재난별 피해예측결과와 연계하기 위한 건축물 인벤토리 구축 방안에 대한 연구

Development of a Building Inventory to Link the Damage Prediction Results of Natural and Social Disasters

정운철*, 윤홍식**, 정명훈***, 권정환****

Jung, Woonchul*, Yun, Hongsik**, Jeong, Myeonghun***, and Kwon, Jeonghwan****

Abstract

This study aims to develop a building inventory to link the damage prediction results of major disaster models including 13 types of natural disasters and 8 types of social disasters. In order to cope with the recent large-scale disasters occurring nationwide, this research used the damage prediction results which are based on a 1 km×1 km grid across the country. The facility information management system in Korea Facility Safety Corporation also was utilized to develop the building inventory. The facility information management system holds a number of property information that can be used to derive the disaster preparedness information, which results in the nationwide analysis. This paper proposes the proper construction method of the building inventory in order to effectively link the attribute information of the facility information management system to the damage prediction results.

Key words : Building Inventory, Large Disasters, Damage Prediction Result, Disaster Modeling

요 지

본 연구는 대형재난을 대비해 모델링된 자연재난 13종과 사회재난 8종의 피해예측결과들과 연계하기 위한 건축물 인벤토리를 실험적으로 구축하고, 해당건축물에 재난별 대비사항을 도출하는 방안을 검토하였다. 최근 전국적으로 발생하는 대형재난에 대비하여 전국 1 km×1 km 격자의 자연재난 13종과 사회재난 8종을 모델링한 피해예측결과에 대해 연계방안을 검토하였다. 건축물 인벤토리 구축을 위해 전국단위 분석이 가능하고 공공의 목적으로 구축된 시스템의 데이터베이스 중 재난별 대비사항을 도출할 수 있는 속성정보를 관리하고 있는 한국시설안전공단(한국시설안전공단)의 시설물정보관리시스템(FMS: Facility Management System)을 활용하였다. 시설물정보관리시스템에 적합하게 구축된 데이터베이스 속성정보 및 형식을 피해예측결과들과 효율적으로 연계하기 위해 건축물 인벤토리의 적합한 구축방안을 검토하였다.

핵심용어 : 건축물 인벤토리, 대형재난, 피해예측결과, 재난모델링

1. 서 론

최근들어 기후, 사회구조의 변화, 가스, 원전 등 다양한

위험요인에 의해 국내·외로 대형재난상황에 적합한 확산·예측 기술 및 모델을 개발하여 국가재난대비 역량을 강화하여야 할 필요성이 높아지고 있다. 우리나라의 자연적 재난은

*정회원, 성균관대학교 건설환경시스템공학과 박사과정(E-mail: wcj0913@nate.com)

Member, Ph.D. Candidate, Department of Civil & Environmental Engineering, SungKyunKwan University

**교신저자, 정회원, 성균관대학교 건설환경공학부 정교수(Tel: +82-31-299-4251, Fax: +82-31-290-7549, E-mail: yoonhs@skku.edu)

Corresponding Author, Member, Professor, The Built Environment Department, SungKyunKwan University

***조선대학교 토목공학과 조교수(E-mail: mhjeong@chosun.ac.kr)

Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Chosun University

****정회원, 성균관대학교 방재안전협동공학과정 박사과정(E-mail: iliveoasis@naver.com)

Member, Ph.D. Candidate, Interdisciplinary Program for Crisis, Disaster and Risk Management, SungKyunKwan University

풍수해 중심에서 산사태, 대설, 가뭄 등으로 재난유형이 다양화되고 있고, 기반시설물의 노후화에 따른 재난취약성이 증대되고 있으며 지진에 대한 위험도 역시 증가되고 있다. 또한 사회적 재난은 공공시설에 대한 테러, 전염병 확산 등 인간의 생명과 재산을 위협하고 사회의 기본질서 유지를 방해하고 있다. 대형재난을 예측하고 이에 효과적으로 대응하기 위해서는 사용자에게 관련정보를 보다 이해하기 쉽도록 제공 할 필요가 있다.

대형재난 정보를 사용자에게 제공하기 위해서 행정안전부의 「국가 수문기상 재난안전 공동활용 시스템」과 같이 3D GIS 분석 기능을 구현한 플랫폼들이 개발되고 있다. 대형재난확산 예측결과와 관련정보들을 가시화하기 위해서는 재난상황에 대한 다수의 재난모델링을 통한 피해예측결과와 주요구조물의 인벤토리가 필요하다. 여기서 주요구조물의 인벤토리는 다수의 자연적·사회적 재난에 대해 대응방안을 마련할 수 있는 속성정보를 포함하여야 한다. 이에 본 연구에서는 다수의 재난모델링 피해예측결과와 연계할 수 있는 건축물 인벤토리 구축을 통해 재난별 대응방안을 분석하였다. 이를 통해 대형재난에 따른 주요구조물의 효과적인 대응 가능성과 전국단위 재난대응플랫폼 개발 시 분석자료로 활용성을 검토하고자 한다.

2. 문헌고찰

본 연구는 다수의 재난모델링 피해예측결과를 연계할 수 있는 구조물 인벤토리 구축을 통해 재난별 대응방안을 분석하기 위한 연구이다. 관련 연구는 재난별 피해예측결과와 연계한 대응방안 도출 프로세스 및 시스템 연구와 피해예측결과를 통해 재난대응에 적합한 DB모델 개발 연구로 분류된다.

국외에서는 2000년대부터 DB모델 개발 및 피해예측 분석과 대응방안 수립을 위한 프로세스 연구들이 다수 진행되었으며 이를 통합한 운영체계를 도입하고 있다.

영국 Ordnance Survey의 Mastermap에서는 지도객체를 구성하는 도형구조를 단순하게 분류하고(Ordnance Survey, 2001), 속성정보를 특화하여 다양한 장점을 도출하였다(Ordnance Survey, 2008).

미국 The National Map에서는 위치, 경계, 세부표현, 3차원 표현 등이 가능한 데이터 구조로 설계하고, 구조물 데이터의 경우 4개의 Feature Dataset과 2개의 추가 속성테이블로 구성하여 관리하고 있으며, TOID (TOpographic IDentifier)로 데이터를 상호 연계하여 관계형 DB를 지향하고 있다(USGS, 2008).

미국의 FEMA (Federal Emergency Management Agency)에서는 유역을 기반으로 홍수위험 평가를 실시하고 있으며 1996년 National Institute of Building Science와 협력하여 자연재해에 대한 피해를 평가할 수 있는 HAZUS-MH

(Hazards U.S. Multi-Hazard)을 개발하였다. 이 시스템은 국가 긴급 재해관리 정보시스템(NEMIS)의 일부로써 지진, 홍수, 허리케인으로 인한 직·간접적 피해와 사회경제적인 피해를 분석·검증하고 각종 피해를 이용한 경제적인 손실을 추정하며 시설물, 지형, 인구분포와 도로 등으로 Inventory를 구성하고 있다. 각종 시설물에 대한 취약성 함수를 통하여 피해 자료를 확보하고 위험요소에 대하여 지형과 시설정보의 피해와 손실 규모를 산정한다. 정부 재해관리자 및 긴급 상황 관리자가 재해발생 이전에 재해 유발요인에 대한 분석 시 HAZUS-MH를 이용한다. HAZUS-MH는 대응부문에 해당하는 대피소의 규모 및 응급 구호시설, 구조인력 및 지원 가능한 자원과 인력에 대해 계획수립시 활용 가능하게 되어 있다.

ANFAS (data fusion for Flood Analysis and decision Support)는 유럽연합(EU)과 중국 간의 공동 IST 프로젝트의 일환으로 개발된 홍수 위험평가를 위한 의사결정지원시스템이다. 이 시스템은 하천 홍수와 잠재적인 영향에 대하여 시뮬레이션을 통해 결과를 예측하고 의사결정자 및 이해관계자들이 활용할 수 있게 한다. 시스템의 주요 특징으로는 웹 기반의 통합 구조이며, GIS 데이터베이스, 수리학적 모델링, 영향 평가 방법론을 통합하는 웹기반의 통합시스템이다. 현재 세 개의 시범구역(슬로바키아 바흐 강, 프랑스의 루아르 강, 중국의 양쯔 강)에 적용되고 있다.

SAVEaid는 일본 Unisys사에서 개발한 위기관리 정보공유시스템으로써, Fig. 1처럼 일반 기업뿐만 아니라 대도시 또는 각 지역별 재해대책본부의 수립 및 관리를 위한 클라우드 재해정보시스템이다. 재해 발생 직후의 초동대처부터 긴급 상황의 발생까지의 업무처리를 목적으로 클라우드와 연동하여 구성원의 위치, 대피소의 관리 및 피난 상황의 보고와 집계가 가능하다. 재해대책 본부 수립과 각 지점간의 정보 수집 및 연계, 관련 데이터의 집계 처리가 빠르며, 비축물품 관리도 포함되는 하나의 솔루션 서비스를 제공하고, 모든 자연재해나 재난 발생 시 적용이 가능하여 높은 활용도가 예상되고 있다.

최근 국내에서도 재난관리 대응체계를 수립하기 위해 응용기술을 활용하고 DB모델을 개발하는 연구가 진행되고 있다. 서울시의 경우 기후변화에 따른 자연재난의 증가 가능성과, 테러위험의 확대, 도심의 노후화 및 산업고도화에 의한 대형재난 발생 위험성이 점점 높아지고 있다. 재난 예방과 대응을 위한 효과적인 재난관리체계 구축이 시급한 상황에 대해 Kim (2017)은 거버넌스 관점을 적용하여 서울시의 부처간 조직체계 및 실행과정, 대응단계의 체계화를 중심으로 재난 대응체계와 재난현장에서의 지휘체계 등의 대응방안을 모색하였다.

소방·재난안전 분야에서 BIM (Building Information Modeling)을 통한 데이터베이스(Data Base)의 구축, 활용 및 감시를 통해 예측, 대응책 마련 등을 해결하기 위하여

Fig. 1. Representative Functions of Disaster Information and Countermeasure System (SAVEaid)

Lee (2017)는 BIM 도입을 통한 소방·재난안전 분야의 효과를 살펴보고, 이 분야 BIM 도입의 방향을 제안하였다.

다양한 재난안전 위협요소를 단위 산업체·시설물뿐만 아니라 지역 및 국가 단위에서 실시간으로 감지·예측하고 예방·대응하는 시스템을 구현하기 위하여 Kang (2017)은 재난관리의 전 단계(예방, 대비, 대응, 복구)를 체계적·효율적으로 관리할 수 있는 정보통신 기반의 융·복합 기술구현에 대하여 분석하였다.

Hwang et al. (2014)은 새로운 정보기술 환경에 적합한 국가기본도용 데이터 및 DB 모델을 개발하고자 시공간지도 구조, 정보연계용 프레임워크지도, 다중레이어 토폴로지구조 등을 주요 특징으로 하는 Hybrid 공간정보 모델을 개발하였다.

이처럼 국내에서도 국외사례와 같이 피해예측 분석과 대응방안 수립을 위한 프로세스 개발과 DB모델 개발 연구들이 실질적으로 적용될 수 있도록 분야별로 상세한 연구가 필요하다.

3. 연구의 방법 및 범위

Fig 2와 같이 주요 자연 및 사회재난의 전국적인 피해예측도를 재난별로 구축하게 되면 해당위치에 건설된 시설물의 위험성을 판단할 수 있다. 특히 건축물의 경우 사람이 주거

및 생활을 하는 공간으로 피해가 예상될 경우 대응이 우선적으로 필요한 시설물이다. 국내에서 전국단위 건축물 정보를 관리 및 운영하는 시스템은 국토교통부 건축행정시스템 세움터(<http://www.eais.go.kr>)와 한국시설안전공단 시설물 정보관리종합시스템(<http://www.fms.or.kr>) 등이 있다. 지자체별로 관리하는 일반건축물의 건축물관리대장 정보를 국토교통부에서 통합하여 관리 하고 있으며, 상대적으로 규모가 큰 1/2종 건축물에 대해서는 추가적으로 한국시설안전공단에서 상세하게 속성정보를 관리하고 있다.

본 연구는 자연 및 사회재난 피해예측도와 연계된 건축물 인벤토리를 구축하기 위해 재난과 연계될 수 있는 속성정보를 다수 관리하고 있는 시설물정보관리시스템의 건축물 속성정보를 사용하였다. 또한 자연재난과 사회재난 피해예측도와 연계되는 건축물 속성정보를 분류하고, 속성정보에 포함된 관리자정보를 활용하여 대응이 필요한 사항들을 전달할 수 있는 방안을 검증하였다.

이를 검증하기 위해 시설물정보관리시스템에서 관리하는 시설물중 2종 건축물에 해당하는 성균관대학교 자연과학캠퍼스기숙사 건물의 속성정보를 사용하였으며, 자연재난과 사회재난에 연계될 수 있는 속성정보를 분류하여 건축물 인벤토리를 구축하였다. 자연 및 사회재난 피해예측도와 연계되는 속성정보를 활용하여 대응이 필요한 관리자에게 상황을 전달하는 프로세스를 검토하였다.

(a) Major Natural Disasters and Damage prediction of Natural Disaster

(b) Major Social Disasters and Damage prediction of Social Disaster

Fig. 2. Type of Major Disasters and Map of Damage Prediction

4. 건축물 인벤토리 구축 및 대응절차 수립

4.1 건축물 인벤토리의 위치정보 수집을 위한 매칭 방안

Fig. 3과 같이 시설물정보관리종합시스템은 기본현황의 내진설계 적용부분과 상세제원의 설비부분이 국토교통부 건축행정시스템의 건축물관리대장 보다 상세히 관리되고 있다.

한국시설안전공단 시설물정보관리종합시스템에서 관리하는 건축물의 속성정보 항목에는 위치정보를 입력하는 항목이 있으나 Fig. 3(a)와 같이 건축물 속성정보들이 과거 자료를 기반으로 구축하여 대다수 미입력된 상태로 운영되고 있다.

재난별 피해예측도와 건축물 인벤토리의 위치정보를 매칭하여야 해당건축물의 피해예측도결과를 비교할 수 있기 때문에 본 연구에서는 건축물의 명칭과 주소를 통해 매칭의 유사성을 검증하는 방안을 고려하였다.

Table 1은 매칭정보 유사도를 검증하기 위한 정보이다. 함수 σ 를 매칭 유사도 함수라고 정의하면, 도로명주소 전자지도의 건물레이어(테이블명: TN_SPBB02)와 건축물 인벤토리의 건물명과 주소에 대하여 일치할 경우 국가기준계 평면직각좌표를 참조한다. 또한 건축물과 잘못된 위치정보가 매칭되는 경우를 차단할 수 있도록 하였다. 이를 위해 건물명으로 참조된 좌표정보와 주소로 참조된 좌표정보를 상호 검증할 수 있도록 동일한 건축물에 대해 참조된 두

좌표정보가 허용거리 이상 차이가 날 경우 매칭이 되지 않는 절차를 마련하였다.

Table 1. Procedure for Verifying Similarity of Location Matching

Devison	Type	Note
Name Similarity	Building Name	$\sigma(E_1, E_2) = \begin{cases} 1.0 & \text{if } E_1 = E_2 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$ <p>E_1: Building Name of Digital Map E_2: Building Name of Building Inventory</p>
	Address	$\sigma(A_1, A_2) = \begin{cases} 1.0 & \text{if } A_1 = A_2 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$ <p>A_1: Address of Digital Map A_2: Address of Building Inventory</p>
	Distance	$\sigma(E_1, A_1) = \begin{cases} 1.0 & \text{if } dis(D_1, D_2) \leq Max \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$ <p>E_1: Building Name of Digital Map A_1: Address of Digital Map D_1: Building Coordinate of Digital Map D_2: Address Coordinate of Digital Map Max: Allowable distance dis: Distance between Buildings</p>

4.2 피해예측도와 연계가 필요한 속성정보 분류

Fig. 4와 같이 건축물의 속성정보는 재난별 대응을 위한 연계방안에 따라 분류됨을 확인할 수 있다.

1. 지진이 발생할 경우: 준공일, 내진설계, 하자담보기간, 구조물 종류의 속성정보를 통해 건축물의 안전성 및 보상가능유무를 분석할 수 있다.

Sungkyunkwan University Campus Dormitory

Basic status Detailed Specifications Design Report Inspection timing Safety Rating Trend Location information

2차 - 관리주체변경(2009.03.24)

● 결과이력 + 인쇄

시설물번호	관리번호	(-)시설물명	(+)시설물분류		
			시설물종별	시설물구분	시설물종류
AR2009-0000899		성균관대자연과학캠퍼스기숙사	2층	건축물	10층 이상 또는 연면적 3만 제곱미터 이상의 건축물
(+)주소		노선	관리주체	관리주체구분	소유자
경기도 수원시 장안구 서부로 2066 (천천동)			성균관대학교 기숙사	민간	학교법인 성균관대학
(+)조공(사용승인)일		하자발보목일	상세제원	관리주체의 설계도서 보존	설계도서본 공인제출
2009년 02월 11일		2011년 02월 28일	유	대상-보존	대상-제출
설계기간	설계자	공사기간	시공자	시공비	
2008년 08월 28일 2008년 02월 05일	삼우종합건축사 사무소	2007년 08월 28일 2009년 02월 11일	삼성중공업(주)	4,533 백만원	
내전설계적용여부	감리기간	감리자 (책임감리원)	공사발주자	공사명	공사감독관리관
예	2007년 08월 28일 2009년 02월 11일	김창국	학교법인 성균관대학	성균관대자연과학캠퍼스기숙사	학교법인 성균관대학
감리비대상사유		영10조대상	시설물관리 근거법령	1/2층 시설물 편입일	
대상		아니오	시설물의안전관리에관한특별법	2009년 02월 11일	
비고					
대표시설물			인허가기관		
고유식별번호(UFD)			위치정보		
작성일자			작성일자		
이재필			2009-03-24 (최종수정일 : 2009-03-24)		

(a) Basic Status

Sungkyunkwan University Campus Dormitory

Basic status Detailed Specifications Design Report Inspection timing Safety Rating Trend Location information

2차 - 관리주체변경(2009.03.24)

시설물명 (+)주용도 기타용도

성균관대자연과학캠퍼스기숙사 학교 기숙사

(+)층수

지상(옥탑제외) 옥탑 지하 최고높이 높이 해당층

15 층 2 층 2 층 48.7 m 6 m 지하1 층

(+)구조종류 지장형태 기초형식

철근콘크리트구조 잡석 온통

기초면적 대지면적 건축면적 (+)건축 연면적 건폐율 용적률

G.L. 14.3 m 432.312.5 m² 5,746.99 m² 42,139.43 m² 15.9 % 56.7 %

주차 시설 주차면적 옥내 주차면적 옥외 주차면적 주차대수 옥내 주차대수 옥외 주차대수 일시최대 사용인원 1일 사용인원

5,782.28 m² 5,782.28 m² 0 m² 70 대 70 대 0 대 70 명 70 명

환기(공조) 방식 배기덕트 유무 물탱크 위치 변전실 위치 유류저장 시설위치 오수정화 시설위치 승강기대수 승격용 화물용 비상용

기계식 유 지하 지하 옥내 4 대 0 대 2 대

설비 중앙냉방 중앙냉방 냉방유무 냉방열원 난방유무 난방열원 전기인입용량

유 가스 유 가스 3000 kw

정화조 형식 건물유지관리시스템 유지관리 부대시설 승강기 운영방식 유압식

용도별비율 업무용 : % 상업용 : % 주거용 : % 특수용 : % 경기장,체육관 : %

기타상세제원

(b) Detailed Specifications

Fig. 3. Building Information of Facility Management System

5. 결 론

최근 들어 2017년 11월 포항 규모 5.4 지진, 2016년 9월 경주 규모 5.9 지진, 2017년 7월 청주 집중호우, 2016년 10월 태풍 차바, 2015년 5월 매르스, 2011년 서울 우면산과 춘천 산사태 등과 같이 생활 공간 주변에서 다양한 재난들이 빈번히 발생하고 있다. 국가는 국민의 안전과 재산을 지키기 위해 다양한 재난에 대하여 보다 정확한 예방·대비·대응·복구 방안을 마련하고자 노력하고 있다.

본 연구는 현재 구축되어 있는 정보를 활용하여 대응방안을 수립하기 위해 공공의 목적으로 운영·관리하고 있는 한국시설안전공단 등의 시설물정보관리시스템의 건축물 정보를 사용하였다. 자연 및 사회재난에 연계될 수 있는 항목으로 분류하여 위치기반의 건축물 인벤토리로 구축하는 방안을 검토하였다. 이를 재난별 피해예측결과와 위치기반으로 매칭하여 재난별 대응이 필요한 건축물을 분류할 수 있는 방안을 수립하였다.

또한 건축물 인벤토리에 포함된 건축물의 관리주체 및 소유자를 취합할 수 있게 되어 긴급상황 발생시 신속한 조치를 전달할 수 있는 방안으로 활용할 수 있다고 판단하였다.

특히 시설물정보관리시스템의 건축물 정보는 전국에 약 56,000여개로 일정규모 이상의 1/2종 대형 건축물에 대해서 운영·관리하고 있다. 이런 1/2종 건축물의 경우 상주 및 유동인구가 많아 대형인명피해가 발생할 수 있는 건축물이다.

향후 전국적인 건축물 인벤토리 구축을 통해 자연 및 사회재난 피해예측결과를 시나리오별로 구축하여 분석 및 활용될 필요가 있다. 또한 국토교통부의 2016 건축통계 요약집에 따르면 용도별(주거용, 상업용, 공업용, 문교사회용, 기타) 건축물현황 합계를 7,054,733동으로 보고하였다(MOLIT, 2016). 생활환경 주변에 있는 아파트, 연립주택, 단독주택, 상가 등의 일반건축물이 700만동 이상으로 건축물대장 수준의 정보를 취합하고 있다. 시설물정보 관리시스템의 건축물 정보만큼 상세한 정보를 관리·운영 하지 않고 있지만 재난별 대응이 필요한 건축물을 분류할 수 있는 방안을 검토해 볼 필요가 있다고 판단된다.

또한 해외사례와 같이 재난별 피해예측분석, 피해분석을 위한 인벤토리 개발 및 대응방안 수립을 위한 프로세스개발 등의 연구가 장기적으로 진행되어 한국형 재난예측 및 대응 관리 운영체계구축이 검토되어야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 행정안전부 재난관리지원기술개발사업의 연구비 지원(2017-MPSS31-001)에 의해 수행되었습니다.

References

- ANFAS (data fusion for Flood Analysis and Decision Support), Retrieved from <https://www.ercim.eu/ANFAS/>
- FEMA (2009) *Multi-Hazard Loss Estimation Methodology-Flood Model*. Technical Manual.
- Hwang, J.S., Yun, H.S., Yoo, J.Y., Cho, S.H., and Kang, S.C. (2014) Development of Hybrid Spatial Information Model for National Base Map. *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol. 32, No. 4-1, pp. 901-914.
- Kang, H.J. (2017) Smart Disaster Safety Management System for Social Security. *Journal of Digital Contents Society*, Vol. 18, No. 1, pp. 225-229.
- Kim, Y.M. (2017) The Study on Local Government's Disaster Safety Governance using Big Data. *Journal of Digital Convergence*, Vol. 15, No. 1, pp. 61-67.
- Lee, K.H. (2017) Introduction of BIM to Prevent and Cope with Efficient Firefighting and Disaster Area. *Magazine of Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems*, Vol. 11, No. 2, pp. 23-34.
- MOLIT (Ministry of Land, Infrastructure and Transport) (2016) *2016 Summary of Building Statistics*. p. 28.
- Ordnance Survey (2001) *OS MasterMap Real-world Object Catalogue*. D00778, Ordnance Survey, Southampton, United Kingdom, p. 566.
- Ordnance Survey (2008) *OS MasterMap Topography Layer User Guide Contents*. D05300_27, Ordnance Survey, Southampton, United Kingdom, p. 139.
- SAVEaid (Cloud Disaster Information System), Retrieved from <http://www.unisys.co.jp/solution/lob/gis/saveaid/>
- USGS (2008) *The National Map US Topo*. USGS, Virginia, USA, Retrieved from <http://nationalmap.gov/ustopo/about.html> (last date accessed: 1 August 2014).

Received	November 17, 2017
Revised	November 21, 2017
Accepted	December 7, 2017