

발간등록번호

11-1541000-001138-01

<http://rri.ekr.or.kr>

기후변화에 따른 농경지 배수체계 개선에 관한 연구

A Study on the Improvement of Rural Drainage
System to cope with Climate Change

2011. 12.



농림수산식품부



한국농촌공사

제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “기후변화에 따른 농경지 배수체계 개선에 관한 연구”
과제의 최종보고서로 제출합니다.

2011년 12월

연구기관명 : 한국농어촌공사 농어촌연구원

책임연구원 : 조진훈

연구원 : 윤동균

박명수

한국헌

요 약 문

1. 연구과제명 : 기후변화에 따른 농경지 배수체계 개선에 관한 연구

2. 연구기간 : 2011. 8. ~ 2011. 12.

3. 연구의 목적

본 연구는 최근 강우의 지역별, 시기별 강우패턴 변화 분석과 농업기반시설 피해 등 사례분석을 통하여 농업기반시설 재해대비 능력을 조사하고 설계기준 재정립 및 재해 대비 능력 부족 시설에 대한 중장기 보수·보강계획을 마련하는 것을 목적으로 하고 있다.

4. 연구범위

가. 농업용 배수시설 재해사례 및 원인분석

- (1) 침수피해 발생 추이
- (2) 배수시설 재해 원인 분석 및 개선방안

나. 경지정리지역 내 영농 패턴 변화 분석

- (1) 시설농업 현황 및 향후 변화 추이 전망
- (2) 시설농업 지역의 침수피해 현황 및 원인분석

다. 설계기준 적정성 분석 및 사례지구 검토

- (1) 국외 배수설계기준 사례(일본)
- (2) 설계기준별 침수분석 및 사업비 비교

라. 기후변화에 따른 배수체계 개선방안

- (1) 강우자료 빈도 분석
- (2) 배수설계기준 개선안 제시

5. 연구결과

가. 관측강우량 변화 추세

1973~2010년 사이에 우리나라 전국 61개 측후소의 관측강우량의 지속시간별 변화추세를 살펴보면 1시간강우량의 경우 '80년 이전 97.0mm, '90년 101.0mm, '00년 128.0mm, 2010년 128.0mm으로 '80년 이전 관측강우량 대비 약 32% 증가하였고, 1일 강우량은 '80년 이전 340.5mm, '90년 547.4mm, '00년 547.4mm 2010년 870.5mm로 '80년 이전 관측강우량 대비 156% 증가한 것으로 나타났다. 그리고 2일 강우량에 대해서는 '80년 이전 416.9mm에서 '10년에는 884.5mm로 약 112% 급증하는 변화추이를 보이고 있다.

또한, 확률강우량의 초과 강우사상수를 알아보기 위해 1990년을 기준으로 배수개선 설계기준 강우량인 20년빈도 2일 확률강우량과 최근 20개년(1991~2010년) 48시간연속 최대 강우량인 관측강우량을 비교해보면 <표 5-1>에서 보는 것과 같이 최근 20개년간 20년빈도를 초과하는 관측강우량수가 96회, 관측소당 1.6회 발생한 것으로 나타났으며, 최근 20개년간 30년 빈도를 초과하는 관측강우량수는 75회, 관측소당 1.2회 발생한 것으로 나타났다.

<표 5-1> 최근 20개년간 확률강우량 초과 관측강우량

구 분	전국 평균 확률강우량	최근20개년(1991~2010년)		비 고
		초과관측소 수	관측강우량 초과횟수	
20년 2일	340.9	45	96	
30년 2일	370.3	38	75	
50년 2일	407.1	26	46	

※ 장기간 확률빈도분석이 가능한 전국 61개 관측소 대상

나. 고정시간 강우량과 임의시간 강우량

국내 수공구조물 설계시 강우자료 작성 방법은 대부분 분단위 임의지속

기간의 강우량을 추출하여 분석하고 있으며 하천설계기준에 따르면 하천설계기준에 따르면 ‘고정시간 시우량이나 일강우량만을 가지고... 수문학적 의미를 갖는 지속기간별 확률강우량을 산정할 수 있도록... 고정시간 간격의 강우자료에 이 환산계수를 적용하여 수문학적 의미를 갖는 지속기간별 확률강우량을 산정한다.’ 반면 농업생산기반정비사업 계획설계기준(필답면, 배수면 등)에서는 ‘설계 강우량은 설계 홍수량을 산정하기 위한 기준강우량으로 설계목적에 따라 1시간, 1일, 2일연속의 강우지속시간에 해당하는 빈도별 확률강우량, 가능 최대강우량과 강우분포를 산정한다.’ 으로 아직까지 고정시간 강우량을 기준으로 하고 있어 현실적으로 실제 수공구조물에 영향을 미치는 수문학적 의미의 강우자료로 보기 어렵다. 따라서 농어촌공사에서 적용하고 있는 현행 설계기준 고정시간 강우량을 임의시간 강우량으로 적용하는것을 제안한다. 적용 강우자료별 확률강우량의 차이는 <표 5-3>에서와 같다.

<표 5-2> 국내 강우자료의 지속시간별 관계

고정시간 간격	임의의 지속시간	환 산 계 수
1시간	60분	1.129
3시간	180분	1.033
6시간	360분	1.013
24시간	1440분	1.005
1일	1440분	1.161

※ 하천설계기준(국토해양부, 한국수자원학회, P311)

<표 5-3> 고정시간 확률강우량과 임의지속기간 확률강우량의 평균값(20년빈도)

구 분	1990년 기준			2010년 기준			비 고
	고정	임의	비율	고정	임의	비율	
1시간(60분)	64.6	72.9	1.1285	66.1	74.7	1.1301	
1일(1440분)	252.1	296.0	1.1741	260.9	297.3	1.1395	
2일(2880분)	340.9	357.3	1.0481	339.9	356.1	1.0477	

※ () 임의의 지속시간, 전국 61개 관측소 대상

다. 설계기준별 침수분석 및 사업비 비교

설계기준별 침수분석(홍수량 : RMS, 홍수위 산정 : Gate-Pro)을 위해 주요 침수원인별, 영농조건별 조건에 따라 분석하였으며, 사업비 검토를 실시하였다. 침수분석 검토지구는 최근 기후변화(강수량 증가)에 따라 지난 7월에 침수피해가 발생한 지구를 대상으로 분석하였으며, 특히 수도권(4개지구) 검토지구는 과거에 배수개선사업이 시행되었지만 금년에 침수피해가 발생한 지구를 대상으로 실시하였다. 기 배수개선사업연도의 확률 강우량을 기준으로 금회 확률강우량 결과를 비교한 결과 모령지구의 경우 약 61%(20년 2일연속 : 271.9mm → 437.4mm, 30년 2일연속 : 294.6mm → 476.7mm)의 강우량이 증가하여 대상지구 중 가장 큰 확률강우량 증가폭을 보여 침수피해에 매우 취약했던 것으로 확인되었다. 분석지구의 평균 확률강우량은 약 29%(20년 2일연속 : 276.7mm → 356.6mm, 30년 2일연속 : 298.8mm → 386.1mm)증가한 것으로 나타나, 기후변화 및 이상강우로 인하여 강우량의 변화폭이 과거에 비해 커지는 경향을 보였으며, 그에 따른 침수피해를 입은 것으로 판단된다.

<표 5-4> 침수분석지구(수도작) 확률강우량 비교표

지구	시군	당초 확률강우량			금회 확률강우량			기배수개선 사업연도
		관측소	20년	30년	관측소	20년	30년	
산서	함안	진주	286.2	307.1	마산	333.3 (16.5% 증)	356.5 (16.1% 증)	1992년
모령	장흥	목포	271.9	294.6	장흥	437.4 (60.9% 증)	476.7 (61.8% 증)	1995년
하기	함안	진주	286.0	307.0	진주	331.5 (15.9% 증)	355.6 (15.8% 증)	1988년
수산	군산	군산	262.5	286.5	군산	324.0 (23.4% 증)	355.7 (24.2% 증)	1987년
평균			276.7	298.8		356.6 (28.9% 증)	386.1 (29.2% 증)	

검토 지구 및 분석 조건을 살펴보면 다음과 같다.

침수원인에 따른 설계기준별 침수분석

- ① 외수위(사례지구 : 산서지구, 수도권 153.3ha)

- 침수원인 - 외수위 상승으로 지연배제 불가, 배수단면 부족
- ② 지형적 조건(사례지구 : 모령지구, 수도작 147.3ha)
 - 침수원인 - 외수위 상승, 토사퇴적 및 식생
- ③ 배수시설규모(사례지구 : 하기지구, 수도작 68.6ha)
 - 침수원인 - 시설배수장의 배수능력 저하

영농조건에 따른 설계기준별 침수분석

- ① 논유역(사례지구 : 수산지구, 수도작 400.0ha)
 - 침수원인 - 외수위 상승
- ② 논+원예 지구(사례지구 : 덕곡지구, 수도작 11.4ha+원예작물 64.3ha)
 - 침수원인 - 배수본천 수위상승
- ③ 원예 지구(사례지구 : 단목지구, 원예작물 40ha)
 - 침수원인 - 시설용량 부족 및 이상강우

설계기준별 사업비 비교는 침수분석 결과를 토대로 Case별 지구에 대해 검토하였다. 검토결과 수도작 지구의 총 사업비는 현행 설계기준(20년 빈도)의 경우 평균 7,181백만원, 개선안(20년 이상 : 30년 빈도를 기준)의 경우 평균 8,484백만원으로 나타나 약 18.1%증가하였으며, 원예작물 지구의 경우 20년 24시간 침수의 경우 평균 7,544백만원, 20년 무담수의 경우 평균 9,171백만원, 30년 24시간 침수(8,369백만원, 11.3%증가), 30년 4시간침수(11,047백만원, 46.4%증가), 30년 무담수(13,499백만원, 78.9%증가)으로 산정되었다. 비교결과를 통해 수도작 지구의 경우 현행 설계기준(20년 빈도)에서 개선안(20년이상)으로 상향 조정에 따른 경제적 부담은 원예작물 지구에 비해 상대적으로 적은 것으로 판단되며, 원예작물 지구의 경우 현행(20년 빈도)을 30년 무담수로 개선할 경우 사업비 증가율이 78.92%나 증가하므로 사업의 정책·경제적 부담 및 현실적 여건 등을 고려해, 20년빈도 이상으로 하되, 배수계획구역 중 침수에 의한 피해가 큰 원예작물이 집단화된 지역은 경제성 및 침수로 인한 피해 정도 등을 감안하여 필요시 설계강우량을 30년 빈도로 하는 것이 적합하다고 판단된다.

<표 5-5> 수도권 지구별 개략 사업비

지 구	20년빈도		30년빈도		비고
	총사업비	ha당사업비	총사업비	ha당사업비	
산 서	8,418	55	9,531(13.2%증)	62	단위:백만 원
모 령	9,042	61	11,557(27.8%증)	77	
하 기	4,963	72	5,546(11.7%증)	74	
수 산	6,300	75	7,300(15.9%증)	95	
평 균	7,181	66	8,484(18.1%증)	77	

<표 5-6> 원예작물 지구별 개략 사업비

지 구	20년 빈도	20년빈도 무담수	30년빈도	30년빈도 4시간	30년빈도 무담수
단 목	7,933	10,188(28.4%)	8,638(8.9%)	12,893(62.5%)	16,953(113.7%)
덕 곡	7,155	8,153(13.9%)	8,153(13.9%)	9,200(28.6%)	10,044(40.4%)
평 균	7,544	9,171(21.6%)	8,396(11.3%)	11,047(46.4%)	13,499(78.9%)

라. 결론 및 요약

본 연구는 농경지 배수체계 개선에 관한 피해사례 중심으로 수문·침수분석을 시행함으로써 시설물 보강 등을 위한 배수개선사업의 추진 방향을 모색하고, 재해취약시설의 재해사전 예방계획을 수립할 수 있는 기본 방향을 제시하는데 것을 목적으로 한다. 연구에서 제시한 개선안을 요약해 보면 배수시설에 대한 설계기준 “20년 빈도(임의지속 2일 강우량)이상”을 표준으로 제시하고, 배수계획구역 중 침수에 의한 피해가 큰 원예작물이 집단화된 지역은 경제성 및 침수로 인한 피해 정도 등을 감안하여 필요시 설계강우량을 30년 빈도 임의지속 2일 강우량(침수피해 최소화)으로 할 수 있다. 또한, 기계(배수장 제진기 설치 확대 단, 2톤/sec이하는 스크린 설치가능), 전기(「배수장 비상전원 설치」 및 「배수장 낙뢰보호시스템 설치」를 설계기준에 명시)를 개선안으로 제시하였다.

SUMMARY

A Study on the Improvement of Rural Drainage System to cope with Climate Change

Recently, Korea faces many unexpected extraordinary rain. As there is the feature of the local characteristic heavy rain and subtropical climate in ozone layer destructive, global warming and unusual change of weather of elnino actual condition in Korea. The phenomenon presents a stronger trend of rainfall intensity reducing rain days and this trend is expected to continue for a while, according to the analysis of the meteorological agency.

On the other hand, the case of agricultural drainage systems still has insufficient capability to control the recent heavy rain damaged many agricultural facilities and farm lands. Cropping system also has been changed from rice farming that cultivates the most common grain(rice) in rural areas to upland farming that grows horticultural crops(vegetables). There are approximately 21,000 hectare(ha) of flooded rural areas in July, 2011 including 930 hectare(ha) of horticultural crops, mainly due to the torrential rains.

As part of effort to minimize rain damage with this trend, central government prepared for drawing up the revision of agricultural drainage systems so that they can limit damages in the event of the torrential rains. For that reason, the study to prepare measures for dealing with disasters in drainage systems is required in order to reduce damage of cropland and drainage systems. The result of flooding analysis in the study can suggest policy direction for revision of practical utilization of agricultural drainage systems.

Key words: Rural Drainage System, Probability Rainfall, Frequency of Excessive Rainfall, Fixed and Sliding Durations

- 목 차 -

제1장 서론	1
제1절 연구 배경 및 목적	3
1. 연구 배경	3
2. 연구 목적	4
제2절 연구의 범위	4
1. 농업용 배수시설 재해사례 및 원인분석	4
2. 경지정리지역 내 영농 패턴 변화 분석	4
3. 설계기준 적정성 분석 및 사례지구 검토	4
4. 기후변화에 따른 배수체계 개선방안	4
제3절 기대성과 및 활용방안	5
제2장 농경지 배수체계 검토 및 분석	7
제1절 온난화에 따른 기후변화 추이 및 향후 변화 예측	9
1. 전 지구적 기후변화 추이 및 향후 전망	9
2. 최근 우리나라 기후변화 추이	9
3. 향후 우리나라 기후변화 예측	13
제2절 농업용 배수시설 재해사례 및 원인분석	17
1. 침수피해 발생 추이	17
2. 농업용 배수시설 재해사례	19
3. 주요 배수시설 재해원인 분석 및 개선 방안	27
제3절 경지정리지역 내 영농 패턴변화 및 문제점	33
1. 시설농업 현황 및 향후 변화 추이 전망	33
2. 시설농업 지역의 침수피해 현황 및 원인분석	45
제3장 기후변화에 따른 배수체계 개선 방안	49
제1절 강우자료 빈도분석	51
1. 우리나라 강수특성	51
2. 관측강우량의 변화추세	52
3. 고정시간 강우량과 임의시간 강우량	56
제2절 배수개선 설계기준 적정성 분석	59
1. 기존 배수설계기준 적정성 검토	59

2. 원예작물지구 선정 유형별 검토 및 방향제시	64
3. 국외 배수설계기준 사례(일본)	71
4. 기후변화 및 시설농업지역 증가를 고려한 기준개선안 제시	78
제3절 주요 설계기준검토(사례지구)	80
1. 설계기준별 침수분석	80
2. 설계기준별 사업비 비교	133
제4장 결론 및 요약	141
참고문헌	147
부록 1. 토지개량사업 계획설계기준 배수편(일본)	148
부록 2. '11년 7월 집중호우시 침수피해사례	150
부록 3. 타사업 시설물별 설계기준 비교	163
부록 4. 기계, 전기 관련 참고자료	165
부록 5. 농경지 침수피해 실태 보완 조사(2011년)	167

< 표 차 례 >

<표 2-1> 홍수 및 가뭄피해 현황	12
<표 2-2> 해수면 상승에 따른 영향 및 적용 대책	12
<표 2-3> 1970년대와 2000년대의 강수량 비교	14
<표 2-4> 최근 10년간의 피해규모 통계	18
<표 2-5> 최근 5년간의 농경지 피해 현황	19
<표 2-6> ‘11년 7월~8월 관측최대강우와 설계강우량 비교	20
<표 2-7> ‘11년 7월 집중호우시 침수피해사례	20
<표 2-8> 정연지구 침수피해사례	21
<표 2-9> 약산지구 침수피해사례	22
<표 2-10> 고곡지구 침수피해사례	23
<표 2-11> 가려지구 침수피해사례	25
<표 2-12> 삼용지구 침수피해사례	26
<표 2-13> 산서지구 배수시설 현황	27
<표 2-14> 국토이용상황 변화 추이	34
<표 2-15> 경지이용 상황 변화 추이	35
<표 2-16> 우리나라 농업에서 시설농업의 비중(생산액, 억원)	36
<표 2-17> 시설농업 면적	36
<표 2-18> 국내 온실의 재질별 면적(2007년)	37
<표 2-19> 2011년 7월 침수피해 주요 원인	45
<표 2-20> 2011년 7월 시설농업지구 침수피해 현황	47
<표 3-1> 주요국가의 월별 평년강수량(mm)분포(기상청 세계기후)	51
<표 3-2> 강우지속기간별 관측강우량의 극값변화	52
<표 3-3> 최근 20개년간 확률강우량 초과 관측강우량	54
<표 3-4> 최근 20개년간 확률강우량 초과 관측소	54
<표 3-5> 최근 20개년간 확률강우량 초과 빈도가 높은 관측소	55
<표 3-6> 최근 20개년간 주요지점 확률강우량의 변화	56
<표 3-7> 국내 강우자료의 지속시간별 관계	58
<표 3-8> 고정시간 확률강우량과 임의지속기간 확률강우량의 평균값(20년빈도)	58
<표 3-9> 원예지구 면적 현황	64
<표 3-10> 표본지구 원예작물 재배 면적 현황	65
<표 3-11> 식물체 관수(토마토, 무, 배추, 고추, 수박, 당근)	66
<표 3-12> 뿌리이용 약용작물 침관수	66
<표 3-13> 열매, 줄기, 잎이용 약용작물	67
<표 3-14> 고구마 관수	67

<표 3-15> 참깨 관수	67
<표 3-16> 땅콩 관수	67
<표 3-17> 감자 침·관수	67
<표 3-18> 확률강우자료 비교	72
<표 3-19> 한국과 일본의 설계기준 비교	72
<표 3-20> 배수설계기준 개선안	78
<표 3-21> 배수설계기준 개선안(계속)	79
<표 3-22> 침수분석지구(수도작) 확률강우량 비교표	80
<표 3-23> 1983년 이전에 시공된 지구 확률강우량 비교표	81
<표 3-24> 배수시설 현황	82
<표 3-25> 기상관측소 강우량 자료 비교표	83
<표 3-26> 침두(Peak) 홍수량 계산 결과	84
<표 3-27> 배수로 홍수량 계산 결과	84
<표 3-28> 양천 빈도별 계획홍수위	85
<표 3-29> 시행전 침수분석표(20년2일빈도)	85
<표 3-30> 시행전 침수분석표(30년2일빈도)	85
<표 3-31> 시행전·후 침수분석 결과(20년2일빈도)	85
<표 3-32> 시행전·후 침수분석 결과(30년2일빈도)	85
<표 3-33> 배수시설 현황	88
<표 3-34> 기상관측소 강우량 자료 비교표	89
<표 3-35> 침두(Peak) 홍수량 계산 결과	89
<표 3-36> 배수로 홍수량 계산 결과	90
<표 3-37> 해창배수문 지점의 남해조위	90
<표 3-38> 시행전 침수분석표(20년2일빈도)	91
<표 3-39> 시행전 침수분석표(30년2일빈도)	91
<표 3-40> 시행전·후 침수분석 결과(20년2일빈도)	91
<표 3-41> 시행전·후 침수분석 결과(30년2일빈도)	91
<표 3-42> 배수시설 현황	96
<표 3-43> 기상관측소 강우량 자료 비교표	97
<표 3-44> 침두(Peak) 홍수량 계산 결과	97
<표 3-45> 배수로 홍수량 계산 결과	97
<표 3-46> 빈도별 계획홍수위	98
<표 3-47> 시행전 침수분석표(20년2일빈도)	98
<표 3-48> 시행전 침수분석표(30년2일빈도)	98
<표 3-49> 시행전·후 침수분석 결과(20년2일빈도)	98
<표 3-50> 시행전·후 침수분석 결과(30년2일빈도)	99
<표 3-51> 배수시설 현황	104

<표 3-52> 기상관측소 강우량 자료 비교표	105
<표 3-53> 첨두(Peak) 홍수량 계산 결과	105
<표 3-54> 행진 침수분석표(20년2일빈도)	106
<표 3-55> 시행전 침수분석표(30년2일빈도)	106
<표 3-56> 시행전·후 침수분석 결과(20년2일빈도)	107
<표 3-57> 시행전·후 침수분석 결과(30년2일빈도)	107
<표 3-58> 기상관측소 강우량 자료 비교표	117
<표 3-59> 배수로 홍수량 계산 결과	117
<표 3-60> 남강 빈도별 계획홍수위	117
<표 3-61> 덕곡지구 시행전·후 침수분석(원예작물 공구)	118
<표 3-62> 배수시설 현황	124
<표 3-63> 기상관측소 강우량 자료 비교표	125
<표 3-64> 첨두(Peak) 홍수량 계산 결과	125
<표 3-65> 배수로 홍수량 계산 결과	126
<표 3-66> 남강 빈도별 계획홍수위	126
<표 3-67> 시행전 침수분석표	126
<표 3-68> 배수로 불량으로 인한 침수분석표	127
<표 3-69> 시행전·후 침수분석 결과	127
<표 3-70> 단목지구 침수면적 산정결과	128
<표 3-71> 수도작 지구별 개략 사업비	134
<표 3-72> 원예작물 지구별 개략 사업비	134
<표 3-73> 산서지구 대안 및 사업비 검토	135
<표 3-74> 모령지구 대안 및 사업비 검토	136
<표 3-75> 하기지구 대안 및 사업비 검토	137
<표 3-76> 선제구역 대안 및 사업비 검토	138
<표 3-77> 수산구역 대안 및 사업비 검토	138
<표 3-78> 덕곡지구 대안 및 사업비 검토	139
<표 3-79> 단목지구 대안 및 사업비 검토	140

< 그림 차례 >

<그림 2-1> 연평균 강수량 변동 경향	10
<그림 2-2> 연평균 강수량 변동 경향	11
<그림 2-3> 연평균 강수량 변동 경향	13
<그림 2-4> 봄철 평균 강수량 변동 경향	14
<그림 2-5> 여름철 평균 강수량 변동 경향	15
<그림 2-6> 가을철 평균 강수량 변동 경향	15
<그림 2-7> 겨울철 평균 강수량 변동 경향	15
<그림 2-8> 최근 10년간의 피해규모	18
<그림 2-9> 산서지구 피해전경	28
<그림 2-10> 모령지구 피해전경	31
<그림 2-11> 중앙배수로 표준단면(현 하폭을 유지:B=22.0m)	32
<그림 2-12> 1호배수로 표준단면(현하폭 B=16.0m 계획하폭:B=26.0m)	32
<그림 2-13> 국토이용상황 변화 추이	33
<그림 3-1> 전국 2일최대 강우량의 평균값	53
<그림 3-2> 전국 2일최대 강우량의 극값의 변화추세	53
<그림 3-3> 20년빈도 2일확률강우량(포항관측소)	56
<그림 3-4> 시간별 강수량(서산관측소)	57
<그림 3-5> 우리나라 침수가능지역 안내판	69
<그림 3-6> 다카즈가와 침수 상정 구역도	70
<그림 3-7> 다카즈가와 침수 상정 구역도 고시 내용	70
<그림 3-8> 일본의 「토지개량사업계획설계기준」	73
<그림 3-9> 일본의 「토지개량사업계획설계기준」(계속)	74
<그림 3-10> 일본의 「토지개량사업계획설계기준」(계속)	75
<그림 3-11> 일본의 「토지개량사업계획설계기준」(계속)	76
<그림 3-12> 가고시마현의 농업농촌정비사업의 계획기준 우량	77
<그림 3-14> 산서지구 시행전 내외수위 곡선(20년빈도)	86
<그림 3-15> 산서지구 시행후 내외수위 곡선(20년빈도)	86
<그림 3-16> 산서지구 시행전 내외수위 곡선(30년빈도)	87
<그림 3-17> 산서지구 시행후 내외수위 곡선(30년빈도)	87
<그림 3-18> 1유역 시행전 내외수위 곡선(20년빈도)	92
<그림 3-19> 1유역 시행후 내외수위 곡선(20년빈도)	92
<그림 3-20> 2유역 시행전 내외수위 곡선(20년빈도)	93
<그림 3-21> 2유역 시행후 내외수위 곡선(20년빈도)	93
<그림 3-22> 1유역 시행전 내외수위 곡선(30년빈도)	94

<그림 3-23> 1구역 시행후 내외수위 곡선(30년빈도)	94
<그림 3-24> 2구역 시행전 내외수위 곡선(30년빈도)	95
<그림 3-25> 2구역 시행후 내외수위 곡선(30년빈도)	95
<그림 3-26> 주구역 시행전 내외수위 곡선(20년빈도)	100
<그림 3-27> 주구역 시행후 내외수위 곡선(20년빈도)	100
<그림 3-28> 종속구역 시행전 내외수위 곡선(20년빈도)	101
<그림 3-29> 종속구역 시행후 내외수위 곡선(20년빈도)	101
<그림 3-30> 주구역 시행전 내외수위 곡선(30년빈도)	102
<그림 3-31> 주구역 시행후 내외수위 곡선(30년빈도)	102
<그림 3-32> 종속구역 시행전 내외수위 곡선(30년빈도)	103
<그림 3-33> 종속구역 시행후 내외수위 곡선(30년빈도)	103
<그림 3-34> 빈도별 계획홍수위 비교	106
<그림 3-35> 선제1구역 시행전 내외수위 곡선(20년빈도)	108
<그림 3-36> 선제1구역 시행후 내외수위 곡선(20년빈도)	108
<그림 3-37> 선제2구역 시행전 내외수위 곡선(20년빈도)	109
<그림 3-38> 선제2구역 시행후 내외수위 곡선(20년빈도)	109
<그림 3-39> 수산1구역 시행전 내외수위 곡선(20년빈도)	110
<그림 3-40> 수산1구역 시행후 내외수위 곡선(20년빈도)	110
<그림 3-41> 수산2구역 시행전 내외수위 곡선(20년빈도)	111
<그림 3-42> 수산2구역 시행후 내외수위 곡선(20년빈도)	111
<그림 3-43> 선제1구역 시행전 내외수위 곡선(30년빈도)	112
<그림 3-44> 선제1구역 시행후 내외수위 곡선(30년빈도)	112
<그림 3-45> 선제2구역 시행전 내외수위 곡선(30년빈도)	113
<그림 3-46> 선제2구역 시행후 내외수위 곡선(30년빈도)	113
<그림 3-47> 수산1구역 시행전 내외수위 곡선(30년빈도)	114
<그림 3-48> 수산1구역 시행후 내외수위 곡선(30년빈도)	114
<그림 3-49> 수산2구역 시행전 내외수위 곡선(30년빈도)	115
<그림 3-50> 수산2구역 시행후 내외수위 곡선(30년빈도)	115
<그림 3-51> 시행전 내외수위 곡선(20년빈도)	119
<그림 3-52> 시행후 내외수위 곡선(20년빈도)	119
<그림 3-53> 시행전 내외수위 곡선(20년빈도 무담수)	120
<그림 3-54> 시행후 내외수위 곡선(20년빈도 무담수)	120
<그림 3-55> 시행전 내외수위 곡선(30년빈도)	121
<그림 3-56> 시행후 내외수위 곡선(30년빈도)	121
<그림 3-57> 시행전 내외수위 곡선(30년빈도 4시간침수)	122
<그림 3-58> 시행후 내외수위 곡선(30년빈도 4시간침수)	122
<그림 3-59> 시행전 내외수위 곡선(30년빈도 무담수)	123

<그림 3-60> 시행후 내외수위 곡선(30년빈도 무담수)	123
<그림 3-61> 시행전 내외수위 곡선(20년빈도)	129
<그림 3-62> 시행후 내외수위 곡선(20년빈도)	129
<그림 3-63> 시행전 내외수위 곡선(20년빈도 무담수)	130
<그림 3-64> 시행후 내외수위 곡선(20년빈도 무담수)	130
<그림 3-65> 시행전 내외수위 곡선(30년빈도)	131
<그림 3-66> 시행후 내외수위 곡선(30년빈도)	131
<그림 3-67> 시행전 내외수위 곡선(30년빈도 4시간침수)	132
<그림 3-68> 시행후 내외수위 곡선(30년빈도 4시간침수)	132
<그림 3-69> 시행전 내외수위 곡선(30년빈도 무담수)	133
<그림 3-70> 시행후 내외수위 곡선(30년빈도 무담수)	133

제1장 서론

제1장 서론

제1절 연구 배경 및 목적

1. 연구 배경

최근 우리나라는 아열대성 기후로 변함에 따라 예측 불가능한 강우 형태가 자주 발생하고 있으며, 강우량의 경우 과거에는 발생하지 않았던 고강도의 강우가 빈번하게 발생하고 있는 실정이다. 그러나 기존 농경지 배수시설의 경우 고강도의 강우에 부족한 기준을 가지고 있어 침수에 불리한 구조를 가지고 있다.

또한, 국가경제발전과 국민 식생활 패턴 변화 등으로 논(수도작) 위주에서 원예·특용작물 등 밭작물 중심으로의 작부체제로 변화함에 따라 적절한 배수체계 개선방안이 요구된다. 따라서 현행설계기준 강우보다 많은 강우가 단시간에 내리는 국지적 집중호우가 발생하여 배수시설물의 배제능력 부족으로 인한 침수, 배수불량 등의 농경지 침수피해를 대비할 수 있는 배수설계기준이 필요한 상황이다.

한편, 배수체계 개선과 관련된 연구수행 실적을 살펴보면 다음과 같다.

가. 재해대비 수리시설 설계기준개정('03, 농림수산식품부)

- (1) 농업기반시설의 재난대응 능력 실태조사
- (2) 이상강우에 따른 저수지와 배수장 설계기준 개정

나. 재해대비 설계기준개정 적용 요령('04, 한국농어촌공사)

- (1) 설계기준 재정립 구체적 방안 검토
- (2) 설계기준개정에 따른 효율적인, 효율적 실무 적용 제시

다. 간척지 받기반조성 계획설계요령('10, 농어촌연구원)

- (1) 간척지 다각적 활용 정책추진을 위한 기술적 근거 확보
- (2) 간척지 받기반 조성에 필요한 설계, 시공, 유지관리 기준 마련

라. 배수개선사업 추진실태 분석 및 개선방안수립연구('10, 한국농어촌공사)

- (1) 배수개선사업 대상지 조정과정과 개선방안 연구로 사업발전방향을 제시
- (2) 영농패턴변화에 따른 배수개선사업 방향 정립

기후변화에 따른 농경지 배수체계 개선에 관한 연구는 기존 배수시설 설계기준에 대한 빈도별 계획강수량, 계획홍수량, 계획홍수위 등을 현재까지의 수문기상자료로 재검토하여 강우패턴변화를 고려한 적정 설계기준(안)을 평가하고 농업기반시설(배수장, 배수문, 배수로 등)의 효율적인 관리 방안 마련을 첫째 목표로 하고 있다. 본 과제의 총 연구기간은 5개월(2011년 8월 ~ 2011년 12월)로 총 연구비는 22.7백만 원이다.

2. 연구 목적

본 연구는 최근 강우의 지역별, 시기별 강우패턴 변화 분석과 농업기반시설 피해 등 사례분석을 통하여 농업기반시설 재해대비 능력을 조사하고 설계기준 재정립 및 재해 대비 능력 부족 시설에 대한 중장기 보수·보강계획을 마련하는 것을 목적으로 하고 있다.

제2절 연구범위

1. 농업용 배수시설 재해사례 및 원인분석

- 가. 침수피해 발생 추이
- 나. 배수시설 재해 원인 분석 및 개선방안

2. 경지정리지역 내 영농 패턴 변화 분석

- 가. 시설농업 현황 및 향후 변화 추이 전망
- 나. 시설농업 지역의 침수피해 현황 및 원인분석

3. 설계기준 적정성 분석 및 사례지구 검토

- 가. 국외 배수설계기준 사례(일본)
- 나. 설계기준별 침수분석 및 사업비 비교

4. 기후변화에 따른 배수체계 개선방안

- 가. 강우자료 빈도 분석
- 나. 배수설계기준 개선안 제시

제3절 기대성과 및 활용방안

본 연구는 2011년 9월부터 농어촌공사 본사에서 운영되고 있는 TF팀의 기후변화 대응 농업기반시설 설계기준개정 내용을 기초로 농경지 배수체계 개선에 관한 피해사례 중심으로 침수·수문분석을 시행할 계획이다. 그렇게 함으로서 시설물 보강 등을 위한 배수개선사업의 추진 방향을 모색하고, 재해취약시설의 재해사전 예방계획을 수립할 수 있는 기본 방향을 제시하는데 주안점을 둔다.

본 연구를 통해서 다음과 같은 연구성과를 기대할 수 있다.

- 가. 이상홍수대비 설계기준 분석에 따른 사전 재해예방 대책수립
 - 나. 기후변화에 대비 농업기반시설의 효율적인관리 방안 마련
 - 다. 유출해석에 따른 사전재해 대책 수립 및 시설물 관리체계 정비
 - 리. 기후변화에 따른 농업수자원분야 영향평가 및 정책결정을 위한 기반마련
- 한편, 본 연구로 인한 구체적인 활용방안은 다음과 같다.
- 가. 기후변화에 효과적으로 대처/적응하는 물관리 전략 및 기술에 활용
 - 나. 농촌지역 재해대비에 따른 농가 소득증대 및 경제적 가치 부여
 - 다. 기후변화 시나리오에 따른 농업용수 영향분석 체계 정립 및 평가
 - 라. 재해대비 작부체계 변화에 따른 시설물 유지관리 방안 제공

제2장 농경지 배수체계 검토 및 분석

제2장 농경지 배수체계 검토 및 분석

제1절 온난화에 따른 기후변화 추이 및 향후 변화 예측

1. 전 지구적 기후변화 추이 및 향후 전망

근래 이산화탄소로 대표되는 온실효과기체의 증가에 동반하여 대류권의 기온이 점점 상승하고 있다. 소빙하기가 끝난 19세기말부터 현재에 걸쳐 전지구의 평균지상기온은 약 0.74(0.56~0.92)℃ 정도 상승하였다. 특히 1910년대 후반부터 40년에 걸쳐 급격히 상승하였고, 그 후 1960년대 후반까지 저온경향을 보였지만 1970년대부터 다시 기온이 상승하는 등 수10년 규모로 기후는 변동하고 있다. 1980년대부터의 기온상승은 특히 급격하고, 지구온난화문제는 전 지구적 관심사가 되었다.

2007년 IPCC(International Panel on Climate Change, 기후변화에 관한 정부간협의체 AR4(Fourth Assessment Report)에 제시된 미래의 지구평균 기온은 향후 20년간 0.2℃/10년 이상의 비율로 상승할 것으로 전망된다. 또한 온실효과기체의 배출량이 많아질수록 온도가 증가하는 추세는 더욱 빨라지는데 산업혁명 이전의 농도인 280ppm의 약 2배가되는 550ppm이 되면 21세기말 기온은 약2℃ 상승할 것으로 예상되며 약 3.5배인 1,000ppm이 되면 약4℃ 상승할 것으로 예상된다. 만약 지구평균기온이 3.0℃ 상승할 경우 아시아에서만 연간 700만 명 이상이 홍수피해 위기에 직면할 것으로 예상되고 있다(정일원, 2008).

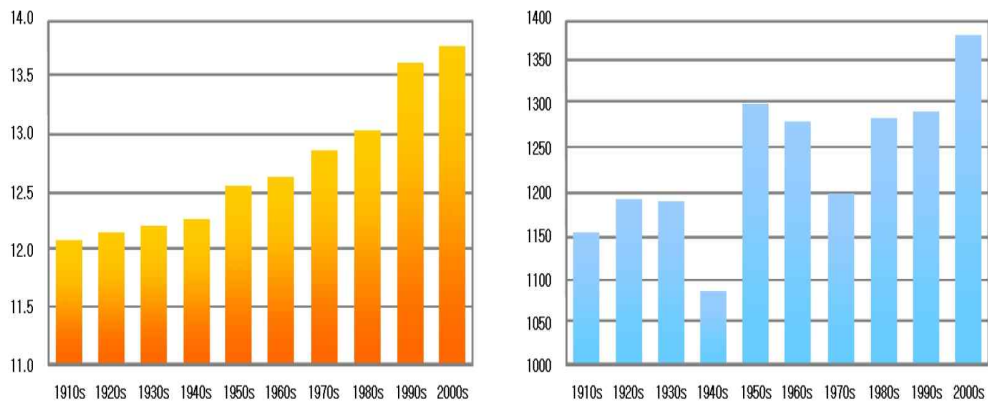
이와 같은 지구온난화의 영향으로 1966년 및 1997년 라인강 홍수, 1995년 중국 홍수, 1998년 및 2000년 동유럽 홍수, 2000년 모잠비크 및 유럽 홍수, 그리고 2004년 방글라데시 우기홍수(전국토의 60% 침수)등 전 지구적으로 집중호우와 폭풍우에 의한 홍수와 침수피해가 빈발하고 있다(UNFCCC, 2005). 또한 잦은 태풍과 집중호우로 연평균 기상재해 피해액도 2000년도 들어 4배나 증가한 상태이다.

2. 최근 우리나라 기후변화 추이

지난 100년간(1912~2008년) 6개 관측지점(서울, 인천, 강릉, 대구, 목포,

부산)의 평균기온 및 평균 연강수량의 조사결과를 토대로 우리나라의 평균 기온 및 평균 연강수량을 살펴보면 평균 기온 상승률은 1.7℃로 전 세계 평균기온 상승률(0.74℃/100년)의 2배로 높고, 1950년대 이후에 기온 상승률은 20세기 전체 기간에 비해서 약 1.5배 이상 증가하였다. 이는 우리나라가 속한 동북아시아 지역이 지구온난화에 의한 영향을 타 지역보다 더 민감하게 받는다는 것을 의미한다. 사계절의 평균 기온 변화를 살펴보면 겨울에 가장 크게 증가한 반면에 여름철 평균 기온 상승 경향은 뚜렷하지 않았다. 강수의 변화도 기온의 변화와 같이 측정된 결과, 평균 연강수량은 변동성이 매우 크고 최근 10년 동안 20세기 초반 10년(1910년대 1,155.6mm, 2000년대 1,375.4mm)에 비해 약 19%정도 증가하였다. 연강수량은 계절적으로는 여름철 7~8월에, 공간적으로는 태백산맥 주변지역에서 집중호우의 강도 증가에 의해 뚜렷하게 나타나고 있으며, 반면 겨울철 강수량의 변화는 뚜렷하지 않으나 온난화에 의해서 강설에서 강우로 나타나는 비율이 점차 높아지고 있다.

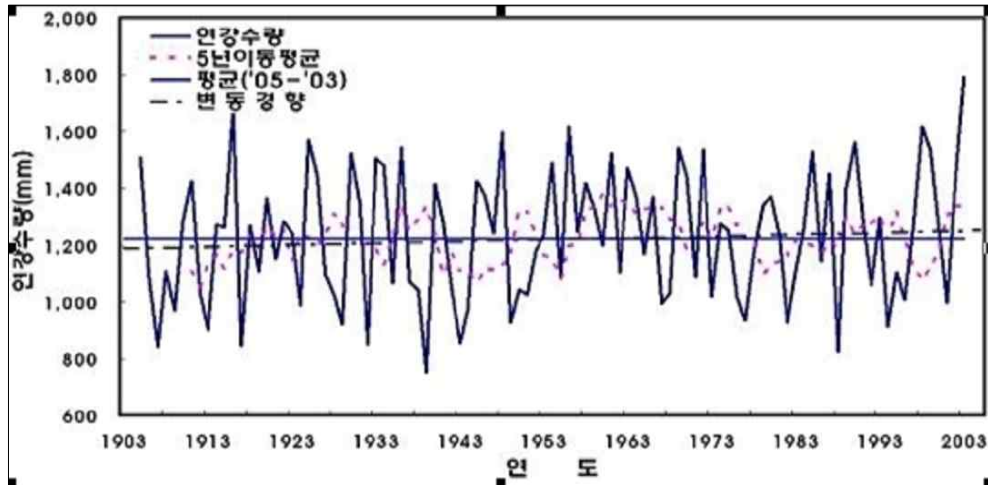
<그림 2-1> 연평균 강수량 변동 경향



과거 100년간 연강수량 추이를 구체적으로 살펴보면 최저 754mm(1939년)와 최고치 1,792mm(2003년)이며, 연간 강수량은 대체로 증가추세에 있음을 알 수 있지만 강수일수는 오히려 줄어드는 패턴을 나타내고 있다. 즉, 비 오는 날수는 줄었지만 총강수량은 증가, 이는 한번 비가 올 때 과거보다 많이 온다는 것을 의미하며 강우의 집중도가 커진 것으로 나타난다. 또한, 1960년대 이후 가뭄과 홍수가 증가하는 추세를 보이고 있을 뿐만 아니라 1990년대에는 대홍수와 극심한 가뭄이 빈발하고 있어, 기존 용·배수시설

에 의한 용수 공급과 배수능력을 취약하게 하는 원인으로 작용하고 있다.

<그림 2-2> 연평균 강수량 변동 경향



이와 같은 극한 고온일수와 극한 강수량이 증가하여 집중호우와 고온현상이 반복되는 양상을 보이며, 지난 80년간(1920년대 대비 1990년대) 7개 지점(서울, 인천, 강릉, 대구, 전주, 목포, 부산)의 가을철 종료일은 늦어지고 봄철 개시일은 빨라져 겨울철 지속기간이 한 달 정도 짧아지며 봄·여름은 20일 정도 길어지는 등 겨울이 짧아지고 여름이 길어지는 특징을 보이고 있다. 우리나라 주변해역의 해수면을 살펴보면 1961~2006년을 기준으로 연간 1.9mm 상승하였으며, 특히 제주지역은 연간 5.1mm씩 상승하여 지난 40년간 22cm 상승한 것으로 나타났다. 기후변화의 영향을 살펴보면 평균기온이 2℃ 상승 시 기후대는 극방향으로 위도 150~550km, 고도 150~550m로 이동하지만 나무의 이동속도는 4~200km로서 산림이 기후대 이동을 쫓아가지 못해 우리나라의 평균기온이 6℃ 상승할 경우 금세기말 우리나라는 기존 산림생물들이 고사되거나, 고립되는 등 멸종위기에 처할 것(국립산림과학원, 2005)으로 나타났다. 또한 1980년대 후반부터 기후변화로 인한 태풍 등 기상이변의 빈도와 피해 증가해 경제적 피해 규모가 1960년대 매년 평균 1천억 대에서 1990년대 6천억 원, 2000년 이후에는 2.7조원(1990년대 대비 약 4.5배)대로 확대되었다. 홍수 및 가뭄피해 현황을 살펴보면 <표 2-1>과 같다.

<표 2-1> 홍수 및 가뭄피해 현황

홍수 및 가뭄 재해	피해현황
'99년 태풍 올가 '00년 태풍 프라피룬 '02년 태풍 루사 '03년 태풍 매미	- 경기, 강원북부, 경남, 전남, 제주지역 집중호우 - 전국 피해, 인명피해 28명, 재산피해액 2,520억원 - 전국피해, 인명피해 22, 재산피해액 60,679억원 - 전국 피해, 인명피해 131명, 재산피해액 42,225억원
'01년 가뭄 '02년 가뭄	- 평년 강우량 10~68% 수준(3월1일~6월10일) - 6월6일 전국 17,956개 농업용저수지 저수율 : 39~68% 수준(평균대비 63~85%) - 6월11일 11개 다목적댐 평균저수율 : 33%(평년대비 82%) - 서울, 경기, 충청, 경북북부지역 가뭄 극심 - 86개군, 93,615세대, 304,815명 제한 급수 - 23개군, 27,678세대, 92,838명 제한 급수

전체적인 평균해면 상승은 연간 0.1~0.6cm로 연안 지역 침수 가능성이 증가하고 있으며 특히 제주연안은 매년 0.5cm씩 상승하여 지난 43년간('64~'06) 21.9cm 상승한 것으로 나타났다. 해수면 상승 원인과 원인별 해수면 상승률은 <표 2-2>과 같다.

<표 2-2> 해수면 상승에 따른 영향 및 적용 대책

해수면 상승 원인	해수면 상승률(mm/y)
열팽창	0.42 ± 0.12
빙하와 빙모 녹음	0.50 ± 0.18
그린란드 빙상 녹음	0.05 ± 0.12
남극 빙상 녹음	0.14 ± 0.41
광측된 해수면 상승	1.80 ± 0.50

※ 관측값과 원인별 상승률의 할 사이에 0.7 ± 0.7mm/y 정도의 차이가 있음

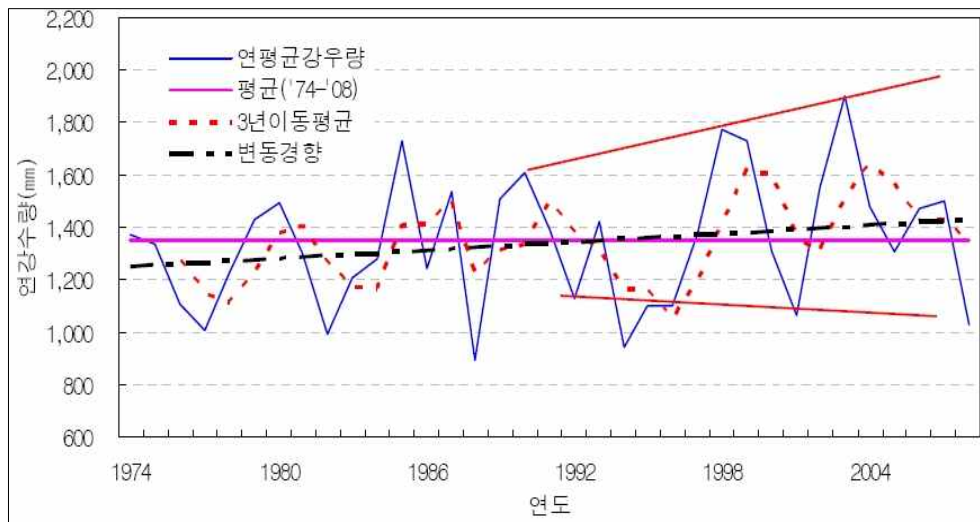
해수온도의 경우 우리나라 근해 수온은 1968년부터 1997년까지 30년간 동해는 0.62℃, 남해는 0.61℃, 서해는 0.62℃ 상승한 것으로 나타나 해수온 상승으로 인한 비브리오균 등 미생물의 증식을 일으키고 해수나 해산물을 통한 질병 발생의 가능성을 증대시키는 것으로 나타났다.

3. 향후 우리나라 기후변화 예측

우리나라의 미래기후 전망을 살펴보면 20세기말(1971~2000년) 대비 21세기말(2071~2100년)에는 연평균기온은 4℃ 상승하며, 특히 겨울에 평균기온상승이 두드러 질것으로 예상된다. 연 강수량의 경우 17% 증가가 전망되고, 8~9월의 증가가 크며, 강수량의 시공간 변동성은 더 커져 지역에 따라 가뭄과 호우와 같은 서로 상반된 강수현상이 심화될 가능성이 높다. 이와 같이 평균기온이 4℃ 상승시 산지를 제외한 남한지역 대부분이 아열대 기후구로 변화할 가능성이 높다.

배수체계와 직접적 영향을 미치는 우리나라 강우량의 특징을 살펴보면 우리나라는 지역별, 계절별, 연도별 강수량의 편차가 심한 동시에, 국토의 65%가 산악지형이고, 하천경사가 급한 지리적 특성으로 홍수가 일시에 유출되며, 갈수기에는 유출량이 적어 하천수질오염을 가중시키는 등 수자원의 이용 면에서 불리한 자연조건이다. 또한, 매년 홍수와 가뭄이 반복되고 있어 재해에 대한 안전망 확보를 위한 근본적인 치수대책 마련과 함께, 국민생활수준 향상에 따라 다변화된 용수 수요에 적합하고 합리적인 수자원 이용방안이 요구되고 있다.

<그림 2-3> 연평균 강수량 변동 경향



연평균 강수량 변동 경향을 살펴보면 전국관측소의 35개년간('74~'08) 연평균 강수량은 1992년 이후 약간 증가하는 경향을 보이고 있으며, 연강

수량의 변동 폭이 커져 기존 수리시설물의 배수능력과 홍수방어능력을 취약하게 하는 원인으로 작용하고 있다.

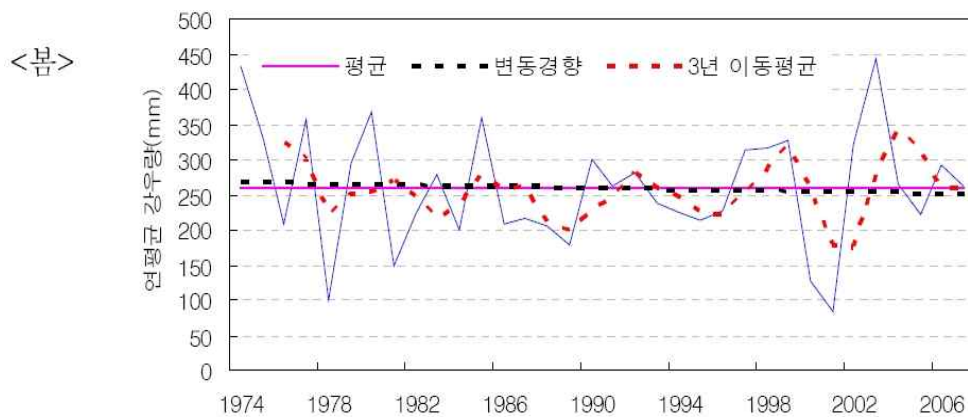
1970년대와 2000년대 강수량 비교를 살펴보면 전국관측소의 연평균 계절별 강수량 분석결과 연평균 강수량은 203.1mm 증가하는 것으로 나타났으나, 계절별 편차를 보이고 있다. 특히 여름, 가을철 강수량은 25.0%이상 증가하는 반면, 겨울, 봄 강수량은 약 10%정도 감소하는 것으로 나타난다. 강수량 비교 자료는 <표 2-3>와 같다.

<표 2-3> 1970년대와 2000년대의 강수량 비교

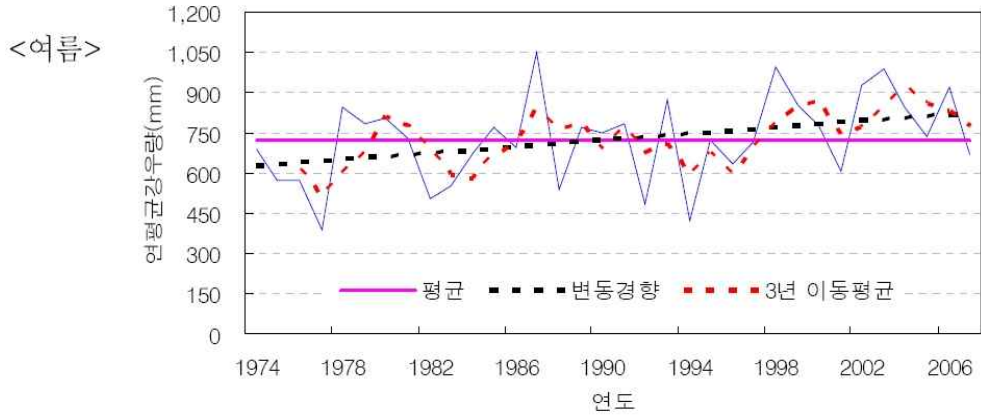
구 분		1970년대	2000년대	증 감	
연간총강수량		1,244.5 mm	1,447.6 mm	증 203.1 mm	16.30%
계절비교					
증 가	여 름	642.6 mm	808.7 mm	증 166.1 mm	25.80%
	가 을	206.3 mm	288.4 mm	증 82.1 mm	39.80%
감 소	겨 울	107.9 mm	99 mm	감 8.9 mm	△8.2%
	봄	287.7 mm	251.4 mm	감 36.3 mm	△12.6%

계절별 연평균강수량 자료를 토대로 강우패턴을 살펴보면 봄철의 경우 최근의 강수량 변동 폭이 상당히 크게 나타나 가뭄 또는 하천 건천화 등의 현상 원인으로 작용하고 있으며, 여름철의 강수량 변동은 최근 증가하고 있는 추세로 약 500mm 정도의 변동 폭을 보이고 있어 홍수재해에 대한 위험성을 내포하고 있다.

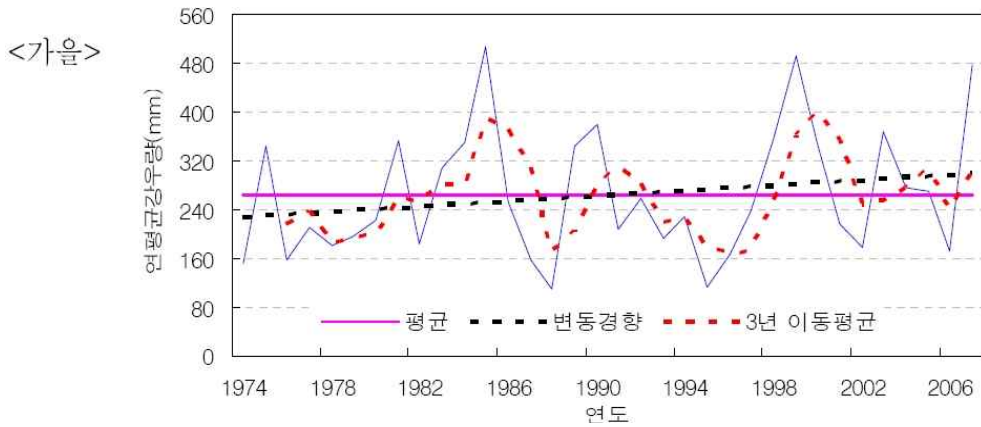
<그림 2-4> 봄철 평균 강수량 변동 경향



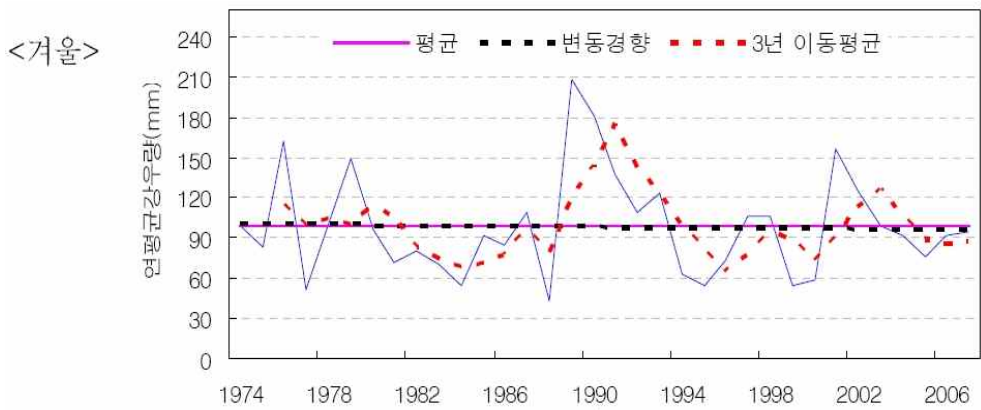
<그림 2-5> 여름철 평균 강수량 변동 경향



<그림 2-6> 가을철 평균 강수량 변동 경향



<그림 2-7> 겨울철 평균 강수량 변동 경향



위 그림에서 본 것과 같이 기후변화의 영향은 물에 대해 가장 심하고 시급하며, 우리나라의 수자원 관리체계는 기후변화를 극복하기에는 홍수조절능력과 용수공급능력이 부족한 실정이다. 최근 강수패턴을 보면 최근 10년간(1999~2008) 1일 100.0mm 이상 집중호우 발생빈도는 385회로 1970~1980년의 221회에 비해 1.7배 증가하는 등 홍수발생 빈도가 증가하는 추세에 있다. 그에 따른 기후변화로 인해 유발되는 이상홍수에 대비하여 지금까지 최적설계 방식을 적용해왔던 수공시설물 설계(배수체계)에 극한 조건에 대응할 수 있도록 배수체계 개선이 요구된다.

제2절 농업용 배수시설 재해사례 및 원인분석

1. 침수피해 발생 추이

최근 기상변화의 두드러진 특징 중의 하나는 도시, 농촌지역을 불문하고 심야시간대에 국지적·돌발적으로 집중호우가 빈발하고 있다는 것이다. 이로 인하여 지난 96년, 98년, 99년에는 경기·강원 북부지역 등지에서 도시전체가 침수되는 엄청난 피해를 겪었으며, 금년('11년)에는 서울지역에 시간당 110mm의 기록적인 집중호우가 새벽심야시간대에 기습적으로 내려 저지대 주택침수는 물론 주요 공공시설인 지하철이 침수되어 엄청난 교통 불편 등을 초래하였다. 이는 기온 상승으로 태풍, 집중호우의 발생이 증가하는 추세로 나타난 현상으로 이로 인한 경제적인 피해규모가 1960년대 1,000억 원에서 1990년대에는 6,000억원, 2000년 이후에는 2조 7,000억원으로 매년 확대 되고 있다.

<표 2-4>는 2010년 재해연보를 통해 최근 10년간 피해규모를 나타낸다. '02, '03년을 정점으로 피해규모가 감소하다 '08년을 시점으로 피해규모가 증가하는 것을 볼 수 있다. 이러한 현상은 이상강우, 집중호우로 많은 피해가 발생하였던 금년('11년)에 증가폭이 커질 것으로 추정된다.

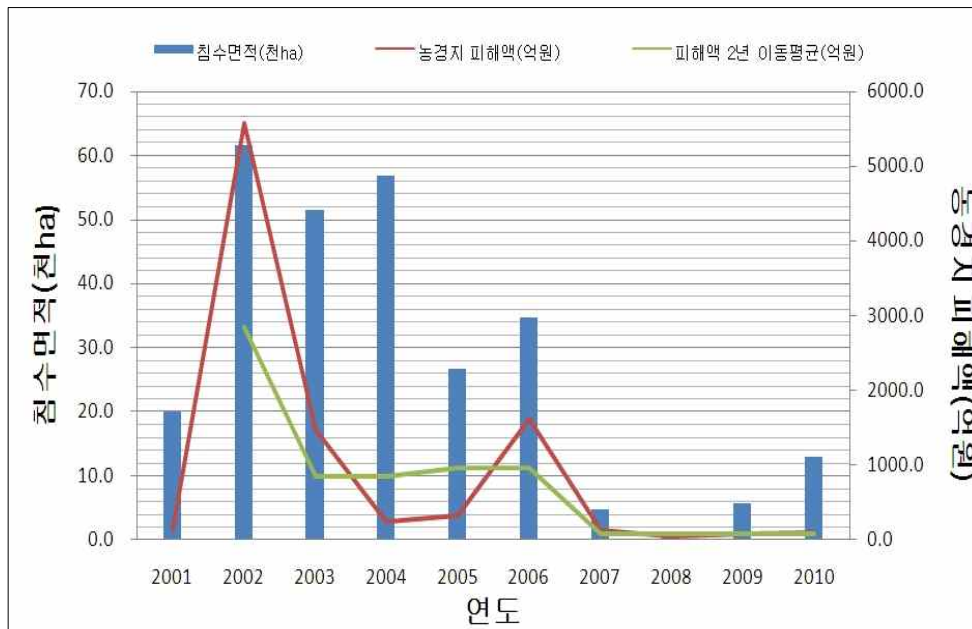
또한 기상청의 최근 5년간('06~'10년) 자연재해 피해 현황에 따르면 태풍 및 집중호우 등 자연재해로 인한 4.1조원의 경제적 손실이 발생하였다. 2010년도 피해현황을 원인별로 살펴보면 호우로 인한 피해가 5,030억 원으로 가장 많고, 태풍 1,870억, 대설 260억원 순으로 나타났다. 기후변화에 따른 기상이변현상으로 인한 피해의 특징은 집중호우이다. 연강수량은 크게 변동성이 없다고 하더라도 공간적, 시간적 분포에서 집중성이 나타난다면 침수피해는 피할 수 없게 된다. 기상청의 분석에 의하면 우리나라의 강수 강도는 최근 현저하게 강해져 집중호우의 빈도가 높아지는 추세이고 강수 일수는 상대적으로 줄어들고 있다고 한다. 또한 이러한 추세는 당분간 지속될 것으로 전망하고 있다.

<표 2-4> 최근 10년간의 피해규모 통계

구분	사망 (인)	이재민 (인)	침수면적 (정보)	건물 (백만원)	농경지 (백만원)	공공시설 (백만원)	기타 (백만원)
2001	82	4,165	20,012	10,813	10,361	382,598	851,397
2002	270	71,204	61,579	115,791	436,873	4,920,926	636,922
2003	148	63,133	51,411	96,389	116,938	3,098,573	1,063,952
2004	14	30,446	56,903	8,012	20,638	516,829	684,484
2005	52	9,914	26,782	15,028	28,029	446,229	559,582
2006	63	2,883	34,759	25,065	141,066	1,692,948	82,300
2007	17	675	4,859	5,910	10,971	156,114	76,204
2008	11	4,627	602	1,533	3,834	51,995	6,168
2009	13	11,931	5,677	2,250	7,638	244,182	44,030
2010	14	76,110	12,925	28,355	8,962	207,680	179,005
10년 평균	68	27,509	27,551	30,915	78,531	1,171,808	418,404

※ 소방방재청 중앙재난 대책본부 재해연보

<그림 2-8> 최근 10년간의 피해규모



<그림 2-8>은 최근 10년간(2001~2010) 집중 호우로 인한 침수면적, 농경지 피해액을 나타낸다. 그림을 살펴보면 태풍 '매미'로 인한 집중호우와

강풍, 해일로 우리나라에 큰 피해가 발생한 2002년을 정점으로 침수면적과 농경지 피해액이 감소하다가 2008년을 기점으로 계절성 호우 등으로 인한 피해가 증가하는 추세를 보여 침수, 파손 및 유실피해 등이 증가하고 있다.

최근 5년간(2007~2011) 집중 호우로 인한 농경지 침수피해 현황을 살펴보면 총 53,566ha이며, 금년(2011년)에는 약 35,423ha로 2005년 이후 가장 많은 침수피해가 발생한 것으로 나타나, 현행 배수시설의 설계기준에 의하여 배수개선 사업을 시행하고 배수시설을 설치하였음에도 기상이변에 따른 집중호우 등 설계기준을 초과하는 강우로 농경지 침수피해가 발생하고 있다. 또한 21세기말 까지 한반도 기온이 4℃ 상승, 강수량은 약 20% 증가할 것으로 전망되어 기후 변화에 대응 할 수 있는 설계기준 마련이 시급한 것으로 판단된다.

<표 2-5> 최근 5년간의 농경지 피해 현황

구분	계	2007	2008	2009	2010	2011
면적(ha)	53,566	4,858	590	5,331	7,364	35,423

※ 소방방재청 중앙재난 대책본부 재해연보

2. 농업용 배수시설 재해사례

농업용 배수시설의 설계기준은 1980년대 1차 계획설계기준 개정, 2000년대 2차 개정 그리고 2003년 재해대비설계기준 정립 등에 따라 변천해 왔다. 최근까지 다양하게 설계기준이 강화되어 왔지만, 지역별 특이성을 가진 강우와 이상호우에 대처할 수 있는 배수시설의 능력에는 한계가 있을 수밖에 없다. 금년('11년) 이상강우에 따른 배수개선 설계빈도(20년)를 초과한 사례를 <표 2-6>에서 살펴보면, 7월~8월 집중호우 시 설계강우량(최근 30개년) 20년 빈도를 초과하는 관측소가 10개소, 30년 빈도를 초과하는 관측소는 8개소에 해당된다.

<표 2-6> '11년 7월~8월 관측최대강우와 설계강우량 비교

시도	측후소	기상청(A)	설계강우량(최근 30개년)			비고 (단위:mm)
			20년(B)	A/B(%)	30년	
계	10					
서울	서울	472.5	427.2	111	462.9	30년빈도 초과
강원	춘천	427.0	393.1	109	426.6	“
전북	군산	392.5	304.9	129	331.7	“
	정읍	437.0	255.2	171	274.8	“
전남	순천	501.5	359.1	140	385.6	“
경북	영천	220.0	209.47	105	223.04	20년빈도 초과
	대구	290.0	264.41	110	284.35	30년빈도 초과
경남	밀양	274.0	268.26	102	287.83	20년빈도 초과
	진주	361.0	320.0	113	343.3	30년빈도 초과
	합천	313.5	261.03	120	282.39	“

※ 기상청 : 2일 관측 강우자료('11. 7월, 8월)

또한 금년(2011년) 7월 집중호우시 발생했던 침수피해 사례를 조사설계 중(기본조사, 세부설계 중인 지구), 시설운영 중(준공되어 배수시설물 운영 중인 지구), 시행 중(배수개선 착공되어 사업진행중인 지구)로 구분하여 살펴보면, 총 21,438ha의 농경지의 침수피해 중 벼(수도작)를 재배하는 농경지는 20,513ha로 약 95.7%, 원예작물을 재배하고 있는 928ha(4.3%)에 침수피해가 발생한 것으로 나타났다.<표 2-7>

<표 2-7> '11년 7월 집중호우시 침수피해사례

구분	총계			조사설계중			시설운영중			시행중		
	계	벼	원예	계	벼	원예	소계	벼	원예	소계	벼	원예
침수면적	21,438	20,513	928	4,444	3,942	505	11,824	11,521	303	5,170	5,050	120

※ 세부사례는 5.2 참조

배수로 피해사례

정연지구

- 지구현황

- 관개면적 : 340 ha
- 주요시설 : 토교1단양수장(522kw*3대*750mm)
- 위 치 : 강원도 철원군 갈말읍 정연리

- 기상 및 수해상황

- 2010. 8. 14~15일 장마전선의 영향으로 철원지방 집중호우(272mm)
- 철원군 갈말읍 정연리 지구와 신정연마을 유역으로부터 토사 유출 발생
- 지구내 용배수로 간,지선에 토사 유입 퇴적으로 영농기 본답 급수 불능

- 문제점

- 집중호우(시간당 20~50mm)에 의한 토사 유출 및 침수 발생

- 주요 복구내용

- 정연용수간선을 포함한 총 노선 L=5800m 토사 퇴적 제거작업 완료
(백호우97대, 덤프20대 투입)

- 개선방안

- 현행 배수로 설계기준 개선을 통하여 집중호우에 대비할 수 있도록 구조물이 설치되어야 하겠음
- 재해상황의 사전대처 및 신속한 응급복구를 통하여 재해 대응능력 향상

<표 2-8> 정연지구 침수피해사례



약산지구

- 지구현황

- 관개면적 : 158.6 ha
- 주요시설 : 관산 양배수장
- 위 치 : 전라남도 완도군 약산면 우두리

- 기상 및 수해상황

- 2010년 8월 11일 제 4호 태풍 덴무의 영향으로 완도지역 일 강우량 111mm, 풍속 14.2m/sec 강풍을 동반한 호우
- 관산 양·배수장 수로교가 붕괴되어 영농기 용수공급에 지장을 초래

- 문제점

- 2010. 8. 12. 제4호 태풍 덴무의 영향으로 수로교 붕괴로 용수공급의 어려움을 초래

- 주요 복구내용

- 수로교 승강 , 크레인 작업 , H빔 2본, 기초 균열부 보수 (L=17.5m, B=1.0m, H=0.7m붕괴)

- 개선방안

- 최근 집중호우로 인한 침수피해 발생이 빈번하고, 현행 설계기준으로 대응하기 어려우므로 현재 강우패턴을 반영한 설계기준으로의 상향 조정이 요구됨

<표 2-9> 약산지구 침수피해사례



고곡지구

- 지구현황

- 관개면적 : 108 ha
- 주요시설 : 배수장 1개소, 양수장 1개소
- 위 치 : 경상남도 창원군 남지면 칠현리

- 기상 및 수해상황

- '10년7월11일 내린 집중호우 발생
- 고곡지구 승수로 개거 18m(1.2*1.2) 유실

- 문제점

- 이상강우에 따른 집중호우 발생으로 시설 수로 유실

- 주요 복구내용

- 유실, 붕괴부분에 대하여 조립식 구조물(1.5*1.2)을 설치하여 복구조치함.
- 복구기간 : '10. 7. 29 ~ 8. 30.
- 복구소요비용 : 5,280천원

- 개선방안

- 현행 배수로 설계기준은 1980년대 이후 20년 1일을 기준으로 하고 있어 이상기후에 따른 집중호우에 대응하기 어려우며 이를 대비한 설계기준 상향 조정이 필요함

<표 2-10> 고곡지구 침수피해사례



배수장 피해사례

반계지구

- 지구현황

- 관개면적 : 174.7 ha
- 주요시설 : 반계저수지(1,779 천m³) 반계배수장(225hp*5대)
- 위 치 : 강원도 원주시 문막읍 대둔리

- 기상 및 수해상황

- 2010. 10. 19 추석전날 집중호우 발생(원주 : 208mm, 문막 : 213mm)
 - ※ 최대시우량 : 75.5mm(9.21 19:00 ~ 20:00)
- 농경지 침수 : 70ha(반계, 노림배수장 저지대)
 - ※ 침수시간 : 10시간 (9.21 21:00 ~ 9.22 07:00)
- 수리시설 피해 : 6개소(837백만원)

- 문제점

- 집중호우에 의한 배수펌프의 배제량 초과로 일부 저지대 침수

- 주요 복구내용

- 정연용수간선을 포함한 총 노선 L=5800m 토사 퇴적 제거작업 완료 (백호우97대, 덤프20대 투입)

- 개선방안

- 현재 배수장 규모(설계기준 : 20년 2일 빈도)로는 이상기후에 따른 집중호우에 대응하기 어려워, 이를 대비한 설계기준 상향 조정이 필요하며 그에 따른 배수장 증설이 필요함
- 재해 상황의 사전대처 및 신속한 응급복구를 위한 위기관리 매뉴얼 요구됨

제진기 피해사례

가려지구

- 지구현황

- 관개면적 : 90 ha
- 주요시설 : 입축사류펌프 800Φ x 95kW x 2대
- 위 치 : 경남 고성군 거류면 가려리

- 기상 및 수해상황

- 2011. 7. 10일 04시경 집중호우(168mm)
- 방조제 만수 시간에 집중호우가 발생되어 상류부 갈대 및 주택지 생

활쓰레기 및

농업용 쓰레기가 스크린에 협착되어 배수기를 가동할 수 없는 상황

- 문제점

- 집중호우(시간당 10~20mm)의 강우에도 방조제 만수시 갈대 및 일 반쓰레기 협착되어 기계 가동을 중단하고 인력을 추가로 투입하여 협잡물을 제거함

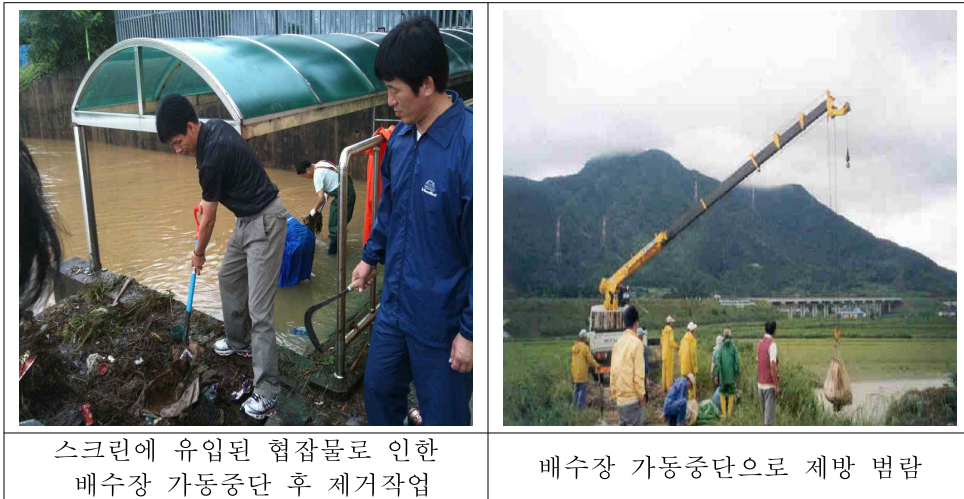
- 주요 복구내용

- 직원을 동원하여 협잡물을 제거후 정상가동

- 개선방안

- 흡입조에 자동제진기 설치

<표 2-11> 가려지구 침수피해사례



삼용지구

- 지구현황

- 관개면적 : 25 ha
- 주요시설 : 횡축사류펌프 750Φ x 75kW x 2대
- 위치 : 충남 부여군 남면 내곡리

- 기상 및 수해상황

- 2010. 7. 10~11일(2일간) 장마전선의 영향으로 부여지역 집중호우 (324.3mm)

- 부여군 남면 내곡리 일원 103ha 유역으로부터 우수 및 부유물 집중 유하
- 배수장내 스크린에 부유물 적치로 펌프 정상가동 불능으로 침수피해 발생
- 문제점
 - 집중호우시 배수로 수위상승에 따라 일시적으로 유하하는 부유물(잡초, 생활쓰레기)을 인력수거 작업은 한계가 있고, 악천후에 스크린에 매달려 인력 수거작업시 안전사고의 위험이 상존
- 주요 복구내용
 - 인력 추가 동원하여 협잡물을 제거후 정상가동
- 개선방안
 - 유역내 말단부에 설치되어 있는 배수장의 특성상 배수장 흡입조에 자동제진기 설치

<표 2-12> 삼용지구 침수피해사례



3. 주요 배수시설 재해원인 분석 및 개선 방안

배수장 재해원인 분석 및 개선 방안(산서지구)

- 지역여건
 - 산서지구는 행정구역상 경상남도 함안군 가야읍 산서리, 묘사리 일원으로, 미백 위주의 시설원에 농업을 하고 있으며 주요 농산물은 쌀, 수박, 딸기 등을 재배하고 있는 전형적인 농경 지역임. 홍수발생 시 낙동강과 남강(국가하천) 수위 상승 영향을 받아 배수 본천인 함안천(국가하천)의 수위 상승으로 이어져 자연배제가 어렵고 높은 외수위가 장시간 지속됨에 따라 지구내 홍수 배제가 원활하지 못하여 침수피해가 발생되고 있음.
- 배수시설 현황
 - 지구내 발생된 배수관행은 1개의 산서배수문(B×H×련=3.2×3.4×2련)을 통하여 평수기 및 갈수기에만 함안천으로 자연배제 되고 있으며, 지구내에 발생된 홍수량은 지구 중앙의 도화 소하천을 경유하여 시설 산서배수장(Q=10.9m³/sec)을 통해 배수본천인 함안천으로 기계배제 되고 있음.

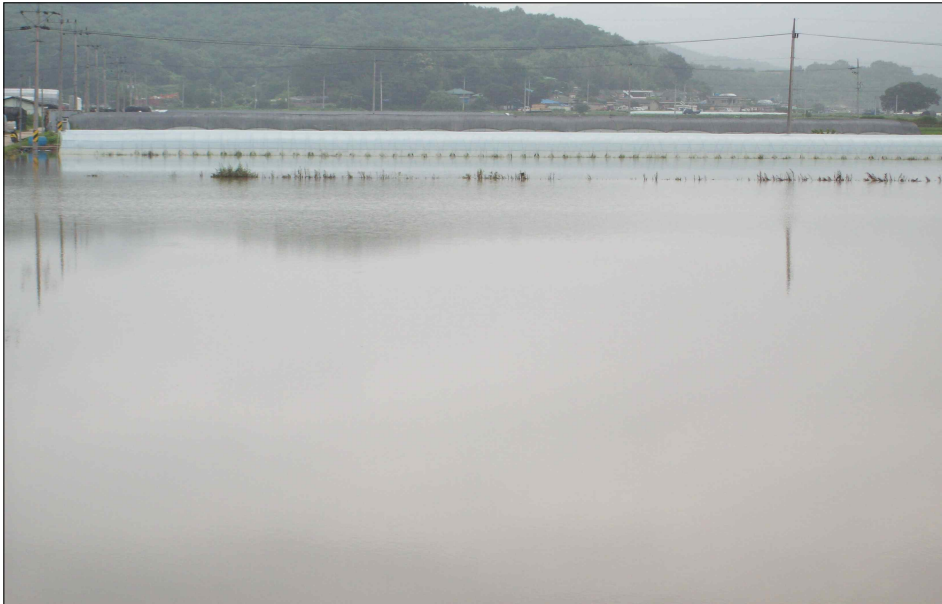
<표 2-13> 산서지구 배수시설 현황

시설명	시설규모	설치년도	관리자
산서배수장	Q=5.01m ³ /s 500HP×∅1100mm×2대	2000	함안지사
산서배수문	3.2m×3.4m×2련	1998	함안군

- 침수상황
 - 과거 상습침수 피해 조사에 따르면 본 지구는 5회 이상 침수피해가 발생되었으며, 집중호우 시 남강의 하천수위 상승으로 인하여 배수 본천인 함안천 외수위에 영향을 미쳐 지구 내 홍수 발생량이 자연배제 되지 못하여 침수피해가 발생하였으며, 특히 금년 7월 9일~ 7월 10일(211mm) 집중호우 발생으로 약 150ha 침수피해가 발생함. 지역

주민의 청문조사에 의하면 하천부근 저지대 농경지는 상습적인 침수 피해가 발생되고 있으며, 주원인으로는 외수위상승에 따른 자연배제의 어려움과 배수문 통수단면 부족 및 배수로 단면 부족 등으로 나타남.

<그림 2-9> 산서지구 피해전경



- 홍수피해 발생원인 검토
 - 국가하천인 남강이 함안천(국가하천) 홍수위에 직접적인 영향을 주고 있으며, 홍수시 배수본천인 함안천의 수위상승으로 인하여 지구내 홍수유입량의 배제가 지연되어 저지대 농경지에 침수피해가 발생을 가중시킴.
 - 특히, 최근 발생 홍수량은 증가되고 있으며, 함안천의 외수위가 높아 호우시 배수문이 차단되어 배제능력이 불가능하고, 토사 퇴적, 과도한 수초 등으로 지구내 홍수량 배제 시간 지연 되고 있음. 또한 구간별 토공배수로의 통수단면 부족과 기설치 된 배수구조물의 불합리한 설치로 인하여 침수피해가 발생되고 있음
- 향후 개선방안
 - 최근 들어 설계빈도 이상의 게릴라성 집중호우가 빈발함에 따라 금

회와 유사한 집중호우가 다시 발생한다면 동일한 침수상황이 예상되므로 설계기준 개선을 통한 근본적인 대책마련이 필요함

- 또한 현재의 배수장 설계기준은 20년빈도 2일연속 강우량을 적용하고 답작물(논벼) 기준 24시간 침수를 허용하고 있으나, 실제 논에서는 시설(하우스)작물 중심으로 영농패턴이 변하고 있어 시설(하우스)작물의 침수방지를 위한 설계기준 정립이 요구됨

배수로 재해원인 분석 및 개선 방안(모령지구)

- 지역여건

- 모령지구는 행정구역상 전라남도 장흥군 안양면내에 위치하고 있으며, 동쪽으로는 18번국도가 지나가고 남쪽으로는 해창 방조제(남해)가 있는 간척지역으로 경사가 완만함. 유역 내 유출량은 해창 방조제의 외조위의 영향을 받으며 남해로 자연 배제되고 있고, 지구 말단부에 배수갑문이 설치되어 있지만 조위의 상승 시 자연 배제가 지연되어 저지대 농경지에 침수피해가 발생되고 있는 실정임. 또한, 간척지의 특성상 지구 내 농경지의 표고차가 거의 없어 침수심에 비하여 침수면적이 넓어지는 특징이 있음.

- 배수로 시설현황

- 배수로 현황을 살펴보면 토공 배수로의 경우 홍수배제 단면이 부족한 배수로2조 1,707m (중앙배수로 1,160m 1호배수로 547m)로 구성됨.

- 침수상황

- 기설 토공 배수로의 갈대 식생 왕성 및 사면포락, 지반 토사퇴적 등 통수단면이 부족하여 지구내 저지대의 경우 침수 발생시 홍수위가 2~3일간 빠지지 않는다는 청문 조사 내용에 대하여 침수분석 결과와 비교하여 최저답 기준 36시간의 허용 침수시간이 발생하는 것을 확인함.

<그림 2-10> 모령지구 피해전경

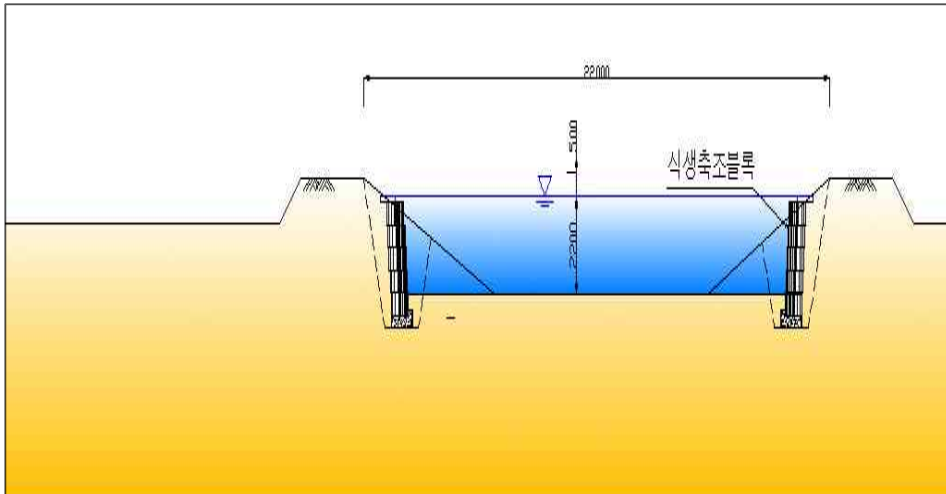


- 홍수피해 발생원인 검토
 - 배수로 말단은 남해로 연결된 배수갑문이 위치하고 있어 해수 조위 영향에 따라 유역 내 유출이 지연되어 구조적인 어려움이 있음. 또한, 배수로내의 갈대 식생이 왕성하여 홍수시 갈대로 인한 통수단면 부족으로 배수로를 통한 월류 및 자연배제 지체로 침수피해를 가중 시킴.
 - 특히 간척지 내에 위치하고 있는 배수로의 경사가 완만하여 시간 경과에 따른 배수소통이 원활 하지 않아 농경지내로 월류, 침수피해가 발생이 지속되었음.

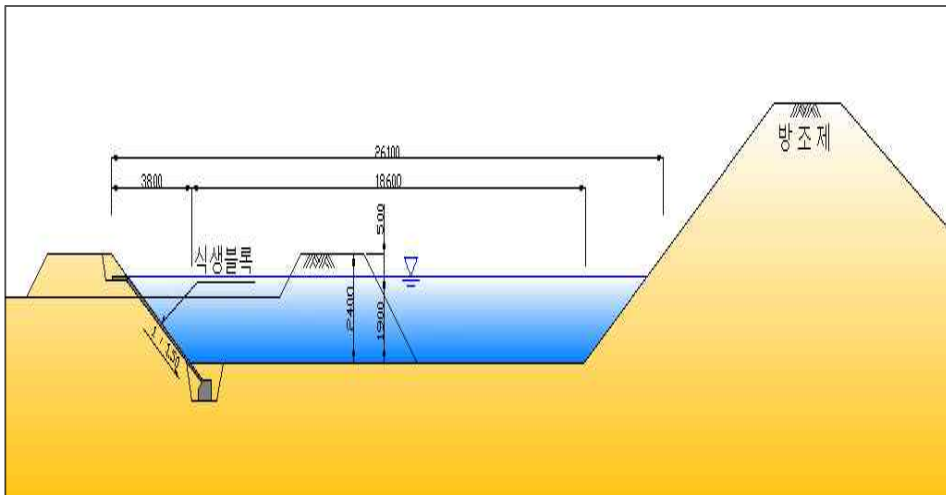
- 향후 개선방안
 - 현배수로 내에 식생을 억제할 방법은 개거 및 구조물 설치 방안이 있지만 환경적 측면과 사업성 측면에서 어려움이 있으므로 갈대 식생을 억제할 대안이 없는 실정으므로, 사업 시행 후 지속적인 관리가 필요한 지역으로 판단됨.
 - 외수위 상승시 지구내 홍수량이 배제되지 못하고 침수피해를 발생시키는 현 상태에서 배수장 설치를 통한 강제배제가 필요한 지역임. 따라서 배수장을 설치함으로써 침수피해를 최소화 할 수 있음.

- 또한 현재의 배수장 설계기준은 20년빈도 2일연속 강우량을 적용하고 있으나, 최근 이상강우에 따른 침수피해가 빈번함으로 설계기준 강화를 통한 침수피해의 근본적인 대책이 요구됨.

<그림 2-11> 중앙배수로 표준단면(현 하폭을 유지:B=22.0m)



<그림 2-12> 1호배수로 표준단면(현하폭 B=16.0m 계획하폭:B=26.0m)



제3절 경지정리지역 내 영농 패턴변화 및 문제점

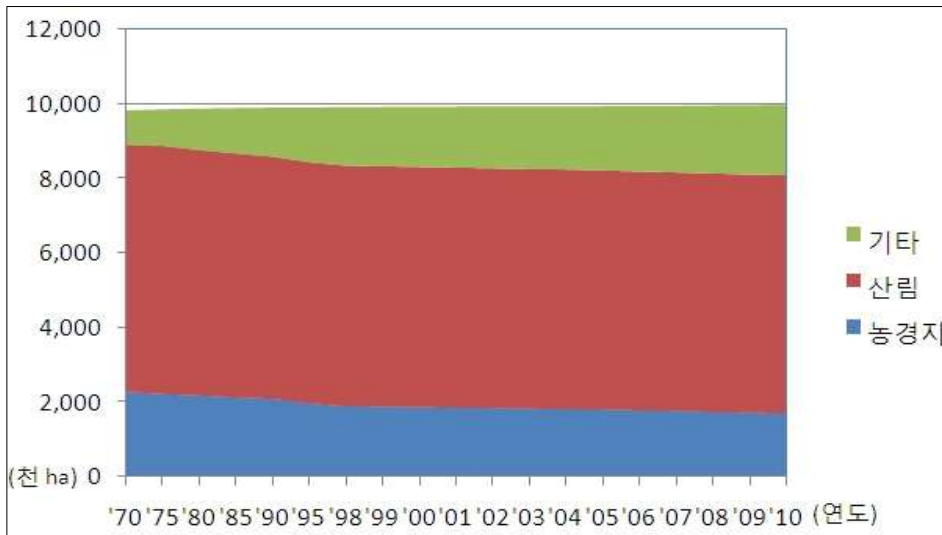
1. 시설농업 현황 및 향후 변화 추이 전망

경지이용 현황

우리나라 국토면적은 대단위 농업종합개발사업 및 서남해안 간척사업 등으로 인한 미복구지를 제외하고 1970년부터 2010년까지 9,848천ha에서 10,003천ha로 155천ha가 확대되었으며, 최근 10개년('01~'10년)의 변화를 보면 49천ha가 증가되었다. 반면 농경지 면적 추이를 살펴보면 경지면적 변화는 1970년 이후 561천ha가 감소되어 40년간 연평균 약 14천ha의 감소율을 보이고 있다. 연도별로 세분하여 보면 70년대에는 증감비율이 거의 없고 80년대부터 연평균 약 9천ha 정도 감소율을 보이다가 '90년부터 '97년까지 8년 동안 185천ha가 감소하여 연평균 26천ha가 감소 '98년부터는 IMF 영향으로 감소비율이 보합세를 유지하다가 '00년부터 최근까지 107천ha가 감소하여 연평균 15천ha 이상이 감소되는 추세에 있다.

우리나라 '10년 현재 토지이용현황은 전 국토면적 10,003천ha중 임야가 6,369천ha로 63.7%를 차지하고 있고 농경지 면적은 1,715천ha로 17.1%, 대지 등 기타면적이 1,919천ha로 19.2%를 차지하고 있다.

<그림 2-12> 국토이용상황 변화 추이



경지면적 중 물을 직접 이용하여 벼, 미나리, 연, 택사, 왕골 등의 식물을 주로 재배하는 논 면적은 '65년 이후 적극적인 쌀 자급자족 정책에 따라 '88년까지 18년간 72천ha가 확대되어 1,358천ha에 이르렀으나 이후부터는 감소하기 시작하여 '10년 현재 984천ha로 무려 20년 동안 372천ha가 감소하였다. 또한 물을 대지 않고 식량작물, 과수, 채소, 약초, 화훼, 묘목, 관상수 등의 식물을 주로 재배하는 토지로서 논 이외의 경지를 말하는 밭의 경우 '70년에서부터 '10년까지 1,025천ha에서 984천ha까지 꾸준히 감소한 것으로 나타났다.

<표 2-14> 국토이용상황 변화 추이

구분	국토 면적	농경지(천ha)				산림(천ha)		기타(천ha)	
			%	논	밭		%		%
70	9,848	2,298	23.3	1,273	1,025	6,611	67.1	939	9.6
75	9,881	2,240	22.7	1,277	963	6,635	67.1	1,006	10.2
80	9,899	2,196	22.2	1,307	889	6,568	66.3	1,135	11.5
85	9,914	2,144	21.6	1,325	819	6,531	65.9	1,239	12.5
90	9,927	2,109	21.2	1,345	764	6,476	65.3	1,341	13.5
95	9,927	1,985	20.0	1,206	779	6,452	65.0	1,490	15.0
98	9,941	1,910	19.2	1,157	753	6,436	64.7	1,595	16.0
99	9,943	1,899	19.1	1,153	746	6,430	64.7	1,614	16.2
00	9,946	1,889	19.0	1,149	740	6,422	64.6	1,635	16.4
01	9,954	1,876	18.9	1,146	730	6,416	64.4	1,662	16.7
02	9,959	1,863	18.7	1,139	724	6,412	64.4	1,684	16.9
03	9,960	1,846	18.5	1,127	719	6,406	64.3	1,708	17.2
04	9,962	1,836	18.4	1,115	721	6,406	64.3	1,718	17.3
05	9,965	1,824	18.3	1,105	719	6,394	64.2	1,747	17.5
06	9,968	1,800	18.1	1,084	716	6,389	64.1	1,779	17.8
07	9,972	1,782	17.9	1,070	712	6,382	64.0	1,808	18.1
08	9,983	1,759	17.6	1,046	713	6,375	63.9	1,849	18.5
09	9,990	1,737	17.4	1,010	727	6,370	63.8	1,883	18.8
10	10,003	1,715	17.1	984	731	6,369	63.7	1,919	19.2

※ 농림수산물식품 주요통계(농림수산물식품부, 2011)

'99~'10년까지 경지 이용 현황을 살펴보면 이용면적의 경우 2,116천ha에서 1,820천ha로 296천ha 감소하였고 농가 호당 경지면적은 1.37ha에서 1.45ha로 0.08ha 증가한 것으로 나타났다. 또한 논 면적의 경우 0.83ha에서 0.84ha로 0.01ha 증가하였고 밭 면적은 0.54ha에서 0.62ha로 0.03ha 증가한 것으로 나타났으며 국민 1인당 경지면적으로 환산한 경우 0.041ha에서 0.031ha로 0.010ha 감소하는 것으로 나타났다.

<표 2-15> 경지이용 상황 변화 추이

연도별	경지면적	이용면적		농가호당 경지면적(a)			국민1인당 경지면적(a)		
		면적(천ha)	이용률(%)	계	논	밭	계	논	밭
70	2,298	3,264	142.1	92.5	51.3	41.2	7.31	4.05	3.26
75	2,240	3,144	140.4	94.1	53.6	40.5	6.46	3.68	2.78
80	2,196	2,765	125.3	101.8	60.6	41.2	5.76	3.43	2.33
85	2,144	2,592	120.4	111.3	68.8	42.5	5.29	3.27	2.02
90	2,109	2,409	113.3	119.4	76.1	43.3	4.92	3.14	1.78
95	1,985	2,197	108.1	132.3	80.4	51.9	4.45	2.70	1.75
98	1,910	2,118	110.1	135.2	81.9	53.3	4.11	2.49	1.62
99	1,899	2,116	110.8	137.4	83.4	54.0	4.05	2.46	1.59
00	1,889	2,098	110.5	136.5	83.0	53.5	3.99	2.43	1.56
01	1,876	2,089	110.6	138.5	84.6	53.9	3.96	2.42	1.54
02	1,863	2,020	107.6	145.5	88.9	56.6	3.91	2.39	1.52
03	1,846	1,936	103.9	146.0	89.1	56.9	3.86	2.35	1.50
04	1,836	1,941	105.2	148.1	89.9	58.1	3.82	2.32	1.50
05	1,824	1,921	104.7	143.3	86.8	56.5	3.78	2.29	1.49
06	1,800	1,860	102.0	144.6	87.1	57.5	3.73	2.24	1.48
07	1,782	1,856	103.1	144.8	86.9	57.8	3.68	2.21	1.47
08	1,759	1,834	103.0	145.1	86.3	58.8	3.62	2.15	1.47
09	1,737	1,873	110.8	145.4	84.6	60.8	3.56	2.07	1.49
10	1,517	1,820	109.0	145.7	83.6	62.1	3.51	2.01	1.50

※ 농림수산물 주요통계(농림수산물부, 2011)

시설농업 현황 및 향후 변화 추이 전망

발경지 면적에 포함되는 시설농업(원예산업)이 차지하는 비중은 1970년대부터 급증하기 시작하여 '85년 29,732억 원에서 '95년 100,518억 원까지 증가하다 IMF이후 안정적으로 증가하여 '10년 129,863억 원 수준으로 증가되어왔다. 시설농업은 고소득 농업으로서 시설채소와 시설화훼작물이 일반적으로 다른 노지작물에 비해 높은 소득을 보여 왔다.

<표 2-16> 우리나라 농업에서 시설농업의 비중(생산액, 억원)

구분	1985	1990	1995	2000	2005	2010
농림업	130,032	163,966	267,361	330,007	362,729	435,233
식량작물	52,470	78,660	78,660	114,354	97,383	79,972
원예작물	29,732	100,518	100,518	98,436	109,952	129,863
시설채소	22,415	43,230	43,230	37,849	35,550	45,695
노지채소		21,929	21,929	29,395	33,636	37,836
과수	7,008	30,254	30,254	25,805	30,817	35,838
화훼		5,106	5,106	5,389	9,949	8,510

※ 농림수산물식품 주요통계(농림수산물식품부, 2011)

<표 2-17> 시설농업 면적

연도별	시설면적(ha)	생 산 량(천t)	비 고
85	16,569	680	'88년부터는 표본통계이며, 이전은 행정통계 자료임
90	23,698	1,017	
95	40,077	2,423	
00	48,853	3,247	
05	48,574	3,219	
10	48,836	2,750	

※ 농림수산물식품 주요통계(농림수산물식품부, 2011)

시설면적별, 생산량별 현황에 대해 살펴보면 90년대 국가의 보조금지원에 힘입어 광양유리온실단지 등 많은 시설농업단지가 형성이 되어 <표2-17>에서와 같이 '90년부터 '00년까지 시설면적이 급격하게 증가한 것을 알 수

있으며, 이와 더불어 시설농업에서 생산된 농산물도 1,017천t에서 3,247천t으로 급격히 증가한 것으로 나타난다. '00년 이후 시설면적과 생산량은 매년 약간의 변동 폭은 있지만 비슷한 수준을 유지하는 것으로 보인다. 시설면적의 대부분은 충남 및 영·호남지방에서 전체 재배면적의 90% 이상을 차지하고 있으며 이들 구역은 지형적 여건 및 기후 등이 양호하고 비교적 소득원이 높아 논에서도 원예작물을 선호하고 있다.

또한, 국내 시설농업 단지들의 온실 외부표면 재질을 살펴보면 <표2-18>에서와 같이 99%가 비닐이고 유리는 0.4%로서 시설이 낙후되어 있다. 또한, 개별농가의 온실경영면적은 대부분 1ha 이하의 소규모 면적으로서 이루어져 있다.

<표 2-18> 국내 온실의 재질별 면적(2007년)

계(ha)	비닐	경질관	유리
53,036 (100%)	52,387 (99%)	330 (0.6%)	319 (0.4%)

기반조성시설 설치부분에 있어서도 대부분 기존 논지대의 수도작 생산기반시설위에 온실이 축조되었기 때문에 도로시설, 용수시설, 배수시설에 대한 기준이 시설원예작물과는 달리 재배 시 문제가 발생되고 있다. 도로시설의 경우 규모가 작아 운반차량인 컨테이너 트럭의 진입이 어렵고 용수시설은 수도작과 달리 농업용수 수질보다 깨끗해야 하지만 이를 만족하지 못하고 또한, 4계절 용수공급시스템을 갖추어야 하지만 벼재배 시기에 맞추어 용수공급체계가 갖추어져 있다. 더욱 문제가 되는 것은 배수시설로서 수도작 기준에 맞추어 작물에 대한 침수를 허용하는 것으로 배수로와 배수장의 규모를 결정해 놓았기 때문에 밭작물에서 필요한 무담수, 무침수 기준과 비교할 때 크기가 부족하다.

최근 국내에서도 국제 경쟁력을 갖춘 대규모 시설농업단지를 건설하려는 움직임이 있는데 이를 위해서는 기존의 수도작 생산기반조성사업 계획설계 기준을 사용해서는 단지조성이 불가능하다. 수도작 생산기반조성 기준은 각 기반시설의 규모 등 여러 가지 조건이 다르고 특히, 수도작에는 없는 부대시설에 대한 내용이 포함되어 있기 때문이다.

국내에 설치된 시설농업단지들은 처음부터 단지개념을 적용하여 건설된 것이 아니라 수요와 공급의 원칙에 따라 우후죽순처럼 발생된 것으로서 대

규모 단지를 구축하고 있는 경남 김해의 시설농업단지도 그 규모면에서는 매우 크다고 할 수 있지만 효율적으로 시설농업 농가를 지원하는 공동시설 및 종합적인 지원시스템(농자재공급, 영농계획수립, 재배기술 전수, 경영지도)은 부족하다고 할 수 있다.

춘포 원예작물 배수개선사업 지구

춘포 지구는 1945년도 이전에 경지정리가 완료된 지구로서 만경강, 목천포천 저지대에 산재되어 있는 농경지이다. 이 구역은 수도작과 딸기, 수박, 메론 등의 특작물을 재배 하는 도시근교의 전형적인 농촌지역으로서 평상시 배수문을 통한 자연배수 지구이나, 홍수시에는 목천포천 홍수위 상승시 장시간 지속되어 자연배수 불가로 침수가 가중되고 있는 실정이다.

지형적으로 농경지가 목천포천 홍수위 보다 낮은 위치에 있으나 기계배수할 수 있는 배수장이 없어 침수되고 있으며, 지구내 기반시설물 노후화로 인한 홍수배제능력 부족으로 자체 침수되고 있다.

따라서 수문분석 및 청문조사를 토대로 하여 침수원인을 해소하고자 배수로의 단면 확장·신설 10조 10,550m, 배수장 신설 3개소 등의 배수개선 대책이 필요한 지구로서, 지역주민의 오랜 숙원인 배수개선을 통한 농경지 침수방지, 안정된 원예작물재배, 경지이용률 및 농가소득 증대, 영농환경 개선에 기여 할 수 있도록 사업이 시행되었다.

○ 사업계획개요

- 위치 : 전라북도 익산시 석탄동 , 춘포면 춘포리, 덕실리,
김제시 백구면 백구리 (1개도 2개시, 1개동 2개면 3개리)
- 수혜면적 : 378 ha (원예작물재배 가능면적 : 249ha)
- 총사업비 : 26,928백만 원(ha당 71,124천원)
- 사업효과 : I.R.R = 8.0%, B/C = 1.36(5.5%할인시), 증수량 = 1,649 t
- 주요시설 : 배수장 3개소, 배수문 4개소, 배수로 10조 10.55km

○ 수문현황

- 유역면적 : 721 ha
- 홍수량 산정
 - 설계강우량 : 256.67mm (30년 빈도 1일 최대강우)

324.22mm (30년 빈도 2일 연속강우)

· 측 후 소 : 임피관측소

· 빈도별 강우량(단위:mm)

구 분	10 년	20 년	30 년	50년	100 년	비 고
1 일	200.18	234.13	256.67	278.09	311.02	
2 일	256.34	299.34	324.22	355.20	396.99	

○ 배수시설 계획

- 배수펌프장

명칭	유역면적(ha)	배수량(m ³ /s)	실양정(m)	전양정(m)	규 모
간리	479.3	15.0	6.0	7.4	310kw × 1200mm × 4대 120kw × 800mm × 2대
석탄	219.8	10.0	6.8	8.3	250kw × 1000mm × 4대 75kw × 500mm × 2대
백구	22.1	1.7	6.7	7.5	90kw × 700mm × 2대

- 배수문

명칭	위 치	배 수 문 (B×H×런)	정비내용	Sill 표고 EL.(+)m	비 고
간리1	제3호 배수로 시점	2.0×2.0×2런	신 설	2.5	핀잭(전동화)
석탄1	제1호 배수로 시점	2.0×2.0×2런	"	2.3	"
석탄2	제7호 배수로 시점	2.0×2.0×2런	"	2.9	"
석탄3	제9호 배수로 시점	2.0×2.0×1런	"	3.0	"

신기 원예작물 배수개선사업 지구

신기 지구의 주수원공은 양천에 설치된 오동보와 도리저수지를 주수원공으로 사용하고 있으며, 본 지구 상, 하류부에 설치된 청현소류지와 청현, 신기, 수대 간이양수장을 보조수원공으로 관개 급수하고 있으나, 영농기시 관개용수 부족으로 어려움을 겪고 있는 지구이며, 지구내 농경지 중앙부를 지나는 도로변의 용수간선에서 지선으로 관개급수하고 있는 실정이다.

지형적으로는 남강 지류의 지방 2급 하천인 양천 하류부 좌안에 위치하며, 동쪽은 생비량면 남쪽은 진주시 명석면, 서쪽은 단성면, 북쪽은 신등면과 산청읍을 접하고 있으며 읍소재지인 산청읍과는 약 18km의 거리에 위치하고 있으며 진주시와는 약 20km의 거리에 위치하여 대도시로의 접근성은 양호한 편이다.

따라서 수문분석 및 청문조사를 토대로 하여 침수원인을 해소하고자 기본조사(안)에서는 배수로의 설 4조 2,212m, 배수장 신설 2개소 등의 배수개선대책이 필요한 지구로서, 지역주민의 오랜 숙원인 배수개선을 통한 농경지 침수방지, 안정된 원예작물재배, 경지이용률 및 농가소득 증대, 영농환경 개선에 기여 할 수 있도록 사업이 시행되었다.

○ 사업계획개요

- 위 치 : 경상남도 산청군 신안면 신기, 청현, 하정리
- 수혜면적 : 95 ha
- 총사업비 : 12,643백만 원 (ha당 133,085천원)
- 사업효과 : I.R.R = 9.6%, B/C = 1.2(8.0%할인시)
- 주요시설 : 배수장 2개소, 배수문 4개소, 배수로 4조 2.21km

○ 수문현황

- 유역면적 : 487 ha
- 홍수량 산정
 - 설계강우량 : 361.40mm (30년 빈도 1일 최대강우)
 - 464.96mm (30년 빈도 2일 연속강우)
 - 측 후 소 : 산청관측소
 - 빈도별 강우량(단위:mm)

구 분	10 년	20 년	30 년	50년	100 년	비 고
1 일	285.35	333.63	361.40	396.12	442.95	
2 일	365.49	428.63	464.96	510.36	571.61	

- 배수시설 계획
 - 배수펌프장

구 분	신 기 공 구	청 현 공 구	비 고
배수장	Q = 6.1m ³ /sec (235kw×1,200m/m×2대) (60kw× 500m/m×1대)	Q = 11.9m ³ /sec (335kw×1,350m/m×3대) (110kw× 700m/m×1대)	
배수로	2조 1,098m	2조 1,114m	
승수로	-	1조 174m	
매 립	-	-	

한림 원예작물 배수개선사업 지구

한림 지구는 경남 김해시 한림면 금곡리 외 3개리와 생림면 생림리로, 배수본천인 화포천 우안에 접하여 6개 구역으로 산재해 있다. 김해시청 소재지에서 북서쪽(밀양방향)으로 16km 지점에 위치하고, 도로 상황은 국도 14호선(거제↔포항)과 국도 58호선(진해↔청도)에서 분기된 지방도 60호선이 지구 인근으로 통과하고 있다.

본 지구의 유역면적은 총 647ha(금곡 56ha, 장제 111ha, 봉림 109ha, 안하 116ha, 퇴은 196ha, 낙산 59ha)로서 평상시 배수는 지구내 배수로를 통하여 지류하천 및 배수본천인 화포천으로 배제된다. 그러나 홍수시는 배수본천의 외수위 상승으로 자연배제가 불가능하며 각 지역별로 기계배수시설 등 배수시설물이 갖추어져 있으나, 배수장 배제능력부족과 배수로단면부족, 배수문의 수동작동으로 인한 개폐지연, 토공인 기설배수로의 토사퇴적과 잡초식생 등으로 인한 배수로의 기능저하로 침수피해를 입고 있는 실정이다. 침수피해 상황을 구체적으로 살펴보면, 2002. 8월 한림정역 하행지점인 경전선과 지방도로 60호선의 교차점에 설치된 철도 횡단암거와 인도로부터 화포천 하천수가 유입되어 한림면소재지 일대가 재해를 입은 지역으로, 일부는 2005년 현재에도 수해복구 공사 중임. 본 지구 6개 구역에 대하여 관

런기관 및 지역주민의 청문조사에 의하면 80mm 정도의 강우에도 저지대가 상습 침수되고, 지구외 산지의 구배가 급하여 홍수도달시간이 빨라 홍수량이 일시에 하류부에 집중됨은 물론, 이상 강우로 인한 피해가 빈발하는 것으로 조사되었다.

○ 사업계획개요

- 위치 : 경상남도 김해시 한림면 금곡외 3개리,
 생림면 생림리 (1개도·시 2개면 5개리)
- 수혜면적 : 189ha (농경지 : 175ha, 기타(구거, 도로) : 14ha)
- 총사업비 : 13,846백만 원 (ha당 73,260천원)
- 사업효과 : I.R.R = 7.39 %, B/C = 1.24 (5.5% 할인시)

○ 수문현황

- 유역면적 : 647ha
- 홍수량 산정
 - 설계강수량 : 334.8mm (30년 빈도 1일 최대강우)
 - 352.9mm (30년 빈도 2일 연속강우)
 - 빈도별 강수량(단위:mm)

관 측 소	자료년수 (개년)	최대시우량 (mm)	최대일우량 (mm)	최대2일 연속우량 (mm)	비 고
밀양	40	70.0	334.8	352.9	채 택
밀양	32	70.0	271.4	334.4	

○ 주요공사

구분	배수장	배수문	배수로	매립
계	6 개소	5개소 (신설 : 3개소, 전동화 : 2개소)	9조 3,246m	3.7ha (2,130m ²)
금곡	Q= 1.5m ³ /s, 110kw× 800mm×1대 37kw× 350mm×1대		1조 255m	
장재	Q= 6.7m ³ /s, 260kw×1000mm×2대 120kw× 700mm×2대	신설:1.5×1.5×1개소	3조 816m	
안하	Q= 3.5m ³ /s, 160kw× 900mm×2대 45kw× 400mm×1대	신설:1.5×1.5×1개소 확장:1.5×1.5×1개소	2조 839m	
퇴은	Q= 3.8m ³ /s, 310kw×1200mm×1대 130kw× 700mm×1대			3.7ha (2,130m ²)
낙산	Q= 1.5m ³ /s, 140kw×800mm×1대 45kw×350mm×1대	전동화	1조 312m	
봉림	Q= 1.27m ³ /s, 55kw×600mm×1대 45kw×500mm×1대	전동화	2조 1,024m	

향후 변화 추이 전망

우리나라 시설원에 농업은 생산과 소비 측면에서 당분간 지속적으로 증가할 것으로 전망된다. 시설채소는 가온재배와 저온저장기술의 발달에 의한 연중공급으로 주년소비가 강화되고 화훼는 대중화 추세에 따라 소비가 지속적으로 증가할 전망이다. 생산은 그 동안 내수 및 수출 수요 증가에 따라 지속적으로 증가해 오다가 IMF와 경기침체에 따른 수요 위축으로 성장이 둔화되었다가 최근 웰빙에 따른 원예작물의 국내 수요와 수출 증가로 인해 다시 증가추세를 보이고 있다.

시설원에 전문가와 지역 생산자조직의 담당자를 대상으로 우리나라 경종작물의 품종별 생산 전망 의견을 조사한 바에 따르면, 곡물, 서류, 축산, 노지채소, 과일 등은 현 수준 유지 또는 위축될 것으로 전망한 반면, 시설원예는 현 수준을 유지하거나 성장할 것으로 전망하고 있다. 특히 시설원예 전문가들은 시설원예 면적이 지속적으로 서서히 증가할 것이지만, 시설원예·화훼의 수출이 확대되고 미작 농가의 재배의욕 감퇴에 따라 시설원예작물로 작목전환이 이루어질 경우에는 시설면적이 급증할 수도 있다고 전망

하고 있다. 또한 시설농가 대부분은 에너지 의존형 고비용 방식으로 작물을 재배하고 있어, 유가 상승에 따른 생산비를 절감하기 위해 출하시기를 조절하여 광열비를 절감하는 생산체계가 예상된다. 한편 시설원예는 비교적 작목간 전환이 쉬워 고소득 작물로 생산이 집중되어 수급 및 가격 불안정이 만성화 될 우려가 있다.

시설원예작물 수요는 국민소득의 증가에 따라 증가할 것으로 전망되며, 농산물의 소비형태가 다양화, 고급화되는 추세에서 소비자 지향적인 공급체계를 갖추는 것이 주요한 과제이다. 앞으로 농산물에 대한 소비자의 소비 형태는 신선도가 높은 것, 맛과 모양이 좋은 것 등으로 고품질 농산물에 대한 수요가 증가하고, 환경 및 식품안전성에 대한 관심이 높아짐에 따라 친환경 농산물의 거래량이 증가할 것으로 전망되어 품질이 나쁘거나 안정성이 보장되지 않을 경우 지속적인 공급유지가 곤란할 것으로 보인다. 따라서 소비 및 유통형태의 다양화에 대비한 다양한 포장 규격과 소비자의 구매 욕구에 부응할 수 있는 생산물을 생산하여 계획적으로 출하하는 것이 대단히 중요하다.





앞으로 우리나라 원예 산업에 영향을 미치게 될 중요한 요소가 중국의 동향이다. 특히 중국이 세계무역기구에 가입함으로써 우리나라 농산물 시장을 겨냥한 수출압력도 커질 것으로 판단되며, 신선채소류에 대한 수확 후 처리기술의 발전으로 국내시장에 빠르게 진출할 것으로 전망된다. 최근 중국은 외국의 우량 채소종자 도입과 보급 확대로 수출용 채소단지가 경쟁적으로 확대되고 있다. 중국의 농업형태는 우리나라와 비슷하여 경쟁관계가 될 것으로 보이며, 특히 시설채소 부문은 더욱 치열한 경쟁을 벌일 것으로 예상된다. 시장개방이 확대될수록 수입농산물 가격이 국내농산물 가격 상승의 한계가 되는 현상이 분명하게 나타날 것으로 전망된다.

한편 시설채소류를 중심으로 한 대일본 수출경험은 우리 시설채소 농가에게 희망을 주는 요소이기도 하다. 중국 또한 다량 소비 국가로서 앞으로 국민소득이 향상되면 고품격 농산물에 대한 수요가 증가하여 오히려 우리 농산물을 수출할 가능성도 있으므로 중국을 향한 고품질 신선농산물의 수출확대 방안도 모색할 필요가 있다. 따라서 우리나라 시설원예는 일본, 장기적으로는 중국 수출을 통해 활로를 찾을 수 있으며 수출 증대를 위한 다방면의 노력이 경주되어야 할 것이다.

2. 시설농업 지역의 침수피해 현황 및 원인분석

시설농업의 침수피해는 수도작 지역의 침수피해보다 상대적으로 적지만 그에 따른 사회적·경제적 파장이 크게 나타나는 특징을 가지고 있다. 금년 7월 집중호우시 시설농업 지역의 침수피해 현황을 살펴보면 전체 농경지 침수면적인 21,438ha 중 4.3%에 해당하는 928ha의 시설농업(원예) 지역이 침수피해를 본 것으로 조사되었으며, 주요 침수원인은 다음과 같다.

<표 2-19> 2011년 7월 침수피해 주요 원인

	
전북 화상배수장	경남 홍정지구
강우발생일 : 7.10(2일강우 341mm) 침수면적 : 190ha (벼:100ha, 원예:90ha) 피해원인 : 이상강우 발생 및 외수위 상승, 시설용량 부족	강우발생일 : 7.09(2일강우 361mm) 침수면적 : 15ha(원예:15ha) 피해원인 : 시설배수장 용량 부족 및 배수로 단면부족
	
강원 경포배수장	경남 단목지구
강우발생일 : 6.25(2일강우 165mm) 침수면적 : 60ha(벼:50ha, 원예:10ha) 피해원인 : 이상강우 발생 및 배수로 단면 부족	강우발생일 : 7.09(2일강우 361mm) 침수면적 : 40ha(원예:40ha) 피해원인 : 시설용량 부족 및 이상강우 발생

또한, 구체적인 Case별 침수원인을 39개소 침수피해 지구를 토대로 살펴보면 집중호우에 따른 지구 외수위 상승(배수능력 부족), 배수시설의 용량 부족, 저지대에 위치한 지구의 통수능력 부족, 배수로 단면 부족에 따른 침수 발생 등 다양한 원인이 있으며, 특히 이상강우 발생에 따른 외수위상승

(배수능력 부족)이 배수시설에 침수피해가 발생하는 주요원인으로 분석되었으며, 기설 배수시설의 용량부족(배수장 규모, 배수로 단면 등)으로 인한 침수피해가 발생하는 것으로 조사되었다.

<표 2-20> 2011년 7월 시설농업지구 침수피해 현황

시군	지구	계	침수면적 (ha)		침수원인
			벼	원예	
진천	용몽	32	30	2	한천천 배수능력 부족, 외수위상승
청원	서평2	22	21	1	배수시설 용량부족
논산	아호	276	194	82	논산천수위상승 및 배수용량부족
논산	사포	245	175	70	강경천수위상승 및 배수용량부족
논산	방축	80	60	20	방축천수위상승 및 배수용량부족
익산	내촌	119	92	27	배수본천 수위상승, 배수장 용량 부족
정읍	거산	119	119	2	저지대로써 통수능력 부족
정읍	화호	110	107	3	저지대로써 통수능력 부족
보성	고읍	270	250	20	홍수배제시설 미비(토공수로)
성주	관화	70	-	70	배수로 불량 및 외수 상승
성주	섭안	28	-	28	배수로 불량 및 외수 상승
상주	수상	3	2	1	집중호우
밀양	밀양	100	80	20	기설배수장 용량 및 배수로 단면부족
의령	화양	33	25	8	시설용량부족
진주	단목	40	-	40	시설용량 부족 및 이상강우
사천	완사	47	38	9	기설배수장 용량부족 등
창녕	오호	84	10	74	시설용량 부족 및 이상강우 발생
밀양	수산	100	90	10	기설배수장 용량 및 배수로 단면부족
진주	홍정	15	-	15	이상강우발생 및 기존 보로인한 배수지체
밀양	초동	50	47	3	기설배수장 용량 및 배수로 단면부족
강릉	경포	60	50	10	배수로 단면부족
청원	서평2	3	3	1	배수로 단면부족
군산	장산	431	430	1	이상강우 발생
익산	창리	200	153	47	시설용량 부족, 이상강우 발생 및 외수위상승
익산	산수	116	113	3	시설용량 부족, 이상강우 발생 및 외수위상승
익산	화산	190	100	90	시설용량 부족, 이상강우 발생 및 외수위상승
익산	봉동	30	25	5	시설용량 부족, 이상강우 발생 및 외수위상승
익산	내촌	74	52	22	시설용량 부족, 이상강우 발생 및 외수위상승
익산	어동	82	75	7	시설용량 부족, 이상강우 발생 및 외수위상승
익산	성당	103	102	1	시설용량 부족, 이상강우 발생 및 외수위상승
익산	석동	100	60	40	시설용량 부족, 이상강우 발생 및 외수위상승
완주	하리	120	90	30	시설용량 부족, 이상강우 발생 및 외수위상승
완주	해진	50	10	40	시설용량 부족, 이상강우 발생 및 외수위상승
영천	황정	53	50	3	이상강우발생
의성	속암	4	3	1	시설용량 부족 및 이상강우 발생
의성	성암	12	10	2	시설용량 부족 및 이상강우 발생
김제	백공	620	550	70	배수장 및 배수로 미시공
진주	응석	50	-	50	외수위 상승

제3장 기후변화에 따른 배수체계 개선 방안

제3장 기후변화에 따른 배수체계 개선 방안

제1절 강우자료 빈도분석

1. 우리나라 강수특성

우리나라 년 강수량은 중부지방은 1,100~1,400mm, 남부지방은 1,000~1,800mm로 경북지역은 1,000~1,200mm이며, 경남해안 일부지역은 1,800mm정도, 제주도지방은 1,450~1,850mm이다. 계절적으로는 <표 3-1>과 같이 년 강수량의 50~60%가 여름에 내린다.(20년 이상 연속 관측한 60개 지점 1971~2000년 평년값 기준) 일본, 캐나다, 중국과 강수특성을 비교해보면 연간 평년강수량은 비슷하지만 최대값을 갖는 월의 평년값을 보면 일본(도쿄) 208.5mm(9월), 캐나다(벤쿠버) 181.0(11월), 미국(시애틀) 150.1(12월), 중국(상하이) 156.0(9월)이지만 서울은 348mm(8월)로 상대적으로 매우 크다.

<표 3-1> 주요국가의 월별 평년강수량(mm)분포(기상청 세계기후)

국가 (도시)	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	연간
한국 (서울)	06	236	458	770	1022	1333	3279	3480	1376	493	530	249	13232
일본 (도쿄)	486	602	1150	1300	1280	1649	1615	1551	2085	1631	925	396	14570
캐나다 (벤쿠버)	1540	1230	1140	840	679	548	396	391	535	1126	1810	1757	11992
미국 (시애틀)	1370	1010	899	592	432	381	193	290	478	820	1481	1501	9447
중국 (상하이)	390	530	810	1020	1150	1520	1280	1330	1560	610	510	350	11120

※ 기상청(세계기후자료)

우리나라 장마는 6월 중순 후반에 제주도 지방으로부터 시작하여 6월 하순 초반에 점차 중부지방에 이르게 되며, 장마기간은 대략 30일 정도이다. 또한 태풍은 북태평양 서부에서 연중 28개 정도가 발생하며, 이중 2~3개가 우리나라에 직·간접적으로 영향을 주며, 이 태풍들은 케릴라성 강우특

성을 가지고 있어 그 피해가 매우 크다.

2. 관측강우량의 변화추세

1973~2010년 사이에 우리나라 전국 61개 측후소의 관측강우량의 지속시간별 변화추세를 살펴보면 1시간강우량의 경우 '80년 이전 97.0mm, '90년 101.0mm, '00년 128.0mm, 2010년 128.0mm으로 '80년 이전 관측강우량 대비 약 32% 증가하였고, 1일 강우량은 '80년 이전 340.5mm, '90년 547.4mm, '00년 547.4mm 2010년 870.5mm로 '80년 이전 관측강우량 대비 156% 증가한 것으로 나타났다. 그리고 2일 강우량에 대해서는 '80년 이전 416.9mm에서 '10년에는 884.5mm로 약 112% 급증하는 변화추이를 보이고 있다. 1일, 2일강우량의 경우 특히 2000년대에 극값의 변동 폭이 큰 특징을 보이고 있다.

<표 3-2> 강우지속기간별 관측강우량의 극값변화

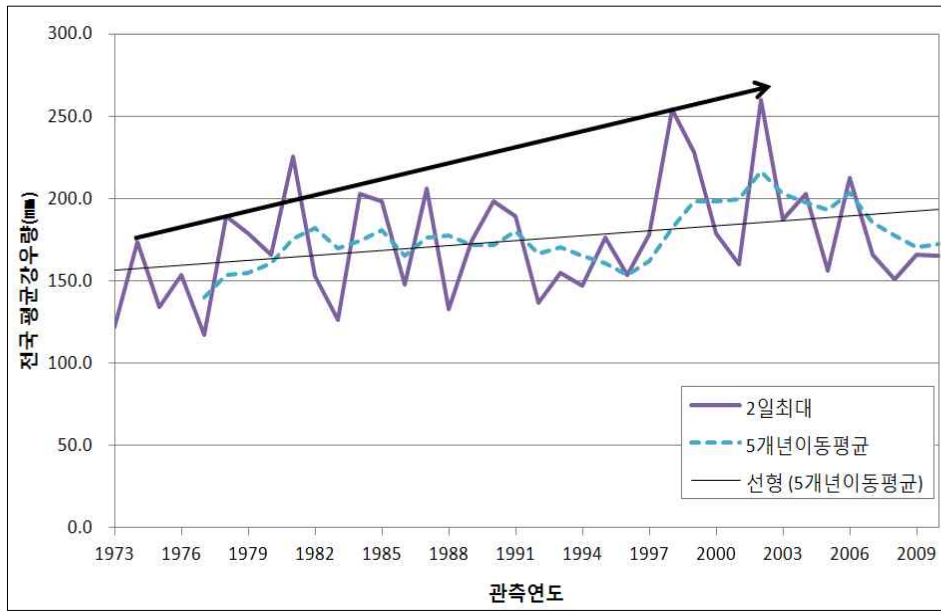
구 분	~1980년	~1990년	~2000년	~2010년	비 고
1시간	97.0 (‘75-07-25, 양평)	101.0 (‘81-08-10, 성산)	128.0 (‘98-07-31, 순천)	128.0 (‘98-07-31, 순천)	
1일	340.5 (‘79-08-25, 통영)	547.4 (‘81-09-02, 장흥)	547.4 (‘81-09-02, 장흥)	870.5 (‘02-08-31, 강릉)	저수지 설계기준
2일	416.9 (‘74-05-20, 거제)	630.9 (‘81-09-03, 장흥)	635.5 (‘99-07-30, 거제)	884.5 (‘02-08-31, 강릉)	배수장 설계기준

※ 전국 61개 관측소 대상(1973~2010년, 38개년 대상)

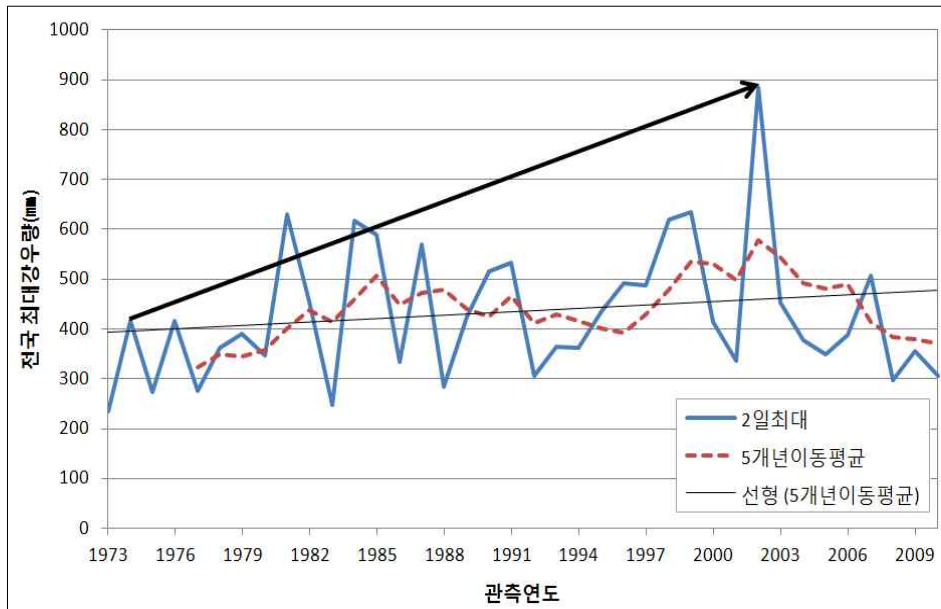
전국 2일최대 강우량의 평균값의 변화추세를 살펴보면 <그림 3-1>에서 처럼 연도별 2일최대 강우량의 변화폭이 과거에 비해 커지는 경향을 보이며, 변화의 빈도도 잦아지는 것으로 나타난다. 또한 전국평균값은 최근연도로 갈수록 지속적인 상승추세이며, 연도별 편차도 점차 커지는 추세이다.

전국 2일최대 강우량의 극값의 변화추세를 <그림 3-2>에서 살펴보면 일 최대 강우량의 전국 극값 또한 최근연도로 갈수록 지속적인 상승추세이며, 태풍 ‘루사’ 등 많은 재해가 있었던 ‘02년 관측 값의 경우는 기존 관측 값의 2배에 달하는 것으로 나타난다.

<그림 3-1> 전국 2일최대 강우량의 평균값



<그림 3-2> 전국 2일최대 강우량의 극값의 변화추세



확률강우량의 초과 강우사상수를 알아보기 위해 1990년을 기준으로 배수개선 설계기준 강우량인 20년빈도 2일 확률강우량과 최근 20개년(1991~2010년) 48시간연속 최대 강우량인 관측강우량을 비교해보면 <표 3-3>에서 보는 것과 같이 최근 20개년간 20년빈도를 초과하는 관측강우량수가 96회, 관측소당 1.6회 발생한 것으로 나타났으며, 최근 20개년간 30년빈도를 초과하는 관측강우량수는 75회, 관측소당 1.2회 발생한 것으로 나타났다.

<표 3-3> 최근 20개년간 확률강우량 초과 관측강우량

구 분	전국 평균 확률강우량	최근20개년(1991~2010년)		비 고
		초과관측소 수	관측강우량 초과횟수	
20년 2일	340.9	45	96	
30년 2일	370.3	38	75	
50년 2일	407.1	26	46	

※ 장기간 확률빈도분석이 가능한 전국 61개 관측소 대상

확률강우량을 초과하는 강우량에 대해 <표 3-4>에서 살펴보면 관측강우량 횟수 96회중 7회(7%)는 확률강우량의 200mm이상 초과, 관측강우량 횟수 96회중 21회(22%)는 확률강우량의 100mm이상 초과하였고, 관측강우량수 횟수 96회중 42회(44%)는 확률강우량의 50mm이상 초과하는 것으로 나타난다.

<표 3-4> 최근 20개년간 확률강우량 초과 관측소

구 분	>300mm	>200mm	>100mm	비 고
20년 2일	강릉, 포항, 대관령	울산, 보은, 강화, 보령	울진, 군산, 포항, 서산, 부산, 영덕, 영주, 거제, 강화, 구미, 천안, 부안	
30년 2일	강릉, 포항	울산, 보령, 대관령	강화, 보은, 울진, 군산, 포항, 서산, 영덕, 영주, 부산, 구미	
50년 2일	강릉, 포항	대관령, 울산	보령, 강화, 울진, 보은, 포항, 군산, 영덕	

※ 장기간 확률빈도분석이 가능한 전국 61개 관측소 대상

확률강우량을 초과하는 관측소에 대해 강릉, 포항, 대관령관측소는 20년

빈도 2일 확률강우량을 300mm이상 초과, 울산, 보은, 강화, 보령관측소는 200mm이상 초과, 100mm이상 초과한 관측소는 울진, 군산 등 12개 관측소인 것으로 나타났다.

관측소별 확률강우량 초과 횟수를 <표 3-5>에서 살펴보면 울진, 영덕, 구미관측소는 20년간 20년빈도를 5회 이상 초과, 20년간 14개 관측소가 20년빈도 확률강우량을 3회 이상 초과한 것으로 나타났다.

<표 3-5> 최근 20개년간 확률강우량 초과 빈도가 높은 관측소

구 분	≥5회	4회	3회	비 고
20년 2일	울진(8), 영덕, 구미	영주	울릉도, 서산, 청주, 추풍령, 포항, 강화, 천안, 금산, 부안, 임실,	
30년 2일	울진(6), 구미	영덕	울릉도, 추풍령, 포항, 강화, 천안, 금산, 영주	
50년 2일	구미	영덕, 울진	강화, 포항	

※ 장기간 확률빈도분석이 가능한 전국 61개 관측소 대상

또한, 강우변화에 따른 확률강우량 변화를 <표 3-6>에서 살펴보면 '90년 이전에 20년빈도였던 강우가 현재 '10년 기준으로 5년빈도 강우에 해당된다. 이에 따라 '90년 이전에 설계한 해당 관측소 주변 배수개선 사업지구는 최초 설계시 20년 홍수에 견딜 수 있도록 설계하였으나, 기후변화 및 이상강우로 인하여 현재는 5년에 한번정도로 빈번한 침수피해를 입을 것으로 판단된다.

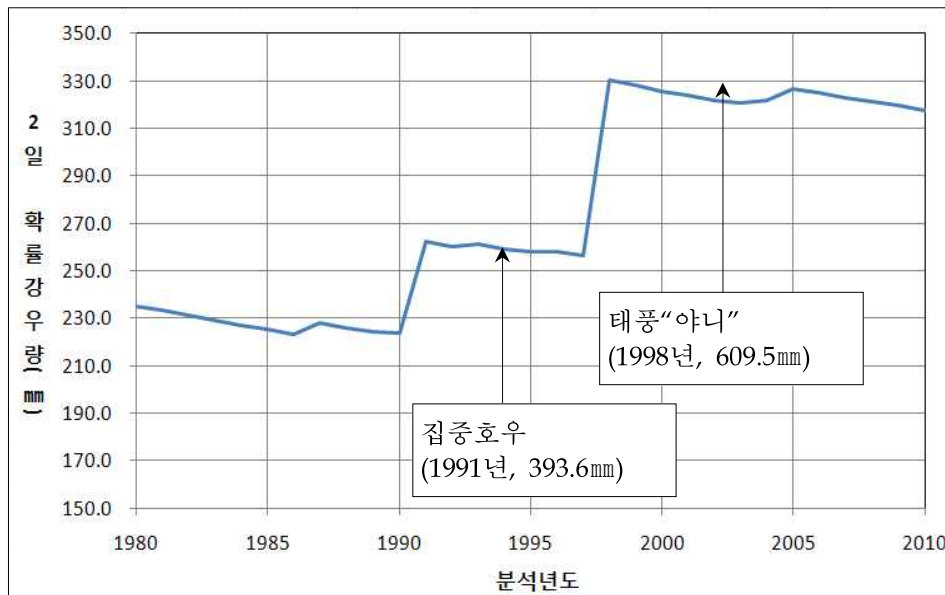
<그림 3-3>은 포항관측소의 1980년부터 2010년까지의 설계강우량(20년 빈도 2일확률강우량)의 변화를 나타낸 것으로서 '91년 집중호우(393.6mm), '98년 태풍 "야니"(609.5mm) 등 관측 최대값이 갱신될 때마다 설계강우량이 크게 증가하는 것을 알 수 있다.

<표 3-6> 최근 20개년간 주요지점 확률강우량의 변화

구 분	포항	강릉	울산	울진	강화	영덕	비 고
20년빈도 강우량	~1990년	238.2	423.3	269.9	201.4	393.2	187.9
	~2010년	368.4	510.4	348.0	279.4	470.3	261.1
	증가량	130.2	87.1	78.1	77.9	77.1	73.2
현재기준 빈도	5년	10년	8년	5년	10년	5년	

※ 현재기준 빈도는 1990년의 20년 확률강우량은 현재기준으로 평가할 경우 빈도임

<그림 3-3> 20년빈도 2일 확률강우량(포항관측소)



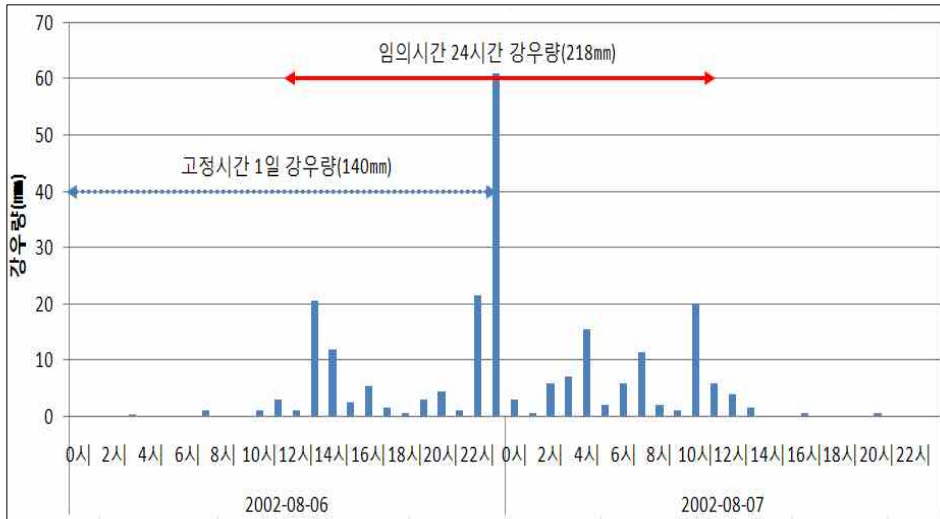
3. 고정시간 강우량과 임의시간 강우량

합리적인 수공구조물의 설계를 위해서는 안정적인 확률강우량을 산정하는 것이 가장 중요한 과정 중의 하나이다. 확률강우량은 강우관측소에서 관측된 강우자료로부터 각 지속기간에 해당하는 연최대치 강우계열을 구성한 자료의 빈도해석을 통해 산정하게 되며, 농어촌공사에서 적용하고 있는 현행 설계기준에는 고정시간 강우량을 기준으로 하고 있다.

고정시간 강우량이란 1시간, 1일, 2일 등 고정된 시간이나 날짜를 기준으로 하는 강우량을 말하며, 임의시간 강우량은 60분, 1440분, 2880분 등 연속적인 수문사상을 기준으로 하는 강우량을 정의한다. 아래 <그림 3-4>는

서산관측소의 2002년 8월 6일부터 8월 7일까지의 시간별 강수량을 나타낸 것으로 고정시간 1일 강수량의 경우 140mm로 나타나나 임의시간 24시간 강수량의 경우 218mm로 큰 차이를 나타내는 것을 알 수 있다.

<그림 3-4> 시간별 강수량 (서산관측소)



국내에서 매년 관측되어 발간되어 데이터베이스화 하는 강우자료는 고정시간 시우량 및 달력일의 일우량이 대부분이므로 과거 강우자료 분석시에는 고정시간 일우량 만으로 빈도해석을 수행하고 있다. 고정시간 강우량의 경우, 실제 수공구조물에 영향을 미치는 수문학적 의미의 강우자료로 보기 어렵고 위에 설명한 바와 같이 강우사상을 기준으로 할 경우 초과 위험이 높아 고정시간 강우량 적용의 문제점을 나타낸다.

국내 수공구조물 설계시 강우자료 작성 방법은 대부분 분단위 임의지속기간의 강우량을 추출하여 분석하고 있으며 하천설계기준에 따르면 하천설계기준에 따르면 ‘고정시간 시우량이나 일강우량만을 가지고... 수문학적 의미를 갖는 지속기간별 확률강우량을 산정할 수 있도록... 고정시간 간격의 강우자료에 이 환산계수를 적용하여 수문학적 의미를 갖는 지속기간별 확률강우량을 산정한다.’ 반면 농업생산기반정비사업 계획설계기준(필댐편, 배수편 등)에서는 ‘설계 강우량은 설계 홍수량을 산정하기 위한 기준강우량으로 설계목적에 따라 1시간, 1일, 2일연속의 강우지속시간에 해당하는 빈도별 확률강우량, 가능최대강우량과 강우분포를 산정한다.’ 으로 아직까지 고정시간 강우량을 기준으로 하고 있어 현실적으로 실제 수공구조물에 영

향을 미치는 수문학적 의미의 강우자료로 보기 어렵다. 적용 강우자료별 확률강우량의 차이는 <표 3-8>에서와 같다.

<표 3-7> 국내 강우자료의 지속시간별 관계

고정시간 간격	임의의 지속기간	환산 계 수
1시간	60분	1.129
3시간	180분	1.033
6시간	360분	1.013
24시간	1440분	1.005
1일	1440분	1.161

※ 하천설계기준(국토해양부, 한국수자원학회, P311)

<표 3-8> 고정시간 확률강우량과 임의지속기간 확률강우량의 평균값(20년빈도)

구 분	1990년 기준			2010년 기준			비 고
	고정	임의	비율	고정	임의	비율	
1시간(60분)	64.6	72.9	1.1285	66.1	74.7	1.1301	
1일(1440분)	252.1	296.0	1.1741	260.9	297.3	1.1395	
2일(2880분)	340.9	357.3	1.0481	339.9	356.1	1.0477	

※ () 임의의 지속기간, 전국 61개 관측소 대상

제2절 배수개선 설계기준 적정성 분석

1. 기존 배수설계기준 적정성 검토

설계강우량 기준

'70년도 농지개량사업계획설계기준(배수편 이하 계획설계기준)에서 배수장 계획배수량의 기본이 되는 설계강우량은 10년 빈도의 발생 확률강우량으로 한다고 하고 있다.

이는 외수위와 강우와의 조합을 검토하여 담수량 등으로 입는 피해요소를 참작하여 10년에 1회의 비율에 상당하는 피해량이 발생하는 강우를 기준 강우량으로 하였기 때문이다. 그러나 승수로나 공공적인 성격을 많이 띤 배수로는 보다 더 큰 강우를 기준으로 해도 좋다고 되어있으며, 강우량 결정 방법은 유역안에 장기간 관측기록이 없어 대부분 기상조건이 비슷한 근처에 있는 관측소의 자료를 통계적으로 검토 처리하여 이용한다고 하고 있다.

'83년도 제1차 계획설계기준 개정시는 기계배수를 하는 평균배수계획에서는 1~3일 강우에 대한 확률 계산을 하여 확률 강우량을 정한다고 하고 있다. 계획에 대상이 되는 강우규모는 20년에 1~3회 정도 기대되는 호우 규모가 최적이라고 하고 있다. 그러나 20년에 1회 정도 발생하는 강우를 1차 목표로 하되 지구의 경제성, 사회성, 기술적 요건을 고려하여 정한다고 하고 있다. 한편 승수로나 공공적인 성격을 많이 띤 배수로는 20년 빈도의 강우보다 더 큰 강우를 기준으로 해도 좋다고 하고 있다. 강우의 해석 결과는 관측 자료가 증가함에 따라 달라지므로 계획수립에는 가장 새로운 자료를 기본으로 해야 되다고 하고 있다. 이는 최신 자료를 포함한 전체 자료에 의하는 것으로 보여진다. 대상 관측소의 선정은 과거 기상조건이 비슷한 인근관측소의 자료를 이용토록 하였으나 이 기준에서부터 계획 대상지구의 기상조사는 계획지구가 포함된 Thiessen망의 지배관측소를 자료수집관측소로 정하도록 하고 있다.

'01년 제2차 개정 농업생산기반정비사업계획설계기준(배수편)에서는 계획 배수량의 기본이 되는 설계강우량은 20년 빈도의 발생확률을 갖는 2일 연속 강우량을 계획의 대상으로 택하는 것을 원칙으로 하고 있다. 안전성을 중시하고 공공의 성격이 큰 배수계획의 경우에는 설계자의 재량에 의해 큰 빈도의 강우로 조정할 수 있도록 하고 있다.

배수계획시 설계강수량 기준은 배수 펌프장과 배수로는 20년 빈도이상, 승수로는 50년 빈도이상, 국가하천 및 지방하천은 해당 하천설계기준 적용하도록 하고 있다. 그리고 배수문은 유역규모 유역 내 취락 등에 따라 규모별로 20~100년 빈도를 사용한다고 하고 있다. '03년 재해대비설계기준에 의한 설계강수량은 기상이변에 따른 국지적 집중호우에 대비하여 최근의 이상강우가 배수계획수립에 반영될 수 있도록 하였다. 재배관측소의 관측 개시년도 부터 전체강우자료와 최근 30개년 이상 강우자료를 20년빈도로 분석하여 큰값을 설계강수량으로 채택하도록 하였다. 하지만 3.1장에서 분석한 것과 같이 11년 7월~8월 집중호우시 설계강수량(20년 빈도)를 초과하는 관측소가 10개소, 30년 빈도를 초과하는 관측소는 8개소로 기후변화에 대응할 수 있는 설계기준 상향 조정 등 근본적 대책마련이 필요하다.

계획배수량

'70년도 농지개량사업계획설계기준의 배수장의 계획 배수량의 산정 방법은 일단 산정된 홍수량을 기초로 그 지역에 대한 누가유출량과 누가배수량 차를 계산하고 이때 그 양이 경지내에 담수 되어도 작물에 큰 피해를 입지 않을 정도의 조건이 되도록 계획배수량으로 한다고 하였다.

'83년 1차 개정 계획설계기준의 계획배수량은 원칙적으로 20년에 1~3회 정도 발생하는 예상호우 규모를 대상으로 하여 수도 단일작일 때는 1일 우량을 1일 배제로 하고 답리작이나 밭의 경우는 4시간 강우 4시간배제를 기준으로 결정한다고 하고 있다. 그러나 수익지구의 배수목표를 가리키는 계획기준내수위를 정하고 해석의 결과에서 구한 계산내수위가 계획 내수위를 넘지 않도록 규정하고 있어 사실상 수익지구 내 허용 담수심 이내가 되는 배수량을 계획 배수량으로 하고 있다.

2001년 2차 개정 계획설계기준의 계획배수량은 설계강수량이나 계획기준 외수위에 의해 정해지는 기준값으로 홍수시 계획배수량은 배수상황 따라 다음의 몇 가지 방법으로 나누어 산정토록 하고 있다.

농경지내에 저류현상을 고려치 않은 경우는 설계강수량에 의한 첨두홍수량을 계획배수량으로 한다고 규정하고 있다. 농경지내에 저류현상을 고려하는 경우는 논에서 벼 단작인 경우 계획배수량은 24시간 강우량을 1일 배제로 해서 구한 배수량으로 한다고 하고 있으며 벼와 밭작물을 재배하는 답리작이나 밭의 경우에는 가능한 담수를 방지하기 위하여 계획배수량은 4시간 강우량을 4시간 배제로 해서 구한 배수량으로 한다.

배수문이나 배수펌프장의 설치가 필요한 경우는 수혜구역내 배수시설의 용량은 침수분석결과 결정된 계획배수량의 1.5배로 결정하고 지류는 비유량으로 하며 수혜구역 외는 경지에 저류현상을 고려하는 계획배수량과 비교하여 이중 큰 값을 채택하여 사용한다고 하고 있다. 그러나 기계배수량은 침수허용조건이 만족하는 범위에서 검토하도록 하고 있어 유입홍수량을 산정하고 계획 배수량을 가정하여 내수위를 추적 최고 내수위가 허용 담수심(30cm)내에 들도록 규정하고 있다.

계획배수량은 계획설계강우량으로 구한 유입홍수량과 계획배수량과의 차이에서 추적한 내수위가 수혜구역의 최저 답면의 허용담수심 내가 되도록 하는 것을 기본으로 하고 있지만, 설계강우량과 마찬가지로 최근 기후변화에 따른 강우량증가를 반영하지 못하고 있는 실정으로 배수장, 배수로 등에 대한 계획배수량을 상향 조정할 필요가 있다.

허용담수심

기계배수를 하는 지구에서 담수를 허용하지 않는 것은 시설규모가 커져서 비경제적이므로 피해를 받지 않는 범위 내에서 담수를 허용하여 시설규모를 줄여 공사비와 관리비를 줄이려고 하고 있다. 벼의 침수피해는 생육시기, 침수시간, 수온, 수질, 침수심에 따라서 그 피해정도가 달라짐으로 '70년 계획설계기준에는 논에서 30cm이하로 하고 30cm를 초과할 때에는 담수시간이 24시간을 넘지 않도록 계획하도록 하고 있으며, 허용담수면적은 전체 계획대상면적의 10% 이내로 하고 넓은 경우에도 100ha 정도를 넘지 않게 계획한다고 규정하고 있는 것이 특징이다. 이때에는 밭작물에 대한 언급이 없다.

현행 계획설계기준의 경우 벼에 대해서는 '83년의 계획설계기준 같이 허용담수심을 논에서는 30cm로 정하고 허용담수를 초과할 경우 담수계속시간은 24시간을 한도로 하고 관수를 피하는 정도가 좋다고 하고 있으며, 원예작물의 담수는 원칙적으로 허용되지 않는다. 하지만 원예작물을 100% 무담수(허용담수 불허)로 할 경우, 배수시설의 규모증가에 따른 경제적 부담감과 비교적 짧은 침수연속시간을 감안 한 경우 작물의 피해정도, 경제성 등 지구여건을 고려하여 침수는 최소한의 허용 침수시간에 배제가 가능하도록 한도를 두는 것이 좋다.

계획기준외수위(홍수위)

배수장의 양정을 잡는 방법에 대하여 '70년 계획설계기준의 외수위는 과거의 장기간의 관측기록 자료에 의하며 그간의 최고수위로 결정하는 것은 피하여야 하며, 최대외수위의 발생빈도 및 그 최대외수위의 지속시간 등을 감안하여 외수위를 결정하는 것이 좋다고 하고 있다. 그러나 계획기준 우량결정 방법에서 외수위가 지구내 배수에 영향을 미치게 될 경우는 외수위와 강우의 조합을 검토하고 담수량 등으로 입는 피해요소를 참작하여 10년에 1회의 비율에 상당하는 피해량이 발생하는 경우의 강우를 기준강우로 한다고 하고있어 외수위와 강우의 조합으로부터 구한 피해량으로 외수위를 정하도록 하고 있다. 그래서 외수위 관측자료가 없을 때는 계획배수량 산출에 이용된 우량의 강우가 있었을 때의 외수위와 어떤 관계가 있는가를 충분히 검토한다고 되어있다. 이는 배수장의 규모는 외수위의 높고 낮음에 따라 양정이 결정되지만 배수장의 규모는 외수위의 하이드로그래프의 모양 즉 피크의 지속시간 상승 감퇴의 특성에 영향이 크다.

'83년 계획설계기준에서도 외수위의 채택빈도에 대해서는 별도의 기준이 없으나 몇 년의 한번정도의 강우이면 계획지구내의 강우와 배수본천의 강우와의 사이에 상당히 상관성이 있다고 보고 이러한 상관관계를 이용하여 외수위 홍수수문곡선 추정하도록 하고 있다. 또한 배수기의 양정을 결정할 때는 기준외수위 하이드로그래프의 피크값 이 외에 강우량과 외수위 피크값과의 상관을 검토하는 과정에서 작성된 회귀 곡선으로부터 실측치와의 편차를 고려하여 구한 외수위 피크값 또는 외수위 피크값의 확률계산결과 추정된 계획 확률 외수위 피크값 등에서 큰 값을 택하도록 하고 있다.

그래서 실무에서는 계획설계강우량의 빈도와 같은 빈도의 외수위를 사용하였다. 그래서 '70년대에는 10년 빈도 외수위를 '80년대에는 20빈도의 외수위를 설계외수위로 하였으나 배수장 능력 계산에는 외수위 홍수수문곡선의 피크값, 외수피크의 지속시간, 외수위의 상승 및 감퇴 특성에 영향을 받음으로 이에 대해 충분히 검토하여 정하였다.

'01년 계획설계기준은 배수계획시설물의 규모를 결정짓는 계획기준외수위는 해당 시설물의 설계빈도와 동일하게 결정한다고 하는 것은 '83년 계획설계 기준과 같다. 그러나 2차 개정에서는 일반적으로 배수로, 배수문, 배수펌프장 등은 20년 빈도로, 그리고 승수로는 50년 빈도의 확률에 대해 설계한다고 기준년을 명시한 것이 다른 점이다. 외수위 수문곡선의 추정은 외수위의 첨두값, 첨두수위의 지연, 외수위 상승 감퇴의 특성에 대한 충분

한 검토를 하도록 하고 있다.

재해 대비 설계기준은 현재 배수장의 실양정은 배수장 초기흡입수위(20년빈도 강우기준)와 20년빈도 하천홍수위의 차이를 기준으로 결정되나, 홍수시 하천수위의 잦은 상승으로 배수장의 홍수배제능력을 충분히 발휘할 수 없으므로 배수장 실양정 결정시 외수위는 건설교통부 하천시설기준에 따른 하천등급별 계획홍수위를 기준으로 결정하도록 하였다.

○ 침수분석시

- 내수위 : 계획기준 내수위(20년빈도 강우기준)

- 외수위 : 20년빈도 하천홍수위

○ 실양정 결정시

- 내수위 : 배수장 초기흡입수위(20년빈도 강우기준)

- 외수위 : 하천등급별 계획홍수위(건설교통부 하천시설기준)

계획기준외수위(홍수위)의 경우에도 설계강우량과 연계하여 결정되기 때문에 설계강우량 상향 조정될 경우 외수위(하천홍수위, 하천등급별 계획홍수위), 내수위(계획기준 내수위, 초기흡입수위)도 상향 조정되어야 한다.

2. 원예작물지구 선정 유형별 검토 및 방향제시

면적기준에 따른 지구 선정

기존 수도작(논) 위주의 영농여건이 원예작물(밭작물, 화훼 등) 재배지역 확대와 비닐하우스를 이용한 특수작물 재배면적이 증가함에 따라 변화하고 있어, 이에 대응하는 배수대책 마련이 필요하다. 원예작물 재배지역의 경우 평상시에는 배수를 고려, 배수장내 소형펌프를 확대 설치하고 소량의 강우와 강우초기에 배수장을 조기 가동하여 원예작물 침수피해에 사전대비를 할 수 있는 반면, 홍수시에는 침수피해를 최소화하기 위한 별도의 기준이 미흡해 배수대책수립이 요구되고 있다. 따라서 홍수시 원예작물지구 배수 대책수립을 위해서는 우선 원예작물지구 선정 기준(면적기준에 따른 지구 선정)을 검토하여야 하며 이를 위해 금년 농경지 침수피해 실태 보완 조사를 통해 전국 원예작물 대상지(표본지구)에 대한 면적 현황을 살펴보았다. 전국 원예작물 대상지(표본지구) 조사결과, 총 210지구 37,089ha(원예재배 9,953ha 26.8%)로 조사되었고 지역별 원예작물 재배면적 분포를 살펴보면 충남, 전북, 전남, 경북, 경남에 집중되어 있는 것으로 조사되었다. 원예작물 면적비율(충북 제외)이 가장 높은 지역은 경북이 1,820ha(38.8%)로 나타났으며, 경남 3,441ha(38.6%), 전남 947ha(35.4%) 순으로 조사됐으며, 면적비율이 가장 낮은 지역은 강원으로 22ha(6.6%)로 나타났다.

<표 3-9> 원예지구 면적 현황

지역	지구수	총면적(ha)	면 적(ha)			비 고
			벼(A)	원예(B)	비율(C=B/A)	
계	210	37,089	27,135	9,955	26.8%	
강원	5	335	313	22	6.6%	
경기	2	144	103	41	28.5%	
경남	61	8,906	5,466	3,441	38.6%	
경북	43	4,696	2,876	1,820	38.8%	
충남	60	11,593	9,783	1,810	15.6%	
충북	1	116	0	116	100.0%	
전북	22	8,622	6,864	1,758	20.4%	
전남	16	2,677	1,730	947	35.4%	

※ 농경지 침수피해 실태 보완 조사(2011년) 참고

<표 3-10> 표본지구 원예작물 재배 면적 현황

지구명	면 적(ha)				원 예	비 고
	총면적(A)	벼(B)	원 예(C)	비 율 (D=C/A)		
A	220	94	126	57.3%	수박	
B	105	77	28	26.7%	상추	
C	245	205	40	16.3%	딸기	
D	111	92	19	17.1%	미나리	
E	378	152	226	59.8%	장미	

위에 살펴본 것과 같이 원예작물지구의 원예작물 재배면적의 비율은 지역에 따라 6.6%~38.8%까지 다양하게 분포하고 있으며, <표 3-10>과 같이 표본지구의 원예작물 재배 면적 현황에서도 지구별, 재배 작목별(수박, 상추, 딸기, 마나리, 장미 등) 원예작물 재배면적의 차이(17.1%~59.8%)를 보이고 있다. 또한 같은 지구라도 사회·경제적 여건변화에 따라 농민들의 영농패턴이 매년 변화하고 영농·토양조건, 작물종류, 생육특성 등에 따라 원예작물 재배면적 비율은 유동적으로 바뀔 수 있으므로, 이러한 원예작물의 특성을 감안하여 면적기준에 따른 지구선정은 부적합한 것으로 판단된다.

침수시간에 따른 지구 선정

원예작물에서의 침수에 의한 피해는 배수가 불량한 토양이나 지나친 관수 또는 집중적인 강우에 의하여 일어난다. 우리나라의 경우 6~7월의 장마기에 단시간의 집중적인 강우가 있을 때 배수가 잘되지 않는 토양에서 침수피해가 일어날 가능성이 크다. 따라서 원예작물재배가능구역의 침수시간은 원칙적으로 무담수로 한다. 포장내에서 담수는 강우 등에 의하여 경지면이 정체수로 덮여있는 상태로 원예작물의 경우에는 허용침수시간을 24시간으로 하고 있는 논벼와 달리 침수되면 우선 줄기나 뿌리의 성장이 감소하거나 생육이 정지하게 되며, 침수기간이 길어짐에 따라 낙엽이 되고 뿌리가 죽거나 토양표층 부근에서 엷뿌리가 발생하게 된다. 원예작물은 벼와는 달리 짧은 시간 침수에도 불구하고 작물의 생육에 영향을 주어 식물체가 고사되거나 수확량이 감소, 당도가 떨어지고, 병충해 등 다양한 형태로 피해가 발생하게 된다. 그에 따른 주요 작물별 침·관수에 따른 피해율을 살펴보면, 토마토, 배추 및 수박의 경우 12시간 침·관수(수확기) 피해율이 70%를 넘으며, 무나 당근의 경우에도 30%이상의 피해를 보는 것으로 조사

되었다. 반면 당귀, 황기, 지황, 작약과 같은 뿌리이용 약용작물경우 24시간 침수 피해율이 약 30%이며, 울무, 홍화, 오미자, 구기자, 산수유와 같은 열매, 줄기, 입이용 약용 작물의 경우 24시간 침수에도 피해율이 약 10%로 상대적으로 침수피해가 적은 것으로 나타났다. 주요 작물별 침·관수 피해율 산정기준을 살펴보면 <표 3-11~17>와 같다.

<표 3-11> 식물체 관수(토마토, 무, 배추, 고추, 수박, 당근)

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

<표 3-12> 뿌리이용 약용작물 침관수

침수기간	1일이내	1.5일	2일	2.5일
피해율	30%	60%	80%	95%

※ 당귀, 황기, 지황, 작약, 산약, 천궁, 도라지, 더덕, 독활, 강활, 방풍, 시호, 백지, 감초, 우슬, 백출, 목단, 하수오, 맥문동, 황정 등

1. 침수 : 벼는 70cm이하 물에 잠긴 상태를 말함.

- 원예작물 : 생육에 현저히 지장을 초래하는 상태를 말함.
- 2. 관수 : 식물체가 전부 물에 잠겨있는 상태를 말함.

<표 3-13> 열매, 줄기, 잎이용 약용작물

침수기간	1일이내	1.5일	2일	2.5일	3일
피해율	10%	20%	40%	60%	90%

※ 울무, 홍화, 오미자, 구기자, 산수유, 인진쑥, 오가피, 결명자 등

<표 3-14> 고구마 관수

살아남아 있는 잎, 줄기의 비율	피해율	비 고
30% 정도	15%이하	2-4일정도 물에 잠긴 경우

<표 3-15> 참깨 관수

생육시기	침수기간			비 고
	1일	2일	3일	
꽃 필 때	41	78	92	

<표 3-16> 땅콩 관수

침수기간	1일이내	1.5 일	2 일	2.5 일	3 일
피해율	5%	40	60	80	95

<표 3-17> 감자 침·관수

피해받은 시기	물에 잠긴 상태	0.5일	1일	1.5일	2일이상
파종후 90일이후	침 수	60	90	100	100
	관 수	80	100	100	100

위 표에서 살펴본 것과 같이 원예작물의 종류에 따라 피해율이 각기 다르므로 수해면적 전체를 담수 및 침수를 허용치 않는 완전배수(무담수)로 지구를 선정(계획)하는 것이 이상적이거나, 배수시설의 규모증가에 따른 경제적 부담감과 과대투자가 될 수 있다. 이 경우 일부 저지대에 답작구역(원예

작물을 가급적 지구내 고위부에 설치)을 계획하여 경제적 계획을 수립하거나, 비교적 짧은 침수연속시간을 감안 한 경우 작물의 피해정도, 경제성 등 지구여건을 고려하여 침수는 최소한의 허용 침수시간(24시간이내)에 배제가 가능하도록 지구를 선정(계획)하는 것이 좋다. 아울러, 국내 침·관수 피해에 따른 연구 실적이 많지 않고, 침수 최소 6시간까지만 연구되어있다. 현장조사시 농업인은 약간의 침수만 되어도 피해가 발생된다고 하고 있어, 향후 6시간 이내의 침수에 대한 연구가 필요하다고 판단된다.

홍수위험지도(Hazard Map) 작성

앞에서 언급한 것과 같이 저지대 원예작물의 침수피해는 수도작 지역의 침수피해보다 상대적으로 적지만 그에 따른 사회적·경제적 파장이 크게 나타나는 특징을 가지고 있다. 따라서 저지대 지역 중 집중호우나 지역적 특성으로 침수피해가 빈번하거나 침수우려가 커 원예작물 재배시 침수피해가 예상되는 저지대 원예작물 침수우려지역의 경우 적정빈도(설계기준)에 대한 침수분석을 모의 실시하고, 범람되는 지역을 예측하여 홍수위험지도(Hazard Map)를 작성함으로써 침수피해를 사전방지 할 수 있다. 또한 지도 작성으로 「어느 정도의 강우량으로 언제쯤 위험하게 될까」 등의 인식을 할 수 있게 돼, 알기 쉬운 지식 제공을 할 수 있다. 홍수위험지도 작성에 표시된 범람지역의 침수심은 0~0.5m, 0.5~1.0m, 1.0~1.5m, 1.5~2.0m, 2.0m이상 구간으로 구분하는 것이 적정하며, 안내판, 스티커, 편지, 운영대의원회, 좌담회, 찾아가는 고객센터 등 활용하여 홍보하고, 지구의 ‘홍수위험지도’ 를 지정·고시하는 것이 중요하다. 또한, 개정 설계기준 적용으로 문제점이 개선될 때까지 저지대 원예작물 재배지역에 대한 지속적인 재배지양 홍보를 통해 침수피해로 인한 소송 및 민원 등의 억제가 필요하다.

우리나라의 경우 현재 농경지에 대한 홍수위험지도 작성은 전무한 상황이지만, 농업생산기반시설의 안전관리를 목적으로 농업생산기반시설의 안전관리계획을 5년마다 세우되, 「재난 및 안전관리기본법」 제22조에 따른 국가안전관리기본계획과 연계되도록 되어있다. 구체적으로 살펴보면, 농어촌정비법 시행령 26조 5항 ①호, ②호에는 「농업생산기반시설이 설치된 구역의 출입을 제한하기 위한 시설물의 설치», 「농업생산기반시설의 안전관리에 지장을 줄 수 있는 행위나 도구의 사용을 제한하기 위한 표지의 설치」 등의 조치를 할 수 있도록 되어있으며, <그림 3-5>는 현재 우리나라에서 침수가능지역에 대한 스티커, 안내판 설치 사례를 보여준다.

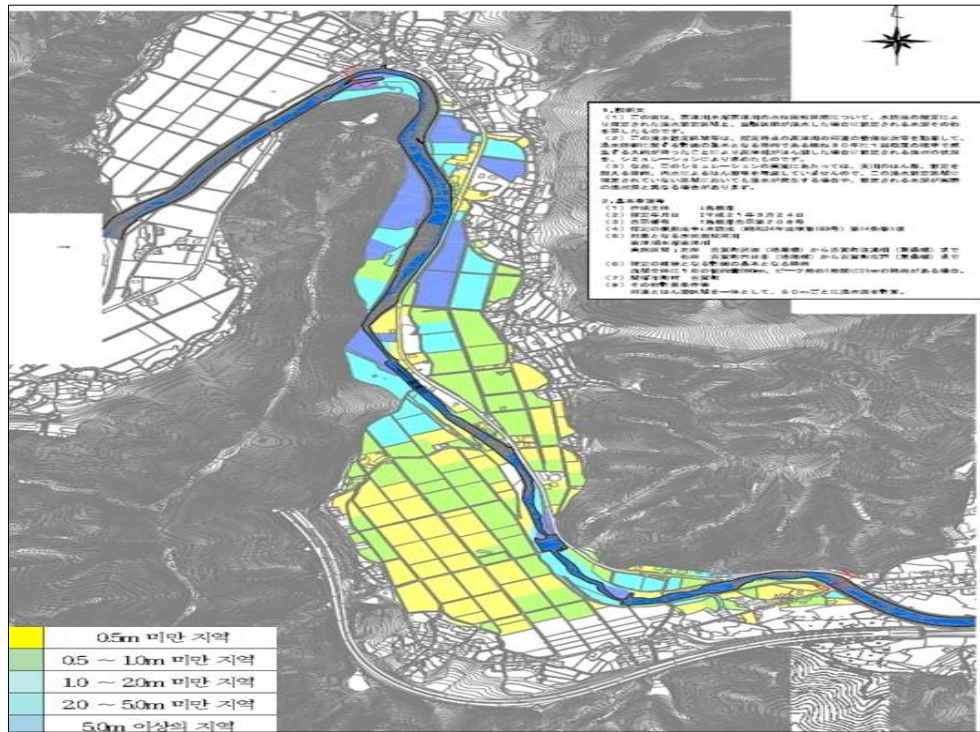
<그림 3-5> 우리나라 침수가능지역 안내판



반면, 우리나라와 유사한 농경지 형태를 보이고 있는 일본의 홍수위험지도(침수 상정 구역도) 현황을 살펴보면, 시마네현의 경우 홍수 예보에 따른 침수피해의 최소화를 목적으로 17개의 주요 하천에 침수 상정 구역을 지정 발표했다. <그림 3-6>는 17개 주요 하천 중 다카즈가와와 하천 구간에 대한 홍수 범의 규정에 의하여 지정된 침수 구역 및 해당 구간이 침수하는 경우 예상되는 수심 등을 보여준다. 이 침수 상정 구역은 다카즈가와와 하천 정비 상황 등을 감안하여 홍수 방어에 관한 계획의 기본이 되는 강우(30년 빈도)가 내릴 경우 예상되는 침수 상황을 시뮬레이션을 통해 구한 것이다. 유역 전체에 1 일 총 강수량 260mm, 최대의 1 시간에 51mm의 강우를 나타내고 있으며 하천과 범람 지역을 일체로 50m마다 침수 깊이를

계산하였다. <그림 3-7>은 다카츠가와와 침수 상정 구역도 고시 내용이다.

<그림 3-6> 다카츠가와 침수 상정 구역도



<그림 3-7> 다카츠가와 침수 상정 구역도 고시 내용

1. 説明文

(1) この図は、高津川水系高津川の水位周知区間について、水防法の規定により指定された浸水想定区域と、当該区間が浸水した場合に想定される水深その他を示したものです。

(2) この浸水想定区域等は、指定時点の高津川の河道の整備状況等を勘案して、洪水防御に関する計画の基本となる降雨である概ね30年に1回程度の確率で発生する大雨が降ったことにより高津川がはん濫した場合に想定される浸水の状況を、シミュレーションにより求めたものです。

(3) なお、このシミュレーションの実施にあたっては、支川のはん濫、想定を超える降雨、内水によるはん濫等を考慮していませんので、この浸水想定区域に指定されていない区域においても浸水が発生する場合や、想定される水深が実際の浸水深と異なる場合があります。

2. 基本事項等

(1) 作成主体 : 島根県

(2) 指定年月日 : 平成21年3月24日

(3) 告示番号 : 島根県告示第208号

(4) 指定の根拠法令: 水防法(昭和24年法律第193号)第14条第1項

(5) 対象となる水位周知河川
高津川水系高津川
実施区間: 左岸 吉賀町沢田(塔尾橋)から吉賀町注連川(重藤橋)まで
右岸 吉賀町六日市(塔尾橋)から吉賀町立戸(重藤橋)まで

(6) 指定の前提となる計画の基本となる降雨
流域全体に1日の総雨量260mm、ピーク時の1時間に51mmの降雨がある場合。

(7) 関係市町村 吉賀町

(8) その他計算条件等
河道とはん濫区域を一体として、50mごとに浸水深を計算。

3. 국외 배수설계기준 사례(일본)

일본의 배수개선 사업은 1923년에 시작되어 농경지 침수피해예방에 힘쓰고 있다. 그 동안 일본에서는 1978년에 제정한 설계기준에 따라 “10년 빈도 1~3일 연속강우량”을 주로 사용하여 왔으나, '04년 개정 시 새로운 유출해석법이 추가되면서 개정된 「기준서」에서는 “20년 빈도 1~3일 연속강우량”을 표준으로 제시하고 있다. 또한, 지역특성과 현장조건 등에 따라 실제 적용되고 있는 사례를 예를 들어 설명하고 있는 「기술서」를 살펴보면 현장에서는 “최대 50년 빈도 3일 연속강우량”까지 적용되고 있는 것으로 나타난다.

전체적으로 기본적인 사항(허용담수심 : 30cm, 허용담수시간 : 24시간 이내 등)에 있어서는 한국과 동일하나, 설계 강우자료에 있어서 한국은 최근 30년 강우자료를 기본으로 사용하지만 일본의 경우 최근 30~50년 강우자료를 사용한다는 점과 계획기준강우량 산정시 채택하고 있는 빈도기준에서는 다소 상이하게 나타난다. 한국은 “20년 빈도 2일 연속강우량”을 설계기준으로 채택하고 있는 반면, 일본의 경우 “20년 빈도 3일 연속강우량”을 기준으로 하되, 지구여건(지형 특성, 기상조건 등)을 고려하여 최대 “50년 빈도 3일 연속강우량”까지 사용하고 있는 것이 특징이다.

따라서 빈도기준만 비교한다면 '04년 개정된 일본의 설계기준이 한국 보다 약간 강화된 측면도 있으나, 다양한 수문인자를 제외하고 단순히 빈도기준만을 가지고 일본의 설계기준이 단편적으로 높다 또는 낮다고 판단하는 데는 무리가 있다.

다만, 일본의 경우 지역의 수문학적 특성과 시설물의 중요도에 따라 「기준서」 이상의 빈도기준 적용도 가능하다는 점에서는 우리나라와는 차별되는 부분이나, 우리나라와 일본의 기본적인 설계기준, 이론체계, 설계방식 등 전체적인 흐름에 있어서 서로 유사하다고 판단된다.

참고로, 우리나라의 “20년 빈도 2일 연속강우량”과 일본에서 '04년 개정 이전까지 표준으로 사용하고 있던 “10년 빈도 3일 연속강우량”을 수문분석시 고려되는 다양한 인자를 제외하고 단순히 강우자료만을 기초로 하여 비교한 결과 서로 비슷한 확률강우량이 산출되었다.

<표 3-18> 확률강우자료 비교

천안관측소	10년 빈도	20년 빈도
1일 확률강우량(mm)	199.1	227.7
2일 확률강우량(mm)	263.0	299.3
3일 확률강우량(mm)	294.1	336.0

<표 3-19> 한국과 일본의 설계기준 비교

구분	한 국	일 본
사업의 시작	1975년	1923년 (침수방제사업은 1962년부터)
설계지침	재해대비 수리시설 설계기준('03.2)	토지개량사업계획설계기준('04)
계획 기준강우량	20년 빈도 2일 연속강우량	20년 빈도 1~3일 연속강우량 ※ 지역에 따라 기준 이상도 적용 가능
강우자료	최근 30년 강우자료	최근 30~50년 강우자료
계획기준내수위	30cm	좌 동
허용침수시간	24시간 이내	좌 동

<그림 3-8> 일본의 「토지개량사업계획설계기준」

参考資料-4

土地改良事業計画設計基準

計 画

排 水

基 準 書 (案)

(平成16年2月)

基準及び運用の解説

2. 計画基準降雨

計画基準降雨を推定する場合の降雨資料は、最近年から遡った30年以上50年程度が必要と考えられるが、計画の対象とする降雨規模や地域特性等を踏まえて検討することが望ましい。また、欠測値がある場合は近傍の資料との相関を調査し推定する。農地を対象とした排水計画の場合、大規模な河川改修のように既往最大又は50~100年に1回程度の降雨をとることは効果の面から得策ではなく、多くの場合20年に1~3回程度の降雨規模が経済的に最適となることが多い。計画基準降雨は、費用対効果の観点等から定まるものであるが、計画当初においては計画作成の手順を簡単化する意味で、10年に一回程度の出水規模に対応するものを一応の目標としてよい。

計画基準降雨は、事業計画の在り方によって、以下に示すように短時間降雨強度を対象とする場合と連続降雨を対象とする場合がある。

농지를 대상으로한 배수계획의 경우 많은 경우 20년에 1~3회 정도의 강우규모가 경제적으로 최적인 경우가

(1) 短時間降雨強度を対象とする場合

高位部の雨水を洪水調節することなく水路によって排除する場合、洪水ピーク流出量の大小が排水路計画の基礎となる。洪水ピーク流出量は、洪水到達時間内の平均有効降雨強度によって左右されるから、短時間の降雨強度が重要になる。ただし、洪水到達時間は流域の大きさにより異なること、また洪水ピーク流出量の規模によっても変化することに注意が必要である。これについては、「3.3.7 計画排水量 3.洪水ピーク流出量の計算」に示す。

(2) 連続降雨を対象とする場合

洪水調節ダムや洪水を一時貯留させて自然排水や機械排水を計画する場合は、流出量や内水位、外水位のハイドログラフを求める必要がある。この場合、どの程度の継続時間、どのような波形を持つ連続降雨を対象とするかが問題となる。これについては通常、小規模洪水調節ダムでは1日雨量、大規模洪水調節ダムでは2日雨量、機械排水を行う低平地における排水計画では1~3日雨量について確率計算を行って確率雨量を定めた後、適当な単位時間ごとに雨量を配分する方法がとられる。

기계배수하는 낮은 평지의 배수계획은 1~3일 강우에 대해 확률계산을 하고 확률강우량을 결정한다.

【関連技術書等】

技術書：「7. 計画基準降雨」

基準及び運用の解説

基準 3.4 及び運用 3.4 では、主要工事計画について規定している。
基準 3.4.1 及び運用 3.4.1 では、主要工事計画の作成について規定している。

主要工事計画は、一連の排水系が同じ考え方で統一されたものでなければならない。幹線施設のみに大きな計画排水量を設定すると、洪水を速やかに集水することができないために、結果的に施設が過大となったり、末端施設に相対的に大きな水量を設定すると下流部に過大な流量が流入することになり、被害が一部に集中するなど、幹線施設で処理することができなくなる。このため、既設の施設に接続する計画の場合等は、下流部の排水能力を十分調査しておく必要がある。また、農業用排水施設の対象洪水量は経済的妥当性から 20 年に 1~3 回程度のものが最適となることが多いが、これを超える場合も十分考えられるので、主要工事計画を作成する際には計画洪水量を超える洪水に対し各施設がどのように機能するかを確認しておく必要がある。

その他、主要工事計画の作成に当たっての留意事項は以下のとおりである。

- ① 近年、農村の混住化が進み洪水時の流出形態が急速にかわりつつあるので、現況の把握とともに将来の地域計画にもあわせて、排水水門、ポンプ場までの排水路、承水路、遊水池等を相互に整合させることが必要であり、施設の周辺環境との調和に配慮するとともに、施設設置による振動や騒音への対策についても検討を行う。
- ② 排水施設のうち排水水門やポンプ場は、農業排水施設の中で重要な基幹施設の一つであり、将来的に維持管理費への影響が大きい設備である。したがって、ポンプ設備を導入する場合には、ポンプの特性を正確に把握して、設備条件に適した機種選択を行い使用条件や監視体制に適した運転制御方式等を採用して、経済的で効率の良い運転管理ができるように計画することが重要である。特に、ポンプ設備の運転には多量の電力や燃料を消費する場合があるので、設備コストの低減とともに受益者の将来負担となる運転コストを極力少なくするように計画する必要がある。
- ③ 既設ポンプ設備がある場合には、新設ポンプとの役割分担を明らかにして、相互に補完的な機能を持たせた場合の効果等についても比較検討しておくことが必要である。
また、他地域のポンプ設備等との連携操作等についても調査検討しておくことが必要である。
- ④ ポンプにはある程度の吸引力があり、近傍の水は集水できるが、遠方の水をポンプの力で集水することは不可能なため、適切な水路の設計によってポンプ場の吸水槽まで支障なく水が流入してくるように排水路等を計画する必要がある。
- ⑤ 機械排水と自然排水を組合せる場合には、自然排水が優先できるように関連水路、排水水門、暗きよ等を設計するようにする。そのためには、排水路、遊水池、ポンプ場、排水水門等排水組織全体を総合的なシステムとして取り扱い、連携を図りながら合理的に計画することが必要である。

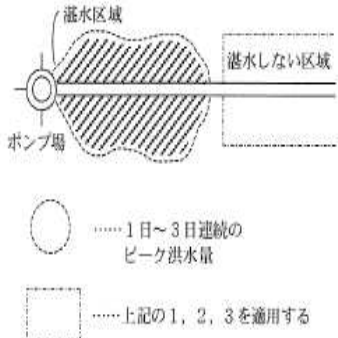
농업용 배수시설의 대상홍수량은 경제적 타당성으로 20년에 1~3회 정도의 것이 최적이 되는 경우가 많지만 이것을 넘는 경우도 충분히 있을 수 있으므로 주요공사계획을 작성할 때에는 계획홍수량을 넘는 홍수에 대해 각 시설이 어떻게 기능하는지 확인해 둘 필요가 있

<그림 3-11> 일본의 「토지개량사업계획설계기준」 (계속)

지구명	지방	현	사업구분	사업명	년도			경우							
					조사계획	전체 실시계획	최종년도	확립년	계획강수량	확립계산	자료수	관측기간	일배분	시간배분	비고
神戸	후카이도	후카이도	관개	관개배수	-	-	H2	1/10	157.0mm/2일	관개법	30년	S34-S63	실적강우	S50.8-실적형	• 과거의 큰비(일우량 80mm이상)으로 선정 • 강우량, 외수위 모두 1/10에 가까움 • 과거 기록 중 재해가 큰 해 • 타시업과의 관련
角田	도호쿠부	宮城	관개	관개배수	S55-S57	S58	-	1/10	187.6mm/2일	-	57년	S55-S57	-	이론형	
男鹿東部		아키타현	관개	간척사업 배수다목적	H6	H7-H8	-	1/30	198.3mm/3일	관개법	18년	S52-H6	불명	불명	• 관천사업(S54현역배역)에 차용된 피형용, 계획우량에 수반하여 확대하고 있다(관천형의 출현은 불명)
江合川		宮城	관개	농수관리	S61-H원	H2-H5	H5 H7	1/10	167.9mm/3일	관개법	45년	S18-S22	확립우량	강우강도식 (강우패턴식)	
細井		宮城	관개	정수관리	H8	H9	H8	1/20	185.3mm/3일	관개법	48년	S23-H7	확립우량	H3.10-실적형	
大和疎水	칸토	치바현	관개	관개배수	S41-S43	S44	S55	1/10	210.7mm/2일	-	20년	S32-S52	실적강우	S42.9-실적형	• 근방 관측소자료로 선정한다 • 과거 180(mm/2일)이상의 8강우로 선정 • 시간강중도(물부국선, 伊藤AG곡선)으로 선정
東東北部		치바현	관개	관개배수	S53	S54-H14	S52	1/10	254.0mm/3일	관개법	43년	S6-S48	실적강우	S46.0-실적형	• 최근 10개년에 피해가 가장 현저한 경우 • 지구의 기간시설(점프설치후)의 강우인 경우
坪井	靜岡현	관개	정수관리	H7	H8	H8	1/20	381.3mm/3일	관개법	91년	M37-H6	확립우량	S57.9-실적형	• 홍우량이 계획기준우량에 가까운 경우 • 강우의 일분포형이 같은 경우 • 실적강우의 분포율이 표준적인 경우 • 실적강우기록이 완전한 경우	
阿賀野川右岸	호쿠리쿠	니가타현	관개	관개배수 농지방재	S59-S61	S62	S61	1/10 1/30	223.0mm/3일 359.0mm/3일	관개법	50년	S10-S59	확립우량	물부강우강도식	• 실적강우피형과 비교 검토한 결과, 이론배분에서 유출량, 침수면적, 침수시간이 커진다.
白旗郷		니가타현	관개	농지방재	S61-H3	H4-H5	H9	1/30	268.3mm/3일	관개법	47년	S15-S61	확립우량	사면형강우강도식	•논의 범용농지형용 적극적으로 추진하는 것을 기본으로 하므로, 배수능력의 증가에 관련된 이론형을 채용한다.
龜田郷		니가타현	관개	관개배수 농지방재	-	S63	S63	1/10 1/50	192.1mm/3일 283.0mm/3일	관개법	47년	S14-S60	실적강우	S53.6-실적형	• 최대침수피해율 초래한 경우
尾張西部(一宮)	도카이	아이치현	관개	정수관리 지반침하해소	S50-S53	S54-S59	-	1/10	259.0mm/2일	관개법	32년	S17-S51	실적강우	S51.9-실적형	• 최근 강우에서 유출해석을 실시하고, 피크유출량의 평균치에 가까운 강우패턴을 선정, 아치노미야, 쓰시마 각각의 강우패턴을 사용하고 있다.
尾張西部(津島)		아이치현	관개	정수관리	-	-	-	1/10	288.0mm/2일	관개법	32년	S17-S51	실적강우	S51.9-실적형	
巨椋池	킨키	교토부	관개	농지방재	-	H8-H9	H8	1/20	260.6mm/3일	관개법	43년	S28-H7	확립우량	石籠형강우강도식	
尾島灣 주변	주사쿠쿠	岡山현	관개	관개배수	S55-S56	S57-S60	S60	1/10	170.8mm/3일	관개법	68년	T5-S58	확립우량	S42.7-실적형	• S25-S55까지의 과거 31년간으로 선정한다. • 홍우량이 계획기준우량에 가까운 경우 • 연강 후의 피크시간 강우패턴이 확립우량에 가까운 것
筑後川下流	규슈	福岡현	관개	관개배수	S45-S46	S47-S49	H5	1/10	370.0mm/3일	관개법	43년	S4-S46	확립우량	특성계수법	
筑後東部第2		福岡현	관개	관개배수	H8	H9	H8	1/10	321.0mm/3일	관개법	80년	M24-S45	확립우량	특성계수법	
佐賀中部		佐賀현	관개	농지방재	S57-S63	H원	H원	1/30 1/10	389.2mm/3일 312.8mm/3일	관개법	92년	M24-S457	확립우량	S55.8-실적형 S47.7-실적형	• 과거48년간에 주요홍수에 대해서, 피해의 발생 상황과 강우의 발생원인 및 2관측소의 하이메트 체크를 실시하여 결정한다.
出水(東)		熊本현	관개	농지방재	H원	-	H원	1/10	374.5mm/3일	관개법	20년	S41-S60	확립우량	S46.7-실적형	• 시간우량자료가 적으므로, 관천사업의 강우피형을 채용
出水(福ノ江)	熊本현	관개	해안보전	H8	-	H8	1/20	460.2mm/3일	관개법	31년	S41-H8	실적강우	H7.7-실적형	• 강우홍량(일우량)이 가까운 경우 • 우량이 3일간 고른 경우 • 피크시간우량이 가까운 경우	
白木	熊本현	관개	담양용성	H8	-	H8	1/10	415.0mm/3일	관개법	34년	S36-H6	확립우량	H5.7-실적형		

※ 출처 : 일본 토지개량사업계획기준 기술서('04.10)

<그림 3-12> 가고시마현의 농업농촌정비사업의 계획기준 우량

農業農村整備事業における基準雨量の考え方		
事業名 項目	排特・ほ場整備・かん排・畑総事業	湛水防除事業
1 基準雨量の考え方	<p>1 原則として, $\frac{1}{10}$ 確率の4時間雨量の4時間排除である。</p> <p>2 シラス地帯及び奄美地域にあつては $\frac{1}{10}$ 確率の1時間雨量の1時間排除とする。</p> <p>3 水稻単作区域は $\frac{1}{10}$ 確率の日雨量日排除である。</p> <p>4 湛水区域があり, 機械排水等を計画する場合1日~3日連続雨量のピーク洪水量を使用する。 ($\frac{1}{10}$ 確率)</p>  <p>○ 1日~3日連続のピーク洪水量 □ 上記の1, 2, 3を適用する</p> <p>※一般に3日連続雨量を使用する。</p>	<p>1 $\frac{1}{10} \sim \frac{1}{30}$ 確率の3日連続雨量原則として $\frac{1}{20}$ 確率の3日連続雨量を採用するが, 特に公共性が大きい場合は $\frac{1}{30}$ 確率の3日連続雨量を使用する。 水田の畑利用を計画する場合は, 計画基準雨量 $\frac{1}{10}$, 3日連続または基準ほ場面において無湛水のチェック計画を要する。</p>

4. 기후변화 및 시설농업지역 증가를 고려한 배수설계기준 개선안 제시

기존 배수설계기준을 검토하기 위해서는 배수시설물 피해현황, 영농 패턴 반영, 시설제원 등을 토대로 재해원인 분석을 하여 개선안을 제시함으로써 가능하다. 본 보고서에서는 2.2장 농업용 배수시설 재해사례 및 원인분석, 2.3장 경지정리지역 내 영농 패턴변화 및 문제점, 3.1장 강우자료 빈도분석 및 3.2장 배수개선 설계기준 적정성 분석을 기반으로 설계기준 개선안을 제시하도록 한다.<표 3-20~21>

<표 3-20> 배수설계기준 개선안

배수설계기준 개선안	
현 행	개 정(안)
<대상작물 : 벼> ● 설계강우량 : 20년 빈도 ● 배수장 : 20년 2일 빈도	<대상작물 : 벼> ● 설계강우량 : 20년빈도 이상 ※임의지속 강우량 적용
<대상작물 : 벼, 범용경지>	<대상작물 : 벼+원예>
◇ 배수장 ● 설계강우량 : 20년 2일 빈도 ● 벼 -허용담수 30cm, -허용담수를 초과한 담수 연속시간 24시간 한도 -관수 불허 ● 범용경지 -무담수(허용담수불허)	◇ 배수장 ● 설계강우량 : 20년빈도 이상 ※임의지속 강우량 적용 단, 원예작물의 집단화 지역은 경제성 및 침수 피해 정도 등을 고려, 필요시 설계강우량을 30년 빈도 임의지속 2일 강우량으로 할 수 있다. ● 벼 -좌동 ● 원예 -24시간 이내 ※경제성 및 침수피해정도 감안하여 침수시간이 최소화 되도록 계획 임의지속 강우량 적용
◇ 배수로 ● 설계강우량 : 20년 빈도 ● 벼 -배수간선 : 즉시배제 -배수지선·지거 : 24시간 우량 24시간 배제 ● 벼+밭작물, 밭작물재배구역 -배수간선 : 즉시배제 - 배수지선·지거 : 4시간 우량 4시간 배제	◇ 배수로 ● 설계강우량 : 20년빈도 이상 ※임의지속 강우량 적용 단, 원예작물의 집단화 지역은 경제성 및 침수 피해 정도 등을 고려, 필요시 설계강우량을 30년 빈도 임의지속 2일 강우량으로 할 수 있다. ● 벼 -좌동 ● 벼+원예, 원예 -좌동 ※경제성 및 침수피해정도 감안하여 침수시간이 최소화 되도록 계획 임의지속 강우량 적용

<표 3-21> 배수설계기준 개선안(계속)

배수설계기준 개선안	
현 행	개 정(안)
<p><기계></p> <ul style="list-style-type: none"> ● 제진기설치기준 -배제량 5m³/s미만 : 수동식스크린 -5m³/s~10m³/s : 특수한경우자동제진기 -배제량 10m³/s이상 : 자동제진기 <p><전기></p> <ul style="list-style-type: none"> ● 배수장 비상전원 반영 -아래 관련근거에 의거 현재 반영하고 있으나, 설계기준에 미반영 ※ 배수펌프장 비상전원확보 촉구 (소방방재청 2009.06.21) 농업용배수장 비상전원 확보추진 (농림수산식품부 2009.01.14) 농업용배수장 비상전원 확보방안 강구 지시(감사원 2008.11.26) <ul style="list-style-type: none"> ● 배수장 낙뢰보호시스템 설치 -아래 관련근거에 의거 현재 반영하고 있으나, 설계기준에 미반영 ※ 건축물의 설비기준등에 관한 규칙, 전기설비기술기준 및 판단기준에 의거 설치(국토해양부령 제306호, 2010) 	<p><기계></p> <ul style="list-style-type: none"> ● 모든 배수장 제진기 설치 확대 -단, 배제량 2m³/s미만 : 스크린 설치가능 -농촌지역의 도시화, 산업화 및 복합영농 증가로 비닐, 수초, 산업폐기물, 생활용품 등 쓰레기 유입량 증가로 배수에 지장 없도록 모든 배수장 자동제진설치 필요 ※ 서울시(빗물펌프장 유지관리 및 설계요령) : 자동제진기 설치를 표준으로 함 소방방재청(배수펌프장 관리 및 운영 지침) 및 하천설계기준 : 유입부에 제진용 조목스크린(자동제진기) 설치를 명시 <p><전기></p> <ul style="list-style-type: none"> ● 배수장 비상전원 반영 -설계기준 명시 -한전전원 이중화 최우선 고려 -이중화 선로공사비 과다, 소규모 인입설비의 경우 비상발전기등 비상전원 확보 방안 비교 검토 설치 <ul style="list-style-type: none"> ● 배수장 낙뢰보호시스템 설치 -설계기준 명시 -피뢰설비, 접지설비, 서지보호장치(SPD) 설치

제3절 주요 설계기준검토(사례지구)

1. 설계기준별 침수분석

설계기준별 침수분석을 위해 주요 침수원인별, 영농조건별 조건에 따라 분석하였으며, 3.2.3장에 제시된 배수설계기준 개선안에 대한 침수분석(홍수량 : RMS, 홍수위 산정 : Gate-Pro) 및 사업비 검토를 실시하였다. 설계기준별 침수분석 검토지구는 최근 기후변화(강수량 증가)에 따라 지난 7월에 침수피해가 발생한 지구를 대상으로 분석하였으며, 특히 수도작(4개지구) 검토지구는 과거에 배수개선사업이 시행되었지만 금년에 침수피해가 발생한 지구를 대상으로 실시하였다. 기 배수개선사업연도의 확률 강우량을 기준으로 금회 확률강우량 결과를 비교한 결과 모령지구의 경우 약 61%(20년 2일연속 : 271.9mm → 437.4mm, 30년 2일연속 : 294.6mm → 476.7mm)의 강우량이 증가하여 대상지구 중 가장 큰 확률강우량 증가폭을 보여 침수피해에 매우 취약했던 것으로 확인되었다. 분석지구의 평균 확률강우량은 약 29%(20년 2일연속 : 276.7mm → 356.6mm, 30년 2일연속 : 298.8mm → 386.1mm)증가한 것으로 나타나, 기후변화 및 이상강우로 인하여 강우량의 변화폭이 과거에 비해 커지는 경향을 보였으며, 그에 따른 침수피해를 입은 것으로 판단된다.

<표 3-22> 침수분석지구(수도작) 확률강우량 비교표

지구	시군	당초 확률강우량			금회 확률강우량			기배수개선사업연도
		관측소	20년	30년	관측소	20년	30년	
산서	함안	진주	286.2	307.1	마산	333.3 (16.5% 증)	356.5 (16.1% 증)	1992년
모령	장흥	목포	271.9	294.6	장흥	437.4 (60.9% 증)	476.7 (61.8% 증)	1995년
하기	함안	진주	286.0	307.0	진주	331.5 (15.9% 증)	355.6 (15.8% 증)	1988년
수산	군산	군산	262.5	286.5	군산	324.0 (23.4% 증)	355.7 (24.2% 증)	1987년
평균			276.7	298.8		356.6 (28.9% 증)	386.1 (29.2% 증)	

또한, 1983년 9월 배수개선 수리시설물 계획설계 기준을 20년 빈도로 개정하기 이전의 계획기준 강우 10년 빈도로 설계, 시공된 지구 중 금년 침

수피해가 발생한 지구를 대상으로 확률강우량 증가폭을 살펴보면, 기 배수 개선사업연도의 확률 강우량(10년빈도)은 평균 213.2mm로 나타났으며 반면 최근 강우패턴을 고려한 금회 확률 강우량(10년빈도)의 경우 평균 242.2mm로 약 14% 증가폭을 보였다. 현재 계획기준 강우인 20년빈도와 비교할 경우 285.6mm로 34.0% 증가한 것으로 나타나, 침수분석지구의 확률강우량 비교 결과와 같이 강우량의 변화폭이 과거에 비해 커지는 경향을 보였으며, 그에 따른 침수피해를 입은 것으로 판단된다.

<표 3-23> 1983년 이전에 시공된 지구 확률강우량 비교표

지구	시군	당초 확률강우량		금회 확률강우량				기배수개선 사업연도
		관측소	10년	관측소	10년	20년	30년	
정북	청주	청주	238.9	청주	241.8 (1.2% 증)	297.2 (24.4% 증)	321.2 (34.4% 증)	1975년
주남	영천	대구	200.4	영천	225.2 (12.4% 증)	259.5 (29.5% 증)	279.3 (39.4% 증)	1975년
밀양	밀양	대구	200.4	밀양	259.5 (29.5% 증)	300.2 (49.8% 증)	323.6 (61.5% 증)	1975년
평균			213.2		242.2 (13.6% 증)	285.6 (34.0% 증)	308.0 (44.4% 증)	

검토 지구 및 분석 조건을 살펴보면 다음과 같다.

침수원인에 따른 설계기준별 침수분석

- ① 외수위(사례지구 : 산서지구, 수도작 153.3ha)
 - 침수원인 - 외수위 상승으로 지연배제 불가, 배수단면 부족
- ② 지형적 조건(사례지구 : 모령지구, 수도작 147.3ha)
 - 침수원인 - 외수위 상승, 토사퇴적 및 식생
- ③ 배수시설규모(사례지구 : 하기지구, 수도작 68.6ha)
 - 침수원인 - 시설배수장의 배수능력 저하

영농조건에 따른 설계기준별 침수분석

- ① 논유역(사례지구 : 수산지구, 수도작 400.0ha)
 - 침수원인 - 외수위 상승
- ② 논+원예 지구(사례지구 : 덕곡지구, 수도작 11.4ha+원예작물 64.3ha)
 - 침수원인 - 배수본천 수위상승
- ③ 원예 지구(사례지구 : 단목지구, 원예작물 40ha)
 - 침수원인 - 시설용량 부족 및 이상강우

산서지구(수도작, 153.3ha)

산서지구는 행정구역상 경상남도 함안군 가야읍 산서리, 묘사리 일원으로, 미맥 위주의 시설원에 농업을 하고 있으며 주요 농산물은 쌀, 수박, 딸기 등을 재배하고 있는 전형적인 농경 지역이다. 주요 도로망으로 사업지구 인근에 창원과 이어지는 제10호 남해고속도로 노선과 가야읍 소재에서 지방도 1011호선이 사업지구의 중앙을 횡단하고 있다. 지구의 하단으로 배수본천인 함안천(국가하천)이 흐르고, 하천 좌안을 따라 길게 분포되어 있는 저지대 농경지역으로 홍수발생시 남강 및 함안천 수위 상승이 장시간 지속됨으로 인하여 침수피해가 발생되고 있다.

지구 내의 평수기 및 갈수기에는 산서 배수문(B×H×련=3.2×3.4×2련)을 통해 함안천으로 자연배제 되고 있으며, 지구 내에서 발생된 홍수량은 도화 소하천을 경유하여 기설 산서배수장(Q=10.9m³/sec)을 통해 함안천으로 기계배제 되고 있다. 지구내 배수시설현황은 다음과 같다.

<표 3-24> 배수시설 현황

시설명	위 치	시설규모	설치년도	시설상태	관리자
산서배수문	산서리	3.2m×3.4m×2련	1998	보통	함안군
묘동배수장	묘사리	Q=0.50m ³ /s 25HP×∅350mm×2대	1998	보통	함안지사
산서배수장	산서리	Q=5.01m ³ /s 500HP×∅1100mm×2대	2000	보통	함안지사
신산서배수장	산서리	Q=5.89m ³ /s 425HP×∅1000mm×3대	1992	보통	함안지사

- 배수불량 주요원인

- 외수위면 : 남강은 함안천(국가하천) 홍수위에 직접적인 영향을 주고 있으며, 홍수시 배수본천인 함안천의 수위상승으로 인하여 지구내 홍수유입량의 배제가 지연되어 저지대 농경지에 침수피해가 발생.
- 배수시설면 : 최근 발생 홍수량은 증가되고 있으며, 함안천의 외수위가 높아 호우시 배수문이 차단되어, 배제능력이 불가능하고, 토공배수로는 단면 부족, 토사 퇴적, 과도한 수초 등으로, 통수단면이 부족하여 지구내 홍수량 배제 시간 지연으로 침수피해가 발생되고 있음. 또한 구간별 토공배수로의 통수단면 부족과 기설치된 배수구조물의

불합리한 설치로 인하여 침수피해가 발생.

- 지형적인면 : 함안천의 좌안에 길게 분포된 저지대 농경지로서 외수위 상승으로 인하여 지구 내 홍수배제의 시간적 지연으로 침수 피해가 발생되고 있는 지역임. 함안천 말단부에 위치하고 있으며, 홍수시 하류부에서 본류인 남강에 합류됨으로 남강 수위 상승시 병목현상에 의해 함안천의 수위가 상승되어 자연배제가 불가능해지며, 이로 인하여 지구 내 홍수배제시간 지연으로 배수로 말단부, 하천부근 등 저지대 농경지에 침수피해가 발생.

- 침수피해 상황

- 과거 상습침수 피해 조사에 따르면 본 지구는 5회 이상 침수피해가 발생되었으며, 집중호우 시 남강의 하천수위 상승으로 인하여 배수본천인 함안천 외수위에 영향을 미쳐 지구 내 홍수 발생량이 자연배제 되지 못하여 침수피해가 발생되고 있음. 지역주민의 청문조사에 의하면 하천부근 저지대 농경지는 상습적인 침수피해가 발생되고 있으며, 주원인으로는 외수위상승에 따른 자연배제의 어려움과 배수문 통수단면 부족 및 배수로 단면 부족 등으로 나타나고 있음.

- 수문분석 결과

- 강우관측소 현황 : 기상관측소 지배구역도(Thiessen Network)상 본 지구는 마산관측소의 지배구역에 해당되며, 지구의 근접 관측소인 함안관측소의 자료기록이 기준에 미달하여(폐쇄), 마산관측소 자료수록기간(1985~2009)을 인접 경계지역에 위치한 진주, 합천기상관측소의 강우자료를 비교 검토하였으며, 빈도분석 결과 최근 25개년간의 빈도별 강우량이 많은 것으로 분석된 마산관측소 기상자료(1985년~2009년 25개년)를 수문분석 자료로 이용.

<표 3-25> 기상관측소 강우량 자료 비교표

구 분	수록기간	구분	20년	30년	50년	100년	기왕최대	비고
진 주	최근25개년 1985~2009	1일	224.58	257.74	300.66	332.83	259.50	
		2일	276.06	317.05	370.12	409.88	286.50	
합 천	최근25개년 1985~2009	1일	224.18	262.88	312.97	350.51	288.50	
		2일	263.67	302.90	353.68	391.73	303.00	
마 산	최근25개년 1985~2009	1일	242.22	279.86	328.59	365.11	268.00	채택
		2일	292.96	333.28	385.48	424.59	320.30	

· 홍수량 계산 결과

<표 3-26> 첨두(Peak) 홍수량 계산 결과

구 분	유역면적 (ha)	설계강우량(mm)				첨두홍수량(m ³ /s)	
		적용빈도	강우량	적용빈도	강우량	20년빈도	30년빈도
산서1	261.5	20년2일	333.28	30년2일	356.48	20.28	22.20
도항2	146.8	20년2일	333.28	30년2일	356.48	11.65	12.81
묘동3	72.9	20년2일	333.28	30년2일	356.48	6.40	7.08
묘사4	159.4	20년2일	333.28	30년2일	356.48	17.95	20.40
계	640.6					52.74	58.31

<표 3-27> 배수로 홍수량 계산 결과

구 분	유역면적 (ha)	설계홍수량(m ³ /s)		소유역	비 고
		20년1일빈도	30년1일빈도		
산서1	19.6	52.74	58.31	1-1	
	81.2	51.27	56.57	1-2	2유역 합류
	33.7	36.26	40.17	1-3	
	30.2	32.54	36.04	1-4	3유역 합류
	23.4	25.30	28.03	1-5	4유역 합류
	9.8	6.69	7.42	1-6	
	19.6	6.16	6.83	1-7	
	25.1	5.76	6.45	1-8	
	18.9	5.76	6.45	1-9	
도항2	28.1	11.65	12.81	2-1	1유역 2로 유출
	57.2	9.28	10.19	2-2	
	27.0	7.56	8.21	2-3	
	34.5	7.56	8.21	2-4	
묘동3	50.2	6.40	7.08	3-1	1유역 3로 유출
	22.7	6.40	7.08	3-2	
묘사4	24.5	17.95	20.40	4-1	1유역 4로 유출
	61.9	14.55	16.30	4-2	
	13.6	7.46	8.22	4-3	
	59.4	7.46	8.22	4-4	
계	640.6			19개	

- 외수위 분석 : 본 지구에 필요한 외수위는 『함안천·덕천강하천정비 계획보고서(보완)』을 이용하여 하천개수 후 계획홍수위를 채택하고, 하천정비기본계획 수립 당시 산정되지 않은 빈도별 홍수위는 대수정 규확률지를 이용하여 Plotting position 방법에 의하여 도출하여 적용하였다.

<표 3-28> 양천 빈도별 계획홍수위

위 치	지 점 (하천정비)	빈도별 홍수위(EL.m)						비고
		10년	20년	30년	50년	80년	100년	
산서리	No. 17	14.32	14.64	15.16	15.81	16.24	16.44	

- 침수분석 결과

- 시행전 침수분석

<표 3-29> 시행전 침수분석표(20년2일빈도)

유역면적 (ha)	기준답고 (EL.m)	Peak내수위 (EL.m)	침수·관수시간		비고
			침수	관수	
640.6	5.10	6.285	44	39	

<표 3-30> 시행전 침수분석표(30년2일빈도)

유역면적 (ha)	기준답고 (EL.m)	Peak내수위 (EL.m)	침수·관수시간		비고
			침수	관수	
640.6	5.10	6.353	48	44	

- 시행후 침수분석

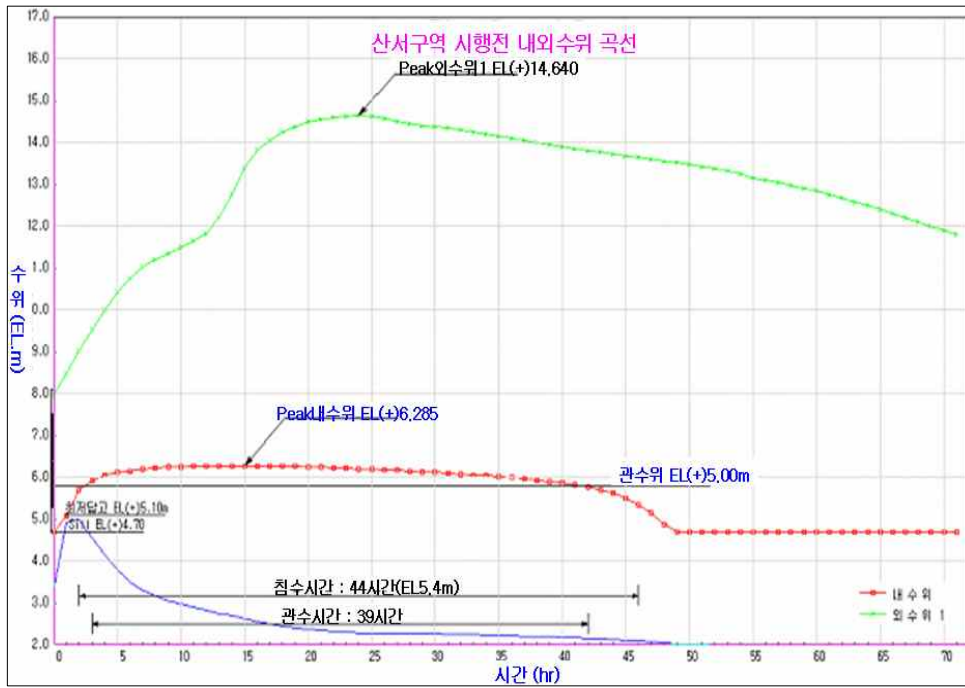
<표 3-31> 시행전·후 침수분석 결과(20년2일빈도)

유역 면적 (ha)	배수장규모 (m ² /s)		기준답고 (EL.m)		peak내수위 (EL.m)		시행전(hr)		시행후(hr)	
	기설	신설	시행전	시행후	시행전	시행후	침수	관수	침수	관수
640.6	10.9	8.0	5.10	5.40	6.285	6.067	44	39	17	0

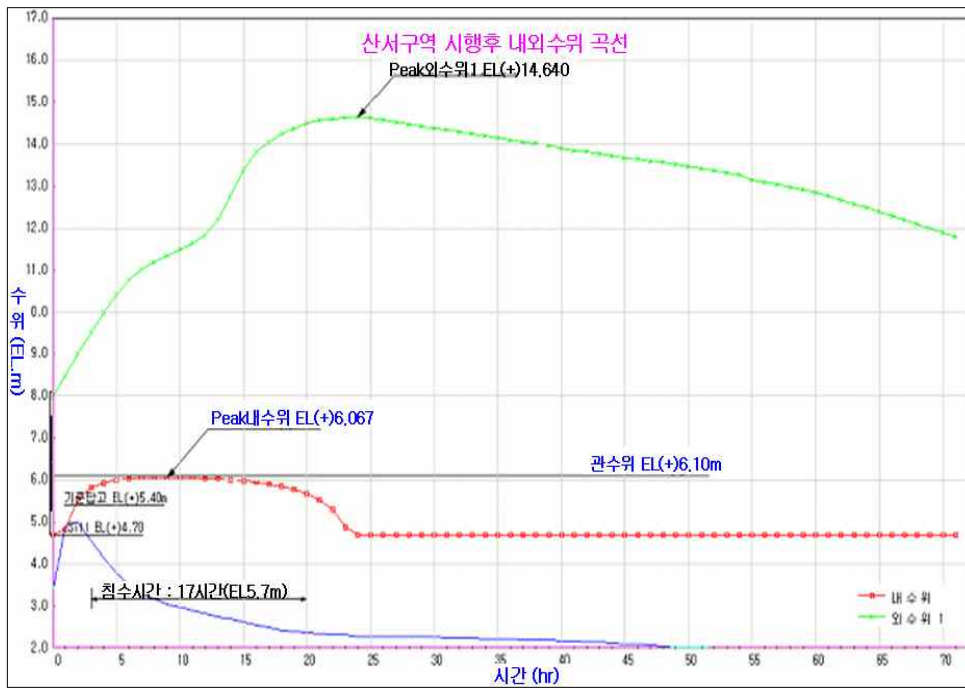
<표 3-32> 시행전·후 침수분석 결과(30년2일빈도)

유역 면적 (ha)	배수장규모 (m ² /s)		기준답고 (EL.m)		peak내수위 (EL.m)		시행전(hr)		시행후(hr)	
	기설	신설	시행전	시행후	시행전	시행후	침수	관수	침수	관수
640.6	10.9	10.0	5.10	5.40	6.353	6.093	48	44	17	0

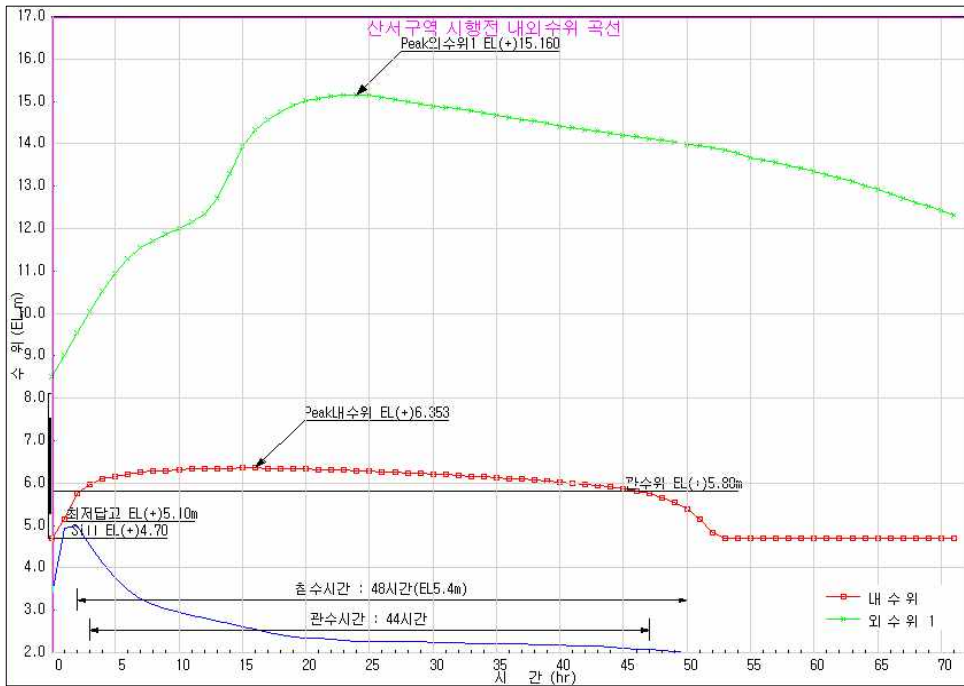
<그림 3-14> 산서지구 시행전 내외수위 곡선(20년빈도)



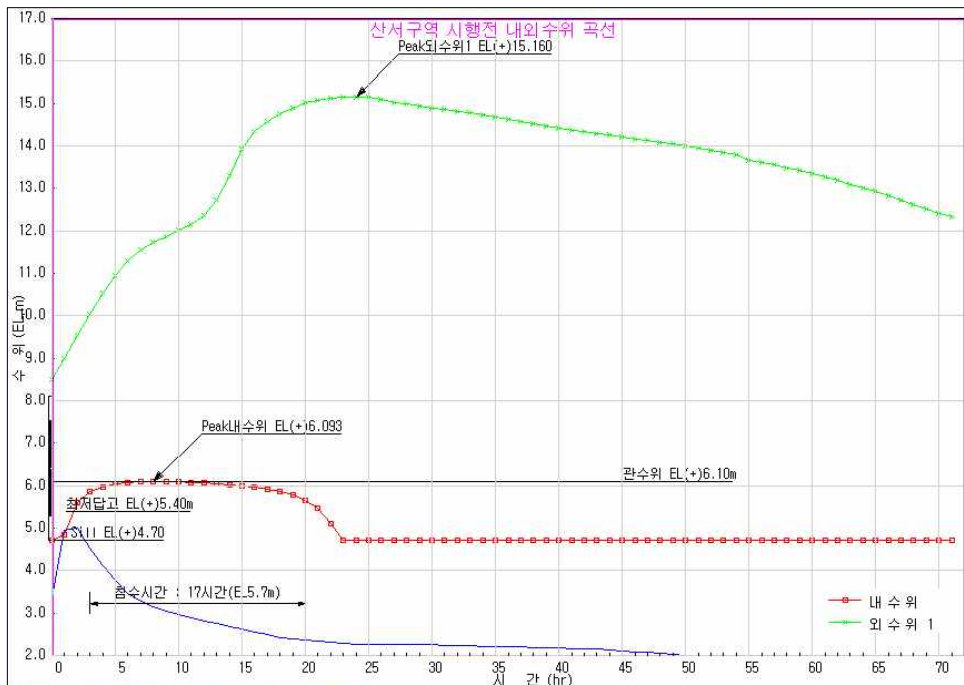
<그림 3-15> 산서지구 시행후 내외수위 곡선(20년빈도)



<그림 3-16> 산서지구 시행전 내외수위 곡선(30년빈도)



<그림 3-17> 산서지구 시행후 내외수위 곡선(30년빈도)



모령지구(수도작, 147.3ha)

모령지구는 전라남도 장흥군 소재지의 남동쪽에 위치하며, 하천은 장흥군 안양면 비동리에서 남해로 남동진하여 흐르는 홍거천(지방하천) 좌우안에 접하는 2개의 지류로 구성되어 있다. 경작지 분포는 전체적으로 간적 매립지 논의 형태로 북고 남저의 완만한 경사를 이루는 평지형태의 평야지대이다.

본 지구는 지방하천인 홍거천을 중심으로 좌·우안의 2개 구역으로 구분되어 있으며, 2개 구역은 지구 내 배수로를 통하여 남해로 배수되고 배수시설물은 다음과 같다.

<표 3-33> 배수시설 현황

시 설 명	위 치	시 설 규 모	문비 형식	시설상태	관리자
배수갑문	해창2리	2.0m×2.0m×15면	전동 편책	양호	한국농촌공사 (장흥지사)

- 배수불량 주요원인

- 외수위면 : 본 사업지구의 말단부에 배수갑문이 남해와 직접 연결되어 해수 조위 영향에 따른 조위 상승 시 유역 내 유출량이 자연배제되지 않고 지연되어 지구내 침수가 발생.
- 배수시설면 : 기설 토공 배수로의 갈대 식생 왕성 및 사면포락, 지반토사퇴적 등 통수단면이 부족함.
- 지형적인면 : 본 지구는 해창 방조제 건설로 만들어진 간척지로 특성상 평탄한 지형으로 침수심에 비하여 침수면적이 넓음. 또한 지구내 배수로의 경사가 완만하여 시간 경과에 따른 배수소통이 원활하지 않아 농경지내로 월류하여 침수피해 발생시킴.

- 침수피해 상황

- 청문조사 결과 2003년 태풍 소텔로(6월)와 태풍 매미(9월)에 의한 집중적인 피해가 크게 발생하였다고 지역주민의 의견이 있으며 이에 대한 특이한 점은 상대적으로 강수량이 적었던 태풍 소텔로에 의한 침수 피해가 전국적으로 큰 피해를 입힌 태풍 매미보다 더 크게 발생하였는데, 이는 강우강도의 영향보다 조위에 의한 외수위 배제가 어려울 때 농경지의 침수피해가 더 크게 발생하는 지역 특성을 나타

낸 것임. 본 지구는 적은 강우에도 조위가 높게 형성될 시기와 맞물리면 침수피해가 발생하는 특성을 보이고 있으며, 주민 청문 조사 결과 이러한 침수피해는 거의 매년 반복되고 있다고 함. 또한 지구 내 저지대의 경우 침수 발생 시 홍수위가 2~3일간 빠지지 않는다는 청문 조사 내용에 대하여 침수분석 결과와 비교해 최저답 기준 36시간의 허용 침수시간이 발생하는 것을 확인하여 청문조사 결과가 사실임을 확인.

- 수문분석 결과

- 강우관측소 현황 : 기상관측소 지배구역도(Thiessen Network)상 본 지구는 장흥관측소의 지배구역에 해당되어 산청관측소(1978년~2007년) 자료를 이용하는 것으로 결정함.

<표 3-34> 기상관측소 강수량 자료 비교표

구 분	수록기간	구분	20년	30년	50년	100년	기왕최대	비고
장 흥 (건교부)	'78~'07 (30)	1일	359.69	392.46	392.46	433.44	547.40	채택
		2일	437.43	476.72	476.72	525.84	630.90	
	'73~'07 (35)	1일	350.60	382.14	421.57	474.75	547.40	비교 안
		2일	431.94	470.50	518.60	583.54	630.90	

- 홍수량 계산 결과

<표 3-35> 침두(Peak) 홍수량 계산 결과

구 분	유역면적 (ha)	설계강수량(mm)				침두홍수량(m ³ /s)	
		적용빈도	강우량	적용빈도	강우량	20년빈도	30년빈도
모량	743.1	20년2일	359.69	30년2일	476.72	97.49	108.29

<표 3-36> 배수로 홍수량 계산 결과

구 분	유역면적 (ha)	설계홍수량 (m ³ /s)		비 고
		20년1일빈도	30년1일빈도	
1유역	107.9	22.71	25.51	
2유역	23.7	6.62	7.48	
1,2지점	131.6	26.88	30.05	
3-1유역	17.5	4.98	5.63	
3-2유역	19.6	5.60	6.32	
3-3유역	30.0	8.03	8.99	
1,2,3지점	67.1	39.38	44.00	
4유역	394.5	59.70	66.67	
5유역	37.0	9.71	10.90	
6유역	76.7	15.82	17.84	
7유역	36.2	9.42	10.61	
5,6,7지점	149.9	29.66	33.24	
1,2,3,4,5,6,7지점	743.1	97.49	108.29	

- 외수위 분석 : 본 구역은 해창 방조제에 접하고 있으며, 홍수발생시 배수문의 위치가 남해와 접해있어 조위의 영향을 받는 지역으로, 조위의 영향을 받는 구역의 배수개선 계획 수립시 조위 조건중 내수배제에 대하여 악조건인 최저답기준 침수와 관수 시간이 가장 길게나오는 시간 (Peak 내수위가 가장 최대치가 나오는 경우가 아님)을 비교 검토 하여 적용하였고 대조시와 소조시를 비교하여 침관수 시간이 길게 나타나는 소조시를 적용하였다. 조위 자료는 다음과 같다. 빈도별 계획 홍수위는 <표 3-65>과 같다.

<표 3-37> 해창배수문 지점의 남해조위

해창배수문	최대 외조위		비고
	대조	소조	
2.0*2.0*15런	2.10m	1.33m	

- 침수분석 결과
 - 시행전 침수분석

<표 3-38> 시행전 침수분석표(20년2일빈도)

소유역	유역면적 (ha)	기준답고 (El.m)	Peak내수위 (El.m)	침수·관수시간		비고
				침수	관수	
1유역	131.6	-0.320	0.863	36.0	9.0	
2유역	611.5	-0.020	1.170	25.5	6.0	
계	743.1					

<표 3-39> 시행전 침수분석표(30년2일빈도)

소유역	유역면적 (ha)	기준답고 (El.m)	Peak내수위 (El.m)	침수·관수시간		비고
				침수	관수	
1유역	131.6	-0.320	0.932	36.0	10.5	
2유역	611.5	-0.020	1.200	26.0	6.5	
계	743.1					

※ 침수시간은 허용담수심(30cm)를 고려한 침수시간임.

· 시행후 침수분석

<표 3-40> 시행후 침수분석 결과(20년2일빈도)

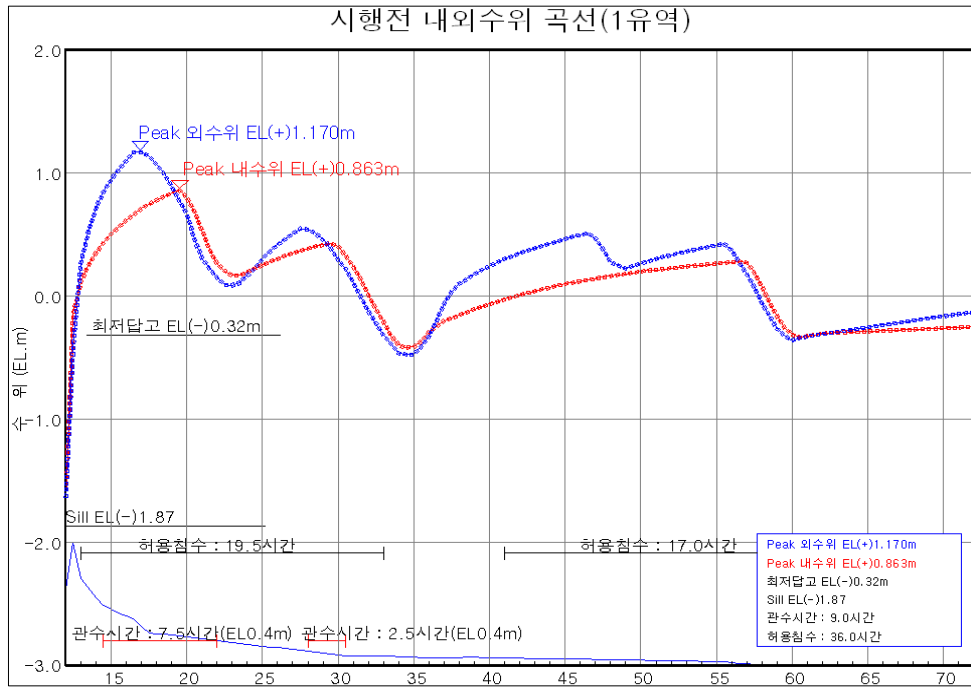
소유역	유역면적 (ha)	기준답고 (El.m)	Peak내수위 (El.m)	침수·관수시간		비고
				침수	관수	
1유역	131.6	0.200	0.871	6.0	-	
2유역	611.5	0.400	1.092	5.5	-	
계	743.1					

<표 3-41> 시행후 침수분석 결과(30년2일빈도)

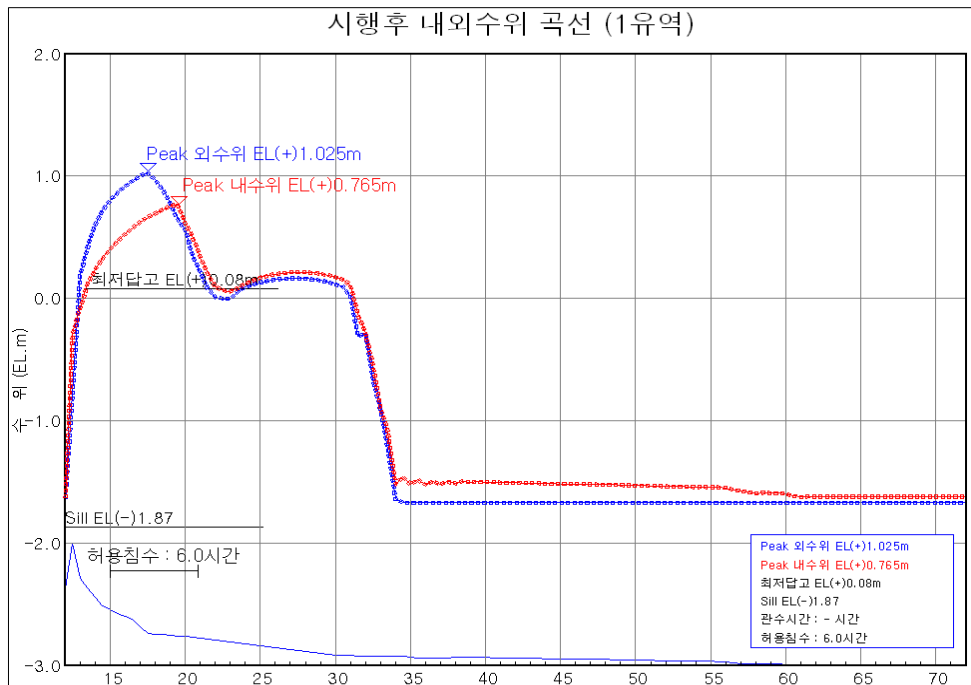
소유역	유역면적 (ha)	기준답고 (El.m)	Peak내수위 (El.m)	침수·관수시간		비고
				침수	관수	
1유역	131.6	0.200	0.900	5.5	-	
2유역	611.5	0.400	1.077	5.5	-	
계	743.1					

※ 침수시간은 허용담수심(30cm)를 고려한 침수시간임.

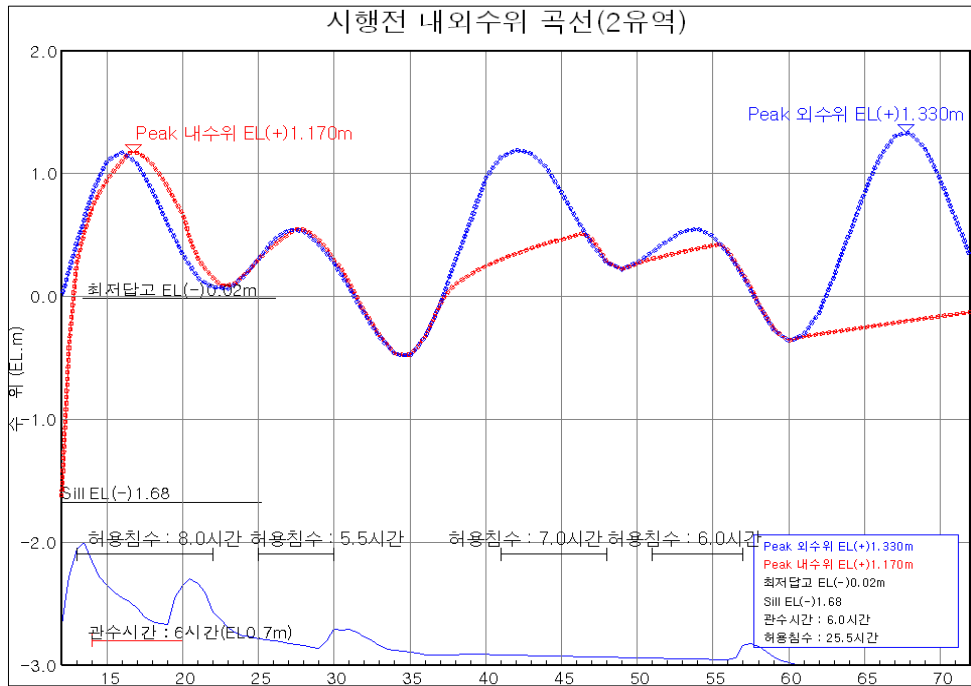
<그림 3-18> 1구역 시행전 내외수위 곡선(20년빈도)



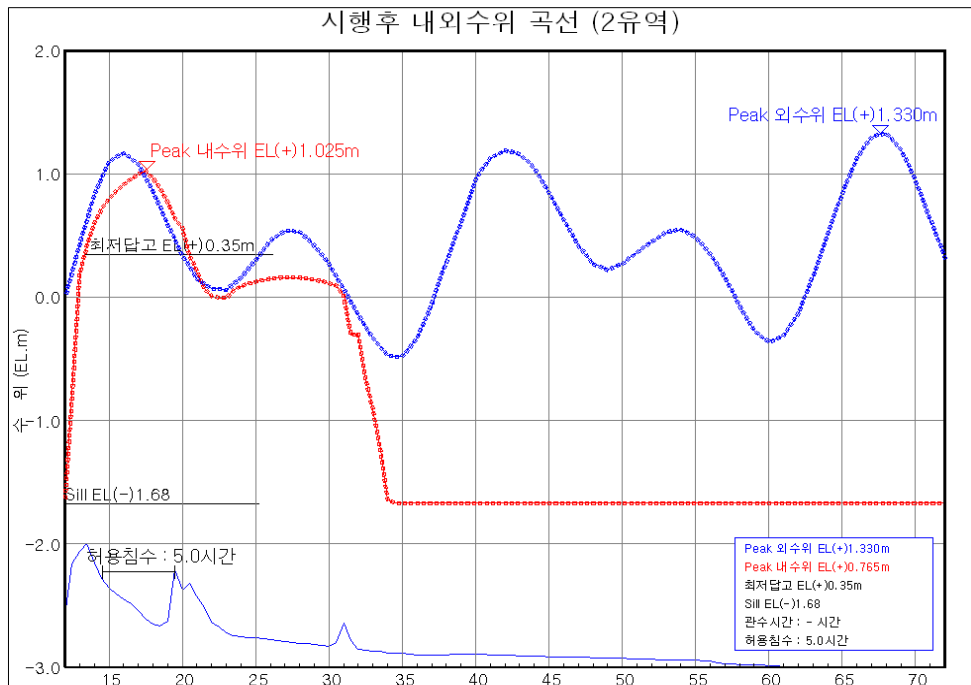
<그림 3-19> 1구역 시행후 내외수위 곡선(20년빈도)



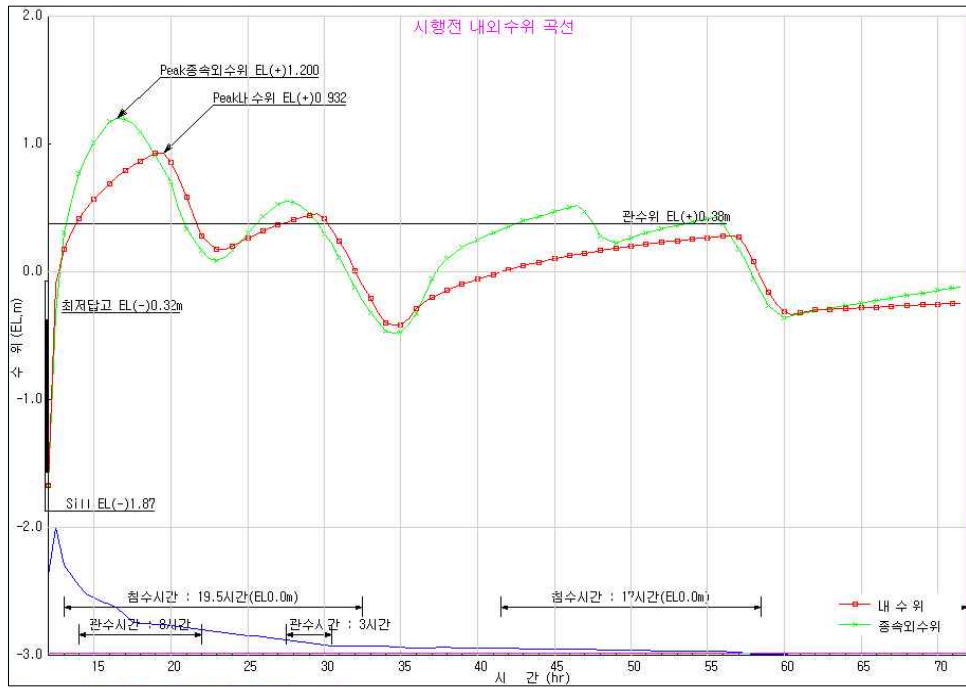
<그림 3-20> 2유역 시행전 내외수위 곡선(20년빈도)



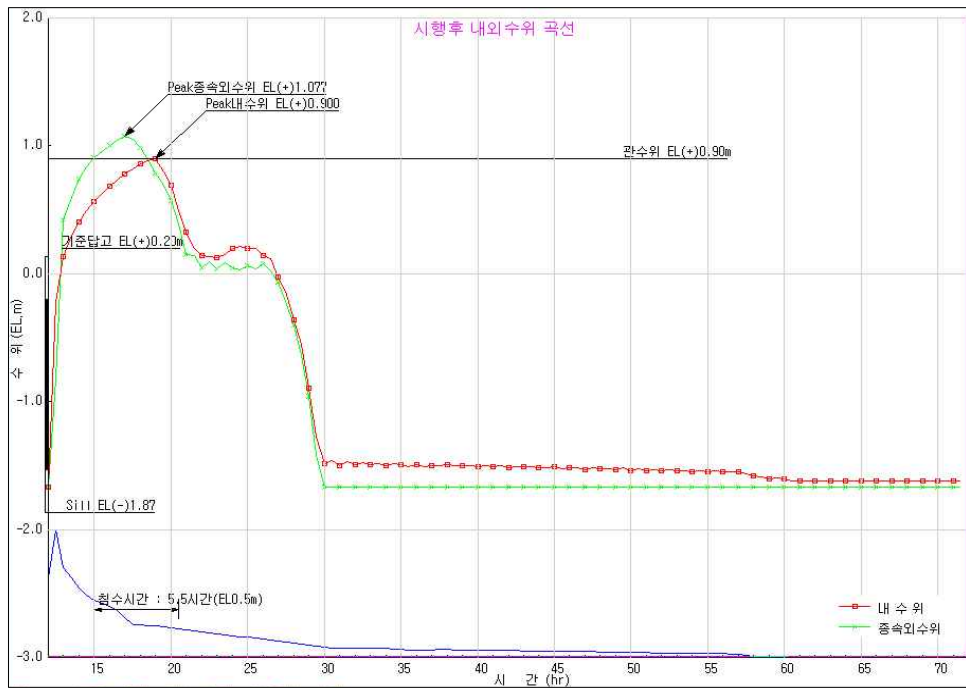
<그림 3-21> 2유역 시행후 내외수위 곡선(20년빈도)



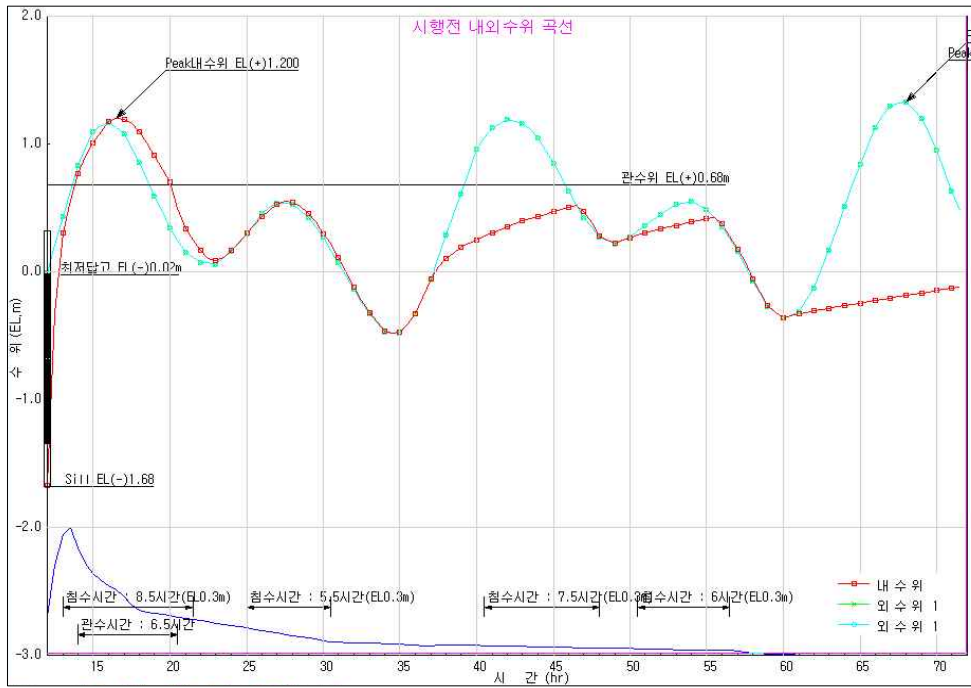
<그림 3-22> 1구역 시행전 내외수위 곡선(30년빈도)



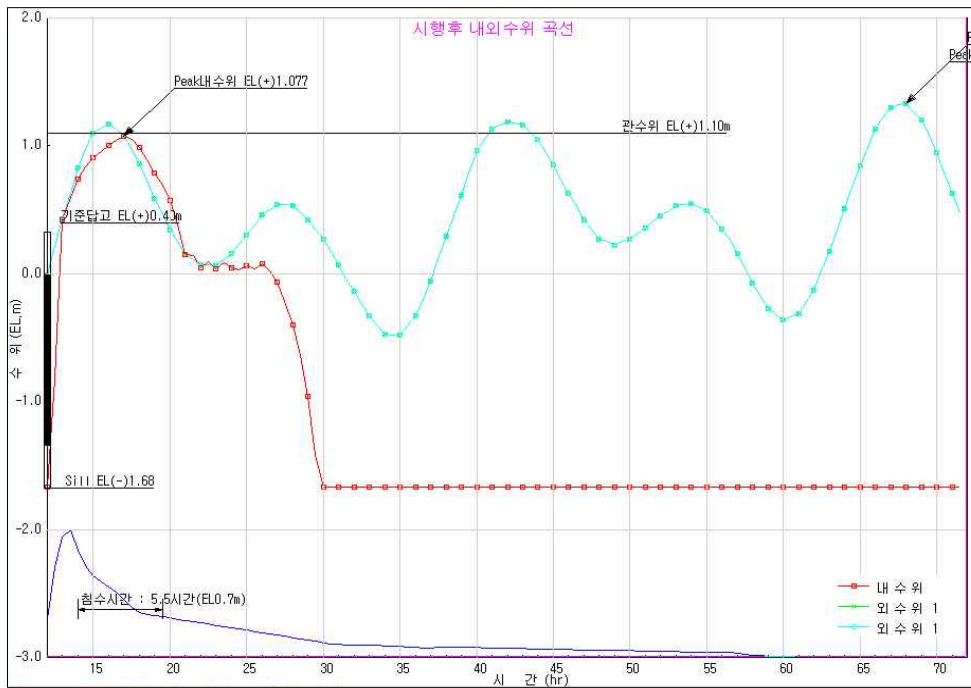
<그림 3-23> 1구역 시행후 내외수위 곡선(30년빈도)



<그림 3-24> 2유역 시행전 내외수위 곡선(30년빈도)



<그림 3-25> 2유역 시행후 내외수위 곡선(30년빈도)



하기지구(수도작, 68.6ha)

하기지구는 유역면적 270ha의 홍수량은 지구내 배수로를 이용하여 하기 배수장 및 배수문(2.0m×2.0m×1련)을 통하여 남강으로 배제하고 있다. 홍수시는 외수위 상승시 장시간 지속되어 자연 배제가 불가능하여 기계배제만으로 가능한 것으로 판단된다. 현행 배수관행상 유역내 유입량이 지구내 배수로를 통하여 배수하고 있으나, 시설배수장의 배수능력저하로 저지대구간에서 침수현상을 보이고 있는 것으로 판단된다. 배수시설 현황은 <표 3-41>와 같다.

<표 3-42> 배수시설 현황

시설명	위치	시설규모	배제량 (m ³ /s)	설치년도	시설상태	비고
하기 배수장	하기리	206kw×900mm×2대 131kw×700mm×1대	4.5	1987	보통	
하기배수갑문	하기리	2.0m×2.0m×1련			보통	

- 배수불량 주요원인

- 본 지구는 남강변 저지대에 있는 평탄지대로서 홍수시에는 하천수위 상승에 의한 지구내 역류, 하천변 저지대의 지형적인 영향, 지구내 배수로의 홍수배제능력부족 등 복합적인 원인으로 남강 주변 저지대로부터 침수피해가 반복 발생되고 있는 침수상습지역임.
- 침수현상은 기 배수개선사업 시행시 12시간 관수를 허용한 규모의 배수시설물로서 기존배수장의 능력 부족, 배수로의 토사퇴적 및 수초 번식으로 인한 통수단면 부족, 저지대의 침수피해가 심하게 나타나는 것으로 검토됨.

- 침수피해 상황

- 배수로 구배 불량과 수초번성 등으로 홍수지체 시간이 길고, 시설 배수시설물의 규모 부족으로 저지대의 농경지가 상습적으로 침수가 되어 민원이 빈번한 실정이고, 태풍 매미 내습시 지구내의 침수현황을 청문조사결과, 배수장 용량 부족, 배수로의 통수능력 부족, 수초번성 등으로 유수지로의 유입시간이 지체됨으로서 저지대 농경지를 중심으로 침수피해를 입고 있는 실정으로 조사됨.

- 수문분석 결과

- 강우관측소 현황 : 기상관측소 지배유역도(Thiessen Network)상 본

지구는 산청관측소의 지배구역에 해당되어 진주관측소 자료를 이용하는 것으로 결정함. 인접 경계지역에 위치한 마산, 합천, 함안관측소의 강우자료를 비교 검토 하였으며, 빈도분석 결과 최근 30개년간의 빈도별 강우량이 많은 것으로 분석된 진주관측소 기상자료를 수문분석 자료로 이용.

<표 3-43> 기상관측소 강우량 자료 비교표

구 분	수록기간	구분	20년	30년	50년	100년	기왕최대	비고
진주	'78 ~ '07 최근30개년	1일	275.96	296.38	321.91	356.35	264.00	채택
		2일	331.48	355.56	385.66	426.27	309.00	
	15 ~ '07 92년	1일	222.86	238.75	258.61	285.39	264.00	
		2일	288.30	309.35	335.68	371.18	327.70	

· 홍수량 계산 결과

<표 3-44> 첨두(Peak) 홍수량 계산 결과

구 분	유역면적 (ha)	설계강우량(mm)				첨두홍수량(m ³ /s)	
		적용빈도	강우량	적용빈도	강우량	20년빈도	30년빈도
주구역	270.1	20년2일	331.48	30년2일	355.56	44.18	48.54

<표 3-45> 배수로 홍수량 계산 결과

구 분	유역면적 (ha)	설계홍수량(m ³ /s)		측 점	비 고
		20년1일빈도	30년1일빈도		
하기배수로	270.6	44.18	48.54	No.0+0 ~ No.4+30	

· 외수위 분석 : 남강 No.53+240 위치한 정암 수위표 관측기록치를 이용하여 시간별 홍수위를 분석하였다. 수위표 관측 기록치중 최근에 발생한 시간별 홍수위('99~'06년)와 과거에 발생한 시간별 홍수위('85년)를 비교·검토한 결과, 배수 시설물의 안전을 위하여 장시간 지속되는 2003. 9. 13 ~ 2003. 9. 16 (4일간)까지 발생한 태풍“매미”의 시간별 홍수위 곡선을 본 지구의 시간별 수위로 채택, 빈도별 계획 홍수위는 <표3-65>과 같다.

<표 3-46> 빈도별 계획홍수위

구 분	위 치	빈도별 홍수위 (EL.m)			비 고
		20년	30년	50년	
남 강 (신하기 배수장)	NO.11+00	14.59	14.96	15.43	

- 침수분석 결과

- 시행전 침수분석

<표 3-47> 시행전 침수분석표(20년2일빈도)

구 역	유역면적 (ha)	침수면적 (ha)	기준답고 (EL.m)	Peak내수위 (EL.m)	시행전(h)		비고
					침수	관수	
주 구역	270.06	68.64	7.60	9.043	50.5	44.0	
종속구역			8.80	9.439	70.5	-	

<표 3-48> 시행전 침수분석표(30년2일빈도)

구 역	유역면적 (ha)	침수면적 (ha)	기준답고 (EL.m)	Peak내수위 (EL.m)	시행전(h)		비고
					침수	관수	
주 구역	270.06	68.64	7.60	9.124	50.5	44.0	
종속구역			(74.95)	8.80	9.452	70.5	-

- 시행후 침수분석

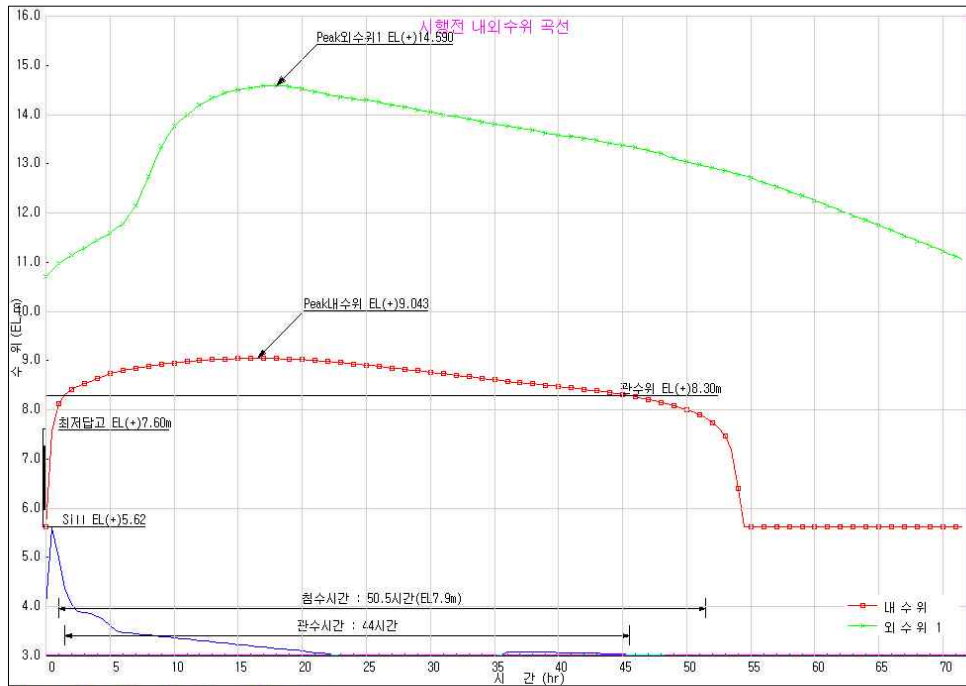
<표 3-49> 시행전·후 침수분석 결과(20년2일빈도)

구 역	유역 면적 (ha)	침수 면적 (ha)	기준답고 (EL.m)		Peak내수위 (EL.m)		시행전 (h)		시행후 (h)	
			시행전	시행후	시행전	시행후	침수	관수	침수	관수
주 구역	270.1	72.9	7.60	8.00	9.043	8.698	50.5	44.0	20.5	-
종속구역	8.8	9.1	9.439	9.390	70.5	-	-	-		-

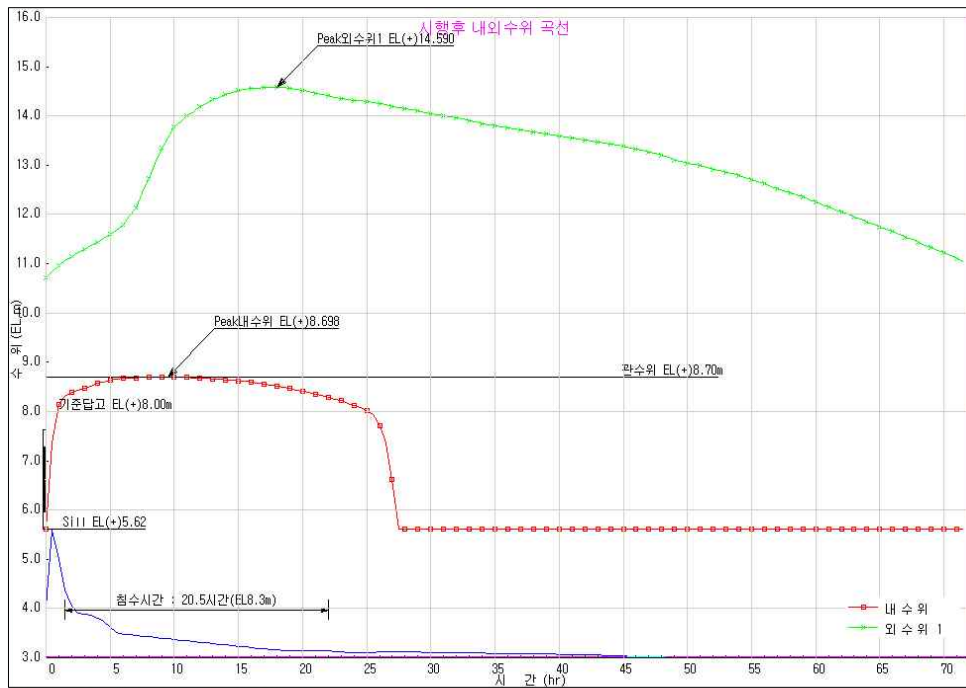
<표 3-50> 시행전·후 침수분석 결과(30년2일빈도)

구역	유역 면적 (ha)	침수 면적 (ha)	기준답고 (EL.m)		Peak내수위 (EL.m)		시행전 (h)		시행후 (h)	
			시행전	시행후	시행전	시행후	침수	관수	침수	관수
주 구역	270.1	72.9	7.60	8.00	9.124	8.696	50.5	44.5	18.5	-
종속구역	8.8	9.1	9.452	9.398	70.5	-	-	-	-	-

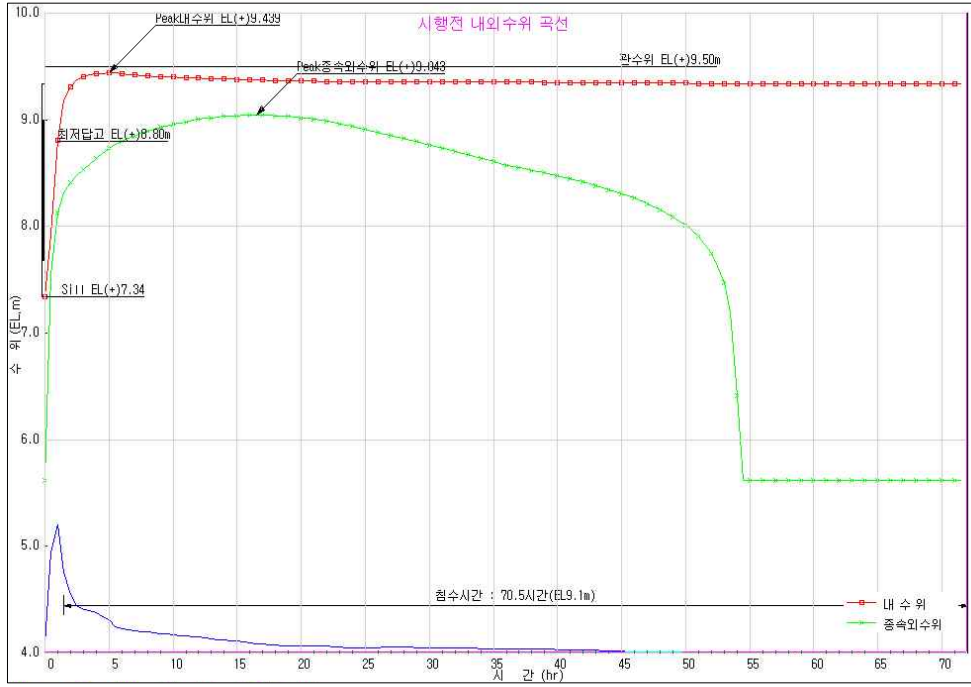
<그림 3-26> 주구역 시행전 내외수위 곡선(20년빈도)



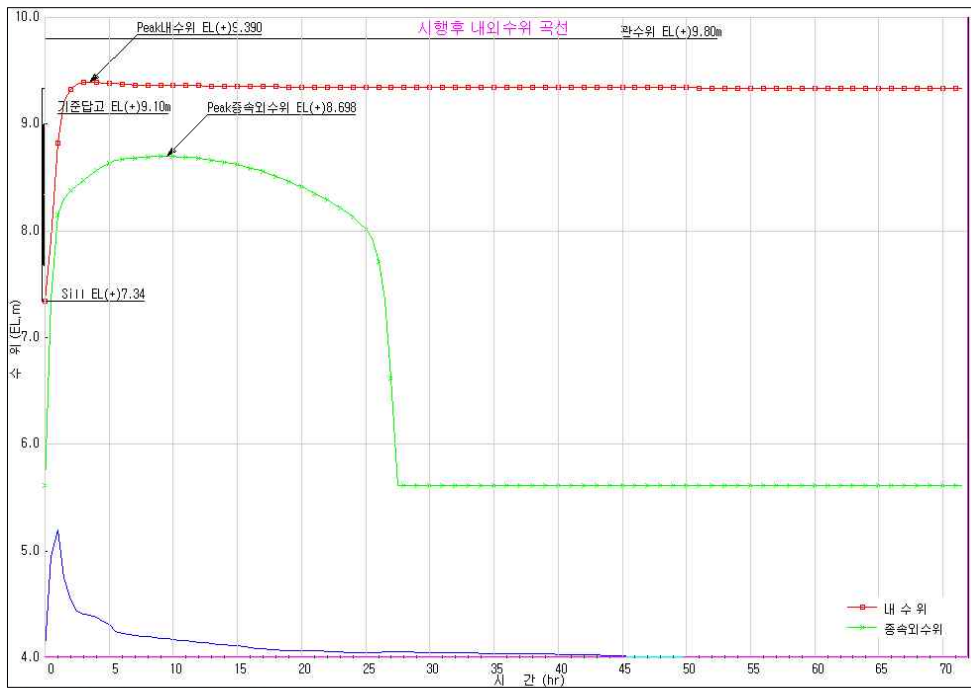
<그림 3-27> 주구역 시행후 내외수위 곡선(20년빈도)



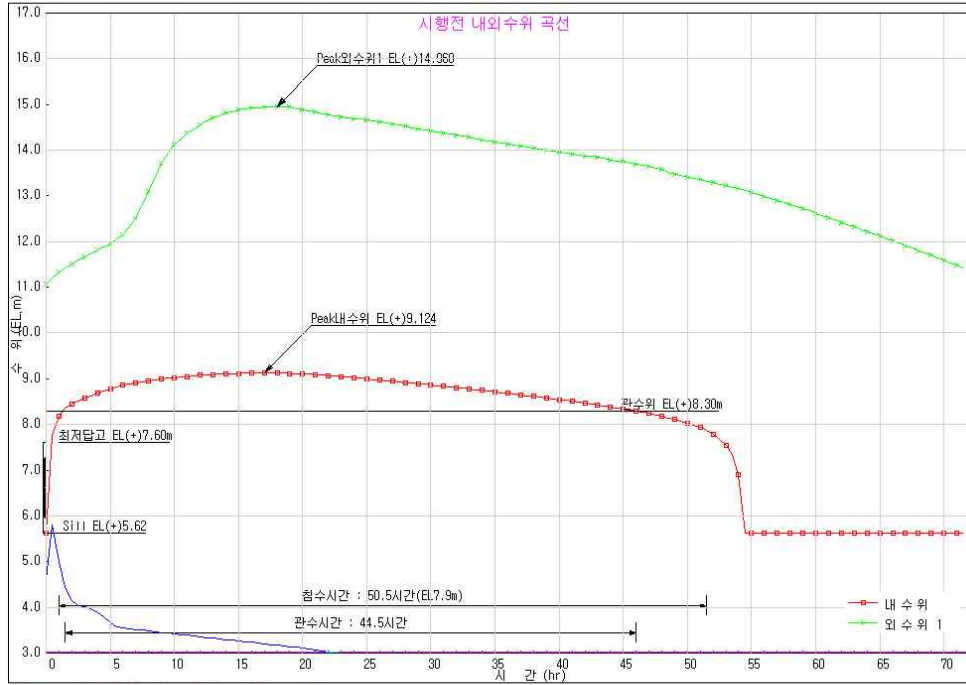
<그림 3-28> 종속구역 시행전 내외수위 곡선(20년빈도)



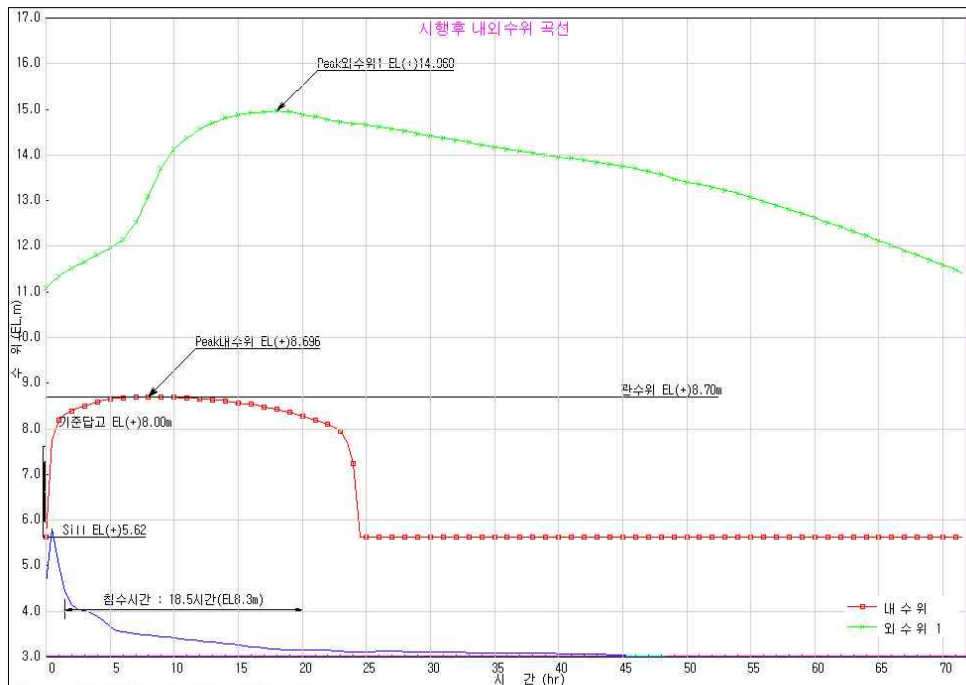
<그림 3-29> 종속구역 시행후 내외수위 곡선(20년빈도)



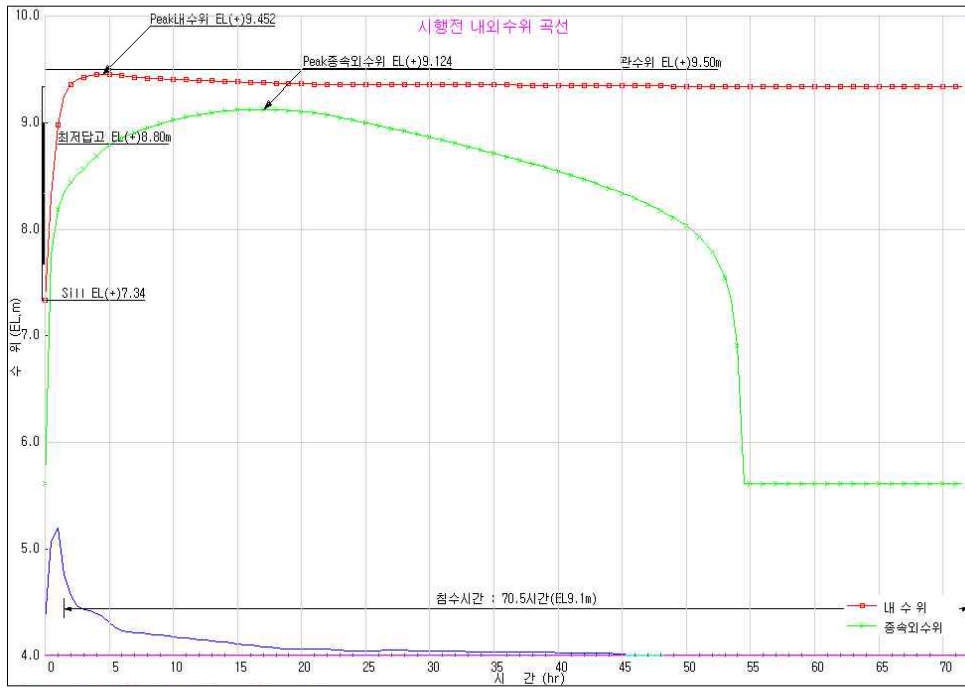
<그림 3-30> 주구역 시행전 내외수위 곡선(30년빈도)



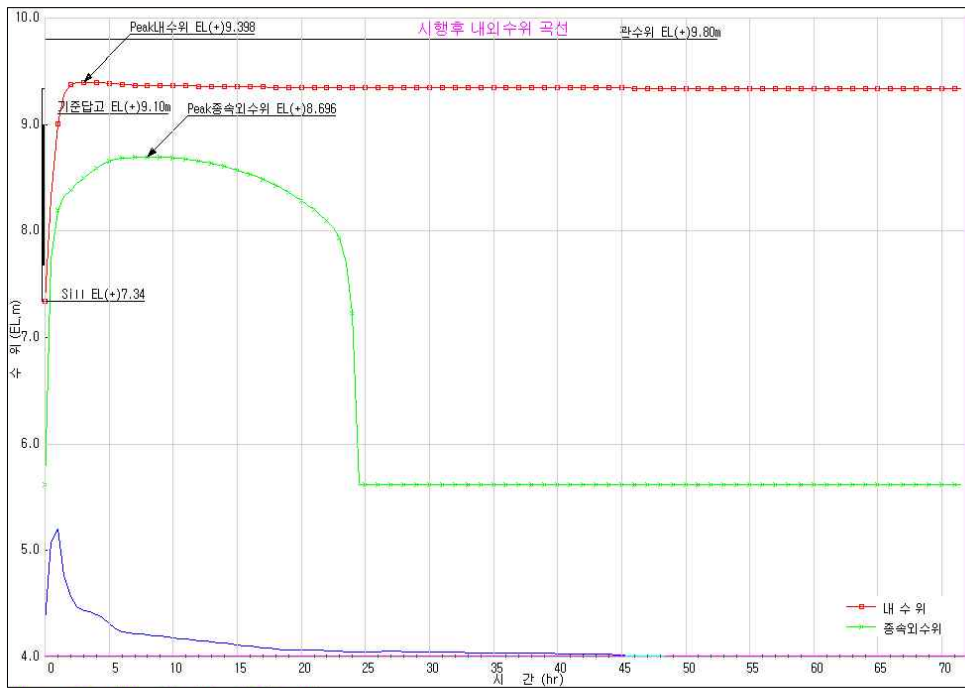
<그림 3-31> 주구역 시행후 내외수위 곡선(30년빈도)



<그림 3-32> 종속구역 시행전 내외수위 곡선(30년빈도)



<그림 3-33> 종속구역 시행후 내외수위 곡선(30년빈도)



수산지구(수도작, 400.0ha)

수산지구는 새만금 담수호와 인접하고 있는 군산시 옥구읍 수산리, 회현면 회현리에 위치하고 있는 저지대 농경지이다. 홍수시 미제천의 홍수량이 일시에 지구내로 유입되어 간선배수로의 수위가 상승하지만 지구내 배수로의 상태 불량 등으로 현재의 배수시설 체계로서는 완전한 침수피해 방지가 어려운 실정이다. 배수계통은 지구 외수는 미제천과 합류되어 지구내로 유입되고, 지구내 배수로는 지구 말단의 배수문을 통하여 새만금담수호로 합류된다. 배수시설 현황은 다음과 같다.

<표 3-51> 배수시설 현황

시 설 명	시 설 규 모	구조	형식	상태	비 고
수산배수문	3.6m×3.0m×4대	Roller	Pin-Jack	양호	
수산제수문	3.0m×2.0m×4대	Slide	Pin-Jack	양호	

- 배수불량 주요원인
 - 새만금방조제 설치에 따라 만경강의 외수위가 낮아져 홍수량 배제가 양호하나, 상류부에서 미제천이 유입되고 지구내 배수로가 용수로의 기능으로도 활용되어 지구내 제수문이 배수를 지연시키는 효과가 있음.
 - 배수불량의 주요 원인은 미제천이 지구내로 유입되어 배수로 수위저하를 방해하므로 이에 대한 대책이 필요함.
- 침수피해 상황
 - 본 지구 배수시설은 제수문이 수로의 중간이나 말단부에 설치되어 평상시에는 용수로 공급되나 홍수시에는 유량이 확보되어 있어 배수가 지연되며, 토공 배수로에 토사가 퇴적되어 수초번성하여 통수이단면 부족하고, 유속이 저하되므로 배수가 지연됨.
 - 또한, 서해바다와 인접되어 있는 해안가 저지대 농경지로써 상·하류 구역간 표고차가 미미하고 배수로가 용·배수로 같이 활용되므로 곳곳에 제수문이 설치되어 있어 홍수지 장애물로 활용됨.
- 수문분석 결과
 - 강우관측소 현황 : 기상관측소 지배구역도(Thiessen Network)상 본 지구는 군산측후소의 지배구역에 해당되고, 군산관측소의 강우특성

이 본 지구의 강우특성과 근접한 것으로 검토되어 군산관측소의 빈도별 확률강우량을 본 지구의 설계강우량으로 채택함.

<표 3-52> 기상관측소 강우량 자료 비교표

구 분	수록기간	구분	20년	30년	50년	100년	비고
군산	'35 ~ '08 74개년	1일	247.91	269.20	296.70	333.70	채택
		2일	324.01	355.70	392.70	442.70	
전주	19 ~ '08 90년	1일	225.33	234.7	256.6	286.3	
		2일	284.02	307.9	336.4	374.8	

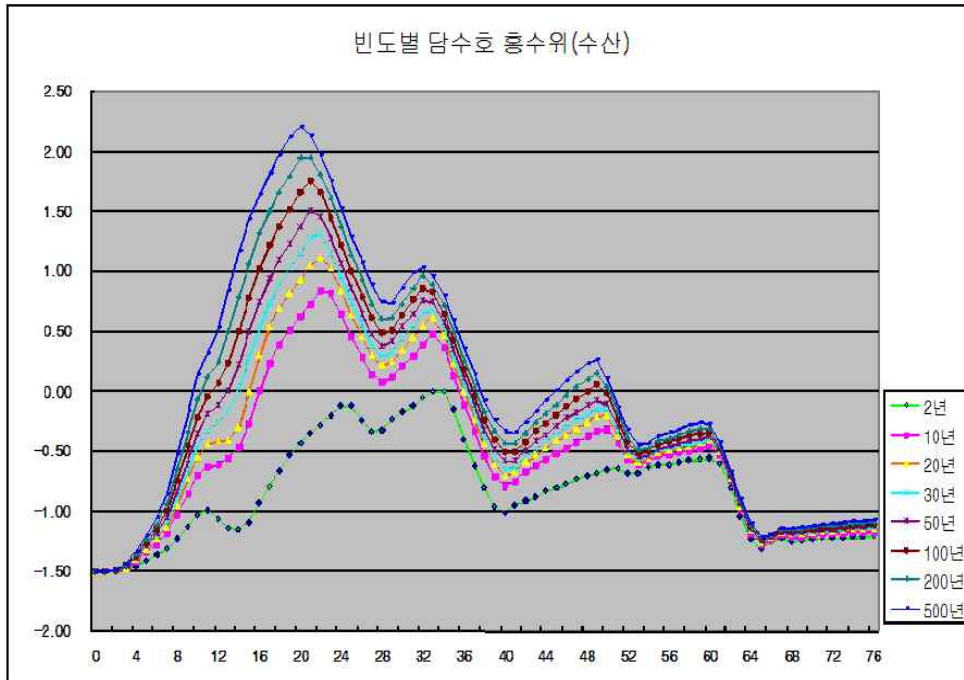
· 홍수량 계산 결과

<표 3-53> 홍수량 계산 결과

구 분	유역면적 (ha)	설계강우량(mm)				침투홍수량(m ³ /s)	
		적용빈도	강우량	적용빈도	강우량	20년빈도	30년빈도
104유역	125.12	20년1일	247.91	30년1일	269.20	14.10	15.79
105유역	57.34	20년1일	247.91	30년1일	269.20	2.20	2.43
106지점		20년1일	247.91	30년1일	269.20	14.13	15.80
103유역	144.08	20년1일	247.91	30년1일	269.20	21.20	23.24
107지점		20년1일	247.91	30년1일	269.20	35.07	38.70
102유역	177.83	20년1일	247.91	30년1일	269.20	15.30	16.80
108지점		20년1일	247.91	30년1일	269.20	47.05	51.48
101유역	43.27	20년1일	247.91	30년1일	269.20	2.10	2.32

· 외수위 분석 : 본 지구의 침수분석을 위한 외수위로 적용하기 위하여 새만금지구 사업시행 전·후 배후지 침수영형분석을 위하여 부정류모형으로 해석한 [새만금지구 수문조사보고서]에 의하여 홍수위를 추적한 수문곡선을 시행전·후 외수위에 적용하였고, 빈도별 계획 홍수위는 <그림 3-32>과 같다.

<그림 3-34> 빈도별 계획홍수위 비교



- 침수분석 결과
 - 시행전 침수분석

<표 3-54> 시행전 침수분석표(20년2일빈도)

구역	유역면적 (ha)	침수면적 (ha)	기준답고 (EL.m)	Peak내수위 (EL.m)	시행전(h)		비고
					침수	관수	
선제1구역	78.88	28.58	3.40	5.253	41.5	41.5	
선제2구역	100.95	15.31	4.00	4.865	40.5	4.0	
수산1구역	43.27	20.20	2.10	3.037	21.0	15.5	
수산2구역	504.67	116.17	2.80	3.650	18.5	7.0	

<표 3-55> 시행전 침수분석표(30년2일빈도)

구역	유역면적 (ha)	침수면적 (ha)	기준답고 (EL.m)	Peak내수위 (EL.m)	시행전(h)		비고
					침수	관수	
선제1구역	78.88	28.58	3.40	5.482	41.5	41.5	
선제2구역	100.95	15.31	4.00	4.899	41.0	12.0	
수산1구역	43.27	20.20	2.10	3.078	23.0	18.0	
수산2구역	504.67	116.17	2.80	3.650	20.5	15.0	

· 시행후 침수분석

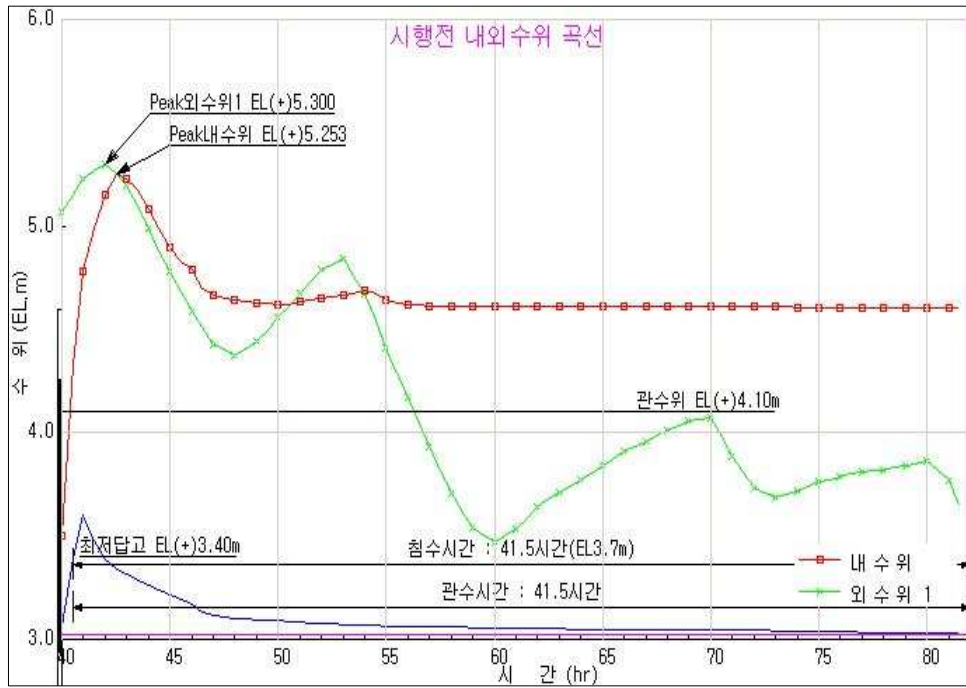
<표 3-56> 시행전·후 침수분석 결과(20년2일빈도)

구역	유역 면적 (ha)	기준답고 (EL.m)		Peak내수위 (EL.m)		시행전(h)		시행후(h)	
		시행전	시행후	시행전	시행후	침수	관수	침수	관수
선제1구역	78.88	3.40	3.90	5.253	4.524	41.5	41.5	14.0	0.0
선제2구역	100.95	4.00	4.00	4.865	4.525	40.5	4.0	15.0	0.0
수산1구역	43.27	2.10	2.50	3.037	3.119	21.0	15.5	6.0	0.0
수산2구역	504.67	2.80	3.30	3.650	3.650	18.5	7.0	0.5	0.0
계	727.77								

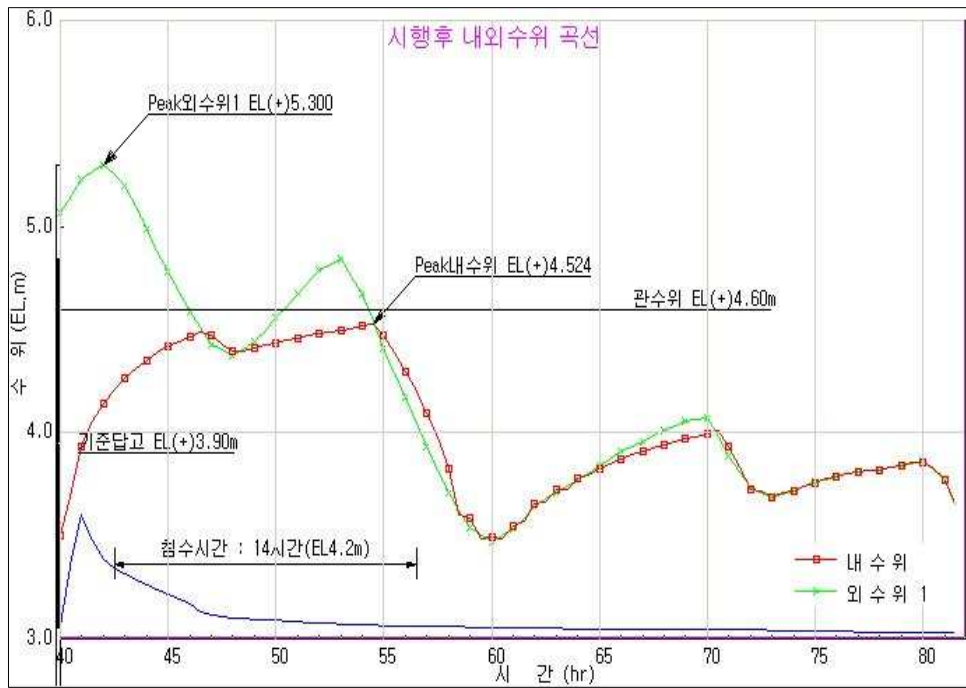
<표 3-57> 시행전·후 침수분석 결과(30년2일빈도)

구역	유역 면적 (ha)	기준답고 (EL.m)		Peak내수위 (EL.m)		시행전(h)		시행후(h)	
		시행전	시행후	시행전	시행후	침수	관수	침수	관수
선제1구역	78.88	3.40	4.10	5.482	5.480	41.5	41.5	14.0	0.0
선제2구역	100.95	4.00	4.10	4.899	4.791	41.0	12.0	15.5	0.0
수산1구역	43.27	2.10	2.60	3.078	3.196	23.0	18.0	6.5	0.0
수산2구역	504.67	2.80	3.30	3.650	3.650	20.5	15.0	0.5	0.0
계	727.77								

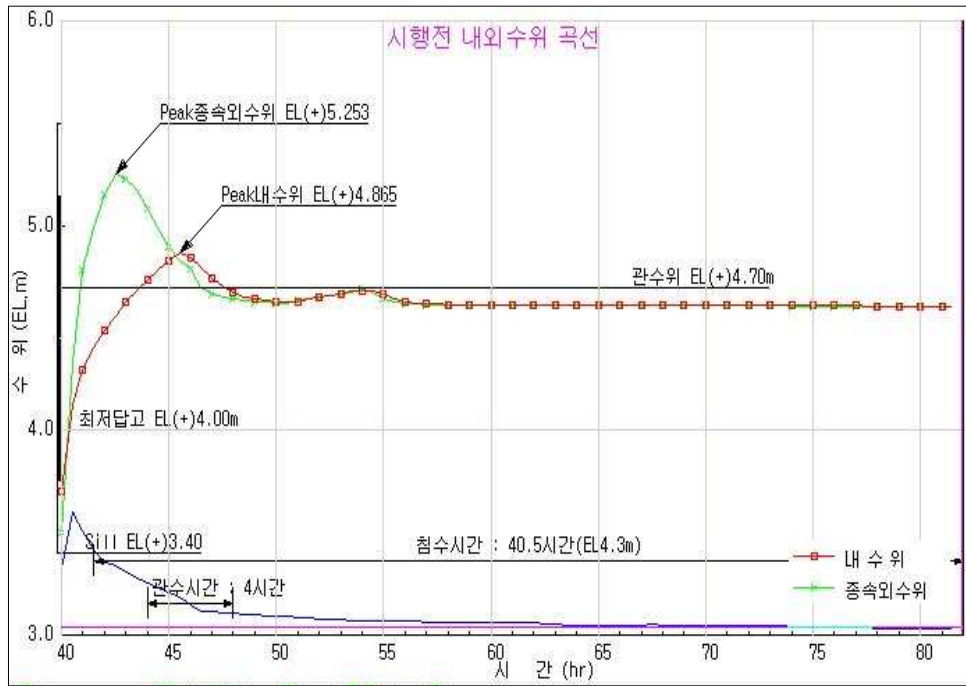
<그림 3-35> 선제1구역 시행전 내외수위 곡선(20년빈도)



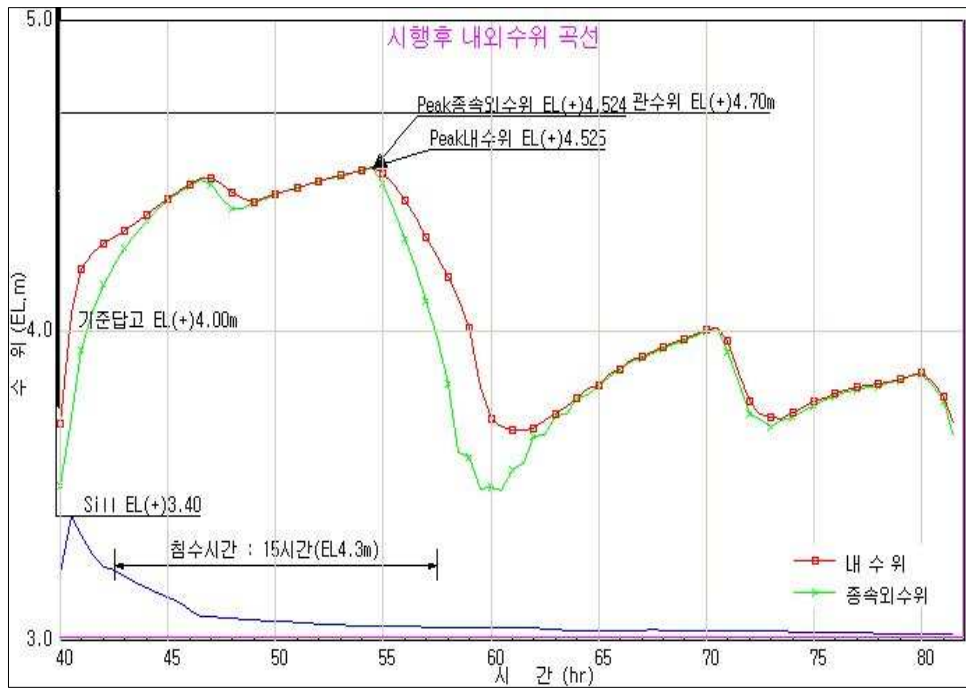
<그림 3-36> 선제1구역 시행후 내외수위 곡선(20년빈도)



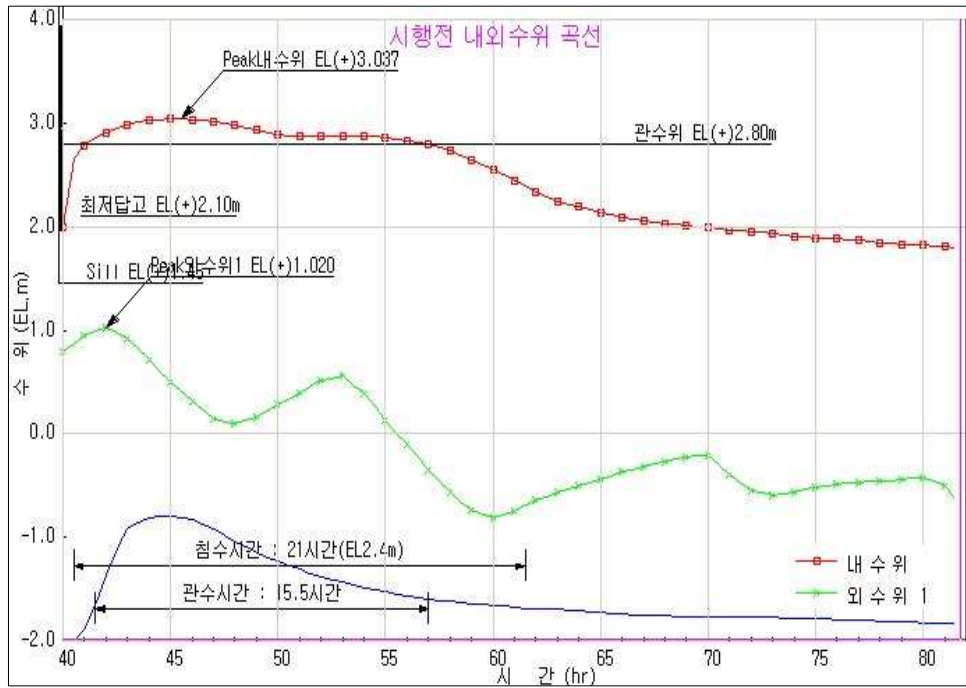
<그림 3-37> 선제2구역 시행전 내외수위 곡선(20년빈도)



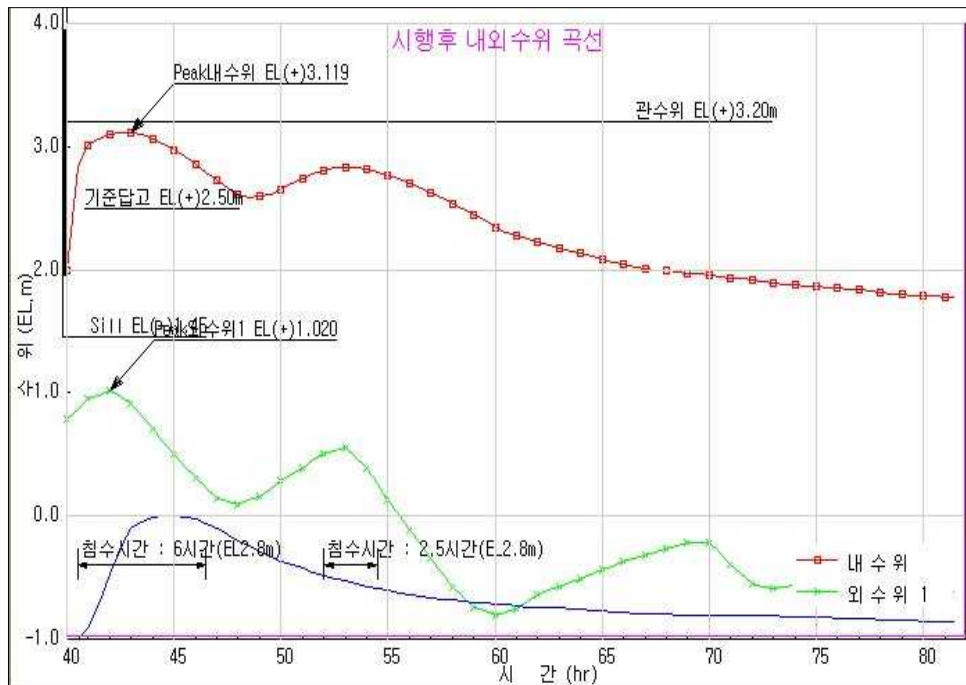
<그림 3-38> 선제2구역 시행후 내외수위 곡선(20년빈도)



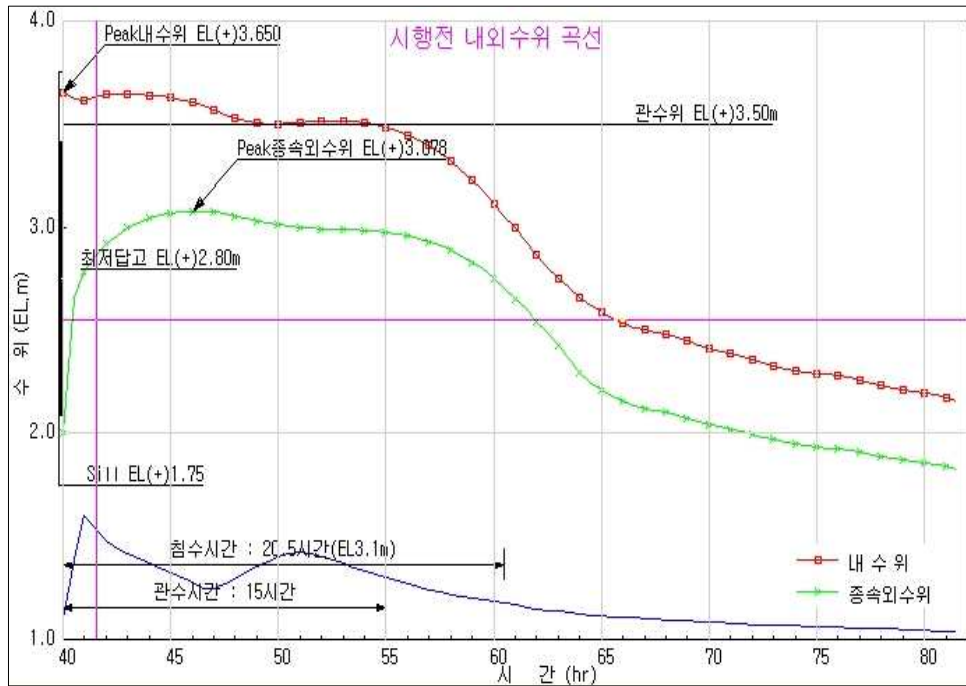
<그림 3-39> 수산1구역 시행전 내외수위 곡선(20년빈도)



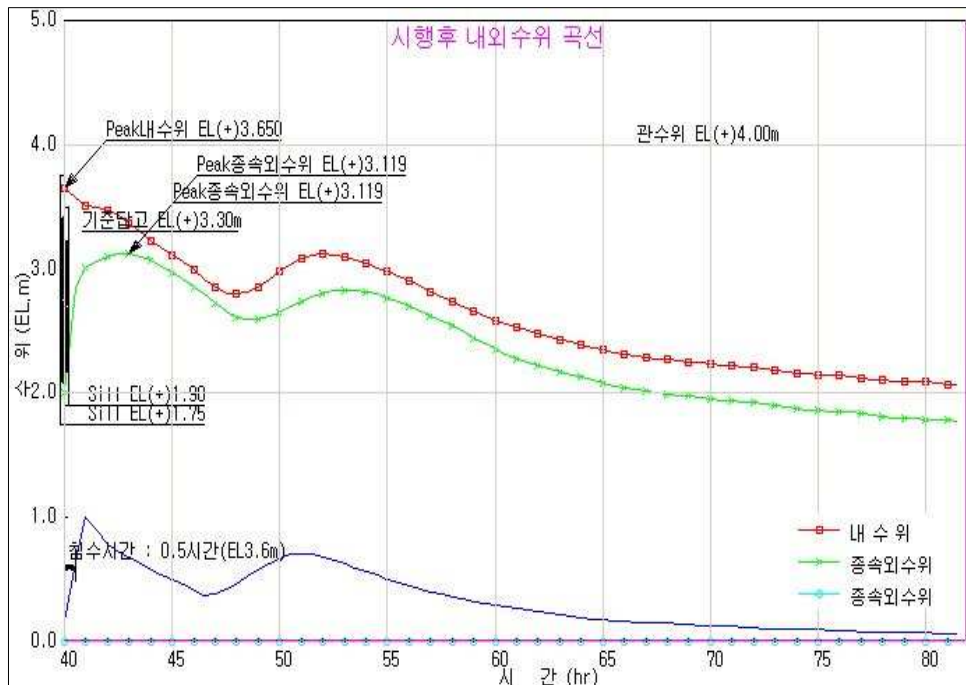
<그림 3-40> 수산1구역 시행후 내외수위 곡선(20년빈도)



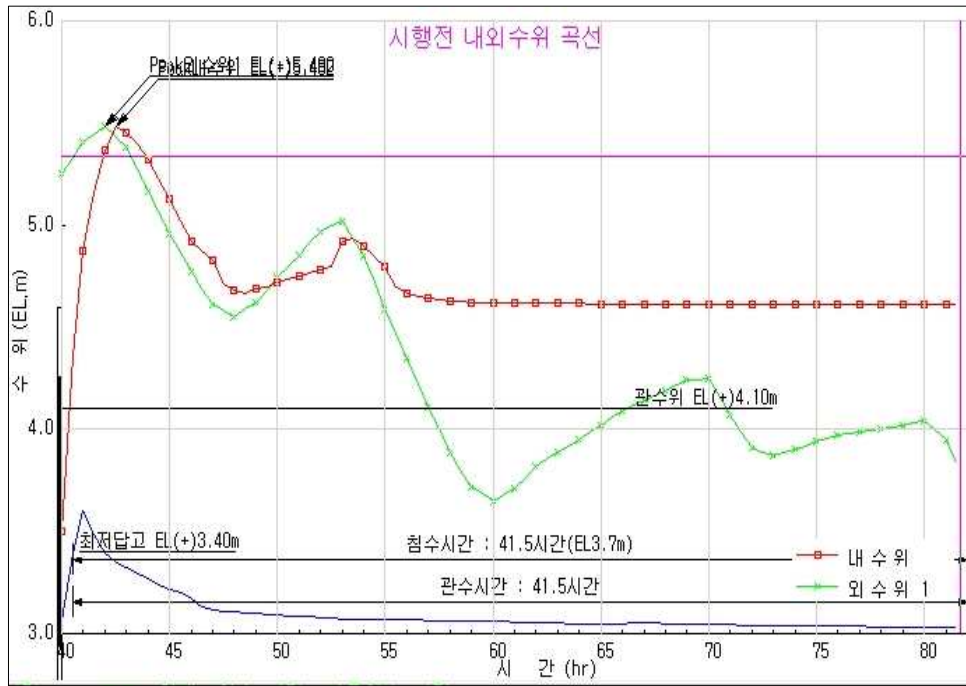
<그림 3-41> 수산2구역 시행전 내외수위 곡선(20년빈도)



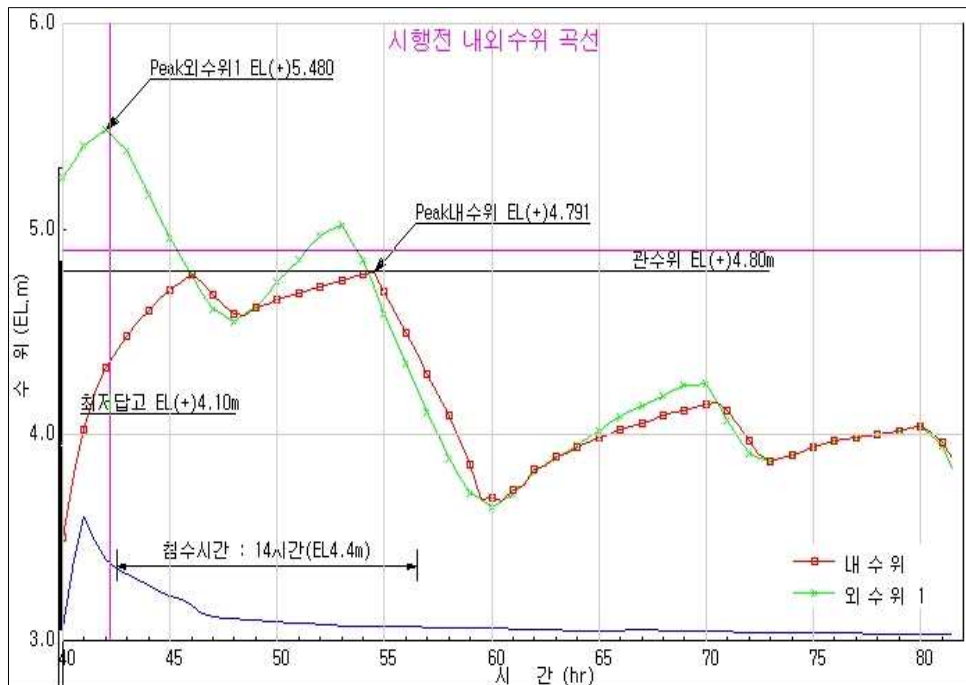
<그림 3-42> 수산2구역 시행후 내외수위 곡선(20년빈도)



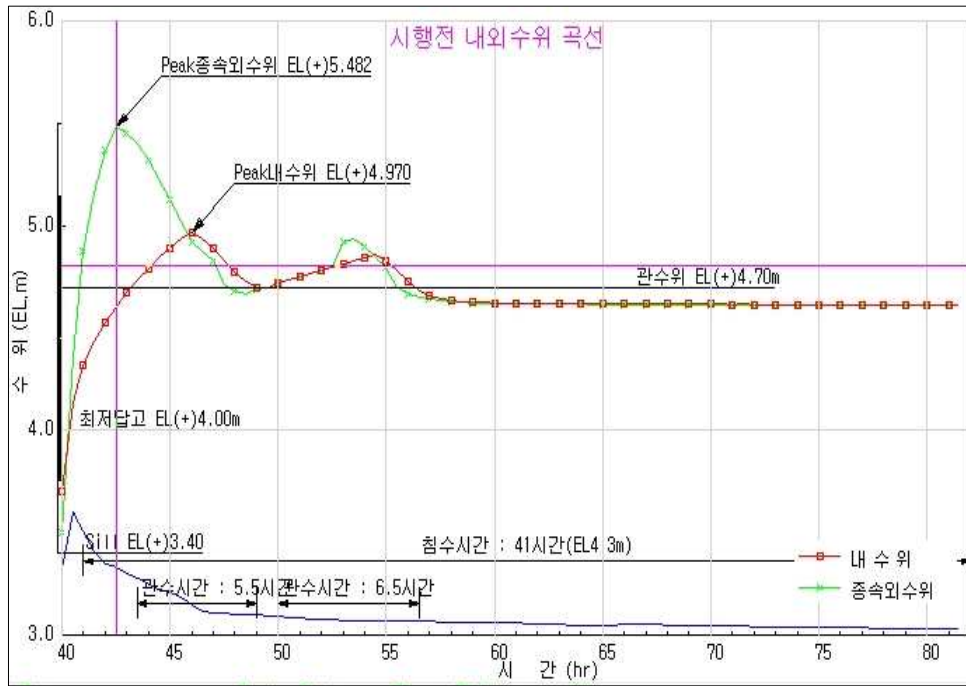
<그림 3-43> 선제1구역 시행전 내외수위 곡선(30년빈도)



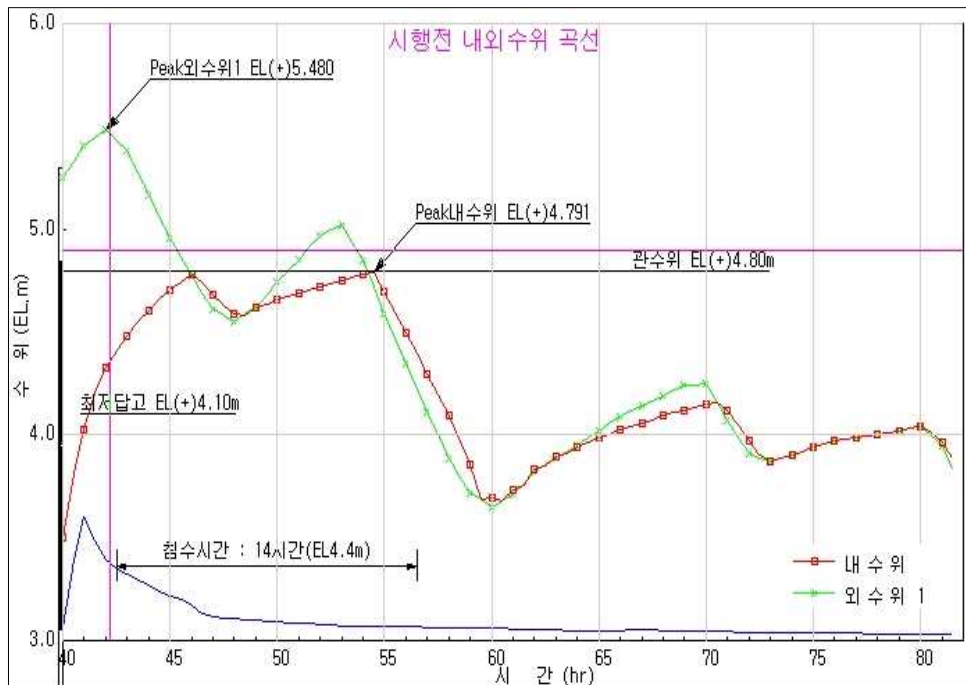
<그림 3-44> 선제1구역 시행후 내외수위 곡선(30년빈도)



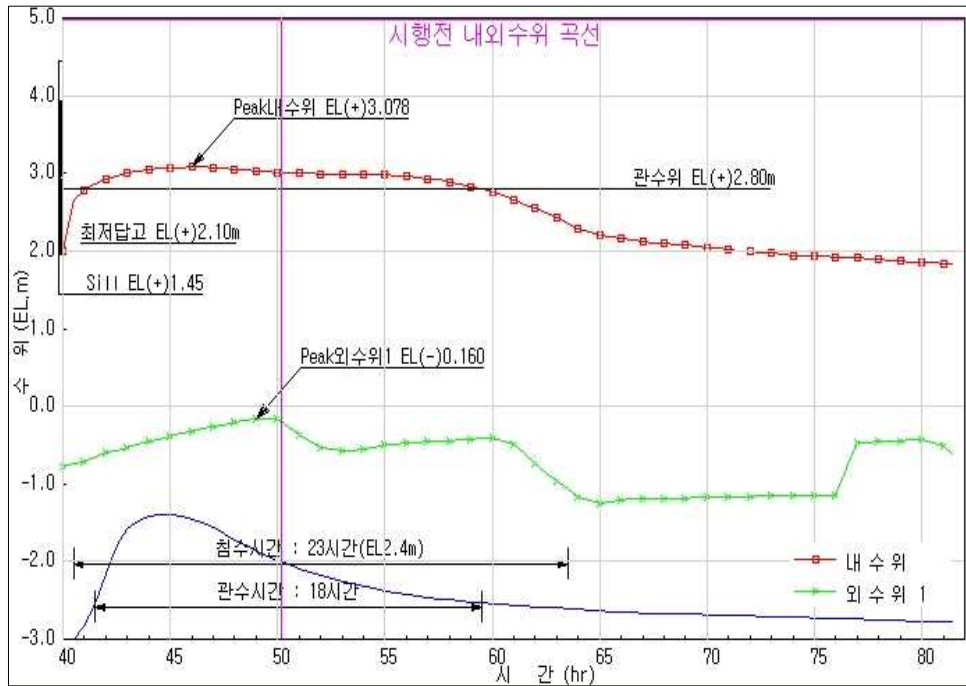
<그림 3-45> 선제2구역 시행전 내외수위 곡선(30년빈도)



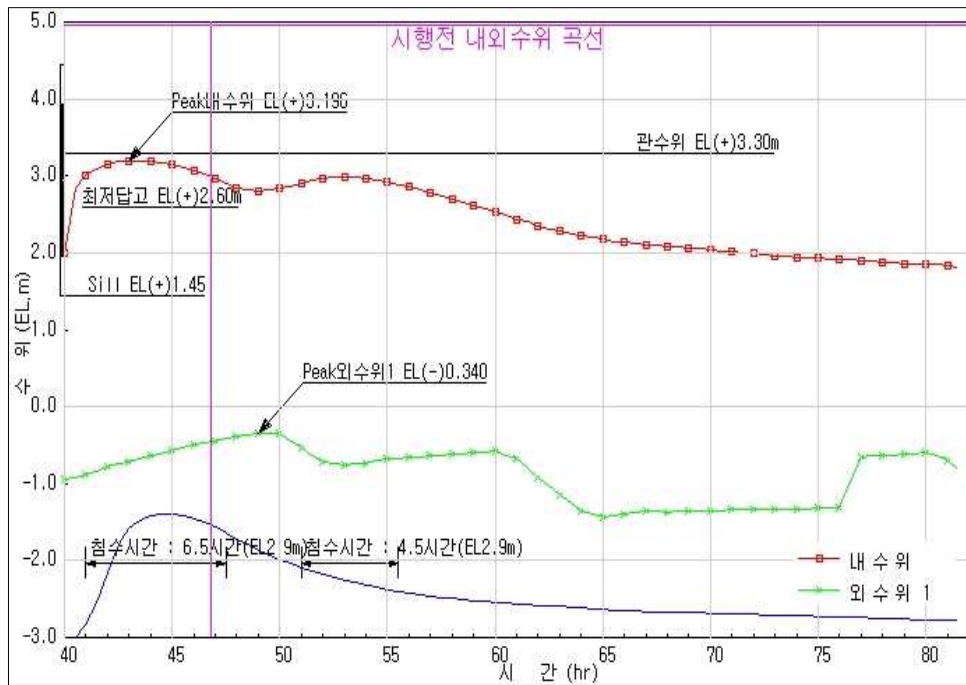
<그림 3-46> 선제2구역 시행후 내외수위 곡선(30년빈도)



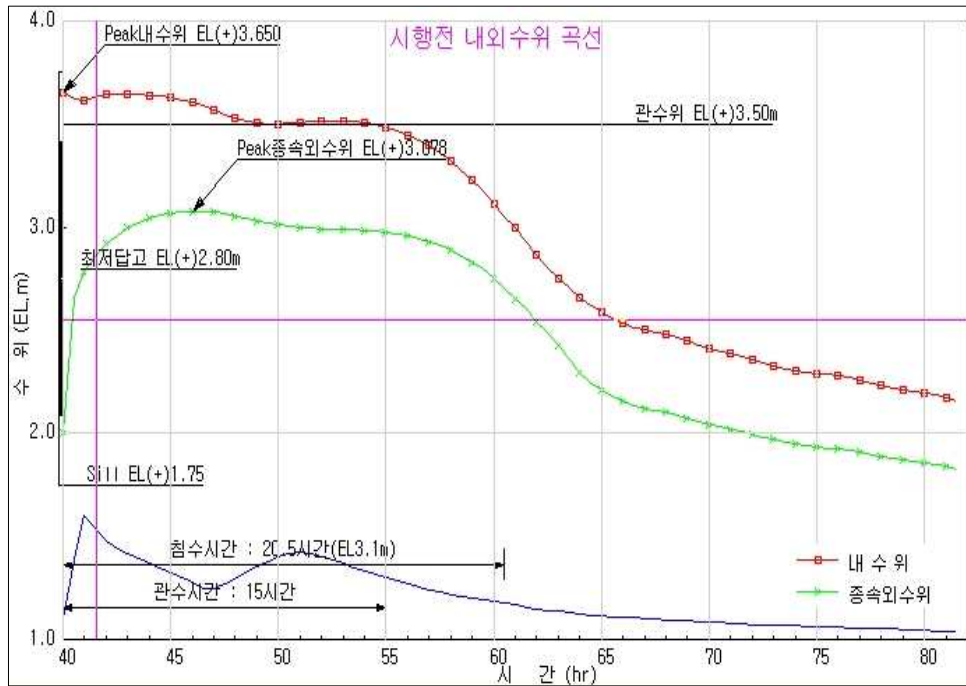
<그림 3-47> 수산1구역 시행전 내외수위 곡선(30년빈도)



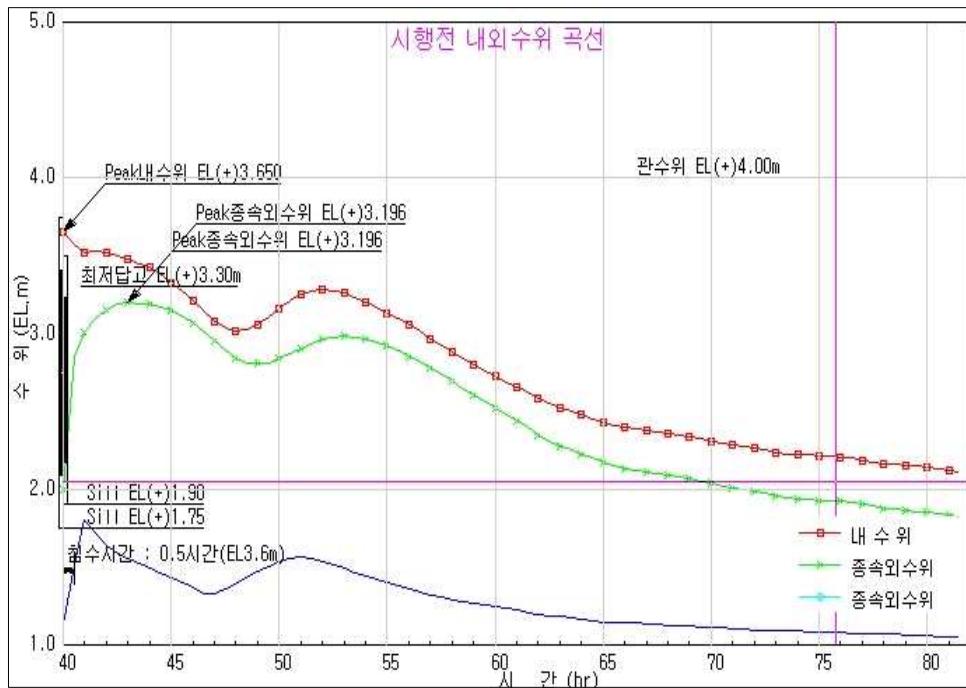
<그림 3-48> 수산1구역 시행후 내외수위 곡선(30년빈도)



<그림 3-49> 수산2구역 시행전 내외수위 곡선(30년빈도)



<그림 3-50> 수산2구역 시행후 내외수위 곡선(30년빈도)



덕곡지구(수도작 11.4ha+원예작물 64.3ha)

덕곡지구는 덕곡마을 뒷산(EL(+))255m)에서 발원하는 유로를 따라 유하하는 홍수가 지구내 배수로를 거쳐 배수문을 통하여 덕천천으로 배제되어 남강으로 유입되는 장방형의 지형이고, 경작지 경사는 동서 1/100~500, 남북 1/1000~1/6000 이다.

지구내 소유역에서 발생하는 홍수량을 기설배수문을 이용하여 남강으로 자연배제하고 있으나, 배수본천의 수위상승시에는 자연배제가 불가능하여 농경지 침수피해가 빈번히 발생하고 시설하우스 농작물에 많은 피해를 입히고 있다.

- 배수불량 주요원인

- 외수위면 : 남강의 외수위가 장시간 높게 지속되어 배수문을 통한 자연배제 불가
- 배수시설면 : 본 지구와 관련된 지내천, 향양천의 일부 하천정비구간은 신설 배수문이 설치되고 있으나 외수위 상승시 자연배제가 불가능하여 침수피해가 발생하고, 기설배수문 또한 노후화 및 수동조작으로 인하여 홍수배제 능력이 저하

- 침수피해 상황

- 덕곡지구는 중앙부의 평야부가 지대가 높고 좌우의 평야부가 낮은 형태를 보이고 있는 지형적인 여건으로 인해 각 구역에서 유하하는 홍수를 각각의 배수문을 통하여 직접 남강으로 배제하는 형태로서 홍수의 적기배제에 불리한 상태이며, 경작지 구간의 경사가 완만하여 지구 상류부의 홍수가 월담으로 저지대 경작지에 유입되고 있어 하류부 경지와 도로가 침수를 당하고 있는 실정임.

- 수문분석 결과

- 강우관측소 현황 : 본 지구의 기상관측소 지배 구역도는 Thiessen Network상 진주측후소에 위치하며, 진주측후소 기상자료(1977년~2006년, 30개년)를 수문분석 자료로 이용

<표 3-58> 기상관측소 강수량 자료 비교표

구 분	수록기간	구분	20년	30년	50년	100년	기왕최대	비고
진 주	'78~'04 (30개년)	1일	270.07	290.56	316.17	350.72	264.00	채택
		2일	320.18	342.67	370.77	408.69	309.00	

· 홍수량 계산 결과

<표 3-59> 배수로 홍수량 계산 결과

구 분	유역 면적 (ha)	설계홍수량(m ³ /s)		유 역	비 고
		20년1일빈도	30년1일빈도		
1호배수간선	117.5	18.07	19.62	NO.0+00~NO.18+00	4유역
1호배수간선	107.0	14.33	15.59	NO.18+00~NO.31+40	2유역
1호배수간선	95.3	5.53	6.07	NO.31+40~NO.43+25(E.P)	1유역
2호배수간선	83.1	11.22	12.77	NO.0+00~NO.3+36(E.P)	3유역
3호배수간선	70.5	0.41	0.45	NO.0+00~NO.4+18(E.P)	3유역

· 외수위 분석 : 본 지구에 외수위는 남강하천정비기본계획(보완Ⅱ, '92. 8)을 적용하였으며 외수위곡선은 정암 수위관측소와 진주수위관측소의 수위측정자료를 활용하여 시간별 외수위변화곡선에 적용하였으며, 빈도별 계획 홍수위는 <표 3-59>과 같다.

<표 3-60> 남강 빈도별 계획홍수위

위 치	구조물	빈도별 홍수위(EL.m)							비고
		2.33년	10년	20년	30년	50년	80년	100년	
남강 하천정비계획서 No.103+00지점	덕곡 배수장	16.81	17.86	18.31	18.57	18.90	19.19	19.34	

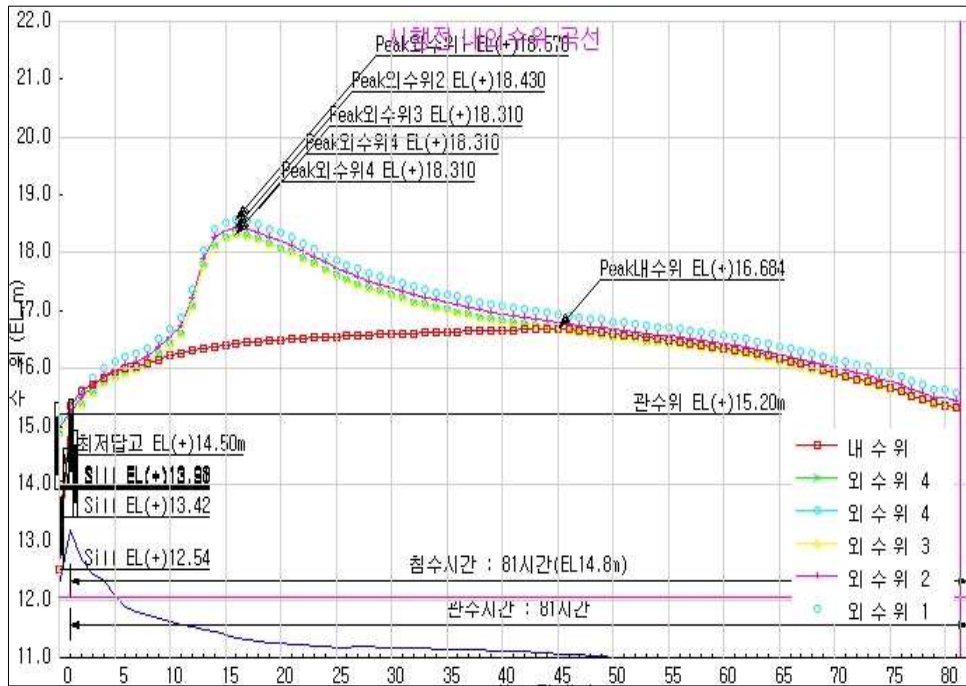
- 침수분석 결과

· 덕곡지구 시행전·후 침수분석(원예작물 공구)

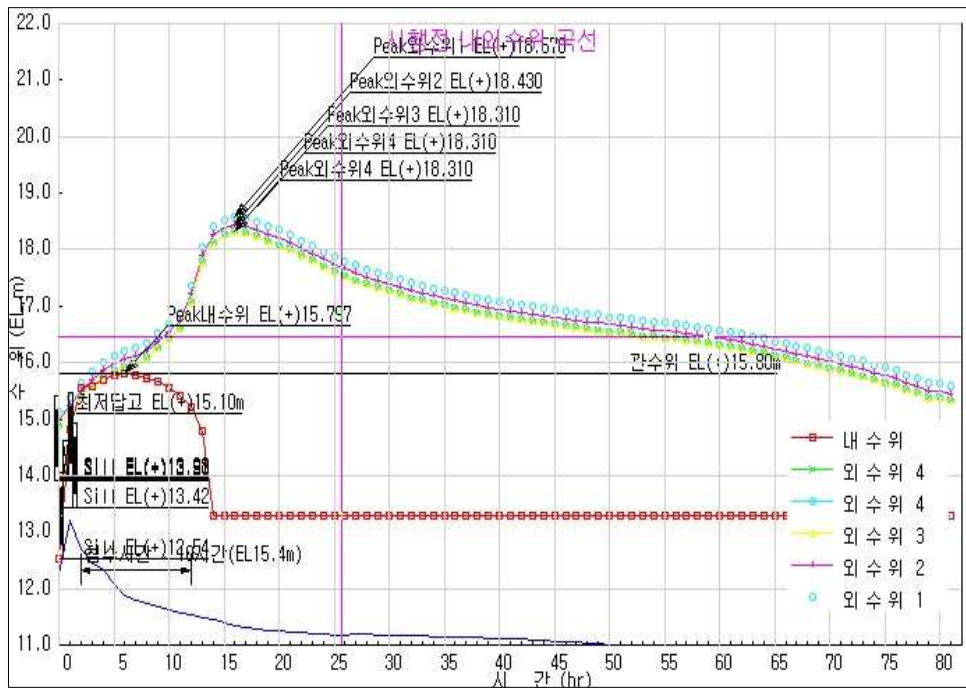
<표 3-61> 덕곡지구 시행전·후 침수분석(원예작물 공구)

구 분	단위	1~4 구역(덕곡배수장)				비 고	
		20년2일 허용담수심고려		20년2일 무담수			
		시행전	시행후	시행전	시행후		
유역면적	ha	185.1	185.1	185.1	185.1		
기준답고	답	EL.m	14.45	15.10	14.45	15.10	
	원예	EL.m	-	15.80	-	15.80	
매립면적	ha	-	2.01	-	2.01		
매립량	m ³	-	6,996	-	6,996		
기계배제량	m ³ /s	-	7.0	-	9.0		
Peak내수위	EL.m	16.683	15.797	16.683	15.797		
침수시간	h	72.0	10.0	72.0	0.0		
허용침수시간	h	72.0	5.0	72.0	0.0		
수해면적	ha	60.46	60.46	60.46	60.46	원예64.28ha 답작:11.37ha	
농경지면적	ha	53.38	53.38	53.38	53.38		

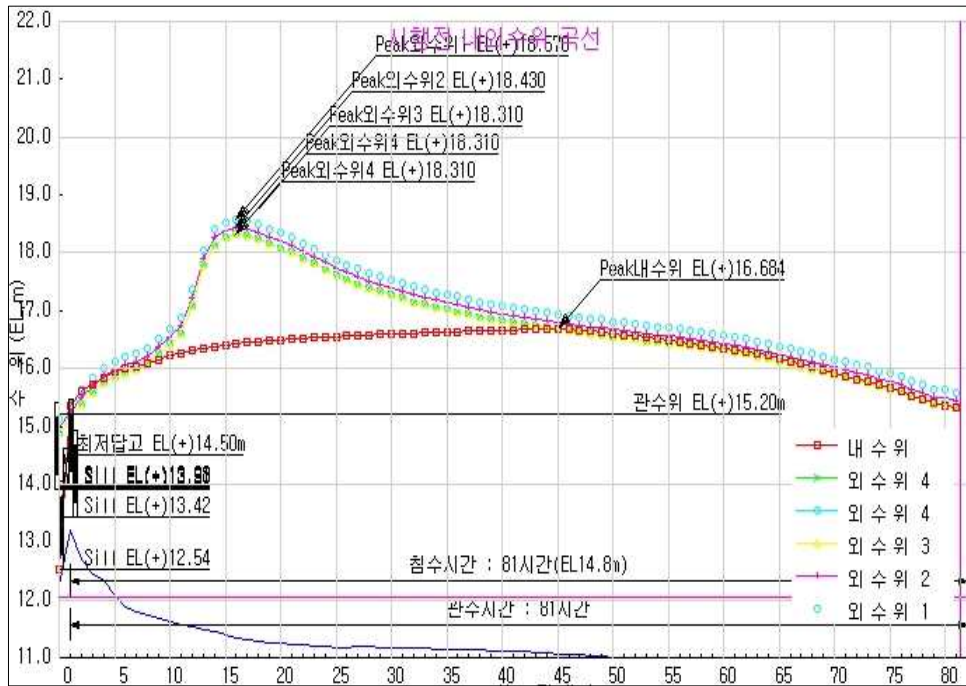
<그림 3-51> 시행전 내외수위 곡선(20년빈도)



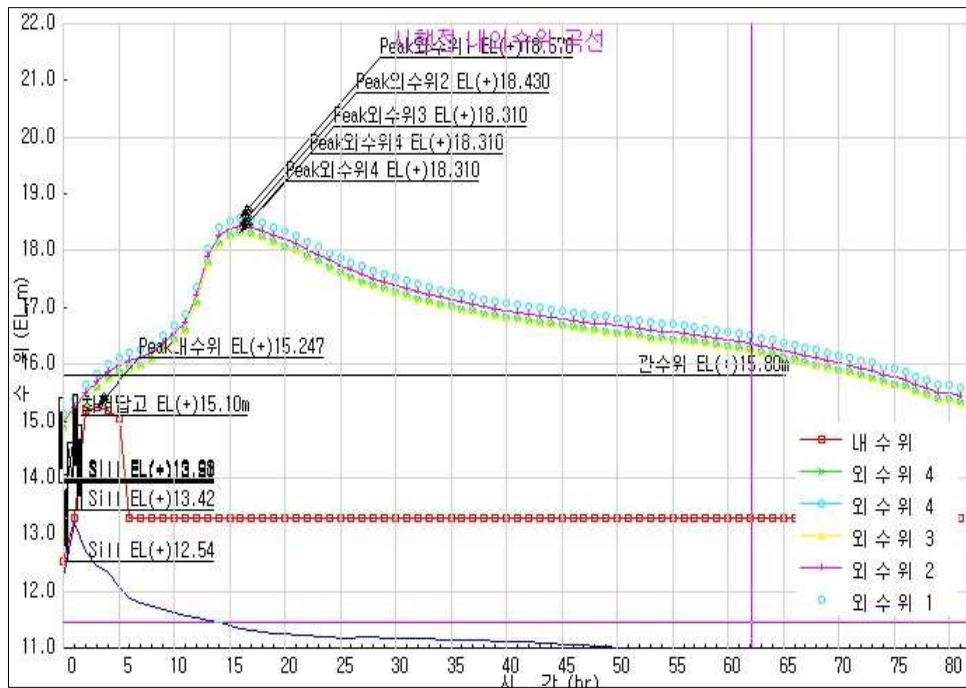
<그림 3-52> 시행후 내외수위 곡선(20년빈도)



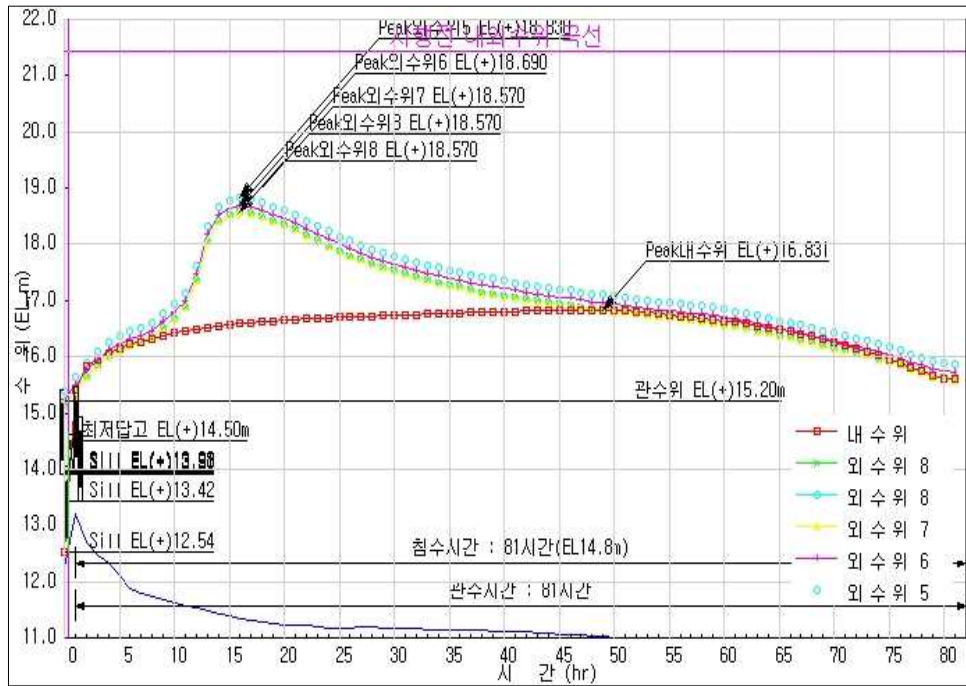
<그림 3-53> 시행전 내외수위 곡선(20년빈도 무담수)



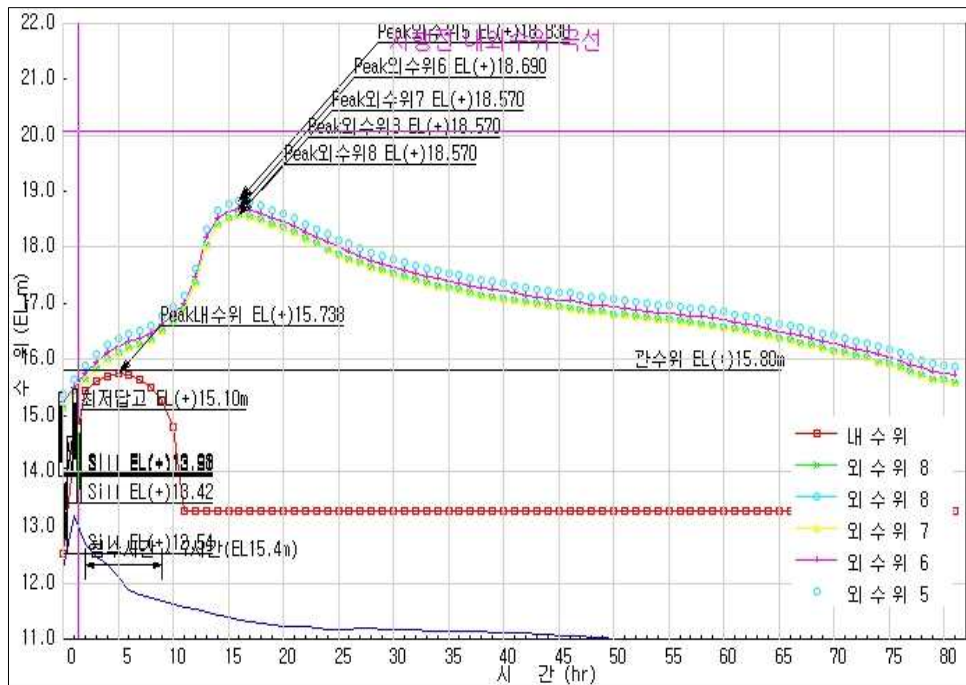
<그림 3-54> 시행후 내외수위 곡선(20년빈도 무담수)



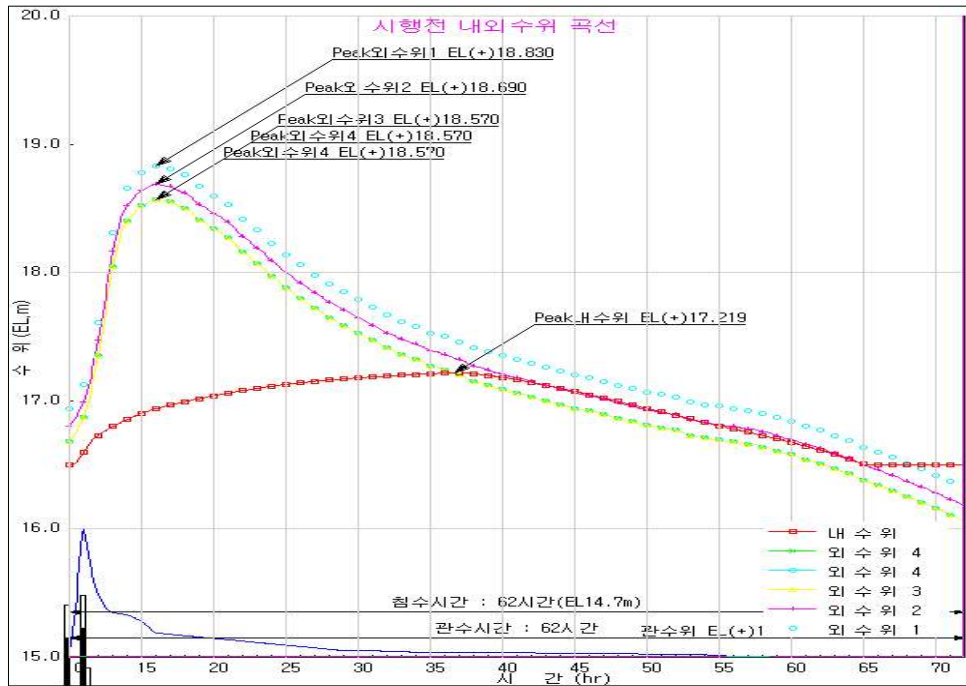
<그림 3-55> 시행전 내외수위 곡선(30년빈도)



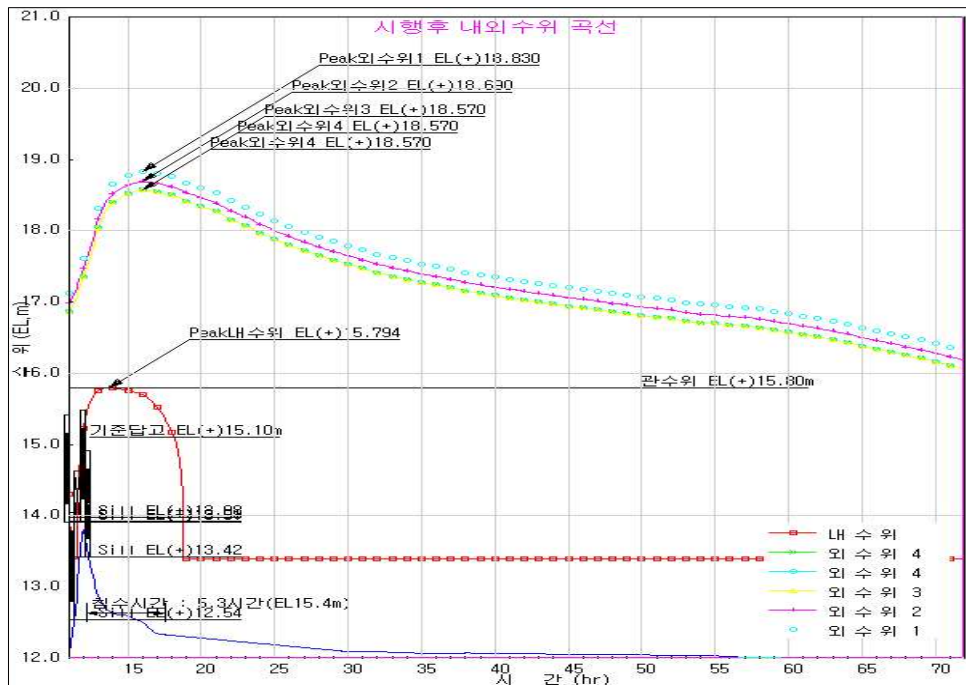
<그림 3-56> 시행후 내외수위 곡선(30년빈도)



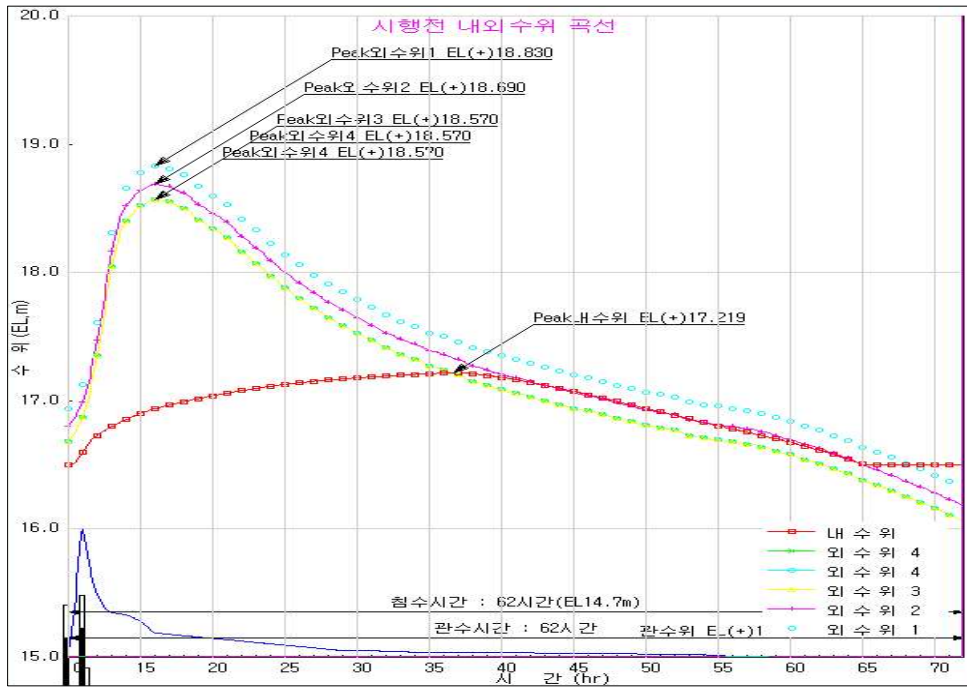
<그림 3-57> 시행전 내외수위 곡선(30년빈도 4시간침수)



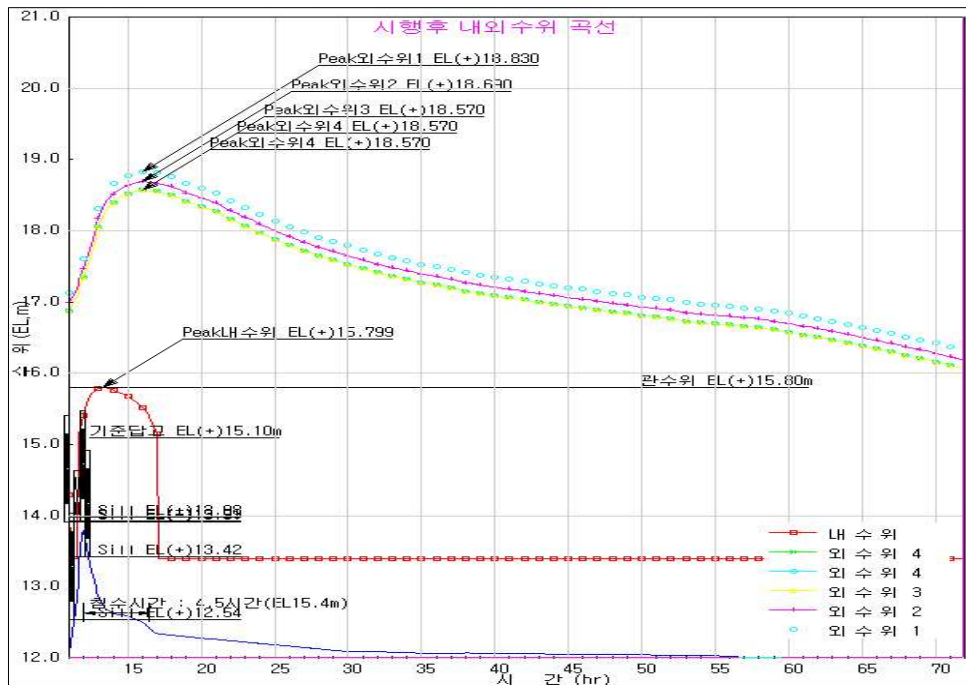
<그림 3-58> 시행후 내외수위 곡선(30년빈도 4시간침수)



<그림 3-59> 시행전 내외수위 곡선(30년빈도 무담수)



<그림 3-60> 시행후 내외수위 곡선(30년빈도 무담수)



단목지구(원예지역, 40ha)

단목지구는 직할하천인 남강 우안의 단일구역으로 배수 시설물은 <표 3-61>와 같이 갖추어져 있다.

유역내 유출량은 지구내 배수간·지선을 통하여 평시에는 배수문을 통하여 배수본천인 남강으로 배제되고 있다. 그러나 홍수시에는 남강의 외수위가 높아 자연배제가 불가하고 기설배수장(송곡배수장)이 설치되어 있으나 최근 이상강우에 의한 강우량 증가와 비닐하우스 설치로 유출계수가 크게 증가하여 배수가 원활하지 못하여 침수피해를 입고 있는 실정이다.

지구내 배수로는 개거단면으로 구배불량과 통수단면이 부족하여 배출수의 신속한 배제가 이루어지지 않아 침수를 가중시키고 있다.

<표 3-62> 배수시설 현황

시 설 명	위 치	시 설 규 모	문비형식	설치 년도	관리자
송곡배수장	와룡리	Q=8.37m ³ /s Ø1100mm×3공	-	1995	농촌공사 (진주시사)
송곡배수문	와룡리	2.0m×2.0m×3련	전동 편책	1995	진주시

- 배수불량 주요원인

- 외수위면 : 홍수시 배수본천인 남강의 수위가 배수로의 수위상승과 지구내 유입량 증가 및 비닐하우스 재배로 인한 논의 저류기능 상실로 홍수유출량이 증가함에 따라 기설 배수장 배제능력 부족으로 침수피해 발생
- 배수시설면 : 홍수량 배제를 위한 기설배수장 1개소(8.37m³/sec)의 배제능력이 기준빈도 홍수 발생시 배제능력 부족함. 또한, 기설 배수로 구배가 완만하고 통수 단면 부족으로 인한 홍수배제 능력 저하로 침수피해 발생
- 지형적인면 : 단목구역은 배수 본천인 남강의 저지대에 위치하고 있고 지대가 평탄하여 유출량의 배제가 원활하지 못함

- 침수피해 상황

- 진주시 대곡면의 2002년, 2003년 태풍 루사 등 설계계획홍수량 이상의 집중호우로 인하여 대곡면 일원이 침수피해를 입었고, 본 사업 지구도 농경지가 침수피해를 입었음. 또한, 지역주민의 청문 및 설문

조사에 의하면 일강우량 100mm~150mm 정도의 강우에도 일부 저지대는 상습적인 침수피해가 발생되고, 특히 단목구역 일부 저지대 농경지는 매년 상습적인 침수피해를 겪고 있음.

- 수문분석 결과

- 강우관측소 현황 : 홍본 지구의 기상관측소 지배 유역도는 Thiessen Network상 진주측후소에 위치하며, 인근 합천 강우관측소가 위치해 있으나 빈도별 강우분석자료를 비교 분석한 결과 빈도분석 최대값을 갖는 진주측후소 기상자료(1977년~2006년, 30개년)를 수문분석 자료로 이용

<표 3-63> 기상관측소 강우량 자료 비교표

구 분	수록기간	구분	20년	30년	50년	100년	기왕최대	비고
합 천	'78~'07 (30개년)	1일	258.61	279.86	306.43	342.26	288.5	
		2일	302.16	324.05	351.42	388.34	303.0	
진 주	'78~'07 (30개년)	1일	275.96	296.38	321.91	356.35	264.0	채택
		2일	331.48	355.56	385.66	426.25	309.0	

- 홍수량 계산 결과

<표 3-64> 첨두(Peak) 홍수량 계산 결과

구 분	유역면적 (ha)	설계강우량(mm)				첨두홍수량(m ³ /s)	
		적용빈도	강우량	적용빈도	강우량	20년빈도	30년빈도
전체유역	442	20년2일	331.48	30년2일	355.56	87.52	95.26
1-1~14유역	220	"	"	"	"	43.19	47.22
1-15~23유역	117	"	"	"	"	26.28	28.24
1-24~33유역	105	"	"	"	"	16.73	17.97

<표 3-65> 배수로 홍수량 계산 결과

구 분	유역면적 (ha)	설계홍수량 (m ³ /s)		유 역	비 고
		20년1일빈도	30년1일빈도		
중앙배수지선	117.5	9.35	10.04	No 0+00 ~ 04+00	단면검토
	107.0	8.93	9.59	No 04+00 ~ 10+00	"
	95.3	7.82	8.40	No 10+00 ~ 14+00	"
	83.1	6.83	7.33	No 14+00 ~ 18+00	"
	70.5	5.81	6.23	No 18+00 ~ 22+00	"
	57.7	4.69	5.04	No 22+00 ~ 26+00	"
	44.2	3.55	3.81	No 26+00 ~ 33+00	"
	27.6	2.25	2.42	No 33+00 ~ 39+16	"

- 외수위 분석 : 본 지구에 홍수위는 하천정비계획을 기준으로 하여 Peak홍수위를 채택하였으며, 직접적인 영향을 주는 낙동강 하천정비 기본계획상 빈도별 계획 홍수위는 <표 3-65>과 같다.

<표 3-66> 남강 빈도별 계획홍수위

위 치	구조물	빈도별 홍수위(EL.m)							비 고
		2.33년	10년	20년	30년	50년	80년	100년	
No.113+00	배수문	17.40	18.43	18.88	19.13	19.45	19.74	19.88	

- 침수분석 결과

- 시행전 침수분석

<표 3-67> 시행전 침수분석표

설계 빈도	구분	유역 면적 (ha)	기준답고 (El.m)	침수 면적 (ha)	Peak내수위 (El.m)	침수·관수시간		비고 (유역)
						침수	관수	
20년 빈도	24시간침수	442	14.48	54.8	16.559	32	30	1~33
	무담수							
30년 빈도	24시간침수			58.0	16.669	39	37	
	4시간침수							

<표 3-68> 배수로 불량으로 인한 침수분석표

측 점	구 역	홍수량(m ³ /sec)		경구고(m)		수위(m)	
		20년빈도	30년빈도	좌	우	20년빈도	30년빈도
No39+16	1-15	2.25	2.42	18.82	18.58	18.22	18.30
No36+00	1-15	2.25	2.42	17.60	17.55	18.17	18.26
No33+00	1-16	3.55	3.81	17.33	18.18	18.08	18.16
No30+00	1-16	3.55	3.81	17.25	17.15	18.05	18.13
No28+00	1-16	3.55	3.81	17.53	17.78	18.03	18.11
No26+00	1-17	4.69	5.04	17.19	17.78	17.98	18.06
No24+00	1-17	4.69	5.04	17.77	17.43	17.94	18.02
No22+00	1-18	5.81	6.23	18.14	17.68	17.86	17.94
No20+00	1-18	5.81	6.23	18.79	17.56	17.81	17.89
No18+00	1-19	6.83	7.33	17.50	17.34	17.69	17.77
No16+00	1-19	6.83	7.33	17.55	17.41	17.62	17.69
No14+00	1-20	7.82	8.40	17.75	17.74	17.49	17.57
No12+00	1-20	7.82	8.40	17.83	17.67	17.40	17.47
No10+00	1-21	8.93	9.59	17.73	17.80	17.12	17.19
No08+00	1-21	8.93	9.59	17.47	17.55	16.73	16.76
No06+00	1-21	8.93	9.59	16.86	16.87	16.68	16.70
No04+00	1-22	9.35	10.04	16.65	16.77	16.64	16.65
No02+00	1-22	9.35	10.04	15.34	16.06	16.57	16.57
No00+00	1-23	9.35	10.04	15.64	15.30	16.56	16.56

※ Hec-RAS P/G를 이용한 홍수위분석 시행

· 시행후 침수분석

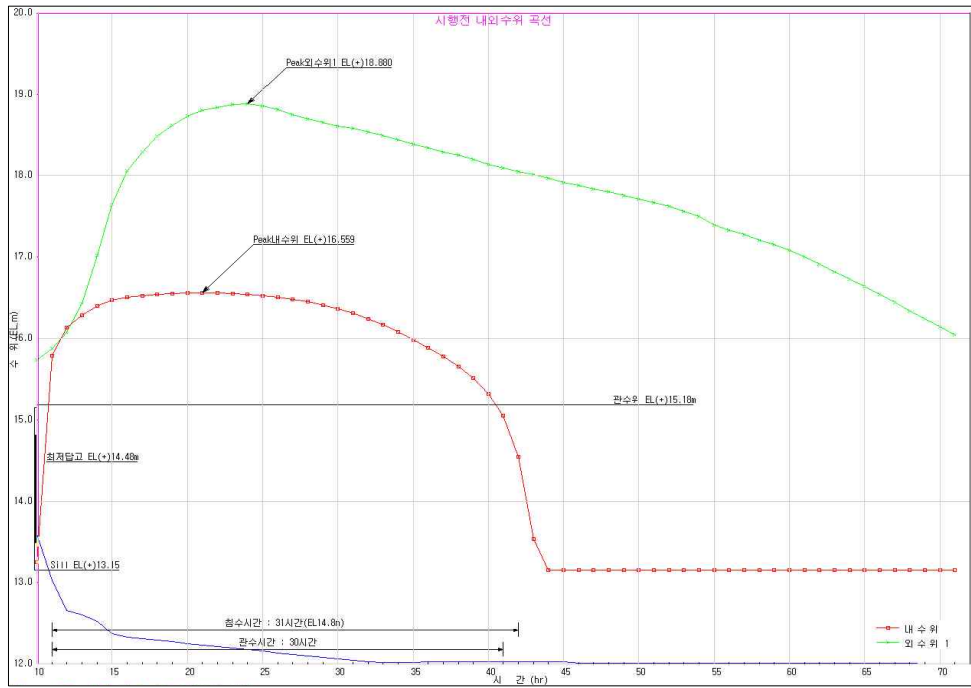
<표 3-69> 시행전·후 침수분석 결과

설계 빈도	구분	유역 면적 (ha)	기준답고 (EL.m)		수해 면적 (ha)	Peak내수위 (EL.m)		시행전 (hr)		시행후 (hr)	
			시행전	시행후		시행전	시행후	침수	관수	침수	관수
20년 빈도	24시간침수	442	14.48	15.20	54.8	16.559	15.839	32	30	7	0
	무담수					16.559	15.176	32	30	0	0
30년 빈도	24시간침수				58.0	16.669	15.171	39	37	5	0
	무담수					16.669	15.171	39	37	0	0
	4시간침수				16.669	15.582	39	37	3	0	

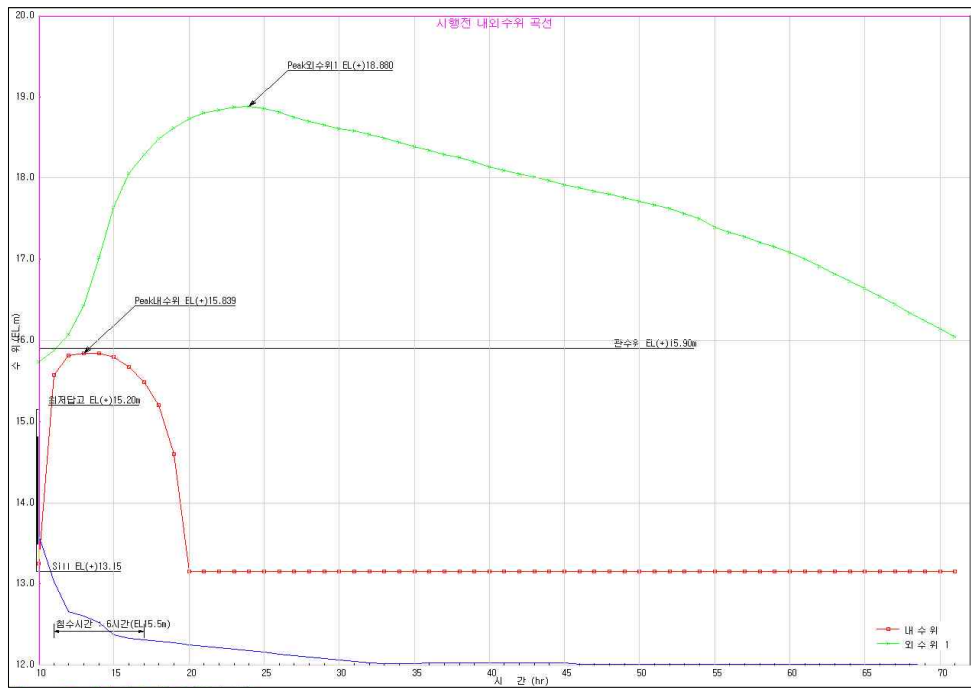
<표 3-70> 단목지구 침수면적 산정결과

구 분	기본계획	침수면적		분석 P/G
		20년빈도	30년빈도	
배수장 용량부족	배수장 증설	54.8ha	58.0ha	배수갑문 능력검토(GATE)
배수로 불량	배수로 정비	18.3ha	19.0ha	Hec-RAS
계		73.1ha	77.0ha	

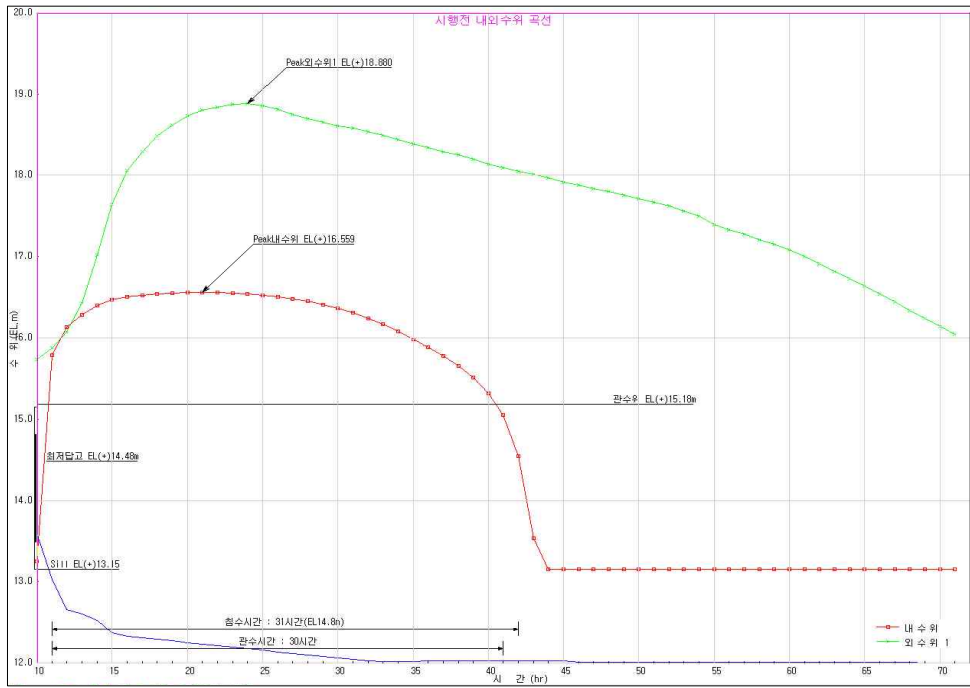
<그림 3-61> 시행전 내외수위 곡선(20년빈도)



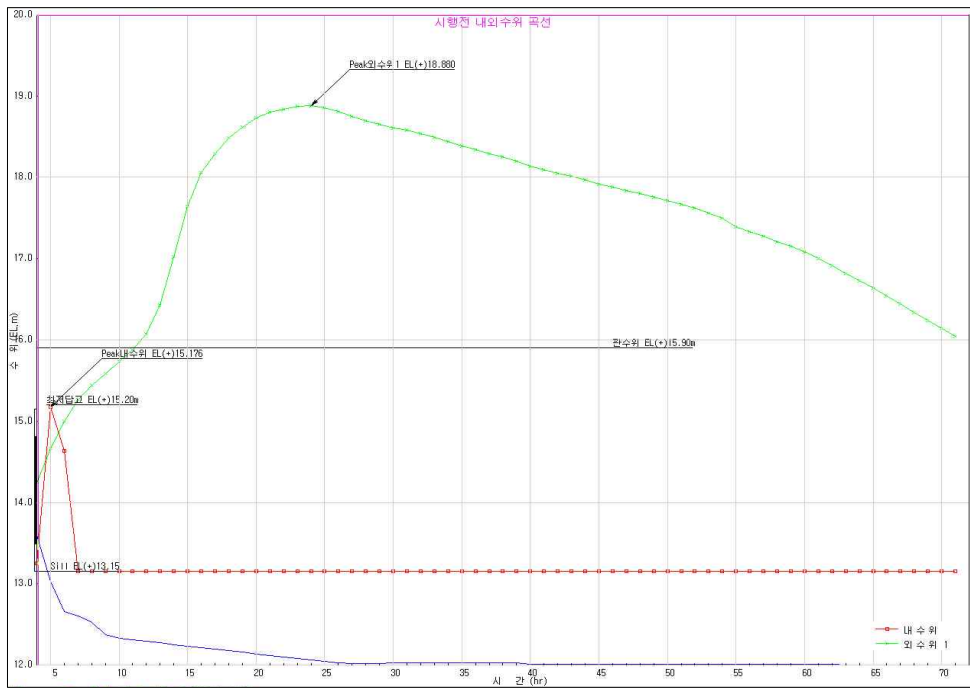
<그림 3-62> 시행후 내외수위 곡선(20년빈도)



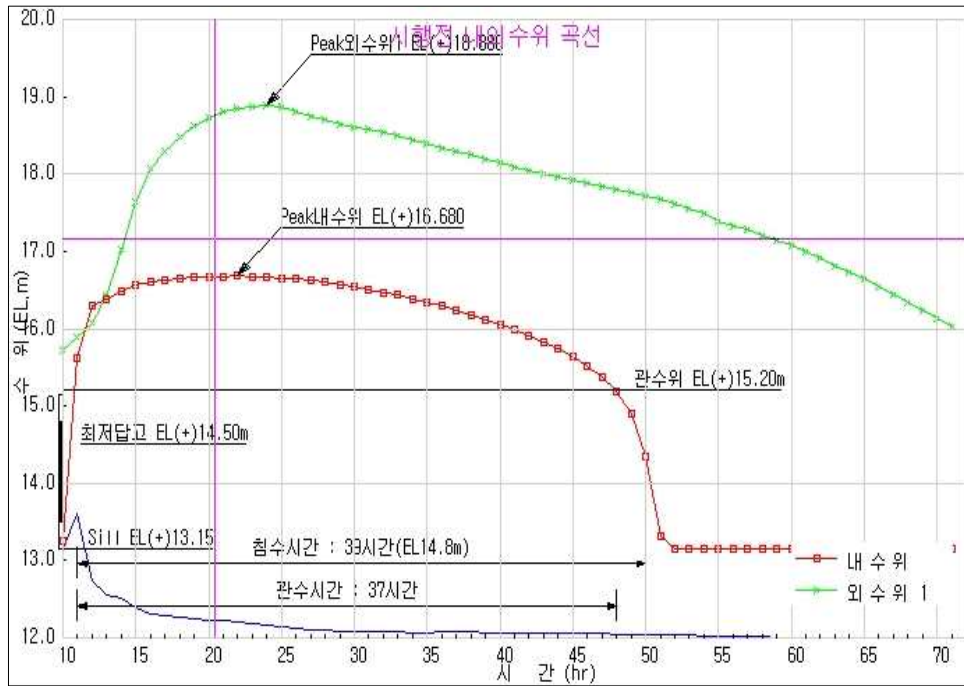
<그림 3-63> 시행전 내외수위 곡선(20년빈도 무담수)



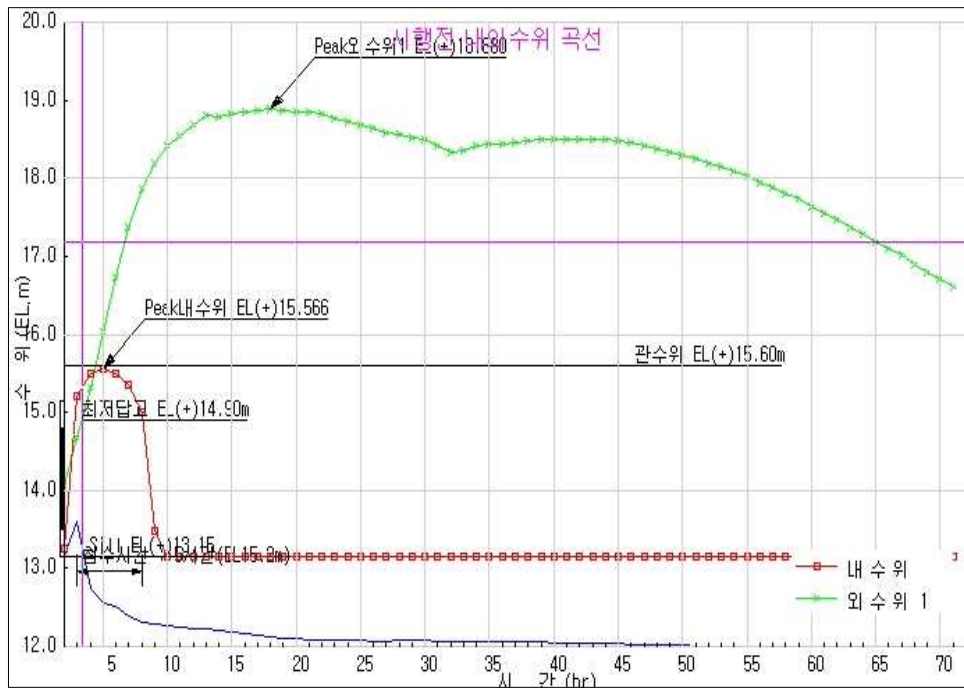
<그림 3-64> 시행후 내외수위 곡선(20년빈도 무담수)



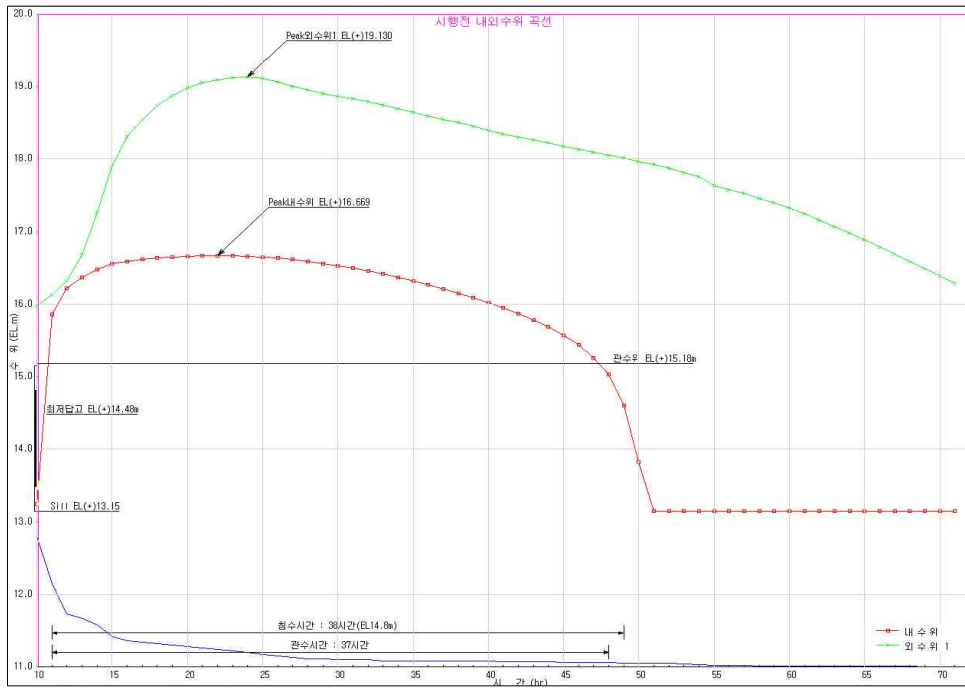
<그림 3-65> 시행전 내외수위 곡선(30년빈도)



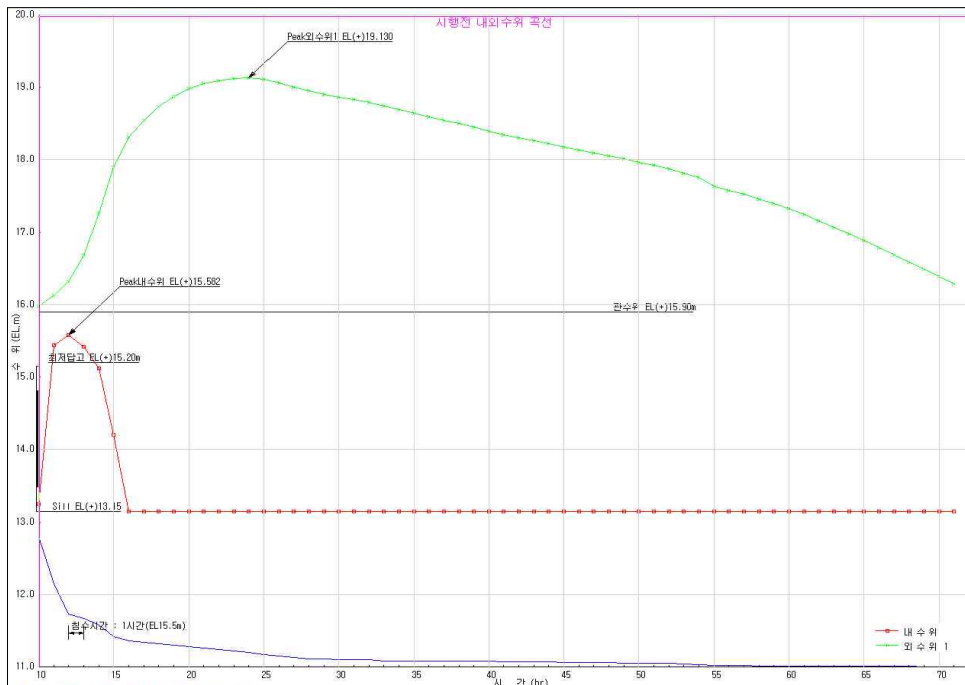
<그림 3-66> 시행후 내외수위 곡선(30년빈도)



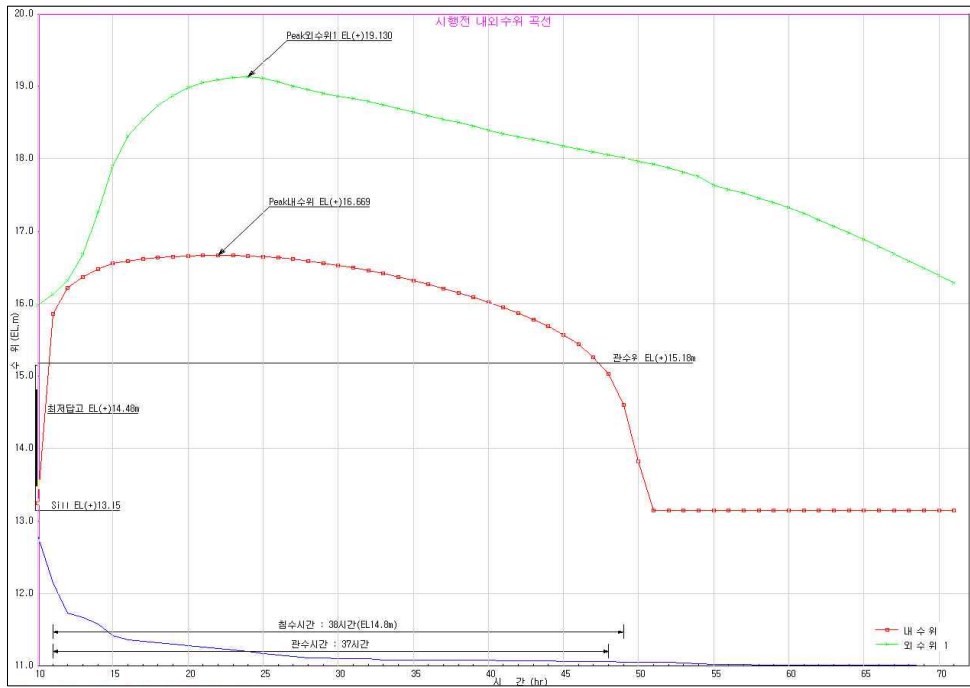
<그림 3-67> 시행전 내외수위 곡선(30년빈도 4시간침수)



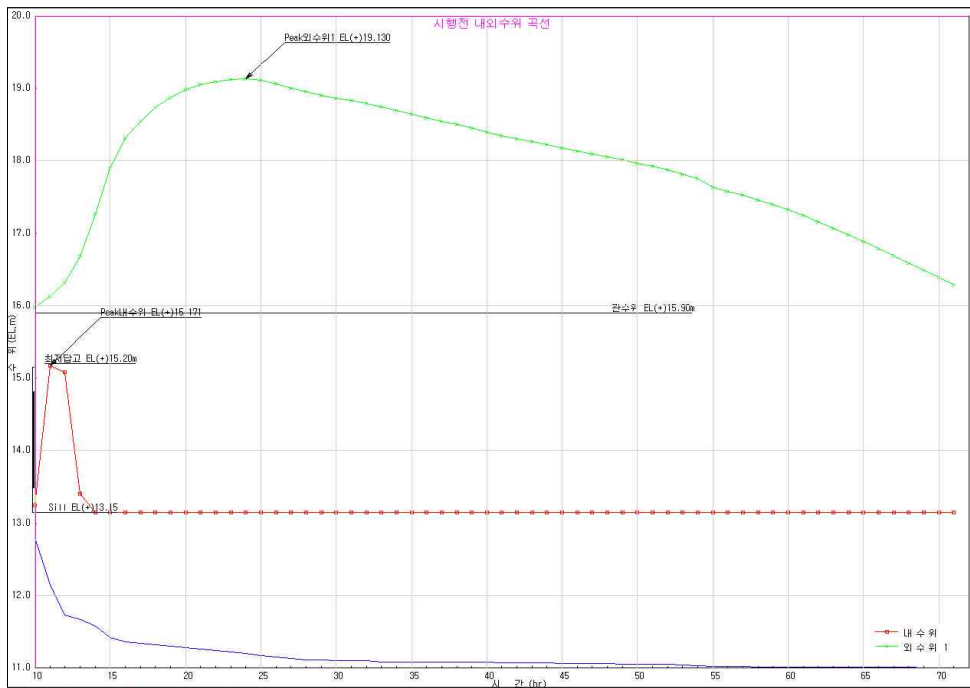
<그림 3-68> 시행후 내외수위 곡선(30년빈도 4시간침수)



<그림 3-69> 시행전 내외수위 곡선(30년빈도 무담수)



<그림 3-70> 시행후 내외수위 곡선(30년빈도 무담수)



2. 설계기준별 사업비 비교

설계기준별 사업비 비교는 3.3.1장 침수분석 결과를 토대로 Case별 지구에 대해 검토하였다. 검토결과 수도권 지구의 총 사업비는 현행 설계기준(20년 빈도)의 경우 평균 7,181백만원, 개선안(20년 이상 : 30년 빈도를 기준)의 경우 평균 8,484백만원으로 나타나 약 18.1%증가하였으며, 원예작물 지구의 경우 20년 24시간 침수의 경우 평균 7,544백만원, 20년 무담수의 경우 평균 9,171백만원, 30년 24시간 침수(8,369백만원, 11.3%증가), 30년 4시간침수(11,047백만원, 46.4%증가), 30년 무담수(13,499백만원, 78.9%증가)으로 산정되었다. 비교결과를 통해 수도권 지구의 경우 현행 설계기준(20년 빈도)에서 개선안(20년이상)으로 상향 조정에 따른 경제적 부담은 원예작물 지구에 비해 상대적으로 적은 것으로 판단되며, 원예작물 지구의 경우 현행(20년 빈도)을 30년 무담수로 개선할 경우 사업비 증가율이 78.92%나 증가하므로 사업의 정책·경제적 부담 및 현실적 여건 등을 고려해, 20년빈도 이상으로 하되, 배수계획구역 중 침수에 의한 피해가 큰 원예작물이 집단화된 지역은 경제성 및 침수로 인한 피해 정도 등을 감안하여 필요시 설계강우량을 30년 빈도로 하는 것이 적합하다고 판단된다.

<표 3-71> 수도권 지구별 개략 사업비

지구	20년빈도		30년빈도		비고
	총사업비	ha당사업비	총사업비	ha당사업비	
산서	8,418	55	9,531(13.2%증)	62	단위: 백만원
모령	9,042	61	11,557(27.8%증)	77	
하기	4,963	72	5,546(11.7%증)	74	
수산	6,300	75	7,300(15.9%증)	95	
평균	7,181	66	8,484(18.1%증)	77	

<표 3-72> 원예작물 지구별 개략 사업비

지구	20년 빈도	20년빈도 무담수	30년 빈도	30년빈도 4시간	30년빈도 무담수
단목	7,933	10,188(28.4%)	8,638(8.9%)	12,893(62.5%)	16,953(113.7%)
덕곡	7,155	8,153(13.9%)	8,153(13.9%)	9,200(28.6%)	10,044(40.4%)
평균	7,544	9,171(21.6%)	8,396(11.3%)	11,047(46.4%)	13,499(78.9%)

산서지구

산서지구의 배수체계는 기설 배수로의 말단부에 설치되어 있는 배수장 및 배수문을 통하여 지구내 발생된 홍수량이 함안천으로 배제 되고 있으며, 계획배수량의 증가와 더불어 외수위 영향, 배수로의 통수단면 부족 등으로 침수피해가 발생 하고 있는 지구이다.

외수위 영향에 따른 침수피해 방지를 예방하기 위하여 강제배수 방식(기계배제)과 자연배제 방식(매립), 기계배제와 매립을 병행하여 처리하는 방식 등을 종합적으로 고려하여 침수피해를 최소화하고 동시에 경제성을 감안한 대안별 개선방안을 검토 하였다.

대안별 검토결과 산서유역은 저지대 농경지 침수방지를 위하여 안정성, 경제성 유지관리 등을 고려하여 기계배제, 기계배제+매립, 자연배제(매립) 등을 대안으로 검토 하였으며, 검토결과 기계배제와 매립을 병행하여 처리 하는 기계배수+매립방식을 채택하였고, 배수시설 규모와 검토내용은 다음과 같다.

<표 3-73> 산서지구 대안 및 사업비 검토

구 분	현상태	20년빈도	30년빈도	비 고	
		전량매립	기계+매립		
배수장	기 설	10.9m ³ /sec	10.9m ³ /sec		
	계 획 (증설)	-	-	10.0m ³ /sec	
배수문	기 설	3.2×3.4×2련	3.2×3.4×2련	3.2×3.4×2련	
	계 획 (증설)	-	-	-	
매 립	매립고 (m)	-	0.90	0.30	
	토 량 (m ³)	-	167,113	11,364	
	면 적 (ha)	-	60.74	5.83	
배수로	기 설 (정비)	3조 3,536m	3조 3,536m	3조 3,536m	식생블럭 개거
	계 획 (신설)		4조 2,364m	4조 2,364m	
기 준 답 고(m)		5.10	6.00	5.40	
peak내수위(m)		6.285	6.378	6.093	
침 수 시 간(hr)		44	17	17	허용답수심 고려
관 수 시 간(hr)		39	0	0	
수 해 면 적(ha)		153.3	153.3	174.1	
ha당 사업비(천원)			54,911	62,270	

모령지구

모령지구의 배수체계는 배수로의 말단부에서 해창배수문을 통해 남해안으로 자연 배제되고 있으며, 계획배수량의 증가로 매립, 기계배제, 매립+기계 배제방식으로 대안 검토를 하였다.

대안 검토결과 모령지구는 농경지에 국부적으로 위치한 저지대의 농경지 침수방지를 위한 매립과 남해의 조위 상승시 배수의 원활한 소통을 위하여 기계배제 방식을 병행하는 대안을 채택하였다.

구역의 배수체계는 배수로 말단부에 위치한 배수문을 통해 경포천으로 자연배제 되고 있고 계획배수량의 증가로 자연배제(수문확장), 기계배제 방식의 대안검토를 하였으며, 배수로 확장에 따른 배수문 확장을 계획 하였으며, 배수로 및 배수문 확장으로 배수처리가 가능하여 별도로 매립계획은 검토하지 않았다. 배수개선 조사·설계 계획 기준에 따라 관수를 허용하지 않고, 허용 담수심을 고려하여 담수시간을 24시간 이내로 할 때, 대안에 대한 배수시설 규모와 검토내용은 다음과 같다.

<표 3-74> 모령지구 대안 및 사업비 검토

구 분	20년빈도(기설계)	30년빈도	비 고
배수방식	기계배제 + 매립	기계배제 + 매립	
배 수 장	신설: 16.0m ³ /s	신설: 23.0m ³ /s	
배 수 문	2.0×2.0×15런	2.0×2.0×15런	기설이용
매 립	22ha, 47,376m ³	22ha, 47,376m ³	
기준답고	EL(+) 0.20m	EL(+) 0.20m	1유역
	EL(+) 0.40m	EL(+) 0.40m	2유역
Peak내수위	EL(+) 0.871m	EL(+) 0.900m	1유역
	EL(+) 1.092m	EL(+) 1.077m	2유역
침수시간 관수시간	6.0/5.5 -	5.5/5.5 -	침수/허용 관수
사업비 (백만원)	9,042	11,557	
ha당 사업비 (천원)	61,385	77,406	

하기지구

하기지구의 배수체계는 기설 배수로의 말단부에 설치되어 있는 배수장 및 배수문을 통하여 지구내 발생된 홍수량이 배제 되고 있으며, 계획배수량의 증가와 더불어 배수문 배수로의 통수단면 부족 등으로 침수피해가 발생 하고 있는 지구이다. 침수피해 방지를 예방하기 위하여 강제배수 방식(기계배제)과 자연배제 방식(매립), 기계배제와 매립을 병행하여 처리하는 방식 등을 종합적으로 고려하여 침수피해를 최소화하고 동시에 경제성을 감안한 대안별 개선방안을 검토 하였다. 대안별 검토결과 하기 지구는 자연 배제와 기계배제를 병행하는 방식을 채택하였다.

배수개선 조사·설계 계획 기준에 따라 관수(0)를 허용하지 않으며, 허용 담수심(0.3m)을 고려하여 담수시간을 24시간 이내로 할 때, 대안에 대한 배수시설 규모와 검토내용은 <표3-74>과 같다.

<표 3-75> 하기지구 대안 및 사업비 검토

구 분		현재상태	20년빈도	30년빈도
배수장	기설	4.5	4.5	4.5
	증설	(기설내서)	8.5	9.8
배수 갑문	기설	2.0×2.0×1런	2.0×2.0×1런	2.0×2.0×1런
	증설		2.5×2.0×4런	2.5×2.0×4런
	Sill표고(El.m)	(+)5.61	(+)5.61	(+)5.61
매립	매립고(m)		0.4	0.4
	면적(ha)		7.04 1.75	7.04 1.75
	토량(m³)		19,828 2,693	19,828 2,693
기준답고(El.m)		(+)7.60 (+)8.80	(+)8.00 (+)9.10	(+)8.00 (+)9.10
Peak내수위(El.m)		(+)9.04 (+)9.44	(+)8.69 (+)9.39	(+)8.70 (+)9.40
침수시간(h)		50.5 70.5	20.5 -	18.5 -
관수시간(h)		44.0 -	- -	- -
개략사업비 (ha당)			49억원 (72백만원)	55억원 (74백만원)

수산지구

수산지구의 배수체계는 옥구저수지에서 방류되는 미제천이 지구 상류부를 관통하고 있으며, 홍수시에는 미제천 일부가 지구로 유입되어 지구내 유출수와 합류되므로 수로의 수위 저하가 지연되어 지구내 침·관수가 발생하는 상황이다. 침수피해 방지를 예방하기 위하여 강제배수 방식(기계배제)과 자연배제 방식(매립), 기계배제와 매립을 병행하여 처리하는 방식 등을 종합적으로 고려하여 침수피해를 최소화하고 동시에 경제성을 감안한 대안별 개선방안을 검토 하였다. 대안별 검토결과 선제구역은 자연배제와 매립을 병행하는 방식으로, 수산구역은 배수문과 체수문을 병행하는 방식을 채택하였다. 대안에 대한 배수시설 규모와 검토내용은 <표3-75~68>과 같다.

<표 3-76> 선제구역 대안 및 사업비 검토

구 분		현재상태	20년빈도	30년빈도
배수 갑문	기설	-	-	-
	증설	-	6.0×2.7×2련	6.0×2.7×2련
매립	매립고(m)		0.14	0.14
	면적(ha)		9.10	14.9
	토량(m ³)		12,897	20,444
기준답고(El.m)		(+)3.40	(+)3.90	(+)4.10
Peak내수위(El.m)		(+)5.253	(+)4.524	(+)5.480
침수시간(h)		41.5	14.0	14.0
관수시간(h)		41.5	0.0	0.0
개략사업비 (ha당)			17억원 (38.6백만원)	27억원 (61.4백만원)

<표 3-77> 수산구역 대안 및 사업비 검토

구 분		현재상태	20년빈도	30년빈도
배수 갑문	기설	-	-	-
	증설	-	6.0×2.0×2련 5.0×1.6×1련	6.0×2.0×2련 5.0×1.6×1련
기준답고(El.m)		(+)2.80	(+)3.30	(+)3.30
Peak내수위(El.m)		(+)3.650	(+)3.650	(+)3.650
침수시간(h)		20.5	0.5	0.5
관수시간(h)		15.0	0.0	0.0
개략사업비 (ha당)			46억원 (33.8백만원)	46억원 (33.8백만원)

덕곡지구

홍수시 침수피해 방지를 위한 배제방법에 따른 대안검토는 자연배제, 기계배제, 자연배제와 기계배제의 조합으로 크게 대별할 수 있다.

덕곡구역의 배수개선을 위한 대안검토결과 덕곡구역은 원예작물공구로서 매립 및 기계배제가 적합한 것으로 분석되었으며, 사업비 검토내용은 다음과 같다.

<표 3-78> 덕곡지구 대안 및 사업비 검토

구 분	단위	덕곡배수장 규모결정				
		20년 2일	20년 2일 무담수	30년 2일	30년 2일 4시간침수	30년2일 무담수
유역면적	ha	185.1	185.1	185.1	185.1	185.1
최저답고	EL.m	14.45	14.45	14.45	14.45	14.45
기준답 고	답	EL.m	15.10	15.10	15.10	15.10
	원예	EL.m	15.80	15.80	15.80	15.80
매립면적	ha	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
기계배제량	m ³ /s	7.0	9.0	9.0	11.1	12.8
Peak내수위	EL.m	15.796	15.796	15.738	15.794	15.799
침수시간	hr	9.0	0	7.0	6.2	5.5
허용침수시간	hr	4.2	0	3.0	5.3	4.5
수혜면적	ha	61.84	61.84	75.65	75.65	75.65
농경지면적	ha	54.69	54.69	67.27	67.27	67.27
사업비		7,155백만원	8,153백만원	8,153백만원	9,200백만원	10,044백만원

단목지구

홍수시 침수피해 방지를 위한 배제방법에 따른 대안검토는 자연배제, 기계배제, 자연배제와 기계배제의 조합으로 크게 대별할 수 있다.

단목구역의 배수체계는 배수로의 말단부에서 송곡배수장을 통해 남강으로 배제되고 있으며, 계획배수량의 증가로 매립+기계 배제방식으로 대안검토를 하였으며, 홍수량은 최근 30개년의 진주측후소 설계강우량을 적용하여 분석하였다.

대안에 대한 검토결과를 살펴보면, 전체구역을 매립(h=0.4m)과 병행한 기계배제(Q=12.6m³/s)안으로 비교·검토하였다.

단목지구의 최저답(EL.(+)14.48m)을 기준으로 우수지에 편입되는 답을 제외하여 매립(h=0.4m)과 최적의 펌프량을 병행하여 검토한 결과 현지여건상 현재 기설 송곡배수장의 배제능력이 부족하므로 추가 배수장을 신설하고 최소한의 매립과 병행하는 것이 홍수배제에도 양호하며, 지구여건에 가장 부합되는 것으로 분석되었다.

<표 3-79> 단목지구 대안 및 사업비 검토

구 분	20년 2일	20년 2일 무담수	30년 2일	30년 2일 4시간침수	30년2일 무담수	비 고
배수방식	기계배제 + 매립	기계배제 + 매립	기계배제 + 매립	기계배제 + 매립	기계배제 + 매립	
배 수 장	기설 837 m/s 신설 126 m/s	기설 837 m/s 신설 176 m/s	기설 837 m/s 신설 21.0 m/s	기설 837 m/s 신설 236 m/s	기설 837 m/s 신설 326 m/s	
배 수 문	2.0×2.0×3 (기설)	2.0×2.0×3 (기설)	2.0×2.0×3 (기설)	2.0×2.0×3 (기설)	2.0×2.0×3 (기설)	
매 립	h=0.4m (4.8ha, 10,944m ³)	h=0.4m (4.8ha, 10,944m ³)	h=0.4m (4.8ha, 10,944m ³)	h=0.4m (4.8ha, 10,944m ³)	h=0.4m (4.8ha, 10,944m ³)	우수지 제외
배 수 로	정비: 1조 1,650m	정비: 1조 1,650m	정비: 1조 1,650m	정비: 1조 1,650m	정비: 1조 1,650m	
기준답고	EL(+) 15.20m	EL(+) 15.20m	EL(+) 15.20m	EL(+) 15.20m	EL(+) 15.20m	
Peak 내수위	EL(+) 15.839m	EL(+) 15.176m	EL(+) 15.566m	EL(+) 15.582m	EL(+) 15.171m	
침수시간	< 7 > 6	< 0 > 0	< 5 > 1	< 3 > 1	< 0 > 0	
관수시간	0	0	0	0	0	
사업비	7,933백만원	10,188백만원	8,638백만원	12,893백만원	16,953백만원	

제4장 결론 및 요약

제4장 결론 및 요약

본 연구는 농경지 배수체계 개선에 관한 피해사례 중심으로 수문·침수분석을 시행함으로써 시설물 보강 등을 위한 배수개선사업의 추진 방향을 모색하고, 재해취약시설의 재해사전 예방계획을 수립할 수 있는 기본 방향을 제시하는데 것을 목적으로 한다.

침수피해 추이를 살펴보면 최근 태풍 및 집중호우 등 자연재해로 많은 경제적 손실이 발생하였으며, 특히 농경지의 경우 현행 배수시설의 설계기준에 의하여 배수개선 사업을 시행하고 배수시설을 설치하였음에도 기상이변에 따른 집중호우 등 설계기준을 초과하는 강우로 농경지 침수피해가 발생하고 있다.

관측강우량의 변화추세를 살펴보면 1시간강우량의 경우 '80년 이전 97.0mm, '90년 101.0mm, '00년 128.0mm, 2010년 128.0mm으로 '80년 이전 관측강우량 대비 약 32% 증가하였고, 1일 강우량은 '80년 이전 340.5mm, '90년 547.4mm, '00년 547.4mm 2010년 870.5mm로 '80년 이전 관측강우량 대비 156% 증가한 것으로 나타났으며, 그리고 2일 강우량에 대해서는 '80년 이전 416.9mm에서 '10년에는 884.5mm로 약 112% 급증하는 변화추이를 보이고 있음. 1일, 2일 강우량의 경우 특히 2000년대에 극값의 변동폭이 큰 특징을 보였으며, 그에 따른 기존 배수개선 설계된 지구에 대한 설계기준 빈도년의 상향 조정 검토가 필요하다.

또한, 농어촌공사에서 적용하고 있는 현행 설계기준인 고정시간 강우량과 시우량자료를 활용해 연속적인 수문사상을 기준으로 하는 임의시간 강우량을 비교·분석해본결과(서산관측소) 2002년 8월 6일부터 8월 7일까지의 시간별 강수량을 나타낸 것으로 고정시간 1일 강우량의 경우 140mm로 나타나나 임의시간 24시간 강우량의 경우 218mm로 큰 차이를 보였으며, 이는 농업용 배수시설 설계기준에서 사용하고 있는 고정시간 강우량이 현실적으로 실제 수공구조물에 영향을 미치는 수문학적 의미의 강우자료로 보기 어렵다.

기존 배수설계기준을 검토하기 위해서는 배수시설물 피해현황, 영농 패턴 반영, 시설제원 등을 토대로 재해원인 분석(침수분석)을 하여 개선안을 제시함으로써 가능하다. 따라서 설계기준별 침수분석 위해 최근 기후변화(강우량 증가)에 따라 지난 7월에 침수피해가 발생한 지구를 대상으로 분석하였으며, 특히 수도작(4개지구) 검토지구는 과거에 배수개선사업이 시행되었

지만 금년에 침수피해가 발생한 지구를 대상으로 실시하였다. 주요 침수원인별, 영농조건별 조건에 따라 현행 배수설계기준과 개선안인 20년이상(30년빈도 확률강우량을 기준으로 함)에 대한 홍수량(RMS), 홍수위(Gate-Pro) 및 사업비 검토를 실시하였다.

구 분	분석사례지구	침수원인
침수 원인별	산서지구(수도작 153.3ha)	외수위 상승
	모령지구(수도작 147.3ha)	외수위 상승, 토사퇴적 및 식생
	하기지구(수도작 68.6ha)	배수장의 배수능력 저하
영농 조건별	수산지구(수도작 400.0ha)	외수위 상승
	덕곡지구 (수도작 11.4ha+원예작물 64.3ha)	배수본천 수위상승
	단목지구(원예작물 40ha)	시설용량 부족

수도작(4개지구) 검토지구의 확률강우량 변화 분석을 위해 기 배수개선 사업연도의 확률 강우량을 기준으로 금회 확률강우량 결과를 비교한 결과 모령지구의 경우 약 61%(20년 2일연속 : 271.9mm → 437.4mm, 30년 2일연속 : 294.6mm → 476.7mm)의 강우량이 증가하여 대상지구 중 가장 큰 확률강우량 증가폭을 보였다. 또한, 분석지구의 평균 확률강우량은 약 29%(20년 2일연속 : 276.7mm → 356.6mm, 30년 2일연속 : 298.8mm → 386.1mm)증가한 것으로 나타나, 기후변화 및 이상강우로 인하여 침수피해를 입은 것으로 판단된다.

지구	시군	당초 확률강우량			금회 확률강우량			기배수개선 사업연도
		관측소	20년	30년	관측소	20년	30년	
산서	함안	진주	286.2	307.1	마산	333.3 (16.5% 증)	356.5 (16.1% 증)	1992년
모령	장흥	목포	271.9	294.6	장흥	437.4 (60.9% 증)	476.7 (61.8% 증)	1995년
하기	함안	진주	286.0	307.0	진주	331.5 (15.9% 증)	355.6 (15.8% 증)	1988년

지구	시군	당초 확률강우량			금회 확률강우량			기배수개선 사업연도
		관측소	20년	30년	관측소	20년	30년	
수산	군산	군산	262.5	286.5	군산	324.0 (23.4% 증)	355.7 (24.2% 증)	1987년
평균			276.7	298.8		356.6 (28.9% 증)	386.1 (29.2% 증)	

침수분석 결과를 토대로 사업비를 추정한 결과 수도권 지구의 총 사업비는 현행 설계기준(20년 빈도)의 경우 평균 7,181백만원, 개선안(20년이상 : 30년 빈도를 기준)의 경우 평균 8,484백만원으로 나타나 약 18.1%증가하여, 현행 설계기준에서 개선안으로 상향 조정에 따른 경제적 부담은 원예작물 지구에 비해 상대적으로 적은 것으로 판단된다. 원예작물 지구의 경우 20년 24시간 침수의 경우 평균 7,544백만원, 20년 무담수의 경우 평균 9,171백만원, 30년 24시간 침수(8,369백만원, 11.3%증가), 30년 4시간침수(11,047백만원, 46.4%증가), 30년 무담수(13,499백만원, 78.9%증가)으로 추정되었다. 따라서 사업의 정책·경제적 부담 및 현실적 여건 등을 고려해, 20년빈도 이상으로 하되, 배수계획구역 중 침수에 의한 피해가 큰 원예작물이 집약화된 지역은 경제성 및 침수로 인한 피해 정도 등을 감안하여 필요시 설계강우량을 30년 빈도로 하는 것이 적합하다고 판단된다.

지구	20년빈도		30년빈도		비고
	총사업비	ha당사업비	총사업비	ha당사업비	
산서	8,418	55	9,531(13.2%증)	62	단위: 백만원
모령	9,042	61	11,557(27.8%증)	77	
하기	4,963	72	5,546(11.7%증)	74	
수산	6,300	75	7,300(15.9%증)	95	
평균	7,181	66	8,484(18.1%증)	77	

지 구	20년 빈도	20년빈도 무담수	30년 빈도	30년빈도 4시간	30년빈도 무담수
단 목	7,933	10,188(28.4%)	8,638(8.9%)	12,893(62.5%)	16,953(113.7%)
덕 곡	7,155	8,153(13.9%)	8,153(13.9%)	9,200(28.6%)	10,044(40.4%)
평 균	7,544	9,171(21.6%)	8,396(11.3%)	11,047(46.4%)	13,499(78.9%)

마지막으로 본 연구에서 제시한 개선안을 요약해 보면 배수시설에 대한 설계기준 “20년 빈도(임의지속 2일 강우량)이상”을 표준으로 제시하고, 배수계획구역 중 침수에 의한 피해가 큰 원예작물이 집단화된 지역은 경제성 및 침수로 인한 피해 정도 등을 감안하여 필요시 설계강우량을 30년 빈도 임의지속 2일 강우량(침수피해 최소화)으로 할 수 있다. 또한, 기계(배수장 제진기 설치 확대 단, 2톤/sec이하는 스크린 설치가능), 전기(「배수장 비상 전원 설치」 및 「배수장 낙뢰보호시스템 설치」를 설계기준에 명시)를 개선안으로 제시하였다. 기후변화에 따른 농경지 배수체계 개선을 위해서는 수문분석, 사업비 분석에 기초자료인 유역특성인자(CN, Tc 등), 유수지 내용적, 외조위 관측 및 현장에 대한 세밀한 조사를 바탕으로 한 침수분석이 필요하나, 과제의 시급성과 연구비를 고려하여 기초자료는 배수개선사업 기본계획서 등을 활용하였다. 본 연구를 통해 배수시설을 대상으로 하는 설계기준 개선안은 어느 정도 정립되었다고 판단되며, 제시된 개선안에 따른 신설 또는 기설 배수시설의 보수·보강계획을 수반되어야 할 것을 제언한다.

참 고 문 헌

1. 국내문헌

- 한국농어촌공사, 2011, 산서지구 배수개선사업 기본계획서
농림수산식품부, 2011, 농림수산식품 주요통계
한국농어촌공사, 2010, 양덕지구 배수개선사업 기본계획서
한국농어촌공사, 2010, 배수개선사업 추진실태 분석 및 개선방안 수립연구
농어촌연구원, 2010, 농어촌용수 다목적 개발 추진방안
농어촌연구원, 2010, 간척지 받기반조성 계획설계요령
한국농어촌공사, 2010, 풍수해·가뭄 극복 사례집
소방방재청, 2010, 2010년 재해연보
한국농어촌공사, 2010, 수산지구 배수개선사업계획서
한국농어촌공사, 2009, 송산지구 배수개선사업 기본계획서
농어촌연구원, 2009, 시설농업을 위한 기반정비 설계지침
한국농어촌공사, 2009, 모령지구 배수개선사업 기본계획서
한국농어촌공사, 2008, 하기지구 배수개선사업 기본계획서
한국농어촌공사, 2008, 응석(덕곡)지구 배수개선사업계획서
한국농어촌공사, 2006, 춘포지구 원예작물배수개선사업 기본계획서
한국농어촌공사, 2006, 신기지구 원예작물배수개선사업 기본계획서
한국농어촌공사, 2006, 한림지구 원예작물배수개선사업 기본계획서
한국농어촌공사, 2004, 농업기반시설 재해(홍수) 예방대책 문저점과 개선방안 연구
농업기반공사, 2004, 재해대비 설계기준 개정 적용요령(저수지·배수장)
농림부, 2003, 재해대비 수리시설 설계기준개정
농어촌연구원, 1996, 전담 혼용지대 계획 배수기준에 관한 연구

2. 외국문헌

- An Assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007,
Climate Change 2007(Synthesis Report
農林省, 2004, 土地改良事業計畫設計基準 計畫排水

< 별첨 > 참고자료

1. 토지개발사업 계획설계기준 배수편(일본)

■ 계획기준치

사업계획 작성에 있어서는, 수해지역의 배수계획의 기초 조건으로서 계획기준 내수위, 계획기준강우, 계획기준 외수위를 결정한다.

배수 불량 정도의 정도는 자연 조건에 따라 다르기 때문에 수해지역의 기초조건하에서 목표로 하는 배수효과를 발휘할 수 있도록 사업계획을 수립해야한다.

계획기준은 배수계획을 작성하는데 기초조건이 되는 것이기 때문에 자연조건에서 결정되는 것 (계획기준강우 등 기상, 수문에 관한 것)과 목표 조건에 관한 것 (계획기준내수위)가 있다. 이러한 계획기준치는 원칙적으로 실측된 자료를 바탕으로 결정한다.

■ 기준 및 운용 해설

계획기준치는 배수시설의 규모를 결정할 근거가 되는 것이며, 사업규모, 효과, 소요경비를 직접 좌우하기 때문에 그 결정은 사업계획 작성에 있어서 매우 중요하다.

계획기준의 결정에 있어서의 유의사항은 다음과 같다.

- 계획기준강우 및 계획기준수위는 강우 및 외수위의 각각 기록에 대하여 확률 계산을 하여 결정한다.
- 배수개선 목표조건은 일반적으로 수해지역의 내수위의 동정을 표현하며, 그 지표로서 계획홍수시배수에 대하여 목표수위와 이 이상의 계속시간을 사용한다. 이 목표치를 홍수시의 계획기준 내수위로 한다.
- 계획상시배수 목표수위는 담수위가 아니라 지하수위를 저하시키는 데 필요한 수위와 수질 및 생태계 보전 등의 관점에서 필요한 상시 유수의 수위를 고려하여 설정한다. 이 목표치를 상시계획 기준의 수위로 한다.
- 배수계획의 자연조건과 목표조건은 각각 독립적인 것이 아니라, 택지, 진, 논 등 토지이용 조건에 따라서 계획홍수시 배수와 계획상시배수 관련시켜 계획기준의 수위를 설정한다.
- 계획 배수량은 배수시설의 용량결정의 기준이 되는 것이지만, 계획기준 값이 아닌 설정 기준값에서 계산된 이차적인 기준치이다. 그러나 계획상시 배수계획에서는 계획 기준배수량이 강우가 아닌 지하수 유출, 관개용수, 택지 등에서 배출량 등에 의해 결정되는 경우가 있다.

- 계획기준의 설정은 장기간의 기상·수문자료를 필요로 하지만, 이러한 자료는 현황을 표현하고 있다는 것에 주의해야한다. 즉, 향후 내부유역 내에서 개발 행위 및 시가지 확장 등 토지이용의 변화에 따라 유황이 변화하는 것에 유의해야한다.

■ 계획기준 내수위

계획홍수시 배수계획 기준수위는 홍수피크수위시의 허용 상한수위이며, 원칙적으로 수해지역의 최저경지면 표고로 한다. 그러나 수해지역에 담수를 허용하는 경우에는 지역의 최저경지면 표고에 허용담수심을 더한 높이로 한다.

계획상시 배수계획 기준수위는 상시배수 목표가 되는 배수로의 수면높이이며, 그 수위는 수해지역의 지하수위를 소요의 깊이까지 낮추기 위하여 필요한 높이로 설정한다.

계획기준의 결정에 있어서의 유의사항은 다음과 같다.

- 계획기준강우 및 계획기준수위는 강우 및 외수위의 각각 기록에 대하여 확률 계산을 하여 결정한다.
- 배수개선 목표조건은 일반적으로 수해지역의 내수위의 동정을 표현하며, 그 지표로서 계획홍수시배수에 대하여 목표수위와 이 이상의 계속시간을 사용한다. 이 목표치를 홍수시의 계획기준 내수위로 한다.
- 계획상시배수 목표수위는 담수위가 아니라 지하수위를 저하시키는 데 필요한 수위와 수질 및 생태계 보전 등의 관점에서 필요한 상시 유수의 수위를 고려하여 설정한다. 이 목표치를 상시계획 기준의 수위로 한다.
- 배수계획의 자연조건과 목표조건은 각각 독립적인 것이 아니라, 택지, 전, 논 등 토지이용 조건에 따라서 계획홍수시 배수와 계획상시배수 관련시켜 계획기준의 수위를 설정한다.
- 계획 배수량은 배수시설의 용량결정의 기준이 되는 것이지만, 계획기준 값이 아닌 설정 기준값에서 계산된 이차적인 기준치이다. 그러나 계획상시 배수계획에서는 계획 기준배수량이 강우가 아닌 지하수 유출, 관개용수, 택지 등에서 배출량 등에 의해 결정되는 경우가 있다.
- 계획기준의 설정은 장기간의 기상·수문자료를 필요로 하지만, 이러한 자료는 현황을 표현하고 있다는 것에 주의해야한다. 즉, 향후 내부유역 내에서 개발 행위 및 시가지 확장 등 토지이용의 변화에 따라 유황이 변화하는 것에 유의해야한다.

2. '11년 7월 집중호우시 침수피해사례

<표 2-1> 조사설계 중 침수피해 사례







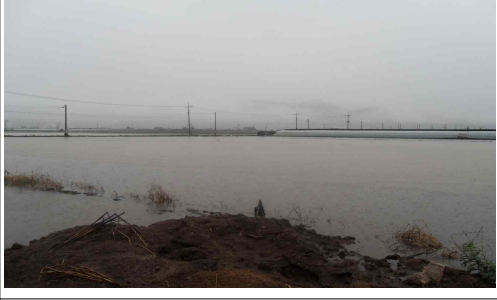

시도	시군	지구명	계	침수면적 (ha)		기설 시설명	침수원인	비고
				벼	원예			
계		60지구	4,444	3,942	505			
충북		3지구	79	76	3			
	진천	용몽	32	30	2	배수문 6개소 배수로 2.4km	한천천 배수능력 부족, 외수위 상승 및 강제 배수시설 부재	
	청원	서평2	22	21	1	배수문 2개소 배수로 4.2km	배수시설 용량부족	
	청주	정북	25	25	-	배수문 2개소 배수로 5.1km	유입배수로 불량, 배수로단면부족	
충남		6지구	800	628	172			
	아산	가채	5	4.5	-	배수문, 배수로	외수위 상승으로 자연배제 불가	
	부여	구봉	86	86		배수문 1개소 배수로 4.8km	외수위상승 및 배수시설부재	
	논산	아호 부인	276	194	82.0	배수장, 배수문	논산천수위상승 및 배수용량부족	
	논산	사포	245	175	70.0	배수장, 배수문	강경천수위상승 및 배수용량부족	
	논산	방축	80	60	20.0	배수문1	방축천수위상승 및 배수용량부족	
	부여	발산	108	108	-	배수문 3개소 배수로 4.1km	외수위상승 및 배수시설부재	
전북		10지구	1,463	1,434	32			
	익산	내촌	119	92	27	봉동, 내촌배수장	배수본천 수위상승, 배수장 용량 부족, 배수로 협소	#사진1,2
	정읍	거산	119	119	2	배수로	저지대로써 통수능력 부족 (동진강 수위상승)	
	김제	월성	80	80	-	황산배수장	시설용량 부족, 외수위 상승	
	군산	수산	400	400	-	수산배수갑문 수산제수문	기설갑문 노후및 단면부족 토공수로로인해 배수지장	#사진3,4
	정읍	화호	110	107	3	배수로	저지대로써 통수능력	

시도	시군	지구명	계	침수면적 (ha)		기설 시설명	침수원인	비고
				벼	원예			
							부족	
	부안	금관	30	30	-	배수로	배수로 단면 부족	
	임실	신기	15	15	-	용정배수문	배수로 단면 부족	
	김제	대목	150	150	-	서암배수문 복족,우독배수로	시설용량 부족, 외수위 상승	
	군산	나포	150	150	-	서포,옥곶갑문	기설갑문 노후및 단면부족	
	김제	상월	290	290	-	배수문,배수로	시설용량 부족, 외수위 상승	
전남		18지구	1,225	1,205	20			
	완도	약산	50	50	-	약산배수장	홍수 배제시설 용량 부족으로 인한 상승 침수피해 발생	
	보성	고읍	270	250	20	토공 배수로	홍수배제시설 미비(토공수로)	
	해남	옥동	20	20	-	옥동배수문	홍수시 조위의 영향으로 내수위가 상승 중앙배수로의 토사퇴적 및 수초	
	장흥	모령	88	88	-	해창배수갑문	홍수시 조위의 영향으로 내수위가 상승 중앙배수로의 토사퇴적 및 수초	
	무안	중등포	48	48	-	중등포방조제	집중호우로 인한 배제 지연	
	고흥	신촌	66	66	-	배수문 1개소	집중호우 및 만조 수위상승	
	함평	장년	34	34	-	주포방조제	해수위 만조로 인한 배수지연	
	영암	몽해	30	30	-	토공 배수로	외수위상승 및 배수로 퇴적, 식생	
	해남	월교	40	40	-	월교 배수문 신리 배수문	홍수시 조위의 영향으로 내수위 상승 중앙배수로의 토사퇴적 및 수초	
	영암	송의	60	60	-	배수문 5개소	외수위상승 및 배수로 퇴적, 식생	
	해남	미학	50	50	-	미학1,2호 배수문	유역면적이 넓고 현	

시도	시군	지구명	계	침수면적 (ha)		기설 시설명	침수원인	비고
				벼	원예			
						가차 배수문	배수문의 배제 능력이 부족함	
	여수	죽포	2	2	-	죽포배수문	외수(조위)영향에 의한 자연배제 지연	
	장흥	신리	98	98	-	배수문3개소	홍수시 조위의 영향으로 내수위가 상승으로 자연배제 불가	
	강진	삼신	70	70	-	토공수로	외수위 상승 및 배제 지연	
	보성	조성	170	170	-	토공 배수로	홍수배제시설 없음(토공수로)	
	진도	창유	53	53	-	배수갑문4련	농경지 저지대 및 저류지 협소	
	영암	우암	40	40	-	구산배수장	외수위상승 및 배수로 퇴적, 식생	
	완도	구석	36	36	-	토공수로	배수로 신설 및 배수시설 신축	
경북		9지구	173	74	99			
	상주	홍각	20	20	-	배수문, 배수로	집중호우	
	성주	관화	70	-	70	배수문, 배수로	배수로 불량 및 외수 상승	
	상주	용곡	20	20	-	배수문, 배수로	집중호우	
	성주	섬안	28	-	28	배수문, 배수로	배수로 불량 및 외수 상승	
	상주	수상	3	2	1	배수문, 배수로	집중호우	
	영주	장수	5	5	-	배수문, 배수로	집중호우	
	영천	주남	5	5	-	배수문, 배수로	이상강우발생	
	경주	호명	12	12	-	배수문, 배수로	집중호우	
	영천	황정	10	10	-	배수문, 배수로	이상강우발생	
경남		14지구	705	526	179			
	밀양	밀양	100	80	20	밀양배수장	기설배수장 용량 및 배수로 단면부족	#사진 5, 6
	의령	화양	33	25	8	화양배수장	시설용량부족	
	진주	단목	40	-	40	덕오배수장	시설용량 부족 및 이상강우	#사진 7, 8
	사천	완사	47	38	9	완사간이배수장	기설배수장 용량부족 등	
	창녕	오호	84	10	74	오호배수장	시설용량 부족 및 이상강우 발생	
	밀양	수산	100	90	10	수산배수장 수산양배수장	기설배수장 용량 및 배수로 단면부족	

시도	시군	지구명	계	침수면적 (ha)		기설 시설명	침수원인	비고
				벼	원예			
	산청	소이	30	30	-	배수로	이상강우발생 및 외수위 상승	
	함안	산서	75	75	-	배수장, 배수문	외수위 상승으로 자연배제불가 배수단면부족	
	합천	임북	15	15	-	임북배수장	시설용량 부족 및 이상강우	
	진주	홍정	15	-	15	이곡간이배수장	이상강우발생 및 기존 보로인한 배수지체	
	창녕	소야	51	51	-	소야배수장	저지대로 토공수로의 수초 및 배수로구배불량	
	함안	와룡	45	45	-	배수장, 배수문	남강천 외수위 상승자연배제불가	
	밀양	초동	50	47	3	초동배수장	기설배수장 용량 및 배수로 단면부족	
	진주	답천	20	20	-	-	이상강우발생 및 외수위 상승	

<표 2-2> 조사설계 중 침수피해 사례 사진

	
<p>#사진1 : 전북 내촌지구</p>	<p>#사진2 : 전북 내촌지구</p>
	
<p>#사진3 : 전북 수산지구</p>	<p>#사진4 : 전북 수산지구</p>
	
<p>#사진5 : 경남 밀양지구</p>	<p>#사진6 : 경남 밀양지구</p>
	
<p>#사진7 : 경남 단목지구</p>	<p>#사진8 : 경남 단목지구</p>

<표 2-3> 시설운영 중 침수피해 사례

지사	계 (ha)	침수면적		시설명	침수원인	비고
		벼	원예			
	11,824	11,521	303			
	520	520	-			
화성수원	520	520	-	포동배수갑문 포동제수문	은행천 배수능력 부족, 외수위상승 및 강제 배수시설 부재	#사진 01
강릉	60	50	10	경포배수장	배수로 단면부족	#사진 02
강릉	20	20	-	판교배수장	"	#사진 03
강릉	10	10	-	미노배수장	"	#사진 04
강릉	50	50	-	성덕배수장	"	#사진 05
청원	3	3	1	서평2배수장	배수로 단면부족	
청원	7	7	-	정북1배수장	"	
서천	95	95	-	나교배수장	시설용량 부족	
서천	66	66	-	마양배수장	"	
서천	45	45	-	벽용배수장	"	
서천	110	110	-	상촌배수장	"	
서천	54	54	-	수원배수장	"	
서천	41	41	-	신성배수장	"	
청양	9	9	-	중산2배수장	외수위 상승 및 시설용량 부족	
청양	11	11	-	화양2배수장	"	
서산태안	470	470	-	대호배수장	이상강우 발생 및 외수위 상승	
서산태안	265	265	-	근흥배수장	"	
부여	3	3	-	자왕2배수장	시설용량 부족 및 이상강우 발생	
부여	2	2	-	정동2배수장	이상강우 발생	
부여	4	4	-	현북배수장	"	
부여	2	2	-	라북2배수장	"	
부여	3	3	-	군수2배수장	"	
부여	450	450	-	석우1.2배수장	"	
부여	200	200	-	장암배수장	"	
부여	20	20	-	송학배수장	"	
부여	40	40	-	동방배수장	시설용량부족, 이상강우 발생	
부여	78	78	-	좌흥배수장	이상강우 발생	
부여	40	40	-	닭퇴배수장	시설용량부족, 이상강우 발생	
부여	105	105	-	가회배수장	"	
부여	100	100	-	청포배수장	이상강우 발생	
부여	53	53	-	토정배수장	시설용량 부족 및 이상강우 발생	
부여	10	10	-	간대배수장	"	
부여	43	43	-	동사배수장	"	
부여	32	32	-	칠산1배수장	"	
부여	33	33	-	칠산2배수장	"	
부여	42	42	-	칠산3배수장	"	

지사	계 (ha)	침수면적		시설명	침수원인	비고
		벼	원예			
부여	50	50	-	입포배수장	이상강우 발생	
부여	10	10	-	원당배수장	시설용량 부족 및 이상강우 발생	
부여	40	40	-	송정배수장	"	
부여	30	30	-	초평2배수장	"	
부여	30	30	-	비당배수장	이상강우 발생	
부여	30	30	-	석성배수장	시설용량 부족 및 이상강우 발생	
부여	150	150	-	창리배수장	이상강우 발생	
홍성	35	35	-	내덕배수장	"	
홍성	63	63	-	노은배수장	"	
홍성	69	69	-	석택배수장	"	
홍성	49	49	-	신곡배수장	"	
홍성	62	62	-	용산배수장	"	
홍성	121	121	-	화양배수장	"	
논산	200	200	-	부인배수장	시설용량 부족	
논산	59	59	-	아호배수장	"	
논산	143	143	-	눈다리배수장	"	
논산	110	110	-	강경배수장	"	
논산	120	120	-	사포배수장	"	
논산	100	100	-	원봉배수장	"	
논산	90	90	-	봉화배수장	"	
논산	700	700	-	개척양배수장	"	
논산	100	100	-	왕진배수장	"	
동진	80	80	-	상평배수장	유입배수로 불량	#사진 06
동진	65	65	-	청하배수장	"	#사진 07
동진	120	120	-	공덕2호배수장	"	#사진 08,09
동진	25	25	-	구석배수장	"	#사진 10
동진	30	30	-	구암양배수장	"	
동진	60	60	-	궁사배수장	"	
동진	40	40	-	하평배수장	"	
동진	70	70	-	공덕1호배수장	"	
동진	50	50	-	가실양배수장	"	
동진	33	33	-	동자포배수장	"	
동진	30	30	-	동계배수장	"	
군산	82	82	-	개사배수장	이상강우 발생 및 배수용량부족	
군산	431	430	1	장산배수장	이상강우 발생	
익산	200	153	47	창리양배수장	시설용량 부족, 이상강우 발생 및 외수위상승	
익산	100	100	-	오산배수장	"	
익산	116	113	3	산수배수장	"	
익산	190	100	90	화산배수장	"	
익산	30	25	5	봉동배수장	"	
익산	50	50	-	고산배수장	"	

지사	계 (ha)	침수면적		시설명	침수원인	비고
		벼	원예			
익산	74	52	22	내촌배수장	“	
익산	82	75	7	어동배수장	“	
익산	103	102	1	성당배수장	“	
익산	100	60	40	석동배수장	“	
익산	110	110	-	고창배수장	시설용량 부족, 이상강우 발생 및 외수위 상승	
전주완주임실	30	30	-	어전배수장	시설용량 부족 및 이상강우 발생	
전주완주임실	70	70	-	마산배수장	“	
전주완주임실	120	90	30	하리배수장	“	
전주완주임실	50	10	40	해전배수장	“	
정읍	25	25	-	국정양배수장	유입배수로 단면부족	
순천광양여수	220	220	-	도룡배수장	배수문 단면 부족 및 시설용량 부족	
순천광양여수	220	220	-	해창배수장	“	
순천광양여수	20	20	-	오사배수장	이상강우 발생 및 외수위 상승	
순천광양여수	100	100	-	망덕배수장	“	
순천광양여수	450	450	-	간척배수장	“	
순천광양여수	90	90	-	대포배수장	“	
순천광양여수	30	30	-	신평배수장	““	
순천광양여수	120	120	-	가사배수장	“	
진도	500	500	-	소포배수장	외수위 상승	
진도	100	100	-	지산배수장	“	
진도	70	70	-	명금배수장	“	
진도	30	30	-	앵무배수장	“	
고흥	20	20	-	분매배수장	배수로 단면부족 및 외수위 상승	
고흥	5	5	-	매곡배수장	“	
고흥	10	10	-	봉암배수장	“	
고흥	10	10	-	신기배수장	“	
고흥	15	15	-	신흥배수장	“	
고흥	5	5	-	안동배수장	“	
고흥	5	5	-	오마배수장	“	
고흥	25	25	-	인수배수장	“	
영암	20	20	-	시종2배수장	배수로 통수단면 부족	
영암	50	50	-	학파2배수장	시설용량 부족	
영암	35	35	-	군서배수장	”	
영광	110	110	-	가사배수로	배수로 단면 부족 및 외수위 상승	
영주봉화	1	1	-	생포취입보	이상강우 발생	
영천	53	50	3	황정지구	이상강우발생	
의성군위	4	3	1	속암배수장	시설용량 부족 및 이상강우 발생	
의성군위	12	10	2	성암배수장	“	
고령	9	9	-	객기배수장	이상강우 발생	

지사	계 (ha)	침수면적		시설명	침수원인	비고
		벼	원예			
고령	20	20	-	포동배수장	“	
고령	4	4	-	대곡배수장	“	
고령	1	1	-	도진배수장	“	
고령	3	3	-	야정배수장	“	
고령	44	44	-	월성배수장	“	
고령	15	15	-	좌학배수장	“	
고령	25	25	-	노곡배수장	“	
성주	15	15	-	후포배수장	“	
성주	2	2	-	동락배수장	“	
달성	1	1	-	묘리배수장	시설용량 부족 및 이상강우 발생	
달성	3	3	-	하산배수장	“	
진주산청	65	65	-	금호배수장	시설용량 부족 및 이상강우 발생	
진주산청	30	30	-	덕오배수장	“	
진주산청	20	20	-	신당배수장	“	
의령	20	20	-	감암배수장	“	
의령	17	17	-	대곡배수장	“	
의령	15	15	-	덕암배수장	“	
의령	50	50	-	무전2배수장	“	
의령	15	15	-	백곡배수장	“	
의령	10	10	-	상이배수장	“	
의령	12	12	-	상일배수장	“	
의령	30	30	-	소상2배수장	“	
의령	25	25	-	월현1배수장	“	
의령	17	17	-	정암배수장	“	
의령	8	8	-	화양배수장	“	
함안	75	75	-	산서배수장	시설용량 부족	
함안	45	45	-	월촌배수장	시설용량 부족 및 이상강우 발생	
함안	80	80	-	강주배수장	“	
함안	25	25	-	수곡배수장	“	
함안	60	60	-	신백산배수장	“	
함안	35	35	-	칠북배수장	시설용량 부족	
밀양	30	30	-	밀양배수장	시설용량 부족	
창녕	12	12	-	오호배수장	시설용량 부족 및 이상강우 발생	
창녕	50	50	-	학포1,2배수장	“	
창녕	40	40	-	동정양배수장	“	
사천	120	120	-	구랑 배수장	“	
사천	98	98	-	급진 배수장	“	
사천	104	104	-	장포 배수장	“	
하동남해	130	130	-	가덕2 배수장	“	
하동남해	50	50	-	목도 배수장	“	
하동남해	40	40	-	악양 배수장	“	

<표 2-4> 시설운영 중 침수피해 사례 사진

	
<p>#사진1 : 경기 포동배수갑문</p>	<p>#사진2 : 강원 경포배수장</p>
	
<p>#사진3 : 강원 관교배수장</p>	<p>#사진4 : 강원 미노배수장</p>
	
<p>#사진5 : 강원 성덕배수장</p>	<p>#사진6 : 전북 상평배수장</p>
	
<p>#사진7 : 전북 청하배수</p>	<p>#사진8 : 전북 공덕 2배수장</p>

<표 2-5> 시행중 지구 침수피해 사례

지구명	위 치		계	침수면적 (ha)		침수원인	비고
	시군	읍면		벼	원예		
41지구			5,170	5,050	120		
2지구			10	10	-		
봉곡	영동	양산	4	4	-	이상강우발생	
용천	음성	맹동	6	6	-	외수위 상승 및 배수로 미시공	
9지구			502	502	-		
증연	부여	석성	2	2	-	이상강우 발생	#사진 01
대선	부여	남	5	5	-	승수로 미시공	#사진 02
남포	보령	남포	54	54	-	바다 외수위 상승 및 유수지 부족	#사진 03
관리	서천	비인	3	3	-	바다 외수위가 상승	#사진 04
장선	공주	탄천	30	30	-	배수장 미시공	#사진 05,06
한천	논산	성동	150	150	-	배수장 및 배수로 미시공	#사진 07,08
우장2	당진	우장	8	8	-	저지대, 배수로 미시공	#사진 09,10
효죽	논산	노성	100	100	-	배수장 미시공	
삼산1	서천	서천	150	150	-	외수위 상승 및 배수로 미시공	
11지구			3,076	3,006	70		
백공	김제	백구	620	550	70	배수장 및 배수로 미시공	
신동	군산	대야	650	650	-	배수갑문 미시공	
대수	부안	백산	40	40	-	배수장 및 배수로 미시공	
신성	전주	덕진	28	28	-	배수장 미시공 및 마산,마원천 월류	
오산	익산	오산	590	590	-	배수본천(만경강) 수위상승 및 배수로 미시공	
하갈산	김제	만경	120	120	-	배수장 및 배수로 미시공	
성산	군산	성산	192	192	-	배수장 미시공	
부량	김제	부량	80	80	-	배수로 미시공 및 외수위 상승	
춘포	익산	춘포	130	130	-	배수본천(만경강) 수위상승 및 배수로 미시공	
장재	정읍	태인	75	75	-	동진강 수위상승 및 배수로(토공) 미시공	
남내	군산	개정	551	551	-	배수로 미시공	
6지구			1,050	1,050	-		

지구명	위 치		계	침수면적 (ha)		침수원인	비고
	시군	읍면		벼	원예		
죽암	고흥	동강	300	300	-	이상강우 발생, 외수위상승 및 배수로 미시공	
연봉	고흥	점암	260	260	-	이상강우 발생, 외수위상승 및 배수로 미시공	
양장	영암	군서	20	20	-	배수장 미시공	
관기	여수	소라	120	120	-	배수장 미시공	
오도	고흥	남양	200	200	-	이상강우 발생, 외수위상승 및 배수로 미시공	
대대	순천	대대	150	150	-	이상강우 발생	
1지구			5	5	-		
한서	경산	하양	5	5	-	외수위(금호강) 상승 및 이상강우 발생	
12지구			528	478	50		
유어	창녕	유어	200	200	-	설계기준 강우량 초과	
동읍	창원	동읍	30	30	-	배수장 미시공	
신기	산청	신안	30	30	-	배수장 미시공	
가야	함안	법수	40	40	-	배수장 미시공	
율곡	함천	율곡	2	2	-	배수장 미시공	
응석	진주	집현	50	-	50	외수위 상승	
사남	사천	사남	16	16	-	배수장 미시공	
신촌	사천	용현	30	30	-	배수장 미시공	
상정	의령	화정	30	30	-	배수장 미시공	
원계	진주	수곡	35	35	-	배수장 미시공	
성암	밀양	초동	25	25	-	배수장 미시공	
하기	함안	대산	40	40	-	배수장 미시공	

<표 2-6> 시행중 지구 침수피해 사례 사진



#사진1 : 충남 증연지구



#사진2 : 충남 대선지구



#사진3 : 충남 남포지구



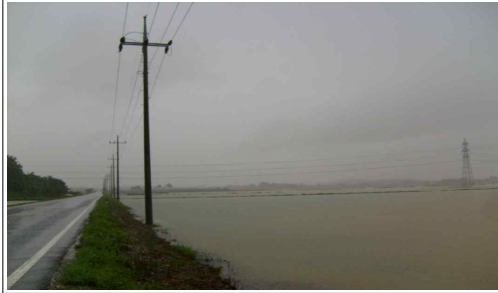
#사진4 : 충남 관리지구



#사진5 : 충남 장선지구



#사진6 : 충남 장선지구



#사진7 : 충남 한천지구



#사진8 : 충남 한천지구

3. 타사업 시설물별 설계기준 비교

■ 하천 주요구조물 설계빈도

구 분	구조물종류	설계빈도(년)	비 고
배수시설	· 배수로	20~50	
	· 방수로	20 이상	
	· 배수제	20 이상	
	· 배수문	20 이상	
	· 배수펌프	20 이상	
	· 유수지 및 저류지	20 이상	
하천제방	· 국가하천	100~200	
	· 지방하천	50~200	
	· 소 하 천	30~50	

■ 농경지 배수시설물 설계기준

구 분	구조물 종류	설계빈도(년)	비 고
배수시설	· 배수로	20년 1일	
	· 배수문	20년 2일	
	· 배수펌프	20년 2일	
	· 유수지	20년	

■ 하수관거 시설물 설계기준

구 분	구조물종류	설계빈도(년)	비 고
하수도	· 빗물펌프장	30~50년	
	· 하수관거	10~30년	

<농경지 와 도심지 배수펌프장 비교>

구분	설계강우빈도	허용담수심	허용침수시간	강우대상
농경지 배수장	20년	30cm	24시간	2일강우
도시빗물펌프장	30~50년	0cm	0시간	시간강우

※ 도시빗물 펌프장 하수도 시설기준 (2011년)

■ 배수갑문 설계기준

구분	설계기준	비고
홍수위	<ul style="list-style-type: none"> · 농업용목적시 100년빈도 · 산업시설 및 취락조성 등 종합개발 목적일 경우 500년 이상 계획 빈도 	

※ 농지개량사업계획설계기준 해면간척편('91.11 농림수산부)

■ 도로 배수시설 설계기준

구분	도로배수설계 및 유지관리지침 (국토부, 2003)	하수도시설기준 (환경부, 2011)
교량	하천정비기본계획의 계획빈도를 따른다. 단, 미수립된 경우에는 하천관련기관과 협의하여 결정하거나 하천설계기준에 따라 적용한다.	우수배제계획 : 원칙적으로 10~30년을 원칙으로 하되, 지역의 중요도 또는 방재상 필요성이 있는 경우는 이보다 크게 정할 수 있다.
암거 및 배수관 (도시계획구간) (산악지 구간)	25년 (50년) (50년)	
노면 및 비탈면 (산악지 구간)	10년 (20년)	
측도 및 인접지 배수시설 (산악지 구간)	10년 (20년)	
횡배수관	1,000mm	
집수정 등 배수구조물간 접속부	접속하는 시설물 중 빈도가 큰값 적용	

4. 기계, 전기 관련 참고자료

■ 기계분야

- 타기관 설계요령, 기준 및 제진기 설치사례
 - ※ 서울특별시 : 빗물펌프장·수문 유지관리 및 설계요령(2008)
2편 3장 8.2 펌프장 기계설비분야 설계
(제진설비 및 크레인. p189)
- 조목 스크린에는 제진기를 설치함을 표준으로 하며 협잡물 발생량은 다음의 공식에 따른다. $V=K \cdot Q$
 V =추정협잡물량(m^3/hr), Q =배수량(m^3/sec), K =계수(0.2~0.25)
 - ※ 조목스크린 ; 바간격이 60~150mm
- 소방방재청 : 배수펌프장 관리 및 운영지침(2005.9.7): 3장 3.4(스크린설비. p14)
- 펌프 운전시에는 여러 가지 부유물과 쓰레기가 유입되어 펌프의 정상운전에 지장을 초래하므로 펌프보호와 안전대책으로서 펌프 흡수정의 유입부에 제진용 조목 및 세목스크린을 설치하여야 한다.
- 국토해양부 승인(한국수자원학회) : 하천설계기준·해설(2009) : 설계편 제32.4.9 (스크린 및 제진설비. p491)
- 배수펌프의 흡수조에 제진용 조목 및 세목스크린을 설치하는 것을 표준으로 하고, 협잡물의 양이 많을 것으로 예상될 때에는 조목 스크린 앞에 부상스크린을 설치한다.
- 지방자치단체 : 배수장에는 제진기를 설치토록 설계기준 정립, 대부분 배수장에 제진기 설치 가동
- 제진기 형식은 기계식 \Rightarrow 유압식 \Rightarrow 로타리식으로 변환 추세
- 한국토지공사 : 배수장에는 제진기 설치 기본, 전체 배수장에 제진기 설치 가동, 제진기 형식은 유압식과 로타리식 병행
- 외국사례 : 유럽선진국은 물론 일본, 대만의 배수장 시설에는 필수적으로 자동제진기 설치, 일본의 경우는 로타리식제진기가 주류

■ 전기분야

- 비상전원 확보 방법
- 이중선로 구성
- 한전 전원 인입선로를 이중으로 구성하는 것으로 가장 안정적이고 편리함

- 별도의 수전설비(ALTS반 등)를 갖추기 위한 공간이 필요하며 이중선로 구성을 위한 한전 신설 거리공사비는 1km당 약 48백만원의 사업비 소요
- 비상발전기 설치
- 비상발전기 용량은 부하용량의 약 2.2배가 되어야 하므로
설치비용(발전기 1,000kW 기준 약 350백만원 소요)에 비해 효율적이지 못함
- 발전기 설치를 위한 공간과 부대설비가 필요하며, 연료저장탱크 용량이 1,000 liter를 초과하는 경우 위험물 안전관리자 필요
- 기능 보전을 위한 주기적인 운전·점검과 소모품 교체 등 유지관리비용 발생
- 권역별 비상발전기 차량 확보
- 발전기를 장치한 차량을 권역별로 배치하여 정전사고 등 비상시 투입
- 고압, 대용량 발전기 차량(1,000kW, 약 30톤)은 우기시 배수장 진입로도로 상태가 나빠지는 경우 진입 곤란
- 기능 보전을 위한 주기적인 운전·점검과 소모품 교체 등 유지관리비용 발생
- 발전기 임차 사용
- 고압(0.6kV이상 7kV미만)발전기 확보가 어려워 3.3kV 또는 6.6kV 전동기를 사용하는 배수장은 사용 불가능
- 2,000kW를 초과하는 발전기의 경우 전국적으로 1~2개 업체만이 보유하고 있는 등 대용량 발전기의 경우 임차가 어렵고, 운반·설치에 시간이 많이 소요되어 정전 사고시 즉시 사용이 곤란함

5. 농경지 침수피해 실태 보완 조사(2011년)

	시도	시군	수해면적(ha)			비율 (D=C/A)
			계(A)	벼(B)	원예(c)	
총계	210		37,052	27,251	9,842	
강원	5		335	313	22	
사곡	강원	철원	40	29	11	27.5%
청양	강원	철원	35	33	2	5.7%
미노	강원도	강릉시	46	43	3	6.5%
관교	강원도	강릉시	61	60	1	1.6%
성덕	강원도	강릉시	153	148	5	3.3%
경기	2		144	103	41	
단월	경기	이천시	42	32	11	25.0%
양지	경기	안성	102	72	30	29.5%
경남	61		8,906	5,466	3,441	
동읍	경남	창원시	637	583	54	8.5%
대산1	경남	창원시	220	94	126	57.3%
외산	경남	창원시	54	46	8	14.8%
화목	경남	김해시	245	243	2	0.8%
한림	경남	김해시	189	187	2	1.1%
풍유	경남	김해시	105	77	28	26.7%
칠산	경남	김해시	245	205	40	16.3%
장방	경남	김해시	115	112	3	2.6%
응달	경남	김해시	207	204	3	1.4%
생림	경남	김해시	153	148	5	3.3%
신문	경남	김해시	128	125	3	2.3%
부원	경남	김해시	111	92	19	17.1%
대동	경남	김해시	378	152	226	59.8%
하남	경남	밀양시	477	282	195	40.9%
임천	경남	밀양시	72	67	5	6.9%
수산	경남	밀양시	131	127	4	3.1%
성암	경남	밀양시	100	95	5	5.0%
밀양	경남	밀양시	154	126	28	18.2%
거족	경남	밀양시	72	47	25	34.7%
화양	경남	의령군	52	32	20	38.5%
정곡	경남	의령군	63	19	44	69.8%
월현1	경남	의령군	93	84	9	9.7%
오천	경남	의령군	164	110	54	32.9%
서암	경남	의령군	106	79	27	25.5%
상정	경남	의령군	51	30	21	41.2%
백곡	경남	의령군	90	60	30	33.3%
감암	경남	의령군	43	28	15	34.9%
유어	경남	창녕	219	149	70	32.0%
영남	경남	창녕	341	273	68	19.9%
반포	경남	창녕	133	119	14	10.5%

이방	경남	창녕	216	154	62	28.7%
길곡	경남	창녕	57	29	28	49.1%
초계	경남	합천	139	100	39	28.1%
광암	경남	합천	87	18	69	79.3%
관평	경남	합천	66	58	8	12.1%
울곡	경남	합천	151	91	60	39.7%
함안	경남	함안	220	88	132	60.0%
이칠	경남	함안	191	121	70	36.6%
백산	경남	함안	236	95	141	59.7%
월촌	경남	함안	171	52	119	69.6%
강주	경남	함안	148	104	44	29.7%
대산	경남	함안	432	130	302	70.0%
하기	경남	함안	69	21	48	70.0%
산서	경남	함안	153	61	92	60.0%
월진	경남	하동	57	28	29	50.9%
북방	경남	하동	59	24	35	59.3%
목도	경남	하동	101		101	100.0%
냉정	경남	하동	101	11	90	89.1%
남성	경남	진주	51	8	43	84.3%
금호	경남	진주	95	28	67	70.5%
금곡	경남	진주	91	27	64	70.3%
홍정	경남	진주	52	42	10	19.2%
응석	경남	진주	189	78	111	58.7%
월아1	경남	진주	49	10	39	79.6%
월아	경남	진주	49	5	44	89.8%
원당	경남	진주	69	8	61	88.4%
신당	경남	진주	134	14	120	89.6%
봉강	경남	진주	53	16	37	69.8%
소이	경남	산청	83	50	33	39.8%
문대	경남	산청	59		59	100.0%
완사	경남	사천	130		130	100.0%
경북	43		4,696	2,876	1,820	
소암	경북	상주	68	64	4	5.9%
흥각	경북	상주	69	56	13	18.8%
화산	경북	상주	144	124	20	13.9%
관답	경북	포항	97	91	6	6.2%
내평	경북	포항	140	113	27	19.3%
어미	경북	포항	200	102	98	49.0%
호명	경주	강동	120	102	18	15.0%
후포	경북	성주	160		160	100.0%
성남	경북	성주	94	9	85	90.4%
섬안	경북	성주	65		65	100.0%
대산	경북	성주	130	10	120	92.5%
기산	경북	성주	111	11	100	90.1%
관화	경북	성주	88	28	60	68.2%

월성	경북	고령	99	85	14	14.1%
야정	경북	고령	75	52	23	30.7%
도진	경북	고령	24	17	7	29.2%
대곡	경북	고령	24	17	7	29.2%
신안	경북	고령	87	78	9	10.3%
매외	경북	고령	52	33	19	36.5%
다산	경북	고령	177	116	61	34.5%
구곡	경북	고령	137	69	68	49.6%
부동	경북	고령	101	71	30	29.7%
포동	경북	고령	181	65	116	64.1%
상산	경북	고령	185	132	53	28.6%
다산	경북	고령	105	90	15	14.2%
신성	경북	안동	110	50	60	54.5%
안교	경북	안동	96	66	30	31.3%
행정	경북	칠곡	66	35	31	47.0%
황정	경북	영천	56	14	42	75.0%
대정	경북	경산	125	50	75	60.0%
금구	경북	경산	91	45	46	50.5%
고평	경북	예천	79	51	28	35.4%
금포	경북	달성	142	82	60	42.3%
내동	경북	달성	126	89	37	29.4%
문양	경북	달성	76	25	51	66.7%
본리	경북	달성	21		21	100.0%
위천	경북	달성	62		62	100.0%
지동	경북	달성	96	85	11	11.5%
화옥	경북	달성	52	10	42	80.8%
부수	경북	의성	26	23	3	11.5%
서제	경북	의성	123	116	7	5.7%
성암	경북	의성	370	358	12	3.2%
신하	경북	의성	246	242	4	1.6%
전북	22		8,622	6,864	1,758	
신동	전북	군산	725	700	25	3.4%
춘포	전북	익산	378	129	249	65.9%
오산	전북	익산	990	955	35	3.5%
금강	전북	익산	616	256	360	58.4%
화산	전북	익산	589	470	119	20.2%
성당	전북	익산	868	538	330	38.0%
성당1	전북	익산	234	163	71	30.3%
내촌	전북	익산	232	185	47	20.3%
귀석	전북	남원	200	80	120	60.0%
귀석	전북	남원	200	80	120	60.0%
망동	전북	남원	82	65	17	20.7%
망동	전북	남원	82	65	17	20.7%
송내	전북	남원	187	177	10	5.3%
금지	전북	남원	66	30	36	54.5%

공사	전북	정읍시	219	211	8	3.7%
어진	전북	완주군	433	428	5	1.2%
화진	전북	전주시	547	527	20	3.7%
삼례	전북	완주군	599	574	25	4.2%
하리	전북	완주군	380	350	30	7.9%
신성	전북	전주시	315	310	5	1.6%
계화	전북	부안	541	474	67	12.4%
동진	전북	부안	139	97	42	30.2%
충남	60		11,617	9,783	1,810	
북고1	충남	부여	54	37	17	31.5%
북고2	충남	부여	34	14	20	58.8%
비당	충남	부여	102	92	9	8.9%
송정	충남	부여	110	70	40	36.4%
자왕	충남	부여	105	29	76	72.4%
정동	충남	부여	147	23	101	81.5%
창리	충남	부여	276	234	42	15.2%
초평	충남	부여	247	212	35	14.2%
현북	충남	부여	74	59	15	20.3%
군수	충남	부여	57	24	33	57.9%
라북	충남	부여	60	36	24	40.0%
라북(군)	충남	부여	15	14	1	6.7%
두리	충남	부여	450	313	137	30.4%
장암	충남	부여	240	68	172	71.7%
장하	충남	부여	63	25	38	60.3%
마정	충남	부여	200	180	20	10.0%
가회	충남	부여	105	71	34	32.4%
구봉	충남	부여	107	102	5	4.7%
원당	충남	부여	78	75	4	4.5%
입포	충남	부여	162	157	5	3.1%
청포	충남	부여	167	151	16	9.6%
칠산1	충남	부여	57	54	3	5.3%
칠산3	충남	부여	178	177	1	0.6%
토정	충남	부여	52	51	1	1.9%
동방	충남	부여	47	37	10	21.4%
태양	충남	부여	47	42	5	10.7%
용당	충남	부여	59	39	20	33.9%
좌홍	충남	부여	131	120	11	8.4%
덕지	충남	공주	75	70	5	6.7%
목천	충남	공주	115	89	26	22.6%
상서	충남	공주	210	200	10	4.8%
쌍신	충남	공주	89	86	3	3.4%
장평	충남	청양	261	221	40	15.3%
적곡	충남	청양	396	331	65	16.4%
청소1	충남	청양	123	102	21	17.1%
청소	충남	청양	274	266	8	2.9%

화양	충남	청양	205	175	30	14.6%
탄중	충남	예산	255	220	35	13.7%
강경	충남	논산	257	200	57	22.2%
부인	충남	논산	345	314	31	9.0%
사포	충남	논산	520	434	86	16.5%
산동	충남	논산	250	200	50	20.0%
숙진	충남	논산	102	67	35	34.3%
아호	충남	논산	59	38	21	35.6%
왕전	충남	논산	102	67	35	34.3%
우곶2	충남	논산	50	20	30	60.0%
우곶	충남	논산	46	26	20	43.5%
원봉	충남	논산	584	560	24	4.1%
채운	충남	논산	1,120	1,090	30	2.7%
신가	충남	천안	360	351	9	2.5%
대홍	충남	천안	298	279	19	6.4%
대천	충남	보령	287	276	11	3.8%
남포	충남	보령	142	137	5	3.5%
화양	충남	홍성	169	107	62	36.7%
갈산	충남	홍성	101	92	9	8.9%
홍성	충남	홍성	230	220	10	4.3%
원별	충남	서산	188	172	16	8.5%
제일	충남	당진	464	424	40	8.6%
우강1	충남	당진	376	339	37	9.8%
문주1	충남	연기	140	105	35	25.0%
충북	1		-	116	5	
단평	충북	음성		116	5	4.1%
전남	16		2,733	1,730	947	
대대	전남	순천	299	259	40	13.4%
진월	전남	광양	261	259	2	0.8%
월길	전남	광양	178	20	158	88.8%
반룡	전남	담양	70	35	35	50.0%
보촌	전남	담양	85	45	40	47.1%
우치	전남	담양	60	24	36	60.0%
수복	전남	담양	320	125	195	60.9%
정중	전남	담양	80	42	38	47.5%
오계	전남	담양	85	33	39	54.2%
봉산	전남	담양	135	42	50	54.3%
고달	전남	곡성	161	146	15	9.2%
제월	전남	곡성	169	148	21	12.4%
호동	전남	보성	30	28	2	6.7%
금전	전남	화순	240	180	60	25.0%
도곡	전남	화순	66	54	12	18.2%
지산	전남	진도	494	290	204	41.3%

주 의

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

■ 발 행 처

기후변화에 따른 농경지 배수체계 개선에 관한 연구

발행일	2011. 12
발행인	정 해 창
발행처	한국농어촌공사 농어촌연구원
주 소	경기도 안산시 상록구 사동 해안로 391번지 전 화 031 - 400 - 1700 FAX 031 - 409 - 6055

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