제 출 문

국토교통부 장관 귀하

이 보고서를 "학교, 공원·녹지시설의 도시방재 기능강화를 위한 설계 가이드라인 개발에 관한 연구"과제(세부과제 "도시피난체계에 대한 임시대피학교의 시설기분 및 시설정책 수립연구, 폭우재난 도시대피 시나리오별 임시대피학교 중심 주민대피수요산출 기법개발, 임시대피 학교시설의 리모델링 프로토 타입 개발에 관한 연구")의 보고서로 제출합니다.

2015 . 11.

주관연구기관명 : 인천대학교
주관연구책임자 : 황영삼 교수
연 구 원 (책임급): 박미진 교수
" : 곽동화 교수
연 구 원 : 한종훈(박사과정)
" : 이종록(석사과정)
" : 염태준(석사과정)
" : 김효정(석사과정)
" : 홍은기(학사과정)
협동연구기관명 :(주)희림종합건축사사무소
(재)국제도시물정보과학연구원
협동연구책임자 : 박장우 소장
정재광 연구위원

보고서 요약서

과제고유번호	12CHUD-C0639 15-01-000000	해 당 단 계 연 구 기 간	3년	단 계 구 분	(해당단계)/ (총 단 계)
연 구 사 업 명	첨단도시개발사업				
연 구 과 제 명	최 상 위 과 제 명	학교, 공원·녹지시설의 도시방재 기능강화를 위한 설계 가이드라인 개발			
	단위과제명	● 학교시설 활용 도시방재력 강화연구 ● 공원녹지시설 도시방재력 활용 및 방재복합형 공원녹지 설계기법 개발 ● 우수관리 컴퓨터 시뮬레이션 및 저류조 설치지침 연구			
연 구 책 임 자	황영삼	총연구기간 참 여 연구원수	총 : 19명 내부 : 9명 외부 : 10명	총연구비	정부 :300,000천원 기업 :240,000천원 계 :540,000천원
연구기관명 및 소 속 부 서 명	인천대학교 도시과학대학 도시건축학부		참여기업명	(주)희림종합건축사사무소 (재)국제도시물정보과학연구원	
국제공동연구	상대국명 :		상대국연구기관명 :		
요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)				보고서면수	
색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	대피학교, 방재공원, 풍수해대비, 도시방재, 지역대피			
	영 어	Shelter School, Disaster Prevention Park, Storm and Flood Disaster Prevention, Urban Resilience, Regional Evacuation			

요약문

1. 연구내용

가. 학교시설 활용 도시방재력 강화연구

◦대피학교시설 성능기준 제시
−성능유형으로 안전성, 접근성, 보건성, 거주성, 가변성 및 응급성으로 구분
−성능유형별 시설기준 내용, 물리적 시설기준항목(정량적), 운영 및 생활 기준항목(정성적)을 제시하고 이에 따른 소요시설 및 관련 운영체계를 제시함

◦대피학교시설의 시설기준 제시
−기성시가지 내 기존 대피학교 시설에 입지 및 배치, 외부공간, 내부공간, 구조 및 설비, 수용인원산정, 대피학교시설 사인시스템, 대피학교시설의 복합화로 항목을 구분하여 제시

◦대피학교시설의 적합성 평가기준 및 설계가이드라인 제시
−적합성평가표는 입지 및 배치, 외부공간, 내부공간, 구조 및 설비, 수용가능인원산정기준에 대한 14개 항목을 점수화하여 점수에 따라 거점형와 분산형으로 유형구분
−대피학교시설 리모델링 설계가이드라인은 설계지침목록을 설정하고, 설계지침별로 설계가이드라인을 제시함

◦대피학교 리모델링 사례적용 실시
−거점형 대피학교의 유형구분은 순수 강당면적(500㎡이상), 수용인원, 공원과의 연계를 기준으로 일반형 및 방재특화형으로 구분
−거점형 대피학교는 가좌중학교(일반), 서곶중학교, 신석초등학교(방재 특화)를 선정하여 리모델링 설계안을 제시
−분산형 대피학교는 신현북초등학교, 해원초등학교를 선정하여 리모델링 설계안을 제시
−가좌중(일반), 방재 특화형 서곶중, 신석초(방재 특화) 설계안에 대한 리모델링 물량산출

◦임시주거용 시스템 칸막이 제안 및 적용
−평균 치수를 통한 1인당 바닥면적 산출(3.5㎡)
−임시주거용 시스템 칸막이 설계도 개발(디자인 특허, 특허 출원)
−가족형 모듈, 블록형 모듈로 구분하여 적용 배치의 기본 모듈 제시

나. 공원·녹지시설 도시방재력 강화방안과 설계 기법

◦도시공원의 새 유형으로 방재복합공원의 필요성 제시
−도시방재의 취약성을 극복하고자 도시공원 및 녹지가 폭우대응, 대피대응 등의 기능을 가질 수 있음
−도시공원 및 녹지 등에 관한 법률 제 15조(도시공원의 세분 및 규모)에서 방재복합공원 항목을 추가하기 위한 성능기준, 시설기준, 설계가이드라인 등을 본 연구에서 제시

◦폭우대응 방재공원·녹지 성능기준 제시
−성능유형으로 방재효율성, 복합성, 친환경성, 관리용이성, 경제성으로 구분
−성능유형별 시설기준, 정량적 시설기준 항목을 제시

◦폭우대응 방재공원·녹지 시설기준 제시 및 설계가이드라인 제시
−입지 및 배치에 관한 기준, 조경계획 및 설계에 관한 기준, 방재복합시설에 관한 기준으로 구분하여 시설기준 및 설계가이드라인 제시

◦폭우대응 방재공원·녹지의 시험 적용
−인천 서구 내 가좌완충녹지, 동구어린이교통공원을 선정하여 입지 및 배치, 조경계획 및 설계, 방재복합시설의 설계가이드라인의 타당성 검증

◦대피학교와 연계한 대피대응 방재공원·녹지 모델(안) 제시
−가좌중학교와 연계된 건지공원, 서곶중학교와 연계된 대평공원에 대한 방재공원 모델(안) 제시
−공원을 배치계획, 포장계획, 시설물계획으로 구분하여 제시

다. 지역피난체계 관련기법 개발

◦강우빈도별 우수 시뮬레이션 실시
−MOUSE 모형을 해석프로그램을 선정하여 5년, 10년, 100년 빈도별 침수현상 비교
−가좌완충녹지공원, 십정녹지공원 내 저류조, 비점오염처리시설 설치를 가정하여 4개의 시나리오를 설정한 시뮬레이션 실시

◦대피로 선정 및 지역대피인원 산정기준 제시
−재난 발생시 30분 이내 대피를 완료한다는 것을 기준으로 하여, 대피소 권역이 경보발령 시간인 5분을 제외한 25분을 초과하지 않는 지역으로 선정함
−침수예측도를 통해 침수된 동별 인구수, 동별 면적과 인구분포, 면적을 파악한 결과 침수심은 0.6~5.4m로 최대 3층 높이에 영향을 미치며, 가구당 3명, 지하 또는 반지하에 거주하는 인원을 산정

◦인천 서구지역에 사례적용 및 대피학교의 대피민 수용능력 수준평가
−연희동 일대 침수지역과 서구 가좌동 · 석남동 일대 침수지역 중 서구 가좌동 · 석남동 일대 침수지역에 대해서 인원산정을 실시함
−서구 대피학교 수용가능 인원산정, 서구 대피인원 산정, 강우빈도별 수용능력 산정, 지역대피 권고 및 대피권고의 대피인원을 비교

2. 연구효과

가. 집중호우 주민대피에 대비한 대피학교 선정 및 리모델링을 위한 실무지침 제시

◦대피학교 지정요건, 유형판정, 리모델링 설계기법 정립

◦유형별 설계에 대한 물량산출로 대피학교 리모델링 소요예산 산출

나. 방재복합공원 조성으로 공원기능, 도시방재기능, 환경관리기능 연계

◦폭우대응시설, 분산형빗물관리시설, 침투시설, 식생시설 연계로 홍수저감 및 환경관리 효과 기대

◦주제공원 유형에 방재복합공원을 신설하고, 대피학교와의 인접배치로 효과 극대화

다. 정책건의

◦시나리오별 이재민 수에 비하여 대피학교 수용인원이 부족한 바 대책 필요함

◦대피학교 제도정비, 추가지정, 리모델링 지원

◦방재공원 제도신설, 분산지정, 조성비 지원

SUMMARY

This research is to investigate the way of mitigation of heavy rain disaster in urban area. Focus are given to three issues: ① producing a design guideline of school building renovations for mass care sheltering, ② producing the one for multi-functionalizing of park space, ③ establishing a way for regional evacuation plan in viewpoint of facility planning. Several pilot studies have conducted, and it has proven that the guidelines for school as well as for park space proposed were valid in industrial sense as well. However, regretably the number of refuges outnumbers the sum of capabilities of regional school facilities.

CONTENTS

Ch.1 Introduction ····· 1

1. Necessity of Research ····· 1

2. Research Goal and Contents ····· 3

3. Research Methods and Procedures ····· 12

4. Research Strategy and Directions ····· 17

5. Research Organization ····· 18

Ch.2 Current Technology Development Analysis and Basic Direction ····· 19

1. Urban Disaster Prevention and Resilience ····· 19

2. Analysis of Legislation ····· 23

3. Natrual Disaster Management ····· 34

4. Shelter ····· 38

5. Overview of Shelter and Research Basics ····· 43

Ch.3 Urban Resilience Using School Facilities 46

1. The Role of Evacuation School Facilities ····· 46

2. Survey and Analysis of Evacuation School Facilities ……58

3. Evacuation for School as Performance Standard ……65

4. Conformity Assessment and Design Guidelines for Evacuation School Facilities ……71

5. Evacuation for School as Remodeling Design ……82

6. Suggestion for Temporary Housing in The School as Emergency Shelter ……97

7. Conclusion ……105

Ch.4 Urban Resilience Using Park and Green Areas ……107

1. Park and Green Areas as Urban Planning Facility ……107

2. Summary ……108

3. Advanced Techniques of Tnternal and External ……113

4. Case of Urban Resilience Using Park and Green Areas ……137

5. Plan of Urban Resilience Using Park and Green Areas ……150

6. Design of Urban Resilience Using Park and Green Areas ……153

7. Suggestion of Urban Resilience Using Park and Green Areas ……190

8. Conclusion ……204

Ch.5 Evacuation Planning by Disaster Scenario ……207

1. Research Goal ……207

2. Selection of Model ……213

3. Current State of Site ……218

4. Apply of Model ……232

5. Result of Numerical Model ……254

6. Standard of Selection of Emergency Exit Route ……281

7. Standard of Selection of Capacity of Temporary Evacuees from Disastrous Situation ……287

8. Conclusion ……294

Ch.6 Conclusions ……298

1. Summary ……298

2. Proposals of Policy ……300

3. Road map and Public relation ……306

Ch.7 The goal of research achievement, Contribution, The Applicable Planning ……310

1. Achievement goal of Research and Development ……310

2. Performance Expectations and Applicable Planning ·····313

References ·····323

목차

제1장 서론 ·····1

제1절 연구의 필요성 ·····1

1. 이상기후에 따른 자연재해 증가 ·····1

2. 도시계획시설 이용 기성시가지 도시방재력 강화 기술개발의 필요성 ·····1

3. 도시계획시설의 복합용도 허용조항을 방재시설에 적용 연구 필요성 ·····2

제2절 연구개발 목표 및 내용 ·····3

1. 연구개발 최종목표 ·····3

2. 세부과제별 연구목표 및 내용 ·····5

제3절 연구수행방법과 절차 ·····12

1. 제1세부과제에 대한 연구수행방법과 절차 ·····12

2. 제2세부과제에 대한 연구내용과 수행방법 ·····14

3. 제3세부과제에 대한 연구수행방법과 절차 ·····16

제4절 연구개발 추진전략 및 방법 ·····17

1. 연구개발 추진전략 ·····17

제5절 연구수행조직 ·····18

제2장 기술개발 현황분석 및 기본방향 ·····19

제1절 도시방재 및 도시방재력의 개념 ·····19

1. 도시재해의 특성 ·····19
2. 도시방재의 개념 ·····19
3. 도시방재력의 개념 ·····21
제2절 국내 관련 법제 분석 ·····23
1. 국토의 계획 및 이용에 관한 법률 ·····23
2. 도시 · 군계획시설의 결정 · 구조 및 설치기준에 관한 규칙 ·····25
3. 자연재해대책법 ·····27
4. 재난 및 안전관리 기본법 ·····31
5. 교육시설의 복합시설 허용기준 ·····33
제3절 재난관리 시스템 ·····34
1. 재난관리 체계 ·····34
2. 재난관리 지침 ·····36
제4절 대피시설 ·····38
1. 대피시설의 정의 ·····38
2. 대피시설의 구분 ·····38
3. 국내 응급대피시설의 현황 ·····41
4. 대피시설의 사용자 범위 ·····42
제5절 대피시설 현황분석의 종합 및 연구의 기본방향 ···43

1. 대피시설 관련 법제적 문제점 ·····43
2. 대피시설 관련 기술개발의 문제점 ·····43
3. 연구의 기본방향 ·····44
제3장 학교시설 활용 도시방재력 강화연구 ·····46
제1절 대피학교시설의 역할 ·····46
1. 대피학교시설의 필요성 및 목적 ·····46
2. 대피시설에 관한 지침 및 국내 · 외 기준 ·····48
3. 대피학교시설 계획 연구의 방법론과 구성 ·····52
4. 대피시설의 계획방향 ·····54
제2절 대피학교시설의 현장실태조사 및 분석 ·····58
1. 실태조사의 목적 ·····58
2. 대피시설로 지정된 학교의 실태조사 ·····58
3. 대피시설로 사용된 당시의 학교시설 실태조사 ·····63
제3절 대피학교시설의 성능기준 ·····65
1. 대피학교시설의 성능기준 제시의 목적 ·····65
3. 대피학교시설의 성능기준 ·····65
2. 대피학교시설의 시설기준 ·····66
제4절 대피학교시설의 적합성평가기준 및 설계가이드라인

·····71

1. 대피학교시설의 적합성평가기준 및 설계가이드라인 제시의 목적 ·····71

3. 대피학교시설의 설계가이드라인 제시 ·····76

3. 내부공간 설계지침 ·····78

4. 구조 및 설비 설계지침 ·····80

5. 수용가능 인원산정 설계지침 ·····80

6. 대피학교시설 사인 시스템 계획 설계지침 ·····81

7. 대피학교시설의 복합화 설계지침 ·····81

제5절 대피학교시설의 리모델링 설계 ·····82

1. 대피규모에 의한 대피학교시설의 프로토타입 ·····82

2. 리모델링 실시 학교의 선정 ·····83

2. 거점형대피학교의 설계 ·····84

3. 분산형대피학교의 설계 ·····89

4. 리모델링 설계의 적합성평가 ·····92

제6절 임시주거용 시스템 칸막이 제안 및 적용 ·····97

1. 임시주거용 시스템 칸막이 개발의 목적 및 필요성 ·····97

2. 임시주거용 시스템 칸막이 개발안 ·····99

3. 임시주거용 시스템 칸막이 적용 배치 예시 ·····102

제7절 소결 ·····105

1. 요약 ·····105

제4장 공원·녹지시설의 도시방재력 강화방안과 설계기법 ·····107

제1절 도시계획시설로서 공원·녹지시설의 역할 ·····107

제2절 1,2차년도 연구결과의 요약 ·····108

1. 1차년도 요약 ·····108

2. 2차년도 요약 ·····109

제3절 국내 법·지침 및 선진기법 ·····113

1. 도시공원법 ·····113

2. 폭우대응 관련 법·지침과 선진 계획 기법 ·····115

3. 대피대응 관련 법·지침과 선진 계획 기법 ·····126

제4절 공원·녹지시설을 활용한 도시방재력 향상의 선진사례 ·····137

1. 국외사례 ·····137

2. 국내사례 ·····143

제5절 공원·녹지시설의 재난대응 단계별 도시방재력 강화방안 ·····150

1. 예방적 프로그램과 방재요소 ·····150

2. 대비적 프로그램과 방재요소 ·····150
3. 대응적 프로그램과 방재요소 ·····151
제6절 폭우대응 방재공원 · 녹지의 제안과 설계기법 ····153
1. 공원 · 녹지의 성능기준 ·····153
2. 공원 · 녹지의 시설기준 ·····155
3. 공원 · 녹지시설의 설계 가이드라인 ·····157
4. 시험적용 및 검증 ·····175
제7절 대피대응 방재공원 · 녹지의 제안 ·····190
1. 우리나라 대피체계와 대피장소 구축 현황 ·····190
2. 일본의 지역 대피공간 구축 방식 ·····194
3. 대피학교와 연계한 대피대응 방재공원 · 녹지 모델 ·····197
제8절 소결 ·····204
제5장 폭우재난 도시대피 시나리오별 임시대피학교 중심 주민대피 수요산출 기법 ·····207
제1절 연구의 목적 및 적용범위 ·····207
1. 목적 ·····207
2. 적용 범위 ·····208
제2절 모형의 선정 및 개요 ·····213

1. 모형의 선정 ·····213
제3절 연구대상지역의 현황 ·····218
1. 과거 현황 ·····218
2. 주요 침수피해 현황 ·····221
3. 상습침수지역 원인 분석 ·····225
제4절 모형의 적용 ·····232
1. 강우량 자료 ·····232
2. 폭우 재난 대비 상황별 도시 대피 시나리오 설정 ·····249
3. 관거자료 ·····249
4. 하류경계조건 ·····250
제5절 수치모형 적용결과 ·····254
1.수치모형 적용 ·····254
제6절 대피로 선정기준 및 선정 ·····281
1.대피로 선정기준 ·····281
제7절 침수 피해 지역대피인원 산정기준 ·····287
1.침수지역 주민대피 수요산출 기법 ·····287
제8절 소결 ·····294
제6장 연구결과의 요약 및 정책제안 ·····298

제1절 연구결과의 요약 ·····298
1. 연구내용 요약 ·····298
2. 주요 연구결과 요약 ·····299
제2절 정책 제안 ·····300
1. 국토교통부 ·····300
2. 교육부 ·····303
3. 행정자치부 ·····304
제3절 로드맵 및 홍보계획 ·····306
1. 설계가이드라인 로드맵 ·····306
2. 홍보계획 ·····306
제7장 연구의 목표달성도, 기여도, 활용계획 ·····310
제1절 연구개발 목표달성도 ·····310
제2절 기대성과 및 활용방안 ·····313
1. 기술 수준의 제고효과 ·····313
2. 경제성 분석 및 경제적 파급효과 ·····314
3. 연구결과 활용계획 ·····321
참고문헌 ·····323

부록 1 기타 주요 변경필요 사항(3차년도 연구계획서일부) ·····335
부록 2 대피시설 선정 및 시설에 관한 기존 기준의 요약 ·····336
부록 3 재해대피 관련 해외사례 ·····344
부록 4 공원녹지시설 방재력 강화 관련 국내외 사례DB ·····347
부록 5 학교시설 방재력 강화 관련 국내외 사례DB ····368
부록 6 학교 현장실태조사DB ·····390
부록 7 대피학교의 적합성평가 ·····403
부록 8 저류시설의 설치기준 ·····416
부록 9 공원·녹지시설 설계지침 시험적용 ·····419
부록 10 대피대응 공원·녹지시설 설계(안) ·····431
부록 11 재해정보지도 ·····433
부록 12 연구성과 홍보 ·····435

표 차례

<표 1.2.1> 세부과제별 연구목표 및 주요연구내용 ·····5

<표 1.2.2> 연구내용과 결과물 ·····7

<표 1.2.3> 강우빈도 및 기상통보에 따른 시나리오 (안) ·····8

<표 1.2.4> 연구내용과 결과물 ·····9

<표 1.2.5> 연구내용과 결과물 ·····11

<표 1.3.1> 임시대피학교의 시설기준에 대한 연차별 연구목표 및 연구내용 ·12

<표 1.3.2> 주민대피수용산출기법 개발에 대한 연차별 연구목표 및 연구내용 ··
·····14

<표 1.3.3> 임시대피 학교시설의 리모델링 프로토타입 개발에 대한 연차별 연구목표 및 연구내용 ·····16

<표 1.4.1> 연구개발 추진 체계 ·····17

<표 1.4.2> 연차별 세부 추진계획 및 방법 ·····17

<표 2.1.1> 도시방재의 목표 및 방재력 구성요소 ·····21

<표 2.2.1> 도시기본계획 수립 시 방재관련 기초조사항목 (국립방재교육연구원 방재연구소, 2009) ·····23

<표 2.2.2> 도시관리계획수립지침 (국립방재교육연구원 방재연구소, 2009) 25

<표 2.2.3> 자연재해 위험지구의 유형 및 지정기준 ·····28

<표 2.2.4> 자연재해위험지구 등급분류 기준(소방방재청, 2012) ·····28

<표 2.2.5> 풍수해저감종합계획의 주요 내용(국립방재교육연구원 방재연구소, 2009) ·····29

<표 2.2.6> 자연재해대책법 중 우수유출저감시설 ·····30

<표 2.2.7> 자연재해대책법 시행규칙에 명시된 재난관리 단계 ·····30

<표 2.2.8> 재난관리책임기관 표준매뉴얼의 일반사항 ·····32

<표 2.3.1> 인천소방안전본부의 방재체제 ·····36

<표 2.3.2> 재해구호계획수립지침의 재난관리 ·····36

<표 2.3.3> 재난관리책임기관 표준매뉴얼의 일반사항 ·····37

<표 2.4.1> 대피시설의 유형구분 ·····39

<표 2.4.2> 대피시설의 대책 절차 ·····40

<표 2.4.3> 기간에 따른 구분 ·····40

<표 2.4.4> 거주기간 별 대피시설의 유형 ·····41

<표 2.4.5> 대피민 수용시설 지정 현황(2008.12) ·····41

<표 2.4.6> 대피민 수용시설 현황 비교(2004~2006년) ·····42

<표 2.4.7> 대피민, 일시대피자의 정의 ·····42

<표 2.5.1> 본 연구에서 제시하는 법, 규정의 위계 ·····45

<표 3.1.1> 최근 10년간 자연재난 유형별 피해액 현황(2003~2012) ·····46

<표 3.1.2> 대피학교시설 기준 ·····48

<표 3.1.3> 대피성능 기준 ····48

<표 3.1.4> 시설에 대한 세부 기준 ····49

<표 3.1.5> UNHCR 응급대피시설기준 ····49

<표 3.1.6> 미국 연방재난관리청 응급대피시설기준 ····50

<표 3.1.7> 일본 아이치현 대피소 운영 매뉴얼 및 동경 조례 ····50

<표 3.1.8> 임시주거시설 국외사례-1 : UN ····50

<표 3.1.9> 임시주거시설 국외사례-2 : 일본 ····51

<표 3.1.10> 임시주거시설 국외사례-3 : 미국 ····51

<표 3.2.1> 인천광역시 서구의 대피학교시설 지정 현황 ····59

<표 3.2.2> 실태조사 선정 학교 ····60

<표 3.2.3> 조사대상학교의 강당면적과 수용인원 현황 ····60

<표 3.2.4> 현장실태조사 결과 ····61

<표 3.2.5> 현장실태조사의 종합 ····62

<표 3.2.6> 경의초등학교의 개요 ····63

<표 3.2.7> 실태조사 결과 ····63

<표 3.2.8> 경의초등학교 실태조사 종합 ····64

<표 3.3.1> 대피학교시설의 성능별 시설기준 목록 ····65

<표 3.4.1> 시나리오별 대피학교시설 운영 예시 ····71

<표 3.4.2> 유형별 성능비교 ····73

<표 3.4.3> 대피학교시설의 적합성평가표 ····75

<표 3.4.4> 입지 및 배치 설계지침 목록 ····76

<표 3.4.5> 외부공간 설계지침 목록 ····76

<표 3.4.6> 내부공간 설계지침 목록 ····78

<표 3.4.7> 구조 및 설비 설계지침 목록 ····80

<표 3.4.8> 수용가능 인원산정 설계지침 목록 ····80

<표 3.4.9> 사인 시스템 설계지침 목록 ····81

<표 3.4.10> 복합화 설계지침 목록 ····81

<표 3.5.1> 적합성평가 결과 ····84

<표 3.5.2> 설계지침 적용대상의 거점형대피학교 개요 ····85

<표 3.5.3> 강당 및 다목적 광장 세부 평면 계획(안) ····86

<표 3.5.4> 양호실(보건실) 세부 평면 계획 ····87

<표 3.5.5> 교무실 및 일반교실 세부 평면 계획안 ····88

<표 3.5.6> 비상발전기실 세부 평면 계획안 ····88

<표 3.5.7> 설계지침 적용대상의 분산형대피학교의 개요 ····89

<표 3.5.8> 운동장 세부 평면 계획 ·····90

<표 3.5.9> 강당 세부 평면 계획 ·····91

<표 3.5.10> 양호실(보건실) 세부 평면 계획 ·····91

<표 3.5.11> 교무실 및 일반교실 세부 평면 계획 ·····92

<표 3.5.12> 거점형대피학교의 적합성평가 ·····93

<표 3.5.13> 분산형대피학교의 적합성평가 ·····94

<표 3.6.1> 학교시설의 불만족항목 ·····97

<표 3.6.2> 기존의 임시주거 시설의 장 · 단점 ·····98

<표 3.6.3> 임시주거용 시스템 칸막이 설계안-1 ·····100

<표 3.6.4> 임시주거용 시스템 칸막이 설계안-1 ·····101

<표 3.6.5> 모듈의 설정 ·····103

<표 3.6.6> 거점형대피학교의 강당 적용 예시 ·····104

<표 3.6.7> 분산형대피학교의 강당 적용 예시 ·····104

<표 4.1.1> 「도시 · 군계획시설의 결정 · 구조 및 설치기준」 제2조 제3항(도시 · 군계획시설결정의 범위) ·····107

<표 4.1.2> 「도시 · 군계획시설의 결정 · 구조 및 설치기준에 관한 규칙」 제8조의3(자연상태의 물순환 회복) ·····108

<표 4.2.1> 1차년도 요약 ·····109

<표 4.2.2> 공원 · 녹지 유형별 성능비교 ·····112

<표 4.3.1> 「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률 시행령」 제22조(도시공원의 점용허가 대상) ·····113

<표 4.3.2> 도시공원의 설치 및 규모의 기준(별표 3) ·····113

<표 4.3.3> 녹지의 설치 및 규모의 기준(제18조관련) ·····114

<표 4.3.4> 「자연재해대책법 시행령」 제16조의2(우수유출저감대책의 수립 등) ·····115

<표 4.3.5>저류시설의 설치 및 관리기준 [별표 6] ·····116

<표 4.3.6> 도시 · 군계획시설의 결정 · 구조 및 설치기준에 관한 규칙 ·····116

<표 4.3.7> 수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 시행규칙 ·····119

<표 4.3.8> 국토교통부 조경기준 ·····120

<표 4.3.9> 저영향개발 사전협의제도 ·····121

<표 4.3.10> WSUD 위치 및 공간에 따른 요소, 기법, 기능 ·····122

<표 4.3.11> 재난 예보 · 경보 체계 구축 종합계획 중 대피관련내용 ·····127

<표 4.3.12> 재해정보지도의 활용목적별 종류와 특징(출처: 재해지도 작성 기준 등에 관한 지침) ·····128

<표 4.313> 일본 방재공원의 종류 및 역할 ·····129

<표 4.3.14> 일본 방재공원시설의 종류 · 개요 · 방재 기능(출처: 건설 도시국 공원 · 녹지과, 재단법인도시 녹화기술개발지구) ·····133

<표 4.3.15> 일본의 방재공원의 종류와 방재관련 시설 1 ·····133

<표 4.3.16> 일본의 방재공원의 종류와 방재관련 시설 2 ·····134

<표 4.3.17> 방재공원 가구정비사업의 지구내용 ·····135

<표 4.3.18> 일본 방재공원 가구정비사업의 사례 ·····136

<표 4.4.1> 미국 포틀랜드의 공간 프로그램 및 내용 ·····138

<표 4.4.2> 독일 하노버 크론스베르크 주택단지의 방재 요소 및 내용 ·····139

<표 4.4.3> 네덜란드 로테르담의 공간 프로그램 및 내용 ·····140

<표 4.4.4> 니시가하라 4쵸메 방재공원 포틀랜드의 방재 요소 및 내용 ·····142

<표 4.4.5> 이치가와시 히라오 방재공원의 방재 요소 및 내용 ·····143

<표 4.4.6> 신정 3지구 생태공원 방재 요소 및 내용 ·····144

<표 4.4.7> 세종시 첫마을 저류지의 방재 요소 및 내용 ·····145

<표 4.4.8> 광장 유수지 수변공원 방재 요소 및 내용 ·····146

<표 4.4.9> 남산 한옥마을 저류조 공간 프로그램 및 내용 ·····147

<표 4.4.10> 세종로 레인가든 공간 프로그램 및 내용 ·····148

<표 4.4.11> 국내 · 외 공원 · 녹지 방재 복합화 비교 ·····149

<표 4.5.1> 공원 · 녹지시설의 예방적 프로그램과 방재요소 ·····150

<표 4.5.2> 공원 · 녹지시설의 대비적 프로그램과 방재요소 ·····151

<표 4.5.3> 공원 · 녹지시설의 대응적 프로그램과 방재요소 ·····152

<표 4.6.1> 방재성능의 정의 ·····153

<표 4.6.2> 방재성능별 기준항목 설정 ·····154

<표 4.6.3> 유형별 성능비교 ·····156

<표 4.6.4> 입지유형 분류표 ·····157

<표 4.6.5> 침수위험지구에서의 공원 · 녹지의 입지 기준 ·····158

<표 4.6.6> 공원 · 녹지의 공간 구분 기준 ·····161

<표 4.6.7> 녹지공간 가이드라인 ·····162

<표 4.6.8> 포장공간 가이드라인 ·····162

<표 4.6.9> 주요수목 구분 기준 ·····164

<표 4.6.10> 저류조의 성능기준표 ·····166

<표 4.6.11> 저류조의 유형기준표 ·····166

<표 4.6.12> 저류지 성능기준표 ·····167

<표 4.6.13> 저류지 유형기준표 ·····167

<표 4.6.14> 저류지의 종류 ·····168

<표 4.6.15> 인공습지 성능기준표 ·····169

<표 4.6.16> 인공습지 유형기준표 ·····169

<표 4.6.17> 인공습지의 종류 ·····170

<표 4.6.18> 침투시설 성능 기준표 ·····171

<표 4.6.19> 침투시설 유형기준표 ·····171

<표 4.6.20> 침투시설의 종류 ·····172

<표 4.6.21> 식생시설 성능기준표 ·····173

<표 4.6.22> 식생시설 유형기준표 ·····173

<표 4.6.23> 식생시설의 종류 ·····174

<표 4.6.24> 석남배수분구(인천 서구) 주변 공원 · 녹지 ·····175

<표 4.6.25> 대상지 공원 비교표 ·····185

<표 4.6.26> 공원 · 녹지 설계 검증 비교분석표 ·····189

<표 4.7.1> 지자체 재난관리 실태 점검결과 (2014년) ·····190

<표 4.7.2> 임시주거시설 현황 ·····191

<표 4.7.3> 일본 대피시설의 종류 및 기능 ·····194

<표 4.7.4> 대피대응 방재공원 · 녹지 세부내용 ·····197

<표 5.1.1> 집중호우를 위한 저류시설 명칭 ·····212

<표 5.1.2> 지하저류조의 장단점 ·····213

<표 5.2.1> 각 모형 비교 ·····215

<표 5.2.2> 각모형의 적용성 비교 ·····216

<표 5.3.1> 인천광역시 주요 침수피해현황(1997~2001년) ·····219

<표 5.3.2> 대상유역 내 유역구분에 따른 침수지역 ·····219

<표 5.3.3> 인천시 자연재해위험지구 지정 및 정비사업 현황 (소방방재청, 2012) ·····220

<표 5.3.4> 자연재해위험지구 지정 후 재해발생 현황(95~2011년)(소방방재청, 2012) ·····221

<표 5.3.5> 2010년 침수현황(인천광역시 내부자료) ·····222

<표 5.3.6> 2011년 인천 서구침수 현황 ·····224

<표 5.3.7> 동인천역 및 송현동 중앙시장 침수 피해사례 ·····226

<표 5.3.8> 도화1,2동 경인전철 주변 침수 피혜사례 ·····227

<표 5.3.9> 도화 1동 IC인근 지역 침수 피혜사례 ·····228

<표 5.3.10> 주안5동 주안역 주변 침수 피혜사례 ·····229

<표 5.3.11> 동암역 남광장 입구 침수 피혜사례 ·····230

<표 5.3.12> 가좌4동 가정여중 주변 침수 피혜사례 ·····231

<표 5.3.13> 석남3동 석남중학교 인군 침수 피혜사례 ·····231

<표 5.4.1> 인천광역시 우량관측소 현황 ·····232

<표 5.4.2> 고정시간-임의시간 자료환산계수 ·····233

<표 5.4.3> FARD2006 모형의 확률분포형 ·····235

<표 5.4.4> 검정방법별 매개변수 적합도를 통과하는 강우지속기간의 개수 ·235

<표 5.4.5> 지속기간별 확률강우량 비교(100년빈도) ·····236

<표 5.4.6> 빈도별 지속시간별 확률강우량 (GEV, 확률가중모멘트법) ·····237

<표 5.4.7> 각 강우강도식의 결정계수(r)-GEV분포형 ·····238

<표 5.4.8> 강우강도식 비교 ·····239

<표 5.4.9> 계획설계빈도 ·····246

<표 5.4.10> 강우강도(Ⅰ : mm/hr) ·····246

<표 5.4.11> 토지 이용도에 따른 합리식의 추천 유출계수 ·····247

<표 5.4.12> 유입시간의 표준값 ·····248

<표 5.4.13> Kerby식의 지체계수(n) ·····248

<표 5.4.14> 강우빈도 및 시강통보에 따른 시나리오 ·····249

<표 5.4.15> 인천교 유수지현황 ·····252

<표 5.5.1> 침수방재를 위한 시나리오 ·····254

<표 5.5.2> 빈도별 강우 적용용량 ·····255

<표 5.5.3> 가좌완충녹지공원 지하저류조 용량 산정 ·····257

<표 5.5.4> 토지 이용도에 따른 유출계수 범위 ·····259

<표 5.5.5> 유출계수 적용 현황 ·····259

<표 5.5.6> 공원의 녹지 면적에 따른 유출계수 ·····259

<표 5.5.7> 빈도별 강우 적용용량 ·····264

<표 5.5.8> 십정녹지공원 지하 저류조 용량 산정 ·····265

<표 5.5.9> 토지 이용도에 따른 유출계수 범위 ·····267

<표 5.5.10> 유출계수 적용 현황 ·····267

<표 5.5..11> 공원의 녹지 면적에 따른 유출계수 ·····267

<표 5.5.12> 가좌동 과거 침수 내용 ·····271

<표 5.5.13> 강우빈도 및 기상통보에 따른 시나리오 ·····272

<표 5.5.14> 연희동 과거 피해사례 ·····275

<표 5.5.15> 강우빈도 및 기상통보에 따른 시나리오 ·····276

<표 5.7.1> 강우빈도 10년 예상 대피수요인원 ·····289

<표 5.7.2> 강우빈도 50년 예상 대피수요인원 ·····290

<표 5.7.3> 강우빈도 100년 예상 대피수요인원 ·····290

<표 5.7.4> 강우빈도 200년 수요인원 ·····291

<표 5.7.5> 상습침수지역 거주 노인 인구수 ·····292

<표 5.7.6> 강우빈도별 대피인원 ·····293

<표 5.7.7 > 재난 대응에 대한 전문가들의 견해 ·····293

<표 6.3.1> 설계가이드라인 로드맵 ·····306

<표 6.3.2> 홍보 로드맵 ·····306

<표 7.2.1> 기술 수준의 제고효과 ·····313

<표 7.2.2> 경제성 분석 결과 ·····316

<표 7.2.3> 경제성 분석결과 ·····318

<표 7.2.4> 경제성 분석과 양적, 질적 목표수준 검토결과 ·····320

<표 7.2.5> 활동계획 ·····321

그림 차례

<그림 1.2.1> 본 연구 대상 도시계획시설 ·····3

<그림 1.5.1> 연구수행 체계 ·····18

<그림 2.1.1> 도시의 종합적 홍수대책 ·····20

<그림 2.1.2> 재난영향모델 ·····22

<그림 2.2.1> 자연재해위험지구 6개 유형 ·····27

<그림 2.3.1> 중앙재난안전대책본부의 조직 체계도 ·····35

<그림 2.4.1> 방재기능관련시설의 유형 ·····39

<그림 2.4.2> 기간별 임시주택의 유형 ·····40

<그림 3.1.1> 대피학교시설의 공간별 기능 다이어그램 ·····57

<그림 3.2.1> 인천광역시 서구의 학교시설 분포도 ·····58

<그림 3.3.1> 대피학교시설의 기준체계도 ·····65

<그림 3.4.1> 적합성평가항목 ·····72

<그림 3.5.1> 대피학교시설의 이원적 유형구분(적합성유형, 프로토타입유형) ···
·····82

<그림 4.2.1> 재난 대응 단계 및 공간스케일에 따른 수해 및 대피 공간 프로그램
·····108

<그림 4.2.2> 가좌완충녹지 ·····111

<그림 4.2.3> 동구어린이교통공원 ·····111

<그림 4.3.1> 도시내 우수처리과정 ····121

<그림 4.3.2> 도시 물 순환 체계 모식도 ····122

<그림 4.3.3> 도시 내 WSUD 적용 사례 ····122

<그림 4.3.4> 기존 물 관리 방식과 LID 물 관리 방식의 모식도 ····123

<그림 4.3.5> LID 요소 ····123

<그림 4.3.6> 조경 LID 요소 ····124

<그림 4.3.7> 빌딩 LID 요소 ····124

<그림 4.3.8> 주차장 LID 요소 ····125

<그림 4.3.9> GI 도시 물 순환 체계 모식도 ····125

<그림 4.3.10> 지붕홈통 분리 ····126

<그림 4.3.11> 빗물집수장치 ····126

<그림 4.3.12> 빗물정원 ····126

<그림 4.3.13> 옥상녹화 ····126

<그림 4.3.14> 나무 차양 ····126

<그림 4.3.15> 토양보존 ····126

<그림 4.3.16> 일본의 방재공원 네트워크화 모델 ····130

<그림 4.3.17> 피난거리 ····136

<그림 4.3.18> 연소를 방지하는 공원 ····136

<그림 4.3.19> 피난 생활의 장소로서 활용 ····136

<그림 4.4.1> 미국 포틀랜드의 방재프로그램 ····138

<그림 4.4.2> 독일 하노버 크론스베르크 주택단지 ····139

<그림 4.4.3> 네덜란드 로테르담 워터플랜 ····140

<그림 4.4.4> 니시가하라 4쵸메 방재공원 ····141

<그림 4.4.5> 이치가와시 히라오 방재공원 ····142

<그림 4.4.6> 서울 신정 3지구 생태공원 ····144

<그림 4.4.7> 세종시 첫마을 저류지 ····145

<그림 4.4.8> 광장 유수지 수변공원 ····146

<그림 4.4.9> 남산 한옥마을 저류조 ····147

<그림 4.4.10> 세종로 레인가든 ····148

<그림 4.6.1> 성능기준 ····153

<그림 4.6.2> 설계 가이드라인 순서도 ····157

<그림 4.6.3> 지하저류조 ····166

<그림 4.6.4> 저류지 ····167

<그림 4.6.5> 인공습지 ····169

<그림 4.6.6> 침투저류지 ·····171

<그림 4.6.7> 침투도랑 ·····171

<그림 4.6.8> 침투관 ·····171

<그림 4.6.9> 침투측구 ·····171

<그림 4.6.10> 빗물정원 ·····173

<그림 4.6.11> 수목여과박스 ·····173

<그림 4.6.12> 통로화분 ·····173

<그림 4.6.13> 식생수로 ·····173

<그림 4.6.14> 보행자 도로 ·····176

<그림 4.6.15> 입구 ·····176

<그림 4.6.16> 조경시설 ·····176

<그림 4.6.17> 휴게시설 ·····176

<그림 4.6.18> 생태연못 ·····176

<그림 4.6.19> 체육시설 ·····176

<그림 4.6.20> 교통체험시설 ·····177

<그림 4.6.21> 조경호수공간 ·····177

<그림 4.6.22> 정자 ·····177

<그림 4.6.23> 주차장 ·····177

<그림 4.6.24> 보행도 ·····177

<그림 4.6.25> 안내표지판 ·····177

<그림 4.6.26> 가좌완충녹지 일반적 상태 ·····179

<그림 4.6.27> 가좌완충녹지 25mm/h 이하의 강우 상태 ·····179

<그림 4.6.28> 가와완충녹지 25mm/h 이상의 강우 상태 ·····179

<그림 4.6.29> 동구어린이교통공원 일반적 상태 ·····181

<그림 4.6.30> 동구어린이교통공원 25mm/h 이하의 강우 상태 ·····181

<그림 4.6.31> 동구어린이교통공원 25mm/h 이상의 강우 상태 ·····181

<그림 4.7.1> 시도별 재해정보지도 작성률(각주 16) ·····192

<그림 4.7.2> 서울시 재해정보지도(풍수해 정보) ·····192

<그림 4.7.3> 무더위(한파) 쉼터 대피소 정보 ·····193

<그림 4.7.4> 민방위 대피소 정보 ·····193

<그림 4.7.5> 이치가와시 재해저감지도 ·····195

<그림 4.7.6> 산시노모리공원과 스기나미제10초등학교 ·····196

<그림 4.7.7> 산책로 겸 피난로 ·····196

<그림 4.7.8> 오픈스페이스 공간 ·····196

<그림 4.7.9> 가좌중학교와 연계된 건지공원 예시도 (200년 빈도 강우) …199

<그림 4.7.10> 가좌중학교와 연계한 대피대응 방재공원(건지공원) ……200

<그림 4.7.11> 가좌중학교와의 연계방향 ……201

<그림 4.7.12> 서곶중학교와 연계된 대평공원 예시도 (200년 빈도 강우) ·202

<그림 4.7.13> 서곶중학교와 연계한 대피대응 방재공원(대평공원) ……202

<그림 4.7.14> 서곶중학교와의 연계방향 ……203

<그림 5.1.1> 우수유출저감시설의 분류(박지은, 2012) ……208

<그림 5.1.2> 지하 저류조 활용 예 ……213

<그림 5.3.1> 2010년 9.21일 강우현황(인천기상대) ……222

<그림 5.3.2> 2010년 서구 침수현황 ……223

<그림 5.3.3> 2011년 7.27 강우현황(인천기상대) ……224

<그림 5.3.4> 2011년 서구 침수현황 ……224

<그림 5.3.5> 서구 상습침수현황 ……225

<그림 5.3.6> 동인천역 및 중앙시장 침수 현황도 ……226

<그림 5.3.7> 침수대책 추친 현황 ……227

<그림 5.3.8> 경인전철 침수대책 추진현황도 ……228

<그림 5.3.9> 동암역 인근 지역 주배제 라인현황 ……230

<그림 5.4.1> 고정시간-임의시간 환산계수의 회귀곡선 ……233

<그림 5.4.2> Sherman형 강우강도식에 따른 확률강우량 비교(100년빈도) 240

<그림 5.4.3> 강우강도-지속시간-빈도 관계곡선(단시간) ……240

<그림 5.4.4> 강우강도-지속시간-빈고 관계곡선(장시간) ……241

<그림 5.4.5> 삼각형 우량주상도형 ……243

<그림 5.4.6> 사다리꼴 우량주상도형 ……244

<그림 5.4.7> 교호블럭 강우분포형(중앙집중형) ……245

<그림 5.4.8> Huff 구간별 강우분포 모형 ……245

<그림 5.4.9> 대상지역 내 조위표 ……250

<그림 5.4.10> 인천교 유수지 인근 개략도 ……252

<그림 5.4.11> 유수지 내 우수 배제 체계 ……253

<그림 5.5.1> 인천 서구 가좌완충녹지공원 ……255

<그림 5.5.2> 빈도에 따른 관거 상태 ……255

<그림 5.5.3> 가좌완충 녹지공원의 지하저류조의 용량에 따른 관거의 침수 ……256

<그림 5.5.4> 가좌완충 녹지공원의 지하저류조의 용량에 따른 수위저하 ……257

<그림 5.5.5> 가좌완충녹지공원 관거 유량비교 ……258

<그림 5.5.6> 비점오염처리시설을 고려한 유출계수 변화 비교 ……260

<그림 5.5.7> 가좌완충녹지공원의 유출계수를 이용한 관거 유량비교 ·····260

<그림 5.5.8> 가좌완충녹지공원의 지하 저류조와 유출계수 적용 ·····261

<그림 5.5.9> 가좌완충녹지공원의 관거 수위저하 ·····261

<그림 5.5.10> 시나리오4의 모의결과 ·····262

<그림 5.5.11> 인천 서구 십정녹지공원 ·····263

<그림 5.5.12> 십정녹지공원의 빈도에 따른 관거 상태 ·····263

<그림 5.5.13> 십정녹지공원의 지하저류조의 용량에 따른 관거의 침수 ····264

<그림 5.5.14> 십정녹지공원의 지하 저류조의 용량에 따른 수위저하 ·····265

<그림 5.5.15> 십정녹지공원의 관거유량비교 ·····266

<그림 5.5.16> 비점오염처리시설을 고려한 유출계수 변화 비교 ·····268

<그림 5.5.17> 십정녹지공원 유출계수를 이용한 관거의 유량 ·····269

<그림 5.5.18> 십정녹지공원의 지하 저류조와 유출계수 복합적용 ·····270

<그림 5.5.19> 십정녹지공원의 관거 수위저하 ·····270

<그림 5.5.20> 시나리오 4 모의결과 ·····271

<그림 5.5.21> 가좌동 우수관거 배치도 ·····272

<그림 5.5.22> Scenario-1(10년 빈도) ·····273

<그림 5.5.23> Scenario-2(50년 빈도) ·····273

<그림 5.5.24> Scenario-3(100년 빈도) ·····274

<그림 5.5.25> Scenario-4(200년 빈도) ·····274

<그림 5.5.26> 연희동 우수관거 배치도 ·····276

<그림 5.5.27> Scenario-1(10년 빈도) ·····277

<그림 5.5.28> Scenario-2(50년 빈도) ·····277

<그림 5.5.29> Scenario-3(100년 빈도) ·····278

<그림 5.5.30> Scenario-4(200년 빈도) ·····278

<그림 5.3.31>50,200년 침수모델링 비교 ·····280

<그림 5.5.32>침수모의결과 지정된 대피학교 ·····281

<그림 5.6.1> 연구방법 ·····283

<그림 5.6.2> 적정피난환경 산정 과정 ·····284

<그림 5.6.3> 위험침수지역 예측 과정 ·····285

<그림 5.6.4> 대피로 선정 과정 ·····285

<그림 5.6.5> 대피로 선정시스템 구축을 위한 데이터베이스 ·····286

<그림 5.7.1> 지역별 침수 면적비 ·····288

<그림 5.8.1>가좌완충녹지공원 ·····294

<그림 5.8.2>십정녹지공원의 결과 정리 ·····295

<그림 5.8.3> 가좌동, 연희동 침수 모의결과 ·····296

제1장 서론

제1절 연구의 필요성

1. 이상기후에 따른 자연재해 증가

가. 이상기후의 가속화

○19세기 후반 이후 온실가스의 과도한 배출로 인하여 이상기후 현상들이 발생하고 있으며, 기후변화에 관한 정부간 패널(IPCC)에 의하면, 지구의 연평균 기온이 0.6℃ 정도 상승하는 등 극단적인 이상기후 현상들이 나타나고 있음

○이상기후에 대응하여 국제사회가 협력하여 다양한 노력을 기울이고 있으며 1992년 6월 유엔 환경개발회의(UNCED)에서 기후변화협약(UNFCCC)을 채택하였고, 1997년 12월 교토의정서를 채택하는 등의 노력을 하고 있음

○또한, 각국은 에너지절약, 폐기물 재활용, 환경친화적 상품사용, 신에너지 개발 등과 같은 노력을 기울이고 있음

나. 이상기후에 따른 도시지역의 자연재해 증가

○이상기후에 따른 자연재해는 21세기에 가속화된 도시화 문제와 결합되어 전세계적인 문제점으로 나타나고 있음(열파빈도 증가, 집중호우빈도 증가, 가뭄피해지역 증가, 해수면 상승 증가 등)

○서울의 경우, 서울시정개발연구원의 「서울형 도시안전 가이드라인에 관한 연구」 보고서에 의하면, 서울이 자연재해에 더 취약해졌는데, 그 주된 이유로 이상기후에 따른 강수량의 증가와 급격한 도시화를 들고 있으며, 이것은 기성시가지의 자연재해의 위험 수준이 신시가지보다 더 높은 원인이 되고 있다고 할 수 있음

2. 도시계획시설 이용 기성시가지 도시방재력 강화 기술개발의 필요성

○도시방재력 강화를 위한 방안으로서 도시계획시설(교통시설, 유통 및 공급시설, 공간시설, 공공 및 문화체육시설, 방재시설 등)을 활용하는 기술개발과 정책이 적극 도입되고 있음

○학교, 청사, 문화시설, 공원, 녹지와 같은 도시계획시설은 상대적 균등분포, 신속한 접근, 오픈 스페이스 등의 이점을 활용하여 방재력 증진을 위한 중심지 역할

로 활용될 수 있음

○ 특히 학교, 공원·녹지 등 도시계획시설이 가진 도시방재력 증진을 위한 활용성이 높음에도 불구하고, 이에 관련된 연구개발은 취약한 실정임

3. 도시계획시설의 복합용도 허용조항을 방재시설에 적용 연구 필요성

○ 국토교통부의 「도시 · 군계획시설의 결정 · 구조 및 설치기준에 관한 규칙」 등은 해당시설 자체가 재해로부터 안전해야 하는 기준만을 제시하는 소극적 “방재력(Urban Resilience)” 개념으로 접근하고 있음

○ 교육과학기술부 「고등학교 이하 각급학교 설립 · 운영규정」에 허용된 학교시설의 복합적 활용 범위를 대피시설로 확대하는 방안에 대한 연구가 필요함

○ 「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」, 「저류시설의 설치 및 관리기준」에 허용된 공원, 녹지시설의 복합적 활용 조항에 대한 세부 연구가 필요함

제2절 연구개발 목표 및 내용

1. 연구개발 최종목표

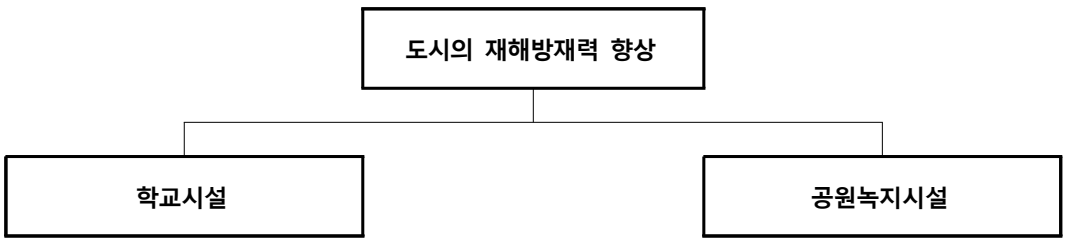
가. 최종목표

□ 도시계획시설의 도시방재력 강화에 대한 모델 개발

○본 연구의 최종목표는 학교와 공원·녹지시설이 유사시에 응급대피기능과 관련 지원 기능을 수행할 수 있도록 고유의 역할과 방재기능을 복합화한 모델을 개발하고, 국토해양부 등 관련부처의 지침을 제시하는 것임

□ 기술 연구성과물의 범위 : 학교시설과 공원녹지시설

○도시공공공간으로서 도시의 일상적 오픈스페이스로 활용되고 있고, 도시 근린생활권 계획에서 생활권별로 반드시 계획되는 시설인 학교와 공원녹지시설[1]에 당해년도 기술 연구성과물을 집중함



<그림 1.2.1> 본 연구 대상 도시계획시설

○학교시설의 경우 집중호우 시 우수저류와 같은 도시방재기능과 유사시 피난 및 응급구조·구호·복구와 같은 방재센터의 기능[2]을 수행하기 위한 학교시설의 계획기준과 도시설계기법을 제시함

-학교시설은 도시공간구조 측면에서 각 생활권별로 고르게 배분되어 있으며, 대규모 교육시설이면서 대규모 투수성 오픈스페이스로 구성되어 있다는 측면에서 활용성이 큼

○공원녹지시설의 경우 집중호우 시 우수저류 및 배수와 같은 도시방재기능을 수행하기 위한 공원녹지시설의 계획기준을 제시함

-공원녹지시설은 도시공간구조 측면에서 각 생활권별로 고르게 배분되어 있으며, 이를 활용하여 우수재해 시 도시내수피해를 연합하여 완화시킬 수 있는 도

1) C.A. Perry, 1924, 근린주구론; 국토연구원, 2007, 행정중심복합도시 기본계획; 국토도시계획학회, 2010, 도시계획론

2) 국립방재교육연구원 방재연구소, 2010, 도시공간 및 시설에 대한 안전실태조사 및 방재계획기준 설정, p. 274

시계획적 접근이 가능함

○이러한 장점들을 이용하여 1차적으로 학교 단위공간들(강당, 교실, 방송실 등)을 유사시 응급대피 및 방재센터 시설로 전환하기 위한 복합화 설계기법을 개발하고, 2차적으로 공원·녹지시설이 학교의 응급대피기능에 대한 지원기능을 수행하기 위한 설계기준을 제시하며, 이를 바탕으로 현행 지역단위의 대피계획에 대한 시설적 측면에서의 검토를 수행함

○이러한 기법과 기준을 인천시 특정 지역의 학교와 공원에 시험적용하여 도시방재력 향상효과의 타당성을 검증하며, 이 때 강우 시나리오의 변화에 따른 도시방재력(시설적 측면의 대피기능, 대피로 등) 향상효과를 추정함

나. 최종목표의 성격 및 설정근거

□ 중앙정부의 계획지침과 가이드라인

○「도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙」, 「도시관리계획수립지침」, 「지구단위계획수립지침」

-「도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙」에서 학교시설의 경우 입지선정기준에만 재해에 대한 고려가 있고, 구체적인 도시설계적인 기준은 제시되지 않고 있음

※「도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙」제89조(학교의 결정기준) ① 학교의 결정기준은 다음 각 호와 같다. <개정 2011.11.1., 2012.6.28., 2012.10.31., 2013.8.30.> 15. 재해 발생 시「자연재해대책법」등에 따라 대피소 기능을 하는 경우에는 주민의 일시적 체류를 위한 시설(식량저장시설, 냉난방시설, 위생시설, 환기시설 및 소방시설을 말한다. 이하 "주민일시체류시설"이라 한다)을 설치할 것 16. 빗물이용을 위한 시설의 설치를 고려하고, 불투수면에서 유출되는 빗물을 최소화하도록 빗물이 땅에 잘 스며들 수 있는 구조로 하거나 식생도랑, 저류·침투조, 빗물정원 등의 빗물관리시설 설치를 고려할 것

○교육과학기술부 「고등학교 이하 각급학교 설립·운영규정」

-「고등학교 이하 각급학교 설립·운영규정」에서는 복합시설허용도 문화 및 복지시설, 생활체육시설, 평생교육시설 등으로 한정하고 있어서 방재기능은 적극적으로 고려되지 못하고 있음

※ 제3조의2(복합시설) 교육과학기술부장관 또는 특별시·광역시·도교육감(이하 "시·도교육감"이라 한다)은국·공립학교에 교육상 지장이 없는 범위 안에서 문화 및 복지시설, 생활체육시설, 평생교육시설 등의 복합시설을 둘 수 있다.

○「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」,「저류시설의 설치 및 관리기준」

-「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률 시행규칙」(2011.8 개정, 국토해양부)

별표6에서 제시하고 있는 공원녹지에 설치하는 방재시설로서의 저류시설에 대한 기준은 개략적인 면적기준과 입지기준만을 제시하고 있음

※ 현재 제도에 있는 개략적인 면적기준과 입지기준 예시

「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률 시행규칙」[별표 6] <개정 2011.8.31> 저류시설의 설치 및 관리기준(제13조관련)

4. 하나의 도시공원 안에 설치하는 저류시설부지의 면적비율은 해당도시공원 전체면적의 50퍼센트 이하이어야 한다. 다만, 공원관리청이 수변공간조성 및 공원시설과의 겸용 등 불가피하다고 인정하는 경우와 기존의 저수지를 저류시설로 이용하는 경우에는 그러하지 아니하다.
5. 하나의 저류시설부지 안에 설치하여야 하는 녹지(공원시설 중 조경시설과 상시저류시설을 포함한다)의 면적은 해당저류시설부지에 대하여 상시저류시설(친수공간을 조성하기 위하여 평상시에는 일정량의 물을 저류하고 강우시에는 저류지에 일시적으로 저류하도록 설계된 시설을 말한다)은 60퍼센트 이상, 일시저류시설(평상시에는 건조상태로 유지하고 강우로 인하여 유입이 있을 때만 일시적으로 저류하도록 설계된 시설을 말한다)은 40퍼센트 이상이 되어야 한다.
6. 저류시설은 공원의 풍치 및 미관을 해치지 아니하면서 공원시설과 기능적으로 또는 미관상으로 조화되도록 하고 이용자의 안전 등을 고려하여 저류장소와 저류용량을 정하여야 한다.
7. 저류시설부지는 잔디밭·자연학습원·산책로·운동시설 및 광장 등의 기능을 가진 다목적 공간으로 조성하고 침수로 인한 피해가 적고 유지관리가 용이한 시설로 하여야 한다.

2. 세부과제별 연구목표 및 내용

<표 1.2.1> 세부과제별 연구목표 및 주요연구내용

	연구목표	주요연구내용
제1세부	도시피난체계에 대한 임시대피학교의 시설기준 및 시설정책 수립연구	• 도시대피체계에 대한 임시대피학교 시설정책 수립 및 시설기준연구 • 임시대피학교 지역네트워크 연구 • 2차년도 연구의 성능별 기준에 대한 정량적 요소 보완 • 정책의 시험적용 및 검증 • 정책토론 및 정책제안
제2세부	폭우재난 도시대피 시나리오별 임시대피학교 중심 주민대피 수요 산출 기법 개발	• 폭우재난 대비 상황별 도시대피 시나리오 설정(시뮬레이션) • 시나리오별 대피학교 중심 대피인원 산출기법연구 • 대피경로 및 대피장소 설정기법연구
제3세부	임시대피 학교시설의 리모델링 프로토타입 개발	• 임시대피 학교시설의 리모델링 프로토타입 개발 • 프로토타입별 물량산출, 시방서 개발

가. 제1세부: 도시대피체계에 대한 임시대피학교의 시설기준 및 시설정책 수립 연구

○주요 연구목표

• 도시대피체계에 대한 임시대피학교 시설정책 수립 • 시설정책을 위한 설계기준연구와 시험적용 및 검증

1차년도 연구성과	2차년도 연구성과	3차년도 연구목표
• DB 구축 • 기본방향설정	• 임시대피학교 리모델링 설계기준, 가이드라인 • 공원·녹지 우수관리 활용방안, 방재복합공원연구	• 도시대피체계에 대한 임시대피학교 시설정책 수립, 설계기준연구 • 임시대피학교 지역네트워크 연구 • 정책의 시험적용 및 검증 • 정책토론 및 정책제안

○정부의 도시방재 및 대피체계에 대한 임시대피학교의 시설정책(안) 수립

○대피학교 리모델링 설계기준(안) 제시

○대피수요 대응 지역단위 임시대피학교 네트워크 수립기법

○제시된 시설정책과 설계기준을 인천지역에서의 시험적용을 통하여 자체검증

○자체검증된 시설정책과 설계기준을 관련 기관을 통해 의견수렴

○관련 정책 개선안 제안(법, 시행령, 지침) 제시

<표 1.2.2> 연구내용과 결과물

연구내용 구분		연구의 기본방향	결과물	유형
설계지침 및 가이드라인 연구 (2차년도 연구보완)	입지	입지선정	입지선정 지침	시설기준 및 지침
	배치	대피로 확보	대피로 확보지침	
		운동장 확보	운동장 시설지침	
		기능별 조닝	기능별 조닝지침	
	건축	강당, 교실, 양호실, 방송실, 설비 등의 리모델링 기준	공간프로그램 및 리모델링 지침 (교육환경 저해 유의)	
	수용인원 산정기준	임시대피학교 모듈별 1인당 면적기준 적용	임시대피학교 최소, 적정 수용인원 산정방식	
	실내용 임시주거시스템	2차년도 연구에서 개발된 시스템 심화연구	제품설계 및 특허추진	
시설정책 수립연구	적합성 및 유형평가 정책기준	시설의 적합성 및 유형평가지표 보완 (2차년도 연구보완)	적합성 평가 지표 및 지침	시험적용 및 검증
기준 및 정책 시험적용 및 검증	시설기준 시험적용	시설기준 시험적용 (2차년도 연구보완)	시험적용 사례연구결과	시험적용 및 검증
	적합성 및 유형평가 시험적용	시설기준 시험적용 (2차년도 연구보완)	시험적용 사례연구결과	
임시대피학교 지역네트워크 연구	임시대피학교 지역네트워크 기법 개발	임시대피학교 지역네트워크 수립기준 수립(2과제 연계)	임시대피학교의 지역네트워크 기법개발 및 주민홍보 및 공개 정책검토	운영지침
	개발기법 적용	시험적용 사례연구	시험적용 사례연구결과	
정책제안을 위한 의견수렴	전문가 의견수렴	관련 전문가 자문	설계지침과 시설정책의 검토의견과 보완책	검증
	정책협의	관련 기관 협의	설계지침과 시설정책의 검토의견과 보완책	
정책 제안	시설기준 정책제안	관련법제 분석 및 개선안 제안	관련 법, 규칙, 가이드라인 개선책 제안	정책제안
	적합성 및 유형평가 정책제안	관련법제 분석 및 개선안 제안	관련 법, 규칙, 가이드라인 개선책 제안	
	임시대피학교 지역네트워크 기법적용	임시대피학교 지역네트워크 정책	임시대피학교 지역네트워크 수립기준 및 지침	

나. 제2세부: 폭우재난 도시대피 시나리오별 임시대피학교 중심 주민대피 수요 산출 기법개발

○주요 연구목표

• 폭우재난 도시대피 시나리오 수립 • 임시대피학교 중심 주민대피 수요산출 기법개발 • 대피경로 및 대피장소 설정기법연구

1차년도 연구성과	2차년도 연구성과	3차년도 연구목표
• 도시방재관련 공학적 고려사항 검토 • 저류시설 설치에 따른 저감효과수치모의 검토	• 폭우 대응 홍수 시뮬레이션 • 기후변화를 고려한 폭우대응 능력 강화를 위한 학교, 공원·녹지 내 지하저류조의 최적 위치 및 규모 기준제시	• 폭우재난 대비 상황별 도시대피 시나리오 설정(시뮬레이션) • 시나리오별 대피학교 중심 대피인원 산출기법 연구 • 대피경로 및 대피장소 설정기법 연구

○폭우재난 대비 상황별 도시대피 시나리오 설정

-빈도별 시간흐름에 따른 침수영역을 경계로 하여 단계적으로 도시대피 시나리오(강우빈도, 강우량, 강우시간, 기상통보 범위 등 고려) 설정

<표 1.2.3> 강우빈도 및 기상통보에 따른 시나리오 (안)

구 분	구분기준	
	빈도	강우량(㎜/hr)
Scenario-1	10년	67.8
Scenario-2	50년	87.4
Scenario-3	100년	94.9
Scenario-4	200년	12.1
Scenario-5	호우주의보	110
Scenario-6	호우경보	180

-시나리오에 해당지역내 거주유형, 거주밀도 등을 고려, 거주지역의 특성을 반영할 수 있는 분류체계 지표 수립

-보유 중인 2차원 해석 프로그램으로 흐름 패턴을 사전파악 하지 않아도 동적 흐름 모의가 가능하고, 범람원의 유속, 깊이 등 자세한 정보를 알 수 있음

○침수지역 인구구성을 고려한 시나리오별 대피수요인원 산출기법연구

-지역인구구성을 고려하여 임시대피학교 중심 최적 대피장소 설정 및 대피인원 분산계획 설정(인천교 매립지 유역을 대상으로 검토)

-2차년도 연구에서 제시된 임시대피학교 모듈별 1인당 면적기준을 적용

○주민 대피 경로 및 대피장소 설정기법 개발(인천 서구 대상으로 검토)

-MIKE FLOOD모형으로 유역 내 집중강우 발생 시 범람원의 유속 및 동적흐름을 파악하여 설정된 시나리오에 따른 단계적 안전한 대피경로 제시

-대피경로 분석결과와 보행속도를 고려한 근접 대피소 분산계획 수립기법

-어린이, 노약자, 성인 등 보행속도를 고려한 대피시간기준에 따른 근접 대피소 도달시간 산정 및 대피장소 위치 선정

<표 1.2.4> 연구내용과 결과물

연구내용 구분		연구의 기본방향	세부설계기법 예시	유형
도시방재	강우빈도에 따른 침수범위 분석	해당지역 강우빈도 조사	대상 범위 내 최근 강우량 조사, 분석	조사
		2차원 프로그램을 이용한 침수예상지역 시뮬레이션	2차원 도시홍수 프로그램을 이용한 세부 침수지역 및 범위분석	시뮬레이션
	대피학교별 대피인원 산출 및 대피로계획	침수범위에 따른 대피학교 선정	시나리오(강우량, 강우시간)별 침수범위와 이격된 대피학교 선정	시설 및 공학기준
		대피학교별 수용가능한 인원 산출 기법 개발	강당 면적당 1인 수용면적을 적용하여 대피학교의 적정 대피인원 산출	시설 및 공학기준
		빈도별 침수영역에 따른 대피로 작성	침수범위를 벗어난 안전한 대피로 작성	시설 및 공학기준
	지역대피계획수립 및 경제성 분석	지역대피인원 수요인원과 수용인원 비교	강우빈도와 침수범위 예측에 따른 지역별 대피학교 총수용인원	시설 및 공학기준
		리모델링 사업의 경제성 평가	대피수요 대비 수용인원 평가와 리모델링 사업의 경제성 평가기법	시설 및 공학기준

다. 제3세부: 임시대피 학교시설의 리모델링 프로토타입 개발

○주요 연구목표

• 임시대피 학교시설의 리모델링 프로토타입 개발 • 프로토타입별 물량산출, 시방서 개발

1차년도 연구성과	2차년도 연구성과	3차년도 연구목표
• 국내외 비교분석 • 학교시설 중 대피기능 공간 프로그램 도출 • 임시대피학교시설의 설계 기본방향 도출	• 설계 프로토타입 유형구분 기준제시 • 유형별 프로토타입 및 설계기법 제시 • 프로토타입의 인천시 시험적용	• 임시대피학교의 프로토타입 개발 • 프로토타입별 리모델링 설계기법 개발 • 프로토타입별 물량산출, 시방서 개발

○임시대피학교의 프로토타입 개발 및 대피기능 강화를 위한 설계기법 개발

-임시대피학교의 도시적 위치, 주변 상황 등을 고려한 임시대피학교 프로토타입 개발

-주요 공간 간 연계 조닝, 단위공간의 가변설계, 내외부 동선분리 등 고려

○프로토타입별 리모델링 세부설계기법을 제시

-학교입지, 지표면산정 등에 대한 설계기법 제시

-운동장, 주차장 등 외부공간의 위치와 재질 등 설계기법연구

-강당, 교실, 교무실 등 내부공간의 대피기능 요건를 위한 설계기법연구

○실무적용을 위한 프로토타입별 리모델링 물량산출 및 시방서 작성

-물량산출서 작성 및 경제적 설계기법 연구

-시방서 작성 및 법규검토, 공정별 건축재료, 시공방법 등 고려

<표 1.2.5> 연구내용과 결과물

연구내용 구분		연구의 기본방향	세부설계기법 예시	유형
임시대피 학교의 리모델링 프로토타입 작성	임시대피 학교의 프로토타입 개발	임시대피학교의 프로토타입 유형구분 기준설정	·관련 프로토타입 설정 사례조사 ·프로토타입 설정에 필요한 도시적 환경, 건축적 조건 등 기초조사	현황조사
		임시대피학교 프로토타입별 리모델링 설계안 작성	·임시대피학교의 프로토타입별 설계안 작성과 프로그램 작성 ·대피 동선을 고려한 필요시설의 연계를 기반으로 조닝 및 계획기법 개발	시설지침
				시설지침
		프로토타입별 프로그램 설정	·임시대피시설의 특성 및 프로토타입 특성을 고려한 기능, 프로그램 작성	시설지침
	프로토타입별 물량산출 및 시방서 작성	물량산출서 작성	·실무적용을 위한 물량산출서 작성 ·경제적 설계기법 연구	시설지침
		시방서 작성	·공종별 재료, 공법 고려한 시방서 작성 ·법규적 검토	시설지침

제3절 연구수행방법과 절차

1. 제1세부과제에 대한 연구수행방법과 절차

제1세부 : 도시대피체계에 대한 대피학교의 시설기준 및 시설정책 수립연구

<표 1.3.1> 임시대피학교의 시설기준에 대한 연차별 연구목표 및 연구내용

연 차	연구목표	주요 연구내용
1차년도	■ 정책 필요성	■ 도시방재기능을 가진 국내외 학교시설에 대한 사례조사
	■ 기본방향도출	■ 국내 학교시설에서 방재기능을 수행할 수 있는 공간프로그램 도출 및 방재 복합형 구상의 기본방향 제시
2차년도	■ 세부설계기법도출	■ 기존시가지 학교시설에 대한 복합화 도시방재력 강화 세부설계기법 개발 ■ 방재복합공원 시설기준 및 유형평가기법 개발(2과제)과 통합
3차년도	■ 실제계획안적용	■ 실제 계획안 적용 및 검증 (인천광역시 서구)
	■ 정책개발	■정부계획지침 및 설계가이드라인제시 「도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙」과 「고등학교 이하 각급학교 설립.운영규정」 관련 정책개발

가. 1차년도

○도시방재기능을 수행하는 국내외 학교시설에 대한 사례조사와 방재기능을 수행할 수 있는 공간프로그램을 도출하고, 도시방재력 구상의 기본방향을 제시함

-방재목적의 공간프로그램은 운동장, 지하저류조, 주차장 등과 재해발생 시 대피 및 방재센터 역할을 수행하기 위한 교실, 강당, 교무실, 양호실 등이 해당됨

○연구수행방법은 국내외 답사 및 자료조사, 국내 지침분석 및 현장답사조사를 통하여 실시함

-국내 지침 분석으로는 「도시 · 군계획시설의 결정 · 구조 및 설치기준에 관한 규칙」과 「고등학교 이하 각급학교 설립·운영규정」을 검토하고 최근 개정된

교육과정에서 요구하고 있는 학교시설의 기준을 분석하였음

-국내 현장답사로는 기성시가지에 조성되어 있는 학교시설에 대한 현장답사를 실시하며, 조사 대상지는 인천광역시 서구지역을 대상으로 함

나. 2차년도

○도시계획 및 도시설계측면에서 학교시설이 도시방재기능을 수행하기 위한 세부계획기법을 제시함

○연구수행방법은 기성시가지의 학교시설에 대한 입지별 유형을 도출, 이 유형별로 학교시설 공간개선방안을 실제 계획안 제시를 통해 도출, 우수피해 시 재해대응력을 시뮬레이션 함(시간당 저류가능한 초기우수량, 대피대피시간 등)

다. 3차년도

○인천광역시의 기성시가지 학교시설을 대상으로 하여 2차년도에서 도출된 계획기법을 시범적용하고 국토해양부의 「도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙」과 교육과학기술부의 「고등학교 이하 각급학교 설립·운영규정」에서 방재기능을 수용하기 위한 공간설계기법을 포함하는 정책지침을 제시함

○연구수행방법은 실제 설계안 도출 및 방재전문가들과의 공동평가를 수행하고 정책지침제공을 위해서는 정책입안자들과 협의를 통하여 실시함

2. 제2세부과제에 대한 연구내용과 수행방법

제2세부: 폭우재난 도시대피 시나리오별 임시대피학교 중심 주민대피 수요산출 기법개발

<표 1.3.2> 주민대피수용산출기법 개발에 대한 연차별 연구목표 및 연구내용

연 차	연구목표	주요 연구내용
1차년도	■ 정책 필요성	■ 도시방재기능을 포함한 국내외 공원녹지시설에 대한 사례조사
	■ 기본방향도출	■ 국내 지침 분석 및 시설에서 방재기능을 수행할 수 있는 공원계획요소 도출 및 복합형 구상의 기본방향 제시
2차년도	■ 세부설계기법도출	■ 방재복합공원 시설기준 및 유형평가 기법개발 (1과제와 통합 수행)
3차년도	■ 관련기법개발 및 시나리오별 실제계획에 시범적용	■ 공원의 대피시설 활용성 검토 및 대피로 선정 기법 개발 ■ 지역단위 대피수요 대비 수용인원 평가 ■ 리모델링 사업의 경제성 평가 실시 ■ 실제 계획안 적용 및 검증 (인천광역시 서구)
	■ 정책개발	■ 정부계획지침 및 설계가이드라인제시 「도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙」과 「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률 시행규칙」 관련 정책개발

가. 1차년도

○ 공원녹지시설의 방재성능 강화 필요성과 기본방향을 제시하는 것으로서 3개년도 연구주제 수행을 위한 기본방향도출과 공원녹지시설에 대한 방재성능 강화전략 제시함

○ 도시방재기능을 수행하는 국내외 공원녹지시설에 대한 사례조사와 방재시설 역할을 수행하기 위한 공원계획요소를 도출하고, 도시방재력 강화 구상의 기본방향을 제시함

－방재기능을 수행할 수 있는 공간프로그램은 초기 우수피해를 제어하는 측면에서의 저류지 역할을 수행하는 것이 대표적임

○ 연구수행방법은 국내외 답사 및 자료조사, 국내 지침분석

－국내 지침 분석으로는 「도시 · 군계획시설의 결정 · 구조 및 설치기준에 관한 규칙」과 「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률 시행규칙」을 검토함

－국내 현장답사로는 기성시가지에 조성되어 있는 근린공원을 대상으로 하며, 지역적인 대상은 인천광역시를 대상으로 함

나. 2차년도

○공원녹지시설이 도시방재기능을 수행하기 위한 복합화 도시계획시설의 도시방재력 강화 세부설계기법안을 제시함

○연구수행방법은 기성시가지의 공원녹지시설에 대한 유형을 도출하고 이 유형별로 공원녹지시설의 공간개선방안을 실제 계획안 제시를 통해 도출하고, 우수피해시 재해대응력을 시뮬레이션을 통하여 실시함(시간당 저류가능한 초기우수량, 대피대피시간 등)

다. 3차년도

○공원의 대피시설 활용성 검토 및 대피로 선정기법 개발

○지역단위 대피수요 대비 수용인원 평가산정 및 수용인원 확대방안 검토

○리모델링 사업의 경제성 평가 실시 및 경제성 제고방안 검토

○인천광역시의 기성시가지 공원녹지시설을 대상으로, 2차년도에서 도출된 세부계획기법을 실제 적용하고, 「도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙」 및 「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률 시행규칙」에서 방재기능을 강화하기 위한 설계기법에 대한 정책지침 제시

○연구수행방법은 실제 설계안 도출 및 방재전문가들과의 공동평가를 수행하고 정책지침제공을 위해서는 정책입안자들과 협의를 통하여 실시함

3. 제3세부과제에 대한 연구수행방법과 절차

제3세부: 임시대피 학교시설의 리모델링 프로토타입 개발

<표 1.3.3> 임시대피 학교시설의 리모델링 프로토타입 개발에 대한 연차별 연구목표 및 연구내용

연 차	연구목표	주요 연구내용
1차년도	■ 기본방향도출	■ 공간프로그램 도출 (1세부과제에서 통합수행)
2차년도	■ 세부설계기법도출	■ 세부설계 가이드라인 개발 (1세부과제에서 통합수행)
3차년도	■ 리모델링 프로토타입 개발	■ 프로토타입 도면집, 물량산출서, 시방서 작성

가. 1차년도

○방재기능 수행을 위한 학교시설의 리모델링 프로토타입 개발의 기본방향 제시를 위한 공간 프로그램을 도출함

-교실, 강당, 교무실, 양호실 등의 대피 및 방재센터 역할 수행과 운동장, 지하저류조, 주차장과 연계하여 방재기능을 수행하기 위한 공간 프로그램을 제시

나. 2차년도

○거점형, 분산형 구분을 위한 적합성 평가표 개발

○교실, 강당, 교무실, 양호실 등의 대피 및 방재센터 역할 수행과 운동장, 주차장, 공원 연계를 위한 가이드라인 제시

○대피민을 위한 실내용 임시주거칸막이 시스템 적용

다. 3차년도

○대피학교의 리모델링 설계 가이드라인 적용

○임시대피 학교의 일반거점형, 방재특화거점형, 분산학교 등의 3가지 유형으로 구분하고 물량산출서, 시방서, 리모델링 설계안을 작성함

○이재민을 위한 실내용 임시주거칸막이 시스템 특허 적용

※당초 연구목표와 내용의 변경 내역은 부록 1 참조

제4절 연구개발 추진전략 및 방법

1. 연구개발 추진전략

가. 연구개발 추진체계

<표 1.4.1> 연구개발 추진 체계

구 분	주관연구기관	협동연구기관1	협동연구기관2
1차년도 (2012)	인천대학교	㈜희림종합건축사사무소	(재)국제도시물정보과학연구원(ICUH)
2차년도 (2013)	인천대학교	㈜희림종합건축사사무소	(재)국제도시물정보과학연구원(ICUH)
3차년도 (2014)	인천대학교	㈜희림종합건축사사무소	(재)국제도시물정보과학연구원(ICUH)

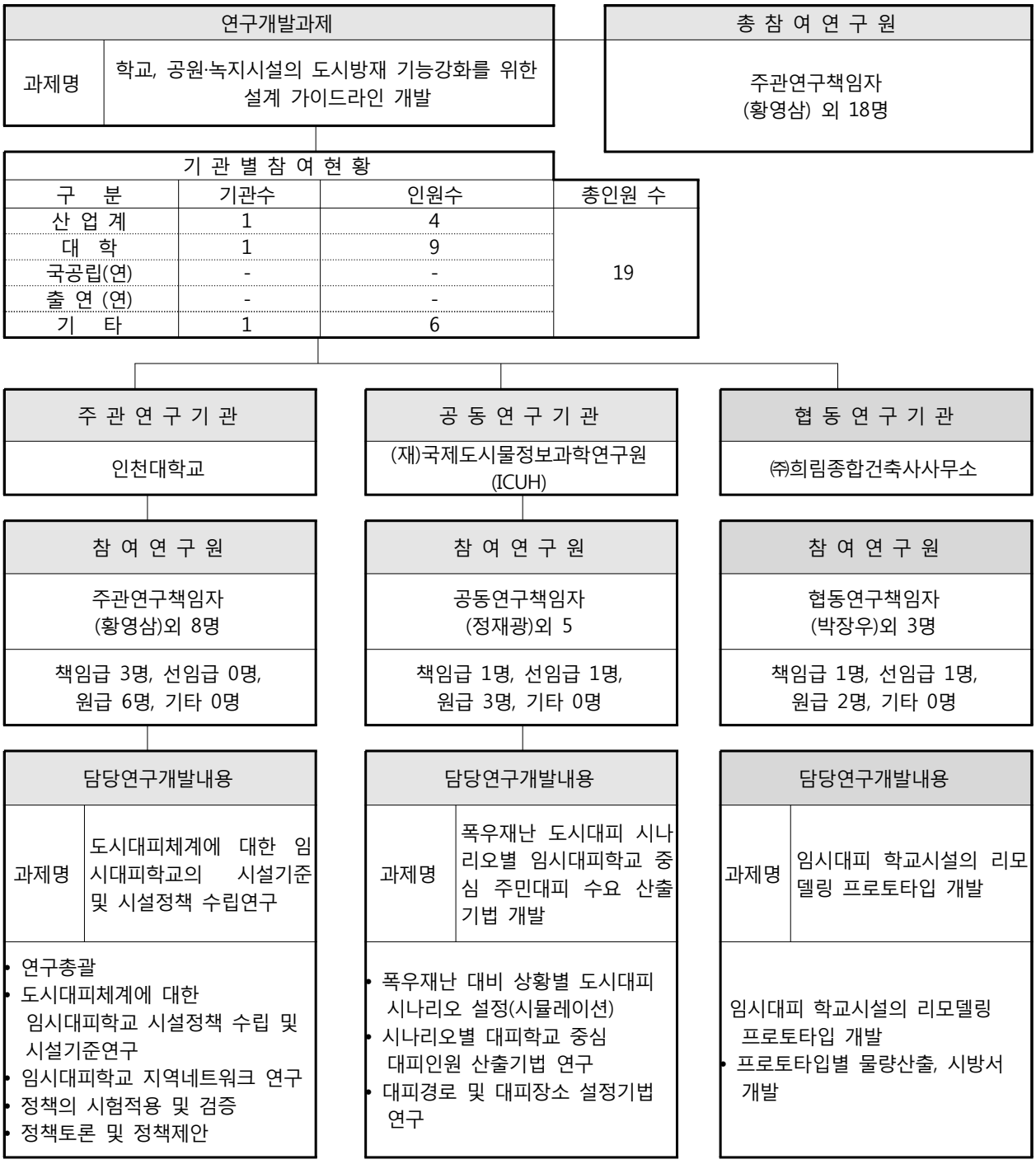
나. 연차별 세부 추진계획 및 방법

<표 1.4.2> 연차별 세부 추진계획 및 방법

구분	연구내용	세부추진 계획 및 방법	수행기간	해당기관
1차년도	■ 도시방재기능을 포함한 국내외 학교, 공원녹지시설에 대한 사례조사	■ 사전조사분석	7개월	인천대 (주)희림 (재)ICUH
	■ 국내 지침 분석 및 시설에서 방재기능을 수행할 수 있는 학교, 공원계획요소 도출 및 복합형 구상의 기본방향 제시	■ 이론적 연구 ■ 프로그램 개발	5개월	인천대 (주)희림 (재)ICUH
2차년도	■ 기존시가지 학교, 공원녹지시설에 대한 복합화 도시방재 강화 세부설계기법 개발	■ 이론적 연구 ■ 프로그램/기술/공법개발 ■ 실험 및 검증	12개월	인천대 (주)희림 (재)ICUH
3차년도	■ 실제 계획안 적용 및 검증 (인천광역시)	■ 시제품제작 ■ 현장적용 ■ 실험 및 검증	10개월	인천대 (주)희림 (재)ICUH
	■ 정부계획지침 및 설계가이드라인제시 「도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙」과 「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률 시행규칙」	■ 정책개발	12개월	인천대 (주)희림 (재)ICUH

제5절 연구수행조직

○ 연구수행체계는 다음 <그림1.5.1>와 같다.



<그림 1.5.1> 연구수행 체계

제2장 기술개발 현황분석 및 기본방향

제1절 도시방재 및 도시방재력의 개념

1. 도시재해의 특성

○도시 기능의 주요지점을 중심으로 보다 고밀하고 복합적으로 토지를 이용하는 도시 양상

-도시 내 토지이용의 고밀 복합화로 작은 사고가 재난으로 확대

-현대도시의 특성 자체가 재난 시 피해가 양적 공간적 시간적으로 확대되는 주요한 요인임[1)]

○고도로 발달한 시스템, 네트워크에 의해 복잡하게 기능이 유지되는 현대도시

-재해가 발생 시 직접적인 피해, 혹은 단일시설의 피해에 그치는 것이 아닌, 연관된 모든 분야에서 2차, 3차 재난이 연속적으로 발생함[2)]

○현대 도시구조 상 각종 재해 발생시 2차 · 3차 재난으로 확산될 가능성 및 이로 인한 도시의 기능이 마비되는 위험성을 내포함

-재해의 연쇄성 측면에서 도시재난이라는 용어를 사용함

-도시재난은 건축 · 시설물의 파괴는 물론 라이프라인 시설의 기능 정지 등 도시 기능의 총체적 마비와 막대한 경제적 손실을 초래함[3)]

2. 도시방재의 개념

○광의의 방재 개념

-폭풍, 지진, 홍수 등과 같이 인간의 정상적인 관리능력으로는 처리 할 수 없는 대상에 대하여 이의 피해를 막거나 최소화하고자 하는 일련의 활동

-자연재해의 방지라는 의미로 사용되었으나, 오늘날 자연재해와 연계된 2차, 3차 재해의 중요성이 증대하고 화재, 붕괴, 폭발과 같은 인위적인 재해가 늘어남에 따라 방재의 의미도 이러한 모든 종류의 재난피해를 최소화하고자 하는 일련의 활동을 포함하는 것으로 확대됨

○도시 측면에서의 방재 개념

1) 도시방재기준 개발을 위한 요소별 분류 및 방향 설정, 국립방재연구소, 2010
2) 도시방재 기준 및 체계정립을 위한 기초연구, 국립방재연구소, 2009
3) 미상, 김현주, 1998

-“방재형 도시”, 또는 “방재도시”란 재난 피해규모와 발생확률을 최소화시키는 방재능력이 확보된 도시

-“도시방재”란 도시의 방재능력 확보를 위한 일련의 활동, 즉, 도시의 물리적 비물리적 구성요소에 대한 방재성능 강화와 이를 위한 구조적 비구조적 방안의 시스템적 운영을 의미

-“도시방재계획” 또는 “방재도시계획”이란 이러한 도시계획 차원의 방재능력 확보방안이라고 정의할 수 있음

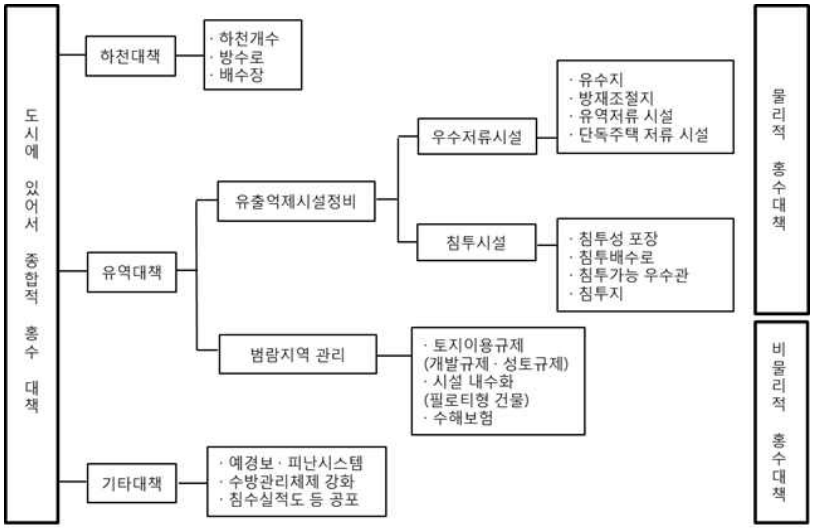
○본 연구에서의 재난 및 방재의 범위

-본 연구에서는 재난의 범위를 도시지역의 풍수해로 설정

-도시 전체에서는 홍수 발생에 대비한 종합적인 홍수 대책을 수립하게 되며, 이 내용을 크게 구분하면 물리적 홍수대책과 비물리적 홍수대책으로 구분함

-물리적 홍수대책은 우리나라에서 일반적으로 토목분야에서 다루게 되는 하천과 하수도 건설 및 정비계획 분야, 도시관리계획의 하나인 지구단위계획에서 다룰 수 있는 분야

-비물리적 홍수대책은 수해보험, 예 · 경보 대피시스템, 풍수해재해지도 등의 소프트웨어적 측면의 분야



<그림 2.1.1> 도시의 종합적 홍수대책

3. 도시방재력의 개념

○ 재난관리 패러다임 변화

-기후변화, 사회변화 등으로 인한 재난환경의 불확실성에 따른 재난의 유형의 다양화

-재난유형에 초점을 두는 우리나라의 방재계획과 달리 영국, 호주 등에서는 긴급상황관리 가이드라인에서 도시나 지역사회의 재해 취약성 평가 및 적응, 회복 능력을 포함하는 "레질리언스(Resilience)" 개념 강조

-자연재난의 발생을 원천적으로 예방하는 것은 현실적으로 불가능하나, 도시의 물리적 환경과 개인, 지역사회의 레질리언스가 확보되면 재난으로 인한 손실을 줄일 수 있다는 것[4)]

○ 김현주 · 김태현 · 이계준(2011)에 따르면 도시공간에서의 물리적 기반시설과 개인 및 지역사회를 대상으로 하는 도시방재력의 기능적 목표를 <표2.1.1>과 같이 5가지로 구성할 수 있음

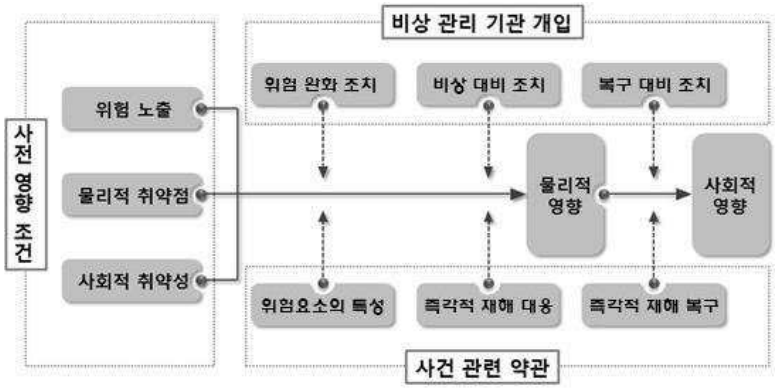
<표 2.1.1> 도시방재의 목표 및 방재력 구성요소

기능(5Rs)	정의	구성요소
내구성 (Robustness)	시스템과 시스템의 구성요소가 심각한 성능의 감소 없이 재난에 견딜 수 있는 능력	· 재해에 안전한 자연환경 · 기반시설 및 건물의 내구성 · 강건한 경제구조
대체성 (Redundancy)	시스템 기능에 손실이 발생할 경우 원래 기능을 대체할 만큼의 여분 확보 능력	· 대체기반시설 · 잉여 자원 및 재정 · 다양성(경제, 통신수단 등)
신속성 (Rapidity)	신속하게 손실을 감수하고 혼란을 피하면서 원래 기능을 회복하는 능력	· 시스템(계획, 관리) · 정보(신속· 정확한 전달 및 공유) · 자원수송
자원동원력 (Resourcefulness)	문제를 진단하고 우선순위를 결정하는 능력 및 정보, 기술, 물적·금전적·인적 자원을 동원하여 해결책을 제시하는 능력	· 자원확보(구호물자 및 장비, 정보, 기술, 재정, 인력) · 자원운영(리더쉽, 계획, 우선순위판단, 평가, 형평성) · 자원관리(자원모니터링 및 적재적소 배치)
지역경쟁력 (Regional Competence)	위험에 대한 이해 및 집단적인 행동, 의사결정, 문제해결 능력	· 결속력(신뢰, 자율, 협력, 참여, 소통) · 적응(위험인지, 재난경험) · 교육 및 훈련

○ 본 연구는 구조적 대책 중 도시기반시설을 활용한 방재대책을 중심으로 연구를 수행하였음

○ 아래 그림은 재해 단계에서 초기에는 물리적 요소의 영향력이 지배적이라는 것을 나타냄

4) 재난관리를 위한 도시방재력 개념 및 기능적 목표설정. 한국안전학회지. 제26권 제1호. 2011년



<그림 2.1.2> 재난영향모델

○ Lindell & Prater(2003)은 자연재해로 인해 받는 지역사회의 영향을 고려하는 것이 얼마나 중요한 지를 다음의 세가지 이유를 설명함

○ 첫째, 자연재해가 지역에 미치는 영향을 평가해봄으로써 지역의 의사결정자에게 다양한 정보를 제공해줄 수 있음. 외부의 도움이 필요한지 필요하다면 또 얼마나 필요한지를 결정하는 데에 도움을 주기 때문임

○ 둘째, 자연재해가 지역에 미치는 영향에 관한 정보는 지역이 가지고 있는 특성들을 반영할 수 있음

○ 셋째, 계획가들로 하여금 다음에 발생할지도 모르는 자연재해에 대해서 미리 준비하고 대비할 수 있도록 함(Lindell & Prater, 2003:176). 하지만 자연재해가 지역사회에 미치는 영향은 그 메카니즘이 매우 복합하며 이를 개략적으로 그림으로 나타내면 위 <그림 2.1.2>와 같음

○ 위의 그림을 살펴보면 일단 재해가 발생하게 되면 물리적 영향이 불가피하며 이를 저감시키기 위해서 응급처치행동을 취하게 되며, 이 물리적 영향이 다시 사회적 영향을 유발시키게 됨을 알 수 있음. 여기서 지역사회는 자체적인 복구체계를 가동시킬 뿐만 아니라 외부의 지원을 받게 됨

제2절 국내 관련 법제 분석

1. 국토의 계획 및 이용에 관한 법률

가. 광역도시계획

○광역도시계획 수립지침에서는 광역도시계획의 8개 부문별 계획에 방재계획을 포함시키고 있으며, 그 주요내용은 다음과 같음

「광역도시계획수립지침」
제3장 계획수립기준
제4절 부문별 계획
3-4-8. 방재계획
(1) 광역계획권이 가지고 있는 방재상 취약점을 분석·정리하고 대책방안을 제시한다.
(2) 해안·하천·지천 등은 홍수예방 등 방재기능을 확보하면서 친환경적인 수변공간으로서 이용가능성을 검토하여야 한다.
(3) 구릉지성 산림은 도시화예정용지에서 제외하는 것을 원칙으로 하고, 불가피하게 지정할 때에는 최소한의 개발, 최대한의 보전 원칙에 따라 개발방향을 제시하여야 한다. 이 경우 구릉지 개발시 예측되는 재해 취약요소에 대한 대책을 제시한다.
...(중략)...
(5) 상습수해지역 등 재해가 빈발하는 지역은 가급적 보전용도를 부여하고, 이미 개발용도로 지정된 경우 대체 지정하는 방안을 적극 강구하고, 저지대는 유수지로 지정하는 방안 등을 검토한다.
(6) 방재를 위한 사업은 투자의 우선순위를 높게 책정한다.
…(후략)…

나. 도시기본계획

○도시기본계획수립지침에서는 기초조사 항목을 제시하고 있다. 그중 방재와 관련된 사항은 다음 <표2.2.1>와 같음

<표 2.2.1> 도시기본계획 수립 시 방재관련 기초조사항목 (국립방재교육연구원 방재연구소, 2009)

대항목	세부항목	조사내용	비고
자연환경	풍수해 기록, 가능성	과거 50년간 풍수해 기록	기상청 자료
	지진 기록, 가능성	인근지역 과거 50년간 지진발생 기록	기존자료
토지이용	재해위험요소	지해위험 지역의 판단	기존자료, 현지조사
방재시설	하천/유수지/저수지	위치 및 수량	기존자료, 현장조사
	방화/방수/방풍/사방/방조설비	설비의 위치 및 개소	기존자료, 현장조사

○도시기본계획의 방재 및 안전 부문계획

–방수·방화·방조·방풍 등 재해방지계획과 피해발생 시에 대비한 방재계획을 수립

–기반시설 및 토지이용체계는 지역방호에 능동적이고 비상시 피해를 극소화하도록 계획함

○ 재해 빈발 지역에 대한 대처

–상습침수지역 등 재해가 빈발하는 지역은 가급적 시가화 예정용지 지정을 억제함

–상습침수지역을 시가화예정용지로 부여할 때에는 집중호우에 의한 배수유역에서 충분한 우수를 저류할 수 있는 유수지를 확보하거나 충분한 녹지를 확보하여 도시 내 담수능력을 배양하도록 하는 등 재해에 대한 예방대책을 수립함

–재해가 빈발하는 도시는 재해예방대책을 구체적으로 제시하도록 규정되어 있음

–각종 건축물 설치시 우수가 침투가 용이하도록 투수성 포장재를 사용, 담수능력을 배양토록 하는 방안을 검토

–인구밀도 · 이용인구수 · 교통량 등에 따른 방재시설물의 최소 설치 기준을 마련, 동시에 각 방재시설에 대한 정기적인 보수에 관한 사항을 도시기본계획에 포함하도록 되어 있음

다. 도시관리계획

○도시관리계획의 용도지역계획 내 방재 관련 기본원칙

–수해 등 재해빈발지역에 대해 가급적 개발용도의 지역으로 부여하지 않도록 함

–하천상류지역의 개발에 따른 하류지역의 재해유발 가능성을 고려, 방화지구 및 방재지구 등 적절한 용도지역을 부여하여 관리함

○도시관리계획 수립 대상지역 중 수해 등 재해빈발지역

–가급적 개발용도의 지역으로 부여하지 않으며, 하천상류지역의 개발에 따른 하류지역의 재해유발 가능성을 고려, 적절한 용도지역을 부여하도록 함.

○도시관리계획의 부문별계획에는 방재와 방범계획을 아우르는 안전계획이 있으며, 안전계획 및 방재계획 수립의 일반원칙은 다음 표와 같음

<표 2.2.2> 도시관리계획수립지침 (국립방재교육연구원 방재연구소, 2009)

구분	지침의 내용
일반원칙	1) 기존에 발생한 재해의 재난유형별.지역별.시기별 발생특성을 조사하여 방지대책을 수립하기 위한 기초자료로 활용하고, 이를 토대로 수해 지진 등 위기상황에 대처하기 위한 방재계획을 수립한다. 2) 인구밀도.이용인구수.교통량 등에 따라 방재시설물의 최소설치기준을 마련하고 각 방재시설에 대한 정기적인 보수 및 관리체계를 확립하며 재해발생시 활용계획을 수립한다. 3) 화재.지진 등의 재해에 취약한 건물은 가급적 분연화.내진화하도록 하고, 효과적인 재해방지를 위하여 취약지구에 대한 재해예방, 시설물관리와 함께 재해발생시 효과적인 통제를 위한 방재지침의 설정 및 활용계획을 수립한다.
방재계획	1) 시.군의 규모 확대와 고밀화에 따라 배해발생시 피해규모가 확대되는 추세임을 감안하여 토지이용계획이나 기반시설계획시 도시기본계획수립지침에 의한 방재계획을 구체화 시키고 안전도를 높일 수 있도록 계획을 수립하여야 한다. 2) 수해 지진 등 발생 가능한 재해에 대비하여 재해에 취약한 지역과 장소를 발견하고 이에 대비하여 다음 사항을 고려한 방재계획을 수립한다. ◦ 저지대 및 지내력이 적은 지역에는 내수범람 및 침수방지를 위한 배수 및 방수시설을 충분히 설치하고, 취약지대는 인구가 밀집되지 않도록 토지이용계획을 수립하여야 한다. ◦ 저지대는 가급적 자연배수가 되도록 계획하고, 불가치한 경우에는 유수지를 충분히 확보하고 유수지의 기능이 최대한 발휘되도록 계획하여야 한다. ◦ 하천이나 강변도로는 장기 강우빈도를 감안하여 계획하고(가능하다면 강우빈도는 100년 주기를 권장), 하천 복개 시에는 충분한 유수단면을 확보할 수 있도록 계획하여야 한다. ◦ 지진.폭발.진동에 의한 건물붕괴 등이 우려되는 지역은 이에 대한 대책을 강구하여야 한다. ◦ 화재발생시 그 피해가 주변지역으로 확대될 가능성이 큰 지역에 대하여는 피해가능성을 검토한 후 대책을 마련하여야 한다.

2. 도시 · 군계획시설의 결정 · 구조 및 설치기준에 관한 규칙

○ 도시계획시설의 결정

－도시계획시설의 종류와 기능에 따라 그 위치와 면적을 결정함

－행정구역단위에 따라 도시계획시설의 위계가 결정됨[5)]

○ 도시계획시설의 결정과 행정단위구역을 고려하여 방재권역을 지정하고, 재난이 발생했을 때 방재권역 내의 방재거점시설을 중심으로 재난에 대응해야함

「도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙」
제3장 공간시설
제2절 공원
제52조(공원) 이 절에서 "공원"이라 함은 다음 각 호의 시설을 말한다.
1.「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」 제15조제1항 각 호의 공원
2. 도시지역 외의 지역에「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」을 준용하여 설치하는 공원
제53조(공원의 결정기준 및 구조·설치기준) ① 도시지역 안에 설치하는 공원의 결정·구조 및 설치에 관하여는「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」이 정하는 바에 따른다.
②도시지역 외의 지역에 설치하는 공원의 결정·구조 및 설치에 관하여는「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」을 준용한다.
제3절 녹지

5) 도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙

제54조(녹지) 이 절에서 "녹지"라 함은 다음 각 호의 시설을 말한다.
1.「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」 제35조 각 호의 완충녹지·경관녹지 및 연결녹지
2. 도시지역 외의 지역에「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」을 준용하여 설치하는 녹지

제55조(녹지의 결정기준 및 구조·설치기준) ① 도시지역 안에 설치하는 녹지의 결정·구조 및 설치에 관하여는「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」이 정하는 바에 따른다.
②도시지역 외의 지역에 설치하는 녹지의 결정·구조 및 설치에 관하여는「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」을 준용한다.
제5장 공공·문화체육시설
제1절 학교
제89조(학교의 결정기준) ① 학교의 결정기준은 다음 각 호와 같다.
...(중략)...
15. 재해 발생 시「자연재해대책법」등에 따라 대피소 기능을 하는 경우에는 주민의 일시적 체류를 위한 시설(식량저장시설, 냉난방시설, 위생시설, 환기시설 및 소방시설을 말한다. 이하 "주민일시체류시설"이라 한다)을 설치할 것
16. 빗물이용을 위한 시설의 설치를 고려하고, 불투수면에서 유출되는 빗물을 최소화하도록 빗물이 땅에 잘 스며들 수 있는 구조로 하거나 식생도랑, 저류·침투조, 빗물정원 등의 빗물관리시설 설치를 고려할 것
...(중략)...
제2절 운동장
제93조(운동장의 구조 및 설치기준) ① 운동장의 구조 및 설치기준은 다음 각 호와 같다.
...(중략)...
3. 재해 발생 시「자연재해대책법」등에 따라 대피소 기능을 하는 운동장에는 주민일시체류시설을 설치할 것
4. 빗물이용을 위한 시설의 설치를 고려하고, 불투수면에서 유출되는 빗물을 최소화하도록 빗물이 땅에 잘 스며들 수 있는 구조로 하거나 식생도랑, 저류·침투조, 빗물정원 등의 빗물관리시설 설치를 고려할 것
...(후략)...
제3절 공공청사
제95조(공공청사의 결정기준 및 구조·설치기준) ① 공공청사의 결정기준 및 구조·설치기준은 다음 각 호와 같다.
...(중략)...
12. 재해 발생 시「자연재해대책법」등에 따라 대피소 기능을 하는 경우에는 주민일시체류시설을 설치할 것
13. 빗물이용을 위한 시설의 설치를 고려하고, 불투수면에서 유출되는 빗물을 최소화하도록 빗물이 땅에 잘 스며들 수 있는 구조로 하거나 식생도랑, 저류·침투조, 빗물정원 등의 빗물관리시설 설치를 고려할 것
...(후략)...

※동 규칙 제1장 총칙 中 관련사항
제1장 총칙
제7조(장애인 등을 위한 편의시설) 도시·군계획시설에는「장애인·노인·임산부 등의 편의증진보장에 관한 법률」이 정하는 바에 따라 장애인·노인·임산부 등을 위한 각종 편의시설을 우선적으로 설치하여야 한다.
제8조의2(도시안전 및 건강) ① 도시·군계획시설은 재해로 인한 도시·군계획시설물의 피해를 최소화하고 재해로부터 주변지역을 보호할 수 있도록 결정하여야 한다.
② 도시·군계획시설은 범죄 발생을 줄일 수 있는 구조로 설치하고 주민의 육체적·정신적 건강을 높일 수 있도록 하여야 한다.
제8조의3(자연상태의 물순환 회복) 도시·군계획시설은 불투수면(不透水面)에서 발생하는 빗물 유출을 최소화하여 자연상태의 물순환 회복에 이바지할 수 있도록 결정하여야 한다.

3. 자연재해대책법

○ 자연재해대책법 개념

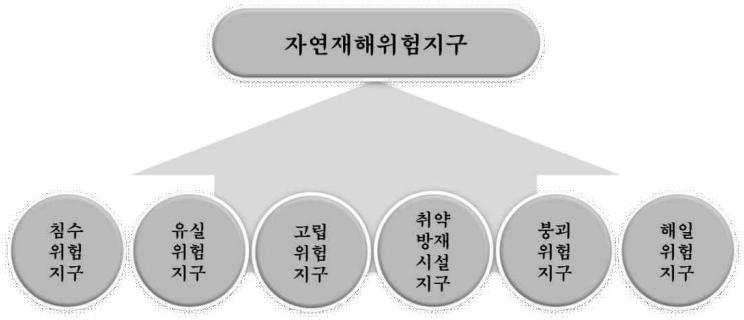
– 풍·홍수 등 자연현상으로 인한 재난으로부터 국토를 보존하고 국민의 생명·신체 및 재산과 주요 기간시설을 보호하기 위하여 자연재해의 예방·복구 그 밖의 대책에 관하여 필요한 사항을 규정함

가. 자연재해위험지구의 유형, 지정기준 및 등급분류

○ 자연재해위험지구의 구분

–자연재해대책법 시행령에 의거, 침수위험지구, 유실위험지구, 고립위험지구, 취약방재시설지구, 붕괴위험지구, 해일위험지구 등 6개의 유형으로 구분함

–가장 위험도가 높은 가 등급부터, 우려는 낮으나 지속적인 관심을 갖고 관리할 필요가 있는 라 등급 등 4개의 등급으로 분류함



<그림 2.2.1> 자연재해위험지구 6개 유형

<표 2.2.3> 자연재해 위험지구의 유형 및 지정기준

유형	지정 기준
침수위험지구	· 하천의 외수범람 및 내수배재 불량으로 인한 침수가 발생하여 인명 및 건축물·농경지 등의 피해를 유발하였거나 침수피해가 예상되는 지역 · 침수피해가 발생하지 않은 지역이라도 침수피해 위험이 있는 경우 지정할 수 있음
유실위험지구	· 하천을 횡단하는 교량 및 암거 구조물이 하천정비기본계획의 계획 하폭보다 짧은 경우 · 계획 홍수위보다 낮아 유수소통에 장애를 주어 시설물이 직접 피해를 입는 경우 · 시설물 주변의 제방유실로 주택·농경지 등의 피해가 발생한 지역
고립위험지구	· 집중호우 및 대설로 인하여 교통이 두절되어 지역주민의 생활에 고통을 주는 지역 (단, 우회도로 있는 경우는 제외) · 지구지정일로부터 과거 10년 동안 피해가 발생했던 지역
취약방재시설지구	· 직접방재기능을 수행하는 시설물로서 자연재해나 노후화 등으로 방재기능이 상실되거나 파손되어 피해발생이 우려되는 시설 및 주변 지역 (단, 일반적인 관리부실로 인하여 인위적인 재난 발생 가능성이 있는 노후 복합건축물, 노후교량, 각종 공사장 등은 제외)
붕괴위험지구	· 산사태, 절개사면 붕괴, 낙석 등으로 건축물이나 인명피해가 발생한 지역 또는 우려되는 지역 (단, 산악지역에서 발생하는 단순한 산사태 위험지역 등과 같이 붕괴 시에 인명 피해 또는 직접적인 재산피해를 유발하지 않는 지역은 제외)
유실위험지구	· 해저지진으로 발생하는 지진해일, 폭풍해일, 조위상승 너울성 파도 등으로 해수가 월류되어 인명피해 및 주택, 공공시설물 피해가 발생한 지역 ·「자연재해대책법」제25조의3 규정에 따라 지정된 지역

<표 2.2.4> 자연재해위험지구 등급분류 기준(소방방재청, 2012)

등급별	등급분류 기준
가 등급	-재해발생 시 인명피해 발생우려가 매우 높은 지역
나 등급	-재해발생시 건축물(주택, 상가, 공공건축물)의 피해가 발생하였거나 발생할 우려가 있는 지역
다 등급	-재해발생시 기반시설(공업단지, 철도, 기간도로)의 피해가 발생할 우려가 있는 지역 -농경지 침수발생 및 우려지역
라 등급	-붕괴 및 침수 등의 우려는 낮으나, 기후변화에 대비하여 지속적으로 관심을 갖고 관리할 필요성이 있는 지역

나. 풍수해저감종합계획

○ 풍수해저감종합계획의 개요

–시·군·구 관할구역 내에서 풍수해에 노출되어 있거나 잠재해 있는 위험요소를 도출

–위험을 예방·경감하기 위한 현실적 대책 제시 및 이에 따른 개략공사비 등의 산정

–산정된 개략공사비를 토대로 투자 우선순위를 결정, 지방자치단체 방재계획의 총괄로드맵을 작성

○ 풍수해저감종합계획의 고려사항

−풍수해의 예방 및 저감대책 등 방지대책, 도시개발사업 등 다른 개발사업 시행 시 방재대책을 고려할 수 있도록 수립해야함

−도시계획, 국토이용계획 등 각종 행정계획 및 건축허가, 도시개발사업, 기타 SOC사업 등 개발사업 추진 시 풍수해저감종합계획을 반영해야함

○풍수해저감종합계획은 풍수해저감을 위하여 해당 지역 및 도시가 추구하는 방재정책의 목표와 방향이 제시되어야 함

<표 2.2.5> 풍수해저감종합계획의 주요 내용(국립방재교육연구원 방재연구소, 2009)

구분	주요내용
계획에 포함하여야 할 사항 (자연재해대책법 제16조 시행령 제13조)	1. 지역적 특성 및 계획의 방향 목표에 관한 사항 2. 유역 현황, 하천 현황, 기상 현황, 방재시설 현황 등 재해 발생 현황 및 재해 위험 요인 실태에 관한 사항 3. 풍수해 재해복구사업의 평가 분석에 관한 사항 4. 지역별, 주요 시설별 풍수해 위험 분석에 관한 사항 5. 법 제18조의 지구단위 홍수방어기준을 적용한 저감대책에 관한 사항 6. 풍수해 저감을 위한 자연재해위험지구 지정 및 정비에 관한 사항 7. 풍수해 예방 및 저감을 위한 종합대책 등에 관한 사항 8. 제14조 제7항에 따른 풍수해저감종합계획 세부 수립기준에서 정하는 사항
풍수해저감 종합계획 세부 수립기준 주요 내용	1. 기초현황 조사(자료조사, 설문조사) 2. 풍수해위험지구 선정(재해유형별 위험지구 후보지 선정, 재해유형별 위험지구 현장조사, 풍수해 위험요인 분석, 풍수해위험지구 선정) 3. 풍수해저감대책 수립(전 지역단위 저감대책, 수계단위 저감대책, 위험지구 단위 저감대책, 타 계획과의 연계 및 조정) 4. 풍수해저감대책 시행계획(투자우선순위 결정, 재원확보계획, 단계별, 연차별 사업시행계획, 풍수해저감종합계획도 작성, 기대효과 및 활용방안)

다. 자연재해대책법 중 우수유출저감시설 규정

○우수유출저감시설의 개요

−재해예방을 목적으로 설치한다고 시행령 제2조에 명시되어 있음

−제16조에는 도시공원의 조성사업에서는 홍수 대비를 위하여 우수유출저감시설 설치를 고려하고, 수질 환경을 위하여 비점오염저감시설을 설치할 시에는 우수유출저감시설과 복합적으로 설치할 수 있다고 규정되어 있음

<표 2.2.6> 자연재해대책법 중 우수유출저감시설

	내용
제2조 (재해예방 점검 대상 시설·지역 및 점검)	가. 풍수해저감종합계획 수립 나. 수방기준 제정·운영 다. 우수유출저감시설 설치 기준 제정·운영 라. 내풍(內風)설계기준 제정·운영 마. 그밖에 풍수해 예방에 필요한 사항
제16조 (우수유출 저감시설의 설치 대상 사업 등)	① 법 제19조제1항에 따라 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 사업(「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」 제53조에 따라 비점오염저감시설을 설치하는 대상 사업은 제외한다)을 시행하는 중앙행정기관의 장 또는 지방자치단체의 장은 우수유출저감대책을 수립하여야 한다. 다만, 법 제4조제1항에 따른 사전재해영향성 검토협의 대상 사업 내용에 우수유출저감시설의 설치에 관한 사항이 법 제19조제2항에서 정한 기준에 맞게 반영된 경우에는 그러하지 아니하다. <개정 2014.4.29.> - 법 제19조제1항에서는 「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」제2조제3호에 따른 도시공원의 조성사업이 포함되어 있음.

라. 자연재해대책법 중 재난관리체계

○「자연재해대책법 시행규칙」에 의하면 재난관리 단계별 행동요령에 대하여 다음과 같이 정의함

<표 2.2.7> 자연재해대책법 시행규칙에 명시된 재난관리 단계

「자연재해대책법 시행규칙」
제1장 총칙
제14조(재해 유형별 행동 요령에 포함되어야 할 세부 사항) ① 영 제33조제1항제1호 및 같은 조 제2항에 따라 단계별 행동 요령에 포함되어야 할 세부 사항은 다음 각 호와 같다.
1. 예방단계
가. 자연재해위험개선지구·재난취약시설 등의 점검·정비 및 관리에 관한 사항
나. 방재물자·동원장비의 확보·지정 및 관리에 관한 사항
다. 유관기관 및 민간단체와의 협조·지원에 관한 사항
라. 그 밖에 소방방재청장이 필요하다고 인정하는 사항
2. 대비단계
가. 재해가 예상되거나 발생한 경우 비상근무계획에 관한 사항
나. 피해 발생이 우려되는 시설의 점검·관리에 관한 사항
다. 유관기관 및 방송사에 대한 상황 전파 및 방송 요청에 관한 사항
라. 그 밖에 소방방재청장이 필요하다고 인정하는 사항
3. 대응단계
가. 재난정보의 수집 및 전달체계에 관한 사항
나. 통신·전력·가스·수도 등 국민생활에 필수적인 시설의 응급복구에 관한 사항
다. 부상자 치료대책에 관한 사항
라. 그 밖에 소방방재청장이 필요하다고 인정하는 사항
4. 복구단계
가. 방역 등 보건위생 및 쓰레기 처리에 관한 사항
나. 대피민 수용시설의 운영 등에 관한 사항
다. 복구를 위한 민간단체 및 지역 군부대의 인력·장비의 동원에 관한 사항
라. 그 밖에 소방방재청장이 필요하다고 인정하는 사항
...(후략)...

4. 재난 및 안전관리 기본법

가. 재난관리 단계 설정

○우리나라 「재난 및 안전관리 기본법」에 의하여 다음과 같이 재난관리 단계를 예방-대비-대응-복구의 4단계로 설정함

「재난 및 안전관리 기본법」
제1장 총칙
제3조(정의) 이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.
...(중략)...
3. "재난관리"란 재난의 예방·대비·대응 및 복구를 위하여 하는 모든 활동을 말한다.
...(후략)...

나. 재난관리기관

○「재난 및 안전관리 기본법」 제3조의 5항에 따라 재난관리업무를 하는 기관은 다음과 같음

「재난 및 안전관리 기본법」
제1장 총칙
제3조(정의) 이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.
...(중략)...
5. "재난관리책임기관"이란 재난관리업무를 하는 다음 각 목의 기관을 말한다.
가. 중앙행정기관 및 지방자치단체(「제주특별자치도 설치 및 국제자유도시 조성을 위한 특별법」 제15조 제2항에 따른 행정시를 포함한다)
나. 지방행정기관·공공기관·공공단체(공공기관 및 공공단체의 지부 등 지방조직을 포함한다) 및 재난관리의 대상이 되는 중요시설의 관리기관 등으로서 대통령령으로 정하는 기관
5의2. "재난관리주관기관"이란 재난이나 그 밖의 각종 사고에 대하여 그 유형별로 예방·대비·대응 및 복구 등의 업무를 주관하여 수행하도록 대통령령으로 정하는 관계 중앙행정기관을 말한다.
...(후략)...

다. 표준매뉴얼

○각 재난관리책임기관에서 제작해야하는 매뉴얼에서 기본적으로 포함되어야 하는 일반사항은 크게 재난발생 전 행동요령과 재난발생시 행동요령으로 구분됨

○표준매뉴얼을 통해 각 재난관리책임기관은 재난발생 전·후로 구분하여 재난에 대처하고 있으며 그 내용에 공공시설과 학교시설의 응급계획이 포함되어 있는 것으로 보아 공공시설과 학교시설을 재난 시에 관리해야 할 필요성이 있다고 보임

<표 2.2.8> 재난관리책임기관 표준매뉴얼의 일반사항

발생 단계	내용
재난발생 전	**·대피민 수용시설 지정 운영관리** -급식 또는 생활필수품의 제공 -응급의료소 설치를 통한 의료서비스 제공 -구호활동 계획 **·주민대피 및 유도계획** -주민의 자발적인 대피 및 행정조치에 의한 대피 -대피소의 이용과 필요한 조치 -대피 후 상황의 변화 **·교통두절 대책** -계획의 방침 -교통관계 정보의 수집·전달 -긴급수송을 위한 대책 내용
재난발생 후	**·공공시설의 응급복구계획** **·주민대피 및 대피소 계획** **·대피민 구호 대책** **·학교 시설에 대한 응급계획** -수업 중 학생의 안전 확보 방법 -등·하교 시간 중 학생의 안전 확보 -근무시간 외에 재난이 발생한 경우 -수용소로서의 교직원의 역할 -수용소로서 수용이 장기화되는 경우의 대책 -학교 및 교육시설의 응급대책 -학교시설의 복구 방향

라. 풍수해저감종합계획

「재난 및 안전관리 기본법」 시행령
제16조(풍수해저감종합계획의 수립)
제16조의4 (방재기준 가이드라인의 설정 및 활용)
① 중앙대책본부장은 기후변화에 따른 재해에 선제적이고 효과적으로 대응하기 위하여 미래 기간별·지역별로 예측되는 기온, 강우량, 풍속 등을 바탕으로 방재기준 가이드라인을 정하고, 재난관리책임기관의 장에게 이를 적용하도록 권고할 수 있다.
② 제1항에 따라 권고를 받은 재난관리책임기관의 장은 방재기준 가이드라인을 소관 업무에 관한 장기 개발계획 수립·시행 및 제64조에 따른 방재시설의 유지·관리 등에 적용할 수 있다.

제17조 (수방기준의 제정·운영)
① 수방기준 중 시설물의 수해 내구성을 강화하기 위한 수방기준은 관계 중앙행정기관의 장이 정하고, 지하 공간의 침수를 방지하기 위한 수방기준은 국민안전처장관이 관계 중앙행정기관의 장과 협의하여 정한다.
② 제1항에 따라 수방기준을 정하여야 하는 시설물 및 지하 공간(이하 "수방기준제정대상"이라 한다)은 다음 각 호의 시설 중에서 대통령령으로 정한다.

5. 교육시설의 복합시설 허용기준

○ 교육부장관 또는 특별시 · 광역시 · 도교육감(이하 “시 · 도교육감”이라 한다)은 국 · 공립학교에 교육상 지장이 없는 범위 안에서 문화 및 복지시설, 생활체육시설, 평생교육시설 등의 복합시설을 둘 수 있다고 규정되어 있음(고등학교 이하 각급학교 설립 · 운영 규정 제3조의2 복합시설)

「고등학교 이하 각급 학교 설립·운영 규정」
제3조의2(복합시설) 교육과학기술부장관 또는 특별시·광역시·도교육감(이하 "시·도교육감"이라 한다)은국·공립학교에 교육상 지장이 없는 범위 안에서 문화 및 복지시설, 생활체육시설, 평생교육시설 등의 복합시설을 둘 수 있다.

제3절 재난관리 시스템

1. 재난관리 체계

가. 재난관리 단계 설정

○ 재난 발생 전 · 후 재난을 신속하고 효과적인 관리를 통한 재난피해 최소화를 위하여 우리나라는 「재난 및 안전관리 기본법」에 의하여 다음과 같이 재난관리 단계를 예방－대비－대응－복구의 4단계로 설정하였음

「재난 및 안전관리 기본법」
제1장 총칙
제3조(정의) 이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.
3. "재난관리"란 재난의 예방·대비·대응 및 복구를 위하여 하는 모든 활동을 말한다.

○ 재난관리 과정

－재난관리의 과정은 상호 순환적이며, 4단계의 전 과정은 시간적 활동 순서로서 각 단계의 결과 및 내용은 다음 단계의 활동에 영향을 미침.

－따라서, 네 단계의 과정이 통합관리 될 때 효과적인 재난관리가 이루어 질 수 있음[6)]

○ 「자연재해대책법 시행규칙」에 의하면 재난관리 단계별 행동요령에 대하여 다음과 같이 정의함

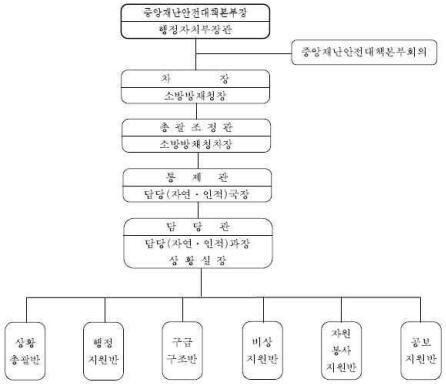
「자연재해대책법 시행규칙」
제1장 총칙
제14조(재해 유형별 행동 요령에 포함되어야 할 세부 사항) ① 영 제33조제1항제1호 및 같은 조 제2항에 따라 단계별 행동 요령에 포함되어야 할 세부 사항은 다음 각 호와 같다.
1. 예방단계
가. 자연재해위험개선지구·재난취약시설 등의 점검·정비 및 관리에 관한 사항
나. 방재물자·동원장비의 확보·지정 및 관리에 관한 사항
다. 유관기관 및 민간단체와의 협조·지원에 관한 사항
라. 그 밖에 소방방재청장이 필요하다고 인정하는 사항
2. 대비단계
가. 재해가 예상되거나 발생한 경우 비상근무계획에 관한 사항
나. 피해 발생이 우려되는 시설의 점검·관리에 관한 사항
다. 유관기관 및 방송사에 대한 상황 전파 및 방송 요청에 관한 사항
라. 그 밖에 소방방재청장이 필요하다고 인정하는 사항
3. 대응단계
가. 재난정보의 수집 및 전달체계에 관한 사항

6) 재난관리 단계별 도시방재 특성 분석(이종렬 등, 2010)

나. 통신·전력·가스·수도 등 국민생활에 필수적인 시설의 응급복구에 관한 사항
다. 부상자 치료대책에 관한 사항
라. 그 밖에 소방방재청장이 필요하다고 인정하는 사항
4. 복구단계
가. 방역 등 보건위생 및 쓰레기 처리에 관한 사항
나. 대피민 수용시설의 운영 등에 관한 사항
다. 복구를 위한 민간단체 및 지역 군부대의 인력·장비의 동원에 관한 사항
라. 그 밖에 소방방재청장이 필요하다고 인정하는 사항
...(후략)...

나. 방재관리조직

○중앙재난안전대책본부는 대규모 재난의 예방·대비·대응·복구 등에 관한 사항을 총괄·조정, 재난상황에 대한 통합관리를 위하여 관계 재난관리책임기관의 장에게 제반조치 요청 등을 함



<그림 2.3.1> 중앙재난안전대책본부의 조직 체계도

○지역재난안전대책본부는 관할구역내의 재난대책의 총괄조정 및 집행, 재난응급복구에 필요한 물자 및 자재비축, 재난발생시의 응급조치, 복구사업 실시 및 감독 등을 함

○지역재난안전본부 중 인천지역의 재난안전본부의 방재체제는 <표2.3.1>와 같음

<표 2.3.1> 인천소방안전본부의 방재체제

단계	내용
예방(대비)단계	· 재난 상황 판단 및 대처계획 수립 · 의료시설 · 물자, 장비의 확보 · 대피민 수용시설 지정 · 자원봉사단체 협조체계 구축 등
응급(대응)단계	· 재난진행상황 파악 · 부상자 의료지원 · 자원봉사단체 합동근무 실시 · 재난 예·경보 발령사항 전파 등
복구단계	· 현장상황관리 · 부상자 치료 및 수송 · 방역, 위생 대책 · 자원봉사자 복구활동 지원 등

2. 재난관리 지침

가. 재해구호계획수립지침

○소방방재청의 재해구호계획수립지침에서 제시하고 있는 재난관리는 다음 <표2.3.2>와 같음

<표 2.3.2> 재해구호계획수립지침의 재난관리

단계	내용
예방 및 대비	· 대피민 임시주거시설·대피장소 지정·관리 · 재해구호물자 확보·비축 및 관리 · 재해구호기금의 적립 및 관리 · 의연금품 모집·관리 및 배분 · 재해구호 상호협력체계 구축 · 재해구호 교육·훈련 및 점검
대응	· 재해구호활동 운영체계도 및 단계별 조치사항 · 대피민 구호상황 관리 · 재해구호물자 지원 · 임시주거시설 지원 · 의료 및 방역서비스 실시 등 · 대피민 구호활동 재해경감대책협의회 운영
복구	· 국고의 부담(중앙지원) 기준 · 재원별 재해구호금 지원

나. 재난관리책임기관 표준매뉴얼

○재난관리책임기관 표준매뉴얼의 개요

-2005년 소방방재청 제시

−매뉴얼의 일반적인 사항들을 표준화, 재난발생시 기관 내에서 각 부서별로 긴밀한 협조체제를 유지하도록 함

−대외적으로 기관별 특수성이 반영된 매뉴얼을 공유, 재난으로 인한 인명과 재산피해를 최소화하도록 함

○각 재난관리책임기관 매뉴얼 일반사항

−기본적으로 포함되어야 하는 일반사항은 크게 재난발생 전 행동요령과 재난 발생시 행동요령으로 구분

−행동요령 중 기존시설을 이용하는 도시방재와 관련된 사항은 다음 표 <표 2.3.3>와 같음

○재난관리책임기관 표준매뉴얼과 재난 시 시설 관리의 필요성

−표준매뉴얼을 통해 각 재난관리책임기관은 재난발생 전 · 후로 구분하여 재난에 대처

−표준매뉴얼에 공공시설과 학교시설의 응급계획이 포함되어있는 것으로 보아 공공시설과 학교시설을 재난 시에 관리해야 할 필요성이 있다고 보임

<표 2.3.3> 재난관리책임기관 표준매뉴얼의 일반사항

발생 단계	내용	
	구분	대응
재난발생 전	**·대피민 수용시설 지정 운영관리**	-급식 또는 생활필수품의 제공 -응급의료소 설치를 통한 의료서비스 제공 -구호활동 계획
	·주민대피 및 유도계획	-주민의 자발적인 대피 및 행정조치에 의한 대피 -대피소의 이용과 필요한 조치 -대피 후 상황의 변화
	·교통두절 대책	-계획의 방침 -교통관계 정보의 수집·전달 -긴급수송을 위한 대책 내용
재난발생 후	**·공공시설의 응급복구계획**	-
	·주민대피 및 대피소 계획	-
	·대피민 구호 대책	-
	·학교 시설에 대한 응급계획	-수업 중 학생의 안전 확보 방법 -등·하교 시간 중 학생의 안전 확보 -근무시간 외에 재난이 발생한 경우 -수용소로서의 교직원의 역할 -수용소로서 수용이 장기화되는 경우의 대책 -학교 및 교육시설의 응급대책 -학교시설의 복구 방향

제4절 대피시설

1. 대피시설의 정의

○ ‘재난재해시 임시주거공간의 최소기준 설정연구’ (한국건축가협회)에 관한 연구

−임시주거시설과 응급대피시설을 구분하여 최소면적, 대지면적, 배치계획, 도로계획, 위생시설 같은 부대시설기준과 조명설비, 단열, 방수와 같은 성능기준 등의 세부계획들을 제시함

−기존의 연구 대비 본 연구에서 응급대피시설에 더 중점을 둠

○ ‘유닛 모듈러 설계를 이용한 임시주거 계획’ (임석호 외 2인, 대한건축학회 논문집, 2011)

−재난재해 및 일시적인 거주수요의 증가 시 임시주거시설을 개발하는데 목표를 둔 연구

−유닛모듈러 설정, 용도별 구분 후 가족구성원 규모에 따른 Cell 조합으로 기본 평면 구성

−Cell의 조합 및 배치에 따라 다양한 평면 구성이 가능하며, 확장을 통한 가족 규모에 따른 대응이 가능함

2. 대피시설의 구분

○대피의 사전적 정의에 의하면 ‘위험이나 피해를 입지 않도록 일시적으로 피함’[7]이므로, 대피시설은 ‘위험이나 피해를 입지 않도록 일시적으로 피하는 시설’을 지칭함

○응급대피시설

−공공건물, 학교, 교회, 마을회관 등으로 수용이 용이하고 구조상 안전한 건물[8]

−「재해구호법」 제4조에 의하면 임시주거시설은 재해로 주거시설을 상실하거나 주거가 사실상 불가능한 상황에 처한 대피민 또는 일시대피자의 구호를 위한 시설을 말함

○대피시설의 구분

−대피시설을 단계에 따라 응급대피시설과 임시주거시설로 구분

7) naver사전
8) 재해구호계획수립지침(재해구호협회, 2013)

–응급대피시설은 1차적으로 대피할 수 있는 학교, 마을회관, 공공시설 등의 용도 전환 가능한 기존시설

–임시주거시설은 2차적으로 대피할 수 있는 텐트, 컨테이너 등의 신축시설을 지칭

–본 연구에서는 응급대피시설에 중점을 둠

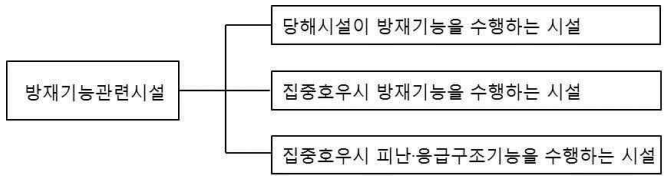
<표 2.4.1> 대피시설의 유형구분

대피시설	위험이나 피해를 입지 않도록 일시적으로 피하는 시설	응급대피시설	대피민을 수용할 수 있는 학교, 교회, 마을회관 등의 용도 전환이 가능한 기존시설
		임시주거시설	재해로 주거시설을 상실한 대피민의 구호를 위한 텐트, 컨테이너 등의 신축시설

○ 방재기능 관련시설[9)]

–재해 · 재난 발생시 피난 · 응급구조 기능을 수행하는지 여부에 따라, 도로의 경우 피난동선, 학교나 공원을 피난처로 활용가능하며, 응급의료센터, 종합의료시설 등도 응급구조와 관련됨

–재해 · 재난 발생시 긴급상황에 대응해야 하는 소방서, 경찰서, 기초자치단체청사 등도 재난 피해를 저감시키는 역할을 하므로 이와 같은 범주에 포함됨 (박환용, 2010)



<그림 2.4.1> 방재기능관련시설의 유형

○ 대피시설 대책 단계

–본 연구에서는 재해단계에 따라 완화, 대비, 대응, 복구인 4단계를 다루고 있으나, 재해 후 임시주거 대책 절차는 크게 3단계로 분류 가능

–1단계에서 기존시설을 이용한 대피시설과 2단계에서 새로 신축하여 사용하는 임시주거시설을 사용하며, <표 2.4.2>은 단계에 따른 대피시설의 대책 절차[10)]

9) 도시 공간 및 시설에 대한 안전실태조사 및 방재계획 기준 설정(국립방재연구원, 2010)

<표 2.4.2> 대피시설의 대책 절차

단계	예방 · 대비	대응		복구
대책	대피시설 지정·관리	응급대피	임시주거시설마련	항구적 주택시설
내용	·대피시설의 장소지정·관리	·마을회관 ·동사무소 등 관공서 ·인근 커뮤니티 시설 ·학교로 대피	·컨테이너 지급 ·인프라 구축(수도, 전기, 냉/난방시설) ·안전, 생활용품 보급 ·안전점검	·주택신축지역 결정 ·특별 위로금 등 건축자금 지원

○ 대피시설 이용 기간 설정

–“풍수해현황 및 대피시설운용에 관한 연구(박하늬, 2007)”에서는 임시주거시설의 사용을 1주일에서 2년 내로 제시하고 있으며, 응급대피시설을 제외

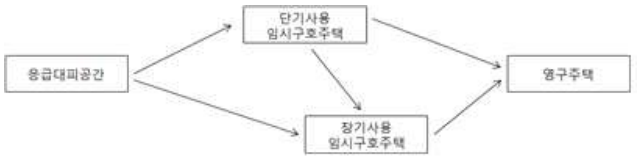
–본 연구에서는 풍수해로 인한 최소 대피기간을 일주일로 설정함

–1주일이 넘어갔을 경우에는 임시주거시설로 이동함

–응급대피시설은 시간과 자금이 필요하므로 주로 용도전환 한 시설을 사용

<표 2.4.3> 기간에 따른 구분

구분	기간
응급대피시설	1일~1주일 내
단기 임시주거시설	1주일~1개월 내
중기 임시주거시설	1개월~12개월 내
장기 임시주거시설	1년~2년 내



<그림 2.4.2> 기간별 임시주택의 유형

○ 재해 후 거주기간별로 다음과 같이 크게 3단계로 분류할 수 있음. 1단계에서는 학교나 마을 회관 등 지방자치단체가 지정한 수용시설로 응급대피를 하고, 2단계에서는 수도, 전기, 냉·난방 시설 등의 인프라를 구축하고 임시주거시설을 마련함. 마지막인 3단계에서는 기존 주택지나 주택신축지역을 결정하여 항구적인 주택을

10) 풍수해현황 및 대피시설운용에 관한 연구(박하늬, 2007)

계획하는 것이 일반적임.[11] 본 연구에서는 응급대피시설과 임시주거시설에 다루며 응급대피시설에 더 중점을 둠. 응급대피시설은 1주일 이내로 사용도록 하여 기존시설을 활용하도록 함

<표 2.4.4> 거주기간 별 대피시설의 유형

종류	거주기간	특징
응급대피시설	-재해발생 후 임시주거시설로 이주하기 전까지 -1일~1주일	-대피민이 일시적으로 대피 및 거주하는 공간 -주거시설이 아닌 학교, 마을회관 또는 관공서 등의 지역시설 -인근 커뮤니티 시설 이용
임시주거시설	-항구 주택으로 이주 전까지 -1주일 이상	-일정기간동안 거주하기 위한 임시주거시설 -효율적 관리를 위해 단지를 계획하기도 함
항구주택	-임시주거시설 거주 후 지속	-기존 주거지나 주택 신축지역을 선정하여 구축하는 항구적인 주택 -생활을 영위할 수 있는 터전을 다시 마련함

3. 국내 응급대피시설의 현황

○ 대피민 수용시설 지정 현황

-소방방재청(2009)의 자료에서 도출한 자료로 다음 <표 2.4.5>[12]과 같음

-학교, 마을회관, 경로당, 관공서 등이 대피시설로 지정, 본래의 용도에서 전환하여 대피시설로 사용 가능

-학교가 42.5%로 가장 높은 비율을 차지하며, 다음으로는 마을회관 31.6%, 경로당, 관공서가 각각 13.3%, 4.6%를 차지함. 기타에는 도서관, 체육관 등이 있음

<표 2.4.5> 대피민 수용시설 지정 현황(2008.12)

대피민 수용시설현황 비교(단위;만명, 개소(%))						
구분	대피민 수용시설					
	계	학교	마을회관	경로당	관공서	기타
수용인원	170.8	146.6	5.9	2.6	5.4	10.2
지정시설	11489	4881 (42.5)	3631 (31.6)	1525 (13.3)	523 (4.6)	929 (8.1)

○ 대피민 수용시설 현황 비교

-재난관리론(송윤석 등, 2011)에 의하면 두 도시의 대피민수용시설현황을 비교

-서울특별시가 인천광역시보다 주로 학교를 대피민 수용시설로 사용하며, 본 연구의 대상지인 인천광역시의 경우 서울특별시에 비해 대피민수용시설이 미흡하다는 점을 알 수 있음

11) 재해재난시 응급대피시설의 거주계획요소에 관한 연구(김민경 외, 2011)
12) 재해재난시 응급대피시설의 거주계획요소에 관한 연구(김민경 외, 2011)

-대피민 수용시설 비교는 다음 <표 2.4.6>과 같음

<표 2.4.6> 대피민 수용시설 현황 비교(2004~2006년)

대피민 수용시설현황 비교(단위;개)						
구분	대피민 수용시설					
	계	학교	마을회관	경로당	관공서	기타
인천광역시	426	236	61	42	36	51
서울특별시	693	531	3	24	14	121

4. 대피시설의 사용자 범위

○ 대피시설의 사용자의 정의

-대피시설의 사용자는 「재해구호법」 제4조에 의거하여 대피민 또는 일시대피자로 한정

-대피민이란 「재난 및 안전관리 기본법」 제 3조에 의하면 재해로 인하여 피해를 입은 사람을, 일시대피자란 재해로 인한 피해가 예상되어 일시대피한 사람을 지칭

○ 본 연구에서 대피시설의 사용자는 풍수해로 인해 피해를 받았거나 피해를 받을 것으로 예상되는 주민에게 제공하거나 사용하도록 함

<표 2.4.7> 대피민, 일시대피자의 정의

구분	내용
대피민	재해로 인하여 피해를 입은 사람
일시대피자	재해로 인한 피해가 예상되어 일시대피한 사람

○ 대피민의 정의

-재난구호란 재난 · 재해가 발생하였을 시 응급적인 구호를 행함으로써 재해 복구, 대피민 보호와 사회질서의 유지를 위한 제반 활동을 하는 사회복지의 한 영역[13]

-대피민은 재난 · 재해로 인하여 거주 주택이 일부/전부 소실되어 일시 또는 영구적으로 기존 거주 주택에서 생활할 수 없는 대피자를 의미한다고 정의할 수 있음[14]

13) 전국재해구호협회의 중·장기 발전방안(김승권, 2002)
14) 재난재해시 임시주거공간의 최소기준 설정 연구(한국건축가협회, 2011)

제5절 대피시설 현황분석의 종합 및 연구의 기본방향

1. 대피시설 관련 법제적 문제점

○대피시설 관련 법규가 다수 법률에 혼재됨

-학교시설을 이용한 도시방재력 강화에 관한 법규가 국토교통부 「도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙」에 명시되어 있으나 세부적 기준에 대한 규정이 없음. 또한 교육과학기술부 「고등학교 이하 각급학교 설립·운영규정」과의 상호연계성이 부족함

-공원녹지시설을 이용한 도시방재력 강화에 관한 법규가 국토교통부 「도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙」, 「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률 시행규칙」에 혼재되어 있고 상호연계성이 부족함

-이러한 대피시설에 대한 법규와 별도로 자연재해 안전관리 및 운영에 관한 법규가 행정자치부 「자연재해대책법」, 「재난 및 안전관리 기본법」에 규정되어 있으나 대피시설과의 연계성이 미비함

○관련 법률 체계의 정비방안이 요구됨

-자연재해 안전관리 관련 법규 중 대피시설에 대한 체계적 정비가 요구됨

-대피시설 관련 법규의 정비는 국토교통부 해당 법규에서 명시하고, 타 부서의 법규에서 필요한 내용을 상호참조하는 방식이 바람직함

-대피시설의 운영에 관련된 법규는 「자연재해대책법」, 「재난 및 안전관리 기본법」을 준용하는 것이 바람직함

2. 대피시설 관련 기술개발의 문제점

○국내의 대피시설 관련 기술개발은 임시거주시설(수 개월 간 거주를 위한 임시시설 또는 단지) 기술개발 또는 연구사례는 다수 있음

-재해 대피민의 임시주거공간에 대한 연구, 박동민, 서울시립대 석사논문, 2008.

-유닛 모듈러 설계를 이용한 임시주거 계획에 관한 연구, 송영학 외, 2013.

-재해, 재난민을 위한 임시주거로서의 모듈러 건축의 적용 가능성에 대한 연구, 윤자영, 연세대 석사논문, 2005

○이에 비해 응급대피시설(2주 이내 임시체류시설) 기술개발 또는 연구사례는 제한적임

-재난재해시 임시주거공간의 최소기준 설정 연구, 한국건축가협회, 2011

-개발도상국에서의 자연재해로 인한 대피민을 위한 응급대피시설에 관한 연구, 최가송, 한동대 석사논문, 2007.

○자연재해 응급대피기능과 학교시설과 공원녹지시설

-응급대피기능이 지정된 공공시설은 학교, (공설)운동장, 공공청사 등 3 종류임

-공원녹지시설은 도시우수 저감시설과 응급대피를 보조하기에 적합한 시설임

○리모델링 기술을 중심으로 한 응급대피시설 기술개발

-응급대피시설 조성기술은 신축보다는 기존 시설의 리모델링 기술에 해당

-당초의 고유기능(학교의 교육기능 등)을 훼손하지 않는 범위 내에서 기능을 갖추어야 하고, 또 시설의 중요도에 비해 사용빈도가 높지 않기 때문에 투자의 우선순위에서 불리함

3. 연구의 기본방향

○정책의 위계화와 활용편의화

-관련 법·규정 체계를 법률, 표준, 기준(성능기준, 시설기준), 가이드라인(편람)으로 위계화

-기술적 기준을 성능기준, 시설기준, 설계가이드라인으로 위계화 ('지침' 은 가이드라인에 포함되거나 동일 위계)

-표준은 사회적 필요성에 따라 기준을 향후 보완, 합의 과정을 거쳐 제정

-관리자, 이용자 주체가 용이하게 활용할 수 있도록 가이드라인의 세부적 구성항목을 지침 항목으로 정리하고 지침의 목록을 제시하여 한 눈에 색인, 활용할 수 있도록 함

○대피시설과 위기관리체계와 상호연계운영

-대피시설에 대한 규정을 국가 자연재해 위기관리규정과 연계운영하여 효율성 증대

-국가 재난예보·경보체계를 활용하여 주민의 자발적 대피를 유도하여 대피인원 축소시킴

-평상시 학교, 공원·녹지시설을 중심으로 지역사회가 대피계획을 자발적으로 수립유도

-이러한 지역 또는 국가적 체계와의 상호연계는 향후연구과제로 설정

○ 시험적용을 통한 검증

–기준 및 가이드라인의 검증을 위해 본 연구에서 수 회 시범적용 실시

–학교시설과 공원녹지 기술기준의 적합성 평가 및 설계 가이드라인을 인천시 서구지역 학교에 시험적용

–지역대피계획을 인천시 서구지역에 시험적용

–검증을 통한 문제점 도출 및 보완

<표 2.5.1> 본 연구에서 제시하는 법, 규정의 위계

위계	대피시설에 대한 기술규정		위기관리 운영규정	주체
	학교시설	공원·녹지시설	지역대피체계	
법률	• 「도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙」 • 「고등학교 이하 각급학교 설립. 운영규정」	• 「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」 • 「도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙」	• 「재난 및 안전관리 기본법」 • 「자연재해대책법」 • 「풍수해저감종합계획」	중앙정부
표준	(• 기준 중 향후 지정)	(• 기준 중 향후 지정)	(• 기준 중 향후 지정)	중앙정부 협회,단체
기준	• 대피학교 시설성능기준 • 대피학교 시설기준 • 대피학교 성능적합성 평가기준 • 물량산출 지침 • 일반시방서	• 방재공원 시설성능기준 • 방재공원 시설기준 • 방재공원 성능적합성 평가기준	• 지역대피인원 산정기준 • 대피로 선정기준 • 재난예보·경보체계구축계획 • 재난관리조직 • 기타 운영지침	중앙정부 지방정부
가이드라인	• 대피학교 설계 가이드라인 • 대피학교 성능적합성 평가표	• 방재공원 설계 가이드라인 • 방재공원 유형 평가표	(• 기준 중 향후 지정)	중앙정부 협회,단체
시범적용 및 도구	• 설계 가이드라인 사례적용 • 대피학교 평가사례 • 물량산출기준 사례적용 • 시방서 지침 사례적용	• 설계 가이드라인 사례적용 • 방재공원 평가사례 • 대피학교와 공원 연계 예시도	• 우수 시뮬레이션 프로그램 • 대피인원 산정에 GIS 활용 • 재해지도 시범작성 • 재난예보·경보체계 • 보험 등 사회제도 연계방안 • 자연재해 위기관리메뉴얼	중앙정부 지방정부 협회,단체

본 연구에서 제시하는 정책제안, 기준/가이드라인, 시범적용의 포지셔닝

제3장 학교시설 활용 도시방재력 강화연구

제1절 대피학교시설의 역할

1. 대피학교시설의 필요성 및 목적

○최근 우리사회는 태풍이나 홍수, 호우, 산사태 등에 의한 자연재난이 크게 증가하고 있으며 특히 전체 인구의 90% 이상[1]이 거주하고 있는 도시지역에서 대부분의 재난이 발생하고 있음 또한 자연재난으로 인한 피해 역시 도시민들에게 주로 발생하여 이에 대한 예방, 대응대책 마련이 중요하다고 볼 수 있음

<표 3.1.1> 최근 10년간 자연재난 유형별 피해액 현황(2003~2012)

(단위 : 천원)

연도	재산피해*		
	태풍	호우	합계
2003	5,671,794,373	234,259,111	5,906,053,484
2004	431,418,972	271,532,713	702,951,685
2005	171,296,431	435,388,878	606,685,309
2006	14,467,427	2,336,370,079	2,350,837,506
2007	194,370,640	52,549,388	246,920,028
2008	954,720	64,660,582	65,615,302
2009	0	284,329,639	284,329,639
2010	185,358,144	194,229,023	379,587,167
2011	219,828,048	531,270,162	751,098,210
2012	1,003,715,099	38,430,828	1,042,145,927
합계	6,889,488,755	4,404,589,575	11,294,078,330

*피해액은 2012년도 환산 가격기준임 출처 : 소방방재청 2012년 재해연보

○특히 우리나라는 해양성 기후, 대륙성 기후가 반복되며 특히 6~8월에 태풍이 연평균 2~3회 통과하고, 연중 강우량의 ⅔가 집중되고 있으며 전 국토의 70%이상이 산지인 지형적 특성으로 태풍·호우가 발생할 경우 빗물이 급속하게 하천과 저지대로 유입되어 홍수피해의 위험이 매우 높음[2]

○이러한 재해재난시에는 신속하게 국민의 안전을 도모할 수 있어야 하므로, 거주공간을 상실하거나, 긴급한 상황에 거주공간으로 귀가 할 수 없는 대피민을 대피시키고, 필요하다면 일정기간동안 거주할 수 있는 임시대피공간을 제공해야 함

○재해재난으로 인하여 대피민들이 거주공간을 상실하게 되면 대피시설로서 인지성, 편의성, 접근성, 다목적성을 갖춘 건물로 대피하는 것이 가장 적절하며 이에 해당하는 건물로는 주민센터, 학교, 관공서, 마을회관, 교회 등이 있으며 이들의 활용성은 우수함

○본 연구는 대피가능한 공공시설 중 학교시설의 도시 방재력 강화를 위한 제안임(공원녹지를 이용한 방재력 강화 방안 연구는 다음 장에서 기술함). 학교는 근린주구단위마다 배치하도록 하고 있어 쉽게 인지할 수 있으며 접근이 용이함

○재난관리는 예방단계, 대비 단계, 대응단계, 복구단계의 4단계로 구분되며 그 중 학교는 대응단계에 활용되고 그 활동들은 긴급구조, 구급의료지원, 청소 및 방역활동 실시, 비상급수 및 생필품보급을 보급하고 대피민 대책 및 대책본부를 구성하여 운영, 대피민 수용 및 구호물자 공급과 지자체 및 관계행정기관의 대응대책 조정 및 지원 등이 있음

○학교시설 중 양호실(보건실)은 응급시설로 사용할 수 있으며, 교무실과 방송실은 지휘통제실로 활용할 수 있고, 강당과 교실은 대피민을 수용하기에 적절하며 또한 운동장은 각종 재난에 다양한 용도로서 활용이 우수함

○또한 재해발생시 대피민의 일시적 거주를 위한 대피시설이 필요하며 대피시설 내에서는 대피민의 거주성과 보건성 등을 고려하여 실내용 임시주거시스템이 필요하다고 보여짐

○이러한 필요성에 비하여 현재 우리나라는 대피시설로서의 학교시설에 대한 연구 및 기준 등이 미흡함

○본 연구에서는 학교시설을 활용한 도시방재력 강화를 위해서 대피학교시설의 시설기준, 대피학교시설의 적합성평가기준, 설계지침 및 가이드라인 등의 연구를 진행함

1) UN 2009년 자료(통계청 국가통계포털에서 재인용)
2) 김걸 외3인, 도시재난 대비를 위한 도시방재계획, 대한국토도시계획학회 정보지, 2014년 7월 통권 제380호

2. 대피시설에 관한 지침 및 국내 · 외 기준

가. 응급대피시설[3]에 관한 국내 지침

○재해 발생 시 주민들을 대피시킬 장소를 지정할 때는 대피민수를 기준으로 지역여건을 고려하여 임시주거시설의 규모와 장소를 지정해야하며, 임시주거시설 및 대피장소 규모에 따라 대피민 수용계획을 수립하고 안내도 등을 작성하고 비치해야함[4]

○학교의 배치기준을 보면 초등학교가 2개의 근린주거구역단위에 1개의 비율로 설치되어야 하고, 재해 발생 시 「자연재해대책법」 등에 따라 대피소 기능을 하는 경우에는 주민의 일시적 체류를 위한 시설을 설치해야한다고 명시되어 있으므로 학교시설은 재해발생 시 주민의 대피를 위한 장소로 매우 중요함

※「도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙 제89조의 10항」에 의하며 "초등학교는 2개의 근린주거구역단위에 1개의 비율로, 중학교 및 고등학교는 3개의 근린주거구역단위에 1개의 비율로 배치할 것. 다만, 초등학교는 관할 교육장이 필요하다고 인정하여 요청하는 경우에는 2개의 근린주거구역단위에 1개의 비율보다 낮은 비율로 설치할 수 있다."

<표 3.1.2> 대피학교시설 기준

분류	학교시설의 기준	
학교위치	○지역별 인구밀도에 따라 적절한 배치간격 유지	
	○급경사지·저지대 등 재해발생의 우려가 있는 지역에는 설치하지 않음	
	○위생·교육·보안상 지장을 초래하는 곳에는 설치하지 않음	
	○교통이 빈번한 도로·철도 등이 관통하지 않는 곳에 설치	
	○일조·통풍 및 배수가 잘 되는 지역에 설치	
학교배치	초등학교	○2개의 근린주거단위마다 설치 (근린주거구역단위 미만인 경우 관할교육장 허가 필요)
	중·고등학교	○3개의 근린주거구역 단위에 1개 배치
주변과의 연계성	○초·중·고등학교는 보행자전용도로·자전거전용도로·공원 및 녹지축과 연계하여 설치	

<표 3.1.3> 대피성능 기준

학교	학교 인원에 따른 학교 기준 면적 산출
입지	교 사 : 안전·방음·환기·채광·소방·배수 및 학생의 통학에 지장이 없는 곳 체육장 : 배수가 잘되거나 배수시설을 갖춘 곳
*입지 외에도 교사(校舍)기준면적과 체육장 기준 면적 기준 제시	

3) 대피시설이란 위험, 피해를 입지 않도록 일시적으로 피하는 시설을 말한다. 응급대피시설이란 공공건물, 학교, 교회, 마을회관 등으로 수용이 용이하고 구조상 안전한 건물을 말한다. 「재해구호법」제4조에 의하면 임시주거시설은 재해로 주거시설을 상실하거나 주거가 사실상 불가능한 상황에 처한 대피민 또는 일시대피자의 구호를 위한 시설을 말한다.

4) 재해구호수립지침(소방방재청, 2012)

○소방안전본부에서 제시한 재해구호계획수립지침(2013)에서 「재해구호법」 제4조의 2에 의거하여 공공건물, 학교, 교회, 마을회관 등 수용이 용이하고 구조상 안전한 건물을 지정하고 있으며 대피시설에 대한 세부 기준은 다음 <표 3.1.4>임

<표 3.1.4> 시설에 대한 세부 기준

기준지침	구분	세부 기준
재해구호계획수립지침	위생시설	○화장실, 간이목욕실 설치
	급배수	○급수시설 설치 및 급수차량 운영
	환 기	○생활 환경을 양호하게 유지하기 위한 환기 / 통풍 설비
	조 명	○생활 환경을 양호하게 유지하기 위한 조명 설비
	난 방	○24시간 적절한 실내온도 17도 유지 ○벽면, 천정 및 바람을 단열 및 보온처리 ○적절한 통풍유지 / 화재예방 완비
	대피소 지정기준	○최근 10년 기준 수용시설규모 / 장소 지정

나. 응급대피시설에 관한 국외 기준

○UNHCR, FEMA361 및 아이치현 대피소 운영 매뉴얼 그리고 동경조례에서 제시한 응급대피시설에 대한 내용은 다음 <표3.1.5>, <표3.1.6>, <표3.1.7>임

<표 3.1.5> UNHCR 응급대피시설기준

기준지침	구분	세부 기준
UNHCR	위생시설	○화장실 : 20명 수용 / 1개 화장실 ○샤워시설 : 50명 / 1개 샤워시설 ○공동 취사시설 : 약 500명 / 100㎡(공동 주방시설) ○쓰레기 처리시설 : 거주공간과의 거리(100m이내) / 개수(80명/개)
	급배수	○하루 당 최소 7리터 / 1인
	조명	○적절한 조명 설치
	난방	○추운기후 지역의 경우, 지속적으로 난방 ○히터 공급시 화재예방 ○지붕, 벽, 바닥의 단열이 필요 ○대피소 내부 쾌적한 온도(15~19℃) ○충분한 담요 / 매트리스 / 플라스틱 시트의 공급
	대피소 지정기준	○막사, 공동 텐트 등 임시캠프, 공공시설을 지정

A Handy Guide to UNHCR Emergency Standards and Indicators, 2007

<표 3.1.6> 미국 연방재난관리청 응급대피시설기준

기준지침	구분	세부 기준
FEMA 361	위생시설	◦토네이도 : 2개의 화장실 권장 ◦허리케인 : 2개 화장실, 1개 화장실은 최소 75명 수용 ◦전력, 물 공급, 오폐수 처리 기능 ◦기준에 적합한 화장실 설치 또는 외부공중화장실 설치
	환기	◦단일용도 : 15ft^3/인(0.42㎥/인), 자연환기(1/200이 외부로 오픈) ◦다용도 : 기계환기시스템
	조명	◦비상 조명을 설치, 배터리 구동시스템 권장 ◦보조 발전기 권장 ◦토네이도 시 비상전력은 조명으로 사용 ◦허리케인 시 비상전력은 조명/ 환기로 사용
	대피소 지정기준	◦거주 대피소

Design and Construction Guidance and Considerations for Large Community Storm Shelters and Safe Rooms, 2008

<표 3.1.7> 일본 아이치현 대피소 운영 매뉴얼 및 동경 조례

기준지침	구분	세부 기준
愛知県避難所運営マニュアル*	위생시설	◦화장실 : 100명/개 설치, 시각장애인을 위해 화장실 위치 안내, 단수 시 풀장 등의 물로 급수 ◦목욕탕 : 지역의 공중탕을 이용 혹은 가설목욕탕 설치 권장 ◦세탁/건조 : 세탁 빨래 건조대 공간을 확보 ◦쓰레기 처리 : 일반쓰레기, 화장실 쓰레기처리장소 지정
	조명	◦복도는 점등상태를 유지하고, 채육관 등은 조도 감소 ◦발전기나 조명 기기 등을 설치해, 야간의 조명을 실시
	난방기준	◦동계에 재해발생 시 난방설비 설치
東京都 条例**	대피소 지정기준	◦일시집합장소 : 학교 운동장, 공원, 절·신사 등 ◦광역피난장소 : 큰 공원이나 광장 등 ◦대피소 : 학교, 공민관 등

愛知県避難所運営マニュアル, 2005 및 東京都 条例, 2011

다. 국외 임시주거시설 기준

◦UN, 일본 그리고 미국에서 제시한 임시주거시설에 대한 내용은<표3.1.8>, <표3.1.9>, <표3.1.10>임

<표 3.1.8> 임시주거시설 국외사례-1 : UN

국가		UN
임시주거 공간 분류	분산된 난민촌이나 위탁가정	기존 거주지나 근처에 마련된 임시수용공간을 사용
	대규모의 대피소	공공건물과 커뮤니티 시설
	자연발생적 캠프	대피민의 긴급한 요구를 충족시키기 위해 적합한 계획 없이 자발적으로 형성되는 임시주거시설
	계획된 캠프	목적을 위해 세워진 대지에 가능한 의미로서 난민 수용 및 최대한 서비스를 제공

UNHCR(Office of the United Nations High Commissioner for Refugees) : Handbook for Emergencies, 2007

<표 3.1.9> 임시주거시설 국외사례-2 : 일본

국가			일본
대피소 유형	거주기능이 없는 대피소	일시집합장소	학교 운동장, 공원, 절·신사, 등 대피소나 피난장소로 이동전에 대피민을 포함한 근처 사람들이 일시적으로 모여서 상황을 살피는 장소
		광역피난장소	재해로부터 몸을 보호하기 위해, 피난하는 넓은 장소로서 큰 공원이나 광장 등을 지정
	거주기능이 포함된 대피소(피난처)		재해로 집이 파손되어 기본 인프라시설이 끊겨 자택 생활이 불가능한 대피민을 일시적으로 수용하여 보호하는 시설로서 학교, 공민관 등이 사용되며, 이는 재해 대책관련 정보제공이나 식량 배급, 응급 처치의 거점이 됨

지역규모에 따라 근린차원, 커뮤니티 차원, 지역차원으로 구분됨
근린차원 지침 : 愛知県避難所運営マニュアル(아이치현 대피소 운영 매뉴얼), 2005
커뮤니티 차원 지침 : 東京都 条例(동경도 조례), 2000
지역차원 지침 : 지방자치단체가 주관하여 대피소의 배치, 계획 등을 규정

<표 3.1.10> 임시주거시설 국외사례-3 : 미국

국가		미국
응급 대피 공간 유형	응급대피소	◦재해 시작 직후 대피
	임시대피소	◦재해 시작 직후 대피공간이나 거주기능을 가지는 장소
공간 크기에 따라 대피소 구분	가구차원	◦최소 거주 가이드, 재해발생 다발지역에 안전실(safe room), 토네이도 및 허리케인과 같은 재해 방지하기 위한 건축기준을 제시/FEMA 320(FEMA, 1998)
	근린차원	◦재해 구조 및 구제기간 동안 임시 피난이 가능할 수 있는 장소 제공, 공원이나 광장 등을 사용
	대피지역	◦재해로 인해 주택 파괴 또는 소실된 사람들의 주거 재건 동안 제공하는 장소(이동주거) 제공/FEMA 361(FEMA, 2000)
	지역차원	◦일부 커뮤니티로 구성되는 지역의 커뮤니티 차원 거주 계획으로서 다른 거주 대피소 사이의 관계에 초점을 둠, 지방자치단체 및 정부가 개발하며 대피소로서 초·중학교의 계획

FEMA 320 : Taking shelter From the Storm: Building a Safe Room for Your Home or Small Business, 2008
FEMA 361 : Design and Construction Guidance and Considerations for Large Community Storm Shelters and Safe Rooms, 2008

3. 대피학교시설 계획 연구의 방법론과 구성

가. 연구의 방법론

○본 연구에서 제시하는 학교시설을 활용한 도시방재력 강화를 위한 연구의 방법론은 다음과 같은 과정을 거친 실증연구임

○기준 설정

-도시방재력 요소들 중 본 연구에서는 학교시설을 이용한 대피시설의 시설기준과 선정을 위한 평가기준을 제시함

-기성 시가지 내 기존 대피학교시설 시설에 평가기준을 적용한 리모델링 기준을 제시

○검증 및 보완

-대상지역 내 대피학교을 선정하여 제시한 위 기준을 적용함으로써 기준의 타당성에 대하여 검증, 보완함

-대피학교시설과 공원녹지 시설과의 연계성을 사례적용 검증, 보완함

-지역단위 대피계획의 기초로 활용하고, 리모델링 사업에 따른 경제성 분석을 지역단위로 실시함

○향후과제

-기타 자연재해(지진, 폭염 등)에 대한 대피시설 계획은 향후 과제로 설정함

나. 연구내용의 구성

○위 기본방향에 따라 본 연구에서 제시하는 연구결과물은 다음과 같이 구성됨

○대피학교시설의 현장실태조사 및 분석

-인천광역시 서구에 위치한 대피시설로 지정된 학교시설의 시설현황을 파악하고 이를 종합분석하여 시설적 문제점을 도출함

-대피학교시설의 적합성평가 및 설계지침(안)을 위한 기초자료로 활용함

○대피학교시설의 시설기준 제시

-「도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙」제89조 15호,16호(2015.4.27. 일부개정)에 의거하여 시설기준을 제시함

-시설기준의 항목은 입지 및 배치, 외부공간, 내부공간, 구조 및 설비, 수용인원산정에 관한 기준, 대피학교시설의 사인시스템, 대피학교시설의 복합화로 구분하여 제시함

-대피학교시설의 성능기준은 안전성, 접근성, 보건성, 거주성, 가변성 및 응급성으로 성능유형을 구분하여 정량적, 정성적 기준항목을 제시함

○대피학교시설의 적합성평가기준 제시

-적합성평가를 통해 대피시설로 지정된 학교시설에 대한 적합성평가와 유형구분을 위한 기준을 제시함

-대피학교시설의 유형을 거점형대피학교(방재특화형, 일반형)와 분산형대피학교로 구분하는 유형평가기준을 제시함

-대상지역(인천광역시 서구)에서 침수범위를 벗어난 지역에 소재한 대피학교시설에 대해서 적합성 평가를 통해 대피학교시설 목적에 적합한 리모델링 대상학교를 선정함

○설계자, 운영자 등을 위한 설계지침 및 설계가이드라인 제시

-대피학교시설의 설계자, 운영자, 행정담당자 등이 용이하게 참고할 수 있도록 설계 가이드라인의 구성요소들을 설계지침으로 정리함

-설계지침은 설계 가이드라인의 구성방식을 따르되 시설기준의 하위체계로 설정함

○대피학교시설의 리모델링 설계

-적합성평가를 통해 선정된 학교시설에 대피학교시설의 설계가이드라인을 적용하여 개선된 대피학교시설의 리모델링 설계안을 제시함

-거점형대피학교와 분산형대피학교의 리모델링 설계안을 제시하되, 거점형대피학교에 대한 세부유형별 프로토타입 리모델링 설계안을 작성 후 설계가이드라인의 타당성에 대한 검증, 보완을 실시함

○임시주거용 시스템 칸막이 제안 및 적용

-이재민들에게 대피학교시설에서의 좀 더 쾌적한 거주환경을 제공하기 위해 실내에서 사용 가능한 임시주거시설 개발함

-운반성, 시공성, 모듈성 등을 향상시켜 임시주거용 시스템 칸막이를 제시하고 이를 리모델링 설계(안)을 제시한 대피학교시설에 적용함

4. 대피시설의 계획방향

가. 도시공간측면

(1) 입지 · 배치

○「도시 · 군계획시설의 결정 · 구조 및 설치기준에 관한규칙」에 의하면 학교는 급경사지, 저지대 등 재해발생 우려지역은 제외하고 배수가 잘되는 곳에 입지하도록 되어 있고, 초등학교는 근린주구단위마다 배치하거나 중 · 고등학교는 2개의 근린주거구역단위마다 배치하도록 되어 있음

○근린주구의 규모를 약 4,000~5,000명이라 할 경우 이것은「UNHCR의 방재지침」에 제시하고 있는 학교 한 개당 수용가능 한 인원과 유사하지만[5] 근린주구 단위계획이 명확하지 않은 기존도시들의 경우 근린주구의 규모가 이보다 큰 경우에는 수용가능 인원에 따른 피난대피공간의 입지와 배치 등을 확인할 필요가 있을 것으로 보임

○또한 상습침수지역 등 재해발생지역에는 학교시설을 입지하지 않도록 하거나 이에 대한 대비책이 필요함

(2) 이동거리

○「재해지도작성기준 등에 관한 지침」에 의하면 보행거리로 1km이내에 피난시설을 설치하도록 되어 있고 근린주구마다 학교시설을 분산 배치할 경우 어느 정도 조건을 만족한다고 할 수 있음

○따라서 학교를 대피장소로 활용할 경우,「도시 · 군계획시설의 결정 · 구조 및 설치기준에 관한 규칙」에서 제시하고 있는 근린단위로 학교를 조성해야 한다는 기준을 만족할 것으로 보임

○본 연구에서는 위에 제시된 지침과 규칙을 기초로 대피학교의 배치를 설정하되, 대피로 및 대피시설의 적정위치에 관련된 연구와 대상지역(서구)의 특성을 고려하여 대피민 이동거리의 적정성에 대한 세부 검토를 수행함

(3) 주변토지이용/연계측면

○「도시 · 군계획시설의 결정 · 구조 및 설치기준에 관한규칙」에서 제시하고 있는 바와 같이 보행자전용도로 · 자전거전용도로 · 공원 및 녹지축과 연계하여 설치하도록 되어 있고, 저류시설을 설치함으로써 학교주변지역이 통합적인 방재저류체계를 갖추도록 하는 것이 필요함

5) 근린주구론을 처음 제안한 C.A.Perry의 경우 1,200세대로 제안했으며, 한국의 도시계획시설의결정구조및설치기준에관한규칙에서는 2,000~3,000세대당 1개 근린주구 단위로 초등학교 설치기준으로 하고 있고 지속가능한신도시계획기준(2004, 국토해양부)에서는 시도교육청과 협의하도록 되어 있고 최근 계획된 분당신도시나 세종시의 경우 초등학교 2, 중학교 1, 고등학교 1개소가 포함되는 생활권의 경우 약 2,500~5,000세대로 생활권 반경이 400~700m에 해당된다.(권영상, 2011, 우리나라 신도시 계획에서 생활권 공간구조의 변화, 국토계획 제46권 2호, pp.193~210) 따라서 이러한 기준을 볼 때, 학교시설을 피난대피장소로 사용하는데 있어서 거리기준은 만족하는 것으로 볼 수 있다.

나. 외부공간측면

(1) 운동장

○폭우발생시 그 자체를 저류공간으로 활용하거나 하부에 저류조와 같은 별도의 시설을 설치하는 방안도 있지만 운동장을 적극적인 저류공간으로 활용할 경우 대피시설의 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 수심이 너무 깊어지지 않게 약 30cm정도로 계획할 수 있을 것으로 보임

○넓은 공간을 확보하기 때문에「UNHCR의 방재지침」에 따른 헬기 등을 통한 물품인도장소 혹은 지역생활권의 물품배부센터로도 활용될 수 있을 것으로 보임

(2) 대피동선

○대피시에 동선에 문제가 없도록 학교 외부에서 학교로 진입하는 보행자도로, 자전거도로, 녹지축 등을 계획할 때, 학교가 방재시설로 이용 시, 이를 적용하여 대피 동선에 방해되지 않는 녹지 · 공원의 배치가 고려되어야함

○학교 주변의 보행자도로가 학교시설 내의 보행체계와 연계되어 피난대피장소로 원활하게 이동할 수 있도록 하는 계획방향도 필요할 것으로 보임.

(3) 외부공간에 조성되는 공간

○외부공간에 조성되는 공간들은 되도록 투수성 재료로 마감할 필요가 있으며, 예를 들어 학교 내 보행공간, 주차장 등의 마감을 할 때, 투수재료로 마감할 수 있도록 지침화하는 것이 필요할 것으로 보임

○주변도로, 지붕 등에서 흘러내리는 우수가 빠르게 저류, 배수체계로 모일 수 있도록 하는 계획도 필요할 것으로 보임

○운동장녹화, 학교 숲 조성 등과 같은 공간은 홍수 시 저류기능을 담당하는 것뿐만 아니라, 폭염 등에도 효과적일 것으로 보임

다. 내부공간측면

(1) 강당 · 체육관

○일반적으로 재해가 발생하였을 때, 대피시설로 활용되어 왔으나 적정한 대피환경을 조성하기 위한 기준인 소방방재청의 「재해구호계획 수립지침」과 해외 UNHCR "A Handy Guide to UNHCR Emergency Standards and Indicators"을 적용하였을 때, 1인당 3.3~3.5㎡정도의 면적이 필요함

○실제 지자체들이 제시하고 있는 대피계획에 의하면 실제 대피공간의 면적을 고려하지 않고 1인당 소요바닥면적 3.3㎡로 환산 적용하도록 수정 보완될 필요가 있을 것으로 보임

○따라서 적정한 환경을 제공하면서 전염병과 같은 2차 피해를 막기 위해서는 현

재 지자체의 대피계획에서 제시하고 있는 수용대피인구계획을 조정하거나 일반교실까지 활용할 필요가 있을 것으로 보임

(2) 일반교실

○일반적으로 책걸상이 있기 때문에 적당한 수납공간을 조성하고 나머지 공간을 대피공간으로 활용하는 방안이 가능할 것으로 보임

○특히, 재해발생 시 부상을 당했거나 질병이 발생하였을 경우 적절하게 공간을 구획을 하여 응급진료장소로서의 환경을 제공할 필요할 수 있으며 이 경우 교실을 구획하여 활용하는 방안도 제안될 수 있을 것으로 분석됨

○폭우에 대한 도시재해는 대개 하절기 방학기간에 발생하기 때문에 학교시설을 대피시설로 활용할 수는 있으나, 방학기간이 아닐 경우 학생들의 수업 등을 고려하여 임시대피시설로 규정하여 일시적, 단기적 수용을 할 필요가 있을 것으로 보임

○최근 도심부 학교들의 경우 학생수가 줄어들면서 유휴교실들이 생겨나고 있는바, 이러한 유휴교실을 이러한 대피시설로 활용하는 방안이 필요할 것으로 분석됨

(3) 양호실 · 교무실 · 방송실 · 행정실

○방송실, 행정실, 교무실 등의 경우「재해구호계획수립지침」에 필요할 경우 방재센터 기능을 수행하면서 지역의 구호물자 배분이나 복구거점 센터 등으로 활용될 수 있을 것으로 분석되었음

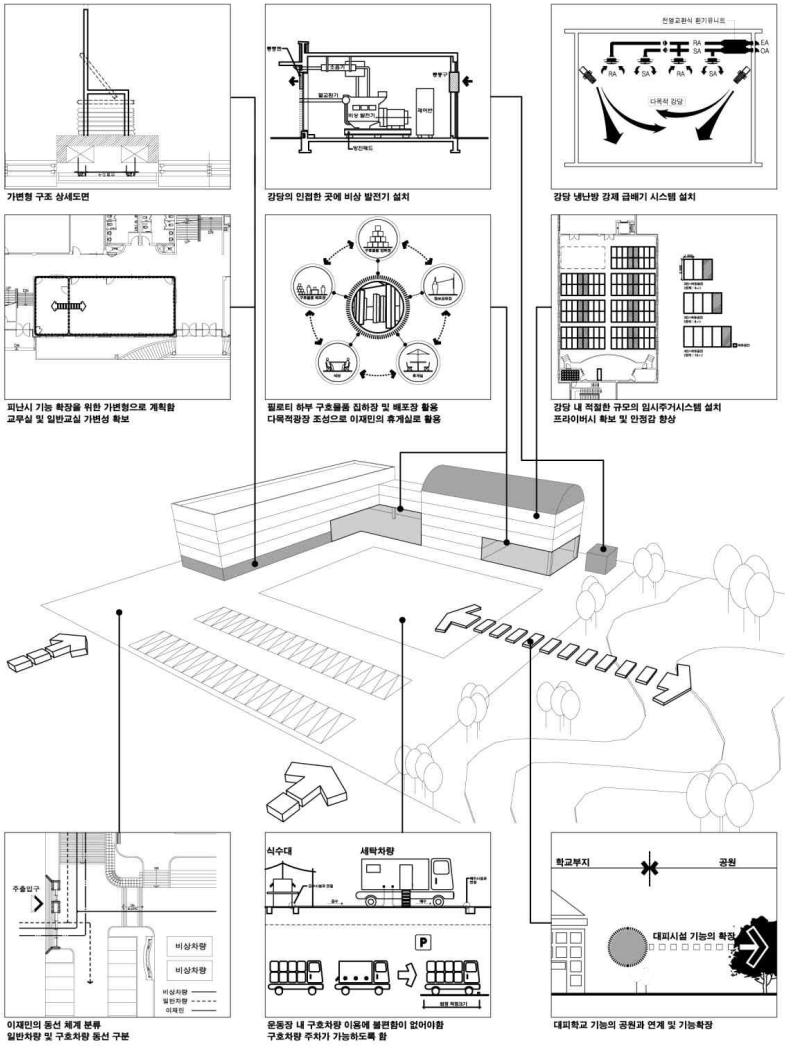
(4) 기타 공간

○해외사례의 경우처럼 반 옥외 지하광장을 설치하거나 재해 시 방재대책본부로 활용할 수 있는 미팅 룸, 다목적 화장실이나 탈의실을 설치하는 것도 필요할 것으로 보임

○실내 체육관의 경우 유사시를 위한 난방시설을 설치한다거나 교장실, 교무실, 어린이 놀이터 등에 외부에서 혹은 기타 지역에서 출입을 확인하기 쉬운 장소에 설치하는 계획도 필요할 것으로 보임

라. 대피학교시설의 공간별 기능 다이어그램

○대피학교시설의 도시공간적측면, 외부공간, 내부공간의 계획방향을 종합한 다이어그램은 다음 <그림 3.1.1>과 같음



<그림 3.1.1> 대피학교시설의 공간별 기능 다이어그램

제2절 대피학교시설의 현장실태조사 및 분석

1. 실태조사의 목적

학교시설 관련 법규와 방재관련 지침 등을 조사하여 학교시설을 대피시설로 사용하기 위한 기본적인 성능을 파악 후 현장실태조사를 실시

○ 학교시설의 종합분석을 통한 문제점 도출

○ 적합성평가를 위한 실태조사

○ 설계가이드라인 개발을 위한 시설분석

○ 대피시설로 지정된 학교의 수용인원에 따른 1인당 소요바닥면적 검토

2. 대피시설로 지정된 학교의 실태조사

가. 실태조사의 범위

○ 실태조사의 범위는 인천광역시 서구를 중심으로 하였으며 서구에 위치한 초·중학교의 수는 총 56개이고 그 중 대피시설로 지정된 학교는 28개임

○ 조사대상 학교의 수는 총 13개 학교로 2차년도 11개 학교시설 조사 이후 3차년도에 2개 학교시설을 추가 조사하였음



<그림 3.2.1> 인천광역시 서구의 학교시설 분포도

나. 인천광역시 서구 대피학교시설 지정 현황

○ 인천광역시 서구에 대피학교시설로 지정되어 있는 학교시설은 총 28개 학교로서 <표3.2.1>임

<표 3.2.1> 인천광역시 서구의 대피학교시설 지정 현황

	학교명	학교위치		학교명	학교위치
1	가석초등학교	서달로 174	15	봉수초등학교	봉수새싹 1길9
2	가정여자중학교	고래울로 28번길13	16	봉화초등학교	건지로 250번길43
3	가정초등학교	장고개로 336-1	17	불로중학교	고산후로 363
4	가좌중학교	건지로 334번길31	18	불로초등학교	검단로 744번1길50
5	가좌초등학교	장고개로 309번길5	19	서곶중학교	대평로 56번길22
6	가현초등학교	염곡로 417	20	서곶초등학교	대평로 56번길9
7	간재울초등학교	승학로 433	21	석남서초등학교	건지로 249번길6
8	건지초등학교	건지로 318번길39	22	석남초등학교	서달로 130번길4
9	검암초등학교	승학로 599번길45	23	신석초등학교	새오개로 9
10	금곡초등학교	완정로 228번길19	24	신현북초등학교	원창로 147
11	단봉초등학교	단봉로 122	25	신현초등학교	율도로 77번길1
12	동인천여자중학교	여우재로 112번길13	26	심곡초등학교	심곡로 114
13	백석중학교	서곶로 695	27	창신초등학교	고산후로 161번길10
14	백석초등학교	아라로 51번길78	28	천마초등학교	서달로 58-5

(자료: 인천광역시 소방안전본부 지정)

다. 실태조사 대상학교 선정

○ 인천광역시 서구에서 홍수로 인한 침수가 발생된 지역은 가좌동과 연희동이었으며 이 지역을 중심으로 침수로부터 안전한 장소 및 인접하고 있는 석남동, 신현동에 위치한 대피학교시설을 중심으로 실태조사를 실시함

○ 기존 학교와 최근 신축된 학교의 대피성능을 비교하기 위해서 3년 이내에 신축한 학교시설 2개에 대해서도 조사를 실시함

○ 조사대상 학교는 대피시설로 지정된 28개 학교 중 11개 학교와 대피시설로 지정되지는 않았지만 최근 신축된 2개 학교로 총 13개 학교이며 <표3.2.2>와 같음

<표 3.2.2> 실태조사 선정 학교

	학교명	학교위치		학교명	학교위치
1	가정여자중학교	고래울로 28번길13	8	신석초등학교	새오개로 9
2	가좌중학교	건지로 334번길31	9	석남서초등학교	건지로 249번길6
3	가좌초등학교	장고개로 309번길5	10	석남초등학교	서달로 130번길4
4	가현초등학교	염곡로 417	11	신현북초등학교	원창로 147
5	건지초등학교	건지로 318번길39	12	청일초등학교	크리스탈로 46
6	봉화초등학교	건지로 250번길43	13	해원초등학교	사파이어로 158
7	서곶중학교	대평로 56번길22	-	-	-

※ 색칠된 두 개의 학교시설은 3차년도에 추가로 실태조사한 학교임

라. 조사대상학교의 수용인원 분석

○실태조사대상 학교에 대하여 인천광역시 소방안전본부에서 지정한 각 대피시설 별 수용인원을 강당면적 대비 수용인원의 1인당 소요면적 분석 결과는 다음 <표 3.2.3>와 같음

<표 3.2.3> 조사대상학교의 강당면적과 수용인원 현황

학교	강당유뮤	강당 면적(㎡)	수용인원(명)*	1인당 강당 소요면적**
가정여자중학교	유	435	160	2.71
가좌중학교	유	450	55	8.18
가좌초등학교	유	511	110	4.64
가현초등학교	유	130	120	1.08
건지초등학교	유	260	200	1.30
봉화초등학교	유	402	200	2.01
서곶중학교	유	533	500	1.07
신석초등학교	유	570	200	2.85
석남서초등학교	유	504	300	1.68
석남초등학교	유	372	160	2.32
신현북초등학교	무	-	200	-
청일초등학교	유	560	-	-
해원초등학교	유	588	-	-

*소방방재청에서 지정한 대피민 수용시설 현황
**강당면적을 수용인원으로 나누어 1인당 강당의 소요 면적계산
※ 색칠된 두 개의 학교시설은 3차년도에 추가로 실태조사한 학교임

마. 조사대상학교의 현장실태조사 결과

○인천광역시 서구를 중심으로 조사대상으로 선정된 13개 학교시설의 조사결과는 다음 <표 3.2.4>와 같음

○각 학교별 자세한 조사결과는 <부록 5> 참조

<표 3.2.4> 현장실태조사 결과

구분			신현북초	가정여중	가좌중	가좌초	가현초	건지초	봉화초	서곶중	신석초	석남서초	석남초	청일초	해원초
입지		표고(m)	10.1 ~ 16.1	7.4 ~ 8.0	15.2 ~ 17.2	13 ~ 16.2	15 ~ 15	16.3 ~ 19.9	9.7 ~ 10	20 ~ 22	12 ~ 14	5.1 ~ 5.1	30.3 ~ 36.7	5.7 ~ 7.4	5.95 ~ 7.0
시설개요		구조형식	철근콘크리트조												
외부공간	운동장	운동장 규모(㎡)	4,739	6,245	6,410	4,870	2,613	5,600	3,300	6,089	5,329	3,615	5,100	2,272	2,409
		운동장 재료	마사토깔기	인조잔디	마사토깔기							인조잔디	마사토깔기		
내부공간	강당	유형	강당 없음	분리	분리	분리	일체	일체	일체	분리	분리	분리	일체	일체	일체
		규모(㎡)		540	698.5	511.2	130*	260*	522.4	843.5	742.7	817.2	372.7	677	845.4
		냉·난방 유무**		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		구조형식		철근콘크리트조											
		화장실 유무		X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
		샤워실 유무		X	O	O	X	X	X	O	O	O	X	O	O
	일반교실	교실수	36	17	22	31	22	25	23	33	27	30	37	43	48
	교무실	규모(㎡)	65	63.6	60	62.3	65	60	61.5	67.5	67.5	67.5	132	55.8	81.7
		통제기기 유무	X	O	O	X	X	X	O	O	X	X	O	O	O
	방송실	통신·정보시설 유무	O	O	O	O	O	X	O	O	O	O	O	O	O
	양호실	병상 수	3개	3개	3개	4개	4개	4개	4개	3개	4개	4개	4개	4개	4개
		구호약품	구급환자만 응급치료 가능												
장애인 편의시설 유무			O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
기타		구호물품	-	구령대하부, 강당 내 창고		-	구령대하부, 강당 내 창고	구령대하부	구령대하부, 별관지하창고	강당 창고	강당 창고	구령대하부	구령대하부, 지하실	-	-

*다목적실을 강당으로 사용하고 있음
**모든 학교시설에서 간단한 냉난방시설은 설치되어 있었으나 대피학교 지정에 필요한 수준에 대한 고려가 불충분함
※ 색칠된 두 개의 학교시설은 3차년도에 추가로 실태조사한 학교임

라. 현장실태조사의 종합

○위 <표 3.2.5>와 같이 인천광역시 서구에 위치하고 있는 대피시설 중 학교시설 11곳과 청라국제도시에 신축된 학교 2곳의 실태조사를 종합한 결과는 다음과 같음

<표 3.2.5> 현장실태조사의 종합

구 분		내 용
입지 및 배치		○접근성 측면에서 대부분 학교시설의 출입구 및 인접도로는 최소 2개 이상으로 조사되었지만 출입구에서 강당으로 연결되는 보행자 동선이 차량 동선과 혼재됨 ○대피시설로 지정된 학교간의 거리가 불규칙함 ○표고는 최저 5.1m에서 최고 36.7m이며 평균 10~20m사이에 분포함
외부 공간	운동장	○운동장 면적은 2,613㎡에서 6,410㎡까지 다양하며 마감재료는 84%가 마사토이며 16%가 인조잔디로 구성됨 ○청라국제도시에 신축된 학교의 경우 기존 학교시설보다 운동장 면적이 작게 나타남
	기타	○장애인편의시설의 경우 일부 학교시설에서 본관과 강당의 입구에 경사로 및 엘리베이터가 설치되어있어 장애인의 접근성이 용이함 ○재해발생시 구호물품을 저장할 수 있는 공간(창고 등)이 부족 ○일부 학교시설의 주차장 협소 및 비상차량주차 공간이 부족함
내부 공간	강당	○강당의 위치는 본관과 일체형이 60%, 분리형이 40%로 일체형이 비교적 많았음 ○강당 내에는 기계식 냉·난방설비가 설치되어 있지만 동하절기 학생활동에 적합한 실내환경 수준 미흡 ○가현초등학교의 경우 다목적실을 계획하여 강당으로 사용하고 있음 ○내부에 화장실이 설치된 경우는 90%이상이지만 샤워시설은 27%정도만 설치되어 미흡함 ○인천광역시 소방안전본부에서 지정한 대다수의 대피학교시설에서 대피민의 1인당 소요바닥면적에 비해서 규모가 작거나 강당이 없었음
	일반 교실	○교실에는 책걸상과 사물함이 설치되어 있으므로 일반교실을 다목적공간으로 활용할 경우 물품보관을 위한 공간을 고려할 필요가 있음 ○강당이 없는 학교도 있으므로 일반교실을 활용하는 방안이 고려되어야 할 필요가 있음
	교무실	○대피민 통제를 위한 통제기기를 갖추고 있지 않은 학교가 6곳으로 조사됨
	방송실	○대부분의 학교시설에는 정보·통신시설이 잘 갖춰져 있음
	양호실	○병상 수는 평균 3~4개 정도 보유하고 있음 ○신축된 학교의 경우 운동장에서 양호실로 직접 통하는 문이 설치되어 있어 환자의 접근성이 유리하였음 ○구급환자의 응급치료가 가능할 정도의 구호약품을 보유하고 있음 ○대부분 1층에 위치하고 있어 구급차량의 접근이 용이함
구조 및 설비		○구조는 본관과 강당 대부분 철근콘크리트조로 구성되며 본관과 일체형 강당의 지붕은 철골구조로 구성됨

3. 대피시설로 사용된 당시의 학교시설 실태조사

가. 경의초등학교의 개요

○2015년 1월 10일 의정부 화재사건으로 인해 대피시설로 사용된 당시의 경의초등학교를 실태조사 하였음

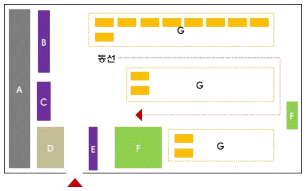
<표 3.2.6> 경의초등학교의 개요

구 분	내 용	구 분	내 용
위 치	경기도 의정부시 경의로 135	구조형식	철근콘크리트구조
대지면적	16,407㎡	층 수	본관 및 별관 3층, 강당 별채 1층
강당면적	676㎡	대피시설지정여부	○ (수용인원50명)
주변현황	○200m 이내 지구대 및 주민센터 위치 ○500m 이내 의정부역 위치		

나. 내부 · 외부공간의 실태조사

○경의초등학교의 외부공간과 내부공간에 대한 현황은 다음 <표 3.2.7>과 같음

<표 3.2.7> 실태조사 결과

구분	위치도	내 용	
외부 공간		A	가설화장실 및 샤워실이 각각 1개소 설치
		B	세탁차량, 구호물자보관소, 음식조리소 및 식당, 자원봉사자 대기실 설치
		C	임시발전차량, 이동급식 및 급수차량 설치
내부 공간		A	강당무대
		B	인터넷검색대, 심리 및 응급환자치료공간
		C	복구상황안내용 스크린
		D	지휘통제본부
		E	경찰 및 대피민접수처
		F	주민 휴게공간
		G	주민 거주공간(텐트설치)

다. 내부 · 외부공간의 실태조사

○경의초등학교를 입지 및 배치, 외부공간, 내부공간으로 구분하여 분석한 결과는 다음 <표 3.2.8>과 같음

<표 3.2.8> 경의초등학교 실태조사 종합

구 분		내 용
입지 및 배치		○세 개의 출입구가 있어 학교 강당까지의 접근성은 양호하였지만 학교 출입구와 인접한 곳에 버스정류장이 부재하였음 ○차량의 통행이 가능한 출입구가 한 곳 뿐이라서 강당과 출입구 사이에 구호차량 및 물품들이 집중되어 있었음
외부공간	운동장	○강당까지의 구호차량의 동선 및 주차공간이 비교적 양호한 편임 ○주차장으로 사용하고 있어 혼잡하고 보행자와의 추돌위험이 있었음 ○바닥마감재인 마사토가 겨울철 내렸던 눈에 의해서 질퍽해져 보행자 이동이 불편했음 ○가설화장실 및 샤워실이 설치되었으나 강당에서의 동선이 불편하였음
	기타	○임시발전차량, 이동식급식차량 등의 구호차량이 지원되어 주차하고 있어 복잡하였음
내부공간	강당	○심리 및 응급환자치료 공간이 계획되어 있었지만 격리환자에 대한 대응이 어려웠음 ○주민을 위한 휴게공간이 계획되었으나 보행자 통로와 겹쳐 내부에서 이동에 불편하였음 ○주민을 위한 임시거주공간에 텐트를 설치하였으나 성인이 사용하기에 비좁았으며 대피민의 물품을 보관하기에 좁았음 ○설치된 텐트의 천장고가 낮아서 거주용으로 장시간 사용하기에는 매우 불편할 것으로 보였음 ○텐트 안의 공간이 비좁아 개인물품 및 구호물품 적재공간이 절대적으로 부족해 보였음 ○강당 입구에 방풍실 제작 및 온풍기를 설치하여 겨울철 실내온도 유지를 하였음

제3절 대피학교시설의 성능기준

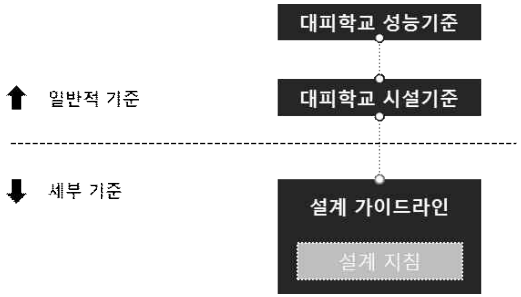
1. 대피학교시설의 성능기준 제시의 목적

○「도시 · 군계획시설의 결정 · 구조 및 설치기준에 관한 규칙」제89조 15호,16호(2015.4.27. 일부개정)에 의거한 기준을 제시함

○기성시가지 내 기존 대피학교 시설에 입지 및 배치, 외부공간, 내부공간, 구조 및 설비, 수용인원산정, 대피학교시설 사인시스템, 대피학교시설의 복합화로 항목을 구분하여 성능기준제시

○성능기준을 바탕으로 대피학교시설의 적합성평가기준 및 설계가이드라인을 제시함

○대피학교시설의 성능유형을 안전성, 접근성, 보건성, 거주성, 가변성 및 응급성으로 구분하여 이에 따른 정량적, 정성적 항목 제시함



<그림 3.3.1> 대피학교시설의 기준체계도

3. 대피학교시설의 성능기준

○성능유형별 시설기준 내용, 물리적 시설기준항목(정량적), 운영 및 생활 기준항목(정성적)을 제시하고 이에 따른 소요시설 및 관련 운영체계를 제시함

<표 3.3.1> 대피학교시설의 성능별 시설기준 목록

성능유형	성능유형별 시설기준 내용	물리적 (정량적) 시설기준항목	운영 및 생활 (정성적) 시설기준항목	소요시설 및 관련운용체계
안전성	•지역구호체계와 연결용이성	•대피시설의 구조적 안전성 기준	•지휘체계 조기확보기준 •구호비축물품	•도시: 입지 •운용: 지역방재체계

	•치안통제의 응급확보성 •구호차량의 접근성 •시설의 구조적 안전성 •표고의 안전성	•침수방지를 위한 최저표고 •비상발전기 설치기준	조달경로의 확보기준 •구호차량 접근로기준 •비상통신체계 확보기준 •학교 옥내외 빗물처리 용량기준	•외부: 운동장 •내부: 교무실, 방송실, 물품보관창고 •구조: 시설전체 •설비: 통신설비 •외부: 비상발전기
접근성	•대피경로의 접근성 •주변관련시설로 접근성 •Barrier Free 특성	•대피경로 확보와 거리기준	•오픈공간과의 접근성 기준 •거점대피시설과의 접근성 기준 (지구분산대피시설의 경우) •장애인의 옥내외 이동경로 확보기준	•도시: 입지 •외부공간: 운동장 •내부: 장애인경로
보건성	•위생성 •응급환자조치 대비성	•양호실 규모기준 •응급격리시설 규모기준	•수인성, 접촉성 전염병원체와 차단기준 •인근병원 연계성 기준	•도시: 입지(인근병원) •옥내: 양호실, 교실
거주성	•대피시설의 쾌적성 •대피시설의 프라이버시 •설비시설의 구비성	•필요공간 확보기준 •단위시설별 규모기준 •냉난방 설비기준 •전기,상하수도,쓰레기 처리시설기준	•옥내공간의 구획가변성 기준 •프라이버시 확보기준 (개인별, 세대별 이격거리) •특수계층 거주기준 (노약자,정신지체인)	•옥내: 강당/체육관, 교실, 식당, 주방, 사물함창고, 샤워실 •옥외: 주차장, 쓰레기집하장 •설비: 옥내설비
가변성 및 응급성	•기존시설의 기능전환 용이성 •기존시설의 개보수 경제성 •당초기능(교육)과의 격리성 •대피인원 초과시 대응성	•개보수 비용의 경제성 기준 •대피인원 초과시 학교내 설비적 대응기준(임시화장실 등)	•개학기간 중 학생과 격리기준 •대피인원 초과시 타 시설(공공청사, 공공운동장, 교회)로 이동기준 •대피민 초과사물함 설치기준	•운용: 지역방재체계 •옥외: 운동장 •옥내: 다목적실(회의실, 휴게실 겸)

2. 대피학교시설의 시설기준

가. 입지 및 배치에 관한 시설기준

(1) 학교시설 입지에 관한 기준

○상습 침수지역, 산사태 위험 지역, 하천 범람 위험 지역 내의 입지를 제한하고 배수가 용이한 곳에 입지함

○대피학교는 침수흔적 및 침수예상 검토(200년 빈도)를 통해 나타나는 침수

되지 않는 안전한 장소에 입지하고 대피민의 이동거리를 고려하여야 하며, 거점형대피학교의 대피로 거리는 1.5㎞, 분산형대피학교의 대피로 거리는 1㎞ 이내에 위치해야 함[6)]

○경사지 위쪽에 있는 학교시설은 접근성이 용이하도록 개선하고 도로 및 교지 등의 장래 확장을 고려함

○폭우시 산사태가 발생 할 수 있는 절개지 및 비탈면 근처가 아닌 곳으로 고려함

○재해발생 지역으로부터 대피민의 신속하고 안전한 대피를 위한 대피로 확보가 가능한 장소로 입지를 고려함

○도시에서 발생할 수 있는 다양한 재난재해에 대응하기 위해서 대피학교시설 선정 및 입지선정 시 넓은 오픈스페이스를 확보하고 있는 공원과의 인접성 고려가 필요함

(2) 학교시설 위치에 관한 기준

○효율적인 대피로 확보를 위해 지역별 인구밀도에 따라 적절한 배치함

○위생 · 교육 · 보안상 지장을 초래하지 않는 곳에 위치함

(3) 표고에 관한 기준

○상습 침수지역, 산사태 위험지역, 하천범람위험지역은 침수수위보다 높은 표고를 고려함

(4) 매스에 관한 기준

○대피시설로서의 기능을 충족할 수 있는 디자인을 설계에 반영함

(5) 동선에 관한 기준

○대피학교시설 내에서 대피민의 동선 혼잡을 방지하기 위해 학교시설 계획 시 건물의 효율적인 동선을 고려한 배치가 필요함

○재해발생 시 대피학교시설에서 보행자와 차량의 원활한 동선 확보를 위해 출입구와 부출입구를 구분한 계획이 필요함

○대중교통의 근접성, 보행자도로 및 자전거도로의 연계여부 등 대피민에게 양

6) 「도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한규칙」에서는 대피학교가 대피민의 보행거리 1㎞ 이내 설치되어야 한다고 규정되어 있음. 관련 기존 학술연구로서 (손세련 등, 2012)은 재난 발생 시 총 30분 이내에 대피를 완료해야 하고, 경보발령 시간 5분을 제외한 25분 안에 대피를 완료해야 한다고 검토됨. (이경옥, 2000; 홍해리 등, 2001; 황덕수, 2007)은 신체조건에 따라 아동은 보행속도 1.08m/s, 일반성인은 1.38m/s, 노약자는 0.73m/s로 정의함. 따라서 25분 동안의 이동거리는 아동 약1.6㎞, 일반성인 약2㎞, 노약자 약1.1㎞로 이를 평균한 거리는 약 1.5㎞정도로 계산됨. 본 연구의 거점형대피학교는 1차 대피시설로서 사전예보 발령에 따라 미리 대피를 함으로써 대피범위가 넓어지게 된다는 것을 고려한다면 이러한 새로운 기준이 타당한 것으로 보여짐

호한 접근성을 제공하고 학교시설 주변의 다양한 인프라의 효율적인 활용가능성에 대한 고려가 필요함

나. 외부공간에 관한 시설기준

(1) 운동장에 관한 기준

○대피민을 위한 구호물품을 항시 보관할 필요가 있기 때문에 실내에 보관이 불가 할 경우를 대비하여 비상 시 물품 적재장소로 사용 할 수 있는 공간확보를 고려함

○적절한 비율로 투수마감재를 사용함

○대피학교시설은 물빠짐이 좋은 표토로 계획하고 내부에서 물 관리를 위한 시설(저류조)의 설치를 고려함

○대피민의 추가 수용에 대한 거주성 향상을 위해서 운동장에 및 방재차량(세탁구호차량, 급수차 등), 가설화장실, 가설샤워실 및 탈의실 설치 공간 고려가 필요함

(2) 주차장에 관한 기준

○비상차량이 교사동이나 강당에 쉽게 접근할 수 있는 곳에 위치함

○주차장의 포장은 투수성 포장이나 잔디블럭 등의 사용을 고려함

○대피학교시설의 부족한 시설을 보충하기 위한 세탁, 임시발전, 급수 등 재해구호차량의 주차를 위한 공간 확보 및 사용성을 위한 동선 고려가 필요함

○폭우 시 안전하게 구호물품 및 지원물품운반을 위해 화물하차장에 케노피 설치 고려가 필요함

(3) 지하주차장에 관한 기준

○구호차량 진출입이 용이하도록 램프의 천정고 확보가 필요함(원형램프 금지, 곡선구간 최소화)

다. 내부공간에 관한 시설기준

(1) 강당에 관한 기준

○대피인원에 필요한 정도의 화장실 및 샤워실, 탈의실 시설을 확보하거나 필요시 확장 가능하도록 계획함

○필요시 강당 내 컨트롤타워를 설치 운영 할 수 있어야 함

○대피민 수에 맞추어 영역을 구분하고 재해구호 물품을 빠르게 공급 할 수 있는 옥외 진입 램프를 설치함

○1인당 적정 바닥면적을 산정하여 강당은 수용인원에 맞는 적절 소요면적으로 계획함

○계절에 따라 대피민에게 쾌적한 실내환경을 제공하기 위해서 냉·난방, 환기 등의 시설설치를 고려해야 하며 필요시 추가로 설치가 가능하도록 공간 확보 고려가 필요함

(2) 일반교실에 관한 기준

○교실을 대피시설로 사용하는 경우에는 용도전환이 용이하도록 계획함

○필요시 1층 강당인접 일반교실을 대피본부로 전용할 수 있도록 계획함

○기능 및 규모 확대를 위하여 복도측으로 개방을 위한 가변형 구조를 고려함

(3) 양호실(보건실)에 관한 기준

○재해 시 현장 응급진료소로 전환이 가능하도록 고려함

○운동장과 강당(체육관)에 근접한 배치를 고려함

○응급활동이 가능하도록 응급차량 접근이 용이한 곳에 위치함

○환자를 격리수용할 수 있는 공간에 대해서 고려가 필요함

(4) 교무실에 관한 기준

○대피본부로서 전용할 수 있도록 고려하며 대피민과의 긴밀한 소통이 가능한 위치에 고려

○지휘통제기기의 보관 및 구비를 할 필요가 있음

○구호물품 지원을 위해서 접수팀과 배분팀을 배치 할 수 있도록 고려함

(5) 방송실에 관한 기준

○방송실은 재해발생 시 대피한 대피민의 통제, 복구상황, 피해상황 등의 정보를 전달하기 위해 교내 어느 곳이든 방송이 가능하도록 고려가 필요함

라. 구조 및 설비에 관한 시설기준

(1) 임시발전소(비상발전소)에 관한 기준

○정전후 40초 이내 2시간이상 자가발전 할 수 있어야 함

○충전을 하지 않은 상태에서 30분 이상 자가발전 할 수 있어야 함

○정전 발생후 10초 이내에 전압을 확립 할 수 있어야 함

(2) 구조체에 관한 기준

○교육청 구조 안전 등급 기준으로 성능평가를 하며 침수가 우려되는 구조체는 적절한 피복두께를 고려함

○상습침수지역, 산사태위험지역, 하천범람위험지역 내의 대피시설은 필로티 구조를 고려함

(3) 냉·난방설비에 관한 기준

○실내 온도 및 습도는 일정하게 유지 할 수 있도록 계획함

○균질의 냉난방이 가능한 시스템 및 쉽게 제어 할 수 있도록 계획함

○재해의 크기 및 유형에 따라 구조적 안전성에 대한 고려가 필요함

○정전에 대비하여 비상발전기 등의 시설계획에 대한 고려가 필요함

○거주성을 개선하기 위해서 급·배수, 조명 등의 설비시설에 대한 고려가 필요함

마. 수용인원산정에 관한 기준

○수용인원산정기준은 학교시설로 대피하였을 경우 대피민의 거주성에 직접적인 영향을 미치므로 건축계획적 인체모듈을 고려하여 신체적, 심리적 거리 등을 충분히 고려하여 계획함

○거점형 대피학교시설 및 분산형 대피학교시설에 대한 수용인원 산정 기준은 학교시설이 대피시설로 전환 할 수 있는 규모는 고려하여 적정규모로 산정함

바. 대피학교시설의 사인시스템 시설기준

○비상시 대피학교시설을 사용하는 대피민의 시설사용에 혼선을 방지해야 함

○관리자, 봉사자 및 구호차량, 일반차량 동선 간의 상호 간섭이 없어야 함

사. 대피학교시설의 복합화 시설기준

○대피학교시설은 학교시설사업 촉진법 제2조(정의) 및 시행령 제1조의2(기타시설)를 최대한 준수하여 평생교육시설과 복합시설로 활용될 수 있도록 고려해야 함

○방과 후 학교시설을 개방하여 평상시 지역주민이 자유롭게 문화·학습 공간으로 활용함으로써 유사시 활용성을 높이도록 계획함

○대피학교시설은 지역주민의 문화·학습공간 활용성을 높이기 위한 고려가 시설계획에 반영되어야 함

제4절 대피학교시설의 적합성평가기준 및 설계가이드라인

1. 대피학교시설의 적합성평가기준 및 설계가이드라인 제시의 목적

○적합성평가를 통해 학교시설의 객관적 평가가 가능하며 거점형대피학교와 분산형대피학교로 유형구분이 가능함

○유형에 따라서 대피학교시설별 적정 수준의 시설성능의 파악이 가능함

○적합성평가를 통해 도출된 등급에 따라 대피학교시설의 유지·관리 및 부분수선, 신축 등의 리모델링 범위의 결정이 가능함

○적합성평가를 통해 현재 대피학교시설이 대피시설로 사용되는 것이 적절한지 구분이 가능하며 앞으로 대피학교시설 선정 시 검증 할 수 있는 도구로서의 역할이 가능함

○설계지침은 국토교통부「도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙」제89조 15호, 16호(2015.4.27. 일부개정)에 의거하며 세부 규정으로 대피학교시설의 설계자, 견적·시방 담당자, 각급 행정 담당자, 정책입안자의 업무지침 및 참조용으로 활용할 수 있음

○시나리오별 변화하는 강우량 의한 대피인원의 증감에 따라 거점형대피학교와 분산형대피학교를 탄력적으로 운영함

<표 3.4.1> 시나리오별 대피학교시설 운영 예시

시나리오	구분 기준		대피학교시설 운영 예시
	빈도	강우량(60분)	
Scenario-1	10년	67.8 mm/hr	거점형
Scenario-2	50년	87.4 mm/hr	
Scenario-3	100년	94.9 mm/hr	
Scenario-4	200년	102.1 mm/hr	거점형, 분산형
Scenario-5	호우경보	180 mm/day	
Scenario-6	호우주의보	110 mm/day	각 지역의 체육관 등의 대피시설 활용

※본 보고서 제5장 제4절의 시나리오참조

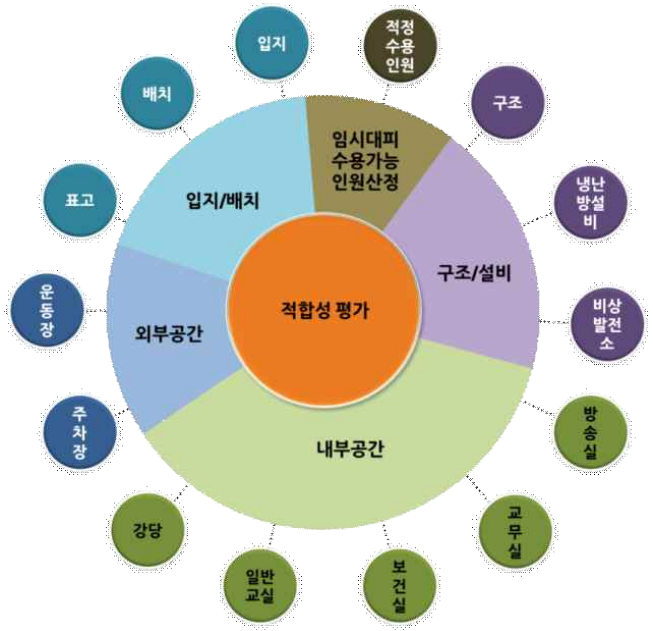
2. 대피학교시설의 적합성평가기준

가. 적합성평가항목

○적합성평가항목은 대피학교시설의 실태조사와 국내·외 관련 기준 및 법규 검토를 통해서 제시된 대피학교시설의 시설기준을 바탕으로 설정함

○적합성평가표에서는 입지 및 배치, 외부공간, 내부공간, 구조 및 설비, 수용가능 인원산정기준으로 구분하며 14개 항목에 대하여 평가함

○적합성평가항목은 다음 그림<3.4.1>와 같음



<그림 3.4.1> 적합성평가항목

나. 적합성평가표에 의한 유형구분 및 시설평가

(1) 유형구분 및 시설평가의 목적

○거점형대피학교와 분산형대피학교의 유형구분은 기성 시가지 내 기존 학교시설에 대한 리모델링 수준을 차등적으로 제시하기 위한 목적임

○시설평가 평가등급에 따라서 대피학교시설의 유지 · 관리 및 부분수선, 신축 등을 판단하기 위한 목적임

(2) 유형별 기능 및 성능비교

○거점형대피학교

- 구 단위로 3~4개 학교를 지정하여 재해발생시 1차 대피장소로서의 기능

- 폭우재해 지역으로부터 대피로 확보가 가능하며 타 시설(공원 등)과의 연계를 통하여 향후 다양한 재난재해에 대한 대응 검토가 가능한 대피장소

- 폭우재난재해발생 시 1차 대피장소로서 분산형대피학교보다 이용률이 높고 시설성능이 우수함

- 또한 우수한 시설성능으로 복합화를 통해 지역 커뮤니티 거점 기능 가능

○분산형대피학교

- 재해발생 후 1차 대피장소인 거점형대피학교의 인원이 초과되는 경우 인원분산을 위한 2차 대피장소로서의 기능

- 대규모 대피인원이 발생하는 경우 1차 대피장소로서의 기능

<표 3.4.2> 유형별 성능비교

	요 소	항 목	거점형대피학교	분산형대피학교	비 고
유형구분	입지 및 배치	입 지	●	●	
		표 고	●	●	
		배 치	●	●	
시설평가	외부공간	운 동 장	●	●	
		주 차 장	●	●	
	내부공간	강 당	●	○	
		일반교실	●	○	
		양 호 실	●	○	
		교 무 실	●	●	
		방 송 실	●	●	
	구조 및 설비	구 조	●	●	
		비상발전기	●	△	
		냉난방설비	●	△	
	수용가능 인원산정기준		3.55㎡(적정수준)	3.3㎡(최소기준)	

●: 필수사항 ○: 권장사항 △: 선택사항

다. 적합성평가표의 평가방법

○유형구분

- 평가항목은 입지, 표고, 배치 항목으로 구분하며 유형은 거점형, 분산형, 부적합으로 구분함

- 거점형대피학교의 경우 적합성평가표에 (*)표시가 붙은 평가항목을 모두 만족해야하며 (*)표시가 붙은 항목을 모두 만족할 경우 다른 항목에서 최하점(1점)을 받지 않는다면 총점과 상관없이 거점형대피학교로 선정가능

- 평가항목 중 하나 이상의 항목에서 최하점(1점)이 나오는 경우 총점에 상관없이 대피시설로 사용 불가함

- 점수산정은 평가기준에 만족하는 경우 5점, 미비하지만 평가기준을 고려하여 리모델링 등을 통해 개선이 가능한 경우 3점, 평가기준이 전혀 고려되어 있지 않은 경우를 1점으로 함

- 평가 총점이 40~36점인 경우 거점형대피학교로 하며 35~24점인 경우 분산형대피학교로 유형구분함

○시설평가

- 평가항목으로는 외부공간에서 운동장, 주차장, 내부공간에서 강당, 일반교실, 양호실, 교무실, 방송실, 구조 및 설비에서 구조, 비상발전기, 냉·난방설비, 인원산정기준으로 구성함

- 등급에 따른 개선방향으로는 양호 등급에서 유지 · 관리 및 개선, 보통 등급에서는 부분수선 및 개선, 불량 등급에서는 대수선, 증축 및 신축으로 함

- 점수산정은 평가기준에 만족하는 경우 5점, 미비하지만 평가기준을 고려하여 리모델링 등을 통해 개선이 가능한 경우 3점, 평가기준이 전혀 고려되어 있지 않은 경우를 1점으로 함

- 평가 총점이 95~70점인 경우 양호, 69~48점인 경우 보통, 47~0점인 경우 불량으로 구분함

라. 적합성평가표 제시

○적합성평가표는 평가기준을 바탕으로 유형구분과 시설평가로 구분하여 평가며 다음 <표 3.4.3>와 같음

○유형구분에서는 입지, 표고 배치에 대한 평가기준으로 평가

○시설평가에서는 외부공간, 내부공간, 구조 및 설비, 인원산정기준, 복합화에 대해서 평가

<표 3.4.3> 대피학교시설의 적합성평가표

시설개요	학 교 명			설립연도	
	위 치			구조형식	
	표 고			연면적/건폐율/용적률	
	지역지구			운동장규모	

	요 소	평가항목	평가기준	점수 5점	3점	1점
유형구분	입지/배치	입 지	과거 침수지역 혹은 상습침수지역이 아니며 배수가 용이한 곳(200년 빈도 기준으로 함)*			
			재해발생 지역으로부터 학교까지의 대피로 확보가 가능한 곳*			
			학교와 인접지역에 공원이 있는 곳*			
			지역별 인구밀도에 따른 입지고려			
			산사태가 일어날 수 있는 절개지 및 비탈면 근처가 아닌 곳*			
		표 고	주변지역 표고보다 높은 곳에 위치* (침수지역이 아닌 곳은 5점, 침수지역은 1점으로 함)			
		배 치	대피민의 동선이 복잡하지 않게 건물 배치*			
			주출입구와 부출입구로 구분하여 계획*			
	총 점 & 유 형					

	요 소	평가항목	평가기준	점수 5점	3점	1점
시설평가	외부공간	운 동 장	비상 시 물품 적재장소로 사용 할 수 있는 공간 확보			
			가설화장실 및 탈의실, 샤워실 설치 공간 고려			
		주 차 장	비상차량이 교사동이나 강당에 쉽게 접근가능한 곳에 위치			
			물품 하차장소에 케노피 설치			
			재해구호차량의 주차를 위한 공간 확보 고려			
	내부공간	강 당	화장실 및 탈의실, 샤워실 설치			
			대피민을 위한 냉·난방시설 설치			
		일반교실	수용인원초과 및 다목적공간 활용에 대비한 가변적 공간으로 계획			
		양 호 실	응급진료소로 전환을 위한 확장고려			
			응급차량 접근이 용이한 곳에 위치			
			운동장과 강당에 근접한 배치 고려			
		교 무 실	강당과 밀접하게 소통할 수 있는 곳에 위치			
			확장을 고려한 가변적 공간으로 계획			
		방 송 실	비상, 재난 및 교내방송에 문제가 없는 시스템으로 계획			
	구조/설비	구 조	일반적인 구조 및 내진구조로 계획			
		비상발전기	정전과 같은 긴급상황에 대처하기 위한 시설계획			
		냉·난방설비	실내온도 및 습도를 일정하게 유지할 수 있는 설비 시스템으로 설치			
	인원산정기준	적정수용인원	수용인원 산정기준은 최소 3.3㎡(적정 3.55㎡) 이상 고려			
	총 점 & 등 급					

평가	구 분	총 점	유형 및 등급	비 고
	유형구분	40 ~ 36점	거점형	한개 이상의 항목에서 부적합이 나오는 경우 총점에 상관없이 대피시설로 사용 불가
		35 ~ 24점	분산형	
	시설평가	95 ~ 70점	양 호	등급에 따라서 시설의 개선방향 파악
		69 ~ 48점	보 통	
		47 ~ 0점	불 량	

※ (*)표시가 붙은 평가항목을 모두 만족해야하며 (*)표시가 붙은 항목을 모두 만족할 경우 다른 항목에서 최하점(1점)을 받지 않는다면 총점과 상관없이 거점형대피학교로 선정가능

3. 대피학교시설의 설계가이드라인 제시

○ 시설기준에 대한 가이드라인 항목을 설정하기 위해서 먼저 설계지침 목록을 설정하고, 목록 항목별로 설계가이드라인을 제시함

○ 대피학교시설의 설계지침은 입지 및 배치, 외부공간, 내부공간, 구조 및 설비, 수용가능 인원산정, 대피학교시설 사인 시스템, 학교의 복합화로 구분함

○ 설계지침 목록에 따른 설계가이드라인은 <별책 제2절 대피학교시설의 설계 가이드라인> 참조

가. 입지 및 배치 설계지침

<표 3.4.4> 입지 및 배치 설계지침 목록

설계지침	내용
학교시설 입지	○지역민 등의 동선 및 접근성을 검토하여 입지를 선정함 ○주변지역에 재해가 발생 할때 대피시설로의 신속한 수용을 위해 주변도로여건 등을 고려하여 과도한 Traffic Jam이 발생하지 않도록 분산 배치 ○학교 앞 도로에 대해서는 우수유입을 위한 시설을 수립 ○주변토지이용과 연계되는 지역 통합방재계획수립 ○대중교통 접근성이 양호한 곳에 입지 / 선정 ○학교주변 보행자도로가 학교시설 내 보행체계와 연계되어 대피장소로 원활히 이용되도록 계획 ○상습침수지역, 산사태위험지역, 하천범람위험지역이 아닌 곳을 선정하고 배수시설 설계 시 배수시설 막힘에 따른 역류를 감안하여 대지의 레벨을 설계에 반영(기존건물의 경우 조사를 통하여 이상유무를 판단하여 조치함) ○홍수 시뮬레이션을 기초하여 입지를 선정함(강우빈도 50,100,200년 빈도)
학교시설 위치	○근린주구단위 배치기준을 유지하되 대피학교시설로 이용 시 인구 5,000명마다 학교시설 배치기준 검토
매스계획	○대피시설로서의 기능을 충족 할 수 있는 디자인을 설계에 반영 ○긴급시의 대피시설의 유지관리 등을 고려하여 교사 주변에 충분한 공간을 확보
지표면	○지표면이 낮을 경우 학교 대지레벨을 침수수위 보다 높게 설계

나. 외부공간 설계지침

<표 3.4.5> 외부공간 설계지침 목록

설계지침	내용
운동장	○대피민의 대피 동선이 명확해야함 ○비상시 구호물품적재 장소로 활용 할 수 있는 공간을 고려 함 ○구호차량(세탁구호차량, 급수차량 등)의 접근성을 고려 함 ○주변에 지장이 없는 곳에 헬리포트 설치를 고려 함 ○투수성이 좋은 마감재료를 사용 ○자연 저류조설치를 고려할 수 있음

	○U형 측구등의 배수로 덮개를 설치, 표면은 운동장등과 동일한 높이 ○운동장을 통해 교사동을 진입하지 않도록 보행자 도로를 설치 ○마사토 포장시 비산 먼지를 저감 할 수 있는 양질의 마사토로 계획함 ○투수성 포장은 표층뿐만 아니라 기층까지 고려하여 지반까지 우수가 침투 가능하도록 함
건물 출입구 및 대피민 접수처	○구호물품 동선과 대피민 동선 구분 ○대피민접수처는 가급적 입구근처에 배치 ○대피민들 인식하기 쉬운 디자인 요망
주차장	○주출입구 및 응급차량 접근이 용이한 곳에 위치 ○구호차량(세탁구호차량, 급수차량 등)의 주차 공간 확보를 고려 ○식재면의 높이는 주차장 레벨 보다 낮은 레벨 또는 같은 레벨로 조성
지하주차장	○구호차량 진출을 위하여 최대한 램프의 천정고 확보가 중요(원형램프 금지, 곡선구간 최소화) ○비상시 물품집하장소 및 물품보관실로사용 할 수 있는 공간 계획 ○기본적으로 트랜치를 설치하여 침수 방지 ○차수판을 설치해야 함
취사, 조리장소	○소방법등 관련 법률을 기반으로 하여 방재, 방화 등 안전지침을 준수함 ○우천 시 사용가능한 곳에 위치하여야 함
가설화장실	○프라이버시 확보 ○가급적 대피민이 쉽게 사용 할 수 있는 곳에 입지 ○청결상태 유지 ○사회약자를 고려하여 장애인 편의증진법 고려 ○50m 이내 또는 대피시설에서 1분 이내 거리에 위치하여야 함
공동샤워실	○보일러 사용 및 배수가 가능한 장소 ○세면실과 샤워실은 온수공급기계실에 가까운 위치
물품집하장소, 배포장소	○대피민이 쉽게 파악 할 수 있는 곳에 위치 ○인지하기 쉬운 픽토그램 디자인 요망 ○공중전화 설치
옥상	○대피시설 평지붕 설계 ○태양광 발전기 등의 설치 계획하여 비상시 대체 전력으로 활용 ○기존 학교에서 태양광 발전기 등의 설치가 안 되어 있는 학교에 한 하여 선택적으로 설치 할 수 있음
쓰레기 집하장	○취침장소에 냄새가 도달하지 않은 곳 ○쓰레기 수거차량이 진입하기 쉬운 곳 ○물에 젖지 않는 구조로 함
저수조	○저수조 설계 (3일 정도의 식수가 확보 될 수 있도록 설계)를 선택적으로 할 수 있음 ○저수조 설계가 없을 경우 이동식 물탱크를 사용 할 수 있음 ○저수조가 없을 경우 급수 차량을 적절히 이용하여야 함
세탁실 및 세탁 건조장	○옥외에 세탁 차량이 진입하기 용이하여야 함 ○급수, 배수가 용이한 곳
애완동물 보관소(옥외)	○옥외 공간에 보호소 구성 ○놀이방과 같은 구조로써 사람들이 돌볼 수 있어야함 ○보관소는 이동이 가능한 구조로 함

3. 내부공간 설계지침

<표 3.4.6> 내부공간 설계지침 목록

설계지침	내용
창호 및 문	◦창유리의 비산방지, 유리는 재해시 파손의 우려가 적고, 파손되더라도 사고가 나지 않도록 각종 글라스 성능을 충분히 검토 ◦창틀의 변형을 허용 할 수 있도록 실링재 등을 사용 ◦대피시설 용도의 공간은 에너지 절약을 지향함
출입구 및 진입로	◦폭은 비상시 유아 및 고령자, 장애자등의 이용을 고려하여 충분한 폭을 확보 ◦문은 조작하기 쉬운 안전한 형식으로 선택 ◦옥외로 통하는 출입구는 재해 시 상부에서 낙하물이 떨어지는 위험을 방지하도록 설계 ◦인지성 확보를 위한 디자인 및 픽토그램으로 위치 확인
실온	◦각실 적정온도 유지 ◦모든 방에 흡기 장치 설치
마감	◦바닥은 미끄러지기 쉬워 재질의 사용을 피하고 필요에 따라 미끄럼방지조치를 함 ◦내수성, 내습성 및 내식성이 뛰어나고 또한 물에 젖어도 쉽게 미끄러지지 않는 재질을 사용 ◦실내공기를 오염시키는 화학물질이 발생하지 않거나 적은 친환경적인 재료를 사용
복도 및 계단	◦원활한 동선으로서의 기능을 확보 할 수 있도록 규모, 배치 등을 계획 ◦비상시 신속히 대피 할 수 있도록 복도, 계단 등을 규모 있게 계획함 ◦대피동선을 유도하는 간단한 표지판은 출구를 향해 나갈 수 있도록 각 층에 설치 ◦장애인 통행의 편의를 위해 적절한 폭으로 계획
강당	◦지역의 방재거점으로서 불편함이 없도록 계획함 ◦강당을 중심으로 다목적 공간존으로 유기적으로 연계고려 ◦강당 겸 체육관은 정문 가까운 곳에 배치(비상시 지역주민의 대피동선 최소화) ◦외부로부터의 출입에 편리한 위치에 배치함 ◦대피시 대피민의 인원수를 등의 고려하여 적절한 규모와 부속 시설을 확보하여야 함 ◦화장실 및 샤워실, 탈의실 설치 ◦대피민 규모에 맞추어 영역을 배분하고, 필요한 물품을 빠르게 공급 ◦재난 방송 청취를 위한 설비시스템 계획 ◦대피민의 프라이버시 침해가 없어야 함 ◦시간당 0.7h정도의 환기가 가능 하도록 계획 ◦기계환기 시스템 설치 ◦필요시 강당 내 컨트롤타워를 설치 운영 할 수 있어야 함
일반교실	◦필요시 1층 강당인접 일반교실을 대피본부로 전용할 수 있도록 계획 ◦강당에 대피민 수용인원이 초과 할 경우를 대비하여 가변성을 고려 ◦각 실·공간의 형태 등은 용도의 변경, 칸막이의 변경, 증축 등을 용이하게 할 수 있도록 유연하게 계획함 ◦각 실별 자동 온도조절장치 고려 함
양호실	◦양호실 확장 가능성 고려 ◦양호실에서 바깥으로 바로 나갈 수 있는 출입구 설치 ◦현장 응급센터로 전환 가능하고 팔요시 1층 일반교실을 양호실로 전용 활용 ◦운동장 및 체육관에 근접하여 배치 ◦응급구급활동이 가능하도록 응급차량 접근이 용이한 위치 ◦근접계획되어 있는 특수학급의 이용을 권장
교무실	◦대피본부로서 전용할 수 있도록 계획

	◦구호물품 접수배분 상황을 파악하여 지원 조정하는 접수팀과 배분팀을 교무실, 방송실, 행정실 등에 배치 할수 있도록 계획 ◦방재무선기기 배치
행정실	◦접수처와 함께 사용 ◦별실을 확보하여 물품 보관 장소로 활용
방송실	◦교무실과 같이 구호물품 접수배분상황을 파악하여 지원 ◦비상방송, 재난방송 및 교내방송에 문제가 없는 시스템으로 계획
탈의실	◦상황에 따라 탈의실, 수유장소 등으로 활용 할 수 있도록 남녀공간을 구분하여 개실을 확보 ◦설치가 용이할 것
급식실	◦조리장은 침수될 우려가 없고 먼지 등의 오염원으로부터 차단 ◦주변환경이 위생적이며 쾌적한 곳에 위치 ◦가능한 전처리실에서 조리실로 식재료를 간단히 이동 가능하고 작업구역을 구분할 수 있도록 양문형 냉장고 설치 ◦미끄러지지 않은 재질의 마감재사용 ◦내부벽은 내구성, 내수성이 있는 표면이 매끈한 재질 ◦체육관 및 외부 광장에 근접 배치 ◦재해시 급수차 접근 용이 ◦가설 임시조리실 구축 ◦급식실의 공간을 다목적으로 활용하기 위해 가변형 벽체를 설계하는 것도 바람직함
요양실 및 격리실	◦정신적 충격을 입은 환자나 감염증 등 격리나 특별한 요양이 필요한 경우, 조용한 곳에 배치
상담실	◦개인의 프라이버시가 확보되는 상담이 되도록 개설
다목적실	◦입구에 가까운 홀에 근접배치 ◦이동식가구로 필요에 따라 넓은 공간 확보 가능 ◦벽면은 정보게시판으로 활용
회의실	◦교무실 및 빈 교실에 설치 할 수 있게 계획
휴게시설	◦사무실 및 가설 텐트 등으로 스텝용과 대피민용을 구분하여 배치 ◦공용 다목적 광장존으로서 설계 ◦희의 장소, 오락장소로서 활용
화장실	◦바닥은 흠달림 또는 돌기달림 타일마감으로 계획 ◦재해시 대피민의 이용을 배려하여 Barrier Free디자인으로 이용에 장애 없도록 설계 ◦재해시 다수의 대피민이 24시간 활용할 수 있도록 기능을 확보 ◦강당내 화장실, 샤워설비 등을 재해시도 효과적으로 사용 할 수 있도록 확보 ◦화장실 및 샤워실을 사용할 수 없게 되었을때는 가설화장실, 샤워시설등의 설치수, 설치방법, 설치장소, 오물처리, 배수방법등을 검토
알림방 (정보공유실)	◦가급적 입구 근처에 배치
상담창구	◦대피민과 근접한 곳에 심리 상담반을 구성하여 운영함
우편서비스	◦우편물 수령 장부를 작성함
표시등 (램프) 비상조명등 설치 통로유도 등 설치	◦학교 내부 적재적소에 설치 ◦직통계단 및 통로, 복도, 구부러진 장소에 설치 ◦통로유도등은 백색바탕에 녹색으로 방향 대피표시등 설치

4. 구조 및 설비 설계지침

<표 3.4.7> 구조 및 설비 설계지침 목록

설계지침	내용
비상발전기	○비상시 수용인원을 고려한 용량을 확보 함 ○기기의 반출 및 반입, 운전, 보수에 편한 곳 ○엔진 소음 및 진동 등에 공진현상이 없고 주위에 영향이 없는 장소일 것 ○비상발진기의 선정 및 설치에 관한 기술지침 준수하여야 함
구조	○도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙 제90조를 기초로 함 ○교육청의 구조안정 등급을 기준으로 평가 ○건물, 지하주차장 및 신축, 개축, 증축, 리모델링 시 당해지역에 예상되는 재해의 크기 및 유형을 고려하여 계획 ○침수가 우려되는 구조체는 적절한 피복두께를 고려하여 시공 ○침수수위를 고려한 필로티 계획 및 출입구 설치 ○지붕홈통 분리 설치
설비공통	○학교보건법 및 건축물 설비기준 등에 관한 규칙에 의해 각 실별 적합한 환기, 채광, 조도, 온습도 등을 고려하여 설계 ○건축기계설비기준 및 건축전기설비설계기준에 적합한 설비시스템을 구축함 ○지하주차장에 대해서는 펌프시설을 설치 ○적절한 온도 및 습도를 유지 할 수 있게 계획 ○적절한 급.배수 설비 및 조명 설비 계획
냉난방	○실내 온도 및 습도는 활동에 지장을 주지 아니하도록 일정한 온도와 습도를 유지 ○집중 난방설비에 의한 균질의 난방 시스템 ○각실 마다 쉽게 제어 ○친환경 냉·난방 시스템 설치

5. 수용가능 인원산정 설계지침

<표 3.4.8> 수용가능 인원산정 설계지침 목록

설계지침	내용
인원산정 모듈	○대피가간 동안 의식주 등과 같이 기본적인 생활에 지장이 없을 것 ○성인남성 평균 인체치수를 기준으로 함 ○성인남성 평균키 1,712㎜, 팔을 위로 뻗었을 대 2,012㎜, 어깨너비 390㎜, 팔길이 548㎜를 고려함 ○양쪽에 팔 길이 절반씩을 더함 ○사적인 영역을 침범하여 생기는 문제를 최소화하기 위함 심리적 거리를 확보(450㎜)
가족형 모듈	○재해 시 가족단위로 대피하는 것을 감안하여 가족 공동체 형성을 구현할 수 있도록 고려함 ○가족형 모듈의 조합 단위는 유닛이며 개인형 모듈에서 전용면적을 하나의 유닛으로 하여 1인당 2㎡(1,000×2,000)으로 함 ○1인당 바닥면적이 개인형 모듈보다 협소하므로 여유 공간으로 1개 유닛을 제공 함 ○제공된 공간에 구호물품과 개인의 짐을 보관 할 수 있도록 함
블록형 모듈	○가족형 모듈을 조합하여 통로(1200㎜)를 계획한 것을 블형 모듈이라 함 ○재해 시 신속하게 대피 공간 내에서 공간 분배 및 동선을 계획 할 수 있도록 고려함 ○입구와 가까운 곳은 재해 본부를 설치하고 노약자와 장애인등이 출입이 어렵지 않도록 계획 함

6. 대피학교시설 사인 시스템 계획 설계지침

<표 3.4.9> 사인 시스템 설계지침 목록

설계지침	내용
사인시스템	○대피학교시설의 대피민, 관리자 및 구호차량, 일반차량 그리고 봉사자 등의 동선 간섭을 방지하기 위한 싸인 시스템을 계획함

7. 대피학교시설의 복합화 설계지침

<표 3.4.10> 복합화 설계지침 목록

설계지침	내용
시설배치	○교육에 지장이 없는 배치로 함 ○지역사회로 열린학교 지향 ○공공시설로서의 기능 연계
위치 및 동선	○지역주민과의 교류가 원활하고 효과적으로 진행 될 수 있도록 지역주민 등의 이용 동선이나 지역주민 등과의 교류 공간을 고려 함 ○시설의 상호 이용이나 이용 동선, 운영관리 방법을 고려 함
복합화	○지역사회 공공시설로서의 중추적 역할 ○근린주구 개념의 중심적 위치 ○지역사회 평생교육 시설 ○유아~노인까지 평생교육 개념 ○문화강좌 욕구 충족 ○도서관, 멀티미디어실 개방, 토론 학습장 제공

제5절 대피학교시설의 리모델링 설계

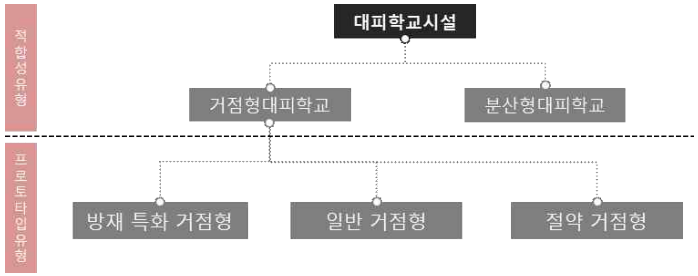
1. 대피규모와 리모델링 범위에 의한 프로토타입 구분

가. 대피규모에 의한 대피학교시설의 프로토타입

○적합성평가를 통해 구분된 거점형대피학교를 대피인원, 강당의 면적, 주변 공원의 유무에 따라서 두 유형의 프로토타입으로 구분하였음

○대피학교시설의 프로토타입은 방재 특화 거점형, 일반 거점형, 분산형 총3가지로 구분되며, 이것은 앞에서 적합성평가에서 제시된 유형구분방식과 구분됨

○일반거점형은 공사비 절감방식에 따라 일반형, 절약형으로 구분됨



<그림 3.5.1> 대피학교시설의 이원적 유형구분(적합성유형, 프로토타입유형)

○프로토타입 유형구분의 기준으로는 첫째, 강당면적이 대피인원 100명 이상 수용이 가능하며 둘째, 무대, 준비실, 화장실 등의 기타공간을 제외한 순수 강당면적 500㎡이상이고, 셋째, 주변 공원과 연계가 가능한지를 분석하여 구분함

나. 리모델링 범위에 의한 프로토타입

○프로토타입별 리모델링 공종 구분

구분	건축			기계	전기		토목	
	비상 발전기실	무빙월	슬라이딩 도어	강제 급배기	비상 발전기	비상등	투수성 블록	우수관
절약형	×	○	○	×	×	×	○	×
일반형	×	○	○	×	×	○	○	×
특화형	○	○	○	○	○	○	○	○

○비교

-절약형은 비상발전기, 강재급배기, 비상등, 우수관을 제외하여 비용저감

-일반형은 비상발전기, 강재급배기, 우수관을 제외하여 비용저감

-특화형은 제외항목 없음

○프로토타입별 비용절감 방법

-절약형은 교실간의 확장을 고려한 무빙월 설치와 외부 다목적 광장에 투수블록만 리모델링하여 비용절감

-일반형은 절약형에 비상등을 추가 설치하여 비용절감

-특화형은 비상발전기, 강재급배기, 우수관을 설치하여 거점특화

2. 리모델링 실시 학교의 선정

○인천광역시 서구 관내 지정 대피학교시설은 총28개교이며, 이 중 인천광역시 서구에서 홍수로 인한 침수가 발생된 지역은 가좌동과 연희동이었으며 이 지역을 중심으로 침수로부터 안전한 장소 및 인접하고 있는 석남동, 신현동에 위치한 대피학교시설을 중심으로 실태조사를 실시함

○실태조사한 13개 학교시설에 대해서 적합성평가를 실시 한 결과 거점형대피학교 5개, 분산형대피학교 4개, 부적합한 학교시설이 4개로 평가되었으며 다음 <표 3.5.1>과 같음

○거점형대피학교로 평가된 총5개의 학교시설 중 대피민의 대피로와 이동거리를 고려하여 가좌중학교, 서곶중학교, 신석초등학교 3개의 거점형대피학교를 선정하였으며 리모델링 설계안을 제시함

○분산형대피학교로 평가된 총 4개의 학교시설 중 강당이 없어 추후 신축에 대한 사례로 신현북초등학교를 선정하였으며, 다목적실 등 연계공간으로 활용이 가능한 공간이 많아 복합화 리모델링에 적합하다고 분석된 해원초등학교를 선정하였

음

○ 프로토타입별 대피학교시설의 구분은 방재 특화 거점형으로 서곶중학교, 신석초등학교, 일반 거점형으로 가좌중학교이며 분산형으로 해원초등학교, 신현북초등학교임

○ 각 학교시설에 대해 상세한 적합성평가 결과는 <부록 6> 참조

<표 3.5.2> 적합성평가 결과

학교명	유형구분		시설평가	
	총점	유형	총점	등급
가정여자중학교	26	부적합	45	불량
가좌중학교	38	거점형	51	보통
가좌초등학교	32	분산형	47	불량
가현초등학교	28	부적합	51	보통
건지초등학교	38	거점형	45	불량
봉화초등학교	18	부적합	47	불량
서곶중학교	38	거점형	49	보통
신석초등학교	36	거점형	45	불량
석남서초등학교	24	부적합	47	불량
석남초등학교	32	분산형	47	불량
신현북초등학교	34	분산형	43	불량
청일초등학교	40	거점형	42	불량
해원초등학교	34	분산형	56	양호

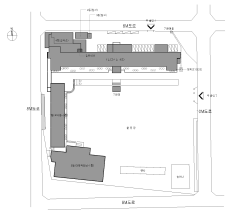
2. 거점형대피학교의 설계

○ 거점형대피학교의 상세한 설계는 <별책> 참조

가. 거점형대피학교의 개요

○ 거점형대피학교로 선정된 학교시설은 가좌중학교, 서곶중학교이며 리모델링 설계의 개요는 다음 <표 3.5.2>과 같음

<표 3.5.3> 설계지침 적용대상의 거점형대피학교 개요

구분	가좌중학교	서곶중학교	신석초등학교
기존 도면			
개보수 도면 (상세도면은 별지 참조)			
거점형 대피학교 유형 구분	-절약 거점형 대피학교 강당 면적 500㎡ 미만 -적정 수용인원 86명 -공원 연계 가능	방재 특화 거점형대피학교 강당 면적 500㎡ 이상 -적정 수용인원 108명 -공원 연계 가능	일반 거점형대피학교 강당 면적 500㎡ 이상 -적정 수용인원 120명 -공원 연계 가능
면적	연면적 : 8,574.40㎡ 교사동 : 6,898.99㎡ 부속동 : 275.26㎡ 다목적강당 : 698.5㎡	연면적 : 8,937.34㎡ 교사동 : 7,778.83㎡ 부속동 : 313.95㎡ 다목적강당 : 844.56㎡	연면적 : 9,171.59㎡ 교사동 : 7,824.44㎡ 부속동 : 514.40㎡ 다목적강당 : 742.75㎡
인원 수용	수용가능인원 : 128명	수용가능인원 : 151명	수용가능인원 : 161명
디자인 컨셉	방재 거점 중심 학교	응급처치 교육센터 겸 방재 거점학교	방재 연수시설 겸 방재거점 학교
리모델링 설계(안)	별책 제3절 27~35 페이지 참조	별책 제3절 36~49 페이지 참조	별책 제3절 50~59 페이지 참조
상세도	별책 제3절 33,34 페이지 참조	별책 제3절 41,42,43,45 페이지 참조	별책 제3절 55,56 페이지 참조
공사비 산출내역	별책 제5절 62 페이지 참조 64~70 페이지 참조	별책 제5절 62 페이지 참조 71~91 페이지 참조	별책 제5절 62 페이지 참조 92~103 페이지 참조

나. 강당 및 다목적 광장 리모델링 설계

○강당을 중심으로 다목적광장의 연계성을 고려함

○대피민의 동선을 고려하여 학교 내 빈 공간을 활용하여 대피 시 다목적 광장을 조성함

○대피민의 쉼터 및 정보 공유공간, 구호물품 배포장소, 애완동물 보관장소 등으로 활용함

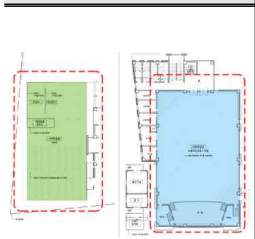
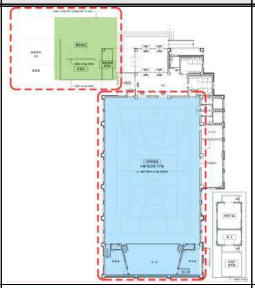
○폭우 및 침수에 대비하여 대피소의 거점이 되는 강당의 충분한 높이 및 면적을 검토함

○프라이버시가 확보되도록 영역을 배분하고, 필요한 물품을 빠르게 공급하도록 외부공간과의 유기적인 동선 연계를 검토함

○방송, 환기시설을 강화한 설비시스템을 계획함

○사용하는 콘센트 수 및 사용기구의 소비전력을 확보할 수 있도록 검토함

<표 3.5.4> 강당 및 다목적 광장 세부 평면 계획(안)

가좌중학교	서곶중학교	신석초등학교
		
주출입구 부근에 다목적 광장 조성 및 구호물품 배포장소활용 ○주출입구 부근 구호물품 집하장 신설	○운동장 쪽 강당 주출입구 부근 구호물포 집하장 및 배포장소 신설 ○분리된 강당에 최신시설완비(화장실, 샤워실 등) 및 냉난방 시스템 구축	○분리된 강당에 최신시설완비(화장실, 샤워실 등) 및 냉난방 시스템 구축 ○강당 앞 보관소, 배포장소, 구호물품 집하장 신설 ○별동에 다목적 공간 신설

다. 양호실(보건실) 리모델링 설계

○기존의 양호실이 협소하거나 동선연계가 긴밀하지 않을 경우 특수학급과의 연계를 고려함

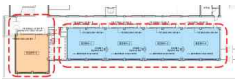
○필요시 공간통합을 통해 응급센터로 전환이 가능하도록 함

○정신적 충격을 입은 환자나 감염증 등 격리나 특별한 요양이 필요한 경우에

대비한 별도 공간 필요함

○응급차량 접근이 용이하도록 입구 가까이나 별도의 문을 설치하도록 계획함

<표 3.5.5> 양호실(보건실) 세부 평면 계획

가좌중학교	서곶중학교	신석초등학교
		
○기존의 교실, 체육실을 양호실로 변경하여 긴급상황시 응급센터로 확장	○특수교실을 활용하여 긴급상황 시 응급센터로 확장이 가능하도록함 ○일반 교실들의 벽을 가변형 벽으로 바꿔 확장이 가능하도록 설계	○1층의 특수 교실을 활용하여 응급처치센터로 확장 가능함

바. 교무실 및 일반교실 리모델링 설계

○강당의 수용인원을 초과할 경우 일반교실을 활용할 수 있도록 가변적 공간으로 계획

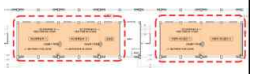
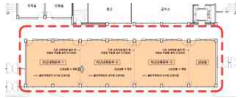
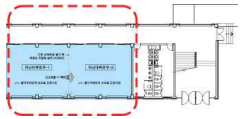
○일반교실의 기존 조적벽체를 철거 한 후 차음성이 높은 무빙월을 설치하여 교육 시 지장이 없도록 하고, 재난 재해 시에는 공간이 확장 가능 하도록 함

○교무실에 구호물품 접수배분 상황을 파악하고 지원 조정하는 접수팀과 배분팀을 배치할 수 있도록 계획함

○교무실에 방재무선을 설치하여 지자체의 대책본부로부터의 지시를 받을 수 있도록 방재행정 무선의 수신설비 등을 확보함

○자동온도조절장치를 고려하여 계획함

<표 3.5.6> 교무실 및 일반교실 세부 평면 계획안

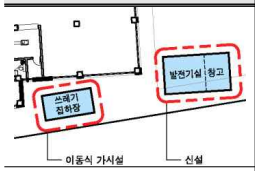
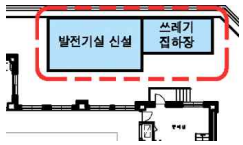
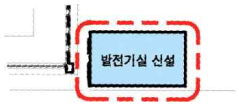
가좌중학교	서곶중학교	신석초등학교
		
○일반교실을 활용하여 대피대책본부로 사용 ○필요시 가변형 벽을 이용해 확장 가능	○가변형 벽을 이용한 일반교실을 활용해 대피대책본부로 사용	○1층의 특수 교실과 행정실을 이용해 대피대책본부로 활용 ○수용인원 초과시 일반교실의 수용이 가능하도록 계획

사. 비상발전기실 리모델링 설계

○발전기 회로를 사용해 재해 시에도 운전 가능하도록 함

○비상발전기의 선정 및 설치에 관현 기술지침을 준수하였고 엔진소음 및 진동 등에 영향이 없는 장소에 계획함

<표 3.5.7> 비상발전기실 세부 평면 계획안

가좌중학교	서곶중학교	신석초등학교
		
○강당과 가까운 곳에 비상 발전기실 설치	○강당과 가까운 곳에 비상 발전기실 설치	○강당과 가까운 곳에 비상 발전기실 설치

3. 분산형대피학교의 설계

○분산형대피학교의 상세한 설계안은 <별책>참조

○2차년도에 리모델링 설계안을 제시했던 봉화초등학교의 경우 3차년도에 실시한 침수예측 프로그램에서 200년빈도 기준, 침수지역으로 분석되어 부적합하다고 평가되므로 제외하였음

가. 분산형대피학교의 개요

○분산형대피학교로 선정된 학교시설은 신현북초등학교, 해원초등학교이며 각 학교에 대한 개요는 다음 <표 3.5.7>과 같음

<표 3.5.8> 설계지침 적용대상의 분산형대피학교의 개요

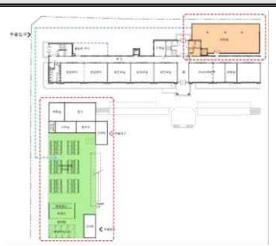
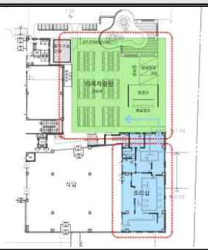
구분	신현북초등학교	해원초등학교
기존 도면		
개보수 도면 (상세 도면은 <별책> 참조)		
대피소 유형	지역평생교육시설 겸 분산형대피학교	방재 연수시설 겸 분산형대피학교
면적	연면적: 7,935.28 ㎡ 강당 (3층 전체): 850.05 ㎡ 임시발전소: 27 ㎡ 다목적광장: 733.05 ㎡ 기타증축부분: 109.04 ㎡	연면적: 14,425.01 ㎡ 강당 (2층): 845.4 ㎡ 임시발전소: 27 ㎡ 다목적광장: 693.22 ㎡ 기타증축부분: 없음
인원수용	3층 강당에 약 120명을 수용	2층 강당에 약 121명 수용
적정인원	102명	102명
디자인 컨셉	-기존건물을 최대한 보존하고 신설건물에 새로운 기능을 일체적 수용하며 내·외부의 명백한 분리 -강당이 부재했던 학교시설에 강당을 계획하여 분산형대피학교로 사용가능	외부공간을 중심으로 밀집된 기능공간을 활용하여 연수시설로 활용가능한 방재거점시설 -거점형대피학교로 사용할 정도로 시설성능이 좋지만 입지측면에서 공원과의 연계가 힘들어 분산형대피학교로 사용

나. 운동장 리모델링 설계

○비상시 물품적재장소로 활용 할 수 있는 공간을 고려하여 지붕을 덮은 외부공간을 여유있게 설계함

○구호차량(세탁구호차량, 급수차량 등) 접근성 고려하며, 운동장 주변에 헬리포트 설치도 고려할 수 있음

<표 3.5.9> 운동장 세부 평면 계획

신현북초등학교	해원초등학교
	
○신축건물(강당) 하부 필로티를 이용한 외부공간으로 차량진입이 용이함 ○2층에 광장을 두고 램프 진입으로 외부에서 바로 연결	○외부공간을 중심으로 강당, 하역, 보관소, 교실군이 전부 근접위치함 ○경계가 명확한 독립적 공간확보가 가능함

다. 강당 리모델링 설계

○폭우 및 침수에 대비하여 대피소의 거점이 되는 강당의 충분한 높이 및 면적을 검토함

○침수되지 않는 2층 이상의 공간에 배치하고 신속한 동선확보를 위하여 외부계단으로 바로 연결되도록 함

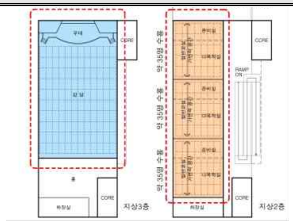
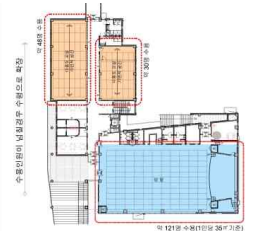
○프라이버시가 확보되도록 영역을 배분하고, 필요한 물품을 빠르게 공급하도록 외부공간과의 유기적인 동선 연계를 검토함

○사용하는 콘센트 수 및 사용기구의 소비전력을 확보할 수 있도록 검토함

○대피공간와 교육공간를 분리하여 효율적 공간배분이 되도록 하고, 조명, TV 수신, 전화기선, LAN등의 배선을 정비하고 필요시 확충할 수 있도록 하는 융통적 계획을 검토함

○대피인원 초과 등에 대비하여 강당과 연계한 다목적실을 계획함

<표 3.5.10> 강당 세부 평면 계획

신현북초등학교	해원초등학교
	
○기존 건물에 강당이 없으므로 옹벽을 활용하여 새로운 강당 및 창고 건물 신축 ○1층은 대피민 지원활동을 위한 다목적 대기실, 2층, 3층은 강당시설 ○외부와 직접 연계되는 램프로 대피소 주요 동선분배	○분리된 강당에 최신시설완비(화장실, 샤워실 등)되어 있고 여러 기능공간으로의 동선이 짧아 대피소로 최적임.

라. 양호실(보건실) 리모델링 설계

○기존의 양호실이 협소하거나 동선연계가 긴밀하지 않을 경우 특수학급과의 연계를 고려함

○필요시 공간통합을 통해 응급센터로 전환이 가능하도록 함

○정신적 충격을 입은 환자나 감염증 등 격리나 특별한 요양이 필요한 경우에 대비한 별도 공간 필요함

<표 3.5.11> 양호실(보건실) 세부 평면 계획

신현북초등학교	해원초등학교
	
○기존의 교실, 체육실을 양호실로 변경하여 긴급상황시 응급센터로 확장	○유치원을 양호실로 변경 ○주변의 자료실, 교사실, 교실군을 통합하여 응급처치센터로 확장가능함

다. 교무실 및 일반교실 리모델링 설계

○일반교실에서 강당의 수용인원을 초과할 경우를 대비하여 가변적으로 사용할 수 있도록 계획함

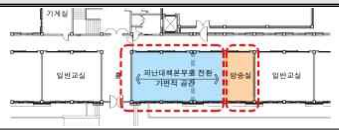
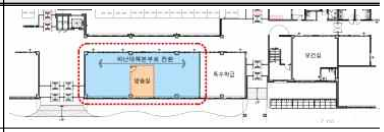
○일반교실에서 기존 조적벽체를 철거 한 후 무빙월을 설치하여 재난재해 시 공간의 확장이 용이하도록 계획함

○교무실을 활용하여 사용할 수 있는 사무실 및 직원실은 재해 시에도 외부와의 통신이 원활할 수 있도록 통신설비를 확보함과 동시에 긴급필요에 따라 직원실내에 급탕실, 세면대등의 설비배치가 가능한 공간을 계획함

○구호물품 접수배분 상황을 파악하여 지원 조정하는 접수팀과 배분팀을 교무실, 방송실, 행정실 등에 배치 할 수 있도록 계획함

○방재무선을 설치하여 지자체의 대책본부로부터의 지시를 받을 수 있도록 방재행정 무선의 수신설비 등을 확보함

<표 3.5.12> 교무실 및 일반교실 세부 평면 계획

신현북초등학교	해원초등학교
	
○방송실, 다용도실, 교무실을 가변벽으로 개방하여 재난안전대책본부로 활용 가능함	○행정실과 보건교실을 가변벽으로 확장하여 재난안전대책본부로 활용 가능함

4. 리모델링 설계의 적합성평가

○적합성평가를 통해 선정된 대피학교시설에 설계가이드라인을 적용 후 리모델링 설계의 적합성을 평가함

○설계가이드라인을 통해 입지 및 배치, 외부공간, 내부공간, 구조 및 설비, 수용인원산정의 리모델링 설계의 타당성을 검증함

○대피학교시설의 리모델링 전·후를 비교하기 위한 적합성평가를 실시하였으며 다음 <표 3.5.12>와 <표 3.5.13>과 같음

<표 3.5.13> 거점형대피학교의 적합성평가

구분	요소	평가항목	평가기준	점수 가좌중	서곶중	신석초
유형구분	입지/배치	입지	과거 침수지역 혹은 상습침수지역이 아니며 배수가 용이한 곳(200년 빈도 기준으로 함)*	5	5	5
			재해발생 지역으로부터 학교까지의 대피로 확보가 가능한 곳*	5	5	5
			학교와 인접지역에 공원이 있는 곳*	5	5	5
			지역별 인구밀도에 따른 입지고려	3	3	3
			산사태가 일어날 수 있는 절개지 및 비탈면 근처가 아닌 곳*	5	5	3
		표고	주변지역 표고보다 높은 곳에 위치* (침수지역이 아닌 곳은 5점, 침수지역은 1점으로 함)	5	5	5
		배치	대피민의 동선이 복잡하지 않게 건물 배치*	5	5	5
			주출입구와 부출입구로 구분하여 계획*	5	5	5
	총점 & 유형			38점 거점	38점 거점	36점 거점
시설평가	요소	평가항목	평가기준	점수 가좌중 전	가좌중 후	서곶중 전
	외부공간	운동장	비상 시 물품 적재장소로 사용 할 수 있는 공간 확보	3	5	3
			가설화장실 및 탈의실, 샤워실 설치 공간 고려	5	5	5
		주차장	비상차량이 교사동이나 강당에 쉽게 접근가능한 곳에 위치	5	5	3
			물품 하차장소에 케노피 설치	1	1	1
			재해구호차량의 주차를 위한 공간 확보 고려	3	3	3
	내부공간	강당	화장실 및 탈의실, 샤워실 설치	3	5	5
			대피민을 위한 냉·난방시설 설치	1	5	1
		일반교실	수용인원초과 및 다목적공간 활용에 대비한 가변적 공간으로 계획	1	5	1
		양호실	응급진료소로 전환을 위한 확장고려	3	5	3
			응급차량 접근이 용이한 곳에 위치	3	5	3
			운동장과 강당에 근접한 배치 고려	1	5	3
		교무실	강당과 밀접하게 소통할 수 있는 곳에 위치	3	3	3
			확장을 고려한 가변적 공간으로 계획	3	5	1
		방송실	비상, 재난 및 교내방송에 문제가 없는 시스템으로 계획	5	5	5
	구조/설비	구조	일반적인 구조 및 내진구조로 계획	5	5	5
		비상발전기	정전과 같은 긴급상황에 대처하기 위한 시설계획	-	5	-
		냉·난방설비	실내온도 및 습도를 일정하게 유지할 수 있는 설비시스템으로 설치	1	5	3
	인원산정기준	적정수용인원	수용인원 산정기준은 최소 3.3㎡(적정 3.55㎡) 이상고려	5	5	1
	총점			51	82	49
	등급			보통	양호	보통

구분	총점	유형 및 등급	비고
유형구분	40 ~ 36점	거점형	한개 이상의 항목에서 부적합이 나오는 경우 총점에 상관없이 대피시설로 사용 불가
	35 ~ 24점	분산형	
시설평가	95 ~ 70점	양 호	등급에 따라서 시설의 개선방향 파악
	69 ~ 48점	보 통	
	47 ~ 0점	불 량	

<표 3.5.14> 분산형대피학교의 적합성평가

유형구분	요 소	평가항목	평가기준	점 수 신현북초	점 수 해원초
유형구분	입지/배치	입 지	과거 침수지역 혹은 상습침수지역이 아니며 배수가 용이한 곳(200년 빈도 기준으로 함)*	5	5
			재해발생 지역으로부터 학교까지의 대피로 확보가 가능한 곳*	5	5
			학교와 인접지역에 공원이 있는 곳*	3	3
			지역별 인구밀도에 따른 입지고려	3	3
			산사태가 일어날 수 있는 절개지 및 비탈면 근처가 아닌 곳*	5	5
		표 고	주변지역 표고보다 높은 곳에 위치* (침수지역이 아닌 곳은 5점, 침수지역은 1점으로 함)	5	5
		배 치	대피민의 동선이 복잡하지 않게 건물 배치*	3	3
			주출입구와 부출입구로 구분하여 계획*	5	5
	총 점 & 유 형			34점 분산	34점 분산

시설평가	요 소	평가항목	평가기준	점 수 신현북초 전	신현북초 후	해원초 전	해원초 후
시설평가	외부공간	운 동 장	비상 시 물품 적재장소로 사용 할 수 있는 공간 확보	1	5	5	5
			가설화장실 및 탈의실, 샤워실 설치 공간 고려	5	5	3	3
		주 차 장	비상차량이 교사동이나 강당에 쉽게 접근가능한 곳에 위치	5	5	5	5
			물품 하차장소에 케노피 설치	1	1	1	1
			재해구호차량의 주차를 위한 공간 확보 고려	5	5	3	3
	내부공간	강 당	화장실 및 탈의실, 샤워실 설치	-	5	5	5
			대피민을 위한 냉·난방시설 설치	-	5	1	5
		일반교실	수용인원초과 및 다목적공간 활용에 대비한 가변적 공간으로 계획	1	5	1	5
		양 호 실	응급진료소로 전환을 위한 확장고려	3	3	1	5
			응급차량 접근이 용이한 곳에 위치	3	5	5	5
			운동장과 강당에 근접한 배치 고려	3	3	5	5
		교 무 실	강당과 밀접하게 소통할 수 있는 곳에 위치	3	5	3	3
			확장을 고려한 가변적 공간으로 계획	3	5	3	5
		방 송 실	비상, 재난 및 교내방송에 문제가 없는 시스템으로 계획	3	5	5	5
	구조/설비	구 조	일반적인 구조 및 내진구조로 계획	5	5	5	5
		비상발전기	정전과 같은 긴급상황에 대처하기 위한 시설계획	-	3	-	5
		냉·난방설비	실내온도 및 습도를 일정하게 유지할 수 있는 설비시스템으로 설치	1	5	5	5
	인원산정기준	적정수용인원	수용인원 산정기준은 최소 3.3㎡(적정 3.55㎡) 이상고려	1	5	-	5
	총 점			43	80	56	80
	등 급			불량	양호	양호	양호

평가	구 분	총 점	유형 및 등급	비 고
평가	유형구분	40 ~ 36점	거점형	한개 이상의 항목에서 부적합이 나오는 경우
		35 ~ 24점	분산형	총점에 상관없이 대피시설로 사용 불가
	시설평가	95 ~ 70점	양 호	등급에 따라서 시설의 개선방향 파악
		69 ~ 48점	보 통	
		47 ~ 0점	불 량	

나. 거점형 및 분산형대피학교 평가결과의 분석

○가좌중학교, 서곶중학교, 신석초등학교의 리모델링 설계 평가결과 3개 학교 공통적으로 운동장, 강당, 일반교실, 양호실, 비상발전기, 냉·난방설비 항목에서 기존 시설보다 개선된 것으로 평가되었음

○가좌중학교의 경우 강당 내의 화장실, 샤워실 및 탈의실 설치, 양호실의 확장에 따른 강당과의 접근성 향상, 냉·난방설비의 개선으로 대피민의 거주환경이 개선된 것으로 나타남

○서곶중학교의 경우 일반교실과 교무실의 가변적 공간으로 계획을 통해 수용인원초과 및 다목적공간을 대비할 수 있는 대피학교로 개선되었음

○신석초등학교의 경우 외부공간의 리모델링을 통해 대피민의 차량 및 비상차량의 강당 접근성 개선되었음

○분산형대피학교로서 신현북초등학교, 혜원초등학교의 리모델링 설계를 통해 공통적으로 강당, 일반교실의 활용도가 개선됨

○신현북초등학교는 기존에 강당이 없어서 대피학교로 사용 시 대피민의 거주공간이 부족할 것으로 판단되어 리모델링을 통해 강당을 신설하여 대피민의 거주성이 개선됨

○혜원초등학교의 경우 신축 후 경과연수가 작아 현 시설성능이 양호하기 때문에 응급진료실의 확장, 일반교실의 가변성 확보 등에 국한하여 개선안 제시

○공통적으로 대피학교의 리모델링 설계에서 대피학교로 사용시 갑작스러운 정전에 대비하기 위해서 공통적으로 비상발전기를 계획하였음

○종합적으로 적합성평가를 통해 리모델링 설계를 평가한 결과 거점형대피학교 3개교, 분산형대피학교 2개교 모두 시설평가 측면에서 보통등급에서 양호등급으로 개선됨

○성능개선에 대한 정량적 계량이 종합적 평가점수에서 확인됨(예를 들어 거점형 3개교의 경우 가좌중: 51->82, 서곶중: 49->82, 신석초: 45->82)

다. 대피학교의 재해상황 단계별 운영 시나리오

(1) 예방단계(−2Y ~ −3D)

−대피학교 및 임시주거시설을 지정하고 적절한 수준의 리모델링 실시

−국가재난관리시스템과 협력하여 이동화장실, 샤워실, 세탁 및 급수 재해구호 차량 등을 확보함

−대피학교 관계자와 사전협의를 통해 기타 필요한 사항에 대하여 대비함

−대피계획 수립에 지역주민의 참여도를 높이고 대피학교와 대피로를 사전에 인지할 수 있도록 홍보, 교육 및 훈련 실시함

−학교 복합화 시설계획을 대피계획과 연계하고 참여형 방재프로그램 운영

(2) 대비단계(−3D ~ 0D)

−국가재해관리기관의 지시 하에 대피학교의 관리권 이양 및 통제 시작

−주변 병원, 소방서 등 중요시설과 연결망을 확보함

−언론매체에 긴급대피 시 대피계획, 장소에 대하여 상황 전파 및 방송 요청

−사전에 지정된 노약자, 장애인은 자원봉사자의 지원 하에 미리 대피시킴

−교무실, 강당 일부 등을 재해대책본부로 전환 준비하고 자원봉사자실 설치

(3) 대응단계(0D ~ +14D)

−국가재난관리기관의 지시에 따라 대피학교 전체를 대피시설로 전환 시작

−강당에 임시주거시설을 설치하고 이재민 수용, 구호물자 공급 시작

−국가재난관리시스템과 연결하여 실시간으로 인명, 구호물자 지원체계 가동

−상황전개에 따라 거점학교, 분산학교, 기타 국가방재시설체계와 연동 운영

−보건실을 응급센터로 전환하고, 인근 병원, 보건의료원와 응급조치 준비협조

−필요 시 비상발전기를 가동하고 이동식화장실 및 급수차량을 지원받음

−주민회의실을 가동하고 지속적으로 복구상황 정보 제공

(4) 복구단계(+14D ~ +28D)

− 국가재해관리기관의 지시에 따라 안전 확인 후 이재민들의 귀가 조치

− 재해대책본부, 상황실, 주민회의실, 강당, 자원봉사자실, 주차장을 원위치

− 대피학교 원관리자에게 관리권 이양 및 상황 종료 보고

제6절 임시주거용 시스템 칸막이 제안 및 적용

1. 임시주거용 시스템 칸막이 개발의 목적 및 필요성

○기존의 대피시설은 단순 대피라는 목적에 치중 되어있어 대피공간내의 시설이 매우 열악한 실정임

○더욱이 대피기간이 길어질 경우 이재민들에게 쾌적한 거주환경을 제공하기에는 한계가 있으므로 대피 공간 내에서 거주공간을 보장 받을 수 있는 시설이 절대적으로 필요함

○재난 재해 시 대피 기간은 평균 13.6일이므로[7] 매트나 텐트 등을 사용하기에는 생활의 불편이 있고, 외부용 컨테이너 등을 이용하기에는 비용과 공간에 부담이 큼

○대피시설 내에서 개인 영역을 나누기에 매트는 프라이버시가 매우 불리하고, 텐트는 낮은 천정고 및 환기와 모듈의 확장이 불리하므로 이를 극복할 수 있는 본 연구의 임시주거시설이 개발됨

가. 대피시설로 사용되는 학교의 문제점

○학교의 강당은 대규모 인원을 수용하기에 적합하나 개방된 공간이므로 공간 구획이 어려움

○학교시설은 교육목적 시설이기 때문에 임시주거의 기능을 갖추고 있지 않아 학교가 대피시설로 사용될 경우 집단 수용의 개념에 가까움

○학교시설이 대피시설로 이용 시 대피민이 겪는 불만족한 점은 다음 <표 3.6.1>[8]과 같음

<표 3.6.1> 학교시설의 불만족항목

순위	불만족 항목	불만족도	순위	불만족 항목	불만족도
1	목욕 및 샤워시설	4.28	9	통풍, 환기, 채광	3.32
2	잠자리	4.06	10	무료급식	3.3
3	사생활 보호	4.04	11	장소	3.3
4	통신시설 사용	3.85	12	재해로부터의 안전	3.21
5	대피방송	3.64	13	비상의약품 비치	3.19
6	실내 공간면적	3.47	14	의료시설 이용	3.09
7	화장실 이용	3.45	15	구호품 전달	3.04
8	쓰레기 처리	3.34			

※ 5점 기준 (5점 : 매우 불만족, 1점 : 매우 만족)

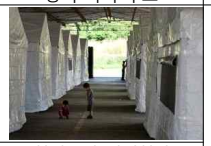
7) 박하늬, 풍수해 현황 및 대피시설 운용에 관한 연구, 서울산업대학교 주택대학원, 석사학위논문(2007)
8) 국립재난안전연구원, 대피시설 선정·관리 절차 개선방안 연구(2014)

나. 기존의 임시주거 시설 문제점 및 해결방안

(1) 기존의 임시주거 시설의 종류와 특징

○기존 임시주거 시설의 종류와 장·단점을 살펴보면 다음 <표 3.6.2>와 같음

<표 3.6.2> 기존의 임시주거 시설의 장·단점

국가	제작자	사진	장점	단점
일본	스즈키 도시히코	 골판지 쉘터	○다량생산 가능 ○저렴한 가격 ○간편한 조립 ○프라이버시 보호	○구조적으로 불안정 ○오래사용하기에 무리가 있음
일본	시게루 반	 나무봉에 천막결합	○모듈화 ○간편한 조립 ○보관이 편리	○구조적으로 불안정 ○거주성 불편
일본	시게루 반	 종이 가벽 구조	○간편한 조립 ○다량생산 가능	○구조적으로 불안정 ○오래사용하기에 무리가 있음 ○보관이 불편
미국	Erica Lazare	 철제봉에 비닐천막	○다량의 인원 수용 가능 ○거주성이 우수	○조립이 어려움
터키	designnobis	 철제 프레임 조합	○거주성이 우수 ○내부 가구까지 구성	○조립이 어려움 ○보관 및 이동이 어려움 ○보편화되기 어려움
한국	서두원[9]	 종이접기 막 구조	○간편한 조립 ○보관 및 이동이 편리 ○다양한 형태 가능 ○형태에 따른 시설 구분 가능	○구조적으로 불안정 ○화재 및 오염에 취약 ○오래사용하기에 무리가 있음

9) 서두원, 개인운반이 가능한 최소형 조립주거, 한양대학교 대학원, 석사학위논문(2012)

(2) 기존의 임시주거 시설의 문제점과 해결방안

○기존 임시주거 시설들은 대부분 철제 프레임 구조나 막 구조로 구성 됨

○또한, 조립 및 해체가 편리한 구조는 골판지, 종이, 비닐 등으로 내구성이 약한 편임

○반면 구조적으로 견고한 시설들은 조립 및 해체가 어렵다는 단점이 있음

○임시주거 시설은 저렴한 비용으로 많은 사람들에게 제공해야 하므로 비용이 저렴하고 생산성이 높은 재료를 선택해야 함

○완제품으로 구성하기 보다는 조립형으로 구성하여 일부가 파손되더라도 쉽게 교체할 수 있도록 해야 함

○적은 면적으로 장기간 보관이 용이하고 현장에서 특별한 도구 없이 조립 할 수 있도록 해야 함

○기존 임시주거 시설의 장단점을 보완하여 조립 및 해체가 간편하며 구조적으로 안정되고 오래 사용할 수 있는 시설의 개발이 필요함

2. 임시주거용 시스템 칸막이 개발안

가. 개발의 주안점

○프라이버시를 보호할 수 있도록 할 것

○가볍고 누구나 쉽게 조립 및 해체가 가능할 것

○구조적으로 견고하며, 안정되어 보일 수 있도록 할 것

○각각의 모듈이 결합할 수 있을 것

○조립형으로 일부가 파손되더라도 사용에 지장이 없거나, 교체가 가능하도록 할 것

○보관 및 운반이 편리하며 필요 시 적은 비용으로 대량 생산이 가능 할 것

○설치 시 쾌적한 주거 환경을 제공할 수 있어야 함

○대부분 재해가 여름에 집중되므로 매쉬 천과 일반 천을 사용하도록 할 것

○가림막의 높이 조절이 가능해 사용자가 조절 할 수 있도록 할 것

○임시주거 기능 외에도 다른 프로그램을 위한 활용도 가능할 것

나. 임시주거용 시스템 칸막이 설계도 개발

(1) 임시주거용 시스템 칸막이 설계도 개발-1

○ 디자인특허등록 출원번호 제 30-0803881호 건물용 칸막이

○ 세 개의 칸으로 구획된 막대풍선형 공기 튜브 프레임 구조임

○ 가로, 세로, 높이 2,000mm의 정육면체 구조임

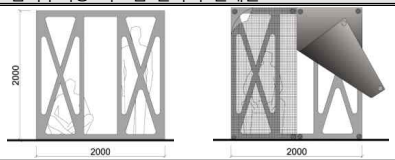
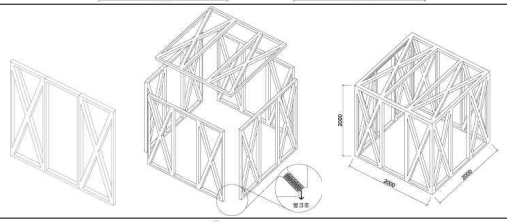
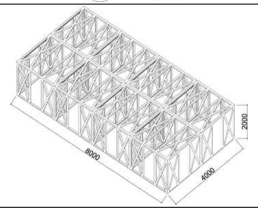
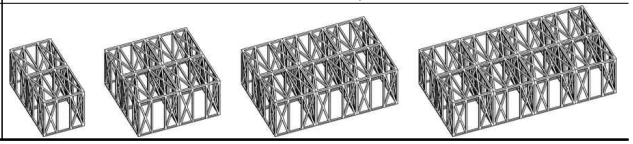
○ 프레임의 양단 칸에 변형을 지지할 수 있는 보강 튜브 구조임

○ 2,000mm 기본 모듈을 확장하여 맞물리는 면은 벨크로로 고정함

○ 구조적으로 안정된 디자인으로 하여 보호받는 느낌을 받을 수 있도록 함

○ 일반천과 매쉬천을 병용하여 설치하여 프라이버시 보호가 가능 하도록 함

<표 3.6.3> 임시주거용 시스템 칸막이 설계안-1

임시주거용 시스템 칸막이 설계안-1	
가림막 개폐형식	
각부 크기 및 조립방법	
블록형 모듈 설치 예시도	
모듈 확장 예시도	

(2) 임시주거용 시스템 칸막이 설계도 개발-2

○ 특허 출원번호 10-2015-0036702 조립식 임시거주시스템

○ 자석결합 막대풍선형 몸통과 자석결합이 가능한 연결철물로 구성됨

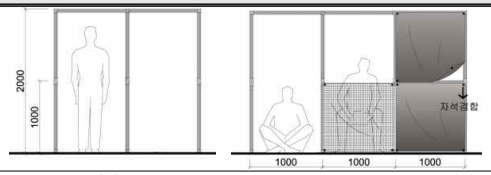
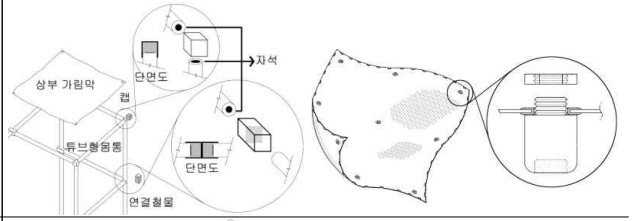
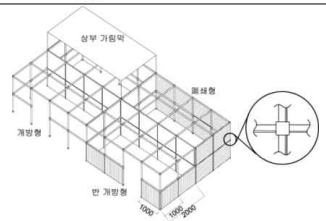
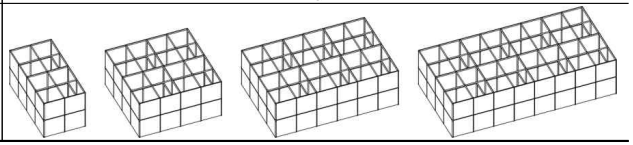
○ 막대풍선형 몸통의 길이는 1,000mm이며 양끝은 자석부분이므로 연결철물과 조립이 가능함

○ 1,000mm 기본 모듈로 확장이 가능하며 가림막의 양측에는 철물 또는 자석을 결합하여 연결철물과 쉽게 결합, 분리가 될 수 있도록 함

○ 상부 가림막과 측면 가림막은 1,000mm씩 임의로 변경 가능함

○ 일반천과 매쉬천을 병용하여 설치하여 프라이버시 보호가 가능 하도록 함

<표 3.6.4> 임시주거용 시스템 칸막이 설계안-1

임시주거용 시스템 칸막이 설계안-2	
정면도 및 가림막 개폐형식	
각부 설명 및 조립 방법	
블록형 모듈 설치 예시도	
모듈 확장 예시도	

다. 기대효과

(1) 시설사용에 대한 기대

○학교 강당 및 체육관 등의 개방된 공간의 모듈을 이용한 공간 구획 가능함

○어느 장소에서나 모듈을 통한 신속한 공간 배치 가능함

○대피시설 내에서 개인공간과 통로가 명확해져 동선계획이 유리함

○또한 개인영역이 명확해지므로 거주성이 향상 됨

○사생활 보호 및 도난방지 가능함

○명확한 공간구획으로 공간 분배로 인한 대피민들의 불만 및 갈등이 감소 됨

○재난 취약자 등을 배려하여 실내의 임시주거 시설의 설치가 가능함

○심리적인 안정감이 확보됨

(2) 사회적 기여

○대형교통사고, 화재, 붕괴 등의 다수의 이재민이 발생 할 수 있는 사회재난에 대비하여 사용 가능함

○지자체 및 국민안전처·재난구호협회, 교육청 등에 홍보하여 각종 재난에 운용 가능하도록 함

라. 개발의 한계

○일반적인 텐트보다는 신속하게 설치가 가능하나 원터치 텐트만큼 신속하고 간단하게 설치는 불가함

○임시주거시설의 기본모듈 크기는 혼자서 설치할 수 있으나 다수의 모듈을 확장하여 설치 시에는 협력이 필요함

○일반적인 텐트보다는 설치가 간단하지만 일체형이 아니므로 설치과정에 대한 이해가 필요함

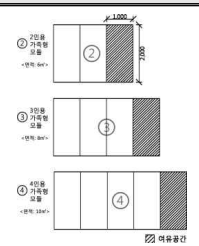
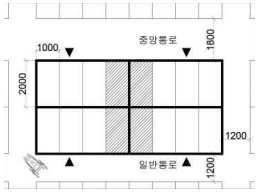
○임시주거시설의 바닥이 없으므로 거주성 및 보온성이 불리하나 에어매트 등을 사용 할 시 이를 극복 할 수 있음

3. 임시주거용 시스템 칸막이 적용 배치 예시

가. 적용 배치의 기본 사항

(1) 적용 배치의 기본 모듈

<표 3.6.5> 모듈의 설정

구분	모듈 예시도	모듈의 기본 사항
가족형 모듈		○재해 시 가족단위로 대피 하는 것을 감안하여 가족 공동체 형성을 구현할 수 있도록 고려 ○가족형 모듈의 조합 단위는 유닛이며 개인형 모듈에서 전용면적을 하나의 유닛으로 하여 1인당 2㎡(1,000mm×2,000mm) ○가족형 모듈은 심리적거리를 고려하지 않음 ○1인당 바닥면적이 개인형 모듈보다 협소 하므로 여유 공간으로 1개의 유닛을 제공 ○제공된 공간에 구호물품과 개인의 짐을 보관 할 수 있도록 함
블록형 모듈		○가족형 모듈을 조합하여 통로(1,200mm)를 계획한 것을 블록형 모듈이라 함 ○재해 시 신속하게 대피 공간 내에서 공간 분배 및 동선을 계획 할 수 있도록 고려 ○블록형 모듈 설치 시 주거 공간뿐만 아니라 지원 공간 설치를 고려 할 것 ○대피 시설 내에서 1,500mm이상의 중앙통로를 설치할 것 ○대피 시설 내 일반 통로는 1,200mm이상으로 할 것 ○입구와 가까운 곳은 재해 본부를 설치하거나 노약자와 장애인등이 출입이 어렵지 않도록 계획 ○모든 통로는 휠체어가 통과하는데 지장이 없도록 할 것

(2) 적용 시의 기본 사항

○가이드라인에서 제안한 블록형 모듈을 사용해 대피학교 리모델링 설계안의 강당에 시험적용

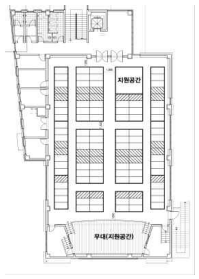
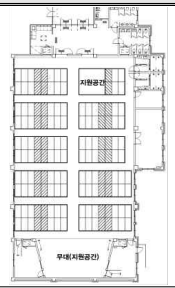
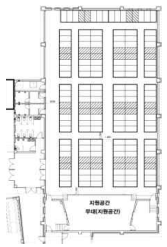
○강당 내에는 임시 주거 공간뿐만 아니라 지원 공간(재해 본부, 의료 공간, 통신 공간)설치를 고려함

○지원공간의 규모는 블록형 모듈의 1/2개의 규모(약 16㎡)로 하며 강당의 규모에 따라 조정하도록 함

○무대공간이 있을 경우, 무대에서 구호물품 등을 배부 하도록 하고 지원공간으로 활용할 수 있도록 할 것

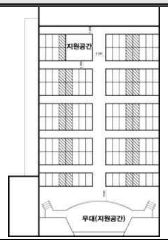
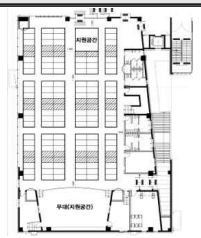
나. 학교 강당의 적용 예시

<표 3.6.6> 거점형대피학교의 강당 적용 예시

학교	가좌중학교(거점형)	서곶중학교(거점형)	신석초등학교(거점형)
거점형 학교 강당 적용 도면			
면적*	457.5㎡	532.9㎡	570㎡
수용 인원**	128명	151명	161명
적용 인원***	86명	108명	120명
차이	42명 (67%)	48명 (71%)	41명 (74%)

※ ▨:여유공간, □거주공간
*강당면적은 무대 및 기타공간(화장실, 준비실 등)을 제외한 값임
**강당의 면적을 1인당 소요바닥면적 3.55㎡으로 나눈 값
***강당의 임시주거 시설을 설치하였을 때 수용 가능 인원

<표 3.6.7> 분산형대피학교의 강당 적용 예시

학교	신현북 초등학교(분산형)	해원초등학교(분산형)
분산형 학교 강당 적용 도면		
면적*	426.3㎡	502.6㎡
수용 인원**	120명	142명
적용 인원***	102명	102명
차이	18명 (85%)	40명 (71%)

※ ▨:여유공간, □거주공간
*강당면적은 무대 및 기타공간(화장실, 준비실 등)을 제외한 값임
*강당의 면적을 1인당 소요바닥면적 3.55㎡으로 나눈 값
**강당의 임시주거 시설을 설치하였을 때 수용 가능 인원

제7절 소결

1. 요약

○본 연구에서는 학교시설 활용 도시방재력 강화를 위해 설계가이드라인 및 리모델링 안을 제시하였으며, 다음과 같은 결과가 도출됨

○인천광역시 서구에서 홍수로 인한 침수가 발생했던 가좌동과 연희동을 중심으로 침수로부터 안전한 인접지역의 대피학교시설을 중심으로 실태조사를 실시함

○대피학교시설의 적합성평가를 통해서 적합성유형을 거점형대피학교와 분산형대피학교로 구분할 수 있으며 시설성능에 따라서 유지관리 및 부분수선, 신축 등을 판단할 수 있음

○현장실태조사한 13개 학교시설을 적합성평가를 실시 한 결과 거점형대피학교 5개, 분산형대피학교 4개, 부적합한 학교시설이 4개로 평가되었음

○설계가이드라인을 통해 대피학교시설의 리모델링 설계를 위해 적합성평가 결과 도출된 5개의 거점형대피학교 중 대피민의 대피로와 이동거리를 고려하여 가좌중학교, 서곶중학교, 신석초등학교를 선정하였고 4개의 분산형대피학교 중 신현북초등학교, 해원초등학교를 선정하여 리모델링을 실시하였음

○대피학교시설의 리모델링 설계의 프로토타입유형은 방재 특화 거점형, 일반 거점형, 분산형으로 3개로 구분할 수 있으며 방재 특화 거점형으로는 서곶중학교, 신석초등학교, 일반 거점형으로는 가좌중학교, 분산형으로는 해원초등학교, 신현북초등학교로 리모델링 함

○설계가이드라인으로 리모델링한 결과 거점형대피학교의 경우 일반교실을 활용하여 양호실, 교무실을 확장고려하고 정전대비 비상발전기실을 계획하여 냉·난방설비 시스템 설치를 중심으로 크게 개선되었으며 분산형대피학교은 일반교실 항목을 중심으로 가변적 공간에 대해 크게 개선되었음

○대피학교시설의 거주성 향상을 위해 국·내외 임시주거시설을 비교분석하여 쉽게 조립과 해체가 가능하며 대량생산이 가능한 견고한 구조와 재료를 선정하여 재난 재해 시 대피학교시설로 대피 하였을 경우 대피민에게 우수한 거주성을 제공할 수 있는 임시주거용 시스템 칸막이를 개발함

○거점형대피학교 지정의 타당성은 본 연구에서 제시한 시설기준에서 입지, 외부공간, 내부공간, 구조 및 설비 등에서 제시되었으며 이를 바탕으로 적합성평가표에 평가항목으로 반영되었음

○거점형대피학교의 지정의 문제점은 첫째, 다양한 유형에서는 적합5성평가표를 신회하기 어려우므로 보완해야 함, 둘째, 본 연구에서 제시한 대피학교시설의 반경인 1.5㎞와 「재해지도작성기준 등에 관한 지침」에서 제시된 대피시설은 대피

민의 이동거리 1㎞이내에 설치해야한다는 내용과 상충함, 셋째, 현재 지정한 거점형대피학교의 강당의 규모가 작은 것으로 보여지며 대규모 거점형대피학교에 대한 별도의 기준이 필요함

제4장 공원 · 녹지시설의 도시방재력 강화방안과 설계기법

제1절 도시계획시설로서 공원 · 녹지시설의 역할

○현재 기후변화에 의한 이상기후로 폭우, 폭염, 폭설, 지진, 가뭄, 해수면 상승 등이 빈번하게 발생하고 있음. 고밀도로 개발된 도시지역은 불투수 면적의 증가, 지하공간의 활용 증대 등으로 지하수의 고갈, 열섬현상의 심화, 수질오염이 가중되어 재산 및 생명피해가 증가함

○선진국들은 도시계획 측면의 기후변화 대응 방재대책들을 가지는 반면 우리나라는 댐과 같은 전통적인 방재시설물로 기후변화에 대응하고 있음. 따라서 집중화된 설치 위주의 방재대책에서 벗어나, 도시의 인프라스트럭처를 이용하여 재해를 예방, 대비, 대응, 복구하는 것이 필요함

○「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」제43조제2항의 규정에 의한 「도시 · 군계획시설의 결정 · 구조 및 설치기준에 관한 규칙」제1장 제2조 3항에 근거하여 공원, 녹지는 저류시설 및 주민대피시설의 기능을 가질 수 있다는 점이 사료됨. 또한「도시 · 군계획시설의 결정 · 구조 및 설치기준에 관한 규칙」제8조의3에 의거하여 공원, 녹지는 물순환 회복을 위한 도시계획시설로서 활용될 수 있음

○본 연구는 도시 인프라스트럭처인 공원 · 녹지를 활용하여 도시방재력을 향상시키고자 함. 공원 · 녹지는 침투, 저류기능과 학교의 대피를 도와주는 기능을 하는 도시계획시설로서 폭우대응 방재공원 · 녹지, 대피대응 방재공원 · 녹지로 구분할 수 있음

<표 4.1.1>「도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준」제2조 제3항(도시·군계획시설결정의 범위)

주차장, 공원, 녹지, 유원지, 광장, 학교, 운동장, 공공청사, 문화시설, 도서관, 청소년수련시설 및 종합의료시설을 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 지역 등 재해에 취약한 지역(이하 "재해취약지역"이라 한다)이나 그 인근에 설치하는 경우에는 저류시설 및 주민대피시설 등을 포함하여 도시·군계획시설결정을 할 수 있다.

1. 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」제37호제1항제5호에 따른 방재지구(이하 "방재지구"라 한다)
2. 「급경사지 재해예방에 관한 법률」제2조제1호에 따른 급경사지(이하 "급경사지"라 한다)
3. 「자연재해대책법」제12조에 따른 자연재해위험지구 및 같은 법 제16조에 따라 수립되는 풍수저감종합계획에서 자연재해의 발생 위험이 높은 것으로 평가된 지역

<표 4.1.2>「도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙」제8조의3(자연상태의 물순환 회복)

도시·군계획시설은 불투수면(不透水面)에서 발생하는 빗물 유출을 최소화하여 자연상태의 물순환 회복에 이바지할 수 있도록 결정하여야 한다.

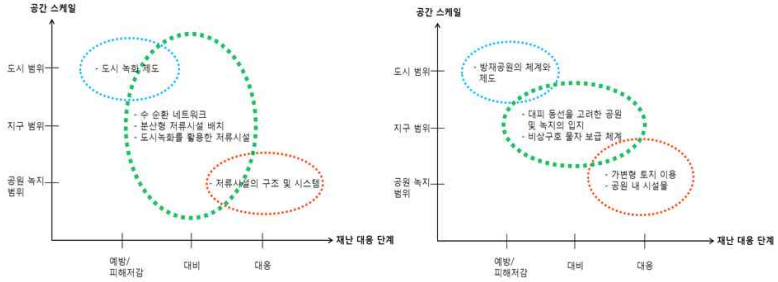
제2절 1,2차년도 연구결과의 요약

1. 1차년도 요약

○공원 · 녹지를 도시공간, 지구공간, 공원 · 녹지공간 부분으로 구분하여 수해 관련 사항과 대피 관련 사항에 대하여 도출

○국내 · 외 현황 및 선진사례의 분석을 통한 방재프로그램 도출

–국내외 공원 · 녹지시설 현황 DB구축 및 지침 분석을 통한 문제점 및 개선방향
–도시공간, 지구공간, 공원 · 녹지공간 별 도시 방재력 향상 기본방향
–공원 · 녹지시설의 수치모의를 위한 모형의 적용성 검토 및 저류조 설치에 따른 홍수저감효과 검토



<그림 4.2.1> 재난 대응 단계 및 공간스케일에 따른 수해 및 대피 공간 프로그램

<표 4.2.1> 1차년도 요약

구분	수해 관련	대피 관련
도시 공간 부분	○수순환 네트워크 -저류시설의 분산형 배치 -지형에 따른 저류시스템 배치 -공원·녹지시설과 연계된 녹지도랑, 오픈수로	○방재공원의 체계와 제도 -대피공간의 위계 설정 -대피동선 및 도로폭 기준 설정
지구 공간 부분	○분산형 저류시설 -저류기능이 복합된 가변형 오픈스페이스 계획 -최대거리 1km의 근린 공원시설 간격을 고려한 저류시설 분산배치	○대피 동선 -최소 폭 10m 이상의 대피 동선 확보 -공원 출입구 설계 시 주변 현황과의 연계성 고려 ○비상구호물자, 보급체계 -공원 내 3일 분량의 비상·구호물자 비축
공원·녹지 공간 부분	○저류시스템 -강우 빈도별 단계적 우수처리 -고유기능을 포함시킨 저류시설 설치 계획 ○가로식재, 옥상녹화 -불투수 비율 높은 지역에 레인가든 설치 -소규모 녹지공간 조성 시 자연 침투 고려	○가변형 토지이용 -재해 발생 시 대피 공간으로 용도변경 계획 -시간에 따라 변형 가능한 토지이용 계획 ○공원 내 시설물 -자가 전기 발전시설 등 기반시설 설치계획 -가변형 스트리트 퍼니처 설치

2. 2차년도 요약

○첫째, 국내 공원녹지 관련 법과 지침, 비점오염관리 법과 지침, 관련정책을 분석하였음. 방재력 향상의 목적으로 공원녹지를 활용하기 위한 규정, 비점오염저감시설의 유형과 설치 및 관리기준, 빗물관리의 효과적 활용을 위한 정책 등이 분석되었음. 분석의 결과, 폭우대응 방재복합형 공원녹지의 활용을 위하여 구체적이고 사회적 활용을 높이기 위한 연구의 필요성이 파악되었음

○둘째, 최근 자연재해대책법은 재해취약성분석을 통하여 재해위험지구를 지정하도록 하고 있고 재해위험지구 유형 중에서 침수위험지구를 선정하는 등, 폭우피해에 대응하기 위한 적극적인 동향을 파악할 수 있었음

○셋째, 폭우피해에 효과적으로 대응하기 위한 도시계획, 토목, 환경공학 관련의 다양한 선진기법들을 분석하였음. 그러한 기법들은 WSUD(Water Sensitive Urban Design), LID(Low Impact Development), GI(Green Infrastructure) 등이고, 분석한 기법들은 방재복합형 공원녹지의 설계지침 구축에 참고 활용하였음

○넷째, 폭우대응 방재복합형 공원녹지시설의 설계지침을 작성하였음. 그 내용은 다음과 같은 것들을 포함함
①방재복합형 공원녹지에 대한 성능기준, 시설별 기본성능기준 및 가이드라인
②시설별 가이드라인은 입지 및 배치, 방재복합시설(폭우대응과 분산형 빗물관리로 구분), 조경계획 및 설계

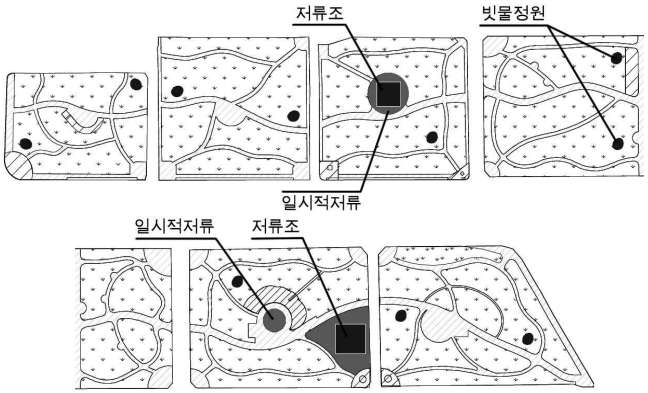
③방재복합형 공원녹지 유형은 폭우대응형, 분산빗물관리형, 복합방재형의 3가지 유형으로 나누어지고 각각의 배치 가이드라인을 제시
④방재복합형 공원녹지의 배치 가이드라인을 위한 용도조닝유형 설정
⑤방재복합형 공원녹지의 각 유형과 용도조닝의 각 유형을 효과적으로 조합하는 기법 제시 등

○다섯째, 방재복합형 공원녹지시설의 적합성을 다음과 같은 방식으로 확보하였음. 즉, 자연재해대책법의 재해취약성 분석에서 정해지는 침수위험지역과 침수영향지역(침수위험지역의 유역에 속하여 침수위험지역의 위험도를 가중시키는 인접지역)에 의거하여 적합한 방재복합형 공원녹지를 입지시키도록 하였음

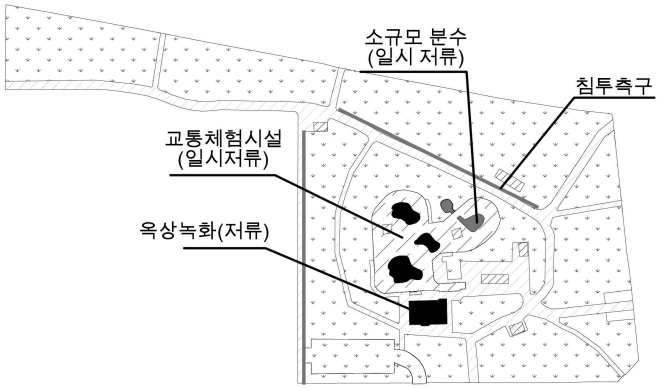
○여섯째, 방재복합형 공원녹지의 유형 평가지표로서 다음과 같은 지표를 설정하였음. 즉 침수위험지역과 침수영향지역, 공원의 면적, 시간당 강우량의 3가지 지표임

○일곱째, 시험적용 및 검증을 행하였고, 인천광역시 석남배수분구 주변(대부분 서구지역)의 공원녹지 현황을 분석하고 시험적용에 적합한 공원 2개소를 선별하여 계획함. 침수피해에 저감에 대한 검증은 폭우대응, 비점오염저감, 폭우대응+비점오염저감 별로 나누어서 분석하여 검증의 효과가 수치적으로 도출되었음

○2차년도 연구의 특징은 폭우대응 방재복합형 공원녹지를 3가지 유형(폭우대응형, 분산빗물관리형, 복합방재형)으로 설정하고 있음. 이 유형들 중, 복합방재형 유형은 폭우대응형과 분산빗물관리형(비점오염저감)의 양 기능을 가지는 친환경적 방재복합형 공원녹지임. 이러한 복합방재형 유형의 제안이 다른 연구들과 비교하여 본 연구의 특징이라고 할 수 있음. 즉, 기존의 다른 연구들은 도시의 폭우피해에 대응하여 공원녹지를 활용하는 연구들에 집중하고 있음



<그림 4.2.2> 가좌완충녹지



<그림 4.2.3> 동구어린이교통공원

<표 4.2.2> 공원·녹지 유형별 성능비교

요소	항목	공원·녹지 유형		
		폭우대응형 공원・녹지	분산빗물관리형 공원・녹지	복합방재형 공원・녹지
입지	침수위험지구	●	△	○
	침수영향지구	△	●	○
배치	안전이용공간	●	●	●
	방재가변공간	△	○	○
	분산형 빗물관리 공간	△	●	●
	폭우대응공간	●	△	●
조경계획 및 설계	지표면 설계	●	●	●
	식재 설계	△	●	●
방재복합 시설	폭우대응시설	●	△	●
	분산형 빗물관리 시설	△	●	●
강우량 기준		25mm/h 이상	25mm/h 이하	모든 강우

●: 필수사항 ○: 권장사항 △: 선택사항

제3절 국내 법·지침 및 선진기법

1. 도시공원법

가. 도시공원

○「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」의 제15조(도시공원의 세분 및 규모) 제1항에 의해 도시공원은 생활권공원, 주제공원으로 분류. 생활권 공원은 유치거리나 규모에 따라 소공원, 어린이공원, 근린공원으로 구분. 주제공원은 공원의 성격에 따라 역사공원, 문화공원, 수변공원, 묘지공원, 체육공원, 특별시·광역시·특별자치시·도 또는 특별자치도의 조례가 정하는 공원으로 구분 [2015.1.20.]

○동법 시행령 제22조(도시공원의 점용허가 대상) 제6호, 제11호, 제12호에 의해 도시공원은 폭우대응 및 대피대응을 할 수 있는 공간으로 사용 가능함을 암시 [2015.6.1.]

<표 4.3.1>「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률 시행령」제22조(도시공원의 점용허가 대상)

6. 방화용 저수조·지하대피시설의 설치 11. 비상재해로 인한 이재민을 수용하기위한 가설공작물의 설치 12. 공원관리청이 재해의 예방 또는 복구를 위하여 필요하다고 인정하는 공작물의 설치

○방재기능과 복합화할 수 있는 공원은 소공원, 어린이공원, 근린공원, 문화공원, 수변공원, 체육공원으로 한정되며 설치 및 규모는 동법 시행규칙 제6조 별표 3과 같음 [2015. 2. 12.]

<표 4.3.2> 도시공원의 설치 및 규모의 기준(별표 3)

공원구분	설치기준	유치거리	규모
생활권 공원			
가. 소공원	제한 없음	제한 없음	제한 없음
나. 어린이공원	제한 없음	250미터 이하	1천5백제곱미터 이상
다. 근린공원			
(1)근린생활권 근린공원	제한 없음	500미터 이하	1만제곱미터 이상
(2)도보권 근린공원	제한 없음	1천미터 이하	3만제곱미터 이상
(3)도시지역권 근린공원	해당도시공원의 기능을 충분히 발휘할 수 있는 장소에 설치	제한없음	10만제곱미터 이상
(4)광역권 근린공원	해당도시공원의 기능을 충분히 발휘할 수 있는 장소에 설치	제한없음	100만제곱미터 이상
주제공원			
가. 문화공원	제한 없음	제한 없음	제한 없음
나. 수변공원	하천·호수 등의 수변과 접하고 있어 친수공간을 조성할 수 있는 곳에 설치	제한 없음	제한 없음
다. 체육공원	해당도시공원의 기능을 충분히 발휘할 수 있는 장소에 설치	제한 없음	1만제곱미터 이상

나. 녹지

○「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」의 제35조(녹지의 세분)에 의해 자연재해 등의 방지를 위하여 설치하는 완충녹지, 도시경관의 확보와 향상에 기여하기 위하여 설치하는 경관녹지, 녹지공간과 일상생활의 동선이 연결하기 위하여 설치하는 연결녹지로 분류. 동법 시행규칙 제18조(녹지의 설치·관리 기준)에 의한 구분은 표와 같음

○모든 녹지는 우수를 침투, 여과, 저장, 이동의 측면에서 폭우대응과 관련. 완충녹지는 재해 발생 시 대피할 수 있는 장소로 이용된다는 점에서 대피 측면과 연관. 연결녹지는 주거지역·상업지역·학교 그 밖에 공공시설과 연결한다는 점에서 대피학교, 거점학교와의 연계를 고려될 수 있음

<표 4.3.3> 녹지의 설치 및 규모의 기준(제18조관련)

구분	시설	설치장소	녹지의 형태 및 녹화면적률	규모	관련
완충녹지	공장·사업장 그 밖 유사한 시설	전용주거지, 교육 및 연구시설 등일 경우	원인시설[1]을 은폐할 수 있는 형태로 교목[2]을 설치, 녹화 면적률[3]이 50퍼센트 이상일 것	폭은 원인시설에 접한부분부터 최소 10미터 이상	대피, 폭우
		재해 발생시 피난의 경우	관목, 잔디 또는 그밖의 지피식물 녹화 면적률이 70퍼센트 이상		
		원인시설에 대한 보안대책, 사람·말 등의 접근억제, 상충되는 토지이용의 조절 그 밖에 유사한 경우	교목, 관목또는 그밖의 지피식물 녹화 면적률이 80퍼센트 이상		
	철도·고속도로 그 밖 유사한 시설		제1호의 규정에 의한 식물 식재		
			녹화면적률이 80퍼센트 이상		
			해당원인시설의 양측에 균등하게 설치		
경관녹지	도시 내의 자연환경 보전		-	각 환경에 필요한 면적 이내로 할 것	폭우
	일상생활 장소		-		
연결녹지	일상생활 장소		비교적 큰 숲으로 이어지거나 하천을 따라 조성되는 상징적인 녹지축 혹은 생태 통로가 되도록 할 것	폭은 최소 10미터 이상	학교 연계, 폭우
			도시 내 주요 공원 및 녹지는 주거지역·상업지역·학교 그 밖에 공공시설과 연결하는 망이 형성되도록 할 것		
			산책 및 휴식을 위한 소규모 가로(街路)공원이 되도록 할 것		

1) 해당녹지의 원인이 되는 시설
2) 나무가 다 자란 때의 나무높이가 4미터 이상이 되는 나무
3) 녹지면적에 대한 식물 등의 가지 및 잎의 수평투영면적의 비율을 말한다.

2. 폭우대응 관련 법 · 지침과 선진 계획 기법

가. 법 · 지침

○국내 폭우대응 관련 법 · 지침은「자연재해대책법 시행령」「저류시설의 설치 및 관리기준」「도시계획시설의 결정 · 구조 및 설치기준에 관한 규칙」「국토해양부 조경기준」, 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 시행규칙」「저영향개발 사전협의제도」을 분석함

(1)자연재해대책법시행령 [2014.12.30.]

○「자연재해대책법 시행령」제16조의3(우수유출저감시설의 종류 등)에 의해 우수유출저감시설의 종류는 침투시설, 저류시설로 분류. 저류시설은 쇄석공극(碎石空隙) 저류시설, 운동장 저류, 공원 저류, 주차장 저류, 단지내 저류, 건축물 저류, 공사장 임시저류지, 유지 · 습지 등 자연형 저류시설로 구분됨

○동법 시행령 제16조의2에 의해 도시공원 조성사업 시 우수유출저감대책의 수립을 수립하여야 한다는 조항에 따라, 공원 조성 시 침투시설 및 저류시설의 설치를 고려할 수 있음

<표 4.3.4>「자연재해대책법 시행령」제16조의2(우수유출저감대책의 수립 등)

①법 제19조의6제1항에 따라 개발사업등을 시행하거나 공공시설을 관리하는 자는 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 사업(「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」제53조에 따라 비점오염저감시설을 설치하는 대상 사업은 제외한다)을 시행하는 경우 우수유출저감대책을 수립하여야 한다. 다만, 법 제5조제1항에 따른 사전재해영향성 검토협의 대상 사업 내용에 우수유출저감시설의 설치에 관한 사항이 법 제19조의7제3항에서 정한 기준에 맞게 반영된 경우에는 그러하지 아니하다.
5.「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」제2조제6호에 따른 기반시설 중 유원지, 공원, 운동장, 유통업무설비, 유수지 또는 주차장의 도시·군계획시설 사업
7.「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」제2조제3호에 따른 도시공원의 조성사업

(2)저류시설의 설치 및 관리기준 [2015.2.12.]

○저류시설의 설치 및 관리기준은 도시공원법 시행규칙 제13조에 의하여 [별표 6]에 명시됨

○저류시설은 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」제30조 및「도시계획시설의 결정 · 구조 및 설치기준에 관한 규칙」제3조 규정에 의해 도시계획시설 중 저류시설로 중복 결정하여야 한다는 조항에 따라, 공원 · 녹지와 저류시설을 복합화하여 중복 결정할 수 있음

○저류시설에 대한 기준은 개략적인 면적기준과 입지기준만 제시하고 있음. 공원녹지의 유형별로 저류지 위치기준에 대한 정량적인 계획지침과 배치에 대한 기준마련이 필요함

<표 4.3.5>저류시설의 설치 및 관리기준 [별표 6]

분류	저류시설의 설치 및 관리기준
입지	주변지형, 지질 및 수리·수문학적 조건 등을 고려하여 도시공원, 방재시설 기능하는 장소에 입지
	붕괴위협지역 및 경사가 심한지역에는 설치하지 않음
	지표면 아래로 빗물이 침투될 경우 지반의 붕괴가 우려되거나 자연환경의 훼손이 예상되는 지역에는 설치하지 않음
	오수의 유입이 우려되는 지역에 설치하지 않음
저류시설 부지 면적	해당도시공원 전체면적의 50% 이하
	공원관리처인 수변공간조성 및 공원시설과의 겸용 등 불가피하다고 인정하는 경우에는 그러하지 아니함
	기존의 저수지를 저류시설로 이용하는 경우에는 그러하지 아니함
저류시설 부지 안의 녹지면적	상시저류시설은 60%이상 설치
	일시저류시설은 40%이상 설치
	여기서의 녹지란 공원시설 중 조경시설과 상시저류시설을 포함함
저류장소 저류용량	풍치, 미관을 해치지 아니함
	공원시설과 기능적으로 또는 미관상으로 조화를 고려함
	이용자의 안전을 고려하여 정함
이용	저류시설부지는 잔디밭·자연학습원·산책로·운동시설 및 광장 등의 기능을 가진 다목적 공간으로 조성
	침수로 인한 피해가 적고 유지관리가 용이한 시설로 할 것

(3)도시 · 군계획시설의 결정 · 구조 및 설치기준에 관한 규칙 [2015.4.27.]

○14조의3(보도의 구조 및 설치기준), 제19조(보행자전용도로의 구조 및 설치기준), 제21조(자전거전용도로의 구조 및 설치기준), 제30조(주차장의 결정기준 및 구조 · 설치기준), 제93조(운동장의 구조 및 설치기준) 제101조(체육시설의 구조 및 설치기준), 제118조(유수지), 제119조(유수시설의 결정기준 및 구조 · 설치기준), 제120조(저류시설의 결정기준 및 구조 · 설치기준)을 분석함

○물 순환을 위해 보도, 보행자전용도로, 자전거전용도로 등 배수, 투수성을 고려한 구조 및 식재면 높이에 대한 사항이 규정되어있지만 기성시가지에는 적용이 미비한 상태임

○유수시설의 결정기준 및 구조 · 설치기준에서는 환경적인 측면에서 정화시설의 설치를 하려하도록 하고 있음. 이는 우리 연구의 분산형 빗물관리(비점오염원저감)에 대한 측면과 연계될 수 있음

○저류시설의 결정기준 및 구조 · 설치기준에서는 빗물의 분산형 설치 및 공원의 고유기능과 방재기능의 적절한 조화 등을 규정하고 있는 점에서 본 연구와의 연관성이 보임

<표 4.3.6> 도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙

구분	내용
14조의 3 (보도의 구조 및 설치기준)	4. 나무나 화초를 심는 경우 그 식재면(植栽面)의 높이를 보도의 바닥 높이보다 낮게 할 것. 다만, 경관, 보행자 안전 및 나무나 화초의 보호 등을 위하여 필요한 경우는 그러하지 아니하다.
	7. 바닥은 보행에 적합한 표면을 유지할 수 있도록 평탄성, 지지력, 미끄럼저항성, 내구성, 투수성(透水性) 및 배수성(排水性)을 갖춘 구조로 설치할 것
	8. 노면에서 유출되는 빗물을 최소화하도록 빗물이 땅에 잘 스며들 수 있는 구조로 하거나 식생도랑, 저류·침투조 등의 빗물관리시설을 설치할 것
제19조 (보행자 전용 도로의 구조 및 설치기준)	8. 노면에서 유출되는 빗물을 최소화하도록 빗물이 땅에 잘 스며들 수 있는 구조로 하거나 식생도랑, 저류·침투조 등의 빗물관리시설을 설치하고, 나무나 화초를 심는 경우에는 그 식재면의 높이를 보행자전용도로의 바닥 높이보다 낮게 할 것
제21조 (자전거 전용 도로의 구조 및 설치기준)	1. 노면에서 유출되는 빗물을 최소화하도록 빗물이 땅에 잘 스며들 수 있는 구조로 하거나 식생도랑, 저류·침투조 등의 빗물관리시설을 설치하고, 나무나 화초를 심는 경우에는 그 식재면의 높이를 자전거전용도로의 바닥 높이보다 낮게 할 것
제30조 (주차장의 결정기준 및 구조·설치기준)	4. 재해취약지역에서 국가 또는 지방자치단체가 설치하거나 관리하는 면적 3천제곱미터 이상의 주차장에는 지형 및 배수환경 등을 검토하여 적정한 규모의 지하 저류시설을 설치하는 것을 고려할 것. 다만, 하천구역 및 공유수면에 설치하는 경우에는 그러하지 아니하다.
	5. 건축물이 아닌 주차장에서 유출되는 빗물을 최소화하도록 빗물이 땅에 잘 스며들 수 있는 구조로 하거나 식생도랑, 저류·침투조 등의 빗물관리시설을 설치하고, 나무나 화초를 심는 경우에는 그 식재면의 높이를 건축물이 아닌 주차장의 바닥 높이보다 낮게 할 것
제93조 (운동장의 구조 및 설치기준)	4. 빗물이용을 위한 시설의 설치를 고려하고, 불투수면에서 유출되는 빗물을 최소화하도록 빗물이 땅에 잘 스며들 수 있는 구조로 하거나 식생도랑, 저류·침투조, 빗물정원 등의 빗물관리시설 설치를 고려할 것
제118조 (유수지)	1. 유수시설 : 집중강우로 인하여 급증하는 제내지 및 저지대의 배수량을 조절하고 이를 하천에 방류하기 위하여 일시적으로 저장하는 시설 2. 저류시설 : 빗물을 일시적으로 모아 두었다가 바깥수위가 낮아진 후에 방류하기 위한 시설
제119조 (유수 시설의 결정기준 및 구조·설치기준)	1. 집중강우로 인하여 급증하는 제내지 및 저지대의 물을 하천으로 내보내기 쉬운 하천 변이나 주거환경을 저해하지 아니하는 저지대에 설치할 것
	5. 오염물질이 포함된 빗물이 유입될 경우 유수시설의 기능에 지장을 주지 아니하는 범위에서 강우(降雨) 초기에 유입되는 빗물을 저류하거나 정화하는 시설을 설치하는 것을 고려할 것
제120조 (저류시설의 결정기준 및 구조·설치기준)	1. 비가 올 때에 빗물의 이동을 최소화하여 빗물을 모아 둘 수 있는 공공시설·공동주택 단지 등의 장소에 설치할 것
	2. 집수 및 배수가 원활하게 이루어지도록 하고, 방류지점이 되는 하천·하수도·수로 등과의 연결이 원활하도록 할 것
	3. 공원·운동장 등 본래의 이용목적이 있는 토지에 저류시설을 설치하는 경우에는 본래의 토지이용목적이 훼손되지 아니하도록 배수가 신속하게 이루어지게 하고, 그 사용 횟수가 과다하지 아니하도록 할 것
	4. 저류시설 본래의 기능이 손상되지 아니하고, 빗물을 안전하게 모아 둘 수 있도록 다음의 구조로 할 것 가. 원활한 배수를 위하여 원칙적으로 배수구를 설치할 것 나. 방류구는 저류시설의 바닥면 이하에 설치하여 수량 전체를 방류할 수 있도록 할 것 다. 저류시설의 수심은 주변지역의 안전성 등을 감안하여 적정한 깊이로 할 것 라. 저류시설안에는 침수에 의하여 장해를 받을 수 있는 시설을 설치하지 아니할 것

(4)수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 시행규칙 [2015.6.16.]

<표 4.3.7> 수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 시행규칙

구분	내용
제8조 (비점오염저감시설)	법 제2조제13호에 따른 비점오염저감시설은 별표 6과 같다. 법 제2조제13호 별표 6 시설 유형: 1. 다음 각 목의 구분에 따른 시설 가. 자연형 시설 1) 저류시설 2) 인공습지 3) 침투시설 4) 식생형 시설 나. 장치형 시설 1) 여과형 시설 2) 와류형 시설 3) 스크린형 시설 4) 응집 · 침전 시설 2. 위 제1호의 시설과 같거나 그 이상의 저감효율을 갖는 시설로서 환경부장관이 인정하여 고시하는 시설
제76조 (비점오염저감시설의 설치 및 관리·운영기준)	①법 제53조제3항에 따른 비점오염저감시설의 설치기준은 별표 17과 같다. 법 제53조제3항 별표 17 가. 설치지역의 유역 특성, 토지이용의 특성, 지역사회의 수인가능성 (불쾌감, 선호도 등), 비용의 적정성, 유지·관리의 용이성, 안정성 등을 종합적으로 고려하여 가장 적합한 시설을 설치 다. 침수를 방지할 수 있도록 구조물을 배치하는 등 시설의 안정성 확보 라. 강우가 설계유량 이상으로 유입되는 것에 대비하여 우회시설을 설치 사. 설계 규모 및 용량은 다음 기준에 따라 초기 우수를 처리할 수 있도록 설계 1) 해당 지역의 강우빈도 및 유출수량, 오염도 분석을 통하여 설계규모 및 용량 결정 2)해당 지역의 강우량을 누적유출고로 환산하여 최소 5밀리미터 이상의 강우량 처리 3) 처리 대상 면적은 주요 비점오염물질이 배출되는 토지이용면적 등을 대상으로 함. 다만, 비점오염저감계획에 비점오염저감시설 외의 비점오염 저감대책이 포함되어 있는 경우에는 그에 상응하는 규모나 용량은 제외할 수 있음 ②법 제53조제4항제2호에 따른 비점오염저감시설의 관리·운영기준은 별표 18과 같다. 표 1 별표 18의 공통사항 가. 설치한 저감시설의 보존상태와 주변부의 여건, 상황 등을 파악하여 시설물 기능을 유지하기 어렵거나 어렵게 될 우려가 있는 부분을 보수하여야 함 나. 슬러지 및 협작물 제거 다. 정기적으로 시설을 점검하되, 장마 등 큰 유출이 있는 경우에는 시설을 전반적으로 점검 라. 주기적으로 수질오염물질의 유입량, 유출량 및 제거율을 조사하여야 함 마. 시설의 유지관리계획을 적절히 수립하여 주기적으로 점검

○「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 시행규칙」 제8조, 제76조에 의해 비점오염 저감시설의 유형, 저감시설의 설치 및 관리 운영 기준을 규정하고 있음. 폭우대응을 포함하여 물관리 측면에서 고려되어야 함. 또한 도시공원 및 녹지에 대한 규정을 확보 · 활용하기 위한 추가연구가 필요함

(5)국토해양부 조경기준 [시행 2014.3.5.]

○「건축법」 제42조제2항(대지의 조경) 식재 기준, 조경 시설물의 종류 및 설치방법, 옥상 조경의 방법 등 조경에 필요한 사항을 정하여 고시할 수 있음. 의 규정에 의한 조경기준은 다음과 같음

○적극적인 물 순환을 권장하기 위하여 조경 내 환경저감시설을 식재면적으로 인정하여야 한다는 것, 조경면적으로 빗물이 유입되게 설계되어야 한다는 것 등의 규정을 신설하는 것이 바람직해 보임

○대기오염에 강한 수종을 식재한다는 점에서, 폭우대응과 관련한 식재수종을 추가할 수 있을 것으로 보임

<표 4.3.8> 국토교통부 조경기준

구분	내용
제4조 (조경면적의 산정)	1. 식재면적은 조경면적(이하 "조경의무면적"이라 한다)의 100분의 50이상(이하 "식재의무면적"이라 한다)이어야 함
제5조 (조경면적의 배치)	1. 대지면적중 조경의무면적의 10퍼센트 이상에 해당하는 면적은 자연지반이어야 하며, 그 표면을 토양이나 식재된 토양 또는 투수성 포장구조로 하여야 함
제8조 (식재수종)	2. ②대기오염물질이 발생되는 지역에서는 대기오염에 강한 수종을 식재하여야 함
제10조 (휴게공간의 바닥포장)	휴게공간에는 그늘식재 또는 차양시설을 설치하여 직사광선을 충분히 차단하여야 하며, 복사열이 적은 재료를 사용하고 투수성 포장구조로 함
제11조 (보행포장)	보행자용 통행로의 바닥은 물이 지하로 침투될 수 있는 투수성 포장구조이어야 함. 다만 허가권자가 인정하는 경우에는 그러하지 아니함.

(6)저영향개발 사전협의제도 [2014.1]

○「서울특별시 물순환 회복 및 저영향개발 기본조례」에 따라 2014년 1월 서울특별시 물관리정책과에서 저영향개발 사전협의제도를 작성함

○저영향개발 사접협의제도에서는 공원의 빗물분담량 적용 예시 및 설계침투량 산정, 빗물침투시설의 용도별 설치방법을 제시

○빗물침투시설의 설치방향을 보도와 녹지공간 두가지 공간에서만 제시하고 있음. 우리 연구에서는 도시공원 및 녹지의 다양한 공간에 적용할 필요가 있음

<표 4.3.9> 저영향개발 사전협의제도

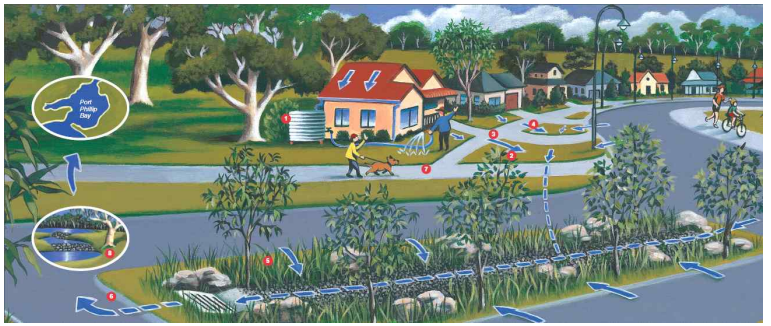
구분	내용
설치 방향	· 강우(빗물발생) → 보도면 투수성포장 및 포장면 → 측구식생대, 자갈층(침투구덩이) → 지면아래 · 강우(빗물발생) → 녹지면 → 침투구덩이 또는 빗물정원 → 지면아래
보도면 빗물침투 방법	· 보도면 측면에 식생대를 조성하고 보도에서 유출되는 빗물을 유입시켜 지면 아래로 침투·확산 시킴 · 보도, 녹지의 경계석을 없애고 경계부분을 식생하여 토사가 보도로 유입되는 것을 방지하고 보도의 유출빗물을 녹지공간으로 유입시켜 침투
녹지공간내 침투구덩이 조성 방법	· 낮은 지형은 침투구덩이와 돌무더기를 조성하여 다량의 빗물을 지면 아래로 침투·확산 시킴 · 경사가 급한 지형에는 경사면을 따라 침투구동이를 연속적으로 조성하여 빗물을 지면 아래로 침투·확산 시킴
빗물정원	· 빗물유출이 예상되는 지형에 빗물정원을 조성하여 지면 아래로 침투·확산시킴

나. 선진 계획 기법

(1)WSUD(Water Sensitive Urban Design)

○WSUD는 호주를 비롯한 선진 국가들에서 적용되고 있음. 우수 사례로는 핀란드 비키시와 브라질 브라질리아시, 미국 휴스톤의 우드랜드 등이 있음. 우리나라에서도 일산 한류우드 조성사업, 행정중심복합도시, 청라경제자유구역 같은 신도시에서 활용 중임

○WSUD란 물의 관리, 방어 및 보전에 이르는 물의 순환을 고려하는 도시계획 및 설계 기법을 일컫는 개념. 즉, 물을 보유 및 저류, 침투, 증발이라는 기본적인 물 순환 시스템을 바탕으로 도시 전반에 걸친 요소들을 통해 환경을 개선하고자 하는 기법임[4)]



<그림 4.3.1> 도시 내 우수처리과정

4) <그림 4.3.1> 도시 내 우수처리과정 그림자료 www.wsud.melbournewater.com.au

○WSUD는 강우 시, 건물의 빗물 탱크, 빗물 통, 옥상녹화 등을 통해 빗물을 저류 및 보유함. 이 외에 유출된 빗물은 도로 또는 가로공간에 설치된 침투트렌치, Bioretention System, 다공성 포장 등에 의해 오염물질을 제거 및 우수유출을 지체. 수처리 과정을 거친 우수들은 습지대나 인공습지, 연못, 호수 등에 도달되거나 조경용수, 화장실용수 등으로 재활용함

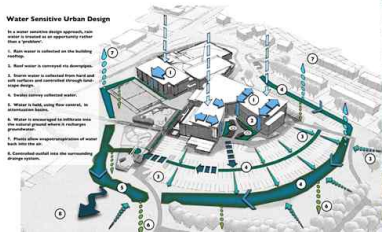
○WSUD의 원칙은 다음과 같음

- 자연적인 수체계 보호
- 관망과 우수처리 통합
- 수질보호
- 유출 및 첨두 유출 감소
- 배수시설 개발 비용 최소화

○위치 및 공간에 따른 WSUD 요소 및 기법, 기능은 다음과 같음[5][6][7]

<표 4.3.10> WSUD 위치 및 공간에 따른 요소, 기법, 기능

위치 및 공간	WSUD 요소 및 기법	기능
도로, 가로공간	Bioretention systems(Bioretention Swale, Bioretention Basin)	우수의 흐름 제어 및 우수 유출 지연, 우수처리와 운송
	침투트렌치 및 침투시스템	우수유출량과 첨두유량 감소, 오염물질 처리
	모래필터	우수 침투 및 오염물질 여과
	다공성포장(Monolithic, Modular)	우수 유출량과 속도 감소, 수질개선
공공 오픈스페이스	퇴적분지	일시적인 우수 저류, 퇴적물 처리
	인공습지	오염물질 제거, 우수 보유 및 제어, 미적 효과
	습지대 및 버퍼존(완충대)	우수 이동 및 우수 초기 처리, 미적 효과
	실개천, 하천, 연못 및 호수	우수 이동 및 보유, 미적 효과
물 재활용	빗물 통	우수 보유 및 저류
	대수층 재충전	우수 보유 및 저류



<그림 4.3.2> 도시 물 순환 체계 모식도



<그림 4.3.3> 도시 내 WSUD 적용 사례

5) <그림 4.3.2> www.susdrain.org
6) <그림 4.3.3> urbantreediversity.org
7) <그림 4.3.5> 김이형, 공주대학교 건설환경공학부, 내부자료

(2) LID(Low Impact Development)[8]

○LID란 도시강우유출수를 저류, 침투, 처리를 통합하는 기법이고, 자연적 물순환 구축 및 소규모 분산형으로 강우유출수를 관리하는 기법. 수질오염 저감, 지하수 충진 및 물의 재이용을 촉진시키는 기법임. 반면 기존 우수관리는 중앙집중식으로 우수를 유출수 발생원으로부터 빠르게 배제시키는 것이고, 강우유출수관리는 관거 말단부 관리가 아닌 유출수 발생원에서 침투 및 저류하는 것임



<그림 4.3.4> 기존 물 관리 방식과 LID 물 관리 방식의 모식도

○LID의 기본원칙은 다음과 같음

- 유역내 물관리를 통합하기 위한 도시 강우유출수의 분산형 관리
- 생태계의 자연적 물순환과 기능을 보전하거나 복원
- LID설계에 지역의 지형학적 특징을 반영
- 불투수면을 저감
- 강우발생 지점에서의 침투를 최대화
- 만약 침투가 불가능하다면, 유출수를 모아 처리/이용

○종류로는 조경 LID, 빌딩 LID, 주차장 LID 등



<그림 4.3.5> LID 요소

○조경 LID[9]

- 불투수면(건물, 주차장, 도로 등)의 강우유출수를 조경공간으로 유도
- 조경공간은 포장공간보다 낮게 조성하여 강우유출수를 유도

8) <그림 3.3.5> http://www.waterjournal.co.kr 김이호 한국건설기술연구원 연구위원 기사에서 발췌
9) 김이형, 비점오염관리를 위한 그린빗물인프라 설치 방안, 공주대학교 건설환경공학부

- Green-Blue와 연계하여 생태공간 보전
- 조경공간 토양치환으로 지하 물길 조성
- 경관성을 고려하여 디자인

적용가능한 LID요소: 식생수로, 레인가든 및 식생체류지, 침투시설(침투도랑, 침투지, 침투수로 등), 소규모 인공습지 등



<그림 4.3.6> 조경 LID 요소

○ 빌딩 LID[10)]

- 건물 옥상은 옥상녹화를 시행하며 건기시에도 생존이 가능한 식생 조성
- 옥상녹화 시 비료와 농약이 필요한 식물은 배제하여야 하며, 채소 재배도 금지할 것
- 건물 주위 화단에는 옥상의 유출수를 빗물정원, 식물재배화분, 빗물통, 식생수로, 나무여과상자 등으로 유도하여 조성
- 집중호우에 대한 침수예방을 위해 일정유량 이상의 강우유출수 배제를 위한 월류관 조성
- 경관성을 높이기 위하여 디자인 기술을 적용

적용가능한 LID요소: 침투화분, 식생체류지, 옥상녹화, 침투시설, 빗물이용 저장시설 등



<그림 4.3.7> 빌딩 LID 요소

○ 주차장 LID[11)]

- 주차장의 강우유출수는 조경공간으로 유하가 가능하도록 배수경사 설계
- 기존 주차장의 경우, 발생폐기물을 줄이기 위하여 부분포장(주차공간)유도
- 신규 주차장의 경우, 자동차의 주행확보, 부등침하, 여성안전 문제 등을 고려하여 부분포장 또는 투수블록을 고려
- 집중호우에 대한 침수예방을 위해 일정유량 이상의 강우유출수 배제를 위한 월류시설 조성
- 화단에 조성되는 식생은 물과 염분에 대한 저항력이 높은 식물 선정



참고: 비점오염관리를 위한 그린빗물인프라 설치 방안, 공주대학교 건설환경공학부, 김이형

<그림 4.3.8> 주차장 LID 요소

(3) GI(Green Infrastructure)

○ 그린인프라는 인간에게 도움이 되는 생태계 서비스를 제공하는 자연적 특징(녹지, 공원, 습지 등)을 상호 연계하는 시설 및 기법으로 녹지시설에 기반하는 물 관리 기법

○ 도시화에 따른 기후변화를 해결하기 위하여 그린인프라의 요소를 네트워크화 함. 주로 소규모 분산형 기술로 강우유출 발생지점에서 유출저감을 통한 다양한 기능을 함. 미국 시애틀과 필라델피아에서 주로 적용하고 있는 물 관리 기법으로 LID기법보다 넓은 의미로 활용

○ 폭우 관리, 기후 적응, 열섬형상 감소, 생물의 다양화, 식품생산, 공기의 질 개선, 지속가능한 에너지 생산, 깨끗한 물과 건강한 토양 등 도시 내 휴식과 레크레이션 기능을 통해 삶의 질 향상 등 기능을 가지고 있음



<그림 4.3.9> GI 도시 물 순환 체계 모식도

○ GI요소는 지붕홈통 분리(Downspout Disconnection), 빗물집수장치(Rainwater Harvesting), 빗물정원(Rain Gardens), 나무여과상자(Planter Boxes), 녹색 가로(Green Streets and Alleys), 그린파킹(Green Parking), 옥상녹화(Green Roofs) 등이 있음[12)]

10) 김이형, 비점오염관리를 위한 그린빗물인프라 설치 방안, 공주대학교 건설환경공학부
11) 김이형, 비점오염관리를 위한 그린빗물인프라 설치 방안, 공주대학교 건설환경공학부
12) <그림 4.3.9> greenworkspc.com <그림 4.3.10~15> google 이미지 검색



<그림 4.3.10> 지붕홈통 분리



<그림 4.3.11> 빗물집수장치



<그림 4.3.12> 빗물정원



<그림 4.3.13> 옥상녹화



<그림 4.3.14> 나무 차양



<그림 4.3.15> 토양보존

3. 대피대응 관련 법·지침과 선진 계획 기법

가. 법·지침

○국내 대피대응 관련 법·지침은「재난 및 안전관리기본법」「자연재해대책법」「재해지도 작성 기준 등에 관한 지침」을 분석함

(1)재해구호계획 수립지침

○「재해구호법」제5조(재해구호계획의 수립)에 의해 매년 수립을 원칙으로함. 재해구호계획에는 임시주거시설의 지정기준 및 관리기준이 명시되어 있음

○풍수해 대비 임시주거시설 지정기준

-이재민 수 기준, 지역여건을 고려하여 임시주거시설 규모와 장소 지정
-공공건물, 학교, 교회, 마을회관 등 수용이 용이하고 구조상 안전한 건물을 지정하되, 이재민 발생 가능성이 없는 지역은 가급적 지양
-모든 방향에서 접근이 양호한 지역 선정

○임시주거시설 관리기준

-주민들이 임시주거시설의 위치 및 대피장소를 사전에 알 수 있도록 반상회 등을 통하여 홍보
-화장실, 간이목욕실, 급수시설 및 급수차량 확보 대책 수립
-이재민 급식을 위하여 민간구호단체와 사전 협의

○공원·녹지는 임시주거시설의 기능을 보조해 주는 역할로서 화장실, 급수시설 등의 기능을 가질 수 있으며 해당 임시주거시설과의 연계를 고려해야 함

(2)재난 예보·경보 체계 구축 종합계획

○「재난 및 안전관리기본법」제38조의2 규정에 의한 계획으로 태풍·집중호우 등 재난을 대상으로 예·경보체계 마련 및 대피계획을 포함함. 재해가 발생한 경우 신속한 대피를 위해 대피경로, 대피장소, 대피방법, 대피기준 등을 체계적으로 정리하고 있음

<표 4.3.11> 재난 예보·경보 체계 구축 종합계획 중 대피관련내용

구분	내용
대피장소	-도보로 대피가 가능한 장소지정을 원칙 -긴급대피를 위한 1차대피장소와 장기간 구호활동을 위한 특수 대피장소로 구분가능 -대피장소는 우선적 공공시설을 이용하되, 공공시설이 없는 경우 민간시설에도 지정 가능 -대피인원 수용시설의 규모를 고려하여 적정배치 -대피장소 설치의 일반적 기준은 보행거리로 1km 이내에 지정·설치 -대피장소 지정대상은 초·중고등학교, 시·군·구 마을회관 등 공공시설, 교회 등 우선지정 -대피장소의 규모는 대상시설의 대피자 적정 수용 규모를 감안하여 지정하되 보통 1,000~5,000명 이하로 지정
대피수단·경로	-대피수단은 도보가 원칙 -침수이력이 없는 도로 및 침수 시 침수심이 얕고 도로폭이 넓은 도로 -대피경로는 높은곳으로 이동이 원칙, 익숙한 도로를 지정 -주 대피경로: 도로폭 10~15m -보조대피경로: 도로폭 8m
대피경로 유의사항	-피해가 있는 도로, 철도의 고가, 교량, 터널, 하천, 급한 경사지는 피함 -혼잡한 대피를 막기 위해, 많은 주민들이 거주하는 주택 주변 도로는 피하도록 함 -대피장소까지의 이동경로를 지정하는 경우 현장에서 도보를 통해 확인하도록 함

(3)재해지도 작성 기준 등에 관한 지침

○「자연재해대책법」 제21조 및 동법 시행령 제19조에 따라 지방자치단체장은 자연재해를 경감하고, 신속한 주민대피 등의 조치를 위해 「재해지도 작성 기준 등에 관한 지침」을 준수하여 작성하여야 함

○재해지도의 종류는 침수흔적도, 침수예상도, 재해정보지도를 통칭함. 침수예상도는 홍수범람위험도, 해안침수예상도로 세분화하며 재해정보지도는 대피활용형·방재정보형·방재교육형 재해정보지도로 세분화함.

○대피활용형 재해정보지도는 재해정보지도의 기본이 되는 지도로서 지방자치단체의 실정에 따라 대피활용형 재해정보지도를 기초로 방재정보형 및 방재교육형 재해정보지도를 추가할 수 있음. 재해정보지도 내용에는 재해 발생시 대피요령, 대피장소 및 대피경로 등의 정보를 표시하고 세부사항은 다음과 같음

○현재 지침에는 노약자, 장애인을 위한 대피계획에 대한 고려는 미비하고 풍수해, 폭염, 한파, 방공 대피에만 국한되어 있는 실정임. 여러 종류의 재난재해 상황을 고려하여 재해정보지도의 활용을 높이는 방법을 강구해야 할 것임

<표 4.3.12> 재해정보지도의 활용목적별 종류와 특징(출처: 재해지도 작성 기준 등에 관한 지침)

대분류	주민이 활용하는 지도		행정적으로 활용하는 지도
소분류	피난활용형	방재교육형	방재정보형
작성 단위	지방자치단체	지방자치단체	지방자치단체
사용 대상자	주민	일반인, 아동, 고령자	방재업무담당공무원
작성 목적	·침수 위험성에 대한 정보를 기재 ·주민이 거주하는 지역의 범람 위험도를 인식 ·대피 관련 정보를 기재 ·안전한 대피에 활용	·범람으로 인한 피해 등 방재에 관한 학습 및 의식 향상 ·피난활용형 재해정보지도에 해석을 첨가하여 이해도 증진시킴	·주민의 피난유도 및 방재활동 ·위험시설 및 대피시설 관리
표준 기재 항목	·침수심 및 침수도달시간 ·침수위험도 및 침수흔적 ·피난이 필요한 지역 ·지하공간에 대한 정보 ·대피장소 및 대피방향 ·주대피로, 보조대피로 ·대피루트상의 위험장소 ·대피시의 마음가짐 ·대피정보의 전달수단 ·대피권고 등에 관한 대피기준 ·작성주체 ·작성년월 ·공공기관 위치 및 연락처	·재해 메카니즘 ·재해 위험성, 피해 내용 ·기상정보에 관한 사항 ·침수심 및 침수도다릿간 ·침수위험도 및 침수흔적 ·기존재해 정보(침수 및 피해상황) ·재난시의 마음가짐 ·피난활용형 재해정보지도의 사용방법 및 해설 ·대피루트상의 위험장소 ·의료관계시설 ·작성주체 ·작성년월 ·공공기관 위치 및 연락처	·침수심 및 침수도달시간 ·침수위험도 및 침수흔적 ·대피가 필요한 지역 ·대피장소 및 대피방향 ·주대피로, 보조대피로 ·대피를 요하는 피보호자가 있는 시설 ·주요 방재장소, 방재창고 ·라이프라인 관련시설 ·방재관계기관 ·작성주체 ·작성년월 ·공공기관 위치 및 연락처
축척	1/1,000	적당히 선택	적당히 선택
형태	지도, 소책자 혹은 팜플렛		

나. 선진 계획 기법

(1)일본의 방재공원

○일본의 방재공원이란 지진에 의해 발생하는 시가지 화재 등의 2차 재해 시에 국민의 생명, 재산을 지키고, 대도시에서 도시의 방재구조를 강화시키기 위하여 정비되는, 방재거점, 피난지, 피난로 로서의 역할을 갖는 도시공원 및 완충녹지를 지칭

○주요 참고문헌으로는 방재공원 계획 · 설계 가이드라인(일본 건설설 도시국 공원녹지과), 방재공원 기술 핸드북(재단법인도시 녹화기술개발)을 분석함

○방재공원의 종류 및 역할

일본의 광역방재거점으로 활용되는 공원은 광역공원, 지역방재거점으로는 도시기간공원, 광역피난지로는 도시기간공원, 광역공원 등, 일차피난지로는 근린공

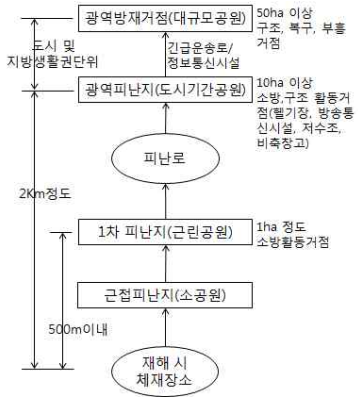
원, 지구공원 등으로 구성. 방재공원 내의 시설은 비축창고, 내진성 저수조, 방송시설, 정보통신시설, 헬리포트, 연소방지용 살수시설 등이 있음

<표 4.313> 일본 방재공원의 종류 및 역할

종류	역할	공원종별
광역방재거점	대지진, 화재 등의 재해가 발생한 경우, 주로 구호 활동, 복구 · 부흥 활동과 같은 활동을 행하기 위한 거점이 되는 도시공원	광역공원 등
지역방재거점	대지진, 화재 등의 재해가 발생한 경우, 주로 구호활동의 최전선기지 및 구호물자 수송의 중계기지가 되는 도시공원	도시기반공원
광역피난지	대지진, 화재 등의 재해가 발생한 경우, 주로 주변지역으로부터 피난자를 수용하고, 시가지 대화재로부터 피난자의 생명을 보호하는 장소가 되는 도시공원	도시기반공원 광역공원 등
일시피난지	대지진, 화재 등의 재해가 발생한 경우, 주로 근린주민의 긴급 피난 장소, 광역 피난지에 도달하기 위한 피난 중계지가 되는 도시공원	근린공원 지구 공원등
피난로	광역 피난지로는 그것에 준하는 안전한 장소에 도달하기 위한 피난로가 되는 녹로	녹도 등
완충녹지	주로 지진 등에 의한 임해부의 석유 컨테이너 등에서 발생이 예상되는 재해에 대하여 인접하는 시가지를 지키기 위해 설치되는 녹지	완충 녹지

도시공원 이외에 방재활동의 거점으로서의 기능을 갖는 도시공원(가구 공원)이 있음

방재활동거점의 기능을 갖는 도시공원	근린에서 방재활동의 거점이 되는 도시공원	가구공원 등



<그림 4.3.16> 일본의 방재공원 네트워크화 모델

○ 방재공원의 계획

재해 시에 방재공원이 발휘할 수 있는 방재기능으로는 일반적으로 다음과 같은

부분을 고려할 수 있음

ⅰ)피난
ⅱ)재해의 방지와 경감 및 대피공간의 안전성 향상
ⅲ)정보의 수집과 전달
ⅳ)소방·구호, 의료·구호활동지원
ⅴ)피난 및 임시 피난 생활 지원
ⅵ)피난 및 임시 피난 생활 지원
ⅶ)복구 활동 지원
ⅷ)상기 i)~vii)관련 각종 수송을 위한 지원

★직접적으로 대응되는 시설
· ☆간접적, 보완적으로 대응되는 시설

ⅰ) 피난(임시 피난 및 광역 피난)
시가지 연소 화재, 가옥의 소실이나 도괴 등으로 피난을 필요로 하는 경우 임시 피난처나 광역 피난, 대피로

ⅱ) 재해의 방지와 경감 및 대피 공간의 안전성 향상
시가지 화재 등의 연소 방지 및 지연 및 대피 공간의 피난민을 연소 화재의 복사열로부터 보호, 피난처의 안전성을 향상시킴

ⅲ) 정보의 수집과 전달
경보 및 예보 등의 재해 발생 이전의 정보 전달, 재해시의 재해 상황이나 피난 상황, 피난, 안부, 구조 · 구호, 긴급 · 응급 물자 및 생활 관련 각종 정보의 전달 및 수집. 또한 구호 활동 등의 지휘 조정에 관련된 정보 수집 및 전달

ⅳ) 소방 · 구호, 의료 · 구호활동의 지원
소방 기관과 지역 주민에 의한 구조활동, 방화(防火) · 소방활동, 의료 · 구호활동 등의 지원

ⅴ) 피난 및 임시 피난 생활 지원
조명 에너지, 피난 생활에 필요한 식수와 생활 용수, 잡용수, 비상용 화장실, 음식, 생활용품, 생활용 기자재, 일시적 피난 생활 공간 및 일시적 피난 생활과 응급 생활지원 공간 등의 제공

ⅵ) 방역 · 청소 활동 지원
검수 및 소독 등 방역 활동, 청소 활동, 쓰레기 처리와 분뇨처리 활동의 지원

ⅶ) 복구활동의 지원
가설주택과 생활공간 복구 활동 거점 공간, 파편 등의 일차 차고의 제공

ⅷ) 상기 i)~vii) 관련 각종 수송을 위한 지원
구조 및 구호 등에 필요한 물자나 기자재, 인원 수송 거점과 중간 기착지 공간, 긴급 헬기 포트 등의 제공

<표 4.3.14> 일본 방재공원시설의 종류·개요·방재 기능(출처: 건설 도시국 공원·녹지과, 재단법인도시 녹화기술개발지구)

구분		개요(재해시의 기능, 용도등)	ⅰ	ⅱ	ⅲ	ⅳ	ⅴ	ⅵ	ⅶ	ⅷ
		○ 공원내 도로, 광장								
	입구형태	공원 내의 피난과 활동시의 입구로서 피난자와 진급차량 등에 대응 가능한 정비형태(폭원, 형상, 단차, 장애물, 포장구조등	★			★	☆	☆	★	★
	외주형태	긴급 피난시에 공원입구 이외로부터 진입, 공원외주 도로등의 피난시의 안전성 향상에 대응 가능한 정비형태(높이, 단차, 형태, 구조 등)	★							
	광장	시가지 화재시의 안전성 확보, 피난광장, 예상되는 활동의 대응(차량의 진입, 긴급용 헬리포트, 텐치설치)이 가능한 규토, 와스페이스, 일시적 피난생활 및 가설 주택을 위한 스페이스	★	★		★	★	☆	★	★
	공원 내 도로	피난과 활동의 동선으로서 피난자, 긴급차량 등의 통행에 대응가능한 도로	★			☆	☆	☆	☆	☆
	헬리 포트	소방 구호, 의료·구호, 응급 물자 수송, 복기기자재·자재수송, 정보수집 등을 위한 긴급용 헬리포트				☆			☆	★
○ 식재		시가지 화재등에 있어서 연소방지 및 지연, 피난광장 등의 안전성 확보를 위한 식재. 필요에 따라 물 분산 설비를 활용하여 방화기능을 보완	★	★						
		○ 물관련시설								
	내진성 저수조	음료용수, 방화·소화용수, 생활용수, 스프링클러등의 다양한 용도를 위한 저수조. 수도관 직렬라인과 수수조타입, 이외의 다양한 타입의 저수조. 변조와의 겸용과 우수활용을 평상시부터 적극적으로 의도한「다목적 지하 저수조」등도 포함				★	★			
	비상용 우물	생활용수, 이외의 다양한 이용. 조건에 따라 멸균장치를 이용하여 음료로서 활용. 우물펌프의 설치시에는 비상용 전원이 필요				★	★			
	연못, 실개천 등	방화·소화용수, 생활용수, 스프링클러 등의 다양한 용도를 위하여 물을 상당량 저류가능. 연못, 실개천 등을 시가지 연소화재시에 신체냉각용, 열기류의 경감 등에도 도움이 됨. 평상시의 수질정화시설, 재해시에 생활용수(중수이용)로서 이용가능하도록「수질정화시설」을 포함.				★	★			
	물 분산 시설	방화 수림대의 방화기능을 보완하기 위한 스프링클러 설비. 시가지 연소화재시의 피난광장의 안전성을 높이기 위한 피난 광장 살수(열기류, 열바람의 영향 경감) . 피난시의 입구의 안정성 확보(폭사열 차단, 열기류로부터의 방어, 불룽의 유입 방지)를 위한 물분산. 수원(수량)의 화보와 비상용 전원 필요.		★						
○비상 화장실		재해 시에 필요한 다양한 타임의 변소, 상설변소, 저수조와 오수조의 겸용 라이프, 지하매설(평상시)타입, 유티트와 포러블 타입을 다양. 조 또는 오물·오수처리, 또는 수세식으로 사용의 경우로 필요.					★			
		○정보관련시설								
	비상용 방송설비	비상시에 공원 내의 방송시스템. 평상시에로 시스템을 활용. 비상용전원이 필요	☆		★	☆	☆			
	비상용 통신설비	방재행정무선, 위성통신 및 이외의 무선, 전화회선, 파스널 컴퓨터 등의, 주로 방재본부와 다른 방재 관련시설과의 정보전달에 필요한 설비. 평상시 공원의 운영관리상 필요한 설비기기 이외는 기본적으로 방재관련국이 설치. 비상용 전원이 반드시 필요	☆		★	☆	☆	☆	☆	☆
	표식 및 정보제 공설비	피난시의 유로에 필요한 표식류, 시설이용과 조작 등에 필요한 안내 표시판 등을 포함. 정전 야간시에 이용 가능한 표시방법. 또는 비상용 전원 필요. 또한 평상시의 공원이용과 수종에 관한 정보제공, 전시시스템 또는 운동시설에 부착하는 게시판등을 활용한 시각적 방법의 정보 제공 시스템 고안	☆		★					
		○에너지, 조명관련시설								
	비상용 전원설비	재해시에 필요한 공원 내의 조명, 동력원, 약전설비전원 등을 위한 비상용의「자가발전설비」(연료도 포함)와 태양광, 풍력 등을 활용한「자연 에너지 활용형 발전 설비」	☆	☆	★	☆	★			
	비상용 조명설비	공원과 주변부의 비상용 조명. 유도, 시설이용, 조작 등을 위하여 필요한 것들 포함. 비상용 전원 필요	☆			☆	★			
○비축 창고		소화구조용기자재·자재·전원·조명(소방용), 초기소화구조용기자재·자재(주민용) 의료·구호용기자재·자재·전원, 내진성저수조관계기자재, 멸균장치·여과기, 비상용변소용품, 취사기자재, 응급생활기자재, 비상용전원장치, 비상용조명, 비상용통신설비기자재, 방역·청소기자재, 검수·검사·소록용기자재, 방화용기자재 등의 자재보관. 음료수, 식재, 의료품, 의류·모포 등, 위생용품, 방한·방수용품 이외의 비축. 공원관리사무소 등의 이외 건물에 병설 및 지하식도 고려가능. 내진, 내화구조이어야함. 비축품의 종류에 따라 환기, 공조설비 필요. 보관하는 기자재와 비축품은 기본적으로 관련 부서가 대비해둠.	☆			☆	☆	☆		
○관리 사무소		재해시의 공원과 시설의 운용·관리·모든 활동의 거점으로서 활용. 정보 관련의 기능을 갖게 함으로서 보다 유효한 활용이 가능. 비축창고, 의료구조 스페이스등을 병설하여, 복합적 시설로서 정비하는 것도 고려. 재해시의 인적대응이 불가결. 재해시의 거점시설로서 활용하는 경우, 비상용전원이 필요. 내진, 내화구조이어야함.	☆		★	☆	☆	☆	☆	☆

<표 4.3.15> 일본의 방재공원의 종류와 방재관련 시설 1

방재공원의 종류			광역방재거점	광역피난지	일차피난지	피난로	완충녹지	근린방재거점
방재관련 공원시설	정보관련시설	비상용 방송설비	○	○	△ 필요에 따라 검토	△ 필요에 따라 검토		
		비상용통신시설비	◎ 광역적 정보처리에 대응	○	△ 소프트한 측면의 대응, 평상시 이용, 관리를 고려, 필요에 따라 검토	△ 소프트한 측면의 대응, 평상시 이용, 관리를 고려, 필요에 따라 검토		△ 소프트한 측면의 대응, 평상시 이용, 관리를 고려, 필요에 따라 검토
		표식 정보관련시설	◎	◎	○ 표식류를 검토, 이외 필요에 따라 검토	◎ 주로 유도안내기기 등을 검토	△ 녹지의 일부에 평상시의 시설로서 공원 내 도로, 광장 등이 도입되는 경우 필요에 따라 검토	○ 표식류를 검토, 이외 필요에 따라 검토
	에너지조명관련시설	비상용전원설비	◎	○	○ 주로 비상용조명, 비상용통신, 표식류 등의 전원으로서 솔라 등도 검토	○ 주로 비상용조명, 비상용통신, 표식류 등의 전원으로서 솔라 등도 검토		△ 주로 비상용조명, 비상용통신, 표식류 등의 전원으로서 솔라 등도 검토
		비상용 조명설비	◎	◎	◎ 최저 필요한 것을 검토	◎ 최저 필요한 것을 검토		△ 필요에 따라 검토
	비축창고		◎ 광역적 구조 등에 대응가능한 규모를 검토, 모든 건축물 활용	○ 관리사무소와의 병설 등, 모든 건축물의 유효활용도 검토	△ 필요에 따라 최저 필요한 규모를 검토, 퍼니쳐 등을 활용한 수납형태를 검토			△ 퍼니쳐 등을 활용한 수납형태를 검토
	관리사무소		◎ 해당 공원 및 광역적 지원, 복구 시의 본부적 기능을 발휘하는 장소가 됨	○				

◎-필요도가 높은 시설(필수) ○-기본에 해당하는 시설 △-경우에 따라 해당되는 시설 공백-일반적으로 해당하지 않는 시설

<표 4.3.16> 일본의 방재공원의 종류와 방재관련 시설 2

방재공원의 종류			광역방재거점	광역피난지	일차피난지	피난로	완충녹지	근린방재거점
방재관련 공원시설	공원 내 도로·광장	입구형태	◎ 특히 대형 차량의 도입을 고려	◎ 피난자의 진입, 긴급차량의 진입을 고려, 화재의 영향을 고려	◎	○	△ 녹지의 일부에 평상시의 시설로서 도입·정비되는 경우 재해시의 이용도 고려	○
		외주형태	◎	◎ 피난자의 진입, 공원 외주부의 안정성도 고려	○	○		○
		광장	◎ 그라운드의 스페이스를 포함해 목적별 활용도 고려	◎ 안전성이 확보된 광역 피난 스페이스	◎ 일시적 피난스페이스 등 필요한 개소의 긴급차량의 진입을 고려, 구호 등의 지원 스페이스를 활용			◎ 긴급한 피난과 구호 등의 소규모 스페이스로서 활용
		공원 내 도로	◎ 대형차량의 진입을 고려	◎ 긴급차량의 통행을 고려	○	◎		○ 공원으로의 긴급차량의 진입을 고려
		헬리포트	◎ 점용적으로 사용가능한 스페이스를 검토	△ 공원규모와 이외 조건에 따라서 도입을 검토	△ 근린의 헬리포트 활용을 검토			
	식재		○ 방재기능을 갖는 식재로서 도입, 필요한 경우는 방화 수림대로서 도입	◎ 대피공간의 안전성 확보를 위하여 필요한 경우 방화 수림대로서 도입	○ 대피공간의 안전성 확보를 위하여 필요한 경우 방화 수림대로서 도입	△ 일반적인 식재	△ 재해방지 등에 필요한 수림지	△ 일반적인 외주식재
	물 관련시설	내진성 저수조	◎	○	△ 필요에 따라 소규모 타입도 포함해 검토	△ 필요에 따라 소화 등, 또는 잡용수용 등을 검토	△ 필요에 따라 소화 등, 또는 잡용수용 등을 검토	△ 필요에 따라 소규모 타입도 포함해 검토
		비상용 우물	○ 규제조건에 따라 검토	○ 규제조건에 따라 검토	△ 규제조건에 따라, 필요에 따라 검토	△ 규제조건에 따라, 필요에 따라 검토	△ 규제조건에 따라, 필요에 따라 검토	△ 규제조건에 따라, 필요에 따라 검토
		연못·실개천 등	◎ 구호용의 생활용수, 소방용 수저류로서도 검토	○ 개수면으로서, 또는 다목적용 물 저장소로서 활용	△ 기본적으로 평상시의 도입시설로서 검토		△ 평상시의 시설로서 도입되는 경우	△ 공원규모, 평상시 정비 내용에 따름
		물 분산시설 (방화수림대 등)	△ 방화수림대를 보완하는 물 순사 등이 필요한 경우	△ 방화수림대를 보완하는 물 순사 등이 필요한 경우	△ 일시적 피난이 가능해지도록 화재의 영향을 경감시킬 필요가 있는 경우 검토	△ 피난로로서 화재의 영향을 경감시킬 필요가 있는 경우 검토		
	비상용 변소		◎ 광역적 지원을 위한 가설변소의 비축도 검토	◎ 광역적 지원을 위한 가설변소의 비축도 검토	○ 평상시의 변소를 유효하게 활용			△ 공원규모, 평상시의 정비내용 등, 필요에 따라 검토

(2)일본의 방재공원 가구정비사업

○대피대응에 관한 선진 계획 기법은 대표적으로 일본의 방재공원 가구정비사업에 관한 내용이 있음. 일본의 경우 정부가 방재공원 가구정비사업을 통하여 대피 및 방화를 위한 방재공원을 조성함

○방재공원가구정비사업은 방재공원의 정비와 일체해서 시가지의 면적정비사업을 행함. 시가지 정비내용은 다음과 같음

-기성시가지에서 행하는 건축물의 대지정비
-토지구획정비사업
-시가지재개발사업
-방재가구정비사업
-택지조성
-도심공동주택정비사업
-피해시가지부흥사업

○방재공원 정비사업은 재해 시 피난지, 피난로가 될 도시공원(방재공원)을 중점적으로 정비하는 것으로 방재공원의 정비와 일체해서 시가지의 면적정비 사업을 행함. 방재공원 정비사업 지정 용지는 공장, 학교용지, 후생시설 용지가 대부분이며 시가지 정비내용으로 복지시설, 임대주택을 주로 정비하고 있음

<표 4.3.17> 방재공원 가구정비사업의 지구내용

소재지	종전의 상황	방재공원(ha)	시가지 정비내용 (예정)
치바현	공장이전지	2.8	공공사업용지,소방출장소, 진료소 등
효고현	후생시설이전지	4.2	시민센터, 체육관
동경도	공장시설이전지	4.0	분양주택, 임대주택, 상업시설, 노인복지시설, 도로
효고현	화물역사용지	5.6	복지관련시설
치바현	생산녹지	4.8	고령자 복지시설, 시도로
오사카부	학교용지 등	3.8	인재육성복합거점시설, 화장장, 도로
효고현	후생시설이전지	1.9	커뮤니티센터, 피난로
치바현	공장이전지	46.0	상업시설, 시도로
동경도	병원용지	0.4	임대주택 등
오사카부	공장이전지	2.1	단독주택, 시도로
오사카부	후생시설이전지	4.5	방재센터, 시도로
동경도	학교용지	2.2	복지시설, 학교용지, 민간임대주택, 도로
오사카부	후생시설이전지	4.3	소방분소
오사카부	학교용지	1.8	체육관, 시도로
오사카부	주차장 이전지	1.1	분양주택, 임대주택, 시도로

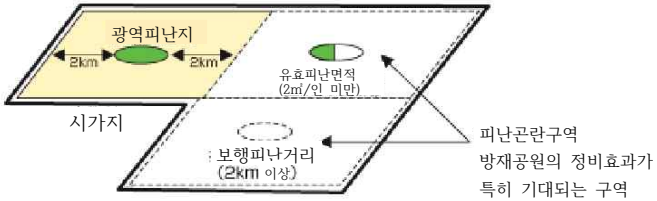
<표 4.3.18> 일본 방재공원 가구정비사업의 사례





시가지부분(약5.16ha), 공원부분(약4ha)	시가지부분(약7.1ha), 공원부분(약1.1ha)
건축물의 대지정비기구의 임대주택 건설 민간공급지원형임대주택의 건설 민간에 분양주택용지를 양도	토지구획정리사업 주택용지·시도로의 정비등

○1인당 유효 피난면적이 2㎡미만인 지역에 있어서, 특히 정비가 필요함 (1차 피난지의 경우는 보행 피난거리가 500m이내)



<그림 4.3.17> 피난거리



<그림 4.3.18> 연소를 방지하는 공원



<그림 4.3.19> 피난 생활의 장소로서 활용

제4절 공원·녹지시설을 활용한 도시방재력 향상의 선진사례

1. 국외사례

○공원·녹지시설을 활용한 도시방재력 향상의 국외사례로는 미국 포틀랜드의 From Gray to Green, 독일 하노버의 크론스베르크 주택단지, 네덜란드 로테르담의 Waterplan2, 일본 니시가하라 4쵸메 방재공원, 일본 이치하라시 히라오 방재공원 등이 있음

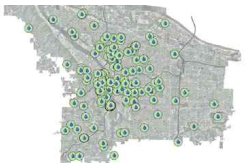
○미국 포틀랜드 Gray to Green은 시 중심의 정책을 통한 프로그램 구성으로서의 방재, 독일 크론스베르크 주택단지는 생태 환경을 통한 방재, 네덜란드 로테르담 Waterplan2는 오픈스페이스 복합화를 통한 방재, 일본은 방재공원을 이용한 대피 중심 체계 구축의 특징을 가짐

가. 미국 포틀랜드 From Gray to Green

○기후변화에 따른 잦은 폭우와 하수시설의 범람에 대비해 포틀랜드 시는 2008년 우수처리를 관리하기 위한 From Grey to Green Project를 발표. 이 프로젝트는 하수관거의 과부하, 침전물로 인한 수질 오염 개선을 목적으로 함. 녹지를 야생서식지, 오픈스페이스와의 연계를 통해 녹지를 복합화하여 도시 차원의 방재 기능을 가지도록 함

○2013년까지의 목표로 43에어커의 옥상녹화, 50,000그루의 가로조경, 920개의 녹지거리 체계를 구축하고자 함. 빗물 홈통 분리 시스템(Downspout Disconnection System)과 하수정비 등을 통해 폭우대응을 위한 도시 통합적인 방재 네트워크를 계획

○방재 프로그램은 다음 4가지로 진행[13)]
- an Ecoroof Program
- a Green Streets Program
- a Downspout Disconnection Program
- an Innovative Wet Weather Program



Ecoroof Project 마스터 플랜

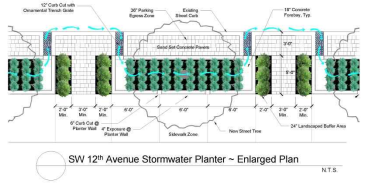


빗물 홈통 분리 프로그램

13) <그림 4.4.1> Jacqueline Hoyer 외 (2006), Water Sensitive Urban Design Principles and Inspiration for Sustainable Stormwtaer Management in the City of the Future, SWITCH



분산형 녹지/저류 시설



우수유출 지체 바닥 패턴

<그림 4.4.1> 미국 포틀랜드의 방재프로그램

<표 4.4.1> 미국 포틀랜드의 공간 프로그램 및 내용

스케일	방재 프로그램	방재 내용	특징
Large	Eco-roof 체계	식재를 통한 우수유출 지체 체계	도시적 차원의 체계적인 방재 시스템 구축
	가로공간 녹지체계	녹지를 통한 우수유출 지체 체계	
	Downspout Disconnecton Program	우수유출 지체 및 우수 보유 체계	
Medium	분산형 녹지시설 배치	우수유출 속도 조절 및 우수 운반	분산형 녹지/저류시설을 활용한 효율적 우수관리
	분산형 저류시설 배치	우수유출 속도 조절 및 우수 보유	
Small	빗물 홈통	우수유출 지체 및 오염원 제거	소규모로 분포된 방재 네트워크 요소
	레인가든	우수유출 지체 및 오염원 제거	
	우수유출 지체 바닥 패턴	우수유출 지체	

나. 독일 하노버 크론스베르크 주택단지

○크론스베르크 주택단지는 2000년 EXPO의 개최지로 선정됨에 따라 하노버시는 6,000세대를 수용할 수 있는 선진적 주거단지를 계획. "생태적 적합화"라는 모토로 지속가능한 개발을 실천하는 생태도시 계획 개념을 도입

○수순환 체계는 지역 내 지하수량을 조절을 위해 생태적 환경을 조성하는데 중점화 함. 크론스베르크의 주택단지의 지형을 활용한 생태적 수순환 체계를 구축. 물의 연속적인 흐름을 위해 다음 4단계의 프로세스를 도입하여 적용

- 1단계 : 오픈수로, 침투수로, 지붕녹화를 통한 빗물침투 및 유출속도 지연
- 2단계 : 분산형 생태정화연못을 활용한 우수 정화
- 3단계 : 우수량 증가 시 생태하천으로 방류
- 4단계 : 대규모 생태연못에 저장

○ 위와 같은 방법으로 크론스베르크는 생태환경을 체계적으로 활용하여 하천의 범람과 하수의 과부하에 따른 침수를 방지하는 등 홍수를 예방하는 방재 네트워크를 구축[14)]

14) <그림 4.4.2> 이규인, 2006, 발언, 생태도시 생태주거



마스터 플랜



단지 내 분산형 생태저류 연못



옥상녹화



오픈 수로 및 침투 수로

<그림 4.4.2> 독일 하노버 크론스베르크 주택단지

<표 4.4.2> 독일 하노버 크론스베르크 주택단지의 방재 요소 및 내용

스케일	방재 프로그램	방재 내용	특징
Large	생태환경 연계 수순환 체계	생태환경을 활용한 방재 네트워크 구축	물의 흐름을 유도하는 자연적 대지의 활용
Medium	분산형 생태저류연못 배치	우수 저류 및 정화	생태환경을 이용한 우수관리 기법
	대규모 저류 연못 배치	우수 저류 및 침투	
	생태하천	허용 우수 보유량 증가 시 우수 방류	
Small	오픈 수로 및 침투 수로	우수 운반 및 침투	소규모로 연결된 방재 네트워크 요소
	옥상 녹화	우수 유출 지체 및 침투	

다. 네덜란드 로테르담 워터플랜

○국토의 대부분이 해수면보다 아래에 위치한 로테르담 시는 과거에서부터 홍수와 내륙 하천 범람의 피해를 입어왔음. 이에 수세기동안 둑, 제방, 풍차 등의 방재시설물의 설치를 통해 폭우대응을 위한 대책을 마련함

○ 최근 증가하는 홍수, 수자원 활용, 수질향상에 대한 요구가 대두됨에 따라 2007년 Waterplan2를 추진함. 로테르담 시는 '적극적 대응' 의 방재적 특징을 가짐

○Waterplan2는 도시적 차원에서의 옥상녹화와 분산형 저류조 설치 등을 통한 우수 보유 및 처리를 계획. 오픈스페이스와의 연계를 통해 도시 미관을 향상시키는 방향을 설정

○대표적인 방법으로는 기존의 방재 구조물을 녹지 혹은 공원과 복합화 된 공간으로 조성하는 방안, 강우량에 따라 우수를 저류할 수 있는 가변성 오픈스페이스를 활용하는 방안이 있음

○다음의 방재 프로그램 등이 로테르담에 적용됨[15)]

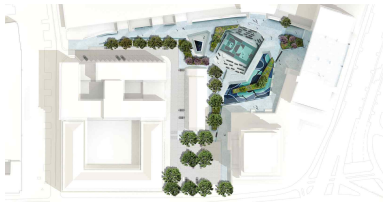
- 방재기능과 복합화 된 제방 활용 (쇼핑몰 + 주차장 + 상부 녹화)
- 방재기능과 복합화된 오픈스페이스 활용 (강우시 저류지 활용)
- 옥상녹화 프로그램
- 하천을 통한 우수 확보



제방축 마스터 플랜



제방 복합화



워터플라자



옥상녹화

<그림 4.4.3> 네덜란드 로테르담 워터플랜

<표 4.4.3> 네덜란드 로테르담의 공간 프로그램 및 내용

스케일	방재 프로그램	방재 내용	특징
Large	Green Roof 체계	우수 유출 속도 조절	공공 공간을 활용한 종합 방재 체계
	오픈 스페이스 네트워크	분산형 우수 저류	
	제방 정비	하천 범람 방지	
Medium	분산형 저류시설 배치	우수 저류	도심형 저류시설 배치
Small	도심 정원	우수 유출 속도 조절	도시 미관 향상에 기여할 수 있는 복합화된 방재 시설
	옥상 정원	우수 유출 속도 조절	
	WaterPlaza	우수 저류	

15) <그림 4.4.3> marcovermeulen.eu

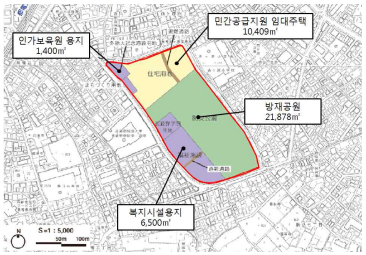
라. 일본 니시가하라 4쵸메 방재공원

○동경도 북구 니시가하라에 소재하는 니시가하라 4쵸메 방재공원은 종전에 동경외국어대학교로 사용됨. 주변은 단독주택이 중심이 된 중, 저층 주택지가 밀집되어 있는 지역임. 이에 오픈스페이스 창조와 주변과 조화된 재개발이 요구되어 주변의 임대주택, 복지시설, 주택과 연계하여 계획

○공원은 주로 지진 재난 시 대피기능 담당을 위해 설치된 공간으로 계획됨. 니시가하라 4쵸메 방재공원은 1차 피난장소(1차 피난지의 경우는 보행 피난거리가 500m이내)로, 후에 인근 학교로 피난민들을 이동시키는 것이 주요 역할임

○방재공원으로 대피 및 방화 대응하는 프로그램으로는 다음과 같음

- 도시적 차원의 체계적인 방재공원
- 주변의 임대주택, 복지시설, 주택과 연계된 피난동선
- 재난 대응 시 임시피난시설로 활용되는 피난광장 및 비상용 화장실
- 재해 시 물자 보급시설로 변형 가능한 파고라 및 어린이 놀이터
- 방화를 위해 공원 내 저류조 및 공원 주변의 방화림



주변 용지 계획


주변과 연계된 피난 동선


가변형 파고라


방화를 위한 저류조 및 방화림

<그림 4.4.4> 니시가하라 4쵸메 방재공원

<표 4.4.4> 니시가하라 4쵸메 방재공원 포틀랜드의 방재 요소 및 내용

스케일	방재 요소	내용	비고
Large	방재 공원 체계	일시 피난장소	도시적 차원의 체계적인 방재공원
		불연화 촉진	
Medium	건축물 연계 피난동선	피난동선 확보	도시의 물리적 환경과 공원·녹지시설의 연계성을 고려한 방재계획
	피난광장	임시피난시설 부지 제공	
	방화수림대	방화 확산 방지	
Small	파고라, 어린이 놀이터	가변적 보급시설	가변적 스트리트 퍼니처
	벤치	가변적 취사시설	
	비상용 변소	가변적 변소시설	
	비축창고	비상·구호 물자 보급 창고	-
	저류조	방화시설	

마. 일본 이치가와시 히라오 방재공원

○ 지구공원의 유치거리(반경 약 1 km) 및 인접한 일시 피난 장소(미나미 고우토쿠 초등학교)의 배치상황을 고려하여 이치가와시 히라오방재공원은 일시 피난 장소로서의 기능을 담당. 피난상정인구는 약 13,000명이고 공원 내에는 재해 시 3일간 머무를 수 있는 수용 능력을 갖추고 있음

○방재공원으로 대피, 수해, 방화에 대응하는 프로그램으로는 다음과 같음

- 대피 대응을 위해 재해 시 토지이용계획의 변경
- 수해 방지를 위한 약 4,700입방미터의 용량인 지하 저류조
- 재해 시 최저 필요한 전력을 제공하는 비상용 자가 발전
- 지진 시 피난자의 3일분의 음료를 제공하는 내진성 음료용 저수조
- 방화를 위한 공원 외주부에 설치된 방화수림대


방재공원 배치도


취사도구용 벤치


비상용 자가 발전



재해 시 변경되는 토지이용계획

<그림 4.4.5> 이치가와시 히라오 방재공원

<표 4.4.5> 이치가와시 히라오 방재공원의 방재 요소 및 내용

스케일	방재 요소	내용	비고
Large	방재 공원 체계	일시 피난장소	도시적 차원의 체계적인 방재공원
		배수대책의 방재공원	
		불연화 촉진	
Medium	다수의 출입구	피난로 확보	공원·녹지의 연계성을 고려한 방재계획
	회합광장, 주차장	긴급운송물자 집적	
	방화수림대	방화 확산 방지	
Small	휴식광장	긴급의료 및 구원물자의 수송공간	가변적 토지이용 체계
	건강광장	헤리포트 선착장	
	놀이광장	임시피난시설 부지 제공	
	파고라	가변적 보급시설	가변적 스트리트 퍼니처
	벤치	가변적 취사시설	
	비상용 변소	가변적 변소시설	
	관리사무소	물자를 보관하는 창고	비상·구호 물자 보급 체계
	내진성 음료용 저수조	피난자의 3일분의 음료	

2. 국내사례

○공원 · 녹지시설을 활용한 도시방재력 향상의 국내사례로는 신정3지구 생태공원, 세종시 첫마을 저류지, 광장 유수지 수변공원, 남산 한옥마을 저류조, 세종로 레인가든 등이 있음. 우리나라는 폭우대응에 초점을 맞추어 계획됨.

○신정3지구 생태공원은 공원과 저류지를 복합화한 수순환 체계의 구축, 세종시 첫마을 저류지는 주거단지 내의 친환경적인 수자원 관리를 통해 홍수에 대응, 광장 유수지 수변공원은 기존의 빗물 펌프장을 활용한 공원으로의 조성, 남산 한옥마을 저류조는 기존 오픈스페이스의 하부를 활용한 지역 홍수 예방, 세종로 레인가든은 도심지의 가로공간에 소규모로 시설을 조성한 것이 특징임

가. 신정3지구 생태공원

○기존에 잦은 침수지역이였던 신정동 일대에 재개발과 동시에 광역적 수해방지를 목적으로 계획된 국내 최초의 분산형 저류지 공원. 생태환경과의 연계로 혐오시설로 인식되던 저류지를 방재기능이 복합화된 공원으로 조성. 생태적 수질정화비오톱 시스템을 도입하여 방재 대응 이후 복구 시 자체적인 우수정화 기능이 가능하도록 함16)

○방재 시스템

- 집중호우 시 제 1저류지에서(5,551㎥) 저류
- 추가 저류량 발생 시 생태셀(2,403㎥)과 제 2저류지(26,999㎥)로 방류
- 펌프시설을 통해 저류된 우수를 제 1저류지로 운반하는 수순환 체계

16) <그림 4.4.6>의 왼쪽 그림. (주)LS(LEED Society)생태환경




침전저류지(저류지2)


저류조 및 펌프시설 매설지


생태 수로

<그림 4.4.6> 서울 신정 3지구 생태공원

<표 4.4.6> 신정 3지구 생태공원 방재 요소 및 내용

스케일	방재 요소	방재 내용	특징
Large	물 순환 네트워크	우수 운반	주변과 연계된 물 순환
Medium	분산형 저류체계	우수 저류	생태환경 고려 분산형 저류시설
Small	다단계 셀 생태습지	우수량 조절	
	침강저류지(저류지1)	우수 저류 및 우수 처리	
	침전저류지(저류지2)	우수 저류 및 우수 처리	
	저류조	우수 저류	

나. 세종시 첫마을 저류지

○세종시는 최근에 계획된 도시로서 주거단지에도 기후변화 및 수해에 대응하는 요소들이 분포되어 있음. 이중 가장 빨리 입주를 시작한 첫마을 주거단지는 친환경 주거단지로 조성이 되어 온실가스를 흡수하는 식재계획과 효율적인 수자원관리로 재난에 대응함

○ 세종시 첫마을 저류지 2-2는 저류시설의 역할을 당담하고 인접한 보전형 근린공원과 자연스런 연계가 되도록 조성함. 저류지 2-3은 저류시설의 역할을 당담하고 주변 수변과 연계하여 지역주민의 휴식공간을 제공, 기초적인 체육활

동이 가능한 시설물을 도입함[17]

○방재 시스템

주거단지 내에 수순환 네트워크를 활용하여 우수의 유입과 유출이 저류지를 중심으로 자연스럽게 이루어지는 체계를 구축. 집중호우 시 유출구의 관문을 닫아 우수를 저류지에 보유. 금강의 수위가 안정될 시 유출구를 개방하여 우수를 방류



첫마을 토지이용계획[18]



첫마을 저류지 위치도[19]



저류지 2-2 우수 유입구



저류지 2-2 우수 유출구

<그림 4.4.7> 세종시 첫마을 저류지

<표 4.4.7> 세종시 첫마을 저류지의 방재 요소 및 내용

스케일	방재 요소	방재 내용	특징
Large	수순환 네트워크	방재 네트워크 체계	방재 고려 단지 계획
		우수 운반	
Medium	유입구	우수 유입로	금강과 연계된 우수 유입/방류 체계
	유출구	우수 방류/저류	
	저류지 경사면	저류지 범람 완화	
Small	생태 저류지	우수 저류	-

17) 출처 행정중심복합도시 도시디자인
18) 출처 행정중심복합도시 도시디자인
19) 출처 행정중심복합도시 도시디자인

다. 광장 유수지 수변공원

○광장 유수지 수변공원은 한강변 저지대에 위치하여 잦은 호우피해를 입었던 광장동 일대의 빗물 펌프장을 생태수변공원으로 조성함. 광장 빗물펌프장은 주변에 광진구민자치센터 및 청소년센터등과 연계되어 조성시킨 사례임

○방재 시스템

기존의 빗물펌프장의 역할을 그대로 수행하여 저지대의 우수를 유입시키고, 생태수변공원은 유입된 우수를 저류하여 침수를 방지. 저류용량은 4800㎥이며 배수량은 337㎥/min임



광장유수지 수변공원 주변 토지이용계획



광장 유수지 수변공원 주변 배치도



유수지/빗물펌프장



한강 수위 감시 CCTV

<그림 4.4.8> 광장 유수지 수변공원

<표 4.4.8> 광장 유수지 수변공원 방재 요소 및 내용

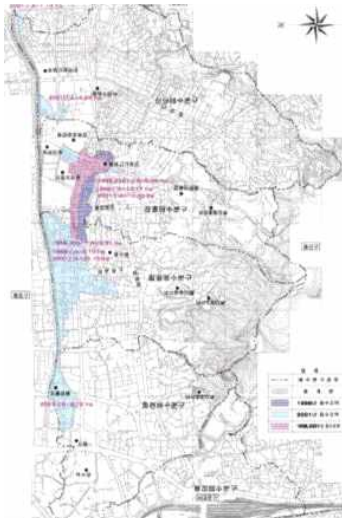
스케일	방재 요소	방재 내용	특징
Large	빗물펌프장	우수 처리 및 우수 저류	한강과 연계하여 우수량 조절
Medium	수위감시 CCTV	수위 감시	지형(저지대)을 활용한 방재 시설 배치
	계단형 공원 입구	우수 저류	
Small	유수지 수변공원	우수 저류	빗물펌프장을 직접 활용

라. 남산 한옥마을 저류조

○남산 공원 내 저류조는 을지로, 필동, 명동, 청계천 일대의 침수를 방지할 목적으로 2000년대 후반 남산 한옥마을, 필동 주민 운동장, 동국대 운동장에 분산 설치함. 이 중 남산 한옥마을 저류조의 경우 기존의 오픈스페이스 하부를 활용한 방재시설로서 2011년 집중호우 시 남산 아래 저지대의 침수와 청계천의 범람을 예방하여 홍수피해를 방지함

○방재 시스템

수체계와 연계된 산림지대의 우수를 중간 레벨의 지하 저류조에 저류하여 광역적 범위의 도심지의 침수를 방지하며, 저류된 우수는 남산의 실개천 복원 계획에 활용하여 방류됨



방재 유역



저류조 매설 위치



한옥마을 상부 우수관 매설 위치

<그림 4.4.9> 남산 한옥마을 저류조

<표 4.4.9> 남산 한옥마을 저류조 공간 프로그램 및 내용

스케일	방재 요소	방재 내용	특징
Large	-	-	-
Medium	실개천	우수 운반	저류조와 연계된 분산식 우수 관리
	분산형 저류지 체계	우수 저류	한옥마을 내 저류지를 분산하여 우수 관리
Small	저류조	우수 저류	광장 하부 조류조 설치하여 홍수 방지

마. 세종로 레인가든

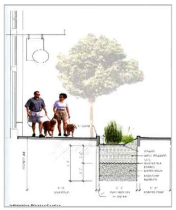
○광화문 일대의 상습침수로 인하여 서울시는 세종로 보행도로에 소규모의 저류공간인 레인가든을 설치하고 시범 운영. 레인가든은 1개당 20~50 ㎡의 규모로 빗물이 지하로 잘 스며들게 하는 특수한 흙과 화초로 덮이는 녹지대임. 이는 인근 보·차도 등 불투수층에 흐르는 빗물을 끌어들여 하수도를 거치지 않고 지하 토양으로 바로 침투시킴으로써 빗물처리량을 분산시키는 집수구 역할을 하게 됨

○방재 시스템

도심지의 불투수층 가로공간에 단차를 이용한 소규모의 녹지대 공간을 조성하여 우수를 보유하고, 지하로 침투하는 시설로서 도심지의 침수를 예방하는 요소임



레인가든 위치도



레인가든 배수 단면도



가로공간



Overflow pit

<그림 4.4.10> 세종로 레인가든

<표 4.4.10> 세종로 레인가든 공간 프로그램 및 내용

스케일	방재 프로그램	방재 내용	특징
Large	-	-	-
Medium	분산형 레인가든 체계	우수 처리, 저류 및 운반	보행자의 가로공간에 설치하여 우수처리
Small	Overpit flow	우수 운반	집중호우 시 지하로 우수를 이동
	식재	우수 처리	퇴적물 제거

<표 4.4.11> 국내·외 공원·녹지 방재 복합화 비교

	재난 대응 구분			대피		우수저류 유형			주요 방재요소	주요 방재대상
	예방	대비	대응	대피공간	대피동선	단일형	분산형	네트워크형		
미국 포틀랜드 from Gray to Green	●	●	●	-	-	-	●	-	녹지체계	수해/폭염
미국 일리오이주 waterrotonde	-	●	●	-	-	●	-	-	지하 저류조	수해/폭염
독일 하노버 크론스베르크	●	●	●	-	-	-	-	●	단계적 저류지	수해/폭염
독일 오스트필더른 Scharnhauser park	-	●	●	-	-	-	-	●	중앙 녹지축	수해/폭염
독일 겔젠키르헨 쿠퍼스부쉬	-	●	●	-	-	●	-	-	잔디 광장	수해/폭염
네덜란드 로테르담 Waterplan	●	●	●	-	-	-	-	●	WaterPlaza	수해
호주 시드니 Victoria park	-	●	●	-	-	-	-	●	가로변 습지대	수해/폭염
일본 니시가하라 4쵸메 방재공원	●	●	●	●	●	●	-	-	피난동선	지진
일본 이치하라시 히라오 방재공원	●	●	●	●	●	●	-	-	가변형 토지계획	지진/수해
마동1지구 소공원		●	●	-	-	●	-	-	저류조	수해
대림 어린이공원 저류조		●	●	-	-	●	-	-	저류조	수해
신정3지구 생태공원		●	●	-	●	-	-	●	생태 저류지	수해/폭염
광장유수지 수변공원	●	●	●	-	-	●	-	-	빗물펌프장	수해/폭염
남산한옥마을 저류조		●	●	-	-	-	●	-	지하 저류조	수해
삼청동 빗물저류조		●	●	-	-	●	-	-	지하 저류조	수해
세종로 레인가든	●	●	●	-	-	-	●	-	가로 식재	수해/폭염
세종시 중앙호수공원			●	-	-	●	-	-	논	수해
세종시 첫마을 저류지		●	●	-	-	●	-	-	생태저류지	수해
순천만 국제박람회장 내 비오톱 습지			●	-	-	-	●	-	습지	수해
순천만 생태습지공원			●	-	-	●	-	-	갯벌	수해

제5절 공원·녹지시설의 재난대응 단계별 도시방재력 강화 방안

1. 예방적 프로그램과 방재요소

○폭우대응 프로그램의 경우, 국내 현황은 도시 전체의 방재력을 향상시키기 위한 녹화 정책 및 지침이 해외 선진 사례와 비교하여 다소 소극적임. 또한 시민 주체의 자발적인 녹화 참여가 상대적으로 현저히 떨어짐

○인센티브 제도나 세금 감면 등의 적극적인 지원 정책 및 지침 수립이 필요. 공공 공간에서의 도시 녹화 정책을 수립하여 다량의 녹지 공간을 확보해야 함

○대피대응 프로그램의 경우, 국내 현황은 위계적인 대피 체계의 법·지침은 미비한 상태임. 대피 장소의 선정, 대피 지정기준 등은 제시되고 있지만 구체적이지 않고 대략적 내용만 서술되어 있음

○일본은 방재공원정비사업을 통해 공원시설을 활용하여 대피 공간과 대피 동선을 확보할 수 있는 지침 및 기준을 마련하고 있음. 또한 방재 지도를 제작하여 대피상황 발생 시 신속한 대피가 이루어질 수 있는 교육 프로그램을 운영 중임

○국내에서도 공원·녹지와 학교를 연계하는 현재의 법·지침을 고려하여 국내 재해 실정에 맞는 공원·녹지의 대피체계를 구축할 필요가 있음. 또한 도시공원법의 공원 구분 항목에서 방재공원 지정과 같은 지침 및 기준을 제시할 수 있음. 또한 대피체계에 대한 교육 및 정보의 전달이 이루어질 수 있는 프로그램의 운영이 필요함

<표 4.5.1> 공원·녹지시설의 예방적 프로그램과 방재요소

폭우대응	대피대응
○ 도시녹화 제도 - 도시 녹화 조성 시 지원금 보조 - 도시 녹화 조성 시 용적률 및 건폐율 인센티브 제공 - 도시 녹화 조성 시 세금 감면 혜택 - 공공 건축물 녹화 의무화	○ 방재공원의 체계와 제도 - 공원의 규모 및 유형에 따라 대피 공간의 위계 설정 - 신속한 대피를 위한 대피 동선 및 도로 폭 기준 설정 - 각 방재공원 면적에 적합한 대피 인원 산정 - 대피 상황 발생 시 공원 용도 변경 활용 지침 수립

2. 대비적 프로그램과 방재요소

○폭우대응 프로그램의 경우, 국내 현황은 단일형의 대규모 지하저류조를 집중배치하고 있음. 신도시의 경우 수순환 체계를 계획하여 조성하였지만 기존 도시에서의 수순환 네트워크 구축은 미비한 실정임

○해외 선진 사례의 경우 생태연못, 워터플라자 등 공원·녹지와 연계된 소규모의 저류시설을 분산적으로 배치하고 있음

○국내에서도 도시 공간의 토지 효율성을 고려하여 저류시설을 공원 · 녹지와 연계하고 소규모 저류시설의 분산적으로 배치하는 것이 필요함. 또한 기존 시가지에 적용할 수 있는 방재요소인 옥상녹화, 레인가든 등의 저류시설 설치를 확대해야 함

○대피대응 프로그램의 경우, 국내의 공원 · 녹지는 대피를 위한 동선체계 고려가 미비하며, 대피 상황 발생 시 공원시설 내에서 자체적으로 비상 물자를 보급할 수 있는 체계 또한 전무한 상태임

○일본의 경우 주변 건축물의 배치와 거리를 고려하여 동선을 확보하고, 공원에서 자체적으로 비상 구호 물자를 비축하여 대피 상황에 대비하고 있음

○국내 재해 상황을 고려하여 공원 · 녹지시설을 분산학교, 거점학교 대피에 도움을 줄 수 있는 기능을 부여하고, 공원 · 녹지가 학교와의 동선 체계 연결 및 물자 보급 체계의 구축이 필요함

<표 4.5.2> 공원·녹지시설의 대비적 프로그램과 방재요소

폭우대응	대피대응
○ 수 순환 네트워크 - 분산형 저류시설 배치로 효율적 우수 저류 체계 구축 - 녹지 도랑 및 오픈 수로를 활용한 우수 운반 체계 구축 - 가로 식재를 활용한 우수 유출 지체 및 우수 보유 체계 구축 - 저류용량 초과에 대비한 광역적 범위의 저류시설 설치 - 생태 하천과 연계된 방류 체계 구축 - 도시 공간 및 지형의 성격에 따라 적절한 저류 시스템(On-site/Off-site) 배치 ○ 분산형 저류시설 배치 - 주거단지 내 생태저류 연못 조성 - 도심 지역의 오픈스페이스를 가변형 저류시설로 복합화 - 도심 지역의 가로 식재를 활용한 소규모 저류시설 설치 - 고층 건물의 옥상 녹화 시설을 활용한 저류시설 확보 - 최대 거리 1Km 이하의 근린 공원시설 간격을 고려한 저류시설 배치 ○ 가로식재, 옥상녹화를 활용한 저류시설 - 가로 식재 조성 시 저류기능 및 우수유출 지체기능 고려 - 소규모 녹지 공간 조성 시 자연 침투 고려 - 불투수율이 높은 도심 공간에 소규모 공간에 녹지 설치 - 고층 건물이 많은 공간에서의 옥상 녹화 시설 활용	○ 대피 동선을 고려한 공원 및 녹지의 입지 - 최대 거리 1km이내의 간격으로 1차 대피 공간 배치 - 최소 면적 2ha 이상의 1차 대피 공간 확보 - 최소 폭 10m 이상의 대피동선 확보 - 신속한 결집을 위한 다수의 출입구 설치 - 공원 출입구 설계 시 주변 현황과의 연계성 고려 ○ 비상·구호 물자 보급 체계 - 공원 내 3일 분량의 비상·구호 물자 비축 - 대피 인원 결집 후 3일 간 물자 보급

3. 대응적 프로그램과 방재요소

○폭우대응 프로그램의 경우, 국내 현황은 서울시를 중심으로 공원시설과 저류시설의 복합화를 활용하는 등의 대응적 방재 프로그램이 활발하게 추진되고 있음

○해외의 사례와 같이 도시 공간에서의 소규모 식재를 활용한 대응 프로그램은 광화문 세종로에서 시범적으로 운영하는 레인가든에 불과하는 등 폭우대응이 부족한 실정임

○대규모 저류 공간의 확보가 어려운 지역에서의 대응은 소규모 녹지를 적극적으로 활용할 필요가 있을 것으로 보임

○대피대응 프로그램의 경우, 국내에서는 학교, 관공서, 종교시설 등에서 주로 대피대응을 하고 있으며 공원 · 녹지시설을 활용한 대응 사례는 전무함. 이는 우리나라 재해 특성상 수해에 초점이 맞춰져 있는 것으로 판단됨. 따라서 공원 · 녹지시설은 학교 대피의 기능을 도움을 줄 수 있는 도시계획시설로 정의할 수 있음. 즉 학교에서 대피 장소 및 지원 체계가 부족할 경우 인근 공원 · 녹지시설을 이용하여 대피의 일시적 장소로 활용할 수 있음. 또한 지진, 화재 등 오픈스페이스 공간으로의 대피가 필요한 경우 공원 · 녹지시설이 활용 가능함

○일본의 경우 공원의 토지이용을 가변적으로 하여 3일간의 응급 대피 대응을 하고, 장기적인 대피 방안을 모색하고 있는 것으로 확인됨. 응급 대피 기간 동안 대피 인원들이 이용할 수 있는 가변형 스트리트 퍼니쳐, 비상용 기반시설 등을 가동하여 기반시설 제공 및 위생 관리를 하고 있음

○국내의 경우 강우빈도(10년, 50년, 100년, 200년) 및 공원 · 녹지의 위치에 따라 공원 · 녹지의 방재기능을 변환시킬 수 있는 프로그램이 도입되어야 함

<표 4.5.3> 공원·녹지시설의 대응적 프로그램과 방재요소

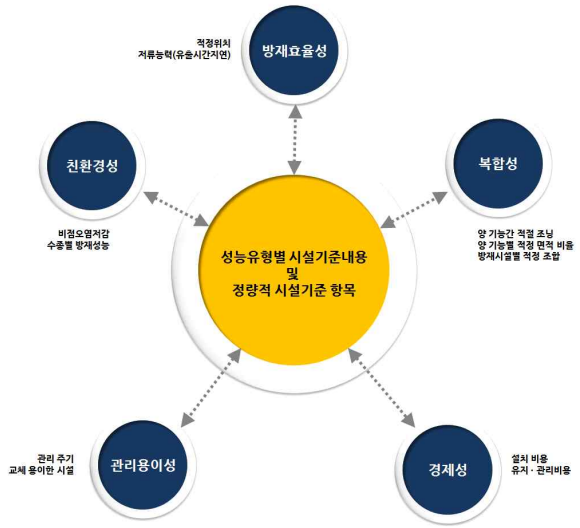
폭우대응	대피대응
○저류시설의 구조 및 시스템 - 공원·녹지 내 저류시설의 강우 빈도별 단계적 우수처리 - 평상시 주민의 이용이 가능한 유기적 형태의 저류시설, 다단형의 저류 시설 설치 - 폭우 시 빠른 우수 이동을 위한 레인가든 내 Overflow pit 설치	○ 가변형 토지 이용 - 평상시 근린 공원으로 활용 - 재해 발생 시 1차 대피 공간으로 용도 변경 - 대피 상황 발생 시 3일간 응급 대피공간으로 활용 - 시간의 흐름에 따라 공간 용도 변경 ○ 공원 내 시설물 - 대피 상황 발생에 대비하여 하부에 자가 전기 발전 시설, 음료용 저수조, 지하 매설형 화장실 설치. - 3일 동안 발전 시설 가동, 식수 보급, 간이 화장실 칸막이 설치를 통한 기반 시설 제공 및 위생 관리 - 대피 상황 발생에 대응할 수 있는가변형 스트리트 퍼니쳐 설치 - 상황 발생 시 파고라, 놀이터를 물자 보급 공간으로, 벤치를 취사 공간으로 변경

제6절 폭우대응 방재공원·녹지의 제안과 설계기법

1. 공원·녹지의 성능기준

가. 성능기준

○성능 기준으로 방재효율성, 복합성, 친환경성, 관리용이성, 경제성으로 총 5개 항목으로 구분하고 각 성능에 대해 성능유형별 시설 기준 및 정량적 시설 기준 항목을 제시. 성능별 시설기준으로 공원·녹지시설의 방재복합시설 설계 기준을 작성함



<그림 4.6.1> 성능기준

<표 4.6.1> 방재성능의 정의

성능	정의
방재효율성	○적합한 입지 선정 및 적정용량 산정을 통한 방재성능 강화
복합성	○공원의 고유기능과 방재기능의 복합 ○방재시설간의 연계·조합을 통한 포괄적 방재계획
친환경성	○조경·식재 및 물순환 체계를 활용한 친환경성 강화 ○비점오염관리, 오염방지 측면에서의 친환경 방재계획
관리용이성	○지속적이고 편리한 관리·운영기준 수립
경제성	○건설, 유지관리, 방재비용을 종합적으로 고려한 경제성 확보 ○지역의 토지이용현황과 토지이용효율성을 고려한 방재시설 설치

<표 4.6.2> 방재성능별 기준항목 설정

성능	성능별 기준 요소	정량적 요소
방재효율성	○적정위치 ○저류능력(유출시간지연)	○표고 ○저류시설용량(강우빈도 고려) ○유출시간지역시설의 체적
복합성	○양 기능간 적절 조닝 ○양 기능별 적정 면적 비율 ○방재시설별 적정 조합	○상시저류, 일시저류별 공원대비 저류시설 면적 ○수해지역의 저류용량 ○수해간접영향지역의 분산형빗물시설용량
친환경성	○비점오염저감 ○수종별 방재성능	○비점오염저감시설별 처리용량 및 개수 ○호습성, 내수성 수정의 양
관리용이성	○관리주기 ○교체용이한시설	○월별 관리 횟수
경제성	○설치비용 ○유지·관리비용	○자연형 설비비율 ○각 시설별 설치비 ○우수관리 설치대비 방재시설 설치 비용 ○수리비용

나. 공원·녹지 유형

(1) 유형구분의 목적

○유형에 적합한 방재시설을 적용하여 방재효율성을 향상시킴

○유형에 따라 입지 및 배치, 조경계획 및 설계, 방재복합시설 기준에 차등을 두어 경제적인 효과를 얻게 함

○폭우 대응 규모에 따라서 유형별 역할 구분

○우리나라 강우의 80%를 처리하는 양, 즉 25mm/h의 강우를 기준으로 하여 유형 구분

(2) 유형 구분

○폭우대응형 공원·녹지

25mm/h 이상의 높은 강우에 대응하여 침수피해를 저감하는 역할

○분산빗물관리형 공원·녹지

25mm/h 이하의 강우에 친환경적인 빗물 관리를 하는 역할

○복합방재형 공원·녹지

폭우대응과 분산형 빗물관리를 동시에 할 수 있는 것으로 침수피해 저감 및 친환경적인 빗물관리를 하는 역할

2. 공원 · 녹지의 시설기준

가. 입지 및 배치에 관한 기준

(1) 입지 기준으로 다음과 같은 요건을 고려

○침수의 우려가 있는 지역을 '침수위험지구'로 설정하고 피해발생 빈도, 피해 발생 가능성을 고려하여 가 · 나 · 다 · 라 등급으로 분류 지정[20]

○침수의 우려가 없는 지역 중, 침수위험지구의 주변지역에 위치하여 침수위험지구의 침수에 영향을 주는 인접 지역을 '침수영향지구'로 설정

○침수위험지구에 입지한 공원 · 녹지는 단일, 집중형 저류시설로 폭우에 직접 대응해야 함

○침수영향지구에 입지한 공원 · 녹지는 분산형, 단계형의 LID 및 GI요소를 활용하여 침수피해 예방 및 분산형 빗물관리를 함

(2) 배치 기준으로 다음과 같은 요건을 고려

○공원 · 녹지를 구성하는 공간을 안전이용공간, 방재가변공간, 분산형 빗물관리공간, 폭우대응공간 네 가지로 구분하여 적절한 배치가 이루어지도록 함

○안전이용공간은 25mm/h 이상의 강우에도 절대 침수가 되지 않아야 하며, 공원 · 녹지 내에서 상대적으로 표고가 높은 곳에 배치

○방재가변공간은 25mm/h 이상의 강우시 일시적 저류기능을 담당하게 해야 하며, 공원 · 녹지 내에서 상대적으로 표고가 낮은 곳에 배치

○분산형 빗물관리공간은 25mm/h 이하의 강우시에는 비점오염처리를, 25mm/h 이상의 강우시에는 분산형 저류기능을 해야 하며, 비점오염원이 발생하는 곳 인근에 배치

○폭우대응공간은 충분한 이격거리를 두어 강우를 대비한 저류용량을 확보하고, 이용자의 안전을 위한 동선체계를 고려해야 함

○폭우대응공간은 방재시설들을 통합적으로 관리할 수 있는 곳에 배치해야 함

나. 조경계획 및 설계에 관한 기준

(1) 지표면 설계에 관한 기준으로 다음 요건을 고려

○기존의 지형을 가급적 보존하여 지표면의 수계가 유지되도록 함

○산림지역 등의 경사면에는 토사유출 방지를 위한 계획을 수립함

20) 관련법령-「자연재해대책법」제8조 2

○시설면과 인접한 녹지는 가급적 포장시설면 보다 낮게 계획하여 포장내 우수가 자연스럽게 녹지로 유입되도록 하며 녹지의 토사 유출을 방지하도록 함

(2) 식재에 관한 기준으로 다음 요건을 고려

○방재요소를 종합적으로 검토한 후 식생종류, 식재 위치 등의 식재계획을 수립하여야 함

○가급적 향토수종 위주의 수목을 우선적으로 선정하고, 대상지의 기후, 토양, 침수빈도 등의 환경조건에 적합한 수종을 선정

다. 방재복합시설에 관한 기준

(1) 폭우대응 시설에 관한 설계 기준으로 다음 요건을 고려

○침수피해에 영향을 주는 위치(표고가 낮고 평탄한 지역, 수계에 따라 강우 유출수가 집중되는 경로)에 설치하여 방재기능을 강화

○다른 기능의 시설과 연계하여 기능성을 강화 (예 : 집수시설 → 정화시설 → 저류시설)

○지역의 여건에 따라 LID 요소와 복합적으로 활용하여 방재효율성, 복합성, 친환경성, 관리용이성, 경제성을 향상시킬 수 있도록 함

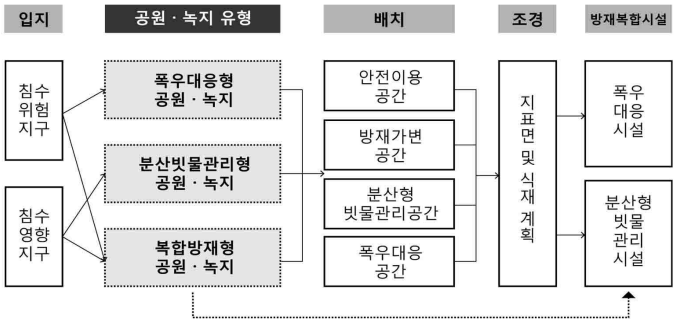
<표 4.6.3> 유형별 성능비교

요소	항목	폭우대응형 공원 · 녹지	분산빗물관리형 공원 · 녹지	복합방재형 공원 · 녹지
입지	침수위험지구	●	△	○
	침수영향지구	△	●	○
배치	안전이용공간	●	●	●
	방재가변공간	△	○	○
	분산형 빗물관리 공간	△	●	●
	폭우대응공간	●	△	●
조경계획 및 설계	지표면 설계	●	●	●
	식재 설계	△	●	●
방재복합 시설	폭우대응시설	●	△	●
	분산형 빗물관리 시설	△	●	●
강우량 기준		25mm/h 이상	25mm/h 이하	모든 강우

● : 필수사항 ○ : 권장사항 △ : 선택사항

3. 공원 · 녹지시설의 설계 가이드라인

○설계 가이드라인은 순서는 그림과 같으며 [별책]에 자세한 사항이 기술됨



<그림 4.6.2> 설계 가이드라인 순서도

가. 입지 및 배치

(1) 입지

<표 4.6.4> 입지유형 분류표

유형	정의	적용 가능 공원
침수위험지구	○침수의 우려가 있는 지역 ○침수가 경력이 있는 지역	○소공원·어린이공원 ○근린생활권 근린공원 ○도보권 근린공원 ○도시지역권 근린공원 ○광역권 근린공원
침수영향지구	○침수위험지구의 주변지역에 위치하여 침수위험지구의 침수에 영향을 주는 인접 지역	

○입지의 기준은 침수의 유무에 따라 침수위험지구와 침수영향지구로 분류됨. 침수위험지구는「자연재해대책법」에 근거하여 침수우려가 있는 지역으로 정의하며, 침수영향지구는 침수위험지구의 주변지역에 위치하여 침수위험지구의 침수에 영향을 주는 인접지역으로 정의함

○입지의 기준을 바탕으로 방재복합형 공원 · 녹지를 세 가지 유형으로 구분하여 기술하였으며 이는「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률 시행규칙」 [별표3] 도시 공원의 설치 및 규모의 기준(제 6조 관련)중 생활권공원 설치 및 규모의 기준에 근거함

○도시공원법의 공원종류별 면적은 소공원 · 어린이공원(1,500㎡ 이상), 근린생활권 근린공원(1만㎡ 이상), 도보권 근린공원(3만㎡ 이상),도시지역권 근린공원(10만㎡ 이상),광역권 근린공원, 광역권 근린공원(100만㎡ 이상)으로 구분됨

1) 침수위험지구에서의 공원 · 녹지 입지 가이드라인

<표 4.6.5> 침수위험지구에서의 공원 · 녹지의 입지 기준

구분	폭우대응형 공원·녹지	복합방재형 공원·녹지
소공원, 어린이공원, 1,500㎡~1만㎡의 녹지	○지하저류조를 단독으로 설치 가능한 경우의 공원·녹지 ○좁은 면적으로 인해, 추가적인 분산형 빗물관리시설을 설치할 수 없는 경우의 공원·녹지	○좁은 면적 등으로 인해 소공원, 어린이공원, 1,500㎡~1만㎡의 녹지에서는 복합방재형 공원·녹지를 권장하지 않음
근린생활권 근린공원, 1만㎡이상~3만㎡ 녹지	○저류시설을 단독으로 설치 가능한 경우의 공원·녹지 ○지역의 여건 또는 낮은 방재효율성으로 인해 분산형 빗물관리시설을 설치할 수 없는 경우의 공원·녹지	○저류시설의 설치가 가능한 경우의 공원·녹지 ○설치 용이성과 높은 방재효율성을 바탕으로 분산형 빗물관리시설의 연계운용이 가능한 경우의 공원·녹지
도보권 이상의 근린공원, 3만㎡ 이상의 녹지	○저류시설을 단계형·분산형으로 설치 가능한 경우의 공원·녹지 ○지역의 여건 또는 낮은 방재효율성으로 인해 분산형 빗물관리시설을 설치할 수 없는 공원·녹지	○저류시설을 단계형·분산형으로 설치 가능한 경우의 공원·녹지 ○설치 용이성과 높은 방재효율성을 바탕으로 광범위한 분산형 빗물관리시설의 연계운용이 가능한 경우의 공원·녹지

①폭우대응형 공원 · 녹지의 입지조건

○소공원 · 어린이공원, 1,500㎡~10,000㎡ 면적의 녹지

-침수피해를 우선적으로 고려하여 공원 · 녹지의 하부에 지하저류조를 단독으로 설치할 수 있으나, 공원 · 녹지의 면적 상 분산형 빗물관리시설 설치에 제약이 있는 경우 또는 설치 시 방재효율이 미미한 경우 폭우대응형 공원 · 녹지의 유형으로 판단

○근린생활권 근린공원, 10,000㎡~30,000㎡ 면적의 녹지

-침수피해를 우선적으로 고려하여 공원 · 녹지에 저류시설을 단독으로 설치할 수 있으나, 주변지역의 여건 상 분산형 빗물관리시설 설치에 제약이 있는 경우 또는 설치 시 방재효율이 낮은 경우 폭우대응형 공원 · 녹지의 유형으로 판단

○도보권 · 도시지역권 · 광역권 근린공원, 30,000㎡ 이상 면적의 녹지

-침수피해를 우선적으로 고려하여 공원 · 녹지에 저류시설을 단계형 · 분산형으로 설치할 수 있으나, 주변지역의 여건 상 분산형 빗물관리시설의 설치에 제약이 있는 경우 또는 방재효율이 낮은 경우 폭우대응형 공원 · 녹지의 유형으로 판단

②분산빗물관리형 공원·녹지의 입지조건

○침수위험지구에서의 공원·녹지는 폭우대응이 우선적으로 고려되어야 하므로 분산빗물관리형 공원·녹지의 단독 입지는 지양함

③복합방재형 공원·녹지의 입지조건

○ 소공원·어린이공원, 1,500㎡~10,000㎡ 면적의 녹지

-소공원·어린이공원, 1,500㎡~10,000㎡ 면적의 녹지의 경우 공원 고유의 기능, 이용자의 안전 등과 관련하여 면적에 제약이 있으므로 폭우대응시설과 분산형 빗물관리시설의 복합 설치를 권장하지 않음

○근린생활권 근린공원, 10,000㎡~30,000㎡ 면적의 녹지

-침수피해를 우선적으로 고려하여 공원·녹지에 저류시설을 단독으로 설치할 수 있으며, 주변지역의 여건 상 분산형 빗물관리시설의 설치가 용이하고 방재효율이 상당할 경우 폭우대응시설과 분산형 빗물관리시설을 연계운용하는 복합방재형 공원·녹지의 유형으로 판단

○도보권·도시지역권·광역권 근린공원, 30,000㎡ 이상 면적의 녹지

-침수피해를 우선적으로 고려하여 공원·녹지에 저류시설을 단계형·분산형으로 설치할 수 있으며, 주변지역의 특성 상 광범위한 분산형 빗물관리시설의 설치가 용이하고 방재효율이 상당할 경우 폭우대응시설과 분산형 빗물관리시설을 연계운용하는 복합방재형 공원·녹지의 유형으로 판단

2) 침수영향지구에서의 공원·녹지 입지 가이드라인

①폭우대응형 공원·녹지의 입지조건

○침수영향지구에서의 공원·녹지는 비점오염원 처리·침수위험지구에서의 저류부담 분산이 우선적으로 고려되어야 하므로 폭우대응형 공원·녹지의 단독 입지는 지양함

②분산빗물관리형 공원·녹지의 입지조건

○소공원·어린이공원, 1,500㎡~10,000㎡ 면적의 녹지

-비점오염원 처리·침수위험지구에서의 저류부담 분산을 우선적으로 고려하여 분산형 빗물관리시설을 설치할 수 있으나, 공원·녹지의 면적 상 폭우대응시설 설치에 제약이 있는 경우 또는 설치 시 방재효율이 낮은 경우 분산빗물관리형 공원·녹지의 유형으로 판단

○근린생활권 근린공원, 10,000㎡~30,000㎡ 면적의 녹지

-비점오염원 처리·침수위험지구에서의 저류부담 분산을 우선적으로 고려하여 분산형 빗물관리시설을 설치할 수 있으나, 지역의 여건 상 폭우대응시설 설치에 제약이 있는 경우 또는 설치 시 방재효율이 낮은 경우 분산빗물관리형 공원·녹지의 유형으로 판단

○도보권·도시지역권·광역권 근린공원, 30,000㎡ 이상 면적의 녹지

-비점오염원 처리·침수위험지구에서의 저류부담 분산을 우선적으로 고려하여 광범위한 분산형 빗물관리시설을 설치할 수 있으나, 지역의 여건 상 폭우대응시설 설치에 제약이 있는 경우 또는 설치 시 방재효율이 낮은 경우 분산빗물관리형 공원·녹지의 유형으로 판단

③복합방재형 공원·녹지의 입지조건

○소공원·어린이공원, 1,500㎡~10,000㎡ 면적의 녹지

-소공원·어린이공원의 경우 공원 고유의 기능, 이용자의 안전 등과 관련하여 면적에 제약이 있으므로 폭우대응시설과 분산형 빗물관리시설의 복합 설치를 권장하지 않음

○근린생활권 근린공원, 10,000㎡~30,000㎡ 면적의 녹지

-비점오염원 처리·침수위험지구에서의 저류부담 분산을 우선적으로 고려하여 분산형 빗물관리시설을 설치할 수 있으며, 주변지역의 여건 상 저류시설의 단독 설치가 용이하고 방재효율이 상당할 경우 폭우대응시설과 분산형 빗물관리시설을 연계 운용하는 복합방재형 공원·녹지의 유형으로 판단

○도보권·도시지역권·광역권 근린공원, 30,000㎡ 이상 면적의 녹지

-비점오염원 처리·침수위험지구에서의 저류부담 분산을 우선적으로 고려하여 분산형 빗물관리시설을 설치할 수 있으며, 주변지역의 여건 상 저류시설의 단계형·분산형 설치가 용이하고 방재효율이 상당할 경우 폭우대응시설과 분산형 빗물관리시설을 연계 운용하는 복합방재형 공원·녹지의 유형으로 판단

(2) 배치

○공원·녹지 배치 가이드라인을 위해 공원·녹지 내 공간을 안전이용공간, 방재가변공간, 분산형 빗물관리공간, 폭우대응공간으로 구분

○공간에 대한 공원·녹지의 정의 및 이에 대응하는 공원·녹지 요소, 방재복합시설은 <표 4.6.6>과 같음

○공원·녹지의 공간 구분 기준을 공원·녹지 유형에 따라 폭우대응형, 분산빗물관리형, 복합방재형 공원·녹지의 배치 3가지 방향으로 가이드라인을 제시

[별책 참고]

<표 4.6.6> 공원·녹지의 공간 구분 기준

공간	정의	공원·녹지 요소	방재복합시설
안전이용 공간	○25mm/h 이상의 강우에도 침수가 발생하지 않는 공간 ○이용 빈도가 높은 공간을 중심으로 설정 ○건물 및 구조물이 밀집한 곳으로 침수시 안전적·경제적 피해가 우려되는 공간 ○공원 내 상대적으로 표고가 높은 곳에 배치되는 공간	○산책로를 포함한 모든 도로 ○관리사무소 ○편의시설 ○쉼터 ○어린이 놀이터 ○체육시설 등	○침투성포장 등
방재가변 공간	○25mm/h 이상의 강우 시 일시적으로 저류가 가능한 공간 ○침수가 발생하더라도 상대적으로 피해가 적고 복구가 원활한 공간 ○공원 내 상대적으로 표고가 낮은 곳에 배치되는 공간	○잔디광장 ○체육광장	○건식저류지 ○침투화분 ○빗물정원 ○식생수로 ○식생여과대 등
분산형 빗물관리 공간	○25mm/h 이하의 강우 시 비점오염원 처리가 가능한 공간 ○25mm/h 이상의 강우 시 식생을 활용한 분산형 저류가 가능한 공간 ○주로 기존의 차도변 가로수 등 비점오염원 발생이 우려되는 곳에 배치되는 공간	○차도변 가로수 ○공원 외곽부 ○공원 내 조경시설 ○주차장 등	○침투화분 ○수목여과박스 ○식생화분 ○침투성포장 등
폭우대응 공간	○모든 강우에 직접 대응하는 공간 ○호수, 저류조 등이 배치되는 공간 ○방재시설들을 통합적으로 관리할 수 있는 곳에 배치되는 공간	○호수 ○체육시설 하부 ○광장 하부 등	○저류지 ○저류조 ○인공습지 등

나. 조경계획 및 설계

(1) 지표면 설계

1) 녹지공간

<표 4.6.7> 녹지공간 가이드라인

가이드라인 내용
① 기존의 지형을 가급적 보존하여 지표면의 수계가 유지되도록 하고 지형이 낮은 곳이나 지하수위가 높은 지역에는 비점오염저감 및 우수저류 등을 위한 시설을 도입함 ② 산림지역 등의 경사면에는 토사유출 방지를 위한 계획을 수립하고 하단부에는 토사와 우수가 시설지로 유입되는 것을 방지하기 위한 배수로를 설치하되 우수의 토양 내 침투 및 유출속도저감, 비점오염원 저감을 위한 친환경적인 배수계획을 수립함 ③ 지형이 낮은 곳에는 인근지역으로 우수에 의한 피해방지를 위한 식생저류지 등을 도입하여 일시적으로 물을 저장하거나 토양 내 침투를 유도할 수 있는 시설을 설치함 ④ 넓은 녹지공간은 우수의 토양침투를 원활하게 하기 위해 녹지 내에 침투도랑, 침투관, 침투측구, 식생수로, 자갈도랑 등을 지형여건, 공원성격 등을 고려하여 계획하고 월류되는 우수는 인접한 집수정과 연결토록 함 ⑤ 시설면과 인접한 녹지는 가급적 포장시설면 보다 낮게 계획하여 포장내 우수가 자연스럽게 녹지로 유입되도록 하며 녹지의 토사 유출을 방지하도록 함 ⑥ 띠형의 녹지공간은 U자형의 식생여과수로 또는 자갈수로 등을 계획하여 배수는 물론 토양내 침투가 용이하도록 계획함 ⑦ 규모가 큰 공원의 녹지는 배수구역별로 경관을 고려하여 자연적으로 우수를 저류할 수 있도록 계획하되 유입부, 전처리부, 식생저류부, 월류부로 구분하고 월류되는 우수는 근처의 배수관과 연결되도록 함

2) 포장공간

<표 4.6.8> 포장공간 가이드라인

가이드라인 내용
① 공원내 포장공간은 휴게공간, 운동공간, 유희공간, 도로 및 광장, 주차공간 등으로 구분하며 광장, 주차장등과 같이 일정면적 이상이 되는 공간은 우수의 토양내 침투는 물론 자연적인 표면배수가 되도록 2%이상의 배수경사로 조성함 ② 공원내 포장은 투수계수를 고려하여 투수성이 높은 재료를 우선적으로 선정함 ③ 주차장은 강우유출수의 침투와 오염물질의 저감을 위해 다공성 포장재를 사용하여 오염된 강우유출수의 토양 침투를 유도하도록 함 ④ 주차장 표면에서 발생되는 강우유출수는 주차장 주변으로 유도하여 배출하되 배수로는 자갈수로, 식생수로 등으로 계획하여 우수의 토양내 침투 및 비점오염저감이 되도록 하고 근처의 배수정과 연결토록 함

(2) 식재 설계

1) 일반사항

○방재복합형 공원·녹지의 성격을 고려하여 공원의 다양한 경관요소 및 방재요소 등의 종합적으로 검토한 후 식생종류, 식재위치 등의 식재계획을 수립하여야 함

○식생의 종류는 대상지의 기후와 토양에 적합하고 기타 자연적인 요소(홍수, 침수 등)에 저항력이 있는 수종을 선정하여야 함

○공원·녹지는 이용객의 다양한 이용성향을 고려하여 각 공간성격에 적합한 식재기법(경관식재, 방재식재, 유도식재, 차폐식재 등)을 도입하여 다양한 경관이 연출될 수 있도록 하여야 함

○공원·녹지 내 비점오염을 저감을 위한 저류부 및 식생수로 등을 설치시는 호습성 수종 및 초본류를 식재하여 우수유출속도 감소 및 침투, 비점오염 저감 효과 등의 효과를 도모할 수 있어야 함

○공원·녹지 내 우수로 인한 토사유출이 예상되는 지역은 심근성 위주의 교목과 관목류, 초본류 등을 식재하여 사면안정화가 되도록 하여야 함

○공원·녹지 내 지하수위등을 고려한 식재계획이 되어야 함

2) 수종선정

○공원·녹지 내 또는 인근 주변에서 자생하고 있는 수목 등을 조사하여 가급적 향토수종 위주의 수목을 우선적으로 선정함

○공원·녹지의 성격상 계절감을 느낄 수 있는 수종을 선정하되 대상지의 기후, 토양, 침수빈도등의 환경조건에 적합한 수종을 선정함

○공원·녹지 내 방재기능적인 효과가 양호한 수종 및 탄소저장, 흡수능력이 양호한 수종을 선정함

○각종 공해물질의 흡착능력이 뛰어난 수종을 선정함

3)주요수종

<표 4.6.9> 주요수목 구분 기준

구 분		수 종 명	
방풍용수종	심근성수종으로 지엽이 치밀한 수종	중부 수종	소나무, 향나무, 화백, 스트로브잣나무 등
		남부 수종	곰솔, 편백, 녹나무, 가시나무, 후박나무 등
	울타리용	중부 수종	무궁화, 주목, 회양목, 쥐똥나무 등
		남부 수종	동백나무, 감탕나무, 사철나무, 아왜나무 등
비탈면 토사방지 및 안정용 수종		중부 수종	붉나무, 개옻나무, 오리나무, 소나무, 참나무류, 쉬나무, 자귀나무, 두릅나무, 층층나무, 참싸리, 족제비싸리, 산초나무, 조팝나무 등
		남부 수종	쪽동백나무, 낭아초 등
호습성 및 내수성 수종	침엽수류	중부 수종	낙우송, 메타세콰이어, 은행나무, 리기다소나무 등
		남부 수종	삼나무, 편백, 곰솔, 비자나무 등
	낙엽수류	중부 수종	수양버들, 오리나무, 물푸레나무, 칠엽수, 일본목련, 미루나무, 산벚나무, 왕벚나무, 용버들, 튜립나무, 참느릅나무, 가래나무, 귀룽나무, 느티나무, 오갈피나무 등
		남부 수종	굴피나무, 담팔수, 왕버들, 좁은잎천선과나무 등
	관 목 류	중부 수종	철쭉류, 죽도화, 병꽃나무, 딱총나무, 꽃아그배나무, 말발도리나무, 불두화, 무궁화, 갯버들 등
		남부 수종	돈나무, 호랑가시나무, 꽝꽝나무 등
	상록활엽수 (남부지방)	남부 수종	태산목, 아왜나무, 식나무, 동백나무, 먼나무, 팔손이, 광나무, 붓순나무, 후피향나무, 감탕나무 등

다. 방재복합시설[21)]

○방재복합시설은 폭우대응 시설(저류조, 저류지), 분산형 빗물관리 시설(인공습지, 침투시설, 식생시설) 두 가지로 구분하고, 침수피해 방지와 침수피해 예방 및 비점오염원 관리 측면에서의 기술적 부문을 기술함

○방재복합시설은 방재복합공원을 설계하기 위한 시설요소들에 대한 개요, 시각자료, 성능기준, 유형기준, 종류, 가이드라인을 제시함

○시설개요는 (주)헥코리아 (2011). "비점오염저감시설기술보고서". 비점오염관리기술연구단, 환경부 (2008). 비점오염저감시설의 설치 및 관리·운영 매뉴얼, 환경부 국립환경과학원 (2010). 수질오염총량관리를 위한 개발사업 비점오염원 최적관리지침의 내용을 직접 인용함

○성능기준은 아래 표와 같이 각 시설이 갖는 기능성을 평가함

시설	저류	침투	증발	발산	여과	흡착	침전	분해
시설명								

◉매우 탁월함 ○탁월함 △조금 이루어짐

○유형기준은 아래 표와 같이 적합한 입지를 평가함

시설	침수위험지구	침수영향지구
시설명		

◉매우 적합 ○적합 △다소 적합

○시설종류는 (주)헥코리아 (2011). "비점오염저감시설기술보고서". 비점오염관리기술연구단, 환경부 (2008). 비점오염저감시설의 설치 및 관리·운영 매뉴얼, 환경부 국립환경과학원 (2010). 수질오염총량관리를 위한 개발사업 비점오염원 최적관리지침의 내용과 모식도를 직접 인용함

○시설지침은 방재효율성, 복합성, 친환경성, 관리용이성, 경제성 5가지의 시설기준 항목을 바탕으로, (주)헥코리아 (2011). "비점오염저감시설기술보고서". 비점오염관리기술연구단, 환경부 (2008). 비점오염저감시설의 설치 및 관리·운영 매뉴얼, 환경부 국립환경과학원 (2010). 수질오염총량관리를 위한 개발사업 비점오염원 최적관리지침의 내용을 직접 인용함

21) (주)헥코리아 (2011). "비점오염저감시설기술보고서" 비점오염관리기술연구단, 환경부 (2008). 비점오염저감시설의 설치 및 관리·운영 매뉴얼, 환경부 국립환경과학원 (2010). 수질오염총량관리를 위한 개발사업 비점오염원 최적관리지침의 내용과 모식도를 직접 인용함

(1) 폭우대응시설

1) 저류조

○시설개요

- 배수유역의 상류 지역에서 강우유출수의 흐름을 막아 저류하거나 표고가 낮고 대지가 평탄해 홍수피해의 우려가 있는 지역에서 유출수를 받아 저류하는 시설
- 저류수를 중력침전 및 생물학적 과정으로 오염물질을 정화하는 시설
- 수질처리용량을 초과하는 용량을 임시 저류한 후 방류된 홍수량을 조절함
- 지상부를 주차장, 공원 등 다른 용도로 이용할 수 있음

○적용사진




<그림 4.6.3> 지하저류조

○저류조 성능기준표

<표 4.6.10> 저류조의 성능기준표

시설	저류	침투	증발	발산	여과	흡착	침전	분해
저류조	◉	×	×	×	○	×	◉	◉

◉매우 탁월함 ○탁월함 △조금 이루어짐

○저류조 유형기준표

<표 4.6.11> 저류조의 유형기준표

시설	침수위험지구	침수영향지구
저류조	◉	○

◉매우 적합 ○적합 △다소 적합

2) 저류지

○ 시설개요

- 강우유출수를 집수, 저류, 배수하여 조절하는 저류시설
- 강우유출수를 저류시킨 후 중력 침전 및 생물학적 과정으로 오염물질을 저감시키는 시설
- 수질처리용량을 초과하는 용량을 임시 저류한 후 방류하는 홍수량 조절 기능을 갖는 시설
- 저류된 강우유출수는 다음 강우에 의해 발생되는 유출수에 의해 교체됨
- 저비용 고효율의 강우유출수 관리 시설로 자연친화적 저류지는 심미적 효과도 기대할 수 있음

○ 적용사진




<그림 4.6.4> 저류지

○ 저류지 성능기준표

<표 4.6.12> 저류지 성능기준표

시설	저류	침투	증발	발산	여과	흡착	침전	분해
저류지	◉	○	○	○	○	○	◉	◉

◉매우 탁월함 ○탁월함 △조금 이루어짐

○ 저류지 유형기준표

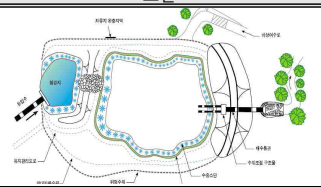
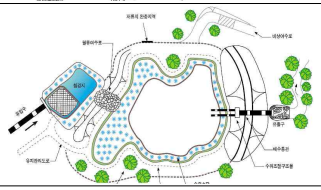
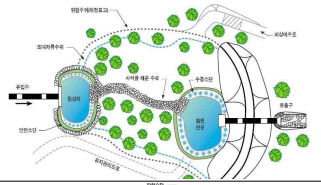
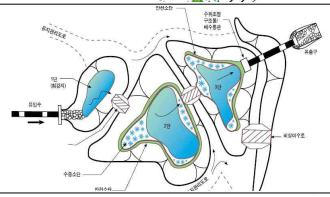
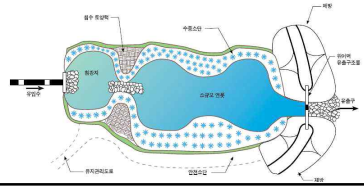
<표 4.6.13> 저류지 유형기준표

시설	침수위험지구	침수영향지구
저류지	◉	○

◉매우 적합 ○적합 △다소 적합

○ 저류지의 종류

<표 4.6.14> 저류지의 종류

구분	도면
○연못형 저류지 - 수질처리 및 홍수조절을 위한 연못 - 영구연못은 수질처리용량을 처리할 수 있어야 함	
○연못형 이중목적 저류지 - 영구연못은 수질처리용량의 50%를 처리, - 확장저류공간에 수질처리용량의 50%를 저류함 - 소요부지면적이 연못형 저류지보다 작음	
○소규모 연못형성 이중목적 저류지 - 연못형 이중목적 저류지에서 유출부에 소규모 연못이 추가적으로 설치 - 영구연못은 수질처리용량의 20~30%를, 확장저류용량은 수질처리용량의 70~75%를 처리함	
○다단계 저류지 - 침강지와 2개 이상의 소규모 습식연못으로 구성됨	
○소규모 저류지 - 건기시 건조상태가 되고 우기시 수위가 상승하는 저류지 - 배수구역이 작아서 건기동안 기저유출량으로 수위를 유지할 수 없는 저류지	

(2) 분산형 빗물관리시설

1) 인공습지

○ 시설개요

- 인공적인 습지를 조성하여 식생에 의한 유속저하로 홍수 조절 및 주변 지역의 범람을 방지하는 시설
- 침전 · 여과 · 흡착 · 미생물 분해, 식생 식물에 의한 정화 등 자연상태의 습지가 보유하고 있는 정화능력을 인위적으로 향상시켜 비점오염물질을 저감하는 시설
- 경관과 친수공간의 가치를 가질 수 있어 자연친화적인 기능을 할 수 있음
- 수생식물과 다른 요소들을 관리할 수 있기 때문에 동일한 면적의 자연습지에 비해 훨씬 효과적인 정화기능 수행이 가능함

○ 적용사진





<그림 4.6.5> 인공습지

○ 인공습지 성능기준표

<표 4.6.15> 인공습지 성능기준표

시설	저류	침투	증발	발산	여과	흡착	침전	분해
인공습지	○	○	○	◉	○	◉	◉	◉

◉매우 탁월함 ○탁월함 △조금 이루어짐

○ 인공습지 유형기준표

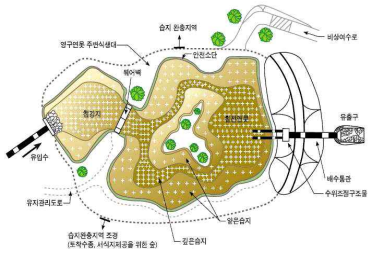
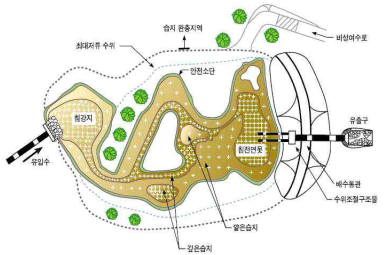
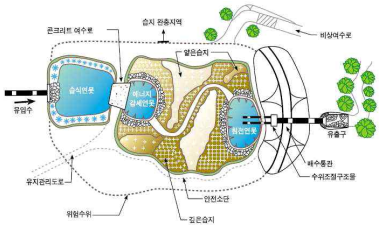
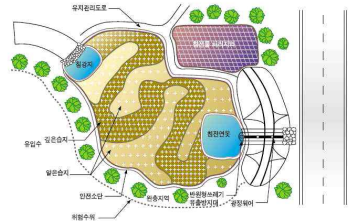
<표 4.6.16> 인공습지 유형기준표

시설	침수위험지구	침수영향지구
인공습지	◉	◉

◉매우 적합 ○적합 △다소 부적합

○ 인공습지의 종류

<표 4.6.17> 인공습지의 종류

구분	도면
○ 얕은 습지 - 침강지와 소규모 연못의 규모는 수질처리용량에 의해 결정 - 얕은 습지에서 수심이 깊은 곳은 유입부의 침강지와 유출부의 소규모 연못밖에 없으며, 연못의 깊이가 낮을 경우 넓은 부지가 필요함	
○ 이중목적 얕은습지 - 얕은 습지와 유사 - 습지수면 상부의 확장저류공간에서 수질처리용량의 일부를 처리함 - 이는 24시간에 걸쳐 방류시킨다. 얕은 습지에 비하여 소요부지 면적이 작음	
○ 연못/습지 시스템 - 깊은 연못과 얕은 습지가 분리되어 있음 - 전단부의 연못을 통과하면서 토사 등이 제거되고 유속이 감소됨 - 후단부의 습지에서 추가적으로 오염물질이 저감됨 이중목적 얕은습지에 비하여 소요부지면적이 작음	
○ 소규모 습지 - 2~4ha의 소규모 배수구역에 적용되며, 습지 시스템을 유지하기 위한 수량 확보를 위하여 지하수위까지 굴착함	

3) 침투시설

○ 시설개요

- 강우유출수를 지하로 침투하기 위한 시설
- 오염도가 높은 초기강우를 지하토층으로 침투시켜 오염물질을 처리하기 위해 설치하며 수질개선을 목적으로 함
- 불투수층 면적이 큰 도시지역에서 침두유량의 조절과 지하수를 재충전하여 수문학적으로 중요한 기능 담당

○ 적용사진



<그림 4.6.6> 침투저류지



<그림 4.6.7> 침투도랑



<그림 4.6.8> 침투관



<그림 4.6.9> 침투측구

○ 침투시설 성능기준표

<표 4.6.18> 침투시설 성능 기준표

시설	저류	침투	증발	발산	여과	흡착	침전	분해
침투시설	△	◉	△	△	○	△	△	△

◉매우 탁월함 ○탁월함 △조금 이루어짐

○ 침투시설 유형기준표

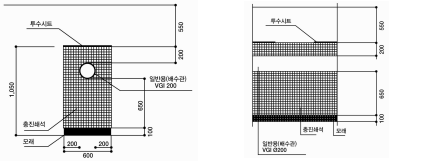
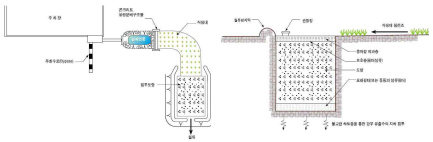
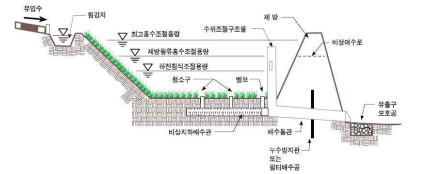
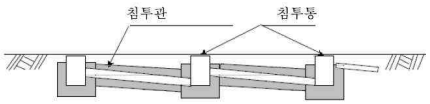
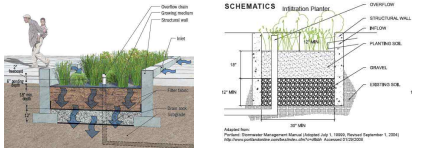
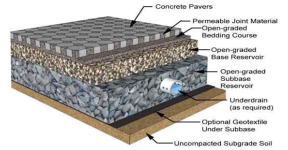
<표 4.6.19> 침투시설 유형기준표

시설	침수위험지구	침수영향지구
침투시설	○	◉

◉매우 적합 ○적합 △다소 부적합

○ 침투시설의 종류

<표 4.6.20> 침투시설의 종류

구분	도면
○침투관 - 물의 흐름이 필요한 곳의 관망에 유공관을 설치, 유공관 주변을 투수성 재질로 감싸 물의 흐름과 동시에 지하로 침투하도록 하는 시설	
○침투도랑 - 가로변을 따라 도랑을 파고 그 바닥과 측면을 투수성 재료로 구성하여 만든 도랑	
○침투저류지 -일반적인 저류지의 바닥을 부분적으로 투수성 소재로 구성하여 침투기능을 강화시킨 저류지	
○침투측구 -트렌치(Trench)의 바닥과 측면을 투수성 재질로 구성하여 침투기능을 강화한 시설	
○침투화분 - 초기강우 유출수의 유입과 처리시스템을 갖추고 있는 시설 - 식물 뿌리와 토양미생물에 의해 오염물질을 분해하며 유량조절기능을 갖춘 시설	
○침투성포장 -불투수성 바닥포장을 다공질재료 등으로 대체하여 지표면의 물이 침투하기에 용이하도록 설치한 포장방식	

4) 식생시설

○ 시설개요

- 식생을 활용하여 비점오염물질을 저감하는 기능이 있음
- 첨두유량을 조절하여 홍수억제에 기여함
- 식물 서식공간을 제공하고 녹지경관으로 기능하는 장점이 있음
- 주로 소규모 시설로 이루어져 있어서 장소의 제약이 적음

○ 적용사진



<그림 4.6.10> 빗물정원



<그림 4.6.11> 수목여과박스



<그림 4.6.12> 통로화분



<그림 4.6.13> 식생수로

○ 식생시설 성능기준표

<표 4.6.21> 식생시설 성능기준표

시설	저류	침투	증발	발산	여과	흡착	침전	분해
식생시설	△	○	○	◉	○	△	○	◉

◉매우 탁월함 ○탁월함 △조금 이루어짐

○ 식생시설 유형기준표

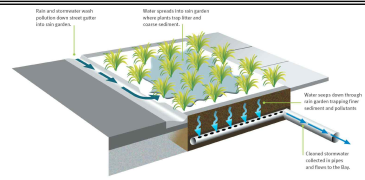
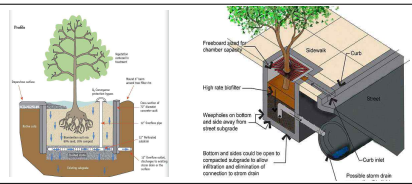
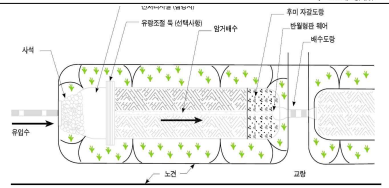
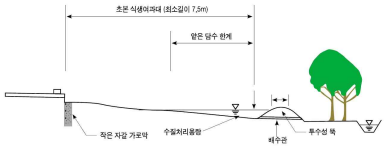
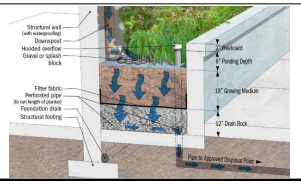
<표 4.6.22> 식생시설 유형기준표

시설	침수위험지구	침수영향지구
식생시설	○	◉

◉매우 적합 ○적합 △다소 부적합

○ 식생시설의 종류

<표 4.6.23> 식생시설의 종류

구분	도면
○ 빗물정원 -풀, 초본식물, 나무 등 다양한 식물들을 식재하여 조성한 정원으로 생태저류시설로 가능 -강우유출수를 침투 및 여과시켜 수질개선에 기여할 뿐만 아니라 심미적으로도 효과적	
○ 수목여과박스 - 나무 또는 큰 관목이 식재된 콘크리트박스로 식재토양층의 여과기작을 통해 강우유출수에 포함된 오염물질을 저감시키는 시설	
○ 식생수로 - 강우유출수를 이송시키는 시설 - 식생에 의한 여과, 토양으로 침투 등의 기작으로 강우유출수의 오염물질을 제거	
○ 식생여과대 - 조밀한 식생으로 덮인 균등경사의 지표면을 통하여 강우유출수를 이송시키는 시설 -식생에 의한 여과, 토양으로 침투 등의 기작으로 강우유출수의 오염물질을 제거	
○ 통로화분 -식물이 식재된 토양층과 그 하부를 자갈로 충전하여 채운 구조의 시설 -강우유출수를 식재토양층으로 침투시킨 후 우수배수시스템으로 배수시키는 시설	

4. 시험적용 및 검증

가. 시험적용의 목표

○공원·녹지 설계 적용을 통해 선정된 기본성능기준(안) 및 설계 지침을 적용 후 평가를 통해서 적합성 평가지표의 타당성 검증

○시험적용을 통해 입지 및 배치, 조경계획 및 설계, 방재복합시설의 설계가이드라인의 타당성 검증

나. 시험적용의 방법

(1)대상지역 내 공원·녹지 개요

<표 4.6.24> 석남배수분구(인천 서구) 주변 공원·녹지

연번	공원명		면적(㎡)		위치	조성년도
1	인천교근린공원		25,512.0		가좌동606(시립테니스장주변)	1999.12.7
2	가좌근린공원		8,939.0		가좌2동 219(가좌4거리코너)	2002.12.17
3	진주체육공원		9,106.0		가좌2동 30-130(가좌근린 옆)	2005.08.30
4	가좌어린이공원		7,280.0		가좌4동 339(가좌4동사무소 앞)	2007.02.05
5	가좌완충녹지	가좌완충녹지1-1	13,000.0	57,500.0	가좌4동 464-1번지(라이프@앞)	2007.11.22
		가좌완충녹지	12,737.0		가좌4동 463-9번지 (라이프@앞)	2008.05.22
		가좌완충녹지2단계	11,000.0		가좌4동 303-7번지(가정여중 앞)	2009.09.01
		가좌완충녹지2-2단계	11,000.0		가좌4동 315-2번지(라일아파트앞)	2010.06.02
		가좌완충녹지3단계	9,813.0		가좌4동 318번지(가좌삼성요양병원옆)	2011.05.14
6	한신공원		3,000.5		가좌4동 397(가정여중 뒤)	1983.12.25
7	석남어린이공원		2,290.2		석남동560-5(신현대아파트위)	1998.12.16
8	신촌공원		6,611.9		석남동521-1(성민병원 뒤)	2009.07.20
9	신석체육공원		33,694.0		석남동222	1999.00.00
10	석남완충 도시숲		20,757.0		석남동219-1번지(월드메르디앙)	2009.11.30
11	석남완충녹지	석남완충녹지	35,008.0	82,854.0	석남2동 223-495(금호@앞)	2006.06.30.
		석남완충 2단계	30,000.0		석남동219-15번지(월드메르디앙)	2008.09.25
		석남완충 3단계	16,200.0		석남동23-37번지(금호아파트)	2010.12.24
		석남완충 3-1단계	16,546.0		석남동222-4번지(금호아파트)	2011.11.24
12	원신근린공원		57,685.0	600,56.0	신현동 원창로124(효성아파트 앞)	2009.10.17
	원신근린공원(2-1단계)		2,371.0		석남동 산117-17(효성아파트 앞)	2011.10.18
13	석남체육공원		10,880.0		석남1동 483(노인회관 앞)	1979.12.30
14	가정공원		6,611.9		가정1동 494(신현주공후문 앞)	2007.01.12
15	건지공원		7,988.4		가좌3동 198-11(서구도서관옆)	1990.12.15
16	열우물놀이공원		1,459		부평구 십정동280	2008.07.24
17	십정녹지공원				부평구 십정동	
18	인천교공원 동구어린이교통공원		94,068.8 153,801		동구 송림동318일원,송림동298일원	1999.12

(2)대상 공원·녹지의 선정

○대상지는 가좌완충녹지, 동구어린이교통공원 두 곳임. 가좌완충녹지는 침수가 일어났던 지역이고 동구어린이교통공원은 침수가 일어나지 않은 지역임. 즉, 입지유형에 따라 가좌완충녹지는 침수위험지구, 동구어린이교통공원은 침수영향지구로 분류

○가좌완충녹지 개요

- 적용대상지 면적: 약 57,500㎡
- 위치: 인천 서구 가좌4동 318~464번지
- 주변현황: 주거지역, 공업지역, 교육시설(학교) 입지
- 침수피해: 1997, 1998, 1999, 2001(2회)로 총 5차례의 침수피해가 발생함
- 특징: 가좌완충녹지는 중앙부분이 높고 외곽으로 완만한 경사가 형성되어 있어 공원내부의 우수가 외부로 유출되어 우수관로로 배수되도록 설계



<그림 4.6.14> 보행자 도로



<그림 4.6.15> 입구



<그림 4.6.16> 조경시설



<그림 4.6.17> 휴게시설



<그림 4.6.18> 생태연못



<그림 4.6.19> 체육시설

○동구어린이교통공원 개요
– 적용대상지 면적: 약 25,000㎡
– 위치: 인천 동구 송림동 109번지
– 주변현황: 공업지역(가구공장), 상업시설
– 침수피해: 피해 없음
– 특징: 교통공원이라는 주제에 맞게 설계되어 불투수층이 많으나 녹지공간은 집중적으로 배치됨. 기존의 작은 조경호수공간이 2곳이 존재



<그림 4.6.20> 교통체험시설



<그림 4.6.21> 조경호수공간



<그림 4.6.22> 정자



<그림 4.6.23> 주차장



<그림 4.6.24> 보행도



<그림 4.6.25> 안내표지판

다. 시험적용 내용

(1) 입지

○가좌완충녹지

–가좌완충녹지 인근의 침수년도는 1997, 1998, 1999, 2001(2회)로 총 5차례의 침수피해가 발생했음. 따라서 입지기준에 따라 가좌완충녹지와 인근 지역은 침수위험지구로 분류됨

–면적은 약 57,500㎡로 면적기준에 근거하여 도보권 · 도시지역권 · 광역권 근린공원(30,000㎡ 이상 면적의 녹지)에 해당됨

–주변지역은 주거지역과 공업지역으로 비점오염원 발생이 우려되는 지역이며, 공원의 대지는 낮고 평탄하여 방재시설을 설치하는 데 용이함

–위 입지 분석에 근거하여 가좌완충녹지는 폭우대응시설과 분산형 빗물관리시설이 동시에 요구되는 복합방재형 공원 · 녹지가 입지할 수 있음

○동구어린이교통공원

–동구어린이교통공원은 침수피해가 발생한 경우가 없었으나, 침수 지역에 영향을 주고 있으므로 침수영향지구로 분류함

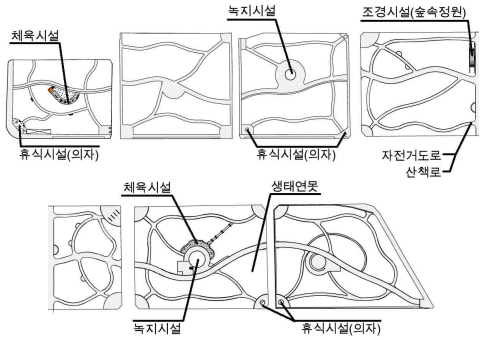
–면적은 약 25,000㎡로 면적기준에 근거하여 도보권 · 도시지역권 · 광역권 근린공원(30,000㎡ 면적의 녹지)에 해당됨

–주변지역은 주거지역과 공업지역으로 비점오염원 발생이 심히 우려되는 지역이며, 공원의 대지는 낮고 평탄하여 방재시설을 설치하는 데 용이함

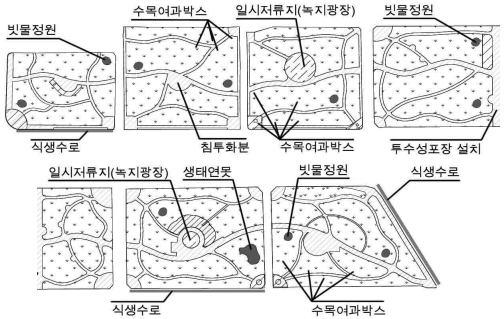
–위 입지 분석에 근거하여 동구어린이교통공원은 분산형 빗물관리시설이 요구되는 분산빗물관리형 공원 · 녹지가 입지할 수 있음

(2) 배치

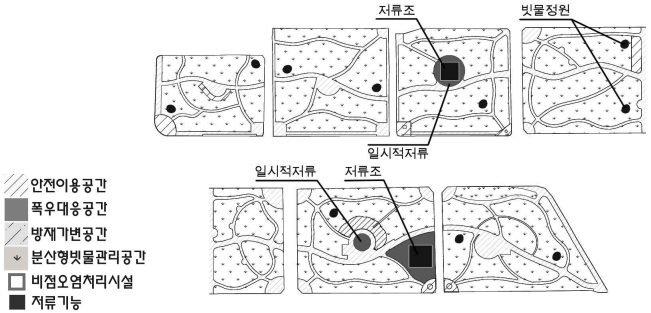
○ 가좌완충녹지



<그림 4.6.26> 가좌완충녹지 일반적 상태



<그림 4.6.27> 가좌완충녹지 25mm/h 이하의 강우 상태



<그림 4.6.28> 가와완충녹지 25mm/h 이상의 강우 상태

-가좌완충녹지는 입지 구분에 의하여 복합방재형 공원 · 녹지의 유형으로 도출. 복합방재형 공원 · 녹지의 배치 공간은 안전이용공간, 방재가변공간, 분산형 빗물관리공간, 폭우대응공간으로 구분

-안전이용공간: 안전성을 고려하여 주민들의 주이용시설인 산책로를 포함한 모든 도로, 스트리트퍼니처(파고라, 의자), 체육시설, 숲속정원은 상대적으로 표고가 높은 곳에 배치

-방재가변공간: 상대적으로 표고가 높은 곳에 위치한 녹지시설은 오목한 형태의 녹지광장으로 변경하여, 일반적 상태에서는 건조하게 유지하나 강우 시 일시 저류가 가능하도록 조성. 이때, 원활한 배수가 가능하도록 식생수로와 연계하여 배치

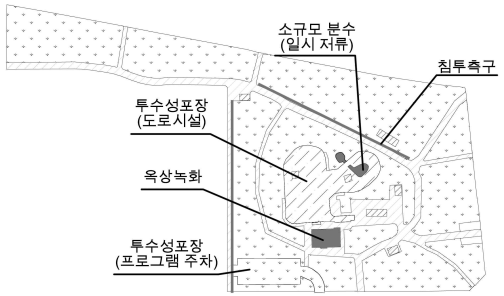
-분산형 빗물관리공간 : 녹지시설은 녹지에서 도로(차도, 보도)로 우수유출이 일어나는 경사를 갖고 있으므로 효율적인 우수보유와 원활한 우수배수 기능이 요구됨. 따라서, 녹지시설 내부에는 수목여과박스, 침투화분을 배치, 공원 가장자리에는 식생수로를 배치

-폭우대응공간 : 우수를 저류할 수 있도록 기존의 생태연못 시설 하부에 지하 저류조를 설치

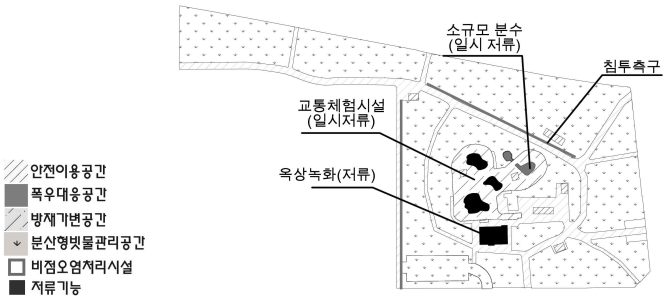
○ 동구어린이교통공원



<그림 4.6.29> 동구어린이교통공원 일반적 상태



<그림 4.6.30> 동구어린이교통공원 25mm/h 이하의 강우 상태



<그림 4.6.31> 동구어린이교통공원 25mm/h 이상의 강우 상태

-동구어린이교통공원은 입지 구분에 의하여 분산빗물관리형 공원 · 녹지의 유형으로 도출. 분산빗물관리형 공원 · 녹지 배치 공간은 안전이용공간, 방재가변공간, 분산형 빗물관리공간으로 구분

-안전이용공간 : 이용자의 주 이용공간인 건물(교통회관), 스트리트퍼니처(파고라, 의자)로의 우수유입을 배제하며, 강우 시 해당공간의 침수를 방지하기 위하여 산책로를 포함한 모든 도로를 투수성 포장으로 대체

-방재가변공간 : 소규모 분수는 상대적으로 낮은 표고임을 고려함. 평상시에는 이용자를 위한 조경시설로 활용, 폭우 기간에는 유출수의 저류가 가능하도록 조성. 또한 교통체험시설의 경우 강우 시 약 10cm의 저류수심을 갖는 일시저류공간으로 조성하기 위하여 보도의 지면보다 낮게 배치

-분산형 빗물관리공간 : 가장자리에 위치한 녹지시설에는 침투, 저류기능이 가능한 빗물정원을 배치. 불투수층인 주차장은 투수기능을 갖도록 투수성 포장으로 대체

(3) 조경계획 및 설계

○가좌완충녹지

-지표면 설계(녹지공간): 우수유출이 공원 내부에서 외부로 일어나는 지형임을 고려. 기존의 지형을 최대한 유지하면서 최소한의 지표면 변경 설계를 유도함

-지표면 설계(포장공간): 자전거도로 및 체육시설은 불투수 포장이므로 투수성이 높은 재료 사용하도록 계획 및 설계

-식재설계: 호습성 수목 식재(버드나무, 물푸레 나무 등)을 활용하여 경관성이 확보되도록 계획

○동구어린이교통공원

-지표면 설계(녹지공간): 동구어린이교통공원은 지형이 평탄하고 우수유출수가 공원 내부로 유입되는 특성을 가짐. 따라서 녹지시설의 가장자리에 식생시설 등의 소규모 우수보유시설을 활용하여 강우유출수의 유입을 방지하도록 설계

-지표면 설계(포장공간): 교통공원의 특성 상 도로 포장은 일반적인 불투수 포장면으로 구성되어 있음. 이에 불투수 포장을 투수성이 높은 재료로 교체함. 또한 도로 및 주차공간은 자연적인 표면배수가 되도록 2%이상의 배수경사를 고려하여 설계

-식재설계: 동구어린이교통공원 내 식재하는 수목을 고려하여 우선 선정. 주변이 공업지대임을 고려한 탄소저감 수종 및 호습성 수목 위주의 식재계획

(4) 방재복합시설

○가좌완충녹지

-저류조(2개소) : 강우시 첨두유량을 저감하기 위해 연결관로를 설치하여 저류조에 직접 연결, 이를 통해 침수피해를 저감

-식생수로 : 공원의 가장자리에 식생수로를 설치하여, 외부의 비점오염 및 내부의 토사유출을 처리

-수목여과박스 : 공원 내 식생수목에 수목여과박스를 설치하여 첨두유량 저감 및 비점오염 처리

-침투화분 : 공원 내 식재 및 조경에 침투화분을 설치하여 첨두유량 저감 및 비점오염 처리

-침투성포장 : 산책로 및 기타포장면을 침투성 포장으로 대체하여 침투기능 확보

-침투관 : 기존의 우수관로를 대체하여, 침투기능 확보

○동구어린이공원

-침투성포장1 (잔디블럭) : 주차장 바닥포장면을 잔디블럭으로 조성하여 침투기능 확보

-침투성포장2 (도로시설의 투수성포장) : 산책로 및 교통체험시설의 포장면을 침투성 포장으로 대체하여 침투기능 확보

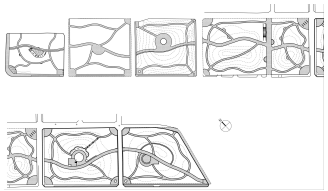
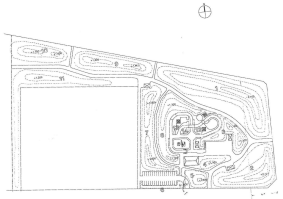
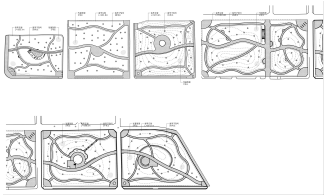
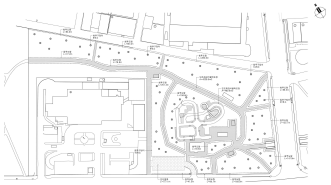
-빗물정원1 (옥상녹화) : 교육시설 옥상에 소규모 빗물정원을 조성하여 첨두유량 저감

-빗물정원2 (옥외공간) : 공원 내 소규모 빗물 정원을 분산 배치하여 첨두유량 저감 및 비점오염 처리

-침투측구 : 침투측구 설치를 통해 첨두유량 저감 및 침투기능을 확보

※ 동구어린이공원은 주 이용자가 미취학 아동 및 저학년의 초등학생임을 고려하여 안전사고 발생의 위험이 있는 방재복합시설(침투도랑, 침투화분, 식생여과박스 등)은 설치하지 않음

<표 4.6.25> 대상지 공원 비교표

구분	가좌완충녹지공원	동구어린이교통공원
기존 도면		
개보수 도면		
시험 적용의 주안점	○우수유출 저감시설과 비점오염 저감시설을설치 ○강우 시 첨두유출을 저감하기 위한 연결관로를 설치하여 저류조에 직접 연결 ○기존의 투수성 포장을 유지하면서 침투시설, 식생시설을 추가 설계	○비점오염 저감시설의 설치를 강화 ○침수 피해가 없으므로 지면으로의 침투, 확산하도록 함 ○기존의 불투수 포장을 투수성 포장으로 변경하면서, 분산형 빗물관리시설물을 추가 설계
입지	침수위험지구	침수영향지구
유형	복합방재형 공원·녹지	분산빗물관리형 공원·녹지
배치	○안전이용공간: 모든도로(인도, 산책로), 스트리트퍼니처(파고라, 의자), 체육시설, 숲속정원 ○방재가변공간: 녹지광장 ○분산형 빗물관리공간: 녹지시설 ○폭우대응공간: 지하저류조	○안전이용공간: 건물(교통회관), 스트리트퍼니처(파고라, 의자) ○방재가변공간: 소규모 분수 조경시설, 교통체험시설 ○분산형 빗물관리공간: 녹지시설, 주차장
조경	○녹지공간을 오목하게 조성한 침투구덩이 설치 ○자전거도로 및 체육시설공간의 투수성 포장 설치 ○호습성 수목 식재(버드나무, 물푸레 나무)	○투수성 포장의 설치 ○공업지대임을 고려한 탄소저감 수종 및 호습성 수목 위주의 식재계획
방재 복합 시설	○폭우대응시설: 빗물정원 ○분산형 빗물관리시설: 침투도랑 1794.0m (규격 W2000), 침투구덩이 70개소 (규격 D1000), 인조화강석블럭포장 4709.7㎡ (규격 T60, 보도용), 빗물정원 11개소 (50.99㎡)	○분산형 빗물관리시설: 침투도랑 1794.0m (규격 W2000), 침투구덩이 70개소 (규격 D1000), 인조화강석블럭포장 4709.7㎡ (규격 T60, 보도용), 잔디블록 777.1㎡

라. 시험적용결과 종합

○가좌완충녹지의 시험적용결과

-폭우대응 및 분산형 빗물관리(비점오염저감)를 보완하기 위하여 설계를 하였으며 첨두유량 저감효과 및 빗물을 지표면에 침투 확산시키는 효과가 있음
-차후 인공습지, 포장 및 기타시설 등을 추가 설치하여 효과를 극대화할 필요가 있음

○동구어린이교통공원의 시험적용결과

-분산형 빗물관리(비점오염저감)시설을 설치하여 지하수 충진 및 오염물질 흡착 등 친환경적인 측면에서 효과가 있음
-차후 인공습지 및 식생시설을 보완하면 경관 및 교육적인 측면에서의 효과를 기대할 수 있음

마. 검증

(1) 입지선정의 적합성

○입지선정의 적합성은 대상지역의 과거 침수 유무를 기준으로 하고, 다음 장의 배수유역도 · 하수관망도를 참고함

○따라서 침수피해가 발생했던 가좌완충녹지공원을 침수위험지구로 선정하고, 침수피해가 없지만 침수위험지구에 영향을 주는 동구어린이교통공원은 침수영향지구로 선정하는 것이 타당함

(2) 유형분류의 적합성

○유형분류의 적합성은 해당 공원 · 녹지의 입지를 바탕으로 공원 · 녹지시설의 면적과 주변지역의 여건을 고려하여 판단함

○가좌완충녹지(57,500㎡)는 침수위험지구에 입지하므로 폭우대응기능이 필수적으로 요구되며, 주변의 주거지역 · 공업지역에서 발생하는 비점오염원 처리를 위한 분산형 빗물관리 기능이 추가적으로 요구됨. 따라서 복합방재형 공원 · 녹지로 분류하는 것이 타당함

○동구어린이교통공원은 침수영향지구에 입지하므로 분산형 빗물관리기능이 기본적으로 요구되며, 주변이 상업지역 · 공업지역임을 고려하면 그 기능을 더욱 강화할 필요가 있음. 따라서 분산빗물관리형 공원 · 녹지로 분류하는 것이 타당함

(3) 공간배치의 적합성

○공간배치의 적합성은 공원·녹지의 유형과 지형을 기준으로 함

○가좌완충녹지는 복합방재형 공원·녹지이므로 안전이용공간, 방재가변공간, 분산형 빗물관리공간, 폭우대응 공간을 배치할 수 있음

-시설물, 건물, 산책로를 포함한 모든 도로 등이 침수되지 않도록 하는 안전이용공간의 배치는 타당함

-지형의 조건 상 방재가변공간이 효율적인 방재기능을 수행할 수 있는지에 대한 검토·보완이 필요함

-공원·녹지의 수목·조경시설로 주변지역의 비점오염을 처리하는 분산형 빗물관리공간의 배치는 타당함

-침수피해를 저감할 수 있는 폭우대응공간의 배치는 타당하고, 방재기능의 효율성은 다음 장의 분석에 의해 검증됨

○동구어린이교통공원은 분산빗물관리형 공원·녹지이므로 안전이용공간, 분산형 빗물관리공간, 방재가변공간을 배치할 수 있음

-주 이용자가 미취학 아동·저학년 초등학생임을 고려하여, 강우 시 침수가 되지 않는 안전이용공간의 배치는 타당함

-주변 여건 상 비점오염을 처리하는 분산형 빗물관리공간의 배치는 타당하나, 강우유출수의 유입경로를 명확하게 판단하여 효율적인 방재기능을 수행할 수 있는지에 대한 검토는 이루어지지 않음

-시설의 구성·성격을 고려하여 방재가변공간의 배치는 타당하나, 강우유출수의 유입경로를 명확하게 판단하여 효율적인 방재기능을 수행할 수 있는지에 대한 검토는 이루어지지 않음

(4) 조경설계의 적합성

○조경설계의 적합성은 지표면설계와 식재설계 두 가지의 측면을 고려함

○가좌완충녹지

-유출경로(공원·내부에서 외부로)를 고려했을 때 기존 지형의 변경을 최소화한 지표면 설계는 타당함

-공원 내 비점오염 저감을 고려한 호습성 수종 및 초본류 중심의 식재 설계는 타당함

○동구어린이교통공원

-투수성 높은 지표면 설계를 지향하고 있으나, 공업지역으로 구성된 주변지역의 환경 여건을 고려했을 때 지표면을 통한 오염물질의 지하수유입에 대한 검토는 이루어지지 않음

-주변이 공업지대임을 고려해 탄소저감 수종 및 호습성 수목 중심의 식재 설계는 타당함

(5) 방재복합시설 설치의 적합성

○가좌완충녹지는 복합방재형 공원·녹지이므로 폭우대응시설, 분산형 빗물관리시설을 연계하여 설치함. 폭우대응시설로는 지하저류조를 설치했으며, 분산형 빗물관리시설로는 침투시설(침투관, 침투화분, 침투성포장)과 식생시설(식생수로, 수목여과박스)를 설치함

-지하저류조 설치의 적합성은 다음 장의 분석에 의해 검증됨

-침수위험지구에 입지하므로 첨두유량 저감기능 및 침투기능을 확보할 수 있는 침투시설의 설치는 타당하나, 침투관의 경우 기존의 우수관망에 대한 검토가 선행되어야 함

-주변환경의 여건을 고려하여 비점오염을 처리할 수 있는 식생시설의 설치는 타당함

-저류지·인공습지는 공원·녹지의 형태, 경사, 배수유역 등의 제약으로 인해 설치가 적합하지 않음

○동구어린이교통공원은 분산빗물관리형 공원·녹지이므로 분산형 빗물관리시설의 기능을 강화하여 설치함. 분산형 빗물관리시설로는 침투시설(침투성포장, 침투측구)과 식생시설(빗물정원)을 설치함

-침수영향지구에 입지하므로 첨두유량 저감기능 및 침투기능을 확보할 수 있는 침투시설의 설치는 타당함

-주변환경의 여건을 고려하여 비점오염을 처리할 수 있는 식생시설의 설치는 타당하나, 식생시설간의 연계성 검토는 이루어지지 않음

-저류지·인공습지는 각 공원·녹지의 면적, 형태, 배수유역 등의 제약으로 인해 설치가 적합하지 않음

<표 4.6.26> 공원·녹지 설계 검증 비교분석표

구분		가좌완충녹지	동구어린이교통공원
입지선정	과거침수 유무	침수위험지구 (유)	침수영향지구 (무)
유형분류	공원녹지면적	57,500㎡	153,801㎡
	주변지역여건	주거지역, 공업지역	상업지역, 공업지역
	유형	복합방재형 공원·녹지	분산빗물관리형 공원·녹지
공간배치	유형 및 지형	안전이용공간, 방재가변공간, 분산형 빗물관리공간, 폭우대응 공간	안전이용공간, 분산형 빗물관리공간, 방재가변공간
조경설계	지표면설계	기존 지형의 변경의 최소화	투수성 높은 지표면 설계
	식재설계	호습성 수종 및 초본류 식재	탄소저감 수종 및 호습성 수목 식재
방재복합시설	시설	지하저류조, 침투시설, 식생시설	침투시설, 식생시설

제7절 대피대응 방재공원·녹지의 제안

1. 우리나라 대피체계와 대피장소 구축 현황

가. 재난관리실태

○「재난 및 안전관리 기본법」 제33조의2 및 제42조(재난관리체계 등의 평가)에 따라 대규모의 재난 발생에 대비한 단계별 예방·대응 및 복구과정을 평가를 실시. 이에 대한 내용으로는 재난분야 업무종사자 방재교육, 풍수해저감종합계획 수립, 여름철·겨울철 사전대비, 인명피해 등 총 75개 지표(정량지표 69개, 정성지표 6개)를 기준으로 평가

○2014년 국민안전처(재난관리총괄과)의 재난관리 실태 점검 결과, 인천은 '미흡기관'으로 판정받았으며 전반적으로 재난관리체계가 미흡함. 이에 대한 원인으로 인천시는 풍수해저감종합계획을 미수립 상태이며, 이에 대한 보완으로 현재 풍수해저감종합계획의 용역 발주, 기관 별 맞춤형 컨설팅 실시 등 체계적인 관리를 진행하고 있음

○최우수 기관으로 선정된 제주특별자치도는 재난안전 및 방재교육, 재난 예·경보 사업 추진, 기관장의 풍수해 및 폭염관련 현장방문 등 우수한 성과를 보였음. 전북 순창군은 인명피해지구 관리, 풍수해 및 저수지·댐관련 대피훈련 실시 등에서 좋은 점수를 받았음. 인천은 타 지자체의 우수 사례를 벤치마킹하여 재난관리 구축에 힘써야 할 것임

<표 4.7.1> 지자체 재난관리 실태 점검결과 (2014년)

구 분	우수기관	보통기관	미흡기관	노력기관*
시·도 (17개소)	-(최우수) 제주특별자치도 -(우 수) 강원도 -(장 려) 충청북도	서울, 부산, 대전, 울산. 세종, 경기, 충남, 전북, 전남, 경북, 경남	대구, 인천, 광주	충남, 전남
시·군 (20개소)	-(최우수) 전북 순창군 -(우 수) 경기 용인시, 경기 의정부시 -(장 려) 충북 충주시, 전남 무안군, 전남 광양시, 경북 포항시	경기 파주시, 평택시 강원 인제군, 철원군, 충북 옥천군, 충남 당진시, 논산시, 전북 정읍시, 전남 나주시, 경북 칠곡군, 청도군, 경남 함양군, 함안군		경기 남양주 강원 춘천, 인제 전남 보성, 함평, 나주
자치구 *광역시산하 군 포함 (10개소)	-(최우수) 대전 서구 -(우 수) 서울 마포구 -(장 려) 부산 연제구, 광주 서구	서울 성동구, 관악구, 부산 사하구, 대구 동구, 인천 중구		서울 성동, 부산 영도, 대구 달서

나. 임시주거시설 현황

○풍수해 대피시설은 재해구호계획의 임시주거시설 현황인 표 와 같음

○인천은 215개 학교에 151,165명을 수용하며 마을회관, 경로당, 관공서 등을 포함하여 총 455개에 183,700명이 임시로 거주할 수 있음. (2014.8월 기준) 또한 통계적인 수치 결과, 학교 1개소 당 약 700명이 거주할 수 있으며 이것은 인원 대비 학교의 수가 부족한 실정임

○임시주거시설 현황을 분석한 결과, 실증적인 수용인원 조사가 필요하며 각 학교당 수용인원을 산정하여 실제적인 대피에 활용할 수 있는 체계를 구축해야 함

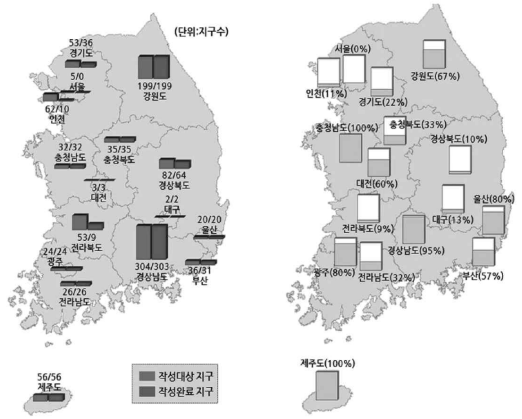
<표 4.7.2> 임시주거시설 현황

시도	합계		학교		마을회관		경로당		관공서		기타	
	개소	수용 능력 (명)	개소	수용 능력 (명)	개소	수용 능력 (명)	개소	수용 능력 (명)	개소	수용 능력 (명)	개소	수용 능력 (명)
합계	13,777	3,640,217	5,202	3,032,419	3,505	148,609	3,010	119,517	375	82,522	1,085	257,150
서울	848	671,493	484	566,805	0	0	147	7,067	62	24,014	155	73,607
부산	373	162,393	233	150,974	65	2,934	41	1,322	0	0	34	7,163
대구	86	58,736	56	56,654	24	1,292	0	0	0	0	6	790
인천	455	183,700	215	151,165	52	7,613	63	4,504	70	5,686	55	14,732
광주	127	59,337	116	51,527	2	299	4	91	1	6,800	4	620
대전	119	16,009	80	14,022	4	132	34	1,585	0	0	1	270
울산	292	161,187	155	149,033	6	308	97	3,601	13	1,529	21	6,716
세종	258	12,775	29	6,771	82	2,176	139	3,053	8	775	0	0
경기	2,400	668,223	1,011	566,432	761	29,975	411	18,465	77	21,604	140	31,747
강원	1,020	217,148	421	177,863	280	10,260	211	9,968	24	3,453	84	15,604
충북	346	100,254	204	87,145	67	3,349	39	1,223	0	0	36	8,537
충남	1,994	320,273	432	257,727	691	27,999	758	23,001	8	1,239	105	10,307
전북	577	130,072	198	102,422	64	3,255	265	12,506	0	0	50	11,889
전남	1,382	245,026	437	182,191	321	11,833	438	14,139	66	13,027	120	23,836
경북	1,762	356,571	661	283,928	565	26,098	329	17,706	0	0	207	28,839
경남	1,091	266,124	462	224,470	496	18,320	31	1,136	46	4,395	56	17,803
제주	47	10,896	8	3,290	25	2,766	3	150	0	0	11	4,690

다. 재해정보지도 작성 현황

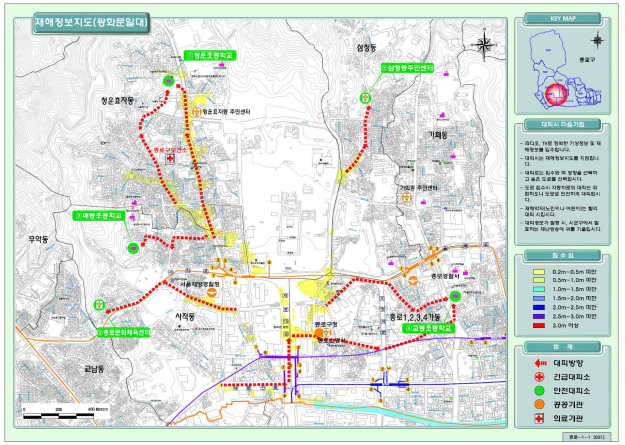
○주민들이 이용하는 재해정보지도는 재해발생시 대피요령, 대피소 및 대피경로 등의 정보를 표시하는 지도로 기초자치단체별로 작성하고 있음. 시·도별 재해정보지도 작성현황을 지도 위에 도식한 것으로 2011년도를 기준으로 제주, 충남, 경남, 울산, 광주 등이 재해정보지도 작성율이 높은 것으로 나타남.

서울, 전북, 경북, 인천 등의 작성율은 저조한 것으로 나타남.[22)]



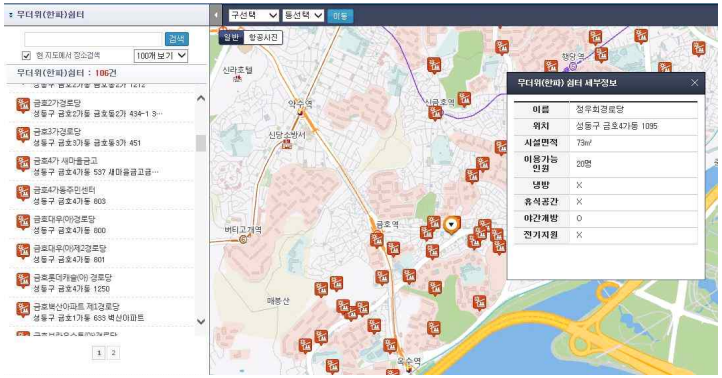
<그림 4.7.1> 시도별 재해정보지도 작성률(각주 16)

○2015년 현재 서울시의 경우 재해정보지도를 작성하였으며 '서울안전누리'에서 확인 가능함. 서울안전누리에는 대피장소정보(대피소 주소, 수용인원, 면적 등), 공공기관 정보, 주변 응급의료시설 정보, 재난상황 전파체계도(국가유관기관, 서울시, 구·동 지자체 및 유관기관, 시민) 등에 대한 정보가 담겨있음



<그림 4.7.2> 서울시 재해정보지도(풍수해 정보)

22) 재해지도 현황 및 통합 활용방안(재해지도 작성·활용에 관한 실태조사 및 분석), 최선화, 한국방재학회논문집, 제11권 5호, pp.149-157에서 인용



<그림 4.7.3> 무더위(한파) 쉼터 대피소 정보



<그림 4.7.4> 민방위 대피소 정보

○대피소 정보로는 무더위(한파)쉼터, 민방위 대피소, 수해대피소 3가지 종류의 재해에 대해 세부정보가 제시. 무더위(한파)쉼터는 위치, 시설면적, 이용가능 인원, 냉방, 휴식공간, 야간개방, 전기지원 등에 관한 정보가 담겨 있고, 대부분 경로당, 은행, 주민센터로 지정. 민방위 대피소는 위치와 면적만 제시하고 있으며 주로 아파트 지하공간, 지하철 지하공간을 이용. 수해대피소 세부정보에는 위치, 면적, 수용가능인원, 연락처에 관한 정보가 있으며 주로 초·중·고등학교, 주민센터 공간을 이용함

2. 일본의 지역 대피공간 구축 방식

가. 일본의 대피시설 종류

○피난장소: 이재민이 최초에 피난하는 장소. 재해 발생 후 필요에 따라 일시 피난하여 상황 판단을 하는 옥외 피난장소. 공원, 학교, 공민관, 시민체육관, 옥외주차장 등 옥외장소를 지정

○피난소: 자택에서 생활이 불가능한 경우 피난생활을 행하는 장소. 피난자의 상황에 따라 필요하다고 판단되는 경우에 개설되는 시설

○해일피난장소: 지정된 피난장소 또는 피난소 중에서 해일 발생시에도 이용가능한 장소

○광역피난장소: 도시화재에 의해 일시피난장소가 위험에 처해진 경우, 광역피난을 필요로 하는 경우의 피난지

○방재창고: 지구별로 방재창고를 마련하여 재해시의 생활필수품, 응급활동용 기자재 등을 비축함

○거점의료구호소: 부상자의 응급구호를 행하는 장소. 진도5이상의 지진이 발생하는 경우는 시내 8개소에서 자동 개설됨

○일본의 경우, 공원은 일시적인 피난장소로서 활용. 학교, 공민관은 일시적인 피난장소 또는 피난소로서 활용됨. 광역공원, 대규모 녹지는 광역피난장소로서 이용

<표 4.7.3> 일본 대피시설의 종류 및 기능

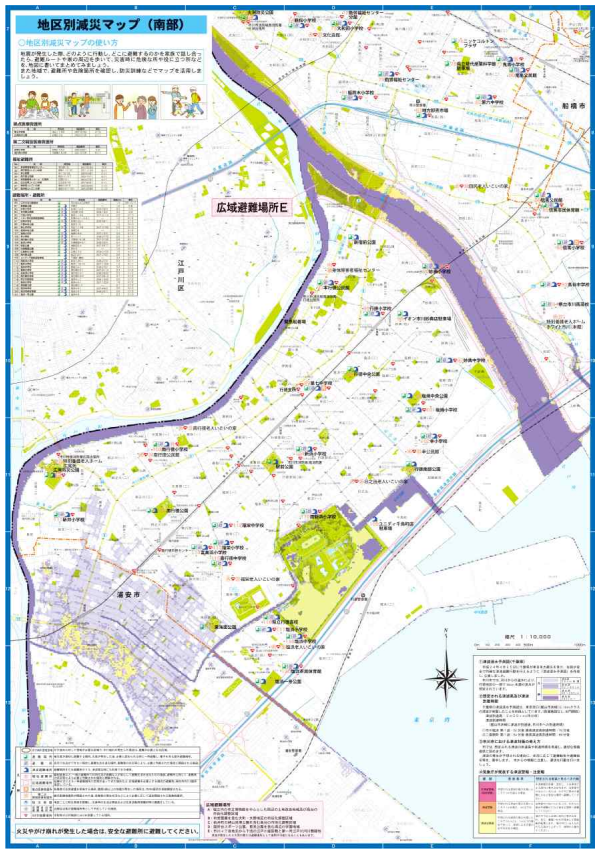
대피공간	기능·규정
공원	일시적인 피난장소
학교, 공민관	일시적인 피난장소 또는 피난소
대규모 공원·녹지	광역대피 장소

나. 공원 · 녹지의 이용 사례

○이치가와시 (남부 지구 일부)

-이치가와시는 재해저감지도를 지구별로 작성하여 재해 시 피난장소에 대한 내용을 담고 있음. 공원 · 녹지는 피난장소로서 활용되고 대규모 공원 · 녹지를 광역피난장소로 활용함

-이치가와시의 광역공원, 대규모녹지는 강에 인접하여 사람들의 피난 및 저류 기능을 담당함. 예를 들어 이치가와시 히라오 방재공원은 하부에 저류조를 설치하여 4,700㎥ 우수 시 저류. 강의 수위가 낮아지면 우수를 배제시켜 홍수를 예방하는 기능과 피난장소의 기능을 갖음



<그림 4.7.5> 이치가와시 재해저감지도

○스기나미 제10초등학교와 연계된 산시노모리 공원

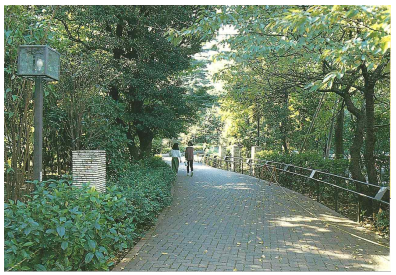
-산시노모리공원은 방재력 향상을 위한 오픈스페이스를 가지며 초등학교와 일체화하여 지역방재의 거점으로서 활용함

-산시노모리공원은 공원내 방재비축창고, 학교와 연계된 산책로, 화장실, 오픈스페이스 등으로 구성되어 있으며, 지진 시 학교로 대피하기 전에 일시피난장소로서 이용되고 있음. 학교와 연계된 다수의 피난로를 설정하여 대피의 이용을 강화시킴



<그림 4.7.6> 산시노모리공원과 스기나미제10초등학교

❶공원사무소 ❷화장실 ❸펌프실 ❹정자 ❺응급급수조 ❻놀이터 ⓬실개천 ⓭연못 ⓱방재비축창고 ⓲주차장



<그림 4.7.7> 산책로 겸 피난로



<그림 4.7.8> 오픈스페이스 공간

3. 대피학교와 연계한 대피대응 방재공원 · 녹지 모델

가. 대피학교와 연계한 대피대응 방재공원 · 녹지

(1) 대피경로로서의 대피대응 방재공원 · 녹지 이용

○대화재, 지진 등의 재해 시 긴급하게 대피하는 1차 대피장소로 이용함

○대피 초기단계에는 대피학교로 한꺼번에 진입하는 이재민의 혼잡을 완화하기 위해 인접공원을 대피학교의 입구역할을 하도록 할 수 있음

(이재민 출입등록 절차장소, 가족찾기 장소, 임시주차장으로 이용 등)

(2) 대피학교 지원시설로서의 방재공원 · 녹지 이용

○기존의 공원에 방재를 위한 목적으로 배치, 포장, 시설물 등을 추가하여 지하물탱크, 음식조리, 보급물품 창고, 임시 샤워 · 목욕, 배식 · 세탁 차량 진입장소, 간이 화장실, 임시거주자 주차장 사용 등, 대피학교를 지원하기 위한 시설로 사용할 수 있음

(3) 인근 대피학교의 임시주거기능의 방재공원 · 녹지 이용

○임시주거가 중 · 장기로 이어질 경우 공원의 오픈스페이스를 프라이버시 침해 스트레스를 완화하는 임시주거장소로 사용 함(텐트, 실외 임시주거 시스템 등의 설치)

(4) 다음 표는 대피학교와 연계한 대피대응 방재공원 · 녹지 세부내용을 제시

<표 4.7.4> 대피대응 방재공원·녹지 세부내용

공원·녹지	창고로서의 기능	임시주거공간으로서의 기능
배치	◦인근 학교(거점학교, 분산학교)의 출입구 위치와 차량 동선을 고려한 공원·녹지의 출입구 조성 ◦학교의 물자 지원(세탁, 수급 등)을 위한 보관 장소로서 재해 시, 공원·녹지 내 공간(주차장, 광장 등)의 토지이용변경 계획 마련	◦인근 학교(거점학교, 분산학교)의 출입구 위치와 차량 및 보행자 동선을 고려한 공원·녹지의 출입구 조성 ◦필요 시, 임시주거시스템 설치 공간 확보를 위해 공원·녹지 내 대규모 오픈스페이스 공간 조성 ◦필요 시, 임시거주자의 편리성, 사생활 보호 등을 위한 거주지원공간(간이화장실, 임시 샤워장 등)의 공원·녹지 내 외곽부 및 차폐성이 높은 공간에 조성
포장	◦물 고임 방지를 위해 투수성 포장을 사용하여 물에 의한 파손, 손실을 막도록 함 ◦물자를 운반하는 차량의 하중을 견딜 수 있는 포장재를 선택	◦배수를 위해 투수성 포장을 사용하되 필요 시, 임시주거시스템의 설치 및 임시거주자의 통행성을 위해 적절한 재료를 선택
시설물	◦공원·녹지 하부에 인근 학교 대피인원을 고려한 적정용량의 저수조(음료용)를 설치하여 식수를 제공 ◦기존의 공원·녹지의 관리사무실을 이용하여 재해 시, 물자 지원 관리의 기능을 수행하도록 함 ◦공원·녹지 내 기존 창고 등을 활용하여 필수적인 재해물품을 구비하도록 함 ◦놀이터 시설을 평상 시, 놀이 시설로 활용하고 재해 시, 임시 텐트로 전환하여 물자 보관 장소로 활용 가능하도록 함	◦공원·녹지 하부에 인근 학교 대피인원을 고려한 적정용량의 저수조(음료용)를 설치하여 식수를 제공 ◦공원 내 설치된 의자, 벤치를 재해 시, 음식 조리가 가능하게 변경되도록 계획 ◦놀이터 시설을 평상 시, 놀이 시설로 활용하고 재해 시, 임시 텐트로 전환하여 물자 보관 장소로 활용 가능하도록 함 ◦공원·녹지 내 파고라를 활용하여 재해 시 물자 보관 및 일시 체류 거주자를 위한 장소로 활용

나. 대피대응 방재공원 모델(안)

○인천광역시 서구의 거점학교인 가좌중학교, 서곶중학교 대상으로 인근 공원을 대피 목적으로 계획

○가좌중학교의 인근 공원인 건지공원, 서곶중학교의 인근 공원인 대평공원은 200년 빈도 강우의 경우에도 침수되지 않는 곳으로 대피대응 방재공원 · 녹지의 기능을 할 것으로 판단

(1)건지공원

1)개요

○위치: 인천 서구 가좌3동 198-11
○규모: 11,349.70㎡(주차장 포함)
○기능: 임시주거 및 창고 기능
○연계학교: 가좌중학교(거점학교)

2)배치계획

○출입구: 가좌중학교 및 외부에서의 출입을 고려하여 출입구를 재조성. 건지공원과 서구도서관 내 주차장을 연결하는 출입구 조성. 재해 시 가좌중학교의 임시주거 기능을 보조하여, 주차장을 임시거주자의 차량 보관 장소 및 세탁 · 배식 등 서비스 차량에 대한 장소를 마련

○광장: 중앙부에 광장을 조성하여 평소에는 모임, 공연 등 다양한 활동이 가능한 장소로 조성

3)포장계획

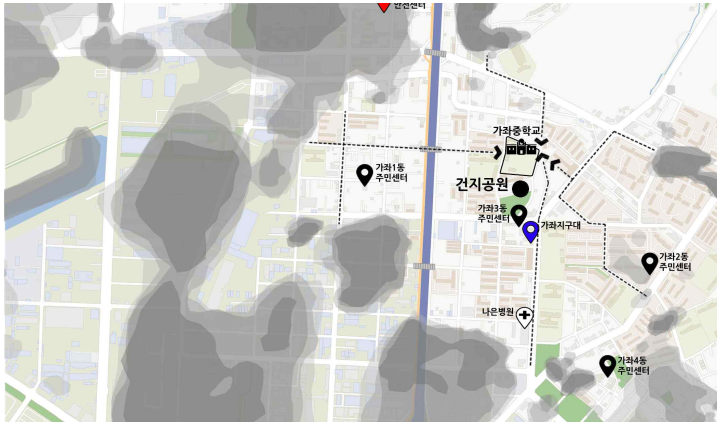
○공원포장은 투수성 포장으로 차량 통행이 가능하도록 계획

4) 시설물계획

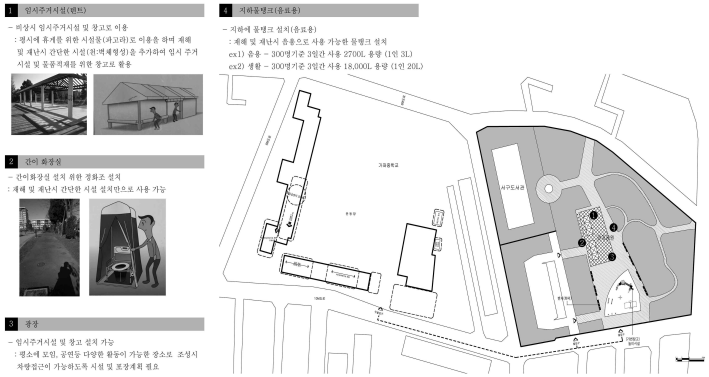
○ 파고라: 광장 내에 위치한 파고라는 대피 시 물자를 보관하는 창고 및 임시 거주민을 위한 장소로 활용

○ 저수조(음료용): 지하에 저수조를 설치하여 가좌중학교의 및 건지공원의 임시 거주민들을 위해 식수를 제공

○ 간이화장실: 임시 주거민을 위해 공원 내에 정화조를 설치

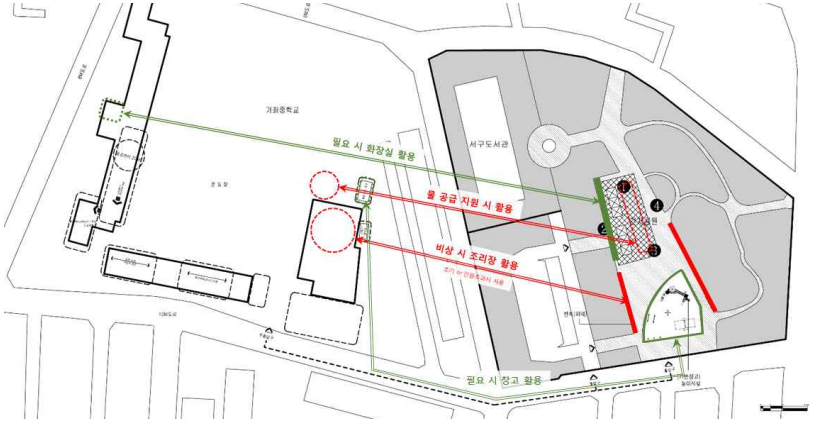


<그림 4.7.9> 가좌중학교와 연계된 건지공원 예시도 (200년 빈도 강우)



[가좌중학교와 연계한 대피대응 방재공원 - 건지공원]

<그림 4.7.10> 가좌중학교와 연계한 대피대응 방재공원(건지공원)



<그림 4.7.11> 가좌중학교와의 연계방향

(2) 대평공원

1) 개요

○ 위치: 인천 서구 연희동 735-2
○ 규모: 11,349.70㎡(주차장 포함)
○ 기능: 창고 기능
○ 연계학교: 서곶중학교(거점학교)

2) 배치계획

○ 출입구: 서곶중학교와의 원활한 상호작용을 위해 동쪽에 입구를 신설하고 기존의 출입구를 유지하여 외부와의 접근성을 향상시킴

3) 포장계획

○ 공원포장은 투수성 포장으로 차량 통행이 가능하도록 계획

4) 시설물계획

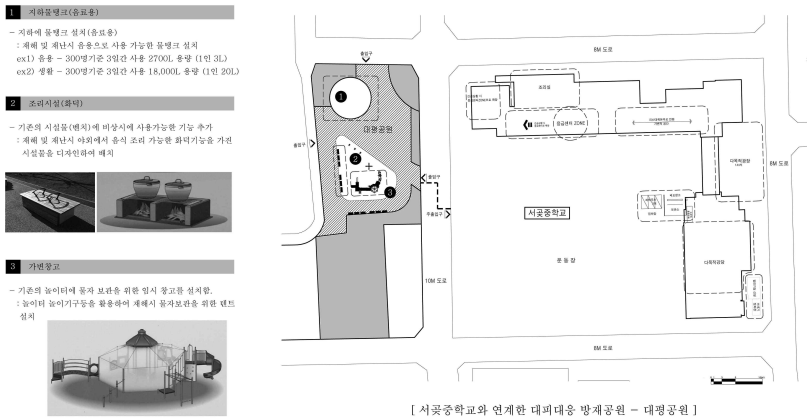
○ 의자: 기존의 시설물(벤치)에 비상시에 사용가능한 기능 추가. 재해 및 재난 시 야외에서 음식 조리 가능한 화덕기능을 가진 시설물을 디자인하여 배치

○ 놀이터: 평상 시 놀이터의 기능을 수행하고 비상시 임시 텐트를 설치하여 물자 보관을 위한 기능을 수행하도록 함 놀이터 놀이기구 등을 활용하여 재해 시 물자보관을 위한 텐트 설치

○ 저수조(음료용): 지하에 저수조를 설치하여 서곶중학교의 임시 거주민들을 위해 식수를 제공

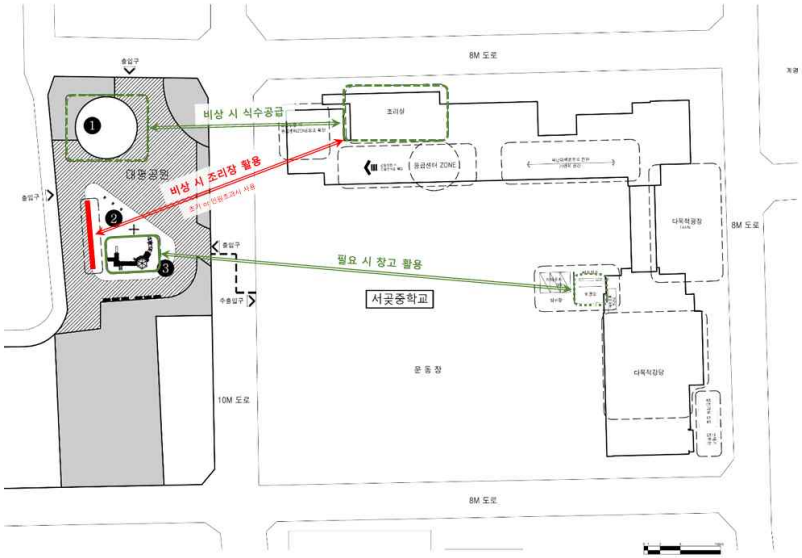


<그림 4.7.12> 서곶중학교와 연계된 대평공원 예시도 (200년 빈도 강우)



[서곶중학교와 연계한 대피대응 방재공원 - 대평공원]

<그림 4.7.13> 서곶중학교와 연계한 대피대응 방재공원(대평공원)



<그림 4.7.14> 서곶중학교와의 연계방향

제8절 소결

○이상기후현상에 따른 자연재해가 빈번하게 발생하는 상황에서 공원·녹지시설을 활용한 도시방재력 강화의 본 연구는 사회적 필요성이 높음. 1차년도의 연구를 통하여 이러한 주제와 관련된 국내외 선진사례, 기법, 관련연구가 최근 급증하고 있는 것을 파악하였고, 이러한 현상에서도 본 연구의 필요성이 뒷받침됨

○본 연구의 목적인 공원·녹지시설을 활용한 도시방재력 강화는 다음과 같은 국내 법 지침의 존재에서 타당성을 갖고 있음

○도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙 제2조(도시·군계획시설결정의 범위), “다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 지역 등 재해에 취약한 지역이나 그 인근에 설치하는 경우에는 저류시설 및 주민대피시설 등을 포함하여 도시·군계획시설을 결정할 수 있다. 1. 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」에 따른 방재지구, 2. 「급경사지 재해예방에 관한 법률」에 따른 급경사지, 3. 「자연재해대책법」에 따른 재해위험지구 및 풍수해저감계획에서 자연재해의 발생 위험이 높은 것으로 평가된 지역”

○또한 도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙 제8조의3(자연상태의 물순환 회복), “도시·군계획시설은 불투수면에서 발생하는 빗물 유출을 최소화하여 자연상태의 물 순환회복에 이바지할 수 있도록 결정하여야 한다.”

○위와 같은 국내 법 지침에 기초하여 본 연구는 공원·녹지시설을 활용한 도시방재력 강화의 방안으로 다음과 같은 두 가지를 제안함. 즉 폭우대응 방재공원·녹지와 대피대응 방재공원·녹지임

○ 폭우대응 방재공원·녹지는 3가지 유형(폭우대응형, 분산빗물관리형, 복합방재형)으로 설정하였고, 이 유형들 중, 복합방재유형은 폭우대응형과 분산빗물관리형(비점오염저감)의 양 기능을 가지는 친환경적 방재복합형 공원·녹지로서 제안하여 기존의 다른 연구들이 도시의 폭우피해에 대응하여 공원·녹지를 활용하는 연구에 집중하는 것과 대비하여 변별적 특징을 가지도록 함

○또한 폭우대응 방재공원·녹지시설의 설계지침을 작성하였음. 그 내용은 다음과 같은 것들을 포함함. 즉 ①폭우대응 방재공원·녹지에 대한 성능기준, 시설기준, 설계 가이드라인, ②설계 가이드라인은 입지 및 배치, 방재복합시설(폭우대응과 분산형 빗물관리로 구분), 조경계획과 설계로 구성됨, ③폭우대응 방재공원·녹지의 유형은 폭우대응형, 분산빗물관리형, 복합방재형의 3가지 유형으로 나누어지고 각각의 배치 가이드라인을 제시, ④폭우대응 방재공원·녹지의 배치 가이드라인을 위한 용도조닝 유형 설정, ⑤폭우대응 방재공원·녹지의 각 유형과 용도조닝의 각 유형을 효과적으로 조합하는 기법 제시 등임

○대피대응 방재공원 · 녹지의 제안을 위하여 우리나라 대피체계구축 현황, 대피시설의 선정현황, 대피지도 작성 방법과 사례 등을 조사하였음. 그러한 현황과 사례 중에서 가장 체계적으로 구축된 서울시의 방재시설 지도(서울안전누리)를 분석한 결과 다음과 같은 대피소 지정의 특징을 파악하였음

○재해의 유형에 따라서 수해대피소, 무더위(한파)쉼터, 민방위대피소, 구호소로 구분하여 대피시설을 지정하고 있음. 수해대피소는 학교시설이 주로 지정되고 공공시설 및 교회가 극히 일부 지정됨. 무더위(한파)쉼터는 경로당이 주로 지정되고 주민센터가 일부 지정됨. 구호소는 학교시설이 주로 지정되고 일부 공공시설이 지정됨. 민방위대피소는 각 건물 및 시설, 지하공간 등 다양하게 지정됨

○대피대응 방재공원 · 녹지의 제안을 위하여 일본의 대피체계구축 현황, 대피시설의 선정 방법과 현황 등을 조사하였음. 그러한 현황과 방법 중에서 대피소 지정의 특징을 다음과 같이 파악하였음

○일본의 경우 우리나라와 동일하게 재해의 유형에 따라서 대피소를 지정하고 있으나, 지진발생에 따른 재해에 대비하여 공원 · 녹지를 효과적으로 활용하고 있음. 대피소의 기능을 규정하여, 대피장소는 재해가 발생하여 피난이 필요한 경우 일시적으로 피난하여 상황을 판단하는 옥외피난장소로서 공원 · 녹지, 학교 및 공공시설의 옥외공간을 정함. 피난소는 자택에서 생활이 불가능한 경우에 피난생활을 보내는 시설로서 학교 및 공민관 등을 정함. 해일대피장소는 피난장소 또는 피난소 중에서 해일발생시에도 이용가능한 장소를 정함. 광역피난장소는 대규모 도시화재에 의하여 일시적 피난장소가 위험에 처할 시에 광역피난을 필요로 하는 경우의 피난지로서 대규모 공원 · 녹지를 정함

○위와 같이 일본의 경우는 공원 · 녹지의 역할이 중요하여 방재공원을 구축하고 역할에 따라서 방재공원의 종류(광역방재거점, 지역방재거점, 광역피난장소, 일시피난지, 피난로 완충녹지)를 지정하여 도시적 스케일의 위계적 대피공간체계를 마련하고 있음

○일본의 경우 방재적 기능을 수행하기 위한 적정한 규모로서 1만제곱미터 이상을 규정하여 방재공원을 지정하고 있음. 우리나라의 경우, 생활권 공원 중에서 근린공원(규모 1만제곱미터 이상)이 이 규모에 해당됨(도시공원 및 녹지에 관한 법률 시행규칙 [별표3(6조 도시공원의 설치 및 규모의 기준 관련)]

○우리나라의 대피시설은 빈번하게 발생하는 재해의 특성상 주로 풍수해에 의한 재해에 대비하고 있어 일본과 같이 지진재해에 대비한 피난장소로서의 방재공원의 역할은 중요시되지 않고 있음

○우리나라의 상황을 고려하여 본 연구는 대피학교와 연계한 대피대응 방재공원

을 제안하였음. 이 방재공원은 학교의 대피시설기능을 보조하는 역할을 수행함.

○우리나라는 도시공원 안 공원시설 부지면적에 관한 기준을 정하고 있음(도시공원 및 녹지에 관한 법률 시행규칙 [별표4(11조 공원시설의 설치 면적 관련)]. 예를 들면 3만제곱미터 미만의 근린공원의 경우, 공원시설 부지면적은 100분의 40이하로 정하고 있으므로 공원기능의 시설과 방재기능의 시설을 함께 설치하는데 제약이 있을 것으로 판단됨. 그러나 이러한 제약은 공원기능과 방재기능 시설을 가변적으로 유연하게 활용하는 일본의 사례를 적용하여 극복함

○위와 같이 우리나라의 현 상황을 고려하여 대피학교와 연계한 대피대응 방재공원을 제안함. 향후 예측이 어려운 지진의 발생 및 이상기후현상에 따른 자연재해에 대비하여 대피장소로서의 역할을 수행하는 공원 · 녹지의 방재적 가능성을 파악할 수 있었음. 도시에서 공원 · 녹지가 다수 존재함으로서 갖는 방재적 효과와 공원 · 녹지를 대피체계에 네트워크화하는 것의 중요성이 파악되었음

제5장 폭우재난 도시대피 시나리오별 임시대피학교 중심 주민대피 수요산출 기법

제1절 연구의 목적 및 적용범위

1. 목적

○ 인천광역시의 지리적 위치는 경위도상 동경 124° 36'41"～126° 47'43", 북위 36° 55'10"～37° 58'55"에 위치해 있으며, 한국 제1의 해상관문이며 해안의 굴곡이 많아 외항과 내항이 천연으로 구비된 우리나라의 주요한 항만도시

○ 지형적으로는 표고 50 m이하가 행정구역면적의 87.7%로 대부분 저지대로 이루어졌으며, 경사도 20%미만이 89.3%로 대체적으로 완만한 지형으로 구성됨

○ 과거 인천광역시는 경인고속도로의 개통과 함께 제2경인고속도로, 서해안 고속도로 등의 개통으로 인접도시와의 거리감이 없어졌고, 특히 공단의 유치와 항만, 도시지역 내 휴양지개발 등이 활발하게 진행됨. 또한 95년부터 대규모 개발 사업계획에 의해 국제교류 거점도시, 첨단산업도시, 해양문화 관광도시로 체계가 마련됨

○ 하지만, 내항으로 흐르던 47개의 배수로가 모두 외항으로 변경됨에 따라 잦은 문제가 발생하였으며, 이는 인천항의 전구역이 도크가 됨에 따라 영향을 받은 것으로 확인됨

○ 이로 인한 유로연장의 증가는 조수에 의한 영향을 크게 받고 있으며, 연중 조수외수위가 가장 높은 유두(6월)와 백중(7월)사리 때에는 조수 수위가 최고 5.20 m까지 상승하는 경우도 있어 해수역류의 침수를 발생시키는 문제점을 초래함

○ 또한 도시의 중심가에 설치된 하수도체계와 연결되어 있는 하천이 우수의 배수로로 이용되고 있어 지류계통의 정비미비나 통수부족 등으로 하절기 호우에 의한 유역 내 침수가 발생함

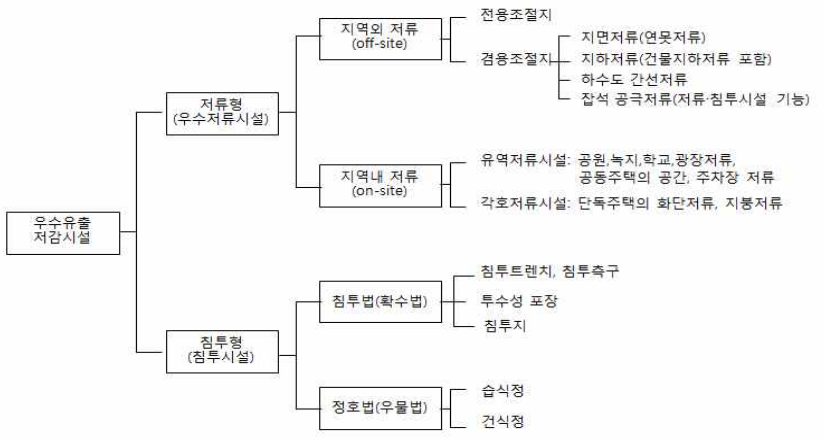
○ 따라서, 빈번하게 일어나는 침수피해로 인한 인명 및 재산피해를 최소화하기 위한 방재 대책이 시급하며, 실제로 적용 가능한 구조적인 대책이 필요할 것으로 판단됨. 피해 대책을 위한 저류 시설의 설치 및 집중강우에 따른 방안을 제시함

2. 적용 범위

가. 우수유출저감시설

(1) 개요

○ 최근 이상기후 및 녹지개발로 인하여 우수의 직접유출량이 증가됨에 따라 우(하)수관거 및 하도에서 수용할 수 있는 홍수량을 초과하는 우수유출이 발생되고 있고 이에 따라 우수의 직접유출량을 저감하기 위하여 인위적으로 우수를 지하에 침투시키거나 첨두 유출 시간을 지연시키기 위해 우수를 저류시키는 시설을 우수유출 저감시설이라 한다. 일반적으로 우수유출저감시설은 <그림 5.1.1>과 같이 저감방법에 따라 우수저류시설과 지표면, 지상 및 지하로의 침투를 고려한 침투시설로 구분됨



<그림 5.1.1> 우수유출저감시설의 분류(박지은, 2012)

○ 우수저류시설이란 우수가 유수지 및 하천으로 유입되기 전에 일시적으로 저류시켜두었다가 바깥수위가 낮아진 후에 방류하여 유출량을 감소시키거나 최소화하기 위하여 설치하는 시설을 말하며, 우수유출저감시설을 입지적으로 분류하면 유역의 말단부에 설치되어 배수구역으로부터 유입된 우수를 조절할 목적으로 설치된 지역외(Off Site) 저류와 배수구역내에 내린 강우가 우수관거, 유수지 및 하천으로 유입되기 전에 물을 일시적으로 저류시켜 유출을 억제하는 지역내(On Site) 저류 시설로 구분됨

○ 침투시설이란 우수의 직접유출량을 감소시키기 위하여 지반으로 침투를 용이하게 고안된 시설을 지칭하며, 대부분 당해지역(On Site)에서 발생한 우수유출량을 해당지역에서 침투시킬 수 있도록 설치됨

○ 우수저류시설은 첨두유출량을 저감시킬 수는 있지만 총 유출량의 감소기능은 없음. 반면, 우수침투시설은 지반의 침투능력에 따라 지하로 침투시켜 우수유출량의 절대량을 감소시켜 하류 하천의 홍수부담을 경감시키는 것 이외에 토지의

다목적 이용이 가능하게 됨. 이와 같은 이유로 인해 예전의 방재조절지 등의 저류형 유출억제 시설에서 현재에는 개발로 인해 증대되는 유출량은 되도록 현지에서 처리한다는 생각을 기본으로 기존 설치된 방재 조절지 이외에 침투시설을 겸용한 우수저류, 침투방식을 선택함

○일본 오수저류 침투기술 협회에 보고된 바에 의하면 침투시설의 설치 유무 비교 시 침투시설을 유수지와 겸용하여 설치하면, 침투시설을 설치하지 않은 지역보다 조절지 저류용량을 약 27% 감소시키는 것이 가능함

(2) 우수유출저감시설 설치에 따른 효과

(가) 홍수로 인한 피해 저감

○우수유출저감시설을 설치한 경우 홍수가 발생했을 때 직접 유출량을 감소시켜 첨두 홍수량의 발생 시각이 지체되고, 그 양도 감소하게 되며 홍수 시 하천을 통하여 유출되는 총량도 지하로 침투되거나 저류지에서의 저류효과로 인해 감소하기 때문에 지표면 및 하천 내에서의 유출은 감소됨. 따라서 우수유출저감시설의 설치를 통해 홍수 시 도시유역에서의 침수피해를 줄일 수 있고 나아가 상습 침수지역에 대한 대책으로 우수유출저감시설의 설치를 활용할 수 있음

(나) 수자원 확보

○우수유출저감시설의 설치를 통해 지하수를 함양하고 수자원을 확보할 수 있음. 침투시설을 설치하면 지표면의 우수를 지하로 침투시킬 수 있기 때문에 지하수의 함양이 높아지게 되고 홍수기에 유출로 유실되던 수자원을 개발가능한 지하수 자원으로 유도함으로써 수자원을 확보할 수 있음. 또한 우기에 저류된 우수를 이용하여 하류부 하천에 수량을 지속적으로 공급할 수 있으며, 침투된 지하수가 하천에 공급됨으로써 평상시뿐만 아니라 갈수기에도 하천유량을 확보할 수 있어 도시하천의 건천화를 예방함

(다) 환경오염 저감 및 생태계 복원

○유출저감시설을 설치하게 되면 하천, 지하수와 토양의 오염 및 갈수기 오염 등을 저감할 수 있음. 홍수기에는 유출수의 빠른 유속에 의하여 지표에 있던 오염물, 부유물과 유사 등이 함께 슬려 내려가게 됨. 이러한 유출수를 일시 저류시키면 유사는 퇴적되고, 오염물과 부유물질을 유출수에서 분리할 수 있는 상태가 됨. 따라서 유입되는 유출수의 오염부하가 낮아져 결과적으로는 하천의 오염부하가 문제가 되는 갈수기의 오염방지에도 유리함

○ 또한 우기에 지하수량을 확보함으로써 지중에서 서식하는 생명체에게 필요한 물을 공급하게 되어 토양 생태계의 복원을 도모할 수 있음. 우기에 확보된 지하수를 이용함으로써 지하수 부족으로 인한 식생의 고갈을 방지할 수도 있음. 동시에 지하수는 하천으로 유입되므로 하천 수중 생태계의 복원에도 기여하게됨

(라) 유역 내 수 처리시설 설치비용의 저감

○ 투수성 유출저감시설의 설치를 통해 유역이 침수되는 것을 사전에 방지할 수 있으며 저류시설을 설치함으로써 사용 가능한 물을 확보하여 유역 내에 별도로 수 처리 시설을 만들지 않아도 물을 원활하게 공급할 수 있으며 이를 통해 수 처리시설 설치비용을 크게 저감할 수 있음

(마) 도시민의 정서함양

○ 도시지역 내에 침투시설을 적용하면 하천 유량이 확보되고 이에 따라 저류지 등 수변공간이 조성되고 수중 및 수변 생태계가 복원됨으로써 시민들의 휴식과 레크레이션 공간으로 활용이 가능하며 이러한 친수공간은 도시민들의 정서함양의 큰 도움이 될 수 있음

나. 저류시설

(1) 설치 및 관리기준

○ 저류시설은 급격한 도시화와 이상기후로 인해 적정 홍수량이 초과한 우수유출량을 지하에 저장하여 우수의 직접유출량을 저감시키거나, 첨두유출 시간을 지연시켜 저지대의 침수 및 홍수피해를 예방하고 빗물을 재활용할 수 있도록 설치되는 시설임. 또한, 저류시설은 빗물을 일시적으로 모아두었다가 바깥수위가 낮아진 후에 방류하기 위하여 설치하는 유입시설, 저류지, 방류시설 등 일체의 시설을 말함

○ 저류시설은 주변 지형, 지질 및 수리 수문학적 조건 등을 종합적으로 고려하여 도시공원으로서의 기능과 방재시설로서의 기능을 모두 발휘 할 수 있는 장소에 입지하도록 하여야 하며 가급적 자연유하가 가능한 곳에 입지하도록 함

○ 하나의 도시공원 안에 설치하는 저류시설부지의 면적비율은 해당 도시공원 전체면적의 50% 이하이어야 함

○ 저류시설은 공원의 풍치 및 미관을 해치지 아니하면서 공원 사설과 기능적으로 또는 미관상으로 조화되도록 하고 이용자의 안전 등을 고려하여 저류장소와 저류용량을 선정함

○ 저류시설 부지는 잔디밭 자연학습원, 산책로, 운동시설 및 광장 등의 기능을 가진 다목적 공간으로 조성하고 침수로 인한 피해가 적고 유지 관리가 용이한 시설로 설치함

○ 지상부등 공원시설물의 유지관리는 공원관리자가 하고, 저류시설의 안전관리 등 시설물의 유지관리는 방재책임자가 담당. 이 경우 공원관리청은 관리방법 및 관리 책임자의 지정 등 세부관리 지침을 수립하여 관리책임소재를 명확히 해야 함

○ 저류시설의 관리를 위하여 필요한 경우에는 관리실을 설치 할 수 있음

○ 저류시설 안에는 수위표를 설치하고 우기 중에는 저류시설의 수위를 매시간 관측하여 기록하고 이를 저류시설의 저류한계 수심 저류량 및 허용방류량 등 수문자료로 활용함

(2) 저류시설의 특징

○ 지하 저류조의 활용으로 도시 지하공간의 미관 및 도시의 새로운 우범지대가 될 가능성을 배제하지 않을 수 없으나, 중앙 통제실을 구축하고 주요지점에서는 CCTV 모니터링을 실시하는 등 시설체제를 구축함

○ 홍수예방의 목적으로 저류된 빗물은 공원용수, 청소용수 등으로 재활용하고 우기가 끝난 뒤 건천화 되어가는 하천에 방류하여 생태계 균형에도 활용함

<표 5.1.1> 집중호우를 위한 저류시설 명칭

명 칭	설 명
저류시설	• 빗물을 일시적으로 모아 두었다가 바깥수위가 낮아진 후에 방류하기 위하여 설치하는 유입시설·저류지·방류시설 등의 일체의 시설을 말하며, 일시저류시설과 상시저류시설로 구분한다.
일시저류시설	• 평상시에는 건조 상태로 유지하고, 강우로 인해 표면수 유출이 있을 때에만 일시적으로 저류하도록 설계된 시설(제방에 의한 저습지, 지하저류, 침투형 저류시설 등)
상시저류시설	• 친수공간을 조성하기 위하여 평상시에는 일정량의 물을 저류하고, 강우 시에는 저류지에 빗물을 일시적으로 저류하도록 설계된 시설(연못, 호수, 저수지 등)
저류시설부지	• 도시공원 안에서 방재기능과 공원기능의 겸용을 목적으로 설치하는 저류시설의 부지
상시저류수위	• 평상시에 저류지에 물이 저류되어 있는 상태의 수위
상시저류면적	• 상시저류수위시의 수면적(水面積)
저류한계수위	• 저류지에 물을 담을 수 있는 최대수위
저류용량	• 저류한계수위에서의 저류용량에서 상시저류수위에서의 저류용량을 제외한 용량
시설저감량	• 빗물이 저류지에 의하여 저감된 양
허용방류량	• 설계 강우시의 하류하천으로 방류가 허용되는 유량

○일반적으로 홍수유출은 저감시설의 형식은 저류형과 침투형으로 구분되며, 저류형 저감시설은 지구에서 유출되는 우수를 일정시설을 통하여 조절하거나 일시적으로 저장하여 홍수가지나간 후 방류하는 시설이며, 침투형 저감시설은 우수가 지표면을 흐르거나 우·배수로를 흐르는 과정에서 지하로 스며들게 하는 시설임

○지하 저류조는 저류형방식과 침투형 방식을 혼합된 방식이며, 기존 침투 가능한 정원, 공원, 녹지 등을 이용하여 침투율을 증가시키거나, 투수성 포장 등의 불수면 구조개선, 유공관 설치 등의 우수관거 구조개선 등을 통하여 침투율을 증가 시키는 방법이며, 침투를 유도하는 침투통, 침투트렌치, 침투측구 등이 있음

○일본의 경우에는 도시홍수 대비와 소방수 및 공업용수로 활용하는 한편, 토지이용을 효율적으로 이용할 수 있도록 상하부 구조로 공간을 개발하여 상부에는 주택단지 및 공원 광장을 설치하여 주민들의 레저, 휴식 공간 등으로 활용 됨



<그림 5.1.2> 지하 저류조 활용 예

<표 5.1.2> 지하저류조의 장단점

방 식	장 점	단 점
지하 저류조의 장·단점	- 상대적으로 적은 면적이 소요되므로 토지이용 측면에서 경제적 - 사업지구면적에 비하여 강우피해 지역의 면적 비중이 큰 경우라도 저류조 규모가 지나치게 크게 결정되지 않음 - 저류조 활용빈도가 낮기 때문에 청소등과 같은 유지관리비가 낮음 - 기존의 환경을 그대로 유지함에 따라 환경적 악영향 초래 가능성이 낮음 - 홍수시 하류 수위가 높아서 방류가 원활하지 않을 경우에도 규모 증대 영향이 없음	- 수리계산이 복잡하므로 저감효과의 수리학적 안정성이 상대적으로 낮음 - 하류하천의 수위 하강 이전에는 저류하므로 연속 홍수시 저감기능 미미

제2절 모형의 선정 및 개요

1. 모형의 선정

가. 도시유출 모형 비교

○ **합리식**은 자연상태의 유역에 있어서는 침투현상에 의한 강우량의 손실이 필연적이므로 감소개수를 곱하여 첨두유량을 산정하게 되며, RRL 방법은 합리식보다 완전한 유출수문곡선을 제공하는 정점을 가지고 있으며 때때로 수문학적 해서에 사용되기도 하고 몇몇의 컴퓨터 모델들에도 적용할 수 있음

○ **ILLUDAS모형**은 배수구역을 여러개의 소유역으로 나누고 그 배수구역에서의 투수지역 및 불투수 지역에 대한 유출 등을 분석함으로써 각 소유역에서의 투수 및 불투수지역의 지표면 유출수문곡선을 얻게 됨

○ **SWMM모형**은 다른 실행 블럭을 조절하며 블록간 자료를 전송하는 역할을 하는 EXECUTIVE블록과 임의의 우량주상도, 토지이용도, 지형도 등이 자료를 이용하여 지표면, 지하유출을 추적하는 RUNOFF블럭, RUNOFF블럭에서 연산된 결과를 기본자료로 사용하며 강우 및 건기 시 하수시스템 내에서 유량과 오염물질을 추적하고, 하수시스템으로의 침투를 계산하는 TRANSPORT 블럭, 배수관망 시스템 내에서 유량과 수심을 계산하기 위해 개수로. 관수로 등에서 DYNAmic 방정식에 의하여 흐름을 추적하는 EXTRAN블럭, 유량과 수질에 대한 조절, 처리장치의 영향을 평가하는 STORAGE/TREATMENT 블럭으로 이루어진 모형임

○ **STORM모형**은 도시유역과 비도시 유역의 유출에 대한 유출량과 수질을 분석하는데 유용하며, 호웅유출(storm water runoff) 및 지표면 침식에 대한 유출량과 수질을 조절하기 위한 저류, 배수시설들이 크기를 설계하는 데 유용함

○ **MOUSE모형**은 도심지 배수시스템, 하수관거 및 오수관거에 대한 지표유출, 개수로 유량, 관거유량, 수직과 침전물 거동 등 포괄적이고 복잡한 고도의 모델링이 필요한 곳에 사용되고, 복잡한 수리학 및 유체역학적 거동에 대하여 완벽한 GUI를 지원함

나. 적용성의 비교

○ 합리식, RRL, ILLUDASM SWMM, MOUSE 등의 모형을 비교해 보면 다음 <표 5.2.1>과 같음

<표 5.2.1> 각 모형 비교

모형/구분	The Rational Method	RRL	ILLUDAS	SWMM	STORM	MOUSE
지표면 추적	첨두유량	○	○	○	○	○
관로추적	첨두유량	○	○	○	-	○
수질분석	×	×	×	○	○	○
지표면 추적 복잡도	낮음	중간	중간	높음	낮음	중간
관로추적 복합도	낮음	-	높음	중간	낮음	중간
잉여수 모델링적합도	×	×	×	○	×	○
배수 모델링 유용도	낮음	낮음	낮음	높음	낮음	높음
지류능력 모델링 정확도	×	×	×	○	×	○
처리 모델링 능력	-	-	-	○	○	○
타 모델링 호환성	×	×	×	○	×	○
검정 및 검증자료	-	중간	중간	중간	낮음	높음
모의기간	단일사상	단일사상	단일사상	단일사상 연속강우	장기간	단일사상 연속강우
확충정도	높음	높음	높음	높음	높음	높음
lbs입력자료 복잡도	낮음	중간	높음	높음	중간	높음

(1) 적용모형의 적용성 비교

○ 합리식, RLL, ILLUDAS, SWMM, STORM, MOUSE 등의 모형의 적용성을 비교한 결과 합리식의 경우 소규모 계내에서의 첨두유유출량 예측에서 양호함

을 나타냈으며, RRL의 경우는 도시지역의 예비해석에서 양호함을 보임. 또한 ILLUDAS는 도시지역의 예비해석에서, SWMM은 도시지역의 세부해석, STORM는 지체, 저류용량 설계에서 매우 양호하게 나타났다. MOUSE는 모든 부분에서 양호한 것으로 나타남

<표 5.2.2> 각모형의 적용성 비교

모형/구분	The Rational Method	RRL	ILLUDAS	SWMM	STORM	MOUSE
현재 호우사상의 선택	부적당	열등함	열등함	양 호	매우양호	양 호
도시지역의 예비해석	적당함	양 호	매우양호	양 호	양 호	양 호
도시지역의 세부해석	열등함	열등함	양 호	매우양호	적당함	매우양호
지체, 저류용량해석	부적당	열등함	양 호	양 호	매우양호	양 호
지체, 저류용량 설계	부적당	열등함	양 호	매우양호	양 호	양 호
과부하 하수관 해석	부적당	부적당	부적당	양 호	부적당	양 호
소규모 계내에서의 첨두유량 예측	양 호	양 호	매우양호	양 호	열등함	양 호
하수관 설계 (open-pipe 흐름)	소유역 적당	양 호	양 호	양 호	열등함	매우양호

(2) 적용모형의 장・단점 비교

○ 합리식, RRL, ILLUDAS, SWMM, STORM, MOUSE등의 모형들의 장・단점을 살펴보면 다음과 같음

○ The Rational Method : 합리식은 설계홍수량을 산정할 경우 매우 신속하고 간편하며 도시 소배수유역 설계에 매우 유용함. 하지만 유출계수 c값의 선택이 주관적이며, 실제강우는 전지역에 걸쳐 균등하게 분포하지 않으며, 강우량 및 선행강우지수 등의 유역특성에 관계없이 일정한 유출계수를 적용하기 때문에

정확한 유출량이 산정되지 않는 단점이 있음

○RRL : RRL 모형은 도시유역에 적용서이 좋고 합리식에서 보다 더 정확하게 수문곡선을 만들 수가 있음. 하지만 녹지와 배수로시스템에 직접 연결되지 않은 포장된 지역을 유출해석의 대상에서 제외 하였으므로, 이에 대한 보완이 필요함

○ILLUDAS : ILLUDAS 모형은 배수유역의 적용성과 입력자료 구성의 유용성이 우수하면 배수관로의 흐름 추적시 관로내 저류 및 Surcharge, 배수영향, 압력류, 유역내 구조물의 영행, 오염물 추적등의 예측 및 평가가 가능함. 하지만 최대 유역의 수, 수로의 수, TRANSPORT와 EXTRAN블록에서 최대 유입구와 수로의 수는 100개(SWMM 모형 4.4H에서는 200개)로 제한되어 있으며, 오는 ID는 문자대신 정수로 입력해야함. 또한 관, 소유역, 유입구의 수에 대한 이름을 입력할 수 없는 단점이 있음

○STORM : STORM 모형은 도시유출유역과 비도시 유역의 유출에 대한 유출량과 수질을 분석하는데 유용하며, 호우유출(STORM Water Runoff) 및 지표면 침식에 대한 유출량과 수질을 조절하기 위한 저류, 배수시설들이 크기를 설계하는데 유용함. 그러나 한시간 간격의 강우기록을 계산하므로 한시간 보다 작은 도달시간을 가진 소유역에서는 적용이 어려우며 계산에 필요한 임의의 입력변수들의 축적된 자료가 부족하여 정확한 수치를 나타내기 어려운 단점이 있음

○MOUSE(ModeliN.G. of Urban Sewer) system : MOUSE의 기본 프로그램인 하수 관로해석 프로그램에서는 1차원 유한차분 해석모형을 활용하여 배수효과를 반영한 상태로 상류, 사류, 계산을 할 수 있음. 또한, 중력 및 압력 흐름의 해석과 맨홀, 펌프, 저류지 등의 내부 경계조건 설정이 가능하며 다양한 형태의 횡단면 입력이 가능함. 지표면 유출해석 프로그램의 주요한 기능으로는 시간-면적 곡선 해석(Time-Area Method) 방법과 비선형 저류지 해석(Kinematic Wave, Non-linear Reservoir), 선형 저류지 해석(Surface Runoff Model "C") 방법을 활용할 수 있고, 마지막으로 단위도를 이용한 해석(Unit Hydrograph Surface Runoff Model, UHM)이 가능함

(3) 적용 모형의 선정

○본 연구의 대상 지역은 시가화 지역으로 지표면의 불투수면적 증가와 유역내 배수계통 등으로 인하여 자연유역과는 다른 도시유출 특성을 가지게 됨. 본 연구에서는 이러한 특성을 충분히 고려할 수 있는 도시유출모형이 필요하며 여러 도시유출모형의 특징을 검토한 결과, 다음과 같은 결론이 나타남

○ 현재 도시유역의 홍수량 산정에 있어서 여러 가지 모형이 개발되어 사용되고 있는데 도시유출모형에는 합리식의 활용, Area RoutiN.G. 방법, Clark 방법, RRL 방법, ILLUDAS 모형, SWMM 모형, MOUSE 모형 등이 있음

○ 합리식과 RRL 모형은 적용이 간편하여 널리 사용되고 있으나 설계자의 주관에 따라 해석결과에 차이가 크며 시간에 따른 유출량의 산정에는 한계를 가지고 있음

○ ILLUDAS 모형의 경우 지표면의 양상과 유역관로 계통을 고려하여 해석함으로써 보다 정확한 유출량의 산정이 가능하다. 그러나 연구 대상지역의 상습 침수에 대한 원인규명을 위해서는 인천교 유수지 수위 상승에 따른 배수위의 영향이나 분기관의 해석에 대한 고려가 필수적이지만 ILLUDAS 모형은 이러한 영향에 대한 직접적인 고려가 어려운 현 대상 유역에 적용하는데 부적합하다고 판단됨

○ SWMM 모형의 경우 지표면 유출해석, 관내 수리현상, 오염부하량 등의 해석이 가능하고 특히 유출해석에 강점을 보이며 사용하기에 편리하나 모델의 구현도가 떨어짐

○ 따라서 본 연구에서는 다른 도시유출모형에 비해 전문적인 모델운용이 가능하고, 방대한 양의 입력 자료를 쉽게 다룰 수 있으며, 포괄적인 하수관거 내 수리현상을 모델링으로 구현할 수 있는 MOUSE 모형을 해석프로그램을 선정하여 연구를 수행하였음

제3절 연구대상지역의 현황

1. 과거 현황

가. 과거 침수피해

○ 연구대상지역의 침수피해에 대하여는 <표 5.3.1>와 같이 인천광역시에서 1997년부터 2001년까지 5년간에 걸쳐 지역별로 상습적으로 침수되는 지역을 조사한 자료를 참고하였음. 대상 유역 내 상습침수지역에 대한 피해를 소유역별로 구분하면 인천교 매립지 간선관거 유입유역, 석남수로 유역, 화수 유수지(수문통) 유역으로 구분할 수 있으며, <표 5.3.2>은 연구범위에 있는 인천교 매립지 주변의 침수지역을 나타내고 있음

<표 5.3.1> 인천광역시 주요 침수피해현황(1997~2001년)

행 정 구 역		침 수 내 용				
		'97. 8. 4	'98. 8. 6	'99. 8. 2	'01. 7. 15	'01. 7. 29
중구	신포동 공보관 주변	-	-	-	건물 8동	건물 44동
	신흥로타리 주변	건물 157동	건물 13동	건물 22동	건물 42동	건물 55동
	동인천역 주변	-	-	-	건물 3동	건물 73동
동구	송림동 동부시장 주변	건물 113동	-	-	-	건물 19동
	송현동 중앙시장 주변	건물 83동	-	-	건물 97동	건물 135동
	화평철교 주변	건물 20동	-	-	-	건물 15동
남구	숭의동 남부역 주변	건물 220동	건물 240동	건물 270동	건물 189동	건물 191동
	숭의동 독갑다리 주변	-	건물 20동	건물 40동	건물 42동	건물 43동
	용현동 고속도로 종점 주변	건물 25동	건물 150동	건물 10동	건물 250동	건물 56동
	용현5동 대우전자 주변	-	-	-	건물 80동	건물 40동
	학익1동 학익사거리 주변	건물 180동	-	-	건물 27동	건물 18동
	도화1,2동 경인전철 주변	건물 15동	-	-	건물 449동	건물 149동
	주안2동 신기사거리	건물 28동	-	-	건물 16동	건물 37동
	주안4동 동양장사거리 주변	건물 210동	-	-	건물 8동	건물 44동
	주안5동 주안역 주변	건물 410동	-	-	건물 157동	건물 91동
	주안6동 간석역 주변	건물 80동	-	-	건물 56동	건물 51동
	주안7동 남부초교 주변	-	-	-	건물 76동	건물 104동
남동구	간석1동 국민은행 주변	-	-	-	건물 16동	건물 43동
	간석4동 석정초교 주변	건물 180동	-	-	건물 149동	건물 53동
	간석4동 현대APT 주변	건물 90동	-	-	건물 93동	건물 56동
	간석역 남광장 주변	건물 200동	-	-	건물 126동	건물 66동
서구	가정1동 가현초교 주변	건물 60동	건물 109동	건물 56동	건물 82동	건물 32동
	석남1동 강남시장 주변	건물 25동	건물 20동	건물 16동	건물 76동	건물 118동
	석남2동 새인천APT 주변	건물 492동	건물 142동	건물 57동	건물 368동	건물 500동
	가좌4동 가정여중 주변	건물 205동	건물 34동	건물 2동	건물 126동	건물 25동

※ 자료: 인천광역시 상습침수 해소대책(인천광역시, 2001)

<표 5.3.2> 대상유역 내 유역구분에 따른 침수지역

유 역	지 역	침수면적	침수년도
인천교 매립지 간선관거 유입유역 (973.7ha)	도화 1,2동 경인전철 주변 및 주안 5동 주안역 주변	11.8ha	1997, 2001
	십정동, 간석동 일대	15.4ha	1997, 1998 1999, 2001
	가좌 4동 가정여중 주변	8.5ha	1997, 1998 1999, 2001
석남수로 유역 (292.5ha)	석남 주공 아파트 및 효성아파트 주변	12.1ha	1997, 1998 1999, 2001

○<표 5.3.1> 과 <표 5.3.2> 와 같이 침수피해가 크게 나타난 해는 1997년 8월과 2001년 7월 호우 때 발생하였으며, 1997년 8월의 침수피해가 2001년의 침수피해보다 크게 나타났음을 알 수 있음

나. 연구지역의 침수위험지구 현황

○<표 5.3.3>은 2012년 현재까지의 인천광역시 자연재해위험지구 지정 및 정비사업 현황을 보여주고 있다. 인천광역시의 자연재해위험지구는 대부분 침수위험지구 이며, 바다와 인접 하여 해수면 상승에 따른 영향과, 기존하수관거의 노후, 용략부족으로 인한 피해가 대부분인 것으로 나타남

<표 5.3.3> 인천시 자연재해위험지구 지정 및 정비사업 현황 (소방방재청, 2012)

시군구	읍면동	지구명	유형	위험등급	지정면적(㎢)	지정연도	지정일자	시설명	시설등급	사업시작	사업종료(예정)
계양구	갈산동	갈산 펌프장	취약방재	나	0.0043	2006	2006-03-03	취약방재지구	취약방재지역	2008	2009
동구	금곡동	배다리 중앙시장	침수위험	나	0.03	1993	1993-10-08	침수지구	저지대침수지역	1993	2009
남구	용현동	갯골 유수지 방조제	침수위험	가	0.39	2003	2003-06-20	침수지구	방조제	2004	2009
남구	도화동	경인전철 주변	침수위험	나	0.02	2004	2004-02-13	침수지구	저지대침수지역	2006	2011
남구	주안동	간석역 주변	침수위험	나	0.01	2004	2004-02-13	침수지구	저지대침수지역	2008	2009
남동구	간석동	석정여고 주변	침수위험	나	0.04	2004	2004-02-27	침수지구	저지대침수지역	2008	2009
부평구	십정동	십정동 360주변	침수위험	나	0.08	2004	2004-01-26	침수지구	저지대침수지역	2006	2009
서구	가좌동	가정여중 주변	침수위험	나	0.08	2004	2004-02-09	침수지구	저지대침수지역	2006	2007

○<표 5.3.4>은 인천광역시 내 자연재해위험지구 지정 후 재해발생 현황을 보여주고 있음. 인천시 동구 배다리중앙시장 주변은 1993년 10월 침수위험지구로 지정되었으며, 상습침수지역으로 인근 주변이 고지대로 형성되어 우기시 집중호수에 따른 우수 유입과 하수암거 단면부족으로 많은 양의 강우를 소화하지 못하고 피해가 발생 됨

○인천시 남구 경인전철 주변은 2004년 2월 침수위험지구로 지정되어 매년 집중호우시 침수피해가 발생되는 지역임. 경인전철 주변은 주변지역에 비해 저

지대이고 철길로 단절되어 집중호우시 우수의 배수가 늦고 노면수가 집중되는 지역임. 따라서 주변의 저지대 주택가의 인명 및 재산피해가 우려되는 지역으로 하수관거의 신·증설 등과 같은 침수방재 대책이 필요

○인천시 남동구 석정여고주변은 서구 가좌동 가정여중과 행정구역 경계에 있는 지역으로, 2004년 2월 동시에 침수위험지구로 지정되었음. 이 지역은 해수면 상승시 인천교매립지에 설치된 하수관거의 수위상승으로 인한 역류현상으로 상습침수지역임. 또한 해수면 상승시 상대적 저지재인 가정여중 일원이 침수위험이 내재되어 있고 기존하수관거의 경사 불량 및 통수능 부족으로 매년 집중홍우에 침수피해가 발생된 지역임

○인천시 부평구 십정동 360번지 일원은 해수면 만조시 내수위 상승으로 인한 하수배재 불량으로 2004년 1월 침수위험지구로 지정되었음. 이후 매년 집중호우시 상습침수가 발생되고 있으며, 2007년 인천교 관선관거 설치사업이 완공됨

<표 5.3.4> 자연재해위험지구 지정 후 재해발생 현황(95~2011년)(소방방재청, 2012)

시도	지구명	위치			피해발생	
		시군구	읍면동	지정일자	피해내역	발생일시
인천	배다리 중앙시장 주변	동구	금곡동	93.10.8	침수 103세대	97.8.4
					침수 142세대	01.7.14
					침수 6세대	08.7.20
인천	경인전철주변	남구	도화1동	'04.2.13	침수 12세대	'08.7.20
인천	석정여고+가정여중 주변	인천 남동+서구	간석4동 +가좌동	'04.2.26	침수760세대	'07.8. 4
					침수150세대	08.8. 5
					침수90세대	09.7.31
					침수746세대	01.7.15
					침수343세대	01.7.29
인천	십정360번지 일원	부평구	십정동	04.1.16	침수 6세대	08.7.19

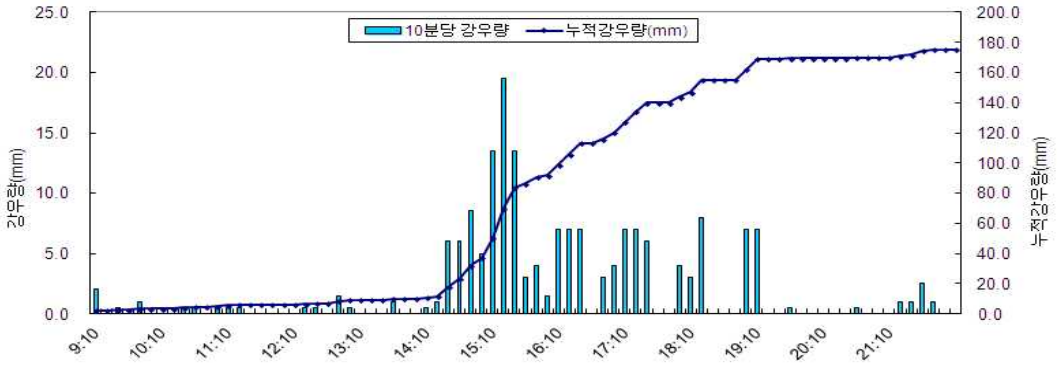
2. 주요 침수피해 현황

가. 2010년 침수피해 현황

○2010년 호우로 인하여 54개 지역에서 집중적으로 5,237동이 침수가 되었으며 기타지역에서 1,969동이 침수가 되어 총 7,206개소에서 침수가 발생하였고 총 침수가구수 중 지하세대의 침수가 4,234동으로서 전체의 58.8%에 해당하고 있어 침수의 대부분이 배제불량으로 나타남

○이때의 강우강도는 <그림 5.3.1>과 같이 92mm/hr, 총 강우량은 175.5mm를 기록하여 50년빈도(88.63mm/hr)를 상회하는 강우가 발생하였으며 서구

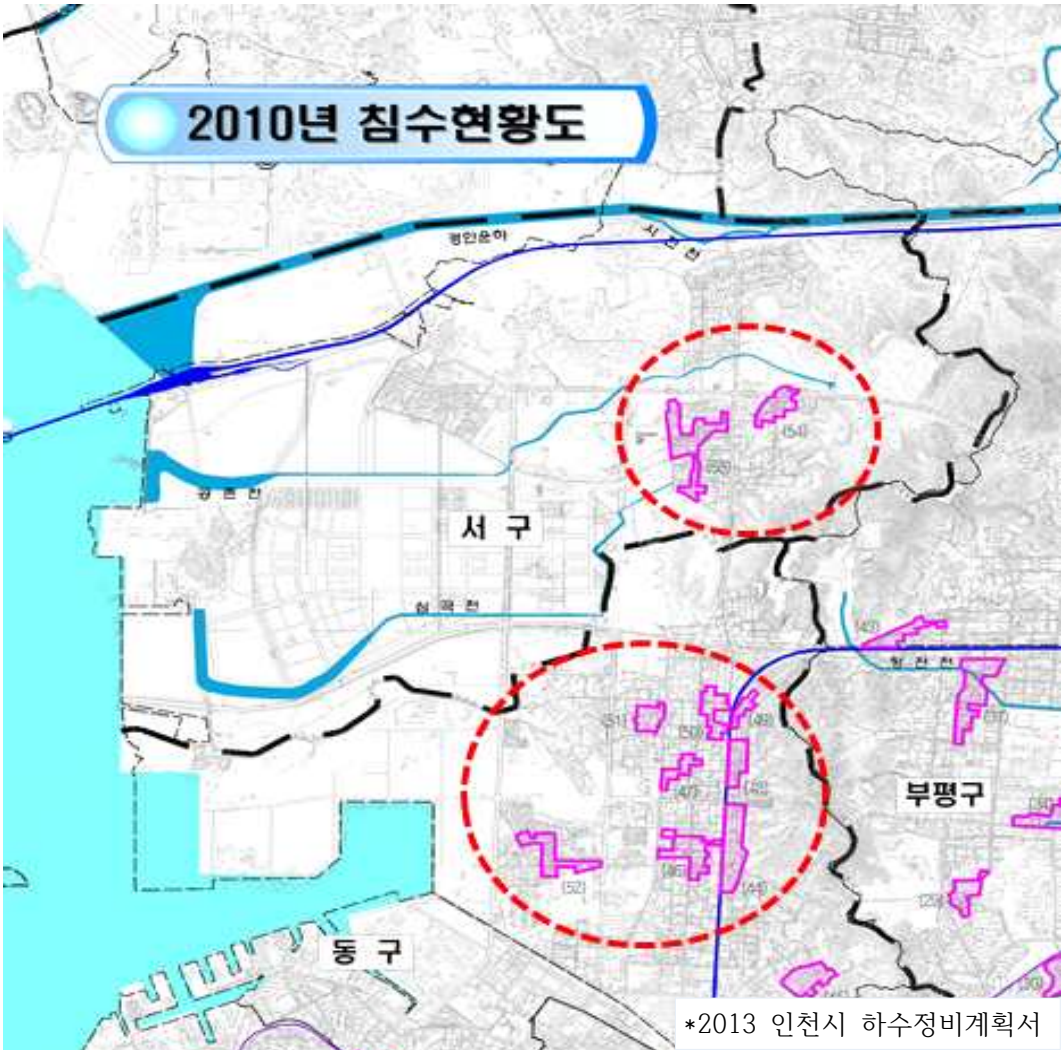
지역의 <표 5.3.5>와 같이 11개의 지점에서 침수가 발생함



<그림 5.3.1> 2010년 9.21일 강우현황(인천기상대)

<표 5.3.5> 2010년 침수현황(인천광역시 내부자료)

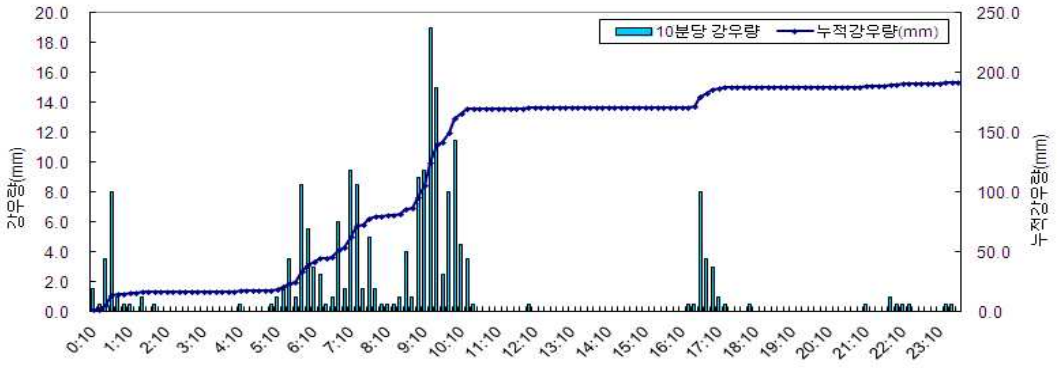
행정구역	번호	침수 지역	2010년 침수 (건물 동수)									
			계	주택	주택(지하)	상가	상가지하	도로	공장	공장지하	기타	기타지하
서구	(1)	석남3동 석남중학교 인근	126	4	119	3						
	(2)	가좌4동 가정여중 주변	310		251	59						
	(3)	석남2동 새인천 APT주변	111	2	105	4						
	(4)	석남1동 성민병원 주변	67	1	63	3						
	(5)	석남3동 석남초교 인근	85		67	18						
	(6)	가정3동 명성빌라 인근	27		24	3						
	(7)	가정3동 서경백화점 인근	49		48	1						
	(8)	신현원창동 신현북초교 인근	51		47	4						
	(9)	석남2동 삼성전자 물류센터 인근	19			19						
	(10)	연희동 서곶초교 인근	141	2	139							
	(11)	연희동 한우리빌라 인근	114	3	110	1						
집중침수지역 소계			5,237	1,150	3,070	799	117	4	89	1	5	2



<그림 5.3.2> 2010년 서구 침수현황

나. 2011년 침수피해 현황

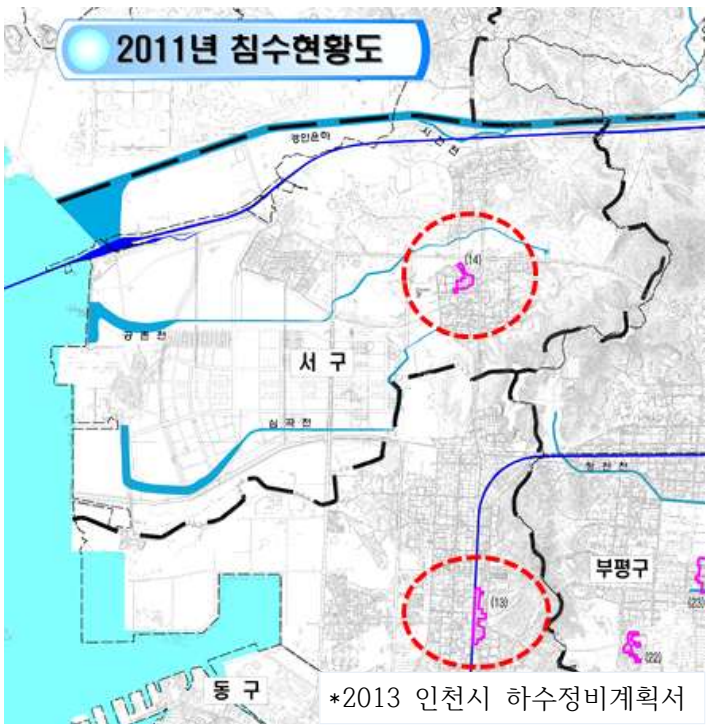
○2011년은 28개 지역에서 집중적으로 1,222동이 침수가 되었으며 기타지역에서 1,105동, 강화군 및 옹진군에서 122동이 침수가 되어 총 2,449개소에서 침수가 발생하였고 이중 지하세대의 침수는 1,615가구로서 전체의 66.0%로서 지하세대 침수에 대한 대책이 시급함. <그림 5.3.3>와 같이 7월 27일 강우강도는 73mm/hr, 총 강우량은 192.0mm를 기록하여 20년빈도 (77.18mm/hr)에 해당하는 양의 강우가 내렸을 때 서구는 <표 5.3.6>과 같이 3개 지점에서 침수가 발생됨



<그림 5.3.3> 2011년 7.27 강우현황(인천기상대)

<표 5.3.6> 2011년 인천 서구침수 현황

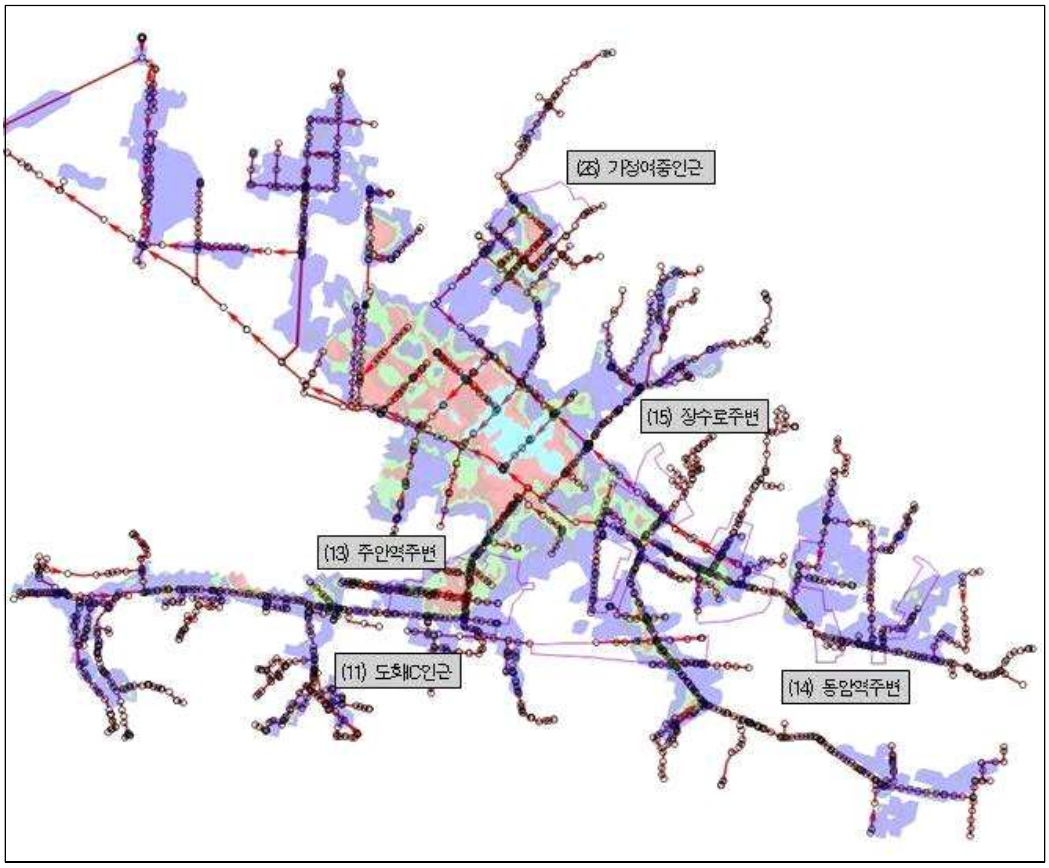
행정 구역	번호	침수 지역	2011년 침수 (건물 동수)									
			계	주택	주택 (지하)	상가	상가 (지하)	도로	공장	공장 (지하)	기타	기타 (지하)
서구	(1)	가좌4동 가정여중 주변	135	12	123							
	(2)	석남3동 석남중학교 앞	73	8	65							
	(3)	연희동 서곶초교 인근	13	1	12							



<그림 5.3.4> 2011년 서구 침수현황

다. 상습 침수지역

○2010년, 2011년 2년 연속 침수된 지역을 상습 침수지역으로 설정하였고 그 현황은 서구가좌4동 가정여중의 주변과 연희동 서곶초교 인근으로 설정함
○상습침수지역은 도화1동 도하IC인근, 주안5동 주안역 주변, 동남역 남광장 입구, 십정1,2동 장수로 주변, 가좌4동 가정여중 주변으로 총5개소의 상습침수지역으로 구분



<그림 5.3.5> 서구 상습침수현황

3. 상습침수지역 원인 분석

가. 가좌배수구역

(1)동인천역 및 송현동 중앙시장 침수현황

○ 치수지역 : 동인천역 주변(중구), 송현동(배다리) 중앙시장 주변(동구)
○ 위　　치 : 동구 금곡동 10-1번지 일원
○ 침수면적 : 과거 침수면적(3.3ha), 금회 침수면적(13.5ha)(2010년)
○ 피해사례

<표 5.3.7> 동인천역 및 송현동 중앙시장 침수 피해사례

구분	침수위치	배수 구역	과거 침수내용					최근 침수내용	
			'97.8.4	'98.8.6	'99.8.2	'01.7.5	'01.7.29	2010	2011
중구	동인천역 주변	가좌 (인천교)	-	-	-	건물 3동	건물 73동	건물 29동	건물 3동
동구	송현동 중앙시장 주변	가좌 (인천교)	건물 83동			건물 97동	건물 135동	건물 105동	건물 8동

※자료 : 인천광역시하수도정비 기본계획변경, 2007. (부록 Ⅴ-220)



<그림 5.3.6> 동인천역 및 중앙시장 침수 현황도

(가) 침수원인

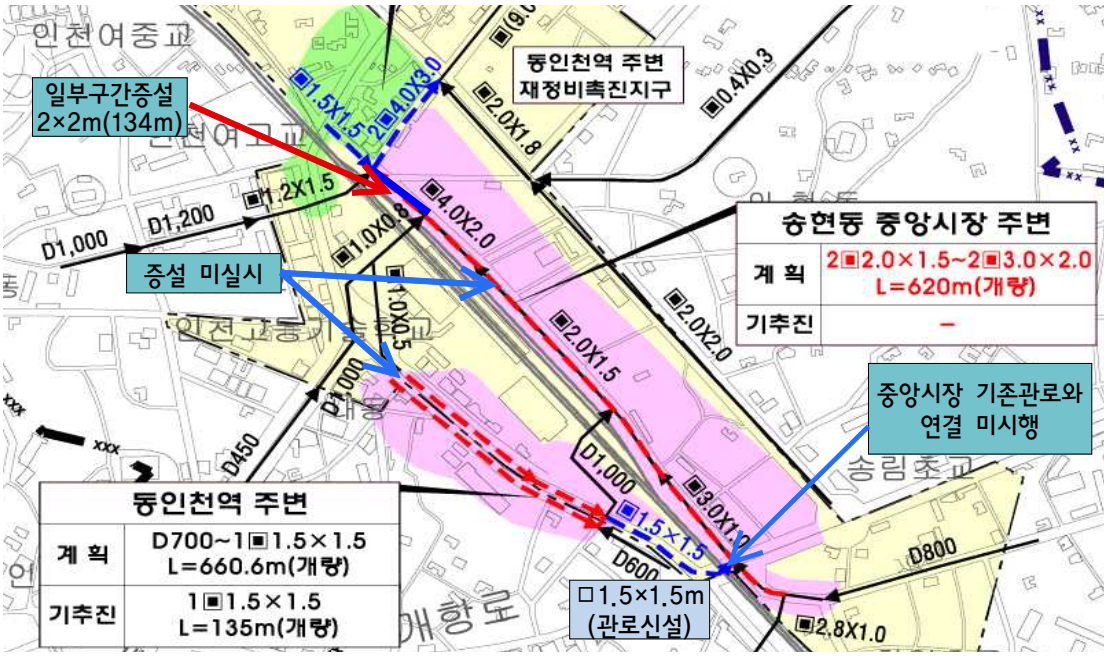
○ 동인천역(중구) : 하류측 관로 용량부족, 집수시설불량(노면수 집중)

○ 송현동 중앙시장(동구): 자체 관로 용량부족, 집수시설불량(노면수 집중)

○ 동인천역 및 송현동 중앙시장 인근 지역의 침수는 시간최대 강우량이

92mm/hr로서 기존 주간선 20년빈도(74mm/hr), 간선 10년빈도(64mm/hr), 지선 5년빈도(54mm/hr)을 상회하는 강우가 발생

○송현동 중앙시장 지역의 2010년에는 상가 104동, 상가지하 1동으로 105가구가 침수되었으나, 2011년에는 침수가 발생하지 않았으며, 이 지역의 침수원인은 빗물받이 개소수 부족 및 빗물받이 덮개 사용과 설계빈도 이상의 큰 호우, 일부 지선관로의 통수능 부족으로 판단



<그림 5.3.7> 침수대책 추진 현황

(2)도화1,2동 경인전철 주변 침수현황

○침수지역 : 도화1,2동 경인전철 주변

○피해사례

<표 5.3.8> 도화1,2동 경인전철 주변 침수 피혜사례

구분	침수위치	배수 구역	과거 침수내용					최근 침수내용	
			'97.8.4	'98.8.6	'99.8.2	'01.7.5	'01.7.29	2010	2011
남구	경인전철 주변	가좌 (인천교)	건물 15동	–	–	건물 449동	건물 149동	건물 108동	건물 39동

※자료 : 인천광역시하수도정비 기본계획변경, 2007. (부록 Ⅴ-220)

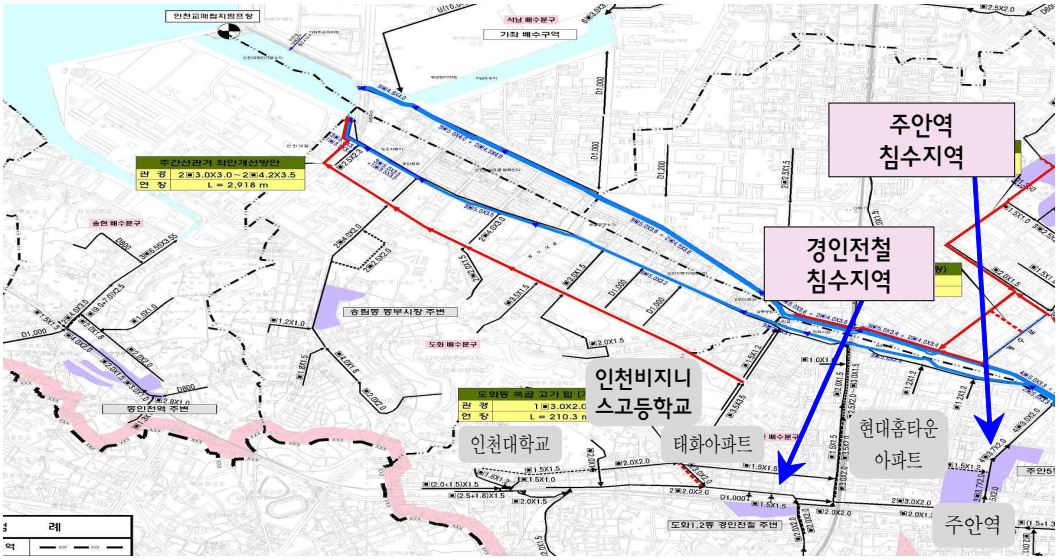
(가) 침수원인 분석

○ 하류측 및 자체 관로 용량 부족

○ 하류측 배수위 영향

○ 2007년 계획에서 주간선관로 신설을 통한 유역분리로서 하류배제관로의 배수위의 영향은 전혀 받지 않았으나 시간최대 강우량이 92mm/hr로서 기존 주간선 20년빈도(74mm/hr), 간선 10년빈도(64mm/hr), 지선 5년빈도(54mm/hr)을 상회하는 강우가 발생

○ 주요 침수 세대가 반지하 세대인 것으로 나타나서 이 지역의 침수원인은 침수지역내의 지선관로의 통수능 부족 및 반지하 세대 역류가 주된 침수원인으로 판단



<그림 5.3.8> 경인전철 침수대책 추진현황도

(3) 도화1동 도화 IC인근 지역 침수현황

○ 침수지역 : 도화1동 도화 IC 인근지역

○ 피해사례

<표 5.3.9> 도화 1동 IC인근 지역 침수 피혜사례

구분	침수위치	배수 구역	2010침수현황		2011침수현황	
			지상	지하	지상	지하
남구	도화 IC인근	가좌 (인천교)	11동	8동	2동	15동

(가) 침수원인 분석

○ 이 지역의 2010년 강우는 시간최대강우량이 92mm/hr로서 기존 주간선 20

년빈도(74mm/hr), 간선 10년 빈도(64mm/hr), 지선 5년빈도(54mm/hr)을 상회하는 강우가 발생

○2010년에는 주택 10동, 반지하 8동, 상가지하 1동으로 총 19가구가 침수되었고, 2011년에는 주택 2동, 반지하 15동이 침수 됨

○침수의 대부분이 반지하 세대에서 발생하였고 주 배제 관로의 배수위 영향은 받고 있지 않고 있어 이 지역의 침수원인은 일부 지선관로의 통수능 부족 및 반지하세대 역류로 인한 침수로 판단

(4)주안 5동 주안역 주변 침수현황

○침수지역 : 주안5동 주안역 주변

○피해사례

<표 5.3.10> 주안5동 주안역 주변 침수 피혜사례

구분	침수위치	배수 구역	과거 침수내용					최근 침수내용	
			'97.8.4	'98.8.6	'99.8.2	'01.7.5	'01.7.29	2010	2011
남구	주안역 주변	가좌 (인천교)	건물 410동	-	-	건물 157동	건물 91동	건물 444동	건물 51동

(가)주안5동 주안역 주변 침수원인

○2010년 9.21 강우는 시간최대강우량이 92mm/hr로서 기존 주간선 20년빈도(74mm/hr), 간선 10년빈도(64mm/hr), 지선 5년빈도(54mm/hr)을 상회하는 강우가 발생

○2010년에는 주택 5동, 반지하 308동, 상가 29동, 상가지하 102동으로 총 444동이 침수되었고, 2011년에는 주택 4동, 반지하 45동, 상가2동으로 총 51동이 침수의 대부분이 반지하 세대에서 발생하였고 주 배제 관로의 배수위 영향을 받고 있는 것으로 나타남

(5)동암역 남광장 입구 침수현황

○침수지역 : 동암역 남광장입구

○피해사례

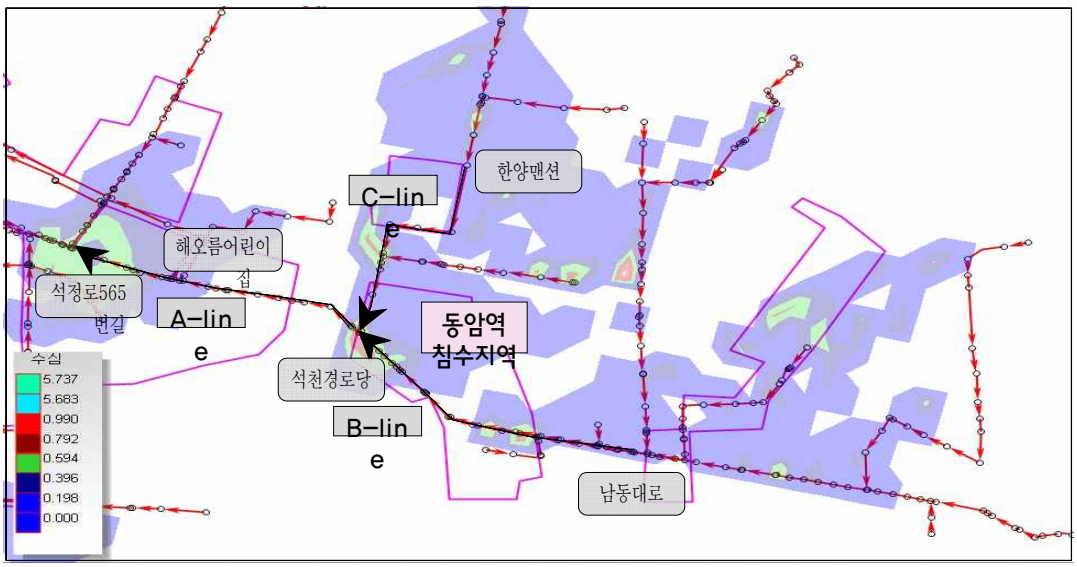
<표 5.3.11> 동암역 남광장 입구 침수 피해사례

구분	침수위치	배수 구역	2010침수현황		2011침수현황	
			지상	지하	지상	지하
남동구	동암역 남광장	가좌 (인천교)	4동	60동	5동	7동

(가)동암역 남광장 입구 침수원인

○ 2010년 9.21 강우는 시간최대강우량이 92mm/hr로서 기존 주간선 20년빈도(74mm/hr), 간선 10년빈도(64mm/hr), 지선 5년빈도(54mm/hr)을 상회하는 강우가 발생

○ 2010년에는 반지하 주택 60동, 상가 4동으로 총 64동이 침수되었고, 2011년에는 주택 5동, 반지하 7동으로 총 12동이 침수되었고, 이곳 역시 침수의 대부분이 반지하 세대에서 발생하였고 주 배제 관로의 배수위 영향은 받고 있지 않는 것으로 보아 주요 침수 원인은 일부 지선관로의 통수능 부족과 반지하세대의 우수역류로 보여짐



<그림 5.3.9> 동암역 인근 지역 주배제 라인현황

(6)가좌4동 가정여중 주변 침수현황

○ 침수지역 : 가좌동 가정여중 주변

○ 피해사례

<표 5.3.12> 가좌4동 가정여중 주변 침수 피혜사례

구분	침수위치	배수 구역	과거 침수내용					최근 침수내용	
			'97.8.4	'98.8.6	'99.8.2	'01.7.5	'01.7.29	2010	2011
서구	가정여중 주변	가좌 (인천교)	건물 205동	건물 34동	건물 2동	건물 126동	건물 25동	건물 310동	건물 135동

(가)가좌4동 가정여중 주변 침수원인

○ 2010년 9.21 강우는 시간최대강우량이 117mm/hr로서 기존 주간선 20년빈도(74mm/hr), 간선 10년빈도(64mm/hr), 지선 5년빈도(54mm/hr)을 상회하는 강우가 발생

○ 2010년에는 반지하주택 251동, 상가 59동으로 총 310동이 침수되었고, 2011년에는 주택 12동, 반지하주택 123동으로 총 135동이 침수되었고, 침수의 대부분이 반지하 세대에서 발생하였고 주배제 관로의 배수위 영향을 받고 있는 것으로 나타남

○ 이 지역은 인근 산지에서 유입된 토사에 의하여 하수관로 및 빗물받이의 막힘현상 및 산지에서 나뭇가지 및 나뭇잎 등의 협잡물이 하수암거(BOX)의 유입부를 폐쇄시켜 산지 우수유출량이 노면으로 배제되어 침수가 가중된 것으로 판단

(7)석남3동 석남중학교 인근 침수현황

○ 침수지역 : 석남 3동 석남중학교 인구 주변
○ 피해사례

<표 5.3.13> 석남3동 석남중학교 인군 침수 피혜사례

구분	침수위치	배수 구역	과거 침수내용					최근 침수내용	
			'97.8.4	'98.8.6	'99.8.2	'01.7.5	'01.7.29	2010	2011
서구	석남중학교 성민병원	가좌 (인천교)	건물 25동	건물 20동	건물 16동	건물 180동	건물 76동	건물 126동	건물 73동

(가)남3동 석남중학교 인근 침수원인

○ 이 지역의 2010년 강우는 시간최대강우량이 92mm/hr로서 기존 주간선 20년 빈도(74mm/hr), 간선 10년 빈도(64mm/hr), 지선 5년 빈도(54mm/hr)을 상회하는 강우가 발생

○ 2010년에는 주택 4동, 반지하 주택 119동, 상가 3동으로 총 126가구가 침수되었고, 2011년에는 주택 8동, 반지하 주택 65동이 침수발생

○ 침수의 대부분이 반지하 세대에서 발생하였고 주 배제 관로의 배수위 영향은 받고 있지 않고 있으나 하류쪽 병목구간에서 원활한 배제가 이루어지지 않는 것으로 판단되며 또한 지선관로의 통수능 부족 및 반지하 세대 역류로 인한 침수로 판단

제4절 모형의 적용

1. 강우량 자료

가. 강우분석

(1)우량관측소 현황

○ 대상 유역의 계획홍수 규모를 결정하기 위해서는 우선 유역 내, 혹은 유역 인근에 위치한 우량관측소의 강우량 기록을 획득하여 이를 근거로 통계분석한 후 채택된 확률강우량으로부터 재현기간별 홍수량을 산정함
○ 기상청에서 운영하고 있는 인천시의 관측소는 아래 표와 같이 2개소로 나타났으나, 강화관측소는 1971년 이후로 관측이 개시되어 자료확보의 문제로 금회에서는 인천 중구 관측소의 자료를 이용함

<표 5.4.1> 인천광역시 우량관측소 현황

관측소	종별	위 치			해발고 (m)	관측개시 (년,월,일)	관할 관서
		행 정 구 역	경 도	위 도			
인천	T/M	인천 중구 전 25	126° 37′ 35.3″	37° 28′ 29.4″	68.90	1904.04.04	기상청
강화	T/M	인천 강화 불은 삼성2 811-1	126° 26′ 55.2″	37° 42′ 17.2″	46.40	1971.01.01	기상청

(2) 확률강우량 산정

(가)강우자료의 수집

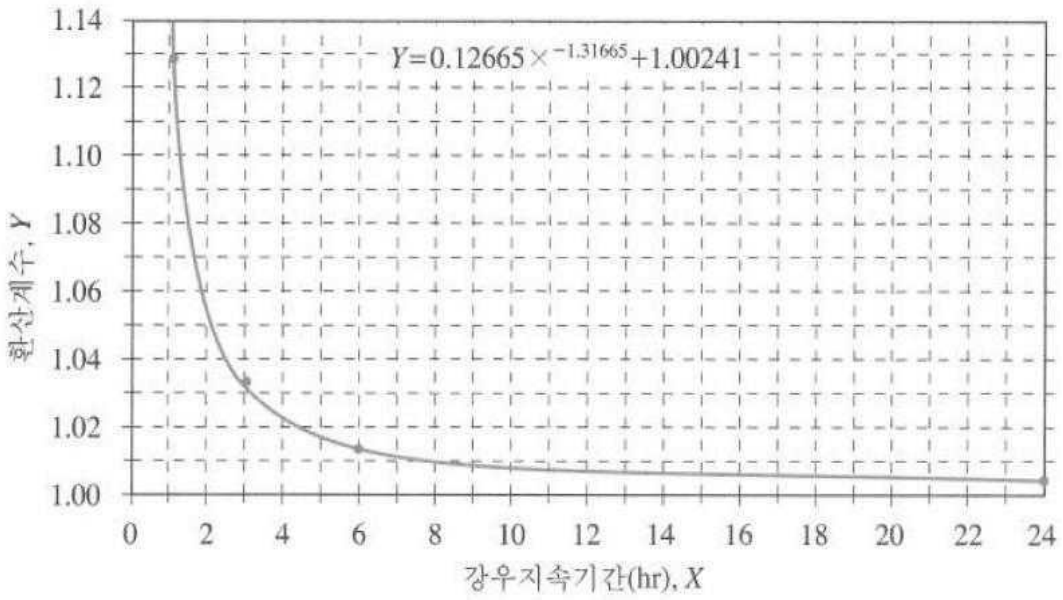
○ 인천관측소의 경우 관측개시연도는 1904년 4월부터 시작되었으나, 1961년

이전의 자료에 대해서는 결측년도가 발생하고 있으며, 부분적인 결측이 있는 부분이 많아 1961년부터 2010까지의 총 50개년의 강우자료를 사용하여, 50개년에 대한 강우자료에 대하여 빈도분석을 통하여 고정시간 연최대강우량을 산정한 후 환산계수를 곱하여 임의시간 연최대강우량 자료를 산정함

<표 5.4.2> 고정시간-임의시간 자료환산계수

고정시간	1시간	3시간	6시간	24시간	1일
임의시간	60분	180분	360분	1440분	1440분
환산계수	1.129(1.13)	1.033	1.013(1.02)	1.005(1.01)	1.161(1.13)

※주) ( )내의 값은 U.S. Weather Bureau(1958)가 제시한 값임. ※자료 : 건설교통부, 2000



<그림 5.4.1> 고정시간-임의시간 환산계수의 회귀곡선

(나) 확률강우량 산정

○ 과업대상 배수유역 분석을 위해서 확률강우량 산정은 행정자치부 산하 국립방재연구소에서 개발한 모형인 FARD2006를 이용함

FARD2006모형은 모멘트법, 최우도법, 확률가중모멘트법 등 3가지 방법으로 매개변수를 추정함

확률분포형의 선정과 더불어 매개변수 추정방법은 확률강우량 산정에 있어서 매우 중요함. 매개변수 추정방법에 따라 적정 확률분포형이 달라질 수 있으며, 동일한 확률분포형일지라도 매개변수 추정방법에 따라 확률강우량에도 많은 차이가 나타날 수 있기 때문임. 매개변수 추정방법별 특성은 다음과 같음

① **모멘트법 (MOM, Method of Moments)**

모멘트법은 그 이론이 매우 간단하여 기존의 하천정비기본계획에 널리 이용되어 왔으며 현재까지 가장 오래된 방법이나, 편의되고 비효율성을 나타내고 있음. 특히 매개변수가 3개 이상인 분포형의 경우 그 정도가 심한 것으로 알려짐

② **최우도법 (ML, Method of Likelihood)**

최우도법은 표본의 수가 충분히 많을 경우 다른 매개변수 추정방법에 비해 효율성이 우수하나 비선형 방정식으로 표현되므로 계산과정이 어렵고, 우리나라처럼 수문자료의 수가 적을 경우에는 비효율적이며 양호한 결과를 얻지 못함

③ **확률가중모멘트법 (PWM, Method of Probability Weighted Moments)**

확률가중모멘트법은 가장 최근에 도입된 방법으로 이상치가 있는 경우에도 왜곡 특성을 크게 나타내지 않고 수문자료의 수가 충분하지 않은 경우에도 영향을 덜 받으며, 상대적으로 안정적이고 매우 효율적인 방법으로 알려져 있음. 우리나라는 강우기록 관측년수가 짧아 모멘트법과 최우도법의 경우 이상치에 민감한 문제를 보이거나, 수렴문제와 효율성문제가 발생하게 되나, 자료수나 이상치에 왜곡특성이 크게 나타나지 않는 확률가중모멘트법을 사용하는 것이 바람직할 것으로 판단되고, 건교부에서 발행한 『수자원 관리기법 개발 연구조사(1998.6)』에서도 확률가중 모멘트법이 보다 안정적인 결과를 얻을 수 있는 것으로 알려져 추천되고 있으며, 이러한 과정에 의하여 금회 분석시에서도 확률가중 모멘트법을 매개변수 추정방법으로 결정하여, 강우의 분포형에서 FARD2006 모형은 다음 표에서 보는 바와 같이 총 13개 분포형에 대하여 확률강우량을 산정함

<표 5.4.3> FARD2006 모형의 확률분포형

확 률 분 포 형	약 어	확 률 분 포 형	약 어
2변수 Gamma 분포	GAM2	3변수 Log -Normal 분포	LN3
3변수 Gamma 분포	GAM3	Log -Person Type Ⅲ 분포	LP3
극 치 분 포	GEV	2변수 Weibull 분포	WBU2
Gumbel 분포	GUM	3변수 Weibull 분포	WBU3
2변수 Log -Gumbel 분포	LGU2	4변수 Weibull 분포	WBU4
3변수 Log -Gumbel 분포	LGU3	5변수 Weibull 분포	WBU5
2변수 Log -Normal 분포	LN2		

확률분포형의 선정은 아래 표와 같이 3개의 매개변수 적합도를 모두 만족하는 5개의 분포형을 선정하여 검정을 실시함

<표 5.4.4> 검정방법별 매개변수 적합도를 통과하는 강우지속기간의 개수

확률분포형 / 매개변수	GAM2	GAM3	GEV	GUM	LGU2	LGU3	LN2	LN3	LP3	WBU2	WBU3
모멘트법	14	9	14	14	5	5	14	13	2	14	7
최우도법	14	14	14	14	13	5	14	14	14	14	6
확률가중 모멘트법	14	9	14	14	14	5	14	14	8	14	5

매개변수 적합도를 모두 만족하는 GAM2, GEV, GUM, LN2, LN3, WBU2분포에 대한 Chi-square 검정, Kolmogorov-Smimov 검정, Cramer von Mises 검정방법으로 확률분포형의 적합도 검정을 실시한 결과 GAM2, GEV, GUM, LN2 분포형이 적합한 것으로 나타남

(3) 확률강우량 산정결과

○ 이상의 검토결과 최근의 강우가 점차 증가하는 추세를 보이고 있고 이상강우 및 집중호우의 발생빈도가 잦은 점 등을 고려하여 과거 지속시간별 최대강우량보다 비교적으로 큰 GEV분포형이 바람직할 것으로 판단됨

<표 5.4.5> 지속기간별 확률강우량 비교(100년빈도)

지속 시간 (분)	10분	20분	30분	40분	50분	60분	120분	180분	240분	360분	540분	720분	1080분	1440분
실제강우	47.0	48.0	54.0	65.1	80.0	93.0	135.5	181.5	204.0	257.6	310.5	339.5	355.6	372.6
GAM2	30.3	46.1	60.9	70.2	82.2	94.8	142.3	173.6	190.7	223.1	271.1	311.3	351.0	385.5
GUM	32.5	49.5	65.2	75.3	88.1	100.5	150.7	183.1	201.6	236.2	285.4	325.5	366.0	399.5
LN2	31.6	48.3	64.8	74.1	87.6	106.6	158.1	183.2	199.9	225.3	284.5	340.1	381.0	412.9
GEV	34.1	50.7	65.9	76.4	88.6	94.9	148.2	200.9	221.5	271.7	318.1	351.2	402.3	456.6

주) ▭ 구간은 실제강우보다 작게 나타남.

<표 5.4.6> 빈도별 지속시간별 확률강우량 (GEV, 확률가중모멘트법)

재현기간	지속기간별 확률강우량 (mm)													
	10분	20분	30분	40분	50분	60분	120분	180분	240분	360분	540분	720분	1080분	1440분
2년	14.3	22.4	28.7	33.8	39.0	42.1	61.7	71.0	79.2	92.4	108.9	120.5	133.0	139.1
3년	16.6	25.8	33.4	39.1	45.3	49.8	73.2	84.5	93.9	109.1	129.9	145.4	161.0	169.5
5년	19.2	29.7	38.6	45.0	52.3	58.0	85.8	100.5	111.3	129.4	155.0	174.5	194.1	206.3
10년	22.6	34.7	45.1	52.5	61.1	67.8	101.3	121.9	134.8	157.8	189.1	213.2	238.6	257.1
20년	25.9	39.5	51.5	59.8	69.5	76.6	116.0	144.1	159.1	188.3	224.8	252.7	284.6	311.3
30년	27.9	42.3	55.1	64.0	74.4	81.5	124.3	157.6	174.0	207.5	246.8	276.5	312.7	345.0
50년	30.5	45.8	59.7	69.3	80.4	87.4	134.6	175.4	193.5	233.4	275.9	307.4	349.5	390.2
70년	32.2	48.2	62.7	72.7	84.4	91.1	141.2	187.5	206.9	251.4	296.0	328.4	374.7	421.6
80년	32.9	49.1	63.9	74.1	86.0	92.5	143.9	192.5	212.3	258.9	304.1	336.9	384.9	434.5
100년	34.1	50.7	65.9	76.4	88.6	94.9	148.2	200.9	221.5	271.7	318.1	351.2	402.3	456.6
150년	36.2	53.5	69.6	80.7	93.4	99.2	156.1	216.6	238.9	296.0	344.3	378.0	434.9	498.5
200년	37.8	55.5	72.2	83.6	96.7	102.1	161.6	228.1	251.6	314.2	363.8	397.5	458.8	529.7
300년	40.0	58.4	75.8	87.9	101.5	106.1	169.3	245.0	270.2	341.3	392.2	425.8	493.8	575.9
500년	42.8	62.1	80.4	93.2	107.5	110.9	178.9	267.2	294.8	378.0	430.1	462.8	539.9	638.0

나. 강우강도식 결정

(1) 강우강도식의 선정

○ 일반적으로 수공구조물 설계에 많이 적용되는 강우강도식의 형태는 다음과 같으며, 본 과업에서는 이 중에서 금회 계산된 지속시간별 확률강우량과 상관도가 가장 좋은 형태를 선정하여 분석하였으며, 일반적인 강우강도식은 다음과 같음

Sherman 형 : $I = \frac{a}{t^n}$ (1)

Talbot 형 : $I = \frac{a}{t+b}$ (2)

Japanese 형 : $I = \frac{a}{\sqrt{t}+b}$ (3)

Semi-Log 형 : $I = a + b \times Log(t)$ (4)

여기서, I는 강우강도(mm/hr), t는 강우지속기간(min), a, b 및 n은 지역 및 강우특성에 따라 달라지며 회귀분석에 의하여 결정되는 상수들이며,인천지역의 장단시간 구분은 “한국 확률강우량도 작성(건설교통부, 2000)” 에서 제시한 120분을 기준으로 하였으며, 검토결과 각 공식들의 신뢰성을 확인할 수 있는 결정계수의 값은 다음 표와 같이 단시간은 Sherman형 장시간은 Semi-Log형이 적합한 것으로 나타남

<표 5.4.7> 각 강우강도식의 결정계수(r)-GEV분포형

빈도	단시간(2시간이하)				장시간(2시간이상)			
	TALBOT	SHERMAN	JAPANESE	SEMI-LOG	TALBOT	SHERMAN	JAPANESE	SEMI-LOG
2	0.99499	0.99812	0.99881	0.99846	0.98464	0.99175	0.97179	0.98547
5	0.99032	0.99939	0.99941	0.9965	0.98601	0.9925	0.97517	0.98563
10	0.98948	0.9995	0.99932	0.99579	0.98711	0.99247	0.97664	0.98819
20	0.99045	0.99932	0.99927	0.99568	0.99002	0.99272	0.97979	0.99153
30	0.99078	0.99926	0.99917	0.99538	0.99093	0.99258	0.981	0.99309
50	0.99147	0.99906	0.99896	0.99496	0.99269	0.99191	0.98249	0.99492
100	0.99235	0.99858	0.99827	0.99467	0.99371	0.99002	0.9831	0.99602
200	0.9929	0.99781	0.99709	0.99408	0.9955	0.98754	0.98453	0.99547
500	0.99303	0.9964	0.99452	0.99365	0.99633	0.98175	0.98434	0.99079
평균	0.9918	0.9986	0.9983	0.9955	0.9908	0.9904	0.9799	0.9912

(2) 강우강도식의 결정

○ 1961년에서 2010년까지 50개년의 강우자료를 분석한 결과 실제 강우와 가장 유사한 것은 Sherman형과 Semi-log형으로 나타났음. “한국확률강우량도 작성, 건설교통부, 2000” 에 따르면 인천지역의 장·단시간의 구분은 2시간이 적정한 것으로 발표하였고, 대부분의 하수관로의 유달시간이 2시간 미만인 점을 감안할 때 하수관로 설계시의 강우강도식의 적용은 단시간(2시간 미만)의 식을 적용하고, 유수지나 하천 등의 대유역을 설계시에는 장시간(2시간 이상)의 식을 적용하는 것이 바람직 함

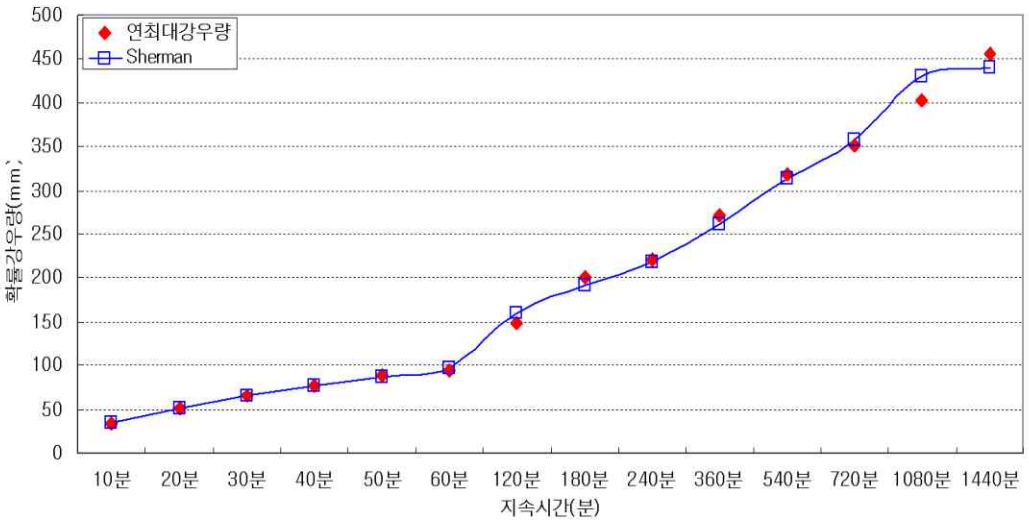
○ 금회 검토된 단시간 Sherman형, 장시간 Semi-log형으로 검토한 결과 단시

간의 경우는 재현기간이 낮을수록 인천대공식(장시간)보다 크게 나타났으며, 장시간 강우는 기존 공식보다 낮게 나타나고 있음. 강우량이 증가한 원인으로서는 과거 하수도정비기본계획에서는 강우지속시간을 1시간~24시간으로 해석하였으나, 금회에서는 장단기로 구분하여 지속시간을 10분, 20분, 30분, 40분, 50분, 1시간~24시간으로 구분하여 해석하였고 또한, 기본계획에서는 1961에서 2004년까지의 강우자료를 사용하였으나, 금회 검토에서는 1961~2010년 강우자료를 이용하였음. 특히, 2006년에는 지속시간 10분에 47.0mm, 20분에 48.0mm로 연최대치를 기록하는 강우가 반영되어 강우량이 크게 산정된 것으로 판단됨

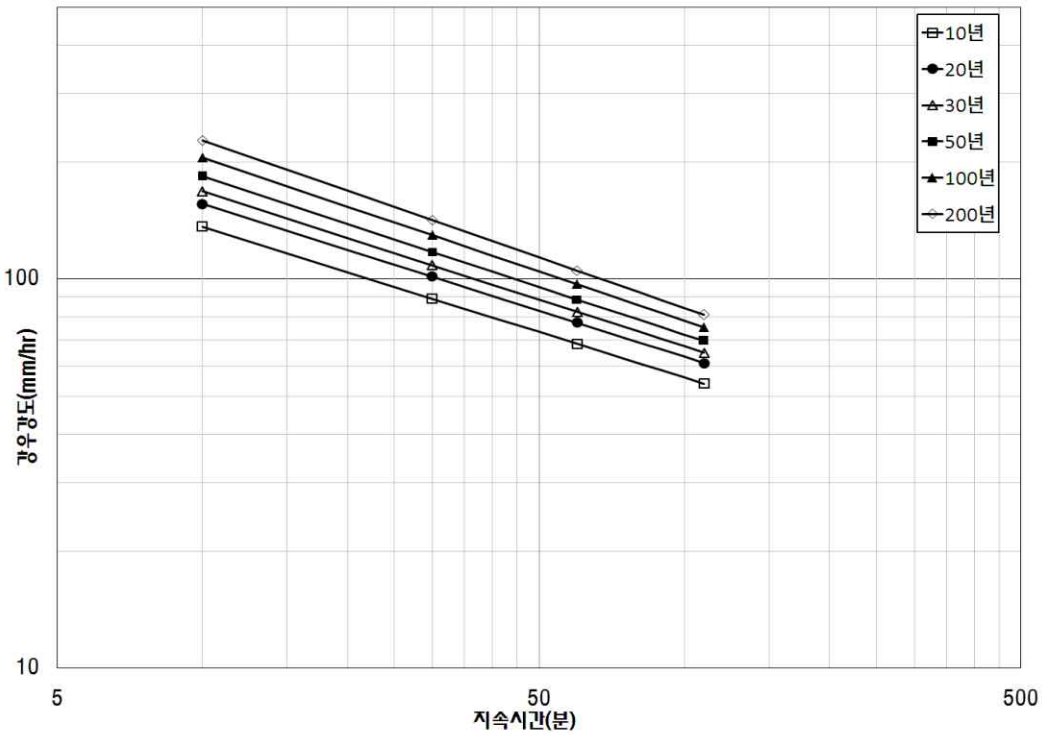
○ 최근 순간적인 집중호우에 의한 침수피해, 대부분 하수관로의 유달시간 등을 고려하여 하수도정비상 강우강도식은 50년 빈도 이하가 적용되므로 단시간의 경우 기존 인천대공식보다는 큰 값을 나타내고 있는 Sherman형을 적용하였음

<표 5.4.8> 강우강도식 비교

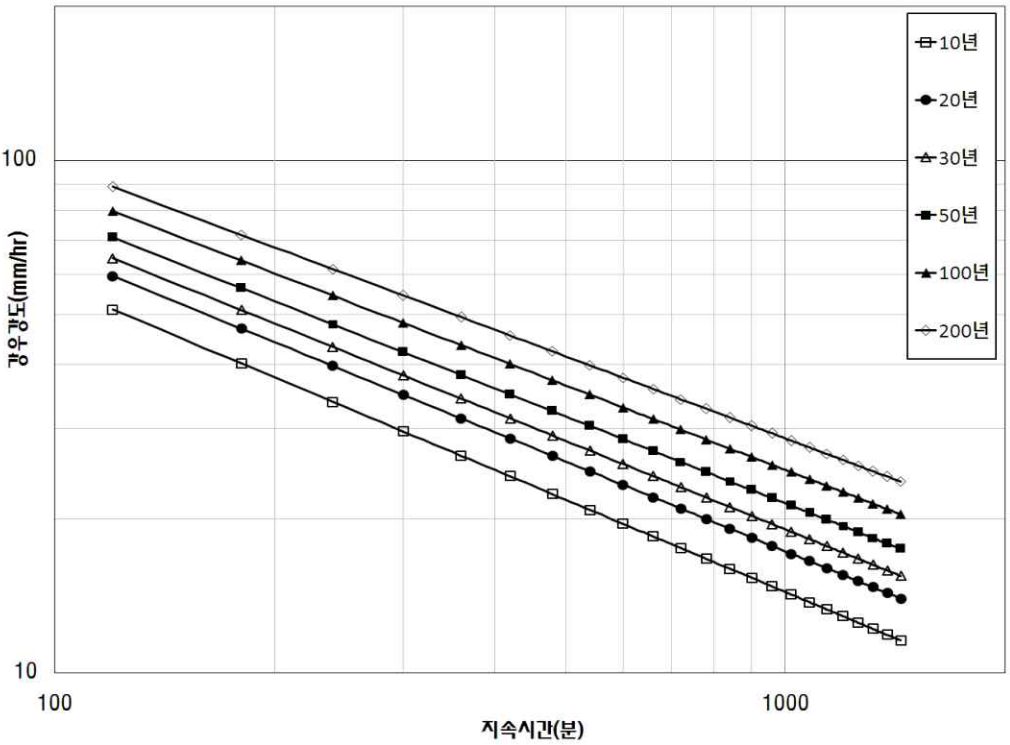
빈도 (년)	하수도정비기본계획 (2007)(인천대공식)		금회 계획	
	강우강도식	강우량(mm) (60분)	강우강도식	강우량(mm) (60분)
2년			$I=\frac{214.71}{t^{0.3920}}$	43.14
5년	$\frac{1042.1}{t^{0.6466}+5.12}$	54.17	$I=\frac{279.67}{t^{0.3828}}$	58.35
10년	$\frac{1419.4}{t^{0.6626}+6.99}$	64.33	$I=\frac{331.44}{t^{0.3867}}$	68.06
20년	$\frac{1934.1}{t^{0.6805}+9.67}$	74.7	$I=\frac{384.99}{t^{0.3925}}$	77.18
30년	$\frac{2369.8}{t^{0.6955}+12.02}$	80.97	$I=\frac{419.35}{t^{0.3976}}$	82.33
50년	$\frac{2989.3}{t^{0.7105}+15.23}$	89.04	$I=\frac{466.86}{t^{0.4058}}$	88.63
100년	$\frac{4320.7}{t^{0.7413}+21.82}$	101.37	$I=\frac{537.89}{t^{0.4187}}$	96.88
200년			$I=\frac{613.70}{t^{0.4312}}$	105.01
500년			$I=\frac{1724.22}{t^{0.4485}}$	115.47



<그림 5.4.2> Sherman형 강우강도식에 따른 확률강우량 비교(100년빈도)



<그림 5.4.3> 강우강도-지속시간-빈도 관계곡선(단시간)



<그림 5.4.4> 강우강도-지속시간-빈고 관계곡선(장시간)

다. 강우시간적 분포 결정

○설계 강우량의 시간분포(Time Distribution)는 단위유량도를 적용하여 계산하게 되는 설계홍수수문곡선의 모양뿐만 아니라 첨두 홍수량의 크기에 큰 영향을 미치게 되므로 유출계산 측면에서 설계호우의 중요한 특성인자 중의 하나라고함

○강우의 시간적 분포는 설계지역의 과거 강우자료로부터 강우지속기간 동안에 총 강우량이 시간에 따라 어떻게 분포되었는지를 통계학적으로 분석하는 것이며, 그 지역에 적합한 시간분포 모형을 파악해야 이에 따른 적절한 수공구조물이나 재해위험성의 저감방안이 설정될 수 있음. 설계 강우의 시간분포를 결정하는 방법에는 Mononobe 방법, Huff 방법, Yen-Chow 방법, 교호블럭 방법 등을 사용하고 있으며 이들 방법을 소개하면 다음과 같음

(1) Mononobe 방법

○Mononobe 시간분포방법은 강우의 시간분포를 임의로 배열하는 것으로 일 최대우량을 가지고 Mononobe 강우량 공식에 대입하여 총 강우량을 최대 강우강도가 발생하는 위치에 따라 전방집중형, 중앙집중형, 후방집중형으로 나누고 시간별로 분포시키는 방법임. Mononobe 시간분포방법의 일반식은 다음과 같

음

$$Rt = \frac{R_T}{T}(\frac{T}{t})^n \times t$$

여기서, RT는 지속기간 T(hr)인 총 우량(mm)이고, Rt는 강우시점으로부터 t(hr)까지의 누가우량(mm)이며, n은 상수로 통상 0.667(2/3)을 사용함.
일반적으로 Mononobe 시간분포방법은 n값을 0.667(2/3)으로 고정하여 사용하고 있으나, 지역별 강우특성의 차이를 고려하지 못하는 문제점을 지니고 있기 때문에 '한국하천별 유황에 관한 수문학적 연구(농업진흥공사, 1974)'에서 제시된 지역별 n값과 '도시하천 및 하수도계획상의 계획 강우량의 추계학적 해석(대한토목학회지, 1980)'에서 제시된 우리나라 n값의 등치선도를 사용함

(2) Yen-Chow 방법

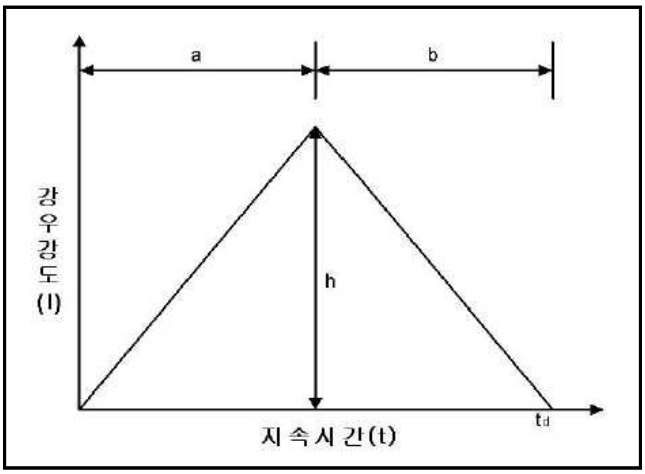
○ 이 방법은 Yen-Chow(1980)가 설계 강우의 시간분포를 위해 개발한 방법으로 모멘트를 이용한 통계학적 분석방법이며, 호우의 시간적 분포를 삼각형과 사다리꼴 무 차원 우량주상도로 단순화하는 방법임. 분석시 호우는 무 강우가 없는 연속강우로 정의하며, 강우의 시점부터 종점까지의 시간을 td라 할 경우 우량주상도의 1차 모멘트는 t는 다음과 같음

$$= \frac{-\Delta t[\sum_{i=1}^{n}(j-0.5)d_j]}{D}$$

2차 모멘트(G)는 다음과 같다.

$$G = \frac{\sum_{i=1}^{n}(j-0.5)^2 d_j + \frac{1}{12}D}{D}$$

여기서, D : 호우의 총 강우량
dj : td를 n개의 시간구간으로 나누었을 때 j번째 강우 깊이
n : 호우의 시간구간 수



<그림 5.4.5> 삼각형 우량주상도형

이를 이용하여 삼각형과 사다리꼴로 시간분포를 단순화하여, 무 차원하면 삼각형의 경우는 다음과 같음

˚a = a/td = ˚at −1

˚b = b/td = 2 −˚3t

˚h = h/(D/td) = 2

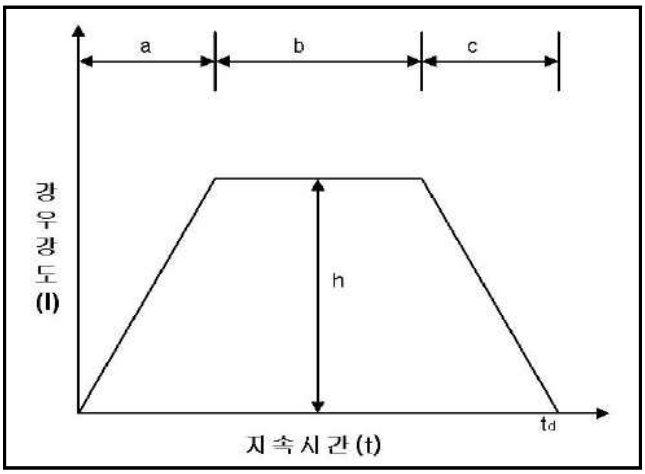
여기서,˚ t : 무 차원 1차 모멘트로서 t/td 의 표현(무 차원)

무차원 2차 모멘트˚G는 G/td2로 나타낼 수 있으며 사다리꼴인 경우는 다음과 같다.

td = a + b + c

$$\bar{d} = \frac{h}{2n}(t_d + C), \qquad \bar{t} = \frac{t_d(t_d + a + c) + c (2a + c)}{3 (t_d + c)}$$

$$G = \frac{t_d{}^3 + (a+c) t_d{}^2 + (a+c)^2 (t_d + c) + ac(2a + c)}{6 (t_d + c)}$$



<그림 5.4.6> 사다리꼴 우량주상도형

따라서, 무 차원 특성 변수°a,°b,°c,°h 는 다음과 같이 계산 함

°a = a/td

°b = b/td

°c = c/td

°h = 2/(1 +°c)

(3) 교호블럭 방법

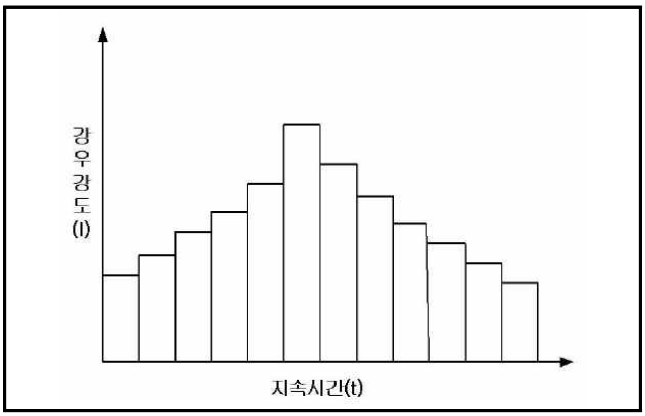
○ 교호블럭 방법(alternation block method)은 강우강도-지속기간-재현기간(I-D-F) 곡선으로부터 설계우량주상도를 도출하는 간단한 방법임.
이 방법에 의한 설계우량주상도는 지속기간동안 개개의 △t 시간 동안에 발생하는 강우량을 결정함

○ 재현기간이 결정되면 각 지속기간 △t, 2△t, 3△t, ...에 대한 강우강도를 I-D-F 곡선으로부터 읽고 이들에 대응하는 누가강우깊이는 강우강도와 지속기간(hr)의 곱으로 주어짐. 이 방법은 국내 실무에서 자주 이용되는 방법으로 Blocking 방법으로도 불리며 적용절차는 다음과 같음

첫째, 확률강우량을 재현기간에 따라 지속기간-누가우량 관계곡선 (I-D-F)을 작성

둘째, 계산시간간격 크기로 누가우량에서 구간별 우량을 산정

셋째, 구간별 강우량을 중앙집중형 배치방법을 이용하여 재배치

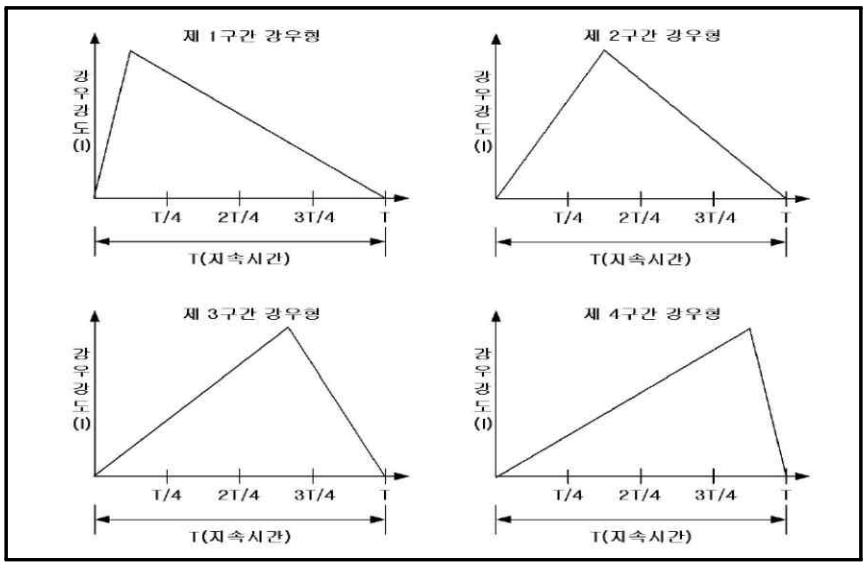


<그림 5.4.7> 교호블럭 강우분포형(중앙집중형)

(4) Huff 방법

○수공구조물의 설계홍수량 산정에 필요한 설계우량주상도를 결정하기 위한 Huff의 총 강우량의 시간분포방법은 Huff(1967)가 미국 일리노이주에 위치한 유역면적 400㎢까지의 다양한 하천유역에서 발생한 호우에 대해 호우기간 중에 내린 총 우량의 시간분포 양상을 분석하여 강우의 시간분포 모형을 제시한 것임. Huff는 실제로 발생한 호우기간 중의 누가우량곡선을 관찰하여 총 강우지속기간을 4개의 등 시간구간으로 나누었을 때 가장 큰 강우량이 어느 구간에 발생하느냐에 따라 강우의 시간분포 특성을 4가지로 구분하였음

즉, 총 강우지속기간 중 처음 1/4구간에서 가장 큰 강우량이 발생하면 1분위 호우, 2/4구간에서 발생하면 2분위 호우, 3/4구간에서 발생하면 3분위 호우, 4/4구간에서 발생하면 4분위 호우로 분류하였음. 이상의 구간별 분류방법에 대한 개념을 다음 그림과 같이 나타냄



<그림 5.4.8> Huff 구간별 강우분포 모형

라. 우수유출량 산정

(1) 합리식

○ 가장 일반화된 식으로 유달시간에 상당하는 강우강도의 비가 배수구역내에 균등히 내릴때 지체현상이 생기지 않는 최대 유출량 산출법으로서 주로 500ha 미만에 적용함

$$Q = \frac{1}{360} C \cdot I \cdot A$$

여기서, Q : 계획우수 유출량(㎥/sec)
C : 유출계수
I : 강우강도(㎜/hr)
A : 배수면적(ha)

(가) 계획 설계빈도

<표 5.4.9> 계획설계빈도

구 분	적용기준	2007년 기본계획	금회 기본계획
지선하수관로	C・A < 12ha	5년	10년
간선하수관로	C・A≧12ha	10년	30년*
주간선하수관로	C・A≧150ha	20년	30년

주) 2차 자문회의 의견 반영

(나) 강우강도 공식(I)

강우강도식은 계획설계빈도에 따라 금회 하수도정비기본계획상의 다음 식들을 적용함

<표 5.4.10> 강우강도 (I : mm/hr)

구 분	5년	10년	20년	30년	50년	100년
강우강도공식	$I=\frac{279.67}{t^{0.3828}}$	$I=\frac{331.44}{t^{0.3867}}$	$I=\frac{384.99}{t^{0.3925}}$	$I=\frac{419.35}{t^{0.3976}}$	$I=\frac{466.86}{t^{0.4058}}$	$I=\frac{537.89}{t^{0.4187}}$

(다) 유출계수(C)

○ 하수도시설기준의 총괄유출계수는 항목이 간단하여 공원이나 운동장, 농경지 등의 실제현황을 적용하기가 곤란하고. 하천설계기준의 유출계수 적용시 토질항목, 경사항목 등은 조사하기 매우 어려우며, 작물의 재배는 계절에 따라 변하므로 서로 절충한 금회 하수도정비기본계획의 유출계수를 반영함

<표 5.4.11> 토지 이용도에 따른 합리식의 추천 유출계수

토 지 이 용		유출계수(C)		토 지 이 용		유출계수(C)	
		범위	적용값			범위	적용값
상업지역	도심지역	0.70~0.95	0.83	운 동 장		0.20~0.35	0.28
	근린지역	0.50~0.70	0.60	공원, 묘역, 잔디		0.10~0.25	0.18
주거지역	단독주택	0.30~0.50	0.40	도 로	아스팔트	0.70~0.95	0.83
	독립주택단지	0.40~0.60	0.50		콘크리트	0.80~0.95	0.88
	연립주택단지	0.60~0.75	0.68		벽 돌	0.70~0.85	0.78
	교외지역	0.25~0.40	0.33	수 면		1.00	1.00
	아 파 트	0.50~0.70	0.70	경 작 지		0.10~0.25	0.18
산업지역	산재지역	0.50~0.80	0.65	미개발지역(공 지)		0.10~0.30	0.20
	밀집지역	0.60~0.90	0.75	나 지		0.30~0.40	0.35
상습침수지역		-	0.80	산지	급경사 산지	0.40~0.60	0.50
철 로		0.20~0.40	0.30		완경사 산지	0.20~0.40	0.30

※자료 : 하수도시설기준(2011, 환경부), 하천설계기준(2002, 건교부)

(2) 유달시간(T)

○ 유달시간은 유입시간과 유하시간의 합으로서 “하수도시설기준(2011, 환경부)”에 따라 적용됨

유달시간 $T = t_1 + t_2$

여기서, t_1 : 유입시간(분)
t_2 : 유하시간(분)
L : 거리(m)
V : 유속(m/sec)

-유입시간

유입시간은 우리나라에서 일반적으로 많이 사용되고 있는 하수도시설기준의

유입시간을 적용하고 산지에 대해서는 이론적 산정식인 Kerby식을 적용하였됨
: 간선관로 5분, 지선관로 7분, 산지지역 Kerby식

<표 5.4.12> 유입시간의 표준값

우리나라에서 일반적으로 사용되고 있는 유입시간		미국 토목 학회	
인구밀도가 큰 지역	5분	완전포장 및 하수도가 완비된 밀집지구	5분
인구밀도가 작은 지역	10분		
간선 관로	5분	비교적 경사도가 적은 발전지구	10~15분
지선 관로	7~10분		
평 균	7분	평지의 주택지구	20~30분

※자료 : 하수도시설기준(2011, 환경부)

○ 산지지역 유입시간(t1)

$$\text{Kerby식} : t_1 = 1.44\left(\frac{L \times n}{\sqrt{S}}\right)^{0.467}$$

여기서, t_1 : 유입시간(min)
L : 사면거리(m)
S : 사면경사
n : 조도계수와 유사한 지체계수

<표 5.4.13> Kerby식의 지체계수(n)

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

※자료 : 하수도시설기준(2011, 환경부)

(3) 유하시간

○ 유하시간은 관로구간마다의 거리와 계획유량에 대한 유속으로부터 구한 구간당 유하시간을 합하여 구함

$$t_0 = \frac{L}{V} \times \frac{1}{60}$$

t_0 : 유하시간(min)

L : 구간당 관로연장(m)

V : 관내 평균유속(m/sec)

2. 폭우 재난 대비 상황별 도시 대피 시나리오 설정

○ 위에 정리된 강우분석을 적용한 경우에 따른 상황을 만들어 침수 발생을 대비하여 적용하려 한다. 빈도별 시간흐름에 따른 침수영역을 경계로 하여 단계적으로 도시 대피 시나리오를 적용함

<표 5.4.14> 강우빈도 및 시강통보에 따른 시나리오

구 분	구분 기준	
	빈 도	강우량(60분)
Scenario-1	10년	67.8 mm/hr
Scenario-2	50년	87.4 mm/hr
Scenario-3	100년	94.9 mm/hr
Scenario-4	200년	102.1 mm/hr
Scenario-5	호우경보	180 mm/day
Scenario-6	호우주의보	110 mm/day

시나리오의 기준은 강우빈도, 강우량, 강우시간, 기상통보 범위 등을 고려 하여 설정하였으며, 도시지역의 집중 홍우를 대비하여 60분동안 내리는 강우를 적용하여 해당지역이 빈도에따라 어떤 형식으로 침수영역이 확장 되어나가는지를 확인할 수 있을 것임. 강우의 강도에 따라 시민의 대피소와 대피로의 범위가 달라져 조금 더 안전하고 빠른 대피를 대비 할 수 있을 것으로 보여짐

3. 관거자료

○ 본 연구에서 사용된 관거자료는 인천광역시에서 2004년말 까지 구축된 「GIS 연동 하수관망 자료」와 관거해석을 위한 지반고, 관저고 자료는 (주)삼안에서 실제 조사ㆍ측량한 자료를 이용하였음. 아울러 수치모의 시 각각의 대안에 대하여 기존관거의 확장 및 신설을 감안하여 수정한 관거자료를 사용하였음. 해석되는 간선하수관거의 직경은 D=800 ㎜이상으로 하여 모의 하였으며 관망 자료에 대한 정확성을 향상시키기 위하여 2004년 말까지 구축한 GIS 자료 및 여기에 문제가 있는 것으로 판단한 관로에 대하여는 조사 및 측량을 실시하여 보완한 자료를 사용함

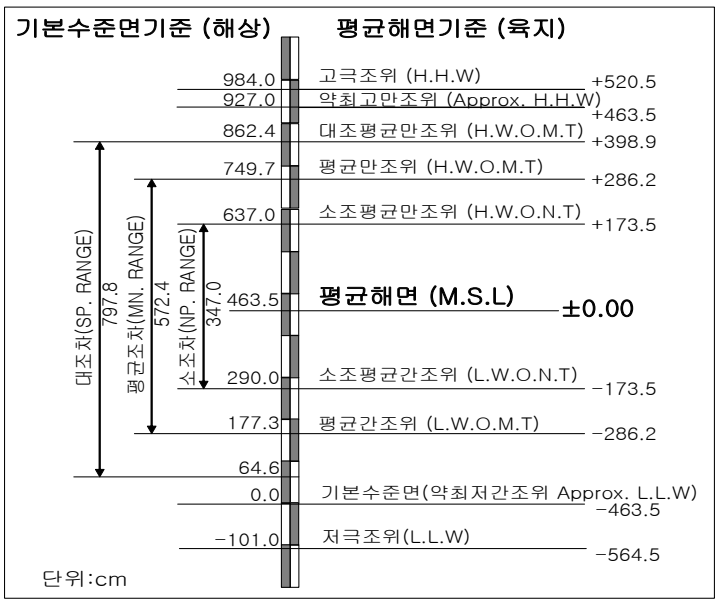
4. 하류경계조건

가. 조위변화

○인천지역의 하수도는 주 관로와 연결된 하천을 통하여 바다로 직접 방류되거나 하천 하류부에 설치된 유수지를 통하여 펌프 또는 자연유하로 바다로 방류되기 때문에 바다의 조위 변화가 하천 및 하수도의 수위변화에 크게 영향을 미침

○인천지역은 조석의 간만 차이가 9 m에 이르는 점을 감안할 때 수치해석 시 조석의 간만차이를 반드시 고려하여야 할 것이며, 특히 만조시에 내리는 강우일 경우가 가장 침수피해가 커짐

○따라서 홍수와 만조위가 겹칠 때에 대한 수리학적 검토 시 해수면의 어느 높이를 배수위 계산의 기준 해수면으로 하느냐 하는 문제가 제기됨. 통상은 최대 홍수시점과 한 달에 한 번 정도 일어나는 약 최고 만조위와 일치하는 것은 쉽지 않을 것으로 보이지만 홍수에 대한 침수피해를 최소화하기 위해서는 홍수와 만조위가 일치하는 경우에 대하여 수위를 검토하면 다른 경우에 대하여도 안전할 것임. 이와 같은 조건을 외부경계조건으로 설정이 가능하며 이를 위하여 활용된 인천지역의 조위변화는 <그림 5.4.9>과 같이 보여짐



<그림 5.4.9> 대상지역 내 조위표

나. 인천교 유수지

○인천교 매립지에서 배출되는 우수는 인천교 유수지를 통하여 바다로 배출됨. 현재 유수지의 용량은 1984년 인천교 매립을 위하여 검토된 이후 3회의 증설 공사 및 하상준설공사를 거쳐서 2,332,620 ㎥(인천교유수지+석남유수지+관로내 저류용량 포함)에 이르고 있으며, 이를 배제하기 위한 수문 2개(제1수문 및 제2수문)가 설치되어 있어 총 토출용량 95 ㎥/sec(5,700 ㎥/min)을 가진 펌프 12대(600HP 5대, 1,350HP 7대)가 설치됨

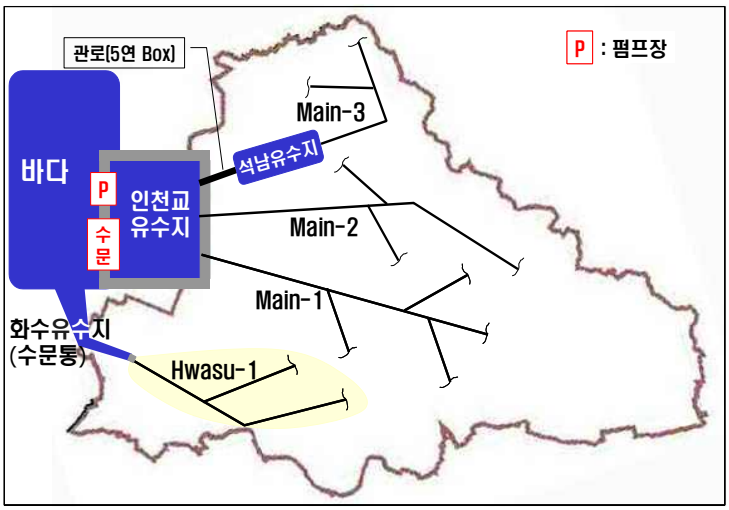
○총 유수지용량 2,332,620 ㎥은 석남유수지의 용량이 540,000 ㎥이고 관거내 저류용량(기존검토사항)이 547,412 ㎥로 인천교 유수지의 용량은 1,245,208 ㎥임

○현재 인천광역시 동구청에서 제시된 자료(2003)에 의하면 유수지의 형상은 수면과 저류면의 표면적이 거의 동일하다. 즉, 1,245,208 ㎥의 용량이 EL.(+)4.425의 유수지 계획만수위(H.W.L)와 EL.(-)2.435의 유수지 계획 저수위(L.W.L)의 범위에서 운영되고 있으므로 이를 감안하면 유수지 수면적은 약 189,547 ㎡로 추정할 수 있음. 이는 유수지 1.0 m 상승 시마다 상류부 우수관로를 통하여 유하된 우수의 189,547㎥씩을 저류할 수 있는 용량을 의미함

○또한, 설치된 펌프 12대는 유수지의 수위가 지속적으로 상승(수문을 닫은 상태에서)하는 경우에도 95 ㎥/sec의 규모로 우수를 바다로 배출할 수 있음. 현재 인천교유수지와 연결된 관로는 <그림 5.4.10>에서 보는 바와 같이 크게 3종류로 인천교매립지 좌안의 관로, 우안의 관로 및 석남유수지를 통하여 인천교 유수지로 배출되는 관로로 이루어짐

<표 5.4.15> 인천교 유수지현황

구분			'84 수리검토	'88 수리검토	'90 수리검토	2000년 펌프장 증설공사
유수지및펌프장	강우량	확률기준년	10년	30년	30년	50년
		일강우량	-	220mm	235mm	298mm
		강우강도 공식	인천광역시 적용공식 (이원환식)	Mononobe 공식	Mononobe 공식	Mononobe 공식
	유출량	유출계수(C)	0.55	0.58	0.67	0.72
		도달시간(t)	1.5hr	1.5hr	1.5hr	-
		유역면적(A)	21.01㎢	30.72㎢	30.72㎢	-
		최대유출량	165.45㎥/sec	281.5㎥/sec	355.5㎥/sec	-
	유수지 최고수위		EL. 4.551	EL. 4.635	EL. 4.680	EL. 4.425
	유수지 바닥고		EL. -1.135	EL. -1.135	EL. -1.135	EL. -2.435
	유수지 용량검토		1,594,000㎥	2,020,000㎥	2,116,000㎥	2,332,620㎥
	유수지 외수위		약 최고만조위(Approx. H.H.W.L) : + 4.635m M.S.L : ± 0.00m 약 최저간조위(Approx. L.L.W.L) : -4.635m			



<그림 5.4.10> 인천교 유수지 인근 개략도

○ 따라서 인천교 유수지의 수위변화는 이와 같은 3개의 주관로를 통하여 유수지에 유입된 우수량이 동일 시간에 함께 유입된 것으로 고려되어야만 유수지의 수위변화를 올바르게 산정할 수 있음. 즉, 유수지에 유입된 우수량 U는

$$U = \Delta Q_{1.1} \cdot \Delta t + \Delta Q_{1.2} \cdot \Delta t + \Delta Q_{1.3} \cdot \Delta t + \Delta Q_{2.1} \cdot \Delta t + \Delta Q_{2.2} \cdot \Delta t +$$

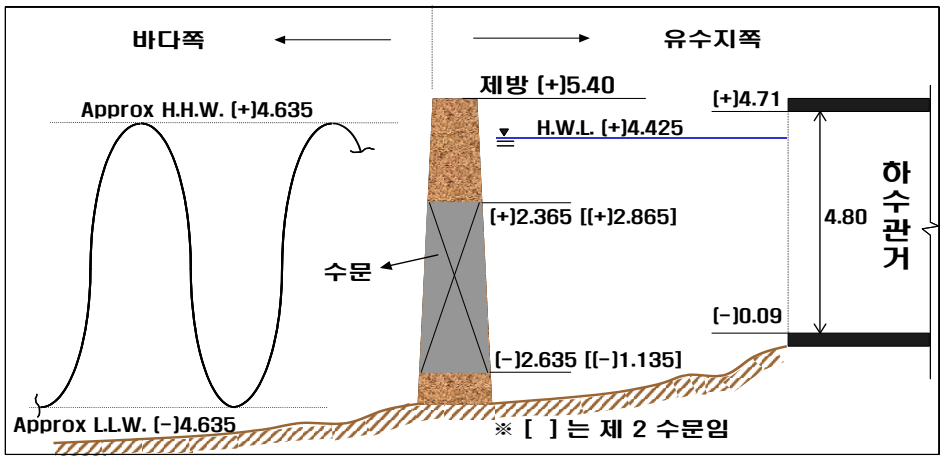
$$\Delta Q_{2.3} \cdot \Delta t + \cdots + \Delta Q_{n,1} \cdot \Delta t + \Delta Q_{n.2} \cdot \Delta t + \Delta Q_{n,3} \cdot \Delta t$$

$$= \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{3} \Delta Q_{i,j} \cdot \Delta t$$

○ 여기에서, Δt는 미소시간(홍수량계산시간, s), $\Delta Q_{i,1}$: 인천교 좌안의 배출량(㎥/s), $\Delta Q_{i,2}$: 인천교 우안의 배출량(㎥/s), $\Delta Q_{i,3}$: 석남 유수지를 통한 배출량(㎥/s), n : 강우배출을 위한 계산 개수

○ 이와 같은 산출된 우수배출량은 바다의 조위에 따라 수문을 통하여 배출되거나 수문이 닫혀져 있는 상태에서 펌프에 의존하여 바다로 배출됨

○ 펌프에 의하여 배제되는 경우 유수지의 수위상승은 유수지 유입량에서 펌프에 의하여 배출되는 95 ㎥/sec(유수지 수위에 따라 약간의 차이가 있지만 본 계산에서는 동일하게 배출되는 것으로 가정하였음)을 제외한 나머지 유량이 유역면적 189,547 ㎡의 유수지를 동일한 깊이로 상승시키게 됨. 이를 그림으로 도시하면 <그림 5.4.11>와 같음



<그림 5.4.11> 유수지 내 우수 배제 체계

○ 그림 7.19에서 보는 바와 같이 수문이 상당히 낮게 설치되어 있으므로 바다의 조위가 (+)2.865[제1수문의 경우는 (+)2.365]이상인 경우에는 수문은 거의 사용할 수 없음. 따라서 본 통수능 검토에서는 조위가 (+)2.865보다 큰 시간이 가장 길고 수문에 의한 유하는 최소인 것을 감안하기 위하여 홍수가 조위 (+)2.865 m일 때 시작되고 점차 수위가 상승하도록 계획함

○우수배출량에 유수지 수위가 미치는 영향은 매우 큼. 즉, 강우시작 시 유수지의 수위가 어느 상태에 있느냐에 따라 상류부에 침수가 발생하기도 하고 상류부에 침수가 발생하지 않기도 함. 따라서 본 연구에서는 홍수 시 인천교 유수지를 (-)1.00로 유지하고 강우가 시작되면서 펌프를 가동하여 초기 유수지 수위를 저하시키도록 함으로써 상류부 관로 내 수위저하에 기여하고 유수지 저류용량을 증가시키도록 가정함

제5절 수치모형 적용결과

1.수치모형 적용

가. 시나리오 구성 및 적용(2차년 연구)

○공원저류의 경우 다양한 측면에서 고려 될 수 있으며, 공원 내 저류시설을 설치하는 방법을 고려할 수도 있고 공원의 수경시설에 의한 저류와 공원 내 녹지에 의한 침투 측면에서도 우수를 저류하여 침수개선에 효과를 분석 할 수 있음

○본 연구에서는 공원의 집중호우 방재 측면에 대해 지상 및 지하 공간을 모두 활용할 수 있는 방안 조사를 통하여 검토해본 결과 인천 서구 지역의 공원을 선정. 가좌완충녹지공원, 십정녹지공원 기준으로 공원에 우수를 저류 시킬 수 있는 방안을 모색함. 선정된 가좌 완충녹지공원, 십정녹지공원은 다양한 형태로 우수를 저류하는 시설이 배치되어있으며 연못이나 수로뿐만 아니라 산책로를 따라 수로를 연결하여 우수를 저류하고 있음. 이러한 공원 저류 개념을 두 곳의 공원에 적용하고자 함

○본 연구의 집중호우 방지 대책으로 저류를 이용하여 내수 침수 등 범람이 나타나지 않도록 하기 위하여 4가지의 시나리오를 지정하였음

<표 5.5.1> 침수방재를 위한 시나리오

시 나 리 오	내 용
시나리오1	5년,10년,100년 빈도로 침수 현상 비교
시나리오2	지하 저류조를 설치 후 침수현상 비교
시나리오3	비점오염처리시설을 고려한 유출계수 변경에 따른 침수현상 비교
시나리오4	지하 저류조, 비점오염처리실을 함께 고려한 침수현상 비교

(1)가좌완충녹지공원

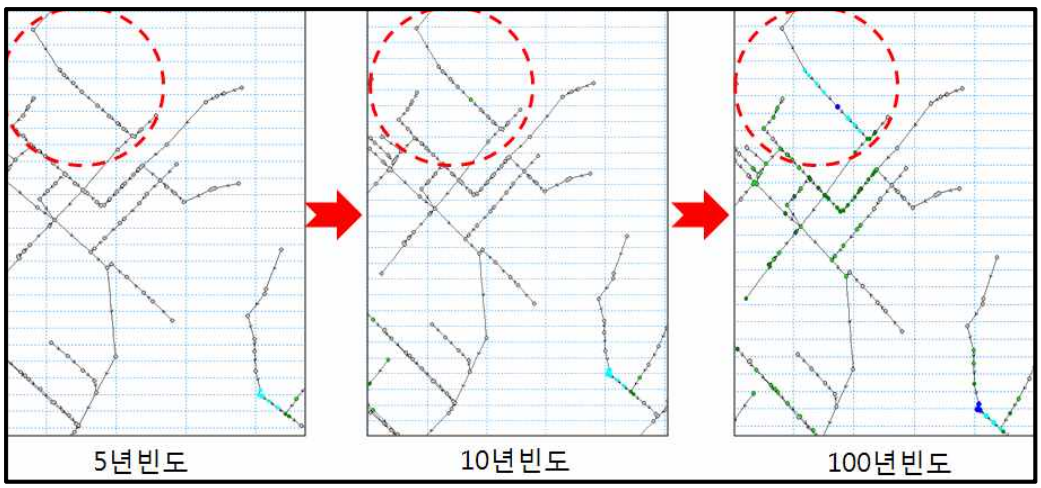


<그림 5.5.1> 인천 서구 가좌완충녹지공원

○가좌완충녹지 공원은 인천 서구 가좌 4동 318~464번지에 위치해 있고 조성년도는 2007년부터 2011년에 완공되었음. 면적은 45,000 ㎡이며, 주변지역으론 주거지역, 공업지역, 교육시설까지 위치해있는 침수 시 많은 피해가 나타날 곳으로 판단되어 서구의 공원·녹지 지역 중 선택 하나를 선택 함

(가) 시나리오 1

○우수관거의 기준이 되는 5년, 10년, 100년 빈도의 강우가 발생했을 때의 관거의 상태와 최근 문제시되는 집중강우의 경우를 적용 했을 경우를 비교 함



<그림 5.5.2> 빈도에 따른 관거 상태

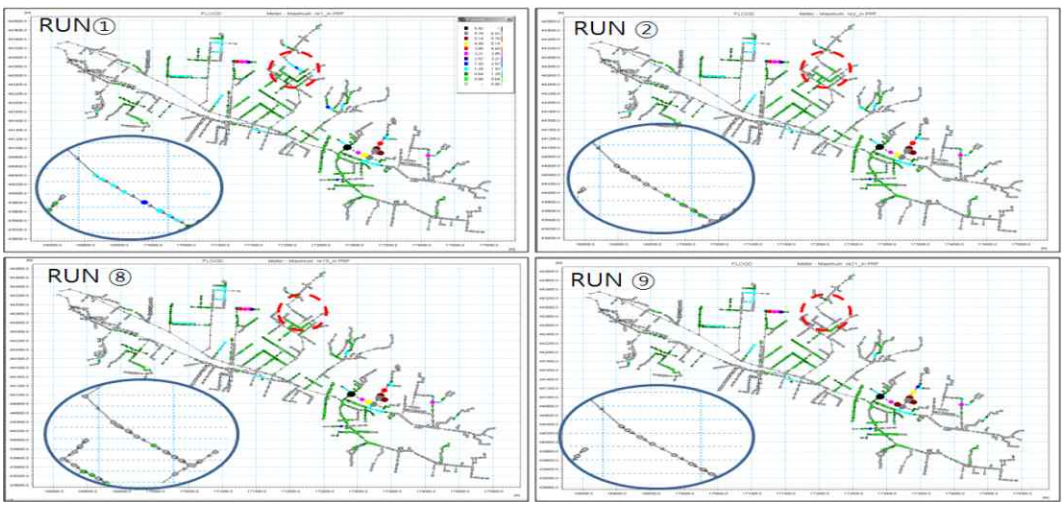
<표 5.5.2> 빈도별 강우 적용용량

빈　　도	용　　량(㎜/hr)
5년	59.8
10년	70.0
100년	102.8

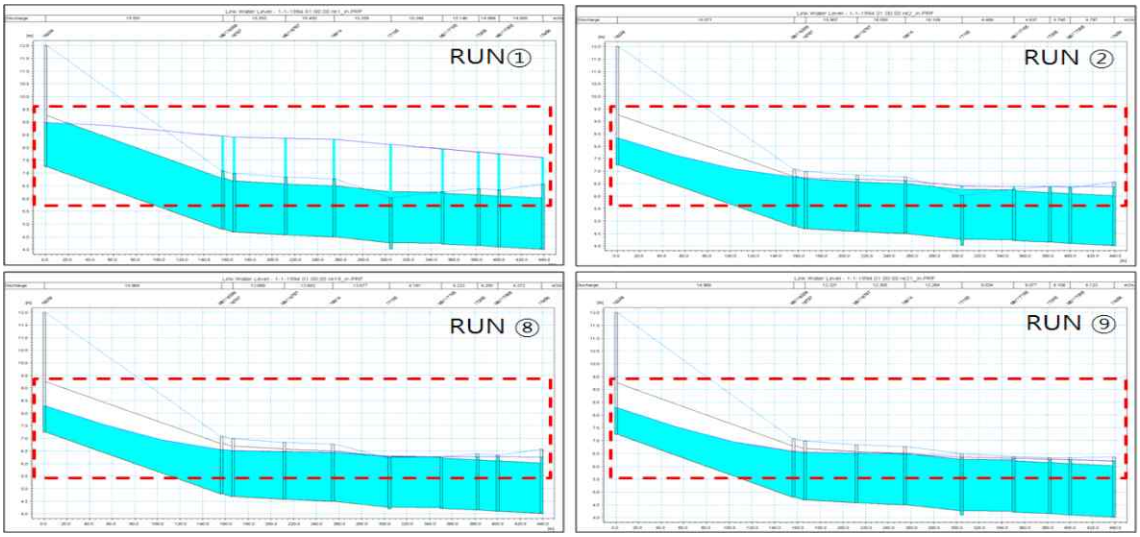
○5년 빈도의 강우를 적용한 결과는 우수관거에 침수는 나타나지 않았음. 많은 양의 강우도 아니며 충분한 용량을 가지고 있음. 그리고 10년 빈도의 강우를 적용한 결과 전체적으로 침수는 나타나지 않았으나 표고가 낮은 관거 부분에서 20 ㎝정도의 침수가 나타남. 그러나, 주변지역에 피해를 줄만한 영향정도는 아닌 것으로 판단됨. 마지막으로 집중강우시 영향을 보기위한 100년 빈도의 강우를 적용한 결과는 전체적으로 침수나 나타나는 것을 확인 할 수 있었으며, 이양은 주변지역에 수해를 입힐만한 유량 조건이었던 것으로 나타남

(나) 시나리오 2

○100년 빈도를 바탕으로 하여 폭우 모의 평가된 세 곳의 공원 중 가좌완충녹지공원, 침수가 일어난 곳의 공원을 중심으로 지하 저류조를 설치하여 급격한 도시화에 의한 불투수층의 집중호우에 대한 침수를 방재하고 강우에 흐름을 이용하여 빗물강우를 저류하려는 목적을 두고 있음. 지하 저류조의 용량결정은 '빗물저류조의 분산배치에 따른 첨두유출 저감효과분석(한두영 등, 2012)'을 바탕으로 100년 빈도강우를 감수하여 강우의 집수 면적의 20%로 산정함



<그림 5.5.3> 가좌완충 녹지공원의 지하저류조의 용량에 따른 관거의 침수



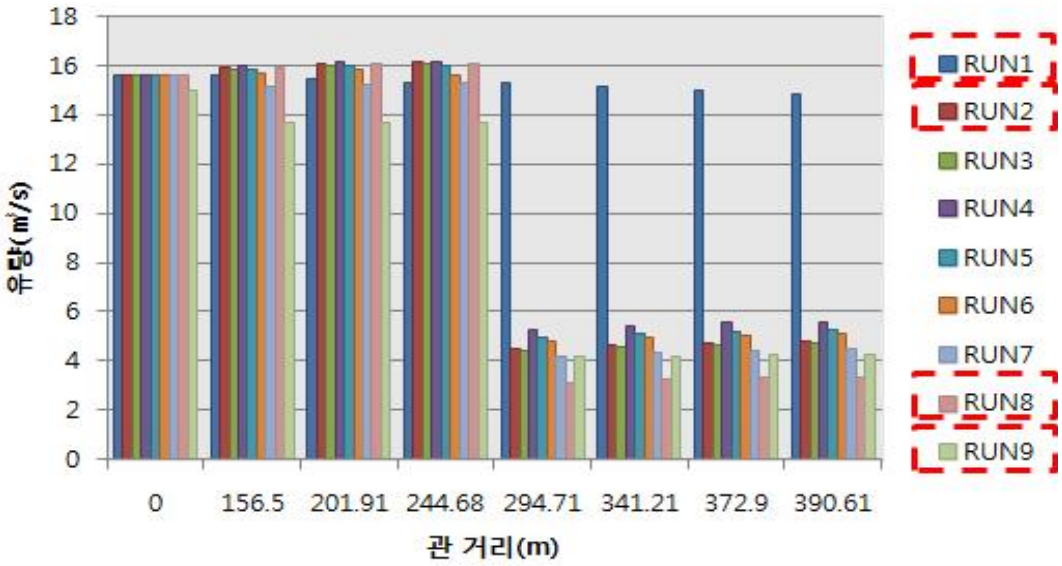
<그림 5.5.4> 가좌완충 녹지공원의 지하저류조의 용량에 따른 수위저하

○ <그림 5.5.4> 저류조의 용량에 따른 결과를 보여주고 있음. Run-1과 Run-2를 비교했을 때 지하 저류조는 작은 용량으로도 약 3 m가량의 수위가 저감되는 것으로 나타났음. 이는 많은 경제적 비용을 들지 않고 빈번히 침수가 발생하는 지역의 피해를 줄여줄 수 있을 것으로 판단됨. Run-8의 경우에는 점차적으로 기준이 되는 수위에 가까워졌으며, Run-9에서 비로소 집중강우에 침수피해를 방재 할 수 있었음. 각각의 저류조의 용량을 <표 5.5.3>와 같음

○ 집수면적의 기준용량보다 조금 큰 용량이긴 하나 100년 빈도의 강우이고, 안정성을 위해 약간의 과대치 용량산정을 하였고, 아래 결과 비교를 보면 Run-2의 작은 유량을 가지며 좋은 효과를 나타내는 것으로 보이고 지하저류조의 작은 용량으로도 큰 강우의 흐름을 줄일 수 있는 것으로 판단됨

<표 5.5.3> 가좌완충녹지공원 지하저류조 용량 산정

구분	집수면적 X 0.2(㎥)	저류조 용량(㎥)
Run-1	8,699	0
Run-2	8,699	7,853
Run-3	8,699	7,852
Run-4	8,699	10,000



<그림 5.5.5> 가좌완충녹지공원 관거 유량비교

○<그림 5.5.5>는 가좌완충 녹지공원의 관거에 흐르는 유량을 비교 하였음. 처음 Run-1은 아무것도 처리를 하지 않은 100년 빈도의 강우가 내렸을 때의 관거의 흐르는 유량의 양을 나타냄. 그리고, Run-2~Run-9까지는 지하 저류조의 설치 후 용량의 변화에 따른 결과임. Run-2에서도 확인할 수 있듯이 용량이 작은 저류조 하나 만으로 유량은 절반이상으로 절감하는 것을 볼 수 있었으며 한곳의 큰 저류조의 용량보단 작은 용량을 고루분포 하는 분포형 배치가 더욱 효과적인 것으로 나타남

(다) 시나리오 3

○시나리오 1을 바탕으로 침수가 일어나는 가좌완충녹지 지역의 비점오염시설을 적용하기 위해<표 5.5.4>을 바탕으로 유출계수를 변경하여 비교 분석됨

○<표 5.5.4>의 유출계수 범위를 보면 우수관거의 기초유출 계수의 표준치는 상업지역의 근린지역같은 경우는 0.5~0.7, 잔디와 수목이 많은 공원 지역은 0.1~0.25정도로 나타남. 비점오염처리시설이 증가 할수록 공원·녹지의 면적당 빈도가 넓어질 것을 반영하여 유출 계수를 0.5와 0.25그리고 0.1을 바꿔 가면서 적용. 유출계수의 변화에 따른 강우 유출의 저감을 비교함

<표 5.5.4> 토지 이용도에 따른 유출계수 범위

토지이용		유출계수	토지이용			유출계수
상업지역	도심지역	0.7-0.95	차도 및 보도			0.75-0.85
	근린지역	0.5-0.7				
주거	단독주택	0.3-0.5				
지역	독립단독주택	0.4-0.6				
	연립주택단지	0.6-0.75				
	교외지역	0.25-0.4	잔디	사질토	평탄지	0.05-0.1
	아파트	0.5-0.7			평균	0.1-0.15
산업지역	산재지역	0.5-0.8			경사지	0.15-0.2
				중토	평탄지	0.13-0.17
					평균	0.18-0.22
	밀집지역	0.6-0.9			경사지	0.15-0.2
			농경지	나지	평탄한 곳	0.3-0.6
					거친 곳	0.2-0.5
공원, 묘역 (잔디, 수목이 많은 지역)		0.05-0.25		경작지	작물 있음	0.3-0.6
					없음	0.2-0.5
운동장		0.2-0.35			작물 있음	0.2-0.4
					없음	0.1-0.25
철도		0.2-0.4		초지	사질토	0.15-0.45
미개발지역		0.1-0.3			중토	0.05-0.25
도로	아스팔트	0.7-0.95	산림지역			0.05-0.25
	콘크리트	0.8-0.95				
	벽돌	0.7-0.85				

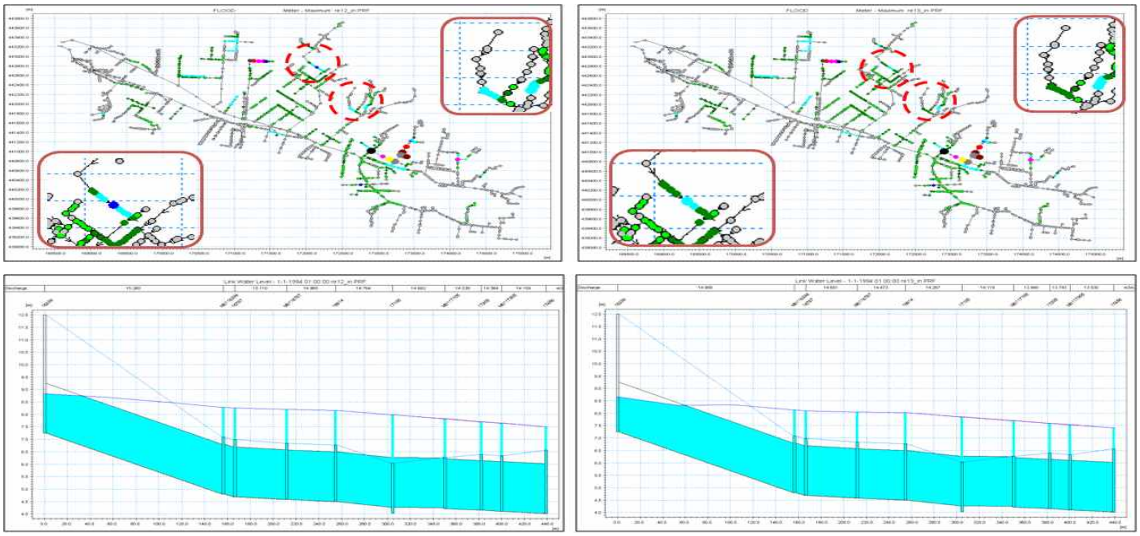
<표 5.5.5> 유출계수 적용 현황

토지이용		유출계수
상업지역	근린지역	0.7~0.5
공원, 녹지	잔디, 수목이 많고, 비점오염처리 시설 설치	0.25~0.05

<표 5.5.6> 공원의 녹지 면적에 따른 유출계수

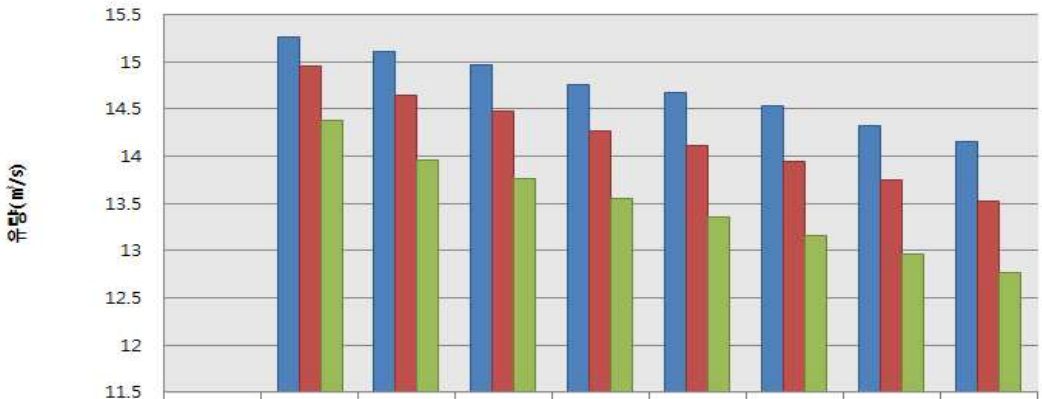
범 위	유 출 계 수	적 용
50~60	0.25	
60~70	0.2	
70~80	0.15	○
80~90	0.1	
90~100	0.05	

○ 가좌완충녹지공원의 유출계수는 공원전체 면적 중 녹지의 비중이 70~80%의 결과로 나타나 가좌완충녹지공원의 유출계수를 0.15로 적용함. 그리고 해당지역의 유출계수로 침수 저감 정도를 분석하기 위하여 근린지역일 경우와 녹지의 비율이 50~60% 일 때의 상황의 유출계수를 적용하여 유출계수 0.15일 때 침수저감 효과를 비교 · 검토함



<그림 5.5.6> 비점오염처리시설을 고려한 유출계수 변화 비교

○ 유출계수의 변화에 따른 Node의 나타나는 침수의정도가 낮아지는 것을 확인 할 수 있다. 조금 더 자세한 결과는 <그림 5.5.6>을 참고



	0	156.5	201.91	244.68	294.71	341.21	372.9	390.61	429.62
유출계수 0.5		15.26	15.11	14.965	14.764	14.682	14.538	14.33	14.159
유출계수 0.25		14.958	14.651	14.473	14.267	14.119	13.94	13.743	13.53
유출계수 0.15		14.382	13.964	13.759	13.546	13.36	13.165	12.966	12.762

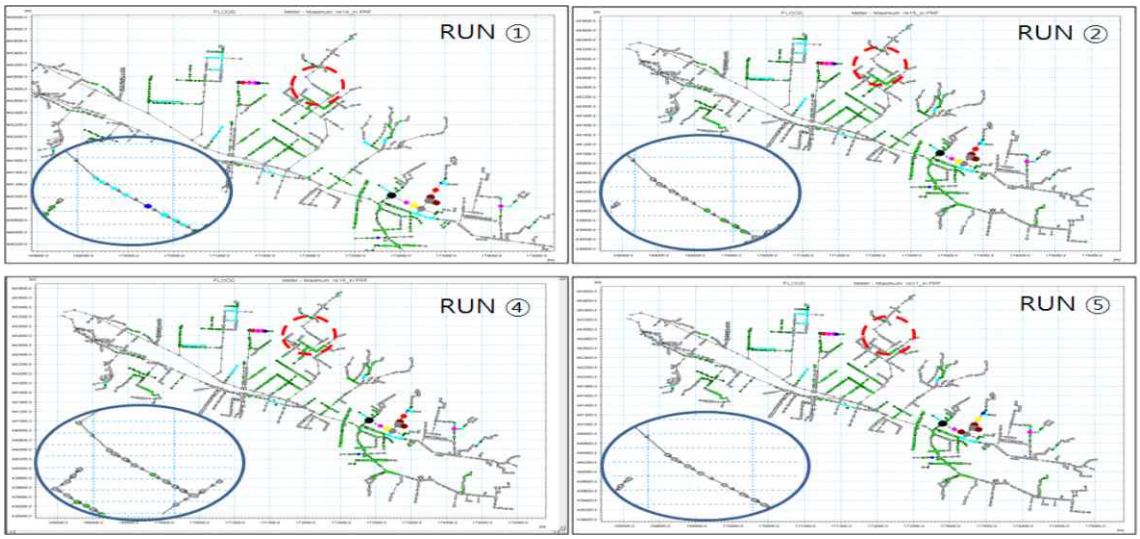
<그림 5.5.7> 가좌완충녹지공원의 유출계수를 이용한 관거 유량비교

○ 유출계수의 조건의 3가지로 두고 결과를 비교함. 처음 상업지역 근처 근린지역의 유출계수 0.5를 기준으로 잔디, 수목이 많은 녹지공원을 고려해 유출계수를 0.25, 0.15로 변경하였을 때 초기 우수저감을 목표로 점감되는 유량 비교 하였을 때 유출계수 0.25일 때는 0.3~0.6 ㎥/s가 줄어들었고 유출계수가 0.1일 땐 1~1.4 ㎥/s 까지 줄어들었음. 이정도의 저감으로 집중강우로 인한 침수를 막을 수는 없으나 초기 강우를 잡아주는 효과로 첨두 유출시간을 늦추어 침수에 영향을 줄일 수는 있음. 가좌완충녹지공원의 관거의 특징으로는 경

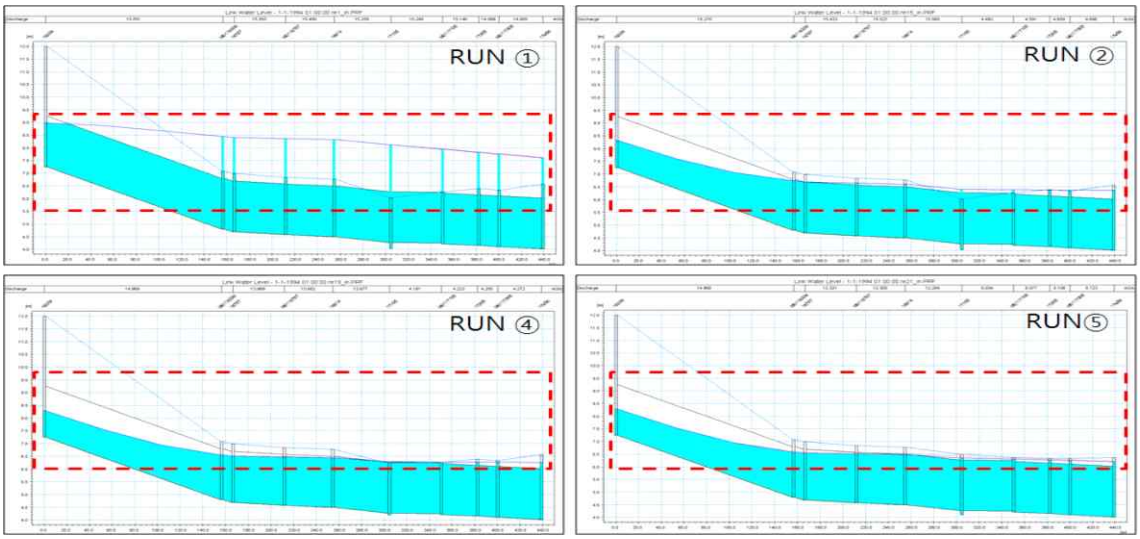
사가 급하고 2.0m의 관지름을 가지고 있어 강우흐름에 많은 유량을 흘려보낼 수 있는 능력이 있음

(라) 시나리오 4

○ 앞에서 다룬 시나리오 2,3의 결과를 봤을 때, 집중강우에 의해 침수가 일어나고 주변지역에 많은 피해가 나타날 수 있을 때 유출계수와 지하 저류조를 이용해 경제적이고 침수 저감에 적합한 상태를 비교 분석 하였음



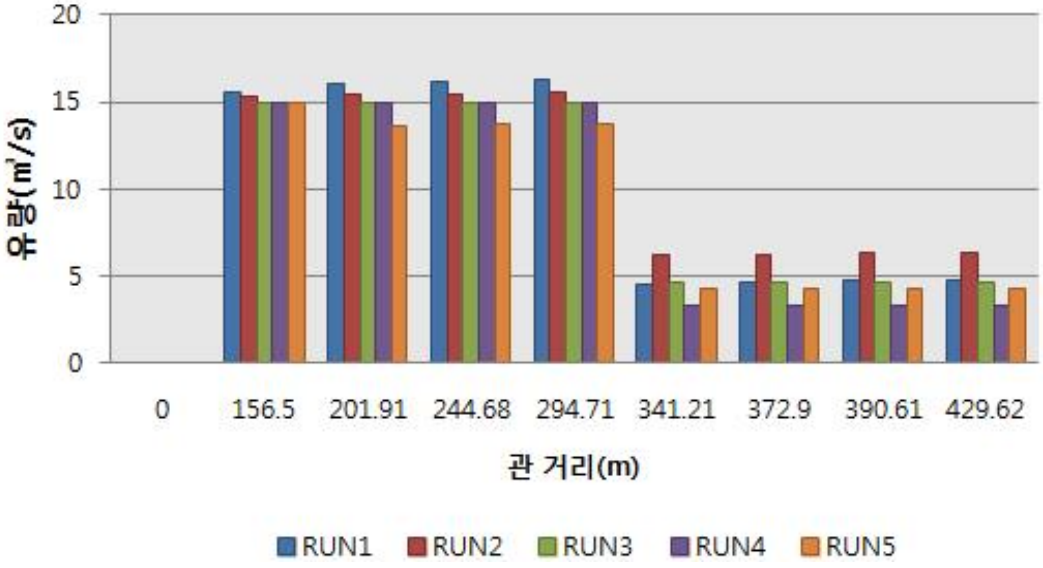
<그림 5.5.8> 가좌완충녹지공원의 지하 저류조와 유출계수 적용



<그림 5.5.9> 가좌완충녹지공원의 관거 수위저하

○ 지하 저류조와 유출계수를 적용한 결과 큰 강우에서 작은 용량의 저류조만으로도 수위를 3 m가량을 낮추어 주었음. 그러나 가좌완충녹지공원에 비교적 표고가 낮은 곳에서 약 0.2 m의 침수가 났으며 낮은 지역의 침수 잡기는 다양

한 위치와 다양한 양의 저류조를 위치한 후 침수를 잡게 됨(그림 5.5.9)



<그림 5.5.10> 시나리오4의 모의결과

○ 시나리오 4의 결과는 시나리오 2의 지하저류조의 설치한 경우와 비슷한 결과를 나타 내었으나, 확실히 작은 용량의 저류조로도 큰 강우유출을 저감시킬 수 있었으나 유출계수 변화만으로는 결과는 미미하며, 집중강우가 나타났을 때 큰 효과를 나타내는 것은 지하 저류조를 이용하는 것을 비중을 크게 하고 유출계수는 지하 저류조 용량산정에는 초기 강우나 지표면의 오염된 강우를 처리하고 나머지는 지하 저류조에 강우를 집수하여 강우의 영향을 줄이는 것이 효과적인 것으로 나타남

○ 지정된 구역에 관거의 특징에 따라 저류조의 설치 위치나 용량의 차이가 나타났으며 처음 작은 용량의 저류조만으로도 초기 피해가 큰 강우량의 흐름을 줄일 수 있음

(2)십정녹지공원

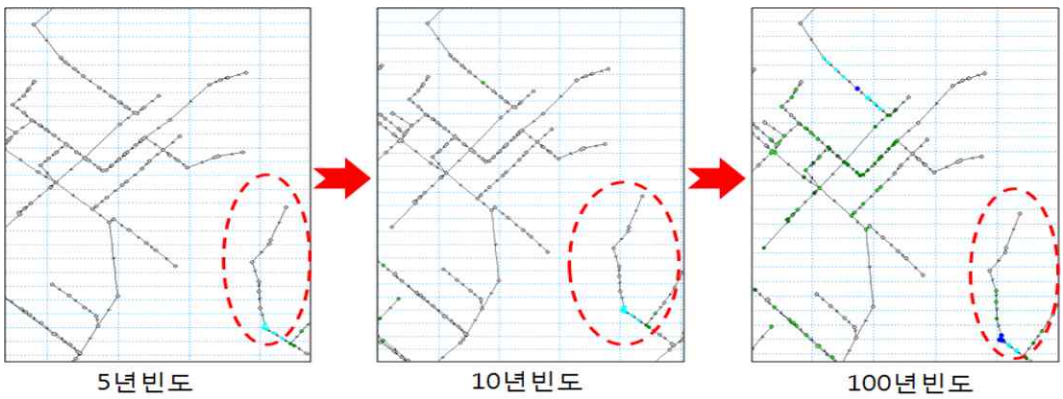


<그림 5.5.11> 인천 서구 십정녹지공원

○십정녹지공원은 인천 부평구 십정동 273번지에 위치하며 조성년도는 2006년에 착공하여 2008년에 완공되었음. 주변지역엔 주거지역과, 공업지역 등으로 다양하게 분포 되였으며, 특징으로는 시민들이 이용할 수 있는 운동시설이 많고 십정공원 하부엔 인공수로가 조성되어있음. 면적은 43,500 ㎡로 구성되어 있음. 십정녹지공원은 우수 범람과 침수가 빈번히 일어나고, 주변지역보다 지형이 낮다는 특징을 가지고 있어 프로그램을 이용하여 집중호우 시 침수 방지할 수 있는 대안을 제시함

(가) 시나리오 1

○우수관거의 기준이 되는 5년, 10년, 100년 빈도의 강우가 발생했을 때의 관거의 상태와 최근 문제시되는 집중강우의 경우를 적용 했을 경우를 비교 함



<그림 5.5.12> 십정녹지공원의 빈도에 따른 관거 상태

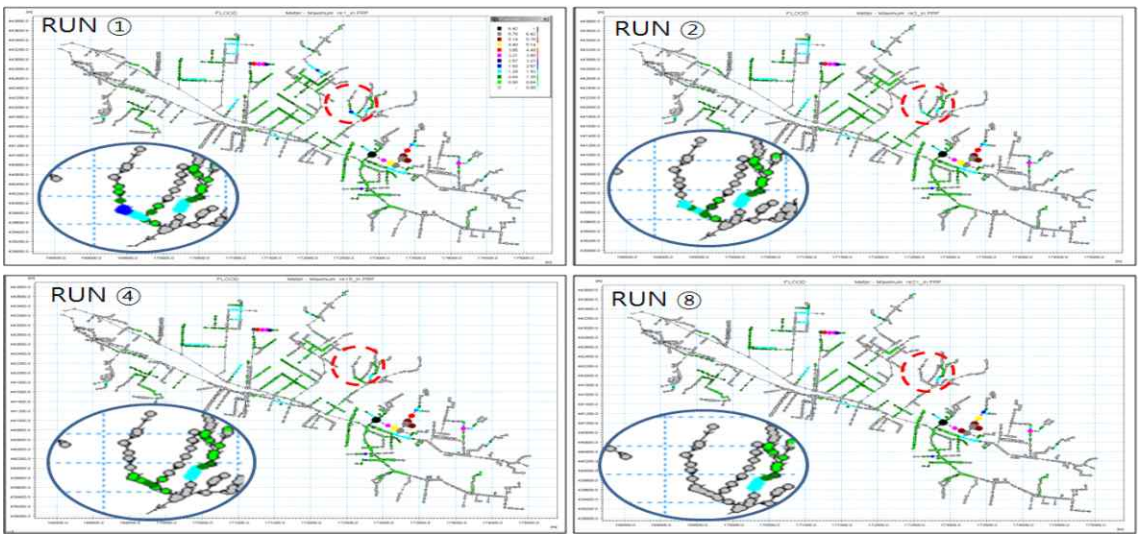
<표 5.5.7> 빈도별 강우 적용용량

빈　　도	용　　량(㎜/hr)
5년	59.8
10년	70
100년	102.8

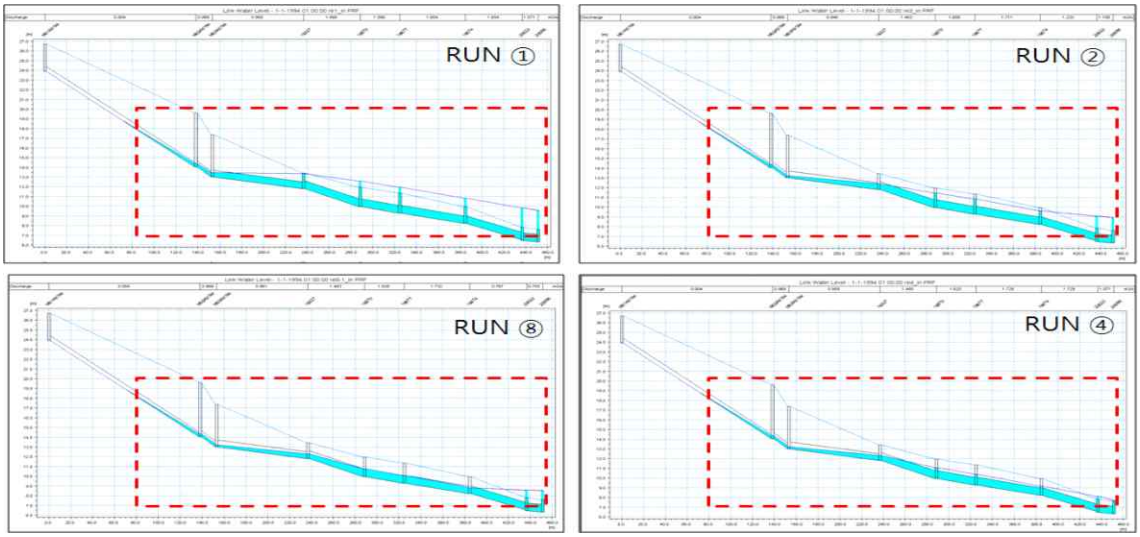
○5년 빈도의 강우를 적용한 결과는 우수관거에 침수는 나타나지 않음. 많은 양의강우도 아니며 충분한 용량을 가지고 있음. 그리고 10년 빈도의 강우를 적용한 결과 전체적으로 침수는 나타나지 않았으나 하류부에 약간의 침수가 나타났음. 그러나 주변지역에 피해를 줄만한 영향은 나타나지 않은 것으로 나타났음. 마지막으로 집중강우시 영향을 보기위한 100년 빈도의 강우를 적용한 결과는 중간지역부터 침수가나 하류에 많은 강우가 몰리는 현상이 나타나는 것을 확인 할 수 있었으며, 침수량은 주변지역에 수해를 입힐만한 유량 조건이었던 것으로 나타남

(나) 시나리오 2

○100년 빈도를 바탕으로 하여 폭우 모의 평가된 세 곳의 공원 중 십정녹지공원에 침수가 일어난 곳의 공원을 중심으로 지하 저류조를 설치하여 급격한 도시화에 의한 불투수층의 집중호우에 대한 침수를 방재하고 강우에 흐름을 이용하여 빗물강우를 저류하려는 목적을 두고 있음. 지하 저류조의 용량결정은 ‘빗물저류조의 분산배치에 따른 첨두유출 저감효과 분석(한두영 등, 2012)’을 바탕으로 100년 빈도강우를 감수하여 강우의 집수 면적의 20%로 산정함



<그림 5.5.13> 십정녹지공원의 지하저류조의 용량에 따른 관거의 침수



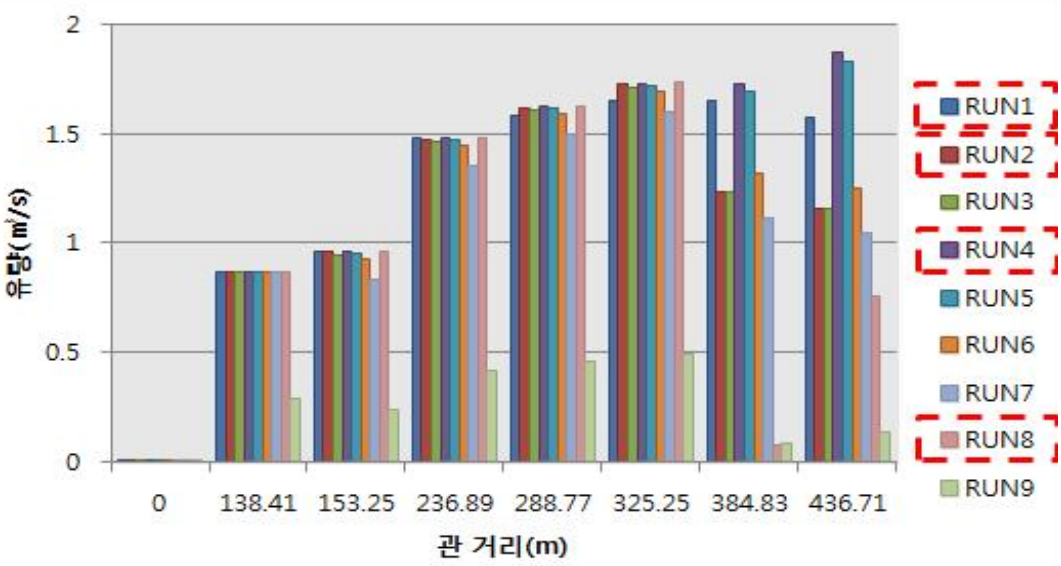
<그림 5.5.14> 십정녹지공원의 지하 저류조의 용량에 따른 수위저하

○ <그림 5.4.5>를 보면 저류조의 용량의 변화에 따른 결과를 보여주고 있음. Run-1과 Run-2를 비교했을 때 지하 저류조는 작은 용량으로도 약 하류 부에 1 m가량의 수위가 저감하는 것을 볼 수 있음. 이는 많은 경제적 비용을 들지 않고 빈번히 침수가 발생하는 지역의 피해를 줄여줄 수 있을 것으로 보임. Run-8에서는 점차적으로 기준이 되는 수위에 가까워졌으며, Run-4에서는 됐을 땐 비로소 집중강우에 침수피해를 방재 할 수 있음. 각각의 저류조의 용량을 <표 5.5.8> 같음

<표 5.5.8> 십정녹지공원 지하 저류조 용량 산정

구분	집수면적 X 0.2(㎥)	저류조 용량(㎥)
Run-1	8,853	0
Run-2	8,853	7,853
Run-4	8,853	10,000
Run-9	8,853	9,000

○ 집수면적의 기준용량보다 조금 큰 용량이긴 하나 100년 빈도의 강우이고, 안정성을 위해 약간의 과대치 용량산정을 하였고, 아래 결과 비교를 보면 Run-2의 작은 유량을 가지며 좋은 효과를 나타내는 것으로 보이고 지하저류조의 작은 용량으로도 큰 강우의 흐름을 줄일 수 있는 것으로 판단됨



<그림 5.5.15> 십정녹지공원의 관거유량비교

○ <그림 5.4.9>은 수치모의 테스트 결과임. 십정녹지공원 관거에 흐르는 유량을 비교 한 것임. 처음 Run-1은 아무 처리를 하지 않은 100년 빈도의 강우가 내렸을 때의 관거의 흐르는 유량의 양을 나타남. 그리고 Run-2~Run-9 까지는 지하 저류조의 설치 후 용량의 변화에 따른 결과임. 십정녹지공원은 지형적 특성에 의해 관 지름이 좁고 경사가 급하다는 조건이 있어 상류부분은 저류조의 영향을 많이 받지는 않음. 그래서 저류조 용량을 증가시 하류부분에 많은 영향이 나타나는 것을 볼 수 있음. 가장 좋은 케이스는 Run-4임. 관거 하부에 저류조를 설치하여 침수는 일어나지 않고 유량은 가장 많이 나오지만 범람되지 않고 빠른 유속으로 물이 강우가 흘러 나가는 것을 볼 수 있었음

(다) 시나리오 3

○ 시나리오 1을 바탕으로 침수가 일어나는 십정녹지공원지역의 비점오염시설을 적용하기 위해 <표 5.5.9>을 바탕으로 유출계수를 변경하여 비교 분석하였음

<표 5.5.9> 토지 이용도에 따른 유출계수 범위

토지이용		유출계수	토지이용			유출계수
상업지역	도심지역	0.7-0.95	차도 및 보도			0.75-0.85
	근린지역	0.5-0.7				
주거	단독주택	0.3-0.5				
지역	독립단독주택	0.4-0.6				
	연립주택단지	0.6-0.75				
	교외지역	0.25-0.4	잔디	사질토	평탄지	0.05-0.1
	아파트	0.5-0.7			평균	0.1-0.15
산업지역	산재지역	0.5-0.8			경사지	0.15-0.2
				중토	평탄지	0.13-0.17
					평균	0.18-0.22
	밀집지역	0.6-0.9			경사지	0.15-0.2
			농경지	나지	평탄한 곳	0.3-0.6
					거친 곳	0.2-0.5
공원, 묘역 (잔디, 수목이 많은 지역)		0.05-0.25		경작지	작물 있음	0.3-0.6
					없음	0.2-0.5
운동장		0.2-0.35			작물 있음	0.2-0.4
					없음	0.1-0.25
철도		0.2-0.4		초지	사질토	0.15-0.45
미개발지역		0.1-0.3			중토	0.05-0.25
도로	아스팔트	0.7-0.95	산림지역			0.05-0.25
	콘크리트	0.8-0.95				
	벽돌	0.7-0.85				

○ <표 5.4.6>의 유출계수 범위를 보면 우수관거의 기초유출 계수의 표준치는 상업지역의 근린지역 같은 경우는 0.5~0.7, 잔디와 수목이 많은 공원 지역은 0.1~0.25정도로 나타남. 비점오염처리시설이 증가 할수록 공원·녹지의 면적당 빈도가 넓어질 것을 반영하여 유출 계수를 0.5와 0.25 그리고 0.1을 적용하였음. 유출계수의 변화에 따른 강우 유출의 저감을 비교 · 분석함

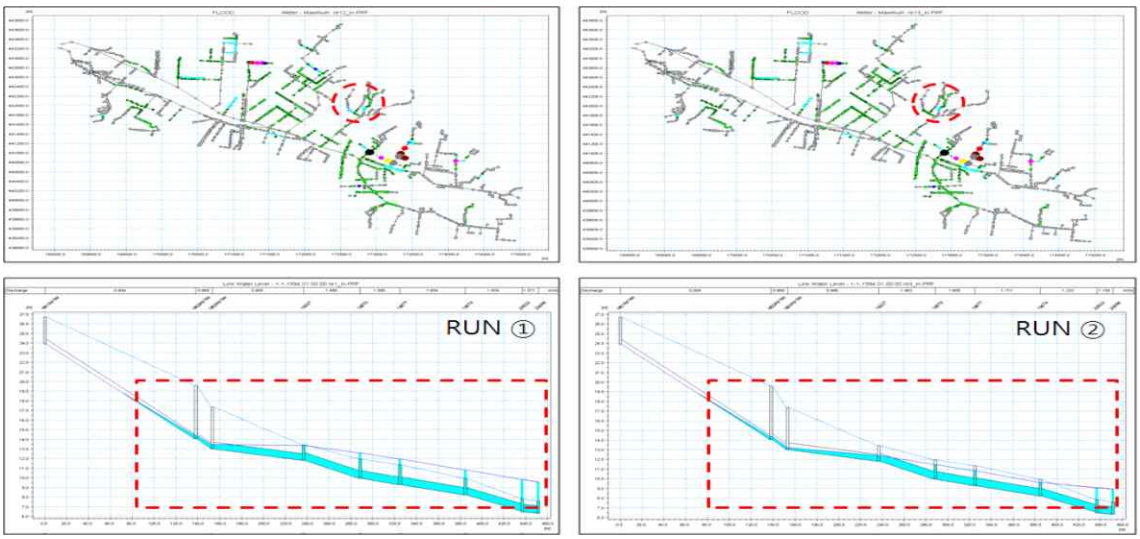
<표 5.5.10> 유출계수 적용 현황

토지이용		유출계수
상업지역	근린지역	0.7~0.5
공원, 녹지	잔디, 수목이 많고, 비점오염처리 시설 설치	0.25~0.05

<표 5.5..11> 공원의 녹지 면적에 따른 유출계수

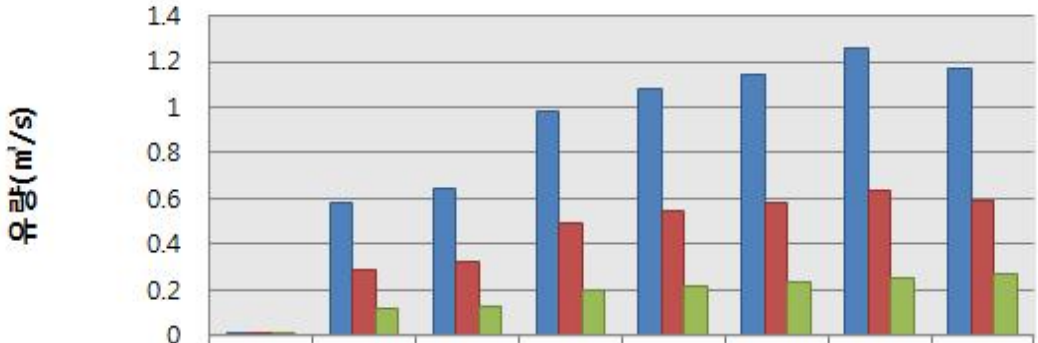
범 위	유 출 계 수	적 용
50~60	0.25	
60~70	0.2	
70~80	0.15	
80~90	0.1	○
90~100	0.05	

○ 십정녹지공원의 유출계수는 공원전체 면적 중 녹지의 비중이 80~90%의 결과로 나타나 십정녹지공원의 유출계수를 0.1로 적용하였음. 그리고 해당지역의 유출계수로 침수저감 정도를 분석하기 위하여 근린지역일 경우와 녹지의 비율이 50~60% 일 때의 상황의 유출계수를 적용하여 유출계수 0.1일 때 침수저감 효과를 비교 · 분석 함



<그림 5.5.16> 비점오염처리시설을 고려한 유출계수 변화 비교

○ 유출계수의 변화에 따른 Node의 나타나는 침수의 정도가 낮아지는 것을 확인 할 수 있음. 조금 더 자세한 결과는 <표 5.5.3>을 참고 할수 있음



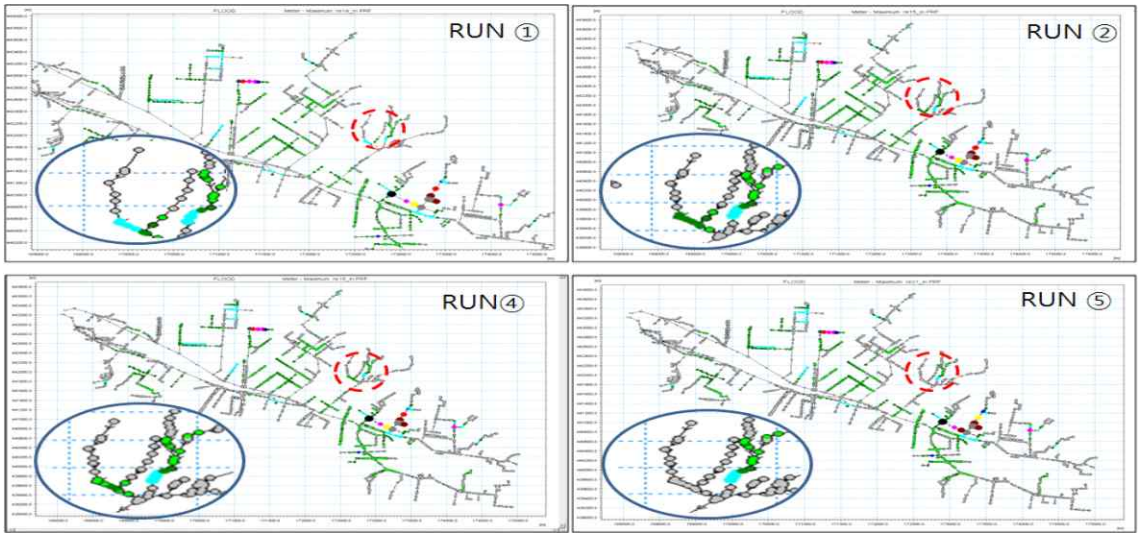
	0	138.41	153.25	236.89	288.77	325.25	384.83	436.71
유출계수 0.50	0.004	0.578	0.64	0.98	1.077	1.145	1.257	1.169
유출계수 0.25	0.004	0.291	0.322	0.496	0.544	0.578	0.632	0.591
유추계수 0.10	0.004	0.119	0.131	0.201	0.22	0.234	0.256	0.266

<그림 5.5.17> 십정녹지공원 유출계수를 이용한 관거의 유량

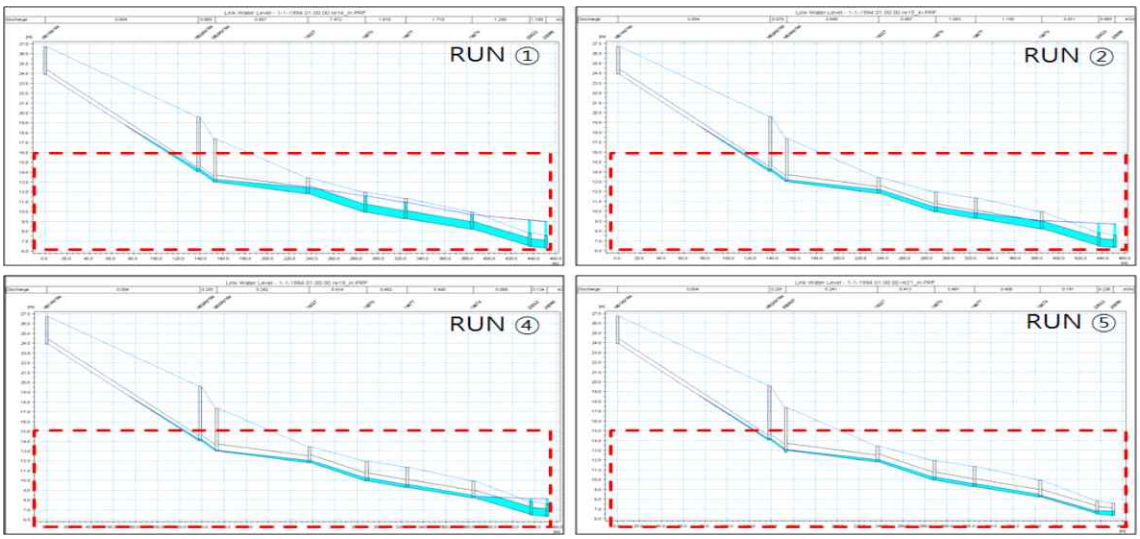
○유출 계수의 조건의 3가지로 두고 결과를 비교 하였음. 처음 상업지역 근처 근린지역의 유출계수 0.5를 기준으로 잔디, 수목이 많은 녹지공원을 고려해 유출계수를 0.25, 0.1로 변경 하였을 때 초기 우수저감을 목표로 점감되는 유량 비교 하였을 때 유출계수 0.25일 때는 0.3~0.6 ㎥/s가 줄어들었고 유출 계수가 0.1일땐 0.4~0.9 ㎥/s 까지 줄어들었음. 관거가 작아 유량이 적은 관계로 이정도의 저감으로 집중강우로 인한 침수를 막을 수는 없으나 초기 강우를 잡아주는 효과로 첨두 유출시간을 늦추어 침수에 영향을 줄일 수는 있음. 십정녹지공원의 관거의 특징으로는 경사가 급하고 0.5m의 관지름을 가지고 있어 강우흐름에 유량을 빨리 전달할 수 있음

(라) 시나리오 4

○앞에서 다룬 시나리오 2,3의 결과를 봤을 때, 집중강우에 의해 침수가 일어나고 주변지역에 많은 피해가 나타날 수 있을 때 유출계수와 지하 저류조를 이용해 경제적이고 침수 저감에 적합한 상태를 비교 · 분석함

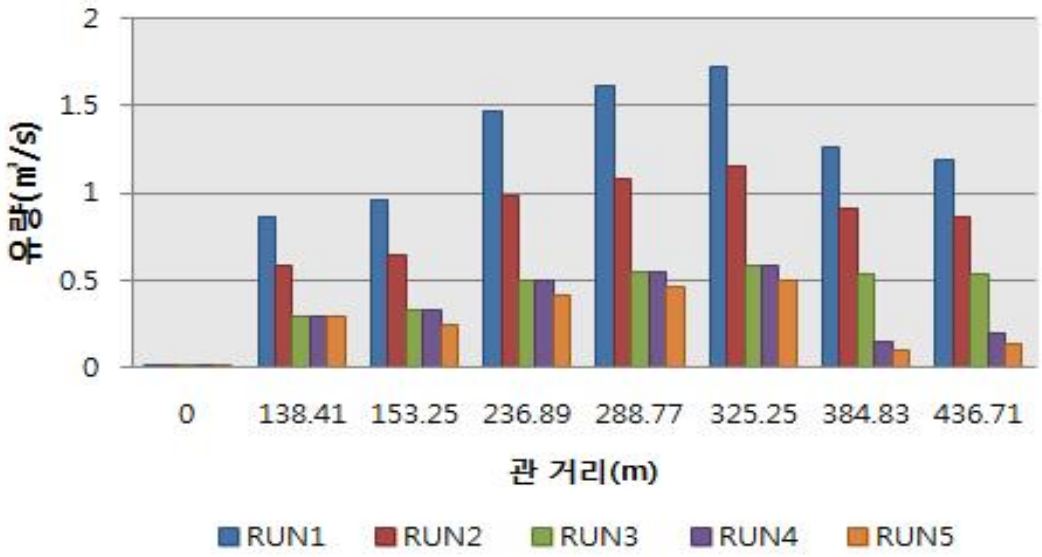


<그림 5.5.18> 십정녹지공원의 지하 저류조와 유출계수 복합적용



<그림 5.5.19> 십정녹지공원의 관거 수위저하

○지하 저류조와 유출계수를 적용한 결과 큰 강우에서 작은 용량의 저류조만으로도 수위를 1m가량을 낮추어 주었음. 그러나 십정녹지공원에 비교적 표고가 낮고 강우가 몰리는 하류부에서 약0.2m의 침수가 났으며 낮은 지역의 침수잡기는 다양한 위치와 다양한 양의 저류조를 위치한 후 침수를 잡을 수 있었음. 더욱더 자세한 결과로는 <그림 5.5.2>를 참고됨



<그림 5.5.20> 시나리오 4 모의결과

○ 시나리오 4의 결과는 시나리오 2의 지하저류조의 설치한 경우와 비슷한 결과를 나타 내었으나, 확실히 작은 용량의 저류조로도 큰 강우유출을 저감시킬 수 있었으나 유출계수 변화만으로는 결과는 미미함. 집중강우가 나타났을 때 큰 효과를 나타내는 것은 지하 저류조를 이용 하는 것을 비중을 크게 하고 유출계수는 지하 저류조 용량산정에는 초기 강우나 지표면의 오염된 강우를 처리하고 나머지는 지하 저류조에 강우를 집수하여 강우의 영향을 줄이는 것이 효과적인 것으로 나타남. 지정된 구역에 관거의 특징에 따라 저류조의 설치 위치나 용량의 차이가 나타났으며 처음 작은 용량의 저류조만으로도 초기 피해가 큰 강우량의 흐름을 줄일 수는 있었음

나. 인천시 서구전체의 침수모의

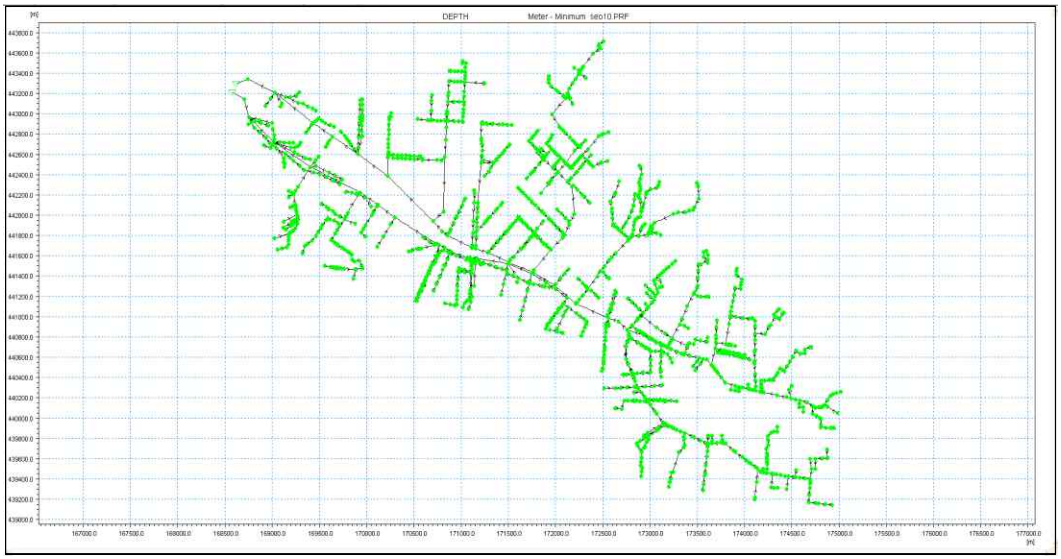
(1)가좌배수구역

○ 침수지역 : 가좌4동 가정여중 주변

<표 5.5.12> 가좌동 과거 침수 내용

구분	침수위치	배수구역	과거 침수내용						
			'97.8.4	'98.8.6	'99.8.2	'01.7.5	'01.7.29	2010	2011
서구	가정여중 주변	가좌(인천교)	건물 205동	건물 34동	건물 2동	건물 126동	건물 25동	건물 310동	건물 135동

(가) 가좌동 주변 침수원인



<그림 5.5.21> 가좌동 우수관거 배치도

○ 2010년 9.21 강우는 시간최대강우량이 117mm/hr로서 기존 주간선 20년 빈도(74mm/hr), 간선 10년빈도(64mm/hr), 지선 5년빈도(54mm/hr)을 상회하는 강우가 발생하였음. 2010년에는 반지하주택 251동, 상가 59동으로 총 310동이 침수되었고, 2011년에는 주택 12동, 반지하주택 123동으로 총 135동이 침수됨

○ 침수의 대부분이 반지하 세대에서 발생하였고 주 배제 관로의 배수위 영향을 받고 있었음. 또한 이 지역은 인근 산지에서 유입된 토사에 의하여 하수관로 및 빗물받이의 막힘현상 및 산지에서 나뭇가지 및 나뭇잎 등의 협잡물이 하수암거(BOX)의 유입부를 폐쇄시켜 산지 우수유출량이 노면으로 배제되어 침수가 가중된 것으로 판단됨

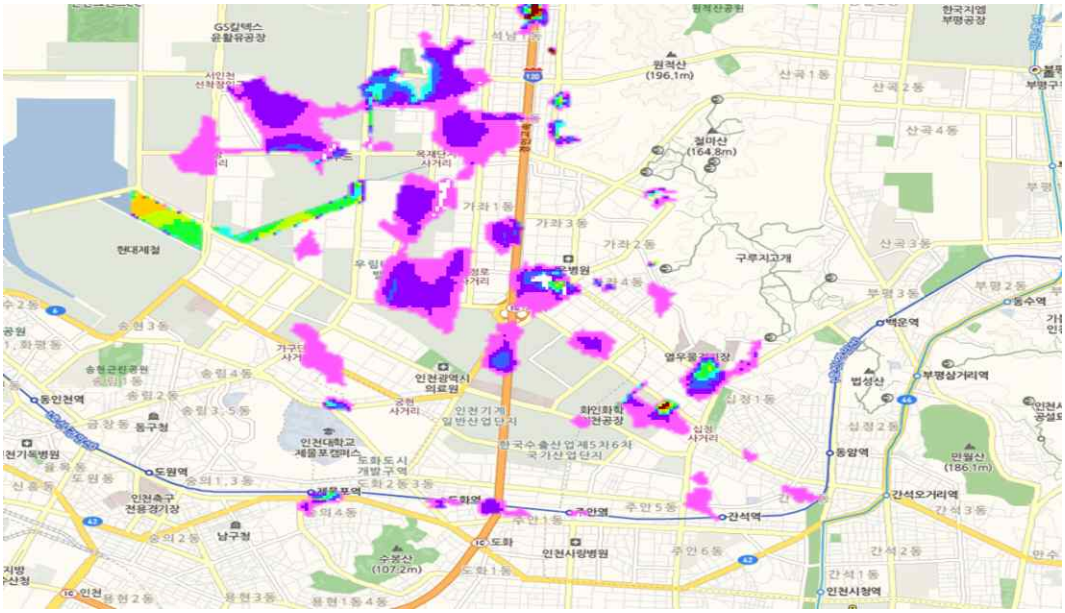
(나) 가좌동 침수모의결과

<표 5.5.13> 강우빈도 및 기상통보에 따른 시나리오

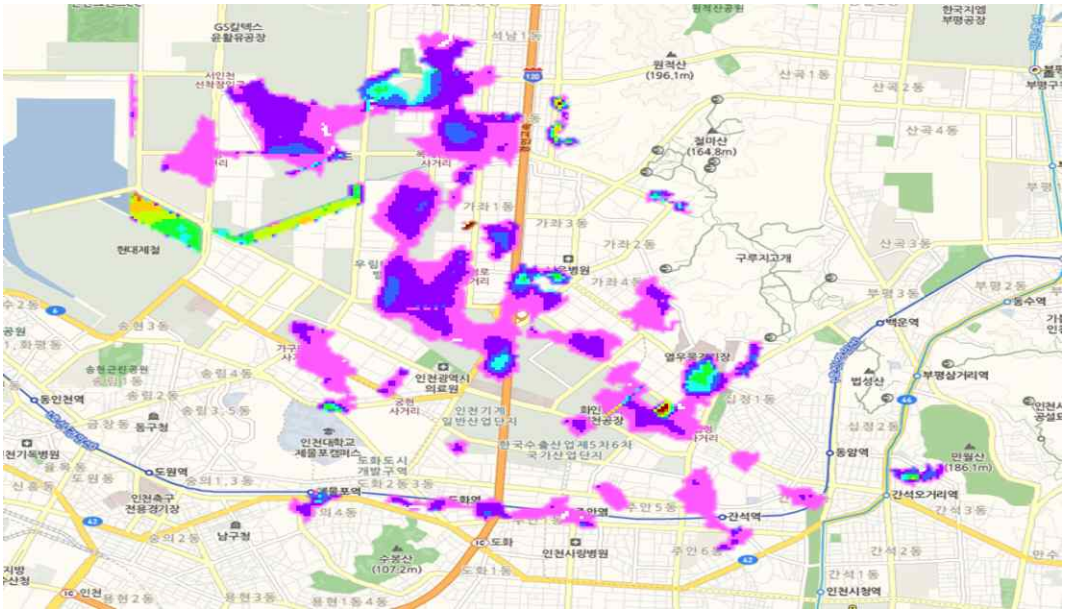
구 분	구분 기준	
	빈 도	강우량(60분)
Scenario-1	10년	67.8 mm/hr
Scenario-2	50년	87.4 mm/hr
Scenario-3	100년	94.9 mm/hr
Scenario-4	200년	102.1 mm/hr
Scenario-5	호우경보	180 mm/day
Scenario-6	호우주의보	110 mm/day



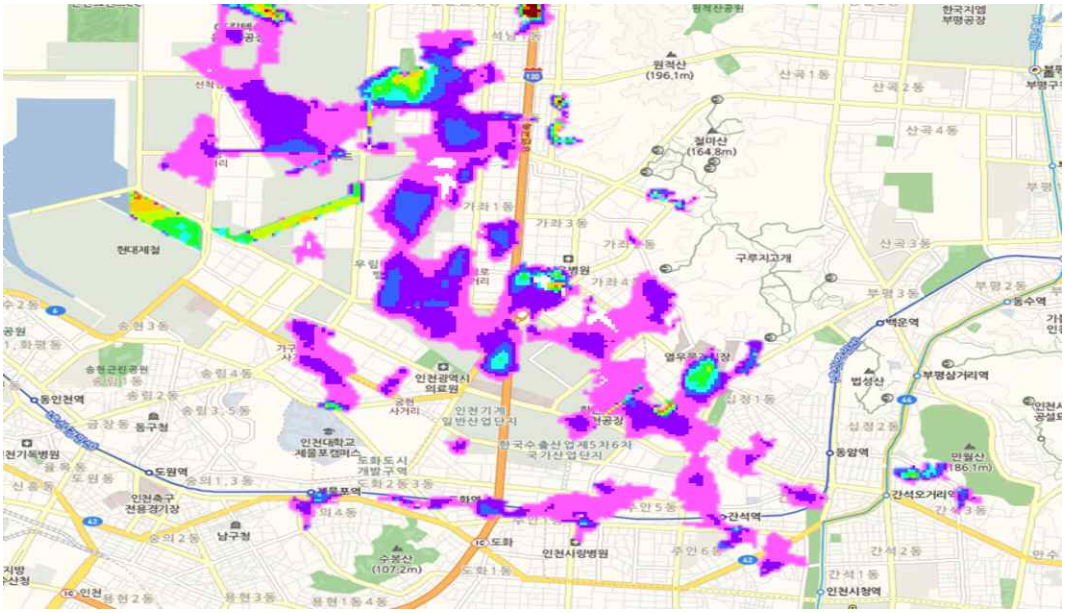
<그림 5.5.22> Scenario-1(10년 빈도)



<그림 5.5.23> Scenario-2(50년 빈도)



<그림 5.5.24> Scenario-3(100년 빈도)



<그림 5.5.25> Scenario-4(200년 빈도)

○ 침수 수위 범례는 0m부터 5,4m까지 총 10개의 단위로 0.6m씩 구분하여 나타 내었으며 밝은 색을수록 수위가 높은 것을 나타냄

○ 강우빈도가 높아짐에 따라 강우량은 증가하여 침수지역의 영역이 더 넓어지는 것으로 나타냄

○ 대부분의 침수 수위는 0.6m이하로 많은 부분이 침수 피해지역으로 지정되

었으나, 그러나 최대 5.4m의 수위로 위험지역으로 지정된 곳은 적은 것으로 나타남

○ 침수로 인해 위험한 지역은 석남1,2동과 가좌4동 지역에 수위가 높은 것으로 나타남. 그 이와의 지역은 0.6~1.2m의 수위를 나타냄

○ 강우의 흐름은 경사에 따라 서해쪽으로 흐르며 해당지역의 대피소 지정 학교의 개수는 총 16곳으로 확률강우량의 증가에 따라 이용가능 대피학교의 수가 줄어 드는 것을 볼 수 있음

○ Scenario-5,6의 결과는 장기적으로 많은 강우가 내렸을 때를 고려한 것임. 그러나 호우경보와 호우주의보의 기준에는 침수가 발생하지 않는 것으로 나타나 추가적으로 그림을 넣지 않았음

(2) 공촌배수구역

○ 침수지역 : 연희동 서곶초교 인근 지역

<표 5.5.14> 연희동 과거 피해사례

구분	침수위치	배수구역	2010침수현황		2011침수현황	
			지상	지하	지상	지하
서구	서곶초교	공촌	2동	139동	1동	12동

(가)서곶초교 인근 침수원인



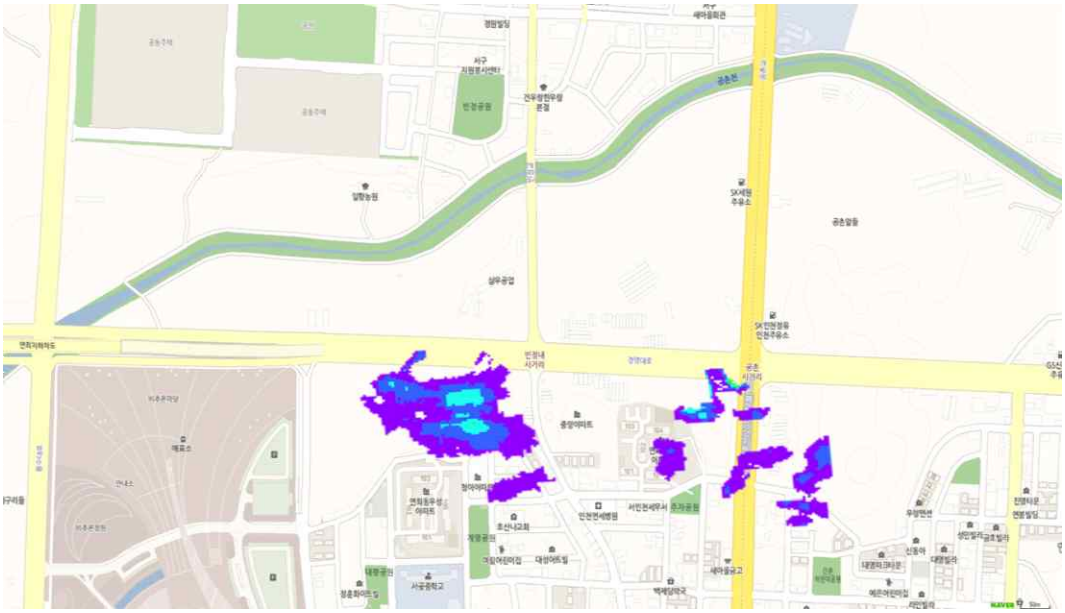
<그림 5.5.26> 연희동 우수관거 배치도

○ 이 지역은 분류식 지역으로서 침수의 대부분이 반지하세대의 오수역류로 인하여 발생하였음. 그러나 현재는 지속적인 오접 개량으로 오수역류에 의한 침수는 발생하지 않을 것으로 판단되나, 강화된 설계빈도에 따른 통수능 부족관로는 개량해야 할 필요성이 있음

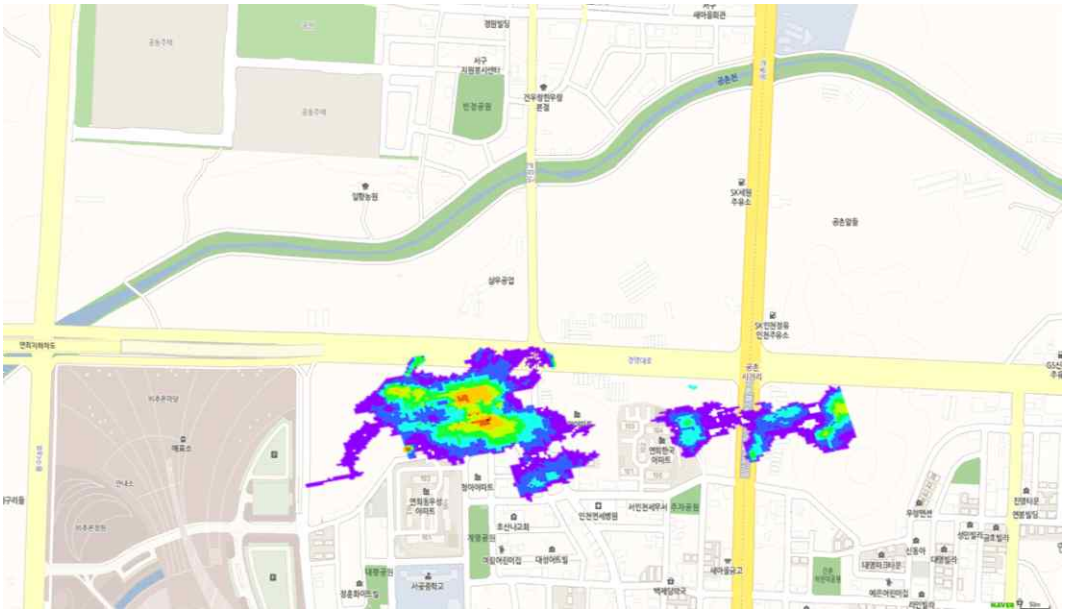
(나) 연희동 침수모의결과

<표 5.5.15> 강우빈도 및 기상통보에 따른 시나리오

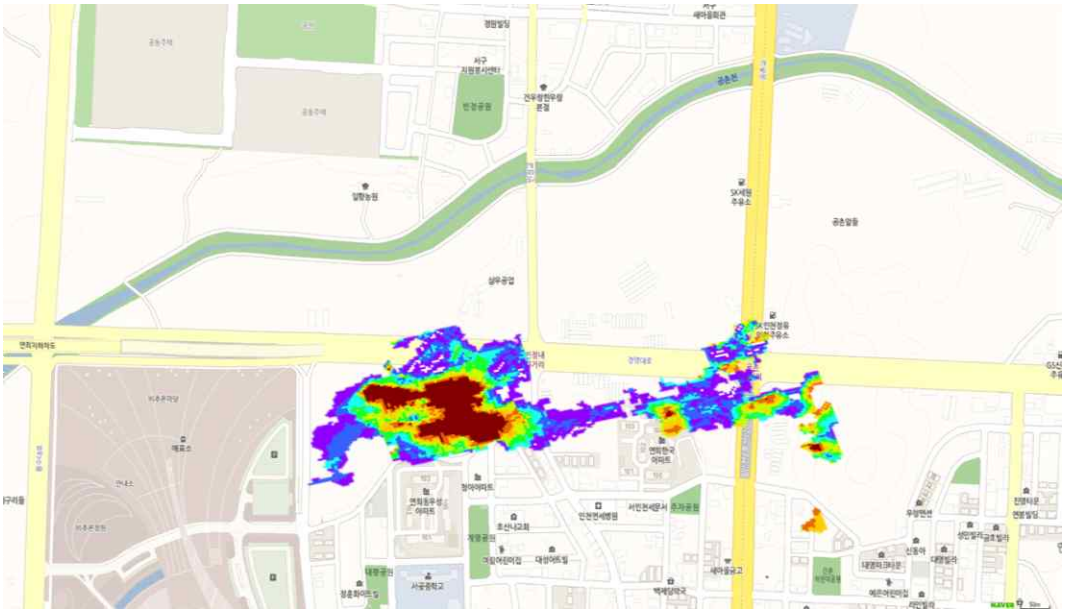
구 분	구분 기준	
	빈 도	강우량(60분)
Scenario-1	10년	67.8 mm/hr
Scenario-2	50년	87.4 mm/hr
Scenario-3	100년	94.9 mm/hr
Scenario-4	200년	102.1 mm/hr
Scenario-5	호우경보	180 mm/day
Scenario-6	호우주의보	110 mm/day



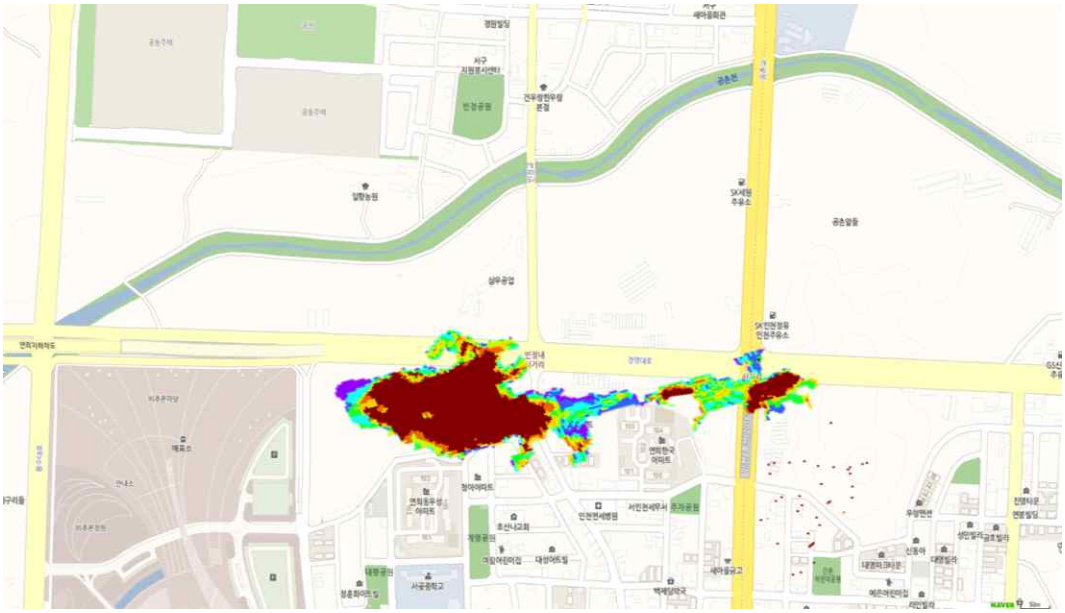
<그림 5.5.27> Scenario-1(10년 빈도)



<그림 5.5.28> Scenario-2(50년 빈도)



<그림 5.5.29> Scenario-3(100년 빈도)



<그림 5.5.30> Scenario-4(200년 빈도)

○ 연희동의 침수의 특징은 배수구 부분이 하천으로 연결 되어 있으며 하천 범람을 대비하여 주거지역을 성토하여 하천 주변보다 높게 위치해있음

○ 주로 침수가 발생한 위치는 하천과 주거지역 사이의 농업지역에 침수가 발생하였으며 주거지역의 피해는 조금 인 것으로 나타나나 주거지역에 발생으로 시민의 대피가 필요 한 것으로 예상됨

○강우빈도가 높아짐에 따라 강우량은 증가하여 침수지역의 영역이 더 넓어졌으며 수위가 전체적으로 상승 하였음

○Scenario-5,6의 결과는 장기적으로 많은 강우가 내렸을 때를 고려한 것임. 호우경보와 호우주의보의 기준에는 침수가 발생하지 않는 것으로 나타나 추가적으로 그림을 넣지 않음

나. 모의결과를 적용한 대피소 선정

(1)거점학교선정의 타당성

○거점학교의 선정 근거로는 가장 첫 번째로 침수의 피해가 적은 곳 이여야 하며, 침수피해의 시민들이 빠른 시간내로 안전하게 도달할 수 있어야 함

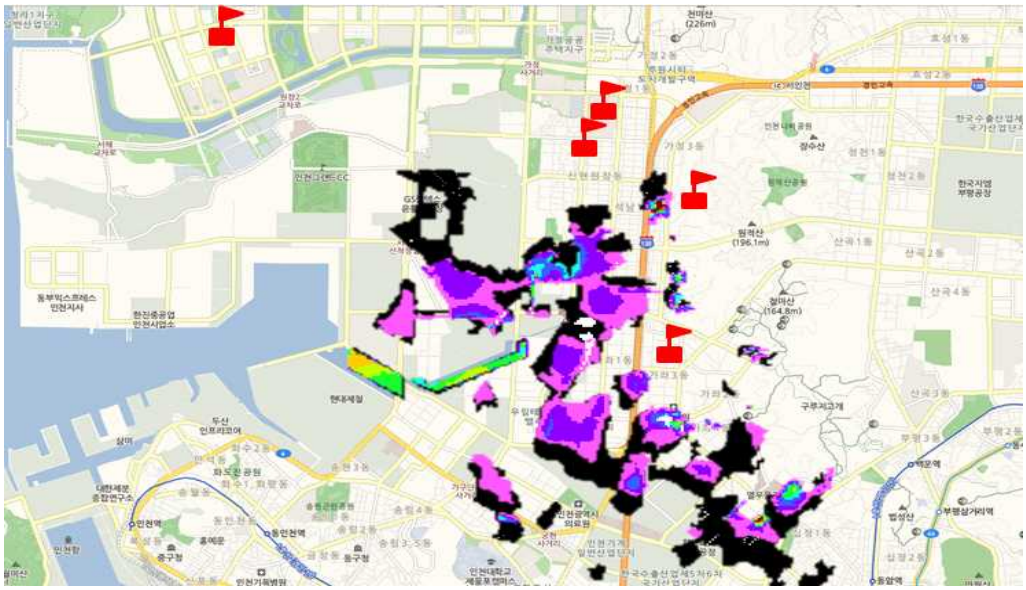
○인천시 서구 지역의 침수영역확인을 위하여 침수모델링을 구동하였으며, 강우 시나리오에 따른 침수영역확장을 비교 분석함

○<그림 5.3.31>은 50년 빈도강우를 적용한 결과와 200년 빈도 강우를 적용한 결과를 한 그림으로 겹쳐 비교 침수영역을 비교한 그림

○비교한 결과 200년 빈도의 강우를 적용했을 때 50년 빈도의 강우영역보다 서쪽으로 영역이 퍼져나가는 것을 확인할 수 있음

○비교적 침수영역의 확장이 넓게 진행되지 않고 아래쪽이나 위쪽 또는 서쪽 방향으로 흘러 침수영역의 퍼진 방향 반대 방향으로 거점학교를 지정

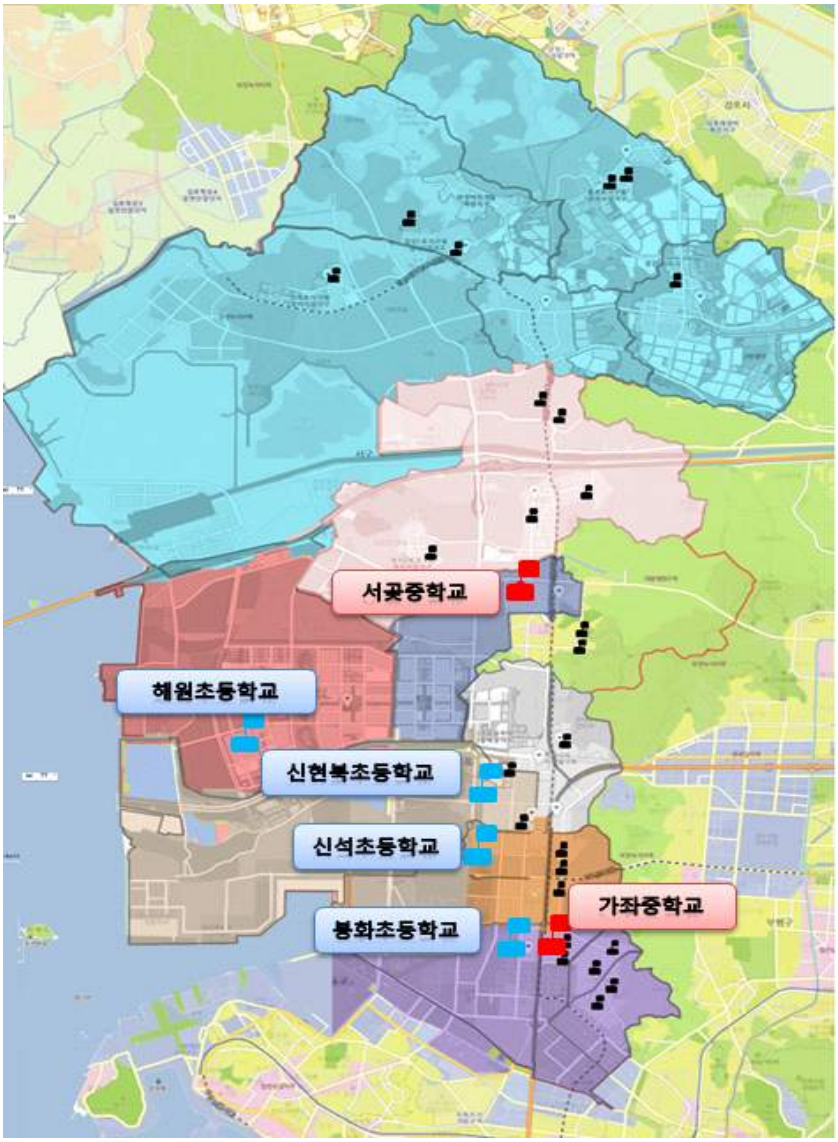
○강우 빈도 200년에도 침수영역에 포함되지 않으며 혹은 후에 침수의 흐름에도 영향이 없는 방향을 선정해 거점학교를 선정하였기 때문에 안전하고 빠른 대응으로 시민들의 대피에 적합하다고 사료됨



<그림 5.3.31>50,200년 침수모델링 비교

(2)침수예측 모델링을 통한 거점학교 선정

○침수예측 모의 결과를 바탕으로 인천시 서구 내에 지정된 대피학교중 강우빈도에 따른 침수 확장을 피해 6곳의 학교가 선정됨. 거점 학교 2곳 분산학교 4곳으로 집중호우로 인한 대피소의 위치는 <그림 5.5.32>과 같음



<그림 5.5.32>침수모의결과 지정된 대피학교

○붉은색은 거점학교를, 푸른색은 분산학교를 표시함. 침수의 영역이 가장 큰 가좌동 주변이 대피학교가 많이 분포 하고 있는 것을 볼 수 있음

제 6절 대피로 선정기준 및 선정

1.대피로 선정기준

가. 국민대피 행동요령

○우리나라는 위급상황 발생 시 국민의 안전을 위해 신속히 대피 할 수 있는 대피소가 전국에 약 2만 5,724개소가 지정되어있으며, 인천시에 따르면 현재

인천시내에는 모두 1160대의 대피소가 있다고 함. 인천인구의 약 1.79배 인원을 수용할 수 있는 규모로, 대부분 지하철이나 대형건물 지하상가, 공공기간의 지하 등에 위치해 있음

○하지만 문제는 보행자의 나이, 신장, 건강상태, 신체조건 등과 같은 개인차에 의한 보행속도를 고려하였을 경우 침수 취약지역을 선정하는 기준은 재난 발생시 30분 이내 대피를 완료한다는 것으로 경보발령 시간을 5분을 제외한 25분 안에 대피를 완료가 되어야 함 대피계획에 근거하여, 대피자 특성 별 속도에 따른 대피소 권역이 25분을 초과하지 않는 지역으로 선정함

나. 대피로 선정

(1)대피에 대한 시민의식

홍수에 따른 피해지역 주민을 대상으로 수해위기에 대한 의식조사 결과를 보여주고 있음(이영우 등, 2003). 홍수 피해지역 주민의 홍수에 대한 피해인식을 원인별로 살펴보면, 풍수해에 대한 정확한 정보가 제공되지 못해 피해가 발생했다는 답변이 전체의 30%를 차지하고 있음

○피해지역 주민들은 홍수 피해의 발생 원인이 부적절한 하천관리와 같은 하드웨어적 요인보다 정보전달의 부적절성과 같은 소프트웨어적인 원인에 기인한다고 인식하고 있는 것을 알 수 있음. 따라서 홍수로 인한 피해를 경감시키기 위해서는, 정확한 정보전달이 매우 중요하다 할 수 있음

○대피로는 홍수가 발생하여 침수지역이 발생하게 되면 침수지역 주민들이 인근 대피소로 대피하기 위해 이용되나, 현재의 대피로는 단순히 지도상에서 대피소까지의 최단거리를 기준으로 선정되어 시민들에 제시되고 있는 상황임

○이와 같이 정적인 정보만을 이용하여 사전에 지정된 대피로를 이용하는 경우, 대피로 주변이 갑작스럽게 물이 불어 나거나 지류가 변하게 되는 등 동적인 상황변화가 발생하여 대피로를 통해 대피하던 주민들의 안전이 위협받는 상황이 발생 할 수 있음. 따라서 단순 지형 정보만을 이용하여 사전 지정된 대피로를 무조건적으로 신뢰할 수는 없는 상황이 발생함

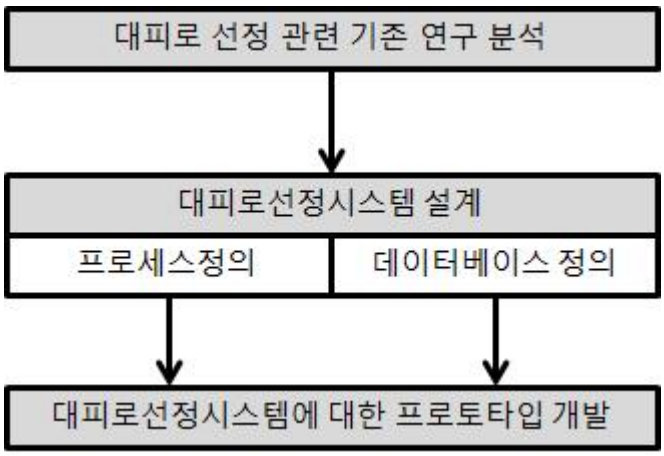
○인명피해를 경감시킬 수 있는 신뢰성 있는 대피로를 제시하기 위해서는 강수량, 상 · 하수로 인한 수심과 우속의 변화, 이로 인한 하천지형의 변화 등 다양한 동적 홍수 정보를 활용해야 함

(2)대피로 선정 방법

○대피로 선정과 관련된 기존 연구들은 재난 시 도심지 밖 안전지대로의 대피에 소요되는 시간을 추정한 연구를 제외하고는 매우 한정적이며, 관련 연구들도 범람지역 지형변화 예측, 범람지역 수위 예측, 적정피난수심. 산정 등 단편적 측면의 분석에 초점을 두고 있어, 여러 동적인 정보를 종합적으로 활용하여 적용해야 하는 대피로 선정문제에 대한 실용적인 해답을 주고 있지는 못한 형편임(양인태 외, 2001)

○범람지역 지형변화 예측, 범람지역 수위 예측, 적정 피난수심 산정 등 단편적 요인에 대한 기존 연구내용을 종합화하여 홍수발생 시 보다 안전한 대피로 선정을 도울 수 있는 정보시스템을 제안함을 목표로 함. 자연재해의 발생은 인간의 힘으로는 어쩔 수 없는 일이지만, 지속적인 연구를 통해 재해에 대비하고 피해를 경감시키는 것은 가능함

○선정과 관련된 기존 연구문헌에 대한 조사·분석을 수행하고, 이를 바탕으로 대피로를 선정하기 위한 정보시스템을 설계함. 여기에서 설계라 함은 정보시스템을 구현하기 위한 대피로 선정 프로세스와 이의 수행을 위해 필요한 데이터베이스를 정의 하는 것을 의미함



<그림 5.6.1> 연구방법

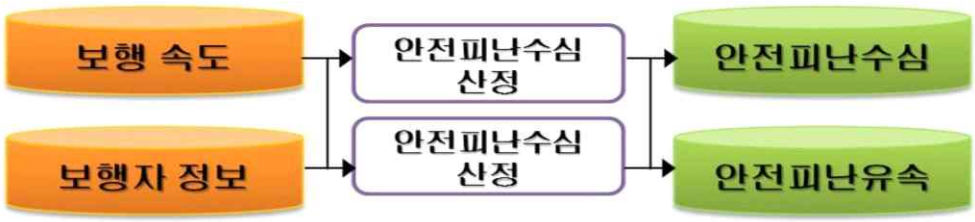
(3)대피로 선정 시스템 설계

○풍수해 대피로선정은 홍수범람해석, 안전피난환경 산정, 위험침수지역 예측, 대피로 선정의 3개 하위 프로세스로 세분화할 수 있음. 첫 번째 단계로 안전피난환경 산정 프로세스에서는 재해지역의 대피대상 주민정보를 바탕으로 안전한 피난이 가능한 수심과 유속을 결정함. 두 번째 단계로 위험침수지역 예측

프로세스에서는 적정피난환경과 범람지역의 수심 및 유속을 바탕으로 도보로 이동시 위험한 지역을 예측하여 위험침수지역으로 판정함. 마지막으로 세 번째는 대피로 선정 프로세스에서는 위험침수지역 정보를 활용하여 안전한 대피로를 선정함

(가)적정피난환경 산정

○<그림 5.6.2> 안전피난환경 산정 프로세스에서는 보행속도와 보행자정보 등의 정보를 실험을 통해 얻어진 범람지역에서의 보행속도, 수심, 유속 간의 상호 관계식에 적용하여 주민이 보행을 통해 안전하게 피난할 수 있는 수심과 유속을 산정함. 이영우 외(2003)의 실험에 따르면 성인 남성이라 하더라도 수심이 55cm 이상이고 유속이 0.9m/s만 되어도 보행이 불가능함. 이와 같은 범람지역에서 수심과 유속이 어느 정도일 때 보행을 통해 안전한 대피가 가능한 것인가를 판정하기 위한 가이드라인을 제시하는 역할을 수행함. 따라서 이 프로세스의 출력정보인 안전 피난수심과 유속은 이후 위험침수지역을 판정하는데 있어서 가장 중요한 입력정보로 활용됨



<그림 5.6.2> 적정피난환경 산정 과정

(나)위험침수지역 예측

○<그림 5.6.3>은 위성사진과 수치고도정보를 조합한 위성사진 중첩 수치고도지도를 바탕으로 범람지역의 수심 및 유속에 안전피난 수심 및 유속을 대비, 분석함으로써 위험침수지역을 결정함

○본 연구에서 제안하고 있는 대피로 선정시스템에서는 침수지역에 대해 안전피난 수심 및 유속보다 깊은 수심 및 빠른 유속을 갖는 지역을 위험침수지역으로 구분하여 지도상에 표시함

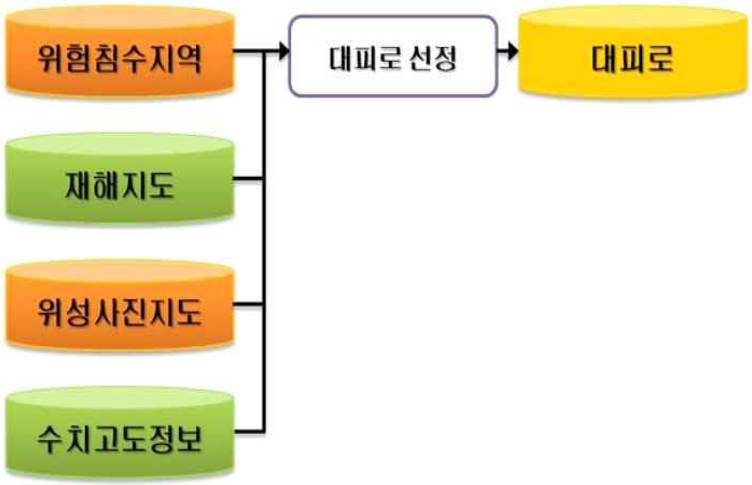
○안전 피난 수심과 유속은 상호 보완적인 성격이 있어 수심이 깊으면 느린 유속을 가진 지역이라도 위험침수지역으로 정의되며, 반대로 수심이 낮더라도 유속이 빠르면 역시 위험침수지역으로 정의됨



<그림 5.6.3> 위험침수지역 예측 과정

(다) 대피로 선정

○ <그림 5.6.4>은 대피로 선정 프로세스의 세부절차를 도식화한 그림임. P3로부터 얻은 위험침수지역을 표시한 위성사진 중첩 수치고도지도에 대피소 및 대피로 정보가 저장되어 있는 재해 지도를 중첩시킨 후, 가용한 대피로 중 위험침수지역과 중첩되지 않는 안전한 대피로를 선정. 만약 안전한 대피로가 복수로 존재한다면, 그 중 거리가 가장 짧은 대피로를 선정함

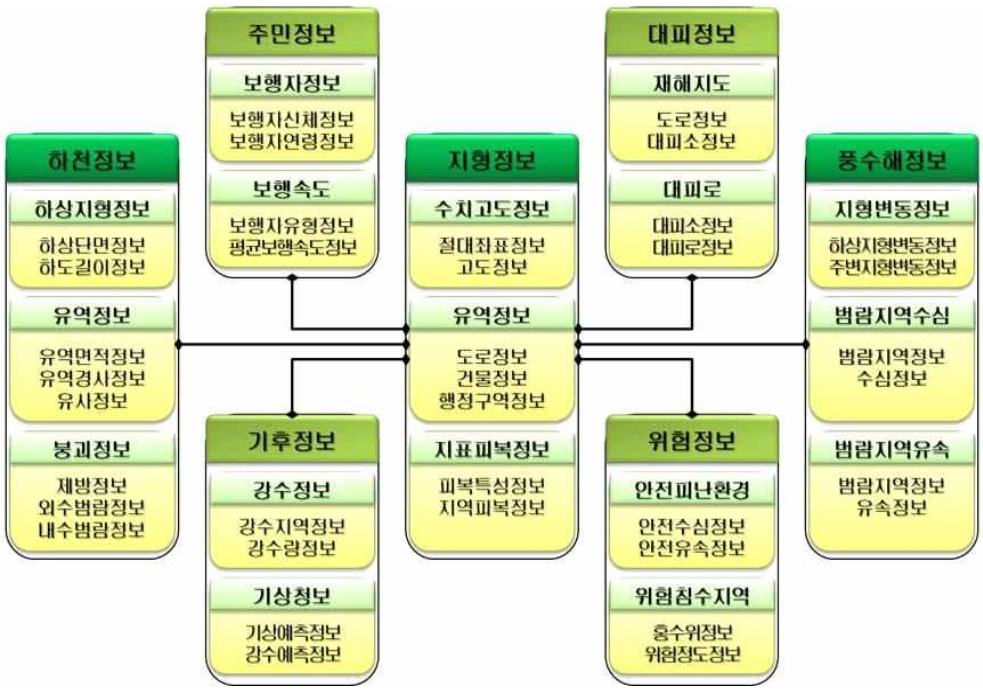


<그림 5.6.4> 대피로 선정 과정

(4)대피로 선정 기준 정의

○앞서 정의된 세가지의 프로세스의 구동을 위해 필요한 입출력 정보들을 구조화하여 구성된 데이터베이스에 대해 서술

○<그림 5.6.5>은 대피로 선정시스템 구축을 위해 필요한 데이터 상호간의 관계를 나타내는 개체관계도(Entity Relationship Diagram; ERD)를 보여주며, 데이터베이스는 크게 지형정보를 중심으로 하천정보, 기후정보, 풍수해정보, 주민정보, 위험정보, 대피정보로 구성됨



<그림 5.6.5> 대피로 선정시스템 구축을 위한 데이터베이스

○지형정보 데이터베이스는 위성사진지도, 수치고도지도, 지표피복정보로 구성되어 있으며, 풍수해 해석 및 대피로 선정을 위해 필수적인 도로, 건물, 고도 등의 지형정보를 제공함. 하천정보 데이터베이스는 하상지형정보, 유역정보, 붕괴정보로 구성되어 있으며, 홍수 시 하천의 범람을 추정하기 위해 필요한 하상 및 유역 등의 지형정보 및 과거 범람이력정보를 포함. 기후정보 데이터베이스는 강수정보와 기상정보로 구성되어 있으며, 강수량에 대한 정보와 기상 및 강수에 대한 예측정보를 포함함

○풍수해 정보 데이터베이스는 지형변동정보, 범람지역수위, 범람지역유속에 대한 정보를 저장하고 있으며, 이 들 정보는 지형정보와, 하천정보, 기후정보를 바탕으로 한 홍수해석의 결과로 도출된 지형의 변동정보 및 범람지역의 수심과

유속에 대한 정보를 포함함

○주민정보는 보행자정보와 보행속도로 구성되며, 이들 정보는 안전하게 보행이 가능한 수심과 유속의 한계치인 안전피난수심과 유속의 추정을 위해 이용된다. 위험정보는 안전피난수심과 위험침수지역으로 구성되어 있으며, 주민들의 안전 피난환경 정보를 제공함으로써 위험한 침수지역을 정의하고 이를 바탕으로 대피로 선정을 가능하게 함

제 7절 침수 피해 지역대피인원 산정기준

1.침수지역 주민대피 수요산출 기법

가. 배경

○최근 기후변화로 지구촌 곳곳에서 예측하기 어려워 각종 대형재난이 빈발하고 있으며, 이러한 현상은 더욱 가속화 될 전망임

○기후변화에 따른 가장 큰 재난 특성의 변화는 과거의 기록을 갱신하는 총강우량 · 강우강도 발생 빈발로 인한 예측 불가능한 동발 홍수 위험 지속 증가함

○시설용량을 초과하는 재난발생에 하천변 저지대 주변 인구밀집 지역 중 하천 범람 시 침수피해가 우려 있슴

나. 대상지역 선정

○지역대상은 상습적 침수가 발생하는 곳으로 급격한 도시화로 인하여 불투수층의 확대되어 집중강우 시 지표면의 많은 강우가 흘러 넘쳐 침수가 발생, 많은 재산피해와 인적 피해가 증가 할 가능성이 많은 곳

○대피소는 침수예상지역의 최단거리에 위치한 안전지역의 학교, 공공기관 등이며 의료시설 및 대피설비가 준비되어 있어야함

○대상지역에 설계기준을 초과한 극한 강우상황이 발생한다는 가정 하에 상습침수지역인 인천시 서구 내 가좌동 일대와 연희동 일부를 선정하여 시나리오별 예측침수지역의 대피인원을 산출함

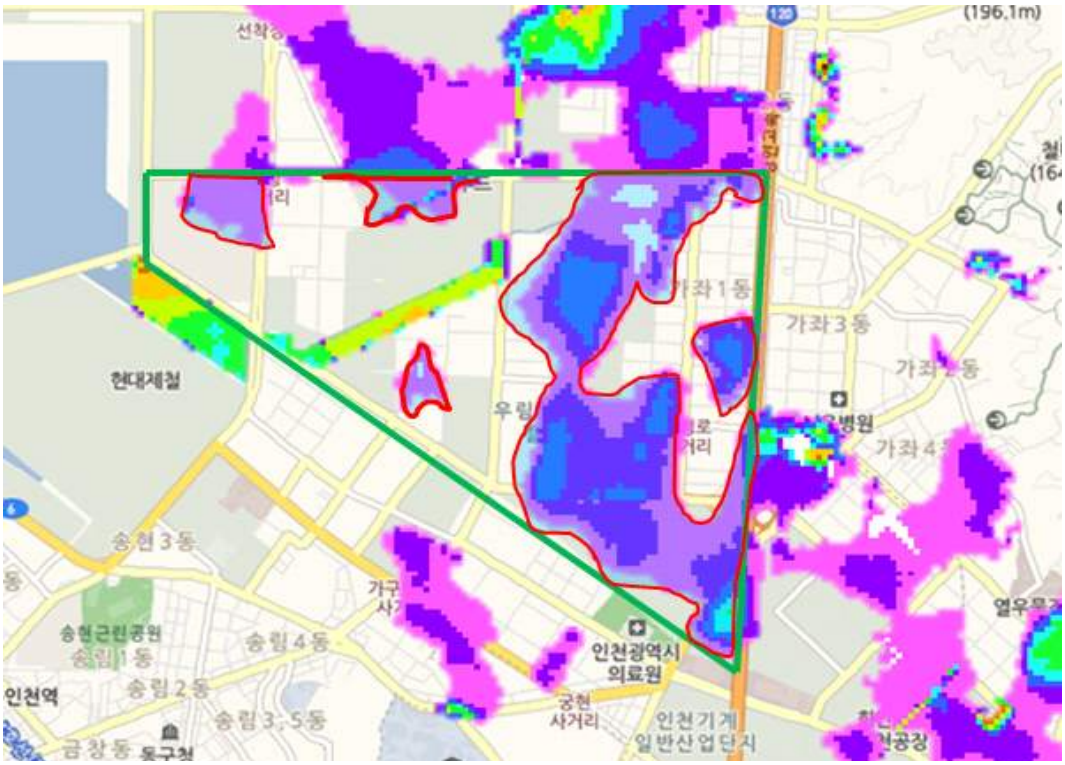
다. 시나리오별 대피인원 산정

(1) 산정기법의 개요[1)]

○ 침수발생지역의 인구분포도는 지역의 토지 활용도에 따라 달라짐. 홍수가 발생하여 침수가 예상되는 지역에서 사람이 실제 거주하는 면적을 고려한 방법은 토지 등기부의 지목을 활용함

○ 침수가 예상되는 지역에서 면적을 고려하여 계산된 인구수와 단순 면적비로 인구수를 계산함. 농경지 및 산지가 발달된 지역일수록 단순 면적비에 인구수가 낮게 계산됨

○ 앞서 수치모의를 통해 나온 결과인 침수예측도와 인천시 서구지역을 동일축척으로 오버랩함



<그림 5.7.1> 지역별 침수 면적비

○ 동별 인구수, 동별 면적과 인구분포, 침수영역의 면적을 파악함. 강우강도빈도 시나리오에 따라 침수영역의 면적이 변화, 강우빈도가 클수록 침수면적이 확

1) 대피인원 산정 기법에 대한 선행연구가 제한적임 (김용전, 김지성,2012 등)

대되어 면적대비별 인구수가 증가 함

○ 인천 시 서구의 침수심은 강우 강도에 따라 0.6m~5.4m로 나타남. 이 높이는 최대 3층 높이의 건물에 영향을 줄 수 있음. 고층 아파트 등 인구가 밀집되어 있는 지역에는 침수피해인구가 많으나 실제 발생하는 수재민의 인원은 적은 것으로 나타남

○ 조사 결과[2] 가구당 평균 인구는 3명인 것으로 나타났으며 주거지의 특성에 따라 건물 당 최소 3명부터 30명 정도의 이재민이 발생할 것으로 예상됨

○ 침수면적 중 가장 피해가 클 것으로 예상되는 가구는 지하나 반 지하에 거주민들은 대지 레벨보다 낮은 가구로 지표면 강우가 들어와 급격하게 침수가 될 가능성이 큰 가구인 것으로 예상됨

(2) 강우빈도별 대피수요인원 산정

○ 시나리오에 따른 침수예상영역 확장에 따라 지역별 면적 비를 적용, 각 동별로 침수피해 인원을 산출함

(가) 강우빈도 10년

<표 5.7.1> 강우빈도 10년 예상 대피수요인원

빈도	지역명	면적(㎢)	침수면적(㎢)	인구	면적비	수요인원
10년	가좌1동	4.26	0.61	13299	0.14	1914
	가좌2동	0.76	0.04	22885	0.05	1217
	가좌3동	2.04	0.12	20276	0.06	1207
	가좌4동	1.92	0.06	12054	0.03	405
	석남1동	1.45	0.11	24070	0.08	1872
	석남2동	2.72	0.66	16304	0.24	3967
	석남3동	2.04	0.08	17651	0.04	700
	십정 1동	1.48	0.11	20952	0.08	1603
	연희동	1.30	0.03	46704	0.02	1078
	합계					12886

○ 면적비가 가장 많이 차지하는 구역은 가좌1동, 석남2동 두 곳으로 나타남. 사실상 인구분포는 가좌2,3동, 연희동이 가장 많이 집중되어 있으며 면적당 인구비를 따지면 석남2동 지역의 침수 발생이 가장 큰 것으로 나타남

2) 통계청 2014 인천광역시

(나) 강우빈도 50년

<표 5.7.2> 강우빈도 50년 예상 대피수요인원

빈도	지역명	면적	침수면적	인구	면적비	수요인원
50년	가좌1동	0.05	0.01	13299	0.19	2494
	가좌2동	0.01	0.00	22885	0.06	1461
	가좌3동	0.03	0.00	20276	0.12	2333
	가좌4동	0.02	0.00	12054	0.03	405
	석남1동	0.02	0.00	24070	0.12	2942
	석남2동	0.03	0.01	16304	0.38	6241
	석남3동	0.03	0.00	17651	0.04	700
	십정 1동	0.02	0.00	20952	0.16	3320
	연희동	1.30	0.04	46704	0.03	1437
	합계					19896

○50년 빈도의 강우를 적용 했을 경우 가좌3동과, 십정1동에서 큰 폭으로 침수면적비가 증가. 석남2동에서 가장 많은 면적비가 나타났으며 가장 큰 폭으로 수재민이 증가함

(다) 강우빈도 100년

<표 5.7.3> 강우빈도 100년 예상 대피수요인원

빈도	지역명	면적	침수면적	인구	면적비	수요인원
100년	가좌1동	0.05	0.02	13299	0.33	4433
	가좌2동	0.01	0.00	22885	0.07	1704
	가좌3동	0.03	0.01	20276	0.30	6035
	가좌4동	0.02	0.00	12054	0.10	1165
	석남1동	0.02	0.00	24070	0.17	4012
	석남2동	0.03	0.01	16304	0.43	7015
	석남3동	0.03	0.00	17651	0.04	770
	십정 1동	0.02	0.00	20952	0.22	4694
	연희동	1.30	0.06	46704	0.05	2156
	합계					29828

○100년 빈도의 강우를 적용 한 경우, 석남2동의 면적비는 앞에 빈도보다는 낮은 폭으로 증가하였으며 가좌 3동은 가장 큰 폭으로 증가함. 전체적으로 약 10000명이 증가 함

(라) 강우빈도 200년

<표 5.7.4> 강우빈도 200년 수요인원

빈도	지역명	면적	침수면적	인구	면적비	수요인원
200년	가좌1동	0.05	0.02	13299	0.34	4584
	가좌2동	0.01	0.00	22885	0.07	1704
	가좌3동	0.03	0.01	20276	0.31	6195
	가좌4동	0.02	0.01	12054	0.25	2988
	석남1동	0.02	0.00	24070	0.21	5081
	석남2동	0.03	0.02	16304	0.51	8273
	석남3동	0.03	0.00	17651	0.04	770
	십정 1동	0.02	0.01	20952	0.30	6183
	연희동	1.30	0.07	46704	0.05	2515
	합계					35779

○200년 빈도의 강우를 적용 했을 경우 100년 빈도에서 한 지역에서 큰 폭으로 증가하기 보다는 전체적으로 면적비가 증가하여 수요인원이 100년 빈도에 비해 약6000명이 증가 한 것을 볼 수 있음

(3) 지역단위 대피인원 산정 및 수용인원과 비교

(가) 서구 대피학교 수용가능 인원산정

○인천광역시 서구 연희동 일대 침수지역과 서구 가좌동·석남동 일대 침수지역 중 서구 가좌동·석남동 일대 침수지역에 대해서 인원산정을 실시함
○서구의 13개 대피학교에 대한 침수 시뮬레이션 결과, 3개 학교(봉화초, 석남서초, 가정여중)가 침수지역에 위치하여 대피학교시설에서 제외함
○나머지 대피학교로 사용 가능한 10개 학교 중 가좌동·석남동 일대 침수지역에 인접한 7개 대피학교에 대하여 적합성 평가를 실시한 결과, 3개의 거점형 대피학교(가좌중, 건지초, 신석초)와 4개의 분산형 대피학교(가좌초, 석남초, 신현북초, 가현초)으로 구분함
○신현북초등학교의 경우 강당이 없으므로 제외하였음
○따라서 위 범위에서 실태조사는 하지 않았지만 대피학교시설로 사용할 수 있는 학교시설 중 거점형대피학교 1개(가정초), 분산형대피학교 2개(신현초, 천마초)를 추가로 선정함
○실태조사를 실시한 7개 학교 중 거점3개(가좌중, 건지초, 신석초), 분산3개(가현초, 가좌초, 석남초)학교를 표본추출, 서구 대피학교 강당의 평균면적을 산출함
○표본추출대상 6개 대피학교 평균 강당면적

대피학교	가좌중	건지초	신석초	가현초	가좌초	석남초	평균
강당면적	457.5	260	570	130	430.3	300.3	358

※2차년도 연구에서 수행한 서구 대피학교 실태조사에서 발췌

○ 표본추출결과 서구 대피학교의 평균강당면적은 358㎡

○ 가좌중, 건지초, 신석초, 가좌초, 석남초, 가현초, 천마초, 가정초, 가현초 서구 9개 대피학교의 강당면적 산출

○ 대피자 1인당 강당소요면적(3.55㎡)으로 대피학교당 수용가능인원을 산출

$$\text{수용가능인원} = 358/3.55 \times 9 = 907 \text{ 명}$$

(나) 서구 대피인원 산정

○ 대피대상 노약자 비율산정

-서구 가좌동, 석남동 일대의 노약자 수는 서구 전체인구의 9.5%, 침수지역의 노약자 비율을 이 비율과 동일한 것으로 가정함

-실제 재해 발생 시 사전 대피하지 못하고 대피 대상이 되는 대피노약자 비율은 이 비율의 50%로 가정, 4.75%를 노약자 비율로 계상함

<표 5.7.5> 상습침수지역 거주 노인 인구수

	미성년인구(0~19세)	청·중장년층	노인층(65세이상)	합계
연희동	10,135	32,081	3,712	45,928
석남1동	4,090	16,980	2,446	23,516
석남2동	2,635	11,353	1,792	15,780
석남3동	3,583	12,455	1,693	17,731
가좌1동	2,200	9,306	1,456	12,962
가좌2동	4,963	16,049	1,864	22,876
가좌3동	3409	13668	2117	19,194
계	31,015	111,892	15,080	157,987
비율	19.6%	70.8%	9.5%	

출처: 인천광역시 서구 연령별 인구, 통계청, 2014

○ 대피대상 장애인 비율산정

-서구 인구(498,686명)에 대한 서구 장애인 인구(20,606명) 비율(4.13%)에서 자가적 대피행위 및 대피생활에 애로가 있는 1급에서 4급 장애인(51.92%)을 실제 대피 대상으로 계상함

총계	1급	2급	3급	4급	5급	6급
20,606	1,475	2,631	3,541	3,052	4,348	5,559
100%	7.1%	12.7%	17.1%	14.8%	21.1%	26.9%

서구 장애인급수별 인구 현황 "등록장애인수-시군구별, 등급별, 남녀별" 통계청, 2014

-대피대상 장애인 비율 = $4.13\% \times 51.92\% = 2.14\%$

○ 대피대상 인원 산정

-대피대상 인구비율 = 노약자비율(4.75%) + 장애인 비율(2.14%) = 6.89%
○ 대피대상 인원 = 침수지역인구 × 6.89%

(다) 강우빈도별 수용능력 산정
○ 강우빈도 시나리오별 침수지역내 인구수 산정

<표 5.7.6> 강우빈도별 대피인원

	10년 강우빈도	50년 강우빈도	100년 강우빈도	200년 강우빈도
침수지역내 인구수	12,886	19,896	29,828	35,779
노인(4.75%)	613	946	1,417	1,700
장애인(2.14%)	276	426	639	766
예상실제 대피인원	889	1,372	2,056	2,466
수용가능인원 대비실제 대피인원	170명 여유	313명 초과	997명 초과	1407명 초과

※수용가능인원 = 1,059명 (고정수)

(라) 지역대피 권고 및 대피권고 동의 대피인원 추정

○ FEMA의 "Disaster response and recovery"(David A. Mcentire)에 따르면 정부의 대피명령이 하달되었을 때 주민들의 행동패턴에 대하여 전문가들의 예측자료가 다음과 같이 나타남

<표 5.7.7> 재난 대응에 대한 전문가들의 견해

임박한 재앙을 경고 할 때 사람들이 협력하고 지역을 대피하고자 한다	80.2% (284 응답자)	13.6% (48 응답자)	6.2% (22 응답자)

Adapted from Wenger, Dykes, and Sebok 1975, p. 42.

○ 위 자료에 따르면 재난·재해 발생 시 다른 지역으로 대피하는 인원이 80.2% 가량이고 19.8%가 재난지역 내 잔류하는 것으로 나타남
○ 실제 상황 발생 시 최종잔류인원은 위 대피불응인원의 50% 미결정자(or 무응답자)의 30%로 계상하여 최종 잔류인원은 8.9%로 계상됨
○ 이 자료는 앞에서 제시된 본 연구 추정치 7%와 유사하다고 보이며, 대피인원의 개념차이를 고려하면 본 연구 추정치 7%가 더 타당하다고 보임(즉 국가 또는 지자체가 법적으로 고려해야하는 대피인원의 비율)

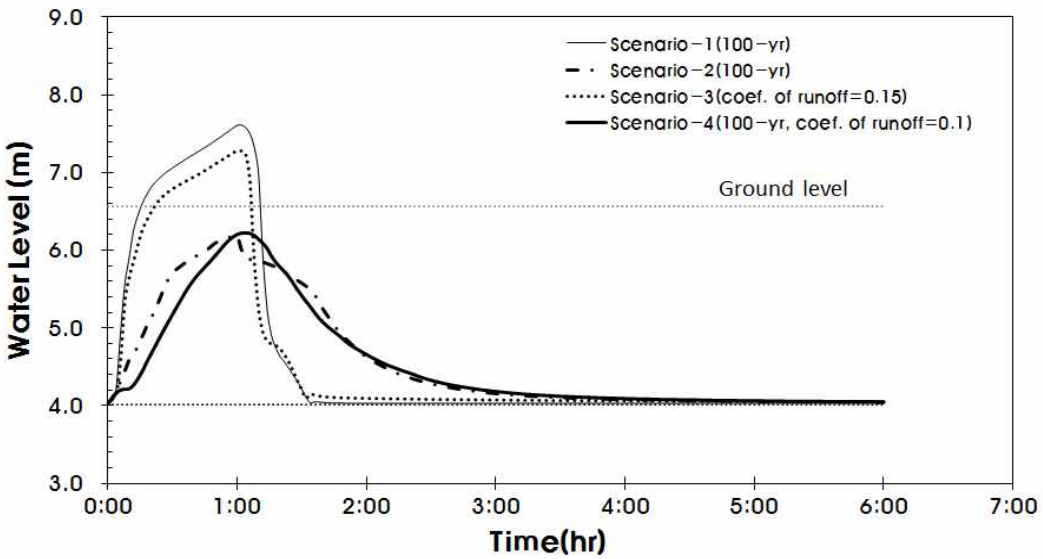
(마) 비교분석 결과

○ 대피학교의 수용용량이 실제대피인원에 크게 못 미치는 바, 대책이 필요함

○ 대책1: 대피학교의 추가 선정
○ 대책2: 대피학교 리모델링 범위에 일반교실 등 포함하여 용량확대

제 8절 소결

○ 침수 피해를 저감하기 위한 저류시설의 활용방안을 제안하기 위해 일차원 관망해석 프로그램인 MOUSE 모형을 선정하였고, 저류조 설치에 있어 효과적인 방법을 찾기 위해 시나리오를 도입해 환경에 따른 적합한 위치와 용량산정 등 침수개선에 효과를 비교·분석하여 다음과 같은 결과를 나타냄



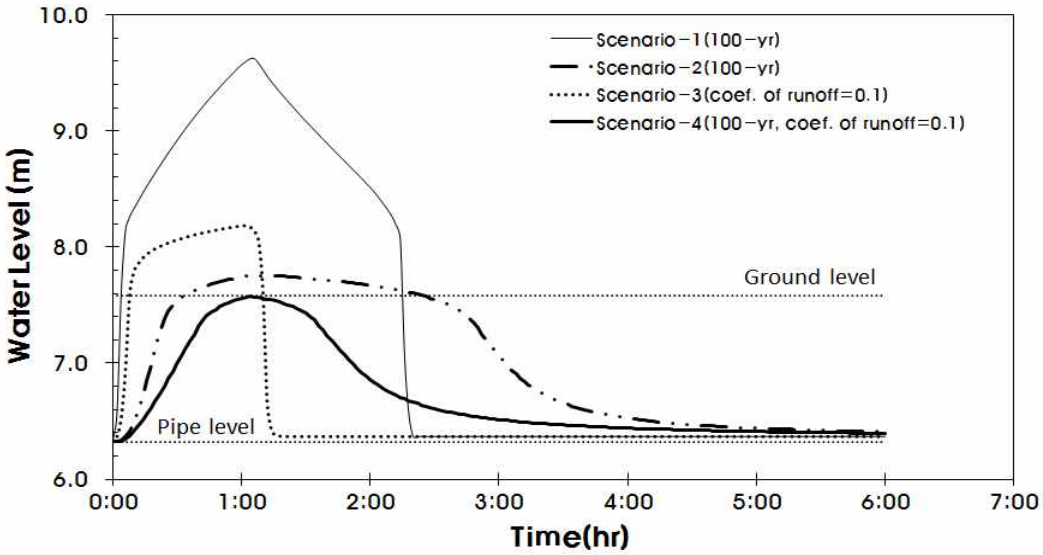
<그림 5.8.1>가좌완충녹지공원

○ <그림 5.1.1>은 가좌완충녹지공원의 최하류단의 관거의 수위를 나타낸 그래프이다. 시나리오 1(100년 빈도)를 기준으로 시나리오 2(지하 저류조)의 수위는 1.68 7m까지 줄어들어 침수 및 범람을 방재하는 것을 확인 할 수 있었음

○ 시나리오 3(유출계수)의 결과는 지표면(Ground Level)을 기준으로 하여 침수가 나타나나 아무런 장치도 하지 않았을 때 보다 저감된 것을 볼 수 있으며 첨두유출 시간이 저감되는 것을 볼 수 있었음

○ 시나리오 4(지하 저류조 및 유출계수)는 시나리오 2와 3을 바탕으로 진행 하여 유출계수와 지하 저류조를 같이 적용 했을 때 매우 효과적인 결과를 나타남. 최하류 관거의 수위의 저하는 시나리오 2와 비슷하게 최대 2.158 m 감소하였으며 시나리오 3을 바탕으로 그래프가 뒤로 밀려는 것을 볼 수 있어 첨두 유출시간 저감효과가 나타는 것으로 결과가 나타남. 지하 저류조와 유출계수를 함께 이용

하면 보다 효과적인 침수 방재를 할 수 있을 것으로 보임



<그림 5.8.2>십정녹지공원의 결과 정리

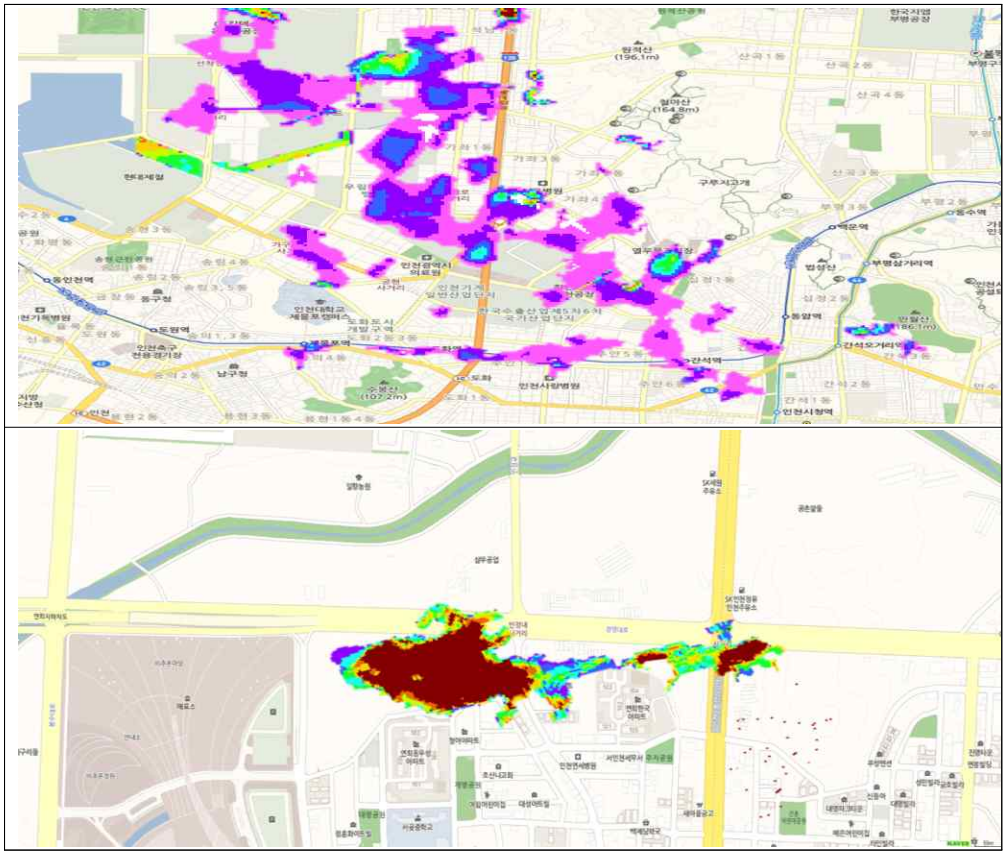
○<그림 5.1.2>은 십정녹지공원의 최하류단의 관거의 수위를 나타낸 그래프임. 시나리오 1(100년 빈도)을 기준으로 시나리오 2(지하 저류조)의 수위는 1.872m까지 줄어들어 침수 및 범람을 방재하는 것을 확인할 수 있었음

○시나리오 3(유출계수)의 결과는 지표면(Ground Level)을 기준으로 하여 침수가 나타나나 아무런 장치도 하지 않았을 때 보다 저감된 것을 볼 수 있으며 첨두유출 시간이 저감되고 많은 양의 강우가 침투되고 걸러져 급격하게 수위가 올라가지 않고 천천히 수위가 올라가다가 강우가 끝나는 1시간 후에는 급격하게 그래프가 저감되는 걸 확인할 수 있었음

○시나리오 4(지하 저류조 및 유출계수)는 시나리오 2와 3을 바탕으로 진행 하여 유출계수와 지하 저류조를 같이 적용 했을 때 매우 효과적인 결과를 나타남. 최하류 관거의 수위의 저하는 시나리오 2와 비슷하게 최대 2.158 m감소하였으며 시나리오 3을 바탕으로 그래프가 뒤로 밀려는 것을 볼 수 있어 첨두 유출시간 저감효과가 나타는 것으로 결과가 나타남. 지하 저류조와 유출계수를 함께 이용하면 보다 효과적인 침수 방재를 할 수 있을 것으로 보임

○공원의 녹지의 분포도에 따른 유출계수의 변화의 적용은 집중호우가 내리게 되면 초기 강우를 잡아주는 역할을 함. 투수력이 좋아 초기에 내리는 강우를 땅으로 많이 침투되게 하는 장점을 가지고 있슴. 본 연구에서는 그 결과를 바탕으로 실제

공원에 지하 저류조 와 비점오염시설로 유출계수를 적용하여 인천 서구지역의 급격한 경사와 지형적 특성에 의해 빈번한 침수와 범람을 집중 호우로부터 매우 효과적인 결과가 나타남. 유출 계수로 인한 첨두유출시간이 저감되고 지하저류조로 인해 많은 강우를 저장시켜 우수관거에 통수능의 효율을 증대시켜 집중호우시 빈번히 침수와 범람이 일어나는 지역에 재해를 방지해주는 결과를 나타냄



<그림 5.8.3> 가좌동, 연희동 침수 모의결과

○ 강우빈도에 따른 침수 피해지역의 분포가 넓어짐. 그러나 유역전체의 흐르는 강우의 양에 비하여 커다랗게 확장되나 침수의 수위가 낮게 형성되나 원래 침수 발생지점에서는 빈도에 따라 높은 수위를 나타내는 것을 볼 수 있음

○ 전체적으로 0.6m의 이하의 물이 다수 침수영역에 해당되나 가정 3동 같은 지역은 침수피해 영역은 적으나 침수수위가 매우 높은 곳으로 나타남

○ 침수피해의 특징에 따라 피해액이나 이재민의 수에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났으며 수위보다는 면적에 따른 피해가 더 큰 것으로 나타남

○ 지역별 침수 면적비가 가장 큰 지역은 석남2동으로 가장 높은 수위와 큰면적비를 가지는 곳으로 나타남. 석남2동에서 대피학교로 적절한곳은 가좌중학교, 신석초등학교로 예상됨

○ 연차별 시나리오의 강우빈도의 경우에 따라 다른데, 그 이유는 각각의 기준이 다르기 때문임. 실제 우수량은 설계확률강우 나누어 빈도시간을 각 시간내의 평균 강우강도가 큰 것은 N연간 수집해 확률 계산을 통하여 결정함. 확률년을 크게 해서 시설을 만들면 안전하긴 하나 건설비 비용 등이 경제적인 효과가 떨어지게 됨. 이를 고려하여 일반적으로 계획빈도는 하수도시설기준(환경부, 2011)에 의하여 하수과거의 확률 년수는 10~30년을 원칙으로 하며, 지역의 특성 또는 방재현상의 필요에 따라서 이보다 크게 또는 작게 설정할 수 있음

○ 서구지역 예상 침수모의는 이재민의 안전과 재산을 고려하여 최대 200년 빈도까지 적용하는 것이 필요하며, 10년부터 50년, 100년, 200년을 적용하여 강우강도에 따라 이재민이 대피해야 하는 위치와 영역이 달라진다는 것에 대한 고려가 필요함

제6장 연구결과의 요약 및 정책제안

제1절 연구결과의 요약

1. 연구내용 요약

가. 국내외 대피학교 및 방재형 공원 DB 구축

○국내 사례 8건 포함

○해외 사례 14건 포함

나. 대피학교 리모델링 설계 가이드라인 개발

○대피학교 리모델링, 복합형방재공원 설계에 관한 성능기준, 시설기준 및 설계 가이드라인 개발

○대피학교는 안전성, 접근성, 보건성, 거주성, 가변성 및 응급성 등 총 5개 성능유형별 해당 단위실별로 기본성능기준과 설계 가이드라인을 제시함

○복합형방재공원은 방재효율성, 복합성, 친환경성, 관리용이성, 경제성 총 5개 성능유형별 해당 시설별로 기본성능기준과 설계 가이드라인을 제시함

다. 대피학교 성능적합성 평가기준과 평가표 개발

○대피학교 시설의 적합성과 유형평가를 위한 평가지표와 유형별 프로토타입 구분기준 개발 (유형: 방재특화형 거점학교, 일반형 거점학교, 분산학교)

○복합형방재공원의 유형평가기준을 제시하고, 평가기준에 침수위험지구 등 도시적 여건을 고려함 (유형: 폭우대응형, 분산빗물관리형, 복합방재형)

라. 시험적용 및 검증, 선행연구와 비교분석

○인천광역시 서구 관내 4개 학교와 2개 공원에 설계 가이드라인을 1차 시험적용함

○시험적용 결과 설계 가이드라인의 타당성에 대한 검증과 보완과제가 도출되었고 보완을 완료함

○본 연구 개발 기법과 기준을 선행연구와 비교분석 수행

마. 우수관리 컴퓨터 시뮬레이션 및 우수관리효과 검증수행

○인천광역시 서구지역을 대상으로 우수관리효과에 대한 컴퓨터 시뮬레이션 수행 (저류조와 방재복합공원에 대한 비점오염원관리 저류지의 복합효과 실험)

○시뮬레이션 결과 저류조와 방재복합공원의 저류지의 복합효과가 검증됨

○저류지 성능기준을 복합형방재공원의 관점에서 제시함

○저류조 성능기준을 우수관리 관점에서 제시함

바. 강우빈도별 지역단위 대피인원에 대한 경제적 수용대책 기법개발

○강우빈도별 지역단위 대피인원 산출기법개발

○대피인원에 대한 대피시설대책 수립기법 개발

○대피시설대책에 대한 경제성 평가 및 제고대책 검토

사. 실내용주거용시스템칸막이 개발

○대피학교 수용인원 산정기준에 대한 적정기준안 제안

○대피학교 강당공간에 설치하는 실내용 임시주거시설에 적용

2. 주요 연구결과 요약

가. 대피학교 수용능력 대비 지역대피수요인원 비교평가

○대피학교 수용능력이 10년 강우빈도 시 지역대피수요인원을 충족함

○그러나 50년 이상 강우빈도 시 지역대피수요인원을 충족하지 못함

○대피학교 수용능력강화(일반교실), 공공적 시설(청사, 교회, 운동장 등)을 활용하여 대피시설을 확충하기 위한 노력이 필요함

나. 대피민 수용능력 확대사업의 경제성 제고 방안 제시

○양적 시설확충 목표와 경제성 제고 목표에 동시에 접근하기 위한 방법을 고려해야 하나 양 목표가 상호 상충됨

○리모델링 사업의 경제성을 높이기 위한 방안으로 학교 복합화 강화, 산업파급효과를 고려, 타 재해대피와 연계 등 3가지 방법을 제시함

○이 외에 조기주민대피유도, 커뮤니티 상시협력체계강화 등 사회적 예방, 완화방법에 대한 대책이 필요함

제2절 정책 제안

1. 국토교통부

가. 도시·군 계획기설의 결정·구조 및 설치기준 일부 개정(안)

대피학교시설의 이재민 체류시설과 환경에 대한 구체적 범위를 지정함으로써 효과적인 대피시설 운영 및 학교시설기능의 대피기능 향상을 도모함

(1) 주요내용

도시·군 계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙」에 따른 학교시설의 결정 기준에 대피학교의 상세 기준을 제시함(제89조15호)

(2) 도시·군 계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙 일부 개정(안)

도시·군 계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙 일부를 다음과 같이 개정하고자함

제89조제15항 중 “주민의 일시적 체류를 위한 시설(식량저장시설, 냉난방시설, 위생시설, 환기시설 및 소방시설을 말한다. 이하 "주민일시체류시설"이라 한다)을 설치할 것”을 “주민의 일시적 체류를 위한 시설(내부공간, 외부공간, 구조, 수용인원산정, 식량저장시설, 냉난방시설, 위생시설, 환기시설 및 소방시설을 말한다. 이하 "주민일시체류시설"이라 한다)을 설치할 것”으로 개정함

현 행	개 정 안
제89조(학교의결정기준) 15. 재해 발생 시 「자연재해대책법」 등에 따라 대피소 기능을 하는 경우에는 주민의 일시적 체류를 위한 시설(식량저장시설, 냉난방시설, 위생시설, 환기시설 및 소방시설을 말한다. 이하 "주민일시체류시설"이라 한다)을 설치할 것	제89조(학교의결정기준) 15. ---------- ----------(내부공간, 외부공간, 구조, 수용인원산정, 식량저장시설, 냉난방시설, 위생시설, 환기시설 및 소방시설을 말한다. 이하 "주민일시체류시설"이라 한다)을 설치할 것

나. 「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」 제 15조(도시공원의 세분 및 규모)

「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」 제 15조(도시공원의 세분 및 규모)의 도시공원의 세분화에서 기존 현행 사항에 방재복합공원을 추가 지정, 도시공원 및 녹지가 방재기능을 가질 수 있도록 하여 도시의 방재 취약성을 완화, 혹은 극복하고자 함.

(1) 주요내용

「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」 제 15조(도시공원의 세분 및 규모)의 ‘도시공원의 기능 및 주제에 따른 세분화’에 따라 ①항의 ‘2. 주제공원’의 분류에 방재복합공원을 추가함

(2) 「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」 제 15조(도시공원의 세분 및 규모) 일부 개정 (안)

도시공원 및 녹지 등에 관한 법률 제 15조(도시공원의 세분 및 규모)의 일부를 다음과 같이 개정하고자 함

제 15조 1항의 ‘2. 주제공원’ (사)항을 (아)항으로 수정하고, (사)항에 방재복합공원을 “폭우대응과 비점오염저감 등 의 빗물을 관리하여 친환경적 방재복합 기능을 목적으로 설치하는 공원”을 신설함.

현 행	개 정 안
제15조(도시공원의 세분 및 규모) ① 도시공원은 그 기능 및 주제에 따라 다음 각 호와 같이 세분한다. <개정 2012.12.18., 2013.5.22.>	제15조(도시공원의 세분 및 규모) ① ----------
2. 주제공원: 생활권공원 외에 다양한 목적으로 설치하는 다음 각목의 공원	
가~마. 생략 사. 그 밖에 특별시·광역시·특별자치시·도·특별자치도(이하 "시·도"라 한다) 또는 「지방자치법」 제175조에 따른 서울특별시·광역시 및 특별자치시를 제외한 인구 50만 이상 대도시의 조례로 정하는 공원	가~마. 생략 사. 방재복합공원: 폭우대응과 비점오염저감 등 의 빗물을 관리하여 친환경적 방재복합 기능을 목적으로 설치하는 공원 아. 그 밖에 특별시·광역시·특별자치시·도·특별자치도(이하 "시·도"라 한다) 또는 「지방자치법」 제175

	조에 따른 서울특별시·광역시 및 특별자치시를 제외한 인구 50만 이상 대도시의 조례로 정하는 공원
② 생략	② (현행과 같음)

다. 「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률 시행규칙」 제3조(공원 시설의 종류), 제 9조(공원시설의 설치·관리 기준)

도시공원 및 녹지 내 조경시설을 미적인 용도로만 활용하고 있는 규정을 자연상태의 물순환 회복력을 향상시켜 폭우대비기능을 가질 수 있도록 개정함.

(1) 주요내용

제 3조(공원시설의 종류)에서 조경시설 설치 시 물순환 기능에 대한 의식을 고양할 수 있도록 조경시설의 정의에 “자연상태의 물순환 회복에 도움을 주는 시설”로 개정함

(2) 개정(안)

제 9조(공원시설의 설치·관리기준)에 “조경시설의 구조를 오목한 형상으로 설치하여 빗물이 원활하게 유입되도록 하여 폭우에 대비하는 기능을 갖도록 한다”항을 신설함

현 행	개 정 안
제3조(공원시설의 종류) 법 제2조제4호 각 목에 따른 공원시설의 구체적인 종류는 별표 1과 같다.	제3조(공원시설의 종류) ----------
1. 조경시설: 관상용 식수대·잔디밭·산울타리·그늘시렁·못 및 폭포 그 밖에 이와 유사한 시설로서 공원경관을 아름답게 꾸미기 위한 시설	1. 조경시설: 관상용 식수대·잔디밭·산울타리·그늘시렁·못 및 폭포 그 밖에 공원경관을 아름답게 꾸미기 위한 시설로서 자연상태의 물순환 회복에 직·간접적으로 도움을 주는 시설
2.~9. (생략)	2.~9. (현행과 같음)
제9조(공원시설의 설치·관리기준) ①, ②, ③ (생략)	제9조(공원시설의 설치·관리기준) ①, ②, ③ (현행과 같음) ④ 조경시설의 구조를 오목한 형상으로 설치하여 빗물이 원활하게 유입되도록 하여 폭우에 대비하는 기능을 갖도록 한다 (신설)

2. 교육부

가. 고등학교 이하 각급 학교 설립·운영규정 일분 개정(안)

학교시설에 대피소 기능을 위한 시설을 추가함으로써 자연재해로 인한 대피시설로 신속히 전환하여 이재민을 일정 기간 수용할 수 있도록 함

(1) 주요내용

「고등학교 이하 각급 학교 설립·운영 규정」에 따른 학교시설에 대피소 기능을 위한 시설의 상세 기준을 제시함

(2) 고등학교 이하 각급 학교 설립·운영 규정 일부 개정(안)

고등학교 이하 각급 학교 설립·운영 규정 일부를 다음과 같이 개정하고자 함.

제3조의4(대피시설) 교육부장관 또는 특별시·광역시·도교육감(이하 “시·도교육감”이라하다)은 국·공립학교에 교육상 지장이 없는 범위 안에서 대피소 기능을 위한 대피시설을 설치할 수 있으며, 이를 위해 별도로 정하는 기준(적합성평가, 성능기준, 시설기준, 설계가이드라인, 대피학교 물량산출, 시방서 등)에 적합해야 한다.(신설)

현 행	개 정 안
제3조2(복합시설) 교육부장관 또는 특별시·광역시·도교육감(이하 "시·도교육감"이라 한다)은국·공립학교에 교육상 지장이 없는 범위 안에서 문화 및 복지시설, 생활체육시설, 평생교육시설 등의 복합시설을 둘 수 있다. <개정 2008.2.29., 2013.3.23.>	제3조2(복합시설) ---------- 제3조의3(대피기능) 교육부장관 또는 특별시·광역시·도교육감(이하 “시·도교육감”이라하다)은국·공립학교에 교육상 지장이 없는 범위 안에서 대피소 기능을 위한 대피시설을 설치할 수 있으며, 이를 위해 별도로 정하는 기준(적합성평가, 성능기준, 시설기준, 설계가이드라인, 대피학교 물량산출, 시방서 등)에 적합해야 한다.(신설)

3. 안전행정부

가. 「재해구호법」 일부개정(령)안

수해 등 재해 발생에 대비한 긴급 대피시설 제공 등 구호의 종류, 방법, 절차에 대한 현행 법률적 기준을 구호기간에 따라 다변화, 차별화하고자 함.

(1) 주요 내용

「재해구호법」에 따른 임시주거시설 등 구호의 종류와 지원 내용이 구호기간에 따라 구분되어야 함에 대비함

1) “일시대피자”의 종류를 구호기간에 따라 구분함.(동법 제2조 2호)

2) 임시주거시설을 구호기간에 따라 응급대피시설, 임시대피시설, 장기대피시설로 구분함(동법 제4조 1항 1호)

3) 임시대피시설에 학교 등 응급대피시설에 관한 규정 신설(동법 제4조2 1항 6호)

(2) 재해구호법 일부개정령(안)

제2조(정의) 이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.

2. "일시대피자"란 재해가 예상되어 일시대피한 사람을 말한다. 이 때 대통령령에 따라 구분된 구호기간의 구분에 따라 일시대피자를 응급대피자, 임시대피자, 장기대피자로 구분한다.

제4조(구호의 종류 등) ① 구호의 종류는 다음 각 호와 같다.

1. 임시주거시설의 제공. 이 때 대통령령에 따라 구분된 구호기간의 구분에 따라 임시주거시설을 응급대피시설, 임시대피시설, 장기대피시설로 구분한다.

제4조의2(임시주거시설의 사용 등) ① 구호기관은 재해로 주거시설을 상실하거나 주거가 사실상 불가능한 상황에 처한 이재민등의 구호를 위하여 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 시설을 임시주거시설로 사용할 수 있다.

6. 「도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙」 제89조(학교의 결정기준)에 규정된 “주민일시체류시설”이 설치된 학교 등의 시설물

나. 「재해구호법 시행령」 일부개정령안

수해 등 재해 발생에 대비한 긴급 대피시설 제공 등 구호의 종류, 방법, 절차에 대한 현행 법률적 기준이 구호기간 등에 따라 다변화, 차별화되어야 함에 불구하고 대피기간이 포괄적으로(6개월 이내) 설정되어 있음에 따라 발생하고 있는 재해구호활동의 비효율성을 개선하고자 함.

(1) 주요 내용

구호기간을 응급대피기간, 임시대피기간, 장기대피기간으로 구분(동법 시행령 제3조)

(2) 재해구호법 시행령 일부개정령(안)

제3조(구호기간) 법 제4조제3항에 따른 구호기간은 이재민의 피해정도 및 생활정도 등을 고려하여 응급대피기간, 임시대피기간, 장기대피기간으로 구분하고 각각 4주 이내, 6개월 이내, 2년 이내로 한다. 다만, 구호기관이 이재민의 주거 안정을 위하여 필요하다고 인정하는 경우에는 구호기간을 연장할 수 있다.

제3절 로드맵 및 홍보계획

1. 설계가이드라인 로드맵

<표 6.3.1> 설계가이드라인 로드맵

구분	단기(3년) (2016~2018)	중기(6년) (2019~2021)	장기(10년) (2022~2025)
후속연구	•가이드라인 사용자별 세분, 보완 •학교 복합화와 연계 연구 후속연구 •방재기술 복합화(IT)	•가이드라인 전국적 배포 •학교 복합화 연계 방안 개발 •타 재해(태풍, 지진, 폭염 등) 방재와 연계	•대피학교, 복합공원 전용 S/W 개발 •GIS 기술과 복합화
홍보 및 현장적용	•인천지역 홍보 •시범사업 및 평가	•전국적 홍보 •전국적 적용 •마을단위 자율체계 구축	•해외홍보 •해외진출
정책연구	•재난안전청과 협의 •교육인적자원부 협의 •국토교통부 협조 •학교시설기준 1차 반영	•관련 정책 입법 •학교시설 기준에 2차 반영 •국가방재체계와 연도	•관련 정책 후속입법 •대피시설 기본계획 법정화
재원확보	•시범사업 재원 확보	•전국적 사업 재원확보	•재원의 법령화

2. 홍보계획

<표 6.3.2> 홍보 로드맵

구분	단기(3년) (2016~2018)	중기(5년) (2019~2023)	장기(10년) (2024~2033)
유관기관의 자율적 홍보	•웹사이트 구축 및 가이드라인 서비스 •수요조사 및 계획 수립	•Big Data 활용 및 외국 활용사례 조사 •웹 3.0 기반 가이드라인 서비스 및 모바일 서비스	•웹을 통한 마을 단위 대피체계 수립 및 기술지원 •GIS 연동 추진
SNS 홍보	•SNS 활용 홍보 실시 •페이스북 및 트위터 서비스 제공	•소셜 플러그인 연계	•모바일앱 배포 및 관련 프로그램 연동

3. 정책적 제도화를 위한 연구성과의 구체적 활용방안

본 연구에서는 3개 정부부서에 대한 총5개의 정책제안을 제시하고 있으며 이러한 정책제안에 대한 구체적 연구성과 활용방안 중 주요 사항은 다음과 같음.

가. 국토해양부 정책제안에 연구성과 활용방안

○「도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙」 제89조(학교의 결정기준) 제15호에 규정된 "주민일시체류시설"이 설치된 학교 시설기준에 대한 가이드라인으로 활용

○동 규칙 제89조(학교의 결정기준) 제16호에 규정된 빗물이용을 위한 시설, 식생도랑, 저류·침투조, 빗물정원 등의 빗물관리시설기준에 대한 가이드라인으로 활용

○동 규칙 제120조(저류시설의 결정기준 및 구조·설치기준)에 규정된 저류시설의 결정기준 및 구조·설치기준에 대한 가이드라인으로 활용

○동 규칙 제53조(공원의 결정기준 및 구조·설치기준)에 규정된 공원의 결정기준 및 구조·설치기준에 대한 가이드라인으로 활용

○동 규칙 제55조(녹지의 결정기준 및 구조·설치기준)에 규정된 공원의 결정기준 및 구조·설치기준에 대한 가이드라인으로 활용

나. 교육인적자원부, 안전행정부 정책제안에 연구성과 활용방안

○단기적(3년)으로 안전행정부와 협의하여 시범사업 예산확보 후 교육청과 협력하여 본 연구 대상 지역인 인천광역시 서구지역 3개 거점대피학교(가좌중, 서곶중, 신석초) 가운데 2개 학교에 대하여 시범사업 실시

○중기적(6년)으로 위 사업성과 평가결과에 따라 예산추가확보와 가이드라인 보완 후 인천광역시 전 지역으로 시범사업을 확대하고, 임시주거시스템을 도입. 한편 EDUMAC 학교시설기준에 대피학교 관련 기준을 신설하고 보완된 가이드라인을 적용.

○장기적(10년)으로 범건축산업적 논의를 거쳐 전국적으로 확대

4. 전국 거점대피학교에 확대적용하기 위한 보완 방안

본 연구에서 제시하는 대피학교 시설기준과 리모델링 계획안은 일차적으로 인천광역시 서구지역 대피학교를 대상으로 하고 있음. 이러한 연구성과를 전국적으로 확대 적용하기 위해서는 적용대상지역의 대피시설 현황특성, 강우특성과 주민구성 관계특성, 대피학교 시설현황 등에 따라 본 연구의 시설기준과 가이드라인이 보완되어야 함. 주요 사항은 다음과 같음.

가. 지역대피 현황특성에 따른 시설기준과 가이드라인 보완

○지역대피시설 설치현황(대피학교 외 체육관, 공공시설 등 포함)과 주민대피수요 관계에서 대피학교의 수용분담량을 추정하고, 대피로 지정현황, 재해지도 작성현황, 재난안전계획 수립 여부 등을 함께 고려하여 대피학교의 활용방법과 수준을 결정

○대피학교의 수요분담량이 강당 리모델링만으로 부족할 경우 일반교실의 리모델링 또는 체육관, 공공시설 활용 등을 포함하여 수용분담량 증대 방안 모색

○대피수요량과 활용방법 및 수준에 따라 일반형거점학교, 특화형거점학교, 분산학교의 분포와 규모를 조정하고, 적합성 평가항목, 세부적인 시설기준과 가이드라인을 탄력적으로 조정하여 대피시설과 환경의 양적, 질적 수준 조정

나. 강우특성과 주민구성 관계특성에 따른 시설기준 보완

○강우빈도 시나리오별 주민대피수요를 추정하여 위에서 언급된 지역대피 현황특성에 따른 수요분담량 추정에 반영하고, 한편 노약자 및 장애인 분포에 따른 대피시설 수요특성을 분석하여 대피학교 시설기준의 수준을 조정함

○지역별 강우빈도 시나리오별 홍수 시뮬레이션을 실시하여 대피학교의 적합성 검토와 대피학교 선정, 대피로 선정에 반영함. 홍수 시뮬레이션 결과와 주거지역 분포에 따라 거점학교와 분산학교를 적절히 배치하는 것이 필요함

다. 대피학교 시설현황 특성에 따른 시설기준과 가이드라인 보완

○대피학교의 노후도, 규모, 예산현황 등에 따라 리모델링 수준과 범위를 조정함.

입지적 분포특성을 고려하여 가능하면 특화거점학교를 주거지역에 균등분포 배치하여 비용절감과 복합화 효과를 지향함. 이 경우 시설기준과 가이드라인을 탄력적으로 조정하고 리모델링 계획안 수준의 고급화를 지향할 수 있슴

○지역주민의 문화 및 체육활동을 위한 학교 복합화의 필요성을 검토하여 필요시 시설기준과 가이드라인의 관련 조항에 대한 세분화 및 고급화를 실시함. 본 연구에서는 복합화 시설내역과 수준을 포괄적으로 제시하고 각 지역의 특성에 따라 세부적으로 조정할 수 있도록 하고 있음

제7장 연구의 목표달성도, 기여도, 활용계획

제1절 연구개발 목표달성도

○ 성과점검기준표 집계 제시

	세세부과제(공동과제)명 (연구목표, 분야)		성과목표		성과지표		성과검증 기준				가중치	달성평점 (평점:1~5)	비고
							목표수준		측정방법	검증방법			
							목표치	달성치					
질적 목표 점검	1	기후변화에 대비한 기성시가지 복합화 도시계획시설의 도시방재력 강화를 위한 설계기법개발	1-1	·학교시설의 복합화 방재력 강화 설계기법개발	①	해외사례 조사DB구축	1건	1건	조사DB구축여부	조사DB 구축표	2%		
					②	학교시설 국내지침 방재성능 비교분석	1건	1건	학교시설 국내지침 방재성능 교분석표	비교 분석표	2%		
					③	학교시설 중 방재기능 담당 공간프로그램 도출	1건	1건	도출여부	다이어그램	7%		
					④	도시계획시설로서 학교시설의 방재력 강화방향 도출	1건	1건	도출여부	다이어그램	7%		
					⑤	학교시설 배치계획부분 세부계획기법개발 (입지/위치/매스/지표면)	1건	1건	계획지침요소	계획기법 제시	4%		
					⑥	학교시설 건축계획부분 세부계획기법개발 (운동장/강당/일반교실/양호실/교무실/방송실/주차장)	1건	1건	계획지침요소	계획기법 제시	4%		
					⑦	학교시설 구조/설계계획기법개발 (지하저류탱크/임시발전소/구조체)	1건	1건	계획지침요소	계획기법 제시	4%		
					⑧	학교시설의 우수피해시 재해대응력 시뮬레이션	1건	1건	시뮬레이션 결과	시뮬레이션	4%		
					⑨	학교시설 복합화 방재력 강화형 설계	1건	1건	설계안 도출	도면	4%		도면

						실제 계획안 적용 (인천광역시)							
					⑩	학교시설 복합화 방재력 강화형 설계 실제 계획안 검증	1건	1건	시뮬레이션 비교분석	검증표	3%		적합성평가표
					⑪	정부 계획지침 제공	1건	1건	계획지침요소	계획기법 제시	5%		시설기준
					⑫	정부 설계가이드라인 제공 (시범설계안)	1건	1건	설계가이드라인 제공	설계 가이드 라인 제시	5%		가이드라인
			1-2	공원녹지의 복합화 도시방재력 강화 설계기법개발	①	해외사례 조사DB구축	1건	1건	조사DB구축여부	조사DB 구축표	2%		
					②	공원녹지시설 국내지침 방재성능 비교분석	1건	1건	공원녹지시설 국내지침 방재성능 비교분석표	비교 분석표	2%		
					③	공원녹지시설 중 방재기능 담당 공간프로그램 도출	1건	1건	도출여부	다이어그램	7%		
					④	도시계획시설로서 공원녹지시설의 방재력 강화방향도출	1건	1건	적용여부	다이어그램	7%		
					⑤	공원녹지시설 배치계획부분 세부계획기법개발 (폭우대응, 기타대응, 대피소)	1건	1건	계획지침요소	계획기법 제시	4%		
					⑥	공원녹지시설 시설물 및 식재계획 기법개발 (폭우대응/기타재해대응/비상대피소 시설기준)	1건	1건	계획지침요소	계획기법 제시	4%		
					⑦	공원녹지시설 친환경계획	1건	1건	계획지침요소	계획기법 제시	4%		
					⑧	공원녹지시설 우수피해시 재해대응력 시뮬레이션	1건	1건	시뮬레이션 결과	시뮬레이션	4%		
					⑨	공원녹지시설 복합화 방재력 강화형 실제 설계안 적용 (인천광역시)	1건	1건	설계안 도출	도면	3%		

					⑩	공원녹지시설 복합화 방재력 강화형 설계 실제 계획안 검증	1건	1건	시뮬레이션 비교분석	검증표	3%		적합성평가
					⑪	정부 계획지침 제공	1건	1건	계획지침요소	계획기법 제시	5%		시설기준
					⑫	정부 설계가이드라인 제공 (시범설계안)	1건	1건	설계가이드라인 제공	설계 가이드 라인 제시	5%		가이드라인
	종합점수 = ∑ (성과목표별 달성평점×가중치)												

양적 목표 점검	사업연계지표	목표	목표 건수	달성 건수	증빙	인정 건수	**달성율 (%)**	가중치	**달성평점**	
		보고서 권수	3건	3건	보고서			23%		
		연구개발 관련 행사건수	3건	4건	보고서			23%		
		논문발표	4건	24건	보고서			23%		
		시범적용 정책협의	5건	8건	보고서			23%		
		중앙정부 정책제안	1건	5건	보고서			8%		
	종합점수 = ∑ (성과별달성율×가중치)									

제2절 기대성과 및 활용방안

1. 기술 수준의 제고효과

<표 7.2.1> 기술 수준의 제고효과

	구분	현행	개선안	기대성과
학교시설	기존 학교시설을 응급대피시설로 전환하기 위한 리모델링 기준	없음	2회 적용시험을 거친 안 제시	시설기준 제시 대피시설 리모델링 기술수준향상
	대피학교 시설의 유형구분 평가방법	없음	2회 적용시험을 거친 안 제시	평가기준 제시
	대피기능과 지역복지기능의 복합화로 지역문화복지산업 제고효과	한국교육환경연구원 학교건축 복합화연구	대피기능과 복합화하기 위한 필요성, 방향 제시	기존 학교복합화 기법과 접목하여 복합성, 경제성
	실내용 임시거주시설	전용제품 없음	전용제품 기준 제안 (특허획득)	제품화 추진 중
공원녹지	폭우대응 방재공원녹지에 대한 설계가이드라인 제시	없음	시험적용을 거친 계획안을 공원 1종.. 녹지 1종에 대해 제시	성능기준, 유형선정기준, 설계가이드라인
	공원녹지시설을 대피학교 지원을 위한 시설로 활용하기 위한 모델 제시	없음	2개의 공원에 대한 모델안 제시	대피대응 방재공원·녹지 모델 제시
지역대피	강우빈도별 지역단위 응급대피 인원산출과 대피시설 계획기법	없음	강우빈도와 침수범위 예측에 따른 대피인원 수요파악	대피시설 지정의 적정성 확보 및 재난재해시 원활한 구호활동 가능
			대피인원 대비 시설수용인원 평가와 경제성 평가기법	강우빈도별 대피인원 변동에 따른 시설적 대책 수립기법
	폭우 시 침수범위 예측을 위한 시뮬레이션 기법	침수모델링과 S/W를 이용한 침수범위 산정법	배수, 하·오수관거, 지표 및 각종 변수와 수리학 및 유체역학적분석도, MOUSE 모형 사용	각종 변수들을 고려한 기법으로 보다 정확한 침수지역 산정 및 결과도출이 가능

2. 경제성 분석 및 경제적 파급효과

가. 분석의 목적 및 방법론

ㅇ 목적: 비용/편익분석을 통한 사업의 경제성 분석 및 경제적 파급효과 검토

ㅇ 재해사망비용 추정방법 : 인적자본접근법 (사망비용=임금손실+PGS[1])

-연령대별 임금자료는 「2010년 지역별고용조사」 자료 활용

-연령별 기대여명은 국가통계포털(KOSIS)의 2010년 생명표 참조[2]

나. 주요 검토조건

ㅇ 사업검토기간과 사업목표수준

구분	내용	비고
기준연도	2015	
분석기간	2020-2040	리모델링 공사 완공 후 20년간
할인율	6.5%	
경제성 목표	B/C 비율 > 100% 확보되는 방안	리모델링 학교 수, 복합화학교 수, 리모델링 내용 등 검토
이재민 수용능력 양적 목표수준	50년 강우빈도 이재민 전원 수용	목표수준 미달 시 대피학교 수 조정, 타 공공시설 활용 등 별도 대책 검토
이재민 수용능력 질적 목표수준	안전하고 쾌적한 임시거주(일주일 내)	냉난방, 공기순환 등 거주환경 제공

ㅇ 서구 내 리모델링 대상 대피학교

유형	거점학교	분산학교	계
개소	4개교	5개교	9개교

(자료: 본 보고서 제3장)

ㅇ 서구 30년간 홍수피해 (1980-2010)

	피해 총액(천원)	이재민(세대)	이재민(인)	인명(인)
합계	39,541,545	1,326	11,841	44
연평균	1,977,077	57.4	592.1	2.2

(자료: 한국의홍수(1971~1978), 행정자치부, 재해연보(2011), 소방방재청)

1) PGS(pain, grief and suffering): 가족이나 친지의 고통과 슬픔 같은 심리적 비용

2) 본 연구의 재해사망비용 추정치는 동일한 방법에 따라 응급사망비용을 산정한 KDI의 연구(이호준 2014)를 참조함

ㅇ 사망자당 손실액

-응급사망자에 대한 임금손실 추정액

(2010년 기준)

임금손실	PGS 비용	사망자 1인당 손실액
1억2,929만원	8,480만원	2억1,409만원

(자료: 응급의료시설의 경제적 가치 추정, 이호준 외, 한국개발연구 제36권 제4호, KDI, 2014)

-위 응급사망자의 연령분포가 고령에 현저히 편중된 것에 비해 재해사망자의 연령분포가 고르게 분포된 것을 고려하여 임금손실을 100% 상향조정 후 물가지수에 따라 조정(2010년 기준 2015.1 소비자물가지수 = 109.37, KOSIS)

-재해사망자 1인당 손실액 = (1억2,929만원*200%+8,480만원)*109.37 = 3억7,555만원

다. 비용편익분석(산업파급효과 미고려 시)

ㅇ 주요 전제

-복합화 대상 대피학교를 거점학교로 국한함

-거점학교 리모델링을 복합화와 병행하여 리모델링 냉난방 시설비 전액이 복합화 냉난방 시설비 절감효과를 가져온다고 가정

-대피를 통해 인명 피해가 없어진다고 봄

-대피를 통한 정신적 피해 감소액은 교통사고 경상피해액으로 가정 (행정비용 제외)[3]

-대피학교의 보관 시설을 통해 물적 피해가 줄어든다고 가정

-리모델링 시설의 유지관리비는 냉난방 시설 연중 6개월 가동비용으로 산정

-20년 후 리모델링 시설의 잔존가치가 없어진다고 봄

-도시재생효과, 산업파급효과 등은 1차 분석에서는 제외

3) 도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제5판), KDI, 2008

ㅇ 경제성 분석 결과(산업파급효과 제외 시)

<표 7.2.2> 경제성 분석 결과

구분	요소	추정액	내역
비용	리모델링비	31억7,700만	5억3천*4개교+2억1,140만*5개교
	유지관리비	3,600만	150만*6월*4개교
	합계	32억1,300만	
편익	인명피해감소	8억2,621만	3억7,555만*2.2인
	물적피해감소	1억1,480만	200만*57.4세대
	정신적피해감소	3억7,006만	125만*592.1인*50%
	학교복합화비감소	8억4,560만	2억1,140만*4개교
	합계	21억5,667만	
	B/C	67.1%	편익/비용

-B/C(비용/편익) 비율이 67.1%로서 위 분석의 여건과 전체 하에서는 서구지역 대피학교 조성사업의 경제성이 낮은 것으로 나타남

라. 경제성(B/C 비율)이 낮게 나타나는 원인분석

ㅇ 복합화학교 수가 제한됨

-주요 결정변수 확인: 거점학교/분산학교 수, 복합화학교 수

-거점학교/분산학교 수와 B/C 비율 간 관계는 역관계. 이에 비해 복합화학교 수와 B/C 비율 간 관계는 순관계

-분석의 전제에서 복합화학교 수를 거점학교의 수와 동일한 것으로 설정하여 종속변수의 관계로 설정되었음. 그 결과 복합화학교 수가 제한되어 경제성이 낮게 나타남

-B/C 비율 변화 폭 확대를 위해 거점학교 수와 복합화학교 수 간 함수관계를 독립변수의 관계로 전환하는 것이 필요함. 즉 복합화 학교 대상범위를 거점학교에 국한하지 않고 필요시 분산학교로 확대하는 방안 검토가 필요함

ㅇ 산업파급효과 가치가 제외됨

-1차 분석에서는 도시재생효과, 산업유발효과, 고용효과, 학교복합화에 따른 주민복지 향상효과가 제외되었음

-이들 효과들 중 산업유발효과는 리모델링 시장 활성화, 자재, 하도급 시장 등 관련산업 활성화 등을 말하는 것으로 이들 요소들이 경제성에 포함될 필요성이 큼. 기타 도시재생효과, 주민복지향상효과는 필요 시 향후 별도로 검토 가능

ㅇ 국민안전을 위한 사회적 자산으로서의 가치가 제외됨

-대피학교는 국민과 주민의 안전시설, 지역 커뮤니티의 소통시설로 역할하는 비시장재로서 사회적 자산가치로서의 관점에서 검토되어야 함

-사회적 자산가치에 대한 평가는 조건부가치측정법 등으로 측정할 수 있으며, 이것은 설문조사와 평가모델링 등이 필요하여 본 연구의 범위를 벗어나는 바 향후과제로 설정함

마. 경제성 개선을 위한 해결 방향

ㅇ 기초검토 : 양적 목표와 경제성 간 역함수 관계

-1차 분석에서 설정된 전제조건(거점 4, 분산 5, 복합화 4 등)에 따른 검토결과 10년 빈도 강우량에 대해서는 이재민을 전원 수용가능하나, 목표치인 50년 빈도 강우량에 대해서는 수용능력이 부족한 것으로 나타남

-양적 증가를 위한 방법으로서 동일한 거점학교의 일반교실을 활용하거나, 식당 등 타 부대시설을 리모델링하여 대피공간으로 활용하는 방법, 또는 타 공공적 시설(주민센터, 관공서, 교회, 체육관 등)을 대피시설로 함께 활용하는 방법이 있으나, 고액의 냉난방 시설비를 들여 활용범위를 대피 용도에 국한하는 방식만으로는 경제성을 악화시키는 요인이 될 소지가 큼

-즉 수용인원 증가를 위해서 기존 시설을 리모델링하는 방식이 신축보다 비용이 절감되긴 하지만 투입효과까지 고려한 경제성 측면에서는 악화 요인으로 작용한다고 보임. 이를 극복하기 위한 방안은 다음 세 가지로 요약됨

ㅇ 방안 1 : 복합화학교 수 확대

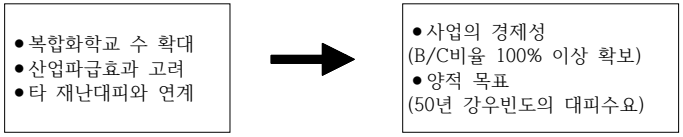
-대피학교의 대피기능과 주민복지시설 기능이 결합하여 복합화된다면 리모델링 시설과 학교 복합화 시설 간의 시설적 복합화로 경제성이 제고될 수 있음. 따라서 복합화학교 수 증가가 경제성 개선에 기여함. 특히 학교 복합화의 대상범위가 거점학교에서 분산학교에까지 확대된다면 경제성 향상에 기여할 수 있음.

ㅇ 방안 2 : 산업파급효과 고려

-대피학교 리모델링 사업이 리모델링 시장, 자재 시장, 하도급 시장, 고용시장 등에서 가져오는 지역경제 활성화 효과를 통하여 사업의 경제성 향상에 기여할 수 있슴

ㅇ 방안 3 : 타 재난 대피시설과 용도복합화 (향후과제)

-대피학교의 홍수대피 기능을 타 자연재난(태풍, 지진, 폭염, 혹한, 화산 등)과 사회적 재난(화재, 방사능, 테러 등)에 대한 대피 기능과 연계시 경제성 향상에 기여할 것임. 이것은 국가방재에서 검토되어야 할 향후과제로 설정함



바. 경제성 분석(산업파급효과 포함 시)

ㅇ 2차 분석의 전제

-위에서 제시한 3개 경제성 개선방안 중 2개 방안을 포함하여 재산출함

-리모델링 대상 거점학교 수와 분산학교 수를 1차 분석과 동일 가정

-복합화학교 수를 1차 분석과 동일하게 거점학교 수와 동일 가정

-생산파급효과와 고용유발효과는 인천지역 지수에 국한하여 분석함

-생산액 기준으로 산정하기 위하여 부가가치 유발효과는 제외함

-보건 및 사회복지서비스 부문의 산업파급효과 제외하였으며, 향후 전향적 검토 시 분석에 포함될 수 있음

ㅇ 경제성 분석 결과(산업파급효과 고려 시)

<표 7.2.3> 경제성 분석결과

구분		요소	추정액	내역
비용	1차 검토	리모델링비	31억7,700만	5억3천*4개교+2억1,140만*5개교
		유지관리비	3,600만	150만*6월*4개교
		합계	32억1,300만	(1차, 2차 동일)
편익	1차 검토	인명피해감소	8억2,621만	3억7,555만*2.2인
		물적피해감소	1억1,480만	200만*57.4세대
		정신적피해감소	3억7,006만	125만*592.1인*50%
		학교복합화비감소	8억4,560만	2억1,140만*4개교
		소계	21억5,667만	B/C=67.1%(1차)
	2차 추가	생산파급효과	35억8,683만	31억7,700만*1.129*
		고용유발효과	33.7인	31억7,700만/10억*10.6인**
		총계(1차+2차)	57억4,350억	
		B/C	178.8%	편익/비용(1차+2차)

*생산유발계수(2013), 건물건설및보수(인천지역),, 지역산업연관표, 한국은행
**고용유발계수(2013), 건물건설및보수(인천지역),, 지역산업연관표, 한국은행

-산업파급효과(인천지역 기준) 포함 시 B/C 비율이 178.8%, 고용유발효과(인천지역 기준) 33.7인으로서 대피학교 조성사업의 경제성이 확보되는 것으로 나타남

-경제성 추가개선 방안: 복합화학교 수 증가, 보건 및 사회복지서비스 부문의 파급효과를 포함, 타 재난대피와 연계 등의 방안을 고려할 수 있음

ㅇ 양적 목표 미달 문제 (향후과제)

-위 경제성 향상 방안에 검토는 양적 목표 미달 문제와는 별개임. 즉 여전히 대피학교 수용인원이 지역대피수요에 미달됨.

-이 문제는 대피학교만으로는 한계가 있는 것으로 보이고, 대피 시설의 범위를 대피학교 외에 타 공익적 시설(주민센타, 관공서, 교회, 체육관 등)에까지 확대하여 검토해야 함. 그러나 (앞에서 언급된 바와 같이) 양적 확대사업은 투입효과까지 고려한 경제성 측면에서는 악화 요인으로 작용하게 됨

-이러한 한계를 극복하기 위해서는 앞에서 제시한 세 가지 극복방안을 이들 타 공익적 시설에까지 확대하여 검토해야 하는 것으로 보임. 이것은 타 공익적 시설에 대한 조사, 검토가 필요한 사안으로 향후 과제로 설정함

사. 경제성 분석과 경제적 파급효과의 종합

ㅇ 경제성 검토결과와 제고 방안

-산업파급효과를 미고려 시 사업의 경제성이 확보되지 못함(67.1%)

-산업파급효과를 고려 시 사업의 경제성이 확보됨(178.8%)

-경제성 추가 확보는 거점학교 수 확대, 산업파급효과 고려, 타 재난 대피시설과 용도복합화 등의 방법이 있음

ㅇ 1차 경제적 파급효과

-대피학교 리모델링 사업을 통한 공공자산가치 증가

-복합화 학교 조성을 통한 지역자산가치 증가

-개인의 생명과 재산 보호를 위한 안전장치로서의 개인자산가치 증가

-대피시설의 체계적 운용으로 인적, 물적 손실 감소효과

ㅇ 2차 경제적 파급효과

-학교시설과 공원녹지시설의 대피시설 거점화 및 용도복합화로 도시재생효과

-기성시가지 리모델링 시장 활성화, 친환경 자재산업유발 등 산업유발효과

-방재전문 인력양성 등 고용유발효과, 공공문화복지사업 활성화 효과

-국민과 주민의 안전과 소통에 관한 사회적 자산가치 증가효과

–기후변화 관련 지역주민 협력과 공공적 대응의 중심시설 효과

<표 7.2.4> 경제성 분석과 양적, 질적 목표수준 검토결과

목표 구분	목표 내용	검토결과 및 목표달성 여부	향후과제
경제성 목표	B/C 비율 > 100% 확보되는 방안	목표달성 (산업파급 효과 고려시)	경제성 추가 향상을 위한 3개 방안 제시
이재민 수용능력 양적 목표수준	50년 강우빈도 이재민 전원 수용	목표부분달성 (10년 강우빈도 시 이재민 수용방안 확보)	10년 초과 강우빈도 시 대비책으로 3개 방안 제시
이재민 수용능력 질적 목표수준	안전하고 쾌적한 임시거주(일주일 내)	목표달성 (냉난방, 공기순환 등 거주환경 제공)	필요 시 리모델링 수준 조정 검토

3. 연구결과 활용계획

가. 활동계획 개요

<표 7.2.5> 활동계획

구분	성과물	목적	활용계획	활용 주체
대피학교 시설기준 및 시설정책 수립연구	•대피학교 성능기준 및 시설기준 •대피학교 설계 가이드라인	•대피학교 리모델링 설계	•대피학교 리모델링 설계지침 •타 설계기준과 연계로 표준화 강화 •디자인 요소별 BIM 템플리트 작성 •설계표준 등록 추진	•국토해양부 •교육인적자원부 •EDUMAC •행정자치부 •건축설계전문업체
	•대피학교 적합성 평가기준 및 평가표	•대피학교 선정, 평가	•대피학교 선정기준 •대피학교 유형구분기준	•교육인적자원부 •EDUMAC •행정자치부 •지자체
	•대피학교 물량산출 작성기준(유형별) •대피학교 일반시방서	•대피학교 물량산출 •시방서	•대피학교 리모델링 물량산출 기준 •대피학교 리모델링 일반시방서	•교육인적자원부 •EDUMAC •건축설계전문업체
	•실내용 임시주거시스템	•대피학교 실내임시 거주용	•특허출원 완료후 상용제품화 추진 •조달품목 등록추진 •행안부 비상비축물품 등록추진	•행정자치부 •제품생산업체
공원녹지 시설의 도시방재 기능강화 설계지침	•폭우대응 방재공원녹지 성능기준 및 시설기준 •폭우대응 방재공원녹지 설계 가이드라인	•폭우대응 방재공원 녹지 설계안	•폭우대응 방재공원녹지 설계지침 •자연형 비점오염처리시설 기술개발 •폭우대응 방재공원녹지 유형구분 및 선정기준	•국토해양부 •행정자치부 •조경전문업체 •환경전문업체
	•대피대응 방재공원녹지 모델제시	•대피대응 방재공원 모델제시	•대피학교 인접공원 대피계획	•국토해양부 •행정자치부 •지자체
지역대피 계획기법	•지역대피계획 기법 •대피로 선정기법 •저류조 설치기준	•지역대피 모델링 기법	•지역재난 대피계획수립 •대피로 계획수립 •저류조 설계	•국토해양부 •행정자치부 •방재전문업체 •GIS, 수리학 관련 IT 전문업체

나. 연구성과 활용방안을 통한 정책 제도화 추진

-인천광역시 내 서구에 위치한 가좌 중학교, 신석초등학교, 서곶 중학교를 설계 가이드라인을 적용한 대피학교로 실험 적용 제안

-인천광역시 서구청 및 교육청을 통한 대피학교 적용에 대한 예산확보 방안 추진(2017년)

-이를 통한 3개 학교를 복합 방재형으로 실험 적용함으로서 정책 제도화 추진

다. 참여기업의 연구성과 활용방안

○(주)희림건축의 활용방안

-국내 굴지의 종합건축설계업체로 국내외 설계실적 다수 수행

-기존 건축설계기술과 방재설계기술의 결합으로 기후변화에 따른 도시방재력 강화를 위한 건축 및 방재설계 역량 제고

○(재)국제도시물과학연구원의 현황과 연구성과 활용방안

- '갯골수로 유수지(학익유수지) 변경에 따른 침수영향 검토연구', '기후변화를 고려한 도시지역 내 탄력적 극한홍수 대응방안연구' 등 도시재해관련 연구 다수 수행

-기존 수자원관리 연구역량과 도시방재력 강화를 위한 연구역량을 결합으로 종합적인 수자원관리 및 방재연구역량 증대

○주관기관(인천대)와 참여기업의 협력방안

-본 연구에서 도출된 연구결과를 토대로 참여기업(희림건축, ICUH)이 방재전문기업 및 연구소로 성장할 수 있도록 산학협력 지속

-협력 방법으로는 정보공유, 컨설팅사업 공동추진, 공동연구추진 등

참고문헌

1. LEED환경연구원(2006), 저류지공원 조성계획에 관한 연구, 한국토지공사
2. 강원발전연구원(2013), “기상이변과 빗물자원화”
3. 건설교통부 (2006), “도시홍수관리를 위한 제도개선방안 연구”
4. 경기개발연구원(2006), “도시 내 불투수 포장 개선을 통한 녹지의 확대 및 생태적 관리 방안”
5. 경기개발연구원(2011), “도심형 빗물저류공간 조성을 위한 기초연구”
6. 경기도교육청(2009), “학교안전사고 예방 및 보상에 관한 법에 의한 학교시설 설계 및 안전관리 매뉴얼”
7. 경기도화성오산교육지원청(2012), “설계도서 작성지침-사업명 : 화성초 체육관 증축공사 설계용역”
8. 고용노동부, 안전보건공단(2013), “풍수해 대비 안전·보건 매뉴얼”
9. 교육부 (2013), 고등학교 이하 각급 학교 설립 운영 규정
10. 교육인적자원부(2003), “학교시설 설계 안전 매뉴얼 개발을 위한 정책연구 공청회자료 요약본”
11. 국가도시방재연구센터 (2013), “도시의 「기후변화 재해 취약성 분석」(지자체 설명자료)”
12. 국가도시방재연구센터(2013), “도시 기후변화 재해취약성분석 매뉴얼”
13. 국립방재연구소 (2005), “도시기본계획의 방재 및 안전부문에 관한 연구”
14. 국립방재연구소 (2007), u-Safe Korea 시스템 구축방안 연구
15. 국립방재연구소 (2008), “u-방재 City 표준모델 개발”
16. 국립방재연구소 (2010), “도시 공간 및 시설에 대한 안전실태조사 및 방재계획 기준 설정”
17. 국립방재연구원(2012), “재난경감을 위한 방재도시 설계기준 개발”
18. 국립재난안전연구원(2014), “대피시설 선정·관리 절차 개선방안 연구”
19. 국무총리실 기후변화대책기획단 (2008), 기후변화대응 종합기본계획
20. 국토교통부 (2006), “다양한 위험요소로부터 안전한 방재체계 구축방안”
21. 국토교통부 (2006), “행정중심복합도시 기본계획 - 다양한 위험요소로부터 안전한 방재체계 구축방안”
22. 국토교통부 (2009), “기후변화대비 국토모델구축 및 실현방안 연구”
23. 국토교통부 (2009), “기후변화에 대비한 도시계획적 대응방안 연구”
24. 국토교통부 (2013), 국토의 계획 및 이용에 관한 법률
25. 국토교통부 (2013), 도시계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙

26. 국토교통부 (2013), 도시공원법 시행규칙
27. 국토교통부(2014), 대상시별 편의시설의 종류 및 설치기준
28. 국토교통부(2014), 재해구호법 시행규칙
29. 국토교통부(2014), 재해구호법 시행령
30. 국토교통부(2014), 편의시설의 구조·재질등에 관한 세부기준
31. 국토교통부·K-water(2013), “물과 미래”
32. 국토방재연구원 (1998), “방재시설물 종합정비추진방안 연구”
33. 국토연구원(2010), “기후변화에 안전한 재해통합대응 도시 구축방안(Ⅱ)”
34. 군산시(2013), 침수방지 차수판설치 지원사업
35. 서울시특별시 도시계획국 (2012), “알기쉬운 도시계획용어집”
36. 서울특별시 도시안전실 물관리정책과 (2013), “건강한 물순환 도시 조성 종합계획”
37. 서울특별시 물관리정책과 (2014), “저영향개발 사전협의제도 안내”
38. 소방방재청 (2009), “효과적인 지역방재를 위한 도시계획수립 기법개발과 지침에 관한 연구”
39. 소방방재청 (2009), 우수유출저감시설 설치 사업 설명자료
40. 소방방재청 (2010), 풍수해저감종합계획 세부수립기준
41. 소방방재청 (2012), 자연재해위험지구 관리지침
42. 소방방재청 (2013), 재해구호계획 수립지침
43. 소방방재청 (2013), 재해지도 작성기준 등에 관한 지침
44. 소방방재청(2008), “안전생활 가이드”
45. 소방방재청(2008), 2007 재난연감,
46. 소방방재청(2011), 자연재해위험지구 관리지침
47. 소방방재청(2012), 재해연보 2012
48. 소방방재청(2013), “소방시설 종합정밀 점검표”
49. 소방방재청(2013), 2013 재해구호계획 수립 지침
50. 소방방재청(2014), “재난종합상황 분석 및 전망”
51. 소방방재청(2014), 2014 재해구호계획 수립 지침
52. 인천소방안전본부(2014), 이재민 임시주거시설 지정 현황
53. 재해구호협회 (2007), “주택피해 이재민 임시주거 시설 개선연구
54. 한국건설기술연구원 (2013), “재해저감형 저류공원 가이드북, 국토교통부 녹색도시과”
55. 한국건축가협회 (2011), “재난재해시 임시주거공간의 최소기준 설정 연구
56. 한국교육환경연구원(2010), “학교건축계획-학교시설관련법규”

57. 한국교육환경연구원(2013), “서울특별시 각급학교 지침”
58. 한국정보사회진흥원 (2008), “유비쿼터스 IT 활용 재난대응체계 현황 및 과제”
59. 환경부 (2006), 비점오염원관리 업무편람
60. 환경부 (2008), 비점오염저감시설의 설치 및 관리 · 운영 매뉴얼
61. 환경부 국립환경과학원 (2010), 수질오염총량관리를 위한 개발사업 비점오염원 최적관리 지침
62. 환경부 물산업지원팀 (2010), 빗물이용시설 설치 · 관리 가이드북
63. 환경부 한국환경공단 (2013), 건강한 물순환 체계 구축을 위한 저영향개발(LID) 기술요소 가이드라인
64. 환경부(2011), 물 재이용시설 설치 관리 통합 가이드 북
65. 강석진, 이경훈, 박지은 (2007), “환경 친화적 도시 · 건축기법을 통한 도시홍수피해 저감방안에 관한 연구”, 대한국토 · 도시계획학회 추계정기학술대회, 대한국토 · 도시계획학회
66. 강석진, 이은혜, 이경훈 (2007), “도시안전 및 친환경성을 고려한 도시홍수피해저감기법 유형화에 관한 연구-비구조적 대책을 중심으로”, 한국도시설계학회 춘계학술발표대회, 한국도시설계학회
67. 강창국, Marla C, Maniquiz, 손영규, 조혜진, 김이형 (2011), “ 도시 및 도로 조경공간을 활용한 소규모 인공습지 조성 기술”, 한국습지학회지 제13권 제2호, pp, 231-242
68. 경기개발연구원(2011), “지역공동체 활성화를 위한 학교시설 복합화 방안”
69. 권영상 (2010), “우리나라 신도시 계획에서 생활권 공간구조의 변화”, 국토계획 제46권 2호, pp,193-210,
70. 김강민, 신재훈, 최준성, 오덕성 (2010), “기후변화 대응한 녹색도시 개발 전략-사례연구: 대전광역시 학하 뉴타운 ”, 한국생태환경건축학회 춘계학술발표대회 논문집, 한국생태환경건축학회, 제10권, 제1호, 통권 18호,
71. 김걸, 김근영, 문채, 이병재(2014), “도시재난 대비를 위한 도시방재계획”, 대한국토도시계획학회 정보지, 통권 제388호, pp6~21
72. 김근영, 유철상, 이상렬 (2008), “홍수 지도를 활용한 도시홍수 방재도시 시행 가이드라인”, 한국건설교통기술평가원,
73. 김기욱, 김창수, 정신일 (2009), “도시방재를 위한 침수관리 기술 현황 및 전망”,한국콘텐츠학회논문지, 한국콘텐츠학회, 제7권, 제1호, pp,11-16,
74. 김민경, 문혁, 김혜정, 김경숙 (2011), “재해재난시 응급대피공간의 거주계획 요소에 관한 연구”, 대한건축학회지, 대한건축학회, 제27권, 제6호, 통권 제272호, pp,93-102,
75. 김성욱, 정수정, 최은경, 김상현, 이길하, 박덕근(2013), “국내 급경사지 재해 발생 현황 분석”, 한국환경과학회지, 한국환경과학회, 제22권 11호, 1529-1538
76. 김승현 (2012), “녹색기반시설에 의한 도시 강우유출 저감방안 연구 -뉴욕시의 녹색기반 시설 계획을 중심으로-”, 대한국토 · 도시계획학지 「국토계획」 제 47권 제4호 2012,8
77. 김이형, 이소영, 민경석 (2008), “수질 및 수생태계 보전을 위한 21세기 지속가능한 환경 정책 방안”, 한국습지학회지 제20권 제2호, pp,53-66
78. 김정곤 (2012), “기후변화 적응도시 모델개발을 위한 계획기법 및 사례 분석”, 한국생태환경건축학회논문집, 한국생태환경건축학회, Vol, 12, No, 4, 통권56호
79. 김태완, 성종상 (2008), “도시 인프라스트럭처로서 환경공원에 관한 연구”, 한국조경학회 춘계학술대회 논문집, 한국조경학회
80. 김태현, 김현주, 이계준 (2011), “재난관리를 위한 도시방재력 개념 및 기능적 목표설정”, 한국안전학회지, 한국안전학회 제26권, 제1호
81. 김학열, 이승주, 송혜정, 현수현, 김태영, 양정규 (2014), “폭우재해 저감 공원설계 기법 연구(Ⅲ)”, 한국방재학회 학술발표대회논문집, Vol, 2014
82. 김현주 (2009), “도시방재 기준 및 체계정립을 위한 기초연구”, 국립방재연구소
83. 김현주 (2010), “도시방재기준 개발을 위한 요소별 분류 및 방향 설정”, 국립방재연구소
84. 김현주, 김태현, 김미선, 김영주 (2011), “풍수해분야 도시방재 계획 및 관리를 위한 제도개선”, 국립방재연구소
85. 김현주, 김태현, 이계준 (2010), “도시 방재력 진단을 위한 지표 및 체크리스트 개발”, 국립방재연구소
86. 김희철 외 (2011), “해외 수변공간 개발에서 나타나는 유형별 계획특성 분석”, 도시설계학회 추계 학술대회 발표대회, 한국도시설계학회
87. 류혜선 외(2005), 대도시 중심지역의 재난 피해 저감을 위한 재난위험도 평가에 관한 연구, 대한건축학회지 제21권 제11호권 제12호
88. 문채 (2005), “일본사례에 기인한 우리나라 방재도시계획의 운영방안에 관한

연구”, 국토연구 제44권
89. 문채 (2012), “도시기본계획과 풍수해저감종합계획의 연계방안에 관한 연구”, 한국정책연구
90. 민창기(2008), “학교시설과 지역사회 시설의 복합화에 영향을 주는 요인 검토”, 대한부동산학회 Vol,26 No,1
91. 박남권 외(2012), 한일 주민대피계획의 실태분석에 관한 연구, 한국재난정보학회논문집 8권 2호 통권16호
92. 박상현 외(2014), 대피시설 선정 · 관리 절차 연구 개선방안연구, 국립재난안전연구원
93. 박재국 외(2012), 네트워크 분석을 이용한 보행속도에 따른 대피소 서비스 영역 분석, 한국지형공간정보학회지, 제20권 4호
94. 박재영 (2009), “대구 u-방재서비스 도입방안”, 대구경북연구원
95. 박종훈, 양병이 (2010), “녹지네트워크의 기능향상을 위한 서울시 중구의 옥상녹화 입지선정 - 조류를 목표종으로 활용하여”, 한국생태환경건축학회 논문집, 한국생태환경건축학회, 제10권, 제6호, pp3-11
96. 박환용, 이창수, 김근영 외 (2010), “도시 공간 및 시설에 대한 안전실태조
97. 변우일 (2006), “저류지 생태공원 설계모형에 관한 연구”, 한국환경복원녹화기술학회지, 제9권, 제3호, pp, 1-16
98. 사 및 방재계획 기준 설정”, 국립방재연구소
99. 성기환, 윤성국, 최희천, 반호준 (2010), “선진 이재민 구호제도 도입방안 연구”, 한국방재학회지, 제10권, 제4호(통권39호)
100. 송영학, 왕우철, 임석호(2013), “유닛 모듈러 설계를 이용한 임시주거 계획에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집, 대한건축학회, 제29권 3호, pp155-162
101. 손세련, 유환희 (2012), “진주시 재해피난용 대피소 및 대피로 적합성 평가”, 한국지형공간정보학회 춘계학술대회, pp,99-100
102. 신동석, 이종국(2011), “지역사회를 위한 유휴 학교시설의 활용방안에 관한 연구”, 대한건축학회 추계학술발표대회논문집 Vol,31 No,2
103. 신진동 외, 방재력 관점의 법률 분석을 통한 도시방재력 강화방안, 국토계획, 제47권, 제1호, 2012
104. 심기호, 유병태, 박경호, 송철민 (2008), “기후변화에 따른 풍수해 재난관리 종합계획 연구”, 국립방재연구소

105. 심우배 (2014), “도시의 기후변화에 따른 폭우재해 대응방안”, 국가도시방재연구센터
106. 심우배 외 (2011), “기후변화에 따른 새로운 도시방재 패러다임과 도시정책방안”, 국토연구원,
107. 심우배, 김걸, 지승희, 김학열 (2010), “기후변화에 안전한 재해통합대응 도시 구축방안 연구(Ⅱ)”, 국토연구원
108. 심우배, 왕광익, 이범현, 이문원, 문채 (2008), “재해에 안전한 도시조성을 위한 방재도시계획 수립방안 연구”, 국토연구원
109. 심우배, 왕광익, 이범현, 차정우, 김학열 (2009), “기후변화에 안전한 재해통합대응 도시 구축방안 연구(I)”, 국토연구원
110. 양정석 (2009), “도시지역의 소규모 저류지 조성에 대한 소고”, 수자원학회지, 수자원학회, Vol,42 No,12
111. 염세례, 손영태, 이상화(2012), “대피시설 선정시 영향 요인에 관한 연구”, 대한토목학회 정기학술대회
112. 오승주, 김승제(2004), “복합화학교 건축계획을 위한 기초적 조사 연구 : 전주시를 중심으로”, 대한건축학회 학술발표대회 논문집 Vol,24 No,2
113. 옥진아, 류근원 (2012), “도시방재정보 구축 및 활용방안”, 경기개발연구원
114. 유광흠, 조상규, 오성훈, 성은영 (2009), “친환경 근린개발을 위한 도시설계기법연구”, 건축도시공간연구소
115. 유환희, 손세련(2012), “진주시 홍수재해용 대피소 적합성 평가”, 한국지형공간정보학회지 제20권 제3호 pp,91-99
116. 이상호, 김성수 (2009), “재해 재난을 대비한 임시주거 단지의 기반구축에 관한 연구”, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 2009, 1
117. 이경욱 (2000), “유아발달에 따른 보행인자 분석”, 한국체육학회지, Vol, 39 , No,2 , pp527-536
118. 이소영, 김이형 (2013), “집중호우로 인한 비점오염원 유출을 저감하기 위한 LID 및 GSI 기술”, 한국방재학회지 v,13 no,4, pp,56-61
119. 이소희 외(2015), 도로경사와 연령별 보행속도 차이를 고려한 자연재난 대피소의 입지분석 - 서울시 사례분석, 한국지형공간정보학회지, 제23권 2호
120. 이소희, 구신회, 전영우, 박영진(2015), “도로경사와 연령별 보행속도 차이를 고려한 자연재난 대피소의 입지분석 - 서울시 사례분석”, 한국지형공간정보학회지 Vol,23 No,2 June 2015 pp,69-77
121. 이재국, 오병욱(2011), “학교시설 복합화 대상시설별 적정규모에 관한 연

구”, 한국디지털건축인테리어학회 논문집 Vol,11 No,1
122. 이정아 (2008), “유비쿼터스 IT활용 재난대응체계 현황 및 과제,” 방송통신위원회
123. 이정용, 강창국, Joan B, Gorme, 김순석, 김이형 (2011), “도시내 녹지공간 조성을 위한 소규모 HSSF 인공습지 개발”, 한국습지학회 제13권 제2호, pp,199-208
124. 이종렬, 최미옥, 문인수 (2010), “재난관리 단계별 도시방재 특성 분석”, 한국지역사회학회,
125. 이창수 (2011), “도시계획 수립시 풍수해저감을 위한 매뉴얼 개발”, 국립방재연구소
126. 임석호, 송영학, 왕우철 (2012), “한국과 일본의 임시주거 비교분석을 통한 건축계획적 개선방안 연구”, 대한건축가협회 논문집, 2012, 289
127. 임석호, 송영학, 왕우철 (2013), “유닛 모듈러 설계를 이용한 임시주거 계획”, 대한건축가협회논문집, 2013, 293
128. 정용재, 이재훈 (2013), “재난 및 재해에 대비한 대피소 공간현황 조사연구”
129. 조정원, 신중진 (2008), “일반주거지에서의 그린네트워크 계획에 관한 연구-계획 요소와 참여주체를 중심으로”, 도시설계학회 추계 학술대회 발표대회, 한국도시설계학회, pp, 610-620
130. 최선화(2011), 재해지도 현황 및 통합 활용방안(재해지도 작성 · 활용에 관한 실태조사 및 분석), 한국방재학회 논문집, 제11권 5호
131. 최홍식 외 (2013), 홍수재해관리와 주민대피 가이드라인 고찰, 대한토목학회지 제61
132. 한영해, 최영국 (2005), “생태적 도시개발을 위한 물순환 체계 확보방안 연구: 분산식 빗물관리를 중심으로”, 국토연구원
133. 한우석 외 (2012), “기후변화에 따른 폭우재해에 적응하기 위한 도시조성 시뮬레이션 시스템 개발방향 연구”, 한국수자원학회 학술발표회, 한국수자원학회, pp, 249
134. 홍성진 외(2009), 해일위험지역에 대한 대피시스템의 정량적 기준방안 연구, 국립방재교육연구원 방재연구소
135. 홍해리, 서동국, 長谷具雄二, 권영진 (2001), “고령자 피난안전설계를 위한 군집보행속도에 관한 연구”, 한국화재송방학회논문지, Vol,25 , No1, pp,19-26
136. 홍성진, 고택조 (2009), “해안범람에 따른 대피모형 적용방안 연구”, 충남방재정보연구소, 방재연구 제11권 제1호 통권41호 pp,169-182,
137. 황은경(2014), “건축물 피난시설 기준간 문제점 도출을 통한 통합관리 방안 모색 연구 -피난경로 및 피난안전공간을 중심으로-”, 한국방재학회논문집 Vol,14 No,3
138. 최지연 (2010), “자연적 물순환 시스템을 가진 침투여과형 비점오염저감기술 개발”, 공주 대학교 석사학위논문
139. 김범중 (2001), “초등학교 공간구성 및 평가에 관한 연구”, 광운대학교 대학 원 석사학위논문,신명옥 (2011), “저류지형 도시공원 어메니티 평가 및 개선방안에 관한 연 구” 조경학 학위논문(석사)
140. 박지은 (2012), “인천교 매립지 지역의 침수피해 저감을 위한 저류시설 활용 방안”, 공학석사학위논문, 인천대학교
141. 유병학 (2010), “자연재해를 고려한 도심의 방재성 확보방안에 관한 고찰: 서울특별시의 풍수해 재난 저감 방안에 관하여”, 고려대학교 대학원 석사학위논문
142. 유환희, 손세련 (2012), “진주시 홍수재해용 대피소 적합성 평가”, 한국지형공간정보학회지 제20권 제3호, pp,91-99
143. 이종태, 강태호, 김정환 (1996), “도시유역에서의 배수계통설계를 위한 SWMM 모형”, 한국수자원학회, 제4회 수공학워크샵교재, pp,97-204,
144. 이지향 (2010), “지역방재력 향상을 위한 방재마을 구축에 관한 연구”, 강원대학교 대학원 석사학위논문
145. 이한나 (2005), 재해민을 위한 임시 주거 방법론, 국민대학교 석사학위논문
146. 김용현 (2011), “우수유출 및 비점오염원 저감시설 고찰”, 영남대학교 석사학위논문
147. 박성현(2012), “학교 외부공간 바닥 포장재료 실태 분석 및 개선에 관한 연구”, 학국교원대학교 교육정책전문대학원, 석사학위논문
148. 배창환 (2013), “침투형 저류지에 의한 비점오염물질 처리에 관한 연구” 한국교통대학교 석사학위논문
149. 송창준 (2011), “기후변화를 고려한 도시배수시스템 취약성 분석과 대응방안으로서 LID 기법 적용성 평가 -굴포천 유역을 대상으로-” 인하대학교

석사학위논문
150. 이상훈(2007), “일본의 임시주거 계획특성에 관한연구 – 일본 ‘나가오카시’ 실태조사를 중심으로”, 연세대학교 대학원 석사학위 논문
151. 최진호(2005), 우리나라 재해 이재민의 임시주거 실태조사와 개산안에 관한 연구, 서울과학기술대학교 석사학위논문
152. 박하늬(2007), 풍수해 현황 및 대피시설 운용에 관한 연구, 서울과학기술대학교 석사학위논문
153. 박하늬 (2007), “풍수해현황 및 대피시설 운용에 관한 연구”, 서울산업대학교 주택대학원 석사학위논문
154. 서두원(2013), 개인운반이 가능한 최소형 조립주거, 한양대학교 석사학위논문
155. 이상호(2005), 침수지역 주민의 피난대응과 최적의 정보전달체계에 관한 연구, 삼척대학교 방재기술대학원 재해방재전공 석사학위논문
156. 김도현(2010), 풍수해재해지도 작성 비교연구: 한국, 미국, 일본을 중심으로, 공주대학교 대학원 석사학위논문
157. 최진호(2005), “우리나라 재해 이재민의 임시주거 실태조사와 개선안에 관한연구 : 재해민의 임시주거 거주후 평가를 통한 개선안 연구”, 서울산업대학교주택대학원 석사학위논문
158. 황덕수 (2001), “보행자 신호체계에 대한 새로운 제안”, 아주대학교 박사학위 논문
159. 김승권(2002), “전국재해구호협회의 중·장기 발전방안”, 전국구호협회
160. 김이형 (2011), “자연적 물순환 구축 및 비점오염저감위한 LID 기술 및 적용사례”
161. (주)일신네이쳐 (2006), “비점오염원 저감기술 요약”
162. (주)헥코리아 (2011), “비점오염저감시설기술보고서” 비점오염관리기술연구단
163. 국토교통부 보도자료 (2013), “도시공원, 도시 침수예방 녹색공간으로 재탄생 ‘양재근린·목포이로공원 올해 시범사업···2014년 이후 전국 확대’”, 2013,04,01,
164. 국토교통부 보도자료 (2014), “빗물을 가두어 두는 도시매뉴얼 나왔다 –빗물저류공원 매뉴얼 제작·배포, 도로, 건물, 하천에도 활용 가능–”, 2014,04,14,
165. 서울특별시 보도자료 (2012), “서울시 빗물펌프장·빗물저류조 설치로 수해방지”, 2012,04,04,
166. 서울특별시 보도자료 (2012), “서울 유수지 52곳 ‘주민친화공간’으로 365일 활용”, 2012,07,24,
167. 송윤석 외 (2011), 재난관리론, 동화기술
168. 일본 주오구, http://www,city,chuo,lg,jp/index,html
169. 서울특별시 수해예방정보, http://hongsu,seoul,go,kr
170. 인천광역시 소방안전본부, http://bangjae,incheon,go,kr
171. Alan Hoban (2010), "Multiple Uses of Open Spaces Discussion Paper", Healthy Waterways & Water by design
172. Alan Hoban(2009), "Concept Design Guidelines for Water Sensitive Urban Design", Healthy Waterways & Water by design
173. Communities and Local Government(2006), “PPS 25: Development and Flood Risk”
174. D, Godschalk (2003), “Urban Hazard Mitigation: Creating Resilient Cities”, NATURAL HAZARDS REVIEW, Vol, 4, No, 3, pp, 136–143,
175. Donald Watson&Michele Adams (2011), “DESIGN FOR FLOODING”, JhonWiley&Sons,
176. FEMA (2000/2008), “'FEMA 361 Design and Construction Guidance for Community Safe Rooms”, First Edition/Second Edition
177. FEMA (2008), “'FEMA 320 Taking Shelter From the Storm; Building a Safe Room For Your Home or Small Business Third Edition”
178. Jacquelin Hoyer 외 (2006), “Water Sensitive Urban designing Principles and Inspirarion for Sustanable Stormwater Management in the City of the Future”, jovis jovis Verlag Gmbh, pp, 1–116
179. March (2009), ISNBN: 978–0–9806278–1–7, Concept Design Guidelines for Water Sensitive Urban Design Version1:92, Mcloughhin, D, 1985, 'A Framework for Integrated Emergency Management',
180. Melbourne Water’s Water Sensitive Urban Design Website, www,wsud,melbournewater,com,au
181. Stephen Coyle (2011), “SUSTAINABLE AND RESILIENT COMMUNITIES”, JohnWiley&Sons,
182. Tom Puttman (2010), “Moving from Grey to Green”, David Evans

Associates
183. UN 재해경감국제전략기구 : UN International Strategy for Disaster Reduction
184. UNHCR (2001), “A Hand Guide to UNHCR Emergency standards and Indicators”
185. UR, 津波に強いまちづくりの検討に係る手引きについて, 2013
186. 広域防災拠点が果たすべき消防防災機能のあり方に関する　調査検討会報告書, 2003, 08
187. 国立教育政策研究, 学校施設(体育館) のエコ改修の推進のために, 2012,03
188. 国立教育政策研究所　文教施{設研究センター, 学校施{設の防災機能の向上のために−避難　所となる学校施設の防災機能\に関する調査研究報告書, 2007,08
189. 国土交通省,建築設計基準 `建築設備設計基準, 2013
190. 内閣府防災担当, 地区防災計画ガイドライン−~地域防災力の向上と地域コミュニティの　活性化に向けて~, 2014,03
191. 大臣基準改正に係る広域避難地・避難路の設計について, 2004
192. 独立行政法人都市再生機構,津波に強いまちづくりの検討に係る手引きについて＜概要版＞,2013,09
193. 東京都都市整備局 `東京都綜合設計許可要綱 `2014,04
194. 文京区地域防災計画,第2 編 震災対策 第2 部 第8 章 避難計画, 2012
195. 文部科学省, 公立学校施設整備に関する防災対策事業活用事例2013
196. 文部科学省, 小学校施設整備指針, 2010
197. 文部科学省, 災害に強い学校施設の在り方について−学校施設の津波対策や避難所となる　学校施設の在り方について, 2014,03
198. 文部科学省, 中学校施設整備指針, 2009
199. 石垣市福祉避難所兼ふれあい交流施設建基本計画
200. 世田谷区教育委員会, 世田谷区立小・中学校の適正規模化・適正配置に関する具体的な方策, 2012,
201. 消防庁国民保護・防災部防災課,　津波避難対策推進マニュアル検討会報告書, 2013
202. 神栖市, 神栖市波崎地区防災拠点施設建設基本計画・基本設計業務委託基本計画書, 2013,03
203. 愛知県,愛知県地域防災計画書−−風水害等災害対策計画,,2014,05
204. 伊勢市, 伊勢市避難所指定基準, 2013,02
205. 日本建築センター, 新・建築防災計画指針, 1995
206. 中学校施設整備指針,文部科学省大臣官房文教施設企画部, 2009,03
207. 札幌市, 札幌市避難場所基本計画, 2013,03

208. 向井　昭義, 建築分野における基準整備等への取り組み,国土奇術政策総合研究所, p,111

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 첨단도시개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.