

# 용도지역별 폭우재해 취약지역의 재해예방형 도시계획 수립방안: 창원시를 중심으로\*

A Study on Establishing Urban Planning Methods for Disaster Prevention in Use Areas Vulnerable to Heavy Rainfall Disasters: Focus on Changwon City

최유라 Choi Yura\*\*, 한우석 Han WooSuk\*\*\*

## Abstract

As the types and damage patterns of climate change disasters such as heavy rainfall disasters become more diverse and complex, urban planning that takes disaster prevention into consideration becomes more important. Recently, the establishment of a disaster prevention plan has been emphasized in 'Urban or -gun master plans', but there is a lack of specific standards for urban planning that considers disaster prevention. Accordingly, the purpose of this study is to propose establishing a method for urban planning that considers the prevention of heavy rainfall disasters based on a review of heavy rainfall disaster considerations and the elements of urban planning to prevent disasters based on the characteristics of the use area.

As a result of this study, Changwon City, the case study area, applied disaster prevention facilities to reduce the damage caused by topographical vulnerabilities, and identified the main causes of aggravated flooding damage as being impervious areas and underground roads in terms of infrastructure. Furthermore, this study found that different disaster prevention measures should be applied for each use area in terms of buildings. This suggests that strengthened standards should be applied to different measures for each use area.

Keywords: Heavy Rainfall, Urban Plan, Use Area, Case Study, Prevention Measures

## 1. 서론

### 1. 연구의 필요성 및 목적

최근 기후변화로 인해 국지성 집중호우, 장마·가뭄 동시 발생 등 특정 지역에 집중적이고 지역 간 차이가

큰 극한 기후현상과 이로 인한 자연재난 발생이 증가하고 있다. 이상기후 현상을 저감하기 위해 환경, 도시, 산업 등 각 분야에서 기후변화 적응정책이 시행되고 있으나, 재해예방을 위해서는 적응정책뿐만 아니라 고밀화·노후화된 도시의 재해취약요인을 저감하는 대책이 함께 고려되어야 한다.

\* 본 연구는 국토교통과학기술진흥원 국토교통지역혁신기술개발사업의 지원을 받아 수행하였음(21RITD-C161506-01).

\*\* 국토연구원 도시연구본부 책임연구원(제1저자) | Associate Research Fellow, Urban Research Division, Korea Research Institute for Human Settlements | Primary Author | yrchoi@krihs.re.kr

\*\*\* 국토연구원 도시연구본부 연구위원(교신저자) | Research Fellow, Urban Research Division, Korea Research Institute for Human Settlements | Corresponding Author | wshan@krihs.re.kr

2022년 수도권에 인명·재산 피해를 발생시킨 집중 호우는 지역의 방재성능 목표 강우량 이상의 국지성 극한기후 현상이 원인이었지만, 수문 지형·건축물 취약요인의 복합적인 영향에 의한 것으로 기존의 수자원 관리 대책 외에 도시계획적 대책이 필요함을 보여주었다(김준성, 이종소, 표희진, 구형수 외 2022). 도시계획에서 방재는 다양한 이해관계자와 법률이 복합적으로 관여하고 있어 도시계획 수립단계부터 도시의 토지이용과 기반시설, 건축물 등의 통합적인 대책과 재해예방형 도시계획이 필요하다(심우배, 김결, 지승희, 김학열 외 2010; 윤재봉, 권태정, 2013; 손헌, 2015; 이일희, 2020). 폭우재해는 토지이용계획과 재해취약성 간에 밀접한 관련이 있고(APFM, WMO and GWP et al. 2016, 2), 설치된 인프라 유형 또는 건축물의 밀도에 따라 피해유형 및 규모 등 영향이 달라질 수 있다(UNDP 2004, 60; HNFMSC 2006, 37). 이에 서울시에서는 반복적인 수해 예방을 위해 도시관리계획 수립이 필요한 경우, 용도지역을 조정하여 취약요인을 저감하도록 규정하고 있다(서울특별시 2019, 6). 이와 같이 재해예방형 도시계획은 도시계획 수립단계부터 용도지역을 중요하게 고려하고, 토지이용, 기반시설, 건축물을 종합적으로 다뤄야 한다.

국토교통부는 2012년 6월에 2011년 우면산 산사태와 매년 반복되는 폭우재해 피해 등을 계기로 도시군기본계획과 도시·군관리계획 등의 도시계획 수립 시에 도시 기후변화 재해취약성분석(이하 재해취약성분석)을 실시하고, 그 결과와 방재지구 가이드라인을 기반으로 재해저감 대책을 수립하도록 도시·군기본계획 수립지침을 개정(2023.7.18.)하였다. 개정안은 도시·군기본계획 수립 전 방재계획에 대해 재해취약성분석 결과와의 연계성 및 내용의 구체성 등의 자문을 거치도록 하여 재해예방형 도시계획에 대한 중요성이 높아졌다. 그러나 도시계획상 방재계획은 선언적 내용

만 반영되어 있고(국토교통부 2023.2.23.), 재해취약지역이 도시계획과 연계되지 못하고 있으며, 재해예방형 도시계획 우선수립대상지역을 선정하기 어려운 실정이다.

재해예방형 도시계획 관련 선행연구는 주로 방재 관련 국내외 법·제도 및 도시계획 사례 분석을 통한 재해예방형 도시계획제도 개선 연구(김현주, 김태현, 김미선, 김영주 2011; 손헌 2015; 이병재, 김명수, 김수진, 차은혜 2016; 김슬예, 김미은, 김창현, 이상은 2017), 재해취약성분석 결과에 기반한 도시방재 적용 방안에 관한 연구(심우배, 김결, 지승희, 김학열 외 2010; 이일희 2020), 재해취약지역 선정을 위한 재해취약성분석제도 개선방안에 관한 연구(홍재주, 임호중, 함영한, 이병재 2015; 김지숙, 김호용 2017; 박종영, 이정식, 이진덕, 이원우 2018; 이소영, 권용석 2022)가 진행되었다. 이 연구들에서는 지역특성을 고려한 재해예방형 도시계획 수립과 적용의 필요성이 언급되었지만, 지역별 재해에 취약한 특성과 대책을 제시한 연구는 진행되지 않았다.

이러한 배경에서 본 연구는 용도지역의 특성에 따른 폭우 취약특성을 고찰하고, 폭우 재해예방형 도시계획 요소를 바탕으로 폭우재해 취약지역의 문제점을 고려한 폭우 재해예방형 도시계획 수립방안을 제안하는 것을 목적으로 한다.

## 2. 연구의 내용 및 범위

본 연구에서는 재해예방형 도시계획과 관련된 법·제도, 용도지역별 폭우재해에 취약한 특성, 재해예방형 도시계획 요소를 고찰하였고, 사례지역을 대상으로 현황분석을 통해 지역특성에 맞는 재해예방형 도시계획 방안을 제안하고자 한다.

자연재해 분야에서 취약지역이란 자연재난으로

침수 및 인명피해 발생 가능성이 있는 지역(서정표, 조원철 2014, 19; 김철, 김석규 2003, 176)으로 정의되고 있다. 본 연구에서 폭우재해 취약지역이란 폭우로 인해 침수가 발생하면 인명 및 재산 피해가 발생할 수 있는 지역으로 정의하였다. 이러한 폭우재해 취약지역은 과거 폭우재해 피해이력이 있어 침수 이후 개선 사항을 파악할 수 있고, 미래에 침수피해가 우려되어 사전 예방이 필요한 지역을 선정하여 연구를 진행하였다.

지역적 범위는 최근 10년간 주거·상업·공업·녹지 등 도시지역에서 모두 폭우재해가 발생했고, 2014년 국토교통부의 재해예방형 도시계획 수립대상지<sup>1)</sup>로 선정되었으며, 도시침수 대응사업을 추진 중인 창원시를 대상으로 한정하였다.

## II. 이론적 배경

### 1. 재해예방형 도시계획 관련 법·제도

재난의 유형과 피해양상이 다양화·복합화되어 가는 상황에서 도시 계획단계부터 재해취약지역에 대한 예방대책 마련이 필요하다. 이에 정부는 도시·군기본계획 수립 시에 도시 계획단계부터 재해취약지역 발굴 및 대책 수립을 지원하는 재해취약성분석을 도입하여 제도화하였다.

재해취약성분석은 2015년부터 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률(이하 국토계획법)」 제20조 및 제27조에 의해 도시·군기본(관리)계획 수립 및 변경 시 기초조사로 실시하고 있다. 재해취약성분석 결과는 취약지역(I, II 등급)에 대한 세부 대책을 마련하도록 권고하지만, 도시·군기본계획에는 재해유형별 취약성 등

급에 관한 내용만 포함되어 있고, 결과에 따른 대책은 제시되지 않고 있다. 결과 또한 부문별 대책의 방재·방범 및 안전 부분에만 수록되어 있어, 지침상 각 분야 계획과의 연계성이 확보되지 않아 하위계획이나 법령에 반영되지 않는다는 한계가 있다.

이에 국토교통부(2023.07.18.)는 재해취약성분석과 재해예방형 도시계획의 법·제도 간 연계성을 강화하기 위하여 도시·군계획 수립 시 재해취약성분석 결과와 방재지구 가이드라인을 바탕으로 취약등급별, 재해유형별로 부문별 재해저감 대책을 구체적으로 수립하고 전문기관의 자문을 거치도록 개정하였다. 또한, 재해취약성분석의 공간적 정확도 개선을 위해 폭우 재해취약성분석의 공간단위를 집계구 단위에서 100×100m 격자 단위로 변경하였다(국토교통부 2024.1.19.). 격자단위 분석은 취약시설물의 위치에 기반한 세밀한 결과를 도출할 수 있지만, 하천 등 위험지역과의 인접도에 따라 I 등급 취약지역이 증가하는 현상이 발생할 수 있다(홍재주, 임호중, 함영한, 이병재 2015).

이러한 정부 정책에 맞춰 재해취약성분석 결과로 도출된 광범위한 취약지역에 재해예방형 도시계획 우선수립대상지역을 선정할 수 있는 추가적인 기준 마련이 필요하다. 이를 위해서는 재해취약성분석 결과의 취약지역 중 재해예방형 도시계획 수립지역 선정 방법과 지역특성을 고려한 도시계획 방안이 마련될 필요가 있다.

### 2. 용도지역의 재해예방형 도시계획의 필요성

폭우재해는 토지이용, 인프라, 건축물의 밀도 등의 특성에 따라 피해가 가중되거나 저감되는 특성이 있다

1) 국토교통부는 2014년에 10년간의 재해 현황과 지자체의 개선 의지 등을 고려하여 창원시 등 10개 지자체를 재해예방형 도시계획 건설형 대상지로 선정함(국토교통부 2014.6.12.).

(UNDP 2004, 60; HNFMSC 2006, 67; APFM, WMO and GWP 2016). 도시지역의 폭우로 인한 침수피해는 단독주택지, 주거·상업혼재지, 녹지 및 오픈스페이스, 상업·업무시설지 등의 비율과 유의한 영향요인이 있고(신상영, 박창열 2014, 16), 용도지역의 건축면적 및 밀도 특성에 따라 동일한 규모의 재해가 발생해도 사회·경제적 피해가 다르게 나타난다(박기용, 정진호, 전원식 2017, 692). 박소연, 윤상훈(2017)의 연구에 따르면, 인구 및 시설이 밀집되어 있는 주거지역의 면적이 클수록 풍수해로 인한 피해가 클 수 있고, 공업 및 녹지지역은 면적이 클수록 외곽에 배치되거나 시설물이 넓게 배치되어 있어 그 피해가 작아질 수 있다. 따라서 폭우 재해예방형 도시계획은 토지이용 및 건축물의 용도·건폐율 등을 제한하는 용도지역 특성을 고려하는 것이 필요하다.

먼저, 주거지역은 토지이용 및 건축물 배치에 따라 생활기반시설 운영이 중단되거나 대피경로가 차단될 수 있고, 건축물의 밀도에 따라 재산피해 규모가 다르며, 인구밀도 및 취약계층 등 인구적 요인에 의해 대피 가능성에 영향을 받을 수 있다(HNFMSC 2006, 105). 주거지역의 침식과 건축물 손상을 최소화하기 위해 HNFMSC(2006)에서는 주거지역을 우수의 유속이 높은 곳에는 배치하지 않고, 식생배수로를 활용하여 유속을 조절해야 하며, 대피에 이용되는 도로는 침수가 예상되는 지역에서 먼 곳에 위치해야 함을 강조하였다.

상업지역은 인명피해 및 대피보다 생산 및 영업 중단, 재고 손실, 문서 분실 등 경제활동을 중단하거나 재고 침수 및 유출로 인한 공중보건 측면의 문제가 발생한다(Hong, David, Rotimi and Taiwo 2020, 15). 뉴욕주 사례연구에 따르면, 유통업체는 사무실, 창고 등의 공간이 혼재되어 있어 폭우재해로 홍수가 발생하면 물품이 손상될 수 있으며, 재고 손실과 공중보건

위험, 수질오염 등이 발생할 수 있다(NYC 2016, 52). 따라서 상업시설은 가능한 침수위험도가 낮은 곳에 배치해야 하지만, 필로티 구조 건축물 또는 지상층을 주차장으로 두는 경우에 한하여 침수위험도가 있는 곳에 상업건축물을 배치할 수 있다(ARMCANZ and SCARM 2000, 16; Hawkesbury City Council's Floodplain Risk Management Advisory Committee 2012, 37). 한편, 상업지역에서도 폭우재해에 취약한 학교, 공공시설, 병원, 복지시설 등은 시설의 기능을 연속하거나 취약 인구의 안전 확보를 위해 침수위험도가 낮은 지역에 위치해야 하는 것으로 제시되었다.

공업지역의 경우, 주거지역에 비해 대피가 원활할 수 있으나, 공업시설의 우수유출수에는 바이러스, 오염물질 등이 포함되어 있어 오염물질이 빗물에 의해 토양이나 지하수로 유출되어 토양과 지하수, 하천, 바다 등을 오염시킬 수 있다(HNFMSC 2006; NYC 2016). 공업지역의 산업단지 우수유출수를 관리하기 위하여 그린인프라가 대안이 될 수 있으나, 주변 토양, 지하수 등에 오염물질이 침투하지 않도록 설치장소를 고려해야 한다. 산업단지 내에서도 중금속, 오일, 화학물질 등 오염물질을 취급하는 구역에는 그린인프라를 배치하지 않고, 공정 및 저장구역 인근에 그린인프라를 배치하는 것이 필요하다(NYC 2016, 85). 또한, 산업단지가 하천, 강, 바다 등에 직접 접하는 경우, 지반에 토양침식으로 인한 건축물 구조적 결함이 발생할 수 있으므로, 하천변에 구조물을 설치하거나 자연피복을 배치하여 폭우재해로 인한 피해를 저감할 수 있다(NYC 2016, 57).

녹지지역은 인근지역 침수피해 예방을 위해 기존 녹지공간 등 자연 저류 및 여과 공간을 보존하거나, 체육시설 등 주민의 편의를 위한 시설을 설치하여 복합공간으로 활용할 수 있다(<표 1> 참조).

**표 1\_용도지역별 폭우재해 고려 사항**

용도지역	폭우재해 고려 사항
주거지역	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 우수의 유속이 높은 곳에는 배치 제한</li> <li>- 대피경로 확보를 위한 도로계획</li> <li>- 주거시설 침수피해 방지를 위한 건축물 배치 및 이격과 공간시설 계획</li> <li>- 취약계층 이용시설의 입지 제한</li> <li>- 생활기반시설의 침수피해 예방을 위한 건축구조 및 설비</li> </ul>
상업지역	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 생산 및 영업 중단을 방지하기 위해 침수 위험도가 낮은 곳에 배치</li> <li>- 침수위험이 있는 지역에는 필로티 구조 적용, 지상층 주용도 제한</li> <li>- 외부 유출 시 오염의 문제가 있는 자재가 외부로 노출되지 않도록 하는 건축구조 측면의 고려</li> <li>- 공공시설 및 취약계층 이용시설은 시설의 기능을 연속하거나 취약인구의 안전 확보를 위해 침수위험도가 낮은 지역에 배치</li> </ul>
공업지역	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 우수유출수로 인한 환경오염을 방지하기 위해 그린인프라, 저류시설 등의 방재시설 확충 및 배치장소 고려</li> <li>- 지반에 토양침식으로 인한 건축물 결함 예방을 위해 하천변에 구조물 또는 자연피복을 배치</li> <li>- 공업시설의 운영 중단을 방지하기 위해 건축구조 및 설비계획</li> </ul>
녹지지역	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존 녹지공간 등 자연 저류 및 여과공간 보존</li> <li>- 체육시설 등 주민의 편의를 위한 시설을 설치하여 복합공간으로 활용</li> </ul>

### 3. 폭우 재해예방형 도시계획 요소

재해예방형 도시계획은 기후변화 재해에 안전한 도시공간 조성을 위해 재해취약지역 및 주변지역에 대한 도시계획적 대책을 종합적으로 고려하여 수립하는 적응전략계획을 말한다. 이 계획은 재해취약성분석 결과 종합 재해취약성 I등급 또는 II등급 지역을 중심으로 도시의 토지이용, 기반시설, 건축물 등을 활용한

대책을 제시할 수 있다(이일희 2020, 33). 국토교통부(2014)는 방재지구 가이드라인에서 재해예방형 도시계획 대책을 <표 2>와 같이 제시하였으나, 이러한 대책을 토지이용, 기반시설, 건축물 등 여건이 다른 지역에 동일하게 적용하기에는 어려움이 있다. 따라서 재해취약지역의 위험요인을 파악하여 그에 맞는 예방대책을 마련하는 것이 중요하다. 또한, 재해취약성분석 결과와의 연계성을 확보하여 지자체의 개선의지를 높일 수 있어야 한다.

## III. 연구 방법

### 1. 조사 방법

조사대상지의 용도지역, 하천범람 취약지역, 침수피해지역 현황은 <표 3>의 데이터를 활용하여 현황을 조사하였다. 하천범람 취약지역의 경우, 하천범람지도는 자연재해저감 수립계획 등 지자체 방재업무를 수행하는 데 기초자료로 활용되는 공신력 있는 자료로 판단되어 하천범람 취약지역을 선정하는 데 활용하였다. 도시침수지도는 지선관로, 빗물펌프장 등의 우수배제시설의 유형에 따라 강우빈도 기준이 상이한 문제가 있어 본 연구의 분석자료에서 제외하고 연구를 진행하였다.

조사대상지의 도시지역 중 하천범람 취약지역과 침수피해지역으로 중첩된 지역은 폭우재해 취약지역으로 도출하였다. 또한, 폭우재해 취약지역으로 도출된 지역 중 용도지역별로 기반시설과 건축물을 포함하고 있는 지역을 대상으로 연구진의 논의를 거쳐 현장조사 대상지역을 선정하였다.

2) 환경부에서는 자연재해저감 종합계획 수립 등 지자체의 방재업무를 지원하기 위해 극한강우조건과 제방의 월류 및 붕괴 등에 따른 홍수 발생범위를 모델링한 하천범람지도와 우수배제시설의 용량초과 및 고장 시 발생 가능한 침수범위를 모델링한 도시침수지도를 제공하고 있음.

표 2\_폭우 재해예방형 도시계획 요소 및 대책

구분	항목	코드	재해예방형 도시계획 대책
토지 이용 대책	공간 구조	RS-1	자연적인 유출경로를 고려한 공간배치
		RS-2	폭우재해 취약지역 보전계 용도지역 전환 또는 유지의 원칙
		RS-3	효과적인 재해저감 대책 수립을 위한 지구 및 지역 지정(방재지구 등)
	회피 및 이격	RA-1	주민 거주가 적은 지역 내 폭우취약지역 신규개발 억제, 보전
		RA-2	가급적 원형을 보전하고, 수체계와 연계한 오픈스페이스 계획
		RA-3	하천변 저지대 (슈퍼)제방 조성
		RA-4	하천변·연안변·급경사지 등과 이격 및 완충지대 조성
	입지 및 시설 제한	RC-1	공공시설·의료시설·대중교통·취약계층·이용시설·대피시설·야영장은 폭우재해 취약지역 내 설치 제한
RC-2		전기·가스·유류저장·송유 등의 설비는 재해 발생 가능성이 적은 지역에 설치	
기반 시설 대책	공통	IC-1	방재시설 확충(예: 방수설비 용량 강화, 지표면 저류, 지하저류조 설치 등)
		IC-2	내·배수시설 개선(하천정비, 배수체계 개선, 배수능력 제고 등)
		IC-3	외부공간 포장재는 빗물이 잘 스며드는 잔디블록 등의 투수성 재료 사용
		IC-4	수해상습지역에는 가급적 운동장·공원 등 공공용지 확보
		IC-5	나무나 화초를 심는 경우 식재면의 높이를 도로의 바닥 높이와 같게 하거나 낮게 조성
		IC-6	생태연못 설치
	도로	IR-1	대피경로 확보를 위한 도로하부 저류시설 설치
		IR-2	도로면 생태수로 설치
		IR-3	가로면 화단으로 우수유입을 위한 경계턱 제거
		IR-4	빗물이 잘 스며드는 투수성 재료 사용
		IR-5	인접 시가지 침수 방지를 위한 배수로 설치
	공공 시설 주차장	IP-1	옥외운동장·옥외주차장 지표면 저류공간 및 생태수로 설치
		IP-2	재해 발생 시 주민의 일시적 체류를 위한 시설 설치
		IP-3	폭우재해 취약지역 및 주변지역에 설치할 경우 지하저류시설 설치
		IP-4	중추적인 시설은 사군 전체의 공간구조를 고려하여 재해로부터 안전한 지역에 설치
	공간 시설	IS-1	저류시설(상시저류시설) 설치
		IS-2	지표면 저류공간(일시저류시설) 계획
		IS-3	지하저류조 설치
		IS-4	투수성 포장 등 침투시설 설치
	건축 물 대책	건축 대지	BL-1
BL-2			도로 노면수 대지유입 차단을 위한 횡단 배수시설, 차수판 설치
건축 구조		BS-1	상습침수지역 내 침수위를 고려한 필로티 건축
		BS-2	옹벽 설치 시 전면부 녹지대 설치 또는 가로수 배치 권장
		BS-3	층별 주용도 제한(침수위 이하 주거, 설비실 제한)
		BS-4	배수로 및 물막이판 설치
		BS-5	옥상녹화 등 LID 기법 적용
		BS-6	예상침수위를 고려한 출입구 설치
		BS-7	폭우재해 취약지역 내 건축물 지하저류조 설치
건축 설비		BE-1	주요 건축설비를 예상침수위 이상에 설치
		BE-2	상습침수지역 내 역류방지밸브 설치

자료: 국토교통부 2014, 24-26의 내용 중 중복되는 대책은 공통 대책으로 제시하여 저자 재구성.

표 3\_조사대상지 선정 활용 데이터

구분	데이터명	출처
용도지역	토지특성정보	국토교통부 국가공간정보포털
미래 피해예상지역 (하천범람취약지역)	하천범람지도 (100년)	환경부 홍수위험지도 정보시스템
과거 피해지역 (침수피해지역)	침수흔적도 (2011~2020년)	창원시

현장조사는 2023년 11월 21일에 실시하였다. 폭우 재해예방형 도시계획 대책 측면에서 조사대상지의 현황과 문제점을 파악하기 위해 토지이용 대책, 기반시설 대책, 건축물 대책의 세부 항목을 조사 내용으로 활용하였다.

## 2. 분석 방법

분석 방법은 먼저 창원시의 도시지역, 과거 피해지역 (이하 침수피해지역)을 분석하고, 미래 피해예상지역 (이하 하천범람 취약지역), 과거와 미래의 피해가 우려되는 지역(이하 폭우재해 취약지역)의 용도지역별 현황을 분석하였다. 또한, 조사대상지의 용도지역, 피해일자-유형, 조사대상지의 폭우재해 취약지역 면적 등의 현황을 분석하였다.

현장조사를 통해 폭우 재해예방형 도시계획 항목별 관련성 있는 내용을 기입 정리하고, 재해예방형 도시계획 측면에서 개선이 필요한 대책을 도출하였다. 용도지역별 개선필요 대책과 2장에서 도출한 용도지역별 폭우재해 고려 사항에서 언급된 내용은 관련된 대책을 수정한 후 '중요(◎)' 대책으로, 이 외의 내용은 '보통(○)' 대책으로 분류하였다.

3) 통계청(2023) 기준 창원시 도시지역 면적은 472.96km<sup>2</sup>이지만 공간데이터상 도시지역 미지정 구역을 제외한 면적이다.

## IV. 폭우재해 취약지역 문제점 및 개선방안

### 1. 폭우재해 취약지역 현황

창원시 도시지역의 면적은 462.14km<sup>2</sup>로 창원시 면적 748.81km<sup>2</sup>의 61.72%에 해당한다. 창원시 도시지역의 침수 피해지역 면적은 11.03km<sup>2</sup>로 녹지지역 6.79km<sup>2</sup>(61.54%), 공업지역 2.50km<sup>2</sup>(22.70%), 주거지역 1.36km<sup>2</sup>(12.30%), 상업지역 0.38km<sup>2</sup>(3.43%) 순으로 피해가 발생했던 것으로 나타났다. 창원시 도시지역의 하천범람 취약지역은 18.34km<sup>2</sup>로 녹지지역 8.25km<sup>2</sup>(44.96%), 공업지역 6.51km<sup>2</sup>(35.48%), 주거지역 2.59km<sup>2</sup>(14.15%), 상업지역 0.99km<sup>2</sup>(5.41%) 순으로 나타났다. 창원시 도시지역의 폭우재해 취약지역은 0.92km<sup>2</sup>로 공업지역 0.48km<sup>2</sup>(52.14%), 녹지지역 0.33km<sup>2</sup>(36.38%), 주거지역 0.09km<sup>2</sup>(9.43%), 상업지역 0.02km<sup>2</sup>(2.06%) 순으로 파악되었다(<표 4> 참조).

이를 통해 창원시는 녹지지역에 과거 피해지역 및 미래 피해예상지역 면적이 가장 큰 것으로 나타났다. 한편, 폭우재해 취약지역에서는 공업지역의 면적이 가장 큰 것으로 파악되어 공업지역에서 과거와 미래의 중복 피해가 예상되는 지역의 면적이 큰 것을 알 수 있었다.

### 2. 현장조사 대상지 개요

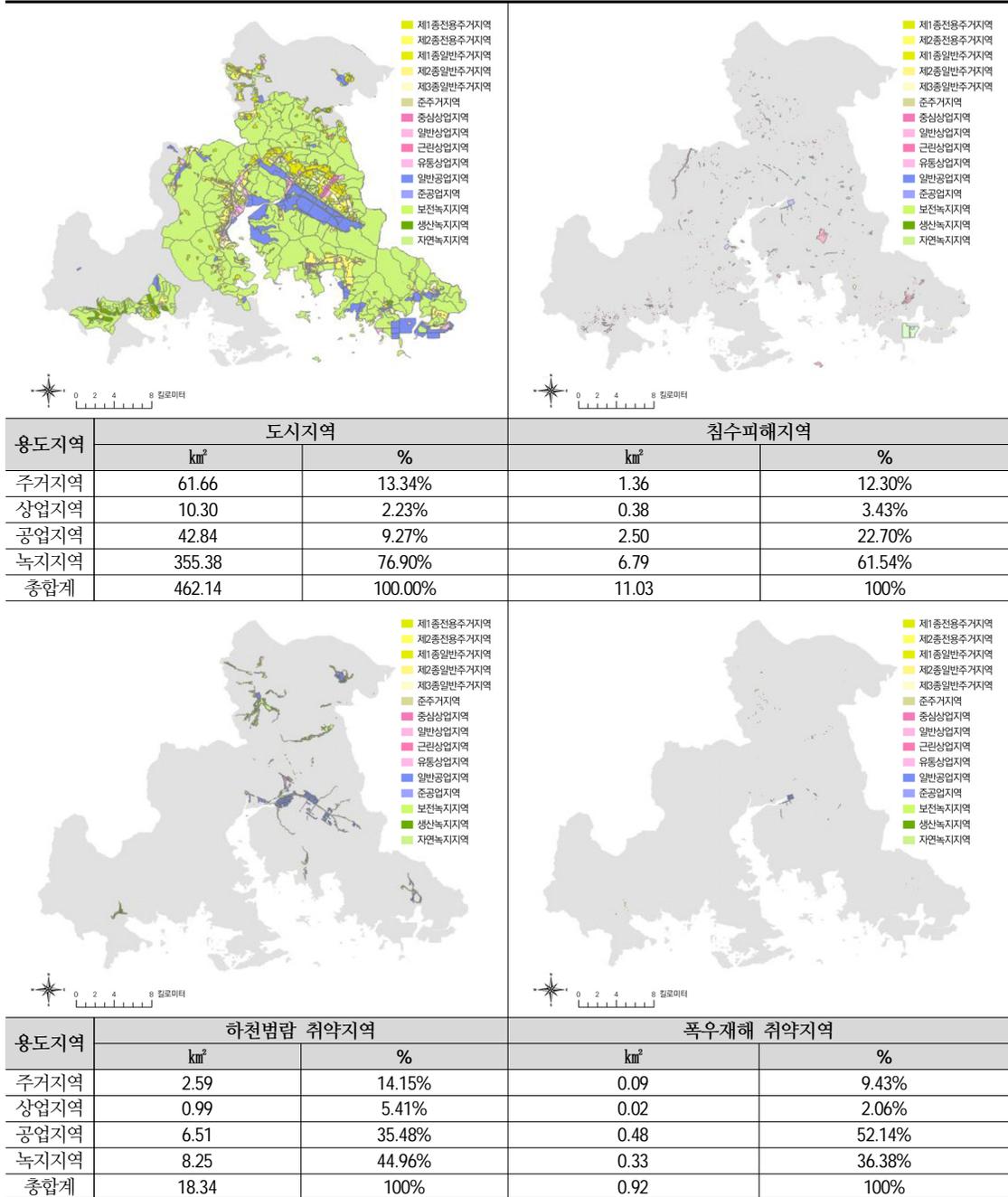
주거지역①은 창원시 마산회원구 양덕동의 준주거지역이고, 폭우재해 취약지역의 면적은 약 0.02km<sup>2</sup>이다. 이 지역은 저지대 지형과 북개천, 바닷가 인접 지역으로 자연배수가 어려운 지역이며, 도로 측면에 하수관거를 확충하였음에도 침수피해가 발생했었고, 침수지역은 신축 공동주택을 건설 중인 것으로 파악되었다.

주거지역②는 창원시 마산회원구 봉암동의 제2중

일반주거지역이고, 폭우재해 취약지역의 면적은 약 0.02km<sup>2</sup>이다. 이 대상지는 강과 바다가 만나는 하구에 위치하여 만조 시 바닷물이 역류하거나 내수배제가

원활하지 못해 상습적으로 침수피해가 발생하여 2018년에 주택재건축사업 정비계획이 수립되고 정비구역으로 지정되었다.

표 4\_창원시 도시지역 폭우재해 관련 현황



상업지역 대상지는 창원시 의창구 팔용동 명서동사화동의 일반 및 유통 상업지역이고, 폭우재해 취약지역의 면적은 약 0.01km<sup>2</sup>이다. 이 지역은 생태수로가 조성된 창원천 인근에 위치하고, 지형적 저지대로 반복적인 침수가 발생했던 지역이다. 해당 지역에는 교차로에서 진해선 철로 위로 고가도로가 설치되어 있고, 창원천을 지나는 곳에 지하도로가 설치되어 있었다.

공업지역은 창원시 의창구 동읍 덕산리의 일반공업지역이고, 인근 지역에 유통상업지역과 제1종전용주거지역이 혼재하며, 폭우재해 취약지역의 면적은 약 1.30km<sup>2</sup>이다. 이 대상지는 창원천과 남천이 모여 마산만으로 유입되는 구역에 위치하여 내수배제가 어려운 지역이고, 인근지역이 대부분 공업지역으로 조성되어 있어 지면이 불투수층으로 포장되어 있으나, 대상지역과 접한 공업단지는 대상지역과 환경적 조건이 유사함에도 불구하고 폭우재해 피해가 없었던 지역으로 나타나 대상지역과의 차이점이 무엇인지 검토가 필요하였다.

녹지지역은 창원시 의창구 동읍 용전리 및 남산리 일대의 자연녹지지역이고, 반복적인 폭우 피해를 입었으며, 폭우재해 취약지역의 면적은 약 0.05km<sup>2</sup>이다. 이 지역은 덕산천과 중앙천에 접하고 있는 지역으로 하천변을 따라서 도로가 조성되어 있고, 주변은 농지로 사용되고 있는 지역으로 파악되었다(<표 5> 참조).

### 3. 현장조사 분석 결과

#### 1) 주거지역

##### (1) 주거지역①

주거지역①은 토지이용 대책의 공간구조 측면에서 북개천 인근 저지대에 위치하여 지형적으로 우수배출이

어려운 지역이지만, 인근 공동주택 및 초등학교 외곽과 북개천을 따라 배수로가 설치되어 있으며, 보도에 배수시설이 설치되어 있는 등 기반시설 대책인 방재시설이 확충된 지역으로 나타났다. 이 지역은 기반시설 대책 측면에서 폭우재해 취약지역에 신축 공동주택 2개소를 조성하고 있어 불투수면적의 증가가 우려되는 지역으로 파악되었다. 두 공동주택은 필로티 구조, 층별 주용도 제한 등의 건축구조 측면의 계획은 적용되지 않았지만, 공동주택A는 도로와 건축물 사이에 완충녹지를 보도보다 낮게 설치하여 우수유입이 가능하도록 계획하여 보도 이동성을 확보한 것이 차이점으로 나타났다.

이를 통해 북개천과 같은 불투수면이 있고 반복적인 침수피해가 발생했던 지역은 침수위험 저감을 위해 공동주택, 학교 등 건축물 경계를 따라 배수로 설치, 투수블럭사용, 건축대지에 완충녹지 등을 적용하고 있는 것을 알 수 있었다. 한편, 신규개발사업 추진 등으로 불투수면이 증가하는 지역은 필로티 구조 적용, 1층 주용도 제한 등이 필요하고, 침수피해 저감을 위해 완충녹지 등을 배치할 수 있으며, 이때 녹지가 지면보다 낮게 설치되어야 함을 파악하였다.

#### (2) 주거지역②

주거지역②는 주변의 해안, 산, 불투수면 등의 영향을 받는 지역에 위치하여 기반시설 대책의 자연적인 유출경로 측면의 계획이 적용되지 않은 지역으로 나타났다. 회피 및 이격 측면에서 마산만과의 사이에 도로가 계획되어 있어 외수재해 위험요인으로부터 이격거리를 확보하였으나 침수피해가 발생하였다. 기반시설 대책의 도로 측면에서 도로에서 유입되는 우수로 인해 침수피해가 발생하였고, 주차장 측면에서 옥외 주차장이 불투수면으로 되어 있는 침수피해 가중원인을

파악할 수 있었다. 건축물은 노후공동주택으로 건축물 대책의 계획요소는 적용되지 않은 것으로 나타났다.

주거지역은 공간구조상 우수유출경로를 고려한 배치가 중요한데, 이 지역은 입지상 우수유입과 내수배제의 어려움이 있는 지역으로 나타났다. 따라서, 향후 재개발사업 추진 시에는 회피 및 이격 측면에서 가급적 건축물이 과밀되지 않고 우수유출을 고려한 배치가 가능하도록 용도지역을 변경하지 않고 현 상태로 재개발을 추진하는 방안이 필요함을 파악하였다. 또한, 완충녹지를 활용하여 침수피해를 저감하는 방안을 검토

할 수 있다. 건축대지의 불투수면으로 인한 침수피해 완화를 위해 도로변과 건축대지에 완충녹지생태수로 계획, 투수성 재료 사용 등이 필요한 것으로 나타났다.

## 2) 상업지역

상업지역은 토지이용 대책의 공간구조 측면에서 인접한 하천보다 저지대에 위치하고, 폭우가 발생하면 육교에서 내려오는 우수와 주변 시가지지역의 불투수층 등으로 인해 내·외수재해 위험이 있는 지역으로 나타

표 5\_ 용도지역별 현장조사 대상지 개요

구분		현장조사 대상지 개요			
주거지역 ①		위치	마산회원구 양덕동	피해일자	'14.08.25.
		용도지역명	준주거지역	피해유형	사유시설, 공공시설
		예상침수심	1.0m 이하	폭우재해 취약지역 면적	0.02km <sup>2</sup>
주거지역 ②		위치	마산회원구 봉암동	피해일자	'14.08.25.
		용도지역명	제2종일반주거지역	피해유형	사유시설, 공공시설
		예상침수심	0.5m 이하	폭우재해 취약지역 면적	0.02km <sup>2</sup>
상업지역		위치	의창구 팔용동 명사동 사회동	피해일자	'14.08.25., '16.10.03.
		용도지역명	일반상업지역, 유통상업지역	피해유형	사유시설, 공공시설
		예상침수심	1.0m 이하	폭우재해 취약지역 면적	0.01km <sup>2</sup>
공업지역		위치	의창구 동읍 덕산리	피해일자	'14.08.25., '16.10.03.
		용도지역명	일반공업지역	피해유형	사유시설, 공공시설
		예상침수심	2.0m 이하	폭우재해 취약지역 면적	1.30km <sup>2</sup>
녹지지역		위치	의창구 동읍 용전라·남산리	피해일자	'12.08.25., '12.09.14., '14.08.25., '16.10.03., '19.09.06., '19.10.01., '20.09.01.
		용도지역명	자연녹지지역	피해유형	사유시설
		예상침수심	1.0~5.0m	폭우재해 취약지역 면적	0.05km <sup>2</sup>

주:  제2종일반주거지역,  준주거지역,  일반공업지역,  일반상업지역,  유통상업지역,  자연녹지지역

났다. 이에 하천변에 완충녹지, 우수저류시설, 게이트 펌프장 등 침수피해 저감을 위한 기반시설 대책이 적용되어 있는 것으로 파악되었다. 이러한 대책에도 불구하고 이 지역은 통행로, 주차장 등이 불투수면으로 되어 있었고, 대상지역에 위치한 건축물 1층에는 모두 상가가 위치하여 폭우 시 침수피해가 발생하면 상업시설 운영 중단 및 재고 손실이 우려되는 등 기반시설 및 건축물 측면에서 대책의 추가적인 적용이 필요함을 파악하였다. 또한, 대상지역은 상습침수 위험이 있지만 인근에 지하도로가 설치되어 있어 폭우 시 빈번하게 통행을 제한하고 있는 것으로 나타났다.

이를 통해 상업지역의 폭우재해 취약지역은 침수피해를 가중시키는 불투수면을 완화하기 위해 주차장, 도로, 건축대지 등에 완충녹지 계획, 잔디블록 등 투수성 재료 사용 등으로 투수성을 높일 수 있는 계획의 적용이 필요하였다. 또한, 침수로 인해 상업시설의 자재 손실 및 이로 인한 환경오염이나 영업 중단 등을 예방하기 위해서 건축대지에 배수로 및 물막이판 설치, 침수위를 고려하여 필로티 및 계단을 설치하여 출입구를 높이는 방안이 필요함이 나타났다. 이 외에도 폭우재해 취약지역 및 인근 지역에 지하도로 입지 제한의 필요성을 알 수 있었다.

### 3) 공업지역

공업지역은 공간구조 측면에서 하천변에 위치하고, 노면이 대부분 불투수면으로 되어 있어 침수피해가 우려되는 지역이었다. 이에 외부로부터의 우수유입을 방지하기 위해 도로를 따라 배수로를 설치하는 기반시설 대책이 적용되어 있었다. 대상지에는 철강회사가 위치하여 건축물 내부로 차량 진출입을 위해 출입구가 지면과 닿아 있었으며, 이로 인해 우수유입 시 내부 오염물질이 인근 하천으로 유출이 우려되는 지

역으로 나타났다. 대상지역과 접한 미피해지역은 하천과의 사이에 동일하게 완충녹지가 조성되어 있었으나, 미피해지역에 대상지역보다 넓은 완충지대가 조성되어 있는 것으로 나타났다. 또한, 미피해지역 내부에는 건축물 외곽과 옥외 주차장에 녹지공간을 조성하였고, 대상지역은 주차공간 일부에 녹지공간이 조성되어 있었다.

이를 통해 공업지역은 넓은 불투수면적에서 발생하는 우수유출을 저감하는 생태연못 및 녹지공간 설치, 투수성 재료 사용 등의 대책이 필요함을 알 수 있었다. 또한, 침수로 인한 운영 중단을 예방하기 위해 설비 운영 중단 또는 자재 침수 등의 위험이 있는 구역은 외부 노면수 유입 차단을 위한 횡단 배수시설 및 차수판 설치가 고려되어야 함을 파악하였다. 한편, 건축물에 필로티를 설치하거나 1층의 주용도를 제한하는 방안도 고려해볼 수 있으나, 차량 진출입이 많은 공업시설 특성상 침수위험 시에 설치 가능한 형태의 시설물이 고려되어야 함을 알 수 있었다. 폭우로 우수가 유입된 후 유해물질 유출의 우려가 있는 구역에는 지하에 저류조를 설치하고, 하천과 인접한 경우에는 완충지대를 조성하여 외수재해 예방 및 우수의 비점오염원 저감 대책이 필요하였다. 이 외에도 공업시설 영업을 중단되지 않도록 건축설비 측면에서 주요 전기설비 및 시설물은 예상 침수위 이상에 설치하는 대책의 적용을 고려할 수 있을 것이다.

### 4) 녹지지역

녹지지역은 토지이용 대책 측면에서 하천변에 위치하고, 대부분 농경지로 되어 있어 인명피해 우려는 적지만 재산피해가 우려되는 지역이었다. 기반시설은 하천을 따라 도로가 조성되어 있었고, 이 도로가 침수되면 인근 마을이 고립될 위험이 있는 것으로 나타났다. 건

표 6\_ 현장조사 대상지 현황 및 주요 문제점

구분	주요 현장조사 결과(필요 대책)					
	주거지역①	주거지역②	상업지역	공업지역	녹지지역	
토지이용 대책	공간 구조	·북개천 인접, 지형적 우수배출 어려움(RS-1)	·촌산 및 공업지역에서 우수 유입(RS-1, RS-2)	·하천변으로 침수위험, 용도지역 변경 어려움(-)	·하천변으로 침수위험, 용도지역 변경 어려움(-)	·농경지 재산피해 우려(RA-1, RA-2)
	회피 및 이격	·북개천에 의한 상습침수 (-)	·마산만 인접, 내·외수재해 위험(RA-4)	·하천변 저지대를 따라 생태공원 조성, 우수저류시설 설치(RA-4)	·하천변과 사이의 완충녹지유무에 따라 침수 여부가 다름(RA-4)	·하천변에 위치하여 농경지에 반복적인 침수 발생(RA-1, RA-2)
기반 시설 대책	입지 및 시설 제한	·인근 학교에 배수로 및 침투블록 보도 확충(IC-2)	·해당 없음(-)	·폭우 시 인근 지하차도 통행 제한(RC-1)	·대상지 내 설치 제한시설 부재(-)	·해당 없음(-)
	공통	·북개천에 배수로 설치하였으나 침수 발생(IC-1, IC-2) ·공동주택지 조성으로 인한 불투수면적 증가(IC-6)	·지상주차장 불투수성 마감재로 포장(IC-3, IC-5, IC-6)	·우수저류시설, 게이트펌프장 등 방재시설 확충(IC-1)	·대상지역 불투수면 포장(IC-3) ·인근 미피해지역은 주차장 및 건축대지에 차단 배치(IC-5, IC-6)	·해당 없음(-)
건축 물 대책	도로	·학교에 침투측구 배수로 설치하였으나 침수 발생(IR-2, IR-3, IR-4)	·도로를 따라 우수 유입(IR-2, IR-3)	·폭우 시 인근 지하차도 통행 제한(IR-5) ·육교 및 시가화지역의 불투수층으로 인해 침수 발생(IR-5)	·도로에 배수로 설치(IR-5)	·대피경로인 하천변 도로 침수 시 고립 위험(IR-1)
	공공 시설 주차장	·인근 학교 교문 앞 횡단 배수로 및 투수성 보도블럭 사용(IR-5)	·육외 주차장은 불투수면으로 구성(IP-1)	·육외 주차장은 불투수면으로 구성(IP-1)	·육외 주차장은 불투수면으로 구성(IP-1)	·해당 없음(-)
	공간 시설	·해당 없음(-)	·공간시설 부재, 향후 계획 필요(IS-3, IS-4)	·하천변에 생태공원 저류시설 조성되어 침수피해 저감(IS-2)	·공간시설 부재, 향후 계획 필요(IS-1, IS-2, IS-3, IS-4)	·공간시설 부재, 향후 계획 필요(IS-1, IS-2, IS-4)
건축 물 대책	건축 대지	·도로 노면수 유입 차단을 위한 횡단 배수로 설치(BL-2)	·노면수 유입 차단을 위한 횡단 배수로 설치(BL-2)	·저지대 상습침수지역에 우수저류시설 설치(BL-2)	·대지를 따라 배수로를 설치하였으나 침수 발생(BL-2)	·저지대 상습침수지역(농경지) 대지 승고, 배수시설 설치 등 불가(-)
	건축 구조	·노면수 유입 차단을 위한 배수로 및 차수판 설치(BL-2, BS-4) ·건축구조적 대책 미적용, 완충녹지를 조성하여 침수피해 저감(BS-1, BS-5)	·건축구조적 대책이 미적용되어 있으나, 재개발사업 시 적용 필요(-)	·불투수면 및 건축구조 상 1층 상가 침수 우려(BS-1, BS-3, BS-4, BS-5, BS-6)	·차량 진출입이 많은 공업시설 특성상 우수 유입 우려(BS-1, BS-3, BS-4) ·대상지역은 철강회사로 유해물질이 인근 하천으로 유출될 위험(BS-7)	·해당 없음(-)
	건축 설비	·대상지에 신규 개발사업 추진 중으로 확인 불가(-)	·설비 침수위험은 없었으나, 향후 신규개발사업 진행 시 고려 필요(-)	·침수로 인해 운영 중단 및 재고 손실 우려(BE-1)	·침수로 인해 공장 가동 중단 우려(BE-1)	·해당 없음(-)
주요 현장조사 사진						
	④북개천 지면	⑥공동주택 배수시설	④대상지와 접한 고가도로	④도로 배수시설	④하천변 도로	
						
	⑥신규공동주택지A	⑥지상주차장 불투수면	⑥침수피해 건축물	⑥미피해지역 그린인프라	⑥대상지역	
						
④신규공동주택지B	③상습 침수도로	⑥침수피해 건축물	③대상지 그린인프라	③대상지역 내 주택		

주:  제2종일반주거지역,  준주거지역,  일반공업지역,  일반상업지역,  유통상업지역,  자연녹지지역

축물은 대상지역 내에는 노후단독주택이 한 채 있었고, 주변의 농지 및 도로 침수로 인한 고립이 우려되었다.

이에 녹지지역은 향후 도시개발로 인한 재산 및 인명피해를 예방하기 위해 현재의 용도지역을 유지하거나 수체계와 연계한 공간시설, 운동장 등 오픈스페이스를 계획하여 피해를 저감하는 대책이 필요함을 파악하였다. 또한, 도로가 침수되면 폭우재해 취약지역 뿐만 아니라 인근 마을의 고립이 우려되므로 도로의 대피경로 확보가 매우 중요한 것을 알 수 있었다(<표 6> 참조).

#### 4. 소결

현장조사 결과, 토지이용 대책 측면에서는 창원시 폭우재해 취약지역이 하천변 저지대, 복개천, 만, 산 등 지형적으로 우수배출 및 내수배제가 어려운 특성이 있는 것으로 파악되었다. 이로 인한 피해를 저감하기 위해 배수로, 완충녹지, 보도 배수시설, 우수저류시설 등의 방재시설이 적용되어 있었다. 한편, 토지의 지형적 특성상 우수배출이 어려운 지역은 우수배출경로를 확보할 수 있는 건폐율을 적용하기 위해 용도지역 변경을 제한하는 것이 필요하였다. 기반시설 측면에서 주거·상업·공업지역은 침수피해 가중원인인 불투수면, 고가도로, 지하도로 등이 있는 것으로 나타나 완충녹지, 연못 등 우수를 저류 및 흡수할 수 있는 대책과 토지이용 측면에서 입지제한 기준 강화가 필요한 것을 알 수 있었다. 건축물 측면에서는 부지 내의 완충녹지 유무에 따라 침수위험도가 다를 수 있고, 주거지역은 필로티 구조 및 1층 주용도 제한 등의 대책이 필요하며, 상업·공업지역은 배수로 및 물막이판 설치 등 용도지역 특성에 따라 건축물에 적용되어야 하는 대책이 다를 수 있음을 파악하였다.

이와 같이, 용도지역별로 공통적으로 적용이 필요

한 대책과 용도지역 특성을 고려하여 주요하게 다루어져야 하는 대책이 다른 것을 알 수 있었다.

### V. 폭우 재해예방형 도시계획 방안

본 연구에서는 용도지역별 재해예방형 도시계획 고려사항을 고찰하고, 창원시 폭우재해 취약지역을 대상으로 사례연구를 실시하였다. 그 결과로 재해예방형 도시계획 수립 대책을 실제 도시계획에 적용 가능하도록 개선한 내용을 <표 7>과 같이 제시하였다. 또한, 용도지역별 폭우재해 고려 사항(<표 1>)과 이를 적용하기 위한 용도지역별 현황 및 문제점(<표 6>)을 종합하여 각 용도지역별 대책 적용방안을 <표 7>과 같이 제시하였다. 용도지역별 주요 계획방향은 다음과 같다.

주거지역은 침수위험이 있는 지역에는 건축물을 배치하지 않거나 완충녹지, 생태수로 등 그린인프라를 활용하여 침수위험을 저감하는 대책이 필요하다. 또한, 주요 대피경로가 되는 도로는 침수취약지역에서 먼 곳에 위치하도록 계획하거나 침수방지대책을 마련하는 것이 필요하다. 토지이용은 우수의 유출경로를 고려한 건축물 배치, 하천 및 연안 등과 이격거리 확보 후 완충지대 조성을 적용한다. 기반시설 대책으로는 배수로 및 지하저류조 등의 방재시설 확충, 완충녹지 및 생태연못 등의 설치를 강화한다. 도로는 폭우재해 시 이동성을 확보하기 위해 도로를 따라 지표면 저류가 가능한 생태수로 또는 배수로 및 지하저류조 설치를 고려할 수 있다. 주차장은 지하 주차장 입구에 물막이판 설치, 지상 주차장에는 투수성 재료 사용, 주차장 주변에 생태수로 설치를 고려한다. 건축물은 대지에 배수시설 및 차수판 설치, 건축물과 보도 사이에 완충공간 계획 등이 필요하다. 건축구조는 건축물 계단, 필로티 등을 설치하여 출입문의 위치를 높이거나 1층의 주용

표 7\_폭우 재해예방형 도시계획 대책 개선안 및 용도지역별 적용방안

구분	항목	코드	재해예방형 도시계획 대책 개선안	주거	상업	공업	녹지
토지 이용 대책	공간 구조	RS-1	하천, 복개천, 불투수면 등으로부터 우수가 유입되는 지형은 자연적인 유출경로를 고려한 공간 배치를 하고, 주거지역은 가능한 우수유출경로상에 배치 제한	◎	○	○	○
		RS-2	폭우재해 취약지역은 용도지역 변경 전에 재해취약요인을 검토하고, 녹지지역은 가능한 용도 지역 유지	◎	○	○	◎
		RS-3	폭우재해 취약지역은 방재지구 등으로 지정하여 도시개발을 제한하거나 재해지감 대책이 수립 된 후 개발	○	○	○	◎
	회피 및 이격	RA-1	주민거주가 적은 폭우취약지역 신규개발 억제 또는 보전하고, 신규개발사업 추진 시 재해예방형 도시계획 적용	○	-	-	◎
		RA-2	가급적 원형을 보전하고, 수체계와 연계한 오픈스페이스 계획	◎	○	○	◎
		RA-3	하천변 저지대 및 공업지역과 접한 하천변에 제방 조성	○	○	○	○
		RA-4	하천변 연안변 급경사지 등에 완충녹지 및 생태수로 등을 계획하여 이격거리를 확보하고, 이격이 어려운 경우에는 재실공간을 침수예상높이 이상으로 배치하여 위험요인과 공간적 이격거리 확보	◎	◎	◎	○
	입지 및 시설 제한	RC-1	공공시설·의료시설·대중교통·취약계층 이용시설·대피시설·아영장 및 지하도로는 폭우재해 취약 지역 내 설치 제한	◎	◎	○	○
		RC-2	전가·가스·유류저장·송유 등의 설비는 재해 발생 가능성이 적은 지역에 설치	◎	○	○	○
	기반 시설 대책	공통	IC-1	방재시설 확충(예: 방수설비 용량 강화, 지표면 저류, 지하저류조 설치 등)	◎	◎	○
IC-2			내·배수시설 개선(하천정비, 배수체계 개선, 배수능력 제고 등)	○	○	○	○
IC-3			외부공간 포장재는 빗물이 잘 스며드는 잔디블록 등의 투수성 재료 사용	○	◎	◎	○
IC-4			수해상습지역에는 가급적 운동장·공원 등 공공용지 확보	◎	○	◎	◎
IC-5			나무나 화초를 심는 경우 식재면의 높이를 도로의 바닥 높이와 같게 하거나 낮게 조성	◎	○	◎	○
IC-6			불투수지역에는 유해물질 제거를 위한 정화시스템을 설치하거나 자연정화식물을 식재한 생태 연못 설치	◎	○	◎	○
도로		IR-1	대피경로가 되는 도로는 폭우재해 취약지역에서 가능한 한 먼 곳에 배치하고, 도로위치를 조정 하기 어려운 경우에는 계획홍수위 이상의 높이에 설치 또는 도로하부에 저류시설 설치	◎	○	○	◎
		IR-2	도로변에는 여과 기능이 있는 식재를 사용한 생태수로 계획	◎	○	○	○
		IR-3	가로변 화단으로 우수유입을 위한 경계턱 제거	◎	○	○	○
		IR-4	빗물이 잘 스며드는 투수성 재료 사용	○	○	○	○
		IR-5	도로에 인접 시가지 침수 방지를 위한 배수로를 설치하고, 특히 고가도로와 연결된 시가지와 지하도로에는 반드시 설치	◎	◎	○	○
공공 시설 주차장		IP-1	옥외운동장·옥외주차장 지표면은 투수성 재료 포장 및 생태수로 계획 등으로 저류공간 확보	◎	◎	◎	◎
		IP-2	재해 발생 시 주민의 일시적 체류를 위한 시설 설치	○	○	○	○
		IP-3	폭우재해 취약지역 및 주변지역에 설치할 경우 지하저류시설 설치	◎	○	◎	○
		IP-4	중추적인 시설은 사군 전체의 공간구조를 고려하여 재해로부터 안전한 지역에 설치	○	○	○	○
공간시설		IS-1	저류시설(상시저류시설) 설치	○	○	◎	◎
	IS-2	지표면 저류공간(일시저류시설) 계획	○	◎	◎	◎	
	IS-3	지하저류조 설치	◎	○	◎	○	
	IS-4	투수성 포장 등 침투시설 설치	◎	○	◎	◎	
건축물 대책	건축대지	BL-1	저지대 상습침수지역의 지반고 예상침수위 이상으로 승고	○	○	○	○
		BL-2	도로 노면수 대지유입 차단을 위해 횡단 배수시설, 차수판, 완충녹지 설치	◎	◎	◎	○
	건축구조	BS-1	침수위를 고려하여 필로티 구조로 계획	◎	◎	◎	○
		BS-2	옹벽 설치 시 전면부 녹지대 설치 또는 가로수 배치 권장	◎	○	○	○
		BS-3	층별 주용도 제한(침수위 이하 주거, 설비실 제한)	○	○	○	○
		BS-4	폭우재해 취약지역의 건축물 및 지하주차장에 배수로 및 물막이판 설치	◎	◎	◎	○
		BS-5	옥상녹화 등 LID 기법 적용	◎	◎	◎	○
		BS-6	예상침수위를 고려한 출입구 설치	◎	◎	○	○
		BS-7	폭우재해 취약지역 또는 유해물질 유출이 우려되는 공업지역 내 건축물에 지하저류조 설치	◎	○	◎	○
	건축설비	BE-1	주요 건축설비 예상침수위 이상에 설치	○	◎	◎	○
		BE-2	상습침수지역 내 역류방지밸브 설치	○	○	○	○

주: ◎-중요, ○-보통

도를 제한하는 방안을 적용할 수 있다.

상업지역은 침수피해로 인한 생산 및 영업 중단과 재고 손실 등의 경제적 피해와 유출수로 인해 감염 및 수질오염 등의 2차 피해를 예방하기 위한 대책 적용이 필요하다. 기반시설은 고가도로, 지하도로 등과 접한 곳에 시가지 또는 지하도로 침수 방지를 위한 배수로 및 저류조를 설치하고, 주차장에 투수성 재료를 사용한다. 건축물은 상업시설의 침수로 인한 환경 오염이나 영업 중단 등을 예방하기 위하여 건축대지에 배수로 및 물막이판을 설치하고, 침수예상높이 이상으로 필로티 및 계단을 설치하여 출입구를 높게 계획하도록 고려한다.

공업지역은 건축물과 주차장 등 넓은 불투수지역에서 발생하는 우수유출을 저감할 수 있는 대책을 적용하고, 공업시설의 유해물질이 우수와 함께 외부로 유출되는 것과 운영 중단을 예방하는 대책을 적용하는 것이 필요하다. 토지이용은 완충지대를 조성하여 비점오염원과 외수재해 저감대책을 적용하는 것이 필요하다. 기반시설은 유해물질 노출 가능성이 적은 구역에 생태연못 설치, 주차장에는 투수성 재료 사용 등 자연배수가 가능한 대책 적용을 고려한다. 건축물은 침수로 인해 운영 중단, 자재 침수 등이 우려되는 구역은 노면수 유입 차단을 위한 배수시설 및 차수판을 설치한다. 건축물을 필로티 구조 및 계단 설치 등으로 침수피해를 저감하는 방안을 고려할 수 있으나, 차량 진출입이 잦은 공업시설 특성상 배수로 및 물막이판 설치 강화를 검토한다. 또한, 폭우로 우수가 유입된 후 유해물질 유출의 우려가 있는 구역에는 지하에 저류조를 설치하여 침수예방과 유해물질 노출 예방을 위한 대책을 적용하는 방안을 고려한다.

녹지지역은 가능한 녹지공간을 보존하여 저류 및 여과공간을 확보하고, 대피경로를 확보하는 방향의 대책 적용이 필요하다. 토지이용 대책은 가능한 한 용

도지역을 유지하여 개발을 지양한다. 기반시설은 향후 도시개발 시에 공간시설을 포함하여 침수위험을 저감하도록 한다. 녹지지역은 진입도로가 한정되어 있어 폭우재해 시 도로 및 농지 침수로 인해 고립될 위험이 있으므로, 사전에 대피경로가 되는 도로를 파악하여 해당 도로는 침수가 되지 않도록 계획홍수위 이상에 조성하거나, 도로 하부에 저류시설 설치를 고려한다.

## VI. 결론

도시·군기본계획 수립지침 개정에 따라 재해예방형 도시계획에 대한 중요성이 높아졌다. 기본계획 수립 및 방재지구 등의 개선사업 수행 시 용도지역별 중요 요소로 도출된 대책을 기존보다 강화된 기준을 적용함으로써 도시계획 차원의 폭우재해 예방이 필요하다. 이를 적용하기 위해서는 법·제도적 개선이 수반되어야 한다.

도시·군기본계획에서 방재계획은 도시 전반의 계획에 반영하여 근본적인 규제가 가능한 장점이 있지만, 다른 분야와의 연계성 확보가 매우 중요하다. 그러나 현재 도시·군기본계획상에는 분석 등급 결과만을 반영하고 있어 취약지역에 대한 대책이 도시계획적으로 수립되지 않는 한계가 있다. 재해예방형 도시계획의 실행력을 확보하기 위해서는 도시·군기본계획의 기초조사로 시행되는 재해취약성분석 결과를 방재분야에서만 활용하는 것이 아니라, 토지이용, 기반시설, 공원·녹지 등의 계획에도 반영될 수 있도록 제도 개선이 필요하다.

현재 방재지구 가이드라인을 기반으로 한 도시·군 기본계획 수립지침상의 재해예방 관련 내용은 지역특성을 고려하지 않고 일반적인 대책을 나열하고 있는 한계가 있다. 본 연구는 용도지역의 특성에 따른 폭우

취약특성을 고찰하고, 재해예방형 도시계획 대책을 바탕으로 폭우재해 취약지역의 문제점을 고려한 재해 예방형 도시계획 수립방안을 제안하였다. 이러한 연구 결과로 도출된 대책을 기반으로 방재지구 가이드 라인을 개선하는 것이 필요하다. 또한, 재해취약성분석의 취약지역 비율이 높게 나타나, 도시계획 수립대상지역을 선정하기 어려운 경우에 본 연구에서 활용된 폭우재해 취약지역 도출방법과 대책 적용방안을 활용하여 도시계획 수립에 활용할 수 있을 것이다.

창원시 현장조사 결과를 기반으로 토지이용, 기반 시설, 건축물 측면의 문제점을 개선하기 위한 제도적 개선방안은 다음과 같다. 먼저 하천변 저지대, 복개천, 산, 만 등 지형적으로 우수배출이 어려운 지역은 우수 배출경로를 고려하여 용도지역 조정 기준을 검토하는 것이 필요하다. 창원시 사례와 같이 지형적 취약요인이 복합적으로 있는 주거지역은 제2종일반주거지역에서 용도지역이 상향조정되는 경우에는 건축물 밀도 및 인구 증가 등으로 인해 동일한 규모의 재해가 발생해도 큰 피해로 이어질 위험이 있다. 따라서, 폭우재해 취약지역은 용도지역 변경 시에 우수 유출경로를 확보할 수 있는 건폐율 및 공간배치가 가능한 기준을 검토한다.

기반시설 측면에서는 창원시 상업지역에는 지하도로가 설치되어 있어 지하도로의 침수가 우려되는 상황이었다. 지하도로는 도시계획시설규칙에 따라 결정되는데, 재해 및 방재와 관련된 규정이 마련되어 있지 않다. 창원시 사례와 오송 지하차도 및 초량 지하차도 침수사고 등을 고려한다면, 폭우재해 취약지역 내에는 지하도로 설치를 제한하는 규정이 마련될 필요가 있다.

건축물 측면에서는 공통적으로 배수로, 차수판 등의 설치가 필요한데, 유해물질을 취급하는 지역 또는 시설은 침수로 인한 유해물질 유출 방지를 위해 물막

이설비 설치가 필요하다. 그러나 「국토계획법」상 물막이 설비 설치 의무대상은 방재지구와 자연재해위험지구 내의 건축물로 한정되어 있다. 따라서 공업 및 상업지역에서 유해물질을 취급하는 시설은 물막이 설비 설치를 권고하는 방안을 검토할 필요가 있다.

본 연구는 창원시의 일부 지역을 조사대상지로 하였다는 한계가 있다. 그러나 본 연구는 현장조사를 통해 데이터로 확인하기 어려운 현황, 문제점 등 폭우재해 취약지역의 특성을 분석하여 재해예방형 도시계획 수립방향을 제시하는 것에 의의가 있다. 향후에는 조사대상지역을 확대하여 폭우재해 취약지역에 대한 피해 가중 및 저감요인을 파악할 수 있는 연구가 필요하다. 또한, 본 연구에서 파악한 폭우재해에 취약한 지형적·건축물적 특성을 재해취약성분석 지표로 활용할 수 있도록 후속 연구가 진행되어야 한다.

#### 참고문헌 •••••

1. 국토의 계획 및 이용에 관한 법률. 2023. 법률 제19117호(12월 27일 타법개정). 제3조, 제8항.  
National Land Planning And Utilization Act. 2023. Act no.19117(December 27 Amended to other laws). Article 3, no.8
2. 국토교통부. 2014. 방재지구 가이드라인. 세종: 국토교통부. Ministry of Land, Infrastructure and Transport. 2014. *Disaster-Prevention District Guidelines*. Sejong: Ministry of Land, Infrastructure and Transport.
3. \_\_\_\_\_. 2014. 10개 도시, 재해 예방형 도시계획 수립한다, 6월 12일. 보도자료.  
\_\_\_\_\_. 2014. 10 Cities establish disaster prevention city plans, June 12. Press release.
4. \_\_\_\_\_. 2023. 도시·주택 전반의 재해대응력 높인다, 2월 23일. 보도자료.  
\_\_\_\_\_. 2023. Increasing Disaster Response Across Cities and Housing, February 23. Press release.
5. \_\_\_\_\_. 2023. 도시권기본계획수립지침 일부개정훈령,

- 7월 18일.  
\_\_\_\_\_. 2023. Partially revised guidelines for Urban or Gun master plan, July 18.
6. \_\_\_\_\_. 2024. 도시 기후변화 재해취약성분석 및 활용에 관한 지침 일부개정훈령, 1월 19일.  
\_\_\_\_\_. 2024. Partially revised guidelines for urban climate change disaster vulnerability analysis and utilization, January 19.
7. 국토교통부. 토지특성정보 [https://www.vworld.kr/dtna/dtna\\_fileDataView\\_s001.do?dataSetSeq=4](https://www.vworld.kr/dtna/dtna_fileDataView_s001.do?dataSetSeq=4) (2023년 6월 20일 검색). Ministry of Land, Infrastructure and Transport. Land characteristics information. [https://www.vworld.kr/dtna/dtna\\_fileDataView\\_s001.do?dataSetSeq=4](https://www.vworld.kr/dtna/dtna_fileDataView_s001.do?dataSetSeq=4) (accessed Jun 20).
8. 김슬예, 김미은, 김창현, 이상은. 2017. 실효성 있는 재해예방형 도시계획을 위한 개선방향 고찰. 한국안전학회지 32권, 2호: 124-131.  
Kim Seulyea, Kim Mieun, Kim Changhyun and Lee Sangeun. 2017. Study on urban policies toward the effective disaster prevention. *Journal of the Korean Society of Safety* 32, no.2: 124.131.
9. 김준성, 이종소, 표희진, 구형수, 이상은. 2022. 기후위기시대 도시침수 예방대책: 2022년 수도권 집중호우의 교훈. 국토이슈리포트 67호. 세종: 국토연구원.  
Kim Junseong, Lee Jongso, Pyo Heejin, Koo Hyeongsu and Lee Sangeun. 2022. Urban flooding prevention measures in the era of climate crisis: Lessons from localized heavy rain in the Seoul in 2022. *KRIHS Issue Report* no.67. Sejong: Korea Research Institute for Human Settlements.
10. 김지숙, 김호용. 2017. 도시 기후변화 재해취약성 분석방법의 가중치 조정에 따른 결과 비교 검토: 해수면 상승 재해를 중심으로. 환경영향평가 26권, 3호: 171-180.  
Kim Jisook and Hoyong Kim. 2017. A review on the results of adjusting weight in vulnerability analysis of climate change driven disaster: Focused on sea-level rise. *Journal of Environmental Impact Assessment* 26, no.3: 171-180.
11. 김철, 김석규. 2003. GIS를 이용한 홍수취약지역 예측. 대한토목학회 논문집 23권, 3호: 175-181.  
Kim Chul and Kim Soukgyu. 2003. Prediction of vulnerable flood areas using GIS. *Journal of the Korean Society of Civil Engineers* 23, no.3: 175-181.
12. 김현주, 김태현, 김미선, 김영주. 2011. 풍수해분야 도시방재 계획 및 관리를 위한 제도개선. 서울: 국립방재연구원.  
Kim Hyunju, Kim Taehyun, Kim Misun and Kim Youngju. 2011. *An Institutional Research on Urban Disaster Mitigation Planning Process and Management*. Seoul: National Disaster Management Institute.
13. 도시·군기본계획수립지침. 2023. 제1636호(7월 18일 일부개정). 제4장, 제10절.  
Guidelines for Urban or Gun Master Plans. 2023. no.1636 (July 18 Amended). Chapter IV, Section 10.
14. 박기용, 정진호, 전원식. 2017. 창원시 용도지역별 침수 피해에 따른 위험등급화 분석. 한국산학기술학회 논문지 18권, 4호: 685-693  
Park Kiyong, Jeong Jinho and Jeon Wonsik. 2017. Analysis of risk classification on the urban flood damage in Changwon city. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society* 18, no.4: 685-693.
15. 박소연, 윤상훈. 2017. 풍수해 재난 회복력에 영향을 미치는 지역특성요인 규명. 국토연구 92권: 59-73.  
Pak Soyeon and Yoon Sanghoon. 2017. An analysis of regional characteristic factors affecting for resilience of damage by storm and flood. *The Korea Spatial Planning Review* 92: 59-73.
16. 박종영, 이정식, 이진덕, 이원우. 2018. 폭우 취약성 지표를 활용한 재해취약지구 분석. 한국지리정보학회지 21권, 1호: 12-22.  
Park Jongyoung, Lee Jungsik, Lee Jindeok and Lee Wonwoo. 2018. Analysis of disaster vulnerable districts using heavy rainfall vulnerability index. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 21, no.1: 12-22.
17. 서울특별시. 2019. 서울특별시 용도지역 관리방향 및 지정·조정 가이드라인. 서울: 서울특별시.  
Seoul Metropolitan City. 2019. *Guidelines for the Management of Use areas and Designation and Adjustment of Use-areas in Seoul*. Seoul: Seoul Metropolitan Government.
18. 서정표, 조원철. 2014. 자연재해 취약지역 인명피해 최소화 방안에 관한 연구. 한국방재안전학회 논문집 7권, 1호: 17-25.  
Seo Jungoyo and Cho Woncheol. 2014. A study on meayres to minimize human damage in natural disaster vulnerable areas. *Journal of Korean Society of Disaster & Security* 7, no.1: 17-25.
19. 손현. 2015. 재해예방적 도시공간 관리강화를 위한 법제연구. 세종: 한국법제연구원.  
Son Hyun. 2015. *The Legal Study on Strengthening Disaster-*

- preventive Management of Urban Space*. Sejong: Korea Legislation Research Institute.
20. 신상영, 박창열. 2014. 토지이용 특성과 침수피해면적 간의 관계 분석: 서울시를 사례로. 국토연구 81권: 3-20.  
Shin Sangyoung and Park Changyeol. 2014. Analyzing relationships between land use characteristics and flood damage areas: The case of Seoul. *The Korea Spatial Planning Review* no.81: 3-20.
  21. 심우배, 김걸, 지승희, 김학열, 정지범, 정명운, 유재환 외. 2010. 기후변화에 안전한 재해통합대응 도시 구축방안 연구 (II). 안양: 국토연구원.  
Sim Oubae, Kim Kirl, Jee Seunghee, Kim Hakyeol, Chung Jibum, Jung Myeongyoon and Yoo Jaehwan et al. 2010. *Resilient Urban Areas Against Climate Change: A Synergistic Approach to Urban Hazard Mitigation(II)*. Anyang: Korea Research Institute for Human Settlements.
  22. 이병재, 김명수, 김수진, 차은혜. 2016. 재해예방형 도시계획을 위한 재해관련 지구·지역의 활용방안 연구. 안양: 국토연구원.  
Lee Byoungjae, Kim Myeongsu, Kim Sujin, Cha Eunhye. 2016. *Complementary Utilization of Disaster-related Districts and Regions for Disaster Preventive Urban Planning*. Anyang: Korea Research Institute for Human Settlements.
  23. 이소영, 권용석. 2022. 도시기후변화 재해취약성 분석제도의 폭염분야 지표 개선방향. 주거환경 20권, 3호: 1-16.  
Lee So Young and Kwon Yong Seok. 2022. Direction of Improvement of Indicators in Heat Wave Sector of The Urban Climate Change Disaster Vulnerability Analysis System. *Journal of The Residential Environment Institute of Korea* 20, no.3: 1-16.
  24. 이일희. 2020. 재해취약성분석과 연계한 「재해예방형 도시 계획」. *Urban planners* 7, no.3: 30-39.  
Lee Eilhee. 2020. Disaster prevention urban planning connected to disaster vulnerability analysis. *Urban planners* 7, no.3: 30-39.
  25. 윤재봉, 권태정. 2013. 폭우재해 완화를 위한 녹색도시 계획 요소의 우수유출 저감효과: 저류기능을 고려한 빗물이용시설을 중심으로. 국토연구 77권: 3-16.  
Yoon Jaebong and Kwon Taejung. 2013. Effectiveness on storm water management of green city planning elements: Focusing on multipurpose rainwater utilization facilities. *The Korea Spatial Planning Review* 77: 3-16.
  26. 창원특례시. 침수흔적도. <https://www.changwon.go.kr/cwportal/portal.web> (2022년 창원시청 제공).  
Changwon Special City. Flood Hazard Map. <https://www.changwon.go.kr/cwportal/portal.web> (provided by Changwon Special City governments in 2022).
  27. 통계청. 용도지역(시군구)-도시지역. [https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=460&tblId=TX\\_315\\_2009\\_H1440&conn\\_path=I2](https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=460&tblId=TX_315_2009_H1440&conn_path=I2) (2023년 8월 18일 검색).  
Statistics Korea. Use area (city, county, district) - urban area. [https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=460&tblId=TX\\_315\\_2009\\_H1440&conn\\_path=I2](https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=460&tblId=TX_315_2009_H1440&conn_path=I2) (accessed August 18).
  28. 홍재주, 임호중, 함영환, 이병재. 2015. 격자단위 분석기법을 적용한 도시 기후변화 재해취약성분석. 한국공간정보학회지 23권, 6호: 67-75.  
Hong Jaejoo, Lim Hojong, Ham Younghwan and Lee Byoungjae. 2015. Grid unit based analysis of climate change driven disaster vulnerability in urban area. *Journal of Korea Spatial Information Society* 23, no.6: 67-75.
  29. 환경부. 하천범람지도. <https://floodmap.go.kr/natreg/natregList.do> (2023년 5월 14일 검색).  
Ministry of Environment. River Flood Map. <https://floodmap.go.kr/natreg/natregList.do> (accessed May 14).
  30. Associated Programme on Flood Management., World Meteorological Organization and Global Water Partnership (APFM, WMO and GWP). 2016. *The Role Of Land-Use Planning In Flood Management*. Integrated Flood Management Tools Series no.7. Geneva: World Meteorological Organization.
  31. Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand & Standing Committee on Agriculture and Resource Management(ARMCANZ and SCARM). 2000. *Floodplain Management in Australia: Best Practice Principles and Guidelines*. Clayton: CSIRO Publishing.
  32. Hawkesbury-Nepean Floodplain Management Steering Committee NFMSC). 2006. *Designing Safer Subdivisions: Guidance on Subdivision Design in Flood Prone Areas*. Sydney: State of New South Wales.
  33. Hawkesbury City Council's Floodplain Risk Management Advisory Committee. 2012. *Hawkesbury Floodplain Risk Management Study & Plan*. New South Wales: Bewsher.
  34. Hong, X., David, P., Rotimi, J. and Taiwo, A. 2020. Improving the flood resilience of commercial buildings through property flood resilience measures. *Urban Water Systems & Floods III* no.194: 13-20.

35. NYC. 2016. *Resilient Industry Mitigation and Preparedness in the City's Industrial Floodplain*. New York: NYC Planning.

36. United Nations Development Programme.(UNDP). 2004. *Reducing Disaster Risk A Challenge For Development*. New York: UNDP.

- 논문 접수일: 2024. 1. 17.
- 심사 시작일: 2024. 3. 3.
- 심사 완료일: 2024. 3. 7.

---

## 요약

주제어: 폭우, 도시계획, 용도지역, 사례 기반, 예방형 대책

폭우재해와 같은 기후변화 재난의 유형과 피해 양상이 다양화·복합화되면서 도시 계획단계부터 재해예방형 도시계획의 필요성이 중요해지고 있다. 최근 도시·군기본계획 수립지침상에 방재계획 수립이 강조되고 있으나, 재해예방형 도시계획에 대한 구체적인 기준은 부족한 실정이다. 이에 본 연구는 용도지역의 특성에 따른 폭우재해 고려 사항과 재해예방형 도시계획 요소를 고찰하고, 이를 기반으로 폭우 재해예방형 도시계획 수립방안을 제안하는 것을 목적으로 한다.

연구 결과, 사례지역인 창원시는 토지이용 측면에서 지형적 취약성에 의한 피해를 저감하기 위한 방재시설이 적용되어 있었고, 기반시설 측면에서 불투수면, 지하도로 등의 침수피해 가중원인을 파악할 수 있었으며, 건축물 측면에서 용도지역별 다른 재해예방 대책이 적용되어야 함을 파악하였다. 이는 용도지역별로 각기 다른 대책을 강화된 기준을 적용해야 함을 시사한다.

