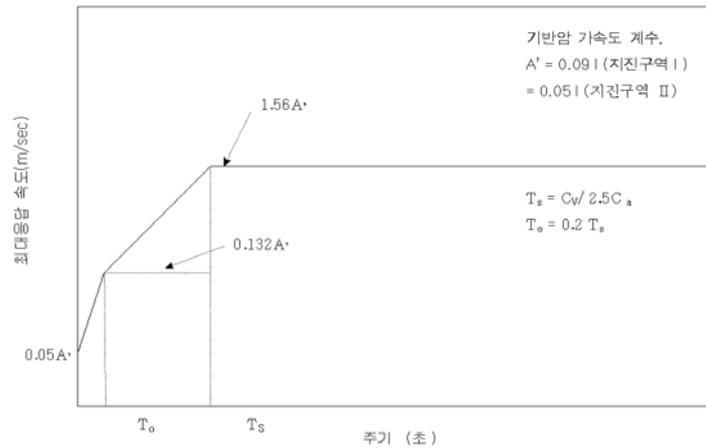
설계지반운동의 특성은 다음과 같이 표현한다.

1. 설계지반운동의 특성은 <그림 10.2.1>과 같은 표준설계응답스펙트럼으로 표현하며, 지상구조물의 설계기준으로 가속도응답스펙트럼(<그림 10.2.1>의 (a))을 지중구조물은 속도응답스펙트럼(<그림 10.2.1>의 (b))을 적용한다.
2. 5% 감쇠비에 대한 표준설계응답스펙트럼이 <그림 10.2.1>에 정의되어 있다. 5% 이외의 감쇠비에 대해서는 <표 10.2.6>의 감쇠보정계수를 곱하여 사용한다.
3. <그림 10.2.1>에서 표준설계응답스펙트럼의 결정을 위해 요구되는 지진계수 C_a 와 C_v 의 값은 지반 종류의 $S_A, S_B, S_C, S_D, S_E, S_F$ 에 대하여 지진구역별로 <표 10.2.7>과 <표 10.2.8>에 각각 주어져 있다. 지반종류 S_F 로 분류되는 경우에는 부지고유의 지반특성 평가가 요구되는 지반이므로 이 경우

에는 지진재해도 평가 경험이 있는 지반, 지질 및 지진 전문가에 의해 C_a , C_v 를 구하는 절차를 따라야 한다.



(a) 지표면 설계가속도응답스펙트럼



(b) 기반암 설계속도응답스펙트럼

〈그림 10.2.1〉 표준설계응답스펙트럼(감쇠비 5%)

〈표 10.2.6〉 감쇠보정계수^{1), 2)}

감쇠비(%)	0.5	1	2	3	5	7	10	20
감쇠보정계수	1.88	1.62	1.35	1.20	1.00	0.87	0.73	0.46

주: 1) 위에 표시되지 않은 감쇠비에 대한 감쇠보정계수는 선형보간하여 사용한다.
 2) 주기 T_0 이후의 구간에 대하여 적용하고, $T=0$ 에서 T_0 구간은 선형보간한다.

〈표 10.2.7〉 지진계수 C_a

지 반 종 류	지진구역	
	I	II
S_A	0.09	0.05
S_B	0.11	0.07
S_C	0.13	0.08
S_D	0.16	0.11
S_E	0.22	0.17

〈표 10.2.8〉 지진계수 C_v

지 반 종 류	지진구역	
	I	II
S_A	0.09	0.05
S_B	0.11	0.07
S_C	0.18	0.11
S_D	0.23	0.16
S_E	0.37	0.23

4. 지반운동의 공간적 변화 특성 고려 방법

- 가. 구조물의 모든 위치에서 똑같은 지반운동으로 가진되는 것이 불합리하다고 판단되는 구조물에 대해서는 지반운동의 공간적 변화를 고려할 수 있는 모델을 사용해야 한다.
- 나. 지반운동의 공간적 변화에 관한 구체적인 내용은 필요한 경우에는 관련기술기준에 따른다.

5. 가속도시간이력

- 가. 지반가속도의 시간이력으로 지반운동이 표현될 수 있다.
- 나. 공간적인 모델이 필요할 때 지반운동은 동시에 작용하는 3개의 가속도 성분으로 구성되어야 한다.
- 다. 가속도 시간이력으로 6항에서 기술하는 인공가속도 시간이력이 사용될 수 있다.

6. 인공지진 가속도 시간이력

- 가. 인공가속도 시간이력은 설계응답스펙트럼과 잘 부합되도록 생성되어야 한다.
- 나. 지반운동의 장주기 성분이 구조물의 거동에 미치는 영향이 중요하다고 판단될 경우에는 지진원의 발진기구 특성과 국지적인 영향을 고려하여 시간이력을 생성하여야 한다.
- 다. 인공가속도 시간이력의 지속시간은 지진의 규모와 발진기구 특성, 전파경로 및 부지의 국지적인 조건이 미치는 영향을 고려하여 합리적으로 결정되어야 한다.

10.3 지반조사

- (1) 하수도시설물의 내진설계를 위해서는 통상적인 지반조사뿐만 아니라 지반의 동역학적 특성 파악을 위한 지반조사가 필요하다.
- (2) 하수도시설 내진설계 시 지반의 액상화 검토가 필요하다.
- (3) 하수도시설 매설관거의 내진설계 시에는 측방유동에 의한 지반 변위 또는 지반 변형 고려가 필요하다.

【해설】

(1)에 대하여

이 기준은 하수도시설 구조물과 관거의 내진설계를 위한 지반조사에 적용된다. 단, 기존 구조물과 관거에 대한 내진성능 평가를 위한 지반조사는 이 기술기준의 개념 및 원칙을 준수하는 범위 내에서 적절한 보안을 거쳐 별도의 기준을 작성하여 사용할 수 있다. 내진설계를 위한 지반조사는 깊이에 따른 지반의 전단파 속도 및 감쇠비 등 지반의 동적특성을 파악하는 것이 목적이다. 내진설계를 위한 지반조사의 일반 사항은 아래와 같다.

1. 지진 시 과도한 지반 침하, 액상화 및 사면파괴 등의 가능성이 현저한 곳은 가급적 피하고 부득이한 경우에는 지반을 개량하여 발생 가능성을 저하시킨다.

2. 지진 시 작용되는 반복하중에 의해 지하수위 상부에 느슨한 사질토 지반에서는 조밀화 현상이 발생하고, 연약 점토지반에서는 지반 강도의 반복연화 현상이 발생하여 과도한 지반 침하의 가능성이 있다. 이러한 현상을 시료를 채취하여 실내시험으로 평가하고, 예측되는 침하량이 허용침하량을 상회할 경우에는 지반개량을 실시한다.

3. 지반조사 계획

설계지반운동 결정에 필요한 지반 자료는 시추를 통한 지반의 층상구조 및 지하수위 확인, 탄성파시험을 이용한 전단파속도 주상도 결정, 실내시험을 수행하여 결정된 변형률 크기에 따른 전단탄성계수 및 감쇠비의 변화 등이다.

4. 시추위치 및 깊이

가. 시추공 배치

하수도시설물의 내진설계를 위한 시추공 간격은 지층 구조의 복잡성, 일반 또는 상세 조사 등을 고려하여 사업 주체가 범위를 결정한다.

나. 시추깊이

- ① 내진설계를 위한 지반조사는 설계지반운동 수준 결정을 위한 기반면의 위치를 확인할 수 있는 깊이까지 수행한다. 본 기준에서는 국내 내진설계 상위개념인 내진설계기준연구 II(1997)를 따르며, 전단파속도를 기준으로 760m/s~1500m/s 범위의 지반을 기반면으로 정의한다.

- ② 하수도시설물의 설계를 위해서 풍화암 지역을 통과하여 보통암 지반까지 시추 및 지반조사가 수행되어야 한다.
- ③ 액상화 평가를 위한 시추조사는 지표면 아래 20m 까지로 제한한다. 액상화 시 설계지반운동 산정을 위해서는 보통암 깊이까지의 자료가 필요하다.

5. 조사항목 및 빈도

- 가. 하수도 시설물의 내진설계에서는 조사항목은 구조물 기초 설계기준을 따른다.
- 나. 설계지반운동 결정을 위해서는 지반의 층상구조, 기반암까지의 깊이, 각 층의 밀도, 전단파속도, 전단탄성계수와 감쇠비의 비선형 특성, 지하수위, 지반응력상태 등에 대한 정보를 획득해야 한다.
- 다. 액상화 평가를 위한 시료 채취는 1.5~2m간격이 적절하다.

6. 지반조사기법

- 가. 지반조사기법은 지반의 층상구조와 관입저항치를 획득하는 관입시험법, 전단파속도 주상도를 획득하는 탄성파시험법, 변형특성 평가를 위한 실내시험법, 액상화 평가를 위한 실내시험법 등이 있다.
- 나. 관입시험으로는 표준관입시험과 콘관입시험을 사용할 수 있다.
- 다. 지진 시 지반거동평가를 위하여 각 층의 전단탄성계수, 감쇠비, 단위중량의 결정이 중요하다.
- 라. 저변형을 영역의 지반의 전단파속도 주상도를 구하기 위하여 시추공 내에서 수행되는 탄성파시험(크로스홀, 다운홀시험, 업홀, SPS 검층, 표면파시험 등)을 사용한다.
- 마. 변형률 크기에 따른 전단탄성계수와 감쇠비의 변화를 얻기 위하여 공진주시험, 진동삼축압축시험, 비틀전단시험을 사용한다.
- 바. 현장 사정에 의하여 탄성파 시험을 수행하지 못하였을 경우 지반의 비선형 거동의 측정이 불가능할 경우에는, 전문가의 자문을 얻어 경험적 상관관계를 포함한 관계식을 적용할 수 있다.

7. 액상화 평가를 위한 지반조사

- 가. 액상화 평가 방법은 SPT-N값, 콘관입시험의 qc값, 전단파 속도와 입도분포에 의한 간편예측법과 진동삼축압축시험에 의한 상세예측법이 있다. 액상화 평가시 우선 지반 주상도와 지하수위를 결정하여야 하며, 간편예측법에서는 SPT-N값, CPT-qc값, 전단파속도, 지층의 물리적 특성(입도분포, 소성지수, 밀도, 함수비 등)의 결정이 중요하다.
- 나. 액상화 평가를 위한 실내시험으로 진동삼축압축시험, 순수전단시험, 비틀전단시험, 진동대시험 등을 사용할 수 있다. 반복재하 횟수에 따른 액상화 저항 전단응력의 변화곡선을 구하기 위하여 최소한 세 점 이상의 응력비(τ/σ_0)를 변화시켜 시험을 실시한다.

(2)에 대하여

1. 액상화 검토의 필요성

- 가. 액상화는 포화된 느슨한 사질토 지반이 지진의 반복응력에 의해 강도를 급격히 상실하여 마치 지반 전체가 액체와 같이 거동하는 현상을 말한다. 지반의 액상화는 지중 구조물의 부상이나 구조

물의 침하 및 기울어지는 피해를 초래하므로 상수도시설의 내진설계시 검토가 필요하다.
 나. 특히 매립지 등의 호안 인접 지반 및 경사 지반에서는 액상화 된 지반이 수평으로 이동하는 현상, 즉 측방유동 현상이 생기고 구조물 기초 및 매설관로에 피해를 발생시킬 가능성이 있기 때문에 상수도시설의 내진성 검토에 있어서는 측방유동의 영향을 충분히 고려할 필요가 있다.

2. 액상화 평가기준 및 평가방법

액상화 평가기준 및 평가방법은 한국도로교통협회의 「도로교설계기준」, 한국지반공학회의 「구조물기초설계기준」, 해양수산부의 「항만 및 어항시설의 내진설계 표준서」 등에 따른다.

(3)에 대하여

해안 인근 지반 및 경사지반에서는 액상화에 의해 지반이 수평방향으로 이동하는 측방 유동이 발생할 가능성이 있다. 하수도시설의 매설 관거 내진설계시에는 측방 유동에 의한 지반 변위 또는 지반 변형을 감안해야 한다.

10.4 기본적인 지진설계 및 설계 방법

하수도시설물의 지진해석 및 내진설계는 시설물 별로 합리적으로 적용하여야 한다.

【해설】

1. 지진해석 및 설계방법은 기본적으로 다음에 따라야 한다.

- 가. 지반을 통한 파의 방사조건이 적절히 반영된 수평 2축 방향 성분과 수직방향 성분이 고려되어야 한다.
- 나. 지진해석에 필요한 지반정수는 동적 하중조건에 적합한 값들이 선정되어야 하며, 특히 지반의 변형계수와 감쇠비는 발생 변형을 크기에 알맞게 선택되어야 한다.
- 다. 유체-구조물-지반의 상호작용 해석시 구조물의 유연성과 지반의 변형성을 고려해야 한다. 단, 유체-구조물 상호작용이 경미할 경우에는 구조물을 강체로 가정하여 유도한 단순 유체모델을 사용할 수 있다.
- 라. 대상으로 하는 구조물 또는 배관의 구조적 특성과 지반조건에 따라 등가정적해석법, 응답변위법, 응답스펙트럼법, 동적해석법(시간영역해석, 주파수영역해석) 중 시설물별 관련기준에 적합한 방법을 사용한다.
 - ① 매설관거와 공동구 구조물과 같이 지중구조물로 그 내공부를 포함한 단위체적중량이 주변 지반의 단위체적중량과 비교하여 가벼운 경우에는 주변 지반에 발생하는 변위, 변형 등에 구조물의 지진시 거동이 좌우되므로 응답변위법을 적용하는 것이 적절하다.
 - ② 지상구조물, 반지중구조물 중 상부가 개방된 구조물과 지중구조물이라 할지라도 구조물의 단위체적중량이 주변지반에 비해 매우 크고 횡방향 변위가 전혀 허락되지 않는 구조물의 경우에는 등가정적해석법을 적용하는 것이 적절하다.
 - ③ 동적해석법은 상세한 검토를 필요로 하는 경우나 구조조건, 지반조건이 복잡한 경우, 지반과 구

조물의 상호작용을 고려하는 경우에 적용하는 것이 적절하다.

- ④ 매설관거, 지하공동구와 같이 종방향으로 길게 설치되는 선상구조물의 경우, 내진해석은 2차원 횡단면해석을 원칙으로 하나, 지반상태가 급격히 변화하는 구간 통과 등의 경우에는 종방향에 대한 내진해석을 추가로 수행해야 한다.

마. 붕괴방지수준을 고려하기 때문에 지진응답은 비선형거동 특성을 고려할 수 있는 해석법에 의해서 해석하는 것을 기본으로 한다. 이 경우 보수성이 입증된 단순해석법 및 설계법이 사용될 수 있다.

바. 액상화 가능성 판단은 설계지진 가속도에 의해 지반에 발생하는 반복전단 응력과 액상화에 대한 지반의 강도를 기준으로 이루어져야 한다.

- 2. 하수도시설의 내진설계를 실시함에 있어 『하수도시설 내진기준 마련을 위한 연구(2009, 환경부)』를 준수하도록 하며, 규정되지 않은 사항에 대해서는 국토해양부 및 환경부에서 제정한 내진설계 관련 조항을 준용한다.

10.5 품질보증에 대한 기본적인 사항

10.5.1 일반사항

- (1) 하수도시설의 내진성 확보를 위한 품질보증은 각 시설의 내진등급에 따른 성능수준을 만족시킬 수 있는 품질보증요건이 문서화된 계획을 수립하여 설계, 시공, 완공후 사용기간의 단계별로 이루어져야 한다.
- (2) 품질보증활동과 관련된 수행과정과 결과는 기록으로 보존되어야 한다.

10.5.2 설계품질관리

타당성 조사, 기본설계, 실시설계의 각 단계에서 내진설계에 대한 검토가 이루어져야 한다.

10.5.3 시공품질관리

- 1) 공사도급자에 의해 직접 고용된 자가 아닌 제3자로 하여금 품질보증계획에 의한 검사 및 시험을 수행하도록 해야 한다.
- 2) 품질보증계획에는 검사 및 시험계획, 품질시험 및 검사요원의 기준, 시험실 및 시험 검사 장비에 대한 기준, 검사와 시험결과로 부적합 판정이 난 경우의 후속 조치사항 등이 포함되어야 한다.

10.5.4 유지관리

- 1) 하수도시설의 유지관리는 시설의 내진성능을 저하시키지 않도록 유지관리계획에 의해 이루어져야 한다.
- 2) 사용기간 중의 내진성능 확보를 보증할 수 있도록 구조물을 구성하는 하중전달 경로상의 부재나 충분한 연성도가 확보되어야 하는 구조요소에 대한 내진성능 평가 요건이 포함된 유지관리계획을 수립하여야 한다.

10.5.5 지진기록 계측에 관한 요구사항

- 1) 하수도시스템 구조물과 관거의 유지관리, 내진설계 기술 개발 및 개선을 위하여 자료수집이 필요하다고 판단되면 관할기관은 사업자로 하여금 지진응답 계측을 위한 기기를 설치하고 유지하도록 요구할 수 있다.
- 2) 하수도시스템 구조물과 관거의 지진응답을 계측하기 위한 계측기기의 설치위치, 종류 및 개수는 이 기준의 목적을 달성할 수 있도록 결정되어야 한다.

연구진

집필위원

◇ 총괄책임연구원

박 규 흥 중앙대학교 건설환경공학과 교수

◇ 기본계획 및 하수관거시설 분야

오 재 일 중앙대학교 건설환경공학과 교수

나 득 주 선진엔지니어링 상하수도부 상무

김 용 주 한국환경공단 환경시설처 차장

◇ 수처리, 분뇨처리시설 분야

류 성 호 (주)뉴엔텍 대표이사

정 창 화 (주)태성종합기술 대표이사

김 덕 진 한국환경공단 상하수도지원처 팀장

어 성 욱 우송대학교 철도건설환경공학과 교수

◇ 슬러지처리시설 분야

김 동 욱 공주대학교 환경공학과 교수

김 근 재 (주)바셈 대표이사

배 헌 도 한국환경공단 환경시설처 차장

◇ 펌프장, 기계, 전기·계측제어설비 분야

이 철 모 (주)한국종합기술 플랜트본부 부사장

곽 노 진 (주)신우엔지니어링 기전사업본부 전무

이 영 철 한국수자원공사 수도권지역본부 차장

◇ 환경부

이 경 용 생활하수과 과장

류 성 국 생활하수과 서기관

김 유 정 생활하수과 사무관

김 준 호 생활하수과 주무관

김 금 임 생활하수과 주무관

강 미 정 생활하수과 주무관

◇ 한국상하수도협회

허 태 준 교육연구원 원장
심 유 섭 교육연구원 팀장
최 성 현 교육연구원 팀장
박 형 순 교육연구원 사원

◇ 중앙대학교

김 형 준 건설환경공학과 연구원

자문위원

김 능 근 한국수자원공사 기술관리실 팀장
김 응 호 홍익대학교 건설도시공학부 교수
김 재 구 (주)제일엔지니어링 상하수도사업부 전무
김 태 규 (주)도화종합기술공사 상하수도부 부사장
배 재 호 인하대학교 환경공학과 교수
송 호 면 한국건설기술연구원 건설환경연구실 책임연구원
안 병 직 서울특별시 물재생계획과 과장
임 규 영 한국환경공단 상하수도지원처 팀장
천 승 규 수도권매립지관리공사 녹색경영전략실 실장
현 인 환 단국대학교 토목환경공학과 교수
홍 태 희 (주)동호 상하수도부 부회장
황 규 대 경희대학교 환경공학과 교수

환경부 제정 하수도시설기준

1980년 제정
1992년 개정
1998년 개정
2005년 개정
2011년 4월 개정

관 권
소 유

관리주체 : 한국상하수도협회
주소 · 서울시 마포구 아현동 711-2
전화 · (02) 3156-7777
팩시밀리 · (02) 3156-7888

출판 · 보급 : 도서출판 건설도서
주소 · 서울시 용산구 원효로 1가 46-5호
전화 · (02)711-9990(대)
팩시밀리 · (02)711-9987
<http://www.gsds.co.kr>
e-mail · ksdsksds@hitel.net

© 2011, 한국상하수도협회

값 원

ISBN 978-89-7706-212-2 93530

불법복사는 지적재산을 훔치는 범죄행위입니다.

저작권법 제97조의 5(권리의 침해죄)에 따라 위반자는 5년 이하의 징역 또는 5천만원 이하의 벌금에 처하거나 이를 병과할 수 있습니다.