



기본 | 18-32

도시 침수지역 및 영향권 분석을 통한 재난안전 정책지원 시스템 구현(III)

Development of the Urban Flooding Risk Prevention System(III)

이상은 외

도시 침수지역 및 영향권 분석을 통한 재난안전 정책지원 시스템 구현(Ⅲ)

Development of the Urban Flooding Risk Prevention System(Ⅲ)

이상은 외

■ 연구진

이상은 국토연구원 책임연구원(연구책임)
김종원 국토연구원 선임연구위원
한우석 국토연구원 연구위원
이병재 국토연구원 도시방재·수자원연구센터장
이종소 국토연구원 책임연구원
김슬예 국토연구원 연구원

■ 외부연구진

송창근 인천대학교 교수
함영한 (주)신영이에스디 대표

■ 연구심의위원

유재윤 공주대학교 교수
김명수 국토연구원 도시연구본부장
이용우 국토연구원 선임연구위원
김창현 국토연구원 연구위원
박태선 국토연구원 연구위원
김남균 국토교통부 도시재생과장
김학열 서경대학교 교수

주요 내용 및 정책제안

FINDINGS & SUGGESTIONS



본 연구보고서의 주요 내용

- 1 도시침수 위험에 대한 기초정보를 효과적으로 파악할 수 있도록 도시침수 피해요인을 기준으로 지자체를 유형화하고, 위험도 프로파일을 개발해 시각화 자료 작성
- 2 시범사업 대상지로 선정된 부산광역시와 제주특별자치도의 중점관리 대상지역에 방재대책 수립을 지원하기 위해 도시침수 영향권을 설정하여 위험정보와 의사결정 참고자료를 개발
- 3 도시계획 담당자 수요와 작업환경에 맞춰 개발된 정보를 효과적으로 제공할 수 있도록 도시침수 예방대책 지원시스템을 구축하고 시스템 검증을 실시
- 4 도시침수에 초점을 맞춰 재해예방형 도시계획의 실효성을 강화할 수 있도록 정부의 기술 지원 체계화 및 정책적 활용가능성 제시

본 연구보고서의 정책제안

- 1 (재해예방형 도시계획의 실효성 강화를 지원 체계화) 정부에서 목적 지향적으로 시스템을 운영하여 지자체의 재해취약성 분석 결과를 검증할 수 있도록 정확도 높은 위험정보 생산을 지원
- 2 (수요자 맞춤형 도시방재 정보서비스 제공) 도시침수 예방대책 지원시스템을 통해 지자체 수요에 맞춰 방재대책에 필요한 다양한 공간정보를 제공
- 3 (도시방재 기술역량 고도화) 관련 지침에 근거를 확보 한 뒤 도시침수를 중심으로 우선 시스템을 운영하고 산사태, 해일 등에 대해서도 정보 서비스를 점진적으로 확대
- 4 (도시재생사업 등에서 활용) 도시재생전략계획 및 활성화계획 수립 시 사업의 공간범위, 주택정비 대상 등을 결정하여 도시침수 방재대책을 추진하는 데에 본 시스템을 활용



1. 연구의 개요

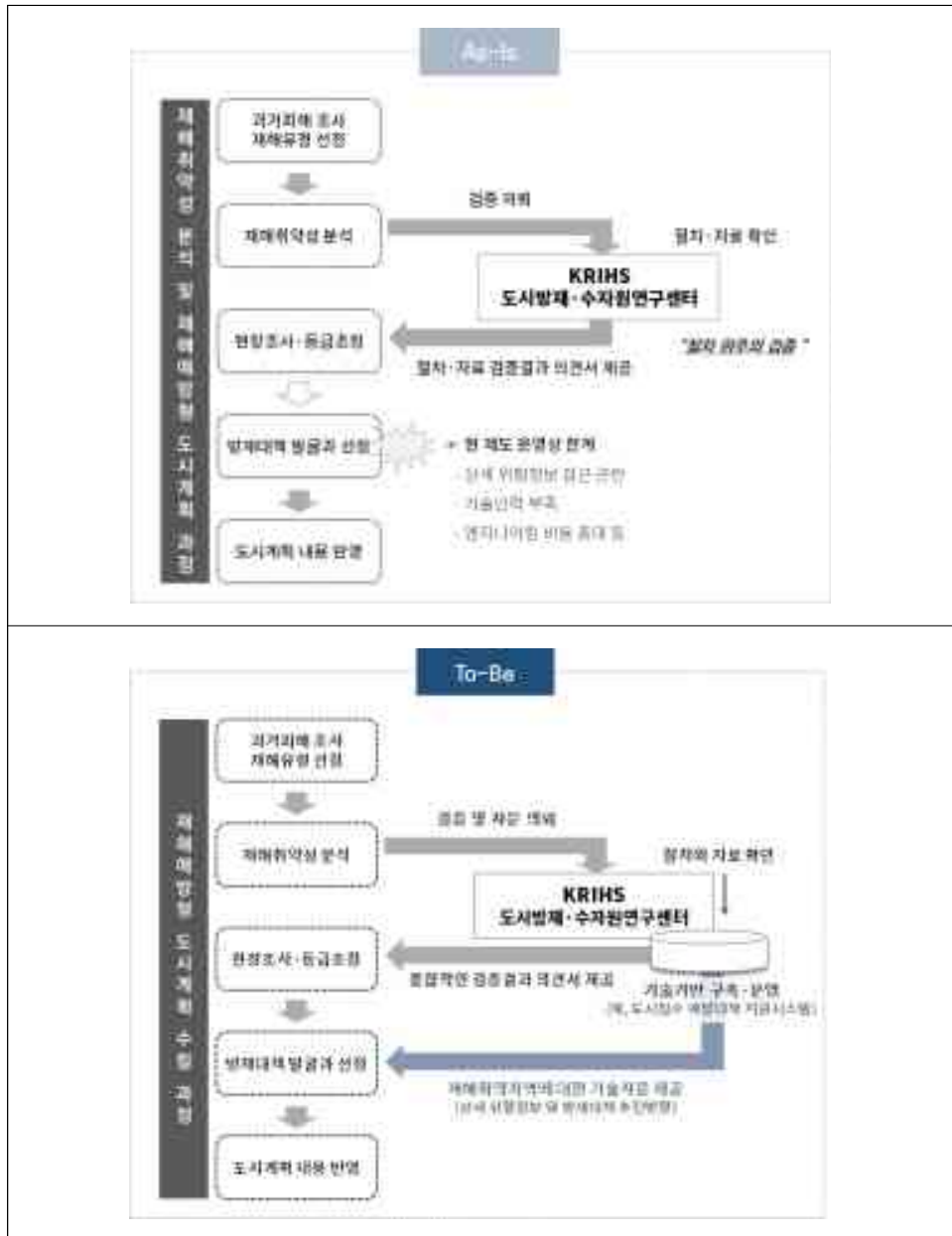
□ 연구의 배경 및 필요성

- 기후변화, 도시화 등으로 도시침수 위험이 증가되는 상황에서 정부는 도시차원의 방재대책을 강구하기 위해 재해예방형 도시계획 제도를 마련하였으며, 본 연구는 제도의 실효성 강화에 필요한 기술기반을 확보하려는 목적으로 추진함
 - ※ 재해예방형 도시계획(국토교통부, 2015) : 기후변화 재해에 안전한 도시공간 조성을 위해 도시 내 재해위험의 시·공간적 변화에 따른 재해취약지역 및 주변지역에 대한 도시계획적 대책 등을 종합적으로 고려하여 수립하는 적응전략계획
- 특히, 재해예방형 도시계획 제도에 따라 지자체가 수행한 재해취약성 분석 결과를 검증하고 취약지역의 방재대책을 발굴하는 데 필요한 참고자료를 제공할 수 있도록 도시침수에 초점을 맞춰 도시침수 예방대책을 구축함

□ 연구의 범위 및 방법

- 1차년도(2016)는 도시침수 예방대책 지원시스템 개념과 방법론을 정립하였으며, 2차년도(2017)는 시스템 DB개발 및 화면시안 설계를 수행하고 방법론 안정화 도모
- 본 3차년도는 ‘시스템 활용 및 제도화’의 단계로서 다음과 같은 연구를 수행함
- 첫째, 관할지역의 도시침수 위험을 쉽게 이해할 수 있도록 도시침수 관점에서 지자체를 유형화하고 도시침수 위험도 프로파일 등 시각화 자료를 개발함
- 둘째, 남부지방을 중심으로 중점관리 대상지역을 8개소 선정하고, 시범사업으로 선정된 제주특별자치도와 부산광역시의 중점관리 대상지역에 대하여 도시침수 상세 위험정보와 방재대책 수립에 유용한 참고자료를 구축·제공함
- 셋째, 도시침수 기초자료, 대상지역 위험정보, 방재대책 참고자료 등 각종 정보를 담당자 수요와 작업환경에 맞춰 효과적으로 제공할 수 있도록 시스템을 구축
- 넷째, 지원시스템을 활용하여 재해예방형 도시계획 제도를 강화하고 방재대책을 원활하게 추진하는데 필요한 시스템 운영 및 활용방안을 제시함

그림 1 | 재해예방형 도시계획의 실효성 제고를 위한 기술기반 구축·운영의 중요성



자료: 저자 작성

2. 도시침수 기초자료 구축

□ 도시침수 특성에 따른 지자체 유형화

- 관할지역 도시침수 위험의 특성을 쉽고 객관적으로 파악하여 적절한 방재전략을 검토·마련할 수 있도록 도시침수의 피해요인에 근거한 지자체 유형화 실시
- 1~3차년도 연구동안 중점관리 대상지역으로 선정한 총 18개 지자체에 한정하여 유형화를 실시하였으며, 도시침수 피해요인을 기후, 배수, 토지이용, 사회·경제 등 네 가지 측면으로 구분하여 대리변수를 선정하고 통계분석 실시
- 분석 결과, 피해원인의 제1요인은 개발특성이며 제2요인은 강우특성으로 나타났으며, 군집분석 결과 18개의 지자체는 <표 1>과 같이 총 다섯 가지 군집으로 분류됨

표 1 | 도시침수 지자체 유형별 특성

유형	유형에 속한 지자체	유형별 특성
유형 I	서울특별시	불투수층 비율이 높아 지표배수 곤란 토지의 상당 비율을 활용하고 있어 침수 발생 시 피해로 쉽게 확대됨 지하나 노후 건축물이 많고, 침수에 취약한 시설이 많아 피해가중 우려 높음 인구, 자산, 경제활동 등이 밀집해 피해가중 우려 높음
유형 II	부산광역시, 경기 광명시	타 지역에 비해 폭우세기가 상대적으로 높음 상당 비율의 토지를 활용하고 있어 침수 발생 시 피해로 쉽게 확대됨 지하나 노후 건축물이 많고, 침수에 취약한 시설이 많아 피해가중 우려 높음 인구가 밀집해 피해가중 우려 높음
유형 III	경기 남양주시, 경기 양주시, 경기 포천시	타 지역에 비해 폭우의 세기가 상대적으로 높음 개발특성의 경우에는 침수피해가 높은 지역의 평균 수준을 보임
유형 IV	울산광역시, 강원 화천군, 강원 인제군, 충북 제천시, 경북 영천시	타 지역에 비해 폭우의 세기가 상대적으로 낮음 개발특성의 경우에는 침수피해가 높은 지역의 평균 수준을 보임
유형 V	경기 광주시, 전남 화순군, 경남 창원시, 경남 밀양시, 경남 거제시, 경남 양산시, 제주시, 서귀포시	강우나 개발특성 모두 침수피해가 높은 지역의 평균 수준을 보임

자료: 저자 작성

□ 도시침수 위험도 프로파일

- 행정구역별 도시침수의 위험을 쉽게 이해할 수 있도록 문헌조사, 통계분석, GIS분석, 시각화 정보 등을 통해 도시침수 위험도 프로파일을 개발
- 프로파일의 도시침수 관리방향은 기 수립된 방재계획에 포함된 방재대책 목표, 추진방향 등의 정보를 제공
- 프로파일의 도시침수 피해여건은 피해현황, 피해원인, 세부지표, 기타 정보 등을 설명자료와 공간정보 형태로 제시하였으며, 해당 지자체에 대한 정보뿐 아니라 전국 평균값을 제시함으로써 도시침수 여건을 상대적으로 비교할 수 있게 함

3. 도시침수 대책을 위한 기술정보 구축

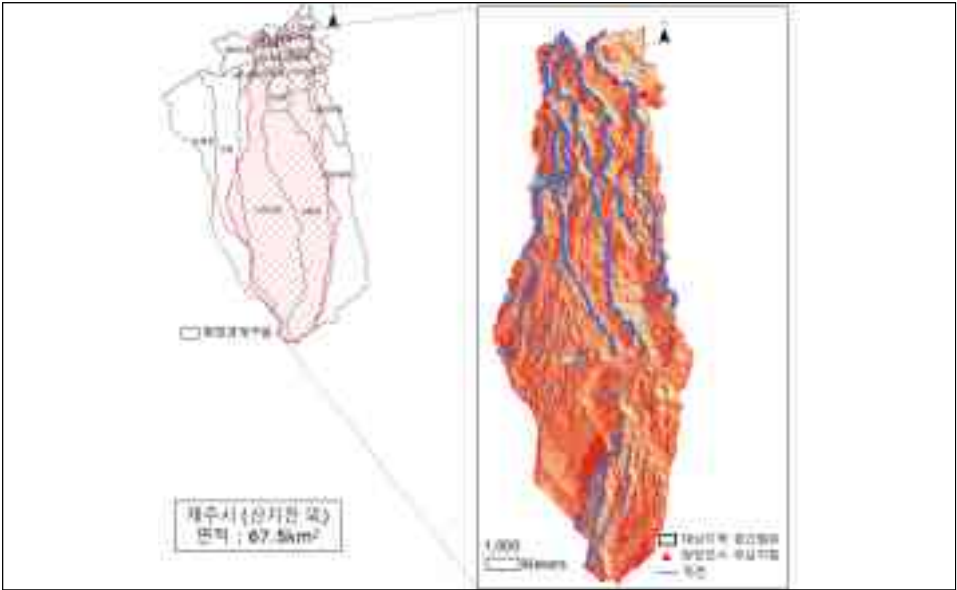
□ 중점관리 대상지역 설정

- 행정구역 범위 내 도시침수 위험이 상대적으로 높은 중점관리 대상지역을 선정하기 위해 피해액, 피해빈도 등을 고려해 대상 시·군·구 선별
- 침수이력조사와 현장·면담조사를 통해 주요지점 확정 뒤 지형분석을 통해 집수구역 단위로 공간범위를 설정
- 남부지역 중 울산광역시 울주군, 전라남도 화순군, 경상북도 영천시, 경상남도 밀양시, 양산시, 거제시 그리고 시범사업으로 선정된 제주특별자치도와 부산광역시에 소재한 8개의 대상지역을 도출

□ 중점관리 대상지역 영향권 및 상세 위험정보 구축

- 도시침수 해석기법을 통해 중점관리 대상지역의 내·외수 침수 영향을 분석하고 공간정보 분석기법을 바탕으로 침수 위험을 구성하는 재해특성, 노출특성, 취약성과 관련된 상세 위험정보를 도출
- 강우조건은 IPCC에서 제공하는 일단위 시계열 자료를 국내 기상관측지점에 대해 시·공간 상세화한 뒤 외수해석은 재현기간 100년의 확률강우량 조건을, 내수해석은 재현기간 30년의 확률강우량조건을 적용
- 하천범람, 하수관거 용량부족, 노면 우수적체 등에 의한 내·외수 침수를 동시에 해석하면서 추가 자료 수집을 최소화하고자 실무에서 활용하는 모형을 연계

그림 2 | 중점관리 대상지역 설정 결과 : 제주특별자치도 대상지역의 예



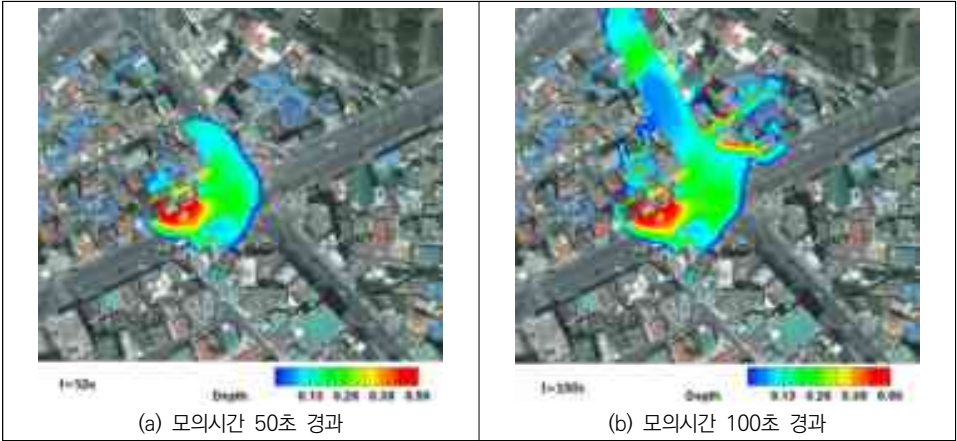
자료: 저자 작성

그림 3 | 외수범람 해석 및 결과 검증 : 제주특별자치도 대상지역의 예



자료: 저자 작성

그림 4 | 노면해석 결과 : 제주특별자치도 대상지역의 예



자료: 저자 작성

- 내·외수 각각의 침수해석 결과를 이용하여 도시침수 영향권을 설정하였으며, 침수심 크기에 따라 영향권을 Green zone, Yellow zone, Orange zone, Red zone의 네 가지 등급으로 구분

그림 5 | 영향권 설정 결과 : 제주특별자치도 대상지역의 예



자료: 저자 작성

- 침수해석 결과 및 영향권 자료를 다양한 국토공간정보와 중첩시켜 재해특성 주제도, 노출특성 주제도, 취약성 주제도의 상세위험정보를 구축
- 예로서, 재해특성 주제도(그림 6)는 100년 재현기간의 외수 침수심과 30년 재현기간의 내수 침수심으로 표현
- 100m×100m 단위의 표준격자체계에 맞춰 공간정보를 속성으로 변화하여 다양한 위험요인에 대한 장소기반 분석을 수행할 수 있게 함

그림 6 | 재해특성 주제도 개발 결과 : 제주특별자치도 대상지역의 예



자료: 저자 작성

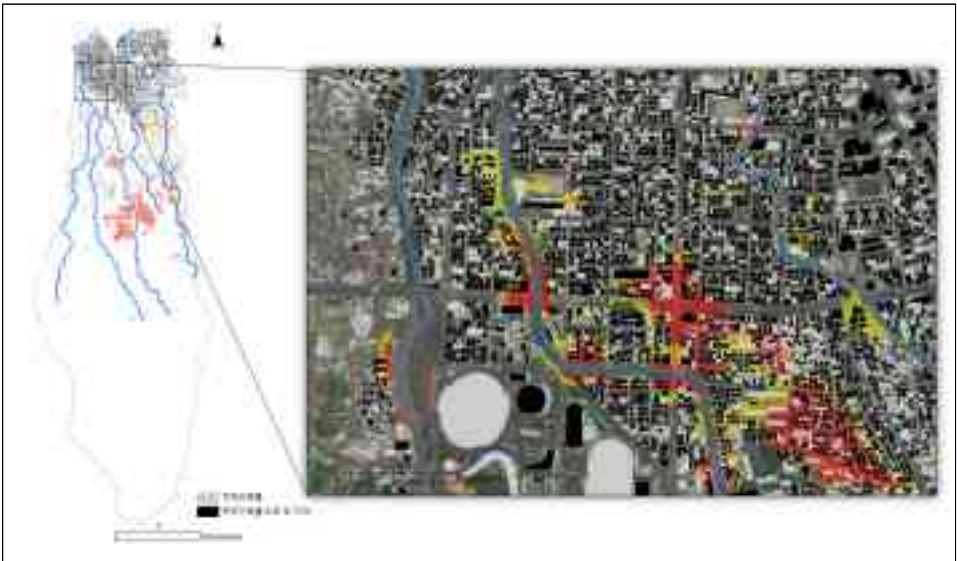
- 노출특성 주제도(그림 7)는 영향권 내 거주인구의 수와 토지이용 면적을, 그리고 취약성 주제도(그림 8)는 영향권 내 취약 건축물, 보호대상시설, 도로 등의 분포로 표현

그림 7 | 인구 노출특성 주제도 개발 결과 : 제주특별자치도 대상지역의 예



자료: 저자 작성

그림 8 | 건축물 취약성 주제도 개발 결과 : 제주특별자치도 대상지역의 예

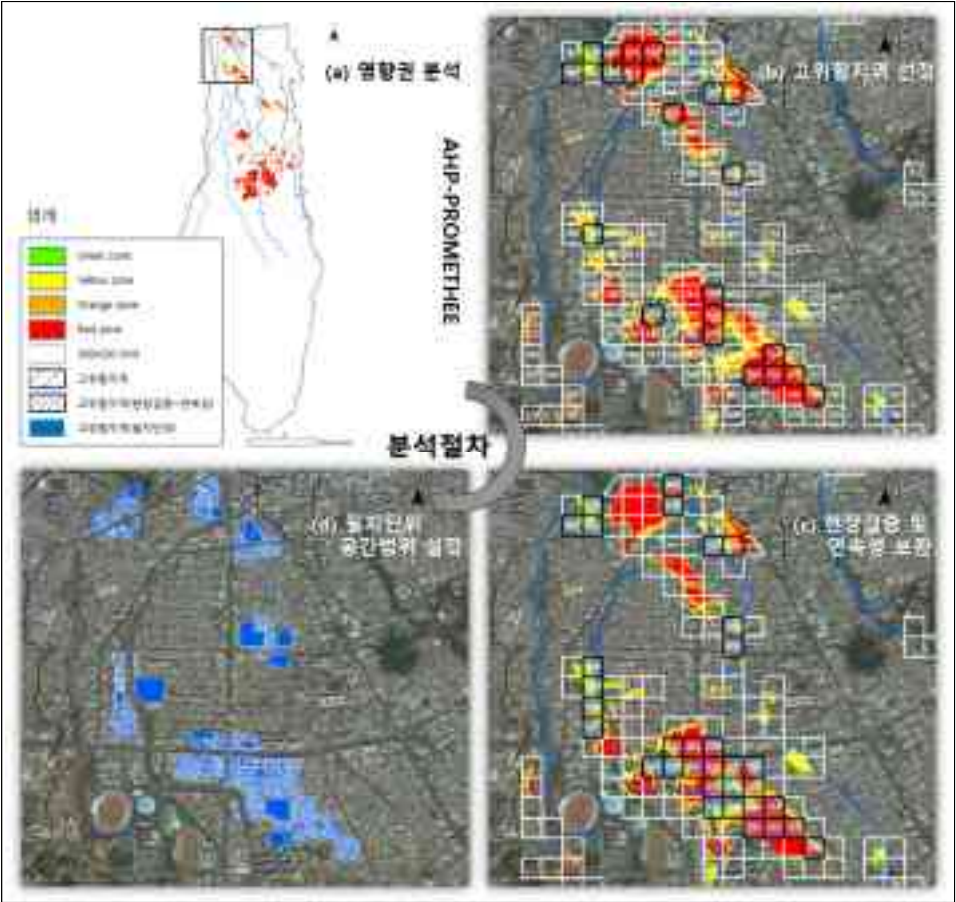


자료: 저자 작성

□ 중점관리 대상지역 방재대책 의사결정 참고자료 구축

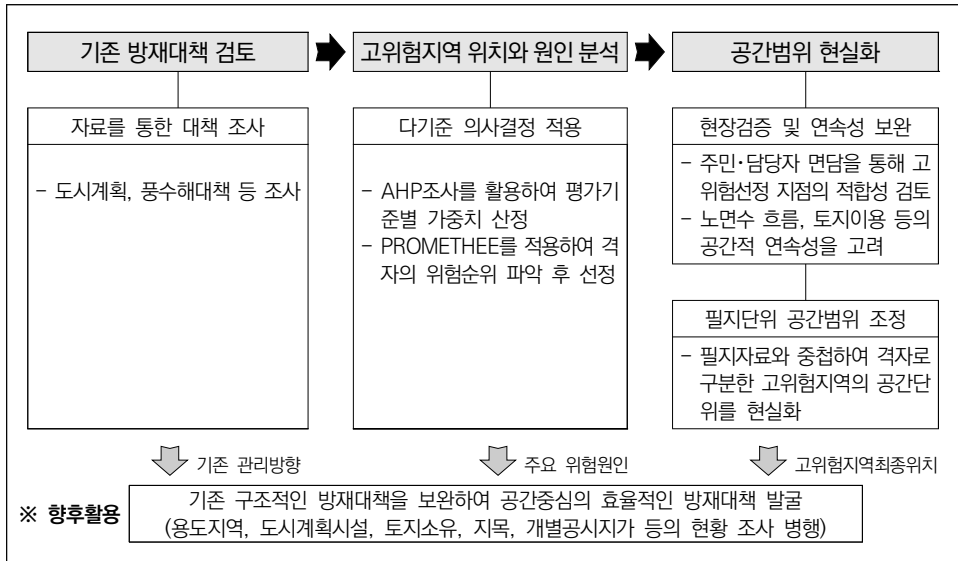
- 중점관리 대상지역에 대한 방재대책을 발굴·반영하는데 참고할 수 있도록 대상 지 내 고위험지역의 위치, 주요 위험원인 등에 대한 정보를 제시
- 먼저 지자체가 계획을 마련한 기존 방재대책을 조사하고 2차년도에 제안한 AHP-PROMETHEE 방법을 적용하여 고위험지역 위치를 합리적으로 결정하며, 현장조건에 맞춰 고위험지역의 위치를 조정한 뒤 최종적으로 위험원인을 분석

그림 9 | 고위험지역 단계별 선정 결과 : 제주특별자치도 대상지역의 예



자료: 저자 작성

그림 10 | 도시침수 방재대책 참고자료 구축 절차



자료: 이상은 외(2017a) 재구성

4. 효과적인 정보전달을 위한 시스템 구축

□ 시스템의 구축

- 지자체 공무원과 유관 전문가 요구사항을 바탕으로 사용자 친화적으로 시스템 기능을 정의
- 사용자 시나리오에 따라 각 모듈별 DB를 탑재하여 일반 사용자 환경에서 효과적으로 정보를 전달하고 기능을 구현할 수 있도록 시스템 구축
- 시스템은 어플리케이션 형태로 개발하며, <그림 11>과 같이 시스템 소개, 도시침수 위험도 프로파일, 도시침수 기초자료, 중점관리 대상지역 예방대책 지원, 자료실, 도움말 총 여섯 가지 모듈에 적합한 기능을 구현

그림 11 | 도시침수 예방대책 지원시스템의 모듈 구조

도시침수 예방대책 지원시스템					
시스템 소개	도시침수 위험도 프로파일	도시침수기초자료	중점관리 대상지역 기술지원	자료실	도움말
시스템 개요	도시침수 관리방향	건축물	상세 위험정보	기술서	시스템 매뉴얼
시스템 기능	도시침수 피해여건	보호대상시설	영향권	홍보 브로셔	버전 정보
자료의 공개		하천망	재해특성	원시자료	관리자 문의
		도로망	노출특성		
		거주인구	취약성		
		하천변 저지대	의사결정 참고자료		
		자연재해 관리지구	고위험지역 위치		
		침수흔적	방재대책 의사결정 참고자료		
		폭우재해 취약지역 등급			
		토지이용			

자료: 저자 작성

그림 12 | 시스템 화면구성 - 도시침수 위험도 프로파일



자료: 저자 작성

그림 13 | 시스템 화면구성 - 중점관리 대상지역 기술지원 - 상세위험정보



자료: 저자 작성

□ 시스템의 검증

- 시스템 기능 구현의 완결성, 정보의 유용성, 사용자 편의성 등을 논의하고 보완 사항을 도출하기 위해 시범사업을 수행한 제주특별자치도와 부산광역시 대상지역의 DB를 연결시켜 시연한 뒤 시스템 검증을 시행
- 시스템 개발 방향, 기능구현의 완성도, 제공 자료의 품질, 시스템 활용성 등 총 네 가지 항목에 대하여 담당 공무원, 업계 종사자, 유관 전문가를 대상으로 만족도 조사를 실시
- 전반적으로 응답자는 시스템 개발 결과에 만족하였으며, 시스템 고도화를 위하여 보호대상시설의 종류 변경, 의사결정 기능의 강화, 정교한 침수해석 등 향후 과제를 언급함

5. 정책제언과 활용방안

그림 14 | 정책제언과 활용방안



자료: 저자 작성

□ (정책제언①) 재해예방형 도시계획제도 실효성 강화를 위한 정부 기술지원 체계화

- 정부에서 목적 지향적으로 시스템을 운영하여 지자체의 재해취약성 분석 결과를 검증할 수 있게 정확도 높은 위험정보를 생산하고, 지자체의 방재대책 발굴에 실질적인 도움을 제공
- 시스템에서 제공하는 정보를 검토·반영하는 것을 지자체의 재해취약성 분석 절차의 일부로 포함시키고 방재대책을 마련해야 할 지자체의 책임 강화
- 매년 하반기 수요조사를 실시하여 이듬해 기술지원 대상 지자체를 파악

□ (정책제언②) 도시방재 기술역량의 지속적 고도화

- 도시 기후변화 재해취약성분석 및 활용에 관한 지침에 도시방재 기술역량 근거를 확보한 뒤 도시침수 예방대책 지원시스템 운영을 우선적으로 착수하고, 추후 산사태, 해일, 폭염 등에 대해서 정보서비스를 점진적으로 확대
- 검증기관으로서 국토연구원의 역할에 ‘재해취약성 분석 결과의 검증과 방재대책 자문을 위한 시스템의 운영’을 추가하고, 시스템 운영에 소요되는 비용 분담 체계 마련

□ (활용방안①) 수요자 맞춤형 도시방재 정보서비스 제공

- 국토연구원이 시스템을 구축한 뒤, 지자체 수요에 맞춰 방재대책에 필요한 다양한 공간정보를 시스템을 통해 전달
- 중점관리 대상지역을 포함한 지자체가 재해취약성 분석 결과를 검증하는 시점에 맞춰 이전 3개월 동안 중점관리 대상지역에 대한 위험정보를 구축한 뒤 <그림 15>과 같이 정보서비스 제공

그림 15 | 시스템의 주요 정보 서비스

- | | |
|-------------------|--------------------|
| ■ 재해별 피해이력 | ■ 재해별 중점관리 대상지역 위치 |
| ■ 재해별 영향권 지도 | ■ 재해별 상세위험주제도 |
| ■ 재해별 고위험지역 위치 정보 | ■ 방재대책 추진방향 |

자료: 저자 작성

□ (활용방안②) 안전도시 조성을 위한 도시재생사업 등에서의 활용

- 도시재생전략계획 수립 시 재해예방을 목적으로 한 사업의 공간범위, 주택정비 대상, 기반시설 정비·공급 대상 등을 결정하는데 시스템을 활용
- 도시재생전략계획 수립 가이드라인 개정을 통한 도시침수 여건분석을 강화
- 재해예방형 도시재생활성화지역이라는 유형을 추가하고, 지역특성에 따라 방재대책을 추진할 수 있도록 재해예방형 도시재생활성화지역에 특화된 계획수립의 지침 마련
- 재해예방 차원에서 우선적으로 재생이나 활성화 등 정비사업이 추진되어야 할 공간적 범위나 입지규제를 위한 대상지역 식별 및 설정 등에 시스템 활용

6. 결론 및 향후 과제

□ 결론

- 관할지역에 대한 도시침수 위험을 쉽게 이해할 수 있도록 행정구역별 기초자료를 개발하고 프로파일 등을 통해 시각화 함
- 도시침수 위험이 상대적으로 높아 지자체가 방재대책을 체계적으로 마련하도록 국가차원에서 기술지원이 필요한 곳을 중점관리 대상지역으로 정의하고 신뢰도 높은 위험정보를 구축
- 지자체에서 중점관리 대상지역의 방재대책을 발굴할 때 참고할 수 있도록 고위험지역 위치, 주요 위험원인, 대책수단의 목록과 평가방법 등의 자료를 작성
- 도시계획 담당자들의 수요와 작업환경에 맞춰 관련 정보를 효과적으로 제공할 수 있도록 도시침수 예방대책 지원시스템을 구축
- 도시침수 예방대책 지원시스템을 매개로 하여 현 재해예방형 도시계획 제도의 실효성을 높일 수 있도록 다양한 전략을 제시
- 본 연구를 통해 개발한 도시침수 예방대책 지원시스템을 활용한다면 재해취약성 분석 결과 검증뿐만 아니라 침수피해를 사전예방하기 위한 현실적이고 구체적인 대책수단을 마련하여 도시계획에 반영할 수 있을 것으로 사료됨
- 국제 재난관리 정책 흐름에 맞춰 국가차원의 재난관리 기술 및 제도적 기반을 확보할 수 있을 것이며, 지자체 기술지원을 전개함으로써 지자체 특성에 맞는 구체적인 방재대책 수단을 마련하는 데 큰 기대효과가 예상됨

□ 향후 과제

- 침수해석의 정확도를 추가 개선하기 위해 장래 강우 시나리오 조건에서 유역의 수문반응을 물리적으로 분석하는 것이 필요
- 취약성 요인 가운데 하나인 보호대상시설에 대해서는 종류 및 지역특성과 관련된 심층연구가 필요하며, 위험분석 시 지역에 맞게 선별하는 것이 중요
- 수문, 인구, 도시개발 등의 변화에 따른 시·공간적 비교와 대책수단의 적합도를 판단할 수 있는 시스템 최적화 및 자동화 기능에 대한 추가 연구개발 필요
- 재해예방형 도시계획제도에서 고려하는 다양한 재해를 감안하여 도시침수 외에도 산사태, 해일 등에 대해서도 정밀분석과 방재대책 수립을 위한 기술기반 구축

차례

CONTENTS

주요 내용 및 정책제안	i
요 약	iii

제1장 연구의 개요

1. 연구의 배경 및 목적	3
2. 연구의 범위 및 방법	9
3. 연구 틀 및 주요 개념	10
4. 선행연구 검토 및 차별성	13
5. 연구의 기대효과	16

제2장 도시침수 기초자료 구축

1. 도시침수 특성에 따른 지자체 유형화	22
2. 도시침수 위험도 프로파일	29

제3장 도시침수 대책지원을 위한 기술정보 구축

1. 중점관리 대상지역 설정	44
2. 중점관리 대상지역 상세 위험정보 구축	53
3. 중점관리 대상지역 방재대책 의사결정 참고자료 구축	74

제4장 효과적인 정보전달을 위한 시스템 구축

1. 도시침수 예방대책 지원시스템의 구축	94
2. 도시침수 예방대책 지원시스템의 검증	107

제5장 정책제언과 활용방안

1. 정책제언	125
2. 활용방안	130

제6장 결론 및 향후 과제

1. 결론	139
2. 향후 과제	141

참고문헌	143
SUMMARY	148
부 록	151

표차례

LIST OF TABLES

〈표 1-1〉 연차별 연구 목표	8
〈표 1-2〉 연구의 범위 및 방법	9
〈표 1-3〉 주요 용어 설명	12
〈표 1-4〉 도시방재계획 수립에 관한 선행연구	14
〈표 1-5〉 도시침수 해석기법 및 시스템 구축에 관한 선행연구	15
〈표 1-6〉 3차년도 과업기간 내 정책성과 달성	16
〈표 1-7〉 3차년도 과업기간 내 학술성과 달성	17
〈표 2-1〉 지자체 유형화를 위한 대리변수의 선정	24
〈표 2-2〉 대리변수별 요인 부하량	26
〈표 2-3〉 유형간의 평균의 동일성에 대한 유의확률 산정결과 및 해석	28
〈표 2-4〉 프로파일 구성	30
〈표 3-1〉 제주특별자치도 제주시 일대 피해이력 조사 결과	48
〈표 3-2〉 제주특별자치도 제주시 일대 현장조사 사진	49
〈표 3-3〉 부산광역시 금정구·연제구·동래구 일대 피해이력 조사 결과	50
〈표 3-4〉 부산광역시 현장조사 사진	52
〈표 3-5〉 고위험지역의 현장성 보완이 필요한 세 가지 이유	75
〈표 3-6〉 제주특별자치도 도시계획 상의 방재대책	77
〈표 3-7〉 제주특별자치도 풍수해저감종합계획에 반영된 방재대책	77
〈표 3-8〉 현장검증을 통한 제주특별자치도 대상지역의 고위험지역 격자 재조정	80
〈표 3-9〉 제주특별자치도 고위험지역의 주요 위험원인 분석 결과 요약	80
〈표 3-10〉 부산광역시 도시계획 상의 방재대책	83
〈표 3-11〉 부산광역시 풍수해저감종합계획에 반영된 방재대책	84
〈표 3-12〉 현장검증을 통한 부산광역시 대상지역의 고위험지역 격자 재조정	88
〈표 3-13〉 부산광역시 고위험지역의 주요 위험원인 분석 결과 요약	89
〈표 4-1〉 도시침수 예방대책 지원시스템 S/W 개발도구	96
〈표 4-2〉 시스템 공통 기능	96

〈표 4-3〉 만족도 조사의 응답자 구성	108
〈표 4-4〉 당초 의견을 수렴한 담당자 수요에 맞게 시스템이 개발되었는지 여부	110
〈표 4-5〉 도시계획 시 방재계획을 고려하기 위해, 시스템 상 얻고자 하는 정보	111
〈표 4-6〉 시스템 형식 및 자료 표현방법의 적절성	112
〈표 4-7〉 시스템 제공 정보를 이해하는데 용이성	112
〈표 4-8〉 사용자 편의성 고려 여부	113
〈표 4-9〉 제안사항에 대한 향후 시스템 고도화 방향	114
〈표 4-10〉 시스템에서 제공하는 자료 종류의 적절성	114
〈표 4-11〉 시스템에서 제공하는 자료 품질의 만족도	115
〈표 4-12〉 도시침수 위험정도를 판단하는데 시스템 활용성	118
〈표 4-13〉 위험지역 방재대책 수립 시 시스템 활용정도	118
〈표 4-14〉 시스템 필요성	119
〈표 4-15〉 타부서 및 타기관에 추천의향	119
〈표 5-1〉 국토연구원의 중점관리 대상지역 선정의 예시	127
〈표 5-2〉 국토연구원의 방재분야 최근 기술역량 확보 현황	128
〈표 5-3〉 시스템의 주요 정보 서비스	130
〈표 5-4〉 특별재생계획에 포함되는 항목	133
〈표 5-5〉 안전도시 조성을 위한 시스템의 활용 잠재성	134

그림차례

LIST OF FIGURES

〈그림 1-1〉 재해예방형 도시계획의 실효성 제고를 위한 기술기반 구축·운영의 중요성	7
〈그림 1-2〉 연구의 틀	11
〈그림 1-3〉 중점관리 대상지역과 영향권의 개념도	13
〈그림 2-1〉 도시침수 피해요인에 근거한 지자체 유형화 방법	25
〈그림 2-2〉 지자체 군집분석 결과	27
〈그림 2-3〉 제주특별자치도의 도시침수 위험도 프로파일	31
〈그림 2-4〉 부산광역시의 도시침수 위험도 프로파일	35
〈그림 3-1〉 중점관리 대상지역 선정에 위한 지자체 선별 결과	45
〈그림 3-2〉 중점관리 대상지역 선정 절차	46
〈그림 3-3〉 제주특별자치도 중점관리 대상지역 공간범위	49
〈그림 3-4〉 부산광역시 중점관리 대상지역 공간범위	52
〈그림 3-5〉 도시침수 상세 위험정보 구축 절차	56
〈그림 3-6〉 제주특별자치도 중점관리 대상지점의 강우 시나리오 자료	57
〈그림 3-7〉 제주특별자치도 대상지역 외수범람 해석 및 결과 검증	59
〈그림 3-8〉 제주특별자치도 대상지역의 월류량 모의 결과	60
〈그림 3-9〉 제주특별자치도 대상지역의 노면해석 결과	60
〈그림 3-10〉 제주특별자치도 대상지역의 영향권 설정	61
〈그림 3-11〉 제주특별자치도 대상지역의 재해특성 주제도	62
〈그림 3-12〉 제주특별자치도 대상지역의 노출특성 주제도: 인구	63
〈그림 3-13〉 제주특별자치도 대상지역의 노출특성 주제도: 토지이용	63
〈그림 3-14〉 제주특별자치도 대상지역의 취약성 주제도 : 건축물	64
〈그림 3-15〉 제주특별자치도 대상지역의 취약성 주제도 : 보호대상시설	64
〈그림 3-16〉 제주특별자치도 대상지역의 취약성 주제도 : 도로	65
〈그림 3-17〉 제주특별자치도 대상지역의 위험정보의 격자단위 속성화	65
〈그림 3-18〉 부산광역시 중점관리 대상지점의 강우 시나리오 자료	66

〈그림 3-19〉 부산광역시 대상지역 외수범람 해석 및 결과 검증	67
〈그림 3-20〉 부산광역시 대상지역의 월류량 모의 결과	68
〈그림 3-21〉 부산광역시 대상지역의 노면해석 결과	68
〈그림 3-22〉 부산광역시 대상지역의 영향권 설정	69
〈그림 3-23〉 부산광역시 대상지역의 재해특성 주제도	70
〈그림 3-24〉 부산광역시 대상지역의 노출특성 주제도: 인구	71
〈그림 3-25〉 부산광역시 대상지역의 노출특성 주제도: 토지이용	71
〈그림 3-26〉 부산광역시 대상지역의 취약성 주제도 : 건축물	72
〈그림 3-27〉 부산광역시 대상지역의 취약성 주제도 : 보호대상시설	72
〈그림 3-28〉 부산광역시 대상지역의 취약성 주제도 : 도로	73
〈그림 3-29〉 부산광역시 대상지역의 위험정보의 격자단위 속성화	73
〈그림 3-30〉 도시침수 방재대책 참고자료 구축 절차	76
〈그림 3-31〉 제주특별자치도 풍수해저감종합계획에 반영된 대상지역의 방재대책	78
〈그림 3-32〉 제주특별자치도 대상지역 내 고위험지역 우선 선정 결과	79
〈그림 3-33〉 GAIA 위상해석의 예	81
〈그림 3-34〉 제주특별자치도 대상지역 내 고위험지역 단계별 선정 결과	82
〈그림 3-35〉 부산광역시 풍수해저감종합계획에 반영된 대상지역의 방재대책	86
〈그림 3-36〉 부산광역시 대상지역 내 고위험지역 우선 선정 결과	88
〈그림 3-37〉 부산광역시 대상지역 내 고위험지역 단계별 선정 결과 #1	89
〈그림 3-38〉 부산광역시 대상지역 내 고위험지역 단계별 선정 결과 #2	90
〈그림 3-39〉 부산광역시 대상지역 내 고위험지역 단계별 선정 결과 #3	90
〈그림 4-1〉 도시침수 예방대책 지원시스템의 모듈 구조	94
〈그림 4-2〉 Geo- Spatial SDK의 모식도	95
〈그림 4-3〉 시스템 접근 및 아이디/비밀번호 찾기	98
〈그림 4-4〉 시스템 메인화면	99
〈그림 4-5〉 시스템 소개	100

그림차례

LIST OF FIGURES

〈그림 4-6〉 도시침수 위험도 프로파일	101
〈그림 4-7〉 도시침수 기초자료	102
〈그림 4-8〉 중점관리 대상지역 기술지원 - 상세위험정보	103
〈그림 4-9〉 중점관리 대상지역 기술지원 - 고위험지역 위치	104
〈그림 4-10〉 중점관리 대상지역 기술지원 - 의사결정 참고자료	105
〈그림 4-11〉 자료실 - 기술서	105
〈그림 4-12〉 도움말 - 시스템 매뉴얼	106
〈그림 4-13〉 도움말 - 관리자 문의	106
〈그림 4-14〉 시범사업 성과발표회 전경	107
〈그림 4-15〉 시스템 개발 방향과 관련된 만족도 조사 결과	111
〈그림 4-16〉 기능구현의 완성도와 관련된 만족도 조사 결과	113
〈그림 4-17〉 자료의 품질과 관련된 만족도 조사 결과	116
〈그림 4-18〉 시스템 제공하는 각 자료의 업무 수행 시 활용성	117
〈그림 4-19〉 시스템 활용과 관련된 만족도 조사 결과	119
〈그림 5-1〉 종합적인 시스템의 운영 및 활용 전략	124
〈그림 5-2〉 국토연구원의 중점관리 대상지역 선정의 예시	127
〈그림 5-3〉 시스템을 매개로 한 정보 서비스 전략 모식도	131
〈그림 5-4〉 전략의 추진계획	135



CHAPTER 1

연구의 개요

- 1. 연구의 배경 및 목적 | 3
- 2. 연구의 범위 및 방법 | 9
- 3. 연구 틀 및 주요 개념 | 10
- 4. 선행연구 검토 및 차별성 | 13
- 5. 연구의 기대효과 | 16

연구의 개요¹⁾

본 장에서는 도시계획 측면의 도시침수 방재대책을 지원하기 위한 기술기반으로서 시스템의 구축방향, 차별성, 기대효과 등을 제시하였다.

1. 연구의 배경 및 목적

1) 연구의 배경

우리나라는 기상·지형 특성상 풍수해가 전체 자연재해 피해의 큰 비중을 차지한다. 특히, 도시지역은 인구에 비해 개발 가능한 공간이 협소해 지역에 따라서는 하천변 저지대를 보전하지 못해²⁾ 하천범람의 위협과 우수배제의 어려움을 동시에 갖고 있으며, 토지피복의 불투수율 증대, 하수관거의 용량 부족, 상습침수지역 내 위치한 노후·지하 건축물 등 피해를 가중하는 요인도 다수 내포하고 있다. 그 결과, 재해원인으로서의 ‘집중호우’와 재해발생 장소로서의 ‘도시지역’이 결합한 ‘도시침수’ 현상은 가장 중요한 자연재해 중 하나로 인식되고 있다.

도시침수로 인해 큰 피해가 계속해서 발생함에 따라 근본대책으로서 도시계획 측면의 사전예방이 지속적으로 강조되어 왔다(심우배, 2011; 이상은과 김성훈, 2015). 이는, 집중호우의 세기가 과거와 다른 확률적 특성을 보이는 상황에서 침수 자체를 차단토록 방재시설이나 유출억제시설에 편향되어 투자하는 것은 대책으로서의 확실성과³⁾

1) 본 연구는 총 3차년도에 걸쳐 동일한 주제를 다루는 계속과제이므로, 본 장은 1~2차년도 보고서(이상은 외, 2016; 2017a)와 유사하며 연구심의회 의견 등을 감안하여 일부 추가·보완함

2) 2차년도 연구(이상은 외, 2017a)에서 지방하천에 초점을 맞춰 저지대 개발 여건을 분석한 결과 특히 수도권 인구가 밀집한 서울 강남구, 송파구, 성남시 등의 지역은 주거나 상업의 용도로 상당 비율을 활용하고 있음을 확인함

평상시의 활용도가 모두 낮기 때문이다. 방재시설과 유출억제시설에 일정 수준의 투자는 이뤄져야 하지만, 설령 침수가 발생하더라도 주민생활과 경제활동에 치명적인 피해로 이어지지 않도록 하기 위해서는 도시계획의 역할이 중시되고 있다.

정부는 그동안 도시계획 측면의 방재대책을 추진하기 위해 두 개 부처가 각자 주도하여 양방향의 정책을 추진해왔다. 첫째, 재난관리 차원에서 수립하는 풍수해저감종합계획을 근간으로 도시계획에 내용적 연계를 전개하고 있다. 이를 위해, 舊 국민안전처는 2011년에 자연재해대책법 제16조제4항을 개정해 시·군에서 도시계획을 수립하거나 변경할 때 풍수해저감종합계획을 반영하게 한 바 있다.⁴⁾ 둘째, 도시계획 수립 과정에서 별도로 재해취약성을 분석한 뒤 필요한 방재대책을 강구하게 하였다. 이를 위해, 국토교통부는 2015년에 국토의 계획 및 이용에 관한 법률 제20조제2항 및 제27조제3항을 개정하여 각 시·군은 도시계획의 기초조사로서 재해취약성을⁵⁾ 분석한 뒤 각종 방재대책 수단을 계획에 반영하게 하였다.

2) 문제의 인식

도시계획 측면의 방재대책을 위해 추진 중인 위의 두 가지 정책은 현재 원활히 진행되지 않는다고 평가되고 있다. 우선 재난관리 차원에서 풍수해저감종합계획을 중심으로 도시계획과 내용적 연계를 추진하는 데에는 문채(2012), 옥진아와 류근원(2013) 등의 연구자들이 한계를 지적한 바 있다. 선행연구 내용을 살펴보면, 여전히 상습수해지를 위험개선지구로 선정한 뒤 하천이나 교량을 정비하거나 유수지, 배수 펌프장 등 방재시설을 설치하는 대책들이 중시되고 있다. 도시계획과 연계하여 공간계획의 일환

3) 즉, 관거 교체, 펌프장 설치, 침투시설 설치 등으로 시설용량을 추가 확보하기 위한 투자비용은 막대하지만, 기후변화로 강우량의 비정상성(non-stationarity)이 드러남에 따라 과거처럼 설계강우 결정에 확신을 갖기 힘든 문제가 대두됨. 이는 시설중심의 대책이 재해방어에 비효율적이라기보다는 위험관리 차원에서 시설중심의 대책에만 의존할 수 없어 불확실성을 해소시키는 다른 대책을 함께 강구해야 한다는 점을 시사함

4) 동시에, 국토의 계획 및 이용에 관한 법률 시행령에서도 각종 도시계획을 수립할 때 풍수해저감종합계획을 충분히 고려하도록 하였고, 현재 재해취약성분석 지침에서도 방재계획 수립 시 이를 면밀하게 분석토록 개정함

5) 재해의 영향을 파악하기 위해 실시하는 재해취약성 분석에는 도시침수와 관련된 폭우 외에도 가뭄, 폭설, 폭염, 강풍, 해수면상승 등 6가지 자연재해를 분석하도록 함

으로 개발여건에 맞게 규제와 사업을 도출하는 데 큰 관심을 두지 않으며, 주로 도시계획수단의 중요성만을 원론적으로 강조하는 데 머무르고 있다.⁶⁾ 그 결과 도시계획을 수립할 때에도 과거 침수이력, 위험개선지구 위치, 시설 확충·정비계획 등의 정보를 일부 참고하는 것을 제외하면 풍수해저감종합계획을 크게 활용하지 않는 실정이다.⁷⁾

도시계획에서 재해취약성 분석을 통해 방재대책을 마련하는 데에도 문채(2015), 김슬예 외(2017) 등이 여러 한계를 지적한 바 있다. 선행연구자들은 현실적으로 도시계획 수립주체인 시·군 담당자는 방재분야 이해와 관심이 낮아 도시의 장기적인 공간활용 구상을 함에 있어서 재해 위험을 크게 중시하지 않는 실정이다.⁸⁾ 그 결과, 법령에서 정한 하나의 ‘절차’로서 재해취약성 분석을 수행할 뿐⁹⁾ 도시기본계획 단계에서 개발 가능한 부지인 지를 판단할 때 현장의 침수위험을 엄밀하게 고려하지도 않으며, 도시관리계획 단계에서 기성 시가지가 상습적으로 침수되더라도 방재지구를 지정해 토지이용, 기반시설, 건축물 등에 방재대책을 집중시키는 노력을 거의 취하지 않고 있다. 또한 상당부분 기술적인 문제도 있는데, 집계구 단위의 지표 중첩에 의한 현 재해취약성 분석으로 취약지역을 개략적으로 진단할 수는 있겠지만, 재해취약지역이라는 확인을 제공하고 도시계획에 구체적인 방재대책을 반영하기 위해서는 보다 신뢰성 높고 상세한 위험정보가 필요하다.

지자체 도시계획 담당자의 실무적인 한계¹⁰⁾를 고려할 때 도시계획 측면에서 실효성

6) 많은 풍수해저감종합계획의 보고서를 보면 도시계획적 대책수단은 위험개선지구에 시설물 대책을 더 이상 추진하기 어려운 경우에 한하여 현장의 수용 가능성에 대한 엄밀한 검토 없이 제안되는 경향이 있음. 예를 들어, 토지이용계획을 변경하여 개발행위를 제한하는 방안을 검토해보도록 요구하거나, 개발행위 시 사전재해영향성검토협의제도를 통해 내수침수 가능성을 검토하고 필요할 경우에는 부지계획고를 승고하고 지하건축물 규제 및 필로티형식 건축물을 유도하는 방식임

7) 1차년도 보고서(이상은 외, 2016) 제3장의 설문조사 결과(p. 58)에서 자세히 논의한 바 있음

8) 자세한 내용은 김슬예 외(2017)에 3개 시·군의 사례분석 결과(p. 126)에 제시함

9) 별도로 자연재해대책법에 따라 사전재해영향성검토를 받아야 한다는 점을 고려하면, 재해취약성 분석을 단순히 계획수립을 위한 행정절차로만 활용하는 것은 매우 부적절하다고 할 수 있음

10) 현실적으로 지자체 도시계획 담당자에게 침수위험의 분석과 방재대책의 발굴을 강제하기 보다는, 중앙의 기술지원이 중요하다고 판단됨. 대책수립을 위해서는 기상, 수문, 토목, 재난관리, 공간정보 등에 대해 일정 수준 이상의 지식과 도구를 학습해야 함에 반해, 담당자의 주 업무와 관련성이 높지 않아 학습의 동기를 부여하기가 쉽지 않음. 전문성 축적이 곤란한 상황에서, 과도한 역량강화 프로그램을 실시하는 것 또한 비효과적인 행정력 소비로 이어질 소지가 매우 큼. 풍수해저감종합계획에서 재해영향평가나 도시계획측면의 방재대책을 엄밀하게 검토하게 하는 것 또한 방법이 될 수 있지만, 본 연구에서는 논외로 함

있게 방재대책을 마련하기 위해 <그림 1-1>의 전략이 필요하다고 판단된다. 재해취약성 분석을 중심으로 한 재해예방형 도시계획제도의 기틀은 유지하되, 국토연구원의 역할을 재해취약성 분석의 절차와 자료를 검증하는 데 한정하기보다, 도시지역에 대한 상세 위험정보를 생산할 수 있는 기술기반을 운영하면서 재해취약성 분석의 결과를 확인하고 대책수단을 제안하는 등 기술자문을 담당하도록 그 역할을 확대하는 것이 중요하다.¹¹⁾

<그림 1-1>의 전략을 위해 정부의 지원 하에 연구기관이 기술기반을 구축·운영하는 것이 중요하다고 할 수 있다. 도시침수에 대한 위험이 높아 해당 지자체에서 방재대책이 꼭 필요한 곳이라면 계획 수립에 유용한 공간정보를 수집·분석·가공한 뒤 정보 서비스를 제공해야 할 것이다. 아울러 제공된 정보에 근거해 지자체가 도시계획 측면에서 소홀하기 쉬운 방재대책을 반영 또는 실행하고 있는 지, 또한 대책의 사후효과도 지속적으로 관리하는 것이 필요하다.

3) 연구 목적

(1) 시스템 구현의 목적

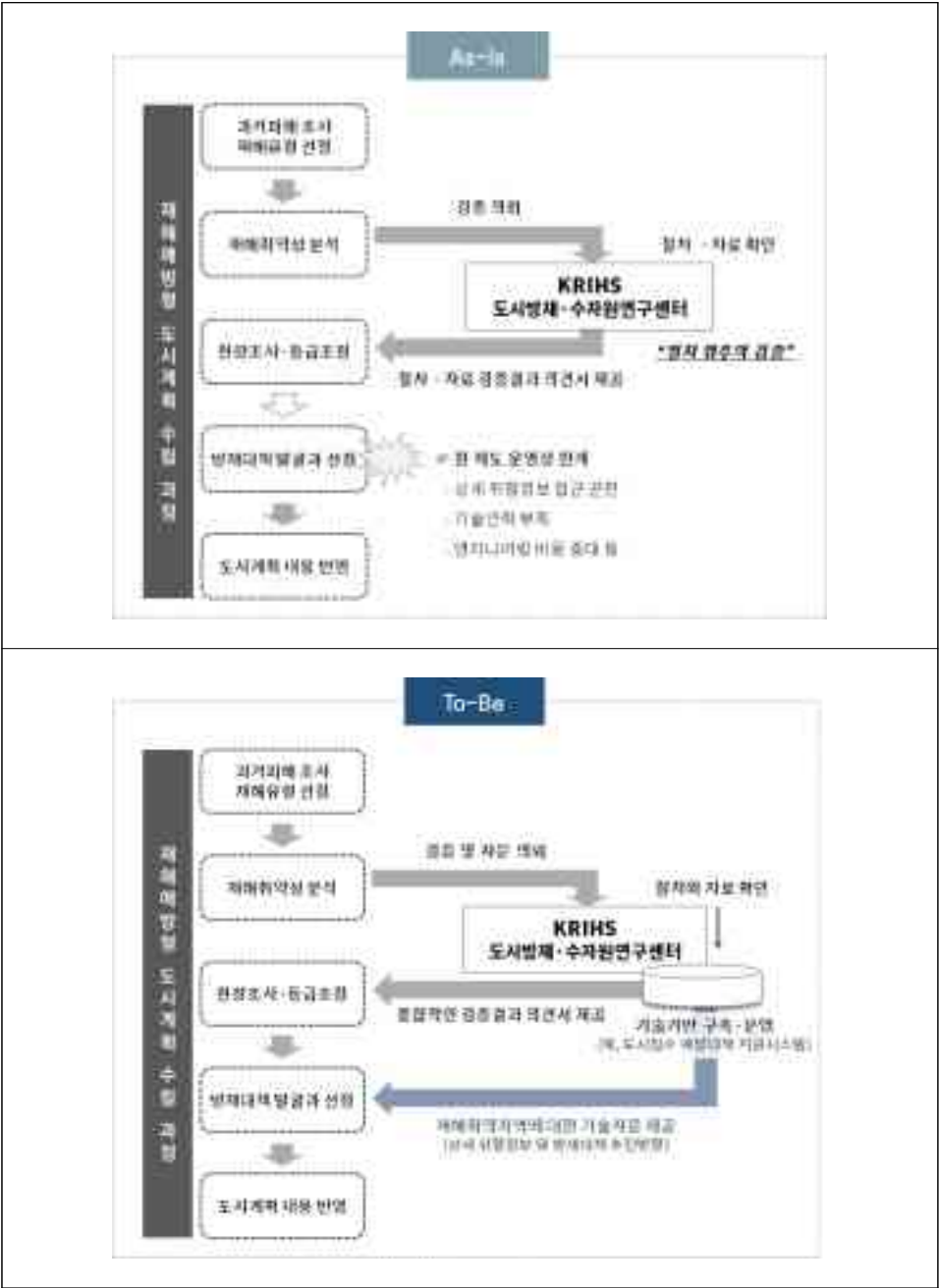
본 연구는 지자체가 도시계획을 수립할 때 재해취약성 분석 단계에서 보다 실효성 있는 방재대책을 발굴·반영하도록 ‘도시침수 예방대책 지원시스템’¹²⁾을 구축하는 것을 목표로 한다. 도시침수에 대한 방재대책의 필요성이 지역마다 다른 점을 고려해 기술지원을 선별적으로 제공하도록 시스템을 구축하고자 한다. 즉, 전 국토차원에서 도시침수 위험이 특별히 높아 방재대책이 시급한 곳을 주기적으로 평가하여 사전에 중점 관리 대상지역으로 선정해 두고¹³⁾, 재해취약성 분석의 검증 단계에서 해당 지자체에 대상지역이 포함된다면 (재해취약성 분석의 결과검증과 함께) 상세 위험정보와 필요한

11) 국토교통부의 재해취약성 분석 지침 상 국토연구원이 방재대책 수립의 자문역할을 할 제도적 근거가 현재에도 마련되어 있으나, 기술기반, 예산, 협력체계 등의 부재로 실행력을 갖추지 못함. 이에 대해서는 제5장의 ‘1. (정책제언②) 도시방재 기술역량의 지속적 고도화’에서 자세한 현황을 기술하고 대안을 제시함

12) 본 연구에서 ‘시스템’이라는 용어는 구축한 정보의 전달 매개체로서의 기술기반을 의미함

13) 아울러 일정한 절차에 따라 정부의 고시, 공고 또는 통보를 통해 지자체에게 도시침수에 대한 중점관리 대상지역 존재 여부를 주지해줘야 함. 이에 대해 2차년도 보고서(이상은 외, 2017a) ‘제6장 결론 및 정책제언’에서 자세히 논의한 바 있음

그림 1-1 | 재해예방형 도시계획의 실효성 제고를 위한 기술기반 구축·운영의 중요성



자료: 저자 작성

방재대책에 대한 자문까지 제공하고자 한다. 14) 이때, 위험요소를 다각적으로 보여주는 공간정보를 제공하고, 고위험지역을 합리적으로 결정하여 그 위치를 알려주며, 현장여건에 맞게 대책 수립방향을 제안하는 등 구체적인 정보를 활용할 수 있게 지원할 필요가 있다.

(2) 연차별 목표

도시침수 예방대책 지원시스템은 ①개념정립 및 방법론 검증 ②시스템 구축 및 확대 ③시스템의 활용 및 제도화의 단계에 따라 총 3년에 걸쳐 개발하기로 하였다. 1차년도는 상세 위험정보를 제시하기 위한 방법론 프로토타입을 정의하고, 시스템 개발방향을 정립하는 데에 초점을 두었다. 2차년도는 방법론의 안정화 및 검증과 시스템 설계를 중시하여 연구를 수행하였다. 본 3차년도에는 지자체와의 시범사업을 통해 시스템 정보를 활용하여 방재대책을 수립하고, 향후 정부에서 국토연구원과 함께 정보 서비스를 제공할 수 있도록 전용 S/W를 구축하는 것이 핵심이다.

표 1-1 | 연차별 연구 목표

연 도	1차년도 ('16)	2차년도 ('17)	3차년도 ('18)
단 계	개념정립 및 방법론 검증	시스템 구축 및 확대	시스템의 활용 및 제도화
연구 목표	- 정책동향 조사 - 방법론 제시 - 중점관리 대상지역 선정(2개소) 및 검증 - 시스템 개념 설계 - 시스템 운영·활용을 위한 제도화 방향 - 수요조사·실무활용을 위한 관련부처 및 지자체 협의	- 방법론의 안정화 - 방법론 기술서 개발 - 중점관리 대상지역 분석 확대 (최대 8개소)* - 시스템 구축 착수(DB중심) - 실무활용을 위한 관련 부처 및 지자체 협의 착수	- 중점관리 대상지역 분석 확대 (최대 8개소)** - 실무지원 시범사업 추진 검토*** - 제도적 근거 확보 방안 - 시스템 기능 고도화 및 자동화 - 매뉴얼 및 운영계획 수립

주: + 중부지방에 한정하여 도시침수 피해가 상대적으로 큰 8개소에 대해 중점관리 대상지역의 공간범위 분석을 완료하고, 이 중 2개소는 대상지역의 상세 위험 주제도까지 제작

++ 남부지방에 한정하여 도시침수 피해가 상대적으로 큰 8개소에 대해 중점관리 대상지역의 공간범위 분석을 완료

+++ 시스템을 통한 기술지원 가능성을 실증 검토하기 위해 국토교통부와 함께 시범사업 수요조사를 실시('17년 10월)하였으며, 부산광역시와 제주특별자치도를 대상으로 시범사업을 수행하기로 협의됨

자료: 이상은 외(2016; 2017a)를 수정

14) 이에 대해서는 제5장의 '1. (정책제언①) 재해예방형 도시계획제도의 실효성 강화를 위한 정부의 기술지원 체계화'에서 연구진의 구성을 자세히 설명함

2. 연구의 범위 및 방법

〈표 1-2〉와 같이, 먼저 기술지원 하는 ‘내용’이 될 위험정보([1]~[3])를 개발하고, 이 내용을 담아 담당자에게 전달하기 위한 ‘그릇’인 도시침수 예방대책 지원시스템을 구축([4])하며, 연구결론으로 시스템의 정책적 활용방안([5])을 제시하도록 연구를 설계하였다. 이를 위해, 3차년도 연구에는 문헌조사, 현장·탐문조사, 수리·수문해석, GIS 분석, 통계분석, 시각화 정보 개발, S/W 개발 등의 연구방법이 적용되었다.¹⁵⁾

표 1-2 | 연구의 범위 및 방법

구 분	1차년도	2차년도	3차년도
[1] 도시침수 기초자료 구축	- 도시침수 위험도 및 영향권의 기본개념 정립 - 문헌연구 - 피해액 및 피해년도 지표 산정 - 통계분석	하천변 저지대 및 자연재해 관리지구 지표 산정 - 통계분석, GIS분석	도시침수 위험도 프로파일 개발 - 통계분석, 시각화 정보 개발
[2] 중점관리 대상지역 위험정보 구축	- 도시침수 위험도 및 영향권의 기본개념 정립 - 문헌연구 - 중점관리 대상지역 선정방법 제시 - 통계분석, 현장·탐문조사, GIS분석 등 - 도시침수 해석 방법론 제시 - 기상·수문·수리 해석 - 도시침수 위험정보 개발 및 영향권 설정방법 제시 - 문헌연구, GIS분석	- 중부지방 중점관리 대상지역 8개소 선정 - 통계분석, 현장·탐문조사, GIS분석 등 - 도시침수 해석 - 기상·수문·수리 해석 - 도시침수 위험정보 개발 및 영향권 설정 - 문헌연구, GIS분석	- 남부지방 중점관리 대상지역 8개소 선정 - 통계분석, 현장·탐문조사, GIS분석 등 - 시범사업 실시 - 도시침수 해석 - 기상·수문·수리 해석 - 시범사업 실시 - 도시침수 위험정보 개발 및 영향권 설정 - 문헌연구, GIS분석 - 시범사업 실시
[3] 중점관리 대상지역의 방재대책 참고자료 구축	도시계획 측면의 방재대책 수단 및 기대효과 조사 - 문헌연구	- 고위험지역 위치결정 및 원인 조사방법 제시 - 다기준 의사결정기법 - 사례연구 실시 - 방재대책 의사결정을 위한 평가기준 설정 - 문헌연구	방재대책 의사결정 참고자료 개발 - 현장조사, 면담조사 - 시범사업 실시
[4] 도시침수 예방대책 지원시스템 구축	- 시스템 개발방향 정립 - 설문조사, 담당자 면담 - 시스템 개념설계 - 화면시안 제작	시스템 DB 정의 및 설계 - DB 설계 및 자료처리 - 시스템 화면설계	시스템 구축 완료 - 전용 S/W 개발 및 기능 구현
[5] 시스템의 운영·활용 방안 제시	- 국내외 도시방재 정책동향 파악 - 학술문헌 조사 - 시스템 운영·활용방향 제시	- 시범사업 계획 수립 - 제도적 근거 확보방안 제시 - 일상적인 활용방안 제시	- 법제도 개선방안 제시 - 향후 시스템 운영방안 제시

자료: 저자 작성

15) 〈표 1-2〉에 제시된 연구범위와 방법에 관한 구체적인 사항은 1차년도와 2차년도 보고서를 참고

3. 연구 틀 및 주요 개념

1) 연구 틀

도시침수 예방대책 지원시스템을 개발하기 위해 <그림 1-2>와 같은 연구를 3차년도에 걸쳐 수행하기로 하였다.

(1) 도시침수 기초자료 구축

■ 목표 : 도시침수 피해여건에 대한 담당자 이해 제공			
1차년도	2차년도	3차년도	
• 폭우피해에 대한 통계자료를 이용하여 시·군·구별 피해지표 산정	• 하천변 저지대 및 자연재해 관리 지구 관련 지표 산정	• 시·군·구별 위험도 프로파일 등 시각화 자료 작성	

(2) 도시침수 대책지원을 위한 기술정보 구축

□ 중점관리 대상지역의 위험정보 구축

■ 목표 : 도시침수 대책 마련이 시급한 중점관리 대상지역에 대해 신뢰할 수 있는 위험정보를 개발			
1차년도	2차년도	3차년도	
• 자료수집·처리, 분석기법, 절차 등 방법론 프로토타입 제안 • 재해특성, 영향권, 노출특성, 취약성 등 상세 주제도 제작 실증	• 방법론의 안정화 도모 • 다수의 중부지역을 대상으로 주제도 확대 제작	• 다수의 남부지역, 특히, 2곳의 시범사업 대상지에 적용해 실무적인 유용성 확인	

□ 중점관리 대상지역의 방재대책 참고자료 구축

■ 목표 : 실제 의사결정단계에서 중점관리 대상지역에 대한 방재대책을 발굴·반영·시행하는 데 필요한 정보 제시			
1차년도	2차년도	3차년도	
• 방재대책 유형화 뒤 대책수단을 체계화	• 고위험지역 위치선정, 위험원인 분석, 대책선정 등 방법 제시	• 시범사업 대상지를 중심으로 방재대책 발굴·결정의 실증화	

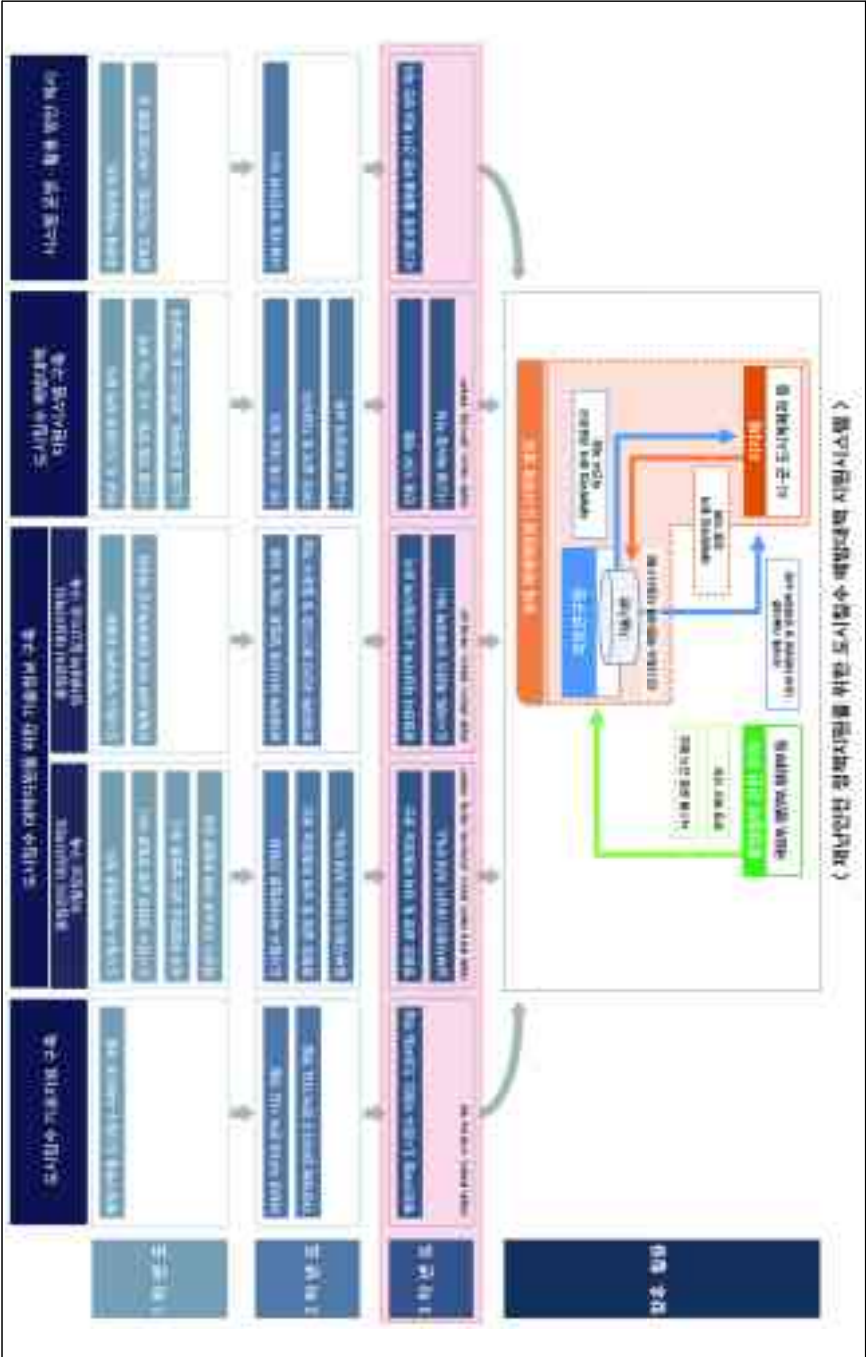
(3) 도시침수 예방대책 지원시스템 구축

■ 목표 : 담당자의 수요와 작업환경에 맞춰 효과적으로 정보를 제공할 수 있도록 시스템 구축			
1차년도	2차년도	3차년도	
• 국내외 정책 동향 조사 • 현장수요 파악 후 기능정의	• 시스템 기능 구현을 위한 DB 및 화면설계	• 담당자의 업무에 맞게 효과적으로 정보전달하기 위한 S/W 개발	

(4) 시스템의 운영·활용방안 제시

■ 목표 : 시스템을 매개로 도시침수 방재대책을 발굴·반영하기 위한 정책과제 제안			
1차년도	2차년도	3차년도	
• 시스템 운영·활용을 위한 주체별 역할과 법제도 개선방향 검토	• 시범사업 추진계획 제시 • 관련 지침 개정안 제시	• 시스템 운영·활용 전략을 수립하고 관계기관과 추진방안 논의	

그림 1-2 | 연구의 틀



자료: 이상은 외(2016: 2017a) 재구성

2) 주요 개념

표 1-3 | 주요 용어 설명

용어	개념
도시침수	• 집중호우에 의해 발생하는 홍수의 한 종류 • 발생장소 : 도시지역 또는 인공적으로 조성한 공간 • 발생원인 : (내수) 노면에 내린 강우의 하수관거로의 유입지연과 관거용량 부족으로 인한 배수의 지체 또는 역류현상 (외수) 홍수량이 하천의 수용용량을 넘어 발생하는 범람이나 하천수위 증가로 인해 하천변 저지대에 발생하는 우수의 적체현상 • 발생결과 : 범람·적체된 유량이 일정기간 인위적인 공간을 침범하여 토지, 자산, 지하시설물, 도로 등이 물에 잠기게 되며 공·사적 재산피해와 주민생활이나 경제활동에 큰 지장을 발생
중점관리 대상지역	• 국가차원에서 위험정보 생산, 도시계획 대책수단 발굴 등의 기술지원을 우선적으로 제공하도록 전략적으로 선별 • 강우 시 동일한 출구로 물이 배출되는 지형학적 공간범위인 집수구역 단위로 대상지 범위를 설정
영향권	• 영향의 크기는 침수위를 기준으로 10cm 이하, 10~50cm, 50~100cm, 100cm 초과로 네 단계로, 영향의 발생가능성은 하천범람 등 외수에 대해서는 재현기간 100년의 조건으로, 관로 우수배제 실패 등의 내수에 대해서는 재현기간 30년의 조건을 기준으로 설정
고위험 지역	• 도시침수 영향권 가운데 피해 잠재성이 특별히 높아 방재측면의 규제나 사업이 시급한 공간을 의미 • 10가지 속성을 지닌 위험정보를 다기준의사결정기법에 적용한 뒤 현장성을 보완하여 격자 또는 필지 단위로 그 위치를 결정
도시침수 예방대책 지원시스템	• 지자체의 도시계획 측면의 방재대책 수립을 돕기 위해 구축된 기반으로서, 분석결과를 통해 만든 DB와 이를 전달하기 위한 전용 S/W로 구성 • 수요조사 결과, 도시침수 기초자료의 일괄 관리, 중점관리 대상지역에 대한 재해특성 해석결과, 영향권, 위험원인 조사결과 등의 공개, 대책수단 의사결정을 위한 참고자료 제공, 공식문건 발간 및 기술정보 공유를 위한 플랫폼 제공 등의 기능이 중요

자료: 이상은 외(2016; 2017a) 재구성

본 연구에서는 도시침수 방재대책이 시급한 공간범위를 최종 결정하기 위해 다양한 공간단위 분석이 이뤄지는데, 우선 피해액과 피해빈도 기준으로 시·군·구 단위의 행정구역을 선별하고, 선별된 행정구역 내에서 도시침수 위험이 상대적으로 높아 방재측면의 중요성이 높은 집수구역의 공간범위를 중점관리 대상지역으로 식별한다. 다음으로 침수해석을 통해 중점관리 대상지역의 영향의 크기와 발생가능성의 두 측면에서 영향권을 분석한 뒤 최종적으로 다양한 위험요인을 종합하여 고위험지역을 격자 또는 필지 단위로 결정한다.

그림 1-3 | 중점관리 대상지역과 영향권의 개념도



자료: 이상은 외(2016; 2017a) 재구성

4. 선행연구 검토 및 차별성

1) 기존 정책연구와의 차별성

선행연구(표 1-4)는 주로 도시계획의 기초조사 단계에서 실시해야 할 재해취약성 분석의 방법과 그 결과를 통해 강구할 수 있는 대책수단을 소개하는 데에 초점을 두고 있다. 이에 반해, 본 연구는 재해취약지역에서 담당자가 실질적인 방재대책을 발굴할 수 있도록 상세한 위험정보를 제공하고, 방재대책이 필요한 위치를 결정하며, 현장의 도시침수 위험원인과 담당자의 실무적 여건을 종합해 대책수립 방향을 안내하는 데 관심을 두고 있다. 제도적 개선방향 연구 또한 도시방재정책의 선진화를 위한 기술지원 방법에 초점을 맞추었다.

2) 기존 기술개발 및 시스템 구축 연구와의 차별성

선행연구(표 1-5)는 주로 정교한 침수해석을 위해 새로운 모형을 개발해왔다. 이에 반해, 본 연구는 실무 활용성이 높다고 평가되는 보편적인 침수해석 방법을 연계해 단점을 해소하고, 추후 많은 지자체에게 기술지원이 가능하도록 침수해석 기법의 간소화를 도모하였다. 시스템에 대해서도 지자체 단위에서 도시침수에 대한 도시계획 측면의 방재대책을 추진하려는 최우선적 목적에 맞춰 담당자의 관할지역에 대한 위험인지 수준을 높이고, 특별히 관리가 필요한 대상지에 대해서는 상세 위험도 정보와 함께 실제 대책을 계획하는 단계에서 크게 도움 되는 참고자료를 제공하는 등 목적 지향적으로 구축하려 하였다.

표 1-4 | 도시방재계획 수립에 관한 선행연구

구분	연구목적	연구방법	주요연구내용
주요 선행 연구	• 과제명 : 도시방재에 관한 연구 (일본의 사례를 중심으로) • 문헌 외(2003) • 연구목적 : 일본의 방재도시만들기 운영실태 및 사례분석을 통하여 시사점 도출	• 문헌 및 선행연구 조사 • 일본 현장조사(나고야) 및 사례분석 • 전문가 자문	• 우리나라 도시재해 특성 및 도시방재관련 이론정립 • 일본의 국토방재체계와 도시방재 • 일본의 도시레벨 방재도시만들기 운영실태 • 일본의 지구레벨 방재마을만들기 운영실태
	• 과제명 : 도시기본계획의 방재 및 안전부문에 관한 연구(Ⅰ),(Ⅱ) • 김현주 외(2004),(2005) • 연구목적 : 도시기본계획 수립시 방재 및 안전계획의 작성 방향과 고려사항 제시	• 문헌 및 인터넷 조사 • 일본(동경도, 오사카부) 현장조사 및 사례분석 • 전문가 자문 • 연구협의회	• 우리나라 도시방재계획의 실태와 현황에 대한 분석 • 일본의 도시방재계획체계에 대한 분석 • 우리나라 방재 및 안전계획의 기본방향 설정 • 도시기본계획에서 방재 및 안전에 대한 고려 방안
	• 과제명 : 재해에 안전한 방재도시 계획 수립방안 연구 • 심우배 외(2008) • 연구목적 : 효율적인 방재도시계획 수립방안과 방재도시계획의 실효성 제고를 위해 부문 계획간 연계방안, 단기 제도개선방안과 중장기 발전방향 제시	• 문헌 및 인터넷 조사 • 현장조사 • 전문가 자문 • 전문가 설문조사 • 협동연구 • 연구협의회 운영	• 재해 및 방재도시계획의 개념 • 도시계획 내 방재계획의 현황 및 문제점 • 외국 도시계획측면의 방재계획·제도 • 효율적인 방재도시계획 수립방안 • 방재도시계획 실효성 제고를 위한 부문별 계획 연계방안, 제도개선방안
	• 과제명 : 기후변화 대응을 위한 적정 하천공간 확보방안 연구 • 정주철 외(2009) • 연구목적 : 하천법에 근거한 하천구역의 넘어서서 본래 하천공간으로서 기능할 수 있는 지역에 대한 근본적 검토와 종합적 접근방안 제시	• 문헌 및 인터넷 조사 • 해외사례조사 • 전문가 자문 • 현장조사 • GIS기법 활용	• 낙동강, 영산강 권역을 대상으로 함 • 기후변화에 따른 홍수위험에 대한 검토와 월류에 대비한 제방사업과 하천공간 확보에 필요성 강조 • 하천공간 확보 방안들으 종합적으로 제시하고 공간계획 수립 • 재해완화 정책등 관리방안 제시
	• 과제명 : 기후변화에 안전한 재해통합 대응 도시 구축방안 연구(Ⅰ),(Ⅱ) • 심우배 외(2009),(2010) • 연구목적 : 기후변화를 고려한 도시 재해위험요소를 분석하여 기후변화 및 재해에 안전한 통합재해대응 도시 구축방향 및 제도개선방안 제시	• 문헌 및 인터넷조사 • 현장 및 관련 공무원 면담 조사 • 전문가 설문조사 • GIS기법 활용 • 전문가 자문 • 업무협의회 운영	• 기후변화가 도시에 미치는 영향 고찰 • 기후변화 대응 재해관리 현황 분석 • 외국의 기후변화 대응 재해관리 사례 분석 • 기후변화에 안전한 통합재해대응 도시 구축방향 및 정책과제 제시
	• 과제명 : 재해취약성 분석, 재해예방형 도시계획 수립 컨설팅 사업(Ⅰ),(Ⅱ) • 국토연구원(2015-2016) • 연구목적 : 도시계획 수립 지자체를 대상으로 재해취약성 분석 및 도시계획적 저감대책 설계에 대한 기술지원	• 현장조사 • GIS기법 활용 • 전문가 자문 • 분석결과 및 계획수립 검토 • 워크샵 및 설명회 개최	• 도시계획을 위해 기초조사가 진행되는 10개 지자체를 대상으로 6가지 자연재해의 취약성에 대한 공간분석 실시 • 각 공간(집계구)의 취약성 등급화 • 취약성 등급에 따른 재해예방형 저감대책 제안 및 발굴

자료: 이상은 외(2016; 2017a) 재구성

표 1-5 | 도시침수 해석기법 및 시스템 구축에 관한 선행연구

구분	연구목적	연구방법	주요연구내용
주 요 선 행 연 구	• 과제명 : 도시홍수 예경보 및 침수 예측 기술 • 한국건설기술연구원(2007) • 연구목적 : 도시지역 홍수 예경보를 위한 기상수문 신기술 기반의 침수해석 모형 및 시스템 구축	• 문헌 조사 • 국내외 시스템 사례조사 • 모형개발 • 시스템 개발	• 도시홍수 예경보 실용화 기술 개발을 위한 예측모형 적용기술, 단기간 강우 예측 기법 개발 • 도시지역 침수해석을 위한 통합 침수해석 모형(FFC-5) 개발 및 GIS 연계 운영 시스템 구축
	• 과제명 : 도시 기후변화 폭우재해 적응 안전도시 기술 개발 • 국토연구원(2010~2015) • 연구목적 : 내수침수 해석모형을 토대로 방재도시계획 기술 및 정보 공유 플랫폼 구축	• 제도 분석 • 침수해석모형개발 • 도시설계기술개발 • 통합관리시스템 구축	• 기후변화 폭우재해 적응 안전도시 시스템 개발 - 웹기반 폭우재해 정보공유 플랫폼 • 폭우재해저감 도시설계 실무매뉴얼 제공 - 폭우재해 저감을 위한 도시설계 실무매뉴얼 제공 • 폭우재해 저감을 위한 도시계획 법제도 개선방안 제시
	• 과제명 : 도시 지상-지하공간 침수 예측모형 고도화 및 통합 연계환경 개발 • 국립재난안전연구원(2012~2013) • 연구목적 : 도시 지상-지하공간 침수예측모형 고도화, 침수예측모형 통합연계, 시범적용 및 시스템 GUI개발	• 대상지 현장조사 • 침수예측모형검증 • 침수예측모형 GUI 개발	• 지상공간 침수예측모형/우수관망모형/지하공간 침수예측모형의 고도화 • 도시의 지상-지하공간 침수예측모형 통합 연계환경 개발 및 시범적용 • 도시 지상-지하공간 침수예측모형 GUI 개발
	• 과제명 : 도시내수침수 원인분석을 위한 센서기반 모니터링 기법 개발 및 시범 적용 • 국립재난안전연구원(2013) • 연구목적 : 도시내수침수 특성을 반영한 모니터링 시스템 시범적용 및 실시간 감지 모니터링기법 개발	• 현장 조사 • 지자체 협의 • 모니터링센서조사 • 네트워크구성운영방식 조사 및 검토 • 시범적용	• 도시내수침수 특성을 반영한 모니터링 시스템의 시범적용을 위한 대상지 및 방법 선정 • 실시간 내수침수 감지 모니터링 기법 개발 • 현장모니터링을 통한 도시내수침수 특성 분석을 위한 시범적용 및 결과 제시

자료: 이상은 외(2016; 2017a) 재구성

5. 연구의 기대효과

1) 정책적 기대효과

동 시스템을 구축·운영하여 지자체에 도시방재에 대한 역량을 지원함으로써 재난관리와 도시계획 간에 존재하는 간격을 줄일 수 있어 도시침수에 내성을 갖춘 안전도시를 조성하는 데 큰 기여를 할 수 있을 것으로 예상된다. 단순히 도시침수 위험정보만을 제공하는 것을 넘어, 적절한 방재대책 위치와 규제 또는 사업의 추진방향 등을 알려주는 정책자문을 제공할 수 있을 것이다. 또한 현 재해취약성 분석 제도를 기초로 하여 재해예방형 도시계획의 실효성을 한층 강화할 수 있을 것이다.

다부처 및 다부서 재난안전분야의 정책수단으로도 활용 가능할 것이다. 특히, 본 연구의 수행기간 중인 2018년 1월에 자연재해대책법이 일부 개정되어 올 10월부터 사전 재해영향성 검토가 재해영향평가로 변경·시행되었다. 이로 인해, 행정계획(도시계획 포함)의 입지적정성을 평가하고, 5만㎡ 이상(길이 10km 이상)의 대규모 개발사업의 추진을 위해 정량적인 재해영향평가가 의무화되었다. 이에 행정안전부와 지자체는 정밀한 위험정보에 대한 수요가 크게 증가하였으며, 본 연구에서 개발한 시스템의 기능은 이러한 수요에도 잘 부응할 수 있을 것으로 판단된다.

표 1-6 | 3차년도 과업기간 내 정책성과 달성

구분	목적	성과달성 (총 10건)
정책업무협의회 개최	시범사업을 위한 인식 공유	2건 (제주도청 : '17.12월 실시; 부산시청 : '18.1월 실시)
	향후 자료협조를 위한 논의	1건 (한강홍수통제소 수자원정보센터 : '18.2월 실시)
성과발표회 개최	시범사업 결과 활용성 논의	1건 (제주도청, 부산시청, 유관업체, 전문가 등 참석 : '18.9월 실시)
지자체 기술지원	시범사업 결과 제공	2건 (제주도청, 부산시청 : '18.12월 CD-ROM 배포)
정책제안	정책활용방안 제안	1건 (국토부 도시재생과 : '18.9월 공문 시행)
연구결과 홍보	시스템을 활용한 정책지원 소개	2건 (국토부·지자체 담당자 다수 참석 : '18.6월 실시, '18.12월)
정책기고	시범사업 결과 및 활용성 기술	1건 (국토Brief : '18.7월 발간)

자료: 저자 작성

2) 학술적 기대효과

기상·수리·수문해석과 위험도 평가와 관련해 연구 방법론을 개선하는 데에도 기여할 수 있을 것이다. 특히, 신뢰도 높은 강우 시나리오 분석기법 제시하였으며, 다양한 도시침수 원인을 규명할 수 있도록 간소·연계된 침수해석기법을 제안한 바 있다. 아울러, 도시침수 방재대책 수립을 위한 합리적인 위치결정과 원인조사 방법론을 <표 1-7>과 같이 제시하였다.

표 1-7 | 3차년도 과업기간 내 학술성과 달성

구분	목적	성과달성 (총 8건)
논문발표	2차원 노면흐름 해석의 학술검증 ¹⁶⁾	1건 (journal of Coastal Research : '18.2 게재)
	도시침수 위험도 평가기술의 학술검증 ¹⁷⁾	1건 (대한토목학회지 : '18.4월 게재)
	방재대책 의사결정 자원방법의 학술검증 ¹⁸⁾	1건 (국토연구 : '18.9월 게재)
	관망해석 및 노면수 해석기술의 학술검증 ¹⁹⁾	1건 (한국안전학회지 : '18.10월 게재)
학술대회 개최 및 발표	풍수해 위험관리 특별세션 주관	1건 (한국방재학회 : '18.2월 실시)
	기후변화 대책 특별세션 주관	1건 (Computational Design in Eng. : '18.4월 실시)
	학술대회 발표	1건 (한국안전학회 : '18.11월 실시)
기술서 작성	기술의 설명자료 개발	1건 (보고서 <부록 6>으로 제시)
기술 홍보	도시침수 예방대책 지원시스템 소개 ²⁰⁾	1건 (한국수자원학회 학술기사 : '18.7월 게재)
	시스템 구축의 의의와 결과 소개 ²¹⁾	1건 (Space&Environment : '18.12월 게재)
S/W 등록	저작권 등록	1건 ('18.12월 서류 제출)

자료: 저자 작성

16) 자세한 내용은 Kim 외(2018)를 참고

17) 자세한 내용은 이종소와 이상은(2018a)을 참고

18) 자세한 내용은 이종소 외(2018)를 참고

19) 자세한 내용은 신은택 외(2018)를 참고

20) 자세한 내용은 이종소와 이상은(2018b)를 참고

21) 자세한 내용은 Lee 외(2018)를 참고



CHAPTER 2

도시침수 기초자료 구축

- 1. 도시침수 특성에 따른 지자체 유형화 | 22
- 2. 도시침수 위험도 프로파일 | 29

도시침수 기초자료 구축

본 장에서는 관할지역의 도시침수 위험을 쉽게 이해할 수 있도록 행정구역별로 생산 또는 취득 가능한 자료를 이용해 유형화하고, 프로파일 등 시각정보를 개발하였다.

□ 1차년도 결과

- 도시침수 피해여건을 나타내는 피해액과 피해빈도의 두 가지 지표를 정의한 뒤 2008~2014 행정안전부 재해연보를 토대로 시·군·구 단위로 산정·분석함
 - 피해액 지표 : 도시지역 1km²당 호우로 인한 연평균 공공시설과 건축물 피해액
 - 피해빈도 지표 : 도시지역 1km²당 호우로 인한 연평균 공공시설과 건축물 피해횟수
 - 시·군·구 단위로 피해액 지표와 피해빈도 지표는 각각 65백만원/km²과 0.12회/km²을 초과한다면 상대적으로 높은 수준에 해당되며, 지역별로 경기도와 경상남도의 지자체가 피해여건이 나빠 상대적으로 방재대책이 시급

□ 2차년도 결과

- 침수발생의 지형적 여건을 확인하기 위해 행정구역 면적대비 하천변 저지대 면적 비율의 지표를 정의한 뒤 GIS기법과 통계분석을 통해 시·군·구 단위로 산정·분석함
 - 각 시·군·구는 지방하천 저지대를 행정구역 면적대비 평균 2.9%만큼 지니고 있음
 - 수도권에 위치한 여러 지자체는 저지대 면적 비율이 크게 높은 수준이나 이 저지대를 실제 개발·이용하는 정도는 도시개발 압력에 따라 상당한 차이를 보임
- 재해에 대한 경계(儆戒)수준을 확인하기 위해 행정구역 면적대비 자연재해 관리지구(방재지구와 위험개선지구)의 면적비율 지표를 정의한 뒤 시·군·구 단위로 산정·분석
 - 각 시·군·구는 행정구역 면적 대비 평균 0.1% 가량 관련 지구를 지정해 운영
 - 이러한 관리지구 면적은 실제 피해수준과 상관성이 높지 않음을 확인

- 이 외에도 도시침수와 직·간접적으로 관련해 타 기관에서 발표하는 다양한 자료를 조사·취합·가공하여 행정구역 단위의 기초자료를 마련함

□ 3차년도 연구대상

- 지자체 도시계획 담당자에게 관할지역 도시침수 위험에 대한 이해를 돕기 위해 각종 정보를 효과적으로 표현·전달하는 데에 초점을 둠
 - 1~2차년도에 개발한 위험정보와 함께, 전국적으로 생산 또는 취득 가능한 자료를 종합하여 관내 도시침수 여건을 효과적으로 설명·전달
- 먼저 확보한 자료를 이용해 도시침수 관점에서 지자체를 유형화하고, 이어서 도시침수 위험도 프로파일의 형식으로 시각화하여 정보를 전달하고자 함

1. 도시침수 특성에 따른 지자체 유형화

1) 기본방향

본 연구에서 구축할 시스템은 도시침수에 대한 비전문가에게도 정보 서비스를 제공해야 하므로 정보를 효과적으로 요약하는 것이 중요하다. 다양한 위험정보를 단순히 열거하여 제공하는 것은 서비스 이용자 스스로 중요한 정보를 취사선택해 해석하도록 요구하게 되므로 서비스 이용자가 어떠한 정보를 중시하게 되는 지에 따라 그 해석이 달라질 수 있기 때문이다. 따라서 관할 지자체의 특징을 쉽고 객관적으로 파악할 수 있도록 위험정보의 전달방식, 특히, 정보의 요약방식은 매우 중요하다고 할 수 있다.

다양한 도시침수 위험정보를 효과적으로 요약하기 위해 침수피해에 요인이 될 수 있는 자료를 중심으로 지자체의 유형화를 시도하고자 하였다.¹⁾ 시스템을 통해 지자체가 속한 유형을 알려줌으로써 서비스 이용자는 해당 유형에 부합해 차별화된 방재전략을 검토·마련할 것을 염두하였다.

1) 분석방법과 대리변수의 선정에 다소 차이가 있지만, 피해요인을 토대로 한 지역 유형화 연구는 본 연구 외에도 몇 가지 선행연구가 있음. 중요한 선행연구의 예로서, 심재현 외(2012)는 풍수해에 초점을 두고 사회·경제적 특성, 지형적 특성, 토지이용 특성을 고려해 요인분석과 군집분석으로 수도권 지자체의 유형화를 시도한 바 있음. 또한 박창열 외(2013)는 서울시 내 주요 상습침수지역을 대상으로 지역 특성을 나타내는 15가지 대리지표를 기초로 상관관계분석과 군집분석을 통해 유형화를 하였고, 이를 검증하기 위해 판별분석을 시도한 바 있음.

2) 방법론

지자체 유형화는 1~3차년도 연구동안 중점관리 대상지역을 선정한 총 18개 지자체²⁾에 한정하여 실시하기로 하였다.³⁾ 이 지자체는 1차년도에 제시한 피해액 또는 피해빈도 지표를 기준으로 볼 때 최근 도시침수 피해가 상대적으로 크다고 할 수 있다.

먼저 유형화의 기준이 되는 도시침수의 피해요인을 기후, 배수, 토지이용, 사회·경제 등의 4가지 측면으로 구분하였으며, 선행연구, 자료 수집 가능성 등을 고려해 <표 2-1>과 같이 총 16가지 대리변수를 선정하였다. 첫 번째는 기후측면의 피해요인으로서 도시침수가 주로 단기간 집중된 강우에 의해 유발된다는 점을 고려해 시설물 설계빈도나 지역 방재성능목표로 활용하는 30년과 100년 재현기간의 지속시간 1시간 기준의 강우강도(mm/hr)를 고려하였다. 두 번째는 배수측면의 피해요인으로서 자연적 배수요인에 해당되는 불투수층 비율(%)과 함께 인공적 배수요인에 해당되는 하수관거의 밀도(km/km²)를 고려하였다. 세 번째는 토지이용측면의 피해요인으로서 행정구역 면적 가운데 주거, 상업, 공업의 용도로 조성된 토지면적의 비율(%)과 함께 취약 건축물과 보호대상시설의 밀도(동 또는 개소/km²)를 고려하기로 하였다. 마지막으로 사회·경제측면의 피해요인도 고려하였는데, 피해를 받게 되는 인구, 자산 및 경제활동의 정도를 판단하기 위해 인구밀도(명/km²), 공시지가(백만원/m²) 및 생산액(백만원/km²)을 각각 선정하였다. 지자체의 면적 크기와 무관하게 상대 비교를 할 수 있도록 대리변수의 단위를 선택한 뒤 18개 지자체의 대리변수 값을 조사하였다.⁴⁾

유형화를 위해 <그림 2-1>과 같이 순차적으로 요인분석, 군집분석, 차이검증의 세 가지 통계분석을 적용키로 하였다. 우선 다수의 대리변수를 선정하였으므로 요인분석을 통해 대리변수 간의 상관관계를 토대로 변수의 정보손실을 최소화하는 공통차원의 요인을 추출하였다. 구체적으로는, 공통성(communality) 값이 0.5를 넘는 지표만 추출하여

2) 제주특별자치도는 제주시와 서귀포시로 구분하였으므로 총 케이스 수는 19개임

3) 지자체를 유형화하게 될 경우 분석대상인 18개 지자체가 아닌, 임의의 타 지자체가 어떤 유형에 속하는 지 판단하는 것도 중요한 것이 사실임. 그러나 본 연구는 상대적으로 위험이 높은 18개 지자체에 대한 정보 서비스를 목표로 시스템을 구축하기로 하였으므로 이를 제외함.

4) 조사결과는 <부록 1>을 참고

주성분 분석을 실시하였으며, Varimax 직각회전을 통해 요인구조, 즉, 대리변수와 요인 간의 관계가 명확히 드러나도록 요인을 추출하였다. 그리고 스크리 도표(scree table)를 통해 고유값(eigenvalue)의 감소폭이 크게 체감하고 전체 설명력이 충분히 높도록 요인을 선택하였다.

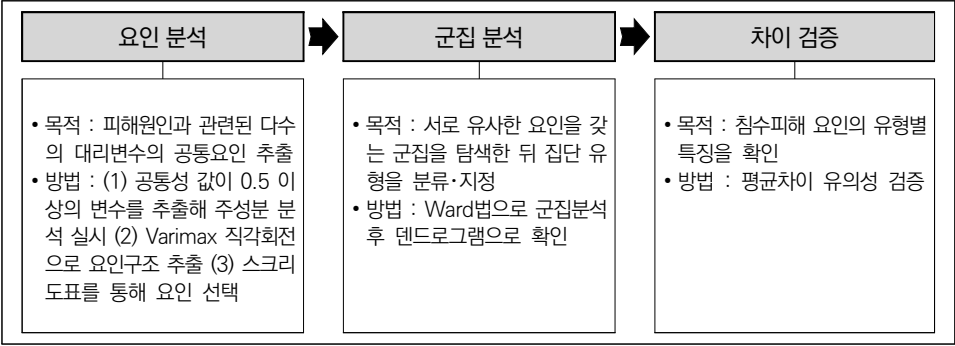
표 2-1 | 지자체 유형화를 위한 대리변수의 선정

구분	대리변수	단위	변수선정의 근거	자료출처
기후측면	30년 빈도 강우강도	mm/hr	박석근 외(2006); IPCC(2007) 김소윤 외(2016); 이상은 외(2017a)	이상은 외(2017a) ¹⁾
	100년 빈도 강우강도	mm/hr		
배수측면	불투수층	%	국토해양부(2012); 심재현 외(2012); 박창열 외(2013); 김소윤 외(2016)	환경부·한국환경공단(2013)
	하수관거 밀도	km/km ²	유환희 외(2005); 국토해양부(2012); 김소윤 외(2016)	국가통계포털 (환경부, 2016 하수도통계)
토지이용 측면	토지이용·개발 ²⁾	%	박창열 외(2013); 김길호 외(2016); 김요정과 김광섭(2018)	국가통계포털 (한국토지주택공사, 2016 도시계획현황)
	지하 건축물 밀도	동/km ²	유환희 외(2005); 국토해양부(2012); 박창열 외(2013)	건축물 생애이력 관리시스템 (국토교통부, 2017 건축 허가대장)
	노후 건축물 밀도 ³⁾	동/km ²	유환희 외(2005); 김소윤 외(2016)	건축물 생애이력 관리시스템 (국토교통부, 2017 건축물대장)
	보호대상 시설 밀도 ⁴⁾	개소/km ²	국립방재교육연구원(2010) 국토해양부(2012); 이상은 외(2016)	국가통계포털 (한국토지주택공사, 2017 도시계획현황)
사회·경제 측면	인구밀도	명/km ²	박태선 외(2005); 박석근 외(2006); IPCC(2007); 심재현 외(2012); 김요정과 김광섭(2018)	국가통계포털 (통계청, 2017 주민 등록인구)
	공시지가	백만원/m ²	박석근 외(2006); IPCC(2007)	공공데이터포털 (국토교통부, 2018 표준지공시지가)
	생산액	백만원/km ²	박태선 외(2005); 김길호 외(2016)	국가통계포털 (통계청, 2015 1인당 GRDP)

주: 1) 기상청 관측지점별로 빈도를 분석하여 얻은 확률강우량을 다시 공간보간하여 지자체별 값을 도출함
 2) 도시지역 가운데 주거·상업·공업에 해당하는 용지 면적만을 고려함
 3) 노후건축물을 판단하는 기준은 자료에 따라 차별화하여 정하는 것이 바람직 하지만, 본 연구에서는 편의상 연식이 30년 이상인 건축물만 고려함
 4) 이상은 외(2016)의 결과를 참고로 유통·공급시설, 공공문화체육시설, 보건위생시설, 환경기초시설을 고려함
 자료: 저자 작성

다음으로는 18개 지자체를 대상으로 군집분석을 적용하여 서로 유사한 요인을 갖는 군집을 탐색한 뒤 집단의 유형을 분류·지정하였다. 사전에 유형의 개수를 지정하지 않는 계층적 군집화 방법 중 두 군집간의 편차의 제곱을 기준으로 군집간의 거리를 계산하는 Ward법을 적용기로 하였으며, 덴드로그램을 통해 적절한 수의 유형을 결정하고 유형에 포함된 지자체를 확인하였다. 마지막으로 침수피해 요인의 유형별 특징을 명확하게 해석하기 위해 각 유형과 나머지 유형을 각각 독립 두 집단으로 보고 그 평균차이의 유의성을 T-test를 통해 검증하였다.

그림 2-1 | 도시침수 피해요인에 근거한 지자체 유형화 방법



자료: 저자 작성

3) 결과

18개 대상 지자체에 대해 11개의 대리변수값을 요인분석 한 결과 <표 2-2>와 같이 피해원인은 제1요인인 개발특성과 제2요인인 강우특성으로 요약되며 두 요인의 총 누적 적제량이 90%를 넘어 케이스에서 나타나는 분산을 양호하게 설명함을 확인할 수 있었다. 11개 대리변수의 공통성은 모두 0.6을 상회하므로 공통성에 있어서 문제는 없었다. 단지 하수관거 밀도는 개념적으로 타 대리변수와 함께 통합할 수 없어 제외되었다.⁵⁾

5) 하수관거 밀도의 경우 성분행렬에서 동일한 요인에 속한 다른 지표들과 같은 + 부호를 갖는 걸 알 수 있는데, 이는 개념적으로 문제가 됨. 즉, 다른 지표들은 피해를 증가시키는 원인으로 선정하였음에 반해, 하수관거 밀도는 피해를 감소시키는 원인으로 선정한 것이므로 동일한 요인 내 양립할 수가 없음.

표 2-2 | 대리변수별 요인 부하량

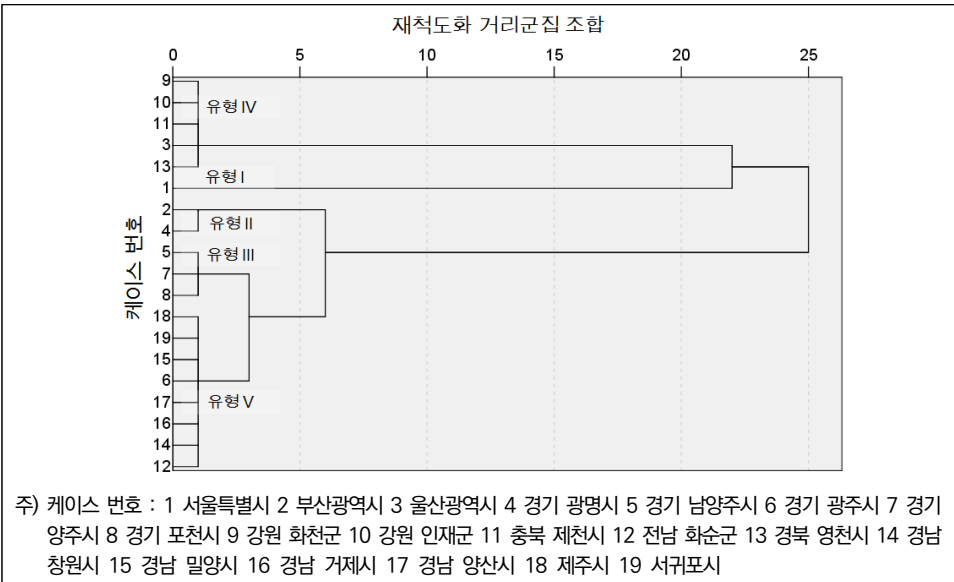
대리변수	제1요인 (개발특성)	제2요인 (강우특성)
30년 빈도 강우강도	0.226	0.970
100년 빈도 강우강도	0.219	0.972
불투수층	0.875	0.382
토지이용·개발	0.846	0.286
지하 건축물 밀도	0.946	0.110
노후 건축물 밀도	0.913	0.239
보호대상시설 밀도	0.743	0.320
인구밀도	0.963	0.228
공시지가	0.973	0.219
생산액	0.978	0.126
고유값	6.690	2.401
설명력(%)	66.9	24.0
누적설명력(%)	66.9	90.9

자료: 저자 작성

군집분석 결과, 18개의 지자체는 <그림 2-2>의 덴드로그램과 같이 총 5가지 군집으로 유형화할 수 있었는데, 각 유형에 속한 지자체는 다음과 같이 분석되었다.

- 유형 I : 서울특별시
- 유형 II : 부산광역시, 경기 광명시
- 유형 III : 경기 남양주시, 경기 양주시, 경기 포천시
- 유형 IV : 울산광역시, 강원 화천군, 강원 인제군, 충북 제천시, 경북 영천시
- 유형 V : 경기 광주시, 전남 화순군, 경남 창원시, 경남 밀양시, 경남 거제시, 경남 양산시, 제주시, 서귀포시

그림 2-2 | 지자체 군집분석 결과



자료: 저자 작성

〈표 2-3〉은 각 대리변수별로 유형 간의 평균차이 여부를 검증한 결과를 나타내고 있으며, 이를 토대로 다음과 같이 유형별 특성을 해석할 수 있었다.

- 유형 I : 불투수층 비율이 높아 지표배수가 곤란하고, 토지의 상당 비율을 활용하고 있어 침수 발생 시 피해로 쉽게 확대됨. 지하나 노후 건축물이 많고, 침수에 취약한 시설이 많으며 인구, 자산, 경제활동 등도 밀집해 피해가중 우려가 높음
- 유형 II : 타 지역에 비해 폭우의 세기가 상대적으로 높을 뿐만 아니라 토지의 상당 비율을 활용하고 있어 침수 발생 시 피해로 쉽게 확대됨. 지하나 노후 건축물이 많고 침수에 취약한 시설이 많고 인구도 밀집해 피해가중 우려가 높음
- 유형 III : 타 지역에 비해 폭우의 세기가 상대적으로 높으며 개발특성의 경우에는 침수피해가 높은 지역의 평균 수준을 보임
- 유형 IV : 타 지역에 비해 폭우의 세기가 상대적으로 낮으나 개발특성의 경우에는 침수피해가 높은 지역의 평균 수준을 보임
- 유형 V : 강우나 개발특성 모두 침수피해가 높은 지역의 평균 수준을 보임

표 2-3 | 유형간의 평균의 동일성에 대한 유의확률 산정결과 및 해석

대리변수	유형 I × 타 유형	유형 II × 타 유형	유형 III × 타 유형	유형 IV × 타 유형	유형 V × 타 유형
30년 빈도 강우강도	-	≒ 0.10	< 0.10	< 0.01	-
100년 빈도 강우강도	-	≒ 0.10	< 0.10	< 0.01	-
불투수층	< 0.01	< 0.05	-	-	-
토지이용·개발 분포	< 0.01	-	-	-	-
지하 건축물 분포	< 0.01	-	-	-	-
노후 건축물 분포	< 0.01	< 0.10	-	-	-
보호대상시설 분포	< 0.05	< 0.01	-	-	-
인구	< 0.01	≒ 0.10	-	-	-
공시지가	< 0.01	-	-	-	-
생산업	< 0.01	-	-	-	-
유형에 속한 지자체	서울특별시 (1)	부산광역시, 경기 광명시 (2)	경기 남양주시, 경기 포천시 (3)	울산광역시, 강원 화천군, 강원 인제군, 충북 제천시, 경북 영천시 (5)	경기 광주시, 전남 화순군, 경남 창원시, 경남 밀양시, 경남 거제시, 경남 양산시, 제주시, 서귀포시 (8)
유형별 특성	• 불투수층 비율이 높아 지표배수 곤란 • 토지의 상당 비율을 활용하고 있어 침수 발생 시 피해로 쉽게 확대됨 • 지하나 노후 건축물이 많고, 침수에 취약한 시설이 많아 피해가중 우려 높음 • 인구, 자산, 경제활동 등이 밀집해 피해가중 우려 높음	• 타 지역에 비해 폭우세가 상대적으로 높음 • 상당 비율의 토지를 활용하고 있어 침수 발생 시 피해로 쉽게 확대됨 • 지하나 노후 건축물이 많고, 침수에 취약한 시설이 많아 피해가중 우려 높음 • 인구, 자산, 경제활동 등이 밀집해 피해가중 우려 높음	• 타 지역에 비해 폭우의 세기가 상대적으로 높음 • 개발특성의 경우에는 침수피해가 높은 지역의 평균 수준을 보임	• 타 지역에 비해 폭우의 세기가 상대적으로 낮음 • 개발특성의 경우에는 침수피해가 높은 지역의 평균 수준을 보임	• 강우나 개발특성 모두 침수피해가 높은 지역의 평균 수준을 보임

주 : 표시된 값은 등분산 가정의 조건하의 양측검증 결과임

자료: 저자 작성

2. 도시침수 위험도 프로파일

1) 기본방향

3차년도에는 행정구역별로 도시침수의 위험을 쉽게 이해할 수 있는 시각화 정보를 제공하기 위해 도시침수 위험도 프로파일을 개발하고자 하였다. 이를 위해 1차년도에 조사하였던 UN ISDR의 Preventionweb, 일본 국토교통성의 재해포털 등 해외 우수사례를 참고로 양식을 설계하며, 설계된 양식에 맞춰 각 지자체의 ‘도시침수 관리방향’과 ‘피해여건’에 대한 내용을 시각적으로 작성기로 하였다.

2) 방법론

프로파일은 <표 2-4>와 같이 ‘도시침수 관리방향’과 ‘도시침수 피해여건’으로 구성하고, 문헌조사, 통계분석, GIS분석, 시각화 정보 등을 통해 다음과 같이 개발하기로 하였다. 이 중 ‘도시침수 관리방향’에는 기 수립된 방재계획에 포함된 목표, 추진방향 등의 정보를 제공할 수 있도록 도시·군기본계획, 도시·군관리계획, 풍수해저감종합계획 상 수립된 방재대책 현황에 대한 정보를 요약자료의 형태로 가공하여 제시하기로 하였다⁶⁾. ‘도시침수 피해여건’은 피해현황, 피해원인의 유형, 세부지표, 기타정보 등으로 구분하여 관련 정보를 제공하기 위함이다. ‘피해현황’은 도시침수 피해액, 피해빈도 등의 정보를 테이블, 차트 등의 설명자료 형태로 제공하기로 하였으며, ‘피해원인의 유형’은 해당 지자체의 유형을 I~V등급으로 구분하여 제시하며, 유형별 특징을 설명자료 형태로 제공하기로 하였다. ‘세부지표’에서는 지자체 유형화의 근거가 되는 각종 대리변수를 설명자료 및 공간정보 형태로 제공하기로 하였다. 그 밖에도 ‘기타정보’에서 침수흔적, 하천변저지대, 자연재해 관리지구, 폭우재해 취약지역 등급 등 도시침수

6) 제3장의 ‘3. 중점관리 대상지역 방재대책 의사결정 참고자료 구축(제주특별자치도는 pp.78-80, 부산광역시 pp.85-88)’에서 제시한 것과 같이 기존 방재대책의 한계나 문제점을 프로파일에 포함시켜 시스템을 통해 제공하는 것도 정보의 활용성 측면에서 바람직한 방향이라 할 수 있음

와 관련하여 참고할 만한 기타 정보도 설명자료와 공간정보 형태로 제시하기로 하였다. 이 ‘도시침수 피해여건’에서는 해당 지자체에 대한 정보뿐만 아니라, 전국 평균 수준도 함께 알려주어 도시침수 여건을 상대적으로 비교할 수 있게 하기로 하였다.

표 2-4 | 프로파일 구성

프로파일 구성				내용
도시침수 관리방향				• 방재대책 목표, 방재대책 추진방향 등
도시침수 피해여건	피해현황	도시침수 피해액-피해빈도 지표		• 피해액(백만원/㎢/년) • 피해빈도(회/㎢/년)
	피해원인의 유형	세부지표의 통계처리 결과		• 유형 I~V 등급으로 구분 • 유형별 특징
	세부지표	기후 측면	확률강우량 지표	• 과거 관측치(mm/hr) • 장래 전망치(mm/hr) • 변화량(%)
		배수 측면	불투수층 지표	• 불투수면적률(%)
			하수관거 지표	• 하수관거 밀도(km/㎢)
		토지이용 측면	토지이용·개발 지표	• 토지이용·개발 면적 비율(%)
			지하 건축물 지표	• 지하 건축물 밀도(동/㎢)
			노후 건축물 지표	• 노후 건축물 밀도(동/㎢)
			보호대상시설 지표	• 보호대상시설 밀도(개소/㎢)
		사회·경제 측면	인구 지표	• 인구밀도(명/㎢)
			공시지가 지표	• 표준지공시지가(만원/㎡)
			경제활동 지표	• 면적당 생산액(백만원/㎢)
	기타정보	침수흔적 지표		• 침수면적(㎢)
		하천변 저지대 지표		• 하천변 저지대 면적(㎢), 비율(%)
		자연재해 관리 지표		• 자연재해 관리지구 면적(㎢)과 비율(%)
		폭우재해 취약등급 지표		• 등급별(I~IV) 면적(㎢)

자료: 저자 작성

3) 결과

<그림 2-3>에서 <그림 2-4>까지는 시범사업으로 실시하는 제주특별자치도와 부산광역시에 대해 도시침수 방재대책 현황과 도시침수 여건에 대한 정보를 수집·분석한 뒤 도시침수 위험도 프로파일을 작성한 결과를 나타내고 있다.

그림 2-3 | 제주특별자치도의 도시침수 위험도 프로파일 - 계속

도시침수 위험도 프로파일
제주특별자치도

I. 도시침수 관리방향

	방재대책 추진방향
도시기본계획 · 도시관리계획	◎ (방재 및 안전계획 분야) 재해에 대한 지역 안전성과 기후변화에 능동적이고 신속한 예방 강화 - 공공건축물의 구조적 안전성 확보 및 민간건축물의 방재성 향상 - 피난유도 및 진출입구의 계획적 배치로 신속한 대피 유도 - 풍수해 방지를 위한 하천개수 및 배수시설의 확충 - ICT 신기술 기반 통합재난안전관리와 재난별·유형별 도시방재시스템 구축 - 지역별·상황별 재난에 선제적 대응하도록 24시간 재난상황관리체계 유지, 도민 및 관광객 피해에 대한 효과적인 지원방안 마련 - 중·장기적으로 기후변화 시나리오와 지역특성을 고려하여 방재시설 등의 적용기준을 점진적으로 상향하고 신규 방재시설에 대해서는 성능 향상이 가능하도록 설치 유도 - 해안지역 개발에 대한 해수면 상승에 따른 해안지역 침수·침식 및 해일에 대비(기 수립되어 운영 중인 도시계획(토지이용) 및 방재계획과 연계하여 해안지역의 일관적인 관리가 가능토록 계획 조정
풍수해 저감종합계획	◎ (계획의 방향 및 목표) 방재분야의 지휘자 역할을 충실히 수행하도록 다음의 사항을 제시 - 종합적인 방재역량 강화 - 광역적인 저감대책 수립에서 국지적인 저감대책 수립순으로 공간적 순서를 고려 - 돌발적 재해에 대한 대비를 강화하기 위하여 복구위주에서 예방위주의 방재로 정책방향 전환 - 재해를 예상한 구조물 설계 등을 통한 이상기후 대비방안 모색, 비구조적 저감대책의 강화, 도시계획과의 연계 강화 ◎ (전 지역 단위 저감대책) 도시지역 우수배제시설의 방재성능수준을 정확히 평가하여 적절한 방재성능목표를 수립 - 관내 방재성능수준 및 예산확보 등을 고려하여 제주도 1시간 80mm, 2시간 115mm, 3시간 140mm를 방재성능목표로 설정 - 대부분의 구역이 도시지역 방재성능목표에 미달하고 있으므로 내수침수 방지대책 수립 필요 ◎ (수계단위 저감대책) 저감대책의 효과가 수계전체에 미치는 저감대책 또는 수계전체에 걸쳐 한꺼번에 검토하는 저감대책 수립 - 산지천, 병문천, 독사천, 한천 등의 복개구간 절거 - 홍수량 분담을 위한 저류지 18개소 설치(이 중 대상지를 포함한 동지역은 6개소) ◎ (지구단위 저감대책) 전 지역 및 수계단위 저감대책 후 잔존하거나 영향을 받지 않는 위험지역 및 시설을 대상으로 추진 - 대상지 내 하천재해 관련 위험지구를 총 6개소 지정

II. 도시침수 피해여건

1. 피해 현황

- 제주도 도시지역 행정일지(행정안전부)년
- 제주도 도시지역 행정일지(행정안전부)년

구분	제주특별자치도	국무총리
행정일지 (행정안전부)년	3	2023
행정일지 (행정안전부)년	2023	2023



자료: 저자 작성

그림 2-3 | 제주특별자치도의 도시침수 위험도 프로파일 - 계속



자료: 저자 작성

□ 경제활동 지표

· 행정구역 내 경작지 (농경지 & 과수원면적)에
 관해도가 (0.05~0.99)인 지역, 사슴농가 (0.05~0.99)인 지역

	경작지농가(%)	농가	농가면적	관해도
경작지 농가 (0.05~0.99)	75.28%	3,534	5,344	73.74%

4. 기타정보

□ 기후정보

· 기후 정보 (2018년)

	경작지농가(%)	관해도
경작지농가(%)	75.28%	73.74%

□ 자연재해 관리 지표

· 자연재해(지진, 태풍, 홍수, 가뭄 등)에
 관해도가 (0.05~0.99)인 지역

	경작지농가(%)		관해도	
	관해도	관해도	관해도	관해도
지진(지진)	0.05%	0.05%	0.05%	0.05%
태풍(태풍)	0.05%	0.05%	0.05%	0.05%
홍수(홍수)	0.05%	0.05%	0.05%	0.05%
가뭄(가뭄)	0.05%	0.05%	0.05%	0.05%

□ 지리정보

· 지리정보 (2018년)

	경작지농가(%)	관해도
지리정보(지리정보)	75.28%	73.74%

34

부산광역시

I. 도시침수 관리방향

	방재대책 추진방향
도시기본계획 도시관리계획	○ (공원 · 녹지계획 분야) 주요 하천변을 활용한 친수공간의 체계적 계획 수립 - 하천변을 활용하여 환경 친화적이고 지속가능한 친수공간 확보를 위해 체계적 · 장기적 친수공간 확보 계획 수립 - 생태계가 양호한 지역은 보전 유지를 위한 재정 확보 - 도심과 근접하여 접근성이 높고 활용성이 높은 지역은 친수공간의 개발을 통해 지역 특성에 맞는 수공간 계획 수립 ○ (방재 및 안전계획 분야) 자연재해에 준비된 도시 조성 - 재해위험개선지구의 지숙적인 정비 - 우수저류시설 설치 및 소규모 재해예방사업 실시 - 풍수해저감종합계획 수립 및 급경사지 안전점검 지속적 시행 - 저지대 침수저지시설 설치 및 배수펌프장의 정기점검 시행 - 하천정비 중장기 종합계획 수립 및 하천정비사업 시행
풍수해 저감종합계획	○ (계획의 방향 및 목표) 도시계획에서 제시하는 방재안전계획의 큰 틀을 공유하고 세부시행계획에서 보완되어야 할 사항을 제시 - 구조-비구조적 대책의 조화 - 점에서 면 단위 대책으로 전환 - 정부주도와 민간주도 대책의 조화 - 방재정책의 도시계획적 접근 - 방재정책의 패러다임 변화 ○ (전 지역 단위 저감대책) 부산시를 포함하는 유역자원에서 광역적인 대책수행 가능성을 검토하고, 방재행정과 제도적으로 재해요인을 경감할 수 있는 비구조적 대책을 확보 - 하천주변이 모두 기개발지로 하천의 확장은 한계가 있기 때문에 투수포장 등 도시 전체에 적용할 수 있는 지속가능한 개발기법 확대 - 하천재해와 연계해 전 지역 우수유출을 제어할 수 있는 우수유출 저감계획 등의 방안 마련이 필요 ○ (수계단위 저감대책) 피해가 우려되는 수계 대부분 기개발지로 댐 및 배수펌프장이 다수 운영 중에 있으며, 하천의 확장 등 구조적 대책은 한계가 있어 수계단위 저감대책은 부적절함 ○ (지구단위 저감대책) 전 지역 및 수계단위 저감대책 후 잔존하거나 영향을 받지 않는 위험지역 및 시설을 대상으로 추진 - 대상지 내 하천재해나 내수재해 관련 위험지구를 총 11개소 지정

II. 도시침수 피해여건

1. 판매 현황

- 행정구역 코드(지역 번호)를 사용하여 <http://www.kn.nyu.ac.kr/> 보

	2019年12月31日	2018年12月31日
流动资产	1,000	1,000
非流动资产	900	900



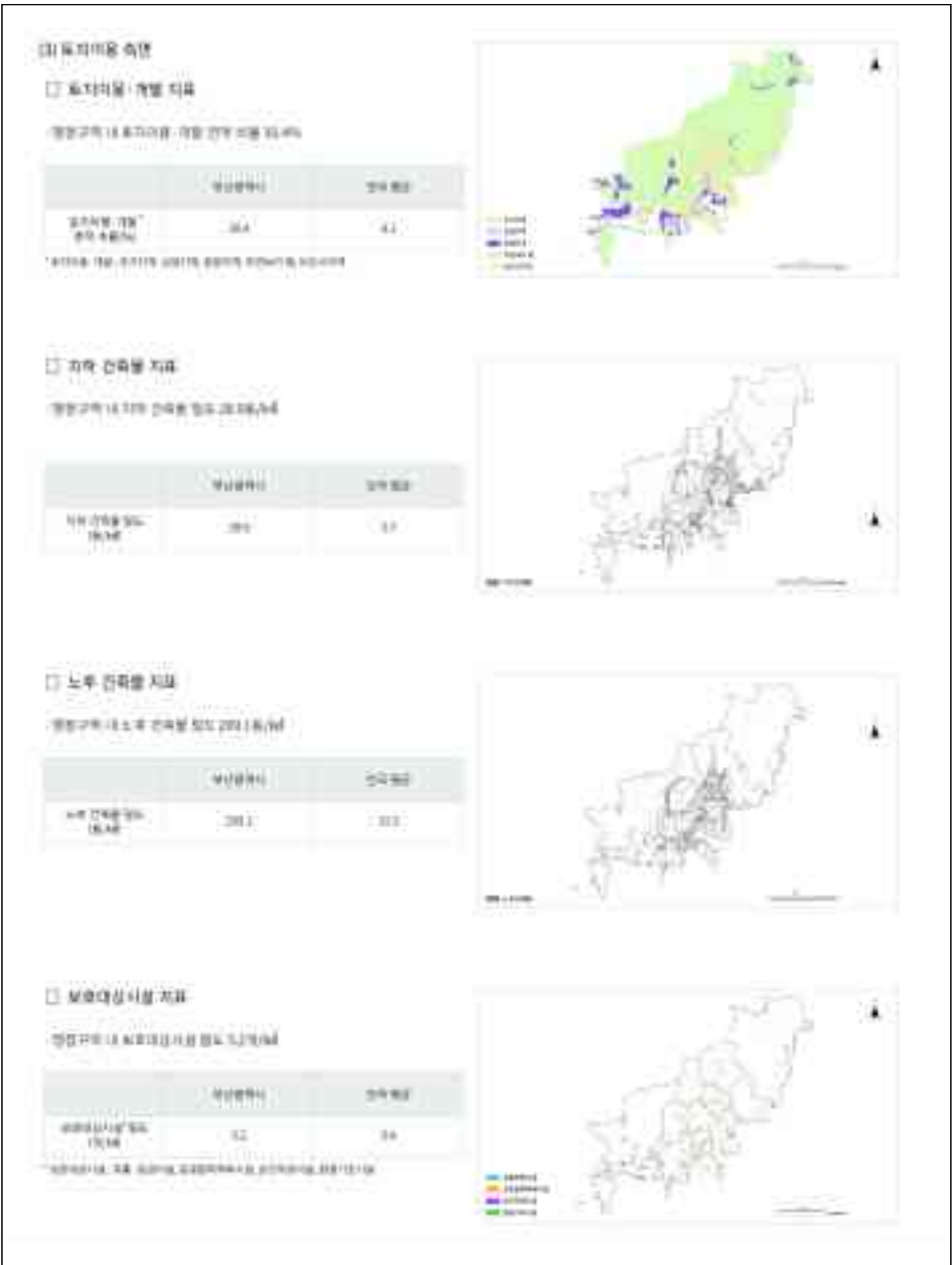
자료: 저자 작성

그림 2-4 | 부산광역시의 도시침수 위험도 프로파일 - 계속



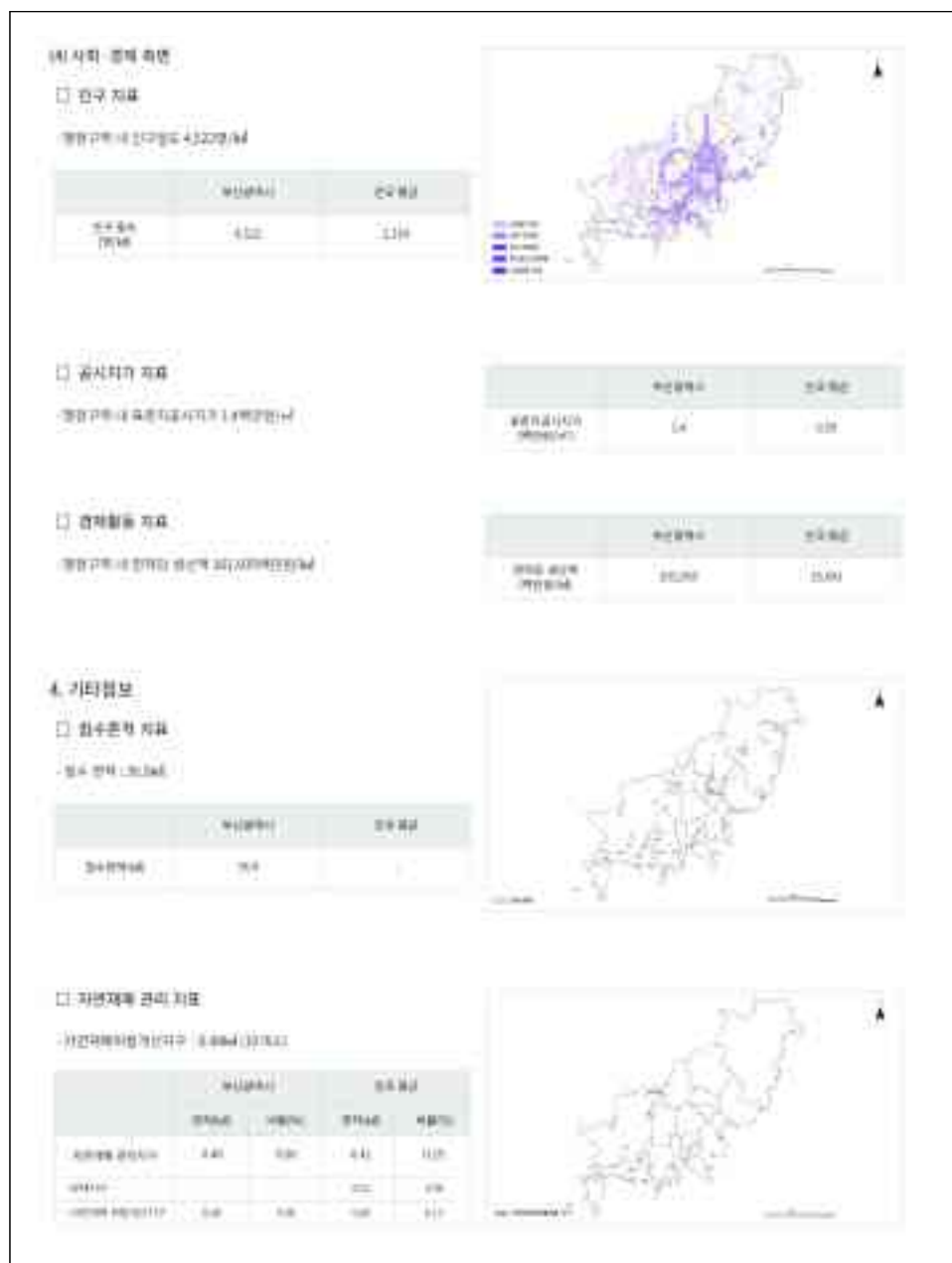
자료: 저자 작성

그림 2-4 | 부산광역시의 도시침수 위험도 프로파일 - 계속



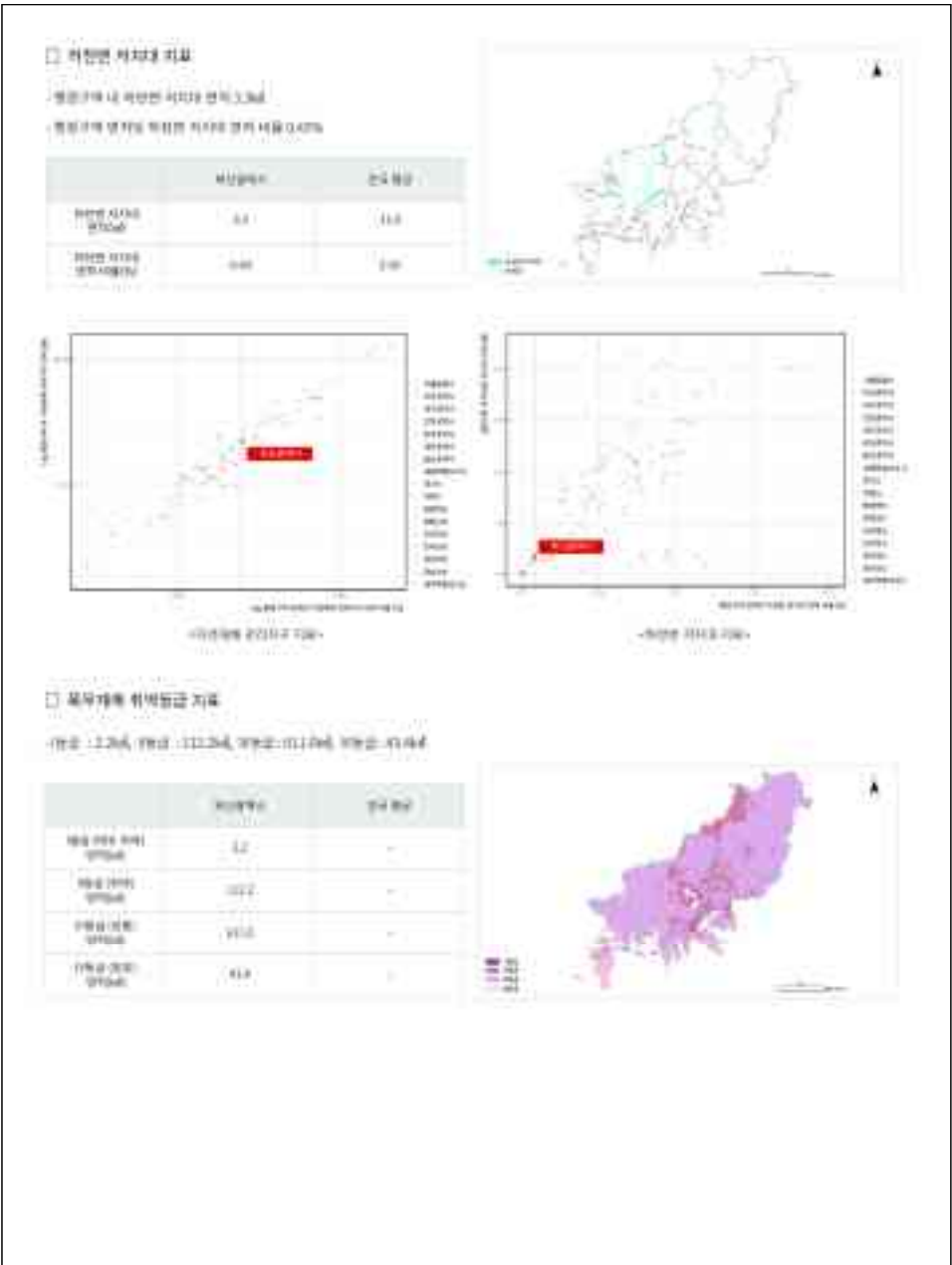
자료: 저자 작성

그림 2-4 | 부산광역시의 도시침수 위험도 프로파일 - 계속



자료: 저자 작성

그림 2-4 | 부산광역시의 도시침수 위험도 프로파일



자료: 저자 작성



CHAPTER 3

도시침수 대책지원을 위한 기술정보 구축

- 1. 중점관리 대상지역 설정 | 44
- 2. 중점관리 대상지역 상세 위험정보 구축 | 53
- 3. 중점관리 대상지역 방재대책 의사결정
참고자료 구축 | 74

도시침수 대책지원을 위한 기술정보 구축

본 장에서는 도시침수 위험이 상대적으로 높아 우선적으로 기술지원을 할 수 있도록 중점관리 대상지역의 공간범위를 합리적으로 설정하고, 이 지역에 대해 신뢰성 높은 위험정보와 방재대책 수립에 유용한 참고자료를 구축·제공하였다.

□ 1차년도 결과

- 중점관리 대상지역의 공간범위를 체계적으로 설정하기 위한 절차와 방법 제시
 - 피해액과 피해빈도 지표를 토대로 지자체를 선별한 뒤 재해이력조사, 현장·탐문조사, 지형분석 등을 통해 주요 피해지점을 아우르는 집수구역을 도출
- 중점관리 대상지역의 상세 위험정보를 개발하기 위한 강우 시나리오 자료 생산, 내·외수 침수 해석, 위험도 주제도 제작 등 단계별로 필요한 방법을 프로토타입 수준으로 제시하고, 남양주시와 창원시 사례연구로 방법론의 가능성을 실증
- 도시침수의 방재대책을 계획적 대책, 시설적 대책, 관리적 대책 등 세 가지로 구분한 뒤 계획적 대책수단에 포함된 규제와 시설적 대책수단에 포함된 사업의 종류를 체계적으로 제시

□ 2차년도 결과

- 피해액과 피해빈도가 전국 평균을 상회하고 과거 피해 유형이 도시침수로 확인되는 중부지방의 중점관리 대상지역 공간범위를 8개소 식별
- 다음과 같이 상세 위험정보 개발 방법의 안정화를 도모
 - 전국 주요 관측지점의 기후변화로 인한 단기 강우강도 영향을 분석한 뒤 시·군·구별로 강우 시나리오 참조표 마련

- 내수 침수해석의 정확도를 개선하기 위해 맨홀지점별 적체량을 토대로 2차원 노면해석 추가 실시
- 중부지방의 중점관리 대상지역 중에서 광주시와 포천시 대상지에 대해서는 도시침수 영향권 설정하고, 재해특성, 노출특성, 취약성 등 위험정보를 개발함으로써 방법론의 범용성을 실증
- 상세 위험정보를 바탕으로 적절하게 방재대책을 발굴할 수 있도록 고위험지역 위치를 합리적으로 결정하고 주요 위험원인을 객관적으로 분석하는 방법을 제시
 - 격자단위의 위험정보를 다기준의사결정 기법에 적용하여 대상지역 내 방재대책이 시급한 곳의 위치와 위험원인을 판단
 - 아울러 담당자가 현장에 맞춰 방재대책 적합도를 자가 평가하도록 질문서 개발

□ 3차년도 연구대상

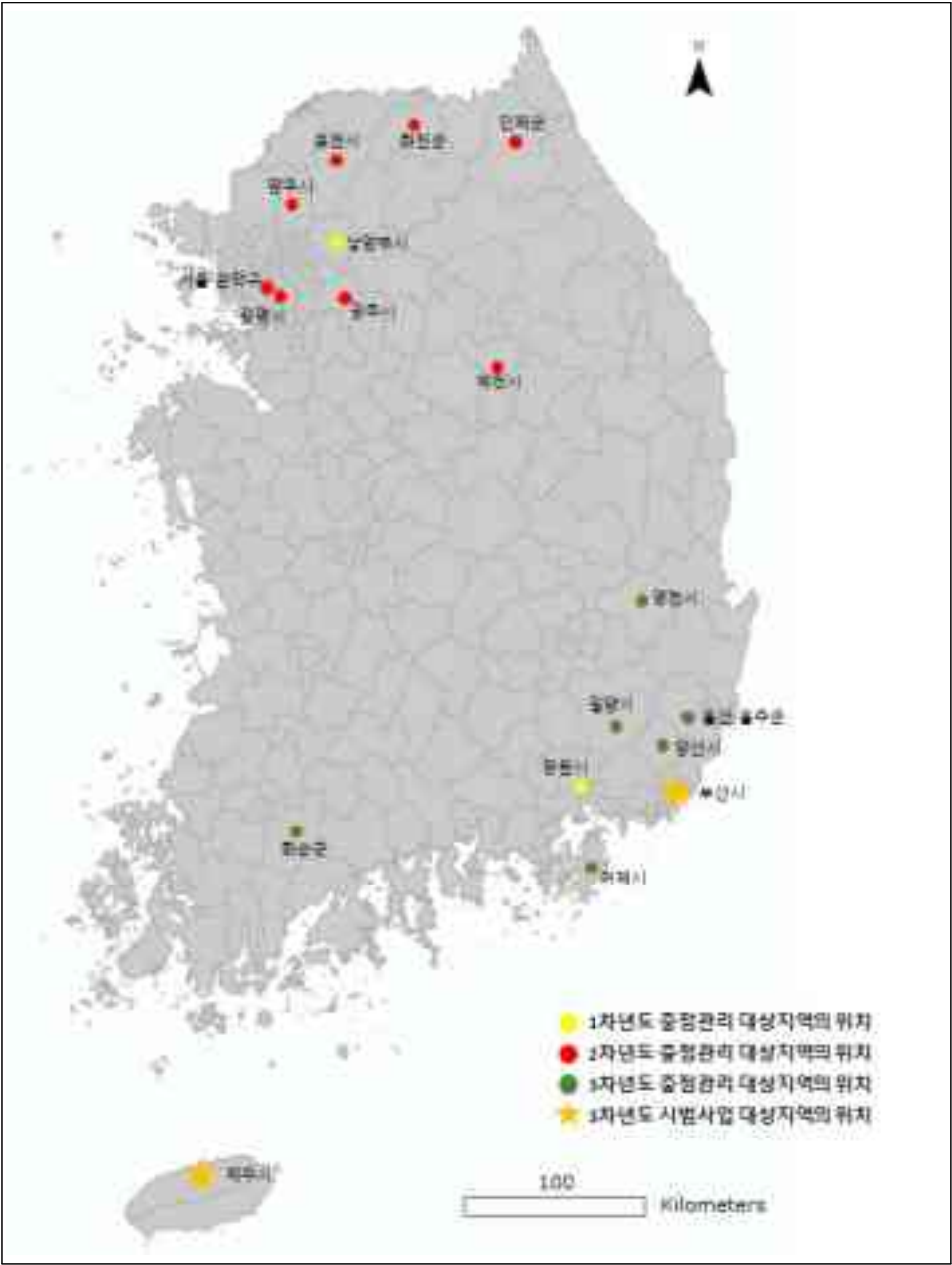
- 남부지방을 중심으로 중점관리 대상지역의 공간범위를 8개소 식별
 - 2차년도에 국토교통부와 함께 공모를 통해 시범사업을 추진하기로 결정한 제주특별자치도와 부산광역시를 포함
- 시범사업을 신청한 지자체에 대해서는 상세 위험정보와 방재대책의 참고자료를 구축한 뒤 실무지원의 유용성을 확인

1. 중점관리 대상지역 설정

1) 기본방향

2차년도 과업(이상은 외, 2017a)을 통해 남부지방에 위치한 8개 지자체를 <그림 3-1>과 같이 선별한 바 있다. 8개 지자체는 피해액과 피해빈도 지표가 전국 평균을 상회하고 과거 피해 유형이 도시침수로 확인된 6개 지자체(울산광역시 울주군, 전라남도 화순군, 경상북도 영천시, 경상남도 밀양시, 양산시, 거제시)와 시범사업을 신청한 2개 지자체(제주특별자치도와 부산광역시)로 구성된다. 이 8개 지자체에 대해 침수이력 조사, 현장·면담 조사, 지형공간 분석 등을 통해 대상지역 공간범위를 설정하기로 하였다.

그림 3-1 | 중점관리 대상지역 선정을 위한 지자체 선별 결과

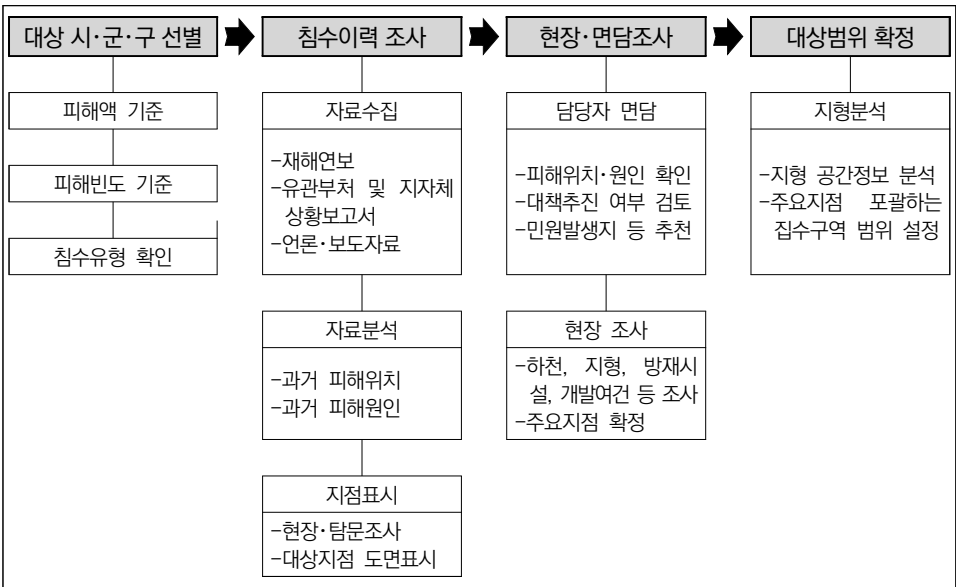


자료: 이상은 외(2017a)를 수정

2) 방법론

중점관리 대상지역은 해당 지자체 행정구역 내¹⁾ 방재측면의 노력을 전략적으로 집중하기 위해 선정한 곳으로서 <그림 3-2>의 방법을 적용하여 그 공간범위를 설정기로 하였다.²⁾ 방법을 간략히 요약하면, 우선 피해액과 피해빈도 지표를 토대로 대상 시·군·구를 선별한 뒤에는 침수이력조사를 통해 과거 도시침수에 의한 피해위치와 피해원인을 파악한다. 이어서, 현장조사 및 지자체 담당자 의견을 청취하여 이력조사 결과 검증, 사후 대책추진 여부 확인, 주요 민원발생지 검토 등을 실시한 뒤 방재대책이 필요한 지점을 결정한다. 마지막으로, 수치표고모형(Digital Elevation Model)을 토대로 지형분석을 실시한 뒤 현장·면담조사에서 결정된 지점을 포괄하도록 집수구역 경계를 도출한다.

그림 3-2 | 중점관리 대상지역 선정 절차



자료 : 이상은 외(2016)

- 1) 대상지역은 대부분 해당 지자체의 행정구역 이내이지만, 집수구역을 단위로 선정하기 때문에 경우에 따라서는 행정구역의 경계를 넘어설 수도 있음
- 2) 해당 방법론은 1차년도 연구(이상은 외, 2016)에서 제시한 것으로 <부록 6>의 기술서에 자세한 사항을 서술함

3) 결과

3차년도 대상지로 선별된 8개 지자체에 대해 <그림 3-2>의 방법을 적용하여 중점관리 대상지역 공간범위를 도출하였는데, 그 가운데 제주특별자치도와 부산광역시의 경우 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.³⁾

(1) 제주특별자치도

제주특별자치도 중에서 제주시 지역은 서귀포시 보다 도시침수에 해당하는 피해가 더 많이 기록되었으며, <표 3-1>과 같이 2007년에서 2016년까지 여름철에 지속적인 피해가 발생한 것으로 확인되었다. 특히, 이도동, 용담동, 오라동, 일도동 일대에서는 여러 하천의 외수위 상승으로 인한 범람과 저지대의 우수적체로 주택·상가와 주변 도로가 자주 침수되고 있음을 알 수 있었다. 해당지역을 중심으로 <표 3-2>과 같이 현장·면담조사를 실시하여 주요지점을 선정하였는데, 각 지점마다 다음의 문제가 있는 것으로 확인할 수 있었다.

- 이도동 지점 : 우수관거 통수단면 부족 등으로 인해 주변 저지대 주택과 상가에 상습적인 침수 발생
- 용담동 지점 : 우수관거 통수단면적 부족, 하천범람 등으로 도로, 주차장, 주변 상가에 침수 발생
- 오라동 지점 : 토천 제방 여유고 부족으로 하천범람으로 인한 주거지와 도로에 침수 발생
- 외도동 지점 : 월대천 범람으로 인근 저지대 주택 침수 발생

현장조사로 결정한 위의 지점들을 포괄하도록 집수구역을 분석한 결과 제주특별자치도의 중점관리 대상지역 공간범위를 <그림 3-3>과 같이 결정할 수 있었다. 전체적으로, 산지천, 병문천, 한천 일대의 오라동, 용담동 등 행정구역이 포함되며 총면적은 67.5km²에 달하였다.

3) 나머지 6개 지자체에 대한 중점관리 대상지역의 공간범위를 도출한 결과는 <부록 2>의 pp.157~160에 제시

표 3-1 | 제주특별자치도 제주시 일대 피해이력 조사 결과

행정구역 구분		일시	내용
시군구	읍면동		
제주시	연동	'17.10.02	• 최고 337mm, 마리나 호텔 앞 도로 하수구 역류로 침수
		'12.09.17	• 태풍 산바 영향으로 하천범람 및 주택내부 침수
		'12.08.28	• 연동 일대 지하주점 침수 피해
		'11.08.07	• 태풍 무이파의 영향으로 다세대 주택 침수 피해
		'07.09.13	• 한림천 제방여유고 부족으로 주거지 및 농경지 침수 피해 • 하류부 주거지 및 한전사택 침수 피해
	삼도동	'16.10.05	• 최고 500mm이상 집중호우, 삼도동 무근성 일대 침수
		'12.08.28	• 태풍 볼라벤 영향으로 주택 침수
		'07.09.13	• 일 최대 강우량 421mm의 집중호우 발생 • 주차장, 상가로 이용 중인 복개하천 침수
	건입동	'11.08.09	• 태풍 무이파의 영향으로 주택 침수
		'10.06.30	• 건입동 2부두 앞 도로 침수
	이도동	'16.10.05	• 이도2동주민센터 맞은편 타워주차장 공사장 빗물에 침수
		'12.04.21	• 집중호우로 이도2동 노래연습장 건물 침수
		'07.09.13	• 일 최대 강우량 296mm의 집중호우 발생 • 동문재래시장, 복개하천구간 침수 • 우수관거 통수단면적 부족으로 저지대 주거지 침수
	용담동	'16.10.05	• 태풍 차바로 한천 범람하여 도로 침수, 차량 70대 침수
		'12.08.28	• 태풍 볼라벤의 영향으로 용담1동 주택 4채 파손
		'07.09.13	• 일 최대 강우량 421mm의 집중호우 발생 • 우수관거 통수단면적 부족으로 주차장, 상가, 도로 침수
	오라동	'14.08.03	• 폭우와 강풍으로 오라동 캠핑장 출입구 침수로 야영객 고립
		'12.09.17	• 집중호우로 유치원 건물, 주택, 상가 등 침수
		'07.09.13	• 토천 제방여유고 부족으로 주거지 및 농경지 침수 피해 • 배수로 미정비로 농경지 침수, 국도대체우회도로 침수
	아라동	'12.09.17	• 시간당 50mm 폭우, 주택 및 상가 침수
	일도동	'12.09.16	• 최고 500mm, 일도1동 주택 침수
	도남동	'15.08.17	• 도남도 주택에서 빗물에 의한 지하 차고자 침수
		'07.09.13	• 태풍 나리로 복개천 범람해 차량 침수
	외도동	'16.10.05	• 월대천 범람으로 저지대 가정집과 펜션 등 10여채 침수로 주민과 관광객 고립
		'07.12.17	• 월대천 옆 조립식 건물이 급류에 휩싸이고, 일부 주택 침수
	노형동	'12.09.18	• 태풍 산바로 주택 및 상가 침수
		'07.09.16	• 태풍 나리, 노형동 도로 침수
		06.06.30	• 노형동 신시가지 아파트 도로 침수
	화북동	'07.09.13	• 일 최대 강우량 421mm의 집중호우 발생 • 집중호우로 인한 호안유실

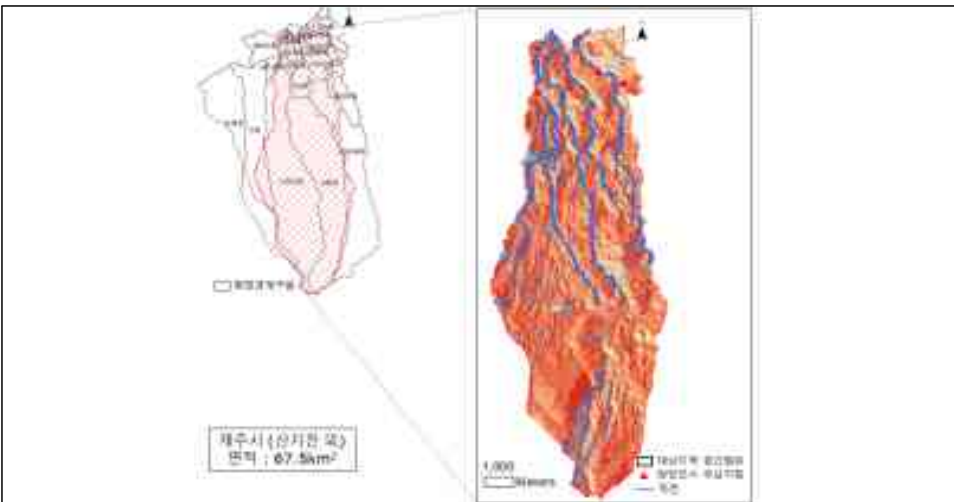
자료: 이상은 외(2017a)

표 3-2 | 제주특별자치도 제주시 일대 현장조사 사진

위치	현장 전경		
이도동			
용담동			
오라동			
외도동			

자료: 저자 촬영(현장조사: '17.12.4.)

그림 3-3 | 제주특별자치도 중점관리 대상지역 공간범위



자료: 저자 작성

(2) 부산광역시

부산광역시는 2006년, 2009년, 2010년, 2012년, 2014년, 2016년, 2017년에 여름철 지속적인 피해 기록을 확인할 수 있는데, 특히, <표 3-3>과 같이 온천천의 범람으로 금정구, 연제구, 동래구 일대의 저지대 주택과 도로가 침수가 잦고 피해가 큰 것으로 분석되었다. 해당지역을 중심으로 <표 3-4>와 같이 현장·면담조사를 실시하여 주요지점을 선정하고 다음과 같은 특성을 확인할 수 있었다.

- 금정구 지점 : 온천천 범람으로 저지대 주택, 도로, 주차장 등에 상습 침수 발생
- 연제구 지점 : 온천천 범람으로 주변 도로가 침수되고 시설물 등 파손 발생
- 동래구 지점 : 온천천 범람으로 세병교와 연안교의 하부도로가 상습적으로 침수되어 도로가 통제거나 주변 학교 등에도 침수 발생

현장조사로 결정한 위의 지점을 포괄하도록 집수구역을 분석하였을 때 부산광역시의 중점관리 대상지역 공간범위는 <그림 3-4>와 같이 나타났다. 전체적으로, 온천천과 동래천 일대의 금정구, 동래구, 연제구의 행정구역이 포함되며 총 면적은 52.9km²에 달하였다.

표 3-3 | 부산광역시 금정구·연제구·동래구 일대 피해이력 조사 결과

행정구역 구분		일시	내용
시군구	읍면동		
금정구	금사동	'14.08.25	• 금정구 시간당 130mm이상의 호우 • 도로 침수로 차량피해, 도로 통제 제한, 금사역 마비 등
	구서동	'14.08.25	• 집중호우로 인한 시설물 파손
	장전동	'17.08.25	• 장전2치안센터~소정천삼거리 침수되고 시설물 파손
	청룡동	'17.08.25	• 범아사로, 청룡로 일원 침수
	선동	'14.08.25	• 신천교 파손
	회동동	'09.07.16	• 시간당 최고 90mm의 폭우, 장마전선의 남하 • 화학회사 일대 하수구 역류 현상으로 침수, 일부 도로 침수
	노포동	'14.08.25	• 집중호우 시, 범람으로 인한 시설물 파손
		'09.07.16	• 경륜장 부근 도로 일부 침수, 차로 2개 폐쇄

행정구역 구분		일시	내용
시군구	읍면동		
연제구	연산동	'17.09.11	• 시간당 50mm이상의 폭우로 온천천 일대 하천 범람 • 저지대 도로 일부 침수되어 통제, 아파트 내 주차차량 3대 침수, 굴다리 하부도로 침수로 차량 고립 사고
		'14.08.26	• 온천천 범람으로 주택 및 상가 침수
	거제동	'17.09.11	• 시간당 116mm 집중호우로 굴다리에 차량 고립, 도로 침수
		'09.07.15	• 폭우로 거제동의 일부 침수
		'06.06.30	• 70mm의 집중호우로 온천천이 범람해 세병교 밑 주차차량 침수
동래구	온천동	'16.07.02	• 100mm 안팎의 폭우, 장마전선 북상 • 온천천 교량 하부도로 5시간 동안 차량통제
		'17.08.25	• 우정춘로 31~32번길 도로와 지하차도 배수펌프장 침수
		'11.07.27	• 새벽~오전 사이 223mm의 폭우 • 온천천의 범람으로 세병교, 연안교 하부도로 통제
		'09.07.07	• 258mm의 폭우, 18년만의 최대 폭우 • 온천천이 범람하여 세병교, 연안교 하부도로 통제
	안락동	'16.07.04	• 100m 집중호우로 안락동 병원 지하 침수
		'14.07.15	• 293mm 폭우로 인도교 범람
	사직동	'14.08.25	• 집중호우로 인한 사직초교 앞 침수
	수안동	'17.09.11	• 시간당 80mm 이상의 호우, 최대 358mm의 폭우 • 온천천 범람, 연안교 하부도로 통제, 약국 3곳, 주택 등 침수
		'16.09.12	• 누적강수량 116.8mm으로 온천천 범람하고 교량 하부도로 통제 • 일부 도로, 농경지 침수피해
		'14.09.02	• 57mm의 강수량으로 온천천이 범람하고 교량 하부도로 통제
		'14.08.25	• 시간당 최고 130mm의 폭우로 주택 240가구, 도로 등 침수 • 온천천 범람으로 교량 하부도로 통행금지 • 지하차도의 침수로 승용차 고립되어 인명피해 발생
		'12.07.15	• 이틀 간 누적 강수량 250mm, 집중호우로 인한 피해 • 온천천의 범람으로 교량 하부도로 침수
		'10.07.11	• 125mm의 강수량에서 온천천이 범람하고 교량 하부도로 통제

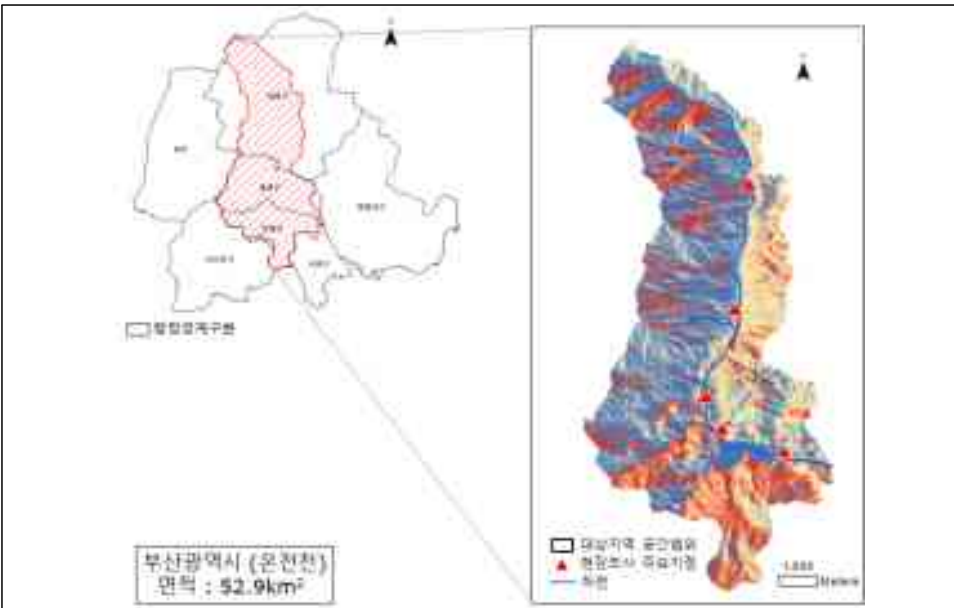
자료: 이상은 외(2017a)

표 3-4 | 부산광역시 현장조사 사진

위치	현장 전경		
금정구			
연제구			
동래구			

자료: 저자 촬영(현장조사: '18.1.25.)

그림 3-4 | 부산광역시 중점관리 대상지역 공간범위



자료: 저자 작성

2. 중점관리 대상지역 상세 위험정보 구축

1) 기본방향

금회 시범사업을 수행하는 제주특별자치도와 부산광역시 중점관리 대상지역에 대해 상세 위험정보를 구축하고자 하였다. 이를 위해, 1차년도에 정립하고 2차년도에 안정화 한 도시침수 해석기법을 통해 대상지역의 내·외수 침수 영향을 분석하며, 이어서 공간정보 분석기법을 통해 침수 위험을 구성하는 재해특성, 노출특성, 취약성과 관련된 각종 주제도를 작성하기로 하였다.⁴⁾

2) 방법론

본 연구는 하천범람, 하수관거 용량부족, 노면 우수적체 등에 의한 내·외수 침수를 동시에 해석하면서 추가 자료수집을 최소화하고자 실무에서 활용하는 모형을 연계하기로 하였다.⁵⁾ 침수해석의 강우조건으로는 IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)⁶⁾에서 제공하는 일단위 시계열 강우량 전망 자료를 바탕으로 국내 기상관측지점에 대해 시·공간 상세화한 뒤 공간보간을 통해 행정구역별로 구한 확률 강우량 값을 활용하기로 하였다. 외수해석은 재현기간 100년의 확률강우량 조건⁷⁾에서 하천 상류지점에 유입되는 홍수량 값을 해당 하천기본계획을 참고로 구하고, HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center's River Analysis System)⁸⁾ 모의를 통

4) 즉, UN ISDR(2009)의 'risk = function of hazard, exposure and vulnerability'라는 재난 위험도 개념체계에 따라 정보를 구축

5) 해당 방법론은 1차년도 연구(이상은 외, 2016)와 관련 논문(이종소와 이상은, 2018a)에서 제시된 것으로 <부록 6>의 기술서 pp.268~280에 자세히 서술함

6) 기후 변화와 관련된 전 지구적 위험을 평가하고 국제적 대책을 마련하기 위해 세계기상기구(WMO)와 유엔환경계획(UNEP)이 공동으로 설립한 유엔 산하 국제 협의체

7) 외수해석에서 재현기간 100년 조건을 상정한 것은 지방하천 설계기준을 상회하는 경우를 분석하기 위함임

8) 1차년도 보고서(이상은 외, 2016)에서 언급한 바와 같이, HEC-RAS는 개수로 형태의 자연하천과 인공하천에서 1차원 정상류의 수면곡선을 계산하기 위해 개발된 것으로 기본방정식으로 에너지 방정식이 적용됨. 수면곡

해 잠재 홍수위(flood elevation)를 구한 뒤 하천 횡단면 지형분석, 즉, 하도 버퍼링 기법을 통해 주변지역 침수심(inundation depth)을 산정한다. 내수해석은 관망밀집지역의 하수관거를 간소화하여 EPA-SWMM(Storm Water Management Model)⁹⁾을 구축한 뒤 재현기간 30년의 확률강우량 조건¹⁰⁾에서 주요 맨홀지점별 적체량을 산정하고, 적체가 발생한 경우 노면수의 수리해석¹¹⁾을 통해 주변지역 침수심을 산정한다. 내·외수 각각의 침수해석 결과를 종합하여 도시침수 영향권을 설정할 때에는¹²⁾ 두 가지 침수심 분석 결과를 통합한 뒤 침수심 크기에 따라 다음과 같이 네 가지 등급으로 구분한다.

- Green zone : 침수심이 10cm 이하인 지역에 대해 ‘호우 시 침수될 수 있으나 영향이 크게 우려되지 않는 곳’으로 간주
- Yellow zone : 침수심이 10~50cm 사이인 지역에 대해 ‘호우 시 침수로 인해 유의한 영향이 발생할 수 있는 곳’으로 간주
- Orange zone : 침수심이 50~100cm 사이인 지역에 대해 ‘호우 시 침수로 인해 상당한 영향이 발생할 수 있는 곳’으로 간주

선의 계산은 표준축차법이 적용되고 모르는 단면과 연속되는 다음의 단면 간의 값을 에너지 방정식을 적용해 반복적으로 계산하고 이 때 발생하는 두 횡단면 간의 에너지 손실은 마찰공식(Manning 공식)과 수축·확대손실에 기초함. 1970년대 미국병단 산하 수문기술연구소(HEC, Hydrologic Engineering Center)에서 HEC-2로 처음 개발되어 현재까지 보완하여 HEC-RAS 모형으로 발전되었는데, 본 연구에서는 최신 버전인 HEC-RAS 5.0.3을 이용함

- 9) 1차년도 보고서(이상은 외, 2016)에서 언급한 바와 같이, SWMM은 도시유역의 하수시스템을 고려한 유역의 유출모의를 위해 개발된 것으로 기본방정식으로 Saint Venant식을 적용함. 본 모형은 지표면 및 지표하 흐름, 하수관망에서의 유출량 추적, 저류량 산정 등을 종합적으로 모의할 수 있고, 지표면 유출은 비선형 저류방정식, 침투량 산정은 Horton, Green-Ampt, SCS CN, 수로 및 관로에 대해 유출은 비선형 저류방정식, 흐름에는 Kinematic 방정식, 관로는 Dynamic 방정식 또는 연속방정식이 적용되고, 저류추적은 수표면이 평행하다고 가정한 수정 Pulse 방법에 기초함. 1971년 미환경청(Environmental Protection Agency) 지원 아래 Metcalf & Eddy 사가 Florida 대학 등 기관과 공동연구로 개발한 모형이며, 본 연구에서는 SWMM 5.1을 이용
- 10) 내수해석에서 재현기간 30년 조건을 상정한 것은 하수관거 등 방재시설 설계기준을 상회하는 경우를 분석하기 위함임
- 11) 본 연구에서는 Song 외(2016)에서 개발한 2차원 천수방정식에 기초한 모형을 활용
- 12) 해당 방법론은 1차년도 연구(이상은 외, 2016)와 관련 논문(이종소와 이상은, 2018a)에서 제시된 것으로 <부록 6>의 기술서 pp.282~283에 자세히 서술함

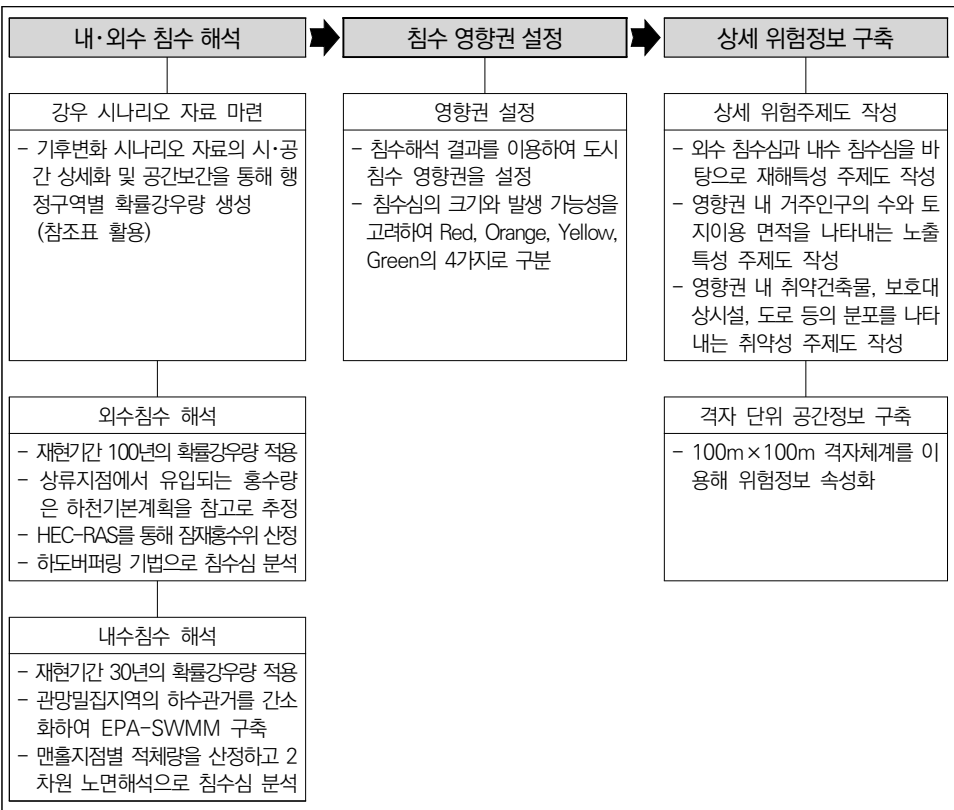
-
- Red zone : 침수심이 100cm을 초과하는 지역에 대해 ‘호우 시 매우 심각한 영향이 발생할 수 있는 곳’으로 간주
 - 내수와 외수의 등급이 상이한 경우 상위 등급으로 영향권을 설정
- 침수해석 결과 및 영향권 자료를 다양한 국토공간정보를 중첩시켜 다음과 같이 다양한 위험 주제도를 제작한다.¹³⁾
- 재해특성(hazard) 주제도 : 100년 재현기간의 외수 침수심(cm)과 30년 재현기간의 내수 침수심(cm)을 나타내는 공간정보
 - 노출특성(exposure) 주제도 : 영향권 내 거주인구의 수(명)와 토지이용 면적(m²)을 나타내는 공간정보¹⁴⁾
 - 취약성(vulnerability) 주제도 : 영향권 내 취약 건축물(동), 보호대상시설(개소), 도로(m) 등의 분포를 나타내는 공간정보¹⁵⁾
- 위의 과정을 통해 다양한 위험 주제도를 확보한 뒤에는 국토지리정보원에서 제공하는 100m×100m 단위의 표준 격자체계에 맞춰 위 공간정보를 속성으로 변환하여 위험 요인에 대한 장소기반(place-based)의 분석을 수행할 수 있게 하였다.

13) 해당 방법론은 1차년도 연구(이상은 외, 2016)와 관련 논문(이종소와 이상은, 2018a)에서 제시된 것으로 <부록 6>의 기술서 pp.281~286에 자세히 서술함

14) 노출특성 주제도 가운데 인구노출은 국토지리정보원에서 2015년 국토조사로 구축한 100m×100m 인구주제도를, 그리고 토지노출은 국토교통부의 연속주제도 상의 용도지역도(주거, 상업·업무, 공업, 기타로 구분)를 기준으로 앞서 분석한 영향권 경계자료를 이용해 공간 중첩 기능인 Spatial Join을 하여 만들

15) 취약성 주제도 가운데 취약 건축물(지하 건축물 또는 승인일자 기준 30년 이상된 노후 건축물) 분포는 국토교통부 건축물통합정보 데이터와 행정안전부 새주소건물 데이터를, 보호대상시설(유통·공급시설, 공공문화체육시설, 보건위생시설, 환경기초시설) 분포는 국토교통부 건물통합정보 자료를, 도로(도로법 상 도로 용도구역과 국토계획법 상 교통시설을 포함하되, 도시를 관통하는 고속도로는 제외) 분포는 국토교통부 연속주제도를 기준으로 앞서 분석한 영향권 경계자료를 이용해 공간중첩 기능인 Spatial Join을 하여 만들

그림 3-5 | 도시침수 상세 위험정보 구축 절차



자료 : 이상은 외(2016, 2017a) 재구성

3) 결과

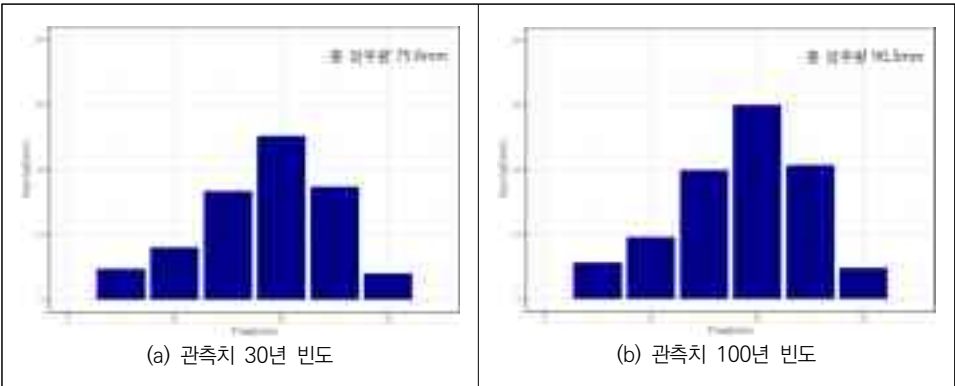
(1) 제주특별자치도 중점관리 대상지역

① 내·외수 침수해석

2차년도에 기후변화 영향을 고려하여 행정구역별로 강우 시나리오 참조표를 구축하였으나, 제주도와 같은 섬 지역은 포함되어 있지 않다. 따라서 중점관리 대상지역 침수해석의 강우조건으로 과거 기상 관측값을 기준으로 한 30년 재현기간과 100년 재현기

간의 강우강도를 활용하여 <그림 3-6>과 같이 시계열 자료를 도출하였다.¹⁶⁾ 제주특별자치도 중점관리 대상지점의 30년 재현기간 강우 시나리오는 75.6 mm/hr, 100년 재현기간 강우 시나리오는 90.3mm/hr으로 각각 나타났다. 이 값은 내륙에 위치한 타 지역의 3분위 (30년 재현기간 75.3mm/hr, 100년 재현기간 89.4mm/hr)의 강우강도를 넘어서는 비교적 높은 수준임을 알 수 있다.

그림 3-6 | 제주특별자치도 중점관리 대상지점의 강우 시나리오 자료



자료: 저자 작성

위 강우 시나리오 자료 중에서 재현기간 100년에 해당하는 값을 기준으로 HEC-RAS 모의를 수행하여 대상지역 내 여러 하천이 잠재적으로 상승할 수 있는 수위를 분석하였다. 이어서, 하도버퍼링을 통해 <그림 3-7>과 같이 주변지역의 침수심을 산정하였다. 외수해석 결과는 중류지역 농경지뿐만 아니라 인구가 밀집한 하류지역의 주거·상업지역에도 상당한 면적과 심도의 하천범람이 발생할 수 있음을 보여준다.

전체적으로 외수해석 결과와 침수흔적도가 일치하는 경향을 보이지만, 일부지역의 경우에는 침수지역의 위치 차이가 나타났다.¹⁷⁾ 실제로 과거에 발생한 강우의 특성,

16) 확률강우량도 개선 및 보완 연구(국토해양부, 2011)에서 권장한 Huff 3분위를 적용하여 마련
 17) 특히, 대상지의 하류지역을 보면 하천변에서는 침수해석 결과가 침수흔적도에 비해 침수면적이 좁게 나타나고, 도시지역 내에는 침수해석 결과가 침수흔적도 보다 다소 넓게 분포하는 특징이 발견됨

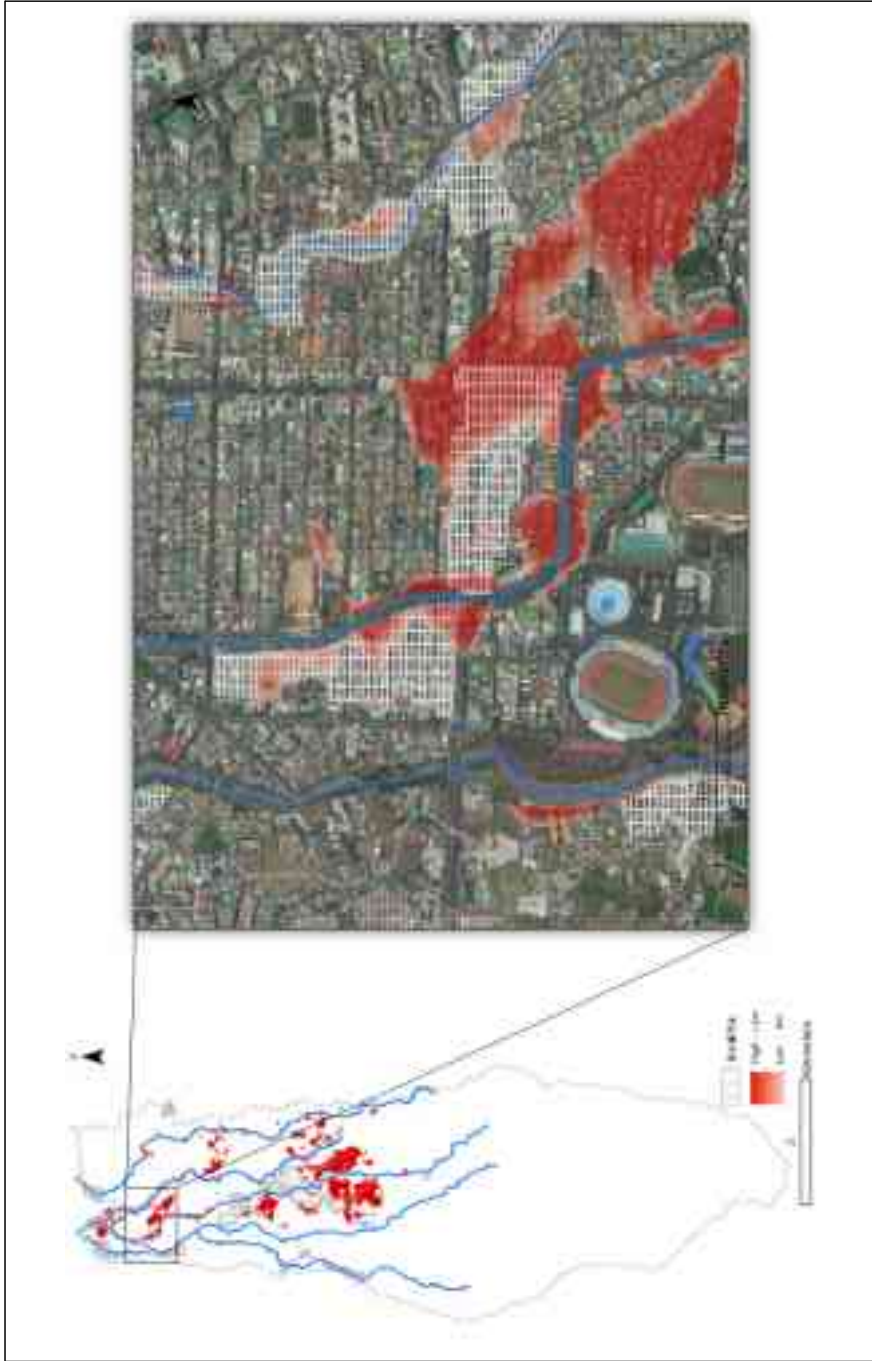
침수흔적 조사의 불완전성¹⁸⁾, 하상이 불안정하고 복개구간이 많아 수리해석의 어려움¹⁹⁾ 등 침수흔적도와 불일치하게 되는 여러 가지 원인을 생각할 수 있다. 그럼에도 불구하고 모형을 추가 보정하는 등 침수해석의 정확도를 기술적으로 더 이상 높이기 힘들다고 판단되었으며, 이에 향후 고위험지역을 최종 결정하는 단계에서 현장의 환경과 주민의 피해경험을 중시하여 고위험지역의 위치를 조정하기로 하였다.

관망 밀집지역의 내수침수를 분석하기 위해 SWMM 모형을 구축한 뒤 앞에서 얻은 강우 시나리오 자료 중에서 재현기간 30년에 해당하는 강우값을 사용해 모의하였으며, 그 결과 서쪽에 위치한 2개 맨홀지점(J446과 J450)에 월류가 발생할 수 있음을 알 수 있었다. 이 지점의 월류량을 토대로 노면해석을 하여 <그림 3-9>과 같이 주변지역 침수심을 분석하였다. 해당 지점에서 발생한 월류는 노면을 따라 용담로 부근으로 흘러 들어가, 북쪽의 지대가 낮은 주거지역으로 전파되는 것으로 해석되었다.

18) 국민안전처(2015)에서도 재해담당공무원이나 전담기관 및 대행자가 지침에 따라 조사를 실시하고 있으나 침수피해의 발생위치, 적체량, 홍수흐름 등을 조사할 때의 시점과 조사자의 전문성에 따라 차이를 보이는 문제를 지적하고 있음

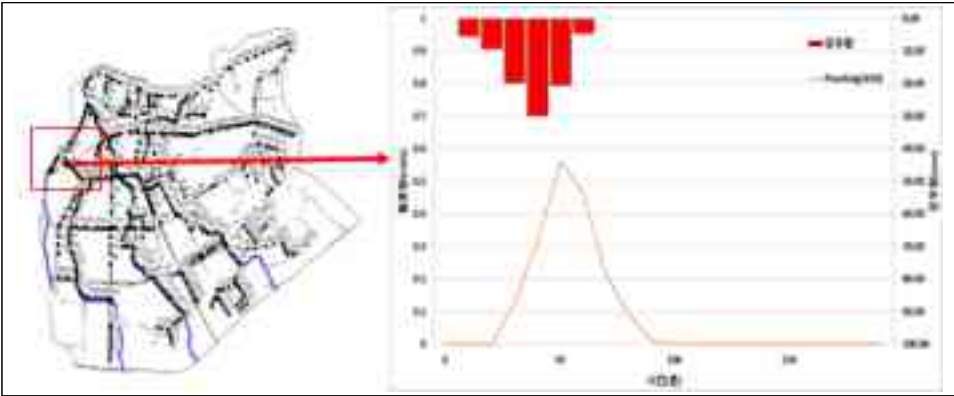
19) 적용한 방법은 하천의 잠재 홍수위와 주변지역의 지형고 간의 차이에 근거하여 침수지역을 분석하지만, 복개구간에 대해서는 특정한 지점을 중심으로 월류가 발생하여 인공화된 도로를 따라 이동해 인근의 지대가 낮은 지역 주위로 적체되기 때문임

그림 3-7 | 제주특별자치도 대상지역 외수범람 해석 및 결과 검증



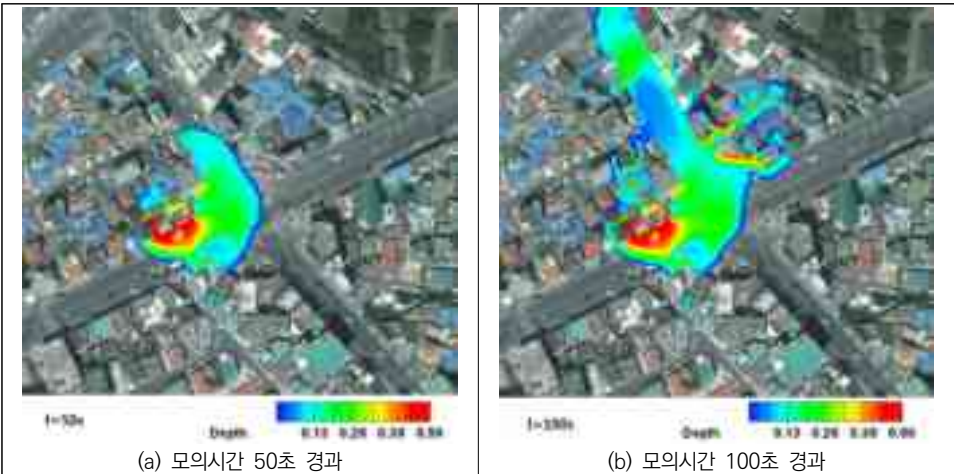
자료: 저자 작성

그림 3-8 | 제주특별자치도 대상지역의 월류량 모의 결과



자료: 저자 작성

그림 3-9 | 제주특별자치도 대상지역의 노면해석 결과



자료: 저자 작성

② 도시침수 영향권 설정 및 위험정보 구축

침수해석 결과를 이용해 대상지역의 공간 구획화 한 결과 도시침수 영향권은 <그림 3-10>과 같이 나타났다. 하천의 정비수준이 비교적 낮기 때문에 호우 시 매우 심각한 영향이 발생할 수 있는 Red zone이 대상지역의 중·하류에 걸쳐 여러 곳에 위치하는 점이

특징이다. 영향권은 대부분 외수에 의한 것이며 내수의 영향권은 면적도 좁고 주로 Yellow zone과 Green zone으로 구성되어 영향의 크기도 낮음을 알 수 있었다.²⁰⁾ 중류지역의 Red zone은 대부분 논밭으로 활용되고 있으므로 현재 큰 피해로 이어지고 있지는 않지만, 향후에 상류의 홍수분담이나 하천정비 없이 이 지역을 용지로 개발하는 것은 부적절한 것으로 보인다. 이에 반해, 하류지역의 Red zone은 이미 심각한 침수피해를 겪었던 주거·상업지역이므로 위험을 저감할 수 있는 방재대책이 매우 시급하다고 할 수 있다.

그림 3-10 | 제주특별자치도 대상지역의 영향권 설정



자료: 저자 작성

〈그림 3-11〉은 대상지역 재해특성을 보여주는 주제도로서 다음의 특징이 나타난다. 외수는 병문천, 독사천, 산지천의 중·상류 부근에서 가장 큰 위협이 될 수 있으며, 병문천과 독사천의 합류부, 한천 하류 역시 높은 침수심이 예상되었다. 내수는 한천 부근 용담사거리에서 역류가 발생한 뒤 경사가 큰 도로를 따라 토천주변 저지대에 위치한 가옥과 상가에 위협이 될 것으로 예상된다.

20) 제주특별자치도(2014)의 풍수해저감대책종합보고서를 보더라도 이 지역은 하천범람만을 대상으로 위험개선지구를 지정하고 있음

그림 3-11 | 제주특별자치도 대상지역의 재해특성 주제도



자료: 저자 작성

<그림 3-12>과 <그림 3-13>은 대상지역 노출특성을 보여주는 주제도로서 인구의 노출과 토지이용의 노출 각각에 있어서 다음의 특징을 확인할 수 있었다. 대상지역 전체 약 15만6천명 인구 가운데 영향권 내에 약 3천명의 인구가 노출되어 있는데, 이 인구노출은 하류지역에 집중되어 있다. 대상지역 전체 면적 67.5km² 가운데 영향권 내에 주거나 경제활동을 위해 개발된 총 0.64km²만큼의 토지(주거지역 0.48km², 상업·업무지역 0.16km²으로 구분되며, 공업지역은 없음)가 노출되어 있는데, 이 토지노출도 마찬가지로 하류지역이 대부분을 차지한다.²¹⁾

<그림 3-14>에서 <그림 3-16>까지는 대상지역의 취약성을 보여주는 주제도로서 피해 민감성에 영향을 주는 건축물, 보호대상시설, 그리고 도로 분포에 있어서 다음과 같은 특징이 발견된다. 대상지역 전체 지하 또는 노후 건축물은 12,456동인데, 이 중에서 영향권 내에는 1,283동이 주로 한천, 독사천, 병문천의 하류 부근에 위치한다. 대상지역 전체 보호대상시설 56개소 가운데 영향권 내에는 공공청사, 종합의료시설 등이 15개소가 있음을 확인할 수 있었다. 도로의 경우에도 대상지역 전체 366.9km 가운데

21) 영향권에 포함된 지역 중에서 하천 종류 주변에 위치한 곳은 녹지 등으로 보존되어 있음

하류지역의 시가화된 지역을 중심으로 총 139.3km의 도로²²⁾가 영향권에 포함되었다.

그림 3-12 | 제주특별자치도 대상지역의 노출특성 주제도: 인구



자료: 저자 작성

그림 3-13 | 제주특별자치도 대상지역의 노출특성 주제도: 토지이용



자료: 저자 작성

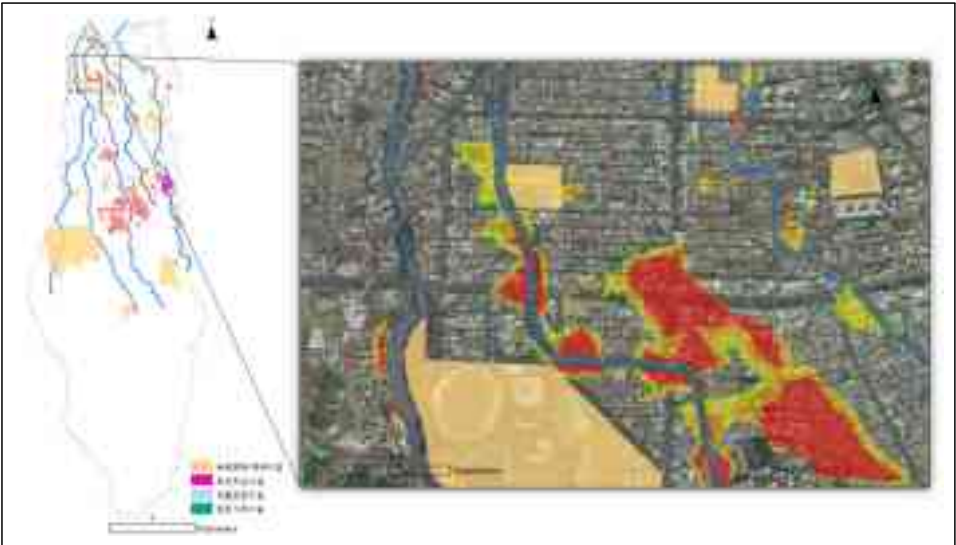
22) 국토교통부 국가공간정보포털(<http://www.nsdi.go.kr>)에서 다운받은 새도로명주소 도로정보를 바탕으로 영향권 내 도로를 식별하되, 도로의 연속성을 고려하여 구간의 시·종점을 기준으로 연장을 산정

그림 3-14 | 제주특별자치도 대상지역의 취약성 주제도 : 건축물



자료: 저자 작성

그림 3-15 | 제주특별자치도 대상지역의 취약성 주제도 : 보호대상시설



자료: 저자 작성

그림 3-16 | 제주특별자치도 대상지역의 취약성 주제도 : 도로



자료: 저자 작성

〈그림 3-17〉과 같이 구축된 모든 위험정보를 국가 그리드 코드에 맞춰 속성화 하였는데, 대상지역의 영향권에 대한 위험정보는 총 806개 격자의 속성으로 나타낼 수 있었다.

그림 3-17 | 제주특별자치도 대상지역의 위험정보의 격자단위 속성화



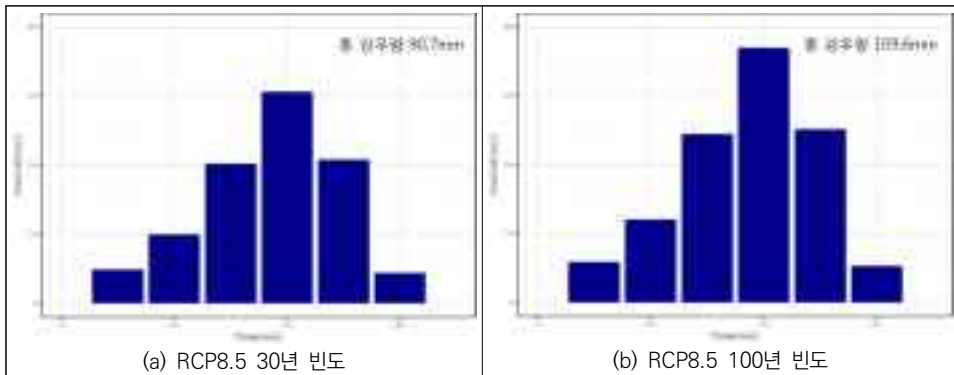
자료: 저자 작성

(2) 부산광역시 중점관리 대상지역

① 내·외수 침수해석

침수해석을 위한 강우값으로는 2차년도에 기후변화 영향을 고려하여 행정구역별로 산정한 강우 시나리오 참조표를 참고하였다. 기후변화 시나리오²³⁾를 기준으로 30년 재현기간과 100년 재현기간의 강우강도를 활용하여 <그림 3-18>과 같이 시계열 자료를 도출하였다. 부산광역시 중점관리 대상지점의 30년 재현기간 강우 시나리오는 90.7 mm/hr, 100년 재현기간 강우 시나리오는 109.6mm/hr²⁴⁾로서 전국적으로 볼 때 상위 3%에 해당하여 매우 높은 수준임을 알 수 있다.

그림 3-18 | 부산광역시 중점관리 대상지점의 강우 시나리오 자료



자료: 저자 작성

위 강우 시나리오 자료 중에서 재현기간 100년에 해당하는 값을 기준으로 HEC- RAS 모의를 수행하여 대상지역 내 온천천이 잠재적으로 상승할 수 있는 수위를 파악하였다. 이어서, 하도버퍼링을 통해 <그림 3-19>와 같이 주변지역 침수심을 산정하였다. 외수해석 결과는 온천천 수위상승에 의해 중·하류 지역 주거지역에서 상당한 수준의 침수가

23) 국제적인 온실가스 배출저감의 노력 없이 현재 추세로 온실가스가 배출되는 RCP 8.5(Representative Concentration Pathways)를 적용

24) 2차년도 연구에서 기후변화 영향을 고려하여 부산광역시의 평균적인 확률강우량을 산정한 결과, 과거 관측치 대비 10%(재현기간 30년)에서 10.5%(재현기간 100년)까지 강우강도가 증가할 것으로 전망되었음

발생할 수 있음을 보여준다. 침수흔적도와 비교할 때 일부 일치하지 않는 곳도 발견되는데, 특히, 모의결과는 대상지 중류지역의 발생한 침수지역을 완벽하게 구현하지는 못하였다. 이에 대해서는 과거 발생한 강우의 특성²⁵⁾, 침수흔적 조사의 불완전성, 중심 시가지의 노면의 복잡성, 조수 영향, 홍수시의 하천시설 운영 등이 불일치의 원인으로 판단된다. 그럼에도 불구하고, 모형을 추가 보정하는 등 침수해석의 정확도를 기술적으로 더 이상 높이기 힘들다고 판단되었으며, 향후 고위험지역을 최종 결정하는 단계에서 현장의 환경과 주민의 피해경험을 중시하여 고위험지역의 위치를 조정기로 하였다.

관망 밀집지역에 대한 내수침수를 해석하기 위해 SWMM 모형을 구축한 뒤 앞에서 얻은 강우 시나리오 자료 중에서 재현기간 30년에 해당하는 강우값을 사용해 모의한 결과 동래역 부근 4개 맨홀지점(J90, J466, J1936, J2043)에 월류가 발생할 수 있음을 알 수 있었다. 이 지점의 월류량을 토대로 노면해석을 하여 <그림 3-21>과 같이 주변지역 침수심을 분석하였는데, 해당 지점에서 발생한 월류는 노면을 따라 흘러들어가, 상가지역에서부터 지대가 낮은 지하차도 쪽으로 전파되는 것으로 해석된다.

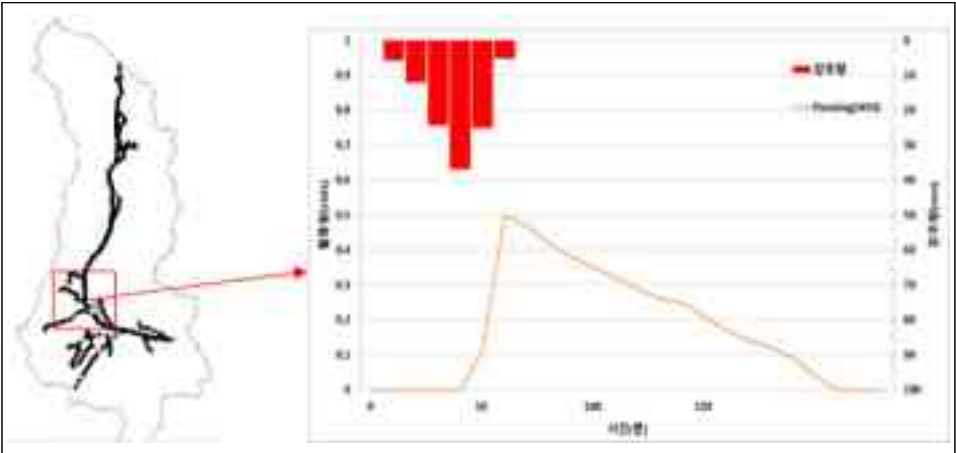
그림 3-19 | 부산광역시 대상지역 외수범람 해석 및 결과 검증



자료: 저자 작성

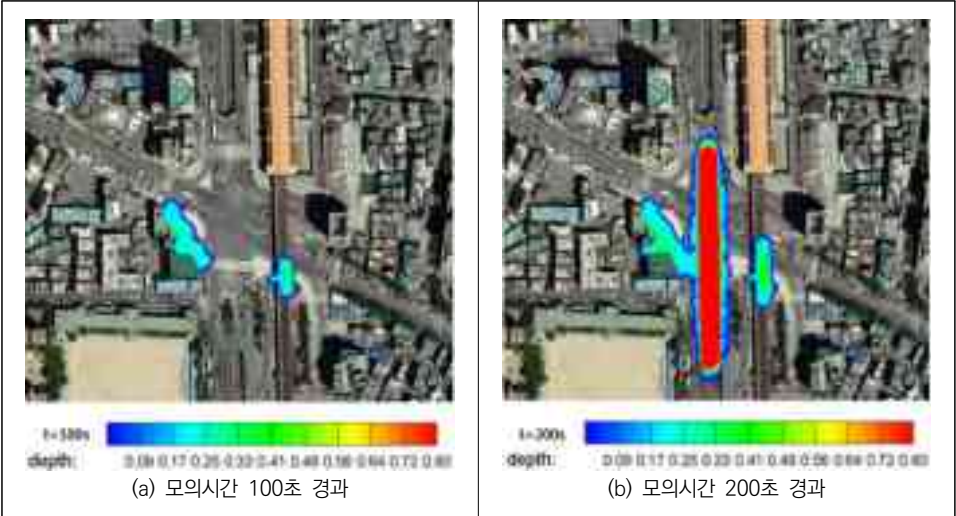
25) 예를 들어, 온천천 유역의 최근 피해기록을 보면 2014년에는 시간당 130mm가 초과하는 호우가 발생하였는데, 이는 재현기간 100년의 확률강우량을 크게 넘어서는 수준임

그림 3-20 | 부산광역시 대상지역의 월류량 모의 결과



자료: 저자 작성

그림 3-21 | 부산광역시 대상지역의 노면해석 결과

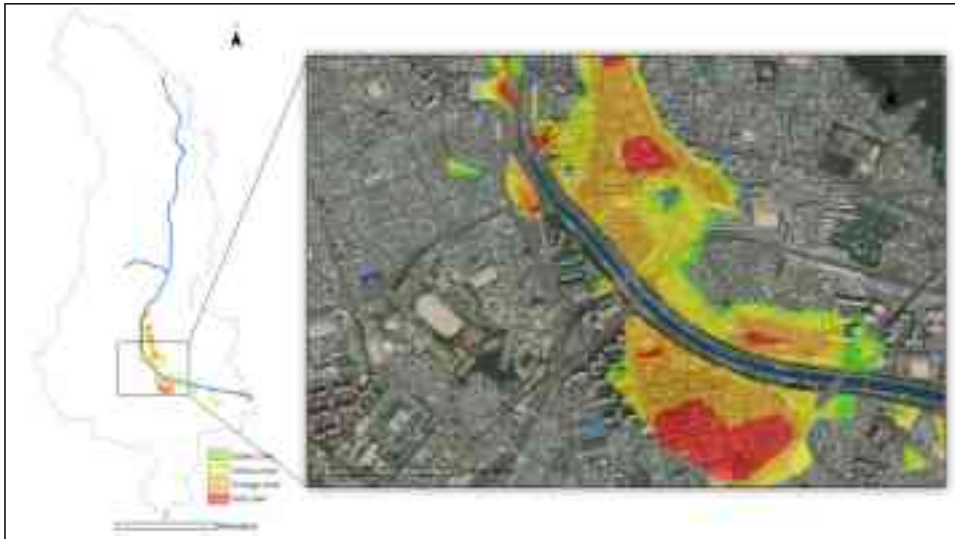


자료: 저자 작성

② 도시침수 영향권 설정 및 위험정보 구축

침수해석 결과를 이용해 대상지역을 공간 구획화한 결과 도시침수 영향권은 <그림 3-22>과 같이 나타난다. 호우 시 매우 심각한 영향이 발생할 수 있는 Red zone은 대상지역의 중·하류 여러 곳에 위치하였다. 비록 중·하류지역의 Red zone과 Orange zone이 여러 곳에 분포하지만, 대부분 심각한 침수피해를 이미 겪었던 주거·상업지역 이므로 위험을 저감하기 위한 방재대책이 시급한 것으로 판단된다.

그림 3-22 | 부산광역시 대상지역의 영향권 설정



자료: 저자 작성

<그림 3-23>은 대상지역 재해특성을 보여주는 주제도로써 다음의 특징을 알 수 있었다. 외수는 온천천 중·하류 부근에서 가장 큰 위협이 될 수 있으며 만곡부 부근의 중심 시가지에서 높은 침수심이 예상된다. 내수는 동래역 부근 맨홀에서 역류가 발생한 뒤 상가지역 쪽으로 흐르다가 도로를 따라 지하차도 부근으로 흘러 높은 침수심이 예상된다.

그림 3-23 | 부산광역시 대상지역의 재해특성 주제도

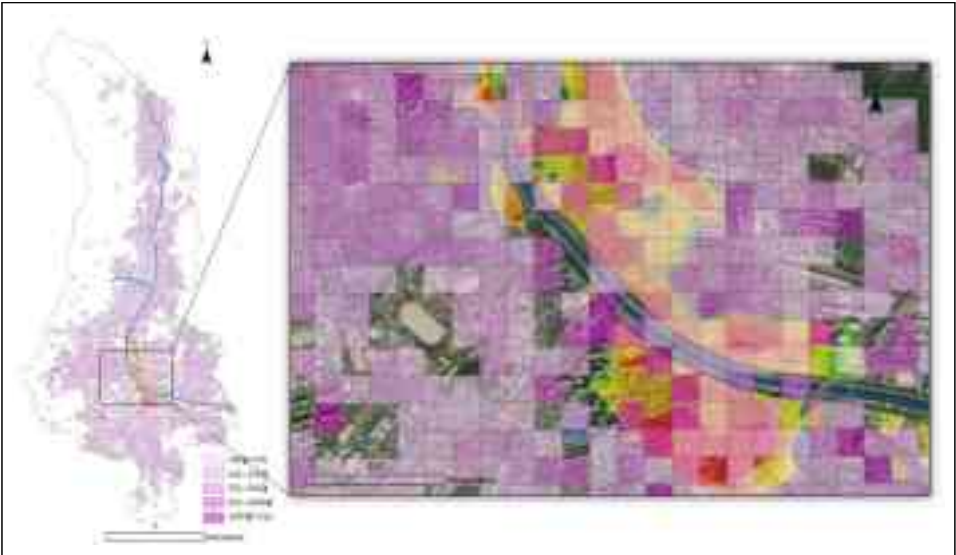


자료: 저자 작성

〈그림 3-24〉와 〈그림 3-25〉는 대상지역 노출특성을 보여주는 주제도로서 인구의 노출과 토지이용의 노출 각각에 다음의 특징이 나타난다. 대상지역 전체 약 66만9천명 인구 가운데 영향권 내에 약 6만2천명의 인구가 노출되어 있는데, 이 인구노출은 중·하류 여러 곳에 나타난다. 대상지역 전체 면적 52.9km^2 가운데 주거나 경제활동을 위해 개발된 총 1.3km^2 만큼의 토지(주거지역 1.13km^2 , 상업·업무지역 0.16km^2 , 공업지역 0.02km^2 으로 구분)가 노출되어 있는데, 도시지역 중심에 침수가 발생하기 때문에 영향권 면적 1.3km^2 전체의 토지가 노출되어 있는 점 또한 두드러진 특징이라 할 수 있다.

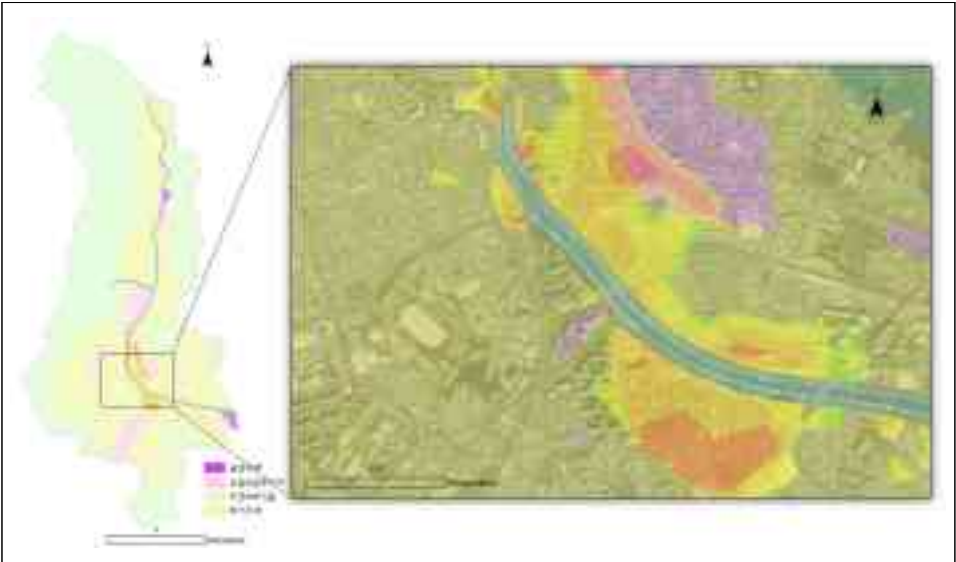
〈그림 3-26〉에서 〈그림 3-28〉까지는 대상지역의 취약성을 보여주는 주제도로서 피해 민감성에 영향을 주는 건축물, 보호대상시설, 그리고 도로 분포에 대해 다음과 같은 특징이 발견된다. 대상지역 전체 지하 또는 노후 건축물은 37,677동인데, 이 중에서 영향권 내에는 1,283동이 온천천 중·하류 전반적으로 분포되어 있다. 대상지역 전체 보호대상시설 251개소 가운데 영향권 내에는 전기공급설비, 하수종말처리시설 등 12개소가 확인되었다. 도로의 경우에도 총 81.1km 의 도로가 영향권에 포함되는 데, 온천천 주변의 도로밀도도 전 구간에 걸쳐 높다는 점을 확인할 수 있었다.

그림 3-24 | 부산광역시 대상지역의 노출특성 주제도: 인구



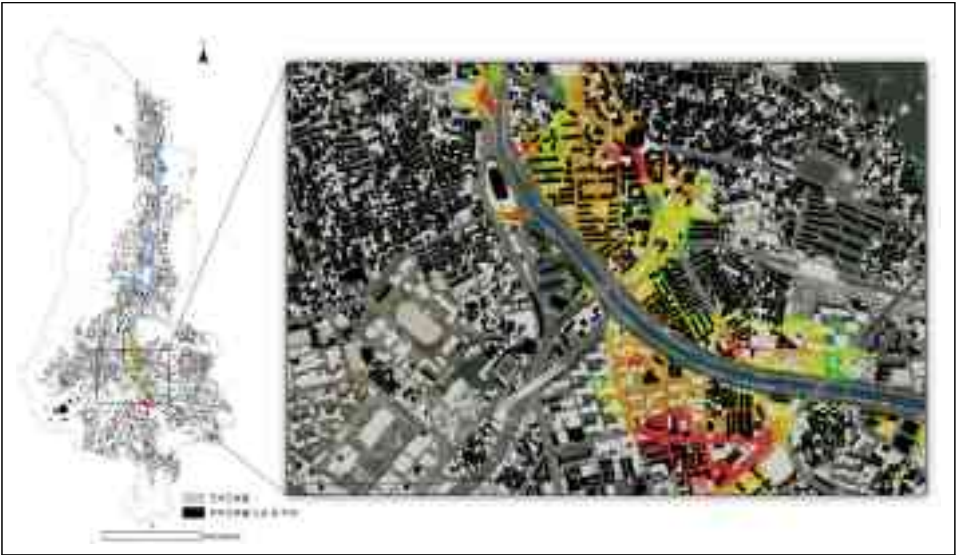
자료: 저자 작성

그림 3-25 | 부산광역시 대상지역의 노출특성 주제도: 토지이용



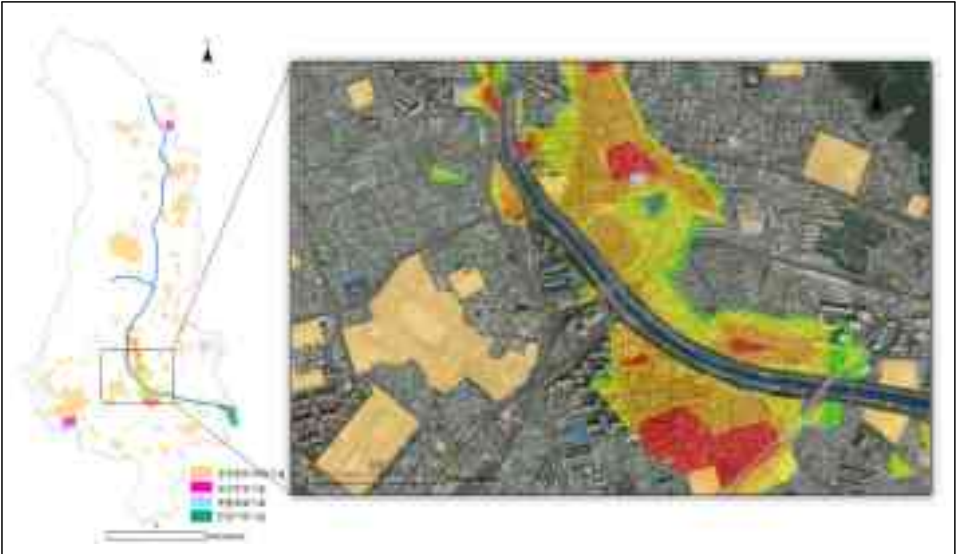
자료: 저자 작성

그림 3-26 | 부산광역시 대상지역의 취약성 주제도 : 건축물



자료: 저자 작성

그림 3-27 | 부산광역시 대상지역의 취약성 주제도 : 보호대상시설



자료: 저자 작성

그림 3-28 | 부산광역시 대상지역의 취약성 주제도 : 도로



자료: 저자 작성

<그림 3-29>와 같이 구축된 모든 위험정보를 국가 그리드 코드에 맞춰 속성화 하였는데, 대상지역의 영향권에 대한 위험정보를 총 301개 격자의 속성으로 나타낼 수 있었다.

그림 3-29 | 부산광역시 대상지역의 위험정보의 격자단위 속성화



자료: 저자 작성

3. 중점관리 대상지역 방재대책 의사결정 참고자료 구축

1) 기본방향

금회 시범사업을 수행하는 제주특별자치도와 부산광역시가 중점관리 대상지역에 대한 방재대책을 발굴·반영하는데 참고할 수 있도록 대상지역 내 고위험지역의 위치, 주요 위험원인 등의 정보를 다음과 같이 제시하고자 하였다. 먼저 지자체가 마련한 기존의 방재대책을 조사하였다. 다음으로는, 2차년도에 제안한 방법을 적용하여 고위험지역 위치를 합리적으로 결정하였으며, 현장조건에 맞춰 고위험지역의 위치를 조정된 뒤 위험원인을 분석하였다. 추가적으로 고위험지역에 대해 위험원인과 현장상황에 부합하도록 규제·사업 등도 제안한 뒤 지자체 담당자, 업계 종사자, 유관분야 전문가들과 함께 참고자료의 유용성에 대해 실무적으로 논의하였다.²⁶⁾

2) 방법론

기존 방재대책을 조사하기 위해 해당 지자체가 발표한 도시기본계획과 도시관리계획을 토대로 방재분야의 전략과 세부내용을 파악하고, 재난관리 차원에서 수립한 풍수해 저감종합보고서를 통해 예정된 사업을 확인키로 하였다. 특히, 본 연구에서 선정한 중점관리 대상지역에 대한 방재대책 수립 여부와 대책의 특성을 검토하는데 초점을 두었다.

고위험지역은 도시침수 영향권 가운데 방재측면의 규제나 사업이 시급한 공간을 의미하는데, 앞에서 얻은 격자 속성화 된 위험정보를 2차년도에 제시한 다기준의사결정 기법에 적용하여 그 위치를 결정하고자 하였다.²⁷⁾ 2차년도에 위험정보의 10가지 속성을 평가기준으로 간주해 고위험지역을 결정하도록 문제를 계층 구조화한 바 있으며, 전문가 AHP 조사를 통해 평가기준별 가중치를 산정하였다. 대안의 순위를 선호도

26) 이러한 방재대책을 설계하여 지자체에게 제안하는 것은 본 연구의 범위를 벗어나므로 <부록 5>의 사례집을 통해 자세히 서술함

27) 해당 방법론은 2차년도 연구(이상은 외, 2017a) 및 관련 논문(이상은 외, 2017b)에서 제시된 것으로 <부록 6>의 기술서 pp.287~292에 자세히 서술함

(preference) 개념에 근거해 결정하는 PROMETHEE 방법에 각 격자의 위험정보와 평가기준별 가중치를 적용하여 위험에 대한 각 격자의 순위를 파악하였다.²⁸⁾ 순위가 높은 격자부터 순서대로 선정하되, 단일 격자의 면적이 100m×100m 규모임을 고려해 방재대책의 시급성, 가용예산 등을 감안하여 적절한 수량을 결정하였다.

위 방법으로 선정한 고위험지역 위치는 학술적으로 선정한 결과에 불과하므로 <표 3-5>의 문제를 해결할 수 있도록 현장성을 보완하는 검증을 실시하였다.²⁹⁾ 대상지역을 방문하여 주민들의 침수피해 경험을 확인하면서 선정된 지점에 대한 적합성을 검토해 일부 격자지점은 고위험지역에서 제외하고, 동시에 노면수 흐름, 토지이용 등의 공간적 연속성을 고려할 수 있도록 일부 격자지점은 추가하였다. 현장조사로 확인·검증된 격자에 대해서는 GAIA(geometrical analysis for interactive aid)³⁰⁾ 위상해석을 통해 위험원인을 분석하였다.

표 3-5 | 고위험지역의 현장성 보완이 필요한 세 가지 이유

■ 기술적 한계 보완 - 기술적으로 보다 정교한 해석모형을 활용하더라도 도시구간 침수해석의 정확성을 획기적으로 높이는 곤란함 - 하천수위를 분석할 때 복개구간의 수리특성 변화, 하천시설의 조작, 하천 내 허가구조물의 설치 등을 제대로 고려하기도 힘들 뿐만 아니라, 침수심을 분석할 때에도 주변지역이 크게 인공화 되어 있어 노면해석이 힘들 → 본 연구에서는 가장 보편적인 방법으로 침수해석을 하되, 실제 피해주민의 경험을 활용하여 고위험지역의 위치를 조정함으로써 잘못된 곳에 방재대책이 추진되지 않도록 함
■ 지엽적인 요소 고려 - 고위험지역을 결정할 때 노출특성, 취약성 등의 다양한 사회적 요소를 고려하였지만, 실제 피해양상이 해당지역의 지엽적인 요소와 관련되어 있을 경우 고위험지역 선정 시 이를 완벽하게 반영할 수 없음 → 본 연구에서는 피해당시의 상황을 청취한 뒤 고려하지 못한 사회적 요소가 있는 지 확인하고 이에 따라 위치를 조정하기로 함
■ 공간의 연속성 보완 - 고위험지역 결정 시 분석편의를 위해 실체가 없는 격자로 구분한 뒤 격자간의 비교우위를 이원화하여 판단함 - 기술적으로 도시구간 침수해석이 힘들다는 점을 감안할 때 공간 이원화는 더욱 큰 문제를 발생시킬 수 있음 → 효과적인 대책이 될 수 있도록 실제 공간의 연속성을 최대한 고려

자료: 저자 작성

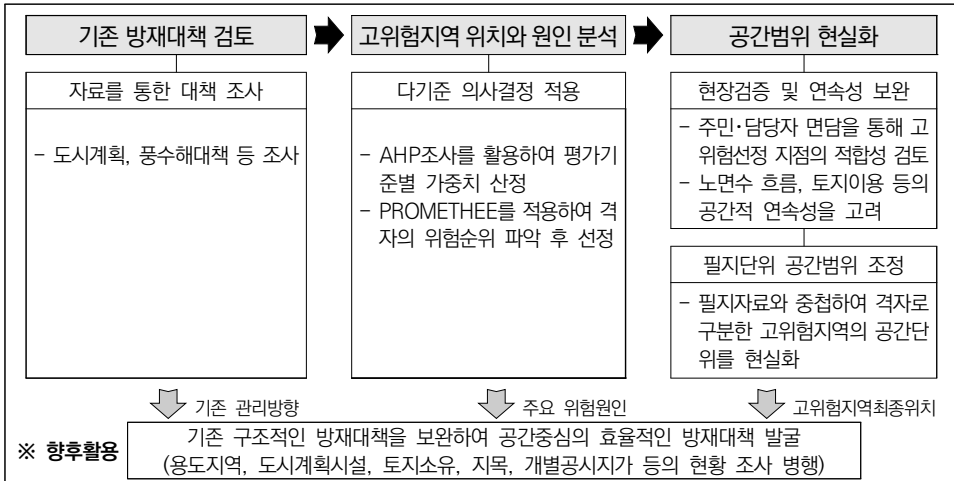
28) 브뤼셀 자유대학에서 개발한 전용 소프트웨어인 Visual PROMETHEE의 연구/교육용 보급판을 활용

29) 해당 방법론은 2차년도 연구(이상은 외, 2017a) 및 관련 논문(이종소 외, 2018)에서 제시된 것으로 <부록 6>의 기술서 pp.292~294에 자세히 서술함

30) GAIA 평면을 통해 위상학적으로 해석이 가능하며, 주성분 분석(principal component analysis)을 응용한 것으로 1차와 2차 요인인 U, V축에서 각 대안의 위치를 시각적으로 나타냄. 자세한 설명은 2차년도 연구(이상은 외, 2017a)를 참고

고위험지역으로 확정된 격자는 가상적으로 구분한 공간단위이므로 필지자료³¹⁾와 중첩하여 고위험지역의 공간범위를 현실적으로 설정하고 포함된 토지정보를 확인하였다.

그림 3-30 | 도시침수 방재대책 참고자료 구축 절차



자료: 이상은 외(2017a) 재구성

3) 결과

(1) 제주특별자치도

① 기존 방재대책 검토

제주특별자치도는 <표 3-6>과 같이 도시계획에서 재해에 대한 지역 안전성과 기후변화에 능동적이고 신속한 예방을 강화하는 전략을 지니고 있음을 확인할 수 있다. 특히, 태풍 나리 등에서 큰 수해를 경험하였기 때문에 하천개수와 배수시설 확충을 강조하고 있다. 그럼에도 불구하고, 도시계획 차원에서는 개략적인 전략을 넘어 도시공간의 침수위험을 저감하기 위한 실천적인 세부대책은 전혀 언급되어 있지 않았다.

풍수해저감종합계획에는 <표 3-7>과 같이 복구에서 예방으로 방재정책 방향을 전환하고, 비구조적 저감대책, 도시계획과의 연계 등을 강조하고 있다. 본 연구 대상지역

31) 국가공간정보포털에서 제공하는 연속지적도상의 필지자료 활용

에도 하천재해 관련 위험지구를 6개소 지정하여 세부대책을 마련한 바 있다. 하지만 세부대책은 복개철거, 굴착, 축제 등 하천정비에 초점을 맞추고 있으며 도시계획 측면의 방재대책에 대한 구체적인 내용은 없는 상황이다.

표 3-6 | 제주특별자치도 도시계획 상의 방재대책

추진방향	◎ (방재 및 안전계획 분야) 재해에 대한 지역 안전성과 기후변화에 능동적이고 신속한 예방 강화 - 공공건축물의 구조적 안전성을 확보하고 민간건축물의 방재성 향상 - 피난유도 및 진출입구의 계획적 배치로 신속한 대피 유도 - 풍수해 방지를 위한 하천개수 및 배수시설의 확충 - ICT 신기술 기반 통합재난안전관리와 재난별·유형별 도시방재시스템 구축 - 지역별·상황별 맞춤형 재난에 선제적 대응하도록 24시간 재난상황관리체계를 유지하고 도민 및 관광객의 피해에 대한 효과적인 지원방안 마련 - 중·장기적으로 기후변화 시나리오와 지역특성을 고려하여 방재시설 등의 적용기준을 점진적으로 향상하고 신규 방재시설에 대해서는 성능 향상이 가능하도록 설치 유도 - 해안지역 개발에 대한 해수면 상승에 따른 해안지역 침수·침식 및 해일에 대비(기 수립되어 운영 중인 도시계획(토지이용) 및 방재계획과 연계하여 해안지역의 일관적인 관리가 가능토록 계획 조정
대상지역에 반영된 세부대책	◎ (세부대책) 기본적인 추진방향 외 구체적인 세부대책 언급 없음

자료: 제주특별자치도(2017a; 2017b)의 내용을 정리

표 3-7 | 제주특별자치도 풍수해저감종합계획에 반영된 방재대책

추진방향	◎ (계획의 방향 및 목표) 방재분야의 지휘자 역할을 충실히 수행하도록 다음의 사항을 제시 - 종합적인 방재역량 강화 - 광역적인 저감대책 수립에서 국지적인 저감대책 수립순으로 공간적 순서를 고려 - 돌발적 재해에 대한 대비를 강화하기 위하여 복구위주에서 예방위주의 방재로 정책방향 전환 - 재해를 예상한 구조물 설계 등을 통한 이상기후 대비방안 모색 - 비구조적 저감대책의 강화 - 도시계획과의 연계 강화 ◎ (전 지역 단위 저감대책) 높아지는 도시지역 방재의 중요성을 반영하기 위하여 제주시 및 서귀포시에 밀집된 도시지역 우수배제시설의 방재성능수준을 정확히 평가하여 적절한 방재성능목표를 수립 - 관내 방재성능수준 및 예산확보 등을 고려하여 제주시 1시간 80 mm, 2시간 115 mm, 3시간 140 mm를 방재성능목표로 설정 - 대부분의 구역이 도시지역 방재성능목표에 미달하고 있으므로 내수침수 방지대책 수립 필요 ◎ (수계단위 저감대책) 저감대책의 효과가 수계전체에 미치는 저감대책 또는 수계전체에 걸쳐 한꺼번에 검토하여야 하는 저감대책을 다음과 같이 수립 - 산지천, 병문천, 독사천, 한천 등의 복개구간 철거 - 홍수량 분담을 위한 저류지 18개소 설치(이 중 대상지를 포함한 동지역은 6개소) ◎ (지구단위 저감대책) 전 지역 및 수계단위 저감대책 후 잔존하거나 영향을 받지 않는 위험지역 및 시설을 대상으로 추진 - 대상지 내 하천재해 관련 위험지구를 총 6개소 지정
대상지역에 반영된 세부대책	◎ 산지천지구(산지천 복개구간의 상업지역) : 복개철거, 반복개, 하상정리 ◎ 병문천지구(병문천 복개구간의 주거·상업지역) : 반복개개선, 하상굴착, 복개철거, 화단석 설치 ◎ 독사천지구(독사천 복개구간의 주거·상업지역) : 복개철거, 하상굴착, 확폭 ◎ 한천지구(한천 복개구간의 주거·상업지역) : 복개철거, 화단석 설치 ◎ 토천지구(토천 배후 주거지역 및 농경지) : 저류지 설치 ◎ 축성내지구(오동동의 축성내 소하천 인근 농경지) : 축제·보축 및 교량재설

자료: 제주특별자치도(2014)의 내용을 정리

그림 3-31 | 제주특별자치도 풍수해저감종합계획에 반영된 대상지역의 방재대책

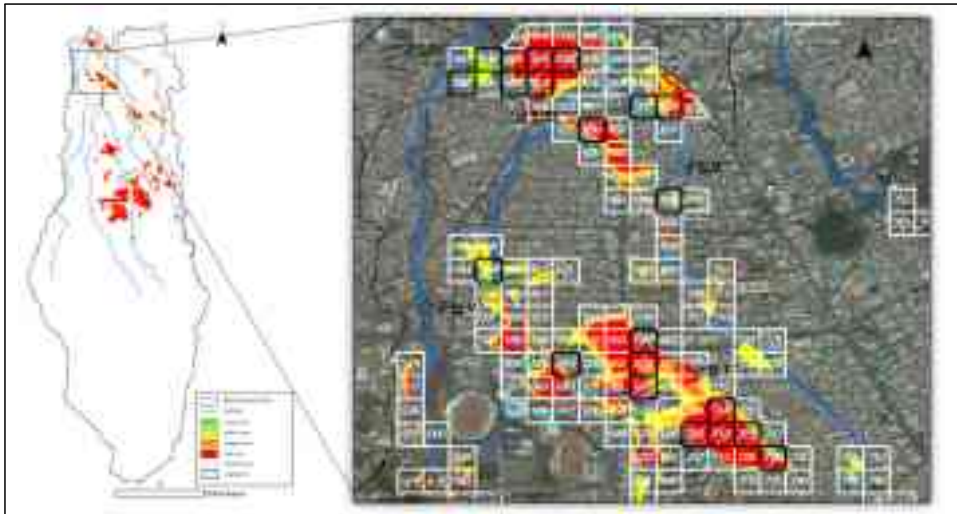
자료: 제주특별자치도(2014)의 내용을 정리

② 고위험지역 결정

<그림 3-32>와 같이 PROMETHEE를 통해 고위험지역으로서의 선호도가 가장 높은 20개 격자³²⁾(100m × 100m × 20개 = 총 0.2km² 면적)를 우선 선정하였다. 침수 영향권은 전체 대상지역의 중·하류에 걸쳐 나타나고 있으나 고위험지역으로 선정된 격자는 침수위험의 사회적 요소인 노출특성과 취약성이 높은 하류의 일부지역에 집중적으로 위치하였다. 이 격자들은 위치적으로 볼 때 크게 5가지 군집으로 구성됨

- 군집 I : 이도2동의 제주시청 주위에 9개소
- 군집 II : 제주중앙여중에서 제주남초등학교까지의 독사천 복개구간에 3개소
- 군집 III : 병문천 복개구간인 용담4거리에서 서문공설시장 인근에 5개소
- 군집 IV : 한천 하류 복개구간 2개소
- 군집 V : 용담1동에 1개소

그림 3-32 | 제주특별자치도 대상지역 내 고위험지역 우선 선정 결과



자료: 저자 작성

32) 본 연구에서는 영향권 내 806개의 격자들 가운데 위험이 상위 2~3% 수준을 상회하는 격자들을 선택하였는데, 고위험지역은 방재대책 후보지라는 점을 감안하면 해당지역의 방재대책을 추진하기 위한 예산상황이나 주민의 수용성을 고려해 적절한 격자의 수를 결정하여야 할 것임

선정한 격자가 고위험지역으로 적절한 지를 검증하기 위해 현장조사를 수행하였으며, 그 결과 <표 3-8>과 같이 33개소 격자로 위치와 개수를 조정하였다. 예를 들어, 군집 III에 속한 5개 격자는 병문천 외수영향, 높은 인구밀도, 다수의 취약 건축물 등의 위험원인이 있지만 지면구배나 도로 특성으로 노면에 흐르는 유량이 빠르게 흘러 다른 곳으로 이동하고 여러 건축물의 지반도 이미 승고되어 있기 때문에 큰 피해가 발생하지 않을 것으로 예상되었다. 해당 격자의 노면 유량은 도로를 따라 서문공설시장에서 서문사거리 뒤쪽으로 흘러 들어가기 때문에 다른 두 곳(격자 639와 640)을 추가하였다. 또한 현장 조사를 통해 각 군집별로 공간적 연속성을 보완할 수 있도록 다수의 격자를 추가하였다.

표 3-8 | 현장검증을 통한 제주특별자치도 대상지역의 고위험지역 격자 재조정 (단위 : 격자번호)

	군집																			
	I									II			III					IV		V
[1]우선 선정	619	675	676	677	703	713	714	721	726	682	696	698	603	614	615	625	636	586	596	593
[2]현장검증 (제외)													✓	✓	✓	✓	✓			
[3]현장검증 (추가)	632, 633, 652, 653, 674, 689, 690, 691, 704, 705, 706									695			639, 640					595		591 592 594

자료: 저자 작성

GAIA 위상해석(<그림 3-33>의 예시를 참고) 결과 고위험지역에 포함된 격자들은 영향권 내 나머지 격자들과 비교해 취약 건축물 수가 많다는 공통점이 발견된다. 하지만 <표 3-9>와 같이 타 위험원인은 고위험지역에 포함된 격자 간에 서로 다르다는 점 또한 중요한 사실이라 할 수 있다. 즉, 군집별로 침수심의 정도, 노출인구의 수, 주거나 상업지역 면적의 크기, 보호대상시설의 포함 여부, 도로연장 등에 의미 있는 차이가 있으므로 현장중심의 방재대책이 되기 위해 이러한 특수성을 고려해야 함을 시사한다.

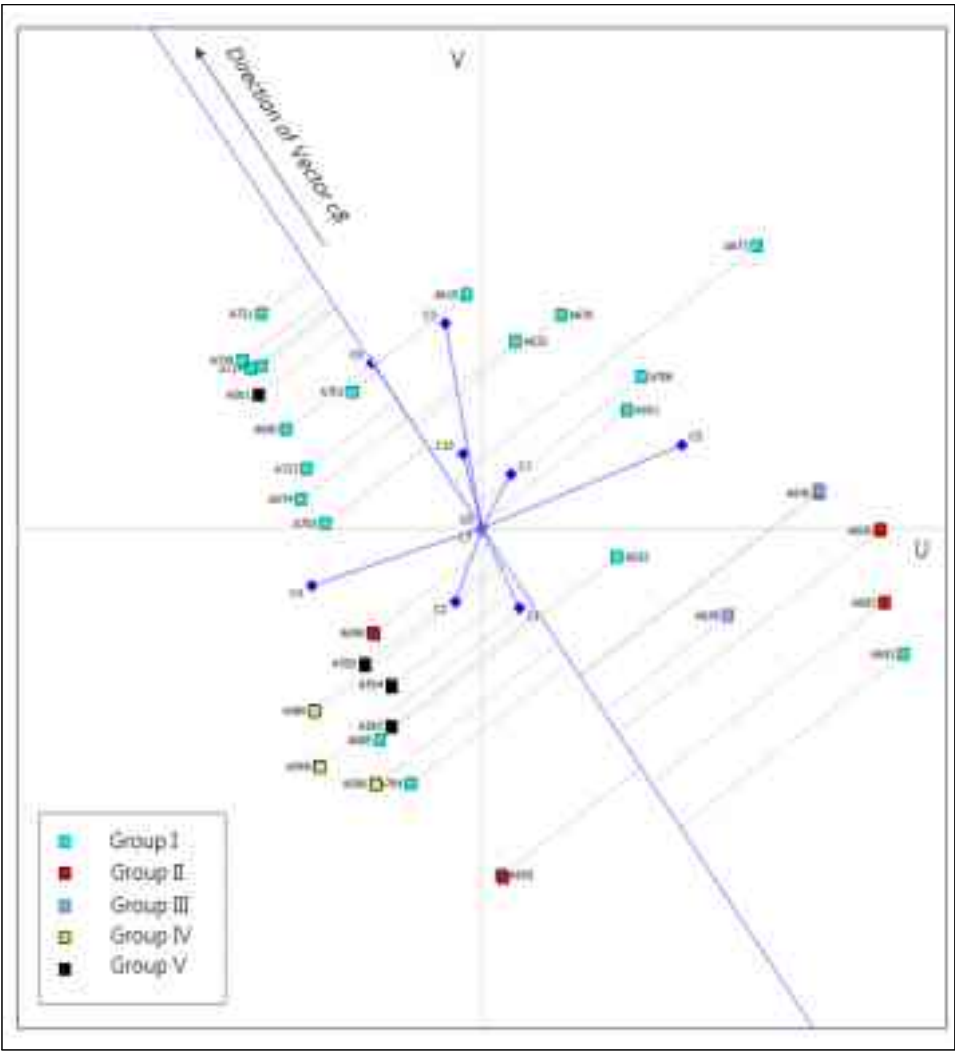
표 3-9 | 제주특별자치도 고위험지역의 주요 위험원인 분석 결과 요약

군집	I	II	III	IV	V
위험원인*	인구 노출 주거지역 노출 상업지역 노출 취약건축물 수 도로연장	인구 노출 상업지역 노출 취약건축물 수 보호대상시설 수 도로연장	상업지역 노출 취약건축물 수	주거지역 노출 취약건축물 수 도로연장	외수 침수심 인구노출 주거지역 노출 취약건축물 수 도로연장

주: 침수심으로 주요 위험원인으로 분석되지 않았더라도, 모든 군집이 영향권 내에 있으므로 외수 또는 내수에 의해 침수가 예상되는 지역임

자료: 저자 작성

그림 3-33 | GAIA 위상해석의 예 : 취약 건축물 수에 있어서 각 군집에 속한 격자의 특성



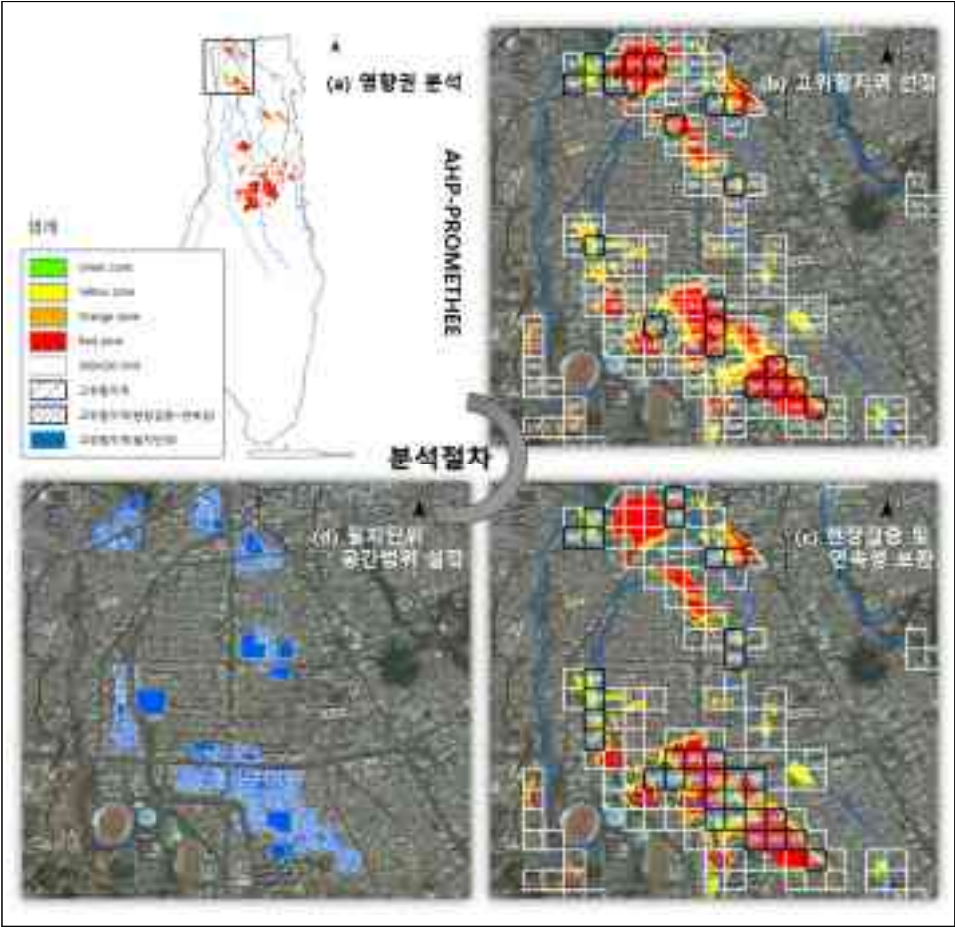
자료: 저자 작성

③ 고위험지역의 공간범위 현실화

<그림 3-34>의 (d)와 같이 필지자료와 중첩함으로써 33개의 격자로부터 0.32km^2 면적의 총 1,249개의 고위험지역 필지를 도출하였다. 추가적으로 대상지역에 대한 고

위험지역의 위치, 위험원인 등을 참고자료로 현실적인 방재대책을 제시할 수 있음을 확인할 수 있었다.³³⁾

그림 3-34 | 제주특별자치도 대상지역 내 고위험지역 단계별 선정 결과



자료: 이종소 외(2018)

33) 제주특별자치도 대상지역을 위해 방재대책을 제안한 결과는 <부록 5>의 사례집을 참고

(2) 부산광역시

① 기존 방재대책 검토

부산광역시는 <표 3-10>과 같이 도시계획에서 자연재해에 준비된 도시를 조성하기 위해 재해위험개선지구 정비, 우수저류시설 설치, 저지대 침수방지시설 설치, 배수펌프장 정기점검, 하천정비사업 시행 등을 추진방향으로 명시하고 있다. 하지만 세부대책을 통해 위 방재대책의 수단이나 장소를 특정하고는 있지 않고 있다.

풍수해저감종합계획에는 <표 3-11>과 같이 복구에서 예방으로 방재정책 방향을 전환하기 위해 구조-비구조적 대책의 조화, 점에서 면 단위 대책으로 전환, 정부주도와 민간주도 대책의 조화, 방재정책의 도시계획적 접근, 방재정책의 패러다임 변화 등 다양한 목표를 제시하고 있다. 본 연구에서 선정한 대상지역에 대해서도 하천재해나 침수재해와 관련하여 총 11개소의 위험개선지구를 지정하여 세부대책을 마련하였다. 이미 온천천은 하천정비와 방재시설 설치가 상당히 이뤄졌으나 이러한 구조물 대책만으로 위험이 해소되지 않았기 때문에 풍수해저감종합계획 상에도 도시계획 측면의 방재대책을 강조하고 있는 점이 특징이라 할 수 있다. 그러나 세부대책을 자세히 살펴보면 도시계획 측면의 방재대책은 지역특성을 고려해 구체적인 추진계획을 제시하기 보다는, 여전히 구조물 대책의 보조수단으로서 현실적으로 적용 가능한 지에 대한 언급 없이 원칙적·확일적인 방식으로 제안되어 있다고 판단되었다.

표 3-10 | 부산광역시 도시계획 상의 방재대책

추진방향	◎ (방재 및 안전계획 분야) 자연재해에 준비된 도시 조성 - 재해위험개선지구의 지속적인 정비 - 우수저류시설 설치 및 소규모 재해예방사업 실시 - 풍수해저감종합계획 수립 및 급경사지 안전점검 지속적 시행 - 저지대 침수방지시설 설치 및 배수펌프장의 정기점검 시행 - 하천정비 중장기 종합계획 수립 및 하천정비사업 시행
대상지역에 반영된 세부대책	◎ (세부대책) 기본적인 추진방향 외 구체적인 세부대책 언급 없음

자료: 부산광역시(2014; 2017a; 2017b)의 내용을 정리

표 3-11 | 부산광역시 풍수해저감종합계획에 반영된 방재대책

추진방향	◎ (계획의 방향 및 목표) 도시계획에서 제시하는 방재안전계획의 큰 틀을 공유하고 세부시행계획에서 보완되어야 할 사항을 제시 - 구조-비구조적 대책의 조화 - 정부주도와 민간주도 대책의 조화 - 방재정책의 패러다임 변화 - 점에서 면 단위 대책으로 전환 - 방재정책의 도시계획적 접근 ◎ (전 지역 단위 저감대책) 부산시를 포함하는 유역차원에서 광역적인 대책수립 가능성을 검토하고, 방재행정과 제도적으로 재해요인을 경감할 수 있는 비구조적 대책을 확보 - 하천주변이 모두 기개발지로 하천의 확장은 한계가 있기 때문에 투수포장 등 도시 전체에 적용할 수 있는 지속가능한 개발기법 확대 - 하천재해와 연계해 전 지역 우수유출을 제어할 수 있는 우수유출 저감계획 등의 방안 마련이 필요 ◎ (수계단위 저감대책) 피해가 우려되는 수계 대부분 기개발지로 댐 및 배수펌프장이 다수 운영 중에 있으며, 하천의 확장 등 구조적 대책은 한계가 있어 수계단위 저감대책은 부절절함 ◎ (지구단위 저감대책) 전 지역 및 수계단위 저감대책 후 잔존하거나 영향을 받지 않는 위험지역 및 시설을 대상으로 추진 - 대상지 내 하천재해나 내수재해 관련 위험지구를 총 11개소 지정
대상지역에 반영된 세부대책	◎ 온천1지구(온천천 배후 주거·상업지역 위치) - 풍수해저감대책 : 보축 2개소, 배수구조물 4개소, 교량재가설 2개소 - 도시계획연계사항 : • 도시계획시설의 정비; • 중장기적으로 유역차원의 우수유출저감시설 설치, LID 시설 도입 의무화 등을 통해 하도분담유량을 근본적으로 저감 • 개발행위허가, 건축허가, 도시기반시설 등의 인허가 시 하천의 계획홍수위 고려 • 계획시설의 구조적 안전성 확보; • 침수예상지역내 건축구조 제한(필로티, 차수판 구비) ◎ 안락1지구(동래구 안락동 일원) - 풍수해저감대책 : 우수저류조 신설 - 도시계획연계사항 : • 도시계획시설의 정비; • 위험지구 내의 건축구조 제한(필로티, 차수판 구비) • 정수장 등 공공시설 부지를 활용한 우수유출저감시설 설치 ◎ 안락2지구(동래구 안락2동 일원) - 풍수해저감대책 : 우수관로 개선 - 도시계획연계사항 : • 도시계획시설 정비; • 개별 개발행위시 조건부 허가; • 위험지구 내 건축구조 제한(필로티, 차수판 구비) ◎ 온천4지구(동래구 온천동 일원) - 풍수해저감대책 : 배수펌프장 및 우수저류조 신설 - 도시계획연계사항 : • 도시계획시설의 정비; • 위험지구 내의 건축구조 제한(필로티, 차수판 구비) • 정비사업 추진 시 녹지, 우수유출저감시설 설치, 우수관로의 확관 등의 저해저감대책 수립 조건부 유도

대상지역에 반영된 세부대책	◎ 낙민지구(동래구 낙민동 일원) - 풍수해저감대책 : 배수펌프장 증설 - 도시계획연계사항 : • 도시계획시설의 정비; • 위험지구 내의 건축구조 제한(필로티, 차수판 구비) • 정비사업 추진 시 녹지, 우수유출저감시설 설치, 우수관로의 확관 등의 저해저감대책 수립 조건부 유도 ◎ 거제2지구(동래구 거제동 일원) - 풍수해저감대책 : 배수펌프장 신설, 관로 신설 및 개량 - 도시계획연계사항 : • 도시계획시설의 정비; • 위험지구 내의 건축구조 제한(필로티, 차수판 구비) • 정비사업 추진 시 녹지, 우수유출저감시설 설치, 우수관로의 확관 등의 저해저감대책 수립 조건부 유도 ◎ 연산2지구(동래구 연산동 일원) - 풍수해저감대책 : 배수펌프장 및 우수지 신설 - 도시계획연계사항 : • 도시계획시설의 정비; • 위험지구 내의 건축구조 제한(필로티, 차수판 구비) • 정비사업 추진 시 녹지, 우수유출저감시설 설치, 우수관로의 확관 등의 저해저감대책 수립 조건부 유도 ◎ 연산3지구(동래구 연산동 일원) - 풍수해저감대책 : 배수펌프장 및 우수지 신설 - 도시계획연계사항 : • 도시계획시설의 정비; • 위험지구 내의 건축구조 제한(필로티, 차수판 구비) • 정비구역 지정을 통해 침수에 안전한 구조 확보 유도(주변지역 개발로 상대적 저지대 발생) ◎ 연산교지구(동래구 안락동 일원) - 풍수해저감대책 : 배수펌프장 및 우수지 신설 - 도시계획연계사항 : • 도시계획시설의 정비; • 위험지구 내의 건축구조 제한(필로티, 차수판 구비) • 정비구역 확대지정을 통해 예상침수심 이상 구조 확보 유도 ◎ 안민초지구(동래구 낙민동 일원) - 풍수해저감대책 : 배수펌프장 및 우수지 신설 - 도시계획연계사항 : • 도시계획시설의 정비; • 위험지구 내의 건축구조 제한(필로티, 차수판 구비) • 공공시설(학교) 부지를 활용한 방재시설 설치 ◎ 낙민공원지구(동래구 낙민동 일원) - 풍수해저감대책 : 우수저류조 신설 - 도시계획연계사항 : • 도시계획시설의 정비; • 위험지구 내의 건축구조 제한(필로티, 차수판 구비) • 공공시설(정수장) 부지를 활용한 우수유출저감시설 설치
----------------	---

자료: 부산광역시(2018)의 내용을 정리

② 고위험지역 결정

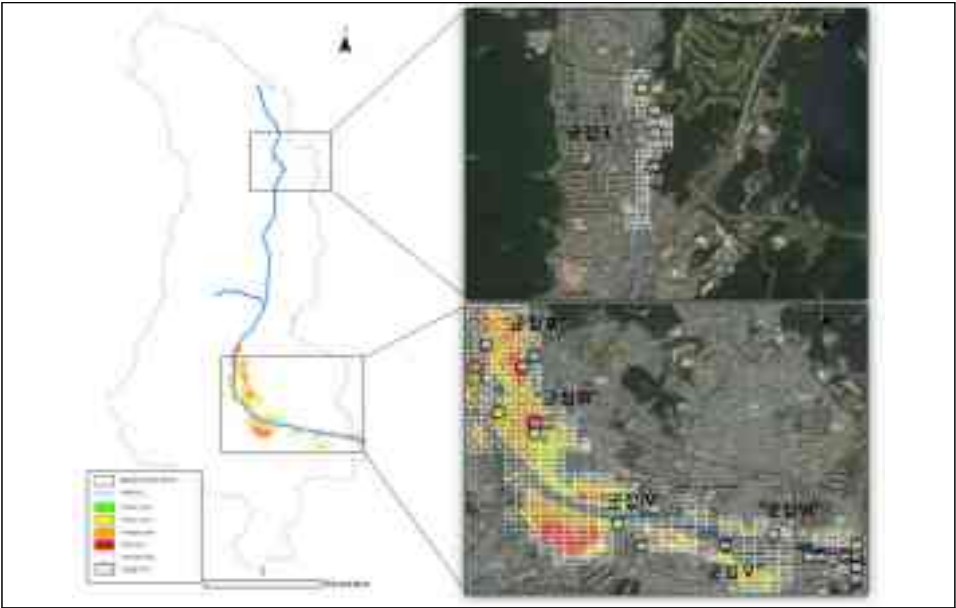
<그림 3-36>과 같이 PROMETHEE를 통해 고위험지역으로서의 선호도가 가장 높은 24개 격자³⁴⁾(100m × 100m × 24개 = 총 0.24km² 사업면적)를 우선 선정하였다. 침수 영향권과 마찬가지로 고위험지역의 격자들 역시 중·하류에 다양하게 선정되었다. 이는 영향권 전체가 주거·상업지역으로 구성되어 있어 침수위험의 사회적 요소인 노출 특성과 취약성이 중·하류에 넓게 분포하기 때문이라 할 수 있다. 격자들은 위치적으로 볼 때 크게 6가지 군집으로 구성된다.

- 군집 I : 구서동 두실역 동측 일대 4개소
- 군집 II : 동래역 일대 5개소
- 군집 III : 수안역 남측, 동래경찰서 일대 4개소
- 군집 IV : 연안교 동측, 연산초 일대 2개소
- 군집 V : 연산교 남측에서 온천천 하류까지 6개소
- 군집 VI : 연산교 북측에서 온천천 하류까지 3개소

선정한 격자가 고위험지역으로 적절한 지 검증하기 위해 현장조사를 수행하였으며, 그 결과 <표 3-12>와 같이 53개소 격자로 위치와 개수를 조정하였다. 예를 들어, 군집 II 오른쪽의 기상청 부근(격자 91와 116)은 최근 도로와 배수시설 정비 공사가 완료되어 예전보다 원활한 배수가 된다는 주민면담 결과를 반영해 제외되었다. 군집V와 VI에 속한 여러 격자들은 주로 온천천의 외수영향과 보호대상시설이 위치하여 선정되었지만, 현장의 지형조건과 주민의견을 반영하여 실제 침수가 발생한 지점으로 그 위치를 일부 조정하였다. 또한 모든 지점의 현장 조사를 통해 각 군집별로 격자의 위치를 재조정 하고 공간적 연속성을 보완할 수 있도록 다수의 격자를 추가하였다.

34) 본 연구에서는 영향권 내 301개의 격자들 가운데 위험이 상위 8% 수준을 상회하는 격자들을 선택하였는데, 고위험지역은 방재대책 후보지라는 점을 감안하면 해당지역의 방재대책을 추진하기 위한 예산상황이나 주민의 수용성을 고려해 적절한 격자의 수를 결정하여야 할 것임

그림 3-36 | 부산광역시 대상지역 내 고위험지역 우선 선정 결과



자료: 저자 작성

표 3-12 | 현장검증을 통한 부산광역시 대상지역의 고위험지역 격자 재조정 (단위 : 격자번호)

	군집																							
	I				II						III			IV		V						VI		
[1]우선 선정	209	218	221	223	15	16	33	42	91	116	109	110	130	196	224	250	284	285	292	295	296	278	297	298
[2]현장검증 (제외)		✓	✓					✓	✓	✓				✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
[3]현장검증 (추가)	207, 208				5, 6, 7, 8, 9, 13, 14, 17, 18, 28 29, 30, 31, 32						59, 84, 85 107, 108, 127 128, 129, 142 143, 144, 145 155, 156			225, 226 231, 232 233		247, 248, 249, 255						251, 252, 258, 259 265		

자료: 저자 작성

GAIA 위상해석 결과 고위험지역에 포함된 격자들은 대상지역의 다양한 위치에서 선정되었기 때문에 각 군집마다의 특성이 매우 뚜렷한 것을 확인할 수 있었다. 특히, 군집별로 내수 침수심, 노출인구, 주거나 상업지역 면적, 보호대상시설 포함 여부, 도로 연장 등에 의미있는 차이가 있으므로 현장중심의 방재대책이 되기 위해서는 이러한 특수성을 고려해야 함을 시사하고 있다.

표 3-13 | 부산광역시 고위험지역의 주요 위험원인 분석 결과 요약

군집	I	II	III	IV	V	VI
위험원인	외수 침수심 상업지역 노출	내수 침수심 주거지역 노출 도로연장	상업지역 노출	보호대상시설수	주거지역 노출	외수 침수심 취약건축물 수 도로연장

주: 침수심으로 주요 위험원인으로 분석되지 않았더라도, 모든 군집이 영향권 내에 있으므로 외수 또는 내수에 의해 침수가 예상되는 지역임

자료: 저자 작성

③ 고위험지역의 공간범위 현실화

<그림 3-37>~<그림 3-39>와 같이 필지자료와 중첩함으로써 53개의 격자로부터 약 0.39km² 면적의 총 1,112개에 대한 필지를 도출하였다. 추가적으로 대상지역에 대한 고위험지역의 위치, 위험원인 등을 참고자료로 현실적인 방재대책을 제시할 수 있음을 확인하였다.³⁵⁾

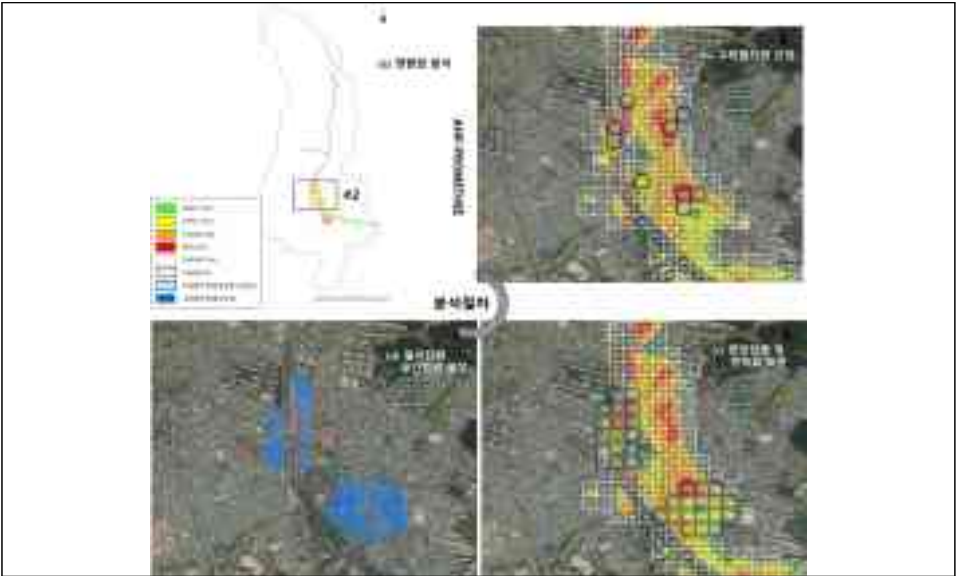
그림 3-37 | 부산광역시 대상지역 내 고위험지역 단계별 선정 결과 #1



자료: 저자 작성

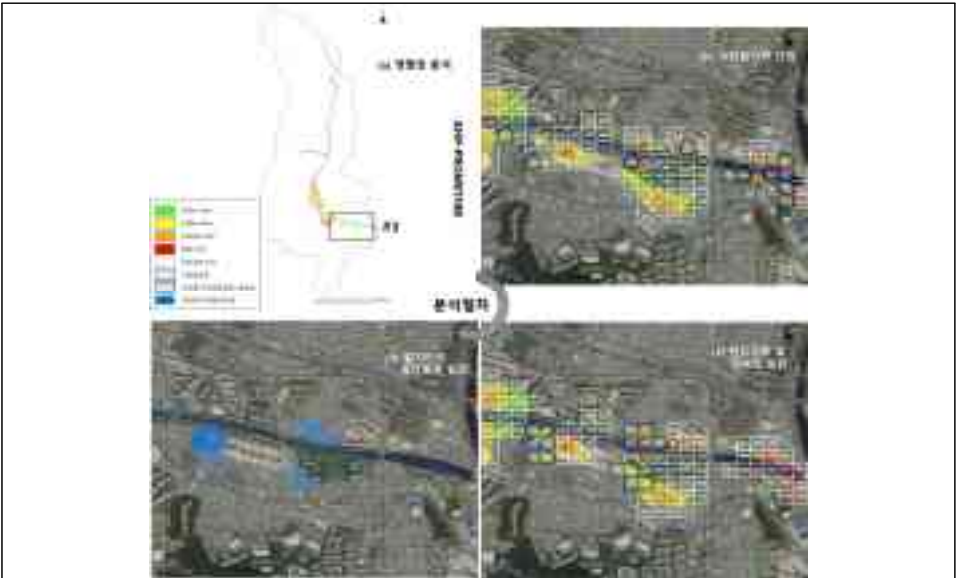
35) 부산광역시 대상지역을 위해 방재대책을 제안한 결과는 <부록 5>의 사례집을 참고

그림 3-38 | 부산광역시 대상지역 내 고위험지역 단계별 선정 결과 #2



자료: 저자 작성

그림 3-39 | 부산광역시 대상지역 내 고위험지역 단계별 선정 결과 #3



자료: 저자 작성



CHAPTER 4

효과적인 정보전달을 위한 시스템 구축

- 1. 도시침수 예방대책 지원시스템의 구축 | 94
- 2. 도시침수 예방대책 지원시스템의 검증 | 107

효과적인 정보전달을 위한 시스템 구축

본 장에서는 도시침수 기초자료, 대상지역 위험정보, 방재대책 참고자료 등 각종 정보를 담당자의 수요와 작업환경에 맞춰 효과적으로 제공하도록 시스템을 구축하였다.

□ 1차년도 결과

- 지자체 담당자, 업계 종사자, 유관분야 전문가 등을 대상으로 업무협의회, 자문회의, 설문조사 등을 실시하여 시스템 수요를 파악하였고, 해외 우수사례를 토대로 위 수요를 충족하는 데에 필요한 시스템 기능을 다음과 같이 도출
 - 행정구역별 도시침수 기초자료의 일괄 관리, 중점관리 대상지역의 침수발생특성, 영향권, 위험원인 등의 분석결과 공개, 대책수단 결정을 위한 참고자료 제공, 문건발간 및 기술정보 공유 등을 포함
- 시스템은 공간적으로 사용자 정보접근 권한을 구분하고 향후 타 재해에 대해서도 쉽게 확장할 수 있도록 모듈화 된 방식으로 시스템 개발하기로 함
 - 특정 웹사이트를 구축·운영하기보다, 권한을 부여받은 사용자에게 공간정보 조작 등 편의를 제공할 수 있는 어플리케이션 형식의 전용 S/W를 구축·보급

□ 2차년도 결과

- 행정구역별 기초자료, 중점관리 대상지역 상세 위험정보, 의사결정 참고자료 등 각 모듈별로 DB의 구축대상을 정의하고 정보표출 방식을 설계
- 경기도 광주시와 포천시를 대상으로 시범적으로 DB설계를 수행하고 사용자의 시나리오에 맞춰 시스템 화면시안을 작성

□ 3차년도 연구대상

- 사용자 시나리오에 따라 각 모듈별로 DB를 탑재하여 일반 사용자 환경에서 효과적으로 정보를 전달하고 기능을 구현하도록 시스템 구축을 완료
- 시범사업을 통해 담당자, 종사자, 전문가들과 함께 시스템 완성도를 검증·보완

1. 도시침수 예방대책 지원시스템의 구축

1) 기본방향

도시침수 예방대책 지원시스템은 어플리케이션의 형태로 구축하되, 2차년도까지의 시스템 설계를 토대로 (1) 시스템 소개, (2) 도시침수 위험도 프로파일, (3) 도시침수 기초자료, (4) 중점관리 대상지역 기술지원, (5) 자료실 (6) 도움말 등 6가지 모듈에 대한 기능을 구현하고자 하였다.

그림 4-1 | 도시침수 예방대책 지원시스템의 모듈 구조

도시침수 예방대책 지원시스템					
시스템 소개	도시침수 위험도 프로파일	도시침수기초자료	중점관리 대상지역 기술지원	자료실	도움말
시스템 개요	도시침수 관리방향	건축물	상세 위험정보	기술서	시스템 매뉴얼
시스템 기능	도시침수 피해여건	보호대상시설	영향권	홍보 브로셔	버전 정보
자료의 공개		하천망	재해특성	원시자료	관리자 문의
		도로망	노출특성		
		거주인구	취약성		
		하천변 저지대	의사결정 참고자료		
		자연재해 관리지구	고위험지역 위치		
		침수흔적	방재대책 의사결정 참고자료		
		폭우재해 취약지역 등급			
		토지이용			

자료: 저자 작성

금회 3차년도에는 해당 지자체 담당자가 도시침수 방재대책을 발굴·추진하는 데 활용할 수 있도록 S/W 설치파일과 DB를 제공하는 것을 목표로 하였다. 1) 자료접근 범위에 있어서, 관리자는 전체지역에 대해 열람 가능하되, 이용자는 해당 지자체만 열람 가능토록 제한하기로 하였다. 따라서 Master(관리자용)와 User(이용자)의 두 가지 형

1) 현재 국토연구원은 도시침수 예방대책 지원시스템을 운영할 전용 서버장치를 운영하고 있지 않으므로 한시적으로 지자체의 담당자가 S/W를 설치하고 DB에 접근할 수 있도록 CD-ROM을 제공

태로 접근방식을 구분기로 하였다. 아울러, 일반 사용자 환경을 고려해 1,200×1,000 해상도 수준의 화면으로 제작하고 S/W의 실행단계에서 다양한 목적으로 활용할 수 있도록 한국어/영어 언어선택이 가능하도록 개발하고자 하였다.

2) 방법론

(1) 개발도구

시스템 각 모듈에 대한 기능구현을 위해 다양한 개발도구를 활용하였다. 우선, Eclipse²⁾를 사용해 코드편집, 컴파일링, 디버깅, 실행 등의 통합개발환경 구성하였다. 또한 S/W를 Java환경에서 실행할 수 있도록 자바개발키트를 개발도구로 활용하고 JavaFX로 GUI(Graphical user interface)를 구현하였다. 지도데이터(Vector), GeoTiff 등의 공간정보를 구현하기 위해서는 지도표출 기능 전용 개발키트인 Geo-Spatial SDK³⁾를 <그림 4-2>와 같이 이용하였다.

그림 4-2 | Geo- Spatial SDK의 모식도



주: Configuration : 환경 설정 정의 (Shp 파일 경로 설정, 범례 설정, 레이어 설정)
 Data Store : Shp 파일 등 데이터 관리
 Spatial Control, Geo View : 지도 데이터를 처리 또는 표출 (OpenMap : V-World 연동)
 FX View : 시스템 레이아웃 UI 및 팝업
 자료: 저자 작성

2) 폭넓은 플러그인을 지닌 자바 개발 오픈소스 IDE프로그램
 3) Geo-Spatial SDK는 본 연구의 외부연구진으로 참여한 (주)신영 ESD사에서 OGC표준을 준수하여 벡터데이터의 처리기능을 구현하기 위해 개발한 지도표출 전용 개발키트임

동영상 실행은 JavaFX에서 제공되는 모듈에 연결하여 호출되도록 개발하였으며, 소스코드, 라이브러리, 요구정의서, 정리문서 등 개발과정의 모든 산출물을 형상관리(configuration management)하여 향후 유지·보수에 활용할 수 있게 하였다.⁴⁾

표 4-1 | 도시침수 예방대책 지원시스템 S/W 개발도구

구분	내용	설명
개발도구	JDK 1.8버전 이상	개발 언어 및 툴
UI개발도구	JavaFX(JAVAFX Scene Builder)	자바SE의 UI를 풍성하게 만들 수 있게 해주는 툴
지도개발도구	Geo-Spatial SDK(SY-SDK)	지도(Vector), 이미지(Geo-Tiff) 등의 지도표출 기능 구현
IDE 프로그램	Eclipse	통합개발환경 구성 프로그램
형상관리 프로그램	SVN(Subversion)	개발소스의 형상관리 툴
DB관리시스템	Apache Derby	공개 소스의 관계형 데이터베이스 관리 시스템

자료: 저자 작성

(2) 공통기능 개발

위 개발도구를 이용하여 시스템의 모든 모듈에서 공통적으로 활용되는 기능은 <표 4-2>와 같이 개발하였다. 여기에는 기능탭, 좌표값, 중첩, 지도 색상·투명도·선굵기 변경, 축적-텍스트 조정(Max Scale Denominator), 언어 변경 등을 포함한다.

표 4-2 | 시스템 공통 기능

구분	기능 설명	구현 방법
기능탭	시스템의 전체화면을 조정하는 기능	①확대, ②축소, ③이동 ④지구본 ⑤캡처 등을 화면 우측 상단에 고정 배치
좌표값	해당 지점의 정확한 위치정보를 알 수 있도록 좌표값을 표출하는 기능	화면 왼쪽 하단 혹은 해당지점 클릭 시 우측에 좌표값이 나타나도록 고정적으로 배치
중첩	표출되는 다양한 지도를 중첩하는 기능	지도 간 중첩이 가능하도록 화면 우측에 중첩지도 팝업창을 고정적으로 배치
지도 변경	지도의 색상, 투명도, 선굵기 등을 변경하는 기능	중첩지도 팝업창에서 해당지도 클릭 시 지도의 색상, 투명도를 변경할 수 있도록 설정
축적-텍스트 조정	지도의 특정 속성값을 축적에 따라 텍스트 형태로 표출하는 기능	기능탭 기능과 동일 - 확대, 축소 시 해당 기능 표출
시스템 관리	언어 등 시스템의 일부기능을 수정·관리하는 기능	화면 우측 상단에 고정적으로 배치
기타	범례 등	지도 범례를 화면 오른쪽 하단에 고정적으로 배치

자료: 저자 작성

4) 미국의 S/W 개발회사인 콜랩넛의 Subversion(SVN)을 활용

(3) 모듈별 중요기능 개발⁵⁾

시스템 소개 모듈은 도시침수 예방대책 지원시스템을 전반적으로 소개하는 것이 목적이며, 웹뷰 모듈을 이용하여 전자문서 HTML파일과 이미지들로 작성한 것을 화면에서 표출할 수 있도록 개발하였다.

도시침수 위험도 프로파일 모듈은 행정구역별 도시침수에 대한 정보를 시각적으로 전달하는 것이 목적이며, 도시침수 방재대책 관리현황과 도시침수 피해여건 각각PDF양식의 전자문서를 화면에서 이미지 형태로 표출할 수 있도록 개발하였다.

도시침수 기초자료 모듈은 행정구역 전체 영역에 대해 도시침수와 관련된 기본적인 공간정보⁶⁾에 접근할 수 있게 하는 것이 목적이며, 수집·가공한 SHP양식의 공간정보를 V-World 등의 기본도와 함께 열람, 중첩 등 GIS 작업을 할 수 있게 Geo-Spatial SDK 기반으로 개발하였다. 또한 뷰어 기능을 활용해 담당자의 이해를 돕기 위한 PDF양식의 설명자료도 제공할 수 있게 하였다.

중점관리 대상지역 기술지원 모듈은 행정구역 가운데 특별히 도시침수 위험이 높은 집수구역에 대해 상세한 위험정보를 제공하고 방재대책을 발굴하기 위한 참고자료를 제공하는 것이 목적이며, 관리자가 수집·가공한 SHP양식의 공간정보⁷⁾를 V-World 등 기본도와 함께 열람, 중첩 등 GIS 작업을 할 수 있게 Geo-Spatial SDK 기반으로 개발하였다. 마찬가지로 뷰어 기능을 활용해 담당자의 이해를 돕기 위한 PDF양식의 설명자료도⁸⁾ 제공할 수 있게 하였다. 또한 관망밀집지점 중 내수침수가 발생할 수 있는 곳에 대해서는 복잡한 노면흐름현상을 나타내는 MOV양식의 동영상을 업로드하여 화면에 표출하도록 개발하였다.

자료실 모듈은 시스템 이용자에게 부가적인 자료를 체계적으로 제공하는 것이 목적이며, 작성된 기술서, 홍보브로셔 등에 대해서는 PDF양식의 전자문서를 화면에서 이

5) 자세한 내용은 〈부록 7〉의 시스템 매뉴얼을 참고할 것

6) ①하천변 저지대 ②자연재해관리지구 ③폭우재해 취약지역 등급 ④건축물 ⑤보호대상시설 ⑥침수흔적 ⑦하천망 ⑧도로 ⑨인구 ⑩토지이용 ⑪행정구역도 ⑫항공사진 등 포함

7) ①영향권 ②재해특성 ③노출특성 ④취약성 등의 상세 위험정보 뿐만 아니라, ⑤고위험지역으로 분석되어 방재대책이 필요한 토지정보를 포함함

8) 방재대책 수단의 목록, 의사결정의 주안점, 현장 맞춤형 사례집 등을 포함함

미지 형태로 표출할 수 있도록 개발하고, 화면을 통해 시스템에서 표출한 각종 공간정보의 원시자료를 사용자 환경에 저장할 수 있도록 개발하였다.

도움말 모듈은 시스템 이용방법 등에 관한 정보를 제공하는 것이 목적이며, 작성된 시스템 매뉴얼, 버전정보, 관리자 문의 등에 대한 PDF양식의 전자문서를 업로드 한 뒤 화면에 이미지 형태로 표출할 수 있도록 개발하였다. 아울러, 화면을 통해 시스템에서 표출한 시스템 매뉴얼은 사용자 환경에 저장할 수도 있게 하였다.

3) 결과

(1) 시스템 개발 결과

① 시스템 접근과 계정 인증

Master(관리자용)와 User(이용자)의 두 가지 모드로 시스템에 접근할 수 있도록 고유 ID와 PW를 부여하였다. 관리자 모드는 모든 대상지역의 정보에 접근할 수 있도록 기능을 구현하였다. OTP 기능 개발을 통해 이용자가 비밀번호 분실 시 관리자로부터 OTP 번호를 부여받아 시스템에 접근할 수 있게 하였다.⁹⁾

그림 4-3 | 시스템 접근 및 아이디/비밀번호 찾기



자료: 저자 작성

9) 비밀번호 변경은 이용자가 시스템에서 직접 변경하도록 함

② 시스템 메인화면

시스템 초기화면은 해당 지자체의 행정구역도 및 하천망도가 활성화되도록 정보를 표출하였다. 시스템 화면 좌측에는 (1)시스템 소개, (2)도시침수 위험도 프로파일, (3)도시침수 기초자료 (4)중점관리 대상지역 기술지원, (5)자료실 (6)도움말 등 6가지 모듈의 메인 기능을 배치하였다. 시스템 화면 우측에는 중첩지도 및 범례 팝업창을 배치하였다. 이 중 중첩지도 팝업창은 도시침수 기초자료와 중점관리 대상지역 기술지원에서 사용되는 다양한 지도를 중첩하거나, 지도의 색상, 선굵기, 투명도 등을 변경할 수 있게 하였다. 또한 범례 팝업창에서는 지도의 세부속성값에 대한 정보를 열람할 수 있게 하였다. 시스템 화면 우측상단에는 기능탭을 배치하였다. ‘확대’, ‘축소’, ‘이동’, ‘지구본’ 등의 기능탭을 활용하여 지도를 세밀하게 조정할 수 있도록 하였으며, ‘캡처’ 기능탭을 활용하여 표출되는 지도를 이미지로 저장할 수 있게 하였다. 또한 ‘시스템 관리’ 기능탭에는 언어변환도 가능하도록 하였다.

그림 4-4 | 시스템 메인화면



자료: 저자 작성

③ 시스템 소개

도시침수 예방대책 지원시스템의 전반적인 소개할 수 있도록 시스템 개요, 시스템 기능, 자료의 공개 등으로 구성하였다. 화면에서 정보를 선택하면 내용이 HTML과 JPG양식의 이미지로 표출되도록 개발하였다.

그림 4-5 | 시스템 소개

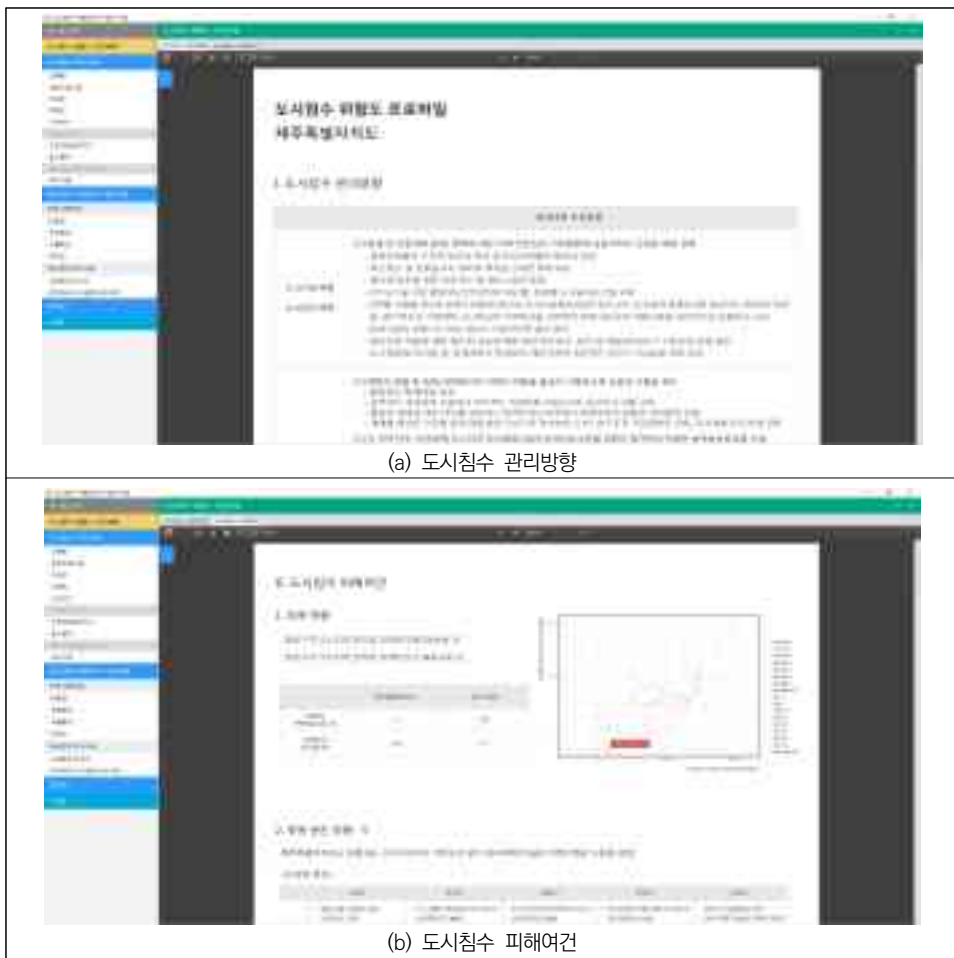


자료: 저자 작성

④ 도시침수 위험도 프로파일

도시침수 위험도 프로파일 모듈은 앞서 제1장 ‘도시침수 기초자료 구축’에서 제시한 내용을 바탕으로 하되, 도시침수 관리방향과 도시침수 피해여건의 두 가지 탭으로 구분하여 해당 행정구역에 대한 정보를 시각적으로 전달할 수 있도록 개발하였다. PDF 뷰어 기능을 활용하여 자체 작성한 PDF양식의 이미지를 표출되게 하였다.

그림 4-6 | 도시침수 위험도 프로파일



자료: 저자 작성

⑤ 도시침수 기초자료

도시침수 기초자료는 행정구역 전체 영역에 대해 도시침수와 관련된 기본적인 공간 정보를 제공하는 것이 목적이다. 기본화면은 검색 기능을 통해 시·도와 시·군을 선택 하면, 해당 지자체의 행정구역도가 활성화되고 그 외 지역은 비활성화되도록 정보를 표출하였다. 관내 건축물, 보호대상시설, 하천망, 도로망, 거주인구, 하천변 저지대, 자연재해 관리지구, 침수흔적, 폭우재해 취약지역 등급, 토지이용, 행정구역도, 항공 사진 등에 대한 SHP양식의 공간정보를 업로드 하고, Geo-Spatial SDK로 구축한 중첩 지도창에서 관심있는 지도를 복수로 선택·비교할 수 있게 하였다. 동시에 관련된 지표에 대해서도 PDF양식으로 작성한 설명자료를 함께 확인할 수 있도록 팝업창을 활성화한 뒤 PDF 뷰어와 HTML 뷰어를 통해 시각화하였다.

그림 4-7 | 도시침수 기초자료



자료: 저자 작성

⑥ 중점관리 대상지역 기술지원

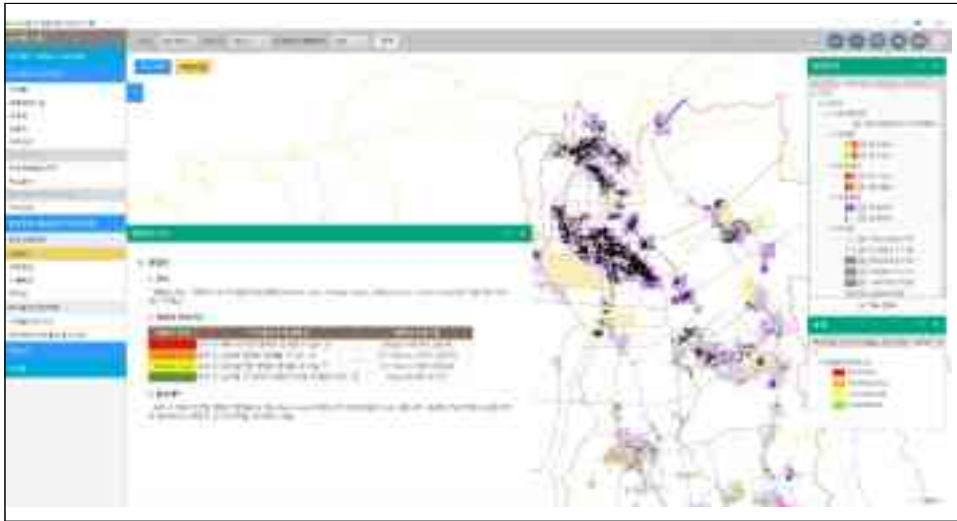
중점관리 대상지역 기술지원 모듈은 해당 지자체의 중점관리 대상지역에 대해서 상세한 위험정보와 방재대책 참고자료를 제공하는 것이 목적이다. 기본화면은 검색 기능

을 통해 시·도, 시·군, 중점관리 대상지역¹⁰⁾을 차례로 선택하면, 해당 지역의 행정구역도가 활성화되고 그 외 지역은 비활성화되도록 정보를 표출하였다. 기술지원 모듈은 ‘상세 위험정보’와 ‘의사결정 참고자료’로 구분하여 개발되었다.

□ 상세 위험정보

중점관리 대상지역 공간범위 내에서 영향권, 재해특성, 노출특성, 취약성 등과 관련된 각종 SHP양식과 GeoTIFF양식의 공간정보를 업로드 하고, Geo-Spatial SDK로 구축한 중첩지도창에서 관심있는 지도를 복수로 선택·비교할 수 있게 하였다. 내수침수에 대해서는 javaFX에서 제공하는 동영상 실행기능을 통해 도시밀집지역에서 침수가 확산되는 과정을 구현하였다. 동시에 관련된 지도의 범례나 설명자료를 함께 확인할 수 있도록 팝업창을 활성화한 뒤 HTML 뷰어를 통해 시각화하였다.

그림 4-8 | 중점관리 대상지역 기술지원 - 상세위험정보



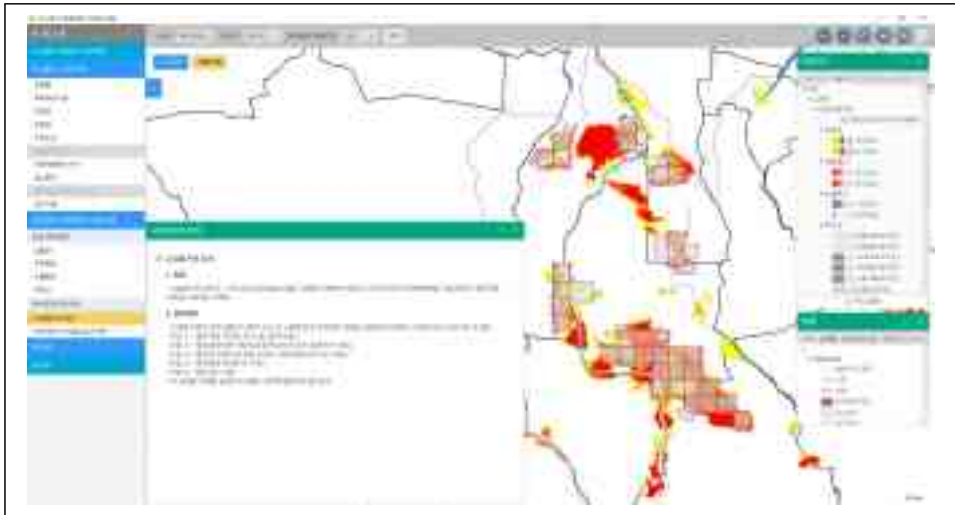
자료: 저자 작성

10) 중점관리 대상지역은 ‘전체’, ‘중점관리 대상지역 1’, ‘중점관리 대상지역 2’ 등의 형식으로 조회

□ 의사결정 참고자료

우선 중점관리 대상지역 내에서 고위험지역의 위치에 대해 SHP양식의 공간정보를 업로드 한 뒤 화면에 표출하고, Geo-Spatial SDK로 구축한 중점지도창에서 관심있는 다른 지도와 함께 선택·비교할 수 있게 하였다. 고위험지역 위치는 격자단위와 필지단위 두 가지로 확인할 수 있게 하였다. 고위험지역에 대한 설명자료도 제공할 수 있도록 팝업창을 활성화한 뒤 HTML 뷰어를 통해 시각화하였다.

그림 4-9 | 중점관리 대상지역 기술지원 - 고위험지역 위치



자료: 저자 작성

또한 방재대책의 의사결정에 도움을 제공할 수 있도록 대책수단 목록표, 대책수단 적정성 판단 질문서, 방재대책 사례집 등 자체 작성한 참고자료를 업로드 한 뒤, HTML 뷰어를 통해 시각화하였다. 저장 버튼을 누르면, 각 자료를 다운로드 할 수 있도록 기능을 구현하였다.

그림 4-10 | 중점관리 대상지역 기술지원 - 의사결정 참고자료



자료: 저자 작성

⑦ 자료실

시스템과 관련된 기술서, 홍보브로셔, 공간정보 원시자료 등의 정보를 제공할 수 있게 하였다. PDF, SHP 등의 양식으로 업로드 하면, HTML 뷰어로 만든 팝업창을 활성화하고, PDF 뷰어로 시각화하거나 저장 버튼을 누르면 원시자료를 다운로드 할 수 있도록 기능을 구현하였다.

그림 4-11 | 자료실 - 기술서



자료: 저자 작성

⑧ 도움말

도움말은 시스템 이용에 필요한 매뉴얼¹¹⁾, 버전정보, 관리자 문의방법 등의 정보를 제공하기 위함이다. PDF양식의 설명자료를 업로드 한 뒤, PDF 뷰어에서 이미지 형태로 표출되도록 하였다.

그림 4-12 | 도움말 - 시스템 매뉴얼



자료: 저자 작성

그림 4-13 | 도움말 - 관리자 문의



자료: 저자 작성

11) 시스템 매뉴얼은 〈부록 7〉 참고

2. 도시침수 예방대책 지원시스템의 검증

1) 기본방향

앞에서 구축한 S/W에 시범사업을 수행하는 제주특별자치도와 부산광역시 대상지역에 대한 DB를 연결시켜 시연한 뒤 시스템의 검증을 시행하고자 하였다. 지자체 담당자, 업계 종사자, 유관분야 전문가 등과 함께 기능 구현의 완결성, 정보의 유용성, 사용자 편의성 등을 논의하고 보완사항을 도출하였다.

2) 방법론

이를 위해 2018년 9월 중에 시범사업 성과발표회¹²⁾를 개최하였다. 2차년도에 정의한 사용자 시나리오에 맞춰 시스템을 시연 후 질의응답, 자유토론 등을 통해 의견을 수렴하였다.

그림 4-14 | 시범사업 성과발표회 전경



자료: 저자촬영(성과발표회: '18.9.12)

12) 2018년 9월 12일 서울역 KTX 1회의실에서 내부 연구진 4인, 외부 연구진 2인, 지자체 담당자 3인, 업계 종사자 3인, 유관기관 전문가 2인이 참석함

성과발표회 이후 연구진을 제외한 성과발표회 참석자 8인을 대상으로 시스템 개발 방향, 시스템 기능구현의 완성도, 시스템 제공 자료의 품질, 시스템의 활용성 등 총 4가지 항목의 설문지¹³⁾를 이용하여 만족도 조사를 실시하였다.

표 4-3 | 만족도 조사의 응답자 구성

구분	응답자(명)	비율(%)
담당 공무원	3	37.5
업계 종사자	3	37.5
유관 전문가	2	25.0
TOTAL	8	100.0

자료: 저자 작성

3) 결과

(1) 성과발표회 주요 논의사항

① 두 지자체에 대한 시범사업 결과

제주특별자치도의 경우, 현재 하천정비를 중심으로 방재대책이 추진되고 있으나 하류의 주거·상업지역의 침수위험을 근본적으로 해결하기 위해서는 시스템의 정보를 활용한 비구조적 대책이 중시되어야 한다고 논의되었다. 도에서 자체적으로 ‘재해취약성 분석’을 현재 진행하고 있는데, ‘도시침수 예방대책 지원시스템’서 제공하는 정보를 토대로 분석결과를 검증하고 방재대책을 적극적으로 발굴할 것을 검토하기로 하였다.

부산광역시의 경우, 온천천 주변지역에 대해 설득력 높게 영향권을 설정하고 위험정보를 구축한 것으로 의견을 청취할 수 있었다. 온천천은 이미 충분히 정비하였지만 지형과 강우 특성 상 여전히 침수 위험이 높기 때문에 ‘도시침수 예방대책 지원시스템’서 제공하는 정보를 토대로 방재대책을 적극적으로 발굴하는 것이 필요하다고 논의되었다. 본 시범사업에서는 온천천 유역을 대상지역으로 선정하였는데, 이 외에도 남구,

13) 만족도 조사에 사용된 설문지는 <부록 3>의 pp.179~183에 첨부함

사하구 등에도 침수위험이 높기 때문에 향후 지자체 차원에서 본 연구에서 사용된 분석 기술을 확대 적용하여 보다 광범위한 공간에 대한 위험정보를 구축하는 것이 중요하다고 논의되었다.

② 도시침수 예방대책 지원시스템 구축 결과

2000년대 초반 수해발생 이후 여러 가지 국가연구개발사업, 학술연구, 기관고유사업 등이 진행되어 왔는데, 각 연구결과가 개발된 시스템에 잘 반영되어 있으며, 실무자나 업계 종사자 수준에서 쉽게 정보에 접근할 수 있을 것으로 판단되었다.

동시에, 과업 이후 여러 가지 사항을 고려하여 지속적인 시스템 고도화를 요청받았다. 첫째, 국가와 지자체의 인식 변화를 위해서는 장래 도시침수 위험이 기후변화로 인해 얼마나 증가되는지를 정량적으로 확인시켜주는 것이 중요하므로, 향후 시스템을 개선할 때에는 확률강우량, 영향권, 위험도 등에 있어서 과거와 미래를 직접적으로 비교할 수 있도록 기능 개발이 필요하다. 둘째, 보호대상시설을 공공문화체육시설, 보건위생시설, 유통 및 공급시설, 환경기초시설 등의 4가지로 한정하고 있는데, 향후 시스템을 개선할 때에는 사용자가 자신의 필요에 따라 다양한 시설을 취사선택하는 기능 개발이 필요하다. 셋째, 시스템에서 제공하는 정보에 대한 근거를 확보한 뒤 중장기적으로 UPIS(Urban Planning Information System, 도시계획 통합 정보서비스)와 연동될 수 있도록 공간정보 표준화 연구도 필요하다.

③ 시스템 활용방안

시스템 활용을 위해서는 재해예방형 도시계획제도의 틀에서 국토연구원의 기술지원과 이를 활용하는 지자체의 의무에 대해 명확히 설정되어야 한다는 의견도 확인할 수 있었다. 도시계획에서 방재대책을 강구하기 위해 재해취약성 분석의 수준을 넘어서는 정밀기술 적용이 필요하나, 지자체가 스스로 해결토록 요구하는 것은 큰 부담이 된다는 점을 알 수 있었다. 중앙정부로부터 별도의 예산 지원이 없기 때문에 최소한의 기술 지원이 이뤄질 때 지자체는 도시계획에 방재대책을 충실히 반영할 수 있을 것이라는

의견도 청취할 수 있었다. 도시침수 예방대책 지원시스템은 도시의 개별공간에 대한 구체적인 위험정보를 제공하기 때문에 방재대책의 설계에도 활용할 수 있다는 의견도 있었다. 도시계획의 검증을 넘어, 도시재생이나 스마트도시에서 활용성을 검토하도록 제안을 받았다. 마지막으로, 다양한 지자체를 대상으로 시스템 DB를 구축하고 이를 적극적으로 활용하기 위해 국토연구원과 엔지니어링 산업과의 협력체계도 필수적으로 이뤄져야 한다는 의견도 있었다.

(2) 만족도 조사 결과

① 시스템 개발 방향

1차년도에 시스템 구축에 앞서 실시한 수요조사와 비교하여 시스템의 기능이 올바르게 개발되었는지 여부를 조사하였으며, 응답자 모두 ‘그렇다’ 또는 ‘매우 그렇다’를 선택하였다.

표 4-4 | 당초 의견을 수렴한 담당자 수요에 맞게 시스템이 개발되었는지 여부

구분	응답자(명)	비율(%)
매우 그렇다	3	37.5
그렇다	5	62.5
보통이다	0	0
그렇지 않다	0	0
매우 그렇지 않다	0	0
TOTAL	8	100.0

자료: 저자 작성

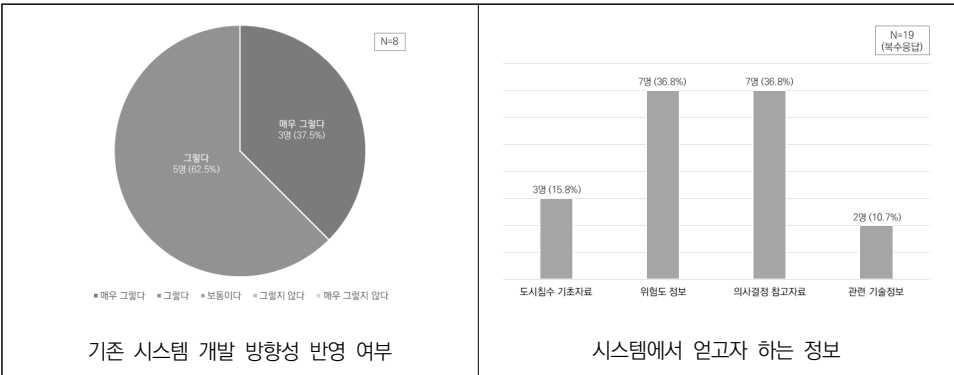
시스템 상 얻고자 하는 정보에 대하여 조사하였으며, 응답자들은 주로 ‘방재계획안을 마련하기 위한 위험정보’ 또는 ‘구체적인 방재대책 의사결정 참고자료’를 선택하였다. 이러한 결과는 ’16년 9월의 수요조사 시에도 도시계획에 직접 활용할 수 있도록 영향권 설정, 위험원인 조사 결과 등 위험정보나 방재계획 대책수단에 높은 관심을 보인 것과 일치한다. 이 외에도 ‘도시침수 기초자료’, ‘관련 기술정보’를 선택한 경우도 있었다.

표 4-5 | 도시계획 시 방재계획을 고려하기 위해, 시스템 상 얻고자 하는 정보 (복수응답)

구분	응답자(명)	비율(%)
도시침수 위험과 관련된 기초자료	3	15.8
해당지역의 방재계획 대책을 마련하기 위한 위험도 관련 정보	7	36.8
도시계획적 차원에서의 구체적인 방재대책 의사결정 참고자료	7	36.8
관련 기술정보	2	10.7
TOTAL	19	100.0

자료: 저자 작성

그림 4-15 | 시스템 개발 방향과 관련된 만족도 조사 결과



자료: 저자 작성

② 시스템 기능구현의 완성도

성과발표회에서의 시연 결과를 토대로 시스템의 형식과 자료 표현방법에 대한 적절성을 조사하였으며, 응답자의 80% 이상이 ‘그렇다’ 또는 ‘매우 그렇다’를 선택하였다. 실무 활용도를 높이기 위해 토지이용 범례 세분화, 침수흔적 발생년도 표기 등의 의견도 제시되었으며, 본 의견을 바탕으로 시스템을 보완하였다.

표 4-6 | 시스템 형식 및 자료 표현방법의 적절성

구분	응답자(명)	비율(%)
매우 그렇다	1	12.5
그렇다	6	75.0
보통이다	1	12.5
그렇지 않다	0	0
매우 그렇지 않다	0	0
TOTAL	8	100.0

자료: 저자 작성

사용자가 시스템에서 제공하는 정보를 이해하는데 수월한지 문의한 결과, 응답자 전원이 ‘그렇다’ 또는 ‘매우 그렇다’를 선택하였다.

표 4-7 | 시스템 제공 정보를 이해하는데 용이성

구분	응답자(명)	비율(%)
매우 그렇다	1	12.5
그렇다	7	87.5
보통이다	0	0
그렇지 않다	0	0
매우 그렇지 않다	0	0
TOTAL	8	100.0

자료: 저자 작성

시스템이 사용자 편의를 고려하여 개발되었는지 문의한 결과, 응답자의 80% 이상이 ‘그렇다’ 또는 ‘매우 그렇다’를 선택하였다. ‘보통이다’를 선택한 경우도 2건이 있었다. 14)

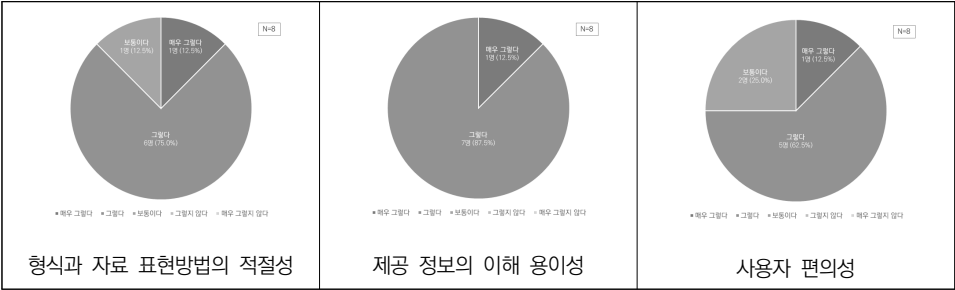
14) 시스템을 더 이상 단순화시킨다면 다양한 사용자 시나리오를 충족시키기 곤란하다고 판단되었으며, 대안으로 향후 작성될 사용자 매뉴얼에 시스템의 활용방법을 가능한 쉽게 기술하기로 함

표 4-8 | 사용자 편의성 고려 여부

구분	응답자(명)	비율(%)
매우 그렇다	1	12.5
그렇다	5	62.5
보통이다	2	25.0
그렇지 않다	0	0
매우 그렇지 않다	0	0
TOTAL	8	100.0

자료: 저자 작성

그림 4-16 | 기능구현의 완성도와 관련된 만족도 조사 결과



자료: 저자 작성

③ 시스템에서 제공하는 자료의 품질

시스템에서 제공하는 자료의 종류가 적절한지 여부를 조사한 결과, 응답자의 대부분이 ‘그렇다’와 ‘매우 그렇다’를 선택하였다. 그럼에도 불구하고 보호대상시설 종류의 변경, 의사결정 지원 기능의 강화, 보다 정교한 도시침수 해석모형 적용 등의 의견도 제안되었다. 만족도 조사에서 제안된 위의 사항은 본 연구의 범위를 넘어서기 때문에 당장 반영할 수 없으나 그 필요성이 인식되며 향후 시스템의 고도화 단계에서 <표 4-9>와 같이 중시하기로 하였다.

표 4-9 | 제안사항에 대한 향후 시스템 고도화 방향

제안사항	연구진 의견
보호대상 시설의 종류 변경	- 침수로 인해 기능의 장애가 발생하면 사회적으로 피해가 크게 확대될 수 있는 시설이라는 의미로서 본 연구에서는 1차년도에 문헌연구를 토대로 유통·공급시설, 공공문화체육시설, 보건위생시설, 환경 기초시설로 그 범위를 한정함 - 그러나 침수로 기능의 장애가 발생할 수 있으며 도시기능 유지에 중요한 시설은 위 범위 외에도 다양하게 존재할 수 있으며 해당지역의 주거생활이나 경제활동 방식에 따라 달라질 수 있을 것임 - 반대로 위의 범위에 포함되는 모든 시설이 반드시 침수되었을 때 상당한 피해를 야기하는 것도 아니며, 이 또한 지역의 특성에 따라 달라질 수 있을 것임 - 따라서 향후에 시스템의 고도화 단계에서는 보호대상시설 종류를 사용자가 취사선택할 수 있는 기능을 구현하는 것은 시스템의 실용적인 측면에서 중요하다고 볼 수 있음
의사결정 기능의 강화	- 본 연구는 시스템을 통해 침수 영향권의 범위, 개별 공간의 위험크기, 투자나 규제가 필요한 곳(고위험 지역)의 위치, 이곳의 위험원인, 방재대책 수단의 목록표, 방재대책을 결정할 때의 주안점(질문서로 제공) 등을 제공하면 사용자가 충분히 방재대책을 발굴할 수 있을 것으로 예상되었고 시범사업을 통해 사례분석을 하며 이를 실증함 - 그럼에도 불구하고 방재분야에서 자동화, 최적화, 인공 지능화 등의 가치가 점차 중시되고 있으므로 향후에는 소위 '전문가 시스템'으로 발전시킬 필요도 있을 것임 - 예를 들어, 이미 수행된 연구결과를 활용하면, 시스템 상에서 사용자가 선호하는 대책수단을 단수 또는 복수로 선택하고, 공간 시뮬레이션을 통해 이 대책수단의 적합도를 평가하는 기능을 구현하는 것은 기술적으로 전혀 힘든 것이 아님 - 단지, 창의성과 가치조율이 중요한 도시계획 분야에서 최적화로 도출한 방재대책 수단을 채택할 수 있는가 그리고 그것이 바람직한가의 문제라 할 수 있으며 시스템의 사용자마다 의견이 다를 수 있다고 판단됨
보다 정교한 침수해석 실시	- 본 연구는 향후 정보구축사업의 효율성과 직결된 문제로 보고, 1차년도에서 침수해석 방법을 결정할 때 신뢰성이 크게 저하되지 않는 수준에서 얼마나 자료수집과 모형구축의 부담을 줄일 것인지에 초점을 맞추었으며, 이로 인해 학술적으로 개발한 정교한 모형에 의존하기 보다는, 실무에서 적용하는 모형과 기법을 연계하고 단순화하여 침수해석을 실시함 - 단지, 기후변화 조건에서 재현기간 100년과 30년에 해당되는 하천 상류지점의 극단적인 홍수량을 산정해야 하기 때문에 해당하천의 기본계획에 제시된 강우-유출 관계식을 외삽하여 추정하는 현재의 방법 보다는 HEC-HMS 등의 강우-유출모형을 활용해 유역 반응을 물리적으로 모의하는 것은 결과의 신뢰성을 높이는 데 큰 도움이 될 것으로 판단됨

자료: 저자 작성

표 4-10 | 시스템에서 제공하는 자료 종류의 적절성

구분	응답자(명)	비율(%)
매우 그렇다	2	25.0
그렇다	5	62.5
보통이다	1	12.5
그렇지 않다	0	0
매우 그렇지 않다	0	0
TOTAL	8	100.0

자료: 저자 작성

시스템에서 제공하는 자료 품질이 만족스러운지를 문의한 결과, 다수의 응답자가 ‘그렇다’ 또는 ‘매우 그렇다’를 선택하였다.

표 4-11 | 시스템에서 제공하는 자료 품질의 만족도

구분	응답자(명)	비율(%)
매우 그렇다	2	25.0
그렇다	4	50.0
보통이다	2	25.0
그렇지 않다	0	0
매우 그렇지 않다	0	0
TOTAL	8	100.0

자료: 저자 작성

‘보통이다’를 선택한 경우도 2건이 있는데 다음 두 가지 사항을 우려하였다. 첫째, 사용된 자료와 분석방법이 다르므로 침수 영향권이 재해취약성 분석으로 파악된 재해 취약지역에 포함되지 않는 등 두 가지 분석방법의 결과가 서로 불일치 할 가능성이 제기되었다. 침수 영향권은 실제 피해이력을 반영하고 있으며 보다 정밀한 분석을 통해 결정된 공간범위이므로 향후 국토연구원이 중점관리 대상지역을 포함한 지자체의 재해 취약성 분석을 검증할 때 침수 영향권에 포함된 지역은 재해취약지역으로 변경하도록 제안하기로 하였다. 둘째, 위험정보는 기후, 수문, 인구, 도시개발 등 동적변수에 따라 변하기 때문에 모니터링과 최신자료 활용을 통해 지속적으로 갱신되어야 한다는 의견도 제기되었다. 이에 대해서는 시스템의 관리자는 재해취약성 분석의 주기에 맞춰 위험정보도 동시에 갱신하는 노력이 필요할 것으로 판단된다.¹⁵⁾

15) 제5장의 ‘1. (정책제언①) 재해예방형 도시계획제도의 실효성 강화를 위한 정부의 기술지원 체계화’에서 국가차원에서 중점관리 대상지역을 상시적으로 선정하고, 이러한 지역을 포함한 지자체가 이듬해에 재해취약성 분석을 하는 지를 파악한 뒤 이 기간에 맞춰 검증기관에서 위험정보를 갱신하게 하는 방안을 제안함

그림 4-17 | 자료의 품질과 관련된 만족도 조사 결과



자료: 저자 작성

④ 시스템의 활용성

각자의 업무에서 시스템에서 제공하는 자료의 활용성도 전반적으로 높은 것으로 조사되었으나, 자료마다 응답 차이는 다소 발견되었다. 도시침수 위험도 프로파일의 경우, 모든 응답자가 ‘높음’ 또는 ‘매우 높음’을 선택함으로써 사용자 수요가 높은 것을 알 수 있다. 도시침수 기초자료 중에서는 재해발생 또는 피해와 직접적인 자료(거주인구, 자연재해관리지구, 침수흔적, 폭우재해 취약지역 등급 등)에 대해서는 대부분의 응답자가 활용도가 높다고 응답한 반면, 재해발생지역과 함께 비교하거나 지도상의 위치를 파악할 때 사용되는 자료(건축물, 보호대상시설, 하천망, 도로망, 토지이용 등)에 대해서는 활용도가 낮다는 응답한 경우도 있었다.¹⁶⁾ 중점관리 대상지역 기술지원의 경우, 응답자의 다수가 활용도가 높다고 응답하였는데, 특히 고위험지역 위치, 영향권 지도, 재해특성 지도 등에 대한 활용도가 특별히 높은 것으로 나타난다.¹⁷⁾

16) 하지만 활용성이 높다고 응답한 경우가 더 많으므로 별도로 시스템을 수정·보완하지 않음

17) 1차년도 시스템의 수요조사에서도 담당자, 업계 종사자, 전문가들이 이러한 자료의 중요성을 강조한 바 있었는데, 금회 만족도 조사에서는 실제 개발된 자료가 이들의 수요를 충족시킬 수 있다는 점을 확인함

그림 4-18 | 시스템 제공하는 각 자료의 업무 수행 시 활용성



자료: 자자 작성

도시침수의 위험정도를 판단하려는 구체적인 목적을 달성할 수 있을 지에 대해서는 모든 응답자가 시스템의 활용성을 높게 평가하였다.

표 4-12 | 도시침수 위험정도를 판단하는데 시스템 활용성

구분	응답자(명)	비율(%)
매우 그렇다	2	25.0
그렇다	6	75.0
보통이다	0	0
그렇지 않다	0	0
매우 그렇지 않다	0	0
TOTAL	8	100.0

자료: 저자 작성

위험지역의 방재대책을 수립하는 구체적인 목적에 대해서도 대부분의 응답자가 활용성이 높다고 판단하였다. 단지, 시스템이 특정공간에 최적화된 방재대책 수단을 직접 결정하지는 않기 때문에 ‘보통이다’를 선택한 응답자도 1명 있었다. 향후 시스템 보급 단계에서 교육 및 역량강화 프로그램을 실시하여 방재대책 수단을 발굴하기 위해 시스템에서 제공하는 방재대책 참고자료를 어떻게 활용되는지를 사례집을 토대로 설명하는 것이 중요하다고 판단된다.

표 4-13 | 위험지역 방재대책 수립 시 시스템 활용정도

구분	응답자(명)	비율(%)
매우 그렇다	3	37.5
그렇다	4	50.0
보통이다	1	12.5
그렇지 않다	0	0
매우 그렇지 않다	0	0
TOTAL	8	100.0

자료: 저자 작성

최종적으로 시스템의 필요성을 조사한 결과, 응답자 모두 ‘그렇다’ 또는 ‘매우 그렇다’를 선택하여 향후 국가차원에서 운영할 당위성을 예상할 수 있었다. 또한 응답자의 다수가 시스템을 타 부서나 타 기관에 추천할 의향이 있는 것으로 확인되었다.

표 4-14 | 시스템 필요성

구분	응답자(명)	비율(%)
매우 그렇다	3	37.5
그렇다	5	62.5
보통이다	0	0
그렇지 않다	0	0
매우 그렇지 않다	0	0
TOTAL	8	100.0

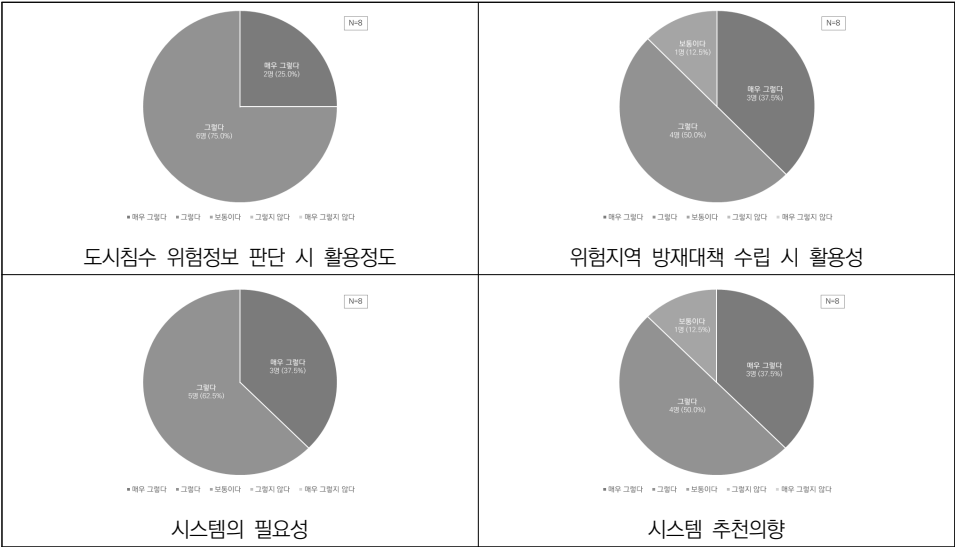
자료: 저자 작성

표 4-15 | 타부서 및 타기관에 추천의향

구분	응답자(명)	비율(%)
매우 그렇다	3	37.5
그렇다	4	50.0
보통이다	1	12.5
그렇지 않다	0	0
매우 그렇지 않다	0	0
TOTAL	8	100.0

자료: 저자 작성

그림 4-19 | 시스템 활용과 관련된 만족도 조사 결과



자료: 저자 작성



CHAPTER 5

정책제언과 활용방안

1. 정책제언 | 125

2. 활용방안 | 130

정책제언과 활용방안

본 장에서는 도시침수 예방대책 지원시스템을 활용하여 재해예방형 도시계획 제도를 강화하고 방재대책을 원활하게 추진하기 위해 필요한 전략을 제시하였다,

□ 1차년도 결과

- 향후 시스템의 안정적인 운영과 활발한 사용을 위해 주체별 역할분담을 강조
 - 중앙정부 : 시스템의 운영을 뒷받침하는 법적·제도적 지원과 자료공유
 - 지자체 : 현장에서 시스템의 적극적 활용을 지원·촉진
 - 전문연구기관 : 지자체 자문역할 외에도, 시스템 운영대행의 주체가 되어 자료관리, 요소기술 개발, 요구사항 검토, 정책자료 발간, 모니터링 등을 수행
- 시스템의 활용방향을 크게 두 가지로 구분하여 제안함
 - 시스템의 활용을 공식화·제도화해야 하며, 특히, 도시계획과 관련된 지침(재해취약성 분석 지침)에 우선적으로 반영할 것을 제안
 - 정부 소관부처에서 특별재난지역으로 선포된 지역을 대상으로 선도사업을 추진하여 도시침수의 위험이 높은 지역을 일제 정비하는데 시스템을 활용

□ 2차년도 결과

- 시스템의 활용을 위한 단기 정책방안으로서 시스템 활용성에 대한 현장검증이 이뤄지도록 3차년도 연구기간 내 지자체와 시범사업을 실시할 것을 제안
 - 도시침수에 대한 재해예방형 도시계획 수립의 시급성이 높은 지자체를 대상으로 수요조사를 실시하였으며, 그 결과 부산광역시와 제주특별자치도를 선정함
- 시스템의 활용을 위한 중기 정책방안으로서, 재해취약성 분석의 검증기관으로 지정된 전문연구기관이 정밀분석 기능을 갖춘 시스템을 활용해 지자체 자문역할을 담당하도록 관련 지침의 개정안을 제시
- 장기 정책방안으로서 중앙정부, 지자체, 전문연구기관 간의 협력체계 하에서 정기적으로 지자체 수요조사와 시스템 기반의 기술자문이 이뤄져야 함을 강조
 - 이를 위한 시스템의 운영 및 유지관리, 예산조달, 연구개발 등의 방향을 제안

□ 3차년도 연구대상

- 국토계획 및 이용에 관한 법률에 의거하여 도시방재의 수단을 정의하고 있는 ‘도시 기후변화 재해취약성분석 및 활용에 관한 지침’을 중심으로 본 연구에서 개발한 시스템의 운영과 활용 전략을 제시
 - 추가적으로 도시재생 활성화 및 지원에 관한 특별법에 의거하여 쇠퇴도시의 활성화를 위해 추진하고 있는 도시재생사업에서의 활용방향도 검토
- 특히, 시스템의 운영과 활용을 위해 다음 네 가지 사항에 대한 전략이 중요
 - (정책제언①)재해예방형 도시계획제도의 실효성 강화를 위한 정부의 기술 지원 체계화
 - (정책제언②)도시방재 기술역량의 지속적 고도화
 - (활용방안①)수요자 맞춤형 도시방재 정보서비스 제공
 - (활용방안②)안전도시 조성을 위한 도시재생사업에서의 활용

그림 5-1 | 종합적인 시스템의 운영 및 활용 전략



자료: 저자 작성

1. 정책제언

1) 재해예방형 도시계획제도의 실효성 강화를 위한 정부의 기술지원 체계화

(1) 현황

기후변화 영향과 하천변 저지대, 산지 연접부 등 취약지역의 개발로 인해 홍수, 산사태 등의 재해위험이 증가되고 있어 국토·도시 차원의 근본적인 대응책이 강조된다. 전국적인 도시침수 피해 증가에 대응하고 국토·도시차원의 기후변화 적응을 위해 국토계획법 제20조 및 제27조를 개정('15년 1월 시행)하여 도시계획을 수립하거나 변경할 때 사전조사의 일환으로 폭우 등 재해에 대한 취약성 분석을 의무화 하였다. 하지만 개발계획의 주체인 지자체 도시계획 담당부서 담당자들의 전문성과 거리가 먼 재해 관련 정보를 구축하게 하고, 개발을 억제하게 되는 방재대책을 수립하도록 요구하고 있어 현 재해예방형 도시계획제도는 실효성이 다소 부족한 것이 사실이다. 오히려 현 제도는 재해취약성 분석 단계에서 안전한 것으로 등급을 조정하여 개발의 당위성을 얻는 용도로 악용될 우려도 있다고 할 수 있다. 지자체 단위로 이뤄지는 본 제도의 실효성을 강화하기 위해서는 국가차원에서 재해 위험정보를 구축하고 방재대책의 근거자료를 제공하는 등의 기술지원이 필요하다.

도시계획 차원에서 방재대책을 검토할 때 재해취약성 분석 자료에 의존해야 하는 현실적인 문제도 해결해야 할 것이다.¹⁾ 재해취약성 분석은 행정구역 전체공간을 대상으로 다양한 재해를 개략적으로 진단하는 수단으로 개발되었다. 실제 도시방재를 위해 토지이용, 계획시설, 건축물 등에 있어서 규제나 사업을 추진하는데 많은 예산과 행정력이 투입되고 경우에 따라서 지역주민의 동의를 필요로 한다. 따라서 방재대책을 발굴할 때 보다 신뢰성 높은 위험정보와 합리적인 대책추진의 근거자료를 필요로 한다.

1) 연구도입에서 설명한 바와 같이 행정안전부에서도 풍수해저감종합계획을 도시계획에 연동하도록 자연재해대책법 제16조를 개정('16년 1월 시행)하였으나, 기후변화의 영향 미 고려, 위험분석 시 도시계획 구성요소 미 반영, 방재시설과 대피시설 위주의 대책수단 선정 등의 이유로 인해 풍수해저감종합계획에서 얻을 수 있는 위험정보가 도시계획 차원의 방재대책을 발굴하는 데에 크게 유용하다고 보기 힘들

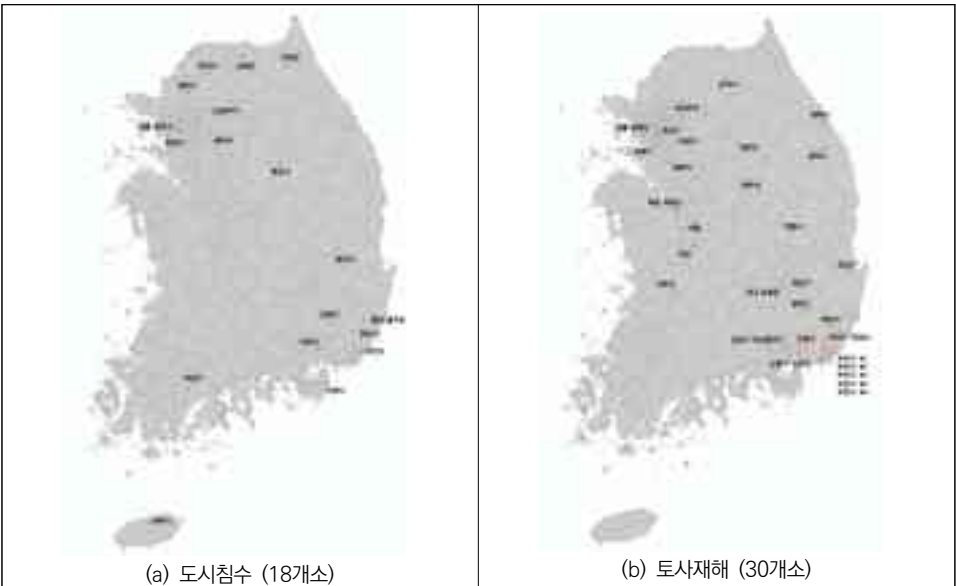
(2) 추진전략

위 문제를 해소하기 위해 일본, 프랑스, 스위스 등 도시방재분야 선도국가는 도시방재 업무를 기초단체에게만 지우기보다, 중앙정부 또는 광역단체가 전문연구기관을 참여시켜 신뢰성 높은 재해 위험정보를 쉽게 접근할 수 있게 기술지원을 담당하고 있다 (이상은 외, 2016). 마찬가지로 정부에서 목적 지향적으로 시스템을 운영하여 지자체의 재해취약성 분석 결과를 검증할 수 있게 정확도 높은 위험정보를 생산하고, 지자체의 방재대책 발굴에 실질적인 도움을 제공하는 방향을 제안한다.

첫 번째 전략으로 시스템에서 제공하는 정보를 검토·반영하는 것을 지자체의 재해취약성 분석 절차의 일부로 포함시키고 방재대책을 마련해야 할 지자체 책임도 강화하는 방안을 검토할 수 있을 것이다. 이를 위해서는 먼저 국토교통부에서 각 재해별로 피해 발생 추이를 주기적으로 검토하여 중점관리 대상지역을 선정·공고해야 할 것이다. 특정 지자체가 중점관리 대상지역을 포함하고 있을 경우 재해 취약성 분석단계에서 시스템 정보를 이용하여 구체적인 방재대책을 발굴하게 하고, 그 결과를 도시계획에 의무적으로 반영하게 하는 방안을 제안한다. 즉, 지자체 마다 재해의 피해여건이 상이한 점을 감안할 때 모든 지자체에 대해 위험정보를 구축해주고 방재대책의 참고자료를 제공하는 것은 상당히 비효율적인 전략이라 판단된다.

두 번째 전략으로 국토교통부 도시재생과에서 매년 하반기에 수요조사를 실시한 뒤 이듬해 기술지원 대상 지자체를 파악하는 방안을 검토할 수 있을 것이다. 이듬해 재해 취약성 분석을 계획하고 있는 지자체 가운데 중점관리 대상지역을 포함하는 지자체를 파악한 뒤 기술지원 사업을 추진하기 위한 예산, 일정 등을 협의해야 할 것이다.

그림 5-2 | 국토연구원의 중점관리 대상지역 선정의 예시



자료: 도시침수의 경우 이상은 외(2017a)의 자료를, 토사재해의 경우 문용희 외(2016)의 자료를 활용

표 5-1 | 국토연구원의 중점관리 대상지역 선정의 예시

	도시침수	토사재해
총 계	18개소	30개소
서울	1개소 (관악구 일대)	1개소 (서초구 우면산)
부산	1개소 (동래구·금정구·연제구 일대)	6개소 (북구 백양산 일대)
대구	-	1개소 (달성군 일대)
인천	-	-
광주	-	-
대전	-	1개소 (중구 일대)
울산	1개소 (울주군 일대)	-
세종	-	2개소 (괴화산, 반곡동)
경기	5개소 (광명시, 광주시 일대)	5개소 (과천시, 성남시 일대)
강원	2개소 (인제군, 화천군)	4개소 (춘천시, 원주시 일대)
충북	1개소 (제천시 일대)	1개소 (충주시 일대)
충남	-	-
전북	-	1개소 (완산구 일대)
전남	1개소 (화순군 일대)	-
경북	1개소 (영천시 일대)	3개소 (포항시, 안동시 일대)
경남	4개소 (창원시, 밀양시 일대)	5개소 (창원시, 김해시 일대)
제주	1개소 (제주시 일대)	-

자료: 도시침수의 경우 이상은 외(2017a)의 자료를, 토사재해의 경우 문용희 외(2016)의 자료를 활용

2) 도시방재 기술역량의 지속적 고도화

(1) 현황

2012년도에 국토교통부는 기후변화 등으로 급증하는 재해피해의 근본적인 대책을 위해 재해예방형 도시계획을 강조하면서 동시에 국토연구원에 국가도시방재센터(現 도시방재·수자원연구센터)를 설립해 기술역량을 확충하려는 전략을 이미 마련한 바 있다. 당시 국가도시방재연구센터(2013)는 “재해를 과학적으로 시뮬레이션하여 재해취약지역을 도출하고, 지역특성을 고려한 도시설계기법의 효과를 분석할 수 있는 시스템을 구축하여 중앙정부 및 지자체를 지원”하기로 하였다. 그 동안 국토공간자료의 중첩방식으로 재해취약성 분석의 방법을 개발하였으며, 지자체 대상으로 방법론의 컨설팅을 제공하고 매뉴얼을 보급하는 역할을 주로 담당해 오고 있다. 동시에 일단 지자체가 재해취약성 분석을 통해 재해취약지역을 선정하면 그 결과에 대한 정밀검증, 상세위험정보, 대책수립방향 등을 제공할 수 있도록 국토교통부와 함께 기술역량도 확보해 왔다(<표 5-2> 참고).

표 5-2 | 국토연구원의 방재분야 최근 기술역량 확보 현황

- 도시침수에 대한 기술역량 확보 현황
 - 국토교통부·KAIA 연구개발사업('11.12~'15.6), 국토연구원 일반사업('16.1~'18.12) 등을 통해 도시침수에 대한 상세 위험정보 생산이 가능토록 시스템 개발 완료
 - 국토교통부와 함께 제주특별자치도와 부산광역시를 대상으로 시범사업을 진행해 시스템의 현장성을 확인
- 토사재해에 대한 기술역량 확보 현황
 - '17년 12월까지 국토교통부·KAIA 연구개발사업을 통해 토석류 유동해석, 도시지역 방재대책수단, 정보 시스템 설계 등 기초연구를 수행

자료: 저자 작성

센터 설립 이후 당초 전략에 따라 위의 기술역량을 확보하였으나, 이 기술역량을 활용할 근거는 재해예방형 도시계획 제도에서 명확히 정의되어 있지는 않다. ‘도시 기후변화 재해취약성분석 및 활용에 관한 지침’에 따르면 국토연구원은 재해취약성 분석의 검증기관으로 정하고 있으며, 검증기관은 재해취약성 분석 결과의 검증, 재해예방형 도시계획의 자문, 교육·지원, 연구수행 등의 역할이 주어진다. 즉, 국토교통부 또는 지자체의 의뢰를 받아 지자체를 대상으로 분석결과를 검증하고 방재대책을 제안하

는 것은 현 지침에 주어진 역할이라고 할 수 있다. 이러한 역할을 수행하기 위해 기술 정보를 구축·제공할 수 있도록 도시침수 예방대책 지원시스템과 같은 기술기반을 필수적으로 운영해야 하나, 이에 대한 지침상의 근거는 불분명한 상황이다.

(2) 추진전략

위 문제를 해소하기 위해 지침 상에 근거를 확보한 뒤 도시침수 예방대책 지원시스템 운영을 우선적으로 착수하고, 산사태, 해일, 폭염 등에 대해서 정보 서비스를 점진적으로 확대하는 방향을 제안한다.²⁾

첫 번째 전략으로, 검증기관으로서 국토연구원의 역할에 ‘재해취약성 분석 결과의 검증과 방재대책 자문을 위한 시스템의 운영’을 추가하는 방안을 검토할 수 있을 것이다. 아울러 지침에 ‘시스템’에 대한 항목을 신설한 뒤 시스템의 목적, 정보 서비스 범위, 유지관리 및 운영의 책임, 소요재원의 확보 등을 명시할 필요가 있다.

두 번째 전략으로 시스템 운영에 소요되는 비용에 대해 다음과 같이 분담할 것을 제안한다. 국토교통부는 매년 3~5개 지자체를 대상으로 하는 기술지원을 하도록 연구용역을 실시하고 (이를 위해 지침에서 시스템의 안정적 운영을 위해 시스템의 자료구축, 유지관리 등으로 소요되는 국토연구원의 비용을 지급할 수 있음을 명시) 타 재해에 대해 시스템을 확대할 수 있도록³⁾ KAIA 연구개발사업의 기획을 추진하는 방안을 검토할 수 있을 것이다. 지자체는 현재와 같이 재해취약성 분석을 위한 검증 수수료만을 부담하는 게 적절하다고 판단된다. 대신, 국토연구원은 지자체 기술지원에 필요한 DB를 구축하고 시스템의 고도화를 전개할 수 있도록 전담인력을 지정할 필요가 있다.

2) 중장기적으로 도시침수 예방대책 지원시스템을 이른바 도시지역 재해예방 지원시스템으로 확대·통합이 필요

3) 특히, 타 재해에 비해 산사태와 해일에 대해서는 시스템 구축이 상대적으로 시급한 것으로 판단됨. 산사태의 경우 일부 지자체는 도시공간 부족으로 집중호우에 취약한 산지 하단까지 주거시설, 사회복지시설, 발전시설 등이 진입하여 산지부와 도심부의 경계가 불분명해지고 있으며, 산림청에서 수많은 사방시설을 설치하고 있지만 토석류 발생 예측의 어려움 등으로 완벽하게 대응하기 곤란한 실정임. 기존에 학술연구 차원(예로서, 2012~2017 도심지 토사재해 통합관리기술 개발 연구단)에서 여러 가지 분석기술을 개발한 바 있기 때문에 우수기술 선별, 기술 고도화, 실용화, 시범사업 실시 등의 과정을 통해 단기간에 시스템 확보가 가능할 것으로 예상됨. 해일의 경우에도 현재는 위험평가와 방재대책의 기준이 불분명해 연안 저지대는 해일 내습의 위험에 크게 노출되어 있는데, 행정안전부에서도 방파제 건설, 배수 유출구 정비 등 구조적 대책을 시행하는 데 집중하고 있음. 해일피해가 크어도 불구하고 관련 원천기술이 부족해 연구개발사업의 필요성이 높은 것으로 판단됨

2. 활용방안

1) 수요자 맞춤형 도시방재 정보서비스 제공

(1) 현황

지자체가 재해취약성 분석이 완료되면, 국토연구원은 검증기관으로서 매뉴얼을 기준으로 기초자료의 입력, 변환, 추출 등을 확인하고, 임의 등급조정의 적절성을 판단하고 있다. 즉, 재해취약성 분석에 사용된 자료처리 방법은 확인되고 있지만, 분석 결과가 타당한 지 여부에 대해서는 검토하고 있지 않은 상황이다. 지자체는 재해취약성 분석을 도시계획의 형식 절차로서 수행할 뿐, 그 결과를 토대로 도시계획에 구체적인 방재대책을 반영하고 있지 않다. 즉, 지자체의 재해취약성 분석 보고서에도 방재대책의 방향을 일반론적으로 소개할 뿐, 현장특성을 고려하여 적절한 방재대책을 발굴·조사하지 않고 있는 것이다.

(2) 추진전략

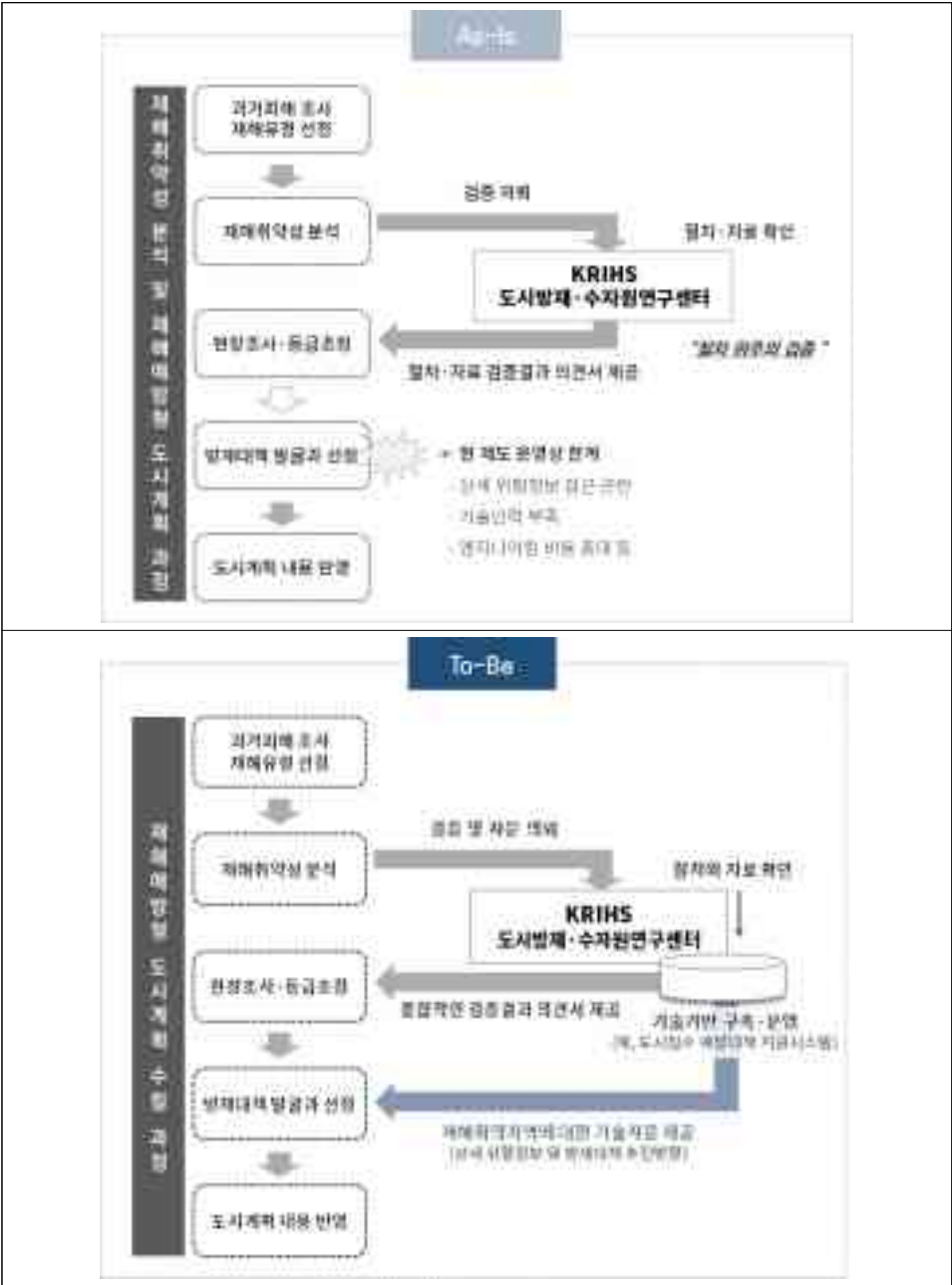
국토연구원이 지자체 수요에 맞춰 방재대책에 필요한 다양한 공간정보를 구축한 뒤 시스템을 통해 전달하는 방향을 제안한다. 이를 위한 전략으로 중점관리 대상지역을 포함한 지자체가 재해취약성 분석 결과를 검증하는 시점에 맞춰 이전 3개월 동안 중점관리 대상지역에 대한 위험정보를 구축한 뒤 <표 5-3>과 같은 정보 서비스를 제공하는 방안을 검토할 수 있을 것이다. 이때 국토연구원은 <그림 5-3>과 같이 검증결과 의견서와 함께 해당 지자체 담당자가 시스템에 접근할 수 있도록 원격 접속계정을 발급·제공해야 할 것이다. 또한 개인 재산권 침해와 민원 발생소지를 최소화할 수 있도록 관할지역의 정보만을 접근할 수 있게 하여야 한다.

표 5-3 | 시스템의 주요 정보 서비스

• 재해별 피해이력	• 재해별 중점관리 대상지역 위치
• 재해별 영향권 지도	• 재해별 상세위험주제도
• 재해별 고위험지역 위치 정보	• 방재대책 추진방향

자료: 저자 작성

그림 5-3 | 시스템을 매개로 한 정보 서비스 전략 모식도



자료: 저자 작성

2) 안전도시 조성을 위한 도시재생사업에서의 활용

(1) 현황

도시재생 활성화 및 지원에 관한 특별법에 근거하여 낙후된 구도시를 대상으로 물리적 정비와 사회적·경제적 재활성화를 위한 관련 계획을 수립하고 사업을 시행하고 있다. 먼저 도시재생전략계획 단계에서 기초조사, 여건분석 등을 통해 활성화지역을 선정하고 있다. 기초조사 항목의 토지이용에서는 방향을 설정할 때 상습침수구역, 산사태 발생구역 등을 조사하여 도시재생에 도시의 재해위험요소도 고려하도록 정하고 있다. 여건분석에서도 상습침수구역, 산사태 발생구역 등 재해위험을 정성적으로 분석하도록 명시하고 있다. 도시재생활성화지역 지정기준에서는 전략적으로 정비와 개선이 필요한 지역 중 하나로 재해위험이 높은 지역도 고려하도록 권장하고 있다.

그러나 실제 활성화지역을 지정할 때에는 크게 도시경제기반형과 근린재생형으로 구분하여 다음과 같이 선정되고 있다. 도시경제기반형 도시재생활성화지역은 경제회복 효과가 큰 핵심시설 등의 정비 및 개발과 연계하고, 복합적 개발사업 등을 통해 도시에 새로운 기능부여 및 고용기반 창출이 가능한 지역을 의미한다. 근린재생형 도시재생활성화지역은 쇠퇴 구도심 및 중심 시가지 등 활성화가 필요한 지역과 생활여건이 열악한 노후·불량 근린 주거지역을 의미한다. 즉, 재해위험 해소의 필요성은 활성화지역을 선정할 때 참고만 된다고 볼 수 있다.

이와는 별도로 2018년 초에 발생한 포항 지진을 계기로 동 법률을 개정하여 특별재생지역 관련된 내용을 신설한 바 있다. 특별재생지역은 재난 및 안전관리 기본법에 따라 특별재난지역으로 선포⁴⁾된 지역을 대상으로 피해복구 차원에서 주택 및 기반시설 정비, 재난 예방 및 대응, 주민의 심리적 안정 및 지역공동체 활성화를 목표로 지정된다. 특별재생지역으로 지정되면 <표 5-4>와 같이 도시재생활성화계획 수립의 필수항목과 함께 특별재생에 특화된 항목을 반영하여 특별재생계획을 수립하도록 되어 있다.

4) 재난이 발생하여 국가의 안녕 및 사회질서의 유지에 중대한 영향을 미치거나 피해를 효과적으로 수습하기 위하여 특별한 조치가 필요하다고 인정될 때 중앙대책본부장은 대통령에게 특별재난지역 선포를 건의할 수 있음

표 5-4 | 특별재생계획에 포함되는 항목

〈도시재생활성화계획의 필수 항목〉 - 법 제19조제3항	〈특별재생계획의 필수 항목〉 - 법 제36조제3항
• 계획의 목표 • 도시재생사업의 계획 및 파급효과 • 도시재생기반시설 설치·정비에 관한 계획 • 공공 및 민간 자원 조달계획 • 예산 집행 계획 • 도시재생사업의 평가 및 점검 계획 • 법 제23조에 따른 행위제한이 적용되는 지역 • 그 밖에 대통령령으로 정하는 사항	• 피해지역 주택의 정비 및 공급 계획 • 방재시설 등 기반시설 정비 및 공급 계획 • 주민의 심리적 안정 대책 및 안전·복지 등에 관한 지역공동체 활성화 계획

자료: 국가법령정보센터

먼저 도시재생전략계획의 따라 도시지역의 재해위험을 해소하는 데에는 다음의 한계가 있는 것으로 판단된다. 기초조사로 재해위험을 파악하고 재해위험이 높은 지역을 활성화지역으로 지정하도록 권장하지만, 실제 재해위험이 높은 사유로 활성화지역을 선정하기 힘들다. 만일 재해위험이 높다는 사유로 활성화지역으로 선정하려고 해도 도시경제기반형과 근린재생형 중에 어느 유형으로 포함시켜 어떤 특화계획을 수립해야 할지 불분명하게 된다. 물론 재해에 초점을 둔 특별재생계획을 수립할 수 있지만, 특별재생지역은 100억원 규모 이상의 피해가 이미 발생한 특별재난지역을 대상으로 선정하고 있으므로 특별재생계획은 방재측면에서 사전예방이 아닌, 사후복구의 수단이라 할 수 있다.

낙후된 기존도시는 과거 시설물의 설계기준 미흡과 유지·보수 소홀로 인한 노후화가 심해 재해 취약성이 빠르게 증가되고 있으므로 도시재생사업과 함께 위험을 선제적으로 저감하기 위한 대책이 시급하다고 판단된다.

(2) 추진전략

이에 도시재생전략계획 수립 시 재해예방을 목적으로 한 사업의 공간범위, 주택정비 대상, 기반시설 정비·공급 대상 등을 결정하는 데에 본 시스템 활용하는 방향을 제안한다. 장기적으로는 재해에 대한 사전예방까지 고려할 수 있도록 재해예방형 도시재생활

성화지역이라는 유형을 추가할 필요가 있을 것이다. 아울러 최근 신설된 특별재생지역은 사후복구와 지원에 초점을 맞추고 있으므로 장래에는 재해예방형 도시재생활성화 지역에 통합하여 정비사업을 추진하는 것이 적절하다고 판단된다.

이를 위한 첫 번째 전략은 도시재생전략계획 수립 가이드라인을 개정하여 도시침수 여건분석을 강화하는 것이다. 계획 수립 시 본 시스템에서 선정한 중점관리 대상지역을 포함하고 있다면, 여건분석 단계에서 공간구조 항목 내 침수에 대한 고위험지역의 위치와 위험원인을 파악할 수 있을 것이다. 두 번째 전략은 재해예방형 도시재생활성화 지역이라는 유형을 추가하는 것이다. 도시재생 활성화 및 지원에 관한 특별법의 제2조제6호에 다목을 추가하고 재해예방형 도시재생활성화계획을 ‘재해피해 및 위험지역을 대상으로 기반시설, 도시계획적 대책을 종합적으로 고려하여 도시의 재해위험을 저감하기 위한 도시재생활성화계획’으로 정의하는 방안을 검토할 수 있을 것이다. 도시경제기반형 또는 근린생활형 도시재생활성화 후보 지역 중에서 침수에 대한 여건이 열악해 사전예방대책이 필요하거나 대규모 피해발생으로 도시차원의 사후복구가 필요한 곳을 선정할 수 있을 것이다.

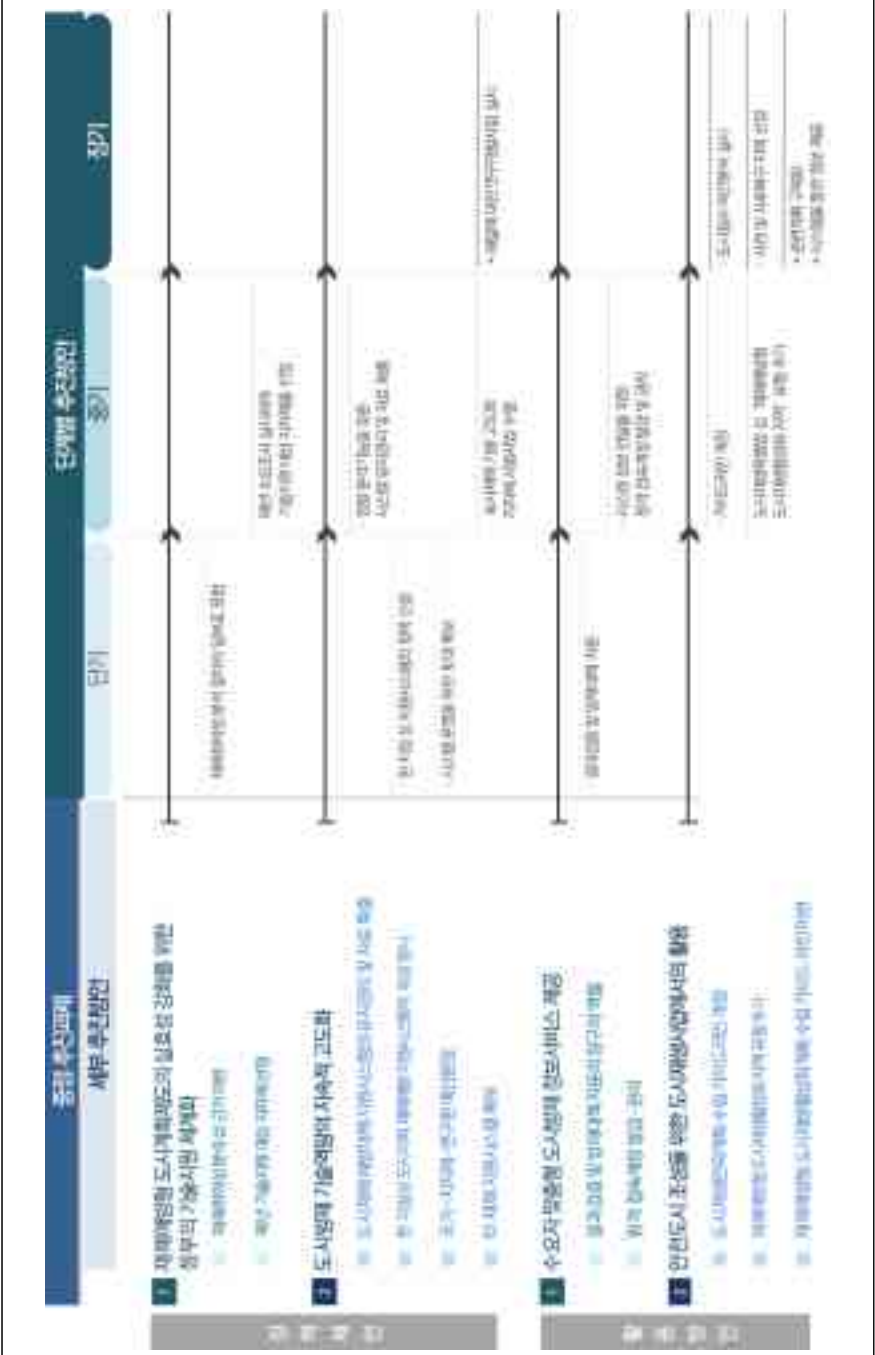
세 번째 전략으로 지역특성에 따라 방재대책을 추진할 수 있도록 재해예방형 도시재생활성화지역에 특화된 계획수립의 지침을 마련할 것을 제안한다. 유형별 계획 목표, 핵심 콘텐츠 발굴, 단위사업 시행계획, 도시계획 조치, 자원조달 계획 및 예산집행 계획 등을 구체화 하고, 시스템을 통한 위험정보 접근 및 활용방법을 명시하여야 할 것이다.

표 5-5 | 안전도시 조성을 위한 시스템의 활용 잠재성

- 노후·쇠퇴 원도심 혹은 지방 중소도시 등에서 재해예방 등의 차원에서 우선적으로 재생이나 활성화 등의 정비사업이 추진되어야 할 공간적 범위의 식별과 설정 등
- 재해예방 차원에서 노후 주거지역 정비 등이 우선적으로 추진되어야 하는 대상공간의 식별과 설정 등
- 주거단지, 산업단지, 중요 공공기반시설이나 공공·공익시설의 입지 등 각종 도시개발사업이나 건축 활동 등의 무분별한 난립과 재해피해우려의 심화 등을 방지하기 위하여 이에 대한 입지규제 등을 위한 대상지역의 식별과 설정 등

자료: 저자 작성

그림 5-4 | 전략의 추진계획



자료: 저자 작성



CHAPTER 6

결론 및 향후 과제

1. 결론 | 139

2. 향후 과제 | 141

결론 및 향후 과제

본 장에서는 3년간의 연구를 종합하여 당초 연구목표의 달성 여부를 논하고 도시방재 정책의 발전을 위해 시스템 고도화에 필요한 연구주제를 향후과제로 제시하였다.

1. 결론

기후변화, 도시화 등으로 도시침수의 위험이 증가되는 상황에서 정부에서 도시차원의 방재대책을 강구하기 위해 재해예방형 도시계획 제도를 마련하였으며, 본 연구는 제도의 실효성을 강화하는데 필요한 기술기반을 확보하려는 목적으로 추진되었다. 특히, 재해예방형 도시계획 제도에 따라 지자체가 수행한 재해취약성 분석 결과를 검증하고 취약지역의 방재대책을 발굴하는 데 필요한 참고자료를 제공하기 위해 도시침수에 초점을 맞춰 도시침수 예방대책 지원시스템을 구축하기로 하였다. 담당자에게 필요로 하는 정보를 전달하고 향후 시스템을 지속적인 활용하기 위해 크게 네 가지 연구를 수행하였는데, 그 결과를 다음과 같이 요약할 수 있다.

첫째, 관할지역에 대한 도시침수 위험을 쉽게 이해할 수 있도록 행정구역별 기초자료를 개발하고 프로파일 등을 통해 시각화 하였다. 1~2차년도 동안은 전국 시·군·구 단위로 침수피해, 하천변 저지대, 자연재해 관리지구 등에 대한 지표를 산정하여 지역적인 특성을 분석하였으며, 시·군·구 단위로 활용 가능한 다양한 자료를 조사·수집하였다. 3차년도에는 자체 산정 또는 수집한 자료를 종합하여 지자체의 도시침수 여건을 유형화하고, 효과적인 정보 전달을 위해 도시침수 위험도 프로파일을 작성하였다.

둘째, 도시침수 위험이 상대적으로 높아 지자체가 방재대책을 체계적으로 마련하고

록 국가차원에서 기술지원이 필요한 곳을 중점관리 대상지역으로 정의하고 신뢰도 높은 위험정보를 구축하였다. 1차년도에는 중점관리 대상지역의 공간범위를 결정하고 위험정보를 생산하는 데에 필요한 방법을 제시하고 적용 가능성을 실증하였다. 이를 토대로 2~3차년도에 걸쳐 중점관리 대상지역을 전국적으로 18개소 파악하였다. 그 가운데 일부 대상지역에 대해서는 도시침수 영향권, 재해특성, 노출특성, 취약성 등에 대한 주제도 구축하였다. 특히, 3차년도에는 시범사업을 통해 제주특별자치도와 부산광역시의 대상지역에 대한 위험정보를 구축한 뒤 자료의 품질, 활용성에 대한 실무의 의견을 확인하였다.

셋째, 지자체에서 중점관리 대상지역의 방재대책을 발굴할 때 참고할 수 있도록 고 위험지역 위치, 주요 위험원인, 대책수단의 목록과 평가방법 등의 자료를 작성하였다. 1~2차년도 동안은 방재대책이 집중되어야 할 고위험지역의 위치를 합리적으로 결정하고 주요 위험원인을 객관적으로 분석하기 위한 방법을 제시하였으며, 다양한 법령에 걸쳐 명시되어 있는 도시침수 방재대책의 수단을 체계화하고, 현장의 특성에 맞게 대책수단의 적합성을 판단하기 위한 평가표를 개발하였다. 3차년도에는 시범사업을 통해 제주특별자치도와 부산광역시의 대상지역에 대해 방재대책을 수립하여 사례집을 작성하고 결과의 품질, 활용성 등을 실무적으로 확인하였다.

또한 도시계획 담당자들의 수요와 작업환경에 맞춰 도시침수 기초자료, 대상지역 위험정보, 방재대책 참고자료 등의 정보를 효과적으로 제공할 수 있도록 도시침수 예방대책 지원시스템을 구축하였다. 1~2차년도 동안은 업무협의회, 자문회의, 설문조사, 해외 사례조사 등을 수행하여 현장의 수요에 부합하도록 시스템 기능을 도출하고 운영체제, DB구축, 화면시안 등 시스템 구축을 위한 준비작업을 완료하였다. 3차년도에는 사용자 환경에서 시스템의 기능을 구현할 수 있도록 개발을 완료하였으며, 시범사업을 통해 시스템 개발의 품질, 활용성 등을 실무적으로 확인하고 매뉴얼을 제작하였다.

넷째, 도시침수 예방대책 지원시스템을 매개로 하여 현 재해예방형 도시계획 제도의 실효성을 높일 수 있도록 다양한 전략을 제시하였다. 1~2차년도 동안은 시스템의 운영을 위한 중앙정부, 지자체, 전문연구기관 간의 협력방안을 검토한 뒤 제도적 근거확보

를 위해 재해취약성 분석 지침의 개선방안을 제시하였다. 3차년도에는 정부의 지자체 기술지원, 국토연구원의 기술역량 관리, 시스템을 매개로 한 정보 서비스 등에 대한 구체적인 전략을 제시하고, 안전도시 조성을 위한 타 분야 활용방안도 제안하였다.

결론적으로, 본 연구를 통해 개발한 도시침수 예방대책 지원시스템을 활용한다면 도시침수의 위험이 높아 정부와 지자체의 규제와 사업이 집중되어야 할 곳의 위치를 합리적으로 도출할 수 있으며, 현장 특성에 맞춰 대책을 수립하는 데 필요한 다양한 근거자료를 확보할 수 있을 것으로 판단된다. 재해취약성 분석 결과를 검증하는 것뿐만 아니라, 현실적이고 구체적인 대책수단을 도시계획에 반영함으로써 침수피해의 사전예방이 가능한 공간계획을 마련하는 데 크게 기여할 것으로 예상되어 당초 설정한 연구목표를 달성하였다고 사료된다.

2. 향후 과제

도시침수 예방대책 지원시스템을 개발을 착수하면서, 그리고 개발이 진행되는 연구과정에서 도시방재의 지능 정보화에 필요한 수많은 연구과제를 파악할 수 있었다. 당장 지자체 기술지원이 시급하기 때문에 본 연구는 현장에서 요청한 핵심기능을 중심으로 시스템을 개발하였으나, 그 기능을 확대·심화할 수 있도록 시스템을 고도화하는 노력은 지속적으로 이뤄져야 할 것이다. 향후 시스템 고도화를 할 때 다음의 과제를 우선시 할 필요가 있을 것으로 판단된다.

첫째, 침수해석의 정확도를 추가 개선할 여지가 일부 남아있다. 본 연구에서는 신뢰성이 크게 저하되지 않는 수준에서 지자체별로 자료수집과 모형구축의 부담을 최소화하도록 침수해석 방법을 결정하기로 하였다. 이러한 방침에 따라 하천 상류지점에 유입되는 홍수량을 하천기본계획 보고서에 제시된 강우-유출 관계식을 이용하여 추정하였다. 보다 정확한 홍수량 산정을 위해 HEC-HMS(The Hydrologic Modeling System)등의 강우-유출 모형을 활용하여 장래 강우 시나리오 조건에서 유역의 수문반응에 대해 물리적으로 분석하는 것이 중요하다.

둘째, 보호대상시설의 취약성 요인 다변화가 필요하다. 특정시설의 경우 침수가 발생하면 사회적으로 피해가 확대되기 때문에 본 연구에서는 이를 보호대상시설로 간주하고, 특정 공간의 도시침수 위험 크기에 영향을 주는 한 요소로 해당 공간 내의 보호대상시설 개수를 반영하였다. 보호대상시설의 종류로는 1차년도 문헌연구를 참고로 하여 도시계획시설 가운데 유통·공급시설, 공공문화체육시설, 보건위생시설, 환경기초시설을 선정하였다. 그러나 본 연구에서 한정된 보호대상시설 뿐만 아니라 도시기능 유지에 중요한 다양한 시설들이 있을 수 있으며, 위의 시설에 속한다고 하더라도 지역에 따라 침수가 발생해도 피해가 크게 발생하지 않는 경우도 있다. 따라서 보호대상시설의 종류에 대해서는 보다 심층연구가 필요하며 위험분석 시에 지역에 따라 선별할 필요가 있어 보인다.

셋째, 시·공간적으로 도시침수 위험을 비교하는 시스템의 기능이 필요하다. 본 시스템에서 제공하는 도시침수 위험정보는 미래의 도시침수에 초점을 두고 있는데, 이는 재해예방형 도시계획제도의 기본방침에 부합하기 위함이다. 실제 도시침수의 위험은 기후, 수문, 인구, 도시개발 등의 동적변수에 따라 변하기 때문에 추후 정책적 활용을 위해 과거 관측치를 토대로 산정한 과거의 도시침수 위험과 장래 기후변화를 고려한 미래의 도시침수 위험을 서로 비교하는 기능이 중요하다고 할 수 있다.

넷째, 방재대책의 의사결정을 자동화하기 위한 시스템의 기능이 필요하다. 본 시스템은 상세 위험정보, 고위험지역의 위치, 주요 위험원인, 방재대책 수단 목록표 등을 제공함으로써 사용자가 이를 토대로 스스로 방재대책을 발굴하도록 개발되었으나, 향후 전문가 시스템(expert system)으로 발전시킬 필요도 있다. 담당자가 희망하는 대책수단을 선택하고, 공간 시뮬레이션을 통해 선택한 대책수단의 적합도를 판단하고 이를 최적화하는 것은 도시행정의 선진화에 큰 기여를 할 수 있을 것이다.

다섯째, 다양한 재해에 대한 기술지원이 가능토록 시스템 확장이 필요하다. 재해예방형 도시계획 제도에서 고려하는 다양한 재해를 감안하여 도시침수 외에도, 산사태, 해일 등 타 재해에 대해서도 정밀분석과 방재대책 수립을 위한 기술기반 구축이 필요하다.

참고문헌

REFERENCE



【인용문헌】

- 국가도시방재연구센터. 2013. 2012 국가도시방재연구센터 연차보고서.
- 국립방재교육연구원. 2010. 도시공간 및 시설에 대한 안전실태조사 및 방재계획 기준 설정 연구.
- 국립재난안전연구원. 2012-2013. 도시 지상-지하공간 침수예측모형 고도화 및 통합 연계환경 개발.
- 국립재난안전연구원. 2013. 도시내수침수 원인분석을 위한 센서기반 모니터링 기법 개발 및 시범 적용.
- 국민안전처. 2015. 자연재해 통계방식 프레임워크 재구축을 위한 선행 연구.
- 국토교통부. 2015. 2014년도 재해취약성분석, 재해예방형 도시계획 수립 컨설팅. 세종: 국토교통부.
- 국토연구원(주관연구기관). 2010-2015. 도시 기후변화 폭우재해 적응 안전도시 기술 개발. 최종보고서. 국토교통부·국토교통과학기술진흥원.
- 국토연구원. 2015-2016. 재해취약성 분석, 재해예방형 도시계획 수립 컨설팅 사업. 국토교통부.
- 국토해양부. 2011. 확률강우량도 개선 및 보완 연구.
- 국토해양부. 2012. 기후변화 적응도시 조성방안 연구 - 도시별 재해취약 특성 분석 및 적응능력 제고방안 연구(2차년도).
- 김길호, 백승협, 정영훈, 김경탁. 2016. 공공시설물 잠재홍수피해지수 체계 개발 및 평가. 한국농공학회논문집 제58권 제4호, pp. 97-106.
- 김묘정, 김광섭. 2018. 홍수피해유형별 홍수 위험 지수 적용성 분석. 대한토목학회논문집 제38권 제1호, pp. 29-39.

-
- 김소윤, 윤지윤, 김흥석. 2016. 기후변화에 따른 도시 노후건축물의 재해피해 분석. 국토계획 제51권 제5호. pp. 263-275.
- 김슬예, 김미은, 김창현. 이상은. 2017. 실효성 있는 재해예방형 도시계획을 위한 개선 방향 고찰. 한국안전학회지 제32권 제2호. pp. 124-131.
- 김현주, 안재찬. 2004. 도시기본계획의 방재 및 안전부문에 관한 연구(I). 국립재난안전연구원.
- 김현주, 정태호. 2005. 도시기본계획의 방재 및 안전부문에 관한 연구(II). 국립재난안전연구원.
- 문용희, 이상은, 김명수, 백종락. 2016. GIS기법을 이용한 전국 도심지 토사재해 취약 지역 유형분석. 한국방재학회 논문집 제16권 제3호. pp. 47~53.
- 문채. 2012. 도시기본계획과 풍수해저감종합계획의 연계방안에 관한 연구. 한국정책연구 제12권 제3호. pp. 157-176.
- 문채. 2015. 도시기본계획의 방재도시계획 운용실태에 관한 연구 - 경기도를 사례로 -. 한국지역개발학회지 제27권 제5호. pp. 303-329.
- 문채, 윤혜철, 조판기. 2003. 도시방재에 관한 연구 - 일본의 사례를 중심으로. 국토연구원.
- 박석근, 이건행, 경민수, 김형수. 2006. 홍수피해발생 잠재위험도와 기왕최대강수량을 이용한 설계빈도의 연계. 대한토목학회 논문집 제26권 제5B호. pp. 489-499.
- 박창열, 신상영, 손은정. 2013. 다변량 분석을 이용한 서울의 상습침수지역 유형화. 한국방재학회 논문집 제13권 제2호. pp. 245-255.
- 박태선, 김광목, 윤양수, 이승복. 2005. 홍수피해특성 분석 및 홍수피해지표 개발에 관한 연구. 국토연구원.
- 부산광역시. 2014. 2020년 부산도시관리계획(재정비).
- 부산광역시. 2017a. 2030년 부산도시기본계획(변경).
- 부산광역시. 2017b. 도시기후변화 재해취약성분석.
- 부산광역시. 2018. 풍수해저감종합계획

-
- 서울연구원, 서경대학교, 동아대학교, (주)제일엔지니어링. 2015. 폭우재해 저감을 위한 도시설계 실무매뉴얼(안). 도시 기후변화 폭우재해 적응 안전도시 기술개발. 국토교통부·국토교통과학기술진흥원.
- 신은택, 이상은, 엄태수, 송창근. 2018. 우수관망 해석모형과 지표수 침수해석 모형의 연계 적용. 한국안전학회지. 33(5). pp. 78-83.
- 심우배. 2011. 기후변화에 따른 새로운 도시방재 패러다임과 도시정책방안. ISSUE PAPER 2011-29.
- 심우배, 왕광익, 이범현, 이문원, 문채. 2008. 재해에 안전한 방재도시계획 수립방안 연구. 국토연구원.
- 심우배, 왕광익, 이범현, 차정우, 김학열. 2009. 기후변화에 안전한 재해통합대응 도시 구축방안 연구(I). 국토연구원.
- 심우배, 김걸, 지승희, 김학열. 2010. 기후변화에 안전한 재해통합대응 도시 구축방안 연구(II). 국토연구원.
- 심재현, 김자은, 이성호. 2012. 기후변화 대응을 위한 광역도시권 차원의 자연재해 저감 방안 연구 -자연재해 취약성에 따른 수도권 도시의 유형화-. 한국산학기술학회논문지 제13권 제11호. pp. 5534-5541.
- 옥진아, 류근원. 2013. 풍수해저감계획과 경기도 도시계획과의 연계방안. 정책연구. 경기개발연구원.
- 유환희, 김성삼, 박기연, 최우석. 2005. 지형공간정보체계에 의한 도시지역 재해위험도 평가. 한국지형공간정보학회지 제13권 제3호. pp. 41-52.
- 이상은, 김성훈. 2015. 물복지 시대의 새로운 수자원 기술 패러다임 - 물확보, 물이용 다양성 확보와 물재난 저감. 물과 미래 48(1). pp. 68-75.
- 이상은, 김창현, 박태선, 김미은, 김슬예, 이태삼, 김진현. 2016. 도시 침수지역 및 영향권 분석을 통한 재난안전 정책지원 시스템 구현(I). 국토연구원.
- 이상은, 이병재, 이종소, 김슬예, 이태삼, 송창근, 김진현. 2017a. 도시 침수지역 및 영향권 분석을 통한 재난안전 정책지원 시스템 구현(II). 국토연구원.

-
- 이상은, 이종소, 김슬예. 2017b. 도시침수 고위험지역 선정을 위한 AHP-PROMETHEE 연계. 국토연구 제94권. pp. 51-64.
- 이종소, 이상은. 2018a. 재해예방형 도시계획 지원을 위한 도시침수 위험도 공간정보 개발. 한국토목학회. 38(2). pp. 203-213.
- 이종소, 이상은. 2018b. 도시침수 위험관리를 위한 도시공간 위험진단 및 실무적 기술 지원. 물과미래 51(7). pp. 68-74.
- 이종소, 송창근, 이상은. 2018. 도시침수에 대한 사전관리를 위한 고위험지역 선정 : 제주도 시가화 지역 사례 연구. 국토연구 제98권. pp. 99-111.
- 정주철, 김익재, 이진희, 홍현정, 지용근, 조성윤, 김호정, 박정일, 김태형. 2009. 기후변화 대응을 위한 적정 하천공간 확보방안 연구. 한국환경정책평가연구원.
- 제주특별자치도. 2014. 풍수해저감종합계획.
- 제주특별자치도. 2017a. 2025년 제주특별자치도 도시기본계획.
- 제주특별자치도. 2017b. 2025년 제주특별자치도 도시관리계획.
- 한국건설기술연구원. 2007. 도시홍수 예경보 및 침수예측 기술. 국토교통부.
- 환경부·한국환경공단. 2013. 전국 불투수면적률 조사 및 개선방안 연구.
- European Commission. 2010. Risk assessment and mapping guidelines for disaster management. EU Comission staff working paper. Brussels 21.12.2010 SEC(2010) 1626 final.
- IPCC. 2007. Climate Change, 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press : Cambridge UK and NY USA.
- Kim, S. E., Lee, S. E., Kim, D. W., and Song, C. G. 2018. Stormwater Inundation Analysis in Small and Medium Cities for the Climate Change Using EPASWMM and HDM-2D. Journal of Coastal Research. Special Issue 85. pp. 991-995.

-
- Lee, S. E. , Lee, J. S and Kim, S. Y. 2018. Developing the KRIHS disaster risk management system for preventing cities from urban flooding. Space & Environment. 76. pp.6-9.
- Song, C. G. , Y. H. Ku, Y. D. Kim, and Y. S. Park. 2016. Stability analysis of riverfront facility on inundated floodplain based on flow characteristic. Journal of Flood Risk Management. 9(1). pp.1-13.
- United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR). 2009. 2009 UNISDR terminology on disaster risk reduction, Geneva, UNISDR.
- 국가법령정보센터. <http://www.law.go.kr/>. (2018년 3월 7일일 검색).
- 국토교통부 건축물 생애이력 관리시스템. <http://blcm.go.kr/>. (2018년 5월 17일 검색).
- 국토교통부 국가공간정보포털·오픈마켓. <http://market.nsd.go.kr/>. (2018년 5월 17일 검색).
- 통계청 국가통계포털. <http://kostat.go.kr/>. (2018년 5월 17일 검색).
- 행정안전부공공데이터포털. <https://www.data.go.kr/>. (2018년 5월 17일 검색).

SUMMARY



Development of the Urban Flooding Risk Prevention System(III)

Lee Sangeun, Kim Jongwon, Han Woosuk, Lee Byoungjae, Lee Jongso, Kim Seulyea

Key words: Urban Flood, Natural Disaster Management, Prevention, Policy Aid System

As urban flooding is becoming more serious, the national disaster policy calls for expert groups' participation, technical support, and institutional settings, which are necessary for central and local governments, and other groups to take their own roles with bigger responsibilities. With a focus on technical support, this 3-year project aims to develop a policy supporting system, which can be used to relieve persons in charge of urban planning in municipalities of technical burdens, and offer the responsibility to necessarily implement the minimum level of disaster prevention measures.

At the 3rd year step of the project, we carried out five studies, as follows.

First, we developed basic information useful for persons in charge of urban planning to easily recognize risks due to urban flooding within their administrative boundary. We categorized municipalities according to their circumstances related to urban flood management, and developed urban flood risk profiles in order to deliver basic information to municipalities effectively.

Second, we attempt to provide more technical and more reliable risk information for the area at high risk due to urban flooding (called a priority management site, PMS). To provide those information, we applied the prototype

of risk assessment methods, which were proposed at earlier steps of the project, to the southern region to two municipalities. We thus (1) identified the boundary of PMS through selection of municipality, investigation of past damage records, field investigation and interview, and also geo-hydrological data analysis, (2) generated future rainfall scenario data with consideration of climate change impacts on probabilistic characteristics of short-term rainfall, (3) analysed various reasons of urban flooding by using simplified hydraulic methods. Based on the results of hydraulic analyses, moreover, we could develop various risk maps regarding hazard, impact, exposure, and vulnerability.

Third, we also applied the method, which were proposed at the 2nd year of the project, to spatially determine risk hotspots within PMSs in order to help the persons in charge plan and execute urban flood management measures at proper locations. To this end, we (1) set out the evaluation criteria according to gridded risk information which can be acquired from the system, (2) linked a pairwise comparison method, AHP, with a priority rank method, PROMETHEE so that grids with higher priority could be selected as risk hotspots.

Forth, we finished developing the urban flooding risk prevention system as a 'vessel' for all project outputs and also for a 'messenger' between system managers and system users. For municipalities selected as preliminary study sites, we constructed the DB, and displayed it on the user environment. Then, we discussed the quality of the system, gathering various practitioners and experts.

Fifth, we examined political strategies for improving usability of the system operation.

With all results, we conclude that the developed system should be used (1) to determine the areas where central government and municipalities put their efforts to decrease urban flood risks, and (2) obtain reliable information necessary to make field-oriented countermeasures.



1. 도시침수 기초자료 구축을 위한 근거자료 : 도시침수 관점의 지자체 유형화 대리변수 값

부록 표 1-1 | 도시침수 관점의 지자체 유형화 대리변수 값 - 계속

구분	대리변수	단위	대상지자체					
			전국 평균	서울 특별시	부산 광역시	울산 광역시	경기 광명시	경기 남양주시
기후측면	과거 30년 빈도 강우강도	mm/hr	68.4	81.1	82.4	61.5	81.2	81.2
	과거 100년 빈도 강우강도	mm/hr	81.1	96.4	99.2	73.8	96.5	96.5
	현재 30년 빈도 강우강도	mm/hr	74.0	90.8	90.7	65.7	90.9	90.9
	현재 100년 빈도 강우강도	mm/hr	87.9	108.3	109.3	78.8	108.4	108.4
배수측면	불투수층	%	17.2	54.4	30.3	17.2	43.9	11.6
	하수관거밀도	km/km ²	4.3	17.6	11.9	3.8	9.4	2.9
토지이용 측면	토지이용· 개발	%	4.1	60.3	30.4	14.1	28.5	8.9
	지하 건축물 밀도	동/km ²	3.7	150.8	28.9	6.4	16.1	9.4
	노후 건축물 밀도	동/km ²	31.5	451.5	299.1	40.7	129.5	23.5
	보호대상 시설 밀도	개/km ²	0.4	5.2	2.2	0.7	7.7	0.4
사회·경제 측면	인구밀도	명/km ²	2,155	16,096	4,452	1,057	8,526	1,408
	공시지가	백만원/m ²	0.6	5.0	1.4	0.6	2.1	0.6
	생산업	백만원/km ²	15,541	569,083	101,935	63,638	167,154	17,871

자료: 저자 작성

부록 표 1-1 | 도시침수 관점의 지자체 유형화 대리변수 값 - 계속

구분	대리변수	단위	대상지자체					
			전국 평균	경기 광주시	경기 양주시	경기 포천시	강원 화천군	강원 인제군
기후측면	과거 30년 빈도 강우강도	mm/hr	68.4	72.5	81.2	80.1	57.2	57.2
	과거 100년 빈도 강우강도	mm/hr	81.1	85.7	96.5	95.2	68.1	68.1
	현재 30년 빈도 강우강도	mm/hr	74.0	81.3	90.9	89.5	60.0	60.0
	현재 100년 빈도 강우강도	mm/hr	87.9	96.7	108.4	106.8	71.5	71.5
배수측면	불투수층	%	17.2	14.7	14.9	4.8	1.7	1.5
	하수관거밀도	km/km ²	4.3	1.8	2.0	1.3	0.3	0.2
토지이용 측면	토지이용· 개발	%	4.1	2.6	9.9	1.3	0.3	0.3
	지하 건축물 밀도	동/km ²	3.7	10.7	3.6	1.5	0.2	0.2
	노후 건축물 밀도	동/km ²	31.5	16.3	24.1	16.1	4.1	3.1
	보호대상 시설 밀도	개/km ²	0.4	0.4	0.6	0.2	0.1	0.0
사회·경제 측면	인구밀도	명/km ²	2,155	791	689	182	27	19
	공시지가	백만원/m ²	0.6	0.4	0.3	0.2	0.0	0.1
	생산업	백만원/km ²	15,541	15,986	15,898	5,458	1,292	783

자료: 저자 작성

부록 표 1-1 | 도시침수 관점의 지자체 유형화 대리변수 값 - 계속

구분	대리변수	단위	대상지자체					
			전국 평균	충북 제천시	전남 화순군	경북 영천시	경남 창원시	경남 밀양시
기후측면	과거 30년 빈도 강우강도	mm/hr	68.4	58.9	69.1	52.0	73.5	72.9
	과거 100년 빈도 강우강도	mm/hr	81.1	68.3	81.8	61.5	87.9	88.1
	현재 30년 빈도 강우강도	mm/hr	74.0	62.4	74.4	55.1	83.0	81.5
	현재 100년 빈도 강우강도	mm/hr	87.9	72.7	88.0	65.1	99.5	98.6
배수측면	불투수층	%	17.2	4.7	3.9	5.6	17.1	5.7
	하수관거밀도	km/km ²	4.3	1.5	0.4	0.6	4.5	0.7
토지이용 측면	토지이용· 개발	%	4.1	2.0	0.8	1.9	15.2	1.8
	지하 건축물 밀도	동/km ²	3.7	1.7	0.4	0.5	7.3	0.4
	노후 건축물 밀도	동/km ²	31.5	28.7	16.9	22.6	81.6	29.6
	보호대상 시설 밀도	개/km ²	0.4	0.2	0.1	0.1	0.8	0.1
사회·경제 측면	인구밀도	명/km ²	2,155	244	77	106	1,414	130
	공시지가	백만원/m ²	0.6	0.1	0.0	0.1	0.5	0.1
	생산업	백만원/km ²	15,541	5,283	1,903	3,612	48,501	3,159

자료: 저자 작성

부록 표 1-1 | 도시침수 관점의 지자체 유형화 대리변수 값

구분	대리변수	단위	대상지자체				
			전국 평균	경남 거제시	경남 양산시	제주특별자치도 제주시	제주특별자치도 서귀포시
기후측면	과거 30년 빈도 강우강도	mm/hr	68.4	72.9	71.6	75.6	75.6
	과거 100년 빈도 강우강도	mm/hr	81.1	87.1	86.2	90.3	90.3
	현재 30년 빈도 강우강도	mm/hr	74.0	82.5	78.7	-	-
	현재 100년 빈도 강우강도	mm/hr	87.9	98.9	95.0	-	-
배수측면	불투수층	%	17.2	10.2	12.7	9.4	8.0
	하수관거밀도	km/km ²	4.3	0.9	1.8	2.6	1.7
토지이용 측면	토지이용· 개발	%	4.1	5.4	8.9	3.4	2.9
	지하 건축물 밀도	동/km ²	3.7	4.2	3.3	5.7	2.7
	노후 건축물 밀도	동/km ²	31.5	34.4	15.5	41.7	29.9
	보호대상 시설 밀도	개/km ²	0.4	0.4	0.7	0.3	0.2
사회·경제 측면	인구밀도	명/km ²	2,155	619	656	481	194
	공시지가	백만원/m ²	0.6	0.3	0.3	0.3	0.2
	생산액	백만원/km ²	15,541	24,904	20,036	10,854	5,394

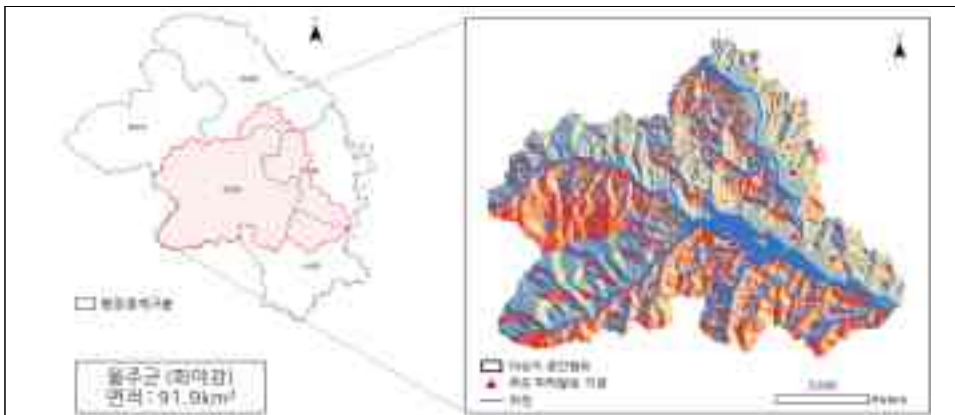
자료: 저자 작성

2. 도시침수 기술정보 구축을 위한 근거자료

1) 3차년도 중점관리 대상지역 공간범위

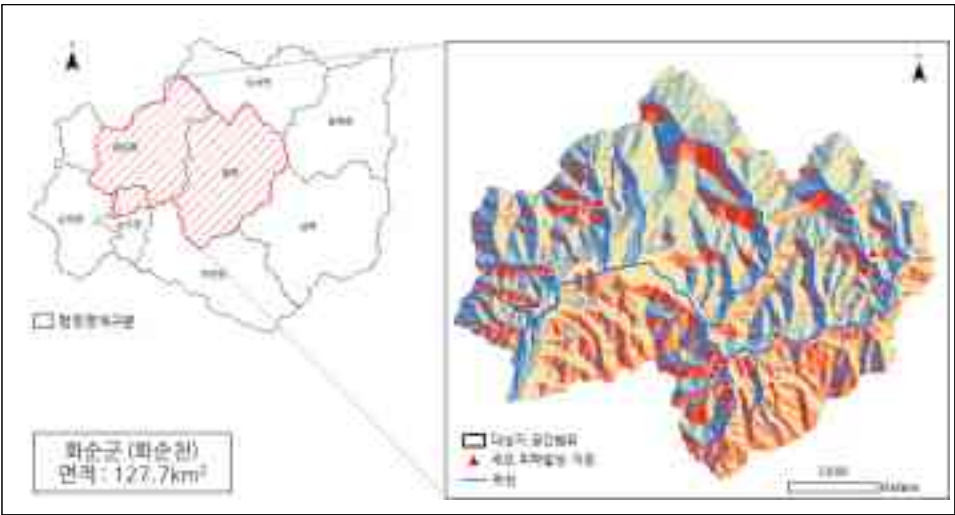
- 울산광역시 울주군의 중점관리대상지역(총면적 : 91.9 km²)은 회야강, 남창천 및 발리천 일대로서 온양읍, 온산읍, 청량면 등의 행정구역이 포함
- 전라남도 화순군의 중점관리대상지역(총면적 : 127.7km²)은 화순천, 벌곡천 및 만연천 일대로 화순읍, 능주면, 동면의 행정구역을 포함
- 경상북도 영천시의 중점관리대상지역(총면적 : 307.3km²)은 금호강, 자호천 및 고촌천 일대의 넓은 면적으로 금노동, 교촌동, 망정동 등의 행정구역을 포함
- 경상남도 거제시의 중점관리대상지역(총면적 : 57.9km²)은 연초천, 수월천 및 고현천 일대로 고현동, 양정동, 상동동 등의 행정구역이 포함
- 경상남도 양산시의 중점관리대상지역(총면적 : 106.7km²)은 양산천, 금산천 및 다방천 일대로서 중부동, 북정동, 어곡동 등의 행정구역을 포함
- 경상남도 밀양시의 중점관리대상지역(총면적 : 129.5km²)은 밀양강, 임천천 및 제대천 일대로서 삼문동, 상남면, 남포동 등의 행정구역을 포함

부록 그림 2-1 | 중점관리 대상지역 공간범위 확정 : 울산광역시 울주군 대상지



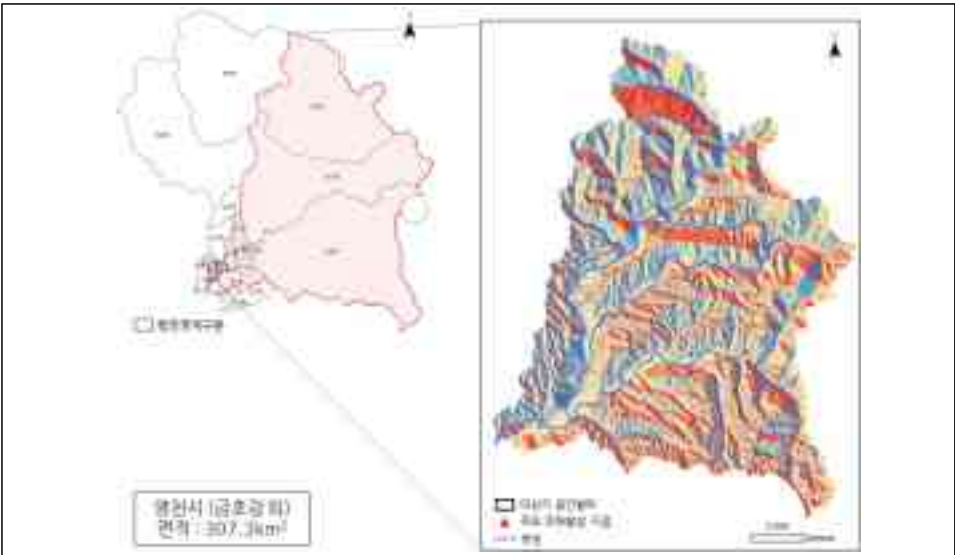
자료: 저자 작성

부록 그림 2-2 | 중점관리 대상지역 공간범위 확정 :전라남도 화순군 대상지



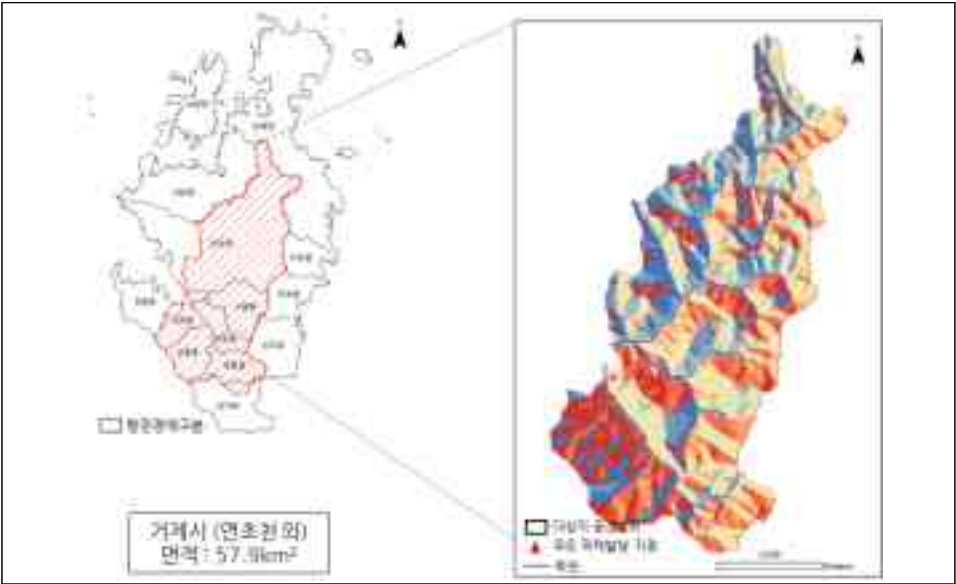
자료: 저자 작성

부록 그림 2-3 | 중점관리 대상지역 공간범위 확정 : 경상북도 영천시 대상지



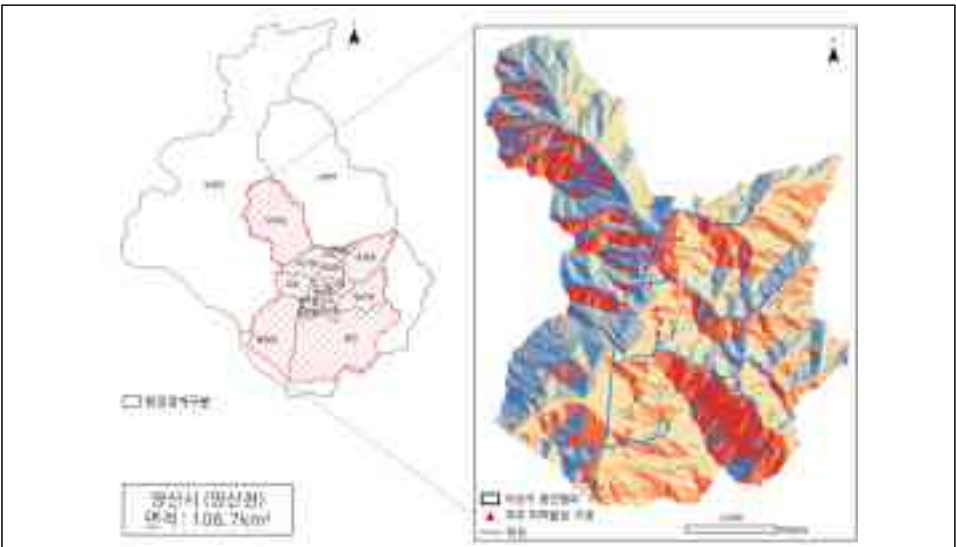
자료: 저자 작성

부록 그림 2-4 | 중점관리 대상지역 공간범위 확정 : 경상남도 거제시 대상지



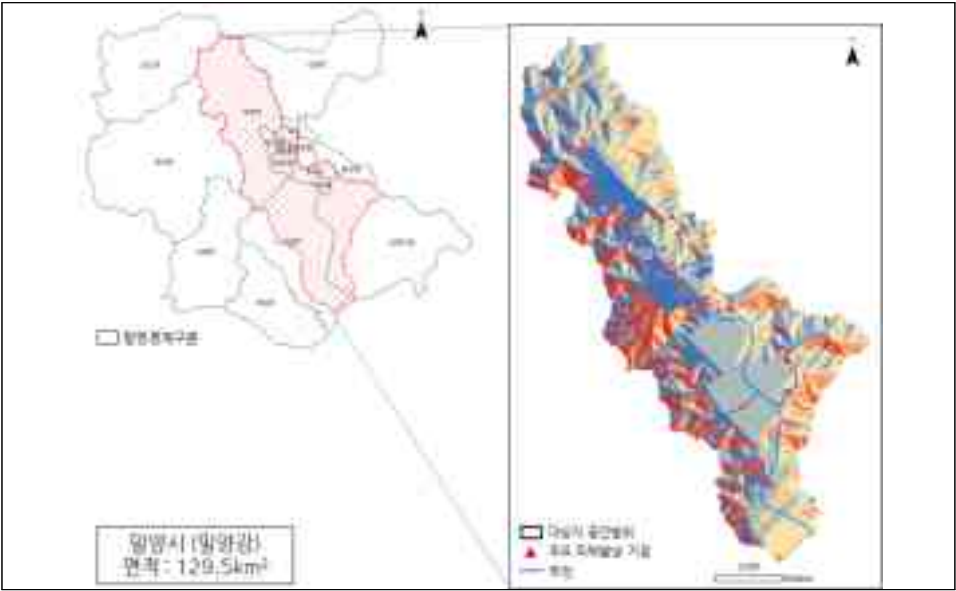
자료: 저자 작성

부록 그림 2-5 | 중점관리 대상지역 공간범위 확정 : 경상남도 양산시 대상지



자료: 저자 작성

부록 그림 2-6 | 중점관리 대상지역 공간범위 확정 : 경상남도 밀양시 대상지



자료: 저자 작성

2) 전국 시·군·구별 강우 시나리오 참조표

부록 표 2-1 | 전국 시·군·구별 강우 시나리오 참조표

시군구	관측 (mm/hr)		RCP8.5 (mm/hr)		변화량(%)	
	30yr	100yr	30yr	100yr	30yr	100yr
서울특별시	81.1	96.4	90.8	108.3	12.0	12.3
부산광역시	82.4	99.2	90.7	109.6	10.0	10.5
대구광역시	53.1	62.8	56.3	66.5	5.9	5.9
인천광역시	75.0	89.1	84.0	100.1	12.0	12.3
광주광역시	68.6	81.2	73.8	87.3	7.4	7.5
대전광역시	69.0	80.5	72.8	84.8	5.5	5.3
울산광역시	61.5	73.8	65.7	78.8	6.8	6.8
가평군	75.4	89.6	83.7	99.8	11.0	11.4
강릉시	67.1	81.0	72.1	87.2	7.5	7.7
강진군	66.6	78.4	70.7	83.3	6.2	6.2
거제시	72.9	87.1	82.5	98.9	13.1	13.5
거창군	68.0	81.0	72.1	86.0	6.0	6.2
경산시	52.3	61.8	55.4	65.4	5.9	5.8
경주시	60.6	72.6	64.6	77.4	6.7	6.6
계룡시	69.1	80.6	72.9	84.9	5.5	5.3
고령군	64.2	76.4	68.1	81.1	6.0	6.1
고성군	57.2	68.1	60.0	71.5	4.9	5.0
고성군 (경남)	73.2	87.4	82.8	99.2	13.1	13.5
고양시	81.2	96.5	90.9	108.4	12.0	12.3
고창군	68.4	80.8	73.5	86.9	7.4	7.5
고흥군	85.5	102.0	95.5	114.1	11.7	11.9
곡성군	68.7	81.2	73.8	87.3	7.4	7.5
공주시	69.6	81.9	73.5	86.4	5.6	5.5
과천시	81.1	96.4	90.8	108.3	12.0	12.3

자료: 이상은 외(2017a)

시군구	관측 (mm/hr)		RCP8.5 (mm/hr)		변화량(%)	
	30yr	100yr	30yr	100yr	30yr	100yr
광명시	81.2	96.5	90.9	108.4	12.0	12.3
광양시	84.4	100.7	94.1	112.4	11.5	11.7
광주시	72.5	85.7	81.3	96.7	12.1	12.8
괴산군	53.7	62.7	55.2	64.5	2.8	2.9
구례군	69.2	81.9	74.4	88.1	7.5	7.6
구리시	81.2	96.5	90.9	108.4	12.0	12.3
구미시	52.8	62.1	55.2	64.9	4.6	4.6
군산시	74.6	88.6	80.0	95.3	7.2	7.5
군위군	52.4	61.9	55.4	65.4	5.8	5.7
군포시	80.6	95.8	90.2	107.6	12.0	12.3
금산군	69.4	81.2	73.3	85.6	5.6	5.5
김제시	71.8	85.5	76.3	91.1	6.3	6.5
김천시	59.0	69.8	62.1	73.5	5.3	5.4
김포시	81.1	96.4	90.8	108.3	12.0	12.3
김해시	77.5	93.3	86.4	104.3	11.5	11.8
나주시	66.3	78.2	70.6	83.3	6.5	6.5
남양주시	81.2	96.5	90.9	108.4	12.0	12.3
남원시	70.2	83.4	74.8	89.0	6.5	6.7
남해군	81.2	96.9	91.1	108.9	12.2	12.4
논산시	69.4	81.2	73.3	85.7	5.6	5.5
단양군	58.9	68.3	62.3	72.6	5.8	6.3
담양군	68.7	81.2	73.8	87.3	7.4	7.5
당진시	69.7	83.1	73.7	87.7	5.6	5.5
동두천시	81.2	96.5	90.9	108.4	12.0	12.3
동해시	67.1	81.0	72.1	87.2	7.5	7.7
목포시	57.5	67.1	58.8	68.5	2.3	2.1
무안군	57.5	67.1	58.8	68.5	2.3	2.1

자료: 이상은 외(2017a)

시군구	관측 (mm/hr)		RCP8.5 (mm/hr)		변화량(%)	
	30yr	100yr	30yr	100yr	30yr	100yr
무주군	70.0	83.0	74.2	88.1	6.0	6.2
문경시	53.5	62.4	54.9	64.1	2.6	2.7
밀양시	72.9	88.1	81.5	98.6	11.8	11.9
보령시	81.6	96.4	89.1	105.6	9.2	9.6
보성군	84.2	100.4	93.8	112.0	11.4	11.6
보은군	62.7	73.2	65.5	76.4	4.5	4.4
봉화군	46.1	54.6	48.7	57.7	5.5	5.7
부안군	71.2	84.7	75.8	90.3	6.4	6.7
부여군	79.7	94.0	86.6	102.5	8.7	9.0
부천시	81.1	96.4	90.8	108.3	12.0	12.3
사천시	72.3	86.3	80.9	96.9	12.0	12.3
산청군	68.1	81.1	72.2	86.1	6.0	6.2
삼척시	50.9	61.0	54.1	64.9	6.3	6.4
상주시	53.1	62.0	54.5	63.7	2.6	2.7
서산시	78.2	92.5	84.6	100.4	8.3	8.5
서천군	81.4	96.1	88.8	105.3	9.1	9.5
성남시	80.8	96.1	90.5	107.9	12.0	12.3
성주군	58.3	69.1	61.8	73.3	6.0	6.0
세종 특별자치시	69.3	81.5	73.2	86.0	5.5	5.4
속초시	57.2	68.1	60.0	71.5	4.9	5.0
수원시	80.7	95.9	90.3	107.7	12.0	12.3
순창군	69.6	82.4	74.5	88.4	7.1	7.2
순천시	79.5	94.6	87.7	104.5	10.4	10.5
시흥시	81.1	96.4	90.8	108.3	12.0	12.3
신안군	55.8	65.1	57.0	66.4	2.3	2.1
아산시	69.8	83.1	73.7	87.7	5.6	5.5
안동시	50.7	59.5	52.5	61.7	3.6	3.7

자료: 이상은 외(2017a)

시군구	관측 (mm/hr)		RCP8.5 (mm/hr)		변화량(%)	
	30yr	100yr	30yr	100yr	30yr	100yr
안산시	81.0	96.3	90.7	108.1	12.0	12.3
안성시	70.2	83.2	76.5	91.0	9.0	9.4
안양시	80.6	95.8	90.2	107.6	12.0	12.3
양구군	57.2	68.1	60.0	71.5	4.9	5.0
양산시	71.6	86.2	78.7	95.0	9.9	10.1
양양군	62.1	74.5	66.0	79.3	6.3	6.4
양주시	81.2	96.5	90.9	108.4	12.0	12.3
양평군	71.3	84.3	80.0	95.1	12.2	12.9
여주시	85.5	102.0	95.5	114.1	11.7	11.9
여주시	70.6	83.4	79.2	94.2	12.2	13.0
연천군	81.2	96.5	90.9	108.4	12.0	12.3
영광군	66.9	79.0	71.4	84.4	6.7	6.8
영덕군	43.0	51.2	45.3	54.0	5.4	5.5
영동군	66.4	77.6	69.9	81.4	5.1	5.0
영암군	58.3	68.1	59.9	69.9	2.7	2.5
영양군	43.0	51.3	45.4	54.1	5.3	5.5
영월군	58.7	68.1	62.4	72.8	6.3	6.9
영주시	56.4	65.6	58.9	68.7	4.4	4.8
영천시	52.0	61.5	55.1	65.1	5.9	5.8
예산군	72.1	85.7	76.7	91.2	6.4	6.4
예천군	53.5	62.4	54.9	64.1	2.6	2.7
오산시	71.0	84.0	78.9	93.9	11.2	11.8
옥천군	68.5	79.9	72.2	84.2	5.4	5.3
완도군	75.2	89.2	82.0	97.3	9.1	9.2
완주군	71.7	85.3	76.2	90.9	6.2	6.5
용인시	71.6	84.7	80.3	95.5	12.1	12.8
울진군	43.1	51.3	45.4	54.1	5.3	5.5

자료: 이상은 외(2017a)

시군구	관측 (mm/hr)		RCP8.5 (mm/hr)		변화량(%)	
	30yr	100yr	30yr	100yr	30yr	100yr
원주시	63.2	73.7	68.5	80.4	8.4	9.1
음성군	69.7	82.3	77.8	92.5	11.7	12.4
익령군	68.6	81.8	73.3	87.5	6.8	7.0
익성군	52.9	62.1	55.1	64.7	4.1	4.2
익왕시	81.0	96.2	90.6	108.1	12.0	12.3
익정부시	81.2	96.5	90.9	108.4	12.0	12.3
이천시	70.6	83.4	79.2	94.2	12.2	13.0
익산시	72.1	85.9	76.7	91.6	6.4	6.6
인제군	57.2	68.1	60.0	71.5	4.9	5.0
임실군	71.8	85.5	76.3	91.1	6.3	6.5
장성군	68.6	81.1	73.7	87.2	7.4	7.5
장수군	71.8	85.5	76.3	91.1	6.3	6.5
장흥군	82.3	98.1	91.4	109.0	11.0	11.2
전주시	71.9	85.6	76.4	91.2	6.3	6.5
정선군	63.5	75.7	68.0	81.3	7.1	7.4
정읍시	71.4	84.9	76.0	90.6	6.4	6.7
제천시	58.9	68.3	62.4	72.7	5.9	6.4
증평군	68.7	81.7	72.5	86.1	5.4	5.4
진도군	55.9	65.3	57.2	66.6	2.3	2.1
진안군	71.9	85.6	76.4	91.2	6.3	6.5
진주시	70.6	84.2	77.4	92.6	9.7	9.9
진천군	69.8	83.1	74.0	88.1	6.0	6.0
창녕군	71.2	85.6	78.3	94.3	10.0	10.1
창원시	73.5	87.9	83.0	99.5	12.9	13.3
천안시	69.8	83.1	73.7	87.7	5.6	5.5
철원군	64.2	76.4	69.0	82.2	7.5	7.7
청도군	66.8	80.3	73.7	88.7	10.3	10.4

자료: 이상은 외(2017a)

시군구	관측 (mm/hr)		RCP8.5 (mm/hr)		변화량(%)	
	30yr	100yr	30yr	100yr	30yr	100yr
청송군	49.3	58.3	52.1	61.7	5.8	5.7
청양군	79.4	93.7	86.3	102.1	8.6	8.9
청주시	68.2	80.1	71.9	84.3	5.4	5.3
춘천시	59.0	70.1	62.5	74.4	5.9	6.1
충주시	61.7	72.0	66.5	78.0	7.6	8.2
칠곡군	52.2	61.6	55.2	65.2	5.9	5.8
태백시	44.7	53.3	47.2	56.4	5.6	5.7
태안군	81.5	96.4	89.1	105.6	9.2	9.6
통영시	73.1	87.4	82.8	99.2	13.1	13.5
파주시	81.2	96.5	90.9	108.4	12.0	12.3
평창군	63.7	75.7	68.1	81.2	6.9	7.3
평택시	69.8	83.1	73.7	87.7	5.7	5.6
포천시	80.1	95.2	89.5	106.8	11.7	12.1
포항시	57.6	68.7	61.3	73.1	6.4	6.4
하남시	81.0	96.3	90.7	108.1	12.0	12.3
하동군	70.7	84.2	76.0	90.7	7.5	7.6
함안군	73.1	87.3	82.6	99.0	13.0	13.4
함양군	68.2	81.3	72.4	86.3	6.0	6.2
함평군	63.5	74.7	66.9	78.6	5.3	5.3
합천군	68.1	81.1	72.2	86.1	6.0	6.2
해남군	57.5	67.1	58.8	68.5	2.3	2.1
홍성군	81.3	96.0	88.7	105.1	9.1	9.5
홍천군	60.4	72.0	64.5	76.9	6.7	6.9
화성시	75.8	90.1	83.2	99.1	9.7	10.0
화순군	69.1	81.8	74.4	88.0	7.6	7.7
화천군	57.2	68.1	60.0	71.5	4.9	5.0
횡성군	61.1	71.2	65.5	76.7	7.2	7.8

자료: 이상은 외(2017a)

3) 도시침수 방재대책수단 목록표

부록 표 2-2 | 주요 도시침수 방재대책의 구성

대책성격	주요 대책	대표적 대책수단	수단유형
조사 · 분석	입지유형 분석	- 입지유형의 구분(도시, 산지, 농촌, 해안·도서, 하천·호소지역) 및 침수위험도 분석 등	분석적 대책수단
		- 홍수방어 여건, 저감시설(펌프장·저류지유수지·등)과의 연계성 분석 등	
	재해 위험도 분석·평가	- 재해유형 구분 (하천·호우·사면·지반·토사·바람·기타재해), 위험성 검토 등	
		- 재해위험성 평가(재해취약지역 검토), 상습수해지역, 홍수위험성 평가(외수범람, 내수역류) 파악 등	
방재계획· 대책수립	기본 원칙 적용	- 인구·시설의 집중 방지, 개발밀도·재해이력 고려, 저지대 개발 지양, 기후변화 고려 등	계획적 대책수단
	방재계획 수립	- 풍수해저감종합계획 수립·시행, 사전재해영향성 검토, 방재시설의 설치지역·시설의 종류·효과분석 등	
	지역·지구 지정	- 용도지구(방재지구) 및 지구단위계획구역의 지정·운영 등 - 재해위험지구 지정(자연재해위험지구, 수해상습지구, 산사태 위험지구, 고립위험지구, 노후시설지구) 등	
	건축물 대책	- 단지·대지 승고, 건축물 배치, 용도·규모 규제, 내수화, 침수방지대책, 설비보호, 건축불허 등	
	토지이용 대책	- 용도·시설 배치, 입지규제, 토지매수·이주, 자연환경 보전·활용 등	
방재시설 설치	우수 유출저감 시설 개선	- 지역내·외 저류시설 설치, 침투시설(침투형, 우물형) 설치 등	시설적 대책수단
	내·배수시설 개선	- 하천정비, 배수체계 개선, 배수능력 제고 등	
	도로 침수· 배수 대책	- 도로부 배수 처리, 시가지 침수전이 방지 등	
재난관리	예경보 및 대피	- 예·경보 시스템, 대피로 및 대피시설 확보·운영, 비상대처계획 수립·시행 등	관리적 대책수단
	시설물 유지관리	- 시설 점검·정비·보수·보강 실시, 유지관리계획 수립 등	
법·제도 운영	지침·기준 운영	- 방재지침 마련·운영, 방재시설 최소설치기준 마련, 지구단위 홍수방어기준, 수방기준 설정·운영 등	제도적 대책수단
	관련제도 운영	- 지역별 방재성능목표 강우량 운영, 홍수보험 등	

자료: 이상은 외(2016)

부록 표 2-3 | 주요 도시침수 대책수단의 근거 및 개념

대책 단계	주요 대책	대표적 대책수단	근거법령·지침	용어 정의	관련사업 및 관련내용
조 사 · 분석	입지유형 분석	입지유형의 구분	사전재해영향성 검토협의 실무 지침, 2016, 국민안전처	개발지역의 입지특성에 따라 구분한 5개 유형(도시지역, 해안·도서지역, 산지지역, 농촌지역, 하천·호소지역)	자연재해대책법에 의한 행정계획 및 개발사업에 적용
		침수위험도 분석 등	하천법 제21조 제1항~제6항	홍수피해의 위험도를 예측하는 홍수위험지도 등을 이용하여 침수위험의 정도를 분석하는 것	중앙행정기관·지자체장은 “국토의 계획 및 이용에 관한 법률”에 따른 도시·군계획 등 각종 계획을 수립할 경우 홍수피해상황 조사결과를 계획에 반영해야 함
		유역의 홍수방어 여건 분석	하천설계기준 해설, 2009, 수자원학회	홍수방어계획이란 하천에서 발생하는 홍수재해로부터 인명·재산피해를 입지 않도록 방어하기 위한 조사·계획·대책수립에 대한 사항을 파악하고, 결정하기 위해 책정하는 치수대책을 말함	유역 홍수방어계획과의 연계성을 검토
		우수유출저감시설과의 연계성 분석 등	자연재해대책법 제2조 제6호, 시행령 제16조 제1항 제2호	우수유출저감시설이란 우수의 직접적 유출을 억제하기 위해 인위적으로 우수를 지하로 스며들게 하거나 지하에 가두어 두는 시설을 말함	우수유출저감시설 사업계획 수립 시 다른 사업과의 중복 또는 연계성 여부를 검토
	재해 위험성 분석·평가	재해유형 구분 및 재해유형별 위험성 검토등	사전재해영향성 검토협의실무지침, 2016, 국민안전처	개발예정용지 내·외에서 재해유형별(하천재해, 호우재해, 사면재해, 지반재해, 해안재해, 바람재해 등)로 재해유발 가능성이 있는 지역	재해이력조사, 현장조사 시행
		재해위험성 평가	도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙 제2조제3항	재해취약지역이란 재해에 취약한 지역을 말함	방재지구, 급경사지, 풍수해저감종합계획에서 자연재해의 위험이 높은 지역에 주차장, 공원, 녹지, 유원지, 광장, 학교, 운동장, 공공청사, 문화시설, 청소년수련시설, 종합의료시설을 설치할 경우 저류시설 및 주민대피시설 등을 포함한 도시·군계획시설 결정
		홍수위험성 평가	자연재해대책법 시행령 제8조 제1항	자연재해위험개선지구는 재해위험원인에 따라 침수위험지구, 유실위험지구, 고립위험지구, 취약방재시설지구, 붕괴위험지구, 해일위험지구로 구분하여 지정해야 함	하천의 외수범람과 내수배제 불량으로 인한 침수가 발생하여 인명 및 건축물·농경지 등의 피해를 유발하였거나 침수피해가 예상되는 지역인 “침수위험지구” 적용
		상습수해지역 파악 등	자연재해대책법 제12조, 제18조	해당 없음	상습침수지역, 산사태위험지역 등 지형적 여건 등으로 재해발

대책 단계	주요 대책	대표적 대책수단	근거법령·지침	용어 정의	관련사업 및 관련내용
					생이 우려되는 지역을 자연재해 위험개선지구로 지정·고시 상습침수지역, 홍수피해예상지역, 기타 수해지역의 재해경감을 위해 지구단위 홍수방어기준 설정
계획·대책의 수립	기본원칙 적용	인구·시설의 집중 방지	도시관리계획 수립지침 제5장 제2절(수립의 일반원칙)	해당 없음	“국토의 계획 및 이용에 관한 법률”에 따른 도시관리계획 수립시 적용
		저지대 개발 지양			
		개발밀도 및 재해위험 고려			
		기후변화 고려			
	방재계획 수립	사전재해 영향성 검토	자연재해대책법 제2조 제4호	자연재해에 영향을 미치는 각종 행정계획 및 개발사업으로 인한 재해유발요인을 예측·분석하고, 그 대책을 마련하는 것	국토·지역계획, 도시개발, 산업·유통단지 조성, 에너지개발, 교통시설 건설, 하천이용·개발, 수자원·해양개발, 산지개발·골재채취, 관광단지개발·체육시설 조성, 대통령령으로 지정하는 계획·사업에 적용
	풍수해저감 종합계획의 수립·시행	자연재해대책법 제2조 제5호, 제16조 제1~2호	지역별로 풍수해의 예방·저감을 위해 시·도지사 및 시장·군수가 지역안전도 진단 등을 거쳐 수립한 종합계획	시장·군수는 5년마다 시·군 풍수해저감종합계획을, 시·도지사는 시·군 종합계획을 기초로 시·도 풍수해저감종합계획을 수립해야 함	
	방재시설의 설치지역·시설의 종류·효과분석 등	자연재해대책법 제64조 제1항, 시행령 제55조 제1호~제12호	방재시설이란 자연재해대책법 시행령 제55조 제1호~제12호에 해당하는 시설을 말함	자연재해대책법 시행령 제55조 제1호~제12호에 해당하는 시설을 설치할 때 적용됨	
지역·지구지정	용도지구 지정·운영	국토의 계획 및 이용에관한법률 제2조 제16호, 제37조 제5호	토지이용 및 건축물의 용도·건폐율·용적률·높이 등에 대한 용도지역의 제한을 강화하거나 완화함으로써 용도지역의 기능을 증진시키고, 미관·경관·안전 등을 도모하기 위해 도시·군관리계획으로 결정하는 지역	방재지구(풍수해, 산사태, 지반붕괴, 기타 재해예방을 위한 지구)를 용도지구의 하나로 구분하여 지정해야 함	
	지구단위 계획 구역의 지정·운영 등	국토의 계획 및 이용에관한법률 제2조 제5호	지구단위계획이란 도시·군 계획 수립대상지역의 일부에 대하여 토지이용 합리화, 기능 증진, 미관 개선, 양호한 환경 확보, 지역의 체계적·계획적 관리를 위해 수립하는 도시·군관리계획	국토교통부장관, 시·도지사, 시장·군수는 용도지구(방재지구 포함)에 대하여 지구단위계획 구역을 지정할 수 있음	

대책 단계	주요 대책	대표적 대책수단	근거법령·지침	용어 정의	관련사업 및 관련내용
		자연재해 위험 지구 지정 등	자연재해대책법 제12조 제1항, 제14조의2제1항	상습침수지역, 산사태위험지역 등 지형적 여건 등으로 인해 재해가 발생할 우려가 있는 지역	시장·군수·구청장이 지정·고시하고, 정비사업계획을 수립·실시
		건축물의 용도 제한	건축법 제2조 제3호, 제11조 제4항 제2호	“건축물의 용도”란 건축물의 종류를 유사한 구조, 이용 목적 및 형태별로 묶어 분류한 것을 말함	방재지구 및 자연재해위험개선지구 등 상습적으로 침수되거나 침수가 우려되는 지역에 건축하려는 건축물에 대하여 지하층 등 일부 공간을 주거용으로 사용하거나 거실을 설치하는 것이 부적합하다고 인정되는 경우에는 건축위원회의 심의를 거쳐 건축허가를 하지 않을 수 있음
		건축물의 규모 제한	국토의 계획 및 이용에 관한 법률 시행령 제31조 제2항 제4호, 제75조, 제84조 제6항 제2호	국토교통부장관, 시·도지사, 대도시 시장은 방재지구를 다음과 같이 세분하여 지정할 수 있음 - 시가지방재지구: 건축물·인구가 밀집되어 있는 지역으로서 시설 개선 등을 통하여 재해 예방이 필요한 지구 - 자연방재지구: 토지의 이용도가 낮은 해안변, 하천변, 급경사지 주변 등의 지역으로서 건축 제한 등을 통하여 재해 예방이 필요한 지구	방재지구안에서는 풍수해·산사태·지반붕괴·지진 그 밖에 재해예방에 장애가 된다고 인정하여 도시·군계획조례가 정하는 건축물을 건축할 수 없음. 다만, 특별시장·광역시장·특별자치시장·특별자치도지사·시장 또는 군수가 지구의 지정목적에 위배되지 아니하는 범위 안에서 도시·군계획조례가 정하는 기준에 적합하다고 인정하여 당해 지방자치단체에 설치된 도시계획위원회의 심의를 거친 경우에는 그러하지 않음 녹지지역·관리지역·농림지역·자연환경보전지역의 건축물로써 방재지구의 재해저감대책에 부합하게 재해예방시설을 설치한 건축물의 경우 해당 용도지역별 건폐율의 150% 이하의 범위에서 도시·군계획조례로 정하는 비율을 초과해서는 안됨
		건축물 내수화	건축법 제49조 제4항	해당없음	자연재해위험개선지구 중 침수 위험지구에 국가·지자체·공공기관이 건축하는 건축물은 침수방지 및 방수를 위해 건축물의 1층 전체를 필로티(건축물을 사용하기 위한 경비실, 계단실, 승강기실, 그 밖에 이와 비슷한 것을 포함한다) 구조로 할 것, 국토교통부령으로 정하는 침수방지시설을 설치할 것

대책 단계	주요 대책	대표적 대책수단	근거법령·지침	용어 정의	관련사업 및 관련내용
	건축물 대책	단지·대지 침수방지	건축법 제40조 제1항~제4항	대지란 “공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률”에 따라 각 필지(筆地)로 나눈 토지이며, 대지는 인접한 도로면보다 낮아서는 안 됨	건축법 제2조 제2항에 의한 건축물의 대지에 적용 습한 토지, 물이 나올 우려가 많은 토지, 쓰레기, 그 밖에 이와 유사한 것으로 매립된 토지에 건축물을 건축할 경우에는 성토(盛土), 지반개량 등 필요한 조치를 해야 함 대지에는 빗물·오수의 배출·처리를 위해 필요한 하수관, 하수구, 저수탱크, 기타 이와 유사한 시설을 해야 함 손궤(무너져 내림)의 우려가 있는 토지에 대지를 조성하려면 국토교통부령에 따라 옹벽을 설치하거나 그 밖에 필요한 조치를 하여야 함
		건축물의 배치	도시·군관리계획 수립 지침 6-2-2-2(1)~(3)	해당없음	수해·지진 등 발생가능한 재해에 대비하여 재해에 취약한 지역과 장소를 발견하고 이에 대비하여 다음 사항을 고려한 방재계획을 수립해야 함 (1) 저지대 및 지내력이 적은 지역에는 내수범람 및 침수방지를 위한 배수 및 방수시설을 충분히 설치하고, 취약지대에는 인구가 밀집되지 않도록 토지이용계획을 수립해야 함 (2) 저지대는 가급적 자연배수가 되도록 계획하고, 불가피한 경우에는 유수지를 충분히 확보하고 유수지의 기능이 최대한 발휘되도록 계획해야 함 (3) 수해상습지역에는 가급적 운동장·공원 등 공공용지를 많이 확보하여 재해로 인한 인명이나 재산의 피해가 최소화되도록 토지이용계획을 수립해야 함
		건축물 침수 방지	건축법 제49조 제4항	건축물의 1층 전체를 필로티 구조로 하거나 침수방지시설을 설치하는 것	자연재해위험개선지구 중 침수 위험지구에 국가·지자체·공공기관이 건축하는 건축물에 적용

대책 단계	주요 대책	대표적 대책수단	근거법령·지침	용어 정의	관련사업 및 관련내용
			건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙 제19조의2, 건축법 제35조 제2항, 건축법 시행령 제23조의 2 제5항	국토교통부령으로 정하는 “침수방지사설”이란 차수판(遮水板), 역류방지 밸브를 말함	건축물의 소유자나 관리자는 화재, 침수 등 재해나 재난으로부터 건축물의 안전을 확보하기 위하여 필요한 경우에는 해당 지자체의 건축조례에 따라 수시 점검을 실시해야 함
		건축설비 보호	건축법 시행령 제87조 제1항, 도시·군기본계획수립지침 4-10-5	해당없음	건축설비는 건축물의 안전·방화, 위생, 에너지 및 정보통신의 합리적 이용에 지장이 없도록 설치하여야 하고, 배관피트 및 덕트의 단면적과 수선구의 크기를 해당 설비의 수선에 지장이 없도록 하는 등 설비의 유지·관리가 쉽게 설치해야 함 상습침수지역 등 재해가 빈발하는 지역에 대하여는 가급적 개발을 억제해야 함. 상습침수지역을 개발할 때에는 집중호우에 의한 배수구역에서 충분한 우수를 저류할 수 있는 유수지를 확보하거나 충분한 녹지를 확보하여 도시내 담수능력을 배양하도록 하는 등 재해에 대한 예방대책을 수립해야 함
		건축불허 등	국토계획법 시행령 제75조, 건축법 제11조 제4항 제2호	건축법이나 다른 법률에 불구하고 건축위원회의 심의를 거쳐 건축허가를 하지 않는 것	국토계획법상의 방재지구 안에서는 풍수해·산사태·지반붕괴·지진, 기타 재해예방에 장애가 되어 도시·군계획조례에서 정하는 건축물은 건축할 수 없음 국토계획법상의 방재지구 및 자연재해대책법에 의한 자연재해 위험개선지구 등 상습침수지역이나 침수우려지역에 건축하려는 건축물에 대해 지하층 등 일부공간의 주거용 사용, 거실 설치가 부적합할 경우
		지하공간 침수 방지	자연재해대책법 제2조 제7호, 제17조 제1항	풍수해로부터 시설물의 수해내구성)을 강화하고 지하공간의 침수를 방지하기 위해 관계 중앙행정기관장 또는 국민안전처 장관이 정하는 기준	침수취약지구 내의 지하도로, 지하광장, 지하공동구, 지하도상가, 지하도시철도, 지하철도, 지하변전소에 적용

대책 단계	주요 대책	대표적 대책수단	근거법령·지침	용어 정의	관련사업 및 관련내용
	토지이용 대책	용도·시설 배치	도시·군관리 계획수립지침 6-2-2-2 (3), 3-2-6-4	해당없음	수해상습지역에는 가급적 운동장·공원 등 공공용지를 많이 확보하여 재해로 인한 인명이나 재산의 피해가 최소화되도록 토지이용계획을 수립하여야 함 방재지구의 재해피해 저감을 위해 재해저감대책을 수립하는 지역은 공원녹지, 광장, 학교, 공공청사 등을 활용해야 함
		개발입지 규제	도시·군관리 계획수립지침 6-2-2-2 (1), (2)	해당없음	수해·지진 등 발생가능한 재해에 대비하여 재해에 취약한 지역과 장소를 발견하고 이에 대비하여 다음 사항을 고려한 방재계획을 수립해야 함 (1) 저지대 및 지내력이 적은 지역에는 내수범람 및 침수방지를 위한 배수 및 방수시설을 충분히 설치하고, 취약지대에는 인구가 밀집되지 않도록 토지이용계획을 수립해야 함 (2) 저지대는 가급적 자연배수가 되도록 계획하고, 불가피한 경우에는 유수지를 충분히 확보하고 유수지의 기능이 최대한 발휘되도록 계획해야 함
		토지 매입	재해위험개선사업 및 이주대책에 관한 특별법 제18조 제1~4항	사업시행자가 개선사업지구 안의 토지·건축물 또는 그 토지에 정착된 물건이나 그 토지·건축물 또는 물건에 관한 소유권 이외의 권리를 수용·사용하는 것	개선사업지구 안의 토지·건축물·토지, 정착물건 및 소유권 이외의 권리가 대상임
		주민이주 등	재해위험개선사업 및 이주대책에 관한 특별법 제2조 5호, 제11조	이주대책계획이란 재해위험 개선사업으로 인해 생활의 근간을 상실하게 되는 주민의 이주를 위한 구체적인 계획을 말함	사업시행자는 “공익사업을 위한 토지 등의 취득 및 보상에 관한 법률”에 따른 이주대책계획을 수립·시행해야 함
		자연환경의 보전·활용	도시·군기본 계획수립지침 4-4-3 (4) ③, 4-7-1 (5), 4-10-5 (1)	해당없음	상습침수지역 등 재해가 빈발하는 지역에 대하여는 가급적 개발을 억제해야 함 (1) 상습침수지역을 개발할 때에는 집중호우에 의한 배수 유역에서 충분한 우수를 저류할 수 있는 유수지를 확보하거나 충분한 녹지를 확보

대책 단계	주요 대책	대표적 대책수단	근거법령·지침	용어 정의	관련사업 및 관련내용
					하여 도시내 담수능력을 배양하도록 하는 등 재해에 대한 예방대책을 수립해야 함 (2) 재해가 빈발하는 도시는 (1)의 재해예방대책을 구체적으로 제시해야 함 상습수해지역 등 재해가 빈발하는 지역과 하천 하류지역의 수해를 유발할 가능성이 있는 상류지역은 원칙적으로 보전용지로 지정하되, 시가화예정용지로 설정하고자 하는 경우에는 당해 지역에 유수되는 우수의 흡수율을 높이기 위하여 녹지비율을 강화하는 등 방재 대책을 미리 수립해야 함 단지개발시 불투수층을 최대한 감소시켜 초기강우시 비점오염물질의 발생을 억제시키고 발생된 비점오염 물질은 하천에 유입되기 전에 이를 차단관리하는 방안을 수립해야 함
시설물의 설치	우수유출저감시설 설치	저류시설 설치 등	자연재해대책법 제2조 제6호, 제19조~제19조의 7	우수의 직접적 유출을 억제하기 위해 인위적으로 우수를 지하로 스며들게 하거나 지하에 가두어 두는 시설	우수유출저감시설 설치대상 개발사업인 국토·지역계획 및 도시개발, 산업·유통단지 조성, 관광지·관광단지 개발, 기타 대통령령 지정사업 등에 적용됨 우수유출저감시설의 종류는 자연재해대책법 시행령 제16조의3 제1항에 규정되어 있음
		침투시설 설치 등			
	도로침수·배수대책	도로부 배수 처리	도로법 제35조 제5호, 도로의 구조·시설기준에 관한 규칙 제30조 제1항~제3항	해당없음	도로관리청이 아닌 자의 도로공사 시행 허가기준에 배수시설 및 비탈면 보호시설 등을 적절하게 설치하여 도로의 유지·관리에 문제가 없도록 할 것 도로시설의 보전, 교통안전, 유지보수 등을 위해 도로에는 측구(側溝), 집수정 및 도수로(導水路) 등 적절한 배수시설을 설치해야 함. 이 경우 배수시설에 공급되는 전기시설은 침수의 영향을 받지 않도록 설치해야 함 배수시설의 규격은 강우의 지속시간, 강도, 지형상황에 따라 적절하게 결정되어야 함

대책 단계	주요 대책	대표적 대책수단	근거법령·지침	용어 정의	관련사업 및 관련내용
					길어깨는 노면 배수로로 활용할 수 있으며, 길어깨에 붙여서 측구를 설치하는 경우에는 교통안전을 위하여 윗면이 열린 측구를 설치하여서는 안됨
		시가지 침수 전이 방지	도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙 제9조 제1항, 제12조 제1항 제5호, 제14조의3 제1항 제7호, 제16조 제1항 제5호, 제19조의3 제4호, 제30조 제1항 제3호	도로는 사용 및 형태, 규모, 기능에 따라 구분함	도로의 배수시설에는 노면의 배수에 지장을 주지 아니하는 범위 안에서 빗물이 땅속에 스며들게 유도하고 노면에서 유출되는 빗물을 최소화하기 위한 빗물관리시설 설치를 고려할 것 바닥은 보행에 적합한 표면을 유지할 수 있도록 평탄성, 지지력, 미끄럼저항성, 내구성, 투수성, 배수성을 갖춘 구조로 설치할 것 폭우로 인한 침수 등을 방지하기 위해 재해취약지역에는 지하 도로를 설치하지 않을 것. 다만, 배수시설을 설치하는 경우에는 그러하지 않음 빗물로 차량과 보행자의 통행이 불편하지 아니하도록 배수시설을 갖출 것
					재해취약지역에서 국가·지자체가 설치·관리하는 면적 3,000㎡ 이상의 주차장에는 지형 및 배수환경 등을 검토하여 적절한 규모의 지하 저류시설을 설치하는 것을 고려할 것. 다만, 하천구역 및 공유수면에 설치하는 경우에는 그러하지 않음
	내·배수 시설설치	하천정비 및 내수배제 시설 설치	하천의 구조·시설기준에 관한 규칙 제11조	내수배제시설이란 제내지의 물을 하천으로 강제 배제하기 위한 시설을 말함	하천으로의 내수배제를 위한 펌프와 전기시설에 적용됨
			도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙 제116조 제2호	빗물에 의한 제내지의 내수를 하천으로 내보내기 위하여 설치하는 배수시설은 방수설비로 결정할 것	도시·군 계획시설 중 방재시설(하천)에 적용됨
	배수체계 개선	사전재해영향성		해당 없음	자연재해대책법에 의한 개발사업에 적용됨
	배수능력 제고	검토협의실무 지침, 2016,			
	사면배수	국민안전처			
	유송집물 유입 방지시설 등				

대책 단계	주요 대책	대표적 대책수단	근거법령·지침	용어 정의	관련사업 및 관련내용
재난 관리	예·경보 및 대피	예·경보 시스템	자연재해대책법 제37조 제1항, 시행령 제30조, 제31조 제1항	비상대처계획이란 태풍·지진·해일 등 자연현상으로 인해 대규모 인명·재산피해가 우려되는 댐, 다중이용시설, 해안지역 등에 대해 시설물 또는 지역의 관리주체가 수립하는 계획	비상대처계획에 비상시 응급행동 요령, 경보체계, 비상대피계획, 이재민 수용계획, 주민대피계획, 구조활동로 등을 포함
		대피로 및 대피시설 확보·운영	자연재해대책법 제21조, 시행령 제18조 제3호	재해정보지도란 재해발생 시 대피요령, 대피소, 대피경로 등의 정보를 표시한 지도	자연재해 경감 및 신속한 주민 대피 등을 위해 재해지도 제작·활용
		비상대처계획 수립·시행 등	자연재해대책법 제37조 제1항~제6항	태풍·지진·해일 등 자연현상으로 인해 대규모 인명·재산의 피해가 우려되는 댐, 다중이용시설, 해안지역 등에 대해 시설물 또는 지역의 관리주체가 피해경감을 위해 수립하는 대책	내진설계 대상시설물, 해일·하천범람·호우·태풍 등으로 피해가 우려되는 시설물, 댐·저수지, 자연재해위험개선지구 중 지자체장이 인정하는 지역 등에 적용됨
	시설물 유지관리	시설물점검·정비·보수·보강	시설물 안전법 제2조 제12호	완공시설물의 기능보전, 시설물 이용자의 편의와 안전제고를 위해 시설물을 일상적으로 점검·정비하고 손상부분을 원상복구하며 경과시간에 따른 시설물의 개량·보수·보강에 필요한 활동	시설물안전법에 의한 1종 시설물 및 2종 시설물의 관리주체는 기본계획에 따라 소관 시설물에 대한 안전 및 유지관리계획을 수립·시행
		시설별 유지관리 계획 수립·시행			
법·제도 운영	지침·기준운영	방재지침 마련·운영	자연재해대책법 제3조 제5항	시장·군수·자치구청장이 자연재해의 유형별로 지역특성을 고려하여 정한 구체적인 대처요령	관계 공무원의 업무지침, 주민교육·홍보자료 등으로 적극 활용
		지구단위 홍수 방어기준	자연재해대책법 제2조 제11호, 제18조 제1항	상습침수지역이나 재해위험도가 높은 지역에 대해 침수피해를 방지하기 위해 국민안전처장관이 정한 기준	상습침수지역, 홍수피해예상지역, 기타 수해지역의 재해경감을 위해 필요할 경우 지정
		수방기준 설정·운영 등	자연재해대책법 제2조 제7호, 제17조	풍수해로부터 시설물의 수해내구성을 강화하고 지하공간의 침수방지를 위해 관계 중앙행정기관장 또는 국민안전처장관이 정하는 기준	수방기준 제정대상의 준공검사나 사용승인 시 적용여부 확인

자료: 이상은 외(2016)

3. 시스템 구축을 위한 근거자료

1) 도시침수 예방대책 지원시스템 구축을 위한 시스템 아키텍처

부록 그림 3-1 | 소프트웨어 아키텍처



자료: 저자 작성

부록 그림 3-2 | 시스템 아키텍처



자료: 저자 작성

-
- 시스템은 정상 상태에서 모든 질의는 요청하는 시간으로부터 평균 응답 시간 3초 이내에 그 결과를 표출해야 함
 - 지도가 노출되는 정보는 평균 응답 시간 5초 이내 그 결과를 표출
 - 파일 업로드 및 다운로드에 대한 질의에는 적용되지 않음
 - 한 개 이상의 대용량 이미지(이미지 500KB이상) 및 동영상을 가지고 있는 페이지에는 적용되지 않음

 - 시스템의 사용자 인터페이스는 다양한 사용자 환경에서도 서비스를 이용할 수 있도록 개발해야 함
 - 전체 시스템 간 통일성을 부여하여, 사용자 친화적 인터페이스(UI/UX)를 구현
 - 시스템의 성능에 미치는 영향을 고려하여 디자인을 구성
 - 화면 오류가 발생 시 오류 메시지 기능을 제공
 - 사용자 인터페이스는 사용자의 환경에 따라 화면의 크기가 재조정되게 구현

2) 시스템 검증을 위한 수요조사 설문지

「도시침수 예방대책 지원시스템」 수요조사 설문지

성명		소속	
----	--	----	--

■ 시스템 개발 개요

■ 과제 개요

- 과제 명: 도시 침수지역 및 침수지역 분석을 통한 재난안전 정책지원 시스템 구현 (16-13)
- 연구기관: 국토연구원 도시정책·수자원연구센터
- 연구목적: 도시침수 위험지역에 대해 상세 위험정보 제공과 도시계획위원의 정책대책 제시

■ 시스템 개발 목적

- 도시침수에 대한 도시계획의 방재대책 수립에 대해서 시·군·담당자의 의사결정 부문 관해
- 도시침수 위험을 적정하기 위한 유용한 정보 제공
- 대책 추진 여부, 효과 등 지속적인 모니터링 가능 바램

■ 수요조사 개요

■ 수요조사 개요

- 목적 : 도시침수 예방대책 지원시스템의 개발 방향, 시스템 기능구현에 관성도, 시스템 제공 자료의 품질, 시스템 활용도를 조사하여 시스템 검증 및 보완사항을 도출하기 위함
- 대상 : 지자체 담당자, 협력공사업자, 유관분야 전문가 등

1. 시스템 개발 방향

문1. 귀하께서는 「도시경수 개발대책 지원시스템」이 당초 의결 수렴한 당초의 수요에 맞게 개발되었다고 생각하십니까?

- ① 매우 그렇다 ② 그렇다 ③ 보통이다 ④ 그렇게 않다 ⑤ 매우 그렇지 않다

※ 본 연구원에서는 「도시경수 개발대책 지원시스템」개발에 앞서, 시스템 구축·운영에 대한 의견수렴(‘16.3.7) 및 시스템 기능에 대한 수요조사(‘16.3.12~30)를 실시하였습니다. 시스템 구축·운영 및 기능의 수요는 다음과 같습니다.



문2. 귀하가 도시경수 시 정책계획을 고려하기 위해 「도시경수 개발대책 지원시스템」을 활용한다면, 시스템 상에서 알고자 하는 정보는 무엇입니까? (복수응답 가능)

- ① 도시경수 현황과 관련된 기초자료 (도시경수 현황도, 도면자료, 실수준계도, 도로대장자료 등)
 ② 해당지역의 정책계획 대책안을 마련하기 위한 원형도·현황 정보 (종류별·대입지역, 위치, 경향성, 노선특성, 계획특성, 위치상 지도 정보 등)
 ③ 도시경수 계획에서 구축적인 정책계획 의사결정 참고자료 (고리별지역, 위치, 대입조건, 특성, 실수준, 사례 등)
 ④ 관련 자료정보 (기초지, 원시자료 등)
 ⑤ 기타

II. 시스템 기능구현의 완성도

문1. 귀하께서는 시스템의 질적 및 자료 표현방법이 적절하다고 생각하십니까?

- ① 매우 그렇다 ② 그렇다 ③ 보통이다 ④ 그렇지 않다 ⑤ 매우 그렇지 않다

문2. 귀하께서는 시스템에서 제공하는 정보를 이해하기에 용이하다고 생각하십니까?

- ① 매우 그렇다 ② 그렇다 ③ 보통이다 ④ 그렇지 않다 ⑤ 매우 그렇지 않다

문3. 귀하께서는 시스템이 사용자의 편의성을 잘 고려하여 개발되었다고 생각하십니까?

- ① 매우 그렇다 ② 그렇다 ③ 보통이다 ④ 그렇지 않다 ⑤ 매우 그렇지 않다

문4. <시스템 기능구현 완성도>와 관련된 기타 의견(개선점 등)을 자유롭게 적어주세요.

III. 시스템 제공 자료의 품질

문1. 귀하께서는 시스템에서 제공하는 자료의 구성이 적절하다고 생각하십니까?

* 시스템 구성

1. 시스템 소개 : 시스템 개요, 시스템 기능, 자료의 구성
2. 도서관장 위임도 포함파일
3. 도서관장 개황자료 : 신축도, 보유대용자료, 거주연구, 파본면적지대, 자연재해관리지구, 입수추진현, 독우제도
학역지망, 집적현황
4. 종전시대 대상지역 개황자료 : 상세위임정보, 역사경관 참고자료
- 상세위임정보 : 명천권, 재개발권, 노후주택, 학역권
- 역사경관 참고자료 : 고위층지역 위치, 방재대책 역사경관 참고자료(보통수단) 목록표, 청문서, 사례집
5. 자료형 : 기술서, 종합보고서, 원시자료
6. 도면형 : 시스템 매뉴얼, 위임정보, 관리자 문의

- ① 매우 그렇다 ② 그렇다 ③ 보통이다 ④ 그렇지 않다 ⑤ 매우 그렇지 않다

문2. 귀파견지는 시스템에서 제공하는 자료의 품질에 만족하십니까?

- ① 매우 그렇다 ② 그렇다 ③ 보통이다 ④ 그렇지 않다 ⑤ 매우 그렇지 않다

문3. <시스템 제공 자료의 품질>과 관련된 기타 의견(개선점 등)을 자유롭게 서술해주시기 바랍니다.

IV. 시스템 활용

문1. 시스템에서 제공하는 각 자료의 업무 수행 시 활용정도(예상)를 판단해주시기 바랍니다.

자료명목		매우낮음	낮음	보통	높음	매우높음
도시광수 위첨도 프로그램		①	②	③	④	⑤
도시광수 기초자료	건축물	①	②	③	④	⑤
	보통대상지점	①	②	③	④	⑤
	화장실	①	②	③	④	⑤
	도로명	①	②	③	④	⑤
	기타인구	①	②	③	④	⑤
	출생별 지역대	①	②	③	④	⑤
	자영경제활동지구	①	②	③	④	⑤
	원주론적	①	②	③	④	⑤
	특수경제 권역지역 등급	①	②	③	④	⑤
	토지이용	①	②	③	④	⑤
중점관리 대상지역 기술계획	생활권	①	②	③	④	⑤
	해방특성	①	②	③	④	⑤
	노출특성 (가주인구, 토지이용)	①	②	③	④	⑤
	위탁성 (건축물, 보통대상지점, 도로)	①	②	③	④	⑤
	교원밀 지역, 위치	①	②	③	④	⑤
	발생대역, 특성명칭, 학교자료 (도시상에 대학주단, 유치원, 일문서, 사립원)	①	②	③	④	⑤
여유용 (기술서, 종보자료서, 원서자료)		①	②	③	④	⑤

문3. 귀하께서는 본 시스템이 도시권수-위험경도를 원단화는데 활용도가 높다고 생각하십니까?

- ☐ ① 매우 그렇다 ☐ ② 그렇다 ☐ ③ 보통이다 ☐ ④ 그렇지 않다 ☐ ⑤ 매우 그렇지 않다

문3. 귀하께서는 본 시스템이 위험지역-방재대책-수원 사 활용도가 높다고 생각하십니까?

- ☐ ① 매우 그렇다 ☐ ② 그렇다 ☐ ③ 보통이다 ☐ ④ 그렇지 않다 ☐ ⑤ 매우 그렇지 않다

문4. 귀하께서는 「도시권수-해방대책-지원시스템」이 필요하다고 생각하십니까?

- ☐ ① 매우 그렇다 ☐ ② 그렇다 ☐ ③ 보통이다 ☐ ④ 그렇지 않다 ☐ ⑤ 매우 그렇지 않다

문5. 귀하께서는 「도시권수-해방대책-지원시스템」을 타부서나 타기관에게 추천하길 희망하십니까?

- ☐ ① 매우 그렇다 ☐ ② 그렇다 ☐ ③ 보통이다 ☐ ④ 그렇지 않다 ☐ ⑤ 매우 그렇지 않다

문6. <시스템 활용>과 관련된 기타 의견(개선점, 등)을 자유롭게 서술해주시기 바랍니다.

- 소중한 의견 감사합니다. -

4. 2018년 시범사업 추진 경과

부록 표 4-1 | 3차년도 시범사업 수요조사 추진 경과

구분	세부 내용
일정	■ 수요조사 실시(공문 시행) : '17년 9월 30일 ■ 신청서 접수 : '17년 10월 11일 ~ 10월 27일 ■ 수요조사 결과 공지 : '17년 11월 13일 (해당 지자체 공문 발송) ■ 시범사업 간담회 개최 및 현장조사 실시 - 제주특별자치도('17년 12월 5일, '18년 7월 18일) - 부산광역시('18년 1월 25일, '18년 5월 8일) ■ 시범사업 성과발표·공유 : '18년 9월 12일
사업비	■ 국토연구원의『도시 침수지역 및 영향권 분석을 통한 재난안전 정책지원 시스템 구현(III)』연구사업을 통해 전액 비용 충당
대상 지자체	■ 최근 도시침수 피해가 커 재해예방형 도시계획 수립의 시급성이 높거나 재해취약성 분석이 진행·예정되어 있는 시·군·구 선정 ■ 2018년 시범사업 대상지: 제주특별자치도, 부산광역시
선정방법	■ 다음의 네 가지 기준의 충족 여부 확인 - 최근 10년 이내 기록적인 도시침수 피해발생 여부 - 최근 10년간 공공·건축 피해 크기(도시지역 면적당 연평균 공공·건축 피해액) - 최근 10년간 침수피해 발생횟수(도시지역 면적당 연평균 발생횟수) - 추가로, 하천기본계획, 하수관망도, 풍수해저감종합계획보고서 등 자료 구비상황 확인
사업내용	■ 기존의 재해취약성 분석 결과를 검증*하고 도시계획에 방재대책 추진방향을 구체적으로 작성하는데 참고할 수 있도록 도시침수 예방대책 지원시스템을 통해 다음의 네 가지 종류의 정보 서비스 제공 - 도시침수 피해여건 : 기상·수문특성, 피해위치, 피해이력, 하천변 저지대 지역 - 중점관리 대상지역 : 과거피해를 토대로 도시침수 관리가 중요한 공간범위 설정 - 상세 위험정보 : 대상지에 대해 장래 기후변화를 고려해 저지대 배수불량, 하천범람 등에 의한 침수예상도를 제공하고 영향권을 설정 - 방재대책 추진방향 : 기상·수문·주거환경·기반시설 등 다양한 요소를 종합해 대상지역 내 대책이 시급한 고위험지역 위치를 결정하고, 대책수립 방향에 대한 의견 제공

자료: 자자 작성

5. 사례집

1) 제주특별자치도

Version 1.0

사례집

도시침수 사전관리를 위한 도시계획적 방재대책 제시

2018 제주특별자치도

차례

1. 대상지 개요 및 현황	185
1) 중점관리 대상지역 개요	185
2) 고위험지역 개요	186
3) 고위험지역 현황	187
4) 고위험지역 총괄	192
2. 군집별 검토	193
1) 군집 #1 (삼도1동 566-12일대 병문천 북측)	193
2) 군집 #1 (도남동 933-32일대 병문천 동측)	196
3) 군집 #2 (삼도2동 593-15일대)	199
4) 군집 #3 (용담1동 157-9일대)	202
5) 군집 #4 (용담1동 305-9일대)	205
6) 군집 #5 (용담1동 2823-7일대)	208

1. 대상지 개요 및 현황

1) 중점관리 대상지역 개요

- 제주시 중점관리 대상지역은 병문천, 독천, 한천 일대로서, 면적은 약 67.5km²임



그림 1 | 제주시 중점관리 대상지역 공간범위



그림 2 | 제주시 중점관리 대상지역의 고위험지역 선정 결과

2) 고위험지역 개요

□ 고위험지역 개요 및 위치

- 과거 피해현황을 확인하고 침수흔적도, 풍수해저감종합계획 보고서, 하천기본계획 보고서 등을 종합하여 주요지점을 포괄하는 중점관리 대상지역을 정의
- 중점관리 대상지역에 구축한 상세 위험정보를 AHP-PROMETHEE 연계기법에 적용해 고위험지역을 선정한 뒤 현장조사 및 연속성 보완을 통해 최종적으로 20 개소를 선정함

구분	고위험지역					
	군집 #1 -병문천 북측-	군집 #1 -병문천 동측-	군집 #2	군집 #3	군집 #4	군집 #5
위치	삼도1동 566-12 일대	도남동 903-32 일대	삼도2동 593-15 일대	용담1동 157-9 일대	용담1동 305-9 일대	용담1동 2823-7 일대
풍수해	병문천 북측	병문천 동측	독사천 하천지구	병문천 독사천 인근	한천 하천지구	병문천 하천지구

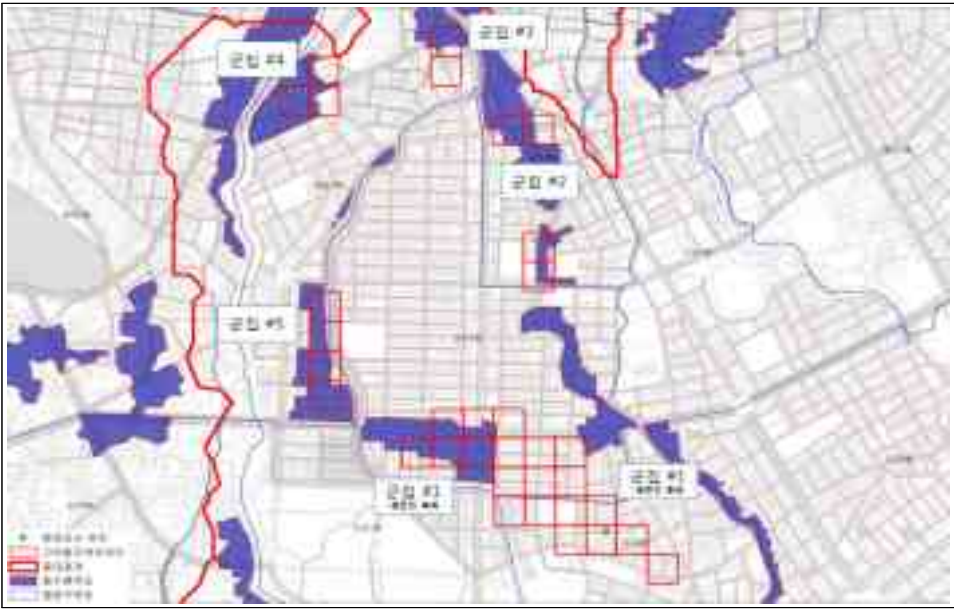


그림 31 고위험지역 위치도

3) 고위험지역 현황

- 고위험지역 군집특성에 맞는 현실적인 도시계획적 방재대책을 제시하고자 관련 상위 계획, 도시계획 현황, 토지 현황, 건축물 현황 등의 추가 조사를 실시

□ 상위 및 관련계획

- 제주도 도시기본계획 & 제주도 풍수해저감종합계획
 - 대상지는 광역거점에 해당하며, 하천위험지구로 선정됨



그림 4] 제주도 도시기본계획 구분



그림 5] 제주도 풍수해저감종합계획 구분

□ 도시계획 현황

○ 용도지역 & 도시계획시설

- 대부분 주거지역이나, 삼도1동(#1)과 삼도2동(#3) 그리고 용담1동(#3)일부에 일반상업지역이 지정되어 있음
- 고위험지역 내 대부분 중요시설의 입지는 없었으며, 기타 방재 관련 시설로 군집 #2에는 학교 그리고 군집 #1에는 공원이 저촉되어 있음



그림 6 | 고위험지역 용도지역 현황



그림 7 | 고위험지역 도시계획시설 현황

□ 토지 현황

- 소유 & 지목
 - 공공시설 중심의 국·공유지를 제외한 대부분 사유지임
 - 도시지역 내 기개발지로서 대부분 ‘대’ 임



그림 8) 고위험지역 토지소유자 현황



그림 9) 고위험지역 토지 지목 현황

○ 개별공시지가 & 표고

- 군집#1 내 서광로변으로 높은 지가가 형성되어 있으며 그 외 지역에 비슷한 수준임. 특이할 점은 군집#2, #3의 상업지역과 지가와의 상관성이 낮음
- 전반적으로 북측이 남측보다 저지대임



그림 10| 고위험지역 개별공시지가 현황

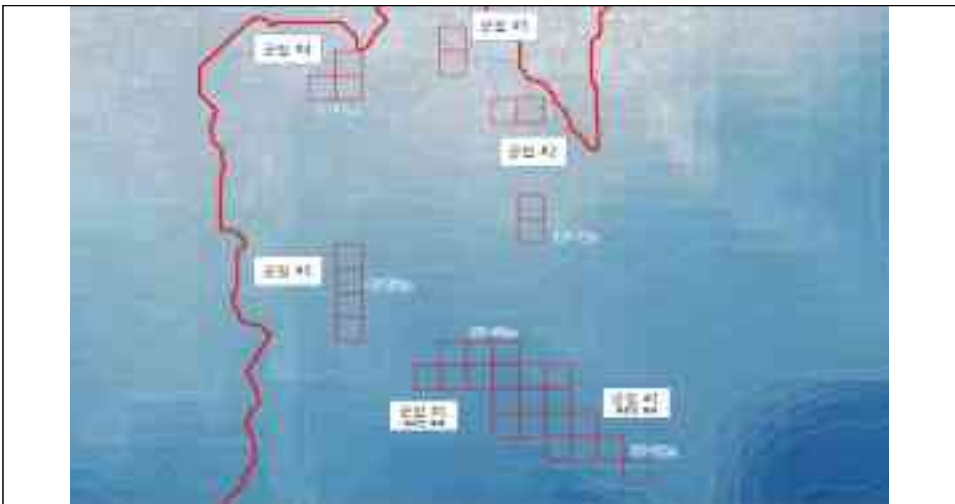


그림 11| 고위험지역 표고 현황

□ 건축물 현황

○ 용도 & 노후도

- 대부분 주택과 근린생활시설이며, 건축물의 경과연수 또한 대부분 30년 이상으로 노후되었음



그림 12| 고위험지역 건축물 용도 현황



그림 13| 고위험지역 건축물 노후도 현황

4) 고위험지역 총괄

□ 고위험지역 군집별 현황

구분	고위험지역					
	군집 #1 -병문천 북측-	군집 #1 -병문천 동측-	군집 #2	군집 #3	군집 #4	군집 #5
위치	삼도1동 566-12 일대	도남동 903-32 일대	삼도2동 593-15 일대	용담1동 157-9 일대	용담1동 305-9 일대	용담1동 2823-7 일대
용도지역	일반상업지역	제2종 일반주거지역	제2종 일반주거지역	일반상업지역 제2종 일반주거지역	준주거지역	제2종 일반주거지역
도시계획 시설	도로, 시장	도로, 하천, 공원	도로, 하천, 학교(중교)	도로, 시장, 하천	도로, 교통광장	도로, 하천, 초등학교
토지소유	사유지	사유지	국공유지, 사유지	사유지	국공유지, 사유지	국공유지, 사유지
평균 개별공시 지가	73만원/㎡	46만원/㎡	45만원/㎡	33만원/㎡	36만원/㎡	40만원/㎡
표고	56~63m	60~69m	35~45m	8~16m	19~32m	45~52m
건축물 용도	근생시설 밀집	단독주택 밀집	단독주택 밀집	단독주택 + 근생시설	단독주택 + 근생시설	단독주택 밀집
건축물 노후도	30년 이상 (평균건축년 1986년)	30년 이상 (평균건축년 1986년)	30년 이상 (평균건축년 1980년)	30년 이상 (평균건축년 1982년)	30년 이상 (평균건축년 1979년)	30년 이상 (평균건축 1985년)
풍수해 관련	병문천 북측	병문천 동측	독사천 하천지구	병문천 독사천 인근	한천 하천지구	병문천 하천지구

2. 군집별 검토

1) 군집 #1 (삼도1동 566-12일대 병문천 북측)

□ 일반 현황

도시계획	도시공간구조	광역거점 / 기개발지
	용도지역	일반상업지역
	도시계획시설	도로, 시장
토 지	소 유	대부분 '사유지'
	지 목	대부분 '대'
	개별공시지가	73만원/㎡
건축물	용 도	근린생활시설 중심
	노후도	30년 이상 (평균건축 1986년)
기타		• (표고) 56~63m

□ 위험지구 단위 저감대책 및 사업비 (기존 제주도 풍수해저감종합계획)

위험요인	하천복개로 인한 병문천 통수단면적 부족	
저감대책		
반복개 개선, 하상굴착	L=780m	• 사 업 비 : 28,964백만원 • 사업기간 : 3단계 계획 8~10년차
복개철거, 하상굴착, 화단석 설치	L=1,204m	



□ 도시계획적 방재대책 제안

○ 검토 의견

종합 의견
• 대상지역은 병문천 북측에 위치하여 대규모 침수이력이 있음 • 서사라사거리 일대 도심기능(일반상업지역)을 유지하는 것이 중점 방재목표임 • 주거지역과 상업지역에 대하여 방재성기준을 차등화하는 폭우관리형 지구단위계획 수립 ※ 폭우관리형 지구단위계획 : 도시침수 위험지역에 도시 물순환 회복·관리에 적합한 토지이용 등을 유도하며 재해예방계획, 빗물관리 시설의 설치를 권장·유도·관리하기 위해 수립하는 지구단위계획
구체적 사유
• 대상지는 침수피해예상지역으로 분석됨 - 풍수해저감종합계획 상 '하천재해 위험지구'(병문천) 주변 - 도시취약구성요소(노후주택 밀집지)가 다수 분포 • 현실적으로 서사로와 서광로의 노선상업축은 제주시의 기본골격으로 변경이 어렵기 때문에 도심기능을 유지하고 용도혼재에 따른 인접 주거지역의 피해를 최소화하기 위한 계획적 유도가 필요함

○ 재해저감대책 제안

□ 풍수해저감종합계획에 의한 재해저감대책 • (경보시스템 개선) 병문천 하천경보시스템 / • (재해지도) 침수예상도, 재해정보지도 작성 • (풍수해보험) 풍수해위험지구 영향권 내 상가시설에 대한 보험가입 장려 • (도로 빗물받이) 빗물받이 설치기준·간격 제시 및 내부도로 빗물받이 조성 • (신축건물 내수화) 하천주변 저지대 건물 신축 시 내수화(셔터시설 등) 유도 • (하천기본계획 수립) 병문천 체계적인 개수계획 재수립 통한 홍수방어능력 증대 • (도시계획 연계방안) 도시계획 수립 및 풍수해저감종합계획 반영 위한 조례 제정 - 토지이용계획 및 관리를 통한 재해완화방안 유도 - 풍수해위험지구 및 관리지구 내 건축 및 형질변경 등 행위제한
□ 토지이용 대책 • 용도지역 유지 • 지구단위계획구역 지정 (★) • 대피를 위한 유보지 확보(방재거점)
□ 기반시설 대책 • 우수관거 증설 • 이면도로(소로)의 내수화 - (횡단)배수시설 정비, 빗물받이 설치, 투수성포장, 레인가든·침투 트랜치 설치, 침투형 가로수 • 빗물관리시설, 저류시설 설치 + 투수성 포장 - 농협(서광로지점) 남측 주차장, 서사로 & 서광로

□ 건축물 대책

- 대피를 위한 건축배치 (건축선 등)
- 지하주차장 지양하고 노외주차장 또는 주차전용건축물 설치 권장
- 재해저감대책과 부합하는 시설계획·설치 시 인센티브 (건폐율, 용적률 완화)
 - 1층 필로티 건축시 용적률에 미포함
 - 투수형 포장, 옥상녹화, 녹지확보 등의 설치
 - 침투측구, 천형 침투용기, 침투통, 스트레이너 등 침투시설 설치
 - 건축물 지하저류조 설치
- 침수위를 고려한 건축계획 및 건축설비
 - 필로티(pilotis) 건축, 지반고 승고(성토), 차수판

□ 기타 대책

- 옥외광고물 정비
- LID 등 방재대책 수립을 전제로 개발사업 추진 (도시환경정비사업, 소규모주택정비사업 등)
- 제주도 물순환 조례 제정을 통한 사업지원 근거 마련



그림 14|군집 #1의 도시계획적 방재대책 예시

2) 군집 #1 (도남동 933-32일대 병문천 동측)

□ 일반 현황

도시계획	도시공간구조	광역거점 / 기개발지
	용도지역	제2종일반주거지역
	도시계획시설	도로, 하천, 공원
토 지	소 유	대부분 '사유지'
	지 목	대부분 '대'
	개별공시지가	46만원/㎡
건축물	용 도	주택 중심 (단독주택 밀집)
	노후도	30년 이상 (평균건축 1986년)
기타		• 대상지 내부와 남측에 아파트단지(도남e-편한세상) 있음 • (표고) 60~69m

□ 위험지구 단위 저감대책 및 사업비 (기존 제주도 풍수해저감종합계획)

위험요인	하천복개로 인한 병문천 통수단면적 부족	
저감대책		
반복개 개선, 하상굴착	L=780m	• 사 업 비 : 28,964백만원 • 사업기간 : 3단계 계획 8~10년차
복개철거, 하상굴착, 화단석 설치	L=1,204m	



□ 도시계획적 방재대책 제안

○ 검토 의견

종합 의견

- 대상지역은 병문천 동측에 위치하여 대규모 침수이력이 있음
- 기성시가지의 기개발지임을 고려하여 노후 주택밀집지역의 방재적응능력 향상을 위한 방재지구 지정을 권장
- 민간 주도의 재개발 또는 필지·가구단위의 소규모주택정비사업 추진을 통하여 노후주택 개량과 방재기반시설 설치 유도
- 필요시, 일부 용도지역 종상향도 검토 가능함(現 제2종일반주거지역)

구체적 사유

- 대상지는 침수피해예상지역으로 분석됨
 - 풍수해저감종합계획 상 '하천재해 위험지구'(병문천) 주변
 - 도시취약구성요소(노후주택 밀집지)가 다수 분포
- 현실적으로 도로를 제외한 국·공유지는 없고 대부분 사유지이기 때문에, 방재지구의 기본 틀안에서 개별 민간정비 사업을 통해 주택개량과 방재사업을 추진
 - 민간 개발사업을 유도하기 위한 도시계획적 인센티브 제공 필요
 - 비교적 개발압력이 높은 편임

○ 재해저감대책 제안

□ 풍수해저감종합계획에 의한 재해저감대책

- (경보시스템 개선) 병문천 하천경보시스템 /• (재해지도) 침수예상도, 재해정보지도 작성
- (도로 빗물받이) 빗물받이 설치기준·간격 제시 및 내부도로 빗물받이 조성
- (신축건물 내수화) 하천주변 저지대 건물 신축 시 내수화(셔터시설 등) 유도
- (도시계획 연계방안) 도시계획 수립 및 풍수해저감종합계획 반영 위한 조례 제정
토지이용계획 및 관리를 통한 재해완화방안 유도
풍수해위험지구 및 관리지구 내 건축 및 형질변경 등 행위제한

□ 토지이용 대책

- 용도지역 유지
- 방재지구 지정 권장 (★)

□ 기반시설 대책

- 이면도로(소로)의 내수화
 - (횡단)배수시설 정비, 빗물받이 설치, 투수성포장, 레인가든·침투 트랜치 설치, 침투형 가로수
- 빗물관리시설, 저류시설 설치 + 투수성 포장
 - 38호 공원 (e-편한세상 2차apt 남측)

□ 건축물 대책

- 대피를 위한 건축배치 (건축선 등)
- 지하주차장 지양하고 노외주차장 또는 주차전용건축물 설치 권장
- 재해저감대책과 부합하는 시설계획·설치 시 인센티브 (건폐율, 용적률 완화)
 - 1층 필로티 건축시 용적률에 미포함

- 투수형 포장, 옥상녹화, 녹지확보 등의 설치
- 침투측구, 천형 침투용기, 침투통, 스트레이너 등 침투시설 설치
- 건축물 지하저류조 설치
- 침수위를 고려한 건축계획 및 건축설비
 - 필로티(pilotis) 건축, 지반고 승고(성토), 차수판

□ 기타 대책

- 옥외광고물 정비
- LID 등 방재대책 수립을 전제로 개발사업 추진 (**재개발사업, 소규모주택정비사업 등**)
- 제주도 물순환 조례 제정을 통한 사업지원 근거 마련



그림 15 | 군집 #1의 도시계획적 방재대책 예시

3) 군집 #2 (삼도2동 593-15일대)

□ 일반 현황

도시계획	도시공간구조	광역거점 / 기개발지
	용도지역	제2종일반주거지역
	도시계획시설	도로, 하천, 학교(중교)
토 지	소 유	국공유지, 사유지
	지 목	대부분 '대'
	개별공시지가	45만원/㎡
건축물	용 도	주택 중심 (단독주택 밀집)
	노후도	30년 이상 (평균건축 1980년)
기타		• (표고) 35~45m

□ 위험지구 단위 저감대책 및 사업비 (기존 제주도 풍수해저감종합계획)

위험요인	하천복개로 인한 독사천 통수단면적 부족	
저감대책		
복개철거 + 하상굴착 + 확폭	L=80m	• 사 업 비 : 10,516백만원 • 사업기간 : 3단계 계획 8~10년차
복개철거 + 하상굴착	L=3,230m	



□ 도시계획적 방재대책 제안

○ 검토 의견

종합 의견

- 대상지역은 독사천에 의한 대규모 침수이력이 있으며, 현재에도 풍수해저감종합계획 상 하천재해위험지구로서 침수피해의 우려가 있음
 - 풍수해저감종합계획의 구조적 대책으로 복개철거, 하상굴착, 확폭 등을 제시하고 있으나 3단계 사업으로 분류되어 실현여부가 불투명한 실정임
- 이에, 기성시가지의 기개발지와 비교적 규모가 작은 점을 고려하여 노후 주택밀집지역의 방재 적응능력 향상을 위한 도시관리방안을 권장
 - 용도지역(제2종일반주거지역)은 유지
 - 민간 주도의 재개발 또는 필자·가구단위의 소규모주택정비사업 추진을 통하여 노후주택 개량과 방재기반시설 설치 유도
 - 국·공유지(제주중앙여중)를 활용한 빗물관리시설 설치(재정사업)를 검토
 - 건축허가 또는 개발행위허가 시 협의 유도

구체적 사유

- 대상지는 침수피해예상지역으로 분석됨
 - 풍수해저감종합계획 상 '하천재해 위험지구' (독사천)
 - 도시취약구성요소(노후주택 밀집지)가 다수 분포
- 그러나 대상지의 규모가 크지 않아 사유지를 중심으로 개별 민간정비사업을 통해 주택개량과 방재사업을 추진하거나 건축허가 시 협의를 통한 건축계획을 가이드
 - 민간 개발사업을 유도하기 위한 도시계획적 인센티브(용도지역 종상향 등) 제공 필요
 - 비교적 개발압력이 높은 편임

○ 재해저감대책 제안

□ 풍수해저감종합계획에 의한 재해저감대책

- (경보시스템 개선) 병문천 하천경보시스템 /• (재해지도) 침수예상도, 재해정보지도 작성
- (도로 빗물받이) 빗물받이 설치기준·간격 제시 및 내부도로 빗물받이 조성
- (신축건물 내수화) 하천주변 저지대 건물 신축 시 내수화(셔터시설 등) 유도
- (도시계획 연계방안) 도시계획 수립 및 풍수해저감종합계획 반영 위한 조례 제정
 - 토지이용계획 및 관리를 통한 재해완화방안 유도
 - 풍수해위험지구 및 관리지구 내 건축 및 형질변경 등 행위제한

□ 토지이용 대책

- 용도지역 유지

□ 기반시설 대책

- 하천(독사천) 복개철거, 하상굴착 (풍수해저감종합계획)
- 이면도로(소로)의 내수화
 - (횡단)배수시설 정비, 빗물받이 설치, 투수성포장, 레인가든·침투 트렌치 설치, 침투형 가로수

- 빗물관리시설, 저류시설 설치 + 투수성 포장
 - 제주 중앙여중(운동장)

□ 도시관리방안 등 (★)

- 건축허가 시 협의 유도 : 침수위를 고려한 건축계획 및 건축설비
 - 필로티(pilotis) 건축, 지반고 승고(성토), 차수판
 - 투수형 포장, 옥상녹화, 녹지확보 등의 설치
 - 침투측구, 천형 침투용기, 침투통, 스트레이너 등 침투시설 설치
 - 건축물 지하저류조 설치
- 개발행위허가의 물건적재에 대해 6~8월 동안의 적재를 지양

□ 기타 대책

- LID 등 방재대책 수립을 전제로 개발사업 추진 (재개발, 소규모주택정비사업 등)
 - 이 경우, 일부 용도지역 중상향도 검토 가능
- 제주도 물순환 조례 제정을 통한 사업지원 근거 마련

4) 군집 #3 (용담1동 157-9일대)

□ 일반 현황

도시계획	도시공간구조	광역거점 / 기개발지
	용도지역	일반상업지역, 제2종일반주거지역
	도시계획시설	도로, 시장, 하천
토 지	소 유	대부분 '사유지'
	지 목	대부분 '대'
	개별공시지가	33만원/㎡
건축물	용 도	주택 중심 (단독주택 밀집)
	노후도	30년 이상 (평균건축 1982년)
기타		• (표고) 8~16m

□ 위험지구 단위 저감대책 및 사업비 (기존 제주도 풍수해저감종합계획)

위험요인		병문천	하천복개로 인한 병문천 통수단면적 부족
		독사천	하천복개로 인한 독사천 통수단면적 부족
저감대책			
병문천	반복개 개선, 하상굴착	L=780m	• 사 업 비 : 28,964백만원 • 사업기간 : 3단계 계획 8~10년차
	복개철거, 하상굴착, 화단석 설치	L=1,204m	
독사천	복개철거 + 하상굴착 + 확폭	L=80m	• 사 업 비 : 10,516백만원 • 사업기간 : 3단계 계획 8~10년차
	복개철거 + 하상굴착	L=3,230m	



□ 도시계획적 방재대책 제안

○ 검토 의견

종합 의견

- 대상지역은 병문천과 독사천 합류 서측에 위치하여 대규모 침수이력이 있음
- 이에, 기성시기지의 기개발지와 비교적 규모가 작은 점을 고려하여 시장과 노후 주택밀집지역의 방재적응능력 향상을 위한 도시관리방안을 권장
 - 용도지역(일반상업지역, 제2종일반주거지역)은 유지
 - 민간 주도의 재개발 또는 필지·가구단위의 소규모주택정비사업 추진을 통하여 노후주택 개량과 방재기반시설 설치 유도
 - 건축허가 또는 개발행위허가 시 협의 유도

구체적 사유

- 대상지는 침수피해예상지역으로 분석됨
 - 풍수해저감종합계획 상 '하천재해 위험지구' 주변지역 (병문천, 독사천)
 - 도시취약구성요소(노후주택 밀집지, 시장)가 다수 분포
- 그러나 대상지의 규모가 크지 않아 사유지를 중심으로 개별 민간정비사업을 통해 주택개량과 방재사업을 추진하거나 건축허가 시 협의를 통한 건축계획을 가이드
 - 민간 개발사업을 유도하기 위한 도시계획적 인센티브 제공 필요
 - 비교적 개발압력이 높은 편임

○ 재해저감대책 제안

□ 풍수해저감종합계획에 의한 재해저감대책

- (경보시스템 개선) 병문천 하천경보시스템 /• (재해지도) 침수예상도, 재해정보지도 작성
- (도로 빗물받이) 빗물받이 설치기준·간격 제시 및 내부도로 빗물받이 조성
- (풍수해보험) 풍수해위험지구 영향권 내 상가시설에 대한 보험가입 장려
- (신축건물 내수화) 하천주변 저지대 건물 신축 시 내수화(셔터시설 등) 유도
- (도시계획 연계방안) 도시계획 수립 및 풍수해저감종합계획 반영 위한 조례 제정
 - 토지이용계획 및 관리를 통한 재해완화방안 유도
 - 풍수해위험지구 및 관리지구 내 건축 및 형질변경 등 행위제한

□ 토지이용 대책

- 용도지역 유지

□ 기반시설 대책

- 우수관거 증설
- 하천(병문천, 독사천) 복개철거, 하상굴착 (풍수해저감종합계획)
- 이면도로(소로)의 내수화
 - (횡단)배수시설 정비, 빗물받이 설치, 투수성포장, 레인가든·침투 트랜치 설치, 침투형 가로수

☐ 도시관리방안 등 (★)

- 건축허가 시 협의 유도 : 침수위를 고려한 건축계획 및 건축설비
 - 필로티(pilotis) 건축, 지반고 승고(성토), 차수판
 - 투수형 포장, 옥상녹화, 녹지확보 등의 설치
 - 침투측구, 천형 침투용기, 침투통, 스트레이너 등 침투시설 설치
 - 건축물 지하저류조 설치
- 개발행위허가의 물건적재에 대해 6~8월 동안의 적재를 지양

☐ 기타 대책

- 옥외광고물 정비
- 제주도 물순환 조례 제정을 통한 사업지원 근거 마련

5) 군집 #4 (용담1동 305-9일대)

□ 일반 현황

도시계획	도시공간구조	광역거점 / 기개발지
	용도지역	준주거지역
	도시계획시설	도로, 교통광장
토 지	소 유	국공유지, 사유지
	지 목	대부분 '대'
	개별공시지가	36만원/㎡
건축물	용 도	단독주택 및 근린생활시설
	노후도	30년 이상 (평균건축 1979년)
기타		• (표고) 19~32m

□ 위험지구 단위 저감대책 및 사업비 (기존 제주도 풍수해저감종합계획)

위험요인	하천복개로 인한 하천 통수단면적 부족	
저감대책		
복개철거 & 화단석 설치	L=300m	• 사 업 비 : 9,407백만원 • 사업기간 : 3단계 계획 8~10년차



□ 도시계획적 방재대책 제안

○ 검토 의견

종합 의견
- 대상지역은 한천에 의한 대규모 침수이력이 있으며, 현재에도 풍수해저감종합계획 상 하천재해위험지구로서 침수 피해의 우려가 있음 - 풍수해저감종합계획의 구조적 대책으로 복개철거, 화단석 설치 등을 제시하고 있으나 3단계 사업으로 분류되어 실현여부가 불투명한 실정임 - 이에, 기성시가지의 기개발지임을 고려하여 방재지구 지정 또는 폭우관리형 지구단위계획 수립을 권장 - 용도지역(준주거지역)은 유지 - 방재기반시설 설치를 전제한 경우 민간 주도의 도시환경정비사업 또는 필지·가구단위의 소규모주택정비사업 추진을 검토 - 대상지 내 공가(空家)를 제주도가 매입하여 저류공원 조성 검토
구체적 사유
- 대상지는 침수피해예상지역으로 분석됨 - 풍수해저감종합계획 상 '하천재해 위험지구'(한천) - 도시취약구성요소(노후주택 밀집지)가 다수 분포 - 이에, 지구단위계획 등 계획적 유도를 통해 도시방재적응능력을 점진적으로 향상 - 현재 준주거지역임을 고려하여 용도지역 변경없이 사유지를 중심으로 개별 민간정비사업을 통해 도시환경개선 과 방재사업을 추진을 검토함 - 또한 현재 공가의 위치가 지난 침수지역이며 한천과 인접한 위치임에 따라 공공의 매입을 검토

○ 재해저감대책 제안

□ 풍수해저감종합계획에 의한 재해저감대책 (경보시스템 개선) 병문천 하천경보시스템 /• (재해지도) 침수예상도, 재해정보지도 작성 (풍수해보험) 풍수해위험지구 영향권 내 상가시설에 대한 보험가입 장려 (도로 빗물받이) 빗물받이 설치기준·간격 제시 및 내부도로 빗물받이 조성 (신축건물 내수화) 하천주변 저지대 건물 신축 시 내수화(셔터시설 등) 유도 (하천기본계획 수립) 한천 체계적인 개수계획 재수립 통한 홍수방어능력 증대 (도시계획 연계방안) 도시계획 수립 및 풍수해저감종합계획 반영 위한 조례 제정 토지이용계획 및 관리를 통한 재해완화방안 유도 풍수해위험지구 및 관리지구 내 건축 및 형질변경 등 행위제한 □ 토지이용 대책 - 용도지역 유지 방재지구 지정 / 지구단위계획구역 지정 (★) - 대피를 위한 유보지 확보(방재거점) □ 기반시설 대책 - 하천(한천) 복개철거, 화단석 설치 (풍수해저감종합계획) - 이면도로(소로)의 내수화 (횡단)배수시설 정비, 빗물받이 설치, 투수성포장, 레인가든·침투 트랜치 설치, 침투형 가로수
--

- 저류공원 설치 + 투수성 포장
 - 제주도 : 주민이주완료 된 現 公가(空家) 매입 (308번지 일대)

□ 건축물 대책

- 대피를 위한 건축배치 (건축선 등)
- 지하주차장 지양하고 노외주차장 또는 주차전용건축물 설치 권장
- 재해저감대책과 부합하는 시설계획·설치 시 인센티브 (건폐율, 용적률 완화)
 - 1층 필로티 건축시 용적률에 미포함
 - 투수형 포장, 옥상녹화, 녹지확보 등의 설치
 - 침투측구, 천형 침투용기, 침투통, 스트레이너 등 침투시설 설치
 - 건축물 지하저류조 설치
- 침수위를 고려한 건축계획 및 건축설비
 - 필로티(pilotis) 건축, 지반고 승고(성토), 차수판

□ 기타 대책

- 옥외광고물 정비
- LID 등 방재대책 수립을 전제로 개발사업 추진 (도시환경정비사업, 소규모주택정비사업 등)
- 제주도 물순환 조례 제정을 통한 사업지원 근거 마련



그림 16|군집 #4의 도시계획적 방재대책 예시

6) 군집 #5 (용담1동 2823-7일대)

□ 일반 현황

도시계획	도시공간구조	광역거점 / 기개발지
	용도지역	제2종일반주거지역
	도시계획시설	도로, 하천, 학교(초교)
토 지	소 유	국공유지, 사유지
	지 목	대부분 '대'
	개별공시지가	40만원/㎡
건축물	용 도	주택 중심 (단독주택 밀집)
	노후도	30년 이상 (평균건축 1985년)
기타		• (표고) 45~52m

□ 위험지구 단위 저감대책 및 사업비 (기존 제주도 풍수해저감종합계획)

위험요인	하천복개로 인한 병문천 통수단면적 부족	
저감대책		
반복개 개선, 하상굴착	L=780m	• 사 업 비 : 28,964백만원 • 사업기간 : 3단계 계획 8~10년차
복개철거, 하상굴착, 화단석 설치	L=1,204m	



□ 도시계획적 방재대책 제안

○ 검토 의견

종합 의견

- 대상지역은 병문천에 의한 대규모 침수이력이 있으며, 현재에도 풍수해저감종합계획 상 하천재해위험지구로서 침수피해의 우려가 있음
 - 풍수해저감종합계획의 구조적 대책으로 복개철거, 하상굴착 등을 제시하고 있으나 3단계 사업으로 분류되어 실현여부가 불투명한 실정임
- 이에, 기상시가지의 기개발지임을 고려하여 종합적인 재해저감대책을 마련한 뒤 시행할 것을 권장하며, 개발밀도 및 도심지 빗물 배수 관리가 주요항목임
 - 위험요인이 제거되는 개발사업이 전제되지 아니한 경우 현재의 용도지역(제2종일반주거지역)을 유지
 - 노후 주택밀집지역의 방재적응능력 향상을 위한 방재지구 지정 또는 폭우관리형 지구단위계획 수립
 - 필요시, 일부 필지·가구블록에 대한 「소규모주택정비법」에 의한 소규모주택정비사업 또는 국·공유지를 활용한 빗물관리시설 설치(재정사업)를 검토
 - 참고로, 도심지 빗물 배수는 대형 건축물 및 기반시설 중심으로 처리하는 것이 현실적임

구체적 사유

- 대상지는 침수피해예상지역으로 분석됨
 - 풍수해저감종합계획 상 '하천재해 위험지구'(병문천)
 - 도시취약구성요소(노후주택 밀집지)가 다수 분포
- 이에 따라, 주민민원 등 현실여건을 고려하였을 때 개발밀도를 낮추는 용도지역 변경보다는 기존 용도지역을 유지하며 일부 공공의 소규모 방재사업과 함께 계획적 유도를 통해 도시방재적응능력을 점진적으로 향상시키고자 함

○ 재해저감대책 제안

□ 풍수해저감종합계획에 의한 재해저감대책

- (경보시스템 개선) 병문천 하천경보시스템 / • (재해지도) 침수예상도, 재해정보지도 작성
 - (도로 빗물받이) 빗물받이 설치기준·간격 제시 및 내부도로 빗물받이 조성
 - (신축건물 내수화) 하천주변 저지대 건물 신축 시 내수화(셔터시설 등) 유도
 - (도시계획 연계방안) 토지이용계획 및 관리를 통한 재해완화방안 유도
- 풍수해위험지구 및 관리지구 내 건축 및 형질변경 등 행위제한

□ 토지이용 대책

- 용도지역 유지 및 상향 지양
- 방재지구 지정 / 지구단위계획구역 지정 (★)
- 대피를 위한 유보지 확보(방재거점) / 병문천변 이격(setback) 및 완충지대 조성

□ 기반시설 대책

- 하천(병문천) 복개철거, 하상굴착 (풍수해저감종합계획)
- 이면도로(소로)의 내수화
 - (횡단)배수시설 정비, 빗물받이 설치, 투수성포장, 레인가든·침투 트랜치 설치, 침투형 가로수

- 빗물관리시설, 저류시설 설치 + 투수성 포장
 - 제주 중앙초교(운동장), 교육청 전산센터(주차장), 국공유지(용담1동 2815-5)
 - 남측 제주시외버스터미널 및 차고지 지하 저류시설 설치 검토
- 중요시설 결정·설치 지양 (임지제한)
 - 공공청사, 전기·가스·열공급시설, 발전시설, 폐기물처리시설, 수질오염방지시설 등

□ 건축물 대책

- 건축물 제한적 설치
 - 주거시설 : 지하(반지하)주택, 주택 이외의 거처(판자집, 비닐하우스, 움막, 임시막사등)
- 대피를 위한 건축배치 (건축선 등)
- 재해저감대책과 부합하는 시설계획·설치 시 인센티브 (건폐율, 용적률 완화)
 - 1층 필로티 건축시 용적률에 포함 안함
 - 투수형 포장, 옥상녹화, 녹지확보 등의 설치
 - 침투측구, 천형 침투용기, 침투통, 스트레이너 등 침투시설 설치
 - 건축물 지하저류조 설치
- 침수위를 고려한 건축계획 및 건축설비
 - 필로티(pilotis) 건축, 지반고 승고(성토), 차수판

□ 기타 대책

- LID 등 방재대책 수립을 전제로 개발사업 추진 (소규모주택정비사업 등)



그림 17|군집 #5의 도시계획적 방재대책 예시

2) 부산광역시

Version 1.0

사례집

도시침수 사전관리를 위한 도시계획적 방재대책 제시

2018 부산광역시

차례

1. 중점관리 대상지역 개요 및 현황	213
1) 중점관리 대상지역 개요	213
2) 고위험지역 개요	214
3) 고위험지역 현황	216
4) 고위험지역 총괄	227
2. 군집별 검토	228
1) 군집 #1 (부산시 금정구 구서동117-4 일대)	228
2) 군집 #2 (부산시 동래구 온천동1439-4 일대)	231
3) 군집 #3 (부산시 동래구 수안동9-14 일대)	235
4) 군집 #4 (부산시 연제구 연산동303-1 일대)	239
5) 군집 #5 (부산시 연제구 연산동392-5 일대)	243
6) 군집 #6 (부산시 동래구 안락동631-23 일대)	247

1. 중점관리 대상지역 개요 및 현황

1) 중점관리 대상지역 개요

- 부산광역시 중점관리 대상지역은 온천천 일대로서 부산광역시 금정구, 동래구, 연제구등의 행정구역이 포함되며, 면적은 약 52.9km²임



그림 1| 부산광역시 중점관리 대상지역 공간범위



그림 2| 부산광역시 중점관리 대상지역의 고위험지역 선정 결과

2) 고위험지역 개요

□ 고위험지역 개요 및 위치

- 과거 피해현황을 확인하고 침수흔적도, 풍수해저감종합계획 보고서, 하천기본계획 보고서 등을 종합하여 주요지점을 포괄하는 중점관리 대상지역을 정의
- 중점관리 대상지역에 구축한 상세 위험정보를 AHP-PROMETHEE 연계기법에 적용해 고위험지역을 선정한 뒤 현장조사 및 연속성 보완을 통해 최종적으로 선정함

구분	고위험지역					
	군집 #1	군집 #2	군집 #3	군집 #4	군집 #5	군집 #6
위치	부산광역시 금정구 구서동 117-4 일대	부산광역시 동래구 온천동 1439-4 일대	부산광역시 동래구 수안동 9-14 일대	부산광역시 연제구 연산동 303-1 일대	부산광역시 연제구 연산동 392-5 일대	부산광역시 동래구 안락동 631-23 일대
풍수해	-	온천1지구 (하천재해)	낙민지구 (내수재해)	연산2지구 (내수재해)	연산3지구 (내수재해)	연산교지구 (내수재해)



〈경주〉



〈동래구, 연제구〉

그림 31 고위험지역 위치도

3) 고위험지역 현황

- 고위험지역 군집특성에 맞는 현실적인 도시계획적 방재대책을 제시하고자 관련 상위 계획, 도시계획 현황, 토지 현황, 건축물 현황 등의 추가 조사를 실시

□ 상위 및 관련계획

- 부산광역시 도시기본계획



그림 4 부산광역시 도시기본계획 구분

- 대상지는 동래 부도심 권역과 금정 지역특화핵 지역에 포함
- 경제 중심권으로서 행정업무, 금융, 상업, 관광 등의 기능 부여

○ 부산광역시 풍수해저감종합계획

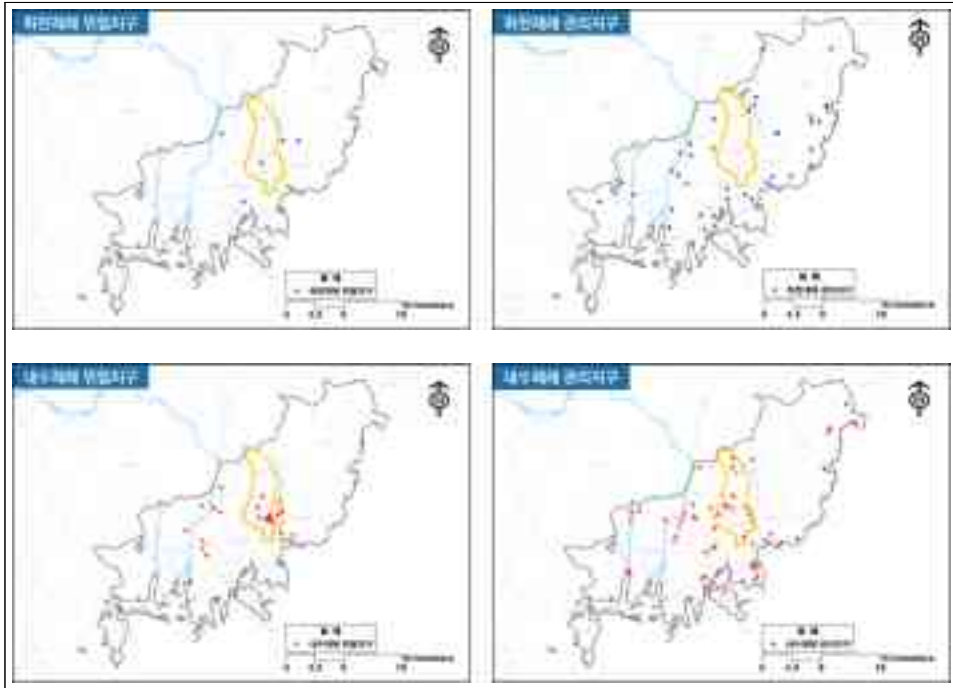


그림 5 부산광역시 풍수해저감종합계획 구분

- 대상지 내에서 하천재해는 온천1지구 1개소만 해당되며, 저감대책으로는 구조적인 하천 저감대책을 제시함
- 대상지 내에서 내수재해(위험지구 4개소) 관련한 위험성 높음, 대부분 온천천 수위 상승에 따라 배수불량이 발생하여 내수재해가 발생하는 것으로 검토됨, 저감대책으로는 대부분 배수펌프 및 유수지 신설

□ 도시계획 현황

○ 용도지역

- 대부분 주거지역이나, 구서동(#1)과 수안동(#3) 일부에 일반상업지역이 지정되어 있음

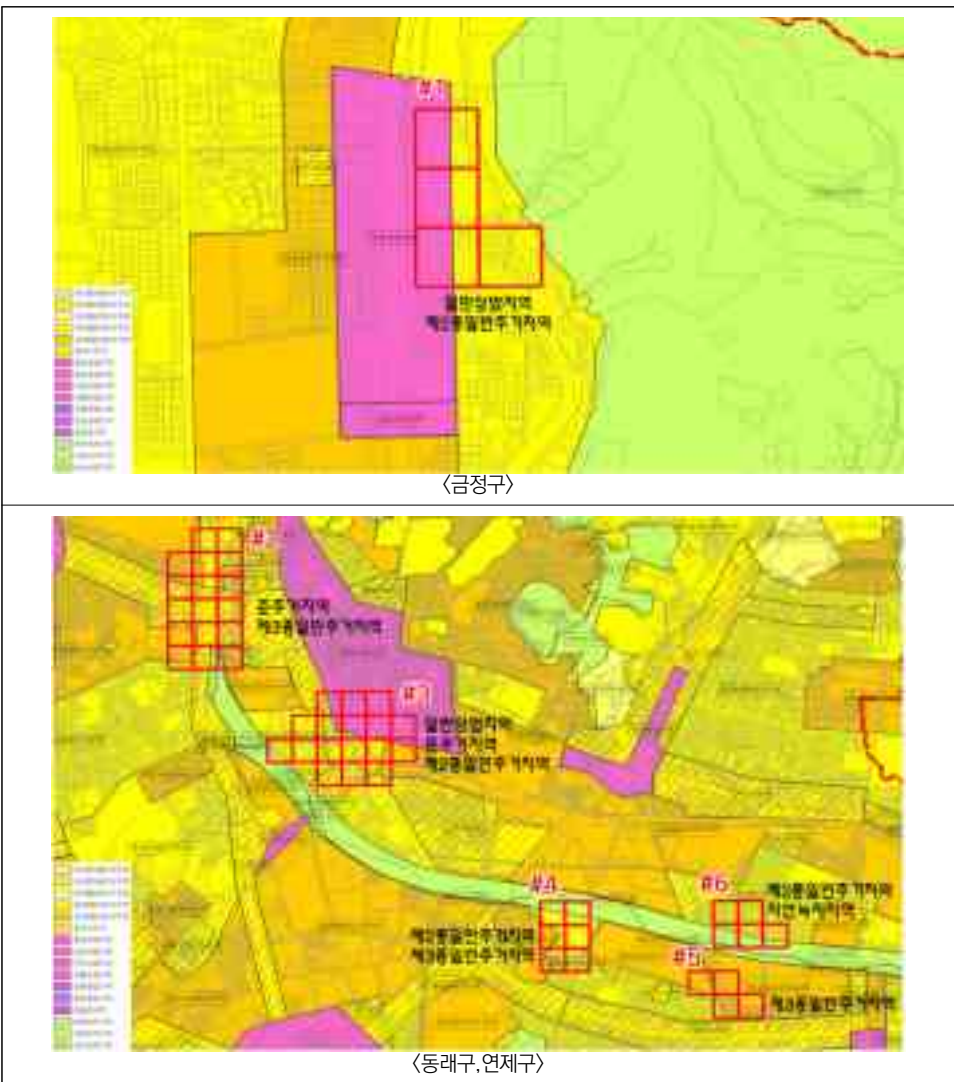


그림 61 고위험지역 용도지역 현황

○ 도시계획시설

- 고위험지역 내 대부분 중요시설의 입지는 없었으며, 기타 방재 관련 시설로 군집 #2 #4에는 학교 그리고 군집 #5에는 공원이 포함되어 있음



〈금정구〉



〈동래구, 연제구〉

그림 기 고위험지역 도시계획시설 현황

□ 토지 현황

○ 소유 현황

- 공공시설 중심의 국·공유지를 제외한 대부분 사유지임



〈금정구〉



〈동래구, 연제구〉

그림 8 고위험지역 토지소유자 현황

○ 지목 현황

- 도시지역 내 기개발지로서 대부분 '대' 임



〈금정구〉



〈동래구, 연제구〉

그림 91 고위험지역 토지 지목 현황

○ 개별공시지가

- 동래역세권인 군집#2, 일반상업지역인 군집#3 순으로 높음

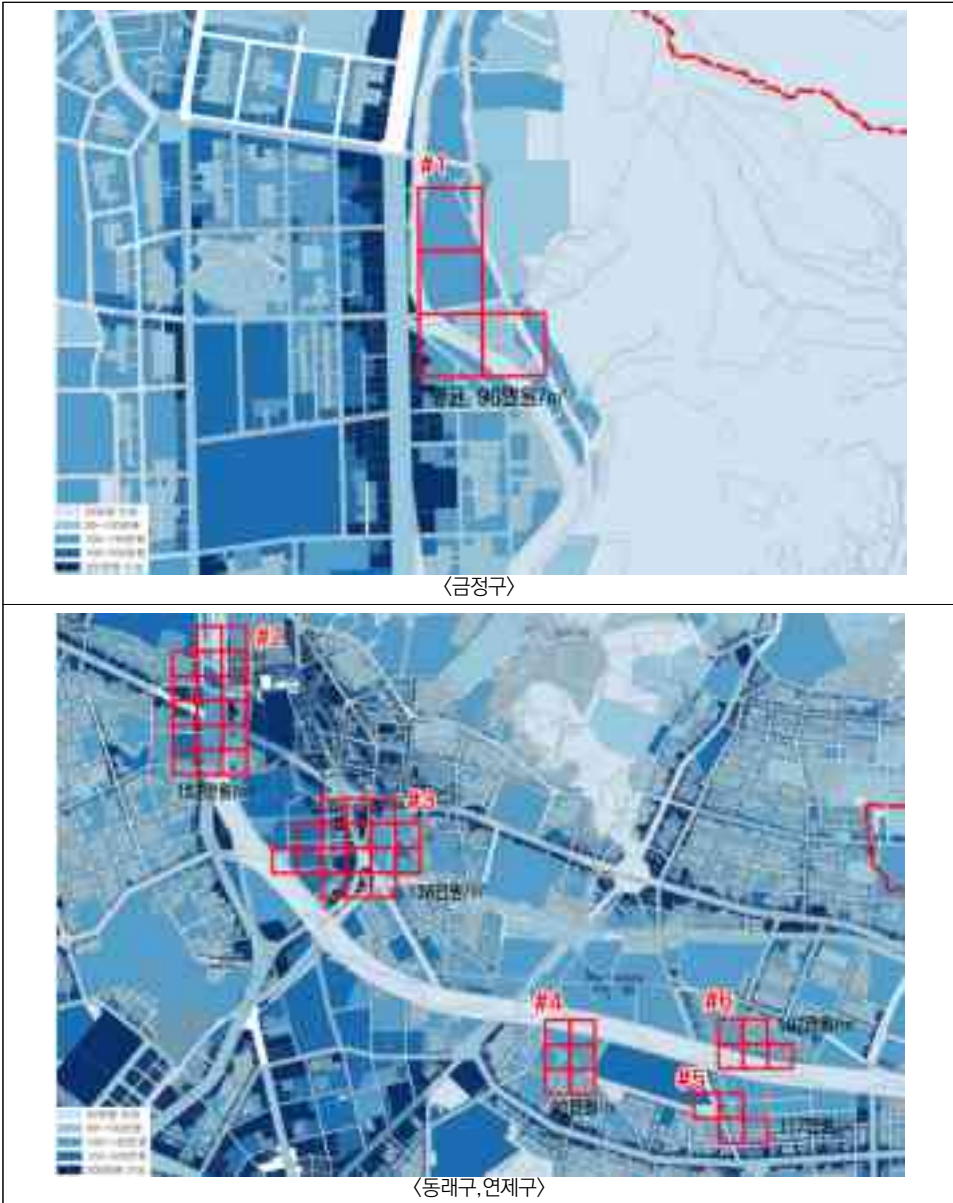


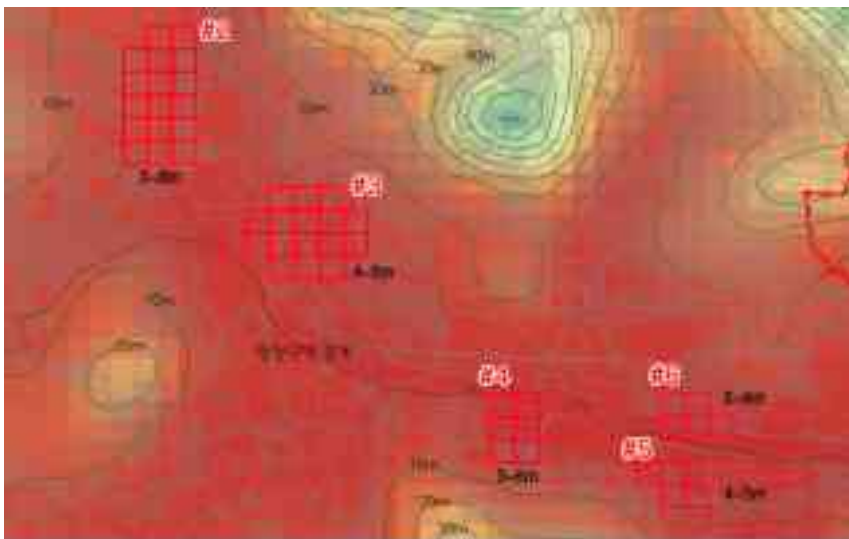
그림 10 | 고위험지역 개별공시지가 현황

○ 표고

- 대부분 해발 5m 내외의 저지대이며, 구서동(#1)의 경우에도 인접지역과 비교하고 상대적으로 저지대임



〈금정구〉



〈동래구, 연제구〉

그림 11 | 고위험지역 표고 현황

□ 건축물 현황

- 용도
 - 대부분 주택과 근린생활시설로 구성됨

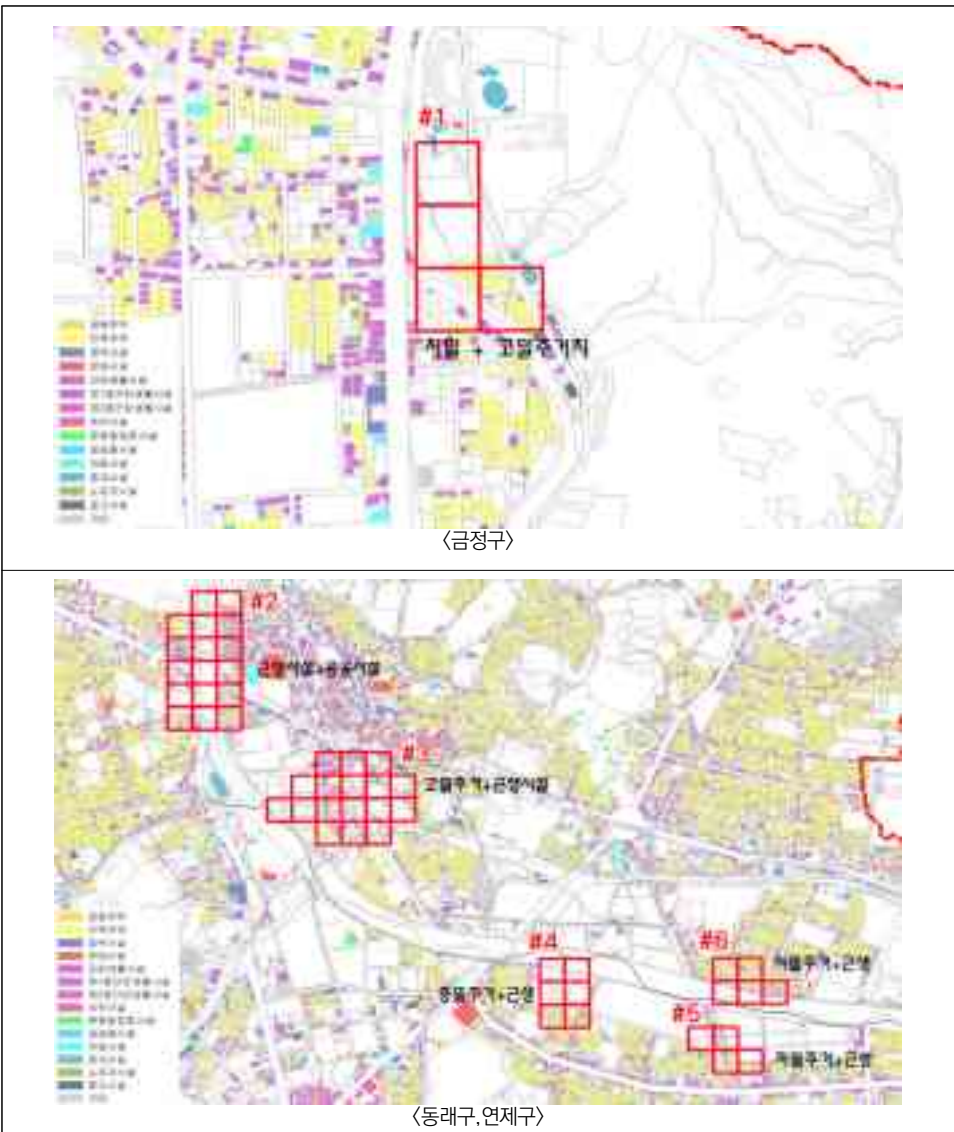


그림 12| 고위험지역 건축물 용도 현황

○ 노후도

- 고위험지역 대부분 건축물의 경과연수가 30년 이상으로 노후되었음

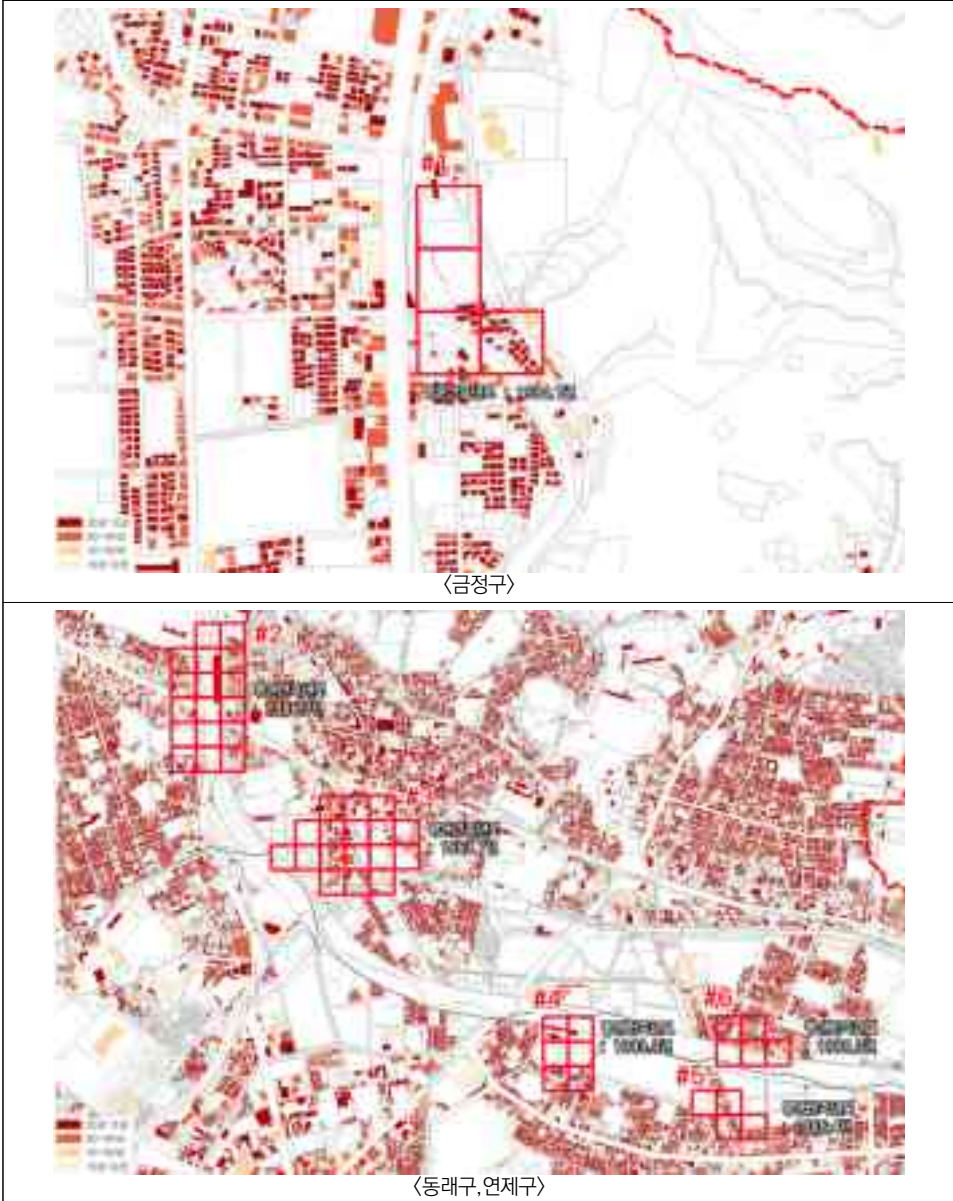


그림 13| 고위험지역 건축물 노후도 현황

□ 기타 현황

- 유동인구 현황
 - 동래역세권인 군집#2의 유동인구가 가장 많고 두산역, 수안역인 군집 #1, #3 경우도 도심 또는 근린기능을 갖고 있음

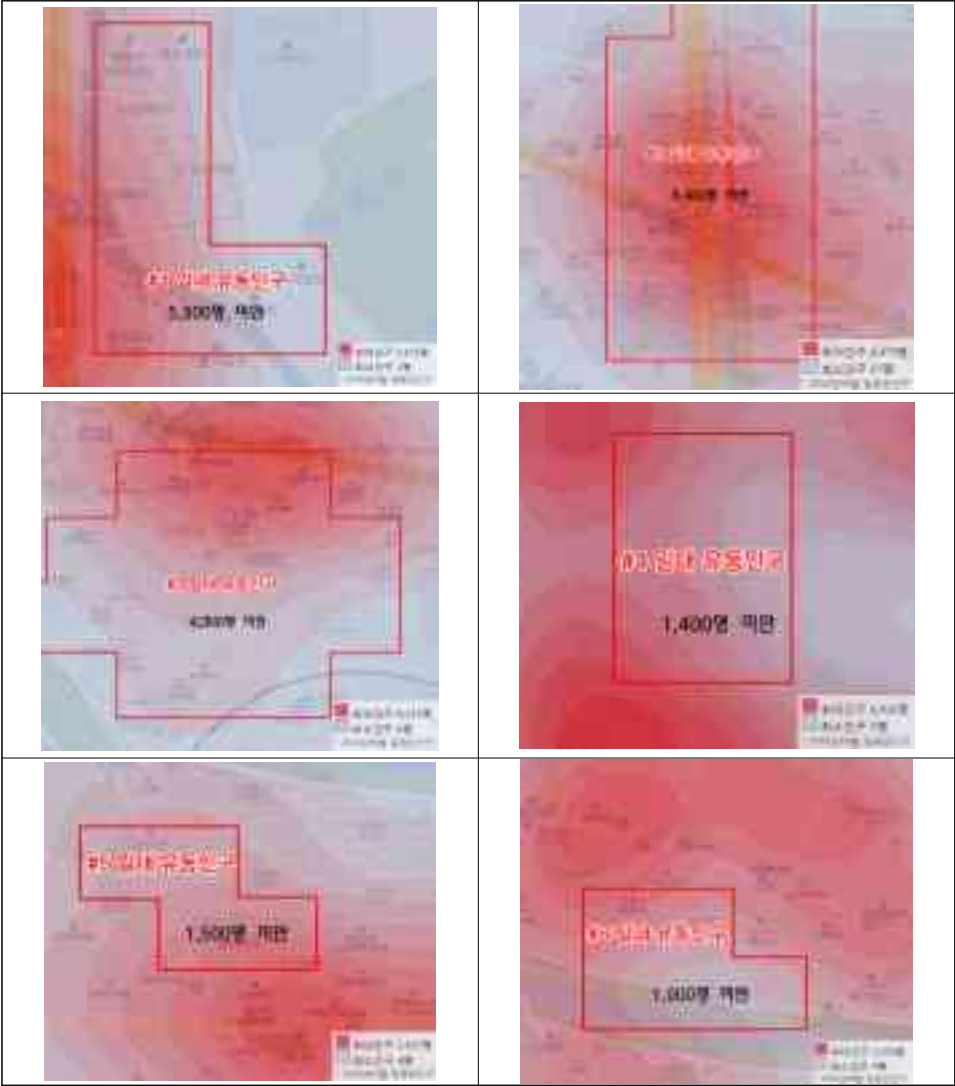


그림 14 유동인구 현황

4) 고위험지역 총괄

□ 고위험지역 군집별 현황

구 분	고 위 험 지 역					
	군집 #1	군집 #2	군집 #3	군집 #4	군집 #5	군집 #6
위 치	금정구 구서동 117-4 일대	동래구 온천동 1439-4 일대	동래구 수안동 9-14 일대	연제구 연산동 303-1 일대	연제구 연산동 392-5 일대	동래구 안락동 631-23 일대
역세권	두실역 (부산1호선)	동래역 (부산1·4호선)	수안역 (부산4호선)	-	-	안락역 (동해선)
용도지역	일반상업지역 제2종 일반주거지역	준주거지역 제3종 일반주거지역	일반상업지역 준주거지역 제2종 일반주거지역	제2종 일반주거지역 제3종 일반주거지역	제3종 일반주거지역	제2종 일반주거지역 자연녹지지역
도시계획 시설	도로, 하천	도로, 하천, 철도, 주차장, 광장, 학교	도로, 주차장, 공원, 녹지, 변전시설	도로, 하천, 초등학교	도로, 공원	도로, 하천
토지소유	대부분 사유지	국공유지 많은 편임	국공유지 많은 편임	학교 제외한 대부분 사유지	대부분 사유지	하천 제외한 대부분 사유지
평균 개별공시 지가	90만원/㎡	157만원/㎡	138만원/㎡	92만원/㎡	117만원/㎡	107만원/㎡
표고	36~50m	5~8m	4~6m	3~6m	4~5m	3~4m
건축물 용도	저밀 + 고밀 주거지	근생시설 +공공시설	고밀주거 +근생시설	중밀주거 +근생시설	고밀주거 +근생시설	저밀주거 +근생시설
건축물 노후도	30년 이상 (평균건축 1984년)	30년 이상 (평균건축년 1988년)	30년 이상 (평균건축년 1984년)	30년 이상 (평균건축년 1984년)	30년 이상 (평균건축년 1988년)	30년 이상 (평균건축년 1986년)
정비구역 등	남산1 주택재건축 정비구역	-	수안2 주택재건축 정비사업 정비구역	-	연제구 연산동356-16 번지 일원 주택건설사업	-
풍수해 관련	-	온천1지구 (하천재해)	낙민지구 (내수재해)	연산2지구 (내수재해)	연산3지구 (내수재해)	연산교지구 (내수재해)

2. 군집별 검토

1) 군집 #1 (부산시 금정구 구서동117-4 일대)

□ 일반 현황

도시계획	도시공간구조	금정 지역특화핵 / 기개발지
	용도지역	일반상업지역, 제2종일반주거지역
	도시계획시설	도로, 하천
토 지	소 유	대부분 '사유지'
	지 목	대부분 '대'
	개별공시지가	90만원/㎡
건축물	용 도	저밀 + 고밀 주거지
	노후도	30년 이상 (평균건축 1984년)
기타		• 두실역 (부산1호선) • (표고) 36~50m • 남산1 주택재건축 정비구역



그림 15|군집 #1의 위성현황도

□ 위험지구 단위 저감대책 및 사업비 (부산광역시 풍수해저감종합계획)

저감지구, 관리지구	해당 사항 없음
------------	----------

□ 도시계획적 방재대책 제안

○ 검토 의견

종합 의견

- 대상지역은 온천천 동측에 위치하여 대규모 침수이력이 있고 향후에도 피해 우려지역이나, 풍수해저감종합계획 상 위험지구로 선정되지 않아 별도의 구조적 대책이 없는 실정임
- 이에, 온천천 범람에 따른 인접토지 침수 피해를 최소화하는 것이 방재 목표이며,
- 중·장기적으로 토지이용계획 상 온천천과 연접한 토지는 공지(또는 방재시설), 비주거, 주거 순으로 배치하는 것이 필요하며 그 방식은 정비사업 또는 도시계획시설사업을 권장함
 - 두실역세권의 상권의 규모와 온천천으로 인한 공간적 단절 등으로 고려할 때 일부 지정된 일반상업 지역 유지보다는 일반주거지역과 함께 준주거지역으로 용도지역 변경하는 것으로 검토 가능
- 개별 사업단위는 아래와 같음
 - 남산맨션의 경우, 남산1 주택재건축 정비사업 추진
 - 정비사업이 곤란한 주택단지의 경우, 1층 주거세대 이전 등을 전제로 한 수직증축 리모델링사업 추진
 - 남측 저층 주택밀집지역은 신규 재개발사업 또는 도시계획시설사업(하천변 공원 등)이 포함된 폭우관리형 지구단위계획을 수립
- 노후화된 건축물의 재건축, 재개발을 위한 개발사업 유도 및 도시계획적 인센티브 제공 필요

구체적 사유

- 대상지는 풍수해저감종합계획상 위험 지구는 아니지만 과거 침수피해가 발생 했던 지역으로서 폭우 발생시 침수 가능성이 높은 지역이며, 온천천과 시가지가 이격공간이 거의 없이 인접하여 있음
 - 도시취약구성요소(노후주택 밀집지 등)가 다수 분포하여 위험민감도가 높다.
- 지역의 위계측면에서 살펴보면, 두실역세권이며 일부 일반상업지역으로 지정되었으나, 온천천으로 인한 물리적 단절로 인하여 근린 또는 상업기능에는 한계가 있으며, 이 때문에 현재도 주택지역(남산 맨션 등)으로 기개발된 지역임
 - 실제로 준주거지역인 동래역세권(#2) 보다도 유동인구가 적으며, 온천천 동측의 상업지역보다 토지의 개별공시지가가 낮음
- 이에, 풍수해저감종합계획 상 구조적 대책이 없는 상황에서, 중심기능을 육성하기 보다는 역세권 내 주거지역으로서 기능하되 침수에 대한 피해저감대책을 정비사업 등으로 마련하고자 함

○ 재해저감대책 제안

□ 토지이용 대책 (★)

- 용도지역 변경 권장 (일반상업지역·일반주거지역 ⇒ 준주거지역)
- 정비구역 또는 지구단위계획구역 지정 (신규)
 - (남산맨션) 재건축 정비사업 추진, (유창맨션) 정비사업 또는 수직증축 리모델링사업
 - (남측 주택지) 재개발구역 지정 추진 또는 지구단위계획구역 지정
- 대피를 위한 시설 확보(방재거점, 남산중)

□ 기반시설 대책

- 온천천 하상굴착 및 방재성능 향상
- 저류공원 설치 + 투수성 포장
 - 도시계획시설사업 : 나대지(남산동 5-8), 전(남산동 1) 매입
- 빗물관리시설, 저류시설 설치 + 투수성 포장 - 남산중 (운동장)

2) 군집 #2 (부산시 동래구 온천동1439-4 일대)

□ 일반 현황

도시계획	도시공간구조	동래 부도심 / 기개발지
	용도지역	준주거지역, 제3종일반주거지역
	도시계획시설	도로, 하천, 철도, 주차장, 광장, 학교
토 지	소 유	대부분 '국공유지'
	지 목	대부분 '대'
	개별공시지가	157만원/㎡
건축물	용 도	근생시설 + 공공시설
	노후도	30년 이상 (평균건축 1988년)
기타		• 동래역세권 (부산1·4호선) • (표고) 5~8m



그림 19 | 군집 #2의 위성현황도

□ 위험지구 단위 저감대책 및 사업비 (부산광역시 풍수해저감종합계획)

○ 온천1지구 - 하천재해

개요	관리번호	RR-020	면적(ha)	117.8	위치	동래구 수안동 709-1 일원						
위험요인	- 수영강 배수영향 ⇒ 온천천 수위상승 ⇒ 제방고 부족 ⇒ 하천범람 - 고조시 수영강 수위상승으로 온천천 수위상승 영향 - 도심 하천으로 범람시 대규모 재산피해 및 인명피해 발생우려											
제방고 검토 (여유고 포함)	• 제방고 0.00~1.08m 부족											
교량 능력 검토	• 교량 23개소 -여유고 0.03~2.70m 부족											
취약지역분석 (100년빈도)	총면적 (㎡)	침수심 별 면적(㎡)										
		0~0.5m	0.5~1.0m	1.0~2.0m	2.0~3.0m	3.0m이상						
	776,775	380,225	312,225	73,875	6,550	3,900						
저감 대책	저감대책 개요				계획빈도		개략사업비 (억원)					
	상시대책		- 차수판, 모래주머니 등 방재물자 배치 - 대피경로 및 이재민 수용시설 점검 및 유지				우기시 점검사항					
	도시계획적 저감대책		- 온천천은 양안이 간선도로, 주거지 등으로 이용되고 있어 하천의 확폭이 어려운 실정하므로, 중장기적으로 유역차원의 우수유출저감시설 설치, LID 시설 도입 의무화 등을 통해 하도분담유량을 근본적으로 저감시켜야 함 - 개발행위허가, 건축허가, 도시기반시설 담당 부서에서는 하천의 계획홍수위를 고려하여 인허가 및 계획시설의 구조적 안전성 확보 필요 - 침수예상지역내 건축구조 제한(밀로티, 차수판 구비)				인허가시 검토사항					
	구조적 대책	1안	• 보축 2개소 2,789m • 배수구조물 4개소 • 교량재가설 2개소		100		7.68					
		선정사유	• 하천기본계획의 정비계획 연계 반영									
	관련계획		관련법		사업기대효과							
	온천천 하천기본계획(2017.03)		하천법		• 건물 10,200동 인구 28,309명 보호 • 침수예방 1,178,000㎡							
												
	- 온천천 하천기본계획이 재수립 되었으나, 피해발생 가능성 및 인명피해 위험도 높음 ⇒ 위험지구 선정 - 하천변 개발로 인해 확폭 등의 구조적인 하천정비시행에 현실적 어려움이 있음 - 급회 저감대책은 가장 실현가능성이 높고 피해가 큰 지역의 구조적 저감대책을 우선 제시함 - 주거지, 상가지역으로 인명피해가 우려되어 차수판 배치 및 대피로 확보 등의 대책 필요 - 도로 침수시 사전통제 및 문자알림 등 조치 필요											
재해 구분	지구명	총사업비 (억원)	연차별 사업비									
하천 재해	온천1	7.68	1차년	2차년	3차년	4차년	5차년	6차년	7차년	8차년	9차년	10차년
				7.68								

□ 도시계획적 방재대책 제안

○ 검토 의견

종합 의견

- 대상지역은 온천천에 의한 대규모 침수이력이 있으며, 현재에도 풍수해저감종합계획 상 하천재해위험지구로서 침수피해의 우려가 있다.
 - 풍수해저감종합계획의 구조적 대책으로 보축, 배수구조물, 교량재가설 등을 제시하고 있으나 지방재정중기계획과 연동되어 있지 않아 그 실현여부가 불투명하고, 대상지역과도 직접적 관련성이 부족함
- 이에, 동래역세권을 중심으로 동래 부도심기능을 유지하는 것이 중점 방재목표이며,
- 그 방안으로 기성시가지의 기개발지임을 고려하여 종합적인 재해저감대책을 마련한 뒤 시행할 것을 권장하며, 개발밀도 및 도심지 빗물 배수 관리가 주요 사항임
 - 위험요인이 제거되는 개발사업이 전제되지 아니한 경우 현재의 용도지역(준주거, 제3종일반주거 지역)을 유지하되
 - 근린생활시설 밀집지역의 방재적응능력 향상을 위한 방재지구 지정 또는 폭우관리형 지구단위 계획 수립한다.
 - 필요시, 일부 필지·가구블록에 대한 「소규모주택정비법」에 의한 소규모주택정비사업 또는 국·공유지를 활용한 빗물관리시설 설치(재정사업)를 검토한다.
 - 참고로, 도심지 빗물 배수는 대형 건축물 및 기반시설 중심으로 처리하는 것이 현실적임

구체적 사유

- 대상지는 침수피해예상지역으로 분석됨
 - 풍수해저감종합계획 상 '온천1지구-하천재해(온천천) 주변'
 - 도시계획시설 다수 분포
- 현실적으로 동래역세권을 중심으로 동래부도심의 기능은 부산시 도시공간구조상 변경이 어려움
이에 따라, 동래(부)도심 기능을 유지하고, 주민민원 등을 고려하였을 때 개발밀도를 낮추는 용도지역 변경보다는 기존 용도지역을 유지하며 일부 공공의 소규모 방재사업과 함께 계획적 유도를 통해 도시방재적응능력을 점진적으로 향상시키고자 함

○ 재해저감대책 제안

□ 풍수해저감종합계획에 의한 재해저감대책

- (경보시스템 구축) 온천천 하천경보시스템 /• (재해지도) 침수예상도, 재해정보지도 작성
- (방재시설물의 유지관리대책 마련) 차수판, 모래주머니 등 방재물자 배치, 대피경로 및 이재민 수용시설 점검 및 유지, 보축, 배수구조물, 교량재가설
- (풍수해보험 활성화) 풍수해위험지구 영향권 내 주민에 대한 보험가입 장려
- (신축건물 내수화) 건물 신축 시 내수화(셔터시설 등) 유도, 지하시설물 침수방지대책 수립

□ 토지이용 대책

- 용도지역 유지 및 상향 지양
- **방재지구 지정 / 지구단위계획구역 지정 (★)**
 - ※ 폭우관리형 지구단위계획
 - : 도시침수 위험지역에 도시 물순환 회복·관리에 적합한 토지이용 등을 유도하며 재해예방계획, 빗물관리시설의 설치를 권장·유도·관리하기 위해 수립하는 지구단위계획

□ 기반시설 대책

- 빗물관리시설, 저류시설 설치 + 투수성 포장 + 대피시설 조성 등 방재성능 향상
 - 부산중앙여고, 내산초, 내성중
- 대규모 (부설)주차장 투수성 포장 - 온천동 1437-44 일대(동경주차장), 메가마트 등
- 이면도로(소로)의 내수화
 - (횡단)배수시설 정비, 빗물받이 설치, 투수성포장, 레인가든·침투 트렌치 설치, 침투형 가로수
 - 빗물받이 설치기준·간격 제시 및 내부도로 빗물받이 조성

□ 건축물 대책

- 대피를 위한 건축배치 (건축선 등)
- 지하주차장 지양하고 노외주차장 또는 주차전용건축물 설치 권장
- 저개발·중대규모 토지 내 건축물 신축 시 지하저류조 설치
 - 온천동 1441-13,65,64 / 온천동 1438-5 등
 - 용적률 등 인센티브 항목
- 기타 재해저감대책과 부합하는 시설계획·설치 시 인센티브 (건폐율, 용적률 완화)
 - 1층 필로티 건축시 용적률에 미포함, - 투수형 포장, 옥상녹화, 녹지 확보 등의 설치
 - 침투측구, 천형 침투용기, 침투통, 스트레이너 등 침투시설 설치
- 침수위험을 고려한 건축계획 및 건축설비 - 필로티(pilotis) 건축, 차수판

□ 기타 대책

- 옥외광고물 정비 / • 부산광역시 물순환 조례 제정을 통한 사업지원 근거 마련

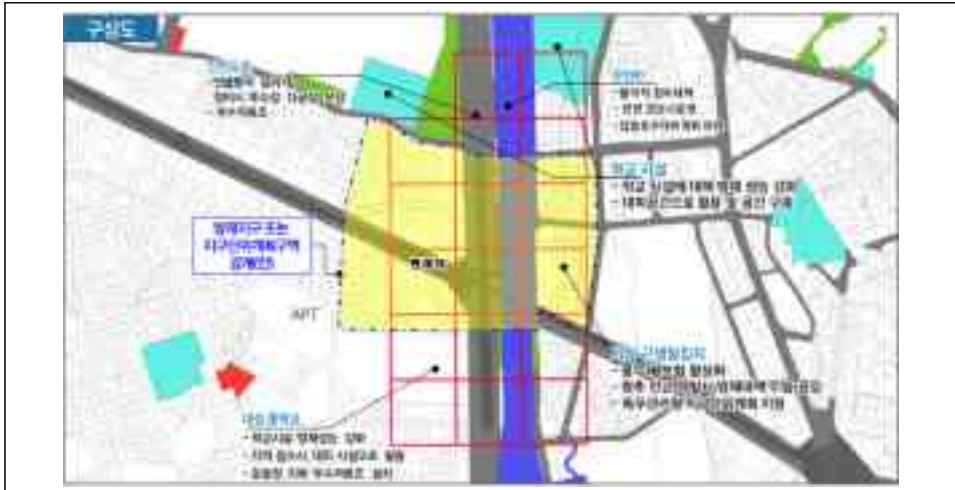


그림 21 | 군집 #2의 도시계획적 방재대책 예시

3) 군집 #3 (부산시 동래구 수안동9-14 일대)

□ 일반 현황

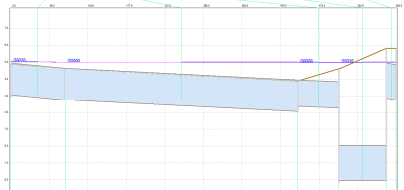
도시계획	도시공간구조	동래 부도심 / 기개발지
	용도지역	일반상업지역, 준주거지역, 제2종일반주거지역
	도시계획시설	도로, 주차장, 공원, 녹지, 변전시설
토 지	소 유	대부분 '국공유지'
	지 목	대부분 '대'
	개별공시지가	138만원/㎡
건축물	용 도	고밀주거+근생시설
	노후도	30년 이상 (평균건축 1984년)
기타		• 수안역세권(부산4호선) • (표고) 4~6m • 수안2 주택재건축 정비사업 정비구역



그림 23|군집 #3의 위성현황도

□ 위험지구 단위 저감대책 및 사업비 (부산광역시 풍수해저감종합계획)

○ 낙민지구 - 내수재해

개요		관리번호	IFN-084	면적(ha)	24.4	위치	동래구 낙민동 79-4 일원					
풍수해 위험요인	침수흔적도 모의결과						수리 종단도					
												
	주요 피해원인						예상피해 현황					
• 통수능 부족, 관로 종단선형 불량, 외수위 영향 • 방재성능목표 1시간 강우 분석결과 - 총범람체적(㎥) : 202,159, 최대침수심(m) : 0.76						• 위험인구 : 7,008명 • 예상침수심 : 0.76m						
저감대책 개요							계획빈도	개략사업비 (억원)				
상시대책		• 우기시 차수판, 모래주머니 등 방재물자 배치 • 대피경로 및 이재민 수용시설 점검 및 유지 • 펌프장 정기점검 및 유지관리 철저 • 유사시 도로통제 및 통행제한 등 우회로 안내						우기시 점검사항				
도시계획적 저감대책		• 위험지구 내의 건축구조 제한(필로티, 차수판 구비) • 인접 정비사업 추진시 녹지, 우수유출저감시설 설치, 우수관로의 확관 또는 그에 상응하는 저해저감대책 수립 조건부 유도						인허가시 검토사항				
구조	1안	• 배수펌프장 증설 Q=60㎥/min → Q=100㎥/min					30년	33.20				
선정사유		주민의견 등을 고려하여 1안을 채택						-				
관련계획		관련법					사업기대효과					
안락천 연산고 일원 우수저류시설 설치사업		자연재해 대책법					• 건물 450동 인구 7,008명 보호 • 침수예방 244,000㎡					
저감 대책												
	• 지형적 특성상 산지 강우 유출수가 집중되는 지역 • 피해의 크기는 다르지만 집중호우시 매년 피해 발생 • 분석결과 최대 침수심 약 1m • 추후 기본 및 실시설계를 통하여 현장여건에 적합한 대안 검토 필요											
재해 구분	지구명	총사업비 (억원)	연차별 사업비									
내수 재해	낙민	33.2	1차년	2차년	3차년	4차년	5차년	6차년	7차년	8차년	9차년	10차년
										3.20	15.00	15.00

□ 도시계획적 방재대책 제안

○ 검토 의견

종합 의견

- 대상지역 서측은 온천천에 수위 증가 발생에 따른 내수재해 발생이력 있으며, 현재에도 풍수해저감종합계획 상 내수재해위험지구로서 침수피해의 우려가 있음
 - 풍수해저감종합계획의 구조적 대책으로 배수펌프장 증설 등을 제시하고 있으나 연차별 사업계획 상 10년 이후에 준공 예정이며 이마저도 지방재정중기계획과 연동되어 있지 않아 그 실현여부가 불투명한 실정임
- 이에, 수안역과 명륜로 주변의 (부)도심기능과 특히 중요 시설(변전시설, 공공청사 등)의 개별 기능 유지가 중점 방재목표이며
- 그 방안으로 기성사가지의 기개발지와 비교적 규모가 작은 점을 고려하여 공동주택단지는 재건축사업을 추진하고 근린생활시설 밀집지역과 중요 기반시설에 대하여는 방재적응능력 향상을 위한 방재지구 지정 또는 폭우형 지구단위계획 수립을 권장함
 - 용도지역(일반상업지역, 준주거, 제2종일반주거지역)은 유지
 - 방화지구와 연동한 방재지구 지정 검토 가능함
 - 재건축 사업 추진 시 정비계획 상 명륜로와 가까운 지역에는 저류기능을 확보하고 우수관로의 성능기준을 상향할 필요가 있으며 (기부채납 조건)
 - 건축허가 또는 개발행위허가 시 협의 유도를 고려하여 종합적인 재해저감대책을 마련한 뒤 시행할 것을 권장하며, 개발밀도 및 도심지 빗물 배수 관리가 주요 사항임

구체적 사유

- 대상지는 침수피해예상지역으로 분석됨
 - 풍수해저감종합계획 상 ‘낙민지구 - 내수재해’
 - 노후주택단지, 근린생활시설, 중요시설 등가 다수 분포하여 위험민감도가 높음
- 현실적으로, 수안역세권과 동래부도심의 기능은 부산시 도시공간구조상 변경이 어려움
이에 따라, 동래(부)도심 기능을 유지하고, 주민민원 등을 고려하였을 때 개발밀도를 낮추는 용도지역 변경보다는 기존 용도지역을 유지하며 일부 공공의 소규모 방재사업과 함께 계획적 유도를 통해 도시방재적응능력을 점진적으로 향상시키고자 함

○ 재해저감대책 제안

□ 풍수해저감종합계획에 의한 재해저감대책

- (재해지도) 침수예상도, 재해정보지도 작성
- (풍수해보험 활성화) 풍수해위험지구 영향권 내 주민에 대한 보험가입 장려
- (방재시설물의 유지관리대책 마련) 차수판, 모래주머니 등 방재물자 배치, 대피경로 및 이재민 수용시설 점검 및 유지, 펌프장 정기점검, 유사시 도로통제 및 우회로 안내
- (신축건물 내수화) 건물 신축 시 내수화(셔터시설 등) 유도, 지하시설물 침수방지대책 수립

□ 토지이용 대책

- 용도지역 유지, • 방화지구와 연동한 방재지구 지정 검토 가능
- 수안2주택재건축사업 추진

- 중요시설 내수침수 피해저감대책 마련
 - 동래경찰서 내 배수펌프장 용량 개선, 변전시설(수안동 4-3) 주변 우수관개 확경
- 배수펌프장 증설 (풍수해저감종합계획)
- 수안2재간축 정비계획 수립 시 구역계 동축에 공원설치 등 저류기능 확보
- 도로변(도로:명륜로)의 내수화
 - (횡단)배수시설 정비, 빗물받이 설치, 투수성포장, 레인가든·침투 트랜치 설치
 - 침투형 가로수, 식재량 증가
- (도로 빗물받이) 빗물받이 설치기준·간격 제시 및 내부도로 빗물받이 조성
- (투수성 포장) 대규모 비건축 용지
 - 동래경찰서 주차장, 동일자동차운전면허학원, 동래중앙교회 부설주차장, 민간 나대지 등

☐ 건축물 대책 등

- 건축허가 시 협의 유도 : 침수위를 고려한 건축계획 및 건축설비
 - 펄포티(pilots) 건축, 지반고 승고(성토), 차수판
 - 투수형 포장, 옥상녹화, 녹지확보 등의 설치
 - 침투측구, 천형 침투용기, 침투통, 스트레이너 등 침투시설 설치
 - 건축물 지하저류조 설치
- 개발행위허가의 물리적제에 대해 6~8월 동안의 적재를 지양

☐ 기타 대책

- LID 등 방재대책 수립을 전제로 개발사업 추진 (수안2주택재건축사업)
- 옥외광고물 정비, • 부산광역시 물순환 조례 제정을 통한 사업지원 근거 마련

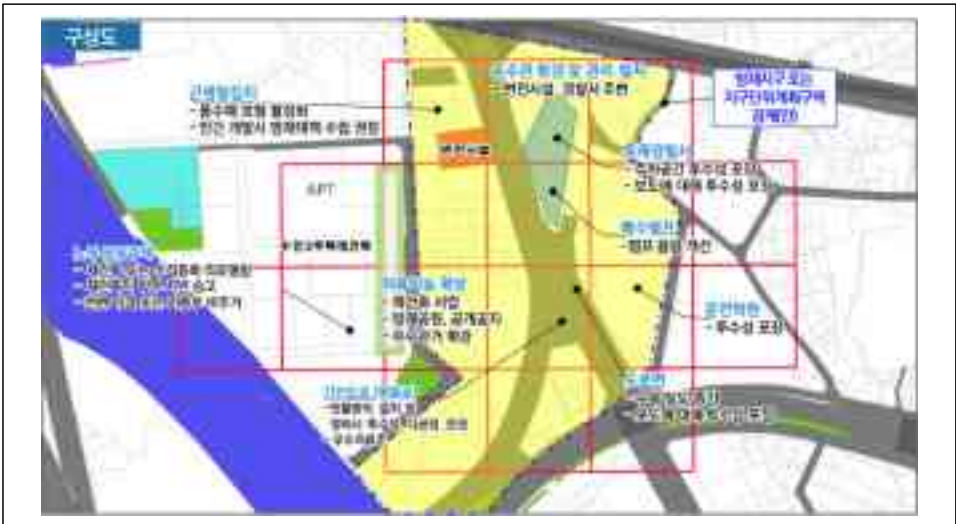


그림 25 | 군집 #3의 도시계획적 방재대책 예시

4) 군집 #4 (부산시 연제구 연산동303-1 일대)

□ 일반 현황

도시계획	도시공간구조	동래 부도심 / 기개발지
	용도지역	제2종일반주거지역, 제3종일반주거지역
	도시계획시설	도로, 하천, 초등학교
토 지	소 유	사유지, 국공유지
	지 목	대부분 '대'
	개별공시지가	92만원/㎡
건축물	용 도	중밀주거 + 근생
	노후도	30년 이상 (평균건축 1984년)
기타		• (표고) 3~6m



그림 27|군집 #4의 위성현황도

□ 위험지구 단위 저감대책 및 사업비 (기존 부산광역시 풍수해저감종합계획)

○ 연산2지구 - 내수재해

개요

관리번호

IFN-089

면적(ha)

5.6

위치

연제구 연산동 302-3 일원

수리 중단도

풍수해 위험요인

침수흔적도 모의결과

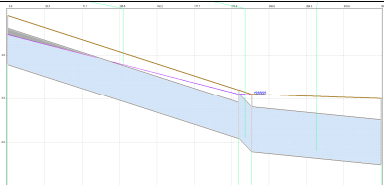


주요 피해원인

- 온천천 수위상승시 배수불량으로 인근 저지대 침수
- 방재성능목표 1시간 강우 분석결과
 - 총범람체적(㎥) : 6,809, 최대침수심(m) : 0.57

연제구 연산동 302-3 일원

수리 중단도



주요 피해원인

예상피해 현황

- 위험인구 : 1,485명
- 예상침수심 : 0.6m

저감대책 개요

계획빈도

개략사업비 (억원)

상시대책

- 우기시 차수판, 모래주머니 등 방재물자 배치
- 대피경로 및 이재민 수용시설 점검 및 유지
- 펌프장 정기점검 및 유지관리 철저
- 유사시 도로통제 및 통행제한 등 우회로 안내

우기시 점검사항

도시계획적 저감대책

- 위험지구 내의 건축구조 제한(필로티, 차수판 구비)
- 인접 정비사업 추진시 녹지, 우수유출저감시설 설치, 우수관로의 확관 또는 그에 상응하는 저해저감대책 수립 조건부 유도

인허가시 검토사항

구조

1안

- 배수펌프장 및 유수지 신설
 - Q=480㎥/min, V=8,000㎥
- 주민의견 등을 고려하여 1안을 채택

30년

94.53

관련계획

관련법

사업기대효과

-

-

- 건물 90동 인구 1,485명 보호
- 침수예방 56,000㎥

저감대책



- 온천천 수위상승시 배수불량으로 인근 저지대 침수
- 주거 및 상업시설 밀집하여 인명피해 위험도 높음
- 추후 기본 및 실시설계를 통하여 현장여건에 적합한 대안 검토 필요

재해구분

지구명

총사업비 (억원)

1차년

2차년

3차년

4차년

5차년

연차별 사업비

6차년

7차년

8차년

9차년

10차년

내수재해

연산2

94.53

31.51

31.51

31.51

□ 도시계획적 방재대책 제안

○ 검토 의견

종합 의견
- 대상지역은 온천천 남측에 위치하여 대규모 침수이력이 있으며 현재, 풍수해저감종합계획 상 일부 내수재해 위험지구로서 침수피해의 우려 - 풍수해저감종합계획의 구조적 대책으로 배수펌프장 및 유수지 신설 등을 제시하고 있으나 연차별 사업계획상 10년 이후에 준공 예정이며 이마저도 지방재정중기계획과 연동되어 있지 않아 그 실현여부가 불투명한 실정임 - 이에, 주택밀집지역의 침수피해 저감을 중점 방재목표로 하고 - 그 방안으로, 기성시가지의 기개발지와 비교적 규모가 작은 점을 고려하여 노후 주택밀집지역의 방재적응능력 향상을 위한 도시관리방안을 권장함 - 용도지역(제2종·제3종일반주거지역)은 유지 : 필요시, 일부 용도지역 종상향도 검토 가능함(現 제2종일반주거지역) - 민간 주도의 재개발 또는 필지·가구단위의 소규모주택정비사업 추진을 통하여 노후주택 개량과 방재기반시설 설치를 유도 : 방재지구 지정 후 정비구역 외 유수지 등의 설치를 공공기여시설계획으로 수립 - 국·공유지(연신교)를 활용한 빗물관리시설 설치(재정사업)를 검토 - 건축허가 또는 개발행위허가 시 협의 유도
구체적 사유
- 대상지는 침수피해예상지역으로 분석됨 - 풍수해저감종합계획 상 '연산2지구-내수재해' - 노후주택 밀집지역으로 위험민감도가 높다. - 그러나 대상지의 규모가 크지 않고 학교를 제외한 대부분 사유지이기 때문에 개별 민간정비사업을 통해 주택개량과 방재사업을 추진하거나 건축허가 시 협의를 통한 건축계획을 가이드 함 - 대상지역은 연제구 내에서 지가가 가장 저렴하고 개발압력이 낮은 지역으로 건축제한 완화를 기반으로 소규모주택정비사업을 추진 - 민간 개발사업을 유도하기 위한 도시계획적 인센티브(종상향: 제2종→제3종) 검토 가능

○ 재해저감대책 제안

□ 풍수해저감종합계획에 의한 재해저감대책 (경보시스템 구축) 온천천 하천경보시스템 /• (재해지도) 침수예상도, 재해정보지도 작성 (풍수해보험 활성화) 풍수해위험지구 영향권 내 주민에 대한 보험가입 장려 (도로 빗물받이) 빗물받이 설치기준·간격 제시 및 내부도로 빗물받이 조성 (신축건물 내수화) 건물 신축 시 내수화(셔터시설 등) 유도, 지하시설물 침수방지대책 수립 □ 토지이용 대책 - 용도지역 유지 □ 기반시설 대책 - 우수관거 증설 - 빗물관리시설, 저류시설 설치 + 투수성 포장 (★)
--

- 연신초교 운동장
- 배수펌프장 및 유수지 신설 (풍수해저감종합계획)
- 이면도로(소로)의 내수화
 - (횡단)배수시설 정비, 빗물받이 설치, 투수성포장, 레인가든·침투 트렌치 설치, 침투형 가로수

□ 도시관리방안 등 (★)

- 건축허가 시 협의 유도 : 침수위를 고려한 건축계획 및 건축설비
 - 필로티(pilotis) 건축, 지반고 승고(성토), 차수판
 - 투수형 포장, 옥상녹화, 녹지확보 등의 설치
 - 침투측구, 천형 침투용기, 침투통, 스트레이너 등 침투시설 설치
 - 건축물 지하저류조 설치

□ 기타 대책

- LID 등 방재대책 수립을 전제로 개발사업 추진 (재개발, 소규모주택정비사업)
 - 이 경우, 일부 용도지역 중상향도 검토 가능
- 부산광역시 물순환 조례 제정을 통한 사업지원 근거 마련

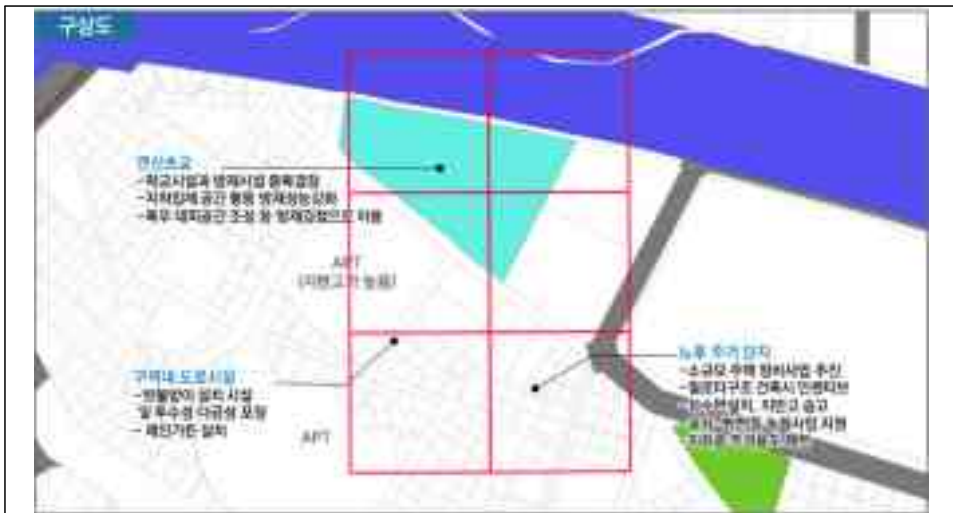


그림 22|군집 #4의 도시계획적 방재대책 예시

5) 군집 #5 (부산시 연제구 연산동392-5 일대)

□ 일반 현황

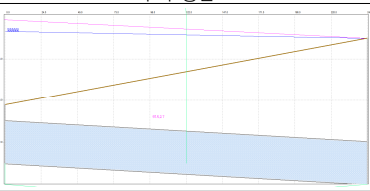
도시계획	도시공간구조	동래 부도심 / 기개발지
	용도지역	제3종일반주거지역
	도시계획시설	도로,공원
토 지	소 유	대부분 '사유지'
	지 목	대부분 '대'
	개별공시지가	117만원/㎡
건축물	용 도	근생시설 + 주택밀집
	노후도	30년 이상 (평균건축 1988년)
기타		• (표고) 4~5m • 연제구 연산동 356-16번지 일원 주택건설사업



그림 23|군집 #5의 위성현황도

□ 위험지구 단위 저감대책 및 사업비 (기존 부산광역시 풍수해저감종합계획)

○ 연산3지구 - 내수재해

개요		관리번호	IFN-090	면적(ha)	8.6	위치	연제구 연산동 401-30 일원					
풍수 해 위험 요인	침수흔적도 모의결과						수리 중단도					
												
	주요 피해원인						예상피해 현황					
	- 온천천 수위상승시 배수불량으로 인근 저지대 침수 - 방재성능목표 1시간 강우 분석결과 -총범람체적(㎥) : 2,3962, 최대침수심(m) : 1.12						- 위험인구 : 1,275명 - 예상침수심 : 1.1m					
저감 대책	저감대책 개요						계획빈도	개략사업비 (억원)				
	상시대책		- 우기시 차수판, 모래주머니 등 방재물자 배치 - 대피경로 및 이재민 수용시설 점검 및 유지 - 펌프장 정기점검 및 유지관리 철저 - 유사시 도로통제 및 통행제한 등 우회로 안내					우기시 점검사항				
	도시계획적 저감대책		- 위험지구 내의 건축구조 제한(필로티, 차수판 구비) - 정비구역 지정을 통해 정비사업 추진시 침수에 안전한 구조 확보 유도(주변지역 개발로 상대적 저지대 발생)					인허가시 검토사항				
	구조	1안	배수펌프장 및 유수지 신설 Q=660㎥/min, V=5,000㎥				30년	110.74				
		선정사유										
	관련계획			관련법			사업기대효과					
	-			-			- 건물 90동 인구 1,275명 보호 - 침수예방 86,000㎥					
												
	- 온천천 수위상승시 배수불량으로 인근 저지대 침수 - 주거 및 상업시설 밀집하여 인명피해 위험도 높음 - 추후 기본 및 실시설계를 통하여 현장여건에 적합한 대안 검토 필요											
	재해구분	지구명	총사업비 (억원)	1차년	2차년	3차년	4차년	5차년	6차년	7차년	8차년	9차년
내수재해	연산3	110.74						36.92	36.91	36.91		

□ 도시계획적 방재대책 제안

○ 검토 의견

종합 의견
- 대상지역은 온천천 남측에 위치하여 대규모 침수이력이 있으며 현재, 풍수해저감종합계획 상 일부 내수재해 위험지구로서 침수피해의 우려 - 풍수해저감종합계획의 구조적 대책으로 배수펌프장 및 유수지 신설 등을 제시하고 있으나 연차별 사업계획상 10년 이후에 준공 예정이며 이마저도 지방재정중기계획과 연동되어 있지않아 그 실현여부가 불투명한 실정임 - 가로변(과정로, 안연로) 근린기능을 유지하고 이면부 주택밀집지역의 침수피해를 저감하는 것이 중점 방재목표이며, 그 방안으로, 기성시가지임을 고려하여 가로변 블록과 이면 주택블록에 대하여 방재성능기준을 차등화하는 방재지구 지정 등을 권장함 - 용도지역(제3종일반주거지역)은 유지한다 - 공원(연산동 2313)의 저류기능(재정사업) 확보
구체적 사유
- 대상지는 침수피해예상지역으로 분석됨 - 풍수해저감종합계획 상 '연산3지구 - 내수재해' 해당 - 온천천 수위 상승 시 인근 저지대 침수 - 이에, 도로를 제외한 대부분 사유지임에 따라 가로변(과정로, 안연로) 근린기능을 유지하고 용도혼재에 따른 이면부 주택밀집지역의 피해를 최소화하기 위한 계획적 유도 필요함 - 건축물과 이면부 소로의 내수화 방안 적극 검토 필요

○ 재해저감대책 제안

□ 풍수해저감종합계획에 의한 재해저감대책 (경보시스템 구축) 온천천 하천경보시스템 /• (재해지도) 침수예상도, 재해정보지도 작성 (도로 빗물받이) 빗물받이 설치기준·간격 제시 및 내부도로 빗물받이 조성 (신축건물 내수화) 하천주변 저지대 건물 신축 시 내수화(셔터시설 등) 유도, 지하시설물 침수방지대책 수립
□ 토지이용 대책 - 용도지역 유지 - 방재지구 지정 (★), • 대피를 위한 유보지 확보(방재거점)
□ 기반시설 대책 - 우수관거 증설 - 배수펌프장 및 유수지 신설 (풍수해저감종합계획) - 공원(연산동 2313)의 저류기능(재정사업) 확보 (★) - 이면도로(소로)의 내수화 (횡단)배수시설 정비, 빗물받이 설치, 투수성포장, 레인가든·침투 트랜치 설치, 침투형 가로수
□ 건축물 대책 - 대피를 위한 건축배치 (건축선 등) - 지하주차장 지양하고 노외주차장 또는 주차전용건축물 설치 권장

6) 군집 #6 (부산시 동래구 안락동631-23 일대)

□ 일반 현황

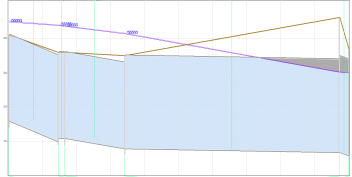
도시계획	도시공간구조	동래 부도심 / 기개발지
	용도지역	제2종일반주거지역, 자연녹지지역
	도시계획시설	도로, 하천
토 지	소 유	국공유지(하천), 사유지
	지 목	대부분 '대'
	개별공시지가	107만원/㎡
건축물	용 도	저밀주택 + 근생시설
	노후도	30년 이상 (평균건축 1986년)
기타		• 안락역세권 (동해선) • (표고) 3~4m



그림 25|군집 #6의 위성현황도

□ 위험지구 단위 저감대책 및 사업비 (기존 부산광역시 풍수해저감종합계획)

○ 연산교지구-내수재해

개요		관리번호	IFN-101	면적(ha)	12.9	위치	동래구 안락동 632-120 일원									
풍수 해 위험 요인	침수흔적도 모의결과						수리 종단도									
																
	주요 피해원인						예상피해 현황									
	- 하천변 저지대 상습침수구역 - 방재성능표 1시간 강우 분석결과 -총범람체적(㎥) : 95,897, 최대침수심(m) : 0.52						- 위험인구 : 2,732명 - 예상침수심 : 0.52m									
저감 대책	저감대책 개요						계획빈도				개략사업비 (억원)					
	상시대책		- 우기시 차수판, 모래주머니 등 방재물자 배치 - 대피경로 및 이재민 수용시설 점검 및 유지 - 유사시 도로통제 및 통행제한 등 우회로 안내								우기시 점검사항					
	도시계획적 저감대책		- 위험지구 내의 건축구조 제한(필로티, 차수판 구비) - 정비구역 확대정정을 통해 정비사업 추진시 예상침수심 이상 구조 확보 유도								인허가시 검토사항					
	구조	1안	배수펌프장 및 우수지 신설 Q=720㎥/min, V=7,000㎥								344.00					
		선정사유	관할구청에서 추진중인 우수저류시설 설치사업 반영								-					
	관련계획		관련법				사업기대효과									
	안락천 연산교 일원 우수저류시설 설치사업		자연재해 대책법				- 건물 250동 인구 2,732명 보호 - 침수예방 129,000㎥									
																
	- 집중호우시 온천천 수위상승에 의한 역류로 상습 침수 - 주거 및 상업시설 밀집지역으로 침수시 인명피해 우려 - 관할구청에서 추진중인 계획의 설계가 완료되면 해당 자료를 바탕으로 저감대책 조정 필요															
	재해 구분	지구명	총사업비 (억원)	연차별 사업비												
내수 재해	연산교	344	1차년	2차년	3차년	4차년	5차년	6차년	7차년	8차년	9차년	10차년				
						24.00	80.00	80.00	80.00	80.00						

□ 도시계획적 방재대책 제안

○ 검토 의견

종합 의견
• 대상지역은 온천천 하류 남측에 위치하여 대규모 침수이력이 있으며 현재, 풍수해저감종합계획 상 일부 내수재해 위험지구로서 침수피해의 우려 - 한편, 풍수해저감종합계획의 구조적 대책으로 배수펌프장 및 유수지 신설 등을 제시하고 있고 동래구가 관련 우수저류시설 설치사업을 추진하고 있는 바, 해당 방재사업의 추진경위에 따라 도시계획 결정이 연동될 필요가 있음 • 이에, 주택밀집지역의 침수피해 저감을 중점 방재목표로 하고 • 그 방안으로, 방재사업이 추진됨을 고려하여 노후 주택밀집지역의 방재적응능력 향상을 위한 도시관리방안을 권장함 - 용도지역(제2종일반주거지역)은 유지 - 건축허가 또는 개발행위허가 시 협의 유도 • 다만, 동래구의 방재사업이 표류하거나 장기화될 경우, - 민간 주도의 재개발 또는 필지·가구단위의 소규모주택정비사업 추진을 통하여 노후주택 개량과 방재기반시설 설치를 유도 (기부채납) - 필요시, 일부 용도지역 총상향도 검토 가능함(제2종 → 제3종)
구체적 사유
• 대상지는 침수피해예상지역으로 분석됨 - 풍수해저감종합계획 상 '연산교지구 - 내수재해' 해당 - 도시취약구성요소(노후주택 밀집지)가 다수 분포하여 위험민감도가 높음 • 이에, 위험요인을 제거하는 방재사업이 지체부진할 시 도로를 제외한 대부분 사유지임에 따라 현실적으로 민간 주도의 정비사업 통한 주택개량과 방재사업을 추진하거나 건축허가 시 협의를 통한 건축계획을 가이드함

○ 재해저감대책 제안

□ 풍수해저감종합계획에 의한 재해저감대책 • (경보시스템 구축) 온천천 하천경보시스템 /• (재해지도) 침수예상도, 재해정보지도 작성 • (도로 빗물받이) 빗물받이 설치기준·간격 제시 및 내부도로 빗물받이 조성 • (신축건물 내수화) 건물 신축 시 내수화(셔터시설 등) 유도, 지하시설물 침수방지대책 수립 □ 토지이용 대책 • 용도지역 유지 및 상향 지양 • 온천천변 이격(setback) 및 완충지대(방재공원 등) 조성 □ 기반시설 대책 • 우수관거 증설 • 하천변 공원 신설(재정사업) • 배수펌프장 및 유수지 신설 (풍수해저감종합계획) • 이면도로(소로)의 내수화 - (횡단)배수시설 정비, 빗물받이 설치, 투수성포장, 레인가든·침투 트렌치 설치, 침투형 가로수 • 중요시설 결정·설치 지양 (입지제한) - 공공청사, 전기·가스·열공급시설, 발전시설, 폐기물처리시설, 수질오염방지시설 등

6. 기술서

Version 1.0

Technical Note

방재대책 수립지원을 위한
도시침수 해석 및 위험정보 구축

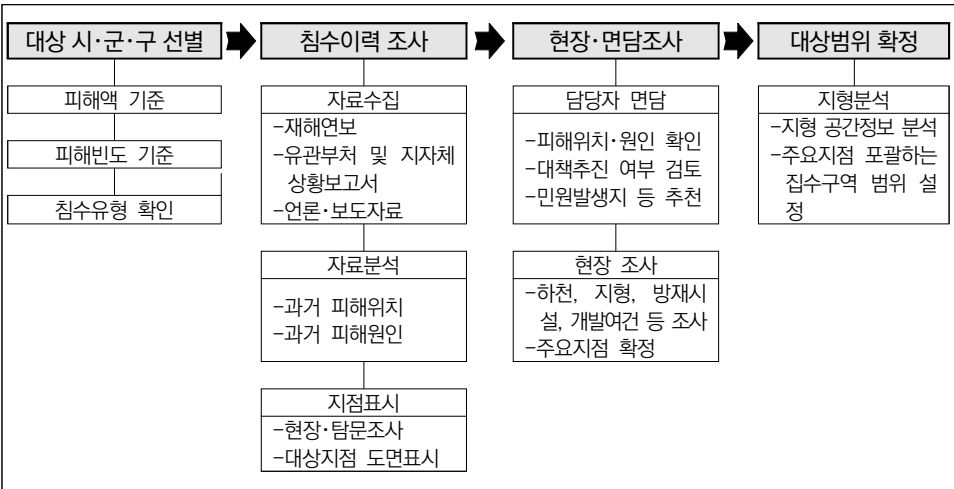
차례

제1장. 중점관리 대상지역 선정	253
1) 대상 시·군·구 선별	255
2) 침수 이력 조사 및 현장·면담 조사	255
3) 대상지역 공간범위 설정	258
제2장. 도시침수 간소화 해석	260
1) 외곽 산지부 유출 해석	262
2) 중하류 하천범람에 의한 외수 해석	263
3) 관망 밀집지역의 내수침수 해석	269
제3장. 상세 위험주제도 작성 및 위험정보 개발	273
1) 재해특성 주제도 작성	274
2) 도시침수 영향권 설정	275
3) 노출특성 주제도 작성	275
4) 취약성 주제도 작성	276
5) 격자단위의 상세 위험정보 생산	278
제4장. 방재대책을 위한 고위험지역 위치 결정	279
1) 전문가 AHP 조사	280
2) PROMETHEE를 이용한 우선순위 분석	282
3) 현장검증	284
4) 주요원인 해석	284
5) 공간범위 재조정	285

제1장. 중점관리 대상지역 선정

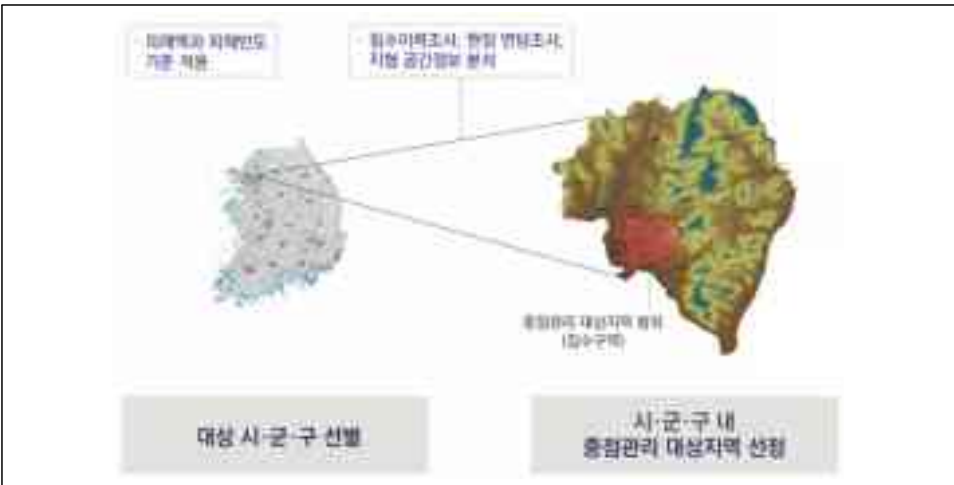
- 목적
 - 중점관리 대상지역은 해당 지자체의 행정구역 범위 내에서 방재측면의 실효성 있는 도시계획 수립이 필요한 곳으로 정의되며, 도시침수 위험이 상대적으로 높은 지역을 전략적으로 선별
- 사용된 자료
 - 연도별 재해연보, 유관부처 및 지자체 상황보고서, 언론·보도자료, DEM, 하천자료 등
- 분석방법
 - 재해연보 자료를 통해 피해액과 피해빈도를 기준으로 대상 시·군·구를 선별하고 침수이력조사 및 현장조사를 실시
 - 선별된 시군구의 침수이력조사, 현장조사, 담당자 면담 등의 결과를 종합하여 주요 위험지역을 확정
 - 지형공간정보 분석을 통해 주요 위험지역을 포괄하는 집수구역 범위 설정
- 결과
 - 대상 시·군·구 내 중점관리 대상지역 선정
 - 중점관리 대상지역의 공간범위를 설정하기 위한 절차는 <그림 1-1>과 같으며, 개념은 <그림 1-2>와 같이 나타낼 수 있음

그림 1-1 | 중점관리 대상지역 선정 절차



자료 : 이상은 외(2016)

그림 1-2 | 중점관리 대상지역 개념도



자료 : 이상은 외(2016; 2017a)

1) 대상 시·군·구 선별

- 과거 재해연보 자료를 이용해 연평균 피해액과 피해빈도 지표를 기준으로 상대적으로 큰 피해를 입은 지자체를 선별
 - 도시지역 침수피해에 관심을 두고 있기 때문에 피해액은 농작물 피해액 등을 제외한 공공시설 피해액과 건물 피해액에 한정
 - 재해연보 자료를 이용해 구축한 연평균 피해액과 피해빈도를 시·군·구별 면적으로 나눠 1km² 단위면적 당 피해액과 피해빈도를 산정
 - 시·군·구별 피해액과 피해빈도를 분위분석하여 ‘낮음’, ‘약간 낮음’, ‘약간 높음’, ‘높음’의 네 가지 기준으로 구분하고 피해액과 피해빈도가 모두 높은 지역을²⁾ 선정
- 피해액과 피해빈도 지표만으로는 지자체의 도시침수 피해여건을 확인하기에 한계가 있으므로 침수흔적도 비교, 언론기사검색 등을 통해 무관한 곳은 제외
 - 도시지역 밖에서 도로, 하천 등의 큰 피해로 인해 도시침수 피해양상과 다른 경우가 자주 포함됨
 - 재해연보 상의 피해시점에 대한 언론기사검색 방법이나 과거 침수흔적도와 비교를 통해 도시침수와 관련이 없는 피해는 제외

2) 침수 이력 조사 및 현장·면담 조사

- 대상지로 선별된 시·군·구 대해 자세한 침수이력을 조사하고 결과를 GIS로 표시
 - 국토교통부 침수흔적도, 지자체 재난관리보고서 및 상황보고서, 풍수해저감종합계획 보고서, 대한지적공사 침수흔적도 등을 종합해 <표 1-1>과 같이 과거 피해발생 위치와 피해원인을 파악

1) 국토교통부 국가수자원관리종합정보시스템(WAMIS)에서 공개하는 토지피복도 공간정보를 활용

2) 비교적 짧은 과거 피해기록을 토대로 마련되었기 때문에 매년 발표되는 자료를 지속적으로 업데이트할 필요가 있음

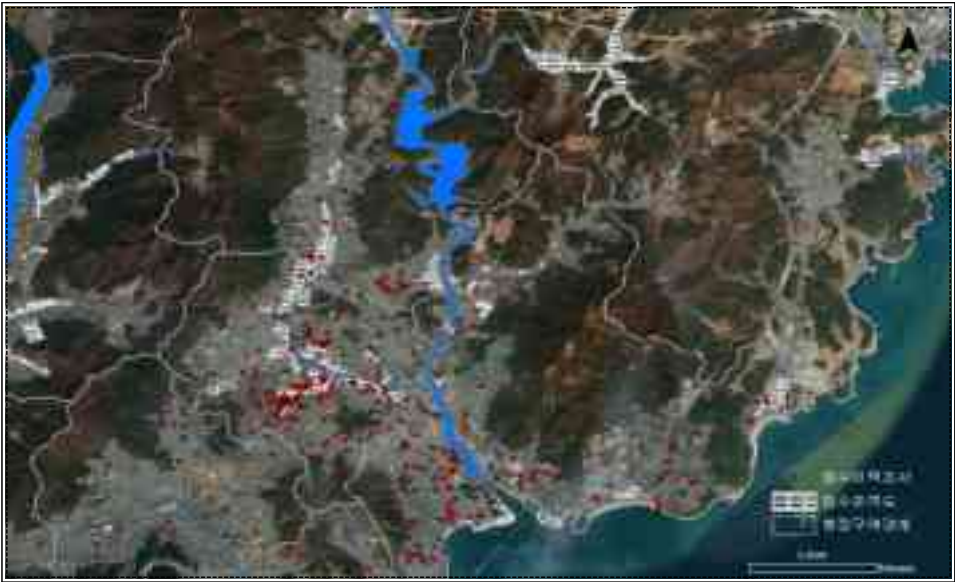
- 또한 침수피해 지역의 위치정보를 파악하기 위해 결과를 <그림 1-3>과 같이 지도 위에 표시
- 침수피해 이력조사 결과를 검증하고 피해이력에 누락되었거나 추가 조사가 필요한 지점을 파악하기 위해 지자체 담당자와 함께 <표 1-2>와 같이 현장·면담 조사를 실시
 - 시·군청과 자치센터를 방문해 담당자 면담을 실시하면서 피해이력 조사 결과의 타당성 여부를 확인하고, 사후 대책추진 여부, 주요 민원발생지 등을 검토
 - 확인·추가된 지점에 대해 현장조사를 실시해 인근 하천환경, 지형, 배수·방재 시설 설치 현황, 개발여건(건축물 설치, 토지이용방식, 중요 계획시설 위치 포함) 등을 살펴보고, 방재대책이 요구되는 지점을 최종적으로 결정

표 1-1 | 피해이력 조사 결과의 예 : 부산광역시 일대

행정구역 구분		일시	내용
시군구	읍면동		
금정구	금사동	'14.08.25	• 금정구 시간당 130mm이상의 호우 • 도로 일부 침수로 차량피해 및 도로 통제 제한, '금사역' 침수로 제한
	구서동	'14.08.25	• 집중호우로 인한 시설물 파손
	장전동	'17.08.25	• 장전2치안센터~소정천삼거리 침수 • 집중호우로 인한 시설물 파손
	청룡동	'17.08.25	• 범아사로, 청룡로 일원 침수
	선동	'14.08.25	• 구 신천교 파손
	회동동	'09.07.16	• 부산전역 시간당 최고 90mm의 폭우, 장마전선의 남하 • 화학회사 일대 하수구 역류 현상으로 침수, 일부 도로 침수
	노포동	'14.08.25 '09.07.16	• 집중호우 시, 범람으로 인한 시설물 파손 • 경륜장 부근 도로 일부 침수, 차로 2개 폐쇄
연제구	연산동	'17.09.11	• 시간당 50mm이상의 폭우로 온천천 일대 하천 범람 • 저지대 도로 일부 침수되어 통제, 아파트 내 주차차량 3대 침수, 굴다리 하부도로 침수로 차량 고립 사고
		'14.08.26	• 온천천 범람으로 주택 및 상가 침수
	거제동	'17.09.11	• 시간당 116mm 집중호우 • 굴다리에 차량 고립, 도로 침수
		'09.07.15	• 폭우로 거제동의 한 고물상 침수
		'06.06.30	• 70mm의 집중호우 • 온천천 범람으로 세병교 밑 주차차량 침수

자료 : 이상은 외(2017a)

그림 1-3 | 침수피해 이력조사 위치정보 구축의 예 : 부산광역시 일대



자료 : 저자 작성

표 1-2 | 현장면담 조사 결과의 예 : 부산광역시 일대

위치	현장 전경		
금정구			
연제구			
동래구			

자료 : 저자 작성

3) 대상지역 공간범위 설정

- 현장·면담조사에서 결정된 주요지점을 포괄하도록 집수구역 경계를 분석한 뒤 중점관리 대상지역 공간범위를 설정
 - 집수구역 분석을 위해 수치표고모형(Digital Elevation Model, DEM)과 Arc Hydro Tools를 이용해 유출경로, 하천차수, 유역분할 등의 지형분석을 수행
 - 집수구역을 분석하는 절차는 <표 1-3>과 같으며, 중점관리 대상지역 구축 결과의 예시는 <그림1-4>와 같음

표 1-3 | 공간범위 설정을 위한 지형분석 방법

구 분	주요 내용
1단계	수치표고모형으로부터 주요지점을 포함하는 지역의 흐름방향도(flow direction) ³⁾ 계산
2단계	흐름방향도를 이용해 흐름누적유량도(flow accumulation) ⁴⁾ , 하천차수도(stream order) ⁵⁾ 를 순차적으로 작성
3단계	하천차수도를 이용해 하천유역도(watershed) ⁶⁾ 생성
4단계	하천유역도 내에서 주요지점을 포함하는 소유역을 선택하여 집수유역 경계 확정

자료 : 이상은 외(2017a)

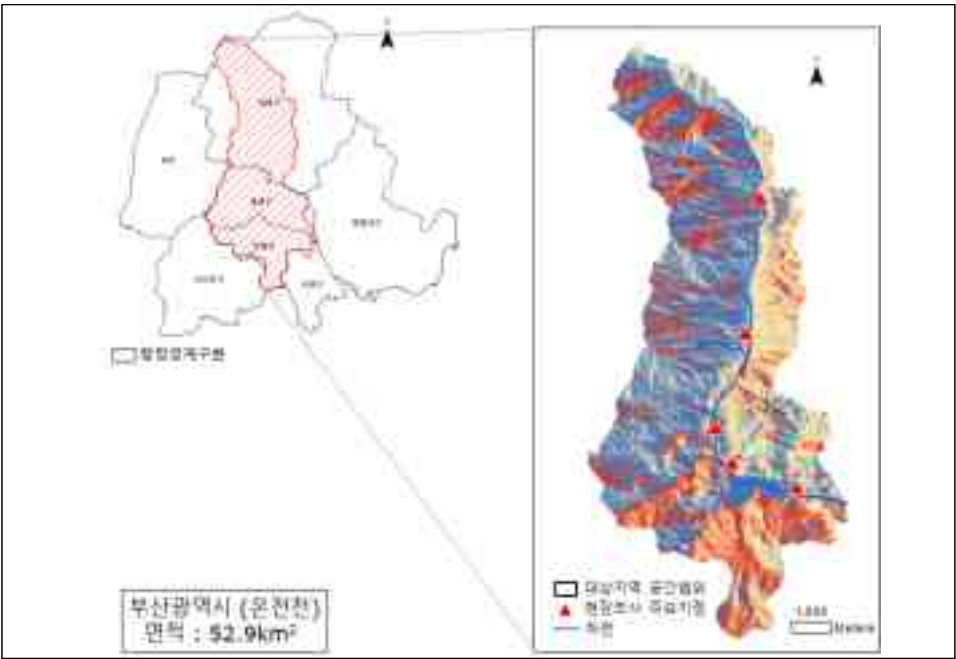
3) 흐름방향도는 수치표고모형 표고값을 토대로 주위방향으로 경사도를 분석한 뒤 경사가 가장 급한 방향에 대한 값을 표기한 도면을 의미

4) 흐름누적유량도는 “유출량은 상류에서 하류로 점차 누적된다”는 개념에 따라 최상류에서 흐름방향도 경로를 따라 기본값을 누적인 도면을 의미

5) 하천차수도는 흐름누적유량도를 가지고 지정한 하천을 구간별로, 즉, 최상류부터 하류까지 기본값을 누적인 도면을 의미

6) 하천유역도는 흐름방향도와 하천차수도를 이용해 산정하는 것으로, 하천의 각 구간별로 집수되는 경계범위, 즉, 소유역을 도출한 뒤 이를 polygon으로 변환한 도면을 의미

그림 1-4 | 중점관리 대상지역 공간범위 결정의 예 : 부산광역시 일대

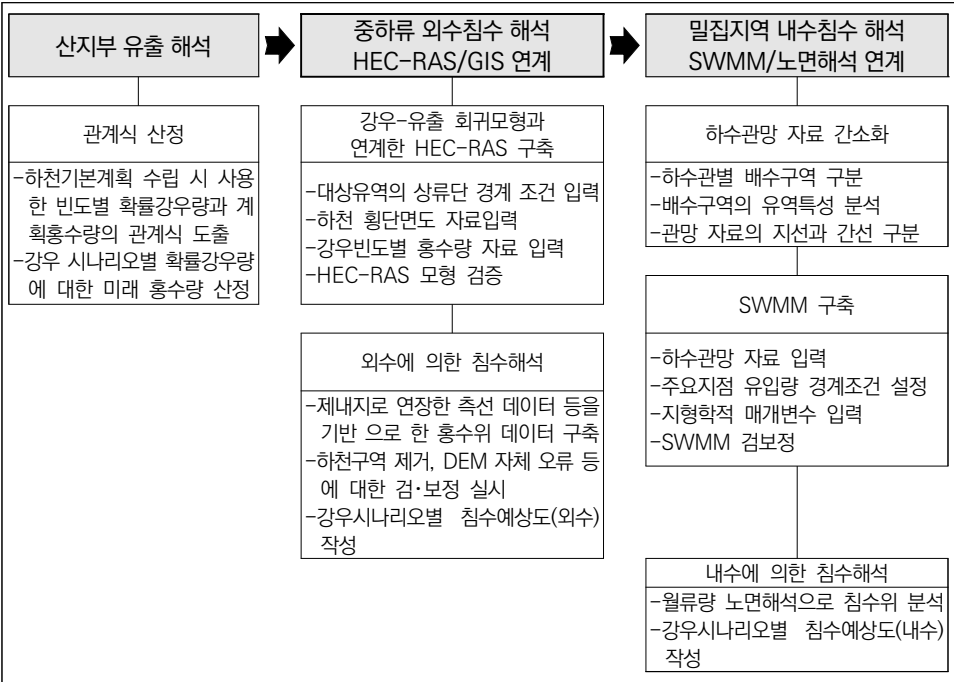


자료 : 저자 작성

제2장. 도시침수 간소화 해석

- 목적
 - 도시계획적 대책을 마련하는데 필요한 넓은 공간을 포괄하기 위해 범용적으로 사용되는 모형을 연계하여 간소화된 침수해석을 실시하고자 하며, 정밀해석이 필요한 밀집지역에 대해서만 2차원 흐름해석을 적용한 침수해석을 실시
- 사용된 자료
 - 강우자료, 하천단면, 침수흔적도, 하수관망, DEM, 하천기본계획 보고서, 토지피복도, 토양도 등
- 분석방법
 - 빈도분석을 통해 재현기간 30년, 100년의 확률강우량을 산정하되 필요에 따라 기후변화 영향을 고려
 - 외곽 산지부 유출해석은 하천기본계획 수립 시 사용한 빈도별 확률강우량과 계곡홍수량의 관계식을 도출하여 적용
 - 외수위 상승으로 인한 침수 해석은 HEC-RAS와 GIS를 연계한 하도버퍼링 기법을 적용하여 침수영역 및 침수위 산정
 - 관망밀집지역의 내수침수 해석은 EPA-SWMM을 이용하여 월류량을 산정한 뒤, 침수영역과 침수위를 분석하기 위해 2차원 지표수 흐름해석 모형을 적용
 - 내·외수 침수해석의 결과를 GIS를 이용하여 침수예상도로 작성
- 결과
 - 도시침수 간소화를 통한 중점관리 대상지역 내 내·외수 침수예상도
 - 중점관리 대상지역의 공간범위를 설정하기 위한 절차는 <그림 2-1>과 같으며, 공간 개념을 그림으로 표현하면 <그림 2-2>와 같이 나타낼 수 있음

그림 2-1 | 도시 침수해석 간소화 방법 절차



자료 : 이상은 외(20176; 2017a)

그림 2-2 | 대상지역 공간구분 개념도

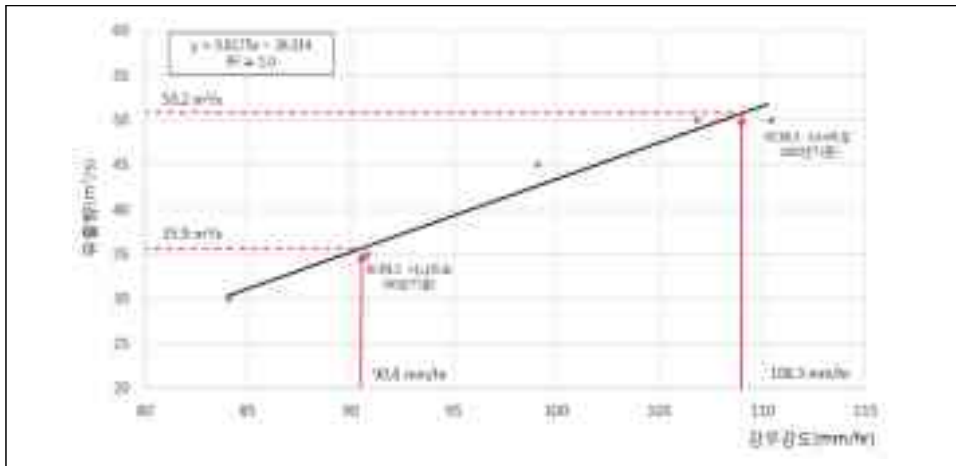


자료 : 이상은 외(20176; 2017a)

1) 외곽 산지부 유출 해석

- 강우 시나리오 조건에서 대상지역 내 상류 산지부로부터 중하류지역 하천으로 유입되는 유량 산정
 - 방법론을 최대한 간소화하고 기존 계획의 자료를 활용하기 위해 하천기본계획의 자료를 활용
 - 하천기본계획보고서 상의 강우빈도에 해당되는 강우강도값을 이용해 강우강도별 홍수량 값으로 환산하여 회귀식을 도출
 - 도출된 회귀식에 적용하여 강우 시나리오 자료의 강우강도로부터 (소)하천 입구의 홍수량을 <그림2-3>과 같이 결정

그림 2-3 | 강우강도-홍수량 관계곡선을 통한 외곽 산지부 유출량 산정 예시



자료 : 이상은 외(2017a)

2) 중하류 하천범람에 의한 외수 해석

(1) 모형 구축 및 강우 시나리오별 하천수위 산정

- 중하류 하천범람에 의한 외수해석은 US Army Corps of Engineers에서 개발한 HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center's River Analysis System)를 이용하여 하천 수위 모의를 위해 HEC-RAS 모형을 다음과 같이 구축
 - 하천 상류 경계조건으로 강우 시나리오 조건의 홍수량 값 입력
 - 하천의 주요지점 단면 자료로는 하천기본계획 수립 시 구축한 하천형상, 하천단면자료, 경사도, 조도계수, 제방고 등의 Geometric Data를 수집·활용하여 <그림2-4>의 (a)와 같이 구축
 - 강우 시나리오 조건에 대한 HEC-RAS 모의를 통해 하천의 누가거리별 잠재적인 하천수위를 <그림2-4>의 (b), (c)와 같이 산정
- 하천수위 결과 적용을 위한 하천 횡단 측선 자료를 다음과 같이 구축
 - 하천기본계획 결과물 중 하나인 횡단면 타점자료를 활용하여 횡단 측선⁷⁾을 <그림2-5>와 같이 제내지까지 충분히 연장
 - 횡단면 타점자료의 속성 테이블을 편집하여 횡단 측선 번호를 정리하고 <그림2-6>과 같이 RAS의 수위분석 결과를 해당 측선에 입력

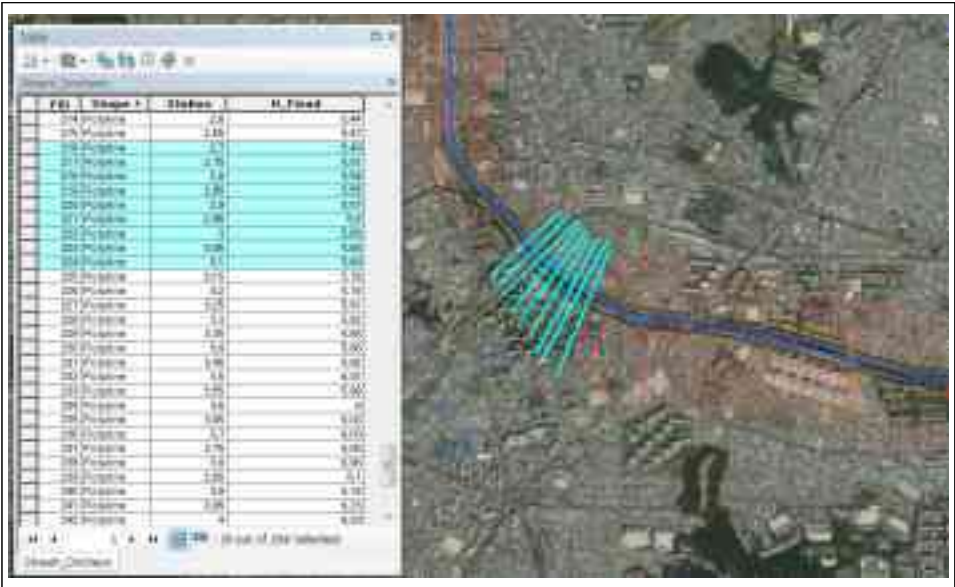
7) Arc-GIS의 Sketch tool을 이용

그림 2-5 | 하천 수위 모의를 위한 HEC-RAS 구축 과 횡단 측선 자료 구축



자료 : 저자 작성

그림 2-6 | 지점별 하천수위 분석 결과



자료 : 저자 작성

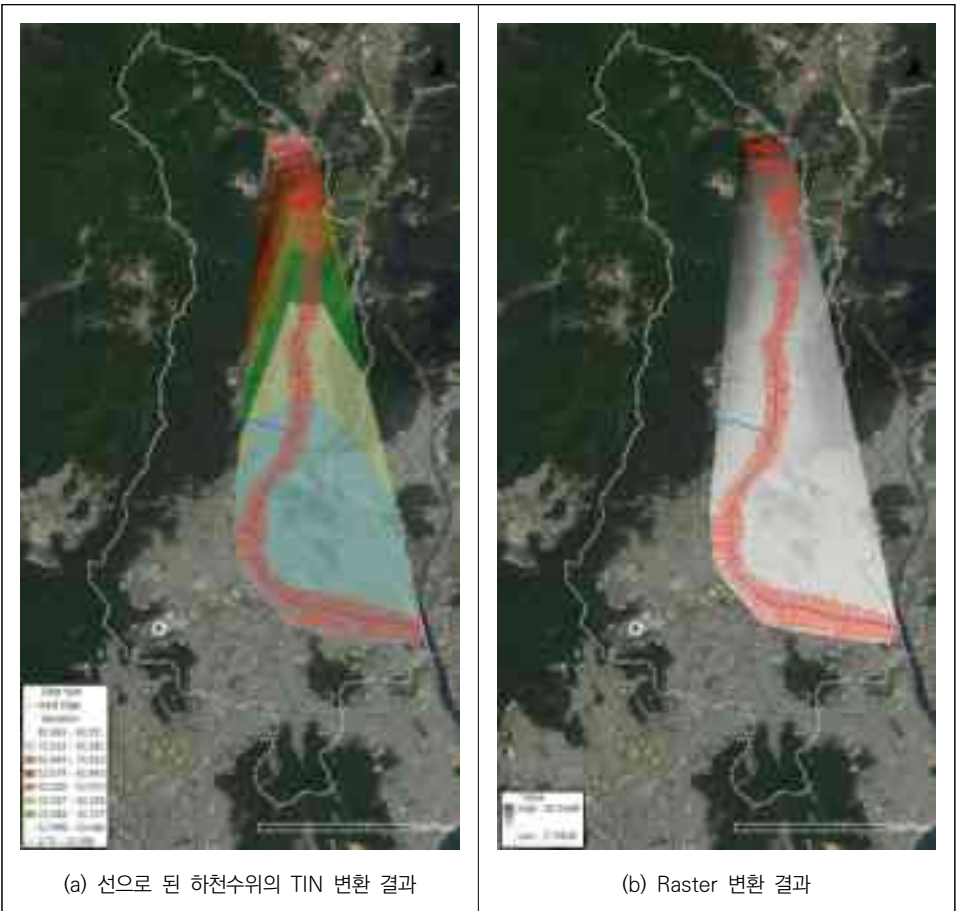
(2) 침수영역 및 침수위 분석

- 갯신된 횡단면 타점자료를 이용하여 다음과 같이 하천수위를 격자 안에 정보를 할당하여 표현하는 Raster 자료로 변환
 - 하천수위 분석결과는 선으로 구축된 자료이기 때문에 DEM과 같이 Raster자료로 변환이 필요
 - 선으로 구축된 하천수위 자료를 <그림 2-7>의 (a)와 같이 TIN(Triangular Irregular Network)⁸⁾으로 변환한 뒤, 기존 구축된 DEM 격자크기(Cell size)와 같게 설정하여 <그림 2-7>의 (b)의 Grid로 변환⁹⁾

8) Arc-GIS의 Create TIN을 이용

9) Arc-GIS의 TIN to Raster를 이용

그림 2-7 | 하천수위 분석 결과의 Raster자료 변환



자료 : 저자 작성

- 하도버퍼링 기법을 통해 강우 시나리오 조건에서 하천수위 상승으로 인한 침수영역 및 침수위를 다음 절차에 따라 분석
 - 작성한 하천수위 자료가 중점관리 대상지역 선정 시 구축한 <그림 2-8>의 (a)와 같은 지형 DEM 보다 큰 영역의 DEM을 추출¹⁰⁾하여 침수영역 및 침수위를 산정

10) Arc-GIS의 Raster Calculator를 이용

- 추출된 DEM은 하천구역을 포함하고 있기 때문에 하천구역 제거, DEM 자체 오류 등에 대한 검·보정 실시하여 <그림 2-8>의 (b)와 같이 외수침수에 의한 잠재적 침수영역 및 침수위 지도를 작성

그림 2-8 | 하천범람에 의한 외수 해석 결과



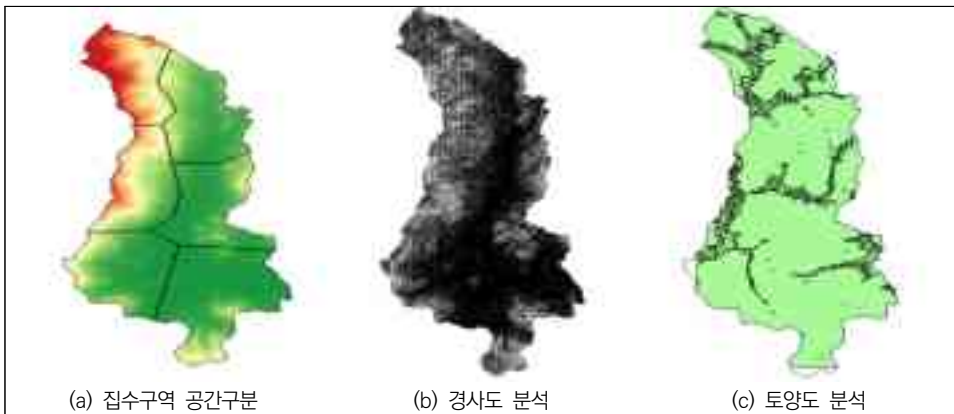
자료 : 저자 작성

3) 관망 밀집지역의 내수침수 해석

(1) 입력자료 및 모형 구축

- 관망 밀집지역의 내수해석은 미국 EPA(Environmental Protection Agency)의 SWMM (Storm Water Management Model)을 이용하였으며, 다음과 같이 입력자료를 구축
 - SWMM 모의에 필요한 지형학적 매개변수 값을 얻기 위해 하천유역도를 이용하여 관망 밀집지역의 공간을 구분하고 각 공간별로 유로연장, 유역면적, 유역경사, 토양도 분석 등의 매개변수를 <그림 2-9>와 같이 산정
 - 관망해석을 위해 가장 중요한 자료인 하수관망 자료의 경우 <그림2-10>과 같이 600mm 이상 직경의 간선을 대상¹¹⁾¹²⁾으로 하수관망을 구축하고 효율적으로 연속성을 묘사할 수 있도록 후처리 작업을 수행

그림 2-9 | 관망 밀집지역의 지형분석 결과



자료 : 저자 작성

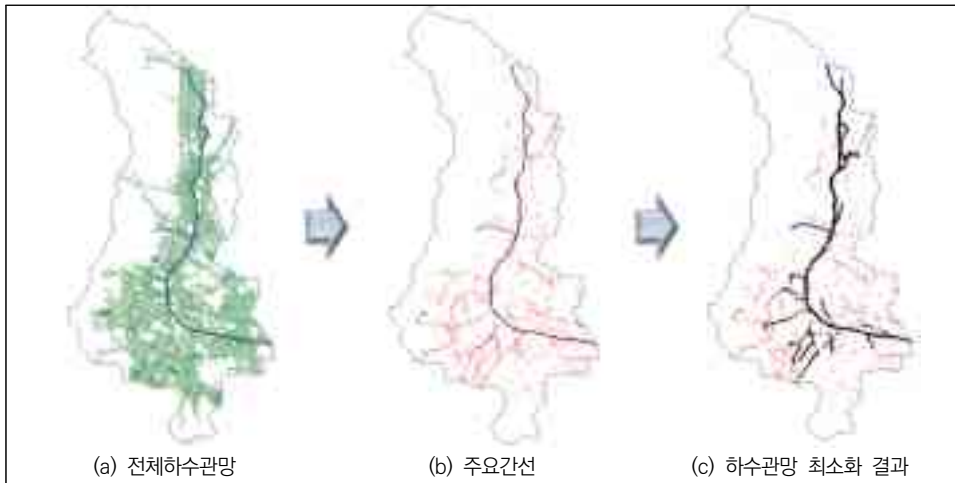
- 월류량 분석을 위해 EPA-SWMM의 모형을 구축하고 기존 침수 피해와 월류지점이 일치하도록 매개변수 보정을 실시

11) 배수시설의 설계빈도는 30년을 기준으로 하였으며, 1차년도 연구결과를 토대로 600mm 이상의 간선을 고려하되, 관망의 연결성을 위해 작은 관로도 일부 포함

12) 관로의 대표직경은 관로의 연장을 가중치로 하는 가중 평균 관로직경으로 산정하여 적용

- 집수구역, 지형학적 매개변수, 간소화된 하수관망 자료 등을 이용하여 <그림 2-11>과 같이 SWMM 모형을 구축
- 모형의 보정을 위해 기왕 홍수사상이 발생한 때의 강우조건을 적용하여 월류지점과 월류량 일 일치하도록 매개변수를 보정

그림 2-10 | 관망 밀집지역의 하수관망 간소화 결과



자료 : 저자 작성

그림 2-11 | 대상지역의 EPA-SWMM 구축 화면

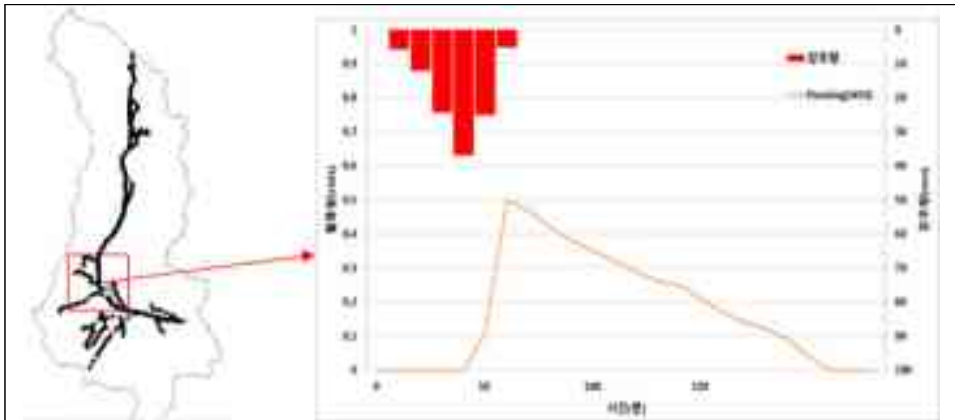


자료 : 저자 작성

(2) 침수영역 및 침수위 분석

- SWMM 모형에 강우 시나리오 조건을 적용하여 월류지점 및 월류량을 산정하고 2차원 지표수 흐름해석 모형¹³⁾에 적용하여 침수위와 침수영역을 분석
- 구축된 SWMM 모형에 강우 시나리오 조건을 적용하여 월류지점과 월류량을 <그림2-12>와 같이 산정
- 월류량을 2차원 지표수 흐름해석 모형에 적용하여 <그림2-13>과 같이 시간에 따른 침수위와 침수영역을 분석하고 GIS 변환¹⁴⁾을 통해 내수침수에 의한 잠재적 침수영역 및 침수위를 지도를 작성

그림 2-12 | 강우 시나리오 조건에서의 월류지점 및 월류량 모의

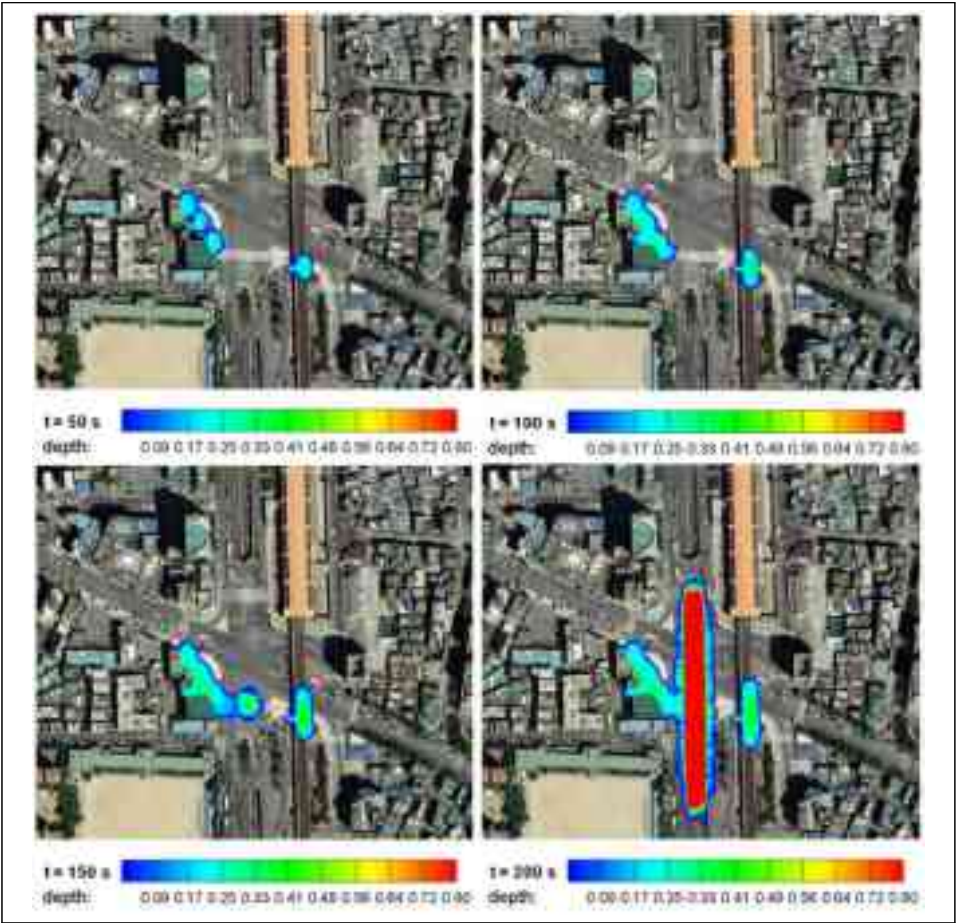


자료 : 저자 작성

13) 본 연구에서는 Song외(2016)에서 개발한 2차원 흐름해석 모형을 사용하는 데, Navier-Stokes 방정식을 수심 방향으로 적분하고 유속과 수심을 고려하도록 유도한 지배방정식을 FEM(Finite Element Method)으로 이산화한 것으로서, 임의지점에서 연속적으로 발생하는 월류수가 방사형으로 퍼져나가는 유체 거동을 분석을 하도록 모의하는 특징이 있음

14) Arc-GIS의 Create TIN와 TIN to Raster를 이용

그림 2-13 | 2차원 지표수 흐름해석 모의 결과



자료 : 저자 작성

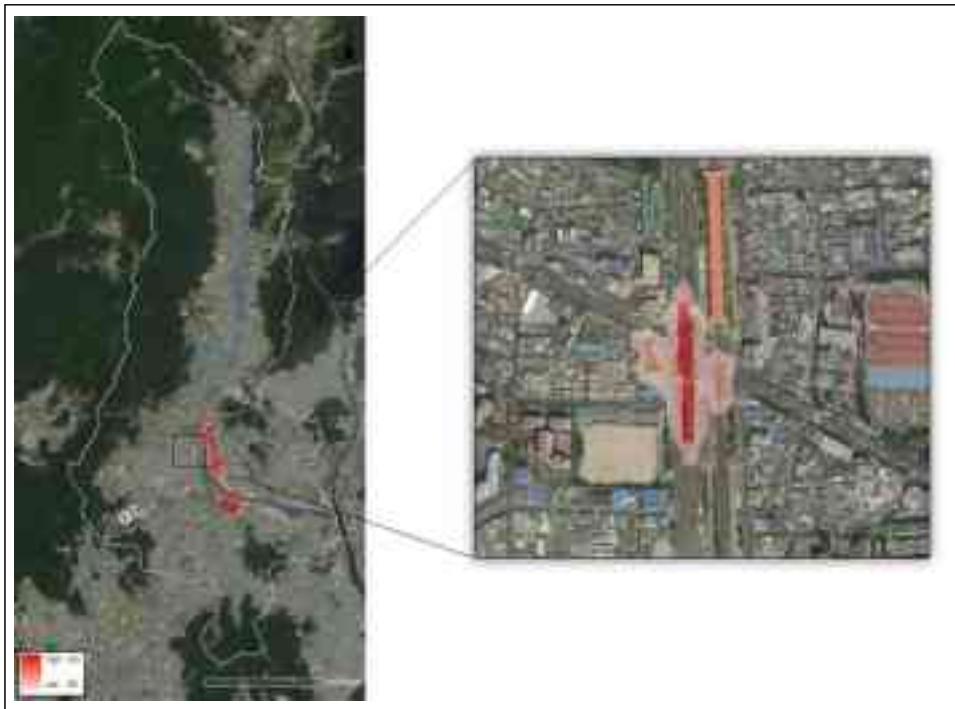
제3장. 상세 위험주제도 작성 및 위험정보 개발

- 목적
 - 보다 객관적인 방재대책의 근거를 제공할 수 있도록 내·외수 침수예상도를 바탕으로 한 재해특성, 영향권 설정, 노출특성, 그리고 취약성 주제도를 작성
- 사용된 자료
 - 도시침수 간소화 해석의 결과물인 내·외수 침수예상도
 - 거주인구도, 토지이용도, 건축물통합도, 도로망도 등 국토교통부 국가공간정보 포털 상의 각종 공간정보데이터
- 분석방법
 - 강우시나리오 자료를 이용해 분석한 내·외수 침수예상도를 이용하여 재해특성 주제도를 작성
 - 침수위를 바탕으로 EU 회원국가의 공간구획화 개념을 적용하여 Red, Orange, Yellow, Green의 4단계로 영향권을 설정
 - 영향권 지도와 거주인구, 토지이용의 주제도를 공간 중첩하여 영향권 내에 포함된 노출특성 주제도를 작성
 - 영향권 지도와 건축물, 보호대상시설, 도로의 주제도를 공간 중첩하여 영향권 내에 포함된 취약성주제도를 작성
 - 구축된 다양한 주제도를 동일한 단위공간으로 통합하기 위해 100m×100m 격자와 공간 중첩하여 격자마다 각종 상세 위험정보를 속성값으로 갖도록 구축
- 결과
 - 중점관리 대상지역 영향권 내의 각종 상세 위험주제도 및 위험정보 구축

1) 재해특성 주제도 작성

- 강우 시나리오 자료를 이용하여 분석한 침수예상도를 바탕으로 내·외수에 각각에 의한 재해특성을 나타내는 주제도 작성
 - 재해특성은 극단적 현상이 발생함으로 촉발된 위협을 의미하며 강우조건에서 발생하는 외수침수 또는 내수침수로 인한 침수위로 정의
 - 내수의 경우 일반적인 하수도 시설 용량을 상회하는 재현기간 30년을 기준으로, 외수의 경우 일반적인 중소하천의 용량을 상회하는 재현기간 100년을 기준으로 재해특성 주제도를 <그림 3-1>과 같이 작성

그림 3-1 | 대상지역의 재해특성 주제도 (좌:외수, 우:내수)



자료 : 저자 작성

2) 도시침수 영향권 설정

- 침수의 영향크기와 발생가능성 측면에서 공간을 구획화하기 위해 EU 회원국가의 공간구획화 개념(EC, 2010)을 토대로 <표 3-1> 과 같이 4가지 단계로 영향권을 구분하였으며, 주제도는 <그림 3-2>의 (a)와 같음
 - 영향의 크기는 침수위 50cm 이하(성인의 무릎 수준 이내로 크지 않은 영향 가능), 침수위 50~100cm(상당한 영향 가능), 침수위 100cm 초과(성인의 허리 또는 아동의 신장수준을 넘어 매우 심각한 영향 가능)로 구분
 - 추가적으로 수치해석의 오차발생 가능성을 고려하고 과도한 영향권이 설정되지 않도록 하기 위해 침수위 10cm(경미한 영향)를 고려
 - 영향의 발생가능성은 마찬가지로 외수에 대해서는 재현기간 100년의 조건을, 관로 우수배제 실패 등의 내수에 대해서는 재현기간 30년의 조건을 고려

표 3-1 | 도시침수 영향권 설정 기준

영향권 단계	도시침수의 발생특성	방재대책 필요성	영향권 설정 기준
			- (발생가능성) 내수는 재현기간 30년 - (발생가능성) 외수는 재현기간 100년
Red zone	호우 시 매우 심각한 영향이 발생할 수 있는 곳	매우높음	100cm 초과하는 침수위
Orange zone	호우 시 상당한 영향이 발생할 수 있는 곳	높음	50~100cm 사이의 침수위
Yellow zone	호우 시 주의할 만한 영향이 발생할 수 있는 곳	보통	10~50cm 사이의 침수위
Green zone	호우 시 침수될 수 있으나 영향이 크게 우려되지 않는 곳	-	10cm 이하의 침수위

주: 내·외수 각 조건에서 서로 다른 영향권이 선택될 경우, 상위의 영향권을 선택하도록 함

자료 : 이상은 외(2017b; 2017a)

3) 노출특성 주제도 작성

- 노출특성은 거주인구 또는 토지이용의 노출로 구분하며 영향권 지도와 각 노출특성 공간정보를 중첩¹⁵⁾하여 작성하였으며, 주제도는 <그림 3-2>의 (b), (c)와 같음

15) Arc-GIS의 Spatial Join을 이용

- 노출특성은 발생된 재해로 인해 사회시스템이 공간적으로 밀접하게 영향을 받는 것을 의미
- 거주인구 노출특성은 국토지리정보원에서 2015년 기준 국토조사로 구축한 100m×100m 격자의 인구주제도를 활용
- 토지이용 노출특성은 국토교통부의 연속주제도 상의 용도지역도¹⁶⁾를 이용
- 전국 100m×100m 격자의 인구주제도를 기존에 설정한 중점관리 대상지역에 맞게 잘라내어¹⁷⁾ 공간정보를 구축하고, ‘100명이하’, ‘101~250명 이하’, ‘251~500명 이하’, ‘501~1000명 이하’, ‘1000명 초과’의 다섯 구간으로 구분
- 국토교통부의 연속주제도를 기존에 설정한 중점관리 대상지역에 맞게 잘라내어 공간정보를 구축하고, ‘주거지역’, ‘상업지역’, ‘공업지역’, ‘녹지지역’ 등 속성별 토지이용 노출특성 구축

4) 취약성 주제도 작성

- 취약성은 영향권 내 건축물, 보호대상시설, 도로 등의 세 가지로 구분하여 영향권 지도와 각 취약성과 관련된 공간정보를 중첩하여 작성하였으며, 주제도는 <그림 3-2>의 (d), (e), (f)와 같음
- 취약성은 피해민감성을 결정하는 사회, 경제, 환경, 문화 등 해당 공간에 부속된 속성을 의미
- 건축물 취약성은 지하 또는 노후 건축물의 개수를 의미하는 데¹⁸⁾, 국토교통부 건축물통합정보 데이터와 행정안전부 새주소건물 데이터를 이용하여 작성

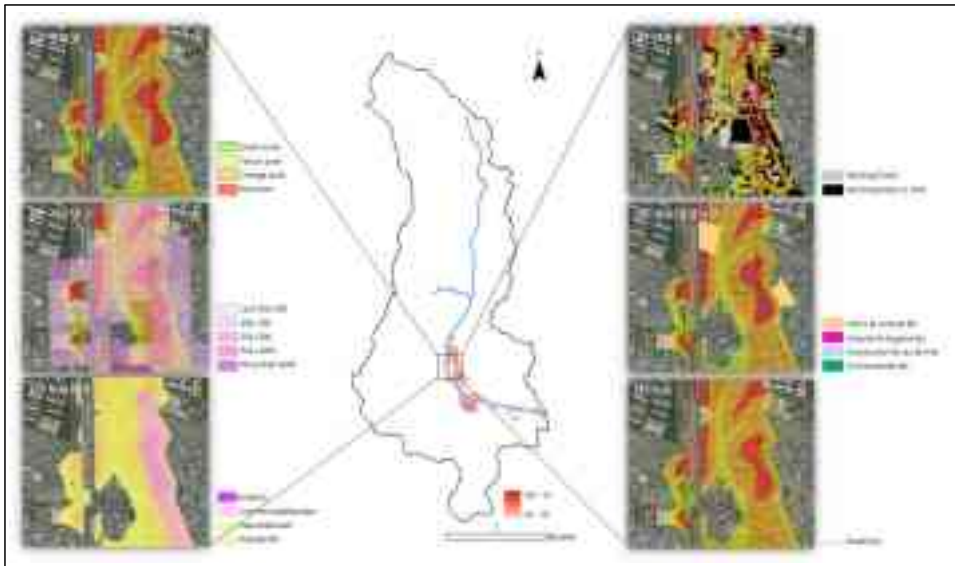
16) 국토계획법 시행령 상 용도지역은 주거지역(제1·2종 전용주거지역, 제1·2·3종 일반주거지역), 상업지역(중심상업, 일반상업, 근린상업, 유통상업지역), 공업지역(전용공업, 일반공업, 준공업지역), 녹지지역(보전녹지, 생산녹지, 자연녹지지역)으로 세분화 함

17) Arc-GIS의 Clip과 Spatial Join을 이용하여 중점관리 대상지역에 맞게 모든 공간정보를 구축

18) 지하층수 자료를 기준으로 지하건축물을 분류하였으며, 건물 승인일자를 기준으로 30년 이상 된 건축물을 노후건축물로 분류함

- 보호대상시설 취약성은 유통·공급시설(전기공급시설, 가스공급시설 등), 공공문화체육시설(공공청사, 학교 등), 보건위생시설(종합의료시설 등), 환경기초시설(수질오염방지시설, 폐기물처리시설 등) 등의 수에 한정¹⁹⁾하였는데, 국토교통부 국가공간정보포털의 건물통합정보 자료를 이용해 해당시설의 포함 여부를 확인
- 도로 취약성은 영향권에 포함된 도로의 연장으로서 행정안전부의 새도로명주소와 국토교통부 연속주제도 상에서 도로법의 교통시설 분류체계²⁰⁾를 토대로 분석²¹⁾

그림 3-2 | 대상지역의 상세 위험주제도



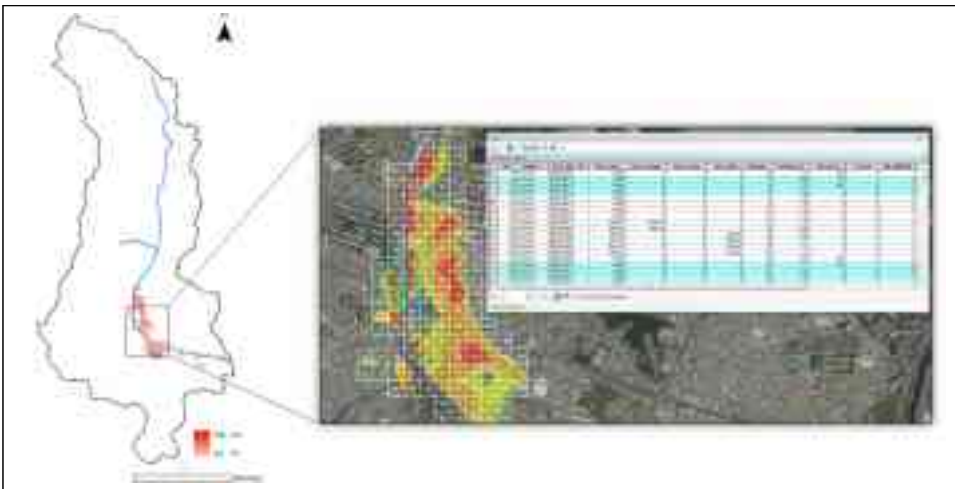
자료 : 저자 작성

- 19) 보호대상시설은 기능의 장애가 발생할 때 사회적으로 피해가 확산될 수 있어 특별 대책을 요하는 시설로 정의하며, 과차년도 연구에서 기존 선행연구(국립방재교육연구원, 2010; 서울연구원 외, 2015)를 토대로 선정
- 20) 국토교통부 연속주제도에서 도로분포에 대한 정보는 도로법 상 도로 용도구역으로 도로구역, 접도구역, 입체적으로 구역, 도로보전입체구역, 자동차전용도로구역 등과 국토계획법 상 교통시설로 일반도로, 자동차전용도로, 도로 폭에 따라 분류된 광로·대로·중로·소로, 도시고속도로, 주간선도로 등으로 분류된 공간정보를 포함
- 21) 단, 도시를 관통하는 구간에서 고속도로는 도시공간과 격리되거나 입체적으로 설치되어 있으므로 제외함

5) 격자단위의 상세 위험정보 생산

- 구축된 주제도에 포함된 10가지 상세 위험정보²²⁾를 동일한 단위공간으로 통합하여 쉽게 확인·분석 할 수 있도록 공간적 중첩을 통하여 구축
 - 상세 위험정보들을 100m×100m 격자의²³⁾ 국토조사 격자체계번호와 공간 중첩하여 격자마다 외수 침수위, 내수 침수위, 취약건축물 등의 정보를 속성값으로 갖도록 구축
 - 격자단위 상세 위험정보는 향후 고위험지역의 위치를 결정할 때 가장 중요한 입력 자료로서 <그림3-3>과 같이 하나의 격자마다에 다양한 상세 위험정보를 쉽게 확인할 수 있게 함

그림 3-3 | 대상지역의 격자단위 상세 위험정보 구축



자료 : 저자 작성

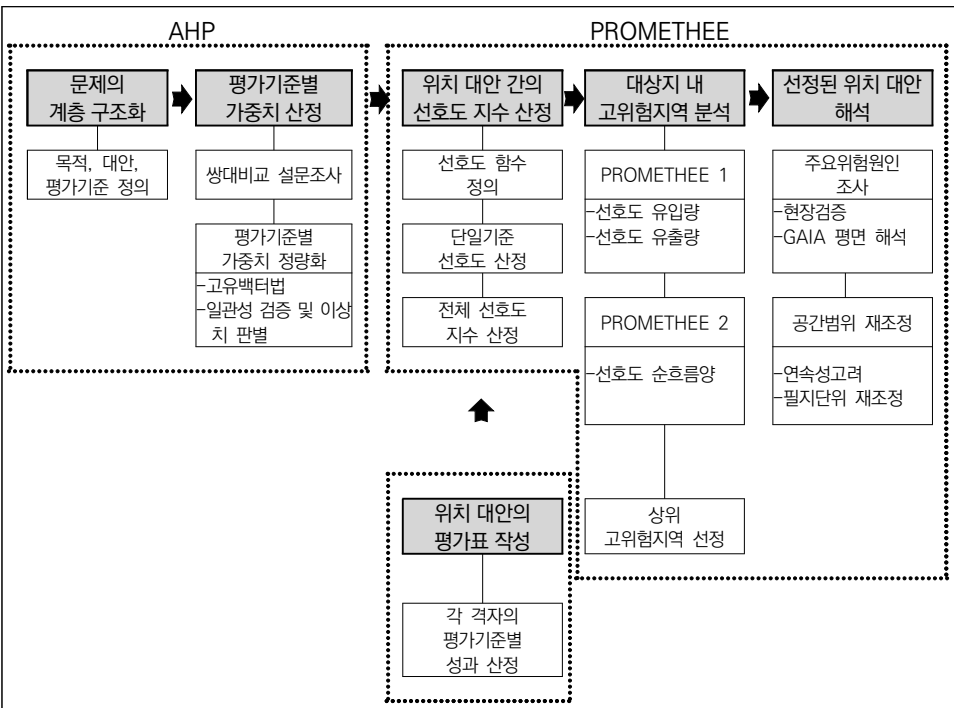
22) 상세 위험정보는 거주인구, 주거지역, 상업 및 업무지역, 공업지역, 자연녹지 등 지역, 취약건축물, 보호대상시설, 도로, 외수 침수위, 내수 침수위 10개로 구성됨

23) 국토지리정보원에서 제공하는 100m×100m 격자 체계를 이용

제4장. 방재대책을 위한 고위험지역 위치 결정

- 목적
 - 도시침수 영향권 가운데 방재측면의 규제나 사업을 효과적으로 추진할 수 있도록 상세 위험정보를 종합하여 고위험지역을 분석
- 사용된 자료
 - 격자단위의 상세 위험정보, 연속지적도 등
- 분석방법
 - 앞에서 얻은 상세 위험정보를 평가기준으로 활용해 도시침수 영향권에 포함되는 위험이 높은 공간을 100m×100m 크기의 각 격자단위로 선택하는 다기준의 사결정의 접근법 활용
 - 전문가 AHP 조사를 통해 각 평가기준의 가중치 도출
 - 상세 위험정보와 가중치를 PROMETHEE에 적용하여 고위험지역으로서 순위가 높은 격자를 식별
 - 현장조사를 통해 확인·검증된 격자에 대해서는 GAIA 평면해석을 통해 위험원인을 확인하고, 토지대장과 중첩하여 침수위험이 높은 필지정보를 확인하고 도면화
- 결과
 - 고위험지역의 위치(필지 정보)와 주요 위험원인
 - 고위험지역 위치를 결정하기 위한 절차는 <그림 4-1>과 같이 나타낼 수 있음

그림 4-1 | 고위험지역 위치 결정의 절차



자료 : 이상은 외(2017a)

1) 전문가 AHP 조사

- 다음 <그림 4-2>와 같이 평가기준을 계층구조화 한 뒤 각 계층에서 평가기준의 중요도를 쌍대비교하는 설문조사를 실시
 - <그림 4-3>과 같이 쌍대비교 설문지는 Saaty의 9점 척도에 따라 작성
 - 전문가 설문조사를 실시 한 뒤 설문응답건별로 쌍대 비교행렬 분석을 통해 평가 기준의 가중치를 도출하되, 행렬의 일관성 비율(CR)이 0.2 이상인 경우에는 설문지의 일관성이 낮아 해당 응답결과를 제외
 - 개별 응답자의 가중치를 기하평균하여 전체 집단 가중치 값을 각 계층별로 산정 하고, 평가기준의 전체 계층구조를 고려해 전체 가중치를 도출

그림 4-2 | 고위험지역 선정에 사용되는 평가기준 계층구조



자료 : 이상은 외(2017a)

그림 4-3 | 쌍대비교 설문지 : 2단계 노출특성의 평가기준 비교 예시

(질문) 도시침수 노출특성을 판단하기 위한 평가기준간 상대적 중요도는?

비교대상	거주인구 노출(명)	토지의 노출(m ²)
	B ₁	B ₂

평가항목	극히 많이 중요	동등하게 중요	극히 많이 중요	평가항목														
거주인구 노출(명)	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	토지의 노출(m ²)

①점 : 동등하게 중요 ③점 : 약간 중요 ⑤점 : 많이 중요
⑦점 : 아주 많이 중요 ⑨점 : 극히 많이 중요
②, ④, ⑥점 : 각 항목의 중간값 ※ 해당되는 칸에 V표시를 해주세요.

자료 : 이상은 외(2017a)

그림 4-5 | Visual PROMETHEE에서 적정 선호도 함수 선택과 가중치 입력



자료 : 저자 작성

- <그림 4-6>과 같이 ‘PROMETHEE Flow Table’을 선택하여 PROMETHEE 1의 판정지표인 선호도 유입량과 선호도 유출량을, 그리고 PROMETHEE 2의 판정지표인 선호도의 순흐름량을 산정
 - PROMETHEE 2의 판정지표인 순흐름량을 기초로 격자의 순위가 자동으로 부여되므로 고위험지역으로 순위가 높은 격자번호를 확인할 수 있음
 - 각 격자의 면적이 100m×100m임을 고려해 방재대책에 필요한 수량을 순서대로 선정

그림 4-6 | 선호도 순흐름량에 따른 고위험지역 순위 분석 결과

고위험지역 격자 선호도의 순위
통합이 가장 높은 것으로 확인

Rank	action	Phi	Phi+	Phi-
1	action2111	0,3619	0,4255	0,0636
2	action284	0,3417	0,3625	0,0209
3	action15	0,2525	0,3264	0,0739
4	action298	0,2510	0,2994	0,0464
5	action42	0,2466	0,3367	0,0881
6	action209	0,2461	0,2995	0,0535
7	action250	0,2424	0,3113	0,0689
8	action116	0,2344	0,2958	0,0614
9	action130	0,2266	0,3603	0,0506

자료 : 저자 작성

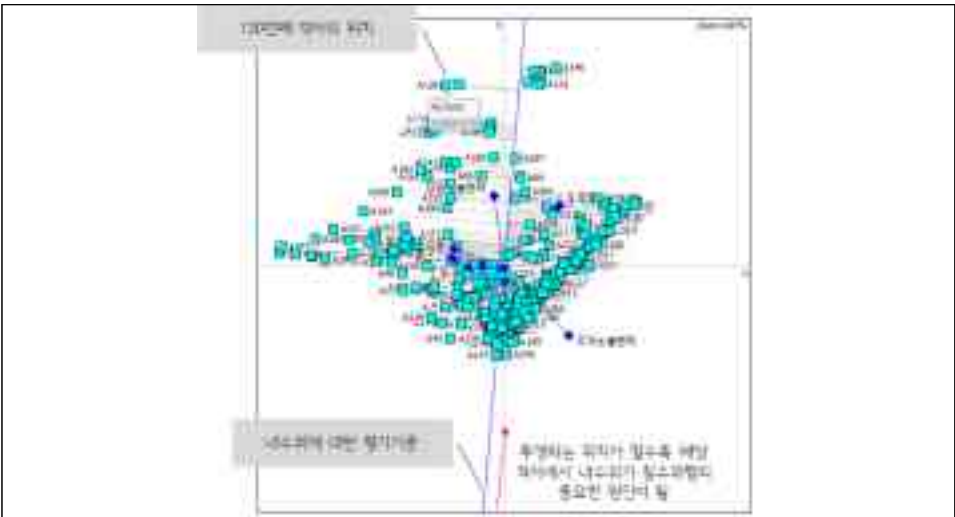
3) 현장검증

- 앞서 선정한 고위험지역은 침수해석 모의를 바탕으로 하고 있으므로 모형의 불안정성을 해소하기 위해 다음과 같이 현장검증을 실시
 - 우선순위가 높은 것으로 분석된 격자지점을 방문하여 주민들의 과거 피해 경험을 청취·확인하여 고위험지역으로의 적합성을 검토
 - 특히, 노면구배, 도로설치, 지반승고 여부 등을 세밀하게 관찰한 뒤 현장 조건에서 위험하지 않은 일부 격자는 제외하되, 노면수 흐름, 토지이용 등의 공간적 연속성을 고려할 수 있도록 일부 격자를 추가하여 고위험지역에 포함되는 격자지점을 확정

4) 주요원인 해석

- 확정된 격자지점이 어떤 평가기준과 밀접하게 관련되어 있는 지에 초점을 두고 Visual PROMETHEE의 사후해석 기능을 활용하여 위험원인을 분석
 - 이를 위해서는 <그림 4-7>과 같이 10가지 평가기준을 주성분 분석을 통해 통합한 U축과 V축의 위상에서 각 격자의 위치를 표시한 뒤 확인하는 방법을 활용

그림 4-7 | GAIA 위상해석을 통한 중요 위험원인 분석의 예시

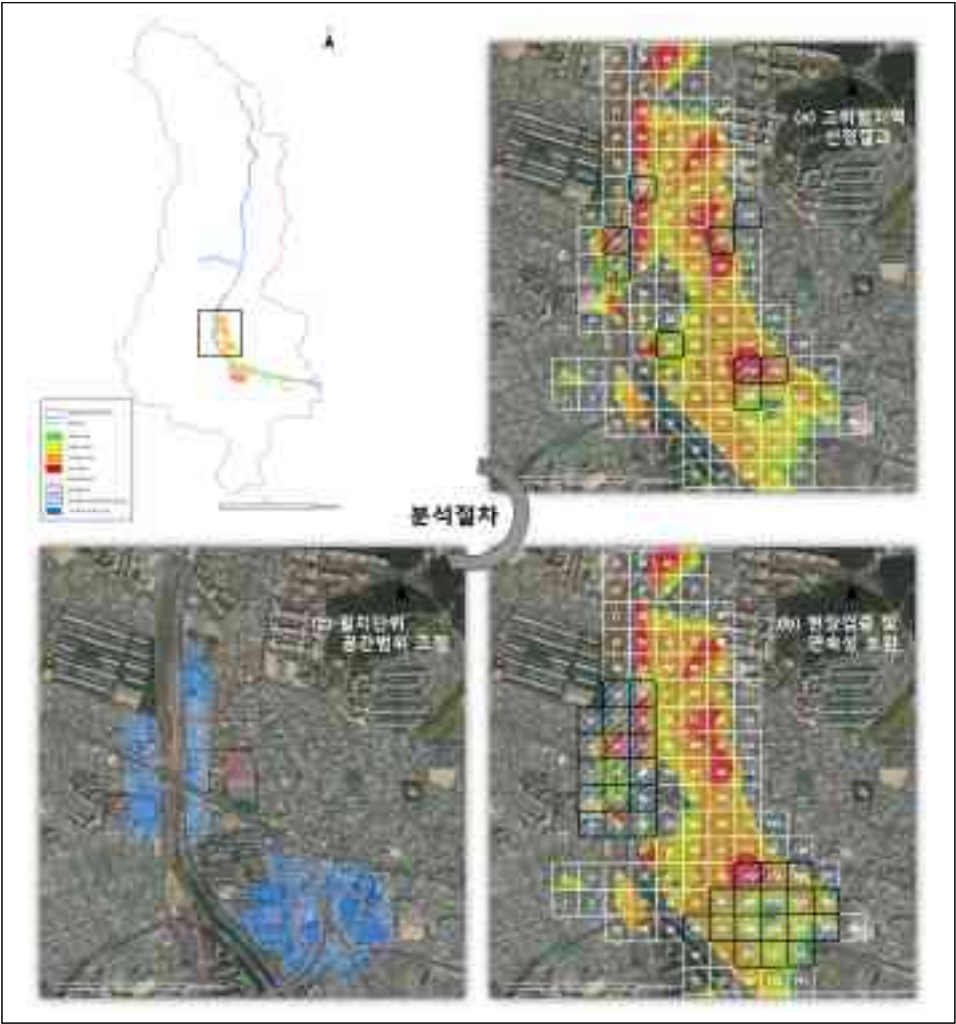


자료 : 저자 작성

5) 공간범위 재조정

- 확정된 격자지점은 가상적으로 구분한 공간단위이므로 실제 규제나 사업의 대상 지로 나타내기 위해 필지자료와 중첩하여 <그림 4-8>과 같이 고위험지역의 공간 범위를 설정

그림 4-8 | 최종적인 공간범위 설정



자료 : 저자 작성

7. 시스템 매뉴얼

Version 1.0

시스템 매뉴얼

도시침수 예방대책 지원시스템

차례

1. 개요	289
1) 매뉴얼 구성	289
2) 지침서 표기규칙	289
2. 시스템 시작하기	290
1) 설치 요구사항	290
2) 설치하기	291
3) 시스템 화면 구성	293
4) 로그인	295
5) 비밀번호 찾기	296
6) 비밀번호 변경	297
3. 시스템 사용하기	298
1) 시스템 소개	298
2) 도시침수 위험도 프로파일	301
3) 도시침수 기초자료	303
4) 중점관리 대상지역 기술지원	314
5) 자료실	320
6) 도움말	321
4. 시스템 관리하기	322
1) 시스템 관리	322
2) 계정 관리	331

1. 개요

1) 매뉴얼 구성

(1) 시스템 개발 절차 및 시스템 주요 기능 구성

구분	주요기능			
사용자 로그인	로그인	로그아웃	패스워드 찾기	
지도 표시	지표 검색	그래프 표시	테이블 표시	지표 표시
	SHP 표시	항공사진 표시	주제도 중첩표출	속성 표시
	시군구 검색 및 이동	확대/축소/이동	레이어 관리	주제별 등급도 표시
	지도 이미지 저장 및 출력			
자료실	공식문건 및 기술정보 제공	SHP파일 제공	PDF 설명자료 제공	
시스템 관리	자료 관리			

2) 지침서 표기규칙

그림에 표시된 ① ② ③ 과 설명자료의 ①②③이 매칭되는 구조입니다. 그림의 번호와 설명자료의 번호를 확인하며 열람하시기 바랍니다.

2. 시스템 시작하기

1) 설치 요구사항

	최소사양	권장사양
운영체제	윈도우® 7/ 윈도우® 8 / 윈도우® 10 64-bit (최신 서비스팩)	
프로세서	i5 이상	
비디오	HD 5500이상	
메모리	4GB	8GB
용량	10GB 이상의 하드 드라이브 여유공간	
인터넷	광대역 인터넷 연결 (항공사진 열람 시 필요)	
매체	디지털 다운로드 및 설치디스크 사용 시 DVD-ROM 드라이브 필요	
해상도	최소 1280x1024 디스플레이 해상도	

※ 본 시스템은 Java 기반의 시스템이기에, Java 설치가 반드시 필요합니다.

- 무료 Java 다운로드 : <https://java.com/ko/download>



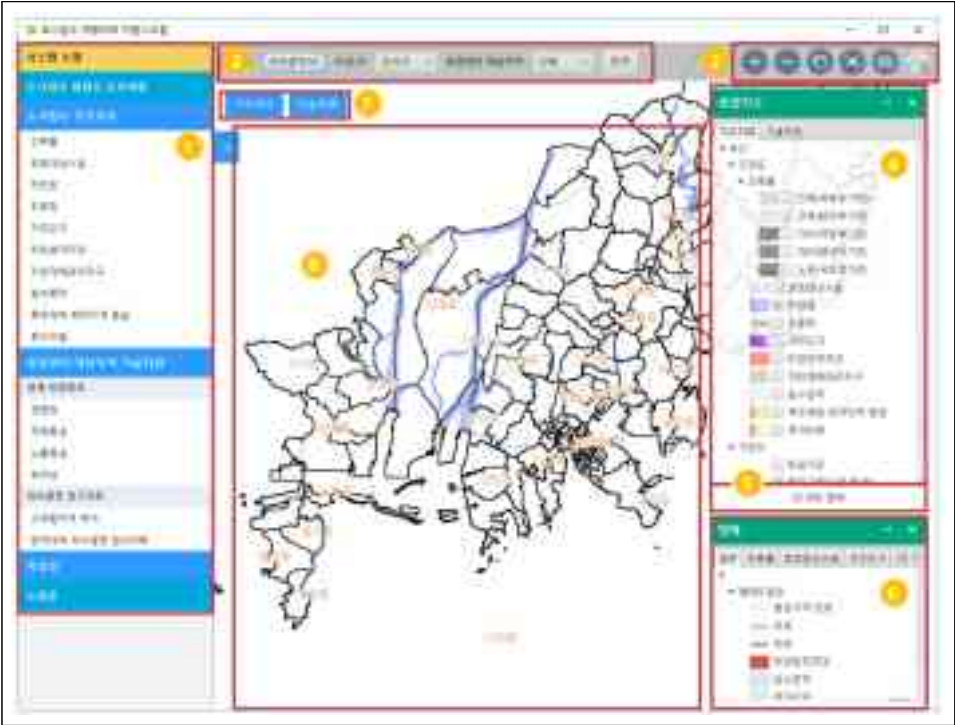


④ 바탕화면에 아이콘이 생기면 오른쪽 버튼을 누른 후 '속성(R)'을 선택하여 줍니다.



⑤ 호환성 탭에서 '설정-관리자 권한으로 이 프로그램 실행'을 선택하고 '확인'버튼을 눌러줍니다.

3) 시스템 화면 구성



- ① 사이드 메뉴를 표시하며 클릭 시 각 메뉴로 이동합니다. 메뉴에 따라 설명자료와 지도가 동시에 나타나는 메뉴도 있습니다.
- ② 이동하려는 지역을 선택 후 검색 클릭 시 해당지역으로 이동합니다.
- ③ 확대, 축소, 이동, Zoom Full, Capture, 설정 등의 버튼이 있으며 확대(지도 확대), 축소(지도 축소), 이동(지도 이동), Zoom Full(선택한 지도 화면에 맞게), Capture(보이는 지도화면 이미지 파일로 저장), 설정(언어, 비밀번호 변경)이 있습니다.

-
- ④ 중첩지도 : 지도 Layer의 표출하며 각 지도 Layer를 선택 시 지도화면(중앙)에 지도를 표시하여 줍니다. (여러개의 지도 중첩 가능)
 - ⑤ 지도 정보 : 지도가 구축된 시기를 열람할 수 있습니다.
 - ⑥ 범례 : 각 지도의 범례를 확인할 수 있습니다.
 - ⑦ 기초자료, 기술지원 상태 전환 버튼을 가능하게 하는 버튼입니다.
 - ⑧ 전체 지도 화면입니다.

4) 로그인



- ① ID 입력하는 창입니다.
- ② PASSWORD 입력하는 창입니다.
- ③ 로그인 버튼 : 아이디와 패스워드를 맞게 입력하였다면 'LOGIN' 버튼 클릭 시 시스템에 접속할 수 있습니다.
- ④ 아이디 저장 : ID를 저장하고자 하는 경우, 해당 버튼 클릭 시 아이디가 저장되어 다음번 시스템 접속 시 해당 아이디를 기억합니다.
- ⑤ 비밀번호 찾기 : 비밀번호를 잃어버렸을 때 유용한 기능입니다. 관리자로부터 인증번호를 받아야 합니다.

5) 비밀번호 찾기



- ① 비밀번호 찾기 : 버튼을 클릭하면 하단에 ‘관리자에게 받은 인증키를 입력해 주세요’ 라는 팝업창이 열립니다.
- ② 관리자에게 인증키 문의 후 인증키 입력합니다.
 - 관리자 전화번호 : 044-960-0148
 - 이메일 : seulyea@krihs.re.kr
- ③ ‘확인’ 버튼 클릭을 클릭합니다.
- ④ PASSWORD 확인창이 열리며 패스워드를 확인할 수 있습니다.

6) 비밀번호 변경



- ① 설정 버튼 클릭 : 설정 화면이 열립니다.
- ② 이전 비밀번호 : 기존 비밀번호를 입력합니다.
- ③ 새 비밀번호 : 새로운 비밀번호를 입력합니다.
 - 최소 8자리 입력 : 문자+숫자+특수문자 조합
- ④ 새 비밀번호 확인 : 새로운 비밀번호를 동일하게 입력합니다.
- ⑤ 비밀번호 변경 버튼 클릭 : ②, ③, ④가 정확하다면 비밀번호가 변경됩니다.

3. 시스템 사용하기

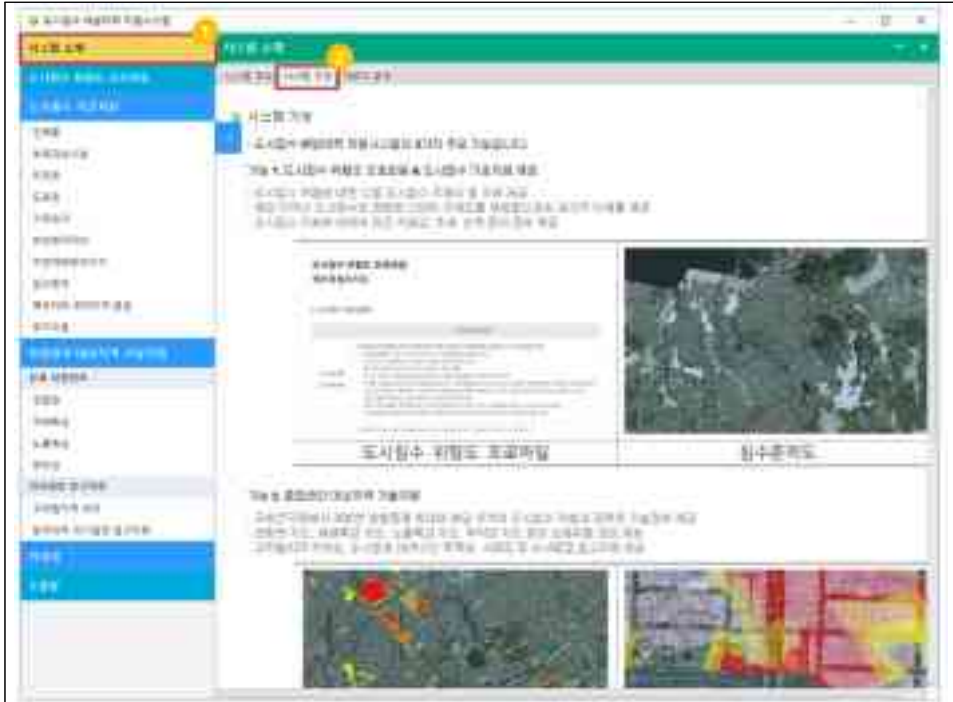
1) 시스템 소개

(1) 시스템 개요



- ① 시스템 소개 열람·활용을 위해 ‘시스템 소개’를 클릭합니다.
- ② ‘시스템 개요’ 클릭합니다. 시스템 개발 배경, 시스템 구축·운영 목적을 확인할 수 있습니다.

(2) 시스템 기능



- ① 시스템 소개 열람·활용을 위해 ‘시스템 소개’ 클릭합니다.
- ② ‘시스템 기능’ 클릭을 클릭합니다. 도시침수의 3가지 주요기능을 확인할 수 있습니다.

(3) 자료의 공개



- ① 시스템 소개 열람·활용을 위해 ‘시스템 소개’ 클릭합니다.
- ② ‘자료의 공개’ 클릭합니다. 도시침수 예방대책 지원시스템에서 제공하는 시스템 DB의 종류를 열람할 수 있습니다.

2) 도시침수 위험도 프로파일

(1) 도시침수 관리방향



① ‘도시침수 위험도 프로파일’ 클릭합니다.

② ‘도시침수 관리방향’ 탭을 클릭하여 도시침수 관리방향을 열람합니다.

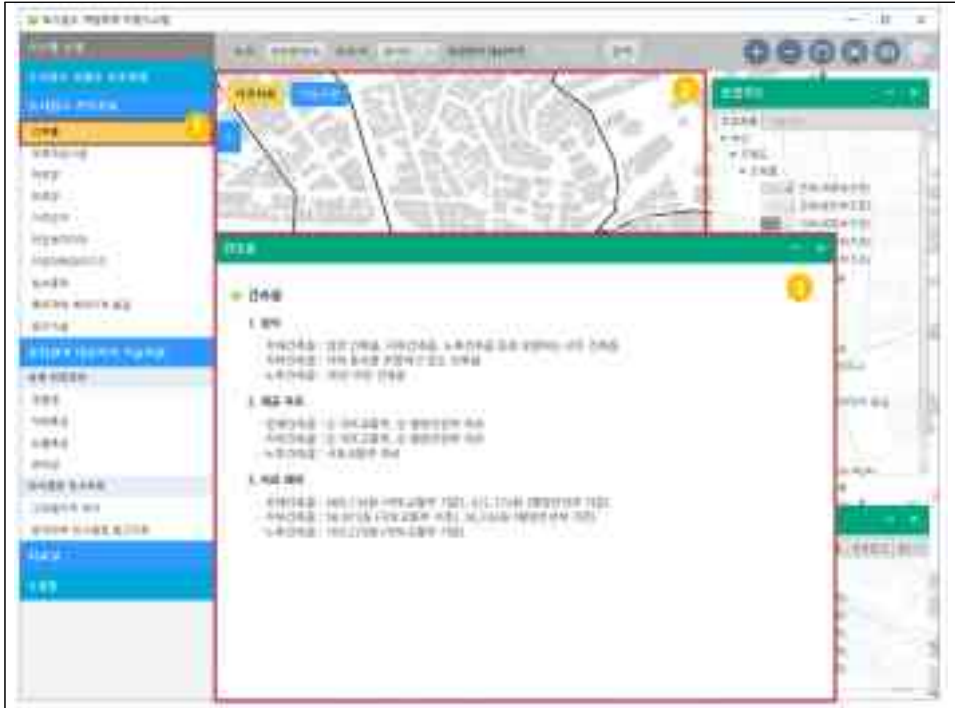
3) 도시침수 기초자료

(1) 지도 공통 기능



- ① 전국 검색기능 : 지역을 선택한 후 검색을 누르면 해당 지역으로 이동합니다.
- ② 기능탭 : 기초자료 탭과 기술지원 탭을 선택할 수 있습니다.
- ③ 지도중첩 : 중복하여 선택한 지도를 중첩하여 표현할 수 있습니다.
- ④ 지도색상 변경 : 레이어 이름 더블 클릭 → 원하는 색으로 변경 후 적용 버튼 → 닫기 버튼을 누릅니다.
- ⑤ 지도범례 : 범례창을 표시합니다.
- ⑥ 좌표값 : 지도에서 마우스 오른쪽 버튼을 누르면 우측하단에 좌표값이 표시됩니다.

(2) 주제도 조회 및 지표 조회 (건축물)



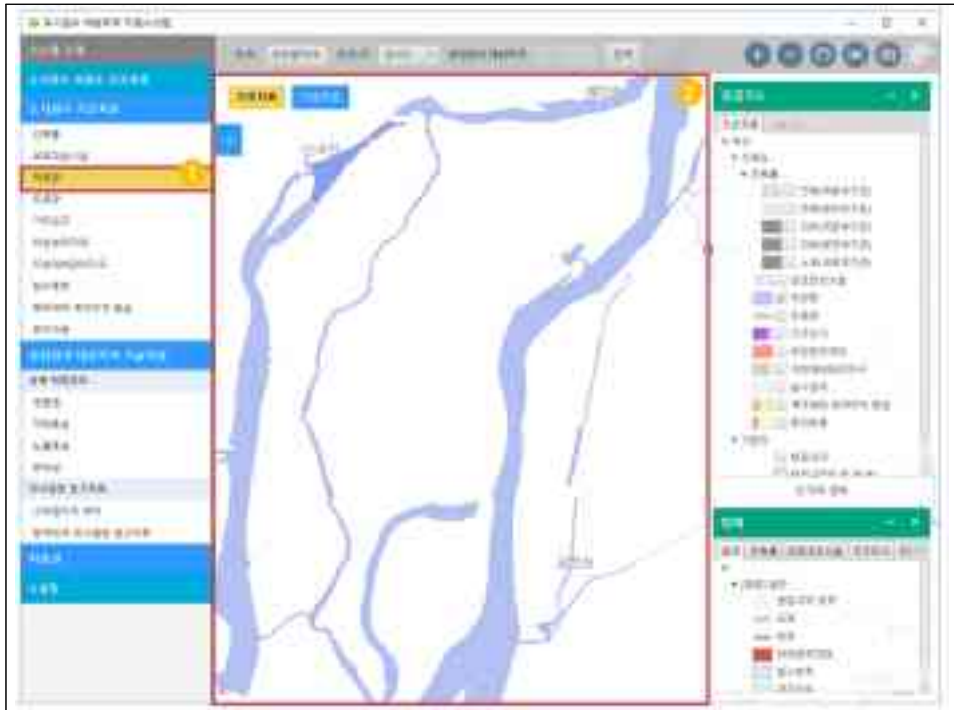
- ① 건축물 버튼 : 건축물 버튼을 클릭합니다.
- ② 지도 : 건축물 관련 지도(전체건축물, 지하건축물, 노후건축물)가 표시됩니다.
- ③ 설명자료 : 건축물 관련 설명자료가 표시됩니다.

(3) 주제도 조회 및 지표 조회 (보호대상시설)



- ① 보호대상시설 버튼 : 보호대상시설 버튼을 클릭합니다.
- ② 지도 : 보호대상시설 관련 지도(유통공급시설, 공공문화체육시설, 보건위생시설, 환경기초시설)가 표시됩니다.
- ③ 설명자료 : 보호대상시설 관련 설명자료가 표시됩니다.

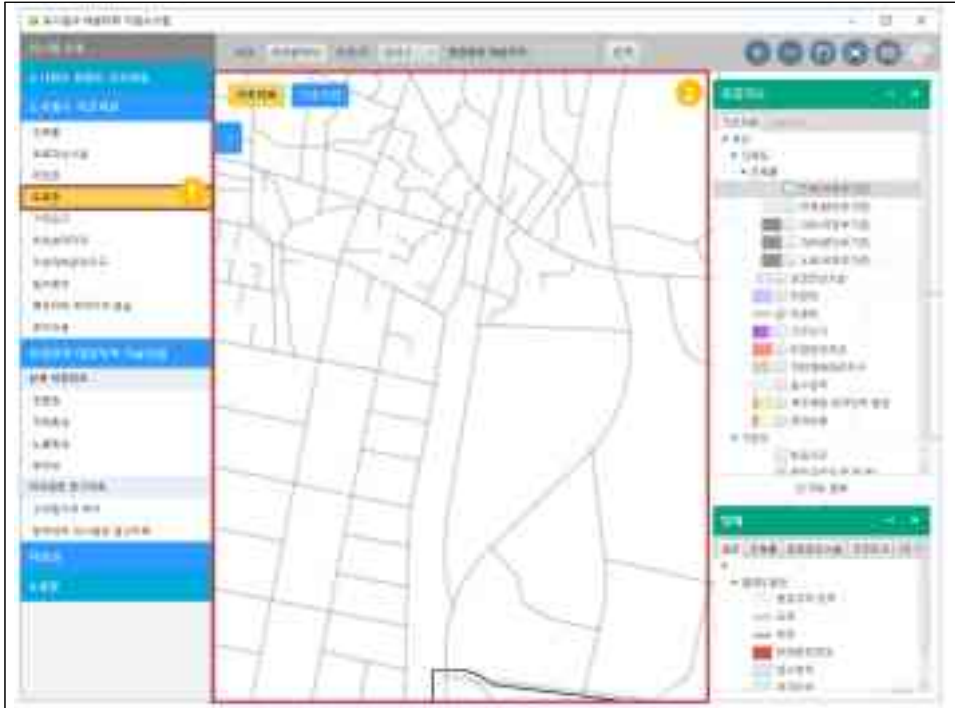
(4) 주제도 조회 및 지표 조회 (하천망)



① 하천망 버튼 : 하천망 버튼을 클릭합니다.

② 지도 : 하천망 관련 지도가 표시됩니다. (하천망은 설명자료가 없습니다.)

(5) 주제도 조회 및 지표 조회 (도로망)



① 도로망 버튼 : 도로망 버튼을 클릭합니다.

② 지도 : 도로망 관련 지도가 표시됩니다. (도로망은 설명자료가 없습니다.)

(6) 주제도 조회 및 지표 조회 (거주인구)



- ① 거주인구 버튼 : 거주인구 버튼을 클릭합니다.
- ② 지도 : 거주인구 관련 지도가 표시됩니다.
- ③ 설명자료 : 거주인구 관련 설명자료가 표시됩니다.

(7) 주제도 조회 및 지표 조회 (하천변저지대)



① 하천변저지대 버튼 : 하천변저지대 버튼을 클릭합니다.

② 지도 : 하천변저지대 관련 지도가 표시됩니다.

③ 설명자료 : 하천변저지대 관련 설명자료가 표시됩니다.

(8) 주제도 조회 및 지표 조회 (자연재해관리지구)



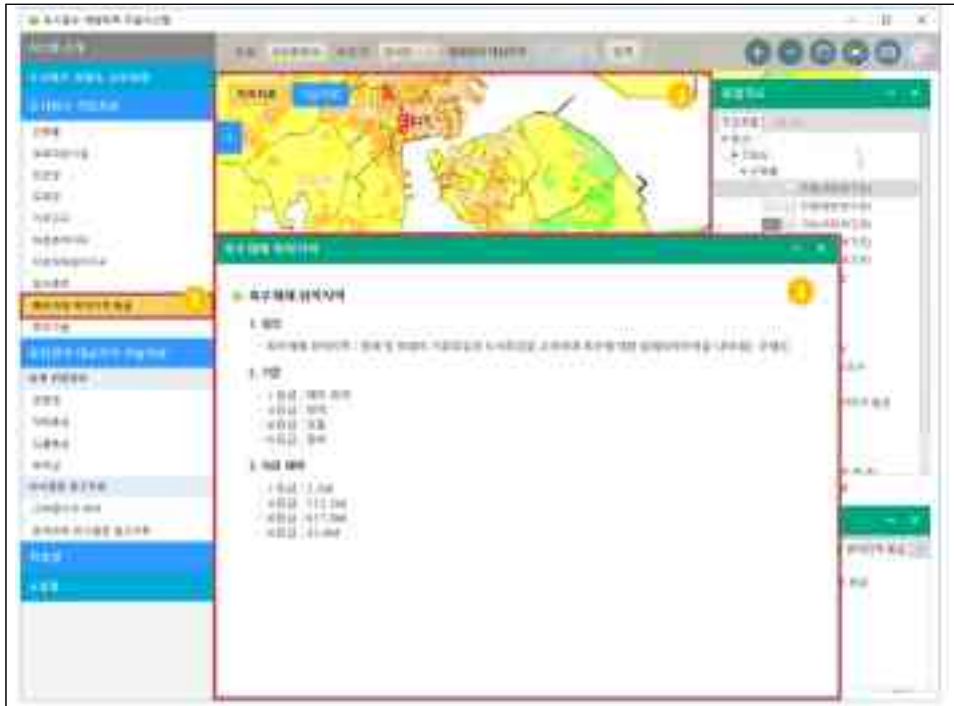
- ① 자연재해관리지구 버튼 : 자연재해관리지구 버튼을 클릭합니다.
- ② 지도 : 자연재해관리지구 관련 지도(자연재해관리지구, 자연재해/위험개선지구)가 표시됩니다.
- ③ 설명자료 : 자연재해관리지구 관련 설명자료가 표시됩니다.

(9) 주제도 조회 및 지표 조회 (침수흔적)



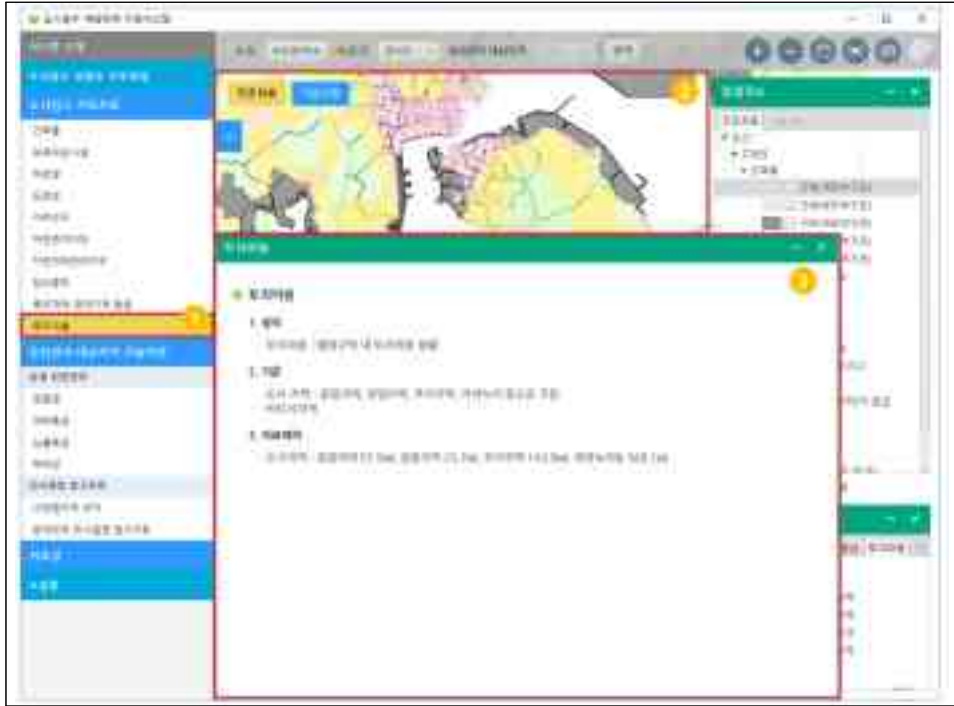
- ① 침수흔적 버튼 : 침수흔적 버튼을 클릭합니다.
- ② 지도 : 침수흔적 관련 지도가 표시됩니다.
- ③ 설명자료 : 침수흔적 관련 설명자료가 표시됩니다.

(10) 주제도 조회 및 지표 조회 (폭우재해 취약지역 등급)



- ① 폭우재해 취약지역 등급 버튼 : 폭우재해 취약지역 등급 버튼을 클릭합니다.
- ② 지도 : 폭우재해 취약지역 등급 관련 지도가 표시됩니다.
- ③ 설명자료 : 폭우재해 취약지역 등급 관련 설명자료가 표시됩니다.

(11) 주제도 조회 및 지표 조회 (토지이용)



- ① 토지이용 버튼 : 토지이용 버튼을 클릭합니다.
- ② 지도 : 토지이용 관련 지도가 표시됩니다.
- ③ 설명자료 : 토지이용 관련 설명자료가 표시됩니다.

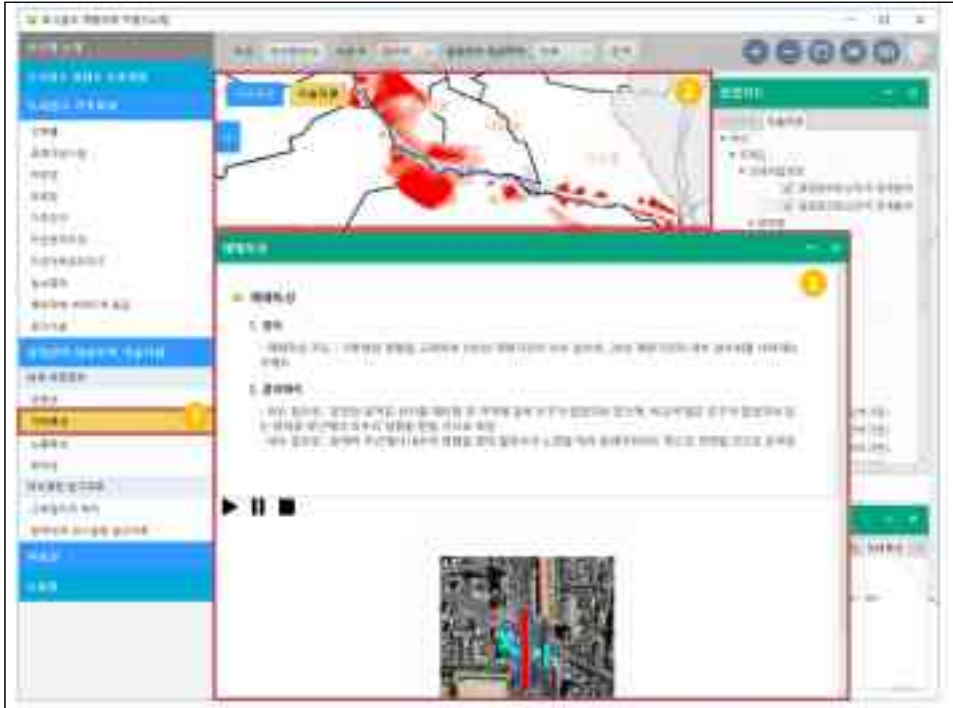
4) 중점관리 대상지역 기술지원

(1) 상세 위험정보 (영향권)



- ① 영향권 : 영향권 버튼을 클릭합니다.
- ② 지도 : 영향권 관련 지도(외수침수, 내수침수)가 표시됩니다.
- ③ 설명자료 : 영향권 관련 설명자료가 표시됩니다.

(2) 상세 위험정보 (재해특성)



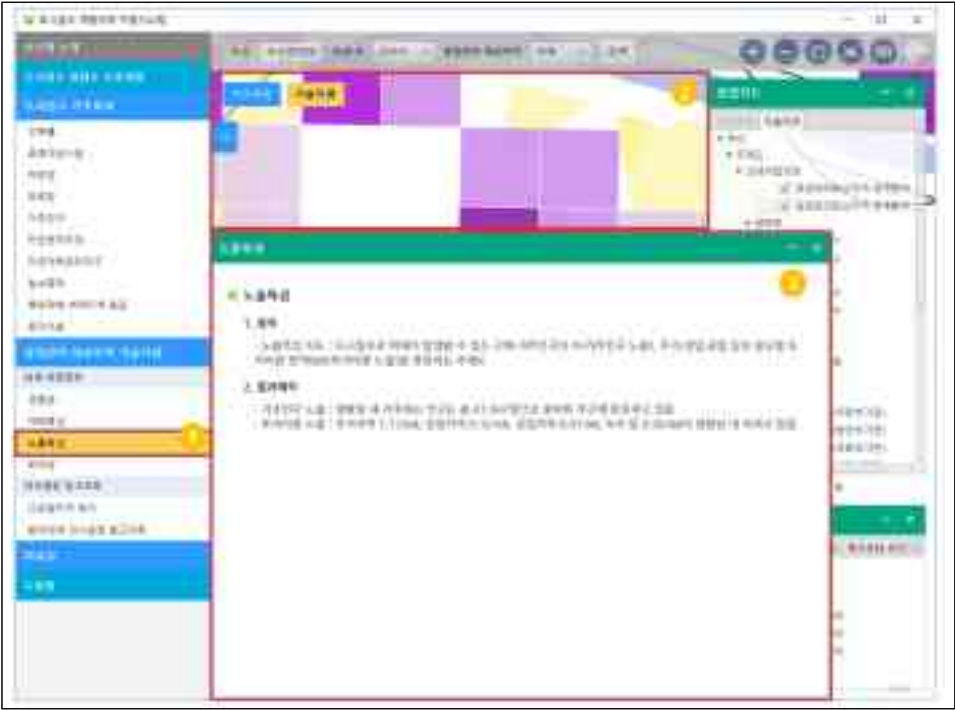
① 재해특성 : 재해특성 버튼을 클릭합니다.

② 지도 : 재해특성 관련 지도(외수침수, 내수침수)가 표시됩니다.

③ 설명자료 : 재해특성 관련 설명자료가 표시됩니다.

- 주요지점 '내수침수에 따른 2차원 노면해석 결과'에 대한 동영상 재생됩니다.

(3) 상세 위험정보 (노출특성)



- ① 노출특성 : 노출특성 버튼을 클릭합니다.
- ② 지도 : 노출특성 관련 지도(거주인구, 토지이용)가 표시됩니다.
- ③ 설명자료 : 노출특성 관련 설명자료가 표시됩니다.

(4) 상세 위험정보 (취약성)



- ① 취약성 : 취약성 특성 버튼을 클릭합니다.
- ② 지도 : 취약성 관련 지도(취약성 건축물, 보호대상시설, 도로)가 표시됩니다.
- ③ 설명자료 : 취약성 관련 설명자료가 표시됩니다.

(5) 의사결정 참고자료 (고위험지역 위치)



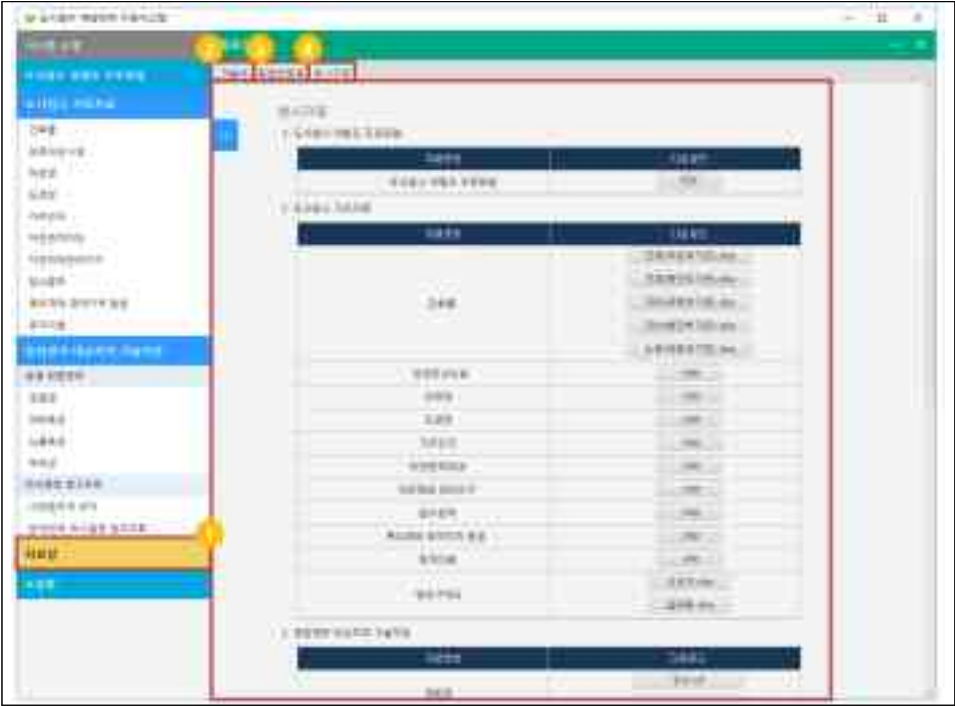
- ① 고위험지역 위치 : 고위험지역 위치 버튼을 클릭합니다.
- ② 지도 : 고위험지역 위치(격자단위, 필지단위)가 표시됩니다.
- ③ 설명자료 : 고위험지역 위치 관련 설명자료가 표시됩니다.

(6) 의사결정 참고자료 (방재대책 의사결정 참고자료)



- ① 방재대책 의사결정 참고자료 : 방재대책 의사결정 참고자료 버튼을 클릭합니다.
- ② 설명자료 : 방재대책 의사결정 참고자료 관련 설명자료(도시방재 대책수단 목록 표, 대책수단 판단기준 질문서, 사례집)가 표시됩니다.

5) 자료실



- ① 자료실 : 자료실 버튼을 클릭합니다.
- ② 기술서 : 기술서 탭을 클릭하면 기술서를 열람할 수 있습니다.
- ③ 홍보브로셔 : 홍보브로셔 탭을 클릭하면 홍보브로셔를 열람할 수 있습니다.
- ④ 원시자료 : 원시자료 탭을 클릭하면 ‘도시침수 위험도 프로파일(PDF), 기초자료 (SHP), 중점관리 대상지역 기술지원(TIF, SHP), 자료실(PDF), 도움말(PDF) 등’ 각종 자료를 다운로드 받으실 수 있습니다.

6) 도움말



- ① 도움말 : 도움말 버튼을 클릭합니다.
- ① 시스템 매뉴얼 : 시스템 매뉴얼 탭을 클릭하면 사용자 지침서를 열람할 수 있습니다.
- ② 버전정보 : 버전정보 탭을 클릭하면 버전정보를 열람할 수 있습니다.
- ③ 관리자 문의 : 관리자 이메일과 연락처를 열람할 수 있습니다.

4. 시스템 관리하기

1) 시스템 관리

(1) 시스템 환경

- 도시침수 예방대책 지원시스템 S/W 개발도구는 다음과 같음

구분	내용	설명
개발도구	JDK 1.8버전 이상	개발 언어 및 툴
UI개발도구	JavaFX(JAVAFX Scene Builder)	자바SE의 UI를 풍성하게 만들 수 있게 해주는 툴
지도개발도구	Geo-Spatial SDK(SY-SDK)	지도(Vector), 이미지(Geo-Tiff) 등의 지도표출 기능 구현
IDE 프로그램	eclipse	통합개발환경 구성 프로그램
형상관리 프로그램	SVN(Subversion)	개발소스의 형상관리 툴
DB관리시스템	Apache Derby	공개 소스의 관계형 데이터베이스 관리 시스템

- 공간정보를 구현하기 위해 지도표출 기능 전용 개발키트인 Geo-Spatial SDK를 이용



주: Configuration : 환경 설정 정의 (Shp 파일 경로 설정, 범례 설정, 레이어 설정)
Data Store : Shp 파일 등 데이터 관리
Spatial Control, Geo View : 지도 데이터를 처리 또는 표출 (OpenMap : V-World 연동)
FX View : 시스템 레이아웃 UI 및 팝업

(2) 어플리케이션 환경설정

- shp파일은 config_jeu.xml, config_busan.xml로 관리
- xml의 구조는 다음과 같음
 - <NaRu> : 최상위 태그
 - <BasePath> : 삭제 하지 말 것
 - <BizLayers> : shp파일이 화면에 어떻게 표출될지를 나타냄
 - <BaseLayer> : shp파일의 물리적인 경로를 나타냄

```
<Layer name="BUSANLAYER_PROTECTED_FACILITIES" title="보호대상시설" extent="true" initVisible="false">
  <Style>
    <TextSymbolizer>
      <MinScaleDenominator>0</MinScaleDenominator>
      <MaxScaleDenominator>5000</MaxScaleDenominator>
      <Label>
        <ogc:PropertyName>소분류</ogc:PropertyName>
      </Label>
      <Font>
        <CssParameter name="font-family">맑은고딕</CssParameter>
        <CssParameter name="font-size">16</CssParameter>
        <CssParameter name="font-style">normal</CssParameter>
        <CssParameter name="font-weight">normal</CssParameter>
        <CssParameter name="font-color">#4d4d4d</CssParameter>
        <CssParameter name="font-bgcolor">#ffffff</CssParameter>
        <CssParameter name="font-opacity">1.0</CssParameter>
      </Font>
      <Halo>true</Halo>
    </TextSymbolizer>
    <Rule name="공공문화체육시설">
      <ogc:Filter>
        <ogc:PropertyIsEqualTo>
          <ogc:PropertyName>시설분류</ogc:PropertyName>
          <ogc:Literal>공공문화체육시설</ogc:Literal>
        </ogc:PropertyIsEqualTo>
      </ogc:Filter>
      <PolygonSymbolizer>
        <Fill>
          <CssParameter name="fill">#ffe9bf</CssParameter>
          <CssParameter name="fill-opacity">0.5</CssParameter>
        </Fill>
        <Stroke>
          <CssParameter name="stroke">#FFFF00</CssParameter>
          <CssParameter name="stroke-opacity">1.0</CssParameter>
          <CssParameter name="stroke-width">1.0</CssParameter>
        </Stroke>
      </PolygonSymbolizer>
    </Rule>
  </Style>
</Layer>
```



① BizLayers : 레이어의 트리구조

② <MainGroup> : shp 표출부분의 최상위 태그

- 기초자료, 기술지원, 범례 (일반, 건축물, 보호대상시설, 거주인구, 자연재해 관리지구, 폭우재해취약지역등급, 토지이용, 영향권, 재해특성)
- name : 해당 지자체 이름
 - type : zone(기초자료, 기술지원), legend(범례)
 - ex) name="부산" 첫 번째와 두 번째의 name부분에 쓰임

③ <Group> : MainGroup 아래 상위 태그

- title : 주제도
- expand 트리를 열고 닫을지의 여부를 결정
 - ex) true, false

④ <GroupSub> : Group 아래 상위 태그

- 하나의 주제에 관련된 레이어를 모아 표현할 때 쓰임
- title : 관련 레이어 이름
 - <Layer> 이 태그와 실제 shp파일이 대응됨

⑤ Layer

□ Layer의 속성값

- name : BaseLayers의 name과 한쌍
- title : 화면에 표시되는 레이어 명 / ex) 전체(국토부기준)
- extent : 기본값 true
- initVisible : 초기에 프로그램을 실행할 때 지도를 보여줄지 말지의 여부를 결정하는 속성 / true(지도 나옴), false(지도 안나옴)

□ Layer하위 태그들

- Style : 스타일을 줘서 shp파일이 표출되는 것을 정해줄 수 있음
- MaxScaleDenominator : 라벨 나오는 범위, 실제 지도 축적(max)을 적어줌
- MinScaleDenominator : 라벨 나오는 범위, 실제 지도 축적(min)을 적어줌
- PolygonSymbolizer : 폴리곤의 스타일을 설정
- Fill : 폴리곤의 채워지는 부분을 설정
 - <CssParameter name="fill"> : 색깔 설정, RGB컬러 사용 / ex) #cccccc
 - <CssParameter name="fill-opacity"> : 면 투명도, '0 - 1.0' 까지 설정 / ex) 0.8
- Stroke : 폴리곤의 테두리 선을 설정
 - stroke : 선색깔 설정, RGB컬러 사용 / ex) #cccccc
 - stroke-opacity : 선 투명도, '0 - 1.0' 까지 설정 / ex) 0.8
 - stroke-width 선 굵기 설정, '1-5' 까지 설정 / ex) 1
- TextSymbolizer : 지도 관련 라벨링 글자 설정

- font-family : 글꼴 / ex) 맑은고딕
- font-size : 글꼴 크기 / ex) 16
- font-style : 글꼴 스타일 / ex) normal
- font-weight : 글꼴 비중 / ex) normal
- font-color : 글꼴 색깔, RGB컬러 사용 / ex) #4d4d4d
- font-bgcolor : 글꼴 배경 색 ex) #ffffff
- font-opacity : 글꼴 투명도, '0 - 1.0' 까지 설정 / ex) 1.0
- Rule : 다중레이어에서 사용, 한레이어를 여러 가지 색깔로 표현
 - name : 룰 이름을 적어줌
 - ogc:Filter(이후 ogc 생략) : 조건시작을 나타내는 태그
 - PropertyIsEqualTo : PropertyName의 컬럼값이 Literal과 같을 경우
 - PropertyName : shp속성 테이블의 컬럼명으로 된 값을 가져옴
 - Literal : 비교하고자 하는 속성값

⑥ <Legend> : 범례에 사용하는 레이어를 표현 (shp파일과 대응되지 않음)

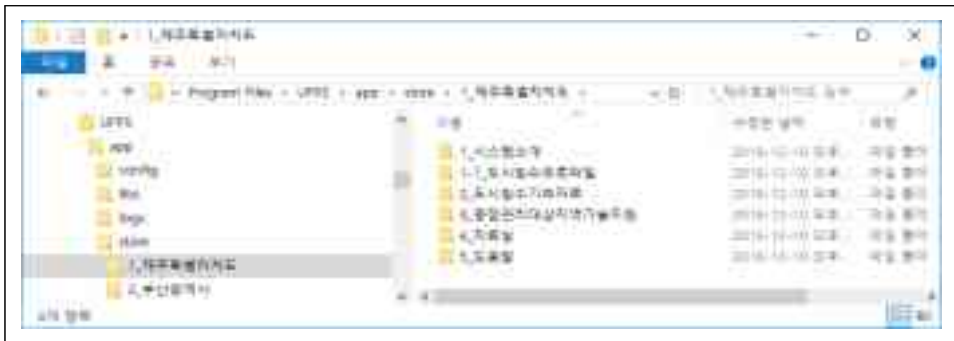
- title : 범례의 이름
- name : 범례의 이름
- Style : 스타일을 주어 범례가 표출되는 것을 정해줄 수 있음
- PolygonSymbolizer : 범례 앞의 사각형 면
- Fill : 폴리곤의 채워지는 부분을 설정 / ex) #a66f00
 - fill-opacity : 투명도 '0-1.0까지 설정' / ex) 1
 - stroke : 선색깔 설정, RGB컬러 사용 / ex) #55FF00
 - stroke-opacity : 투명도 '0-1.0까지 설정' / ex) 0.5
 - stroke-width : 선의 굵기 지정 / ex) 1.0
 - 범례에도 다중레이어로 표기할 수 있음 (레이어의 다중레이어 표기방법과 동일)

※ BaseLayers 설명

- enable : 기본값 true
- type : shape(shp파일), vworld file(위성지도)
- name : BizLayers의 name과 쌍으로 매칭됨
- title : 레이어 이름 ex) 행정구역도(시·군·구)
- path : 물리경로, store 폴더 바로 아래부터 경로명을 적어줌
 - ex) BasePath://2_부산광역시/2_도시침수기초자료/11_행정구역도/1_주제도
/행정구역도_시군구_부산_3857.shp
- visible : 기본값 “true”
- filename : 위 경로의 파일명을 적어줌

(3) 데이터 관리

- 각 시스템별 폴더가 지정되어 있으며, 폴더의 자료 교체를 통해 데이터 관리
- C:\WProgram Files\WUFPS\Wapp\Wstore 밑에 각 시도별로 shape파일 및 설명자료가 존재
- 자료를 교체하고자 한다면 이 폴더 구조의 SHP파일, 설명자료(PDF)를 교체 (단, 파일명은 같아야 함)



가. SHP파일 변경 방법

: 예) 파일경로 C:\WProgram Files\WUFPS\Wapp\Wstore\W2_부산광역시\W2_도시
침수기초자료\W1_건축물\W1_주제도\W건축물_노후(국토부기준)_부산_3857.shp
을 변경하고자 할 때



- ① 새로 교체하려는 파일을 위의 기존 파일명과 동일하게 이름을 변경한다.
(좌표계는 3857로 저장해야 함)
- ② 기존파일을 삭제하고 새로운 파일로 변경한다.

나. PDF 파일 변경 방법

: 예) 파일경로 C:\WProgram Files\WUFPSWapp\Wstore\W2_부산광역시\W1-1_도시침수위험도프로파일\W도시침수 관리방향_부산.pdf을 변경하고자 할 때



- ① 새로 교체하려는 PDF파일을 위의 기존 파일명(도시침수 관리방향_부산.pdf)과 동일하게 이름을 변경한다.
- ② 기존파일(도시침수 관리방향_부산.pdf)을 삭제하고 새로운 파일로 변경한다. (이름은 동일해야 함)

(4) 시스템 언어 변경

- 본 시스템은 언어 변경(한국어/영어) 기능이 탑재되어 있음



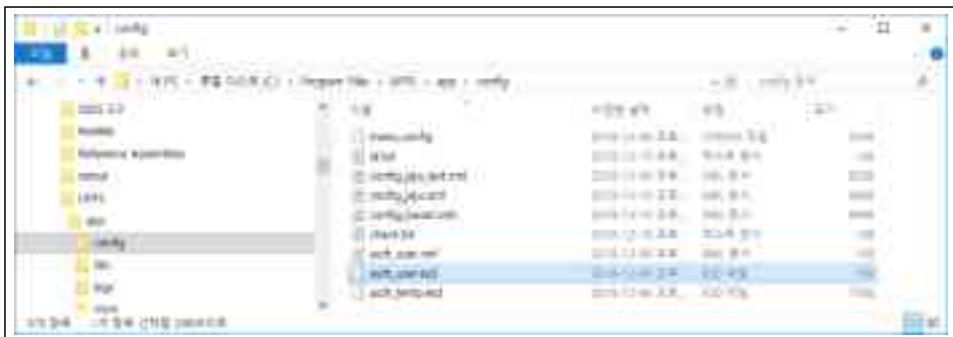
- ① 설정 버튼 클릭 : 설정 화면이 열립니다.
- ② 언어선택 드롭다운 버튼 : 사용하고자 하는 언어를 선택하여 줍니다.
- ③ 적용 버튼 클릭 : 적용버튼을 누르면 적용됩니다. (향후 기능 구현 예정)

2) 계정 관리

- 계정 및 OTP 관리는 auth_user.esd, auth_temp.esd로 관리함

(1) 사용자 ID/PW 관리

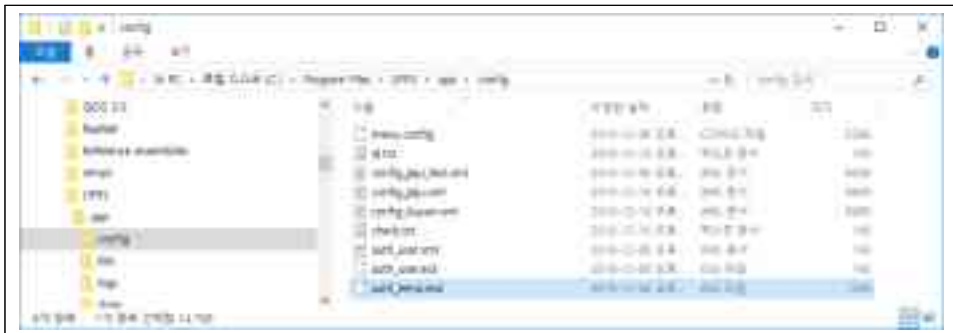
- 파일 경로 = C:\Program Files\WUFPSWapp\config\Wauth_user.esd



- zone: 지역
- id: 사용자 아이디
- pw: 사용자 패스워드

(2) 사용자 OTP 관리 (비밀번호 찾기)

- 파일경로 = C:\WProgram Files\WUFP\SWapp\Wconfig\Wauth_temp.esd



```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<!--부산용-->
<Naru>
  <Auth zone = "busan">
    <otp key="oASEu55["/>
```

- 사용자가 비밀번호를 잃어버렸을 경우, 아래의 파일 경로로 들어가서 'otp key' 중 하나의 번호를 이용자에게 전송
- otp key는 300개 생성되어 있음

04 중점관리대상지 기술지원 (1)

1 중점관리대상지 공간범위 선정

■ (STEP 1) 피해액, 피해면적 기준을 적용하여 대략적인 시군현 지자체 (자) 선별

- 피해액 기준: 최우선 선별 도시지역 10억 원이상 연평균 피해액의 50% 백분율을 초과하는 지자체
- 피해면적 기준: 최우선 선별 도시지역 50만 평이상 연평균 피해면적이 50% 백분율을 초과하는 지자체
- 추가부, 연평균 피해액의 연평균치를 적용한 후, 과거 피해상황의 도시밀도와 무관한 경우 제외

■ (STEP 2) 재난통계, 상향보고서, 언론정보 등을 통한 도시밀수 기록 조사

재난통계	최고 피해액, 피해면적, 피해액/면적	도시밀수 기록
상향보고서	최고 피해액, 피해면적, 피해액/면적	도시밀수 기록
언론정보	연평균 피해액, 피해면적	도시밀수 기록
도시밀수 기록	도시밀수 기록	도시밀수 기록



■ (STEP 3) 현장·면담조사를 통한 도시밀수 피해발생 가능지역 위치 확정



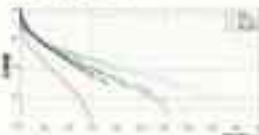
■ (STEP 4) 중점관리대상지 범위 설정

- 도시밀수 피해발생 가능지역 포함
- 해당 지자체의 수문학적 정보 고려

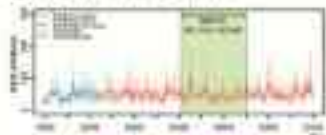
2 기후변화의 폭우 영향평가

■ 원자료: 과거 관측치 및 4개 GCM 자료

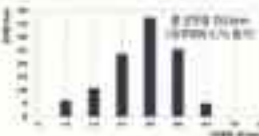
■ (STEP 1) 영역별 폭우



■ (STEP 2) 최우선 통계적 시간대구분 방법



■ (STEP 3) 강우 시간대별 지역별 특성



■ (STEP 4) 시간 지체시간에서 최대 강우강도 변화 전망

지역	최대 강우강도	최대 강우강도	최대 강우강도
강원도	100mm	100mm	100mm
충청도	100mm	100mm	100mm
전라도	100mm	100mm	100mm
경상도	100mm	100mm	100mm
제주도	100mm	100mm	100mm

3 침수해석



4 영향권 설정



노출특성 (거주인구)



▶ 100인구 동선(100인구 동선)

노출특성 (도지아름)



▶ 도시지역 100인구 동선, 자연녹지지역 100인구 동선

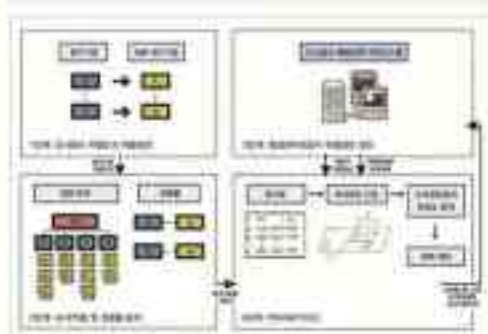
위험성 (취약건축물, 보호대상시설, 도로)



▶ 취약건축물 1등급, 도로 100m, 보호 (보호대상시설은 점방문 건물 제외)

6 고위험 지역 선정

다기준의사결정 (MCDM) 기법 적용



대상지 내 고위험지역 분석



05 중점관리대상지 기술지원 (2)

1 중점관리대상지 공간범위 선정

1 중점관리대상지 공간범위 선정

STEP 1) 재난통계, 연평균비 등을 통한 도시침수 기록 조사

4대	2003.7.15	- 4대연평균비 100% 초과
1대	2003.7.15	- 침수 지역 면적 100% 초과
2대	2003.7.15	- 2대연평균비 100% 초과, 100% 초과
3대	2003.7.15	- 3대연평균비 100% 초과, 100% 초과

STEP 2) 현장 관측조사를 통한 피해발생 가능지역 범위 확인



STEP 3) 중점관리대상지 범위 설정

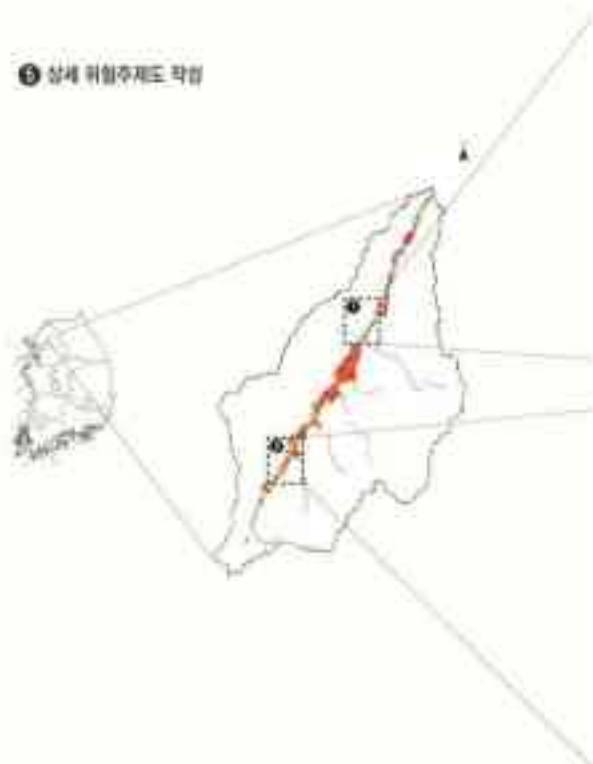
- 도시침수 피해발생 가능지역 도출
- 해당 침수지역의 수문학적 영역 고려



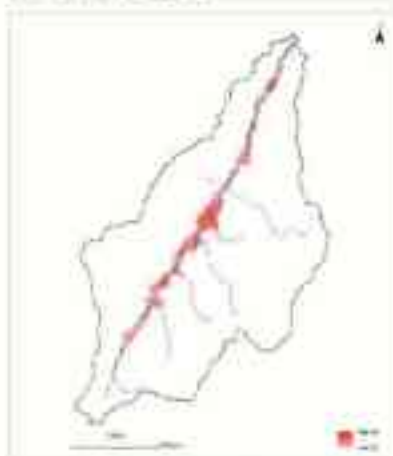
2 기후변화의 폭우 영향평가

2 기후변화의 폭우 영향평가

1 상세 위험주제도 작성



재해특성 (100년 재현기간)



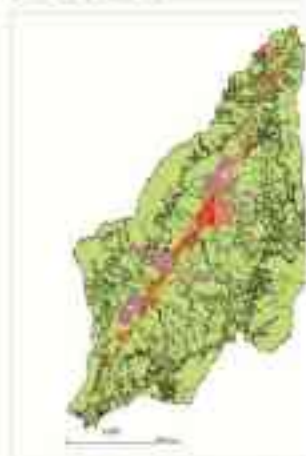
● 1:100,000 1:100,000

노출특성 (거주인구)



● 1:100,000 1:100,000

노출특성 (도지이동)



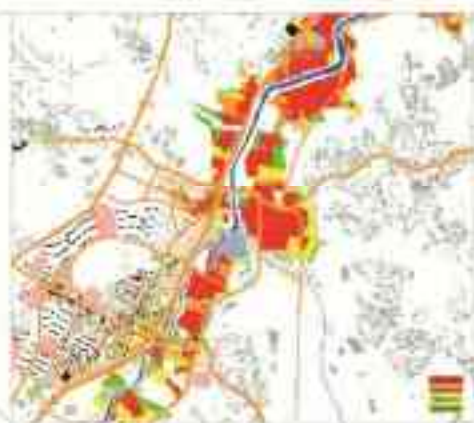
● 1:100,000 1:100,000 (1:100,000) (1:100,000) (1:100,000)

석

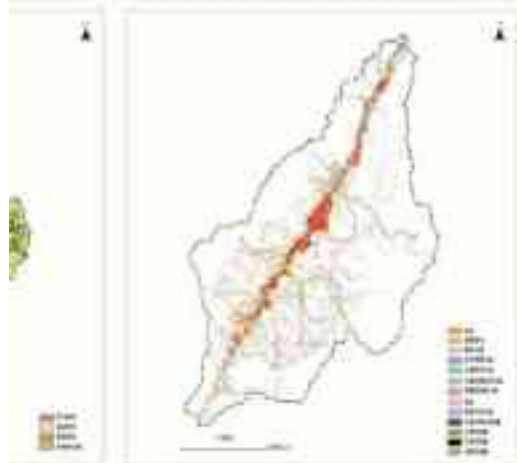
영향권 설정

상세 위험주제도 작성

고위험 지역 선정



● 위험성 (위역간속물, 보호대입시설, 도로)



지점 300m 이내

● 위역간속물 300m, 보호대입시설 500m, 도로 500m 이내

③ 고위험 지역 선정



06

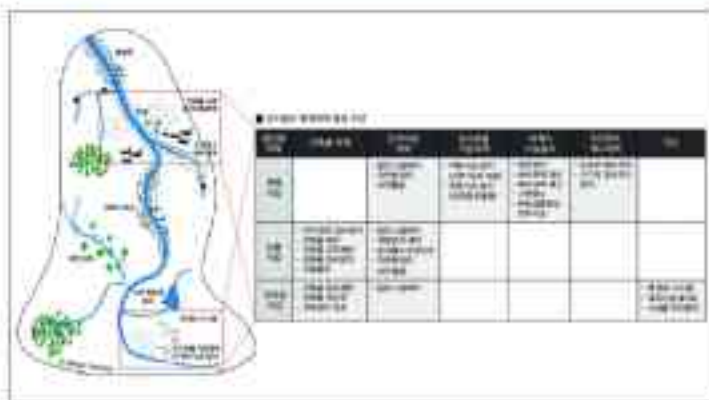
도시계획적 측면의 방재대책 수립 지원

도시침수 방재대책의 구성

구분	대책명	내용
방재대책수단	침수취급 분석	도시계획적 위험도 분석, 침수취급 분석, 침수취급 분석, 침수취급 분석 등
	침수취급 분석	침수취급 분석, 침수취급 분석, 침수취급 분석, 침수취급 분석 등
	침수취급 분석	침수취급 분석, 침수취급 분석, 침수취급 분석, 침수취급 분석 등
계획적 대책수단	침수취급 분석	침수취급 분석, 침수취급 분석, 침수취급 분석, 침수취급 분석 등
	침수취급 분석	침수취급 분석, 침수취급 분석, 침수취급 분석, 침수취급 분석 등
	침수취급 분석	침수취급 분석, 침수취급 분석, 침수취급 분석, 침수취급 분석 등
시설적 대책수단	침수취급 분석	침수취급 분석, 침수취급 분석, 침수취급 분석, 침수취급 분석 등
	침수취급 분석	침수취급 분석, 침수취급 분석, 침수취급 분석, 침수취급 분석 등
	침수취급 분석	침수취급 분석, 침수취급 분석, 침수취급 분석, 침수취급 분석 등
관리적 대책수단	침수취급 분석	침수취급 분석, 침수취급 분석, 침수취급 분석, 침수취급 분석 등
	침수취급 분석	침수취급 분석, 침수취급 분석, 침수취급 분석, 침수취급 분석 등
	침수취급 분석	침수취급 분석, 침수취급 분석, 침수취급 분석, 침수취급 분석 등
제도적 대책수단	침수취급 분석	침수취급 분석, 침수취급 분석, 침수취급 분석, 침수취급 분석 등
	침수취급 분석	침수취급 분석, 침수취급 분석, 침수취급 분석, 침수취급 분석 등
	침수취급 분석	침수취급 분석, 침수취급 분석, 침수취급 분석, 침수취급 분석 등

도시침수 원인별 대책수단 제안

- 위험 거점유역에 맞춰 계획적 대책수단, 시설적 대책수단, 관리적 대책수단을 체계화



도시계획적 대책수단의 내용적 반영

- 방재지구 지정, 방재계획 및 도시계획적 대책수단을
적절히 반영할 수 있도록 함

구분	대책명	내용
침수취급 분석	침수취급 분석	침수취급 분석, 침수취급 분석, 침수취급 분석, 침수취급 분석 등
침수취급 분석	침수취급 분석	침수취급 분석, 침수취급 분석, 침수취급 분석, 침수취급 분석 등
침수취급 분석	침수취급 분석	침수취급 분석, 침수취급 분석, 침수취급 분석, 침수취급 분석 등

침수취급 분석을 통한 침수취급 분석

07 시스템의 활용 및 효과

도시침수 관련 영향평가를 위한 지자체 기술 및 자원 부담 최소화

- 공식적인 자료 수집에 용이하고 반응성이 보합된 기술 적극 활용 연계
- 기후변화 대응시스템으로 산정된 침수취급 분석, 침수취급 분석, 침수취급 분석 등

국가적으로 취약한 지역에 대해서는 주민의 안전과 재산피해를 확실히 보호할 수 있도록 중앙-지방-연구기관간 역할 분담 체계 마련

중점관리 대상지역의 주기적 평가 및 업데이트, 공식보고서 발간 등 활동 병행

2018년 이후 주기적 중점관리대상지 재선정 및 확대 추진, 광역 또는 기초 지치단체 요청 시 추가 기술지원사업 수행의 청구 마련



- 도시침수 예방대책 지원시스템 화면구성 -

기본 18-32

도시 침수지역 및 영향권 분석을 통한 재난안전 정책지원 시스템 구현(III)

연구진 이상은, 김종원, 한우석, 이병재, 이종소, 김슬예, 송창근, 함영한

발행인 강현수

발행처 국토연구원

출판등록 제2017-9호

인쇄 2018년 11월 27일

발행 2018년 11월 30일

주소 세종특별자치시 국책연구원로 5

전화 044-960-0114

팩스 044-211-4760

가격 9,000원

I S B N 979-11-5898-377-2

홈페이지 <http://www.krihs.re.kr>

© 2018, 국토연구원

이 연구보고서를 인용하실 때는 다음과 같은 사항을 기재해주시시오.

이상은, 김종원, 한우석, 이병재, 이종소, 김슬예, 송창근, 함영한. 2018. 도시 침수지역 및 영향권 분석을 통한 재난안전 정책지원 시스템 구현(III). 세종: 국토연구원.

이 연구보고서의 내용은 국토연구원의 자체 연구물로서 정부의 정책이나 견해와는 상관없습니다.

이 연구보고서는 한국출판인협회에서 제공한 KoPub 서체와 대한인쇄문화협회가 제공한 바른바탕체 등이 적용되어 있습니다.

도시 침수지역 및 영향권 분석을 통한 재난안전 정책지원 시스템 구현(III)

Development of the Urban Flooding Risk Prevention
System(III)



제1장 연구의 개요

제2장 도시침수 기초자료 구축

제3장 도시침수 대책지원을 위한 기술정보 구축

제4장 효과적인 정보전달을 위한 시스템 구축

제5장 정책제언과 활용방안

제6장 결론 및 향후 과제



KRIHS 국토연구원

(30147) 세종특별자치시 국책연구원로 5 (반곡동)

TEL (044) 960-0114 FAX (044) 211-4760

