

농업생산기반정비사업계획설계기준

배 수 편

농 립 수 산 식 품 부

요 약 문

1. 개정동기

1970년도에 농지개량사업계획설계기준(배수편)을 처음 제정하였다. 그 이후 1983년도에 농지개량사업계획설계기준(배수편)이 1차 개정되었고, 2001년에 농업생산기반정비사업계획설계기준(배수편)이 2차 개정되었다. 2차 개정 후 11년이 경과되어서 근래의 기후변화, 국지성 호우 등 강우 패턴 변화와 논 지대에 원예작물 등 밭작물 재배면적의 증가에 따른 농경지 배수 설계기준 개선 필요성 대두되어 왔다. 또한, 국지성 호우, 낙뢰 등으로 배수장 가동 중단 대비 비상전원 확보 및 낙뢰보호 시스템 기준 마련과 배수장으로 유입되는 쓰레기 등 협잡물 제거를 위한 체진기 설치기준 강화 등의 필요성이 강조되어 왔다. 이에 따라서 농림부는 2003. 2월에 집중호우와 기상이변에 대한 수리시설의 안전성을 높일 수 있도록 “재해대비 수리시설 설계기준”을 개정하였고, 이어 농림수산식품부는 2012. 3월에 농경지 침수피해 예방을 위한 “기후변화에 대응한 배수개선 설계기준”을 개정하였다.

2003. 2월과 2012. 3월에 개정된 내용을 설계기준에 반영하고, 전회 개정 이후 관련 분야 기술의 발전, 새로운 경험의 축적, 농업환경, 건설현장의 여건 및 경제수준 등의 변화로 이에 부응하는 배수관리체계의 고도화가 요구되고 있기 때문에 설계기준의 개정이 절실히 필요하였다.

이에 따라 최근의 여건 변화에 적합하도록 설계기준의 내용을 수정 보완하였다. 또한 생력적인 배수관리체계를 확립하여 농업생산기반정비 배수개선사업의 추진에 효율적으로 활용할 수 있도록 하기 위하여 우리나라의 실정에 맞도록 합리적으로 개정하였다.

2. 개정의 주안점

가. 일반사항

- (1) 전문용어를 통일하고, 오자, 문맥상의 오류 등을 수정하였다.
- (2) 관련법령의 제개정에 따른 농지배수 관련 설계기준을 현행 법령체계와 일치

시켰다.

- (3) 이상 기후로 인한 국지성 호우에 대응할 수 있도록 설계강우량 결정방법을 강화하였다.
- (4) 논밭 혼용지대에서의 배수대책에 대한 내용을 추가하였다.
- (5) 친환경적 배수개선 설계 및 시공사례를 수록하여, 배수개선사업의 추진에 효율적으로 활용할 수 있도록 하였다.
- (6) 배수장 양정결정시 계획외수위를 하천등급별 계획기준홍수위로 수정하였다.
- (7) 유수지 설계기법에 대하여 추가하였다.
- (8) 하천제방 횡단구조물 (토출암거) 설치에 대한 내용을 추가하였다.
- (9) 배수장 제진기 설치기준에 대하여 추가하였다.
- (10) 배수장 비상전원 확보기준에 대하여 추가하였다.
- (11) 배수장 펌프형식 개선과 게이트 펌프에 대하여 추가하였다.
- (12) 배수장 대피시설 및 장비에 대하여 보완하였다.
- (13) 배수시설 제어시스템 적용에 대한 내용을 추가하였다.

나. 주요 개정내용

제1장 총 론

(1) 1.2.2 법령의 준수

현행 관련 법령 이름과 설계기준 이름을 추가하였다.

제2장 조 사

(1) 2.2.1 조사단계

내용을 현행 “농림수산사업시행지침서”에 따라 수정하였다.

제3장 계 획

아래 2개의 새로운 절을 추가하였다.

- (1) 3.6.3 허용담수 및 침수방지 계획기준
- (2) 3.8 논밭혼용 지구에서의 배수대책

제4장 지표배수계획

아래의 새로운 절을 추가 또는 보완하였다.

- (1) 4.2.7 친환경 배수로
- (2) 4.4.5 펌프의 선정
- (3) 4.4.10 스크린과 제진기
- (4) 4.4.11 유수지
- (5) 4.4.14 하천제방 횡단구조물 설치
- (6) 4.4.15 배수장 비상전원 확보
- (7) 4.4.16 배수장 낙뢰보호 시스템
- (8) 4.4.17 배수장 대피시설 및 장비

제7장 관리운영계획

아래의 새로운 절을 추가하였다.

- (1) 7.5.2 배수시설 제어시스템 적용

제8장 배수효과

아래 절의 내용에 경제성 분석 방안에 대하여 추가하였다

- (1) 8.3 사업비와 투자수익

부 록

설계기준 개정전후 대비표를 첨부하였다.

차 례

제 1 장	총 론	1
1.1	기준의 목적과 적용범위	1
1.1.1	기준의 목적	1
1.1.2	용어의 정의	2
1.2	계획수립의 기본	4
1.2.1	계획의 원칙	4
1.2.2	법령의 준수	4
1.2.3	계획의 목적 설정	5
1.2.4	조사	6
1.2.5	계획의 기본방침 결정	6
1.2.6	계획기준치의 결정	9
1.2.7	계획안의 작성	10
1.3	계획의 수립	11
1.3.1	예정지조사	11
1.3.2	기본계획	11
1.3.3	세부설계	11
1.3.4	계획수립 순서도	13
제 2 장	조 사	14
2.1	조사 구분	14
2.2	조사 단계	15
2.2.1	조사 단계	15
2.3	조사항목	16
2.3.1	조사항목	16
2.4	예정지 조사	19
2.4.1	도상확인	19
2.4.2	예정지 답사	20
2.4.3	예정지 답사보고서 작성 및 타당성 검토	21
2.5	현장조사	23

2.5.1 조사준비	24
2.5.2 현황조사	24
2.6 측 량	31
2.6.1 범위	31
2.6.2 기준점 측량	31
2.6.3 구역내 고저측량	32
2.6.4 노선측량	32
2.6.5 배수펌프장 및 배수문 측량	33
2.6.6 지구평면도 작성	33
2.6.7 인근 수위표, 조위기준점(영점표고) 측량	34
2.7 수문조사	34
2.7.1 기상자료 수집	34
2.7.2 유역상황 조사	35
2.7.3 강우분포 및 강우강도	35
2.7.4 외수위 조사	35
2.8 기타 조사	36
2.8.1 농업 및 농업경제조사	36
2.8.2 기계·전기·건축 조사	37
2.8.3 재료 및 품셈 조사	38
2.9 자료수집	39
2.9.1 수문자료 수집	39
2.9.2 지적도 및 지적공부 열람	39
2.9.3 기타자료 수집	40
2.10 관계기관 및 수혜민 협의	40
2.10.1 관계기관 의견	40
2.10.2 수혜민 협의회	40
2.11 조사시 유의사항	41
 제 3 장 계 획	 42
3.1 계획의 방침	42
3.1.1. 수혜구역의 결정	43

3.1.2. 수해구역 안에서의 배수계통의 결정	44
3.1.3 배수구 위치결정	45
3.1.4 배수로의 배치	45
3.2 농지배수 방식	46
3.3 홍수시 배수와 평상시 배수	47
3.3.1 홍수시 배수와 평상시 배수의 개념	47
3.3.2 홍수시 배수	48
3.2.3 평상시 배수	49
3.4 자연배수와 기계배수	50
3.4.1 내수위와 외수위의 관계	50
3.4.2 자연배수	52
3.4.3 기계배수	54
3.4.4 자연배수와 기계배수의 조합	59
3.4.5 배수방식별 특성비교	60
3.4.6 침수분석 방법	62
3.5 지표배수와 지하배수	78
3.5.1 배수방식의 선정	78
3.5.2 지표배수	79
3.5.3 지하배수	80
3.5.4 지표배수와 지하배수의 조합	82
3.6 계획기준치의 결정	83
3.6.1 설계강우량	83
3.6.2 계획기준 내수위	89
3.6.3 허용담수 및 침수방지 계획기준	90
3.6.4 계획기준 외수위	94
3.6.5 계획배수량	95
3.7 홍수유출량의 계산	97
3.7.1 첨두홍수량	97
3.7.2 홍수 수문곡선(Flood Hydrograph)	111
3.7.3 부정류 모형 및 저평지 탱크모형의 적용	140
3.7.4 평상시 배수량	145
3.8 논발혼용 지구에서의 배수대책	146

제 4 장	지표배수계획	147
4.1	지표배수계획의 개요	147
4.1.1	지표배수계획의 기본방침	147
4.1.2	지표배수시설의 종류와 기능	148
4.2	배수로	150
4.2.1	배수로의 설계유량 및 설계수위	150
4.2.2	노선선정	153
4.2.3	배수로 종단기울기 및 단면	154
4.2.4	호안공	163
4.2.5	낙차공, 급류공	166
4.2.6	유말공, 합류공	166
4.2.7	친환경 배수로	167
4.3	배수(갑)문	169
4.3.1	배수(갑)문 설계유량 공식	171
4.3.2	배수(갑)문 배수방식 결정	173
4.3.3	홍수량 산정	175
4.3.4	침수분석	175
4.3.5	기초 및 구조계산	175
4.3.6	환경친화적 고려사항	181
4.4	배수펌프장	181
4.4.1	배수펌프장 위치	181
4.4.2	배수펌프장	184
4.4.3	양정	184
4.4.4	배수펌프의 흡입·배출수위 및 실양정	189
4.4.5	펌프의 선정	194
4.4.6	펌프의 설치높이와 회전수 관계	202
4.4.7	원동기	209
4.4.8	흡입수조와 흡입관	212
4.4.9	배출수조와 배출관	216
4.4.10	스크린과 제진기	218
4.4.11	유수지	222
4.4.12	침사지	225

4.4.13	인수로	226
4.4.14	하천제방 횡단구조물(토출암거) 설치	226
4.4.15	배수장 비상전원 확보	228
4.4.16	배수장 낙뢰보호시스템	230
4.4.17	배수장 대피시설 및 장비	232
4.5	매립복토	232
4.5.1	개요	232
4.5.2	펌프배수량과 매립량의 관계	233
4.5.3	매립량 결정방법	233
4.6	하구개량(河口改良)	233
4.6.1	하구개량의 기본	233
4.6.2	하구개량과 배수계획	234
4.6.3	하구폐쇄	235
4.6.4	하구처리의 기본조사	257
4.6.5	하구처리계획	259
제 5 장	지하배수계획	269
5.1	암거의 종류	269
5.2	계획의 구상	270
5.2.1	지구배수와의 관계	270
5.2.2	경지조건과의 관계	271
5.2.3	용수와의 관계	272
5.2.4	지표배수조직과의 관계	273
5.2.5	농지범용화와의 관계	274
5.3	암거의 계획기준치	275
5.3.1	계획 암거배수량	275
5.3.2	계획 암거배수량의 산정	279
5.3.3	계획 지하수위 및 지하수위 저하속도	281
5.4	암거배수 조직의 기본구성	288
5.4.1	암거배수조직 계획의 기준	288
5.4.2	암거배수조직 계획	289
5.4.3	암거배수 기본조직의 선택	292

5.4.4 암거배수조직의 구성	293
5.4.5 암거배수조직의 배수방식	294
5.4.6 흡수거의 구조 및 재료	298
5.4.7 흡수거의 매설깊이 및 간격	302
5.4.8 집수거	305
5.4.9 승수거	306
5.4.10 수갑 및 맨홀	307
5.4.11 배수구	310
5.4.12 암거의 배치	311
5.4.13 암거의 관경 및 기울기	315
5.4.14 구획 암거배수계획	317
5.5 토양조건에 따른 암거배수조직 계획	319
5.5.1 사질 토양지대	319
5.5.2 양토질 토양지대	324
5.5.3 난투수성 토양지대	327
5.5.4 이탄토 지대	337
5.5.5 경사지 논지대	340
5.5.6 간척지의 제염	352
5.6 암거 시공의 표준공정	359
5.7 암거의 시공	362
5.7.1 암거선의 설정	362
5.7.2 자재의 선택	363
5.7.3 터파기	363
5.7.4 관의 부설	366
5.7.5 소수채의 투입	367
5.7.6 되메움	368
5.8 무재료 암거의 시공	370
5.9 관의 천공인입공법(穿孔引入工法)	374
5.10 심토파쇄	375
5.11 시공관리	378

제 6 장 배수시설의 유지관리	380
6.1 지표배수시설의 유지관리	380
6.1.1 포장의 배수관리	380
6.1.2 배수로 및 수문관리	380
6.1.3 배수펌프장의 관리	381
6.2 지하배수시설의 유지관리	385
6.2.1 유지관리의 중요성	385
6.2.2 시설의 기능이 발휘되지 않는 제원인파 진단법	386
6.2.3 시설의 유지관리 요령	389
6.2.4 영농기의 배수관리 요령	394
제 7 장 관리운영계획	401
7.1 관리운영계획	401
7.2 포장의 관리계획	404
7.2.1 포장배수구에서의 배수량의 관리	405
7.2.2 암거에 의한 지하배수량의 관리	405
7.3 배수로 및 문비	406
7.3.1 배수로에서 수위의 관리제어	406
7.4 배수펌프장 및 기타	407
7.4.1 운전조작관리	408
7.4.2 평상시 운전관리	408
7.4.3 관계기관 등에 통보	408
7.4.4 운전제한의 조치	408
7.4.5 이상시의 조치	408
7.4.6 홍수경계단계의 조치	409
7.4.7 홍수단계의 조치	409
7.4.8 홍수단계의 해제	409
7.4.9 설비기기의 관리	409
7.4.10 보수관리	410
7.5 자동관리시스템	411
7.5.1 배수관리 자동화시설의 기본원리	412

7.5.2 배수시설 제어시스템 적용	412
7.5.3 배수관리 자동화시설의 효과	413
7.5.4 배수펌프장의 자동제어	413
7.6 종합적인 배수관리와 환경보전	415
7.6.1 종합적인 배수관리	415
7.6.2 생태계 · 환경보전	415
 제 8 장 배수효과	 417
8.1 배수개선사업의 효과	417
8.2 사업후 환경변화 대응	421
8.3 사업비와 투자수익	421

제 1 장 총 론

1.1 기준의 목적과 적용범위

이 기준은 농업생산기반정비사업에서 농업용 배수시설의 사업계획(이하 계획이라 칭함)을 수립하는데 필요한 기본적인 사항을 규정한 것이다. 이 기준은 농지를 포함한 한정된 지역내의 지표배수 및 지하배수 계획을 다루고 있다.

이 기준은 농어촌정비법이 정하는 바에 따라 시행되는 농업생산기반정비사업 중 농업용 배수시설의 사업계획 작성에 적용한다. 이 기준에서는 지역배수의 외부조건 즉, 외수(外水)의 영향을 지배하는 유역의 치수계획(治水計劃)은 제외하였다.

1.1.1 기준의 목적

배수편 설계기준에서는 기준관련 사항은 물론, 일반적인 기술해설, 표준적인 사례, 참고사항 등도 기술하였으며, 가급적 손쉽게 계획을 수립할 수 있도록 적절한 자료와 해설을 제공하였다. 또한 이 기준에서 제시되지 않은 사항은 「농업생산기반정비사업 조사·설계 실무요령」을 참고할 수 있다.

배수계획은 목적에 따라 내용이 다르고, 때와 장소에 따라 각각 다른 특성을 나타내므로, 틀에 박힌 방법으로 획일적인 계획을 수립하면 결코 좋은 결과를 얻지 못한다. 계획단계에서는 사업의 목적, 배수계획의 원칙 등을 고려하면서, 담당자의 경험에 기초를 둔 판단과 창의력에 의하여 적절한 계획을 선택하거나 수립하는 것이 가장 바람직하다. 따라서 이 기준은 담당자의 판단에 제한을 가하여 획일적 계획이 되도록 속박하려는 것이 아니고, 오히려 계획이 기계적으로 이루어지는 것을 피할 수 있도록 계획시의 원칙적인 고려방법과 진행 방향에 대한 사항을 제시한 것이다.

1.1.2 용어의 정의

농지배수계획설계 기준에서 사용하는 용어는 다음과 같다.

가. 수혜구역(受惠區域)

배수계획에서 배수개선의 대상이 되는 구역을 말한다.

나. 내부유역(內部流域)

수혜구역 밖으로부터 유입수(流入水)가 수혜구역으로 유입하여 그 물을 내수(內水)로 처리하여야 할 경우 그 유역을 내부유역이라 한다. 계획배수량은 수혜구역과 내부유역을 합한 유출면적을 기준으로 하여 계산한다. 설계강수량, 계획배수량을 결정하는 데는 수혜구역과 내부유역을 합한 유출지역의 기상, 수문(水文) 자료가 필요하다.

다. 외부유역(外部流域)

내수를 배출하게 되는 외수위(外水位)에 직접적인 영향을 주는 유출수를 발생시키는 유역을 외부유역이라 한다. 일반적으로 배수본천(排水本川)의 유역이 이에 해당한다. 계획기준 외수위를 결정할 때는 외부유역의 기상, 수문자료가 필요하다.

라. 배수 본천

수혜구역 안의 과잉수(過剩水)를 배출하도록 되어 있는 하천, 호소, 바다 등을 총칭하여 배수본천이라 하며, 배수본천의 수위가 외수위이다.

마. 설계강수량(강수량 및 강우형태)

계획배수량 산정기준으로 채택, 사용하는 계획상의 예상 강우로서, 설계강수량이 수혜구역 (내부유역 포함)에 발생하면 이것을 안전하게 배제할 수 있도록 배수계획을 작성한다.

바. 계획기준 외수위(또는 계획 외수위)

계획배수량을 산정하기 위하여 채택하는 계획상의 예상 외수위이다. 즉, 배수본천의 홍수위이다. 이 수위상태를 고려하여 내수를 안전하게 배제할 수 있게 배수계획을 작성한다.

사. 계획기준 내수위(또는 허용담수심)

배수계획을 수립할 때 배수의 목표가 되는 내수위를 말한다. 배수계획에서 지구 내에 담수(湛水)를 허용하는 일은 원칙적으로 피해야 하지만, 이를 고려해주지 않으면

시설규모가 커져서 비경제적이 된다. 그러므로 지구 내 일부 지역에는 피해를 받지 않는 범위에서 담수를 허용하여 공사비 절감을 꾀하는 경우가 있다.

아. 계획배수량

수해구역 안에서 밖으로 우수(雨水)를 배출하는 배수능력의 크기를 나타내는 배수량을 말한다. 내부유역이 있는 경우의 계획배수량은 수해구역 면적과 그 내부유역의 면적을 합한 유출면적으로부터의 배수량을 의미한다.

계획배수량을 그 배수구역의 면적으로 나눈 값이 계획단위배수량이며, 이 값은 각 구역의 배수강도(排水強度)를 비교하는데 사용한다.

자. 설계유량

배수시설의 규모를 결정하는 기준 유량을 말한다. 설계유량을 나타낼 때는 그 시설도 겸하여 나타낸다.

차. 배수개선면적(排水改善面積)

토지의 생산력증진, 기계화영농, 영농환경개선 등을 목적으로 과잉수를 조직적으로 배제하여 혜택을 받는 면적으로서, 침수방지 효과를 보는 면적은 물론, 지하수위 저하에 의하여 답리작(畝裏作)이 가능해지는 경지 면적을 모두 포함한다.

카. 침수면적

홍수에 의한 침수피해를 입은 면적으로 지구(地區) 내에서 peak 홍수위 이하에 포함된 면적을 말한다.

타. 수혜면적(受惠面積)

배수개선면적을 포함하여 도로, 구거(溝渠) 등의 면적을 포함한 전체 배수대상면적을 의미한다.

파. 담수 및 담수심(湛水深)

관개 또는 강우에 의하여 고이는 물 및 수심을 의미하며, 이 경우 작물이나 시설에 피해가 없는 상태를 말한다.

하. 침수(浸水) 및 침수심(浸水深)

외부에서 홍수 등이 유입되어 고이는 물 및 그 수심을 의미하며, 작물이나 시설에 피해를 입히는 상태를 뜻한다.

1.2 계획수립의 기본

1.2.1 계획의 원칙

농지배수계획은 그 목적과 입지조건 등을 정확하게 파악한 후에 수립하며, 일련의 시스템으로서 필요한 기능성과 안전성을 확보하고 경제적인 시설이 될 수 있도록 해야 한다. 또한 친환경적인 배수계획이 되도록 한다.

농지배수에 필요한 기능성과 안전성이란 농지배수를 구성하는 제 시설의 기능이 하나의 시스템으로서 유기적으로 결합하여 물 이용계획과 합치되는 합리적인 물 관리가 되도록 함과 동시에 시설의 계획기준강우를 안전하게 배출할 수 있는 제원(諸元)을 갖추도록 해야 함을 말한다.

합리적인 관리라 함은 물 관리가 용이하며, 용수의 효율적 이용이 가능하게끔 시설의 보수, 관리가 용이하고, 시설의 유지관리비용이 낮은 것 등을 말한다.

또 경제적인 시설을 계획하기 위해서는 배수시설의 건설과 관리가 경제적으로 행해질 수 있도록 종합적인 검토를 해야 한다.

친환경적인 배수계획이라 함은 수질보전이 되도록 배수로의 단면과 재료를 선택해야 하고, 생태계보전이 되도록 자연경관과의 조화에 대해 검토하는 것을 말한다.

1.2.2 법령의 준수

농지배수계획에서 법령에 의해 사업이 규제를 받으므로 농어촌정비법, 하천법 등 관계되는 각종 법령을 준수함과 동시에 다른 규정이나 시설기준과의 조화를 도모해야 한다

농지의 배수개선사업을 하기 위해서는 농어촌정비법과 관계법령의 규제를 받기 때문에 관계기관과 사전에 협의하고, 관계법령의 규정을 기초로 하여 계획을 수립해야 한다. 또한 배수계획지구내의 하천, 도로 등 시설정비계획, 각종 토지이용계획 등과 잘 조화되도록 조정되어야 한다. 농지배수계획과 관련되는 주요 법령은 다음과 같다.

- ① 농어촌정비법 (2012년 10월 22일 개정 법률 11501호)
- ② 한국농어촌공사 및 농지관리기금법 (2011년 3월 31일 개정 법률 10522호)
- ③ 하천법 (2012년 10월 17일 개정 법률 11194호)
- ④ 도로법 (2012년 6월 1일 개정 법률 11471호)
- ⑤ 국토의 계획 및 이용에 관한 법률(2012년 2월 1일 개정 법률 11292호)
- ⑥ 건축법 (2011년 7월 21일 개정 법률 10892호)
- ⑦ 전기사업법 (2010년 4월 12일 개정 법률 10253호)
- ⑧ 문화재보호법 (2012년 1월 26일 개정 법률 11228호)
- ⑨ 소음진동관리법 (2011년 4월 28일 개정 법률 10615호)
- ⑩ 환경영향평가법 (2011년 8월 4일 개정 법률 11019호)
- ⑪ 농어업·농어촌 및 식품산업 기본법 (2011년 11월 22일 개정 법률 11094호)
- ⑫ 자연재해대책법 (2012년 10월 22일 개정 법률 11495호)
- ⑬ 시설물의 안전관리에 관한 특별법 (2011년 5월 24일 개정 법률 10719호)

또한 농림수산식품부는 물론이며 국토해양부, 환경부 등의 관련 고시나 설계기준 등도 참조하여야 한다. 배수사업계획과 관련 있는 대표적인 설계기준은 다음과 같다.

- ① 농업생산기반정비사업계획설계기준 수로편(2004)
- ② 농업생산기반정비사업계획설계기준 양배수장편(2005)
- ③ 농업생산기반정비사업계획설계기준 친환경편(2008)
- ④ 농업생산기반정비사업계획설계기준 취입보편(1996)
- ⑤ 농업생산기반정비사업 조사설계 실무요령 제2편 배수시설 (2011)
- ⑥ 하천설계기준·해설 (한국수자원학회, 2009)
- ⑦ 하수도시설기준 (한국상하수도협회, 2011)

1.2.3 계획의 목적 설정

일반적으로 논을 고도로 이용하기 위해서는 논·밭윤환(輪換)을 가능케 하는 농지기반의 정비가 기본과제가 된다. 벼에 대하여는 보수성(保水性), 밭작물에 대하여는 배수성(排水性)이 중요하기 때문에 용수로와 배수로를 분리시켜 배수조건을 정비하는 것이 필요하다.

농지배수의 직접적인 목적은

- ① 지표수의 배제
 - ② 과잉토양수분의 배제 등이 있고,
- 이것들을 달성함으로써
- ① 토지이용의 안전성 증대와 고도화(高度化), 범용화(汎用化)
 - ② 농지의 생산성 향상
 - ③ 농사일 또는 노동환경의 개선
 - ④ 취락생활환경의 개선 등의 성과를 기대할 수 있다.
- 그리고 이것들은 결국 경제적, 사회적인 이익으로 전환되어 나타난다.

1.2.4 조사

배수불량 요인은 복잡하기 때문에 손쉽게 판단하기 힘든 사항이 많다. 따라서 배수사업의 필요성을 충분히 이해시키기 위해서는 여러 각도에서 이를 뒷받침할 수 있어야 하며 자료를 수집할 때는 조사 사항을 광범위하게 책정해야 한다.

일반적으로 배수의 필요성을 규명하기 위한 예정지 조사는 그 범위를 넓게 하되 조사의 강도는 알게 하는 경향이 있다. 한편, 배수계획을 작성하기 위한 기본조사는 계획 기법과 구체적으로 관련된 것이어야 하며, 여기서 얻은 정보는 사업의 필요성을 명확히 하는 조사에 비하여 그 종류는 한정되지만 그 질과 양들은 훨씬 우수한 것이라야 한다. 그러므로 기본조사와 세부설계를 위한 조사시에는 더욱 세밀한 조사가 필요하다.

1.2.5 계획의 기본방침 결정

계획의 기본방침은 배수불량의 원인을 파악하여 그것을 제거해야 한다는 것이다. 배수불량 해소의 기본적 방법은 다음과 같다.

- ① 외수의 유입을 방지할 것
- ② 내수의 배출을 촉진시킬 것
- ③ 지구 내에서 내수의 유동(流動)을 촉진시키거나 억제시켜 과잉수가 국부적으로 집중되지 않도록 할 것.

배수불량 원인의 기본적 해결방법들은 지구의 자연조건, 사회조건에 따라서 몇 가지씩 조합되어 그 지구 배수계획의 기본방침으로 구체화된다.

배수계획의 기본방침에서 주요한 것은

- ① 외수에 대한 방어선을 어디에 설정하는가
- ② 배수본천(또는 배수구)을 어디에 설정하는가
- ③ 지구내의 과잉수를 어떠한 방법으로 배수구(排水口)에 모이게 하는가
- ④ 기계배수(機械排水)를 어느 정도로 계획하는가
- ⑤ 배수효과를 어느 정도까지 기대할 것인가
- ⑥ 타 기관 또는 단체와 조정이 가능한가 등이다.

경우에 따라서는 특별 조사를 하거나 새로운 정보의 보완이 필요한 경우도 있다. 그리고 기술적 사항과 직접 관련된 문제는 아니지만 노선(路線)이 시가지를 통과할 때는 도시계획과의 조정여부가 사업의 성패를 좌우하는 경우가 많으므로 계획의 초기 단계에서 비용부담의 방법을 포함하여 충분히 조정해 두어야 한다.

기본계획을 수립할 때 고려하여야 할 중요사항은 다음과 같다.

1) 평상시배수(平常時排水)와 홍수시배수(洪水時排水)

평상시와 홍수시는 수위나 유량의 크기, 변화 상황이 각기 다르며 배수의 양상이 전혀 다르므로 기본방침뿐 아니라 배수계획의 내용 전반에 걸쳐 평상시와 홍수시를 구별하여 계획을 수립한다.

평상시배수에서는 지하수유출, 관개용수, 택지(宅地)로부터의 배수가 대상이 되는데 대하여, 홍수시 배수는 강우, 강설에 의한 지표수유출이 주된 대상이다. 일반적으로 같은 배수시설이 평상시와 홍수시에 공용될 때가 많다. 그러므로 그 성능이 평상시와 홍수시 양쪽 모두의 조건을 만족하도록 계획해야 한다.

2) 외수의 유입

외수가 배수지역 안으로 유입하는 것을 방지하자면, 평상시, 홍수시 또는 지표수, 지하수, 지구의 자연조건 등 여러 조건 하에서 방어선을 어디에 둘 것인지에 대해 가장 먼저 생각해 두어야 하며, 이것이 계획의 가장 중요하고도 기본적인 사항이다.

이 방어선의 바깥쪽에 있는 물을 외수(통상적으로 제어할 수 없는 물), 그 안쪽에 있는 물을 내수(제어되는 물)라 하며, 내수는 배수조작으로 처리해야 한다. 그러므로 되도록이면 강우 이외의 물은 지구 내로 유입시키지 않는 것이 바람직하다.

3) 외수의 처리

일반적으로 배수계획에서, 외수는 환경조건 때문에 제어를 할 수 없는 여건에 놓인 경우가 많다. 따라서 외수를 제어하려면 많은 비용이 소요되고, 사회적인 제약도 많이 따른다. 그러나 곳에 따라서는 외수처리를 포함시켜 계획하는 것이 유리할 경우도 있다. 예를 들면 지구 내를 관통(貫通)하는 중소하천이 상류부인 산지유역부터 범람할 때는 상류부(上流部)의 적당한 장소에 방재(防災) 댐을 건설하여 첨두홍수량(尖頭洪水量)의 크기를 조절하거나 중·하류부(中·下流部)의 하천을 개수하여 홍수위를 낮추도록 한다.

또 지구 내로부터의 배수 때문에 배수본천의 유황(流況)이 심하게 영향을 받을 위험이 있을 경우는 배수계획의 일환으로 그 대책을 검토하여야 한다.

4) 하구개량(河口改良)

배수본천의 하구가 유사(流砂), 파랑(波浪) 때문에 폐쇄되어 그것이 배수불량의 주된 원인일 때에는 하구개량을 포함한 배수계획을 검토한다.

5) 수리관행(水利慣行)

사회적인 관행이 배수불량의 원인이 될 때는 수리관행에 저촉하지 않도록 그대로 남길 것인가, 또는 이것을 배수계획에 넣어서 포괄적으로 배수개선을 도모할 것인가 여부가 배수의 기본방침을 결정하는데 중요하므로 신중한 검토가 필요하다.

6) 내수위와 외수위

외수에 대한 방어선이 설정되어 있을 때 내수(과잉수) 배제를 직접적으로 좌우하는 것은 내외수위차(内外水位差)이다. 따라서 배수계획을 수립할 때는 내수위와 외수위가 어떻게 변동하는가를 추적해 보는 것이 그 배수계획의 성능을 판단하는데 큰 도움이 된다. 이와 같은 추적은 어느 지구에서나 평상시, 홍수시에 관계없이 행해지고 있다. 내수위와 외수위의 시간적 경과를 추적하는 일은 자연배수구나 배수펌프의 용량을 결정하는 계산과정에서도 유효하게 이용되는 중요한 방법일 뿐 아니라, 계획의 기본방침을 정할 때 기계배수가 필요한 정도를 판단하는데도 유용한 방법이다.

7) 용수와의 관계

논의 배수계획을 세울 때에는 계획 후에 용수량(用水量)이 어느 정도 변화하는가(논을 밭으로 이용하는 것 등을 포함하여)를 반드시 검토하여야 한다. 만약 용수량이 증대하여 용수부족이 생길 우려가 있을 때는 용수계획도 병행하여 검토하여야 한다.

또 지구현황이 용·배수 겸용수로(用·排水兼用水路)로 되어 있을 경우의 계획은 될 수 있는 대로 용·배수를 분리하는 쪽으로 계획을 수립해야 하나, 용·배수 분리가 곤란하여 용·배수 겸용수로로 그냥 사용할 경우는 용수의 수질변화(오염)에 주의해야 한다(배수에 의한 희석(稀釋)작용으로 용수로서의 수질을 겨우 유지할 경우가 많으므로 배수로의 설정이나 평상시배수량을 결정할 때는 주의해야 한다).

1.2.6 계획기준치의 결정

배수계획의 기준치로는 기상, 수문 등 환경조건에 관계되는 것과 배수정도의 목표조건에 관계되는 것이 있으며, 어느 것이나 그 배수사업효과의 수준 즉, 계획의 안정도를 나타낸다.

환경조건이 좋지 않은 악조건인 경우에는 많은 비가 오거나 높은 외수위가 생기는 빈도(頻度)를 생각하고(예를 들면 몇 년 동안에 1회 발생할 가능성이 있는 값 또는 확률빈도) 이에 해당되는 계획기준치를 예상하여 여기에 견딜 수 있도록 계획을 작성한다. 확률이 낮은 빈도를 채택할수록 안정도가 높은 계획이 되나 그 만큼 소요경비도 많이 든다. 이 같은 기준치에는 「설계강우량」 및 「계획기준외수위」 등이 있다.

다음으로 배수정도의 목표조건은 일반적으로 지구 내 내수위의 변동상태로 나타낸다. 그리고 내수위 변동상태의 지표는 목표상한수위(目標上限水位)와 담수 계속시간으로 나타낸다. 이 기준치를 홍수시의 「계획기준내수위」라 하며, 「허용담수심」으로 나타낼 때도 있다. 평상시 배수와 홍수시 배수에서 이에 적용하는 계획기준치는 그 성격과 수치가 전혀 다르다. 평상시 배수의 목표수위는 담수위(湛水位)가 아니며, 지하수위를 저하시키는 데 필요한 수위와 수질 보전 상 필요한 평상시 유수(流水)의 수위를 고려하여 설정한다.

이 기준치를 평상시 배수의 「계획기준 내수위」라 한다. 배수계획의 환경조건과 목표조건은 서로 독립된 것이 아니므로, 택지, 논, 밭 등 토지이용상황에 따라서 이 양자를 관련시켜 생각한다.

계획기준치와 유사한 것에 계획배수량이 있다. 계획배수량은 배수시설의 용량을 결정하는 기준값으로서 일반적으로 계획수립의 기준값은 아니며, 설계강우량이나 계획기준 외수위에 따라 산출되는 이차적인 기준치로 생각할 수 있다. 단, 평상시 배수계

획에서는 계획배수량을 강우로부터 산출하는 것이 아니고, 지하수 유출, 관개용수, 택지 등으로부터 배출되는 배수량 등에 의해 산출한다.

계획기준치를 정할 때는 장기간에 걸친 기상, 수문자료를 필요로 할 때가 많으므로 이것을 수집하고 처리하기 위해서 특별한 배려가 있어야 한다. 이들 자료는 현재의 상황을 나타내고 있다는 점에 주의할 필요가 있다. 즉, 장래 유역 내에서 행해질 개발 행위나 시가지의 확장 등 토지이용의 변화가 예상되거나, 이 사업으로 말미암아 유황에 변화가 있을 때는 이 자료를 보정(補正)하여 보정 계획기준치를 결정하여야 한다.

1.2.7 계획안의 작성

농지배수계획의 초안은 다음과 같은 내용을 포함한다.

가. 계획초안의 작성

① 배수개선 대상 구역이 명확히 설정되어 있으며 이와 관련된 유역, 배수본천 등의 외부조건이 명확하여야 한다.

② 기설(既設) 및 신설(新設)을 포함한 제방, 승수로(承水路), 자연배수구, 배수펌프, 유수지(遊水池), 간지선배수로(幹支線排水路) 등 배수시설의 배치와 그 배수조직이 명확하여야 한다.

③ 배수의 목적을 달성하기 위해서 신설 또는 개량을 하는 시설의 종류와 규모가 표시되고 그것에 필요한 경비가 개략적으로 추산되어 있어야 한다.

④ 이 계획이 실시되었을 때 배수상황이 어떻게 변하는가를 구체적으로 표시하고 있어야 한다.

계획초안을 작성하는 단계에서는 될 수 있는 한 여러 가지 방안을 생각해 보는 것이 중요하다. 만약 그 과정에서 기본방침까지 거슬러 올라가 문제가 있다고 판단되면 기본방침의 수정을 검토할 경우도 있을 수 있다. 그리고 계획초안은 항상 계획전체의 소요경비를 적게 들이는 방향으로 검토하여야 한다.

나. 계획안의 선정

계획작성에서 최종결정에 이르기까지의 각 단계는 양적 해석(量的 解析)에 따라서 진행할 것이나, 중요한 부문은 경험이 풍부한 기술자의 판단에 따르는 것이 좋다. 또

과거에 실시된 배수계획 사례도 참고가 된다. 그러나 이것도 신중한 검토가 따라야 비로소 유익한 자료로 활용될 수 있다.

1.3 계획의 수립

계획은 현지의 자연적, 사회적, 제조건을 종합하여 골격이 되는 것으로부터 시작하여 합리적인 순서에 따라 세부적인 것으로 진행한다. 배수계획의 수립은 다음의 순서로 행하는 것을 원칙으로 하나, 각 단계의 작업은 상호 연계하여 진행한다.

1.3.1 예정지조사

농지배수 계획수립에 필요한 자료를 얻기 위하여 예정지구의 자연적, 사회적, 환경적 제반조건을 정확하게 조사한다.

1.3.2 기본계획

기본조사를 바탕으로 필요한 경우 관계기관과 협의하여 배수구역 및 수해면적 확정, 배수시설의 형식선정 및 규모검토, 배수계통 결정 등에 대한 여러 대안을 검토하고 최적 안을 결정한다.

1.3.3 세부설계

기본계획을 기초로 세부설계 지구가 선정되면 설치해야 할 각 배수시설의 수리 계산 및 구조설계를 실시하고 사업비를 산출한다.

계획순서는 현지조건을 기초로 기본계획(안)을 작성한 후 순서에 따라 세부설계로 진행하게 되지만, 어느 단계에서든 적합하지 않은 점이 발견되면 즉시 전 단계의 설

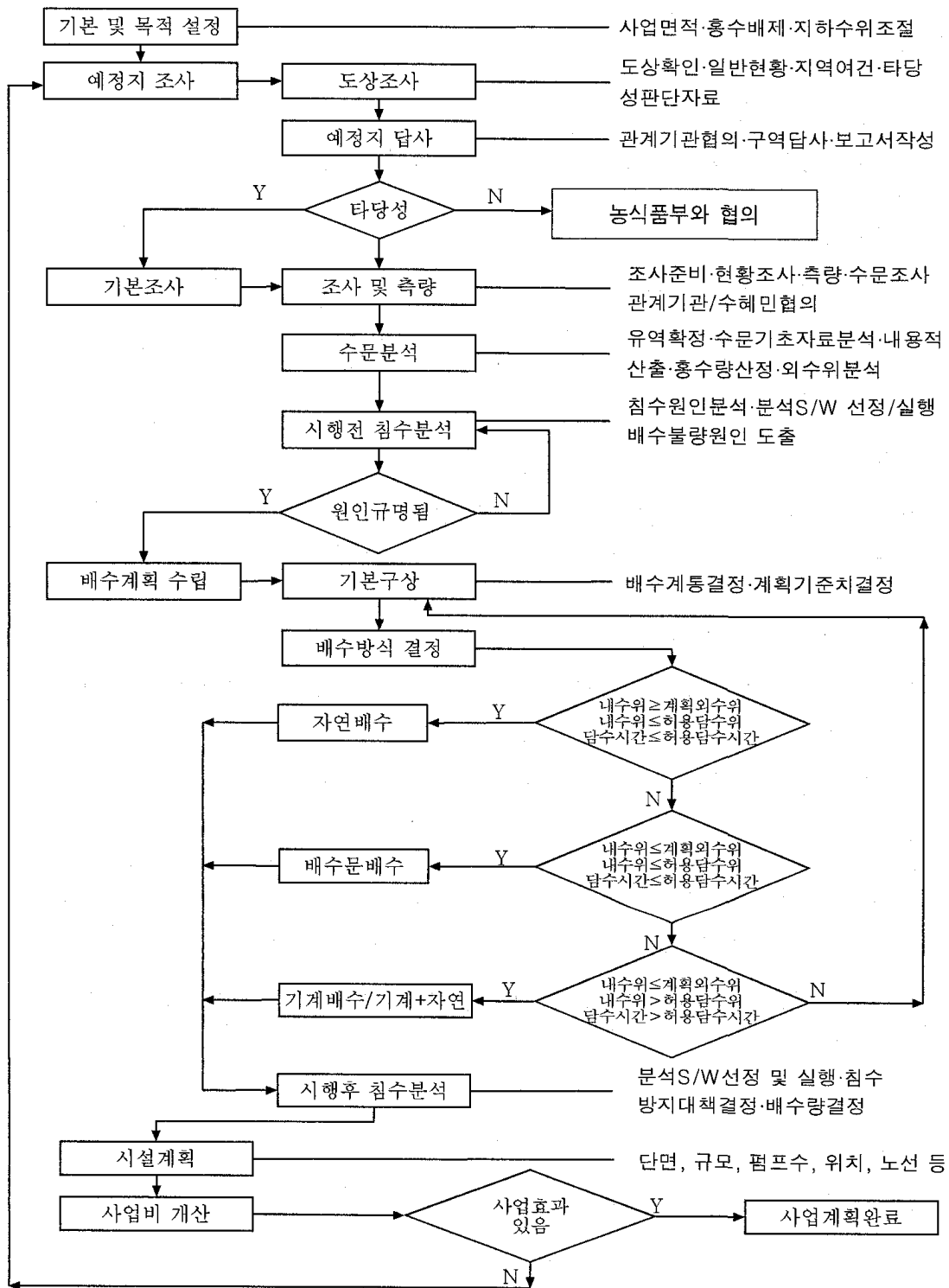
계 내용을 재검토하거나 후속 단계의 작업을 상호 연계시키면서 진행한다.

기본계획시에는 침수분석을 실시하여 배수불량 원인을 명확히 찾아, 지역의 배수기본구상 안(案)을 3~4개 정도 작성한다. 이들 기본구상에 따라 지구의 배수량을 정하여, 지구별 배수시설을 계획한다. 이 계획을 기초로 하여 배수시설기능을 시행전·후 침수분석을 실시하여 검토한 후, 각 안에 대한 최적의 지구배수계획을 확정한다. 그래도 문제가 있으면 기본구상을 재검토하여 납득 가능한 배수계획을 결정하고 배수관리계획을 세운다.

또한 넓은 범위에 걸친 시설전체가 밀접한 관계를 가지고 있기 때문에 시스템 전체로서 균형을 취한 기능성, 안전성 및 경제성을 확보할 필요가 있다. 따라서 각 계획단계에서 채용하게 될 복수의 안을 종합적으로 비교·검토하여 최적안을 선정해야 한다.

1.3.4 계획수립 순서도

계획수립의 일반적인 순서도는 [그림 1.1]과 같다.



[그림 1.1] 계획수립작업 순서

제 2 장 조 사

2.1 조사 구분

농지배수계획은 조사 목적과 내용에 따라 다음과 같이 구분한다.

가. 예정지 조사

예정지 조사의 목적은 사업시행을 위한 기본조사의 시행여부를 판단키 위한 자료를 수집하는데 있으며, 도상확인과 현장조사를 거쳐 보고서를 작성하고 기본조사의 시행여부를 판단한다.

나. 기본조사

예정지조사 결과 기본조사가 필요하다고 판단되면, 예정지 조사보고서를 참고하여 농지배수 기본계획 수립에 필요한 자료를 조사, 수집한다.

다. 세부설계를 위한 조사

사업 시행을 위한 세부설계단계에서 필요한 자료를 수집하는 것으로 기본조사 자료를 확인 검토 후 이용하는 것이 원칙이지만, 기본조사 자료가 미흡하거나 새로운 자료가 필요할 때는 따로 조사한다.

각급 조사는 농어촌정비법 시행령 제3조, 동 제7조 등의 법령과 매년 발간되는 농림수산사업시행지침서 등을 참조하여 실시한다. 사업의 실시 순서와 공정에 따라 각기 조사 목적이 다르므로 사전에 조사의 범위, 방침, 내용, 방법, 정도 등을 계획하여 실시한다.

2.2 조사 단계

2.2.1 조사 단계

배수현상은 복잡하기 때문에 간단히 해결할 수 없는 부문이 많으므로 배수개선사업의 필요성을 충분히 납득할 수 있도록 해명하기 위해서는 여러 가지 각도에서 계획을 보완시켜 나갈 필요가 있다. 이를 위해 농지배수사업계획의 수립을 위한 조사는 예정지조사와 기본조사 그리고 세부설계 등으로 나누어 실시한다.

단계별 조사는 농림수산사업시행지침서에 따라서 수행하여야 한다. 사업시행예정자(시·군·구 및 한국농어촌공사)는 매년 농림수산식품부가 시달하는 사업예정지 조사요령을 참조하여 지구당 50ha 이상 사업예정지를 조사하여 시·도지사에게 제출한다. 시·도지사는 사업시행예정자가 사업시행을 신청하거나, 수해상습지 해소 등 필요하다고 인정되면 예정지 조사를 실시하고, 사업 타당성 및 시행여건 등을 감안하여 우선 순위를 정하여 농림수산식품부에 예정지조사결과 및 기본조사 대상지를 제출한다.

예정지 조사항목은 현황, 투자소요액, 사업효과, 위치도, 그 외 사업 타당성 판단에 필요한 자료 등이다.

기본조사는 기본계획을 작성하는 데 기초가 되는 데이터를 수집, 분석하는 조사이다. 수해면적이 50ha 미만인 경우에는 시·도지사가 기본계획을 수립한다. 기본계획수립에 전문기술을 필요로 할 때는 기술용역으로 기본조사를 실시한 후 기본계획을 수립하고 그렇지 아니한 경우에는 예정지 조사서를 토대로 기본계획을 수립할 수 있다.

기본조사자는 배수개선사업에 대한 자원조사가 되어있지 아니한 경우에는 농어촌정비법 시행령 제3조에서 규정하는 농지의 분포상태 및 이용, 마을의 분포 및 인구변동의 추이, 생산기반정비, 농지의 경사도·토양 및 배수상태의 특성, 산업별 배치사항, 산지분포 및 이용 등에 대한 조사를 포함하여야 한다. 또한 타법, 타사업관련, 주민호응도, 현지여건 등을 확인하여야 한다. 또 지역주민, 하천관리기관, 자치단체, 농어촌공사 등의 의견을 수렴하여야 하고 인근에 경지정리사업 및 각종 농촌마을개발사업과 함께 실시하는 것이 사업의 효과를 높이고 농업경영의 합리화에 기여한다고 인정될 때에는 조사를 병행할 수 있다.

기본계획이 수립되면 세부설계자는 사업시행 예정지구에 대한 측량설계 실시계획을

수립하고 조사반을 편성하여 측량설계를 실시한 후 세부설계를 실시한다. 세부설계에는 완공 후 배수장, 배수문 등의 효율적인 운영을 하기 위하여 설계기준 및 빈도별 강우에 대한 시간별 추정홍수량과 홍수위에 대한 조건표 및 시설운영지침 등을 제시하여야 한다.

2.3 조사항목

2.3.1 조사항목

농지배수계획의 조사항목은 그 범위와 정도 및 방법에 따라 다음과 구분한다.

- 1) 현황 조사
- 2) 지형 조사 및 측량
- 3) 기상, 수문, 수리 조사
- 4) 재료 및 품셈조사
- 5) 토양 및 토질 조사
- 6) 농업경제 조사
- 7) 기계·전기·건축조사
- 8) 환경 조사
- 9) 기타 조사
- 10) 관계기관 및 수혜민 협의

각급 조사에서는 다음의 항목들을 필요한 정도에 맞추어 조사한다.

가. 현황 조사

현재의 용·배수상황과 배수불량 원인 그리고 과거의 침수상황을 조사한다.

나. 지형 조사 및 측량

계획대상지역의 지형과 노선위치나 배수장 위치 등 각종 시설물의 설치에 필요한 사항들을 측량한다.

다. 기상, 수문, 수리 조사

계획대상지역의 유역상황과 강우량, 강우강도 등 각종 수문기상 요소에 대한 자료를 조사, 수집한다. 그리고 용·배수 및 하천상황을 조사한다.

라. 재료 및 품셈조사

계획대상 지구의 공사에 필요한 재료채취, 현장위치 및 현황, 도로망, 물가, 소요재료 등을 조사한다.

마. 토양 및 토질 조사

계획대상지구의 토양과 공사에 필요한 토질공학적 조사를 한다.

바. 농업경제 조사

경제성 분석과 영농계획 수립에 필요한 자료를 수집한다.

사. 기계·전기·건축 조사

계획대상지구의 수리조건, 지형조건에 따른 건축 및 기전시설물의 설치계획수립에 필요한 자료를 조사한다.

아. 환경 조사

공사와 관련하여 야기될 수 있는 각종 환경오염 방지, 문화재나 지역자원에 영향을 최소화하기 위한 대책 수립 등에 필요한 자료를 조사한다.

자. 기타조사

각종 시설 및 기기의 설치 위치 선정을 위한 답사나 공사시행여건 및 지장물, 관련사업 등을 조사한다.

차. 관계기관 및 수혜민 협의

관계기관의 의견을 청취하고 수혜민과의 협의를 통해 계획을 보완할 수 있는 자료를 수집한다.

본 절의 조사항목들은 공정에 관계없이 어디까지나 기본적인 필요항목을 열거한 것이다. 따라서 예정지조사, 기본조사, 세부설계를 위한 조사 등 공정이나 현지 상황에 따라서, 또는 관계법령이 요구하는 바에 따라서 조사 항목, 범위, 정도, 방법 등을 변

경할 필요가 있다. 이런 경우에는 설계자의 판단으로 현지조건에 맞도록 조정하여 적절한 설계가 되도록 한다.

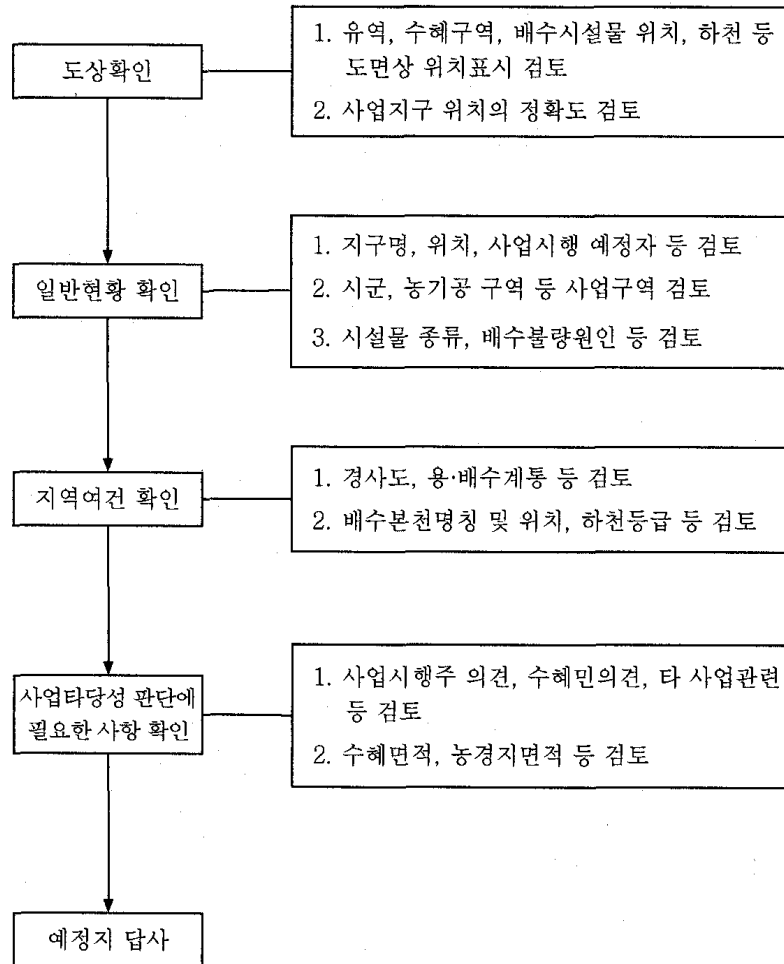
일반적으로 예정지 조사에서는 기본계획 수립의 필요성을 판단하기 위한 조사로서 유역, 수해구역, 배수시설물 위치, 하천, 시설물 종류, 배수불량 원인, 경사도, 용배수계통, 배수본천, 사업시행예정자 및 수혜민 의견, 수해면적, 농경지면적 등을 도상 검토하거나 답사한다.

기본조사에서는 기존자료의 수집 및 현지조사에 의하여 현황을 수치(數値)로 명확히 파악하고, 사업의 필요성을 판단함과 함께 배수불량을 일으키고 있는 원인을 규명하고, 계획수립을 할 때 필요한 기초수치를 수집한다. 또 지구의 농업형태, 영농상황, 농가 의향 등을 조사하여 경제효과의 산정에 필요한 자료를 수집함과 함께, 관련되는 타 사업의 내용도 충분히 조사하여 배수개선의 영향을 파악한다.

세부설계를 위한 측량조사에서는 주로 기본조사 자료를 확인 검토 후 이용하는데 추가 조사분이 발생하거나 세부노선측량, 세부조사, 위치선정 등의 필요성이 있을 때 실시한다.

2.4 예정지 조사

2.4.1 도상확인

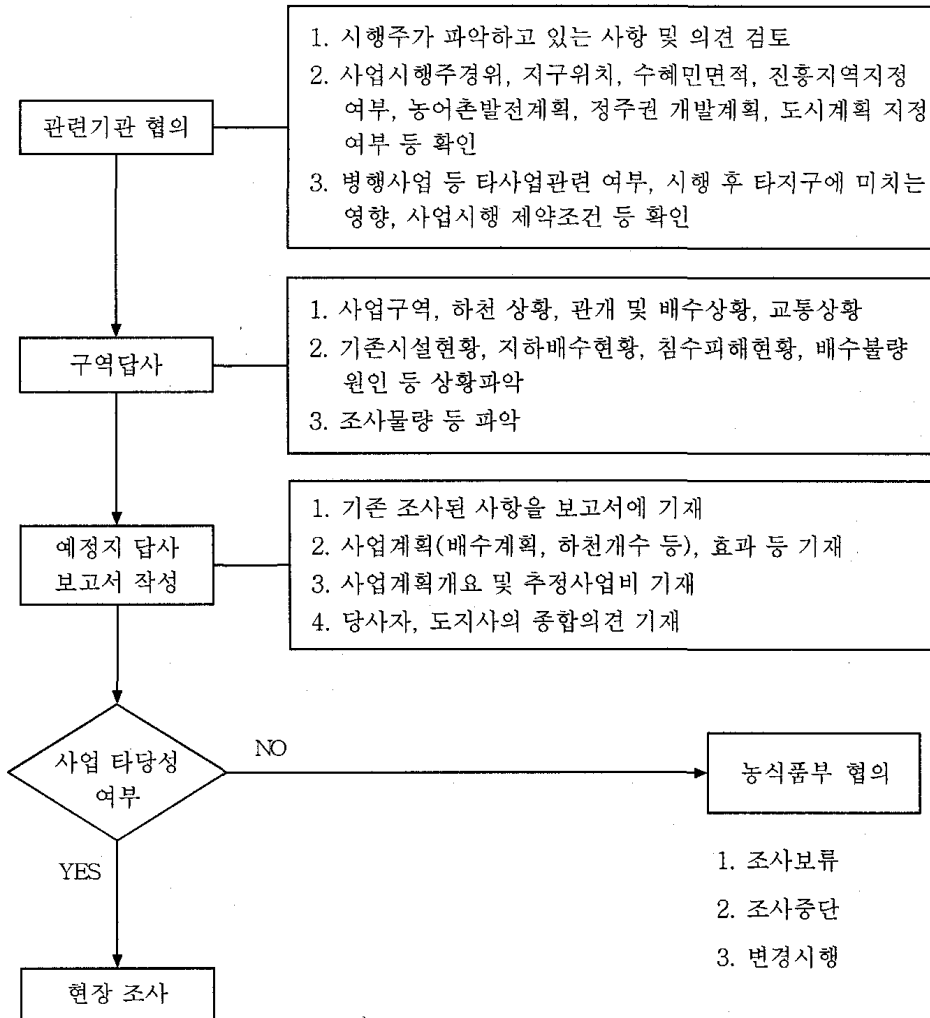


[그림 2.1] 예정지 검토 흐름도

① 시·도지사가 보고한 예정지조사 도면 중 유역도, 수혜구역, 주요배수시설물 위치, 하천 등 도면상 위치표시를 검토하고 답사도면에 기입한다.

② 시·도지사가 보고한 예정지조사 내용 중 사업지구 위치를 정확히 검토하고 답사보고서에 기입한다.

2.4.2 예정지 답사



[그림 2.2] 예정지 조사 흐름도

가. 일반현황 확인

- ① 답사시 해당구역면적, 위치, 사업시행예정자 등을 확인한다.
- ② 시·군, 한국농어촌공사 구역 등 사업구역을 확인한다.
- ③ 시설물 종류, 배수불량 원인 등을 확인한다.

나. 지역여건 확인

- ① 경사도, 용·배수계통 등을 검토한다.
- ② 배수본천 명칭 및 위치, 하천등급 등을 검토한다.

다. 기타사항 확인

- ① 사업시행예정자 의견, 수혜민 의견, 타 사업관련 등을 검토한다.
- ② 수혜면적, 농경지면적 등을 검토한다.

라. 관련기관 협의 및 지역계획 등의 확인

- ① 사업시행예정자가 파악하고 있는 사항과 의견을 검토·파악한다.
- ② 사업시행경위, 수혜면적, 진흥지역 지정여부, 농어촌발전계획, 농촌마을종합개발계획, 도시계획지정여부 등을 확인한다.
- ③ 병행사업 등 타사업 관련여부, 시행후 타지구에 미치는 영향, 사업시행 제약조건 등을 확인한다.

마. 구역답사

- ① 사업구역, 하천상황, 용수 및 배수상황, 교통상황 등을 파악한다.
- ② 기존수리시설현황, 지하배수현황, 침수피해현황, 배수불량원인 등을 객관적 사실에 의거 파악하고 결과를 작성한다.
- ③ 청문조사 등을 통해 해당지구의 기타상황 및 조사물량을 파악하고 현장조사시 필요한 특이사항을 기록한다.

2.4.3 예정지 답사보고서 작성 및 타당성 검토

가. 농어촌정비법 제7조에 의한 보고사항

- ① 사업예정지구의 현황
- ② 사업별 투자소요액
- ③ 사업시행의 효과
- ④ 사업시행 예정지의 위치도

나. 기타 보고사항

- ① 예정지 답사중 파악된 조사내용과 사업타당성 판단에 필요한 사항을 기재한다.
- ② 답사자, 도지사의 종합의견을 기재한다.

다. 관계기관 협의

예정지 답사보고서 작성 후 다음과 같은 사항은 농림수산식품부와 협의를 하여 기

본조사 시행여부를 판단하여야 한다.

① 예정지답사결과 2개지구 이상이 유역, 수혜면적, 수계 등 수문학적·지형적으로 근접하거나 동일한 경우

② 수혜면적이 50ha 미만으로 판단될 경우

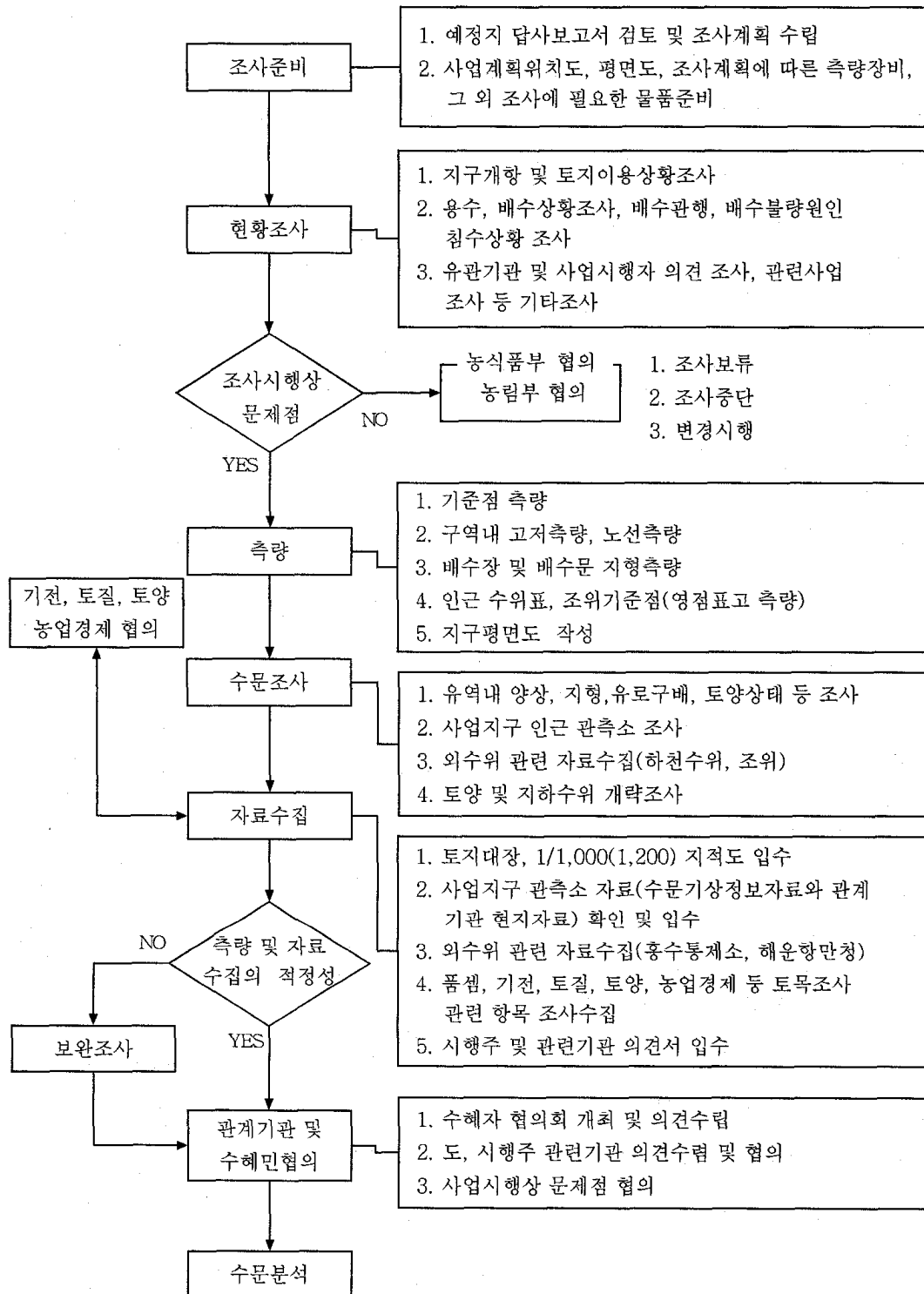
③ 지역주민들의 호응도가 낮을 경우

④ 비진흥지역이 전체 수혜면적에 비해 과다하게 분포되어 있는 경우

⑤ 예정지 답사 후 주요 공종이 바뀌어 질 때 (예 : 배수로지구→배수펌프장지구)

⑥ 이외에 답사자가 판단하여 농림수산식품부와 협의가 필요하다고 생각되는 경우

2.5 현장조사



[그림 2.3] 현장조사 흐름도

2.5.1 조사준비

가. 예정지 답사보고서 검토 및 조사계획 수립

- 1) 기 표시된 소축척의 지형도(예정지 보고서)에 의하여 도상검토 및 예정지답사를 통하여 현지조사에 필요한 자료를 수집 및 준비한다.
- 2) 인근지역과의 관련성 및 유역상황, 배수계통 등을 사전 검토한다.
- 3) 지구의 범위와 지형 및 지세의 개황을 파악한다.
- 4) 배수불량의 원인과 배수관행 및 배수상황을 개략적으로 파악한다.
- 5) 하천상황을 파악한다.
- 6) 지역 및 지구의 사회, 경제적 개황을 파악한다.
- 7) 조사계획에 따른 인원, 소요예산 및 장비 등을 준비한다.

나. 현장조사 준비물품

- 1) 사업계획위치도, 평면도와 조사계획에 따른 측량장비, 인원, 소요예산과 그 외 조사에 필요한 물품을 준비한다.
- 2) 기타 상세한 현장조사 준비사항은 “농업생산기반정비사업 조사설계 실무요령”(한국농어촌공사, 2011년)을 참조한다.

2.5.2 현황조사

가. 지구개황조사

준비된 소축척 및 대축척의 지형도에서 사업계획지역의 예정지 현장조사 결과를 확인하고 지형, 토질, 토양, 지하수위, 토지이용상황, 소유현황 및 토지상황 등을 파악한다.

1) 지구의 지형 및 지세파악

- ① 유역의 분수령, 형상, 방향성, 평균경사, 최고표고와 최저표고, 평균표고, 식생, 토양, 경사도를 조사하고 사업지구내의 경사방향, 경사도 등을 파악한다.
- ② 경사도별로 면적을 구분하고 논, 밭을 구분한다.

2) 토질조사

지형도(S=1:25,000)에 의한 배수펌프장 및 주요시설물 예정지의 기초 지반특성을 개괄적으로 파악하여 각 기초지반상의 문제점에 대한 기본적인 대책방안을 제시한다.

가) 조사의 정도

- ① 지구내 기초지반의 특성과악
- ② 기초지반상의 문제점 파악
- ③ 기본적인 기초처리 방안 수립

나) 조사내용

- ① 휴대형 콘 관입시험
- ② 불교란 시료채취

3) 토양조사

계획대상지구의 토양을 분류하여 유형별 부호를 명백히 하며, 유형별 기본 성상을 기초로 하여 배수사업과의 관계를 판정할 수 있는 기초자료로 작성한다. 배수계획지구에서는 지하수위, 투수계수, 배수가능 공극량, 불투수층의 깊이, 토양 성숙도, 염분농도 등을 조사한다.

가) 토양환경조사

토양조사는 1:25,000 지형도 및 1:5,000 정밀토양도를 휴대하고, 전 조사지역을 답사하면서 지형, 경사, 토지 배수상태, 모래, 식생 및 토지이용 현황, 지표면의 돌, 자갈, 암반노출 상황, 건습상태, 인위적인 토양 변동 상황 등을 조사 기록한다.

나) 토양단면 조사

시향 및 시굴지점의 토양층위 배열, 유효토심, 토색, 토성, 반문, 사력함량, 구조, 공극치밀도, 점착성, 식물근의 분포상황, 토양배수 및 경반층의 유무 등을 조사 기록한다.

다) 토양분류

토양환경 조사 및 토양단면 조사 결과를 종합 분석하여 1:25,000 지형도 및 1:5,000 정밀토양도상에 토양의 종류(토양통)를 구분하고, 그 경계선을 작성한 후 토양종류마다 토양부호를 기입한다.

라) 토양시료 채취

대표 토양의 시향 및 시굴지점과 각 복토원의 시굴지점에서 토양시료를 채취한다.

마) 복토원 조사

복토원 조사는 복토 대상지에서 가까운 곳에서 시굴을 통하여 점토함량이 많은 지역을 조사 선정하고 토양시료를 채취한다.

바) 토양분석 시험

현장에서 채취한 토양시료는 표준 토양분석시험 방법에 준하여 분석한다.

4) 지하수위조사

지하수위 조사는 기본적으로 토양조사보고서를 이용하여 확인하고 현장에서 논의, 습윤상태 구분 및 배수공법의 결정을 위한 기초조사를 실시하고 현장상황을 판단한다.

조사된 토양의 대표지점에서 Auger-hole method에 의해 지하수위를 측정하고, 시설 우물이나 배수로 수위 등을 이용하여 그 수위를 측정한다.

5) 토지이용상황

지구의 토지이용에 관한 사항은 계획수립의 기초자료가 되므로 지목별 면적, 답리작 가능면적, 실제 답리작 면적, 답리작이 불가능한 사유 등 현황을 상세히 조사하고 금후의 토지이용계획도 파악한다.

나. 용수상황조사

배수계획에서는 관개계획에서 요구하는 정도의 높은 용수상황조사는 필요로 하지 않으나 배수와의 관련성을 파악하며 배수불량에 따른 영향을 검토할 수 있을 정도의 용수상황을 조사할 필요가 있다. 특히 배수로와 겸용하고 있는 지구에서는 더욱 주의 깊게 조사해야 하며 조사자료를 근거로 관개시설 현황을 작성한다.

1) 용수계통조사

용수원, 용수조직, 지배면적을 조사한다.

2) 용수관리조사

수리권, 용수관리관행, 관리단체 등을 조사한다.

〈표 2.1〉 관개시설별 현황

시설명	위치	수혜면적		설치 년도	시설 규모	용수 원명	시설 상태	한해 상황	관리자	비고
		계획	실적							

다. 배수상황조사

1) 배수계통

현지답사에 의한 배수시설의 위치, 지배면적, 용·배수겸용 부분이 있으면 용수를 위한 시설의 위치, 규모 등을 명확히 하여 현행 배수계통도를 작성하고 배수시설별

현황을 작성한다.

〈표 2.2〉 배수시설별 현황

시설명	위치	유역 면적	시설 규모	구조 형식	통수 능력	시설 상태	관리자	설치 년도

2) 배수시설

① 배수펌프장, 배수문, 배수로, 승수로 등의 배수시설 규모, 시설별 유역면적, 능력상태, 유지관리상황 등을 조사한다.

② 시설물의 위치, 규모, 구매, 단면, 능력, 유지관리상태를 조사한다.

③ 시설물별 배수지배면적을 조사한다.

④ 시설물의 노후상태를 조사한다.

⑤ 용배수검용 여부를 조사한다.

⑥ 대형 승·배수로(간선 혹은 별도의 능력 검토가 필요한 배수로)일 경우 중·횡단 측량을 시행한다.

⑦ 시설 배수펌프장 및 배수문은 세부규격조사를 시행하되 필요한 경우 지형측량을 실시한다.

3) 배수관행

현행 배수관행을 충분히 조사하여 그것이 배수불량의 원인이 되는지를 검토하고, 사업시행후 배수관행의 변경으로 농민간에 분쟁의 원인이 되는 수가 있으므로 관계기관이나 농민의 의견을 충분히 청취하여 사업 시행후 민원등 문제점이 없도록 신중히 검토한다. 기존 배수관행이 배수불량의 원인이 될 경우는 다음과 같다.

① 배수로 말단이 배수본천의 상류부에 접속될 경우

② 배수로 구매가 역으로 이루어져 있는 경우

③ 제수문등 구조물이 흐름을 방해하는 경우

④ 배수본천의 흐름이 지구 배수구의 배수 흐름을 방해하는 경우

라. 배수불량 원인

최적의 배수개선대책은 정확한 배수불량원인을 규명하는데서 시작되고, 배수불량의 원인을 제거하는데에 주목적이 있으므로, 침수피해의 원인이 외수위의 영향에 의한

것인지, 배수시설 및 배수관행의 영향인지 또는 기타 지형적인 측면에 기인하는 것인지를 명확히 조사하여 그에 상응하는 대책을 수립하여야 한다.

1) 과잉수가 발생하는 요인

가) 강우

나) 지표수 상태로 유입하는 외수

- ① 외부유역으로부터 유입되는 지표수
- ② 관개용수, 택지 등으로부터 유입되는 유출수
- ③ 배수본천(배수구)로부터 역류하는 유출수
- ④ 해안제방을 월류하는 물 (해수)

다) 지하수 상태로 유입하는 외수

- ① 주변으로부터의 침투수
- ② 피압지하수

2) 배수불량의 원인

가) 배수구에서 배수가 불가능하거나 배수능력이 부족한 경우

- ① 내수위가 외수위보다 낮거나 수위차가 부족하다.
- ② 배수구가 폐쇄되었거나 좁다.
- ③ 배수펌프의 능력이 부족하다.
- ④ 배수관행에 의하여 배수량이 억제되어 있다.

나) 지구내에서 물의 유동이 잘 안되는 경우

- ① 지형이 평탄하거나 미정리 상태이다.
- ② 토양의 투수성이 낮다.
- ③ 배수로의 통수능력이 부족하다.
- ④ 관개용수 부족으로 인해 배수로에 인위적으로 물을 가두어 놓았다.

마. 침수상황조사

당해 지역에서 최근 10~20개년의 침수피해 발생면적, 홍수위, 침수위, 담수시간 등에 관한 통계자료의 수집과 흔적조사 또는 청문조사를 하여 침수피해 현황을 작성한다.

〈표 2.3〉 침수피해 현황

구 분		발 생 순 위			비 고
		1위	2위	3위	
		년 월 일	년 월 일	년 월 일	
침수위(홍수위)					
침 수	면 적				
	시 간				
	감 수				
관 수	면 적				
	시 간				
	감 수				
당시의 강우량					

바. 도로조사

지구내외의 관련도로상황, 도로의 신설계획이나 확·포장 계획 등 교통여건을 조사하여 공사 시행상의 여건을 파악할 수 있도록 한다.

사. 농가 및 기타조사

1) 농가 및 유관기관 의견조사

가) 농민의 호응도 및 시행상 관심사항

관계부락의 대표나 부락민 등과 잦은 협의를 통하여 지역주민의 요구사항과 호응도 등을 세밀히 파악하고, 사업시행여부를 객관성 있게 판단하기 위해 최소한 1회 이상 수혜민 협의회를 개최하여 의견을 수렴, 기록한다.

나) 사업시행예정자 의견조사

사업시행에 따른 종합의견을 수렴, 조사한다.

다) 사업시행상의 문제점조사

지역주민, 사업시행주의 의견과 사업시행에 따라 발생이 예상되는 문제점 등을 조사하고 관계기관과 협의한다.

2) 관련사업 및 지방자치단체의 중·장단기 계획조사

가) 관련사업조사

지구내 또는 그 주변의 기 완료, 실시 중, 계획수립, 예상되는 타사업 등의 내용을

조사한다. 특히 본 사업과 직접, 간접으로 관련되는 사항이 있으면 관련사업을 세부적으로 조사하여야 한다.

나) 관련사업의 조사 및 조정

배수개선사업은 넓은 구역을 대상으로 하는 사업이기 때문에 계획하고자 하는 지역 내에는 배수개선사업과 관련되는 다른 사업이 계획되어 있거나 시행중인 경우가 있다. 이 경우 사업을 시행하는 기관과 충분히 협의하고 조정하여 사업의 이원화에 따른 사업비의 이중투자 및 사업기간의 장기화 등의 문제점을 사전에 해결할 수 있도록 대책을 수립하여야 한다.

① 농촌용수개발, 경지정리, 농촌마을종합개발 및 하천개수사업

조사구역내에 농촌용수, 경지정리, 농촌마을종합개발 및 하천개수사업 계획이 수립되어 있거나 시행중인 지구일 때는 사업시행 주관부서나 하천관리기관 등과 협의하여 병행 가능성을 면밀히 파악한다. 특히 하천개수사업은 배수개선사업과 밀접한 관계에 있으므로 관계기관을 방문하여 사업관련정보를 수집하여야 한다.

② 농어촌발전계획

시군, 시도별로 수립되어 있는 농어촌발전계획에 포함되어 있는지 여부와 포함되어 있을 경우 투자 예정년도를 조사하고 포함되어 있지 않을 때에는 향후 농어촌발전계획 수정시 조정할 의사가 있는지 등을 조사하여 기록하여야 한다.

③ 농업진흥지역 지정 여부

농업진흥지역 내·외를 구분하여 조사한다.

3) 공사시행상 여건조사

배수개선사업을 시행하는데 있어 필요한 제 여건을 조사한다.

가) 공사시행상의 여건

① 공사용 자재 반입에 따른 진입로의 상태를 조사한다.

② 공사용 자재(조세골재원, 취토장, 사토장, 시멘트, 철근, 석산, 레미콘공장 기타 시설에 필요한 자재) 구득에 관한 위치조사를 한다.

나) 지장물 조사

공사시행에 장애요인이 될 수 있는 시설물에 대한 조사를 상세히 한다.

2.6 측 량

2.6.1 범위

배수개선사업에서의 측량의 범위는 기준점 측량, 구역내 고저측량, 노선측량, 주요 배수시설물에 대한 지형측량 등이다.

2.6.2 기준점 측량

- (1) B.M. 측량은 건설교통부 1등 또는 2등 수준점을 기점으로 하여 측량하되, 2개소의 수준점에 대한 확인측량을 실시한 후 지구내로 연결해야 한다.
- (2) 기존 국립지리원의 수준점이 망실되었거나 확인이 불가능할 때는 인근 시설지구의 B.M.을 이용할 수도 있으나, 가B.M. 일수도 있으므로 인근 하천 정비 표석이나 타 기관의 B.M.과 비교, 검토하여 보완한다.
- (3) B.M.의 설치위치는 유지관리에 안전하고 발견하기 쉬운 지점에 설치하여야 하며, 습지 또는 제방상단 등 영구보전이 부적당한 장소는 가급적 피해야 한다.
- (4) B.M.의 설치는 지구당 1본 이상의 석재 B.M.을 매설하고 필요에 따라 증설하거나 목재 B.M.을 매설한다.
- (5) 측량성과는 공공 측량기준에 의하며 성과표를 작성하여 보고서에 첨부한다.
- (6) B.M.측량의 오차는 기계오차, 개인오차, 자연현상에 의한 오차 등으로 인하여 발생하나 국토정보지리원에서 정하고 있는 허용오차 이내에 들어야 한다.

측량·수로조사 및 지적에 관한 법률 제17조, 같은 법 시행규칙 제21조, 공공측량 작업규정(국토지리정보원 고시 제2009-959호) 27조 규정에 의한 수준측량에 있어서 관측 값의 교차 및 폐합차의 허용오차는 다음과 같다.

〈표 2.4〉 수준측량 관측값의 교차 및 폐합차의 허용오차

구 분	1급 공공 수준점 측량 (mm)	2급 공공 수준점 측량 (mm)	3급 공공 수준점 측량 (mm)	4급 공공 수준점 측량 (mm)
기지점의 종류	1등 수준점, 1급 공공수준점	1,2등 수준점, 1,2급 공공수준점	1,2등 수준점, 1~3급 공공수준점	1,2등 수준점, 1~4급 공공수준점
왕복 관측 값의 교차	$2.5 \sqrt{s}$	$5 \sqrt{s}$	$10 \sqrt{s}$	$20 \sqrt{s}$
기지점간의 폐합차	$15 \sqrt{s}$	$15 \sqrt{s}$	$15 \sqrt{s}$	$25 \sqrt{s}$
환 폐합차	$2 \sqrt{s}$	$5 \sqrt{s}$	$10 \sqrt{s}$	$20 \sqrt{s}$

단, s : 편도 관측거리(km)

2.6.3 구역내 고저측량

(1) 배수개선사업의 사업계획은 지구내 침수위 및 내용적에 의하여 방향이 결정되므로 구역내 각 경지마다, 기설수로는 저변과 제정(뚝마루)을 구분하여 실측한다.

(2) 지형도의 축척이 S=1/3,000 정도일 경우 등고선 간격은 0.5m 정도로 하되 담수를 고려할 경우 담수구역을 중심으로 보다 조밀한 간격(0.1m)으로 표고별 면적을 정리한다.

2.6.4 노선측량

(1) 기설 승·배수로의 성능과 활용정도, 유지관리 상태, 폐기 및 철거시 공사물량 등을 파악하기 위한 측량을 시행한다.

(2) 배수로 조사는 가능한 한 지역의 가장 낮은 곳으로 하여 수로의 경사도 배분, 부대시설 등 기술적, 경제적으로 합리적인 계획이 수립될 수 있도록 대축척의 지형도에서 도상 예측 후 현지답사를 실시하여 노선을 확정한다.

(3) 위치선정은 수로의 조직이나 배치형태, 용지매수, 용·배수관행 등의 종합적인 판단과 기술적, 경제적, 사회적 조건 등을 고려하여 결정한다.

(4) 중요측량 항목은 노선선정 및 선점, 중심선측량, 종·횡단측량과 구조물조사 등이 있다.

(5) 노선에 설치된 주요 수리구조물의 표고, 규격, 유지관리상태 등을 기록한다.

(6) 노선 대상은 주로 간선급 배수로를 위주로 하며 중요도에 따라 지선급도 대상이 될 수 있다.

(7) 지구내외 타 노선과의 연결사항을 조사한다.

(8) 배수본천이나 방수제 등에 대한 측량도 시행한다.

2.6.5 배수펌프장 및 배수문 측량

위치선정 및 선점과 중심선측량, 종단측량, 지형측량 등을 시행하며 기설배수문 성능도 동시에 조사한다.

2.6.6 지구평면도 작성

(1) 농어촌 정비법 제120조에 따라 시·군에 비치된 지적도 및 임야도를 열람하여 필요한 부분을 복사하고 해당지구에 관련된 토지대장을 열람한다.

(2) 복사한 지적도 및 임야도를 이용하여 계획평면도를 작성하고, 측량성과 및 현황을 상세히 기입한다.

(3) 지구계획평면도에 의거 배수개선 대상면적을 결정하고 권리자명부를 작성한다.

(4) 수문분석에 필요한 내용적을 산출한다.

2.6.7 인근 수위표, 조위기준점(영점표고) 측량

(1) 수위표 및 조위기준점의 영점표고 측량은 국토지리정보원의 1등 또는 2등 수준점을 기점으로 측량한 지구내 기점을 활용하여 측량을 시행하고 왕복측량을 하여 반드시 확인을 한다.

(2) 해안의 경우 조위기준점 또는 알고 있는 조위기록 위치로부터 해당 지구가 멀어 보정을 요하는 경우, 같은 날 같은 시각에 조위를 측정하여 그 기록치의 차만큼 보정하여 지구내의 수준점과 왕복 측량하여 확인을 한다.

2.7 수문조사

2.7.1 기상자료 수집

(1) 지배관측소 결정은 대상지구에서 지형상으로 가장 근접하고 수문학적으로 대표값을 나타내는 관측소를 선택하여야 한다.

(2) 수문통계적 자료를 사용하므로 30년 이상의 재현기간을 갖는 관측소를 선정하되 자료의 정확성과 일관성 등을 고려하여 최근 30개년 이상의 자료에서 결측치가 발생하지 않고 관측소의 위치변경으로 이전 자료가 일관성이 없어지는 일이 없도록 면밀히 검토하여야 한다.

(3) 관측소는 기상청, 국토해양부, 각 지방자치단체 및 연구소 등에서 운영하는 관측소 등 사업지구 주위 관측소를 모두 조사하여 가장 적합한 관측소를 선정한다.

강우량 결측치의 추정에는 인근 관측지점의 기록이 동질성이 있고 정확히 관측되었다고 판단되면 산술평균법, 정상 연장수량의 비율법, 등우선법 및 거리가중법(quadrant method) 등에 의하여 가능하다.

2.7.2 유역상황 조사

- (1) 계획대상지구의 유역경계를 현지 조사하여 $S=1/25,000 \sim 1/50,000$ 지형도에 표시하고 유역내의 지형, 임상, 유로구배, 토양상태 등 유역상황을 조사한다.
- (2) 유역의 수문조사는 유역의 평균경사, 방향성, 최고점표고와 최저점표고, 유로연장, 유로의 길이, 유역형상 등을 조사하고 기록한다.
- (3) 유로의 조사는 홍수도달시간 계산공식에 사용하는 유로의 개념이 여러 가지이므로 적용공식에 따라 조사하여야 한다.
- (4) 유역의 특성은 다음 <표 2.5>를 참고하여 조사한다.

<표 2.5> 유역의 특성

하천명	유로연장 (km)	유역면적 (ha)	유역경사	유역의 방향성	유역형상	평균표고 (EL. m)

2.7.3 강우분포 및 강우강도

- (1) 강우분포상태, 강우강도, 연속강우일수, 연속강우량 등이 유출량에 큰 영향을 미치므로 자세히 조사해야 하며 해상(海象)은 배수구가 조위의 영향을 받을 경우에 조사한다.
- (2) 기관의 자료를 이용할 경우 최신자료가 입력되어 있는가를 확인한다.

2.7.4 외수위 조사

외수위는 하천수위와 조위로 구분될 수 있으며, 배수불량의 원인분석, 자연배수 가능여부의 판단, 배수시설의 규모결정 등에 큰 영향을 주므로 상세하고 광범위하게 조사한다.

가. 하천수위

유출상황 및 유출특성을 조사하기 위하여 다음 사항에 대하여 현지 상황조사 및 청문조사를 실시하며 필요시 측량을 시행한다.

① 수계, 하상재료 및 조도계수, 하천경사, 하천개수현황 등 조사

② 홍수흔적조사, 과거 홍수 청문조사

③ 수위관측 및 유량관측 현황조사

④ 사업계획지구 근처에 국토해양부, 지방국토관리청, 또는 행정기관의 수위관측소가 있으면 그 자료를 수집하여 분석, 사용하고, 직접 사용할 수 있는 자료가 없으면 수위를 직접 관측하여 사용해야 한다.

⑤ 배수본천의 홍수위는 당해 하천의 하천정비계획을 참고하여야 한다.

나. 조위

① 사업계획지구가 바다에 접해 있을 경우는 조위를 외수위로 해야하므로 가까운 지역의 해양항만청 조위관측자료를 수집하여 분석, 사용해야 한다.

② 그러나 수집된 자료가 사업계획지점과 거리가 너무 멀어서 보정할 필요가 있을 경우는 사업계획지점과 해양항만청 조위관측소에서 동일 동시의 조위를 실측하여 두 지점의 조위차와 보정결과를 비교, 검토하여야 한다.

③ 이때 수집자료는 대조와 소조를 구분하여 시간별로 조사하고 대조시와 소조시의 조위곡선으로 지구내 배수상태를 비교하여 악조건일 경우를 외수위 또는 외수위곡선으로 채택하여 사용한다.

2.8 기타 조사

2.8.1 농업 및 농업경제조사

지역의 농업조사에 의해서 농업의 형태, 개발의 영향, 농업의 동향을 파악하고 농업구조 조사를 해서 지구의 농업에 알맞은 계획수립의 기초자료로 이용한다. 계획지구의 규모, 특성에 따라 다음의 항목들이 전부 또는 선택적으로 조사되어야 한다.

가. 지역농업조사

1) 지역농업의 개요

- ① 지역에서 농업이 차지하는 위치(산업별 인구 및 호수)
- ② 지역개발의 역사
- ③ 농지의 전용실적

2) 지역개발의 개요

- ① 일반개발의 개요
- ② 농업개발의 계획

3) 지역농업의 현황과 동향

- ① 현 황 : 경영농지면적 상황, 주요 작물 작부 상황, 농작물시장 현황
- ② 농업의 동향

나. 지구농업 구조조사

1) 지구농업의 개요

- ① 수익농가 경지규모별 호수, 전업 또는 겸업별 호수
- ② 경영형태별, 경지규모별 경영규모(답작, 전작, 낙농별로 구분)
- ③ 농업의 경제개황

2) 생산기술

- ① 벼 재배방식 및 재배품종
- ② 밭작물 재배방식 및 재배품종
- ③ 주요작물별 작부체계

3) 토지기반 정비상황

- ① 관리단체(배수)
- ② 유지관리비(배수)

2.8.2 기계·전기·건축 조사

가. 기계조사

- ① 해당 지구의 수리조건, 지형조건에 대한 기전시설물의 설치계획 조사

- ② 배수펌프장 및 배수문 설치 예정지 및 구조형식 조사
- ③ 시설물의 용량에 따른 배치계획, 운전계획, 관리계획 조사
- ④ 기계 형식, 규모 결정 및 개략 공사비 산출

나. 전기조사

- ① 인입선로 조사
- ② 제반 관련법규의 적용대상여부 검토 및 조사(소방설비, 비상발전기 등)
- ③ 입지조건 조사(염해, 뇌해 등)
- ④ 전기실의 배치위치 및 계획검토
- ⑤ 비상전원의 결정(비상발전기 및 예비변압기)
- ⑥ 통신조건 조사
 - 유선 : 인입조건 조사
 - 무선 : 주변지형 조사
- ⑦ 배수장 감시제어시스템 적용사항 검토
 - 제어범위, 제어실, 제어방법 등
- ⑧ 유지관리부서의 의견 조사

다. 건축조사

- ① 지역조건과 건축물 설치에 따른 환경, 조건조사
- ② 배수펌프장 건물 규모결정 및 개략 공사비 산출
- ③ 인근의 유사 시설물과 연계한 유지관리 계획조사

2.8.3 재료 및 품셈 조사

계획대상 지구의 공사에 필요한 재료채취, 현장위치 및 현황, 도로망, 물가, 소요재료 등을 조사한다.

2.9 자료수집

2.9.1 수문자료 수집

(1) 각종 수문관련 현장조사가 끝난 후 대상지구를 정확하게 분석하려면 최대한 현장에서 수문자료를 얻을 수 있어야 한다.

(2) 수문자료는 공공기관에서 제공하는 자료를 기초로 하되 현장에서 얻을 수 있는 홍수흔적, 수해를 입은 사진자료와 해당 날짜의 강우자료, 최근 10년간의 강우사상, 홍수통제소 기록 이외의 해당 기관이나 지정 기록자가 보관하고 있는 수위자료 등을 충분히 얻어야 한다.

(3) 수집한 수문 자료에 대하여 관측이나 기록상의 착오여부, 자료의 동질성, 일관성 및 적합성 등을 검정하고 취사선택하여 자료를 입수 할 수 있어야 한다.

(4) 수집단계에서 관측조건, 관측방법, 지점 주변의 물리적 환경상태와 그 변천까지 조사하여 해당 수문자료가 대상지구 수문분석에 적합한 자료인지를 판단하여 수집하여야 한다.

(5) 기록자료에 대하여서는 오측, 기록의 오기, 정리나 복사시의 오류 등과 같은 우발적 오차, 또는 계통적 오차 외에 결측으로 인하여 기록이 불완전한 경우도 있으므로 직접 이용을 목적으로 한 자료 외에도 어떤 기간의 누계치, 평균치, 극치 등과 같은 자료를 동시에 수집하는 것이 바람직하다.

2.9.2 지적도 및 지적공부 열람

농어촌정비법 제120조에 의해 지적도, 등기부등본, 토지대장을 열람할 수 있으므로, 대상지구에 해당하는 자료를 열람, 복사를 하고 자료를 충분히 확인하여야 한다.

2.9.3 기타자료 수집

- (1) 배수펌프장 공중을 필요로 하는 지구인 경우 기설 시설물에 대하여 기계, 전기 직종 기술자와 사전 충분히 검토를 하여야 하며, 수문분석에 필요한 자료를 요청하여 현장조사에서 충분히 조사될 수 있도록 하여야 한다.
- (2) 현장조사시 조사반은 사업시행예정자와 지역주민들의 의견을 충분히 청취하여 계획에 반영하도록 하며 의견을 서면으로 받을 수 있도록 한다.

2.10 관계기관 및 수혜민 협의

2.10.1 관계기관 의견

사업시행예정자 및 관련기관으로부터 다음 사항에 대한 의견을 조사한다.

- (1) 사업시행에 따른 종합의견을 수렴, 검토한다.
- (2) 사업시행의 절차 및 사업의 성격 등을 구체적으로 설명하고 사업의 특성 및 효과 등을 종합적으로 설명하고 이해시킨다.
- (3) 도 및 관련기관과 면밀히 의견교환을 하고 사업시행상 문제점을 충분히 협의하여 사업이 원활히 진행되도록 한다.

2.10.2 수혜민 협의회

- (1) 현장조사중 검토하지 못한 부분에 대한 의견을 중점적으로 청취한다.
- (2) 사업시행 체계를 비롯하여 사업전반에 관하여 충분히 설명하고 제반여건과 문제점을 도출시킨다.
- (3) 수혜민의 의견을 충분히 반영하여 설계시 상이한 의견개진이나 민원이 발생하지 않도록 해야 한다.

2.11 조사시 유의사항

(1) 기본조사는 시·도지사의 예정지 조사서를 참고하여 구역별로 실시함을 원칙으로 한다. 다만 경우에 따라서는 하천개수, 경리정리, 농촌마을종합개발, 수해대책사업 등 구역이 상이한 지구를 1개 지구로 구성하여 조사할 수 있다.

(2) 기본조사자는 당해 농어촌정비사업에 대한 자원조사가 되어있지 아니한 경우에는 농어촌정비법 시행령 제3조에서 규정하는 농지의 분포상태 및 이용, 마을의 분포 및 인구변동의 추이, 농업생산기반정비, 농지의 경사도, 토양 및 배수상태의 특성, 관광휴양자원, 산업별 배치사항, 산지분포 및 이용, 농어촌 주택의 상태와 이용, 농어촌 경관 등에 대한 조사를 포함하여야 한다.

(3) 기본조사자는 현지 하천관리기관 등 행정기관과 한국농어촌공사 등의 의견을 참고하여야 한다

(4) 경지정리, 농촌마을종합개발사업과 함께 실시하는 것이 사업의 효과를 높이고 농업경영의 합리화에 기여한다고 인정될 때에는 조사를 병행할 수 있다

제 3 장 계 획

3.1 계획의 방침

농지배수계획은 농지배수시설이 갖추어야 할 기본적인 조건과 제원을 결정하는 일이다. 따라서 계획의 목적에 따라 홍수시 배수, 평상시 배수 또는 두 가지를 연계하는 계획을 세울 것인지를 결정한다. 다음에는 침수 원인에 따라 침수 분석 방향을 결정한 후 시행전 침수분석을 실행하여 배수불량 원인을 도출한다.

시행전 침수분석결과 및 내·외수위 관계에 따라 자연배수, 기계배수, 양자를 혼합한 배수 등의 배수방식에 대한 시행후 침수분석을 실시하여 최종적으로 배수방식을 결정한다.

농지배수는 다음 두 가지 목적을 달성하기 위하여 실시한다.

① 매년 홍수시 침수피해가 되풀이되는 지역에 배수시설을 설치하여 농작물 침수를 방지하고 재해를 사전에 예방한다. 홍수시 배수는 지표배수의 주 대상인 홍수피해를 막기 위한 것이다.

② 수렁논 또는 저습답의 지하수위를 저하시켜 영농작업환경 및 작물재배 토양환경을 개선한다. 평상시 배수는 지하배수의 주 대상인 홍수후의 지표잔류수나 토양 중의 과잉수분을 배제하는 것을 말한다.

농지배수의 목적을 달성키 위한 농지배수시설이 갖추어야 할 기본적인 조건에 관한 기준으로서는 다음과 같은 것들이 있다.

- ① 배수 목적에 따라 지표배수, 지하배수 또는 홍수시 배수, 평상시 배수 등
- ② 배수 방식에 따라 자연배수, 기계배수, 기계배수와 자연배수의 조합 등
- ③ 계획기준치로서 계획기준 강우량, 계획기준 홍수량, 계획기준 외수위, 계획기준 내수위, 계획 배수량 등

또한 배수시설의 기본적 제원으로서는 다음과 같은 것들이 있다.

- ① 승수로, 배수로, 배수문, 배수구, 배수펌프장 등 배수시설의 제원
- ② 매립심도, 매립량 등 매립공사 제원
- ③ 기타 시설물 제원
- ④ 지하배수 조직의 제원

3.1.1. 수혜구역의 결정

계획의 대상범위를 결정하는 일은 배수개선의 기술적인 방법, 즉 배수시설의 신설 및 개수 등의 구체적인 수단과 관련되어 있을 뿐 아니라, 그것에 따라 일어나는 결과가 배수계획의 경제적 사회적인 효과에 영향을 크게 미치므로 몇 개의 비교 안을 준비하여 신중하게 검토해야 한다.

일반적으로 배수가 불량한 구역은 그 대상구역 내에 내리는 경우뿐만이 아니라, 그 구역의 외부로부터 유입하는 유입수의 영향을 받는 경우도 많다. 그러므로 외수 유입을 방지하는 방어선을 어디에 설정하는가에 따라 수혜구역의 경계선이 대략 결정된다.

수혜구역의 경계선은 보통 외부로부터 유입수가 이 선을 넘어서 유입하지 못하게 하는 위치를 선택한다. 만약 유입할 우려가 있을 경우에는 그 선에 제방이나 승수로 등을 설치하여 유입을 방지하는 조치를 취한다. 이와 같은 대책을 강구하는 것이 곤란하거나 유입해 오는 외수의 발생구역이 지형상으로나 토지이용상 대상구역과 연속되는 하나의 단지를 구성하고 있는 경우에는 이 둘을 합하여 하나의 단지로서 수혜구역을 정하는 것이 타당하다.

또 지역의 배수개량에 따라 하류부 배수상황에 미치는 영향을 고려하여 판정되지만 만약 배수상황이 악화되는 경우에는 대책을 강구해야 한다. 또, 이 같은 조치로 하류부에 배수개량에 따른 어떤 이익이 발생할 경우에는 이 부분도 수혜구역으로 포함하는 것이 타당하다.

이와 같이 지역전체의 배수효과가 높아지도록 구역을 설정하는 것이 계획구역의 범위를 결정하는 원칙이지만 배수에 관해서는 과거부터 관행이 성립되어 있는 것이 많아서 탁상에서의 생각대로 배수계획을 세울 수 없는 경우가 많다. 종래의 관행을 변경할 경우에는 대상지에서 조정을 충분히 하고 부과금(賦課金)이 있을 경우 그 부담 방법, 사업완료 후 지구의 운영방법 등도 충분히 고려하여 수혜지역을 결정하는 것이 중요하다.

3.1.2. 수혜구역 안에서의 배수계통의 결정

수혜구역은 내부의 배수계통에 따라 여러 개의 블록(block)으로 나뉜다. 현재의 배수계통은 대부분의 경우, 그 지역의 자연적, 사회적인 조건에 따라 조직화되어 왔기 때문에 그 배수계통에 맞게 내부의 블록을 분할할 수 있다. 그러나 조건에 따라서는 유역변경 또는 배수관행의 변경 등을 실시하여 배수계통을 변경하는 것이 더 좋은 효과를 가져오는 경우도 있으므로 내부의 블록 분할이나 배수계통 결정 시에는 충분한 검토가 필요하다.

전작, 답리작(畓裏作), 논전환 밭에서는 침수시간이 최소화되도록 하여야 하고, 도시화가 발전함에 따라 유역의 지목(地目)이 변화하고 있는 지구는 유출물의 증대, 홍수도달시간의 단축 등으로 유출량에 변화가 생긴다. 그 때문에 도시하수(都市下水)나 오탁수(汚濁水)가 농업용 배수로에 유입하거나, 택지나 도로의 조성으로 배수 불량한 농지가 발생하는 지구, 지반침하(地盤沈下)로 인하여 배수불량 농지가 발생하는 지구, 외수의 영향으로 담수가 발생하는 지구 등은 배수계통을 재검토할 필요가 있다. 이와 동시에 도시하수도계획과 같은 타 사업과 공동시행을 해야 할 필요성이 있거나, 그렇게 함으로서 유리한 점이 있는지 유무와 주변지역을 포함한 개발구상과도 비교하여 폭 넓은 관점에서 다각적으로 계획의 내용을 검토해야 한다.

블록의 분할이 가장 명확한 형태로 나타나는 것은 수혜구역이 자연배수 블록과 기계배수 블록으로 나누어지는 경우이다. 또 구역 내에 몇 개의 배수장(排水場)이 설치되는 경우에도 각 배수장의 담당구역이 분할된다. 약간 특수한 경우로는 담수가 수혜구역의 가장 낮은 부분에 과도하게 집중되는 것을 방지하기 위하여 지형에 따라 적당한 블록을 만들어서 각 블록마다 일시적으로 담수를 분담하도록 계획하는 경우도 있다. 어느 경우이건 블록의 분할방법과 배수계통을 조합하는 방법에 따라서 수혜구역 안에서의 배수상황은 크게 영향을 받게 되므로 몇 개의 비교안을 세워서 검토한다.

또 블록의 분할이나 배수계통을 평상시와 홍수시에 따라 바꾸는 것이 좋은 경우도 있으므로, 이 점에 대해서도 검토할 필요가 있다. 예를 들면, 가늘고 긴 수혜구역의 기계배수이면 홍수시에는 상류부와 하류부로 나누어 별개로 배수하는 편이 유리하지만 평상시에는 하류부에 있는 배수펌프만을 운전하여 상·하류부를 통합하여 배수하는 것이 유리한 경우가 많다.

3.1.3 배수구 위치결정

수해구역의 배수가 잘 되고 안 되는 것은 배수구가 그 기능을 다하고 있는가에 달려있는 경우가 많다. 배수구의 기능은 무엇보다도 그 위치의 조건에 좌우된다. 그러므로 배수구 위치는 주의 깊게 결정하여야 한다.

배수구는 보통 지구내의 가장 낮은 장소나 그 부근을 선택하게 된다. 한편 외부에 대해서는 배수본천에 가급적 가깝고 배수본천의 수위가 낮은 곳이라야 한다. 이 경우에 배수본천의 계획외수위가 배수구의 위치를 결정하기 위한 기준으로 사용된다.

배수구의 위치가 부적당하여서 외수위가 높아 담수가 생기는 경우에는 배수구의 위치를 하류 쪽으로 옮겨서 외수위를 낮추는 방법을 검토해 본다. 이때는 수로의 신설에 필요한 공사비 및 용지매수문제를 병행하여 고려해야 한다.

배수구 위치의 이전이 어려울 경우는 수문의 설치나 기계배수 채택 여부를 검토한다. 배수구의 수문은 반드시 하나가 좋다고 말할 수 없다. 평상시와 홍수시의 내외수위차는 여러 가지 양상을 나타나므로 몇 개의 안을 세워서 검토해 보도록 한다.

자연 배수구의 위치와 구조를 결정할 경우에 생각해 두어야 할 다른 한 가지 요건은 배수구나 그 방수로에 토사의 퇴적이 발생하여 통수(通水)를 저해하는 현상이다.

기계배수의 경우는 배수구 근처에 유수지를 설치할 수 있으면 시설의 규모를 축소할 수도 있고 배수관리를 쉽게 하는데 도움도 된다. 그러므로 배수구의 위치를 결정할 때는 유수지의 설치 가능성을 검토하여 만약 유수지 설치가 가능하다면 이것과 관련하여 배수구의 위치와 규모를 정한다.

또 배수구의 위치는 기초지반이 연약한 곳을 피하고 침투수에 대하여 안전한 곳을 택할 것이며, 외부 하천에서 풍파(風波)나 조석류(潮汐流) 등의 충격을 적게 받는 곳을 선정해야 한다. 특히 태풍에 주의해야 한다.

3.1.4 배수로의 배치

배수로의 배치는 계획구역 내외의 지형, 배수의 목적 및 배수방법 등에 따라 다르게 되므로 이들 사항을 충분히 고려한 후 수해구역의 실정에 맞게 결정한다.

간선배수로의 노선은 집수(集水)를 좋게 하기 위하여 가급적 저위부(低位部)를 통과하도록 하면서 집수 된 물을 짧은 거리로 배수구에 보내도록 배치하는 것이 유리하다. 그러나 지구내의 블록 분할, 배수계통, 배수구의 위치 등과 밀접한 관계를 가지고 있기 때문에 이것들과 연관시켜서 결정해야 한다.

현재 배수계통의 배수노선은 보통 계획구역의 자연적, 사회적 조건에 따라 만들어진 것이므로 계획노선을 선정할 때는 먼저 현 노선의 이용을 고려하여 보는 것이 좋다.

3.2 농지배수 방식

일반적으로 농지의 배수는 먼저 홍수시 발생한 지표의 과잉수를 지표배수 시키고, 다음에 지표의 잔류수와 토양 중에 있는 과잉수를 지하배수 시킨다.

자연배수와 기계배수방식을 결정할 때는 지표배수와 지하배수를 서로 연관해서 계획해야 한다. 또한 현황조사 결과 및 침수분석에 의하여 판명된 배수불량의 원인과 그 상황을 기초로 하여 먼저 자연배수의 가능성을 검토하고, 그것이 곤란한 경우에는 수해지역의 전부 또는 일부에 대하여 기계배수방식을 선정한다.

홍수시 배수는 호우(豪雨)나 융설(融雪)에 의한 하천범람이나, 포장(圃場)의 담수를 배제하여 농작물의 담수피해를 적게 하고, 농지의 생산력을 안정시킴과 함께, 주민의 생활환경을 좋게하여, 토지이용의 고도화를 도모한다. 이 때문에 홍수시 배수에서는 호우시(豪雨時)와 같은 비상시의 배수를 대상으로 계획을 세운다.

농지배수는 도시배수와 달리 지표부근의 지하수를 제어해야하는 특징이 있다. 평상시 배수에서는 포장의 지하수위를 제어함으로써, 토양의 물리적, 화학적 성질을 개량하고, 농작물 뿌리의 생육환경을 좋게하고, 토지생산력을 증대시킴과 함께 농작업(農作業)의 노동환경을 좋게하여 노동생산성을 향상시킨다. 이 때문에 평상시 배수에서는 일상적으로 흔히 내리는 강우나 지하유출, 관개용수나 택지 등으로부터의 유출수 등을 대상으로 계획을 세운다.

자연배수는 기계배수에 비하여 시설 설치비와 유지관리비가 적어도 되므로 자연배수를 우선적으로 계획한다. 배수방식을 결정할 때는 지구내 외의 여러 가지 조건들을 고려하여 지역적으로나 시간적으로 최대한 자연배수를 할 수 있도록 잘 검토해야 한다. 이것은 평상시 배수나 홍수시 배수나 동일하다.

자연배수의 가능성을 검토한 결과 자연배수가 불가능하거나 또는 현저하게 불리한 부분이 있을 경우에는 이것을 분할하여 그 부분에 대하여 기계배수를 실시한다. 또 어떤 기간에 걸쳐 자연배수가 불가능할 경우에는 자연배수와 기계배수를 병용(併用)할 수 있도록 계획하는 것이 좋다.

대상지역내의 과잉수의 집적은 그 지역의 강우특성과 지역특성에 관계되므로 단순하지 않다. 일반적으로 지표수는 유출과 정체에 따른 시간이 지하 정체수에 비하여 빠르고, 지표잔류수는 작물에 주는 피해가 지하 정체수에 비하여 크다. 그러므로 배수 계획에서 배수량과 배수위가 중요한 요소가 된다.

과잉수의 배제는 지표배수와 지하배수로 분류되는데, 지표수와 지하 정체수는 서로 관련이 있으므로 엄밀하게 양자를 구별한다는 것은 어렵다.

3.3 홍수시 배수와 평상시 배수

3.3.1 홍수시 배수와 평상시 배수의 개념

홍수시는 평상시에 비하여 유량이 크고 배수의 비율이나 양상이 전혀 다르므로 농지배수에서는 기본방침 뿐만이 아니고, 계획의 기준도 평상시와 홍수시에 서로 다르게 해야 한다.

우리나라의 배수사업은 이제까지는 배수가 나쁜 저지대(低地帶)의 논지대가 대상이었기 때문에 홍수시의 배수를 주 대상으로 하였다. 요즈음에 들어서는 밭 전환 등 농지의 범용화(汎用化)가 증가하였으므로, 앞으로의 농지배수는 토지의 고도이용, 생산성의 향상, 물의 합리적 이용 등을 도모하기 위하여 홍수시 배수와 평상시배수를 함께 검토할 필요가 있다. 일반적으로 홍수시와 평상시의 배수계획은 각각 다른 계획기준치에 의하지만, 배수계통이 같기 때문에 양자의 계획은 배수시설물을 공용(共用)으로 하는 일이 많으므로, 양자가 잘 만족할 수 있는 계획을 수립해야 한다.

3.3.2 홍수시 배수

홍수시 배수는 계획기준 강우에 의해 내부유역에서 발생하는 유출수를 계획 기준 외수위 조건하에서 가능한 한 수해구역 내에 담수하지 않고 빨리 배수할 수 있도록 계획한다. 다만, 수해구역 내에 재배되는 작물이 담수를 허용하는 작물인 경우에는 피해정도를 감안하여 어느 정도는 담수하게 할 수 있다.

과거에는 수해지역 내에 재배되고 있는 작물이 논벼 등과 같이 담수를 어느 정도 허용함으로서 허용담수위(許容湛水位)까지 지구 내 담수를 하여 배수시설규모를 작게 계획하려고 하였지만, 앞으로는 논의 범용경지화(汎用耕地化)가 필요함으로 침수시간이 최소화되도록 하는 배수계획이 필요한 경우가 생기게 된다.

홍수시 수해구역 내에 담수가 일어나는 원인으로서는 과잉수(過剩水)와 배수불량을 생각할 수 있다. 과잉수는 호우에 의한 것과 지표수로서 유입하는 외수 등이 있다. 외수로서는 인접 고지대(高地帶), 택지로부터의 유출수, 관개용수, 배수본천으로부터의 역류수(逆流水), 배수본천 제방으로부터의 침투, 누수(漏水) 등이 있다. 또 현재 상황에서 과잉수를 배제하지 못하는 이유로서는 내·외수위차의 부족, 배수구의 협소, 배수펌프의 배수능력부족, 배수관행에 의한 배수량 억제에 따른 배수구의 배수능력 및 통수능력 부족, 취입보(取入洩) 및 제수문에 의한 인위적 통수 장애(障害) 등이 있다.

배수계획에서는 외수의 유입방지와 내수의 배수촉진 및 구역내의 유수 억제에 의하여 과잉수가 국소적(局所的)으로 집중하지 않도록 한다.

따라서 배수계획을 세울 때는 위와 같은 배수불량 원인에 유의하여 지구 사정에 합치되는 계획이 되도록 하여야 하며, 다음과 같은 방법으로 홍수배제계획을 수립한다.

먼저 계획 대상 내부유역에서 수해구역으로 유입하는 유량은 설계기준강우량을 사용하여 홍수유출량계산 방법에 의해 계산한다. 수해지역 내부에서 물의 저류현상(貯溜現象)을 고려하지 않을 경우, 예를 들면 승수로를 설계할 때는 첨두유량(尖頭流量)을 구하고, 이것을 사용하여 배수(背水)해석 또는 수로단면설계를 한다.

수해구역 내부에서 물의 저류현상을 고려해야 하는 경우, 예를 들면 배수구나 배수펌프계획을 할 때는 유입수문곡선(流入水文曲線)을 구해야 한다. 이 경우에 유입수문곡선과 배수구의 배출량에 따르는 유·출입과 저류(貯溜)를 고려하여 담수해석을 하든지 내수위의 변동 추이(趨移)를 계산한다. 그리고 이렇게 계산된 내수위가 계획내수

위를 초과하는지 어떤지를 검사하여 배수계획의 결과를 판정한다.

담수해석에서 설계강수량, 계획기준 외수위 및 계획기준 내수위는 모두 배수시설의 규모를 결정하는 데 영향을 크게 끼치는 중요한 인자들이다.

홍수시 배수에서는 특히 계획기준 내수위를 결정하는 방법이 배수사업의 소요경비와 담수피해액(즉, 배수개량으로 얻는 편익(便益))을 결정하는 중요한 인자가 된다. 계획기준 내수위를 어떻게 결정하는가는 지구내의 토지이용상황에 따라 달라지므로 홍수시 배수계획의 규모도 토지이용상황에 따라 달라지게 된다. 이와 같이 토지이용과 배수는 서로 밀접한 관계가 있으므로 토지이용계획(논의 밭 이용을 포함한다)과 배수계획(하위의 배수계획과의 적합성을 포함한다)을 서로 연관시켜 계획하여야 한다.

3.2.3 평상시 배수

평상시 배수는 지하수유출, 농지로부터의 배수, 주택지로부터의 배수 등을 포함한 배수량을 계획기준 외수위 내에서 정상적으로 수혜구역 밖으로 배제할 때 배수로수위가 계획기준 내수위를 유지하도록 계획해야 한다

평상시에는 수혜구역 안에 있는 배수로의 수위를 필요에 따라 여러 가지 수위로 조절한다. 그러므로 조절 수위를 어디까지 내릴 것인가를 주안점으로 하여 배수계획을 작성해야한다.

평상시에는 배수로의 수위나 유량이 계절에 따라 변동하는데, 평상시 배수계획을 수립할 때에는 지구내의 지하수위를 가장 낮게 유지하고 싶은 시기(예를 들면 논에서는 비관개기)의 평균적인 상황을 고려하여 계획기준치를 선정한다.

평상시 배수량은 원칙적으로 실측에 의해 구하고, 논 지대에서는 관개기와 비관개기로 나누어 검토한다. 비관개기의 평상시 배수량은 주로 지하배수에 적합한 배수로 바닥높이를 설계하기 위하여 사용하며, 관개기의 평상시 배수량은 주로 펌프의 대수(臺數)를 산정 하는데 이용한다.

일반적으로 평상시 배수량은 일평균 배수량을 실측하여 그 도수분포도를 작성하고, 일정기간 내에 가장 많은 빈도(頻度)로 출현하는 배수량을 찾아서 이를 평상시배수량으로 한다. 그러나 계획초기나 자료가 적은 경우에는 관개기 $0.2 \sim 0.5 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$, 비관개기 $0.05 \sim 0.1 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 의 범위에서 적당하다고 생각되는 값을 선정하여도 좋다.

평상시 배수계획에서는 수해구역 내의 전지역에 걸쳐서 배수로의 수위를 요구되는 높이로 유지할 것을 목표로 정하여 배수로 내의 정상류에 대해서 수리계산을 하고, 배수로의 단면과 수로의 바닥높이를 결정한다.

평상시 배수의 계획내수위는 지구내의 암거배수와 밀접한 관계를 가지고 있으므로 평상시 배수계획을 수립할 때는 지구내의 지하배수계획과 연계가 잘 되게 하는 것이 중요하다.

3.4 자연배수와 기계배수

3.4.1 내수위와 외수위의 관계

농지배수계획을 수립할 때 내수위와 외수위의 조건에 따라 자연배수와 기계 배수방식이 결정된다고 할 수 있으므로 이에 대하여 신중히 검토하여야 한다.

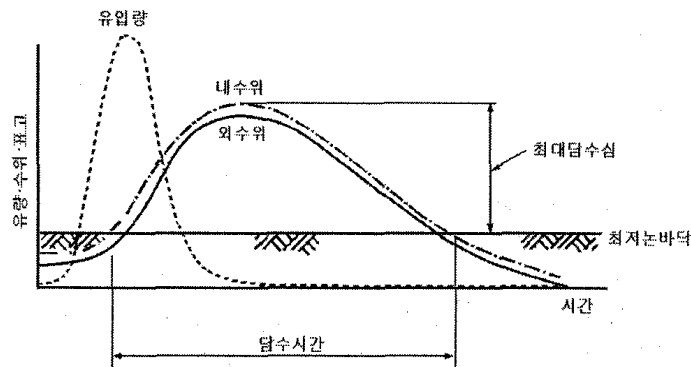
평상시의 배수에서 발생하는 내수위는 외수위에다 지구 내로부터 물이 배수될 때, 수로나 수문 등에 의하여 생기는 흐름의 손실수두(損失水頭)를 합한 것이다. 그러나 홍수시 배수의 내수위는 앞의 내수위에 지구내의 저류에 의해 일어나는 담수심을 가산한 것이 된다. 이 담수심은 시간에 따라 변화하므로 내수위가 어디까지 상승하는가를 알기 위해서는 담수가 시작되기 전부터 내외수위가 어떻게 변해 가는가를 추적해야 한다.

내외수위 관계는 배수의 조건에 따라 여러 가지 형상으로 나누어진다.

지구내의 최저답고를 기준으로 하여 최고외수위를 H_0 , 최고내수위를 H , 허용담수심을 H_a , 담수시간을 T , 허용담수시간을 T_a 로 하면

가. $H_0 \leq H, H \leq H_a, T \leq T_a$ 인 경우

이 경우는 최고내수위가 최고외수위 보다는 높고, 허용담수심 보다 낮으며, 담수시간이 허용담수시간보다 짧을 경우이다. 그 때의 수위관계는 [그림 3.1]과 같으며 이 경우에는 배수문이나 배수펌프가 불필요한 자연배수가 가능하다.

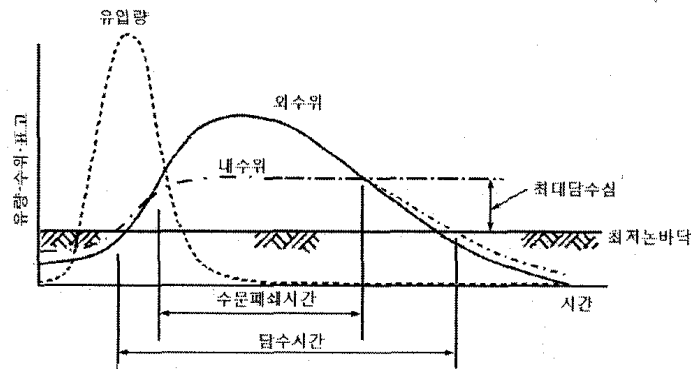


[그림 3.1] 자연 배수시의 내외수위 관계

나. $H_o \geq H$, $H \leq H_a$, $T \leq T_a$ 인 경우

외수위가 내수위보다 높아 제방을 설치하여 외수위의 유입을 막고 배수구에 역수문(逆水門)을 설치하여 외수의 역류를 방지하면서 자연배수를 하는 경우는 그 내외수위 관계가 [그림 3.2]와 같아진다.

이 경우 외수위가 내수위보다 높은 기간 동안은 수문이 닫혀 있으므로 내수위를 저하시킬 수가 없다. 만약 최대담수심이 허용담수심(범용경지화의 경우 최저 경지면 표고)을 초과할 경우에는 자연배수가 불가능하다고 판정되므로 기계배수를 고려한다.

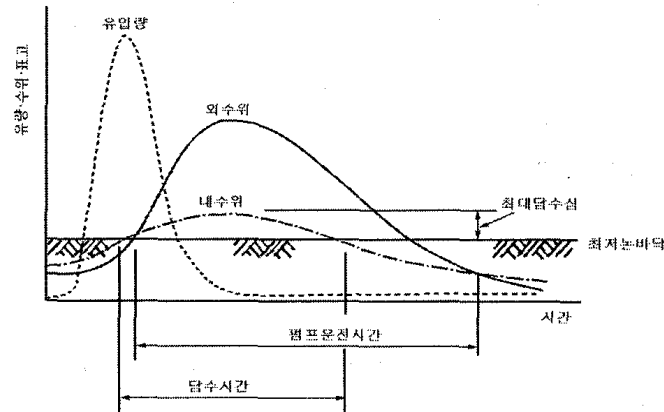


[그림 3.2] 배수문 배수시의 내외수위 관계

다. $H_o \geq H$, $H > H_a$, $T > T_a$ 인 경우

기계배수를 채택하면 수문이 닫혀 있는 동안에도 배수펌프로 지구내의 물을 배출시키므로 내수위를 내릴 수가 있다. 기계배수를 하는 경우의 내외수위 관계는 [그림

3.3]과 같이 된다.



[그림 3.3] 기계배수시의 내외수위 관계

이와 같이 내·외수위 관계는 지구에 유입하는 유입량과 외수위, 그리고 그 외의 지구로부터 유출되는 배수량에 따라 영향을 받는다. 결국 배수계획은 이 배출을 어떻게 할 것인가를 결정하는 것이 주된 일이라 할 수 있다.

그리고 내수위의 변동은 담수를 일으키는 지구내의 지형에 따라 좌우되므로, 내외수위관계를 추적하자면 앞에서 언급한 인자 외에 지구내의 담수위와 담수면적관계를 파악해 두어야 한다.

3.4.2 자연배수

자연배수는 배수문 신설 및 확장, 문비설치 및 개량(전동화), 승수로 설치, 매립복토 등에 의해 과잉수를 배제하는 방식이다. 자연배수방식을 선택할 경우는 안전성에 대하여 신중히 검토해야 한다. 따라서 자연배수에서 계획외수위의 결정은 확실한 자료에 기본을 두고 해야 한다.

일반적으로 자연배수는 경제성은 우수하지만 배수를 자연기울기에 의존하여 실행해야 하기 때문에 안전하게 대처할 수 있는 배수조건의 폭이 비교적 좁다. 따라서 계획을 작성할 때 미리 예상하여 결정한 배수조건이 크게 바뀔 염려가 있을 경우, 예를 들면 배수구가 퇴사(堆砂)로 막히기 쉬운 경우에는, 이것에 대응할 수 있는 확실한 대책을 강구해 두어야 한다. 만약 안일하게 자연배수를 채택하면 오히려 결과가 불리하

게 되는 수가 있다. 자연배수의 효과에 대해 불안감이 남아있을 때는 그 안전성에 관하여 신중하게 검토해야한다.

자연배수의 안정성을 좌우하는 가장 중요한 요소는 외수조건(外水條件)과 배수구이다. 자연배수의 배수량은 개수로 흐름의 경우 내·외수위 차의 평방근에 비례하며, 자연배수 시에는 내외수위차가 작아도 배수량에는 큰 변화를 주는 일이 많다. 그리고 외수위의 상승은 거의 그대로 내수위의 상승으로 연결된다. 따라서 자연배수에서 계획외수위는 확실한 자료에 기초를 두어 결정하는 것이 중요하다.

배수구의 크기와 구조도 배수량에 직접 영향을 미치므로 중요하다. 특히 담수해석에 의하여 내수위를 설정하는 경우에는 배수구의 수리특성, 예를 들면 수문의 유량계수(流量係數)와 개폐도 등이 최고 내수위를 좌우하는 중요한 인자가 된다.

자연배수에서 담수해석에는 다음 4종류의 자료가 필요하다.

① 유입량(Q) 수문곡선

이것은 보통 내부유역의 강우량에 대하여 수문학적 유출해석을 하여 얻는다.

② 담수위(h)와 담수면적(A)의 관계 즉 $A=f(h)$

담수면을 수평으로 간주하고, 수해지역의 등고선 분포를 분석하여 얻는다.

③ 외수위(h_1) 수문곡선

이것은 배수본천의 수문조사로 얻을 수 있다.

④ 배출구에서의 내외 수위차($h-h_1$)과 배수량(q)과의 관계

이것은 배수구의 수리특성 $q_t=f_1(h-h_1)$ 에 의해서 얻는다.

이상의 Q, h, h_1 은 모두 시간 t의 함수이므로 다음 연속방정식이 성립한다.

$$\frac{dh}{dt} = \frac{Q(t) - q(t)}{f(h)}$$

t=0 일 때 Q, h, h_1 의 값을 주어서 이 방정식을 풀면 담수위(h)를 구할 수 있다. 방정식의 해법에는 도식해법 또는 수치해법(Runge-Kutta법, Runge-Kutta-Gill법, Milne법 등) 등이 있다.

자연배수계획은 결국 배수구의 규모와 구조를 결정하는 것이 주 목표가 될 경우가 많다. 따라서 설계강우량과 계획기준 외수위 하에서 여러 가지 크기의 배수구를 가정하여 앞에서 언급한 담수해석을 하여, 그 결과로 얻은 최대 담수위가 허용 내수위를 초과하지 않도록 배수구의 규모를 결정한다.

자연배수방식은 사업비 및 유지관리사업비가 저렴한 반면 이상 강우에 의한 홍수량

증가시 피해발생 우려가 높기 때문에 무리하게 자연배수계획으로 유도해서는 안된다.

자연배수로 계획수립하는데 필요한 기본 인자는 ①내용적 ②홍수량 ③외수위 ④배수구 지점의 제원 등이며 배수감문 능력검토를 위한 전산프로그램(예를 들어 농어촌공사의 'GATE')를 이용하여 문비가 있는 경우 및 없는 경우 등의 해석이 가능하다. 특히 분석에 적용할 외수위는 자연배수방식의 채택으로 인하여 예상되는 문제점 등을 고려했을 때 배수에 최대의 악조건이 되는 시기의 외수위를 선정하여 초기 외수위로 해야 한다.

3.4.3 기계배수

기계배수는 자연배수에 비해 설치비와 유지관리비용이 과다하고 유역이 큰 경우에는 초기투자비가 너무 커진다. 그러므로 자연배수가 불가능할 경우의 대안으로 이 방식을 선택하며, 이러한 경우 경제성과 유효성을 비교하여 결정해야 한다.

기계배수는 동력을 이용하여 과잉수를 배제하는 것이므로 이론적으로는 이것으로 광범위한 배수개선을 수행할 수 있을 것이다. 그러나 실제로는 비용과 편익의 균형 문제 때문에 사용할 수 있는 배수펌프용량은 제한되고, 배수효과도 그것에 따라 한정된다. 기계배수는 자연배수에 비하여 많은 시설비와 유지관리비를 필요로 하므로 그 비용과 그것으로 얻어지는 편익과의 균형에 대하여 깊은 주의를 기울여야 한다. 이 균형은 일반적으로 배수펌프의 용량을 어떻게 정하는가에 따라 좌우된다. 따라서 기계배수를 계획할 때 배수펌프용량의 결정은 기계배수의 채택에 대한 가부와 함께 가장 중요한 작업이다.

기계배수를 적용코자 할 때는 우선 이것이 없을 경우에 생기는 담수피해를 추정하고, 기계배수로 그 피해를 제거할 수 있다는 것을 증명하고, 이 밖에는 더 효과적인 방법이 없다는 것을 명시해야 한다.

그리고, 피해를 제거하는데 필요한 배수펌프 용량을 명시한다. 이와 같이 하여 기계배수의 유효성과 규모를 나타낸 다음에 배수계획을 작성하는 세부작업을 진행한다. 기계배수는 그 시설의 성질상 배수능력의 상한(上限)이 뚜렷이 나와 있고 여유가 없다. 그러므로 계획기준을 초과하는 큰 강우가 있을 경우에 그 시설이 어떻게 자신의 역할을 달성할 것인가에 관하여서도 생각해 두어야 한다. 또 예기치 않은 사고로 동력원이 절단되는 경우의 취급에 대해서도 계획단계에서 고려해 두어야 한다.

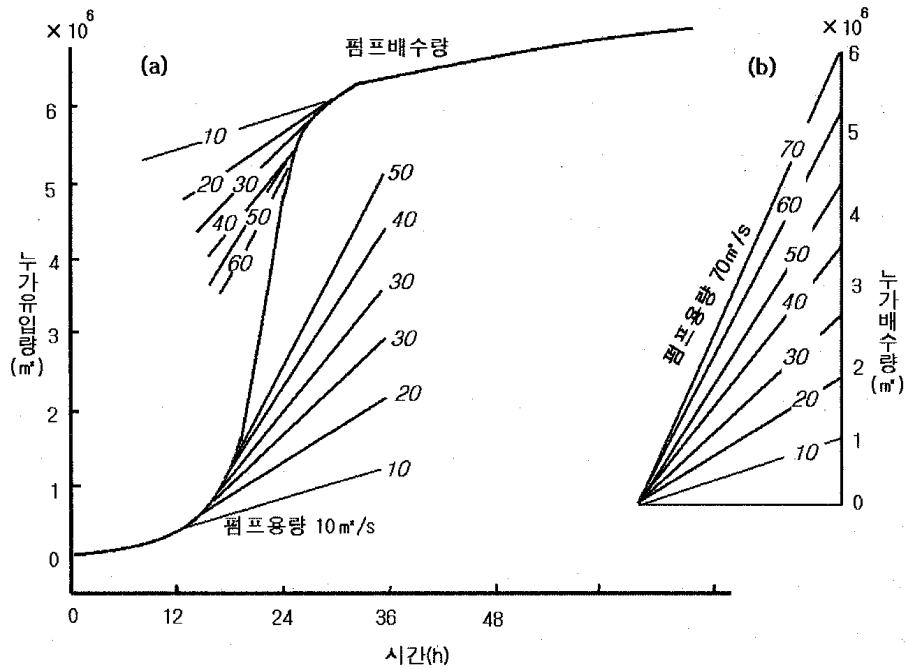
기계배수는 자연배수와 달라서 동력으로 내수를 배제하기 때문에 수혜구역의 과잉수가 배수펌프장으로 집수되는 유량과 배수펌프에 의해 지구 밖으로 배제되는 배출량 사이에 정확한 균형이 이루어지기 힘들고, 구역내의 상류부와 중류부에 상당한 담수가 남아있는 데도 불구하고 배수펌프 흡수조(吸水槽)의 수위가 저하하여 배수펌프의 운전을 계속할 수 없게 되는 일이 있다. 이와 같은 현상을 일으키지 않고 배수펌프의 배수능력을 최대한으로 발휘케 하려면 구역내의 물이 지체 없이 흡수조에 모일 수 있도록 충분한 통수능력을 가진 배수로로 배치해야 한다. 간선배수로에 어떤 통수능(설계수위와 설계유량)을 부여할 것인가는 배수펌프용량의 결정과 더불어 기계배수 계획에서 중요한 사항이다.

그밖에 배수펌프의 운전조작을 원활하게 하기 위하여 흡수조와 가까운 곳에 유수지를 설치하여 될 수 있는 대로 충분한 저류수면(貯溜水面)을 확보해 두어야 한다. 특히 이단(二段)배수를 계획하는 경우는 상류와 하류의 배수펌프를 연결하는 수로의 손실수두를 고려함과 동시에 그 사이의 저수용량을 충분히 확보해 두어야 한다.

배수펌프 용량을 결정하려면 자연배수에서와 같이 담수해석을 해야 한다. 다만 이 경우에는 자연배수 시에 이용했던 내·외수위차($h - h_1$)와 배수량(q)의 관계 대신 배수펌프의 전양정(全揚程)과 배출량(排出量)의 관계를 나타내는 배수펌프 특성곡선(特性曲線)을 이용하게 된다. 그런데 계획 당초에는 배수펌프의 특성곡선을 예측하기가 곤란하기 때문에, 처음에는 배수펌프의 특성을 무시하고 내외수위차의 변화를 고려하지 않은 채 계획을 진행해도 좋다. 즉, 실제 내외수위차의 변화에도 불구하고 배수펌프는 일정량의 표준 배출량을 계속 배출하는 것으로 가정하여 담수해석을 하는 것이다. 이 경우에는 외수위(h_1)는 관계가 없고, 배수량(q)이 일정하기 때문에 연속방정식의 해법은 간단하게 된다. 또 배수펌프의 용량을 구하려면 직접 방정식을 풀어서 담수위(h)의 변동을 구할 필요 없이 다음과 같은 약산에 따르는 것이 더 좋다.

[그림 3.4(a)]와 같이 유입량의 누가곡선(a)의 상부와 하부에서 배수펌프의 배출량에 대응하는 누가배출량곡선(累加排出量曲線)(b)에 평행한 점선을 그으면 각각의 배출량에 대응하는 두 점선간의 연직거리가 최대담수량을 나타낸다. 이와 같이 하여 배출량과 최대담수량의 관계를 구한 후 이들을 [그림 3.4(b)]의 점선과 같이 나타낸다. 한편 수혜구역의 지형에서 담수량과 담수위($V \sim H$ 곡선)관계를 구할 수 있으므로 이것을 [그림 3.4(b)]의 실선과 같이 나타낸다. 여기서 주의하여야 할 것은 담수위~담수량곡

선의 기준표고이다. 양자의 관계는 이 기준표고에 따라 변화한다. 기계배수계획의 경우는 배수펌프의 초기 흡수위를 기준표고로 해야 한다.



[그림 3.4(a)] 유입량, 배출량, 담수량의 관계

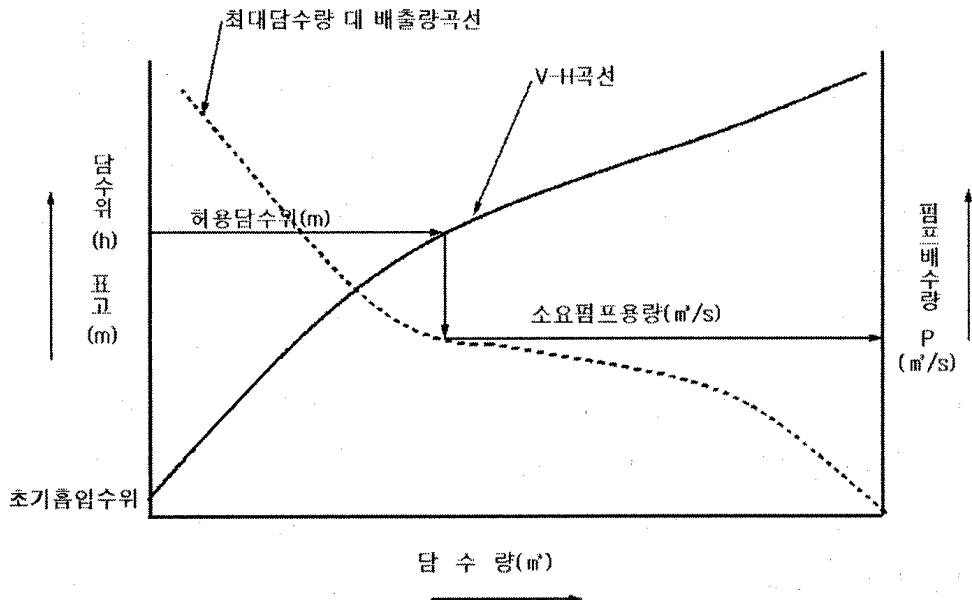


그림 [3.4(b)] 유입량, 배출량, 담수량의 관계

그렇게 해서 [그림 3.4(a)]에서 두 개의 곡선이 그려진 후 왼쪽의 허용담수위에서 출발한 화살표를 따라가면 오른쪽에서 허용담수위에 상응하는 배수펌프용량을 개략적으로 구할 수 있다.

앞에서 언급한 바와 같이 배수펌프의 초기흡수위는 배수펌프의 용량에 영향을 줄 뿐 아니라, 평상시배수에서 배수위를 좌우하는 중요한 항목이다. 따라서 기계배수계획을 세울 때는 여러 가지 흡수위에 대하여 비교·검토해야 한다.

기계배수에서 또 하나 중요한 사항은 과잉수의 배제에 소요되는 시간이다. 이것은 배수펌프의 운전조작과 배출량의 변동에 따라 좌우되므로 배제시간을 구할 때는 배수펌프의 대수비율(臺數比率)과 배수펌프의 특성을 고려한 담수해석이 필요하다. 다만 계획의 당초부터 정밀한 담수해석을 실시할 필요는 없고, 초기에 누가유입량을 배수펌프용량으로 나눈 값을 가지고 대략의 배제시간을 추정하여 계획을 진행하고, 어느 정도 계획이 고정된 단계에서 컴퓨터 등을 이용하여 담수해석을 하고, 담수위의 변동을 명백히 하여 배제시간을 추정하는 것이 좋다.

컴퓨터를 이용하는 담수현상의 시뮬레이션은 배수펌프의 운전조작계획을 수립하는데도 도움이 된다. 이 목적을 위해서는 단지 설계강수량과 외수위 뿐만이 아니고 그 밖의 광범위한 환경조건에 대해서도 어떻게 대응하는가를 검토하고 운전방법을 결정한다.

기상정보에 의해 큰 비가 올 것이 예상되는 경우에는 사전에 배수펌프의 운전을 시작하여 미리 내수위를 내려놓는 예비운전을 하는 경우가 있다. 배수계획의 초기단계에서 예비운전을 고려하는 것이 반드시 필요하지는 않지만 그 가능성을 검토해 보는 것도 좋다. 예비운전의 효과를 높이는 데는 배수펌프의 흡수조 부근에 높은 저류수면이 있어야 한다.

기계배수를 결정하는데 있어 배수갑문 능력검토를 위한 전산프로그램을 이용할 수 있다. 이 프로그램을 이용하는데 필요한 기본자료는 ① 내용적(표고별 내용적), ② 시간별 홍수량(FAS, HEC-1), ③ 외수위 (하천등급별 계획홍수위 및 조위), ④ 기설배수구의 시설제원 및 sill 표고 등이다.)

[참 고 1] 기계배수시 담수해석 순서

조사계획의 최종단계에서 배수펌프용량을 결정할 때의 담수해석은 본문에서 언급한 배수펌프용량의 개략 값을 기본으로, 반복계산을 하여 가장 적합한 것을 구한다. 이 계산에 컴퓨터를 이용하면 편리한데 정리하는 방법을 설명하면 다음과 같다.

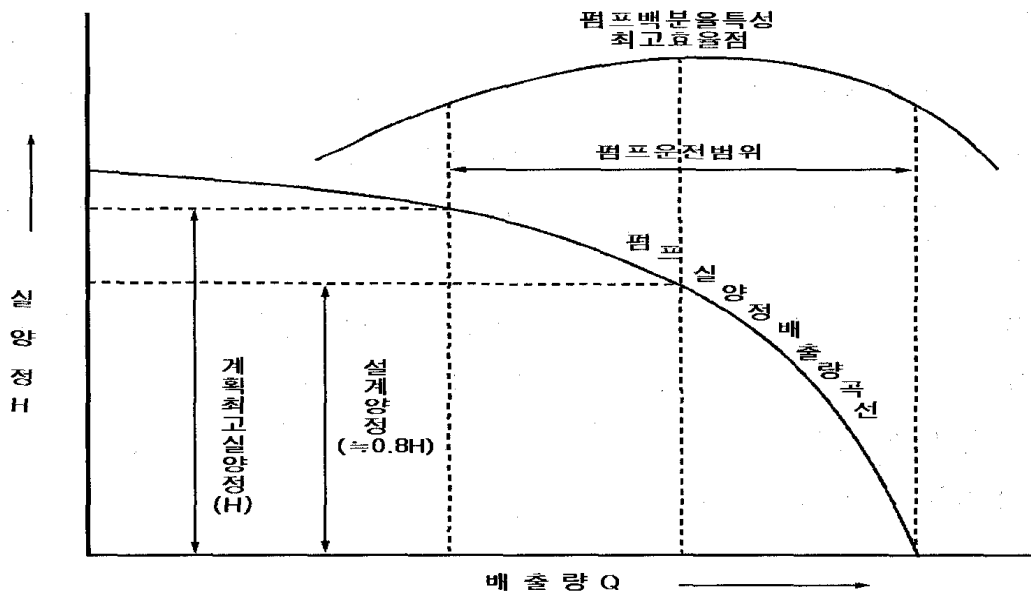
1. 배수펌프 설계양정

배수펌프의 설계양정은 다음의 방법으로 결정한다.

- ① 실양정 = 계획배출수위 - 초기흡입수위(배출수조가 있는 경우)
- ② 설계점 실양정 = 실양정 × 80%
- ③ 계획 내 · 외수위차

이상 ①, ②, ③ 등의 결과를 토대로 경제적인 규모로 결정해야 한다.

다만, 배수펌프의 효율은 양정에 따라 좌우되지만 기계배수 시 짧은 시간 동안만 나타나는 계획최고양정을 설계양정으로 하는 것은 비경제적이기 때문에 일반적으로는 최고 실양정 보다 작은 값(약 80% 정도)을 설계양정으로 하는 것이 타당하다. 이 관계를 그림으로 나타내면 [그림 3.5]와 같다.



[그림 3.5] 계획실양정과 설계양정

2. 담수해석

“1”에서 결정된 양정의 배수펌프에 대해서 담수해석을 하고, 내수위를 체크하여 내

수위의 최대치가 계획내수위 또는 그 초과시간이 24시간 이내가 되도록 배수펌프의 용량을 변화시켜 가며 계산을 반복한다. 이 계산의 정리 표를 참고로 나타내면 <표 3.1>과 같다. 이 계산을 하는 데는 다음의 자료가 필요하다.

- ① 외수위 변화와 설계 내수위
- ② 유입량 변화
- ③ 내수위와 답수량의 관계
- ④ 실양정에 대한 배수펌프 배수량의 변화

<표 3.1> 기계배수량의 계산

①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪
시 각 (h)	시 간 (h)	유입량 (m ³ /)	배수량 (m ³ /)	단 위 저류량 (m ³ /)	시 간 저류량 (m ³)	누 가 저류량 (m ³)	내수위 (m)	외수위 (m)	실양정 (m)	배수 펌프 배출량 (m ³ /)
t	Δt	Q _t	Q _d	ΔQ	ΔV	V=V ₀ + +ΣΔV	h	H	H _a	Q _p

- ①,② : 정도에 따라 적당한 시간간격을 준다.
- ③,⑨ : ①의 시각에 대한 값을 준다.
- ④ : ⑩의 실양정에 대한 배수펌프의 배출량
- ⑤ : ③~④
- ⑥ : ⑤를 체적으로 환산하다.
- ⑦ : 그 시각마다의 누가 저류량(V₀는 초기 저류량)
- ⑧ : 누가 저류량에 대한 내수위
- ⑩ : 외수위~내수위
- ⑪ : ①의 시각에 대한 배수펌프의 배출량

3.4.4 자연배수와 기계배수의 조합

한 수해구역 내에서 자연배수와 기계배수를 구역별 또는 시간별로 조합해서 계획을 수립할 경우는 각각의 구역과 시간에 대하여 자연배수와 기계배수를 별도로 검토하고 이들을 정리하여 조합해 보아서 가장 유효하며 경제적인 조합을 채택한다.

가. 지구 내를 고위부와 저위부로 분할하여 고위부는 자연배수로 하고 저위부는 기계배수로 하는 경우

이때는 분할된 구역에 각기 자연배수와 기계배수의 계획방법을 적용하여 어느 정도 그 내용을 고정시킨 후에, 필요하다면 양자를 연결하는 시설과 그 사용방법을 검토한다. 이 경우 수혜지역 전체로서 가장 유리한 계획을 고려해야 하지만, 이와 동시에 자연배수 구역과 기계배수 구역의 배수효과가 크게 불균형하게 되지 않도록 하는 일도 명심해야 한다. 이 점은 시설계획보다 오히려 관리방법에 기대하는 바가 크다.

나. 평상시는 자연배수를 하고, 홍수시에 외수위가 상승하는 기간만 기계배수를 하는 경우

이때는 시설계획으로 기계배수방법을 적용한다. 그리고 배수펌프와 더불어 자연배수를 위해 설치되는 수문은 보조적인 역할을 하는 것이므로, 수문의 구조와 규모는 기계배수계획의 내용에 따라 결정된다. 또한 배수펌프의 용량뿐만 아니라, 배수펌프의 조작방법에 따라서 수문의 역할도 달라지게 되므로, 이 계획에서는 배수펌프와 수문의 조작계획도 중요한 의미를 가진다.

3.4.5 배수방식별 특성비교

자연배수, 기계배수, 자연배수 및 기계배수의 조합 방식 등 각 배수방식별 특성을 비교하면 <표 3.2>와 같다.

〈표 3.2〉 배수방식별 특성 비교

구분	자연배수	기계배수	자연배수+기계배수
□대상지구	○중소하천 주변 또는 하천 상류에 위치한 지구 ○서해 중부, 남해동부 연안에 위치한 지구	○대하천 주변 또는 하천 하류부에 위치한 지구 ○서해중부, 남해서부 연안에 위치한 지구	○기계배수 대상지역 중 산지유역이 큰 지구 ○산지유역의 홍수량을 직접 하천 또는 해안으로 배제 가능한 지구
□검토방향	○배수로 단면이 협소하여 침수피해 발생 ○배수로 확장개수 또는 산지유역 홍수량을 직접 배제하기 위한 승수로 설치	○배수장에 의한 강제배수 ○외수의 역류방지를 위한 배수문 설치 ○지구내 홍수량을 배수장으로 유도하기 위해 배수로 확장개수	○저위부는 배수장에 의한 강제배수 ○저위부에 외수의 역류방지를 위한 배수문 설치 ○지구내 홍수량을 배수장으로 유도하기 위한 배수로 설치 ○산지유역 및 고위부 홍수량은 승수로를 설치 직접 하천 또는 해안으로 배제
□주요 배수시설	○배수로 ○배수문 ○승수로	○배수장 ○배수문 ○배수로	○배수장 ○배수로 ○배수문 ○승수로
□장·단점	장 점 ○사업비 및 유지관리비 저렴 ○경제성이 가장 양호	○배수관리에 안정성이 높음 ○소량 강우시 완전배수	○배수관리에 안정성이 높음 ○유지관리비 저렴
	단 점 ○계획적 배수관리 곤란 ○이상 홍수 발생시 외수의 범람으로 피해 발생	○사업비가 자연배수에 비해 과다 ○유지관리비 과다	○승수로가 길어질 경우 사업비 과다 ○수해지역과 승수로의 위치가 상이하여 용지매수 곤란

3.4.6 침수분석 방법

배수계획 수립은 구역내 내수위의 변동상황, 배수불량원인 규명, 배수시설규모 결정 등을 실시하는 일련의 과정이다. 침수분석은 이 같은 결정과정을 총칭하는 것이다

가. 침수분석의 목적과 순서

1) 침수분석의 목적

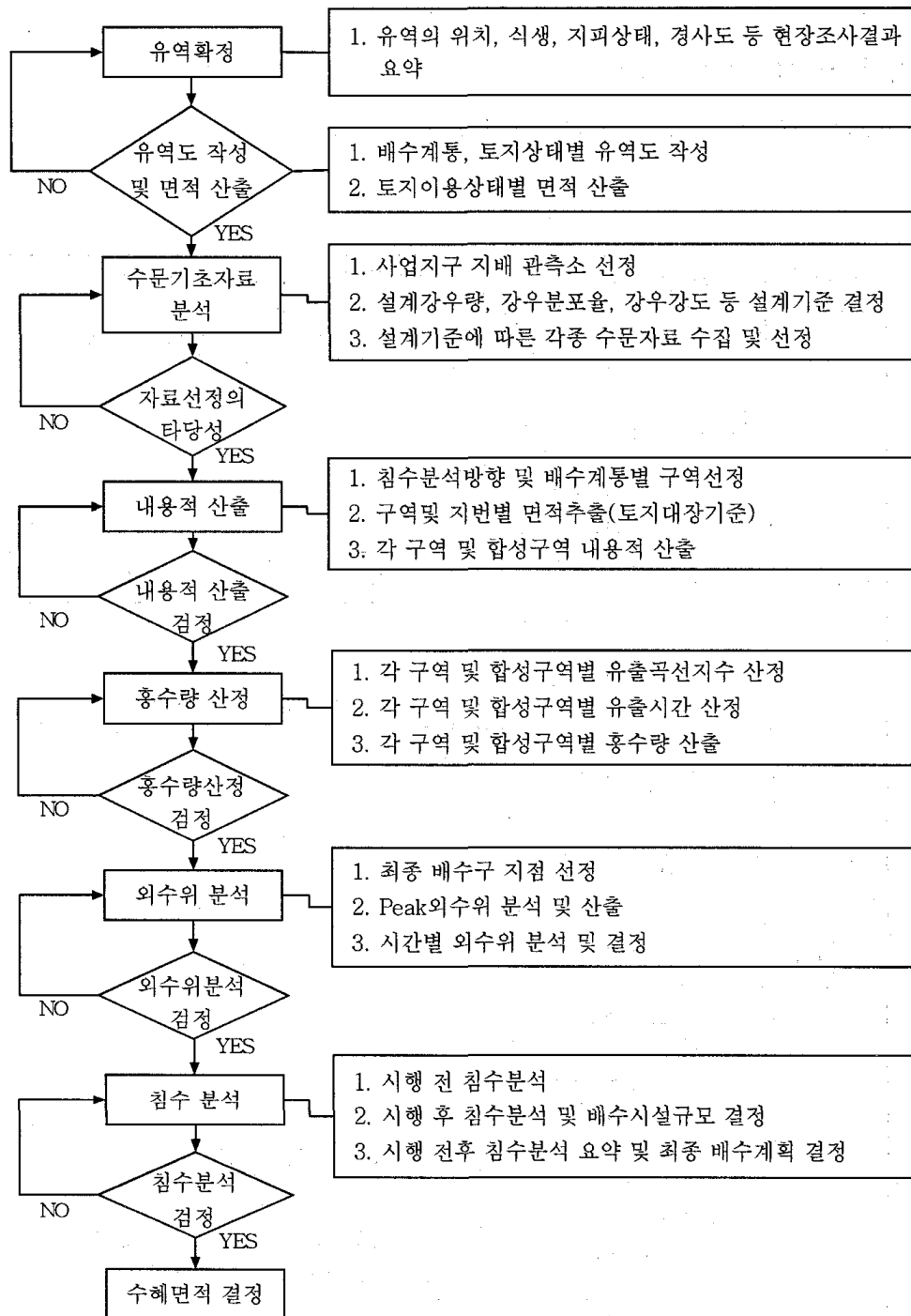
배수구역에 관한 각종 자료 및 계획기준치를 기초로하여 구역내 내수위의 변동상황을 분석함으로써 배수불량의 원인을 밝히고, 이를 토대로 배수시설규모를 결정하여 최종 배수계획을 수립하는데 도움을 주기 위한 것이다.

2) 시행 전 침수분석과 시행 후 침수분석

시행 전 침수분석은 배수개선대책을 시행하기 이전의 침수 원인을 밝히고 침수분석의 방향을 결정하기 위한 것이며, 시행 후 침수분석은 몇 가지 침수방지 계획안을 적용하였을 때 어느 계획안이 가장 적정한지를 규명하여 최종 배수개선계획을 결정하는데 도움을 주기 위한 것이다.

3) 침수분석 순서

침수분석을 위한 전체적인 순서와 주요 내용은 [그림 3.6]과 같다.

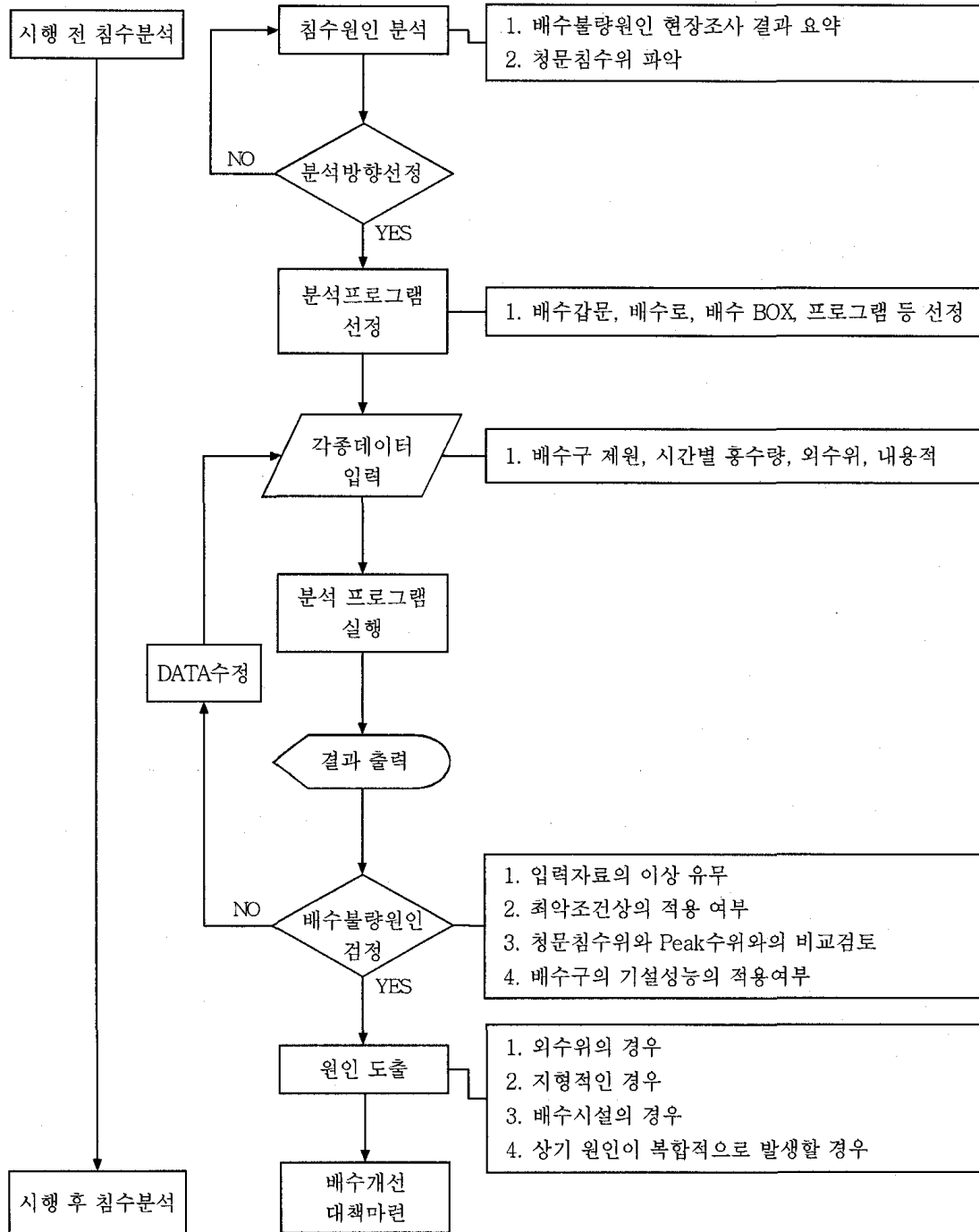


[그림 3.6] 침수분석 흐름도

나. 시행 전 침수분석

1) 시행 전 침수분석 순서

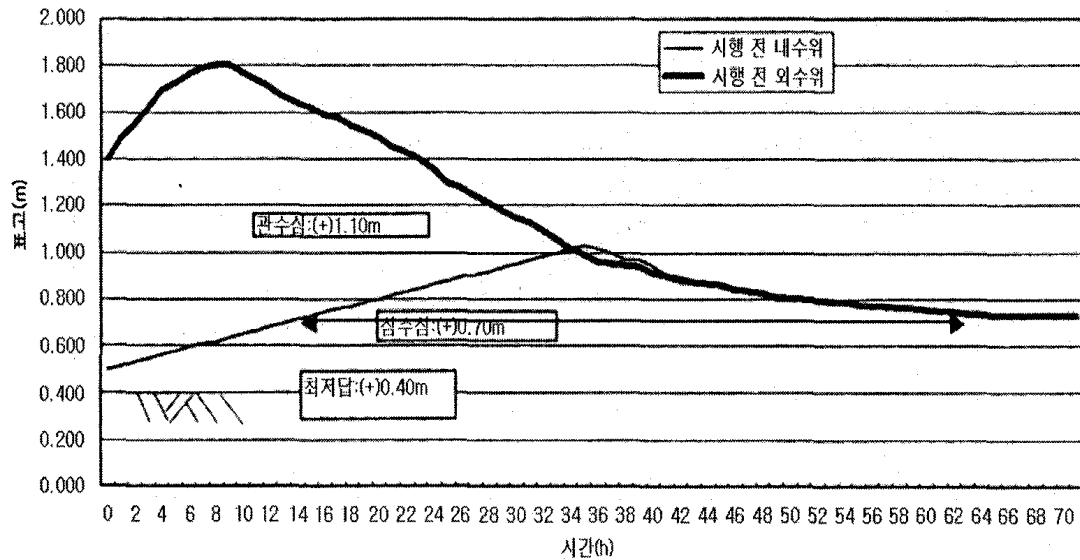
[그림 3.7]은 시행 전 침수분석의 흐름도이다.



[그림 3.7] 시행 전 침수분석 흐름도

2) 침수원인 분석

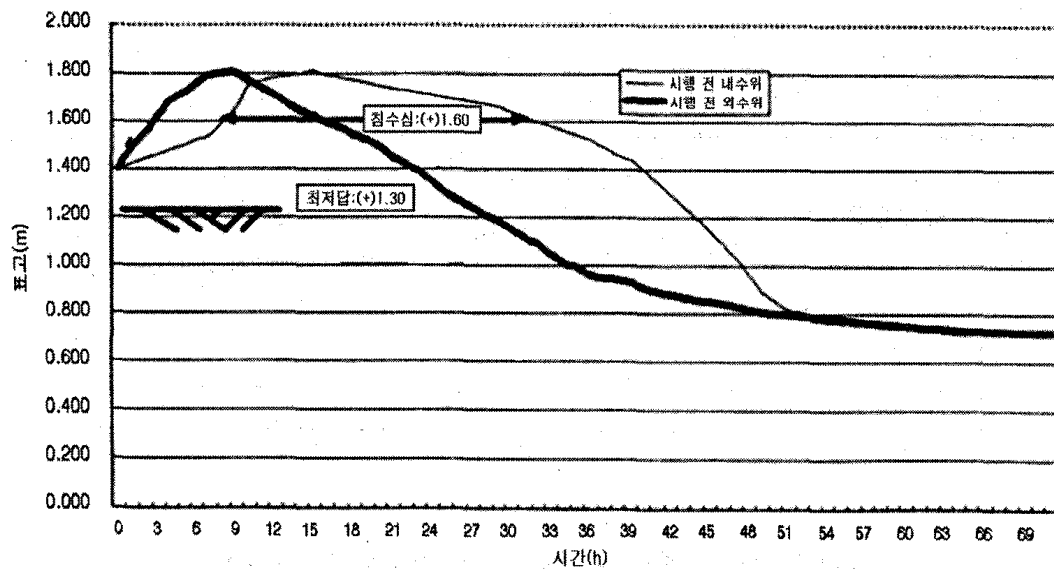
① 하천수위 또는 해면이 농경지보다 높고 지구내 자연배수가 불가능한 경우



[그림 3.8] 외수위가 높아 자연배제가 불가능한 경우 내외수위 곡선(예)

이런 경우에는 외수위가 내수위보다 높으므로 하천이나 바다로부터 경지로 물이 역류하는 현상이 발생한다.

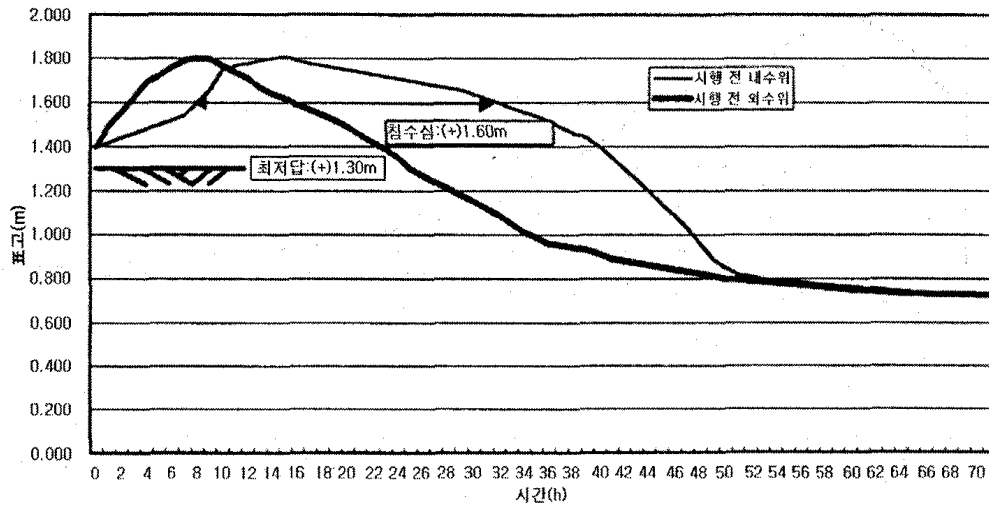
② 인접지구로부터 지표수나 지하수의 유입이 있는 경우



[그림 3.9] 지표수나 지하수 유입이 발생하는 경우 내외수위 곡선(예)

유역경계와 상관없이 관로나 수로가 연결되어 있어 홍수시 지표수가 유입되거나 차단 가능한 유역에서 지표수가 유입되어 상류로부터 침수가 시작되는 경우이다.

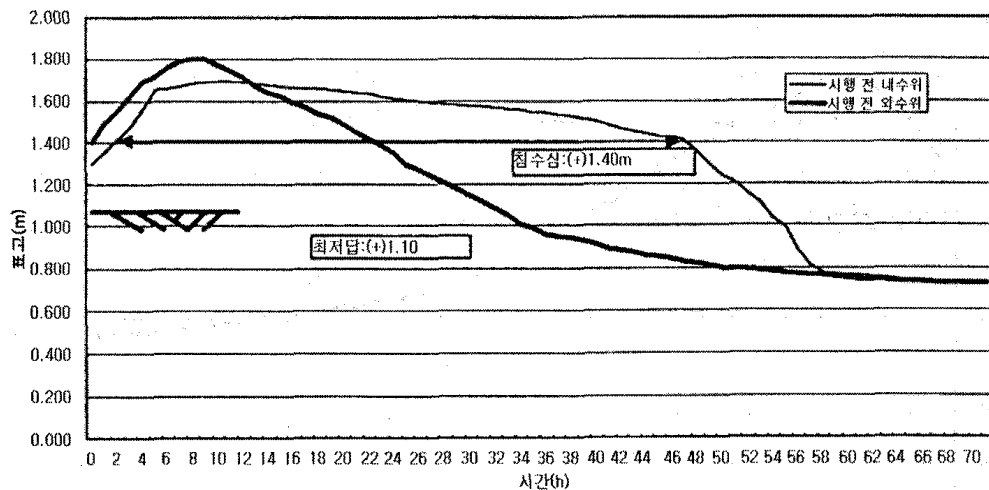
③ 지형이 오목한 분지 모양으로 된 경우



[그림 3.10] 지형이 오목한 분지형인 경우 내외수위 곡선(예)

강우가 발생하면 낮은 곳으로 강우가 모여 침수가 되는 경우로 침수가 지구의 낮은 곳으로부터 시간에 따라 침수구역이 커진다.

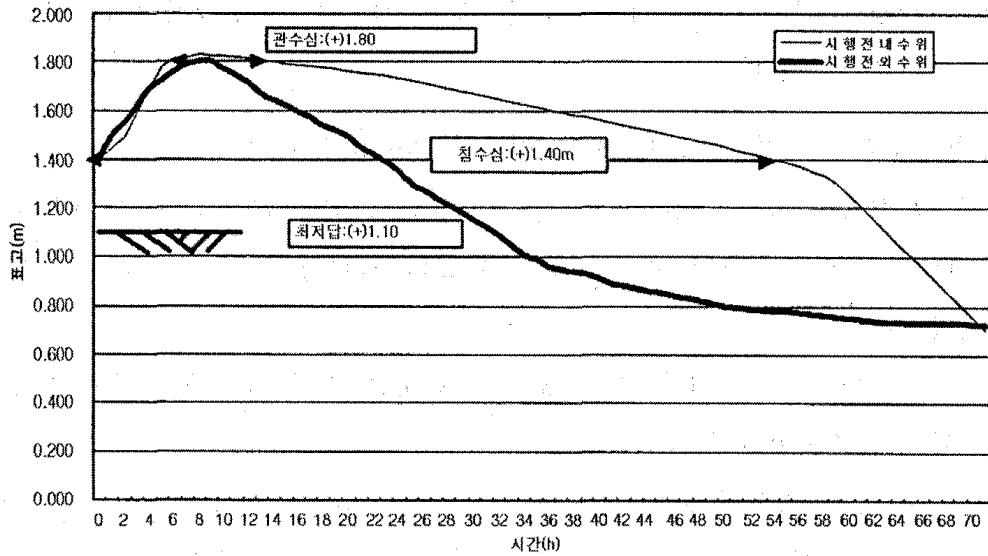
④ 지형이 평탄하여 배수를 위하여 충분한 기울기를 확보할 수 없는 경우



[그림 3.11] 지형이 평탄한 경우 내외수위 곡선(예)

이는 평지의 논지대나 간척지 또는 대하천의 말단부에서 보이는 침수현상이다.

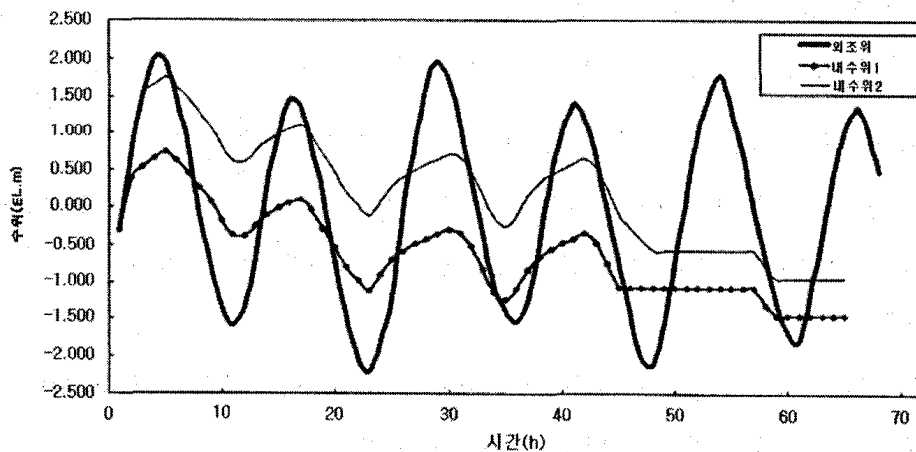
⑤ 지구내의 하천, 배수로 또는 배수시설물의 규모가 부족한 경우



[그림 3.12] 배수시설규모 부족한 경우 내외수위 곡선(예)

하천의 경우 제방을 넘어 지구내로 물이 들어오므로 제방이 유실되는 경우가 생기고, 지구의 말단부에서 부터 침수가 생기는 것이 아니라 해당되는 배수시설 근처로부터 침수가 되는 현상이 발생한다.

⑥ 외조위의 영향을 받으면서 배수시설물 규모가 부족한 경우



[그림 3.13] 외조위 배수시설물 규모에 따른 내외수위 곡선도

배수갑문의 폭이 충분하면 간조시 조위곡선을 따라 움직이나 규모가 부족하면 간조시 조위곡선 보다 매우 높게 움직인다.

3) 침수분석의 실제

해당지구 현장에 따라 적용해야 할 분석 프로그램은 다음 요령에 따라 판단, 선정하여 침수분석을 실시한다.

가) 최종배수구의 배수시설이 배수문이거나 배수갑문인 경우

① 침수분석에 사용 가능한 프로그램을 이용하여 적용하되, 내용적, 외수위, 홍수량, 배수시설물 규모를 자료로서 준비하고 자료의 정확성을 검토한 후 입력을 하여 결과를 산출한다.

② 배수시설의 규모는 대장상의 자료를 입력하는 것이 아니라 현재의 성능을 입력하여 결과를 도출하여야 한다.

③ 배수로 퇴적, 기설의 노후화, 작동시기 등을 종합적으로 검토하여 적용한다.

④ 외수위의 영향으로 지구내 역류를 방지하기 위한 자동문비가 설치되어 있는 경우는 자동문비를 고려하여 분석 하여야 한다.

나) 최종배수구의 배수시설이 문비가 달리지 않은 배수암거인 경우

① 관련 프로그램을 이용하여 적용하되, 내용적, 외수위, 홍수량, 배수시설물 규모를 자료로서 준비하고 자료의 정확성을 검토한 후 입력을 하여 결과를 산출한다.

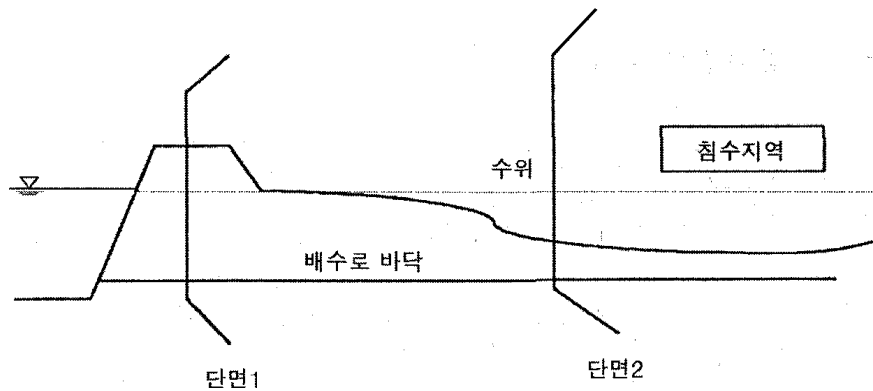
② 배수시설의 규모는 현상태 구조물의 전후의 퇴적상태를 고려하여 규모를 입력하여 결과를 유도하여야 한다.

③ 결과물의 유속, 유입량, 배제량 등을 검토하여 이상유무를 확인하고 이상치는 입력인자의 이상으로 보고 프로그램을 재 가동 하여야 한다.

다) 최종배수구의 배수시설이 없고 배수로로 개방되어 있을 경우

① 관련 프로그램을 이용하여 적용하되, 외수위, 내용적, 홍수량, 배수시설물 규모를 자료로서 준비하고 자료의 정확성을 검토한 후 입력을 하여 결과를 산출한다 [그림 3.14 참조].

② 배수로의 규모는 실제 측량한 종·횡단측량 결과를 자료로 입력해야 하며 퇴적 및 단면부족 등도 입력인자에 반영을 하여야 한다.



[그림 3.14] 배수로 저류분석 모식도

라) 배수문이 있으나 배수본천이 소규모 하천인 경우

시간별 외수위를 알고 있는 하천으로부터 배수위 계산을 하여 원하는 지점의 시간별 수위를 추정하되 배수본천의 유역은 간접유역으로 유역산정을 하고 부동류 계산을 하여 수위를 검토하여야 한다.

4) 침수분석 결과의 해석

① 침수분석의 결과는 현재의 대상지구의 내수위의 변화를 나타내고 있으므로 시간별 수위를 면밀히 파악하여 결과치가 의심이 갈 때에는 입력자료로부터 다시 검토하여야 한다.

② 1차 침수분석을 한 후 청문조사 및 예상침수면적과 비교하여 분석을 재 실시한다.

③ 몇 번에 걸쳐 분석을 하여 현장조사에 프로그램 결과 값이 근소하게 근접하면 기타 조사결과와 비교 후 침수분석 결과 선정한다.

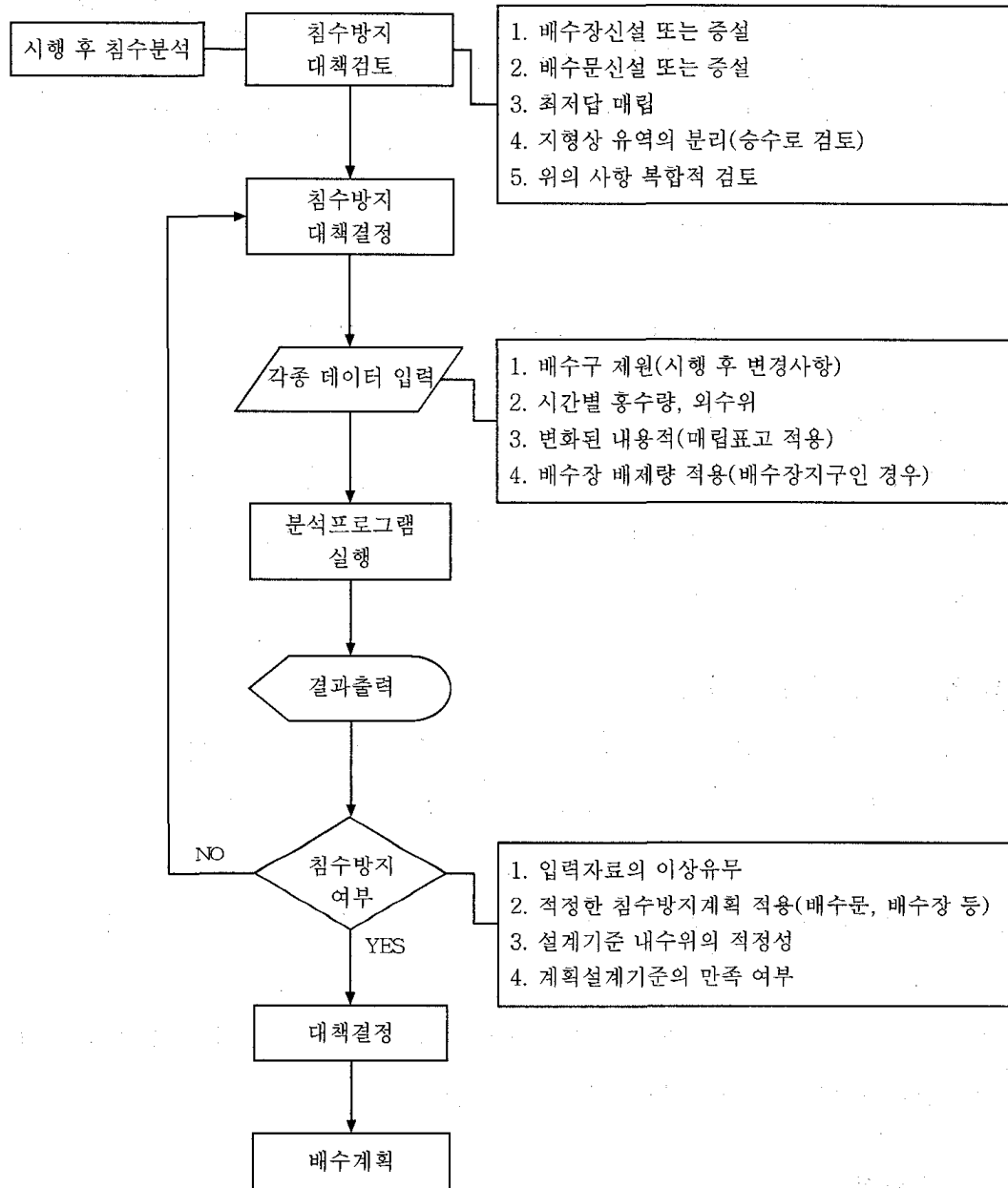
5) 침수원인 도출

① 최종 침수분석 결과 값을 검토하여 침수가 되는 주요 원인을 도출한다.

② 외수위가 원인인 경우에는, 지형적인 여건의 경우, 배수시설물의 경우, 복합적인 경우 등으로 나누어 명확하게 원인을 분석한다.

다. 시행 후 침수분석 및 시설규모 결정

1) 시행 후 침수분석 순서



[그림 3.15] 시행 후 침수분석 및 시설규모 결정 흐름도

2) 시행전 침수분석 결과에 따른 침수분석의 방향

가) 결과값이 침수시간이 많고 관수시간이 상대적으로 적을 경우

① 침수가 되는 표고의 면적이 많은 경우 이와 같은 결과가 나오는 것이 일반적

이다.

② 자연배제가 가능한 경우는 외수위가 내수위보다 낮을 때 일시에 배제량이 많아지도록 배수문과 같은 배수시설의 규모를 크게 하여야 한다.

③ 자연배제가 불가능할 경우는 배수장을 검토하되 배수시설규모를 적합하게 하여 ‘자연+기계’ 배제시설이 되도록 비교, 검토한다.

④ 안이 결정 되면 분석 결과 값에 따라 규모를 설정하되 기준에 준하여 계획한다.

나) 결과값이 침수시간이 적고 관수시간이 상대적으로 많은 경우

① 최저답이 지구전체에 대하여 상대적으로 표고차가 크고 면적이 작은 경우 이와 같은 현상이 일반적으로 발생한다.

② 이 경우 매립을 먼저 검토하여 계획기준답의 표고를 높이고 그 결과에 따라 자연배제가 가능한 경우 배수시설규모를 크게 하고 자연배제가 불가능한 경우 ‘기계+자연’ 배제로 분석을 하여야 한다.

③ 적정규모의 시설이 결과값으로 도출되면 그것으로 규모를 결정하고 기준에 따라 배수계획을 한다.

3) 내 외수위 관계에 따른 침수분석의 방향

지구내의 최저답고를 기준으로 하여 최고외수위를 H_o , 최고내수위를 H , 허용답수심을 H_a , 답수시간을 T , 허용답수시간을 T_a 로 하면

① $H_o \leq H, H \leq H_a, T \leq T_a$ 인 경우 : 배수문, 배수펌프가 불필요한 자연배수

② $H_o \geq H, H \leq H_a, T \leq T_a$ 인 경우 : 배수문만 필요한 배수문 배수

③ $H_o \geq H, H > H_a, T > T_a$ 인 경우 : 배수문과 배수펌프가 필요한 기계배수

4) 침수분석시 유의사항

① 유역을 구분할 수 있는 승수로를 가장 먼저 검토하여야 한다.

② 자연배제는 배수문확장, 매립, ‘배수문확장+매립’을 검토한다.

③ 자연배제가불가능 할 경우 기계배제를 검토하되 ‘매립+기계’ 배제, 전량기계 배제, ‘배수문확장+기계’ 배제, ‘배수문확장+매립+기계’ 배제를 검토하여 가장 타당한 방법을 채택하여 침수분석과 함께 배수시설 규모를 결정한다.

5) 시행후 침수분석 대안검토

홍수시 배제방법에 따른 대안검토는 크게 3가지로 구분되며 <표 3.3>과 같다.

<표 3.3> 홍수배제 방법에 따른 대안검토

구 분	1 안	2 안	3 안
배제방식	자연배수	기계배수	자연배수+기계배수
배수방법	<ul style="list-style-type: none"> ○ 배수문신설 및 확장 ○ 문비설치 ○ 승수로설치 ○ 매립복토에 의한 기준 답 상승 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 배수장 설치 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 1안+2안→혼합방식
특 징	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기계배수에 비해 시설의 설치비와 유지관리비가 적어지므로, 자연배수를 우선적으로 검토해야 한다. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 자연배수에 비해 설치비와 유지관리비용이 과다하고 유역이 큰 경우는 초기투자비가 너무 커진다. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지구형상이 고지대와 저지대로 분할되어 있는 경우는 자연배수와 기계배수의 혼용방식을 선택해야 한다.
고려할 사항	<ul style="list-style-type: none"> ○ 자연배수방식을 선택할 경우는 안전성에 대하여 신중히 검토해야 한다. 따라서 자연배수에서 계획외수위의 결정은 확실한 자료에 기본을 두고 해야한다. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기계배수 방식을 선택할 경우는 경제성과 유효성을 적절히 비교하여 선택해야 한다. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 자연배수가 가능한 구역은 자연배수를 유도해야 하며 가급적 기계배수의 용량을 작게하는 방법을 검토해야 한다.

대안검토에 있어 중요한 점은 각각의 대안들이 대등한 조건에서 비교되어야 한다는 것이다. 예를 들면 자연배수방식에서 배수문 확장을 <표 3.4>와 같이 제1안으로 하였을 경우 확장 연수별로 1-1안(2.0×2.0×1련), 1-2안(2.0×2.0×2련), 1-3안(2.0×2.0×3련), 1-4안(2.0×2.0×4련), 1-5안(2.0×2.0×5련) 등으로 대안을 마련해야 한다.

여기서 배수문을 무한정 확장한다고 해서 침수허용조건 (침수시간 24시간 이내 관수는 없음)을 과대하게 만족시키는 경우 배수문 확장 대안은 적절한 배수개선 대안이 아님을 [그림 3.17]에서 알 수 있다.

가) 제1안(자연배수방식)의 경우

자연배수방식의 대안으로는 배수문확장, 문비설치, 승수로설치, 매립복토, 배수로확장 및 신설 등의 경우가 있다. 대안검토절차는 다음과 같다.

① 배수문확장에 의한 자연배수(안)으로 침수문제가 해결되지 않으면 승수로설치(안)을 검토해야한다. 승수로를 검토한 경우는 승수로의 설치조건(유역의 유출수 처리 가능 여부, 경제성, 용지 매수 등)을 만족하는 경우에 한해서 검토해야 한다.

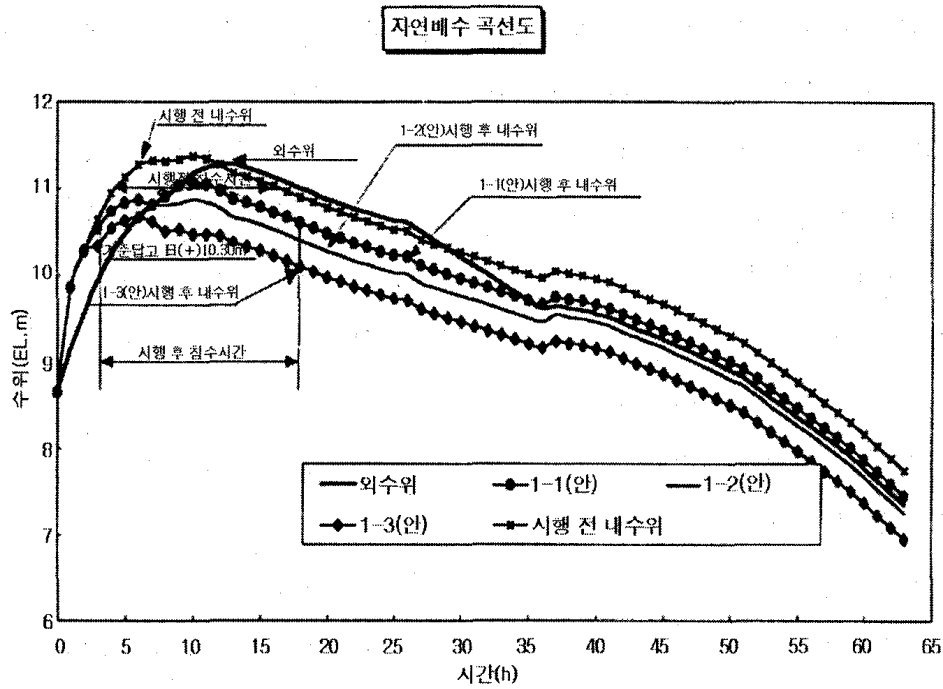
② 승수로 배치로 해결 불가능 하거나, 배치자체가 불가능한 경우 매립복토에 의한 기준답고 승상을 검토해야 한다.

③ 매립 복토로 해결되지 않을 경우 ①~③안 중 서로 조합하여 해결방법을 검토하고 그것이 불가능 할 경우 기계배수를 검토하여야 한다.

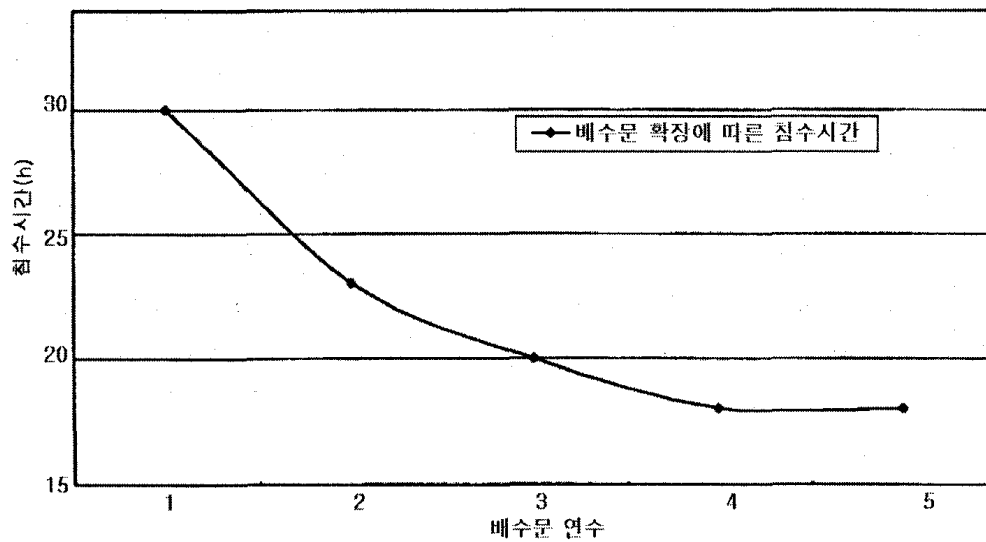
상기사항에 대한 대안검토를 순서에 입각하여 순리대로 상세하게 분석을 해야 하며, 본문에서는 배수문을 확장할 경우에 대하여 대안제시하는 방법을 예로 하여 그 결과는 다음 <표 3.4>와 [그림 3.16] 및 [그림 3.17]과 같다.

<표 3.4> 제1안(배수문을 확장할 경우의) 대안 예

구 분	1-1 안	1-2 안	1-3 안	1-4 안	1-5 안
배수방법	배수문 확장	배수문 확장	배수문 확장	배수문 확장	배수문 확장
배수(갑)문 (기설)	2.0×2.0×1련	2.0×2.0×2련	2.0×2.0×3련	2.0×2.0×4련	2.0×2.0×5련
침수시간 <관수시간>	30시간 < 0시간 >	23 < 0 >	20 < 0 >	18 < 0 >	18 < 0 >
채택	자연배수에서는 배수문을 확장하는 경우와 매립 등을 고려하여 최적 안을 결정해야 하기 때문에 적절히 안을 결정해야 함.				



[그림 3.16] 제1안 (배수문을 확장할 경우의) 침수분석 예



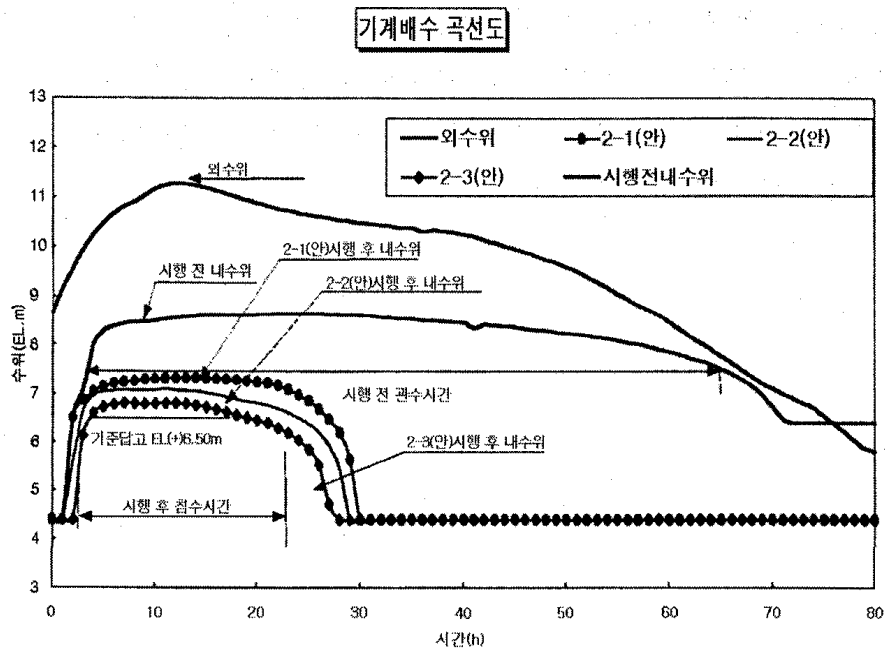
[그림 3.17] 제1안 배수문 확장에 따른 침수시간의 변화

나) 제2안(기계배수방식)의 경우

기계배수방식의 대안으로 기계배수량을 적절하게 결정하는 경우는 침수허용조건이 만족하는 범위에서 대안을 비교·검토하여야 하며 그 예는 <표 3.5> 및 [그림 3.18]과 같다.

<표 3.5> 제2안 (배수장 규모를 증가시키는 경우) 대안 예

구 분	2-1 안	2-2 안	2-3 안
배수방법	배수량 증가	배수량 증가	배수량 확장
배수장규모	$Q=10\text{m}^3/\text{s}$	$Q=13\text{m}^3/\text{s}$	$Q=15\text{m}^3/\text{s}$
침수시간 <관수시간>	24시간 < 0시간 >	20 < 0 >	17 < 0 >
채 택	기계배수에서는 배수장규모를 확장할 경우는 규모가 과대하지 않도록 경제성을 고려한 최적안을 따른다.		



[그림 3.18] 제2안(배수장 규모를 증가시키는 경우)의 침수분석 예

다) 제3안(자연배수+기계배수)방식의 경우

자연배수와 기계배수의 혼합방식으로서, 지구의 특성상 유역이 저지대와 고지대로 분할되는 경우, 지구내 경지에 비해 산지유역이 적어 통상 자연배제가 가능하나 외수위가 높게 지속되는 경우 등에서 채택되는 방식이다. 대안으로서는 ①배수문확장+기계배수, ②승수로설치+기계배수, ③매립복토+기계배수, ④배수로확장+기계배수, ⑤문비설치+기계배수 등이 있으며, 대안검토 절차는 다음과 같다.

① 1안에서 배수문 대안이 결정되었어도 여전히 침수가 발생하면 기계배수를 추가하고

② 승수로가 가능하면 승수로 유역을 제외하고 나머지 유역에 대한 배수구역에 대하여서는 자연배수 및 기계배수를 검토해야 한다.

③ 매립승상을 검토할 때는 용수공급체계에 이상이 없는 범위 내에서 매립고를 결정하고 여전히 침수가 될 때에는 기계배수를 검토한다.

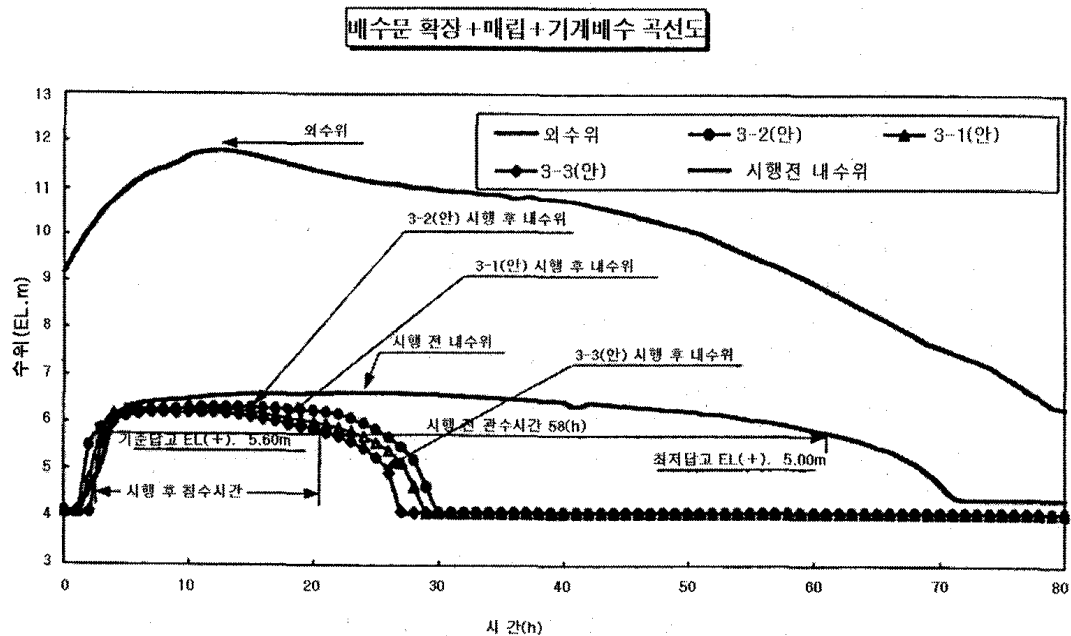
④ 배수문 또는 배수펌프장보다 상류지대에서 침수가 발생하여 배수로확장(안)이 유리할 경우에는 이를 홍수배제방식 조합과는 별개로 검토한다.

⑤ 상기 안들의 검토 결과 대안으로 선택되었다 해도 공사비 측면에서 최적공사비를 채택한다.

따라서, 설계자는 앞에서 다룬 제1안, 제2안을 각 안별로 비교한 후, 제3안에 접근하여 침수분석을 행한다. 자연배수와 기계배수의 혼합배수방식의 대안으로는 배수문확장, 매립복토, 기계배수 등에서 둘 이상을 적절하게 조합한 대안들이 있으며 그 예는 <표 3.6> 및 [그림 3.19]와 같다.

〈표 3.6〉 제3안 (배수문 확장 +매립복토+기계배수)의 예

구 분	3-1 안	3-2 안	3-3 안
배수방법	배수문 확장+기계배수	매립+기계배수	배수문 확장+매립+기계배수
배수장 규모	$Q=12\text{m}^3/\text{s}$	$Q=9\text{m}^3/\text{s}$	$Q=6\text{m}^3/\text{s}$
배수문	기설:2.0×2.0×1런 확장:2.0×2.0×2런	기설:2.0×2.0×1런	기설:2.0×2.0×1런 확장:2.0×2.0×2런
매립		최저답고 : 5.00m 기준답고 : 5.60m	기준답고 : 5.60m 답고증상($\Delta h=0.6\text{m}$)
침수시간 <관수시간>	24시간 < 0시간 >	20 < 0 >	17 < 0 >
채 택	혼합배수방식에서는 조합할 수 있는 여러 경우의 수를 비교 분석하여 각 안에 대한 사업성, 경제성, 지역적 여건 등을 고려하여 대안을 채택해야 한다.		



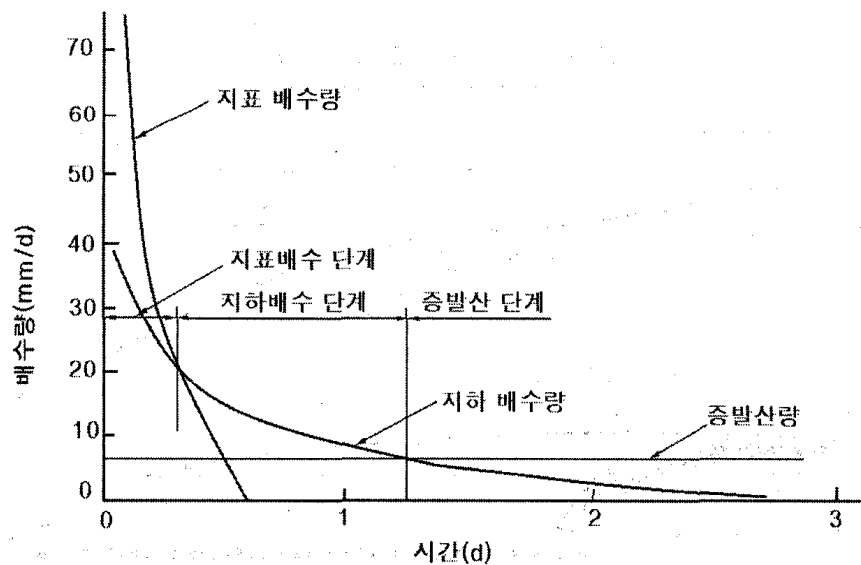
[그림 3.19] 제3안(자연배수+기계배수)방식의 경우의 침수분석 예

3.5 지표배수와 지하배수

3.5.1 배수방식의 선정

농지의 배수는 먼저 지표의 과잉수를 지표배수 시키고, 다음에 지표의 잔류수와 토양 중에 있는 과잉수를 지하배수 시킨다.

[그림 3.20]은 강우 후에 발생한 지구내의 과잉수 배제에 대한 시간적 변동을 나타낸 것이다. 강우 후 지구내의 과잉수는 초기에 많은 양이 배수되는데 이를 지표배수 단계라 한다. 이러한 지표배수는 시간이 경과함에 따라 급속히 감소하고 이어서 지하배수가 많아진다. 이때를 지하배수단계라 하며 주로 암거를 통하여 배수된다. 여기서 다시 시간이 지나면 지하배수량이 감소하고 증발산량이 많아지는 증발산 단계로 접어들게 된다. 따라서 지표배수량과 지하배수량을 산정하여 각 배수단계의 시기를 결정해야 한다.



[그림 3.20] 배수량의 시간적 변동

3.5.2 지표배수

지표배수는 홍수시를 주 대상으로 하여 그 계획배수량을 배제할 수 있도록 계획한다.

홍수시는 내부유역에서 유출하는 유량도 많고, 배수본천의 수위도 높으므로, 홍수시 배수량을 대상으로 지표배수계획을 수립한다.

포장의 계획배수량은 3.6.1에서 구한 설계강우량을 대상으로 하여 벼 단일작일 때는 「1일 강우량을 1일 배제」로 하고, 답리작이나 밭의 경우는 「4시간 강우량을 4시간 배제」하는 것을 기준으로 한다.

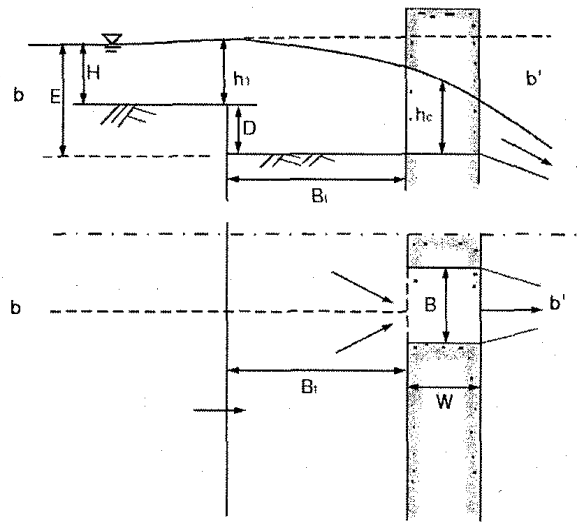
범용경지화에 따라 논·밭이 상당히 혼합되어 밭작물에 대한 비중이 큰 지구에서는 밭작물의 담수에 대한 취약성을 감안하여 밭에 대한 계획배수량을 채택하고, 논·밭 겸용에 대한 단지구분이 명확한 경우나, 계획적인 논·밭 윤환이 이루어지는 단지에서는, 각각의 계획배수량을 적용하도록 한다.

지표배수를 촉진하는 방법에는 경지면에 배수구를 설치하는 방법과 그밖에 경지면 경사법, 장변단축법 등을 강구할 수 있다. 전자는 지면기복의 영향이 경사의 영향보다 크기 때문에 지면을 평탄하게 해야 그 효과가 크고, 후자는 장변을 20m 정도로 짧게 하여야 효과가 있으므로 논에서는 실제로 통용하기 어렵다. 그러나 단변 방향에도 경지면 배수구를 설치하면 그 효과를 기대할 수 있다.

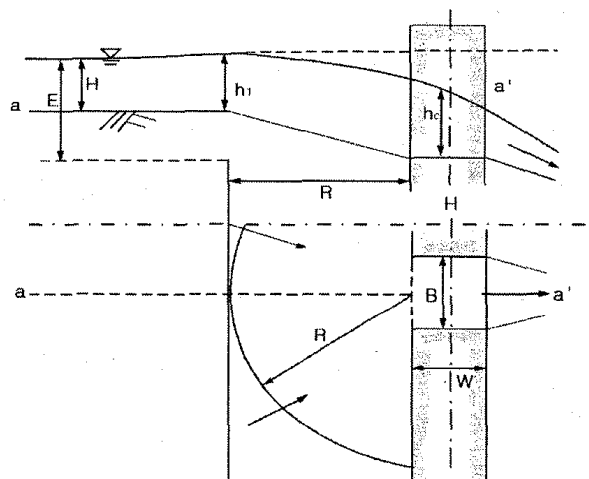
배수로의 계획수위는 경지면보다 낮게 하지만 저습답(低濕畓) 지대는 경우에 따라 피해정도를 감안하여 일시적인 담수를 허용한다.

배수로의 경사를 조절할 때는 표토(表土)의 유실이나 침식방지에 주안점을 두어야 한다. 배수로는 초생(草生)과 콘크리트로 안쪽 사면을 피복하여 수로자체가 침식되지 않도록 해야 하며, 배수로 도중에는 낙차공이나 침사지(沈砂池)를 설치하여 유수(流水)의 파괴력을 흡수하도록 한다.

답의 구획면적이 큰 경우는 포장내의 담수를 전부 배제하는데 오랜 시간이 걸리므로 포장내의 얕은 배수구 외에 논두렁(畦畔) 안쪽을 따라 가배수구를 설치하거나, 낙수구(落水口) 근방에 반원형의 낙차부(落差部)를 설치하면 배수효과가 더한층 좋아진다([그림 3.21], [그림 3.22] 참조).



[그림 3.21] 논외 낙수구(가배수구)



[그림 3.22] 논외 낙수구(반원형낙차부)

3.5.3 지하배수

지하배수는 평상시를 주 대상으로 하여 계획지하배수량을 배제하도록 하고, 지하배수의 효과를 충분히 기대할 수 있는지를 확인한다.

지하배수는 지표배수를 한 다음에 남아 있는 지표잔류수와 토양 속의 정체수를 명거(明渠)나 암거에 침출(浸出)시켜 경지 밖으로 배제하는 것이다.

암거배수는 지하배수 방법으로서 광범위한 조건 아래에서 그 효과를 기대할 수 있는 표준적인 방법이다. 그러나 조건에 따라서는 명거배수로 목적을 달성할 수도 있고, 때로는 보통의 암거배수로는 거의 그 기능을 나타낼 수 없는 경우도 있다.

따라서 암거배수를 실시할 때는 그 효과에 대하여 충분한 검토가 있어야 하고, 또 그 시행에 따른 배수개선과 경제적 이익에 대한 손익을 검토한 다음에 실시해야 한다.

지하배수는 흙의 투수도(透水度)와 경지 주변의 지하수면의 높이에 따라 좌우되는데 투수계수가 적거나 지하수위가 높을수록 배수가 곤란하다.

지구가 지표수의 일시적인 담수로 물이 고이거나 토양의 투수성이 충분히 클 경우에는 명거로 배수하는 계획이 유리하다.

암거배수계획을 수립할 때는 지표잔류수가 있을 때와 없을 때를 고려하는 것이 좋다.

가. 지표잔류수가 있는 경우

배수일수가 논에서는 1~2일 정도이고, 밭에서는 재배되는 작물의 종류, 비관개기의 이모작 등에 따라 다르므로 이에 따른 배수량을 배제할 수 있는 단면을 충분히 갖추어야 한다. 다만 습해 등을 해결할 경우는 영농의 측면에서도 경지의 정리(整地), 배수구, 심토파쇄(心土破碎), 보조암거 등을 시공하여 배수를 촉진하는 것이 중요하다.

나. 지표잔류수가 없는 경우

강우 시에 투수성이 큰 토양은 암거에 충분한 조직 배수량을 주어서 허용시간 안에 잔류수가 배제되게 한다. 허용시간도 극단으로 단축할 필요가 없으므로 계획배수량은 30mm/day 정도면 된다.

계획초기에 암거배수의 효과를 예측하지 못할 경우는 본 암거와 보조암거를 이용하여 어떤 단계까지 효과를 얻을 수 있는 방법을 실시하여 그 실적을 본 다음에 그 기능을 보충하는 수단을 강구하는 단계적인 방법을 택하는 것이 좋다.

계획지하수위는 토지이용구분에 따라 <표 3.7>과 같이 예상하는데 배수로의 계획수위는 경지에서 요구되는 지하수위보다 낮게 취하는 것이 보통이다.

〈표 3.7〉 계획지하수위

토지이용구분	강우후 2~3일의 지 하 수 위	평상시 지하수위 (강우후 7일)	비 고
수 도 단 일 작 목 초 발 윤 환 일 반 발 작 물 다 년 생 작 물	30~40cm } 40~50cm 50~60cm	40~50cm 50~60cm 60~100cm	지하수면임

3.5.4 지표배수와 지하배수의 조합

배수방식을 결정할 때는 지표배수와 지하배수를 서로 연관해서 계획해야 한다.

지표배수와 지하배수는 계획의 대상을 달리하고 있지만 어느 배수방식을 하건 항상 양자를 조합하여 계획하여야 한다. 왜냐하면 작물의 생육환경을 양호하게 하며 토지의 이용도를 높이고, 농작업의 환경을 개선하고 능률을 향상시키기 위한 지구의 배수는 단일배수방식만으로 그 목적을 달성하기가 매우 어렵기 때문이다.

그러므로 명거(明渠)의 단면을 깊게 하면 배수효과를 높일 수 있어서 유리하다. 지구 외부로부터 침투해 들어오는 지하수가 있을 때는 차단시설을 설치해야 한다.

3.6 계획기준치의 결정

3.6.1 설계강우량

설계강우량은 기상이변에 따른 국지적 집중호우에 대비하여 최근의 이상강우가 배수 계획 수립에 반영될 수 있도록 한다. 계획지구를 중심으로 주위의 모든 기상관측소를 대상으로 연최고치 계열의 강우자료를 수집하여 수문학적으로 계획지구를 대표할 수 있는 지배관측소의 강우자료를 선정한다. 그 지배관측소의 관측개시년도부터 전체 강우자료와 최근 30개년 이상 강우자료를 빈도 분석하여 큰 값을 설계강우량으로 채택한다.

홍수시 계획배수량의 기본이 되는 유출량은 계획기준 강우로부터 추산하되, 침투유출량을 계획의 기본으로 하는 경우는 단시간 강우강도를 대상으로 하고, 침수분석과 같이 유출량 수문곡선을 계획의 기본으로 하는 경우는 적당한 분포를 가진 20년 빈도 임의지속 48시간의 연속강우를 계획의 대상으로 택하는 것을 원칙으로 한다.

다만, 배수계획구역 중 침수에 의한 피해가 큰 원예작물 등 발작물이 집단화된 지역은 재배작물 유형, 침수피해 정도 및 경제성 등을 종합 분석 평가하여 필요시 설계강우량을 30년 빈도 임의지속 48시간 강우량으로 할 수 있으며 침수시간이 최소화되도록 계획하여야 한다.

승수로나 공공적 성격의 배수로는 50년 빈도 이상의 강우를 적용한다.

최근 기상이변, 기상조건의 변화로 과거의 설계기준 강우량보다 많은 강우가 단시간에 내리는 국지적 집중호우가 발생하여 배수시설물의 홍수배제능력 부족으로 인한 농경지 침수피해가 발생하므로 이에 대비하여 설계기준을 수정하였다.

침수분석에서는 2일 연속강우를 임의지속 48시간 연속강우로 바꾸고, 20년 빈도를 원칙으로 하나 원예작물단지 등에서는 경제성 등을 종합 분석 평가하여 필요한 경우 30년 빈도로도 할 수 있도록 하였다. 또한, 지배관측소의 관측개시년도부터 전체 강우자료를 사용함으로써 설계강우량이 작게 나타나고 있으므로, 전체 강우자료와 최근 30개년 이상 강우자료를 빈도 분석하여 비교하여 큰 값을 설계강우량으로 채택한다.

[참고] 설계강우량 결정방법 개정에 따른 확률강우량 비교

〈표 3.8〉 전체강우자료와 최근 30년 강우자료 사이의 확률강우량 비교

구 분	확률강우량(mm)			증가율
	현 행 (전체 강우자료)	개 선 (최근 30년 자료)	차 이	
20년 빈도 2일 강우량 (전국평균)	309	344	35	11%

* 자료: 재해대비 수리시설 설계기준 개정 (2003. 2. 농림부)

전국 도별 11개 측후소 (서울, 부산, 수원, 춘천, 청주, 대전, 전주, 광주, 대구, 진주, 목포) 강우량 분석치

〈표 3.9〉 고정 및 임의 지속시간 사이의 확률강우량 비교

빈 도	지속시간	확률강우량(mm)		증가율 (%)
		고정시간	임의시간	
20년	1시간(60분)	66.1	74.7	13.0
	1일(1440분)	260.9	297.3	13.9
	2일(2880분)	339.9	356.1	4.8
30년	1시간(60분)	71.0	80.1	12.8
	1일(1440분)	282.3	321.4	13.8
	2일(2880분)	368.1	385.5	4.7

* 자료: 기후변화에 대응한 배수개선 설계기준 개정 (2012. 4. 농림수산식품부)

전국 61개 관측소 대상

〈표 3.10〉 20년 및 30년 빈도 2일 확률강우량 비교

구 분	20년 빈도	30년 빈도	증가율 (%)
2일 확률강우량(mm)	339.9	368.1	8.3

* 자료: 기후변화에 대응한 배수개선 설계기준 개정 (2012. 4. 농림수산식품부)

전국 61개 관측소 대상

고위부의 빗물을 홍수조절 기능 없이 수로로 배수하는 경우는 첨두홍수량의 크기가 배수량계획의 기본이 된다. 첨두홍수량은 홍수지속시간내의 평균 강우강도에 좌우되므로 짧은 시간의 강우강도가 중요하다. 즉 홍수도달시간은 유역의 크기에 따라 다르고 첨두홍수량의 대소에 따라서도 달라지므로 특정한, 한 지속시간을 가진 강우강도만을 고려해서는 안 된다. 이에 대해서는 3.7.1에서 다시 설명하기로 한다.

한편 홍수조절댐 또는 유수지로 유하량이 조절되거나, 저위부에 홍수량을 일시 담수 시켰다가 펌프나 배수문으로 배수하는 계획에서는 홍수량을 이용하여 내외수위에 대한 수문곡선을 구할 필요가 있다. 이러한 경우는 취하는 연속강우의 지속기간, 길이 및 분포형태가 문제가 된다. 일반적으로 소규모 홍수조절 댐에서는 1일 우량을, 대규모 홍수조절 댐에서는 2일 우량을, 기계배수를 하는 낮은 평균배수계획에서는 1~3일 강우량에 대한 확률계산을 하여 확률강우를 정한 후 적당한 단위시간마다 강우량을 배분하여 우량주상도를 결정하는 방법을 취한다. 여기서 적당한 단위시간이라고 하는 것은 경사지 유출량을 대상으로 하는 경우에 홍수도달시간 또는 그것의 1/2 정도의 시간을 정수로 고친 것이고, 기계배수를 하는 낮은 평야지대는 단위유량도로 유출량을 산출하고 최종적으로 수위수문곡선을 구하는 경우로, 3~6시간 정도를 취하면 충분하다.

전술한 연속강우의 우량 배분법은 다음과 같은 3가지 방법이 고려될 수 있다.

① 단봉강우(單峰降雨)를 대상으로 하는 적당한 식 또는 그림을 이용하여 첨두강우로부터 순서대로 분포를 합성하는 방법

② 과거에 나타났던 하나 내지 여러 호우분포를 고려하여 확률우량/실제우량의 비를 실제강우강도에 곱하여 강우분포를 합성하는 방법

③ 과거에 출현한 많은 호우분포의 통계적 특성을 추출하고 난수(Random number)를 이용하여 확률적으로 모의 발생(模擬發生)시키는 방법

실제적으로는 ① 또는 ②의 방법이 주로 이용되고 ③의 방법은 최적계획을 구하는 경우에 사용된다.

농지를 대상으로 한 배수계획에서는 설계강우량을 대부분의 경우 20년에 한번 정도 기대되는 호우규모가 경제적으로 보아 최적인 경우가 많으므로, 배수펌프장과 배수로는 20년 빈도이상으로 하고, 승수로는 50년 빈도이상의 강우를 적용하되, 국가하천 및 지방하천인 경우에는 하천시설기준을 적용한다. 그리고 배수문은 유역규모, 유역내 취락 등에 따라 규모별로 20~100년 빈도를 사용한다.

가. 강수량 자료의 해석

1) 확률강우 빈도분석

강수량 자료는 시우량 및 일우량으로부터 지구의 배수계획에 필요한 강우를 구한다. 강우의 해석결과는 관측자료가 증가함에 따라 달라지므로 계획수립에는 가장 새로운 자료를 기본으로 해야 한다. 설계강수량은 설계홍수량을 산정하기 위한 기준강수량으로 설계목적에 따라 1시간, 수시간, 1일, 2일 연속, 임의지속 48시간의 강우지속 시간에 해당하는 빈도별 확률강수량을 구해야 한다. 설계강수량을 구하기 위해서는 우선적으로 몇 개 확률분포형 중에서 χ^2 및 K-S 에 의한 적합도 검정에 의해 적정확률분포형을 선정한 다음 이에 의한 빈도분석에 의해 빈도별 설계강수량을 산정한다. 우리나라에서는 제 1형 극치분포(Gumbel법)에 의한 설계강수량이 주로 추천되고 있다(건설부, 1988).

2) 강우강도-지속기간-빈도(IDF)곡선의 활용

지속기간별 확률강우강도를 추정하는 방법은 우선 강우의 자기기록이 있는 경우에는 개략 추정방법인 확률지법을, 그리고 이론적이고 정밀성이 높은 방법으로서 확률분포형에 의한 빈도계수법을 이용할 수 있다. 대상지점의 강우자료를 얻을 수 없는 경우에는 각 지역별 확률강우강도식이나 확률강우량도 등을 이용할 수 있다.

강우강도와 지속기간과의 관계는 식(3.1)에 의해 추정 할 수 있다.

$$\left. \begin{array}{ll} \text{Talbot형} & I = \frac{a}{t+b} \\ \text{Sherman형} & I = \frac{c}{t^n} \\ \text{Japanese형} & I = \frac{d}{\sqrt{t+e}} \end{array} \right\} \dots\dots\dots(3.1)$$

I : 강우강도 (mm/h)

t : 지속기간 (min)

a, b, c, d, e, n : 지역에 따른 상수

우리나라 주요지점에 대한 재현기간별 확률강우강도식은 <표 3.11>과 같다.

〈표 3.11〉 주요관측지점별 확률강우강도식

(t : min)

관측소	재 현 기 간 (년)					
	5	10	20	30	50	100
서울	$\frac{420}{\sqrt{t+0.34}}$	$\frac{497}{\sqrt{t+0.19}}$	$\frac{569}{\sqrt{t+0.11}}$	$\frac{610}{\sqrt{t+0.09}}$	$\frac{660}{\sqrt{t+0.05}}$	$\frac{727}{\sqrt{t+0.02}}$
대전	$\frac{371}{\sqrt{t+1.02}}$	$\frac{446}{\sqrt{t+0.89}}$	$\frac{518}{\sqrt{t+0.82}}$	$\frac{560}{\sqrt{t+0.78}}$	$\frac{611}{\sqrt{t+0.74}}$	$\frac{711}{\sqrt{t+0.62}}$
청주	$\frac{3,575}{\sqrt{t+37.3}}$	$\frac{4,087}{\sqrt{t+36.7}}$	$\frac{4,902}{\sqrt{t+37.6}}$	$\frac{5,561}{\sqrt{t+45.4}}$	$\frac{5,236}{\sqrt{t+35.3}}$	$\frac{5,720}{\sqrt{t+35.4}}$
인천	$\frac{400}{\sqrt{t+0.39}}$	$\frac{474}{\sqrt{t+0.34}}$	$\frac{529}{\sqrt{t+0.15}}$	$\frac{9,826}{\sqrt{t+60}}$	$\frac{10,504}{\sqrt{t+58}}$	$\frac{11,371}{\sqrt{t+56}}$
강릉	$\frac{211}{t^{0.44}}$	$\frac{246}{t^{0.44}}$	$\frac{279}{t^{0.45}}$	$\frac{297}{t^{0.45}}$	$\frac{320}{t^{0.45}}$	$\frac{349}{t^{0.45}}$
추풍령	$\frac{4,634}{t+39}$	$\frac{5,376}{t+39}$	$\frac{6,064}{t+40}$	$\frac{6,452}{t+40}$	$\frac{6,929}{t+40}$	$\frac{7,559}{t+40}$
포항	$\frac{347}{t^{0.57}}$	$\frac{423}{t^{0.58}}$	$\frac{498}{t^{0.59}}$	$\frac{542}{t^{0.60}}$	$\frac{599}{t^{0.61}}$	$\frac{676}{t^{0.62}}$
대구	$\frac{4,856}{t+43}$	$\frac{5,656}{t+42}$	$\frac{6,394}{t+42}$	$\frac{6,809}{t+41}$	$\frac{7,319}{t+41}$	$\frac{7,988}{t+41}$
울산	$\frac{285}{t^{0.45}}$	$\frac{312}{t^{0.43}}$	$\frac{333}{t^{0.41}}$	$\frac{344}{t^{0.40}}$	$\frac{356}{t^{0.39}}$	$\frac{371}{t^{0.38}}$
부산	$\frac{455}{\sqrt{t+1.11}}$	$\frac{550}{\sqrt{t+1.28}}$	$\frac{641}{\sqrt{t+1.40}}$	$\frac{693}{\sqrt{t+1.46}}$	$\frac{757}{\sqrt{t+1.51}}$	$\frac{843}{\sqrt{t+1.58}}$
여수	$\frac{362}{\sqrt{t+0.27}}$	$\frac{425}{\sqrt{t+0.44}}$	$\frac{486}{\sqrt{t+0.60}}$	$\frac{521}{\sqrt{t+0.69}}$	$\frac{565}{\sqrt{t+0.80}}$	$\frac{625}{\sqrt{t+0.95}}$
목포	$\frac{331}{t^{0.51}}$	$\frac{375}{t^{0.51}}$	$\frac{413}{t^{0.51}}$	$\frac{434}{t^{0.51}}$	$\frac{458}{t^{0.51}}$	$\frac{489}{t^{0.50}}$
광주	$\frac{433}{t^{0.54}}$	$\frac{465}{t^{0.53}}$	$\frac{436}{\sqrt{t-0.21}}$	$\frac{463}{\sqrt{t-0.15}}$	$\frac{496}{\sqrt{t-0.08}}$	$\frac{539}{\sqrt{t}}$
전주	$\frac{416}{\sqrt{t-0.35}}$	$\frac{500}{\sqrt{t-0.18}}$	$\frac{10,069}{t+56}$	$\frac{10,885}{t+57}$	$\frac{11,911}{t+59}$	$\frac{13,300}{t+61}$

(주) 이원환, 도시하천 및 하수도 계획상의 계획강우량 설정에 관한 추계학적 해석,
대한토목학회지 28권 4호, 1980년 8월

일강우량 자료를 사용하여 24시간 이내의 지속기간별 강우강도를 추정하는 방법은 다음의 Mononobe의 공식을 이용한다.

$$I_t = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^n \dots\dots\dots(3.2)$$

여기서, R_{24} : 일강우량(mm)

t : 강우지속 기간(h)

n : 지역에 따른 상수

참고로, 우리나라의 지역별 상수인 n 값은 <표 3.12>와 같다.

<표 3.12> 모노노베(物部)식의 지역에 따른 상수 n 값

관측소명	n 값	관측소명	n 값
강릉	0.5008	속초	0.4922
광주	0.5563	수원	0.5977
군산	0.5541	여수	0.5304
대구	0.5570	익산	0.4804
대전	0.5486	인천	0.5863
목포	0.5186	전주	0.6002
서귀포	0.4930	제주	0.5047
서산	0.5722	진주	0.5788
서울	0.5917	춘천	0.5764
추풍령	0.5272		

(주) 신고용용수문학(향문사, 권순국의 8인, 2000)

전술한 바와 같이 강우강도-지속기간 관계에 그 강우의 생기빈도를 제3의 변수로 도입하면 지역별 강우강도-지속기간-생기빈도 곡선을 얻을 수 있다. 이 관계곡선은 어떤 지역의 지속기간별 최대강우강도를 기록년한 동안의 자료로부터 추출하여 시계열을 작성한 후 통계학적 처리에 의해 얻을 수 있다. 우리나라의 IDF 곡선은 전국 24개 관측소를 대상으로 작성되어있다(건교부).

IDF 곡선은 홍수도달시간이 1시간 미만의 작은 유역의 확률강우량을 구할 시 사용되며, 홍수도달시간이 1시간 이상인 경우에는 지역별 확률강우강도식이나 Mononobe

의 공식을 사용하여 강우강도를 구한다.

3.6.2 계획기준 내수위

홍수시의 배수계획을 세우는 기준 내수위는 홍수시 침두수위 때의 허용상한수위로서 수해지구내의 가장 낮은 논 표고를 기준한다. 단, 수해지구내에서 담수를 허용하는 경우는 지구내 가장 낮은 논 표고에 허용담수심 30cm를 더한 높이를 계획기준 내수위로 정한다.

평상시 배수기준 내수위는 평소의 배수목적이 되는 배수로 수면의 높이이고, 그 수위는 수해지구의 지하수위를 필요한 깊이까지 낮추는데 소요되는 높이로 정한다.

계획기준 내수위는 수해지구내의 배수목표를 가리키는 수위이다. 이것은 두가지 기술방법이 있다. 그 하나는 담수 수면고(水面高)이고, 다른 하나는 배수로에 흐르는 수면의 높이이다. 전자는 침수분석을 할 때의 상한 목표 수위로서 단일 수치로 표현되는데 비하여, 후자는 배수해석을 할 때의 배수로 상한수면으로서 수로에 연한 수면의 높이를 나타내는 한 조의 수치로 표시하는 것이다. 이 숫자들이 나타내는 위치는 배수로 기울기를 지배하는 중요한 점들 (예를 들면 배수로 합류점, 상류단, 그 밖의 배수로 중요점) 중에서 필요한 곳을 선정한 것이다. 어떤 경우에도 해석 결과에서 구한 계산 내수위가 계획기준 내수위를 넘지 않도록 하는 것이 기본이 된다.

배수계획에서는 지구의 일부에 피해를 입지 않는 범위에서 담수를 허용하고 공사비의 절감을 기하도록 한다. 담수에 의한 피해는 작물의 종류, 담수심, 담수시간, 담수시기 및 맑은물, 흙탕물 등 수질에 따라 다르므로, 허용담수는 포장의 이용형태, 홍수빈도, 담수면적, 경제성 등에 의하여 달라진다.

밭, 범용경지(汎用耕地) 및 마을 주변에서는 원칙적으로 허용담수를 고려하지 않는다. 이 때문에 윤환경지(輪換耕地)를 계획하는 경우에는 고위부에 설치하는 것이 바람직하다.

3.6.3 허용담수 및 침수방지 계획기준

벼 단일작 구역에서 설계강우량 하에서 허용담수심은 30cm로 한다. 이를 초과할 경우 관수(통상 70cm 깊이)가 발생하지 않는 범위 내에서 허용침수시간은 24시간으로 한다.

다만, 배수계획구역 중 침수에 의한 피해가 큰 원예작물 등 밭작물이 집단화된 지역은 재배작물 유형, 침수피해 정도 및 경제성 등을 종합 분석 평가하여 침수시간이 최소화 되도록 계획하여야 한다.

또한, 배수계획구역내 원예작물 등 밭작물이 집단화된 지역을 구분하여 배수계획을 수립하는 것이 유리한 지역은 별도로 구분하여 계획할 수 있다.

배수계획수립 과정에서 배수개선사업 시행과 관련한 침수여건 변화 등이 포함된 내용을 해당 지역주민들에게 사전 공지하여야 한다.

3.7절에서 구한 계획홍수량과 3.6.4절에서 구한 계획기준 외수위로 부터 구한 내수위가 최저답 표고를 기준면으로 했을 때의 침관수(浸冠水) 기준을 만족하도록 한다. 벼는 생육시기, 침수시간, 수온, 수질, 침수심에 따라서 침수피해 정도가 달라지나 주로 수잉기에 피해가 크며 이 시기에 벼의 길이가 70cm이상 되고, 우리나라는 수해가 7~9월에 많이 발생하는 것을 감안할 때 주로 수잉기의 침수피해를 방지하는 것을 목표로 허용담수심을 30cm로 하고 허용담수를 초과할 경우 담수 계속시간은 24시간을 한도로 하고 관수를 피하는 정도가 좋다.

배수계획구역 중 침수에 의한 피해가 큰 원예작물 등 밭작물이 집단화된 지역은 재배작물 유형, 침수피해 정도 및 경제성 등을 종합 분석 평가하여 침수시간이 최소화 되도록 계획하여야 한다.

배수계획구역내 원예작물 등 밭작물이 집단화된 지역을 구분하여 배수계획을 수립하는 것이 유리한 지역은 별도로 구분하여 계획할 수 있다. 분할된 구역에 각기 자연배수와 기계배수의 계획방법을 적용하여 어느 정도 그 내용을 고정시킨 후에, 필요하다면 양자를 연결하는 시설과 그 사용방법을 검토한다. 이 경우 수해지역 전체로서 가장 유리한 계획을 고려해야 하지만, 이와 동시에 자연배수 구역과 기계배수 구역의 배수효과가 크게 불균형하게 되지 않도록 하는 일도 명심해야 한다.

배수계획수립 과정에서 배수개선사업 시행과 관련한 침수여건 변화 등이 포함된 내용

을 해당 지역주민들에게 사전에 공지하여 사업시행 중이나 시행 후에 발생할 수 있는 민원을 사전에 방지하여야 한다.

지금까지 논지대의 홍수시 배수에서는 허용담수를 고려한 계획을 하여왔다. 벼의 담수피해가 가장 큰 시기는 수잉기이며 이 시기에 흙탕물이 1~2일 관수(冠水)되면, 70%의 감수피해(減收被害)를 받는다. 우리나라는 각 지방(경기 충남, 전남, 경남)에서 조사된 자료를 종합정리한 벼의 관수일수와 생육시기에 따른 감수피해의 관계는 <표 3.13>과 같으며, 이에 의하면 담수피해는 관수일수 0.5일에서도 수잉기에서 27.0%의 감수를 나타내어, 어떤 일이 있더라도 관수상태를 피해야 한다는 것을 시사하고 있다. 또한 벼 품종별 생육시기와 초장과의 관계는 [그림 3.23]과 같다.

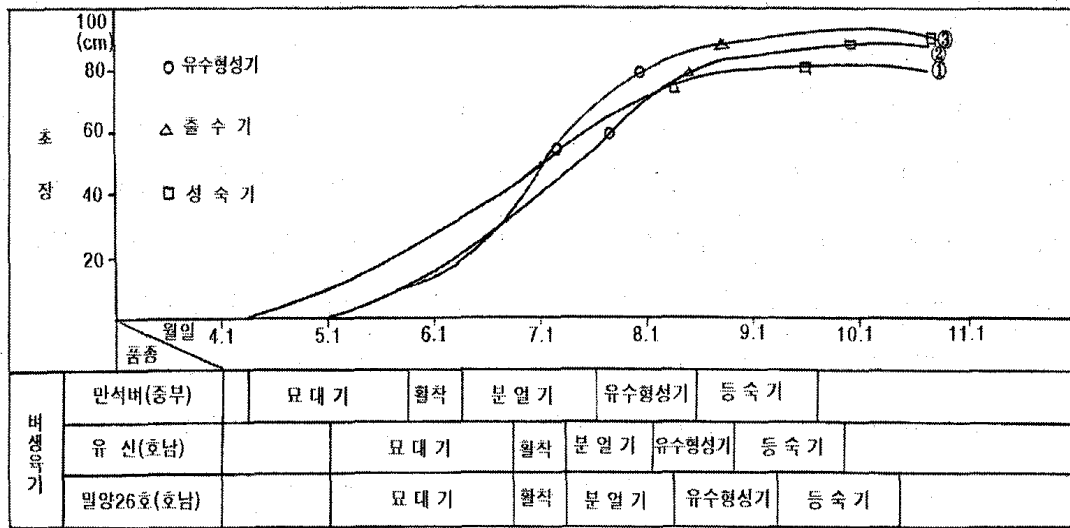
한편 일본에서는 벼의 생육시기, 관수의 청탁(淸濁) 및 담수일수별 피해상황을 조사한 결과는 [그림 3.24]와 같다.

<표 3.13> 벼의 생육기별 관수일수와 감수율(흐린 물의 경우) (단위:%)

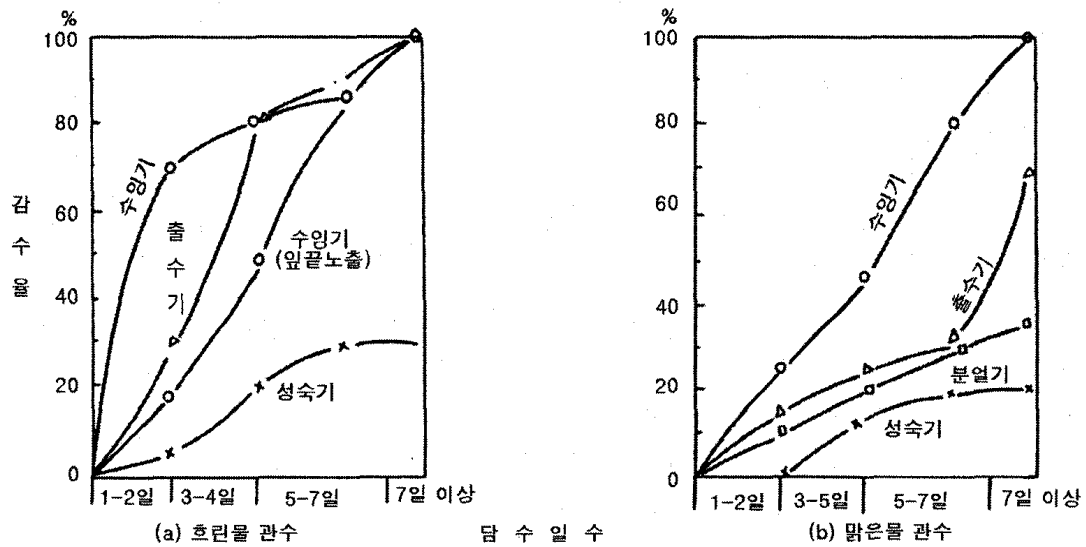
관수일수 생육기별	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	비 고
이앙직후	4.	7.	10.	13.	16.	19.	22.	25.	28.	31.	34.	37.	39.	42.	$y=6.97x^{0.926}$
분얼기	6.	11.	16.	21.	26.	30.	35.	39.	44.	48.	52.	57.	61.	65.	$y=11.12x^{0.908}$
유수형성기	15.	20.	24.	29.	34.	39.	44.	48.	53.	58.	63.	68.	72.	77.	$y=9.58x+10.01$
수잉기	27.	40.	50.	58.	66.	73.	80.	86.	92.	97.	100.	-	-	-	$y=39.66x^{0.558}$
출수기	28.	42.	53.	63.	72.	80.	88.	95.	100.	-	-	-	-	-	$y=41.94x^{0.589}$

* 비고란의 방정식은 피해율(감수율)계산에 사용된 방정식

[그림 3.24]에 의하면 수잉기에 침수피해가 크며 담수심이 30cm를 넘더라도 수잉기 이외의 1~2일간 관수되면 피해가 5~30% 정도이며 3일 이상 되면 피해가 갑자기 커진다. 그리고 수잉기일 때 벼잎 끝이 수면위로 나와 있으면 1~2일 관수로 20% 정도의 피해를 입으므로 허용담수를 초과할 경우 담수연속시간은 24시간을 한도로 하고, 부득이한 경우를 제외하고 관수를 허용하지 않는다.



[그림 3.23] 벼품종별 생육시기별 초장



* 관 수 : 벼줄기가 전부 물에 잠기는 경우
 잎끝노출 : 수면에서 잎끝이 10~15cm 나와 있는 경우

[그림 3.24] 관수에 의한 논벼의 감수율(일본 예)

범용경지화를 위한 배수계획에서는 침수시간이 최소화 되도록 한다. 범용화경지에 대한 무담수라 함은 논면에 요철(凹凸)이 있고, 밭 이용을 하면 이랑을 만듦으로써 5cm 미만의 담수를 포함하여 무담수로 취급한다.

포장 내에서의 담수는 강우 등에 의하여 경지면이 정체수로 덮여있는 상태인데, 밭작물의 경우에는 논벼와 달리 침수되면 엄청난 피해를 입는 것이 보통이며 그 정도는 작물의 종류, 생육시기에 따라서 다르다. 따라서 밭작물의 경우에는 담수(침수)시간이 최소화되도록 하는 배수계획이 필요하다.

표 3.14는 밭작물의 생육기별, 관수일수별 피해율을 보여주고 있다.

<표 3.14> 밭작물(토마토, 무, 배추, 고추, 수박, 당근)의 관수기간별 피해율(단위:%)

작물	생육 시기	관수일수			
		0.5일 이하	1	2	5
토마토	모 기 를 때	20	40	70	100
	아주심은후-생육중기	50	80	100	100
	꽃 필 때	80	100	100	100
	수 확 기	100	100	100	100
무	어 린 모 때	10	20	30	40
	생 육 중 기	20	30	50	80
	수 확 기	30	60	80	100
배 추	어 린 모 때	10	20	30	40
	생 육 중 기	40	60	80	100
	수 확 기	100	100	100	100
고 추	모 기 를 때	20	40	70	100
	아주심은후-생육중기	50	80	100	100
	꽃 필 때	80	100	100	100
	수 확 기	100	100	100	100
수 박	아주심은후-생육초기	50	90-100	100	100
	꽃이피고 익을 때	80	90-100	100	100
	수 확 기	70	90-100	100	100
당 근	어 린 모 때	10	20	30	40
	생 육 중 기	20	30	50	80
	수 확 기	30	60	80	100

<자료: 농림수산식품부 공고 제 2012-396호, 농업재해 피해조사 보고요령 [별표 1] 농작물 피해율 산정기준>

3.6.4 계획기준 외수위

승수로, 배수로, 배수문, 배수펌프장 등 배수시설물의 배제량을 결정짓는 계획기준 외수위는 해당시설물의 설계빈도와 동일하게 결정한다. 이때, 배수본천 하천, 저수지(담수호) 하구 또는 바다 등에 따라 그 형태를 달리 한다.

일반적으로 배수로, 배수문, 배수펌프장 등은 20년 빈도의 설계기준을 가지며, 승수로, 배수펌프장의 기계바닥표고 등은 50년 빈도의 확률에 대해 설계한다.

자연배수방식을 채택하는 경우에는 과거의 외수위 자료로부터 얻은 계획확률빈도 홍수시에 자연배수가 지장 없이 이루어질 수 있으면 된다. 그러나 지구내에 일시담수를 허용하고 배수문이나 기계배수로 이것을 배제하고자 계획하는 경우에는 외수위와 이의 시간적인 변화 상황이 중요하다.

배수펌프장의 계획기준외수위는 배수본천의 하천등급별 계획홍수위를 기준으로 한다.

가. 배수구를 배수본천에 설치할 경우

하천에 배수하는 경우 내수배제 시설의 설계강우에 상응하는 외수위 수문곡선을 적용하고 배수로 등은 20년 빈도로, 승수로는 50년 빈도의 외수위를 채용한다. 배수펌프장의 계획기준외수위는 과거의 20년 빈도로는 홍수시 하천수위의 잦은 상승으로 배수장의 홍수배제능력을 충분히 발휘할 수 없으므로 하천등급별 계획홍수위를 기준으로 결정한다. 현행 하천등급별 계획홍수위는 국가하천 : 100~200년 빈도, 지방하천 : 50~100년 빈도, 소하천 : 30년 빈도를 사용하고 있다.

외수위 수문곡선의 추정에서는 외수위 침투값, 외수침투의 지연, 외수위 상승, 감퇴 특성에 대하여 충분한 검토를 할 필요가 있다.

나. 배수구를 배수본천의 하구 가까이에 설치할 경우

외수위 수문곡선이 조위(潮位)나 하구폐쇄(河口閉鎖) 등의 영향으로 강우와의 상관관계가 떨어지는 경우도 있다. 이와 같은 경우에는 조위를 요인으로 첨가하기도 하고 부등류(不等流), 부정류(不定流) 계산을 병용하여 상관관계의 개선을 꾀하는 등 기술적으로 독창적인 연구가 필요하다.

계획기준강우와 비슷한 몇 개의 실제조건을 대상으로 외수위 수문곡선을 얻을 경우

는 그것들을 대비하여 기준외수위 수문곡선으로 정하여도 지장이 없다. 또한 배수기의 양정을 결정할 때의 언급한 기준외수위 수문곡선의 침두값 이외에 강우량과 외수위 침두값의 상관을 검토하는 과정에서 작성된 회귀곡선으로부터 실측치와의 편차를 고려하여 구한 외수위 침두값 또는 외수위 침두값의 확률계산 결과로 추정된 계획확률 외수위 침두값 중에서 어느 쪽이건 큰 값을 기준으로 선택한다.

다. 배수구가 바다에 붙어있는 경우

배수구가 바다에 붙어있는 경우의 배수계획은 소조(小潮)시 또는 대조(大潮)시의 평균조위(潮位)곡선이 외수위 수문곡선이 된다. 배수문을 조작하는 자연배수방식에서는 대부분의 경우 전자가 배수규모를 좌우하나, 기계배수를 병용하는 지역은 후자가 계획규모를 좌우하는 경우도 있다.

양수기의 양정(揚程)은 대조시 태풍이 북상하여 고조(高潮)가 겹쳐지는 경우를 가정하여 최고조위 확률계산치를 기준으로 정하며, 그 위에 파고를 고려해도 좋다. 또한 근방의 관측점에서 장기 조위기록을 얻을 수 있는 경우는 직접 년 최고조위 등을 기본자료로 확률계산을 한다.

3.6.5 계획배수량

계획배수량은 설계강우량이나 계획기준 외수위에 의해 정해지는 기준값으로, 이는 배수상황이 저류현상을 고려치 않는 경우, 담수를 허용하는 경우 및 배수문이나 배수펌프장 설치가 필요한 경우 등으로 나누어 구한다.

계획배수량은 배수시설의 용량을 결정하는 근거가 되는 값으로서 설계강우량이나 계획기준 외수위에 따라 산정되는 기준값이다. 평상시의 계획배수량은 강우량으로부터 산출하지 않고 관개용수, 지하수 유출 및 택지 등으로부터 배출되는 배수량 등을 기초로 하여 산출하고, 홍수시 계획배수량은 배수상황에 따라 다음의 몇 가지 방법으로 산정한다.

가. 농경지내에 저류현상을 고려치 않는 경우

설계강우량에 의한 침두홍수량을 계획배수량으로 하며, 산정방법에는 FAS(홍수분석 시스템), 합리식, HEC-1 등의 유출해석법을 사용한다.

○ FAS(홍수분석시스템)

- 소유역별 유출특성을 반영한 시스템으로 SCS 삼각단위도를 이용하여 침투 홍수량을 추적한다.

○ 합리식(合理式)

- 강우의 유하집중시간(T_c)을 고려하여 최대강우강도를 이용한 홍수량 결정 방법이다.
- 식의 간편함과 설계강우강도 결정방법의 개선 등으로 소규모 유역 및 중소 하천 홍수량 결정에 많이 사용된다.

○ HEC-1

- 유역망에 따른 홍수유출량 산정방법으로 주로 대유역에 적용하며, 소유역 적용시 주의를 요한다.

나. 농경지내에 저류현상을 고려하는 경우

설계강우량에 의한 농경지내 유입홍수량을 침수분석을 통한저류현상을 고려하여 적정배수량을 결정하여 사용한다.

○ 단위배수량법

논에서 벼 단작인 경우의 계획배수량은 24시간 우량을 1일 배제로 해서 구한 배수량으로 한다. 단위배수량 q 는 식(3.3)으로 계산한다.

$$q = R_{24} \times f \times 10^3 / 86,400 \text{ (m}^3/\text{s/km}^2\text{)} \quad \dots\dots\dots(3.3)$$

R_{24} : 24시간 우량(mm), f : 유출률

벼와 밭작물을 재배하는 답리작이나 밭의 경우에는 가능한 한 답수를 방지하기 위하여 계획배수량은 4시간 강우량을 4시간 배제로 해서 구한 배수량으로 한다. 이때의 단위배수량은 식(3.4)로 계산한다.

$$q = R_4 \times f \times 10^3 / 14,400 \text{ (m}^3/\text{s/km}^2\text{)} \quad \dots\dots\dots(3.4)$$

R_4 : 4시간 우량(mm), f : 유출률

또한 지구외 산지 등의 계획배수량은 홍수도달시간 내의 최대홍수량으로 하며, 외수위가 조위인 경우에는 일우량을 12시간 내에 배제하는 것을 원칙으로 한다.

배수문이나 배수펌프장 설치가 필요한 경우, 수해구역내 배수시설의 용량은 침수분석 결과 결정된 계획배수량의 1.5배로 결정하고, 지류는 비유량(比流量)으로 하며, 수해구역 외는 경지에 저류현상을 고려하는 계획배수량과 비교하여 이 중 큰 값을 채택하여 사용한다.

3.7 홍수유출량의 계산

홍수유출모형은 기본적으로 강우-유출 관계를 나타내는 것으로, 홍수유출모형을 이용하여 강우량으로부터 홍수유출량을 추정할 수 있다.

3.7.1 침투홍수량

경사지에서 배수로와 승수로 등 홍수조절 능력을 무시하는 시설의 용량을 결정하는 경우에는 침투홍수량 만을 사용하며, 소유역의 농지배수계획에는 합리식(合理式)을 주로 사용한다.

합리식은 홍수도달시간을 고려하여 최대강우강도에 의한 홍수량을 결정하는 방법으로, 원래는 도시하수도의 설계를 위하여 제안되었으나, 식의 간편함과 함께 홍수도달시간 및 설계강우강도를 위한 경험공식 등의 제안에 힘입어 광범위하게 이용되고 있으나, 제한 조건을 잘 이해한 후 사용해야 한다.

일반적으로 합리식 사용을 위한 소유역의 규모는 5km² 이하에 적용하나 유역 특성의 균일성에 따라 소유역 규모는 달라질 수 있다. 이런 이유로 해서 우리나라 소유역의 경우 논의 토지이용이 높다면 합리식의 사용을 자제해야 한다.

배수계획에서 각 시설마다 배수량을 정할 필요는 있으나, 동일 수로계 내에서는 지형적인 상황 등으로 판단해서 타당하다고 인정되는 지점을 기준점으로 정한 다음에 이 지점에서 유출해석을 하여 유출량을 구한다.

기준점은 일반적으로 다음과 같은 지점을 선정한다.

가. 홍수시 배수할 때의 기준점

유역경계가 명확하게 설정되고 홍수시에 유역내의 범람으로 저류가 생기지 않는 지점으로 유량관측에 적당한 지점

나. 상시 배수할 때의 기준점

계획후의 상시배수상황과 비슷하고 관측이 용이한 지점

합리식은 유역내 최원점(最遠點)에 내린 강우가 유역 최하류단(最下流斷)에 도달하는 시간, 즉, 강우도달시간 내의 강우량으로부터 침투홍수량을 산출하고자 하는 계산식으로 다음과 같이 표시된다.

$$Q_p = \frac{1}{3.6} r_e \cdot A, \quad r_e = f_p \cdot r \quad \dots\dots\dots(3.5)$$

Q_p : 침투 홍수량 (m^3/s)

A : 배수유역면적 (km^2)

r_e : 홍수도달시간내의 평균유효강우강도 (mm/h)

f_p : 침투홍수량에 대한 유출계수(표 3.15 및 표 3.16 참조)

r : 홍수도달시간내의 설계강우의 강우강도(mm/h)

우선, 강우도달시간과 유효강우강도를 구해야 되는데 계획 단계의 조사에서 얻을 수 있는 자료는 하도(河道)내 저류(貯溜)나 유역내 범람(氾濫)을 일으키고 있는 상태의 유황(流況)을 나타내고 있기 때문에 계획에 사용할 수치는 사업실시 후의 변화를 고려한 값을 사용할 필요가 있다. 또 유역 내에서 대규모의 초지화(草地化)나 시가지 확대 등과 같은 대폭적인 토지이용형태의 변화가 예상될 때에도 사용수치의 결정은 신중을 기해야 한다.

가. 유효강우강도(有效降雨强度)를 구하는 방법

1) 침투능(浸透能) 시험으로부터 구하는 방법

장시간의 강우로 지표(地表)가 충분히 강우유출수를 흡수하여 포화에 가까운 상태에서 호우(豪雨)가 있게되면 유출량은 매우 크게 된다. 따라서 직접유출(直接流出)에 대한 유효강우강도는 식 (3.6)에서 보는 바와 같이 강우강도에서 지표의 최종 침투능을 뺀 수치로 구할 수 있다.

$$r_e = r - f_c \quad \dots\dots\dots(3.6)$$

r_e : 유효강우강도(mm/h)

r : 강우강도(mm/h)

f_c : 최종침투능(mm/h)

최종침투능 f_c 는 뒤에 홍수수문곡선(Flood hydrograph)에서 설명하는 바와 같이 지표상태, 지질상태에 따라서 크게 변화하므로 인공강우(人工降雨)에 의한 침투능 시험을 하여 f_c 를 구한다. 일반적으로 유역은 여러 가지 지표상태가 혼재하고 있으나 이 경우에는 크게 2~3개 유형으로 구분하여 각각의 f_c 를 구하고 면적가중평균법(面積加重平均法)으로 전체 유역의 f_c 를 결정한다.

2) 침투유출계수를 사용하는 방법

식 (3.7)과 같이 침투유출계수를 사용하여 유효강우강도를 구한다.

$$r_e = f_p \cdot r \quad \dots\dots\dots(3.7)$$

r_e : 유효강우강도(mm/h)

f_p : 침투 유출계수

r : 강우강도(mm/h)

침투유출계수는 홍수도달시간내에 유역에서 발생하는 강우강도와 유효강우강도와의 비를 말한다. 침투유출계수는 지역의 지질, 지피(地被)상태, 선행강우 등의 여러 조건에 따라 다르므로 각각의 유역에서 측정한 관측치로 정하는 것이 가장 정확하다. 일반적으로 실측된 각종 강우에 의한 침투유출량과 유효강우강도를 이용한 (3.5) 식과 (3.7) 식에 의해서 침투유출계수를 구할 수 있다. 즉,

(3.5) 식에서 $r_e = 3.6Q_p/A$ 이므로 이를 (3.7) 식에 대입하여

$$f_p = 3.6Q_p/(r \cdot A) \quad \dots\dots\dots(3.8)$$

여기서,

Q_p : 실측된 침투홍수량(m^3/s)

r : 실측된 강우도달시간내의 평균강우강도(mm/h)

A : 유역면적(km^2)

이렇게 해서 구한 몇 개의 침투유출계수로부터 계획기준강우에 대한 배수개량 후의 침투유출계수를 추정한다. 「사업시행 후의 침투유출계수를 추정하는」 경우와 실측자료가 부족한 경우에 참고로 쓸 수 있는 값과 角屋(Kadoya)에 의해 측정된 값을 각각 <표 3.15> 및 <표 3.16>에 표시한다. <표 3.15>는 物部(Mononobe)가 일본 내의 하천에서 홍수시 측정한 값으로 유역상황에 따라 변화함과 동시에 안전계수를 고려한 것도 포함되어 있다. 또 대상으로 한 홍수가 크기 때문에 농업생산기반정비사업에서 대상으로 하는 강우에 대하여는 큰 값으로 되는 수가 있다. 특히 논인 경우는 0.7~0.8의 값을 취하는 일이 거의 없고, 대략 0.4~0.5의 범위에 있다.

角屋(Kadoya)가 제시한 값들은 비교적 호우를 대상으로 하고 토양이 포화상태로 되어 있을 때 관측된 것으로서 표층토의 상태에 따라 그 값이 크게 변화하고 있다. <표 3.16 참조>. 이와 같이 유출계수는 유역의 상황에 따라 크게 바뀌어서 일률적으로 유형화(類型化)할 수 없는 것으로 인근지역의 실측치 등을 고려해서 해당지구의 계수를 신중하게 정해야 한다. 또 대규모의 택지개발 등이 있게 되면 유황이 크게 변화하게 된다.

<표 3.15> 지형상태에 따른 침투유출계수

지 형 상 태	f_p
급경사의 산지	0.75 ~ 0.90
삼기층(三紀層) 산지	0.70 ~ 0.80
기복이 있는 토지 및 수목지(樹木地)	0.50 ~ 0.75
평탄한 경지	0.45 ~ 0.60
관개(灌溉)중인 답	0.70 ~ 0.80
산지하천	0.75 ~ 0.85
평지 소하천	0.45 ~ 0.75
유역의 반 이상이 평지인 대하천	0.50 ~ 0.75

<표 3.16> 표층토의 상태에 따른 침투유출계수

표층토의 상태	f_p
화강암질 사질토(표층토가 두꺼울 때)	0.1 ~ 0.2
화강암질 사질토(표층토가 얇을 때)	0.5 ~ 0.7
화산회 퇴적토	0.2 ~ 0.35
고생층, 중생층 등으로 표층토가 두꺼운 산지구릉지	0.5 ~ 0.7
제3기, 제4기 등으로 표층토가 얇은 산지구릉지	0.6 ~ 0.8
포장률이 높은 시가지	0.9 ~ 1.0

나. 홍수도달시간의 추정

홍수도달시간은 실측치를 기본으로 하는 것이 원칙이다. 홍수도달시간이란 유역내 최원점에 내린 강우가 최하류단에 도달하는 시간으로 정의한다. 따라서 유역형태, 지피 상태(地被狀態), 유로망(流路網)의 구성 배열에 따라 다르지만 일반적으로 유량이 커질수록 짧아진다. 실측치 및 계산치로부터 홍수도달시간을 구하는 방법은 다음과 같다.

1) 실측치로부터 구하는 방법

관측치가 있는 경우에는 [그림 3.25]의 (a)에서와 같이 홍수수문곡선(Flood hydrograph)과 강우량도(Hyetograph)를 함께 그려놓고 유출량이 첨두가 되는 시각 t_2 에서의 강우강도 r_p 를 구한 후 강우의 첨두발생 이전에 r_p 와 같은 값이 되는 시각 t_1 을 추정하여 양 시각의 차인 $t_b = t_2 - t_1$ 을 구하므로써 이것이 곧 홍수도달시간 t_b 가 되며 그 동안의 우량을 t_b 로 나누어 mm/h의 단위로 환산한 것이 홍수도달시간의 평균강우강도 r_e 이다. 한편 홍수도달시간의 평균유효강우강도 r_e 는 (3.5)식을 역으로 풀어서 다음과 같이 구한다.

$$r_e = 3.6Q_p/A \quad \dots\dots\dots(3.9)$$

r_e : 평균유효강우강도(mm/h)

Q_p : 실측된 첨두홍수량(m^3/s)

A : 유역면적(km^2)

이상의 방법으로 여러 개의 홍수도달시간 t_b 와 평균유효강우강도 r_e 를 구하여 이들을 [그림 3.25]의 (b)와 같은 양대수지에 프롯팅하고 대표선을 그으면 대상유역의 $r_e - t_b$ 직선을 얻을 수 있다. 따라서 이 대표되는 직선에 의해서 위에서 구한 t_b 에 대한 r_e 를 구할 수 있다.

일반적으로 홍수도달시간과 평균유효강우강도의 관계는 식 (3.10)으로 정의된다.

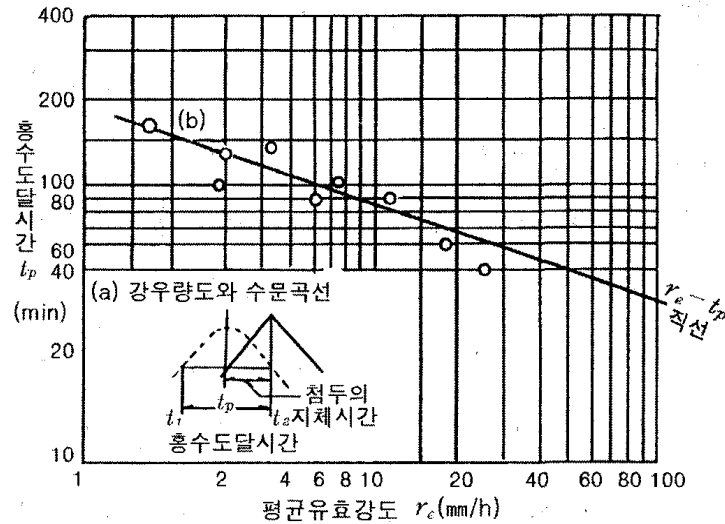
$$t_b \propto A \cdot r_e^{-c} \quad \dots\dots\dots(3.10)$$

c : 0.4 ~ 0.33

t_b : 홍수도달시간 (h 또는 min)

A : 유역면적 (km^2)

r_e : 평균유효강우강도(mm/h)



[그림 3.25] 평균유효강우강도와 홍수도달시간의 관계

2) 계산에 의한 방법

(1) 르지하(Rziha)의 공식

상류지점으로부터 관측지점까지 홍수도달속도를 계산하는데 많이 쓰인다. 단, 하천의 기울기가 도중에서 변화하는 경우에는 변화할 때마다 도달시간을 구간별로 산정하여 더하도록 되어 있다.

$$T = \frac{l}{W} = \frac{L}{W} \dots\dots\dots (3.11)$$

$$W = 20 \left(\frac{h}{l} \right)^{0.6} \text{ m/s} = 72 \left(\frac{H}{L} \right)^{0.6} \text{ km/h}$$

T : 홍수도달시간 (s, h)

l, L : 하곡으로 된 최상류 지점에서 대상지점까지의 유로에 따른 수평거리(m, km)

W : 홍수도달속도(m/s, km/h)

h, H : 유로 상·하류단의 고저차(m, km)

(2) 강우의 영향을 고려한 계산식

식 (3.10)의 이론식을 기본으로 角屋 (Kadoya) 등은 일본의 14개 하천 (유역면적 $A = 0.13 \sim 740 \text{ km}^2$)의 관측결과에서 유도한 것으로 다음 식으로 표시한다.

$$t_p = CA^{0.22} r_e^{-0.35} \dots\dots\dots (3.12)$$

여기서,

t_p : 홍수도달시간(min)

A : 유역면적(km^2)

r_e : 홍수도달시간 내의 평균유효강우강도(mm/h)

C : 토지이용상태에 의해 달라지는 계수<표 3.17>참조

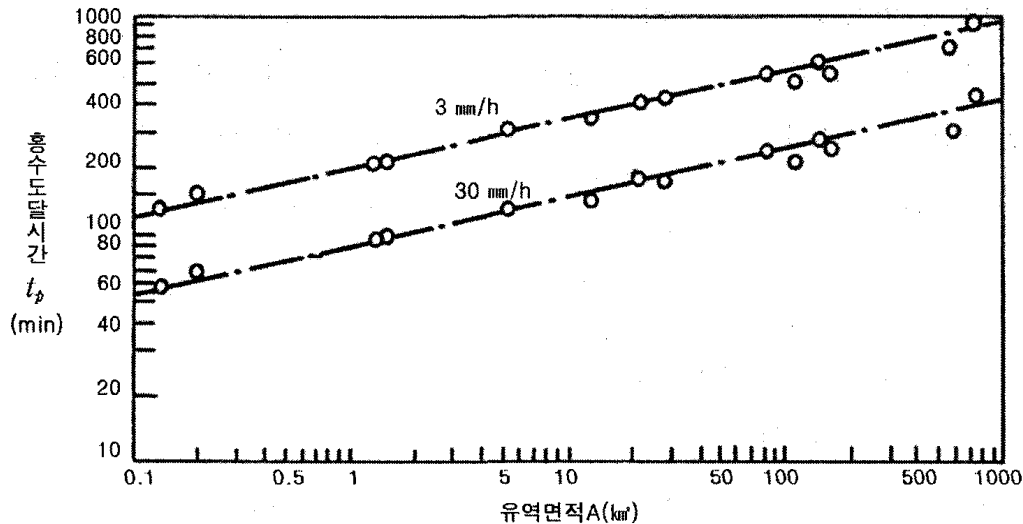
홍수도달시간계수 C 는 토지이용상태에 따라 달라지며 그 값은 <표 3.17>과 같다.

홍수도달시간계수는 유역 내의 최원지류유역(最遠支流流域)의 사면의 크기, 기울기, 조도(粗度), 그 사면으로부터 하류측의 하도상태에 따라 정해지는 정수로 보고 10% 정도의 오차를 허용한다면 최원지류의 대부분이 거의 삼림지를 이루고, 지표면의 기복이 크고 우수저항도 매우 큰 상태로 되는 것이 일반적이다. 이러한 측면에서 볼때 최원지류유역의 대부분이 골프장이나 방목지처럼 지표면이 평활하여 우수저항이 작을 때는 각각 150, 200정도, 또 포장율이 높은 시가지에서 마치 수로의 흐름처럼 흐르는 상태라면 90 내지는 그 이하의 값을 취하게 된다.

[그림 3.26]은 $r_e=3$ 및 30mm/h에 대하여 유역면적과 t_p 와의 관계를 표시한 것이다.

<표 3.17> 홍수도달시간계수 C 의 값

표층조건	C 의 값
자연산지	250~350 \approx 290
방목지	190~210 \approx 200
골프장	130~150 \approx 140
개발택지	90~120 \approx 100
농경지	90~110 \approx 100
시가지	60~90 \approx 70



[그림 3.26] 유역면적과 홍수도달시간간의 관계

(3) 유역특성인자에 의한 계산식

홍수도달시간은 전술한 방법 외에도 유역의 특성인자를 고려한 경험식을 사용하는 경우가 많다. 여기에서는 주로 사용되고 있는 Kirpich, Kraven 및 우리나라의 건교부에서 발표한 경험식을 소개하기로 한다.

① Kirpich 의 공식

미국 농무성 토양보전국(SCS)이 테네시주의 7개 농업지대에서 조사한 자료에 의해 Kirpich가 개발한 경험식은 식 (3.13)과 같다.

$$t_p = 0.06626 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}} \quad \dots\dots\dots (3.13)$$

여기서,

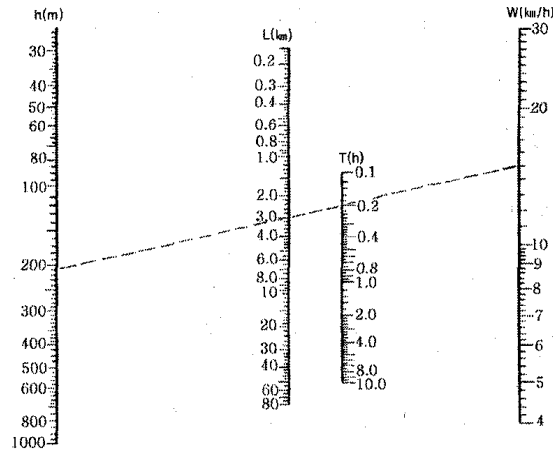
t_p : 도달시간(h)

L : 유역내 유로의 길이(km)

S : 유로의 평균경사

② Kraven의 공식

평지부의 수로에서 많이 사용하는 공식이다. 하상(河床)의 경사 I 와 홍수도달속도 W 의 관계는 I 가 $1/200$ 이하, $1/200$ 이상~ $1/100$ 이하, $1/100$ 이상일 때 W 는 각각 2.1m/s , 3.0 m/s , 3.5m/s 이다. 홍수도달시간을 구하기 위해서는 [그림 3.27]이 이용되며 여기에서 낙차, h 와 수평거리 L 을 연결하면 홍수도달속도 W 와 홍수도달시간 T 를 읽을 수 있다.



[그림 3.27] Kraven의 홍수도달시간 계산도

③ 건교부의 공식

건교부에서 우리나라의 한강 유역 경안천 (9.2km²)과 금강유역 무심천 (20km²)에서 구한 유역특성인자에 의한 경험식은 다음과 같다.

$$t_p = 4.488 \times 10^{-3} \frac{(LL_c)^{0.195}}{S^{1.501}} \dots\dots\dots (3.14)$$

여기서,

t_p : 홍수도달시간(h)

LL_c : 하천중심장 (河川重心長)(km)

S : 유역의 경사

다. 확률강우강도곡선

확률강우강도곡선이란 강우의 지속시간 t_r 과 그 지속시간 내에 확률적으로 (몇 년 만에 일회의 확률로) 기대되는 최대 평균강우강도(이하 확률강우강도라 한다)와의 관계를 표시하는 곡선으로서 반드시 일련의 연속강우에 대한 것은 아니다. 또 이 곡선을 반드시 식으로 표시할 필요는 없고 계획에 사용되는 도달시간이 약 2시간 이내라고 생각되는 소유역(약 2km² 이하)일 때는 하수도(下水道) 계획에 쓰이는 식을 검토한 다음 사용하여도 지장이 없다. 자료는 여름의 소나기를 제외하고 장시간 강우로 30년 정도의 자료에서 20분간, 1시간, 4시간 등 3종 이상의 강우계속시간 t_r 을 미리 설정하고 이 t_r 에 대해서 특정강도, 예를 들어 20mm/h이하의 강도를 포함한 강우가 있으면 그것에서 자료를 1개씩 추출하거나 또는 년 최대 강우강도의 값을 각 년마다 추출해

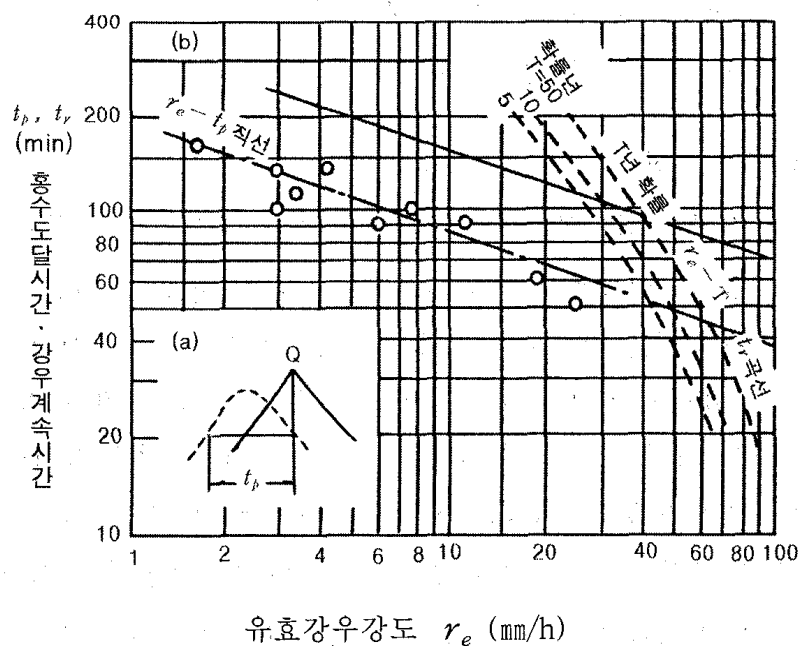
서 T년 확률강우강도를 추정한다. 이와 같이 하여 얻어진 T년 확률강우강도 rT 와 지속시간 t_r 과의 관계를 양대수지에 프롯팅 해서 이에 관한 곡선을 그으면 T년 확률강우강도곡선을 얻을 수 있다.

라. 확률유효강우강도곡선

전항에서 얻어진 T년 확률강우강도 rT 에 식 (3.9) 또는 식 (3.10)을 적용하면 각 지속시간 t_r 에 대한 T년 확률유효강우강도 $r_e T$ 가 얻어지므로 이것을 양대수지에 프롯팅 해서 이에 상응한 곡선을 그리면 T년 확률유효강우강도곡선을 얻게 된다.

마. 확률침투홍수량

배수계획의 기본이 되는 T년 확률침투홍수량은 T년 유효강우강도에 대응하는 것이기는 하나, 하나의 유역에서도 홍수도달시간 t_p 는 침투홍수량 Q_p 와 유효강우강도 r_e 에 따라서 변화하며, 한편, T년 확률유효강우강도 $r_e T$ 는 그 지속시간 t_r 에 따라서 변화한다. 따라서, (3.5)식에 의한 침투홍수량의 유도를 위해서는, 이 양자의 관계를 동시에 만족시키는 r_e 를 정해야 한다. 이를 위해서는 [그림 3.28]에 표시한 바와 같이 $r_e - t_p$ 곡선 (양대수지상에서는 직선)과 $t_r - r_e T$ 곡선을 동일지상에 표시하고 양자의 교점, r_e 를 읽어서 이 유효강우강도를 식 (3.5)에 대입하므로서 확률 침투홍수량을 구하는 것이 실용적이다.



[그림 3.28] 홍수도달시간과 확률강우강도 곡선

이상의 방법에 의하여 빈도별 침투홍수량의 계산예를 들면 다음과 같다.
(계산 예)

자연산지(自然山地)를 2/3이상 포함하는 유역면적 200ha의 상류부에서 흘러 내려오는 홍수 유출량을 하류의 답지대(畛地帶)에 유입시키지 않고 배수로를 거쳐 하천으로 배수시킬 경우 합리식에 의해 5, 10 및 50년 빈도별 침투홍수량을 구하기로 한다.

(풀이)

이 유역의 유출특성을 구하기 위해 유역면적 13ha인 소유역의 지천(支川)에서 유량 관측을 수년 계속해서 얻은 자료를 정리하여 홍수도달시간을 구한 결과 [그림 3.28]을 얻었다 ((b)도에서 ○표한 것). 이에 대응하는 최소자승선을 그으면 (b)도의 일점쇄선(一點鎖線)이 된다. 그리고 관측기간에 얻은 침투유출계수는 0.5~0.7이고 그 최대치는 0.71이었다. 한편 이 유역 근처의 우량관측에서 얻은 자료에 의하여 지속시간 $t_r = 20, 60, 180$ 분의 년최대강우강도(통계년수 24년간)를 조사하여 <표 3.18>의 결과를 얻었다. 상술한 지천 및 전 유역의 배수로 계획에서 필요한 확률침투유출량을 추정하기로 한다. 단, 침투유출계수는 관측결과를 고려해서 0.75로 가정한다.

<표 3.18> 연최대강우강도(mm/h)

지속시간 (h) 순위(i)	20분	60분	180분	$F = i/(N+1)$
24	109	60	30	96%
23	90	59	27	92
22	88	58	26	88
21	88	52	25	84
.
2	52	27	13	8
1	43	23	12	4

가. 홍수도달시간

유역면적 13ha의 지천에서 유효강우강도 $r_e = 3, 30\text{mm/h}$ 인 경우의 홍수도달시간의 값은 각각 110분, 55분 으로서 이것을 [그림 3.26]에 플롯팅한 결과 거의 같은 직

선상에 오게 되어 (3.12)식을 인정해서 200ha의 유역에 대한 홍수도달시간을 [그림 3.26]에서 구한 결과 $r_e=3$, 30mm/h에 대해 각각 $t_p=235$, 102을 얻었다. 따라서 이것을 [그림 3.28]에 플롯팅해서 직선을 그리면 [그림 3.28]의 실선과 같이 된다.

나. 확률강우강도

<표 3.18>의 자료를 대수확률지에 $F = \frac{i}{(N+1)}$ 에 의해 플롯팅 하면 [그림 3.29]와 같이 된다. 단, i 는 작은 값부터의 순위, N 은 자료수이다. 자료는 거의 직선상으로 배열되어 있으므로 특별히 확률계산을 할 필요가 없이 도상(圖上)에서 판단하기로 한다. 자료 N 개의 점을 대표하는 최소자승곡선을 긋고 T 년 확률치 및 침투유출계수 $f=0.75$ 를 대입해서 확률유효강우강도를 추정하면 다음의 값들을 얻는다.

$T=5$ 년, $F(\text{누가발생확률})=1-1/T=1-1/5=0.8$

$t_r=20$ 분 : $r=86\text{mm/h}$, $r_e=64.5\text{mm/h}$

60분 : 50 38

180분 : 23 17

$T=10$ 년, $F=1-1/10=0.9$

$t_r=20$ 분 : $r=95\text{mm/h}$, $r_e=71\text{mm/h}$

60분 : 57 43

180분 : 26.5 20

$T=50$ 년, $F=1-1/50=0.98$

$t_r=20$ 분 : $r=113\text{mm/h}$, $r_e=85\text{mm/h}$

60분 : 71 53

180분 : 33 25

이상과 같이 구한 계속시간과 확률유효강우강도의 관계를 [그림 3.28]에 플롯팅 하여 곡선을 그리면 점선과 같이 된다.

다. 확률침투홍수량

전술한 유효강우강도~홍수도달시간의 관계곡선[그림 3.25]에서 직선과 계속시간~확률유효강우강도곡선의 교점을 읽으면 다음과 같다.

지천 (13ha)

$$T = 5\text{년}, \quad r_e = 42\text{mm/h}$$

$$10\text{년} : 49$$

$$50\text{년} : 63$$

배수본천(200ha)

$$T = 5\text{년}, \quad r_e = 25.5\text{mm/h}$$

$$10\text{년} : 30$$

$$50\text{년} : 41$$

따라서 확률침투홍수량은 다음과 같이 추정된다.

지천(13ha)

$$T = 5\text{년} : Q_p = r_e A / 3.6 = 42 \times 0.13 / 3.6 = 1.5 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$10\text{년} : Q_p = 49 \times 0.13 / 3.6 = 1.8 \text{ m}^3/\text{s}$$

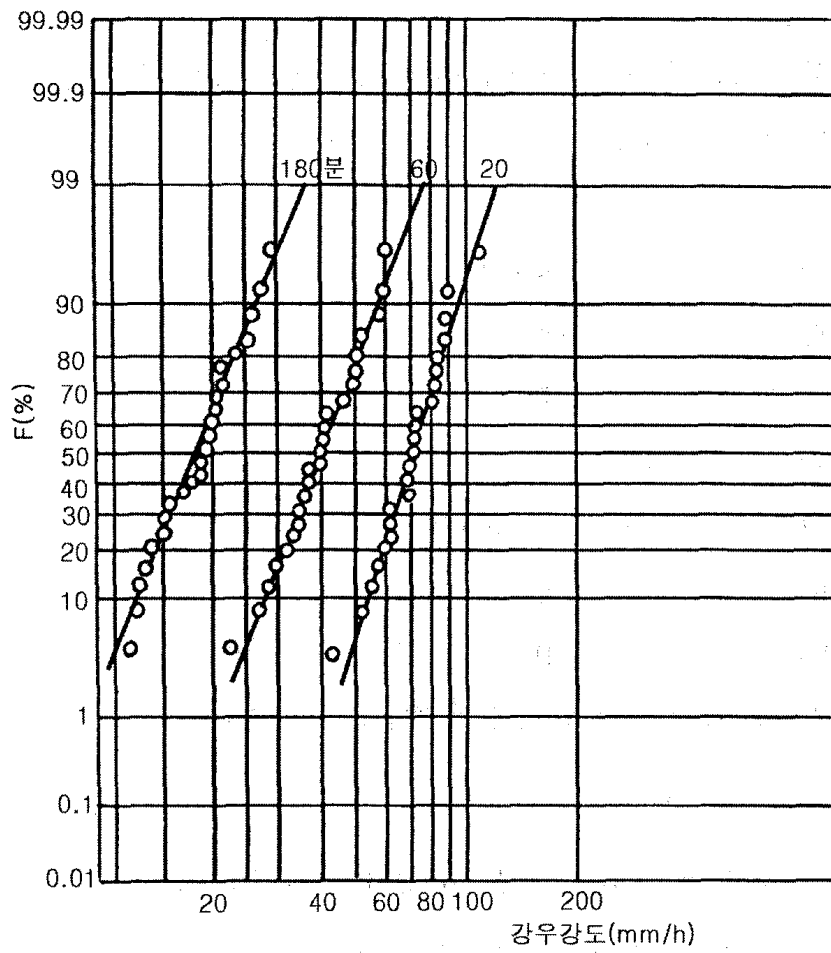
$$50\text{년} : Q_p = 63 \times 0.13 / 3.6 = 2.3 \text{ m}^3/\text{s}$$

배수본천(200ha)

$$T = 5\text{년} : Q_p = r_e A / 3.6 = 25.5 \times 2 / 3.6 = 14.2 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$10\text{년} : Q_p = 30 \times 2 / 3.6 = 16.7 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$50\text{년} : Q_p = 41 \times 2 / 3.6 = 22.8 \text{ m}^3/\text{s}$$



[그림 3.29] 단기간 강우강도의 확률분포

3.7.2 홍수 수문곡선(Flood Hydrograph)

홍수유출해석에서 홍수 수문곡선을 필요로 하는 경우 계측유역에서는 단위유량도법을, 무계측유역에서는 합성단위유량도법, 유역홍수추적법, 저류함수법, 탱크모형, HEC-1 및 홍수분석시스템(FAS) 등의 수문모형에 의해서 추정한다.

홍수 수문곡선의 추정은 상기한 여러 가지 방법으로 구할 수 있지만, 실측치로 그 타당성을 검증하여야 한다. 완경사로 된 배수로를 갖는 저지대는 유출량이 하류의 수위조건에 따라 좌우되기 쉬우므로 부정류 계산법을 적용하는 것이 원칙이나, 실용적으로는 적용의 경제성을 평가하여 채택하여야 한다.

일반적으로 다음과 같은 경우에는 수문곡선에 의해 분석되어야 한다.

① 홍수조절용 댐을 건설할 경우

② 경사지에서 나오는 유출수라도 그 일부 또는 전부를 저지대에 유도해서 일시 저류시킬 경우

③ 저지대에서 나오는 유출수를 일시 저류시켜 기계배수 또는 자연배수를 할 경우
유출해석법은 일반적으로 홍수를 주 대상으로 한 유출해석법과 저수(低水)를 주 대상으로 한 장기간 유출해석법으로 대별된다. 유역에 강우가 있었을 때의 유출계수는 표면유출 (하도강수 포함), 중간유출 및 지하유출의 3개 성분으로 나누어지며 표면유출과 중간유출을 합해서 직접유출이라 하고 이것이 배수계획상 중요한 단기유출의 주 성분이 되고 있다. 이 직접유출을 정량적으로 해석하는 방법을 일반적으로 홍수유출해석법 또는 단기유출해석법이라 한다. 홍수유출해석법에는 지금까지 많은 연구가 있었는데 이를 대별하면 단위유량도법(單位流量圖法), 합성단위유량도법(合成單位流量圖法), 저류함수법(貯溜函數法), 탱크모형법, 우수류법(雨水流法), HEC-1 및 홍수분석시스템(FAS) 모형으로 분류된다.

가. 직접유출과 지하수유출의 분리방법

직접유출과 기저유출을 정확하게 분리하기 위해서는 유역의 정확한 범위, 지하대수층의 지질, 투수능, 통수능력 등 유역의 지질수문학적 특성 (Geohydrological characteristics) 등을 알아야 한다. 이들 특성에 따라 기저유출량이 다양하게 변화되므로 정확한 분리방법은 없지만 이들 특성을 가능한 한 고려한 몇 가지 간략법이 사용되고

있다. 여기에서는 수평직선분리법, N-day 법과 수정 N-day법 및 감수곡선법에 관해 설명하기로 한다.

1) 수평직선분리법

일반적으로 많이 사용되고 있는 방법으로 지하수유출을 일정하다고 가정하여 [그림 3.30(a)]에서와 같이 수문곡선의 상승부 시점 A로부터 수평선을 그어 감수하강곡선과의 교점을 E로 한다. AE선 위를 직접유출, 아래를 지하수유출이라 한다. 환언하면 관측유량에서 기저유량을 뺀 것이 직접유출량이다.

2) N-day 법 및 수정 N-day법

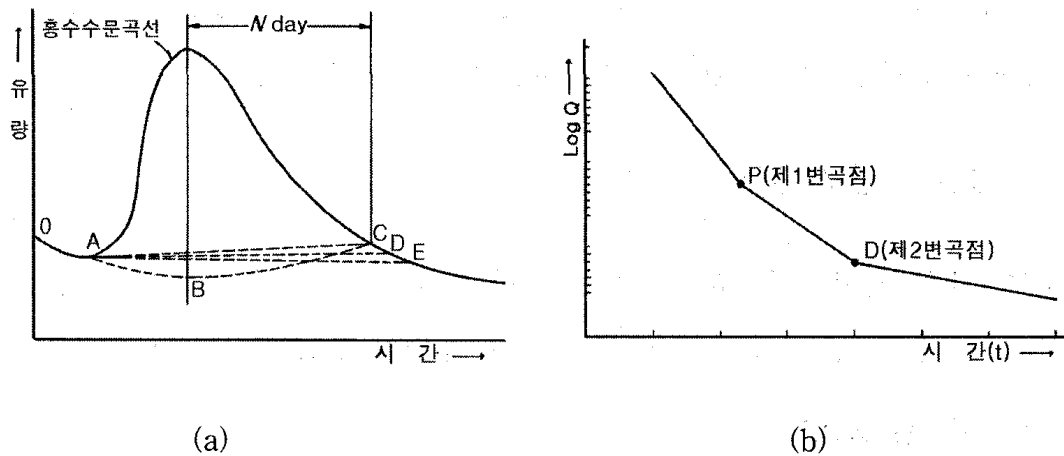
이 방법은 침투홍수량이 발생한 시각으로부터 직접유출이 끝나는 시각까지의 시간 (이를 N-day라고 한다)을 유역면적 크기의 함수로 나타내는 방법으로서 [그림 3.30(a)]에서 상승부의 시점 A로부터 C점에 의해 분리하는 방법이다.

$$N=0.8A^{0.2} \dots\dots\dots(3.15)$$

식에서, N는 침투홍수량이 발생한 시각으로부터 직접유출이 끝나는 시각까지의 시간 한편, 수정 N-day법은 초기손실까지의 감수곡선 OA를 침투유량이 발생하는 시각까지인 B까지 연장한 후 감수곡선 상의 N-day 점인 C까지 직선으로 연결하여 분리하는 방법이다.

3) 감수곡선법(減水曲線法)

수문곡선상의 감수부의 유량을 [그림 3.30(b)]에서와 같이 대수로 취하여 반대수지에 그리면 3개의 직선으로 나타나는 수가 많다. 이때 제1 변곡점이 지표유출이 끝난 점이고 제2 변곡점이 중간유출이 끝난 점으로 [그림 3.30(a)]의 D점에 해당한다. 이점이 지하수유출이 시작하는 점으로 A와 D를 연결하여 AD선의 위를 직접유출, 아래를 지하수유출로 본다. 이 방법을 일명 물때급변점법이라고도 한다.



[그림 3.30] 직접유출과 지하수유출의 분리

나. 직접유출에 대한 유효강우

강우초기의 일부 강수는 식물에 의해 차단(遮斷)되고, 지표에 떨어진 강수도 요지(凹地)에 저류되거나 또는 침투하는 등의 과정을 거치게 되어 바로 하도로 유출하지 않는데 이들 유역내의 강수 보유능력에는 한계가 있어서 서서히 직접유출고가 증대하게 된다. 이들 관계는 많은 조건에 좌우되므로 정량적으로 표현하기는 어려우나 실용적으로는 다음과 같은 방법이 사용되고 있다.

1) 누가우량(累加雨量)~누가손실우량(累加損失雨量)의 관계

유역내에 보류(保留)된 손실우량의 누가치(累加値) $\sum R_l$ 은 누가우량 $\sum R$ 의 증대에 따라 크게 되나 마침내 일정치에 가까워지고 일정치에 도달한 뒤의 강수는 거의 유출한다고 볼 수 있다. [그림 3.31(a)]에서 어느 하천의 예를 보면 누가우량 100mm에서 누가손실우량 (또는 누가보유량)이 일정치 64mm로 되었는데 전기강우(前期降雨)의 영향이 있는 것은 일반적으로 누가우량 및 누가손실우량에 각각 20mm씩 가산하므로써 대략 누가우량~누가손실우량의 곡선이 그려짐을 볼 수 있다. [그림 3.31(b)]는 B하천의 누가우량~누가손실우량의 예를 나타내고 있으며 [그림 3.32]도 역시 다른 유역에 대한 예를 보여주고 있다.

그런데 침투성이 큰 유역에서는 누가손실우량이 일정치가 되지 않으며 누가우량의 증가에 따라 서서히 증가하는 예가 많다. 현실적으로 한 강우에서 직접 유출고와 누가손실우량은 일점 밖에 구하지 못하거나 몇 개의 강우에 대하여 구한 값을 연결시킨

곡선이 각 강우의 계속시간내의 누가우량, $\sum R$ 과 누가손실우량 $\sum R_l$ 과의 관계를 표시하는 것으로 하면 각 시각에 일어나는 유효강우 r_e 의 누가치는

$$\sum r_e = \sum R - \sum R_l \quad \dots\dots\dots(3.16)$$

로 주어지므로 r_e 의 값은 쉽게 추정된다. 이 방법은 시간개념이 명확하게 정의되어 있지 않은 결점이 있으나 취급이 매우 간단하여서 현재 널리 쓰이고 있다.

2) 손실능(損失能)

직접유출을 하지 않는 단위시간당 손실유량을 손실능 이라 하며 홀튼(Horton)의 침투능 (Infiltration capacity)형으로 나타내면 누가손실우량, $\sum R_l$ 은 다음 식으로 나타낼 수 있다.

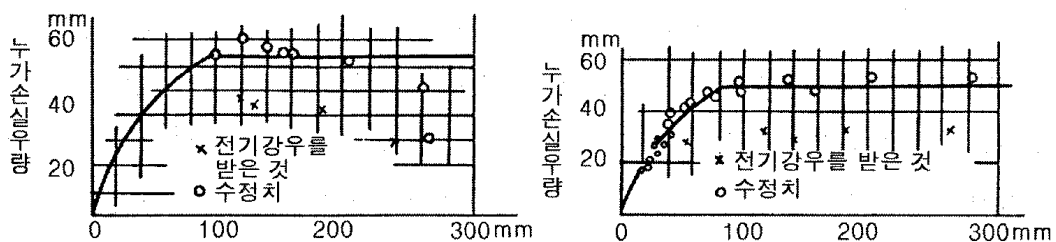
$$\sum R_l = F = \int_0^t f dt = \int_0^t \{f_c + (f_0 - f_c)e^{-kt}\} dt = f_{ct} + \frac{f_0 - f_c}{k}(1 - e^{-kt}) \quad \dots\dots\dots(3.17)$$

여기서,

f_0, f_c : 초기 및 최종손실능(mm/h)

k : 상수

t : 강우계속시간(h)



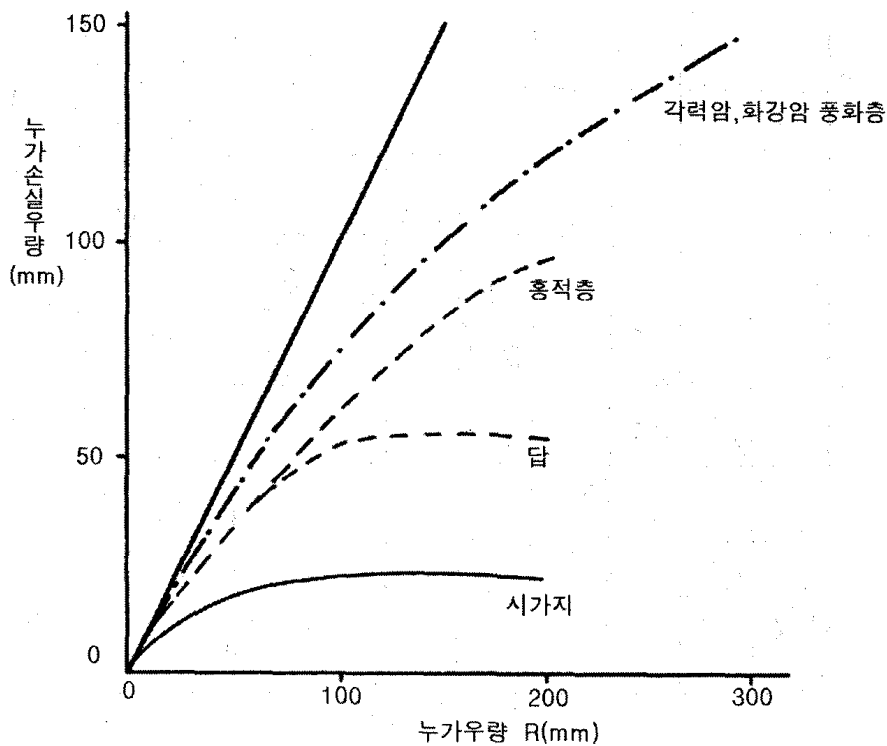
누가우량

누가우량

(a) A하천

(b) B하천

[그림 3.31(a)] 누가우량~누가손실우량의 예



[그림 3.32(b)] 누가우량~누가손실우량의 예

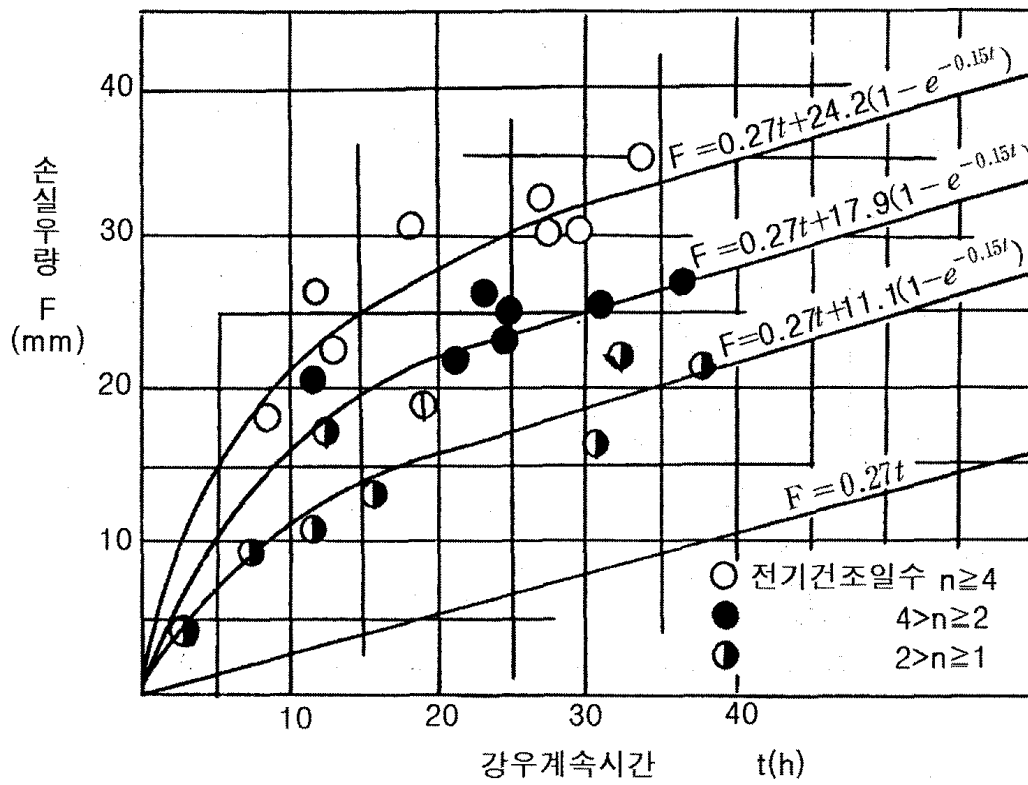
식 중에서 상수 k 가 정해지면 각 시각의 유효강우강도 r_e 는 다음 식으로 추정된다.

$$r_e = r - f \quad \dots\dots\dots (3.18)$$

일본에서는 石原(Ishihara) 등이 由良(Yura)천(川)에서 상수 k 와 손실능을 다음과 같이 구하였다. 우선 강우유출시 마다의 손실우량 F 와 강우계속시간과의 관계를 프롯하고 이것을 전기무강우일수(前期無降雨日數) t_n 을 지표(指標)로 분류하여 [그림 3.33] f_c 및 k 를 추정한다. [그림 3.33]에 표시된 식들은 (3.17) 식을 표시하는 것으로 이로부터 f_0 와 t_n 의 관계를 구하면 f_0 의 회복곡선(回復曲線)을 구할 수 있다. 일본의 유랑천(由良川)을 예로 구한 관계를 식으로 표시하면 다음과 같다.

손실능 곡선

$$f = 0.27 + (f_0 - 0.27)e^{-0.15t}$$

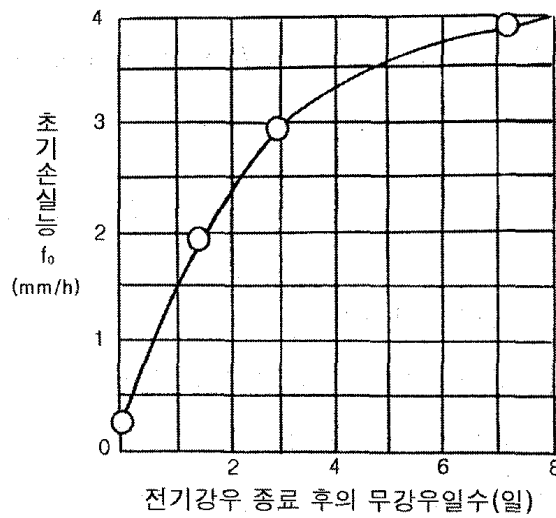


[그림 3.33(a)] 손실우량과 강우계속시간과의 관계(유량천의 예)

초기 손실능 회복곡선

$$f_0 = 4.30 + (0.27 - 4.30)e^{-0.365t}$$

$$f, f_0 : \text{mm/h}, \quad t : \text{h}, \quad t_n : \text{day}$$



[그림 3.33(b)] 초기손실능 회복곡선(유량천의 예)

다. 단위유량도법(單位流量圖法)

단위유량도란 1932년에 Sherman이 제창한 것으로 특정한 지속시간 동안에 시간적, 공간적으로 유역전체에 균일하게 내리는 단위유효우량 1cm로 인해 생기는 직접유출 수문곡선을 의미한다. 따라서 단위유량도법 이란 시각 t 의 유출량 $Q(t)$ 를 적당한 단위 시간당 유효강우강도 $r_e(t-j)$ 를 써서

$$Q(t) = \sum_{j=0}^l P_j r_e(t-j) \quad \dots\dots\dots (3.19)$$

즉,

$$Q(t) = P_0 r_e(t) + P_1 r_e(t-1) + \dots\dots\dots + P_l r_e(t-l)$$

$$Q(t+1) = P_0 r_e(t+1) + P_1 r_e(t) + \dots\dots\dots + P_l r_e(t+1-l)$$

$$\dots\dots\dots \dots\dots \dots\dots \dots\dots \dots\dots$$

로 나타내는 방법으로서 유효강우강도 $r_e(t-j)$ 에 곱해야 할 계수 P_j 를 도시킨 것을 단위유량도라고 부른다. 위 식에서 $r_e(t)=1$ 로 하고 기타 시각의 r_e 를 0으로 즉 $r_e(t-j)_{j=0}=0$ 으로 하면

$$Q_t = P_0, \quad Q(t+1) = P_1, \dots\dots\dots,$$

$$Q(t+l) = P_l$$

로 되며 이로서 단위유량도 P_f 란 단위시간에 단위유효강우량으로 생기는 직접유출 수문곡선 임을 알 수 있다. 여기에서 유효강우 r_e 를 mm/h, 유역면적 A 를 km², Q 를 m³/s의 단위로 취하면

$$\sum_{f=0}^t P_f = \frac{A}{3.6} \dots\dots\dots(3.20)$$

의 조건을 만족시킬 수 있음이 명백하다.

(3.19) 식으로 표시된 단위유량도법은 다음 가정에 근거를 두고 있다.

① 기저장 일정 가정(基底長 一定假定)

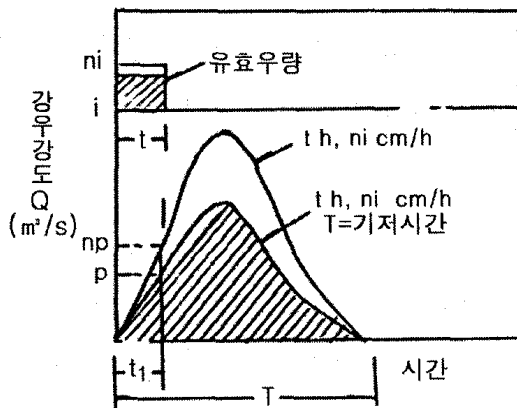
동일한 유역에 균일한 강도로 비가 내릴 경우 지속기간은 같으나 강도가 다른 각종 강우로 발생하는 유출량은 그 크기는 다를지라도 유하기간은 동일하다. 즉 서로 다른 강우강도로 같은 시간동안 비가 내린 동안에 유량의 크기는 시간에 따라 다르지만 직접유출의 시간적 분포를 표시하는 수문곡선의 기저시간 (Base time)은 동일하다는 것이다. [그림 3.34 참조]

② 비례가정(比例假定)

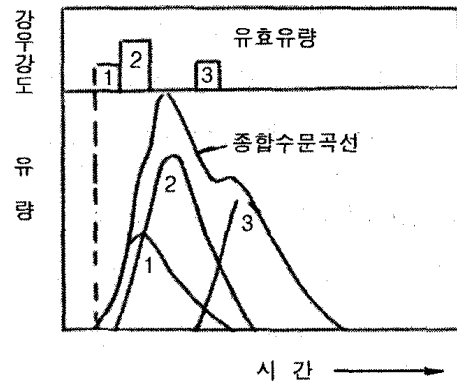
동일유역에 균일한 강우강도의 비가 내릴 경우 동일한 지속기간을 가진 각종 강도의 강우로부터 그려지는 직접유출수문곡선의 종거(縱距)는 임의시간에 발생하는 강우강도에 직접 비례한다. 즉, 일정시간에 n 배만큼 큰 강도로 비가 내리면 이것으로 말미암아 그려지는 수문곡선의 종거는 n 배 만큼 커진다는 것이다. [그림 3.34]를 보면 강우강도가 i 와 ni 일 때 시각 t_1 에서 유출량은 각각 p 와 np 이다.

③ 중첩가정(重疊假定)

일정기간동안 균일한 강도를 가진 일련의 유효강우량으로 발생하는 총유출은 각 기간의 유효강우량으로부터 발생하는 개개의 유출량을 산술적으로 합한 것과 같다. [그림 3.35]에서 보는 바와 같이 3개의 강우로 얻어지는 총유출수문곡선은 이들 3개의 수문곡선의 종거를 시간에 따라 더함으로서 얻을 수 있다.



[그림 3.34] 기저장 일정가정 및 비례가정



[그림 3.35] 중첩가정

단위유량도법을 적용할 때는 다음의 여러 가지 점에 유의해야 한다.

① 단위유량도를 유도하기 위해서는 충분한 강우와 유량의 관측자료를 필요로 하므로 수문자료가 적을 때는 신뢰성이 문제가 된다.

② 단기간의 강우로 유도되는 수문곡선을 이용할 때는 강우가 전 유역에 걸쳐 거의 균일한 강도로 내렸는지의 여부를 확인할 필요가 있다.

③ 단위유량도법은 범람의 영향을 고려할 수 없기 때문에 유량 관측점의 선정 및 강우의 크기에 충분히 유의해서 범람을 일으키지 않을 정도의 수문곡선과 이에 해당하는 강우를 사용하여 단위유량도를 작성해야 한다.

④ 큰 홍수와 작은 홍수로부터 유도된 단위유량도는 상이할 때가 많다. 이와 같은 경우 경사지에 대해서는 강우강도별로, 저지대의 경우에는 총 우량별로 단위유량도를 작성하는 방법이 쓰여지고 있다.

⑤ 단위유량도의 단위시간, 즉 유효강우의 지속시간은 일반적으로 단위강우와 단위유량도의 침투홍수량의 발생시간차인 지체시간(遲滯時間)의 반 정도를 취한다.

단위시간으로서 우리나라의 산지하천에서는 1~4시간 정도를 취할 때가 많고, 저지대의 펌프 배수지역일 때는 대략 4~6시간 정도를 취해도 충분하다.

단위유량도의 작성방법에는 Sherman, Bernard, Collins, Snyder, Clark 등의 많은 방법이 있다. Sherman이 제창한 단위유량도 이론은 실용적인 유출해석의 길을 최초로 열어놓은 것으로 그 의미가 매우 크다. 그 후 Bernard의 유량분배도법, Zoch의 저수지 모형, Snyder의 합성단위유량도법(合成單位流量圖法), S.C.S의 무차원단위유량도(無次元單位流量圖), Nash, Wu, Dooge, Chow 등에 의한 순간단위유량도(瞬間單

位流量圖), USDAHL, 中安 (Nakayash)의 종합단위유량도(綜合單位流量圖) 등이 제안되었다. 이 중에서도 특징적이고 많이 사용하는 Snyder의 합성단위유량도법, S.C.S의 무차원단위유량도, Nash 등에 의한 순간단위유량도법과 농어촌공사에서 개발한 홍수 분석시스템(FAS)에 관해 설명하고자 한다.

1) Snyder의 합성단위유량도법

단위유량도의 유도는 어디까지나 우량 및 우량기록이 있는 경우에 가능한 것이다. 그런데 실제로는 실측기록이 전혀 없는 유역이 얼마든지 있으며 이들 유역에 대하여 단위유량도가 필요할 경우가 있다. 이와 같은 경우에는 강우와 유역특성이 유사한 계측 유역(計測流域) 들로부터의 단위유량도를 합성함으로서 미계측유역에도 이용할 수 있는 단위유량도가 필요하게 된다. 이와 같이 타 유역에서 얻은 단위유량도와 유역특성과의 관계를 합성하여 미계측유역을 위한 단위유량도를 합성하는 것을 합성단위유량도 (Synthetic Unit Hydrograph)라 한다. 이 방법에 의해서 Snyder가 미국 Appalachian 유역에서 개발해 낸 방법이 곧 Snyder의 합성단위유량도법이며 단위유량도의 기본요소로는 단위유량도의 기저장 (Base time), 첨두유량 (Peak flow) 및 유역의 지체시간 (Basin lag time) 등 3개의 매개변수이고 이들을 사용하여 단위유량도를 이끌어내는 것이다. 유역의 지체시간 L_g 는 유효강우의 중심에서 첨두유량 발생시각까지로서 Snyder는 유역특성으로부터 다음과 같은 식을 유도하였다 [그림 3.36 참조].

$$L_g = C_t(L \cdot L_{ca})^{0.3} \dots\dots\dots(3.21)$$

여기서, C_t 는 계수로 Snyder가 시험한 Appalachian 유역에서 1.8~2.2의 값을 나타낸다. L 은 주류(主流)의 연장 (mile), L_{ca} 는 유역의 중심(重心)에서 주류에 직각으로 만난 지점에서 유역출구까지의 거리(mile)이다. 유역면적이 A 이고 유효강우의 지속기간이 t_r 일 때 지체시간 L_g 와는 다음과 같은 관계를 갖는다.

$$t_r = \frac{L_g}{5.5} \dots\dots\dots(3.22)$$

지속기간이 t_r 인 단위면적당 첨두유량 q_p (ft³/s)는

$$q_p = C_p \frac{640A}{L_g} \dots\dots\dots(3.23)$$

여기서, 계수 C_p 는 0.56~0.69의 값을 갖는다. 또한 기저시간 T_b (days)는

$$T_b = 3 + 3\left(\frac{L_g}{24}\right) \quad \dots\dots\dots(3.24)$$

실제 강우 지속시간이 t_r 과 다른 t_R 인 경우에 유역의 지체시간 L_{gR} 은

$$L_{gR} = L_g + \frac{t_R - t_r}{4} \quad \dots\dots\dots(3.25)$$

첨두유량과 기저시간도 지체시간 L_{gR} 로 수정된다.

$$q_{pR} = C_p \frac{640}{L_{gR}} \quad \dots\dots\dots(3.26)$$

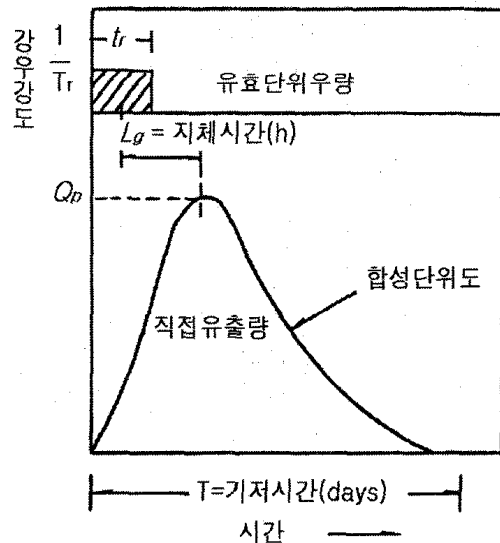
$$T_{bR} = 3 + 3\left(\frac{L_{gR}}{24}\right) \quad \dots\dots\dots(3.27)$$

Snyder가 이끌어낸 계수 C_t, C_p 의 값은 미국 Appalachian 유역에서만 적용되는 것으로 다른 유역에 똑같은 계수치를 사용할 수는 없다. 위와 같은 과정으로 구한 L_g, q_p, T_b 로 단위유량도를 정의할 수는 있으나 정확한 스캐치가 곤란하다. 이의 해결을 위해 미 육군공병단에서 단위유량도 첨두유량의 50% 및 75%에 해당하는 수문곡선 시간폭의 적용을 제시하였고 이에 의해서 단위유량도를 비교적 용이하게 그릴 수 있다.

$$W_{50} = \frac{770}{q_p^{1.08}} \quad \dots\dots\dots(3.28)$$

$$W_{75} = \frac{440}{q_p^{1.08}} \quad \dots\dots\dots(3.29)$$

한편 우리나라의 한강, 금강, 낙동강, 영산강의 상류부인 중소유역(84.3km²~470.2km²) 즉, 농업용수시설계획에 부응할 수 있는 유역면적에 대한 단위유량도 합성을 위해 이순혁에 의해 제시된 경험식은 다음의 식 (3.30)에서 식 (3.32) 및 <표 3.19>와 같다.



[그림 3.36] 합성단위유량도법

유역의 지체시간 L_g 는

$$L_g = 3.228A^{0.904}L^{-1.293} \quad \dots\dots\dots(3.30)$$

첨두유량 q_p 는

$$q_p = 10^{-0.389 - 0.0424L_g} \quad \dots\dots\dots(3.31)$$

기저시간 T_b 는

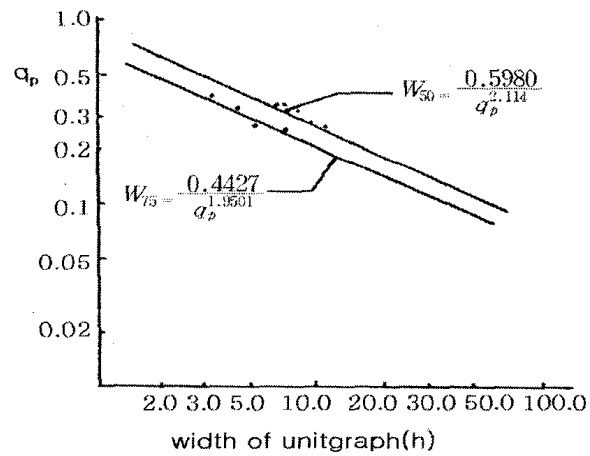
$$T_b = 1.14 + 0.564\left(\frac{L_g}{24}\right) \quad \dots\dots\dots(3.32)$$

또한, 전술한 금강, 낙동강, 영산강의 단위유량도 첨두유량의 50%, 75%에 해당하는 수문곡선의 시간폭은 <표 3.15>, [그림 3.37]의 (a), (b), (c)와 같다.

상기한 각 양의 단위는 A (km^2), L (km), q_p (m^3/s), T_b (days), W_{50} (h), W_{75} (h)이다.

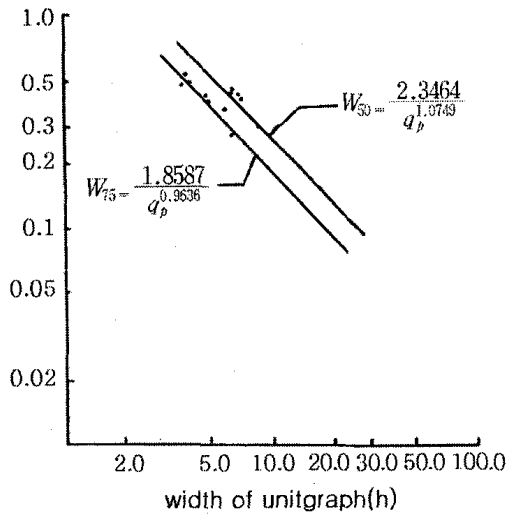
<표 3.19> 첨두유량의 50%, 75%
단위유량도 시간폭

수계	$W_{75} \sim q_p$	$W_{50} \sim q_p$
금 강	$\frac{0.4427}{q_p^{1.9501}}$	$\frac{0.5980}{q_p^{2.114}}$
낙동강	$\frac{1.3496}{q_p^{1.0017}}$	$\frac{1.7775}{q_p^{1.1813}}$
영산강	$\frac{1.8587}{q_p^{0.9636}}$	$\frac{2.3464}{q_p^{1.0749}}$



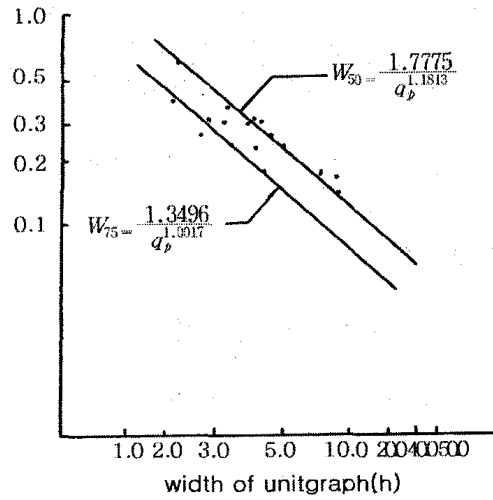
(a)

[그림 3.37] 첨두유량의 50%, 75%
단위유량도 시간폭(금강)



(b)

[그림 3.37] 침투유량의 50%, 75%
단위유량도 시간폭(낙동강)



(c)

[그림 3.37] 침투유량의 50%, 75%
단위유량도 시간폭(영산강)

따라서 우리나라의 소농업유역에 적용될 수 있는 이순혁에 의해 개발된 단위유량도 합성식에 의해서 단위유량도를 유도하는 계산 예를 들기로 한다.

(계산 예)

금강수계 한 농업소유역의 면적이 120km², 하천연장이 35km이며 유효강우지속기간이 1시간일 때 이 유역에 대한 단위유량도를 합성하기로 한다.

(풀이)

1) 지체시간(L_g)

$$L_g = 3.228A^{0.904} L^{-1.293} = 3.228(120)^{0.904}(35)^{-1.293} = 2.47 \text{ h}$$

2) 단위면적당 침투유량(q_p) 및 침투유량(Q_p)

$$q_p = 10^{-0.389 - 0.0424L_g} = 10^{-0.389 - 0.0424 \times 2.47} = 0.32 (\text{m}^3 / \text{sec} / \text{km}^2)$$

$$Q_p = q_p \cdot A = 0.32 \cdot 120 = 38.4 \text{ m}^3 / \text{s}$$

3) 기저시간 (T)

$$T = 1.14 + 0.564(L_g/24) = 1.14 + 0.564(2.47/24) = 28.8 \text{ h}$$

4) 단위도의 시간폭(W_{50} 및 W_{75})

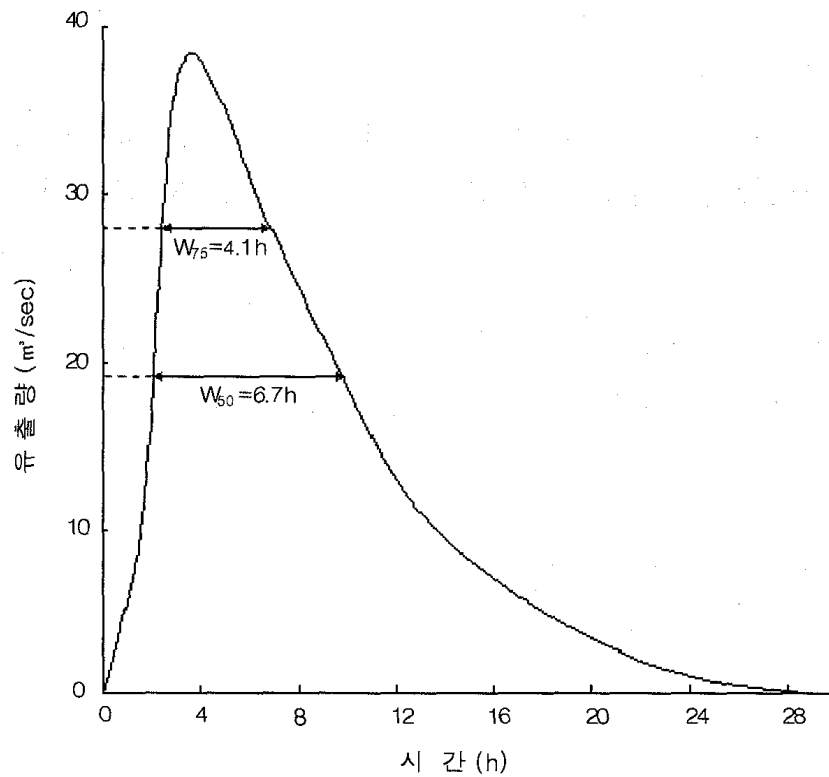
$$W_{50} = \frac{0.5980}{q_p^{2.1140}} = \frac{0.5980}{0.32^{2.1140}} = 6.7h$$

$$W_{75} = \frac{0.4427}{q_p^{1.9501}} = \frac{0.4427}{0.32^{1.9501}} = 4.1h$$

5) Q_{50} 및 Q_{75}

$$Q_{50} = 38.4 \times 0.5 = 19.2 m^3/s$$

$$Q_{75} = 38.4 \times 0.75 = 28.8 m^3/s$$



[그림 3.38] 합성 단위유량도(금강수계 농업소유역)

이상과 같은 결과에 의하여 유효강우지속기간이 1시간이므로 1시간단위도가 되고 합성한 단위유량도는 [그림 3.38]에서 보는 바와 같다.

2) SCS 무차원 단위유량도법

이 방법은 미국토양보전국(U.S. Soil Conservation Service)이 합성단위유량도를 작성하기 위하여 제안한 방법으로 이는 유역의 크기와 형태의 영향을 제거한다.

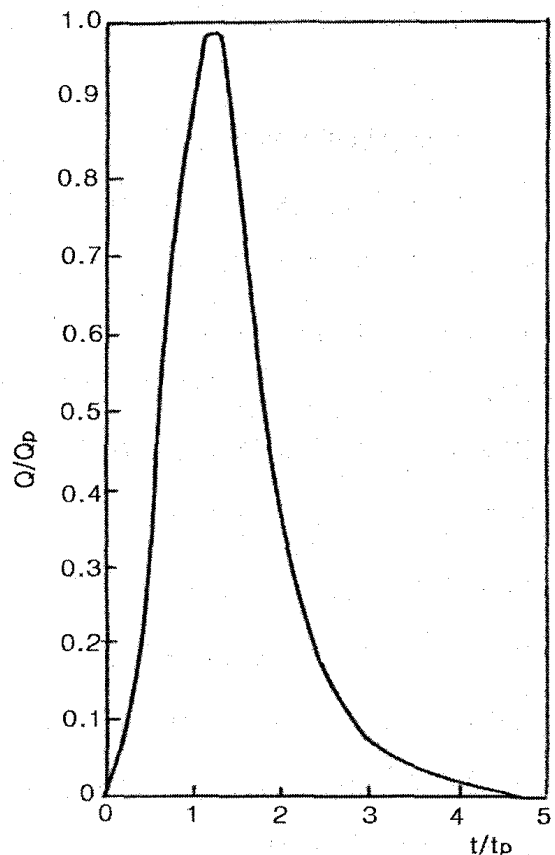
[그림 3.39]는 미국 내 여러 대소 유역에서 얻은 SCS 무차원 단위유량도이다. 이것을 이용하면 수문곡선의 상승시점에서 첨두까지 소요되는 시간 t_p 와 첨두유량 Q_p 만 알면 단위유량도를 구할 수 있다. 이들 식은 다음과 같다.

$$Q_p = \frac{484A}{t_p} \dots\dots\dots(3.33)$$

$$t_p = \frac{1}{2} t_r + L_g \dots\dots\dots(3.34)$$

여기서 Q_p 는 단위유량도의 첨두유량 (cfs) A 는 유역면적 (mile²), t_p 는 강우시작시간으로부터 첨두유량점까지의 시간이며 L_g 는 지역의 지체시간이다.

계산 예로 우리나라 영산강 수계의 화순유역 (97.7km²)에 대한 무차원 단위유량도 종거 및 그림을 구한 결과는 <표 3.20> 및 [그림 3.40]과 같다.

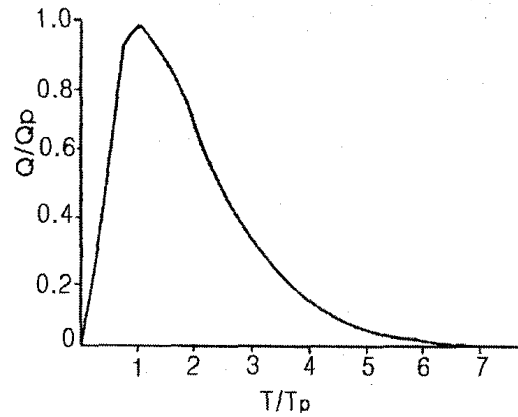


[그림 3.39] SCS 무차원단위유량도

〈표 3.20〉 무차원 단위유량도 증거

(화순유역)

$\frac{T}{T_p}$	$\frac{Q}{Q_p}$	$\frac{T}{T_p}$	$\frac{Q}{Q_p}$
0.00	0.000	3.67	0.174
0.33	0.350	4.00	0.116
0.67	0.710	4.33	0.089
1.00	1.000	4.67	0.063
1.33	0.960	5.00	0.055
1.67	0.824	5.33	0.033
2.00	0.645	5.67	0.025
2.33	0.509	6.00	0.020
2.67	0.385	6.33	0.015
3.00	0.310	6.67	0.005
3.33	0.234	7.00	0.000

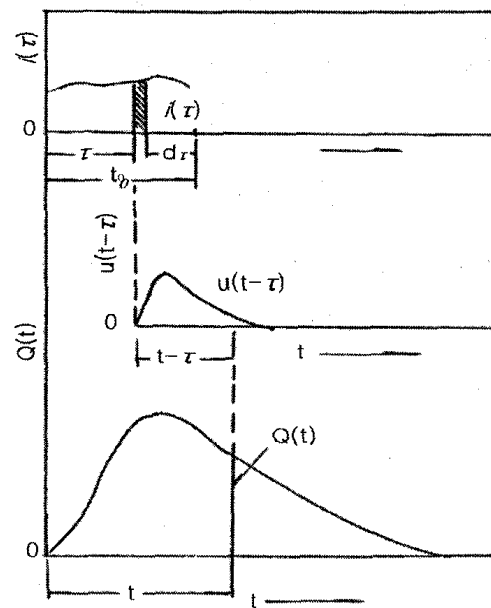


[그림 3.40] 무차원단위유량도

(화순유역)

3) 순간단위유량도법

순간단위유량도란 어떤 유역에 단위유효우량의 지속기간이 거의 영(零)에 가깝게 순간적으로 내릴 때 단위유효우량에 의해 나타나는 유출량의 시간적 변화를 나타내는 수문곡선을 말한다. [그림 3.41]과 같이 단위유량도의 중첩가정에 의하여 지속기간이 t_0 인 유효강우강도의 시간적분포함수 $I(\tau)$ 가 적용되었을 때 임의의 시간 t 에서의 직접유출수문곡선의 증거인 직접유출량의 크기는 $I(\tau)$ 에 순간단위유량도의 증거인 $u(t-\tau)$ 를 곱한 것으로서 다음과 같이 나타낼 수 있다.



[그림 3.41] 순간단위유량도

$$q(\tau) = u(t-\tau)I(\tau)\Delta\tau \quad \dots\dots\dots(3.35)$$

이로서 $0 \sim \tau$ 사이의 유효우량으로 인한 t 시에 있어서의 직접유출 수문곡선의 증거 $Q(t)$ 는

$$Q(t) = \int_0^t u(t-\tau)I(\tau)d\tau \quad \dots\dots\dots(3.36)$$

이로서 유역에 발생하는 강우량과 유출량에 의해 순간단위유량도의 종거인 $u(t-\tau)$ 를 구할 수 있다.

선형 저수지 모형에 의한 순간단위유량도 유도결과를 요약하면 단위유효우량 10mm, 유역면적을 km^2 로 할 때 순간단위유량도의 첨두유량은

$$Q_p = \frac{2.78A}{K\Gamma(N)} e^{-(N-1)}(N-1)^{N-1} (\text{m}^3/\text{s}) \quad \dots\dots\dots(3.37)$$

첨두유량도달시간은

$$T_p = (N-1)K(h) \quad \dots\dots\dots(3.38)$$

여기에서 k 는 저류상수로 h 의 단위를 가지며 N 은 Gamma함수인자이다. 이순혁은 우리나라의 주요 수계별 소유역 ($84.3 \sim 470.2 \text{km}^2$)을 대상으로 하여 순간단위유량도의 합성에 필요한 저류상수 K , 감마함수인자, N 과 유역특성들간의 경험식을 다음과 같이 제시하였다.

$$K = 0.1197 \left(\frac{L}{\sqrt{S}} \right) \quad \dots\dots\dots(3.39)$$

$$N = 49.2A^{1.461} L^{-2.202} L_{ca}^{-1.297} S^{-0.112} \quad \dots\dots\dots(3.40)$$

여기에서 L 은 유로길이(km), S 는 유역경사, L_{ca} 는 유역의 중심장(km) 이다.

또한 이순혁은 무계측 유역에서도 순간단위유량도의 합성이 가능한 순간단위유량도의 시간적 분포와 순간단위유량도의 첨두홍수량의 유도가 가능한 경험식을 제시하였으며 각각 식 (3.41) 및 식 (3.42)와 같다. 식 (3.42)에서 N 에 따른 $F(N)$ 의 값을 도식한 결과는 [그림 3.42]와 같다.

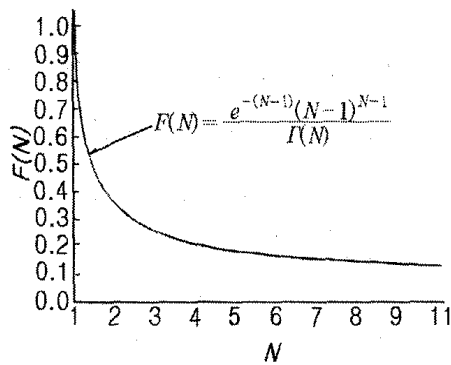
$$U = 23.2AL^{-1}S^{1/2}F(N,K,t) (\text{m}^3/\text{s}) \quad \dots\dots\dots(3.41)$$

$$\text{단, } F(N,K,t) = \frac{e^{-t/K}(t/K)^{N-1}}{\Gamma(N)}$$

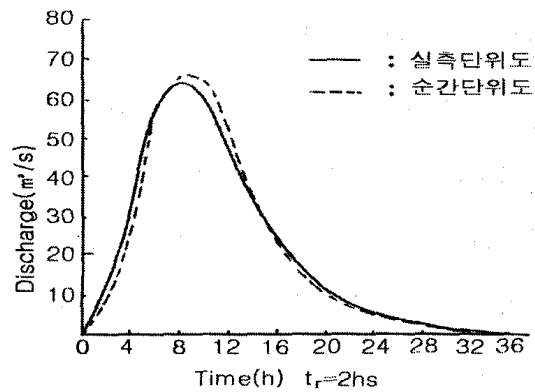
$$U_{\max} = 23.2AL^{-1}S^{1/2}F(N) (\text{m}^3/\text{s}) \quad \dots\dots\dots(3.42)$$

$$\text{단, } F(N) = \frac{e^{-(N-1)}(N-1)^{N-1}}{\Gamma(N)}$$

상기한 각 수계별 소유역에서 유도된 순간단위유량도는 실측 단위유량도와 비교할 때 매우 근접한 좋은 결과를 가져왔다(계산 예: 보기 8.6 참조, 박성우의 5인 공저, 응용수문학, 1984). 이와 관련된 실례로서 한강의 반월성유역 (266.5km²), 금강의 고은유역 (85.3km²), 낙동강의 수평유역 (84.3km²)에 대한 실측 단위유량도와 순간단위유량도의 비교 결과를 [그림 3.43]의 (a), (b), (c)에 나타내었다.

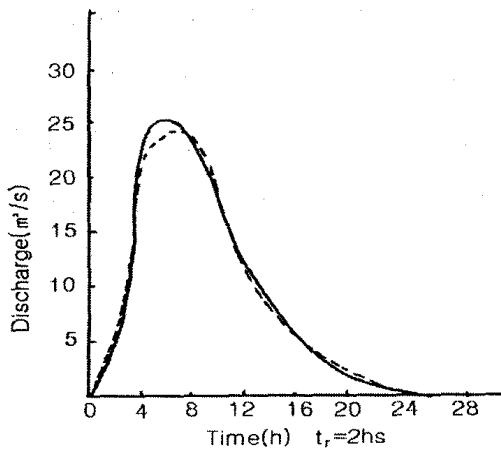


[그림 3.42] N과 F(N)과의 관계



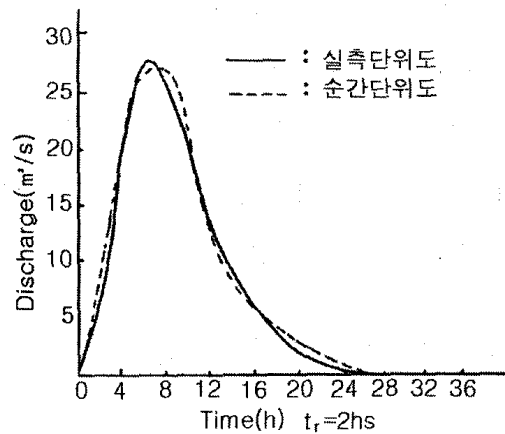
(a)

[그림 3.43] 단위유량도비교, 한강 반월성 지역



(b)

[그림 3.43] 단위유량도비교, 금강 고은유역



(c)

[그림 3.43] 단위유량도비교, 낙동강 수평유역

4) 홍수분석시스템(FAS, Flood Analysis System)법

기존의 홍수유출해석을 위한 모형들은 대부분 외국에서 개발되었고 이들은 대단위 유역을 대상으로 하였기 때문에 우리나라와 같이 경사가 급한 산간 소유역이 많고 또한 우리나라 유역의 매우 중요한 유출특성의 하나인 논 유출을 갖고 있는 사실에 비추어 이들의 적용성이 크게 떨어진다. 이와 같은 문제점을 보완하기 위하여 개발된 방법이 홍수분석시스템법으로 이는 논 유역의 홍수유출량, 일반 유역의 홍수 유출량 산정 및 홍수추적으로 구성되는 홍수추정모형으로서 배수개선사업에 유용하게 이용될 수 있는 방법이다(농어촌진흥공사, 1998).

홍수분석시스템의 분석절차는 유역계획과 일반유역, 논 유역의 홍수유출량 산정 및 홍수유출량 합성의 순이다.

유역계획에서는 강우자료와 유역망을 처리하는 2개의 과정으로 구성된다. 강우처리 는 홍수유출량 산정에 필요한 기초강우자료를 제공하고 유역망 자료의 처리과정은 소유역의 구분, 홍수유출량 산정지점의 선정 등 소유역 구성에 따른 분석계획을 수립한다. 또한, 유역계획에서 유역에 따른 지속기간별 설계강우량을 산정한다.

홍수유출량 산정은 일반유역의 홍수유출과 논 유역의 홍수유출로 나뉘어진다. 일반 유역의 홍수유출산정은 기상자료, 유출곡선지수, 유역면적, 유역경사도, 유달시간을 이용하여 홍수유출량의 시간적 분포를 산정하며 논 유역의 홍수유출은 논 유역 홍수유출 상세모형과 광역 모형으로 구분되는데 본 시스템에서는 논 유출 광역모형과 일반 유역의 홍수유출량 산정을 동시에 수행토록 구성하였고 논 유출 상세모형은 별도로 운영된다. 논 유출 광역모형은 적용성 검토에서 높은 신뢰도를 나타낸 바 있다. 논 유출 광역모형의 결과는 지구내 홍수수문곡선, 첨두유출량 및 단위 배수량으로서 일반 유역의 홍수유출량과 함께 홍수유출량 합성이 가능하게 된다(FAS 사용자 설명서, 농어촌진흥공사, 1998).

라. 저류법

단위유량도에서는 강우~유출의 관계가 식 (3.19)에 표시한 것처럼 선형(線型)으로 가정하고 있으나 실제의 유출현상은 비선형인 수가 많다. 그리하여 유출의 크기나 강우강도에 따라서 단위유량도를 변형시킬 필요가 가끔 생기게된다. 이에 대응하기 위하여 예를 들면 유출량 Q 대신에 \sqrt{Q} 나 대수 $\log Q$ 를 쓸 수도 있으나 단위유량도법 보다는 물리성이 결여되는 약점이 있다.

그래서 강우~유출의 과정에 유역저류의 개념을 도입하여 1개의 비선형저수조(非線

型貯水槽) 또는 수계의 선형 저수조 내에 저류하는 저류량의 물수지(水收支)계산에 의해서 유출수문곡선을 얻고자 하는 방법이 제안되고 있다. 이것이 곧 木村 (Kimura) 의 저류함수법과 菅原 (Sugahara)의 탱크 모형법 및 우수류법 (雨水流法, Kinematic wave method)이다.

1) 저류함수법

Manning형 등류식으로부터 도입되는 저류방정식과 연속식을 사용하여 지체시간을 고려한 수수지 계산으로 수문곡선을 얻으려고 하는 방법으로 그 기초식은 다음과 같다.

$$S_I = KQ_I^P \quad \dots\dots\dots(3.43)$$

$$I - Q_I = \frac{dS_I}{dt} \quad \dots\dots\dots(3.44)$$

여기서, S_I :저류량(m^3), I : 유입량 (m^3/s), $Q_I(t) = Q(t + T_I)$: I의 유입시각에서부터 지체시간 T 만큼 늦게 유출하는 유출량 (m^3/s), K, P : 유역상수

일반적인 유역은 유역내의 분할블럭면적 $A_j(km^2)$ 의 평균강우강도 $r(mm/h)$ 를 이용하여

$$I = \frac{1}{3.6} \sum_j r f_j A_j \quad \dots\dots\dots(3.45)$$

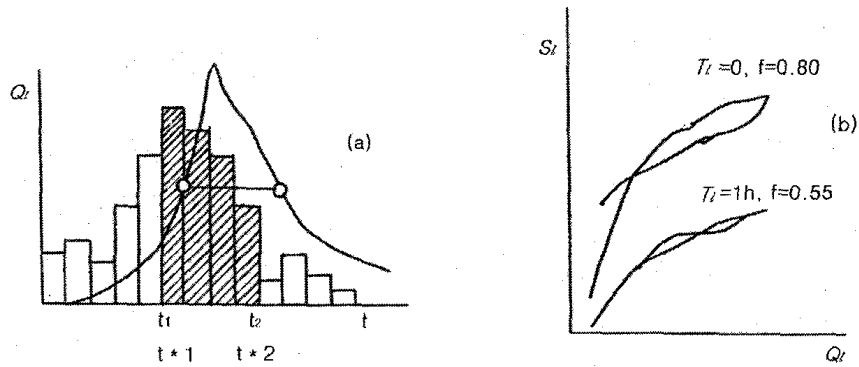
로 표시된다

f_j 는 블록면적 A 에 곱해지는 유입계수이나 유역내의 시가지, 농지 등 유역특성이 극단적으로 다른 지목(地目)이 혼재해 있지 않으면 식 (3.45)는 다음과 같이 단순히 표시할 수 있다.

$$I = \frac{1}{3.6} r f A = \frac{1}{3.6} r_e A \quad \dots\dots\dots(3.46)$$

이 방법은 저류량 S 와 유출량 Q_I 의 사이에 함수관계 (3.43) 식을 전제로 하고 있으므로 이것을 만족할 수 있게 지체시간 T_I 을 시산에 의하여 구해야 한다.

지금 I 식 (3.46) 식을 사용하고, [그림 3.44(a)]에서 첨두유출량을 중간에 두고 유출량이 같은 시각을 $t*1, t*2$ 로 하면 이들 시각에서 S_I 은 같을 것이므로 T_I 을 가정해서 $t_1 = t*1 - T_I, \quad t_2 = t*2 - T_I$ 로 하면 다음과 같이 된다.



[그림 3.44] 저류함수법

$$f = \int_{t^*1}^{t^*2} Q_r dt / \left(\int_{t_1}^{t_2} \frac{rA}{3.6} dt \right) \dots\dots\dots (3.47)$$

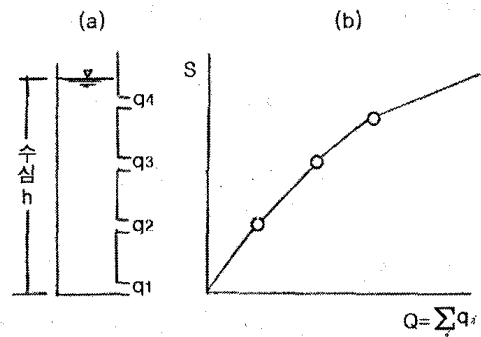
적당히 t^*1 , t^*2 의 조를 몇 개 선택하여 f 를 구하고 그 평균치를 채용한다.

다음에 T_l , f 를 써서 S_l 을 계산하고 S_l 과 Q_l 의 관계를 [그림 3.44(b)]와 같이 프롯팅한다. 이 관계가 루프(Loop)를 그리면 식 (3.43)의 관계가 만족스럽지 못하므로 T_l 의 가정을 바꾸어서 계산을 되풀이한다. 최종적으로 S_l 과 Q_l 의 일차함수관계가 만족되면 여기에서 상수를 추정한다.

계획강우에 대한 수문곡선은 식 (3.43)과 식 (3.44)를 사용해서 정할 수 있다. 이 방법에서 S_l 과 Q_l 의 1차 함수 관계가 T_l 을 얼마로 가정했을 때 만족스러워졌는가 하는 판단이 다소 애매하며, 본래 유량의 대소에 따라서 변하여야 될 T_l 을 유역의 고정치라고 보고 있는 것 등의 결점은 있으나 대략 100km² 이내의 유역에 대한 유출해석에는 매우 유효하게 쓰이고 있다.

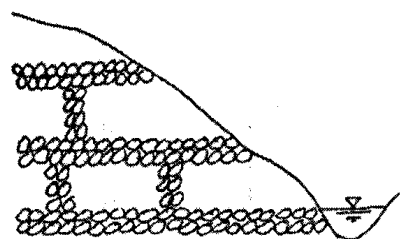
2) 탱크 모형(Tank Model)

유역내 저류량 S 와 유출량 Q 의 관계가 예로 (3.43) 식과 같이 표시될 수 있다고 한다면 양자 사이에는 곡선관계가 존재하겠으나 이 곡선을 접선으로 근사하게 접근시킬 수 있을 것이다. 지금 [그림 3.45]의 (a)와 같이 여러 개의 유출공(流出孔)을 갖는 탱크를 생각하고 각 유출공으로부터 나오는 유출량은 유출공 위의 수심에 비례하는 것으로 한다면 각 유출공으로부터 나오는 유출량

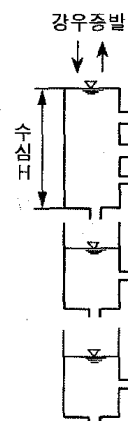


[그림 3.45] 탱크로부터의 유출

의 합계는 [그림 3.45]의 (b)와 같은 절선상(折線狀)으로 될 것이다. 즉, 여러개의 선형유출공을 갖는 탱크로서 유출의 비선형 관계를 나타나게 할 수 있다. 현실적으로 유역의 지층구조양상은 복잡하지만 개략적으로 [그림 3.46]과 같이 생각한다면 이는 [그림 3.47]과 같은 여러 개의 선형유출공을 갖는 탱크를 직렬로 나열되는 것으로 표현 할 수 있으며 유출량은 횡방향 유출공으로부터 나오는 유출량의 합계로서 나타낼 수 있다. 이것이 곧 官原 (Sugahara)의 탱크모형이다. 홍수해석에는 [그림 3.47]과 같이 탱크를 2 또는 3단으로 포갠 모형이 주로 쓰여지고 있다. 공(孔)의 위치나 유출공계수(流出孔係數)를 구하기 위해서는 초기치를 설정한 후 시행착오법 이나 Powell의 공액방향법(共軛方向法) 등을 사용하여 구할 수 있다.



[그림 3.46] 산복지층 개략도



[그림 3.47] 직렬저류형 탱크

마. 우수류법

저류법이 우수의 저류효과를 중시하여 도출한 방법인데 반하여 유출은 우수의 흐름이라 정의하고 수리학에서 다루는 수류(水流)의 기초식을 근거로 하여 우수류를 추적하는 방법을 우수류법이라 한다. 유역에서 우수류법의 적용을 위해서는 유역을 지형의 변화, 하도(河道)의 분기점이나 합류점 또는 기울기가 급변하는 점 등을 경계로 하여 몇 개의 소유역으로 분할해서 [그림 3.48]와 같이 각각의 소유역을 하도와 그에 상응한 사면으로 모형화하고 사면 및 하도의 우수류로 나누어 추적한다. 이들 사면 위의 유로를 흐르는 우수류가 하류조건에 좌우되는 일 없이 유하한다고 하면 사면상의 우수류의 기초식은 다음과 같이 된다.

$$\left. \begin{aligned} h &= Kq^p \\ \frac{\partial(rh)}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} &= ar_e \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(3.48)$$

여기서,

h : 수심, q : 단위폭 유량, K, p : 상수, r : 유효간극률
 t : 시간, x : 거리 r_e : 유효강우강도로 이것을 mm/h,

기타를 m-s단위로 표시할 때 단위환산계수 α 는 $(1/3.6) \times 10^{-6}$ 으로 된다.

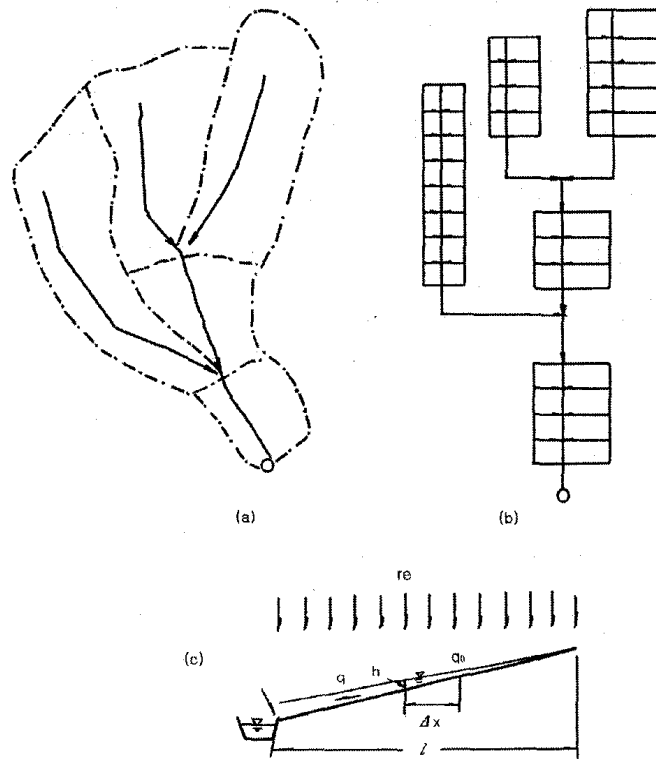
사면상(斜面狀)의 흐름이 Darcy형 중간류라 하면 다음과 같이 된다.

$$\left. \begin{array}{l} P=1 \\ K=1/(K' \sin \theta) \end{array} \right\} \dots\dots\dots(3.49)$$

여기서,

K' : 투수계수, $\sin \theta$: 사면기울기

또 사면상의 흐름이 Manning형 표면류라면 다음과 같이 된다.



[그림 3.48] 유역의 분할구역과 우수류

$$\left. \begin{array}{l} r=1 \\ P=0.6 \\ K=(N/\sqrt{\sin \theta})^p \end{array} \right\} \dots\dots\dots(3.50)$$

여기서,

N : 등가조도계수(等價粗度係數)이다.

또한, 하도류의 기초식은 다음과 같이 된다.

$$\left. \begin{aligned} W &= KQ^p \\ \frac{\partial W}{\partial x} + \frac{\partial Q}{\partial x} &= q \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(3.51)$$

여기서,

W : 유수단면적, Q : 유량 q = 하도 단위길이 당 유량

K, P : 상수로 여러 가지 수심에 대해 W, Q를 계산하면 추정될 수 있다.

이들 기초식을 사용하여 우수유출량을 추적하는 데는 2, 3가지 방법이 있으나 이 중에서도 특성곡선을 사용하는 것이 간편하며, 일본의 岩担 (Iwagaki), 末石 (Suhaeishi) 등은 최초로 지표류를 대상으로 특성곡선(特性曲線)을 적용한 도해법(圖解法)을 제시하였다. 이들 식에 의한 유출해석법을 특성곡선법이라고 부르고 있다. 그 후 이 명칭이 변칙적이라 하여 Kinematic Wave법, 등가조도법 또는 우수류 추적법 등으로 부르기도 하였는데 특히 중간류에 대해서는 중간류모형이라 부르기도 한다.

특성곡선을 이용하면 우선 사면류에 대해서 특성곡선

$$\frac{dx}{dt} = \frac{q^{1-p}}{rp^k} \dots\dots\dots(3.52)$$

위에서 성립되는 다음 식을 사용하면 좋다.

$$\left. \begin{aligned} (a r_e) dt &= r p^k q^{p-1} dq \\ (a r_e) dx &= dq \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(3.53)$$

실용상으로는 Δt 시간내에는 $r_e = \text{일정} \neq 0$ 로서

$$\left. \begin{aligned} (a r_e) \Delta t &= r k (q^p - q_0^p) \\ (a r_e) \Delta x &= q - q_0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(3.54)$$

여기서, Δx 는 Δt 시간의 우수류의 전파거리(傳播距離)이며 q_0, q 는 각각 계산구간의 시점과 종점의 유량이다. 또 $r_e = 0$ 일 경우 t시간내의 Δx 는 다음 식으로 구할 수 있다.

$$\Delta x = \frac{q^{1-p}}{rp^k} \Delta t \quad \dots\dots\dots(3.55)$$

적당한 시각마다 사면 상류단에서 Δt 시간마다의 r_e 를 주어서 $\sum \Delta x = l$ (사면장) 이 만족할 때까지 계산을 반복한다. $\sum \Delta x > l$ 이 되는 구간은 (3.54) 또는 (3.55)식을 역으로 풀어서 Δt 를 구하면 사면 상류단을 출발한 우수류가 유로에 도달하는 시간이 추정된다. 유로에서의 계산도 마찬가지로이나 횡유입량 q 가 시시각각으로 변화하는 것을 차례대로 추적하는 일이 매우 번잡하기 때문에 q 의 수문곡선을 적당히 주상도화(柱狀圖化)해서 어떤 시간 Δt 내에서 q 를 일정하게 취하는 것이 편리하다. 이 때 식 (3.54)에 상당하는 식은 다음과 같다.

$$\left. \begin{array}{l} q\Delta t = K(Q^p - Q_0^p) \\ q\Delta x = Q - Q_0 \end{array} \right\} \quad \dots\dots\dots(3.56)$$

여기서,

Q_0, Q : 계산구간의 상류단 및 하류단의 유량

상술한 방법을 적용할 때는 우선 식 중에 포함되어 있는 모든 상수를 추정 할 필요가 있다. 수년 내지는 수십년에 한번 갖게되는 호우를 대상으로 하는 경우는 중간류를 특별히 고려할 것 없이 모두 표면유출로 취급하는 것이 좋으며, 실용상 간편하므로 이하에서는 표면류로서의 취급방법(이하 등가조도법이라 함)을 기술하기로 한다. 등가조도법의 적응성은 등가조도 N 값을 어떻게 정하느냐가 매우 중요하다. N 을 잘 정하면 어떠한 경우에 대해서도 상수를 변형시킬 필요가 없는 것이 이 방법의 특징이다. 대개의 경우 N 값으로 <표 3.21>의 값을 사용한다.

<표 3.21> N 의 표준치

지 목	N
삼림지	0.6 ~ 2.0
방목지, 골프장, 전지	0.3 ~ 0.5
포장률이 높은 주택지	0.01 ~ 0.04
간선, 지선배수로까지 고려한 답지대	2 ~ 3

그러나 실제로 N값은 유역을 몇 개의 구역으로 나누는가에 따라 영향을 받는다. 즉 호우때 사면구간에 몇 조(條)의 수류(水流)가 발생하는데 이것을 사면전고(斜面全高)의 고른 흐름으로 치환했을 경우 이의 조도계수를 등가조도라 부르는데 이는 유역모형에서 생략된 수류밀도(水流密度)의 조밀도나 기울기의 평균화 정도에 따라 그 값이 다르게 된다. 따라서 N값은 계산된 수문곡선과 실측 수문곡선이 잘 일치되도록 정하는 것이 최선의 방법이다.

그런데 계산을 몇 번이고 되풀이하는 일은 번잡하므로 홍수도달시간 t_p 와 유효강우 강도 r_e 의 관계를 이미 알고 있는 유역에서는 다음과 같은 방법을 사용해도 좋다. 즉, 홍수도달시간 t_p 가 다음 식으로 표시되는 것을 이용한다.

$$t_p = \frac{(\frac{N}{\sqrt{\sin \theta}})^p \cdot l_p}{(ar_e)^{1-p}} + \sum_j \frac{K_j(Q_j^p - Q_{0j}^p)}{q_j} = t_s + \sum_j t_{cj} \quad \dots\dots(3.57)$$

여기서,

j : 홍수전파시간이 가장 큰 유로에 연해 있는 유역번호

t_s : 사면의 전파시간

t_c : 유로의 전파시간

최초단계에서는 어떤 유로가 홍수전파시간이 최대의 유로인가를 알지 못하므로 다음과 같이 계산한다.

예를 들어 유역 전체에 36mm/h의 유효강우(r_e)가 있다면 각 블록의 상하류단의 유량은 그것보다 상류측의 유역면적을 사용하여서 계산할 수 있으므로 각 블록유로의 유하시간도 알 수 있게 된다 [그림 3.49 참조].

$$t_{cj} = \frac{K_j(Q_j^p - Q_{0j}^p)}{q_j} = \frac{K_j(Q_j^p - Q_{0j}^p)}{ar_e(A_j/L_j)} \quad \dots\dots\dots(3.58)$$

여기서,

A_j, L_j : 각 블록의 면적 및 유로장

따라서 각 블록 사면상류단에 내린 비가 하류단까지 도달하는데 걸리는 시간을 t_p 라고 했을 때의 사면상의 소요시간 즉 (3.57)식의 우변 제 1항의 값 t_s 를 알 수 있다.

이것을 역으로 풀면 N은

$$N = \frac{\sqrt{\sin \Theta}}{l} \{ (a r_e)^{1-p} t_s \}^{1-p}$$

$$P = 3 / 5 \quad \dots\dots\dots(3.59)$$

으로 계산된다. 이 N은 블록마다 서로 다른 값을 나타내지만 일반적으로 최소치 또는 이보다 약간 큰 값을 각 블록에 주어야 할 N의 추정치로 정하면 된다. 유역 안에 뚜렷하게 다른 지목이 있게 되면 <표 3.17>의 표준치를 감안해서 그 블록의 N을 가정한다.

바. 논지대의 유출해석에서 유의할 사항

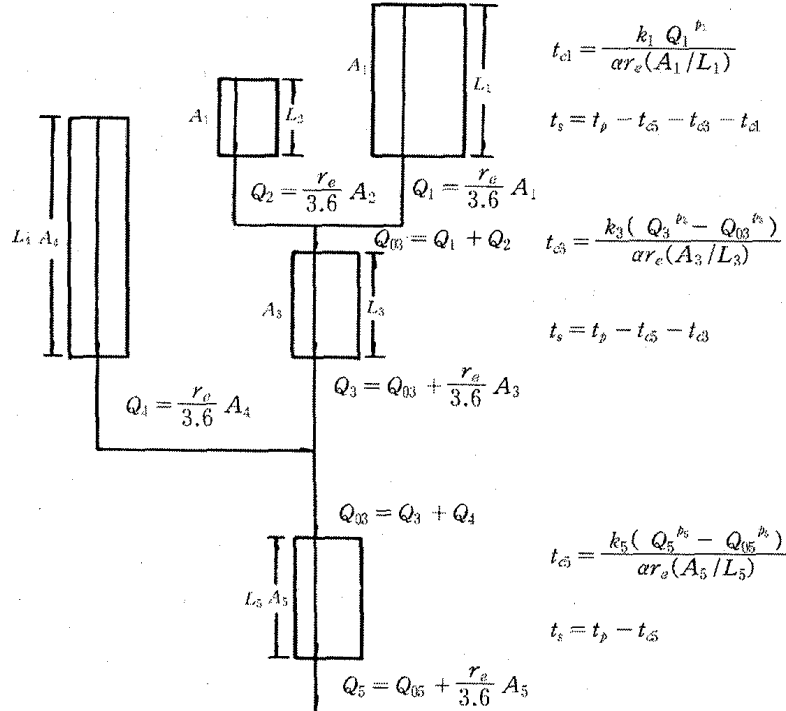
논지대의 유출해석에서 유의할 사항들을 일괄하여 기술하기로 한다. 논지대는 저수지의 연속지대이며 범람(氾濫) 담수(湛水)의 정도에 따라 다소의 차가 있기는 하나, 각 저수지로부터의 유출량은 하류부 수위조건에 영향을 미친다. 따라서 이와 같은 유출현상을 나타내는 것은 기본적으로는 수문학적 유출해석법을 적용시키는 것은 무리이며 부정류 계산법에 따라야 될 것이나 논지대 특유의 유출현상을 위한 부정류 계산법은 수학적으로 해명해야 될 몇 가지 문제점이 있다. 배수계획이라는 실용적인 면에서 본다면 토지이용 계획과의 관련으로 담수를 허용해 줄 수 있는 지대는 하류단의 수위 수문곡선을 실용적인 정도로 추정할 수 있으면 된다. 이러한 정도의 추정을 위해서는 수문학적 유출해석법으로서도 필요에 따라서 약간의 연구를 더하게 되면 실용적인 해석을 할 수 있다고 본다.

$$t_{c1} = \frac{k_1 Q_1^{p_1}}{ar_e(A_1/L_1)}$$

$$t_{c2} = \frac{k_2 Q_2^{p_2}}{ar_e(A_2/L_2)}$$

$$t_s = t_p - t_{c5} - t_{c1}$$

$$t_s = t_p - t_{c5} - t_{c3} - t_{c2}$$

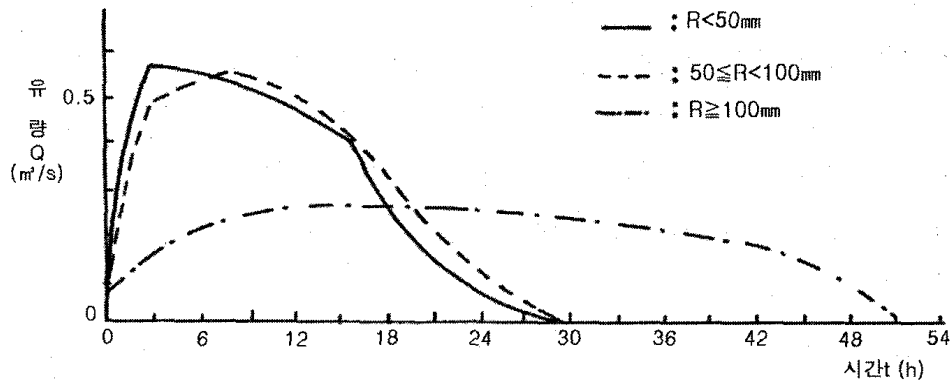


[그림 3.49] 전파시간의 계산

이와 같은 실용적 해석을 위해 단위유량도법과 등가조도가 일반적으로 많이 쓰이고 있다.

단위유량도법으로서는 어떠한 방법을 사용해도 좋으나 담수의 정도 또는 총 강우량의 정도에 따라 몇 가지 단위유량도를 마련해 둘 필요가 있다. 단위유량도를 작성하자면 많은 유출량 자료가 필요하지만 매우 완만한 기울기의 유역에서 많은 유량자료를 얻는 것은 결코 쉬운 일이 아니다. 일반적으로 1/500보다 급한 기울기의 지구에서 얻은 관측치를 기준으로 단위유량도를 작성하고 이것을 하류측 느린 기울기의 유역에 까지 확장해서 수위~용적곡선을 사용하여 하류단 수위 수문곡선으로 환산해서 실측 수위와 비교 조사하는 방법이 있다. [그림 3.50]에 田中(Danaka) 등이 일본의 주나바(網場川)유역 (3.63km², 중류부 1/1,200, 하류단 1/3,000, 전유역 평균 1/1,500)에서 구한 단위유량도를 예시하도록 한다. 이 경우 단위시간 1~8시간의 단위유량도를 작성해서 하류단 수위 수문곡선을 조사 분석해 본 결과 기계배수를 주로 하게 되는 유역은 단위유량도의 단위시간을 너무 작게 취하면 노력에 비해 실효가 적으며 6시간 정도가

알맞다는 것을 알았다.



[그림 3.50] 일본의 망장천 전유역에 대한 단위유량도

(유효우량 10mm, 단위시간 3시간)

등가조도법을 논 지대의 유출해석에 사용하는 것은 기초식으로 보아 합리적이라고 말할 수는 없으나 유역의 기울기가 1/1,000보다 급한 유역은 계산이 간편한데 비해 유출과정을 잘 나타내고 유량자료가 적어도 좋다는 등의 이유로 종종 이용된다. 유역모형은 간선 및 지선배수로 까지를 유로로 보아 단순화하며 사면기울기는 지형기울기로 대체하면 등가조도는 $N=2\sim3$ 정도로 되는 경우가 많다. 다만, 범람담수가 최하류 뿐 아니라 상류와 중류역 에서도 생기게되면 이러한 곳에서는 범람계산을 도입할 필요가 있다. 任田(Imada)가 제안한 혼성특성곡선법(混成特性曲線法)은 사면의 등가조도를 생각하는 대신에 답 구획에서 유출이 완전월류 인 경우는 그 식을 사용하고, 불완전 내지는 잠입유출(潛入流出)의 영역에서는 수로의 소통능(疏通能)만큼만 유하 하는 것으로 해서 논 구간에서 수로로 유출하는 양을 저수지 계산으로 구하는 방법이다.

한편, 우리나라의 논 유역의 유출특성을 해석하기 위해 여러 가지 연구가 시도되었으나 그중 대표적인 것이 1997년 농어촌진흥공사와 전북대학교의 연구결과이다. 순수 논으로만 이루어진 시험유역을 선정하고 여기에 수문 측정시설을 설치하여 실측 홍수 유출량 자료를 기초로 논 유출 특성을 분석하였다. 이중 중요한 연구결과는 ① 논에서의 유출시작은 강우발생 후 0.5h 이후에 시작되었으므로 논에서의 유달시간 계산은 적어도 0.5h이상이어야 한다. ② 논유역은 저류효과가 상당하므로 유출계수 또는 SCS의 유출공식에서 CN의 값이 매우 낮은 값을 나타냈다는 것이다.

이들 특성을 고려하여 FAS에서는 논 유역의 유출특성을 감안 홍수유출량을 계산할 수 있도록 하였다.

3.7.3 부정류 모형 및 저평지 탱크모형의 적용

논의 범용경지화(汎用耕地化)에 따른 배수해석의 필요성과 배수개량의 검토, 광역의 배수시설 능력과 배수로별 통수능과의 균형문제, 광역배수조직의 시스템 관리운용의 검토 등을 포함하여 범람침수구역의 유출현상을 정확히 해석하기 위해서는 수리학적 유출해석법의 적용을 검토할 수 있다.

일반적으로 저평지 하천의 흐름은 위치적으로, 시간적으로 변화하는 비정상류의 흐름이므로, 이에 관한 부정류식 또는 부등류식에 기초한 해석법으로서는, 부정류 모형, 저평지 탱크모형이 있다. 이들의 해석법은 논→지선·간선 배수로→배수구, 배수문 또는 배수펌프장으로 구성되는 배수계통, 조직의 각 제원을 그대로 모형화하고, 초기조건과 배후지로부터의 유출량과 배수시설 조작조건을 경계조건으로 하여 수치계산을 한다. 이 때문에 현황뿐만이 아니고 배수개량조건을 넣어 계산하면 개량 후의 유황의 재현이 가능하여지므로 위의 과제해결에 적합한 수치 시뮬레이션 기법으로서 널리 사용되고 있다.

또한 저평지에서는 하천제방이나, 용수 취수구의 누수, 논둑 침투량, 택지의 하수량 등이 무시될 수 없는 양이 되는 일이 있으므로, 해석 대상기간의 유역전체의 물수지를 검토할 필요가 있다.

가. 부정류모형

1) 하도류

1차원 부정류 흐름의 기본식은 하류단을 원점으로 하여 상류방향으로 식 (3.60), (3.61)과 같이 나타나게 된다.

$$\frac{1}{g} \left(\frac{\partial v}{\partial t} \right) + \frac{1}{g} \frac{\partial}{\partial x} \left(-\frac{v^2}{2} \right) + S + \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{n^2 |v| v}{h^{\frac{4}{3}}} = 0 \quad \dots\dots(3.60)$$

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q \quad \dots\dots\dots(3.61)$$

여기서,

g : 중력가속도

v : 통수단면의 유속

S : 하상기울기

h : 수심

n : 조도계수

x : 거리

t : 시간

A : 저류단면적

Q : 유량

q : 하도의 단위길이의 횡유입량

하도류를 추적하려면, 위 식을 시간, 거리방향 모두 중앙차분으로 근사하게 한 차분식(差分式)을 사용하며, 그 차분형식은 식 (3.62), (3.63)과 같게 한다.

$$\frac{1}{g} \frac{v_i^n - v_i^{n-2}}{\Delta t} + \frac{1}{g} \frac{(v^2)_{i+2}^{n-2} - (v^2)_{i-2}^{n-2}}{4\Delta x} + \frac{Z_{i+1} - Z_{i-1}}{\Delta x} + \frac{h_{i+1}^{n-1} - h_{i-1}^{n-1}}{\Delta x} + \frac{n^2 |v_i^{n-2}| \{v_i^n + v_i^{n-2}\} / 2}{\{(h_{i+1}^{n-1} + h_{i-1}^{n-1}) / 2\}^{4/3}} = 0 \quad \dots\dots\dots(3.62)$$

$$\frac{1}{4} \left(3B_i^{n-2} + \frac{B_{i-2}^{n-2} + B_{i+2}^{n-2}}{2} \right) \left(\frac{h_i^n - h_i^{n-2}}{\Delta t} \right) + \frac{1}{\Delta x} \left(\frac{W_i^{n-2} + W_{i+2}^{n-2}}{2} v_{i+1}^{n-1} - \frac{W_{i-2}^{n-2} + W_i^{n-2}}{2} v_{i-1}^{n-1} \right) = 0 \quad \dots(3.63)$$

여기서,

Δx : 분할거리

Δt : 분할시간

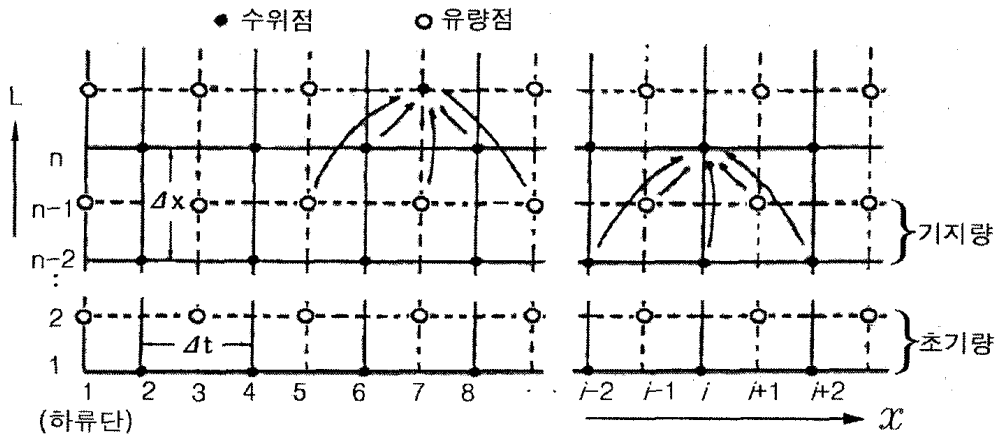
첨자 n, j : 시간과 거리의 단계

Z : 하상표고

B : 저류단면의 저류폭

W : 통수단면적

계산의 순서는 [그림 3.51]의 연산격자에 나타낸 바와 같이 하구에서 상류로 행하여 진행하는 것으로 하고, $n-2$, $n-1$ 시점의 수심, 유속의 기지치를 사용하여 n 시점의 유속, 수심의 미지치(未知値)를 각각 식 (3.62), (3.63)으로 부터 구한다.



[그림 3.51] 수치계산의 격자도

주어진 지형조건, 초기조건, 경계조건 하에서, 이 조작을 시간방향으로 반복하여 수심점과 유속점을 지그자그형으로 구해 나간다. 하도의 분·합류점은 수심점이 되게 거리분할을 결정하든가, 상하류의 가까운 쪽으로 이동시켜 지천(支川)유량을 식 (3.63)의 횡유입량 q 로 한다. 경계조건으로서 수위조건의 경우에는 경계수심점에 기지수위 값을 주고 외측의 유속 값을 내측에 같게 한다. 유량경계의 경우에는 경계의 유속을 0으로 하고, 내측의 수심점 계산의 횡유입량 q 에 기지유량 값을 주고, 외측 수심점의 값을 내측과 같게 한다. 연산격자 간격 Δx 와 Δt 사이에서는 식 (3.64)의 제약조건을 만족시킬 필요가 있다.

$$\Delta t < \left| \Delta x / (v_{\max} \pm \sqrt{g \cdot h_{\max}}) \right| \dots\dots\dots (3.64)$$

위에 기술한 계산방법 외에, 유량표시의 운동식과 연속식을 양형식(陽形式)으로 차분화하고, 분합류(分合流) 계산에 운동, 연속식을 사용한 계산법도 있다.

2) 범람침수구역(氾濫浸水區域)의 취급

저평지의 범람침수현상은 배수구, 논두렁, 제방을 월류하여 유입, 유출하며, 이를 모형화 하는데는 다음의 방법이 있다. ①범람침수구역의 논, 밭등의 유출량을 표면유출 모형으로 계산하고, 이를 횡유입으로 하여 q 에 넣고, 식 (3.62)의 유속은 통수단면에 대한 유속으로 하며, 수위는 식 (3.63)의 저류단면에 수로 양측의 논 등의 범람침수영역을 보태어 같은 변화를 한다고 보고 계산한다. ②논의 수위를 H_{si} 논으로부터 유출

입하는 유량을 $Q_{i,j}$, 이것이 분합류하는 지점의 수로수위를 H_j 라 하면, 논 수위는 식 (3.65)가 된다.

$$dH_{sj}/dt = r_e - Q_{i,j} \dots\dots\dots(3.65)$$

$Q_{i,j}$ 는 n-1 시점의 논과 수로의 수위로부터 보의 공식을 사용하여 구하고, 수로에 서는 강제유량으로서 분합류의 계산을 한다.

3) 유역모형

하류단의 배수시설, 간선배수로, 주요 지선 배수로 등의 주요 배수조직을 검토하는 경우에는, 유역모형은 실용상 배수로 -1계급하급배수로- 논 계통의 2차 하도망계(河道網系)로 충분하다. 또한, 말단 배수로의 논 구역의 담수상황을 검토하는 경우에는, 그들을 포함하는 지선 배수로 블록을 빼내어, 유역전체의 해석으로부터 얻어지는 그 지선 배수로 하류단의 계산수위 또는 유량을 경계조건으로 하여, 그 지선 블록의 해석을 하면 충분하다.

나. 저평지 탱크모형

부정류모형은 계산시간이 길어지므로, 이를 단순화한 것이 저평지 탱크모형이다. [그림 3.52]에서 보여주는 바와 같이, 하도를 몇 개의 구간으로 분할하고, 각 구간을 1 개의 하도 탱크로 하여 하도에 유입하는 논 구역을 뭉쳐 한 개의 논 탱크로 한다. 이들 하도, 논 탱크의 수위는 연속식으로 부터 식 (3.66)으로 된다.

$$W_i \frac{H_i^{n+1} - H_i^n}{\Delta t} = \frac{\sum_j Q_{i,j}^{n+1} + \sum_j Q_{i,j}^n}{2} + W_i r_e \dots\dots\dots(3.66)$$

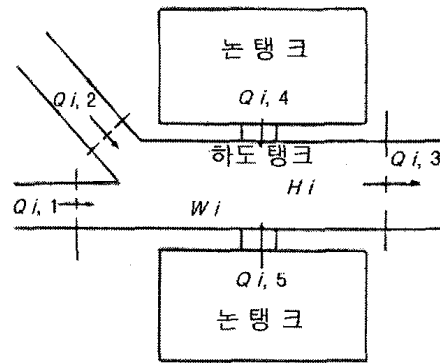
여기서,

W_i : 탱크 i의 저류면적

H_i^{n+1}, H_i^n : 탱크 i의 n+1, n 시점의 수위

$\sum_j Q_{i,j}^{n+1}, \sum_j Q_{i,j}^n$: 탱크 i의 n+1, n 시점에 유입 유출하는 유량의 총화

r_e : 유효강우강도



[그림 3.52] 하도, 논 탱크

하도탱크 i, j간의 유량은 부등류식을 적용하며 식 (3.67)로부터 구한다.

$$Q_{i,j} = \frac{A_j R_j^{(2/3)} (H_j - H_i)}{N \sqrt{\Delta x} \sqrt{|H_j - H_i|}} \dots\dots\dots (3.67)$$

논, 하도탱크 i, j 간의 유량은 보의 공식을 사용한다.

완전월류의 경우, $h_2/h_1 \leq 2/3$:

$$Q_{i,j} = c_1 b h_1^{3/2} (H_i - H_j) / |H_i - H_j| \dots\dots\dots (3.68)$$

불완전월류의 경우, $h_2/h_1 \geq 2/3$:

$$Q_{i,j} = c_2 b h_2^{3/2} (H_i - H_j) / \sqrt{|H_i - H_j|} \dots\dots\dots (3.69)$$

여기서,

b : 보의 너비

H_i, H_j : 논탱크, 하도탱크의 수위

$$c_1 = 0.35 \sqrt{2g}$$

$$c_2 = 2.5981 c_1$$

$$h_1 = H_H - Z_b$$

$$h_2 = H_L - Z_b$$

Z_b : 보의 높이

H_H : H_i, H_j 중에서 높은 쪽의 수위

H_L : H_i, H_j 중에서 낮은 쪽의 수위

경계조건으로서 수위조건이 주어지는 경우에는 경계의 하도 탱크는 식 (3.66) 대신 H_i^{n+1} =기지사위(既知水位)로 되고, 유량경계의 경우에는 식 (3.66)의 $Q_{i,j}^{n+1}$ 에 기지유량을 주게 된다. 수문, 압거 등의 구조물이 있는 경우에는 식 (3.67) 대신 구조물의 수리조건으로부터 유량을 계산한다.

계산순서는 수위조건이 K개이며, 하도, 논,의 탱크의 수를 M개로 하면, H_i^{n+1} , Q^{n+1} 가 미지의 식 (3.66)이 (M-K)개 얻어지며, 식 (3.67)~ (3.69)를 뉴턴-라푸손 (Newton-Raphson)법으로 선형의 근사식을 식(3.65)의 $Q_{i,j}^{n+1}$ 에 대입하면, m+1차의 근사의 H^{n+1} 만의 식이(M-K)개 얻어진다. 이에 K개의 수위경계치를 합쳐 M원(元) 1차의 연립방정식이 되며, 이를 소거법으로 계산하면 m+1차 근사의 수위가 얻어진다. 이것을 약 5회 반복하면 수렴이 되어, 수렴치를 n+1시점의 수위로 하고, 유량을 계산하여 다음 시점으로 진행한다. 보통 Δt 를 1시간으로 한다.

유역모형은 부정류 모형과 같이 2차의 하도망계로 하여 작성한다. 논 탱크의 보의 나비는 그 탱크에 뭉쳐진 논,의 배수구 폭의 합계가 되며 논 탱크면적 1ha당 약 1m이다.

3.7.4 평상시 배수량

평상시 배수량은 원칙적으로 실측치에 의해서 구하며, 논지대는 관개기, 비관개기로 나누어 검토한다.

평상시 배수량(平常時 排水量)은 배수시설(수로, 펌프)의 설계에 쓰인다. 평상시 배수량은 일정기간내에 가장 많은 빈도로 나타나는 배수량으로 한다. 논지대는 관개기간과 비관개기간의 배수량에 상당한 차이가 있으므로 이를 구분해서 각각에 대하여 평상시배수량을 정한다. 비관개기간 중의 평상시배수량은 주로 지하배수에 적합하도록 배수로의 바닥높이를 설계하는데 쓰이고 있다. 또한 관개기의 평상시배수량은 주로 펌프의 대수(臺數)를 결정할 때 이용된다.

평상시배수량은 일평균배수량을 실측해서 그 도수분포로부터 구하는 것을 원칙으로 하나 계획초기에는 그다지 높은 정도(精度)의 값이 아니더라도 되므로 자료가 작을 경우에는 다음 범위에서 적당하다고 생각되는 값을 선정한다.

관개기 0.2 ~ 0.5 m³/s/km²

비관개기 0.05 ~ 0.1 m³/s/km²

3.8 논밭혼용 지구에서의 배수대책

논에서의 밭작물 재배 및 논·밭 윤환경지 증가 등 영농여건 변화에 대응하여 수해구역내 밭작물을 많이 재배하는 지구에 대하여는 홍수시 밭작물 침수피해를 최소화하기 위한 배수대책을 수립한다.

수해면적내 밭작물 재배면적이 큰 지역에 대해서는 전작 또는 특수작물 재배지역에 적합한 유출곡선지수(CN)를 적용하여 설계홍수량 및 배수로 단면을 결정한다.

평상시 배수를 고려하여 배수장내 소형펌프 설치를 검토하여 소량의 강우와 강우초기에 배수펌프를 조기 가동하여 밭작물 침수피해에 사전 대비한다.

배수계획구역내 원예작물이 집단화된 지역을 구분하는 것이 유리한 지역은 별도로 구분하여 배수계획을 수립할 수 있다.

논에서 밭작물 재배 및 논·밭 윤환경지를 조성하는 경우 홍수시 침수피해에 대비하여 밭 지역은 가급적 지구내 고위부에 설치토록 계획한다.

쌀 수급 대책 및 전작 보상제 도입 등 영농여건의 변화에 따라 논에서의 밭작물 전용지역 확대와 비닐하우스를 이용한 특수작물 재배면적의 증가에 대응하여 홍수량 및 배수로 단면기준 결정방법의 개선이 필요하다.

논에서 시설채소 및 밭작물 재배지역이 많은 경우 담수 및 침수를 허용치 않는 완전배수가 이상적이나, 배수장의 시설용량 및 사업비가 과다하게 증가하여 현실적으로 도입이 불가하므로 밭작물 침수피해를 최소화 할 수 있는 배수대책을 수립한다.

논과 밭의 유출곡선지수(CN : Curve Number)는 논 78~80, 밭 78~80, 비닐하우스 지역 97~98로 한다.

제 4 장 지표배수계획

4.1 지표배수계획의 개요

4.1.1 지표배수계획의 기본방침

지표배수시설은 홍수시 배수량과 평상시 배수량을 안전하게 배제할 수 있어야 한다. 수문 및 수리 분석기술을 이용하여 설계강우에 대한 홍수발생 상황을 재현하여 배수시설의 기능을 분석한다.

지표배수방법의 선정은 먼저 자연배수에 대하여 검토하고, 자연배수로는 불충분 할 때에는 기계배수, 또는 자연배수와 기계배수의 조합을 고려한다.

지표배수시설은 지구내의 과잉수를 지구 밖으로 신속하게 배제할 수 있어야 한다. 지표배수시설은 평상시 배수량은 물론이며, 홍수시 배수량도 안전하게 처리할 수 있어야 한다.

수문 및 수리 분석기술을 이용하여 설계강우에 대한 홍수발생 상황을 재현하여 배수시설의 기능을 분석한다. 또한 설계 홍수량을 초과하는 경우에는 배수시설이 어떻게 운영될 것인지도 충분히 검토하여 배수시설이 기능을 충분히 발휘할 수 있어야 한다.

지표배수방법의 선정은 먼저 시설비와 유지관리가 유리한 자연배수시설에 대하여 검토하고, 자연배수로는 불충분 할 때에는 기계배수, 또는 자연배수와 기계배수의 조합을 고려한다.

지표배수시설은 홍수시 배수량과 평상시 배수량을 안전하게 처리할 수 있게 계획하여야 한다. 또 정해진 유량을 초과하는 홍수에 대하여도 배수시설이 어떻게 그 기능을 발휘하는가를 충분히 검토하여야 한다.

가. 홍수시 배수량

홍수시에는 내부유역에서 유출하는 유출량이 증가할 뿐만 아니라 외수위도 높아져서 지구 밖으로 배수가 곤란하게 되어 배수구역 안에 담수가 생길 수 있다. 배수계획의 대상 유량은 계획기준 강우를 유출해석법으로 계산한다. 홍수시 유출량을 자연배수로 배제하기 어려운 경우에는 배수펌프장 시설을 하여야 하며 경우에 따라 유수지 시설이 필요할 수도 있다.

나. 평상시 배수량

평상시 배수는 중소규모 강우나 지하수로부터의 유출, 농지로부터의 배수, 주택지로부터의 배수 등을 포함한 배수량을 안전하게 처리할 수 있어야 한다.

4.1.2 지표배수시설의 종류와 기능

주요한 지표배수시설로는 배수로, 승수로, 배수문, 배수펌프장, 매립, 하구처리시설이 있으며, 기타 관련시설로는 제방, 방수공, 유수지, 침사지 등이 있다. 자연배수시설에는 배수로, 승수로, 배수문이 있으며, 기계배수와 관계되는 시설은 배수문, 배수펌프장, 유수지, 침사지가 있다.

지표배수시설은 각 시설의 기능을 명확하게 파악한 후에 지형, 배수본천 등 현장 여건을 고려하여 배수가 효율적으로 이루어질 수 있도록 알맞게 선택하여야 한다.

지표배수시설은 경지의 과잉수를 운반하여 배수 본천이나 바다로 보내는 시설을 총칭한다. 지표배수시설로는 배수로, 승수로, 배수문, 배수펌프장, 매립, 하구처리시설이 있으며, 기타 관련되는 것으로는 제방, 방수공, 유수지, 침사지 등이 있다.

수로로는 기능상 배수로, 승수로, 방수로의 3종으로 대별된다. 수문은 기능상 배수문과 제수문의 2종으로 나눈다. 제방은 지구와 경계를 이루는 하천, 기타 외수의 침입이 예상되는 위치에 축조한다. 자연배수만으로는 불충분 또는 불가능한 경우에는 배수펌프장을 설치하여 배수한다.

지표배수시설은 각 시설의 기능을 명확하게 파악한 후에 지형, 배수본천 등 현장 여건을 고려하여 배수가 효율적으로 이루어질 수 있도록 알맞게 선택하여야 한다.

가. 수로

수로로는 기능상 다음 세가지로 구분한다.

1) 배수로

지구내의 배수를 모아서 배수구를 통하여 지구밖으로 이끌기 위해서 배치하는 수로로서 간선, 지선 및 지거 배수로로 이루어진다.

2) 승수로

지구밖 배후지로부터 강우 유출이나 용출수가 지구내로 유입되는 것을 방지하기 위

하여, 지구 경계부근에 설치하는 수로를 승수로라 한다. 또한 하천제방이나 해안제방의 내측에 설치하여 제방 침투수를 받아서 처리하는 수로도 승수로라 한다.

3) 방수로

승수로에 유입된 유량이 계획유량을 초과하는 경우 이 초과량을 지구밖의 배수구로 연결시키는 수로를 방수로(放水路)라 한다. 또 하천에 첩수로(Cutoff)로 연결하여 홍수를 안전하게 배제하기도 하는데, 이 첩수로도 방수로의 한 종류이다. 그밖에 방수공으로 연결되는 방수로도 있다.

나. 수문

수문은 기능상 배수문과 제수문으로 나눈다.

1) 배수문

지구의 말단 저위부에 설치하는 문짝으로, 홍수시 외수위가 내수위보다 높아져서 외수가 지구내로 역류할 때는 문을 닫아 외수의 역류를 막고, 반대로 내수위가 높아지면 수문을 열어 방수하게 한다. 일반적으로 제방의 일부를 완전히 절단하여 설치한 것을 배수문이라 하고, 제방에 관을 매설하여 설치한 것을 통관 또는 통문이라 한다.

2) 제수문

배수문은 배수본천 또는 간선배수로에 연하여 설치하여 잉여수의 배제를 원활하게 하는 시설이지만, 제수문은 지구내 배수로망중의 적당한 장소에 배수로에 직각으로 설치하여 지구내의 수로계마다 홍수피크(peak)의 차이에서 오는 배수(背水)의 영향을 방지하고, 또 평상시 배수시에는 지하수위를 포함한 지구내 수위를 조절하기 위하여 설치하는 수문이다.

다. 제방

지구와 경계를 이루는 하천, 기타 외수의 침입이 예상되는 위치에 축조한다. 제방이 지구를 포위할 때는 이것을 윤중제라 한다. 또 자연배수지구에서 수문을 설치하지 않을 경우 홍수시에 지구내에 외수의 배수(背水)가 미칠 때는 지구내 하천이나 간선수로에 제방을 축조하여 농지를 보호할 수도 있다.

라. 방수공

지구내의 유출량이 계획배수량을 초과하게 되는 비상시에는 배수펌프장이나 제방 등을 보호하여 피해를 경감하기 위하여 제방의 계획고수위선에 설치하는 방류시설을

방수공이라 하며, 월류웨어와 수문 등의 형식이 있다.

마. 배수펌프

자연배수만으로는 불충분 또는 불가능한 경우에는 배수펌프를 설치하여 배수한다.

바. 매립복토

매립복토는 효과적인 자연배제를 유도하기 위하여 지구내 최저 논바닥 표고를 인위적으로 상승시키는 것을 말한다

사. 유수지

농지배수에 있어서는 도시배수와 달리 홍수 집수시간이 느리고 배수펌프장과 연결된 배수로로부터 펌핑(pumping)에 필요한 홍수유입이 충분하지 않은 경우 배수펌프장 가동이 단속(斷續)되는 경우가 생기므로 이를 방지하기 위해 유수지가 필요하다. 즉 배수펌프장 시설용량과 배수로 통수량의 차이가 나는 시기를 조절하기 위해 유수지가 필요하다.

아. 하구처리시설

하구가 표사나 유사에 의하여 폐쇄되는 것을 방지하기 위하여 도류제(導流堤)나 하구 암거 등의 시설을 설치한다.

4.2 배수로

4.2.1 배수로의 설계유량 및 설계수위

배수로의 설계유량 및 설계수위는 홍수시의 유량배제와 평상시의 지하수위 제어의 두가지 기능을 할 수 있도록 설정되어야 한다.

설계유량 및 설계수위는 평상시 배수와 홍수시 배수에 대하여 정하여야 한다. 배수 구역내에 배치하는 동일계통의 배수지거에서는, 비유량 (어느 지점의 설계유량을 그 지점이 지배하는 유역면적으로 나눈 것) 값이 전 노선에 걸쳐 어느 지점에서나 비슷한 값이 되는 것을 원칙으로 한다. 다만 유수지가 있는 경우나 지형차이 등에 따라 상하류에서의 비유량은 변할 수 있다.

홍수시와 평상시의 비유량은 서로 다르다. 홍수시 배수의 비유량은 배수구에서의

침투유량을 유역면적으로 나눈 값을 채택하는 것이 원칙이다. 다만, 기계배수의 경우는 내수저류효과 및 경제성을 고려하여 이것을 수정할 수 있다. 평상시의 비유량은 평상시 배수량을 유역면적으로 나눈 값으로 규정한다.

지구내에 있는 배수로의 수로구간(인접하는 합류점 사이에 끼어 있는 수로)은 모두 그 수로의 비유량에 그 구간의 지배유역면적을 곱한 값을 그 수로 구간의 설계유량으로 한다. 다만, 하류측 인접구간의 설계유량과의 차이가 작을 때는 이것과 같게 취하여도 된다. 이렇게 하여 각 구간마다 고유한 설계유량을 정하게 된다.

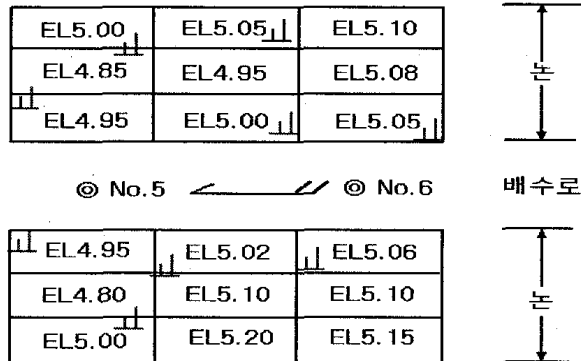
또한 배수로의 설계수위도 홍수시와 평상시가 서로 다르다. 홍수시 배수의 설계수위는 수로에 연(沿)한 지면표고를 되도록 초과하여서는 안 된다. 이에 대하여 평상시 배수의 설계수위는 경지에 매설한 배수암거 출구의 표고를 초과하면 안 된다.

배수로가 지표배수기능만 하는 경우에 배수로 바닥깊이는 논바닥보다 50~60cm 낮게 하는 것이 보통이다. 배수로가 지표배수와 지하배수를 동시에 담당하는 경우에는 배수로 바닥깊이는 논바닥보다 1.0~1.2m 낮게 한다.

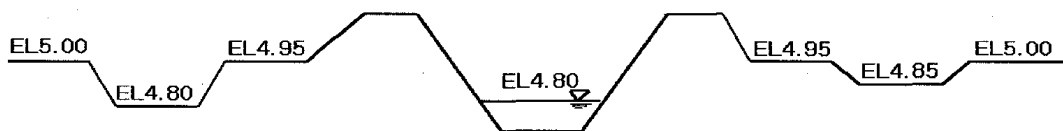
배수기능 측면에서 보면 설계수위는 가급적 낮은 것이 좋으나, 수로 공사비 측면에서 보면 높은 편이 바람직하다. 따라서 설계수위는 이러한 조건을 감안하여 가장 적절하다고 판단되는 것을 선정한다.

(설계 예)

① 홍수시 배수의 설계수위 :



(평면도)

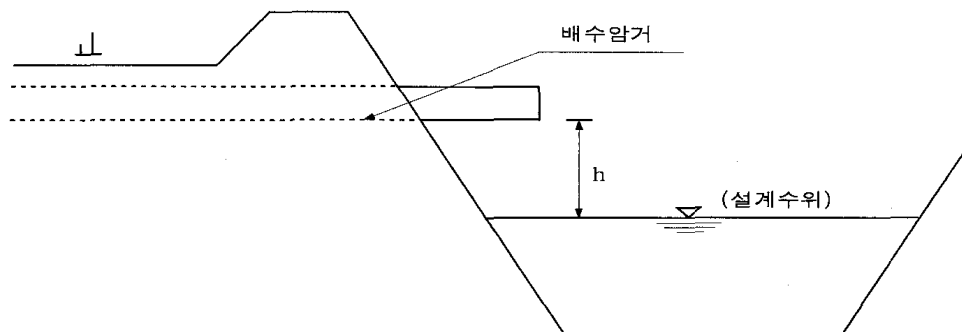


(No. 5 지점의 횡단면도)

- No. 5 지점 설계수위 : EL+4.80 이하 계획수립
- No. 6 지점 설계수위 : EL+5.05 이하 계획수립

[그림 4.1] 홍수시 배수의 설계수위

② 평상시 배수의 설계수위 : 배수암거 하단 아래 ($h \geq 0$)



[그림 4.2] 평상시 배수의 설계수위

4.2.2 노선선정

배수로 노선의 배치는 기술적으로 가능한 몇 가지 안을 세워서 수혜구역 내의 지형, 배수목적과 방법, 용지취득의 난이, 배수관행, 유지관리비 등을 비교·검토하여 가장 유리한 안을 선정한다.

배수로는 그 지구의 배수가 잘 이루어질 수 있도록 가장 낮은 위치에 배치되어야 한다.

노선은 도상계획과 현지답사를 통하여 가능한 몇 개를 선정하여, 각 노선에 대한 여러 가지 조건을 충분히 조사하여 배수계획의 타당성과 공사비를 비교·검토한 후 가장 유리한 노선을 선정한다.

또한, 배수로 노선은 공사비와 유지관리비 등 경제적인 면과 시공의 난이 등 기술적인 면을 종합적으로 검토하여 가장 유리한 노선을 선정한다. 이때 용지매수비가 비싼 곳은 배수로 저폭을 좁게, 싼 곳은 저폭을 넓게 하여 상대적으로 공사비가 최적이 되도록 각 노선을 비교할 필요가 있다.

배수간선, 배수지선, 배수지거, 및 배수구의 위치는 지형, 선형, 토질 등을 고려하고 안전하게 배수기능을 할 수 있도록 배치한다.

가. 유의할 사항

1) 배수간선

① 선형은 가급적 직선으로 한다. 단, 경사가 급한 하천을 기간배수로로 개수하여 이용할 경우는 지나친 직선화를 피하여 현황유로를 이용하면서 직선을 삽입하여 완만하게 사행시키는 것이 안전하다.

② 토질이 나쁜 곳은 피하며 또한 주택이나 교통기관에 위험을 주지 않아야 한다.

③ 원칙적으로 절토 수로단면에서 홍수시의 흐름단면을 확보하고, 성토축제단면에서의 배수로는 가급적 피한다.

④ 노선은 원칙적으로 지구의 최저위를 통과하도록 정한다. 지구의 일부를 기계배수할 경우에도 상단배수로, 하단배수로로 구분함으로써 자연배수의 활용을 최대한 검토한다.

⑤ 전 지구를 모두 기계배수할 경우에도 고위부, 저위부 혹은 중위부 등으로 나

누어서 배수로를 이단 또는 삼단으로 배치함으로서 배수경비를 절약할 수 있는 경우도 있으므로 충분히 검토하여야 한다.

2) 배수지선 및 배수지거

① 이들의 배치는 배수간선의 위치, 경지의 구획형상, 도로, 용수로 배치 등을 고려하여 결정한다.

② 일반적으로 평탄한 논지대는 배수지거를 용수지거와 교대로 평행하게 배치한다.

③ 간선과 지선과의 합류는 흐름에 부응하도록 접합시킨다. 또한 지선과 지거의 합류는 직각으로 하는 것이 보통이다.

④ 지형에 따라서 용수로와 겸용할 경우도 있으므로 논의 받 전환 이용이나 용배수 관행 등도 충분히 고려하여 검토한다.

3) 배수구의 위치

① 될 수 있는 대로 자연배수가 가능한 지점일 것.

② 배수통문이나 배수펌프장을 설치할 경우는 기초가 양호한 지점일 것.

③ 배수구가 유사나 비사로 폐쇄되지 않는 위치일 것.

④ 고조 등의 외수에 대해서 위험한 장소는 피할 것.

나. 노선선정 요령

1/25,000~1/5,000의 지형도를 기본으로 현지답사를 실시하여 가능한 몇 개의 노선을 선정한다. 그 다음에 각 노선에 대하여 수위, 수로공 종류, 구조 등을 가정하고, 또 토지이용형태 등의 사회적 조건도 충분히 조사하여 배수계획의 타당성과 공사비를 비교 검토하여 가장 우수한 노선을 선정한다.

4.2.3 배수로 종단기울기 및 단면

배수로의 종단기울기는 수혜구역의 지형, 배수로 노선의 배치 및 배수구의 위치로부터 허용 최대유속 및 최소유속을 고려하여 가장 유리한 것을 선정한다. 이때 배수구의 수위를 기점수위로 하여 상류로 진행시키면서 기울기를 선정해 간다.

배수로의 단면은 원칙적으로 매닝(Manning)의 평균유속공식을 사용하여 설계유량을 통과시키도록 계산한다.

수로기울기는 허용최대유속과 허용최소유속의 범위 안에서 급경사로 하는 것이 바람직하다. 단면 형상은 수리적으로 유리한 단면으로 하되, 생태계 보전을 고려해야 한다. 단면은 원칙적으로 매닝(Manning)의 평균유속공식을 사용하여 계산한 설계유량을 통과시키도록 한다. 이때 수면 경사는 배수구의 해당 설계빈도 기준외수위를 기점수위로 기준하여 상류로 향하여 산정한다.

수로 옆비탈 기울기는 원칙적으로 사면안전도 분석결과에 따라 결정하되, 토질시험치가 없는 경우에는 비탈면이 붕괴되지 않도록 토질에 따라 결정하여야 하며, 수로의 안전을 확보하기 위하여 계획 수위에 여유고를 더하여 제방높이를 결정한다.

수로의 계획깊이를 결정할 때는 이상의 여러 조건들을 기본으로 하여 지구내에 매설하는 암거의 깊이 등을 고려할 필요가 있다. 수로 종단기울기의 표준은 <표 4.1>과 같으며, 토질에 따른 수로 종단기울기의 표준은 <표 4.2>와 같다.

<표 4.1> 수로 종단기울기 표준

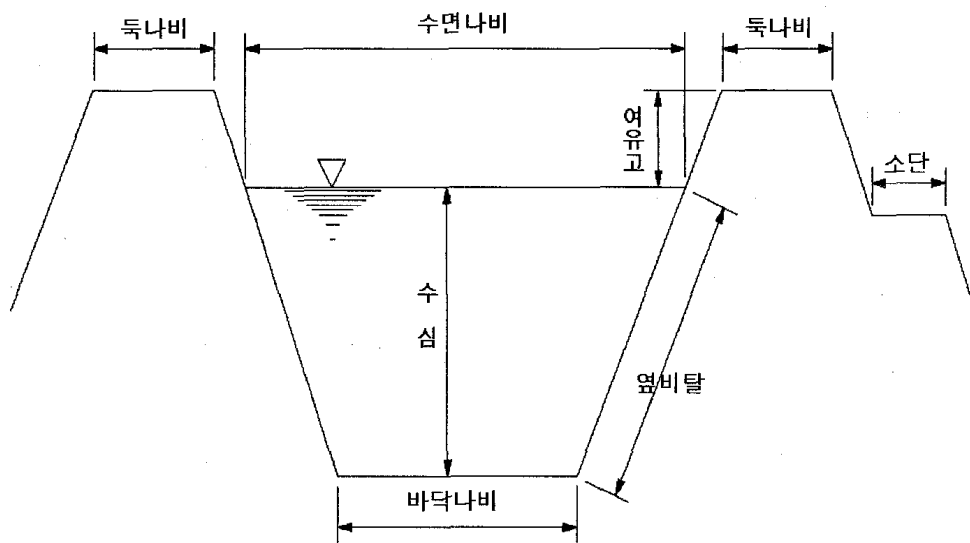
구 분	기 울 기
간 선 배 수 로	1/3,000~1/5,000
지 선 배 수 로	1/1,000~1/3,000
지 거 배 수 로	1/300~1/1,000

<표 4.2> 토질에 따른 수로 종단기울기 표준

미사	부식토	모래	자갈	중점토
$\frac{1}{6,000}$	$\frac{1}{1,000}$	$\frac{1}{800}$	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{150}$

배수로는 설계유량을 안전하게 처리할 수 있는 통수능력을 가져야 한다. 배수로의 통수능력을 결정하는 인자중의 하나가 조도계수이다. 배수로의 유지관리가 불충분하면 잡초가 무성하게 되어 조도계수가 크게 증가하게 된다. 따라서 어느 정도의 관리를 전제로 한다 하더라도 수로 건설 후 몇 년 후를 생각하여 조도계수 값을 예상하여 그 값을 사용해서 수로단면을 결정하는 것이 바람직하다. 예를 들면 오래된 배수로를 자연유로로 본다면 돌과 잡초가 있는 경우에 조도계수는 0.035이상이 된다. 이렇게 한다면 관리를 잘 할 경우에는 여유를 준 것과 같은 결과가 된다.

수로기울기는 지형이 지배하지만 일반적으로 허용최대유속 범위안에서 급경사로 하는 것이 바람직하고, 또 단면의 형상은 수리적으로 유리한 단면으로 한다. 지형 때문에 부득이 지나치게 급경사로 될 때는 낙차공을 설치하거나 라이닝을 하여 허용최대 유속을 증가시킨다. 반대로 기울기가 너무 완만한 경우에는 유출 이토의 퇴적이나 수초의 번무로 통수능력을 크게 저하시키는 경우가 있으므로, 통수장애물을 소류(掃流)할 정도의 유속을 가지도록 계획한다. 사다리꼴 배수로의 표준 단면형상은 [그림 4.3]과 같다.



[그림 4.3] 사다리꼴 배수로 표준단면형상

가. 배수로 종단면 결정

종횡단면 결정을 위한 유량계산은 원칙적으로 매닝(Manning)의 평균유속공식을 사용한다.

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(4.1)$$

$$Q = AV \dots\dots\dots(4.2)$$

여기서, V : 평균유속 (m/s),

n : 조도계수

R : 경 심 (m),

I : 동수경사

Q : 유량 (m³/s),

A : 흐름단면적 (m²)

간선배수로의 계획고는 홍수시를 고려해서 결정해야 하며, 평상시의 배수관리를 위하여 지선의 유입부에 수위조절 시설을 할 필요가 있다. 이때 지선수로 내에는 수초가 번성하기 쉬우므로 주의해야 한다. 배수로 재료별 조도계수는 <표 4.3>과 같다.

배수로 종단면 설계는 다음 순서를 따른다.

① 먼저, 홍수시 배수의 설계수위에 대하여 수로의 상류단에서 하류단에 이르는 수로구간의 표고 관계를 감안하여 각 수로 구간마다 홍수시 배수에 대한 설계 수면경사선을 그린다.

② 통수단면적은 홍수시 수면경사선 조건하에서 홍수시 설계유량을 유하시킬 수 있는 수로나비와 수심을 구하여 결정한다.

③ 위에서 구한 수로단면에 대하여, 평상시 배수의 설계유량을 사용하여, 하류단으로부터 평상시 배수의 수면을 추적하여 수면곡선이 설계수위를 초과하지 않는 것을 확인하고, 이에 따라 수로 바닥높이의 타당성을 검토한다.

나. 허용최대유속

수로의 세굴을 방지하기 위한 허용 평균최대유속은 일반적으로 <표 4.4>의 값을 기준으로 하는데, 홍수단면 부분에서와 같이 일시적인 유속은 이 값의 1.5배까지로 한다.

〈표 4.3〉 배수로의 조도계수

배수로의 재료 및 상태	조도계수		
	최소값	표준값	최대값
1) 호안이 되어 있는 배수로			
모르터	0.011	0.013	0.015
콘크리트(강제 패널 거푸집)	0.012	0.015	0.016
콘크리트(거친 목재 거푸집)	0.015	0.017	0.020
콘크리트(기성제품 플륨)	0.012	0.014	0.016
콘크리트 블록쌓기(매끄러운 이음매)	0.014	0.016	0.017
콘크리트 블록쌓기(거친 이음매)	0.015	0.017	0.018
점토 라이닝		0.025	
아스팔트 라이닝 (매끄러운 면)	0.013	0.013	
아스팔트 라이닝 (거친 면)	0.016	0.016	
깎돌 찰쌓기	0.017	0.025	0.030
깎돌 매쌓기	0.023	0.032	0.035
초생 피복(매)	0.030	0.040	0.050
2) 굴착 또는 준설 배수로			
흙, 일직선 (잡초 없음, 완공직후)	0.016	0.018	0.020
흙, 일직선 (잡초 없음, 야외방치 후)	0.018	0.022	0.025
흙, 일직선 (잡초 없음, 자갈)	0.022	0.025	0.030
흙, 일직선 (짧은 풀 있음)	0.022	0.027	0.033
흙, 불규칙 만곡 (식물피복 없음)	0.023	0.025	0.030
흙, 불규칙 만곡 (약간의 잡초)	0.025	0.030	0.033
흙, 불규칙 만곡 (바닥은 돌, 측면은 잡초)	0.025	0.035	0.040
Dragline 굴착, 준설 (식물피복 없음)	0.025	0.028	0.033
Dragline 굴착, 준설 (비탈에 약간의 관목)	0.035	0.050	0.060
3) 자연 하천			
평야의 작은 하천(직선, 잡초와 웅덩이가 없음)	0.025	0.030	0.033
평야의 작은 하천(사행, 약간의 여울, 잡초, 돌)	0.035	0.045	0.050
평야의 작은 하천(사행, 약간의 여울, 잡초, 많은 돌)	0.045	0.050	0.060
대규모 하천(큰돌이나 관목이 없는 규칙적 단면)	0.025	-	0.060
대규모 하천(거칠고 불규칙적 단면)	0.035	-	0.100

〈표 4.4〉 허용 평균최대유속

수로의 재료	유속(m/s)	수로의 재료	유속(m/s)
사질토	0.45	얇은 콘크리트 (두께 10cm 이하)	1.50
사질양토	0.60	두꺼운 콘크리트	3.00
양토	0.70	아스팔트	1.00
점질양토	0.90	호박돌 메쌓기(뒷길이 30cm 이하)	1.50
점토	1.00	호박돌 메쌓기(뒷길이 30cm 이상)	2.00
모래혼입점토	1.20	호박돌 찰쌓기	2.50
연암	2.00	연결식 콘크리트 블록	1.50
중경암	2.50	측면 블록, 저면 바닥보호공	3.00
경암	3.00		

[주] “연결식 콘크리트 블록”은 블록 중량에 따라서 할증할 수 있으며 최대는 2.0m/s 이다.

다. 허용최소유속

유수 중에 포함되어 있는 토립자가 퇴적하거나 수초가 번성하는 것을 방지하기 위하여 평균유속은 허용최소유속보다 작아서는 안된다. 허용최소유속의 계산은 일반적으로 케네디(Kennedy)(1985)의 실팅(Silting) 이론에 의한 식 (4.3)을 이용한다. 이 식에서 C와 m이 각각 0.415 및 0.64 일 때 수심에 따른 허용최소유속은 <표 4.5>와 같다.

$$V_o = Cd^m \dots\dots\dots(4.3)$$

여기서 V_o : 허용최소유속 (m/s), d : 수로의 수심 (m),

C, m : 수로 재료와 단면형에 따른 계수

〈표 4.5〉 수심별 허용최소유속

수심 (m)	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7	3.0
유속(m/s)	0.19	0.30	0.39	0.47	0.54	0.60	0.67	0.73	0.78	0.84

라. 옆 비탈

흙 수로의 옆 비탈 기울기는 원칙적으로 사면안전도 분석결과에 따라 결정하되, 토질시험치가 없는 경우에는 현지의 상황에 따라 적절히 선정하는데 표준은 <표 4.6>

과 같다. 다만, 호안공이 있을 때에는 옆비탈 기울기를 더 급하게 할 수 있다.

〈표 4.6〉 토질별 수로의 옆비탈 기울기

1: N (연직:수평)

토 질	절 토	성토(안비탈)		성토(바깥비탈)	
		높이 3m 미만	높이 3m 이상	높이 3m 미만	높이 3m 이상
사질토	1.5~2.0	2.0~2.5	2.5	2.0	2.5
사력토	1.0~1.5	1.5~2.0	2.0	2.0	2.0
양 토	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0	1.5	2.0
점질토	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0	1.5	2.0
자갈혼입점토	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0	1.5	2.0
암	0.0~0.5	-	-	-	-

마. 여유고

배수로의 여유고는 설계 수면에서 제방 독마루까지의 높이로 수로의 안전을 위하여 필요하다. 여유고는 수로 조도계수의 변동, 유속수두의 정수두로의 변화, 수로내의 파동 등에 대처할 수 있어야 한다. 여유고는 수심, 유속, 및 유량과 관계가 크다. 수로의 여유고는 “농업생산기반정비사업계획설계기준 수로편(2004)”을 참고한다.

① 흙수로와 라이닝 수로

흙수로와 라이닝 수로의 여유고는 원칙적으로 식 (4.4)로 구한다.

$$F_b = 0.05d + h_v + (0.05 \sim 0.15) \quad \dots\dots\dots(4.4)$$

여기서, F_b : 여유고 (m),

d : 설계 유량에 대한 수심 (m),

h_v : 속도수두 (m)

최소여유고는 0.15m로 한다. 일시적으로 발생하는 고수위에 대하여는 최고수심의 1/10로 하되 0.15m이상으로 한다. 유량에 따라서는 19m³/s이상의 경우에 여유고는 0.8m로 한다.

② 옹벽형수로

옹벽형수로(플룸, 옹벽수로, 수로교, 기성품수로 등)의 여유고는 식 (4.5)로 구한다.

$$F_b = 0.07d + h_v + (0.05 \sim 0.15) \quad \dots\dots\dots(4.5)$$

③ 터널 및 암거

터널과 암거(단, 직사각형 암거는 플룸에 준한다)의 여유고는 다음의 가), 나) 중에서 큰 값을 택하는 것을 원칙으로 한다.

가) 설계유량에 대하여

$$d/D=0.80\sim0.83$$

여기서, d : 설계유량에 대한 수심 (m)

D : 터널 또는 암거의 높이 (m)

단, $D-d \geq 0.30\text{m}$ 이어야 한다.

나) 홍수를 유입시키는 경우

$$d/D = 0.90\sim0.93$$

여기서, d : 홍수를 더한 유량에 대한 수심 (m)

D : 터널 또는 암거의 높이 (m)

그러나, 최소시공단면 터널이나 부등류 흐름이 되는 터널과 암거에 대하여는 여유고를 더 크게 할 수 있다.

바. 계획 수로깊이

배수로의 바닥높이는 경지의 지반높이보다 낮을수록 배수기능이 확보되지만 토공비가 많아진다. 계획 수로깊이는 수리계산에 의한 필요 최소절토깊이와 현지의 암거매설깊이 등에 의하여 구한 현황 최소절토깊이를 비교하여 큰 것을 선택한다.

$$\text{현황 최소절토깊이} = \text{포장암거 매설깊이} + \text{평상시 수심} \dots\dots\dots(4.6)$$

여기서, 포장암거 매설깊이는 보통 1.0m 정도이며, 평상시 수심은 평상시 배수량에 해당하는 수심을 취한다.

사. 단면의 변화

배수로 단면변화 지점은 수로여건의 변화에 따라서 계획유량이 25% 정도 변화하였을 때 변경하는 것을 원칙으로 하고, 이러한 조건이 만족되는 다음과 같은 지점에서 단면을 변경한다.

- ① 지거 또는 지선배수로가 유입되는 지점
- ② 도로나 횡단구조물 등으로 인하여 유역이 변하는 지점.

아. 복합단면등 친환경 배수로 단면

배수로의 단면계획은 홍수시 계획유량을 배제할 수 있는 충분한 능력을 가질 수 있

도록 고려한 다음, 사면 및 구조적 안정, 경제적 효율성과 함께 친환경적인 단면계획을 해야 한다. 배수로 주변의 토양배수불량에 대비한 복합단면(저위부 개거)과 생태계 파괴 최소화를 위한 자연형 하천공법의 도입을 검토하여야 한다.

배수개선지구에 흔히 적용하고 있는 복합단면(저위부 개거)으로 계획시에는 환경친화적 계획수립을 위해 낙차부에 어도나 동물보호측구(등선로)를 설치하는 것을 검토한다.

복합단면 설계요령은 다음과 같다.

- ① 복합단면 계획시 저수로 단면결정의 기준이 되는 설계유량(계획배수량)은 평상시 배수량($0.5 \sim 0.75 \text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$)으로 한다.
- ② 저수로 부분 단면만 구조물 또는 환경친화적인 호안을 계획한다.
- ③ 배수로 단면은 가능하면 콘크리트 개거로 계획하는 것을 지양하고 환경친화 기능, 생태계 파괴 최소화, 토질여건, 홍수배제 기능 등을 종합검토하여 계획한다.
- ④ 저수로 구조물 규모
 - 저폭이 6.0m이하는 단일단면으로 계획한다.
 - 소형배수로(저폭 10m 미만)일 경우: 저수로 저폭 6.0m 이하, 높이 0.5~1.0m로 한다.
 - 대형배수로(저폭 10m 이상)일 경우: 저수로 저폭 6.0m 이하, 높이 0.5~1.5m로 한다.

4.2.4 호안공

호안공은 유수에 의한 수로 단면의 세굴을 방지하기 위하여 필요한 경우에 시공한다. 시공위치는 현지의 실정에 맞추어 계획하되, 친환경 설계를 고려한다.

유수작용으로부터 배수로 비탈면의 세굴을 방지할 필요가 있는 경우에 배수로의 안쪽비탈 또는 안쪽 소단에 호안공을 설치한다. 호안공의 종류는 콘크리트, 연결블록, 블록, 식생호안블록, 아스팔트포장, 콘크리트틀, 널말뚝 등이 있으며 현지 상황에 따라 결정하되 양서류와 파충류 등의 이동통로 확보 등의 생태계 보전을 고려해야 한다. 친환경적인 호안재료인 자연석, 식생, 나무말뚝 등을 사용하는 것을 적극 검토하여야 한다.

가. 호안의 범위

유수작용으로부터 배수로 비탈면을 보호할 필요가 있는 경우에 배수로의 안쪽비탈 또는 안쪽 소단에 호안공을 설치한다. 호안공은 공사비에 큰 영향을 미치기 때문에 낙차공 등에 의한 기울기조정, 용지비 등을 검토한다. 또 배수로의 종단방향에 대하여 전장(全長) 호안이나, 부분 호안이나, 횡단방향에 대하여 3면 호안이나, 비탈끝만의 호안이나 등은 현지의 사정을 감안하여 결정한다. 또 교량, 낙차공 등의 구조물과 배수로 제방의 연결부는 충분한 호안이 되도록 한다.

나. 호안높이

호안높이는 배수로 설치지점의 토질, 배수로내의 최대유속, 수위변동 또는 수위 급강하에 의한 영향, 융설, 동결 때의 영향 등을 고려하여 계획하며, 원칙적으로 계획홍수위로 하며 현지사정에 따라 적절히 증감시킬 수 있다.

다. 호안공의 종류

배수로와 배수하천의 호안공법의 종류는 <표 4.7>과 같이 여러 가지가 있다. 환경부에서는 자연형 하천공법에 대하여는 사업비를 우선지원하고 있다. 따라서 환경친화적인 호안재료의 사용이 권장된다. 또한 양서류와 파충류 등의 이동통로를 확보하여 생태계를 보전하는 것도 적극 고려하여야 한다.

<표 4.8>은 배수로 호안공법의 장단점 비교를 보여주고 있다.

〈표 4.7〉 호안공법의 종류

구 분	종 류
라이닝형 호안	<ul style="list-style-type: none"> ○ 콘크리트 라이닝 ○ 아스팔트 라이닝 ○ 섬유대 호안공
옹벽형 호안	<ul style="list-style-type: none"> ○ 콘크리트 블록쌓기 ○ 돌쌓기, 돌붙임 ○ 콘크리트 옹벽 ○ Gabion 옹벽공법
시판형 호안	<ul style="list-style-type: none"> ○ 콘크리트 시판 ○ 강시판
자연형 하천공법	<ul style="list-style-type: none"> ○ 사면녹화 공법 <ul style="list-style-type: none"> - 돌매트공법 - 앵커스톤 공법 - 환경블럭 (조경형, 자연석형, D형, Earth Box) ○ 하천생물 서식처 복원공법 <ul style="list-style-type: none"> - 동물보호 측구 - 야자섬유망 공법 ○ 저수로 호안공법 <ul style="list-style-type: none"> - 개비온 공법 - 통나무상자 공법 - 나무수재 공법 - 쇠석쌓기 + 갯머들식재 공법 - 자연석 계단공법 - 쉼나무 가지법 - 버드나무 가지법 - 식생이용법 - 경고한 재료 이용법 - 갈대 군락 조성법 ○ 자연형 식생공법 <ul style="list-style-type: none"> - 사주부 호안공법 - 수충부 호안공법 - 하중도 호안공법 - 얇은만 호안공법
기 타	<ul style="list-style-type: none"> ○ 떼붙임 ○ 사석공 ○ 돌망태공 ○ 블록붙임 ○ 돌채움 ○ 비탈방틀공

〈표 4.8〉 배수로 호안공법의 장단점

종 류	장 점	단 점
토공	<ul style="list-style-type: none"> ○ 공사비 저렴 ○ 환경, 생태학적으로 유리 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 잡초, 갈대번성으로 통수단면 확보 곤란 ○ 유지관리비용 과다
돌망태	<ul style="list-style-type: none"> ○ 공사비 비교적 저렴 ○ 굴요성(屈撓性)이 좋아 지형의 변화에 적응 좋음 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 조도계수가 큼 ○ 종이, 비닐 등이 걸려 미관을 해침 ○ 인근에서 석재 구하기 곤란한 지역에서는 시공 곤란
섬유대	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수중시공이 용이 ○ 배면과 부착력이 좋음 ○ 시공속도 빠름 ○ 물푸기나 가물막이 필요 없음 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연약지반상에서 시공부실로 인한 조악(粗惡)한 시공이 될 수 있음 ○ 구조물 연결부위 시공이 어려움
콘크리트 라이닝	<ul style="list-style-type: none"> ○ 잡초나 갈대 등의 식생 억제효과 좋음 ○ 유지관리 용이 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 배수공을 설치하더라도 토양수분 배제 곤란 ○ 결빙기 빙압에 파손되기 쉬움
블 록	<ul style="list-style-type: none"> ○ 유지관리, 보수가 용이 ○ 미관이 좋음 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수중시공이 곤란 ○ 배면토압이나 수압에 의해 부풀림 폴립 현상이 생김
콘크리트 개거	<ul style="list-style-type: none"> ○ 유지관리 용이 ○ 통수단면 확보용이 ○ 내구연한 길다 ○ 잡초, 갈대 등의 식생억제 효과 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하배수 곤란 ○ 공사비 과다 ○ 생태계 보호 미약

4.2.5 낙차공, 급류공

지표면 기울기가 급할 때 배수로를 지표면 기울기에 따라 설치하면 너무 급경사가 되어 허용유속을 초과하게 된다. 이 경우 배수로 기울기를 줄이기 위하여 수로의 도중에 낙차공이나 급류공이 필요하다. 낙차공이나 급류공에는 큰 에너지가 집중하기 때문에 위치와 구조의 선정에 신중을 요한다.

가. 위치

직선부의 흐름이 안정된 지점을 선정하며, 직상류나 직하류에 굴곡이 있는 지점을 피한다.

나. 낙차

낙차공은 잠수상태로 되면 감세효과가 크게 감소하므로 가급적 잠수하지 않도록 하류수위를 정한다. 부득이 잠수상태로 될 경우는 하류쪽 보호시설 구간을 충분히 길게 취하여야 한다.

다. 규모

낙차공은 상류쪽 개수로의 수면폭을 축소하지 않도록 한다.

라. 어도의 설치

낙차공과 급류공은 단락 등에 의해 어류의 소상을 방해할 우려가 있으므로, 어도의 설치를 검토해야 한다.

4.2.6 유말공, 합류공

유말공 및 합류공의 배치와 구조는 유입위치, 유입배수로의 상태 등을 고려하여 가장 효과적이고 경제적이 되도록 결정한다.

유말공은 지구내 배수지거로부터 배수하는 시설이며 합류공은 승수로의 유수를 배수로로 안전하게 합류시키기 위한 구조물이며, 배치 및 구조는 상세한 현지답사를 하여 유입위치, 유입수로의 상태를 잘 파악하여 효과적이고 경제적이 되도록 결정한다.

4.2.7 친환경 배수로

친환경 배수로 계획은 기능 및 경제적 측면, 인문사회적 측면, 주변의 자연생태계 등을 종합적으로 고려하고, 특히 지역의 전통문화, 관광, 친수성, 생태계 보전, 경관, 수질정화 등을 고려하여야 한다.

가. 배수간선

배수간선은 그 특성에 따라 단순 농경지 배수뿐만 아니라 거주지의 생활하수까지를 배제하는 시설로 용수로와 차별되고 있으며, 하천변 또는 경지를 통과하는 구간, 마을을 통과하는 구간, 다른 수계와 연결구간을 고려할 수 있다.

1) 하천변 또는 경지를 통과하는 구간 및 마을을 통과하는 구간의 세부 정비방안은 배수로 구간의 특성을 파악하고 그 특성에 따라 각 구간에 맞는 단면형상, 구조, 경관 조성, 이용계획 등을 수립하도록 고려한다. 또한 마을을 통과하는 구간의 경우는 효과적인 마을생활하수처리 계획을 함께 고려하여 계획한다. 즉,

① 수서생물의 피난처를 제공하며 논과 수로와 늪지(조절지)를 연결하는 생태환경의 조성을 검토할 수 있다.

② 안전에 유의하여 그에 대한 대책을 계획한다.

③ 경관을 고려한 수로 구조물을 계획한다.

④ 마을의 생활하수 처리계획과 연계하여 수질오염 방지 대책을 계획한다.

2) 다른 수계와 연결구간은 다음 사항을 고려한다.

① 배수로 종점부에서 다른 수계와 구조물 없이 직접 연계(낙차 유무)되는 구간과 배수문, 배수장, 배수갑문을 통해 연계되는 구간으로 구분하여 각 특성에 맞는 정비계획을 고려한다.

② 상시 흐름이 유지되어 수생 생태계가 양호한 지역의 경우에는 이에 대한 대책을 수립한다(어도 등).

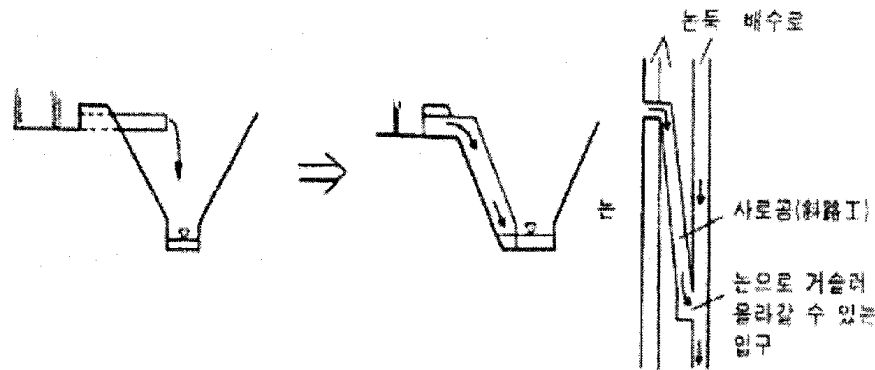
나. 배수지선

1) 생태·환경적 측면에서 볼 때 하천의 생태계가 배수로를 거슬러 올라와 배수지선으로 연결된다고 할 수 있으므로 생태 환경을 고려한 단면으로 계획한다. 그러나 배수지선부터는 치수 목적의 수로이므로 이를 소홀히 할 수도 없다. 그러므로 수로 바닥을 흙으로 하고 가능한 한 갈수기에도 바닥에 물이 있도록 하는 것이 좋다. 또한

계획수위까지는 호안을 하되 콘크리트가 아닌 환경친화적인 재료를 사용토록 계획수위 높이에 소단을 두는 등 이상 수위에 대비토록 계획한다.

2) 배수지선의 종점과 배수로가 만나는 지점에서는 단차(표고차)를 가급적 없도록 계획하고, 수로 바닥의 표고차에 대한 처리는 낙차공이나 어도 구조의 여울공 구조로 계획한다.

3) 배수물꼬에서 흙관에서 콘크리트 수로에 폭포와 같이 떨어지는 접속 형태에서는 양서류의 이동이 불가능하다. 이때에는 수로사면에 경사진 구조물을 설치하여 소규모 어도로서의 기능을 가지게 하는 것이 바람직하다.



[그림 4.4] 배수물꼬의 등선로화

친환경 배수시설 시공사례로는 경기도 송삼지구 경지정리사업에서 자연석 쌓기 배수로 호안공, 150m 구간의 생태공원, 100m 구간의 자연학습장 및 150m 구간의 휴식공원을 시공한 예가 있다.

친환경 배수로 설계에 관한 자세한 내용은 “농업생산기반정비사업계획설계기준 수로편(2004) 및 친환경편(2008)”을 참고한다.

4.3 배수(갑)문

내·외수위 관계가 자연배수로 충분한 경우에는 배수구만 있으면 충분하나, 외수위가 내수위 보다 일시적으로 또는 항상 높으면 배수(갑)문을 설치하여 외수의 역류를 방지할 수 있어야 한다. 배수(갑)문은 수해구역의 홍수를 배제하기 위하여 배수본천이나 바다로 내보내는 최종 배수시설이다.

가. 위치 결정

(1) 배수(갑)문은 유역내에서 유입하는 홍수를 바다, 하천쪽으로 배제하는 것이 목적이므로 노선중 최저위부에 위치하여 배수능력이 크고, 공사가 용이하며 기초지반이 암반으로서 비교적 견고하고 침투에 대하여도 안전한 곳을 선정한다.

(2) 배수(갑)문이 바다에 연하여 있으면 간조시에 지구내 홍수를 배제하는 것을 목적으로 하므로 되도록 넓은 면적을 지배하도록 하며, 배수능력을 최대한 발휘하도록 하기 위해 가급적 방조제 노선중 지반이 가장 낮은 지점에 설치한다. 그러나 최저부위는 일반적으로 갯골에 해당되고 지반의 토질이 연약하여 시공이 어려운 경우가 많으므로 신중히 고려하여야 한다.

(3) 배수(갑)문은 외수와의 소통이 양호해야 하며, 조류·풍파·홍수 등에 의하여 토사가 퇴적되어 수문이 열리지 않거나 파손될 염려가 있는 위치는 피한다.

(4) 임시물막이 공사도 감안하여 위치를 선정하도록 한다.

나. 바닥높이 결정

배수(갑)문의 바닥높이는 배수로의 바닥높이와 배수본천의 바닥높이를 고려하여 배수가 원활하게 이루어지도록 하며, 배수문 안팎의 수위나 수로바닥 높이를 고려하여 유지관리가 용이하도록 정해야 한다.

(1) 자연배수의 경우 지구내 최저 내수위를 소조평균간조위로 하면 배수(갑)문의 바닥표고는 일반적으로 이보다 약 0.3m 이상 낮게 한다.

(2) 실제로 경지는 내수위보다 0.5~1.0m 정도 높아야 하고, 배수를 위한 수위차 0.1m를 고려하면 배수문의 바닥표고는 경지의 최저지반고 보다 약 0.9~1.4m 이상 낮게 한다.

(3) 바다에 접하는 배수개선 대상지구가 여하한 경우에서도 위의 경우를 만족하지 못하는 경우 적절한 분석 프로그램을 이용하여 계획설계강우량시 침투홍수량이 발생하는 시간에 경제적·기술적으로 만족하면서 관수, 침수시간이 설계기준을 만족하고 순간최대배제량이 발생하는 배수문의 규모를 선택하면 된다.

다. 배수(갑)문 설계기준

1) 계획기준 외수위

(1) 하천 : 계획확률빈도 강우와의 상관관계를 고려하여 구한 외수위 수문곡선을 기준으로 하며, 확률빈도 강우는 배수장, 배수로 등은 20년빈도, 승수로는 50년빈도를 사용하는 것을 원칙으로 한다.

(2) 해안 : ① 소조시 또는 대조시 평균조위 곡선을 기준으로 한다.

② 양정결정시에는 최고수위 확률 계산치를 기준으로 한다.

2) 단면결정 기본요소

배수(갑)문의 단면은 배수문의 바닥표고, 제방높이 등을 감안하여 수혜구역의 현황과 경제성을 고려하여 결정하여야 한다. 배수본천이 하천법의 적용을 받는 경우에는 배수문의 단면형이나 구조는 “하천설계기준해설(한국수자원학회, 2009)”에 맞도록 하여야 한다.

(1) 계획외수위일 때 계획 최대홍수량 배출가능한 단면

(2) 평상시 외수위일 때 계획 최대홍수량 배출가능한 단면

(3) 지구내 담수 또는 유수지를 고려하고 허용담수심(30cm) 및 허용담수시간(24시간)내에 배출가능한 단면

(4) 기계배수계획이 없는 경우

① 담수를 허용하지 않고 유수지도 없는 경우에는 위의 (1) 단면

② 담수를 허용하고 유수지가 있는 경우에는 위의 (2), (3) 단면 중 큰 것.

(5) 기계배수계획이 있는 경우에는 위의 (2)로 산출되는 단면을 바탕으로 하여 결정한다.

3) 문비인양 방식

- (1) 수동식, 전동식 및 현장조작식, 원방조정식, 원격조작 시스템 등을 적용한다.
- (2) 전동화 설치 의무화, 원격조작 (관리인이 없을 경우)방식.
- (3) 인가와 원거리에 위치하거나 즉시 조작이 불가능할 경우 외측에 역류방지수문(자동문비)을 설치하여야 한다.

라. 유량계산

배수(갑)문의 유량산정방식은 내수위와 외수위의 변화, 구조 및 단면에 따라서 흐름형식이 결정되므로 먼저 각 조건별 흐름형식을 결정하고, 이에 적절한 유량공식을 적용하여 계산한다.

배수본천이 하천법의 적용을 받는 경우에는 배수문 설치에 하천관리청의 하천점용허가를 받아야 한다.

가. 배수(갑)문 단면의 결정

배수(갑)문 단면은 계획외수위, 평상시 외수위 및 기계배수 계획의 유무 등의 조건에 따라 계획배수량을 원활하게 배제할 수 있어야 한다. 또한 허용담수와 유수지 계획과도 연관하여 결정하여야 한다. 배수(갑)문의 단면은 배수문의 바닥높이, 제방의 높이 등을 감안하고, 침수분석에 의해 허용담수심 30cm 이하, 허용담수시간 24시간 이내의 침수조건을 만족시키는 몇 개의 단면을 가정하고 수해구역의 현황과 경제성을 검토하여 결정한다.

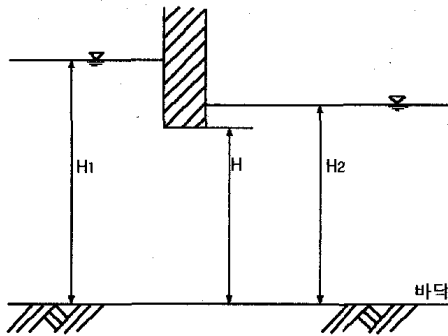
나. 유량계산

배수(갑)문을 통한 흐름은 내·외수위의 시간적인 변화에 따른 비정상류이므로, 엄밀하게 따지면 복잡한 수리계산이 되지만, 실용상 근사계산법을 사용하여도 큰 오차는 없다. 배수(갑)문은 수리학적으로 보(weir) 또는 오리피스(orifice)로 분류할 수 있으며, 먼저 각 조건별 흐름형식을 결정하고, 이에 적절한 유량공식을 적용하여 계산한다.

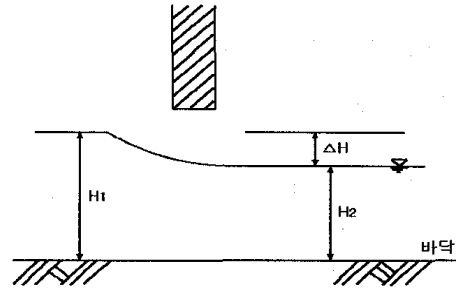
4.3.1 배수(갑)문 설계유량 공식

내외수위 차에 따라 오리피스와 위어로 구분할 수 있고 하류측의 수위조건에 따라 자유유출과 잠긴유출로 구분되어 4가지 흐름형태가 있지만, 실제로는 대부분의 수문

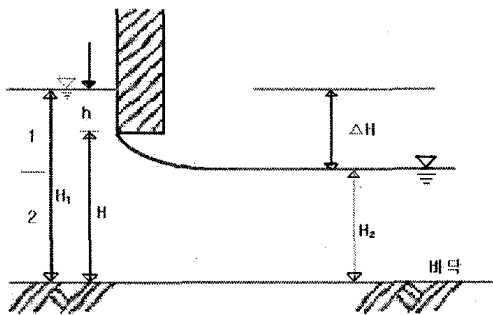
조작이 [그림 4.5]의 (c) 및 (d)와 같이 바닥이 수평인 위어흐름으로 배제된다.



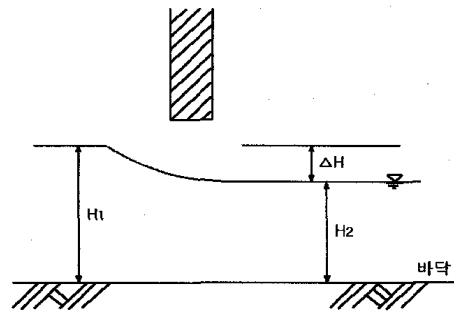
(a) 잠긴 오리피스



(c) 잠긴 위어 ($\Delta H < H_1/3$)



(b) 자유유출 오리피스



(d) 완전월류 위어 ($\Delta H \geq H_1/3$)

[그림 4.5] 배수(갑)문의 흐름형태

가. 잠긴 오리피스

[그림 4.5(a)]와 같이 수문 하류의 수위가 높아 수문이 완전히 잠겨 있을 때 잠긴 오리피스가 되며, 유량공식은 다음과 같다.

$$Q = C \cdot H \cdot B \sqrt{2g(H_1 - H_2)} \quad C \approx 0.7 \dots \dots \dots (4.7)$$

나. 자유유출 오리피스

[그림 4.5(b)]와 같이 수문하단을 따라 수면이 형성되는 경우를 말하며, 유량은 다음과 같이 상부와 하부의 두 개 구간으로 나누어 계산하여 합한다.

$$Q = Q_1 + Q_2 \quad \dots \dots \dots (4.8)$$

$$Q_1 = C_1(H - H_2)B\sqrt{g(\Delta H + h)} \quad (C_1 \approx 0.6)$$

$$Q_2 = C_2 H_2 B \sqrt{2g\Delta H} \quad (C_2 \approx 0.9)$$

다. 잠긴 위어

[그림 4.5(c)]와 같이 하류측의 수위(H_2)가 흐름에 영향을 주는 잠긴 유출의 경우에는 잠김도에 따라 다음과 같은 유량공식을 적용한다.

1) 일반적인 경우 ($\Delta H < H_1/3$)

$$Q = CH_2 B \sqrt{2g\Delta H} \quad C \approx 0.8 \quad \dots\dots\dots(4.9)$$

2) $H_2/H_1 > 0.8$ 일 때

$$Q = CH_1 B \sqrt{2gH_1} \quad C = 1.3 \sim 1.17(H_2/H_1) \quad \dots\dots\dots(4.10)$$

3) $H_2/H_1 > 0.81 \sim 0.82$ 일 때

$$Q = CH_2 B \sqrt{2g(H_1 - H_2)} \quad C = 1.0 \sim 1.13 \quad \dots\dots\dots(4.11)$$

라. 완전월류 위어

[그림 4.5(d)]와 같이 하류측의 수위(H_2)가 흐름에 영향을 주지 않는 완전월류 위어 유량공식은 다음과 같다.

1) 일반적인 경우 ($\Delta H \geq H_1/3$)

$$Q = 1.74CBH_1^{3/2} \quad C \approx 0.8 \quad \dots\dots\dots(4.12)$$

2) $H_2/H_1 < 0.8$ 일 때

$$Q = CH_1 B \sqrt{2gH_1} \quad C = 0.37 \quad \dots\dots\dots(4.13)$$

3) $H_2/H_1 < 0.81 \sim 0.82$ 일 때

$$Q = 1.7CBH_1^{3/2} \quad C = 0.88 \sim 0.94 \quad \dots\dots\dots(4.14)$$

그러나 배수(갑)문의 유량은 같은 배수조건 하에서 어느 공식과 계수를 적용하는가에 따라 차이가 있으며, 크기는 약 15%의 차이를 보인다.

4.3.2 배수(갑)문 배수방식 결정

가. 일반사항

배수(갑)문은 일반적으로 경지의 최저지반고가 계획외수위 또는 소조평균간조위 이상이면 자연배수가 가능하고, 계획외수위 또는 대조평균간조위 이하이면 기계배수를

채택하고, 그 사이에서는 자연배수와 기계배수의 조합을 고려해야 한다 <표 4.9>.

<표 4.9> 경지표고와 배수방식

경지의 표고	배 수 방 식
소조 평균간조위 이상일때	자 연 배 수
소조 평균간조위와 대조 평균간조위 사이일때	자연배수 + 기계배수
	자연배수 + 매립
대조 평균간조위 이하일 때	기 계 배 수

나. 배수(갑)문이 없는 자연배수

하구부에 파랑의 영향을 받는 하천제방은 당연히 해안제방과 같은 기능이 필요하다. 이때 대조평균만조위에 설계홍수량이 동시에 유입하는 조건으로 배수곡선을 계산하여 하천홍수위를 결정하고, 자연배수로 일때의 하천수위의 변화와 제방고를 결정한다.

다. 배수(갑)문이 있는 자연배수

(1) 지구조건의 계획외수위가 절대적인 지배조건이 되어 배수(갑)문이 없는 자연배수로 계획으로는 배수가 불가능한 경우에 배수(갑)문을 설치하여 계획외조위에 대하여 지구내 경지를 보호하고, 홍수시에는 소조평균만조위곡선을 기준으로 2일 강우에 따른 시간별 홍수유입량을 자연배수하는 방법으로 계획홍수위를 계산하여 단면을 검토 결정한다.

(2) 외수위가 소조평균만조위 이상일때에 지구내에서 설계홍수량이 유입하는 최악의 경우에는 지구내 침수가 불가피하여, 지구내에 농경지 뿐만 아니라 주택지·농공단지 등 중요시설이 있는 경우에는 대조평균만조위일 때의 지구내 홍수유입량에 의한 침수심·침수면적 및 침수시간이 허용범위 이하인가를 검토한다.

라. 배수(갑)문과 기계배수

(1) 농경지가 대조평균간조위 이하에 있으면 자연배수가 불가능하여 기계배수를 해야한다.

(2) 계획대상조위는 배수양정은 대조평균조위곡선을 기준으로 하며, 이때 설계홍

수량이 유입하면 유수지와 배수펌프장을 설치하여 기계배수에 의해 지구내 침수심·침수면적 등이 허용범위 이내가 되도록 내수위를 낮추어야 한다.

4.3.3 홍수량 산정

가. 배수(갑)문 지배유역면적 결정

지구말단부에 있는 배수(갑)문이 2개 이상인 경우 각각의 지배유역을 적절하게 나누어 결정하여 자료로 삼고, 유역도작성 요령은 다음과 같다.

① 대상지구 최종 말단부 지점에서 판단하여 지형적으로 분수되는 강우의 발생 구역을 대상지구의 유역이라고 하며 그 구역을 도면상에 표기한다.

② 현장조사결과에 따라 시가지 구역과 각종 시설(유역을 횡단하는 도로, 승수로, 중규모 이상 저수지 등)을 면밀히 검토하여 유역도에 표기한다.

③ 산지에서 경지로 이행되는 곳의 유로의 규모, 횡단구조물 등을 파악하여 배수 계통에 따라 각 구역별로 유역을 나누어 상세한 수문분석이 되도록 유역을 구분한다.

④ 유역의 식생, 지피상태 등 현장조사 결과를 유역도 작성시 반영하여 현장여건이 충분히 유역도에 나타나야 한다. 즉 저수지, 제방과 같이 구조물의 설치, 토지이용 변화, 벌채, 산불 및 도시화에 대한 면밀한 분석을 통하여 유역을 결정하여야 한다.

나. 홍수량 산정

설계기준 강우량에 대한 홍수량 산정은 본 편람 「3.7 홍수유출량의 계산」에 따르며 홍수분석시스템(FAS), HEC-1 등의 계산프로그램을 이용한다.

4.3.4 침수분석

침수분석은 「3.4.7 침수분석」을 참조한다.

4.3.5 기초 및 구조계산

가. 파이핑 검토

아래의 두 식에 의해 파이핑에 대하여 검토한다.

(1) Bligh식에 의한 검토

$$L \geq C \cdot \Delta H \quad \dots\dots\dots(4.15)$$

여기서, L : 침투로 길이

C : Bligh의 계수 <표 4.10>

ΔH : 내·외수위차

(2) Lane식에 의한 검토

$$L' \geq \gamma \cdot \Delta H \quad \dots\dots\dots(4.16)$$

여기서 L' : 침투로 길이 $[V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + \frac{1}{3}(h_1 + h_2 + h_3)]$

V_i : 연직방향(경사각 45°이상)의 침투로 길이(m)

h_i : 수평방향(경사각 45°미만)의 침투로 길이(m)

γ : Lane의 침투로 비 <표 4.10>

ΔH : 내·외수위차

<표 4.10> Lane의 침투로비와 Bligh의 C값

기초지반	Lane의 침투로비(γ)	Bligh의 C 값
아주 잔모래 또는 개흙 (0.05~0.1mm)	8.5	18
잔모래(0.1~0.25mm)	7.0	15
중간모래(0.25~0.5mm)	6.0	-
굵은모래(0.5~1.0mm)	5.0	12
잔자갈	4.0	-
중간자갈	3.5	-
자갈과 모래의 혼합	-	9
큰조약돌을 포함한 굵은 자갈	3.0	-
큰 조약돌과 자갈을 포함한 호박자갈	2.5	-
호박자갈과 모래	-	4~6
연(軟)점토	3.0	-
중(中)점토	2.0	-
중(重)점토	1.8	-
경(硬)점토	1.6	-

나. 하류물받이

배수(갑)문 하류부의 세굴을 방지하고 양압력에 견디기 위한 하류물받이와 바닥보호공은 다음과 같이 계산한다.

(1) 하류물받이의 길이

$$L_f \geq 0.6 C \sqrt{\Delta H} \cdot f \quad \dots\dots\dots(4.17)$$

여기서 L_f : 하류측 물받이의 길이

C : Bligh의 계수

ΔH : 내·외수위차

f : 안전율(1.5)

(2) 하류물받이의 두께

$$t_A \geq \frac{4}{3} \cdot \frac{\Delta H - h_f}{\gamma - 1} \quad \dots\dots\dots(4.18)$$

여기서 $4/3$: 안전율

t_A : 임의의 지점 A에서의 두께(m)

ΔH : 내·외수위차

h_f : A 지점까지의 침투수의 손실수두(m)

$\Delta H - h_f$: A점까지의 양압력의 강도 (전침투로장을 S , A점까지의 침투로장을 S' 라하면 $h_f = (S'/S) \Delta H$ 임)

γ : 물받이 재료의 비중 (철근콘크리트의 경우 $\gamma=2.4$)

(3) 하류바닥 보호공

$$l_f = L_B - L_f \quad \dots\dots\dots(4.19)$$

$$L_B = 0.67 C \sqrt{\Delta H} \cdot q \cdot f \quad \dots\dots\dots(4.20)$$

여기서, L_B : 하류 물받이의 길이(L_f)와 하류바닥보호공의 길이(l_f)의 합(m)

ΔH : 내·외수위차

q : 단위폭당 설계홍수량

f : 안전율(1.5)

[참고 1] 배수문 기초 안전도 계산예\

1) 배수문 파이핑 검토

(1) 주어진 조건

기초지반 : 아주 잔모래

$$\Delta H = 2.083\text{m}$$

$$L = 27.5\text{m}$$

$$L' = 18.0\text{m}$$

(2) Bligh 공식에 의한 검토 (식 4.15)

Bligh의 C : 18 (표 4.10 참조)

$$\text{식 4.15에서 } C \cdot \Delta H = 18 \times 2.083 = 37.49\text{m}$$

$27.5\text{m} < 37.49\text{m}$ 이므로 파이핑이 우려됨. 따라서 배수문 바닥기초에 11.5m의 지수벽을 설치한다. 그러면

$$L = 27.5 + 11.5 = 39.0\text{m} \text{ 가 된다.}$$

$$\therefore 39.0\text{m} > 37.49\text{m} \text{ 이므로 안전하다.}$$

(3) Lane공식에 의한 검토

Lane의 γ : 8.5 (표 4.10 참조)

$$\text{식 4.16에서 } \gamma \cdot \Delta H = 8.5 \times 2.083 = 17.7\text{m}$$

$$\therefore 18.0\text{m} \geq 17.7\text{m} \text{ 이므로 안전하다.}$$

2) 배수문 기초의 지지력 검토

(1) 하중조건

- 기계 : 66tonf
- 토목 : 1,908tonf
- 토층 : 344tonf
- 물 : 813tonf
- 계 : 3,131tonf

(2) 토질조건 : 토질시험결과 참조

(3) 기초의 형상(B×L) : 9.1m×36m

$$(4) \text{ 기초의 반력}(=P/BL) : 3,131\text{tonf} \div (9.1\text{m} \times 36\text{m}) = 9.56 \text{ tonf/m}^2$$

(5) 지지력

가) 계수결정 (기초공학, 엔지니어즈, 149p)

- $\alpha : (1+0.3(B/L))$: 1.07
- $\beta : (0.5-0.1(B/L))$: 0.47
- 기초저면 점착력 : 1.90tonf/m²
- 기초저면 내부마찰각 : 2.0°
- 지지력 계수(Meyerhof 도표이용) : $N_c : 5.3, N_q : 1.3, N_\gamma : 0$

나) q_{ult} (Terzaghi 지지력 공식 이용)

$$q_{ult} = \alpha c N_c + 1/2 \beta \gamma_2 B N_r + \gamma_1 D f N_q = 4.11 \text{ tonf/m}^2$$

다) 허용지지력 ($q_{ult}/3$) : $q_a = 1.37 \text{ tonf/m}^2 < 9.56 \text{ tonf/m}^2$

허용지지력이 기초의 반력보다 작으므로 별도 기초처리가 필요함.

3) 침하량 검토

(1) 즉시침하량

$$S_i = q B (1 - u^2) l_s / E_s$$

여기서, q : 구조물 기초의 반력 (kgf/cm²) : 0.95kgf/cm²

B : 기초의 최소폭(cm) : 36cm

u : 지반의 포아슨비(0.2~0.4) : 0.2 채용

E_s : 지반의 변형계(1,000~1,700tonf/m²) : 150kgf/cm²

l_s : 기초저면의 형상과 강성에 의해 좌우되는 탄성침하계수⇒
0.84(평균)

$$S_i = 4.84 \text{ cm}$$

∴ 즉시침하량이 허용침하량(10cm)보다 작으므로 허용.

(2) 압밀침하량

가) 기초지반의 토질정수

심도 : 1.7, γ_t : 1.692, C_c : 0.31, C_v : 5.0×10^{-4} , e_o : 1.466

나) 압밀침하량 계산

$$S_c = C_c H / (1 + e_o) \log [(P_o + \Delta P) / P_o] = 43.65 \text{ cm}$$

여기서, C_c : 압축지수, e_o : 초기공극비, H : 압밀토층의 두께(m)

P_o : 구조물시공전 지중응력(tonf/m²), ΔP : 구조물시공후 지중증가응력(tonf/m²)

∴ 압밀침하량이 허용침하량(10cm)을 초과하므로 별도의 기초처리가 필요함

4) 기초처리 (말뚝설계)

(1) Meyerhof 공식

가) $Ru = q_c Ap + q_{av} UL_s / 200 + q_u / 2 UL_c$ (말뚝의 극한지지력)

나) $Ra = Ru / 3$

여기서, Ap : 말뚝선단의 단면적, U : 말뚝의 둘레

L_s : 모래층에 관입된 말뚝의 길이

L_c : 점토층에 관입된 말뚝의 길이

q_c : 말뚝선단지반의 콘지지력

q_{av} : 말뚝선단까지의 모래층에 대한 콘지지력의 평균치

q_u : 말뚝선단까지의 점토층에 대한 일축압축강도

다) 계수결정

말뚝의 직경(D) : 400mm

$$Ap = \pi \times D^2 / 4 : 0.126m^2$$

$$U = \pi \times D : 1.257m$$

$$L_s = 0m, \quad L_c = 15m$$

$$q_c = 100kg/cm^2 : 1,000tf/m^2$$

$$q_{av} = (\text{토질조사보고서 참조}) : 34.0tf/m^2$$

$$q_u / 2 = 1/20 q_{av} : 1.70tf/m^2$$

$$Ru = 1,000 \times 0.126 + 0 + 1.7 \times 1.257 \times 15 = 157tf$$

$$Ra = 157 / 3 = 52.3tf$$

(2) Meyerhof 수정공식

$$Ra = 1/3 \times 30 \times N \times Ap = 1/3 \times 30 \times 40 \times 0.126 = 50tf$$

여기서, N치 (풍화대까지 타입하는 경우 N=40을 적용)

(3) 말뚝의 지지력

$$Ra = 50tf$$

(4) 말뚝의 본수의 결정

$$\text{말뚝의 본수} : P/Ra = 3,131 \div 50 \approx 63\text{본}$$

(5) 말뚝길이 및 무리말뚝의 영향검토

$$S = 1.5 \times \sqrt{r \times L}$$

여기서, S : 무리말뚝의 영향을 고려하지 않아도 되는 말뚝의 최소간격(m)

r : 말뚝의 반지름(0.2m)

L : 말뚝의 지중관입 길이(15m)

$$S = 1.5 \times \sqrt{r \times L} = 1.5 \times \sqrt{0.2 \times 15} = 2.60m$$

말뚝의 실제 간격은 5.70m로 2.60m보다 크므로 무리말뚝의 영향 없음.

4.3.6 환경친화적 고려사항

배수(갑)문을 증설하거나 신설할 경우에는 어류생태계를 보전하기 위하여 어류의 이동통로인 어도(魚道)를 설치하는 방법을 강구해야 한다.

4.4 배수펌프장

내·외수위 관계에서 기계배수가 필요한 경우에는 배수문과 함께 배수펌프장을 설치하여야 한다.

4.4.1 배수펌프장 위치

배수펌프장을 설치하는 위치는 수혜구역내의 지형조건, 기초지반의 지질조건, 동력원 확보의 난이 등의 위치조건 및 배수본천의 상황 등을 감안하여 결정한다.

가. 지형

배수펌프장의 위치는 지형에 부응한 배수계통을 계획하고 나면 스스로 결정된다. 즉 지구의 최저위부를 지나도록 간선배수로가 계획된 경우라면 배수펌프장은 간선배수로와 배수본천과의 합류점 부근의 최저위부에 설치하는 것이 가장 좋을 것이다. 그런데 지구의 지형, 유역 및 배수본천, 혹은 해안, 호소 등의 위치와 상황, 그밖에 수위 관계에 따라서는 반드시 최저위치에 설치하여야 한다고 볼 수는 없다. 예를 들면 배수펌프장의 위치를 지구의 최저위에 둘 경우에 배수본천의 지류가 그 위치의 상류부에서 합류하여 이상한 외수위가 발생한 경우는 펌프의 양정, 배수량에 미치는 영향이

크므로 지형적으로는 약간 상류부나 혹은 하류부에 두어서 펌프의 경제적인 운전과 배수 효과 등을 고려하여 배수펌프장의 위치를 선정해야 한다. 그밖에 배수펌프장의 위치선정에서 중요한 사항은 다음과 같다.

① 재해의 유무, 진동에 의한 제방의 영향 등을 고려하여 하천, 호소 등의 제방에 너무 근접하여 설치하지 말 것

② 지구의 상황에 따라 배수펌프장 및 그 부대시설의 크기에 알맞은 공간을 충분히 확보할 수 있을 것

배수펌프장 부근 간선배수로의 말단에 유수지를 만들면 배수로의 유출량과 펌프배수량의 차이량을 메워서 수위변동을 작게 하여 수위변동에 의한 단속운전이 해소되고 펌프 운전효율이 높아진다. 특히 저지대는 유역내의 유출율이 작아도 간선 배수로가 길어지는 경우가 많으므로 유출량과 펌프배수량의 차이량을 메우기 위한 유수지설치가 바람직하다. 유수지의 크기는 집수구역, 지형, 배수용량 등에 따라서 결정한다.

공사비와 유지관리비 측면에서 보면 배수펌프장은 가급적 1개소에 설치하는 것이 바람직하지만, 광대한 지구나, 좁고 긴 지구에서는 비교·검토한 후 2개소 이상으로 계획하는 것이 유리할 수도 있다.

나. 기초지반

배수펌프장의 기초지반상태는 배수펌프장 본체공과 기초공 설계와 시공 및 배수펌프장 공사비에 큰 영향을 미치므로 배수펌프장 예정지점에서 설계하중 등으로부터 예상되는 소요지지력을 구할 수 있는 깊이까지 보링을 하여 지질상태, N값 등을 조사해 두는 것이 바람직하다. 여러 가지 지반의 장기허용지지력은 <표 4.11>과 같다.

다. 전원확보의 난이

지형과 지질조건이 모두 배수펌프장 위치로 최적이더라도 동력원인 전원의 유무에 따라 배수펌프장의 위치가 좌우될 때가 간혹 있으므로 배수펌프장 위치 선정시에는 전원의 유무, 배수펌프장까지 인입선 가설 가능성 등을 고려하여야 한다. 특히 상시배수를 전동기에 의지하는 일이 많은 지구라든지 지하수 배제도 동시에 해야 하는 배수 지구에서는 반드시 고려하여야 한다.

라. 농업생산기반시설의 활용

농업생산기반정비사업 목적과 기능이 훼손되지 않는 범위 내에서 농업생산기반시설

을 활용한 신재생에너지 개발 가능성을 고려하여 계획토록 한다.

〈표 4.11〉 장기 허용지내력

지 반	장기허용지내력 (tf/m ²)	비 고	
		N 값	q _u (kgf/cm ²)
○ 암석	100	100 이상	
○ 사암반	50	50 이상	
○ 이암반	30	30 이상	
○ 역층 치밀한 것	60		
	치밀치 못한 것	30	
○ 사질지반 치밀	30	30~50	
	중간	20, 10	8~15, 4~8
	느슨한 것	5	2~4
	매우 느슨한 것*	0	0~2
○ 점토질 지반 매우 경질	20	15~30	2.5 이상
	경질	10	8~15
	중간	5	4~8
	연질*	2	2~4
	매우 연질*	0	0~2
○ 양토 경질	15	5 이상	1.5 이상
	약간 연질	10	3~5
	연질	5	3 이하

[주] * : 지지 지반으로 부적합, q_u : 일축압축강도

4.4.2 배수펌프장

배수펌프장은 철근콘크리트조나 이와 유사한 구조로 축조하며, 배수(갑)문, 통관과는 절연한 구조로 만든다. 기계실 건물은 수밀하게 되어야 하며, 기계실 바닥의 침수에 대비하여 토사배출밸브를 설치하여야 한다.

배수펌프장 시설은 기능에 따라 토목구조물, 건축구조물, 기계설비, 전기설비, 기타 부대설비 등으로 구성된다. 자연배수가 불가능하거나 불충분한 지구에서는 배수문 시설을 하든지, 또는 배수문과 배수펌프장을 동시에 설치하여 내수배제를 원활하게 하여야 한다.

배수펌프장의 위치는 일반적으로 배수로 조직의 말단부에 선정하며, 지형, 기초지반상태, 전원확보의 난이 등을 고려하여 가장 효율적이고 경제적이 되도록 선정하여야 한다.

기계실은 외수침입에 대해 기계 및 배수시설을 보호할 수 있어야 하므로 수밀하게 되어야 하며, 만약 흙탕물에 의해 침수되었을 경우를 대비하여 기계실 바닥에 역수방지벽이 부착된 토사 배출밸브를 설치하여야 하며, 배전반에서 이 밸브를 조작할 수 있는 구조를 가져야 한다.

배수펌프장 건물 벽에는 문양거푸집을 적용하거나 벽화를 그리는 방안을 강구한다. 배수펌프 및 내연기관 등에서 발생하는 연속진동에 의하여 배수펌프장과 제방 등에 나쁜 영향을 미쳐서는 안된다. 또한 배수펌프장 안이 침수되면 운전조작을 하는 사람의 활동을 방해할 뿐만 아니라, 엔진 등의 운전에도 지장을 가져오므로 계획내수위에 어느 정도 여유를 가산한 수위에 대하여 안전하도록 배수펌프장 바닥면을 높이거나 건물자체를 수밀하게 축조하여야 한다.

4.4.3 양정

실양정은 흡입수위와 배출수위의 차이이다. 양정은 펌프의 종류 및 용량 등을 결정하는데 매우 중요한 값이며, 설계양정은 홍수시용 펌프와 평상시용 펌프를 구분하여 결정하여야 한다.

펌프양정은 홍수시 배수의 초기흡입수위를 바탕으로 하는 것이 보통이며, 펌프 배출관 출구에서 배수본천의 계획홍수위와 초기흡입수위(흡입수조안의 수위)와의 차를 펌

프의 최대실양정으로 한다.

양정에는 실양정과 전양정이 있다. 실양정은 계획내수위(흡입수위)와 계획외수위(배출수위)와의 차로로서 이것은 다시 흡입양정과 배출양정으로 구분할 수 있다. 전양정은 실양정에 관로 계통에서 발생하는 각종 손실양정을 가산한 것이다. 즉,

$$\begin{aligned} H_t &= H_s + H_d \\ &= (h_s + h_e) + (h_d + h_l + h_o) \\ &= h + \text{손실수두의 합} \dots\dots\dots(4.21) \end{aligned}$$

여기서, H_t : 전양정, H_s : 흡입전양정, H_d : 배출전양정, h_s : 흡입실양정,

h_e : 흡입측 손실수두, h_d : 배출실양정,

h_l : 배출측 손실수두, h_o : 유출손실수두, h : 실양정

손실수두의 계산은 시공시에 펌프성능을 정확히 조사하여야 하기 때문에 상세한 계산이 필요하나 계획단계에서는 개산치라도 괜찮다. 세부설계 결과를 보면 손실양정의 크기는 실양정에 따라서 다르며 보통 실양정의 10~70%이다.

가. 직관부분의 손실수두(h_l)

① Darcy-Weisbach공식은 비교적 관로가 짧은 경우에 많이 사용하며, 신관일 경우는 장차 녹이 슬 것을 예상하여 50%의 할증치를 채용한다.

$$h_l = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots(4.22)$$

여기서, f : 마찰손실계수로 Moody도 [그림 4.7]에서 구하거나 다음 공식을 이용한다.

$$f = \frac{19.6n^2}{\sqrt[3]{R}} \quad : \text{직사각형 단면} \dots\dots\dots(4.23)$$

$$f = \frac{124.6n^2}{\sqrt[3]{D}} \quad : \text{원형 단면} \dots\dots\dots(4.24)$$

여기서, n 은 Manning의 조도계수, $R(m)$ 은 경심이다.

L : 흡입관 계(吸入管系), 배출관계 중에서 직선부분의 길이 (m)

D : 직선부분의 관경 (m)

V : 직선부분에서 관내 평균유속 (m/s)

g : 중력가속도 (9.8m/s^2)

② Hazen-Willams 공식은 관로가 긴 경우에 많이 사용한다.

$$h_f = 10.67 \frac{Q^{1.85}}{C^{1.85} \cdot D^{4.87}} L \quad \dots \dots \dots (4.25)$$

여기서, h_f : 직관의 마찰손실수두(m), Q : 유량(m^3/s)

D : 관경(m), L : 관로길이(m), C : 유속계수 <표 4.12>에 의함.

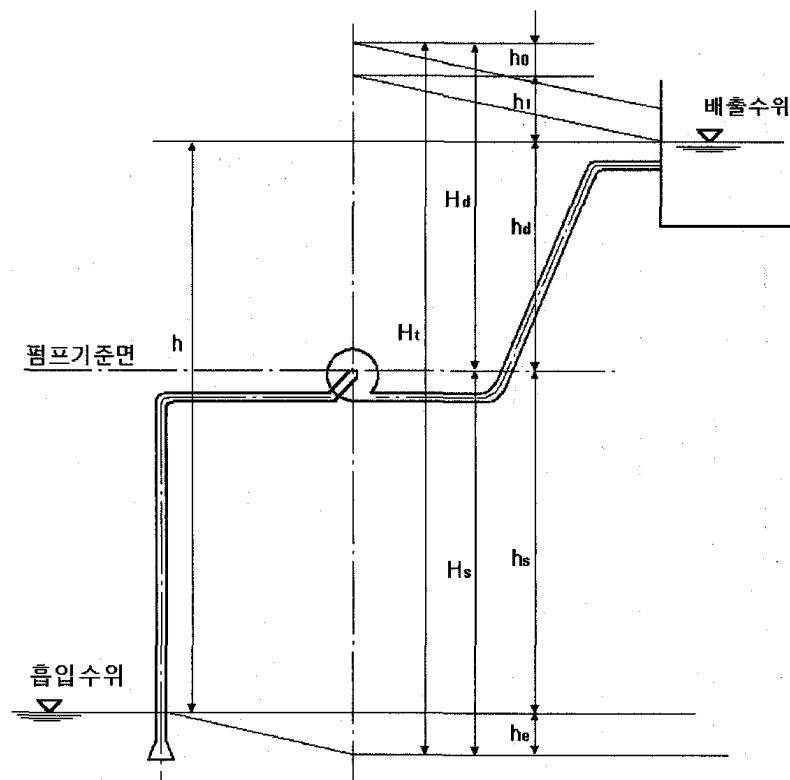
<표 4.12> 유속계수 C의 값

관 중(내면의 상태)	유속계수 C		
	최대치	최소치	표준치
주철관(도장없음) ⁽¹⁾	150	80	100
강 관(도장없음) ⁽¹⁾	150	90	100
콜타르 도장관(주철) ⁽¹⁾	145	80	100
타르에폭시도장관(강) ⁽²⁾	-	-	130
모르터 라이닝관(강·주철)	150	120	130
원심력 철근콘크리트관	140	120	130
롤러전압 철근콘크리트관	140	120	130
프리스트레스트 콘크리트관	140	120	130
석면시멘트관	160	140	140
경질염화비닐관 ⁽³⁾	160	140	150
경질폴리에틸렌관 ⁽³⁾	170	130	150
강화 플라스틱 복합 ⁽³⁾ 관	160	-	150

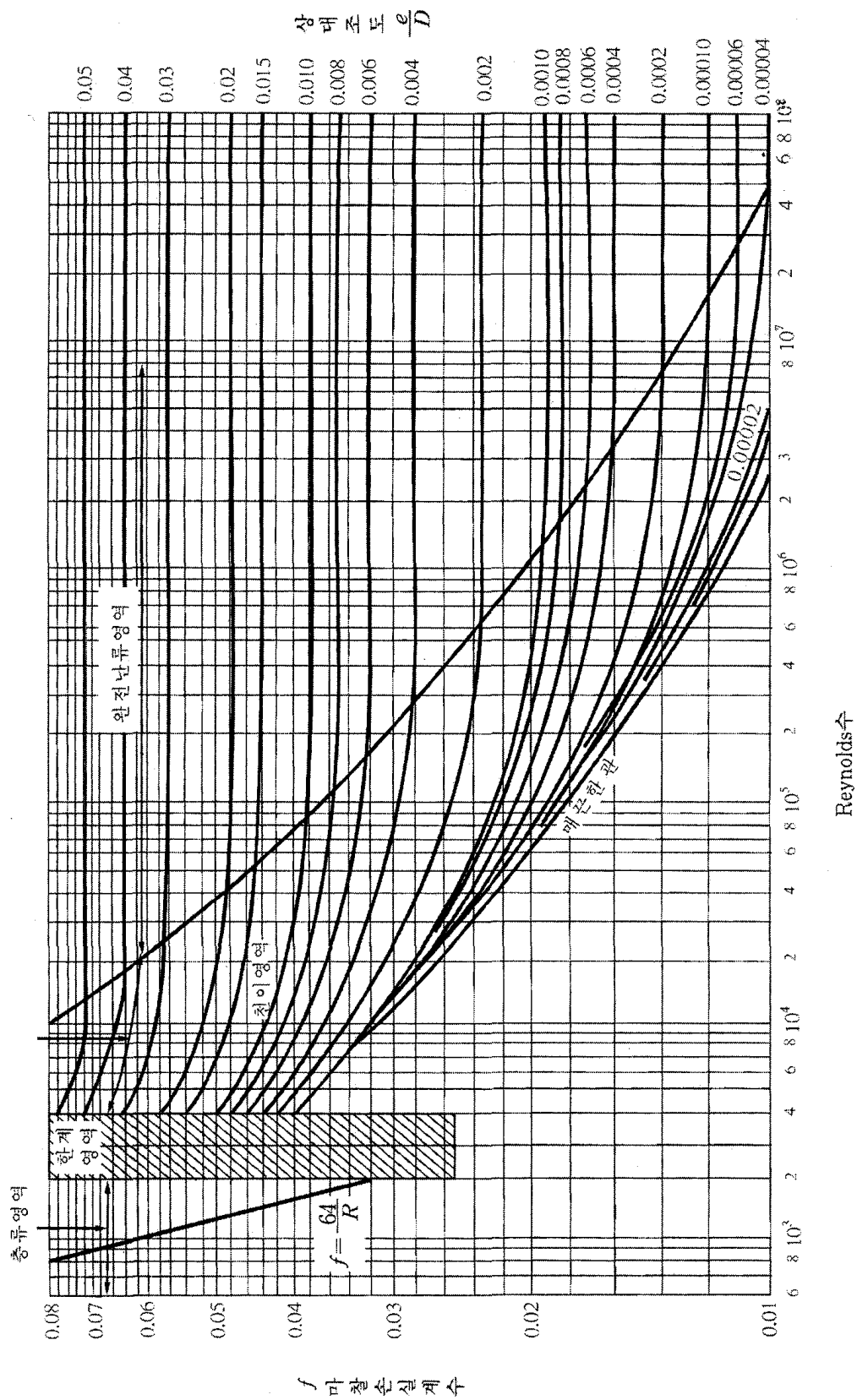
주) ⁽¹⁾ 경년변화 고려

⁽²⁾ 도장방법은 공업규격에 준하고 도장두께 0.5mm 이상으로 함이 바람직 함.
현장도장일 때 시공관리가 충분하지 못할 경우에는 이것을 적용하지 않음.

⁽³⁾ 직경 150mm 이하인 관에서는 C=140을 적용함.1



[그림 4.6] 펌프의 실양정



[그림 4.7] Moody도

나. 유입 (bell mouth부) 손실수두

$$h_e = f_e \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots(4.26)$$

여기서, V = 흡수관 속의 평균유속 (m/s)

f_e = 유입손실계수로 0.15

다. 유출손실수두(h_o)

배출관 출구에서 방출수가 갖는 속도수두는 모두 손실이 되므로 저양정 대형펌프일 경우는 이 손실을 적게 하기 위하여 관말을 적당히 넓혀서 잔류속도를 1m/s 정도로 만드는 것이 좋다.

$$h_o = f_o \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots(4.27)$$

여기서, V : 출구속도(m/s)

f_o : 유출손실계수로 보통 1.0

라. 기타손실

이 밖에 곡관, 밸브 및 단면의 확대 및 축소로 인한 손실수두를 산정한다.

4.4.4 배수펌프의 흡입·배출수위 및 실양정

펌프의 흡입수위는 내·외수위와 밀접한 관계가 있으며, 홍수시 및 평상시 초기흡입수위, 최저흡입수위, 최고흡입수위 등으로 구분할 수 있다. 흡입수위와 배출수위는 실양정 계산의 기초가 된다.

가. 흡입수위

배수계획에서 중요한 뜻을 가지고 있는 펌프의 흡입수위(흡입수조안의 수위에서 스크린 손실수두 등을 뺀 것)에는 최저흡입수위와 초기흡입수위가 있다. 최저흡입수위는 펌프의 운전할 수 있는 가장 낮은 수위이다. 실제 수위가 이 수위 이하로 저하한다면 외수의 침투에 의하여 제방의 기초부에 퀵샌드(quick sand) 등의 위험이 발생하거나, 흡수관으로부터 공기의 흡입이나 공동현상(cavitation)을 일으킬 위험이 있

으므로 이와 같은 조건을 잘 검토하여 최저흡입수위를 정하여야 한다.

초기흡입수위는 일반적으로 홍수시와 평상시에 따라 다르다. 평상시배수의 초기흡입수위는 주로 지하수위를 내리기 위하여 펌프를 운전할 때의 목표수위로서 계획내수위에 가까운 값이 된다. 그러나, 홍수시배수의 초기흡입수위는 지하수위 저하를 목적으로 하지 않는 운전기간의 흡입수위로서 수문폐쇄 외수위 (외수위가 이것보다 낮을 때 수문은 반드시 열려 있음)보다 약간 높은 수위로 될 때가 많으며, 배수로의 설계수면경사선의 목표가 되는 중요한 값이다.

홍수시 및 평상시 흡입수위는 구분해서 다음과 같이 설정한다.

① 홍수시 초기흡입수위

홍수시의 흡입수위는 홍수의 유입량, 담수량 및 펌프배수량 등에 따른 내수위의 변동에 따라 크게 변동하지만 펌프 운전을 개시할 때의 목표수위가 되며 담수해석계산의 출발치가 되는 초기흡입수위를 설정한다. 초기흡입수위는 일반적으로 수문 폐쇄시에는 외수위보다 약간 높은 경우가 많고 이 수위를 낮게 설정하면 최고담수량을 낮게 하는 데는 유리하지만, 반면 도수로나 배수장의 시설규모가 커지므로 관계되는 여러 가지 조건을 종합적으로 검토할 필요가 있으나, 다음의 값을 목표로 해서 비교 검토하여 결정한다.

수해구역내에 담수를 시키지 않는 배수계획인 경우에는 계획기준 내수위(최저 논표면 표고)에서 0.5m 정도 낮은 수위에서 펌프장의 흡입수조까지의 손실수두를 뺀 수위를 홍수시 초기흡입수위로 하고, 담수를 허용하는 경우에는 최저 논표면 표고에서 펌프장 흡입수조까지의 손실수두를 뺀 수위를 홍수시 초기흡입수위로 한다.

② 평상시 초기흡입수위

평상시배수에 있어서 지하수위 저하를 목적으로 하는 펌프의 운전을 개시할 때 목표수위로서의 상시 초기흡입수위는 평상시배수의 계획기준 내수위(일반적으로 최저논표면 표고에서 0.5~1.0m 정도 낮은 표고)에서 펌프장의 흡입수조까지의 손실수두를 뺀 수위로 한다.

③ 최저 흡입수위

펌프운전을 계속할 수 있는 최저의 수위이며, 이는 초기 흡입수위, 장래 예상되는 지반의 침하량, 배수유출특성, 배수로 저류능력 및 펌프의 운전관리 방식 등을 고려해서 결정하는 데, 일반적으로 홍수시용 펌프에서는 홍수시 초기흡입수위에서 0.5m 정도, 평상시용 펌프에서는 평상시 초기흡입수위에서 0.5m 정도 낮은 수위로 하는 것이

바람직하다.

④ 최고 흡입수위

배수지구내에서 기왕의 최고홍수위 등 배수펌프장 지점에서 예상되는 최고의 수위를 최고흡입수위로 한다. 이 수위를 기준으로 도수로벽 높이나 펌프장바닥의 표고 결정 등 홍수시의 침수대책을 검토한다.

나. 배출수위

배출펌프 설계에 따른 배출수위는 하천, 호소, 바다의 외수위에 배수장의 배출수조까지의 손실수두를 더한 배출수조내의 수위로 하고, 홍수시와 평상시로 구분해서 다음과 같이 결정한다.

① 홍수시 계획배출수위

홍수시의 계획 배출수위는 외수위 곡선을 기초로 해서 설정한다. 외수위 곡선은 외수의 상황에 따라 다음과 같이 된다.

㉠ 대하천 등에 배수구를 설치하는 경우

배수계획 대상지구의 유역면적에 비해서 훨씬 큰 유역을 갖는 하천이나 호소에 배수구를 설치하는 경우는 대유역의 유출해석을 지구내의 유출해석과 함께 하기는 어려우므로 일반적으로는 지구내 강우와 외수위의 상관특성을 이용해서 계획기준 강우에 대한 외수위 곡선을 추정한다. 이 때에는 외수위의 피크치와 그 피크의 지체시간, 외수위의 상승 및 저하특성 등을 고려해야 한다.

㉡ 소하천 등에 배수구를 설치하는 경우

계획대상지구의 유역면적에 비해서 그다지 크지 않은 유역면적의 소하천이나 호소에 배수구를 설치하는 경우는, 배수본천 등의 유량 및 수위는 계획지구로 부터의 배수량에 의해 큰 영향을 받기 때문에 계획기준 강우를 대상으로 배수본천 등의 유출해석을 해서 외수위 곡선을 구한다. 또 필요에 따라 홍수추적 계산을 해서 계획지구로 부터의 배수량의 영향을 검토하고 경우에 따라서는 배수본천 등의 개선을 동시에 시행하여야 할 경우도 있다.

㉢ 바다에 배수구를 설치하는 경우

외수위 곡선은 배수(갑)문에 의한 자연배수를 주로 하고 펌프배수를 병용하는 경우는 일반적으로 소조시의 평균조위곡선을, 펌프배수가 주인 경우는 일반적으로 대조시의 평균조위곡선을 기준조위곡선으로 잡고, 여기에 배수구의 바닥높이에 따라 수정을 하고 또 태풍 등의 계획기준강우시에 예상되는 기압저하 및 바람에 의한 수면의 밀립

높이 등의 조위편차를 더한 것으로 한다.

② 평상시 계획배출수위

평상시의 계획배출수위는 하천 및 호소에 배수구를 설치하는 경우에는 평수위로, 바다에 배수구를 설치하는 경우에는 평균조위로 하고, 여기에 배수장까지의 손실수두를 더한 수위로 한다.

③ 홍수시 최고배출수위

하천 또는 호소에 배수구를 설치하는 경우에는 계획고수위로, 바다에 배수구를 설치하는 경우에는 설계고조위에 배수장의 배출수조까지의 손실수두를 더한 수위로 하고, 이와 같은 이상홍수 또는 고조시에 있어서도 홍수시용 배수 펌프는 운전이 가능해야 한다.

그리고 소하천이나 하구근처에 배수구를 설치하는 경우에는 ①의 ㉔에 준해서 검토하고 계획고수위 또는 설계고조위를 기준으로 홍수추적 계산 및 부등류, 부정류 계산등을 하고 배수구에서의 최고배출수위를 구한다.

④ 평상시 최고배출수위

평상시용 배수펌프의 운전 상한목표 수위로서 하천 또는 호소는 풍수위, 바다는 대조평균 고조위를 기준으로 배출수조까지의 손실수두를 더한 수위로 한다.

⑤ 최저배출수위

일반적으로 배출수조에 접속하는 수로의 바닥 높이로 하지만, 외수조건에 따라 예상되는 최저수위가 이것보다 높은 경우에는 최저외수위로 한다. 이 수위는 배출관 출구의 표고 결정의 기준이 된다.

다. 실양정

배출수위와 흡입수위와의 차로부터 실양정이 결정되나 배수펌프는 일반적으로 실양정의 변동폭이 크며, 특히 홍수시용 펌프의 실양정은 내외수위의 변동에 따라 변화하고 펌프배출량도 양정에 따라 크게 변화하므로 홍수시용 펌프와 평상시용 펌프를 구분하여 다음과 같이 설정한다.

① 홍수시 배수펌프

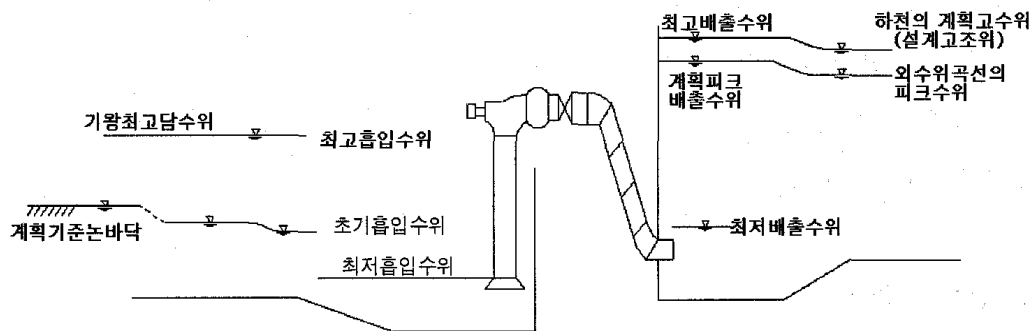
- 계획최고 실양정 = 계획배출수위의 침두수위(하천인 경우 하천등급별 계획홍수위) - 홍수시 초기흡입수위
- 설계점 실양정 = 계획최고 실양정×0.80
- 최고 실양정 = 하천등급별 계획홍수위(이상홍수위 포함) - 최저흡입수위

② 평상시 배수펌프

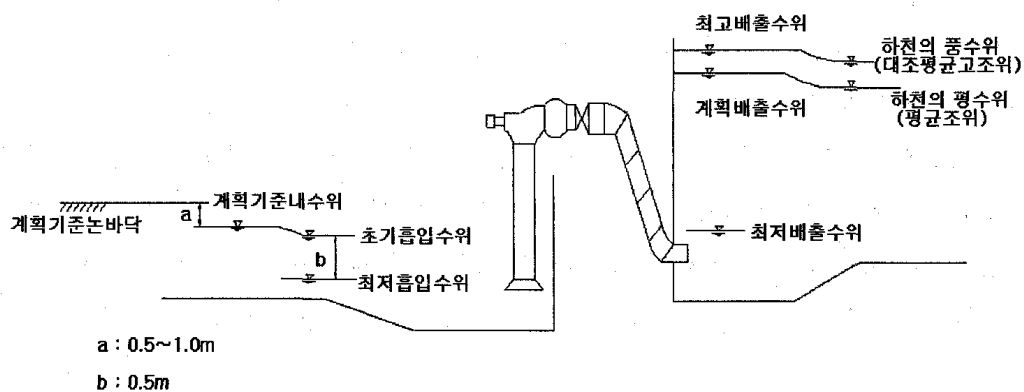
- 설계점 실양정 = 하천의 평상시 계획배출수위 - 평상시 초기흡입수위
- 최고 실양정 = 하천의 평상시 최고배출수위 - 최저흡입수위

평상시용 배수펌프를 홍수시용 펌프로 겸용하는 경우에는 ①항의 홍수시 배수펌프의 실양정에 대하여도 검토하여야 한다.

[그림 4.8]은 홍수시용 배수펌프와 평상시용 배수펌프의 흡입수위와 배출수위를 보여주고 있다.



(a) 홍수시용 배수펌프



(b) 평상시용 배수펌프

[그림 4.8] 배수펌프의 설계수위 및 실양정

4.4.5 펌프의 선정

펌프의 선정은 입지조건, 계획배수량 및 양정 등을 고려하여 가장 적당한 것을 선정하여야 한다. 일반적으로 배수 펌프는 저양정 대용량인 사류펌프와 축류 펌프가 주로 사용된다. 펌프의 설치방향은 현장 상황에 따라 횡축 또는 입축으로 설치하며, 이상홍수에 대한 안정성이 요구되는 경우에는 수중펌프를 설치한다.

펌프의 대수는 고장 등을 고려하여 두 대 이상으로 하는 것이 좋다. 펌프의 조합은 배수구역의 지형, 펌프배수량의 변동, 경제성 등을 검토하여 평상시와 홍수시를 구분하여 가장 유리하도록 결정한다.

펌프의 조합은 발생 홍수량의 규모에 따라 펌프운전 효율을 높이고 불시의 고장 등을 고려하여 가장 유리하게 되도록 결정한다.

기설배수장 보강시 침수시에도 배수기능을 유지할 수 있는 펌프형식으로 검토·적용하여야 한다.

가. 펌프의 조합

펌프의 구경과 대수는 배수량에 따라 홍수시 및 평상시로 구분하여 결정한다. 또 최다빈도의 배수량을 기초로 해서 전체의 변동역을 어떻게 분할할 것인가를 검토하여 펌프의 대수를 결정하며 각 분할폭의 양수량에 상응하는 펌프의 구경을 결정한다.

또 양정의 변동이 매우 큰 경우에는 고양정과 저양정 펌프로 나누는 것이 경제적이다. 홍수 때의 펌프 가동은 매년 장기간 연속하여 전체용량으로 운전하는 기회가 반드시 발생한다고 볼 수는 없으므로, 계획홍수량 외에 평상시배수량에 적합한 펌프의 조합을 검토하여 펌프의 운전효율을 높임과 동시에 배수량의 변화나 고장 등에 대해 탄력적으로 대응할 수 있도록 해야 한다.

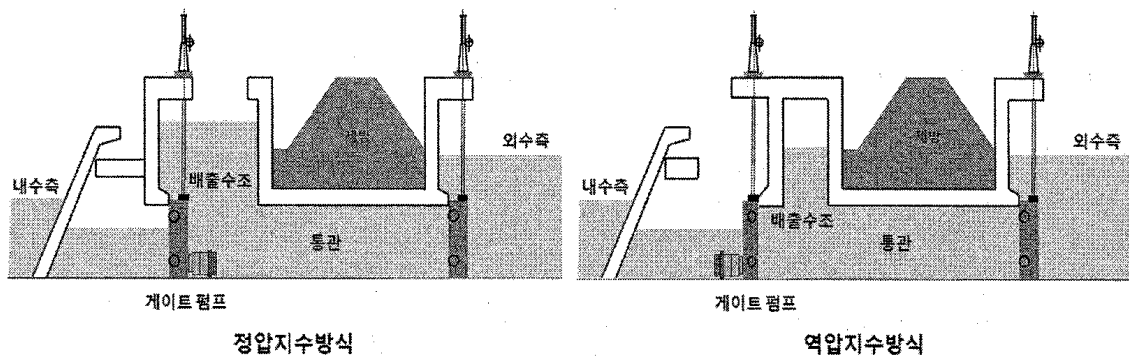
따라서 펌프의 구경은 평상시용과 홍수시용 2종류 정도로 구분하는 경우가 많으며, 펌프의 대수는 2대 이상으로 하고 계획배수량의 규모에 따라 대수를 증가시키는 것이 일반적이다. 보통 펌프의 조합은 소량의 강우에도 적용 가능하도록 소형펌프 2대와 대형펌프 2~4대로 한다. 소형펌프는 관개기 평상의 배수량인 $0.2 \sim 0.5 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 을 기준으로 한다.

나. 선정방법

현지여건을 고려 이상 홍수에도 시설의 안전을 도모할 수 있는 방안을 최우선으로 하여 자동화의 편리성, 입지조건, 사용조건, 설비목적, 유지관리(운전, 점검, 보수 난이

도), 범용성, 경제성 등을 감안하여 펌프형식을 선정해야 한다. 배수펌프는 일반적으로 배수량이 많고 양정이 낮은 경우가 많으므로 축류 또는 사류펌프가 적당하다. 축류펌프는 저양정(1~4m 정도)에서 큰 배수량을 보낼 경우에 가장 적합하며, 사류펌프는 4~10m의 양정에 가장 적합하다. 특히, 배수장 주변에 미치는 소음, 진동 등의 환경조건의 영향도 관계법령 등을 준수하여 검토하여야 한다. 그리고 튜블러(tubular)펌프는 축류펌프와 사류펌프의 양 형식으로 만들 수 있다.

최근 신기술로 개발된 게이트 펌프는 수문과 펌프를 일체화한 설비로서 여기에는 정압지수(定壓止水) 방식과 역압지수(逆壓止水) 방식이 있다 [그림 4.9].



[그림 4.9] 게이트 펌프의 설치방식

① 펌프의 형식은 유량과 필요 전양정에 의해 결정하며, 일반적인 펌프 선정순서는 횡축축류펌프 → 횡축사류펌프 → 입축축류펌프 → 입축사류펌프 → 수중펌프 순이다.

② 펌프형식 선정시 고려해야 할 각 항목에 대한 펌프형식별 비교는 아래와 같다.

검 토 항 목	수중 펌프	입축 펌프	횡축 펌프	게이트 펌프	비고
이상홍수에 대한 안정성	A	B	C	A	각 항목에 대하여 양호한 순으로 A,B,C로 한다.
자동화(향후 TM/TC에 용이여부)	A	A	C	A	
유지관리(운전방법)	A	A	C	A	
유지관리(점검, 보수)	C	B	A	A	
범용성	C	B	A	A	
경제성	C	B	A	A	

③ 현장조건별 펌프형식 선정기준은 다음과 같다.

횡축펌프	입축펌프	수중펌프	게이트펌프
○ 펌프선정에 감속기가 꼭 필요한 경우	○ 자동운전이 꼭 필요한 지구	○ 펌프장 구조물 설치에 곤란한 지구	○ 펌프장 구조물 설치에 곤란한 지구
○ 해수에 접하여 부식이 우려되는 지구	○ 설치면적을 좁게 할 경우	○ 펌프장의 지반이 연약한 지구	○ 설치면적을 좁게 하거나 지반이 연약한 지구
○ 펌프, 전기설비가 최대홍수위선 위에 설치 가능한 지구	○ 펌프실 침수염려가 있는 지구	○ 홍수위가 높아 배수장이 침수우려가 있는 경우 ○ 자동운전이 꼭 필요한 지구	○ 홍수위가 높아 배수장이 침수우려가 있고, 자동운전이 꼭 필요한 지구 ○ 내수배제능력이 부족하여 증설해야 할 경우

④ 펌프형식별 장·단점 비교표는 <표 4.13>과 같다.

<표 4.13> 펌프형식별 장·단점 비교

구분	횡축펌프	입축펌프	수중펌프	게이트펌프
장점	○ 주요부가 수면위에 있으므로 부식이 적고 보수, 유지관리가 용이하다. ○ 진축물의 높이가 낮다. ○ 분해, 조립 및 유지관리가 용이하다. ○ 펌프가격이 저렴하다. ○ 다른 펌프보다 효율이 높다.	○ 설치면적이 적다 ○ 진공이 불필요하고 자동화가 용이하다. ○ 임펠라가 수면하에 있어 공동현상이 발생할 염려가 적다. ○ 원동기설치위치가 홍수위보다 높다.	○ 설치면적이 적고 구조가 간단하다. ○ 진공이 불필요하고 공동현상이 발생할 염려가 없어 자동화가 용이하다. ○ 진동기가 수중에 있으므로 소음이 적다. ○ 홍수위에 관계없이 하천부 지내에도 설치가능하다.	○ 용지매수가 필요없다. ○ 흡입수조와 배출수조가 하나로 되어 있어 간단한토목구조이다. ○ 배수로상에 기기를 설치하므로 유지관리가 용이하다.
단점	○ 설치면적이 넓다. ○ 공동현상이 발생할 염려가 있으므로 흡입양정의 제한을 받는다. ○ 진공이 필요하므로 자동화가 복잡하다. ○ 홍수위가 높을 경우 원동기 보호대책이 필요하다.	○ 주요부가 수중에 있으므로 부식우려 및 보수점검이 불편하다. ○ 건물높이가 높다. ○ 횡축에 비하여 가격이 비싸다.	○ 원동기의 수명이 지상용에 비해 짧다. ○ 누전점검 등 보수가 필요하다. ○ 분해점검이 불편하다. ○ 수중모타펌프의 가격이 비싸다.	○ 게이트 차단시에만 펌프가 작동된다.

홍수시 내수위의 증가로 인하여 펌프와 원동기가 침수되어 가동중단이 발생하지 않도록 입축형 펌프나 수중 펌프를 설치하고, 원동기를 최대 홍수위 이상에 설치하여 침수에 의한 배수중단 상태가 일어나지 않도록 하여야 한다.

계획점에 대한 배출량과 전양정으로부터 펌프의 종류와 구경을 [그림 4.10] ~ [그림 4.13]에서 선정할 수 있다. 그림에서 저양정은 전양정이 1.5~9.0m이고, 고양정은 전양정이 9.0~300m이다.

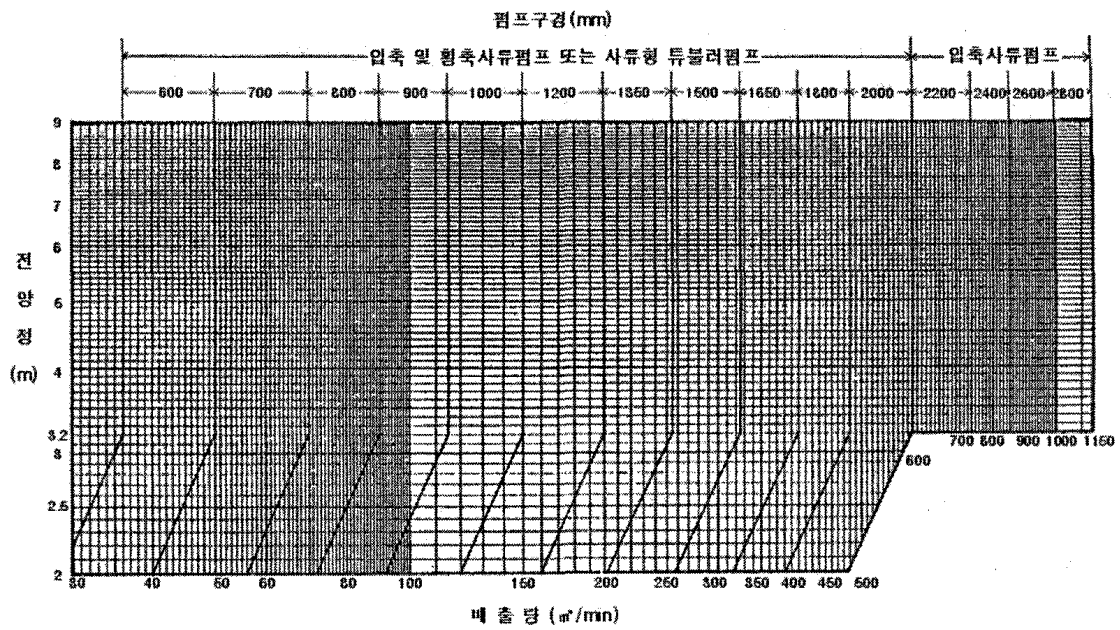
[그림 4.12]의 고양정에서 선택할 수 있는 펌프는 구역별로 아래와 같다.

A: 횡축 편흡입 단단 펌프

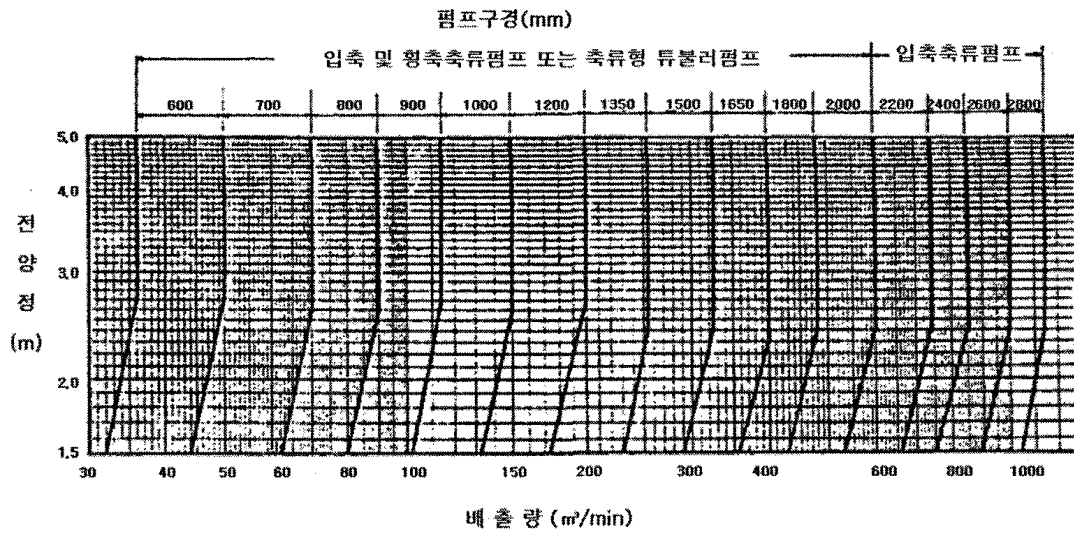
B,E: 횡축 편흡입 다단 펌프

C: 횡축 양흡입 단단 펌프 또는 입축 편흡입 단단 펌프

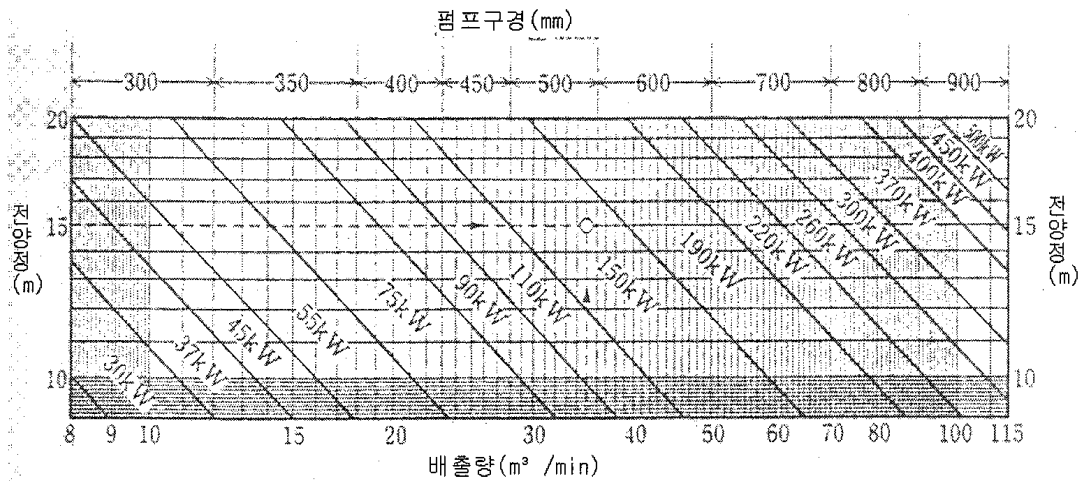
D: 횡축 양흡입 다단 펌프



[그림 4.10] 저양정 입축 및 횡축 사류펌프 적용선도



[그림 4.11] 저양정 입축 및 횡축 축류펌프 적용선도



[그림 4.13] 고양정 입축사류펌프 적용선도(50Hz, 60Hz 겸용)

펌프의 표준구경과 배출량의 일반적인 관계는 <표 4.14>와 같다.

<표 4.14> 펌프의 표준구경과 배출량

구경(mm)	유량(m ³ /min)	구경(mm)	유량(m ³ /min)
200	3.5 ~ 5	800	70 ~ 90
250	5 ~ 8	900	90 ~ 115
300	8 ~ 12	1,000	115 ~ 150
350	12 ~ 18	1,200	150 ~ 200
400	18 ~ 23	1,350	200 ~ 255
450	23 ~ 28	1,500	255 ~ 325
500	28 ~ 36	1,650	325 ~ 400
600	36 ~ 50	1,800	400 ~ 480
700	50 ~ 70	2,000	480 ~ 600

[주] 펌프배출량은 최저보증치이며 정확한 값은 각 시공단계에서 검토해야 하는 것으로 계획단계에서 사용하는 예상치는 이 표에 따른다.

[참고 2] 펌프선정 예

1) 설계조건 : - 계획배수량 : $13.7\text{m}^3/\text{s}$, 전양정 6m

- 평상시 배수량 : $900\text{ha} \times 0.003\text{m}^3/\text{s}/\text{ha} = 2.7\text{m}^3/\text{s}$, 전양정 2.0m

2) 펌프의 구경 및 대수

(1) 상시배수용

배수량 : $2.7 \div 2\text{대} \times 60 = 81\text{m}^3/\text{min}$

구 경 : [그림 4.11] 또는 <표 4.14>에서 배출량 $81\text{m}^3/\text{min}$, 전양정 2.0m인 경우 구경 800mm 축류펌프 2대를 선정한다.

(2) 홍수시배수용

배수량 : $13.7 - 2.7 = 11.0\text{m}^3/\text{s}$

$11.0 \div 4\text{대} \times 60 = 165\text{m}^3/\text{min}$

구 경 : [그림 4.10]에서 배출량 $165\text{m}^3/\text{min}$, 전양정 6m인 경우 1,200mm 사류펌프 4대를 선정한다.

(3) 800mm 축류펌프 2대와 1,200mm 사류펌프 4대를 선정한다.

다. 펌프 축방향 선정

펌프의 축 방향은 일반적으로 횡축과 입축으로 구분되는데 어느 것을 선정할 것인가는 장치면적, 공동현상, 보수점검의 용이성, 조작조건 등을 고려하여 결정한다. 횡축과 입축의 특성은 다음과 같다.

① 횡축 : 주요부가 수면상에 있기 때문에 조립, 보수, 점검이 쉽고 부식이 잘 일어나지 않으며, 일반적으로 가격도 입축보다 저렴하다. 단, 넓은 설치면적을 필요로 하고 흡입양정이 높아 공동현상을 일으키기 쉽고, 진공장치가 필요하여 진공 시키는 데 시간이 소요되어 가동이 늦는 등의 단점이 있다.

② 입축 : 주요부가 수중에 잠길 수 있기 때문에 부식이 일어나기 쉽고, 조립, 보수, 점검이 불편하다. 반면 낮은 수위 때 양수가 가능하고 공동현상이 잘 일어나지 않으며 진공장치가 불필요하다. 또, 횡축에 비해 설치면적이 좁아도 되며, 진공이 불필요하여 가동소요시간이 빠르고 이상홍수에 의한 침수 위험이 적다.

4.4.6 펌프의 설치높이와 회전수 관계

펌프의 설치높이와 회전수는 흡입고와 펌프운전범위를 감안하여 공동현상을 일으키지 않도록 정해야 한다. 또한 침수로 인하여 배수에 지장을 가져오지 않도록 내수위도 함께 고려하여 결정한다.

기계실, 배전반실, 변전실 등의 표고는 침수가 되지 않도록 계획하여야 한다.

(가) 기계실 표고

계획내수위에 어느 정도의 여유를 가산한 수위에 대해 안전하도록 바닥을 높이거나 건물자체를 수밀하게 하여야 한다.

기계실은 배수장 불가동시 기왕최대 강우량에 의한 내수위와 50년빈도 강우량에 의한 내수위를 비교하여 높은 수위에 여유고 30cm를 가산한 높이를 기준으로 하되 펌프의 흡입양정 범위 내에서 결정해야 한다.

(나) 배전반실, 변전실 표고

배전반실과 변전소는 침수되면 시설전체를 교체해야 하므로 어떤 경우라도 전기시설이 침수가 되지 않도록 계획 제방고 이상으로 하되 하천등급별 계획홍수위 이상으로 하여야 한다.

유수 중에서 국부적으로 높은 진공이 발생하면 물이 기화하여 증기로 되면서 작은 기포가 발생하게 되는데 펌프에서는 임펠러 입구에서 가장 낮은 저압이 되면서 이곳에 기포가 발생한다. 이 기포가 흐름을 따라서 이동하다가 임펠러의 압력이 가장 높은 부분에 오게 되면 눌러 깨트려져서 급격히 소멸된다. 이때 소음과 진동을 일으켜서 양수효율이나 배출량을 저하시키고 임펠러를 손상시키기도 한다. 이 현상을 공동현상(cavitation)이라 부르며 펌프에 해를 끼치는 현상이다. 공동현상의 발생을 방지하는 방법의 하나로 흡입양정을 가급적 작게 취하는 것이 중요하며 이 경우에 검토할 내용은 다음과 같다.

가. 계획점에서 펌프가 요구하는 순흡입수두(H_{svo})

계획점에서 펌프가 요구하는 순흡입수두(H_{svo})를 구하려면 [그림 4.14] 또는 다음 식에 의하여 펌프의 회전수(N)를 결정한다.

$$N = N_s \frac{H^{3/4}}{Q^{1/2}} \dots\dots\dots(4.28)$$

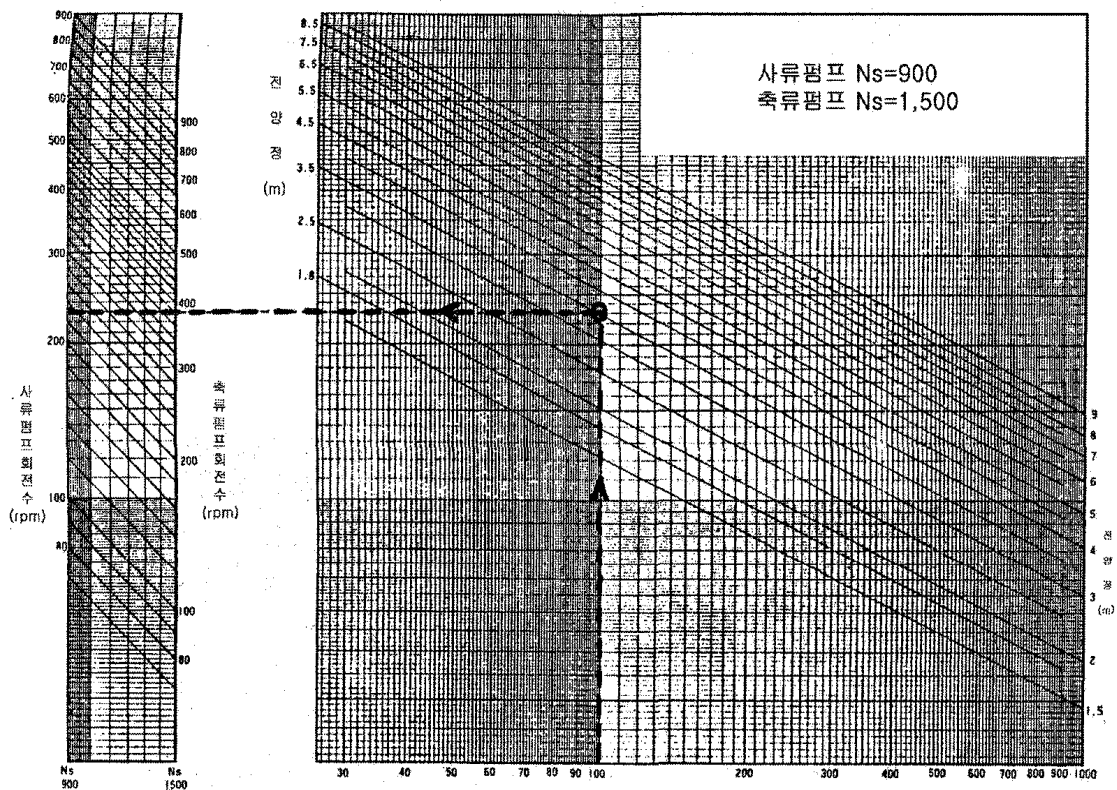
여기서, N : 펌프회전수 (rpm)

Ns : 비속도로 사류펌프는 900~1,000이고, 축류펌프는 1,500~1,600이다

H : 계획점에서의 전양정 (m)

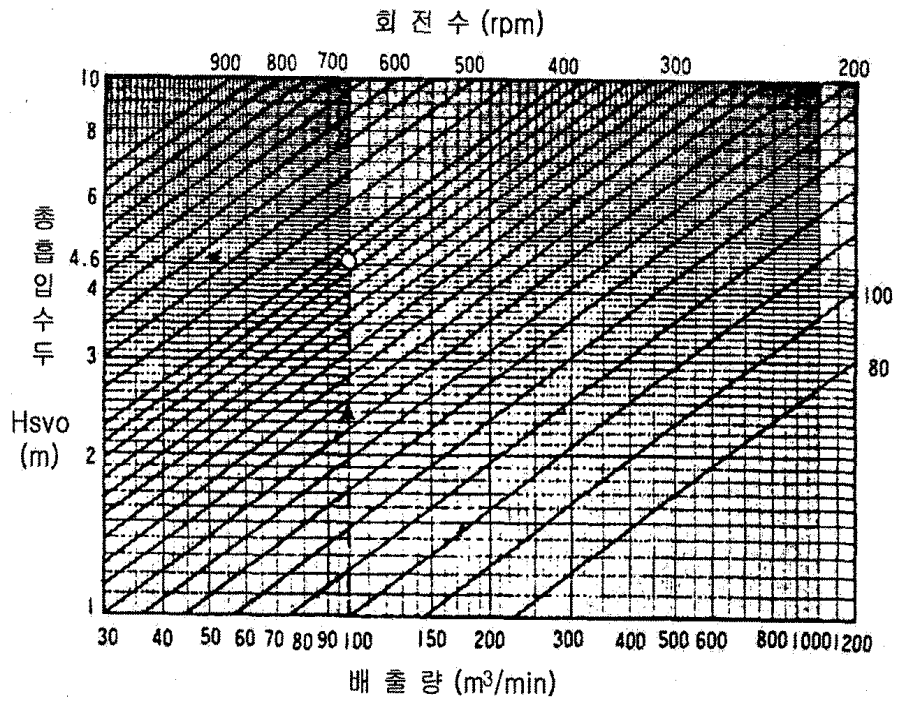
Q : 계획점에서의 배출량 (m³/min)

펌프회전수가 결정되면, 회전수 N과 배출량 Q에 따라서 [그림 4.15]와 [그림 4.16]에 의하여 H_{sv0}를 구할 수 있다.

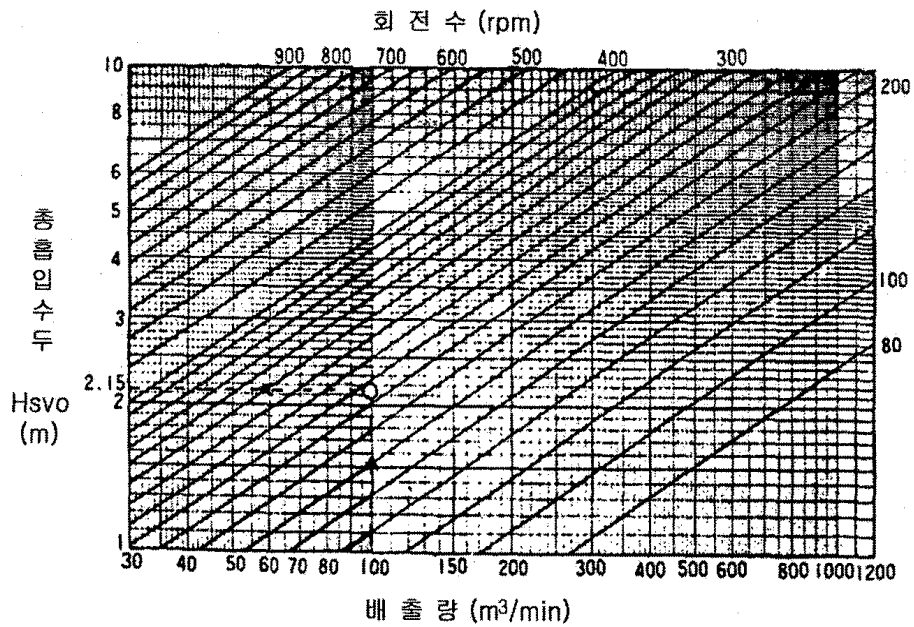


예] 펌프양수량이 100m³/min 이고 전양정이 3.5m인 경우의 펌프회전수는 축류펌프는 380rpm, 사류펌프는 230rpm으로 된다.

[그림 4.14] 저양정 펌프의 회전수 선정도표



[그림 4.15] 펌프가 요구하는 순흡입수두 계산도표 (축류펌프 $S=1,200$)



[그림 4.16] 펌프가 요구하는 순흡입수두 계산도표 (사류펌프 $S=1,300$)

계산식으로 구할 때는 다음에 따른다.

$$H_{sv0} = \left(\frac{N\sqrt{Q}}{S} \right)^{\frac{4}{3}} \dots\dots\dots(4.29)$$

여기서, H_{sv0} : 계획점에서 펌프가 요구하는 순흡입수두

S : 흡입비속도로, 사류펌프는 1,300이고, 축류펌프는 1,200이다.

N : 펌프회전수 (rpm)

Q : 배출량 (m³/min)

나. 계획점 이외에서 펌프가 요구하는 순흡입수두

계획점 이외의 운전범위 내에서 펌프가 요구하는 순흡입수두에 대하여 검토해 둘 필요가 있으며 계산순서는 다음과 같다.

① $\frac{h_{a\min}}{h_t}$ 를 구한다.

② $\frac{h_l}{h_t}$ 를 구한다.

여기서, $h_{a\min}$: 최저실양정(m)

h_t : 계획점에서의 전양정(m)

h_l : 배관손실

③ [그림 4.17(a)] 및 [그림 4.18(a)]로부터 $\frac{h_{a\min}}{h_t}$ 와 $\frac{h_l}{h_t}$ 의 교점에서 배출량비 q 를 구한다.

④ [그림 4.17(b)]와 [그림 4.18(b)]로부터 q 에 대한 계수 α 를 구한다.

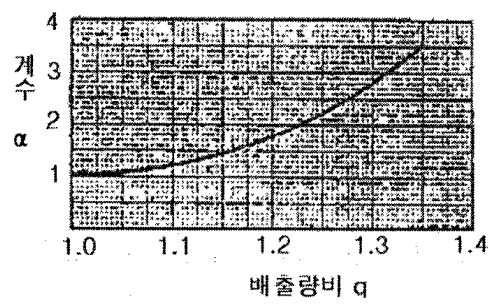
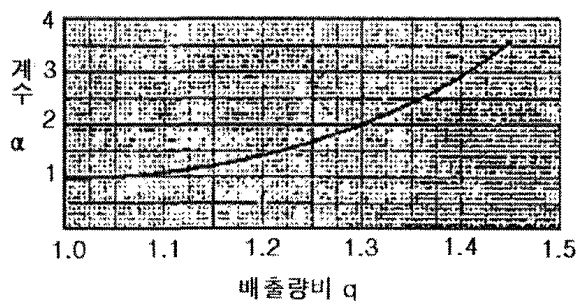
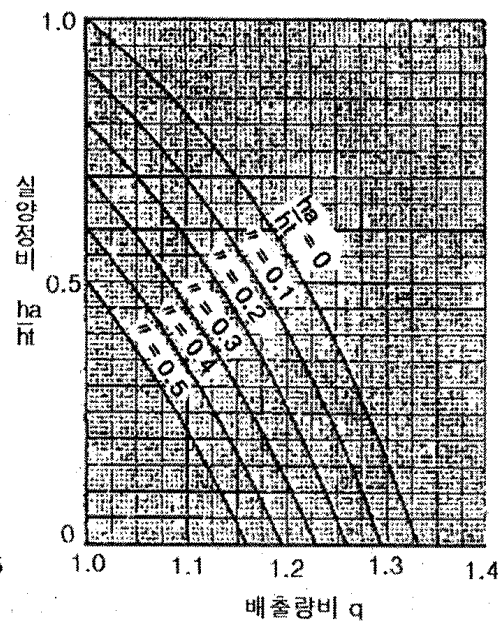
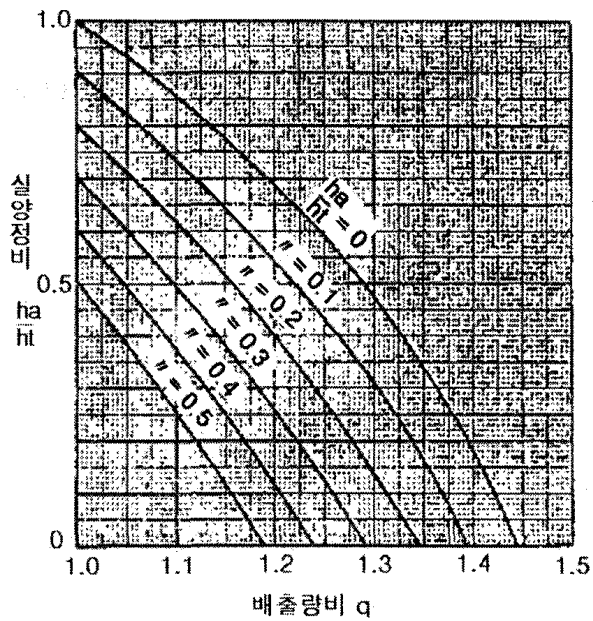
이상 ①~④의 순서에 따라 구한 α 로부터 계획점 이외에서 펌프가 요구하는 순흡입수두(H_{sv})를 다음 식으로 구할 수 있다.

$$H_{sv} = \alpha H_{sv0} \dots\dots\dots(4.30)$$

여기서, H_{sv} : 계획점 이외에서 펌프가 요구하는 순흡입수두 (m)

H_{sv0} : 계획점에서 펌프가 요구하는 순흡입수두(m)

α : [그림 4.17(b)]와 [그림 4.18(b)]에서 구한 계수



[그림 4.17] 사류펌프 ($N_s=900$)의 특성도

[그림 4.18] 축류펌프 ($N_s=1,500$)의 특성도

다. 허용 흡입실양정

펌프가 흡입가능한 허용 흡입실양정은 다음 식으로 구한다.

$$\pm H_{s2} = H_a - P_v - h_{ls} - H_{sv} \quad \dots\dots\dots(4.31)$$

여기서, H_{s2} : 허용 흡입실양정(m)

$+H_{s2}$: 횡축펌프인 경우

$-H_{s2}$: 입축펌프인 경우

H_a : 대기압 해당 수두(10.33m)

P_v : 수온 25℃에서 포화증기압 해당 수두(0.33m)

h_{1s} : 흡입배관 손실수두(m)

H_{sv} : 계획점 이외에서 펌프가 요구하는 순흡입수두(m)

$H_{s2} > 0$ 인 때는 흡상 방식이 가능하고 $H_{s2} \leq 0$ 인 때는 압상 방식으로 해야 한다. 그리고 펌프 설치높이를 결정할 때는 약 0.5m의 흡입여유수두를 고려해야 한다.

라. 허용흡입실양정(H_{s2})과 순흡입수두(H_{sv})

허용흡입실양정(H_{s2})와 순흡입수두(H_{sv})의 관계는 다음과 같다.

① 횡축펌프인 경우

$h_{1s} = 0.3m$ 이고 흡입여유수두를 0.5m라 하면

$$H_{s2} = 9.7 - 0.5 - H_{sv} \dots\dots\dots(4.32)$$

② 입축펌프인 경우

$h_{1s} = 0$ 이고 흡입여유수두를 0.5m라 하면

$$-H_{s2} = 10 - 0.5 - H_{sv} \dots\dots\dots(4.33)$$

마. 판정기준

식 (4.31)로 구한 허용흡입실양정(H_{s2})은 펌프형식에 따라 각각의 조건을 만족하여야 한다.

① 횡축펌프인 경우

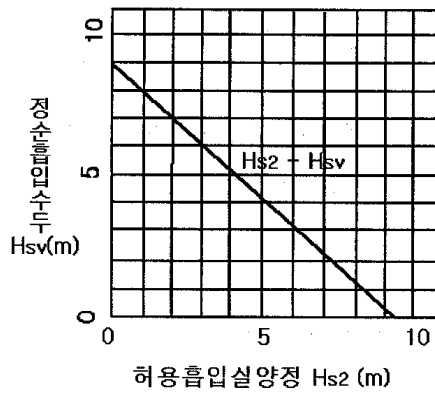
$$H_{s2} > 0 \text{이고, } H_{s2} \geq H'_{s2}$$

H'_{s2} : 흡입수위로부터 펌프의 임펠러 입구 상단까지의 높이

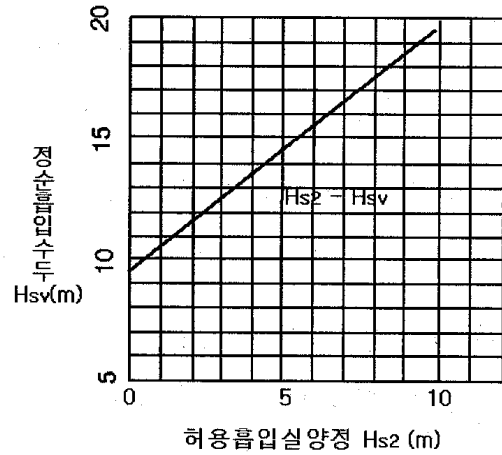
② 입축펌프인 경우

$$H_{s2} \leq H'_{s2}$$

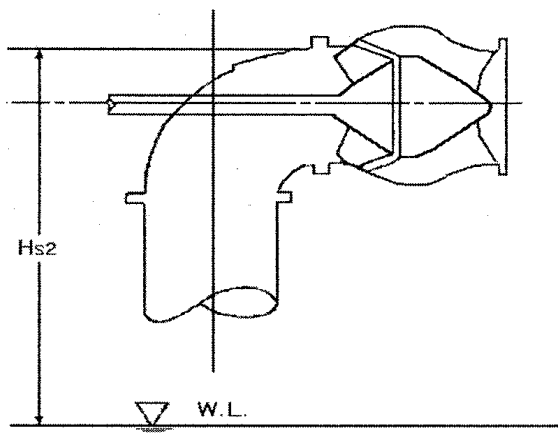
H'_{s2} : 펌프의 임펠러 입구까지의 깊이



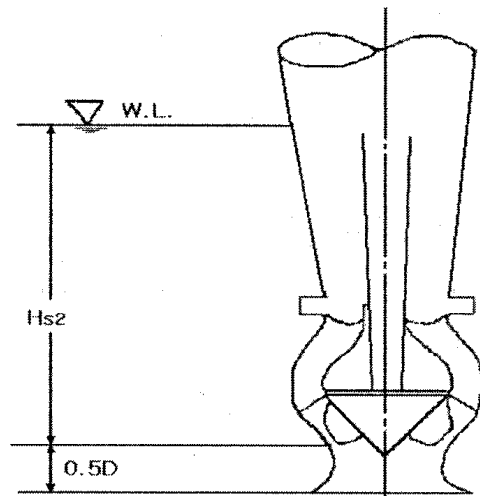
[그림 4.19] 횡축펌프의 (H_{s2})와 (H_{sv})의 관계



[그림 4.20] 입축펌프의 (H_{s2})와 (H_{sv})의 관계



[그림 4.21] 횡축펌프의 H_{s2}



[그림 4.22] 입축펌프의 H_{s2}

바. 바닥면의 결정

펌프위치는 케비테이션을 방지하기 위하여 낮을수록 좋다고 하나 배수펌프장이 홍수에 침수되거나 배수불능에 빠져서는 안 된다. 기왕 최대의 강우가 발생하여 흡입수위가 상승하더라도 침수되지 않도록 최고 내수위에 여유고를 감안하여 기계실 바닥표고를 결정한다.

배수장 방수벽체는 기왕의 최대강우량과 50년 빈도 강우량에 대한 내수위 중에서 큰 값에 여유고 30cm를 더한 높이까지 한다.

배전반실, 변전소 등 전기시설은 침수되면 배수펌프의 가동이 불가능하게 되어 침수가 가중되므로, 침수에 대해 안전한 계획 제방고 이상으로 하되, 하천등급별 계획홍수위 이상으로 바닥표고를 결정하여야 한다.

4.4.7 원동기

원동기는 입지조건 및 펌프의 운전상황에 따라서 선정하는데 소요출력은 양정 및 계획배수량에 의해서 결정한다.

원동기 종류에는 전동기와 디젤엔진이 있으며, 입지조건 및 펌프의 운전상황과 시설비와 유지관리비를 비교·검토하여 경제적인 것을 선정한다.

펌프의 전양정 및 계획배수량이 결정되면 수동력, 축동력, 및 소요동력은 해당 공식을 사용하여 계산한다.

가. 원동기의 선정

원동기의 선정은 입지조건 및 펌프의 운전상황에 따라서 달라진다. 일반적으로 전원을 충분히 얻을 수 있으며 평상시배수를 필요로 하는 곳은 모터(Motor)를 선정하고, 전원을 얻기 어려운 지구 혹은 연간 펌프운전시간이 크게 제한되는 지구는 디젤엔진을 선정하는 것이 보통이다.

실제로 원동기를 선정할 때는 모터와 디젤엔진의 시설비 및 유지관리비를 비교 검토하여 경제적인 것을 선정한다. 평상시 강우에도 배수불량에 빠지거나 호우때 바로 침수피해를 입거나, 더욱이 예외적으로 높은 외수위가 장기간에 걸쳐 계속되는 지구에서는 전원의 고장에 대비해서 모우터와 엔진을 병용하는 것도 고려해야 한다. 양자의 일반적인 장·단점을 비교하면 <표 4.15>와 같다.

〈표 4.15〉 모터와 디젤기관의 장·단점 비교

구분	모터	디젤기관
장점	1. 조작관리가 용이함 2. 운전소음이 작고 원활하여 구조물에 대한 하중이 작음. 3. 가격 낮음. 4. 연간 사용도수가 많을 때는 디젤기관보다 동력비 저렴.	1. 펌프장 위치에 따른 제약 없음. 2. 홍수, 재해시 전동기보다 신뢰도 높음. 3. 연간 사용도수가 적을 때 전동기보다 동력비 저렴.
단점	1. 위치제약을 받음. 현지 변전소, 배선 등의 옥외시설비가 고가임. 2. 단기운전, 불규칙운전은 전기 기본요금 때문에 비경제적임. 3. 홍수, 재해시의 신뢰도가 낮음.	1. 조작, 관리가 복잡함, 특히 중지 기간중 예비운전을 행할 필요 있음. 2. 소음, 진동이 심함 3. 고가임. 4. 구조물에 대한 하중이 큼.

나. 동력

펌프의 전양정 및 계획배수량이 결정되면 수동력, 축동력, 및 소요동력은 다음과 같이 구한다.

1) 수동력

$$\begin{aligned}
 P_w &= 0.163\gamma QH \text{ (kW)} \\
 &= 0.222\gamma QH \text{ (Hp)} \dots\dots\dots(4.34)
 \end{aligned}$$

여기서 P_w : 수동력

γ : 물의 단위중량 (상온에서 깨끗한 물이면 $1,000\text{kgf/m}^3$)

Q : 계획배수량 (m^3/min)

H : 전양정 (m)

2) 축동력

$$P_s = P_w / \eta_p \dots\dots\dots(4.35)$$

여기서 P_s : 축동력

η_p : 펌프효율

3) 소요동력

소요동력이란 펌프를 가동하는데 필요한 원동기의 출력을 말하며 축동력에다 전달 효율과 여유율을 고려해 주어야 한다.

$$P_d = P_s(1+a)/\eta_t = P_w(1+a)/\eta_p\eta_t \dots\dots\dots(4.36)$$

여기서, P_s : 원동기 소요동력 (kW 또는 Hp)

a : 여유율로 모우터의 경우 0.15이고 디젤엔진의 경우 0.20이다.

η_p : 펌프효율(%)

η_t : 전달효율로 감속기 (유성치차)를 사용하는 경우 약 0.95이고, 유체접속을 사용하는 경우 약 0.96이다.

필요동력은 펌프운전범위(배출량이 계획배수량에 대하여 어느 정도 변화하는가)에 따라 결정한다.

〈표 4.16〉 펌프효율 (%)

저양정펌프							고양정펌프		
구경 (mm)	횡축		입축		수중		구경 (mm)	원심	입축 사류
	사류	축류	사류	축류	사류	축류			
600	80	77	79	76	78	76	200	66	
700	81	79	80	77	79	77	250	69	
800	82	80	81	79	80	78	300	72	70
900	82	80	82	79	81	79	350	75	72
1,000	84	82	83	81	82	80	400	77	74
1,200	85	83	84	82	83	81	450	79	75
1,350	85	83	84	82	83.5	81.5	500	81	78
1,500	86	83	85	83	84	82	600	83	80
1,650	86	84	85	83	84.5	82.5	700	84	81
1,800	86	84	86	83	-	-	800	84	82
2,000	86	84	86	83	-	-	900	85	83
2,200	-	-	87	85	-	-	1,000	86	-
2,400	-	-	87	85	-	-	1,200	87	-
2,600	-	-	88	86	-	-	-	-	-
2,800	-	-	88	86	-	-	-	-	-

[주] 펌프효율은 계획점에서의 보증효율을 가르키며 정확한 값은 각각의 시공단계에서 검사할 필요가 있는 것으로 계획시의 예상은 위 표에 따른다.

다. 원동기 및 펌프의 소음

배수펌프장이 주택지역에 설치된 경우에 소음 규제 관련법의 적용을 받는다. 배수 펌프장의 방음계획에는 펌프나 원동기 등에서 발생하는 소리를 줄이는 음원(音源)대책과 소리의 전파를 줄이는 차음(遮音)대책이 있으며, 일반적으로 양자를 병용한다.

1) 음원(音源)대책

- ① 펌프 본체 배관계를 포함하여 종합적인 대책을 세운다.
- ② 원동기는 저소음형을 사용한다.
- ③ 자가용 발전설비는 방음커버를 가진 것을 사용하고 전용실을 사용한다.

2) 차음(遮音)대책

- ① 건물은 철근콘크리트 구조로 하고 창문을 작게하고, 내부에는 소음재를 사용한다.
- ② 출입문은 이중 구조로 한다.
- ③ 환풍기는 소음기를 갖춘 구조로 한다.
- ④ 흡, 배출관의 벽 관통부는 방진(防振) 지지구조로 한다.
- ⑤ 펌프, 원동기, 관 등의 고체 전파음은 방진재를 사용하여 감소시킨다.
- ⑥ 매설 배관을 고려한다.

4.4.8 흡입수조와 흡입관

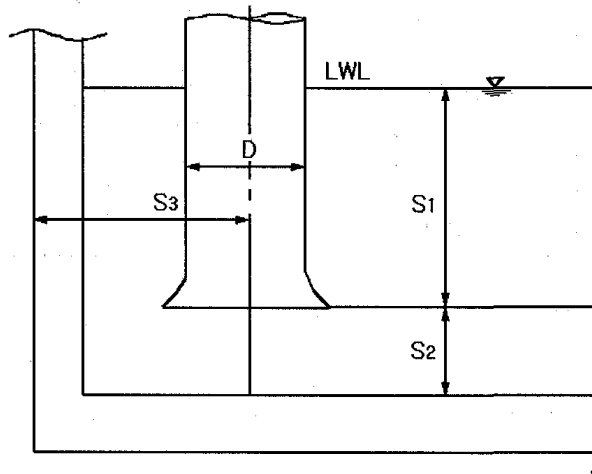
흡입수조와 흡입관의 구조, 형상, 크기는 흡입부에서 와류가 생기지 않고 흡입관에 공기가 들어가지 않도록 하여 안정된 수위와 원활한 흐름을 확보하여야 한다. 흡입관 끝은 나팔모양으로 하고 와류의 발생을 방지하기 위하여 정류벽을 설치할 수 있다.

일반적으로 간선배수로의 말단에 지형 및 설치할 펌프의 크기에 따라서 적당한 규격 및 형상의 흡입수조를 설치하여 흡입이 잘 되도록 한다. 흡입수조와 흡입관의 사이, 또는 흡입관과 흡입수조 바닥면 사이에 충분한 여유를 취하여 물이 자유로이 사방에서 고르게 유입하도록 한다.

가. 연직 흡입관과 흡입수조의 형상

연직흡입관과 흡입수조의 형상은 [그림 4.23]과 같으며, 연직 흡입관 구경별 흡입수

조 표준치수는 <표 4.17>과 같다.



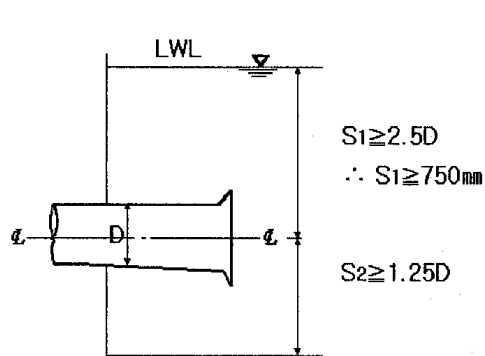
[그림 4.23] 흡입수조의 형상 (연직 흡입관)

<표 4.17> 연직 흡입관 구경별 흡입수조 표준치수

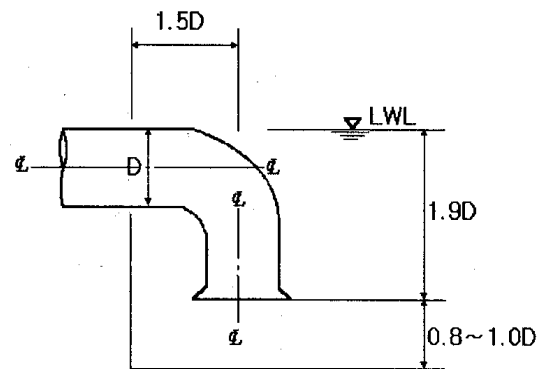
구경(mm)	표준치수 (mm)			구경(mm)	표준치수 (mm)		
	S ₁	S ₂	S ₃		S ₁	S ₂	S ₃
300	570	300	450	900	1,600	900	1,350
350	670	350	525	1,000	1,700	1,000	1,500
400	760	400	600	1,200	2,000	1,200	1,800
450	860	450	680	1,350	2,300	1,350	2,050
500	950	500	750	1,500	2,500	1,500	2,250
600	1,100	600	900	1,650	2,700	1,650	2,500
700	1,300	700	1,050	1,800	2,900	1,800	2,700
800	1,400	800	1,200	2,000	3,300	2,000	3,000

나. 수평 및 만곡 흡입관과 흡입수조의 형상

수평 및 만곡 흡입관은 펌프장의 입지조건으로 말미암아 펌프장과 흡입수조가 별도로 설치되어 표준형상인 연직 흡입관의 채용이 불가능할 경우에 채용한다.



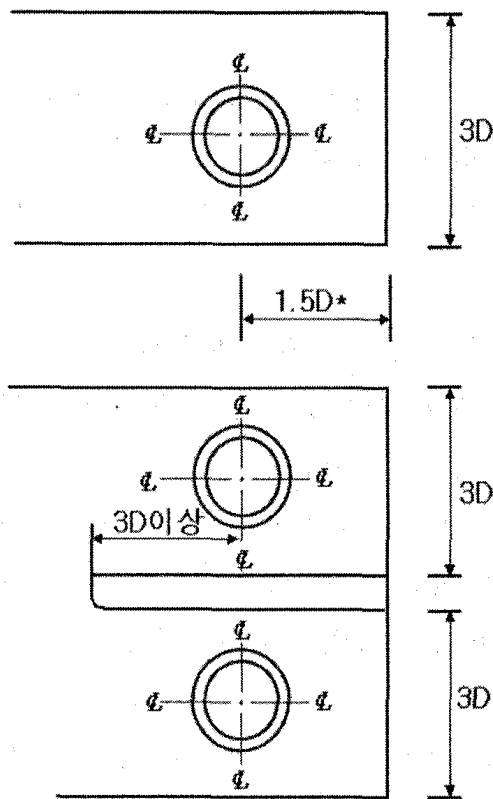
[그림 4.24] 흡입수조의 형상
(수평 흡입관)



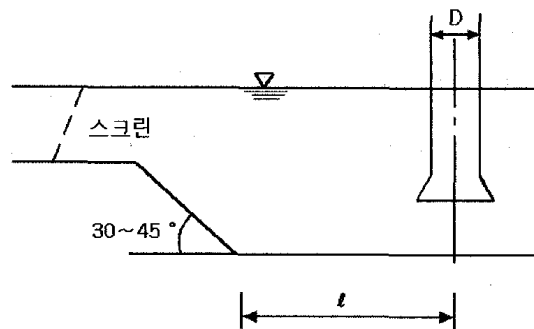
[그림 4.25] 흡입수조의 형상
(90°만곡관)

다. 흡입수조

흡입수조의 폭은 펌프구경의 3배 이상으로 하여야 한다. 펌프를 두 대 이상 나란히 설치할 때는 흡수관 중심에서 펌프구경의 3배 이상 길이의 정류벽을 설치하여야 한다. 그리고 기계배치 등으로 인하여 기준을 훨씬 초과할 경우는 별도로 검토할 필요가 있다. 계획 배출량에 대하여 스크린 앞에서의 유속은 일반적으로 0.5m/s 이하로 한다



(a) 평면도



l 은 30° 인 경우 $3D$ 이상,
 45° 인 경우 $4.5D$ 이상 취하는
 것이 좋다.

(b) 단면도

[주] * : 감세블록을 붙일 필요가 없는 경우는 $1.2D \sim 1.0D$ 로 취한다.

[주] 이 흡입수조는 구경 $600 \sim 2,000\text{mm}$ 인 펌프를 표준으로 취한 것이다.

[그림 4.26] 흡입수조와 흡수관

4.4.9 배출수조와 배출관

배출수조는 배출관으로부터 방출되는 수류가 감쇠되도록 하며, 배출측 수로로 수류가 원활히 배출될 수 있도록 한다.

가. 설계기준

① 펌프시설과 배수통문, 통관 사이에는 압력조절용 수조를 겸한 배출수조를 설치하여 정수압 상태에서 배출하도록 한다. 단, 통문, 통관이 횡단하는 하안 또는 제방의 구조에 지장을 줄 염려가 없을 때에는 예외로 한다.

② 제방에 구조물을 설치하는 경우에는 제방의 유지관리상 제방 정규단면을 손상시키는 구조물을 설치하는 것은 바람직하지 않지만 부득이 배수문 등의 구조물을 제방에 설치할 경우에는 제방의 구조적 안정성이 확보될 수 있도록 충분한 대책을 강구해야 한다.

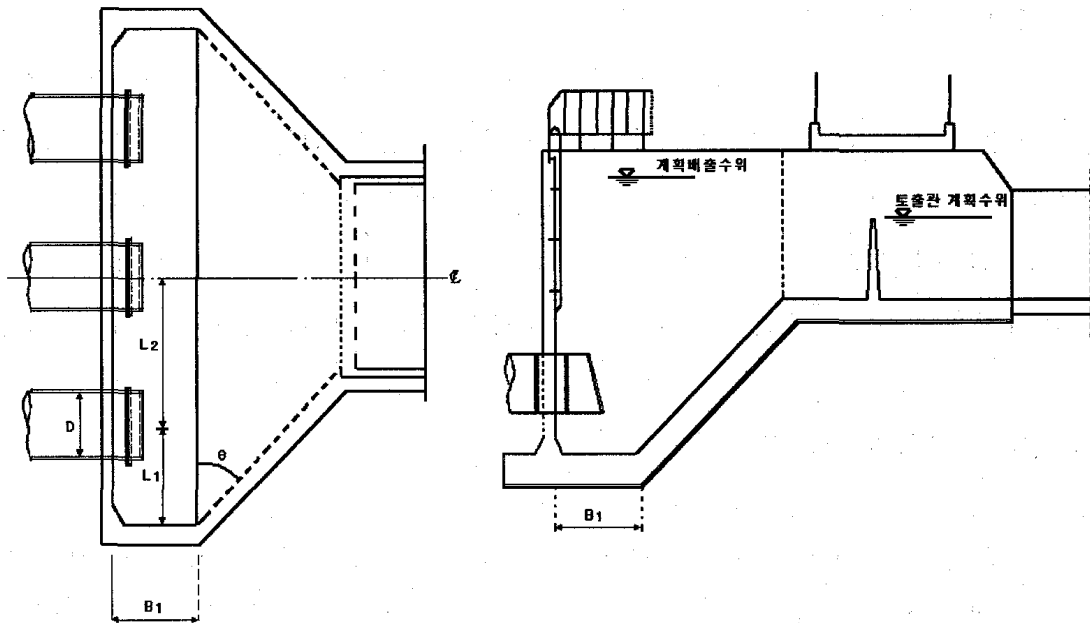
③ 배수펌프장에 통문, 통관이 있을 경우에는 배출수조를 설치하는 것을 원칙으로 한다. 또한 배출수조의 설치에 펌프의 진동에 의한 제방이나 통관에 미치는 영향의 완화 및 배출수를 정수압의 상태로 필요한 수두를 가지고 제외로 배수하는 것 등이기 때문에 이들의 지장이나 영향을 무시할 수 있을 경우에는 반드시 설치할 필요는 없다.

나. 배출부의 구조 및 규격

배출부의 구조는 “농업생산기반정비사업계획설계기준 양배수장편”(농림부, 2005)에 의거 펌프의 배치와 배출관과의 관계를 고려해 [그림 4.27]과 같이 결정하며, 각 부의 규격은 다음의 표와 같다.

〈표 4.18〉 배출부의 규격

구분	B ₁	L ₁	L ₂	관제상단	수조바닥
기준	2.5D 이상	1.25D 이상	2.5D 이상	최저배출수위보다 0.3m 이상 낮게	배출관하단보다 0.3~0.6m 낮게



[그림 4.27] 배출수조의 구조

다. 배출부 설계시 유의사항

1) 하천부지 내에 배수시설물을 설치하기 위해서 하천관리청의 하천점용허가를 받아야 한다.

2) 배출수조의 형상은 수리적 조건과 펌프의 배치, 대수 및 배출측 수로(또는 하천의 제방 높이) 등으로부터 결정한다.

3) 하천에 직접 배출하는 수조의 상단 높이는 하천설계기준 또는 하천공사 표준시방서 및 하천점용허가 사무처리 규정에 따라야 하는 데 그 요지는 다음과 같다.

① 하천계획이 확정되어 있는 경우에는 계획 제방고보다 높게 한다.

② 계획 제방고가 현 제방고 보다 낮은 경우

- 하천관리, 설계 또는 시공상 지장이 없을 것으로 예상되는 경우에는 계획제방고와 동일한 높이로 한다

- 지장이 예상되는 경우에는 현재의 제방고와 같게 한다. 그리고 하천 제방에 설치되는 통문과 통관은 하천에 관한 허가 사무처리 규정에 따라야 한다.

4) 배출수조는 펌프에 의하여 배수된 물을 일단 자유수면이 있는 수조를 통해 정수압을 이용하여 제방 밖으로 배수하고, 펌프가 비상 정지되거나 급격히 시동될 경

우의 수격작동(관내의 압력의 급상승, 급강하)을 흡수하여 배수통문과 통관을 보호하도록 하여야 한다.

5) 배출수조와 상단높이는 펌프를 동시에 작동할 때의 최고 상승수위에 대하여 안전한 높이가 되도록 하고 펌프의 급격한 가동시 물의 진동현상, 이상홍수 등과 관련하여 배수통문과 통관이 횡단하는 제방(계획제방) 높이 이상으로 하여야 한다.

6) 배출수조내 플러그 밸브를 설치하는 경우는 밸브의 반입과 설치가 용이하도록 하여야 하며, 각개 플러그 밸브마다 힌지와 점검용 사다리 시설을 하여야 한다.

4.4.10 스크린과 제진기

농촌지역의 복합영농증가, 도시화, 산업화에 따른 비닐, 수초, 생활 및 산업폐기물, 쓰레기 등 협잡물 유입으로 인해 스크린 파손, 펌프고장 및 가동장애가 발생하지 않도록 배수장으로 유입되는 협잡물 제거를 위한 대책(스크린 및 제진기 설치 등)을 마련하여야 한다. 단, 협잡물의 종류, 유입정도, 경제성 등을 고려하며, 인력에 의한 제거가 가능할 경우에는 스크린만 설치할 수 있다.

배수장으로 유입되는 협잡물에 의한 배수능력의 저하를 막기 위하여 배수장에 스크린과 제진기를 설치해야 한다. 제진기는 펌프의 운전에 지장이 없도록 설계한다. 배수장에서는 협잡물 처리가 중요하며 특히 수혜지역에 거주지를 포함하는 경우에 펌프장에 집적하는 협잡물량이 많고 성분도 비닐을 포함하는 경우가 많으므로 협잡물의 양 및 질에 맞는 시설을 결정한다.

농촌지역의 도시화, 산업화로 쓰레기 배출량이 늘어나고 농촌인력 부족으로 자동화 시설이 요구되므로 제진기의 설치요구가 증대하고 있다. 배수장으로 유입되는 협잡물에 의한 펌프장의 배수능력의 저하를 막기 위하여 펌프장에 제진기를 설치해야 한다.

가. 스크린

스크린은 배수로 내를 유하하는 각종 찌꺼기가 펌프 안으로 유입하는 것을 방지하기 위하여 설치한다. 스크린의 유효간격은 협잡물의 질이나 양에 따라 20~100 mm의 범위에서 결정한다. 스크린의 표준 유효간격은 펌프구경이 3,000mm 미만인 경우에는 펌프구경의 1/10~1/30을 표준으로 하고, 3,000mm 이상인 경우에는 펌프구경의 1/35~1/40을 표준으로 한다. 펌프구경에 따른 스크린 유효간격의 표준은 <표 4.19>와 같다.

스크린의 경사각도는 기계식 제진방식인 경우 70° 전후로 하고 수동식 제진방식인 경우 45~60° 전후로 한다. 배수장에서 스크린 전면 수로내의 평균유속은 계획유량 하, 펌프운전 가능 최저수위의 경우에는 0.5 m/s 이하, 최대배출량의 경우에도 1.0 m/s 이하로 한다. 스크린은 협잡물의 충돌, 수위차에 의한 수압 등에 견딜 수 있는 구조이어야 한다.

〈표 4.19〉 스크린의 유효간격

[단위 :

mm]

펌프구경	스크린 유효간격	펌프구경	스크린 유효간격	펌프구경	스크린 유효간격
200	20	600	60	1,200	80
250	25	700	60	1,350	80
300	30	800	60	1,500	90
350	35	900	70	1,650	90
400	40	1,000	70	1,800	100
500	50	1,100	70	2,000이상	100

나. 제진기

1) 제진기의 개요

제진기는 수거체인에 설치된 갈퀴(rake)가 스크린에 의하여 저지된 협잡물을 연속적으로 수거하여 벨트 콘베이어 위에 낙하시키는 장치이다 [그림 4.28]. 제진기의 기종 및 규모는 유입수로의 폭, 배수구역의 배제량, 유입되는 협잡물량 등을 종합적으로 고려하여 합리적으로 선정한다. 위험방지를 위하여 제진기의 본체에는 비상정지 스위치를 설치한다.

2) 제진기의 종류

우리나라의 농지배수장에서 많이 사용되는 제진기에는 로타리식 제진기와 유압식 제진기가 있으며, 각각의 장단점은 <표 4.20>과 같다.

3) 협잡물 배출량

① 쓰레기 배출량의 산정기준은 관개기는 10.7 kgf/ha/월이고 비관개기는 8.6 kgf/ha/월이다.

② 시간당 최대 협잡물량 (V_g)은 홍수시 모든 제진기의 최대 협잡물량을 운송하는 것으로 설계한다.

$$V_g = KQ \quad \dots\dots\dots(4.37)$$

여기서 V_g : 시간당 최대 협잡물량 (m^3/h), K: 계수 (0.2-0.3), Q: 배수량 (m^3/s)

③ 홍수당 계획 협잡물량 (V)은 식 (4.38)과 같이 산정한다.

$$V = V_g T \quad \dots\dots\dots(4.38)$$

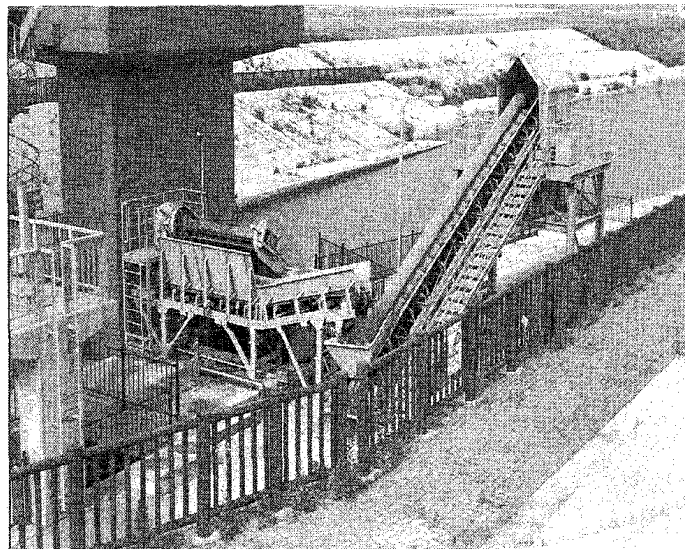
여기서 V_g : 시간당 최대 협잡물량 (m^3/h), T: 시간최대 협잡물량이 계속되는 펌프 전체의 환산시간(h)

④ 일반적으로 제진기의 1회당 협잡물 수거량은 200-300 kgf 정도로 설계한다.

4) 반출장치

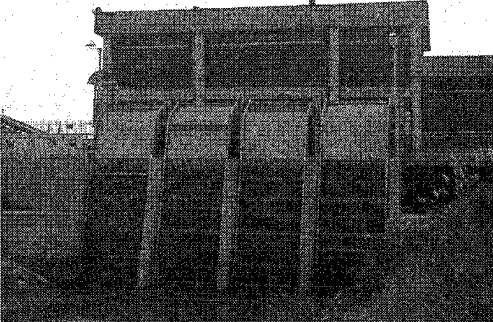
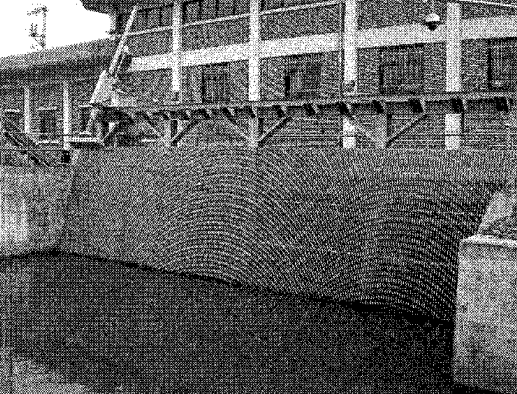
제진기에는 수거된 쓰레기는 펌프장 밖으로 트럭 등으로 반출할 수 있는 장치가 필요하다. 반출장치는 운송시설 및 저류시설로 구분할 수 있으며 운송시설에는 벨트 콘베이어가 있고, 저류시설에는 호퍼(hopper), 컨테이너 등이 있다. 수거된 쓰레기 반출 및 처리방법은 계획단계부터 충분한 대책을 세워야 한다.

수거된 쓰레기를 현장에 소각장을 설치하여 처리하는 방안에 대하여도 검토해야 한다.



[그림 4.28] 제진기, 벨트 콘베이어 및 호퍼

〈표 4.20〉 제진기의 종류와 장단점

기 기	로타리식 제진기	유압식 제진기
구 분		
장 점	<ul style="list-style-type: none"> ○ 자동 및 수동운전이 이루어지며 원격조작 가능하다. ○ 많은 양의 협잡물이 유입되어도 연속인양제어가 가능하므로 폭우시에도 용이하게 대처할 수 있다. ○ 구동장치가 단순하므로 조작이 쉽다. ○ 기기고장시 한개 수로의 폐쇄로 다른 수로의 운전에 영향이 없다. ○ 비상시에 많은 양의 협잡물 처리가 가능하며 조작이 간단하고 고장시에도 다른 수로의 활용이 가능하다. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 유압시스템 및 주행전동기 별도구동으로 자동, 수동조작이 가능하다. ○ 1대의 제진기로 다수의 수로를 처리할 수 있다. ○ 수장부분이 없어 유지관리가 용이하고 부식의 염려가 없다.
단 점	<ul style="list-style-type: none"> ○ 1수로 1대의 설치로 수로가 많으면 비경제적이다 ○ 고장수리시 본체 해체 등이 어렵다 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 1대의 제진기로 다수의 수로를 처리하므로 고장시 다른 수로를 활용할 수 없다 ○ 협잡물이 크거나 수심이 깊은 곳에 적용할 수 없다 ○ 처리용량이 상대적으로 적다

4.4.11 유수지

유수지는 일반적으로 배수장에 유입되는 침투홍수량을 감소시키고 배수로의 통수능력과 펌프용량 사이의 불균형을 완화시키기 위하여 배수로 말단 및 배수장 내측에 설치하며, 그 크기는 배수로의 통수능력, 펌프용량 등에 의해 결정된다.

특히 농지배수를 위한 유수지는 배수로로부터 펌핑에 필요한 홍수유입이 충분하지 않아 배수장 가동이 단속(斷續)되는 것을 방지하기 위해 필요하다.

가. 유수지의 역할

일반적으로 농경지 배수를 위한 유수지의 역할은 도시배수를 위한 유수지와 상이하다. 도시배수 유수지는 침투홍수량 조절을 위해 설치하는 것이고, 농지배수 유수지는 배수장 가동의 연속성을 위해 설치한다. 그러므로 도시배수 유수지는 유수지 용량이 증대할수록 배수장의 시설용량이 줄어들며 주위 주택지가 침수되지 않는 한계 수위를 정하고, 이 수위 이하로 유지될 수 있도록 배수장 시설용량과 유수지의 용량을 조합하여 공사비가 가장 저렴한 조합을 선택하는 것이 일반적이다.

이에 비해 농지배수 유수지는 농경지 전체가 도시배수 유수지와 같이 저류지 역할을 하는 것으로 보고 이미 침수분석을 하였으므로, 홍수위 조절을 위한 유수지는 불필요하다. 그러나 농지배수에 있어서는 도시배수와 달리 홍수집수시간이 느리고 침투홍수유입에 배수장과 연결된 배수로로부터 펌핑에 필요한 홍수유입이 충분하지 않은 경우 배수장 가동이 단속(斷續)되는 경우가 생기므로 이를 방지하기 위해 유수지가 필요하다. 즉 배수장 시설용량과 배수로 통수량의 차이가 나는 시기를 조절하기 위해 유수지가 필요하다.

펌프용량이 배수로의 통수능력보다 큰 경우, 펌프를 운전해도 상류로부터 물이 오지 않으므로 펌프장 부근의 내수위만이 저하하여 운전을 중단하든지 배수량을 감소시켜야 하므로 상류부의 배수를 촉진할 수 없다. 반대로 배수로의 통수능력이 펌프용량보다 큰 경우, 하류에 모여든 배수량이 배수장 저위부를 침수시켜 피해가 커질 위험이 있다. 이와 같이 배수능력의 불균형은 배수로의 자연유하계와 펌프의 기계배수계의 접점에 나타나기가 쉽다. 어느 점을 경계로 유량이 급변할 경우에 조정지가 필요하며, 펌프장의 흡입수조를 가능한 한 크게 하면 조정지의 기능을 갖는 유수지가 된다. 지구 내의 지형에 따라 기존의 연못이나 웅덩이 등을 유수지로 활용할 수도 있다.

나. 유수지 계획시 고려사항

- 1) 배수개선사업에서의 유수지는 외수위가 높을 때는 수문을 닫아 허용담수심 이내에 배수장이 펌핑을 계속할 수 있도록 펌핑량에 대비 배수로 유입량을 저류 할 수 있어야 하고, 외수위가 낮아진 후에는 수문을 열어 내수유입량을 전량 배제할 수 있어야 한다.
- 2) 유수지의 계획홍수위가 너무 높으면 유역내에서 배수(背水)가 발생하여 침수가 가중 될 수 있으므로 유수지 용량을 고려하여 유수지 계획홍수위를 결정해야 하는데 보통 배수로 계획 홍수위 이상으로 계획하여서는 안 된다.
- 3) 일반적으로 내수가 장시간 동안 저류되어 있으면 악취가 발생하고 부유물 제거에 곤란을 야기하므로 홍수가 끝나면 신속히 내수를 배제할 수 있도록 유수지 저수위를 결정하여야 한다.
- 4) 유수지로 유입되는 홍수는 대부분 간선급 배수로로 유입되며 경우에 따라서 배수로가 소하천급 이상이 되는 경우도 있으므로 어느 일정구간의 배수로를 유수지의 용적으로 감안하여도 된다.
- 5) 유수지는 침사지 기능도 적정하게 가져야 한다. 여하한 경우라도 설계기준 홍수 발생시 유수지가 붕괴 또는 유실되어서는 안 된다.

다. 유수지 용량 결정

- 1) 유수지 용량 결정에 미치는 인자

농지배수 유수지는 앞에서 언급한 바와 같이 홍수조절용이 아니고 배수장 펌프용량과 배수로 유입량과의 차이를 조절하기 위한 것이므로 유역의 크기(홍수량, 유달시간)와 배수로의 통수능력에 좌우된다고 볼 수 있다. 배수장의 시설용량도 매우 중요한 인자이기는 하나 이미 허용담수위 이하 수위유지를 위해 배수장 시설용량이 결정되었기 때문에 유수지 용량을 결정할 때에는 변수로 작용하지 않는다.

한편, 배수로의 통수능력은 일반적으로 해당 지배유역으로부터 유출되는 첨두 설계홍수량에 대해 배제 가능하도록 배수로 단면이 결정되기 때문에 항상 배수장 시설용량보다는 크다고 할 수 있다. 그러나 이는 자연배제(배수구가 배수문에 의해 장애를 받지 않고 배수로의 수리흐름이 등류일 경우)가 된다고 보고 계획하나 실제 홍수시에는 배수문이 닫히고 배수장에 의해 배제되므로 배수(背水)가 발생하고 배수로의 흐름은 부등류 상태가 되며 이때 배수장시설 용량보다 적어 질 수 있고 이로 인해 유수지가 필요하게 된다. 그러므로 배수로의 통수능력은 유수

지용량 결정에 중요한 인자이기는 하나 배수구의 조건과 유입량에 따라 무한한 조합으로 변수로 작용하기 때문에 유수지용량 결정변수로 채택하기가 곤란하다. 또한 배수로의 통수능력은 해당 배수구역의 유달시간이 고려되어 설계홍수량이 결정된다고 보는 것이므로 결국 유달시간의 함수로 유수지 용량을 합리적으로 결정할 수 있을 것이다.

라. 유수지 배치형상 및 위치

- 1) 배수장 흡입조의 전면에 위치하여 흡입부 및 흡입수조의 수위와의 관계를 고려하여 위치를 결정하여야 한다.
- 2) 지형적 여건에 따라 배수장으로 유입되는 배수로의 말단부 위치를 고려하여 원활하게 홍수가 유수지로 유입되도록 위치하여야 하며 2개 이상의 배수로가 연결시는 그중 간선급 배수로를 중심으로 와 흡입조가 최단거리가 되어야 한다.
- 3) 내수가 원활하게 유입될 수 있는 표고라야 한다.
- 4) 펌프배수에 의한 방류에 문제점이 없어야 한다.
- 5) 유수지 신설에 필요한 부지가 확보되어야 한다.
- 6) 유수지 및 배수펌프장 주변의 토지이용을 고려해야 한다.
- 7) 주변경관과 조화되어야 하고 악취, 소음 등의 피해를 발생시키지 않아야 한다.
- 8) 경제성의 측면에서 유리해야 한다.

마. 유수지 면적 및 기타 검토사항

- 1) 원활한 흡입을 위하여 흡입부 앞에는 와류가 발생하지 않아야 하며 흡입부 전면에 설치하는 유수지 길이는 배수장 부지폭 이상으로 함이 바람직하며 불가능한 경우는 배수장 부지의 폭과 같아야 하고, 배수로로부터 배수장까지의 길이는 배수로의 홍수시 최대유속을 고려하여 각종 이물질에 의해 배수장 가동이 중단되지 않도록 침사지의 조건을 같도록 하여 지형적 여건을 고려하여 정한다.
- 2) 유수지의 수심은 배수로 말단부 계획홍수위로부터 유수지 바닥고 까지의 높이이며 지형적 여건상 면적을 충분히 확보하지 못하는 경우 유수지의 수심은 깊게 정할 수 있으나 자연배제를 고려하여 배수문의 Sill과 배수장 흡입조의 바닥고를 고려하여 수심을 정하여야 한다. 수심을 깊게 한다면 배수로로 배수위가 발생되지 않도록 하여야 한다.
- 3) 계획대상지역에 필요한 크기의 유수지 용지를 확보할 수 없을 경우에는 주 배수로

의 용적을 유수지의 역할을 하고 있다고 고려할 수 있다.

4) 환경에 대한 고려

유수지는 친환경적 설계기법을 적용하여 옹벽 등 콘크리트 구조물은 지양하고 되도록 자연그대로 확보하고 홍수에 의해 사면이 붕괴할 우려가 있거나 유수지의 수심이 깊어 사람의 안전에 문제가 있을 경우 블록 및 펜스를 설치하고 평상시 부유물 등을 제거하기 위하여 장비 진입이 가능하도록 계획설계한다.

5) 유지관리측면

유지관리자는 항상 홍수를 대비하여 유수지의 충분한 용적을 확보하여야 하고 배수장의 가동에 이상을 가져올 수 있는 각종 쓰레기를 처리하여 유수지를 청결히 하며 특히 이상홍수가 자주 발생하는 기상에 대비하여 배수장이 최대한 원활히 가동되도록 하기 위해 사전예비가동(소형배수기)을 실시한다.

6) 기능적인 면

유수지는 침사지 기능을 포함하므로 펌프에 대한 충분한 공간뿐 아니라 침사지의 역할을 할 수 있도록 유속에 대하여도 고려를 하여야 한다.

바. 유수지 호안

1) 제방을 보호하기 위한 호안의 종류는 여러 가지가 있으나 유수지 호안을 위해 일반적으로 사용되는 호안은 호안블록공과 옹벽공이나, 친환경적으로 호안계획을 검토하여야 한다.

2) 부지확보, 시공, 유지관리, 공사비 등을 고려하여 적절한 호안을 선택해야 하는데, 유효저류량을 증대하기 위해서는 구조물을 사용함이 마땅하나 시대적 요구에 부응하여 환경친화적 설계기법을 사용한다.

4.4.12 침사지

유수 속에 토사가 많이 함유된 곳에서는 펌프보호를 위하여 침사지를 설치해야 한다.

유수 속의 토사는 펌프의 수명을 단축시킨다. 침사지는 배수구에 가까운 제내지에 설치하며 형상은 정사각형이나 직사각형으로 한다. 침사지의 구조는 철근콘크리트조로 하고 유입부는 편류를 방지하도록 한다. 유수지를 침사지의 기능을 겸하도록 할

수도 있다. 침사지 내에서의 평균유속은 0.15~0.30m/s이고, 체류시간은 30~60초를 표준으로 한다. 침사지 설계에 대한 자세한 내용은 “하수도 시설기준 (한국상하수도협회, 2011)” 및 “농업생산기반정비사업계획설계기준 취입보편(농림부, 1996)”을 참고한다.

4.4.13 인수로

인수로는 침수지역으로부터 배수펌프장까지 홍수량을 유도하는 배수로로서 계획수위 이하에서도 배수펌프를 가동하여 최대한의 초기배제를 도모하며, 수초와 매몰에 의하여 수로단면이 축소될 것을 감안하여 계획유량은 통상 배수펌프량의 1.5배 이상으로 하며, 구조 등은 배수로와 같다.

4.4.14 하천제방 횡단구조물(토출암거) 설치

토공으로 된 하천제방을 횡단하여 설치되는 배수장 토출암거는 하천수위 상승시 안정성 확보를 위하여 제체의 누수방지 대책, 토출암거 주변 및 토출암거 내부에 대한 누수방지와 기초지반을 통한 누수 및 침하 등의 발생을 방지하기 위한 대책을 수립하여야 한다.

배수장 토출암거는 토공으로 된 하천제방을 횡단하여 설치되는 구조물로서 제방붕괴의 원인이 될 수 있다. 따라서, 배수장 토출부 하천제방 횡단구간에 대한 설계 및 시공관리 강화 대책이 마련되어야 한다.

하천관리청의 하천허가를 얻기 위하여는 다음의 지방국토관리청의 허가 조건을 참고한다.

- 1) 배수장 토출암거의 하천제방 횡단시 압입공법(Jacking)시행
- 2) 토출 Box 암거의 콘크리트 균열방지를 위한 신축이음 철저
- 3) 제방복구시 호안블럭의 강도, 호안의 기초깊이에 대한 하천공사 표준시방서 준수
- 4) 배수장 토출암거 되메움시 원지반상태 이상으로 다짐철저 등

가. 제체의 누수방지 대책

- 1) 제외측으로부터의 침투수 방지를 위하여 호안공 등 적절한 제외측 사면보호대책을 수립한다.

2) 제방복구시 되메움 구간에 대한 제체의 단면을 검토하여 침윤선이 제체 비탈면에 노출되지 않도록 하고, 필요시 제내측 단면보강과 제내 비탈면 돌쌓기 등 비탈면 보호대책을 수립한다.

3) 하천제방 복구시 되메움 재료 및 다짐을 저수지 제체 설계 및 시공수준으로 강화하며, 하천유용토 사용이 어려울 때에는 토질조사를 실시하고 별도의 토취장 선정을 검토한다.

① 제방절개 부분에 대한 되메움 흙에 대하여 흙댐에서와 같이 흙의 분류 또는 입도 분포, 투수성, 전단강도, 함수비 등에 대하여 사용한계 기준을 설정한다.

② 현장조건에 따라 적절한 다짐을 및 다짐방법을 설정한다.

- 제방 횡단구조물의 일반토사 되메움 구간은 다짐층의 두께를 30cm이하로 95%이상 층다짐을 하되 구조물의 양측을 균등하게 다짐을 실시한다.

- 토출 Box 구조물의 상단 60cm 높이까지는 소형기계 다짐을, 그 이상은 기계다짐을 실시한다.

나. 토출암거 주변 및 내부의 누수방지대책

1) 토출암거 주변에 발생할 수 있는 침투에 대한 안정성 확보와 제체 내부의 유로를 차단할 수 있는 대책 수립한다.

① 제방 중앙부 불투수 점토층을 설치한다.

② 토출암거 주변에 콘크리트 지수벽을 설치하고 간격과 규모를 결정한다.

③ 필요시 제체내 차수를 위한 Sheet pile 설치 등을 검토한다. 단, 지반누수에 의한 파이핑 방지를 위하여 구조물의 모래기초 사용은 지양한다.

2) 토출암거 내부의 누수방지를 위하여 계획홍수량에 따른 암거의 형식(관암거, 콘크리트 Box 암거), 관종선정 등을 검토하며, 콘크리트 Box 암거를 사용할 경우 콘크리트 균열 및 이음부 누수방지대책을 수립한다.

① 신축·수축이음부 위치 및 구조를 검토한다.

② 시공이음부에 지수판을 설치한다.

③ 배출수조 및 토출암거에 내부방수 처리 등을 검토한다.

다. 기초지반의 누수방지 대책

1) 기초지반이 투수성이 큰 모래층 또는 자갈층인 경우, 기초지반의 누수로 인한 파이

핑에 대한 대책을 수립한다.

① 침투수 차단 또는 유로장을 길게 하기 위하여 제방 외제측 연직차수벽 설치를 검토한다.

② 침투압에 의한 파이핑 억제를 위하여 제방 내제측에 압성토를 설치하고 드레인공 설치를 검토한다.

2) 기초지반이 연약지반인 경우 연약지반 처리대책을 수립하고, 지지말뚝기초는 지반 침하로 인하여 구조물 저면에 공동이 발생할 수 있으므로 누수 및 파이핑 방지를 위한 특별한 대책을 수립할 필요가 있다.

4.4.15 배수장 비상전원 확보

기상이변에 따른 집중호우 및 낙뢰시에도 배수장의 안정적인 가동을 위하여 비상전원을 확보해야 한다.

비상전원이란 한전으로부터 공급되는 상용전원이 사고 등에 의해 전원공급이 중단된 경우 펌프장 등에서 정전으로 인해 설비가 정지되어 재해사고로 심각한 손실이 발생할 우려가 예상되는 설비 및 장비에 최소한의 예비전원을 확보하여 비상시 전원을 공급하는 것을 말한다. 낙뢰 등으로 인한 정전시 배수장 가동중단에 따른 농경지 침수피해가 발생하지 않도록 전기 인입선로를 이중으로 구성하거나 자체비상용 발전기와 예비변압기 설치 등 비상전원을 확보하여야 한다. 비상전원에는 비상전원용 수전설비, 자체 비상용 발전기 등이 있다.

가. 이중 인입선로

한전 전원의 인입선로를 이중으로 구성하는 것으로 가장 안정적이고 편리한 데, 여기에는 별도의 수전설비(ALTS반 등)를 갖추기 위한 공간이 필요하다. 수전설비는 상시전원과 별도로 비상전원을 수전받기 위한 설비로서 비상전원을 확보해야 하는 펌프장의 위치와 전력회사 변전소의 계통, 비상부하의 용량 등을 감안하여 선택할 수 있으나 객관적으로 비상전원의 공급 신뢰성이 확보되어야 한다. 수전설비에는 고압수전설비, 저압 수전설비 등이 있다.

나. 자체 비상용 발전기

자체 비상용 발전기에는 디젤엔진, 가스터빈엔진 등이 있다. 가스터빈 엔진은 디젤 엔진에 비해 열효율이 떨어지고 가격이 비싼 단점을 가지고 있으나, 소음이 작고, 냉각수가 필요 없으며, 회전속도가 균일해서 발전되는 전기의 품질과 신뢰성이 높은 장점을 가지고 있다.

- ① 발전기 설치에 요하는 면적은 대략 $1.7P \text{ m}^2$ (P는 원동기의 마력수)로 계산하는데 이에 충분한 면적이 확보되어야 한다.
- ② 실내 (지하실 등)에 설치할 때는 유지 보수용 크레인 등을 설치할 수 있도록 층고가 5 m 정도는 돼야 한다.
- ③ 내연기관을 설치하는 경우에는 운전에 필요한 연료를 저장하기 위한 적절한 용량의 연료저장탱크를 설치해야 한다.

〈표 4.21〉 이중 인입선로 개념도

구 분	개 념 도	특 징
2 회 선 타 변 전		<p>(특징)</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 선로사고에 대비할 수 있다. ② 단독 수전이 가능하다. ③ 시,군 경계에 변전소가 있는 경우 적극 활용 <p>※ 배수장 부지까지 진입도로(농로, 제당길)의 여건으로 동일변전소와 동일한 전신주에 상하로 상시/예비의 전원이 설치되며, 전용선로 요구시 공사비가 높아짐</p>
수 전 동 일 변 전		<p>(특징)</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 임의의 배전선 또는 타건물 사고에 의하여 Loop가 개로될 뿐이며 정전은 되지 않는다 ② 전압변동률이 적다. <p>※ 동일한 전주에 상하로 상시/예비선로가 구성되는 경우가 많으며, 다른 전주에 배전선로를 구성해야 하는 규정은 없음(동일변전소라 해도 사용변압기는 별도로 구성하고 있음)</p>

4.4.16 배수장 낙뢰보호시스템

낙뢰시에 배수장의 안정적인 가동을 위하여 피뢰침, 등전위 본딩, 서지보호장치(SPD) 등의 낙뢰보호시스템이 설치되어야 한다.

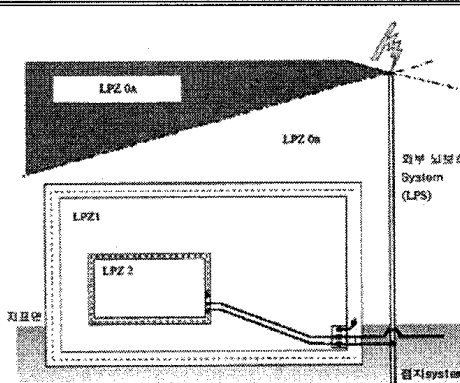
배수장 원격감시제어설비 등 최근 전기전자시스템이 증가하여 종합적인 서지보호시스템을 구축할 필요가 있다. 낙뢰가 우려되는 건축물에는 피뢰설비를 하도록 건축물의 피뢰설비 설치기준이 제정되어 있다.

낙뢰시에 배수장의 건축물, 배수기계, 전기설비 및 전자시스템을 보호하여 안정적으로 배수장이 가동될 수 있도록 피뢰침, 등전위 본딩, 서지보호장치(SPD) 등의 낙뢰보호시설을 설치하여야 한다.

가. 피뢰침

피뢰침은 침단을 뚫도록 한 도체로서 낙뢰가 직격할 때에는 지중으로 대전류를 방전하여 내부의 인명이나 건물의 손상 등을 방지한다.

〈표 4.22〉 피뢰침 개념도

구 분	개 념 도	특 징
피뢰침	 <p>The diagram illustrates a lightning protection system. A lightning rod (LPZ 0a) is shown at the top, connected to a lightning protection system (LPS) and a grounding system. The diagram also shows a building with internal zones LPZ 1 and LPZ 2. The LPS is connected to the grounding system via a lightning conductor (LPZ 0n).</p>	<p>(특징)</p> <p>건축물에 낙뢰(낙뢰)가 유입되면, 그러한 영향을 받는 건축 구조물 내의 금속성 구조체들과 설비 사이에서 발생하는 전위차로 인해 안전사고 발생</p> <p>① 건축구조물 내에 사람의 감전위험 ② 기기류의 절연파괴로 인한 파손위험</p> <p>※ 피뢰침 및 수평도체 등을 건축물 구조체와 대지에 공용으로 접지시켜 감전 및 기기파손을 방지</p>

나. 등전위 본딩

등전위 본딩은 건물내부의 철근 철골 금속배관 등의 철근 철골, 금속배관 등의 도전(導電)부분을 상호접속하는 것으로 전원선, 통신선의 차단 및 접지선 등도 포함된다. 낙뢰에 대하여 접지를 등전위 본딩을 하면 접지간 전위차가 발생하지 않아 전류도 흐르지 않는다. 등전위 본딩은 낙뢰를 저감하고 기기의 절연을 보호한다.

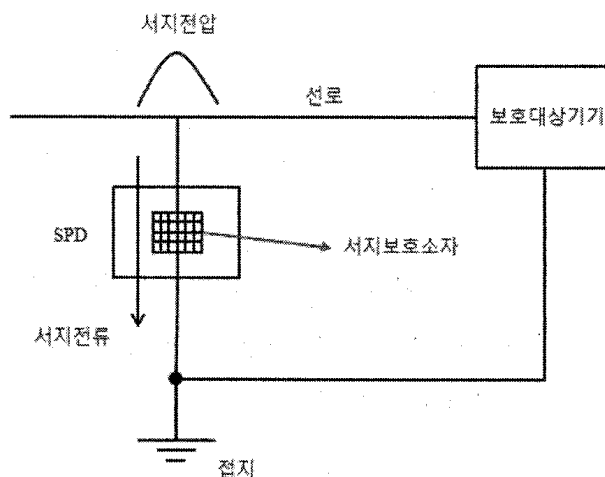
〈표 4.23〉 등전위 본딩 개념도

구분	개념도	특징
등전위 본딩	<p>The diagram illustrates the equipotential bonding concept. It shows a central ground plane connected to various building components: metal pipes (철관은 철근에 접속), power lines (전력케이블), communication lines (통신케이블), water pipes (수도관), gas pipes (가스관), and lightning rods (천둥피스). These components are connected to a common ground point (접속단자함) which is also connected to the ground (접지). The diagram also shows the connection of SPD (Surge Protective Device) for power (전력용 SPD) and communication (통신용 SPD) lines. A lightning rod (천둥피스) is shown connected to the ground plane. A lightning gap (낙뢰용 Gap) is also indicated. The ground plane is labeled as '콘크리트 기초철강' (concrete foundation steel).</p>	<p>(특징)</p> <p>철골, 수도관, 가스관, 전력선, 통신선 등 건축물의 금속체를 단자함에 공용으로 접속하여 대지와 전위가 같아지도록 설비를 구성</p> <p>※특히, 전원선과 통신선은 SPD(서지보호기)를 병행하여 설치할 경우 낙뢰 등으로 부터 설비의 보호를 높일 수 있다</p>

다. SPD

서지보호장치(Surge Protective Device: SPD)는 피뢰기(lightning arrester)라고도 하며, 낙뢰나 스위치의 개폐에 의해 발생한 과전압을 제한하고 서지(surge)전류를 분류하는 것을 목적으로 하는 장치를 말한다 [그림 4.29].

서지는 서지전압(이상 고전압)과 이로 인해 발생하는 서지전류(이상 고전류)를 총칭하며, 낙뢰에 의하여 발생하는 서지를 뇌 서지라고 한다. 서지보호장치는 뇌 서지를 지중으로 방전하여 뇌 서지가 일으키는 건물 내 혹은 주변의 전기설비계의 오작동, 고장을 방지하는 데 효과적이다.



[그림 4.29] 서지보호장치(SPD)의 개념도

4.4.17 배수장 대피시설 및 장비

배수장 가동 중 갑작스런 수위상승에 대비하여 운전원들의 안전한 대피를 위한 시설과 장비를 확보하여야 한다.

가. 필요성

집중호우로 수위가 급상승하여 배수장 주변지역이 침수된 상태에서 안전하게 대피하기 위한 대피시설과 장비를 확보하여야 한다.

나. 장비의 종류

배수펌프장 및 주변 배수로에 수로관리원, 펌프운전원, 주민 등의 안전을 도모하기 위하여 안전관리시설을 설치하고 사고를 방지하여야 한다. 장비의 종류는 다음과 같다.

- (1) 사람에 대한 안전시설 : 울타리, 핸드레일 등
- (2) 대피하기 위한 시설 : 트랩, 사다리, 계단, 난간 등
- (3) 야간운전, 보수관리시설, 또는 도난방지를 위한 : 조명시설
- (4) 대피용 장비 : 구명도구, 구명보트, 로프 등
- (5) 주위 안내 시설 : 안내표지판, 팻말 등
- (6) 기타 안전시설 : 안전모, 누전안전시설, 경보시설 등

4.5 매립복토

4.5.1 개요

배수개선사업에서 내·외수위 차를 고려하여 경지의 표고가 너무 낮거나 제반 사회적인 여건으로 인하여 배수시설물을 확장, 정비 또는 추가할 수 없을 때와 배수시설물의 계획이 너무 과다하다고 판단될 때에는 매립(복토)을 계획해야한다.

매립은 매립시행후 침수분석 결과에 따라 매립시행전 최저 논바닥 기준으로 가장 효과적인 자연배제를 유도하기 위하여 지구내 최저 논바닥 표고를 인위적으로 상승시키는 것을 뜻한다.

4.5.2 펌프배수량과 매립량의 관계

- (1) 배수개선사업에서 펌프배제량과 매립량(면적)은 반비례 관계이다.
- (2) 배수개선사업에서 기준 논바닥높이에 따른 펌프배제량과 매립량곡선을 한 그래프에 그리고 관계를 살펴보고 되도록이면 두 곡선의 교차점에서 펌프배제량과 매립량을 결정한다.

4.5.3 매립량 결정방법

- (1) 매립은 주로 시행전 침수분석에서 침수시간이 허용기준치 이상이면서 그 시간이 1~4시간 정도인 경우 매립으로서 자연배제를 유도할 수 있고, 그 이상이라도 매립으로 펌프배제량의 규모를 줄일 수 있다.
- (2) 매립량곡선과 펌프배제량의 교차점에서 매립량 및 펌프배제량을 결정하나 사업비 및 기타 지형적, 사회적 여건에 따라 합리적으로 그 양을 가감할 수 있다.
- (3) 매립면적은 통상적으로 수해면적의 10% 정도 이내로 하며, 그 이상의 값이 나오면 과도한 것으로 판단할 수 있다.
- (4) 매립두께가 0.30m 이상이 되면 용수계통에 문제가 없는가를 검토하고 이상이 없을시 매립을 할 수 있고, 배수시설물을 신설, 확장, 정비하는 것보다 용수로 표고를 상향조정하는 것이 합리적이라고 판단될 경우 그렇게 할 수 있으나 되도록 지양한다.

4.6 하구개량(河口改良)

4.6.1 하구개량의 기본

하구개량은 하천의 배수개량을 목적으로 시행하는 하구처리이며, 하천이 배수로로서의 기능을 충분히 발휘하도록 하거나 또는 개량을 위하여 시행하는 하구처리시설이 그 대상이 된다.

우리나라의 중소하천과 같이 유사량(流砂量)이 많고, 작은 유역면적에서 평수량(平水量)이하로 유량이 적은 하천은 하구폐쇄가 일어나기 쉽기 때문에 이러한 지대의 하구저지대 농지는 배수장해를 방지하기 위해 하구처리에 의한 배수개선이 가장 중요한 문제로 된다.

하구폐쇄나 통수능력 장애는 하구부근에서 체사(滯砂)와 소류력의 불균형에서 생기는데, 이것은 여러 조건이 서로 중복되어 일어나기 때문에 대단히 어려운 문제이다.

하구처리계획을 수립할 때는

가. 「4.6.2 하구개량과 배수계획」에서 기술한 순서에 따라, 먼저 배수계획에 필요한 하구개량의 규모(계획배수량 및 이를 유하시킬 수 있는 하구유수단면)를 구한다.

나. 다음에 그 하구에 발생하고 있는 통수능력의 저해원인, 기구를 명확히 하기 위해서 「4.6.3 하구폐쇄」에서 기술한 내용에 관하여 조사·검토한다.

다. 전항에 기술한 조사·검토에 의하여 하구처리의 방침이 개략적으로 정하여지면 더 구체적인 처리공법을 확립하기 위한 세밀한 조사를 실시한다. 그 요령은 「4.6.4 하구처리의 기본조사」에서 기술하고 있다.

라. 「4.6.5 하구처리계획」에서 기술한 것과 같이 전항에 기술한 조사결과에 따라 하구처리계획을 결정한다.

이상과 같은 순서에 의하여 하구개량계획을 세우는데, 항상 전문기술자의 의견을 듣는 동시에 긴밀한 연락을 취하여 신중히 추진하는 것이 바람직하다.

4.6.2 하구개량과 배수계획

하구개량에 따른 배수계획은 일반 배수 계획과 같은 요령으로 배수구역, 배수량, 허용담수, 배수방법 등을 수립하여 시행한다.

하구개량은 배수계획의 입장에서 보면 배수구의 개량 또는 외수개량이다. 배수불량의 원인을 조사하여 하구폐쇄가 그 주원인이라는 것을 알게 되면 배수계획에 하구개량을 포함한다.

가. 먼저 (1) 배수구역을 설정하고, (2) 자연배수의 가능성을 검토한다. 이 결과 하구개량에 의하여 자연배수가 가능하다는 전망이 있으면 더 구체적으로 배수량, 하구단면 등을 정한다. (3) 자연배수가 불가능한 경우에는 기계배수를 고려해야 한다.

나. 계획배수량은 다음과 같이 하여 정한다.

3.6.1에서 구한 설계강우량을 채용한다. 원칙적으로 자연배수의 경우는 일우량에 의하여, 기계배수의 경우는 연속우량에 의하여 계획한다. 또 허용담수심을 고려할 경우는

담수심을 30cm로 하고, 30cm가 넘을 경우는 담수시간이 24시간을 넘지 않도록 한다.

다. 다음에 계획배수량을 유하시킬 수 있는 하구단면을 수리계산에 의하여 구한다. 이 경우 하구개량구조물의 구체적인 구조를 정할 필요는 없고, 수리계산에 필요한 부분의 제원만 정하면 된다.

자연배수를 할 때 배수량이 시간적으로 변화할 경우는 담수심을 구하는 계산과, 하구개량구조물의 수리계산을 조합하여 이를 동시에 만족시키는 담수심을 구하고, 하구단면의 타당성을 검토하여 이를 수정하면서 최적의 값을 찾는다.

4.6.3 하구폐쇄

하구개량을 위하여 하구폐쇄에 작용하는 기상, 해상(해안의 파, 파압, 파력, 조위, 조류, 하구류, 표사, 소류력, 소류사, 비사 등) 등 하구폐쇄에 영향을 미치는 제(諸) 해안현상의 파악, 검토가 필요하며, 장기적인 조사·연구가 필요하다.

가. 하구폐쇄

하구폐쇄를 일으키는 최대의 원인은 일반적으로 나부리선(線) 표사(漂砂)이고, 하구유지를 피하는 최대의 조건은 하수(河水)에 의한 소류력(掃流力)이다. 따라서 하구유지계획은 소류력의 증대(하구위치의 고정, 갯고랑(滯)의 설정, 라이닝, 펌프이용 등)를 피함과 동시에 해변표사의 하구반입방지(각종 하구공)에 노력해야 할 것이다.

나. 해안의 파

해안의 파는 표사를 만드는 직접적인 원인인 동시에, 하구구조물에 파괴력을 가한다. 따라서 파도는 표사 대책과 하구공작물의 안전설계를 위한 대상파로써 두가지 입장에서 검토해야 한다. 여기서 실용상 필요한 용어에 대하여 기술하면 다음과 같다.

- 천해파(해안의 파도) : 수심이 파장의 1/2 이하인 해역의 파도로 해저의 영향을 받는다.

- 심해파 : 수심이 파장의 1/2 이상인 해역의 파도로 해저의 영향을 받는다.

- 유의파 : 군파의 관측기록에서 대소의 파도가 불규칙하게 기록되지만 10~20분 (거의 100파)이상 연속 관측하면, 그 파고의 발생분포가 거의 일정하게 된다. 이

관측파고를 큰 쪽으로부터 세어 전파수의 1/3 되는 파수의 평균치를 유의파고, 그 평균주기를 유의파 주기라 하고 각각 $H_{1/3}$, $T_{1/3}$ 로 표시한다.

1) 파의 추산

심해파와 천해파에 대하여 관측치로부터 추정하는 경우와 바람으로부터 추정하는 방법이 있다. 파도가 얇은 해역에 들어가면 해저의 영향을 받아 각종 변형을 일으키므로 해안공작물에 달하는 파에 관하여 충분히 고려해야 한다. 파도의 추산에 관하여는 아직 충분히 개발되지 않았으나, 주로 사용하고 있는 것은 다음과 같다.

(1) 외양(外洋)에 먼한 해안의 파

외양에 먼하여 개방된 해안의 파도는 근처의 현지관측자료, 바람에 의한 추산 등을 참고하여 결정한다. 이 파도는 심해파의 유의파를 표시하므로 해안 또는 천해역에 이르는 사이의 변형을 고려하여 구조물 설치위치의 파도를 구해야 한다.

(2) 내해, 내만의 파

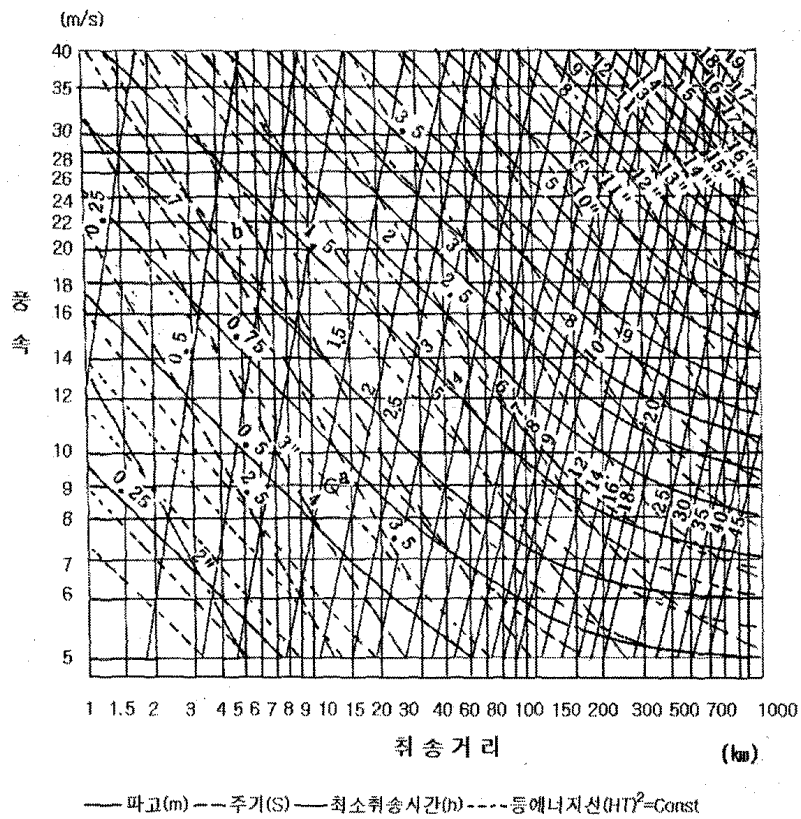
직접 외양성의 파랑을 받지 않는 만(灣) 내의 파도는 과거의 현지관측을 참고로 바람의 자료에서 추정한다. 바람에 의한 파도의 추산에는 심해파에 대하여는 S-M-B 법(Sverdrup-Munk-Bretschneider 법)에 의하여 구하고, 천해파의 경우에는 브레쉬나 이텔(Bretschneider)법으로 구한다.

[그림 4.30]은 S-M-B법에 의한 관계를 Bretschneider가 도식한 것이다. 그림의 횡축은 취송거리와 대안거리와를 비교하여 작은 쪽을 취한다. 풍속이 시간적으로 변화하는 경우는 그림 중에서 등에너지선에 따라서 변화시킨다. 풍속은 해면상 10m 높이의 10분간 평균풍속을 사용한다.

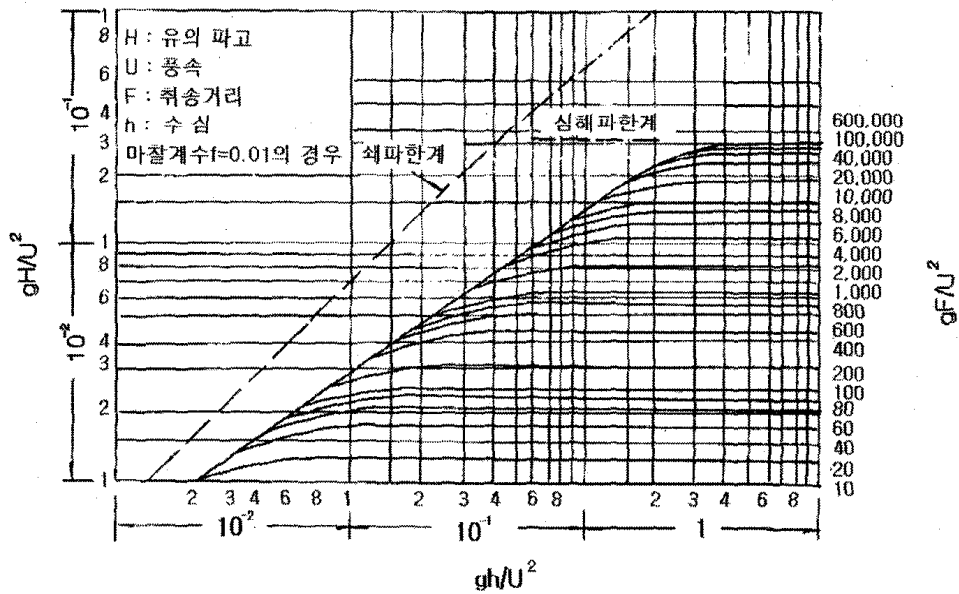
[그림 4.31]은 수심이 일정한 경우의 천해파, [그림 4.32]는 해저의 경사가 1/200~1/500인 경우의 천해파를 추정하는데 사용한다. [그림 4.32]에서 H'_0 는 상당심해파고로 이것은 현실적으로는 심해파로 존재하는 것이 아니고 생각하고 있는 지점에서 H 인 파고가 되도록 환산심해파를 표시하는 것이다. 또 두 그림의 양은 무차원 표시를 하고 있기 때문에 같은 단위계를 사용한다. 이들의 관계에서 주기 T 는 다음 식으로 구한다.

$$T = 3.86 \sqrt{H} \dots\dots\dots(4 \cdot 39)$$

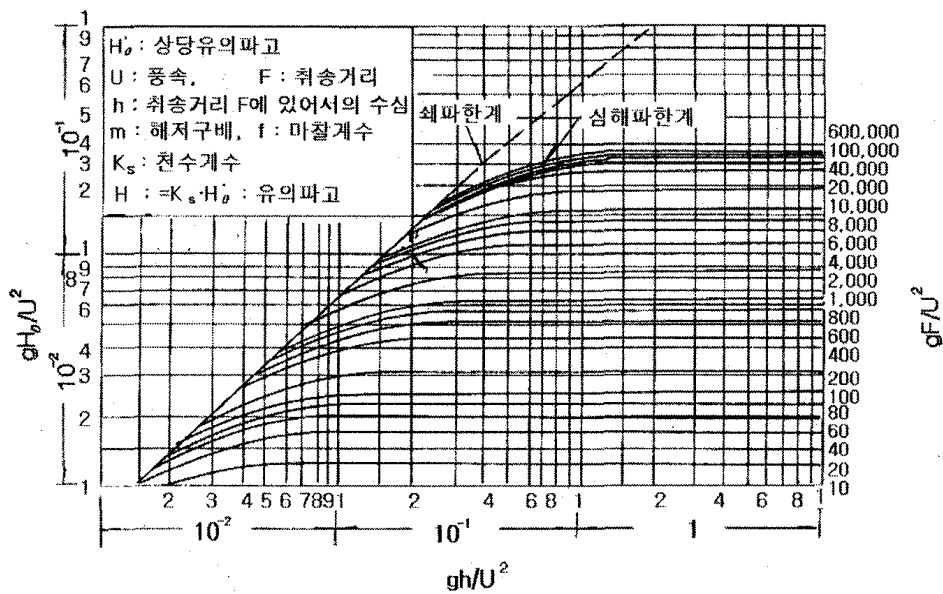
여기서, T : 유의파 주기(s), H : 유의파고 (m)



[그림 4.30] 풍파의 예지(豫知)곡선(Bretschneider)



[그림 4.31] 수심이 일정한 경우의 파고와 수심 및 풍속의 관계



[그림 4.32] 해저경사가 일정한 경우의 천해파고와 수심 및 풍속의 관계
(1/200~1/500 의 경우, 또는 5/m=5.28의 경우)

2) 파의 변형

파는 수심이 얇은 위치로 진행하면 에너지가 표면에 집중되어 파고를 증대시키고, 드디어 파쇄한다. 또 굴절이나 반사에 의해서도 파형을 바꾸고, 저면이나 내부마찰에 의하여 감쇠한다.

(1) 수심, 주기, 파장, 파속의 관계

파장(L), 주기(T), 파속(C) 사이에는 $L=CT$ 의 관계가 있다.

L, C는 또 수심 h에 따라 변하며 이들의 관계는 다음 식으로 표시되는데, 이것을 도식하면 [그림 4.33] 및 [그림 4.34]와 같이 된다.

$$C = \sqrt{\frac{gL}{2\pi} \tanh \frac{2\pi h}{L}}, \quad L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh \frac{2\pi h}{L_1}$$

(2) 천해변형

$$H = K_s, K_r, K_f, H_0$$

H : 계산하고자 하는 지점(수심 h)의 파고

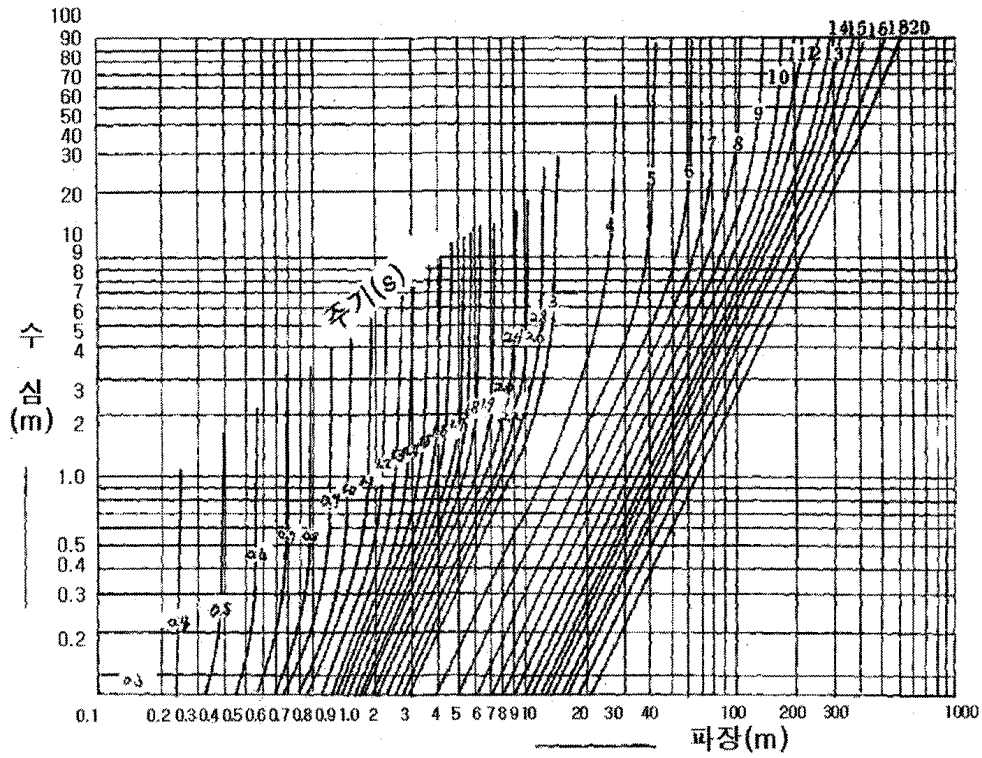
H_0 : 심해파고

K_s : 천수계수(淺水係數 ; 그림 4.34에 표시한 값)

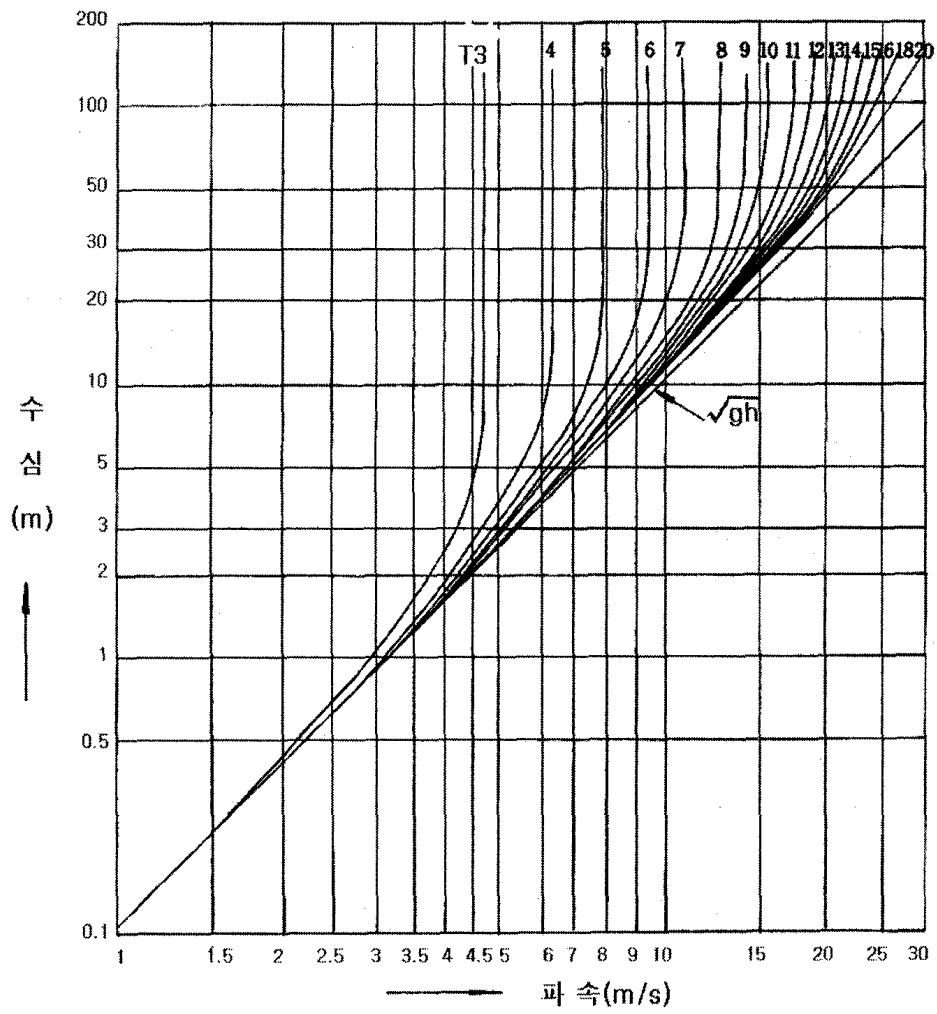
K_r : 굴절계수($= \sqrt{b_0/b}$)

b, b_0 : 인접한 두 개의 굴절도에 관하여 생각하는 점 및 심해역에 있어서의 굴절
선의 간격(굴절도의 작성방법은 후술)

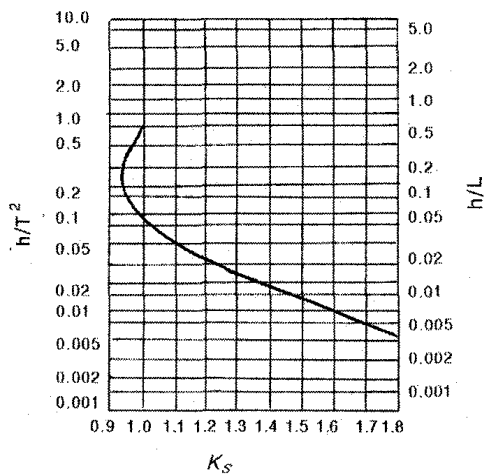
K_f : 마찰에 의한 파고감쇄율(그림 4.36에 표시한 값)



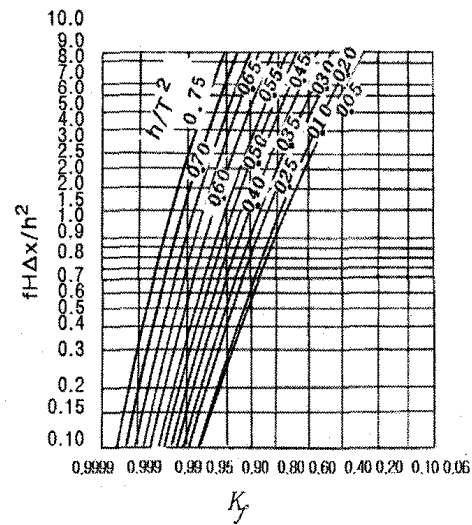
[그림 4.33] 수심, 파장, 주기, 파속과의 관계(1)



[그림 4.34] 수심, 주기, 파장, 파속과의 관계(2)



[그림 4.35] K_s 의 계산도표($m \cdot s$ 단위)



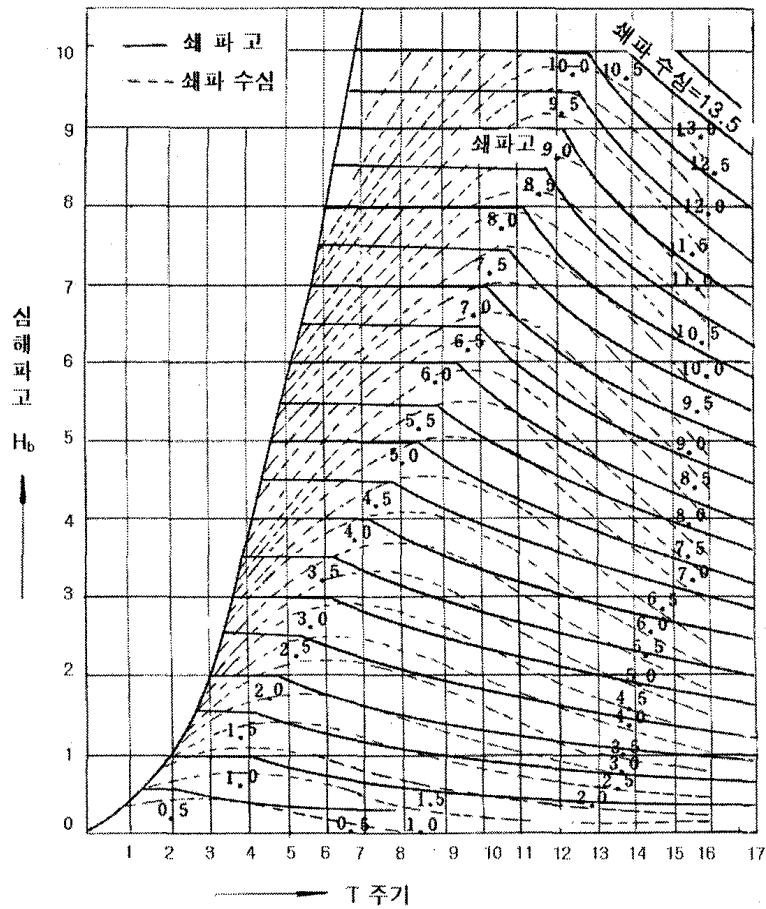
[그림 4.36] K_f 의 계산도표($m \cdot s$ 단위)

Δx : 파의 진행방향으로 취한 거리의
격차로, 이 구간 내에서 h (수심)
을 일정하게 취한다.

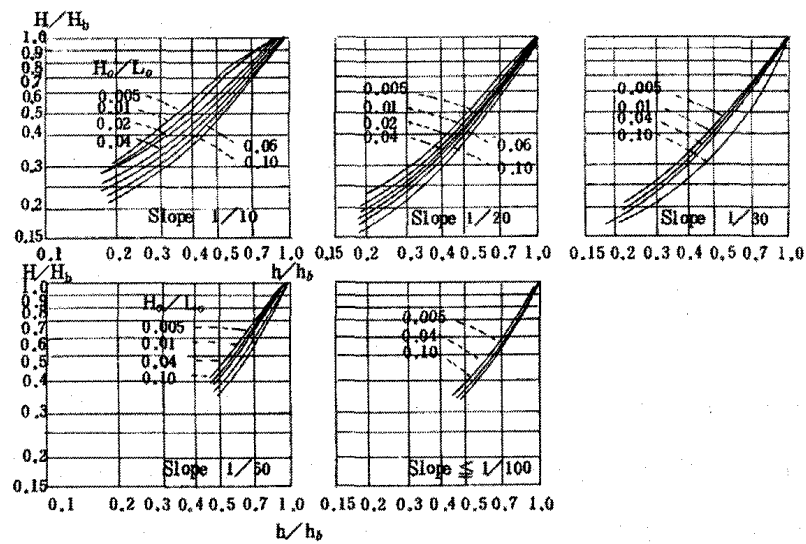
(3) 쇄파변형

심해파와 쇄파수심, 쇄파고와의 관계를 표시하면 [그림 4.37]과 같다. 이것은 U.S. Beach Erosion Board에서 취합한 것으로 쇄파수심은 해저의 경사와는 거의 관계가 없고, 쇄파고는 해저경사, 충격파(冲波)파형변형(H_o/L_o)에 의하여 변화된다. Iversen에 의하면 해저경사 1/10에서 [그림 4.37]이 약간 과소한 값을 나타내고 있다.

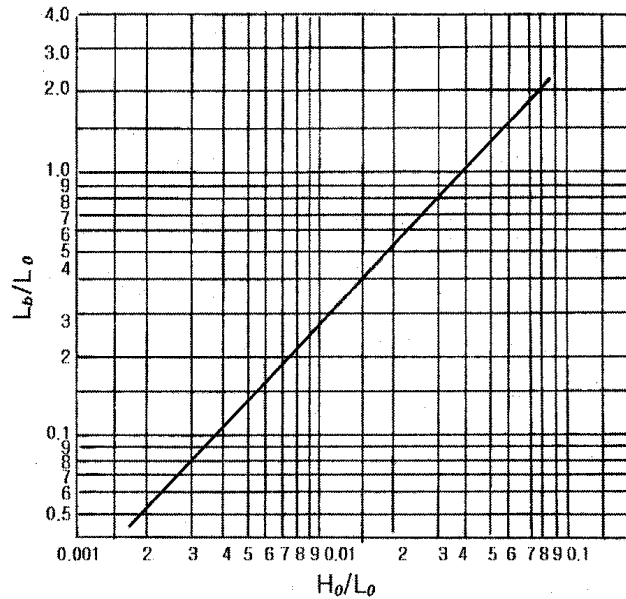
해저경사가 완만한 경우에 파도는 두 번, 세 번 부서져 나부리선(線)에 도달한다. 파도는 부서지므로써 에너지를 소모하여 작은 파로 된다. 어느 정도 작아지는가는 아직 확실치 않으나 파고는 쇄파에 의하여 6~7할로 줄어들고 주기는 9할 정도로 줄어든다고 한다. [그림 4.38]은 쇄파점 이후 파의 진행에 의한 파고감쇄의 모양을 나타내고 있다. 해저경사 1/30 이상에서는 쇄파된 채 [그림 4.38]의 곡선에 따라 파고를 감쇄하면서 나부리선(線)에 도달한다. 1/30 미만의 해저경사에서는 다시 비쇄파로 되돌아간다. 이 경우 쇄파가 지속되는 거리는 [그림 4.38]에 나타냈다. 비쇄파가 다시 되돌아간 파도의 다음 쇄파를 알려면 [그림 4.38]을 이용하여 또 다시 심해파로 환산(상당심해파)한 다음 [그림 4.37]을 사용하여 구한다.



[그림 4.37] 심해파와 쇄파수심, 쇄파의 관계(U.S. Beach Erosion Board)



[그림 4.38] 쇄파점 후의 파고변화



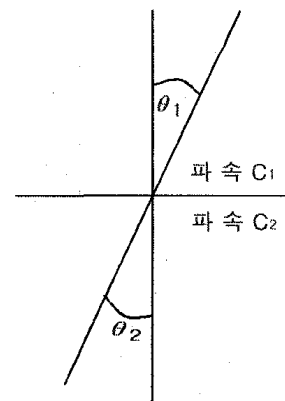
[그림 4.39] 쇄파의 지속거리

(4) 굴절 · 회절

굴절에 의하여 파고와 동시에 파향도 변한다. 파고변화에 관해서는 (2)의 천해변형에서 기술했다. 여기서는 굴절도의 작성방법에 대하여 기술한다. 파의 굴절은 Snell 법칙을 만족시키도록 작성하면 된다. Snell 법칙은

$$\frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{C_2}{C_1} \text{ 이다.}$$

이 작도는 파의 진행방향을 구하는 파향선법과 파동의 포락선으로부터 구하는 봉선법(峰線法)이 있는데, 여기서는 전자에 관하여 기술한다. 작도는 다음 순서로 한다. 심해파(해안에서 멀리 떨어져 있는 곳에서의 파) 파장의 1/2 이하인 곳의 등심선을 그린다. 이 때 1파장 정도의 불규칙성은 매끈하게 다듬는다. 각 등심선에서의 파속 C_i, C_{i+1} 을 [그림 4.40]에서 구한다. 중간 등심선을 그리고 이 법선에 대하여 입사각, 굴절각을 구한다. Snell 법칙을 만족시키는 작도는 여러 가지 있으나 그

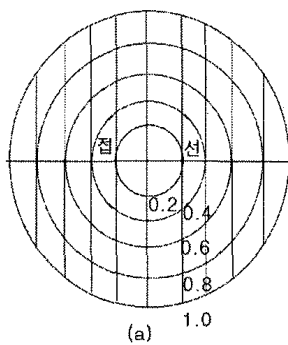


[그림 4.41]과 같은 굴절자를 사용하면 편리하다. [그림 4.41](a)는 [그림 4.40] 파의 굴절 굴절자로 동심원의 반경만큼 C_{i+1}/C_i 를 표시하고, 같은 그림(b)와 같이 중간등심선의 비율(H/H_i)이다. 이 그림은 파향이 방파제에 직각인 경우이다. [그림 4.43]과 같이

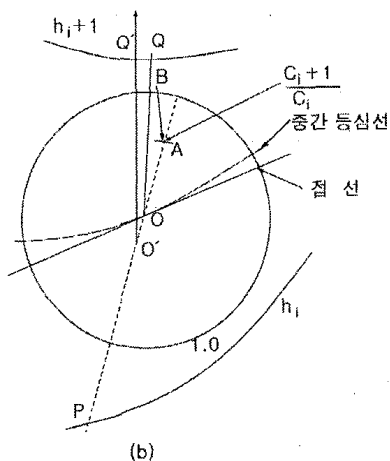
θ_0 만큼 비스듬히 진행하는 경우도 근사적으로 사용할 수 있다. 이 경우에는 방파제에 접하여 자를 놓고 입사선을 연장하여 C_{i+1}/C_i 와의 교점 A를 구하여 접선에 직교하는 방향으로 A, B를 긋고, 바깥쪽 원($C_{i+1}/C_i=1.0$ 의 원)과의 교점 B를 정하면 OB는 굴절파의 방향을 나타낸다. 이때 PO, OQ의 길이가 같아지게 자른 PA상에서 움직여 O'Q'를 최종 굴절선으로 한다. 이 방법은 자를 사용하지 않고 그대로 작도해도 좋다. 입사각이 80° 이상일 때에는 등심선 간격을 세밀하게 취한다.

굴절은 [그림 4.42], [그림 4.43]에 의하여 구한다.

[그림 4.42]는 방파제에 직각으로 진행하여 온 파가 제방의 그늘 부분에 돌아 들어가는 모양을 나타내고, K는 회절계수로 입사파고(H_i)에 대한 그 점의 파고(H 선단 O에서 파향선에 수직선 OA를 긋고 이것을 제방이라 가정하여 [그림 4.42]의 횡축을 겹치면 된다.

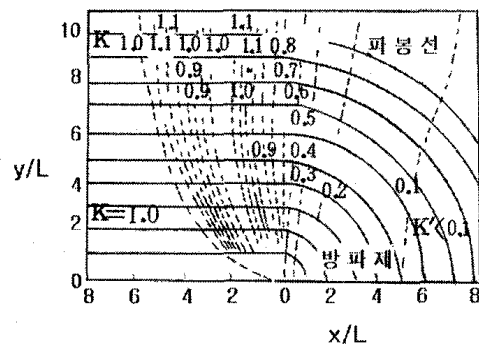


(a)

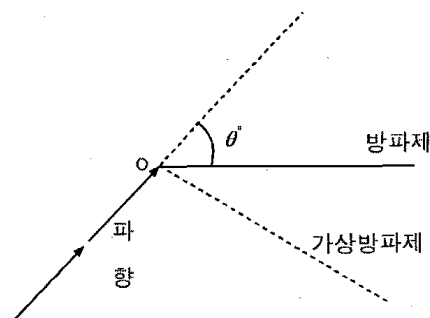


(b)

[그림 4.41] 굴절자



[그림 4.42] 반무한 방파제에 있어서의 회절도($\theta_2 = \pi/2$)



[그림 4.43] 임의의 입사각에 대한 회절

3) 설계파

해안구조물의 안전설계를 위한 설계파를 구하자면 다음과 같은 경우에 관하여 검토한다.

태풍 등 최대 심해파가 해안공작물 위치에 변형하여 도달하는 파.

해안공작물위치의 전면수심으로 규정되는 최대파와 발생의 가능성.

전자는 수심이 깊은 곳, 혹은 해저경사가 급한 지형의 해안구조물에, 후자는 해저경사가 완만한 해안의 구조물로 심해파가 몇 번이고 파쇄되면서 도달하는 경우로 양자 중에서 위험한 것을 취해야 한다. 또 후자 즉 그 수심에 존재할 수 있는 최대파에 관하여는 그 상당 심해파를 역산하여 이것이 그 심해파로 현실적으로 존재할 수 있는 것이라야 한다.

예를 들면 수심 5m의 위치에 설치하는 구조물의 설계파는 [그림 4.37]로 쇄파수심 5m선에 따라 가장 큰 쇄파고 H_b 를 읽으면 대체로 $T=9.3s$ 일 때 $H_b = 4.1m$ 를 얻는다. 이에 대한 심해파는 $H_b=3.55m$ 이므로 만약 이 해역의 최대심해파가 3.55m보다 크면 이 위치의 설계파는 $T=9.3s$, $H=4.1m$ 로 되고 최대심해파가 3.55m 보다 작으면 파의 변형을 고려하여 그 심해파에서 추정된 파를 설계파로 한다.

4) 파압 · 파력

(1) 파 압

파압은 파의 비쇄파, 쇄파에 의하여 크게 다르므로 양자의 판정에는 충분히 주의를 해야 한다. 비쇄파의 경우는 파가 중복하여 중복파압으로 된다. 또한 중복파도 완전중복, 부분중복, 부분쇄파 등에 따라서 파압이 다르다. [그림 4.44]는 이들을 고려하여 파압식 적용의 각 영역을 구분한 것이다.

(이 그림은 永井(NAGAI)등의 실험자료에서 岸(KISI)씨가 구한 그림이다. 단 $\frac{L_o}{H_o} < 0.03$ 에서는 2배 주파성분의 영향으로 Sainflou 식의 값보다 작아지고, 미소진폭 중복파압의 적용영역을 규정하고 있으나, 여기서는 이 영역을 제외하고 Sainflou 식의 적용범위에 포함시켰다.)

중복파압은 Sainflou 의 간략공식을 표시한다 [그림 4.44, 4.45 참조].

$$P_1 = (P_2 + W_o h) \frac{H + h_o}{h + H + h_o} \dots\dots\dots (4 \cdot 40)$$

$$P_2 = \frac{W_o H}{\cos h \frac{2\pi h}{L}}$$

$$h_o = \frac{\pi H^2}{L} \cot h \frac{2\pi h}{L}$$

P_1 : 정수면에서의 동파압강도

P_2 : 해저에서의 동파압강도

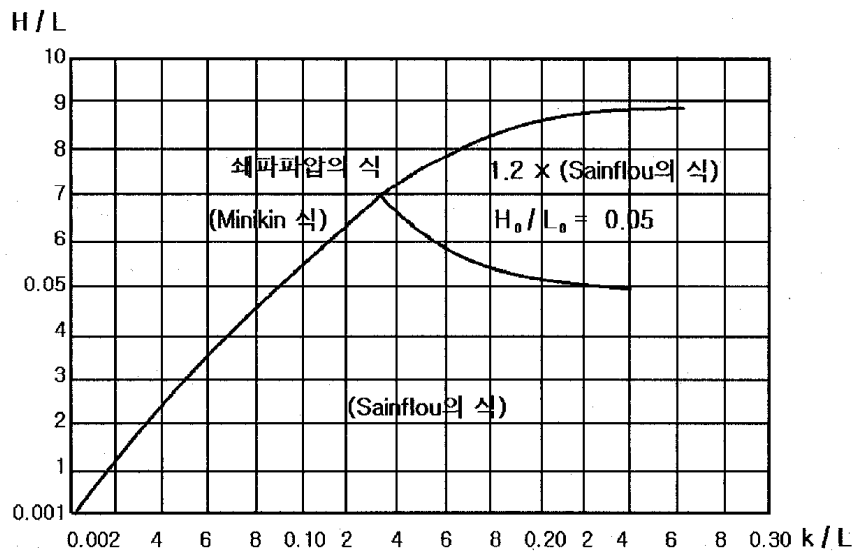
W_o : 물의 단위중량

h_o : 정수면의 상승고

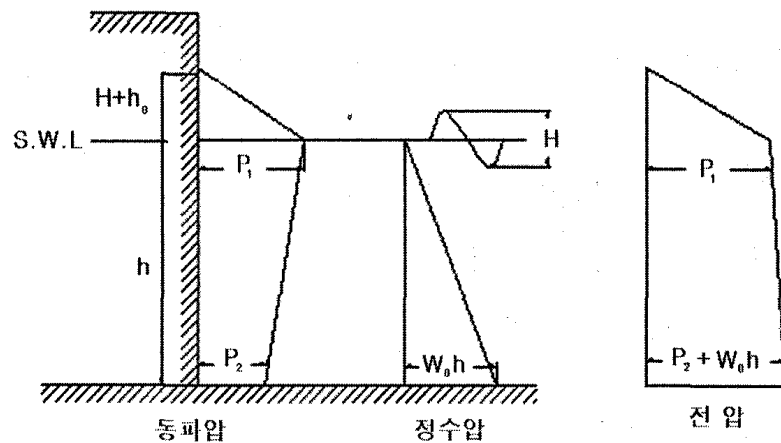
쇄파의 파압은 극히 큰 값을 취한다. 파압을 구하는 가장 일반적인 Minikin 공식을 표시하면, 충격파 $P_m = 102.4 W_o h_1 (1 + \frac{h}{h_o}) \frac{H}{L}$

$$P_z = P_m (1 - 2 \frac{|Z|}{H})^2, \quad \dots\dots\dots(4 \cdot 41)$$

$$-\frac{H}{2} \leq Z \leq \frac{H}{2}$$



[그림 4.44] 수직벽에 작용하는 파압식의 적용범위



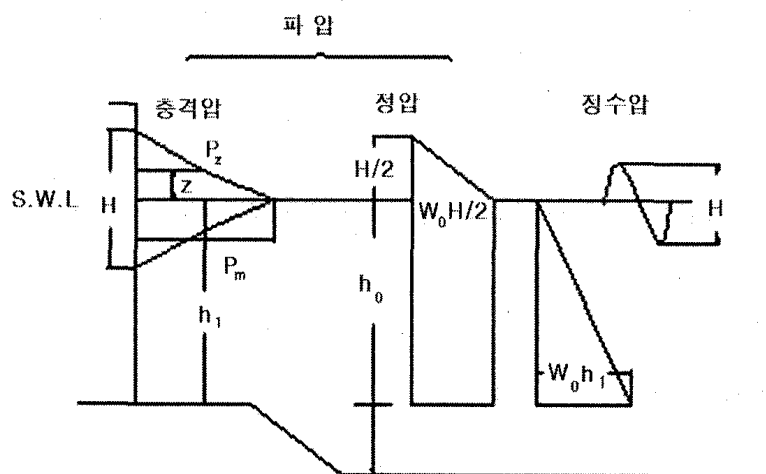
[그림 4.45] Sainflou 공식에 의한 중복파압

$$\left. \begin{aligned} \text{정 압} \quad \frac{P}{W_o} &= \frac{H}{2} - Z \text{ (정수면상)} \\ \frac{P}{W_o} &= \frac{H}{2} \text{ (정수면하)} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(4 \cdot 42)$$

H, L : 방파제 전방에서 진행파로서의 파고(m), 파장(m)

P_m : 정수면에서 작용하는 최대파압 (tf/m²)

P_z : 정수면에서 Z 되는 위치의 충격파압강도 (tf/m²)



[그림 4.46] Minikin에 의한 쇄파의 파압

또 U.S Beach Erosion Board에 의하면 나부리선(線) 부근의 구조물에 관하여 동압 P_m 은 정수면에 균일하게 작용한다고 하고, 이것에 삼각형 분포의 정수압을 가산한다[그림 4.47 참조].

전면수심 h 일 때 충격압 $P_m = 0.5 W_o h_b$,

저부의 정수압 $P_s = W_o(h + 0.7 H_b)$

나부리선(線)에서 l_m 만큼 육지측일 때

$$\text{충격과 } P_m = 0.5 W_o h_b \left(1 - \frac{l_m}{l}\right)^2$$

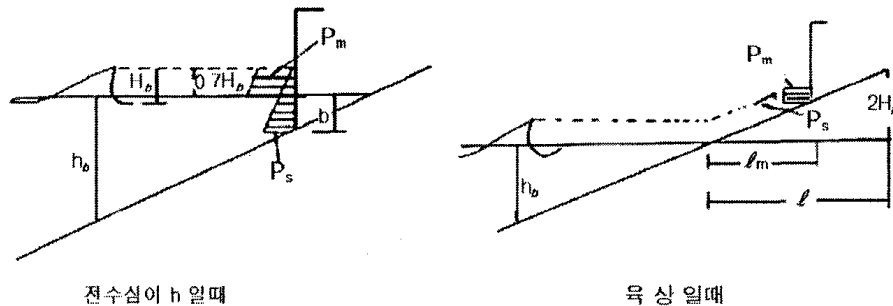
$$\text{저부의 정수압 } P_s = 0.7 W_o h_b \left(1 - \frac{l_m}{l}\right)$$

H_b : 구조물 전면의 최종쇄파고

h_b : 구조물 전면의 쇄파수심

l : 구조물이 없는 경우에 나부리선(線)부터 파가 기어오르는
종점까지의 수평거리

l_m : 나부리선(線)부터 구조물까지의 수평거리



[그림 4.47] 나부리선(線)의 구조물에 작용하는 파압

진행파가 벽면법선에 θ 각도로 충돌할 때의 파압 P_θ 는

$$P_\theta = P \cos^2 \theta \text{로 계산한다.}$$

(2) 파력, 소파, 바닥다짐공, 세굴방지

사면피복 등을 위하여 블록, 석재를 경사지게 배치하는 경우 이에 작용하는 파력에

안정하기 위해 필요한 단괴(單塊)의 중량을 정한다. Hudson 공식

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{K (S_r - 1)^3 \cot \alpha} \dots\dots\dots(4 \cdot 43)$$

W : 단괴중량,

γ_r : 단괴의 밀도,

S_r : 단괴의 비중,

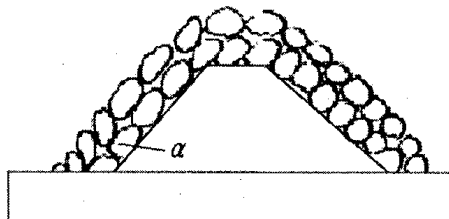
α : 블록, 석재의 사면이 수평과 이루는 각,

K : 단괴의 종류에 따른 계수 <표 4.24>

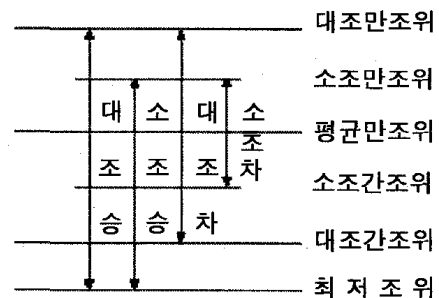
그리고 이 식을 적용할 때는 급경사 해변이면 주의를 요한다.

<표 4.24> K 값

단괴의 종류	적층수	제 방 중 간 부		제 방 선 단 부	
		쇄 파	쇄파 없음	쇄 파	쇄파 없음
등 근 돌	2	2.1	2.6	2.0	2.4
"	73	2.6	3.2	-	-
모 난 돌	2	2.8	3.5	2.7	3.2
"	73	3.4	4.3	-	-
테 트 라 포 드	2	6.6	8.3	5.0	6.5
육 각 블 록 (모양에 따라 다름)	2	6.3~8.1	7.9~10.0	6.0~7.6	7.2~9.2
중공삼각블럭			11		



[그림 4.48] Hudson식 모식도



[그림 4.49] 조 위

다. 조위와 흐름

1) 조 위

(1) 조 석

조석위는 위치에 따라 그다지 변하지 않으므로 근처 검조소의 자료 등을 이용할 수 있다. 이때 조위기준면은 인천만의 평균조위로 환산하여 둔다.

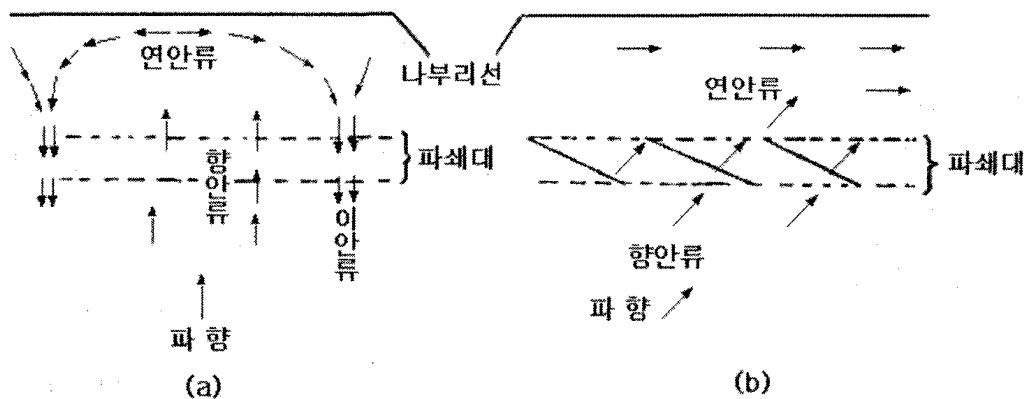
(2) 이상조위

주된 이상조위는 진파(Tsunami), 고조이지만 이것은 만, 입구 등 복잡한 지형일 경우는 국소성이 강하고 또 해변경사가 완만한 해변에서는 파랑류에 의한 질량수송에 의하여 조위상승을 초래한다. 이와 같은 지형에서는 검조기를 설치하여 직접 관측하는 것이 바람직하다.

2) 해안 하구의 흐름

(1) 해안류

해안에서의 흐름은 해류(海流), 조류(潮流), 향안류(向岸流), 연안류(沿岸流), 이안류(離岸流)등이 복잡하게 서로 영향을 미쳐서 일어나는데, 그림으로 표시하면 [그림 4.50]과 같다.



[그림 4.50] 각종 해안류

향안류, 연안류, 이안류는 그 해변의 표사의 이동특성을 규정짓기 때문에 특히 충분한 조사를 해야 한다. 이들은 직접 유속조사를 하는 것이 바람직 하지만 간접적으로는 파의 입사방향, 파고, 주기로부터 쇄파대의 상황, 해저지형 등을 고려하여 판정한다.

(2) 하구류

하구류는 하천내에 염분이 침입하는 등 밀도류 문제와 해중에 확산하는 문제 등 복잡한 문제를 가지고 있으나, 이들은 하구유지상 그다지 문제가 되지 않는 경우가 많고, 오직 소류력을 통해서 관계한다.

(3) 감조호구(感潮湖口)의 흐름

하천이 호소, 간석지를 통하여 바다로 유출하는 경우에 그 호구를 유지하는데 조차로 발생하는 유출입 수량을 이용한다. 이 경우에 필요한 호구유황을 알기 위해서 외해와 호내의 동시수위 및 유속측정을 하여 호구의 수리특성을 조사한다.

호구유속을 계산하려면 하천에서의 유입수량과 외해수위를 주고, 운동방정식과 연속방정식을 만족시키도록 수치적분을 하여 얻는데, 하천에서의 유입수량이 호구의 감조류에 비하여 생략할 수 있는 경우의 호구유속은 근사적으로 구하는데, 예를 들어 설명하면 다음과 같다.

예를 들어 호수면적 $s = 3.6 \times 10^6 \text{ m}^2$, 평균수심 $d' = 5 \text{ m}$, 호구에서 최원점까지의 거리(l) 2,000 m인 호면이 평균 통수단면적 $A = 30 \text{ m} \times 3 \text{ m} = 90 \text{ m}^2$, 길이 $L = 2,000 \text{ m}$ 인 직선수로로 외해와 연결되어 감조되고 있을 때 호구수로의 유속을 구한다. 외해조차 $\zeta = 0.86 \text{ m}$, 만일주기 $T = 12 \text{ h}$, 수로조도계수 $n = 0.02$ 로 한다. 라고 하면

우선 근사계산의 적용조건은

$$t_l = \frac{l}{\sqrt{gd'}} = \frac{2,000}{\sqrt{9.8 \times 5}} = 286 \text{ s}$$

$$\frac{\pi t_l}{T} = \frac{3.14 \times 286}{12 \times 3,600} = 0.02 \ll 1 \text{ 이라 만족한다.}$$

유량계수 C 는 경심 $R = \frac{30 \times 3}{30 + 3 \times 2} = 2.5 \text{ m}$ 이므로 $f_e = 0.4$, $f_o = 1.1$ 로 하여

$$C = \left[f_e \left(\frac{A}{A_e} \right)^2 + \sum f_n \left(\frac{A}{A_n} \right)^2 + f_o \left(\frac{A}{A_o} \right)^2 + \sum \frac{2gn^2l}{R^{4/3}} \left(\frac{A}{A_L} \right)^2 \right]^{-\frac{1}{2}}$$

$$= \left[0.4 + 1.1 + \frac{2 \times 9.8 \times 0.02^2 \times 2,000}{2.5^{4/3}} \right]^{-\frac{1}{2}} = 0.41$$

$$\alpha = \frac{1}{\sqrt{2}} \left(\frac{ATC\beta g^{1/2}}{2s} \right)^2 = \frac{1}{\sqrt{2}} \left(\frac{90 \times 12 \times 3,600 \times 0.41 \times 0.76 \times \sqrt{9.8}}{2 \times 3.6 \times 10^6} \right)^2 = 0.196$$

따라서 호내조차(湖內潮差) ζ' 는

$$\zeta' = \alpha \sqrt{\sqrt{1 + 2 \left(\frac{\zeta}{\alpha}\right)^2} - 1} = 0.196 \sqrt{\sqrt{1 + 2 \left(\frac{0.86}{0.196}\right)^2} - 1} = 0.45 \text{ m}$$

따라서 1 조석간의 수로평균유속 \bar{v} 및 최대유속 V_{\max} 는

$$\bar{v} = \frac{2s\zeta'}{AT} = \frac{2 \times 3.6 \times 10^6 \times 0.45}{90 \times 12 \times 3,600} = 0.83 \text{ m/s}$$

$$V_{\max} = \frac{2s\zeta'}{\beta AT} = \frac{2 \times 3.6 \times 10^6 \times 0.45}{0.76 \times 90 \times 12 \times 3,600} = 1.09 \text{ m/s}$$

여기서, t_l : 호구에서 호내의 최원점까지 장파가 도달하는데 걸리는 시간

β : 무차원정수(=0.76), f_e , f_o : 유입, 유출 손실계수

f_n : 단면변화, 만곡, 기타 각종 손실수두를 $\Delta h_n = f_n \frac{V_n^2}{2g}$ 으로 표현했을 때의 손실계수,

L : 호구수로의 구간길이, R : 구간 L 의 조도계수,

A_e, A_o, A_n, A_L : 호구수로의 유입구, 유출구, 기타 각 위치의 통수단면적

라. 표사와 소류사

1) 표 사

표사이동은 나부리선(線)에 직각방향이동과 평행방향이동으로 나누어진다. 또 시간적으로 미시적인 이동과 장기간의 거시적인 이동이 있다. 다시 공간적으로 보면 나부리선(線) 근방과 연안사주 근방에 현저한 이동대가 있다. 각각 시간, 공간적인 표사현상의 채택방법에 따라서 심한 차이가 있다. 그러므로 계획하고 있는 하구공법에서 이들 현상 중의 어느 것이 가장 뚜렷하게 영향을 미치는가를 아는 것은 중요한 일이다.

(1) 연안표사의 탁월방향과 표사량

표사의 탁월방향을 아는 것은 하구처리계획상 중요한 것으로 특히 바깥해변 이상으로 돌출시킬 경우에 중요한 조건이 된다. 이를 아는 방법으로서 4.6.4의 1) 하구처리의 기본조사에서 기술하는 사항 중에서 다음과 같은 점에 의해서 판단한다.

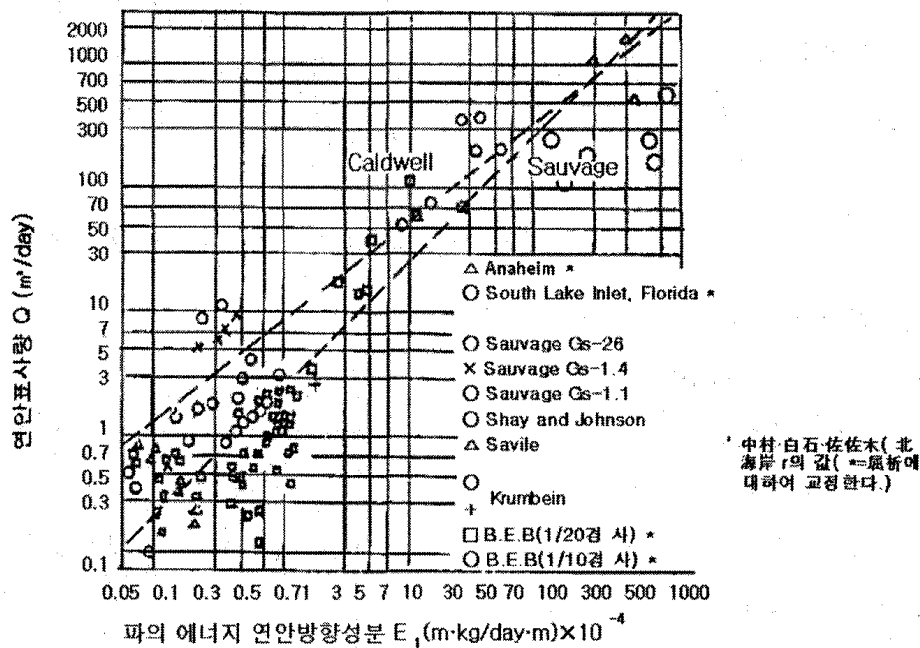
- ① 근처의 해안공작물에 의한 침식퇴적상황에 의하여 판정
- ② 심천측량의 계절별, 경년별 관측에 의한 판정
- ③ 방사선 동위원소사 기타의 표사재와 트레이서를 사용한 현지관측에 의한 판정

④ 파 또는 풍향에 의하여 탁월파향을 구하는데 따른 판정

⑤ 나부리선(線) 모래 및 저질의 입경분포도에 의한 판정

⑥ 표사공급원의 추정에 의한 판정

또 연안표사량에 대해서 충분한 개발이 되어 있지 않으나, 파의 에너지와의 사이의 관계는 [그림 4.51]에 표시되어 있다.



[그림 4.51] 파의 에너지의 연안방향성분과 연안표사량과의 관계

2) 소류사

(1) 모래의 이동한계 유속

모래가 흐름에 의하여 이동하기 시작하는 유속과 모래의 입경과의 관계는 [그림 4.52]에 표시되었다. 그림 중에서 한계마찰속도 U_{*c} 에 대응하는 평균유속 v 와의 관계는 다음과 같다.

$$v = \frac{c U_{*c}}{\sqrt{g}} \quad \text{또는,} \quad v = \frac{R^{1/6} U_{*c}}{n \sqrt{g}} \quad \dots\dots\dots(4 \cdot 44)$$

여기서, c : Chezy의 유속계수, n : 조도계수, R : 경심

(2) 소류사량

소류사량에 대해서 많은 연구성과가 있으나, 각 연구자에 따라서 크게 차이가 있다. 이들을 도시하면 [그림 4.53]과 같다. 그림 중에서 σ : 모래의 진비중, ρ : 물의 비중, d : 입경, U_* : 마찰속도(평균유속과의 관계는 전항 가)항과 같다),

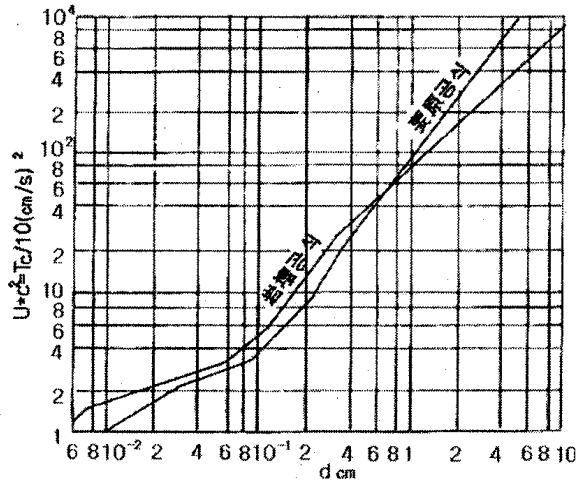
q_B : 단위시간에 단위폭을 유하하는 소류사량

(3) 하구체사의 배제

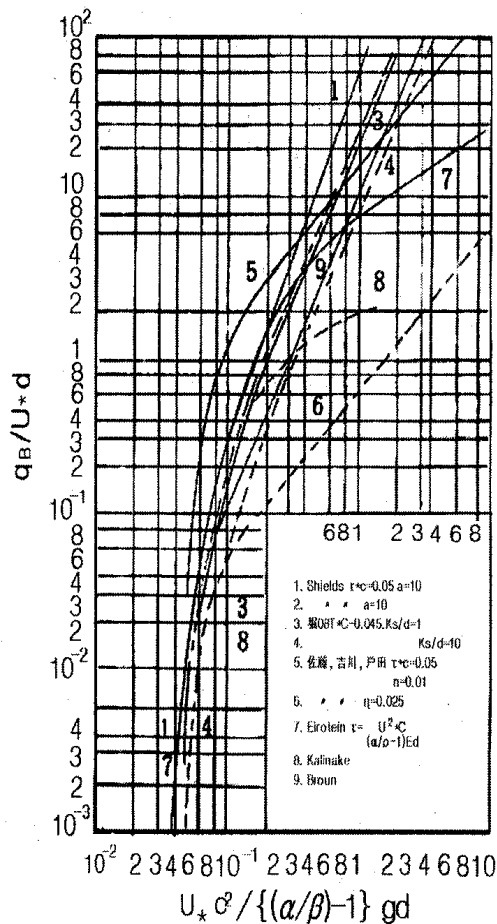
홍수 때 하구체사가 있으면 홍서류로 하구를 확대하면서 유하한다. 이 경우에 하천수위가 계획홍수위를 넘지 않을 것을 인정해야 한다. 또 완전폐쇄하여 담수한 물이 체사정(滯砂頂)을 넘어서 월류하여 점차 개구하는 경우에 이들의 흐름은 비정상류로 되고 일반적으로 복잡하지만 적당한 시간계차 d_t 를 취하여, Δt 시간에 체사를 넘는 흐름을 일정하다고 가정하여 이 유황하의 소사량을 계산하고 이 소사 개구량을 다음 시점에서의 체사고의 수정에 사용해 나간다. 이와 같은 수치적분을 함으로써 개구의 시간적 과정, 상류수위, 혹은 내수위의 변화를 알 수 있다.

3) 비사

사구가 발달한 지역에서 바람이 강하고 모래 입경이 작은 경우나 비, 눈이 적고 건조한 사구 등과 같은 해안에 하구가 있는 경우는 비사(飛砂)에 의한 폐쇄에 대



[그림 4.52] 한계소류력과 입경과의 관계



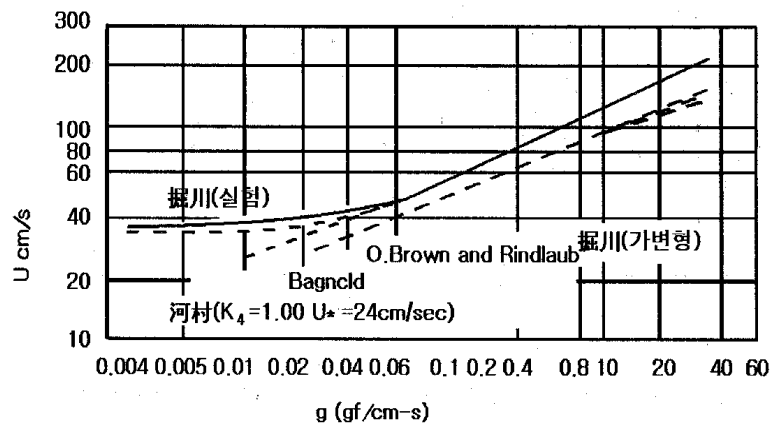
[그림 4.53] 각종 소류사(掃流砂) 공식

하여 검사해야 한다. 풍속과 비사량의 관계는 [그림 4.54]에 표시한다.

이 그림에서 풍속, 풍향의 관측자료를 사용하여 그 지역의 비사(飛砂) 특성을 알 수 있다. 그림 중의 마찰속도 U_* 는 지상 1m의 풍속 v_1 , 혹은 지상 4.5m의 풍속 $v_{4.5}$ 를 사용하여 다음 식으로 계산한다.

$$U_* = 0.053 v_1 \text{ (cm/s)} \dots\dots\dots(4 \cdot 45)$$

$$\text{또 } U_* = 0.0572 v_{4.5} - 17.1 \text{ (m/s) (浜田, 大久保, 長谷(HAMADA, OHKUBO, HASAE) 式)} \dots\dots\dots(4 \cdot 46)$$



[그림 4.54] 비사량(飛砂量)에 관한 제식의 비교 ($d_{50} = 0.20 \text{ mm}$)

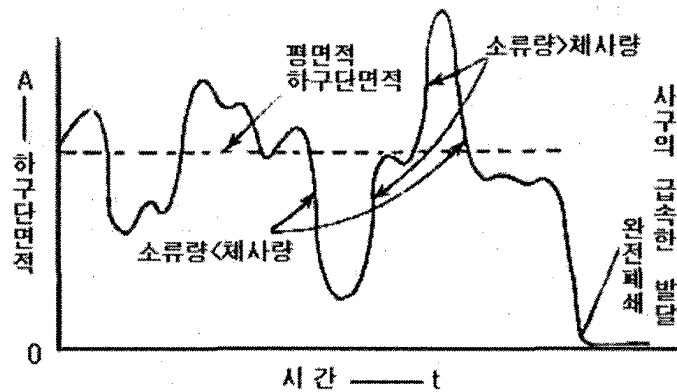
4) 하구폐쇄의 기구와 대책

하구폐쇄는 전기한 모든 해안현상이 겹쳐 일어나는 것이나

- ① 하구에 반입하는 모래(표사, 비사, 기타에 의한)와 소사량과의 평형
- ② 하구규모와 표사량(비사량) 변동의 크기와 도수
- ③ 나부리선(線)의 안정성

이상의 3점이 하구폐쇄의 주요인이고 ①은 체사량과 소사량과의 균형으로 어느 체사량에 대하여 소류력이 부족하면 하구단면은 점점 감소하고, 유속이 크게 되고, 소류력이 증대하여 체사량과 균형이 잡힌 개구 단면으로 유지되는 것을 표시하고 있다. ②는 완전폐쇄의 발생에 관계된다. 즉 ①에서 기술한 체사력과 소류력의 평형이 하구단면의 크기를 규정한다고 하면 그 유량에 대응한 단면이 존재하며 유량이 0이 아닌 한 완전폐쇄는 일어나지 않는 것으로 된다. 그러나 현실적으로는 체사력, 소류력은 변동하며 그 변동을 평균화할 수 있는 규모의 하구가 아니면 폐쇄를 이루게 된다. 따라

서 큰 규모의 하구에서는 어느 시기에는 단면이 축소하고 어느 시점에서는 확대한다. 이 주기성은 계절적이거나 경년적이다. 이에 대하여 소규모의 하구에서는 강풍시의 체사로 단시간에 폐쇄되고 다음의 정온(靜穩)시에 완전폐쇄가 일어나거나 점확되어야 할 것이 다시 체사된다. 이와 같이 체사, 소류의 우열에 따라 변동하여 오던 하구단면적의 소장(消長)이 완전폐쇄현상에 의해서 단절하게 된다. [그림 4.55]는 완전폐쇄에 이르는 상황을 표시한다. ③은 나부리선(線)의 전진, 후퇴상황을 표시하는 것으로 나부리선(線)의 변화가 심한 해안은 표사 이동이 심한 해안이라 할 수 있다.



[그림 4.55] 소류력, 체사력의 소비와 하구단면적

하구처리공법은 결국 소류력의 증대를 도모하는 것과, 하구표사의 체사력의 감소를 도모하는 것으로 전자는 배출구바닥 높이를 높이 취하고 유심위치를 안정시키며 통문 조작을 연구하는 것 등이고, 후자는 수로측벽을 세워서 지그재그 표사의 반입을 방지하고, 배출구 방향을 검토한다. 배출구 전면에 방파벽을 설치하여 인상파에 의한 직접적인 표사반입을 방지하며 암거로 만들어서 인상파에 의하여 측면으로부터 반입되는 표사나 비사를 방지하고 도류돌제에 의하여 연안표사를 차폐한다. 방사제에 의하여 나부리선(線)을 안정시키거나 그 밖의 방법도 있다. 이들 공법에 의한 정량적 계산은 많은 문제를 내포하고 있으나, 4.6.3에 기술한 계산을 개개의 구체적 사례에 대하여 적용, 검토함으로써 행할 수 있다. 조사방법도 이와 같은 관점에서 행할 필요가 있으며 각 공법에 따른 개개의 문제는 4.6.4에서 기술한다.

4.6.4 하구처리의 기본조사

하구처리를 위한 기본조사는 각 하구의 특성을 고려하여 그에 알맞게 수행한다.

가. 하구조사

하구폐쇄를 방지하기 위한 하구처리공법을 계획하는 경우에 그 대책방침을 결정하기 위하여 하구조사를 실시한다. 이 조사는 각 하천, 해변에 따라 적절히 선택 실시해야 한다. 기본적인 조사항목을 정리하면 <표 4.25>과 같다.

나. 조사계획

전항의 조사요령에 대하여 어느 조사를 어느 정도로 실시하는 가는 각 하구의 특성에 따라 판단해야한다. 그러나, 이를 대별하여 다음 두 공종의 판정을 하면 그 조사항목, 정밀도로 크게 나눌 수 있다.

㉑ 하구공작물을 전면 해변까지 설치한다.

이것은 간조면까지 하수를 도류하는 것으로 이 하구공작물에 의하여 해변의 자연조건을 거의 바꾸지 않는데 특징이 있다. 이 공법은

① 홍수량이 적어서 하구호안, 개거, 암거, 통문조작시 인위적으로 흐름을 제어하고 유심을 크게 만족시키는 등의 공법이 가능한 경우

② 갈수량이 비교적 커서 하구유지 대책을 세우기 쉬운 경우

③ 하구바닥고를 높이 취할 수 있는 경우에 적용되는 공법으로 소규모 하구의 대책에 사용한다.

㉒ 하구공작물을 바깥해변 이상으로 설치한다.

이것은 표사이동이 현저한 지대를 관통하여 하수를 도류하는 것으로 도류제 공법이 중심이고 이에 방사제를 병용하는 일도 있다. 보통 심해에 돌제(突堤)를 내기 때문에 대공사로 되는 경우가 많고, ㉑의 공법으로 하구유지가 곤란한 경우에 사용한다.

이상의 2가지 공법 중 어느 공법으로 하는가에 따라 필요로 하는 조사가 달라진다.

〈표 4.25〉 하구조사 항목

<p>(1) 개요</p> <p>①. 1. 하구폐쇄와 관계가 있는 경지의 상황</p> <p>①. 1. 1. 경지 및 기타 면적 답, 전, 산림, 원야, 기타 및 관계농가호수 등</p> <p>①. 1. 2. 지형 지질 : 토양, 지질, 경지의 평균지반경사, 최저지반표고</p> <p>①. 1. 3. 피해상황 피해면적, 피해량 (ton, 금액), 상시과습 답면적, 침수상황, 우량, 연월일, 침수면적, 최대담수심, 침수기간 등</p> <p>①. 2 하구폐쇄상황</p> <p>①. 2. 1. 하구폐쇄의 시간, 회수</p> <p>①. 2. 2. 하구체사의 상황 : 경향과 규모, 도수가 높은 것, 최대의 것에 대하여</p> <p>①. 2. 3. 하구체사의 개구상황 자연개구의 가능성과 조건 인위적 개구의 실시상황</p> <p>(2) 기상조사</p> <p>②. 1. 바람</p> <p>②. 1. 1. 월별자료</p> <p>②. 1. 2. 태풍자료 : 경로도를 붙인 매시간의 풍속, 풍향표를 작성한다. 또, 풍속, 풍향의 시간적 변화(1시간마다) 곡선을 작성한다.</p> <p>②. 1. 3. 강풍자료 해풍성분에 대하여 풍속, 풍향의 시간적 변화(매 1시간마다)곡선을 작성한다. 강풍의 원인에 대하여 기입한다. (태풍, 계절풍 등)</p> <p>②. 2. 강우 : 하천유역에서의 강우량 구분</p> <p>(3) 하상조사</p> <p>③. 1. 유역 면적 : 평야(ha), 산지(km²)</p> <p>③. 2. 수송토사량 하구사주, 나부리선(線) 변화 등에서 추측한다.</p> <p>③. 3. 하상경사 : 하구, 하류, 중류, 상류별</p> <p>③. 4. 하천 횡단도 : 하구, 하류, 중류, 상류별</p> <p>③. 5. 유량* 계량위치를 부도에 명기할 것 홍수량의 기록이 없는 경우는 계산에 의하여 이를 표시한다.</p> <p>③. 6. 하상물질 상류, 중류, 하류, 하구의 각각에 대하여 상기 항목을 조사한다. 모암 : 비중σ, 간극률$= (1 - \sigma_d / \sigma) 100$ 건조밀도 σ_d(수중 충전) 조(粗) 및 (密) 평균입경 $d_m = \left(\frac{\sum_{p=0}^{p=100} d \cdot d_p}{\sum_{p=0}^{p=100} d_p} \right)$ 중양입경 d_{50}, 65%입경 d_{65} 균등비 $M = \left(\frac{\sum_{p=0}^{p=50} d \cdot d_p}{\sum_{p=0}^{p=100} d \cdot d_p} \right)$ 가적곡선</p> <p>③. 7. 감조정도 대조, 소조시의 감조한계조사, 기존자료가 있으면 농도, 기타를 기입한다. 염분이 도달하는 거리도 부기한다. 염분의 소상상황</p>	<p>(4) 해상조사</p> <p>④. 1. 파</p> <p>④. 1. 1. 상시파 : 심해파-파고, 파상, 주기 나부리선(線) 부근의 파-동상 해파대의 위치 그리고 관측점의 위치, 수심을 명기하고 조사기간은 1년 이상의 연속관측으로 한다.</p> <p>④. 1. 2. 태풍시의 파:조사항목은 ④.1.1.과 동일</p> <p>④. 2. 조위** : 인천검조위로 표현하고 기본수준면(D.L)과의 관계를 명시한다.</p> <p>④. 3. 해안류 : 연안류, 이안류, 기타의 흐름에 유속, 유향을 도면에 표시한다. 부차 또는 유속, 유량계 등을 관측이라는 것을 명시한다. 또는 수로국의 유황도를 참고한다.</p> <p>④. 4. 하구류</p> <p>④. 4. 1. 유출, 유황 - 관찰, 청취에 의한. 영의 사출각도 하구를 유지하기에 필요한 최소유량 하구를 통과하기에 필요한 수량</p> <p>(5) 표사</p> <p>⑤. 1. 나부리선(線) 변화</p> <p>⑤. 1. 1. 계절별 경년변화</p> <p>⑤. 1. 2. 홍수시, 태풍시의 변화</p> <p>⑤. 1. 3. 해안구조물에 의한 변화 해안구조물이 있는 경우에는 그 설치전후의 변화 관측범위는 어느 것이나 하구폭의 5배 이상으로 하고 나부리선(線)은 평균조류선으로 한다.</p> <p>⑤. 2. 심천조사 (후면 해변을 포함함)</p> <p>⑤. 2. 1. 계절별 경년변화</p> <p>⑤. 2. 2. 홍수시, 태풍시의 변화</p> <p>⑤. 2. 3. 해안구조물에 의한 변화 : 해안구조물이 있는 경우는 그 설치전후의 변화 관측범위는 나부리선(線) 방향으로 하구를 중심으로 하여 하구폭의 5배 이상, 심해방향으로 수심 5m 이내로 하고 이 범위를 정조하며 이보다 깊은 곳은 해도에 따른다. (해도수심은 기본수준면으로 표시되어 있으므로 인천검조위로 환산할 필요가 있다.)</p> <p>⑤. 3. 하구체사 : 하구지점단면의 변화, 최대체사고, 체사의 침입깊이, 체사의 중형단면</p> <p>⑤. 4. 해저 및 해안사질</p> <p>⑤. 5. 표사공급원조사</p> <p>⑤. 6. 방사선동위원소사, 기타 표사제에 의한 조사</p> <p>(6) 비사</p> <p>⑥. 1. 사구 규모 「비사의 공급원으로서의 砂質(사 이동상황)」 질) ((3). ⑥.의 방법에 의함)</p> <p>⑥. 2. 하구부근의 풍속, 풍향 비사가 문제가 되는 지구는 5~10 m/s 이상의 바람에 대하여 실측하고 관측소의 바람과의 상관을 구한다.</p> <p>⑥. 3. 비사량 비사채취기에 의한 실측, 혹은 그림 4.52를 사용하여 강풍시 계절별, 경년적인 비사량을 바람의 자료에 의하여 산출한다.</p>
---	--

주* : ③. 5. 유량

주** : ④. 2. 조위

구 분	홍수량	평수량	갈수량	적 요
하 구	m ³ /s			계획강우량 계획유출율
하 류				
중 류				
상 류				

검 조 소 명	위 치	
최 고 고 조 위	발생년월일	
대조평균고조위		
소조 " "		
평조평균조위		
소조평균저조위	발생년월일	
대조 " "		
최저저조위		

4.6.5. 하구처리계획

하구처리를 위한 공법으로는 암거공법, 개거 공법, 하구호안 공법, 도류제 공법, 방사 공법, 기타 공법이 있으며, 현지 조건을 충분히 조사·검토하여 기술적, 경제적으로 가장 합리적인 처리방법을 계획한다.

하구개량은 먼저 사행(蛇行)하는 하구를 고정시키고 하구에 침입하는 표사(漂砂)를 방지하며 될 수 있는 한 하구체사를 감소시키고, 또한 하천수의 소류력에 의하여 체사를 씻겨내려 가게 하여 지구내 수위를 저하시키기 위하여 시행한다. 따라서 하구개량공사는 하천 소류력의 증대와 하구체사(河口滯砂)를 방지한다는 두 개의 기본적인 목적을 가져야 한다.

이제까지 실시해 온 하구처리공작물을 정리하면 크게 나누어 광의의 개거와 암거가 있고, 또 공작물을 나부리선(線) 부근에서 한정시킨 것도 있고, 바깥해변까지 연장한 것이 있다. 더 작게 나누면 호안공, 도류제공, 암거공, 개거공(협의)과 이에 부대되는 방사공(防砂工), 통문(樋門), 소파공(消波工) 기타가 있다.

일반적으로 유역도 크고 내수의 소류력이 상당히 기대되는 하천은 나부리선(線)까지의 호안에 의하여 하구를 유지할 수 있으나, 하천유량에 비하여 파의 에너지가 큰 경우에는 도류돌제(導流突堤)를 시공하여 도류 방사(防砂)를 도모해야 한다. 유역이 작고 내수량이 적은 소배수로의 배출구는 암거 또는 개거(3측면 라이닝)에 의하여 단면을 고정하고 체사방지와 소류력의 증대를 기도한다. 일반적으로 원천지형에서는 후면해변이 얇고 파의 기어오름도 크지 않으므로 다만 3측면 라이닝만으로 좋으나 급경사해변이고 파의 기어오름이 크고 고위부의 표사이동이 심한 곳이나 비사(飛砂)가 많은 곳은 상부를 덮는 암거방식이 취해진다.

방사공, 통문, 기타의 부대공사는 각 조건에 따라 시행하고 또한 하구처리의 효과를 올리기 위한 것이다.

하구처리공에 있어서도 경제사정 때문에 설계 시공에 만전을 기하는 것은 어렵고, 상당히 완벽하게 공사가 이루어졌다고 해도 완전히 하구체사를 방지할 수는 없다. 따라서 하구개량은 언제나 대국적인 면에서 하천소류력의 증대를 생각하여 하도정비에 중점을 두고 하천개량의 일환사업으로 실시하지 않으면 의미가 없다.

이에 하구개량을 위하여 행하는 추가되는 공법에 한하여 그 특성을 기술한다. 이들은 단독적으로 시공되는 것도 있지만 서로 조합하여 시공하는 일이 많다.

가. 암거공법(暗渠工法)

파형경사가 작은 파가 많은 해역에서 표사공급이 많고 또한 표사입경이 큰 곳은 해변경사가 크게되어 고위부의 표사이동이 현저하다. 또 특히 나부리선(線)에 평행한 표사이동이 심한 해변 및 비사가 심한 해변은 후면해변이 잘 발달한다.

이와 같은 해변에 유입하는 소하천의 하구 및 방사구의 보존에는 극히 높고 큰 호안공이 필요하므로 경제성과 구조상의 안전성에서 암거공법이 유리하다.

또 암거공은 조차 및 나부리선(線)의 변화가 적은 곳에서는 쉽지만 나부리선(線)의 변화가 큰 곳에서는 암거연장의 결정이 곤란하며, 암거 내외의 체사방지가 곤란하다.

암거공법채용의 유량한계 및 지형은 엄밀히 결정할 수는 없으나, 계획유량이 150~200m³/s 이하인 하천에서 상당한 표사이동이 표고 +4m까지 미치는 해변에서는 암거로 하는 것이 바람직하다.

1) 암거의 설계제원

암거설계에 있어 검토해야할 구조상의 제원은 연장(유출구 위치), 표고(바닥표고)단면 및 방향이다.

(1) 표고 및 연장

암거공법 성공의 제1조건은 지구내 사정이 허용하는 한 배출구 바닥표고를 높게 해야 하는 것이다.

감조한계보다 상류의 수면과 평균조위면을 맺는 수면경사, 혹은 하상경사에 의하여 유출구의 바닥표고를 정하여 상류에서의 경사, 혹은 수평으로 암거를 연장하여 나부리선(線)이 전진한 경우의 전면해변의 사면형상 위에 바닥이 나온 점을 배출구 위치로 한다.

체사(滯砂)해변에서 [그림 4.56]과 같이 전면(全面)퇴적이 형성되는데, 암거 배출구는 바닥이 사면상에 나타나는 A점으로 한다. A점 부근은 표사이동이 극히 심한 곳이므로 암거내 체사를 감소시키기 위하여 배출구의 상면부터 콘크리트키튼을 내리거나

혹은 빈지를 삽입하여 평상시의 단면을 좁히거나 전면을 막아 횡방향에 개구한다. 또 A점에서 체적형상이 해변부터 배출구를 다시 돌출시켜 표사이동에 불연속을 주면 암거내 체사가 현저히 감소된다.

지구내 표고는 여유가 있으면 유입구나 배출구도 높게 하여 배출구에서 수맥이 생길 정도의 높이로 바닥을 설치하면 배출구 체사는 거의 없어지고 파에 대한 구조물의 안전성도 증가한다.

바닥표고를 높게 하는 것은 암거길이를 단축할 수 있어 경제적이지만 지구내의 배수를 한다는 의미에서 어디까지나 허용담수심을 기준으로 하여 경제성을 검토할 필요가 있다.

(2) 단면

계획배수량은 지구내의 경제적 허용담수심에서 될 수 있는 한 작게 예상해야 한다. 단면형은 암거바닥을 높게하여 조석과 작용에서 배출구를 보호하고 또한 지구내 수위를 될 수 있는 한 내리기 위해서는 폭을 넓은 단면으로 한다. 폭이 넓어지면 삼차원(나부리선(線)에 사향한다) 체사가 크게 되므로 중간 이음매를 넣어 연수를 증가하도록 한다. 이런 뜻에서 흙관을 몇 개 옆으로 줄지어 놓고 콘크리트로 감은 암거가 많이 사용되고 있다. 이러한 경우 각 암거에 유량조절용 통문을 설치한다.

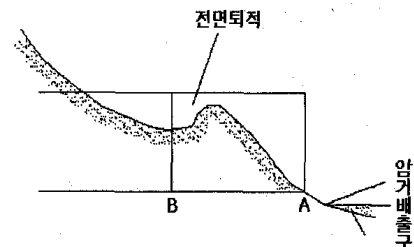
(3) 방향

특히 조성한 파동방향이 있으면 암거법선을 그 아래로 향하게 하는 수도 있지만, 보통은 나부리선(線)에 직각으로 내고, 될 수 있는 한 수면경사를 크게 한다. 이 경우 전면을 닫고 표사원과 반대측에 배출구를 설치하는 방식이 채용된다.

2) 암거설계상의 주의

(1) 지형변화와 그 대책

여러 가지 원인에 의하여 나부리선(線)의 전진 후퇴가 일어난다. 나부리선(線)의 전진에 대하여는 장래 암거를 연장할 수 있는 공법적 가능성을 두고, 나부리선(線)의 후퇴에 대하여는 세굴에 의한 구조물의 안정을 가질 수 있도록 충분한 기초공을 하여 둘 필요가 있다.



[그림 4.56] 암거 배출구 위치

(2) 암거와 개거의 병용은 될 수 있는 한 피할 것

암거전면 또는 위에 개거부를 만드는 것은 체사의 증대, 나부리선(線)의 전진, 암거의 지속통수량의 감소 등의 장해를 일으키기 쉬우므로 암거와 개거의 병용은 피하는 것이 좋다.

(3) 암거 유입구의 매설방지

암거가 짧고, 유입구 위치가 표사이동이 많은 후면해변에 있으면 유입구 체사를 일으켜 배사가 곤란하게 된다.

(4) 방조통문에 대한 파압을 감소시킬 것

배출구 단면을 좁히거나, 혹은 배출구를 옆으로 향하게 하여 암거내의 소상파를 감소시키고, 유입구와 통문과의 거리를 약간 떨어트려서 충돌파압을 감소시키는 것이 좋다.

나. 개거공법

표사입경이나 해변경사가 작고, 고위부의 표사이동이 적은 해변에 유출하는 소류력이 약한 소배수로의 배출구의 보전을 위하여 실시한다.

단순한 호안공에 비하여 하상이 라이닝되어 고정되어 있기 때문에 자연하상에 비하여 소사가 쉽고 인공적인 공작이 쉬운 것 등의 특색을 가지고 있다.

다. 하구호안공법

하천에서 상당한 소류력이 기대되는 경우에는 하도를 직류화하여 견고한 도류호안으로 나부리선(線)까지 하구를 고정하여서 하천 말단까지 소류력을 유지시킨다.

완경사해변에 개구하는 많은 하천에서 가장 많이 채용되는 공법이며, 도류호안은 대하천의 경우는 한쪽에 두는 것도 좋으나, 소류력이 약한 경우에는 양측에 시공하여 나부리선(線)에서 심해쪽까지 도류돌제를 연장한다.

1) 설계제원

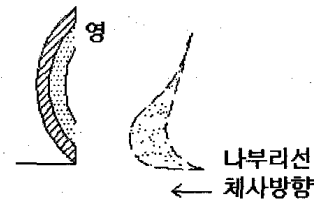
(1) 높이

도류 호안의 높이는 상류부는 홍수위를 대상으로 하고, 해변부는 최대체사형상에서 다시 1m 내외의 여유고를 필요로 한다.

최대체사고(最大滯砂高)는 그 해안에 대한 파의 소상고(遡上高) 조사에 의하여 추정할 수 있다. 또 특히 간만차가 큰 곳, 고조가 발생하는 곳은 조석에 의한 밀려 올림과 함께 하도내에 소상한 파의 쇄파고도 고려하여 호안고를 결정해야한다.

(2) 방향

하류부의 동수경사(動水傾斜)를 크게 하기 위해서는 쇼트 컷트(Short cut)가 행해지지만, 홍수시 하구의 확대와 저수시의 배수를 잘하기 위해서 하구부에 곡선을 부쳐 영의 보존을 꾀한다.



[그림 4.57] 바람직한 호안 방향

탁월한 표사방향이 있는 경우는 [그림 4.57]과 같이 표사원의 반대쪽에 요(凹)곡선을 붙인 호안을 시공하면 도류와 영의 보전이 쉽다. 만약에 이것을 역으로 시공하면 표사가 호안을 넘어서서 영을 매설한다. 탁월한 표사방향이 없는 경우는 상류부터 형성된 유심이 좌우로 이동하지 않고 유세를 유효하게 보존할 수 있도록 곡선을 부쳐서 영을 한쪽으로 붙인다.

곡선을 붙인 경우 하천류에 의한 요부의 세굴에 대비하여 충분한 기초다짐을 고려할 필요가 있다.

(3) 하구단면(간격)

계획유량을 안전하게 배제할 수 있는 단면적을 주는 것은 물론이지만 암거의 항에서도 논한 바와 같이 계획유량의 타당성과 소류력적인 균형에 대하여 충분히 검토할 필요가 있다. 하구폭 결정에 있어서 지구내수 배제의 면에서 생각한다. 조차가 적은 해역에서는 상시 인상(堰上 ; Back water)의 상태로 되어있기 때문에 하폭을 충분히 취할 필요가 있으나, 조차가 큰 곳에서는 조석 때에 유수에 의하여 상당한 하상세굴이 기대되므로 하폭을 어느 정도 좁게 취하는 것이 유리하다.

라. 도류제(導流堤) 공법

홍수량이 큰데도 불구하고 평수량, 갈수량(渴水量)이 적고, 또한 상당히 파가 거친 해변은 하구호안공법으로 하구체사 및 폐쇄를 방지할 수는 없다. 이와 같은 하구는 나부리선(線)부터 해측에 도류돌제를 시공하여 방파 효과에 의해서 하천수를 해중까지 인도하여 소류력을 유지함과 동시에 방파효과로 나부리선(線)부근의 체사를 방지할 필요가 있다.

1) 도류제의 설계제원

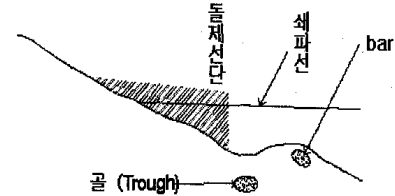
도류제시공의 경우에 가장 문제가 되는 것은 길이로 이것은 정부의 높이, 간격, 방향 등과 같이 그 지점의 해변지형, 표사입경, 파의 특성 및 방향 등의 해변 조건에 따라서 다르므로 개개의 하천에 관하여 충분히 조사하여, 모형실험에 의하여 가장 우수한 제원을 결정하는 것이 바람직하다.

(1) 길이

도류제의 종단위치는 표사이동이 이차원적(나부리선(線)에 직각)인가 삼차원적(나부리선(線)에 사향)인가, 파의 성질에 따라서 대개의 선을 산출할 수 있다.

표사이동이 이차원적인 경우는 돌제를 연장하여도 방사효과는 그다지 변하지 않는다. 이 경우에는 표사량이 비교적 적기 때문에 나부리선(線)을 약간 앞으로 내어 도수효과를 노린다. 삼차원적인 표사이동이 많은 하구는 가장 심한 표사이동이 있는 장소를 뽑아낼 수 있을 때까지 돌출시킨다.

표사이동량의 분포는 실험 및 현지측정에 의하여 명확히 알 수 있다. 심한 표사대는 파의 입사방향과는 관계없이 해변지형 및 파형경사에 의하여 결정된다.



[그림 4.58] 돌제선단위치

급경사 해변에서는 나부리선(線)부터 1파장 길이의 돌제를 설치하면 거의 모든 표사가 저지된다. 이와 같은 경우에도 수심으로 4~6m되는 곳까지 미친다.

원천해변이나 거친 파가 많은 해변은 돌제선단 위치는 [그림 4.58]과 같이 제1차 쇄파선까지의 거리인 해안으로부터 1/3~1/2부근 혹은 안정된 해구(Trough)가 있는 경우에는 그 부근을 목표로 하고 실제로는 약간 짧게 시공하여 지형변화와 효과를 관찰하면서 순차 연장하는 것이 안전하고 또한 경제적이다.

(2) 똑마루 높이

돌제 말단에서의 똑마루 높이는 대조만조면 혹은 이것에 1m 정도의 여유를 갖게 하여 지형경사에 따라서 하구호안에 연결하면 된다. 표사원쪽 해변의 나부리선(線)의 전진과 표사고의 증대에 대하여 돌제고(突堤高)의 부족에 의한 하도체사(河道滯砂)에 대비해 충분한 여유를 보아둘 필요가 있다.

(3) 방향

탁월(卓越)하는 파동방향 혹은 표사방향이 있고 또한 내수의 소류력이 상당히 기대되는 경우에는 표사원쪽에 도류제(導流堤)를 한 개 설치한다.

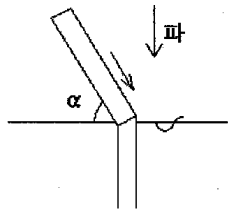
소류력이 그다지 기대되지 않고 또한 탁월한 표사방향이 없는 경우에는 보통 2개의 제(堤)로 하여 파동이 탁월하는 쪽에 중점을 둔다.

파도가 나부리선(線)에 대하여 30~50°내외로 입사할 때 최대표사량을 가져오게 되는 현상은 많은 실험에 의해 증명되었으며, [그림 4.59]과 같이 $\alpha=50^\circ$ 일 때 돌제에 의한 파동류가 최대가 되어 기초부의 파굴이 커지게 된다. 따라서 도류제 방향은 나부

리선(線)에서 급격히 만곡시키는 일이 없이 거의 직각방향으로 내고 선단부에 서서히 곡선을 부쳐서 도류제 내를 파로부터 보호하면 좋다.

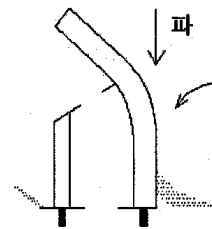
또 탁월과 아래측의 돌제(그림 4.60의 좌안제)는 주돌제의 곡선에 연하여 적당한 곡선을 부쳐 도수효과를 꾀한다.

파의 대부분이 나부리선(線)(線)에 직향하는 해변은 파가 도류제 내에 직접들어오지 않도록 한쪽의 돌제를 다른 방향의 돌제의 전면까지 만곡시키면 특히 내수량이 적은 배수로의 배출구 유지에 효과가 있다.



$\alpha: 30 \sim 50^\circ$

[그림 4.59] 실제방향으로 세굴



[그림 4.60] 도류제의 방향과 간격

(4) 간격(하구폭)

도류제 간격(그림 4.60 참조)은 지구내 배수량에 의해 산출된 하구말단의 단면적이 유지되도록 하면 좋다.

도류제간의 정온도(靜穩度)가 상당히 유지되는 경우에는 하구말단의 단면적 A_1 과 돌제선단의 단면적 A_n 과는 거의 같이 취해도 좋기 때문에 돌제간격의 하구에서 $W_1, W_2 \dots$ 로 순차 좁히면 선단폭 W_n 을 결정할 수 있다.

2) 도류제 설계상의 주의

(1) 도류제의 매설에 대한 효과유지

도류제는 나부리선(線)에 따라서 이동하는 표사를 저지하기 위한 것이기 때문에 당연히 표사원쪽의 나부리선(線)이 전진하고 전면해변체사고(前面海邊滯砂高)가 증대된다.

따라서 그 지점에 있어서의 표사의 이동상 제한높이 및 돌제시공에 의한 나부리선(線)의 전진에 대하여 충분한 조사, 예찰을 실시하여 기능손실을 일으키지 않도록 주의해야한다. 도류제 시공시의 실패는 이에 의하여 일어나는 경우가 가장 많고, 파가 완만한(파형경사가 느린) 해역에서는 특히 주의를 요한다.

(2) 도류제 기초부 및 선단의 세굴

파 기타의 흐름에 의한 세굴을 특히 표사입경이 작고 파가 거친 해역에서 문제가 된다. 도류제는 이에 따라서 흐르는 흐름(해측은 파동류, 하천측은 홍수류)에 의하여 세굴된다. 특히 이 세굴은 도류제 기초부 즉 호안 접합부근에서 발생하기 때문에 호안공이라 하더라도 충분히 기초를 깊이 함과 동시에 각종 콘크리트블럭이나 사석을 시공하여 파나 흐름의 에너지를 감쇠(減衰)할 필요가 있다.

선단부의 세굴은 바닥의 사질이 작은 입자의 경우에는 반사저류에 의한 침식은 물론 전면에서 쇄파할 때는 한 개 파고 정도의 세굴이 일어난다. 파에 의한 모래속 간극수압의 변화에 의해서도 파고의 1/2 정도의 깊이까지 모래이동이 일어난다. 따라서 계획파고에 대하여 충분히 기초를 깊이 함과 동시에 세굴에 의한 돌제의 침하를 방지하기 위하여 선단부는 우물통 또는 케이슨공으로 하는 것이 바람직하다.

(3) 이 이외 상류가 호안공에 연결되는 경우가 많으므로 하구부근의 하도를 정비하여, 특히 소류력의 유지 및 고조시에 하도 내에 소상하는 파에 대한 고려가 필요하다.

마. 방사공법(防砂工法)

이것은 하구에 직접 시공하는 것은 아니지만 나부리선(線) 방향으로 이동하는 표사역은 비사원(飛砂源)쪽에 시공하여 하구로 이동하는 모래를 저지하기 위한 것으로 방사돌제, 비사방지공이 있다.

1) 방사돌제(防砂突堤)

나부리선(線)에 평행한 연안류 및 파동류가 탁월하고 또한 표사이동이 심하여 안정된 나부리선(線)을 얻을 수 없는 곳에서는 표사의 저지, 나부리선(線)의 안정을 위하여 표사원쪽 및 하구양쪽에 여러 개의 방사돌제를 시공한다. 이와 같은 해변에 돌제를 시공하면 표사 상류부에는 체사하고 하류측은 침식된다. 따라서 장대한 방사돌제를 시공하여 안정된 침식영역에 하구를 설치하는 것도 생각되지만 하구부근에 여러 개의 방사돌제를 설치하여 나부리선(線)의 안정을 꾀하는 것이 안전하다.

2) 비사방지공(飛砂防止工)

해변표사가 작고 나부리선(線)에 평행방향의 바람이 있는 곳은 비사방지를 고려해야 한다.

(1) 체사공(滯砂工)

말뚝울타리, 판자울타리, 쇠울타리 등으로 인공사구를 만들어 바람부는 쪽에서의 모래의 공급을 차단한다.

인공사구가 형성되면 전면에 모래에서 잘 자라는 식물, 후면에 방사조림을 식재하여 사구를 고정시킨다.

(2) 정사공(靜砂工)

인공사구 또는 비사가 없어진 곳에 평면형 또는 입상형의 시설물을 시공하여 모래를 정사시킨다.

(3) 비사의 방향에 대하여 일정한 각도를 준 사구를 만들어 비사를 안전한 방향으로 이동시켜 하구매물을 방지한다. 이것은 파의 영향을 받는 모래해변과 영향을 받지 않는 사구를 나누어 생각하여 파의 작용을 받는 한계까지는 콘크리트, 기타 내파성이 있는 구조물로 축조하고, 상부사구에 대하여는 체사공과 같은 재료를 사용하여 이를 연속한 작은 사구로 한다.

바. 통문 기타의 공법

하구개랑의 주체를 이루는 것은 아니지만 암거, 개거, 기타의 공법에 부대하여 하구개랑효과를 한층 완전한 것으로 할 수가 있다.

1) 통문

통문은 암거, 개거를 불문하고 역조방지 체사침입방지를 위하여 거의 모든 하구에 매설하는 일이 많다. 그 대부분은 방수로의 유입구 부근에 설치되는 경우가 많으나, 체사침입 방지를 주체로 하는 것은 배출구 부근에 설치된다. 체사방지 및 침사효과를 높이기 위해서는 배출구 설치가 유리하지만 상시 파랑을 받기 때문에 파손될 위험성이 있다.

특히 이 통문은 조차가 큰 해역 및 하도내에 상당한 용량을 체수시킬 수 있는 곳에 서는 유량 조절에 의하여 하구체사의 소류가 가능하다.

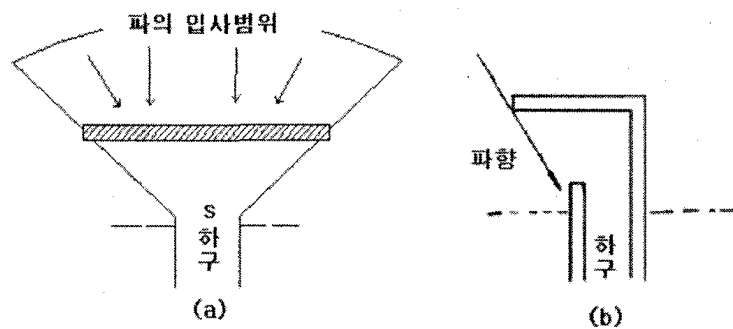
2) 배수펌프

지구내가 저위이고 또한 해변이 발달한 곳은 하구돌파가 곤란하여 오히려 기계배수를 하는 것이 경제적으로 유리한 경우도 있다. 따라서, 특히 소면적 지구의 하구개랑에 있어서 자연 유하방식에 의할 것인가 기계배수방식에 의할 것인가를 제일 먼저 검

토하고 적극적으로 유리한 쪽을 채용해야할 것이다.

3) 소파공(消波工)

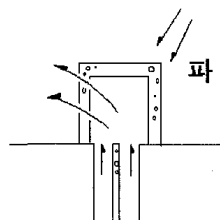
소파공은 특히 소류력이 약한 소하구의 전면에 시공하여 파력을 감쇄하여 하천유속을 유지함과 동시에 직접 침입하는 나부리선(線) 표사를 방지하기 위한 것이다. 특히, 탁월한 파향이 없고 나부리선(線)의 직각방향에 파가 많은 것은 [그림 4.61(a)]와 같은 소파이안제(消波離岸堤)를 시공한다. 파의 탁월 방향이 있는 경우는 [그림 4.61(b)]와 같은 공법을 시공하면 하구는 완전히 보존될 것이다.



[그림 4.61] 소파(消波)

4) 해중 갑문(海中 閘門)

소파공과 마찬가지로 파력을 감소시키고, 체사를 방지하기 위한 특수한 하구 보호공이다. 이것은 소류력이 극히 작은 소하구에서 탁월한 표사방향이 있는 경우에 유리하다. [그림 4.62]는 해중에 콘크리트 블록으로 방사 겸 방파제를 축조하고 하구에 대한 표사 및 파력을 제어하여 표사이동이 적은 깊이까지 하천류를 인도하여 표사이동에 대해서 안전한 방향으로 배출구를 향하게 한다.



[그림 4.62] 해중 갑문

제 5 장 지하배수계획

5.1 암거의 종류

일반적으로 암거의 종류는 기능에 따라서, 또는 사용하는 재료에 따라서 구분한다.

암거의 종류는 그 기능에 따라서 흡수거, 집수거, 승수거, 보조암거로 구분하며, 재료에 따라서는 토관, 도관, 콘크리트관, PVC 유공주름관 등의 유재료암거와 지하배수의 기능을 촉진시키기 위한 두더지암거, 횡단암거 등의 무재료암거로 구분한다.

가. 기능에 따른 분류

① 흡수거 : 일정한 깊이의 지면하에 매설하여 지표잔류수나 토양중의 중력수(과잉토양수분)를 직접 포착 흡수하여 집수거에 유도하는 주 암거이다.

② 집수거 : 흡수거에 의해 모인 물을 모아서 배수구까지 유도하는 암거로서 흡수거의 하류에 설치한다.

③ 승수거 : 지구 밖에서 침입하는 유입수를 차단하기 위해 지구의 주변에 설치하는 암거로서, 직접 배수하천에 연결시키는 것이 원칙이지만 경우에 따라서는 집수거에 연결시킨다.

④ 보조암거 : 주 암거인 흡수거의 기능을 높이기 위해 필요에 따라서 주 암거에 대해 보조적 역할을 하는 암거로서 두더지암거, 횡단암거, 소수재 충전암거 등이 있다.

나. 재료에 따른 분류

① 유재(有材) 암거는 완전 암거라고도 하며, 무재 암거에 비하여 배수효과가 양호하고 내구년한이 길다. 암거 배수조직에서 주요부분인 흡수거로 이용되며 사용재료는 토관, 도관, 콘크리트관, PVC 유공주름관, 경질염화비닐관, 폴리에틸렌관 등이 있다.

② 무재 암거는 재료를 사용치 않고 토층 속에 통수로틀 조성함으로서 지하배수의 기능을 발휘시키는 것으로서, 두더지 암거(Mole drain), 횡단 암거 등이 있다. 무재 암거는 보조 암거로도 이용되며 내구년한은 비교적 짧다.

㉔ 두더지 암거 : 대표적인 무재 암거로서 트랙터(Tractor)의 견인력에 의해서

지면하 40cm~60cm 깊이의 토층속에 직경 8~12cm 정도의 탄환을 인입 통과 시켜서 통수공을 조성한 것이다.

㉔ 횡단 암거 : 주로 이탄지에서 이용하는 것으로 절단 암거는 주 암거인 흡수 거에 직각으로 두더지 암거 작업기의 지주날과 비슷한 칼날을 땅속에 삽입시켜 토층을 절단해 줌으로서 인공적으로 균열을 조성하여 주암거 기능을 보강시켜 주는 역할을 한다.

다. 심토파쇄

심토파쇄는 토질이 견고하고 치밀한 난투수성 토양층이나 경반층(耕盤層)과 그 하부의 심토를 파쇄하여 인공적으로 균열을 조성하여 주프로서 투수성과 보수성을 증가시켜 주는 역할을 한다.

심토파쇄는 암거의 범주에 속하지는 않지만 주 암거의 효과를 증진시켜 주는 보조 수단으로 많이 이용되고 있다.

심토파쇄기는 트랙터에 장착시켜 두더지 암거와 비슷한 방법으로 시공한다.

5.2 계획의 구상

5.2.1 지구배수와의 관계

지하배수계획을 세울 때는 지구의 지표배수계획과의 관련을 검토하여 지하배수의 배수기능이 손상되지 않도록 지구내 배수로의 통수능, 배수위 제어기능, 배수관리 조직이 목적대로 인가 아닌가 등을 검토해야 한다. 그 배수기능이 충분히 발휘되지 못한 경우는 지표배수시설의 정비를 고려한다. 또한, 암거의 배수구 높이는 수리계산에 의해 가정한 배수로의 계획 수위로부터 적어도 5~20cm 이상 높게 한다.

지하배수가 충분히 그 기능을 발휘하자면 암거 그 자체의 흡수, 집수 기능이 완전할 뿐 아니라 그 지구의 지표배수시설이 배수기능을 충분히 구비하고 있어서 집수된 물의 배제가 완전히 이루어져야 한다.

지표배수시설의 기능은 계획기준 내수위 분석시 사용되는 침수분석에 의해 검토한다.

암거 배수에 관련된 지구의 배수기능으로는 평상시 배수에 관한 ①배수로의 통수능, ②배수위의 제어기능, ③배수의 관리조직을 생각할 수 있다.

상시배수에 관한 통수능은 보통 저수량일때의 등류수심에 의해서 검사하게 되는데 배수로의 흐름이 부등류일 경우는 간선배수로, 지선배수로의 수리학적 지배단면이 발생하는 지점에서 배수(背水)계산을 하여 배수로의 수면형을 추적하여서 암거의 배수구 위치에서의 수면고가 배수구의 하단보다 낮은가를 확인한다. 이때 지배단면의 수위는 평상시배수의 계획수위(제어목표수위)를 채택하고 수로도중의 계산유량으로는 계획지하배수량 및 지구외로부터 유입이 있을 경우는 그 평수량을 사용한다. 이 작업은 주로 배수로의 깊이를 검사하는 것이며, 홍수배제를 위한 전단면의 통수능에 대해서는 여기서는 고려하지 않는다.

배수로의 수위제어는 보통 배수펌프, 수문 또는 각각 등의 조작에 의하여 행해지므로 이들 시설의 기능을 검사하면 쉽게 배수위의 제어기능을 검토할 수 있다.

일반적으로 배수로의 수위제어의 확실성은 제어시설의 기능보다도 오히려 그 시설의 관리조직의 신뢰성에 의존하는 일이 많다. 그러므로 배수위의 관리가 어떠한 조직 아래에서 누구의 책임에 의해서 실시되고 있는 가를 확인하는 일이 중요하다.

5.2.2 경지조건과의 관계

계획을 수립할 때는 그 대상이 되는 경지의 이용형태 및 환경조건(토지, 지형, 외수, 기상 등)을 충분히 고려하여야 한다.

지하배수계획에서 고려할 토지이용형태의 구분은 논, 밭, 초지이다.

논에서 암거의 배치는 원칙적으로 경지의 구획에 지배되고, 밭, 초지에서는 지형에 지배된다. 또 논에서는 담수때 암거에 의한 과잉배제를 억제하기 위하여 수갑을 설치하는데 밭에서는 암거를 발관개에 겸용할 경우 이외는 수갑을 두지 않는다.

특히 논외 배수는 재배에 수반되는 물관리의 조작방법, 논면의 수평정지, 경지구획의 크기 등과 같은 경지조건에 따라서 좌우되므로 지하배수계획을 할 때는 이들을 충분히 고려해야 한다.

환경조건으로는 토성, 지형, 외수, 기상 등을 생각할 수 있다.

토성에 대한 고려는 가장 중요한 일로 사질토양, 중점질 토양(난투수성토양), 이탄

질 토양, 간척지 토양은 그 밖의 보통 토양과는 달리 특별한 배려가 있어야 한다.

보통 지하배수계획은 평탄지에서 논의되고 있으나 경사지, 구릉지 등에서는 지형에 상응한 수정이 필요하다.

또한 보통의 지하배수는 강수 및 관개에 의해서 생기는 과잉수를 배제하는 것을 주안점으로 계획하는데 곡간논이나 간척지 주변부와 같이 외수가 특수한 경로로 침입할 경우는 이것에 대응하여 차단암거, 승수거 등을 두는 특수대책을 세워야 한다.

논에서 물빼기 후의 논면건조는 토양조건뿐 아니라 우량, 증발량 등에 의해서 좌우되므로 지하배수계획을 할 때는 기상조건도 고려하여 특별히 건조가 지연되는 지방은 경지내에 소배수구를 설치하여 경지내 배수를 촉진해야 한다.

5.2.3 용수와의 관계

계획을 세울 때는 용수원이 우선 확보되어야 하며, 지하배수를 할 경우 용수량이 증가하는 것에 대해서도 충분한 검토를 하여야 한다.

지하배수는 농지의 범용화를 주목적으로 하기 때문에 용수원이 확보된 관개구역을 주대상으로 한다. 한편, 배수를 촉진하면 그에 따라서 용수량의 증가를 가져오는 것이 보통이다. 따라서 지하배수가 실시되면 포장에서 행하는 용수관리방법이나 취급수량도 종전과 바뀌기 쉽다. 그러므로 지하배수를 계획할 때는 이것으로 말미암아 용·배수의 균형이 깨뜨려지는가를 검토해야 한다. 만약에 그 위험성이 있을 경우는 이것에 대해서 어떤 대책을 세워야 하겠는가를 면밀히 검토해야 한다. 논에서는 되메움과 병행하여 논면의 수평정지를 잘하는 것이 지하배수의 효과를 높이는 중요한 작업이 된다.

배수를 촉진하면 그에 따라서 용수량의 증가를 가져오므로 지하배수가 실시되면 포장에서 행하는 용수관리방법이나 취급수량도 종전과 바뀌기 쉽다. 따라서 이에 대한 용·배수균형 등에 대한 대책을 검토해야 한다.

과도한 배수를 방지하려면 수갑, 빈지, 수문 등에 의한 배수위 제어를 완전히 할 수 있도록 계획하는 것이 가장 중요하다. 배수제어를 하여도 여전히 용수부족의 위험이 있을 경우나 또는 암거의 기능을 충분히 살려서 작물의 생육에 가장 적합한 근근역의 침투를 실현시킬 필요가 있을 경우에는 배수제어와 동시에 새로운 용수공급이 필요하다. 그렇게 하자면 신규수원의 확보, 혹은 배수로에 있는 물의 반복이용 등의 용수대

책이 강구되어야 한다.

5.2.4 지표배수조직과의 관계

암거배치를 계획할 때는 흡수거와 간선배수로, 또는 지선배수로와의 연락수로
를 명거방법(배수지거), 암거방법(집수거) 및 이들의 조합방식 중 어느 것이 적
당한가를 비교·검토하여 가장 합리적인 방법을 채택한다.

집수거와 배수지거는 흡수거를 통하여 토양속에서 배출된 물을 지선배수로나 간선
배수로에 흘러 보내는 역할을 담당하고 있다.

수송로선의 각 부는 연쇄적인 링(Ring) 모양으로 되어 있어서, 그 중에서 한 개의
기능이 불완전하게 되면 전체 기능이 상실된다. 그런데 지금까지의 암거조직을 살펴
보면 이 부분에서 통수장애를 자주 일으켜 왔다. 따라서 이 부분의 기능을 확보하는
일은 전체배수기능을 유지하기 위하여 중요한 수단일 뿐 아니라, 수갑(水閘)등의 배수
위 제어장치를 배치하는데 적합하여서 지하수위의 제어방식을 계획할 때의 중요점이
된다. 그렇기 때문에 이 부분의 구조(방식)는 배수기능, 수위제어기능, 내구성, 유지관
리의 난이, 경제성 등을 고려하여 신중히 결정하여야 한다.

배수지거의 장점은 수위제어의 용이, 시공의 용이, 흡수거의 고장을 발견하기 쉽다
는 점이 있으나, 수초가 돌아나고 토사로 매몰되어 배수기능이 저해되기 쉬운 단점이
있다. 그런데 집수거는 노선의 선택이 자유롭기 때문에 흡수거의 배치(Layout)가 자유
로워지고 매설깊이를 깊게 파더라도 매몰될 염려가 없으며, 부지도 증가하지 않는다.
그러나 경지면에서의 배수는 별도로 지표배수를 위한 배수구를 만들어야 하는데 이것
은 알게 파도 되고 부지가 좁아도 된다. 구조상의 약점인 지하배수구의 수가 적어서
보수 및 유지관리가 쉽다. 그러나 집수관 및 수갑의 재료비와 시공비가 증가하는 단
점이 있다.

이들을 비교·검토하여 경제적으로 큰 차이가 없을 때는 유지관리가 쉬운 점을 고
려하여 원칙적으로 집수거 방식을 채택한다.

5.2.5 농지범용화와와의 관계

농지배수에 대한 계획을 수립할 때는 논·밭의 높은 생산성을 활용한 생산확대, 논을 밭으로 이용함으로써 필요에 따라 다양한 농산물을 생산할 수 있는 전천후 영농체제를 위한 논·밭의 범용화에 대하여 충분히 검토하여야 한다.

논·밭의 범용화는 농지배수 없이는 이를 수 없다.

논은 원래 물을 담아놓을 수 있는 구조로 되어 있어 비가 올 때에는 일시적으로 논에 빗물이 고이나, 이 논을 밭으로 이용할 경우에는 밭작물의 성질상 담수를 허용하지 않으므로 되도록 빨리 빗물을 배수로로 유출시키지 않으면 안 된다. 따라서 농지배수에 있어서는 그 지역의 토지이용 현황과 장래의 토지이용형태와 전망 등에 대해서도 충분히 검토하여 계획을 수립하여야 한다.

농지배수의 방법에는 강우로 인한 지표수를 배제하는 지표배수방법과 지표잔류수, 토양의 중력수 배제, 지하수위 저하 등을 목적으로 하는 지하배수방법이 있다. 이 때 원칙적으로 될 수 있는 한 지표배수에 의한 배수를 택하고 나머지는 지하배수로 배제하는 것으로 하며 경지 내에 소배수구를 설치하여 간이펌프에 의한 배수를 하는 경우도 있다. 그러므로 논·밭의 범용화로 동일한 포장에서 벼와 밭작물을 자유롭게 재배할 수 있도록 농지기반을 정비하여야 한다. 농지범용화의 선결과제는 포장배수로서 저습답이 배수개선사업에 의하여 개선되면 건답화되어 벼 이외의 밭작물을 재배할 수 있으므로 수익성이 좋은 경작작물을 연중 재배할 수 있는 다양한 작부체계를 확립할 수 있다.

5.3 암거의 계획기준치

5.3.1 계획 암거배수량

계획 암거배수량은 경지구획의 평탄정도, 넓고 좁음, 토양의 투수성, 토지이용 형태 등에 따라서 10~30mm/day로 정한다.

계획 암거배수량은 계획암거배수량에 대한 접근방법, 암거배수량의 필요성, 지표잔류수가 있는 경우의 계획 암거배수량, 지표잔류수가 없는 경우의 암거배수량을 구분하여 산정하여야 한다.

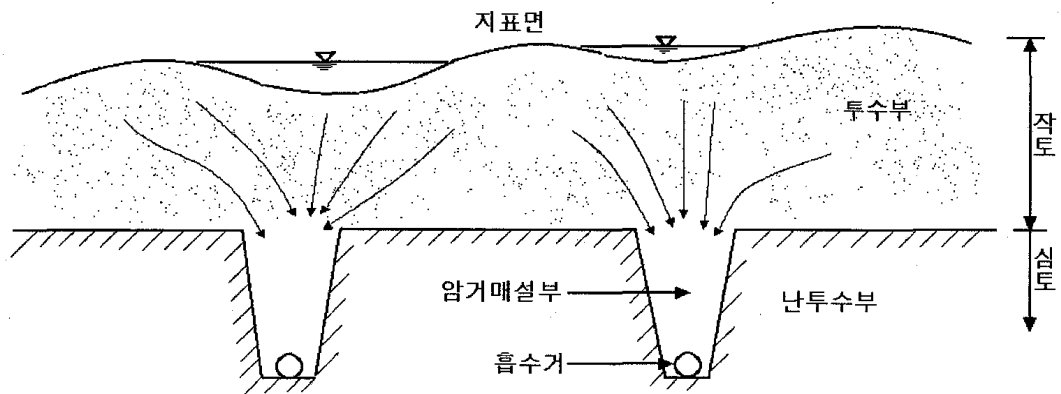
가. 계획 암거배수량에 대한 기본적 접근방법

지하배수로 배제할 수 있는 과잉수를 지표잔류수와 토양중의 중력수의 2종류로 생각한다. 지표잔류수는 지표의 요(凹)부에 담수되어 지표배수가 불가능한 물이고 토양속의 중력수는 지하수위 저하에 따라서 배제되는 지하수면상의 중력수이다(이하 간단히 토양수라고 한다). 이전의 접근방법에 따르면 지하배수의 중요한 역할은 토양수 배제에 있다고 하였으나, 최근의 조사 연구에 의하면 지표잔류수의 배제가 지하배수의 중요한 역할로서 부각되었다. 특히 점질토양으로 된 논·밭의 경우는 토양수 배제량이 아주 적고 지하배수량의 대부분은 지표잔류수가 차지하고 있다.

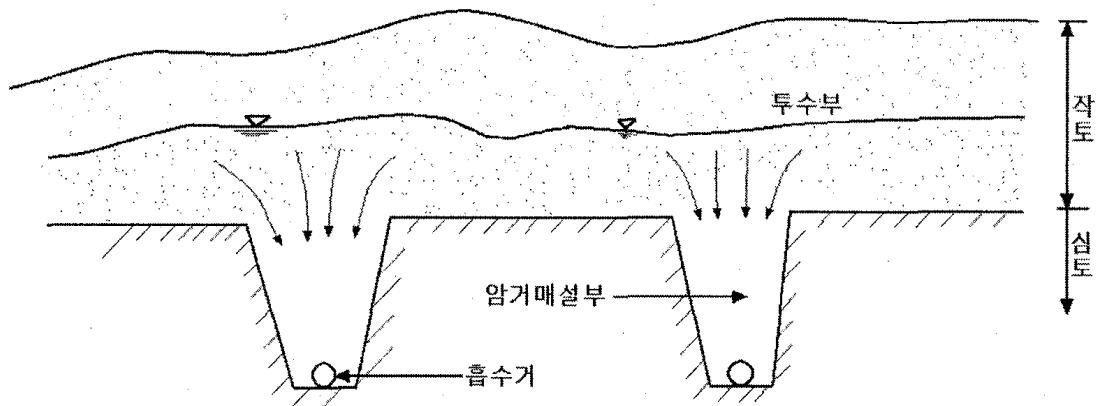
이와 같이 암거로 배제되는 배수가 지표잔류수와 토양수라면 계획 지하배수량은 「지표잔류수가 있는 경우는 토양수와 지표잔류수를, 지표잔류수가 없는 경우는 토양수만을 허용시간내에 배제하는 양」으로 정의한다.

특히 점질토양의 논은 암거 매설부, 작토 또는 심토 균열이 배수효과가 큰 것으로 알려져 있다. 암거 배수기구를 모식적으로 표시하면 [그림 5.1]과 같다.

(1) 지표 잔류수 배제



(2) 토양수 배제



[그림 5.1] 배수기구의 모식도

나. 계획 암거배수량의 필요성

지하배수계획에서 계획 암거배수량은 다음 사항의 결정에 중요한 관련성을 가지고 있다.

1) 지표잔류수 또는 토양수를 목표시간 내에 배제하는데 필요한 암거 배수조직을 정할 수 있게 한다.

2) 주어진 암거조직의 범위를 기본으로 하되 계획 배수량을 배제하는데 필요한

토양의 투수성개량 여부를 판정한다.

계획 암거배수량은 암거의 간격 및 깊이, 집수거의 단면 등 암거 배수조직의 결정에 기본이 될 뿐 아니라 조직결정 후에 예상되는 각종 투수성 개량 여부와 그 방법(중발산 촉진에 의한 토양의 건조, 균열의 발생촉진, 두더지 암거, 심토파쇄 등의 보조 암거)에도 관계된다.

다. 지표잔류수가 있는 경우의 계획 암거배수량

우리나라와 같은 다우(多雨)지대는 토양의 투수성이 적은 경우에 강우로 지표담수가 생기게 된다. 이 경우에 계획 암거 배수량은 지표잔류수량과 잔류수 배제에 필요한 목표일수에 의하여 결정된다.

1) 지표잔류수의 목표배제 일수

기왕의 시험자료와 경험 등을 종합해 보면 논의 지표잔류수 배제에 소요되는 목표일수는 대체로 다음과 같다.

① 관개기간중

제초제·액비시용시	1~2 일 이내
중간 물빼기 시	2~3 일 "
관개종료시	3~5 일 "

② 비관개기간중

경기, 쇄토작업시기	1~3 일 이내
건답 파종작업시기	1~2 일 "
수확작업시기	1~2 일 "
추경작업시기	3~5 일 "

따라서 벼 재배의 경우는 기계의 도입이나 적정한 물 관리를 위해서 논바닥의 물배제는 대개 1~2 일 이내에 가능하도록 해야 한다. 발작물의 경우는 1일 이내에 배제되도록 한다.

2) 지표잔류수량

어떤 지점의 지표잔류수량은 그 지점의 표고와 그 근방 표고와의 관계에 의해서 정해진다. 문제가 되는 지점의 표고가 그 근방 표고보다 낮으면 지표수가 잔류하게 되고 높으면 잔류되지 않는다. 따라서 한 배미 논의 지표잔류수량을 구하자면 각 점의 잔류수량을 논 전체에 걸쳐서 합계해야 한다.

우리나라의 경지정리사업에서 논의 평탄도의 기준은 논면 표고가 대체로 평탄 논표고 $\pm 3\text{cm}$ 이내가 되도록 하고 있다. 따라서 가장 좋은 조건으로 이상적인 경우는 지표잔류수량이 0mm 가 되고, 반대로 조건이 나쁜 경우는 평균 30mm 의 지표잔류수가 생기게 된다. 따라서 지표잔류수는 최고값을 30mm 정도로 취하면 무난할 것이다.

라. 계획 암거배수량

경지정리사업에서 논바닥의 평탄도나 여러 연구결과를 종합하여 볼 때 지표잔류수량은 $10\sim 30\text{mm}$ 정도이다. 전향에서 기술한 바와 같이 잔류수 배제의 목표일수는 $1\sim 2$ 일이므로 지표잔류수의 배제를 위한 계획 암거배수량은 평균 $10\sim 30\text{mm/day}$ 가 된다. 계획 암거배수량을 배수계수라고도 하며 전작지를 대상으로 하는 경우의 배수계수는 일반작물은 $10\sim 20\text{mm/day}$, 일반 원예작물 같은 고급작물에서는 $13\sim 38\text{mm/day}$ 를 기준으로 한다. 그러나 우리나라는 밭의 대부분이 경사지이고 토양의 투수성이 좋아서 전지배수는 고려하지 않고 있는 형편이다. 또한 밭만을 대상으로 하는 경우의 토양중력수는 지표잔류수에 비하여 적기 때문에 위에서 언급한 계획배수량($10\sim 30\text{mm/day}$)을 그대로 사용해도 좋다.

이상 계획배수량 결정과정에서 확실해진 바와 같이 계획배수량은 지표잔류수의 과다, 토양투수성의 양부 등에 의하여 결정할 수 있다. 즉, 지표잔류수가 많고 투수성이 큰 경우는 큰 배수량을 채택해야 한다.

토양의 투수성이 나쁘면 소정의 암거 간격으로는 계획배수량 $10\sim 30\text{mm/day}$ 를 배수하지 못할 경우가 있다. 이러한 경우에는 당연히 목표일수 이상까지도 지표잔류수가 있게 마련이므로 별도의 방법 즉 토양건조를 위한 각종 재배법, 보조암거 등을 사용하여 투수성을 증진시킬 필요가 있다. 특히 경지의 논발윤환을 도모하고자 하는 경우는 계획배수량을 크게 취할 필요가 있다. 앞에서도 언급한 바와 같이 계획배수량(배수계수)에는 논밭의 구분이 없다.

마. 지표잔류수가 없는 경우의 암거배수량

강우량에 비하여 투수성이 충분히 큰 토양은 암거가 충분한 조직용량만 가지고 있다면 허용시간 내에 지표잔류수는 배제할 수 있다. 다만, 지표잔류수의 허용시간보다 배제시간을 지나치게 단축시킬 필요도 없고 또한 단축시키기 위해서 암거 조직용량을 크게 만들어도 비경제적이므로 계획배수량은 30mm/day 정도가 알맞을 것이다. 그런

데 이 경우에 토양수 배제에 직접 관계하는 지하수위 저하속도가 문제가 된다.

5.3.2 계획 암거배수량의 산정

지표잔류수를 대상으로 계획암거배수량을 산정하는 경우 범용농지에서는 발작물을 대상으로 하기 때문에 지표수가 포장 내에 정체하는 것은 습해의 큰 원인이 되므로 이것을 허용시간내에 신속히 배제하는 방법을 채택하여야 한다.

지표잔류수가 없는 경우 또는 지표잔류수를 배제한 후에는 토양중력수를 허용시간 내에 계획지하수위까지 저하시킬 수 있는 양이어야 한다.

가. 지표잔류수를 대상으로 하는 경우

범용농지에서는 발작물을 대상으로 하기 때문에 지표수가 포장 내에 정체하는 것은 습해의 큰 원인이 되며, 신속히 배제하는 방법을 채택하여야 한다. 이를 위해서는 이랑방식에 의하거나 포장내에 배수로를 파서 포장 밖으로 도수하는 방법 등으로 습해의 방지에 노력할 것은 물론이나, 근본적으로 논이기 때문에 담수를 피할 수 없으며, 이 경우의 계획 암거배수량은 지표잔류량과 잔류 허용일수에 의해 결정된다.

논의 지표 잔류수 배제에 필요한 허용일수는 기존의 시험자료와 경험에서 종합하면 <표 5.1>에서 보는 바와 같이 1~2일 정도라고 할 수 있다. 또, 발작물의 경우에는 침수시간이 최소화되도록 신속히 배제하여야 한다.

따라서, 지표잔류수가 있는 경우의 계획암거배수량은 벼 재배의 경우 기계의 도입이나 적당한 물 관리를 위해서 논바닥의 물 배제는 1~2일 이내에 가능하도록 해야한다. 강우량에 비하여 투수성이 충분히 큰 토양으로서 지표잔류수가 없는 경우의 암거배수량은 지표잔류 허용시간을 단축시키기 위해서 암거 조직용량을 크게 만들어도 비경제적이므로 계획배수량은 30mm/day 정도가 알맞다.

〈표 5.1〉 논 지표잔류수의 허용일수

기별	기별의 구분	허용일수
관 개 기	제초기·액비시용 시	1~2일 이내
	답수 직파의 아간(牙干) 시	1일 이내
	중간 시	2~3일 이내
	관개종료 시	3~5일 이내
비 관 개 기 (강우시 배제)	경기(耕起)·땅고르기 작업기	1~3일 이내
	건답직파 파종작업기	1~2일 이내
	건답직파 밭아기	1~2일 이내
	수확작업기	1~2일 이내
	이작기(裏作期)	2~3일 이내
	추경작업기	3~5일 이내

[주] 대형기계화영농에 적합한 포장 형태 기준

지표잔류량은 구획정리 후에 측정한 각 포장 평면도의 시공관리 자료에서 실측 또는 계산하면 20~30mm의 범위의 것이 많다. 또 이미 시공되어 양호한 결과를 얻고 있는 암거의 피크(Peak) 배수량은 30mm 전후의 것이 많이 제시되고 있다.

토양의 종류에 따른 계획 암거배수량은 <표 5.2>에 나타난 바와 같고, 단위계획 배수량(q)은 (5.1)식에 의하여 산정한다.

〈표 5.2〉 토양의 종류에 따른 암거배수량

구 분	투수계수(cm/s)	암거배수량(mm/day)	비고
사 질 토 양	1×10^{-3} 이상	50	
양 토 질 토 양	$1 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10^{-5}$	20~50	
난 투 수 성 토 양	1×10^{-5} 미만	20~50	
이 탄 토 양	-	30~50	
경 사 지 답	-	20~50	

단위계획배수량($\ell/s/ha$)

$$q = \frac{D \times 10^{-3} \times 10^4 \times 10^3}{N \times 8.64 \times 10^4} = 0.1157 D/N \dots\dots\dots(5.1)$$

여기서,

q : 단위계획 배수량(ℓ/s/ha)

D : 계획지하배수량(mm/day)

N : 배제일수(day)

나. 토양 중력수를 대상으로 하는 경우

지표 잔류수가 제거된 후에 강우에 대한 토양 중력수를 관개기 N₁일, 비관개기 N₂일로 배제하는 판단법은 식(5.2)에 의해 구해진다.

$$q = \frac{R \times p \times 10^4 \times 10^3}{N \times 10^3 \times 86,400} = 0.1157 R \times p / N \quad \dots\dots\dots(5.2)$$

여기서, q₂ : 단위암거배수량(ℓ/s/ha)

R : 유효토층 두께(mm)

N : 배제일수(day)

p : 유효간극률(Drainable porosity)

5.3.3 계획 지하수위 및 지하수위 저하속도

경지정리 목표의 기본적인 지표가 되는 계획지하수위 및 그 저하속도는 지구의 토지이용형태, 도입작물의 종류 등을 고려하여 결정하여야 한다.

가. 경지정리 목표의 기본적인 지표가 되는 계획지하수위 및 그 저하속도는 토지이용구분에 따라서 <표 5.3>의 값을 표준으로 한다.

<표 5.3> 지하수위 및 저하일수

토 지 이 용 구 분	강우후 2~3일의 지하수위	평상시지하수위(강우후 7일 이내)
벼 1 모 작	지표면하 30~40cm	지표면하 40~50cm
┌ 목 초		
└ 전 답 윤 환	" 40~50cm	" 50~60cm
└ 일반 전 작 물		
영 년 생 작 물	" 50~60cm	" 60~100cm

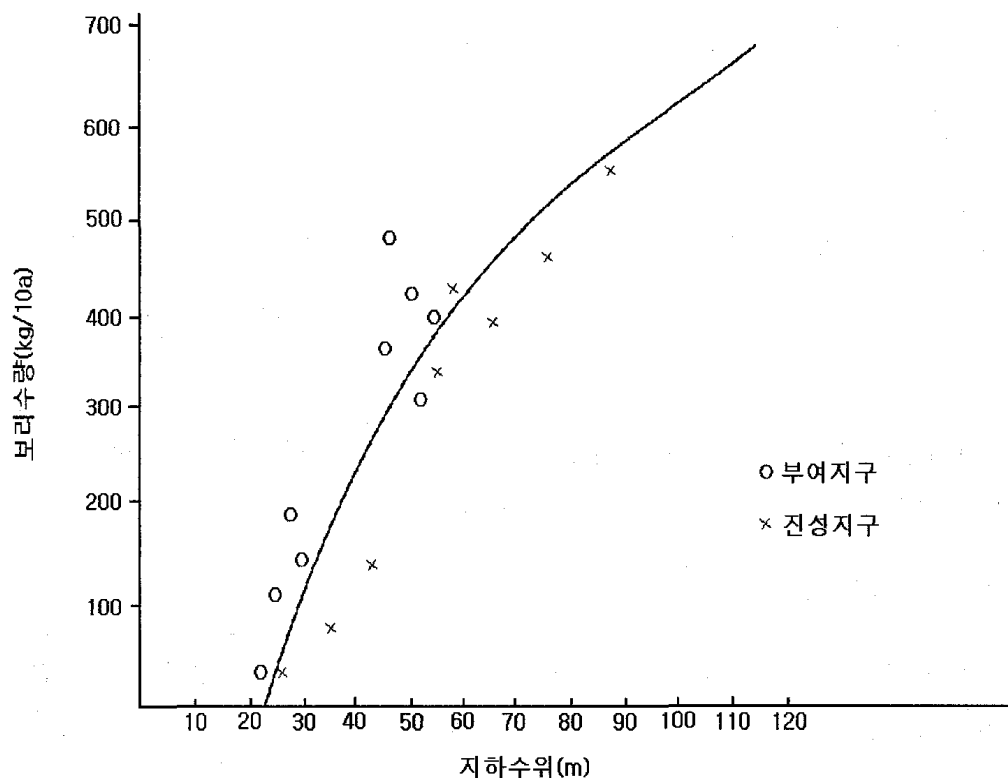
지하수위란 토양속에 형성되는 자유수면을 말하며 이것을 토양배수의 지표로서 사용하는 이유는 다음과 같다.

- ① 지하수위는 작물생육과 밀접한 관계가 있다.
- ② 농기계의 주행에 필요한 지내력을 보장하는 조건이 된다.
- ③ 측정이 용이하다.

나. 작물생육과 지하수위

각종 시험결과를 종합해 보면 작물생육에 따른 적당한 지하수위의 지표면으로부터의 최소치는 전술한 바와 같다.

국제연합 한국배수개선 사업기구에서 우리나라의 경남 진성, 충남 부여 등지에서 시험한 결과를 종합하여 보면 지하수위와 보리 수확량 사이에는 고도의 유의성이 인정되었으며 그것을 그림으로 표시한 것이 [그림 5.2]이다.



(UN 한국배수개선사업기구 시험사업보고서에 의함)

[그림 5.2] 보리 수확량과 지하수위

지하수위와 작물생육 사이의 관계는 포장조건하에서는 일정한 지하수위를 유지하는 것이 아니라 생육기·기상상황에 따라 항시 변동하므로 지하수위 상승빈도를 SEW₃₀으로 나타내어 지하수위 상승빈도에 따른 작물 수량을 비교하기로 한다. SEW는 일정 생육기간중에 지표아래 일정지하수위를 초과하는 일평균 지하수위의 합계를 나타내는 것으로 SEW지표가 크면 클수록 기준지하수위를 초과한 빈도가 높음을 나타내고 있다. 국제연합 배수시험에서 SEW₃₀에 대한 보리 및 밀의 수량관계를 보인 것이 <표 5.4>이다. 표에서 SEW₃₀치가 크면 클수록 수량이 감소하는 경향을 보여주고 있다.

<표 5.4> 지하수위상승빈도와 맥류수량관계

SEW ₃₀ (cm)	SED ₃₀ (일)	보리수량 (kgf/10a)	밀수량 (kgf/10a)	비 고
0	0	593	562	관암거간격 15m
2	2	395	525	" 30m
14	3	542	587	" 15m
34	3	312	469	" 30m
29	3	414	538	" 30m
36	10	436	539	" 30m
265	22	76	188	
528	41	18	62	
399	35	138	197	
853	50	14	42	

주) 1. 국제연합 한국배수개선사업기구 시험사업보고서(1980)에 의함

2. SEW₃₀은 일정생육기간중 지표하 30cm를 초과한 일평균 지하수위의 합계임.

$$SEW_{30} = \sum_{i=1}^n (30 - X_i)$$

3. SED₃₀은 일정생육기간중 지표하 30cm를 초과한 날수의 합계임.

4. 시험장소는 경남 진성

[그림 5.2]에 의하면 우리나라에서 답리작으로 중요한 위치를 점하고 있는 보리는 지하수위가 40~50cm 이상에서 수량이 급격하게 떨어지는 경향을 보이고 있다.

보리 및 밀 이외의 전작물에 대한 지하수위와 작물수량 관계도 일본에서의 시험성적을 참고로 하면 콩, 팥, 감자 및 목초의 어느 경우에도 지하수위가 지표면하 40~50 cm보다 높게 되면 급격히 수량이 떨어지는 현상을 볼 수 있다.

영년생 작물은 단년생 작물에 비하여 근근역이 깊으므로 피해가 계속되는 것을 방지하자면 단년생 작물보다 더 조건이 엄격해야 한다. 영년생 작물은 심근성(深根性)인가 천근성(淺根性)인가에 따라서 허용지하수위에 큰 차이가 생기므로 근근역의 깊이에 대응한 지하수위를 규정해야 할 것이다.

다. 지내력과 지하수위

암거배수로 지하수위가 저하하면 토양의 지내력을 증진시켜 농기계의 작업효율을 증진시킨다. 토양의 지내력은 지하수위와 밀접한 관계를 가지고 있다. 지하배수는 지하수위 저하를 도모하는 유효한 수단임과 동시에 지내력 증대를 위한 필요조건이다. 논·밭의 지내력은 경운, 수확시에 콘지지력(qc) 4.0kgf/cm² 이상(답면하 5cm마다의 깊이 15cm까지의 4점 평균)을 필요로 하며, 주행성에 대한 토양등급을 <표 5.5>와 같이 제시할 수 있다.

콘지지력 측정지점(답면하 15cm)에서 다시 30cm 정도(지표면부터 40~50cm) 지하수위의 저하를 도모하면 소정의 콘지지력을 얻을 수 있을 것이다.

<표 5.5> 주행성에 관한 토양분류

지내력 구분	콘지수(kgf/cm ²)	토양구분	비고
A	5.0 이상	양호	고무타이어 차륜의 작업한계
B	3.5~5.0	약간불량	논차륜 필요
C	2.0~3.5	불량	선회 곤란
D	1.0~2.0	극히불량	선회 불능
E	1.0 미만	위험	자력탈출 불능

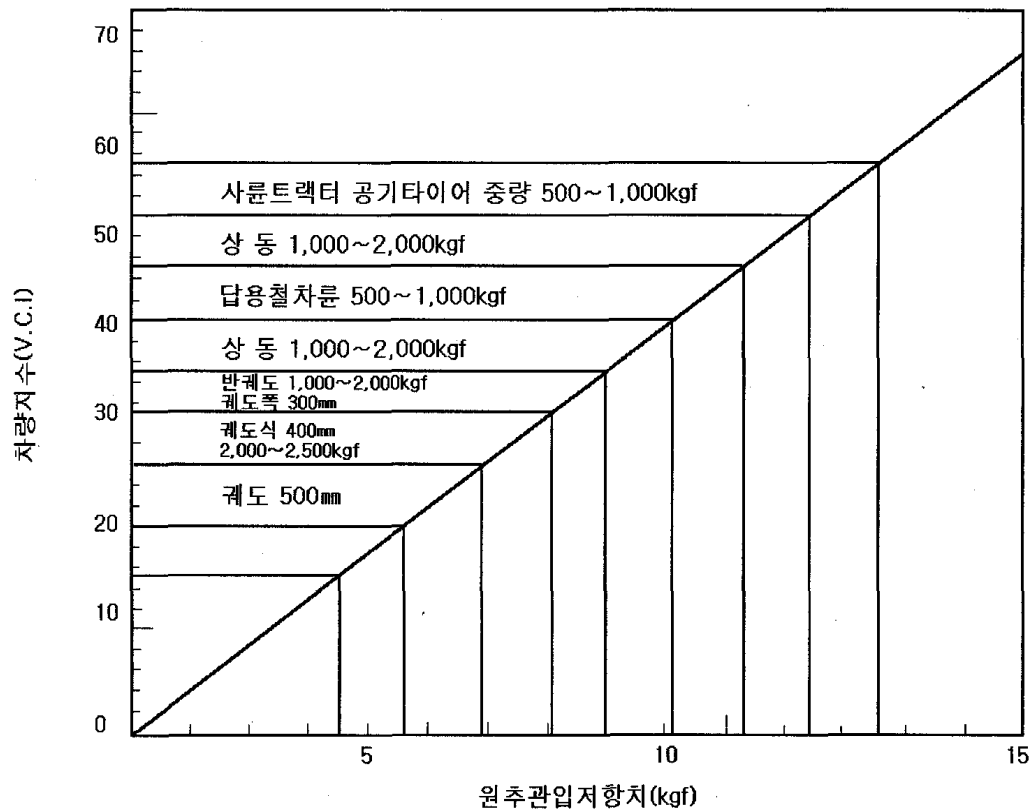
<표 5.6>과 [그림 5.3] 및 [그림 5.4]는 일본에서 시험한 지내력관계 시험결과이다. 우리나라에서도 국제연합 배수개선사업기구에서 조사한 바에 의하면 지하배수에 의하여 지내력 증진 효과를 확인할 수 있었다.

〈표 5.6〉 각종 트랙터의 차량지수와 주행가능한계 지내력

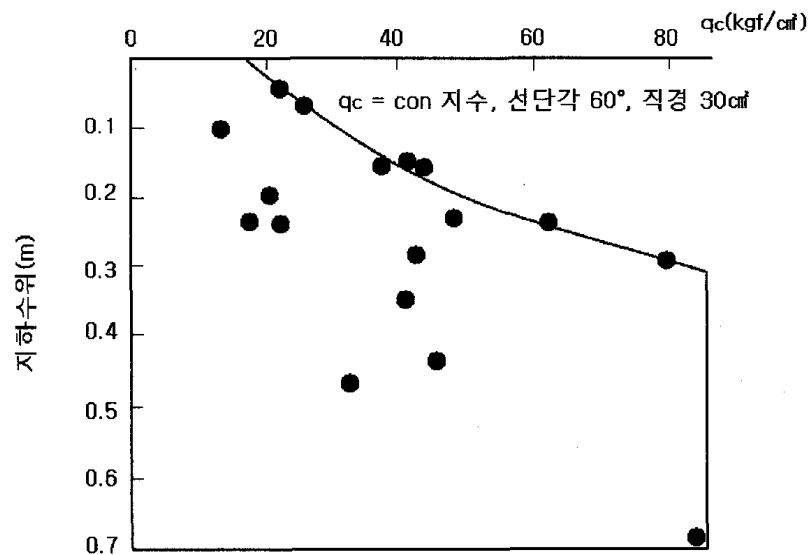
트랙터 주행부	중량(kgf)	궤도 또는 타이어폭 (mm)	차량지수 V.C.I	주행가능한계 의 관입저항치 (kgf)	동 좌 평균치 (kgf)	지내력 (kgf/m ²)
공기타이어	500~1,000		50~55	11~12.5	12.0	3.8
	1,000~2,000		45~50	10~11	10.5	3.3
	2,000~3,000		45	10	10.0	3.1
담용철차륜	500~1,000		40~45	9~10	9.5	3.0
	1,000~2,000		35~40	8~9	8.5	2.7
반궤도	1,000~2,000		25~30	6~7	6.5	2.0
궤도	2,000~2,500	300	25~30	6~7	6.5	2.0
		400	20~25	4.5~6	5.5	1.7
		500	18~20	3.5~4.5	4.0	1.3

지내력 시험결과를 종합해 보면 4kgf/cm²의 콘(Cone) 지수를 얻으려면 이 지내력을 얻으려고 하는 지점보다 최저 20~30cm이상 지하수위를 더 낮추어야 한다. 따라서 논 지면하 20cm 지점에 있는 경반(쟁기 밑바닥)에서 4kgf/cm²의 지내력을 얻으려면 논 지면하 40~50cm까지 지하수위를 저하시키는 것을 계획지하수위로 채택하는 것이 적절한 것으로 생각된다.

벼 일모작지대의 암거배수는 벼 생육에 적당한 논토양의 삼투량이 10~20mm/day로 되어 있어 전술한 10~30mm/day의 기준치 내에 포함된다. 따라서 논 지면하 40~50cm까지 지하수위를 저하시키는 것을 계획지하수위로 채택하는 것이 적절할 것으로 판단된다.



[그림 5.3] 차량지수와 원추관입저항



[그림 5.4] 지하수위와 지내력과의 관계

라. 토양상태와 지하수위

지하수위를 정해진 시간내에 소정의 깊이까지 저하시키기 위해서는 토양의 투수성이 적당하여야 한다. 또한 필요한 지내력과 투수량을 확보하기 위해서는 균열 등 토양구조가 발달하여 좋은 투수성을 가지고 있어야 한다. 토양의 투수계수가 $1 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ 이하의 난투수성 토양에서는 상기의 목표치를 얻지 못한다. 인공적 수단이 나 토양조건에 의해 균열을 발생시켜 토양구조를 발달시킴으로서 $1 \times 10^{-4} \text{cm}$ 정도의 투수성을 갖는 포장으로 하는 것이 바람직하다. 논과 밭의 바람직한 물리성 목표치로서는

<표 5.7>의 값이 제시되고 있다. 토양의 물리성을 적극적으로 개선하는 것은 지하배수시공의 실시와 아울러 중요하다.

더욱이, 한필지 내의 배수의 양부(良否)의 관계상 배수로측에서 가장 먼 용수로에 연하여 용수로나 취수구에서의 누수피해가 발생하는 장소에서는 농로에 연하여 구획단변방향에 암거를 한줄 추가하는 것도 고려된다.

<표 5.7> 논과 밭의 토양조건

[논 토양]

항 목	이 상 치	허 용 량
토 성	L(양토)~CL(식양토)	SL(사양토)~LiC(경식토)
작 토 심	15~20cm	10~20cm
유 효 토 층	50cm 이상	30cm 이상
투수성 강하침투량 (일감수심)	10~20mm/day (15~25mm/day)	5~35mm/day (10~40mm/day)
최소투수토층의 투수계수	10^{-5}cm/s	$10^{-4} \sim 10^{-5} \text{cm/s}$
지 내 력*		
1 주 일 후	3.0kgf/cm ²	2.0kgf/cm ² 이상
2 주 일 후	4.0kgf/cm ²	3.0kgf/cm ² 이상
3 주 일 후	5.0kgf/cm ²	4.0kgf/cm ² 이상

* 낙수 후의 콘 지수, SR-H형 2cm² 콘으로 추정

[보통밭 토양]

항 목	이 상 치	허 용 량
경작토층의 두께	25cm 이상	15cm 이상
유효토층의 두께	100cm 이상	30cm 이상
유효토층의 치밀도	10~15mm 이상 (山中식 토양경도계)	20mm 이상 (山中식 토양경도계)
간극률	60%정도	보통토 30~80% 흑니토 40~90%
조간극(pF 1.8)	15~20%	10~30%
세간극(pF 1.8~3.0)	15% 이상	10% 이상
투수성	50mm/24h 이상	20mm/24h 이상
토성	L(양토)~CL(식양토)	SL(사양토)~LiC(경식토)
자갈(3.5cm 이상)	없음	용적 10% 이하

5.4 암거배수 조직의 기본구성

5.4.1 암거배수조직 계획의 기준

암거 배수조직계획의 기준은 암거배수의 조직계획에 관한 기본적인 사항을 정하는 것이며 농지의 경사나 토양형에 관계없이 모든 지구에 대해 적용되는 것이다.

암거배수의 조직계획은 지형조건에 따라서 평탄지와 경사지로 구분하고 또한 토양 조건에 따라서 사질 토양, 양토질 토양, 난투수성 토양 및 이탄 토양, 간척지 토양으로 구분해서 배수조직계획을 수립한다.

본 항에서 제시하는 기준은 모든 지구에 공통적으로 적용되나, 이 기준이 설계자의 경험에 따른 판단을 구속해서 계획을 획일적으로 제한하려는 것이 아니고, 계획의 원칙적인 고찰방법과 추진방향을 제시하는 것이다. 따라서 설계자는 이 원칙의 방향에 따르면서 경험에 의한 정확한 판단을 내려서 타당한 계획을 수립하여야 한다.

각 조건별 구분은 아래와 같다.

가. 사질 토양

지표아래 1m까지의 토층으로 투수계수가 대략 $1 \times 10^{-3} \text{m/s}$ 이상이고, 배수개선에 따른 토양의 특성변화가 뚜렷하지 않은 토양

나. 양토질 토양

지표아래 1m까지의 토층으로 투수계수가 대략 $1 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ 이상, $1 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ 미만으로 보통의 투수성을 가진 토양

다. 난투수성 토양

지표아래 1m까지의 토층으로 투수계수가 대략 $1 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ 미만으로 일반적인 암거배수조직 만으로는 충분한 배수효과를 기대할 수 없는 토양

라. 이탄 토양(peat soil)

이탄층이 두껍고 배수개량에 따라 경지면의 침하나 시설물이 부등침하 할 염려가 있는 토양

마. 경사지 논

평균지형경사가 1/50 이상이고 지구내로부터 침투수가 많아서 특수한 암거배수처리를 필요로 하는 논

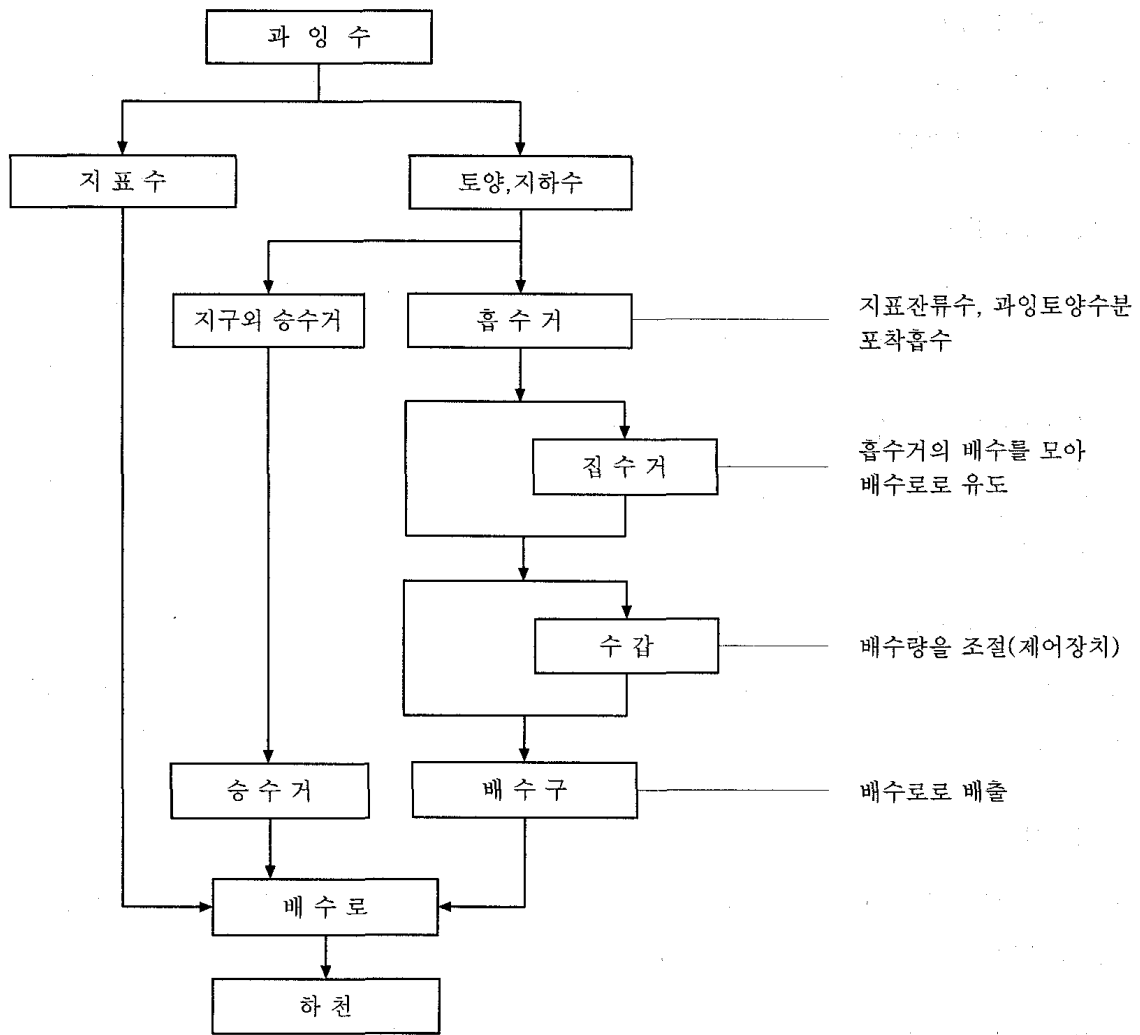
바. 간척지 토양

회색층 점토가 항시 팽윤상태에 있으며, 흡습도(吸濕度)가 높은 2가 철(Fe^{+2})이 다량으로 함유되어 투수계수가 $1 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ 미만으로 극히 낮은 토양

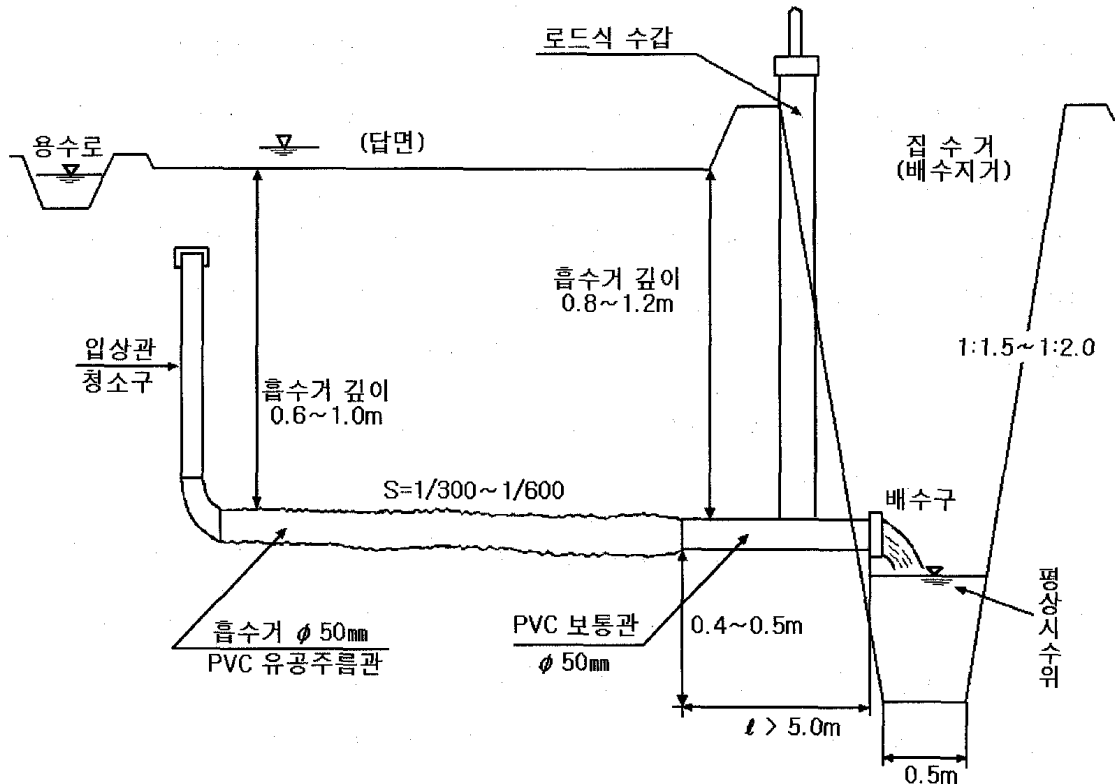
5.4.2 암거배수조직 계획

암거배수조직 계획은 지구의 지형, 기상 및 토양조건에 적합하도록 하는 것 외에 용·배수시설 및 도로와의 배치관계, 포장의 배수방법과의 관계 및 배수조직의 유지관리방법과의 관계를 고려하여 결정한다.

가. 암거배수조직의 구성과 기능을 도표로 표시하면 [그림 5.5]와 같다.



[그림 5.5] 암거배수조직 구성도



[그림 5.6] 암거배수조직 일반단면도

나. 암거배수조직과 지표배수조직과의 관계(배수계통의 분리와 병합형태)는 지형 조건, 지구의 용·배수 및 토지이용상황 등에 따라서 다음과 같은 경우로 구분하여 고려한다.

1) 지표배수를 위한 배수지거에 흡수거를 직접 연결시키는 경우

(경지정리와 지표배수시설이 잘 되어서 배수지거의 수위가 충분히 낮거나 경사지 논에서와 같이 배수구의 낙차를 쉽게 확보할 수 있는 경우 간척지에서 초기에 배수조직 정비가 과도적 단계에 있는 경우 등)

2) 농구내에서 배수지거에 의한 지표배수와 집수거에 의한 암거배수를 분리하여 배수지선에 암거배수를 유도하는 집수거를 접속할 경우(지표배수조직이 잘 정비된 평탄지이고 또한 배수지선의 수위를 평상수위 이하로 낮게 조절할 수 있는 경우 등)

3) 수개 농구(農區) 이상의 넓은 구획(Block)에서 지표배수와 암거배수를 분리하

여 암거배수는 집수거(관)로 도수하여 간선배수로나 지선배수로에 연결시키는 경우
(평탄지이고 말단배수조직의 정비가 불충분하며 또한 지선배수로의 수위가 높거나
암거배수조직을 이 형태로 정비하는 것이 유리하다고 생각될 경우 등)

4) 암거배수를 양수기(Pump)에 의해서 배수로 또는 용·배수 겸용수로에 도수
할 경우

(평탄지이고 간선용·배수조직의 정비가 불충분하여 용수부족과 배수불량의 문제가
같이 존재하거나, 또는 배수조직이 미비된 평탄지에서 부분적으로 논을 밭으로 이용
하는 경우 등)

5) 지표배수를 암거배수조직에 유입시킬 경우

(배수로 부지의 절감을 목적으로 할 경우 등)

다. 관매설 또는 소수제를 이용한 암거배수 이외의 암거배수 방법에는 포장내나 포
장주변에 설치하는 배수로와 토층개량의 목적으로 시행하는 심경, 심토판쇄 등이 있다.

라. 경지정리계획과 동시에 개략적인 암거배수계획을 수립하는 것이 공사비 절감
과 효율적인 배수조직을 수립하는데 바람직하다. 공사시행은 경지정리공사를 선행하
여 몇 년 후에 지반의 안정과 예상치 못한 특수한 배수불량지가 뚜렷이 나타나는 것
을 기다려서 암거배수시설을 시공하는 것이 합리적이다. 단 석력이 많은 지구는 동시
시공을 하는데 이 경우는 암거관의 피복단면을 되도록 크게 하여야 한다.

5.4.3 암거배수 기본조직의 선택

암거배수조직은 배제되는 물이 암거배수조직을 통하여 용이하게 지선배수로,
간선배수로에 도수되도록 하여야 한다.

1필지 포장에 접하는 소배수로나 집수거는 흡수거로부터의 배수를 지선·간선배수
로에 유도하는 역할을 하고, 그 기능이 좋고 나쁨은 암거배수조직이 유효하게 기능하
는가 어떤가에 달려 있으므로 중요하다. 또, 이러한 소배수로나 집수거의 접속부분에
는 수갑 등의 지하수위 조절방식이 적용된다. 따라서, 흡수거·수갑·집수거 또는 소
배수로, 간·지선수로에 도달하는 수로조직의 방식(구조)은 배수기능·수위조절기능·
내구성·유지관리의 용이성·경제성을 충분히 고려한 것이어야 한다.

5.4.4 암거배수조직의 구성

암거배수조직은 일반적으로 흡수거, 집수거, 수갑, 배수구로 구성된다. 이 밖에 필요에 따라 흡수거 상류단에 청소구(입상관)와 통기구, 집수거가 관로인 경우에는 유지관리나 청소 등을 위한 맨홀 등을 설치해야 한다.

암거배수조직은 각각 다음과 같은 기능을 가지고 있다.

가. 흡수거

배수구역의 지표잔류수나 토양 중력수를 직접 흡수하여 흘려보내는 흡수거와 토층에서 흡수거에 과잉수를 용이하고 연속적으로 유입시키기 위한 소수재 또는 피복재로 구성된다. 그외 목재, 대나무, 자갈 등을 사용하는 간이 암거, 재료를 안쓰는 탄환(彈丸)암거 등이 있다.

1) 무재(탄환)암거 : 점토질의 토양지대 및 이탄지에서 단독 또는 보조암거로 사용하는 공법으로서 자재는 사용하지 않고 지중에 통기공을 뚫는 공법으로서, 흡수거와 함께 시공하는 경우가 많고, 효과의 지속성은 비교적 짧다.

2) 간이 암거 : 섯·목재·자갈 등을 사용해서 지중에 통기공을 만드는 공법인데 통기량의 산정이 곤란한 것과 내용연수가 짧은 것 등의 이유로 최근에는 별로 사용되고 있지 않다.

3) 관암거 : 토관, 도관(陶管), 콘크리트관, 플라스틱관 등의 정형단면을 이용하여 통기공으로 만드는 공법으로, 통수량 산정이 비교적 용이하다는 것과 효과가 크고 그 지속성이 길다는 것, 설계시공 및 관리가 용이한 것 또한, 자재를 구하기가 용이한 것 등의 유리점이 있고 시공량도 대폭 확대할 수 있다.

나. 집수거

흡수거에 의해 모아진 물을 배수구까지 도수하는 부분인데 흡수거의 물을 지체 없이 배제함과 아울러 이것을 조절 또는 제어하는 기능을 갖는다. 또, 집수거를 몇 개 모아서 배수구에 도수하는 부분을 연락거라고 하는 경우도 있다. 집수거의 계획에서는 흡수거가 양측에서 합류하는 경우는 서로 직접 만나지 않게 하고 또, 통수 저해의 원인으로 되지 않도록 집수거는 흡수거보다 구배를 더 크게 할 것 등의 배려가 필요하다.

다. 수갑 및 맨홀

수갑은 주로 논에서 암거의 배수를 조절하는 시설이고 밭의 암거에서는 보통 설치하지 않는다. 수갑의 설치 위치는 지형, 관의 배치, 기울기 외에 토양조건, 토지이용 형태에 따라 판단하고 종합하여 배수조절이 가능한 면적마다 설치한다. 그러나 최근에는 논외 고도이용에 따른 밭작물 도입과 관련하여 포장(30~90a) 단위로 설치하는 경우가 많다.

맨홀은 수세감쇄(水勢減殺), 침사, 관로 점검을 주된 목적으로 관의 합류지점, 관의 기울기가 급변하는 장소 등에 설치한다.

라. 배수구(排水口)

집수거 또는 흡수거에서의 배수를 간·지선 배수로 또는, 하천 등에 배출시키는 시설이고 설치위치 또는 구조가 배수효과에 큰 영향을 준다. 따라서 홍수시 혹은 저지대에서 외수위의 상승을 피할 수 없는 경우는 역수를 방지할 수 있는 위치 또는, 구조로 해야한다.

마. 승수거(承水渠)

지구외에서의 침투수를 집수하기 위한 시설이고 보통 집수거보다 큰 단면의 암거가 사용된다.

5.4.5 암거배수조직의 배수방식

흡수거, 집수거, 수갑 및 맨홀, 배수구, 승수거 등의 시설로 구성되는 암거배수조직의 배수방식은 지역의 지형조건, 용·배수조건 및 토지이용의 상황 등에 따라서 집수거 배수방식 또는 직접배수방식으로 구분할 수 있다.

암거배수 조직은 앞에서 설명한 시설로 구성되어 있다. 또 특수한 경우로서 포수거로부터 성립되는 암거배수조직도 있고, 그런 것을 포함한 기본 구성은 [그림 5.5]에 제시한 바와 같다.

이 배수경로 중 지역의 지형조건, 용·배수조건 및 토지이용의 상황 등에 따라서 집수거 배수방식 또는 직접배수방식으로 구분할 수 있다.

가. 집수거 배수방식

지하수위 조절시설인 수갑 및 배수구 등의 배출시설을 설치하기 용이한 평탄지 포장에서 많이 사용되고 있다. 그러나, 통수저해가 나타났을 때 조직 전체의 기능이 현저히 저하하며 그 조사 범위가 넓어 곤란하다.

나. 직접 배수방식

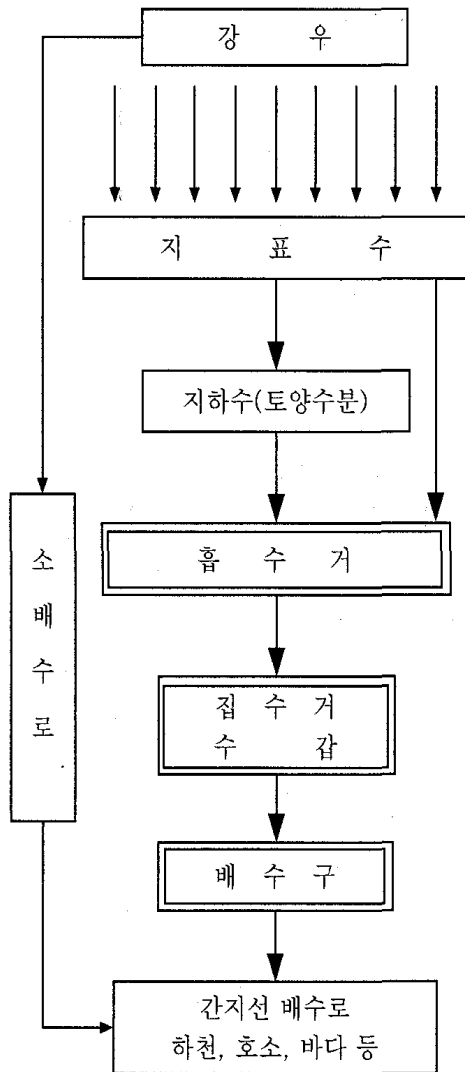
수갑 및 배수구 시설의 설치는 배수로의 수위에 직접 관계되어 선택의 범위가 한정된다. 그러나, 통수저해가 생긴 경우 그 조사 범위가 좁아 조사가 용이하다.

이 방식은 급경사 지대의 포장에서 자주 사용되고 있다.

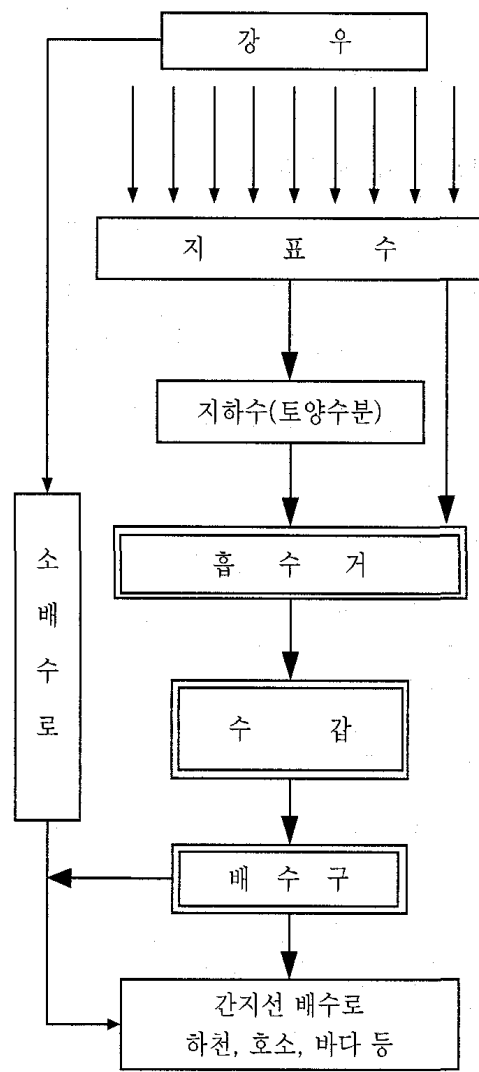
〈표 5.8〉 집수거 배수방식과 직접 배수방식의 비교

구 분 항 목	집수거 배수방식	직접 배수방식
배수대상 수량	지표배수 + 암거배수	좌 동
설치위치	제한 없음	장소에 따라서는 제한됨
흡수거의 위치	"	" "
배수구의 수	적 음	많 음
수갑의 수	적 음	많 음
지형기울기, 배수본선과의 관계	제한되지 않음	장소에 따라서는 제한됨
배수기능 장애내용의 정도	경우에 따라 침하, 부러짐, 막힘이 많음	배수로의 풀이 무성, 토사 퇴적, 법면붕괴 등
유지관리	집중관리도 가능	분산관리
시 공	비교적 곤란	용 이
공사비	고 가	저 가

<집수거 배수방식>



<직접 배수방식>

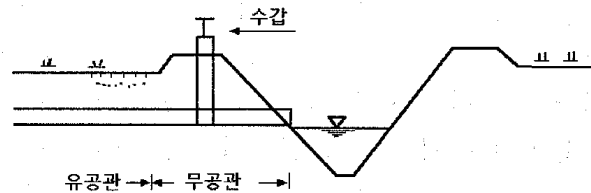
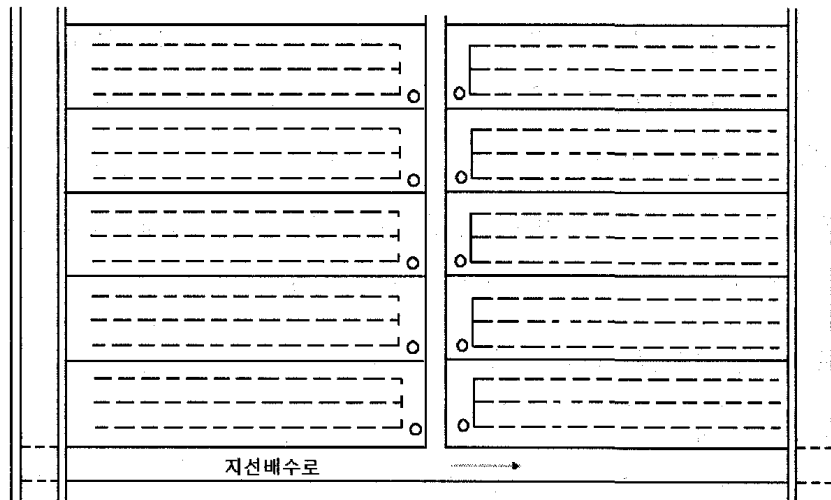
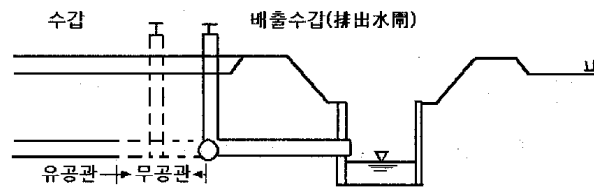
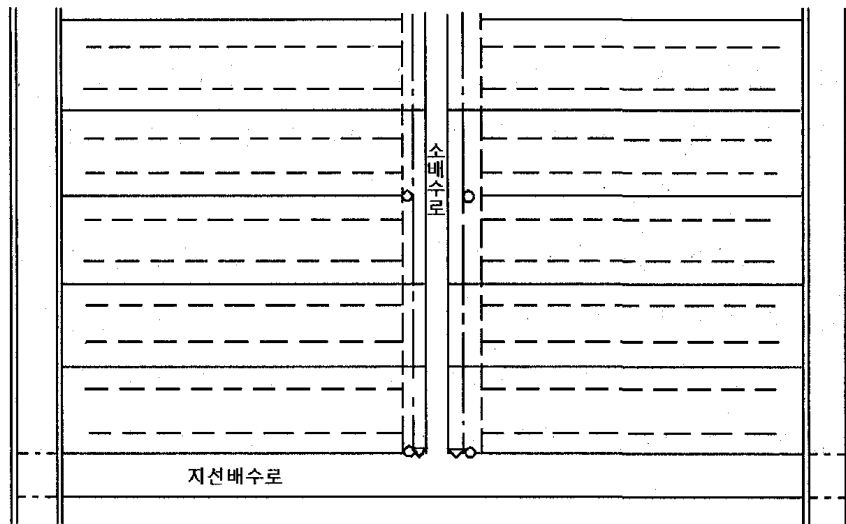


□ 암거배수조직

→ 지표수의 배수경로

→ 지하수의 배수경로

[그림 5.7] 암거배수방식의 조직구성



- (주) 1. --- 흡수거
2. --- 집수거
3. ○ 수갑
4. ▽ 배출수갑

[그림 5.8] 암거배수의 암거선 모식도

5.4.6 흡수거의 구조 및 재료

(1) 흡수거는 흡수거와 여과재(Filter)나 소수재로 구성되며 석력, 목재, 대나무 및 왕겨 등을 사용하는 간이 암거와 재료를 사용치 않은 무재료 암거로 두더지 암거, 절단 암거 등도 있다.

(2) 흡수관은 필요한 통수단면적, 강도, 내구성 및 흡수성능을 가지고 있어야 한다. 여과재 및 소수재는 토양의 투수성 증진과 토사가 흡수관으로 유입하는 것을 방지하는 기능이 있고, 어느 정도의 내구성이 있어야 한다. 또한, 암거재료는 작물에 유해한 물질이나 수질을 오염시키는 물질을 화학 합성하거나 용출해서는 안 된다.

가. 흡수거의 기능과 재료

흡수거는 토층중의 과잉수를 흡수하여 한데 모아 집수거로 유거시킨다. 구비조건으로는 필요한 통수단면적, 강도, 내구성 및 흡수성능이 있어야 한다.

1971년 12월 미국 시카고시에서 개최된 배수재료 심포지움 보고서에 의하면 PVC유공주름관이 흡수거로서 유입공의 성능, 내구성 및 가격 등에서 대체적으로 유리한 조건을 갖추고 있다고 인정하였다.

그 밖의 흡수관으로 토관, 콘크리트관, 경질염화비닐관, 폴리에틸렌관 등도 많이 사용하고 있으나, 장·단점을 비교하면 다음 <표 5.9>와 같다.

<표 5.9> 흡수관의 종류와 장·단점 비교

<1>

종 류	장 점	단 점	고 려 사 항
P.V.C 유공주름관 (내경 50mm 이상)	<ul style="list-style-type: none"> · 합리적인 물유입 · 기계시공이 용이 · 운반이 가볍고 용이 · 길이를 자유롭게 길게 할 수 있음 · 가격이 비교적 저렴함 · 쉽게 부식하지 않음 	<ul style="list-style-type: none"> · 조도계수가 큼 · 강도가 크지 못함 · 현장작업이 불가능하고 공장에서만 제작함 	<ul style="list-style-type: none"> · 크기와 두께가 균일해야 함 · 외압에 대한 저항성이 있어야 함 · 균열에 대한 내구성 있어야 함

종 류	장 점	단 점	고 려 사 항
토 관 (내경 50mm ~ 150mm) ($\ell = 0.3 \sim 0.6\text{m}$)	<ul style="list-style-type: none"> • 견고함 • 현장조달이 가능함 • 내식성, 내압성이 크다. • 적용대상 토양의 범위가 넓다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 중량이 무거워 운반이 불리함 • 정밀한 시공이 필요 • 가격이 고가임 • 물 유입이 이상적이지 않음 	<ul style="list-style-type: none"> • 재질의 균일성이 필요함 • 내경의 균일성이 필요함 • 시공기술의 정확성이 필요함
콘크리트관	<ul style="list-style-type: none"> • 제작이 용이함 • 현장조달이 가능함 • 대구경을 제작가능함 • 가격이 비교적 저렴함 • 내압력이 크다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 염분에 부식되기 쉬움 • 파괴되기 쉬움 • 중량이 무거워 운반이 불편함 • 정밀한 시공이 필요함 • 물 유입이 이상적이지 않음 	<ul style="list-style-type: none"> • 강도의 균일성이 필요함 • 재질의 균일성이 필요함 • 내경의 균일성이 필요함 • 시공기술의 정확성이 필요함
경 질 염화비닐관	<ul style="list-style-type: none"> • 경량이므로 1분당 길이를 4.0m까지 제작이 가능하다. • 산, 알칼리 등에 어느 정도 대해서 내식성이 있다. • 관 내면이 평활해서 조도가 작다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 저온이나 충격에 약하다. • 균열, 파손이 발생할 가능성이 있어 연약지반에는 부적합하다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 내외면이 매끄럽게, 유해한 흠집, 줄무늬, 갈라짐, 꼬임, 기타의 결점이 없어야 한다.
폴 리 에틸렌관	<ul style="list-style-type: none"> • 비중이 강관의 1/8이므로 가볍고 취급이 용이하다. • 저온에 강하고, 관강도에의 영향이 적다 • 50mm 정도의 것은 장척의 코일권으로 되어 있으므로 장거리이음이 필요 없다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 열가소성 수지이므로 강도 측정이 온도변화에 민감하다. • 국부하중이 작용하게 될 때에는 부설을 피해야 한다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 망상관은 망 구멍의 크기와 토질에 대한 적응성을 검토해야 한다. • 형상은 제조방법에 따라 폴리에틸렌제 망상관, 파형관, 시트파이프형 등이 있다.

관 이외의 흡수거로는 대나무 마디를 뺀 죽흡수거, 목재를 조립한 목상자형 흡수거, 나무가지를 엮어 만든 나무쥔 흡수거, 석력을 부설한 석력 흡수거 등이 있으나, 현재는 많이 이용하지 않는다.

나. 피복재(Surrounds)

피복재는 관을 덮는 투수성이 양호한 재료로서 사용되는 목적에 따라 여과재와 소수재로 구분한다.

1) 여과재(Filter)

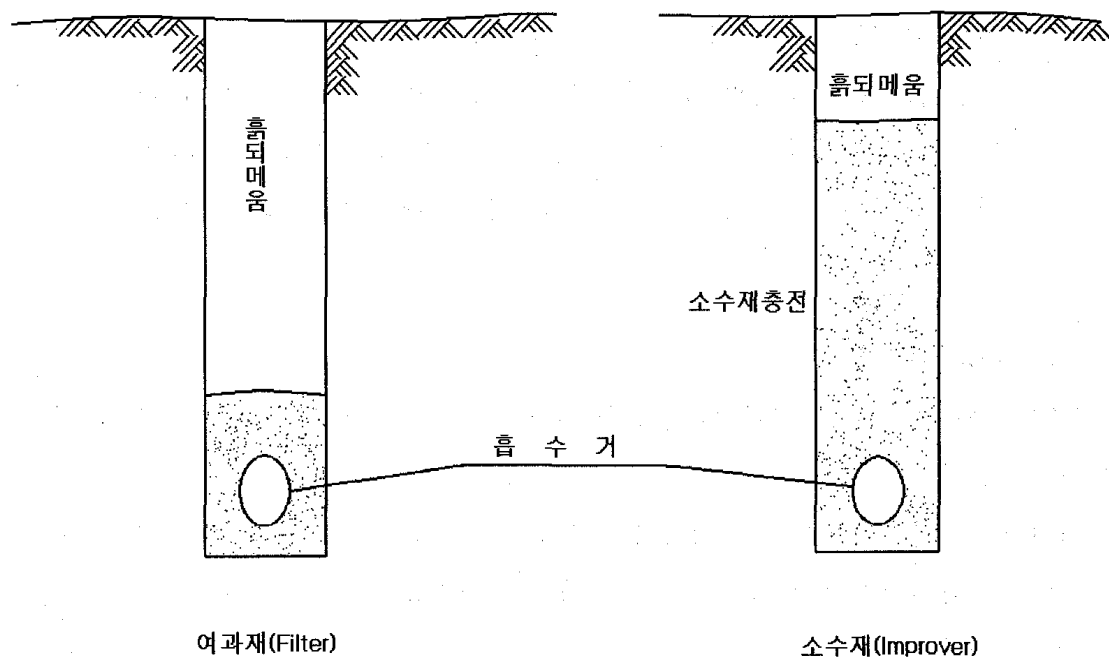
흡수거 내로 토사가 유입하는 것을 막기 위하여 관 둘레를 피복하는 필터이며, 화섬여과재(Synthetic fibre filter), 왕겨, 모래와 자갈 및 벚짚, 갈대, 쥔 등이 있다.

2) 소수재(Improver)

토층 중의 물이 필터를 거쳐 흡수관에 유입되는 것을 가일층 촉진시키기 위해 흡수거 상부나 최소한 두께 20cm 이상으로 충전하는 피복재로 물길을 터서 흡수부분을 크게하는 투수성 재료이다. 소수재의 재료로는 왕겨, 자갈과 모래, 벚짚, 목판 및 조개 껍질 등이 있으나 농가부산물인 왕겨가 구하기 쉽고, 운반과 조작이 쉽고, 가격이 싸며 토양에 대한 적응성이 좋아서 많이 사용되고 있다.

그런데 왕겨는 유기질이기에 때문에 부식되기 쉬운 단점이 있으나, 외국의 시험결과에 따르면 수분이 많은 토층에서는 10년 이상 그 기능이 유지될 수 있다.

소수재로서 모래 및 자갈이 가장 이상적인 재료이나 공사비가 비싸며 운반과 조작이 불리하고 많은 양을 구하기 어려운 단점이 있다.



[그림 5.9] 흡수기 펌프단면

[참고]

토양의 구조, 조직, 수분함유량에 따라서 크게 영향을 받는다. 그러나 실제 포장에서 지내력이 문제가 되는 것은 주로 점질토양의 논이다. 현재까지의 연구조사결과에 의하면 논 지면하 15cm 까지의 깊이를 5cm 깊이마다 측정한 콘(Cone)지수(단위 kgf/cm^2)의 4점 평균치가 4kgf/cm^2 이상이라면 기중 및 작업내용에 관계없이 대개 원활한 농작업이 가능하다. 따라서 이러한 정도의 지내력을 가질 수 있도록 암거배수가 되어야 하겠다. 물론 암거배수에 의하여 지하수위를 낮추는 것만으로는 소요 지내력을 얻는 일이 보장되는 것이 아니겠으나, 지하수위를 저하시키지 않는한 토양의 건조는 기대할 수 없으므로 지하수위 저하는 지내력 강화를 위한 필요조건이 된다.

5.4.7 흡수거의 매설깊이 및 간격

흡수거의 매설깊이는 『지표면에서 계획지하수위까지의 깊이 + 여유심』으로 하며, 일반적으로 흡수거의 상류단에서 0.6m~1.0m, 하류단에서 0.8m~1.2m로 한다. 다만, 주흡수거의 상단부 매설깊이를 최소한 0.6m 이상으로 해야 한다.

흡수거의 간격은 지형, 토양조건 및 토지이용형태 등에 따라서 결정한다.

가. 계획지하수위

암거배수의 기준치인 계획지하수위는 지구의 토지이용형태, 도입작물의 종류 등을 고려해서 결정한다.

우리나라의 답작지에서 작물생육과 지하수위 관계는 담수상태하에서 수도작과 비담수하에서의 답리작이 반복되는 영농체계이므로 양자를 모두 충족시킬 수 있는 방안을 강구해야 한다.

논과 밭에서 토양과 수분은 상반된 상태로 존재하므로 답리작지대의 습답을 암거배수시설로 개선코져 할 때는 벼 재배와 밭작물 생육에 공통으로 사용될 수 있는 배수조직을 설계해야 한다.

국내외 자료를 분석 정리한 결과 계획지하수위 및 암거배수 기준치는 다음 표와 같다.

〈표 5.10〉 암거배수 기준치

배수요인 \ 작기	담수기 (수도)	비담수기 (답리작)
· 감수심	10~15mm/일	-
· 삼투속도	5~10mm/일	-
· 토양투수계수	10^{-5} cm/s	10^{-4} cm/s
· 지표잔류수 허용일수	물떼기후 3~5일	강우후 1~2일
· 강우후 5일째		
- 20cm층위 토양수분	-	pF 2.5
- 계획지하수위	-	지표하 50cm

나. 흡수거의 여유심

여유심(a)은 배수로의 심도, 지하수위의 하강속진과 배수개선에 따른 지반의 수축침하, 영농기계의 주행하중 및 동결 등에 대한 압거 보호를 위한 것으로 대략 (a) = 20cm~50cm로 하는 것이 타당하다.

여유심(a)을 크게 해야 할 조건으로는,

- ① 토양의 투수성이 커서 흡수거의 간격이 넓은 경우
- ② 간척지 주변의 육지부, 경사지 및 인접고지대 등에서 깊은 침투수의 차단이 필요한 경우
- ③ 배수개선에 의해서 토층의 수축이 예상될 경우
- ④ 심근성의 영년생 작물이 도입될 경우 등이다.

어느 경우이건 토양의 투수성, 특히 압거 매설깊이에서 토층의 투수성이 좋아야 하는 것이 필요조건이다. 그리고 한냉지에서는 지반의 동결심보다 압거 매설깊이가 깊어야 한다.

경지의 동결심은 토양의 성질, 토양수분함량에 따라 다르므로 유사지구의 조사자료 등에 의해서 결정한다.

동결심의 최대치는 다음 식으로 구할 수 있다.

$$Z = 2.94\sqrt{\Omega} \quad \dots\dots\dots(5.3)$$

여기서,

Z : 동결심 (cm)

$\Omega (= \theta \cdot t)$: 동결지수이며 0°C 이하의 월평균기온($\theta : ^{\circ}\text{C}$)과 그 연속일수 ($t : \text{day}$)와의 곱이다.

〈표 5.11〉 동결심 계산 예(삼교천 1953년~1972년 평균)

월	11	12	1	2	3	4	계(Ω)
평균기온 $^{\circ}\text{C}$	+6.3	-0.9	-4.3	-1.7	+3.8	+11.3	
일 수	30	31	31	28	31	30	
$\theta \cdot t (^{\circ}\text{C} \cdot \text{day})$	-	27.9	133.3	47.6	-	-	208.8
동 결 심	$Z = 2.94\sqrt{\Omega} = 2.94\sqrt{208.8} = 42.5 \text{ cm}$						

다. 흡수거 깊이 결정할 때의 유의사항

1) 여러 층위로 이루어진 토양은 투수성이 불량한 토층에 암거를 매설하는 것은 피한다. 암거매설을 계획하는 깊이의 토층이 난투수성일때는 이 층을 피할 수 있도록 여유심(α)을 정한다.

투수성이 낮은 여러 층위로 이루어진 토양은 흡수관의 기능을 촉진하기 위하여 충분한 깊이의 소수재를 투입하고 투수성이 불량한 상층토는 토층의 투수성 개량을 위해 두더지암거, 심토파쇄 등의 방법을 병용하는 것이 좋다.

2) 경지면에 기계가 주행하므로 기계차륜의 침하로 생기는 토양변형이 암거까지 미칠 경우는 암거가 파손될 염려가 있다.

과습답 또는 미성숙 간척지에서 경반이 미발달된 연약한 지반은 토층의 변형이 차륜침하량의 2.0~2.5배의 깊이까지 미친다. 토층의 변형 또는 교란이 암거의 파쇄까지는 일으키지 않더라도 암거 주변의 삼투로를 교란시켜 흡수거의 기능을 저하시키므로 이런 지대는 암거의 피복단면을 충분히 크게 할 필요가 있다.

라. 주암거 깊이와 배수로 깊이와의 관계

주암거의 깊이가 깊어지면 배수로의 깊이가 깊어지거나 또는 별도의 암거배수용 펌프장을 신설해야 하므로 과도한 공사비가 소요되고, 폐폐(潰廢)농지의 증가, 시설물 유지관리비의 증가등의 문제점이 발생되므로 경지정리설계때 상기 문제점을 충분히 고려해야 한다.

경지정리가 시행된 지구에서 흡수거 깊이(말단부)를 답면하 1.0m로 하고, 관에서 배수로 바닥까지의 최소 깊이를 0.4m로 하면 배수지거의 깊이는 1.4m가 된다. 따라서 특수한 경우를 제외하고 주암거의 깊이를 논바닥 아래 1.0m이내로 하는 것이 바람직하다. [그림 5.6 참조]

마. 흡수거의 간격

흡수거의 간격은 토양조건, 지형조건, 토지이용형태 및 흡수거 매설 등에 따라서 결정한다.

사질토양과 이탄토양을 제외한 토양의 투수성은 토성보다는 균열 등과 같은 토양구조에 지배된다.

흡수거의 간격계산은 물론 적정한 이론방정식에 의하여 일차적으로 계산하지만 경반층이 발달되었거나 성층토지대 또는 난투수성지대는 토양투수계수가 부정확하거나 각 층위를 대표하는 투수계수의 산출이 무의미하기 때문에 이론방정식의 적용이 부적

합하다.

따라서 이런 경우는 과거의 실제경험과 유사지구의 사례를 참고로 해서 간격을 결정하는 것이 바람직하다. 적당한 유사지구가 없을 경우는 본 사업시행전에 지구내에 소규모 시험사업을 선행하여 여기서 얻은 시험결과에 의하여 간격을 결정하는 것이 바람직하다.

난투수성 지대에서 이론방정식으로 계산된 흡수거 간격이 대부분 10m 이내로 좁은 경우는 공사비의 과다로 경제적 타당성을 기대하기 어렵기 때문에 특별한 경우를 제외하고 흡수거 간격은 최소 10m 이상으로 결정하고 대신 보조암거를 병용해서 암거의 기능을 보강하는 방법이 보다 경제적이고 합리적인 암거배수조직을 계획할 수 있다. 이러한 암거배수조직을 복합 암거라 한다.

5.4.8 집수거

집수거는 흡수거의 물을 지체없이 배제시키며 또한 배출수량을 조절(제어)하는 기능을 구비해야 한다. 이 경우에 집수거의 배치 및 기울기는 각 흡수거 하류단(집수거와의 합류점)을 합류시키는 것을 원칙으로 하나, 집수거의 기울기를 적정하게 확보하기 위해 흡수거의 하류단 높이를 낮추어 조절하는 경우도 있다.

가. 지형이 평탄하여 집수거의 기울기가 너무 느리거나 배수개선에 따른 지반의 침하가 예상되는 경우에는 집수거를 개거로 만들어서 흡수거를 개거에 직결시킨다.

집수거가 개거일 경우는 흡수거 청소가 용이하고 흡수거의 유출상태를 직접 관찰 점검할 수 있는 장점이 있는 반면, 개거의 사면유지와 잡초, 토사매설 등으로 인한 유지관리비가 많이 소요되고, 기설 배수지거를 집수거로 이용할 경우는 배수지거의 확장에 따라 공사비가 과다 소요되며 용지매수 등을 해야 하는 단점이 있다.

집수거가 관로인 경우는 흡수거의 청소가 어렵고 각개 흡수거의 유출상태를 직접 관찰 점검할 수 없는 불편이 있다. 그러나 개거 집수거와 같이 유지관리가 필요치 않고 기존 배수지거의 여건에 구애되지 않고 집수관을 계획할 수 있다.

공사비는 현장조건에 따라서 달라지지만 흡수거의 점검, 보수 및 청소 등을 쉽게 하기 위하여는 특별한 경우를 제외하고 집수거를 개거으로 하는 것이 유리하다.

나. 흡수거의 합류점에는 분지관을 사용하게 되는데 양측으로부터 집수(集水)할

경우는 합류점을 엇갈리게 설치해야 한다.

다. 집수거의 동수경사는 집수관의 평균매설 기울기로 한다. 집수관의 기울기가 현저하게 작은 개소와 집수관이 합류하는 개소 및 낙차를 요하는 개소에는 맨홀(Man hole)을 설치해서 유속의 감소, 토사 침전물의 제거 등 유지관리에 이용한다.

집수거는 보통 PVC관을 사용하는 것이 유리한 점이 많다. 구하기 쉽고, 가격이 비교적 저렴하고, 운반·조작이 편리하고, 관내면의 조도계수가 작아서 유출상태가 양호하며 재질이 견고한 것 등 집수거로서 유리한 조건을 구비하고 있다.

5.4.9 승수거

계획지구 외부로부터의 유입수를 차단할 필요가 있는 경우, 지구주변에 승수거를 설치한다.

불투수층이 얇고 유입수 중에 지표수의 양이 많을 때는 승수거를 개수로로 하는 것이 좋다. 그러나 불투수층이 깊어서 유입수의 대부분이 지하로 흐를 때는 암거로 하는 것이 좋다.

가. 계획지구에 인접하여 높은 지대가 있거나 골짜기 사이의 경지와 같이 지구 주변이 고지일 경우 비탈면을 흘러내린 빗물은 지표수 또는 지하삼투수로 되어 평탄지를 과습하게 만든다.

이와 같은 경우에는 지구의 주변에 등고선과 평행하게 유입수 차단을 위한 승수거를 설치하여 유입수를 모아 배수로에 배제토록 하는 것이 효과적이다.

나. 지구외로부터의 유입수가 불투수층이 얇은 지대를 흐를 때는 물이 지표면에 나타나게 되어 과습의 원인이 된다. 이런 곳은 개수로식 승수거를 지구 주변에 등고선과 평행하게 설치하는 것이 효과적이다.

유입수만을 차단 흡수하기 위해서 개수로 승수거를 설치하는 경우도 있지만, 경지 정리계획의 일환으로 설치하는 경우에는 용수로, 승·배수로 또는 도로측구 등에 개수로식 승수거의 기능을 겸하게 하는 것이 경제적이다.

다. 불투수성 지층이 지표면보다 깊게 깔려 있을 경우에는 고지대에 인접한 지구의 상류측보다 오히려 낮은 하류지가 더 과습하게 된다.

이런 경우에는 암거 승수거를 지구내 과습지에 설치하되 등고선과 평행하게 설치하고 깊이는 피에조미터(Piezometer)에 의해 유입수의 경로를 조사한 후 결정하는 것이

타당하다.

암거 승수거로 하는 경우에는 흡수거의 통수단면과 피복단면을 크게 하는 것을 원칙으로 한다. 단면이 큰 흡수거가 없을 때는 작은 단면의 흡수거를 여러개 사용해도 된다.

이 경우에 계획지구의 하류측에 비닐막 등을 둘러싸서 차단벽을 설치하면 효과가 있다.

라. 암거 승수거는 직접 배수로에 연결시키는 것을 원칙으로 하며 집수거에 연결시키는 경우에는 집수거 단면이 충분한가를 검사해야 한다.

마. 승수거 암거의 단면은 $D=300\text{mm}$ 이상으로 한다.

5.4.10 수갑 및 맨홀

(1) 수갑은 주로 암거로부터의 배수량을 조절하는 장치이며, 받의 암거에는 일반적으로 설치하지 않는다. 수갑의 설치위치는 지형, 관의 배치 및 기울기와 그 밖에 토양조건, 토지이용의 형태 등에 따라서 결정한다.

(2) 맨홀은 수세의 감쇄(減殺), 침사 및 관로의 점검 등을 주목적으로 하고, 관의 합류점, 관의 기울기가 급변하는 장소 등에 설치한다. 또한 수갑과 같이 배수의 조절기능을 겸하게 하는 경우도 있다.

가. 수갑의 종류와 형식

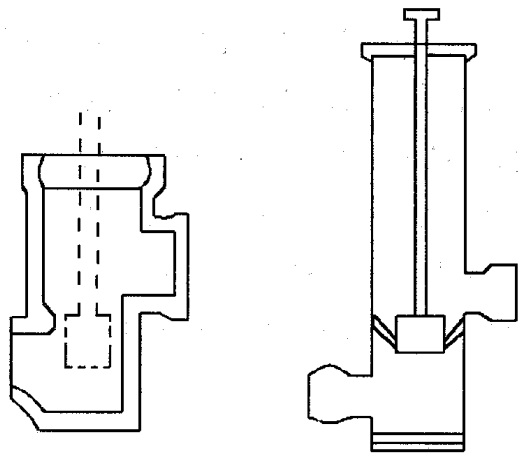
○ 개폐형 수갑

- 수평수갑(주로 평탄지에서 수평접합 장소에 사용)
- 낙차수갑(주로 경사지에서 낙차가 있는 지점에 사용)

○ 월류언형 수갑

- 암거수위의 정위제어(설정수위가변)가 필요한 개소에 사용한다.

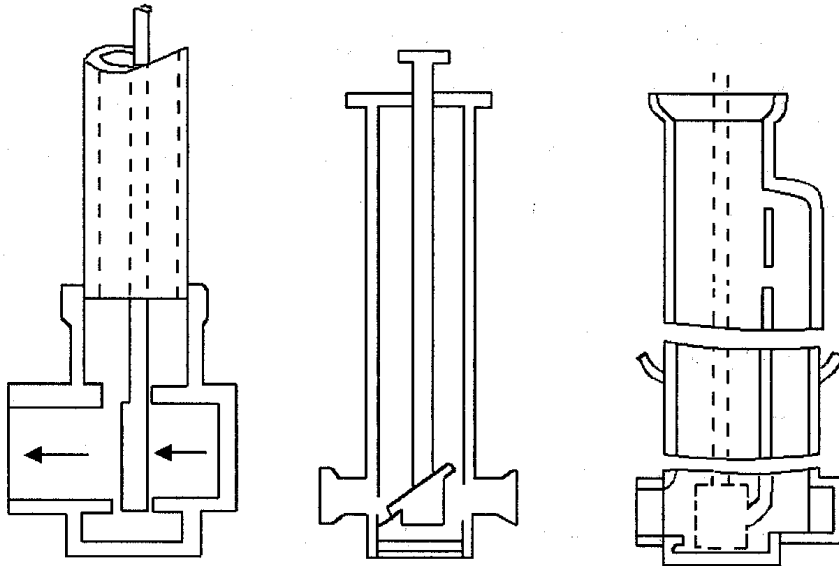
일반적으로 많이 사용되는 수평수갑은 경질염화비닐제인 로드(Rod)식과 마개식(Cap식) 수갑이 있다. 경질염화비닐제 수갑은 가볍고, 가격이 저렴하고, 모양을 자유롭게 만들 수 있는 장점이 있는 반면 햇빛과 기온변화에 약하고 특히 불에 녹아버리는 등 지상노출부분의 취약점이 있다.



도관

경질염화비닐(P.V.C)

(A) 낙차수갑



도관

경질염화비닐(P.V.C)

(B) 수평수갑

(C) 월류형수갑

[그림 5.10] 수갑의 구조

1) 로드식 수갑 : 로드봉의 인양 및 삽입에 의해서 개·폐조작이 되므로 사용이 편리한 반면, 구조가 복잡하여 고장의 위험이 많고 관청소가 어렵고, 토사의 침적이나 이물에 의해 완전방수가 곤란한 경우가 많다.

2) 마개식 수갑 : 사람이 손으로 배수구의 마개를 개폐해야 하는 불편은 있으나 고장이 없고, 가격이 저렴하고 완전방수 여부를 직접 확인할 수 있으며, 관청소가 편

리한 이점이 있다.

나. 수갑은 배수조절을 일괄해서 할 수 있는 면적 또는 필지단위로 설치하는 것이 바람직하다.

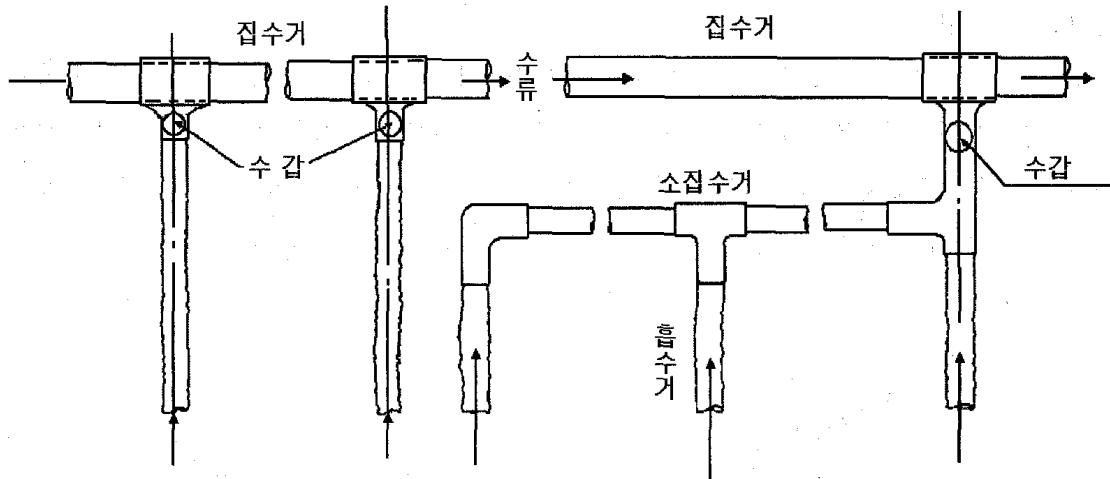
다. 수갑은 가급적 외부에서 청소하기 쉽고 조작이 간편한 것을 선택하는 것이 필요하다. 흡수거에 직접 수갑을 설치할 경우는 수갑의 상류 5.0m까지는 흡수공이 없는 보통관을 사용하고[그림 5.11 참조] 수갑의 주변과 같이 수밀성을 주도록 한다.

라. 수갑의 지수를 완전하게 하기는 어려운 일이므로 낙차가 큰 집수관에 여러개의 수갑이 설치되는 경우에는 수갑 폐쇄시에 암거에서 물이 분출하는 일이 있다. 이런 장소는 다음과 같이 한다.

1) 흡수거를 배수로에 직접 연결시키든지 표고를 고려한 면적 또는 필지단위로 수갑을 설치하여 배수로에 접속시킨다.

2) 될 수 있는대로 수갑의 유출구 위치는 흡수거의 배출수가 쉽게 유출될 수 있도록 배수로 평상수위를 고려하여 결정한다.

3) 흡수거의 끝에 수갑을 설치해서 직접 집수거에 연결시키든지, 또는 여러줄의 흡수거를 소집수관으로 묶어 수갑을 설치하고 본 집수거에 연결시킨다.



[그림 5.11] 흡수거와 집수거의 연결(예)

5.4.11 배수구

배수구는 배수로나 하천 등의 외수위에 의해서 암거의 유출에 지장을 주지 않는 위치에 설치하고 배출수에 의해서 배수구 자체 또는 배수로에 손상을 주지 않는 구조 및 형상으로 하여야 한다.

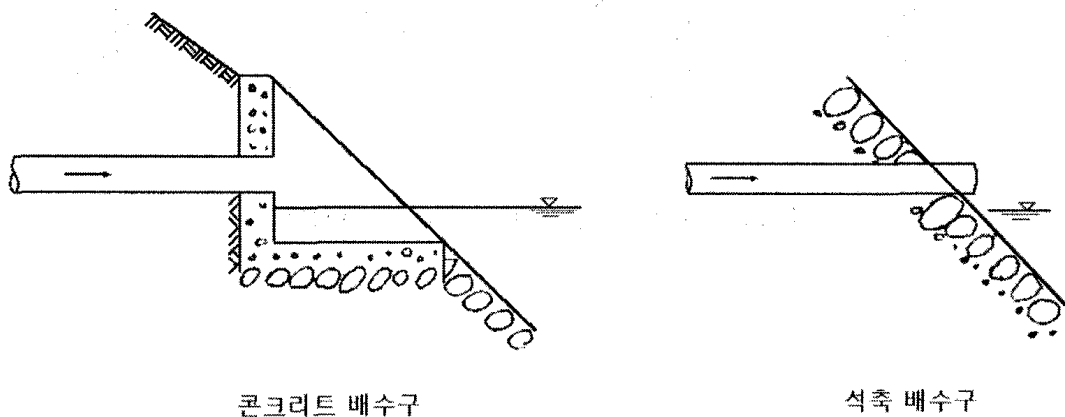
또한 홍수로 외수위가 상승시에 쓰레기 또는 이토의 유입이 예측되는 경우는 배수구에 역수방지벽 등을 설치해서 이를 방지하여야 한다.

가. 배수구는 배수하는 수로, 하천 등의 고수위보다 더 높은 곳에 설치하는 것이 바람직하다. 고수위 이하가 되는 경우는 배수구까지의 수위저하를 충분히 빠른 속도로 저하시킬 수 있어야 한다. 홍수시의 유세에 의하여 시설물의 파손이나 침사에 의한 유출장해가 없는 것을 확인하고 배수구를 설치한다.

나. 배수구 부근의 집수거는 될 수 있으면 연장이 긴 관을 사용하여 누수를 방지하고 배수구 주변의 개거 사면에는 필요한 호안공을 시공한다.

콘크리트관이나 토관등과 같이 짧은 관을 사용하는 경우는 배수구에서 2~5m 구간의 연결부는 모르타르로 접속시키고, 지반이 연약한 경우는 기초공을 시행해서 관로의 안전을 도모한다.

다. 배수구는 배수로나 하천등의 외수위에 의해서 유출에 지장이 없는 위치에 설치하여야 한다. 평상시 배수는 암거관의 바닥 표고가 평시배수위 이상이어야 하고, 홍수시 배수는 홍수에 의하여 역수가 될 때 쓰레기 또는 이토 등이 배수구내로 유입되지 않도록 역수방지벽, 그물망 등과 같은 시설을 설치해야 한다.



[그림 5.12] 배수구의 구조(예)

5.4.12 암거의 배치

흡수거의 배열방향, 수갑 등의 암거 배수시설의 배치는 배수를 더욱 신속하게 할 수 있도록 하고, 배수기능을 보다 장기간 유지할 수 있게 충분히 검토해서 결정한다. 논 또는 밭과 논으로 유회되는 논의 암거배수조직은 암거배수의 조절을 쉽게 할 수 있도록 배치해야 한다.

평탄지에서 암거의 배열방향은 설치방향과 관계없이 흡수작용에 큰 영향은 없으나, 경사지에서는 암거의 배열방향에 따라서 흡수성능은 물론 공사비에도 상당한 영향을 미친다.

가. 배치방식

흡수거의 배치방식은 배열방향에 따라 다음과 같이 구분한다.

1) 종주식(縱走式)

등고선에 직각 또는 예각으로 교차하는 것으로 흡수거를 경지의 최대기울기 방향에 따라서 설치하는 방법이다.

2) 횡주식(橫走式)

등고선에 평행 또는 둔각으로 교차하는 것으로 흡수거를 경지의 최대기울기에 직교해서 설치하는 방법이다.

3) 사교식(斜交式)

종주식과 횡주식을 절충한 것으로서 흡수거를 경지의 최대기울기에 사교시켜서 설치하는 방법이다.

횡주식은 흡수효율이 높고 종주식은 평탄지에 있어서 흡수거의 기울기 확보에 유리하다. 횡주식과 종주식의 적용한계 지형기울기는 0.4%(=1/250) 내외이다.

경지정리가 시행된 논에서의 흡수거 배열은 등고선방향(횡주식)으로 하는 것을 원칙으로 하며, 이는 암거배수의 조절과 시공의 편의상 배미구의 장변방향으로 설치하는 것을 원칙으로 한다.

다만, 평탄지 논에서 배수로나 기타 시설물과의 관계상 답구의 장변방향(배미구의 단변방향)에 흡수거를 설치하는 경우에는 다음 사항에 유의해야 한다.

- ① 흡수거의 말단부 설치 깊이가 너무 깊지 않도록 할 것.

② 흡수거 및 집수거의 기울기를 너무 느리게 하지 말 것.

③ 수갑의 위치는 배미구별로 배수조절에 지장이 없는가를 검사해서 결정한다.

밭이나 초지에 설치하는 암거배수는 지형의 기울기에 따라 암거의 방향과 배치를 적합하도록 흡수거를 배치한다.

과상지형이면, 먼저 집수거의 거선과 기울기를 지형에 맞추어 결정한 후 이것에 적합하도록 흡수거를 배치한다. 흡수거를 배치 접속하는데 불합리한 경우가 발생하면 집수거의 배치를 일부 조정하거나 또는 지선집수거를 배치해서 접속이 원활하도록 한다.

나. 조절방식

논에서 암거배수의 조절방식은 수갑에 의한 방식과 개수로 집수거에 일류언을 설치하여 수위조절을 하는 방법으로 대별할 수 있다.

일반적으로 수갑에 의한 방법이 많이 이용되지만 평탄지의 광범위한 구역(여러 농구 정도)에서 일시에 배수조절이 필요할 때는 배수로의 수위조절에 의하는 방식이 유리하다. 수위조절시설로는 언제나 체수문이 이용된다.

이런 경우 배수조절의 단위를 배미구 또는 여러개의 배미구역별로 할 것인지, 혹은 포구(圃區) 또는 농구(農區)까지로 확대할 것인지는 주로 경지이용형태, 물관리형태, 배수지거 및 배수지선의 깊이 등 배수조건 등에 의해서 결정된다.

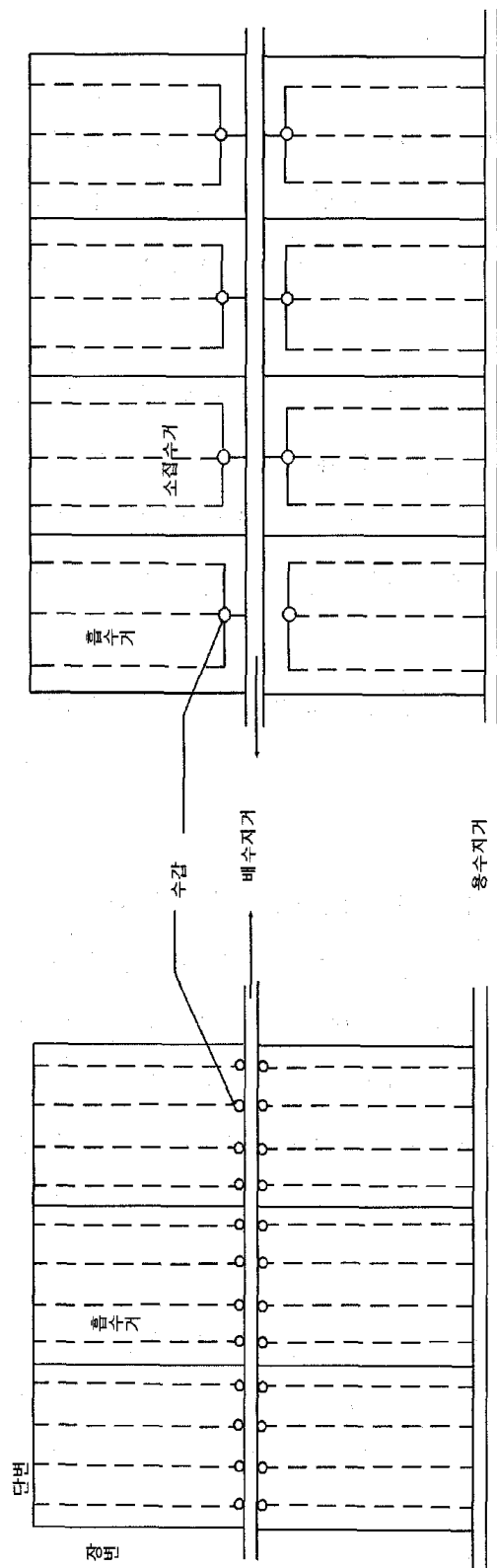
수갑에 의한 배수조절방식에는 단관방식과 복관방식[그림 5.13 참조]이 있다. 이들 방식은 배미구별로 소집수관을 이용하여 1개의 수갑을 설치하는 것과 흡수거마다 수갑을 설치하는 방법으로 구분된다.

1) 단관방식

집수거를 개거으로 하여 흡수거를 개거 집수거에 직결시키는 방식으로 배수지거 수위가 낮을 때 이용한다.

2) 복관방식

집수거를 관로(Pipe line)로 하여 흡수거를 집수거에 연결시켜 주는 방식으로 배수지거수위가 충분히 낮지 못한 경우에 이용된다[그림 5.13 참조].



[그림 5.13] 단관 및 복관방식

다. 암거배치와 관련된 사항

1) 지표배수와와의 관계

지표배수는 암거배수와 밀접한 관계가 있으며, 암거배수는 지표배수에 비해서 배수 속도가 극히 느리다는 특징을 지니고 있다. 따라서 될 수 있는 한 지표배수를 강화하는 것은 암거의 부담을 줄이고 신속한 배수효과를 향상시키는데 효과가 있다.

2) 암거승수거

계획지구외로부터 유입하는 침입수를 차단하기 위해 필요한 경우엔 승수거를 설치한다. 유입수는 지표수가 양적으로 많기 때문에 승수거를 개수로로 하는 경우가 많다. 그러나 지하침입수가 많아 승수거를 암거승수거로 하는 경우엔 암거의 통수단면을 충분히 크게 하여야 한다. 이런 경우 암거 하류측에 비닐막 등으로 방수막을 설치하면 효과가 크다

암거승수거는 직접 배수로에 연결시키는 것을 원칙으로 하며, 집수거에 접속시키는 경우에는 충분히 큰 통수단면적을 주어야 한다.

3) 도로 및 용수로와의 교차

흡수거는 도로 또는 용수로와 교차시켜서는 안된다. 집수거도 가급적 교차를 피하여 배치하되 부득이하여 집수거가 도로 또는 수로를 횡단하는 부분을 견고한 구조로 보강하고 횡단하는 하류측에 맨홀을 1개소씩 설치하는 것이 좋다. 흡수거는 용수로나 얕은 배수로로부터 불필요한 침투수가 유입되지 않도록 주의해서 배치하고 또한 배수로에 의해 암거배수 효과가 미치는 영역내에는 흡수거를 중복하여 배치할 필요가 없다.

4) 보완공사

포장에서 지형이나 토층의 상태에 따라서 특별한 배수불량지(예:용출수)가 생기는 수가 있다. 이러한 장소가 답사나 조사에 의해서 사전에 발견되거나 또는 예측되는 부분에는 이를 감안해서 흡수거를 배치하지만 공사시공 후에 발견되는 불량장소에는 보완공사를 해서 배수처리한다.

5.4.13 압거의 관경 및 기울기

(1) 흡수관의 관경은 계획배수량이 만류가 되지 않고 충분히 유하 할 수 있는 크기로 한다. 그러나 특별한 경우를 제외하고 최소관경은 50mm(A=19.6cm²)로 하며 경지정리답의 배미구 장변(100m인 경우)에 맞추어 흡수관 길이를 95m, 흡수관경을 50mm로 하면 충분하다.

(2) 흡수거의 기울기는 평탄지에서 인력매설시는 1/300~1/600, 기계매설시는 1/500~1/1,000로 하면 적당하다. 그런데 침하로 균일한 기울기의 유지가 곤란하므로 가급적 기울기가 급한 쪽이 바람직하다. 관내유속은 최대유속시에 0.3m/s 이상~1.0m/s 범위에 있는 것이 바람직하다.

가. 흡수거내의 유속(V)은 매닝(Manning)공식으로 산출하고 있는데 이때 동수경사는 흡수거의 설치기울기와 같게 한다.

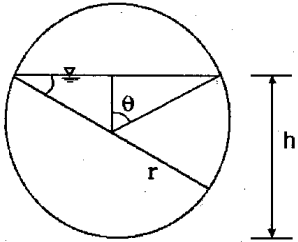
$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

〈표 5.12〉 흡수거의 조도계수

관 의 종 류	조도계수 n	비 고
흡 관	0.013	ㄱ + 연결상태가 불량하면 n치 증가 ㄴ
도 관	0.014	
소 소 토 관	0.013	
경 질 염 화 비 닐 관	0.012	
PVC 유 공 주 림 관	0.016	

(주) : 본 조도계수는 신품인 경우임.

〈표 5.13〉 흡수거의 유량, 유속계산표

h/2r	α	β	비 고
0.50	0.9895	0.62996	Q = 유량(m³/s) r = 관의 반경(m) n = 조도계수 I = 기울기 V = 유속(m/s) 
0.55	1.15917	0.65473	
0.60	1.32962	0.67558	
0.65	1.49699	0.69251	
0.70	1.65696	0.70541	
0.75	1.80486	0.71404	
0.80	1.93448	0.71799	
0.85	2.03932	0.71653	
0.90	2.10929	0.70827	
0.95	2.12655	0.68980	
1.00	1.97907	0.62996	

$$(주) \quad Q = \frac{1}{n} \times r^{8/3} \times I^{1/2} \times \alpha$$

$$V = \frac{1}{n} \times r^{2/3} \times I^{1/2} \times \beta$$

$$\alpha = \frac{(\pi - \theta + \sin \theta \cdot \cos \theta)^{5/3}}{[2(\pi - \theta)]^{2/3}}, \quad \beta = \left[\frac{(\pi - \theta + \sin \theta \cdot \cos \theta)}{2(\pi - \theta)} \right]^{2/3}$$

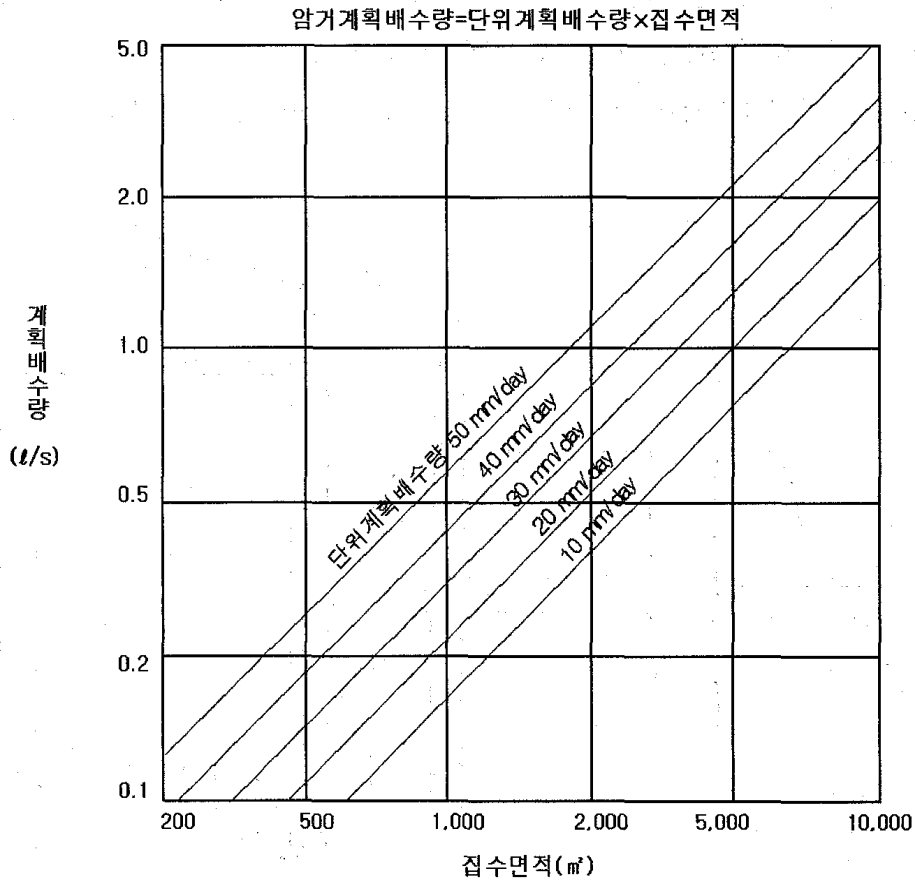
나. 관경은 관내에서 토사의 침전, 물양금의 부착 등으로 관단면이 축소되는 것을 고려해서 계획유량을 관경의 70% 정도의 수심으로 유지할 수 있도록 결정하는 것이 바람직하다. 관경 50mm 이하의 흡수거는 특수한 경우를 제외하고 사용하지 않는다.

다. 경사지에서 흡수거의 기울기가 1/100 이상이 되는 경우는 접합부의 연결이 완전한 것을 선택하고, 접합부분은 내구성 재료로 보강한다.

라. 평탄지에서 흡수거가 느린 기울기로 부설될 때는 관의 침하로 통수불량이 되는 것을 피하기 위해 피복재의 두께를 크게 하고 시공관리를 철저히 한다.

마. 암거배수량은 점진적인 토양구조의 발달에 의해서 당초의 계획배수량을 초과하는 일이 있다. 이런 경우는 평탄지에서 집수거 상류부의 배수가 늦어지고 경사지에서는 집수거 하류부분의 배수가 늦어진다. 그러므로 계획배수량에 대해서 평탄지는 집수거의 상류부 여유를 크게 취하고 경사지는 하류부의 여유를 크게 취한다.

바. 암거 계획배수량은 단위계획배수량(10~30mm/day)과 집수면적을 곱하여 계산된다.



[그림 5.14] 암거배수량

5.4.14. 구획 암거배수계획

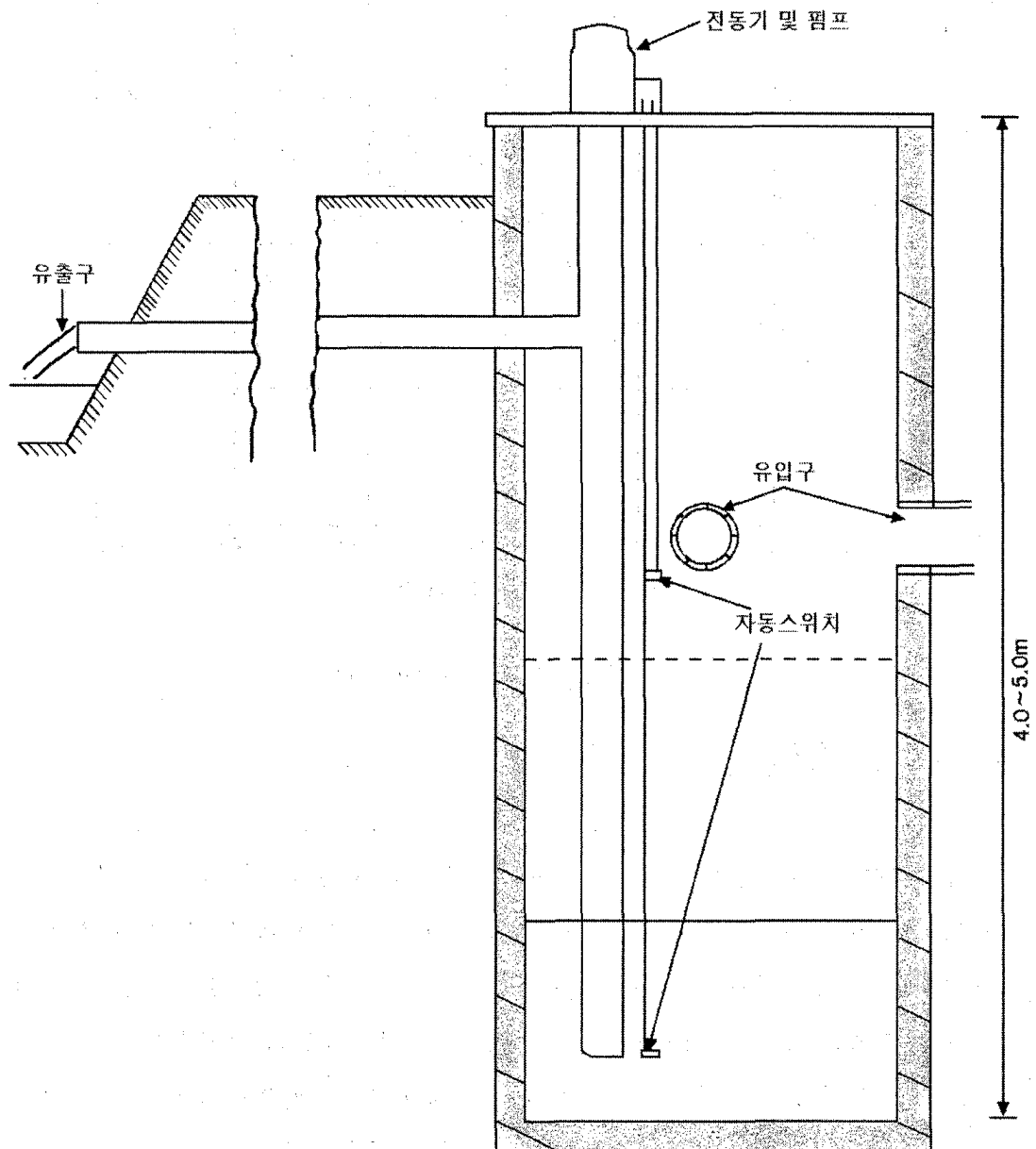
암거배수시설에 의해 입체적 물관리를 가능케 하자면, 지구내의 배수로수위를 필요에 따라 충분히 낮게 유지해야 한다. 그러나 평탄지에서 기설배수로의 수위가 높을 경우는 배수로 보완공사에 과다한 공사비가 소요되므로 비경제적이다. 또한 중전에는 평상시 자연배수가 충분했던 구획에서도 암거배수를 위해 별도의 펌프장을 신설하거나 기설펌프장의 양정을 높여야 할 필요가 있다.

배수로에서 수위저하의 필요성은 지구 전체의 기존배수조직의 개수나 펌프장의 신설 등에 과다한 보완공사비를 요구하게 되므로 이에 대응해서 암거배수량을 분리하여

별도의 소형펌프장(Sump)을 설치해서 적당한 구획(Block) 단위별로 암거배수조직을 계획하는 것이 바람직하다[그림 5.15 참조].

단위구획은 지형조건, 용·배수계통, 섬프(Sump)의 유지관리비 부담능력 등에 의해 결정되지만, 대략 20ha~50ha 규모이면 적당할 것이다.

암거배수량은 지표배수량에 비하여 극소량이기 때문에 섬프의 규모가 작은 것으로도 충분할 것이다.



[그림 5.15] 암거배수용 섬프(Sump) 구조도

5.5 토양조건에 따른 암거배수조직 계획

암거배수는 토양조건에 의하여 가장 크게 영향을 받는다. 다음 토양조건에 따라 기술하는 공식이나 설계기준은 일반적인 사항이며 토양의 특성에 맞게 설계하기 위해서는 오히려 인근개발지역의 설계자료, 유사지구의 시공사례나 설계자의 경험 등을 참고하거나, 이것들이 없는 경우는 사전에 소규모 시험포를 해당 지구내에 설치 운영하여 여기서 얻은 시험결과를 참고하여 최적의 방법을 선택하는 것이 바람직하다.

5.5.1 사질 토양지대

가. 적용범위

사질 토양지대의 암거배수조직계획의 기준은 지표하 1.0m까지의 평균투수계수가 대략 $1 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$ 이상의 토양지대로서 암거배수를 해도 토양의 성질이 크게 변화하지 않는 지대에 적용한다.

나. 흡수거의 매설심 및 간격

흡수거의 매설심은 암거배수의 기본배수조직계획의 기준에 따라 상류단에서 0.6m~1.0m 범위 내에서 정하고, 간격은 계획배수량 및 적정 지하수위를 만족하도록 검토하여 대략 20m~35m 범위에서 정한다. 단 간척지 및 경사지는 이와 다르다.

최근의 암거배수에 관련된 토양에 관한 연구에 의하면 일반적으로 식양질 토양, 점토질 토양, 이탄질 토양 혹은 미성숙된 간척지 토양에서는 Darcy 법칙에 의한 암거배수 이론방정식을 적용코자 할 때 상당한 검토와 주의가 필요하다.

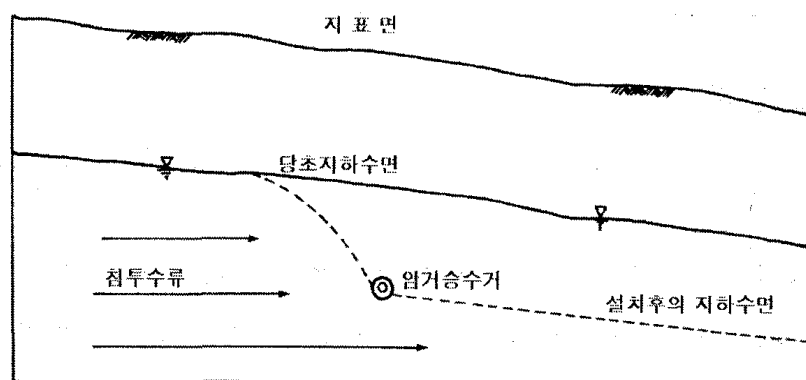
그 이유로는

- 1) 이들 토양중에는 균열이 현저하게 발달하여 “Darcy 법칙”의 성립조건에 맞지 않는 것이 있을 수 있고, 경계조건의 설정이 단순하여 현지의 실태에 맞지 않는다.
- 2) 현지 토양(특히 상층부)의 투수계수가 조사의 시기별, 위치별 및 조사방법 등에 따라 그 변화폭이 크기 때문에 현지조사에 의하더라도 신빙성이 있는 투수계수를 구하기 어렵다.

3) 암거배수를 시행하면 점차적으로 토양의 성질이 변화함에 따라 투수계수의 값도 변화하게 되어 암거배수 이론을 적용하더라도 의미가 없다는 것 등을 들 수 있다.

그러나 사질토양에서는 상술한 것과 같은 이유가 적으므로 Darcy 법칙에 기인한 암거배수이론을 암거배수 조직계획에 적용할 수 있을 것이다.

일반적으로 투수계수가 $1 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$ 이상인 사질토양지대는 암거배수가 거의 필요치 않으며 다만, 지구외로부터 유입되는 지하침투수의 차단을 위하여 암거 승수거가 필요한 경우가 있다.



[그림 5.16] 암거 승수거

가. 흡수거의 매설깊이 및 간격

1) 지하배수량의 검토

배수이론 방정식에 의해서 행한다. 검토결과 계획암거 흡수거의 매설깊이와 간격이 결정되면 계획 지하배수량($10 \sim 30 \text{ mm/day}$)의 배제가능 여부를 검토해야 한다.

지하배수량의 검토는 지하배수량의 배제가 불충분한 경우에는 별도의 투수성 개량을 도모하기 위한 대책을 고려해야 한다. 즉 소수재 투입, 보조암거 시공 등을 시행한다.

이 검토는 균질 토양과 혼성층 토양으로 구분해서 행한다. 혼성층 토양이란 토층간의 투수계수가 현저한 차이가 있는 경우를 말하며, 토층의 구분은 토층단면의 경도, 투수도 또는 현장단면 검사에 의해서 정한다. 배수이론 방정식을 적용할 경우에 토층간의 투수계수의 차이가 10배 이상 벌어지면 불투수층으로 간주한다. 토층의 구분은 관찰로 정한다.

2) 지하수위 하강속도의 검토

지하수위 하강속도를 이론 방정식에 의해 계산하는 방법은 여러 가지 공식이 있으나 이것은 모두 균질토양일 때 적용될 수 있는 것으로 지하수면의 모관수대의 토양수분 분포까지는 고려치 않은 것이기 때문에 정밀도에 한계성이 있다는 것을 알아야 한다.

지하배수 이론방정식은 정류 흐름식과 부정류 흐름식으로 대별할 수 있으며, 현재 많이 사용되고 있는 정류 방정식으로는 Hooghoudt 식, Kirkham 식 및 Ernst 식 등이 있으며, 부정류 방정식으로는 Kirkham 식과 Glover-Dumn 식을 많이 사용하고 있다.

설계자가 토양이 불균일한 저습답에서 이들 공식을 적용코저 할 때는 사전에 현지의 제조건을 충분히 파악하고 공식들이 가지고 있는 제약요건 등을 충분히 이해한 후 사용해야 한다. 또한 이 공식은 보조적 역할을 하는 두더지 암거, 두꺼운 소수재 충전, 심토파쇄 및 소수재 매설암거 등을 병용하는 복합지하배수조직계획에는 적용할 수 없으며 흡수거가 평행이 아니고 지형조건에 따라 간격이 불규칙한 경우에는 적용할 수 없다는 것을 유의해야 한다.

지하수위 저하속도를 이론적으로 추정하는 방법은 많다. 그러나 이러한 것들은 어느 것이나 균일토양의 경우를 대상으로 하고 있는 것, 지하수면상의 모관수대의 토양수분 분포까지는 고려하고 있지 않은 것 등 때문에 정확도에는 일정한 한계가 있는 것으로 생각해야 한다. 이런 것들은 평행류의 가정을 전제로 하고 있는 것과 암거부분의 축류까지 고려한 것으로 대별할 수 있으나, 이론적인 정확성을 중시하는 입장에서 하면 후자의 입장에 있는 것을 채용하는 것이 타당할 것이나 여러 가지 방법 중 여기에서는 비교적 합리적인 것으로서 Kirkham 식을 사용한다.

부정류 흐름에 대한 Kirkham 식은 다음과 같다.

$$h_{s/2} = H_o e^{-(k/f) \cdot t/SF} \dots\dots\dots (5.4)$$

$$F = \frac{1}{\pi} \left[\ln \frac{S}{\pi r} + \sum_{m=1}^{\infty} \frac{1}{m} \left(\cos \frac{2m\pi r}{S} - \cos m\pi \right) \left(\coth \frac{2m\pi l'}{S} - 1 \right) \right] \dots\dots (5.5)$$

H_o : 초기지하수위

$h_{s/2}$: 암거간 중앙의 시간 t 에 있어서의 수위

$2r$: 암거 직경

S : 암거간격

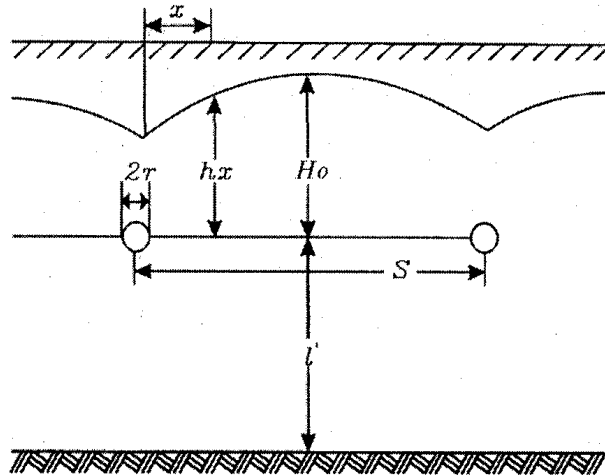
k : 투수계수

t : 시간(일)

l' : 흡수거 부터 불투수층까지의 깊이

f : 배수에 대한 유효 간극률

이 식에 있는 기호는 [그림 5.17]에 나타난 대로이고, F 는 <표 5.14>에서 부여된다



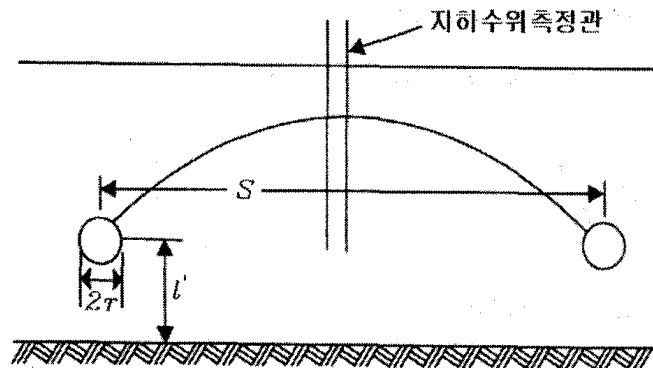
[그림 5.17] 기호 설명도

<표 5.14> F 의 값

$\frac{l}{S}$	$2r/S$				
	0.0025	0.005	0.01	0.02	0.04
0.01	12.79	12.57	12.33	12.03	11.52
0.02	6.761	6.541	6.318	6.077	5.771
0.04	3.846	3.643	3.421	3.195	2.954
0.08	2.522	2.301	2.080	1.858	1.633
0.16	1.961	1.741	1.520	1.299	1.077
0.32	1.787	1.566	1.345	1.125	0.9040
0.64	1.764	1.543	1.323	1.102	0.8811
1.00	1.763	1.543	1.322	1.101	0.8808
∞	1.763	1.543	1.322	1.101	0.8808

[계산방법]

우선 다음에 설명하는 방법에 의해 (K/f) 가 구해졌다고 하면 암거간격 S 를 가정하여 암거반경 r 을 결정한다. 다음에 <표 5.14>에서 F 를 구하고, 이것을 5.4식에 대입하여 소정의 시간 t 에 대한 수위 $h_{s/2}$ 를 구한다. 예로 1주일 후에 논 바닥 아래(40~50cm)와 비교해 낮으면 S 를 크게, 높으면 작게 해서 S 를 결정한다. 이상의 반복계산에 의해 1주일 후의 지하수위가 허용지하수위로 되도록 간격 S 를 결정한다.



[그림 5.18] 기호 설명도

[계산예]

$H_o = 0.8\text{m}$, $l' = 2.0\text{m}$, $K/f = 3\text{m/day}$, $t = 7\text{일}$, $h_{s/2} = 0.5\text{m}$, $r = 0.025\text{m}$ 로 한다.

(5.4)식을 변형하여 위의 값을 대입하면

$$S \cdot F = \frac{K}{f} t \times \frac{1}{\ln\left(\frac{H_o}{h_{s/2}}\right)} \quad \dots\dots\dots(5.6)$$

$$= 3 \times 7 \times \frac{1}{\ln\left(\frac{0.8}{0.5}\right)} = 44.7$$

$S=10\text{m}$ 로 가정하면 $l'/S=0.2$, $2r/S=0.005$, 고로 <표 5.14>의 값에 의해 $F \approx 1.70$, 따라서

$S \cdot F = 10 \times 1.70 = 17.0$, $S=19\text{m}$ 에서는 $S \cdot F = 45.6$, $S=18\text{m}$ 에서는 $S \cdot F = 41.4$, 따라서 대략 18m로 하는것이 좋다.

[K/f의 조사방법]

이미 지하배수가 시공된 유사지에 대해 다음과 같은 지하수위 저하시험을 하여 K/f의 값을 구한다.

- ① 우선 흡수거의 간격 S, 흡수거부터 불투수층까지의 깊이 l' , 암거경 2r을 측정한다.
- ② 강우직후(단, 담수안되는 경우)의 암거간의 중앙의 지하수위 H_o 를 측정하고 이 후 일정시간 마다의 이점의 수위 $h_{s/2}$ 를 측정한다.
- ③ (5.6)식을 K/f에 대해서 풀면 다음과 같이 된다.

$$K/f = \frac{S \cdot F}{t} \ln \left(\frac{H_o}{h_{s/2}} \right) \dots\dots\dots (5.7)$$

따라서 이 식에서 K/f를 구하면 좋다.

단, $h_{s/2}$ 는 몇개 정도 측정치가 얻어지므로 이것을 평균하여 사용할 필요가 있다.

5.5.2 양토질 토양지대

가. 적용범위

양토질 토양의 암거배수조직계획은 지표면하 1.0m까지의 평균투수계수가 대략 1×10^{-5} cm/s 이상 1×10^{-3} cm/s 미만의 범위내에 속하는 토양에 적용한다.

나. 흡수거의 매설깊이 및 간격

흡수거의 매설깊이는 기본암거배수조직계획의 기준에 따라서 0.6m~1.0m의 범위내에서 정하고, 간격은 계획암거배수량 및 계획지하수위 하강속도를 다같이 만족하도록 결정해야 하며, 대략 10m~20m의 범위 내에서 정해진다.

그러나 경사지 논 등과 같이 특수조건외 지대에선 이에 구애될 필요가 없다.

가. 적용범위

양토질 토양은 사질토양과 난투수성 토양의 중간적 성질을 띤 토양이다. 일반적으로 썩레질을 하면 흙이 곤죽상태가 되어 투수성이 저하하고 물떼기 후에는 토양의 건

조상태에 따라서 작토층에 균열이 발생하면 투수계수가 현저히 증가한다.

시기별로 변화하는 투수계수의 폭은 점토함량과 토양입도분포비율 등에 따라 다른 데 심한 경우는 시기별로 변화하는 투수계수의 폭이 수 10배에 이르는 수도 있으므로 조사설계자는 특별한 주의가 필요하다.

양토질 토양지대의 지하배수조직계획의 기준은 <표 5.15>의 토양에 적용되는 경우가 많다.

<표 5.15> 양토질 토양에 해당하는 토성

국제토양학회법에 의한 토양분류	투 수 계 수
(1) 구조가 발달한 HC, SiC, LiC, SC, SiCL, CL, SCL, SiL	1×10^{-5} cm/s 이상
(2) 구조발달이 미숙한 L, SL, LS의 일부, S의 일부	1×10^{-3} cm/s 미만

나. 흡수거의 매설깊이 및 간격

1) 적절한 작물생육환경의 부여

암거의 깊이와 간격은 수도작을 위한 관개기에는 적정 삼투량의 부여, 비관개기에는 필요한 지내력의 확보를 위해서, 그리고 답리작 기간 중에는 적정 지하수위유지로 토양 중의 필요한 공기량 확보(일반적으로 토양 중의 기상(氣相)용적이 18%이상 필요)와 영농에 적합한 토양수분 함량을 주기 위해서 적절한 심도와 간격이 되도록 결정해야 한다.

2) 암거 되메움 부분의 삼투량

일반적으로 지하배수조직을 시공한 직후에는 되메움 부분과 다른 부분과의 삼투량이 균일하지 않다. 시공조건과 토양조건에 따라서 되메움 부분의 삼투량이 큰 경우와 작은 경우가 있으나 이 문제는 토양구조발달에 의해서 점차적으로 균일화되어 가므로 문제가 없다.

3) 혼성토층 논의 암거간격 결정방법

우리 나라에서 대부분의 논토층은 균일치 않으며 대개 작토층, 경반층, 심토층 등 3개의 혼성토층으로 구성되어 있는 것이 보통이다.

(1) 작토층

매년 벼 재배기에 썩레질과 경운이 반복되는 토층으로 토심은 평균 20cm~25cm이며 토양구조가 썩레질에 의해 파괴되어 있고 건조기에는 균열발달이 가장 빠른 토층이다. 따라서 시기별로 투수계수 변화폭이 가장 크기 때문에 지하배수간격을 결정할 때 고려할 필요가 없는 토층이다.

(2) 경반층

대개 작토층 바로 밑에 존재하는 평균 두께 10cm~20cm의 딱딱하고 불투수성인 토층으로 작물생육에 상당히 지장을 주는 토층이다. 첫째 불투수성이기 때문에 적정 삼투량을 줄 수 없고 경반이기 때문에 작물뿌리의 성장을 저해하고 간척지에서는 수직배수에 의한 효율적인 제염을 불가능하게 하기도 한다. 그러나 수도작 기간중에는 이 층이 어느 정도 존재함으로서 논의 담수심을 유지할 수 있는 이점도 있다. 경반층의 생성원인은 장기간 썩레질의 반복으로 토양의 미립자가 쟁기바닥에 침적이 되고 지면에는 영농을 위한 사람과 동물 및 농기계 주행 등으로 인한 답압(沓壓)과 특히 경지정리시 중장비의 주행으로 인한 지층의 압밀로 생성된 토층이다.

투수계수는 대부분 1×10^{-5} cm/s 이하이며, 경도는 “산중식” 경도계로 24mm 이상되는 것이 보통으로 벼뿌리의 성장을 저해하는 경우가 많다. 따라서 양토질 토양지대의 흡수거 간격 결정을 위한 기준을 경반층에 둘 수 없고 다만, 경반층 파쇄를 위해 심토판쇄, 소수재의 투입을 두껍게 하든지 또는 두더지 암거 등으로 보강하여 주는 것이 바람직하다.

(3) 심토층

지표면하 약 40cm 이하에 존재하는 토층으로 시기별 투수계수의 변화가 적고 농기계나 중장비 주행으로 인한 압밀의 영향을 거의 받지 않으며 전 토층을 대표할 수 있는 토층이라 할 수 있다. 그러므로 양토질 토양지대의 흡수거 간격결정은 심토층의 투수계수에 의해 간격을 결정하는 것이 합리적이다. 계산결과 10m 이상이면 계산치에 의해 결정하고 10m 이하이면 경제성을 고려하여 최소한 10m로 간격을 정하고 부족되는 배수기능은 두터운 소수재투입, 두더지암거, 심토판쇄, 소수재 투입암거 등으로 흡수거의 배수기능을 보강하여 주는 복합 암거방식이 경제적이다. 이론방정식으로 계산한 흡수거 간격이 10m 이상이 되더라도 투수성이 불량한 경반층이 존재하면 이를 인위적으로 파괴하여 상층부 토양의 투수성을 증대시켜줌으로써 지표 잔류수나 상층부 토양수가 신속히 흡수거에 유입되도록 하는 것이 바람직하다.

일반적으로 우리나라 답지대는 경반층이 발달되어 있고 심토부의 균열(물길)을 통한 투수를 촉진시키기 위하여 소수재는 경반층 상부까지 투입하는 것이 바람직하다.

5.5.3 난투수성 토양지대

가. 적용범위

난투수성 토양지대의 암거배수조직계획은 지표면하 1.0m까지의 평균투수계수가 대략 $1 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ 이하이고 일반적으로 이론 방정식에 의하여 계산된 암거 배수조직만으로는 충분한 배수효과를 기대할 수 없거나 혹은 배수효과의 지속성이 불량한 토양에 적용한다.

나. 암거배수조직

1) 난투수성 토양지대의 암거배수조직은 지표 잔류수 및 표토층의 배수를 신속히 하기 위해서 심도가 얇고(40cm~60cm) 간격이 좁은(2.0m~5.0m) 보조암거와 보조암거에 집수된 물의 배수와 지하수위 저하를 위하여 설치한 주암거를 결합시킨 복합암거 배수조직으로 한다.

2) 주암거는 보조암거의 결합을 감안한 형상과 단면으로 하고, 또한 내구성이 있는 재료와 구조로 한다. 보조암거는 내구성이 다른 여러 가지 종류와 방법이 있으므로 토양조건에 따라서 적당한 것을 선정한다.

다. 보조암거와 복합암거조직

중점질 토양처럼 토양의 투수성이 극히 낮고 물길이는 되는 토양균열의 형성이 흡수거까지 도달하기 어려운 경우는 지표 잔류수의 신속한 배제를 기대할 수 없으며, 또한 일반적으로 초기에 주암거까지 충분한 배수가 가능 공극의 형성이 어려운 경우가 많다. 따라서 이런 토양에서는 보조역할을 하는 두더지암거, 심토파쇄, 두꺼운 소수재충전 등을 시행하여 인위적으로 물길을 조성하여 줌으로써 흡수거의 기능이 충분히 발휘될 수 있도록 할 필요가 있다. 이와 같은 목적으로 주암거에 결합시켜 시공하는 암거를 보조암거라 하며, 주암거에 보조암거를 결합시킨 배수조직을 복합암거조직이라 한다.

보조암거는 주암거에 비하여 시공비가 저렴하고 내구성이 짧기 때문에 반복적으로 시행하는 경우가 많다.

라. 흡수거(주암거)의 매설깊이 및 간격

복합암거의 하부에 매설하는 주암거의 간격은 토양구조가 발달하여 투수성이 증대하여 주암거 만으로 배수할 수 있는 상태가 되었을 때의 필요간격으로 취하고 매설깊이는 기본암거 배수조직계획의 기준에 준한다.

다음 표에서 보여주는 토양들은 난투수성 토양에 해당하는 경우가 많다.

〈표 5.16〉 난투수성 토양에 해당하는 토성

국제토양학회법에 의한 토양구분	투 수 계 수
(1) 구조의 발달이 불량하거나 그 유지가 곤란함. HC, SiL, LiC, SiCL, SiL (2) 구조가 발달되어 있지 않음. SC, CL, SCL	1×10^{-5} cm/s 이하

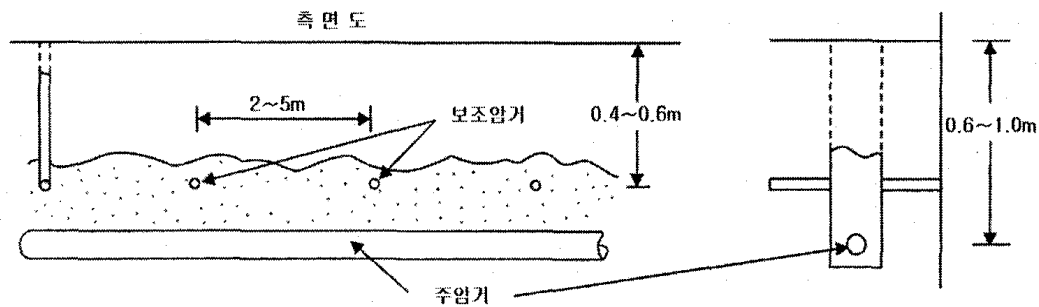
〈표 5.17〉 난투수성 토양에 해당하는 토양형

토 양 군	해당하는 경우가 극히 많은 토양형	해당하는 경우가 있는 토양형
이 탄 토 양 이탄질 토양 흑 니 토 양 강Grey 토양 Grey 토 양 회 색 토 양 회갈색 토양 흑 색 토 양 황갈색 토양	중점토형, 점토형 중점토형, 점토형 중점토환원형, 점토환원형 중점토반철형 중점토구조형, 중점토망간형 중점토구조형 점토화산부식형, 점토부식형 중점토형, 점토형, 중점토망간형	중점토형, 점토형 양토형 점토반철형, 양토환원형 점토형 점토망간형, 점토구조형 점토질구조망간형

(주) 논토양에서만 해당함.

난투수성 토양은 토양자체의 투수성이 극히 나쁘고, 지표잔류수나 지하수는 주로 토양 균열 등의 간극에 의해 정해지고 있다. 중점질 토양지대와 같이 토양의 투수성이 작고 물길이 되는 토양간극의 형성이 중요한 경우에 있어서는 토양중에 큰 균열이 발생해서 흡수거까지 균열이 신장되지 않는 한 지표잔류수의 신속한 배제는 기대할 수 없으며 또 더 큰 균열이 발생되지 않는 한 조기에 암거관까지 유효한 물길의 형성은 곤란한 경우가 많다.

이 때문에 이와 같은 토양지대에서는 본암거의 기능을 유효하게 하기 위해 인공적인 물길을 조성하는 보조수단(심토파쇄, 탄환암거, 소수재 매설암거)을 활용해서 주암거와 조합하여 시공하는 것이 중요한 열쇠이다.



[그림 5.19] 복합암거의 모식도

가. 암거 배수조직

난투수성 토양은 토양자체의 투수성이 극히 나쁘기 때문에 지표 잔류수나 지하수의 배제는 주로 토양 중의 건조에 의해 생긴 균열이나 망간(Mn) 집적공 등과 같은 큰 공극에 의해서 행해진다.

구조가 발달되어 있지 않는 토양에서의 투수가능 공극은 최초에는 암거 되매움부분 및 심토파쇄 등에 의해서 인위적으로 균열을 조성한다.

이들 큰 공극에 의해서 지표 잔류수의 배수가 양호해지면 표토층 토양이 신속히 건조되어 토양균열이 생겨서 배수기능과 토양층의 건조가 촉진된다.

토양건조 초기에 발생한 균열은 극히 불안정하나 토양의 건조와 균열발생이 장기화 되면 균열은 세밀해지고 토양은 홀알구조가 깨알구조로 되어 토양중의 배수가능 공극률이 증가하여 투수성이 개선된다. 그러나 균열에 의해서 형성된 배수가능 공극이 경운 등으로 교란되면 건조-균열이 하층부로 향하는 파급속도가 늦어지고 또한 강우 등으로 물이 공극에 정체되면 다시 이토화되어 건조-이토화가 반복된다. 이 때문에 난투수성 토양에서는 균열수를 신속하게 배제하여 주는 것이 중요하다.

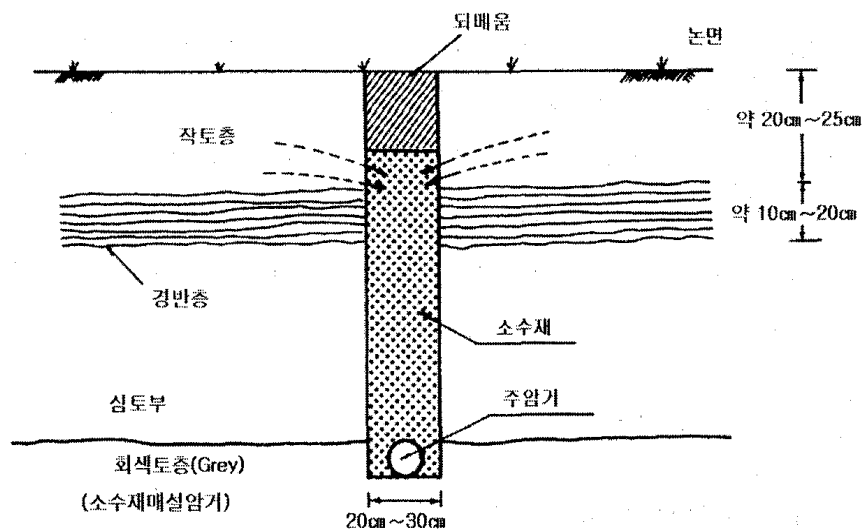
나. 보조암거와 복합암거조직

1) 보조암거의 종류와 특징

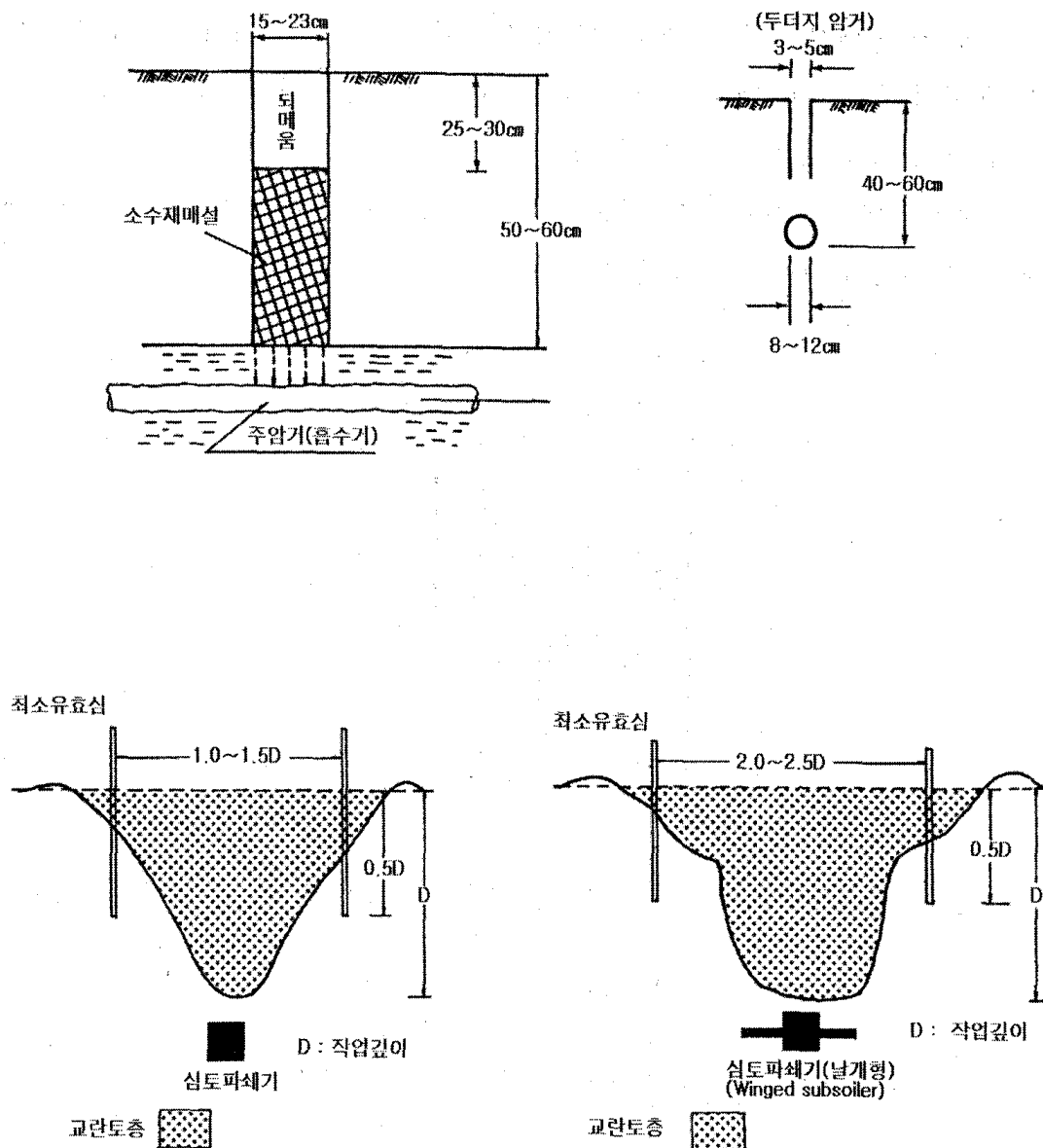
보조암거의 종류와 각 공법에 따른 적응토양조건과 시공상의 특징은 <표 5.18>과 같고 보조암거중 대표적인 것의 단면형을 그림으로 표시하면 [그림 5.21]과 같다.

〈표 5.18〉 보조암거의 종류와 특징

종 류	적 응 토 양	시 공 상 의 특 징
두더지암거	두더지구멍의 보존성이 좋은 토양	시공이 간단, 농용 트랙터로 시공이 가능
소 수 재 매설암거	투수성, 건조균열의 보존성이 불량한 토양	트렌처(Trencher)로 시공필요, 소수재는 구득이 쉬운 왕겨 등을 이용할 수 있다.
흡수관인입 암 거	투수성 · 균열의 보존성이 비교적 양호한 토양	내구성이 있고 시공이 비교적 간단하나 관자재대 소요. 흡수관의 길이가 짧은 때는 단독암거가 가능(50m 이하)
두더지 암거 소수재 충전	투수성 · 건조균열의 보존성이 불량한 토양	연약지반에서 시공이 가능. 재설치가 용이
심 토 파 쇄	경화된 토양 · 균열의 보존성 이 좋은 토양	시공이 간편, 농용 트랙터로 시공이 가능



[그림 5.20] 혼성토층단면(예시)



[그림 5.21] 대표적인 보조암거의 단면형

2) 주암거와 보조암거와의 결합방식(복합암거)

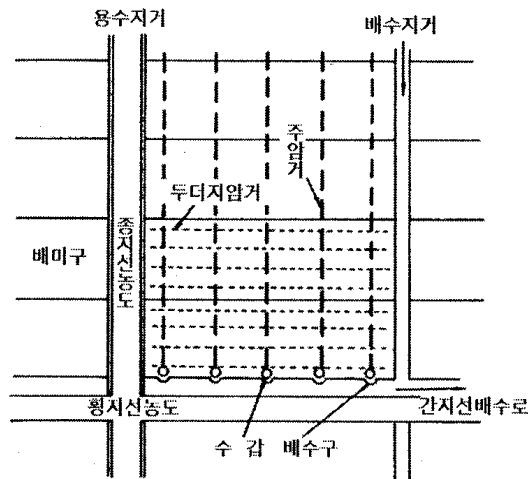
(1) 보조암거는 원칙적으로 주암거에 직교시켜 설치한다. 주암거와 보조암거를 동시에 시공하는 경우에는 주암거의 배치를 먼저 계획한다.

경지정리된 논에서 주암거의 배치는 [그림 5.22]와 같이 흡수구를 배미구의 장변에 평행하게 배치하는 경우와 배미구의 단변에 평행하게 배치하는 경우로 구분되며 이때

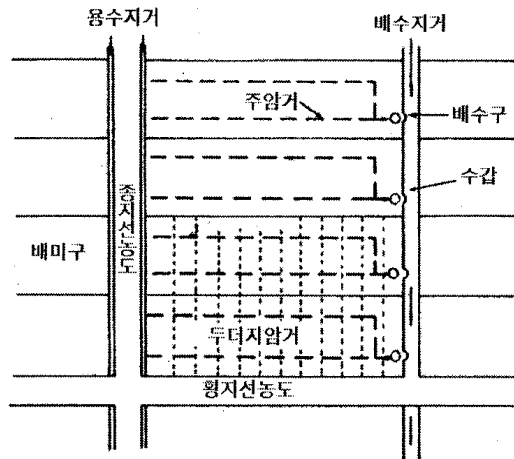
의 보조암거의 결합방법은 어느 경우이던 주암거(흡수거)에 직교되도록 배치한다.

(2) 보조암거에서 집수된 물을 주암거에 연결되도록 하기 위해서는 주암거의 소수재를 두겹게(지표면하 20cm 정도까지) 충전해서 보조암거와 주암거가 소수재로 결합되도록 할 필요가 있다[그림 5.23참조].

(3) 기설 주암거 위에 보조암거를 추가로 시공하는 경우에 주암거와 보조암거의 결합은 다음 방법에 따르는 것이 좋다.

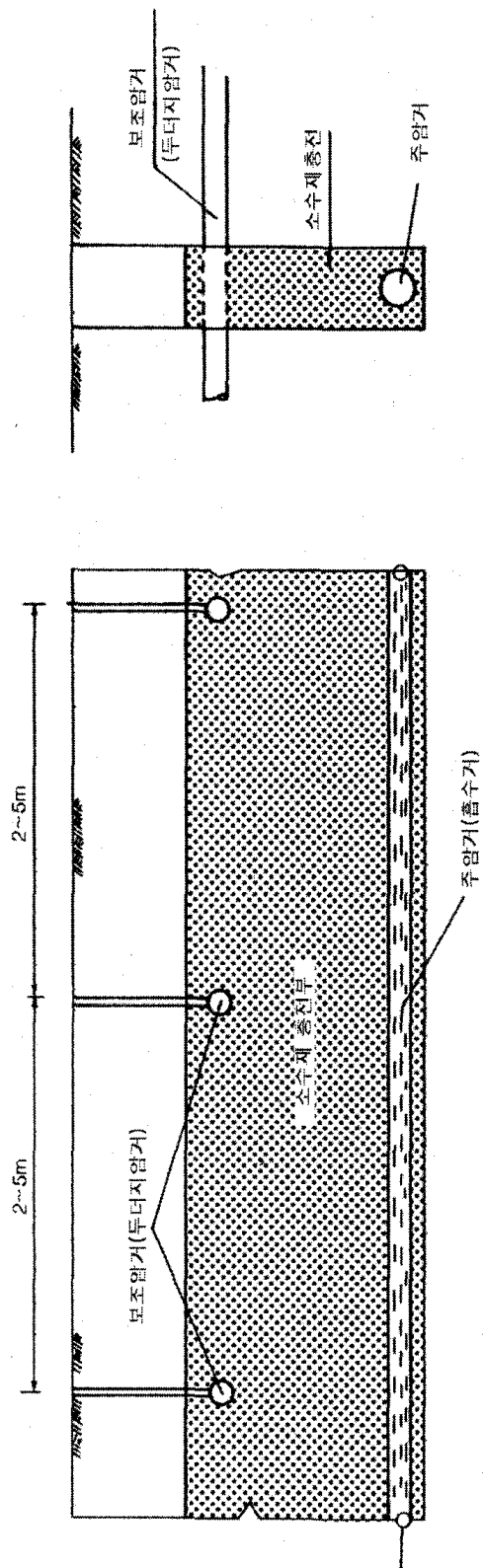


(A) 주암거인 흡수거가 배미구의 단변에 평행하게 설치하는 경우



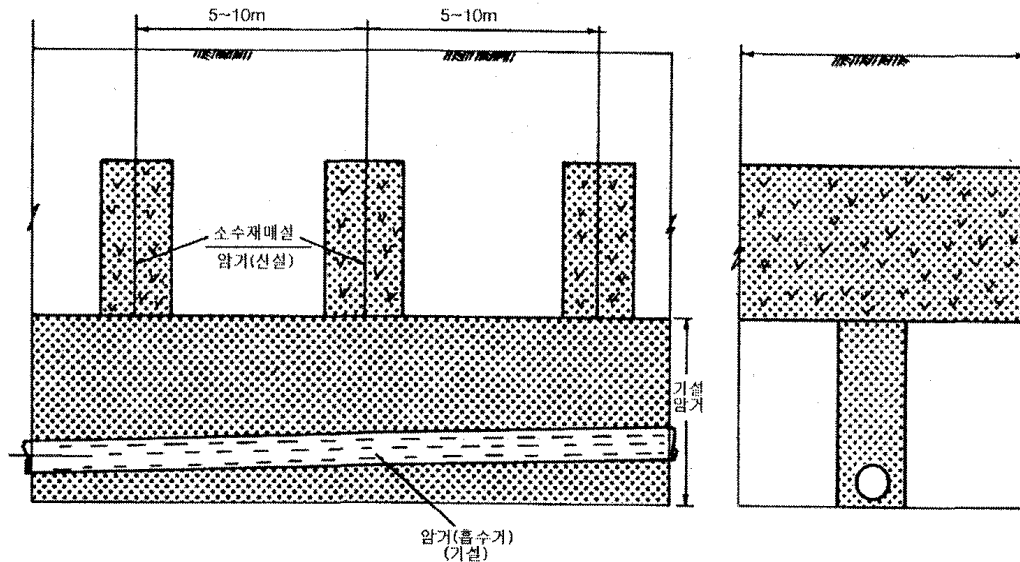
(B) 주암거인 흡수거가 배미구의 장변에 평행하게 설치하는 경우

[그림 5.22] 주암거와 보조암거의 결합



[그림 5.23] 흡수거와 두터지 압거의 결합단면도

- ① 주암거 직상부를 굴착하여 소수재를 보충 매설하는 방법
- ② 소수재만 매설하는 간암거를 시공하는 경우에 매설깊이를 되도록 깊게 하여 주암거와의 교차지점에서 연결되도록 하는 방법



[그림 5.24] 기설 주암거와 보조암거의 결합단면도

3) 보조암거의 선택

토양조건에 의해서 선택하는 방법은 다음과 같다.

(1) 짧은 기간의 배수축진에 의해서 균열이 잘 발생되고 따라서 토양구조가 쉽게 발달할 수 있고 또한 장기간 이런 상태를 유지할 수 있는 토양에 대해서는 두더지 암거가 적합하다. 일반적으로 토양은 습윤 상태에서는 투수성이 저하되면서 더욱 더 습한 상태가 되는 경향을 나타내고 건조하면 투수성이 높아지면서 점점 더 건조하게 되는 성질을 가지고 있다. 이 경우에 보조암거는 토양의 습윤적 순환성질을 건조적 순환성질로 바꿔 주는 역할을 하는 것이다.

(2) 건조에 의한 균열 등으로 토양구조발달이 비교적 더딘 토양(점토질이 적은 미세질토)은 두더지 암거의 반복시공이나 소수재 충전 두더지암거 등이 적합하다.

(3) 토양구조 발달이 완만하고 또한 미성숙토양으로 불안정하고 유동적이어서 붕괴되기 쉬운 토양은 트렌치(Trench)에 소수재를 충전한 암거나 소수재 충전 두더지 암거가 적합하다.

(4) 토양이 비교적 건조하고 경반층이 발달되어 있는 경우에는 심토파쇄가 적합하다.

4) 보조암거의 깊이 및 간격

(1) 깊이

보조암거의 심도는 무재암거의 경우 너무 얕으면 기계주행 등에 의해서 파손되기 쉽고 너무 깊으면 투수효과가 감소되므로 대략 지표하 0.4m~0.6m로 하는 것이 적당하다.

소수재 충전 암거는 작토층 직하(지표면하 15cm~20cm)부터 주암거 소수재와 연결될 수 있는 두께로 한다.

(2) 간격

보조암거는 토양의 건조균열 등으로 생긴 큰 공극에 의해서 집수되므로 암거의 형상에 관계없이 효과가 미치는 범위는 좁다. 그러므로 두더지 암거, 심토파쇄 등(무재암거) 공사비가 저렴한 공종은 2.0m~5.0m 간격으로 시공하고 소수재 매설암거, 흡수관 인입암거 및 두더지 암거에 소수재 충전 등은 5.0m~8.0m 이내로 하는 것이 대체적으로 적당하다.

5) 보조암거의 길이

보조암거의 구멍은 파괴나 침하 등에 의해서 그 기능이 상실될 우려가 많으므로 지나치게 길면 효과를 낼 수 없다. 이 때문에 일정한 간격으로 주암거와 연결시킬 필요가 있다. 보조암거가 유효하게 작동하는 길이는 토양의 조건, 시공의 정도에 따라서 다르지만 <표 5.19>를 참고로 해서 결정하는 것이 바람직하다.

<표 5.19> 보조암거의 길이

종 류 별	길 이 (m)
소수재 매설암거	15~20
소수재 충전 두더지 암거	10~15
두더지 암거	5~10

[참고자료] : 소수재 투수계수

소수재의 투수계수는 재료의 종류, 다짐의 정도에 따라서 다르기 때문에 일정한 값을 나타내기 어려우나 참고로 일본에서 조사된 자료에 의하면 다음과 같다.

- 왕 겨 : $10^{-2} \sim 10^{-1}$ cm/s 범위
- 경질염화비닐 조각 : 1~10 cm/s 범위
- 연질염화비닐 조각 : 0.1~1 cm/s 범위

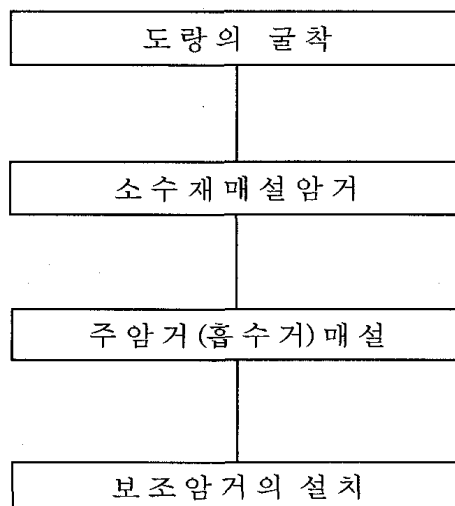
6) 복합암거의 방식선택

복합암거의 방식은 토양조건 및 배수조건에 따라서 여러 가지 방식을 고려할 수 있다.

(1) 주암거(흡수거)가 이미 설치되어 있고 배수로의 수위가 충분히 낮게 유지되고 있으며 배수관리를 잘 하여도 지하배수상태가 불량한 경우에는 기설 주암거에 두더지 암거나 경반층 파쇄를 위한 심토파쇄가 직교되도록 계획한다. 그러나 두더지 암거가 빨리 붕괴되는 토양에서는 소수재 매설 암거로 계획하는 것이 바람직하다.

(2) 저습답에서 암거 배수조직을 신설하는 경우에는 보조암거의 결합을 피하기 위해서 주암거의 소수재 투입을 두껍게 하고 그 다음에 보조암거가 잘 연결될 수 있는 방법으로 토양조건에 따라 두더지 암거이나 소수재 매설암거를 직교시킨다.

(3) 지반이 극히 연약한 초습답에서 지하배수조직을 신설하는 경우(간척지의 초기)에는 다음 순서에 의하여 시공하는 것이 바람직하다.



(4) 치밀한 중점토 지반에 지하배수조직을 신설하는 경우에는 주암거와 심토파쇄 또는 두더지 암거를 병설한다. 그러나 배수효과가 불충분할 때는 두더지암거를 반복시행하던지 소수재 매설암거를 시행하는 것이 적합하다.

다. 흡수거(주암거)의 매설깊이 및 간격

보조암거와 결합하여 설치하는 주암거의 간격은 토양이 건조하여 균열등의 토양구조가 발달하기 쉬운 지대는 양토질 토양의 간격에 준하여 일차적으로 심토부의 투수계수에 의해 관의 간격을 계산한 결과 10m 이상이면 그대로 결정하여도 무방하나 10m 미만이면 경제성을 고려하여 최소 10m 로 조정 결정하고, 배수기능 보장을 위하

여 복합암거로 계획한다. 토양이 건조하기 어려운 지대는 이보다 좁게 취한다.

흡수거의 매설깊이는 기본암거 배수조직계획의 기준에 따라 0.6~1.0m 범위에서 배수로 심도를 감안하여 결정한다.

5.5.4 이탄토 지대

가. 암거배수조직

이탄토지대의 암거배수조직계획은 원칙적으로 기본암거 배수조직계획에 준한다. 다만, 이탄의 분해가 불량한 지대의 토층은 암거배수에 따른 부등침하가 크므로 우선 보조암거에 의한 배수를 한 다음에 주암거를 양토질 토양의 기준보다 약간 깊게(20~30cm 정도) 계획하는 것이 바람직하다.

비교적 배수가 잘 되고 이탄의 분해가 양호한 경우에는 단지 주암거를 조금 깊게 설치하는 것만으로도 좋다.

이탄의 분해가 불량한 경우에 사용하는 배수자재는 길이가 긴 흡수관이나 접합부가 견고하고 유연성이 있는 재료를 사용해서 부등침하에 의해서 관접합부가 이탈하는 일이 없게 하고 관경은 관의 굴곡에 의한 장애를 경감하기 위하여 관경이 약간 큰 것이 좋다.

나. 흡수거의 매설깊이 및 간격

흡수거의 매설깊이는 이탄층의 상태에 따라서 0.8m~1.2m 범위로 하고 간격은 공식에 의하여 계산하되, 대략 10m~20m 범위내에서 정하는 것이 적당하다. 지하수위의 저하가 곤란한 경우에는 흡수거의 매설깊이는 그대로 두고 흡수거에 직교되게 절단 암거를 설치하거나 또는 흡수거의 간격을 좁힌다.

다. 수 갑

이탄토 지대에서는 수갑의 수는 되도록 적게 하고 또한 수갑의 주위는 점토 등으로 충분히 다져서 누수를 방지한다.

라. 배수구 및 승수거

배수구 부근의 승수거는 사면붕괴 수로바닥의 융기 등에 의해서 흡수거에서 나오는 물의 유출에 지장을 초래하지 않는 구조로 해야 한다.

가. 지하배수조직

1) 이탄의 분해도

부등침하, 투수성, 지내력 등은 이탄의 분해도에 따라서 다르다. 분해의 정도를 크게 구분하면 다음과 같다.

- 분해양호 : 이탄층을 구성하는 식물잔체가 잘 분해되어 거의 원형을 가지고 있지 않다.
- 분해불량 : 식물잔체의 대부분이 그 원형을 가지고 있다.
- 분해약간양호 : 상기 두가지의 중간정도로 양호하다.

2) 분해불량한 이탄지대의 경우

암거시공 후 심하면 지반침하가 5년간에 40~50cm에 달하는 사례가 있는 바와 같이 상당히 큰 부등침하가 발생되고 있다. 그런데 지반 침하량의 대부분은 처음 2년간에 발생되므로 보조암거는 이 기간동안에 효과적으로 작동시켜 지반을 안정시켜야 한다.

3) 보조암거

분해불량한 이탄지에서 부등침하 방지를 목적으로 사전에 배수를 촉진시키기 위해서 설치하는 보조암거에는 두더지 암거, 절단 암거, 소수재충전 암거가 있다. 보조암거의 간격은 5~10m 범위내에서 좁을 수록 좋으며, 깊이는 0.7m~1.0m 범위에서 결정하는 것이 바람직하다.

나. 흡수기의 매설깊이 및 간격

1) 횡단암거

두더지암거 시공기계의 지주날(刃) 같은 쇠칼날로 지표하 약 6.0cm~1.2cm까지의 이탄섬유질을 절단하여 물길을 만들어 주는 것으로 주로 이탄토층지대에서 사용한다.

2) 보수력 및 배수성

이탄토는 보수력이 크기 때문에 강우 후 2~3일간은 기계의 주행, 축우 등의 작업에 지장을 주는 일이 많다. 이 때문에 이탄토에서는 평상시의 지하수위를 지면하 50cm 이하로 저하시켜 두어 배수가 신속히 되도록 하는 것이 중요하다.

이탄지의 개수로 집수거는 사면붕괴나 바닥면의 융기가 발생하여 암거유출구가 매몰되는 일이 많으므로 흡수기의 깊이와 개수로 집수거 단면의 안정성이 충분히 검토되어

야 한다.

3) 지내력

이탄토는 보수력이 크므로 비관개기에 표층토가 비교적 건조하여도 하층토는 습하기 때문에 지내력이 극히 약하고 표층토만이 어느 정도의 지내력을 가지고 있다. 토층이 충분히 건조되고 분해가 양호한 이탄지에서는 지내력에 문제가 없으나 재하시험 결과에 의하면 가장 과습한 곳의 지내력은 0.1kgf/cm^2 내외, 약간 배수가 양호한 곳은 $0.25\sim 0.3\text{kgf/cm}^2$, 상당히 양호한 곳은 $0.35\sim 0.45\text{kgf/cm}^2$ 이었다. 0.25kgf/cm^2 는 습지무한궤도형(Crawler) 트랙터, 0.45kgf/cm^2 는 보통의 무한궤도형 트랙터의 주행이 가능한 접지압에 해당한다. 그러나 이탄토 점유 위를 주행하는 경우는 지내력이 부족하여도 바퀴형(Wheel type) 트랙터의 주행이 가능한 경우도 있다. 이탄지에서는 배수의 정도, 객토의 질과 양 특히 상층부의 건조층 두께가 지내력을 좌우하는 중요한 요소가 된다.

다. 수 갑

이탄지에서는 토층이 연약하기 때문에 수갑부위의 누수로 인한 배수로의 사면붕괴, 세굴 등이 일어나기 쉬우므로 배수관리에 지장이 없는 범위내에서 수갑의 수는 가급적 적게 한다. 이탄지 논에서는 누수가 많으므로 관개기간 중에는 수갑을 잠그는 것이 보통이지만 수갑을 잠그어도 수갑 주변의 이탄층에 침투한 물이 배수로로 유출되는 경우가 많으므로 수갑설치 시 수갑의 주위를 점토로 다지거나 비닐막으로 차수막을 만들어서 누수방지를 꾀하고 배수로 사면붕괴에 유의해야 한다.

라. 배수구 및 개거

이탄지의 배수로는 사면붕괴, 저면의 융기 등이 일어나기 쉽고, 이로 인해서 암거에서 나오는 물의 유출이 지장을 받는 일이 많다. 이 때문에 배수로의 사면과 바닥의 보호에 유의하고 또한 철저한 유지관리를 해야 한다. 또 배수로는 되도록 연장을 짧게 한다. 이탄지에서 배수구가 매몰되어 있거나 지반의 부등침하에 의해서 흡수거의 접합부가 이탈되어 시공 후에도 부분적으로 배수불량지가 남는 경우가 많다. 따라서 배수로를 양호한 상태로 유지하기 위해서는 매년 수로저면 청소가 필요하다. 또한 곳에 따라서는 논의 논두렁내측부터 갈라져서 배수로에 밀려나오는 경우도 있으므로 배수로의 제정폭과 사면을 크게 하는 것이 바람직하다.

5.5.5 경사지 논지대

가. 지구밖에서 침입하는 침투수처리

경사지 논은 지구밖에서 침투하는 물을 차단하기 위하여 승수거를 설치하여야 한다.

나. 집수거의 배치

경사지에 두는 암거 배수조직은 논바닥과 배수로와의 낙차가 허용하는 한 암거를 합쳐 그 수를 줄여서 집수거의 길이를 최소한으로 줄여야 한다.

다. 흡수거의 간격 및 매설깊이

흡수거의 평균간격은 토성에 따라서 결정하되, 평탄지의 경우와 동일한 방법으로 정한다. 그러나 고지대로부터 흘러오는 용출수의 상태를 감안해서 산측에서는 좁게, 계곡측(배수로)에서는 넓게 배치한다.

흡수거의 매설깊이는 원칙적으로 평탄지의 경우와 동일하게 하지만, 배수불량의 원인이 주로 용출수일 경우는 기준치보다 약간 깊게 할 필요가 있다.

라. 특수 배수처리

경사지 논이나 이탄지 논에서 용출수 지점이 산재하여 용출수가 발생하는 경우는 특수한 배수대책을 강구하여야 한다.

마. 배수자재 및 시공

경사지 논의 암거 배수시설에는 보통때 보다 소수재(疎水材) 등의 자재를 충분히 사용하고 시공도 보다 철저하게 할 필요가 있다.

가. 지구밖에서 침입하는 침투수처리

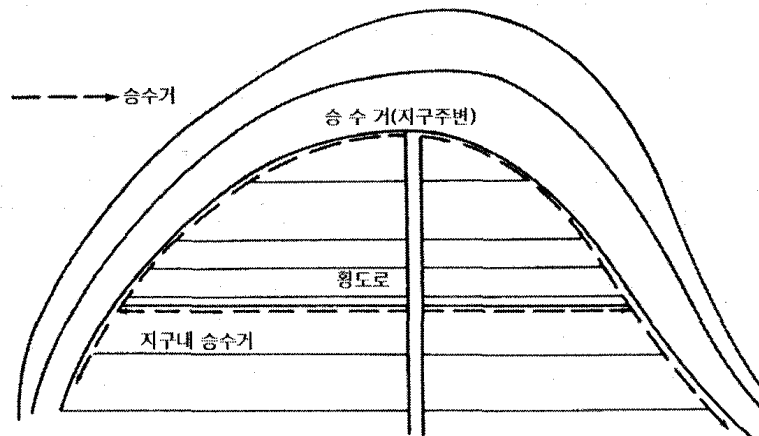
경사지 논(일반적으로 지형기울기=1/50이상)은 보편적으로 주변으로부터 스며나오는 침투수 및 지표유입수가 많으며 이것이 배수불량의 원인이 되는 일이 많다. 따라서 다음 방법으로 침투수를 지구 주변에서 차단하는 것이 효과적이다.

1) 개수로식 승수거 또는 암거식 승수거를 지구의 주변에 설치한다.

승수거의 깊이는 계획지구의 토질에 따라 다르지만 투수층과 연결시키는 것이 효과적이다.

2) 1)항의 방법으로 충분히 차수되지 않는 경우는 지구 내의 등고선을 따라 횡방향으로 설치된 도로의 아래측에 평행하게 지구내 승수거를 설치하면 효과를 얻을 경

우가 있다.



[그림 5.25] 승수거의 배치

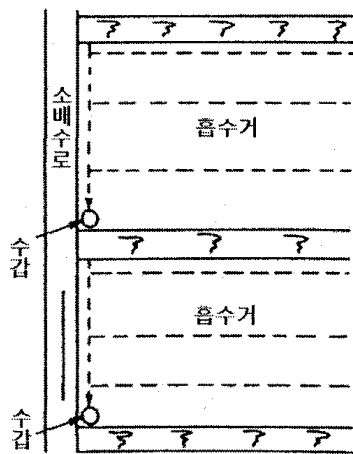
3) 경사지는 일반적으로 토층이 복잡하기 때문에 지구 외로부터 침입하는 침투수보다 토층사이의 층류에 의한 침투수가 큰 경우가 많다.

토층의 층류는 보통 발견하기 어려우나 이것을 발견했을 경우는 배수로에 연결시켜 주어야 한다. 경지정리의 정지공사중에 토층사이의 침투유로(층류)를 발견하였으면 이것을 배수로에 연결시켜야 한다.

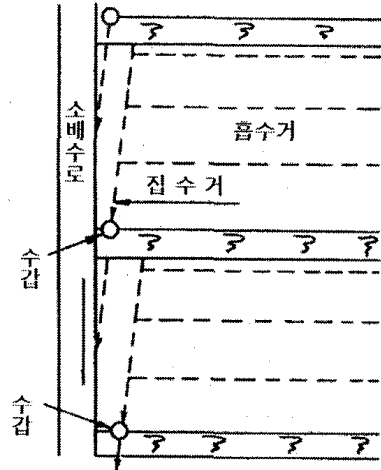
나. 집수거의 배치

평탄지는 배수로와의 낙차를 확보하기 위해서 집수거방식이 유리할 경우가 많으나 경사지는 배수로와의 낙차 확보가 쉽기 때문에 집수된 물을 되도록 조속히 배수로에 배제하는 것이 유리한 방법이다.

경사지에서 집수거를 길게 하면 유속이 너무 빨라지거나 암거에 고압력이 가해져서 유지관리가 곤란해지며 흡수거의 배치를 지형에 맞추어 자유롭게 할 수 없다. 이와 같은 이유 때문에 경사지의 지하배수조직은 가능한 한 암거를 함쳐서 수를 적게 하여 집수거의 길이를 최소한으로 줄여야 한다.



(A) 논면차 0.8m~1.0m 이상

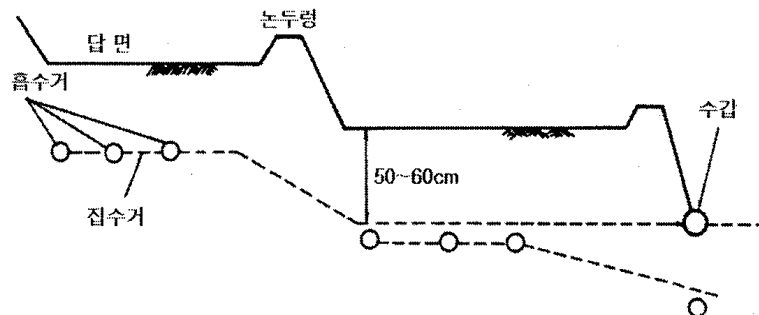


(B) 논면차 0.8~1.0m 이하

[그림 5.26] 경사지 암거 조직의 예

[그림 5.26]과 같이 논바닥 고차가 0.8m~1.0m 이상으로서 일필논 내에서 지하배수 조직이 합쳐질 수 있는 경우와, 논바닥 고차가 0.8~1.0m 이하이어서 아래 논까지 집수관을 도수하지 않으면 낙차를 확보할 수 없는 경우로 구분된다.

전자의 경우는 그림(A) 방식이 되고 후자의 경우에는 그림(B)의 방식이 된다. 또한 이 방식은 윗논과 아랫논 사이의 논두렁부에서 집수거를 결합하는 방법이 문제가 된다. 이는 논두렁 직하에서 집수거에 기울기를 주는 방법과 그림과 같이 집수거의 기울기를 지형에 맞추어 부분적으로 변경시키는 방법을 생각할 수 있으나 후자의 경우가 고장이 적으므로 바람직한 방식이다. 이때 가장 앞은 곳에서 집수거의 깊이는 논면하 50~60cm 정도로 할 필요가 있다.

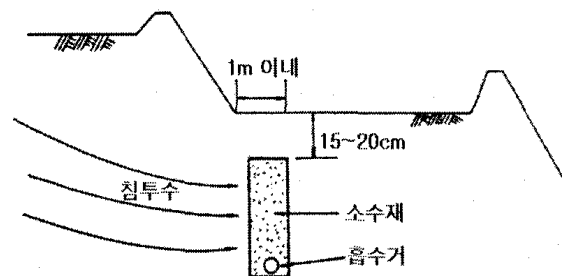


[그림 5.27] 경사지 논의 집수거 결합방법(예)

다. 흡수거의 매설깊이 및 간격

경사지 논에서는 윗논으로부터 침입하는 침투수에 의해서 같은 배미구 내에서도 산측은 습윤해지고 계곡측(배수로)은 비교적 건조한 것이 보통이다. 이것은 경사도, 논바닥 고차, 토층의 상태에 따라서 달라지므로 현지조사에 의해서 계획지구의 상황을 충분히 파악하는 것이 필요하다.

현지조사 결과 윗논으로부터의 침투수에 의해서 논두렁 비탈끝 부근이 과습해질 경우는 논두렁 비탈끝 직하 1.0m 이내에 첫번째 흡수거를 배치한다. 이 흡수거는 상류로부터의 침투수를 최대한 흡수하기 위해서 소수재를 작토층까지 충전하는 것이 바람직하다[그림 5.28참조].



[그림 5.28] 경사 직하의 암거구조

흡수거의 간격은 산측은 좁게 계곡측(배수로)은 넓게 하되 평균간격은 평탄지에서 동일한 토성에서 두는 간격과 같게 되도록 조정 배치한다. 그러나 이와 같이 흡수거 간격의 조밀을 합리적으로 정하는 방법은 아직 없기 때문에 설계자는 경험과 현지의 실정을 충분히 감안하고 유사지구의 실례가 있으면 참고로 해서 결정한다.

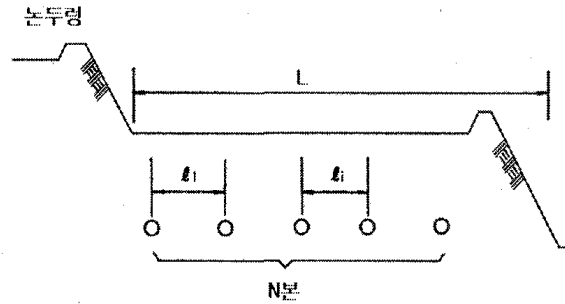
[참 고]

참고로 평탄지의 흡수관 간격을 기준으로 하여 이에 가중치를 적용하는 방법으로 경사지의 흡수거 간격을 계산하는 방법을 기술한다.

평탄지의 흡수거간격을 $\bar{\ell}$ 로 하고 배미구의 단변장을 L로 하면, 이 논에 설치해야 할 흡수거의 수는 $N=L/\bar{\ell}$ 가 된다. 이 경우 N이 정수가 되도록 $\bar{\ell}$ 을 조정한다.

그림 5.27과 같이 흡수거 간격을 산측으로부터 $\ell_1, \ell_2, \dots, \ell_n$ 로 하면 이것은 각기 $\bar{\ell}$ 에다 가중치 W_1, W_2, \dots, W_n 을 곱한 것으로 결정한다. 또한 산측 논두렁을 따라 첫번째 흡수거를 설치하는 것을 원칙으로 하지만 논바닥고차가 작고 흡수거수가

적은 경우에는 논두렁에서 어느 정도의 거리(3m~5m)를 두는 것이 좋다.



[그림 5.29] 기호설명도

$$\ell_i = W_i \times \overline{\ell} \quad \dots\dots\dots(5.8)$$

$$W_i = W_y + \frac{i-1}{N-1} (W_t - W_y) \quad \dots\dots\dots(5.9)$$

여기서, W_t , W_y 는 <표 5.20> 에서 구한다.

N : 흡수거의 조수

i : 산측으로부터 흡수거의 간격번호

<표 5.20> W_y , W_t 의 값

논바닥 고차 (m)	W_y	W_t
0.5	0.7 ~ 0.9	1.1 ~ 1.3
1.0	0.5 ~ 0.7	1.3 ~ 1.5
1.5	0.3 ~ 0.5	1.5 ~ 1.7

이상의 방법에 의해서 한 배미구에 2조 또는 3조의 흡수거를 설치하는 경우의 간격을 나타내면 <표 5.21>과 같이 된다.

〈표 5.21〉 경사지 논외 암거간격의 표준(예)

논면차	토양성질	투 수 계 수	평탄지 의표준	2조의 경우		3조의 경우			부기
				ℓ_1	ℓ_2	ℓ_1	ℓ_2	ℓ_3	
0.5m	난투수성 토양	$1 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ 이하	4~9	3~7	5~11	3~7	4~9	5~11	$W_y=0.8$ $W_t=1.2$
	양토질 토양	$1 \times 10^{-5} \sim 1 \times 10^{-3} \text{cm/s}$	9~18	7~14	11~17	7~14	9~18	11~17	
	사 질 토 양	$1 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ 이상	18~33	14~26	17~31	14~26	18~33	17~31	
1.0m	난투수성 토양	$1 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ 이하	4~9	2~5	6~13	2~5	4~9	6~13	$W_y=0.6$ $W_t=1.4$
	양토질 토양	$1 \times 10^{-5} \sim 1 \times 10^{-3} \text{cm/s}$	9~18	5~11	13~25	5~11	9~18	13~25	
	사 질 토 양	$1 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ 이상	18~33	11~20	25~46	11~20	18~33	25~46	
1.5m	난투수성 토양	$1 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ 이하	4~9	2~4	6~14	2~4	4~9	6~14	$W_y=0.4$ $W_t=1.6$
	양토질 토양	$1 \times 10^{-5} \sim 1 \times 10^{-3} \text{cm/s}$	9~18	4~7	15~29	4~7	9~18	15~29	
	사 질 토 양	$1 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ 이상	18~33	7~13	29~56	7~13	18~33	29~56	

(주) : 난투수성 토양의 평탄지의 표준암거 간격은 보조암거를 병용하지 않는 경우의 값임.

라. 특수 배수처리

경사지 논에서는 지형, 지질의 상태가 복잡하기 때문에 용출수(湧出水에) 의한 배수 불량지가 불규칙적으로 산재하여 생기는 일이 많다. 이런 경우 보통의 지하배수조직 만으로는 배수처리가 어렵고 특수한 배수처리가 필요하다.

이와 같이 용수(湧水)가 심한 경우에는 농기계작업은 물론 사람이 들어갈 수 없는 경우도 많으며 냉수 때문에 농작물의 생육에 피해를 입는 경우도 많다. 따라서 포장 전체의 면적에 비하여 용수부(湧水部)가 차지하는 면적은 적지만 노동생산성, 영농생산성을 높이고 또 경지정리 때 환지를 원활하게 하기 위해서 이 부분에 대한 특수배수 처리는 반드시 필요하다.

1) 특수배수의 필요성 판정

다음과 같은 경우에는 특수배수 처리가 필요하다고 판단된다.

(1) 용출부분의 용출수량이 많은 경우

물떼기(낙수) 후에 용출부 주위에 지수판 울타리를 설치하여 그 부분의 수면상승속도를 보면 용출량의 다소를 알 수 있다.

(2) 용출부의 지온이 상대적으로 낮은 경우

관개기의 담수 중에도 지온이 인근 주변보다 상당히 낮은 경우를 보아 알 수 있다.

(3) 식생이 불량한 경우

냉수 때문에 잡초의 종류와 식생상태가 주위와 다르며 생육상태에 차이가 있다.

(4) 지내력이 극히 낮은 경우

사람이나 기계가 지나가면 빠진다.

2) 용출수의 배수처리법

용출수의 유로가 명확하며 많은 양이 발견되는 경우와 그 이외의 경우로 구분해서 배수처리법을 선택한다.

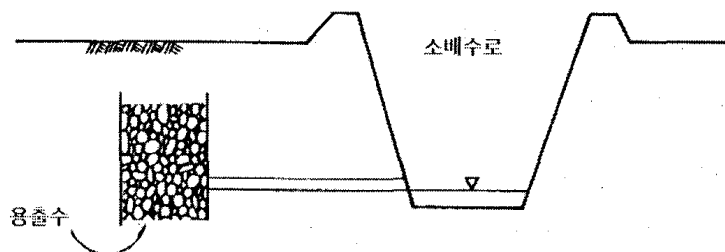
(1) 용출수량이 많고 유로가 명확한 경우

용출수부가 얇고 넓게 퍼져 있을 때는 흡수거를 좁게 배치하고 소수재를 충분히 넣는 것이 바람직하다. 반대로 용출수부가 깊고 좁은 경우에는 종형암거[그림 5.30]를 설치하는 것이 효과적이다.

(2) 용출수량과 유로가 불명확한 경우

용출수의 유로가 불명확하기 때문에 우선 주암거를 설치한 후 그 배수상태를 관찰한 다음 이차적으로 특수배수처리를 하는 것이 실제적이다. 지표면에서 관찰하면 분명히 용출수가 있는 경우에도 토층내의 어느 부분에서 용출하고 있는지 명확하지 않은 경우가 많다. 토양의 투수계수가 10^{-4} cm/s 이하가 되면 피압수의 압력이 높아도 전자의 방법으로 적절하게 처리되지 않는 경우가 많다.

따라서 용수경로나 투수층이 명확하지 않은 경우에는 후자의 방법을 따를 수 밖에 없다.



[그림 5.30] 종형암거 구조도

마. 배수자재 및 시공

경사지 논은 평탄지 논에 비해서 침투수가 많고 건조하기가 상당히 어렵기 때문에 균열이나 암거의 되메움 부분의 배수효과는 평탄지에서 만큼 기대할 수 없다. 따라서 암거의 피복재(여과재 및 소수재)를 충분히 (가능하면 작토층까지) 사용해서 지하배수의 기능을 보강할 필요가 있다. 또한 토양이 항상 과습하기 때문에 필연적으로 지하배수조직의 시공도 완전하게 하기가 어렵다.

그러므로 철저한 시공이 특히 요망되며 또한 되메움은 될 수 있는 한 시간을 두어서 터파기면과 터파기 흙의 건조를 피하는 것이 좋은 방법이다.

바. 계곡논 용출수

이 용출수는 계곡지 논이나 구 하천부지의 경지에서 흔히 발견되고 있다. 이러한 지역은 옛날 바다 또는 호소 등에서 하층토의 모래 또는 사질토로 형성되어 있고, 그 위에 부유토 및 식물유체가 퇴적해서 형성되어 있는 것이 많다.

이 때문에 이런 논의 용출수는 대지의 지하수가 하층에 존재하는 모래층을 통하여 토층의 연약한 이토화한 토양을 뚫고 용출수가 불규칙적으로 발생하여 용출수의 범위도 넓게 하는 것이 특징이다.

이러한 용출수 상태나 범위의 확인에 대해서는

1) 침투수의 흐름의 방향을 확인할 것. 구체적 조사로서 시약을 투입해서 시간이나 속도를 측정할 것.

2) 지구의 투수층 표면의 위치를 측정할 것 등이 주요한 조사의 방침이다.

또 용출수 대책에 대해서는 어느 것도 투수층에서 피압수를 직접 배제하는 것이 유리한 대책이며 그 시공법은 “집수정형 암거”와 “수직형 암거”로 분류하는 것이 상황에 따라 유효하다. 여기서는 이 두 개의 방법에 대해 소개하기로 한다.

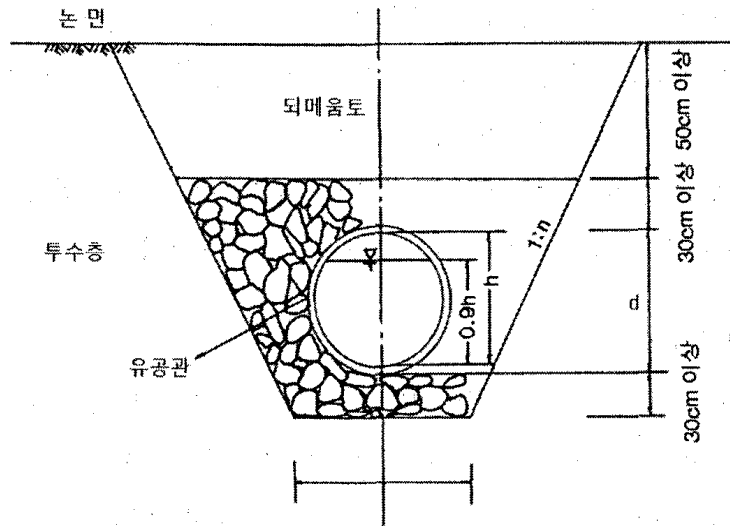
(1) 집수정형 암거

이 공법은 집중적으로 피압을 받고 있는 용출수나 통수대에 따라 발생하는 용출수에 적합하다.

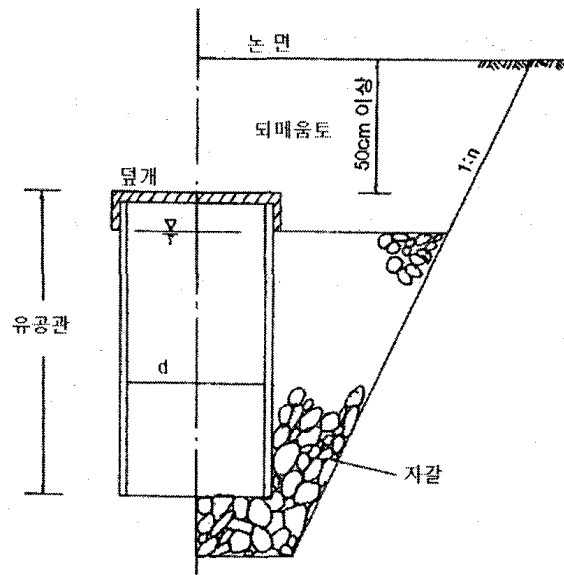
① 피압력을 분산시키기 위하여 넓게 굴착한다.

② 웰포인트 등에 의해 지하수위를 저하시켜 굴착부를 최소한으로 유보하도록 하고, [그림5.31(a)]과 같이 유공흡관(관경 300~1,000mm, 공경 20~30mm, 예를 들면 1000mm의 파이프에서 20mm의 구멍을 1.0m에 75공을 뚫을 경우 1.0ℓ/s의 집수가 가

능)을 횡[그림5.31(a)] 또는 수직형[그림5.31(b)]으로 부설하고 나서 채수층의 세사의 유출을 방지하기 위해 집수거의 외측에는 직경 30~100mm의 자갈을 30~50cm의 두께로 채운다.

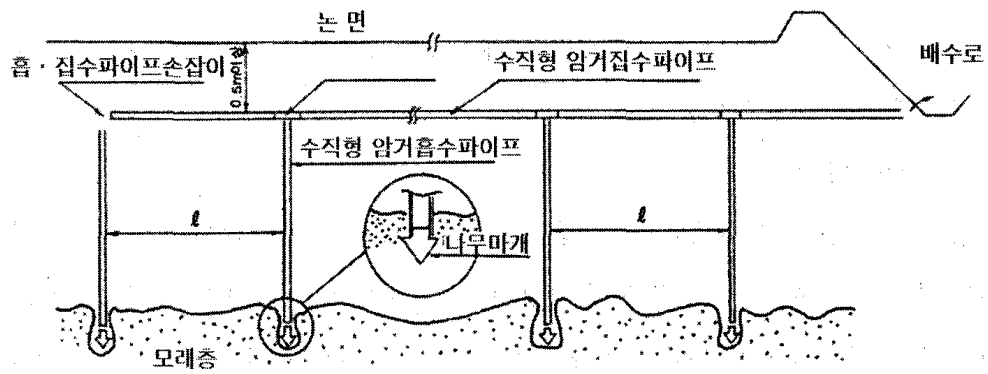


(a) 대상집중용출수

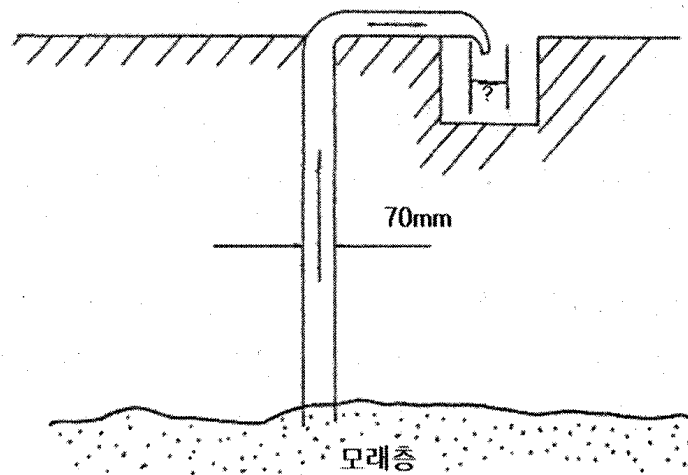


(b) 집중용출수

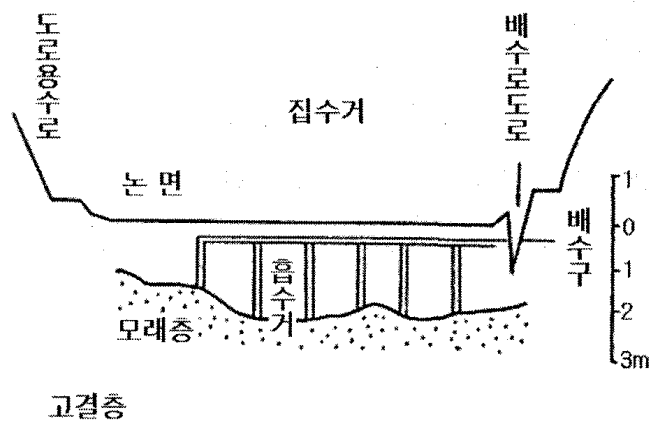
[그림 5.31] 대상집중용출수 및 집중용출수



[그림 5.32] 수직 암거시공의 예



[그림 5.33] 용출수량 조사우물



[그림 5.34] 계곡논의 토층예와 수직암거의 모형식

집수한 지하수는 속히 어느 일정한 기울기를 가지고 암거 및 개거를 통하여 배수로로 배제한다. 이 경우 고저차의 관계에서 자연배제가 불가능한 경우에는 집수정을 설치하여 기계배제를 검토한다.

(2) 수직형 암거

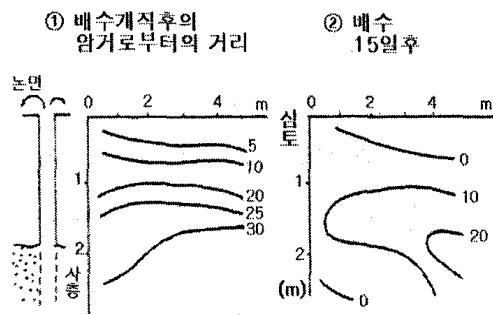
이 공법은 광범위하게 용출부가 산재하고 있는 경우에 유리하다. 수직형 암거는 [그림 5.32]에 의해 용출수량 피압력은 용수량이 안정되기까지의 기간(약 1주일간) 분출시켜 논바닥 밑 0.5~0.6m의 위치에서 2회/1일 측정해 최대치 및 최소치를 제외하고 남은 값의 평균치를 갖고 배수량 및 피압력을 가정한다.

이 조사정(調査井)의 설치개소는 적어도 ha당 2개소 이상(조사정 설치에 앞서하는 종횡단 측량은 방사선으로 설치한다.)으로 하고 아울러 지질조사 등을 하고 지하수위의 해석에 필요한 자료를 정리한다.

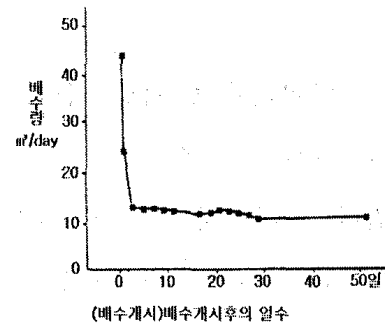
상기의 조사 및 가정한 배수량, 피압력을 기초로 대상구역 및 설계배수량, 설계피압력(여유를 10% 정도 더하여 결정한다.)을 해석 결정하여 흡수거의 간격, 관경 및 집수거의 관경을 정한다.

[그림 5.35] 및 [그림 5.36]은 피압수의 배제를 시험한 사례이다. 이 사례에서는 수직형암거를 6.0m 간격으로 9본 매설하여 배수량의 일변화를 측정한 결과의 사례를 제시하고 있다.

[그림 5.35]는 지하수의 수압이 현저히 저하되는 것을 알 수 있다. [그림 5.36]은 배수량의 일일변화를 측정한 결과이다. 이것에 의하면 배수 개시때에는 43m³/day로 배수량이 다량이나, 지하수위가 안정한 3~4일경부터 배수량도 10m³/day로 되어 그후 비교적 안정되어 배수되고 있다. 이상과 같이 수직암거는 계곡지대논에 있는 피압지하배제에 유효한 방법이라고 할 수 있다. 그러나 피압력이 비교적 적은 경우에는 시공비가 높아지게(흡수거의 간격이 좁고 아울러 집수거의 관경이 굵어진다.)되는 것이나 지하수위가 예상보다 저하되지 않는 등의 우려도 있으므로 이러한 경우는 펌프 배수도 검토할 필요가 있다.



[그림 5.35] 수직형 암거에 의한 포텐셜
선의 경시(經時)변화
(노바닥을 0으로 해서)



[그림 5.36] 수직암거의 배수량의 일변화
(흡수거 6m간격 9분 매설)

사. 계단논의 용출수

계단논의 용출수는 중산간 지대의 계단논에서 흔히 보이고 있다. 이 원인은 대지 및 상위논의 용출수나 강우 등이 지하수로 되어 하위논의 비탈끝 부근에 용출하기도 하고 정지공사의 절·성토에 의해 현상토와 교란된 토사의 사이에 물길이가 생겨 침투하고 있는 경우로 양자 모두 피압력이나 용출수량도 적고, 비탈끝 부근이 과습으로 되고 있는 정도의 것이 많다.

이런 경우의 시공은 상류에서의 침투수를 가능한 한 집수하기 위해 비탈끝 직하(1m 이내)에 최초의 흡수거를 설치하고, 간격은 산측을 좁게 계곡측을 넓게 하고 평균간격은 동일토성의 평탄지에 있어서의 암거 배수공과 같게 한다. 또 소수재는 경토 아래까지 넣는 구조로 하는 것이 좋다.

5.5.6 간척지의 제염

가. 암거배수에 의한 제염

간척지에서 가장 효율적인 제염방법은 암거배수(수직배수)에 의한 염분용탈 방법이다. 따라서 초기간척지에서 토양의 투수성을 얼마나 빨리 증진시켜 주느냐에 따라서 간척지의 제염효과가 좌우된다.

나. 암거배수조직계획

간척지에서 암거배수조직계획은 첫째, 건조화를 위해서 깊이 0.4m~0.7m, 윗나비 0.8m~1.2m 정도의 소배수구가 간척지 내의 갯고랑을 향하도록 적절하게 많이 배치하여 굴착하므로써 신속한 지표배수를 꾀한다.

둘째는 어느 정도 토층의 건조화가 진행되면 하부토층의 배수를 촉진시키기 위해서 보조암거(두더지 암거, 소수재 매설암거, 심토파쇄 등)을 시공한다.

끝으로 토층건조에 따른 토양구조발달이 지표면하 50cm~60cm까지 파급되었을 때 주암거(흡수거+소수재)를 보조암거와 연결되도록 배치한다.

가. 지하배수에 의한 제염

일반적으로 투수성이 양호한 사질토양지대($K > 10^{-3}$ cm/s)의 간척지를 제외하고, 대부분의 간척지는 초기에 투수성이 나쁘다. 특히 점토함량이 30% 이상 되는 중점토질 토양에서는 회색층(Grey)의 점토가 항상 팽윤한 상태에 있으며 흡습도가 높은 이가철(Fe^{+2})이 다량으로 함유되어 있기 때문에 투수계수가 극히 낮은 것이 보통이다. 따라서 간척지에서 초기에 아무런 배수처리 없이 담수세척 방법만으로 효과적인 제염은 기대할 수 없다.

1973년 Vander Molen이 개발한 지하배수에 의한 이론적 염분용탈방법에 의하면 용탈효율 $f=0.5$ 일때 누가지하삼투량이 800mm이면, 상층위 25cm~50cm의 염분이 최초 42dS/m에서 약 91%가 용탈되어 4dS/m로 감소되어서 영농에 적합한 토양으로 된다 [그림 5.41 참조].

상기한 바에 의하면 지하삼투량이 간척지의 제염에 얼마나 큰 영향을 미치는가를 알 수 있다. 따라서 간척지 숙답화의 관건은 초기에 투수성이 불량한 간척지 토양의 투수성을 얼마나 빨리 증진시켜 지하배수(수직배수)에 의해 토층의 염분을 용탈시키느냐에 달려있다.

한편, 간척지 토양에서 생물학적 제염방법으로 제염을 실시할 경우 어떤 작물을 선정할 것인가를 결정하거나, 또는 제염 후 어떤 작물을 재배할 것인가를 결정할 때에는 그 작물의 내염성(耐鹽性)과 아울러 제염하고자 하는 토양의 염분농도의 한계값을 정해 둘 필요가 있다.

간척지 토양의 가용성 염류함량을 염분농도로 표시할 때에는 보통 25℃에서 토양의 포화추출액의 전기전도도가 사용되며, 그 표준단위는 dS/m로서 염분농도 meq/L, ppm 및 %와의 관계는 0.1~5.0dS/m의 범위 내에서 대체적으로 다음과 같다.

$$1\text{dS/m} = 10\text{meq/L} = 640\text{ppm} = 0.064\%$$

간척지 토양의 염분농도에 대한 작물의 내염성을 FAO에서 발표한 자료에 의거 토양의 전기전도도에 따른 작물의 수확량 감소율로 표시하면 작물의 수확량이 0, 10, 25, 50 및 100%일 때 25℃에서 토양의 포화추출액의 전기전도도를 일반작물과 채소작물별로 나타내면 다음 <표 5.22> 와 <표 5.23>에서 보는 바와 같다.

<표 5.22> 일반작물의 내염표

[단위 : dS/m]

작 물	수확량 감소율(%)				
	0	10	25	50	100
보리(barley))	8.0	10.0	13.0	18.0	28.0
목화(cotton)	7.7	9.6	13.0	17.0	27.0
사탕무우(sugarbeet)	7.0	8.7	11.0	15.0	24.0
밀(wheat)	6.0	7.4	9.5	13.0	20.0
잇꽃(safflower)	5.3	6.2	7.6	9.9	14.5
콩(soybean)	5.0	5.5	6.2	7.5	10.0
사탕수수(sorghum)	4.0	5.1	7.2	11.0	18.0
땅콩(groundnut)	3.2	3.5	4.1	4.9	6.5
벼(rice paddy)	3.0	3.8	5.1	7.2	11.5
세스바니아(sesbania)	2.3	3.7	5.9	9.4	16.5
옥수수(corn)	1.7	2.5	3.8	5.9	10.0
아마(flax)	1.7	2.5	3.8	5.9	10.0
잠두(broadbean)	1.6	2.6	4.2	6.8	12.0
동부(cowpea)	1.3	2.0	3.1	4.9	8.5
콩류 beans)	1.0	1.5	2.3	3.6	6.5

〈표 5.23〉 채소작물의 내염표

[단위 : dS/m]

작 물	수확량 감소율(%)				
	0	10	25	50	100
근대(beets)	4.0	5.1	6.8	9.6	15.0
꽃양배추(broccoli)	2.8	3.9	5.5	8.2	13.5
토마토(tomato)	2.5	3.5	5.0	7.6	12.5
오이(cucumber)	2.5	3.3	4.4	6.3	10.0
참외(cantaloupe)	2.2	3.6	5.7	9.1	16.0
시금치(spinach)	2.0	3.3	5.3	8.6	15.0
양배추(cabbage)	1.8	2.8	4.4	7.0	12.0
감자(potato)	1.7	2.5	3.8	5.9	10.0
사탕옥수수(sweet corn)	1.7	2.5	3.8	5.9	10.0
고구마(sweet potato)	1.5	2.4	3.8	6.0	10.5
고추(pepper)	1.5	2.2	3.3	5.1	8.5
상추(lettuce)	1.3	2.1	3.2	5.2	9.0
무(radish)	1.2	2.0	3.1	5.0	9.0
양(onion)	1.2	1.8	2.8	4.3	7.5
당근(carrot)	1.0	1.7	2.8	4.6	8.0

나. 지하배수 조직계획

대부분의 간척지는 초기에 투수성이 극히 불량하다. 따라서 토양구조가 미발달된 상태하에서 삼투수에 의한 제염은 어렵다.

현재 일반적으로 생각하고 있는 제염방법은 간척 후 즉시 지표면에 담수시켜 썩레질 등에 의해 표토층의 염분을 씻어내는 방법을 사용하고 있으나 이것은 일시적으로 표토층(0~25cm)의 제염은 가능하지만 하층토의 제염은 불가능하기 때문에 건조와 더불어 모세관현상에 의하여 하층부의 염분이 계속 상승하게 된다. 따라서 가장 효과적인 제염방법은 간척지의 투수성을 신속히 높여 지하삼투수에 의한 염분용탈로 하층토까지 제염을 하는 것이다. 그래서 지하 1.0m까지만 제염이 되면 모세관현상으로 인한 염분상승의 염려는 없을 것이다.

초기 간척지의 신속한 투수성 증진을 위해서 먼저 지표수를 배제하여 토양을 건조

시키면 균열이 발생하게 되고 건조가 계속되면 토양균열이 커지면서 점차 하층부로 파급하게 된다.

토양균열의 발생은 토양구조를 발달시키면서 투수성을 증진시킨다. 다음으로 어느 정도 토층의 건조가 진행되고 토양이 안정되면 하층토의 건조화를 촉진시키기 위해서 보조암거를 설치한다.

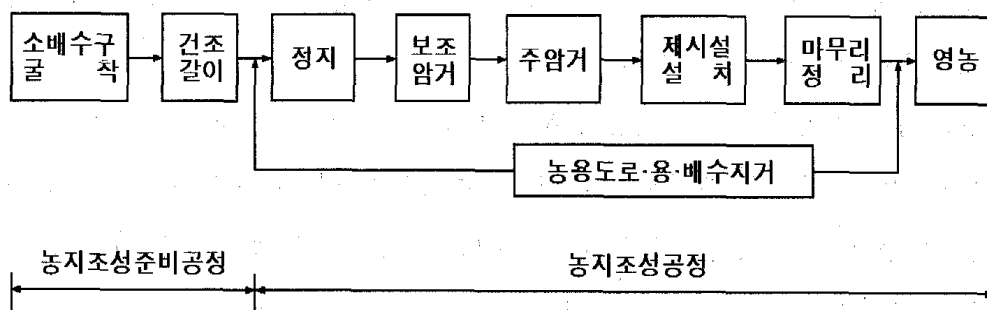
흡수거는 토양구조 발달이 하층부로 약 50cm~60cm 정도까지 진행된 후 기설치한 보조암거와 결합되도록 하는 복합식 지하배수조직이 효과적이다.

토양균열은 토양의 수축율이 클수록 잘 발달된다. 따라서 실트질토 보다는 점질토가 수축율이 크므로 균열이 잘 발생된다. 점토질 토양이 초기에는 실트질 토양에 비해 투수성이 불량하나 토양이 점차 건조되면서 오히려 투수성이 양호해지는 경우가 많다.

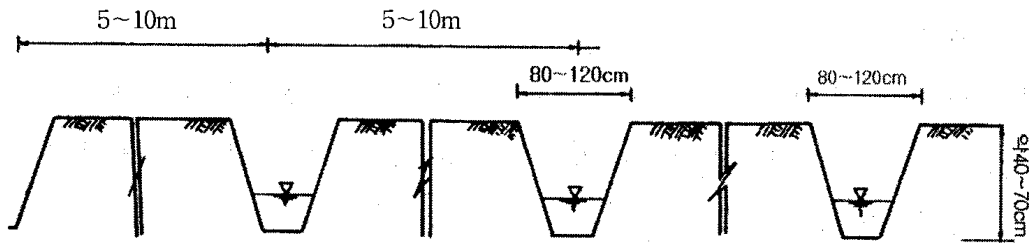
〈표 5.24〉 간척지 토양의 수축률(예)

지 구 명	토 성	입 도 분 포 (%)			투 수 계 수 cm/s	건조 후 수축률(%)
		사질토	이토	점토		
미 면	SiL	17.5	71.2	11.3	7.45×10^{-3}	6
반 월	SiCL	12.5	57.2	30.0	$10^{-4} \sim 10^{-5}$	27

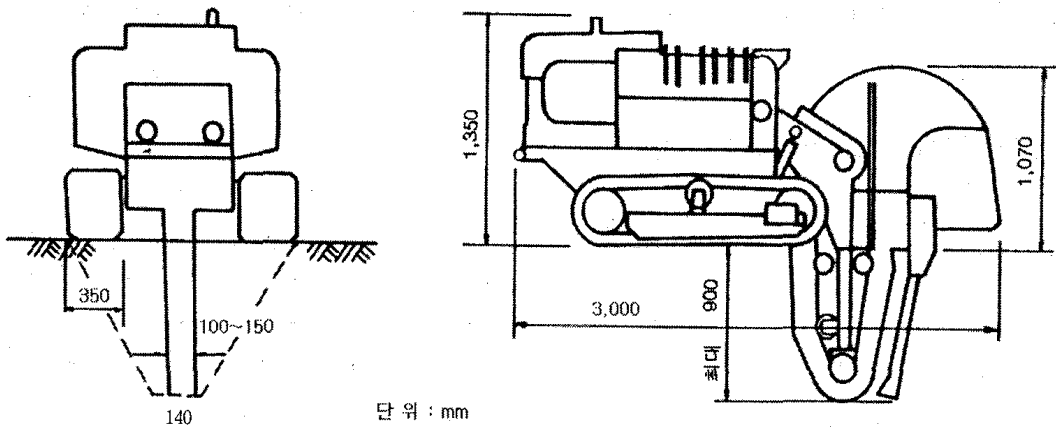
초기 간척지내의 소배수구 굴착은 지내력이 극히 강하기 때문에 인력에 의한 시공은 상당히 어려우나 접지압이 작은 배수로 굴착기를 이용하면 공사비도 저렴하고 신속하게 시공할 수 있을 것이다[그림 5.39 참조].



[그림 5.37] 간척지 지하배수조직 공정도



[그림 5.38] 간척지 소배수구 굴착

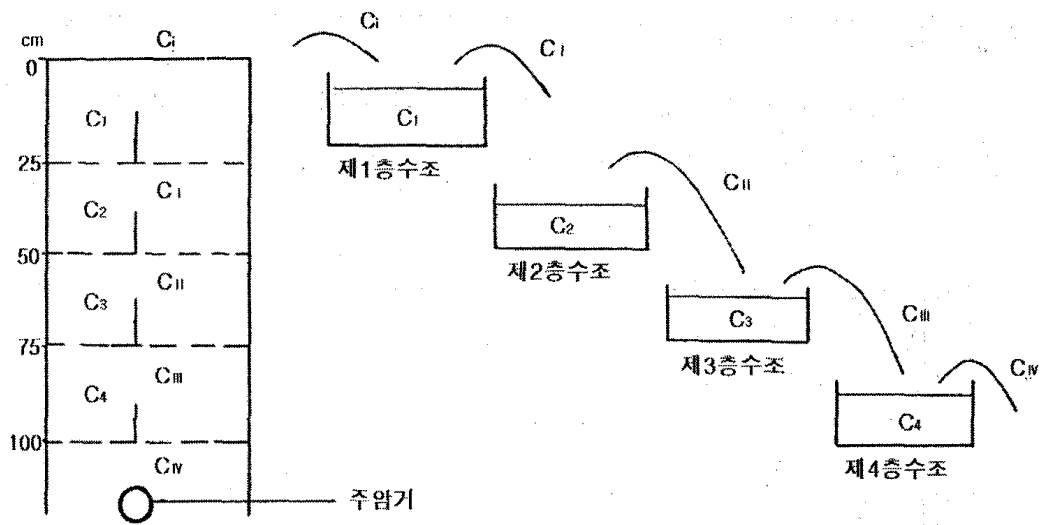


[그림 5.39] 소배수구 굴착기(접지압 0.13kgf/cm²)

다. 이론적 염분용탈

Vander Molen이 개발한 저수조법에 의하면 간척지에서 삼투수(Percolation)에 의한 이론적 염분용탈방정식은 다음과 같다.

두께 100cm의 간척지 토층을 25cm 두께의 4개 층으로 구분하여 각층을 수조로 간주한 것이다. 이는 공급된 제염용수가 제1층의 저수조로부터 제2층의 수조로, 제2층의 수조에서 제3층의 수조로, 제3층의 수조로부터 제4층의 수조로 유입, 유출되어 제4층에서 암거로 배출된다고 간주한 것이다.



[그림 5.40] 수조모형

각 수조의 수량은 각 토층의 수분함량에 관계되며 포장용수량에 가까운 수분함량 일때 물과 염분운동이 발생하기 때문에 일정하다고 고려할 수 있다.

제1저수조의 염분수지식은

$$V \cdot d_c = (C_i - C_r) Q \cdot d_t \quad \dots\dots\dots(5.10)$$

여기서,

V = 각수조의 수량 (ℓ)

d_c = 포장용수량일 때 흡용액의 염농도변화(meq/ℓ)

C_i = 유입수농도 (관개수 meq/ℓ)

C_r = 유출수농도 (meq/ℓ)

Q = 암거를 통해 유출되는 양 (ℓ/s)

d_t = 미분요소 (s)

$$T = V/Q = \text{저류시간 (s)} \quad \dots\dots\dots(5.11)$$

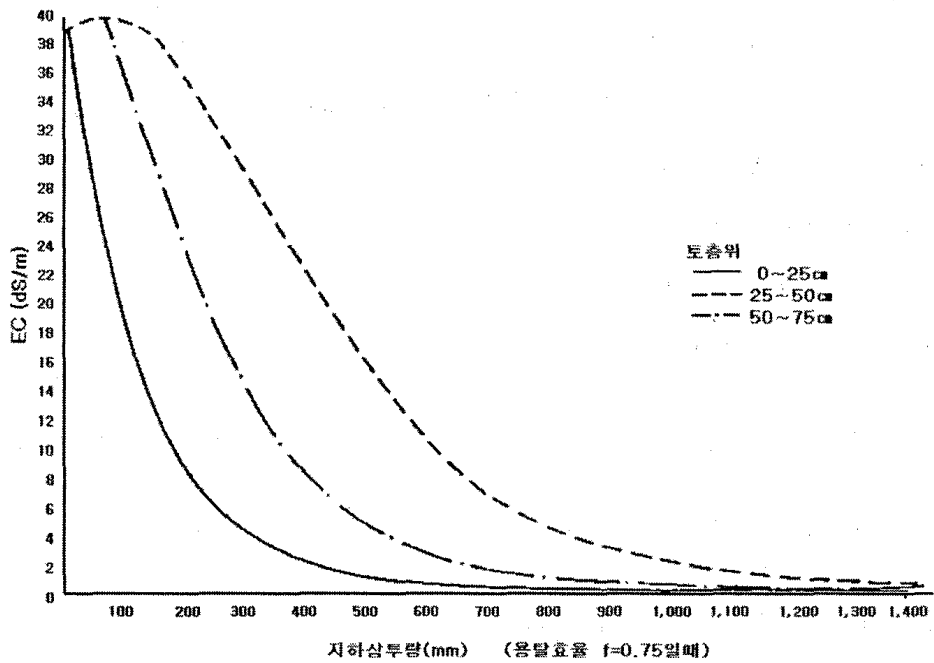
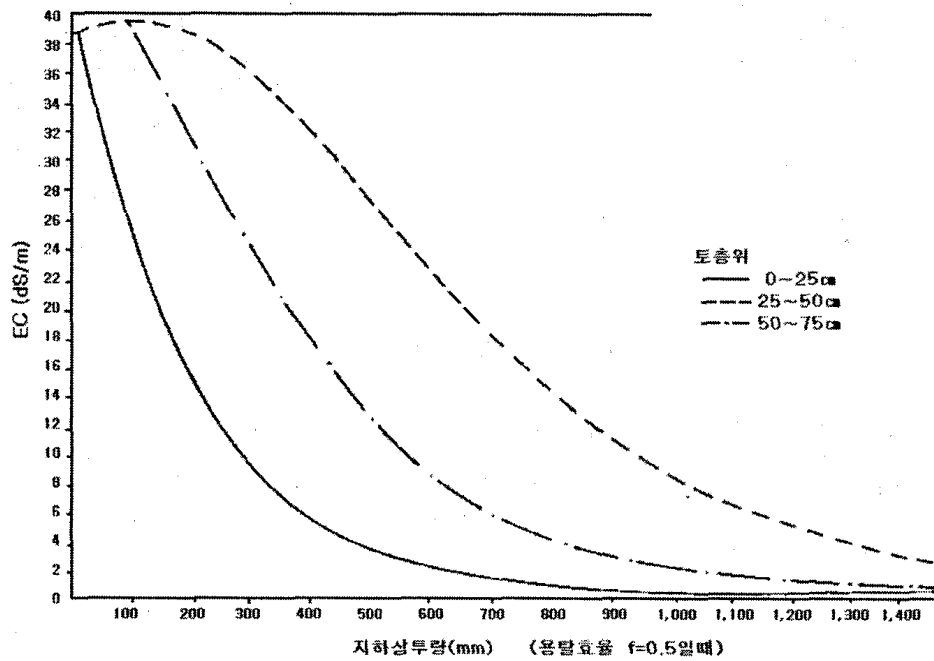
$$C_r = f_c + (1-f) \cdot C_i \quad \dots\dots\dots(5.12)$$

염분수지식을 정리하면 다음과 같다

$$\frac{d_c}{C_{fc} - C_i} = -f \frac{Q}{V} \cdot d_t \quad \dots\dots\dots(5.13)$$

여기서, f = 흡용탈과 혼합되는 관개수를 백분비로 나타내는 용탈효율계수

C_{fc} = 포장용수량일 때 흡용액의 염농도 (meq/ℓ)이다.



[그림 5.41] 지하삼투량에 의한 이론적 재염곡선

5.6 암거 시공의 표준공정

암거의 시공은 원칙적으로 암거선의 설정 → 자재의 배치 → 터파기 → 관의 부설 → 피복재 투입 → 1차 되메움 → 2차 되메움 → 수갑설치 → 배수구 설치의 순서로 진행하나, 시공방법에 따라 적절한 순서로 진행한다.

자재 및 토공기계의 종류에 따라서는 몇 개의 작업공정(예 : 터파기→ 피복재 투입 → 되메움)이 일체공정으로 이루어지는 경우가 있으므로 암거배수의 시공시에는 현장의 모든 조건을 계획단계의 자료와 비교하여 실시한다.

암거배수의 시공시에는 현장의 모든 조건을 계획단계의 자료와 비교하는 것이 좋은 암거를 시공하기 위한 중요한 점이다. 특히 주의할 것은 구획정리나 기타 관련사업에 의해 배수로로 종래 보다 깊이 시공한 경우도 토양의 균열은 다음 연도의 중간기 이후에 발달하는 사례가 대단히 많기 때문에 포장조건(특히 지내력)의 개선이 2~3년 이후에 나타나고 있다.

암거의 시공은 크게 [그림 5.42]와 같이 일반적인 시공과 고속자동 포설기계로 의한 시공으로 분류할 수 있다.

암거의 시공에 대해서는 공정마다 그 정밀도를 확인한 후 [그림 5.42]와 같은 공정 순서대로 진행해야 한다. 특히 터파기 후 및 관 부설 후에 있어서 관저면 및 관의 기울기 및 터파기한 바닥면이 매끈해야 한다. 자재 및 토공기계의 종류에 따라서는 몇 개의 작업공정(예 : 터파기→ 피복재 투입 → 되메움)이 일체공정으로 이루어지는 경우가 많다. 그러나 이 공법은 터파기 바닥의 기울기 및 침하상태를 확인할 수 없는 것과 터파기 면의 건조에 의한 토양균열의 발달이 촉진될 수 없는 결점이 있으므로 주의해야 한다. 관의 기울기는 최신장비인 레이저 광선에 의한 관경사 자동조정장치를 트랜처에 장착하여 사용하면 관 기울기를 상당히 정밀하게 부설할 수 있다.

두더지암거에 있어서는 암거선의 설정직후 모울·드레인너에 의해서 시공하고 배수구를 정비한다.

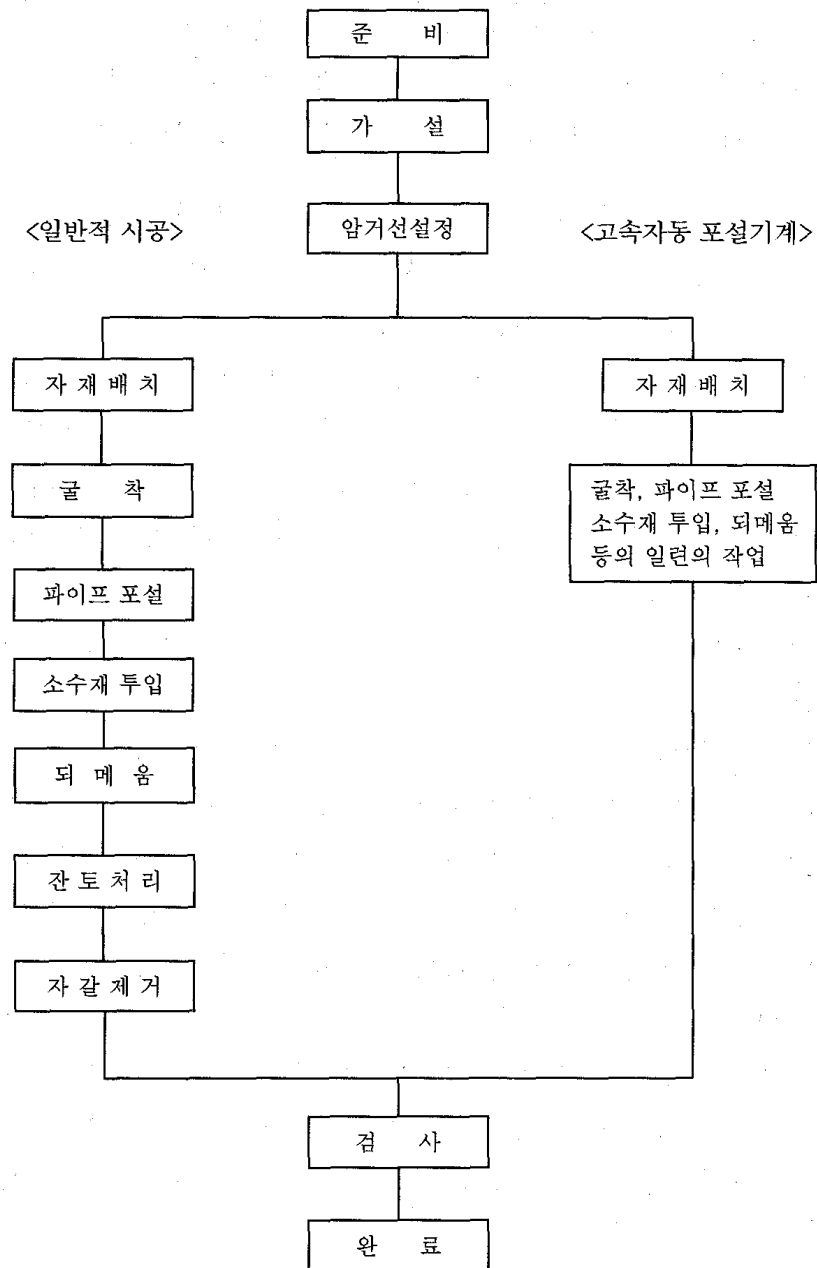
1) 준비

시공하는 지역의 구획상황으로부터 도로상황이나 배수로의 위치를 확인하여 자재보관 장소의 설치나 터파기 기계 등의 운반경로를 검토하여 시공상의 공정에 차질이 없도록 준비한다.

2) 가설

포장이 연약하면 터파기한 곳이 붕괴되기도 하고, 굴삭기계에도 영향을 미치기 때문에 미리 논의 물을 배제할 필요가 있다. 특히 이탄토양이나 기타 과습토양에서는

거선에 따라 배수구를 설치하여 미리 논의 물을 배제시킨다.



[그림 5.42] 지하배수의 시공순서

3) 자재배치

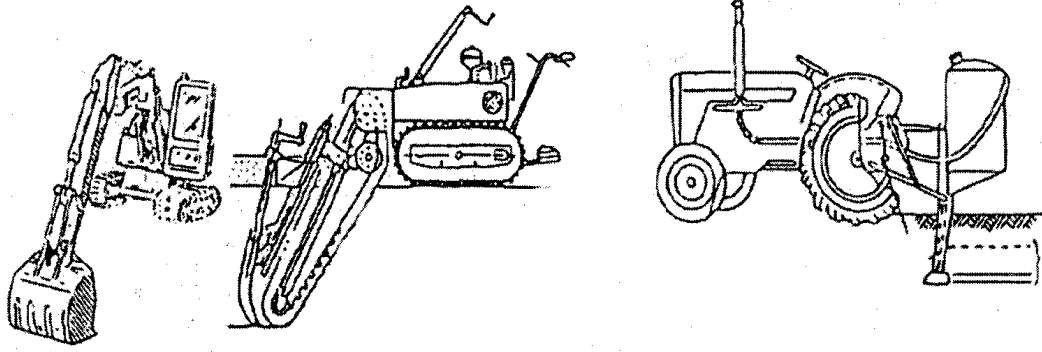
소수재 및 관재 등은 소정의 사용량을 공사현장에 미리 배치한다.

4) 시공기계

조건에 따라 기계를 선택하지만, 일반적인 기종은 <표 5.25>와 같다.

〈표 5.25〉 암거배수 시공기계

명 칭		제 원	접지압 (kgf/cm ²)	적용토질	특 징	
굴 삭 기	소형백호	보통버킷	0.261	토사, 점토, 자갈 자갈섞인 모래	자갈 등이 흙속에 있는 경우 나 복잡한 지형, 횡압을 받아 사면이 붕괴되는 연약지반 등 에 적합하다.	
		특수버킷	0.26	토사, 점토, 자갈섞인 모래	복잡한 지형이나 특히 중점토 질 토양 등에 적용하고, 굴삭 력이 강해 정확히 할 수 있다.	
	트 랜 처	바퀴식 대형	0.38	직경 30mm 정도 의 자갈 10% 이 하 함유, 굴삭력이 커서 경질토에도 적용	약간의 자갈을 함유한 지역이 나 중점토 등 경질토의 굴삭에 적합하다. 심도변화나 굴삭 깊이 등은 래더식에 비해 떨어지지만 회 전속도가 빠르기 때문에 어느 정도 단단한 토질에서도 사용 할 수 있다.	
		래더식 소형	0.22	직경 30mm 정도 의 자갈 10%이하 함유	굴삭심도의 변화가 많 고, 깊게 굴 삭할 수 있 기 때문에 연약지대 에서는 바퀴식 보다 유리하 다.	소형으로 중량 도 가벼워 연약한 지반이나 굴삭심 의 변화가 많고, 깊이 굴삭할 필요 가 있는 경우에 적합하다.
		래더식 대형	0.144	직경 30mm 정도 의 자갈 10%이하 함유	저평습윤지 대의 경지 에서는 래더 형이 많이 이용된다.	대규모 공사 에서, 특히 연약지대에 서 굴삭심 의 변화나 붕괴되기 쉬운 토 질 등에 적합한 기종이다.
	되 매 옴	불도저 (2차되매옴)	3.5t급 습지	0.22		
자 동 포 설	고속자동 암거 포설기 (불도저)	4.5t급 습지	0.25	심토의 경도가 7 kgf/cm ² 또는 직경 30cm정도의 자갈 10% 이하 함유	지지력 2kgf/cm ² 이상, 일일최 대 2,000m 포설 가능하고, 굴 삭하지 않고 전공정을 완료한 다.	
탄 환 암 거	트랙터	20ps급 ~ 50ps급		사질토나 분해되 지 않은 이탄 및 연약지반에서는 불가능	영농용 트랙터에 부속장치를 설치하는 것이 좋다.	



굴착용 기계 백호

트렌처

탄환암거용 기계

[그림 5.43] 시공기계

5.7 암거의 시공

5.7.1 암거선의 설정

암거선의 설정은 배수조직계획을 현지에 구체화시키는 기본이 되는 것이므로, 시공당시의 현장상황을 고려하여 시공에 편리하게 한다.

계획단면을 기초로 하여 암거선을 설정하여 배수구, 상류부기점, 수갑의 위치, 흡수거의 접합점, 구배의 변화점 등에 표시를 해서 진행방향이나 암거심, 구배 등을 명확히 해 놓고 시공한다.

암거선의 설정 방법을 상술하면 다음과 같다.

가. 설계된 조직계획에 따라서 계획평면도, 종단면도 등에 따라 암거선을 설정한다. 배수구, 토류부 기점, 수갑의 위치, 흡수거와 집수거와의 접합점, 기울기의 변화지점 등을 결정하여 말뚝을 박는다.

나. 인력 터파기에 있어서는 관암거의 깊이와 기울기를 검측하기 위해 암거에 따라서 적절한 기준틀을 설정하고 검측줄을 맨다. 기계 터파기 때는 수m 간격으로 전후에 2개 이상의 폴(Pole)을 세워 기계진행방향의 표적물로 삼는다.

특히 레이저광선에 의한 관경사 자동조정장치가 장착된 관암거 매설기로 부설한 관암거의 기울기는 상당히 정밀도를 유지할 수 있다.

다. 기복이 많은 곳에서 암거를 일정 기울기로 유지하기 위해서 터파기의 깊이가

심하게 변화하는 경우에는, 심한 기복을 피해서 배치하고 이에 따라 다소의 간격변동, 깊이의 변동 및 관로기울기 변화는 불가피하나 심한 깊이의 변화는 깊은 곳에 토립자의 침전으로 암거의 수명이 단축된다는 것을 염두에 두어야 한다. 그리고 어떤 경우라도 관로에 역경사가 생겨서는 안 된다. 기계가 논도랑 등의 요철부를 통과하게 될 때에는 그 부분을 미리 제거해 놓아 관로의 기울기가 변화하지 않게 해야 한다.

5.7.2 자재의 선택

배수 자재는 암거 조직, 토층의 종류, 지반의 부등침하의 유무, 시공방법, 기상조건, 자재 입수의 난이 및 자재비 등을 검토하여 적당한 것을 선정한다.

부등침하가 예상되는 이탄지 및 간척지와 같은 연약지반에서는 관은 토관보다 연장이 긴 PVC 유공주름관이나 접속부에 의해서 연결될 수 있는 것이 유리하며 관경은 큰 것이 좋다. 염화비닐관은 압축에 강하나 냉한기온에 약하기 때문에 파손되기 쉬우므로 시공 시기의 기온을 참고해서 관경, 연도의 조절 선택이 필요하다. 냉한기에는 경도가 높은 것은 파손되기 쉽다. 또한, 강산성 토양에서는 콘크리트관은 적당하지 못하다. 토관은 현장에서 구득이 가능하고 강도가 좋은 편이나 기계매설이 불편하고 PVC주름관에 비하여 운반조작이 어려운 단점이 있다.

이와 같이 배수 자재는 암거 조직, 토층의 종류, 지반의 부등침하의 유무, 시공방법, 기상조건, 자재 입수의 난이 및 자재비 등을 검토하여 적당한 것을 선정한다.

5.7.3 터파기

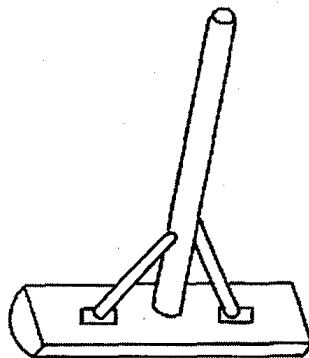
터파기의 작업 순서는 하류에서 상류로, 집수거에서 흡수거로 진행한다.

터파기는 일반적으로 용출수가 굴삭을 방해하지 않도록 하류로부터 상류방향으로 시공하는데, 그 공법은 현장조건 및 목적에 따라 인력 터파기, 트랙터 터파기, 쇼벨계 굴삭기로 시공한다.

가. 담수, 삼투수, 용출수 등이 터파기에 방해가 되지 않도록 배제하면서 공사를 진행시키기 위해서는 배수로에서 시작해서 하류부터 상류로 향해서 터파기하여야 한

다. 인력터파기 때는 작토부와 심토부의 토양을 구분해서 각각 터파기 좌우측 비탈머리에서 약 30cm 이상 떨어져서 파 올리고, 되메움 때는 반대로 작토부 토양을 심토부 상부에 적치(積置)해서 되메움 한다. 터파기 단면은 줄, 말뚝 등에 의해서 깊이, 기울기를 확인하면서 공사를 진행하지만, 특히 저면은 계획된 기울기가 유지될 수 있도록 정밀하게 시공해야 하고, 저면의 요철을 고르는 것을 잊어서는 안 된다.

바닥면에 물이 고여서 경화하거나 유수에 의한 침식의 발생을 막기 위하여 시간이 걸리는 인력 터파기에 있어서는 층별로 몇 회로 구분해서 단계별로 공정을 확인하면서 터파기 하고, 최후에 끝맺음 터파기를 한 후 즉시 관을 부설하고, 유수나 삼투수가 고일 염려가 있을 때에는, 즉시 소수재를 투입하고 되메움을 한다. 기계 터파기의 경우는 수종의 공정이 일체작업으로 진행되기 때문에 인력 작업시와 같이 단계별 공정 확인은 필요 없으나, 감독자가 깊이, 기울기, 관 부설상태 및 소수재 투입현황을 신속히 확인함과 동시에 그때마다 운전자에게 적당한 지원 내지 조언을 하여 시공의 완전을 꾀한다. 특히 관이 분기하는 부분의 깊이는 각각(흡수거와 집수거)의 관경을 고려하여 접합부가 부자연스럽게 되지 않도록 한다.



[그림 5.44] 바닥면 고름봉

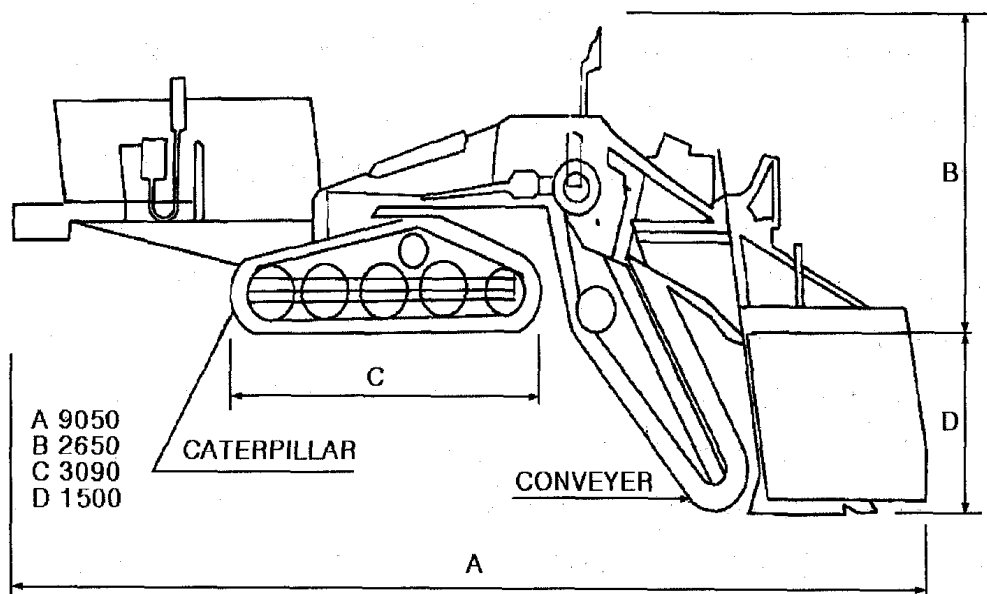
나. 터파기 기계는 터파기형 관 매설기와 비터파기형 관암거 매설기의 2종류가 있다. Trencher형 기계는 많이 사용되며, 관부설 상태의 확인이 가능하고 터파기면을 건조시킬 수 있는 장점이 있어서 소수재 투입이 필요할 때는 반드시 동 기종을 사용한다. 암거배수에 있어서 일반적인 굴착기계의 형식은 호일형과 래더(ladder)형으로 대별된다. 호일형은 깊이변화나 굴착깊이 등에서는 래더형에 비해 떨어지지만 회전속도가 빠르기 때문에 어느 정도 단단한 토질에서도 사용할 수 있다. 래더형은 굴착심

의 변화가 많은 곳에서 깊게 굴착할 수 있어서 연약한 지대에서는 호일형보다 유리하다. 저평습윤지대의 경지에서는 래더형이 많이 사용되고 있다. Trenchless형 기계는 되메움이 필요 없기 때문에 작업속도가 빠르지만 관 부설상태를 확인할 수 없고 소수재 투입이 어려운 단점이 있다. 그러나 이탄지나 극히 지반이 연약하여 터파기 단면유지가 곤란하거나 용출수가 너무 많아서 되메움 흙이 교란(곤죽)되어 이토화할 우려가 있을 경우에는 Trenchless형 기계의 사용이 불가피하다. 기계 시공시 주의사항은 견고한 토층이나 지중에 전석 등의 장애물이 있는 곳에서는 기계가 손상되지 않도록 사전에 주의하고, 기계가 손상될 우려가 있는 구간에서는 부득이 인력 시공을 하되 앞뒤의 기계 시공 터파기 깊이와의 연결이 부자연해서는 안 된다.

쇼벨굴착은 되메움부의 바닥을 인력작업으로 해야하는 등 능률은 좋지 않지만 굴착력이 강해 자갈 등의 장애물이 많은 장소, 굴착깊이의 변화가 큰 장소, 굴착단면을 크게 해야하는 경우 등 여러 경우에 이용되고 있다.

다. 굴착시의 주의점(구배 등의 관리)

암거선을 설정하고 배수구, 상류분기점, 수갑의 위치, 흡수거의 접합점, 구배의 변화점 등을 결정하고, 굴착깊이나 구배를 레벨 등으로 굴착진행에 따라 점검하고, 너무 많이 굴착한 경우는 자갈이나 양질의 흙으로 되메워 부등침하가 되지 않도록 다져 소정의 깊이와 기울기로 한다.



[그림 5.45] 터파기형 관 암거 매설
(Trencher Type Machine)

또한 최근에는 레이저 광선으로 굴착단면 기울기관리를 하기도 한다. 이 장치는 레이저 광선을 발사하는 투광기 및 수광판을 가진 트랜처에 의해 시공하는 것으로 암거선의 되메움부 바닥을 레이저 광선과 평행한 계획구배가 되도록 기울기 관리를 정확히 할 수 있는 방법이다.

5.7.4 관의 부설

관의 부설은 관내로 지하수 및 용출수, 삼투수의 유입이 촉진될 수 있도록 하는 반면 토사의 유입을 막고 관내의 물이 원활하게 유하될 수 있도록 부설해야 한다. 시공은 가급적 건조기에 하는 것이 바람직하다.

관의 부설은 터파기와는 반대로 관리공 → 흡수거 → 집수거 → 수갑 → 배수구의 순으로 상류에서부터 시공하는 것을 원칙으로 하지만 긴 것을 시공하는 경우나 굴착단면이 붕괴할 우려가 있는 경우에는 하류에서부터 포설하는 경우도 있다.

가. 인력으로 관을 부설할 때는 관은 사전에 암거선에 따라 배치해 둔다. 관의 부설은 터파기와는 반대로 상류에서부터 하류로 향하여, 흡수거로 부터 집수거로 진행시키고, 흡수거의 청소를 고려해서 흡수거 끝(깊이가 가장 얇은 곳)에 P.V.C 연직관을 세워 마개로 막아 두어야 한다(흡수거 청소용).

만일 하류로부터 부설하는 경우는 상류로부터의 유수에 의해서 관이 이동하거나 토사가 유입하거나 하는 것을 막기 위한 것이다. 그러나 기계에 의한 일체공정으로 하는 경우나 터파기 단면이 붕괴 또는 유동을 일으킬 염려가 있는 경우에는 하류부터 배관하고 되메움한다. 집수거의 상류단에는 마개를 씌워서 토사의 침입을 방지 한다.

일정한 길이의 PVC계 관자재는 지상에서 접합해서 관의 굴곡성을 이용해서 자연히 구부러져 내리게 한다(PVC 주름관).

나. 점토질 지대에서는 터파기 후, 관을 부설하고 가되메움한 후 한동안 방치하여 터파기면과 터파기 흙을 건조시킨 후 완전 되메움하는 것이 암거의 효과를 높이는 데 중요한 역할을 하기 때문에 특별한 경우를 제외하고는 이 방법으로 하는 것이 바람직하다. 인력으로 할 때 터파기 흙 덩어리가 너무 건조하면 쇠토하는데 노력이 많이 든다. 시공은 가급적 작물 생육기를 피하고 건조기에 하는 것이 토층을 건조시켜서 균열의 발달을 촉진시키는 효과가 있고, 지하수가 낮고 다른 유입수가 적기 때문에 관 부설 되메움 등 작업이 용이하다.

배수구 부분은 말뚝으로 고정시키거나 또는 점토로 다져서 홍수 때나 침투유출 때에 관의 유출이나 이동 등이 발생하지 않도록 고려해야 한다. 또한 관으로부터의 유출수로 배수구의 비탈면, 저면 등이 세굴되는 것을 막기 위하여 관의 끝 부분의 유출구를 비탈면 밖으로 돌출시키고 이 주변을 장식 등으로 보호한다.

관을 포설할 때에는 다음 사항에 주의하면서 실시한다.

(1) 관의 포설방법은 터파기부를 정지할 때 이토가 유입하지 않도록 소수재를 5cm 정도의 깊이로 부설하면서 관을 포설하는 경우도 있다.

(2) 플라스틱관 등을 포설하는 경우는 지표에서 연결하면서 굴착부의 바닥에 포설한다. 도관 등의 단관류는 유연한 파이프관을 가이드로 하여 시공하면 간편하다.

5.7.5 소수재의 투입

관으로 토사 등이 유입하여 관이 막히는 것을 방지하기 위하여 관 주위에 소수재를 투입해야 한다.

소수재는 관으로 토사 등이 유입하여 관이 막히는 것을 방지하기 위하여 관 주위에 투입하는 투수성 재료를 말하는데, 소수재는 사전에 암거선을 따라 일정간격으로 임시로 배치해 놓는 것이 편리하고, 굴착부에 투입한 후 내부반력을 갖도록 하기 위하여 충분히 밟아주는 것이 대단히 중요하다. 이렇게 충분히 밟아주지 않은 경우는 시공 후에 경반의 침하가 생기고 다음과 같은 현상이 발생한다.

소수재가 축소됨과 동시에 토사가 혼입하고, 투수성이 나빠질 때 이토가 혼입하며, 토양균에 의한 부식이 진행되어 내용연수가 짧아진다.

왕겨의 밟아주기는 적어도 3회 정도로 나누어 다음 방법에 의해 시공하는 것이 바람직하다.

- ① 쪼, 왕겨 등의 재료를 굴착부의 반정도 깊이까지 넣고 가볍게 밟아준다.
- ② 다음에 설계도의 높이까지 투입하고 ①과 같이 한다.
- ③ 마지막으로 재료가 침하한 만큼 재료를 충분히 밟아 소정의 높이를 확인하고 토사를 10cm 정도 매립하여 일정기간 방치한다.

또한 토양조건에 따라서는 쇄석 등을 소수재로서 사용하는 경우가 있으며, 이 경우도 토사의 혼입을 방지해야 한다. 또한 쇄석의 입경은 25~40mm가 일반적이다.

5.7.6 되메움

되메움은 도랑의 보호, 관의 고정, 삼투 기능의 촉진 등을 고려해서 실시해야 한다. 되메움은 2단계(1차 되메움, 2차 되메움)로 나누어 실시한다.

터파기하여 방치되어 있는 흙을 관 및 소수재를 시공한 후 터파기와는 반대순서로 심토를 일차로 되메움하는데, 관의 배열이나 구배가 흐트러지지 않고, 관을 파손하지 않도록 인력으로 주의해서 되메움하여 흙의 구조가 손상되지 않도록 가볍게 밟아주는 정도로 멈춘다. 이후에 얇은 곳을 되메움하지만 가능한 범위 내에서 장기간 건조시킨 후 불도저 등으로 작업한다. 또한 수갑 및 배수관 부분의 되메움은 관주변의 이동하는 물을 차단할 필요가 있기 때문에 점토 등으로 충분히 고정한다.

관이나 소수재를 시공한 후 관이 꾸불꾸불해지거나 소수재가 부풀어오르는 것을 방지하기 위하여 1차 되메움(10~20cm)을 투수성이 좋은 토사로 실시하고, 되메움부의 투수성 및 집수효과를 높이기 위하여 2차 되메움은 토양과 벽면이 가능한 한 건조된 뒤에 실시하는 것이 좋다. 이를 위해 지하배수의 시공은 가능하면 건기에 실시하는 것이 효과가 높다.

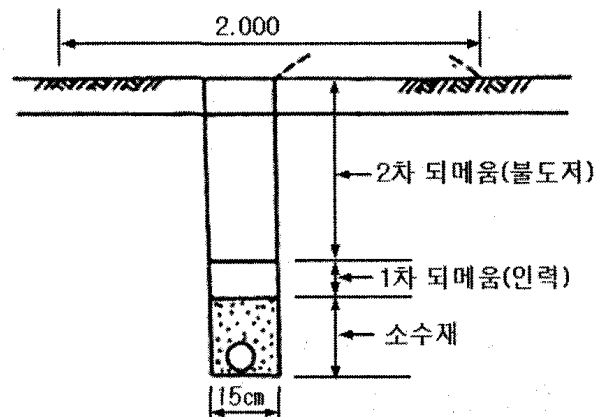
수갑부, 배수관부의 되메움에서는 관주위를 흐르는 물을 차단하기 위하여 소수재를 사용하지 않고 점토질 흙을 바르는 것이 좋다.

가. 1차 되메움

관의 배열 또는 구배가 흐트러지거나 관이 파손되지 않도록 하기 위해 투수성이 좋은 토사로 사람이 잘 되메우고, 흙의 구조가 파손되지 않도록 가볍게 밟아주는 정도로 한다.

나. 2차 되메움

되메움은 가능한 한 장기건조(2~3개월)시켜 흙을 단립화하여 시공하는 것이 투수효과를 높일 수 있지만, 장기간 되메움을 할 수 없는 경우는 지형, 기후에 의해 토사의 유출, 침식, 관의 파괴가 일어나지 않도록 해야한다. 굴착을 기계로 시공하는 경우는 일반적으로 습지불도저(3.4t급)로 시공한다.



[그림 5.46] 기계굴착시의 되메움

인력으로 터파기를 할 때는 PVC 주름관의 경우에 피복재가 화섬여과포 (Synthetic fibre filter)일 때는 즉시 그 위에 두께 10~20cm 정도의 가되메움을 하고, 소수재(왕겨, 모래, 솔가지, 짚, 밀짚, 조개껍질 등)일 때는 관부설 후 즉시 소수재를 설계 두께까지 덮어서 가되메움을 한다.

기계시공으로 터파기형 관매설기로 시공할 때에 소수재를 피복재로 할 경우는 터파기 → 관부설 → 소수재 투입 → 가되메움 순으로 한다.

가되메움은 관 및 피복재를 보호 고정하고 또한 터파기 바닥의 침식을 막고 PVC 주름관인 경우 관의 굴곡을 방지하기 위해서 적어도 10~20cm 깊이의 가되메움을 하되 인력시에는 흙덩어리를 쇄토해서 관 부설 후에 즉시 행한다. 이때 관의 배열이나 기울기를 흐트러지게 하거나 파손시키는 일이 없게 주의하여야 한다. 완전 되메움은 표층토는 하부에 하층토는 상부에 되메우는 것이 바람직하나, 기계시공 때는 지하에서 콘베어(Conveyer)에 의하여 혼합되어 오기 때문에 어렵다. 토층의 투수는 주로 균열 등의 구조를 통해서 이루어지기 때문에 점질토 과습지 등에 암거를 시공하는 경우에는 터파기 후 되메움 때까지 될 수 있는 한 장기간 동안 건조시킨다. 또한 시공으로 토층의 투수성이 악화하는 것을 피하기 위해서 되도록 수분이 적은 시기에 시공하고 마른 흙으로 되메움 하는 것이 중요하다. 장기간 되메움을 안한 경우에 지형, 기후, 자재 등에 따라서는 흙의 유출, 침식 및 관의 파손 등이 일어날 염려가 있으므로 주의해야 한다. 수갑부 주위는 유출수나 삼투수를 차단할 필요가 있으므로 약 3m 이상 구간에는 피복재를 사용하지 말 것이며, 되메움을 점토 등으로 충분히 다져 넣어서 누수를 방지한다. 그렇지 않으면 일반 평야부에서 일어나는 누수로 말미암아 미세

토립자가 유실된다. 특히 계단식 곡간(谷間)답은 시공 후에 얼마 안가서 심하게 지층이 침하할 우려가 있다.

다. 잔토처리

굴착결과 부근에 살포하고 필요에 따라 정지한다.

라. 자갈제거 및 검사

굴착결과 토질에 따라서는 표토에 자갈이 섞여 있는 경우도 있으므로, 이 경우는 인력에 의해 자갈을 제거한 후에 검사를 실시한다.

마. 고속자동암거포설

고속자동암거포설기에 의한 시공은 지상부로부터 굴착하지 않고 흡수거를 설치하고, 왕거를 소수재로 자동충전 한다. 또한 포설기는 4ton급 습지불도저로 견인하는 방법으로 각 작업을 자동연속적으로 시공한다.

5.8 무재료 암거의 시공

무재료 암거는 암거 자재를 사용하지 않고, 토층 속에 통수공을 조성함으로써 암거의 기능을 발휘시키는 것으로서, 두더지 암거, 절단 암거 등이 있다. 무재료 암거는 보조암거로서 본암거와 결합시켜 시공하는 경우와 단독으로 시공되는 경우가 있으며, 어느 것으로 할 것인가는 토양 조건에 따라 결정한다.

대표적인 무재료 암거는 두더지 암거(탄환 암거)인데, 조합암거는 난투수성 토양이나 균열의 발생이 늦어 지표잔류수나 지하수를 조기에 배수할 수 없는 토양지대에서는 본암거의 기능을 유효하게 발휘할 수 있도록 인공적으로 물길을 만드는 보조수단으로 본암거에 직교 또는 경사지게 시공한다. 단독시공은 두더지 암거를 단독으로 시공하는 것으로 배수로에 직접배수하여 지표잔류수 등을 배제하는 방법이다.

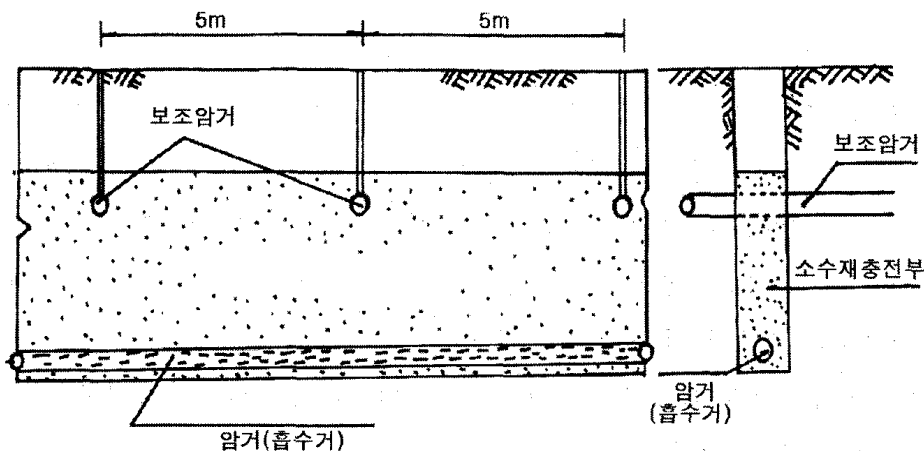
가. 무재료 암거는 점토질 등에 있어서 복합 암거의 보조 암거로서, 또는 간척지와 같이 연약지반에 있어서 토층이 안정되어 본암거의 시공이 가능해질 때까지 예비적 암거로서, 또는 과습지대에 있어서는 농지개량사업에 선행하여 지반의 건조를 도모하는 등의 목적으로 이용하면 효과적이다. 토층 조건에 따라서는 상당한 효과

와 내구성을 가지게 할 수 있다. 깊이는 30~50cm 정도이다.

나. 두더지 암거(Mole drain)는 대표적인 무재료 암거으로서, 트랙터(Tractor)의 견인력에 의해서 토층 속에 탄환을 인입 통과시켜서 통수공을 조성하는 방법으로서 탄환암거라고도 한다. 두더지암거의 시공방법은 지지판 아래에 부착할 수 있는 대포탄두 모양의 것을 트랙터로 흠속에 삽입하여 그 통과한 자국에 생긴 연속된 구멍이 암거의 역할을 하는 방법으로 시공이 간단하여 경비가 싸고, 심토파쇄적인 효과도 얻을 수 있고, 효과를 빨리 얻을 수 있는 이점이 있다. 효과가 연속적이지 않고, 하나의 길이를 그다지 길게할 수 없는 결점도 있다.

본암거와 조합시공하는 경우와 단독시공하는 경우가 있는데, 어느 쪽으로 하는가 하는 것은 토양조건에 따라 결정한다.

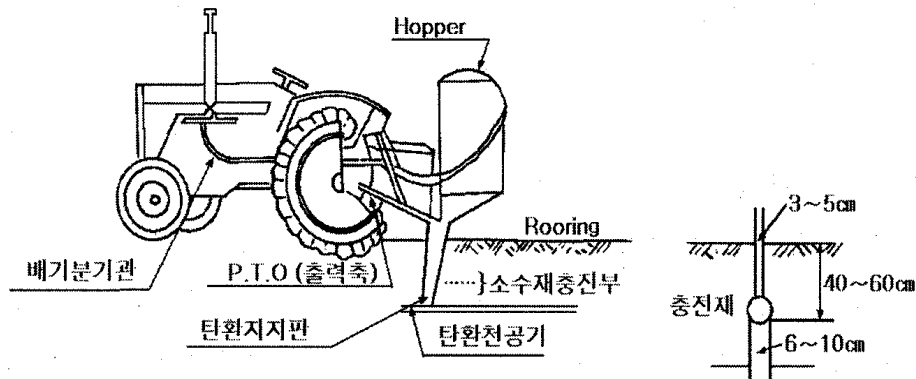
조합암거는 난투수성 토양이나 균열의 발생이 늦어 지표잔류수나 지하수를 조기에 배수할 수 없는 토양지대에서는 본암거의 기능을 유효하게 발휘할 수 있도록 인공적으로 물길을 만드는 보조수단으로 본암거에 직교 또는 경사지게 시공한다. 단독시공은 탄환암거를 단독으로 시공하는 것으로 배수로에 직접배수하여 지표잔류수 등을 배제하는 방법이다.



[그림 5.47] 본암거와 보조암거의 접속단면도

두더지 암거는 시공 능률이 좋고, 공사비가 저렴하고, 시공이 용이한 것이 특징이나, 미사질토 등에서는 암거의 형성이 어렵고 따라서 암거 효과의 지속성을 기대할 수 없는 경우가 있다. 천공부 구조는 골조(Frame)에 장치된 지주날과, 하단에 고정된 끌 (Chisel)과 끌 후부 와이어 (Wire) 또는 쇠사슬 등으로 구성된다. 쇠사슬은 통수공을 정형하기 위한 것이다. 끌은 유압에 의해서 상·하로 오르내리는데, 직장된 작업기

의 경우는 트랙터(Tractor)에 고정되어 있으며, 견인형 일 때는 끌조를 부착시킨 정규차 또는 끌에 의해서 지면과의 평행이 유지된다. 따라서 두더지 암거는 지면의 기복이 적은 장소에 적합하다. 그런데 사전에 트랙터의 통과예정선상의 땅고르기를 해두면 그 장애를 제거할 수 있다. 또한 레이저(Laser)광선을 이용한 자동 경사제어장치(Laser beam)를 사용하면 지면의 요철과는 관계없이 일정 기울기로 시공할 수 있다.



[그림 5.48] 두더지 암거 (소수재 충전)

두더지 암거 작업기의 견인은 지표면 조건이 나빠서 트랙터의 가동이 불가능할 경우 이외에는 트랙터 시공이 유리하다. 두더지 암거의 견인 저항은 큰 곳에서는 4tonf 정도, 보통은 1~2tonf 정도이므로 동력은 이에 적당한 것을 사용한다. 작업기의 견인은 트랙터시공이 유리하지만 트랙터시공의 경우 지표의 조건이 나빠 진창이 되기 쉬운 점토 등에서는 60PS급의 크롤러형 트랙터가 필요하다. 두더지 암거는 수갑조작이 필요 없는 곳이면 직접 배수개거에 배출구를 연결하는 것이 바람직하다. 이 경우에 배수개거 중에 끌을 내려서 그 곳에서부터 설정된 방향으로 시공을 한다. 수갑이 필요한 경우에는 설치장소 부근에 토관, P.V.C관 등의 재료를 사용하여 수갑을 설치한다. 집수거에 접속시키는 경우에는 우선 집수거 부분을 터파기하고, 이 곳을 기점으로 해서 두더지 암거를 시공하고, 접합부에는 토관, P.V.C관 등의 소켓(Socket)을 사용한다.

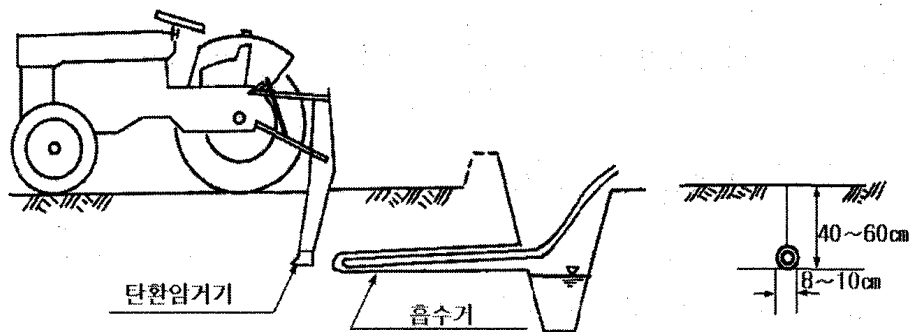
두더지 암거의 배출구에는 P.V.C관을 삽입하여 배출구의 붕괴를 방지한다. 두더지 암거는 자갈 또는 매목(埋木) 등의 방해물이 많은 토층에서는 시공이 곤란하다. 사질 토나 미분해 이탄토, 연약한 식양질토양 등에서는 단기간내에 기능을 상실한 우려가

많으나, 양호한 토양조건에 따라서는 10여년간 효과를 지속한 예도 있다. 두더지 암거의 천공부에 소수재(왕겨, 톱밥 등)을 충전하는 경우는 효과가 상당히 장기적으로 지속되므로 효과적이다. 두더지 암거는 경제적인 공법으로서 그 기능의 지속이 기대될 수 있는 경우는 물론 보조적 또는 예비적 암거로 이용하면 효과적이다.

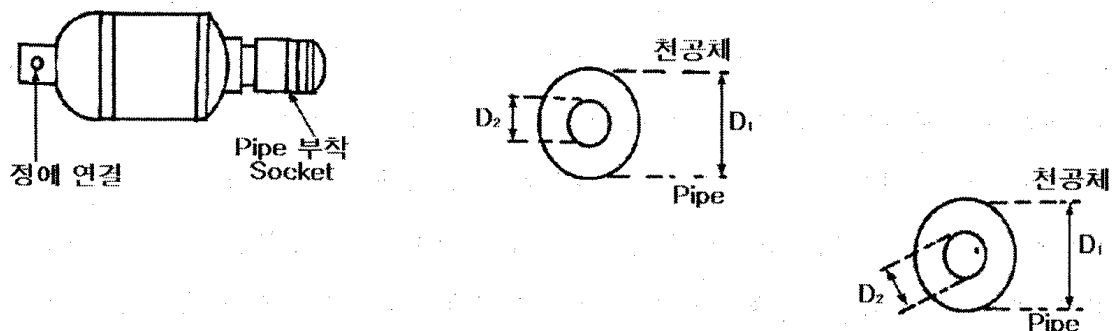
암거배수가 효과적으로 발휘되지 않는 이유의 하나는 시공시 연약한 토층에서 무리하게 시공하는 경우이다.

또한 시공시에 지표에 담수 등이 잔류하여 있으면 지지판의 통과자국에 흠탕물이 흘러들어 기능을 저하시키는 원인이 되므로 주의해야 한다.

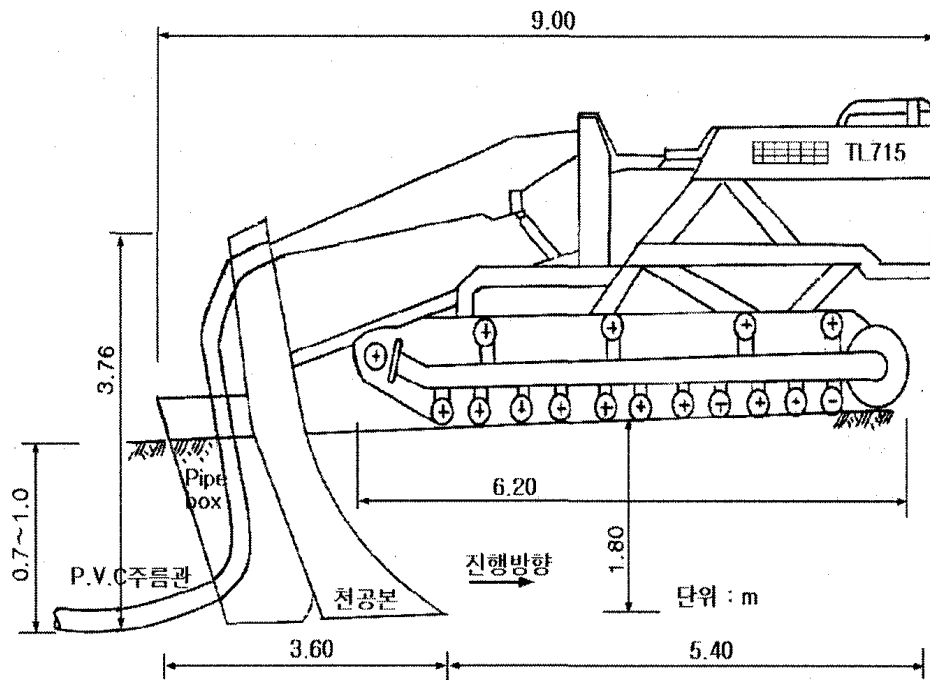
다. 절단암거와 천공암거는 주로 이탄지에서 이용되는데, 본 암거에 직각으로 부설할 경우가 많고, 두더지 암거 작업기의 지주날과 비슷한 칼날을 토양 중에 삽입시켜서 토양을 절단해 나감으로서 인공적인 균열을 조성시키는 것이다. 시공의 요령은 두더지 암거에 준한다.



[그림 5.49] 흡수기 인입암거



[그림 5.50] 소켓부착 천공체



[그림 5.51] 비굴착형 암거매설기(Trenchless type machine)

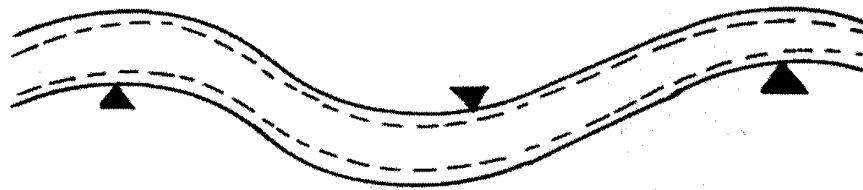
5.9 관의 천공인입공법(穿孔引入工法)

관의 천공인입공법은 두더지암거의 시공능률과 본암거의 효과 및 그 지속성을 노린 공법으로 소수재가 필요 없는 토양에서 효과적이다.

관의 천공인입공법은 두더지암거의 천공체 뒤에 관을 연결시켜 이것을 천공터에 인입하여 구멍의 붕괴를 방지하는 공법이다. 이것은 인력시공이 불가능하며, 기계시공만이 가능한 공법으로 두더지암거를 관 지반이 극히 연약하여 붕괴될 우려가 많고, 심한 용출수나 침투수로 터파기 작업이 곤란할 때 사용하는 공법이다.

이 방법은 두더지 암거 작업기의 탄환부를 천공체와 교착시키고 천공체를 끝에 연결시켜 천공체 관 연결 소켓에 연장이 긴 암거 자재 선단을 삽입하여 위에서부터 연결시킨다. 천공체와 관의 접속에는 자재의 성질에 따라 여러 가지 방법이 있다. 시공은 탄환암거에 준한다. 커다란 통수공 속으로 관이 인입되기 때문에 구멍과 관의 마찰은 비교적 적고 작업기의 견인저항은 탄환 암거와 별다른 차이가 없다. 미분해의

이탄토와 같이 천공 후 구멍의 수축이 매우 빠른 토층에서는 수축한 구멍 벽이 인입 중에 있는 관을 꽉 죄어 눌러서 큰 저항을 가져오기 때문에 관이 절단되는 경우가 있다. 그래서 관과 천공체의 외경 D_2/D_1 은 보통 2 정도이지만, 수축이 큰 토양에서는 3 정도로 할 필요가 있다. 관의 부설 후 구멍은 차츰 수축하여 사방에서 일률적으로 압력이 가해지기 때문에, 터파기 되메우기의 공법으로는 쭈그러지기 쉬운 관으로도 쭈그러지지 않는다. 단, 지면의 조건이 나빠서 트랙터가 사행하여 피칭(Pitching)이 심할 경우는 [그림 5.52]의 ▲표 위치에서 저항을 받아서 관이 찌그러지는 수가 있다.



[그림 5.52] 천공체의 자취(궤적)

실험 결과에 의하면 관의 내부가 평활(平滑)하여 둥근 구멍을 갖는 관이 좋은 결과를 가져왔다. 이 공법에서는 집수거와의 접합을 요하는 곳이나 수갑을 설치해야 할 곳에서는 이것들에 적합한 전용자재를 써야 한다.

5.10 심토파쇄

심토파쇄는 견고하고 치밀한 난투수성 토양의 경반층(耕盤層) 및 심토층을 파쇄하여 토양을 부드럽게 하고, 보수성을 증가시키는 공법이며, 주암거와 병용해서 시공한다.

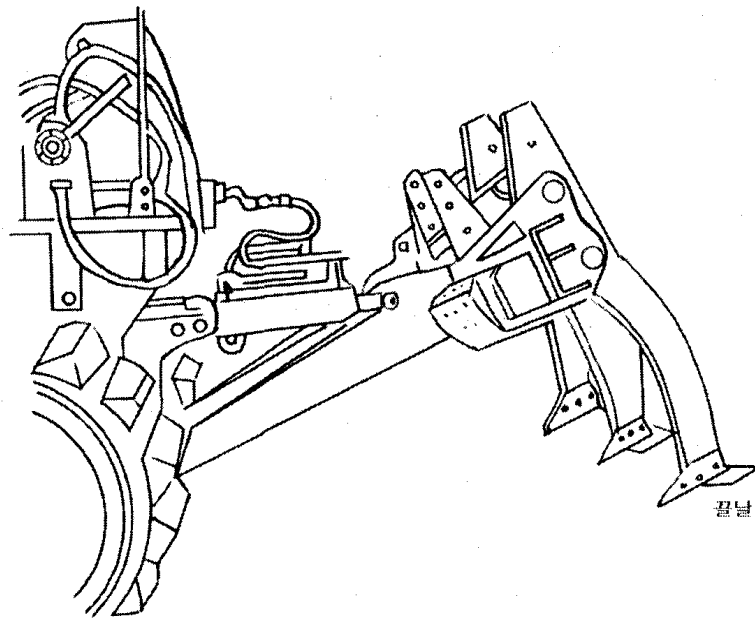
심토파쇄는 난투수성 토양에서 본암거의 배수효과를 조기에 얻을 수 없는 경우 심토층을 파쇄하여 보수성을 향상시켜 본암거의 기능을 발휘시키기 위해 실시하는 공법이다.

가. 시공방법 및 시공

① 작업기는 팬 브레이커(Pan-breaker)라 부르며, 그 구조는 두더지 암거 천공기

와 유사하지만 토층의 파쇄가 목적이고 통수공의 천공이 목적이 아니므로, 탄환을 부착하지 않고 지주날의 선단에 끌날(Chisel share)을 부착한 것이다.

심토파쇄기의 형식은 두더지암거 처럼 트랙터에 직접 장치하는 형과 트랙터로 견인하는 형이 있으며, 전자가 회전이 용이하고 능률적인 동시에 토층의 파쇄에 적합하며, 후자는 전자에 비해 끌날이 통과한 자취(적)가 명확히 남아 통수기능의 유지가 좋다. 영농용 트랙터(20PS급)에 지주날 1조를 장착하여 견인하는 것과 60~80PS급의 크롤러형 트랙터로 지주날 3조를 장착하여 견인하는 것이 있고, 원치로 견인하는 것도 있다. 시공 깊이는 40~60cm까지 시공할 수 있고, 본암거와 직교하여 시공한다.



[그림 5.53] 3련 직장 Pan-breaker

3련 심토파쇄기일 때 끌의 간격은 약 75cm이고 깊이는 40~60cm까지 시공이 가능하다. 견인저항은 지주날 1련의 경우는 두더지암거 때와 비슷하나 3련의 경우는 9ton 이상으로 되는 경우도 있다. 동일한 토양일 때 견인저항이 클수록 토양이 받는 변화도 크다. 심토파쇄의 배수기능은 경사방향으로 시공할 경우가 더욱 효과적이고, 등고선의 방향으로 시공할 경우에는 보수적이다. 그러므로 본 암거와의 접속을 고려해서 방향, 깊이, 접속법 등을 결정한다. 심토파쇄를 직접 겉도랑(명거)에 연결하는 일은 없다. 심토파쇄의 효과 중에서 토양의 밀도, 삼상비 등은 2~3년 내에 본래대로 환원되거나 투수성은 수년간 지속된다.

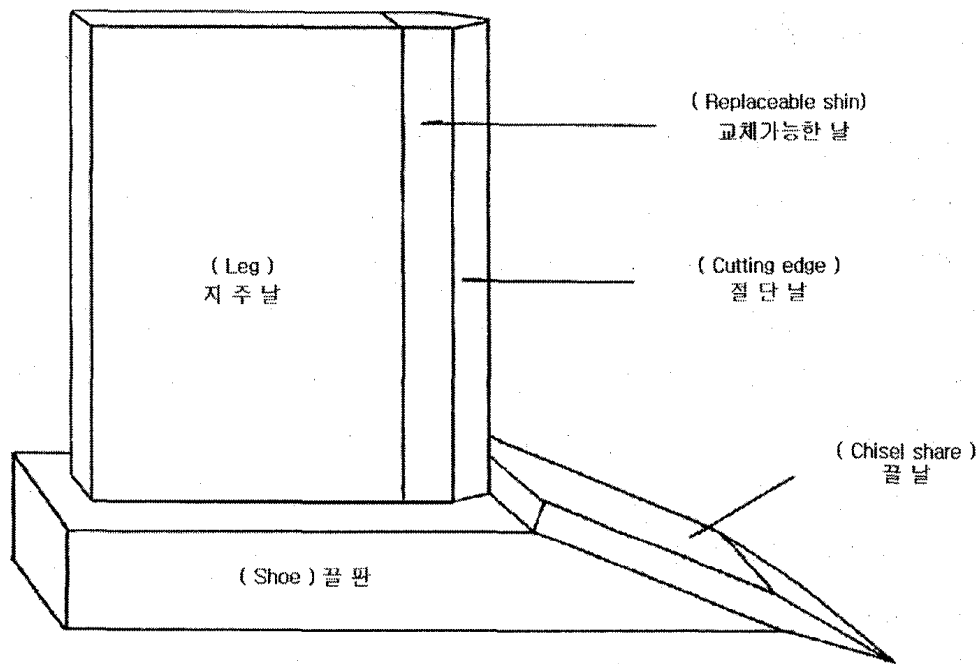
② 심토파쇄를 경사방향으로 시공하는 경우는 보다 배수효과가 크고 등고선에 따

라서 시공하는 경우는 배수효과가 작기 때문에 본암거와의 접촉을 고려하여 방향, 깊이, 접촉방법을 결정하도록 한다.

③ 트랙터로 시공하는 경우는 토층의 파쇄에 적합하다. 또한 원치로 견인하는 경우는 통수능력의 유지에 적합하다.

나. 효과 및 유의점

심토파쇄의 효과는 투수효과를 크게 하는 것인데 그 기간은 수년간 지속된다. 심토파쇄효과의 크기, 지속시간 등은 시공시의 토양수분함량에 따라 차이가 있으므로 건조기를 선택해서 시공하는 것이 좋다. 심토파쇄는 공사비가 저렴한 반면 수명이 짧으므로 시공 후 수년간은 반복 시행하는 것이 효과적이다. 또한 특별한 경우에는 무재료 암거로 배수하고 어느 정도 건조시킨 후 시공한다.



[그림 5.54] 심토파쇄기

5.11 시공관리

암거배수의 시공은 현장에서의 각 조건을 고려하여 그 효과를 발휘시켜 앞으로 문제가 발생되지 않도록 준비에서 완료까지 주의해서 계획해야 한다.

가. 시공시 유의사항

1) 암거 설정 후 터파기에 있어서 현장의 고저 및 지내력 등을 고려하여 소정의 깊이 및 기울기로 굴착한다. 특히 암거단면 배수 기울기가 일정하도록 하여야 하며 시공시 소수재 및 관내부에 토사가 묻지 않도록 주의를 기울여야 한다.

2) 지하구조물 매설 계획은 일반 경지정리사업과 동일하며, 암거는 배수구, 집수거, 흡수거의 순서로 하류에서 상류방향으로 시공하고, 관의 매설은 굴착과 반대로 흡수거→집수거→배수구의 순서로 시공한다. 수로 말단부(유말공)부터 절개하여 송수구를 우선 시공하고, 외측으로부터 유입된 지하수를 차단하고 경지의 지하수위를 낮춘 다음 흡수거와 중형암거를 시공한다.

3) 각 연결부의 시공은 매끄럽게 하고, 되메움부의 바닥에 요철이 생기지 않도록 하며, 암거선이 꾸불꾸불하지 않게 시공한다. 소수재는 관을 완전히 피복할 수 있도록 주의 깊게 시공한다. 포설작업을 일시 중단하는 경우는 관에 마개를 하여 흙탕물의 유입을 방지한다. 되메움은 굴착면에 충분한 토양균열이 발생한 후에 실시하며, 되메움 흙은 가능하면 건조시켜서 2차 되메움 작업을 한다.

4) 부직포시공은 관외경에 부착된 경우와 관 또는 소수재 외부에 우선 깔고 시공하는 방법이 있으나 두가지 모두 장단점을 가지고 있기 때문에 현 지형에 적합한 공법으로 계획하여야 한다.

5) 특히 계곡 경사지의 암거배수로 계획시에는 가배수로 등을 계획하여 지하수위를 낮추고 장비의 진입이 용이하도록 하여야 하며 암거단면에 영향을 주어서는 안된다.

6) 흡수거 매설은 격간시공을 원칙으로 하며 상류 또는 좌,우 지하수 유입이 차단될 경우 일부 흡수거 시공계획을 제외 할 수 있으며 확실한 시공 여부에 따라 공사비도 절감할 수 있다.

7) 현재 소수재로 왕겨 구입이 어려운 실정이므로 구득이 곤란 할 경우에는 배수공을 자갈로 충전하여 배수효과를 더 높일 수 있으나 비경제적인 것이 흠이다.

8) 암거 배출수를 처리하는 배수로가 흡수로이면 토사가 쌓여서 암거의 수압부분이 토사에 묻히므로 배수로를 원활히 유지관리 할 수 있도록 적절한 규모의 개거를 설치해야 한다. 이때, 수압은 개거의 안쪽면보다 밖으로 나오지 않도록 하여, 시공후 유지관리시 중장비 등에 의하여 파손되지 않도록 해야 한다.

나. 관리사항

암거의 시공에 있어서의 관리는 앞으로 문제가 발생되지 않도록 하기 위해서도 시공공정에 따라 촬영기록, 품질관리, 비용관리 등을 하고, 이의 기록을 관리하여 완료 후 검사 등의 설명자료로 이용한다.

다. 시공 후의 공사확인

지하배수의 시공이 완료되면 계획대로 정확하게 시공되었는지의 여부를 확인하기 위하여 검사를 실시한다.

1) 공사시공상황의 검사

공사감독, 공정관리, 현장관리 등의 상황을 검사한다.

2) 비용관리 및 품질관리 상황의 검사

시공 중에 관리한 기록을 기초로 현장에서의 길이, 계획고, 종단기울기, 깊이, 주요 자재의 품질 등을 검사한다.

3) 공종별 검사

흡수거, 집수거, 배수구의 각 공종별로 시공관리자료를 기초로 현지측정을 하는데, 그 내용은 포설 깊이, 간격을 측정하고, 흡수거 및 배수구의 경우는 포설심 연장을 측정한다.

제 6 장 배수시설의 유지관리

6.1 지표배수시설의 유지관리

배수시설이 갖는 배수능력을 최대한으로 발휘시키기 위하여, 포장(암거), 배수로, 수문, 배수펌프장 등에 대하여 관리계획을 작성함과 함께 관리에 필요한 시설은 배수시설 건설시에 설치토록 계획하여야 한다.

6.1.1 포장의 배수관리

논, 밭 등의 입지조건이나 영농조건에 따라 상이하지만, 일반적으로 포장내의 배수시설로서 지표배수용의 배수도랑(排水溝)과 지하배수용의 암거의 유지관리가 중요하다. 이들 시설은 가급적 유지관리가 쉽게 이루어질 수 있는 구조로 하고 연간 2회 정도의 청소를 하도록 해야한다.

지하배수의 소기의 목적을 달성하고 그 기능을 영속적으로 증진시키기 위하여는 배수시설의 유지관리 뿐만 아니라 적절한 포장의 물관리를 적극적으로 도입한 영농상의 대책도 효과적이다. 예를 들면 ① 논바닥의 균평화와 배수구도랑 설치에 의한 지표배수의 촉진, ② 중간낙수의 강화와 최종낙수기의 조기화에 의한 논바닥건조와 균열발달의 촉진, ③ 비관개기의 배수에 의한 균열의 심층화의 촉진, ④ 건답직파재배나 논·밭윤환의 도입에 의한 균열발달의 도모 등이 그를 위한 것이 된다.

6.1.2 배수로 및 수문관리

배수로 및 수문 관리는 그 유지관리가 중요하다. 유지관리 작업으로는 잡초, 쓰레기 토사 등의 제거, 파손부분의 보수 등이다.

수로나 제방에서의 제초는 계획수량의 통수단면 확보와 통수능력을 향상시키는데 중요한 역할을 하며 파손, 이동, 매몰, 누수 등 구조물의 상태를 확인하는데 필요하다. 따라서 제초작업은 시설의 안정성을 파악함과 더불어 개보수 등을 적기에 하는 것

이 중요하다.

하천이나 배수로에 버려지는 쓰레기는 일반쓰레기 뿐 아니라 비닐류, 농약 등 공병류, 플라스틱제품 및 목재 등 다양하게 유입되어 스크린에 집적되어 배수펌프장 가동에 많은 지장을 초래하게 한다. 따라서 홍수초기에 쓰레기 등이 일순간에 대량으로 유입되어 쓰레기 처리가 곤란해지는 일이 없도록 이에 대한 대책을 수립해야 한다.

배수로내의 토사처리는 통수에 지장을 주지 않도록 수로내에 쌓이는 토사도 쓰레기와 함께 일상점검을 통하여 수시로 제거해야 한다.

수로가 연약지반 위에 축조되어 있을 때는 수로내에 땅이 솟아오르거나 부등침하에 의하여 기능이 저하하거나 마비되는 경우가 있다.

유지관리작업은 종전에는 관계 수혜자의 노동력에 의존하여 온 경우가 많지만, 도시화 공장화로 수혜구역에서의 농지비율이 낮아지는 지구에서는, 이 방식의 운영은 상당히 어려워지고 있다. 이와 같은 지구에서는 배수관리자(농어촌공사)가 직영으로 관리하는 방법이 생각되지만, 작업을 하기 쉬운 수로구조물을 계획단계부터 고려하여 둘 필요가 있다. 또 배수로, 수문 등에 큰 장애가 되고 있는 쓰레기 유입은 어느 정도 피할 수 없는 사실이지만, 쓰레기 성분 중 특히 문제가 되는 풀의 수로에의 투기를 방지하기 위하여는 수로의 유수 단면에서는 아스콘, 콘크리트 등 풀이 무성하게 자라지 않게 하는 구조로 하는 것이 바람직하다.

배수로의 수위제어에 관하여는, 특히 큰 유역을 지배하고 있는 간선배수로에는 수로 제어용의 수위계, 유량계 등의 설치가 필요하다.

또한 경사진 밭에 있어서는 배수로의 매몰에 의한 통수불량으로 하류쪽의 포장에 큰 피해를 가져오므로, 배수로, 승수로의 토사제거를 정기적으로 시행하는 등 유지관리에 유의하여야 한다.

6.1.3 배수펌프장의 관리

배수펌프장 관리의 기본은 시설물의 안전점검과 적절한 유지관리를 통하여 재해 및 재난을 예방하고 시설물의 효용을 증진시키는 안전관리와 홍수시에는 초기에 신속하게 홍수량을 배제하여 침수요인을 제거하는데 있다.

배수펌프장의 설치목적은 수해지구의 담수(湛水) 및 침수의 방지에 있다. 이들에 대

용하기 위해서는 펌프, 원동기 및 관련되는 부대시설물을 적정히 유지관리하는 대책을 수립해야 한다.

시설관리자는 시설물의 특성, 규모 등을 고려한 장기 유지관리기준을 마련하고 그 기준에 따라 매년 유지관리계획을 수립하여 적절한 유지관리를 시행하여야 한다.

대규모화 또는 현대화된 배수장의 유지관리는 운전기간 중 고장 등 비상대처와 각종자료의 수집분석 등 다양한 분야의 풍부한 경험과 숙련된 기술자가 필요하다.

만일의 경우 사고나 고장이 발생되면 시설의 원활한 운영에 지장을 초래할 우려가 있으며 또한 예측할 수 없는 사태가 발생되면 시설뿐만 아니라 농지, 농작물, 가축은 물론 인명까지 피해를 입히게 된다.

따라서 완공시설의 기능을 보전하고 시설물 이용자의 편의와 안전을 도모하기 위하여 일상적으로 점검정비하고 손상된 부분을 복구하는 등 시설의 기능유지·보전에 필요한 안전관리에 유의해야 한다.

가. 배수펌프장의 구성

배수펌프장 시설은 기능에 따라 토목구조물, 건축구조물, 기계설비, 전기설비, 기타 부대설비 등으로 구성된다. 이들 시설물들이 제기능을 발휘할 수 있도록 해당분야 관련자들은 상호 긴밀한 협조체제를 유지해야 한다.

나. 유지관리계획

배수펌프장의 유지관리는 초기점검에 의한 시설물의 현상평가로부터 시작된다. 이 점검을 행할 때에는 당해 시설물의 계획, 설계, 시공자료를 이용하는 것이 점검내용을 정하는 데에 매우 유용하다. 특히, 기록의 신뢰성이 높은 경우에는 점검내용을 상당히 줄일 수 있다. 기록은 유지관리 단계별로 매우 유용하게 이용되므로 기록을 철저히 정리하여 보관하여야 한다. 또한 시설관리자는 장기적인 유지관리계획을 마련하고 그 계획에 따라 유지관리를 행해야 한다.

다. 배수펌프장 주변의 점검

배수장과 배수로의 등 부대시설은 순회, 점검 등을 정기적으로 실시하고 배수로의 제초, 퇴적된 토사제거 및 쓰레기의 처리 등을 시행하여 항상 양호한 상태로 유지 보존하여야 한다.

배수펌프장을 중심으로 배수로, 배수문 등 부대시설 주변상황의 점검, 정비해야 하며, 이때 고려해야 할 사항은 다음과 같다.

1) 토목, 건축구조물

- ① 건물 : 스라브, 내외벽, 내장재 및 기타
- ② 유수지 및 흡입수조
- ③ 펌프실
- ④ 연료저장탱크
- ⑤ 토출수조

2) 배수로

- ① 제초
- ② 쓰레기

라. 토사처리

- ① 인수로와 흡입수조 내의 토사처리
- ② 배수로 내의 토사처리

마. 안전시설 및 사고방지대책

배수펌프장 및 주변배수로에는 수로관리요원과 주변주민 등의 안전을 도모하기 위하여 안전관리시설을 설치하고 유지보존하여 사고를 방지하는데 노력하여야 한다.

주변안전시설은 다음과 같이 나눌 수 있다.

- ① 사람에 대한 안전시설 : 울타리, 핸드레일 등
- ② 출입하기 위한 시설 : 트랩, 사다리, 계단, 난간 등
- ③ 야간운전, 보수관리시설, 또는 도난방지를 위한 : 조명시설
- ④ 구명도구, 구명보트 등
- ⑤ 주위 안내 시설 : 안내표지판, 팻말 등
- ⑥ 기타 안전시설 : 안전모, 누전안전시설, 경보시설 등

일반적으로 안전시설이 미비하여 사고 발생시에는 민·형사상의 법적문제로 발전하고 경우에 따라서는 재산상으로도 많은 지출이 따르게 된다. 따라서 제3자가 위험한 장소에 접근 또는 출입을 통제하는 시설과 표지판 등을 설치하는 것은 물론 아이들이 이해할 수 있도록 그림 등으로 표시하는 것도 중요하다.

바. 안전점검 및 정밀안전진단

배수펌프장을 관리하는 데는 농어촌정비법 등 관련법규에서 정한 바에 따라 시설관리자는 유지관리 계획에 의하여 안전점검 및 정밀안전진단을 실시하도록 해야 한다. 또한 시설물의 안전관리에 관한 특별법에서도 안전 및 유지관리계획을 수립해서 시행하는데 있어 안전점검 및 정밀안전진단의 실시에 관한 사항을 포함하도록 하고 있다.

사. 시설 개보수

시설관리자는 안전점검 또는 정밀안전진단결과에 의거 시설의 개보수계획을 수립하여야 한다.

대규모 또는 현대화된 배수시설의 유지관리는 다양한 기술분야가 관련되어 시설물관리가 복잡하다.

만일 노후화된 시설이 사고나 고장이 발생하면 시설의 원활한 운영이 불가능 할 뿐 아니라 예측할 수 없는 사태의 발생으로 각종 재해가 초래된다.

따라서 항상 양호한 상태로 시설관리를 철저하게 하기 위하여 시설관리자는 정기적인 점검과 진단결과에 따라 정비와 개보수를 실시하여야 한다.

아. 수문, 배수펌프장의 조작

수문, 배수펌프장의 관리에는 유지관리와 운전조작관리가 있다. 이들의 관리는 관리규정(농업기반시설 관리지침 양배수장편 참조), 전기사업법에 기초한 전기안전관리규정, 하천법 등에 따르는 겸용공작물의 조작 등에 의해 이루어진다.

1) 유지관리

일상적인 유지관리는 배수펌프장의 쓰레기 처리가 대단히 중요하다. 특히, 지구 안에 주거지역을 가지는 경우에는 배수펌프장으로 모여드는 쓰레기의 양도 많고, 그 성분도 비닐 제품 등을 함유하고 있으므로, 스크린에는 제진기(除塵機)가 필요하게 된다. 또 일반적으로 지배면적이 1,000ha 이상에서 유역내의 도시화율이 10% 이상인 경우에는 자동식 제진기와 소각로의 설치도 검토해야 한다.

2) 운전조작관리

운전조작에 대하여는, 먼저 수문상황을 해석하고, 배수구역 안에서 일어날 수 있는 사태나, 그 때의 환경조건을 예상하여, 수위조건을 설정하고, 이에 맞추어 펌프 및 수문을 조작한다.

〈표 6.1〉 펌프장 조작 규정

단계	수위조건		조작	지표수위		
	현상수위	예상 최고수위	자연배수, 수문의 조작	수문폐쇄의 최저수위	펌프장의 목표 내수위	펌프장

6.2 지하배수시설의 유지관리

6.2.1 유지관리의 중요성

지하배수시설 시공후 암거가 적절한 배수기능을 발휘하기 위해서는 암거가 설치되어 있는 농지의 관리주체인 경작자가 주의 깊게 유지관리 하여야 한다.

이를 위해서는 농가에 대하여 암거배수의 올바른 목적과, 암거시설의 기능을 어떻게 올바르게 발휘시킬 것인가를 잘 이해시키고, 관리에 대한 설명이 필요하다.

지하배수시설을 조성했다하여도 이것이 계속 적절한 배수기능을 발휘한다고는 말할 수 없다. 예로 지금까지 서술해온 바와 같이 설계, 시공이 정확히 되었다 하여도 이후의 유지관리가 부적절하면 암거의 효과는 급속히 감소해 버리고 때에 따라서 완전히 시공 전의 과습상태로 되돌아가는 경우도 생긴다. 암거도 역시 다른 시설과 같이 제대로 유지관리하면, 그 기능을 양호한 상태로 유지하여 내용연한을 연장할 수 있다.

암거의 유지관리를 고려할 때 특히 중요한 것은 지하배수 시설의 시공 후 관리 주체가 농가이며, 더욱 암거자체가 농지에 직접 설치되어 있는 것이므로 경작자가 주의 깊게 유지관리하는 것 이외에 다른 방법이 없다는 것이다.

이 때문에 농가에 대하여 지하배수의 올바른 목적과, 암거시설의 기능을 어떻게 올바르게 발휘시킬 것인가를 잘 이해시키는 것이 우선 필요하며, 관리에 대한 요령을 잘 주지시켜야 한다. 따라서 경작자에 의한 유지관리를 더욱 철저히 시키기 위해서는 관할 행정기관과 농어촌공사, 지역농민단체 등에 대한 유지관리 지도체계를 확립하여 정기적인 순회 점검정비를 실시하여, 수역지구 전체로서도 효과가 발휘되도록 관리조직을 확립하는 것이 대단히 중요하다.

인간의 신체와 같이 시설을 건전한 상태로 오래 유지시키기 위해서는 잘못된 부분의 조기발견과 신속·적절한 처치가 무엇보다 중요하다.

6.2.2 시설의 기능이 발휘되지 않는 제원인과 진단법

암거설치 후 기능이 충분히 발휘 안되는 원인을 조사하여 배수기능을 회복할 수 있도록 하여야 한다.

흔히 현장에서 들리는 말로서 「암거를 조성하였는데 전혀 효과가 없다. 이번 암거는 불량품이므로 새로 재시공해야 한다」라고 하는 등의 불만이 나온다. 그러나 효과가 저하된 원인은 대부분 농가측의 불충분한 유지관리에 원인이 있는 경우가 많다.

기능이 충분히 발휘 안되는 원인을 충분히 조사하여, 보수하고 적절한 유지관리를 하면 새로 암거를 재조성할 것까지는 없고, 배수기능을 회복시킬 수 있는 경우도 있다.

가. 배수로 및 배수구의 관리 불량

암거를 매설했는데 논이 종전과 같이 전면적으로 과습상태로 있는 경우, 소배수로에 개구(開口)되어 있는 배수구가 막혀 있을 가능성을 의심해 볼 필요가 있다.

암거는 원칙적으로 소배수로의 수면보다 위에 그 배수구가 위치하고 있는 것이 기능보전의 입장에서 바람직하다. 배수구가 수면 아래에 위치하게 되면 이토로 막힐 위험성이 크다. 이토로 막히면 근본적으로 암거관 내의 수두는 그렇게 크지 않으므로, 관거내 물의 유출은 정말로 기대할 수 없게 된다.

또 이토 뿐만 아니라, 수초의 줄기나 뿌리 등이 배수구를 막고 있는 경우도 많다. 따라서 배수로와 암거 배수구의 상황을 정기적으로 순회 점검하는 것이 바람직하다.

배수구가 수중에 있을 때, 출구가 막혀 있는지의 여부를 조사하기 위해서는 폐쇄된 상태로 있는 수갑을 급격히 열어보면 유출상황이 관찰되므로 비교적 간단히 검사할 수 있다.

나. 암거관(흡수거, 집수거)의 관리 불량

암거관은 지하에 매설되어 있으므로, 이의 기능이 제대로 발휘되고 있는지의 여부를 확인하기는 어렵다. 그 때문에 관리불량이 되어 내용연수를 단축시키는 경우가 많다. 다음에 암거관에 생기기 쉬운 고장원인에 대해 설명한다.

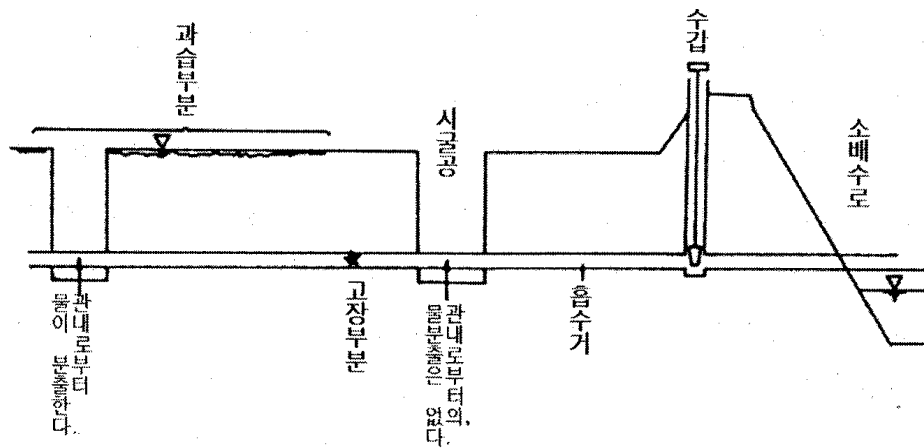
흑니토(黑泥土), 화산회 등 토립자가 이동하기 쉬운 토양에서는 시공 후 1년간 정도의 사이에 관내에 미립토가 유입, 퇴적하는 경우가 있다. 어느 정도 지하수의 물길이가 안정되어, 흙이 굳어지면 유입은 대개 끝나나 당초에 유입된 흙을 그대로 방치해 두면 흡수관의 기능이 저하되고, 극단적인 경우에는 완전히 기능이 상실되는 경우도 있다. 이와 같은 예는 흡수거를 부설하는 깊이에 사질토층 등이 일부분 혼재되어 있는 경우에도 있고, 세립자가 흡수거내에 유입, 내부를 폐쇄하는 경우도 있다. 흡수거 구멍 크기에 따라서는 갈대 등의 뿌리가 침입하여 기능을 저해하는 경우도 있다.

또 시공시점에서는 정확히 암거관이 부설되었다해도 유지관리 하는 과정에서 부등침하가 발생하여 기능의 발휘를 손상하는 경우가 있다. 토양이 건조하면 체적변형이 크게 나타나는 이탄토, 흑니토, 혹은 연약한 간척 후의 저습지의 점성토 등에서 이와 같은 예가 보인다. 즉, 부등침하에 의해 흡수거에 굴곡이 생겨, 내부에 가스가 저장되는 것에 의해 통수가 저해되고, 극단적인 경우에는 암거관의 접속부가 빠져 수리적 연속성이 절단되고 마는 사태로 된다. 또, 간척지 등에서 보이는 예로서 암거관의 배수구 등을 콘크리트 등의 기초로 무리하게 고정시켜 놓으면, 포장내의 지반 침하에 의해 암거관이 역기울기로 되어 통수 기능이 손상되는 경우가 있다. 연약한 지반에서는 유지관리에 특별한 배려를 해야 한다.

암거관의 어느 부분에서 고장이 발생하고 있는가를 확인하기 위해서는 다음과 같이 한다. 우선 배수구가 메워졌는지 여부를, 수압조작에 의해 조사한다. 다음에 담면 담수를 배제시킨 후 강우에 의한 담면 요철부의 잔류수의 소실상황을 잘 관찰한다. 만약 암거관에 고장이 있으면 고장지점부터 상류부분의 담수 소실상황에 차이가 생겨 부분적으로 과습한 부분이 보이게 된다.

이럴 때 암거관 배수구의 배수상황을 조사해보면 고장이 없는 건전한 상황의 암거관과 차이가 보이므로, 고장의 진단이 한층 정확하게 된다. 또한 암거관의 어느 부분에서 고장이 발생하고 있는가를 다시 상세히 조사하는 데는 다음과 같이 한다.

우선 과습상태로 되어 있는 부분의 약간 하류부에서 암거관을 노출시켜 관의 매설심보다 약간 깊이 시험공을 판다. 암거관을 관찰가능한 상태로 해서 만약 여기서 물을 분출하면 고장개소는 여기보다 하류측에 있는 것이므로 다시 하류측을 시공한다. 만약 물이 분출되지 않으면 여기부터 상류측에 고장장소가 있는 것이므로 상류측으로 시굴을 진행해간다. 이와 같이 해서 최종적으로 고장위치를 발견하게 되는 것이다.



[그림 6.1] 암거관의 고장부분 발견방법

다. 수갑의 관리 불량

수갑은 지하배수시설 중 그 구조와 기능상 가장 눈에 띄기 쉬우며, 시공 후 가장 외적 조건에 좌우되기 쉽고 고장이 많은 부분이라고 할 수 있다.

즉, 조작상에 무리가 있는 것(농민은 지수봉을 잘 조작한다고 하나, 똑바로 상하로 움직이지 않으면 쉽게 파손된다). 또, 구조상이나 재질면에서도 많은 검토의 여지가 있다. 또 지상부에 노출되어 있는 수갑의 염화비닐관이 파손되는 경우도 많다.

지상부에 관련된 파손은 전체파손개수 중 약 24%가 되고 있다. 지상부는 농작업에 방해가 되는 것이 많으므로 보호대책과 구조상의 개선이 필요하다.

재질이 플라스틱인 경우 한냉지의 저온이 악영향을 미치고 또한 논두렁에 쥐불을 놓는 곳도 있어, 잡초가 연소하는 열에 의해 수갑의 지상부가 변형하고 있는 사례도 있다.

만약 수갑의 기능이 원활하면 암거관 내의 수위가 상승할 것이다. 만약 암거관부의 수위가 상승하지 않으면 일단 지수부의 다짐불량이며, 또 하나는 수갑관 이음에서의 누수가 생각되므로, 각각의 상황에 따라 판단한다. 수갑을 폐쇄해도 흡수거의 수위가 상승하지 않는 원인 중 하나는 논두렁 균열에서의 누수가 있다. 이것은 논두렁의 방호대책, 즉 소배수로의 수위관리대책 등 별도 측면에서의 대응이 필요하다.

6.2.3 시설의 유지관리 요령

지하배수 시설의 기능이 발휘되지 않는 제 원인이 정확히 파악되어 고장 장소가 확인되면 보수는 가능한 한 조기에 실시하여야 한다. 또, 지하배수 시설의 기능을 충분히 발휘시키기 위해서는 농지의 이용방법 연구와 영농상의 대응도 극히 중요하다. 특히 논·밭작물 재배 이용을 위해서는 이와 같은 유지관리의 중요성이 크다

가. 배수로의 유지관리

전술한 바와 같이 배수로는 평상시 정비해서 암거의 배수구가 배수로의 평수위 이상에 있게 하도록 평상시 그 수위를 낮추도록 하는 것이 중요하다.

배수로는 용수로와 같이 상시 정기적으로 점검을 하고, 보수해야 한다. 즉, 봄철의 영농기 전과 가을의 낙수 후의 춘추 2회는 최소한으로 정기점검을 지역별로 해서 비탈의 보수, 수로바닥 이토의 준설, 수초제거 등을 할 필요가 있다. 또, 급격히 물을 보낸 후에는 토사가 퇴적되어 있을 가능성이 많으므로 수위를 조절하고 준설작업을 하도록 해야 한다.

나. 암거관의 유지관리

우선 수갑의 조작에 의한 암거관내의 청소에 대해 기술한다. 즉, 수갑을 폐쇄하고 암거관 내의 수위가 충분히 상승한 후 급격히 수갑을 연다. 이와 같은 작업을 써레질 전 및 낙수기 전의 연간 2회 실시하면 좋다. 특히 이토 등 미립의 토립자가 시공 직후 흡수관 내에 유입하기 쉬운 조건하에서는 이와 같은 청소를 행하는 것이 중요하며 시공 후 1년째가 중요한 시기라고 할 수 있다. 만약 이 시기를 지나치면 관내에 유입된 미립의 흙이 고결해버리고, 지하배수의 기능이 대폭 줄어 회복불능 상태가 된다.

수갑의 조작만으로는 청소가 불충분한 경우에는 흡수거의 최상류부에 흡수거 청소공을 설치하는 것도 생각해 봐야 한다.

일반적으로 흡수거는 그 최상류부를 논두렁에서 일정한 거리를 두어 매설하고 있어 그 때문에 이 부분이 배수불량의 원인으로 되고 있는 경우가 많다. 그러나 이러한 흡수거 청소공을 설치하면 배수 촉진의 역할도 한다.

또한 청소공은 선단부가 농작업에 장애가 안되도록 낮게 하고, 사용시 이외는 캡을

씩워둔다.

최근 암거관 내의 청소를 위해 젯노즐에 의한 물의 압송이 행해지고 있다. 화관 등 지하배수의 선진지에서는 옛날부터 행해지고 있는 방법으로 지름 1인치 정도의 내압 호스로부터 압력수(약 10kgf/cm² 정도)를 역분사시키면서 관내에 그 호스를 넣어 세정하는 것이다.

드레인 클리너라고 불리는 이 장치로는 길이 400m 정도의 세정 능력을 갖는 것도 있다.

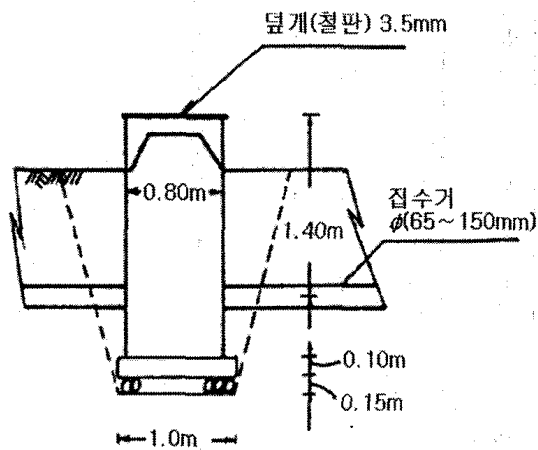
시공 후 흡수거가 극단적으로 굴곡이 생기던지 관내의 접속부분이 빠져버렸을 때는 그와 같은 고장부분을 보수해야 한다. 전술한 시굴공에 의한 관찰 등으로 고장장소를 발견하면 그 부분의 관을 정성껏 보수한다. 보수 후 수압을 조작해서 흡수거내를 세정해주면 이상적이다. 또한 집수거에 대해서도 그 길이가 길고, 수로바닥, 도로, 제방 밑 등을 통과할 경우는 관에 기능장애를 초래하기 쉬우므로 주의가 필요하다.

이외 플라스틱 암거에서 피복재로서 필터를 부착시킨 것에서도 고장이 발생할 때가 있다. 이와 같은 얇은 필터는 이토가 관내에 유입하는 것을 방지하기 위해 고안된 것이다. 토질에 따라서는 역으로 세립토가 이 필터를 메꾸어 불투수성의 것으로 변하여 버리는 경우가 있다.

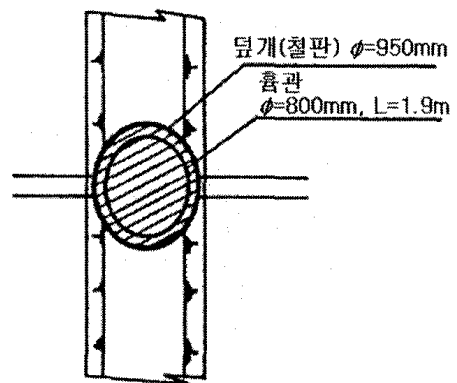
지하배수가 필요한 토양중에는 환원상태(還元狀態)로 되어 있는 것이 보통이므로 흐르는 물중에는 철, 망간 등이 가용체로 되어 있다. 이런 것이 필터에 접촉되었을 때 관내의 공기에 의해 산화되어 불용화해서 침착한다. 이 때문에 필터는 물리적·화학적 작용으로 급속히 불투수성이 되어버린다. 시공 직후 물을 잘 배제하고 있었는데 2~3년 후에 완전히 배수능력을 상실한 사례도 있다.

또한 피복재로서 벚집 등을 사용하면 단기간에 부패해 역으로 투수성을 손실하는 경우도 있어 주의를 요한다. 또 왕겨 등도 비교적 부패가 안되는 재료이긴 하나 논밭 전환 등을 실시하는 조건하에서는 수년간에 약간 그 재질이 변질하였다는 보고 예도 있어 그 내용연수에 대한 검토가 필요하다.

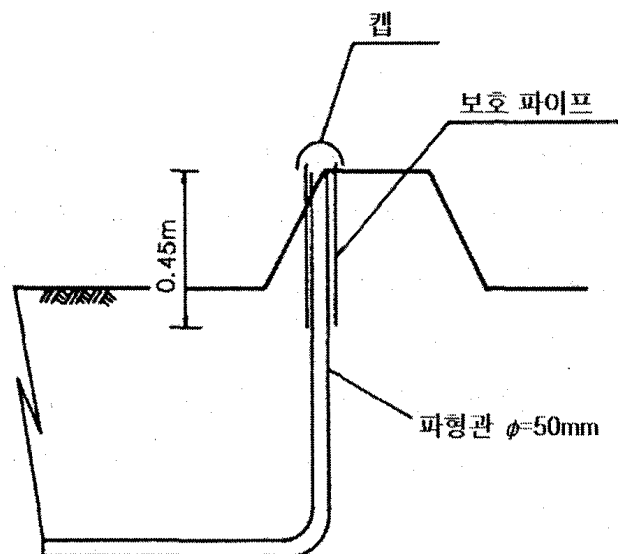
측면도



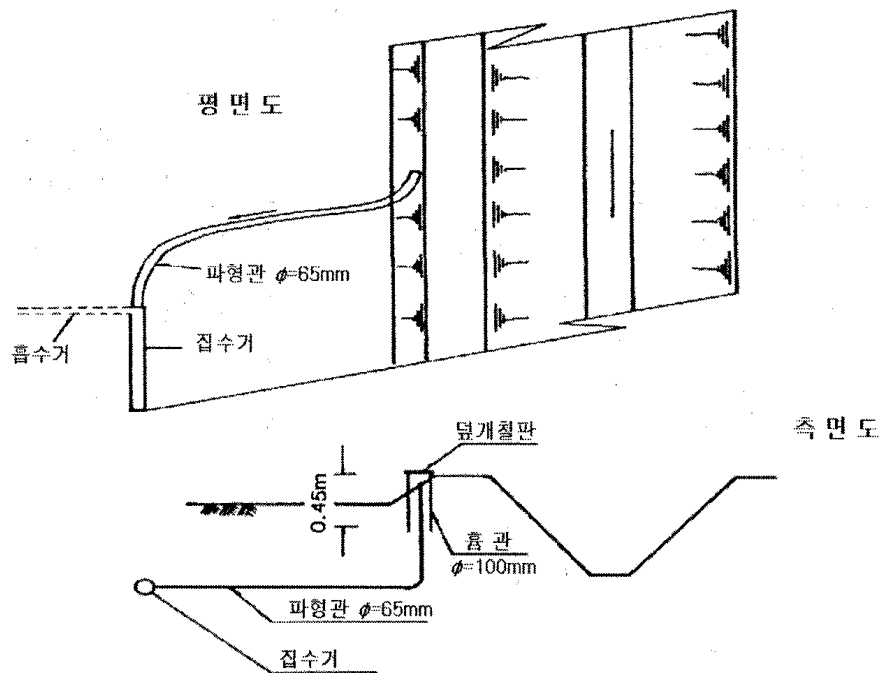
평면도



[그림 6.2] 맨 홀



[그림 6.3] 흡수거 소류공(掃流工)



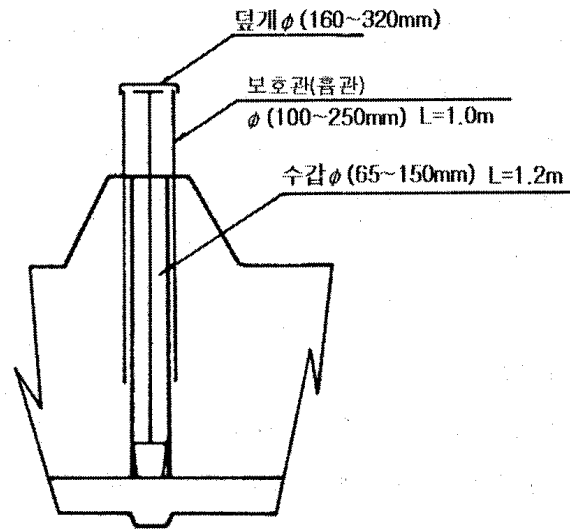
[그림 6.4] 집수기 소류공

다. 수갑의 유지관리

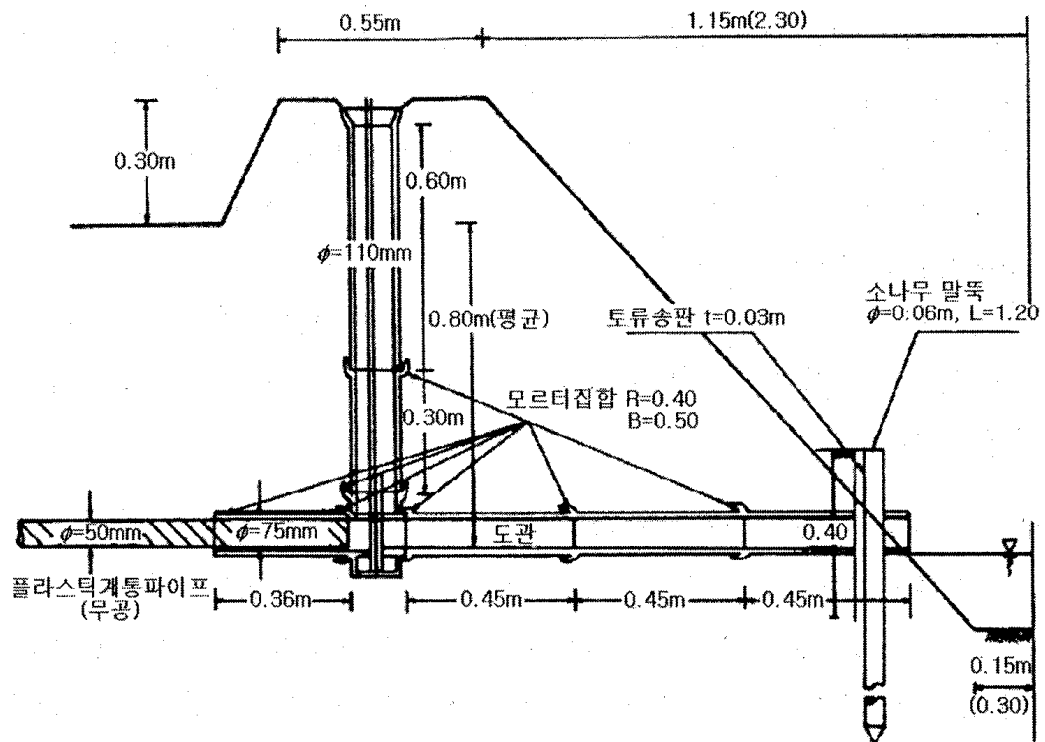
수갑의 고장원인의 대부분은 지수전이나 지상부에 있다. 따라서 농가측의 주의를 깊이 환기하는 것이 우선 첫째로 중요하나, 한편으로는 고장을 일으키기 어려운 재질이나 구조도 고려해야 한다. 또, 농작업 시에 눈에 띄게 지상부를 잘 보이는 색으로 도색하는 것도 유효할 것이다.

그러나 기본적으로는 지상부에 나와 있어 농작업으로 접촉되는 것이 파손의 원인이 되므로 접촉되어도 쉽게 파손되지 않는 보호관을 설치하는 방법과 또, 지상에 나오지 않게 하는 방법도 있다.

수갑을 폐쇄했을 때 흡수기 내의 수위가 순조롭게 상승되지 않으면 우선 지수전의 밀착 불충분이 생각된다. 이 때에는 지수전(止水栓)의 수리나 교체가 필요하다. 또 수갑의 이음매에서 누수되고 있을 때도 있다. 이때의 처리로서는 수갑을 파내어 이음매 부분을 점토, 이화토, 모르터 등으로 되메움하여 잘 다진다.



[그림 6.5] 수갑의 보호관



[그림 6.6] 수평수갑(도관) 표준단면도

6.2.4 영농기의 배수관리 요령

영농기에 지하배수 시설의 기능을 충분히 발휘시키기 위해서는 논바닥의 물을 가능한 한 신속히 배제하여 토양건조를 도모하고 균열의 발생을 촉진하여 암거의 투수성 개선을 도모하는 것이 반드시 필요하다. 또 논뿐만 아니라 전환 밭에 있어서는 이러한 사항이 더 중요한 의미를 갖는다.

가. 논바닥 지표수의 관리

포장의 건조를 도모하기 위해서는 우선 지표배수를 촉진할 필요가 있다. 지하배수와 지표배수는 능률이 크게 다르다. 예로 투수성이 극히 큰 기반으로 구성되어 있는 사질담의 지하배수 능률도 지표배수에 비하면 얕은 값에 불과하다.

더욱이 일반 토양에서는 지표의 담수를 토양을 통과시켜 지하배수 시키려고 하면 배수를 위한 시간이 대폭적으로 지연될 뿐만 아니라, 토양은 과습하게 되어 지내력은 상승하지 않게 된다.

지표배수를 지배하는 인자로서 하나는 담면의 지균상태이고, 다른 하나는 낙수구의 구조이다. 특히 담면의 지균상태가 좋은 경우에도 낙수구를 향해 약간 경사되어 낮아지는 것이 이상적이다. (수구 부근의 담면에 대해 낙수구 부근의 담면이 10cm 정도 낮은 것이 좋다). 역으로 수구에 대해서 낙수구가 높으면 배수는 저해된다. 또 담면의 요철도 지표배수에 영향이 있으므로 이와 같은 때에는 농작업에 지장이 없는 정도의 얕은 배수소구를 설치하면 좋다.

또, 포장정비 직후는 논바닥의 요철도 많으므로 영농단계에서도 지균작업을 하도록 배려해야 한다. 통상의 영농관리에서 3년 정도 경과하면 지균(地均) 정도가 다시 향상하는 경우가 많다.

나. 중간낙수 등 재배법과 포장건조

수도작의 경우 토양건조를 도모하는 뜻에서 중요한 것의 하나로 중간낙수가 있다. 이 시기는 증발산도 왕성하고 작토층은 건조해져 pF2 이상이 되며 완전한 균열이 생긴다. 조건이 양호하면 하층토 30~40cm 까지의 토양수분까지도 현저히 저하시킬 수 있다.

이와 같은 조건하에서 작토에 발생한 균열은 재 담수하여도 재차 폐쇄되지 않고 물

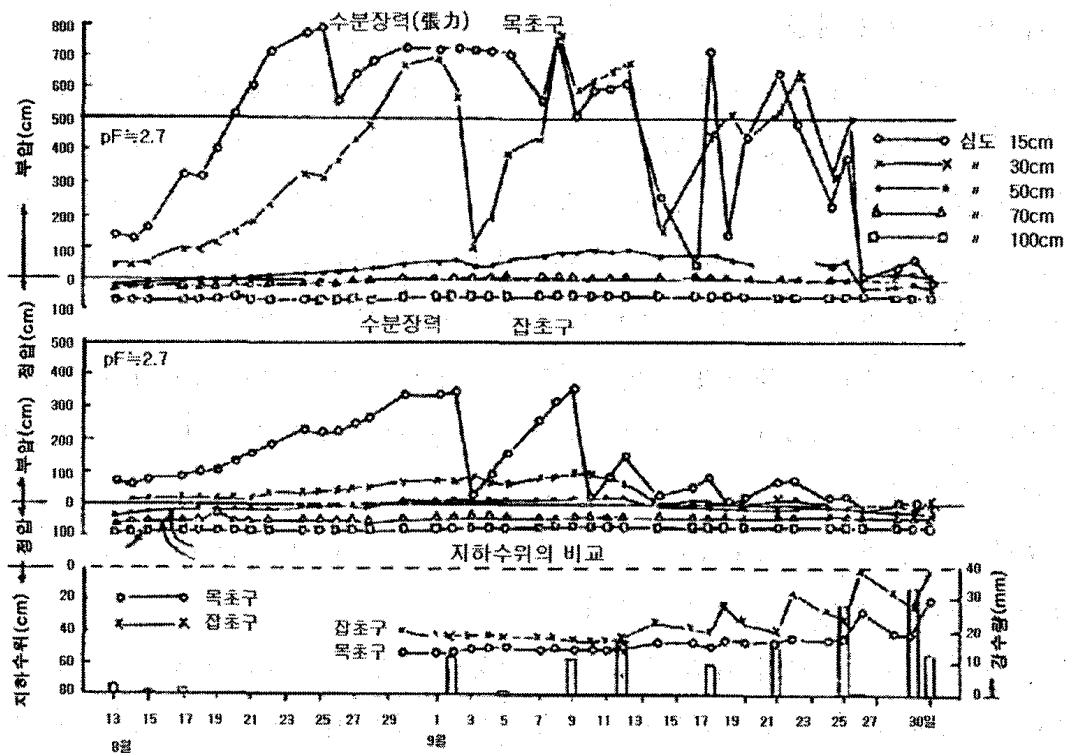
길로서 유효하다. 따라서 중간낙수 후는 투수성이 증대되고 지내력도 향상된다.

가을에 낙수한 후에도 중간낙수의 효과가 지속되어 건조와 지내력의 증대가 진행된다. 벼 재배상의 물관리에서 보면, 중간낙수기와 낙수 이후의 비관개기의 포장 건조는 극히 중요하며, 이 시기는 수압을 개방해 주고, 최대한으로 배수효과를 발휘시켜야 한다. 이와 포장건조를 촉진시키기 위해서 유리한 재배법으로서는 다음과 같은 것이 있다.

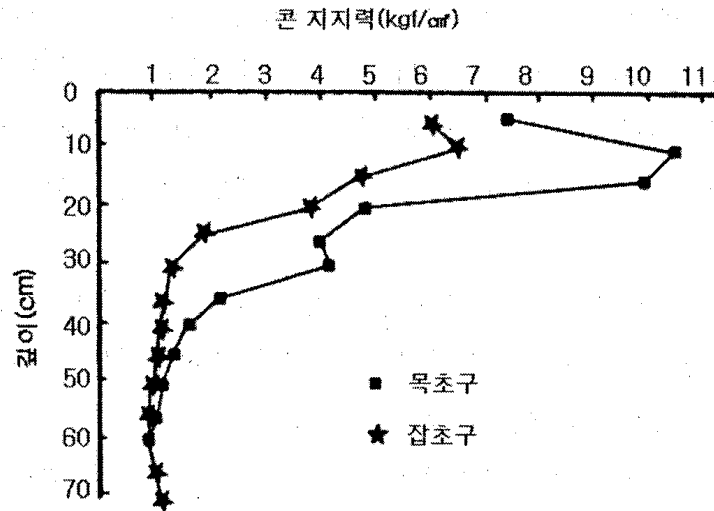
가. 건답직파, 나. 씨레질, 다. 무담수재배, 라. 담수기간의 단축

또, 포장건조의 효과를 특히 거양하여, 증산력이 강하고, 심층까지 건조하게 하는 작물을 의도적으로 도입하면 유효한 경우도 있다.

이와 같이 포장건조의 촉진과 토양구조의 발달에 생물의 힘을 빌리는 것을 종종 연구해볼 필요가 있을 것이다.



[그림 6.7] 토양중의 수분변화(1969년 8월~9월)



[그림 6.8] 목초구 잡초구의 지내력

다. 보조암거의 시공

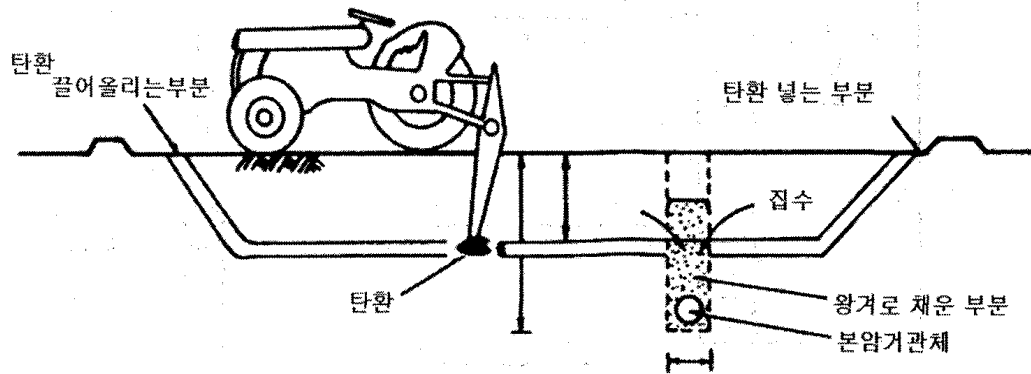
토층이 중점토로서 투수성이 불량한 경우는, 본암거에 보조암거를 조합시켜 시공하지 않으면 충분한 배수효과가 없는 경우가 있다. 일반적으로 보조암거는 본암거보다 얇게, 조밀하게 시공한다. 보조암거 중에서도 가장 광범위하게 쓰이는 탄환암거(맹암거)는 지지판하에 설치된 대포 탄환모양의 것을 트랙터나 원치에 의해 토중에 인입시켜 그 통과적(通過跡)으로 생긴 연속된 구멍에 의해 암거의 역할을 유지시키는 방법이며, 시공이 간단하고, 경비가 싸며, 심토파쇄 효과가 기대되며, 속효성이 있는 것이 이점이다. 반면 무자재이므로 효과가 지속되지 않으며 한본의 길이로 너무 길게 할 수 없는 것 등의 결점도 있다.

보조암거는 본암거에 직교하여 시공한다. 이때 본암거와 보조암거의 수리적 접속을 좋도록 암거의 피복재는 충분히 두껍게 해둔다.

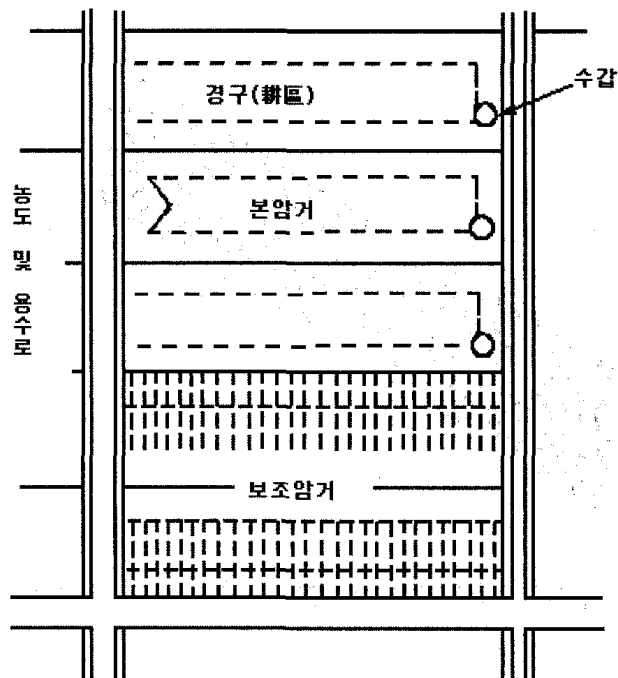
이 보조암거가 지표부의 휴간(畦間)과 직교하는 경우에는 휴간의 담수 배제에 또한 유효하다. 이와 같이 보조암거는 토양의 투수성을 대폭 향상시켜 본암거의 기능을 충분히 발휘시킨다. 보조암거의 배치는 1본의 연장을 50m 이내로 하고 영농작업의 일환으로 고려하여 격년정도에 반복 시공하면 좋다.

보조암거가 효과를 발휘하지 못하는 경우의 하나는 시공 시의 토층이 연약한데 무리하게 시공하는 경우이다. [그림 6.12]에서 시공시의 토층의 경도와 암거공 단면비(토중에 생긴 보

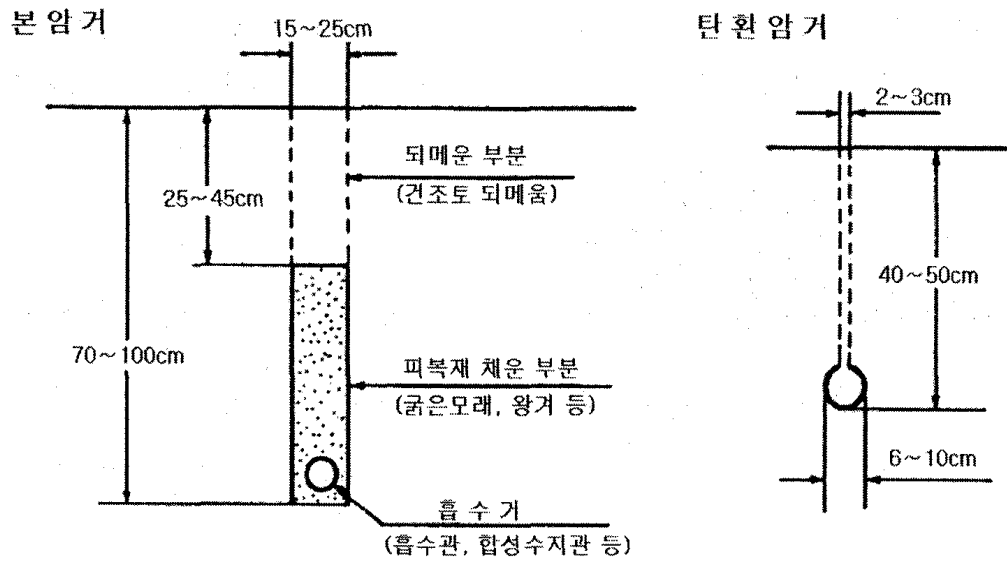
조암거공의 단면적과 탄환의 단면적의 비율)를 보면 단면비 80%를 유지하기 위해서는 콘 지수 2kgf/cm^2 정도가 필요하다는 것을 알 수 있다. 단면비가 너무 적으면 배수의 통수능이 나빠질 뿐더러 심토파쇄적 효과가 기대될 수 없다. 또, 시공시 지표에 담수 등이 남아있으면 지판(支板)이 통과한 자리에서 이토가 유입되어, 기능을 저하시키는 원인이 되므로 주의를 요한다.



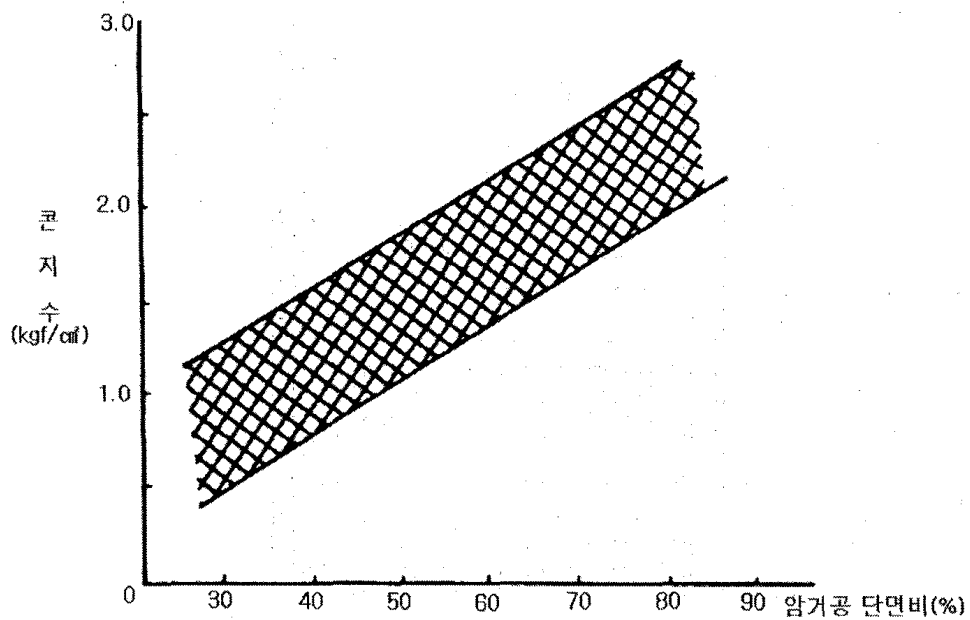
[그림 6.9] 본암거와 두터지 암거의 접속법



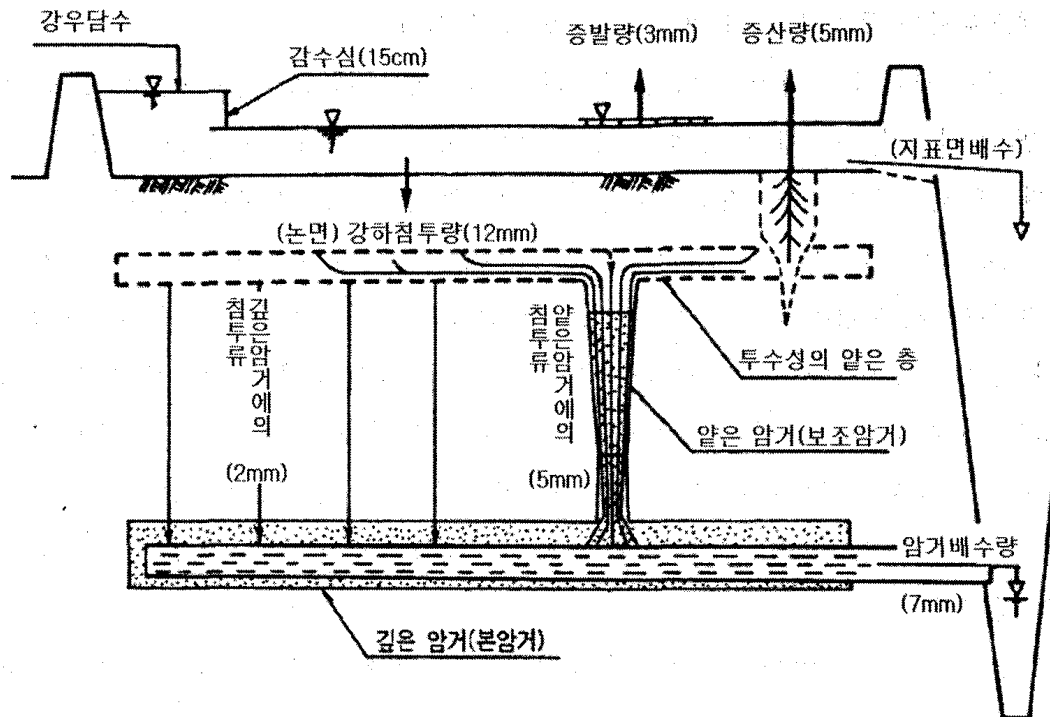
[그림 6.10] 조합식 암거의 배치



[그림 6.11] 본암거와 두더지 암거의 단면형상의 일례



[그림 6.12] 시공시의 토층 경도(硬度)와 암거공 단면비



[그림 6.13] 중점토 논의 배수에 관한 모식도

라. 논·밭 이용에 대한 고려

이상에서 기술한 것은 주로 논·밭의 지하배수에 대한 것이지만 여기서는 논·밭 이용에 대해서 기술한다. 말할 것도 없이 논·밭 이용에 있어서 가장 큰 요점은 배수의 강화이다. 따라서 지하배수의 기능을 정확히 발휘시키는 것은 그대로 밭으로서의 이용의 성공에 연계된다.

단, 밭의 경우는 논·밭의 경우와 달리 담수에 대한 여유가 적으므로, 강우에 대해서는 4시간 우량, 4시간 배제(논·밭의 경우 24시간 우량, 24시간 배제)의 배수량을 취하며, 또 지표배수의 강화는 물론이며 지하배수의 목표치로 작물에 따라서는 논·밭의 경우보다도 엄격한 값을 채택할 부득이한 경우도 생긴다. 또, 배수상의 요청에서 보면 구획계획에 대해서도 대응이 필요하게 될 경우도 생긴다. 또, 인접 논·밭에서의 침입수의 배제도 중요하며, 이점에서 집단적 전작(轉作)이 전제로 된다.

특히, 논·밭 이용에 있어 중요한 것은 포장의 구조가 논·밭 그대로를 유지하는 것을 전제로 하고 있기 때문에, 영농 배수상의 대응이 중요한 의미를 갖고 있다.

일본에서 전국 17지구에서 1,487필지의 전환(轉換) 밭에 대해서 설문조사를 실시한

결과를 보면 다음과 같은 영농 배수상의 경향을 볼 수 있다. 영농단계에서의 배수촉진 대책으로서는 두렁상 재배, 배수구 시공 등이 있다.

이런 것은 하나의 포장에서 여러 종류가 조합되어 실시되는 경우가 있으므로 작물과 장변 길이와의 관계까지 집계해 보면 영농배수는 집약작물에 많고, 조장작물에서는 적다. 또 집약작물에서는 길수록 배수상의 요구가 강해지고, 실시율이 증대되고 있다.

또, 지표의 잔류수 상황을 보면 명확히 영농배수상의 효과가 보이며, 배수시간의 단축이 예견된다. 또, 농가쪽에서도 명확한 효과가 있다고 판단하고 있는 것을 알 수 있다.

이와 같이 영농단계에서의 대응은 극히 중요하며 이와 같은 수단으로 포장 건조를 진행하는 것에 의해 토양구조는 밭의 그것에 향해 발달해, 균열이 암거층까지 발달해 가게 된다. 그러나 반면 이와 같은 포장건조가 진행되면 지형과 토양조건에 따라서는 재차 논으로 돌아갔을 때에 논용수량의 증대를 초래하는 것에 대해서도 배려해야 할 경우가 생긴다.

이와 같은 논의 밭 이용기술 체계에 대해서는 지하배수 시설의 유지관리만 논해도 끝이 없다고 할 수 있다.

제 7 장 관리운영계획

7.1 관리운영계획

배수시설에 대한 관리운영계획은 그 시설이 갖는 배수능력을 최대한으로 발휘할 수 있도록 관리운영조직과 관리제어방법이 일체가 되게 검토하여 수립해야한다.

배수시설에 관해서도 보전관리가 필요하다. 배수시설은 배수로, 배수펌프장, 배수문 등으로 구성되며 이러한 보전관리는 용수로의 (송수시설, 급수시설), 취수펌프, 수문 등의 보전관리와 같으며 각각의 기술을 참조해야 한다. 또한 배수시설은 배수가 유하여 그 수질은 일반적으로 용수보다는 좋지 않다. 특히 염분농도를 나타내는 전기전도도도 용수보다 크며 이 수질이 미치는 시설에의 영향(금속부의 부식이나 전기계통에의 영향 등)에 특히 유의해야 한다.

가. 관리운영계획의 기본

농업기반시설의 관리는 농어촌정비법과 관련법의 규정에 따라 농어촌공사 또는 지방자치단체 등이 관리자가 되어 시행하는 것이 일반적인 원칙이다.

관리자는 농어촌정비법과 관련법의 규정에 정해진 관리규정, 하천법의 규정에 의하여 정해진 조작규정 기타 관계법령 등을 준수하여 농업기반시설의 관리를 할 필요가 있다. 이 때문에 사업계획에 있어서도 관리운영조직 및 관리제어방법에 관계되는 관리의 기본사항을 명확히 할 필요가 있다.

또한 설치한 시설에 대하여 효율적 이용을 할 수 있으면서 원활히 관리운영을 하기 위하여는 관리운영계획에서, 시설의 관리운영을 실행하는 조직, 비상시의 대책을 포함하는 관리제어의 방법, 점검, 보수에 관한 사항, 비용부담 방법 등을 종합적으로 정할 필요가 있다.

이 관리운영계획의 수립에 있어서는 일반적으로 다음 사항에 유의한다.

- ① 관리의 체제 및 조직 : 구성, 조직의 운영방법
- ② 시설의 관리제어 : 조작, 운전
- ③ 시설의 관리운영방법 : 관리항목, 보수점검 및 정비보수의 방침 등
- ④ 관리운영비 : 비용, 부담자, 부담방법 등

나. 관리운영계획의 체제

1) 체제 및 조직에 있어서의 기능확보

관리운영을 위한 체제는 배수의 조건변화에 대하여 고려하고, 홍수시, 평상시 및 비상시 등에 필요한 대응이 될 수 있게 계획한다. 또 비상사태에 있어서는 신속히 적절한 대응이 될 수 있는 체제가 필요하다.

이 체제는 지역의 실상을 반영하여 시설의 기능이 최대한 발휘될 수 있도록 다음과 같은 상황을 고려하여 정한다.

지금까지는 주로 논벼에 관한 배수관리로서 관행적으로 비교적 단순한 제어조작에 의한 배수관리가 되어 왔다.

한편, 요즈음에는 논외의 범용경지화가 요구되어 이에 합치되는 배수계획 및 배수관리가 되게, 더욱 정밀성과 확실성이 요청되고 있다. 또, 농가의 겸업화의 진행에 따르는 노동력의 부족으로, 오늘의 관리운영을 전적으로 농업기반시설 관리자가 맡아 하는 형태를 취하고 있다. 이와 같은 새로운 상황에 대응하여 시설의 적절한 관리를 유지하기 위하여 관리제어의 장치화, 시스템화가 계획될 전망이다.

2) 시설의 관리체제

농업기반시설의 관리는 하나의 농업생산기반정비사업으로 실시한다. 시설의 소유주체와 다른 자라 하더라도 농어촌정비법에 따르는 소정의 절차를 거쳐 시설의 관리를 할 수 있다.

시설의 관리주체에 의해 관리조직이 달라지므로 관리주체를 명확히 할 필요가 있다.

3) 관리체제

관리체제는 배수계획에 기초하여 시설계획 등을 검토하여 최소의 인원으로 말단에 이르는 배수에 관한 정보를 신속 정확하게 파악하여, 필요한 시설의 조작이 기동적인 것이 될 수 있도록 계획한다.

다. 시설의 운영관리

배수계획을 정확하고 효율적으로 이루어지게 하기 위하여는 관리제어를 하여야 할 항목, 시설의 유지·점검의 방법 등을 관리운영계획에 적절히 설정하여야 한다.

1) 관리제어항목의 설정

배수시설의 적정 원활한 운영을 위하여 배수계획 및 시설계획을 검토함과 함께, 다음과 같은 생각에 따라 관리제어를 하여야 할 항목을 정리한다.

가) 관리제어계획의 중점목표의 설정

배수시설의 계통별로 각 시설의 계획에서 감시 및 제어와 그들의 조작순서 등에 대하여, 각각의 기능확보와 전체의 적합성(균형성)을 배려하여 중점이 될 항목을 정한다.

일반적으로 다음과 같은 목표가 설정된다.

① 배수수위의 적정화 : 홍수시의 각 단계별 목표 내수위의 설정, 평상시의 배수로 내수위의 설정

② 시설기능의 보전 : 시설의 적정조작의 확보, 이상 상태의 조기발견 등

③ 관리경비의 절감 : 동력비 등 시설의 운전경비절감, 관리인건비의 절약 등

④ 기타 : 신속, 확실한 유지관리작업 등

2) 관리제어 시스템의 유지보존 등의 방법

관리제어 시스템에서의 배수제어시설, 계측시설, 전송시설 등의 기능을 유지하기 위하여는 정기점검을 하여 그 작동상황을 정확히 파악함과 함께 필요에 상응한 유지관리기록을 보존하는 기틀을 만든다.

(1) 시스템의 유지보존

시스템의 유지보존은 제어기기, 계측기 등의 관리시설에 대한 가동상황, 문제점, 특성 등의 운전에 관한 여러 점을 파악함과 함께, 이들의 관리방법을 충분히 이해하여 행할 필요가 있다.

(2) 시스템의 점검과 보수

이상 상태에 대비하여 비상시에 취하여야 할 조치 및 보수방법에 대하여도 생각하여 둔다.

3) 관리제어기준의 작성

계획된 여러 시설의 기능을 충분히 발휘시키기 위하여는 필요항목을 정리한 관리제어 기준을 작성하고, 규칙적 운용을 하는 것이 바람직하다.

7.2 포장의 관리계획

포장에서의 관리시설 및 관리기준은 밭, 초지, 논 등의 입지조건이나 영농조건에 따라 상당히 다르다. 그러나 일반적으로 포장내의 배수시설로서 지표배수용 배수구(낙수구)와 지하배수용 암거의 보수관리가 중요하므로 이에 대하여 충분한 검토가 있어야 한다.

포장에서의 배수관리는 포장을 작물생육에 적합한 조건으로 하기 위해 과잉된 물을 신속히 배제하는 것이다.

바람직한 배수조건은 농작물의 수량이나 품질, 생산량이나 생산액을 최대화시키고 토지생산성을 증대시키며, 농작업의 환경을 개선하고 노동생산성을 높일 수 있도록 하는 것이다. 따라서 포장에서의 배수관리는 해당 지역의 지역적인 배수조건에 정비나 관리를 전제로 해서 실현시켜야 한다.

포장의 배수시설로서는 포장에서의 지표수 배수를 위한 배수구(낙수구), 지하배수를 위한 암거 등이 있다. 통상 이 포장배수시설의 관리조작은 각 포장의 경작자가 행한다. 포장의 소유자와 경작자가 다른 경우에서도 통상의 배수관리는 경작자가 행하는 것이 보통이다. 또한 각 포장의 경작자가 아니라 위임을 받은 특별한 임무를 갖는 자가 전문적으로 조작하는 경우도 있다.

배수시설은 될 수 있는 한 보수관리가 쉬운 구조로 하고 연간 2회 정도의 청소가 필요하다. 특히 흡수거, 집수거 등에는 토사의 유입이 많으므로 보수시 신중한 주의를 해야 한다. 또한, 수갑은 지하수를 조절하는데 중요한 시설이므로 누수가 없도록 주의해야 한다.

암거의 배수구에 대한 위치, 구조의 적부는 배수의 상태를 좌우하여 암거배수의 기능을 제약하므로 수로의 수위와 관계시켜 설계하여야 한다.

7.2.1 포장배수구에서의 배수량의 관리

포장에 설치된 지표배수구(낙수구)에는 다음과 같은 형식이 있다.

가. 논두렁 등의 일부를 절개하여 그 절구부에서 배수로 등에 유출시키는 형태로 이 경우는 시설이라고 말 할 수 없을 정도로 간단한 구조이다.

나. 간단한 보나 오리피스 형상의 구조물을 경유하여 배수하는 형태로 논두렁의 절구부에 적당한 것(판, 돌, 흙 등)으로 월류 수위를 조절할 수 있도록 한 것 등이다.

한편, 포장배수구의 배수량의 총량은 포장내에 저류된 과잉한 지표수 중 침투나 증발로서 소비되지 않는 수량을 말한다. 이것을 가능한 한 단시간에 배수시키는 조건에서 포장배수량을 결정해야 한다.

포장에서의 과잉 담수는 기본적으로 작물의 적정한 생육에 장애가 되는 지표수의 양이며, 논인 경우는 포장내의 바람직한 담수심 이상의 담수량이 된다.

우수배수의 경우는 강우중이나 강우후의 배수구 조작에 의해 배수량이 결정된다.

포장에서 배수되는 소배수로의 배수수위나 유량에 의해서도 포장에서의 배수량이 규정된다. 그 배수로의 수위가 높으면 당연히 포장에서의 배수는 불충분하게 되며 포장면이상이 되면 역으로 배수가 포장에 침입하게 되므로 이에 대한 관리계획을 세워야 한다.

7.2.2 암거에 의한 지하배수량의 관리

포장에서 과잉된 토양수분의 배제를 암거를 설치해서 촉진시키는 경우, 암거는 일반적으로 흡수거, 집수거, 수갑, 배수구 등으로 형성된다. 이러한 암거시설을 이용 지표배수에서 배제하지 못한 지표의 담수나 과잉된 토양수를 포장지하수위의 지하를 도모하면서 배제할 경우, 개선된 토양수분조건에 의해 균열이나 대소의 수로가 토층내에 형성되어 투수성이 증가하고 배수량이 증대될 수 있도록 지하배수량을 철저히 관리해야 한다.

암거배수량은 토양의 지하수위, 암거의 매설깊이·간격·관재료·소수재 등에 따라 달라질 수 있다. 따라서 암거배수량을 집수거 등에 설치한 맨홀에서 유량이나 수위를 제어하여 조절하는 경우나 논에서와 같이 관개기(담수시)에 수갑의 폐쇄를 통해 조절하는 경우 이의 관리에 대한 사항을 충분히 검토해야 한다.

7.3 배수로 및 문비

배수로와 문비의 관리는 보수가 중요한 것으로 관리구역내에서 농지의 비율이 낮거나 원거리에 위치할 경우 유지관리가 상당히 어려우므로 보수작업이 쉬운 구조로 해야 한다. 또한, 배수로 문비의 개폐에 큰 장애가 되는 쓰레기의 유입에 대한 대책을 검토해야 한다.

배수로 내에 어느 정도 쓰레기의 유입은 피할 수 있으나 쓰레기 성분 중에서 특히, 문제가 되는 수로 유수단면내의 풀이 무성하지 않는 구조를 검토해야 한다.

배수로의 수위제어에 관해서는 특히 큰 유역을 지배하고 있는 간선배수로에는 수위제어에 원활을 기하기 위한 수위계, 유량계 등의 설치를 검토해야 한다.

7.3.1 배수로에서 수위의 관리제어

(1) 계획(목표)배수로 수위 등의 설정

배수에 있어서는 목표로 하는 농지의 담수·수분조건이나 그것을 실현하기 위한 배수로의 목표수위를 설정해야 한다.

(2) 배수로 수위 등의 관리제어

배수로의 수위는 문비나 배수통문의 조작이나 배수펌프의 운전조작에 의해 제어한다.

(3) 배수펌프에서의 배수수위·배수량의 관리제어

배수펌프의 배수량은 통상 배수로 등의 수위제약을 받으면서 운전하는 펌프의 규모나 대수의 선택, 회전수 등이나 밸브조작 등에 의해 제어되며 외수위의 영향도 받는다.

배수로의 수위나 유량에서 자연배수의 경우, 배수로내에 수위조절시설(문비 등)이 설치되어 있는 경우에는 배수원인 하천 등의 외수위에 의하여 관리제어된다.

배수로가 지구외에 접속되어 있는 지점에서 제방을 암거로서 통과시킨 후 하천에 배수통문이 설치되어 있는 경우에는 통문조작에 의하여 수위나 유량이 규정된다.

이 배구통문은 지구내의 수위와 지구의 하천 등의 수위나 그 변화상황에서 개폐를 제어한다.

기계배수의 경우는 배수펌프의 운전에서 배수량이 규정되며 그것에 의해 배수로의 수위·유량이 제어된다. 배수펌프의 배수량은 배수로의 수위나 유량에도 규정되지만 외수위에 의해서도 양정이나 배수가능량이 변화하기 때문에 그 영향도 받는다.

7.4 배수펌프장 및 기타

홍수시 배수펌프장의 운전관리는 관련규정에 따라 조작하는 외에 기상, 수문 상황을 파악해 배수펌프장으로 유입하는 홍수량과 배수본천의 수위 등을 예측 하면서 그 예측 결과를 활용해서 관리하도록 하여야 한다.

펌프의 조작에 관해서는 수문해석 결과에서 얻어지는 배수장의 목표 내수위(각 단계별)에 대하여 펌프, 수문 등의 운전조작개시, 정지 등을 명확하게 한다. 펌프장의 목표내수위의 경우 홍수시에는 우량과 현상수위로서 예상하고, 관개기 상시배수에서는 관개용수량, 우량, 증발산량, 지하침투량 등으로 추정한다.

배수펌프장에서의 배수수위나 배수량의 관리제어를 위한 펌프제어방식은 그 규모, 대수, 사용빈도, 운전경비 등으로 정한다. 동일지역에 다수의 배수펌프가 있는 경우는 상호간에 연대를 가지면서 효율적·경제적인 운전과 제어가 중요하다.

펌프의 운전조작은 펌프의 설치위치에서 행하는(기측조작) 경우와 떨어진 장소에서 행하는(원격조작·원방조작) 경우가 있다. 또한 조작에는 모든 조작수준을 인력으로 행하는 경우(수동조작)와 처음 시동조작 이외에는 자동적으로 행하는 경우(자동조작)가 있다.

배수량의 측정은 통상 배수기의 용량과 양정 등을 이용하여 산정한다. 펌프에 방수용의 관로가 직렬하는 경우 관수로내의 수압과 유속이 측정되어 유량으로 환산된다.

배수량이나 그 변경은 필요한 기관에 보고·연락해야 한다. 사전연락이든지 사후보고이든지 양쪽 다 이든지 연락보고의 시점, 수단·방법은 계절·시기, 방류량이나 상대기관에 의해 달라진다.

펌프의 운전기록이나 배수량은 적당한 시간간격으로 수량을 기록해 둘 필요가 있다. 1일 단위의 1기록(1일 1회 측정)으로 충분한 경우가 많다. 홍수배수에서 배수량의 변동이 커지면 적당한 빈도로 행한다.

7.4.1 운전조작관리

운전조작관리에 있어서는 우선 수문 상황을 해석하고, 배수구역내에서 발생하기 쉬운 상태와 환경 조건을 예상하여 수위조건을 설정하고, 이에 합당하게 펌프와 수문을 조작해야 한다.

7.4.2 평상시 운전관리

평상시 배수펌프장의 운전관리는 자연배수나 기계배수에 의해 영농 등에 관계되는 지구내 수위의 확보에 유의하여야 한다.

7.4.3 관계기관 등에 통보

배수펌프장 가동시 공공의 이익에 중대한 영향이 생긴다고 인정될 때는 관계기관에 통보하여야 하며, 또 필요에 따라서는 지구내 상·하류의 주민에게도 통보하여야 한다.

7.4.4 운전제한의 조치

홍수시 배수본천구역 하천수위가 침수피해 등 위험이 발생할 상황으로 되어 배수펌프장 가동을 제한 할 필요가 있다고 예측될 때에는 해당제한 조건을 배수장 조작요령에 정하여야 한다.

7.4.5 이상시의 조치

배수펌프장 가동시 정전 등 사고가 발생되지 않도록 사전에 한전 등과 협조체제를 구축하고 천재지변 등에 의하여 홍수배제에 영향이 발생된다고 우려될 때에는 기능의 조속한 회복에 노력함과 아울러 관계기관 및 인근주민에게 통보하여야 한다.

7.4.6 홍수경계단계의 조치

기상청의 호우 또는 태풍주의보가 있을 때에는 준비단계로 들어간다.

이때에는 배수펌프장을 관리하기 위한 시설관리담당자를 소집하며 기상, 수문 정보를 수집하고 관계기관 등과 연락체계를 유지하고 운전관리에 필요한 기기류 및 자재의 점검, 내외수위의 예측과 배수펌프장 가동에 대한 준비를 한다

7.4.7 홍수단계의 조치

기상청의 홍수 또는 태풍경보가 발령되어 홍수단계(비상(적색))로 될 때에는 내외수위, 쓰레기처리 등에 주의하고 안전한 배수장 관리에 의해 홍수배제에 노력하여야 한다.

7.4.8 홍수단계의 해제

기상청의 기상특보가 해제되거나 홍수염려가 없다고 판단될 때에는 홍수단계를 해제한다.

7.4.9 설비기기의 관리

배수장에 설치되어 있는 설비기기의 정상적인 운용을 유지하기 위하여 점검, 정비, 보수 등을 계획적으로 실시하여야 한다.

가. 점검·정비의 주기와 내용

점검·정비는 계획된 주기에 따라 점검빈도와 점검시기를 정하고 정해진 항목에 따라 계획적으로 실시하여야 한다.

나. 예비품 등의 정비

설비기기의 부속품 및 예비품은 사업의 준공과 함께 설계서에 명시된 대로 인수 보관 관리하여야 하며 사용한 후에는 필요한 양을 보충하여야 한다.

다. 자료의 정리와 활용

설비기기의 점검, 정비 등의 결과를 기록한 자료를 정리하여 그 활용을 도모해야 한다.

라. 기계설비의 점검·정비

기계설비도 정해진 점검항목에 따라 조작성, 1일(정시), 월례, 정기, 긴급, 휴지기간 등으로 구분하여 각종 점검 및 정비를 하여 정상적인 운전이 될 수 있도록 관리하여야 한다.

마. 전기설비의 점검·정비

전기설비 및 부대설비는 각 기기가 항상 정상적으로 운전이 될 수 있도록 계획적으로 관리를 하여야 한다.

바. 제어설비의 점검·정비

제어설비 등은 각 기기가 항상 정상적인 작동이 될 수 있도록 관리하여야 한다.

사. 정기정비

설비기기의 정기정비는 표준내용년수를 유지하기 위하여 적정한 주기로 계획적으로 실시하여야 한다.

7.4.10 보수관리

보수관리에 있어서 배수펌프장에서는 쓰레기 처리가 중요하다. 특히, 지구내에 주택지가 있을 때에는 배수펌프장에 집적되는 쓰레기량이 많고 성분도 비닐, 농약병 등 이물질이 들어 있어서 이를 자동으로 제거하기 위한 제진기와 소각장의 설치에 대하여도 검토해야 한다.

7.5 자동관리시스템

배수시설 관리의 효율화 및 갑작스런 홍수에 효율적으로 대처하기 위하여 TM/TC와 같은 관리와 운영의 자동화 시설의 계획과 컴퓨터를 이용한 종합정보관리시스템인 GIS의 활용도 적극 검토하여야 한다.

자동관리시스템은 배수시설 관리와 운영을 관리인이 직접 현장에 가서 시설물을 경험에 의해 조작하는 대신에 기계, 전기, 전자, 통신, 컴퓨터 기술을 이용한 원격관측/제어(TM/TC : Tele-Metering/Tele-Control)운영기법으로 사업구역내의 배수시설의 운전 상태, 주요시설과 지점의 상황을 감시, 점검, 제어 할 수 있으며 자료수집과 응급조치가 가능하고 컴퓨터에 의해 예측을 실시함으로써 효율적으로 배수관리를 할 수 있는 시설이다.

따라서 배수시설을 효율적으로 이용하고 합리적으로 관리하기 위해서는 첨단 전자, 통신, 컴퓨터 기술 등을 도입한 배수자동화시설이 필요하며, 하드웨어와 소프트웨어가 필요하다.

하드웨어로는 물의 상태를 실시간으로 파악할 수 있는 TM/TC가 있으며, 소프트웨어로는 배수시스템이 효율적으로 운영되도록 통제할 수 있는 운영체계(Optimal Operation Rule)가 있어야 한다. 즉, 자동관리 시스템의 구성요소는 중앙제어장치, 원격제어장치(RTU), 관측센서, 통신시설 및 운영체계 프로그램으로 이루어진다.

또한, 배수와 관련된 각종 시설물에 대한 위치정보, 속성정보(배수시설물의 명칭, 기호, 시설관리자, 관경, 재질, 설계도면 등)를 연계하여 시설물 관리에 소요되는 비용과 인력을 절감케 하고 관리부실로 인한 재난을 사전에 방지하기 위한 지리정보시스템(GIS : Geographic Information System)활용도 검토해야 한다.

7.5.1 배수관리 자동화시설의 기본원리

배수관리 자동화시설의 기본원리는 수위 및 유량의 자동측정, 자료의 송신, 측정자료의 분석과 배수관리의 의사 결정, 시설물의 제어, 제어 결과의 feed back 순서로 진행하여 적시에 적량의 물을 배수함으로써 배수관리의 효율화를 달성하는 것으로 배수관리 자동화 시설 계획은 대상지구에 대한 시설물의 조작 방법, 배수관리 S/W 운영방법, 관리대상 시설의 선정 및 감시 제어방식 등을 종합적으로 검토하여 지구의 여건에 적합하고 개선과 조정이 쉽도록 계획하여야 한다.

7.5.2 배수시설 제어시스템 적용

배수시설물 계획시 배수시설 제어시스템을 적용하여 단위 시설물에 연계된 일정량의 설비를 통합하여 제어함으로써 평상시에는 관리자의 시설 사용능력을 향상시키고, 배수장 가동시에는 사고예방 및 위기대처 능력을 제공하여야 한다.

다음과 같은 경우에는 배수시설 제어시스템을 적용하면 1~2인의 인력으로도 여러 개의 배수장 및 수문 등 배수시설을 감시·조작함에 있어 운용능력 및 비상사태시 대처능력을 배가시킬 수 있어 배수개선 사업의 효과를 더욱 향상시킬 수 있으며, 배수 시설의 고장에 대해서도 원격감시제어로 즉시 대처가 가능하다.

- 동일지구 및 유역의 배수장을 대상으로 한 장소에서 감시 및 운전을 함으로서 최소 인원으로도 운영 및 위기관리가 용이해지는 시설.
- 조수의 특성이나 강우 다발지역으로 관리자의 상주, 간시·운전이 필요함에 따라 인력수급과 긴급운전에 문제가 있어 원격감시·운전을 필요로 하는 시설.
- 단위 배수장에 연계된 시설물로 내·외부 이동거리가 길고 장비 운전상태 파악이 곤란하여 1인 운전이 불가능한 시설.

〈표 7.1〉 배수시설 제어시스템 통합유형별 주요시설

통합유형별		주요시설			비고
배수장	배수문	중앙제어장치	FIU*	RTU**	
1개소	1개소	1식	1식	1식	기본
1개소	2개소	1식	1식	2식	
2개소	2개소	1식	1식	4식	
2개소	3개소	1식	1식	5식	

* Fault Indicator Unit (고장표시 장치)

** Remote Terminal Unit (원격제어 장치)

7.5.3 배수관리 자동화시설의 효과

가. 효율적인 시설관리로 배수관리 비용절감

1) 배수관리에 소요되는 인력을 노동생산성에 관계없이 자동화시설로 대체함으로써 소요 인건비를 절감하고, 인력에 의한 배수관리에 비해 상대적으로 배수관리의 품질을 높일 수 있다.

2) 관리비용을 절감할 수 있다.

나. 수해의 방지

1) 밤중에 갑작스런 홍수가 와도 자동관리시스템에 의한 자동제어로 배수가 가능하므로 홍수피해를 방지할 수 있다.

7.5.4 배수펌프장의 자동제어

배수펌프장의 자동관측, 감시, 제어 항목은 <표 7.2>와 같다.

배수펌프장의 자동화 시설의 기능, 제어방식, 계측항목 및 관리수준은 다음과 같다.

가. 제어대상 설비의 기능

배수펌프는 기계배수에 이용되며 배수로에서 흡수조로 도수된 물을 양수하여 배출수조를 통하여 하천으로 배수한다. 배수문은 배수로에 설치되어 자연배수에 이용하고 배수하천의 수위상승으로 펌프로 배수를 할 경우에는 닫는다.

〈표 7.2〉 배수펌프장의 자동관측, 감시, 제어 항목

종 별 항 목	측정 항목	감시 항목	제어 항목
내수위	수위	이상상승, 이상저하	
배수문		전개, 전폐, 고장	설정수위제어
배수펌프(홍수시)		운전, 정지, 고장	운전, 정지
하천수위	수위	이상상승	
제수문	개도		개도
수전설비		ON/OFF, 전압, 전류 등	ON/OFF, 전압, 전류 등

나. 감시제어 방식

홍수시 배수펌프는 계획기준 내수위를 설정하여 홍수량에 의한 내수위 상승에 따라 가동하는 펌프대수를 제어한다. 배수문은 내외수위차에 의해 개폐를 감시 제어한다.

다. 계측 및 감시제어 항목

배수관리에는 내수위, 하천수위 등의 항목과 운전조작과 시설 관리에 필요한 수전량(전압, 전류, 전력량 등) 등의 항목을 측정, 감시, 제어한다.

평상시는 내수위에 따라 배수문 개폐를 원격자동조작하고, 홍수시는 배수펌프 및 배수문을 원격자동 조작한다.

7.6 종합적인 배수관리와 환경보전

7.6.1 종합적인 배수관리

배수관리 특히 우수배수의 경우 모든 과잉수를 지구외로 단시간에 배출하는 것만이 아니라 그 비용이나 효과를 생각하여 지구내에 일부 저류시키고 서서히 배수시키는 방식, 포장 등에 담수시켜 농작물의 수확을 하지 못하거나 일정기간만 허용할 수 있는 범위내에서 담수시키는 방식, 대규모적인 유수지를 지역내에 설치하여 거기서 대량의 저수에 의해 지구전체의 배수조건을 확보하는 경우 등에 대하여 종합적으로 검토하여 가장 효율적인 배수관리가 될 수 있도록 해야 한다.

7.6.2 생태계 · 환경보전

지구의 배수관리는 지구내의 생태계나 환경에 영향을 미치는 경우가 있다. 따라서, 농지로부터 오탁물질이나 농약 등의 오염물질이 포함되어 배수로내의 수질오탁·오염을 초래하는 경우, 또한 지역의 농업집락이나 다른 산업으로부터의 배수, 공장폐수 등이 포함되어 있는 경우 그 배출수질에 의하여 하천이나 호소 등의 수질이 악화되지 않도록 해야 한다.

배수된 물을 재이용하는 경우 그 수질(염분농도 포함)을 정기적으로 상시 감시할 필요가 있다.

배수로는 기본적으로 인공수로이지만 기존수로를 이용하고 있는 경우도 많고 하천과 같이 생태계나 환경의 형성을 하고 있기도 하다. 배수관리를 적절히 하여 저습지가 건조하고 서식하는 동식물에 영향이 나타나는 등 습지생태계에 영향이 생기는 경우가 있다.

지역에서의 배수에는 농지로부터의 오탁물질이나 농약 등의 오염물질이 포함되어 있는 경우가 있어 배수로내의 수질오탁·오염을 초래한다.

농지배수에는 지역의 농업집락이나 다른 산업으로부터의 배수가 포함되어 있는 경

우도 많다. 농지배수에 공업폐수가 포함되어 있는 경우는 그 배출수질에는 특히 유의해야 한다. 또한, 배수의 오탁·오염은 그것이 배출되는 하천이나 호소 등의 수질을 악화시킨다.

오탁물질의 부하를 지구외로 감소시키기 위해 배수를 관개용수로서 순환 재이용하는 경우가 있다. 배수를 재이용하는 경우 그 수질(염분농도 포함)을 감시할 필요가 있다.

제 8 장 배수효과

8.1 배수개선사업의 효과

배수개선사업은 지표배수와 지하배수로 구분하며, 이에 대한 사업의 효과를 열거하면 다음과 같다.

- (1) 파괴적 피해 및 침수피해 방지
- (2) 작물의 감수방지 및 증수
- (3) 제염효과의 증대
- (4) 건토효과
 - (가) 지력증대
 - (나) 지내력의 증진
 - (다) 토양 물리성 개량
 - (라) 토지이용도 증대(범용화)

배수개선사업의 효과에 대한 내용을 살펴보면 다음과 같다.

가. 파괴적 피해 및 침수피해 방지

홍수의 범람으로 인한 시설물 파괴, 농경지 유실 등을 방지하고, 작물이 침수되는 것을 방지한다.

나. 감수방지 및 증수

감수방지의 효과는 주로 지표배수에 의해서 농경지의 일반적 또는 상습적 침수로 인한 피해를 방지함으로써 얻는 효과이다.

농작물 증수효과는 주로 지하배수에 의해서 투수성 증가에 따라 적정지하수위를 유지하도록 하여 농작물의 단위수확량을 제고 시켜주는 효과이다.

〈표 8.1〉 지하배수개선에 의한 증수효과

작물	배수구 (kg/10a)	무배수구 (kg/10a)	증수율(%)	비고
논벼	525	478	10	조 곡
보리	461	327	41	종실중(種實重)
밀	499	317	57	종실중

<자료 : UNDIPOK 시험결과 : '77~'81 기간중의 3개 시험값의 평균 증수량임>

〈표 8.2〉 지하수위 저하속도와 보리 수확량('81년)

지구	배수처리	지하수위 저하속도	보리 수확량(kg/10a)	증수율(%)
진성	암거배수구	3~4일에 50cm 하강	404	151
	무 배 수 구	7~9일에 50cm 하강	267	100
부여	암거배수구	3~4일에 50cm 하강	402	128
	무 배 수 구	7~9일에 50cm 하강	314	100

<자료 : UNDIPOK 지하배수 시험보고서>

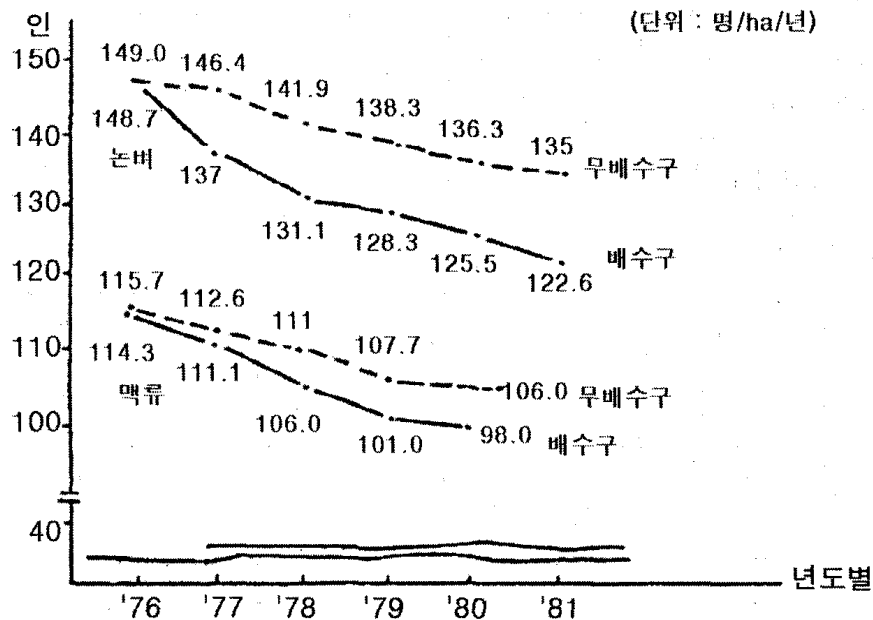
다. 제염효과의 증대

간척지나 건조지대의 흙과 같이 염분이 많은 땅에서는 이 염분농도를 상당한 수준까지 내리지 않으면 염분에 의한 작물의 생육장애가 생겨 작물재배가 불가능하다. 따라서 중요한 것은 조속한 제염을 통하여 작물재배가 하루빨리 안정적으로 이룰 수 있게 하여야 하는 일로서, 이런 땅에는 흙의 배수성(투수성)을 높이기 위한 건토화와 함께 적절한 지표배수 및 지하배수시설을 계획하면 원활한 배수에 의한 제염효과를 크게 높일 수 있어 작물재배를 위한 기반이 좋아진다.

라. 건토효과

저습농경지의 건토화로 포장조건을 개선하여 단위수확량 제고와 농지의 범용화로

작물에 선택적 확대생산효과를 가져온다. 또한, 지내력 증진은 농작업 효율의 향상으로 영농 노동력의 절감과 영농기계화 기반을 구축한다.



[그림 8.1] ha당 영농인력 절감효과

(자료 : UNDIPOK 지하배수시험보고서)

1) 지력증대

배수불량지는 침수되거나 지하수위가 높아 토양이 습윤상태에 있어 일반적으로 건답에 비하여 토양중에 미분해 유기물질이 많다. 토양이 건조하면 쉽게 분해할 수 있는 유기물이 분해하여 다량의 암모니아태 질소 및 질산태 질소가 생성되어 지력이 증대되고, 그 결과로 작물의 뿌리 활력이 커져서 다수확과 고품질을 기대할 수 있다.

2) 지내력 증진

배수개선에 의하여 지하수위가 하강하게 되면 토양중의 과잉수분이 제거되어 투수성 및 치밀성이 증가하고, 따라서 지반의 지내력 증진으로 영농기계작업 효율이 높아지고 영농노동력의 절감효과를 기대할 수 있다.

〈표 8.3〉 지하배수에 의한 농기계 주행성 비교

조 사 항 목 기 종		암거배수구		무배수구	
		트랙터	경운기	트랙터	경운기
주행속도(m/min)		54.2	91.8	39.1	43.3
지하수위[지면하(m)]		46.7		17.6	
수분함량(%)		38.0		71.3	
깊이별 지내력 (kgf/cm ²)	5cm	2.87		1.40	
	10cm	4.15		1.94	
	20cm	6.42		7.52	
	30cm	9.73		7.36	
	40cm	8.31		8.06	

(주) (1) 시험장비 : 트랙터 ; 대동 FORD 3,000형 : 46HP

경운기 ; 대동 D.T형 8HP

(2) 자료 : UNDIPOK 지하배수시험보고서

3) 토양 물리성 개량

지하수위가 저하되면 작토층은 강우와 증발산에 의해 습윤과 건조가 반복되어 투수성과 통기성이 좋은 입단구조가 형성되어 토양의 물리성이 개량된다. 그 결과 토양의 유효수분량이 증대되고 작물이 뿌리가 침근성이 되며, 토양 내에서 발생하는 유해물질은 희석 또는 용탈시킬 수 있게 된다.

4) 토지이용도 증대(범용화)

과습경지가 지하수위 조절로 영농기반이 개선되면 답리작과 밭의 전작이용 등 농지의 범용화로 토지이용도가 증대되며, 작물의 선택적 확대생산이 가능하게 되어 농작물 생산의 안정성을 향상시킬 수 있다.

〈표 8.4〉 연차별 토지이용률의 비교

연차별 처리별	시험전 '77년	1차년 '78년	2차년 '79년	3차년 '80년	4차년 '81년	사업후 4개년 평균
배수구	131	142	159	139	155	149
무배수구	124	128	132	130	121	128

8.2 사업후 환경변화 대응

(1) 배수개선에 따라 농경지가 건토화되면 용수량도 변화하므로 용수에 대한 검토가 필요하다.

(2) 배수개선에 의하여 포장의 현상태가 계획한 기준상태로 진행되는 기간에는 비배관리 등 영농관리상의 사항에 대하여도 유의할 필요가 있다.

(3) 배수개선에 따른 기타 변화는 토양의 수축으로 인한 지반침하 발생과 지하수위 저하의 영향이 지구외로 파급되는 사태가 발생되기 쉬우므로 충분한 고려가 필요하다.

8.3 사업비와 투자수익

배수개선사업의 경제적 타당성을 판단하기 위하여는 연도별로 사업비와 효과간의 상관관계를 검토분석 해야한다. 즉, 연도별 효과를 배수개선사업에 의하여 설치된 시설물의 내용년수기간 중의 전체효과로 산정한 것으로, 투자수익과 비용의 현재가치에 대한 편익비용비율인 투자효율(B/C)에 의한 사업의 경제적 타당성의 판단 기준으로 한다.

배수개선사업의 경제성 분석을 위한 편익과 비용 산정방법을 개선할 필요가 있다. 특히 편익은 농산물 증산, 작부체계개선, 노동력 절감, 자재투입물량 감소 등의 직접적인 편익뿐만 아니라 대기중 산소의 증가, 대기정화효과, 및 식량안보 효과 등 간접편익도 고려되어야 할 것이다. 그러나 간접편익에 대한 산정 방법이 명확하게 확립되어 있지 않으므로 앞으로 연구를 통하여 확립하여야 할 것이다.

집필, 검토 및 편집자 명단

집 필 자

정 상 옥 한 만 용 김 진 수 최 경 숙 전 건 영
김 영 화 김 정 균 김 경 찬 송 재 도

자 문 위 원

김 현 수 박 종 대 황 동 주 김 억 래

편 집 자

정 상 옥 전 건 영 김 영 화 김 정 균 김 경 찬
송 재 도

비 매 품

농업생산기반정비사업계획설계기준 배수편

2012. 12 발행

발 행 : 농림수산식품부
한국농어촌공사

편 수 : 한국농공학회

인 쇄 : (주)삼원애플랜