

발 간 등 록 번 호

11-1543000-001115-01

범용농지조성 기반기술 개발(최종)
Development of Infrastructure Technologies for
Multipurpose Utilization of Paddy Fields

2015. 12.



농림축산식품부



한국농어촌공사

제 출 문

농림축산식품부 귀하

본 보고서를 “범용농지조성 기반기술 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2015년 12월

주관연구기관명 : 농어촌연구원

연구책임자 : 이 준 구

연구 원 : 김 영 화, 서 동 욱

최 원 우, 김 진 환

조 재 용, 허 지 선

공동연구기관명 : 서울대학교 산학협력단

연구책임자 : 김 성 필

연구 원 : 배 연 정, 봉 태 호

배 원 길, 김 학 관

박 승 우, 서 일 환

위촉연구원 : 황 용 재

요 약

1. 연구과제명 : 범용농지 조성 기반기술 개발

2. 연구기간 : 2013. 8 ~ 2015. 12.(총 3년 중 3차년도)

3. 연구의 목적

- 본 연구는 국내 농지이용 여건과 식량자급률 등 농업환경변화를 분석하여 식량자급률을 높일 수 있는 논외 범용화를 검토하고 시험포 운영을 통한 관련기술을 검증하여 사업을 위한 실무요령을 정립함과 동시에 범용화를 위한 범용농지정비 대상면적 등을 검토하여 사업의 마스터플랜을 제시하는데 목적이 있음

4. 연구내용 및 방법

4.1 연구내용

- 지하배수 및 지하급수를 위한 자동 지하급수시스템 개발
- 범용농지 시험포 재배 작물 및 토양물리성 모니터링
- 배수암거의 설계·시공·유지관리 지침 작성
- 농지범용화 사업 마스터플랜 수립
- 별책으로 작성된 실무요령을 토대로 임의지구 시범설계

4.2 연구방법

- 산학연 전문가 그룹 연계를 통한 협업연구
- 시험포 운영을 통한 실증실험 및 사업화를 위한 설계제안사항 도출
- 타사업 연계 방안 검토를 통한 범용화 사업의 지속가능성 도출

5. 연구결과

- 농지범용화 사업은 국내 논 농업의 다변화를 통해 식량자급률 제고와 농가소득 증대를 꾀하는 동시에 식량안보 터전의 탄력성 유지라는 목적을 달성할 수 있으며, 지역특화와 산업화가 가능한 성장산업의 디딤돌이 될 수 있음
- 발작물의 재배를 번번이 실패한 논에 배수암거를 설치하여 콩, 감자, 양파를 성공적으로 재배하고, 그 효과를 검증함
- 기존의 국내외 설계기준과 연구자료를 분석하고, 시험포운영결과를 토대로 「범용농지배수암거 조사설계실무요령」을 별책으로 발간함
- 성공적인 농지범용화 사업을 위해서는 기계화경작로, 암거배수시설, 급수시설, 배수로 등을 새로이 정비하는 것이 필요하며, 정부지원 타사업과의 연계를 통해 집단화된 밭농업단지의 농기계, 종자, 육묘 등 영농지원의 정책이 필요한 시점이라 할 수 있음

가. 지하수위조절 시스템

- 국외 지하관개배수 사례를 분석하여 자동 지하급수시스템을 개발하고 시험포에 설치하여 지하급수에 따른 토양함수비, 지하수위의 변화를 관측한 결과 일본의 지하관개 연구결과에서 언급한 바와 같이 배수암거 주변의 토양층 누수가 많아 그 성능을 시험하기 곤란한 테스트 베드로 분류됨 따라서 지하관개 시험을 위해서는 사전 누수 조사가 이루어진 테스트 베드의 선정이 필요할 것으로 분석됨

나. 범용농지 시험포 모니터링

- 경북 상주 함창에 설치한 시험포의 2개년간의 모니터링 결과 토양함수비, 지하수위, 지하배수량은 강우의 크기에 따라 등락의 변화를 보임, 토양 포화체적함수비는 평균 약 40%이고, 심도별로 38%에서 42%범위로 나타남, 배수암거를 설치하지 않는 대조구의 경우 심도 40, 60, 80cm에서 강우에 따른 침투와 지하수위 상승의 영향으로 포화함수비를 넘거나 근접한 경우가 많은 반면, 배수암거를 설치한 구역에서는 상대적으로 이러한 빈도가 작은 것으로 나타남, 또한

포화상태로 지속되는 시간도 짧은 것으로 나타나 배수암거의 효과로 분석됨

- 2014년 콩나물 콩 해품, 2015년 감자 수미, 일반콩 대원, 동계작물 양파를 재배하였으며, 배수암거 설치 전 수확에 실패한 반면 설치 후 일반콩의 경우 10a당 289.1kg의 수확량을 보였음, 11월에 파종한 양파의 수확을 통해 동계작물의 성장상태를 모니터링할 계획임

나. 설계, 시공, 유지관리 지침

- 배수암거 간격결정은 van Schilfgaard(1963)가 지하수위를 낮추기 위해 Boussinesq equation의 해로 제시한 방정식을 적용하였으며, 배수암거의 관경결정은 농업생산기반정비사업계획설계기준 배수편에 제시된 Manning공식을 적용함, 주요 변수인 토양의 투수계수결정을 위해 현장투수시험방법으로 Auger-Hole Method를 제시하였음, 이들 복잡한 방정식의 해를 쉽게 찾을 수 있도록 설계변수 자동연계와 엑셀메트로 기능을 활용하여 설계에 활용할 수 있도록 엑셀기반 프로그램을 작성함
- 상용화된 전문장비가 없는 국내 실정을 고려하여 흡수거, 집수거, 소수재, 필터의 정밀시공이 가능한 시공방안을 제시하고, 배수조절 개폐기(수갑), 소형펌프장(Sump)의 설치에 관한 사항도 다루었음
- 배수암거시설의 유지관리는 주기적인 심포파쇄와 흡수거의 수압세척 방안을 제시하였으며, 사용도중 관의 파손위치를 확인하는 방법을 제시함

다. 마스터플랜

- 농지범용화 사업 마스터플랜은 사업대상지구 선정 시 검토하여야 할 사항, 범용화 단지계획 기본구성 방안, 범용화 사업가능 대상지 제시, 범용화사업 시장여건분석을 통해 수립함

라. 시범설계

- 농지범용화 사업의 효율적 추진을 위해 임의의 지구를 대상으로 지구조사, 배수암거 설계, 배수시설 배치, 시공상세 등을 시범설계로 제시함

- 대상지구 조사에서는 최근 활용도가 높아지고 있는 드론을 활용하여 지적경계기반의 기존설계에서 영상과 DSM을 활용한 필지경계기반 설계의 장점을 제시함

Summary

1. Title : Development of Infrastructure Technologies for Multipurpose Utilization of Paddy Fields

2. The Study Period : Aug. 2015~. Dec. 2015(Third year in total 3 years)

3. Research Purpose

- The purpose of this research is to verify 'the technologies for multipurpose utilization of paddy fields' as a way of enhancing food self-sufficiency with analyzing the status of domestic land usage and surroundings change of agriculture. There is also 'design guidelines preparing purpose' by managing the test bed being applied multipurpose technologies and 'project master plan establishment purpose' by surveying the available target lands.

4. Research Contents and Method

4.1 Research Contents

- To develop the automatic control system of subsurface drainage and subsurface irrigation
- To monitor the soil physical characteristics during crops growth at test bed and the increasing of crops yields
- To prepare the 'Investigation and Design Guidelines of Subsurface drainage for Multipurpose Utilization of Paddy-Field'
- To make the project master-plan for multipurpose utilization of paddy-field
- To do trial design for the sample districts

4.2 Research Method

- To study with collaborative industry–university–research experts
- To perform experimental study with managing a test bed and derive some progressive design factors for project implementation
- To derive sustainability of multipurpose utilization project by connecting other kinds of project

5. Research Results

- The multipurpose utilization project which diversify the rice paddy field is able to increase food self-sufficiency and can raise the income of farmer.
- This project also achieve the elasticity sustainment of grounds for food security and become a stepping stone of growth industry that can make local specialization and industrialization.
- The subsurface drainage technology was verified by make a go of cultivation of bean, potato, onion at wetted rice paddy that farmer always fail to grow these crops at.
- The practice guideline of investigation and design for subsurface drainage project was published through the survey of previous design criteria and literature review and analyzing the result of test bed management.
- The farm road for mechanization, culvert drainage facilities, dry land irrigation system, drainage canal need to be rehabilitated to perform the successive multipurpose utilization project.
- This is the time to give farming support government policy to dry-land farm complex, which include agricultural machine, seed spreading, raising seedings(nursery) throughout the various government projects.

목 차

제 출 문	0
요 약	i
Summary	v
목 차	vii
표 목 차	xi
그 림 목 차	xiii
제1장 서 론	3
1.1 연구의 배경	3
1.2 연구의 필요성	5
1.3 연구목표	5
1.4 주요 연구내용	6
제2장 지하수위조절시스템	9
2.1 지하관개 개요	9
2.2 범용농지 수위조절장치 설계	10
2.2.1 암거 유입부 수위조절 장치	11
2.2.2 암거 유출부 수위조절 장치	12
2.3 지하수위 조절장치 제작	15
2.3.1 동작 방법	15
2.3.2 배관	17
2.3.3 메인 펌프 함체	17
2.3.4 시험포 설치	21
2.4 지하수위 조절장치 현장시험	22
제3장 범용농지 시험포 모니터링	27
3.1 시험포 개요	27
3.1.1 위치 및 조건	27
3.1.2 시험포 배수암거 및 모니터링 시스템 개요	28
3.1.3 모니터링 장치 설치내역	31

3.2 시험포 모니터링 결과	38
3.2.1 지하수위	38
3.2.2 토양수분	47
3.2.3 배수량	53
3.3 증수효과분석	55
3.3.1 봄 감자재배	55
3.3.2 콩 재배	57
3.3.3 양파 재배	58
제4장 설계·시공·유지관리 지침	63
4.1 개요	63
4.2 범용농지 설계기법 분석	63
4.2.1 범용농지 설계 개요	63
4.2.2 암거의 매설깊이	64
4.2.3 암거의 매설간격	68
4.2.4 암거의 관경 및 기울기	77
4.2.5 암거의 구조 및 재료	81
4.3 설계인자 분석	84
4.3.1 단위계획배수량 및 지하수위	84
4.3.2 투수계수(Permeability coefficient)	93
4.3.3 배수에 대한 유효간극률(Drainable porosity)	94
4.3.4 암거의 유효반경(Effective radius of drains)	97
4.4 배수방식 검토	99
4.4.1 자연배수 방식	99
4.4.2 기계배수 방식	100
4.5 설계지침 및 지원 툴의 개발	102
4.6 배수암거의 시공	108
4.6.1 배수암거 시공의 표준공정	108
4.6.2 토 공 사	109
4.6.3 관매설	121
4.6.4 배수조절개폐기	128
4.6.5 소형펌프장(Sump)	129

4.7 배수암거의 유지관리	133
4.7.1 개요	133
4.7.2 배수기능 유지를 위한 관리	134
4.7.3 암거(흡수거, 집수거)의 관리	137
4.8 배수암거 조사·설계 실무요령	139
4.8.1 개요	139
4.8.2 목적	139
4.8.3 적용범위	139
제5장 마스터플랜 수립	143
5.1 개요	143
5.2 지구선정 검토	144
5.2.1 지구선정 시 고려사항	144
5.2.2 논·밭전환 현황	147
5.2.3 일반작물 가격 및 수급동향 분석	150
5.2.4 범용화 사업 대상지	155
5.3 범용화 사업 시장여건분석	163
5.3.1 범용화 시장여건 SWOT분석	163
5.3.2 국내 관련사업 조사	164
제6장 시범설계	169
6.1 대상지구 조사 및 분석	169
6.1.1 위치 및 주변 조사	169
6.1.2 범용농지조성 사업 계획	170
6.1.3 시험설계 대상 구역(H구역)에 대한 계획	171
6.2 무인항공기 활용 지구조사	172
6.2.1 개요	172
6.2.2 범용농지 시범설계 지구 적용	175
6.2.3 범용농지 시범설계 보완 활용	178
6.3 배수암거 설계	180
6.3.1 설계 흐름	180
6.3.2 지반조사	180

6.3.3 관의 계산	181
6.3.4 흡수거 관경의 결정	183
6.3.5 관의 설계 결과	184
6.4 배수시설 배치	185
6.4.1 설계 주안 점	185
6.4.2 H구역 시험설계	191
6.4.3 지하 암거의 배치 방향	195
6.4.4 범용농지 조성 현황과 지하 관거의 배치 관계	197
6.4.5 시험설계 도면(대상지구-H구역)	200
6.4.6 수량 산출	201
6.4.7 결론	204
6.5 시공 상세	204
6.5.1 개요	204
6.5.2 시공전 사전 확인 사항	204
6.5.3 흡수거 시공	205
6.5.4 집수거 시공	215
6.5.5 소형펌프장(Sump) 시공	218
6.5.6 부지정지	220
6.5.7 부대공	220
6.5.8 현장정리	220
제7장 결 론	225
7.1 개 요	225
7.2 지하수위조절시스템	225
7.3 범용농지 시험포 모니터링	225
7.4 설계·시공·유지관리 지침	226
7.5 마스터플랜 수립	227
7.6 시범설계	228
참 고 문 헌	231

< 표 목 차 >

[표 3.1] 시험포 배수암거 개요	28
[표 3.2] 시험포 모니터링 개요	28
[표 3.3] 압력식 수위자동기록기 채원	32
[표 3.4] 강우량계 채원	37
[표 3.5] 포화 시 체적 함수비	48
[표 3.6] 구간별 수확량 비교	55
[표 3.7] 콩 수확량 비교	58
[표 4.1] 암거배수 기준치	65
[표 4.2] 동결심 계산 예(삼교천 1953년~1972년 평균)	66
[표 4.3] 파이프암거의 일반적인 매설깊이와 간격	67
[표 4.4] 민감도 분석의 종류	73
[표 4.5] 민감도 분석을 위한 입력변수 조건 (정류방정식)	74
[표 4.6] 민감도 분석을 위한 입력변수 조건 (부정류 시)	76
[표 4.7] 흡수거의 조도계수	78
[표 4.8] 흡수거의 유량, 유속계산표	79
[표 4.9] 암거의 최소 기울기(ASAE, 1998a)	80
[표 4.10] 흡수관의 종류와 장·단점 비교	81
[표 4.11] 논 지표잔류수의 허용일수	90
[표 4.12] 토양의 종류에 따른 암거배수량	91
[표 4.13] 지하수위 및 지하일수	92
[표 4.14] 일반적인 배수계수의 값(ASAE, 1998a)	93
[표 4.15] 흙의 종류별 대표적인 투수계수의 범위	94
[표 4.16] 토양특성에 따른 유효간극률	96
[표 4.17] 암거의 유효반경	98
[표 4.18] 발판의 종류	110
[표 4.19] 0.2m ² 백호우 장비 규격 예	111
[표 4.20] 토질별 굴착 사면 기울기	113
[표 4.21] 터파기 폭	113
[표 4.22] 자갈의 종류별 특성	116
[표 4.23] 부직포 필터의 품질기준	117

[표 4.24] 필터 설치 위치 검토	120
[표 4.25] 관의 종류	123
[표 4.26] 흡수거의 품질기준	124
[표 4.27] 집수거의 품질기준	126
[표 5.1] 범용농지 대상 선정 일람표	146
[표 5.2] 연도별 논·밭 전환현황(ha)*	147
[표 5.3] 최근 논 재배작물 동향(2010-2013)	148
[표 5.4] 전체 곡물 자급률	150
[표 5.5] 식량 자급률(사료용 제외)	151
[표 5.6] 주요 식량작물 식량자급률 목표치 재설정	151
[표 5.7] 식량자급률 목표치	152
[표 5.8] 국제곡물가격동향	153
[표 5.9] 연도별 의무수입물량(MMA) 도입현황 및 계획	153
[표 5.10] 쌀의 생산, 수급 및 소득 변화	154
[표 5.11] 논토양 A경사(0~2%)의 토성별 배수등급별 분포면적	157
[표 5.12] 평야지와 산가지의 특징	158
[표 5.13] 논토양 B경사(2~7%)의 토성별 배수등급별 분포면적	160
[표 5.14] 밭작물 안전재배를 위하여 배수시설 필요에 따른 논 면적	160
[표 5.15] 밭토양 A경사(0~2%)의 토성별 배수등급별 분포면적	161
[표 5.16] 밭토양 B경사(2~7%)의 토성별 배수등급별 분포면적	161
[표 5.17] 밭작물 안전재배를 위하여 배수시설 필요에 따른 농경지 면적	162
[표 5.18] 논벼 대체작목 개발을 위한 시장여건(SWOT 분석)	164
[표 6.1] 대상지구 H구역 개략 규모	171
[표 6.2] 사업대상지구의 침수영향	177
[표 6.3] 지적도와 정사영상에 의한 수량비교	179
[표 6.4] 소형펌프장(Sump) 규격	190
[표 6.5] 대상지구 H구역 수량 집계표	201
[표 6.6] 대상지구 H구역 공사비 산출결과	202

< 그림 목 차 >

[그림 2.1] 지하관개 개요	9
[그림 2.2] 지하관개 및 지하배수 개요	10
[그림 2.3] 지하수위조절장치 개념도	11
[그림 2.4] 시험포 흡수거 공기변	12
[그림 2.5] 암거 유입부 수위조절 장치	12
[그림 2.6] 암거 유출부 수위조절 장치	13
[그림 2.7] 유출부 상세(썸프내 설치)	13
[그림 2.8] 암거유출부 수위조절 장치 상세	14
[그림 2.9] 지하수위 조절장치 개념도	15
[그림 2.10] 지하수위 조절을 위한 3극 전극봉	16
[그림 2.11] 급수용 배관	17
[그림 2.12] 메인 펌프 함체	18
[그림 2.13] 수위조절을 위한 차단기	19
[그림 2.14] 용수 공급용 펌프	19
[그림 2.15] 지하수위 조절 시스템 도면	20
[그림 2.16] 수위 조절시스템 전경	20
[그림 2.17] 작동시험	20
[그림 2.18] 메인 함체 설치	21
[그림 2.19] 현장 배관	21
[그림 2.20] 전극봉 설치	21
[그림 2.21] 지하수위 조절 시나리오에 따른 모니터링 계획	22
[그림 2.22] 지하수위 조절장치에 의한 지하관개 검증시험 개요	23
[그림 3.1] 시험포 위치 및 주변환경	27
[그림 3.2] 시험포 평면 개요	29
[그림 3.3] 시험포 모니터링 개요	30
[그림 3.4] 지하수위 관측공 천공	31
[그림 3.5] 지하수위 관측공 삽입	31
[그림 3.6] 지하수위 관측공 보호 및 수위계 설치	32
[그림 3.7] 토양수분 모니터링 시스템 구축(예)	33
[그림 3.8] FDR 토양수분 모니터링 장비와 설치	34

[그림 3.9] 강우량계 기초 및 지주대 설치	35
[그림 3.10] 강우량계 수평확인 및 거치	35
[그림 3.11] 강우량계 내부 tipping bucket	36
[그림 3.12] 강우량계 Data logger 함체 설치	36
[그림 3.13] 배수량 측정장치	37
[그림 3.14] 강우에 따른 구역 1의 지하수위 변화	39
[그림 3.15] 강우에 따른 구역 2의 지하수위 변화	39
[그림 3.16] 강우에 따른 구역 3의 지하수위 변화	40
[그림 3.17] 강우에 따른 시험포 전체 지하수위 변화	40
[그림 3.18] 가뭄기 지하수위변화의 원인 분석	41
[그림 3.19] 시험포 입력자료(System Design)	42
[그림 3.20] 시험포 입력자료(Soil Water Characteristic)	42
[그림 3.21] 시험포 Soil Water Characteristic 곡선(추정값)	43
[그림 3.22] 시험포 입력자료(Drain Vol-UpFlux)	43
[그림 3.23] 시험포 Drain Vol-UpFlux 곡선(추정값)	44
[그림 3.24] 시험포 입력자료(Infiltration)	44
[그림 3.25] 시험포 입력자료(Weather-rain)	45
[그림 3.26] 구역 1의 지하수위 DRAINMOD Simulation 결과	45
[그림 3.27] 구역 2의 지하수위 DRAINMOD Simulation 결과	46
[그림 3.28] 강우에 따른 구역 1의 토양함수비 변화	49
[그림 3.29] 강우에 따른 구역 2의 토양함수비 변화	49
[그림 3.30] 강우에 따른 구역 3의 토양함수비 변화	49
[그림 3.31] 강우에 따른 구역 1의 토양함수비 변화(2014년)	51
[그림 3.32] 강우에 따른 구역 3의 토양함수비 변화(2014년)	51
[그림 3.33] 심도 20cm에서 구역 1과 3의 토양함수비 변화(2014년)	51
[그림 3.34] 심도 40cm에서 구역 1과 3의 토양함수비 변화(2014년)	52
[그림 3.35] 강우에 따른 구역 1의 배수량 변화	53
[그림 3.36] 강우에 따른 구역 2의 배수량 변화	53
[그림 3.37] 강우에 따른 시험포 전체 배수량 변화	54
[그림 3.38] 흡수거 내부 상태	54
[그림 3.39] 감자 재배 모니터링	56
[그림 3.40] 가뭄기 감자 재배에 따른 시험포 특성	56

[그림 3.41] 감자수확	57
[그림 3.42] 구간별 수확량 비교	57
[그림 3.43] 콩 대원 모니터링	58
[그림 3.44] 콩 대원 수확량 측정	58
[그림 3.45] 양파 모니터링	59
[그림 4.1] 지하관개 및 지하배수 개요	64
[그림 4.2] 정류방정식을 이용한 설계의 설계변수	68
[그림 4.3] 부정류방정식을 이용한 설계의 설계변수	71
[그림 4.4] 지하관개 개요	71
[그림 4.5] 정류방정식에서 변수의 상관계수(정규분포)	75
[그림 4.6] 정류방정식에서 변수의 상관계수(등분포)	75
[그림 4.7] 부정류방정식에서 변수의 상관계수(정규분포)	76
[그림 4.8] 부정류방정식에서 변수의 상관계수(등분포)	77
[그림 4.9] 암거배수량	80
[그림 4.10] 흡수거 피복단면	83
[그림 4.11] 배수기구의 모식도(지표 잔류수 배제(위), 토양수 배제(아래))	86
[그림 4.12] 지하수위 저하에 따른 유효간극률의 이해	95
[그림 4.13] 투수계수와 유효간극률의 관계	97
[그림 4.14] 소수재 포설단면(예)	98
[그림 4.15] 배수구와 배수로 수위의 높이 차	100
[그림 4.16] 배수로 법면 보호 사례	100
[그림 4.17] 기계배수 사례	101
[그림 4.18] 투수계수 현장실험 시트	102
[그림 4.19] 흡수거의 간격설계 시트	103
[그림 4.20] 흡수거의 관경설계 시트	104
[그림 4.21] 흡수거의 간격설계	105
[그림 4.22] 흡수거 관경설계	106
[그림 4.23] 배수암거의 시공순서	108
[그림 4.28] 발판설치 개요도	110
[그림 4.29] 0.2m ² 백호우 예	111
[그림 4.30] 터파기 후 물고임	112
[그림 4.31] 터파기 후 자재 포설	112

[그림 4.32] 터파기 심도유지 방안 제안	114
[그림 4.33] 1톤 덤프트럭	119
[그림 4.34] 자갈 부설 방안	119
[그림 4.35] 흡수거 마감 개요도	121
[그림 4.36] 흡수거 마감-매몰형	121
[그림 4.37] 흡수거 마감-도출형	122
[그림 4.38] 흡수공 설치 규격	125
[그림 4.39] 연결과 설치도 예	127
[그림 4.40] 흡수관과 집수관의 심도차 지점의 연결과 설치도	127
[그림 4.41] 배수조절개폐기 설치위치	129
[그림 4.42] Pan-Breaker	135
[그림 4.43] 농지 파쇄 심도 관리	135
[그림 4.44] 농지 격자 배수관리	135
[그림 4.45] 암거 세척용 장치	136
[그림 4.46] 암거의 고장부분 발견방법	137
[그림 4.47] 관연결부 보수	138
[그림 4.48] 관 파손 시 보수	138
[그림 5.1] 범용화 단지 계획 기본구성	143
[그림 5.2] 범용화 대상 농지 선정 흐름도	145
[그림 5.3] 논발전환 현황	148
[그림 5.4] 2011년 일본의 논 현황(平成23년)	149
[그림 5.5] 2012년 일본의 논 현황(平成24년)	149
[그림 5.6] 일본의 범용화 현황	150
[그림 5.7] 농경지이용 모식도 (조인상, 김이열, 1999)	155
[그림 5.8] 평탄지(경사 0~2%)에서 토성과 배수등급별의 배수시설 기준	157
[그림 5.9] 매우악한 경사지(경사 2~7%)에서 토성과 배수등급별 배수시설 기준	159
[그림 5.10] 쌀 생산조정과 논벼 대체작물의 관계 (박평식 2013)	163
[그림 6.1] 대상지구 H구역 계획	171
[그림 6.2] 외업 작업 순서	172
[그림 6.3] 실시간 정밀 GPS측량 시스템 구성도	173
[그림 6.4] UAV 비행 및 촬영경로 설정	174
[그림 6.5] 후처리 과정	174

[그림 6.6] UAV를 활용한 대상지구 검토	176
[그림 6.7] UAV를 활용한 사업대상지 선정(대상지구)	177
[그림 6.8] 지적도와 정사영상의 농지 경계 비교	178
[그림 6.9] 지적도와 정사영상에 의한 계획 비교	179
[그림 6.10] 배수암거의 설계 흐름	181
[그림 6.11] 흡수거 장·단방향 검토	185
[그림 6.12] 집수거 심도	187
[그림 6.13] 집수거 배치 형식	188
[그림 6.14] 범용농지시설 배치 예, 일반적인 경우	195
[그림 6.15] 범용농지시설 배치 예, 폭이 넓은 농지일 경우	196
[그림 6.16] 범용농지시설 제외 대상 농지 예	198
[그림 6.17] 흡수거 공유 농지 예	199
[그림 6.18] 집수거 트렌치의 공유 예	199
[그림 6.19] 집수거 공유 시 집수거 배치 개요	199
[그림 6.20] 집수거 공유 시 소형펌프장(Sump)의 집수거 접속 개요	199
[그림 6.21] 대상지구 H구역 소형펌프장1(Sump 1) 배관 상세	200
[그림 6.22] 흡수거 시공순서	205
[그림 6.23] 발판 설치 개요	206
[그림 6.24] 터파기 개요도(수평굴착)	209
[그림 6.25] 터파기 시 임시 배수	209
[그림 6.26] 유공블럭 설치	210
[그림 6.27] 소수재 시공 방법	212
[그림 6.28] 소수재 시공시 배수경사 측량 방법	214
[그림 6.29] 집수거 굴착 단면	215
[그림 6.30] 집수거 터파기 심도 유지 방안	216
[그림 6.31] 소형펌프장(Sump)의 터파기	218

[그림 2.1] 침수사례	9
[그림 2.2] 토양배수여건을 고려한 영농 형태(전북김제)	10
[그림 6.19] 투수계수의 등방성과 비등방성 및 균질성과 비균질성	275
[그림 6.20] 이질의 토층으로 이루어진 지층에 대한 등가투수계수	275
[그림 6.23] 쌀 생산조정과 논벼 대체작물의 관계 (박평식 2013)	281
[그림 7.1] 범용화 사업화를 위한 계획단계 검토사항	307

제1장 서론



제1장 서론

1.1 연구의 배경

- 지난 40년 동안 우리가 이룩했던 수출주도형 경제개발은 시대적으로 불가피했던 우리나라 경제개발의 한 방편이 되기는 했지만, 상·공업 편향적 개발방식으로 연결되어 지역간, 계층간, 산업간 불균형을 심화시켜 농업과 농어촌에 많은 문제점이 발생하였음
- 2013년 현재 총 답 면적 964천ha의 80.6%에 해당하는 777천ha가 수리답화 되었으며, 그의 65.9%인 636,738 ha가 기계화 영농이 가능한 경지정리가 이루어졌고, 답의 52.8%가 배수개선이 되어 대체적으로 안정적인 미곡생산이 가능하게 되었음
- 그러나, 품목별로 쌀의 자급률은 일정정도 유지가 가능한 실정이나 채소, 과일, 육류의 소요량은 증가하고 있어 발작물 재배가 제한적이어서 사료용을 제외한 밭 곡물 중 보리쌀의 자급률은 25.4%, 밀은 1.7%, 콩은 32.4%, 옥수수는 3.8%등에 이르고 있어 발작물의 대부분을 수입에 의존하고 실정임
 - 국민의 식생활 패턴의 변화로 1995년만 해도 1인당 연간 쌀 소비량이 106.5kg이던 것이 2011년에는 71.2kg에 불과 하는 등 소비량이 크게 감소하게 되었음
 - 사료를 포함한 곡물자급률은 2010년 27.6%이며, 2012년에는 23.6%로 하락하고 있으며, 사료를 포함하지 않은 순수 식량자급률은 2010년 54.1%, 2012년 45.3로 하락되고 있는 실정
 - 우리나라에서는 대표적인 발작물인 밀, 콩, 옥수수의 연간 수입금액이 각각 10%, 3.1%, 13.6%씩 증가하고 있으며 전체 농산물 수입액도 2005년에 7,397백만불, 2010년에는 13,957백만불, 2011년에는 18,362백만불로 증가하는 등 외국으로부터의 농산물 수입금액이 크게 증가하고 실정임

- 개도국의 식량용과 사료용 수요 증가, 바이오에너지용 수요 증가, 곡물 투기와 수출국의 수출제한 조치 등의 요인이 복합적으로 작용 국제곡물가 급등으로 2012년 기준 곡물가격지수가 2004년 대비 2.5배, 농산물 수입단가는 약 2배 상승하고 있는 실정
 - 국제곡물가격지수는 2004년 10월 100.7에서 2008년 4월에는 274.1로 상승한데 이어 2011년 4월 265.4로 상승, 2012년 9월에는 262.9로 지속적인 증가를 보이고 있음
 - 농산물 수입단가에 있어서도 2004년 대비 밀 1.9배, 대두 1.9배, 옥수수 1.7배 상승하고 있어 국내농산물 시장의 불안은 지속적으로 증가할 것으로 예상되고 있음
- 2012년 농림수산물식품통계연보 기준, 논에서 시설원예, 과채류 등 다양한 타 작물을 재배하기 시작하여 국내 논·밭 전환은 주로 논에서 밭으로 전환되는 면적(20,697ha)이 밭에서 논으로 전환되는 면적(3,600ha)보다 5.7배 높은 수준으로 변화하게 되었음
 - 논에서 밭으로 전환되는 면적은 1991년에 8.5천ha였으나, 2000년에는 7.2천ha 2010년에는 21.8천ha로 증가하였으나, 상대적으로 밭에서 논으로 전환되는 면적은 1991년 3.9천ha에서 2000년 7.6천ha, 2005년 1.7천ha, 2010년에는 4.8천ha수준임
- 또한, 한미, 한EU 발효, 한중 타결, 한일 FTA 협상 등은 우리 농가 경제에 부정적인 영향이 더욱 확대될 전망되며, 식량부족·기후변화가 심화되고 있는 상황에서 시의 적절하게 대비하지 못할 때 농가소득 감소로 농업정책에 대한 신뢰성이 상실될 우려가 있음
- 이러한 국내외 농업현실을 감안하여 정부에서는 쌀과 밭 곡물의 식량수급 불균형에 효과적으로 대처하기 위하여 쌀 생산량의 조정과 수입에 의존하고 있는 밀, 콩, 사료작물 등의 자급율을 높이기 위한 정책을 수립하고 있으나, 밭작물 재배기반은 여전히 취약한 실정
 - 논외의 타 작물 재배 시범사업, 쌀을 정부에서 수매하여 농가소득을 보장해 주는 ‘쌀소득보전직불제’, WTO 쌀재해협상의 입지를 강화하고 공급 과잉의 추세를 완화하기 위한 ‘생산조정제’ 등의 다양한

대책을 추진하게 되었음

- 지구 온난화에 따른 이상기상 발생 빈도 및 강도의 증가는 기후 취약산업인 농업의 최대 위협요인으로 대두로 인해 홍수·가뭄 등 빈발에 따른 농업재해 뿐만 아니라 농작물 병충해·가축질병 증가로 농가의 경영위험은 더욱 상승할 전망

1.2 연구의 필요성

- 쌀 소비량 감소, 외국산 쌀 수입증가 및 농가의 고소득 추구 등 사회적인 변화에 의하여 논에서의 밭작물 재배가 증가하고 있어 한정된 농지를 활용하여 농지이용률을 제고하고, 안정적인 곡물 자급을 달성을 위한 대책 수립이 필요
- 현재의 농지 감소추세를 고려할 때 2020년 곡물자급을 32% 달성에 필요한 경작농지가 부족한 실정으로 이에 대한 국민의 먹거리를 담당할 수 있는 최소한의 농지확보가 필요
- 이처럼 식량안보의 농산물의 양적수준확보와 더불어 농산물의 부가가치의 상승, 농산업화를 통한 농업소득수준을 상승을 위한 농경지의 고도이용이 절대적으로 필요
- 그러나, 세계곡물 시장의 변화된 대한 안정적인 생산기반을 사전에 마련할 필요가 있으며, 이에 대한 기술력 확보, 재배기술 등 종합적인 대응책 마련이 요구되고 있음

1.3 연구목표

- 식량자급률을 높이고 농가소득을 증진하기 위하여 논을 대상으로 밭작물 재배가 가능하도록 용·배수시설 등을 정비하여 생산성을 향상시키고, 논·밭 전환이 가능한 고생산성 농지를 조성함으로써 미국의 안정적 생산을 도모하고 수입 의존도가 높은 밭작물의 자급률을 높임으로써 안정적인 식량공급대책을 마련

1.4 주요 연구내용

- 배수가 토양에 미치는 영향
 - 기상변화에 따른 농경지 침수피해 사례 조사
 - 배수가 토양의 물리화학성에 미치는 효과
 - 논토양과 밭토양의 차이점
 - 적정 배수시설
- 국내외 농지범용화 사례
 - 국내 연구 및 사업화 사례
 - 국외 연구 및 사업화 사례
 - 국내외 범용농지 기계화 동향
- 발작물 논 재배현황 분석
 - 발작물 작목별 논 재해 면적 추이 변화
 - 가격 및 수급 동향 분석
- 농지범용화 시험포 운영
 - 설계기법 분석
 - 시험포 설계 및 시공
 - 시험포 모니터링
 - 농작물 증수효과 분석
- 범용화 사업 제안 사항 제시
 - 적정 지하수위, 사업대상지, 설계기준 검토 사항
 - 범용화 사업 단지 운영

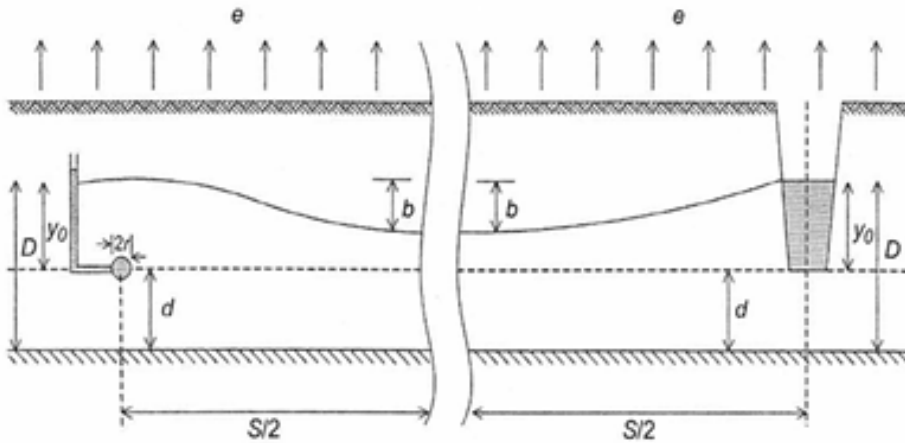
제2장 지하수위조절시스템



제2장 지하수위조절시스템

2.1 지하관개 개요

지하관개를 위해서는 [그림 2.1]과 같이 작물이 요구하는 증발요구량 (evaporative demand) e 를 만족하기 위하여 지하수위가 b 간격을 유지하기 위한 암거의 간격 S 의 결정이 필요하다. 이를 위하여 Ernst(1975)는 다음의 식을 제시하였다.



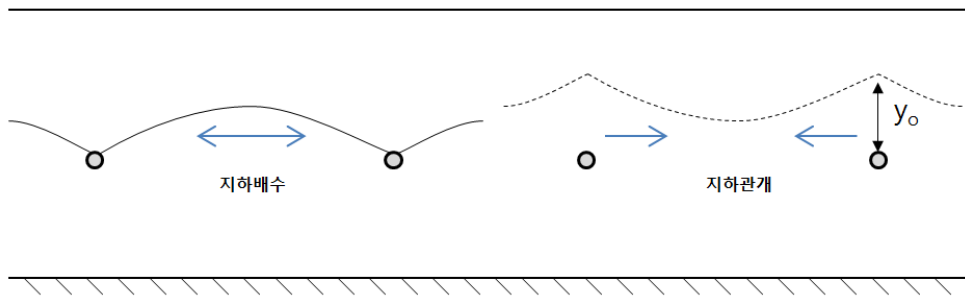
[그림 2.1] 지하관개 개요

$$S = \left[\frac{4Kbh_0 \left(2 + \frac{b}{D} \right)}{e} \right]^{1/2} \quad (2.1)$$

여기에서 $D = y_0 + d$, $h_0 = y_0 + d_e$, y_0 는 암거의 수두를 나타낸다. 이 식은 향후 설명하는 암거간격설계 시의 정류 방정식과 유사하다. 일반적으로 관개를 위한 암거의 설치간격 S 는 배수를 위한 암거의 설치간격보다 작게 된다.

범용농지조성 사업에서 배수는 지표배수와 지하배수를 포함하며 지하배수는 배수암거 조직으로 구성된다. 다음의 그림에서 보듯이 매설된 지하암거를 통하면 지하배수와 지하관개를 모두 수행할 수 있다. 지하배수와

지하관개에 적합한 암거의 심도와 간격의 설계는 다를 수 있으나 기본적으로는 암거 내의 수두(수위)를 높이면 지하관개가 가능하다. 본 연구에서는 지하배수를 위해 설치된 흡수거에 y_0 의 수두를 유지하여 지하관개가 가능할 수 있도록 일정한 수위를 유지할 수 있는 시스템을 설계·제작 및 시험포에서의 검증시험을 수행하고자 하였다.



[그림 2.2] 지하관개 및 지하배수 개요

국내에서 논을 밭으로 전환하는 경우 논에 사용되는 용수를 그대로 활용할 수 있기 때문에 지하관개의 필요성에 대해서는 충분한 검토가 필요하며 지하배수의 설계와 지하관개의 설계는 기본적으로 다른 설계가 될 수 있으므로 주의가 필요할 것으로 판단된다.

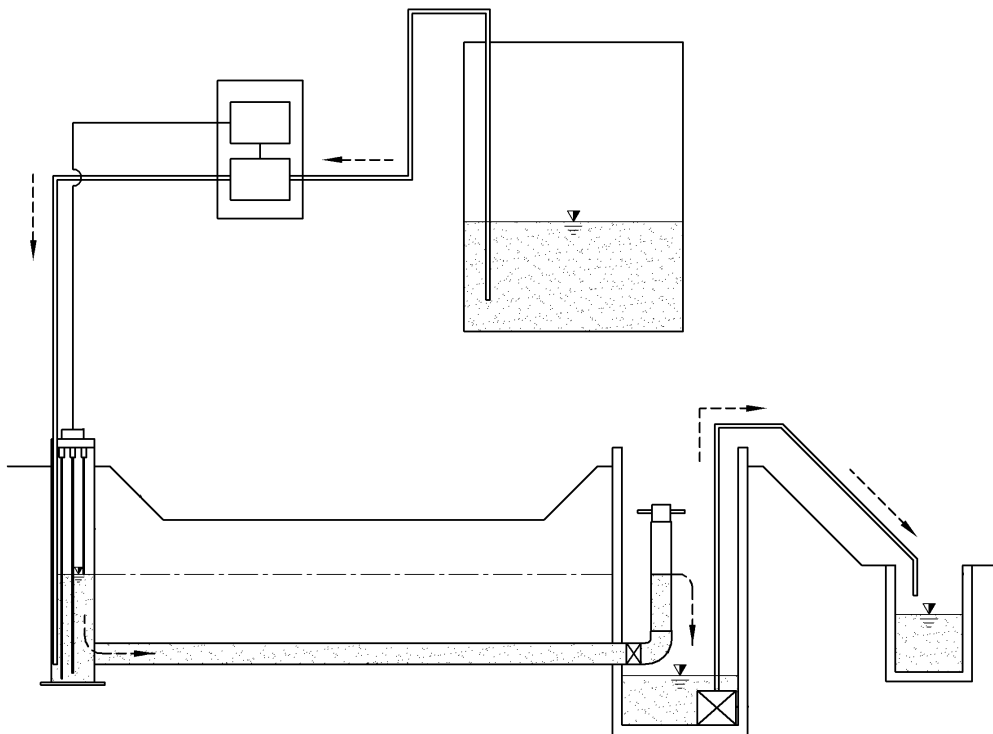
본 장에서는 시험포에 적용할 수 있는 지하관개를 위한 지하수위 조절 시스템의 설계·제작 및 검증에 대하여 다룬다.

2.2 범용농지 수위조절장치 설계

지하관개는 [그림 2.2]와 같이 암거 내의 수두(y_0)를 높여 암거 사이에 관개용수를 공급하는 것이다. 따라서 포장 내의 일정량의 관개용수를 공급하고, 포장 내의 지하수위를 일정하게 유지하기 위해서는 암거 내의 수두를 일정하게 유지하여야 한다. 따라서 본 연구에서는 배수암거를 통하여 지하관개를 실시하는 경우에 암거 내의 수두(수위)를 일정하게 유지하기 위한 지하수위 조절장치를 개발하고자 하였다. [그림 2.3]과 같이 물탱크로부터 공급을 조절할 수 있는 제어장치를 거쳐 급수부, 지중 유공관, 유출부 순으로 물의 흐름이 이어져 썸프로 떨어지는 개념의 지하수위 조

절장치이다.

지하수위 조절장치의 유입부는 [그림 2.5]와 같이 암거의 시점부에 설치한 공기변([그림 2.4])에 일정한 수위를 유지할 수 있도록 하는 장치부이다. 공기변은 흡수거와 동일한 100mm관이며 따라서 관내에 설치가 가능한 크기와 기능을 가지도록 3극 전극봉을 이용하여 상·하한의 수위를 유지할 수 있도록 하였고, 하한 수위에 도달하면 펌프가 작동하고 상한 수위에 도달하면 펌프가 작동을 멈추도록 설계하였다. 관개용수는 시험포 인근에 설치한 물탱크에 용수를 채우고 사용하도록 계획하였다.



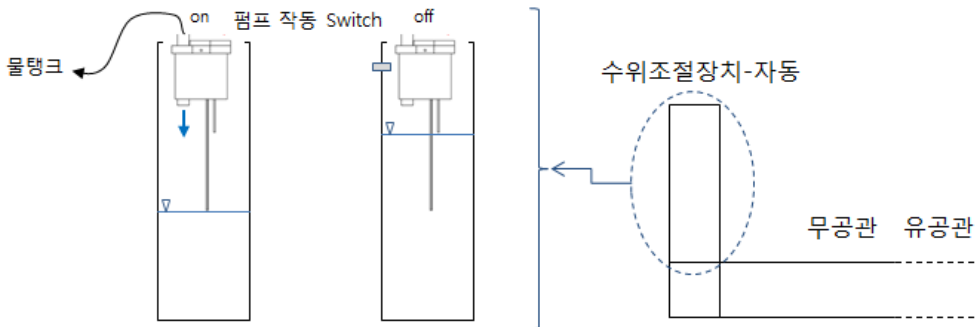
[그림 2.3] 지하수위조절장치 개념도

2.2.1 암거 유입부 수위조절 장치

암거의 유입부에는 원활한 지하배수를 위한 공기변이 설치되어 있으며 지하관개를 실시하는 경우에는 공기변을 용수의 공급을 위한 유입부로 활용할 수 있다. 시험포에 지하관개용수를 저장할 수 있는 물탱크를 연결하고 물탱크에는 용수(지하관정)를 공급하는 펌프를 연결한다.



[그림 2.4] 시험포 흡수거 공기변

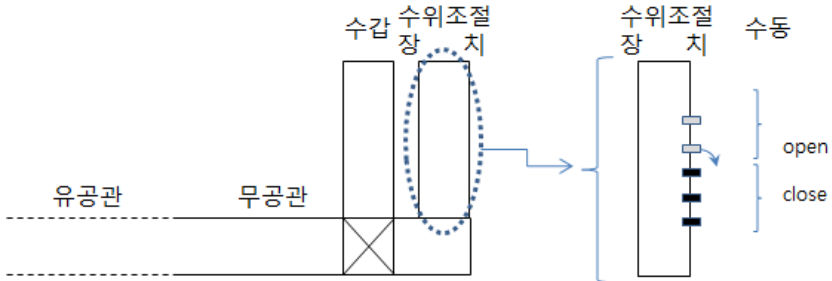


[그림 2.5] 암거 유입부 수위조절 장치

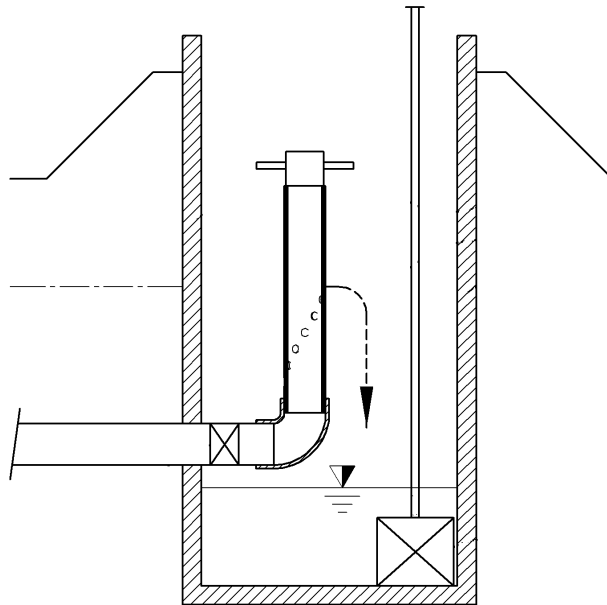
2.2.2 암거 유출부 수위조절 장치

암거의 유출부에 지하수위 조절장치가 필요한 이유는 계획한 지하수위 까지 시험포의 지하수위를 높이기 위해서는 유입부와 유출부에서 지하수위의 조절이 필요하기 때문이다. 암거의 유출부는 [그림 2.6]에서 보듯이

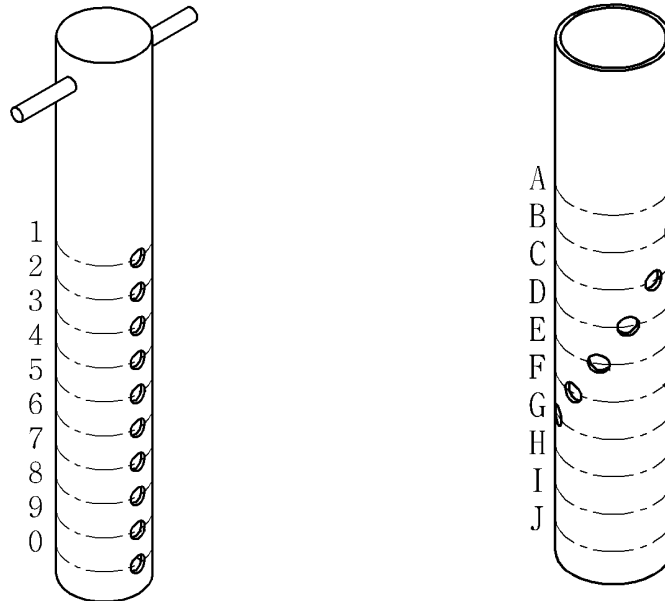
수갑과 수위조절장치로 구성된다. 급수부가 아니기 때문에 단순한 수위조절장치는 관내의 물을 유출할 수 있게 천공하고 필요한 수위에 맞게 공을 열고 닫을 수 있는 방식이면 충분할 것으로 판단하여 [그림 2.8]과 같이 이중관구조의 수위조절장치를 계획하였다. 내부관을 회전하여 수위를 조절하는 방식이다. [그림 2.7]과 같이 썸프내에 설치하여 조절이 용이하게 계획하였다.



[그림 2.6] 암거 유출부 수위조절 장치



[그림 2.7] 유출부 상세(썸프내 설치)

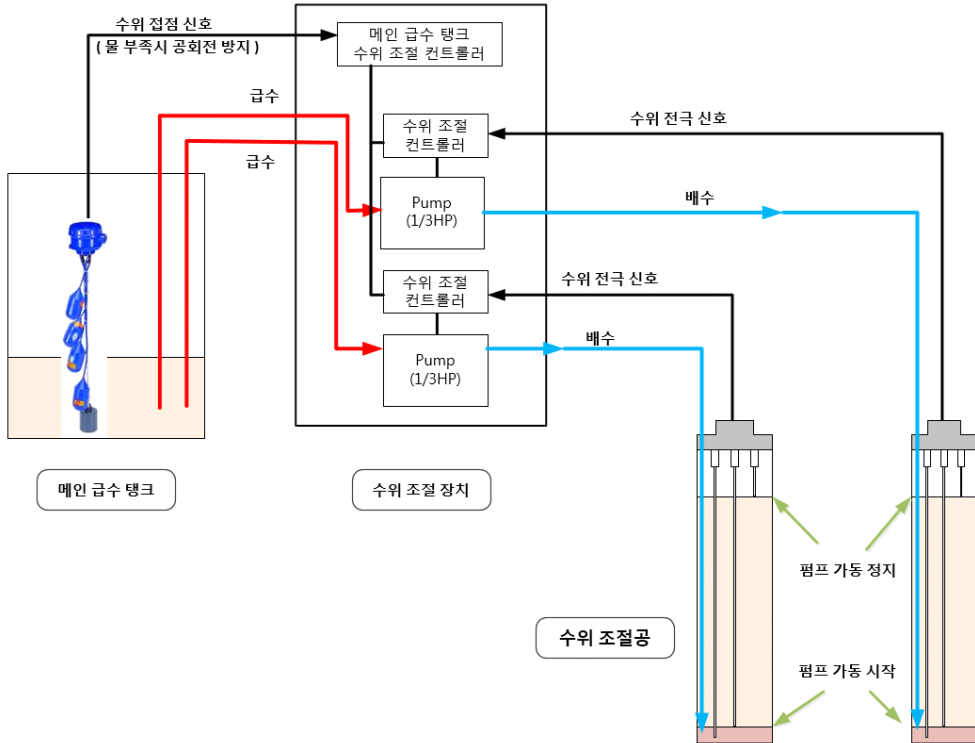


(a) 유출부 수위조절장치 내부관 (b) 유출부 수위조절장치 외부관

[그림 2.8] 암거유출부 수위조절 장치 상세

지하관개를 실시하는 경우에는 수압을 열고 목표로 하는 지하수위의 홀이 열리도록 내부관을 회전하여 수위를 조절한다.

2.3 지하수위 조절장치 제작



[그림 2.9] 지하수위 조절장치 개념도

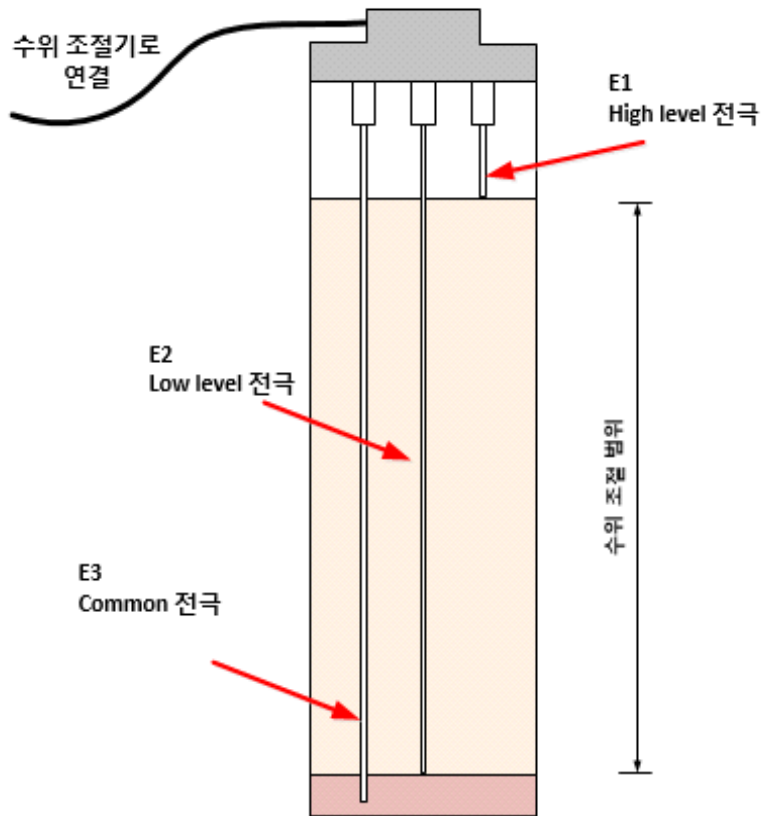
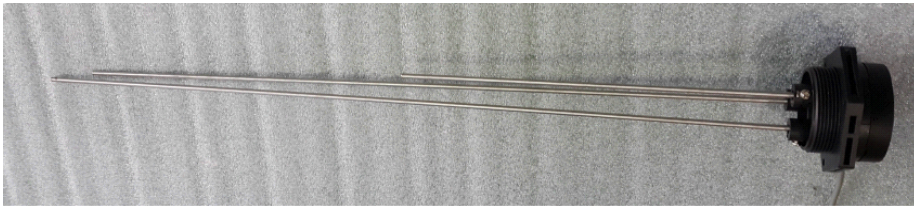
[그림 2.9]는 지하수위 조절장치의 유입부 개념도를 나타낸다. 지하수위 자동조절장치의 동작방식과 각 부분에 대하여 설명한다.

2.3.1 동작 방법

메인급수 탱크에 설치된 오뚜기 볼 방식의 수위계는 탱크에 물이 부족할 경우 수위조절공에 물을 공급하는 펌프의 공회전을 막아 고장 및 파손을 방지하는 목적이다. 메인 급수 탱크에 물이 충분하다면, 각 수위 조절공에 설치된 3극의 스테인레스 전극봉에 의해 각각의 독립적인 펌프가 동작 하도록 제작되었다.

[그림 2.10]과 같이 3극의 스테인레스 전극봉은 조절공 제일 바닥면이

닿을 수 있는 정도의 공통전극(Common electrode)과, 물 부족시 펌프 가동 시작을 위한 하한(Low level) 전극, 펌프 가동 중지를 위한 상한(High level) 전극으로 구성되어 있으며, 이 전극들은 통상 수위 조절 컨트롤러와 2Km 이내에는 오동작 없이 전극 신호를 전달 할 수 있다.

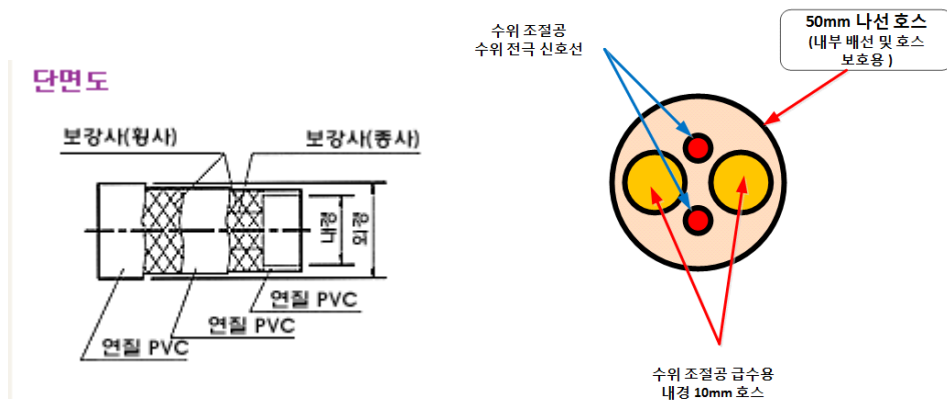


[그림 2.10] 지하수위 조절을 위한 3극 전극봉

2.3.2 배관

메인 급수 탱크에서 펌프의 급수 밸브로 들어가는 배관 호스는 [그림 2.11]과 같이 농업 및 공업용으로 많이 사용하는 38mm 규격의 나선 호스를 사용하였다.

펌프에서 수위 조절 공까지는 내경 10mm의 염화비닐수지 호스를 사용하였다.



[그림 2.11] 급수용 배관

햇볕 및 파손 방지를 위해 호스 및 수위 전극선은 외부에 50mm 나선 호스를 사용하여 보호하도록 하였다.

2.3.3 메인 펌프 합체

메인 컨트롤러 합체는 [그림 2.12]와 같이 700 x 600 x 200mm 크기의 옥외용 스테인레스 합체로 바닥에 지주블럭위에 설치되도록 제작하였다. 사용된 펌프([그림 2.14])는 옥외용으로 노출 되어도 상관이 없으나, 도난 및 파손 등의 우려로 인하여, 합체 내부에 설치하였다. 외부 전원은 누전 차단기([그림 2.13])를 통과하여 수위조절기에 전원이 공급 된다. 자동 지하수위조절장치의 설계도면을 [그림 2.15]에 나타냈으며, 실내 시험제작 장치의 사진을 [그림 2.16]에, 시험가동 사진을 [그림 2.17]에 각각 나타내었다.



[그림 2.12] 메인 펌프 합체



PS-1001N(단상 220V), 1003N(단상, 삼상 220V)

- 단상220V용, 삼상220V용 • 사용전류: 30A
- 최대적용부하: PS-1001(단상1.5마력)
PS-1003(단상1.5마력, 삼상3마력)
- 동작저항: 80k Ω • 사용거리: 2km이내.

[그림 2.13] 수위조절을 위한 차단기

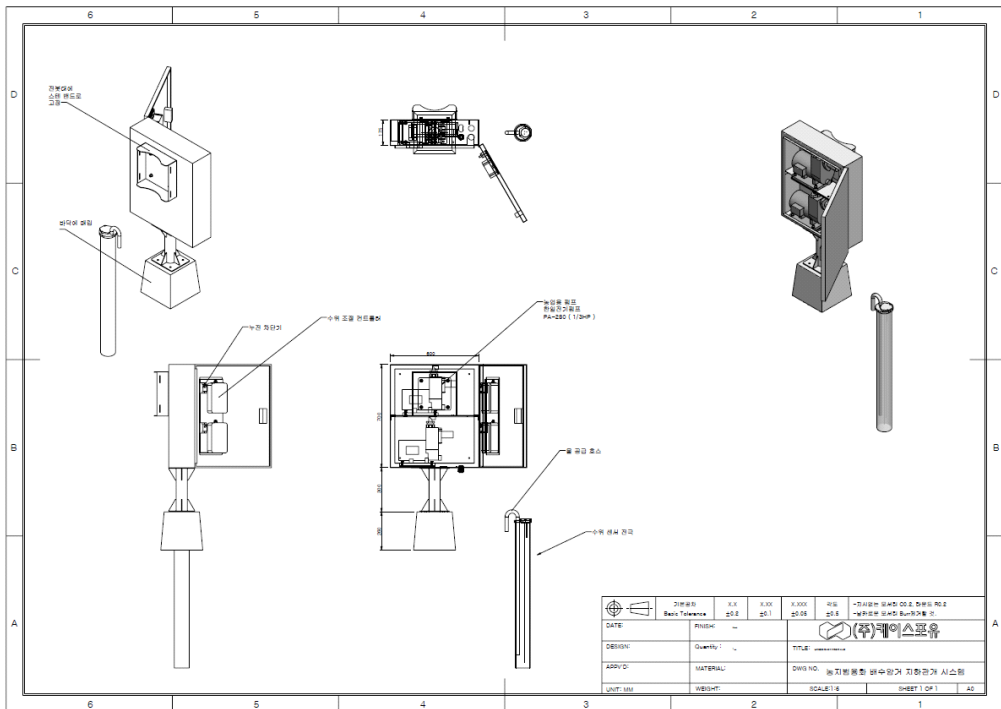
PA-280



상수전압	단상 220V, AC
출력	1/3HP
전부하시전류	580A
전양정	10m
최대양수량/전양정	10,700(0.5)L/h(m)
흡상고	6m
압상고	4m
흡·토출경	32(A)m
중량	12.5kg
제품코드	105481



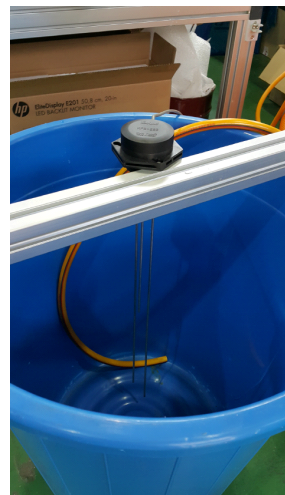
[그림 2.14] 용수 공급용 펌프



[그림 2.15] 지하수위 조절 시스템 도면



[그림 2.16] 수위 조절시스템 전경



[그림 2.17] 작동시형

2.3.4 시험포 설치



[그림 2.18] 메인 함체 설치



[그림 2.19] 현장 배관

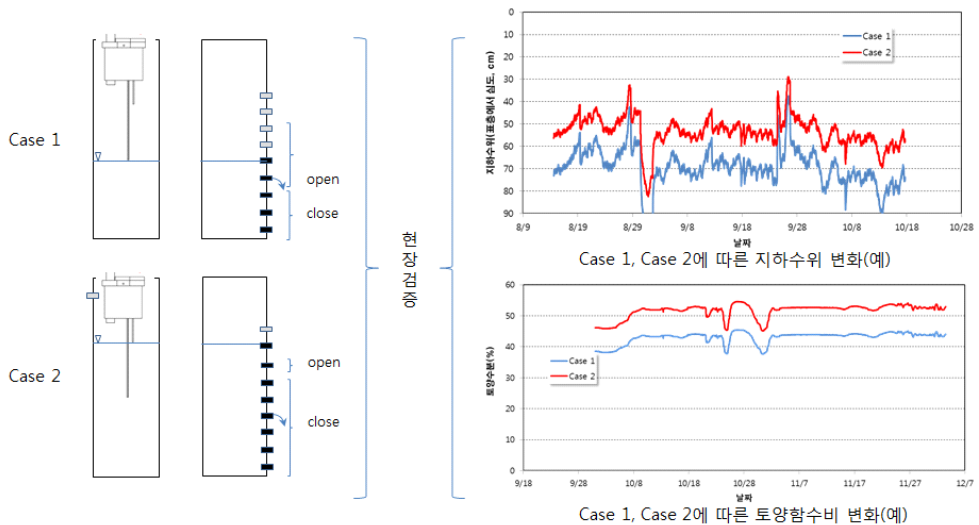


[그림 2.20] 전극봉 설치

현장 검증시험을 위하여 제작된 지하수위 조절장치를 시험포에 설치하였다. [그림 2.18]과 같이 메인 펌프와 컨트롤러를 담고 있는 함체를 물탱크 옆에 설치하고 수위를 감지하는 전극봉을 배관으로 연결하여 설치를 완료하였다([그림 2.19], [그림 2.20]). 현장시험을 위해 관정에서 펌프를 이용하여 물탱크에 관개용수를 채우는 경우 구역 1은 지하수위의 영향을 크게 받을 것으로 판단하였다. 중간의 2개 라인 사이에는 지하수위 및 토양함수비 센서가 있어 지하관개에 따른 효과를 검증할 수 있는 라인이다. 따라서 지하수위 조절장치는 시험포의 구역 2의 4개 라인 중 중간의 2개 라인을 대상으로 설치하였다.

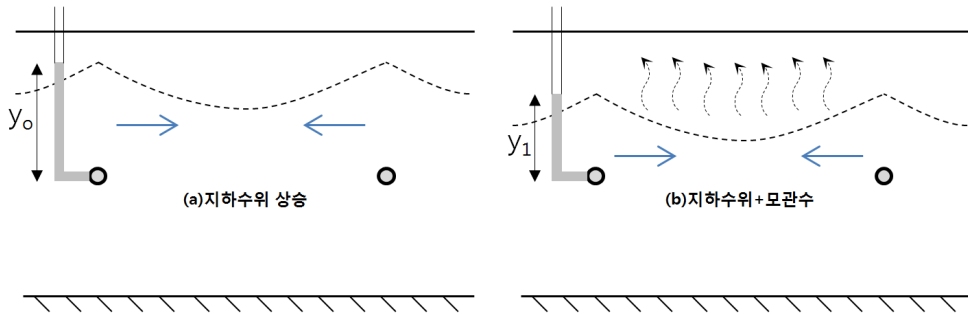
2.4 지하수위 조절장치 현장시험

당초 작물 식재에 따른 여건을 검토하여 지하수위가 저하되는 시기를 선택하여 현장 검증시험을 실시할 계획이었으며, [그림 2.21]과 같이 지하수위 조절시스템의 수위를 조절하면서 지하수위와 토양수분의 변화를 모니터링하여 지하관개의 효과를 검증할 계획이었다.



[그림 2.21] 지하수위 조절 시나리오에 따른 모니터링 계획

지하관개 조절장치에 의한 시험포 내에서의 지하관개 현장시험은 1차적으로 [그림 2.22]의 (a)와 같이 지하배수 암거 내에 y_0 의 수위를 형성시켜 포장 내의 지하수위를 상승시키고자 하였으나 지속적인 수량의 공급에도 암거 내의 수위는 일정수위 이상으로 상승하지 않았다.



[그림 2.22] 지하수위 조절장치에 의한 지하관개 검증시험 개요

과다한 수량으로 지하수위를 상승시키는 것은 지하관개의 효율성에 적합하지 않은 것으로 판단하여 1차 현장시험은 종료하였으며, 향후 y_0 보다 작은 y_1 의 수위로 포장 내의 토양함수비 변화를 유도할 수 있는지에 대한 검증은 수행하여 지하관개의 효율성을 검증할 필요가 있을 것으로 판단하였다.

2014년 시험포 조성 시에 검토하고 본 연구의 실무요령 작성 시 검토한 설계기법(제4장)에서 흡수거 간격설계의 Hooghoudt 방정식과 지하관개를 위한 간격설계 방정식인 Ernst 방정식은 정류방정식으로 매우 유사한 형태를 가진다. Hooghoudt 방정식의 배수계수보다 Ernst 방정식의 증발산량이 작기 때문에 암거의 간격이 커질 수 있으나 설계의 가장 중요한 변수는 b 값으로, 배수의 문제에서 b 보다 관개의 문제에서 b 가 작기 때문에 일반적으로 관개를 위한 암거의 간격이 작게 된다. 시험포의 경우 최소간격 10m로 시공되었으나 투수계수 등을 고려하여 최적으로 설계되었다고 가정하여 역계산하면 투수계수가 $2.2 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ 인 조건에서 설계되었다고 볼 수 있다. 즉, 투수계수가 $2.2 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ 인 대상지에 100mm 암거를 심도 0.7m, 간격 10m로 매설하여 1일간 0.3m의 수위를 저하시키기 위한 배수시스템을 구축한 것으로 볼 수 있다. 전체 시험포에서 지하관개를 통해 지하수위를 0.3m로 유지하면서 0.45m이하로 지하수위가 내려가지 않는

조건($b=0.15m$)에 대하여 관개시스템을 구축한다고 하면, Ernst 방정식을 이용한 설계에서 암거의 간격은 5.2m 이하가 되어야 한다. 따라서 배수를 위한 설계로 시공된 시험포의 암거를 통해 지하관개를 수행하는 경우 목표하는 지하수위를 유지하지 못하게 된다.

또한 필요수량의 문제가 제기될 수 있을 것으로 판단된다. 스프링클러 등 지표관개를 수행하는 경우와 지하관개를 통한 필요수량을 비교할 필요가 있다.

일본 Foegas시스템 개발 보고서에 따르면 배수암거아래 토양층의 누수가 많으면 지하관개가 어렵다고 기술하고 있으며, 도입조건 검토를 위해 흙의 토양특성과 투수특성을 조사하기를 권하고 있다.

본 시험포의 경우는 배수암거 주변의 누수가 큰 것으로 판단되며, 배수암거를 통한 지하급수를 병행하고자 할 경우에는 지반에 대한 사전조사를 충분히 하여야 할 것으로 판단되었다.

제3장 범용농지 시험포 모니터링



제3장 범용농지 시험포 모니터링

3.1 시험포 개요

3.1.1 위치 및 조건

시험포는 [그림 3.1]과 같이 경북 상주시 함창읍 오사리 342번지에 위치하고 미사질 양토로 구성된 100m×40m 면적의 논이다.



[그림 3.1] 시험포 위치 및 주변환경

해당 필지는 두류(논콩)의 재배가 가능하고, 서류(감자, 고구마), 경엽채류, 양배추, 과채류(참외), 근채류(무, 당근)의 최적지, 인경채류(양파, 마늘)의 적지로 구분되어 작물에 대한 사계절 모니터링이 가능하고 관정 및 전기 사용이 가능한 시험포의 적지로 판단되었다. 하천과의 거리가 가깝고 당초 지하수위가 높은 곳이다. 시험포는 기본적으로 범용화를 위한 관개 및 배수 시스템을 적용한 구간과 무처리 구간으로 구분하여 [그림 3.2]와 같이 3개의 구역으로 조성되었다.

3.1.2 시험포 배수암거 및 모니터링 시스템 개요

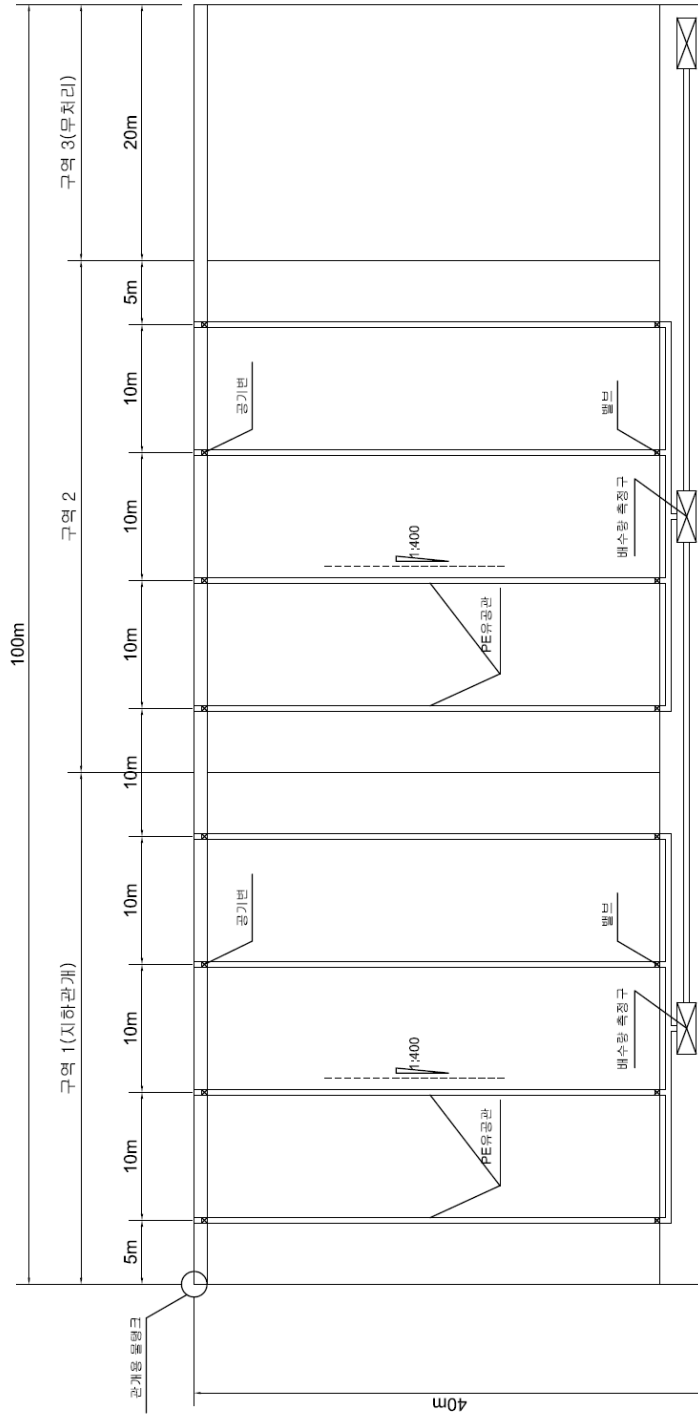
[그림 3.3]과 같이 시험포의 강우량을 측정할 수 있는 강우량계를 설치하고 각 구역의 중앙부에는 지하수위와 토양함수비 변화를 모니터링할 수 있도록 센서를 매설하였고 1, 2 구역에서 배수되는 배수량을 측정할 수 있도록 맨홀 내에 측정장치를 설치하였다. 시험포의 배수암거와 모니터링 시스템을 요약하면 [표 3.1] 및 [표 3.2]와 같다.

[표 3.1] 시험포 배수암거 개요

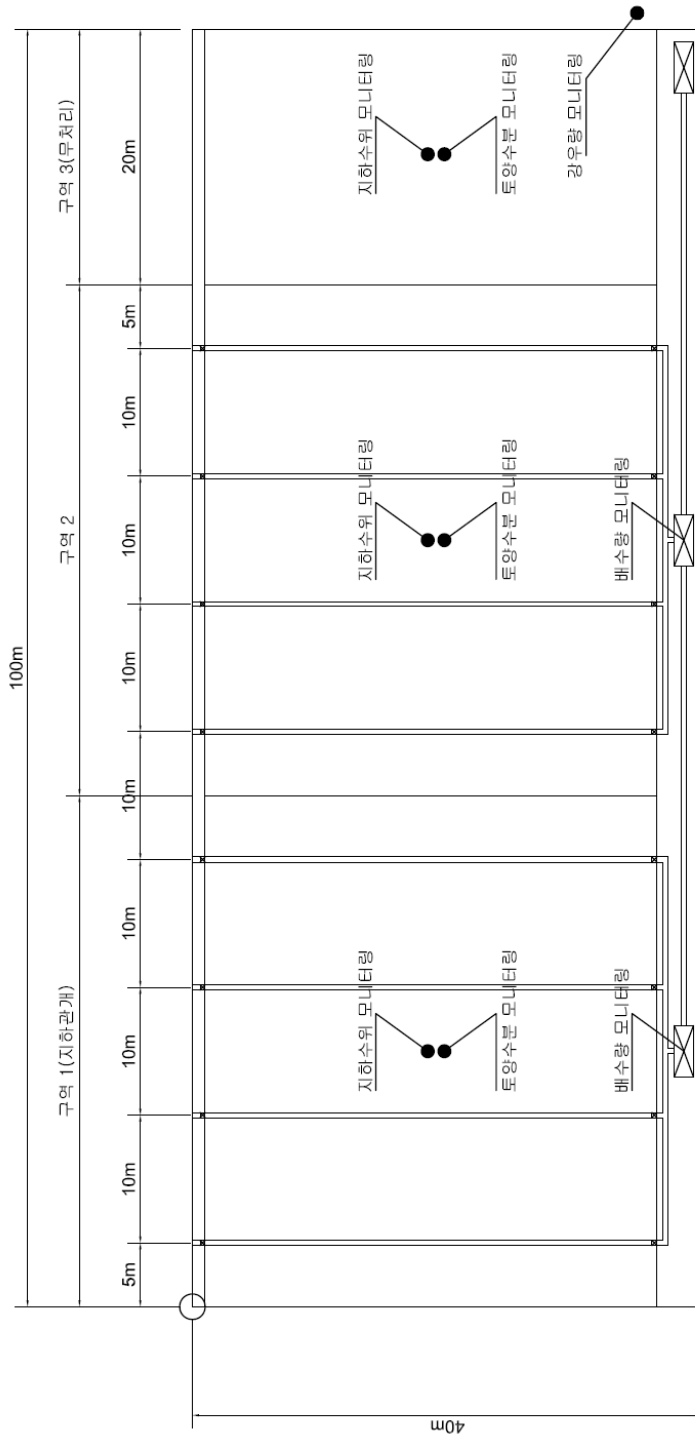
구역	폭	암거 간격	암거 심도	유공관 관경	암거 기울기
구역 1	40m	10m	0.7m	100mm	1/400
구역 2	40m	10m	0.7m	100mm	1/400
구역 3	20m	무처리			

[표 3.2] 시험포 모니터링 개요

항목	위치	측정장치	비고
강우량	시험포 외	강우량계	자동
지하수위	시험포 각 구역 중앙	지하수위계	자동
토양함수비	시험포 각 구역 중앙	FDR	자동
배수량	시험포 1, 2 구역 집수정	수동	수동



[그림 3.2] 시험포 평면 개요



[그림 3.3] 시험포 모니터링 개요

3.1.3 모니터링 장치 설치내역

가. 지하수위 모니터링

각 구역의 중앙에 지하수위 모니터링을 위해 8m 심도까지 천공하고 수위 관측공을 설치하였다([그림 3.4], [그림 3.5], [그림 3.6]).



[그림 3.4] 지하수위 관측공 천공



[그림 3.5] 지하수위 관측공 삽입



[그림 3.6] 지하수위 관측공 보호 및 수위계 설치

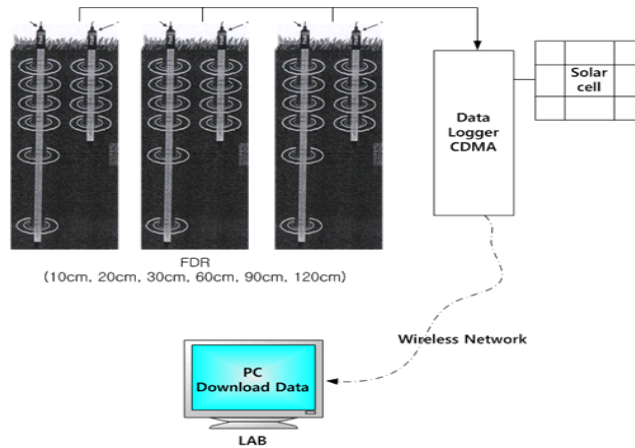
지하수위는 압력식 수위자동기록기(Water Level Recorder)를 이용한다. 직경 22mm, 길이 90mm의 센서로 수위 및 수온을 자동으로 기록할 수 있다([표 3.3]).

[표 3.3] 압력식 수위자동기록기 제원

 <p>압력식 수위자동 기록기</p>	측정범위	10m
	메모리	측정치 24,000개
	정밀도	0.05FS이하
	분해능	0.2cm
	재질	스테인레스
	전원	리튬전지(8년)

나. 토양습수비 모니터링

토양수분 장기 모니터링을 위해서는 현장에서 매번 데이터를 샘플링하는 방법 보다 자동 시스템을 구축하여 실시간으로 토양수분을 모니터링하고 확인할 수 있도록 계획하였다.



[그림 3.7] 토양수분 모니터링 시스템 구축(예)

토양수분은 Sentek (Australia)에서 개발한 EnviroSMART FDR (Frequency Domain Reflection)을 이용하였다(그림 3.7)]. FDR은 토양 및 수분변화에 따른 유전율 변화를 측정회로 내에 걸리는 주파수 세기 변화에 따라 콘덴서에서 정기용량(capacitance)변화 값을 전압차로 읽어 측정하며, 전기전도도(EC, Electronic Conductivity)나 유기물 함량의 영향을 받으나 비교적 오차 없이 토양수분 측정이 가능한 것으로 알려져 있다. 토양수분변화를 측정하기 위하여 시험포 내의 3개 구역의 중앙부에서 구역 별 3개 (20, 40, 60cm) 층에 센서를 설치하여 심도별 토양수분을 모니터링할 수 있도록 설치하였다([그림 3.8]).

FDR에서 측정한 토양수분 데이터는 일정 시간 간격으로 데이터기록기 (Data logger)에 저장되며 태양전지판(Solar Panel) 또는 배터리를 통하여 전력공급이 이루어지고, 토양수분 모니터링 데이터는 PC에서 다운로드 받을 수 있다.



(a) FDR 센서

(b) FDR 합체

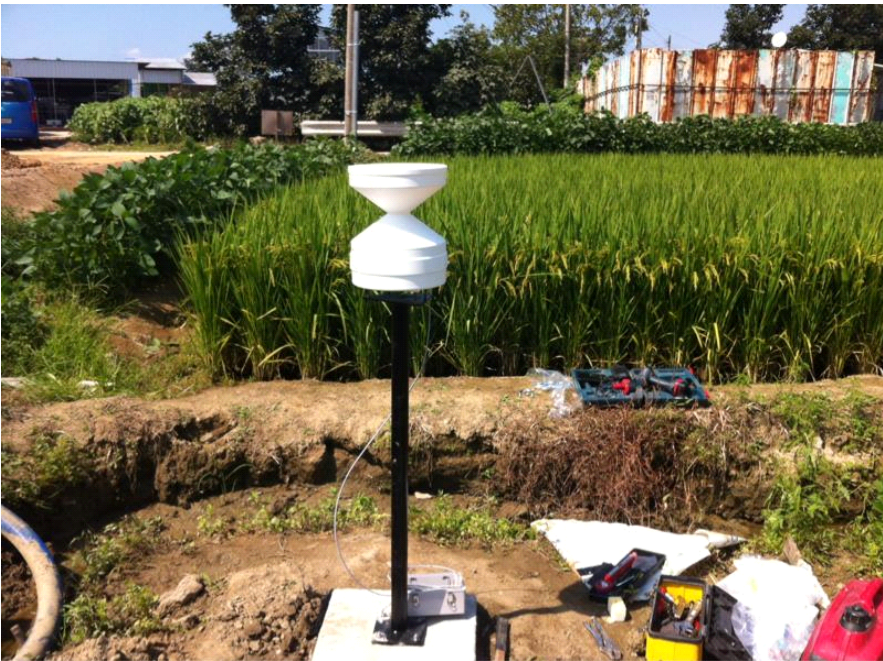
[그림 3.8] FDR 토양수분 모니터링 장비와 설치

다. 강수량 모니터링

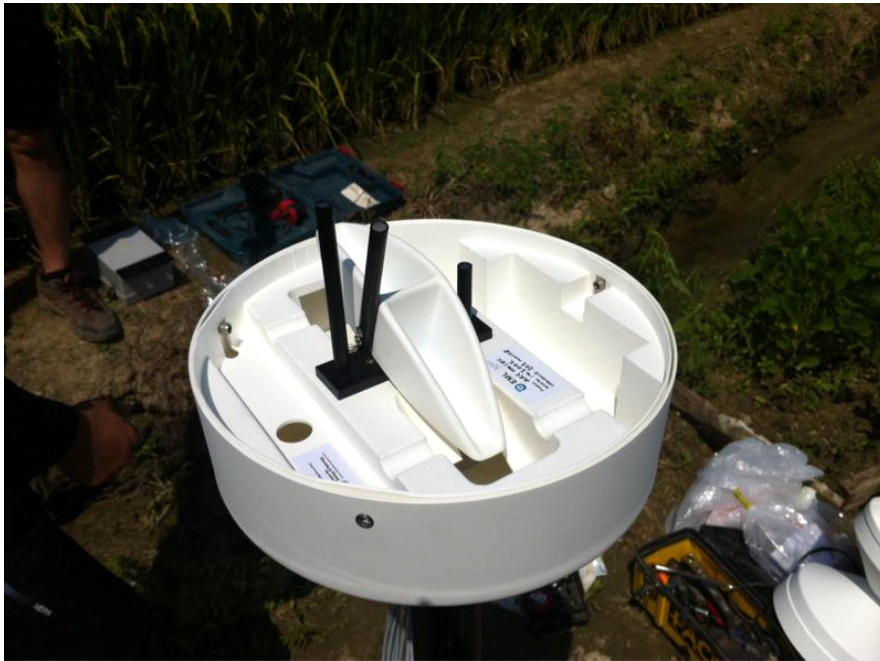
강수량은 tipping bucket원리의 센서로 펄스 신호로 출력되어 범용적으로 사용될 수 있는 강수량계를 선택하였다. 시험포의 배수로측 모퉁이에 [그림 3.9], [그림 3.10], [그림 3.11], [그림 3.12]와 같이 설치하였으며, 그 제원은 [표 3.4]와 같다.



[그림 3.9] 강우량계 기초 및 지주대 설치



[그림 3.10] 강우량계 수평확인 및 거치




[그림 3.11] 강우량계 내부 tipping bucket



[그림 3.12] 강우량계 Data logger 함체 설치

[표 3.4] 강우량계 재원

 <p>강우량계</p>	sensor output	1pulse/0.2mm rain
	size	254×340mm
	정밀도	±1%
	표면적	507cm ²
	재질	UV resistant 플라스틱
	이벤트로거	리튬배터리 내장형

라. 배수량 모니터링

구역 1과 구역 2에서 배수되는 수량은 집수정에서 [그림 3.13]과 같이 버킷을 설치하여 버킷을 채우는 시간을 측정하는 방식으로 계획하였다.



[그림 3.13] 배수량 측정장치

3.2 시험포 모니터링 결과

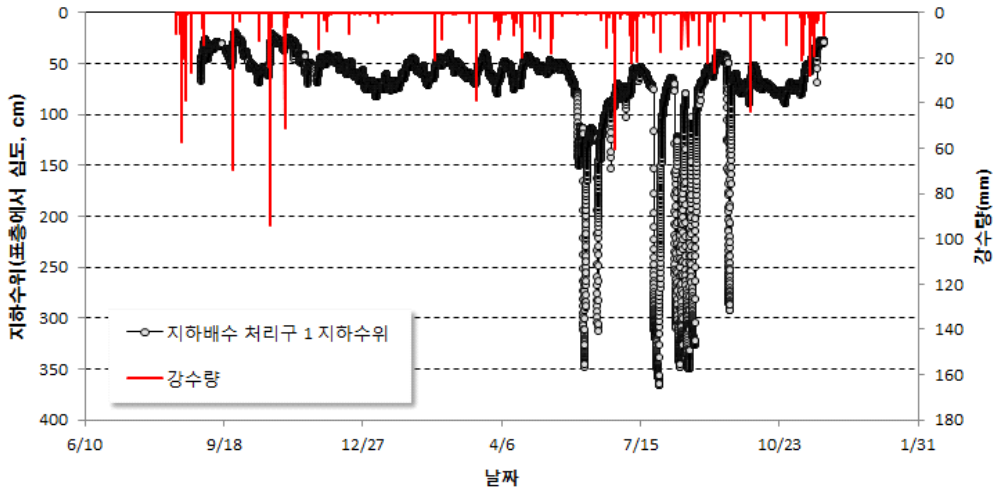
3.2.1 지하수위

가. 지하수위 변화

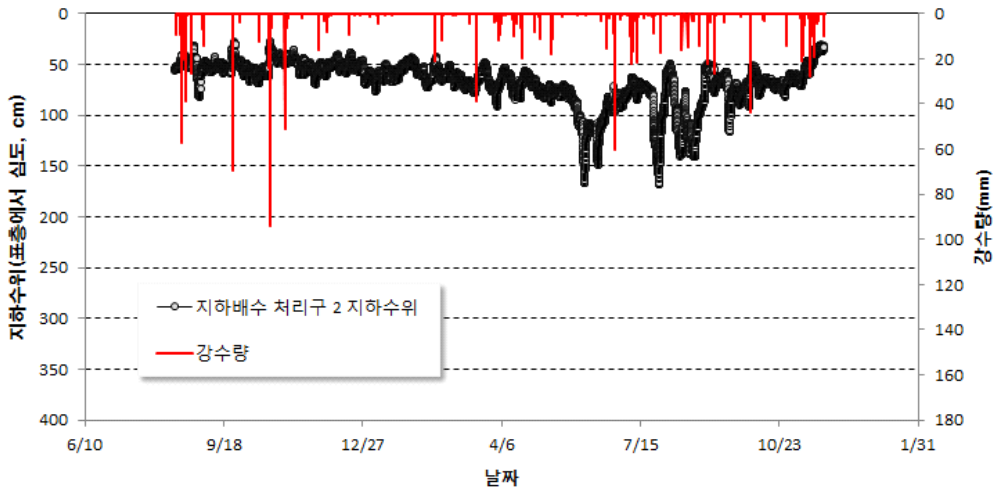
강우량과 함께 지하수위를 나타내면 [그림 3.14]~[그림 3.16]과 같다. [그림 3.17]에서 지하수위는 강우 시 상승하고 이후 하강하는 정상적인 경향을 보이고 있다. 단지 강우의 영향이 시험포 내에서 침투되는 강우의 영향뿐 아니라 주변의 지하수위 상승에 따른 영향이 더 클 것으로 보인다. 강우에 따른 지하수위의 상승과 하강이 가장 민감한 구역은 1구역으로 나타났다. 이는 인근 지역 및 용수로에 가장 인접하여 영향을 가장 크게 받기 때문으로 판단된다.

2014년 약 60cm에서 변동하고 있던 지하수위는 2015년 5월 이후 하강과 상승을 반복하고 있으며 변동폭이 매우 크다. 이는 구역 1 외곽의 지하관정에서 인근 논의 관개를 위해 양수를 반복적으로 수행한 결과로 판단된다. 양수에 의한 지하수위 하강은 구역 1, 구역 2, 구역 3의 순으로 영향을 미쳤으며 구역 1에서는 최대 3.5m 이하로 하강하였다([그림 3.18]).

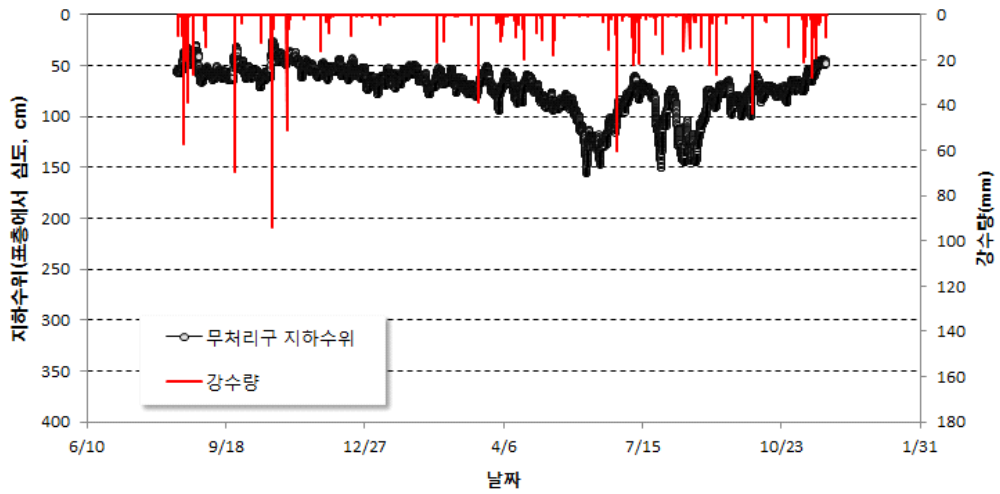
현재 지하수위는 11월의 강우량의 영향으로 예년 수준으로 회복하였으며 지하수위는 지표에서 최대 30cm심도 이상 상승하지 않는 것으로 나타났다. 실제 시험포 흡수거의 설계 시 연구의 일정상 충분한 설계과정을 거치지 못하고 [배수편]에 따른 최소 간격을 적용하였으나 지하수위는 지하배수 시설의 설치로 인해 적절히 조절되고 있는 것으로 판단된다.



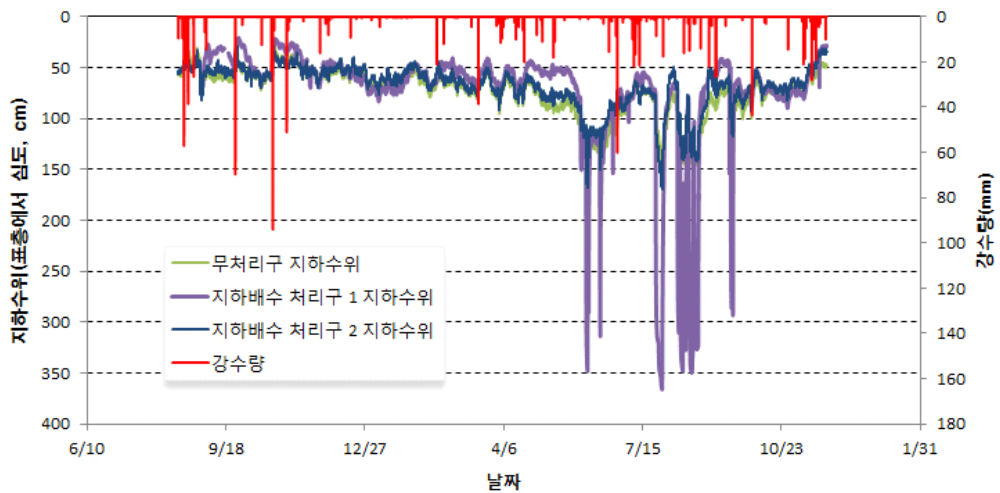
[그림 3.14] 강우에 따른 구역 1의 지하수위 변화



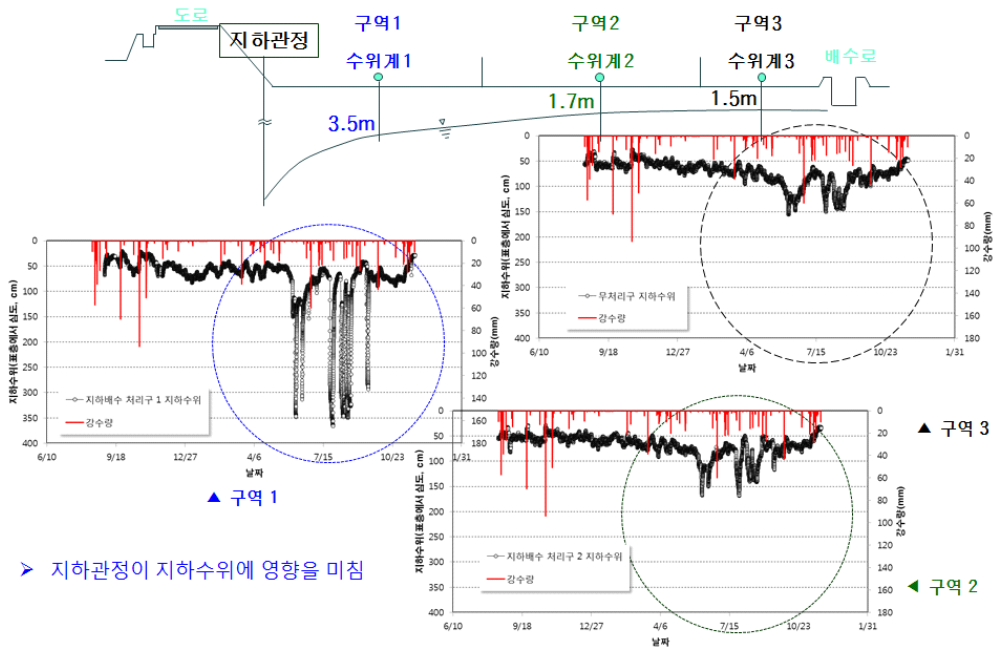
[그림 3.15] 강우에 따른 구역 2의 지하수위 변화



[그림 3.16] 강우에 따른 구역 3의 지하수위 변화



[그림 3.17] 강우에 따른 시험포 전체 지하수위 변화



[그림 3.18] 가뭄기 지하수위변화의 원인 분석

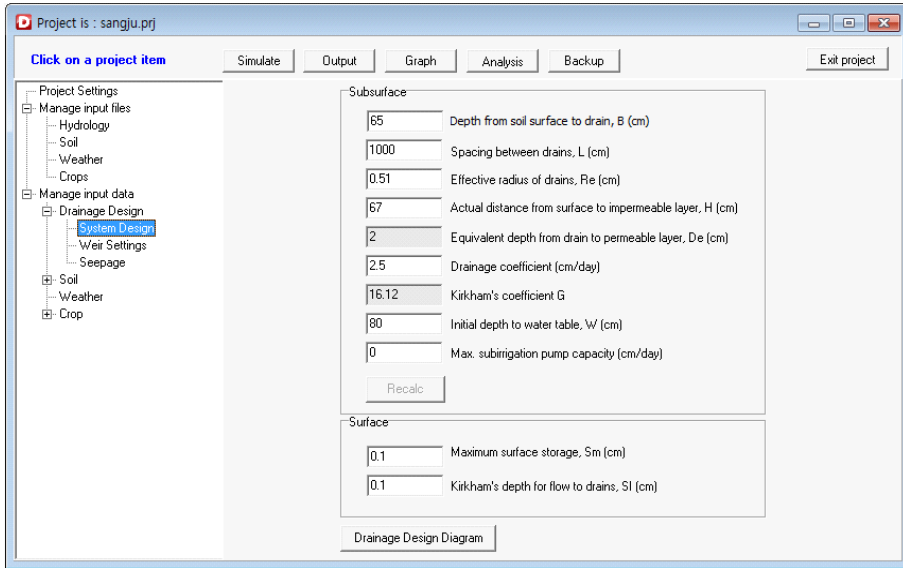
나. DRAINMOD 시뮬레이션 비교

DRAINMOD는 습지 등 배수가 불량한 토양의 수문 및 배수수질을 설명하기 위한 시뮬레이션 프로그램(Skaggs, 1978)이다. DRAINMOD는 다양한 해석이 가능하지만 본 과업에서는 지하수위의 변화에 대한 시뮬레이션 결과와 현장의 모니터링 결과를 비교하였다. 시험포의 규모가 상대적으로 작고, 시험포가 위치한 지구의 지하수위가 전반적으로 높아서 시험포의 지하수위는 강우뿐만 아니라 주변의 지하수위의 영향을 많이 받기 때문에 해석에서 모든 영향을 고려할 수 없다.

DRAINMOD해석에 필요한 데이터는 [그림 3.19]~[그림 3.25]와 같이 Soil data(수평투수계수, 함수특성곡선, Green-Ampt parameter 등), Weather data(시간강우 자료, 온도(일최고·최저기온), PET 등), Crop data(뿌리심도 등), 배수시스템의 설계인자(암거의 심도, 간격 용량 등)이다.

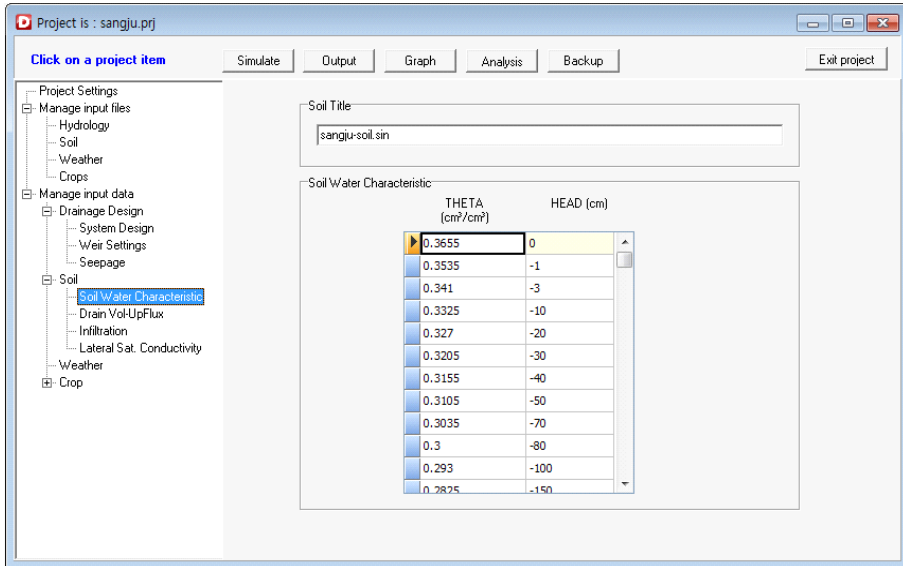
(1) 입력자료

○ System Design 입력자료

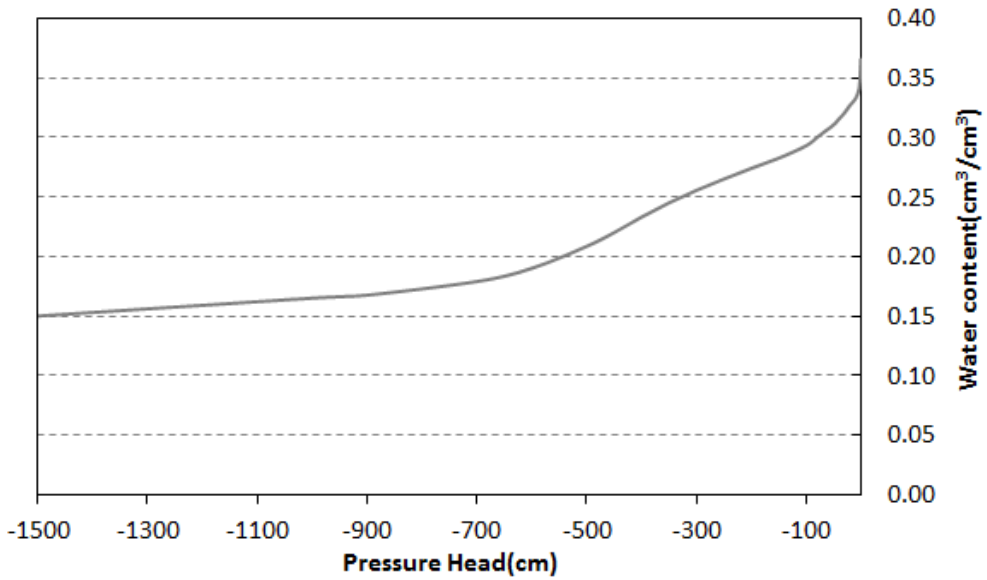


[그림 3.19] 시험포 입력자료(System Design)

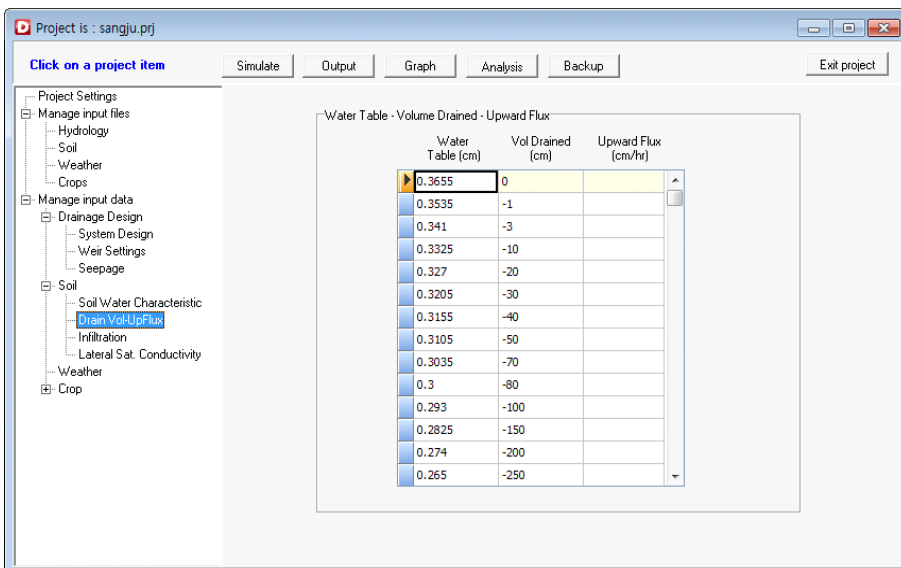
○ Soil Property



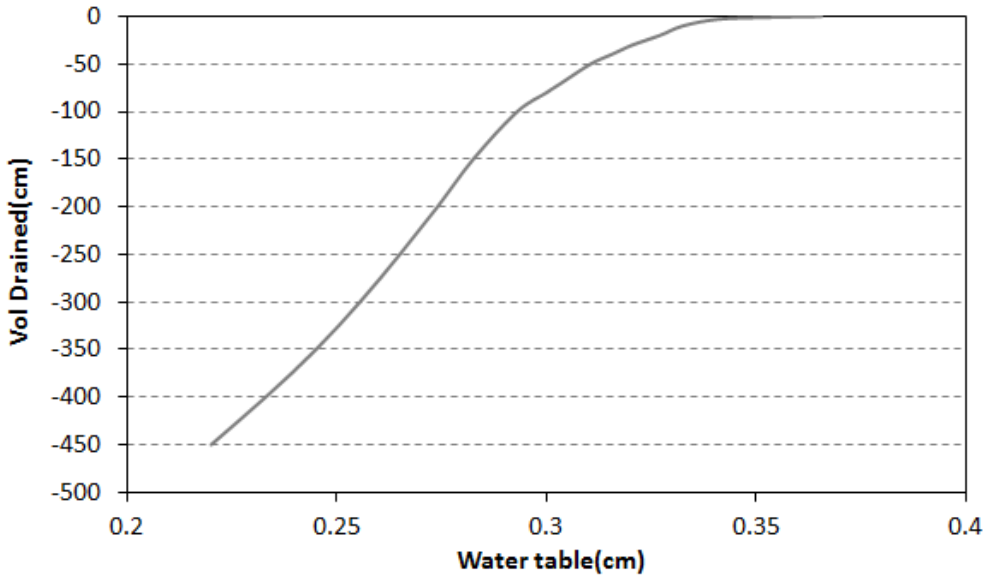
[그림 3.20] 시험포 입력자료(Soil Water Characteristic)



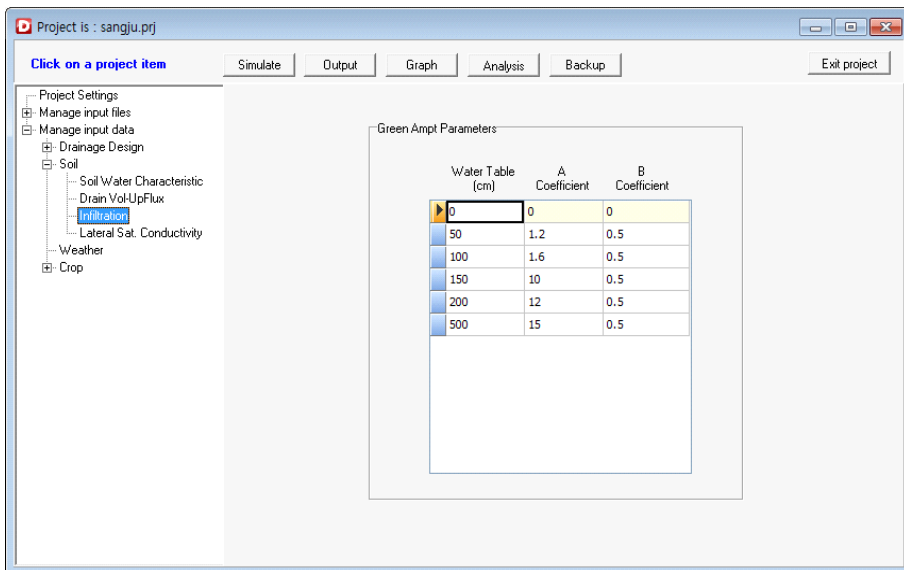
[그림 3.21] 시험포 Soil Water Characteristic 곡선(추정값)



[그림 3.22] 시험포 입력자료(Drain Vol-UpFlux)



[그림 3.23] 시험포 Drain Vol-UpFlux 곡선(추정값)



[그림 3.24] 시험포 입력자료(Infiltration)

○ Weather

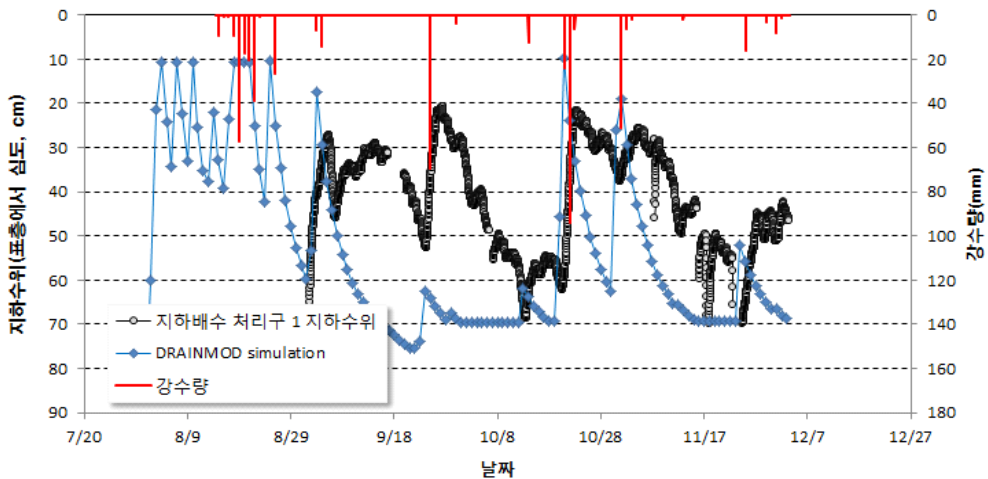
Weather 입력자료는 모니터링결과에서 측정 한 시험포의 강우량자료를 이용하였다. 강우량을 DRAINMOD 입력파일의 형태로 나타내면 [그림 3.25]와 같다.

파일(F)	편집(E)	서식(O)	보기(V)	도움말(H)													
1	2014	8	212	79	312	173	412	41	512	1	712	730812	41012	671312	81412	371612	2
1	2014	8	1712	371812	2241912	692012	812112	1522512	104								
1	2014	9	212	26	312	791812	12312	202412	2782912	20							
1	2014	10	1312	431612	12012	942112	3703112	201									
1	2014	11	112	241212	82412	63											
1	2014	12	112	6													

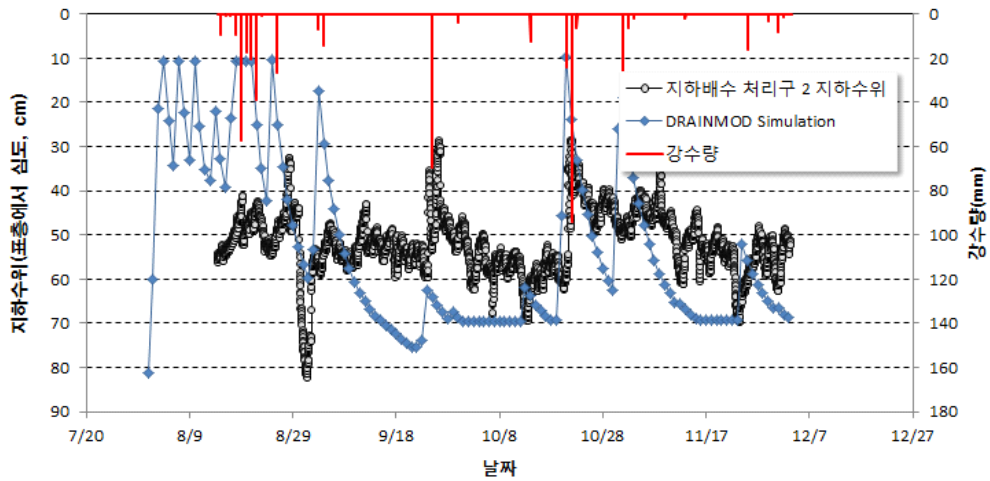
[그림 3.25] 시험포 입력자료(Weather-rain)

(2) 시험포 해석결과

[그림 3.26]과 [그림 3.27]은 시험포에 대한 지하수위 시뮬레이션 결과와 모니터링 결과를 함께 나타낸 것이다. 2015년의 경우 지속적인 가뭄으로 인해 흡수거를 통한 배수를 지속적으로 수행하지 않은 관계로 분석에서 제외하였다.



[그림 3.26] 구역 1의 지하수위 DRAINMOD Simulation 결과



[그림 3.27] 구역 2의 지하수위 DRAINMOD Simulation 결과

[그림 3.27]에서 보듯이 DRAINMOD에 의한 시뮬레이션 결과는 강우에 의한 지하수위의 상승과 하강의 폭이 모니터링 결과보다 크고 강우 이후에는 흡수거 단면의 하단위치에서 지하수위가 평형을 이루는 것을 볼 수 있다. 시뮬레이션 결과는 주변 지하수위의 영향을 고려하지 못하는 것이므로 흡수거 설치에 따른 이상적인 결과를 보여준다. 시험포 모니터링 결과는 이와 달리 지하수위의 상승과 하강의 폭이 작고 주변 지하수위의 영향으로 흡수거까지 지하수위가 하강하는 빈도가 매우 작은 것을 알 수 있다.

그러나 지하수위는 20cm 이하에서 유지가 되고 있는 것으로 나타났다. 특히 시험포의 중앙부인 구역 2의 경우는 일 강수량 60mm의 경우에 지하수위가 30cm 까지 상승하지만 이후 2-3일 이내에 40cm 이하로 하강하고 있다. 시험포의 경우 상시 지하수위가 높은 지역에 위치하고, 시험포의 규모도 상대적으로 작기 때문에 주변 지하수위의 영향을 많이 받아 흡수거 설치에 따른 지하수위의 조절이 용이하지 않을 것으로 판단하였으나, 실제로 이러한 영향에도 불구하고 지하수위는 적절한 수준에서 조절되고 있는 것으로 판단된다.

3.2.2 토양수분

가. 토양수분 변화

본 시험포에 설치한 FDR 센서는 토양의 수분함량을 체적함수비로 측정한다. 따라서 포화 시 체적함수비를 산정할 필요가 있다.

시험포 토양에서 심도별로 샘플러를 이용하여 시료를 채취하고 각 시료에 대한 현장단위중량과 비중을 확인하여 포화 시 체적함수비를 구했다. 우선 채취한 시료를 건조시킨 뒤 구한 건조단위중량을 이용하여 각 시료에 대한 간극비를 구하게 된다.

$$\gamma_d = \frac{G_s}{1+e} \gamma_w \quad e = \frac{G_s}{\gamma_d} \gamma_w - 1 \quad (3.1)$$

함수비는 크게 중량함수비와 체적함수비로 나타낼 수 있다. 중량함수비는 흙 속의 흙 입자 무게에 대한 물 무게의 비이며 체적함수비는 흙의 전체 부피에 대한 물의 부피가 차지하는 정도를 백분율로 나타낸 값이다.

$$w = \frac{W_{water}}{W_{soil}} \quad \theta = \frac{V_{water}}{V} \quad (3.2)$$

위 두 식을 이용하여 흙의 간극비와 비중을 이용하여 부피와 중량의 관계를 연결하면 아래와 같이 체적함수비에 관한 식을 얻을 수 있다.

$$\theta = \frac{G_s}{1+e} w \quad (3.3)$$

이 때 함수비, 포화도 및 간극비 사이에는 다음과 같은 관계가 있다.

$$w = \frac{W_w}{W_s} = \frac{\rho_w V_w}{\rho_w G_s V_s} = \frac{\rho_w S V_v}{\rho_w G_s V_s} = \frac{S e}{G_s} \quad (3.4)$$

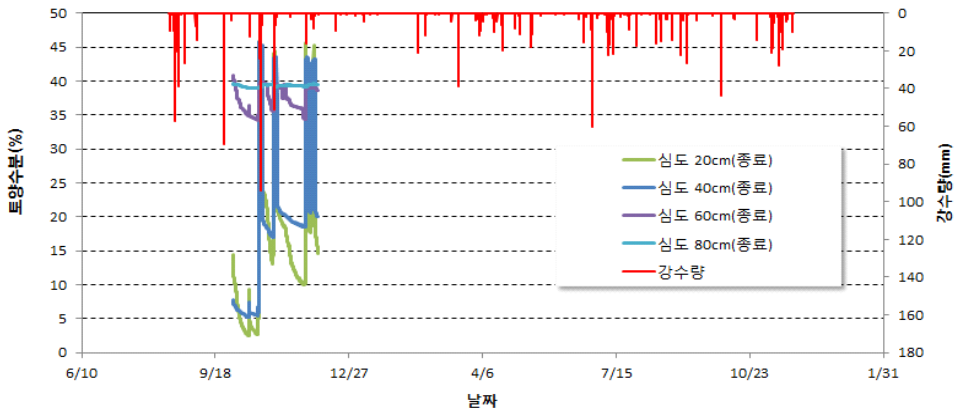
$$G_s w = S e \tag{3.5}$$

식 (3.5)을 이용하여 S (포화도)가 100%일 때 즉 포화 시 중량함수비를 구한 후 식 (3.3)에 대입하여 각 시료에 대해 포화 시 체적함수비를 구하면 [표 3.5]와 같다.

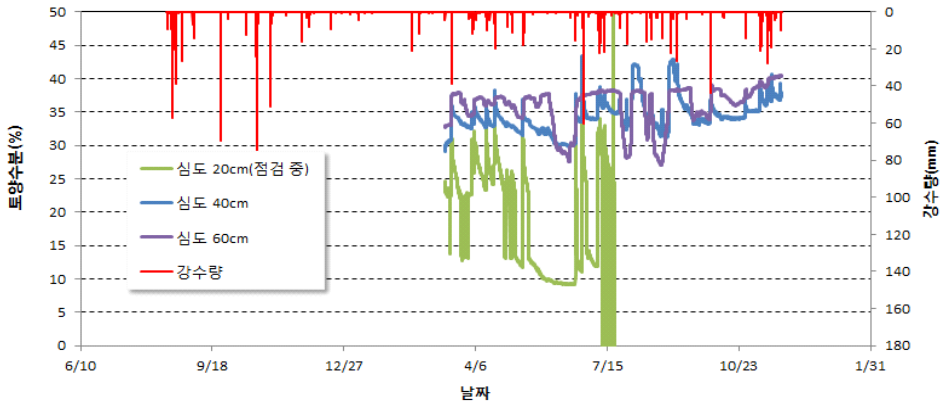
[표 3.5] 포화 시 체적 함수비

비중 (G_s)	토심(cm)	포화시 중량함수비 (ω , %)	건조단위중량 (t/m^3)	간극비(e)	포화시 체적함수비 (θ , %)
2.63	50	24.80	1.59	0.65	39.43
	100	26.84	1.54	0.70	41.33
	150	24.02	1.61	0.63	38.67
	평균	25.20	1.58	0.66	39.81

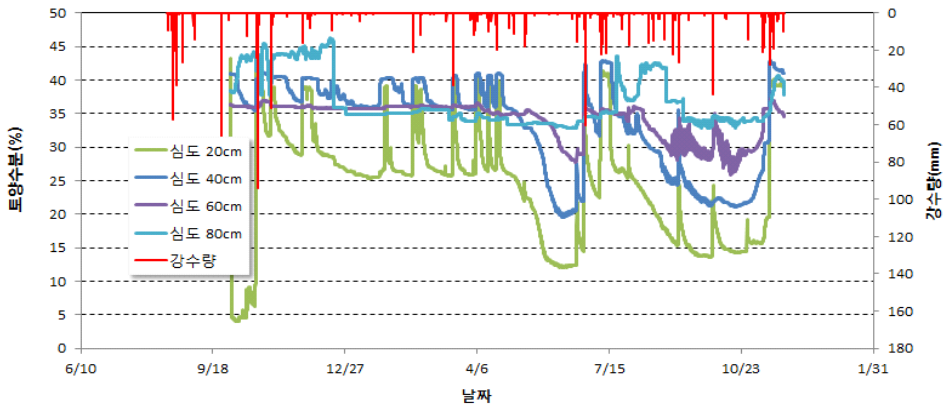
시험포 내의 토질 특성이 위치와 심도에 따라 조금씩 다를 수 있으나, 체적함수비 약 40%이상은 포화상태, 즉 지하수위 이하의 상태로 판단할 수 있다.



[그림 3.28] 강우에 따른 구역 1의 토양함수비 변화



[그림 3.29] 강우에 따른 구역 2의 토양함수비 변화



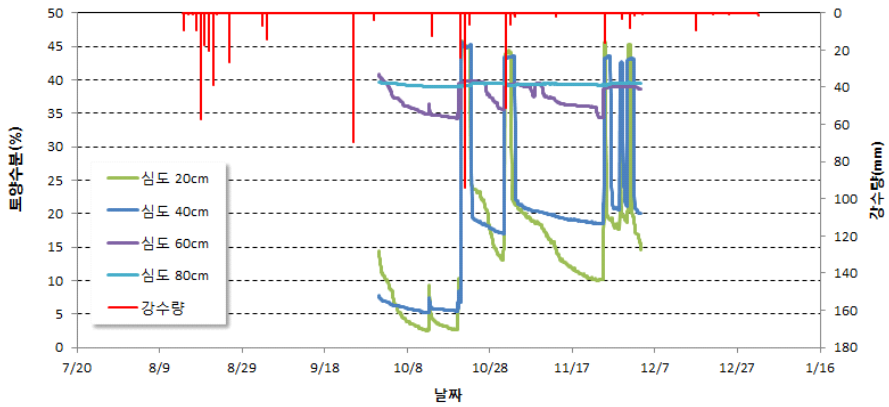
[그림 3.30] 강우에 따른 구역 3의 토양함수비 변화

강우량과 함께 심도별 토양함수비를 나타내면 [그림 3.28]~[그림 3.30]과 같다. 본 연구의 시험포에서 토양의 포화체적함수비는 평균 약 40%이고, 심도별로 38%에서 42% 사이로 나타났다. 지하배수 암거를 매설하지 않은 구역 3의 경우는 심도 40, 60, 80cm에서 강우에 따른 침투와 지하수위 상승의 영향으로 포화함수비를 넘거나 근접하는 경우가 많이 발생하는 것으로 나타났다. 그러나 지하배수 암거를 매설한 구역 2의 경우 이러한 빈도가 상대적으로 작은 것으로 나타났으며, 포화상태로 지속되는 시간도 상대적으로 짧은 것으로 나타나, 지하배수 암거의 효과가 발생한 것으로 판단된다.

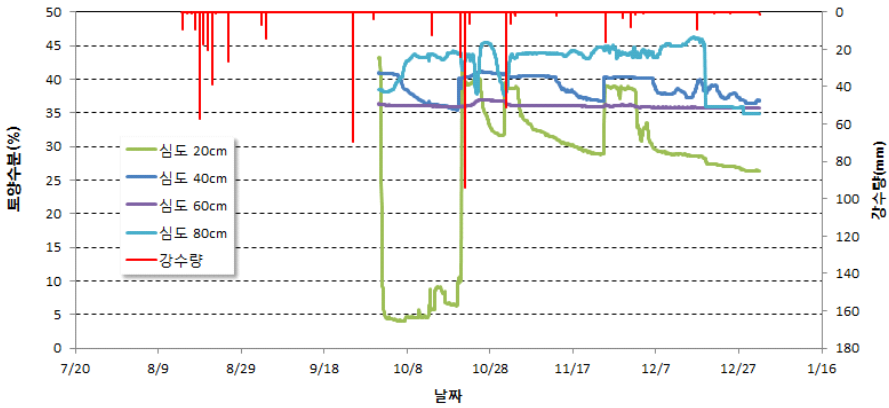
2015년의 경우 전반적인 가뭄으로 인해 시험포에서 배수암거를 통한 지하배수를 실시하지 않은 경우가 많아서 2014년의 자료를 이용하여 배수암거의 효과에 대하여 검토하였다.

나. 암거배수의 효과

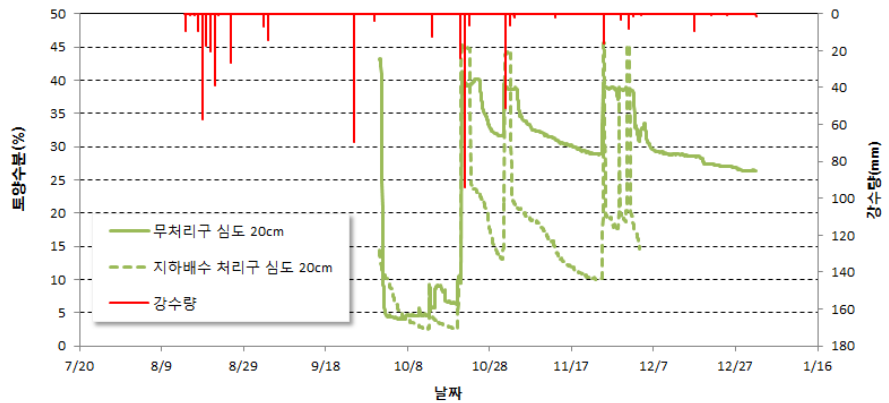
지하암거를 통한 지하배수를 지속적으로 수행한 2014년의 토양함수비 변화는 [그림 3.31] 및 [그림 3.32]와 같다. 전체적으로 강우에 의한 토양함수비의 상승과 이후 하강의 패턴으로 나타나고 있으며, 완전포화된 상태로 보이는 45%와 5%의 범위에서 거동을 보이고 있다. 심도 80cm의 경우에는 구역 1과 2 모두에서 상시적으로 포화상태에 가까운 것으로 나타났으며 심도 60cm의 경우는 습윤상태로 35%정도의 함수비에서 거동을 보이고 있다. 작물 뿌리의 생육에 가장 큰 영향을 미칠 것으로 보이는 심도 20cm와 40cm의 경우를 분리하여 거동을 나타내면 [그림 3.33] 및 [그림 3.34]와 같다.



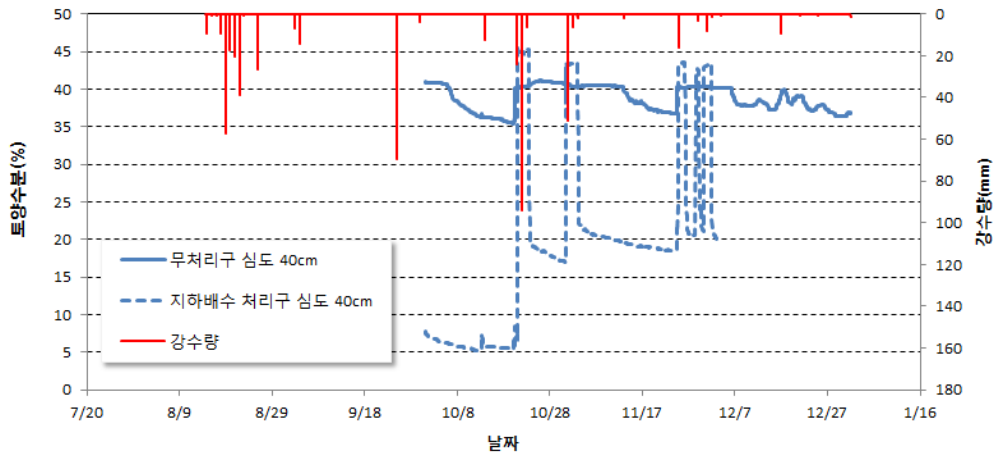
[그림 3.31] 강우에 따른 구역 1의 토양함수비 변화(2014년)



[그림 3.32] 강우에 따른 구역 3의 토양함수비 변화(2014년)



[그림 3.33] 심도 20cm에서 구역 1과 3의 토양함수비 변화(2014년)



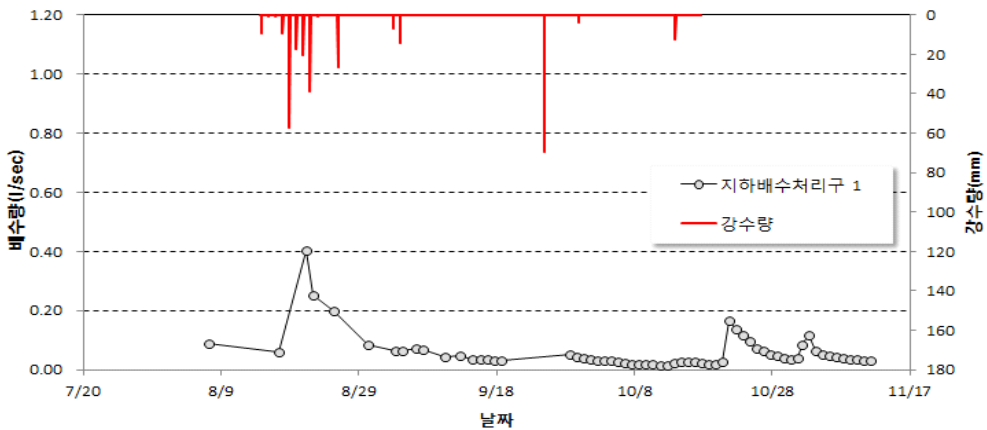
[그림 3.34] 심도 40cm에서 구역 1과 3의 토양함수비 변화(2014년)

[그림 3.33]에서 보듯이 지하배수암거를 설치하지 않은 무처리구(구역 3)의 심도 20cm에서는 무강우 기간에 약 5%의 함수비까지 낮아지고 강우가 발생하면 포화함수비인 약 40%까지 상승하는 것으로 나타났다. 또한 무처리구에서는 상승한 함수비가 약 30%까지 낮아지고 유지되는 경향이 있어 비교적 높은 함수비상태를 유지하고 있다. 그러나 지하배수암거를 설치한 구역 1의 심도 20cm에서는 무강우 기간에 약 5%의 함수비까지 낮아지고 강우가 발생하면 포화함수비까지 함수비가 상승하는 경향은 동일하지만 이후 함수비는 급격히 낮아지는 것을 볼 수 있다. 이러한 경향은 심도 40cm에서도 동일하게 나타난다. 무처리구의 심도 40cm에서는 강우에 의한 영향을 받기는 하지만 대략 35%~40%의 높은 함수비상태를 유지하는 반면 지하배수암거를 설치한 구역 1에서는 강우에 의해 함수비는 상승하지만 암거를 통한 배수의 효과로 인해 토양함수비는 약 20%정도까지 낮아지는 것을 볼 수 있다.

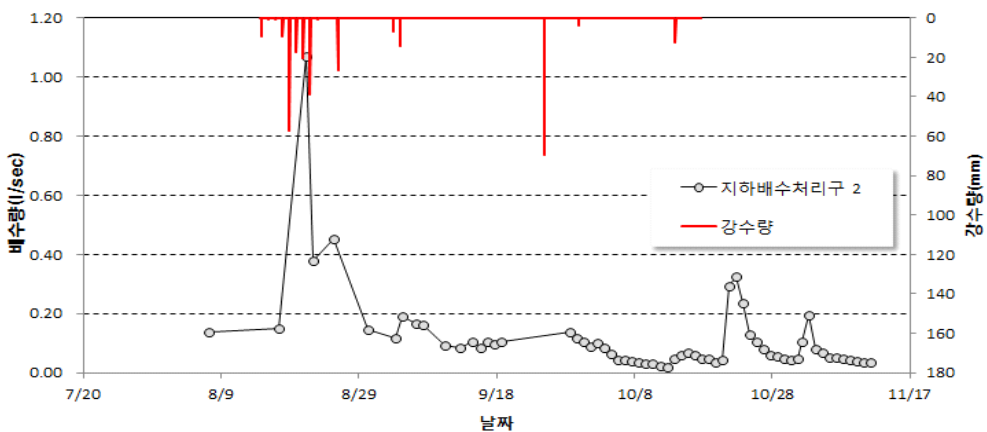
이상의 결과로 보아 지하배수암거는 지하수위의 조절과 함께 근근역의 토양함수비 조절에도 효과가 있는 것으로 판단되며 적절한 함수비 조절을 위한 방안이 필요할 것으로 판단된다.

3.2.3 배수량

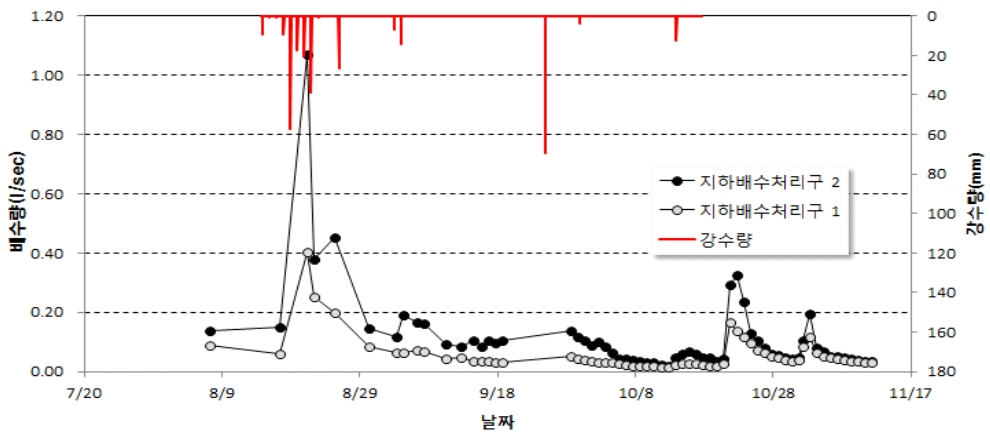
배수암거가 설치된 구역 1과 구역 2에 배수량은 [그림 3.35] ~ [그림 3.37]과 같다. 강우 이후에 배수량이 증가하고 이후 감소하는 정상적인 거동을 보이고 있다. 단지 시험포의 지하수위가 높아 지속적으로 일정량의 배수량이 발생하고 있다. 배수량은 2014년까지 측정하였고, 2015년은 가뭄으로 인해 시험포 운영상 지속적인 배수를 수행하지 않았으나 [그림 3.38]과 같이 흡수거 내에 토사퇴적 등의 문제는 발생하지 않았고 원활한 배수 성능을 유지하고 있는 것으로 나타났다.



[그림 3.35] 강우에 따른 구역 1의 배수량 변화



[그림 3.36] 강우에 따른 구역 2의 배수량 변화



[그림 3.37] 강우에 따른 시험포 전체 배수량 변화



[그림 3.38] 흡수거 내부 상태

3.3 증수효과분석

3.3.1 봄 감자재배

시험포 작물재배는 2014년 가을 콩재배에 이어 2번째 작물로 봄 감자 수미를 금년 2월에 식재하였다. 3.2절 시험포의 지하수위 모니터링결과에서 알 수 있듯이 5월부터 가뭄이 시작되어 9월까지 이어진다. 수압을 잠귀 지하배수를 차단하고 가뭄을 극복하는 기간이었다. 6월16일 감자를 수확하고 [표 3.6]과 같이 구역별 감자 수확량을 분석하였다. 대조구인 구역3에서 수확량이 가장 높게 나타났는데 이는 가뭄기에 지하배수를 진행하고 너무 늦은 시점에 수압을 잠귀야 한다는 것을 깨닫는 바람에 구역2와 구역1은 구역3에 비해 상대적으로 가뭄해를 크게 받는 것으로 나타났다. 또 하나의 원인은 가뭄기에 구역1의 경계에 설치된 관정에서 인근 농경지의 수도작 급수를 위해 지하수를 펌핑함에 따라 [그림 3.18]의 분석결과에 나타난 것처럼 최대 지하 3.5m까지 지하수위가 낮아지는 상황이 모니터링되었다. 즉, 구역1과 구역2에서 구역3보다 가뭄해를 크게 받는 상황이 발생된 것으로 조사되었다. 38년 주기와, 128년 주기가 겹쳤다는 유래없는 극심한 가뭄기에 감자를 수확하면서 관찰된 특이한 상황은 [그림 3.40]와 같이 가뭄에 의해 점토가 많은 단단하게 굳은 논토양 내에서 어렵게 성장하여 둥글지 못한 감자의 성장상태와 수확기 굳어 덩이진 논토양의 특성을 관찰할 수 있었다. 이는 예측하지 못한 시험포 인근의 관정의 영향과 적절한 수압 개폐조절의 시스템 부재에서 발생된 범용화논에서 가뭄기 서류(薯類) 작물의 성장특성으로 판단되었다.

[표 3.6] 구간별 수확량 비교

구 분	알 수(개/m ²)	수 량(kg/10a)	지 수(%)
대조구(Z3)	21	2,190	100
표면(Z2)	24	1,760	80
지하(Z1)	21	1,910	87



(a) 발아(3월)



(b) 활착(4월)



(c) 주변 논 이양완료(5월)



(d) 수확(6월)

[그림 3.39] 감자 재배 모니터링



(a) 일반 수미감자



(b) 시험포 수미감자



(c) 수확 후 덩이진 흙

[그림 3.40] 가뭄기 감자 재배에 따른 시험포 특성



[그림 3.41] 감자수확



[그림 3.42] 구간별 수확량 비교

3.3.2 콩 재배

감자 수확 후 [그림 3.43]과 같이 대원 콩을 파종하였다. 11월 수확 후 겨울양파 파종을 목표로 다소 이른 감이 있지만 6월말 파종을 단행하였다. 여름 가뭄을 극복하고 10월말 결실을 맺어 [표 3.7]과 같이 수확하였다. 11월 양파를 파종하기 위해 완숙기보다 약간 일찍 수확을 하였다 ([그림 3.44]).

[표 3.7] 콩 수확량 비교

구 분	'14년(해품)	'15년(대원)	지 수(%)
평균수확량 (kg/10a)	267.5	289.1	108



(a) 콩 발아(6월말)



(b) 활착(7월)

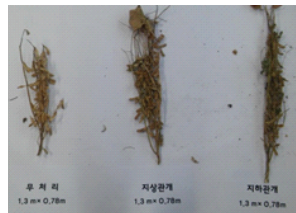


(c) 개화(8월말)

[그림 3.43] 콩 대원 모니터링



(a) 콩 수확(10월말)



(b) 경장 비교(10월)



(c) 수량 측정

[그림 3.44] 콩 대원 수확량 측정

3.3.3 양파 재배

2014년 시험포 공사 지연에 따른 콩 파종과 수확이 늦어져 동절기 토양이 얼어 양파 파종에 실패한 경험을 토대로 작물의 재배시기를 조절하여 11월 초 [그림 3.45]와 같이 양파 파종을 실시하였다. 여름 가뭄기와 달리 11월에는 우기가 많아 지하배수를 실시하고 있으며, 동절기의 범용화 시험포에서의 작물성장에 대한 자료를 획득할 수 있을 것으로 기대하고 있다.



(a) 양파 이앙(11월)



(b) 동절기 시험포 전경

[그림 3.45] 양파 모니터링

제4장 설계·시공·유지관리 지침



제4장 설계·시공·유지관리 지침

4.1 개요

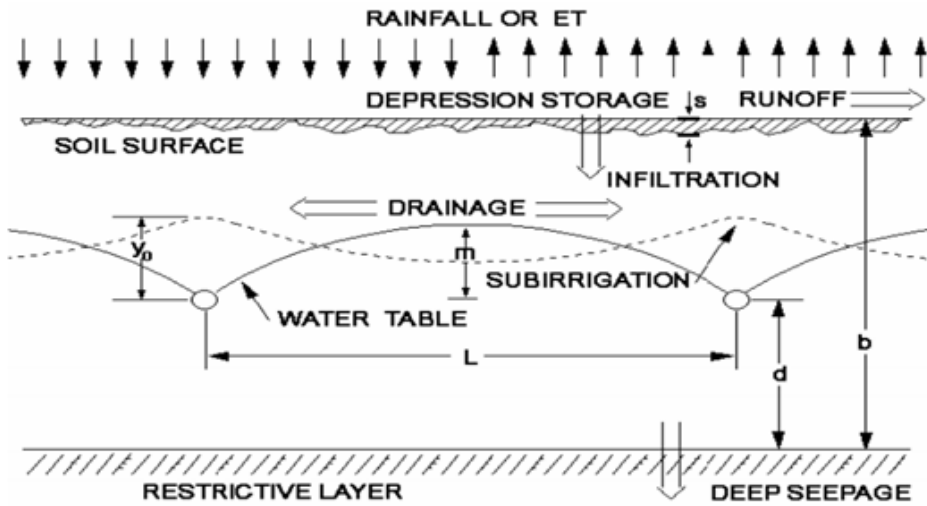
본 연구에서 개발하고 있는 범용농지 기술은 지역여건에 부합한 관개배수 기술 개발과 포장정비 기술을 확보하기 위한 것으로 현장조사, 지표 및 지하배수 설계, 전담운환을 위한 설비기술 등을 포함하고 있다. 따라서 기존의 [농업생산기반정비사업계획설계기준]을 이용하여 조사·설계·시공 및 유지관리를 수행할 수 있으나 범용농지에 대한 실무자 편의를 고려한 최적화된 지침을 작성하고자 하였다.

4.2 범용농지 설계기법 분석

4.2.1 범용농지 설계 개요

범용농지의 설계는 [농업생산기반정비사업계획설계기준(배수편)](이하 배수편)에서 다루는 조사, 지표배수 계획, 지하배수 계획, 배수시설의 유지관리 및 운영계획 등을 모두 포함하는 개념이다. 범용농지의 대상지구가 현재 어떤 조건인지 등에 따라 각 대상지구에 포함되어야 할 설계내용은 많이 다를 수 있다. 본 장에서는 범용농지의 설계 중에서 지하배수 설계에 암거의 매설깊이, 암거의 매설간격, 암거의 관경 및 기울기 등의 설계에 대하여 다룬다.

지하관개 및 지하배수의 설계는 기본적으로 지표에서 유출·유입되는 수량(Rain fall, evapotranspiration)과 지하시설을 통한 유출·유입되는 수량(Irrigation, Drainage)과의 관계에서 적정한 지하수위 또는 토양함수량을 확보하기 위한 지하시설의 심도와 간격을 결정하는 문제로 요약할 수 있다.



[그림 4.1] 지하관개 및 지하배수 개요

이러한 설계에서 가장 중요한 부분이 작물에 적용되는 허용침수시간과 최적의 토양함수량이지만 논·밭 전환을 목적으로 하는 범용화 설계에 적합한 기준은 정립되지 않았으며, 밭작물 별 허용 범위도 다양하기 때문에 특정의 기준을 제시하기에는 어려움이 있을 수 있다. 여기에서는 지하수위를 기본으로 한 배수시설의 심도와 간격을 결정하기 위한 기본적인 설계기법을 정리하고 각 설계기법에서 요구하는 설계인자에 대하여 검토한다.

4.2.2 암거의 매설깊이

「배수편」에서 요약하는 암거의 매설깊이는 다음과 같다.

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.

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 4.1] 암거배수 기준치

작 기 배 수 요 인	담 수 기 (수 도)	비 담 수 기 (답 리 작)
· 감 수 심	10~15mm/일	-
· 삼투속도	5~10mm/일	-
· 토양투수계수	10~5cm/s	10~4cm/s
· 지표잔류수 허용일수	물때기후 3~5일	강우후 1~2일
· 강우후 5일째	-	pF 2.5
- 20cm층위 토양수분	-	지표하 50cm
- 계획지하수위	-	

여유심

여유심(a)은 배수로의 심도, 지하수위의 하강속진과 배수개선에 따른 지반의 수축침하, 영농기계의 주행하중 및 동결 등에 대한 암거 보호를 위한 것으로 대략 $(a) = 20\text{cm} \sim 50\text{cm}$ 로 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 암거 매설깊이에서 토층의 투수

성이 좋아야 하는 것이 필요조건이다. 그리고 한냉지에서는 지반의 동결심보다 암거 매설깊이가 깊어야 한다.

경지의 동결심은 토양의 성질, 토양수분함량에 따라 다르므로 유사지구의 조사자료 등에 의해서 결정한다.

동결심의 최대치는 다음 식으로 구할 수 있다.

$$Z = 2.94\sqrt{\Omega}$$

여기서,

Z : 동결심 (cm)

$\Omega (= \theta \cdot t)$: 동결지수이며 0°C 이하의 월평균기온(θ : °C)과 그 연속일수(t : day)와의 곱이다.

[표 4.2] 동결심 계산 예(삼교천 1953년~1972년 평균)

월	11	12	1	2	3	4	계(Ω)
평균기온 °C	+6.3	-0.9	-4.3	-1.7	+3.8	+11.3	
일 수	30	31	31	28	31	30	
$\theta \cdot t$ (°C · day)	-	27.9	133.3	47.6	-	-	208.8
동 결 심	$Z = 2.94\sqrt{\Omega} = 2.94\sqrt{208.8} = 42.5 \text{ cm}$						

암거의 매설깊이 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.

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 증가 등의 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.

해외에서 일반적으로 토양특성과 매설장비의 능력을 고려하여 제시하고 있는(Madramootoo, 1999) 암거의 간격과 깊이는 다음 표와 같다.

[표 4.3] 파이프암거의 일반적인 매설깊이와 간격

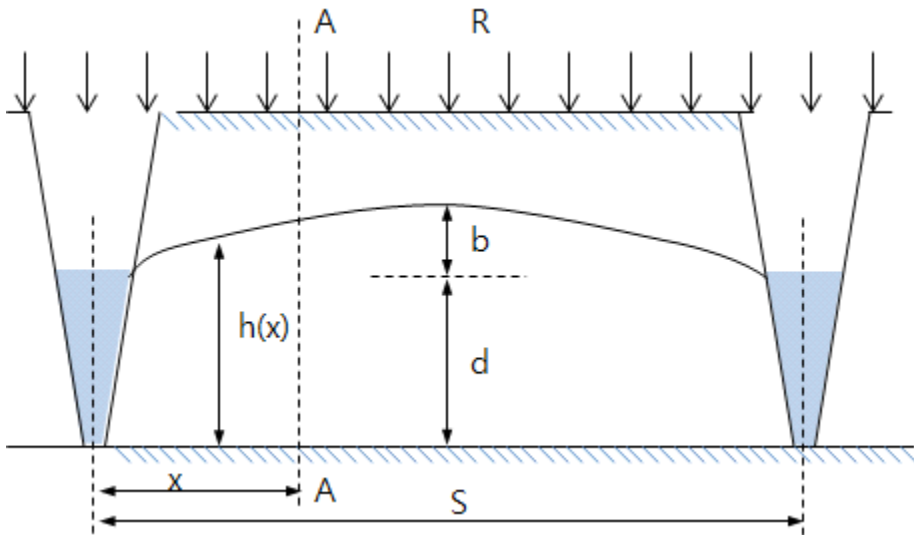
Soil	Hydraulic Class	Conductivity (mm/hr)	Spacing (m)	Depth (m)
Clay	Very slow	0.5-1	3-6	0.9-1.1
Clay Loam	Slow	1-5	5-10	0.9-1.1
Loam	Mod.slow	5-20	10-25	1.1-1.2
Fine, sandy Loam	Moderate	20-65	25-50	1.2-1.4
Sandy loam	Mod.rapid	65-130	50-70	1.2-1.5
Peat and muck	Rapid	130-250	70-100	1.2-1.5

4.2.3 암거의 매설간격

암거의 매설깊이가 목표 지하수위 및 작업의 효율성 등에 의해 결정되는 것과 달리 암거의 매설간격을 결정하기 위해서는 비교적 많은 설계인자를 이용한 계산이 필요하다. 지하수위 조절을 위한 암거의 매설간격을 계산하기 위한 방법은 크게 정류(Steady-state method) 방정식(Hooghoudt, Kirkham equation)과 부정류(Transient method) 방정식(Schilfgaard, Kirkham equation)으로 구분할 수 있다.

가. 정류방정식

다음 그림에서 나타내는 단면 A-A에서 일정한 강우량 R 에 대해서 지하수위 B 를 유지하는 문제가 된다. 이러한 흐름은 Darcy's law로 이해할 수 있다.



[그림 4.2] 정류방정식을 이용한 설계의 설계변수

Darcy's law에서 Hooghoudt는 다음과 같은 식을 유도하였다(van der Ploeg et al., 1999).

$$R = \frac{8Kdb + 4Kb^2}{S^2} \quad \text{or} \quad S = \left[\frac{8Kdb + 4Kb^2}{R} \right]^{1/2} \quad (4.1)$$

여기에서 K = 투수계수이며 나머지 변수는 그림 참조.

이 식의 한계는 흐름이 수평으로 고랑방향으로 향한다는 가정을 하고 있다는 것이다. 암거에 대해서는 연직방향의 성분이 나타나게 되므로 이를 고려할 필요가 있다. 따라서 토층의 두께를 감소시키게 되면 이러한 측면을 고려할 수 있으며 유효깊이(effective depth, d_e)를 고려하게 된다.

$$d_e = \frac{\pi S}{8 \left(\log_e \left(\frac{S}{\pi r_e} \right) + F(x) \right)} \quad \text{for} \quad x = \frac{2\pi d}{S} \quad (4.2)$$

$$F(x) = 2 \sum_{n=1}^{\infty} \log_e [\coth(nx)] \quad (4.3)$$

$$= \sum_{i=1}^{\infty} \frac{4e^{-2/x}}{i(1 - e^{-2/x})} \quad (n = 1, 2, 3, \dots), (i = 1, 3, 5, \dots)$$

여기에서 $x < 0.5$ 인 경우에 $F(x)$ 는 다음의 근사식으로 구할 수 있다.

$$F(x) = \frac{\pi^2}{4x} + \log_e \left(\frac{x}{2\pi} \right) \quad (4.4)$$

여기에서 r_e 는 암거 파이프의 유효반경(effective radius)로 유입될 수 있는 파이프 벽의 구멍을 의미한다. 따라서 식 (4-1)은 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$S = \left[\frac{8Kd_e b + 4Kb^2}{R} \right]^{1/2} \quad (4.5)$$

설계를 위해서는 먼저 과정은 먼저 설계에 적합한 배수계수(drainage

coefficient)를 결정하여야 한다. 배수계수는 「배수편」에서 “계획암거배수량”으로 표현되고 있으며 이는 다음 절에서 다룬다.

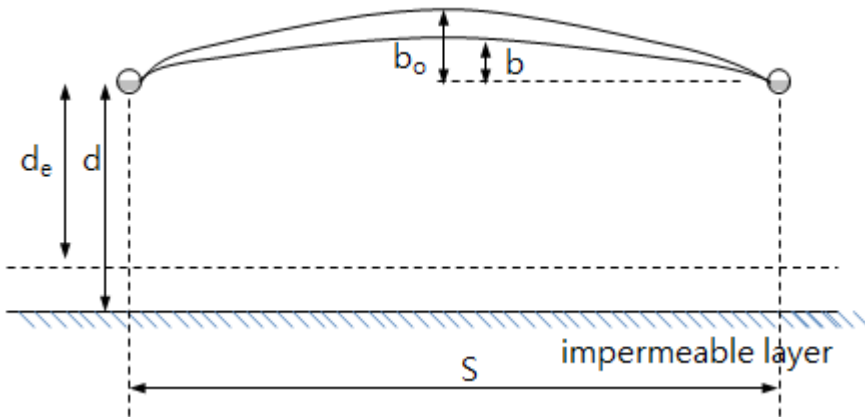
설계과정은 먼저 d_e 를 가정하고 식 (4.5)을 이용하여 S 를 구한다. 그리고 식 (4.2), (4.3), (4.4)를 이용하여 d_e 를 구하고 가정한 값과 비교한다. 값이 다른 경우 나중에 구한 d_e 값으로 S 를 다시 구하고 d_e 가 같아질 때까지 반복하고 이때 S 가 설계값이 된다.

나. 부정류방정식

정류방정식에서는 배수계수를 강우량과 동일하게 설정한다. 그러나 지표유출이 발생하는 강우가 발생하는 환경에서는 적용하기 어렵다. 예를 들어 100mm/day의 강우에 대하여 이를 배제하기 위한 암거 설계를 한다면 매우 비경제적인 결과가 되며 합리적이지 못하게 된다. 이러한 경우에 대하여 부정류방정식을 적용할 수 있다. van Schilfgaarde(1963)은 지하수위를 낮추기 위한 Boussinesq equation의 해로 다음의 식을 제시하였다.

$$S = \left[\frac{9Ktd_e}{f \log_e \left(\frac{b_0[2d_e + b]}{b[2d_e + b_0]} \right)} \right]^{1/2} \quad (4.6)$$

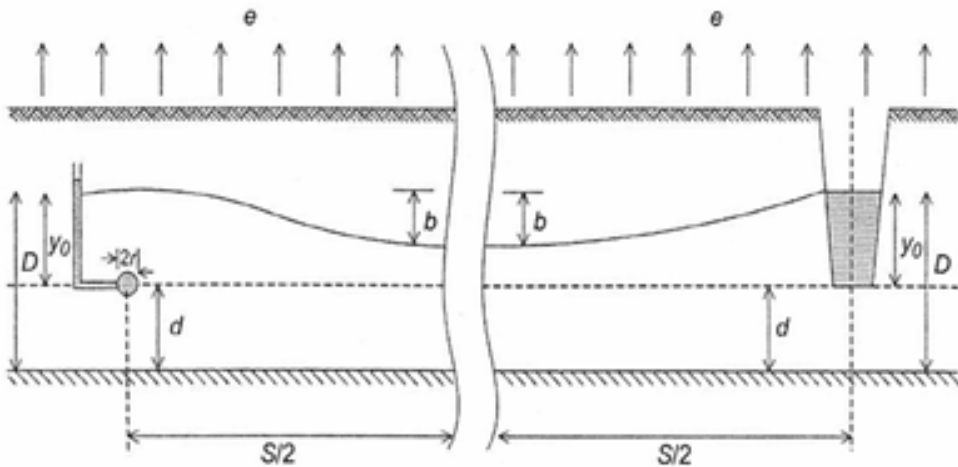
여기에서 t 는 목표하는 지하수위로 낮추기 위해 필요한 시간이다. 이외의 변수는 다음 그림과 같고 계산 순서는 정류방정식과 동일하다.



[그림 4.3] 부정류방정식을 이용한 설계의 설계변수

다. 지하관개 정류방정식

지하관개를 위해서는 다음 [그림 4.4]와 같이 작물이 요구하는 evaporative demand e 를 만족하기 위하여 지하수위가 b 간격을 유지하기 위한 암거의 간격 S 의 결정이 필요하다. 이를 위하여 Ernst(1975)는 식 (4.7)을 제시하였다.



[그림 4.4] 지하관개 개요

$$S = \left[\frac{4Kbh_0 \left(2 + \frac{b}{D} \right)}{e} \right]^{1/2} \quad (4.7)$$

여기에서 $D = y_0 + d$, $h_0 = y_o + d_e$, y_o 는 암거의 수두를 나타낸다. 이 식은 앞서의 Hooghoudt equation과 유사하며, 일반적으로 e 는 Drainage coefficient보다 작기 때문에 관개에 필요한 간격 S 는 작아질 수 있다. 그러나 관개에 필요한 간격을 결정하는데 가장 중요한 변수는 b 로, 배수의 경우보다 요구되는 b 가 매우 작아지며 따라서 관개를 위한 암거의 설치간격 S 는 배수의 경우보다 작게 된다.

라. 배수암거 설치간격에 대한 변수의 민감도 분석

암거의 간격은 농지범용화 설계에서 가장 핵심이 되는 부분으로 판단된다. 정류방정식이나 부정류방정식을 사용할 수 있으나 가장 중요한 부분은 항상 설계에 사용되는 변수를 결정하는 부분이다. 민감도 분석을 통해 암거의 설치간격에 가장 큰 영향을 미치는 변수를 고찰하고자 한다.

민감도 분석의 정의는 분야별에 따라 다르게 나타나지만 공통적인 개념은 ‘특정 모형에서의 입력과 출력 사이의 정보흐름에 관한 분석’이라는 것이다. 즉 특정변수가 종속변수에 영향을 미치는지 여부에 대한 정성적 분석에서부터 어떠한 변수가 보다 큰 영향을 끼치는지에 대한 정량적 분석을 모두 포함한다. 민감도 분석의 가장 주요한 목적은 도출된 결과에 가장 큰 영향을 주는 데이터 및 가정을 규명하는데 있다. 데이터의 불확실성에 따른 변화를 임의로 정하거나 데이터의 불확실성의 범위를 알고 있다면 이를 적용 할 수 있다. 일반적인 민감도 분석의 종류는 [표 4.4]와 같다.

[표 4.4] 민감도 분석의 종류

분석기법	특징
Tornado diagrams	- 투입데이터에 같은 비율을 적용하여 산출값의 변화량을 설명 - 결과값은 막대그래프로 표시되고 민감도가 큰 순서대로 표현
One-way	- 투입 변수가 특정비율로 변경하는데 필요한 변화율을 결정 - 대상변수 외의 다른 독립변수는 일정하게 유지
Scenario analysis	- 가정을 토대로 미래 상황을 기술 - 시스템경계, 할당방법, 기술, 시간, 공간, 특성화방법 및 가중치 방법 등에 이용 - 각각의 산출 결과에 대해 각 가정의 영향을 분석
Ratio sensitivity analysis	- 투입 데이터가 두 대안 사이에 순위를 바꾸는데 필요한 변화율 결정에 이용 - 대안 사이의 비율의 차이로 표현

민감도 분석은 어떤 변수가 결과에 미치는 영향이 큰지를 결정하지 위하여 상관분석이나 회귀분석과 같은 수학적, 통계적 기법을 포함하며, 상관계수는 민감도 분석의 지표로 활용된다. 상관계수는 예측변수와 가정변수 간의 상관관계의 정도를 나타내는 수치로 만약 가정변수와 예측변수가 높은 상관계수를 갖는다면 가정변수가 예측변수에 대해 유의한 영향력을 갖는다는 것을 의미한다. 양의 상관관계는 가정변수가 증가함에 따라 예측값도 증가한다는 것을 의미하며, 반대로 음의 상관관계는 가정변수가 증가함에 따라 예측값이 감소함을 의미한다. 민감도 분석에 사용되는 상관계수의 종류는 다음과 같다.

- Pearson product-moment correlation coefficient (Pearson)
- Spearman's rank correlation coefficient (Spearman)
- Standardized Regression Coefficient (SRC)
- Standardized Rank Regression Coefficient (SRRC)
- Partial Correlation Coefficient (PCC)

대표적으로 많이 활용되는 상관계수는 피어슨의 단순상관계수와 스피어만 순위상관계수이며, 단순상관분석은 두변간의 직접적인 선형관계를 재는 상관성의 측도로 피어슨의 단순상관계수를 구하고, 두 변수간의 상관

관계에 대한 유무검정을 실시하는 분석방법을 말한다. 또한 피어슨의 상관계수는 변수들이 연속형이고 확률분포가 정규분포를 따른다고 가정하고 실시하는 상관분석이다. 순위상관분석은 피어슨의 상관계수와는 달리 변수들이 순서척도로 되어 있고 확률분포가 무엇인지 모르는 경우에 사용되는 분석방법이다. 일반적으로 선형모델은 피어슨 상관계수에 의하여 표현되며 비선형모델은 스피어만 순위상관계수에 의하여 표현한다.

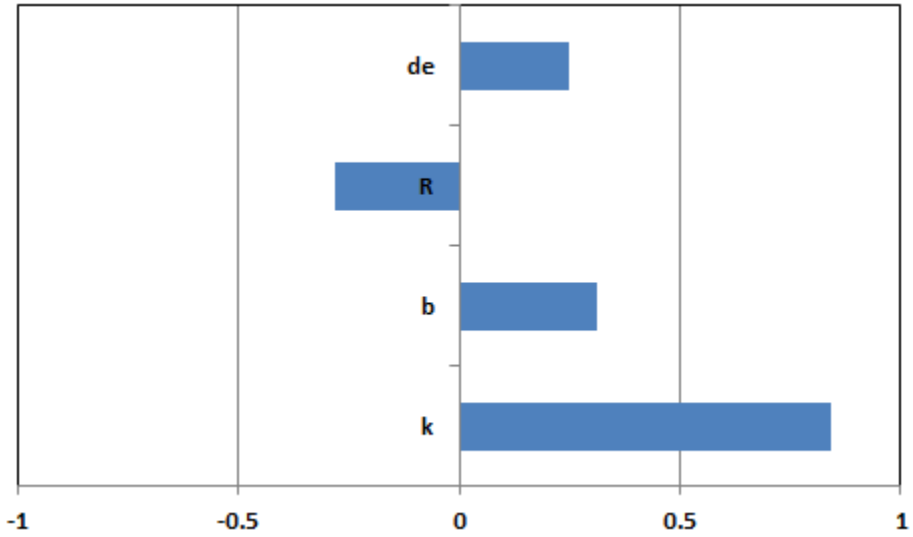
본 연구에서는 배수암거의 설치간격을 산정함에 있어 각 입력변수가 배수암거의 설치간격에 미치는 영향을 분석하고자 각 입력변수에 대한 스피어만 서열상관계수를 산정하여 민감도 분석을 실시하였다.

배수암거의 설치간격 설계에서 정류방정식에 대한 입력변수의 민감도 분석을 수행하기 위한 해석조건은 [표 4.5]와 같다.

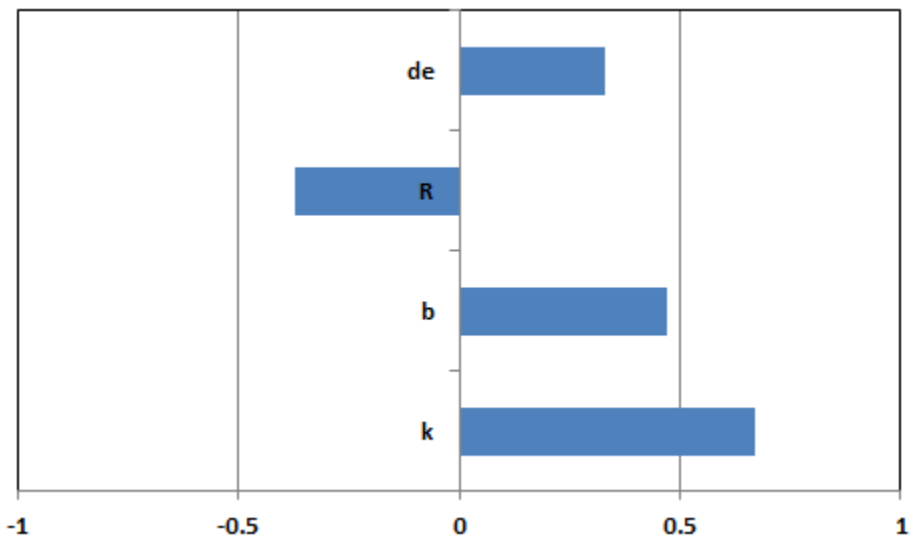
[표 4.5] 민감도 분석을 위한 입력변수 조건 (정류방정식)

변수	하한	상한	평균	표준편차	확률분포형
K (m/day)	0.2	5.0	2.6	2.6	Normal
				-	Uniform
b (m)	1.0	4.0	2.5	0.5	Normal
				-	Uniform
R (m/day)	0.2	1.0	0.6	0.12	Normal
				-	Uniform
d_e (m)	0.01	0.04	0.025	0.005	Normal
				-	Uniform

민감도 분석은 입력변수를 정규분포로 가정한 경우와 등분포로 가정한 경우에 대하여 해석을 수행하였으며 결과는 [그림 4.5]와 같다.



[그림 4.5] 정류방정식에서 변수의 상관계수(정규분포)



[그림 4.6] 정류방정식에서 변수의 상관계수(등분포)

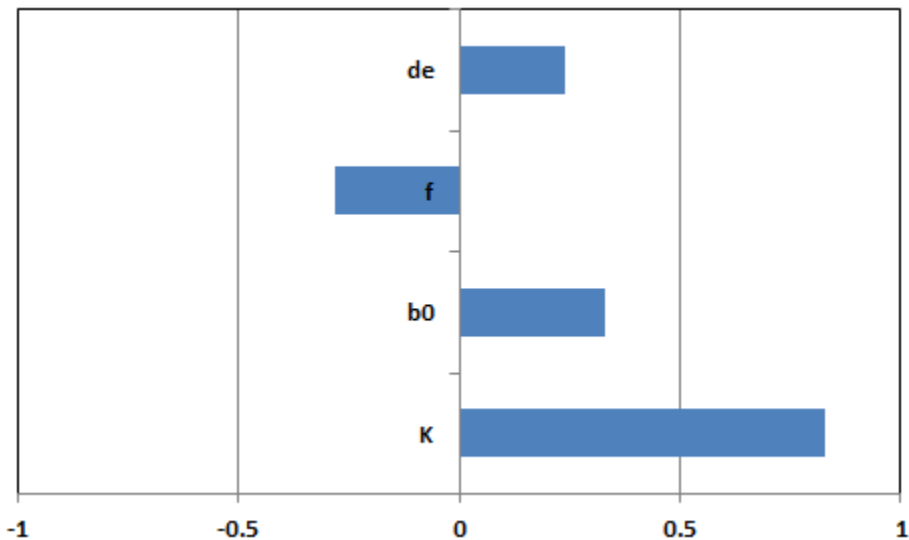
[그림 4.6]에서 보듯이 정류방정식에서 암거의 설치간격에 가장 큰 영향을 미치는 변수는 역시 토양의 투수계수이다. 다음으로 Drainage coefficient가 역의 상관관계를 가진다. b 와 d_e 는 설계에서 목적하는 지하

수위와 관계가 있으므로 결국 설계의 가장 중요한 부분은 적절한 투수계수를 결정하고 작물의 특성에 적합한 Drainage coefficient를 결정하는 문제가 된다.

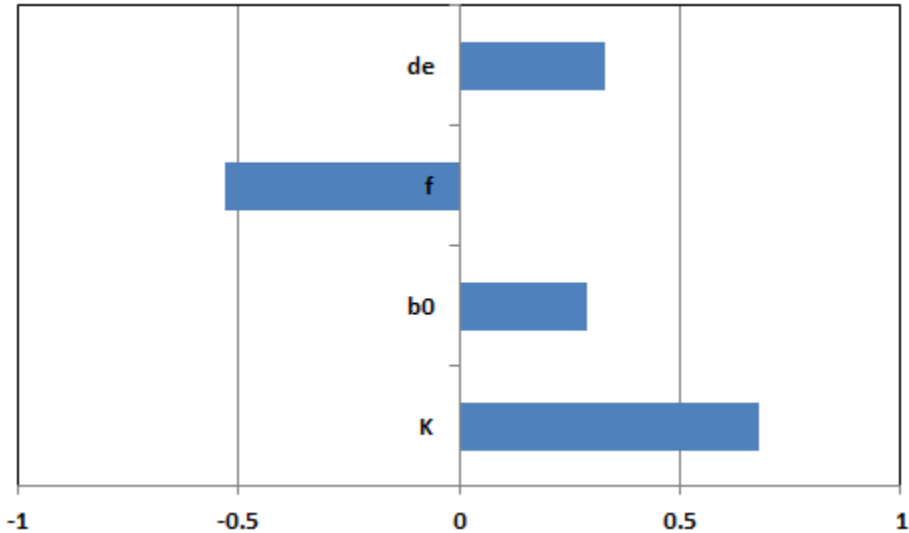
[표 4.6]은 배수암거의 설치간격 설계에서 부정류방정식에 대한 입력변수의 민감도 분석을 수행하기 위한 해석조건이다.

[표 4.6] 민감도 분석을 위한 입력변수 조건 (부정류 시)

변수	하한	상한	평균	표준편차	확률분포형
K (m/day)	0.2	5.0	2.6	2.6	Normal
				-	Uniform
b_o (m)	0.5	1.0	0.75	0.15	Normal
				-	Uniform
f	0.01	0.08	0.045	0.009	Normal
				-	Uniform
d_e (m)	1.0	4.0	2.5	0.5	Normal
				-	Uniform



[그림 4.7] 부정류방정식에서 변수의 상관계수(정규분포)



[그림 4.8] 부정류방정식에서 변수의 상관계수(등분포)

민감도 분석은 입력변수를 정규분포로 가정한 경우와 등분포로 가정한 경우에 대하여 해석을 수행하였으며 결과는 [그림4.7] 및 [그림 4.8]과 같다. 그림에서 보듯이 정류방정식과 마찬가지로 암거의 설치간격에 가장 큰 영향을 미치는 변수는 역시 토양의 투수계수이다. 다음으로 토양의 Drainable porosity가 역의 상관관계를 가진다. b_0 와 d_e 는 설계에서 목적하는 지하수위와 관계가 있으므로 결국 설계의 가장 중요한 부분은 적절한 투수계수와 Drainable porosity를 결정하는 문제가 된다. 또한 Drainable porosity는 투수계수와 관계에서 구한다고 하면 암거의 간격을 결정하는 문제에서 가장 중요한 부분이 대상지역 토양의 투수계수를 결정하는 문제가 된다.

4.2.4 암거의 관경 및 기울기

「배수편」에서는 암거의 관경과 기울기에 대하여 다음과 같이 요약하고 있다.

(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, 기계매설 시는 1/500~1/1,000로 하면 적당하다. 그런데 침하로 균일한 기울기의 유지가 곤란하므로 가급적 기울기가 급한 쪽이 바람직하다. 관내 유속은 최대유속 시에 0.3m/s 이상~1.0m/s 범위에 있는 것이 바람직하다.

암거 내의 유속(V)은 매닝(Manning)공식으로 산출하고 있는데 이때 동수경사는 흡수거의 설치기울기와 같게 한다.

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

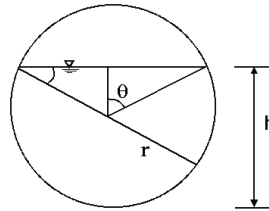
[표 4.7] 흡수거의 조도계수

관 의 종 류	조도계수 n	비 고
흡 관	0.013	+ 연결상태가 불량하면 n치 증가 ┌ └
도 관	0.014	
소 소 토 관	0.013	
경 질 업 화 비 닐 관	0.012	
PVC 유 공 주 름 관	0.016	

(주) : 본 조도계수는 신제품인 경우임.

[표 4.8] 흡수거의 유량, 유속계산표

h/2r	α	β	비 고
0.50	0.9895	0.62996	Q = 유량(m ³ /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) $Q = \frac{1}{n} \times r^{8/3} \times I^{1/2} \times \alpha$

$V = \frac{1}{n} \times r^{2/3} \times I^{1/2} \times \beta$

$\alpha = \frac{(\pi - \theta + \sin\theta \cdot \cos\theta)^{5/3}}{[2(\pi - \theta)]^{2/3}}, \quad \beta = \left[\frac{(\pi - \theta + \sin\theta \cdot \cos\theta)}{2(\pi - \theta)} \right]^{2/3}$

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 암거는 특수한 경우를 제외하고 사용하지 않는다.

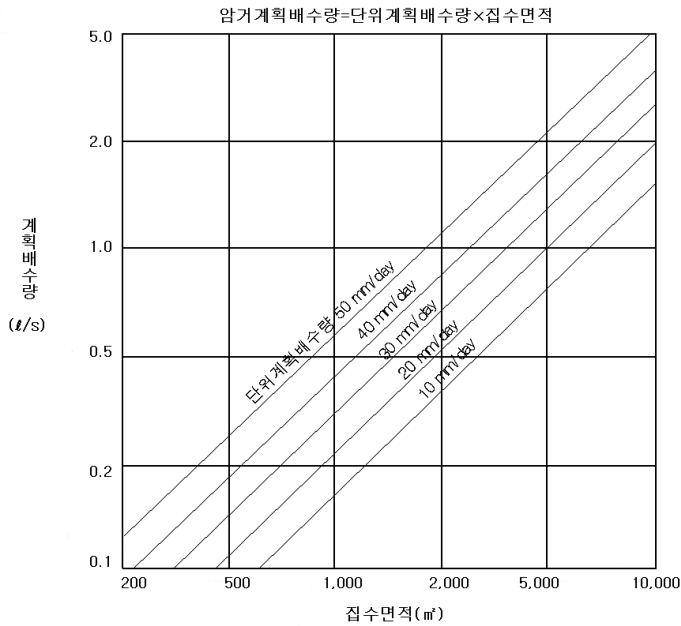
경사지에서 흡수거의 기울기가 1/100 이상이 되는 경우는 접합부의 연결이 완전한 것을 선택하고, 접합부분은 내구성 재료로 보강한다.

라. 평탄지에서 흡수거가 느린 기울기로 부설될 때는 관의 침하로 통수불량이 되는 것을 피하기 위해 피복재의 두께를 크게 하고 시공관리를 철저히 한다.

암거배수량은 점진적인 토양구조의 발달에 의해서 당초의 계획배수량을 초과하는 일이 있다. 이런 경우는 평탄지에서 집수거 상류부의 배수가 늦어지고 경사지에서는 집수거 하류부분의 배수가 늦어진다. 그러

므로 계획배수량에 대해서 평탄지는 집수거의 상류부 여유를 크게 취하고 경사지는 하류부의 여유를 크게 취한다.

암거 계획배수량은 단위계획배수량(10~30mm/day)과 집수면적을 곱하여 계산된다.



[그림 4.9] 암거배수량

ASAE에서 제안하는 최소경사는 [표 4.9]와 같다.

[표 4.9] 암거의 최소 기울기(ASAE, 1998a)

Inside Dia. of Pipe(mm)	Pipes NOT subjected to fine sand or silt		Pipes subjected to fine sand or silt	
	Clay/Concrete	Corrugated	Clay/Concrete	Corrugated
75	0.08	0.10	0.60	0.81
100	0.05	0.07	0.41	0.55
125	0.04	0.05	0.30	0.41
150	0.03	0.04	0.24	0.32

4.2.5 암거의 구조 및 재료

「배수편」에서는 암거, 특히 주암거인 흡수거의 구조 및 재료에 대하여 다음과 같이 제시하고 있다.

(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 흡수성을 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.

흡수거의 기능과 재료

흡수거는 토층중의 과잉수를 흡수하여 한데 모아 집수거로 유거시킨다. 구비조건으로는 필요한 통수단면적, 강도, 내구성 및 흡수성이 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.

관 이외의 흡수거로는 대나무 마디를 빼낸 죽흡수거, 목재를 조립한 목상자형 흡수거, 나무가지를 엮어 만든 나무섶 흡수거, 석력을 부설한 석력 흡수거 등이 있으나, 현재는 많이 이용하지 않는다.

피복재(Surrounds)

피복재는 관을 덮는 투수성이 양호한 재료로서 사용되는 목적에 따라 여과재와 소수재로 구분한다.

1) 여과재(Filter)

[표 4.10] 흡수관의 종류와 장·단점 비교

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
토 관 (내경 50mm ~150mm) ($l = 0.3 \sim 0.6m$)	<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 이상적이 아님 	<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 이상적이 아님 	<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, 알카리 등에 어느 정도 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 흡집, 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 것은장척의 코일권으로 되어 있으므로 장거리 이음이 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.

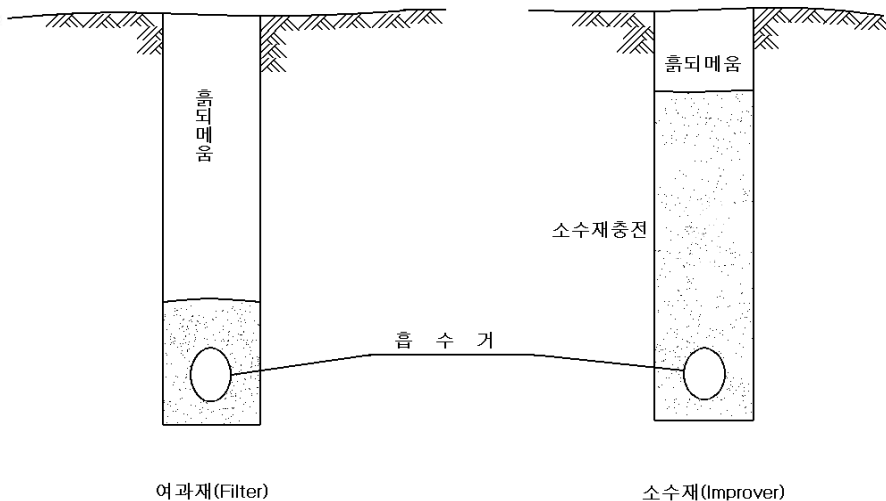
흡수거 내로 토사가 유입하는 것을 막기 위하여 관 둘레를 피복하는 필터이며, 화섬여과재(Synthetic fibre filter), 왕겨, 모래와 자갈 및 벧짚, 갈대, 쏜 등이 있다.

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, 벧짚, 목판 및 조개껍질 등이 있으나 농가부산물인 왕겨가 구하기 쉽고, 운반과 조작성이 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 조작성이 불리하고 많을 양을 구하기 어려운 단점이 있



[그림 4.10] 흡수거 피복단면

[※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/cm²)의 4점 평균치가 4kgf/cm² 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.

4.3 설계인자 분석

이상에서 살펴본 바와 같이 지하 암거배수 및 지하 암거관개를 위해서는 많은 설계변수가 필요하다. 기본적으로 요구되는 단위계획배수량(배수계수 Drainage coefficient)에서부터 토양 속의 물의 흐름과 관련된 흙의 특성, 매설되는 암거의 특성 등이며 이러한 설계와 관련된 인자에 대한 이해는 설계에 있어서 가장 중요한 부분이다. 여기에서는 설계에 사용되는 변수들에 대하여 고찰하고 「배수편」에서 제시되는 설계변수와 기타 참조할 수 있는 값들을 비교하고 설계인자를 구하는 조사·실험법에 대하여 고찰하고자 한다.

4.3.1 단위계획배수량 및 지하수위

단위계획배수량은 암거배수에서 계획암거배수량과 같은 의미하고, 단위면적에서 일정 시간 동안 배제하는 양으로 암거배수를 설계하는 기본 설계변수이다. 「배수편」에서는 계획 암거배수량에 대해서 다음과 같이 제시하고 있다.

○ 계획 암거 배수량

계획 암거배수량은 경지구획의 평탄정도, 넓고 좁음, 토양의 투수성, 토지이용 형태 등에 따라서 10~30mm/day로 정한다.

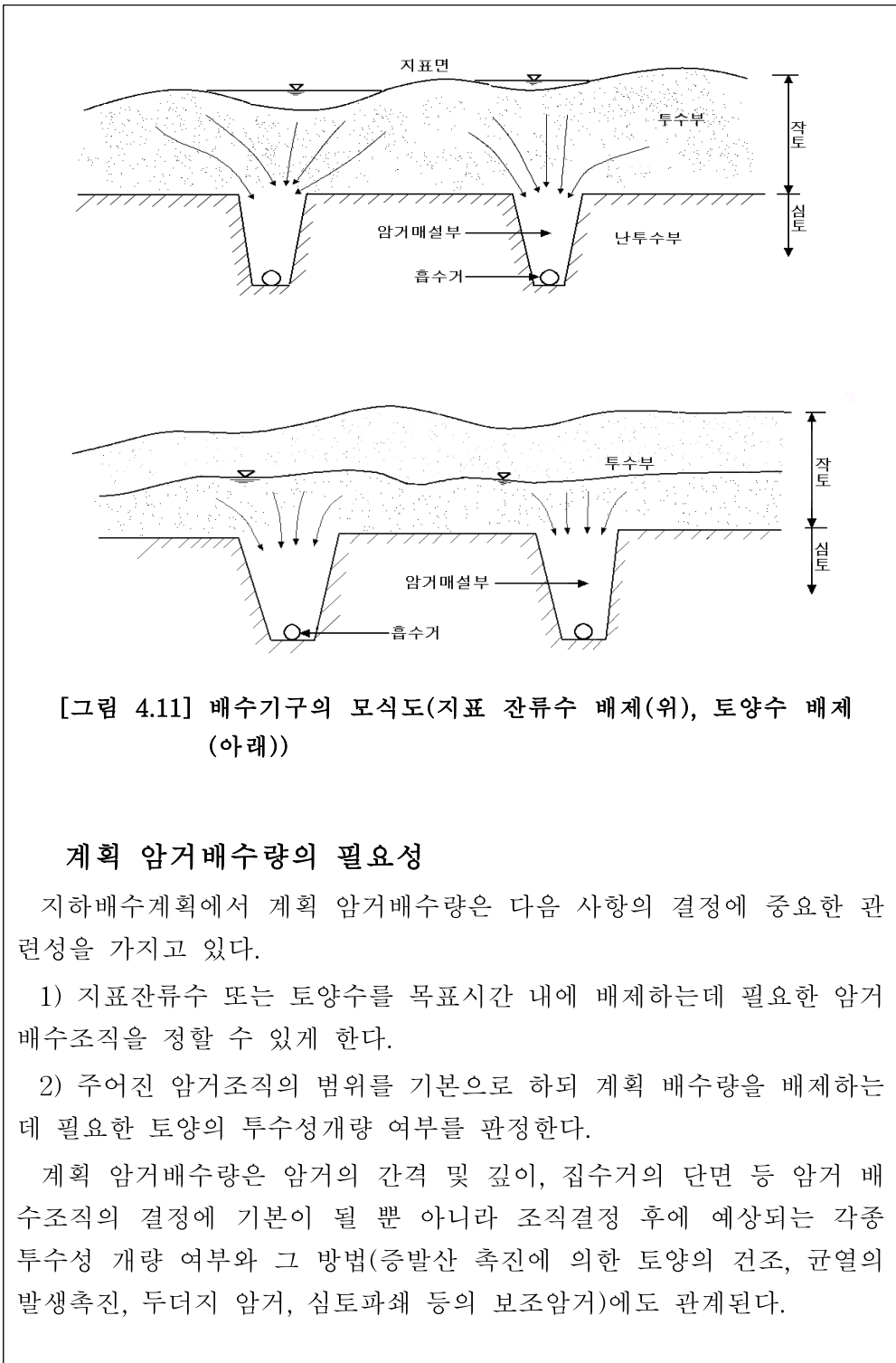
계획 암거배수량은 계획암거배수량에 대한 접근방법, 암거배수량의 필요성, 지표잔류수가 있는 경우의 계획 암거배수량, 지표잔류수가 없는 경우의 암거배수량을 구분하여 산정하여야 한다.

계획 암거배수량에 대한 기본적 접근방법

지하배수로 배제할 수 있는 과잉수를 지표잔류수와 토양층의 중력수의 2종류로 생각한다. 지표잔류수는 지표의 요(凹)부에 담수되어 지표배수가 불가능한 물이고 토양층의 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 논외의 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 다음 그림과 같다.



계획 암거배수량의 필요성

지하배수계획에서 계획 암거배수량은 다음 사항의 결정에 중요한 관련성을 가지고 있다.

- 1) 지표잔류수 또는 토양수를 목표시간 내에 배제하는데 필요한 암거배수조직을 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 암거배수조직의 결정에 기본이 될 뿐 아니라 조직결정 후에 예상되는 각종 투수성 개량 여부와 그 방법(증발산 촉진에 의한 토양의 건조, 균열의 발생촉진, 두더지 암거, 심토파쇄 등의 보조암거)에도 관계된다.

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 논외 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. 밭작물의 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 논외 지표잔류수량을 구하자면 각 점의 잔류수량을 논 전체에 걸쳐서 합계해야 한다.

우리나라의 경지정리사업에서 논외 평탄도의 기준은 논면 표고가 대체로 평탄 논표고 $\pm 3\text{cm}$ 이내가 되도록 하고 있다. 따라서 가장 좋은 조건으로 이상적인 경우는 지표잔류수량이 0mm가 되고, 반대로 조건이

나쁜 경우는 평균 30mm의 지표잔류수가 생기게 된다. 따라서 지표잔류수는 최고값을 30mm정도로 취하면 무난할 것이다.

계획 암거배수량

경지정리사업에서 논바닥의 평탄도나 여러 연구결과를 종합하여 볼 때 지표잔류수량은 10~30mm 정도이다. 전향에서 기술한 바와 같이 잔류수 배제의 목표일수는 1~2일이므로 지표잔류수의 배제를 위한 계획 암거배수량은 평균 10~30mm/day 가 된다. 계획 암거배수량을 배수계수라고도 하며 전작지를 대상으로 하는 경우의 배수계수는 일반작물은 10~20mm/day, 일반 원예작물 같은 고급작물에서는 13~38mm/day를 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 (10~30mm/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 10~30mm/day를 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 논밭윤환을 도모하고자 하는 경우는 계획배수량을 크게 취할 필요가 있다. 앞서서도 언급한 바와 같이 계획배수량(배수계수)에는 논밭의 구분이 없다.

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 비경제

적이므로 계획배수량은 30mm/day 정도가 알맞을 것이다. 그런데 이 경우에 토양수 배제에 직접 관계하는 지하수위 저하속도가 문제가 된다.

○ 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.

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 배수로로 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 다음 표에서 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 4.11] 논 지표잔류수의 허용일수

기별	기별의 구분	허용일수
관 개 기	제초기·액비시용 시	1~2일 이내
	담수 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 4.12]에 나타난 바와 같고, 단위계획 배수량(q)은 식 (9)에 의하여 산정한다.

[표 4.12] 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	$\times 10^{-3} \sim 1 \times 10^{-5}$	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(ℓ /s/ha)

$$q = \frac{D \times 10^{-3} \times 10^4 \times 10^3}{N \times 8.64 \times 10^4} = 0.1157D/N$$

여기서,

q : 단위계획 배수량(ℓ /s/ha)

D : 계획지하배수량(mm/day)

N : 배제일수(day)

토양 중력수를 대상으로 하는 경우

지표 잔류수가 제거된 후에 강우에 대한 토양 중력수를 관개기 N1일, 비관개기 N2일로 배제하는 판단법은 식 (10)에 의해 구해진다.

$$q = \frac{R \times p \times 10^4 \times 10^3}{N \times 10^3 \times 86,400} = 0.1157R \times p/N$$

여기서, q : 단위암거배수량($\ell/s/ha$)
 R : 유효토층 두께(mm)
 N : 배제일수(day)
 p : 유효간극률(Drainable porosity)

○ 계획 지하수위 및 지하수위 저하속도

경지정리 목표의 기본적인 지표가 되는 계획지하수위 및 그 저하속도는 지구의 토지이용형태, 도입작물의 종류 등을 고려하여 결정하여야 한다.

경지정리 목표의 기본적인 지표가 되는 계획지하수위 및 그 저하속도는 토지이용구분에 따라서 다음 표의 값을 표준으로 한다.

[표 4.13] 지하수위 및 지하일수

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

단위계획배수량은 암거배수에서 가장 중요한 설계변수 중의 하나이며 작물의 생장에 밀접한 관계를 가지는 설계인자이므로 선택에 있어 신중을 기할 필요가 있다.

ASAE에서 배수계수(Drainage coefficient)로 제시되는 값은 다음 표와 같다.

[표 4.14] 일반적인 배수계수의 값(ASAE, 1998a)

Soil	No Direct Inlets (mm/day)	Blind Inlets (mm/day)	Open inlets (mm/day)
Mineral			
Field crops	10-13	13-19	13-25
High-value crops	13-19	19-25	25-38
Organics			
Field crops	13-19	19-25	25-38
High-value crops	19-38	38-51	51-102

4.3.2 투수계수(Permeability coefficient)

투수계수는 지하배수 설계에서 가장 기본적인 물성으로 지하배수 설계에서 배수의 심도 및 간격에 큰 영향을 미친다. 따라서 조사 및 실험을 통해 신중히 결정할 필요가 있다.

흙은 공극이 연결된 유공물질이므로 액체가 압력 또는 위치의 차에 의하여 공극을 투과할 수 있으며 일반적으로 흙 속의 액체는 물의 경우가 많다. 이와 같이 액체가 흙 속을 투과하는 현상을 침투(Seepage)라 하고 침투하는 액체가 물인 경우에는 투수라 한다. 흙 속의 물은 동력, 모관현상, 온도의 차, 전기력 등의 원인으로 침투류를 형성하고 이 때 토립자가 받는 침투방향의 힘을 침투력(Seepage Force)이라 하며 흙의 투수에 대한 성질을 투수성(Permeability)이라 한다.

투수계수의 값은 흙의 입경에 따라 변화되는 범위가 대단히 넓다. 거친 모래나 자갈은 0.01 m/s 이상이 되는 반면, 점토는 10^{-10} m/s 이하가 되기도 한다. 흙의 입경에 따른 투수계수의 변화는 다음 표와 같다. 투수계수는 실내실험 또는 현장실험을 통하여 구할 수 있으나, 현장조사 시에 현장실험을 통하여 구하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 이에 대해서는 설계지침에 수록하였다.

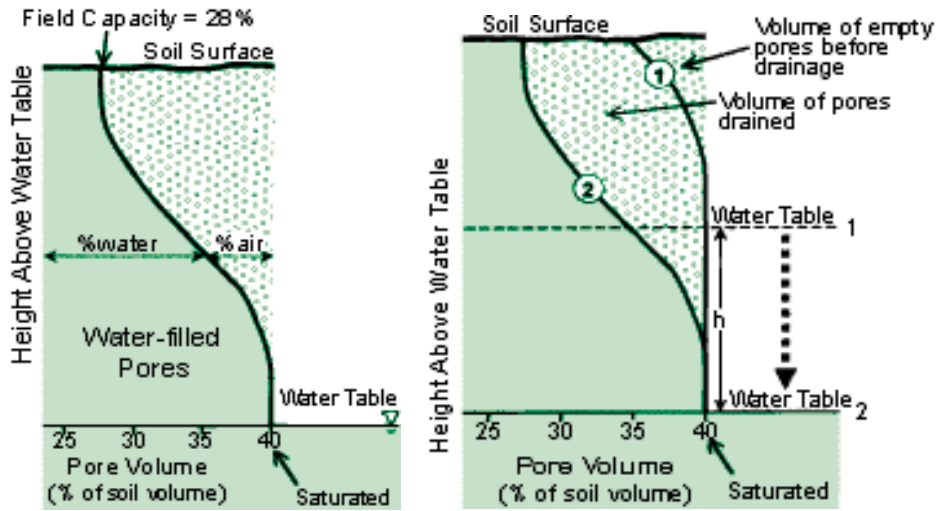
[표 4.15] 흙의 종류별 대표적인 투수계수의 범위

k (m/s)	흙의 종류		투수 특성
10	굵은 자갈, 옥석, 호박돌		투수 매우 양호
1	깨끗한 자갈		
10 ⁻¹			
10 ⁻²	깨끗한 모래 깨끗한 모래-자갈 혼합층	깨끗한 자갈	투수 양호
10 ⁻³			
10 ⁻⁴		균열, 건조, 풍화의 영향을 받은 불투수 흙	
10 ⁻⁵			
10 ⁻⁶	투수 불량		
10 ⁻⁷			
10 ⁻⁸		실질적으로 불투수	
10 ⁻⁹			
	비포화, 비균열 및 균질 점토(점토함유량>20%)		

4.3.3 배수에 대한 유효간극률(Drainable porosity)

유효간극률은 부정류방정식으로 지하배수를 설계할 때 필요한 변수로 지하배수에 의해 토층에서 배수되는 수량으로 인해 저하되는 지하수위에 영향을 미치는 변수이다. 이에 대한 이해를 위해서는 [그림 4.12]와 같이 지하수위 저하에 따른 토층에서의 수량 및 공기량의 변화에 대하여 이해하여야 한다.

지하수위 상부의 토층은 일정량의 물과 공기를 함유하고 있으며 심도에 따라 다음 그림에서와 같은 분포를 형성하고 있으며, 지하배수에 의해 지하수위가 감소하면 그림과 같이 분포가 변하게 된다. 따라서 지하수위의 변화와 토층에서 배수되는 수량의 관계는 흙의 종류와 흙의 특성에 영향을 받는 변수이다. 하지만 유효간극률을 결정하는 시험법에 대해서는 명확하게 제시된 바가 없는 것으로 알려져 있다. 따라서 일반적으로 제시되는 값을 사용할 수 있고, 투수계수에 따른 값을 사용할 수 있다. 정의에 따르면 유효간극률은 다음(식 4.8)과 같이 계산될 수 있다.



[그림 4.12] 지하수위 저하에 따른 유효간극률의 이해

$$\text{Drainable porosity} = \frac{\text{Drained volume}_{\text{depth1}} - \text{Drained volume}_{\text{depth2}}}{\text{Depth1} - \text{Depth2}} \quad (4.8)$$

유효간극률 10%는 지하수위를 10cm 낮추면 토층에서 1cm의 물이 배수된다는 것을 의미한다. 일반적으로 사용할 수 있는 토양특성에 따른 유효간극률의 범위는 [그림 4.16]과 같다.

[표 4.16] 토양특성에 따른 유효간극률(Water and Power Resources Services USBR Drainage Manual)*

Texture	Structure	Drainable porosity(%)
Clay Heavy clay loam	Massive, very fine or fine columnar	1-2
Clay Clay loam Silty clay Sandy clay loam	Very fine or fine prismatic angular blocky or platy	1-3
Clay Silty clay Sandy clay Silty clay loam Clay loam Silty loam Silt	Fine and medium prismatic, angular blocky and platy	3-8
Sandy clay loam Light clay loam Silt Silty loam Very fine sandy loam Loam	Medium prismatic and sub- angular blocky	6-12
Fine dandy loam Sandy loam	Coarse sub-angular blocky and granular, fine crumb	12-18
Loamy sand Fine sand	Medium crumb, single grain	15-22
Medium sand	Single grain	22-26
Coarse sand gravel	Single grain	26-35

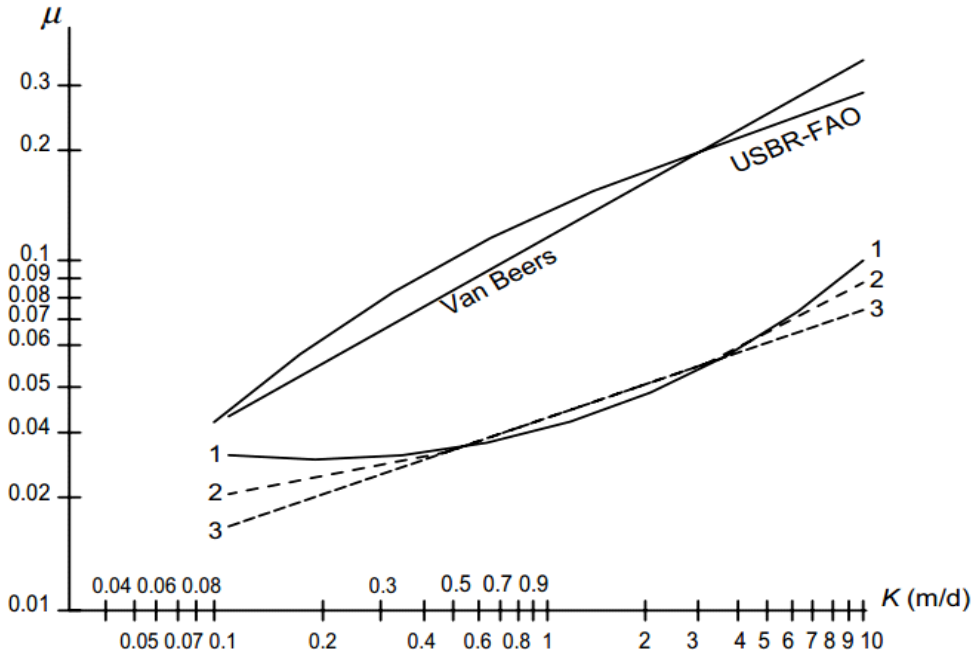
*Tile drainage manual(Pakistan Council of Research in Water Resources, 2004)에서 재인용

유효간극률의 정의에 따르면 토양의 투수계수에 영향을 받는 변수임을 알 수 있다. 다음의 그림은 Chossat and Saugnac(1985)이 제시한 투수계수와 유효간극률의 관계를 나타낸다. 점토로 판단할 수 없는 경우에는 상기한 표에서와 같이 0.02(20%)내외의 값을 사용해도 무방하다. 범용화설계의 경우 현재 논으로 사용되는 농지에 대한 설계이므로 대부분 점토함량이 많으므로 [그림 4.13]의 관계를 사용해도 무방하다.

$$\text{-점토: } f = 0.025 + 0.006 \times K(\text{m/day}) \quad (4.9)$$

$$\text{-점토함량} < 15\%: f = 0.0153 + 0.0176 \sqrt{K(\text{m/day})} \quad (4.10)$$

$$-15\% < \text{점토함량} < 30\% : f = \exp(-3.411 + 0.289 \ln(K(\text{m/day}))) \quad (4.11)$$



[그림 4.13] 투수계수와 유효간극률의 관계 1. 점토 2. 점토함량<15% 3. 15%<점토함량<30%

4.3.4 압거의 유효반경(Effective radius of drains)

설계에 사용하는 방정식의 종류에 따라 압거의 직경을 사용하기도 하지만 중요한 것은 실제 압거 내로 물의 유입될 수 있는 공의 직경이 중요하다. 이때 사용되는 변수가 압거의 유효반경이다. 압거로 사용되는 관의 직경의 유의미하게 크다고 해도 실제로 관내의 유량은 기본적으로 유입될 수 있는 공의 크기에 영향을 받는다.

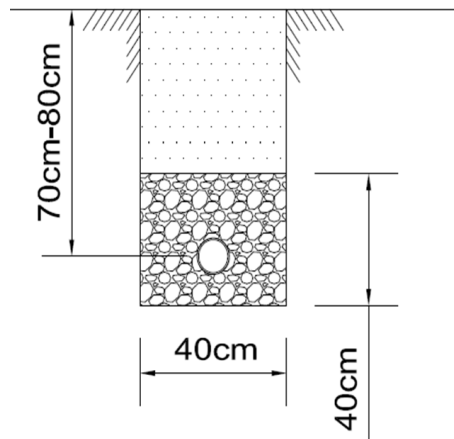
아래 표는 일반적인 압거에 대한 유효반경을 나타낸다. 하지만 국내에서 생산되는 제품이나 주문 제작되는 제품에 대한 유효반경에 대해서는 추가로 검토할 필요가 있을 것이다.

[표 4.17] 암거의 유효반경(Delmar D. et al.)

Drain	Outside Dia.(mm)	r_e (mm)
Corrugated plastic	89	3.5
Corrugated plastic	114	5.1
Corrugated plastic with synthetic envelop of filter	114	40.0
Corrugated plastic	140	10.3
Corrugated plastic	165	14.7
Clay with 1.6-mm joints	127	3.0
Clay with 3.2-mm joints	127	4.8
Corrugated plastic surrounded by a gravel envelop*	2a	1.175a

* Cross section of 2a length on each side

이상의 내용을 참조하면 사용하는 흡수거의 직경이 50mm인 경우 0.0035m, 직경이 100mm인 경우 0.0051m를 적용한다. 또한 소수재를 포설하는 경우 소수재 단면이 2a인 경우 r_e 는 1.175a를 적용한다.



[그림 4.14] 소수재 포설단면(예)

위 그림과 같은 단면이라면 $r_e=1.175 \times 0.2m=0.235m$ 가 된다.

4.4 배수방식 검토

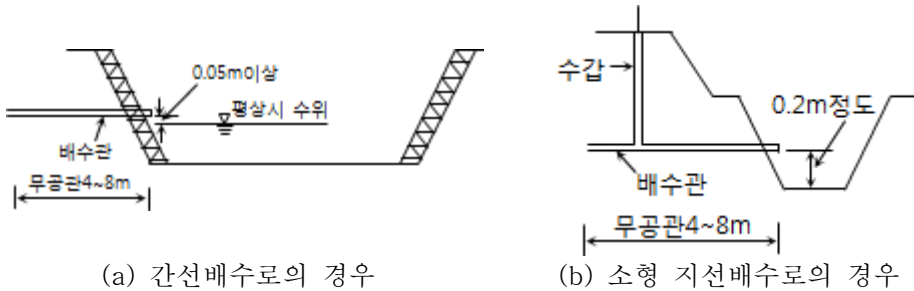
범용농지 조성 사업 단지 계획에서 중요한 결정 요소 중의 하나가 배수 방식의 결정이다. 단지내의 지형조건, 수계, 배수체계 등에 따른 효율적인 계획이 공사비와 직결되기 때문이다. 흡수거의 관경 및 간격, 자재의 종류 선정이 지구전체의 사업비에 미치는 영향은 비교적 적은 부분이 될 수 있다. 사업지구내 배수체계를 면밀히 검토하여 지표배수는 물론 배수암거를 통해 흘러나오는 지하배수를 함께 고려하여야 한다. 단지의 지형적 특징에 따라 자연배수(free outlet or gravity outlet)방식과 기계배수(pumping station)방식이 주로 사용되고 있다. 두 방식의 적용은 배수로와 경작지의 표고차에 의해 결정된다. 자연배수의 경우 배수구와 배수로 수위간 여유고가 확보되어야 하며, 경우에 따라서는 단부에 게이트(flap gate or sluice)를 설치하여야 할 것이다.

4.4.1 자연배수 방식

자연배수 방식은 흡수거의 말단부가 직접 배수로로 연결되어 배수될 수 있도록 설치되거나 병렬로 배열된 흡수거가 집수거에 연결되어 집수거의 말단부가 배수로로 이어져 배수될 수 있도록 설치되는 방식으로 구분된다. 집수거의 말단부와 수면의 표고 차가 유지되어야 원활한 배수가 이루어지기 때문에 설계시 배수로의 규모에 따라 적정 표고차를 적용하도록 규정하고 있다. 일본의 암거배수설계지침에 따르면 다음과 같이 제안하고 있다.

‘배수로의 규모가 간선급 배수로의 경우 [그림 4.15](a)와 같이 평상시의 수위로부터 배수구의 위치까지 0.05m이상의 높이가 확보되어야 할 것이며, 암거(흡수거 또는 집수거)는 무공관(無孔管)으로 4~8m의 구간이 확보되어야 한다. 또한 홍수시 물의 흐름으로 인한 배수구의 손상이나 퇴사에 의해 배수장애가 발생되지 않을 것을 확인하여야 한다. 흡수거 말단, 무공관 경계부에 지수판을 설치해도 좋다. 반면 배수로의 규모가 소형 지선급 배수로의 경우 [그림 4.15](b)와 같이 배수로의 바닥으로부터 배수구의 위치까지 0.2m정도의 높이가 확보되어야 한다. 또한, 수갑을 설치해야 할 경우 포장 밖으로 드러나는 부분이 경작에 방해가 되지 않도록 경작지 법면 혹은 논두렁에 위치되도록 해야 한다.’

벨브나 노출되는 관의 재질은 자외선 저항성, 내구성을 고려하여 선정하여야 한다. 배수구에서 간·지선 배수로로 유입되는 유입수에 의해 배수로의 법면이 붕괴되지 않도록 [그림 4.16]과 같은 보조장치를 설치하거나 법면보호 구조물 또는 사석재료의 설치 등 호안공사를 실시한다. 배수로가 콘크리트 구조물로서 벽에 구멍을 설치해야 할 경우 지수에 충분히 신경을 써야 한다.



[그림 4.15] 배수구와 배수로 수위의 높이 차



(a) 법면 보호공 사례



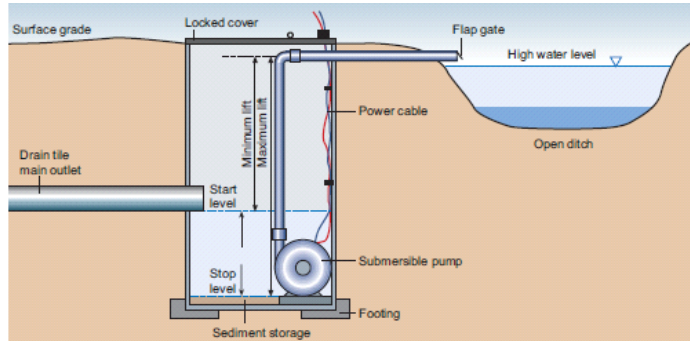
(b) 배수구 단부 보조장치 사례

[그림 4.16] 배수로 법면 보호 사례

4.4.2 기계배수 방식

습한 논외의 지하배수를 통한 경작지의 범용화를 목적으로 하는 범용농지 조성사업의 대상지구는 대체로 농경지의 높이가 주변하천수위에 비해 상대적으로 높지 않은 경우가 많을 것이다. 이 때 지하배수암거를 통해 배수된 물은 [그림 4.17]과 같이 소형펌프장을 통해 배수로로 펌핑된다. 소형펌프장을 가동하기 위해서는 맨홀, 전기배선, 펌프, 배수관 등을 설치해야 할 것이다. 맨홀은 프리캐스트 제품을 사용하거나 현장타설방식으로

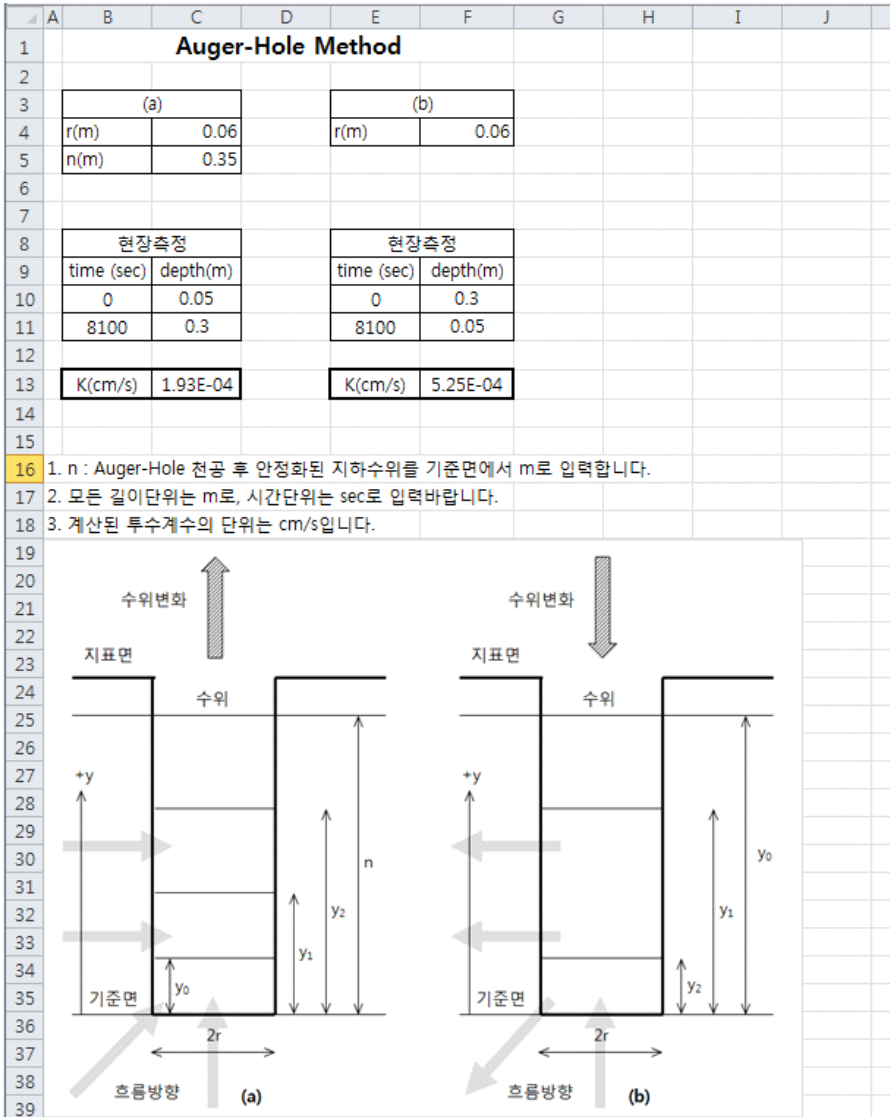
제작할 수 있을 것이다. 제작 시에는 배선 및 배관을 위한 검토와 내부침사지를 두어 유지관리의 효율성을 검토해야 할 것이다. 맨홀 내부의 매립형 사다리와 동절기 동파 및 안전에 대비한 뚜껑설치를 고려해야 할 것이다. 제4장 배수암거의 시공편에서는 주로 기계배수방식의 시공에 대한 설명이 이루어진다.



[그림 4.17] 기계배수 사례

4.5 설계지침 및 지원 툴의 개발

설계툴은 MicroSoft excel기반으로 투수계수의 현장조사, 부정류 방정식에 의한 흡수거의 간격의 설계, 흡수거 관경의 설계시트로 구성되어 있다.



[그림 4.18] 투수계수 현장실험 시트

투수계수의 현장실험은 Ring Infiltration 실험을 수행하는 것으로 시트를 구성하였다. 투수계수는 틀에서 제시하는 현장실험방법 이외의 방법으로 구한 값이면 다음의 부정류 방정식에 의한 흡수거의 간격설계에서 값을 직접 입력할 수 있다.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	입력값	K(cm/s)	1.00E-04							
2		de(m)	1.8							
3		bo(m)	1							
4		b(m)	0.7							
5		t(day)	1							
6		f	0.026							
7		re(m)	0.0051							
8	결과	S(m)	8.99546							
9	$S = \left[\frac{9Ktd_e}{f \log_s \left(\frac{b_o [2d_e + b]}{b [2d_e + b_o]} \right)} \right]^{0.5}$									
10	실행									
17	1. K : 투수계수는 현장 및 실내실험 값을 사용하며, 단위를 확인하여 입력하시기 바랍니다.									
18	2. de : 그림에서 보듯이 총 토층의 두께에서 암거의 심도를 뺀 값을 m단위로 입력합니다.									
19	(토층의 두께가 확인되지 않는 경우 암거 심도의 2배를 적용합니다.)									
20	3. bo : 배수를 시작하는 시점의 지하수위(표층)에서 암거까지의 심도입니다. (암거의 심도)									
21	4. b : 강수 이후 일정 시간 경과후, 목표하는 지하수위 심도를 입력합니다.									
22	(표층에서 0.3m 지하수위를 감소시키려는 경우, 암거의 심도가 1.0m라면 0.7을 입력)									
23	5. t : 목표하는 지하수위에 도달하기 위한 시간을 일단위로 입력합니다.									
24	6. f : 유조간극률로 투수계수를 입력하면 자동계산됩니다.									
25	7. re : 사용하는 유공관의 유효반경으로 다음을 참조합니다.									
27	종류		유효반경							
28	1	플라스틱 주름관(외부직경=89mm)	0.0035							
29	2	플라스틱 주름관(외부직경=114mm)	0.0051							
30	3	플라스틱 주름관(외부직경=140mm)	0.0103							
31	4	플라스틱 주름관(외부직경=165mm)	0.0147							
32	5	플라스틱 주름관(외부직경=114mm)+부속	0.04							
33	6	자갈소수재(한편의 길이=a)	0.587a							
35	8. 입력값을 입력 후 "실행"버튼을 클릭합니다.									

[그림 4.19] 흡수거의 간격설계 시트

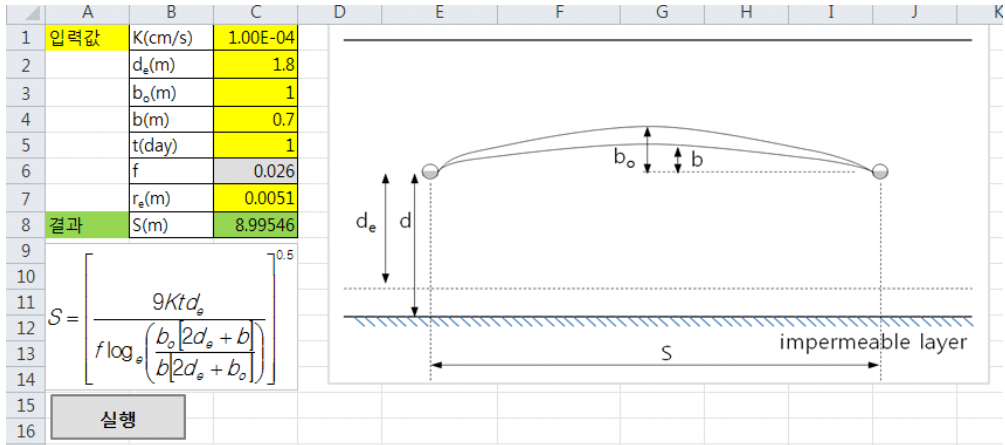
흡수거의 간격설계 시트는 Schilfgaard(1963)의 방정식을 기반으로 하며 설계에 필요한 입력값과 설명을 포함한다. 앞서의 예제에서 보듯이 설계과정에는 반복계산이 필요하므로 [실행]버튼을 삽입하여 반복계산과정을 수행하도록 하였다.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K																
1	입력값	S(m)	8.995460353																								
2		L(m)	50																								
3		R(m/s)	8.86056E-08																								
4		n	0.016																								
5		I	0.0025																								
6		α	1.66																								
7		Q(m ³ /s)	3.98524E-05																								
8	결과	D(cm)	2.415967491																								
9																											
10		$D = \left[\frac{nQ}{\alpha I^{0.5}} \right]^{3/8} \times 2 \times 100$																									
11																											
12																											
13																											
14																											
15		1. S : 암거설계에서 가져 옵니다.																									
16		2. L : 설계 대상경지의 길이(암거의 길이)를 입력합니다.																									
17		3. R : 배수계수 또는 계획암거배수량으로 암거설계 입력값에서 계산됩니다.																									
18		4. n : 암거의 조도계수로 관의 종류에 따라 아래의 표를 참조하여 입력합니다.																									
19		<table border="1"> <thead> <tr> <th>관의 종류</th> <th>조도계수 n</th> <th>비 고</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>출 관</td> <td>0.013</td> <td rowspan="5">연결상태가 불량하면 n치 증가</td> </tr> <tr> <td>도 관</td> <td>0.014</td> </tr> <tr> <td>소 소 토 관</td> <td>0.013</td> </tr> <tr> <td>경 질 염 화 비 닐 관</td> <td>0.012</td> </tr> <tr> <td>PVC 유 공 주 틀 관</td> <td>0.016</td> </tr> </tbody> </table>		관의 종류	조도계수 n	비 고	출 관	0.013	연결상태가 불량하면 n치 증가	도 관	0.014	소 소 토 관	0.013	경 질 염 화 비 닐 관	0.012	PVC 유 공 주 틀 관	0.016										
관의 종류	조도계수 n	비 고																									
출 관	0.013	연결상태가 불량하면 n치 증가																									
도 관	0.014																										
소 소 토 관	0.013																										
경 질 염 화 비 닐 관	0.012																										
PVC 유 공 주 틀 관	0.016																										
20																											
21																											
22																											
23																											
24																											
25																											
26		5. I : 암거의 기울기를 입력합니다.																									
27		(평탄지에서 입력매설시는 1/300-1/600, 기계매설시는 1/500-1/1000이 적합)																									
28		6. α : 암거 내의 수위에 따른 계수로 아래의 그림을 참조합니다.																									
29		(일반적으로 관경의 70%의 수심을 적용하며, 이때 α=1.65696)																									
30		<table border="1"> <thead> <tr> <th>h/2r</th> <th>α</th> <th>β</th> <th>비 고</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.50</td> <td>0.9895</td> <td>0.62996</td> <td rowspan="5">Q = 유량(m³/s) r = 관의 반경(m) n = 조도계수 I = 기울기</td> </tr> <tr> <td>0.55</td> <td>1.15917</td> <td>0.65473</td> </tr> <tr> <td>0.60</td> <td>1.32962</td> <td>0.67558</td> </tr> <tr> <td>0.65</td> <td>1.49699</td> <td>0.69251</td> </tr> <tr> <td>0.70</td> <td>1.65696</td> <td>0.70541</td> </tr> </tbody> </table>		h/2r	α	β	비 고	0.50	0.9895	0.62996	Q = 유량(m ³ /s) r = 관의 반경(m) n = 조도계수 I = 기울기	0.55	1.15917	0.65473	0.60	1.32962	0.67558	0.65	1.49699	0.69251	0.70	1.65696	0.70541				
h/2r	α	β	비 고																								
0.50	0.9895	0.62996	Q = 유량(m ³ /s) r = 관의 반경(m) n = 조도계수 I = 기울기																								
0.55	1.15917	0.65473																									
0.60	1.32962	0.67558																									
0.65	1.49699	0.69251																									
0.70	1.65696	0.70541																									
31																											
32																											
33																											
34																											

[그림 4.20] 흡수거의 환경설계 시트

흡수거 환경의 설계는 흡수거 간격설계의 결과와 설계대상 농지의 규모 및 흡수거의 기울기 등을 이용하여 결정되며 설계에 필요한 입력값과 설명을 포함한다.

이외의 “F(x)”시트는 계산에 필요한 임시 시트로 사용자와 무관하며 “Ref”시트는 향후 사용자가 참조할 값을 지속적으로 업데이트 할 예정이다.



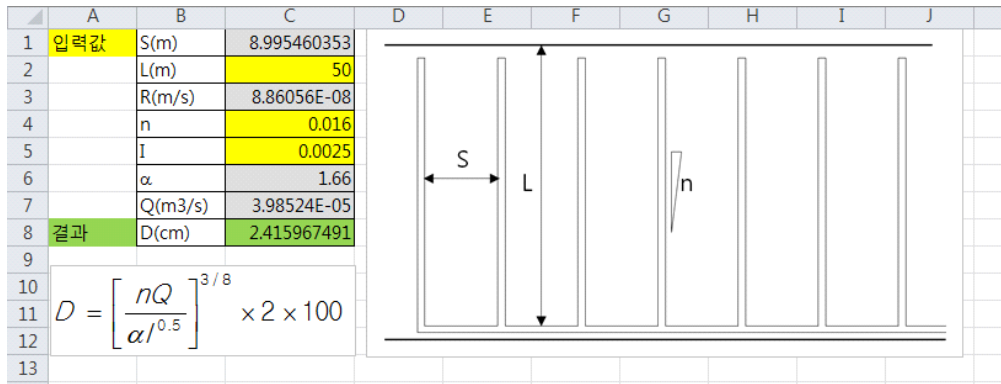
[그림 4.21] 흡수거의 간격설계

흡수거의 간격설계 과정은 다음과 같다.

- 1) K : 투수계수는 현장 및 실내실험 값을 사용하며, cm/s 단위로 입력
- 2) d_e : 시트 내의 그림에서 보듯이 총 토층에서 흡수거의 심도를 뺀 값을 m 단위로 입력
 - 토층의 두께가 확인되지 않거나, 흡수거 심도에 비하여 매우 두꺼운 경우는 흡수거 심도의 2배를 입력)
 - 흡수거의 심도는 배수편을 참조하거나 앞서 제시한 바와 같이 1.0m 이내로 결정
- 3) b_0 : 배수를 시작하는 시점의 지하수위를 흡수거의 심도 기준으로 입력
 - 강우가 지속되고 지하수위가 최고로 상승하는 경우를 가정하면 b_0 는 흡수거의 심도가 됨
- 4) b : 목표하는 지하수위를 흡수거의 심도 기준으로 입력
 - 표층에서 0.3m로 지하수위를 저하시키는 경우, 흡수거의 심도가 1.0m라면 b 는 0.7m가 됨
- 5) t : 목표하는 지하수위에 도달하기 위한 시간을 일 단위로 입력
- 6) f : 유효간극률로 투수계수를 입력하면 자동으로 계산됨
- 7) r_e : 사용하는 유공관의 유효반경으로 시트에서 제시된 관의 종류별

값을 참조하여 입력

8) 모든 입력값을 입력하고 [실행]을 클릭하면 S 가 계산됨



[그림 4.22] 흡수거 관경설계

흡수거 관경의 설계과정은 다음과 같다.

- 1) S : 흡수거 간격설계에서 가져옴
- 2) L : 흡수거의 길이를 입력
- 3) R : 단위계획배수량으로 흡수거 간격설계에서 입력된 값(b_o, b, f)과 앞의 S, L 를 이용하여 자동으로 계산됨
- 4) n : 흡수거의 조도계수로 시트에서 제시된 관의 종류별 값을 참조하여 입력
- 5) I : 흡수거의 기울기로 배수편을 참조하여 입력
- 6) α : 흡수거 내의 수위에 따른 계수로 배수편에서는 70%수위를 제시하고 있으며 이때의 값은 1.66임
- 7) 이상의 값을 입력하면 흡수거 내의 유량 $Q(\text{m}^3/\text{s})$ 와 흡수거의 직경 $D(\text{cm})$ 가 계산됨

배수편에 따르면 흡수거의 간격은 최소 10m를 제안하고 있으며 설계자는 이를 검토하여 흡수거의 간격이 10m 이내로 설계되는 경우 관경설계에서 흡수거의 간격을 조정해야한다. 이 경우, 흡수거의 간격이 정한 기간

에 목표하는 지하수위에 도달하지 못하게 되므로 배수편에서 제시하는 보조암거 등을 검토해야 한다. 흡수거의 직경은 최소 5cm가 바람직한 것으로 배수편에 제시되어 있으므로 설계자는 참조해야한다.

흡수거의 간격의 결정을 위하여 흡수거의 유효반경(r_e)을 흡수거의 직경에 따른 참조값을 사용하게 된다. 만약 흡수거의 직경을 검토한 결과가 흡수거 간격의 결정에 사용된 흡수거의 직경과 다른 경우에는 결정된 관경의 유효반경을 사용하여 간격 및 관경을 재검토할 필요가 있다.

4.6 배수암거의 시공

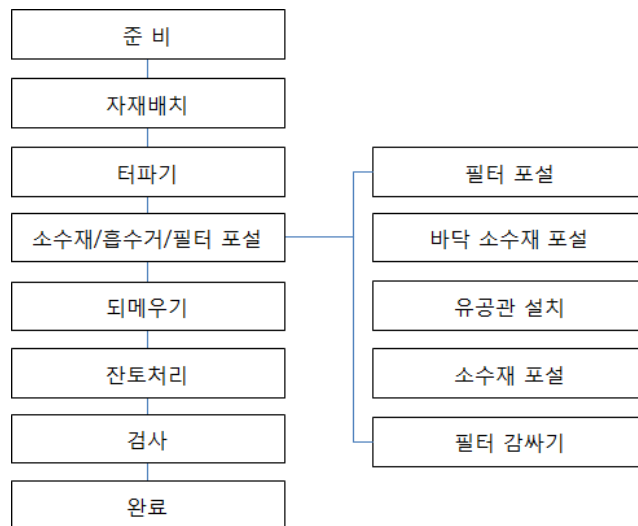
배수암거의 시공편에서는 범용화사업을 위한 흡수거, 집수거의 시공방안을 일반건설현장에서 사용되는 장비의 조합을 고려하여 검토하였으며, 시공의 표준공정에 맞도록 토공사, 관매설, 수갑, 집수정(sump)의 시공, 재료의 품질기준, 시공 품질관리 등을 기술하였다.

4.6.1 배수암거 시공의 표준공정

가. 표준공정

배수편에 따르면 배수암거 시공의 일반적인 흐름을 다음과 같이 제시하고 있다. 암거선의 설정 → 자재의 배치 → 터파기 → 관의 부설 → 피복재 투입 → 1차 되메움 → 2차 되메움 → 수갑설치 → 배수구 및 소형펌프장 설치 순서이다.

배수암거(흡수거)의 기본적인 시공순서는 [그림 4.23]과 같다.



[그림 4.23] 배수암거의 시공순서

나. 가설 및 자재배치

대상 농지가 연약하면 터파기한 곳이 붕괴되기도 하고, 굴삭기계에도

영향을 미치기 때문에 미리 논의 물을 배제할 필요가 있다. 특히 이탄토양이나 기타 과습토양에서는 암거선을 따라 배수구를 설치하여 미리 논의 물을 배제시킨다.

소수재, 관재 등은 소정의 사용량을 공사현장에 미리 배치하고 조건에 따른 시공기계를 준비한다.

4.6.2 토 공 사

흙공사는 공사준비, 터파기, 되메우기로 구분하며, 공사준비편에는 연약한 논토양의 공사에 의한 손상을 최소화 하고, 효율적 토공사 시행을 위해 발판사용의 방안을 제시하였다. 터파기편에는 정밀한 관공사를 위해 계획구배에 따라 시공할 수 있는 기준사 또는 레이저 측측기의 사용방안을 제안하였다. 되메우기편에서는 관의 일정구배시공이 가능할 수 있는 방안으로 유공블럭사용을 제안하였으며, 소수재와 유공관의 기능을 유지시킬 수 있는 필터의 시공요령을 제안하였다.

가. 공사준비

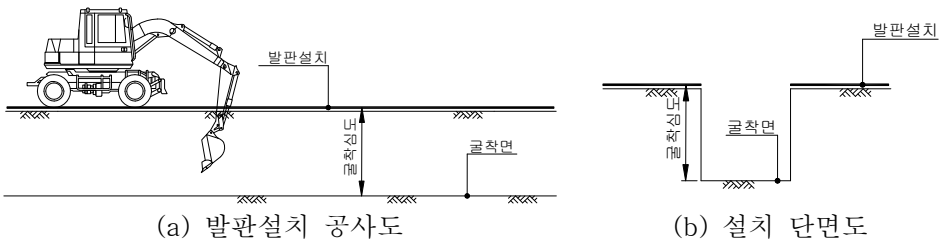
터파기 작업 등을 위한 발판 등 설치와 준비, 사전조사 등에 적용하고, 기재되지 않은 사항은 토목공사 표준일반시방서 「제2장 토공사의 준비공사」부분을 따라 시행한다.

(1) 발판 설치

대상 농지가 연약하여 시공기계의 작업이 원활하지 않은 경우 터파기 중심을 기준으로 [표 4.18]과 같은 발판을 설치하는 방안이 있을 수 있다. 발판의 크기는 길이 4.0m × 폭 1.0m 정도를 권장하며, 길이 방향으로 터파기 양측면을 따라 설치하는 것이 효율적일 것이다. 발판 간 이격 거리는 공사 차륜의 폭원을 감안하여 설치하면 된다. 발판은 운행 공사 차량의 하중을 지면으로 고르게 분포시킬 수 있도록 설치되고, 차량 하중에 의해 변형이 되지 않을 정도의 강성이 확보되는 치수여야 할 것이다. 발판의 운반과 설치가 용이하도록 부대장치(손잡이, 갈고리)를 고안하는 방안도 필요할 것이다.

[표 4.18] 발판의 종류

종류	철판	철제 유공발판	제작 유공발판	목재 발판
형상				
특징	<ul style="list-style-type: none"> ·중고 강재를 이용 고재로 구입하고 사용 후 고재로 매각하여 경제적이다. ·중량이 무거움. ·내구성이 보통 ·중량물 재하 가능 	<ul style="list-style-type: none"> ·얇은 철판을 가공 제작한 발판. ·요철, 홈 또는 구멍의 설치로 장비의 미끄러짐을 방지. ·중량이 가볍워 취급이 용이 ·내구성이 우수하여 장기간 재사용 가능. ·단가 저렴. ·중량물 재하시 변형 우려 	<ul style="list-style-type: none"> ·얇은 철판을 가공 제작하여 강성을 증가 시킨 발판. ·요철, 홈 또는 구멍의 설치로 장비의 미끄러짐을 방지. ·중량이 가볍워 취급이 용이 ·내구성이 우수하여 장기간 재사용 가능. ·단가 보통. ·중량물 재하시 가능. 	<ul style="list-style-type: none"> ·소정 두께의 목재를 이용하여 제작. ·규격이 자유롭고 제작이 용이함. ·단가 고가 ·중량이 무거움. ·내구성이 보통 ·중량물 재하 가능 ·습기에 취약



[그림 4.24] 발판설치 개요도

나. 터파기

터파기 공사는 일반건설현장에서 가장 많이 사용되고 있는 [그림 4.29]와 같은 소형 백호우를 사용하는 것이 효율적일 것으로 판단되어 백호우 사용 터파기를 원칙으로 검토하였다([표 4.19]참조).



[그림 4.25] 0.2m³ 백호우 예

[표 4.19] 0.2m³ 백호우 장비 규격 예

구 분	규 격
버킷용량	0.04m³
장비중량	1.65ton
정격출력	17ps
전 장	3,840mm
전 폭	980~1,250mm
덤프블러 중심거리	1,230mm
트랙중심거리	750~1,020mm
접지압	0.30kg/cm²
슈 폭	230mm(확장가능)

(1) 작업계획 수립

터파기 작업 전 시공방법, 장비 투입, 유용, 작업 착수시기, 타 공사와의 관계 등을 검토하여 원활하게 터파기 공사를 수행할 수 있는 작업계획을 수립한다. 터파기공사는 발판 설치, 외부 유입수 차단, 등의 준비공사가 완전히 이루어진 후에 시행하는 것이 효율적이다.

(2) 배수

터파기 하는 장소에는 유입 또는 침출하는 지표수와 지하수가 고이지 않도록 적절한 배수시설로 배수시켜야 하며, 터파기 면의 마무리 작업 시 지하수와 강수 등이 조성공사부에 침투할 가능성이 많으므로 배수가 잘되고 양호한 상태의 터파기 마무리 면을 유지할 수 있도록 하는 것이 중요

하다. 터파기 장소에 물이 고이지 않도록 하여 흙의 함수비를 낮출 수 있도록 해야 하며, 상주 시험포의 공사경험을 비추어 볼 때 터파기 내에 지하수 등이 침투하더라도 시공에 문제가 없는 정도의 수위라면 별도의 배수시설을 설치하지 않아도 된다.



[그림 4.26] 터파기 후 물고임



[그림 4.27] 터파기 후 자재 포설

나. 시공

터파기에 관한 사항은 범용화사업 시공의 중요한 부분을 차지하기 때문에 논 토양의 토질 특성, 함수상태 등을 검토하여 효율적 공정을 설계도서에 명시하여야 할 것으로 판단되었다. 터파기 한 흙은 되메우기 재료로 유용되어야 하며, 터파기 한 흙의 사토는 거의 발생되지 않을 것으로 판단되었다.

(1) 터파기면 기울기

터파기작업 시 터파기면의 기울기를 설계도서에 따라 형성해야 하지만 작업이 진행되는 과정에서 설계 시 예상하지 못한 지층, 지하수의 침출 등이 확인되어 비탈면이 불안정할 경우에는 감독자의 승인을 얻은 후 일 반공사 기준에 따라 비탈면의 기울기를 적의 변경 시행하여야 할 것이다.

토질별 터파기 기울기는 터파기 바닥면으로부터 연직높이에 따라 [표 4.20]과 같이 구분될 수 있을 것이며, 흙의 함수상태와 지반동결 상태에 따라 사면 안정각이 상이하므로 구분하여 적용하였다. 또한, 터파기 폭은 [표 4.21]과 같이 과거와 구조물에 대하여 나타내었다. 관거의 경우 필터 및 관의 시공을 고려하여 관경에 0.4m의 여유폭을 설정하였다.

[표 4.20] 토질별 굴착 사면 기울기

구 분		점토	사질토	점토 섞인 사질토
연직 높이	H = 1.2m 이하	동절기	1 : 수직	1 : 수직
		동절기 외	1 : 0.5	1 : 0.3
	H = 2.0m 이하	동절기	1 : 0.2	1 : 0.4
		동절기 외	1 : 0.5	1 : 0.5

- 주1). a) 지하수위가 굴착면 이하이고, 흙의 함수비가 현저히 낮을 경우 동절기와 동일 적용
 b) 굴착 시 지반의 자립도를 확인하여 터파기 기울기를 적의 조정 적용.
 c) 흙의 함수비가 현저히 많은 경우 작업 시기를 조정하여야 한다.
 d) 2.0m 보다 깊은 터파기 기울기는 토목공사 기준을 따른다.

[표 4.21] 터파기 폭

구 분	관 거	콘크리트 구조물
터파기 폭	관경 + 0.4m	구조물 폭 + 1.0m (사전제작물 매립시공 : 구조물폭+0.4m)

(2) 잔토 및 사토 처리

잔토는 발생 농지에 포설하여야 하나, 특별히 사토가 필요한 경우에는 승인된 장소에 버리거나 감독자의 승인 후 처리하여야 하며, 터파기에서 발생한 재료는 되메우기에 활용되도록 해야 할 것이다.

(3) 터파기 심도유지 방안

터파기의 정확성에 따라 관구배의 정도가 확보될 것이고, 배수기능이 원활히 작동될 것이다. 따라서 터파기 허용 시공오차의 범위는 다음과 같이 정하였으며,

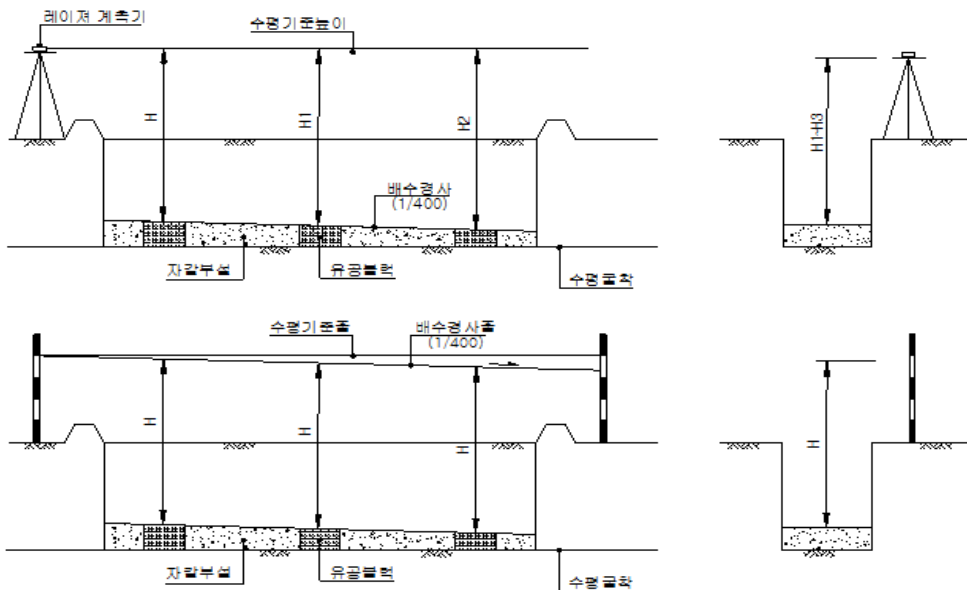
- (1) 높이의 경우 $\pm 50\text{mm}$
- (2) 폭의 경우 $\pm 100\text{mm}$

터파기 시 터파기의 기울기는 현장여건상 가능한 경우 설계도서에 제시된 기울기보다 가파르게 시공하여도 될 것으로 판단되었다.

다만, 터파기 깊이가 1.5m 이상일 경우 설계도서에 제시된 기울기보다 가파르게 시공하여서는 아니 된다.

터파기 심도 확보방안으로 [그림 4.28]에 나타난 바와 같이 기준사 또는 레이저빔을 활용하는 방안을 제안하였다.

기준사 또는 레이저 계측기 거치대는 작업에 방해되지 않는 위치에 설치하여야 하며, 공사 중 변위가 발생하지 않아야 할 것이며, 기준사 또는 레이저 계측기 거치대가 변형 또는 훼손되었을 경우 측량에 의해 재 설치하여야 하는 단점도 있다.



[그림 4.28] 터파기 심도유지 방안 제안

[그림 4.28]의 터파기 심도유지 방안 그림에는 일정 심도의 터파기 시공 후 높이가 다른 유공블럭을 일정간격으로 설치하여 관의 일정구배를 확보하는 방안이 포함되어 있다. 유공블럭은 약 10m간격으로 설치하여 관의 고정과 정밀시공을 가능하게 할 수 있을 것으로 판단되었다.

(4) 현장관리

터파기공사 기간 중에는 항상 배수가 원활하게 이루어지도록 노면을 현장관리 하는 것이 무엇보다 중요하며, 터파기공사가 완성된 후 강수 등의 영향이 우려될 경우에는 비닐 덮개 등으로 우수 유입을 방지하거나 배수

조치해야 정밀한 시공이 가능할 것이다.

다. 되메우기

흡수거의 토사, 집수거, 소형펌프장은 터파기 발생 토사를 유용하여 되메우기 하면 될 것이며, 흡수거의 경우는 터파기시 작토심 내의 토사는 별도로 모아 되메우기 시 최상부에 되메워 경작의 피해를 최소화 하여야 할 것이다.

(1) 재료

되메우기 재료 중 토사 되메우기는 터파기로 발생된 원지반토를 사용하며, 소수재 등 기타 되메우기 재료는 쇄석, 천연자갈, 인공골재 등과 천연 유기질재료인 왕겨재 등을 사용할 수 있을 것이다.

(가) 소수재




소수재는 흡수거 주위에 부설하여 지하수 침투면적을 넓혀 주어 지하수의 배수를 보다 촉진시키기 위하여 설치 하는데 그 재료는 압축성이 작고 입도 분포가 양호한 재료여야 하며, 견고하고 내구성을 가진 재료여야 할 것으로 판단되었다.

따라서 소수재로 검토될 수 있는 재료는 [표 4.22]와 같이 조사되었다.

범용농지시설은 항구적인 내구성을 확보하여 유지·보수의 최소화가 최우선 목표이므로 적용 소수재도 항구적인 내구성을 보유한 재료로 선정하여야 할 것으로 판단되어, 흙속에서 부식하기 쉬운 왕겨, 벧짚, 나뭇가지, 대나무 등과 같은 유기물 재료는 적합하지 않을 것으로 판단되었다.

유기물질을 제외하면, 소수재로 적용 가능한 재료로 선정하기 가장 손쉬운 재료는 자갈이었으며, [표 4.22]와 같이 자갈의 종류를 조사하였다.

[표 4.22] 자갈의 종류별 특성

쇄석	천연자갈	인공골재
		
<p>채취한 암석을 분쇄기로 가공하여 필요규격으로 만든 천연재료의 인공자갈로, 현재 대부분의 자갈골재는 쇄석을 사용하고 있다.</p> <p>입자가 각형이고 거칠어 작업성 불량하다.</p> <p>가격이 저렴하다.</p> <p>제작 과정에 골재에 피로가 쌓여 내구성이 천연자갈에 비해 떨어진다.</p>	<p>보통 강자갈을 의미하며, 자원고갈과 환경 파괴로 현재는 거의 사용하지 않고 있다.</p> <p>입자가 둥글고 표면이 매끄러워 작업성이 좋다.</p> <p>가격이 고가이다.</p> <p>천연가공으로 골재 피로가 없어 내구성이 뛰어나다.</p>	<p>황토, 백토, 석탄회 등을 반죽하여 적당한 크기로 가공한 후, 고열에 구워 만든 인공 골재이다.</p> <p>골재자체에 공극이 많아 배수촉진에 유리하다.</p> <p>무게가 가볍고 입상이 둥글어 작업성이 우수하다.</p> <p>강도가 비교적 약하여 외부하중이 직접 작용하는 곳에는 적용이 곤란하다.</p> <p>가격이 매우 고가이다.</p>

자갈은 재료 선택의 다양성이 적고, 재질 간 배수 성능이 크게 차이를 보이지 않는 것으로 고찰 되었다. 따라서 작업성이 다소 미흡하지만 경제적이고 내구성이 우수한 쇄석의 적용이 가장 타당할 것으로 판단되므로, 현장의 자재수급 현황을 감안하여 적의 결정하는 것이 필요할 것으로 판단되었다.

특히, 소수재 재료로 산업부산물을 이용하는 경우, 재료로서 적합함과 지하수 오염 등 환경에 미치는 영향이 안전하다는 것을 입증하는 자료와 골재입경, 자재조달 시공방법 등 작업계획을 작성하여 감독자의 승인을 얻은 후 사용해야 할 것이다. 소수재 재료로서 고로슬래그, 탄광 또는 광산에서의 선광 작업 후 잔류분 및 기타 산업부산물 등이 사용될 수 있다.

이 경우 유해물질 함유여부, 환경오염물질 포함 여부 등을 확인하고, 안정성이 입증 될 경우 적용할 수 있다.

(나) 부직포 필터

부직포는 농지의 토사가 지하수와 함께 유실되는 것을 방지하기 위한 것으로 부직포의 조직은 세립자의 통과를 방지할 수 있는 적당한 치밀도를 유지하여야 하며, 흡입자에 의한 막힘(clogging)이 없어야 한다. 따라서 부직포 필터의 재료는 [표 4.23]의 조건을 만족하거나 동등 이상의 성능을 확보하는 재료이어야 할 것으로 조사되었다.

부직포의 유효구멍크기(effective opening size, O_{90})는 $300\mu\text{m} \sim 1,100\mu\text{m}$ 의 범위가 적당하며(Geotextiles and Geomembranes in Civil Engineering, pp 478), 토양의 입도와와의 관계에서 $1 \leq O_{90}/d_{90} \leq 3.0$ 의 범위가 적정하다.

[표 4.23] 부직포 필터의 품질기준

구분	시험항목	단위	시험방법	품질 기준	비고
부직포	재질		KS K 0210	P.P P.E.T 30% 이상	
	내후도	%	KS K 0706 (250hr 노출)	기존인장강도의 90% 이상	필요시
	형성		-	부 직 포	
	질량	g/m ²	KS F 2123	400 이상	
	두께	mm	-	2.0 이상	
	인장강도 (그레브)	N	KS K 0520	500 이상	
	인장신도 (그레브)	%	KS K 0520	50 이상	
	봉합강도	N	KS K 0530	500 이상	
	투수계수	cm/s	KS K ISO 11058	$\alpha \times (10E-2 \sim 10E-4)$ 단, $\alpha-1 \sim 9.9$	

(2) 시공

되메우기 시공 시에는 지지지반의 상태, 되메우기 재료의 종류, 기상조건 등을 고려하여 안정, 침하 등의 문제가 발생하지 않도록 시공해야 할 것으로 검토되었다. 또한, 반드시 승인된 재료를 이용해야 하며 이 때 다지기는 원지반 밀도상태와 유사하도록 시공해야 한다. 되메우기 최종면은

기존 농지면보다 다소 높게 마무리하여, 시공 후 지반 안정에 따른 함몰에 대비를 할 수 있도록 하여야 할 것이다.

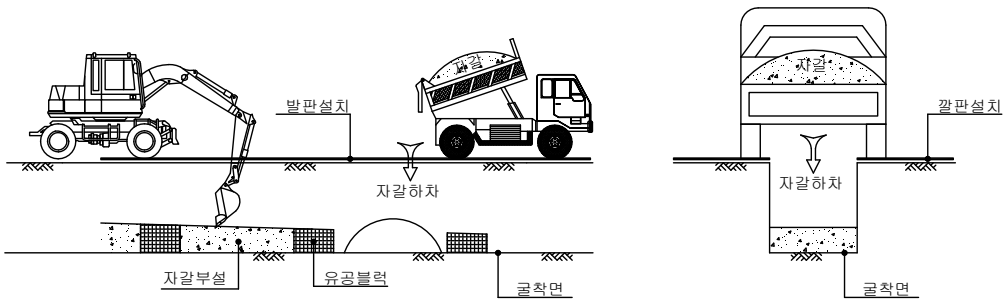
(가) 소수재 시공

소수재의 시공은 시험포 시공경험과 장비의 검토결과에 따라 제안하였다.

소수재는 재료의 균질성, 다짐 정도를 고려하여 시공해야 하며, 유공관을 약 10cm두께로 감싸는 정도면 충분할 것으로 판단되지만 터파기 장비의 폭, 포설작업의 용이성 등을 고려하여 적용할 수 있다. 흡수거 설치 전 포설하는 소수재의 심도는 흡수거의 심도를 배수가 원활하도록 유지하는 것이 중요하며, 소수재 포설 시 배수기울기에 맞도록 정밀 시공을 하여야 한다. 시공 정밀도는 $\pm 0.05m$ 또는 관 내경의 0.25배 이내가 되도록 한다. 소수재 시공심도 확인은 [그림 4.28]에서 제시하였던 바와 같이 기준사 측정법 또는 레이저 측정법을 적용할 것을 제시하며, 현장여건에 따라 방법을 적의 변경 적용하도록 한다. 기준사 또는 레이저 계측기 거치대는 설치 및 훼손되었을 시는 기 설명한 바와 같이 조치하여야 한다. 소수재의 정확한 포설은 난해한 공정이며, 분진의 발생 등으로 작업자의 마스크 착용 등이 필수인 공정이다. 골재의 야적장으로부터 흡수거의 투입까지만에 적합한 장비는 1톤 덤프트럭일 것으로 판단되어 [그림 4.29]와 같이 도시하였으며, 배출되는 폭을 조절하기 위해서는 트럭 컨테이너 내부에 삼각형 가이드 판을 부착하는 방안도 검토할 수 있을 것이다. [그림 4.30]과 같이 소수재의 포설 두께를 백호로 조절할 때는 버킷의 크기를 터파기 시 사용한 버킷보다 작을 것을 사용하여야 필터의 손상을 막을 수 있을 것이다.



[그림 4.29] 1톤 덤프트럭



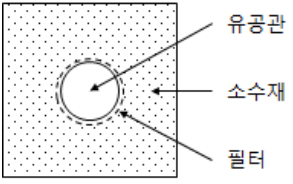
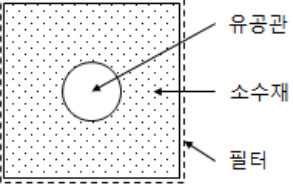
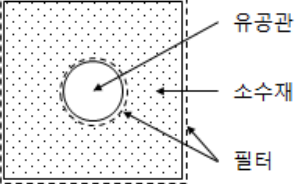
[그림 4.30] 자갈 부설 방안

(2) 부직포 시공

부직포의 시공은 배수암거의 장기적 기능 유지에 중요한 공정이다. 소수재를 감싸는 과정에서 토사의 유입, 부직포의 손상에 의한 천공, 부직포의 겹침부족으로 봉합이 되지 않는 문제점을 극복할 수 있는 방안을 제시하였다.

부직포는 [표4.24]와 같이 유공관 외부, 소수재 외부, 유공관과 소수재 외부에 시공하는 경우 모두 가능하나, 경제성, 시공성, 내구성 등을 고려하여 선정하여야 한다.

[표 4.24] 필터 설치 위치 검토

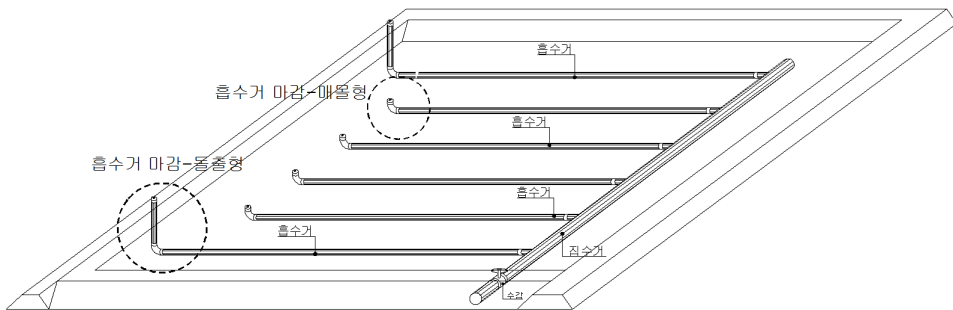
구분	관	소수재	관 및 소수재
개요도			
시공방법	유공관 둘레 감싸기	소수재 둘레 감싸기	유공관 및 소수재 감싸기

소수재 외부에 시공하는 경우 흡수거의 터파기가 완료 후 원지반과 유사한 강도로 다짐을 시행한 후 부직포를 시공하여야 할 것이며, 부직포는 바닥과 벽면에 밀착이 되도록 시공하여야 하는 점에 주의하여야 한다. 특히 굴착 직각부에서 부직포와 굴착 직각부간 공간이 생기지 않도록 주의하여야 한다. 또한, 부직포는 고정핀을 이용하여 굴착사면에 고정시키며, 300mm이상 겹칠 수 있도록 여유폭을 두어야 한다. 시공된 부직포 위로 유공블럭과 흡수거바닥면의 자갈을 신속하게 설치하여야 한다. 시공된 부직포는 훼손이 되지 않도록 주의하여야 하며, 시공상 부득이한 경우를 제외하고 오염이 발생되지 않도록 주의하여야 한다. 부직포 위에서 인력 또는 장비를 운용할 때에는 발바닥, 장비 바닥 등 부직포 접촉면을 청결하게 유지하여야 한다. 부직포에 뿌려진 오염물질은 빗자루 등을 이용하여 제거하여야 하며, 부착된 오염물질은 토사 이외의 경우에는 제거하는 것을 원칙으로 한다. 흡수거, 소수재의 시공이 완료되면 소수재 표면을 편평하게 마무리한 후 부직포로 소수재를 감싼다. 이 때 부직포 고정핀 제거는 조심스럽게 하여야 한다. 부직포의 겹침길이는 300mm 이상이 되도록 하여야 한다. 겹침길이가 부족한 경우에는 별도의 부직포로 보강하여 덮는다. 이 때 보강 부직포와 기존 부직포의 겹침길이는 300mm 이상이 되도록 한다.

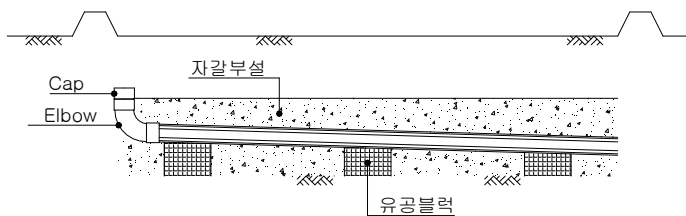
4.6.3 관매설

가. 일반사항

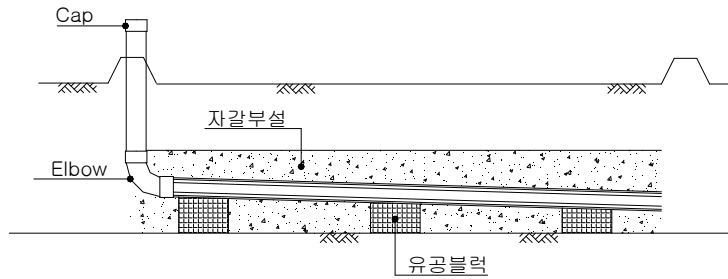
관매설 작업은 흡수거와 집수거 등의 매설공사로 구분한다. 관, 관연결부, 캡(cap) 등 관 및 그 부자재는 사전 품질검사가 필요할 것이며, 흡수거, 집수거, 연결관(L형, T형 등)을 필요수량에 맞춰 사전에 준비하고 시공할 위치에 배치하는 것이 효율적일 것이다. 흡수거와 집수거의 직경이 다른 경우 두 관을 연결할 수 있는 부속품 또는 장비를 확보하여야 하며, 경우에 따라서는 부착제를 사용하여야 할 것이다. 특히, 흡수거의 향후 유지관리를 위해 [그림 4.31] 및 [그림 4.32]와 같이 입구쪽은 L형 연결관과 캡을 사용하여 마무리 하는 것이 필요하며, 가급적 노즐의 진출입이 용이하도록 엘보의 곡률반경이 큰 것을 사용하여야 할 것이다. 또한, 필지당 양쪽 끝 흡수거 라인의 입구는 [그림 4.31] 및 [그림 4.33]과 같이 지면밖으로 노출되도록 시공하는 것이 필요할 것으로 판단되었다.



[그림 4.31] 흡수거 마감 개요도



[그림 4.32] 흡수거 마감-매몰형



[그림 4.33] 흡수거 마감-도출형

나. 재 료

(1) 관의 종류

지하배수시설의 가장 핵심적인 부분으로 농지에서 직접적으로 배수를 수행하는 재료이므로 모든 재료와 가공성, 시공성 등을 고려하여 선정할 필요가 있다. 또한 플라스틱재질로 구성된 관은 온도에 따라 유연성에 큰 변화가 오기 때문에 공사시점(하절기 혹은 동절기)이 언제가 될 것인지를 고려하여 검토할 필요가 있다. 특히, 물형 관재료를 검토할 경우 동절기 시공은 별도 검토가 필요할 것으로 판단된다. 흡수거는 관내부로 지하수가 잘 스며들 수 있도록 천공을 한 유공관으로 하여야 하며, [표 4.25]과 같이 재질별로 관의 종류를 알아보고 가장 적합한 것으로 선택을 하도록 한다.

관은 천공을 위한 가공성 및 무게에 의한 시공성 등을 고려하면 금속성 재료 중에서 비철금속인 알루미늄관 적용에 대해 분석이 요구되고 유공관 용도에 적합하게 추가가공이 필요하다. 합성수지관은 유공관 제품이 있는 PE관 또는 HDPE관에 대한 적용성 분석이 필요하다. 단순히 관에 대한 경제성 뿐만 아니라 시공방법 등을 복합적으로 검토하여 결정하여야 한다.

[표 4.25] 관의 종류

종류	강관(아연도금)	스테인레스	알루미늄관
형상			
특징	강관을 가공하여 관으로 제작 내구성 보통(아연도금) 타 관과 연결 시공성 우수 중량이 커서 시공시 불리 유공관은 별도 제작 필요	스테인레스 강관을 가공하여 관으로 제작 내구성 보통 (충격, 외력에 강함) 타 관과 연결 시공성 우수 무게 비교적 가벼움 유공관은 별도 제작 필요	알루미늄을 사출 가공하여 관으로 제작 내구성 보통 (충격, 부식에 약함) 타 관과 연결 시공성 우수 무게 가벼움 유공관은 별도 제작 필요
종류	PVC관	PE관	HDPE관
형상			
특징	PVC를 사출하여 관으로 제작 내구성 보통 타 관과 연결 시공성 우수 무게 가벼움 유공관은 별도 제작 필요	폴리에틸렌을 사출성형하여 관으로 제작 내구성 우수 (충격, 외력에 강함) 타 관과 연결 시공성 우수 무게 가벼움 일반 및 유공관 생산	고밀도 폴리에틸렌을 사출성형하여 관으로 제작 내구성 우수 (충격, 외력에 강함) 타 관과 연결 시공성 우수 무게 가벼움 일반 및 유공관 생산

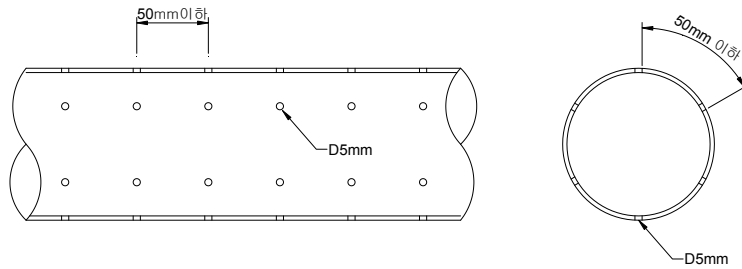
(2) 흡수거

흡수거는 지하수를 배출할 수 있는 설계도면에 명시된 구멍을 가지고 있어야 한다. 관 매설 작업 중이나 준공 후 공사 장비 및 농기계 운행으로 작용되는 하중에 저항할 수 있어야 할 것이다. 내식성, 내구성이 우수하고, 온도변화에 강해야 한다. 가공성이 우수하고, 운반, 매설에 용이한 재질이어야 한다. 각종 물질의 흡·부착에 대한 저항성이 우수하여야 한다. 흡수거의 재질에 대한 규정은 [표 4.26]과 같으며, 재질 변경 시에는 동등 이상의 품질 확보가 필요할 것이다.

[표 4.26] 흡수거의 품질기준

구분	시험항목	단위	시험방법	품질 기준	비고	
흡수거	재질	-	-	고밀도, 폴리에틸렌 (H.D.P.E)		
	규격	-	-	두께의 허용오차 ±10% 외경의 허용오차 ±5%		
	밀도	kg/cm ³	KS M 3407	0.942 이상		
	인장강도	MPa	KS M 3407	20 이상		
	내경5% 변경시 pipe강성	MPa	ASTM D 2412	34.3 이상		
	구멍크기	mm	-	5mm		
	허용 변형량	%	-	내경의 5% 이하		
	침지시험		g/m ²	KS M 3407	± 0.5이내	황산(30%)
			g/m ²	KS M 3407	± 0.5이내	수산화나트륨 (40%)
			g/m ²	KS M 3407	± 0.5이내	염화나트륨 (10%)
		g/m ²	KS M 3407	± 1.0이내	질산(40%)	
		g/m ²	KS M 3407	± 4.0이내	에틸알코올 (95%, 부피)	

흡수거 내로 유입되는 구멍의 규격 지름 5mm 이상이 되어야 하며, 각 구멍 사이의 거리는 50mm이하가 되도록 하는 것이 적절할 것으로 검토되었다.



[그림 4.34] 흡수공 설치 규격

(3) 집수거

집수거는 흡수거로 배수된 물을 소형펌프장까지 유도하는 관으로 설계 도면에 명시된 규격을 가지고 있어야 한다. 흡수거와 같이 관 매설 작업 중이나 준공 후 공사 장비 및 농기계 운행으로 작용되는 하중에 저항할 수 있어야 할 것이며, 내식성, 내구성이 우수하고, 온도변화에 강해야 한다. 가공성이 우수하고, 운반, 매설에 용이한 재질이어야 한다. 각종 물질의 흡·부착에 대한 저항성이 우수하여야 한다. 집수거의 재질에 대한 규정은 [표 4.27]과 같으며, 재질 변경 시에는 동등 이상의 품질이 확보되어야 한다.

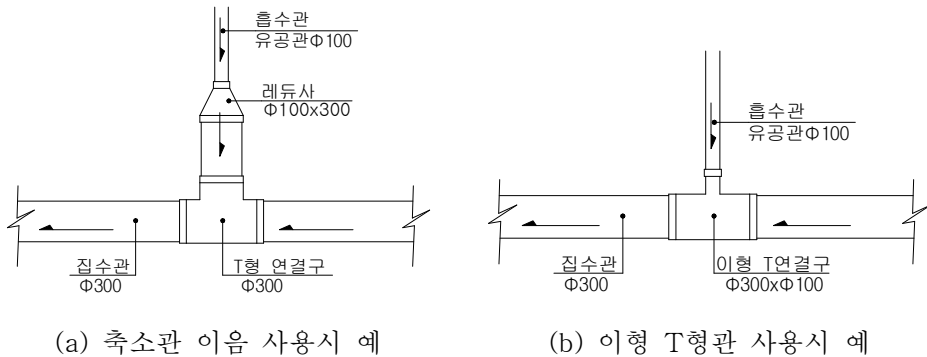
[표 4.27] 집수거의 품질기준

구분	시험항목	단위	시험방법	품질 기준	비고
집수거	재질	-	-	고밀도, 폴리에틸렌 (H.D.P.E)	
	규격	-	-	두께의 허용오차 ±10% 외경의 허용오차 ±5%	
	밀도	kg/cm ³	KS M 3407	0.942 이상	
	인장강도	MPa	KS M 3407	20 이상	
	내경5% 변경시 pipe강성	MPa	ASTM D 2412	34.3 이상	
	허용 변형량	%	-	내경의 5% 이하	
	침지시험	g/m ²	KS M 3407	± 0.5이내	황산(30%)
		g/m ²	KS M 3407	± 0.5이내	수산화나트륨 (40%)
		g/m ²	KS M 3407	± 0.5이내	염화나트륨 (10%)
g/m ²		KS M 3407	± 1.0이내	질산(40%)	
g/m ²		KS M 3407	± 4.0이내	에틸알코올 (95%, 부피)	

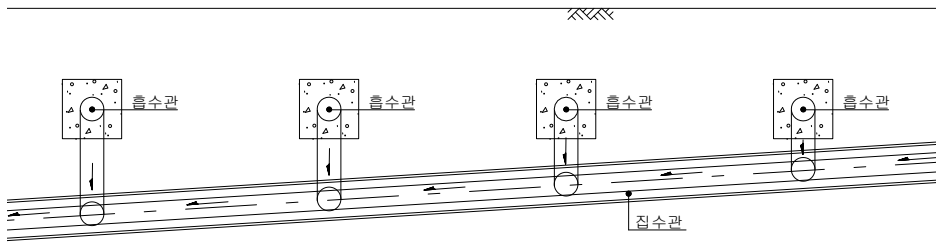
(4) 이음관(엘보 등)

이음관은 본 관과 동등 또는 이상의 품질을 가지고 있어야 하며, 이음 구조가 간단하고 작업성이 우수하여야 할 것이다.

[그림 4.35]와 같이 흡수거와 집수거의 관경이 다를 경우 레듀사, T형관 등을 사용하여 관을 연결하여야 하며, [그림 4.36]과 같이 집수거의 구배에 따라 흡수거와 연결되는 심도가 다를 것이므로 이를 고려하여 관 연결 계획을 수립하여야 한다.



[그림 4.35] 연결과 설치도 예



[그림 4.36] 흡수관과 집수관의 심도차 지점의 연결과 설치도

다. 시공

관은 터파기 중앙에 위치하도록 주의해서 시공하여야 한다. 소수재 또는 토사로 되메우기 할 때에는 반드시 채움재를 관 양쪽으로 균등하게 채워 넣어 시공 중 관의 위치가 움직이지 않도록 하여야 한다. 관의 이음은 시공의 용이성, 변형에 의한 파손 방지 등을 위하여 다소 느슨하게 하여도 무방하다. 다만, 관이 이탈하지 않도록 이음재(엘보 등)의 중간 이상 되게 매입을 하여야 한다. 관 이음 부위는 품질관리 부족, 이완 등에 의한 틈사이로 토사의 유출입을 방지하기 위하여 반드시 부직포로 둘러싸야 한다. 부직포는 이음 경계선 양측으로 200mm 이상 중첩되게 2회 이상 둘러싸도록 하여야 한다. 흡수거의 시점부에는 배수의 흐름을 원활하게 하고 향후 유지관리를 위한 공기변/유지관리용 주입관을 설치하고, 종점부에는 배수조절을 위한 개폐시설(水閘)을 설치한다. 시점부의 주입관은 경작 시 파손 등을 고려하여 L형으로 상향으로 설치하고 덮개를 씌운 상태로 경

작심도 이하로 매설하는 것을 원칙으로 한다. [그림 4.33]의 노출형과 같이 필요시 지상으로 설치가 필요한 경우 자외선 및 내화성에 유리한 재질로 검토하는 것이 필요하다.

라. 품질관리

관의 품질관리는 재질이 규정을 만족하는지 확인하고, 이음부는 되메우기 전 이음 상태가 규정대로 되었는지를 확인하면 된다. 흡수거에서 집수거를 통해 소형펌프장으로 연결되는 관의 기울기가 원활한 배수에 적합하게 설치되었는지를 확인하면 된다. 이를 위해 현장 확인을 수행하고 다음 단계의 되메우기 작업을 수행해야 할 것이다. 농한기인 동절기에 관 공사를 할 경우 플라스틱 재질의 취성이 커지고 연성이 떨어지는 점을 고려하여 연결부 등의 균열발생여부를 반드시 확인하는 것이 필요할 것이다.

4.6.4 배수조절개폐기

배수조절개폐기(수갑)는 스테인레스 재질, 스틸 재질, 플라스틱 재질 등이 있으며, 설치위치, 내구성, 사용환경 등을 고려하여 결정하여야 할 것이다. 범용화 시설 중 가장 작동이 빈발하고 고장율이 높은 점을 고려하고 농부들의 영농패턴을 고려할 때 내화성 재질의 밸브가 효과적일 것으로 판단되나 지중 또는 맨홀 내에 설치되고 공사비를 고려하면 플라스틱 재질 중에서 내구성이 우수한 재질을 검토하는 방안도 필요할 것이다.

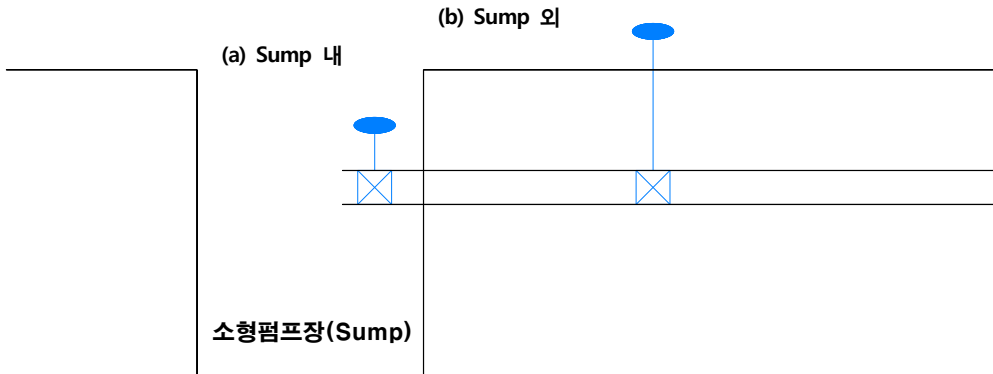
가. 재료

밸브의 재질은 다음을 만족하여야 할 것이다. 지하수를 완전히 차단하거나, 통수시킬 수 있어야 하고, 개폐 작동은 부드럽고 원활하여야 하며, 개폐 성능이 확실하여야 한다. 내식성, 내구성이 우수하고, 동결융해에 대한 저항성이 우수해야 한다. 설치가 용이하고, 이음부의 기밀성이 좋아야 한다. 각종 물질의 흡·부착에 대한 저항성이 우수하여야 한다.

나. 시공

개폐기는 유지관리가 용이한 위치에 설치하고, 향후 유지관리를 위하여

교체 및 수리가 가능한 구조로 설치하는 것이 필요하다. 필지별 소유주가 다르거나 재배작물이 다를 경우 필지별 개폐의 조작이 가능한 구조로 설치되어야 할 것이다. [그림 4.35]와 같이 1개의 소형펌프장에서 모든 필지의 개폐가 조절가능한 경우 소형펌프장 내에 개폐기를 설치할 수 있을 것이다.



[그림 4.37] 배수조절개폐기 설치위치

개폐기는 관에 확실하게 고정하여 배수조절을 위한 힘이 작용해도 견고하게 버틸 수 있도록 하여야 한다. 관과 개폐기의 이음부는 수밀성이 확실하여야 한다. 밸브의 조절 노브는 반드시 하늘방향으로 위치하도록 하고, 수평이 되도록 설치하여야 한다. [그림 4.35]와 같이 노브를 작동할 수 있는 충분한 공간이 확보되도록 밸브의 설치 위치를 정하여야 할 것이다.

다. 품질관리

밸브의 품질관리를 위해서는 사용되는 제품이 규정된 규격과 내구성을 만족하는지를 확인하여야 할 것이며, 이음부의 연결과 밸브의 위치, 노브 조작 공간 확보 등과 관련한 시공이 적절히 수행되었는지를 현장에서 확인 하는 것이 필요할 것이다.

4.6.5 소형펌프장(Sump)

소형펌프장은 사전제작형과 현장타설형으로 구분한다. 사전제작형은 콘크리트제품과 FRP제품으로 구분한다.

반입된 공장제품은 외관상태, 규격, 품질보증서 등과 관련한 제품검사가 필요할 것이다.

가. 소형펌프장 규격

소형펌프장의 설치목적에 적합한 규모의 결정을 위해 경제성, 안전성, 기능성 등 여러 조건을 검토한 결과 깊이가 1.7m정도가 적합할 것으로 검토되었다.

깊이가 낮으면 집수거의 배수기울기 확보가 곤란하고, 너무 깊으면 익사 등의 사고를 유발할 수 있을 것이다. 또한 안전사고 예방을 위하여 반드시 소형펌프장 뚜껑을 설치하도록 하여야 하며, 견고하게 설치하여 쉽게 훼손이 되지 않도록 하여야 할 것이다. 소형펌프장은 기본적으로 집수거를 설치할 수 있는 구멍과, 유지관리를 위한 접근을 위한 홀 및 사다리, 배수펌프를 설치할 수 있는 공간 등이 마련되어야 한다. 소형펌프장의 내공 폭은 관리를 위해 최소 1.0m×1.0m가 되어야 할 것으로 검토되었다. 폭이 너무 크면 경제성이 저감되고, 너무 작으면 유지 보수에 애로가 있다. 뚜껑은 유지보수 중 단힐 경우를 감안하여 소형펌프장 내부에서 충분히 열 수 있을 정도의 무게가 되도록 하여야 한다. 홍수 시 또는 경작 시 외부로 부터의 지표수 침투를 일부분 차단하기 위해 소형펌프장 상단은 지표로부터 30cm~50cm 정도 돌출되게 계획한다. 집수거 설치 구멍의 크기는 설치할 집수거의 규격을 감안하여 설치한다. 집수거 설치 구멍의 위치는 소형펌프장 내부 바닥에서 20cm 이격한 곳이 집수거 외경 하단이 되도록 한다. 소형펌프장 내부 접근 사다리는 매입형으로 하여야 하며, 부식이 되지 않는 재료를 사용하여야 한다.

나. 제품

공장제품은 현장납품 전 사전 공장검수가 필요하며, 현장에서는 운반도중 파손여부를 확인하는 것이 필요할 것이다.

(1) 콘크리트 소형펌프장

콘크리트에 균열이 발생하였는지 확인 하여야 하며, 방수가 곤란할 정

도의 균열일 경우 매입하기 전 보수를 시행하거나, 제품을 교환하여야 할 것이다. 표면에 레이턴스가 많이 발생하였거나, 골재분리 현상이 뚜렷한 제품은 내구성에 문제가 있으므로 불량제품으로 반품처리 하여야 하며, 관을 연결할 구멍의 표면은 매끈하게 잘 정돈하여야 할 것이다. 제품의 모서리면에 불규칙하게 돌출된 콘크리트 조각들은 깔끔하게 제거하는 것이 필요할 것이다.

(2) FRP 소형펌프장

FRP제품은 자중이 가볍고 강성이 작아 토압에 의한 변형이나 양압력에 의한 떠오름 현상이 발생할 수 있으므로 사전에 검토하여야 하며, 현장 설치 후 자외선에 의한 강도저하 및 변색의 우려가 있으므로 이 또한 검토하여야 할 것이다.

다. 시공

소형펌프장의 집수거 설치 구멍의 위치는 집수거의 시공 상태와 같이 확인하여야 하며, 집수거에 변형이 발생하지 않도록 집수거 연결 구멍이 집수거와 잘 일치하도록 설치하여야 한다. 집수거의 위치에 맞도록 하기 위해서 터파기면의 높낮이를 조정할 수 있다. 매입된 소형펌프장은 침하 또는 부상 등의 변위가 발생되지 않도록 하여야 한다. 소형펌프장을 설치할 터파기 면은 다짐기로 충분히 다져야 하며, 소형펌프장 하면에 300mm 이상의 쇄석으로 채움 및 다짐하여야 한다. 소형펌프장이 부력의 영향을 받아 부양이 우려되는 개소는 부력에 저항할 수 있도록 조치하여야 한다. 집수거는 소형펌프장 벽체 내측면 이상 매입될 수 있도록 시공한다. 집수거와 소형펌프장 연결 구멍사이의 공간은 소형펌프장의 변위로 인한 집수거의 파손을 방지할 수 있도록 신축성이 있는 소재(부직포 등)로 채움을 하여야 한다. 채움재는 밀실하게 채움을 하여야 하며, 이탈하지 않도록 마무리 하여야 한다. 관과 연결된 소형펌프장 외측부는 부직포로 잘 감싸주어, 지하수 유출에 의한 토사의 유실을 방지하여야 한다. 유지관리를 위해 설치한 소형펌프장 내부 사다리는 견고하게 고정되어야 한다. 추락사고, 빗물 또는 이물질 유입 등을 방지하기 위해 설치한 덮개는 개폐가 원활하여야 한다. 되메우기는 관의 되메우기와 동일한 방법으로 시행한다. 펌프 용량, 전기설비, 기타 부속시설에 대해서는 관련 분야의 기준에 따라 설치

하여야 한다.

라. 품질관리

소형펌프장의 품질관리를 위해서는 사용되는 재료와 제작 규격은 적합한지를 확인하여야 한다. 소형펌프장과 관의 이음부는 되메우기 전 이음상태가 규정대로 시공이 되었는지 확인하여야 한다.

4.7 배수암거의 유지관리

4.7.1 개요

범용농지 배수암거의 유지관리는 암거의 배수기능을 유지하기 위한 경작자의 선량한 전반적인 시설관리 및 운영관리를 포함하여야 할 것으로 판단되었으며, 흡수거, 집수거, 수갑, 씬프, 펌프의 유지관리 및 범용농지의 영농기, 비영농기 지표 및 지하배수를 위한 배수도랑 관리, 펌프의 가동까지도 포괄하는 것으로 하였다. 경우에 따라서는 개별필지단위가 아닌 구역단위의 배수관리가 효율적인 경우도 있을 것이다. 또한, 필지별 동계작물의 재배유무에 따라 동파에 대비하기 위한 씬프의 덮개관리 등도 중요할 것으로 검토되었다.

범용농지시설은 항구적인 사용을 전제로 품질관리를 철저히 하여 시공할 것을 전제로 한다. 그러나, 장기 사용에 따른 토양 미립자의 퇴적에 의한 배수불량, 농기계 및 장비의 경작활동에 따른 시설물 파손, 계절변화에 의한 풍화 및 동결융해 피해 등 여러 요인에 의해 범용농지시설의 기능이 저하되거나 상실할 경우가 발생할 가능성이 있다. 이럴 경우 수확량 감소에 따른 경제적 손실이 우려되므로 지속적인 유지관리를 통한 범용농지시설의 통상적인 기능 유지가 필요하며, 이를 위해 적절한 유지관리 실무지침을 제안하였다.

지하배수시설 시공 후 암거가 적절한 배수기능을 발휘하기 위해서는 암거가 설치되어 있는 농지의 관리주체인 경작자가 주의 깊게 유지관리 하는 것이 필요하다. 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. 시공이 정확히 되었다 하여도 이후의 유지관리가 부적절하면 암거의 효과는 급속히 감소해 버리고 때에 따라서 완전히 시공 전의 과습상태로 되돌아가는 경우도 생길 것이다. 암거도 역시 다른 시설과 같이 제대로 유지관리하면, 그 기능을 양호한 상태로 유지하여 내용연한을 연장할 수 있다.

암거의 유지관리를 고려할 때 지하배수 시설의 시공 후 관리 주체는 시설물 유지에 대한 모럴해저드를 방지하기 위하여 경작자가 하는 것이 타

당하며, 부득이한 유지보수에 대해서는 국가와 경작자간 협의에 반영하여야 할 것으로 판단되었다.

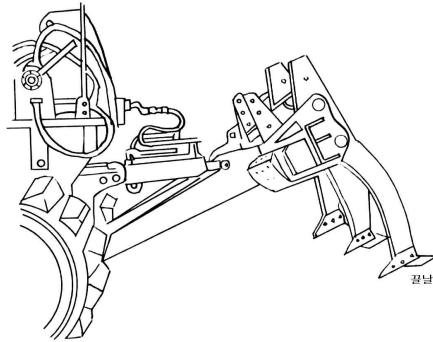
시설물의 항구적인 기능수행을 위해서는 경작자가 주의 깊게 유지 관리하는 것이 최선의 방법이다. 이 때문에 농가에 대하여 지하배수의 올바른 목적과, 암거시설의 기능을 어떻게 올바르게 발휘시킬 것인가를 잘 이해시키는 것이 우선 필요하며, 관리에 대한 요령을 잘 주지시켜야 한다. 따라서 경작자에 의한 유지관리를 더욱 철저히 하기 위해서는 관할 행정기관과 한국농어촌공사, 지역농민단체 등에 대한 유지관리 지도체계를 확립하여 정기적인 순회 점검정비를 실시하여, 수해지구 전체로서도 효과가 발휘되도록 관리조직을 확립하는 것이 대단히 중요할 것이다.

4.7.2 배수기능 유지를 위한 관리

범용 농지를 위한 지하배수 기능을 유지하기 위해서는 흡수거 주변의 농지 상태가 중요한 관리 요소로 판단되므로 이에 대한 주기적인 관리가 이루어져야 한다. 농지 경작에 의해 농지가 단단해지고 난투성 형태가 지속되면 배수효과를 볼 수 없기 때문에 심토파쇄, 두더지 암거 천공기와 같은 굴착장비를 이용하여 토양을 부드럽게 하고 투수성을 증가시켜 배수 기능을 유지하도록 하여야 한다.

가. 주기적 심토파쇄 및 격자 배수 관리

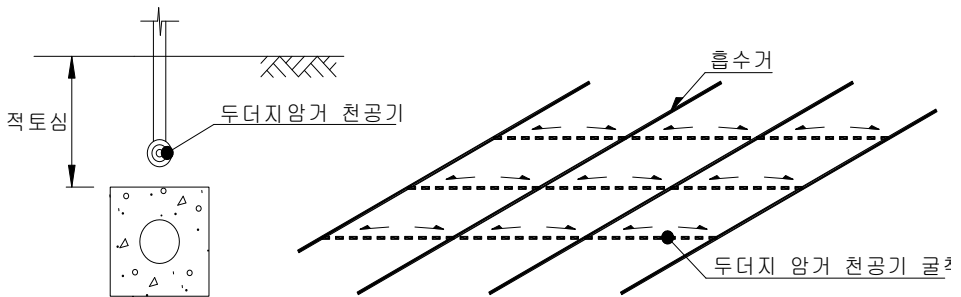
지속적인 경작에 의해 농지가 단단해 지고 투수기능이 저하되어 지하배수기능이 저하 또는 상실되는 우려가 있으므로 흡수거 상단 적심토에 대한 유지관리가 주기적으로 이루어져야 된다. 작토층을 팬 브레이커(Pan-Breaker, [그림 4.38]) 등으로 갈아주어 단단해진 토층을 부드럽게 함으로써 적심토의 통수성을 증대시켜 흡수거의 기능을 유지하도록 하는 관리가 필요할 것이다. 다만 [그림 4.39]의 왼쪽 그림과 같이 시공 시 최저 암거 높이를 확인하여 관리 대상인 해당 경작자에게 주지시켜 팬 브레이커에 의해 배수암거의 소수재가 손상이 되지 않도록 해야 할 것이다. 특히, 소수재를 감싸고 있는 부직포가 날에 걸리는 사고가 발생하지 않도록 주의해야 할 것이다.



[그림 4.38] Pan-Breaker



[그림 4.39] 농지 파쇄 심도 관리



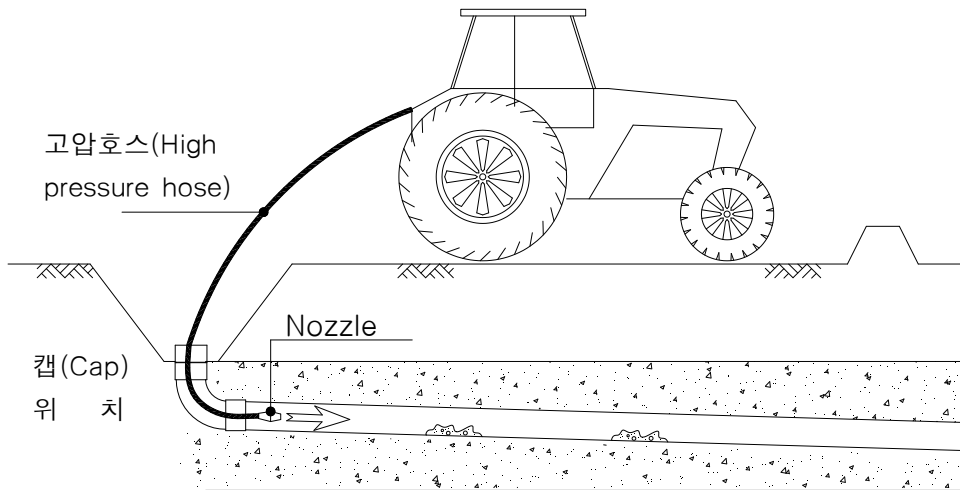
[그림 4.40] 농지 격자 배수관리

[그림 4.40]과 같이 두더지 암거 천공기와 같은 장비로 흡수거 직각 방향으로 배수암거 상단을 굴착하여 격자 배수 시스템을 형성시켜 배수기능을 유지할 수도 있을 것이다.

나. 흡수거 수압 세척

[그림 4.41]과 같이 배수 암거내 흡수거에 이물질 또는 퇴적물이 생성되어 누적되면 배수기능이 떨어지므로 수압 세척을 실시하여야 한다. 유지관리를 하기 위해 배수암거 시공시 흡수거 끝 L형 관 연결구 및 캡(cap)을 설치하고 있으므로 수압세척 시 캡 상단까지 농지를 개착하여 캡을 열어 수압세척을 실시한다. 이 때 지중에 매설된 캡의 위치는 필지의 양쪽 끝 흡수거의 시점부에 각각 설치된 노출형 캡을 잇는 선이 기준선이 될 것이다.

캡까지 굴착 시 기계굴착을 선행하고 마지막으로 인력 굴착을 실시하여 신속성과 굴착 시 시설물 손상을 방지하는 것이 바람직하다.



[그림 4.41] 암거 세척용 장치

암거세척용 장비는 트랙터에 장착하여 사용하며 저압 2,000kPa, 보통압 2,000kPa ~ 5,000kPa, 고압의 경우 5,000kpa~10,000kPa까지 분류하여 사용한다(Bons and Van Zeits 1991). 관내마찰손실로 노즐에서는 펌프압의 50%정도 발휘된다.

4.7.3 암거(흡수거, 집수거)의 관리

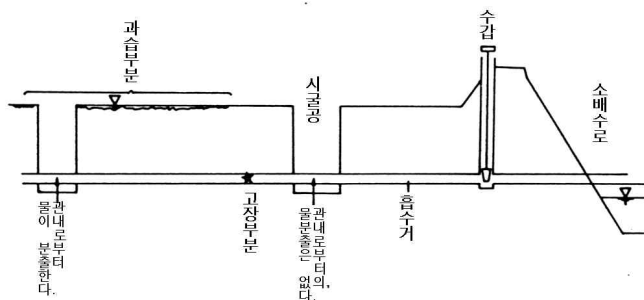
가. 암거 파손부위의 확인

암거는 지하에 매설되어 있으므로, 이의 기능이 제대로 발휘되고 있는지의 여부를 확인하기는 어렵다. 그 때문에 관리 불량에 의해 내용연수를 단축시키는 경우가 많다. 다음의 암거에 생기기 쉬운 고장원인에 대해 설명한다.

암거의 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 소실상태를 잘 관찰한다. 만약 암거에 고장이 있으면 고장지점부터 상류부분의 담수 소실상태에 차이가 생겨 부분적으로 과습한 부분이 보이게 된다.

이럴 때 암거 배수구의 배수상태를 조사해보면 고장이 없는 건전한 상황의 암거와 차이가 보이므로, 고장의 진단이 한층 정확하게 된다. 또한 암거의 어느 부분에서 고장이 발생하고 있는가를 다시 상세히 조사하는 데는 다음과 같이 한다.

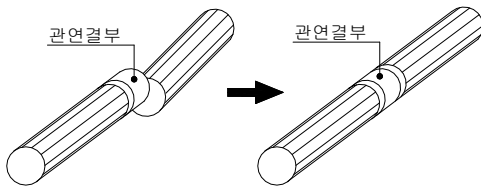
우선 과습상태로 되어 있는 부분의 약간 하류부에서 [그림 4.42]와 같이 암거를 노출시켜 관의 매설심보다 약간 깊이 시험공을 판다. 암거를 관찰 가능한 상태로 해서 만약 여기서 물이 흘러나오면 고장위치는 여기보다 하류측에 있는 것이므로 다시 하류측을 시굴한다. 만약 물이 흘러나오지 않으면 여기부터 상류측에 고장위치가 있는 것이므로 상류측으로 시굴을 진행해간다. 이와 같이 해서 최종적으로 고장위치를 발견하게 되는 것이다.



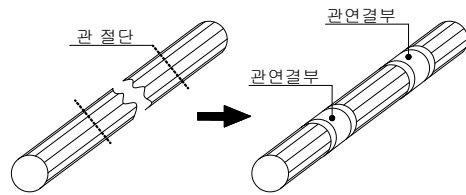
[그림 4.42] 암거의 고장부분 발견방법

나. 관의 파손 보수

암거의 파손부 위치에 따라 보수 방법을 결정하여야 한다. 관을 길게 시공할 경우 관 연결부가 다수 발생한다. 따라서 [그림 4.43] 및 [그림 4.44]와 같이 관 연결부의 탈락 또는 손상에 의해 배수 역할을 할 수 없는 손상에 대해서는 관이음부의 부품을 교체하여 관을 재 연결하여 보수한다.



[그림 4.43] 관연결부 보수



[그림 4.44] 관 파손 시 보수

암거의 파손이 관의 본체에 발생된 경우 파손부의 전·후 부분을 충분히 절단하고 관 연결부품으로 재 연결 하여야 한다. 흡수거 파손을 발견한 경우 흡수거 보수를 위해서는 소수재 및 부직포를 임시 제거하여야 하므로 보수 시 소수재와 부직포 손상을 최소화 하고 부직포의 경우 절개된 부분이 많을 경우 보수부위를 더 감싸면서 마감을 하여 소수재 이탈을 방지하여야 한다.

4.8 배수암거 조사·설계 실무요령

농지범용화 사업을 위해 시험포 운영을 통하여 얻은 시공경험, 작물재배경험, 토양물리성 모니터링 자료 분석 결과, 국외 설계기준, 농업생산기반정비사업 배수편, 네덜란드, 일본 등 선진국의 범용화관련 연구결과를 토대로 「배수암거 조사·설계 실무요령」을 별쇄본으로 작성하였다.

4.8.1 개요

농산물의 부가가치 상승, 농산업화를 통한 농업소득수준 상승을 위해서는 기존 농경지의 고도이용이 절대적으로 필요하고 이에 대한 안정적인 생산기반 확보가 필요한 시점이며, 이를 위해서는 지역여건에 부합한 관개배수 기술 개발과 포장정비 기술 확보가 필수적이다. 실무요령은 범용농지 조성을 위한 연구결과의 일부로서 지하배수를 위한 암거설계에 대한 조사, 설계, 시공 및 유지관리에 관한 실무적인 내용을 담았다.

4.8.2 목적

범용농지 조성을 위한 지하암거배수의 설계는 [농업생산기반정비사업계획설계기준-배수편]을 이용하여 수행할 수 있으나, 설계기준이 광범위한 내용을 총괄하고 있어 설계자가 설계에 어려움이 있는 경우 활용할 수 있도록 구성하였다. 지하 암거배수 설계를 위한 조사, 설계, 시공 및 유지관리의 기본적인 절차 및 방법을 수록하였고, 설계에 활용할 수 있는 예제와 설계 지원틀의 내용 및 활용방법을 담았다.

4.8.3 적용범위

설계 대상지구 중 필지단위의 주암거(흡수거)의 설계(심도, 간격, 관경 등), 시공 및 유지관리에 한정하며, 실무요령의 내용은 [농업생산기반정비사업계획설계기준-배수편]의 내용을 준용한다. 필요한 경우 최신의 설계 및 시공기법을 적용할 수 있다. 설계 지원틀은 명기된 방법론의 내용만 수록하고 있으므로 다른 설계기법을 사용하는 경우 활용할 수 없음을 밝혔다. 설계에 사용된 방법은 두더지 암거, 두꺼운 소수재 충전, 심토파쇄 및 소수재 매설암거 등을 병용하는 복합지하배수조직계획에는 적용할 수 없음도 밝혀두었다.

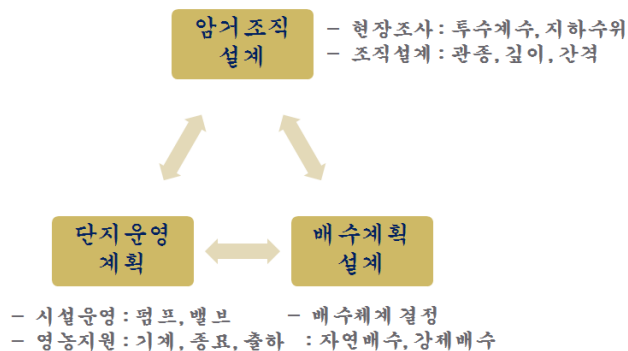
제5장 마스터플랜 수립



제5장 마스터플랜 수립

5.1 개요

농지범용화 마스터플랜은 범용화 사업 대상 지구선정기준, 범용화 단지 계획 기본구성 그리고 범용화 사업대상지를 제시하는 것으로 구성하였다. 마스터플랜의 보완을 위해 2차년도(2015) 연구성과인 국내·외 논발전환현황, 작물가격 및 수급동향 등을 재조명하여 수록하였다. 범용화 사업 계획의 기본구성은 [그림 5.1]과 같이 배수암거조직설계, 배수계획 설계 그리고 단지운영 계획으로 구분하였다. 배수암거조직설계는 관의 종류, 관의 간격, 매설깊이 등을 결정하는 계획이며, 배수계획설계는 지표배수와 지하배수를 모두 고려한 배수계획으로, 논과 배수로의 단차가 큰 경우의 자연배수와 단차가 작은 경우의 펌프 등을 이용한 강제배수를 적절하게 배치하여 주변 유역과 하천 등을 고려한 단지배수계획이다. 마지막 단지운영 계획은 범용화 단지내 소형펌프장(Sump), 수갑 등의 관리와 작물의 집단적 재배를 위한 종자, 농기계, 출하 등의 지원계획을 설계하는 것이다. 범용화사업의 성공을 위한 단지운영에 대한 검토사항은 5.3절에 수록하였다. 암거조직설계와 배수계획설계는 제4장에서 다루었으며, 실무적인 내용은 별책으로 집필하였다. 단지운영에 관한 사항은 일본의 경우를 검토하여 타 사업과의 연계를 통한 계획을 제안하였다.



[그림 5.1] 범용화 단지 계획 기본구성

5.2 지구선정 검토

5.2.1 지구선정 시 고려사항

범용화 사업은 단순히 농지의 생산성이나 효율성을 높인다는 측면보다는 경영주체의 규모화, 기업화 의지나 전략 등을 고려하여야 하며, 농지 특성이나 지역적 여건 등을 고려하여 식재작물이나 고부가가치화 방안 등이 종합적으로 계획될 수 있는 지원시스템의 일환으로 간주되어야 그 효용을 발휘할 수 있을 것으로 분석되었다. 농지범용화 계획을 종합적으로 이루어진 농업복합단지계획으로 설정하고, 전문가 세미나를 통하여 발전 방안을 도출하고, 일본의 사례연구를 통한 시사점을 도출하여, 기존연구를 바탕으로 범용농지 지구를 설정할 때 고려해야 할 사항들을 간략히 제안하였다.

첫째, 범용화 사업의 목표는 농지이용율을 제고하고 곡물자급율을 높이는 것으로 콩, 옥수수, 감자, 고구마, 잡곡류 등 밭식량작물을 위주로 판단해야 하며, 경제성에 대한 고려가 이루어져야 한다.

둘째, 과거 지하배수사업시행지구에 대한 조사결과 배수등급이 약간 양호 또는 약간불량한 논을 대상으로 해야 하고, 배수불량답은 대상에서 제외해야 할 것으로 보인다.

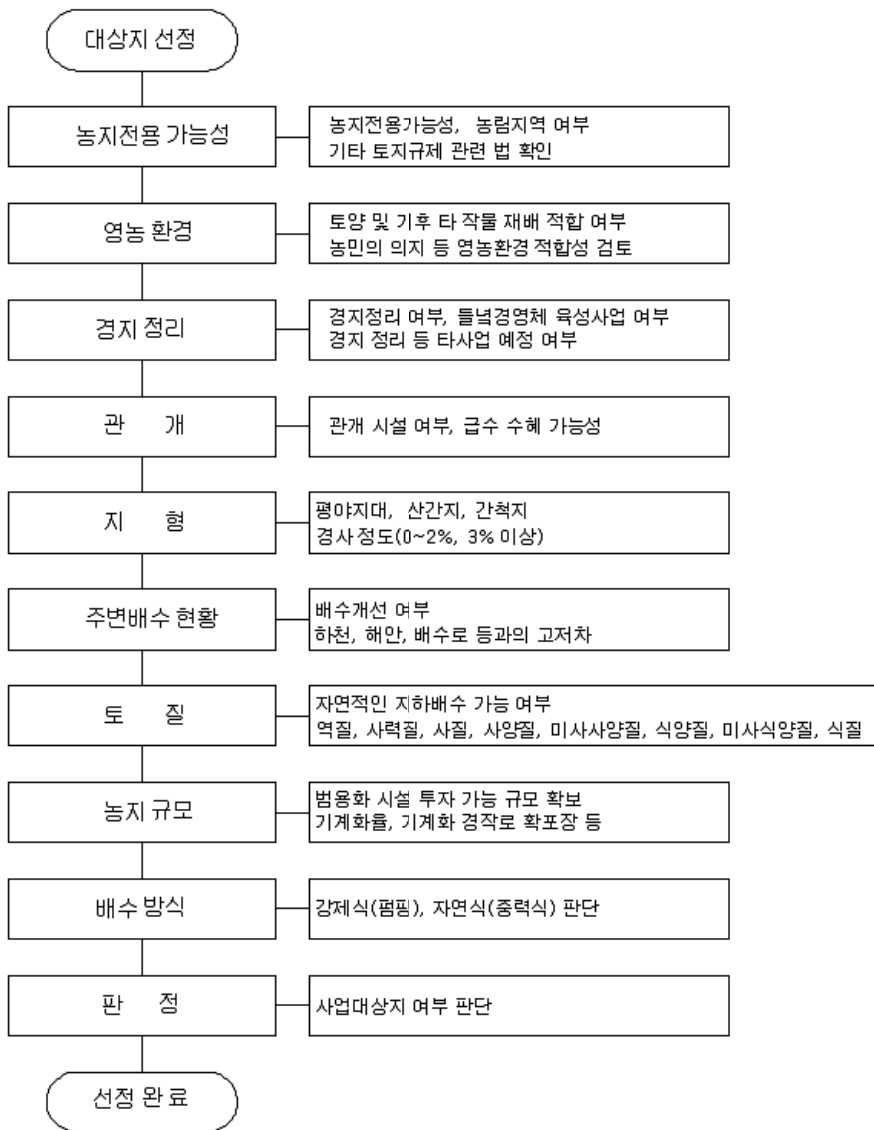
셋째, 범용농지조성사업의 대상 작물, 농민부담율, 지역별 적용모델 등을 도출하고, 사업규모와 추진체계를 고려해야 한다.

넷째, 배수개선사업, 농지규모화사업, 들녘경영체육성사업 등 다양한 정책사업과 연계할 수 있어야 하며, 이를 고려하여 범용농지 조성사업지구선정 지표를 마련해야 한다.

다섯째, 일본사례의 정리결과 지역개발사업과 연계할 수 있어야 하며, 국내에서는 수리계를 유지발전시켜 범용농지사업의 추진주체와 사업 후 운영관리주체로 활용할 수 있어야 할 것이다.

끝으로, 사업계획수립 시 받농업기계획, 직불제 등 관련 사업과 연계하여 추진할 수 있도록 해야 한다.

[그림 5.2]에 범용화 사업 대상지 선정에 위한 흐름도를 제안하였다. 대상농지의 전용가능성에 대한 조사, 범용화에 대한 농민의 의지, 타사업의 시행여부, 토질 및 배수여건, 영농규모 등을 검토하여 대상지를 선정하는 절차를 포괄하였다. 또한, [표 5.1]에는 범용화 대상농지의 선정일람표를 작성하였다.



[그림 5.2] 범용화 대상 농지 선정 흐름도

[표 5.1] 범용농지 대상 선정 일람표

구분	항 목																			
농지전용가능성	농지전용불가(최소 20년 이상) 농림지역 기타토지구제 관련법 확인 필요																	농지전용가능		
영농환경	토양 및 기후가 타 농작물의 재배에 적합한 영농 환경																	부적합		
경지정리	경지정리 완료 경지정리 예정지 (범용화시설 동시 시행)						자연농지													
관개	관개 시설 완비						관개 가능													천수답
지형	평야, 간척지, 경사0~2%			경사지, 경사3%이상			평야, 간척지, 경사0~2%				경사지, 경사3%이상									
주배수현황	배수개선사업 배수로보다낮은농지		배수개선사업, 배수로보다높은농지		배수개선사업 배수로보다낮은농지		배수개선사업, 배수로보다높은농지		배수로보다 낮은 농지		배수로보다 높은 농지		배수로보다 낮은 농지		배수로보다 높은 농지					
토질	-	자연지하배수불량토질, 식양질, 미사식양질	자연지하배수양호토질, 식양질, 미사식양질	-	자연지하배수불량토질, 식양질, 미사식양질	자연지하배수양호토질, 식양질, 미사식양질	-	자연지하배수불량토질, 식양질, 미사식양질	자연지하배수양호토질, 식양질, 미사식양질	-	자연지하배수불량토질, 식양질, 미사식양질	자연지하배수양호토질, 식양질, 미사식양질	-	자연지하배수불량토질, 식양질, 미사식양질	자연지하배수양호토질, 식양질, 미사식양질					
농지규모	-	-	-	-	-	-	대규모	소규모	대규모	소규모	-	대규모	소규모	대규모	소규모	-				
배수방식	강제	자연	-	강제	자연	-	강제	-	자연	-	-	자연	-	자연	-	-				
선정	①대상	②대상	③제외	④대상	⑤대상	⑥제외	⑦대상	⑧제외	⑨대상	⑩제외	⑪제외	⑫대상	⑬제외	⑭대상	⑮제외	⑯제외	⑰제외	⑱제외		

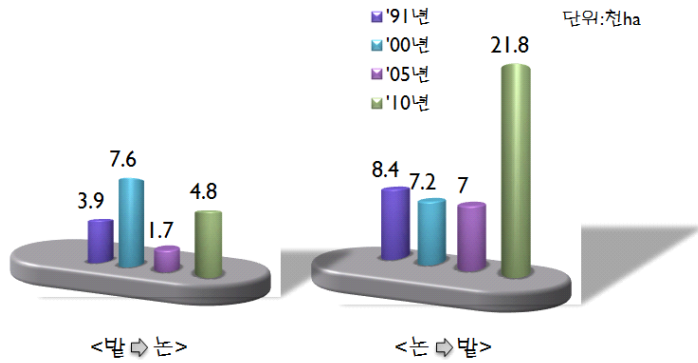
5.2.2 논·밭전환 현황

지난 20년간 우리나라의 논·밭 전환면적은 1991년도에 밭에서 논으로 전환된 면적은 3,905ha인 반면에, 논에서 밭으로 전환된 면적은 8,488ha로 나타났다([표 5.2]). 이러한 추세는 계속되어 1995년도에는 약 27천 ha의 면적증감차이가 나타났다. 1999~2001년에 밭에서 논으로의 전환이 많았지만, 2002년부터 현재까지는 논에서 밭으로의 전환이 지속적으로 증가하였다([그림 5.3]). [표5.3]에서 보듯이 논·밭으로의 전환은 논에 밭작물의 재배가 증가하고 있음을 나타낸다. 이러한 통계수치의 변화는 여러 원인이 있겠지만 밭작물소득이 높아 논에 밭작물을 재배하는 수요가 점차 늘어가고 있음을 의미한다. 금후 농업부분 전망에서 2018년까지 연평균 재배면적은 쌀 - 0.9%, 채소 - 1.1%, 과실류 - 2.7% 씩 감소되고 사료작물은 2.7%씩 증가될 것으로 전망하고 있다(김명환 등, 2014).

[표 5.2] 연도별 논·밭 전환현황(ha)*

연 도	밭→논(A)	논면적 증감	논→밭(B)	밭면적 증감	증감(A-B)
1991	3,905	△10,076	8,488	△7,859	-4,583
1992	2,407	△20,477	13,367	△467	-10,960
1993	2,271	△16,404	15,909	1,285	-13,638
1994	1,572	△31,211	19,170	9,103	-17,598
1995	5,658	△61,245	32,766	13,796	-27,108
1996	20,864	△29,719	35,373	△10,058	-14,509
1997	8,758	△13,296	14,858	△8,662	-6,100
1998	8,037	△5,546	9,960	△7,895	-1,923
1999	8,496	△4,727	7,844	△6,429	652
2000	7,566	△3,538	7,224	△6,622	342
2001	7,464	△2,959	6,206	△9,664	1,258
2002	4,113	△7,674	6,859	△5,846	-2,726
2003	3,098	△11,685	8,272	△4,943	-5,174
2004	3,143	△11,773	9,907	1,413	-6,764
2005	1,656	△10,379	7,039	△1,456	-5,383
2006	8,729	△20,787	17,415	△2,782	-8,686
2007	5,497	△14,092	12,625	△4,799	-7,128
2008	5,798	△23,941	21,324	1,157	-15,526
2009	5,876	△35,704	29,218	13,707	-23,342
2010	4,802	△26,147	21,819	4,650	-17,017
2011	3,600		20,697		-20,337

* 자료 :: 농림수산식품통계연보(2012)



[그림 5.3] 논밭전환 현황

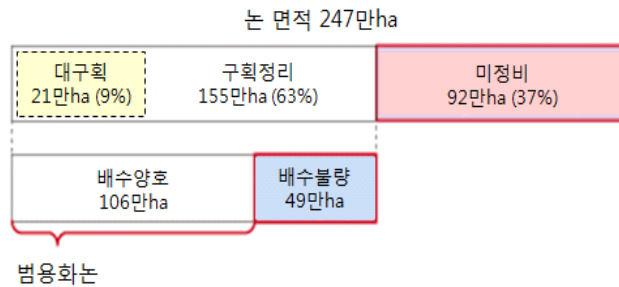
[표 5.3] 최근 논 재배작물 동향(2010-2013)

(단위 : ha)

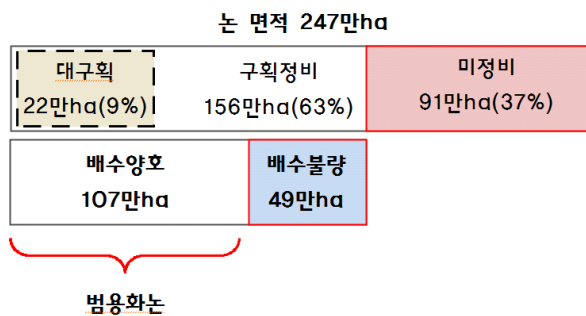
작물구분	2010	2011	2012	2013	증감(%) 2013/'10	
논 면적 (경지이용률)	984,140 (106.2)	959,914 (105.6)	966,076 (105.1)	984,000 (108.2)	▽1.8 (▽1.1)	
식량작물	벼	879,539	845,032	838,367	825,503	▽6.1
	맥류(보리, 밀 등)	43,851	36,729	26,238	28,359	▽35.3
	두류(콩, 팥, 녹두)	7,456	13,615	11,813	11,886	59.4
	서류(감자, 고구마)	2,655	3,480	2,686	3,349	26.1
	잡곡(옥수수, 메밀..)	1,276	1,927	2,108	1,623	27.2
(식량작물 소계)	934,917	900,943	881,212	870,720	▽6.9	
노지채소	과채류(호박, 수박)	282	450	672	713	153
	근채류(무, 당근)	1,086	1,621	1,158	1,249	15.0
	엽채류(배추, 시금치)	2,925	5,601	3,773	3,995	36.6
	조미채소(마늘, 고추)	20,120	22,876	22,768	23,550	17.0
	기타채소	4,226	4,691	4,157	4,493	6.3
(노지채소 소계)	28,639	35,239	32,528	34,000	18.7	
시설작물	과채류(수박, 참외)	21,070	17,331	16,241	16,369	▽22.3
	엽채류(배추, 상추)	3,146	2,402	1,406	1,223	▽61.1
	근채류(무)	151	314	176	117	▽22.5
	풋고추	2,231	1,607	1,374	1,486	▽33.4
	감자	1,321	873	796	756	▽42.8
	화훼	818	658	408	238	▽70.9
(시설작물 계)	35,134	29,199	25,727	25,309	▽27.9	
특용· 약용작물	특용(참깨)	1,230	1,273	1,296	1,044	▽15.1
	(들깨)	1,428	1,704	1,204	1,491	4.8
	약용(인삼)	730	532	604	814	11.5
	(특·약용작물 소계)	3,648	3,327	3,011	2,859	▽21.6
과수 (시설포함)	사과	174	257	405	523	300
	배	60	21	34	34	▽43.0
	포도	196	176	287	381	94.4
	감	387	428	346	375	▽3.1
	(과수 계)	2,338	2,333	2,196	2,865	22.5

논에서 밭작물의 재배가 늘어감에 따라 논과 밭의 전환이 가능하게 하여 밭작물만으로 작부체계를 구성하는 경우와 수도작과 전작을 모두 작부 체계에 넣는 경우가 모두 가능할 수 있도록 논에 지하배수암거를 설치하는 범용화 사업에 대한 검토가 다시 재조명되고 있다. 범용화사업은 논에 재배되는 밭작물의 습해로 인해 피해가 증가하는 배경과 정부의 식량자급률목표치재설정([표 5.6])에 따른 대책마련의 일환으로 검토되고 있다.

일본의 경우, 농림수산성 경지의 작부면적 통계자료 농업기반정보기초조사에 따르면 전체 논 면적 247만ha 중 지하수위가 70cm이상, 담수배제시간 4시간 이하인 배수양호 논이 범용화 논으로서 사업 추진에 따라 그 면적이 2011년 106만ha, 2012년 107만ha로 매년 증가하는 것으로 조사되었다([그림 5.4], [그림 5.5]). 2015년 10월 한국농공학회 학술대회에서 개최된 제8회 한일공동심포지엄에서 아키히사 카츠무라는 일본의 경우 [그림 5.6]과 같이 전체 논면적 2.47백만ha의 43%인 1.56백만ha가 범용화 되어 있는 것으로 발표하였다.

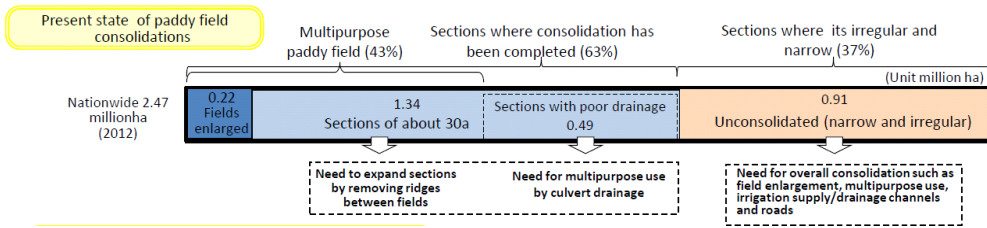


[그림 5.4] 2011년 일본의 논 현황(平成23년)



자료) 농림수산성(경지의 작부면적통계자료, 농업기반정보기초조사)
 주: 1) 구획정비논, 30a정도 이상구획으로 정비된 논(대구획 1ha정도 이상)
 2) 배수양호는 지하수위가 70cm이상, 담수배제시간은 4시간 이하인 논

[그림 5.5] 2012년 일본의 논 현황(平成24년)



[그림 5.6] 일본의 범용화 현황(8회한일공동심포지엄, 아키히사 카츠무라)

5.2.3 일반작물 가격 및 수급동향 분석

우리나라의 곡물자급률은 전체로 23.1%로 계속 감소되어 왔으며, 자급도는 쌀 89.1%와 서류의 96.2%를 제외하고는 보리가 19.9%로 두 자리 수일 뿐 두류는 9.7%, 밀과 옥수수는 1% 미만으로 거의 수입에 의존하고 있다.

[표 5.4] 전체 곡물 자급률 (단위 : %)

연도	계	쌀	보리	밀	옥수수	두류	서류	기타
2008	27.8	94.3	38.6	0.4	1.0	8.6	98.3	8.1
2009	29.6	101.1	45.4	0.5	1.2	9.9	98.7	9.6
2010	27.6	104.6	24.3	0.9	0.9	10.1	98.7	9.7
2011	24.3	83.2	22.3	1.0	0.9	7.9	96.9	9.1
2012	22.8	86.6	16.4	0.7	0.9	10.3	95.7	10.6
2013(P)	23.1	89.2	19.9	0.5	1.0	9.7	96.2	8.4

※ 자료출처 : 농림축산식품 주요통계('14), '11년 자료(농식품부 식량정책과, 9.24)

※ 양곡연도 (전년 11월 1일부터 당년 10월 31일까지) 기준임

수입되는 곡류의 많은 부분은 사료로 이용되기 때문에 사료용을 제외하고 우리나라의 식량 자급도는 47.2%이며 자급도는 콩이 29.1%로 우리가 섭취하는 콩의 70% 이상이 수입에 의존하고 있으며 밀은 98.9%를, 보리는 79%를 수입에 의존하고 있다.

[표 5.5] 식량 자급률(사료용 제외) (단위 : %)

연 도	계	쌀	보리	밀	옥수수	콩	서 류	기타
2008	51.8	94.3	47.1	0.5	4.9	29.5	109.0	8.6
2009	56.2	101.1	47.9	0.9	5.6	33.8	109.3	10.6
2010	54.0	104.6	25.4	1.7	3.8	32.4	109.4	10.6
2011	45.3	83.3	23.3	1.9	3.6	26.0	107.3	10.1
2012	45.0	86.6	17.2	1.7	3.4	30.8	105.8	11.1
2013(P)	47.2	89.2	21.0	1.1	4.5	29.1	103.5	12.5

※ 자료출처: 농림축산식품 주요통계('14), '11년 자료(농식품부 식량정책과, 9.24)

※ 양곡연도(전년 11월 1일부터 전년 10월 31일까지) 기준임, 보리쌀은 맥주보리·맥아수입량 포함

정부에서는 식량자급률 목표치를 2015년에 57.0%, 2020년에 60%로 설정하였는데 이는 보리의 자급률은 현재 31.0%로 고정시키면서, 밀은 15%, 콩은 40%로 향상시켜야 되는 야심찬 계획이며 이를 달성하기 위해서는 일부 논에서의 밭작물 재배가 불가피하고 새로운 농사기술이 요구되는 것이다.

[표 5.6] 주요 식량작물 식량자급률 목표치 재설정 (단위 : %)

연 도	계	쌀	보리	밀	콩	서 류	조사료
'15 기준	-	90.0	31.0	1.0	42.0	99.0	85.0
2015	57.0	98.0	31.0	10.0	36.3	99.0	87.0
2020	60.0	98.0	31.0	15.0	40.0	99.0	90.0

※ 자료출처: 농식품부 식량정책과('11. 7)

식량자급률의 목표치를 재설정하였는데 자세한 사항은 [표 5.7]과 같이 2015년도 목표치를 주식자급률을 기존 54%에서 70%로, 곡물자급률을 기존 25%에서 30%로 상향조정하고 칼로리 자급률을 47%에서 52%로 상향 조정하였고, 2020년도에 자급률을 주식자급률 72%, 곡물자급률 32%, 칼

로리 자급률을 55%로 정하였다. 콩의 자급률은 2015년도에 36.3%, 2020년도에 40%로 잡아서 금후 논에서 콩재배는 증가 될 것으로 판단된다. 또한 밀의 자급률을 2020년도에 15%로 정했으므로 논에서의 2모작기술개발과 기반조성이 필요할 것이다.

[표 5.7] 식량자급률 목표치 (단위 : %)

품 목	'10년	'15년 목표치			'20년 목표치	
		기존	재설정	일본	농식품부	일본
주식자급률 [쌀+밀(+보리)]	64.6('08년)	54.0	70.0	63	72.0	-
곡물자급률 [사료용 포함]	26.7	25.0	30.0	30	32.0	-
곡물자급률 [조사료포함]	37.6	-	45.0	-	50.0	-
식량자급률 [식용곡물]	54.9	-	57.0	-	60.0	-
곡물자주율 [해외곡물 포함]	27.1	-	55.0	-	65.0	-
칼로리 자급률	50.1('09년)	47.0	52.0	45	55.0	50
쌀	104.6	90.0	98.0	96	98.0	96
보리	27.8	31.0	31.0	15	31.0	16
밀	1.7	1.0	10.0	14	15.0	34
콩	31.7	42.0	36.3	6	40.0	17
서류	98.7	99.0	99.0	-	99.0	-
사료	37.5	-	41.2	35	44.4	38
배합사료	24.7	-	24.2	-	24.6	-
조사료	82.0	85.0	87.0	-	90.0	-
채소류	89.3	85.0	86.0	88	83.0	85
과실류	81.1	66.0	80.0	46	78.0	41
축산물(육류)	72.0	71.0	71.4	62	72.1	59
쇠고기	43.2	46.0	44.8	39	48.0	45
돼지고기	80.9	81.0	80.0	73	80.0	55
닭고기	79.7	80.0	80.0	75	80.0	73
우유 및 유제품	65.4	65.0	65.0	75	64.0	-
계란	99.8	100	99.0	99	99.0	96
수산물(전망치)	85.9	58.0	77.0	-	70.5	-

- ※ 자료출처: 농식품부 국감참고자료('11. 9)
- ※ 보리, 밀, 콩은 사료용을 제외한 식용 자급률
- ※ 주식자급률 재설정 목표치는 보리를 제외한 수치
- ※ 일본은 '20년 목표치 설정 시 '10년·'15년 목표치에 포함했던 “주곡자급률, 곡물자급률”을 제외 (칼로리자급률을 핵심 지표로 제시)

한편 작년도의 식량작물의 평균소득은 고구마가 1,567,093원/10a로 가장 높고 다음이 봄감자 972,675원/10a, 참깨 868,390원/10a, 노지팥옥수수가 831,745원/10a, 가을감자가 779,390원/10a로 쌀의 643,369원/10a을 초과하

였고, 겉보리가 327,216원/10a로 맥류 중에서는 가장 높았으나 다른 맥류는 쌀의 1/3이하 수준이기에 기계화라든가 2모작이 아니면 도입하기가 경제적으로 어려움이 예견된다.

국제 곡물가격의 변화를 보면 미국산 쌀은 2008/2009년도에 1,119\$/톤으로 올라갔다가 작년에 685\$/t으로 떨어졌다가 지난 5월에는 다시 1,050\$/t으로 상승하였으며 태국산도 2008/2009년도에 609\$/t에서 지난 5월에는 385\$/t로 미국산 중립종에 비하여 약 1/3가격으로 떨어졌다.

한편 옥수수 가격은 2012년도에 271\$/t에서 지난5월에는 193\$/t으로 하락하였으나 콩 가격은 2005/2006년도에 208\$/t에서 계속 상승하여 544\$/t으로 태국쌀 가격을 상회하면서 상승세에 있으므로 콩의 국제경쟁력은 앞으로도 유리할 것으로 전망된다.

[표 5.8] 국제곡물가격동향

(단위 : \$/톤)

구 분	'05/'06	'06/'07	'07/'08	'08/'09	'09/'10	'10/'11	'12	'13	'14.5
미국쌀(중립)	484	538	694	1,119	791	840	728	685	1,050
태국쌀(장립)	301	320	551	609	532	518	567	542	385
옥수수	105	160	209	173	146	253	272	271	193
콩	208	236	371	366	359	481	537	540	544
밀	126	157	238	249	192	285	287	285	252

※ 자료출처: 농림축산식품 주요통계(~'10/'11), 한국농수산식품유통공사 해외시장동향('12')

※ 쌀-본선인도가격(FOB), 옥수수, 콩, 밀-선물가격

우리나라는 FTA 협정에 의거 올해 409천t의 쌀을 수입해야 되며 앞으로는 관세로 수입을 조정하는 정책을 펴야 할 것이다.

[표 5.9] 연도별 의무수입물량(MMA) 도입현황 및 계획(단위:천톤)

구 분	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14
수입 총량	226	246	266	287	307	327	348	368	388	409
가공용	203	212	218	224	227	229	244	258	271	286
밥쌀용	23	34	48	63	80	98	104	110	117	123
'88~'90 수요량 대비 비중(%)	4.4	4.8	5.2	5.6	6.0	6.4	6.8	7.2	7.6	8.0

※ 자료출처: 농식품부 국감참고자료('11. 9)

한편 쌀의 생산과 수급 및 생산비와 소득의 변화를 [표 5.10]에서 보면 2012년도에 소득이 685.3천원/10a로 가장 높았다가 작년에 639.1원/10a로 하락하여 벼농사의 경쟁력이 점점 떨어지므로 영리한 농민들은 수도작에서 고소득 작물재배로 전환하는 것이다.

[표 5.10] 쌀의 생산, 수급 및 소득 변화

구분	단위	'00	'05	'08	'09	'10	'11	'12	'13
재배면적	천ha	86.2	105.4	75.2	70.3	71.4	77.8	80.8	80.0
생산량	천톤	113.2	183.3	132.7	139.3	105.3	129.4	122.5	154.1
도입량(식용)	천톤	1,586 (332)	1,236 (335)	1,262 (305)	1,200 (288)	1,236 (333)	1,212 (300)	1,110 (333)	1,153 (342)
공급량	천톤	1,781	1,493	1,416	1,415	1,448	1,384	1,301	1,330
수요량	천톤	1,694	1,420	1,333	1,342	1,381	1,323	1,248	
정부매입량	천톤	4.1	12.6	2.9	1.3	-	-	-	9.0
재고량	천톤	87	73	83	73	67	62	53-0	61
단수	kg/10a	131	174	176	198	147	166	152	193
1인당 연간소비량	kg	8.5	9.0	7.6	7.6	8.3	7.8	8.8	8.0
자급률(식용)	%	28.2	30.9	29.5	33.8	32.4	26.0	30.8	29.1
(가공용제외)	(%)	118.4	133.7	-	-	-	-	-	-
농업소득	천원/10a	504.6	750.6	-	682.0	807.2	843.9	902.3	865.4
소득	천원/10a	367.7	537.6	427.2	520.2	628.6	647.6	685.3	639.1
생산비	원/10a	109,478	213,067	306,242	348,064	381,698	390,479	499,267	510,933
생산액	억원	2,858	4,791	4,265	4,358	4,761	6,485	6,412	
생산자 가격동향	kg/원	3,295	4,126	4,253	3,671	4,881	4,881	5,560	
보급중 공급실적	톤	500	1,058	1,146	1,162	1,019	1,194	1,305	1,096*
주요육성품종	대풍, 선유, 풍원, 신강, 대흑, 상원, 검정5호, 한울, 해품								

* 는 7월 기준, 작물과학원 2014.

5.2.4 범용화 사업 대상지

조와 김은 [그림 5.7]과 같이 논과 밭의 특성을 기준으로 농경지 이용 최대화를 모색하여 논은 경우 1,163천ha 중 실제 벼 재배면적은 1,078ha 인데 이중에서 이모작이 곤란한 배수불량답 180천ha를 제외한 898천ha에서 이모작이 가능하다고 보고하였다(조인상, 김이열, 1999).

농경지 면적 : 1,924천ha('97)						
논 1,163천ha				밭 761천ha		
과수 기타	시설 면적 (채소)	벼 재배가능 면적 (1,078천ha)		과수 기타	시설 면적 (채소)	밭작물 재배가능 면적 (456천ha)
		배수불량답	맥류, 감자, 마늘, 양파 재배 가능 면적 (898천ha)			
과수 3 기타 32	50	(180천ha)	(충남이남 693, 이북 205)	과수 170 기타 93	42	맥류, 콩, 옥수수, 서류 필수채소 재배가능면적 (456천ha)
85천ha				305천ha		(충남이남 309, 이북 147)

[그림 5.7] 농경지이용 모식도 (조인상, 김이열, 1999)

논은 벼를 재배하기 위한 농지로서 담수가 필수적이며, 골짜기에 위치한 논토양일지라도 필지 내는 담수를 해야 하기 때문에 평평하게 조성되었다. 그러나 논필지가 여러 개로 연계되어 이루어진 집단화된 논지역의 전체 경사도는 토양의 투수력에 큰 영향을 주기 때문에 범용화 대상지 선정 시 고려하여야 한다. 경사가 있는 지역의 논은 계단식으로 조성되어야 함으로 우리나라 계곡에 조성된 논들은 경사가 급할수록 필지규모가 적은 다락 논으로 조성되었다.

경사지의 논에서 아래논과 윗 논의 위치가 가지는 특성으로 수두차가 생기기 때문에 같은 토성을 가진 토양이라 할지라도 다락논은 평야지 논에 비하여 물 빠짐이 좋다. 또 평탄지와 경사지는 지하수위의 높이도 다르다. 이러한 지역특성 때문에 경사의 유무는 범용화에 중요한 기준이 된다(박무언, 조인상, 이춘수, 2013).

평탄지의 경우 호우기에 하천수위가 상승하고 상부로부터 유거수가 내려오므로 침수에 유의해야하며 배수양호한 지역은 사양질과 사질, 배수

약간불량한 사질에서는 배수로나 진입로 등으로 밭작물재배가 가능하고, 배수 약간양호한 미사사양질보다 세립질토양, 사양질~식양질토양과 배수 불량한 미사사양질~사질토양은 암거시설과 기반정비가 필요하고 그 외 토양은 암거배수시설과 인공펌프로 배수시켜야 호우기에 밭작물을 안전하게 재배할 수 있다고 판단된다.

배수약간불량한 사질토양과 배수 약간양호한 사질과 사양질에서는 보수력이 낮으므로 습해의 우려가 적고 토양수분을 작물에 적습조건으로 유지시켜 배수로만 정비된다면 밭작물의 연중재배가 가능하다. 그러나 배수 약간양호한 지역에서 미사사양질보다 세립질이면 호우기에 논 표면에 물이 정체되어 밭작물이 자라는데 피해를 받게 되므로 배수시설이 꼭 필요하다. 또한 배수약간불량한 사양질 내지 식양질토양과 배수 불량한 사양질내지 사질토양도 어느 정도 투수성이 빠르므로 배수관 설치로 범용화가 가능하고, 나머지 식질이며 배수불량한 토양들에서는 투수성이 아주 느리고 함수율이 아주 높아 호우기에 배수관을 설치하더라도 호우기에 근권에서 용이하게 과잉수를 제거하기가 매우 어려우므로 배수로의 물을 인공적으로 양수할 필요가 생길 것으로 판단된다.

특히, 호우기에는 수위가 상승하여 쉽게 빠지지 않는 곳은 안전하게 답전윤환을 하기가 어려우므로 지역 선택시 하상과 배수로의 환경을 잘 파악하여야 할 것이다. 평탄지에서의 토성과 배수등급사이의 범용화기준은 [그림 5.8]과 같다.

구분		배수등급			
		약간 양호	약간 불량	불량	매우 불량
토성	사질				
	사양질				
	미사사양질				
	식양질				
	미사식양질				
	식질				
1		1. 명거배수 : 배수로, 진입로			
2		2. 간이배수시설 : 암거(자연배수), 기반정비 ※ 간이배수 : 지하암거배수시설 필요			
3		3. 집약배수시설 : 집약암거(인공배수), 기반정비 ※ 집약배수 : 지표배수시설 및 지하암거배수시설 필요			

[그림 5.8] 평탄지(경사 0~2%)에서 토성과 배수등급별의 배수시설 기준
(박무연, 조인상, 이춘수, 2013)

한편 경사도 0-2% 범위의 평탄지에 분포된 배수등급과 토성별 면적은 다음과 같이 토성으로는 사양질과 미사식양질, 미사사양질 토양순으로 많으며 배수등급별로는 약간양호가 210,817ha로 절반이상을 차지하며 다음으로 약간 양호한 토양이 많았다.

[표 5.11] 논토양 A경사(0~2%)의 토성별 배수등급별 분포면적 (단위:ha)

구분	매우양호	양호	약간양호	약간불량	불량	매우불량	계
사력질	1,843	-	15,879	-	-	3,979	21,701
사질	158	-	7,180	-	-	6,334	13,673
사양질	2,948	606	44,929	50,913	5,010	17,414	121,820
미사사양질	-	-	47	45,229	-	17,739	63,015
식양질	-	48	7,597	19,760	1,627	4,374	33,406
미사식양질	-	15	15,659	71,620	9,496	17,446	114,236
식질	-	-	10,557	23,286	7,021	4,244	45,108
계	4,949	670	101,848	210,807	23,154	71,529	412,958

* 자료산출방법 : 정밀토양조사 면적을 농림축산식품통계연보(p. 42~43, 경지면적, 2013)의 통계면적에 논, 밭별 분포비율을 곱하여 산출

평야지와 산간지는 여러모로 입지환경이 다르기 때문에 같은 기술이라도 적용 세부기술은 달라야 한다. 따라서 동일한 기술도 지역특성이나 생산하고자하는 작물의 작부체계에 따라 보완·적용되어야 지역환경에 맞는

다. 평야지와 산간지의 작물재배환경 특성을 요약하면 [표 5.12]과 같다.

[표 5.12] 평야지와 산간의 특징

구 분	평 야 지	산 간 지
경사	0-2%이하	2%이상
토성	세립질 토양이 많음	조립질 토양이 많음
배수정도	불량토양이 많음	불량토양이 적음
작물재배	벼재배 중심	밭 작물 중심
수해 및 습해 위험성	높음(범람, 홍수, 침수, 습해)	낮음
풍해 위험성	높음	낮음
침식 위험성	낮음	높음
병해충의 발생·확산	용이(대면적 피해)	지연 또는 차단(소면적 피해)
규모화 가능성	용이	어려움
접근성	편리	어려움

토지의 경사가 2%이상 경사진 곳에서는 배수가 잘되므로 범용화가 평탄지보다 용이하며, 배수 약간양호한 미사사양질~사질토양, 배수약간불량한사양질~사질토양과 배수 불량한 사질토양은 배수로나 진입로 등 기반정비로 밭 전환이 가능하며, 배수 약간양호한 식양질~식질토양, 배수 약간불량한 미사사양질~식질토양과 배수 불량한 사양질~식양질토양은 배수시설로 밭전환이 가능할 것이고 나머지 토양은 집약배수 시설이 필요하다. 즉 약한 경사지에서는 호우기에 배수가 훨씬 용이하여 배수가 불량하더라도 사질토양은 유거수를 잘 배수시킨다면 천근성 작물의 생육은 생육에 큰 문제가 생기지 않을 것으로 생각되며 배수 약간불량한 사질이나 사양질은 작물에 따라 1급지에 해당할 수도 있으며 배수약간양호지역에서는 미사사양질까지는 그대로 밭작물재배에 이용될 수 있다(박무언, 조인상, 이춘수, 2013).

구분		배수등급			
		약간양호	약간불량	불량	매우불량
토성	사질	[Vertical Lines]	[Diagonal Lines]	[Horizontal Lines]	[Cross-hatch]
	사양질				
	미사사양질	[Horizontal Lines]	[Horizontal Lines]		
	식양질				
	미사식양질	[Horizontal Lines]	[Cross-hatch]		
	식질				
1	[Vertical Lines]	1. 명거배수 : 배수로, 진입로			
2	[Horizontal Lines]	2. 간이배수시설 : 간이암거(자연배수), 기반정비			
3	[Cross-hatch]	3. 집약배수시설 : 집약암거(인공배수), 기반정비			

[그림 5.9] 매우약한 경사지(경사 2~7%)에서 토성과 배수등급별 배수시설 기준

(박무언, 조인상, 이춘수, 2013)

배수 약간양호한 경우 식양질 이상으로 세립질이면 호우기에 지표와 토층에 물이 정체되므로 그대로는 안전하게 발작물을 재배하기가 어려워서 반드시 지하에 암거시설을 하여 지하수위가 근권 이상으로 올라오지 못하게 배수시켜야 할 것이다. 배수 약간불량한 경우 미사사양질 보다 세립질 토양과 배수 불량한 식양질 내지 사양질 토양도 배수시설로 경사에 의하여 쉽게 배수될 것으로 판단되나 미사식양질로 배수불량한 경우는 쉽게 배수되지 않는 곳이 있을 것이므로 지역선정에 유의해야 할 것이다.

따라서 범용화농지조성은 우선 간이배수시설, 즉 호우기에 배수관을 통하여 자유로이 낮은 곳으로 유거수가 원활히 배수되는 곳을 우선하여 사업대상지를 선정하여야 사업의 효과와 안전성을 확보할 수 있을 것이다.

한편 논토양 중에서 경사 2~7% 범위에 있는 토양을 배수등급과 토성으로 분류하여 계산된 면적을 보면 식양질토양이 201,681ha로 약 60%를 차지하고 다음으로 사양질이 90,619ha로 많았으며 배수등급별로는 약간불량한 토양이 177,657ha로 가장 많았고 다음으로는 배수약간양호한 논 138,406ha이었고 배수불량과 매우불량은 각각 1,525ha과 34,937hafh 매우불량한 토양도 많이 있었다.

[표 5.13] 논토양 B경사(2~7%)의 토성별 배수등급별 분포면적 (단위 : ha)

구분	매우양호	양호	약간양호	약간불량	불량	매우불량	계
역질	-	3	-	-	-	-	3
사력질	4,073	-	2,302	-	-	-	6,375
사질	13	-	-	-	-	4	17
사양질	-	262	31,213	41,427	-	17,718	90,619
미사사양질	-	-	-	-	-	-	-
식양질	-	200	72,598	110,223	1,525	17,134	201,681
미사식양질	-	2	6,045	25,954	-	81	32,082
식질	-	142	26,248	53	-	-	26,443
계	4,086	609	138,406	177,657	1,525	34,937	357,218

* 자료산출방법 : 정밀토양조사 면적을 농림축산식품통계연보 (p. 42~43, 경지면적, 2013)의 통계면적에 논, 밭별 분포비율을 곱하여 산출

이러한 논면적 분포를 가지고 논토양배수시설 기준에 따라 면적을 계산하여 본 결과 평탄지(경사 2% 이하)에서는 아무 시설 없이 언제나 답전윤환이 가능한 면적이 73,606ha이고 간이배수시설이 필요한 곳은 154,772ha, 집약배수시설은 184,580ha에서 필요한 것으로 계산되었으며, 경사 2-7%의 약한 경사지에서는 총 357,220ha 중에 윤환가능지가 79,637ha로 대부분이고 간이배수 242,593ha, 집약배수 34,990ha로 밝혀졌다. 이와 같이 7%이하 경사지 논에서 밭작물을 안전하게 재배하려면 간이배수 397,365ha와 집약배수시설 219,570ha, 즉 616,935ha를 배수개선목표로 삼아야 할 것이다.

[표 5.14] 밭작물 안전재배를 위하여 배수시설 필요에 따른 논 면적 (단위 : ha)

구분	경사(%)	윤환가능지	간이배수시설	집약배수시설	계
논	0-2	73,606	154,772	184,580	412,958
	2-7	79,637	242,593	34,990	357,220
	계	153,243	397,365	219,570	770,178

밭작물의 안전재배를 하기위하여 논토양에서 배수시설을 하는데 그러면 기존 밭토양은 호우시 습해에서 완전할 수 있을까 생각한 결과 지금까지 주곡작물 위주로 한 영농에서는 호우시 침수해를 어느정도 감수해 왔지만 고소득 원예작물재배나 농작업의 편리성을 위해서는 기존 밭토양에서도 배수를 포함하는 기반정비가 필요하여 우선 논토양에 적용하는 배수등급과 토성과 토지의 경사도를 기준으로 한 분류체계로 대상 면적을 구하였다.

평탄지 밭토양 50,660ha중에도 배수가 불량한 토양이 3,700ha가 되며 약간불량한 토양이 2,957ha이며, 토성별로는 사양토가 26천ha로 많으나 미사식양질이 3,516ha가 있어서 되어 배수가 필요하였다.

[표 5.15] 밭토양 A경사(0~2%)의 토성별 배수등급별 분포면적 (단위 : ha)

구분	매우양호	양호	약간양호	약간불량	불량	매우불량	계
사력질	5,421	-	744	-	-	87	6,252
사질	6,741	-	1,190	-	-	70	8,001
사양질	203	20,739	3,852	1,067	57	176	26,094
미사사양질	-	294	906	788	-	2,927	4,915
식양질	-	1,254	127	188	6	26	1,601
미사식양질	-	1,694	773	787	67	195	3,516
식질	-	24	41	127	82	7	281
계	12,365	24,005	7,633	2,957	212	3,488	50,660

* 자료산출방법 : 정밀토양조사 면적을 농림축산식품통계연보(p. 42~43, 경지면적, 2013)의 통계면적에
는, 밭별 분포비율을 곱하여 산출

한편 경사가 2-7%인 밭토양 167,497ha 중에도 배수불량지가 500ha을 넘고 토성이 식양질이상으로 세립질이 100천ha 이상을 차지하여 배수문제가 일어 날 수 있다고 판단된다.

[표 5.16] 밭토양 B경사(2~7%)의 토성별 배수등급별 분포면적 (단위 : ha)

구분	매우양호	양호	약간양호	약간불량	불량	매우불량	계
역질	-	2,289	-	-	-	-	2,289
사력질	488	-	299	-	-	-	787
사질	1,934	-	-	-	-	1	1,935
사양질	-	45,088	9,437	2,155	-	321	57,001
미사사양질	-	3,683	-	-	-	-	3,683
식양질	204	52,934	9,762	4,827	2	179	67,908
미사식양질	236	8,819	4,603	777	-	0	14,435
식질	-	14,175	2,206	3,078	-	-	19,459
계	2,863	126,988	26,307	10,838	2	500	167,497

* 자료산출방법 : 정밀토양조사 면적을 농림축산식품통계연보
(p. 42~43, 경지면적, 2013)의 통계면적에 는, 밭 별 분포비율을 곱하여 산출

밭작물 안전재해를 위한 배수시설기준에 따라 밭에서의 배수시설이 요구되는 면적을 계산한 결과 경사도 2%미만의 밭토양 50,660ha 중에서 3,947ha가 간이배수시설이 요구되고 4,557ha는 집약배수시설이 필요한 것으로 밝혀졌다. 경사 2-7%의 밭은 총 167,497ha인데 간이배수는

22,177ha, 집약배수시설은 3,579ha에서 요구되어 발판개는 총 34,260ha가 필요하였다. 논과 밭을 합친 배수개선 대상면적은 간이배수가 423,489ha, 집약배수가 227,706ha로 총 651,195ha로 추산되었다.

[표 5.17] 발작물 안전재배를 위하여 배수시설 필요에 따른 농경지 면적 (단위 : ha)

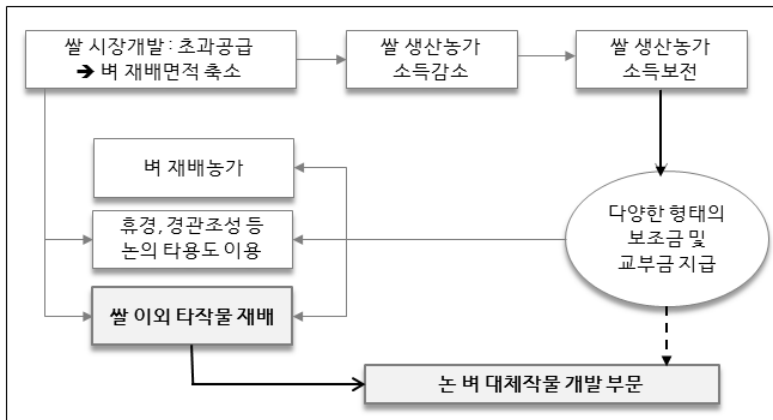
구분	경사(%)	윤환가능지	간이배수시설	집약배수시설	계
논	0-2	73,606	154,772	184,580	412,958
	2-7	79,637	242,593	34,990	357,220
	계	153,243	397,365	219,570	770,178
밭	0-2	42,156	3,947	4,557	50,660
	2-7	141,741	22,177	3,579	167,497
	계	183,897	26,124	8,136	218,157
총계		337,140	423,489	227,706	988,335

지금 파악된 면적은 경사와 배수등급과 토성을 고려하여 우리나라 호우기에도 습해를 받지 않고 농기계작업도 개선할 수 있는 이상적인 토양 관리를 위하여 필요하지만 배수시설은 적정규모와 농민들의 호응 등 여러 가지 요인에 따라 정해지므로 우리나라의 경제발전이나 농민들에게 지속 농업을 위한 영농에 편리한 방향으로 목표는 더욱 높게 잡아야 할 것이다.

5.3 범용화 사업 시장여건분석

5.3.1 범용화 사업 시장여건 SWOT분석

벼 대체작물 및 논 농업 다양화사업의 전개과정을 요약해 보면 2003-2005년 쌀 생산과잉과 DDA 협상시 입지강화를 위해 한시적으로 쌀 생산조정제(목표 25천ha 상업적 작물재배 금지, 휴경 포함, 300만원/ha) 실시하였고, 2008-'09년 연속 풍작에 따른 쌀값하락으로 2010년 논에 타작물재배 사업을 추진하여 논에 타작물 재배(30천ha 목표, 300만원/ha) 사업실적은 9,714ha(콩 32.9%, 사료용 옥수수 10.8%, 채소류 14.7%, 고추 10.0%, 사료용벼 5.3%, 감자 4.2% 등)에 그쳤고, 2011-2012년 논 소득기반 다양화사업으로 전환(40천ha 목표, 300만원/ha)하여 쌀 수급안정은 물론 식량 및 사료작물 자급률 향상을 도모하고자 식량안보 차원에서 논 의형상과 기능을 유지하며 벼 재배면적 감축과 조사료, 식용콩 등 자급률 향상에 기여코자 하였으나 2011-12년 쌀 흉작으로 불투명해졌다.



[그림 5.10] 쌀 생산조정과 논벼 대체작물의 관계 (박평식 2013)

논에서의 벼 대체작물재배는 지자체 지원 및 농가의욕이 있고, 국산농산물에 대한 소비자 신뢰도가 높으며 고품질 소득화 가능 토종작물이 다양하고 전통문화 연계 다양한 식품소재 개발이라는 강점과 세계적으로 식량안보의 중요성이 대두되고 웰빙, 안전식품에 대한 수요증가와 시장개방

으로 농산물 수출가능성이 커지고 있으며 지역특화 및 산업화를 통한 성장산업이라는 좋은 기회를 맞이하여 여러 가지 약점과 위협을 극복하고 국민들에게 고품질 식품제공과 농민들의 소득증대는 물론 토양자원의 안전한 보호와 지속이용이라는 목표로 발전해야 할 것이다.

[표 5.18] 논벼 대체작목 개발을 위한 시장여건(SWOT 분석)

강 점 (Strength)	약 점 (Weakness)
<ul style="list-style-type: none"> ○ 지자체 지원 및 농가의욕 있음 ○ 국산농산물에 대한 소비자 신뢰도 높음 ○ 고품질 소득화 가능 토종작물 다양 - 전통문화 연계 다양한 식품소재 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 벼 대체작물의 소득 및 생산성이 낮음 ○ 용도개발을 통한 소득화 노력 미흡 ○ 농산물 유통구조가 취약하여 산지와 소비자 가격차가 큼
기 회 (Opportunity)	위 험 (Threat)
<ul style="list-style-type: none"> ○ 세계적으로 식량안보의 중요성 대두 ○ 웰빙, 안전식품에 대한 수요증가 ○ 시장개방으로 농산물 수출가능성 커짐 ○ 지역특화 및 산업화를 통한 성장산업 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 외국산 수입농산물의 국내시판 확대 ○ 수입·국내 농산물 혼합 부정유통 가능 ○ FTA 협상 진전에 따라 농산물 시장개방 가속화

* 박평식 2013.

5.3.2 국내 관련사업 조사

국내 농식품분야 범용화 관련 사업을 조사한 결과 농림축산식품부에서 시행하는 배수개선사업, 농지규모화사업, 들녘경영체육성사업, 주요곡물산업육성지원사업 등이 있는 것으로 조사되었으며, 이들 사업에 대한 내용을 간략히 정리하였다.

가. 배수개선사업

농림축산식품부 간척지농업과에서 시행하고 있는 배수개선 사업의 목적과 지원대상은 다음과 같음

(1) 배수개선사업의 목적

- 홍수 발생시 침수피해를 겪고 있는 농경지에 배수장, 배수문, 배수로 등 배수시설을 설치하여 농작물 침수피해를 방지하고, 논에서의 원예작물 등 다양한 작물재배 여건을 구축

(2) 배수개선사업의 지원대상

- (가) 홍수 발생시 상습적인 침수피해를 겪고 있고, 농지로의 보전 가능

성이 높은 농업진흥지역 내 농경지 배수개선사업을 우선 지원대상으로 선정

- 다만, 개발제한구역 및 제주도종합개발계획 등에 포함된 지구로서 사업 후 장기간 농지활용 전망 시 농업진흥지역 밖의 농경지라도 대상지로 선정

- 기타 농업진흥지역 밖의 농경지는 장기간 농지보전 가능성이 높고, 투자되는 사업비 이상의 사업효과를 거둘 수 있는 지구 중에서 사업 시행 후 농업진흥지역 편입을 전제로 면밀한 검토·분석을 거쳐 신중하게 선정

(나) 동일 수계에 여러 사업지구가 있는 경우 하류부 지구부터 단계적으로 선정

(다) 사업시행에 대한 주민 호응도가 낮은 지구, 타법·타사업 등으로 사업에 제약이 있는 지구, 배수 본천의 하천정비가 시행되지 않았거나 배수 개선과 병행시행이 어려운 지구 등은 지원 대상에서 제외

나. 농지규모화 사업

농지과에서 시행하고 있는 농지규모화 사업의 목적은 다음과 같음

- 농지의 매매와 장기임대차, 교환 또는 분리·합병을 통하여 규모화·전문화된 전업농 육성 및 경자유전 실현

- 주업농가의 영농규모를 확대하고, 경영농지를 집단화함으로써 농업인의 소득증대 및 주곡의 안정적인 생산기반 확보

다. 들녘경영체육성사업

식량산업과에서 시행하는 들녘경영체육성사업의 목적은 다음과 같음

- 50ha 이상 집단화된 들녘을 공동 생산·관리하는 들녘별경영체를 육성하여 생산비 절감과 함께 고품질 식량작물 생산기반을 구축하는 등 우리 쌀산업의 대내외 경쟁력 향상 도모

- 들녘별 경영체 : 집단화된 농지 50ha 이상 육묘·이앙·재배관리·수확 중 일부를 공동으로 수행하는 조직. 단 육묘는 묘중 공급면적이 100ha 이상인 조직

라. 주요곡물산업육성지원사업

농림축산식품부 식량산업과와 한국농수산물유통공사에서 시행하고 있는 주요곡물산업육성지원사업은 다음과 같음

(가) 주요곡물 : 밭식량작물로써 콩, 옥수수, 감자, 고구마, 잡곡류를 말함

(나) 주요곡물산업육성지원사업의 목적 : FTA, DDA 등 시장개방 확대에 대응해 낙후된 주요곡물의 생산·유통·소비를 체계적으로 활성화함으로써 자급기반을 확충하고 경쟁력 향상 도모

- 주요곡물 기반조성<기존 밭작물 브랜드>은 농가조직화를 통한 생산기반 확보·관리하고 수확 후 건조·저장·가공 등을 일괄 처리하도록 하여 산업의 경쟁력 제고 도모

- 유통시설은 수확 후 건조·저장·처리를 일괄처리해 유통비용 절감과 유통 혁신을 통한 경쟁력 제고 도모

제6장 시범설계



제6장 시범설계

6.1 대상지구 조사 및 분석

6.1.1 위치 및 주변 조사

가. 계획범위

범용화 사업 대상지구의 기본계획은 크게 세 부분으로 나눌 수 있는데 첫째, 암거조직설계, 둘째, 배수계획설계, 셋째 단지운영계획이다. 암거조직설계는 흡수거의 매설심도와 간격의 결정이 중요하며, 배수계획설계는 지하배수를 자연식 배수로 할 것인지 기계식 배수로 할 것인지를 결정하는 것이다. 끝으로 단지운영계획은 좁게는 시설물의 유지관리요, 넓게는 영농조직의 지원까지를 포함한 계획이다. 설계자는 지구의 특성을 고려하여 그 설계범위를 정하여야 한다.

나. 위치 및 주변조사

지구의 주변 지형과 수계에 따른 용수, 배수 체계 및 기존 시설물의 설치현황을 조사하고, 과거 침수 등 수해이력을 조사한다. 대상지구의 외부로부터 유입되는 외수차단에 대해 지표 및 지하에 대해서도 조사한다. 배수조건이 양호한 조건의 논에서 재배되고 있는 밭작물의 작부체계 및 해당지역의 기후와 토양환경에 적합한 재배가능 작목에 대해서도 탐문 혹은 흙토람 등을 통해 조사한다. 물론 주민들이 선호하는 작목이 있는지도 설문 등을 통해 조사할 필요가 있으며, 주변에 주산지가 있는지도 조사한다. 밭작물의 경우 기계화율, 육묘, 종묘에 대한 보급률도 파악하면 주민의 호응도를 예측하는데 도움이 된다.

다. 사례지구 현황

본 요령의 적용 예를 소개하기 위해 임의 지구를 가정하여 설계, 시공, 유지관리에 대한 적용을 순서대로 설명한다. 높이 300여 미터의 산악 아래 계곡이 위치하며, 계곡주변에 농지가 경지정리지구인데 하천의 바닥고

와 차이가 크지 않다. 그 규모는 약50여 만평이지만 소 구역에 따라 다소 높은 지형이 있는가 하면 하천바닥과 거의 일치하는 높이의 구역도 있다. 따라서 비교적 습윤한 상태의 농지가 많으며 일부 높은 필지는 대상에서 제외하여도 무방할 것으로 보인다. 벼농사를 주로 하고 있으며, 타 작물 재배나 하우스 시설은 찾아보기 어렵다. 축산시설이 1개소 정도 있는 것으로 조사된 우량 농지로 사업계획 수립 대상지구로 선정하기에 적합하다.

6.1.2 범용농지조성 사업 계획

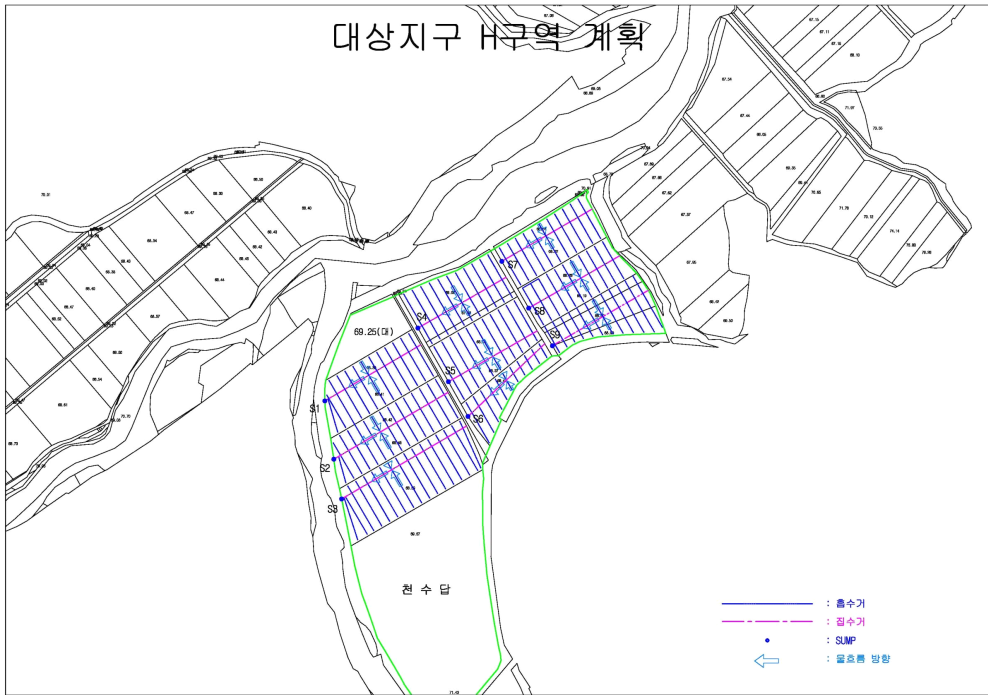
본 지구의 사업 계획에 포함되는 농지는 우량 농지로 300여 개의 필지로 구성되어 있으며, 벼농사를 주로 하는 우량 농지이다.

사업계획은 선정된 지구를 계획의 편의를 위해 관개수로와 농로 및 인접농경지간 현황을 감안하여 총 8개 구역(A~H구역)으로 나눈다.

지구 중앙을 관통하는 하천 제방은 도로가 형성되어 있으며, 각 구역경계에는 농로와 마을 진입로 등이 위치하고 있어 공사차량의 접근 및 자재공급이 용이한 현황이다. 전체 구역 중 D, E구역은 가옥 밀집지역에 인접하고 있으며, 특히, 공공시설이 경계를 같이하고 있어 승수거 계획이 용이치 않다.

시험설계는 계획 구역 중 H구역을 대상으로 수행한다.

6.1.3 시험설계 대상 구역(H구역)에 대한 계획



[그림 6.1] 대상지구 H구역 계획

[그림 6.1]과 같이 계획 대상지구 H구역은 하천의 남측에 위치하며, 전체 약 9.16ha 면적이 29여개의 필지로 구성되어 있다. 평균 고도는 68.47m(최고 68.99m, 최저 67.96m)로 남고 북저의 ㄴ자형 형태의 지형이다. 북서측의 1개 필지는 대지로 되어 있고, 서남측에 위치한 1개 농지(천수답 표기)는 8개 필지를 통합하여 경작하는 농지로 주변 농지 보다 지형이 높은 천수답 지대로 본 사업의 목적에 부합하지 않아 범용농지조성 대상에서 제외한다. 범용농지시설의 개략적인 계획은 [표 6.1]과 같다.

[표 6.1] 대상지구 H구역 개략 규모

구분	단위	수량	비고
면적	ha	9.16	
필지	필지	29	
소형펌프장	개	9	
흡수거	m	5,572	
집수거	m	1,100	

6.2 무인항공기 활용 지구조사

6.2.1 개요

최근 무인항공기(Unmanned Aerial Vehicle, 이하 UAV)의 활용분야가 늘고 있고, UAV의 발달로 항공영상의 활용이 다양해지고 있으며 다양한 센서를 함께 활용함으로써 고도측량이 가능하여 3차원 영상으로 변환이 가능해졌다. 촬영고도에 따라 수 센티미터 오차범위내의 해상도를 갖는 영상을 얻을 수 있다. 특히, 수치표면모델(Digital Surface Model, 이하 DSM)과 정사영상은 농업생산기반정비사업 분야에서 기존의 조사·설계 분야의 많은 부분에서 활용이 가능할 것으로 판단되어 범용화 시범설계 현장조사부분에 일부 적용한 결과를 수록하였다.

가. 외 업

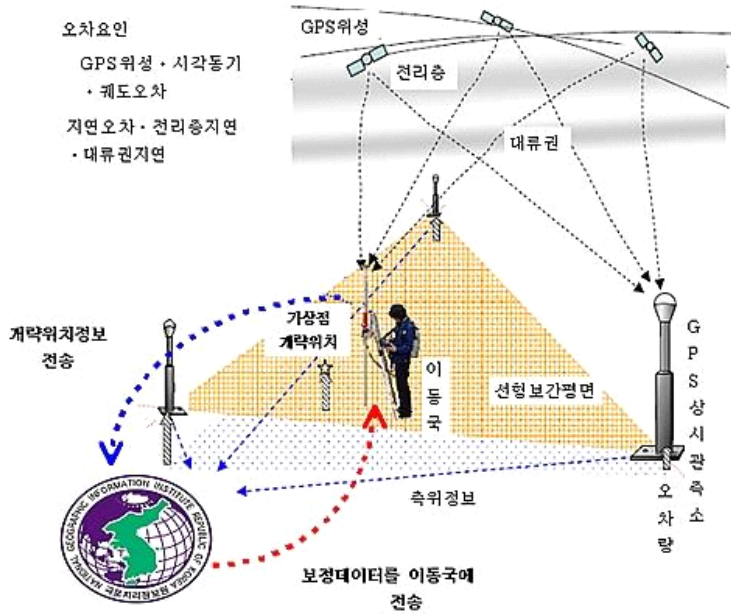
UAV를 활용한 DSM과 정사영상 획득 과정은 외업과 내업으로 구분할 수 있다. 그 중 외업의 작업 순서는 [그림 6.2]와 같다.



[그림 6.2] 외업 작업 순서

(1) 가상기준점측량

정사영상 및 DSM의 정확도를 높이기 위해서는 현장에서 가상기준점측량을 해야 한다. 가상기준점은 실시간 정밀 GPS측량으로 X, Y, Z의 좌표를 영상 접합에 활용할 수 있다. 이때 가상기준점은 항공사진에서 정확하게 보이는 지점으로 선택해야 하며 적절한 지점이 없을 시 대공표지판을 활용한다([그림 6.3]).



[그림 6.3] 실시간 정밀 GPS 측량 시스템 구성도¹⁾

1) 국토정보지리원 실시간 정밀 GPS측량 서비스 FAQ

(2) 항공영상 촬영

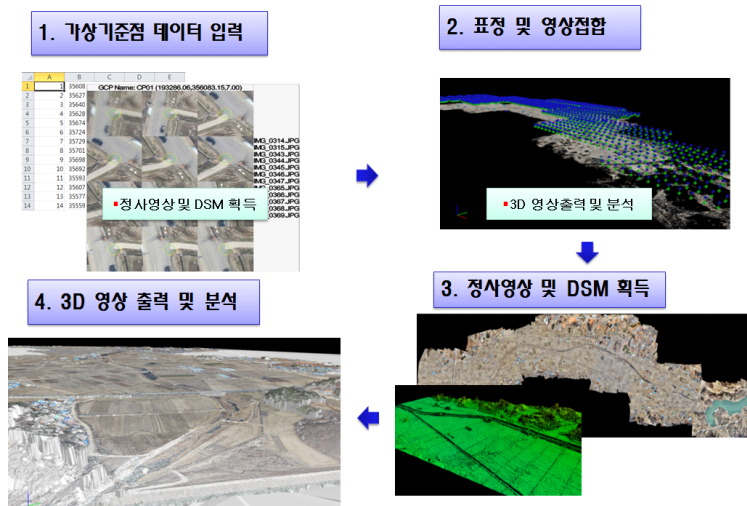
대상지구 항공촬영에 사용한 UAV는 고정익(e-Bee)이다. 고정익(e-bee)의 비행은 노트북에 연결한 라디오 모뎀 통신을 통해 제어가 이루어진다. 라디오 모뎀 수신반경은 약 2km이고 수신반경을 초과하면 고정익(e-bee) 통제가 불가능하다. eMotion 프로그램을 통해 촬영경로, 영상해상도, 비행고도, 비행시간, 영상중첩도 등을 설정하고 지상 장애물을 정확히 파악하여 이·착륙 지점을 안전하게 설정해야 한다. 또한, 비행중 비상사태(강풍, 호우, 배터리 문제 등)가 발생하면 eMotion 프로그램에서 경고방송이 나오고, 필요시 회항명령에 의해 미리 설정해둔 착륙지점으로 착륙한다.



[그림 6.4] UAV 비행 및 촬영경로 설정

나. 내 업

비행 촬영을 마친 후 내업으로 가상기준점 입력 및 디지털영상 정합을 실시하며 본 연구에서는 Terra 3D 프로그램을 사용하였다. Terra 3D 프로그램은 항공영상을 통하여 정사영상 뿐만 아니라 DSM(Digital Surface Model, 수치표면모델)도 제작이 가능하여 촬영지역의 개괄적인 토지이용 상태와 하천 및 수리구조물의 위치 등을 파악할 수 있다. 뿐만 아니라 Virtual Surveyor Tools 프로그램을 활용하면 DSM상 임의의 위치 좌표 선택으로 특정지역의 좌표를 CAD파일로 변환이 가능하다. 그림 은 항공 영상 촬영 후 영상정합을 위한 후처리 과정을 나타낸다.



[그림 6.5] 후처리 과정

6.2.2 범용농지 시범설계 지구 적용

대상지역의 경지면적은 26,769ha이고, 그 중 논은 15,272ha로서 경지정리율도 95%가 조성된 지역으로서 년 강우량 1,385mm, 수리답율 90%에 이르고 수도작, 포도, 오이 등을 영농하는 지역이다¹⁾.

일반적으로 대상지역의 답은 곡간부 저지대와 평야부 저지대에 산재되어 있고 토지는 사질토지반으로 형성된 지역으로 판단된다. 그 동안 습답으로 인해 영농에 불편함이 있어 습지개량의 필요성이 제기된 지역이다.

대상지를 조사한 결과 대규모로 습답피해가 발생하는 것이 아니고 소규모 단위로 침수 및 습답피해가 있는 것으로 판단되는 지역이다. 피해지역을 보면 평야부 저지대는 침수피해, 곡간부 저지대는 지형적 및 자연적 현상으로 인해 소규모로 지하수가 용출되어 농경지가 습지로 변해 영농에 불편한 지역으로 조사된다. 일반적으로 이러한 지역들의 주요 원인으로는 최근 이상기온에 따른 강우량 증가, 배수로의 통수능력 부족, 지하암거배수 불비 등으로 피해가 발생하고 있는 것으로 판단된다.

따라서 피해처리대책으로는 배수개선, 지하암거배수, 배수로 정비, 포괄보조사업 등을 통해 피해처리가 필요하고 피해지역들은 소규모 단위로 관내에 산재하고 있는 점을 감안하여 지하암거배수, 배수로 정비 등을 다양하게 추진할 필요가 있는 것으로 판단된다.

1) 상주시 통계연보, 2013년

가. 대상지구 배수여건 파악

대상지구내 하천 주변 농경지를 [그림 6.6]과 같이 UAV를 활용하여 항공촬영을 하였다. 영상정합을 통해 정사영상 및 DSM을 제작하였고 이를 통해서 주변 현황을 한눈에 파악할 수 있다. [그림 6.6]에서 화살표1 방향으로 횡단을 확인하면 추정지반선을 구할 수 있다. 농경지의 표고는 약 69m 하천의 표고는 66.5 ~ 68m로 나와 침수영향이 작은 것으로 판단할 수 있다. 화살표2 방향도 마찬가지다. 화살표2 방향의 가장 낮은 표고의 농경지는 70m로 침수 영향이 작은 것으로 판단할 수 있다. 이를 통하여 이안천 주변의 농경지는 침수의 영향이 작은 것으로 판단하였다.

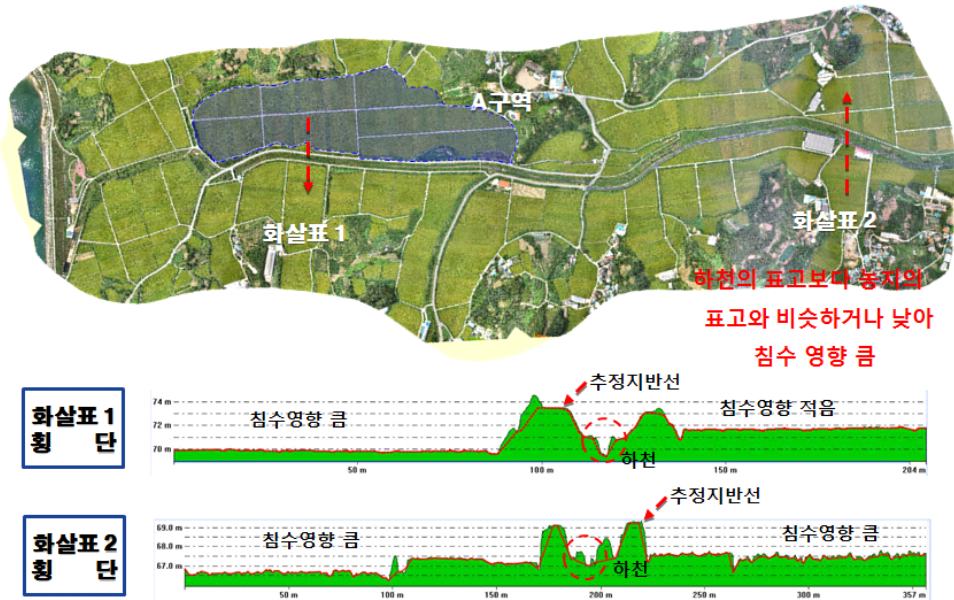


[그림 6.6] UAV를 활용한 대상지구 검토

(2) 대상지구 주변 사업계획 선정 여부

대상지구 주변 농경지를 [그림 6.7]과 같이 UAV 촬영을 하였다. 영상정합을 통해 정사영상 및 DSM을 제작하였고 이를 통해서 주변 현황을 알 수 있다. [그림 6.7]에서 화살표1 방향으로 횡단을 확인하면 추정지반선을 구할 수 있다. 화살표1 꼬리부분 농경지의 표고는 70m로 하천 표고 70m로 나와 침수영향이 큰 것으로 판단된다. 화살표1 머리부분 농경지의 표

고는 71.7m로 하천의 표고보다 높아 침수영향이 작은 것으로 판단된다. 화살표2 농경지의 표고는 66 ~ 67.5m 하천 표고는 약 67m로 하천의 표고보다 작거나 미미하게 높아 침수의 영향을 받는 것으로 판단할 수 있다.



[그림 6.7] UAV를 활용한 사업대상지 선정(대상지구)

[표 6.2] 사업대상지구의 침수영향

	화살표1 머리부분	화살표1 꼬리부분	화살표2 머리부분	화살표2 꼬리부분
이안천	침수영향 적음	침수영향 적음	침수영향 적음	침수영향 적음
대상지구	침수영향 큼	침수영향 적음	침수영향 큼	침수영향 큼

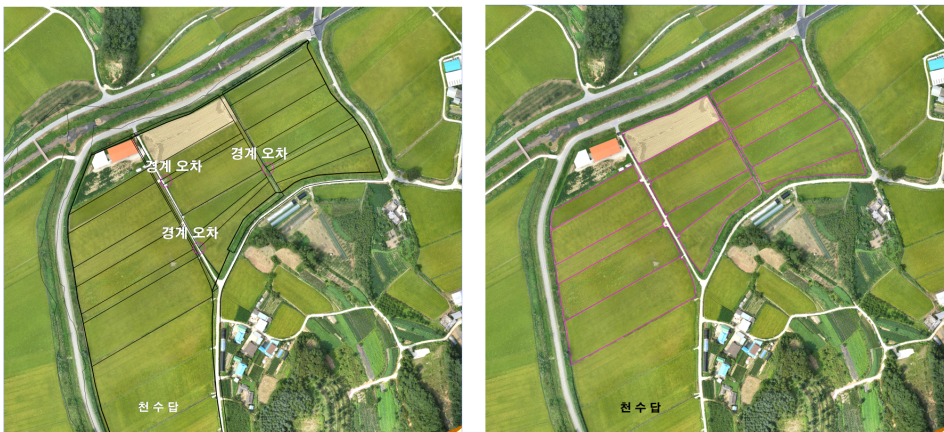
6.2.3 범용농지 시범설계 보완 활용

설계지역으로 대상지구 H구역을 선정하였고 이를 기존의 지적도를 활용한 집수거, 흡수거, 소형펌프장(Sump)을 계획하는 방법과 정사영상 및 DSM을 활용하여 배치하는 계획을 비교하여 그 보완점을 언급하고자 한다.

가. 지적도의 한계점 보완

지적도를 활용한 대상지구 H구역 계획의 문제점은 UAV로 제작한 정사영상과 비교해보면 알 수 있다. [그림 6.8]을 보면 지적도상의 농지 필지 수가 잘못 나온 것을 확인할 수 있다. 지적도의 농지 필지 수는 20개로 나온다. 그러나 UAV로 제작한 정사영상을 통하여 농지 필지 수가 16개인 것을 확인할 수 있다. 필지 수는 집수거의 수량에 많은 영향을 미치고 소형펌프장(Sump)의 개수에도 영향을 미칠 것으로 판단된다.

또한, 정사영상을 통한 현장에 대한 정보를 통해 흡수거, 집수거, 소형펌프장(Sump)의 배치를 설계자가 효율적으로 할 수 있을 것으로 판단된다.



(a) 지적도 농지 경계

(b) 정사영상의 농지 경계

[그림 6.8] 지적도와 정사영상의 농지 경계 비교

나. 지적도와 정사영상의 계획 비교

대상지구 H구역에 대한 지적도와 정사영상의 집수거, 흡수거, 소형펌프장(Sump)의 배치를 비교하였다([그림 6.9]). 면적은 지적도에 나온 면적보다 정사영상에 의한 면적이 0.5ha 정도 줄어들었다. 그 이유는 농지 외곽 사면을 제외하고 실경작의 면적을 측정하면서 발생한 차이이다. 흡수거의 수량은 약 80m 증가했다. 이는 10m의 고정간격에 설계자의 판단에 따라 농지 말단부의 흡수거 배치가 흡수거 총길이에 영향을 미친 것으로 보인다. 집수거의 수량은 약 400m 감소하였다. 이는 지적도의 필지수가 20개고 정사영상에 의한 필지수는 16개이다. 필지 말단부에 배치하는 집수거 배치 계획에 따라 집수거의 총길이가 줄어들었다. 이를 종합하면 [표 6.3]과 같다.



지적도에 의한 계획



정사영상에 의한 계획

[그림 6.9] 지적도와 정사영상에 의한 계획 비교

[표 6.3] 지적도와 정사영상에 의한 수량비교

구분	단위	지적도에 의한 계획	정사영상에 의한 계획	증감
면적	ha	6.3	5.8	▼ 0.5
필지	필지	20	16	▼ 4
sump	개	9	9	-
흡수거	m	5,406.2	5,489.4	▲ 83.2
집수거	m	2,202.5	1,808.9	▼ 393.6

6.3 배수암거 설계

6.3.1 설계 흐름

배수암거 조직설계는 [그림 6.10]과 같은 설계흐름에 따라 지반조사, 흡수거 간격설계, 흡수거 직경 설계 순으로 이루어진다. 지반조사 시 지하수위, 토질 및 토양특성, 포장의 지하 불투수층 깊이에 대한 조사가 이루어진다. 흡수거 간격 설계에서 설계인자로는 본 요령의 첫 페이지에 언급한 용어의 정의에서와 같이 포장의 투수계수, 흙의 분류, 유효간극률, 유효반경, 계획암거 배수량 등인데 흡수거의 관 재질 및 관경의 가정과 함께 결정되어야 한다. 가정한 값이 계획한 바와 일치할 때까지 다양한 분석이 이루어진다.

즉, 배수암거의 설계는 대상작물에 허용되는 시간 동안 허용지하수위까지 지하수위를 낮추는데 필요한 흡수거의 심도, 간격, 기울기, 관경을 결정하는 문제로 대상농지의 토질특성이 중요한 설계인자인 셈이다.

대상지구 H구역을 대상으로 다음과 같은 설계 인자를 가정하여 설계예제를 진행한다.

6.3.2 지반조사

설계 대상지구에 대한 지반조사에서 지하수위를 확인한 결과 전반적으로 지하수위는 1.5m 이하에 형성되어 있어 배수암거의 설계 및 시공에 큰 영향이 없을 것으로 판단되며, 시료를 채취하여 시험한 결과 실트질을 함유한 점토(silty clay)로 나타났다. 대상지구 내에 불투수층으로 볼 수 있는 암반은 3.0m 이내에는 나타나지 않는다.

현장에서 투수시험을 위하여 직경이 12cm이고 깊이가 30cm인 공내에 바닥에서 25cm 수위까지 물을 채웠다. 정확하게 10시간 25분이 경과 후 공내 수위가 5cm까지 낮아졌다.([그림 1.3](b)의 경우로 식1-2에 따라 현장투수계수를 계산한다.)

※ 투수계수

$$K = \frac{0.06}{2} (37500 - 0)^{-1} \ln \left[\frac{0.25 + \frac{0.06}{2}}{0.05 + \frac{0.06}{2}} \right] = 1.00 \times 10^{-6} \text{ m/s} = 1.00 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$$



[그림 6.10] 배수암거의 설계 흐름

6.3.3 관의 계산

가. 흡수거 간격의 결정

설계 대상지구는 경지정리답으로 필지당 50m×100m이다. 단변 방향으로 흡수거를 50m로 시공하고 장변 방향으로 집수거를 시공하고자 흡수거의 길이는 50m로 계획한다. 흡수거의 심도는 평균 1.0m로 하고 강우 후 토층이 포화된 상태에서 1일 후 지하수위를 지표에서 0.3m까지 낮추기 위한 흡수거의 간격을 설계한다.

1) 흡수거 간격 설계(van Schilfgaard 식)

가) 설계조건 : 강우 후 토층이 포화된 상태에서 1일 후 지하수위를 지표에서 0.3m까지 낮추기 위한 흡수거의 간격을 설

계(흡수거의 유효반경 $r_e=0.0051m$)

나) 설계인자

- (1) 토층의 심도 : 3.0m(불투수층이 흡수거 매설심도 3배 이내에서 나타나지 않으므로 총 심도는 3.0m로 가정)
- (2) 흡수거의 매설깊이 : 1.0m
- (3) 토층의 투수계수(K) : 0.0866m/day (::단위환산)
- (4) 토층의 유효간극률(f) : 0.0255
 - [표 1.3]에 의해 흙의 종류로 판단하면 0.01~0.08의 범위
 - 식1-10(a)에 의하면 $f=0.025+0.006 \times 0.0866=0.0255$
 - 0.0255으로 결정
- (5) 흡수거의 유효반경(r_e) : 0.0051
 - 1차적으로 내경 100mm관을 가정하여 [표 1.4]에서 0.0051 선택

다) 계산

(1) 흡수거의 설치간격 계산

$$d_e=3.0-1.0=2.0m \quad b_o=1.0m \quad b=0.7m$$

$$S = \left[\frac{9Ktd_e}{f \log_e \left(\frac{b_0[2d_e+b]}{b[2d_e+b_0]} \right)} \right]^{1/2} = \left[\frac{9(0.0866)(1)(2.0)}{0.0255 \log_e \left(\frac{1[2(2.0)+0.7]}{0.7[2(2.0)+1]} \right)} \right]^{1/2} = 14.4m$$

(2) d_e 의 재계산

$$x = \frac{2\pi d}{S} = \frac{2\pi(2.0)}{14.4} = 0.87 \quad F(x) = 2 \sum_{n=1}^{\infty} \log_e [\coth(nx)] = 0.86$$

$$d_e = \frac{\pi S}{8 \left[\log_e \left(\frac{S}{\pi r_e} \right) + F(x) \right]} = \frac{\pi 14.4}{8 \left[\log_e \left(\frac{14.4}{\pi(0.0051)} \right) + 0.86 \right]} = 0.74m$$

(3) 계산된 $d_e=0.74m$ 로 흡수거의 설치간격 재계산

$$S = \left[\frac{9(0.0866)(1)(0.74)}{0.0255 \log_e \left(\frac{1[2(0.74)+0.7]}{0.7[2(0.74)+1]} \right)} \right]^{1/2} = 9.96m$$

- (4) (3)에서 계산된 S 를 이용하여 (2)의 과정을 반복하면 S 는 9.0m에 수렴한다.

따라서 흡수거의 간격은 9.0m로 결정할 수 있으나 [배수편]에서 제안하는 최소 간격은 10.0m이므로 본 설계에서는 흡수거의 간격은 10.0m로 결정한다. 따라서 흡수거는 매설깊이 1.0m, 첫 흡수거는 단변에서 5m 거리에 배치하고 10m간격으로 배치하면 95m 거리에 마지막 흡수거가 배치된다.

6.3.4 흡수거 관경의 결정

개별 흡수거가 지하배수를 담당하는 면적은 흡수거의 길이와 간격으로 결정된다. 흡수거로 유입되는 배수량을 적절하게 배수할 수 있는 관경을 결정하였다. 다음의 계산결과에서 보듯이 관경 30mm면 충분히 배수할 수 있는 것으로 나타났으나, [배수편]의 최소관경을 적용하여 50mm로 결정하였다.

※ 흡수거의 관경 설계

- 검토조건 : 흡수거의 간격은 10m, 흡수거의 길이(L)는 50m, 흡수거의 경사는 1/400, 흡수거의 조도계수는 0.016(PVC 유공주름관)를 적용한다.

1) 계획암거배수량의 결정

계획암거배수량(Q)는 흡수거 내로 유입되는 배수량이다. 설계에서 1일 저하되는 지하수위는 0.3m이다. 지하수위가 0.3m 저하되면 이중 배수되는 수량은 지하수위 저하량에 유효간극률을 곱하면 된다. 그리고 흡수거로 유입되는 총량은 하나의 흡수거로 유입되는 집수면적($S \times L$)을 곱하면 된다. 따라서 다음과 같다(\because 지하수위 저하일수는 1일).

$$Q = (b_0 - b) \times f \times (S \times L) = (0.3 \times 0.0255) / 24 / 3600 \times (10 \times 50) = 0.0000443 \text{m}^3/\text{s}$$

2) 관경의 계산

흡수거 내의 유량공식을 관경에 대하여 정리하고 계산하면 다음과 같다.

$$D = \left[\frac{nQ}{\alpha I^{0.5}} \right]^{3/8} \times 2 \times 100 = \left[\frac{0.016 \times 0.0000443}{1.66 \times 0.0025^{0.5}} \right]^{3/8} \times 2 \times 100 = 2.51 \text{cm}$$

6.3.5 관의 설계 결과

흡수거의 간격 결정에서 흡수거의 유효반경(r_e)을 관경 100mm로 보아 0.0051를 적용하였으나 관경이 50mm로 결정되어 유효반경을 변경하여 (0.0051→0.0035) 재검토한 결과 설계값의 변동이 없어 상기한 설계값으로 최종 결정하였다. 따라서 흡수거 간격은 10m로 배치하고 흡수거 관경은 배수량을 배제하는 데는 50mm면 충분한 것으로 계산되었으나, 동절기 시공성, 관내 수압세척 등 유지관리성, 소켓 등 자재수급성 등을 고려하여 100mm로 적용한다.

6.4 배수시설 배치

6.4.1 설계 주안 점

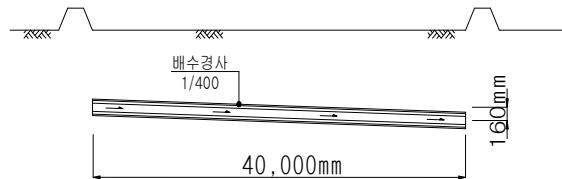
1) 범용농지시설 설치 농지 선정

H구역 중 지목이 대지인 1개 필지와 주변 농지보다 높은(1m 이상) 남측의 1개 필지는 사업 대상에서 제외한다.

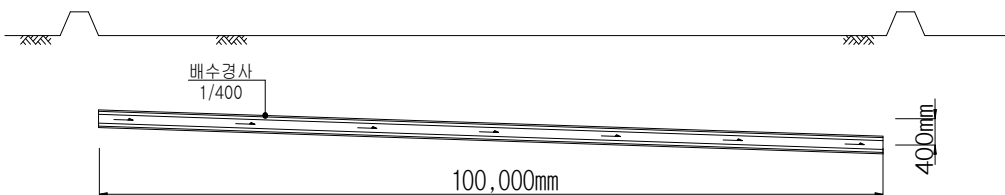
2) 흡수거 설치 방향 검토

흡수거의 간격은 10m로 한다. 흡수거의 끝단은 농지 경계로부터 2m에 위치한다. 인접 흡수거와 최대한 나란하게 배치를 하여야 하며, 지형 여건상 부득이한 경우에는 지하수 배수를 고려하여 설계자의 판단에 따라 적의 조정한다. 좁은 농지의 흡수거는 인근 농지의 흡수거를 연장해서 설치한다.

효과적인 흡수거 설치 방향을 검토하기 위해 [그림 6.11]과 같이 길이 100m, 폭40m 농지에 대해 단방향과 장방향에 대해 각각 설치의 장·단점을 검토하였다.



(a) 단방향에 대한 흡수거 계획 시 단차 검토



(b) 장방향에 대한 흡수거 계획 시 단차 검토

[그림 6.11] 흡수거 장·단방향 검토

흡수거를 1:400 배수경사로 가정하고 단방향과 장방향으로 검토한 결과 장방향으로 계획할 경우 흡수거를 240mm 더 깊게 배치하여야 하는 것으로 계산 되었다.

흡수거를 장방향으로 계획할 경우에는 흡수거의 굴착 깊이가 깊어지고 또한 집수거 및 Sump도 깊게 시공되어야 한다. 시공 깊이가 깊어지면 터파기 깊이 및 터파기 굴착면의 기울기가 더 완만하게 되어야 하므로 터파기 양이 증가하고, 굴착 깊이가 과다에 따른 시공성이 저하된다. 흡수거는 배수기울기를 정밀하게 유지해야 하는데, 흡수거를 장방향으로 배치하여 흡수거의 연장이 길어지면 시공품질 관리가 어려워져 하자 발생 가능성이 높다. 흡수거의 손상 발생 시 지하배수 장애 범위가 단방향일 경우 보다 장방향일 경우가 훨씬 더 크므로 단방향으로 계획을 하는 것을 우선으로 해야 된다. 또한 흡수거 장방향 배치일 경우 유지관리를 위한 관 세척 시 고압호수의 길이도 상당히 길어야 하고 고압분사 압력도 그만큼 용량이 커져야 하므로 유지관리 비용도 증가 할 수 있다.

상기 검토결과에 따라, 시공성, 경제성, 유지관리성 등을 고려하여 농지 현황 여건상 부득이한 경우를 제외하고 단방향으로 흡수거를 배치하는 것으로 계획하여야 한다.

3) 집수거 설치

집수거는 흡수거 1열당 1개 관로 매설을 기준으로 한다. 집수거의 설치는 2필지 당 1개 설치를 원칙으로 하며, 한 개 트렌치 내 집수거는 1열 또는 2열을 설치 할 수 있다. 다만 해당 필지의 폭이 과소하거나, 소유주가 동일하여 경작 작물의 구분이 필요치 않을 경우에는 복수의 필지를 1개의 집수거로 관리하도록 계획한다.

범용농지시설 설치 시 민원에 대한 고려가 필요한데, 각 농지를 경작하는 농민들의 경작 예상 작물에 대한 의견을 조사하여 인접 농지 간 분쟁이 일어나지 않도록 집수거를 계획하도록 하여야 한다.

넓은 필지의 농지는 한 가운데에 집수거를 설치하여 흡수거의 배수기울기를 확보할 수 있도록 하여야 한다.

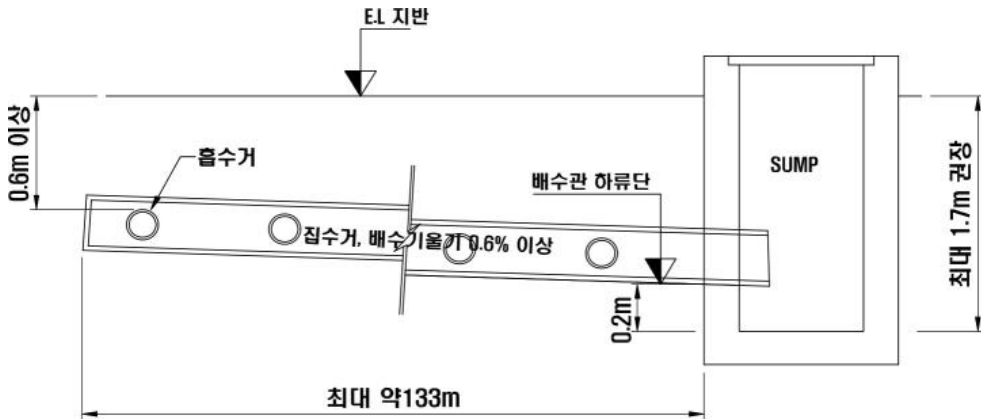
집수거는 흡수거와 소형펌프장을 연결하는 역할을 수행한다. 따라서 집수거의 심도는 흡수거의 매설깊이와 소형펌프장의 매설깊이를 감안하여

집수건의 심도를 결정한다.

[그림 6.12]와 같이 흡수거 상단의 최소심도를 0.6m 규정하고, 소형펌프장의 권장 내공 깊이(1.7m)를 고려하면 집수거의 심도는 대개 0.7m(0.6m + 흡수거의 관경 0.10m + 0.05m = 0.75m)에서 1.5m(1.7m - 0.2m = 1.5m) 내외를 이루게 됨을 알 수 있다

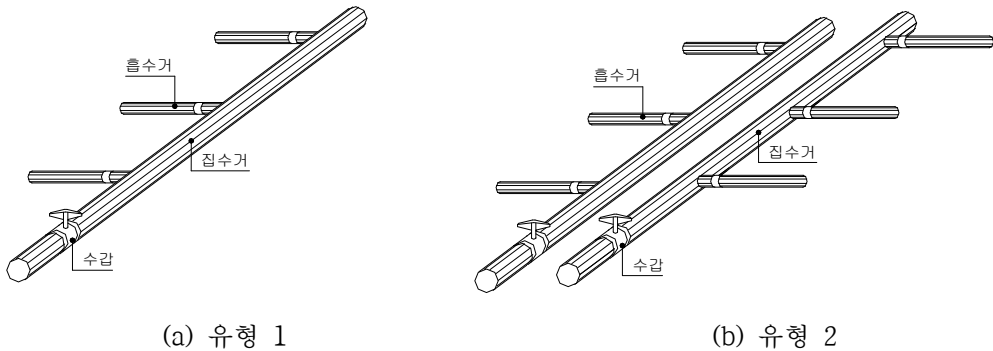
집수거의 연장이 길어지면 집수거의 배수를 위한 기울기가 완만해 지는 것을 알 수 있다. 물이 미세입자를 떠내려 갈수 있게 하는 배수기울기의 최소값은 0.3%이다. 이 수치를 참조할 때 범용농지시설의 집수거의 배수기울기는 미세입자를 제거할 수 있는 충분한 기울기 확보를 위하여 0.6% 내외의 기울기가 될 것을 권장한다.

이 경우 집수거의 최대 연장은(1.5 - 0.7) / 0.007 = 133m까지 가능함을 알 수 있다.



[그림 6.12] 집수거 심도

[그림 6.13]과 같이 흡수거의 배열에 따라 집수거의 매설 방법은 2가지 유형으로 구분할 수 있다. 1개의 집수거 트랜치에 집수거 2개를 매설함으로써 집수거 트랜치 굴착 및 소형펌프장의 설치비용을 절감할 수 있다.



[그림 6.13] 집수거 배치 형식

4) 소형펌프장의 설치

소형펌프장은 집수거로 배출된 지하수를 최종적으로 집수하여 펌프를 통해 배수로로 토출하기 위한 범용농지시설의 최종 시설물이다.

소형펌프장은 콘크리트 또는 FRP등의 재료를 이용하여 공장에서 제작한 사전제작형과 현장에서 콘크리트를 타설하여 만든 현장제작형으로 구분할 수 있다. 시공의 편의성, 품질관리, 경제성 등과 내구성을 감안하여 콘크리트재질을 적용한 사전제작형의 선정을 권장한다.

소형펌프장은 집수거 1개당 1개를 설치하는 것으로 한다. 다만, [그림 6.13] (b) 집수거 유형 2의 경우에는 소형펌프장의 집수거 연결 구멍을 2개소로 설치하여야 한다. 소형펌프장은 집수호가 있는 쪽으로 설치하고, 펌프 탈부착, 전기공급 등을 감안하여 위치 선정을 하여야 한다.

[표 6.4]와 같이 소형펌프장의 최대 내공 깊이는 1.7m로 적용하였다. 깊이가 낮으면 집수거의 배수기울기 확보가 곤란하고, 너무 깊으면 익사 등의 사고를 유발할 수 있으므로 1.7m로 적용하였다. 또한 안전사고 예방을 위하여 반드시 소형펌프장 뚜껑을 설치하도록 하여야 하며, 견고하게 설치하여 쉽게 훼손이 되지 않도록 하여야 한다. 소형펌프장은 기본적으로 집수거를 설치할 수 있는 구멍과, 유지관리를 위한 접근을 위한 홀 및 사다리, 배수펌프를 설치할 수 있는 공간 등이 마련되어야 한다.

소형펌프장의 내공 폭은 최소 1.0m×1.0m가 되도록 한다. 폭이 너무 커면 경제성이 저감되고, 너무 작으면 유지 보수에 애로가 있다. 소형펌프장의 깊이는 지표면에서 1.7m가 되도록 한다. 소형펌프장의 깊이는 집수거의 길이와 배수기울기에 의해 정해진다. 따라서 소형펌프장의 깊이가 낮

으면 배수기울기 확보가 곤란하다. 그러나, 소형펌프장의 깊이가 너무 깊으면 경제성 저감 뿐만 아니라, 운영 중 익사 사고 등의 우려가 있다. 따라서 소형펌프장의 깊이는 키 정도인 1.7m가 되도록 정하였다.

소형펌프장의 상단은 유지관리를 위한 통행이 가능하도록 소형펌프장을 설치하여야 하며, 소형펌프장의 상단은 평소 이물질 낙하, 농민 실족 등의 방지를 위하여 뚜껑을 설치하여야 한다. 또한 뚜껑은 유지보수 중 닫힐 경우를 감안하여 소형펌프장 내부에서 충분히 열 수 있을 정도의 무게가 되도록 하여야 한다. 홍수 시 또는 경작 시 외부로부터의 지표수 침투를 일부분 차단하기 위해 소형펌프장 상단은 지표로부터 30cm~50cm 정도 돌출되게 계획한다. 집수거 설치 구멍의 크기는 설치할 집수거의 규격을 감안하여 설치한다. 집수거 설치 구멍의 위치는 소형펌프장 내부 바닥에서 20cm 이격한 곳이 집수거 외경 하단이 되도록 한다. 소형펌프장 내부 접근 사다리는 매입형으로 하여야 하며, 부식이 되지 않는 재료를 사용하여야 한다. 펌프를 위한 전기시설 등 관련 부대 시설은 해당 분야의 관련 설계를 참조하여 설치하여야 한다. 소형펌프장은 집수거와 최대한 근접되게 설치할 수 있도록 한다. 펌프의 토출 거리를 최소화 하여 운영, 유지관리가 용이하도록 하기 위함이다. 소형펌프장에 설치되는 펌프는 고장 시, 농한기 시 철수 등을 위한 이송이 필요하므로 소형펌프장은 차량의 접근이 가능한 곳에 설치할 것을 권장한다. 소형펌프장 설치 위치는 경작 장비(농기계 등), 이동 차량 등에 대해 영향을 받지 않도록 위치 선정하여야 하며, 불가피할 경우에는 외부에서 식별이 가능하도록 위치 식별 장치를 하도록 하여야 한다. 경고 식별 장치는 페인트 또는 목재 안전 울타리의 설치를 권장한다.

[표 6.4] 소형펌프장(Sump) 규격

The diagram illustrates the dimensions of a small pump station (Sump). The top view shows a square structure with an outer width of $B1$ and an inner width of $B2$. The wall thickness is denoted as $t1$. The side view shows the height of the structure as H and the thickness of the base as $t2$.

B1(mm)	B2(mm)	H(mm)	t1(mm)	t2(mm)
800	800	1000	150	150
1000	1000	1200	200	200
1200	1200	1200	200	200
1500	1500	1200	200	200

6.4.2 H구역 시험설계

1) 시험설계 주안점

대상지구 H구역을 시험설계를 실시함에 있어 현장 주변을 고려한 결과 총 9개 소형펌프장을 설치하여 배수하는 것으로 계획하였다. 소형펌프장 위치는 관개 현황을 감안하여 집수거가 있는 방향으로 설치를 하였다. 필지현황, 소유주 현황 등을 감안하여 집수거를 계획하였다.

전체 29필지 중 957-1답 필지는 지목이 대지로 되어 있어 제외하였고, 또한 8개 필지는 인접 필지를 1개 농지로 합하여 경작하고 있는데 주변 농지보다 1.0m 이상 높게 위치하고 있고 관개여부에 따라 지하수위를 조절할 수 있는 지형이므로 시험설계 대상에서 제외하였다. 따라서 29필지 중 9개 필지를 제외한 20개 필지에 대해 설계를 하였으며, 2개 농지당 1개의 집수거와 소형펌프장을 배치하고 나머지 1개 농지는 개별 집수거와 소형펌프장을 배치하여 전체 9개의 소형펌프장으로 계획하게 되었다.

흡수거의 매설심도 지반고는 관의 시작점과 끝점에 대해서 제시하였다. 집수거의 매설심도 지반고는 시작점과 끝점 그리고 중간의 흡수거 연결지점에 대해 제시하였다.

대상지구 사업계획의 개략 수량과 시험설계의 수량은 현장 상황으로 고려한 흡수거 및 집수거의 배치에 따라 증감이 가능하다.

2) 구역별 상세 설계

가) 소형펌프장1

소형펌프장1의 대상 농지는 지번 957-2답, 957-3답 등 2개의 필지로 구성되어 있으며 각각의 면적은 각각 2,180㎡, 4,888㎡이며, 지반고는 각각 68.30m, 68.41m 이다. 따라서 관저고 계획은 낮은 지반고인 68.30m를 기준으로 계획하였다.

농지의 구성은 2개의 필지에 2개의 농지로 구성이 되어 있고 폭원을 감안하여 2개의 흡수거군(群)으로 계획하였다. 전체적인 시설은 1개 소형펌프장, 1개 집수거용 트렌치, 2개 집수거, 2개 흡수거군으로 계획하였다. 흡수거 연장은 16.9m와 35.9m로 계획하였으며, 집수거의 연장은 120.3m가 되게 하였다. 집수거의 배수기울기는 0.6%가 되도록 계획하였다.

나) 소형펌프장2

소형펌프장2의 대상 농지는 지번 957-4답, 957-5답, 957-6답 등 3개의 필지로 구성되어 있으며 각각의 면적은 각각 2,933㎡, 4,594㎡, 1,632㎡이며, 지반고는 각각 68.42m, 68.48m, 68.48m 이다. 따라서 관저고 계획은 낮은 지반고인 68.42m를 기준으로 계획하였다.

농지의 구성은 3개의 필지에 2개의 농지로 구성이 되어 있으며, 957-5답과 957-6답이 1개의 농지로 조성되어 있다. 농지의 폭원을 감안하여 2개의 흡수거군(群)으로 계획하였다. 전체적인 시설은 1개 소형펌프장, 1개 집수거용 트렌치, 2개 집수거, 2개 흡수거군으로 계획하였다. 흡수거 연장은 18.8m와 39.3m로 계획하였으며, 집수거의 연장은 143.1m가 되게 하였다. 집수거의 배수기울기는 0.5%가 되도록 계획하였다.

다) 소형펌프장3

소형펌프장3의 대상 농지는 지번 957-7답 1개의 필지로 구성되어 있으며 면적은 7,979㎡ 이며, 지반고는 각각 68.59m 이다. 따라서 관저고 계획은 68.42m를 기준으로 계획하였다.

농지의 구성은 1개의 필지에 1개의 농지로 구성이 되어 농지의 폭원을 감안하여 1개의 흡수거군(群)으로 계획하였다. 전체적인 시설은 1개 소형펌프장, 1개 집수거용 트렌치, 1개 집수거, 1개 흡수거군으로 계획하였다. 흡수거 연장은 45.5m로 계획하였으며, 집수거의 연장은 156.8m가 되게 하였다. 집수거의 배수기울기는 0.5%가 되도록 계획하였다.

라) 소형펌프장4

소형펌프장4의 대상 농지는 지번 956-1답, 956-2답, 956-3답 등 3개의 필지로 구성되어 있으며 각각의 면적은 각각 3,963㎡, 1,943㎡, 725㎡이며, 지반고는 각각 68.09m, 67.96m, 67.96m 이다. 따라서 관저고 계획은 낮은 지반고인 67.96m를 기준으로 계획하였다.

농지의 구성은 3개의 필지에 2개의 농지로 구성이 되어 있으며, 956-2답과 956-3답이 1개의 농지로 조성되어 있다. 농지의 폭원을 감안하여 2개의 흡수거군(群)으로 계획하였다. 전체적인 시설은 1개 소형펌프장, 1개 집수거용 트렌치, 2개 집수거, 2개 흡수거군으로 계획하였다. 흡수거 연장은 30.7m와 22.0m로 계획하였으며, 집수거의 연장은 110.0m가 되게 하였다. 집수거의 배수기울기는 0.7%가 되도록 계획하였다.

마) 소형펌프장5

소형펌프장5의 대상 농지는 지번 956-4답, 956-5답 등 2개의 필지로 구성되어 있으며 각각의 면적은 각각 4,722㎡, 2,111㎡이며, 지반고는 각각 68.03m, 68.37m 이다. 따라서 관저고 계획은 낮은 지반고인 68.03m를 기준으로 계획하였다.

농지의 구성은 2개의 필지에 2개의 농지로 구성이 되어 있고 폭원을 감안하여 2개의 흡수거군(群)으로 계획하였다. 전체적인 시설은 1개 소형펌프장, 1개 집수거용 트렌치, 2개 집수거, 2개 흡수거군으로 계획하였다. 흡수거 연장은 40.5m와 8.8~24.7m로 계획하였으며, 집수거의 연장은 110.0m가 되게 하였다. 집수거의 배수기울기는 0.7%가 되도록 계획하였다.

바) 소형펌프장6

소형펌프장6의 대상 농지는 지번 956-6답, 956-7답 등 2개의 필지로 구성되어 있으며 각각의 면적은 각각 1,175㎡, 2,215㎡이며, 지반고는 각각 68.41m, 68.41m 이다. 따라서 관저고 계획은 68.41m를 기준으로 계획하였다.

농지의 구성은 2개의 필지에 1개의 농지로 구성이 되어 있고 폭원을 감안하여 2개의 흡수거군(群)으로 계획하였다. 전체적인 시설은 1개 소형펌프장, 1개 집수거용 트렌치, 2개 집수거, 2개 흡수거군으로 계획하였다. 흡수거 연장은 12.2~13.8m와 4.5~36.0m로 계획하였으며, 집수거의 연장은 111.3m가 되게 하였다. 집수거의 배수기울기는 0.7%가 되도록 계획하였다.

사) 소형펌프장7

소형펌프장7의 대상 농지는 지번 955-1답, 955-2답 등 2개의 필지로 구성되어 있으며 각각의 면적은 각각 1,976㎡, 3,838㎡이며, 지반고는 각각 68.24m, 68.22m 이다. 따라서 관저고 계획은 낮은 지반고인 68.22m를 기준으로 계획하였다.

농지의 구성은 2개의 필지에 2개의 농지로 구성이 되어 있고 폭원을 감안하여 2개의 흡수거군(群)으로 계획하였다. 전체적인 시설은 1개 소형펌프장, 1개 집수거용 트렌치, 2개 집수거, 2개 흡수거군으로 계획하였다. 흡수거 연장은 13.2~17.2m와 31.9m로 계획하였으며, 집수거의 연장은 113.0m가 되게 하였다. 집수거의 배수기울기는 0.7%가 되도록 계획하였다.

아) 소형펌프장8

소형펌프장8의 대상 농지는 지번 955-3답, 955-4답 등 2개의 필지로 구성되어 있으며 각각의 면적은 각각 2,715㎡, 2,982㎡이며, 지반고는 각각 68.28m, 68.19m 이다. 따라서 관저고 계획은 낮은 지반고인 68.19m를 기준으로 계획하였다.

농지의 구성은 2개의 필지에 2개의 농지로 구성이 되어 있고 폭원을 감안하여 2개의 흡수거군(群)으로 계획하였다. 전체적인 시설은 1개 소형펌프장, 1개 집수거용 트렌치, 2개 집수거, 2개 흡수거군으로 계획하였다. 흡수거 연장은 22.2m와 23.3m로 계획하였으며, 집수거의 연장은 113.5m가 되게 하였다. 집수거의 배수기울기는 0.7%가 되도록 계획하였다.

자) 소형펌프장9

소형펌프장9의 대상 농지는 지번 955-5답, 955-6답, 955-7답 등 3개의 필지로 구성되어 있으며 각각의 면적은 각각 1,005㎡, 2,787㎡, 1,795㎡이며, 지반고는 각각 68.99m, 68.99m, 68.99m 이다. 따라서 관저고 계획은 68.99m를 기준으로 계획하였다.

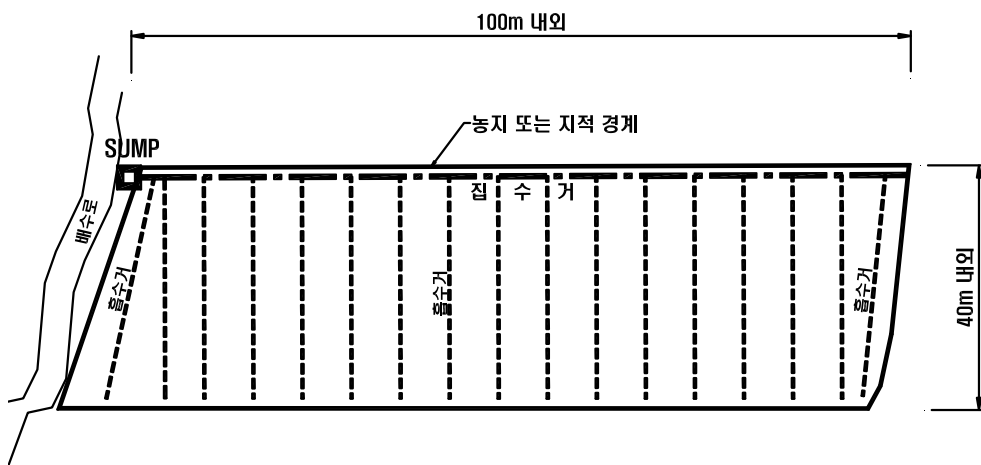
농지의 구성은 3개의 필지에 2개의 농지로 구성이 되어 있으며, 955-5답과 955-6답이 1개의 농지로 조성되어 있다. 농지의 폭원을 감안하여 2개의 흡수거군(群)으로 계획하였다. 전체적인 시설은 1개 소형펌프장, 1개 집수거용 트렌치, 2개 집수거, 2개 흡수거군으로 계획하였다. 흡수거 연장은 20.3~38.6m와 10.0~23.4m로 계획하였으며, 집수거의 연장은 118.3m가 되게 하였다. 집수거의 배수기울기는 0.6%가 되도록 계획하였다.

6.4.3 지하 암거의 배치 방향

흡수거의 배치방향은 경작지의 형상, 관개 시스템 등을 종합적으로 판단하여 설계한다. 흡수거의 배치방향은 소형펌프장위치, 집수거 배치, 흡수거 배치의 순으로 하는 것이 일반적이다.

흡수거의 연장이 과다하면 배수를 위한 관기울기 거리가 길어져 흡수거 하류단의 심도가 깊어져 집수거와 소형펌프장의 매설 심도가 깊어지는 불합리한 점이 있다. 따라서 농경지의 좁은 폭 쪽으로 흡수거를 배치하도록 하여야 한다. 배수기울기를 감안하여 흡수거의 연장은 40m 내외가 되도록 하고, 집수거의 연장은 100m 내외가 되도록 한다.

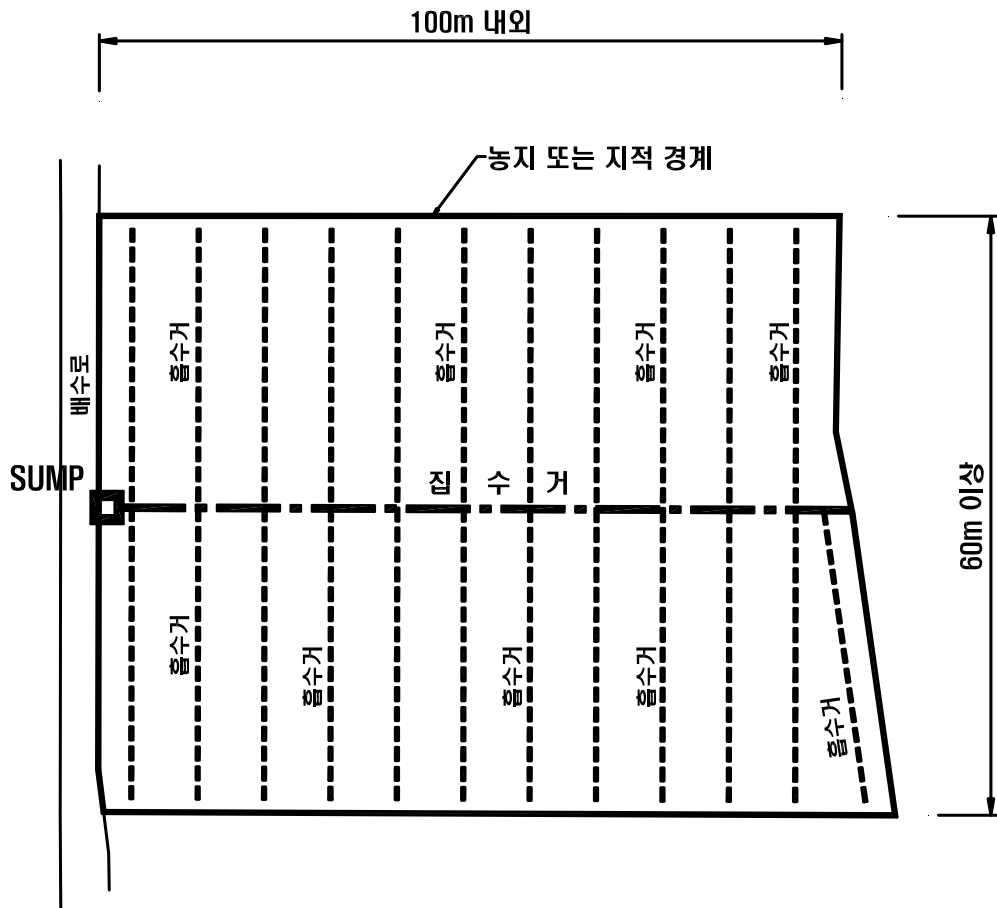
일반적인 경우에 대한 범용농지시설의 배치 방법은 [그림 6.14]와 같이 제시할 수 있다.



[그림 6.14] 범용농지시설 배치 예, 일반적인 경우

[그림 6.15]와 같이 농경지의 폭이 넓은 경우 집수거를 농경지 한 가운데 둘 수밖에 없는 부득이한 경우가 발생 하는데, 이때는 흡수거의 연장을 적당히(60m 내외) 할 수 있도록 집수거의 위치를 결정하여야 한다.

농경지의 폭이 경제적으로 가장 적당한 폭은 80m 내외일 경우이다. 그러나 대부분의 경작지가 이러한 요건을 충족시키지 않으므로 60m 이상일 경우에 적용하도록 하며, 60m 보다 작은 경우에는 흡수거의 배수기울기가 다소 본 요령에서 추천하는 기울기(0.6%)보다 완만하더라도 일반적인 경우에 해당되는 조건으로 배치를 할 것을 권장한다.



[그림 6.15] 범용농지시설 배치 예, 폭이 넓은 농지일 경우

6.4.4 범용농지 조성 현황과 지하 관거의 배치 관계

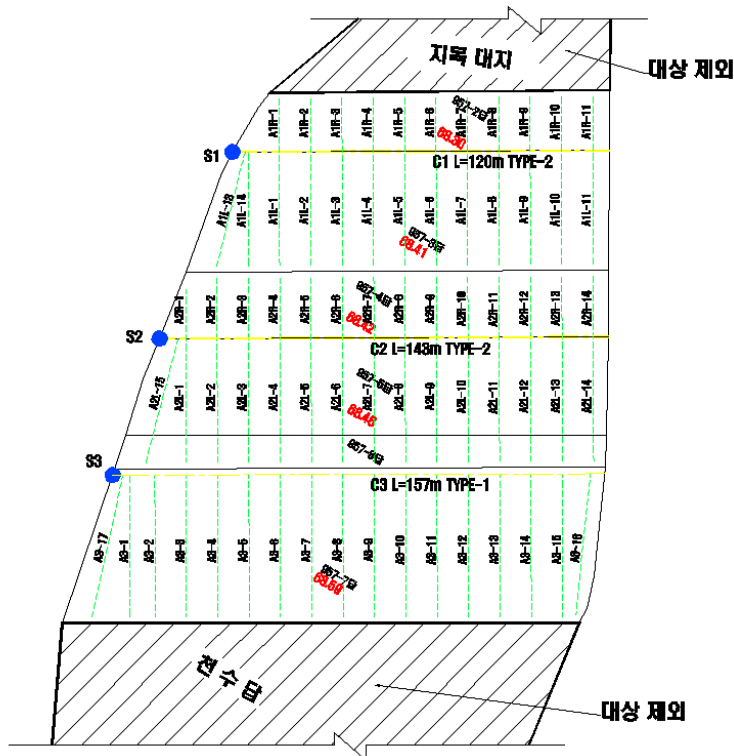
1) 범용농지시설 최적화

농지의 조성은 지적의 크기에 따라 다양하게 이루어져 있다. 좁고 긴 형상, 장방형의 형상, 마름모 형상 등 다양한 형태가 존재하므로 설계시 농지조성 형상을 잘 파악하여 범용농지시설을 배치하여야 한다.

범용농지시설의 배치는 집수거와 소형펌프장의 설치 개소를 최적화하여 경제적인 계획이 되도록 하여야 한다.

2) 범용농지시설 제외 농지의 선정

범용농지 설계 전 측량 또는 현장 조사를 시행하여 [그림 6.16]과 같이 범용농지시설에 의존하지 않고도 작물의 변경재배가 가능한 주변보다 높은 지형에 위치한 농지와 지목이 농지 이외의 다른 용도로 바뀐 경우에는 범용농지시설을 설치하지 않도록 하여야 한다.

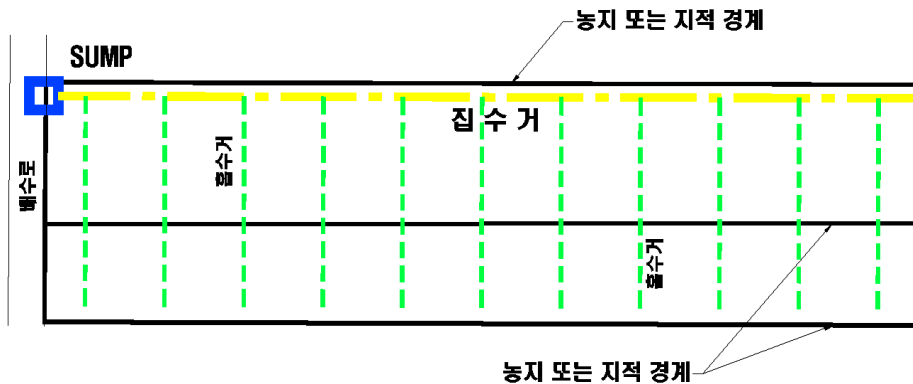


[그림 6.16] 범용농지시설 제외 대상 농지 예

3) 농지간 흡수거 공유

인접한 농지의 폭이 좁거나, 폭이 좁은 농지가 연속할 경우에는 흡수거를 공유하도록 계획을 하도록 한다. [그림 6.17]과 같이 폭이 좁은 경우 별도의 범용농지시설을 설치할 경우 사업비가 과다하게 되며, 지하수관리에 효율이 저하되므로 인접 농지와 흡수거를 공유하는 것이 유리할 것으로 판단된다. 흡수거 공유를 위한 농지 폭원은 약 20m 내외를 기준으로 할 것을 권장한다.

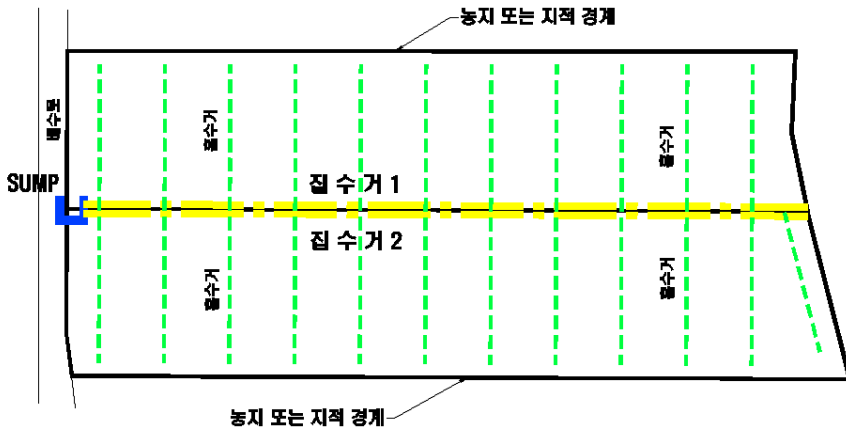
흡수거를 공유할 경우에는 지하수의 관리가 별도로 되지 않으므로 공유한 농지의 경작주들은 재배 작물을 관리할 때 항상 상호 협의 하여야 한다. 따라서 범용농지시설 계획 전 해당 지주들과 반드시 협의 과정을 거쳐야 할 필요가 있다.



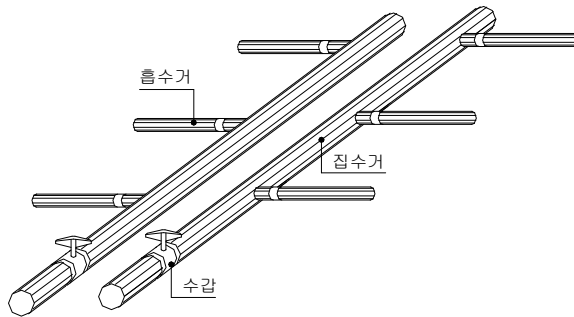
[그림 6.17] 흡수거 공유 농지 예

4) 집수거 트렌치의 공유

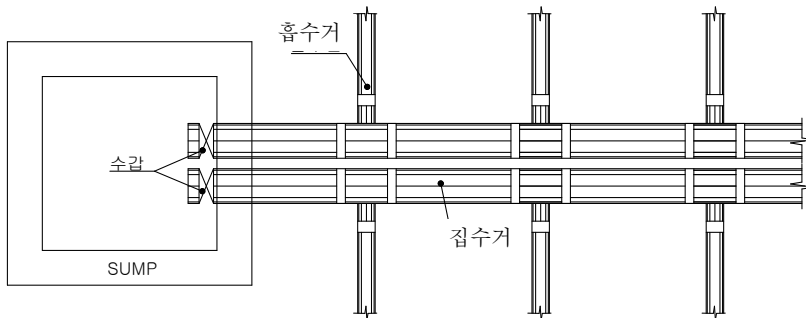
집수거 트렌치의 굴착폭은 1.0m를 기준으로 한다. 이것은 굴착깊이를 고려할 때 작업이 가능한 최소의 폭원으로 한 것이다. 그러나 집수거 트렌치에 매설되는 집수거의 관경은 최대 30cm 이내이며 보통 20cm로 집수거 트렌치 1개당 1개의 집수거 설치하는 공간이 많이 남는다. 따라서 집수거 트렌치 1개당 2개의 집수거를 설치하면 집수거 시공비용 절감으로 경제적 이점이 많이 확보된다. 따라서 [그림 6.18, 6.19, 6.20]과 같이 집수거 트렌치를 공유할 수 있도록 집수거를 배치하도록 한다.



[그림 6.18] 집수거 트렌치의 공유 예

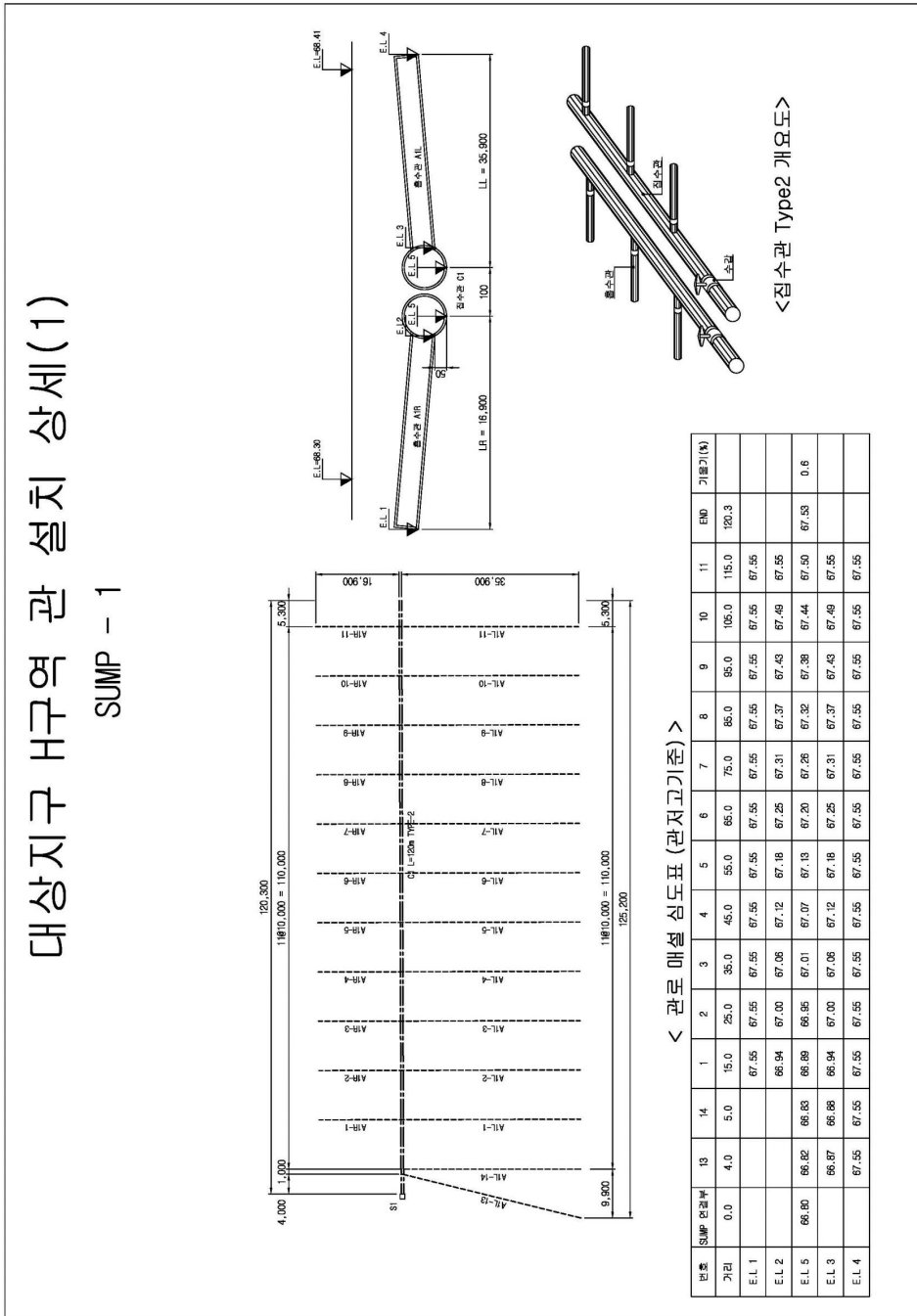


[그림 6.19] 집수거 공유 시 집수거 배치 개요



[그림 6.20] 집수거 공유 시 소형펌프장(Sump)의 집수거 접속 개요

6.4.5 시험설계 도면(대상지구-H구역)



[그림 6.21] 대상지구 H구역 소형펌프장1(Sump 1) 배관 상세

6.4.6 수량 산출

1) H구역의 시험설계 수량집계

[표 6.5] 대상지구 H구역 수량 집계표

공종	규격	단위	수량									합계	비고	
			S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9			
1.01 흡수거														
토사터파기	굴삭기, 0.2m³	m³	345	360	468	314	325	165	264	253	294	2788		
뒤메우기	토사	m³	172	180	234	157	162	83	132	127	147	1393		
자갈부설	쇄석, Φ20mm	m³	163	170	221	148	153	78	125	119	139	1316		
유공블럭제작설치	0.5×0.2×0.5	개	86	90	117	78	81	41	66	63	74	696	제작 설치	
흡수관설치	PE유공관, D100mm	m	689	720	935	627	649	330	528	506	588	5572		
부직포설치	250g/m²	m²	1516	1584	2057	1379	1428	726	1162	1113	1294	12259		
고정철근설치	Φ3×500mm	개	57	50	104	57	59	30	48	46	49	500		
깔판설치	1000×4000×10mm	개	14	12	26	14	15	8	12	12	12	125	설치 제거	
깔판해체	1000×4000×10mm	회	24	29	18	22	22	22	22	22	24	205		
직관설치	PE직관, D100mm-1.5m	개소	4	4	2	4	4	4	4	4	4	34		
연결관설치	PE L관, D100mm	개	24	29	18	22	22	22	22	22	24	205		
CAP설치	PE, D100mm	개	24	29	18	22	22	22	22	22	24	205		
1.02 침수거														
토사터파기	굴삭기, 0.2m³	m³	252	300	235	231	231	241	235	239	252	2216		
뒤메우기	토사	m³	244	291	231	224	224	234	228	232	244	2152		
PE PIPE설치	PE Φ200MM	m	240	286	157	220	220	230	224	228	240	2045		
레듀시연결부	Φ200MM-100MM	EA												
연결관설치	PE 이경T관, Φ200-100MM	개	24	29	18	22	22	22	22	22	24	205		
CAP설치	PE, D200mm	개	2	2	1	2	2	2	2	2	2	17		
PE 블말브	Φ200MM	개	2	2	1	2	2	2	2	2	2	17		
1.03 Sump														
토사터파기	굴삭기, 0.2m³	m³	21	21	21	21	21	21	21	21	21	189		
뒤메우기	토사	m³	18	18	18	18	18	18	18	18	18	161		
다짐	토사	m³	2	2	2	2	2	2	2	2	2	18		
콘크리트맨홀설치	내경 1000×1000×	개소	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9		
맨홀덮개설치	1400×1400×3mm	개	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9		
양수기(펌프)	500L/min	개	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9		
배수호수설치	PE, D100mm	m	50	50	50	50	50	50	50	50	50	450		
1.04 부대공														
토사터파기	굴삭기, 0.2m³	m³	66	76	76	62	62	56	61	60	63	582		
농지정지	4000m² x 100mm	정	707	916	768	662	683	339	582	570	559	5785		
측량	현황및수준	m²	7069	9160	7979	6616	6834	3390	5815	5698	5590	58151		
지반조사	NX, 모래층	m	2	2	2	2	2	2	2	2	2	18		
지반조사	NX, 풍화토	m												
지반조사	NX, 풍화암	m												
현장시험	투수시험	회	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9		

2) H구역의 시험설계 공사비 산출결과

[표 6.6] 대상지구 H구역 공사비 산출결과

Page : 1/3

공종명	규격	수량	단위	재료비		노무비		경비		합계		비고
				단가	금액	단가	금액	단가	금액	단가	금액	
☑ 공사비	제집비포함				115,364,726	73,600,242		104,365,082		293,300,000		
A. 순공사비		1 식			115,364,726	73,600,242		44,047,745		233,012,713	/%	
가. 공사비		1 식			115,364,726	65,950,038		18,697,970		200,012,734	/%	
1. 지형배수		1 식			115,364,726	65,950,038	18,697,970	18,697,970	200,012,734	200,012,734		
나. 간경노무비	직노 × 11.0%	1 식				7,650,204				7,650,204		
다. 산재보행료	(직노+간노) × 3.8%	1 식						2,796,809		2,796,809		
라. 간경보행료	직노 × 1.70%	1 식						1,121,150		1,121,150		
마. 연공보행료	직노 × 2.48%	1 식						1,642,155		1,642,155		
바. 노인장기요양보험료	간노×6.55%	1 식						73,435		73,435		
사. 간설근로자퇴직공제	직노 × 2.30%	1 식						1,516,850		1,516,850		
아. 간설기계대여대금지	공사비×0.41%	1 식						820,062		820,062		
자. 산업안전보건관리비	(재+직노) × 2.59%	1 식						5,312,522		5,312,522		
차. 기타경비	(재+직노+간노) × 6.3%	1 식						11,904,792		11,904,792		
카. 간설허도금	공사비 × 0.081%	1 식						162,010		162,010		
B. 일반관리비	(재+노+경) × 6.0%	1 식						13,980,762		13,980,762		
C. 이윤	(노+경비+일반) × 15.0%	1 식						19,693,052		19,693,052		
D. 공금가액	(A ~ C)	1 식			115,364,726	73,600,242		77,721,559		266,686,527		
E. 부가가치세		1 식						26,613,473		26,613,473		
F. 도금액액		1 식			115,364,726	73,600,242		104,365,082		293,300,000		

3) 시험설계 공사비 분석

설계사례 대상지구 H구역의 소형펌프장1(Sump1)의 시험설계 도면을 [그림 6.21]과 같이 나타내었으며, H구역의 수량집계는 [표 6.5]과 같이 산출되었다. [표 6.6]에는 공사비 산출결과를 요약하였다.

표준농지에 의한 단위 공사비는 약 5,400원/m²이 소요되는 것으로 검토되었으나, 대상지구 H구역의 시험설계 결과 공사비는 약 5,050원/m²으로 나타났다. 이러한 공사비의 차이는 집수거와 소형펌프장의 배치 형식에 따른 것으로 판단된다. 즉, 필지 또는 경작 농지간 흡수거와 집수거 및 소형펌프장의 배치를 효과적으로 하여 시설 수량을 최소화 하는 것이 중요한 설계 주안점이 되겠다. 따라서 경제적인 설계를 위해서는 집수거와 소형펌프장의 위치선정에 대한 계획이 비중 있게 검토되어야 하겠다.

4) 승수거

설계기준에 따르면 범용농지개발 구역은 경계를 따라 승수거를 설치하도록 명기되어 있으며, 이것은 승수거를 설치하여 외부 지표수의 범용농지로 유입을 차단하여 범용농지의 기능을 유지하기 위한 조치이다.

경지정리가 된 농지 쪽으로는 외부의 지표수가 유입이 불가능하도록 시설이 되어 있으며, 장마, 집중호우 등으로 홍수 발생 시에는 많은 양의 지표수가 일시에 범람하는 양상이나 지하배수는 유동이 지표수와 같이 빠르게 유동하지 않는다.

대상지구의 경우 농지 둘레로 도로, 농로, 관개수로, 학교, 민가, 제방 등과 같은 지장물이 설치되어 있어 승수거를 설치할 공간을 별도로 확보하여야 하고, 승수거 설치 시 저축이 되는 관개수로 등을 이설하여야 되므로 추가 비용이 발생된다.

따라서, 승수거 설치의 상세 설계시 현장의 주변 현황을 충분히 고려하여 승수거의 설치 여부를 판단하고 그에 따른 설계성과를 작성하여야 할 것으로 판단된다.

6.4.7 결론

필지단위 설계검토와 대상지구 H구역의 시험설계를 수행한 결과 10% 내외의 단위면적당 공사비 차이가 발생되나 이는 소형펌프장과 집수거 등의 계획에 의해 발생하는 것으로 판단된다. 이는 단지 계획 및 설계 시 기능성, 경제성, 시공성 등 여러 요소를 종합적으로 고려하여 시설을 결정하여야 한다.

6.5 시공 상세

6.5.1 개요

범용농지시설은 기존 농지에 경작 작물을 대체 가능하도록 하기 위한 지하배수관리 시설물로서, 이를 시공하기 위한 주요 공정들에 관련 사항들을 분석하여 문제점에 대한 대책과 시공성 증대되는 대책을 제시하고자 한다.

6.5.2 시공전 사전 확인 사항

가. 현장 조사 및 시공 계획

1) 공사 착수 전 현장 조건에 적정한 계획을 수립하여야 한다.

- 가) 공사용 진입도로 위치 및 설치계획
- 나) 시공측량계획
- 다) 주민의 의견 및 요구사항 민원등에 대해 사전에 조사

2) 현장조사는 다음 사항을 조사해야 한다.

- 가) 지반 및 지질상태
- 나) 각종 지하 매설물
- 다) 골재원 위치 및 운반통로

나. 시공측량

1) 설계단계에서 설치한 기준점, 실측 및 설계도면 등의 성과품과 현장과의 이상 유무를 확인하기 위하여 확인측량을 실시해야 한다.

2) 시공 시 시공위치 및 시공심도를 확인하기 위한 기준점을 설치하여야 한다. 기준점의 설치 양은 많을수록 좋으나 경제성을 감안하여 소형편프장 1개당 1개소 이상이 되도록 한다. 기준점은 망실, 훼손의 우려가 없는 장소로 선정하여 설치하도록 한다.

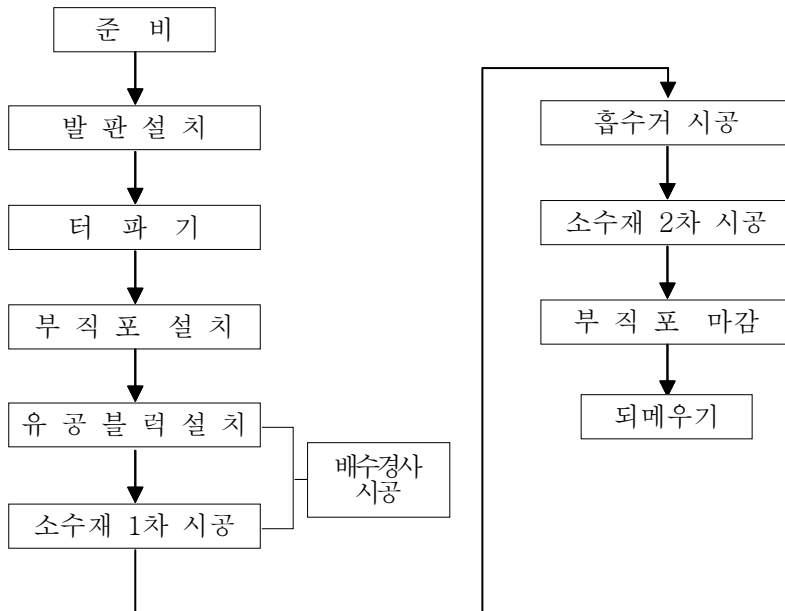
3) 설계성과물의 현황도가 실제 현황과 일치하는지 확인 측량을 실시한다.

다. 시공준비

- 1) 공사계획 수립 시 조사 확인 하였던 바에 따라 현장사무소를 개설하여야 한다.
- 2) 공사진입로를 개설하여야 한다.
- 3) 자재적치장을 조성하여야 한다.
- 4) 공사 시행 전 농지 소유주 및 경작자와 시공 사항에 대해 협의를 하여야 하며, 민원 발생시 해결을 하여야 한다.

6.5.3 흡수거 시공

1) 시공순서

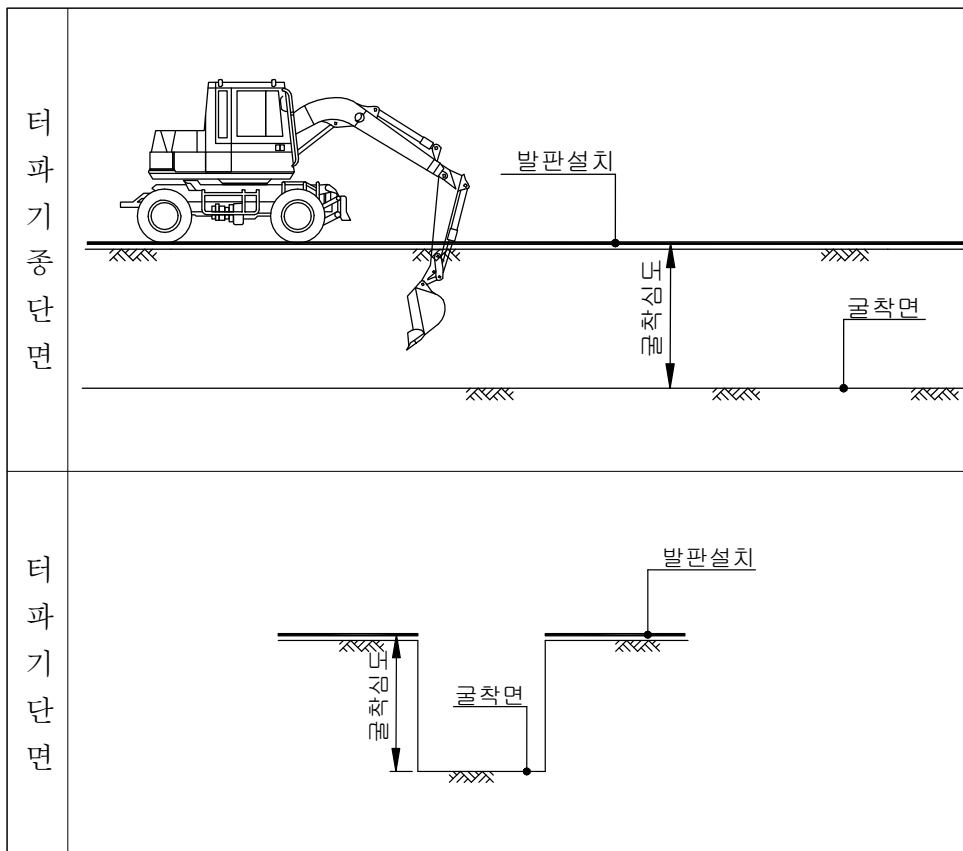


[그림 6.22] 흡수거 시공순서

2) 발판 시공

- 가) 발판은 터파기 중심을 기준으로 발판을 정확하고 견고하게 설치해야 한다.
- 나) 발판의 크기는 길이 4.0m × 폭 1.0m 를 표준으로 하며, 길이 방향으로 터파기 양측면을 따라 설치한다.
- 다) 발판 설치 제거 시 농지 교란이 최소화 되도록 관리 시공 한다.
- 라) 현장 여건과 공기단축 검토 후 발판 운영을 2조 또는 3조 이상 투입하는 계획을 검토할 필요가 있다.
- 마) 발판 시공

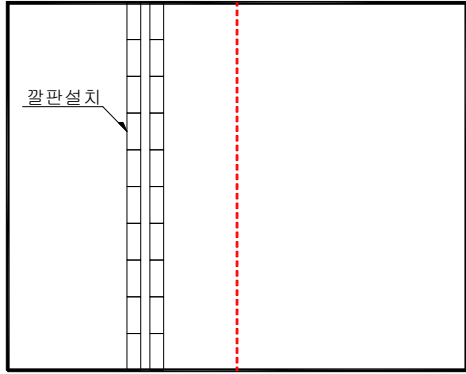
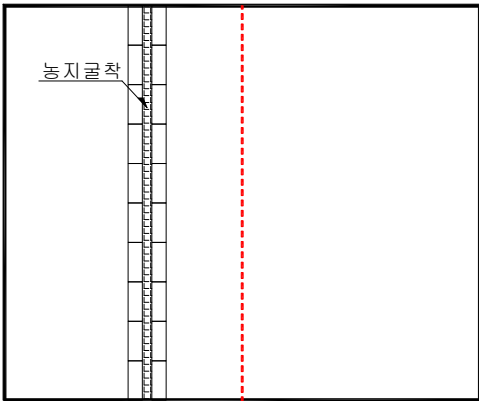
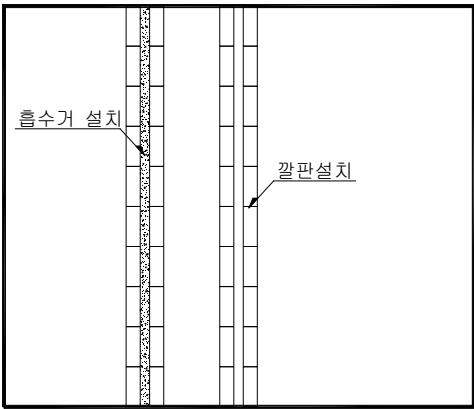
[그림 6.23]와 같이 발판은 굴착 전 강판을 배치하여 배수암거 시공을 위한 터파기를 한다.



[그림 6.23] 발판 설치 개요

바) 발판 시공 순서

흡수거 대비 발판 2조, 굴착장비 1대, 덤프 1대 설치 및 제거 예시

<p>가. 1차 흡수거 굴착위치 주변 깔판 설치</p> <p>백호우로 깔판을 1차 흡수거 굴착 자리에 맞게 설치한다</p>	
<p>나. 1차 흡수거 굴착</p> <p>백호우로 흡수거 설치를 위한 굴착을 실시하고 이때 수평기준줄에 맞게 일정 깊이로 굴착 한다.</p>	
<p>다. 1차 굴착 후 부직포 및 자갈 포설, 2차 흡수거 굴착위치 주변 깔판 설치</p> <p>1차 흡수거는 부직포 및 유공블럭을 설치한 후 덤프트럭을 이용하여 자갈을 포설 및 배수경사 정리를 한다.</p>	

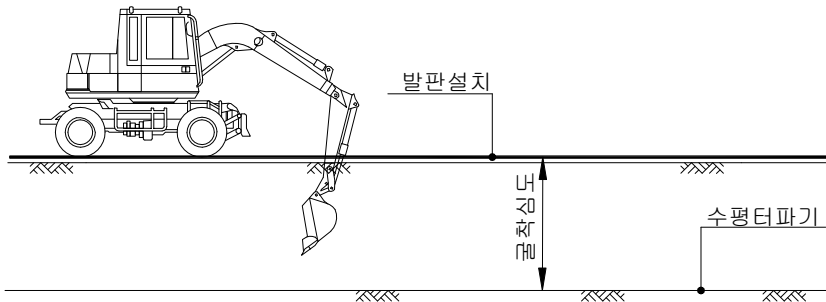
<p>라. 흡수거 설치 및 자갈 마감, 2차 흡수거 굴착</p> <p>흡수거 설치 및 자갈 포설 후 부직포 마감을 하고 2차 흡수거 설치를 위한 굴착을 실시한다.</p>	
--	--

<p>마. 1차 흡수거 되메우기, 2차 흡수거 자갈 포설</p> <p>1차 흡수거 설치 완료 후 백호우로 되메우기를 실시하고 2차 흡수거 설치를 위한 자갈을 포설한다.</p>	
---	--

<p>바. 2차 흡수거 설치, 3차 흡수거 굴착위치 주변 깔판 설치</p> <p>2차 흡수거 설치하고 백호우로 3차 흡수거 굴착위치 주변 깔판 설치한다.</p>	
---	--

3) 터파기

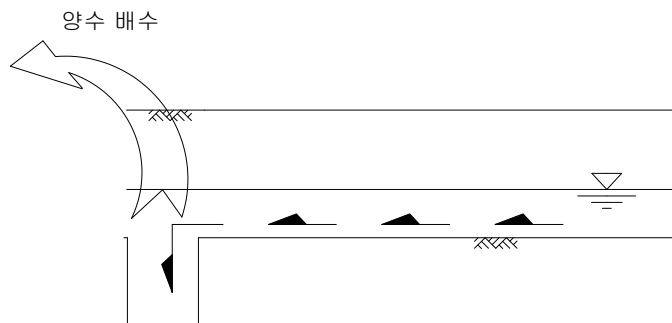
가) 터파기는 [그림 6.24]와 같이 수평굴착을 원칙으로 한다.



[그림 6.24] 터파기 개요도(수평굴착)

나) 현장 여건에 따라 터파기 면에 경사를 적용할 때는 흡수거 및 집수거의 배수경사 계획과 부합되어야 한다.

다) 터파기 시 지하수가 많이 발생될 때는 [그림 6.25]와 같이 임시로 터파기 양쪽끝단에 깊이 파고 물이 유도되게 한 후 양수하도록 한다.

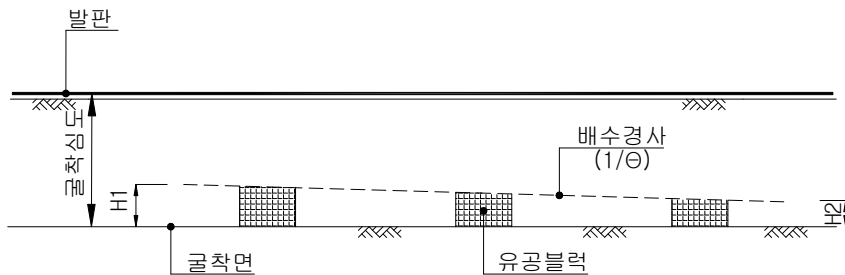


[그림 6.25] 터파기 시 임시 배수

4) 유공블럭 설치

가) [그림 6.26]과 같이 유공블럭은 집수거를 임시로 고정할 수 있는 지지대 및 배수경사 시공을 유도하는 기준재로서 소수재 시공 전에 설치한다.

- 나) 유공블럭은 시멘트와 자갈을 섞어 제작하고 투수가 원활히 되는 구조이어야 한다.
- 다) 흡수거 계획 시 배수경사가 결정되면 유공블럭 설치 위치를 정하고 유공블럭의 치수를 결정한 후 이에 따른 유공블럭을 사전에 제작하여야 한다.



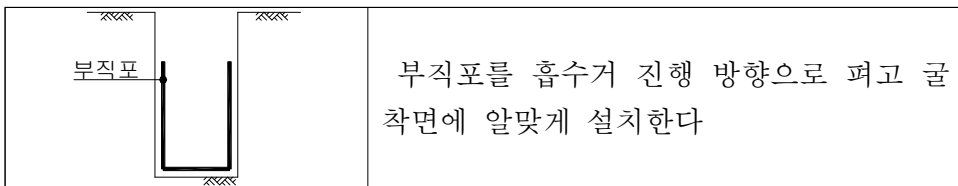
[그림 6.26] 유공블럭 설치

5) 부직포 시공

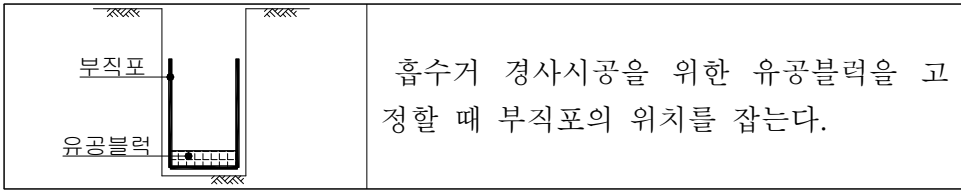
- 가) 부직포의 재료는 제4장 4.6.2 토공사 되메우기편을 참고한다([표 4.23]).
- 나) 부직포 시공 방법은 터파기 굴착된 굴착면에 자갈을 포설하기 전 부직포를 설치한다. 설치된 부직포 위로 다음 공정 진행시 부직포의 설치된 형상이 변형 되지 않도록 고정못으로 부직포를 단단하게 고정시킨다. 다음 소수재와 흡수거를 모두 시공 후 부직포로 감싼다.

다) 부직포 시공순서

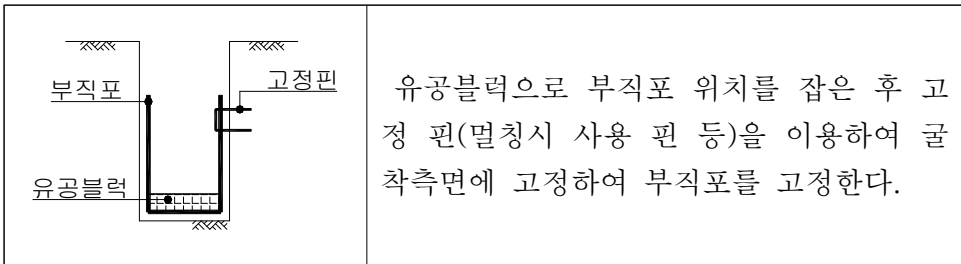
(1) 부직포 설치



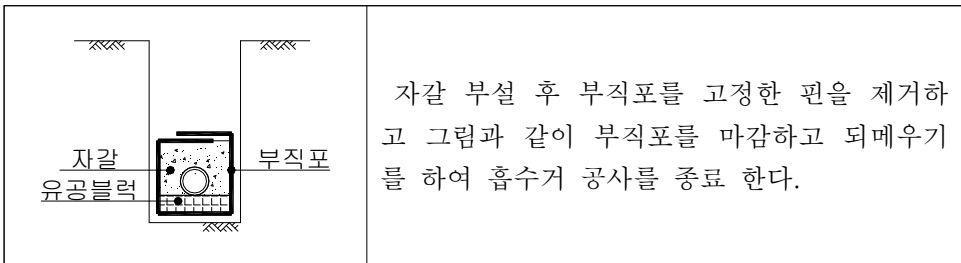
(2) 유공블럭을 이용하여 고정



(3) 고정핀을 이용하여 굴착측면 고정



(4) 자갈 부설 후 부직포 마감



라) 부직포를 감싸기 전 소수재에 굴착된 토사 나 이물질 등이 침입하지 않도록 주의하여야 한다.

6) 소수재 시공

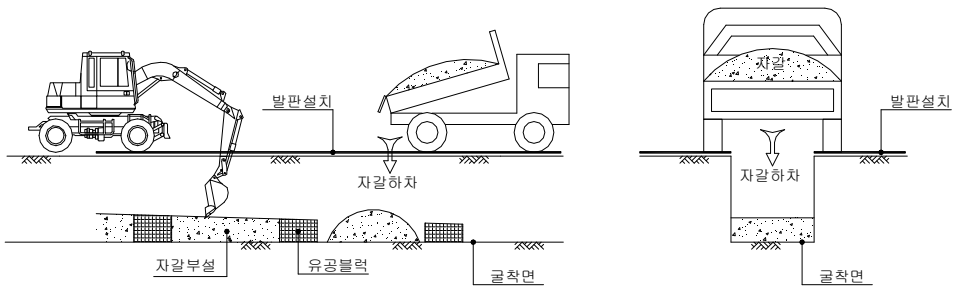
가) 소수재 재료

- (1) 소수재 재료는 부순골재(쇄석)의 적용하는 것을 기준으로 하나 그 기능에 적합한 다른 자재를 적용할 수 있다.
- (2) 골재의 최대 입경은 작업성을 감안하여 20mm 이하의 것을 사용한다.

나) 소수재 시공 시 고려사항은 다음과 같다.

- (1) 자갈 부설시 농지 훼손을 최소화
- (2) 배수경사를 유지하고 흡수거 설치를 위한 자갈 부설
- (3) 배수기울기를 시공하기 위해 유공블럭을 사전에 설치

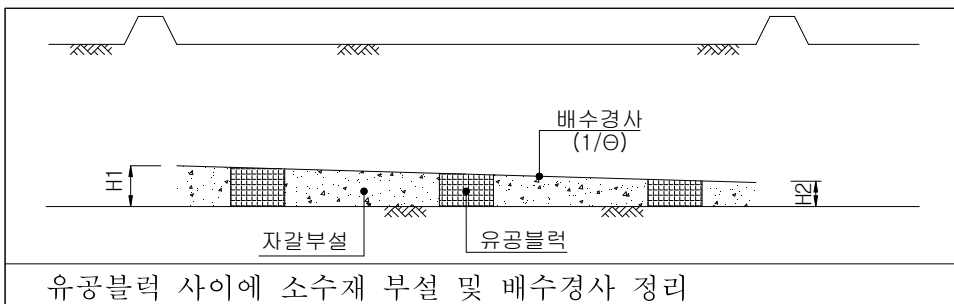
다) 소수재 시공은 [그림 6.27]과 같이 트럭으로 운반한 소수재를 유공블럭사이 부설하고 터파기에 사용된 소형 굴착장비로 계획된 배수경사에 맞게 정리한다.



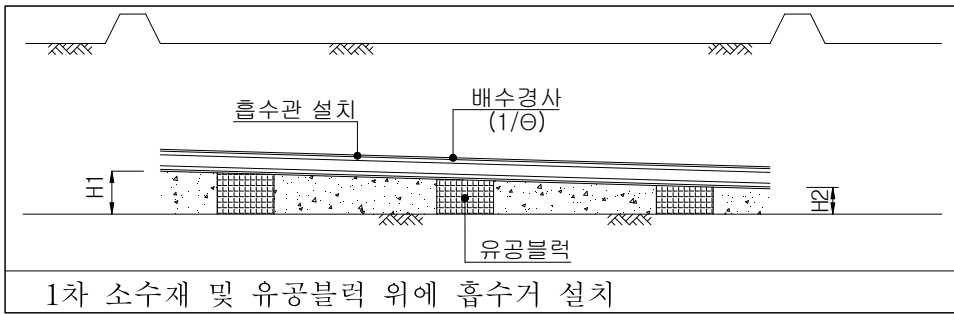
[그림 6.27] 소수재 시공 방법

라) 소수재 하차시 터파기 폭에 소수재가 잘 들어갈 수 있도록 덤프 트럭 적재함 개폐문에 가이드 철관을 사용할 수 있다.

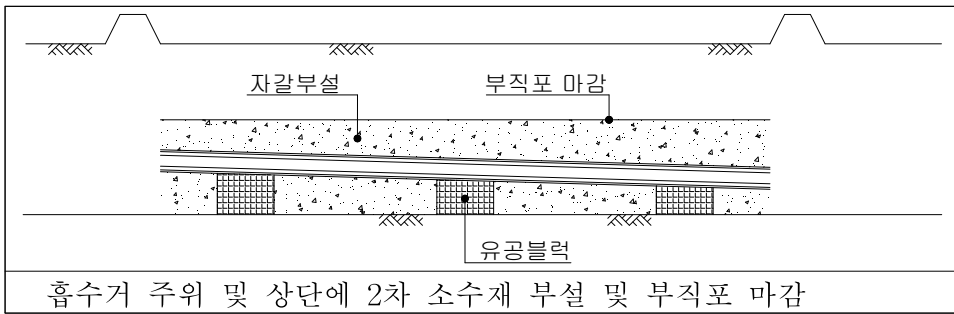
- 마) 소수재 시공 순서
 - (1) 소수재 1차 부설



(2) 흡수거 설치

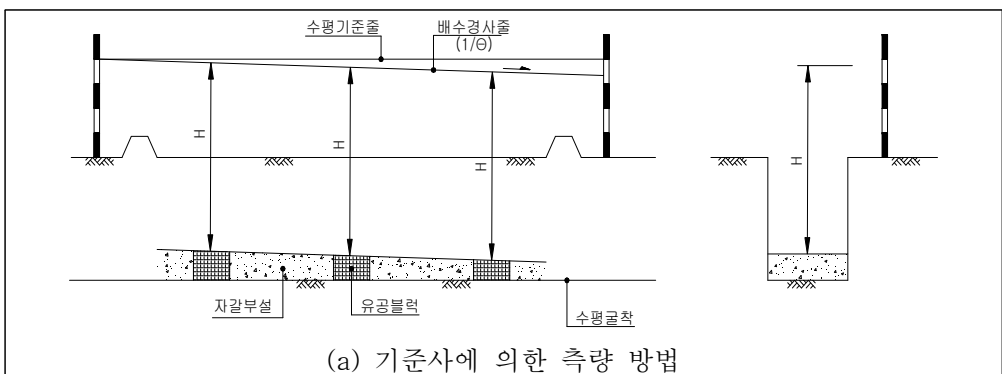


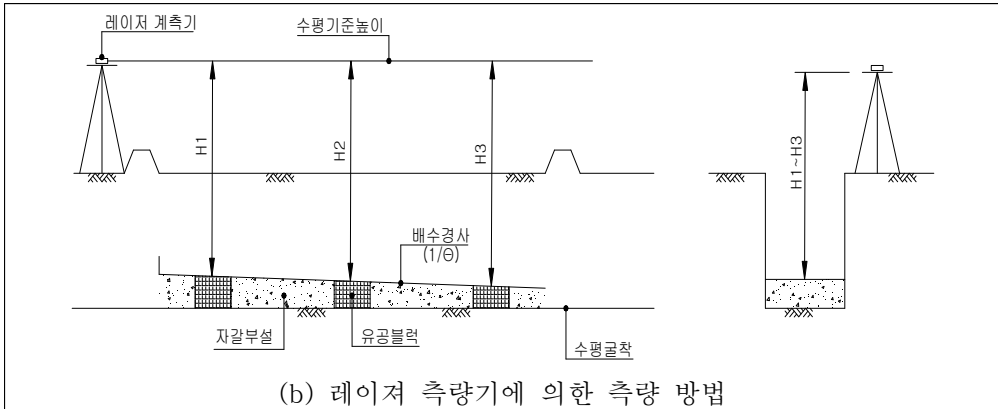
(3) 소수재 2차 부설 및 부직포 마감



(4) 소수재 시공시 배수 경사 확보를 위한 측량 방법

소수재 시공심도 확인은 [그림 6.28]과 같이 기준사 측정법 또는 레이저 측정법을 제시하며, 현장여건에 따라 방법을 적의 변경 적용하도록 하여야 한다.





[그림 6.28] 소수재 시공시 배수경사 측량 방법

- (5) 흡수거 설치가 완료 되면 소수재를 소정의 높이까지 채움하여야 한다.
- (6) 소수재를 채울 때에는 설치된 흡수거에 변위가 발생되지 않도록 주의 하여야 한다. 소량의 소수재를 흡수거 중심으로 양쪽을 동일한 높이가 되도록 조심스럽게 채움을 시행하도록 한다. 흡수거이 소수재에 완전히 묻히면, 채움 양과 채움 속도를 높여 준다.
- (7) 소수재 살포시 장비에 의해 관의 파손이 일어나지 않도록 주의하여야 한다.

7) 흡수거 시공

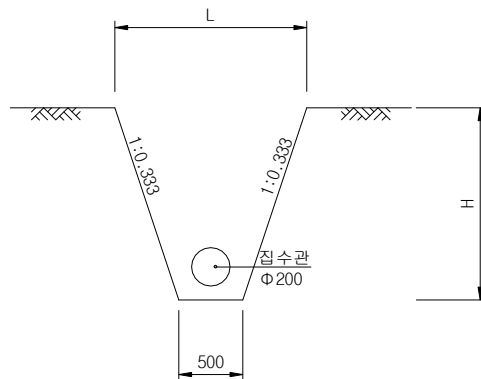
- (1) 흡수거는 중공관이므로 기성제품과 현장가공을 현장 여건에 맞게 선택적으로 적용할 필요가 있다.
- (2) 기성제품을 선택할 때 엘보, 소켓 등 관이음 부속이 충분한지 사전에 확인하여야 한다.
- (3) 현장 가공 시 제4장 4.6.3 [그림 4.34]와 같이 관 천공을 하며 별도 검토를 통하여 천공의 크기와 간격 등은 별도로 결정 할 수 있다.
- (4) 흡수거 연결시 본드로 접합하여 강결하는 것을 기준으로 하나 현장 여건 또는 시공시 관의 유연성이 필요한 특별한 조건이 요구 될 때는 적절한 연결 방법을 검토할 필요가 있다.

8) 되메우기

- (1) 되메우기 재료 중 토사 되메우기는 터파기로 발생된 원지반토의 사용을 원칙으로 한다.
- (2) 농지 터파기에 의해 발생된 풍화토 등 적심토 내의 흙과 상이한 경우 별도 관리 하여야 하며 흡수거 또는 소형펌프장 되메우기시 사용하도록 한다.
- (3) 되메우기 시공 시에는 지지지반의 상태, 되메우기 재료의 종류, 기상조건 등을 고려하여 안정, 침하 등의 문제가 발생하지 않도록 시공해야 한다.
- (4) 되메우기는 반드시 승인된 재료를 이용해야 하며 이 때 다짐이 필요한 경우에는 원지반과 유사한 상태로 다짐을 하여야 한다.
- (5) 되메우기 최종면은 기존 농지면보다 다소 높게 마무리하여, 시공 후 지반 안정에 따른 함몰에 대비를 할 수 있도록 하여야 한다.

6.5.4 집수거 시공

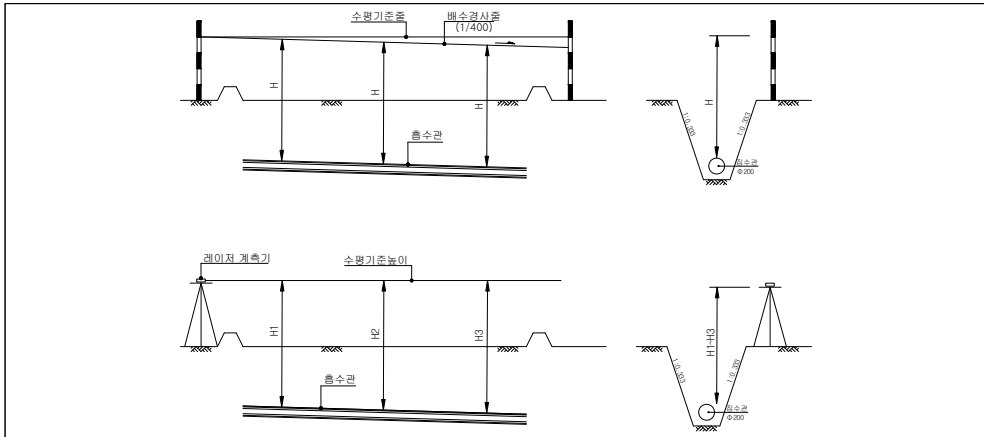
- 1) 집수거의 터파기는 관의 크기가 크고 흡수거에서 배출되는 물을 유도해야 하므로 굴착심도가 상대적으로 깊어 [그림 6.29]와 같이 경사면을 가지는 터파기를 실시한다.



[그림 6.29] 집수거 굴착 단면

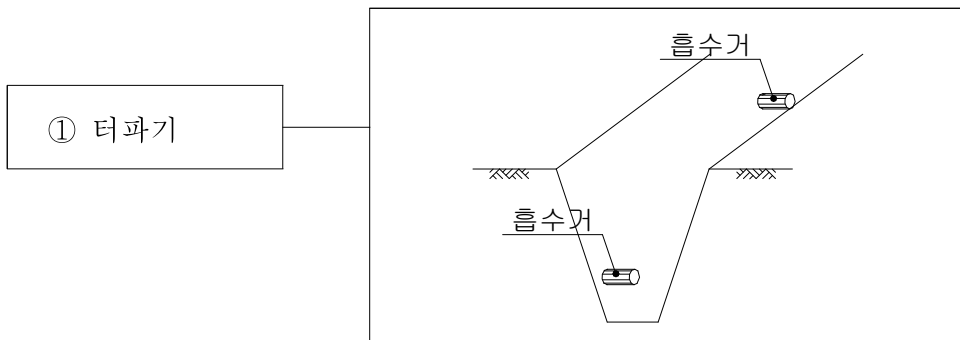
- 2) 집수거의 터파기 심도 확인 역시 [그림 6.30]과 같이 기준사 측정법 또는 레이저 측정법을 적용할 것을 제시하며, 현장여건에 따라 방법

을 적의 변경 적용하도록 하여야 한다.

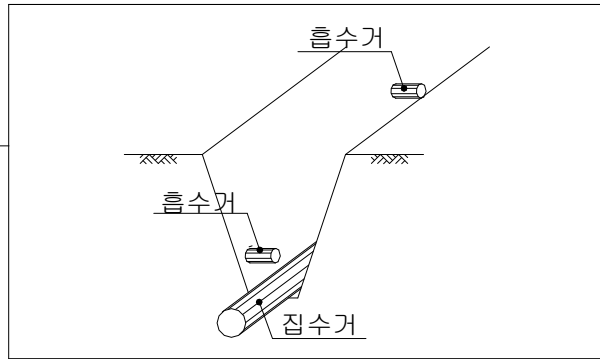


[그림 6.30] 집수거 터파기 심도 유지 방안

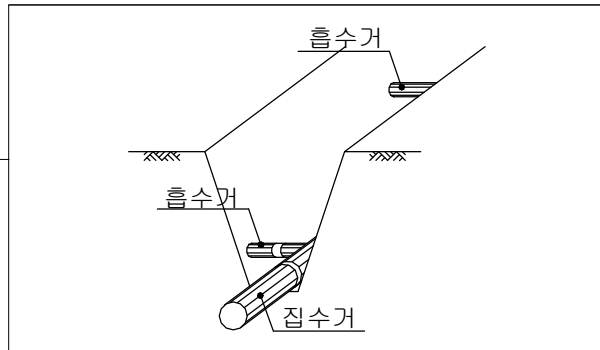
- 3) 집수거의 이음은 본드 등으로 고정하여 시공하는 것을 원칙으로 하나, 시공의 용이성, 변형에 의한 파손 방지 등을 위하여 다소 느슨하게 하여도 무방하다. 다만, 관이 이탈하지 않도록 이음재(소켓, T형관 등)의 중간 이상 되게 매입을 하여야 한다.
- 4) 흡수거 연결 시 이형 T형 연결부를 사용하여야 하며 흡수거와 집수거의 높이가 상이할 때 흡수거를 일정부분을 휘어서 집수거에 연결한다.
- 5) 돌을 이용하거나 일부 고정할 수 있는 방법을 사용하여 되메우기시 관이 이동하지 않도록 한다.
- 6) 집수거 시공 순서



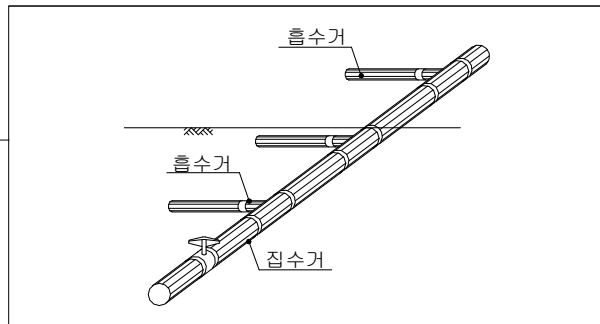
② 집수거 부설



③ 흡수거와 집수거 연결

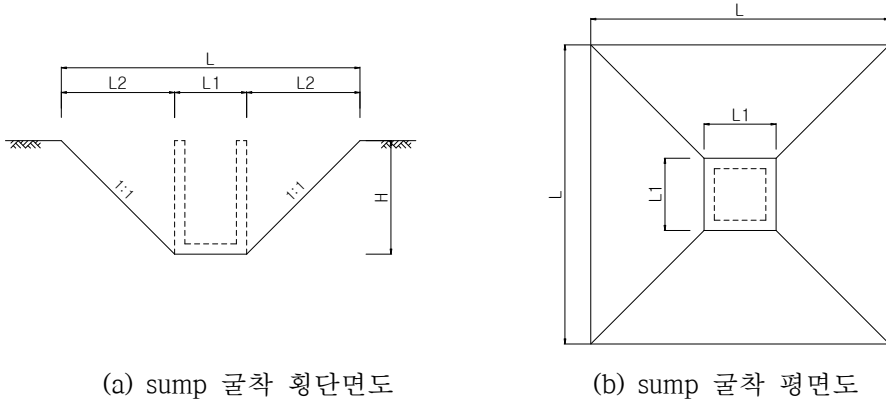


④ 되메우기



6.5.5 소형펌프장(Sump) 시공

- 1) 터파기를 수행할 때는 [그림 6.31]과 같이 설계도서에 명시된 바에 따라 정확히 시행해야 한다.



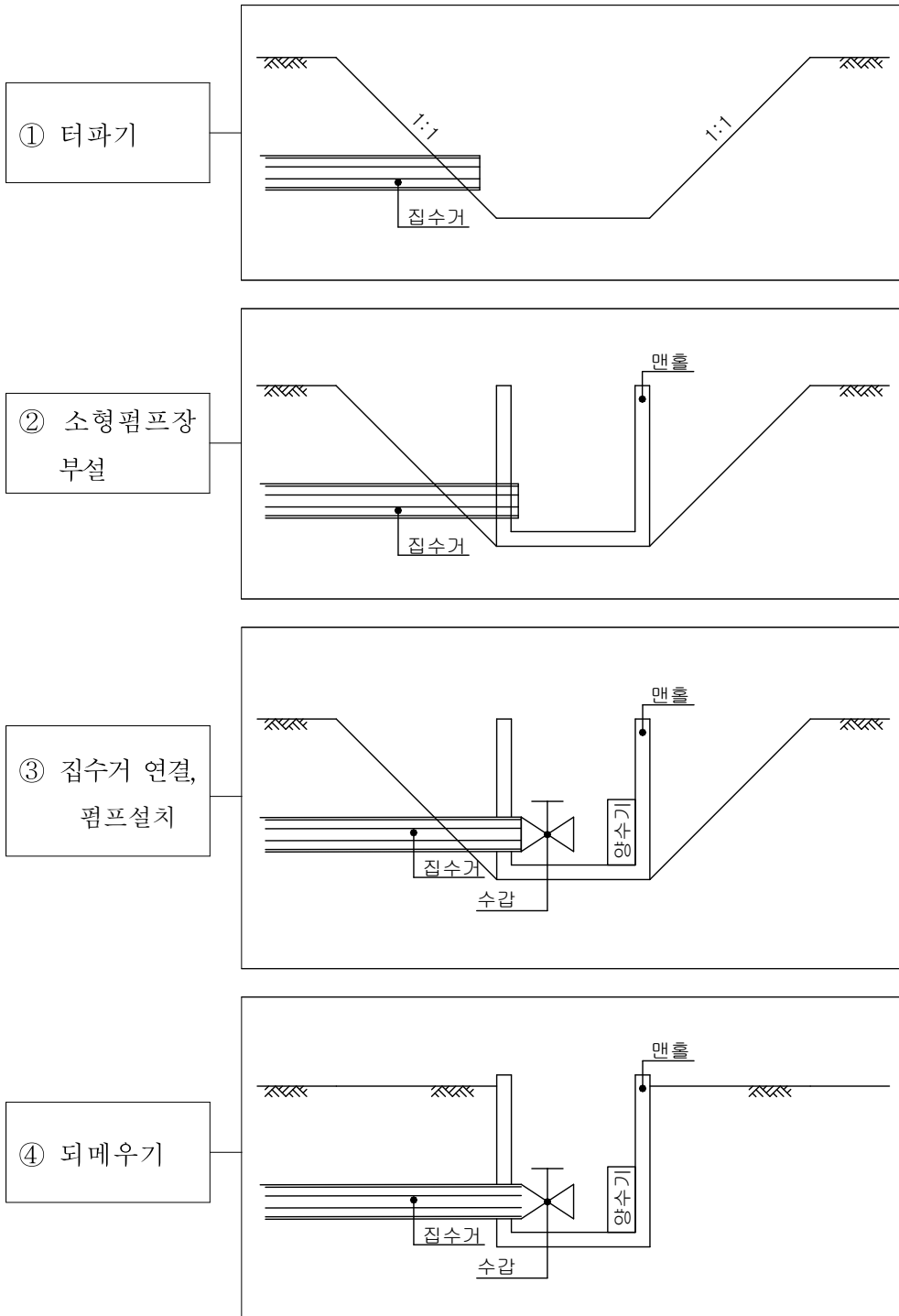
(a) sump 굴착 횡단면도

(b) sump 굴착 평면도

[그림 6.31] 소형펌프장(Sump)의 터파기

- 2) 소형펌프장은 공장에서 제작한 기성제품의 사용을 원칙으로 한다.
- 3) 제품의 취급, 저장, 운반, 조립 및 접합 등의 과정에서 공장 제품의 품질과 성능이 손상되지 않아야 한다
- 4) 관을 연결할 구멍의 표면은 매끈하게 잘 정돈하여야 하며, 제품의 모서리면에 불규칙하게 돌출된 콘크리트 조각들은 깔끔하게 제거를 하여야 한다.
- 5) 소형펌프장의 집수거 설치 구멍의 위치는 집수거의 시공 상태와 같이 확인하여야 하며, 집수거에 변형이 발생하지 않도록 집수거 연결 구멍이 집수거와 잘 일치하도록 설치하여야 한다.
- 6) 소형펌프장은 침하가 되지 않도록 터파기 면은 다짐기로 충분히 다져야 하며, 소형펌프장 하면에 300mm 이상의 쇄석으로 채움 및 다짐하여야 한다.

7) 소형펌프장 시공순서



6.5.6 부지정지

1) 농지면 복구

- (1) 공사에 의해 훼손된 농지는 원상복구 하여야 한다.
- (2) 표토의 훼손이 심각하여 작물의 생육에 지장이 있을 경우에는 객토를 하여야 한다.

2) 논두렁 복구

- (1) 집수거 설치 등으로 제거된 논두렁은 원상 복구하여야 한다.
- (2) 논두렁 복구 전 필요할 경우 측량을 실시하여 정확한 위치에 논두렁을 복구하여 토지 소유권 분쟁이 발생하지 않도록 하여야 한다.

3) 공사용도로 제거 복구

- (1) 공사용 차량 접근을 위해 설치한 공사용 도로는 완전히 제거하고, 원 지형으로 복구하여야 한다.
- (2) 농지 소유주 등의 요청으로 공사용 도로를 존치할 경우에는 농지 내의 공사용 차량으로 훼손된 부분을 원상 복구하여야 한다.

6.5.7 부대공

부대공의 설치에 관련분야의 계획에 의거하여 관련분야에서 시행하도록 한다.

6.5.8 현장정리

1) 자재적치장 원상 복구

공사기간 중 운용하였던 자재 적치장을 원상 복구하여야 한다.

2) 공사용도로 원상복구

공사기간 중 운용하였던 공사용 도로를 제거하고 원 지형으로 복구한다.

3) 파손 농로 복구

공사 중 파손된 농로는 원상 복구 하여야 한다.

4) 건설계기물 및 폐자재 정리

공사 발생 된 건설폐기물 및 폐자재는 산업폐기물 또는 일반 쓰레기로 분류하여 깨끗이 치우도록 하여야 한다. 환경오염을 방지하기 위해 어떠한 경우에도 현지의 지중에 매설하여서는 아니된다.

5) 현장사무소 철거 및 정리

공사기간 중 가설 현장사무소를 운용하였을 경우에는 현장사무소를 철거 정리하여야 한다.

제7장 결 론



제7장 결 론

7.1 개 요

범용농지조성 기반기술 개발을 위해 국내외 기술동향을 분석하고, 국내 농경지 활용 현황을 파악하여 배수암거 설치대상 범위를 분석하였다. 배수암거의 효과를 분석하기 위해 2년 동안 시험포를 운영하며 발작물의 생육과 토양의 물리성을 모니터링하였으며, 지하배수뿐만 아니라 지하급수를 위한 장치개발과 시범설치를 통하여 그 가능성을 진단하였다. 본 연구결과와 국외 연구, 설계기준, 그리고 농업생산기반정비사업계획설계기준 배수편을 토대로 범용화 사업을 위한 조사설계 실무요령을 본 연구보고서의 별책으로 작성하였다.

7.2 지하수위조절시스템

지하배수 및 지하급수를 위한 자동 지하급수시스템을 개발하였다. 암거 유입부는 물탱크와 소형펌프, 수위센서로 구성하였으며, 암거 유출부는 유공 이중튜브식 월류장치로 구성하였다. 경북상주 시험포에 시범설치하여 지하급수에 따른 토양함수비, 지하수위의 변화를 관측하였다. 시험포의 특성상 배수암거 아래 토양층의 누수가 많아 지하관개가 어려운 테스트베드로 분류되었으며, 향후 지하배수와 지하급수를 동시에 실시할 계획으로 범용화 지구를 설계한다면 매설암거하부의 누수에 조사가 수반되어야 할 것으로 판단되었다.

7.3 범용농지 시험포 모니터링

가. 모니터링 결과

경북 상주 함창에 소재한 100×40m크기의 시험포에는 토양함수계, 지하수위계, 강우량계, 지하배수량 측정계가 설치되어있다. 2년차 모니터링을 하고 있으며, 금년 여름 극심한 가뭄으로 낮은 지하수위를 기록하였다. 가뭄기에는 수압을 잠귀 배수량 측정이 불가능한 반면 지하수위의 변동이나 가뭄기 범용화 농지의 발작물 성장 형태를 모니터링할 수 있었다. 시험포

도로측 경계에 설치된 지하관정에서 인근 논에 급수를 위한 펌핑의 영향으로 구역1에서는 한때 지하 3.5m의 지하수위를 보이기도 했다. 그 동안 기록된 계측데이터를 분석하여 강우에 따른 심도별 토양함수비, 지하암거를 설치한 구역과 설치하지 않는 구역의 함수비 변화를 분석하여 지하암거 효과를 제시하였다.

나. 증수효과

지하암거를 설치하기 전 밭작물의 재배를 실패한 작물 위주로 시험포에 시도하기로 계획하고, 2014년 콩나물 콩인 해품을 시작으로 2015년에는 감자 수미, 일반콩 대원, 동계작물 양파를 재배하였다. 금년 5월부터 9월까지 이어지는 가뭄의 영향으로 지하배수처리구역보다 오히려 비처리구역인 대조구에서 수확량이 높게 나오는 결과를 가져왔으며, 그 원인을 분석한 결과 처리구역의 경계부에 설치된 지하관정에서 가뭄기에 양수를 함에 따라 최대 지하 3.5m까지 지하수위가 낮아지는 것으로 분석되었다. 이의 영향으로 감자의 성장에 지장을 초래한 것으로 파악되었다. 대조구의 경우 10a당 2,190kg의 수확량을 보였다. 대원 콩은 동계작물인 양파의 파종을 위해 정상수확기보다 앞당겨 수확하였지만 10a당 289.1kg의 수확량을 얻었으며, '14년 해품의 경우보다 108% 향상된 것으로 분석되었다. 11월 초 동절기 작물의 성장을 모니터링하기 위해 양파를 파종하였으며, 현재 시험포에 재배중이다.

7.4 설계 · 시공 · 유지관리 지침

배수암거의 설계, 시공, 유지관리에 관한 연구내용을 범용농지 조성 사업의 조사·설계에 활용할 수 있도록 「범용농지 배수암거 조사·설계 실무요령」이라는 제목의 별책으로 제작하였다. 국내의 여건을 감안한 자재 및 시공방안을 예제로서 작성하여 수록하였으며, 설계 지원 툴의 사용법을 부록으로 편성하였다.

가. 설계지침

범용농지의 설계에 관련되는 국내·외 시방규정과 암거의 간격 및 깊이

결정 지배방정식을 분석하고 국내 실정에 맞는 방정식을 선택하였다. 흙의 투수계수 등 주요 인자의 조사방법과 방정식을 통한 설계변수의 결정 과정을 제안하고 논에서의 발작물제배를 위한 계획지하수위 및 지하수위 저하속도를 제시하였다. 범용농지 조성 사업 단지 계획에서 배수체계의 검토 시 고려하여야 할 자연배수 방식과 기계배수 방식에 대해 고려사항을 제시하였다. 환경 및 간격 결정 틀을 엑셀기반으로 작성하여 설계가 용이하도록 하였다.

나. 시공지침

배수암거의 시공에 대해 본 연구의 2차년도에 국외의 사례를 분석하였으며, 상주에 시범포를 시공하였다. 네덜란드, 미국, 일본 등 선진국과 달리 국내에는 아직 배수암거를 매설하는 전문장비가 없는 상태로 시험포 시험시공의 경험을 토대로 자재의 선택, 장비의 조합을 제안하였다. 특히, 흡수거, 소수재, 필터의 시공순서 및 관의 기울기를 유지할 수 있는 방안을 제시하였다. 또한, 배수조절개폐기(수감) 및 소형펌프장(Sump)의 설치에 대한 사항도 다루었다.

다. 유지관리지침

배수암거의 유지관리는 배수기능 유지를 위한 경작자의 시설관리 및 운영관리를 포함하는 것으로 검토하였으며, 주기적인 심토파쇄 및 흡수거의 수압세척을 제시하였다. 기계배수방식이 적용된 단지의 경우 소형펌프장, 펌프, 전기시설 등에 대한 관리부분도 제시하였다. 사용도중 흡수거, 집수거의 파손 시 파손위치 확인 방법도 다루었다.

7.5 마스터플랜 수립

농지범용화 사업 마스터플랜은 범용화 사업 대상 지구선정기준, 범용화 단지계획 기본구성, 범용화 사업가능 대상지 제시로 구성하였다. 3개년에 걸쳐 수행한 연구결과를 토대로 마스터플랜을 제시하였다.

가. 지구선정 검토

범용화 사업은 농지이용률 제고와 식량자급률을 높이는 것이 그 목표로서 밭작물 재배에 따른 경제성 검토와 다양한 정부 정책사업과 연계하여 추진할 수 있는 지구선정이 이루어져야 한다. 대상지구 선정의 흐름도와 선정일람표를 제시하였으며, 국내 논·밭 전환과 일본의 범용화 추진현황, 주요 식량작물 식량자급률 목표치 재설정에 관한 분석을 통해 향후의 사업 전망을 제시하였다. 범용화 사업 대상지는 이모작이 곤란한 배수불량답은 제외하고 검토하였으며, 경사의 유무는 동일 토성의 토양일지라도 물 빠짐이 다르므로 범용화에 중요한 기준으로 적용하였다. 배수등급과 토성에 따른 배수시설의 수준을 제시하였으며, 국내 농경지중 밭작물 안전재배를 위한 배수시설 필요 농경지 면적을 통계자료로부터 추출하여 제시하였다.

나. 범용화사업 시장여건분석

국내 논 농업 다양화사업의 전개과정과 범용화 관련 정부 시행 사업을 분석하여 범용화 사업 시장여건을 제시하였다. 벼 대체작물의 소득 및 생산성이 낮은 약점이 있지만 토양자원의 안전한 보호와 지속이용을 통한 농가소득 증대와 식량안보 터전의 탄력성 유지라는 강점을 살려 지역특화 및 산업화를 통한 성장산업이라는 점을 부각시킬 필요가 있음을 제시하였다.

7.6 시범설계

농지범용화사업의 조사·설계에 활용할 수 있도록 임의지구를 대상으로 지구조사 및 분석부터, 배수암거 설계, 배수시설 배치, 그리고 시공 상세로 구분하여 시범설계 사례를 제시하였다.

가. 대상지구 조사 및 분석

지구조사에서 향후 개발계획, 구역 배수체계, 구배, 승수로 배치 등 전체 구역 검토와 필지별 지목, 지적경계, 재배작물 등 개별조사에 대한 사례를 제시하였으며, 최근 활용도가 높아지고 있는 드론을 활용하여 지구

조사방법을 개선하는 사례를 추가하였다. 지구전체에 대한 검토가 용이하고, 실 경작필지경계를 토대로 설계가 가능한 장점을 소개하였다.

나. 배수암거 설계

설계지침에 제시한 지반조사, 흡수거 관경 및 간격결정 방식에 따라 대상지구 설계사례를 소개하였다. 임의 설계인자를 기준으로 제시한 사례일 뿐 설계자가 다양하게 검토하여 설계할 수 있다.

다. 배수시설 배치

흡수거, 집수거, 소형펌프장의 배치 시 검토사항과 시범설계지구 배치사례를 제시하였다. 지구내 H구역의 수량 집계와 공사비 산출 결과를 제시하였다.

라. 시공상세

범용농지시설의 시공 전 확인 사항과 시공측량, 시공준비 등 시공에 관련된 제반검토사항을 제시하였으며, 흡수거의 시공순서와 부직포, 소수재의 부설시 주의사항 등을 제시하였다. 특히, 흡수거와 집수거의 정밀구배 시공을 위한 방안을 제시하였으며, 소형펌프장 설치와 지균 등 공사마무리 사항을 검토하였다.

참 고 문 헌

1. 김영화 외, 2012, 발기반정비의 실태분석과 개발기법에 관한 연구, 농림축산식품부, 한국농어촌공사
2. 농업생산기반정비사업계획설계기준 배수편 2012, 농림수산식품부
3. 暗きょ排水設計指針, 北海道農政部, 平成22年(2010年)6月
4. American Society of Agricultural Engineers(ASAE), 1998a, Design of subsurface drains in humid areas, EP480 MAR98. St. Joseph, MI:Author
5. American Society of Agricultural Engineers(ASAE), 1998b, Construction of subsurface drains in humid areas, EP481 MAR98. St. Joseph, MI:Author
6. American Society of Agricultural Engineers(ASAE), 1999a, Design of agricultural drainage pumping plants, EP369.1 DEC99. St. Joseph, MI:Author
7. American Society of Agricultural Engineers(ASAE), 1999b, Design, installation and operation of water table management systems for subirrigation/controlled drainage in humid regions, EP479 DEC99. St. Joseph, MI:Author
8. American Society of Agricultural Engineers(ASAE), 2001, Design, construction and maintenance of subsurface drains in arid and semi-arid areas, EP463.1 DEC01. St. Joseph, MI:Author
9. Bons, A. and T. van Zeijts 1991. Jet flushing, a method for cleaning subsurface drainage systems. Govt. Service for Land and Water Use, Information Paper 28, Utrecht.
10. Boonstra, J. and De Ridder, N.A, 1994, Single-well and aquifer tests. In H.P. Ritzema, ed. Drainage principles and applications, pp.341 - 375. 2nd edition. ILRI Publication 16. Wageningen, The Netherlands, ILRI.
11. Chossat, J.C. and Saugnac, A.M., 1985, Relation entre conductivite hydraulique et porosite de drainage mesurees par la

methode du puits et des piezometres, Sci. du Sol, 1985/3

12. Delmar D. Fangmeier et. al., Soil and Water conservation Engineering, 5th Edition, Thomson DELMAR LEARNING p.315~316

13. Ernst, L. F., 1975, Formula for groundwater flow in areas with subirrigation by means of open conduits with a raised water level Misc. Reprint 1978. Wageningen, the Netherlands:Institute of Land Water Management Research

14. <http://www.kubota-ci.co.jp/products/agriculture/foeas>

15. Hooghoudt, S.B., 1940, Algemeene beschouwing van het probleem van de detailontwatering en de infiltratie door middel van parallel loopende drains, greppels, slooten en kanalen. Versl. Landbouwk. Onderz., 46(14)

16. ILRI, 1972, Fieldbook for land and water management experts, Wageningen, The Netherlands

17. Kruseman, G.P. and De Ridder, N.A., 1994, Analysis and evaluation of pumping tests data, ILRI Publication 47, 2nd. Wageningen, The Netherlands, ILRI, pp. 377

18. Madramootoo, A. A., 1999, Planning and design of drainage systems, R. W. Skaggs & J. van Schilfgaarde, eds., Agricultural Drainage, pp 971-892

19. Muhammad, A. K and A. D. Khan, 2004, Tile drainage manual, Pakistan Council of Research in Water Resources, Ministry of Science and Technology, Islamabad

20. Skaggs, R. W., 1978, A water management model for shallow water table soils. Technical Report No. 134. Raleigh, N.C.: North Carolina State University, Water Resources Research Institute

21. Skaggs, R. W., 1999a, Drainage simulation models. In R. W. Skaggs & J. van Schilfgaarde, eds., Agricultural Drainage, pp. 469-500

22. Skaggs, R. W., 1999b, Water table management;Subirrigation and controlled drainage. In R. W. Skaggs & van Schilfgaarde, eds.,

Agricultural Drainage, pp. 695-718

23. Skaggs, R.W., 1980, DRAINMOD reference report. Method for design and evaluation of drainage-water management systems for soils with high water tables, Rep. USDA, Soil Conserv. Serv., ch. 5 and pref.

24. Stuyt, L. C. P. M, 1992b, Mineral clogging of wrapped subsurface drains installed in unstable soils : a field survey, Proc. 5th Internat. Drainage Workshop, W.F. Voltman(ed.). Lahore, Pakistan, Vol.III

25. Stuyt, L. C. P. M, 1992c, Effect of drain envelopes on the water acceptance of wrapped subsurface drains, Proc. 6th Internat. Drainage Workshop, ASAE, St. Joseph, MI, United States

26. Stuyt, L. C. P. M. 1992a, The water acceptance of wrapped subsurface drains, Ph.D. Thesis, Agric. Univ. Wageningen/DLO-Winand Staring Centre(SC-DLO), Wageningen, The Netherlands

27. Stuyt, L. C. P. M. and Oosten, A. J., 1986, A non-destructive morphological study of mineral clogging of drains, Proc. of Internat. Seminar on Land Drainage, J. Saavalainen and P. Vakkilainen(eds.). Helsinki University of Technology, Finland

28. Stuyt, L. C. P. M. and Willardson L. S., 1999, Drain envelopes, Agricultural Drainage, R. W. Skaggs and J. van Schilfgaarde(eds.). Agron. Monogr. 38. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI, United States

29. Stuyt, L. C. P. M., 1982, Drainage envelope research in The Netherlands, Proc, 2nd Internat. Drainage Workshop. Washington, DC, pp. 106-123

30. Stuyt, L. C. P. M., W. Dierickx and J. Martinez Beltran, 2005, Materials for subsurface land drainage systems, FAO, Irrigation and Drainage Paper 60 Rev. 1

31. USBR, 1978, Drainage Manual, United States Department of

Interior, Bureau of Reclamation, Denver, CO, United States

32. USBR, 1993, Drainage Manual, 2nd ed. United States Department of the Interior, Bureau of Reclamation, Denver Federal Center, Denver, CO, United States

33. USDA NRCS, 2015, Engineering Field Handbook-Part650 chapter 19 19-56page

34. van der Ploeg, R. R., R. Horton and D. Kirkham, 1999, Steady flow to drains and wells. In R. W. Skaggs and J. van Schilfaarde, eds., Agricultural Drainage, pp. 213-264. Agronomy Monograph 38. Madison, WI:ASA, CSSA, SSSA.

35. van Schilfgaard, J., 1963, Tile drainage design procedure for falling water tables, American Society for Civil Engineering Prodeedings, 89, (No. IR)

참여연구원

목 차	소 속	성 명
제1장 서론	농어촌연구원	이준구
제2장 지하수위조절 시스템	서울대학교 산학협력단 농어촌연구원	김성필, 이준구
제3장 범용농지 시험포 모니터링	농어촌연구원 서울대학교 산학협력단	이준구, 김성필
제4장 설계·시공·유지관리 지침	서울대학교 산학협력단 평화엔지니어링 농어촌연구원	김성필, 황용재, 이준구
제5장 마스터플랜 수립	농어촌연구원	이준구
제6장 시범설계	평화엔지니어링 농어촌연구원	황용재, 최원우
제7장 결론	농어촌연구원	이준구, 김진환

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부로부터 연구비를 지원받아 한국농어촌공사 농어촌연구원에서 수행한 연구보고서입니다.
2. 이 보고서의 내용은 연구원의 공식견해와 반드시 일치하는 것은 아닙니다.

■ 발 행 처

연구과제명 : 범용농지조성 기반기술 개발(최종)

발 행 일	2015. 12
발 행 인	이 용 직
발 행 처	한국농어촌공사 농어촌연구원
주 소	경기도 안산시 상록구 사동 해안로 870 전 화 031 - 400 - 1700 FAX 031 - 409 - 6055

- 이 책의 내용을 무단 전재하거나 복사하면 법에 저촉됩니다. 단, 이 책의 출처를 명시하면 인용이 가능합니다.