

정책지원 2021

충남의 도시침수 위험지역 분석 및 피해 저감방안 연구

2021. 12.



충청남도
Chungcheongnam-do



충청남도재난안전연구센터
Center for Disaster & Safety Research

목 차

제1장 서론	1
제1절 연구의 배경 및 목적	1
1. 연구의 배경 및 필요성	1
2. 연구의 목적	2
제2절 연구의 범위 및 방법	3
1. 연구의 범위	3
2. 연구의 방법	3
제2장 이론적 검토 및 피해 현황	5
제1절 선행연구 검토	5
1. 관련 선행연구	5
2. 평가지표 선정 관련연구	16
제2절 도시침수 및 상습침수 사례 및 현황	19
1. 자연재해 상습침수 사례	19
2. 도시침수 위험지역 현황	24
제3장 도시침수위험지역 선정을 위한 지표개발	29
제1절 지표개발 방향 설정	29
제2절 선행연구를 통한 지표 종합 및 분류	30
1. 선행연구를 통한 지표 검토	30
2. 지표종합 및 분류	32
제3절 적합성 검증을 통한 지표선정	33
1. 적합성 검증을 위한 전문가 설문조사 개요	33
2. 1차 선정지표의 적합성 검증결과	34
제4절 도시침수위험지역 선정을 위한 최종지표 개발	36

제4장 선정지표의 중요도 분석 및 적용방안	39
제1절 분석의 개요	39
제2절 중요도 분석	40
1. 중요도 분석을 위한 전문가 설문조사	40
2. 중요도 분석결과	41
3. 적용(점수화)방안 제시	51
제5장 결론 및 정책제언	55
제1절 연구요약	55
제2절 정책제언	56
참고문헌	59
부록	61

표 목 차

[표 2-1] 도시침수 영향권 설정 기준	17
[표 2-2] 도시침수 영향권 설정 기준	18
[표 3-1] 도시침수관련 지표 선정(박기용외 3인, 2020)	30
[표 3-2] 도시침수관련 지표 선정지표 종합 및 분류	32
[표 3-3] 선정지표의 적합성 검증을 위한 설문조사 내용 예시	33
[표 3-4] 재해특성 관련 선정지표 적합성 검증결과	34
[표 3-5] 노출특성 관련 선정지표 적합성 검증결과	34
[표 3-6] 취약성 관련 선정지표 적합성 검증결과	35
[표 3-7] 도시침수위험지역 선정을 위한 최종지표	36
[표 4-1] AHP분석을 위한 설문지 작성(예)	40
[표 4-2] 2수준 특성별 중요도 분석결과	41
[표 4-3] 3수준 재해특성 항목상에서 중요도 분석결과	41
[표 4-4] 3수준 노출특성 항목상에서 중요도 분석결과	42
[표 4-5] 3수준 취약성 항목상에서 중요도 분석결과	42
[표 4-6] 3수준 강우항목상에서 중요도 분석결과	43
[표 4-7] 3수준 지형항목상에서 중요도 분석결과	43
[표 4-8] 3수준 피해항목상에서 중요도 분석결과	44
[표 4-9] 3수준 토지이용항목상에서 중요도 분석결과	44
[표 4-10] 3수준 인구특성항목상에서 중요도 분석결과	45
[표 4-11] 3수준 경제특성항목상에서 중요도 분석결과	45
[표 4-12] 3수준 보호대상시설항목상에서 중요도 분석결과	46
[표 4-13] 3수준 기반시설항목상에서 중요도 분석결과	46
[표 4-14] 3수준 토지항목상에서 중요도 분석결과	47
[표 4-15] 3수준 노후건축물항목상에서 중요도 분석결과	47
[표 4-16] 3수준 홍수대비시설항목상에서 중요도 분석결과	48
[표 4-17] 도시침수위험지역선정을 위한 최종 중요도 산정결과	49

그림 목 차

[그림 2-1] 홍수의 발생빈도 및 피해규모 추이	11
[그림 2-2] 침수지역 선정을 위한 분석의 틀	17
[그림 3-1] 전문가 설문을 통한 최종지표 도출과정	29
[그림 3-2] 도시침수위험지역 선정을 위한 지표의 계층간 구조도	37
[그림 4-1] 도시침수위험지역 선정을 위한 지표의 종합가중치 분석결과	50
[그림 4-2] 도시침수위험지역 선정을 위한 지표 점수화 방안	51
[그림 4-3] 정량적 선정지표의 점수화 방안 및 과정	52
[그림 4-4] 정성적 선정지표의 점수화 방안 및 과정	53

01 서론

제1절 연구의 배경 및 목적

1. 연구의 배경 및 필요성

- 최근 지구온난화를 비롯한 기상이변으로 인해 과거와는 매우 다른 양상의 재난이 우리주위에서 흔히 발생되고 있음
 - 대표적인 것으로 도시 내에서 발생하는 침수피해는 양적인 측면 뿐만 아니라 피해 규모적 측면에서도 점차 심각한 수준으로 나타나고 있음
- '10년 서울 강남역 일대에서 발생한 침수사례는 대도시에서의 재난사례로 잘 알려져 있으며, 이 지역에서의 침수사례는 이후 세차례나 더 발생하여 총 네차례에 걸쳐 반복적으로 발생하였다는 점에서 큰 문제로 여겨지고 있음
- '20년 7월 대전 동구에서는 지하철도의 일부가 침수되면서 전기설비 및 시설이 침수되어 기능을 상실하는 사태가 발생
 - 이는 집중호우로 인한 침수피해이지만 미관상의 이유로 전기시설을 지상이 아닌 지하로 배치하였던 것에 기인한 사고
 - 지하철도의 경우, 전기로 인해 발생하는 사고를 예방하기 위해 전기시설에 물이 들어가면 공급이 중단되는 시스템으로 운영되었으며, 이로 인해 지하철도 전기시설을 지상에 설치하였지만, 다시 지하로 이전설치하였다가 사고가 발생
 - 이처럼 이상기후로 인해 유례없는 폭우가 갑작스럽게 내리면서 예상치 못한 사고가 발생하여 큰 사고로 이어질 뻔한 사례가 있었음

- 뿐만 아니라 동 시기에 부산 동구에서도 지하차도 침수로 인해 3명의 사망자가 발생하는 등 인명피해가 발생한 바 있음
 - 시간당 80mm가 넘는 집중호우로 인해 빗물이 급격하게 차올랐지만 이미 지하차도에 진입한 차량들은 움짱달짝도 못한 상태에서 침수되어 인명피해로 이어짐
 - 출구쪽 정지신호로 인해 차들이 멈춰 서게 되면 안에 있는 차들은 움직일수가 없게 되어 있는 구조로 되어 있음
 - 따라서 출입구에 신호등이 있는 지하차도의 경우, 수위감지장치와 교통신호체계의 연동이 필요하다는 지적과 함께 지하차도 내 대피시설이 없다는 문제점 등 다양하게 제기되었음
 - 이러한 형태의 지하차도는 전국에 무수히 많으며 충남 지역내에도 비슷하거나 혹은 더욱 사고위험에 노출되어 있는 형태의 지하차도가 곳곳에 도사리고 있는 상황임
- 따라서 집중호우로 인해 그동안 크게 생각지 못하던 도심내 곳곳에서 집중호우로 인한 피해가 발생할 가능성이 높은 위험지역이 많다는 점을 고려할 때 이에 대비한 사전 예방이 무엇보다 절실히 요구되고 있음

2. 연구의 목적

- 이처럼 최근 지구온난화로 인한 기상이변 등 다양한 요인에 기인하는 집중호우로 침수사고가 발생할 가능성이 점차 높아지고 있는 현 시점에서, 도시침수 발생시 위험지역은 어디이며, 어떤 특성을 갖는 곳이 쉽게 침수의 위험에 노출되는지 등에 대해 살펴볼 필요가 있으며, 그에 대한 피해 저감방안은 무엇인지 고민이 필요함
- 본 연구에서는 도시침수의 위험지역에 대한 선정기준을 마련하고 중요도 분석을 통해 선정기준의 객관적 증명을 실시함으로써 사전예방이 가능하도록 객관적 지표를 제시하고자 하며, 이를 위한 정책적 제언을 목적으로 함

제2절 연구의 범위 및 방법

1. 연구의 범위

- 내용적 범위
 - 이론적 검토, 도시침수위험지역 선정 지표 개발 및 중요도 분석, 적용방안 등
- 시간적 범위
 - 2021년 시점에서 진행하였으며, 각각의 데이터를 입수할 수 있는 범위에서 활용
- 공간적 범위
 - 충청남도 및 15개 시·군

2. 연구의 방법

① 이론적 검토 및 도시침수 사례 조사

- 제2장에서는 도시침수 및 평가지표 선정과 관련된 선행연구 조사 및 검토, 분석작업 수행
- 자연재해로 인한 도시침수 및 상습침수 사례 및 실태조사 실시

② 도시침수위험지역 선정 지표 개발

- 선행연구를 통해 도시침수위험지역 선정에 활용되고 있는 지표들의 추출 및 검토, 분류작업 실시
- 적합성 검증을 통해 최종지표의 선정(일표본 t-test 활용)

③ 중요도 분석 및 적용 방안 검토

- 선정된 지표들에 대한 가중치 판단 실시
 - 모든 지표들이 동일한 가중치를 갖고 있다고 판단하기는 어려움에 따라 중요도 및 우선순위 도출 과정 거침
- 도시침수 위험지역의 선정을 위해 중요도를 분석하고, 점수화 방안을 제시

- 도시침수위험지역 선정을 위한 항목 및 지표들에 대한 계층적 구조도 작성
- 각 계층별 쌍대비교가 가능하도록 전문가 설문지 작성 후 설문조사 실시
- 설문조사 결과를 토대로, 도시침수위험지역 선정을 위한 항목 및 지표들에 대한 중요도, 즉 가중치 도출
- 각 선정지표들을 어떠한 방법으로 점수를 산정할 수 있는지에 대한 방법 제시

제1절 선행연구 검토

1. 관련 선행연구

1) 도시침수피해

■ 우리나라 도시침수피해 특성(2008), 국토연구원 심우배

- 매년 피해가 반복되고 있는 도시 내 상습수해지구는 전국적으로 719개소이며(2003년 12월 기준), 이 중 해소대책을 추진하고자 재해위험지구로 지정한 곳은 164개소(추진 153, 해소 11)임
 - 안양천 유역은 서울시(7구)와 경기도(7시)에 걸쳐 위치하고 있는 전형적인 도시하천임
- 유역면적 281.6km², 유로연장 32.2km인 한강 제1지류인 국가하천이며, 최근 10년('96~'05년)간 침수면적 2699ha, 홍수피해액 약 1100억 원, 인명피해(사망)가 30명 발생함
- 하천 주변지역의 지반고가 계획홍수위보다 낮으며 특히 일부지역은 매우 낮은 저지대임
 - '침수위험도 평가'를 통한 공간구조 설계 및 토지이용계획 수립
 - 도시계획의 방재계획 및 부문별 계획의 방재 강화
 - 도시하천유역 거버넌스를 통한 통합적 수해관리
 - 중앙정부의 수해관리 상시 모니터링 시스템 강화

■ 강우패턴을 고려한 도시지역 침수특성 분석(2015), 대한 토목학회 김호준 · 손아롱 · 한건연

- 급격한 도시화와 산업화에 의하여 고도로 개발된 메가시티급 유역은 불투수지역의 크나 큰 증대와 지표면의 조도를 감소시킴으로써 도시 홍수량의 도달시간을 감소시키고 침투-유출량을 증가시켜 도시지역의 침수피해를 증가시키는 요인이 되고 있음
- 또한 기존의 관거시설의 설계빈도를 상회하는 집중호우가 반복적으로 발생함에 따라 기 설치된 관거시설의 저류 및 배제능력을 급격하게 저하시켜 외수범람에 의한 침수피해보다 내수침수에 따른 침수피해가 증가하고 있다. 이에 본 연구에서는 최근 강우의 패턴을 고려하여 도시지역의 배수 시스템에 따른 침수 특성을 분석
- 배수시스템의 과부하는 절점과 연결된 관거의 유량이 가득 차거나 수위가 절점에서의 연결된 관로 중 관상단고보다 높고 지반고보다 낮은 상태를 의미함
 - 본 연구에서는 이를 토대로 관로의 배수 능력을 수치화하여 강우-시간-유출량 관계 곡선식을 도식하여 강우의 조건에 따라서 관로를 통하여 월류되는 시작 지점 및 그 지점을 통하여 맨홀에서의 월류량을 대략적으로 알 수 있을 것이라 판단됨
 - 이에 따라 능동적이며 준 실시간적인 대피지도와 우회도로설정 의사결정에 도움이 될 것이라 판단됨
- 관로데이터는 지자체의 GIS자료 및 현장조사, 측량성과를 종합적으로 반영하여 관망을 구축하였으며, 또한 1:5,000 축척의 토지피복도와 1:25,000 축척의 정밀토양도를 토대로 토지이용상태별 토양형에 따라 AMCType-Ⅱ 조건의 CN값을 산정하였으며 이를 AMC Type-Ⅲ 조건으로 환산하여 CN값을 적용
 - SWMM 모형에 대한 강우의 입력시간 간격은 5분과 10분 간격으로 각각 모의하여 두 침투홍수량을 비교 검토 후 사용
- 본 연구에서는 최근 강우의 패턴을 고려하여 도시지역 관로의 배수 능력을 수치화하여 강우-시간-유출량 관계곡선식 산정하여 다음과 같은 결론을 얻음
 - 강우의 조건에 따라서 관로를 통하여 월류되는 시작 지점 및 그 지점을 통하여 맨홀에서의 월류량을 대략적 알 수 있었음
 - 추가 연구를 통한 침수지역으로부터 능동적이며 준 실시간적인 대피지도와 우회도

로설정 의사결정에 도움이 될 것으로 판단됨

■ 도시침수지역 및 영향권 분석을 통한 정책지원서비스 구현(2017), 국토연구원 이상은 외

- 재해예방형 도시계획의 실효성 강화를 위해서는 도시계획 담당자가 방재대책이 필요한 곳에 대해 신뢰할만한 정보를 쉽게 얻을 수 있도록 하는 도시침수 예방대책 지원 시스템이 필요
 - 향후 이 시스템을 매개로 중앙정부의 관련부처, 지자체, 전문 연구기관 간의 협력체계를 마련한 뒤 도시방재계획의 선진화를 모색하는 것이 중요
- 연구의 범위와 방법은 다음과 같음
 - 행정구역별 도시침수 기초현황 구축
 - 중점관리 대상지역 상세 위험정보 개발 및 영향권 설정
 - 도시계획 측면의 방재대책 수립지원
 - 도시침수 예방대책 지원시스템 구축
- 본 연구를 통해 다음과 같은 내용을 밝혀냄
 - 도시침수에 대한 피해가 증가되는 상황에서 사전 예방대책의 일환으로 도시계획 측면의 방재대책의 중요성이 제기되고 있음
 - 과거 도시침수 피해가 큰 광주시와 포천시를 대상으로 침수해석을 실시하고, 도시계획적 대책 수립에 필요한 재해특성, 영향권, 노출특성, 취약성 등의 주제도를 제작함으로써 위험정보를 생산하기 위한 방법론의 유용성과 범용성을 실증함
 - 시스템에서 제공되는 위험정보를 토대로 고위험지역을 합리적으로 선정하고, 이 고위험지역의 주요 원인을 객관적으로 분석하기 위한 방법론을 제시함
 - 위험정보와 대책수단 결정의 참고자료를 담당자의 수요에 맞춰 제공할 수 있도록 데이터베이스를 설계하였으며, 사용자 환경에서 S/W를 통해 데이터베이스가 편리하게 화면에 표출될 수 있도록 함
- 본 연구를 통해 제시한 정책제언은 다음과 같음
 - 도시침수에 대한 재해예방형 도시계획 수립의 시급성이 높은 지자체와 함께 시스템의 유용성에 대해 실무적으로 검토하고 만족도 조사를 통해 기능 개선 등의 보완이

이루어질 수 있도록 3차년도(2018) 시범사업을 추진

- 도시침수 예방대책 지원시스템 운영과 자문의 안정적인 근거를 확보하는 것이 중요하며, 재해취약성 분석의 검증기관이 정밀 분석기능을 갖춘 시스템의 운영과 시스템을 활용한 지자체 자문역할을 담당하도록 관련 지침 개정이 필요
- 시스템 활용을 통해 재해취약지역의 도시방재대책을 검토하고 재해취약성분석 결과를 검증하여 위험이 높은 지역에 대해서는 위험을 해소하는 데에 효과적인 방재대책을 발굴할 필요가 있음

2) 상습침수피해

■ 상습침수지역의 문제점 및 개선방안(2004), 건설교통부 이한세

- 우리나라는 3면이 해양으로 이루어진 지형적인 특성과 대륙성기후에 영향을 받아 지중해 연안에 위치한 나라들처럼 연중 호우가 균일하게 내리는 것과는 달리 하절기에 2/3가 집중되는 특성을 지니고 있음
- 우선 현재 건교부에서 시행하고 있는 수해상습지 개선사업에 대한 정의와 현황, 피해 원인 등을 살펴보면 다음과 같음
- 수해상습지의 정의
 - ① 재해위험지구, 수해복구사업 등으로 개수 공사중이거나 개수계획이 있는 지역
 - ② 외수침수를 방지하기 위한 제방축조사업이 아닌 구조물정비, 제방보수, 교량설치 등 다음에 해당하는 하천공사
 - *내수배제 불량으로 펌프장을 설치해야 하는 지역
 - *호안공사, 하도정비 등 하천유지보수 지역
 - *교량, 암거 등에 의해 일부 구간이 범람하는 지역
 - ③ 침수면적이 작고 침수시간이 짧아 피해가 적은 지역 및 하천정비 기본계획상 보축 또는 축제(築堤)계획이 없는 지역
- 수해상습지 개선사업 추진현황
 - 수해상습지 개선사업은 무제부 구간에 대한 축제가 주목적이므로 1단계 사업에서

는 국가하천이 많은 비중을 차지하였으나 국가하천의 제방축조가 상당히 이루어진 1990년대 초부터는 거의 지방하천에 대해 사업이 시행되고 있음

○ 문제점

- 치수사업 투자저조, 지자체의 투자소홀, 국지적이고 직강화 위주의 하천정비, 집단이주대책 미흡 등이 있음

○ 개선방안

- 치수사업 투자확대, 지자체에 대한 치수사업비 지원확대, 유역종합치수계획과 연계한 수해상습지 개선사업 시행, 상습침수지역 집단이주 추진

■ 침수피해 저감을 위한 토지이용 전략과 시사점 (2016), 제주발전연구원 박창열

○ 제주도는 탐라-고려-조선에서부터 1960년대까지 삼재도(三災島)라 불려질 만큼 재난에 취약한 지역임

- 바람과 돌이 많고, 땅이 척박하고 물이 귀했기 때문이다. 제주지역의 토양 특성은 침투능이 높은 반면, 일정 규모 이상의 강우에는 유출량이 급증하게 되고, 한라산의 영향(하천경사, 유역형상 등)으로 유속이 갑작스레 증가하여 수재(水災)가 많이 발생
- 돌이 많고 토질이 척박하여 한재(旱災)를 자주 겪었으며, 태풍의 길목에 위치하여 잦은 풍재(風災)를 겪을 수밖에 없다. 즉, 제주지역의 입지여건과 기후환경 등은 불리한 재난환경을 여실히 보여줌

○ 침수피해 영향요인

- 침수피해에 영향을 미치는 요인은 크게 강우특성, 유역특성, 유출의 수리·수문 특성 등으로 구분할 수 있음. 이 중 유역특성은 지형, 지질·토양과 같은 자연적인 조건, 지표면의 불투수포장면, 개발밀도, 용도구성, 건축물·시설물 배치와 같은 토지피복 및 토지이용 조건, 우수관로를 비롯한 방재시설 조건 등으로 구분할 수 있음. 넓은 의미에서의 토지이용이란 토지의 피복 및 기능적 이용 상황을 말하며, 입지, 밀도, 구성, 배치, 형태 등 다양한 차원을 가짐
- 침수 유형은 우수의 발생원이 어디냐에 따라 하천에 의한 침수, 내수(內水)에 의한 침수, 해수에 의한 침수 등으로 구분할 수 있음. 도시지역의 침수는 과거 하천

정비를 비롯한 방재시설 정비수준이 높지 않았던 시기에는 하천이나 해안의 범람에 의한 외수(外水) 침수가 많았으나, 오늘날에는 제내지, 즉 시가지의 지형(저지대), 배수시설, 토지이용 등의 조건에 의해 발생하는 내수 침수가 빈번히 발생하고 있음. 특히, 내수 침수의 위험성은 기후변화에 의한 집중호우와 저지대 및 지하공간 등 취약 공간의 개발에 의해 더욱 악화되고 있음

○ 침수피해에 영향을 미치는 토지이용

- 침수피해에 영향을 미칠 수 있는 토지이용은 다양한 차원으로 구분할 수 있는데, 지형을 비롯한 자연적 조건과 관련한 입지 및 배치, 토지피복, 용도구성, 밀도, 설계적 특징 등으로 구분할 수 있음

○ 시사점

- 제주지역의 시가지 면적 확대와 인구 유입이 급증함에 따라 도시지역은 더욱 고밀화되고 있으며, 특히 제주시 동지역은 제주도민과 주요 기반체계 등이 집적된 지역으로서 사회·경제적 중요성과 파급효과가 크기 때문에 높은 수준의 방재체계가 필요함
- 일반적으로 재해 발생 시에도 운영되어야 하는 핵심 기반시설은 경찰서, 소방서, 방재센터, 대피시설, 의료시설, 기간 교통망 등의 시설이 있으며, 원활한 재해 대응을 위해 이러한 핵심 기반시설의 입지 결정 및 배치에 있어서 여타의 시설들보다 보다 강화된 방재기준을 적용할 필요가 있음

■ 기후변화 대응 도시홍수 대책(2020), 국회입법조사처

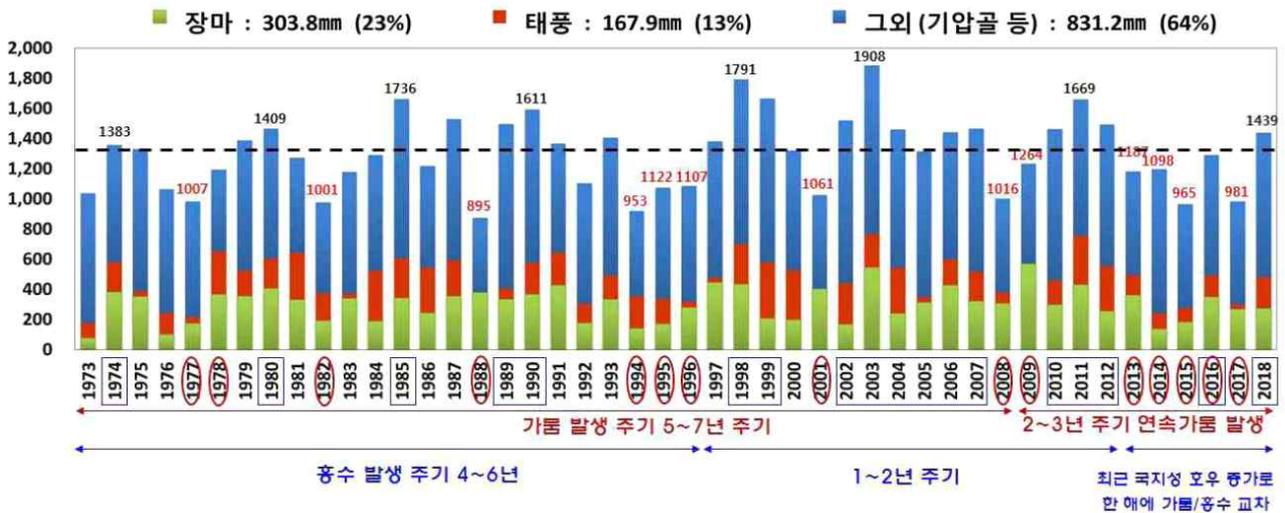
○ 최근 기후변화의 가속화로 인해 전 세계적으로 물 관련 재해피해가 급증하고 있으며, 우리나라의 경우에도 기후변화의 영향이 집중호우 증가에 따른 홍수피해로 이어지는 추세임

- 홍수피해는 매년 지속적으로 발생하는데, 특히 불투수면(不透水面)이 많은 도시의 피해가 급증함

○ 홍수의 발생빈도 및 피해규모 추이

- 2000년대 기후변화의 영향으로 홍수의 발생주기는 과거 4~6년에서 1~2년, 가뭄은 과거 5~7년에서 2~3년으로 감소함에 따라, 홍수와 가뭄의 발생빈도가 동시에 늘어

나는 추세임



[그림 2-1] 홍수의 발생빈도 및 피해규모 추이

○ 도시홍수 예방대책의 문제점

- ❶ 부처별 대책 간의 연계성 부족 ... 즉, 2015년 감사원은 다수의 부처 및 관련 기관 등에서 소관 법률에 따라 도시홍수 예방대책을 추진함에 따라, 각 개별법에 근거하여 수립되는 법정계획과 관련 사업들 간의 연계성과 효율성이 떨어진다고 지적함
- 이에 정부는 2017년 1월 수자원법을 제정하면서 도시침수에 대한 종합대책을 수립할 수 있는 법적 근거를 마련하였음. 다만 수자원법에 따른 특정하천유역치수계획만으로는 다수의 부처에서 추진하는 도시홍수 예방대책을 모두 포괄하여 추진하는데 한계가 있음
- ❷ 도시지역 개발로 인한 불투수면 증가 ... 즉, 그간 우리나라는 경제개발 중심의 국가정책을 수립·시행함에 따라 국민 생활여건은 크게 증진되었으나, 급속한 도시화로 도시지역의 물순환 체계가 크게 왜곡되어 도시홍수의 발생 원인으로 작용하고 있음
- ❸ 도시홍수 예방시설의 효율성 부족 ... 각 부처별 도시홍수 예방대책에 따라 설치·운영되는 다양한 도시홍수 예방시설의 경우, 시설규모를 결정하는 기준인 설계빈도(設計頻度)²⁵에 차이가 있어 기후변화에 효율적으로 대응하기에 한계가 있음
- ❹ 도시홍수 대응 시스템 미비 ... 우리나라는 그 동안 4대강 유역 등 국가하천을 중

심으로 다목적댐, 홍수조절지, 제방과 같은 방재시설물을 건설하고 대규모 준설을 실시하는 등의 홍수피해 예방대책을 수립·실시하였음. 짧은 시간에 다수의 침수가 발생하는 도시홍수의 특성을 고려할 때 도시하천에 대한 관측을 통한 예·경보가 매우 중요하나, 도심지 중·소하천에 대한 예·경보를 실시하기 위한 관측자료가 미흡한 실정임

- 더불어 상습침수지역, 홍수피해예상지역 등을 설정하기 위한 ‘홍수범람위험도’의 체계적인 구축 및 활용이 부족함

○ 현행 도시홍수 관련 법체계 및 예방대책

- 현행 도시홍수 관련 법체계 및 예방대책의 조사 결과는 다음과 같음. 도시홍수와 관련한 업무는 행정안전부, 국토교통부, 환경부에서 주로 담당함
- 다수의 부처에서 도시홍수 관련 업무를 수행하여 관련 법정계획 및 사업들 간의 연계성과 효율성이 떨어진다는 지적에 따라, 정부는 2017년 1월 제정된 수자원법 제20조에 근거하여 도시침수에 대한 종합대책으로서 ‘특정하천유역치수계획’을 수립·추진하고 있음
- 최종적으로 기후변화 대응을 위한 도시홍수 관련 입법 및 정책 개선방안은 다음과 같음

첫째, 특정하천유역치수계획의 정비가 필요함

둘째, 저영향개발 기법과 같은 비구조적 대책을 적극 활용하여 도시의 건전한 물순환 체계를 구축해야 함

셋째, 기후변화의 영향을 고려한 도시홍수 방어능력을 구축해야 함

넷째, 홍수피해를 최소화하기 위한 도시홍수 대응 시스템을 체계적으로 구축할 필요가 있음

■ 2020년 홍수 현황과 항구적 대책 방향(2020), 한국환경정책평가연구원 이승수외 2인

- 기후변화로 인한 여름철 강우 패턴의 변화는 우리가 경험해보지 못한 가뭄과 홍수피해를 지속적으로 유발하고 있음
 - 특히 2020년 장마기간 동안 발생한 홍수피해는 지금까지의 우리나라 홍수 대응체계가

의 한계를 드러내고 있음

○ 주요 내용은 다음과 같음

- 본고에서는 2020년 장마기간 동안 발생한 전국단위의 홍수피해 현황 조사와 및 강우특성 분석 결과에 기반하여, 우리나라 홍수대응체계에 대한 법률적·제도적 분석을 바탕으로 기후변화 시대에 우리의 소중한 생명과 재산을 보호하기 위한 새로운 홍수 대응 방향성을 제시하고자 하였음
- 또한 이를 바탕으로 향후 효율적이고 지속가능한 홍수대응 추진체계를 마련할 수 있는 정책방향을 제시하였음

○ 정책 제언

- 홍수대응체계의 법,제도적 분석결과, 무관리 일원화 정책이 시행되었음에도 불구하고 법률에 근거한 하천의 구분과 업무 영역에 따른 소관부처의 다원화로 인해 하천의 연속성을 고려한 홍수관리가 여전히 미흡한 상태임
- 이에, 소하천에서 국가하천으로 이어지는 하천의 연속성이 고려된 홍수관리 위한 법,제도적 정비를 제안하였음. 또한 하천제방 정비 위주의 홍수방어에서 자연기반해법의 도입을 통한 홍수적응대책수립으로의 전환을 제안함
- 마지막으로 도시침수 피해 저감을 위한 과감한 구조적 대책 시행과 더불어 도시침수 예경보시스템 도입을 위한 법,제도적 정비 방안이 적극적으로 모색되어야 함

■ 침수피해지역 토지이용 특성과 방재대책 연구: 제주지역 사례로 (2019), 서울연구원 안전환경 연구실 장미홍 · 박창열

○ 제주지역을 대상으로 과거 침수피해지역의 토지이용 등 공간적 특성을 분석하고, 그에 따른 방재대책의 시사점을 살펴보았음

- 토지이용 특성 중 제주지역 침수피해에 영향을 미치는 주요요인은 과수원과 밭의 비율이며, 영향력은 도시지역보다 도시지역에서 더욱 크게 나타남을 알 수 있었음
- 이는 과수원과 밭작물을 선호하는 제주지역의 농업 특성을 나타내며, 제주지역에서 1차산업의 중요성을 고려할 때 농경지 재해예방대책이 강화될 필요가 있음을 시사함
- 즉, 농경지를 포함한 유역단위의 배수체계 개선, 저류지 설치 및 유지관리 등과 같

은 적극적인 대책 마련과 동시에 논, 밭, 초지, 산림지역에 대해 토지이용 관리, 개발 사업 규제 등의 사전예방적 대책도 강화되어야 할 것임

- 또한, 불투수율이 높은 완경사지역, 교통시설 등의 요인도 침수피해에 영향력을 미치는 것을 알 수 있었음. 이는 제주지역의 지형·수문특성이 반영된 것으로, 하류부에 위치한 주거지의 침수피해회피 전략과 도로 횡단부의 배수시설 성능 개선을 위한 노력이 필요함을 보여줌
- 한편, 회귀모형에서 녹지공간의 중요성도 확인되었는데, 제주 전역에서 개발사업이 확대됨에 따라 재해위험성이 악화되고 있으므로, 재해예방 차원의 불투수율 관리 등의 규제도 필요할 것임

○ 이상과 같은 연구결과는, 농경지 침수피해 저감을 위한 대책과 연안 저지대에 위치한 시가지지역에 대한 대책이 제주지역에 병행되어야 함을 시사함

- 아울러 본 연구에서는 대상 호우사상의 수, 자료 수집(대상 연도별 토지피복도 등) 등의 한계로 인해 영향변수 간의차이를 정교하게 살펴보는데 한계가 있음
- 따라서 향후 침수피해 사례를 지속적으로 분석해나간다면, 제주지역의 침수피해를 저감하는데 기여할 수 있을 것임
- 앞서의 다중회귀모형 결과를 정리해보면, 종속변수인 침수피해 면적과 토지이용 특성은 모두 양(+)¹⁾의 상관성을 보여주고 있음
- 특히, 본 연구에서 고려한 영향변수 중 과수원과밭 등이 침수피해에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 녹지지역인 초지와 산림지역도 유의한 영향을 미치는 것으로 나타남
- 이러한 결과는 과수원, 밭작물 등을 선호하는 제주지역의 농업 특성을 나타내는 한편, 농경지 재해예방대책의 중요성을 보여줌
- 이때 농경지의 침수피해 저감을 위해서는 여건(기후, 토지피복 등) 변화에 맞춰 배수시설 정비와 같은 배수체계 개선사업을 시행해야 하고, 침수우려지역 상류부에 저류지 설치 또는 인근저류지 정비 등의 적극적인 대책도 검토해야 함
- 시가화면적 비율이 높은 침수피해지역에서는 도로, 주차장 등의 교통시설도 유의한 영향을 나타냄을 알 수 있었음
- 이는 도시지역을 대상으로 한 선행연구들의 연구결과와 유사한 결과로 불투수율의

증가가 침수피해에 영향을 미치고 있음을 말해준다.

- 또한, 교통시설의 유의성은 제주지역만의 유역형상 특성에서도 이유를 찾아볼 수 있음. 제주 하천유역은 한라산을 최상단으로 하여 바다로 길쭉한 형상을 갖고 있음

■ 저지대 홍수피해 저감을 위한 도시계획기법 연구 서울시 사례를 중심으로 (2012), 서울연구원
서울도시연구 고태규 · 이원영

- 서울시는 급격한 도시화 과정에서 저지대지역이 택지 등의 용도로 집중 개발되어 침수피해 가능성이 높아졌고, 기후변화에 따른 기상이변으로 여름철 호우재해 발생빈도가 증가하였으며 향후 홍수 위험성은 더욱 증가될 것으로 예상됨
- 전체 자연재해 중 풍수해가 차지하는 비중은 피해액 기준으로 86.1%로 도시지역의 경우 내수 침수가 주요 원인이며, 서울시는 지속적인 방재 시설물 확충으로 침수피해를 최소화하고 있으나, 기존하수관거와 빗물펌프장의 시설용량을 늘리는 데는 한계가 있음
- 침수지역 분석을 통해 우수유출 저감시설을 늘어난 유출을 저감시켜 하수관거와 빗물펌프장의 부담을 줄여주므로 도시 개발과 연계하여 설치를 확대해 나갈 필요가 있고, 아직 도시관리계획 결정 심의 시 방재와 관련된 사항이 논의되지 못하고 있어 도시계획과 연계시키기 위한 구체적 지침의 마련이 필요하다는 것을 도출할 수 있음
- 유출절감을 위해 제시되는 여러 가지 방안 중 공간을 확보하여 저류지로 이용하는 것이 가장 확실한 방안임
 - 특히 1919년 토지이용현황 분석에 따라 지속적인 침수지역은 저류시설을 확보하여 자연에 순응하는 도시개발로의 전환이 필요하다. 이에
 - 1)공원 이용률이 저조한 산지형공원부지와 결합개발하여 저류지 공원을 확보하는 방안
 - 2)주변역세권 지역과 용적률 이전 또는 개발권 양도제도 등을 도입하여 저지대 상습지역은 공원 용지로 하고, 침수적으로 안전한 지역에 주택용지를 활용하는 방안
 - 3)재개발, 재건축 등 도시재생사업 시 방재지구를 지정하고 이에 따른 상한용적률 및 용도지역 상향조정 등 인센티브를 부여하고 초고층화로 인한 공간을 확보하여 단지내 저류지 공원을 조성하는 방안 등을 적용할 수 있을 것임

- 또한, 저지대지역에 개발된 택지개발지구나 재개발 등 정비구역, 도시개발구역 등에 의무적으로 수립해야 하는 도시계획을 방재계획과 연계하여 수립한다면 도시계획적 실행력도 높이고 장기적으로 기상이변에 따른 홍수 등 재해를 효율적으로 저감할 수 있을 것으로 판단됨
- 도시계획법에 의한 방재능력 확충은 최종적으로 저류, 침투시설 등이 설치되고 토지 이용상황이 변화되어야 유출저감효과가 발휘되므로 현재 침수 피해가 발생하고 있는 지역의 단기대책으로는 효과가 제한적이다. 따라서 하수관거, 빗물펌프장 등 기존 우수 배수시설의 증설 등 구조적인 대책과 병행해서 추진되어야 할 것임
- 앞으로 도시계획기법을 활용한 도시방재능력의 확대를 위해 보다 구체적인 설치기준을 마련하고 침수지역 내 적용할 경우 예상되는 방재효과를 분석하여 그 효용성을 입증하는 등 도시방재분야에서 도시계획기법의 적용을 활성화하기 위한 연구가 더 활발히 진행 되어야 함을 제시

2. 평가지표 선정 관련연구

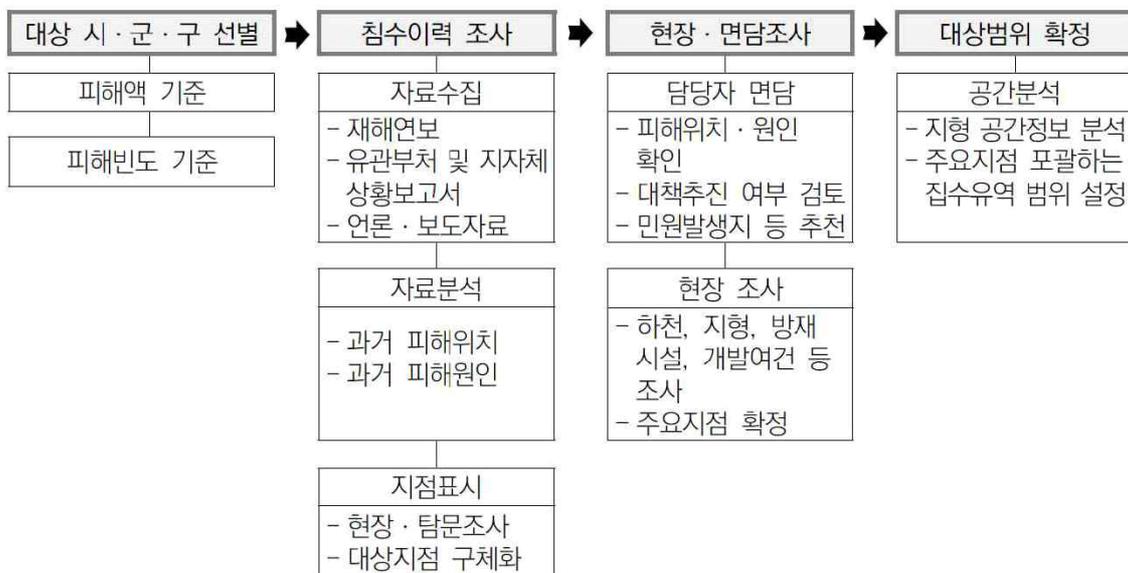
■ 도시침수지역 및 영향권 분석을 통한 정책지원서비스 구현(2017), 국토연구원 이상은 외

- 대상지 선정 방식 : 지자체별로 도시침수에 의한 면적당 공공, 건축 피해액과 피해빈도를 평가한 뒤 현장 탐문조사와 지형분석으로 피해 잠재성이 높은 공간범위 확정(특별재난선포에 따른 국가 지원사업의 일환으로 피해지역 추가 반영 가능) 국가 및 광역적 차원에서 공동으로 중점관리 대상지 선정 정비하는 선도사업 추진
- 도시침수 위험도는 재해특성, 노출특성, 취약성에 의해 결정 됨, 방어능력을 초과하는 강우 조건에서 침수로 발생할 수 있는 잠재적인 피해규모를 의미
- 영향권은 영향의 크기와 발생가능성의 두 기준에 따라 구획화 된 공간을 의미
- 지표 : 침수이력, 주거상업지역, 하천환경, 지형, 배수방재시설, 개발여건

[표 2-1] 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	매우 높음	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 영향이 크게 우려되지 않는 곳	-	10cm 이하의 침수위

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



[그림 2-2] 침수지역 선정을 위한 분석의 틀

■ 건축물 정보를 활용한 도시침수 취약성 진단방법 개발(2020), 이은석

○ 도시의 취약성을 위해 고려해야 할 개념과 관점은 사회적 위험의 형성, 위험 및 재해 적응과 대응으로 구분, 사회적 위험성은 신체적, 자산, 인간 및 생계수단과 관련한 요소들이 복합적인 재해영향으로 인해 취약성이 노출되었을 때 손해, 손상, 손실을 입게 되는 경향을 의미함

- 도시를 중심으로 한 취약성 유발변수는 물리생물학적 요소와 사회경제적 요소로 해당 요소의 성격에 따라 나눌 수 있음
- 물리생물학적 요소는 기상조건, 자연재해, 지형, 토지피복 등 건축물의 기후변화 적응 취약성을 유발할 수 있는 물리적, 생물학적 또는 생태학적 요소로 구분할 수 있음
- 사회경제적 요소로 인구, 빈곤, 직업, 성별, 거버넌스 시스템 등 건축물의 기후변화 적응 취약성을 제시함. 또한, 맨홀분포와 노후건축물도 제시함

■ 도시공간적 요인에 의한 침수피해의 영향 분석(), 박기용 · 오후 · 전원식 · 이의훈

- 도시침수의 요인, 지구온난화, 기후변화, 무분별한 도시화와 도시개발, 도시지역의 불투수면적, 배수시설, 인공지반, 저류시설 용량 초과, 지하공간 개발
- 제방 등의 홍수벽 설치, 투수성 포장, 저류시설 설치, 배수로 및 지하저류시설 설치, 지반고 승고, 차수관 설치, 빗물 펌프장 설치
- 침수피해 완화, 오픈스페이스 : 녹지, 공원, 도시공원
- 방재시설, 하천, 제방, 하수도 시스템, 저류시설, 배수펌프장, 우수관망, 차수망, 제방, 인구밀도, 불투수면적, 지역총생산
- 침수피해는 기상학적, 지리적 요인뿐만 아니라 사회경제적 요인이 영향을 미침. 인구 밀도와 지역내 총생산은 도시화로 인해 산업이 고도화 될 수 도록 인구가 집중 도시가 치가 높아 피해가 높을 수 있음

[표 2-2] 도시침수 영향권 설정 기준

종속변수	침수피해	
독립변수	오픈스페이스	녹지공간
		공원
	재해예방능력	강
		둑, 제방
	도시화	인구밀도
		GRDP

제2절 도시침수 및 상습침수 사례 및 현황

1. 자연재해 상습침수 사례¹⁾

1) 도시침수 피해의 개념

■ 재해관점에서 본 도시의 특성

- 고밀도 집합체인 도시는 생활의 편리함을 제공하지만 동시에 자연재해뿐 아니라 교통 사고, 화재, 가스폭발, 정전 등 많은 위험이 존재함
- 도시의 재해 원인과 형태는 다양하며, 한 번 재해가 발생하면 피해는 크게 확산되어, 다수의 사상자 등이 발생하고 광범위한 생활의 불편과 도시기능 마비가 일어남

■ 도시침수피해의 정의 및 영향

- 도시침수피해는 도시지역에서 홍수에 의한 외수범람 또는 하수도와 그 밖의 배수시설이 우수를 배제할 수 없어 일어나는 내수범람에 의해 생명, 신체 또는 재산에 미치는 피해로 정의할 수 있음
- 기성시가지의 고밀도개발, 도시개발에 따른 불투수면적의 증가, 지하공간과 같은 인위적 창출공간은 침수피해를 가중시키므로 도시침수피해는 인재(人災)적 성격이 강함
- 도시침수피해는 인명 및 재산피해 이외에 사회·경제·환경적으로 많은 직·간접적 피해를 유발함
 - 침수로 인해 도시에 거주하는 사람의 생명, 신체 손상은 사회적 기능의 손상이며, 도로, 교량 등 기반시설의 피해는 시설물 손상에 따른 재산피해 이외에 시설물이 복구되기까지 막대한 사회·경제적 피해를 유발함
 - 침수는 개인 소유물의 손실, 특히 대체할 수 없는 개인적 가치품의 손실, 수해복구에 따른 추가비용과 스트레스, 홍수재발에 따른 공포 등 사회적, 심리적 피해를 유발함
 - 침수는 보험에 충분히 가입하지 못한 사람들에게 수해복구에 따른 재정압박, 기업

1) 국토연구원, 국토정책 Brief 제189호 요약정리

의 고용손실 혹은 재산피해에 의한 도산, 개인의 재산가치 감소 등 경제적 피해를 유발함

- 침수는 쓰레기 청소 및 소독 문제 등 환경적 피해를 유발하며, 침수로 인한 전기, 가스, 수도 등 라이프라인과 도로, 지하철 등 기반시설의 피해는 도시기능을 마비시키고 사회시스템의 붕괴까지 우려됨

2) 우리나라 도시침수 피해 특성

■ 전국 도시 내 상습수해지구 침수피해의 원인

- 매년 피해가 반복되고 있는 도시 내 상습수해지구는 전국적으로 719개소이며(2003년 12월 기준), 이 중 해소대책을 추진하고자 재해위험지구로 지정한 곳은 164개소(추진 153, 해소 11)임
- 도시 내 상습수해지구의 피해원인을 보면, 내수침수가 524개소로 전체의 73%를 차지하며, 나머지는 외수침수 지구임
 - 내수침수의 원인은 지형적인 저지대 문제(22%), 배수능력 부족(14%), 하천의 수위 상승으로 인한 배수불량(14%), 하수역류 노면배수(13%), 하수관거 용량부족(11%) 등임
 - 외수침수의 원인은 홍수위보다 낮은 제방고로 인한 하천범람(74%), 미정비하천에서 발생하는 하천범람(12%) 등 하천에서 발생하는 피해가 대부분임

■ 도시지역 건물 침수피해 특성

- 건물의 침수피해는 파손보다는 대부분 침수이며, 피해액으로 통계상 집계되지 않는 연평균 건물 침수는 약 3만 8천 동으로, 이는 연평균 신규 건물허가 동수의 약 30%에 해당함
 - 최근 10년('96~'05년)간 연평균 건물 침수피해는 약 4만 동(침수: 약 3만8천 동, 파손: 약 2천 동)이며, 연평균 신규 건물허가 동수는 약 13만 3천 동임
- 도시규모별 건물 침수피해는 시급도시 이상이 군급도시에 비해 약 6배 많이 발생하였으며, 도시규모가 클수록 파손보다는 침수의 비중이 높게 나타남

- 최근 10년('96~'05년)간 도시규모별 침수피해 비중을 보면, 특별·광역시 47%, 시급도시 40%, 군급도시 13%로 시급도시 이상이 87%임
 - 또한, 특별·광역시는 침수 99%, 파손 1%, 시급도시는 침수 92%, 파손8%, 군급도시는 침수 83%, 파손 17%로, 도시규모가 클수록 침수가 파손보다 높은 비중을 차지함
- 서울시의 경우, 대부분의 건물 침수피해가 단독 지하주택에서 발생함
- '98, '01, '03년의 3년간 서울시 수해건물 중 주택(단독, 다가구, 연립, 아파트)이 76%, 공장·상가가 24%를 차지함
 - 수해주택 중 단독주택이 86%(약 4만 5600동)를 차지하고, 이 가운데 지하주택은 약 72%(약 3만 6500동)임
- 침수피해가 발생한 주택의 규모를 보면, 대부분 하천변에 위치한 소규모 주택임
- 80㎡(24평) 이하 80%, 60㎡(18평) 이하 50.9%, 40㎡(12평) 이하 16.1% 등 대부분 소규모 주택에서 수해가 많이 발생함

■ 도시침수피해 방지대책의 한계: 안양천 유역 사례

- 안양천 유역은 서울시(7구)와 경기도(7시)에 걸쳐 위치하고 있는 전형적인도시하천임
- 유역면적 281.6㎢, 유로연장 32.2km인 한강 제1지류인 국가하천이며, 최근 10년('96~'05년)간 침수면적 2699ha, 홍수피해액 약 1100억 원, 인명피해(사망)가 30명 발생함
 - 하천 주변지역의 지반고가 계획홍수위보다 낮으며 특히 일부지역은 매우 낮은 저지대임
- 안양천 주변은 도시개발이 완료되어 제방고를 높이거나, 하천폭을 확장하는 등 하천 중심대책을 수립하는 데 한계가 있음
- 침수피해가 행정구역을 넘어 광역적으로 발생하고 있으나 피해방지를 위한 상·하류 지자체 간 협력체계 추진이 어려운 실정임

3) 도시침수 피해 저감을 위한 정책과제

■ 도시계획적 수해관리

- ‘침수위험도 평가’를 통한 공간구조 설계 및 토지이용계획 수립
 - 도시 및 개발계획 수립 시 침수위험도 평가를 통해 침수위험이 있는 지역에 대한 부적합한 개발을 피하고, 위험이 낮은 지역으로 개발을 유도
 - 계획의 위계와 범위를 고려한 침수위험도 평가지침 마련
- 도시계획의 방재계획 및 부문별 계획의 방재 강화
 - 도시계획 내 방재계획의 실효성 제고를 위해 도시특성, 기후변화특성, 재해특성 및 계획특성을 고려한 수립방안 마련
 - 토지이용계획 시 침수위험지구의 개발 및 시설물 배치를 지양하고, 공원·녹지계획에서 우수저류방안, 대피소 활용방안 마련 등 도시계획 부문별 계획의 방재 강화

■ 도시하천유역 거버넌스를 통한 통합적 수해관리

- 도시하천유역 내 지자체 간 거버넌스 구축
 - 거버넌스는 관련 지자체를 중심으로 구성하고, 중앙정부 및 광역시·도는 지원과 조정 역할로 참여
 - 또한, 거버넌스는 관련 전문가 및 주민, NGO 등의 참여와 의견 수렴장치를 마련
- ‘도시하천유역 수해방지계획’ 수립 및 시행
 - 도시하천유역의 통합적 수해관리를 위해 유역 내 하천, 하수도, 빗물펌프장, 우수유출저감시설 등을 통합·연계하고, 종합적인 수해방지계획을 위해 ‘도시하천유역 수해방지계획’ 수립방안과 이를 위한 제도적 장치 마련
- 도시 내 제방붕괴를 근원적으로 해소하기 위한 고규격제방(SuperBank) 적극 도입 검토
 - 2007년 지하철 공사에 따른 안양천 제방붕괴로 인해 발생한 ‘서울시 영등포구 양평동 침수’와 같은 사고를 미연에 방지하고 지진에도 안전하며 쾌적한 환경을 제공하는 고규격제방 도입 필요

- 슈퍼제방 조성 시 민간의 토지제공 및 협력방안, 도시계획과의 연계추진 방안 등 제도적 장치 마련 필요

■ 중앙정부의 수해관리 상시 모니터링 시스템 강화

○ 소방방재청의 대응단계 수해관리 시스템 강화

- 중앙재난안전대책본부 설치 기준 명확화 등 구체적이고 정량화될 수 있는 수해대응 관리지표 개발
- 재해경험에 대한 자료축적과 분석을 통해 관련 부처 및 유관 기관의 구체적 협력 매뉴얼 개발

○ 국토해양부의 예방단계 수해관리 모니터링 강화

- 지역 및 하천특성을 고려한 침수예보 기준을 개발하고, 중소규모 도시하천의 침수 예보시스템을 구축하여 수해관리 모니터링
- 국가하천, 지방하천의 빈도별 홍수위자료 등을 활용하여 연간침수확률에 따른 홍수 위험구역 설정을 통해 개발사업 추진 시 입지선정 등에 활용

○ 국무총리실의 수해관리 종합 모니터링 및 조정기능 강화

- 중앙부처 간 협력과 조정을 강화하기 위해 국무총리실에 (가칭)수해관리담당관을 신설하여, 평상시에는 국내 전문가 등과 네트워크 형성, 수해관리 선진화 연구 등을 수행, 비상시에는 소방방재청, 국토해양부 등과 초동조치에 대한 협의, 국무총리 보고 체계구축 등을 수행할 수 있도록 함

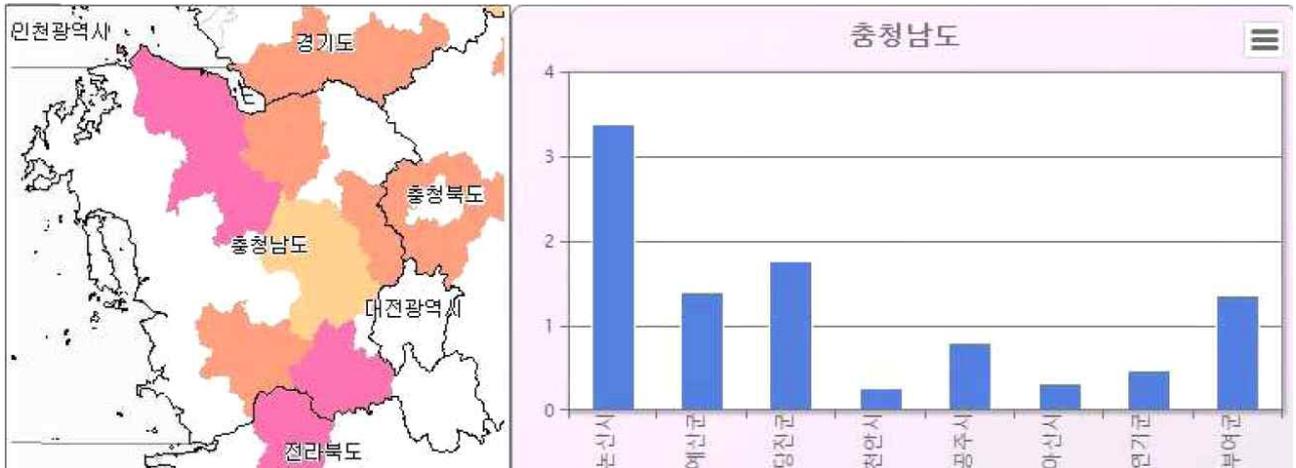
■ 주민의 안전한 대피를 위한 사전 대피체계 마련

○ 침수흔적도, 침수예상도, 주민대피지도 등을 작성하여 지역 주민에게 배포·교육함으로써 주민들 스스로 위험상황에 대처할 수 있는 여건 조성

○ 가구마다 비상시 안전한 대피를 확보할 수 있는 홍수대피소를 지정·관리하고, 쉽고 간편한 대피매뉴얼 작성 및 배포, 정기적인 교육과 훈련 실시

2. 도시침수 위험지역 현황2)

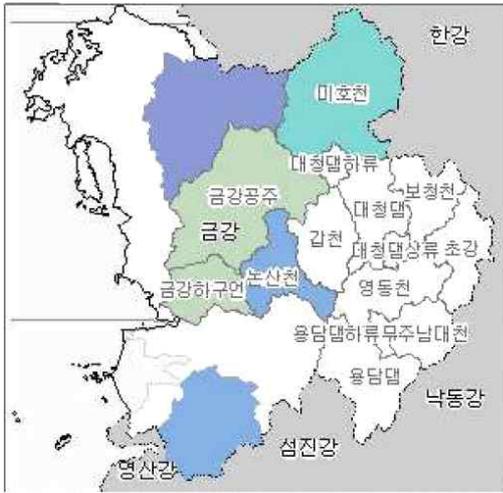
■ 홍수범람위험구역(행정구역별 : 충청남도)



시군구	범람지역명	범람면적(km²)						인구(인)
		합계	대지	농경지	공장부지	공공시설	도로	
합계		238.85	9.73	227.68	0.30	0.72	0.42	80,591
공주시	금강-03	3.05	0.80	2.03	0.10	0.02	0.10	6,067
논산시	금강-01	85.33	3.38	81.56	0.00	0.21	0.18	36,021
당진군	삽교천	51.78	1.75	49.90	0.00	0.08	0.05	8,911
부여군	금강-02	21.44	1.35	19.85	0.00	0.21	0.03	9,072
아산시	삽교천	11.56	0.32	11.20	0.00	0.03	0.01	3,319
연기군	금강-04	5.23	0.47	4.61	0.10	0.04	0.01	2,795
예산군	삽교천	41.67	1.40	40.09	0.10	0.08	0.00	10,940
천안시	안성천-02	18.79	0.26	18.44	0.00	0.05	0.04	3,466

2) 국가수자원관리종합정보시스템(www.wamis.go.kr)

■ 홍수범람위험구역(유역별 : 금강권역 금강 대권역, 홍수범람위험구역)



유역코드	유역명	범람지역명	범람면적(㎢)						인구(인)
			합계	대지	농경지	공장부지	공공시설	도로	
	합계		181.73	9.74	170.32	0.46	0.77	0.44	81,829
30111	미호천 상류유역	미호천2	6.05	0.13	5.89	0.00	0.03	0.00	972
30112	미호천 하류유역	미호천1	17.55	1.57	15.48	0.33	0.14	0.03	9,389
30112	미호천 하류유역	미호천2	15.77	0.33	15.36	0.00	0.07	0.01	2,535
30121	미호천 합류점	금강20	0.10	0.07	0.01	0.02	0.00	0.00	712
30121	미호천 합류점	금강21	0.96	0.14	0.77	0.00	0.01	0.04	774
30122	공주수위표	금강12	1.96	0.27	1.65	0.00	0.04	0.00	1,914
30122	공주수위표	금강20	0.49	0.36	0.05	0.08	0.00	0.00	3,374
30122	공주수위표	금강21	1.50	0.23	1.20	0.00	0.01	0.06	1,207
30123	규암수위표	금강11	16.90	0.73	16.04	0.00	0.11	0.02	4,665
30123	규암수위표	금강12	2.58	0.35	2.16	0.00	0.06	0.01	2,493
30130	논산천 유역	논산천1	6.97	0.47	6.45	0.01	0.02	0.02	3,820
30130	논산천 유역	논산천2	48.44	2.14	46.07	0.00	0.11	0.12	23,904
30130	논산천 유역	논산천3	24.35	0.67	23.60	0.00	0.04	0.04	7,576
30130	논산천 유역	논산천4	9.83	0.35	9.42	0.00	0.05	0.01	2,979
30140	논산천 합류점	논산천1	28.28	1.93	26.17	0.02	0.08	0.08	15,515

■ 재해위험지구(행정구역별 : 충청남도)(일부)

위치	지구명	시설등급	시설명	총사업규모		사업효과				
				사업물량(km)	사업비(백만원)	인명보호(세대)	인명보호(인)	건물(동)	시가지 침수(ha)	농지 침수
충청남도 천안시 성남	신사	지방	승천천	-	3,897	1	2	1	0	
충청남도 천안시 수신	발산	지방	지압천	-	3,500	0	0	0	0	
충청남도 천안시 병천면	광기	지방하천	광기천	-	-	-	-	-	-	
충청남도 천안시 원성2	원성2	지방	원성천	-	318	324	822	90	4	
충청남도 천안시 성정1	성정1	소하천	성정천	-	500	103	453	103	2	
충청남도 천안시 백석동	백석	지방하천	장재천	-	-	-	-	-	-	
충청남도 공주시 유구읍, 신평면	유구	지방	유구천	187.1	39,790	25	63	25	0	
충청남도 공주시 이인	용성	지방	용성천	111.4	20,000	30	75	30	1	
충청남도 공주시 계룡	내홍	-	급경사지	-	0	6	15	6	0	
충청남도 공주시 정안	정안	지방	정안천	4.1	2,000	0	0	0	0	
충청남도 공주시 우성	어천	지방	어천	43	20,274	32	80	32	0	
충청남도 공주시 우성	연암	지방	연암천	93.2	1,960	0	0	0	0	
충청남도 공주시 사곡	사곡	-	하수도	-	0	20	0	5	10	
충청남도 공주시 사곡	계실	지방하천	계실천	-	-	-	-	-	-	
충청남도 공주시 오곡	오곡	지방	오곡천	0.7	2,000	0	0	0	0	
충청남도 공주시 태봉	태봉	지방	태봉천	9	2,500	5	15	5	0	
충청남도 공주시 옥룡	금강	국가하천	금강	-	0	3	30	4	0	
충청남도 공주시 금홍	중산	지방	중산천	31.4	12,767	19	48	19	0	
충청남도 보령시 웅천	노천	지방	노전천	-	8,800	0	0	0	0	

■ 수해상습지(행정구역별 : 충청남도)(일부)



위치	지구명	하천등급	하천명	사업량(m)	사업비	사업효과		비고
					(백만원)	농토(ha)	인가(호)	
합 계	204	-	-	1,059,850	1,641,547	0	0	-
가야곡면	두월	지방	왕암천	8,995	13,611	0	0	-
가야곡면	왕암	지방	왕암천	5,588	7,712	0	0	-
갈산면	가곡	지방	가곡천	2,030	2,061	0	0	-
갈산면	행산	지방	와룡천	6,294	13,001	0	0	-
결성면	구수	지방	구수천	1,566	2,125	0	0	-
결성면	기산	지방	와룡천	15,174	22,378	0	0	-
계룡면	노성	지방	노성천	11,577	14,293	0	0	-
계룡면	용두	지방	용두천	5,657	8,418	0	0	-
광덕면	광덕	지방	풍서천	7,058	9,787	0	0	-
광덕면	대덕	지방	풍서천	5,931	7,907	0	0	-
광덕면	천안	지방	곡교천	3,925	7,032	0	0	-

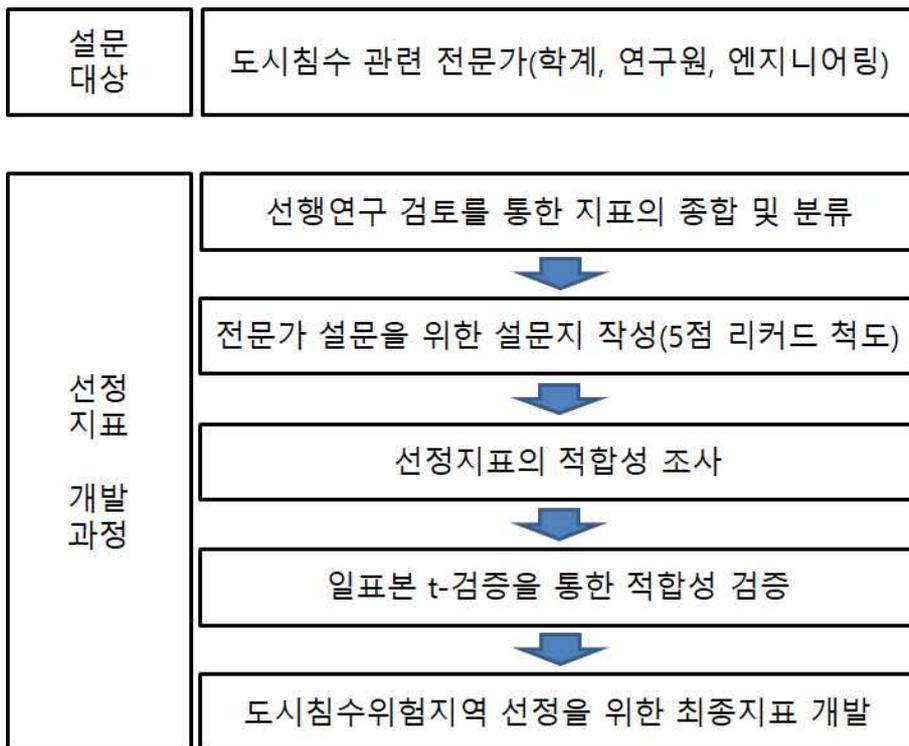
03

도시침수위험지역 선정을 위한 지표개발

제1절 지표개발 방향 설정

○ 도시침수위험지역 선정을 위한 지표 개발방법은 다음과 같음

- 첫째, 선행연구를 통하여 도시침수위험지역 선정에 활용되고 있는 지표들을 검토하 후, 이를 종합하고 분류함
- 둘째, 적합성 검증을 통한 최종지표를 선정함. 적합성 검증을 위해 본 연구에서는 전문가 설문조사 결과를 통한 일표본 t-검증을 활용함



[그림 3-1] 전문가 설문을 통한 최종지표 도출과정

제2절 선행연구를 통한 지표 종합 및 분류

1. 선행연구를 통한 지표 검토

- 김기욱(2017)은 부산시 침수피해원인과 대책을 언급하면서, 강우특성, 강우빈도, 도시 내 불투수면적, 홍수대비시설(하수, 우수관거, 빗물펌프장, 하천)을 지표로 제시함
- 이상은·이병재·이종소·김슬예(2017) 연구에서는 도시침수 위험도는 재해특성, 노출특성, 취약성에 의해 결정되며, 방어능력을 초과하는 강우조건에서 침수로 발생될 수 있는 잠재적인 피해규모를 의미한다고 하였음
 - 지표로는 침수이력, 주거상업지역, 하천환경, 지형, 배수방재시설, 개발여건을 제시
 - 다른 연구(2016)에서는 관망밀집지역, 재해특성(100년 재현기관 외수 침수위, 20년 재현기간 내수 침수위), 노출특성(인구노출, 토지이용노출), 취약성(취약건축물 분포, 보호대상 시설 분포, 도로분포)로 지표를 제시
- 이은석(2020)의 연구에서는 물리생물학적 요소로 기상조건, 자연재해, 지형, 토지피복, 사회경제적 요소로 인구, 빈곤, 직업, 성별, 거버넌스 시스템 등을 언급. 또한, 맨홀분포와 노후건축물도 제시
- 박기용·오후·전원식·이의훈(2020)의 연구에서는 도시침수의 요인을 지구온난화, 기후변화, 무분별한 도시화와 도시개발, 도시지역의 불투수면적, 배수시설, 인공지반, 저류시설 용량초과, 지하공간 개발이 원인으로 제시
 - 또한, 침수피해는 기상학적, 지리적 요인뿐만 아니라 사회경제적 요인이 영향을 미친다고 언급하였으며, 인구밀도와 지역내 총생산은 도시화로 인해 산업이 고도화될 수 있도록 인구가 집중되어 도시가치가 높아 피해가 높을수 있다고 제시

[표 3-1] 도시침수관련 지표 선정(박기용외 3인, 2020)

종속변수	침수피해	
독립변수	오픈스페이스	녹지공간
		공원
	재해예방능력	강
		뚝, 제방
도시화	인구밀도	
	GRDP	

- 이상은·이종소·김슬예(2017)의 연구에서는 재해특성은 외수에 의한 침수위, 내수에 의한 침수위, 노출특성은 거주지역 토지이용(주거, 상업, 공업, 녹지), 취약성은 취약건축물, 보호시설, 도로길이로 제시
- 조재웅·강호선·배창연(2020)의 연구에서는 도시침수는 매우 짧은 시간에 피해가 발생하며, 시설물 파괴보다는 주택, 차량, 상가 침수로 인한 재산 및 인명피해가 높다고 제시
- 여성준·이창헌(2017)의 연구에서는 지표로 인구, 용도지역(주거, 상업, 공업, 녹지) 및 토지이용(경작지, 공공용도지, 공업지, 공지, 교통시설지, 도시녹지, 도시부양시설지, 산림, 상업 및 업무시설지, 주택지, 특수지역, 하천 및 호소, 해양, 혼합지), 기반시설(도로, 철도), 건축물(일반주택, 연립주택, 아파트, 주택외 건물, 무벽건물), 사업체를 제시
- 이상은(2017)의 연구에서는 재해특성으로 강우조건 100년빈도, 30년 빈도 재현기간, 노출특성은 토지이용, 인구, 취약성의 경우 노후 건축물수, 지하건축물 수, 보호대상 시설수, 도로연장, 보호대상시설로는 라이프라인, 구호 및 상황통제, 환경오염부하 감소 등의 도시기능을 담당하는 전기가스물공급시설, 수질오염 방지사설, 폐기물 처리 시설, 공공청사, 의료시설등을 지표로 제시
- 강정은·이명진(2016)의 연구에서는 자연적 요소(기상적 요소, 지형적 요소, 토양요소 : 일최대강수량, 집중강우일수, 경사도, 평균고도, 하천인접성, 토양배수, 지질특성, 지형곡률), 사회적요소로는 불투수 토지이용, 투수지역인 녹지, 시설 요소로는 내수배제시설(유수지, 빗물펌프장 등), 도시기발시설을 지표로 제시
- 주영하·권영상·박정환(2017)의 연구에서는 인명(사망, 실종, 부상), 침수면적(농경지, 도시), 건물(유실, 전파, 반파, 침수), 선박(동력, 무동력), 농경지(전, 답), 농작물(전작, 답작, 기타), 공공시설(도로, 교량, 하천, 소하천, 수도, 항만시설, 어항시설, 학교, 철도)가 호우 태풍으로 인한 건축물과 시설물 피해 집계항목으로 제시

2. 지표종합 및 분류

○ 도시침수지역 선정을 위한 선행연구 지표 종합 및 분류는 다음과 같음

[표 3-2] 도시침수관련 지표 선정지표 종합 및 분류

구분	항목	지표	
재해특성	강우	강우량 강우빈도(100년, 30년)	일최대강수량 집중강우일수
	지형	경사도 평균고도 하천인접성 토양배수	지질 지형곡률 하천면적 및 길이
	피해	침수피해금액 이재민수	침수이력
노출특성	토지이용	주거지역 상업지역	공업지역 오픈스페이스
	인구특성	인구밀도 성별	고령자
	경제특성	빈곤(기초수급자, 차상위계층 등) 직업	지역총생산 차량 사업체
	보호대상시설	라이프라인 전기가스공급시설 물공급시설 수질오염방지시설	폐기물처리시설 공공청사 의료시설
	기반시설	도로 철도	교량
취약성	토지	인공지반 지하공간	맨홀분포
	노후 건축물	일반주택 연립주택 아파트	주택외 건물 무벽건물
	홍수대비시설	유수지 하수	우수관거 빗물펌프장

제3절 적합성 검증을 통한 지표선정

1. 적합성 검증을 위한 전문가 설문조사 개요

- 선행연구 검토를 통해 분류된 도시침수지역선정지표에서 중요성과 중복성을 토대로 1차 선정지표를 종합 및 분류하였음
- 선정지표의 적합성 검증을 위해 통계적 분석방법 중 일표본 t-검증을 실시하였음
 - 설문지는 설문조사에 참가한 전문가들이 쉽게 응답할 수 있도록 5점 리커드 척도 (1=매우 부적합, 2=부적합, 3=보통, 4=다소 적합, 5=매우 적합)로 구성하였음

[표 3-3] 선정지표의 적합성 검증을 위한 설문조사 내용 예시

1. 도시침수위험지역선정을 위한 평가지표로서 '침수이력' 지표가 적합하다고 생각하십니까?
- ① 매우 부적합 ② 다소 부적합 ③ 보통 ④ 다소 적합 ⑤ 매우 적합

- 척도 3 이상의 등급이 다소 적합, 매우 적합을 의미하기 때문에 임계등급은 척도 3의 값을 기준으로 정하였음
- 가설설정: 대립가설($H1 : \mu_1 > 3$)에 대조하여 영가설($H0 : \mu_1 \leq 3$)을 검증하였음
 - 결정기준은 신뢰수준 95%에서 일표본 t-검증 결과의 유의수준(p-value)을 기준으로 하였으며, SPSS에서는 양측검정의 결과물만 제시함으로 각 선정지표의 평균값을 기준으로 유향하는 경우는 $p\text{-value}/2$ 로, 평균값 보다 좌향하는 경우에는 $1-(p\text{-value}/2)$ 로 보정한 단측 검정의 결과를 제시하였음(박완용·원제무, 2012).
- 설문기간은 2021년 11월 20일~12월 3일까지 전문가 설문조사를 실시하였으며, 총 36명을 대상으로 조사하였음
 - 조사결과, 학계 18명, 연구원 18명으로 업무분야 경력은 5년이상~10년미만 3명, 10년이상~15년미만 15명, 15년이상~20년미만 6명, 20년 이상 12명으로 도출되었음

2. 1차선정지표의 적합성 검증결과

- 재해특성과 관련된 선정지표의 적합성 검증결과, 하천면적 및 길이(p:0.06)가 신뢰수준 95%(유의수준 0.05)보다 높게 도출되어 최종지표에서 제외되었음
 - 하천면적 및 길이의 경우, 도시침수위험지역에 중요한 요소로 작용하나, 지형항목에 서의 선정지표가 7개로 향후 AHP분석을 위한 일관성에 영향을 미칠 것으로 판단하여 제외하였음

[표 3-4] 재해특성 관련 선정지표 적합성 검증결과

선정항목		선정지표	평균	p-value (p<0.05)	반영 여부
재해특성	강우	강우빈도(100년)	3.75	0.00	○
		강우빈도(30년)	3.92	0.00	○
		일최대강수량	4.25	0.00	○
		집중강우일수	4.33	0.00	○
	지형	경사도	4.25	0.01	○
		평균고도	3.42	0.00	○
		하천인접성	4.42	0.00	○
		토양배수	3.83	0.00	○
		지질	3.50	0.01	○
		지형곡률	3.67	0.00	○
		하천면적 및 길이	3.23	0.06	×
	피해	침수피해금액	4.17	0.00	○
		이재민수	4.17	0.00	○
		침수이력	4.50	0.00	○

- 노출특성과 관련된 선정지표의 적합성 검증결과, 성별(p:0.99), 직업(p:0.99), 차량 (p:0.08) 지표가 신뢰수준 95%(유의수준 0.05)보다 높게 도출되어 최종지표에서 제외되었음

[표 3-5] 노출특성 관련 선정지표 적합성 검증결과

선정항목		선정지표	평균	p-value (p<0.05)	반영 여부
노출특성	토지이용	주거지역	4.25	0.00	○
		상업지역	4.17	0.00	○
		공업지역	3.83	0.00	○
		오픈스페이스	3.83	0.00	○

	인구특성	인구밀도	4.17	0.00	○
		성별	2.67	0.99	×
		고령자	3.75	0.00	○
	경제특성	빈곤(기초수급자,차상위계층등)	3.75	0.00	○
		직업	2.50	0.99	×
		지역총생산	3.25	0.02	○
		사업체	3.25	0.01	○
		차량	3.25	0.08	×
	보호대상 시설	전기가스공급시설	4.17	0.00	○
		물공급시설	4.17	0.00	○
		수질오염방지시설	3.92	0.00	○
		폐기물처리시설	3.83	0.00	○
		공공청사	3.67	0.00	○
		의료시설	4.17	0.00	○
	기반시설	도로	4.42	0.00	○
		철도	4.08	0.00	○
		교량	4.00	0.00	○

○ 취약성과 관련된 선정지표의 적합성 검증결과 모든 지표가 신뢰수준 95%(유의수준 0.05)보다 낮게 도출되어 최종지표로 반영되었음

[표 3-6] 취약성 관련 선정지표 적합성 검증결과

선정항목		선정지표	평균	p-value (p<0.05)	반영 여부
취약성	토지	인공지반	4.00	0.00	○
		지하공간	4.42	0.00	○
		맨홀분포	3.92	0.00	○
	노후 건축물	일반주택	4.08	0.00	○
		연립주택	4.00	0.00	○
		아파트	3.75	0.00	○
		주택외 건물	3.50	0.00	○
		무벽건물	3.58	0.00	○
	홍수대비 시설	유수지	4.33	0.00	○
		하수	4.25	0.00	○
		우수관거	4.42	0.00	○
		빗물펌프장	4.67	0.00	○

제4절 도시침수위험지역 선정을 위한 최종지표 개발

- 선행연구 검토, 전문가 설문을 통한 적합성 검증결과를 통한 도시침수위험지역 선정을 위한 최종지표는 다음과 같음

[표 3-7] 도시침수위험지역 선정을 위한 최종지표

선정항목		선정지표	
재해특성	강우	강우빈도(100년)	일최대강수량
		강우빈도(30년)	집중강우일수
	지형	경사도	토양배수
		평균고도	지질
		하천인접성	지형곡률
	피해	침수피해금액	침수이력
이재민수			
노출특성	토지이용	주거지역	공업지역
		상업지역	오픈스페이스
	인구특성	인구밀도	고령자
		경제특성	빈곤(기초수급자,차상위계층등)
	지역총생산		
	보호대상시설	전기가스공급시설	폐기물처리시설
		물공급시설	공공청사
		수질오염방지시설	의료시설
	기반시설	도로	교량
		철도	
취약성	토지	인공지반	맨홀분포
		지하공간	
	노후 건축물	일반주택	주택외 건물
		연립주택	무벽건물
		아파트	
	홍수대비시설	유수지	우수관거
하수		빗물펌프장	



[그림 3-2] 도시침수위험지역 선정을 위한 지표의 계층간 구조도

04

선정지표의 중요도 분석 및 적용방안

제1절 분석의 개요

- 앞서, 도시침수위험지역 선정을 위한 지표들을 개발하였으나, 모 도출은 도시침수 위험지역 선정을 위해 반드시 필요한 과정임
- AHP(Analytic Hierachy Process) 분석은 1970년대 초 Thomas. L. Saaty에 의해 개발된 방법으로 복잡한 문제상황에서의 구성요소들을 계층화하고 논리적인 판단뿐만 아니라, 직관, 감정, 경험까지도 함께 고려한 의사결정 기법 방법임
 - 이 분석방법은 대안평가뿐만 아니라 각 계층별 항목 및 지표들간의 중요도를 분석하고 우선순위를 선정할 수 있음
- 또한, 도출된 중요도(가중치)를 토대로, 충청남도 시군에 대한 도시침수위험지역 선정을 위한 점수화 방안 모색이 필요함
- 따라서 본 장에서는 도시침수위험지역의 선정을 위해 다음과 같은 과정을 거쳐 중요도를 분석하고, 점수화 방안을 제시하였음
 - 도시침수위험지역 선정을 위한 항목 및 지표들에 대한 계층적 구조도를 작성함
 - 각 계층별 쌍대비교가 가능하도록 전문가 설문지를 작성 후 설문조사를 실시함
 - 설문조사결과를 토대로, 도시침수위험지역 선정을 위한 항목 및 지표들에 대한 중요도, 즉, 가중치를 도출함
 - 각 선정지표들을 어떠한 방법으로 점수를 산정할 수 있는지에 대한 방법 제시

제2절 중요도 분석

1. 중요도 분석을 위한 전문가 설문조사

1) 설문지 작성

○ AHP분석을 위한 설문지 작성내용은 다음과 같음

- 각 지표들 간의 쌍대비교를 통해 중요도 도출

[표 4-1] AHP분석을 위한 설문지 작성(예)

A-1. 도시침수위험지역을 선정하는데 있어서 2계층의 어떠한 부분(재해특성, 노출특성, 취약성 중에서도) 이 중요하다고 생각하십니까?
(* 3개의 항목을 각각 순위를 정하고 작성하면 훨씬 수월해집니다.)

항목	← 매우강하게 더 중요								동등하게 중요	매우강하게 더 중요 →								항목
재해특성	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	노출특성
재해특성	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	취약성
노출특성	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	취약성

2) 자료수집

○ 자료수집은 전문가 설문조사를 통하여 진행되었음

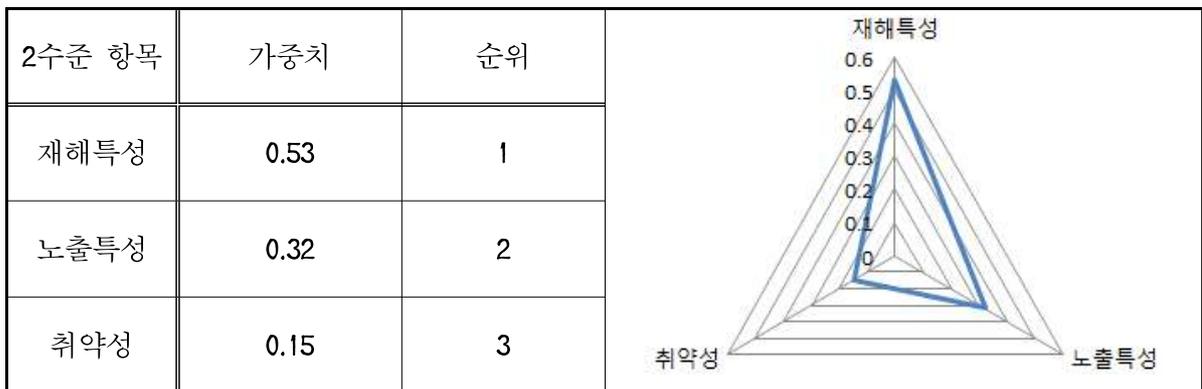
- 본 연구와 관련있는 분야 전문가들을 대상으로 설문을 실시하였음.
- 설문조사기간은 12월 7일부터 12월 14일까지 8일간 진행하였음
- 총 50부를 설문하여, 이중 40부를 회수하였으며, 일관성 검증을 통과한 30부를 최종 분석에 활용하였음
- 관련분야 전문가로는 도시침수관련 분야 연구원, 학계, 엔지니어링에 종사하고 있는 전문가들을 대상으로 하였음

2. 중요도 분석결과

1) 2수준 특성별 중요도 분석결과

- AHP분석을 통한, 2수준 중요도 분석결과, 재해특성이 중요도 0.53으로 가장 높게 나타남
 - 다음으로, 노출특성 0.32, 취약성 0.15 순으로 도출됨

[표 4-2] 2수준 특성별 중요도 분석결과

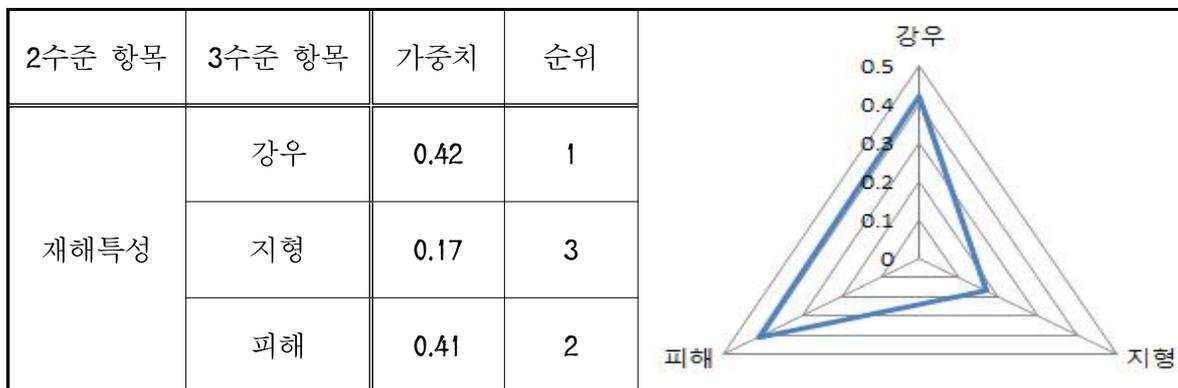


2) 3수준 특성별 중요도 분석결과

■ 재해특성 항목상에서의 중요도 분석결과

- AHP분석을 통한 중요도 분석결과, 강우가 0.42로 가장 높게 나타났으나, 피해항목도 0.41로 비슷한 중요도를 보임
 - 다음으로, 지형항목은 0.17로 상대적으로 낮은 중요도를 나타냄

[표 4-3] 3수준 재해특성 항목상에서 중요도 분석결과



■ 노출특성 항목상에서의 중요도 분석결과

- AHP분석을 통한 중요도 분석결과, 보호대상시설이 0.31, 토지이용이 0.30으로 중요한 것으로 도출됨
- 다음으로, 경제특성(0.17), 기반시설(0.12), 인구특성(0.10) 순으로 나타남

[표 4-4] 3수준 노출특성 항목상에서 중요도 분석결과

2수준 항목	3수준 항목	가중치	순위
노출특성	토지이용	0.30	2
	인구특성	0.10	5
	경제특성	0.17	3
	보호대상시설	0.31	1
	기반시설	0.12	4

■ 취약성 항목상에서의 중요도 분석결과

- AHP분석을 통한 중요도 분석결과, 토지가 0.45로 가장 높게 나타남
- 다음으로, 노후건축물(0.35), 홍수대비시설(0.20) 순으로 도출됨

[표 4-5] 3수준 취약성 항목상에서 중요도 분석결과

2수준 항목	3수준 항목	가중치	순위
취약성	토지	0.45	1
	노후건축물	0.35	2
	홍수대비시설	0.20	3

3) 4수준 특성별 중요도 분석결과

■ 강우 항목상에서의 중요도 분석결과

- AHP분석을 통한 중요도 분석결과, 4개지표 모두 유사한 중요도를 보이는 것으로 나타남
 - 그중에서도 일최대 강수량이 중요도 0.28로 가장 높게 도출됨

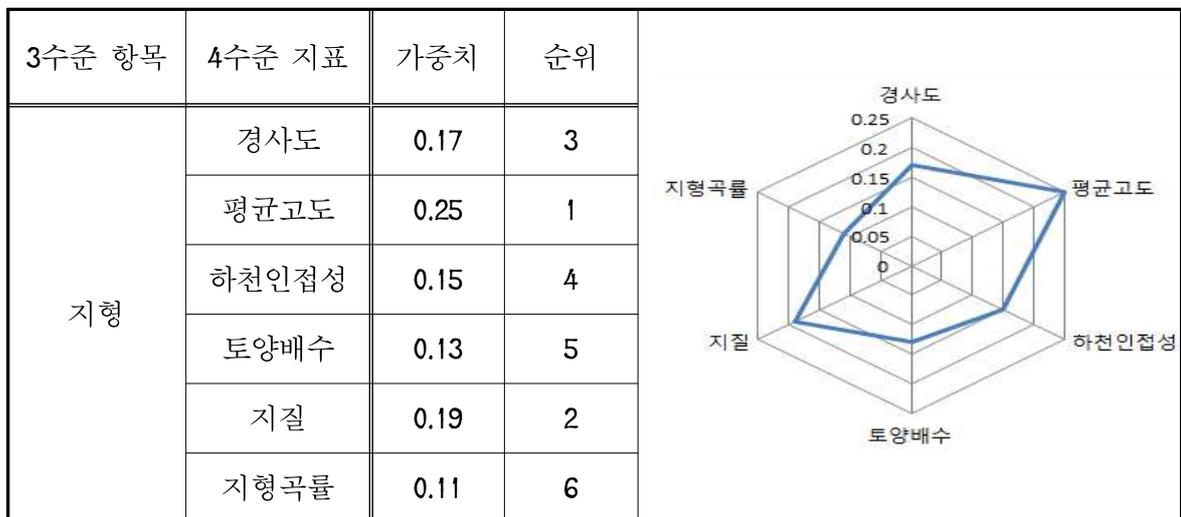
[표 4-6] 3수준 강우항목상에서 중요도 분석결과



■ 지형 항목상에서의 중요도 분석결과

- AHP분석을 통한 중요도 분석결과, 평균고도지표가 중요도 0.25로 가장 높게 나타남
 - 다음으로는 대부분 지표가 0.11~0.19의 분포를 보여 중요도가 유사하게 도출됨

[표 4-7] 3수준 지형항목상에서 중요도 분석결과



■ 피해 항목상에서의 중요도 분석결과

- AHP분석을 통한 중요도 분석결과, 침수이력이 중요도 0.40으로 가장 높게 나타남
- 다음으로 침수피해금액(0.31), 이재민수(0.29) 순으로 도출됨

[표 4-8] 3수준 피해항목상에서 중요도 분석결과

3수준 항목	4수준 지표	가중치	순위
피해	침수피해금액	0.31	2
	이재민수	0.29	3
	침수이력	0.40	1

■ 토지이용 항목상에서의 중요도 분석결과

- AHP분석을 통한 중요도 분석결과, 주거지역에 대한 중요도가 0.40으로 가장 높게 나타남
- 다음으로 상업지역(0.25), 공업지역(0.20), 오픈스페이스(0.15)순으로 도출됨

[표 4-9] 3수준 토지이용항목상에서 중요도 분석결과

3수준 항목	4수준 지표	가중치	순위
토지이용	주거지역	0.40	1
	상업지역	0.25	2
	공업지역	0.20	3
	오픈스페이스	0.15	4

■ 인구특성 항목상에서의 중요도 분석결과

○ AHP분석을 통한 중요도 분석결과, 인구밀도가 0.62로 고령자(0.38)에 비해 높게 나타남

[표 4-10] 3수준 인구특성항목상에서 중요도 분석결과

3수준 항목	4수준 지표	가중치	순위
인구특성	인구밀도	0.62	1
	고령자	0.38	2

■ 경제특성 항목상에서의 중요도 분석결과

○ AHP분석을 통한 중요도 분석결과, 빈곤이 중요도 0.52로 가장 높게 나타남

- 다음으로 지역총생산(0.31), 사업체(0.17) 순으로 도출됨

[표 4-11] 3수준 경제특성항목상에서 중요도 분석결과

3수준 항목	4수준 지표	가중치	순위
경제특성	빈곤	0.52	1
	지역총생산	0.31	2
	사업체	0.17	3

■ 보호대상시설 항목상에서의 중요도 분석결과

- AHP분석을 통한 중요도 분석결과, 전기가스공급시설이 중요도 0.31로 가장 높게 나타남
 - 다음으로는 수질오염방지시설이 0.23으로 중요한 것으로 도출되었으며, 공공청사가 0.08로 가장 낮게 나타남

[표 4-12] 3수준 보호대상시설항목상에서 중요도 분석결과

3수준 항목	4수준 지표	가중치	순위
보호대상 시설	전기가스 공급시설	0.31	1
	물공급시설	0.18	3
	수질오염 방지시설	0.23	2
	폐기물 처리시설	0.10	4
	공공청사	0.08	6
	의료시설	0.10	5

■ 기반시설 항목상에서의 중요도 분석결과

- AHP분석을 통한 중요도 분석결과, 도로지표가 0.56으로 가장 높게 나타남
 - 다음으로 교량 0.29, 철도 0.15 순으로 도출됨

[표 4-13] 3수준 기반시설항목상에서 중요도 분석결과

3수준 항목	4수준 지표	가중치	순위
기반시설	도로	0.56	1
	철도	0.15	3
	교량	0.29	2

■ 토지 항목상에서의 중요도 분석결과

○ AHP분석을 통한 중요도 분석결과, 맨홀분포가 0.42로 가장 높게 나타남

- 다음으로 지하공간 0.35, 인공지반 0.23 순으로 도출됨

[표 4-14] 3수준 토지항목상에서 중요도 분석결과

3수준 항목	4수준 지표	가중치	순위
토지	인공지반	0.23	3
	지하공간	0.35	2
	맨홀분포	0.42	1

■ 노후건축물 항목상에서의 중요도 분석결과

○ AHP분석을 통한 중요도 분석결과, 일반주택이 중요도 0.31로 가장 높게 나타남

- 다음으로는 연립주택 0.25, 주택의 건물 0.21 순으로 도출됨

[표 4-15] 3수준 노후건축물항목상에서 중요도 분석결과

3수준 항목	4수준 지표	가중치	순위
노후건축물	일반주택	0.31	1
	연립주택	0.25	2
	아파트	0.05	5
	주택의 건물	0.21	3
	무벽건물	0.18	4

■ 홍수대비시설 항목상에서의 중요도 분석결과

- AHP분석을 통한 중요도 분석결과, 우수관거 0.35, 빗물펌프장이 0.31로 나타남
- 다음으로는 우수지 0.24, 하수 0.10 순으로 도출됨

[표 4-16] 3수준 홍수대비시설항목상에서 중요도 분석결과

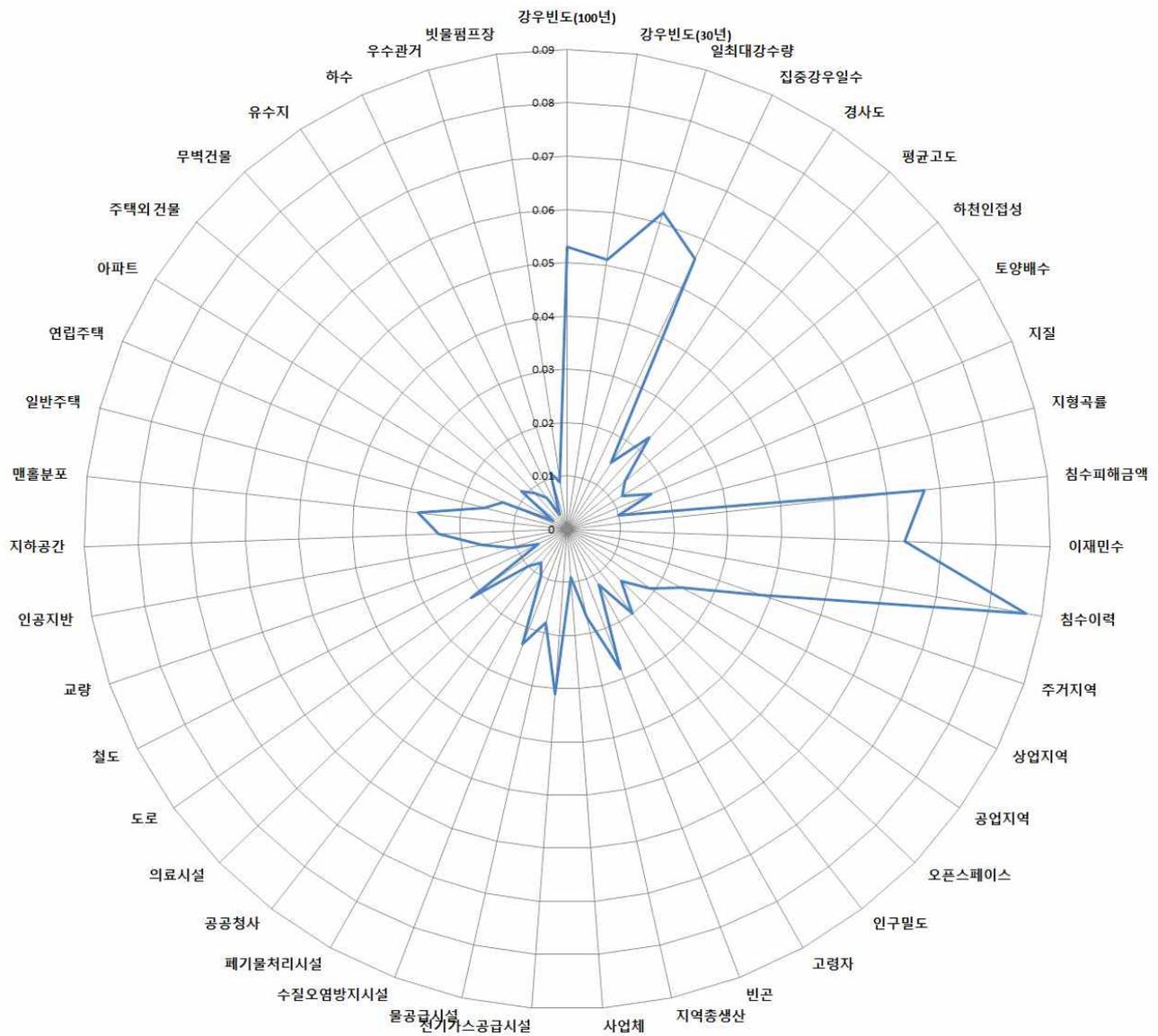
3수준 항목	4수준 지표	가중치	순위
홍수대비 시설	우수지	0.24	3
	하수	0.10	4
	우수관거	0.35	1
	빗물펌프장	0.31	2

4) 최종 중요도 산정결과

- 최종 중요도(종합가중치) 산정결과, 침수이력(0.087), 침수피해금액(0.067), 이재민수(0.062), 일최대강수량(0.62)순으로 나타남
- 분석결과, 실질적인 침수이력과 피해관련 지표가 가장 중요한 것으로 도출됨

[표 4-17] 도시침수위험지역선정을 위한 최종 중요도 산정결과

2수준		3수준		4수준(선정지표)		종합 가중치
선정항목	가중치	선정항목	가중치	4수준 항목	가중치	
재해특성	0.53	강우	0.42	강우빈도(100년)	0.24	0.053
				강우빈도(30년)	0.23	0.051
				일최대강수량	0.28	0.062
				집중강우일수	0.25	0.056
		지형	0.17	경사도	0.17	0.015
				평균고도	0.25	0.023
				하천인접성	0.15	0.014
				토양배수	0.13	0.012
				지질	0.19	0.017
				지형곡률	0.11	0.010
피해	0.41	침수피해금액	0.31	0.067		
		이재민수	0.29	0.063		
		침수이력	0.40	0.087		
노출특성	0.32	토지이용	0.30	주거지역	0.40	0.038
				상업지역	0.25	0.024
				공업지역	0.20	0.019
				오픈스페이스	0.15	0.014
		인구특성	0.10	인구밀도	0.62	0.020
				고령자	0.38	0.012
		경제특성	0.17	빈곤	0.52	0.028
				지역총생산	0.31	0.017
				사업체	0.17	0.009
				전기가스공급시설	0.31	0.031
		보호대상시설	0.31	물공급시설	0.18	0.018
				수질오염방지시설	0.23	0.023
				폐기물처리시설	0.10	0.010
				공공청사	0.08	0.008
				의료시설	0.10	0.010
		기반시설	0.12	도로	0.56	0.022
				철도	0.15	0.006
교량	0.29			0.011		
인공지반	0.23			0.016		
취약성	0.15	토지	0.45	지하공간	0.35	0.024
				맨홀분포	0.42	0.028
				일반주택	0.31	0.016
		노후건축물	0.35	연립주택	0.25	0.013
				아파트	0.05	0.003
				주택외 건물	0.21	0.011
				무벽건물	0.18	0.009
				유수지	0.24	0.007
		홍수대비시설	0.20	하수	0.10	0.003
				우수관거	0.35	0.011
				빗물펌프장	0.31	0.009

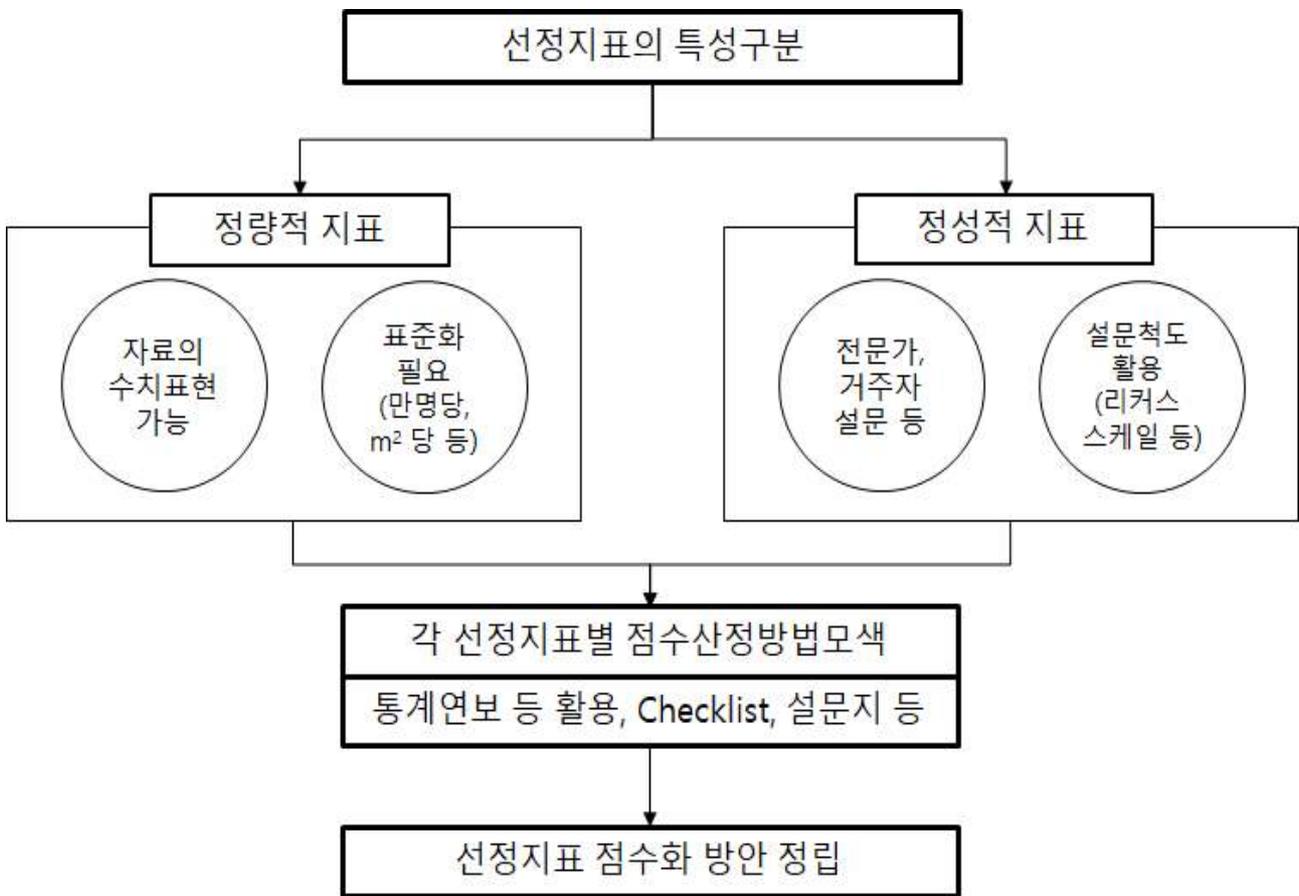


[그림 4-1] 도시침수위험지역 선정을 위한 지표의 종합가중치 분석결과

3. 적용(점수화)방안 제시

1) 도시침수위험지역 선정을 위한 지표 점수산정 개요

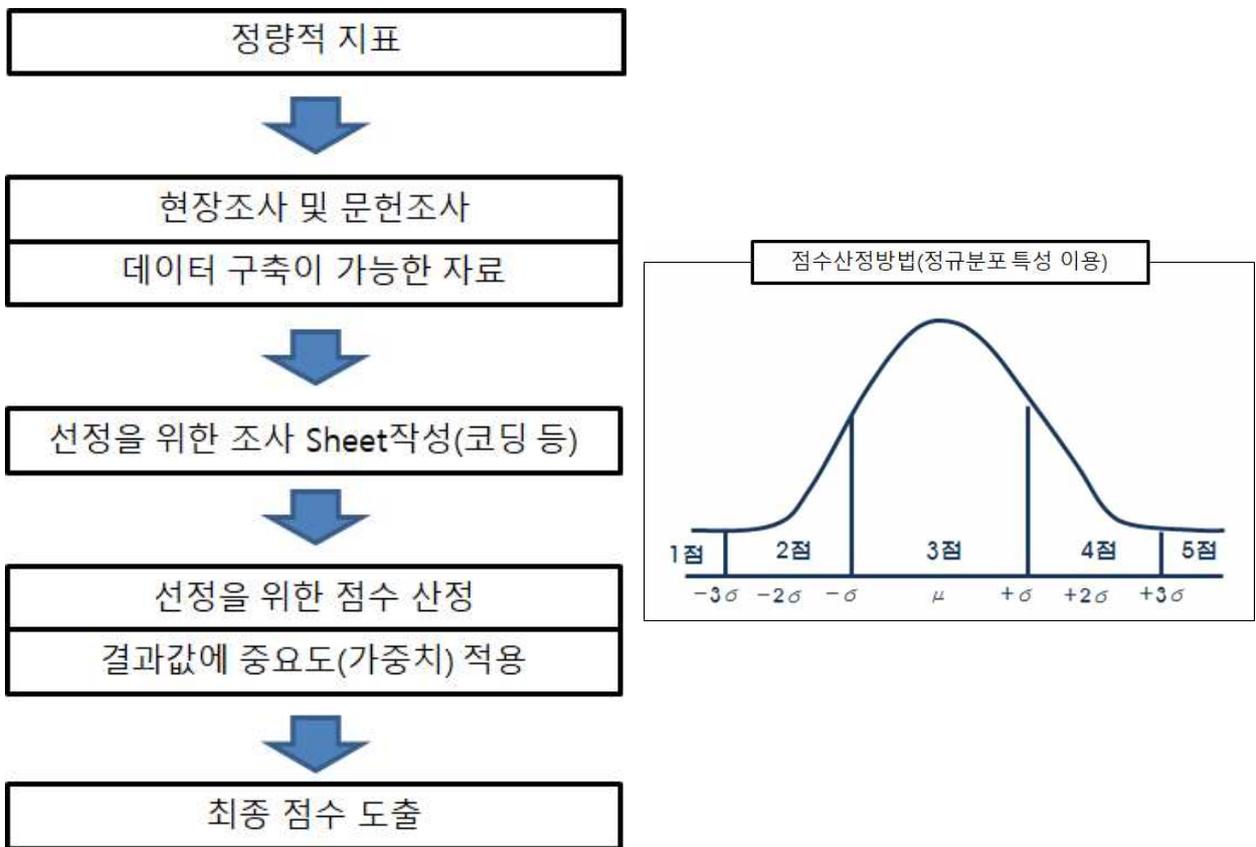
- 도시침수위험지역 선정을 위하여 우선 선정지표의 특성을 정량적 지표와 정성적 지표로 구분하고, 지표특성별로 조사방법을 세분화 할 필요가 있음
 - 조사한 지표에 대한 정량, 정성적 데이터 표준화가 필요함



[그림 4-2] 도시침수위험지역 선정을 위한 지표 점수화 방안

2) 정량적 지표 점수산정 방안

- 도시침수위험지역 선정을 위한 선정지표 중 정량적 지표는 대부분의 지표등이 해당됨
 - 선정지표의 점수산정을 위해 현장조사 및 문헌조사(통계연보 등)을 통한 결과를 정규분포 특성을 감안하여 평균(μ)를 기준으로 $\pm\sigma, \pm2\sigma, \pm3\sigma$ 에 해당하는 범위를 기준으로 구분하여 점수 산정이 가능함



[그림 4-3] 정량적 선정지표의 점수화 방안 및 과정

3) 정성적 지표 점수산정방안

- 도시침수위험지역 선정을 위한 선정지표 중 정성적 지표는 정량적 지표와 달리 객관적인 수치로 수집하기 어려운 자료들임
 - 이는 전문가 또는 거주자들의 위험도, 만족도 등을 설문조사 등을 통해 척도화시켜 사용함



[그림 4-4] 정성적 선정지표의 점수화 방안 및 과정

제1절 연구요약

- 최근 지구온난화를 비롯한 기상이변으로 인해 과거와는 매우 다른 양상의 재난이 자주 발생함에 따라 재난예방 및 대비가 더욱 더 어려워지고 있음
 - 특히 도시 내에서의 침수사례는 반복적으로 발생하고 있으며, 최근 침수사고로 인해 사망자 발생 등 인명피해로 까지 이어지고 있는 상황임
- 이에 도시침수 발생시 위험지역은 어디이며, 어떤 특성을 갖는 곳이 쉽게 침수의 위험에 노출되는지 등에 대해 살펴볼 필요가 있으며, 그에 대한 피해 저감방안은 무엇인지 고민이 필요함
- 본 연구에서는 이를 위해 도시침수의 위험지역에 대한 선정기준을 마련하고 중요도 분석을 통해 선정기준의 객관적 증명을 실시하였으며, 그 내용은 다음과 같음
- 먼저 선행연구 검토를 통해 도시침수위험지역 선정 지표 검토 및 분류작업을 실시하였음
 - 이에 따라 1차적으로 3개 대분류(재해특성·노출특성·취약성) 및 소분류(11개)에 따라 총 48개의 지표로 분류
- 1차 선정된 지표들에 대해 통계적 분석방법 중 일표본 t-test를 실시하여 선정된 지표들의 적합성 검증 실시
 - 1=매우 부적합, 2=부적합, 3=보통, 4=다소 적합, 5=매우 적합으로 구성

- 재해특성과 관련된 선정지표의 적합성 검증 결과, 재해특성에서는 하천면적 및 길이를 제외한 총 13개 지표가 선정
 - 노출특성에서는 18개 지표, 취약성에서는 12개 지표가 모두 최종지표로 반영되었음
- 최종선정된 지표들에 대해 중요도 및 우선순위 도출 과정을 거침
 - 중요도 분석을 위해 전문가 설문조사 실시
 - 중요도 분석 결과, 최종적으로 침수이력(0.087), 침수피해금액(0.067), 이재민수(0.062), 일최대강수량(0.062) 순으로 나타났으며, 실질적인 침수이력과 피해관련 지표가 가장 중요한 것으로 도출되었음
- 이를 실제 적용하기 위해서는 도시침수위험지역 선정을 위한 지표 점사산정이 필요하며, 정량적·정성적 데이터의 표준화가 필요함
 - 이에 대한 점수산정 방안(정량적·정성적)에 대해 제시하였음

제2절 정책제언

- 이처럼 본 연구를 통해 다음과 같은 세가지의 정책적 개선방안을 제시하고자 함
- 첫째, 도시내 침수피해 등 재난예방을 위한 지자체-주민간 거버넌스 구축이 필요함
 - 결국, 도시내 침수사고가 발생하게 되면 신속한 전파와 대피가 필요하며, 이의 복구 과정에서도 지자체와 주민간 협력체계가 보다 빠른 재난상황 해결에 중요한 역할을 하게 됨
 - 이에 따라 관련 전문가 및 주민, 각종 NGO 및 지자체가 함께 참여하고 의견교환 및 수렴이 이루어질 수 있는 장치를 마련하는 것이 중요함
- 둘째, 안전한 대피를 위한 사전 대비체계 마련이 필요함
 - 중요도 분석을 통해서 나타난 결과, 침수흔적도, 침수예상도, 피해이력 등 실질적인 침수이력 및 피해관련 지표가 매우 중요한 것으로 나타난 바 있음
 - 이에 더해 평상시 주민대피지도 등을 작성하여 주민들에게 주지시킴으로써 재난발생 시 신속하고 효율적으로 대피가 가능하도록 사전 대비가 필요함

- 마지막으로, 최근 빈발하는 지하공간에 대한 침수피해에 대해서도 과거 피해사례 검토를 통해 반복적인 피해가 발생하지 않도록 지속적인 개선작업이 이루어질 필요가 있음
 - 지하공간의 침수피해는 설계용량의 한도초과, 단시간에 유입되는 우수의 처리한계, 펌프 등과 같은 침수방지를 위한 각종 설비의 노후화 및 지속적 점검 미실시 등 대부분이 인재에서 비롯되는 경우가 대부분
 - 또한 지하차도와 같이 일상적 상황하에서 차량정체로 인해 위험정보의 수신 곤란, 대피의 어려움 등이 복합적으로 발생하여 사망사고로 이어진 케이스가 다수 발생하고 있으므로 지하차도 시설물의 구조적 파악과 대피시설 개선을 통해 긴급하고 위급한 상황시 신속히 대피할 수 있는 여건을 마련할 필요가 있음
- 자연재해는 발생하지 않던 상황이 발생하는 것보다 매년 반복적으로 발생하는 경우가 대부분이며, 지속적으로 이를 예방하고 대비하고 있음에도 그 피해는 늘 반복되어 나타나고 있음
 - 재난 발생 자체를 억제하거나 막을 수는 없지만, 그로 인한 피해는 그동안의 재난 발생 패턴이나 양상 등을 파악하고, 우리 주위의 환경에서 피해에 취약한 요소가 무엇인지를 평소 파악하고 개선해가는 것이 그나마 반복적으로 발생하는 재난에 가장 유효한 대처방안일 것임
 - 하지만, 지하차도 침수사례와 같이 각각의 시설물의 구조적 파악이나 개선 등 조금만 신경쓰고 관심을 갖고서 접근한다면 충분히 큰 비용과 기간이 소요되지 않고도 충분히 예방 및 피해저감 효과를 나타낼 수 있는 여지가 충분하다고 판단됨
- 따라서 반복적으로 발생하는 피해를 최소화 혹은 그 자체를 제거하기 위한 노력을 우리 주위에서 찾아내고 개선해 나가려는 노력이 필요함

참고문헌

- 김기욱, [부산시 침수피해 원인과 대책] 침수피해 저감 위해 도시배수체계 능력 극대화과 저영향 개발 및 침수지도 데이터베이스 도입 필요, 2017.12
- 이상은·이병재·이종소·김슬예, 도시침수지역 및 영향권 분석을 통한 재난안전 정책 시스템 구현 (Ⅰ,Ⅲ) 2016.12~2017.12
- 조재용·이한승·강호선, ANN을 이용한 도시침수 한계강우량 추정모델 개발에 관한 연구, 대한토목학회 학술대회, 2020.10
- 이은석, 건축물 정보를 활용한 도시침수 취약성 진단방법 개발, 한국기후변화학회지, 2020.2
- 박기용·오후·전원식·이의훈, 도시공간적 요인에 의한 침수피해의 영향분석, 한국산학기술학회 논문지, 2020.9
- 이상은·이종소·김슬예, 도시침수 고위험지역 선정을 위한 AHP-PROMETHEE 연계, 국토연구, 2017.9
- 여성준·이창현, 시나리오별 부산시 연안 침수 분석 및 피해규모 산정 연구, IDI 도시연구, 2017.6
- 이상은, 실효성 있는 도시방재계획을 위한 도시침수 예방대책 지원시스템 활용방향, 국토정책 Brief, 2017.8
- 강정은·이명진, 인공신경망을 활용한 서울시 도시기반시설 침수위험지역 분석, 대한토목학회논문집, 2015.8
- 주영하·권영상·박정환, 호우·태풍으로 인한 건축물 및 시설물 피해 집계항목의 구성체계상 문제점 분석 및 개선방안 연구, 국토계획, 2017.6
- 박완용·원제무, 교통정온화사업 평가체계 개발에 관한 연구, 대한토목학회논문집, 2017.7
- 이대중, 우리나라 대도시의 도시성장관리 평가 연구, 한양대학교 박사학위논문, 2015.2
- 김형규, 고속도로 휴게시설 이용자 측면의 서비스 평가지표 개발, 한양대학교 석사학위논문, 2011.2

부 록

부록 1. 선정지표 개발을 위한 적합성 검증조사 설문지

도시침수지역 선정을 위한 지표 적합성 조사

안녕하십니까? 충남연구원에서는 도시침수지역 선정을 위한 지표 적합성들을 조사하고 있습니다. 귀하께서 응답해 주시는 내용은 통계법 제13조, 제14조에 의거하여 절대 비밀이 보장되고, 통계적인 자료 분석용으로만 활용되며 그 이외의 목적으로 사용되는 일은 전혀 없습니다.

2021년 11월

* 연구기관 : 충남연구원 재난안전연구센터

* 담당자 : 박근오 센터장

* 연락처 : 010-3337-XXXX

A. 설문응답자 개요

A-1 귀하의 성별은 무엇입니까?

- ① 남자 ② 여자

A-2 귀하의 나이는 몇 세입니까?

- ① 20세 미만 ② 20~29세 ③ 30~39세 ④ 40~49세
⑤ 50세 이상

A-3 귀하의 직업은 어떻게 되십니까?

- ① 학계 ② 관련분야 회사 ③ 공무원
④ 연구원 ⑤ 기타

A-4 귀하의 업무분야의 경력은 어떻게 되십니까?

- ① 5년 미만 ② 5년이상~10년미만 ③ 10년이상~ 15년미만
④ 15년이상~20년미만 ⑤ 20년 이상

A-5 수당지급을 위한 조사

성명	연락처	이메일

B. 선행연구를 통한 도시침수지역 선정지표 종합

○ 선행연구를 통한 도시침수지역 선정지표는 다음과 같습니다.

구분	항목	지표	
재해특성	강우	강우빈도(100년) 강우빈도(30년)	일최대강수량 집중강우일수
	지형	경사도 평균고도 하천인접성 토양배수	지질 지형곡률 하천면적 및 길이
	피해	침수피해금액 이재민수	침수이력
노출특성	토지이용	주거지역 상업지역	공업지역 오픈스페이스
	인구특성	인구밀도 성별	고령자
	경제특성	빈곤(기초수급자, 차상위계층 등) 직업 지역총생산	차량 사업체
	보호대상시설	전기가스공급시설 물공급시설 수질오염방지시설	폐기물처리시설 공공청사 의료시설
	기반시설	도로 철도	교량
취약성	토지	인공지반 지하공간	맨홀분포
	노후 건축물	일반주택 연립주택 아파트	주택외 건물 무벽건물
	홍수대비시설	유수지 하수	우수관거 빗물펌프장

C. 선정지표 적합성 검증

◎ 재해 특성

구분	항목	지표	적합성				
			매우 부적합	다소 부적합	보통	다소 적합	매우 적합
재해특성	강우	강우빈도(100년)	①	②	③	④	⑤
		강우빈도(30년)	①	②	③	④	⑤
		일최대강수량	①	②	③	④	⑤
		집중강우일수	①	②	③	④	⑤
	지형	경사도	①	②	③	④	⑤
		평균고도	①	②	③	④	⑤
		하천인접성	①	②	③	④	⑤
		토양배수	①	②	③	④	⑤
		지질	①	②	③	④	⑤
		지형곡률	①	②	③	④	⑤
	피해	하천면적 및 길이	①	②	③	④	⑤
		침수피해금액	①	②	③	④	⑤
		이재민수	①	②	③	④	⑤
		침수이력	①	②	③	④	⑤

○ 재해특성 관련 선정지표에 대한 자유로운 의견 부탁드립니다.(자료수집 여부, 추가적인 지표 등)

◎ 노출 특성

구분	항목	지표	적합성				
			매우 부적합	다소 부적합	보통	다소 적합	매우 적합
노출특성	토지이용	주거지역	①	②	③	④	⑤
		상업지역	①	②	③	④	⑤
		공업지역	①	②	③	④	⑤
		오픈스페이스	①	②	③	④	⑤
	인구특성	인구밀도	①	②	③	④	⑤
		성별	①	②	③	④	⑤
		고령자	①	②	③	④	⑤
	경제특성	빈곤(기초수급자, 차상위계층 등)	①	②	③	④	⑤
		직업	①	②	③	④	⑤
		지역총생산	①	②	③	④	⑤
		사업체	①	②	③	④	⑤
		차량	①	②	③	④	⑤
	보호대상시설	전기가스공급시설	①	②	③	④	⑤
		물공급시설	①	②	③	④	⑤
		수질오염방지시설	①	②	③	④	⑤
		폐기물처리시설	①	②	③	④	⑤
		공공청사	①	②	③	④	⑤
		의료시설	①	②	③	④	⑤
	기반시설	도로	①	②	③	④	⑤
		철도	①	②	③	④	⑤
		교량	①	②	③	④	⑤

○ 노출특성 관련 선정지표에 대한 자유로운 의견 부탁드립니다.(자료수집 여부, 추가적인 지표 등)

◎ 취약성 특성

구분	항목	지표	적합성				
			매우 부적합	다소 부적합	보통	다소 적합	매우 적합
취약성 특성	토지	인공지반	①	②	③	④	⑤
		지하공간	①	②	③	④	⑤
		맨홀분포	①	②	③	④	⑤
	노후 건축물	일반주택	①	②	③	④	⑤
		연립주택	①	②	③	④	⑤
		아파트	①	②	③	④	⑤
		주택외 건물	①	②	③	④	⑤
		무벽건물	①	②	③	④	⑤
	홍수대비시 설	유수지	①	②	③	④	⑤
		하수	①	②	③	④	⑤
		우수관거	①	②	③	④	⑤
		빗물펌프장	①	②	③	④	⑤

○ 취약성특성 관련 선정지표에 대한 자유로운 의견 부탁드립니다.(자료수집 여부, 추가적인 지표 등)

〈 응답해 주셔서 감사합니다〉

B. AHP 분석을 위한 전문가 설문조사

※ 도시침수위험지역 선정에 위한 지표는 다음과 같습니다.

<표 2-1> <표> 도시침수 위험지역 선정에 위한 지표

선정항목		선정지표	선정항목	선정지표	
재해 특성	강우	강우빈도(100년)	토지 이용	주거지역	
		강우빈도(30년)		상업지역	
		일최대강수량		공업지역	
		집중강우일수		오픈스페이스	
	지형	경사도	인구 특성	인구밀도	
		평균고도		성별	
		하천인접성		고령자	
		토양배수		경제 특성	빈곤 (기초수급자,차상위계층등)
		지질	직업		
		지형곡률	지역총생산		
	피해	하천면적 및 길이	노출 특성	사업체	
		침수피해금액		차량	
		이재민수		보호 대상 시설	전기가스공급시설
	침수이력	물공급시설			
	인공지반	수질오염방지시설			
취약 성	토지	지하공간	기반 시설	폐기물처리시설	
		맨홀분포		공공청사	
		일반주택		의료시설	
	노후 건축물	연립주택	도로	도로	
		아파트			철도
		주택외 건물			
		무벽건물			
	홍수대 비시설	유수지			
		하수			
		우수관거			
		빗물펌프장			

B-1. 도시침수위험지역을 선정하는데 필요한 “재해특성” 구성 요소 중에서 중요하다고 생각되는 지표는 어느 것입니까?

(* 3개의 항목을 각각 순위를 정하고 작성하면 훨씬 수월해집니다.)

항목	← 매우강하게 더 중요								동등하게 중요	매우강하게 더 중요 →								항목
	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	
강우	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	지형
강우	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	피해
지형	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	피해

B-2. 도시침수위험지역을 선정하는데 필요한 “노출특성” 구성 요소 중에서 중요하다고 생각되는 지표는 어느 것입니까?

(* 5개의 항목을 각각 순위를 정하고 작성하면 훨씬 수월해집니다.)

항목	← 매우강하게 더 중요								동등하게 중요	매우강하게 더 중요 →								항목
	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	
토지이용	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	인구특성
토지이용	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	경제특성
토지이용	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	보호대상시설
토지이용	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	기반시설
인구특성	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	경제특성
인구특성	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	보호대상시설
인구특성	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	기반시설
경제특성	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	보호대상시설
경제특성	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	기반시설
보호대상시설	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	기반시설

B-3. 도시침수위험지역을 선정하는데 필요한 “취약성” 구성 요소 중에서 중요하다고 생각되는 지표는 어느 것입니까?

(* 3개의 항목을 각각 순위를 정하고 작성하면 훨씬 수월해집니다.)

항목	← 매우강하게 더 중요								동등하게 중요	매우강하게 더 중요 →								항목
	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	
토지	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	노후건축물
토지	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	홍수대비시설
노후건축물	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	홍수대비시설

C-1. 도시침수위험지역을 선정하는데 필요한 “강우” 구성 요소 중에서 중요하다고 생각되는 지표는 어느 것입니까?

(* 4개의 항목을 각각 순위를 정하고 작성하면 훨씬 수월해집니다.)

항목	← 매우강하게 더 중요								동등하게 중요	매우강하게 더 중요 →								항목
	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	
강우빈도(100년)	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	강우빈도(30년)
강우빈도(100년)	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	일최대강수량
강우빈도(100년)	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	집중강우일수
강우빈도(30년)	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	일최대강수량
강우빈도(30년)	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	집중강우일수
일최대강수량	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	집중강우일수

C-2. 도시침수위험지역을 선정하는데 필요한 “지형” 구성 요소 중에서 중요하다고 생각되는 지표는 어느 것입니까?

(* 6개의 항목을 각각 순위를 정하고 작성하면 훨씬 수월해집니다.)

항목	← 매우강하게 더 중요								동등하게 중요	매우강하게 더 중요 →								항목
	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	
경사도	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	평균고도
경사도	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	하천인접성
경사도	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	토양배수
경사도	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	지질
경사도	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	지형곡률
평균고도	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	하천인접성
평균고도	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	토양배수
평균고도	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	지질
평균고도	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	지형곡률
하천인접성	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	토양배수
하천인접성	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	지질
하천인접성	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	지형곡률
토양배수	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	지질
토양배수	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	지형곡률
지질	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	지형곡률

C-3. 도시침수위험지역을 선정하는데 필요한 “피해” 구성 요소 중에서 중요하다고 생각되는 지표는 어느 것입니까?

(* 3개의 항목을 각각 순위를 정하고 작성하면 훨씬 수월해집니다.)

항목	← 매우강하게 더 중요								동등하게 중요	매우강하게 더 중요 →								항목
	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	
침수피해금액	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	이재민수
침수피해금액	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	침수이력
이재민수	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	침수이력

C-4. 도시침수위험지역을 선정하는데 필요한 “토지이용” 구성 요소 중에서 중요하다고 생각되는 지표는 어느 것입니까?

(* 4개의 항목을 각각 순위를 정하고 작성하면 훨씬 수월해집니다.)

항목	← 매우강하게 더 중요								동등하게 중요	매우강하게 더 중요 →								항목
	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	
주거지역	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	상업지역
주거지역	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	공업지역
주거지역	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	오픈스페이스
상업지역	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	공업지역
상업지역	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	오픈스페이스
공업지역	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	오픈스페이스

C-5. 도시침수위험지역을 선정하는데 필요한 “인구특성” 구성 요소 중에서 중요하다고 생각되는 지표는 어느 것입니까?

항목	← 매우강하게 더 중요								동등하게 중요	매우강하게 더 중요 →								항목
	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	
인구밀도	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	고령자

C-6. 도시침수위험지역을 선정하는데 필요한 “경제특성” 구성 요소 중에서 중요하다고 생각되는 지표는 어느 것입니까?

(* 3개의 항목을 각각 순위를 정하고 작성하면 훨씬 수월해집니다.)

항목	← 매우강하게 더 중요								동등하게 중요	매우강하게 더 중요 →								항목
	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	
빈곤	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	지역총생산
빈곤	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	사업체
지역총생산	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	사업체

C-7. 도시침수위험지역을 선정하는데 필요한 “보호대상시설” 구성 요소 중에서 중요하다고 생각되는

지표는 어느 것입니까?

(* 6개의 항목을 각각 순위를 정하고 작성하면 훨씬 수월해집니다.)

항목	← 매우강하게 더 중요								동등하게 중요	매우강하게 더 중요 →								항목
	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②		②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	
전기공급시설	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	물공급시설
전기공급시설	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	수질오염방지시설
전기공급시설	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	폐기물처리시설
전기공급시설	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	공공청사
전기공급시설	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	의료시설
물공급시설	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	수질오염방지시설
물공급시설	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	폐기물처리시설
물공급시설	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	공공청사
물공급시설	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	의료시설
수질오염방지시설	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	폐기물처리시설
수질오염방지시설	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	공공청사
수질오염방지시설	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	의료시설
폐기물처리시설	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	공공청사
폐기물처리시설	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	의료시설
공공청사	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	의료시설

C-8. 도시침수위험지역을 선정하는데 필요한 “기반시설” 구성 요소 중에서 중요하다고 생각되는 지표는 어느 것입니까?

(* 3개의 항목을 각각 순위를 정하고 작성하면 훨씬 수월해집니다.)

항목	← 매우강하게 더 중요								동등하게 중요	매우강하게 더 중요 →								항목
	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②		②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	
도로	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	철도
도로	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	교량
철도	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	교량

C-9. 도시침수위험지역을 선정하는데 필요한 “토지” 구성 요소 중에서 중요하다고 생각되는 지표는 어느 것입니까?

(* 3개의 항목을 각각 순위를 정하고 작성하면 훨씬 수월해집니다.)

항목	← 매우강하게 더 중요								동등하게 중요	매우강하게 더 중요 →								항목
	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	
인공지반	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	지하공간
인공지반	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	맨홀분포
지하공간	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	맨홀분포

C-10. 도시침수위험지역을 선정하는데 필요한 “노후 건축물” 구성 요소 중에서 중요하다고 생각되는 지표는 어느 것입니까?

(* 5개의 항목을 각각 순위를 정하고 작성하면 훨씬 수월해집니다.)

항목	← 매우강하게 더 중요								동등하게 중요	매우강하게 더 중요 →								항목
	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	
일반주택	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	연립주택
일반주택	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	아파트
일반주택	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	주택외 건물
일반주택	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	무벽건물
연립주택	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	아파트
연립주택	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	주택외 건물
연립주택	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	무벽건물
아파트	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	주택외 건물
아파트	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	무벽건물
주택외 건물	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	무벽건물

C-11. 도시침수위험지역을 선정하는데 필요한 “홍수대비시설” 구성 요소 중에서 중요하다고 생각되는 지표는 어느 것입니까?

(* 4개의 항목을 각각 순위를 정하고 작성하면 훨씬 수월해집니다.)

항목	← 매우강하게 더 중요								동등하게 중요	매우강하게 더 중요 →								항목
	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	
유수지	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	하수
유수지	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	우수관거
유수지	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	빗물펌프장
하수	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	우수관거
하수	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	빗물펌프장
우수관거	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	빗물펌프장

♣ 바쁘신 중에도 불구하고 설문에 성심 성의껏 해주셔서 진심으로 감사드립니다.

충남의 도시침수 위험지역 분석 및 피해 저감방안 연구

수행기관 : 충남연구원 재난안전연구센터

연구기간 : 2021. 5. ~ 2021. 12.

연구책임 : 박근오 충남연구원 전임책임연구원 연구총괄
