

도시홍수 예경보 및 침수 예측기술



한 건 연 | 교수, 경북대학교 토목공학과/kshanj@knu.ac.kr

1. 서론

“도시홍수 예경보 및 침수예측기술”은 도시홍수의 실시간 예경보 체계를 수립하여 기상청 강우 예보, 건설교통부 홍수예경보와 연계한 도시지역 홍수예경보의 정확도를 효과적으로 개선하여, 도시지역의 내외수 범람에 따른 침수구역도를 작성함으로써 유역중

합치수대책과 연관된 도시홍수의 침수예측을 통한 피해 경감대책 수립을 실용화하기 위한 기술이다.

따라서, 도시홍수재해관리기술연구 사업의 제 2세부과제에서는 4개의 세세부과제로 나누어 단계별(연차별) 연구계획을 수립하여 추진하고 있으며, 과제구성은 그림 5와 같다.



그림 1. 안양천 교수부지 범람('01.7)



그림 2. 일산제 붕괴와 제네지 범람('90. 9)



그림 3. 중랑천 동부간선도로('01.7)

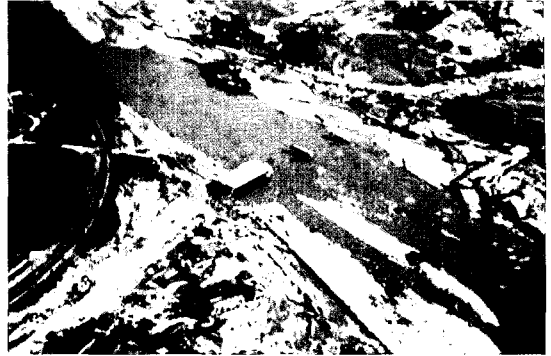


그림 4. 삼척시 교량과 제방유실('02.9)

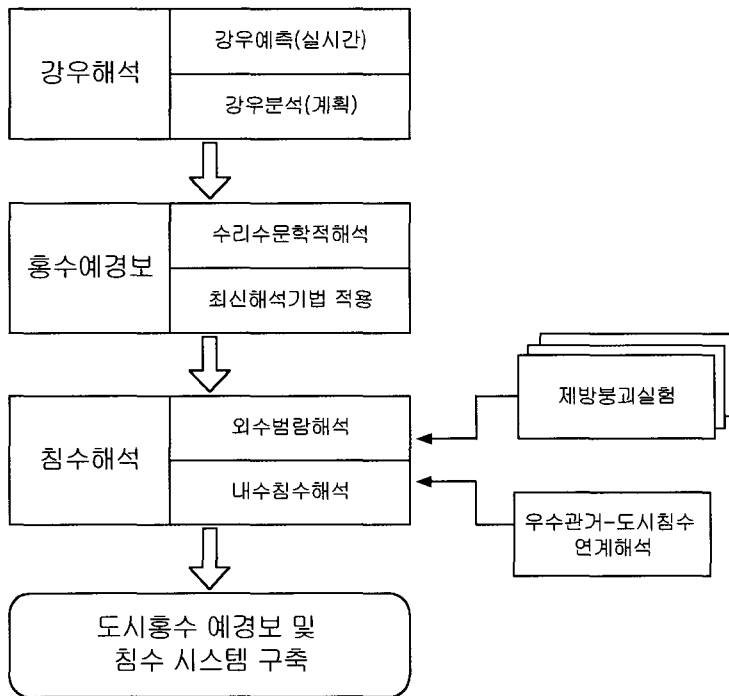


그림 5. 연구계획의 흐름도

2. 연구내용 및 연차별 추진계획

제 2 세부과제인 “도시홍수 예경보 및 침수예측기술” 연구에서 다루고 있는 4가지 세부 연구과제는 다음과 같다.

- 제 2-1 세부과제 : 도시지역 강우분석 및 예측 기술
- 제 2-2 세부과제 : 도시홍수 예경보 실용화

기술

- 제 2-3 세부과제 : 제방붕괴와 제내지 범람 실험 및 해석
- 제 2-4 세부과제 : 도시침수 예측기술

위 4개의 세부과제에서 목표로 하고 있는 주요 연구내용과 연구결과로부터 기대되는 효과는 표 1과 같다.

표 1. 세세부과제별, 연차별 주요 연구내용 및 기대효과

세세부과제	연차	주요 연구	내용 기대 효과
〈제 2-1세세부과제〉 도시지역 강우분석 및 예측기술	1	• 도시호우특성조사 및 레이더강우량 수집체계 구축	레이더 강우자료 수집분석 기술의 체계화
	2	• 설계강우지속기간분석 및 RS의 도시강우 활용성 분석	도시지역 강우특성자료 정성화 및 정량화
	3	• 도시강우의 통계적 특성분석 및 실황예보 기법 확립	레이더에 의한 실황 및 초단기예보 실용화
	4	• 저류시설 설계 강우분석 및 초 단시간예보기법 확립	도시지역의 PMP산정을 통한 치수능력제고
	5	• 도시유역 PMP 분석 및 강우예보의 홍수예보 활용기법 구축	도시홍수방어에 필요한 강우정보의 취득 및 활용
〈제 2-2세세부과제〉 도시홍수 예경보 실용화 기술	1	• 홍수 예경보 기법 조사 평가	향후 도시홍수예보를 위한 bench-marking 자료 제공
	2	• 홍수 예보 관측망 구축	도시홍수예경보를 위한 최적 강우, 수위망의 구축 방법 제시
	3	• 수문학적 예경보 모형 개발	수문학적 방법에 의한 도시홍수예경보 가능성 제시
	4	• 수리학적 예경보 모형 개발	수리학적 방법에 의한 도시홍수예경보 가능성 제시
	5	• 실시간 홍수 예경보 시스템 구축	국내 도시하천 특성에 적합한 도시홍수예경보 실용화
〈제 2-3세세부과제〉 제방붕괴와 제내지 범람실험 및 해석	1	• 제방붕괴 수리 모형 설계 및 실험계획 수립	국내외 도시하천 제방 붕괴원인 파악
	2	• 제방붕괴 발달과정 실험 및 분석	도시하천 제방붕괴발달의 이해와수식화
	3	• 제방재료 및 배수문 실험	제방재료와 배수문 설계에 필요한 가이드라인 제시
	4	• 제방붕괴 홍수량 실험	제방붕괴에 따른 홍수발달 규모의 파악
	5	• 침수예측실험 및 검증	제내지의 침수양상 이해 및 이에 대한 대비책 마련
〈제 2-4세세부과제〉 도시지역침수 예측기술	1	• 국내 도시홍수 침수원인 조사 및 분석	도시침수원인의 조사분석
	2	• 도시유출-배수체계에 관한 수리학적 해석	배수체계불량에 따른 침수해석 기법 확립
	3	• DEM 기반 침수예측모형 개발	DEM 자료에 근거한 도시침수 기법 확립
	4	• TIN 기반 침수예측 모형 개발	TIN 자료에 근거한 도시침수 기법 확립
	5	• 침수예측모형의 실시간 적용 및 운영	실제 도시침수에 대한 적용 및 운영방법 실용화

3. 제 1차년도 연구계획 및 중간성과 요약

3.1 도시지역 강우분석 및 예측기술

도시지역에서의 치수구조물 설계를 위한 강우분석 기법 개발과 실시간 도시홍수에경보 시스템 구축을 위한 강우예측기법 확립 및 시스템 구축을 위한 1차년도 분기별 연구추진계획은 표 2와 같다.

본 연구에서는 기상분야에서 강수예보에 활용되고 국내·외 단시간 및 실황예보 기법에 대하여 조사하였으며 관악산 레이더 자료를 활용하여 기상레이더 강수산정 시스템 및 레이더 영상표출 시스템을 구축하였다. 산정된 레이더 강수를 활용하여 유역 면적평균 강우량 산정 및 유량해석 결과 지상관측 강수에 비해 전반적으로 과소 추정되는 것을 알 수 있었으며 레이더로부터의 거리에 따른 강수산정 및 유량해석 결과, 관악산 레이더로부터 60km~120km 내에 위치한 유

역내에서 그 정확도가 가장 높은 것으로 나타났다. 한편, 도시구역에서 설계강우의 시간분포모형 별 강우강도를 비교해 보면, 침투 강우강도 변화율은 기준값으로 사용한 균등강우강도에 비해 상당히 증가하는 것을 알 수 있었으며, 또한 국내 도시구역에 대하여 강우-유출모형을 적용한 결과 SWMM 모형이 총유출량, 침투유량, 침투시간에 대한 오차가 타 모형에 비해 작아 대상구역에서 적용성이 우수한 것으로 나타났다.

3.2 도시홍수 예경보 실용화 기술

도시홍수 예측기술의 실용화는 그동안 이론 개발과 일반유역에 적용되었던 기술의 정확도를 검증하여 하천실무자들이 사용하게 하는데 궁극적인 목적이 있다. 본 세세부과제의 1차년도 분기별 연구추진계획은 표 3과 같다.

표 2. 1차년도 분기별 연구추진계획(2-1 세세부과제)

연구 기간	I. 설계강우의 시간분포 특성분석		II. 실황예보 기법조사 및 레이더 강수자료 수집체계 구축	
	연구내용	세부추진사항	연구내용	세부추진사항
1/4 분기	• 도시 유역 설계강우의 시간 분포모형 특성 분석	• 시간 분포모형 및 강우-유출모형 관련 이론 검토 및 문헌, 보고서 조사 • 가상유역 선정 및 강우-유출, 시간분포모형 적용	• 단시간 및 실황예보의 이론 및 기법 조사	• 기상예보를 위한 수치모형의 이론 및 기법조사 • 기상예보를 위한 레이더 이론 • 관악산 레이더 강수 수집 체계 구축
2/4 분기	• 국내 도시 유역 강우-유출모형 적용	• 국내 도시유역 선정 및 강우, 지형자료 수집 • 국내 도시유역에 강우-유출모형 적용 • 적용결과분석	• 국외 실황예보 기법 조사	• 국외 단시간 강수예보 기법 조사 - 캐나다, 일본, 미국 - 영국, 프랑스, 독일 및 유럽 주변국가 • 레이더 강수산정 방법론 제시
3/4 분기	• 국내 도시 유역 시간 분포모형 적용	• 국내 도시유역 조사 • 국내 도시유역 선정 및 유역특성 분석 • 국내 도시유역에 시간분포모형 적용	• 레이더 추정강수를 활용한 유량 해석	• 관악산 레이더 자료를 활용한 도시지역에서의 강수 추정 • 관악산 레이더 추정강수를 활용한 유량 해석
4/4 분기	• 국내 도시 유역의 실제 강우분포 특성 규명	• 국내 도시 유역 선정 • 지형자료 및 강우자료 수집 • 유효강우량, 유역크기 별로 지속 기간을 결정	• 레이더 강수자료 수집 시스템 구축	• 관악산 레이더 자료 및 기상청 AWS 자료의 실시간 수집체계 구축 • 도시홍수예보를 위한 레이더 강수 수집체계 제시

표 3. 1차년도 분기별 연구추진 계획(2-2 세세부과제)

연구기간	연구내용	세부추진사항추진사항
1/4 분기	<ul style="list-style-type: none"> • 국내/외 홍수예경보 기법의 조사 및 평가 • 도시홍수의 유형 및 특성 분석 	<ul style="list-style-type: none"> • 국외 홍수예경보 기법의 조사 및 분석 • 국내 홍수예경보 기법의 조사 및 분석 • 홍수 유형 분석 • 홍수예경보 시스템 구조 분석
2/4 분기	<ul style="list-style-type: none"> • 기존 국내 홍수예경보기법의 평가 • 수문 GIS의 구축 	<ul style="list-style-type: none"> • 국내 수계별 홍수예경보 시스템 분석 • 도시 홍수예경보 시스템 구조 분석 • 수문 GIS 분석기법 분석 • 수문 GIS의 실제유역 적용
3/4 분기	<ul style="list-style-type: none"> • 도시지역 홍수예경보 체제 조사 • 해안 도시홍수예경보 체제 조사 	<ul style="list-style-type: none"> • 도시지역의 홍수예경보 시스템 조사 및 분석 • 해안도시지역의 홍수특성 조사 및 분석
4/4 분기	<ul style="list-style-type: none"> • 도시홍수예경보를 위한 최적 기법도출 • 해안지역의 홍수예경보 시스템 구축 	<ul style="list-style-type: none"> • 도시홍수예경보 체제 및 최적 시스템 구성 • 해안도시지역의 홍수예경보 시스템 구축

현재까지의 연구성과는 국내/국외의 홍수예경보 시스템에 대해서 전반적으로 검토하여 홍수예경보 시스템 구축을 위한 기초자료를 구축하였고, 홍수유형 및 특성 분석을 통하여 해안도시홍수예경보시스템과 차별성을 두고 해안에 접해있는 수영강의 온천천 유역을 대상으로 선정하여 향후 도시에경보시스템 구축의 기본방향을 설정한 것이다.

적이고 실현가능한 실험범위설정

- 제방붕괴와 제내지 범람 피해사례 조사 및 원인별 분석
 - 제방파괴의 원인분석을 통한 구체적인 실험 Case 계획 수립
 - 국내의 제방파괴에 따른 침수의 대표적인 피해유형 도출

3.3 제방붕괴와 제내지 범람실험 및 해석

도시하천 제방붕괴 특성 및 수리해석 기술 개발은 도시유역의 외수범람 해석을 위해 개발될 수치모형(2-4 세세부과제)의 검증에 그 목적이 있으며 실제 도시제방의 월류나 월류에 의한 붕괴가 발생한 사례를 수집/조사하여 도시지역에서의 제내지 홍수와 범람양상을 파악함으로써, 도시 지역에 맞는 제내지를 모형화하여 실험을 수행할 예정이다. 본 과제의 1차년도 분기별 연구추진계획은 표 4와 같다.

현재까지의 연구성과는 다음과 같다.

- 제방붕괴 및 제내지 범람실험 관련 문헌조사를 통한 실험기초이론 도출
- 토질과 수리실험의 연계방안 검토를 통한 합리

3.4 도시지역 침수 예측기술

본 세세부과제에서는 도시홍수 예경보 및 침수예측을 위해서 강우-도시유출-배수체계-침수 등을 완전히 연계하여 해석할 수 있는 모형을 개발하기 위해 연구하고 있으며, 1차년도 분기별 연구추진계획은 표 5와 같다.

본 연구가 성공적으로 수행되었을 때 예상되는 성과로서는 도시지역에서의 다양한 침수유형에 대하여 능률적이고 정확한 침수해석을 위한 홍수해석이 수행될 수 있으며, 이는 우수배제에 필요한 우수지 설계 및 배수펌프장의 용량 결정에 사용될 수 있겠다. 도시하천제방 계획시 홍수피해와 투자액을 감안한 경제적인 제방단면 결정을 위한 기본자료로 활용될 수 있으며 도시지역 주요시설물의 입지선정시 침수피해에

대한 판단자료로 이용될 수 있을 것이다. 또한, 시간 별 침수구역의 예측, 단계적인 대피계획, 주요시설의

보호 및 이동 등을 포함한 수방 및 홍수피해 경감대책의 수립에 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

표 4. 1차년도 분기별 연구추진 계획(2-3 세세부과제)

연구 기간	연구 내용	세부추진사항추진사항
1/4 분기	<ul style="list-style-type: none"> • 관련 문헌조사 및 분석 	<ul style="list-style-type: none"> • 제방붕괴특성 관련 실험연구 문헌조사 • 제내지 범람 및 침수관련 문헌조사
2/4 분기	<ul style="list-style-type: none"> • 관련 문헌조사 및 이론검토 • 제방붕괴 및 제내지 침수사례조사 	<ul style="list-style-type: none"> • 모형제작 및 실험시 상사를 관련내용 검토 • 모형제방의 다짐도 고려 • 국내 제방붕괴 및 제내지 침수 사례 문헌조사
3/4 분기	<ul style="list-style-type: none"> • 수리모형실험 시 상사를 연구 	<ul style="list-style-type: none"> • 제방붕괴사례 문헌조사를 통한 원인별 유형분류 • 피해원인 우선순위 결정(실험시 초기조건 도출을 위해) • 제방붕괴지점의 지역특성(토지지목별 면적에 의한 분류) 조사
4/4 분기	<ul style="list-style-type: none"> • 수리실험 모형설계안 수립 • 실험계획 및 실험측정계획 수립 	<ul style="list-style-type: none"> • 제방의 규격 및 재질 결정 • 모형적용 대표지점선정 • 모형실험 초기조건 결정 • 상사법칙을 고려한 모형설계 계획수립 • 유량공급상황(공급 및 배수)을 고려한 모형제작 • 실험이론조사 및 정리 • 제방붕괴 양상에 따른 제내지범람 실험 Case 결정 • 실험시 계측장비설치 및 측정계획 수립 • 측정결과분석방법 계획 수립

표 5. 1차년도 분기별 연구추진 계획(2-4 세세부과제)

연구 기간	연구 내용	세부추진사항추진사항
1/4 분기	<ul style="list-style-type: none"> • 도시지역의 침수조사 • 도시홍수 유출모형의 비교, 검토 	<ul style="list-style-type: none"> • 도시지역의 침수조사 분석 • 도시유출 모형의 구성과 성능에 관한 비교 • 도시홍수 유출모형 및 해석방법의 비교
2/4 분기	<ul style="list-style-type: none"> • 단계별 배수체계 해석을 위한 기법 검토 	<ul style="list-style-type: none"> • 수문학적 배수체계 해석 기법 검토 • 수리학적 배수체계 해석 기법 검토 - 동역학적 모형에 의한 배수관로의 부정류 해석 기법검토
3/4 분기	<ul style="list-style-type: none"> • 무차원 침수해석 모형 개발 - 수문학적 해석을 통한 침수해석 	<ul style="list-style-type: none"> • 낮은 단계의 무차원 침수해석 모형 개발 - 배수체계 해석을 위해 비교적 입력자료 구성이 용이한 ILLUDAS 모형 선정 - 배수관로 해석 결과와 침수 해석의 연계
4/4 분기	<ul style="list-style-type: none"> • 도시지역의 침수원인 분석, 정리 • 개발된 모형의 해석 결과와 조사된 침수 사례 비교, 검토 	<ul style="list-style-type: none"> • 도시지역의 침수원인 분석 • 도시지역의 침수원인 정리 • 모형 해석 결과와 침수 사례 비교 • 모형 해석 결과와 침수 사례 검토 - 도시유역 침수 사례 적용 • 국내 도시홍수침수방어를 위한 해석기법정립