



건물군 인벤토리가 고려된 다차원법을 활용한 홍수피해액 산정

Estimation of Flood Damage Using Building Group Inventory and Multi-Dimensional Flood Damage Analysis

강동호* · 이석호** · 김길호*** · 김병식****

Kang, Dong Ho*, Lee, Suk Ho**, Kim, Gil Ho***, and Kim, Byung Sik****

Abstract

As a result of recent climate change, flood damage originating from local floods and typhoons has become more frequent, costing many lives and damaging property. Especially in city centers, a large amount of damage can occur due to inundation caused by river flooding. In this study, flood damage area was calculated using the Flo-2D flood inundation model, and the estimated flood damage was calculated using multi-dimensional flood damage analysis. In general, the flood damage rate can be calculated using the area ratio according to the land use in the affected administrative district. However, in this study the flood damage rate was calculated using the flood damage rate proposed in the multi-dimensional flood damage analysis. The estimated flood damage as a function of return period were estimated using the estimated flood damage rate. The flood damage rate estimated using the area ratio was estimated to be at least 51% with a maximum 75% lower than the flood damage rate estimated using the building group, and the total damage was underestimated when the area ratio was used. Therefore, it is necessary to estimate damages using building inventories presented in the multidimensional law for residential and industrial areas.

Key words : Flo-2D, Multi-Dimensional Flood Damage Analysis, Flood Damage Rate, Flood Damage

요 지

최근 기후변화로 인해 국지성 집중호우 및 태풍으로 제내지 침수로 인한 홍수피해가 빈번하게 발생하고 있으며, 많은 인명피해와 재산피해가 발생하고 있다. 특히 도심지에서 하천의 범람으로 인한 침수로 많은 피해액이 발생하게 된다. 따라서 본 연구에서는 도시를 흐르는 도시하천인 원주천유역을 대상으로 홍수범람모형인 Flo-2D모형을 이용하여 홍수피해면적을 산정하였으며 다차원법을 이용한 피해액 산정방법을 통하여 빈도별 예상홍수피해액을 산정하였다. 일반적으로 행정구역상 토지이용에 따른 면적비를 이용하여 침수편입률을 산정하나 본 연구에서는 다차원법에서 제시하는 침수편입률 산정방법을 이용하여 산정하였다. 산정 결과 면적비를 이용한 편입률이 건물군을 이용한 편입률 보다 최소 51%, 최대 75% 낮게 산정되었으며 면적비를 이용하였을 때 과소 산정되는 것으로 나타났다. 따라서 다차원법을 이용한 피해액 분석시 주거, 산업의 경우 다차원법에서 제시되고 있는 건물군을 이용하여 피해액을 산정하는 것이 필요하다고 판단된다.

핵심용어 : Flo-2D, 다차원법, 침수편입률, 홍수피해액

*정회원, 강원대학교 방재전문대학원 도시환경방재전공 박사과정(E-mail: kdh@kangwon.ac.kr)

Member, Ph.D Candidate, Department of Urban environment & Disaster management, Kangwon National University

**강원대학교 방재전문대학원 도시환경방재전공 연구교수

Ph.D, Research professor, Department of Urban environment & Disaster management, Kangwon National University

***한국건설기술연구원 국토보전연구본부 신진연구원 · 공학박사

Ph.D, Researcher, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

****교신저자, 정회원, 강원대학교 방재전문대학원 도시환경방재전공 부교수(Tel: +82-33-570-6819, Fax: +82-33-570-6458, E-mail: hydrokbs@kangwon.ac.kr)

Corresponding Author, Member, Professor, Department of Urban environment & Disaster management, Kangwon National University

1. 서론

최근 기후변화 및 지구온난화로 인한 환경 및 생태계의 변화로 여름철 강우강도가 크게 증가하고 있으며, 급격한 도시화로 인한 하천주변 주거지, 도심공원 등의 확산으로 홍수취약지역이 증가하여 도시홍수로 인한 도시민의 큰 인명 및 재산 피해가 급증하고 있다. 실제로 과거 ‘2002년 루사’, ‘2003년 매미’, ‘2004년 나리’ 등의 태풍으로 인해 집중호우로 인한 홍수로 많은 피해가 있었다. 이와 같이 매년 반복되는 홍수 재해로부터 국민의 생명과 재산을 보호하고 재해의 효과적인 관리를 위해서 사전예측을 위한 분석시스템 구축이 필요하나 대부분의 재해에는 많은 변수와 불확실성이 존재하여 현재의 정보체계에서는 한계가 있다(Yun et al., 2010).

따라서, 홍수범람과 침수분석 등 수리학적 문제들은 다양하고 복잡한 지형을 분석하고 흐름 예측하는 것이 필요하며 수치해석프로그램, 경험식 등 다양한 방법을 통하여 지속적으로 연구되고 있다.

Yeo (2003)은 치수경제성분석 절차 중에서 편익인 예상연평균피해액을 구하기 위하여 빈도별 예상침수면적에 대한 피해액을 산정하는 식을 연구하였으며 실제 피해를 입은 침수면적에 따른 피해액의 자료를 수집하여 관계식을 도출하였다. Choi et al. (2004)은 국내에서 사용중인 치수경제성분석의 문제점에 대한 개선방안으로 다차원법을 개발하였다. Lee et al. (2006)은 다차원법을 이용하여 도시지역에 적합하도록 다차원법의 홍수피해산정 요소들을 보정하여 도림천유역에 적용하여 분석을 실시하였다. Lee and Park (2011)은 기존 침수위험도 연구의 한계를 개선하고자 하였으며 금강 일부 구간에 수치지형도 및 토지피복도를 기초로 MD-FDA 방법을 구현하기 위한 방법론을 개발하였다. Lee (2011)은 미래 기후변화에 의한 확률강우량에 대한 예상홍수피해액을 비교하고자 하였으며 기후변화에 대비하였을 때의 편익을 정량적으로 비교하고자 하였다. Park et al. (2015)는 GIS자료를 기반으로 Multi-Dimensional Flood Damage Analysis (MD-FDA) 평가항목별 분석을 통해 구리시의 홍수취약특성을 평가하였다. Tak et al. (2017)은 Storm & Wastewater Management Model (XP-SWMM)모형을 이용하여 침수지역내 피해액 산정을 위해 세부 건물형태 및 내용물을 고려하는 다차원홍수피해산정방법의 도시지역내 적용성을 검토하였다.

Dutta and Herath (1998)은 자산가치를 조사한 자료와 홍수범람모형을 GIS와 연계한 Flood Damage Assessment (FDA) Methodology를 개발하였다. Tate (1999)는 HEC-RAS와 ArcView를 이용하여 침수흔적도를 작성하였으며 Snead and Maidment (2000)는 HEC-GeoRAS를 이용하여 홍수터 가시화 연구를 하였다. 일본 건설성(MLIT, 2000)에서는 기존의 “치수경제조사요강”의 방법을 보완 및 발전시켜 “치수경제조사매뉴얼”을 발간하였다. Biza et al. (2001)은 자산정보, 경제적 자료, 수문자료 등을 GIS와 연계한 Flood Analysis Toolbox

(FAT) 홍수피해 산정모형을 개발하였다. Beffa and Connell (2001)은 2차원 범람모형인 Hydro2de 모형을 개발하여 제내지의 지형특성과 격자생성조건에 대해 검토하였으며 Waihao 강의 홍수터에 적용하여 안정성 및 정확성을 분석하였다.

본 연구에서는 대상유역으로 도시를 관통하여 흐르는 도시하천인 원주천 유역으로 선정하였으며 홍수범람모형인 Flo-2D모형을 이용하여 빈도별(50년, 80년, 100년, 200년) 홍수피해면적을 산정하였다. 다차원법을 이용하여 홍수피해액을 산정하였으며 일반적으로 사용하는 면적비를 이용한 편입률 산정방법과 실제 건물군 자료를 이용한 편입률 산정방법의 홍수피해액 비교를 하였다. 건물군 인벤토리의 경우 모든 건물 용도에 대한 자료가 부족하여 토지이용도와 중첩되는 부분에 대하여 건물 용도를 선정하였다. 또한 공공시설물 피해액 산정시 재해연보에서 제시된 공공시설물 피해액 비율과 일본건설성에서 제시된 공공시설물 피해액 비율을 적용하였을 때의 피해액 차이에 대해서도 비교하고자 하였다.

Fig. 1은 본 연구의 흐름도이다.

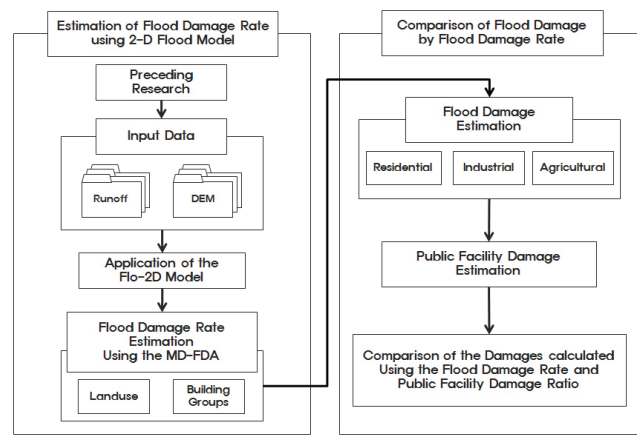


Fig. 1. Flow Chart of Study

2. 이론적 배경

2.1 다차원홍수피해 산정방법

치수사업의 경제성 분석은 사업 전은 물론 사업 후에도 편익의 실체가 완벽히 검증되기 쉽지 않으므로 홍수피해에 대한 예측은 사업의 추진에 있어 중요한 부분이고 매우 민감한 사안이다. 따라서 신뢰할 만한 홍수피해 산정을 위해서는 공학적 측면과 경제적 측면이 모두 고려되어야 하기 때문에 이에 대한 분석과 조사의 범위가 매우 넓다. 공학적 측면에서는 주로 수리·수문학적 분석에 의한 범람모의와 제내지 침수예측을 실시하게 되는데 이는 홍수피해 산정은 물론이고 치수계획 전반에 필수적이고 가장 기본적인 과정이다. 경제적 측면은 예측된 침수구역 내의 경제적 가치를 대변할 수 있는 각종 자료와 지표들을 조사하여 홍수피해로 계량화하는 가정이다(Yi, 2007).

Table 1. Flood Damage Assets by Administrative District Based on the MD-FDA

Asset Type	Assets
Residential	Building: Residential Buildings Building Content: Home Supplies
Agricultural	Farmland: Fields and paddles Produce: Representative crops during flood season
Industrial	Tangible fixed/stored assets: Production facilities and/or assets except for land

Source: KDI (2008).

2.2 침수편입률 산정방법

침수편입률이란 행정구역 내에서 주거, 산업, 농업 등 지역 특성요소의 총자산가치를 실제 침수된 부분에 대한 자산가치로 환산하기 위해 지역특성요소별로 지리요소인 공간객체들의 위치정보를 침수심별로 중첩하여 전체에 대한 비율로 나타낸 것이다. 따라서 침수편입률은 행정구역별로 산정되며 주거, 산업, 농업의 세 가지 지역특성요소들이 각각 편입되는 침수심별로 산정되고 침수심별 편입률의 합은 언제나 1이 된다. Fig. 2는 침수편입률을 산정하기 위하여 공간정보를 중첩하는 개념(KDI, 2008)을 나타내고 있다.

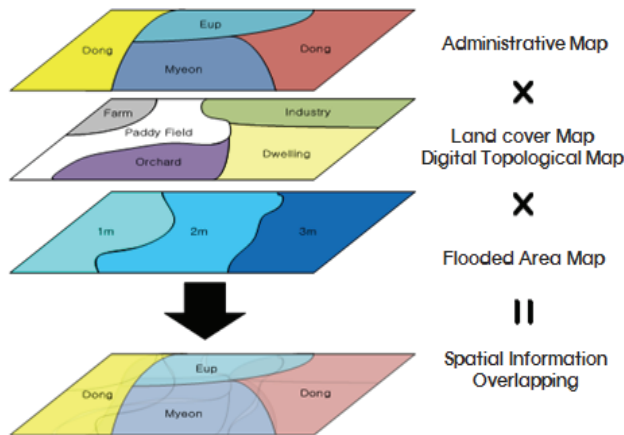


Fig. 2. Overlapping for Flood Damage rate Estimation Using GIS (Korea Development Institute, 2008)

2.3 공공시설물피해액 산정방법

공공시설물의 피해액은 그 범위와 규모로 볼 때, 직접적인 방법으로는 산정이 거의 불가능하다. 따라서 일반자산피해액에 대한 공공 토목시설의 피해액 비율을 사용하는 것이

일반적이다. Table 2는 KDI (2008)에서 제시하고 있는 일본 국토건설성 공공시설물 피해액비율을 나타내고 있다.

2.4 홍수범람모형 Flo-2D

Flo-2D모형은 1988년 미국 콜로라도 주의 보험용 도시 침수가능지역을 파악하기 위하여 연방비상 관리국(FEMA)에서 개발되었으며 공인된 모형이라 신뢰성이 높다. Flo-2D 모형의 시스템은 그래픽 편집과 맵핑을 위한 프로세서와 수로와 범람원을 상세히 시뮬레이션 할 수 있는 요소로 구성된다. Grid Developer System (GDS)은 연속된 작은 타일로 지형을 대신할 격자망을 생성한다. Flo-2D모형은 강우, 수로에서의 흐름, 도로에서의 흐름, 침투, 제방 등 물리적 특성 등의 구성요소를 가진다. PROFILES 프로그램은 수로의 경사 및 단면형상을 편집하며 홍수 경로의 결과는 MAXPLOT, MAPPER, HYDRO 프로그램으로 그래픽적으로 확인 할 수 있다. Fig. 3은 흐름방정식을 도식화 한 그림이다. Flo-2D의 흐름방정식은 Eq. (1)과 같으며, 연속방정식과 운동량방정식을 기본으로 한다.

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h V}{\partial x} = i \quad (1)$$

$$S_f = S_0 - \frac{\partial h}{\partial x} - \frac{V}{g} \frac{\partial V}{\partial x} - \frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial x} = 0$$

여기서 h 는 유량의 깊이, V 는 시작격자에서 8방향 흐름(x방향) 중 하나의 평균유속이며, i 는 초과강우강도이다. S_f 는 마찰경사로 Manning 방정식을 기반으로 한다.

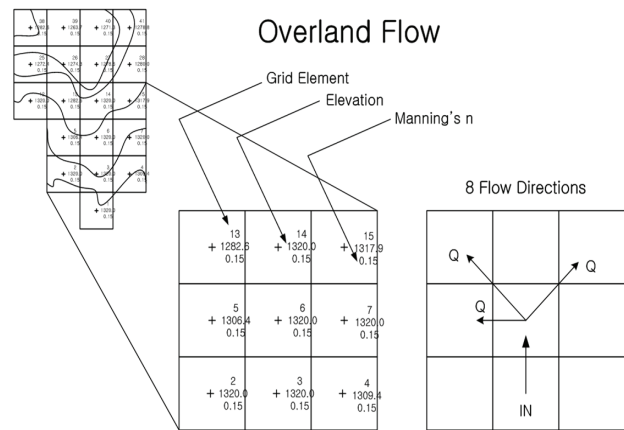


Fig. 3. Flo-2D Flow Equation (FLO-2D Software Inc., 2005)

Table 2. Flood Damage Ratios of Asset Types Estimated by the MD-FDA

Facilities	Roads	Bridges	Sewrage	Urban Facilities	Public Facilities	Farmland	Agricultural Facilities	Total
Damage Ratio	0.616	0.037	0.004	0.002	0.086	0.291	0.658	1.694

Source: MLIT (2000).

3. 대상 유역 개요 및 적용

3.1 대상유역

본 연구에서 도심을 흐르는 도시하천인 원주천 유역을 대상유역으로 선정하였다(Fig. 4). 원주천은 섬강의 제1지류로서 유역면적 152.93 km², 유로연장 29.08 km로 섬강 유역면적의 약 10.26%를 점하고 있으며, 강원도 횡성군 둔내면과 평창군 봉평면의 경계이 있는 차악산 남태봉에서 발원하여 원주시를 지나 섬강 좌안측으로 유입되는 강이다. 원주천 유역은 원주시를 관통하여 도심지 유역과 산지부 유역으로 구분되며, 유로의 형성이 유역의 중심부를 관류하고 있어 하천 좌·우안 측의 유역면적이 비슷한 편이다. 1999년 하천정비기본계획에 의거하여 하류구간 80년 빈도, 상류구간 50년 빈도의 홍수위로 계획에 반영되었다. 이에 따라 본 연구에서 빈도별 유출량을 산정하는데 있어 50년, 80년, 100년, 200년 4개 빈도에 대한 유출량을 산정하여 분석을 실시하였다.

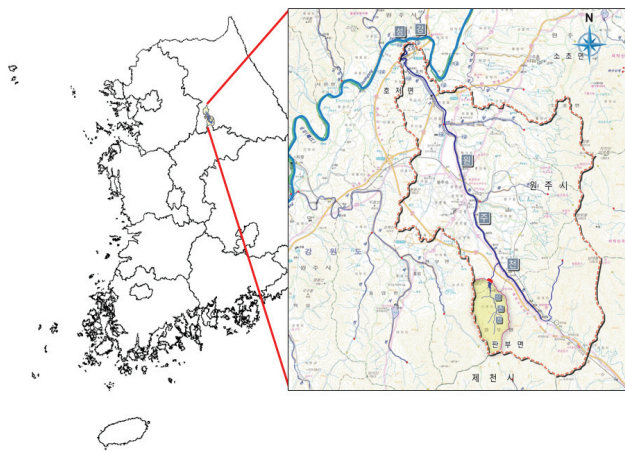


Fig. 4. Target Basin

3.2 입력자료 구축

홍수범람모형인 Flo-2D모형의 입력자료로는 수치표고모델(DEM)과 유출량 자료가 필요하며, 수치표고모델(DEM)의 경우 1:5,000 수치지도를 이용하였다(Fig. 5).

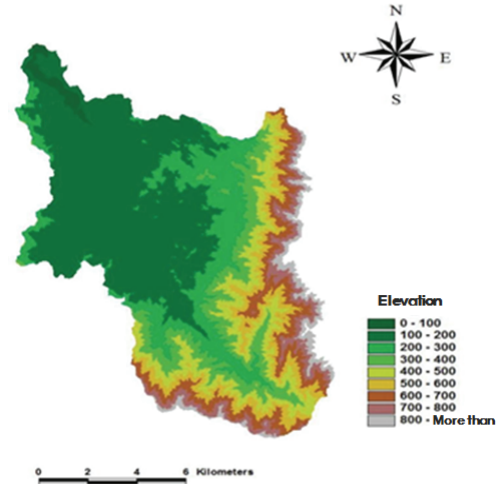


Fig. 5. DEM of Wonjucheon Basin

유출량 산정의 경우 Francis 전폭웨어 공식을 이용하여 산정하였다. 본 연구에서는 제방의 파제로 인한 홍수가 아닌 제방 월류로 인한 홍수에 대하여 모의하고자 하였으며 원주천댐 타당성조사(K-Water, 2015)의 제방고, 빈도별(50년, 80년, 100년, 200년) 홍수위 자료를 이용하여(Table 3) Fig. 6과 같이 대상지점을 선정하였다. 대상지점의 경우 모든 빈도에서 범람이 발생하는 곳으로 선정하였다.

$$Q = 1.84LH^{3/2} \quad (2)$$

여기서 L은 공칭웨어 폭, H는 웨어위에서의 수심이다.

3.3 Flo-2D 모형을 이용한 홍수모의

선정된 대상지점에 대하여 빈도별(50년, 80년, 100년, 200년) 홍수위를 산정한 후 4시간 동안 홍수피해가 일어났다는 가정하에 피해면적, 피해액을 산정하였다. Fig. 7에서 선정된 대상지점에서 홍수범람 모의를 실시하였으며 피해면적의 경우 Table 4와 같다.

3.4 침수편입률 산정

다차원홍수피해산정법에서 제시하고 있는 편입률 산정 방법으로 농업지역은 면적비를 이용하여 편입률을 산정하

Table 3. Bank Height, Flood Elevation, and Overflow Volume of the Study Area

Return Period	Water Level (m)	Bank Height (m)	Overflow Height (m)	Overflow Width (m)	Overflow Volume (cms)
50 Year	107.959	107.14	0.819	50	68.01
80 Year	108.12	107.14	0.98	50	89.01
100 Year	108.2	107.14	1.06	50	100.19
200 Year	108.42	107.14	1.28	50	132.89

Source: K-Water (2015).

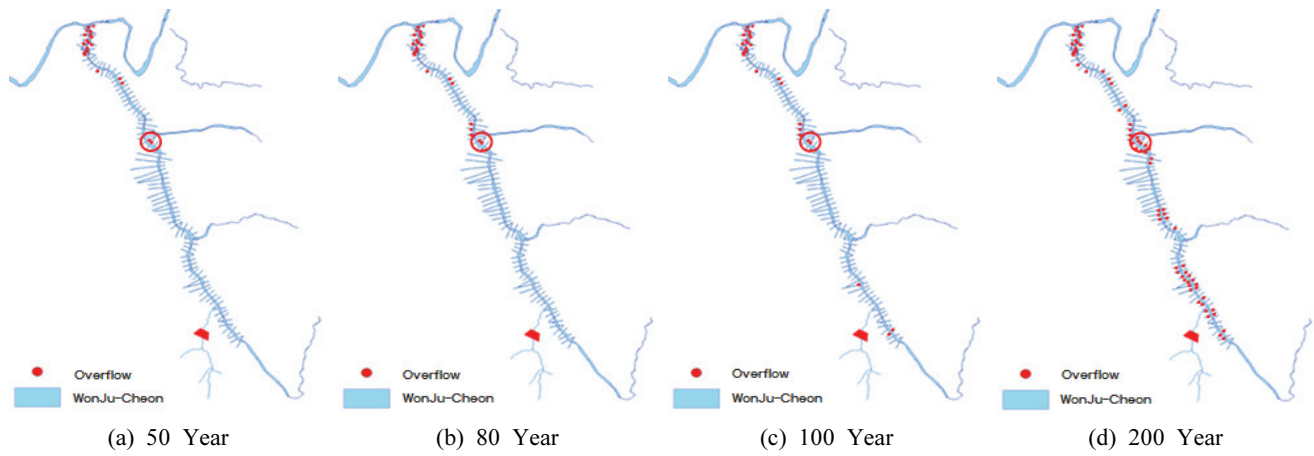


Fig. 6. Flood Area and Target point by Return Period (K-Water, 2015)

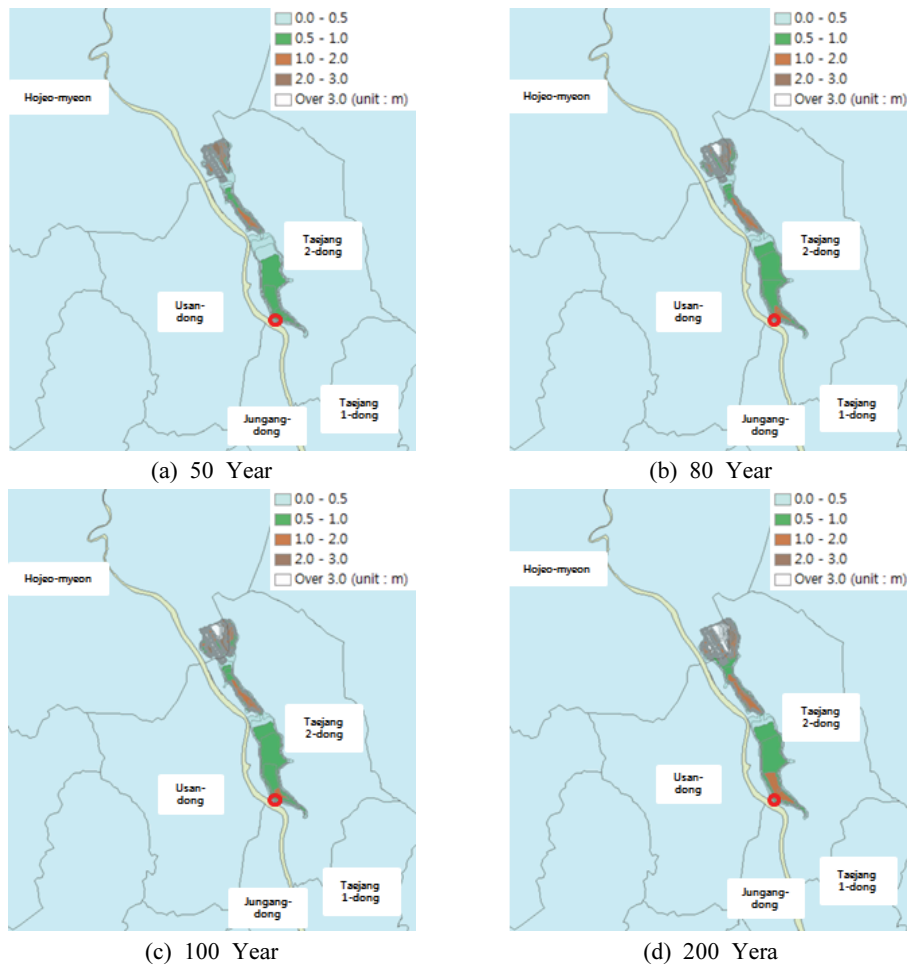


Fig. 7. Damage Area by Return Period

Table 4. Estimation Damage Area by Return Period (4hour)

Time	Damage Area (km ²)			
	50 Year	80 Year	100 Year	200 Year
4 hour	4.77	6.16	6.64	6.74

며 주거지역, 산업지역의 경우 공간객체(건물군)들의 위치 정보를 이용하여 산정한다. 하지만 실제 분석시 공간객체에 대한 자료 수집이 용이하지 않아 면적비로 산정하는 방법이 많이 사용되고 있다. 본 연구에서는 면적비를 이용한 침수편입률 산정방법과 공간객체의 위치정보를 이용한 산정방법의 비교를 통하여 피해액의 차이를 분석하고자 하였다. 분석에서 사용되는 토지이용도는 국가공간정보포털에서 제공하는 2008년 토지이용도 자료를 사용하였다.

Fig. 8과 같이 건물군 인벤토리를 고려한 경우 GIS상에 도시화되는 정해진 건물 수 대비 피해받은 건물수로 편입률이 산정되는데 토지이용도를 이용한 면적비 편입률의 경우

실제 건물보다 넓게 토지이용도 상에 주거지역, 산업지역으로 표현이 되어 보다 낮은 편입률이 산정되는 것으로 판단되었다.

Table 5는 면적비와 건물군을 이용하였을 때의 직접피해액 비교 결과표이다. Fig. 9와 같이 면적비 산정방법에 따른 직접피해액 비교 결과 50년 빈도 건물군 편입률을 이용한 홍수피해액이 100년 빈도 면적비를 이용한 편입률을 이용하였을 때의 피해액과 비슷하게 나타났으며 80년 빈도 건물군 편입률을 이용하였을 때 100년, 200년 면적비를 이용하였을 때의 피해액보다 높은 피해액이 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

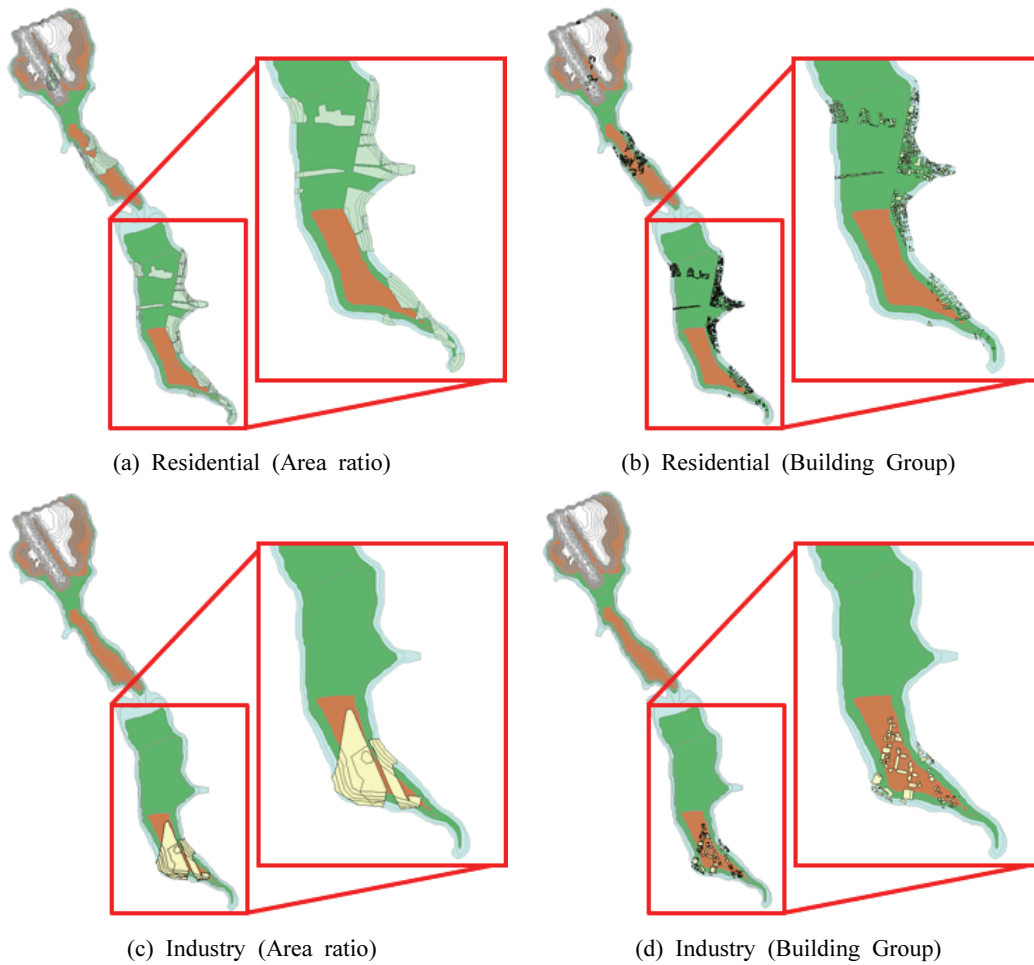


Fig. 8. Comparison of Area ratio, Building Group

Table 5. Comparison of Area ratio, Building Group

Time	Amount of Damage (KRW million)							
	50 Year		80 Year		100 Year		200 Year	
	Area ratio	Building Group	Area ratio	Building Group	Area ratio	Building Group	Area ratio	Building Group
4 hour	132,608	175,680	157,711	273,604	185,451	290,140	209,185	297,035

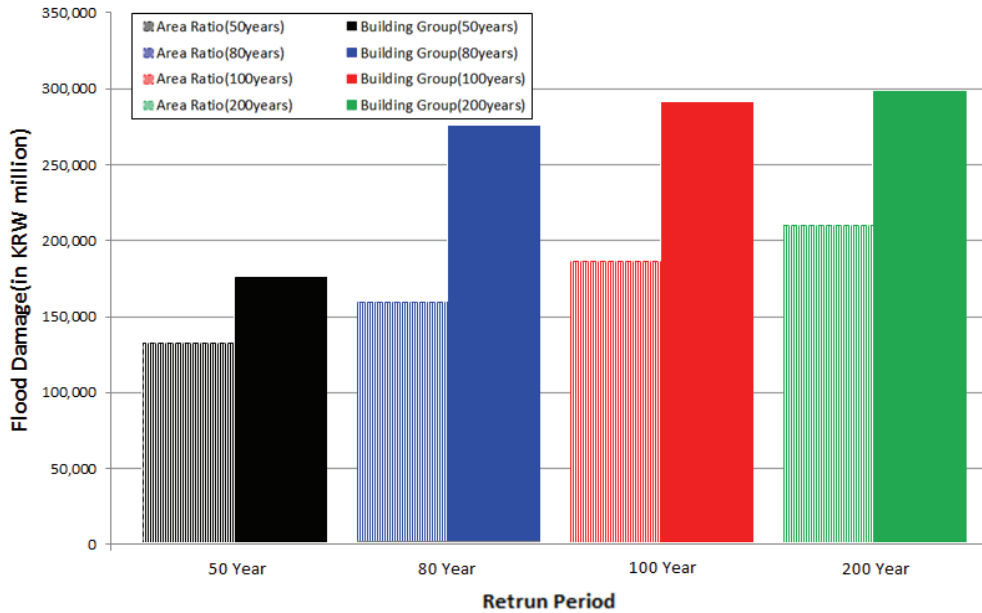


Fig. 9. Comparison of Direct Flood Damage between Area Ratio and Building Group

3.5 공공시설물 피해액 산정

공공시설물 피해액 산정을 위하여 Table 2의 KDI (2008)에서 제시하고 있는 일본 국토건설성 공공시설물 피해액비율을 적용하여 토지이용도상에 침수가 발생한 읍면동 내 침수 면적에 포함되는 항목에 대해서 적용하여 직접피해액에 공공시설물 피해비율을 적용하여 산정하였다. 앞서 언급하였듯이 건물군 인벤토리의 경우 공공시설에 대한 건물용도 자료가 부족하여 토지이용도 자료와 중첩하여 중첩되는 부분에 대하여 공공시설물로 선정하여 분석하였다. 침수피해가 발생했던 호저면, 태장2동에 대한 공공시설물 피해액 산정결과는 Table 6과 같다. 빈도별 두 지역의 공공시설물 피해액 합산하여 총 피해액에 이용하였으며 공공시설물 피해액 비교결과 면적비를 이용하였을 때 평균 67% 적게 산정되었다.

3.6 총 피해액 산정

총 피해액 산정을 위하여 본 연구에서는 인명피해액을 제외한 직접피해액, 공공시설물 피해액 산정후 편입률에 따른 총 피해액을 산정하였다. Fig. 8은 면적비편입률을 이용한 피해액 산정방법을 통하여 나온 총 피해액과 본 연구에서 산정한 건물군편입률을 이용한 총 피해액을 비교한 그림이다. 직접피해액 산정결과와 유사한 결과가 총 피해액이 산정되었으며 건물군을 이용한 총 피해액이 면적비를 이용하였을 때의 총 피해액보다 약 65% 적게 산정되었다(Fig. 10).

4. 결론

본 연구의 목적은 다차원법을 이용하여 침수편입률 산정 방법(면적비, 건물군 인벤토리)에 따른 직접피해액과 공공

Table 6. Estimation of Public Facilities Damage

Return Period	Eup, Myeon, Dong	Applied Ratio of Public Facilities Damage	Direct Flood Damage (million)		Public Facilities Damage (million)	
			Area Ratio	Building Group	Area Ratio	Building Group
50 Year	Hojeo-myeon	0.909	1,362	3,254	1,238	2,958
	Taejang2-dong	0.995	132,246	172,426	130,590	171,564
80 Year	Hojeo-myeon	0.909	1,767	7,126	1,607	6,477
	Taejang2-dong	0.995	155,944	266,479	155,164	265,146
100 Year	Hojeo-myeon	0.909	1,792	7,805	1,629	7,095
	Taejang2-dong	0.995	183,659	278,972	182,740	277,577
200 Year	Hojeo-myeon	0.909	2,027	9,385	1,842	8,531
	Taejang2-dong	0.995	207,159	287,649	206,123	286,211

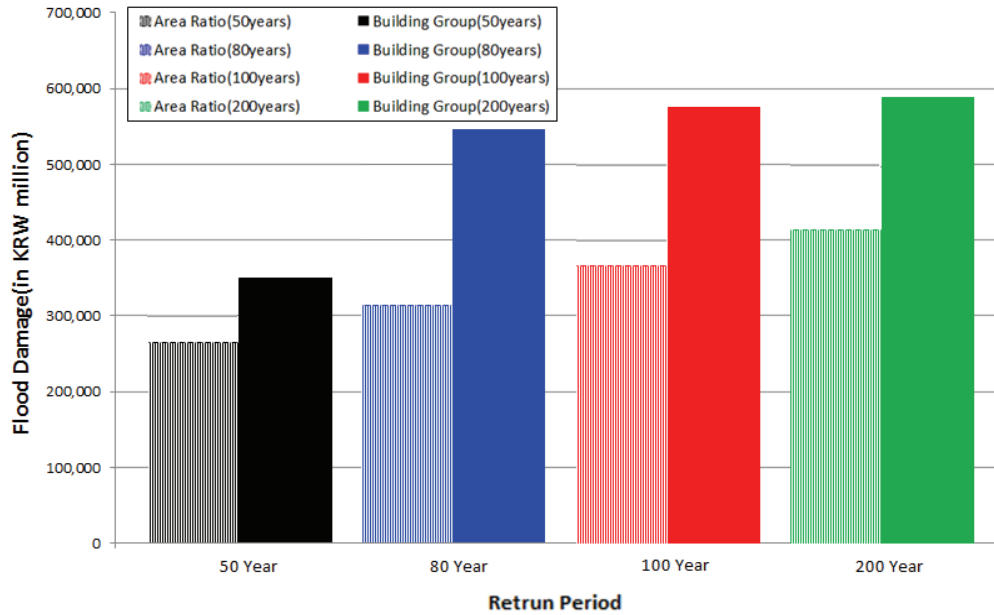


Fig. 10. Comparison of the Total Flood Damages Estimated Using the Area Ratio-Based Damage Rate and the Building Group-Based Damage Rate

시설물피해비율(일본 국토교통성)적용에 따른 총 피해액에 미치는 영향에 대하여 평가하였다. 대상유역으로 도시하천인 원주천유역으로 선정하였으며 홍수범람모형인 Flo-2D 모형을 이용하여 빈도별(50년, 80년, 100년, 200년) 홍수범람모의를 실시하였다. 침수편입률 산정시 일반적으로 사용되는 면적비를 이용한 방법과 실제 건물군 인벤토리를 이용한 방법을 이용하였으며 일반자산 피해액을 산정하여 비교하였다. 총 피해액 산정에서는 KDI (2008)에서 제시하고 있는 일본 국토건설성 공공시설물 피해비율을 적용하여 분석하였다.

- (1) 침수편입률 산정방법에 따른 피해액분석에서는 침수편입률 산정방법에 따른 홍수피해액을 분석하고자 하였다. 침수면적과 토지이용에 따른 면적비를 이용한 편입률 산정방법과 침수면적과 건물군을 이용한 편입률 산정방법을 비교하였다. 비교 결과 건물군을 이용한 편입률이 면적비를 이용한 편입률보다 높은 편입률을 보였다. 산정된 편입률을 이용하여 직접피해액을 산정한 결과 면적비 편입률을 이용한 피해액이 건물군 편입률을 이용한 피해액보다 최소 51%, 최대 75% 낮은 피해액이 산정되었다.
- (2) 공공시설물 산정방법에 따른 피해액에서는 일본 건설성에서 제시한 공공시설물피해비율을 적용하였을 때 피해액의 차이를 비교하였다. 두 가지 편입률 산정방법에 따른 공공시설물 피해비율을 적용하여 공공시설물 피해액을 산정하였을 때 면적비 편입률을 이용한 피해액이 평균 67% 낮게 산정되었다.

기존 연구에서는 잠재침수구역을 이용하여 최종홍수피해면적에 대한 분석이 실시되고있지만 본 연구에서는 홍수범람모형을 이용하여 시간에 따른 홍수피해면적에 대한 분석을 실시하여 홍수피해 대비·대응에 적용할 수 있을 것으로 판단되며, 홍수피해 대비·대응에 따른 홍수피해액 저감에도 도움이 될 것으로 판단된다.

침수편입률과 관련하여 건물군을 이용한 편입률의 경우 피해면적에 포함되는 건물 수를 계산하여 편입률을 산정하지만 토지이용도를 이용한 면적비 편입률의 경우 실제 건물보다 넓게 토지이용도 상에 주거지역, 산업지역으로 표현이 되어 보다 낮은 편입률이 산정되었다. 산정된 면적비 편입률과 건물군 인벤토리 편입률을 이용하여 일반자산피해액과 공공시설물피해액을 산정하였때 낮게 산정된 면적비 편입률을 이용한 총 피해액이 적게 나옴을 확인 할 수 있었다. 최근 전국적으로 건물군 인벤토리가 구축되고 있는 추세이며 다차원법에서도 주거지역과 산업지역의 경우에는 건물군을 이용하여 분석하도록 정의되어 있기 때문에 다차원법을 이용하여 홍수피해액을 산정하기 위해서는 면적비를 활용하는 것보다 건물군 인벤토리를 활용하는 것이 바람직하다고 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 18AWMP-B083066-05). 이 논문은 행정안전부장관의 재난관리분야 전문인력 양성사업으로 지원되었습니다.

References

- Beffa, C., and Connell, R.J. (2001). Two-dimensional flood plain flow. I: Model description. *Journal of Hydrological Engineering*, ASCE, Vol. 6, No. 5, pp. 397-405.
- Biza, P., Gimu, V., Christian, H., and Smith, G. (2001). The use of a GIS-based software tool for benefit-cost analysis of flood mitigation measures in the Czech Republic. *DHI Software Conference*, DHI Software.
- Choi, S.A., Yi, C.S., Shim, M.P., and Kim, H.S. (2004). Multi-dimensional expected flood damage assessment method: Principle and procedure. *Proceedings of 2004 Annual Conference*, Korean Society of Civil Engineers, pp. 839-843.
- Dutta, D., and Herath, S. (1998). *Benefits of flood mitigation in Australia*. Bureau of Transport and Regional Economics Report 106.
- Flo-2D Software Inc. (2005). *Flo-2D PRO reference manual*.
- KDI (Korea Development Institute). (2008). *Modification and supplementary study of the preliminary feasibility study standard guide for water resources (dam) project* (4th edition).
- K-Water. (2015). *Wonjucheon dam feasibility study report*.
- Lee, G.S., and Park, J.H. (2011). Flood damage assessment according to the scenarios coupled with GIS data. *Journal of the Korean Society for Geospatial Information Science*, Vol. 19, No. 4, pp. 71-80.
- Lee, K.H., Choi, S.A., Kim, H.S., and Shim, M.P. (2006). Application of multi-dimensional flood damage analysis for urban flood damage. *Journal of the Korean Society of Civil Engineers B*, Vol. 26, No. 4B, pp. 363-369.
- Lee, K.H. (2011). *Estimation of expected flood damage considering uncertainty and under climate change*. Ph.D. dissertation, Inha University, Incheon.
- MLIT (Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism of Japan). (2000). *Manual on flood control economic analysis*.
- Park, J.G., Cho, G.S., and Lee, G.S. (2015). Evaluation of flood damage assessment of Guri City based on GIS. *Proceedings of 2015 Spring Conference*, The Korean Society for Geospatial Information Science, pp. 169-170.
- Snead, D., and Maidment, D.R. (2000). *Floodplain Visualization Using HEC-GeoRAS*. University of Texas at Austin.
- Tak, Y.H., Kim, Y.D., Kang, B.S., and Park, M.H. (2017). Application of multi-dimensional flood damage analysis in urban area. *Journal of Korea Water Resource Association*, Vol. 50, No. 6, pp. 397-405.
- Tate, E. (1999). *Floodplain mapping and Terrain Modeling Using HEC-RAS and ArcView GIS*. Center Research in Water Resources (CRWR) Online Report 99-1, pp. 118-153.
- Yeo, K.D. (2003). *A study on estimation method of expected flood damage considering local characteristics*. Master's thesis, Inha University, Incheon.
- Yi, C.S. (2007). *Decision making model for most preferable alternative in basin-wide flood damage reduction planning*. Ph.D. dissertation, Inha University, Incheon.
- Yun, H.C., Min, K.S., Kim, M.K. (2010). Construction of multi-purpose hazard information map based on digital image using geospatial information. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*, Vol. 13, No. 3, pp. 91-101.

Received	November 5, 2018
Revised	November 6, 2018
Accepted	November 15, 2018