건축물 인벤토리 기반 홍수재난손실추정을 위한 취약곡선 산정에 관한 연구

장동민*, 황진환**, 김택상***, 박성원*
*한국과학기술정보연구원 데이터기반문제해결연구단
**서울대학교 건설환경공학부
***미시간대학교 건설환경공학부
e-mail:swpark@kisti.re.kr

A Study on Flood Disaster Loss Estimation of Damage Curve Based on Building Inventory

Dongmin Jang*, Jin Hwan Hwang**, Taek Sang Kim***, Sung Won Park*
*Dept. of Data-centric Problem Solving Research, Korea Institute of Science and Technology Information
**Dept. of Civil and Environmental Engineering, Seoul National University
***Dept. of Civil and Environmental Engineering, University of Michigan

요 약

국내의 침수피해산정에 관한 연구는 1990년대부터 진행되어 오고 있으나 체계화되어 있지 않고, 추상적인 피해 정도를 추산하는 정도에 그치고 있다. 이에 따라, 여러 선진국들의 시스템을 벤치마킹하여 침수피해 추정 모델을 개발하려는 노력은 있었으나 국내 실정에 맞도록 적용하지 못하였고, 무엇보다 기초 데이터의 확보가 어려워 후속 연구가 이루어지지 않고 있다. 때문에, 기반자료를 구축하기 위한 방법론을 제시하고, 침수 대상 영역에 대한 구조물 단위의 소규모 해석이 가능하도록 국내 실정에 맞는 개념적 평가 근간을 마련한다면 보다 정량적이고 최적화된 침수피해 추정 방안을 도출할 수 있는 근거를 제시할 수 있을 것이다. 따라서 본 연구에서는 위와 같은 문제점에 착안하여 구조물 특성별로 최적화된 침수피해 추정기술 도출 방안을 제언하는 데 목적이 있다. 이를 달성하기 위해 세부적으로는 침수 분야 문제 해결 솔루션을 기반으로 최적화된 침수피해 추정기술 도출 방안을 마련하고, 구조물 특성별 침수취약곡선 추정 방안을 도출하고자 하였다. 특히 침수피해 기술 중 핵심인 침수취약곡선의 피해손실함수를 검토하였다. 또한 건축물대장 정보를 GIS 기반으로 인벤토리로 구축하여 개별 건축물의 피해액을 산정할 수 있는 기반을 마련하였다.

주요어: 침수피해; 침수취약곡선; 피해손실함수; GIS; 피해액

1. 서론

침수피해는 장기간에 걸쳐 여러 가지 방법들을 활용하여 기초자료를 구축하고, 이를 분석하여 피해액을 산출하는 일련의 과정을 거쳐야 하는데 국내에서는 이들에 대한 체계적인 절차의 부재로 인하여 관련 연구 현황이나 성과가 미약한 상황이다. 국외 여러 선진국들(미국, 영국, 일본, 체코 등)에서는 재난에 효과적으로 대응하기 위한 재난 피해 추정 시스템을 개발하여 운영해 오고 있다. 특히, 침수피해 기술에 관한 연구는 피해산정의 핵심인 침수취약곡선의 피해손실함수(damage function) 개발에 집중되고 있다. 피해손실함수는 침수심-피해함수로 표현되며 침수피해를 자산 항목에 따라 분류하고 대상 지역의 침수 정도에 따라 자산 항목별 물리적 피해율(손상 정도)을 특정 자산 가치에 대한 백분율로 나타낸다. 이러한 침수심-피해함수 산정을 위해서 다양한 자산 항목의 침수피해에 대한 현장조사와 실험, 각종 통계자료 등이 필요하다.

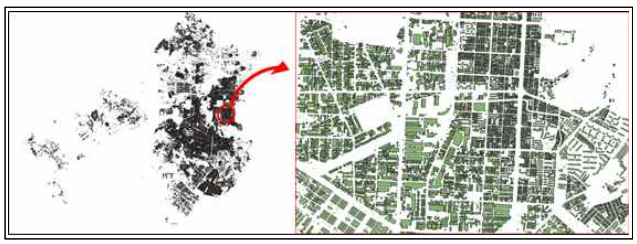
현재 국내에서 사용하는 침수피해 추정기술은 일종의 데이터베이스(DB)에 해당하는 인벤토리가 부족하여 경제·사회적 침수피해에 대한 평가 기준이 불명확하고, 설문 조사 기반의 DB를 일부 구축하여 운영하고 있는 실정이어서 정확한 개체의 정보를 수집하기가 어렵다. 반면 외국의 경우는 충분한 DB를 구축하여 재난 문제 해결을 위한 솔루션을 구축한 상태이며 특히, 미국은 연방정부에서 제공하는 기본 DB가 미국 전역에 구축되어 HAZUS-MH와 같은 침수피해 추정기술을 도입하여 재난에 대한 손실 평가를 수행하고 있다.

최근 2002년 태풍 루사(Rusa)는 동해안 지방에 최대 870 mm, 최대풍속 43.7 m/s를 기록하며 약 70조원의 피해를 발생시켰다. 이후 2003년에는 태풍 매미(Maemi)가 약 56조원의 재산피해를 유발하였고 2012년 태풍 볼라벤이 남해안 지방에 상륙하며 최대 244 mm, 최대풍속 59.5 m/s를 기록하며 약 6조원의 피해를 발생시키면서 침수피해발생으로 인한 피해산정기술 개발이 시급한 실정이다.

2. 연구방법

2.1 적용대상 및 건축물 인벤토리 구축

본 연구에서 사용한 연구의 건물데이터는 국토교통부 국가공간정보포털((http://data.nsdi.go.kr/dataset/12623)에서 제공하는 건물통합정보_마스터 자료 중 220년 05월 기준 인천광역시 내 건물 데이터가 활용되었다. 제공되는 파일의 형식은 그림 1과 같은 shp 형식의 데이터이므로 프로그래밍을 위해 QGIS 프로그램으로 xlsx 형식의 데이터로 추출하였다.



[그림 1] 인천광역시 건물데이터 원본

건물데이터 내 존재하는 전체 인천광역시 건물의 개수는 287,870개이며 건물데이터 내 정보로는 고유 건물번호, 주소, 건축물 용도, 건축물 면적, 연면적, 대지면적, 높이, 건폐율, 용적율 등 총 22가지의 정보가 포함되어 있다. 이 중 본 연구에서는 '건축물 용도'가 존재하여 건물을 용도별로 분류할 수 있는 181,675개의 데이터를 활용하였으며 해당 데이터의 3가지 정보(고유 건물번호, 건축물 용도, 건축물 면적)를 활용하여 침수취약곡선을 산정하는 데 활용하였다.

2.2 침수시나리오 자료구축

침수 시나리오 결과데이터는 건물별 60분 누적 최소, 최대, 평균 침수심 자료를 활용하였다. 건물데이터를 활용하여 총 10가지의 침수 시나리오가 적용되었을 때 건물별로 60분 누적 침수심을 최소값, 최대값, 평균값으로 산출하였으며 침수 시나리오를 사용자가 맞게 선택하여 적용할 수 있도록 하였다. 10가지의 침수 시나리오는 인천광역시의 누적강우량을 50 mm ~ 140 mm 까지 10 mm 간격으로 변경하여 적용하였다.

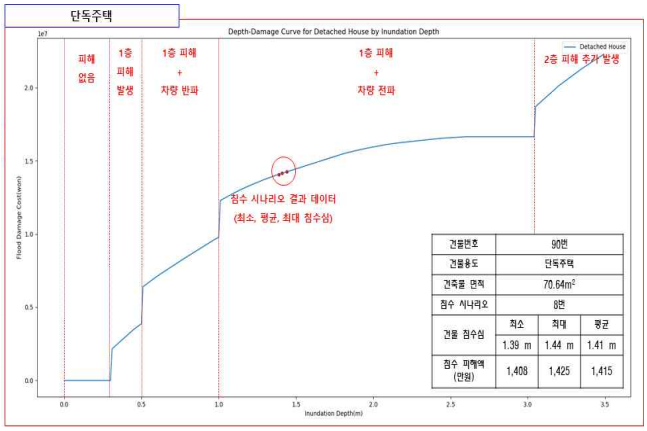
2.3 경제성 자료 구축

건물내용물의 피해만으로 자산 가치를 산정하였다. 활용된 기반자료는 한국노동조합총연맹에서 발간하는 한국노총 표준생계비 자료(2018년 기준)가 활용되었다. 한국노총 표준생계비 자료 중 가정용품 및 가사서비스 모형은 총 6개의 하위 비목으로 구성되어 있으며 가구, 가사비품 및 카페트, 가정용 섬유제품, 가정용 기기, 주방용품 및 가정용품, 가정 정원용 공구 및 장비, 일상 생활용품 및 가사 서비스로 나뉘어 있다. 또한 총 106가지의 가정용품 품목의 단가가 가구 수별(혹은 면적별)로 제시되어 있으며 본 연구에서는 위 106가지의 품목이 주거지역 건물내용물의 자산 가치를 산정하는 데 활용되었다.

3. 연구결과

국내 실정에 적합한 인벤토리를 기반으로 건축물 용도별 분류체계에 따른 침수취약곡선을 추정할 수 있는 방안을 도출하고자 한다. 국외 HAZUS-MH 및 국내 다차원법에서는 침수피해액을 산정하기 위해서 침수취약곡선의 손상비율을 산정하여, 행정구역 단위별(침수편입율)로 포괄적인 피해액을 산정하고 있다.

본 발명의 최종 목적인 건물 단위 침수취약곡선은 침수심에 따른 침수피해액 자료를 활용하여 자료들간의 보간법을 통해 그래프의 형태로 추정된다.



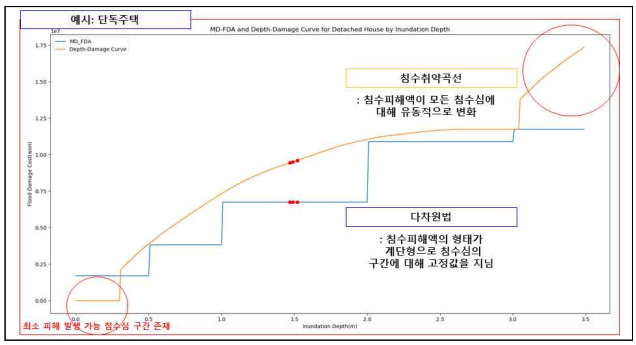
[그림 2] 침수취약곡선 추정결과예시(단독주택)

추가적으로 본 연구에서 제시된 방법을 통한 피해액과 기존에 활용되는 국내 다차원법을 통한 피해액을 비교하기 위하여 다차원법을 통해 피해액을 재산정하였다. 원래 다차원법의 경우, 주거지역, 농업지역, 산업지역으로 나뉘어 주거지역의 경우 건물의 구조적 피해와 건물 내용물의 피해를 따로 산정할 수 있지만, 이번 비교는 단독주택의 건물 내용물만을 대상으로 진행되었다.

다차원법의 치명적인 한계점 중 하나로써 본래 다차원법은 일종의 Top-Down 방식으로 행정구역 단위로 침수피해액을 산정하여 건물 단위로 침수피해액을 산정하는 것이 불가능하지만, 이번 비교를 위해 1개의 건물 내용물에 대해 자산 가치는 본 연구와 같다고 가정한 뒤 침수편입률을 1, 손상비율은 침수심의 구간에 따라 표 1에 제시된 값을 활용하여 건물 단위로 침수취약곡선이 산정될 수 있게 하였다. 위 설정값들을 통해 최종 추정한 다차원법의 침수심에 따른 침수피해액은 그림 3과 같다.

[표 1] 손상비율

건물유형	침수심 범위 (m)				
	~ 0.5	~ 1.0	~ 2.0	~ 3.0	3.0 이상
단독주택	14.5	32.6	50.8	92.8	100



[그림 3] 침수취약곡선과 다차원법을 통해 추정한 단독주택 침수피해액 산정결과

4. 분석 및 고찰

다차원법에 비해 본 연구의 세 가지의 장점을 확인할 수 있다. 첫 번째는 본 연구의 피해액은 침수심의 변화에 대해 더욱 유동적이라는 점이다. 그림 3을 보면 다차원법의 경우 침수피해액이 계단형으로 산정되는 것을 확인할 수 있으며 이는 특정 다섯 가지 침수심 구간에 대해 고정적인 손상비율을 갖게 되는 특성 때문이며 이로 인해 다차원법은 침수심이 아무리 다양하게 변동되어도 피해액은 이에 맞추어 변하지 않는다. 하지만 본 연구에서 제시된 방법은 침수심의 변화에 따라 피해액이 비례하여 발생하게 되므로 모든 침수심에 대해서 유동적으로 피해액을 산정할 수 있어 더욱 명확한 근거에 의거하여 피해액을 산정할 수 있다.

두 번째는 본 연구의 피해액은 국내 환경에 적합한 경제성 자료 및 합리적인 추론을 활용하였다는 점이다. 다차원법의 경우에는 손상비율이 일본에서 제시된 손상비율을 그대로 적용하였기 때문에 국내 환경에 적합하지 않으며, 따라서 실제 피해액과 추정된 피해액 사이의 큰 차이가 존재하였다. 그러나, 본 연구에서 제시된 방법은 국내 기관에서 제시된 자료를 활용하였기 때문에 국내 환경에 맞게 침수피해액을 산정할 수 있다.

세 번째는 낮은 침수심 혹은 극단적으로 높은 침수심에 대해 합리적으로 내용물 피해액을 산정할 수 있다. 본 연구에서는 건물 밖 현관을 고려하여 침수심이 현관의 높이를 초과하지 못하는 낮은 침수심의 경우 내용물 피해가 발생하지 않는 것으로 설정하였고, 이는 그림 3에서 0.3 m 이하의 침수심에 대해 내용물 피해액이 없는 것에서 확인할 수 있다. 피해액을 산정할 시에는 계단의 높이와 개수를 가정하여 사용하였지만, 이 둘은 각각 하나의 변수로 설정되어 추후 유동적으로 변경하여 활용이 가능하다. 또한, 본 연구방법은 극단적으로 침수심이 높아져 2층까지 영향을 미치는 경우도 고려하였으며, 이는 그림 3에서 침수취약곡선을 통한 침수피해액이 침수심 3.0 m에서 3.5 m로 변하면서 다시 한번 급격하게 상승하는 구간을 통해 확인할 수 있다. 이 방법은 기존의 다차원법에서는 고려할 수 없는 방법이며, 따라서 본 연구방법을 통해 더욱 합리적인 근거를 기반으로 내용물 피해액을 산정하는 것이 가능하다.

마지막으로, 이러한 본 연구의 접근방식은 침수 발생 전후의 구조물의 유형별 침수피해액에 대한 정량적 산출 근거자료로 활용할 수 있으며, 국내 실정에 적합한 인벤토리 기반의 침수피해 추정기술을 마련하기 위한 기초 자료가 될 것이다. 또한, 활용 DB의 형태가 미국의 HAZUS-MH와 다차원법과는 달리 침수의 형태가 정적이라는 가정을 반영하여 접근하였기 때문에, 침수가 발생하였을 경우 건물의 구조적 가치를 반영하지 않고 세분화된 건물내용물 피해항목을 기반으로 피해액을 직접 산정할 수 있어 향후 기술적인 측면에서 기 구축된 한국과학기술정보연구원의 재난문제해결 솔루션 시스템 중 침수해석시스템과 연계할 수 있을 것으로 보인다.

감사의 글

This research was supported by the Ministry of Science and ICT (MSIT, Republic of Korea (Project Number: K-21-L01-C05-S01).

참고문헌

[1] Martínez-Gomariz, E., Forero-Ortiz, E., Guerrero-Hidalga, M., Castán, S. and Gómez, M. (2020), "Flood Depth-Damage Curves for Spanish Urban Areas", Sustainability, 12(7), pp. 2666.

[2] Olesen, L., Löwe, R. and Arnbjerg-Nielsen, K. (2017), Flood damage assessment - Literature review and recommended procedure. Cooperative Research Centre for Water Sensitive Cities. https://watersensitivecities.org.au/content/flood-damage-assessment-literature-review-recommended-procedure/(accessed 22 Aug 2020).

[3] 장형수, 오국열, 김원현, 심우배 (2016), 풍수해피해예측기스템 개발 전략 수립에 관한 연구, 한국방재학회논문집, 16(3), pp. 117-124.