

복합재난 손실 평가를 위한 한국형 인벤토리 구축 방안 연구

-지진재해 손실 평가를 중심으로

채수성 · 신수미 · 서동준*

한국과학기술정보연구원 복합재난대응연구단

A Study on the Development of Korean Inventory for the Multi-Hazard Risk Assessment

-Based on Earthquake Damage Analysis

Su-Seong Chai · Su-mi Shin · Dongjun Suh*

Korea Institute of Science and Technology Information, 245 Daehak-ro, Yuseong-gu, Daejeon, Korea

[요약]

본 연구는 한국형 복합재난 피해 분석 예측 시스템 개발의 첫 단계로써 국내·외 재난·재해위험도 평가시스템을 분석하고 이를 기반으로 한국형 재난재해 주요 인벤토리를 구축하였다. 우선, 지진 재해를 대상으로 손실 평가를 위한 한국형 인벤토리의 설계 및 국내·외 해당 데이터의 국가적 환경의 상이함을 반영하여 건물, 인구, 가중치 등 인벤토리를 구축하기 위한 관련 데이터의 수집과 정제를 진행하였다. 재난 데이터 자료연계, 추후 확장성을 고려한 자료 구축에 필요한 요구사항 분석 등을 수행하였으며, 한국형 복합재난 피해 분석 시스템 구축을 위한 인벤토리 구축 방향을 제시한다.

[Abstract]

The main goal of this study is to develop the system of multi-hazard risk assessment tools based on major inventories and functions. As a first step, designing and building a Korean inventory of the loss assessment was performed due to earthquake disasters. We focused on the special features, taking account of the possibly conflicting features of the various conditions such as different type of formats, environmental differences, and collected data relevant to the use of proposed risk assessment system in terms of constructing the Korean inventory including buildings and population.

책임어 : 건물 손상도 분석, 지진 피해 추정, 복합재난, ERGO, HAZUS

Key word Building damage analysis, Earthquake damage estimations, Multi-hazard, ERGO, HAZUS

<http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2017.18.6.1127>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 25 September 2017; Revised 20 October 2017

Accepted 25 October 2017

*Corresponding Author; Dongjun Suh

Tel: +82-031-910-0719

E-mail: djsuh@kisti.re.kr

1. 서론

전 세계적으로 지진을 포함하는 침수, 화재 등 피해 규모가 보다 대형화 되고, 점차 다양한 형태의 대규모 복합 재난·재해가 연이어 발생하고 있다. 지진 안전지대라 여겨지던 우리나라 또한 2016년 경주에서 발생한 역대 최대 규모(5.8)의 지진이 발생함에 따라 더 이상은 지진 안전지대가 아님을 확인하는 계기가 되었다. 따라서 국가 차원에서 대형 복합재난 피해 규모를 종합적으로 예측하고 대응 가능한 기술 개발 및 재난 복원력(Resilience) 강화를 위한 기술개발의 중요성이 증대되고 있다.

4차 산업혁명시대가 도래함에 따라 빅데이터의 중요성이 그 어느 때보다 관심을 받고 있으며, 재난·재해 대응 분야 또한 ICT 및 높은 컴퓨팅 자원을 기반으로 하는 고도의 데이터 수집 및 분석기술의 발전을 통해 보다 빠르고 정밀하게 피해 손실을 평가하고 재해 위험도를 예측, 분석하는 재난·재해 분석 기술 개발에 많은 연구가 수행되고 있다.

재난·재해 중 지진과 관련된 대표적인 피해 분석 툴로는 HAZUS-MH[1], SYNER-G[2], MCEER[3], ERGO[4] 등이 있다. 이러한 연구들은 대부분 지진으로 발생하는 건물 손상을 계산하고, 그 손상도를 기반으로 피해 손실 평가를 하거나 피난민의 수와 피난처를 산출하는 기능을 제공하고 있다. 그러나 대부분의 분석 도구들은 지진으로 인해 연속적으로 발생하는 화재 또는 침수가 함께 발생하는 복합재난에 대한 피해 손실 평가를 제공하지는 않는다[5].

국내에서 재난·재해로 인해 피해를 입은 통계 자료와 실제 측정 데이터들을 통해 많은 연구가 진행되고 있으나 지진의 경우 손실 평가를 추정하기 위한 지진관련 데이터가 매우 부족한 현실이다. 실제 데이터가 많이 축적되어 있는 미국 연방재난관리청(FEMA; Federal Emergency Management Agency)의 손실 평가 도구인 HAZUS-MH의 지진 관련 데이터 또는 국외 연구를 기반으로 분석하고 있는 수준이다[6-7]. 그러나 이러한 연구는 대부분 미국 및 국외 데이터를 기준으로 수행되었을 뿐만 아니라 데이터의 단위나 포맷의 상이함, 지역의 지질 환경, 건축물 구조 및 용도의 상이함 등 대한민국에 적용하여 분석하는데 있어 정확한 결과를 도출할 수 없는 실정이다.

대한민국의 국가재난관리시스템(NDMS; National Disaster Management System)은 업무시스템별로 분산·관리 되고 있는 재난정보를 바탕으로 분석·예측을 통한 의사결정을 지원하고 있다. 하지만 각 지자체별로 데이터 관리가 미흡하며 데이터 호환성 및 상호운용성이 이루어지지 않아 재난·재해 관리 업무가 효율적으로 운영되지 않고 있다. 또한, 국내의 재난·재해 피해 통계 자료 및 실제 측정 데이터들을 활용한 ICT 기반의 융합연구와 다양한 정형·비정형 재난 데이터를 기반으로 재난 관련 실용화 시스템[8-10]이 개발되고 있어, 각기 다른 방식의 포맷으로 구성된 데이터의 표준화를 통해 데이터의 호환성 및 상호운용성의 보장이 필요하다. 따라서, 업무의 효율성과 데이터 호환성 및 상호운용성이 이루어질 수 있는 표준화된 데이터 플랫폼

폼이 제시되어야 하고, 구현 시 기본이 되는 데이터 구조 및 인벤토리 구축이 필요하다.

본 논문은 재난·재해 중 지진을 기반으로 분석하였으며 지진과 함께 발생하는 2차적인 복합재난(침수 및 화재)에 대한 손실 평가를 위한 선행연구로 한국 환경에 적합한 데이터 인벤토리 구축 방안을 제안한다. 2장에서는 국외 재난 손실 평가 분석 도구와 국가재난정보관리시스템 등 분석 기술 사례를 설명하고, 3장에서는 건물, 인구, 가중치 등 인벤토리 구축을 위한 데이터의 수집 및 정제 방법을 설명한다. 4장에서는 결론 및 향후 연구 방향에 대해 논의한다.

II. 관련 연구

2-1 국외 프레임워크

미국 연방재난관리청에서 개발한 HAZUS-MH는 자연 재해 및 위험 평가를 위한 지리 정보 시스템 기반 소프트웨어 플랫폼이다. 지리정보시스템(GIS; Geographic Information System)을 기본으로 하여 재난·재해와 관련된 손실평가를 분석하기 위한 의사 결정 지원 도구를 제공한다. 이를 통해 정부 관계자 또는 긴급 상황 발생 시 책임자들에게 재난·재해의 결과를 예측하고 위험을 줄이기 위한 계획과 전략 수립에 도움을 준다.

HAZUS-MH의 손실평가 프로세스는 그림 1과 같다. 지진 모델을 기준으로 지진 발생 시 직접적 또는 간접적인 피해가 발생하며, 주거, 상업건물 등 기반 시설물에 대해 직접적인 물리적 손실이 발생한다. 물리적 손실 발생으로 인해 침수, 화재 등 연쇄적인 추가 재해의 발생, 생산설비의 손실, 그로 인한 생산 활동 중단 비용 및 복구비용을 포함한 경제적 손실, 사상자 발생 및 피난처 수급으로 인한 사회적 손실, 그리고 국가 예산의 투입과 같은 간접적인 경제 손실까지 유도된다.

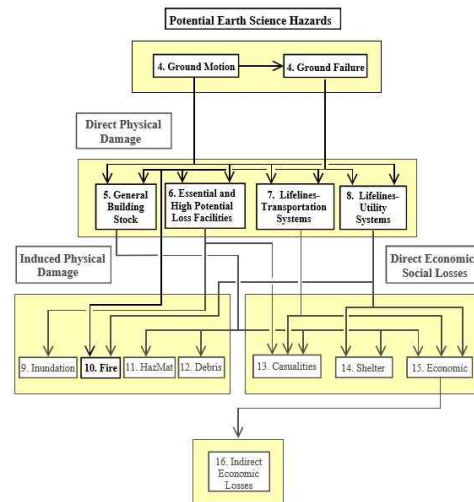


그림 1. 지진 손실 방법론 플로우차트[1]

Fig. 1. Flowchart of the Earthquake Loss Estimation Methodology[1]

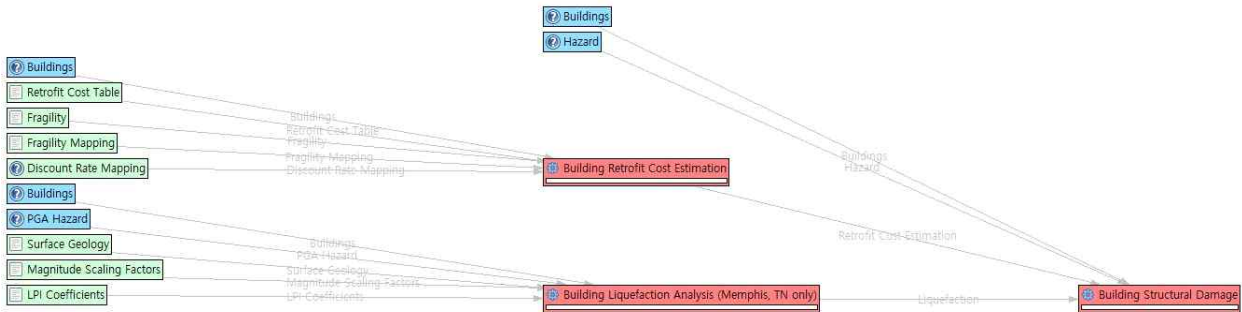


그림 2. 건물 손상도 분석
Fig. 2. Building Damage Analysis by ERGO

ERGO는 일리노이 주립 대학교를 중심으로 한 중앙아메리카 지진 센터(MAE; Mid-America Earthquake)에서 첫 개발을 시작하고, 현재 일리노이주 소재 국가슈퍼컴퓨팅응용센터(NCSA; National Center for Supercomputing Applications)에서 연구개발을 담당하고 있다. ERGO는 오픈소스기반의 복합재난 위험 평가 분석 도구로, 지진 재해를 계획하고 대응하기 위한 중요한 데이터를 추정하는데 사용된다.

국가, 연구자 등 모든 사용자에게 개방되어 있기 때문에 접근이 용이하며, 확장이 가능하다. 각 국가의 건물, 주택, 교통, 라이프라인 데이터 등 해당 국가의 환경에 맞는 데이터 인벤토리가 구축될 경우 그 데이터 인벤토리를 사용하여 국가의 상황을 고려한 재난·재해 손실평가 및 피해 예측을 할 수 있다.

ERGO는 재난 시나리오를 기반으로 해당 재난·재해에 의한 손실 평가를 통해 피해를 예측, 분석한다. 그림 2는 건물 손상도 분석 과정으로써, 조건 미충족 상태인 빨간 네모박스를 수행하기 위해, 건물, 취약도 곡선, 위험도 지도 등의 데이터 인벤토리 조건 충족 후 분석을 수행한다.

아래의 식 (1),(2)와 표 1은 지진 발생으로 인한 재건 비용의 계산식과 변수들이다. 지진 발생으로 인한 재건비용($CS_{ds,i}$)은 건축물 용도마다 서로 다른 건물의 대체 비용(BRC_i)과 해당 손상도를 입은 건축물 용도의 확률($PMBTSTR_{ds,i}$), 건물의 수리 및 교체비율($RCS_{ds,i}$)의 곱으로 구할 수 있다. HAZUS-MH 및 ERGO는 재건 비용 뿐만 아니라 다양한 물리적 손실, 경제적 손실을 산출하고 있으며, 그 과정에는 다양한 데이터 인벤토리가 필요하다.

$$CS_{ds,i} = BRC_i * \sum_{i=1}^{33} PMBTSTR_{ds,i} * RCS_{ds,i} \quad (1)$$

$$CS_i = \sum_{ds=2}^5 CS_{ds,i} \quad (2)$$

건축물 용도 및 구조 정보를 포함하고 있는 건물 인벤토리와 인구 수 및 인구 분포를 포함하고 있는 인구 인벤토리 그리고 국가, 지역 등 여러 가지 환경과 실정에 맞는 가치치 인벤토리가 필요하다. 본 논문에서는 인벤토리 구축을 위한 데이터 수

집 및 정책 과정과 HAZUS-MH 및 ERGO와 국내 데이터의 비교를 통해 재난·재해 손실 평가를 위해 필요한 한국형 인벤토리를 구축한다.

표 1. 재건 비용 및 변수[1]
Table 1. Cost of structural damage and variable[1]

$CS_{ds,i}$	cost of structural damage (repair and replacement costs) for damage state ds and occupancy i
BRC_i	building replacement cost of occupancy i
$PMBTSTR_{ds,i}$	probability of occupancy i being in structural damage state ds
$RCS_{ds,i}$	structural repair and replacement ratio for occupancy i in damage state ds

2-2 국가재난관리시스템

NDMS는 국가재난 관리기관인 소방방재청에서 주관하고 전국 16개 광역시·도가 공동으로 참여한 국가시책 사업으로 재난·재해와 관련된 자료의 전산관리를 통해 각종 위험요소의 사전예방과 신속한 대응체계를 확립하여 국민의 생명과 재산피해를 최소화하기 위한 정보시스템이다. 주요 기능으로는, 지방자치단체 재난관련 담당자에게 재난상황 정보 전파, 재난상황 대응조치 전파 및 상황보고 등이 있으며[11], 재난정보공동활용시스템, 지진대해대응시스템, 재해상황분석판단시스템, 풍수해보험업무지원시스템 등 여러 가지 시스템으로 구성되어 있다.



그림 3. NDMS[12]
Fig. 3. NDMS[12]

그 중 지진대해대응시스템은 지진발생시 피해규모를 추계 함으로서 지자체의 신속한 초동대응 등 의사결정을 지원한다. 하지만 조기경보와 신속한 처리를 위한 통합적인 시스템이 미흡한 실정이며, 재난 정보가 부처별로 분산되어 있어 신속하고 유기적인 정보를 공유하는데 어려움이 있다. 그리고 각 지자체 별로 데이터 관리가 미흡하며 데이터 호환성 및 상호운용성이 이루어지지 않아 재난-재해 관리 업무가 효율적으로 운영되지 않고 있다.

III. 인벤토리

3-1 건물 인벤토리

국내 일반건물군의 시설물 데이터는 국토교통부 국가공간정보포털에서 개방데이터로 제공하고 있으며, 도로명주소안내시스템에서도 데이터를 확보할 수 있다. 본 논문에서는 건축물의 층수, 주차장 면적 및 수용 가능 주차 대수, 연면적, 공시지가 등을 포함한 건물 인벤토리 구축을 위하여 다양한 정보가 필요하므로, 건축물의 속성 정보를 최대한 많이 확보할 수 있는 국가공간정보포털에서 데이터를 주로 수집하여 진행하였다.

ERGO에서는 건물의 물리적 손실 평가를 위해 세 가지의 입력 값이 사용된다[13]. 최대 지반 가속도 설정을 통한 특정 지진 시나리오와 취약도 곡선을 통해 발생하는 건축물 구조에 따른

table

손상 상태(Insignificant, Moderate, Heavy, Complete)의 개별 확률($P(DS_i)$), 각 손상 요인의 평균(μ_{D,DS_i}) 및 표준 편차(σ_{D,DS_i}), 건물 인벤토리 목록 DB로부터 구조 구성 요소의 값 등이 사용된다. 손상 산정을 위한 첫 번째 과정은 식 (3)을 통해 손상 상태 및 평균 손상 요인의 개별 확률로부터 각 건물의 구조적 손실에 대한 예상 손실 비율(μ_D)이 계산된다.

$$\mu_D = \sum_{i=1}^4 [P(DS_i) \times \mu_{D,DS_i}] \tag{3}$$

두 번째로 식 (4)을 통해 각 손상 상태에 대한 표준 편차 및 평균 손상요인 그리고 손상 상태의 개별 확률 및 예상 손실 비율을 사용하여 건물의 구조적 구성 요소의 예상 손실 변동(σ_D^2)을 계산한다.

$$\sigma_D^2 = \sum_{i=1}^4 [P(DS_i) \times (\sigma_{D,DS_i}^2 + \mu_{D,DS_i}^2)] - \mu_D^2 \tag{4}$$

세 번째로 구조적 구성 요소에 대한 예상 손실률과 구조적 구성 요소의 값을 곱하여 각 건물의 평균 기대 손실을 계산한다. 각 건물의 구성 요소에 대한 예상 손실 비율의 평균 및 분산, 그리고 각 건물에 대한 구조적 가치의 예상 손실 평균이 결과 값으로 산정된다.



코드값	코드값의미	Census	SIC Code	세부분류	분류 의미	HAZUS-MH	비고
63000	제1종근린생활시설		G		G : Retail Trade	COM1	
63001	소매점		G		G : Retail Trade	COM1	
63002	음식점		54		Food Stores	COM1	
63005	의원		80		Health Services	COM7	
63006	체육장		7991		Physical Fitness Facilities	COM8	
63007	마을공동시설		86		Membership Organizations	REL1	
63008	복지소		86		Membership Organizations	REL1	
63009	양육소		86		Membership Organizations	REL1	
63010	복지관		86		Membership Organizations	REL1	
63011	대안소		86		Membership Organizations	REL1	
63012	중요한시설		86		Membership Organizations	REL1	
63013	세탁소		7211		Power Laundries, Family and Commercial	COM3	
63014	치과원		80		Health Services	COM7	
63015	한의원		80		Health Services	COM7	
63016	식물원		80		Health Services	COM7	
63017	물류센터		80		Health Services	COM7	
63018	주상복합		80		Health Services	COM7	
63019	학원		7991		Physical Fitness Facilities	COM8	
63020	체육도장		7991		Physical Fitness Facilities	COM8	

그림 4. 건물 인벤토리 대응 과정 및 연계표

Fig. 4. Building inventory response process and linkage

ERGO에서 사용되는 건물 인벤토리의 구성 요소 중 건축물 용도 및 건축물 구조는 HAZUS-MH의 유형 분류를 도입하여 적용하고 있다. 건축물 용도는 경제적 손실 파악에 사용된다. 주거 건물, 상업 건물에 따라서 건물 내부의 내구재 성격이 각기 다르기 때문에 세분화 된 건축물 용도가 필요하다. 건축물 구조는 지진 발생 시 각 구조마다 건물이 입는 손상 정도가 다르기 때문에 주로 물리적 손실 평가에 사용되며, 물리적 손실 평가를 기반으로 경제적, 사회적 손실 평가에 사용된다.

HAZUS-MH와 국내의 건축물 용도 및 구조는 각 국가의 실정을 반영하고 있으며 대부분의 국내·외 재난·재해 분석 도구 등이 이를 기반으로 분석하고 있다. 그러나 한국형 복합재난 손실 평가 분석을 보다 정확하게 진행하기 위해 한국 환경에 적합하도록 용도 및 구조 분류의 대응 과정이 선행되어야 한다.

HAZUS-MH는 건축물 용도를 용도에 따라 총 7개, 세부적으로는 33개의 항목으로 분류하고 있다. 국내 건축물 용도는 행정안전부의 행정표준코드관리시스템에서 제공하고 있으며 약 500개 이상의 항목으로 분류하고 있다. HAZUS-MH는 건축물 용도코드와 미국의 산업분류코드(SIC; Standard Industrial Classification)로 서로 대응시킬 수 있는 연계표를 제시하고 있다. 본 연구에서는 국내 건축물 용도 코드를 미국의 산업분류코드로 대응시킨 후, HAZUS-MH에서 제시하고 있는 연계표를 활용하여 국내 건축물 용도 코드를 HAZUS-MH의 건축물 용도코드로 변환할 수 있게 그림 4와 같은 연계표를 제시하였다.

예를들어, 그림 5와 같이 국내 건축물 용도 코드가 3006(체육관)은 미국의 산업분류코드에서 7991(Physical Fitness Facilities)와 의미가 유사하므로 변환이 가능하다. 그리고 HAZUS-MH의 연계표를 통해 산업분류코드의 79번 범주(79, 79x, 79xx)에 해당하는 항목을 COM8로 변환하여, 3006(체육관)을 COM8로 대응시킬 수 있다.

국내의 경우 산업분류코드(KSIC)가 있으나 국내 산업분류코드와 미국 산업분류코드로의 연계표가 존재하고 있지 않으므로, 본 연구에서는 분류의 유사성을 확인하며 국내 건축물 용도 코드에서 미국 산업분류코드로의 연계표를 제시하였다.

HAZUS-MH는 건축물 구조를 아래 표와 같이 15개로 분류하고 있으며, 하위 36개의 세부항목으로 분류하고 있다. 국내 건축물 구조는 행정안전부의 행정표준코드관리시스템에서 제공하고 있다. 국내의 건축물 구조 코드를 HAZUS-MH의 건축물 구조 코드로 대응시키기 위하여 국내 건축구조물 지진취약도 함수 관련 연구 [14] 및 전문가 자문을 통하여 HAZUS-MH 기반 건축물 분류표를 기반으로 하는 한국형 건축물 인벤토리를 구축하였다.

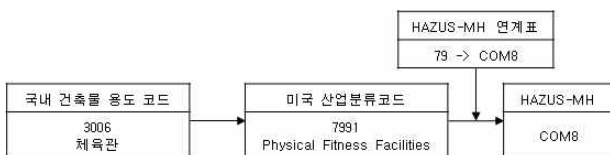


그림 5. 건물 인벤토리 대응 과정2
Fig. 5. Building inventory mapping process 2

표 2. 건축물구조의 대응체계[14]

Table 2. Mapping system of building structure

Building structure	[14]	Note
Masonry structure and subcategory(Brick, block, stone, other masonry structure)	URM	Unification with URM (Few cases of structural applications)
Concrete frame and subcategory	C1	Building except C4 ①
	C2	① 3-5 stories ② 6-15 stories(Building is prior to the construction of a new city in the 1980s, Except C3 ①)
	C3	① 6-15stories (Building after the construction of a new city in the 1980s) ② High-rise building over 6 stories ③ Apartment buildings built since the 1980s
	C4	① Building approved since 1988 ② Except C3 ③
	C5	① 3-5 stories (Building approved since 2002.9)
Steel frame and subcategory	S1	Bottom layer
	S2	Middle layer
	S4	High-rise
Steel reinforced concrete and subcategory	S4	Building that is the structure of steel concrete and sub category
	Precast concrete frame	PC1
PC2		① Same PC1 ① ② Except PC1 ②
Wood Frame	W1	Building except W2 ①
	W2	① Single and Multi Family Dwelling (After 1990s)

3-2 인구 인벤토리

미국 인구 조사국(United States Census Bureau)의 인구 및 경제 데이터 조사인 센서스는 10년 주기로 실시하며, 최근 실시한 조사는 2010년이다[15]. 미국 센서스 조사는 약 600명이 거주하는 공간적 단위로 제공되는 센서스블록을 기본으로 하고 있으며, 센서스블록 상위에는 센서스블록그룹과 그 위에는 센서스트랙이 위치하고 있다.

HAZUS-MH는 미국 센서스 정보를 기반으로 재난·재해 발생시 사상자를 추정한다. 주거 건물에서 시간에 따른 인구 분포는 표 3과 같다. NRES는 센서스 데이터로부터 유추된 밤 시간의 거주 인구를 의미하며, DRES는 낮 시간의 거주 인구를 의미한다. 시간 및 실내외의 조건에 따라 인구분포는 다르게 추정된다. 오전 2시 주거 건물과 관련된 인구 분포는 야간 주거 인구의 99%(0.99*NRES)가 주거 공간에 있음을 의미한다. 주거 공간에 있는 인구 중(상업 공간, 교육 공간 등 제외)에서 99.9%[(0.999 * (0.99*NRES))]는 실내에 있는 것으로 추정되며, 0.1%[(1-0.999) * (0.99*NRES)]는 실외에 있는 것으로 추정된다.

표 3. 주거 건물에서의 시간에 따른 추정 인구 분포

Table 3. Population estimation distribution about time of residential buildings

Distribution of People in Census Tract			
Occupancy	2:00 a.m.	2:00 p.m.	5:00 p.m.
Residential (Indoor)	(0.999)*0.99*(NRES)	(0.70)*0.75*(DRES)	(0.70)*0.5*(NRES)
Residential (Outdoor)	(0.001)*0.99*(NRES)	(0.30)*0.75*(DRES)	(0.30)*0.5*(NRES)

국내의 경우 통계청 통계지리정보서비스의 인구통계자료를 바탕으로 인구통계정보를 확보할 수 있다. 국내 인구 총 조사는 5년마다 실시하는 통계청의 전수조사로써, 표 4와 같이 성·연령별 인구, 교육정도별 인구, 성·혼인상태별 인구, 가구 수 등 인구 관련 동향을 파악할 수 있다. 통계정보를 제공하기 위해 구축한 최소 통계구역 단위인 집계구를 사용하여 인구 조사를 실시한다.

인구 인벤토리는 재난·재해 발생으로 인해 발생하는 건물 손상에 따라 건물 내·외부의 사상자 파악과 예측되는 이재민 수에 따라 피난처의 수용 정도를 조절하는데 필요하다. 하지만 통계청에서 제공하고 있는 인구통계정보는 최소단위가 집계구이기 때문에 건물 단위의 인구를 파악하는데 불가능하기에 재난·재해 발생 시 사상자 또는 이재민 수를 예측하는데 어려움이 존재한다. 국내의 경우 고층건물 비중이 크고, 또한 주거건물 유형이 단독주택보다 대부분 아파트임을 고려할 때 건물 단위의 인구 수 추정 정확도는 매우 중요한 요인이라 할 수 있다.

표 4. 인구 센서스 데이터

Table 4. Population census data

Classification	Details
General	
(a) Population	total population, average age, population density, ...
(b) Household	total household, average number of household members, ...
(c)House	total number of houses, ...
(a) Population	
sex/age	under 4 years, 5 to 9 years, 10 to 14 years, ...
educational level	elementary school, junior high school, high school, ...
sex/marital status	single, divorced, bereavement, spouse, ...
(b) Household	
Occupation type	self, rent, free, no deposit, ...
Household composition	1 household, 2 household, 3 household, ...
(c)House	
floor plan	20m ² or less, 20m ² ~ 40m ² or less, ...
housing type	multi-family house, apartment, townhouse, single-family house
built year	before 1959, 1960~1969, 1970~1979, 1980~1989, ...
residential period	less than 1 year, 1~2 year, 2~3 year, ...

건물 단위의 인구 수 추정을 위해 건물의 속성 정보를 사용하여 층 수, 바닥면적과 층면적, 단독주택, 연립주택, 아파트 등과 같은 거주건물의 유형 등의 속성 정보를 고려하여 건물 단위의 인구 수 추정이 가능하다.

3-3 내용 연수 및 보험 인벤토리(가중치)

국내의 재난·재해에 대한 피해는 자연재난조사 및 복구계획 수립 지침에 의해 산정된다[16]. 개인 재산 및 피해액 손실과 관련하여 주거 및 상업 건물 등의 내부 내용물(내구재 및 비내구재)에 대한 피해가 고려되지 않고, 건물면적과 상관없는 방식으로 산출되고 있다. 또한 상업, 공업 건물 등에 대한 손실액 산출 시 건물 파손으로 인한 영업 손실 등 추가적으로 발생하는 경제적인 손실은 제외된다.

ERGO 및 HAZUS-MH는 해당 국가의 전반적인 조사를 기반으로 주(State), 건물 용도, 건물 구조별 등 여러 가지 속성에 대해 기본 단위의 손실 정보를 제공한다. 재난·재해 발생시 SF(Square Feet)에 따른 건물내부의 내용물 손실액(\$), 건물 대체 비용(\$), 총 생산량\$(상업, 공업 건물에 국한) 등 단위 면적 당 금액 정보를 가중치로 제공하고 있다. 재난·재해 발생에 따른 손실액을 건물 면적을 기준으로 제시하고 있어, 우리나라에 비해 상세하고 신뢰성 있는 결과를 도출한다.

그러나 이러한 경제적 손실액 분석 등은 미국의 센서스 기반 데이터로 산출된 것이며 미국 실정에 맞추어져 있다는 한계가 있다. 따라서 국내 손해 사정시 국내 보험가액 및 손해액 평가 기준을 기반으로 경제적 중요도에 따른 보험가액을 정확하게 평가하기 위해서는 건물을 우선적으로 정의하고 이에 따른 손해액의 평가하는 방법의 적용이 필요하다.

건물, 구축물, 자산(시설, 기계장치, 집기비품, 차량 및 운반구)으로 분류하여 내용년수 및 감가상각을 고려하여 피해액을 산정하고 건물내부의 내용물 손실액, 총 생산량 등 우리나라 실정에 맞는 경제적 손실을 산출이 가능할 것이다.

표 5는 HAZUS-MH에서 재난·재해로 인한 건물 손상으로 피난처가 필요하거나 인구이동 수를 산출 또는 예측하기 위해 사용되는 가중치를 고려한 테이블이다. 이는 센서스 조사 및 인구사회학적 연구를 바탕으로 도출되었다.

따라서 이러한 정보를 바탕으로 국내환경에 적합한 자료구축을 위해서는 국내환경을 고려한 인구사회학적 조사가 선행되어야 하며, 추가적으로 가구당 수입 정보, 건물 단위의 매출액 등의 구축이 필요하다. 또한 보다 정확한 건물의 경제적 손실 평가를 위하여 건물의 지역별 공시지가를 고려한 가중치 정보 등의 산출이 필요하다

표 5. 피난처 관련 가중치
Table 5. Shelter-related weights

Class	Description	Default
Income		
IM_1	Household Income<\$10000	0.62
IM_2	\$10000<Income<\$15000	0.42
IM_3	\$15000<Income<\$20000	0.29
IM_4	\$20000<Income<\$25000	0.22
IM_5	\$25000<Income<\$30000	0.13
Ethnic		
EM_1	White	0.24
EM_2	Black	0.48
EM_3	Hispanic	0.47
EM_4	Asian	0.26
EM_5	Native American	0.26
Owership		
OM_1	Own Dwelling Unit	0.40
OM_2	Rent Dwelling Unit	0.40
Age		
AM_1	Population Under 16 years Old	0.40
AM_2	Population Between 16 and 65 Years Old	0.40
AM_3	Population over 65 years Old	0.40

IV. 결론

본 연구에서는 한국에서 발생 가능한 대형 복합재난으로 인한 손실 평가 분석 시스템 구축을 위하여 한국형 인벤토리를 구축하였다. 미국의 손실 평가 분석 툴인 HAZUS-MH 및 ERGO를 기반으로 국내외 데이터 포맷의 상이함, 지리적·국가적 환경의 차이 등을 국내 실정에 맞게 데이터 수집 및 정제하여 건물, 인구, 가중치 등 인벤토리를 구축하였다. 건물 인벤토리를 구축하기 위해 각 국가의 실정이 반영된 건축물 용도 및 구조의 대응 과정을 수행하였다.

한국형 건축물 용도는 미국의 산업 분류 코드, HAZUS-MH와 국내 데이터를 비교 분석하여 구축하였고, 건축물 구조는 국내 건축구조물 연구 및 전문가 자문을 통해 HAZUS-MH 기반의 건축물 구조 분류표를 기반으로 건물 인벤토리를 구축하였다.

인구 인벤토리는 통계청 통계지리정보서비스의 인구통계자료를 바탕으로 구축하였으며 이를 통해 재난·재해로 인한 건물 손상 발생 시 사상자 및 임시 피난처 수용력 파악이 가능하다. 구축된 건물 인벤토리의 속성 정보와 인구 인벤토리 기반 건물 단위의 인구 수 추정, 내용 연수 및 보험 데이터 등의 활용을 제안하였으며, 가구 당 수입 정보, 건물 단위의 매출액 분석, 지역별 공시지가를 고려한 가중치 정보 등의 산출을 통해 보다 정확한 손실 평가 진행이 가능하다. 뿐만 아니라 재난·재해 데이터 자료연계, 추후 확장성을 고려한 자료 구축에 필요한 요구사항 분석 등을 수행하였다.

본 연구에서 수행한 한국형 인벤토리 구축은 국내 복합재난 재해 대응을 위한 손실 및 예측 평가 시스템을 구축하여 재해 규모 및 피해 정도를 예측하고 그 피해를 최소화 하게 돕는 의사결정을 지원하는데 큰 도움이 될 수 있을 것이다.

또한 추가적인 인벤토리 구축 연구, 재난·재해별 전문가 자문 등을 통해 재난재해별 영향인자의 도출, 해당 자료의 수집, 생성, 표준화 과정을 거쳐 보다 상세하고 정확한 손실 분석이 가능한 한국형 복합재난 피해 분석 시스템 구축이 가능할 것으로 기대된다.

감사의 글

이 논문은 2016년 정부(미래창조과학부)의 재원으로 국가과학기술연구회 융합연구단 사업(No. CRC-16-02-KICT)의 지원을 받아 수행된 연구임.

참고문헌

- [1] HAZUS-MH 2.1 Technical Manual, Department of Homeland Security Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C., Technical Manual 2.1, pp. 1-718.
- [2] SYNER-G[Internet], Available : <http://www.vce.at/SYNER-G/>
- [3] MCEER, S.E. Chang, C. Pasion, K. Tatebe, R. Ahmad, Linking lifeline infrastructure performance and community disaster resilience: models and multi-stakeholder processes, Technical Report MCEER-08-0004, 2008
- [4] ERGO[Internet], Available : http://ergo.ncsa.illinois.edu/?page_id=44
- [5] A. Vecere, R. Monteiro, W.J. Ammann, S. Giovinazzi, R.H.M. Santos, "Predictive models for post disaster shelter needs assessment", International Journal of Disaster Risk Reduction, No. 21, pp. 44-62, 2017.
- [6] S. Y. Kang, K. H. Kim, B. C. Suk, H. S. Yoo, "A simulation of earthquake loss estimation for a gyeongju event", Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation, Vol. 8, No. 3, pp. 95-103, June 2008.
- [7] G. H. Jeong, H. S. Lee, O. S. Kwon, K. R. Hwang, "Earthquake Direct Economic Loss Estimation of Building Structures in Gangnam-Gu District in Seoul Using HAZUS Framework", Journal of the Earthquake Engineering Society of Korea, Vol. 20, No. 6, pp. 391-400, November 2006.
- [8] V. Q. Nguyen, G. T. Nguyen, S. N. Nguyen, K. B. Kim, "Leveraging Social Media for Enriching Disaster related Location Trustiness", Journal of Digital Contents Society, Vol. 18, No. 3, pp. 567-575, June 2017.

- [9] H. J. Kang, Smart Disaster Safety Management System for Social Security, Journal of Digital Contents Society, Vol. 18, No. 1, pp. 225-229, February 2017.
- [10] Development of User-Friendly Technologies to Improve Practicabilities of the Smart Big Board, National Disaster Management Research Institute, 2014.
- [11] K. S. Na, "The status of NDMS", Journal of Science & Culture, Vol. 6, No. 1, pp. 31-40, February 2009.
- [12] NDMS[Internet],
Available : <http://blog.naver.com/passersby4/220876866768>
- [13] J. Steelman, J. Song, J.F. Hajjar, Integrated data flow and risk aggregation for consequence-based risk management of seismic regional losses, Mid-America Earthquake Center, University of Illinois, pp. 135-136, 2007.
- [14] Development of Seismic Fragility Function of Domestic Architectural Structures, National Emergency Management Agency, 2009.
- [15] Census 2010[Internet], Available :
<https://www.census.gov/2010census/>
- [16] Y. W. Jo, H. W. Choi, S. Y. Choi, M. H. Jo, Conceptual Design of Damage Assessment Inventory in Response to Disaster Risk for Infrastructures Close to River, Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies, Vol. 17, No. 1, pp. 144-158, 2014.

채수성(Su-Seong Chai)



2017년 : 충남대학교 대학원
(공학석사)

2017년 ~ 현 재: 한국과학기술정보연구원 연구원
※관심분야: 위험도 분석, 기계학습, 빅데이터

신수미(Su-Mi Shin)



2005년 : 홍익대학교 대학원
(공학석사)

2017년 : 홍익대학교 대학원
(공학박사-데이터베이스)

1997년 ~ 현 재: 한국과학기술정보연구원 책임연구원
※관심분야: MMDB(Main Memory Databases), 정보검색시스템, 추천시스템

서동준(Dongjun Suh)



2007년 : 한국과학기술원 디지털
미디어프로그램(공학석사)

2014년 : 한국과학기술원 건설 및
환경공학과 건설IT융합프로그램
(공학박사)

2015년 ~ 현 재 : 한국과학기술정보연구원 선임연구원, 과학
기술연합대학원대학교(UST) 과학기술정보과학과
부교수

※관심분야: 복합재난 위험도 분석, 기계학습, HPC, 건설
ICT 융합 등