



호우·태풍으로 인한 건축물 및 시설물피해 집계항목의 구성체계상 문제점 분석 및 개선방안 연구*

An Analysis of Major Issues in the Inventory System for Counting Damage on Buildings and Facilities due to Heavy Rains and Typhoons and a Proposal for its Improvement

주영하** · 권영상*** · 박정환****
Joo, Youngha · Kwon, Youngsang · Park, Junghwan

Abstract

While systematical counting of damage on buildings and facilities due to natural hazards is important for both damage recovery and disaster-prevention planning, need for improvement in its inventory system has been raised persistently. This research aimed at confirming the necessity of and deriving the directions for such improvement by analysing the major issues in the current inventory system, and suggesting an actual proposal for its improvement. By examining (1)the composition ratio of each inventory item within the total amount of damage due to heavy rains and typhoons and (2)the application results of the current inventory system on actual flood-damaged areas, and in combination with comparison results against two cases of foreign inventory systems, four major issues and their improvement directions were derived. Firstly, subdivision of inventory items is keenly required. Secondly, division between public and private facilities shows to be rather inaccurate. Thirdly, establishment of hierarchy within the inventory by grouping similar buildings and facilities is required. Fourthly, inventory items should be in accordance with existing domestic systems. Hence, by applying such directions and referring to classifications based on domestic building and planning laws, a proposal for the inventory system's improvement was suggested.

키 워 드 ■ 재해피해 인벤토리, 방재계획, 침수피해, 기반시설, 재해연보
Keywords ■ Damage Inventory, Disaster-Prevention Planning, Flood Damage, Infrastructure, Statistical Yearbook of Natural Disaster

I. 서론

1. 연구배경 및 목적

* 이 논문은 정부(국민안전처)의 재원에 의한 재난안전기술개발사업단[MPSS-자연-2015-79], 서울대학교 창의선도 신진연구자 지원사업[과제번호: 0668- 20160204], 서울대학교 BK21+차세대건설가치창조리더양성사업단의 후원을 받아 수행된 연구입니다. 연구에 도움을 주신 (주)제일엔지니어링종합건축사사무소 이동호 부장, 전왕탁 과장에게 감사드립니다.

** Department of Civil & Environmental Engineering, Seoul National University

*** Department of Civil & Environmental Engineering, Seoul National University (Corresponding author: yskwon@snu.ac.kr)

**** Department of Civil & Environmental Engineering, Seoul National University

현재 전 세계적으로 진행중인 것으로 파악되고 있는 기후변화 현상이 자연재해의 증가와 밀접한 관련이 있는 것으로 주목받는 가운데(IPCC, 2014), 강수량 증가에 의한 홍수, 해온 상승에 의한 태풍 등의 발생위험이 지속되고 있다. 우리나라도 2002년 태풍 ‘루사’, 2003년 태풍 ‘매미’와 같은 초대형 태풍재해를 경험한 바 있으며, 그 후로도 2011년 서울·경기지역 국지성 집중호우, 2012년 전남·경남 일대 태풍 ‘덴빈’과 ‘볼라벤’, 2016년 부산·울산지역을 강타한 태풍 ‘차바’ 등 최근까지도 대규모 호우·태풍피해가 꾸준히 발생하고 있다.

이에 국토·도시계획 분야에서는 호우·태풍으로 인한 피해에 대비하고자 최근 들어 다방면으로 연구가 이루어져왔다. 도시지역의 실제 침수피해 방지와 관련하여서는 시가지 건축물에 대한 내수침수 방지대책(국립재난안전연구원, 2014; 신상영·박창열, 2015; 신상영 외, 2015), 침수위험지역 도출 및 평가(김효민 외, 2013; 박상진 외, 2014; 김지연·성선용, 2016) 등이 연구되었으며, 도시계획적·제도적 측면으로는 풍수해 예방과, 피해저감 및 방재성능 향상을 위한 도시계획 수립방안(국립방재교육연구원 방재연구소, 2010; 국립방재연구원, 2011a; 김미선 외, 2015), 홍수피해 방재 관련 제도개선(국립방재연구원, 2011b; 이자원, 2014) 등이 연구되었다. 재해발생 이후의 복구 측면으로도 홍수에 대한 손실평가 기법(국립방재연구원, 2012), 회복탄력성(resilience) 영향요인(박한나·송재민, 2015)에 관한 연구가 진행되었다.

이렇듯 호우·태풍피해를 기준으로, 재해발생 이전의 피해방지와, 재해발생 이후의 피해복구에 관한 연구는 다수 이루어져왔다. 하지만 정작 실제 재해 발생시·발생 직후에 이루어져야 하는 피해조사 및 집계에 중점을 둔 연구는 찾아보기 어려운 실정이다. 특히 호우·태풍으로 인하여 도시지역/비도시지역 구분 없이 전국 각지에서 각종 건축물 및 시설

물에 대한 피해가 발생할 경우 원활한 피해복구와 효과적인 향후 방재계획 마련을 위해서는 체계적이고 정확한 피해집계가 필수적으로 선행되어야 하는데(Merz et al., 2010; 강부식, 2014), 국토·도시계획적 관점에서 관련 논의는 아직까지 미흡하다고 할 수 있다.

호우·태풍피해를 비롯한 자연재해피해의 조사 및 집계체계에 대한 연구 필요성은 방재학 분야의 논의에서도 찾아볼 수 있다. 해당 체계의 문제점 및 개선 필요성이 이전부터 꾸준히 제기되어왔던 것이다(국립방재연구소, 2000; 국립방재연구소, 2003; 이재은 외, 2009; 강부식, 2014). 조사기간·조사원 전문성 등 피해조사 역량 부족, 조사방식 및 집계 항목 기준의 모호성과 그로 인한 피해규모 증액 또는 누락, 조사과정 또는 조사 후 집계·보고 절차상의 어려움 등이 문제점으로 분석되었으며, 이에 대하여 조사기간 연장, 전문인력 양성, 조사방식 표준화, 집계항목 구성 및 체계 조정, 조사과정 개선, 집계·보고절차 관련 제도 정비 등이 개선방향으로 제시되었다. 더불어 최근에는 강풍피해를 기준으로 하여 피해조사 과정/절차에 대한 상세한 분석(송창영·양병수, 2016), 스마트폰을 활용한 피해조사 방식의 효율성 분석(조재웅·최우정, 2014) 등 더욱 구체적인 개선방안에 관한 연구까지도 이루어지는 중이다.

그러나 집계항목 구성 및 체계 조정과 관련하여서는 아직까지 구체적인 문제점 분석 및 개선방안에 대한 연구가 다소 미흡한 실정이다. 현재 우리나라는 자연재해 피해조사 시 ‘재해대장’ 및 ‘재해연보’의 항목 구성을 따르고 있는 상황인데, 앞서 기존 피해조사 및 집계체계 개선방향 논의에서 제시된 대로 현행 집계항목 구성체계에 대한 조정이 실제로 필요한지, 필요하다면 어떤 측면에서 어떻게 보완이 이루어져야 할 것인지를 다룬 연구는 찾아보기 어렵다.¹⁾

이러한 배경 하에 이 연구는 국토·도시계획적인 관점에서 특히 호우·태풍으로 인하여 건축물과 시설물에 발생한 피해에 집중하여, 현행 집계항목 구성 및 체계에 어떤 문제점이 있는지를 분석하고 그에 따른 개선방안을 연구하는 것을 목적으로 하였다. 이를 통해 자연재해 피해집계의 수준 제고와 더불어, 효과적인 국토·도시방재계획 수립과 원활한 피해복구에 필요한 기반을 다지는 데에 기여하고자 하였다.

2. 연구범위 및 방법

호우·태풍피해 대비 및 저감에 관한 이전 국토·도시계획적 논의의 연장선상에서 이 연구도 자연재해 중 호우·태풍에 초점을 맞추어 진행하였다. 이는 현재 우리나라에서 가장 피해가 큰 자연재해 유형으로서²⁾ 대책마련이 중요하다는 맥락과도 부합한다.

한편 호우·태풍피해의 유형은 구분방법 및 기준에 따라 침수피해/강풍피해, 직접피해/간접피해, 유형피해/무형피해, 1차/2차피해, 시설물(부동산)/비시설물(동산)피해 등의 범주로 분류될 수 있다³⁾ (Parker et al., 1987; Smith and Ward, 1998; Dutta et al., 2003). 강풍피해, 간접피해, 2차피해, 비시설물피해 등의 경우에도 각각 중요하게 다루어질 필요가 있겠으나, 이 연구에서는 특히 물리적인 국토·도시계획의 관점에서 호우·태풍피해의 범위를 가장 일반적이고 일차적인, 침수에 의한 직접적 시설물피해로 한정하였다.

연구는 우선 2장에서 시설물피해 집계항목 구성 체계에 관한 기존 논의를 고찰하고, 국내 현행 집계항목 체계의 현황을 파악하였다. 더불어 해외의 항목 구성과도 견주게 될 것을 감안하여 국내뿐만 아니라 해외 구축사례도 살펴보았다. 다음으로 3장

에서는 (1)실제 호우·태풍피해 집계사례(2012년 재해연보) 분석과 (2)침수피해지역 유형(내륙고밀/저밀도시, 해안도시, 농촌지역, 해안지역)별 현행 집계항목 체계 실제 적용을 통해 그 문제점을 분석하고, 해외 구축사례(미국 HAZUS-MH 홍수모델, 일본 치수경제조사매뉴얼)와의 비교분석을 통해 개선방향에 관한 시사점을 도출하였다. 이어서 4장에서는 도출된 개선방향을 반영하되 국내 법·제도에 기반을 두어 우리나라 실정에 적합한 개선방안을 구축하였다. 이후 연구결과를 종합하여 정리하였다.

II. 이론 검토

1. 시설물피해 집계항목 구성체계 관련 선행연구

시설물피해 집계항목의 구성체계에 관하여 이론적으로 접근한 선행연구로는 Merz et al.(2010)이 홍수로 인한 피해의 산정 및 평가에 관한 최근 연구동향과 그 한계 및 향후 연구방향을 요약한 리뷰 논문이 있다. 해당 연구에서는 직접피해의 피해항목 분류·피해범위 예측·손실함수 추정, 간접 및 거시경제적 피해평가, 피해평가의 불확실성 요소 등을 살펴보았다. 특히 피해항목 분류의 경우 분류의 상세도(detail of classification)에 영향을 미치는 요인을 피해조사에 투입가능한 비용·시간자원의 정도, 취득 가능한 자료의 상세도, 피해조사 대상지역의 사회경제적 균일성, 피해나 파급효과의 상대적 중요도·심각성으로 정리하고, 대개의 경우 개인주거, 산업·제조, 상업, 공공기관, 기반시설, 농업 등 경제부문별로 구분한 후 하위 세부범주를 구성하는 방식이 일반적임을 설명하였다.

한편 실제 시설물피해 집계항목 구축 또는 개선에 관한 연구로는 송창영·양병수(2016), 이창희 외

(2015), 조운원 외(2014)가 있다. 송창영·양병수(2016)는 강풍재해를 중심으로 피해조사 및 집계 과정상의 문제점을 분석하여 개선방안으로서 강풍 피해의 종류와 범위 다양화, 풍속정보 및 지역적·지형적 특성 반영, 시군구 단위에서 읍면동 단위로 피해액 산정 등과 함께 시설물 항목의 보다 세부적인 분류체계 도입을 제안하였다. 하지만 이 경우 시설물 분류 관련 내용은 피해조사의 전체적인 과정 중 하위 항목의 하나로 연구의 주된 초점이 아니어서 간단히 언급하는 정도이다.

이창희 외(2015)는 미국 연방재난관리청(FEMA)에서 홍수피해를 예측 및 평가하기 위해 개발한 HAZUS-MH 홍수모델의 직접피해 인벤토리를 목표 기준으로 삼고, 항목별로 국내 기 구축 공간정보 DB 존재 여부를 파악하여, 한국형 재난손실추정시스템 개발 시 해당 기존 DB 연계방안 및 보완사항을 제시하여 국내 인벤토리 구축방향을 수립하였다. 그러나 미국 HAZUS-MH의 인벤토리 구성 및 체계를 그대로 적용함에 따라 국내 실정에 대한 고려가 부족하다고 할 수 있다. 반면 조운원 외(2014)는 수해피해 시설물 인벤토리를 구축하는 데 있어서 HAZUS-MH 체계를 기반으로 두되 국내 실정을 고려하기 위해 국내 건축물 및 시설물 분류를 참고했다는 측면에서 의의가 있으며, 이후 국내 보험가액 및 손해액의 평가기준을 접목하는 방향으로 피해평가 모형까지 간략히 제시하였다.

그러나 두 연구 모두 HAZUS-MH를 참고로 한 개선방안 제시 이전에 우리나라에 현재 적용되고 있는 집계항목 구성체계가 실제로 개선이 필요한지, 필요하다면 어떤 식으로 개선되어야 하는지에 대한 고려와, 실제 피해자료에 근거한 검토는 찾아보기 어렵다는 점에서 한계가 있다.

2. 국내 시설물피해 집계항목 구성체계 현황

현재 우리나라 시설물피해 집계항목은 「자연재해대책법」에 따라 ‘재해연보’ 상의 항목 구성 및 체계를 이루고 있다. 자연재해 발생 시 피해 시설 및 재산별로 피해상황을 조사·기록한 ‘재해대장’이 작성되는데, 이러한 재해대장이 매년도 말 모두 취합된 것이 재해연보이다. 여기에는 당해 연도 자연재해 현황 및 복구비 통계와 더불어 1년간 조사된 지역별·원인별·기간별 피해 통계가 <표1>과 같은 구성 및 체계에 따라 항목별로 집계되어 있다(국립방재연구소, 2000; 국민안전처, 2016)⁴⁾. 전체 35개 일반항목 중 시설물에 해당하는 항목은 총 23개⁵⁾로 크게 건물, 농경지, 공공시설, 사유시설로 구분된다.

3. 해외 시설물피해 집계항목 구축사례 검토

국내 체계와의 비교분석을 통한 시사점 도출에 앞서 우선 해외 시설물피해 집계항목 구축사례를 선정하고 그 현황을 간략히 검토하였다. 검토대상으로는 (1)1998년에 구축된 이후로 오랜 기간을 거치면서 구성체계가 유용하다고 인정되어 많은 나라에서 벤치마킹 대상이 되고 있으며(백종하, 2005; 유순영·안현욱, 2013) 최근 국내 여러 연구에서도 활발히 참고가 되고 있는 미국 HAZUS-MH 홍수모델과, (2)우리나라와 기후환경이 비슷하여 호우·태풍피해 양상 및 피해조사에 대한 정서 또한 비슷한(국립방재연구소, 2000) 일본의 치수경제조사매뉴얼을 선정하였다.

HAZUS-MH 홍수모델은 미국 연방재난관리청(FEMA)에서 홍수피해를 예측 및 평가하고, 각종 재난대책·계획 수립을 위해 개발한 프로그램이다(FEMA, 2012). 모델은 피해의 양상을 물리적 직·간접피해와 사회·경제적 직·간접피해로 구분한 뒤,

각 범주별로 피해항목(inventory)을 구축하고, 침수 심 모델 등 각 항목별로 적절한 평가방식 수립을 통해 홍수피해를 산정한다. 이때 피해항목은 <표2>와 같이 비교적 광범위하게 세부항목 수준까지 구성되어 있으며, 이 중 시설물 직접피해에 해당하는 것은 전체 39개 일반항목 중 26개로 크게 건물 및 시설, 교통시스템, 라이프라인 시스템으로 구분된다.

치수경제조사매뉴얼은 일본 국토교통성 하천국에서 수해피해 정도를 계상하기 위해 발간한 피해조

사 매뉴얼이다(国土交通省 河川局, 2005). 매뉴얼에서 집계하는 피해항목은 한 번의 추가·수정을 거쳐(国土交通省 水管理·国土保全局, 2013) <표3>에 정리한 바와 같이 구성되어 있으며, 지하공간에 대한 고려와 더불어 각종 과급피해 등 간접피해 관련 항목이 다수 포함되어 있다는 점이 특기할만하다. 시설물 직접피해에 해당하는 것은 전체 50개 일반항목 중 22개로 크게 건물, 지하공간, 공공토목시설로 구분된다.

표 1. 재해연보 상 피해항목 구성체계

Table 1. Inventory system of Korea's [Statistical Yearbook of Natural Disaster]

구분 Category	일반항목 Main item	세부항목 Sub-item
총이재민 Total flood victims		주택의 유실·전파/반파로 생활근거를 상실한 세대의 인원 # of people whose dwellings have been swept away or destroyed(total/partial)
인명 Casualties	사망/실종/부상 Deaths/Missing/Injuries	-
침수면적 Inundation area	농경지 Farmland	전, 답 dry field, paddy field
	도시 Urban	주택지 residential area
건물* Buildings*	유실·전파/반파/침수 Swept away-Total destruction/Partial destruction/Flooded	직접 주거용으로 사용중이던 주거물 main buildings directly used as residential - 부속건물, 무허가, 빈집 제외 attached, unlicensed, empty buildings excluded - 공공건물은 공공시설의 기타로 분류 public buildings classified as 'Others' under 'Public facilities'
선박 Ships	동력 Powered	전파/반파 total/partial destruction
	무동력 Nonpowered	전파/반파 total/partial destruction
농경지 Farmland	전 Dry field*	-
	답 Paddy field*	-
농작물 Agricultural products	전작 Dry field products	맥류, 잡곡 wheat and barley, cereals
	답작 Paddy field products	미곡류 rice
	기타 Others	채소류 등 기타 작물 vegetables and others
공공시설 Public facilities	도로 Road	도로 Road* 교량 Bridge* 도로법 및 농어촌도로법상 도로 roads under Road Act 상기 도로의 교량 bridges of the above roads
	하천 River*	제방(축제·호안), 수문, 수제, 낙차공 등 embankment(dykes·protection works), sluices, spur dykes, drop structures, etc.
	소하천 Small river*	
	수도(상하수도) Water supply and drainage*	-
	항만시설 Harbor fac.*	박지시설, 접안시설 등 mooring fac., berth, etc.
	여항시설 Port fac.*	선착장, 안벽, 방파제 등 wharves, piers, breakwater fac., etc.
	학교 School*	교실, 부속건물, 기타 시설 classrooms, annexes, etc.
	철도 Railway*	-

표 1. (계속)
Table 1. (continued)

구 분 Category	일 반 항 목 Main item		세 부 항 목 Sub-item
공공시설 Public facilities	수리 Irrigation	수리시설 Irrigation fac.*	저수지, 보, 양배수장, 용배수로, 기타 reservoirs, pumping-drainage fac., channels
		방조제 Seawall*	-
	사방 Erosion control	사방 Erosion control*	산지사방, 야계사방 hillside controls, meadow controls
		임도 Forest road*	-
	군시설 Military fac.*		개별 부대 단위 individual units
	소규모시설 Small scale fac.*		비법정 소하천, 농로, 소교량 nonstatutory rivers, farm roads, small bridges
기타 Others*		-	
사유시설 Private facilities	축대, 담장 Embankment, Wall*		-
	가축 Livestock		소, 양 등 cattle, sheep, etc.
	축사, 잠사 Pen, Silk yarn shed*		-
	수산증양식 Fish hatchery		-
	어망, 어구 Fishing net & gear		-
	비닐하우스 Vinyl greenhouse*		-
	기타사유시설 Other private fac.*		-

* 시설물 해당 항목 Items corresponding to facilities

표 2. 미국 HAZUS-MH 홍수모델 피해항목 구성체계
Table 2. Inventory system of USA's [HAZUS-MH Flood Model]

Category	Main item	Sub-item		
Direct physical damage	Buildings and facilities	General building stock	Residential*	single family, mobile home, multi family, temporary lodging, institutional dormitory, nursing home
			Commercial*	retail trade, wholesale trade, personal and repair services, business/professional/technical services, depository institutions, hospital, medical office/clinic, entertainment & recreation, theaters, parking
			Industrial*	heavy, light, food/drugs/chemicals, metals/minerals processing, high technology, construction
			Agriculture*	-
			Religion*	-
			Government*	general services, emergency response
			Education*	schools/libraries, colleges/universities
	Essential fac.	Medical care fac.*	hospital(small/medium/large), medical clinics	
		Emergency Response*	fire station, police station, emergency operation centers	
		Schools*	grade schools primary/high schools, colleges/universities	
	High potential loss fac.	Dams*	-	
		Nuclear power plants*	nuclear plant, nuclear power fac.	
		Military Installations*	barracks/group quarter, officer/enlisted quarter, maintenance/operations shops, administrative offices, mess halls, officer/enlisted clubs, gymnasiums/armory, gas/services stations, PX/retail stores, arsenals	

표 2. (계속)
Table 2. (continued)

Category		Main item	Sub-item
Direct physical damage	Transportation systems	Highway systems*	major roads, urban roads, highway tunnel, major bridge, other bridge
		Railway systems*	railway tracks, railway bridge, railway tunnel, urban station, fuel fac., dispatch fac., maintenance fac.
		Light railway systems*	light rail track, light rail bridge, light rail tunnel, DC substation, dispatch fac., maintenance fac.
		Bus systems*	bus urban station, fuel fac., dispatch fac., maintenance fac.
		Ports and Harbors*	waterfront structures, cranes/cargo handling equipment, warehouses, fuel fac.
		Ferry transportation systems*	waterfront structures, passenger terminals, fuel fac., dispatch fac., piers and dock fac.
	Lifeline utility systems	Airports*	control towers, runway, fuel fac., heliport fac., parking structure, maintenance & hangar fac., terminal
		Potable water systems*	pipelines, water treatment/pumping plants, control vaults & stations, water storage tanks, wells
		Wastewater systems*	sewers & interceptors, wastewater treatment plants, control vaults and control stations, lift stations
		Oil systems*	pipelines, pumping plant, tank farm, oil control vault & control station, oil refinery
		Natural gas systems*	pipelines, control valves and control stations, compressor stations
		Electric power systems*	substations, distributions circuits, generation plants
	Crops	Communication systems*	communication lines, control vault, switching stations, radio/TV/weather station, other fac.
		Crops	top 40 crops within USA
	Vehicles	Vehicles	automobiles, light trucks, heavy trucks
		Induced damage	Hazardous materials release
	Debris		building finishes, structural components, foundation materials
Direct social losses	Casualties	Fatalities	drowning, non-drowning
	Displaced households	Households	households, individuals
		Communities	-
Direct economic losses		Building related losses	building repair cost, building contents(furniture) losses
		Relocation expenses	cost of shifting and transferring, rental of temporary space
		Loss of income	business inventory losses, income losses, wage losses, rental income losses
Indirect economic losses		Regional economic impact among business sectors	regional income/employment/production, tax revenue, impact distribution among social groups
		livestock & products	sheep/lambs/wool, cattle/calves, dairy products, hogs/pigs, poultry/poultry products, others
		Tourism	-

* Items corresponding to facilities

표 3. 일본 치수경제조사매뉴얼 피해항목 구성체계
Table 3. Inventory system of Japan's [Flood Control Economic Survey Manual]

구 분 Category		일 반 항 목 Main item		
직접피해 Direct damage	인적피해 Casualties		사망자 Deaths	
			고립자/피난민 Isolated/Flood victims	
	건 물 Buildings			주거용도 Residential*
				사업용도 Business*
				의료·사회복지시설 Medical · Social welfare fac.*
				방재거점시설 Key disaster-prevention fac.*
				문화시설 Cultural fac.*
	지하공간 Underground space		지하철 Metro*	
			지하상가지하시설 Underground commercial*	
	공공토목시설 Public fac.	공공토목시설 Civil engineering fac.	도로 Road*	도시시설 Urban fac.*
			교량 Bridge*	하천시설 River fac.*
			하수도 Sewerage system*	
		공공시설 Public fac.	전력 Electricity*	철도 Railway*
			가스 City gas*	통신 Communication*
			수도 Water supply system*	
	농업용 시설 Agricultural fac.	농로 Farm road*		
		수로 Watercourse*		
	가정용품 Household commodities		가구·가전제품·의류 Furniture · Home appliances · Clothes	
			자동차 Automobile	
			기타 Others	
상각·재고자산 Depreciable · Inventory assets	사업소 Business · Office	감가상각 자산(공작기계, 사무용기기 등) Depreciable assets(machinery)		
		재고 자산 Inventory assets		
	농 · 어가 Farm · Fishery	감가상각 자산(농기구 등 생산설비) Depreciable assets(farm equip.)		
		재고 자산 Inventory assets		
농작물 Agricultural products		전작 Dry field products		
		답작 Paddy field products		
문화재 Cultural assets		문화재 Cultural assets*		
수해폐기물 Debris		수해폐기물 처리비용 Debris disposal cost		
간접피해 Indirect damage	영업정지로 인한 손실/파급피해 Loss influenced by business suspension		사업소 Business · Offices	
			의료·사회복지시설 Medical · Social welfare fac.	
			방재거점시설 Key disaster-prevention fac.	
	응급대책비용 Emergency response cost		가계 Households	
			사업장 Business · Offices	
			국가·지방자치단체 Central · Local government	
	교통두절에 의한 파급피해 Loss influenced by traffic cessation		도로 Road	
			철도 Railway	
	라이프라인 중단으로 인한 파급피해 Loss influenced by lifeline cessation		전력 Electricity	하수도 Sewerage system
			가스 City gas	통신 Communication
		상수도 Water supply system		
경제적 파급피해 Economic losses		산업연관분석 Inter-industrial loss		
		기업의 시장점유율 피해 Market share loss		
		임금손실 종업원 수 Wage loss(# of employees)		
		가정의 일상 활동 피해 Household routine activity loss		

* 시설물 해당 항목 Items corresponding to facilities

Ⅲ. 시설물피해 집계항목의 구성체계상 문제점 분석 및 개선방향 도출

1. 실제 호우·태풍피해 관련자료 활용 분석

1) 분석방법

국내 현행 시설물피해 집계항목 구성체계의 문제점을 실제 호우·태풍피해 관련 자료에 근거하여 분석 및 확인하고자 하였다. 우선, 현행 체계에 따라 호우·태풍피해가 집계된 재해연보를 대상으로 사례 연도를 선정하여 실제 호우·태풍 시설물피해 집계 내역의 항목별 구성비를 분석하면서 문제점을 살펴 보았다. 피해 정도가 클수록 피해집계내역이 다양한 피해 양상을 고르게 포함할 것으로 판단하여, 사례 연도는 최근 10년간 호우·태풍피해가 가장 컸던 2012년으로 선정하였다.⁶⁾

다음으로, 현행 체계를 침수피해가 발생한 지역에 실제로 적용하여 시설물피해를 집계했을 때 나타나는 문제점을 분석 및 확인하였다. 먼저 침수피해 발생지역 위치, 면적 등 관련 정보는 침수흔적도⁷⁾ 자료를 정보공개청구하여 파악하였는데, 해당 자료는 연도별로 작성되므로 앞서 재해연보 사례연

도 선정과 같은 이유로 호우·태풍피해가 가장 컸던 2012년을 분석대상 연도로 선정하였다. 그 후 해당 연도 전체 1172개 침수지역 중 침수면적이 충분히 넓어 구역 내에 다양한 시설물피해 양상을 포함할 수 있을 것으로 예상되는, 침수면적 상위 10% 지역을 추린 뒤 이 중에서 분석대상지를 선정하였다. 선정 시에는 지형·개발밀도 등 지역특성에 따라 시설물피해의 양상이 상이할 것으로 판단하여 전환논외(2008)의 침수지역 유형분류를 참고로 <표4>와 같이 내륙 고밀도시, 내륙 저밀도시, 해안도시, 농촌지역, 해안지역의 5가지⁸⁾ 유형으로 구분⁹⁾하였으며, 최종적으로는 유형별로 침수면적 상위 3개 지역(총 15개)을 분석대상지로 선정하였다.¹⁰⁾ 마지막으로 현행 체계의 적용 및 시설물피해 집계는 분석대상지 내 대부분의 시설물들이 일정 정도 수해를 입었을 것이라 가정하고 해당 잠정적 피해시설물들을 현행 집계항목 체계에 따라 분류하는 방식으로 진행하였다.¹¹⁾¹²⁾ 이때 잠정적 피해시설물들은 연속수치지형도¹³⁾ 상에 침수흔적도를 얹은 뒤 구역 내의 지형지물 중 시설물에 해당하는 것들을 추출하는 방식으로 파악하였으며, 침수피해지역 5가지 유형별로 추출한 뒤 그 결과를 누적적으로 종합하였다.

표 4. 지역특성에 따른 침수피해지역 유형 구분

Table 4. Classification of flood damage areas according to their geographical characteristics

구 분 Classification		기 준 Criteria	
도시지역 Urban area	내륙도시 Inland city	인구밀도 고 High population density	특별시·광역시외의 동(洞) 중 해안선에 접하지 않은 지역 (Metropolitan city) 'Dong' which is non-adjacent to the coastline
		인구밀도 저 Low population density	일반시의 동(洞) 중 해안선에 접하지 않은 지역 (General city) 'Dong' which is non-adjacent to the coastline
	해안도시 Coastal city	일반시 이상의 동(洞) 중 해안선에 접한 지역 (General city and above) 'Dong' which is adjacent to the coastline	
비도시지역 Non-urban area	농촌지역 Rural area	일반사군의 리(里) 중 해안선에 접하지 않은 지역 (General city · Gun) 'Ri' which is non-adjacent to the coastline	
	해안지역 Coastal area	일반사군의 리(里) 중 해안선에 접한 지역 (General city · Gun) 'Ri' which is adjacent to the coastline	

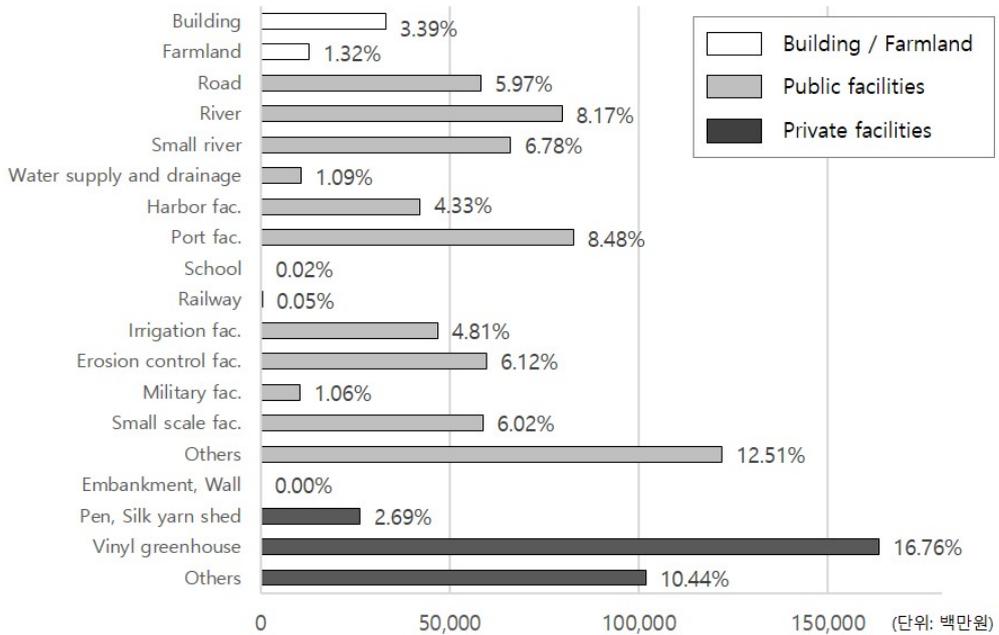


그림 1. 2012년 전국 호우·태풍 시설물피해 항목별 구성비

Fig. 1. Composition ratio of each item within the 2012 total amount of damage due to heavy rains and typhoons

2) 분석결과

① 실제 시설물피해 집계내역 항목별 구성비 분석

실제 2012년 전국 호우·태풍 시설물피해 집계내역의 항목별 구성비를 분석한 결과는 <그림1>과 같다. 전체 시설물피해 중 건물이 3.39%, 농경지가 1.32%, 공공시설이 65.40%, 사유시설이 29.90%로 공공시설이 절반 이상을 차지하는 가운데, 공공시설 중에서는 다른 항목들보다도 ‘기타 공공시설’ 항목의 구성비가 12.51%로 가장 높으며, 이는 전체항목 중에서 16.76%를 구성하는 ‘비닐하우스’ 다음으로 두 번째로 높은 것으로도 드러났다. 또한 사유시설의 경우에도 ‘비닐하우스’ 항목 다음으로는 ‘기타 사유시설’ 항목이 10.44%로 사유시설 중에서는 두 번째, 전체항목 중에서는 세 번째로 높은 것으로 드러났다. 한편 ‘건물’의 경우에는 시설물피해에서

일정 비중 이상은 차지할 것이라는 일반적인 예상과는 달리 전체의 3.39%밖에 해당하지 않는 것으로 나타났다.

이로부터 현행 집계항목 체계에 대하여 다음 두 가지 문제사항을 각각 확인 및 유추해볼 수 있다. 첫째, 현행 체계 하에서는 상당수의 시설물피해가 세분화되지 않은 채 기타 항목으로 집계되고 있음을 확인할 수 있다. 둘째, 이론검토에서 살펴보았던 현행 체계대로라면 상업건물 등 주거용이 아닌 그 외 모든 건물은 건물피해 집계 대상이 아닌데, 실제로 ‘건물’ 항목의 피해가 적은 것으로 보아 해당 항목에서는 주택만 집계되며 그 외 다른 용도는 누락되고 있음을 유추해볼 수 있다.

② 침수피해지역 유형별 현행 집계항목 체계 실제 적용 내륙 고밀도시, 내륙 저밀도시, 해안도시, 농촌지

역, 해안지역 5가지 유형별 분석대상지 선정결과는 <표5>와 같으며¹⁴⁾, 분석대상지에 대한 시각적인 예시로서 유형별 대표사례의 침수흔적도를 제시하면 <그림2>와 같다. 이렇듯 선정된 분석대상지들로부터 잠정적 피해시설물들을 추출한 뒤 5가지 침수피해지역 유형별로 현행 집계항목 체계에 따라 분류하였으며, 그 결과를 누적적으로 종합하면 <표6>과 같다.¹⁵⁾

이로부터 다음과 같은 문제점들을 확인할 수 있었다. 첫째, 공공시설 중 ‘기타 공공시설’ 항목의 세분화 필요성이 다시 한 번 드러난다. 공공건물인

표 5. 침수피해지역 유형별 분석대상지 선정결과
Table 5. Selected sites of analysis by each flood damage area type

Type	Location	Area(m ²)
Inland high pop.	Seoul Dongjak-Gu Sadang-Dong	667,470.6
	Seoul Seocho-Gu Seocho-Dong	450,715.2
	Seoul Seocho-Gu Bangbae-Dong	369,321.4
Inland low pop.	Jeonnam Mokpo-Si Yongdang-Dong	315,240.6
	Gyeongbuk Seongju-Gun Seongju-Eup Seongju-Ri	302,921.1
	Gyeongbuk Gimcheon-Si Hwanggeum-Dong	143,141.5
	Gyeongnam Changwon-Si Masanhappo-Gu Haeun-Dong	405,169.6
Coastal city	Gyeongnam Changwon-Si Masanhappo-Gu Namseong-Dong	299,976.3
	Jeonnam Yeosu-Si Gyo-Dong	142,935.6
	Gyeongbuk Gyeongju-Si Gangdong-Myeon Homyeong-Ri	1,222,081.0
Rural area	Gyeongbuk Gumi-Si Goa-Eup	562,838.0
	Sinchon-Ri	
	Jeonnam Yeongam-Gun Gunseo-Myeon Yangjang-Ri	512,219.1
Coastal area	Jeonnam Yeonggwang-Gun Yeomsan-Myeon Duu-Ri	366,232.5
	Gyeongnam Namhae-Gun Sangju-Myeon Sangju-Ri	187,913.9
	Gyeongnam Namhae-Gun Mijo-Myeon Mijo-Ri	116,672.3

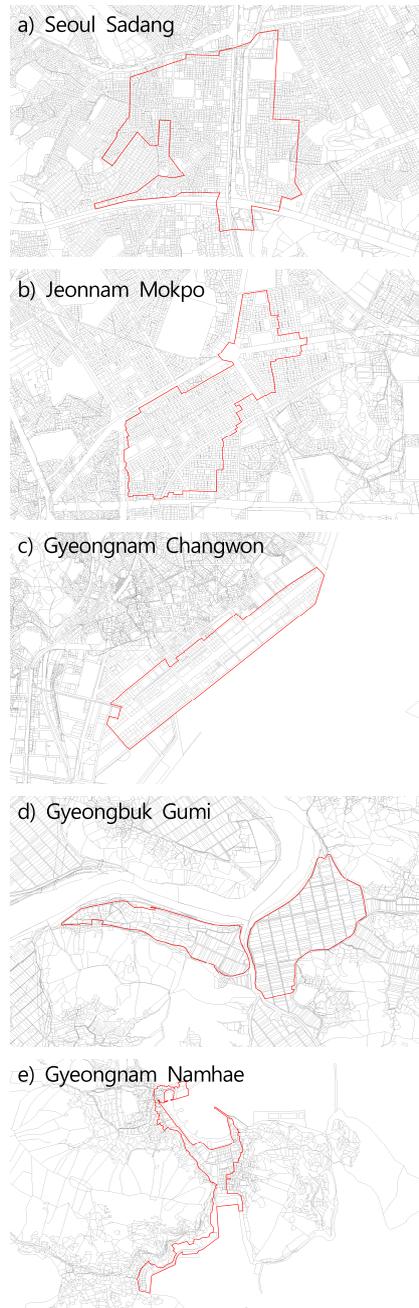


그림 2. 침수피해지역 유형별 대표사례
Fig. 2. Examples for each type of flood damage area

(from top to bottom, different scales)
a) Inland high pop. city, b) Inland low pop. city, c) Coastal city, d) Rural area, e) Coastal area

표 6. 침수피해지역 유형별 현행 시설물피해 집계항목 체계 실제 적용결과(종합)
Table 6. Application results of the current inventory system on actual flood-damaged areas

현행 집계항목 체계 Current inventory system		잠정적 침수피해시설물 Provisionally flood-damaged features	
	Building	detached house, multi-family housing, neighborhood living fac., religious fac., sales fac., medical fac., education and research fac., fac. for older persons and children, sports fac., business fac.(general), lodging fac., factories, warehouses, fac. for storage and treatment of dangerous substances, fac. for animals and plants(florist), fac. for motor vehicles, resource recycling-related fac., broadcasting and telecommunications fac., cemeteries and related fac., others	
Farmland	Dry field	dry field, orchard, salt field	
	Paddy field	paddy field	
Public facilities	Road	Road	highway, national/ metropolitan/ city/ county/ town road, small road, bikeway, pedestrian road, underground passage
		Bridge	vehicle bridge, pedestrian bridge
	River		embankment, retaining wall, culvert, ditch, sluice
	Small River		
	Water supply and drainage		water/wastewater treatment plant, tank(liquid-gas), manhole
	Harbor fac.		lighthouse, dyke, pier, breakwater, yard
	Port fac.		lighthouse, dyke, breakwater, seawall, wharf, quay, oil depot, tank(liquid-gas), windbreak forest
	School		kindergarten, elementary/middle school, university
	Railway		metro
	Irrigation	Irrigation fac.	reservoir, pumping-drainage fac., culvert, channel, side gutter
		Seawall	seawall
	Erosion	Erosion control	erosion control dam
		Forest road	forest road
	Military fac.		-
	Small scale fac.		channel, side gutter, farm road, small bridge
Others		education and research fac.(library), business fac.(public), transportation fac.(bus/ferry terminal), medical fac.(community health center-medical center), fac. for older persons and children, training fac., sports fac., parking lot(public), wall, hedge, gate, retaining wall, reinforcing stone wall, utility (telephone) pole, fire hydrant, phone booth, postbox, soundproof wall, bus station, median strip, road signs, electric controller, traffic lights, traffic light controller, security light, streetlight, streetlight controller, manhole, underground ventilating fac., playground, street tree, public landscape, park, square, beach	
Private facilities	Embankment, Wall	wall, hedge, gate, retaining wall, reinforcing stone wall	
	Pen, Silk yarn shed	fac. for animals and plants(pen)	
	Vinyl greenhouse	vinyl greenhouse	
	Other private fac.	underground parking, underground ventilating fac., ginseng-farming fac., cemetery	

교육연구시설에서부터 운동시설과, 통신(전화) 주, 전기제어기, 가로수, 해수욕장 등 광범위한 시설물들이 모두 뒤섞여 기타 항목으로 집계되고 있는 실정이다.

둘째, ‘건물’ 항목의 세분화 필요성 또한 드러난다. 주택과 공공건물 이외의 건물들도 ‘건물’ 항목으로 집계한다고 하였을 때 서로 상이한 용도가 구분되지 않은 채 함께 집계되는 것은 피해액 집계에 있어서 부정확할 것으로 예상된다.

셋째, 공공시설과 사유시설의 구분이 다소 부정확한 체계임이 드러난다. 주차장, 학교, 옹벽·석축·담장 등 경우에 따라 공공시설이기도 하고 사유시설이기도 한 시설물들이 실제로 존재하기 때문이다. 예컨대 사립학교의 경우 교육기능을 기준으로 한다면 공공시설로 분류될 수 있겠지만, 소유권을 기준으로 한다면 사유시설로 분류되는 것이 적절할 수도 있다. 축대·담장의 경우에도 공공이 시행한 절·성토공사에 의해 구축되는 등 반드시 사유시설에 해당하지는 않을 수 있다.

넷째, 소규모시설의 경우 비법정 소하천이 수리 시설과 중복되는 경우가 발생함이 드러난다. 비법정 소하천은 대개 구거(용·배수로), 측구로서 수리시설

로도 분류될 수 있어 집계 시 중복집계의 문제 내지는 분류상의 문제가 발생할 우려가 있다.

2. 해외 시설물피해 집계항목 구축사례와의 비교분석

1) 분석방법

해외 시설물피해 집계항목 구축사례와의 비교분석을 통하여 국내 항목 구성 및 체계의 개선방향을 도출하고자 하였다. 이를 위해 우리나라 재해연보(A)상 시설물피해 집계항목들을 미국 HAZUS-MH 홍수모델(B) 및 일본 치수경제조사매뉴얼(C)의 집계항목들과 일반항목 수준에서 동일하거나 유사한 것들끼리 대응시킨 뒤, 항목 구성 및 체계상 A와 B 및 A와 C를 비교하고, A와 B, C 간에 공통적으로 나타나는 차이점을 분석하였다.

2) 분석결과

우선 재해연보(A)와 HAZUS-MH(B), 치수경제조사매뉴얼(C)의 집계항목들을 일반항목 수준에서 동일하거나 유사한 것들끼리 대응시킨 결과는 <표7>과 같다. 이때 서로 간에 대응되는 항목이 없는 경

표 7. 재해연보(A), HAZUS-MH(B), 치수경제조사매뉴얼(C) 간 시설물피해 집계항목 비교
Table 7. Comparison of inventory items between Korea's Statistical Yearbook of Natural Disaster(A), USA's HAZUS-MH(B), and Japan's Flood Control Economic Survey Manual(C)

Statistical Yearbook (A)		HAZUS-MH (B)		Survey Manual (C)		
Category	Main item	Category	Main item	Category	Main item	
Building	Residential	Buildings and facilities	General building stock	Building	Residential	
	-				Commercial	
	-				Industrial	
	-				Religion	
	-				Government	
	-				Education	
	-		-		Cultural fac.	
	-		-		Underground commercial	
	-		Essential fac.		Medical care fac.	Medical-Social welfare fac.
	-		-		Emergency response	Key disaster-prevention fac.
-	High potential loss fac.	Dam	-			
-	-	Nuclear power plant	-			

표 7. (계속)
Table 7. (continued)

Statistical Yearbook (A)		HAZUS-MH (B)			Survey Manual (C)		
Category	Main item	Category	Main item		Category	Main item	
Farmland	Dry field	-	-		-	-	
	Paddy field		-			-	
Public facilities	Road	Transportation systems	Highway systems		Civil engineering fac.	Road	
			Road Bridge			Bridge	
	River		-	-		-	River fac.
	Small river		-	-		-	-
	Water supply and drainage		Lifeline utility systems	Potable water systems		Public fac.	Water supply system
				Wastewater systems		Civil engineering fac.	Sewerage system
	Harbor fac.		Transportation systems	Ferry transportation systems		-	-
	Port fac.			Ports and Harbors		-	-
	School		Buildings and facilities	Essential fac.	School	-	-
	Railway		Transportation systems	Railway systems		Public fac.	Railway
				Light railway systems		Underground space	Metro
	Irrigation	Irrigation fac.	-	-		Agricultural fac.	Watercourse
		Seawall	-	-		-	-
	Erosion	Erosion control	-	-		-	-
Forest road		-	-		-	-	
Military fac.		Buildings and facilities	High potential loss fac.	Military installations	-	-	
Small scale fac.			-		Agricultural fac.	Farm road	
Others		Transportation systems	Bus systems		-	-	
			Airports		-	-	
		Lifeline utility systems	Oil systems		-	-	
			Natural gas systems		Public fac.	City gas	
			Electric power systems			Electricity	
Communication systems				-	Communication		
		-	-		Cultural assets	Cultural assets	
Private facilities	Embankment, Wall		-		-	-	
	Pen, Silk yarn shed		Buildings and facilities	General building stock	Agriculture	-	-
	Vinyl greenhouse					-	-
	Other private fac.		-	-		-	-

우는 빈칸으로 나누는 식으로 표현하였다.

이로부터 B, C가 A와 다른 차이점을 분석한 결과는 <그림3>과 같은데, 이중 특징적인 사항을 몇 가지 서술하자면 다음과 같다. B와 C 둘 다 공공시설과 사유시설의 구분은 없는 가운데 건물 중에서는 상업(사업)시설, 의료·복지시설, 비상(방재)시설을, 시설 중에서는 가스, 전력, 통신시설을 독립적인 항목으로 구성하고 있으며, A의 '소규모시설'과 같이 시설물 종류가 아닌 규모에 의해 구분된 항목도 존재하지 않는다. 또한 B의 경우 성격이 유사한 항목들을 묶어 '교통시스템', '라이프라인시스템' 등으로 구성하고 있으며, C는 지하공간과 문화재에 대해서도 고려하고 있다. 그러나 농경지, 사방시설, 축대·담장을 비롯하여 수자원 관련 시설, 항만·여항시설과 같이 기존에 A에서 집계해오던 항목들이 누락되기도 하는 등 해외 구축사례는 국내 실정과 다른 면모를 보이기도 함을 확인하였다.

3. 시설물피해 집계항목 구성체계 개선방향 도출

실제 호우·태풍피해 관련자료를 활용한 분석결과와 해외 구축사례와의 비교분석 결과의 종합은 현행 시설물피해 집계항목 구성 및 체계에 관하여 다음 네 가지 개선방향을 시사한다.

첫째, 집계항목의 세분화가 필요함을 시사한다. 국내 현행 체계에서는 집계 시 주거용 이외의 건물은 누락되고 다수의 시설물은 분류되지 못한 채 기타 공공시설 항목에 편입됨을 항목별 구성비 분석과 침수피해지역에의 현행 체계 실제 적용을 통해 확인하였는데, 해외 구축사례에서는 이렇듯 누락되거나 분류되지 못한 시설물들에 대응되는 항목들이 마련되어 있다. 특히 국내 현행 체계에서는 '학교' 항목을 따로 구성하였듯이 의료시설/비상대응시설, 문화재, 위험시설/공업용도 등 재해피해 발생 시 서

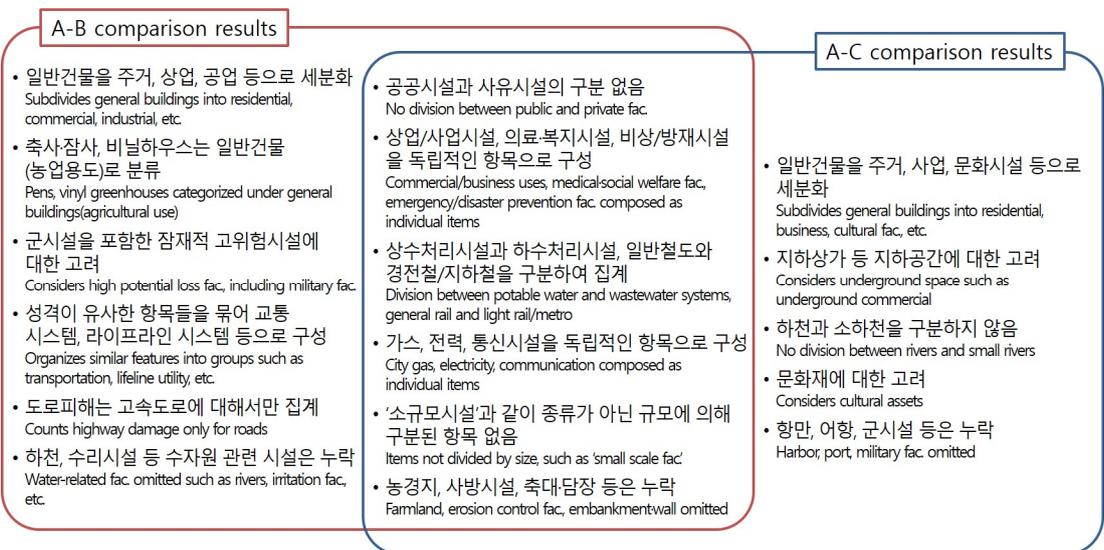


그림 3. 재해연보(A), HAZUS-MH(B), 치수경제조사매뉴얼(C) 간 집계항목 구성체계 비교결과
Fig. 3. Comparison results of inventory systems between Korea's Statistical Yearbook of Natural Disaster(A), USA's HAZUS-MH(B), and Japan's Flood Control Economic Survey Manual(C)

비스 중단이나 2차 오염으로 인해 그 파급효과가 클 것으로 우려되는 항목들을 따로 집계하고 있는 점 또한 참고할 만하다.

둘째, 집계항목을 구성하는 데에 있어서 공공시설과 사유시설을 구분하는 체계는 부정확할 수 있음을 시사한다. 실제로 경우에 따라 공공시설이기도 하고 사유시설이기도 한 시설물들이 존재하는 가운데 해외 구축사례에서는 공공시설과 사유시설을 구분하지 않고 있다. 공공시설/사유시설 여부는 집계항목 체계상에서 구분하는 대신 피해발생 건별로 속성정보를 부여하는 등의 부가적인 방식을 고려해 볼 만하다.

셋째, 시설물 종류에 따른 항목 구성이 지배적인 가운데 규모에 따른 항목 구성은 지양함으로써 항목 구성 기준을 확립하고, 성격이 유사한 항목들을 그룹으로 묶어 위계를 갖추는 등의 개선이 필요함을 시사한다. 이를 통해 소규모시설의 경우와 같이 시설물피해 집계 시 중복되거나 분류가 애매해지는 등의 문제가 해소되는 것도 기대해 볼 수 있다.

넷째, 해외 구축사례를 참고하고자 할 경우 특히 국내 실정에 적합하도록 수정하여 적용할 필요가 있음을 시사한다. 우리나라에서의 재해피해 양상을 반영하기 위해 국내에서 집계해온 항목들이 누락되어있는 등 구성 및 분류체계가 상이하므로 해외 체계를 그대로 도입하기에는 어려울 것으로 판단된다.

IV. 시설물피해 집계항목 구성체계 개선방안

1. 국내 실정에 적합한 개선방안 구축방법

3장에서 도출한 개선방향에 관한 시사점들을 바탕으로 하여 시설물피해 집계항목 구성체계 개선방안을 일반항목 수준에서 제안하되, 가능한 국내 실

정에 적합하게끔 구축하고자 하였다. 이를 위해 우선 현행 항목은 최대한 유지하고자 하였다. 이는 기존에 구축되어온 항목 체계가 다소 개선이 필요할지라도 기본적으로는 우리나라의 재해피해 양상을 반영하고자 한 시도라 판단하였기 때문이다. 다만, 개선방안 구축과정 중에 적절한 체계로 재구성되기는 하였다.

다음으로 조운원 외(2014)의 인벤토리 구축사례를 참고하여, 이 연구에서도 항목 세분화와 체계 재구성을 하는 데에 있어서 국내 법·제도에 따른 건물 및 시설물 분류체계를 기본틀로 활용하였다. 건물과 관련하여서는 건축법상 시설군 분류를, 건물 외 시설물과 관련하여서는 국토의 계획 및 이용에 관한 법률(이하 국계법)상 기반시설 분류를 활용하였으며¹⁶⁾, 각각의 항목 구성 및 체계는 <표8>, <표9>와 같다.

이때 <표10>에 정리된 바와 같이 건축법상 시설군 분류에 따른 항목과 국계법상 기반시설 분류에 따른 항목이 내용상 전부 또는 일부 중복되는 경우가 있는데¹⁷⁾, 건축물보다는 시설·설비에 가깝거나 시설·설비가 더 많은 비중을 차지하는 경우에는 국계법상 분류체계를, 시설·설비보다는 건축물에 가깝거나 건축법상 대응되는 적당한 시설군이 있으면서 중요시설·설비로서의 인식이 낮은 경우에는 건축법상 분류체계를 활용하는 방식으로 개선방안을 구축하였다.¹⁸⁾

2. 시설물피해 집계항목 구성체계 개선방안

국내 실정에 적합하게끔 현행 항목을 최대한 유지하고 국내 법·제도상 건물 및 시설물 분류체계를 기본틀로 활용하면서 네 가지 시사점을 반영한 개선방안 구축결과는 <표11>과 같다.

표 8. 건축법상 시설군 분류

Table 8. Classification of group of facilities according to Korea's 「Building Act」

시설군 Group of facilities	용도 Uses of buildings
자동차관련 시설군 Fac. relating to motor vehicles	motor vehicle-related fac.
산업 등의 시설군 Fac. for industrial purposes	transportation fac., warehouse fac., factories, storage & treatment fac. for hazardous substances, resource recycling fac., graveyard-related fac., funeral parlors
전기통신시설군 Fac. for telecommunications	broadcasting communications fac., power generating fac.
문화 및 집회시설군 Fac. for cultural activities & assembly	cultural & assembly fac., religious fac., amusement fac., tourist resting fac.
영업시설군 Fac. for commerce	sales fac., sports fac., lodging fac., communal living fac. among Class II neighborhood living
교육 및 복지시설군 Fac. for education & welfare	medical fac., education & research fac., fac. for older persons & children, training fac., campground fac.
근린생활시설군 Neighborhood living fac.	Class I & Class II neighborhood living (excluding communal living fac.)
주거업무시설군 Fac. for residential & business purposes	detached houses, multi-family housing, business fac.(public/general), correctional & military fac.
그 밖의 시설군 Miscellaneous	animal & plant-related fac.

표 9. 국제법상 기반시설 분류

Table 9. Classification of infrastructure according to Korea's 「National Land Planning and Utilization Act」

구분 Classification	항목 Items
교통시설 Traffic fac.	roads, railways, harbors, airports, parking lots, automobile depots (terminal/garage/transfer center), tracks, canals, inspection fac. / drivers' schools for automobiles and construction machinery
공간시설 Space fac.	squares, parks, green area, amusement parks, vacant public land
유통·공급시설 Distribution and supply fac.	distribution business fac., water · electricity · gas · heat supply fac., broadcasting and communications fac., utility tunnels, markets, oil-storage and oil supply fac.
공공·문화체육시설 Public, cultural and athletic fac.	schools, athletic fields, public buildings, cultural fac., athletic fac. deemed necessary for public use, libraries, research fac., social welfare fac., public vocational training fac., juvenile training fac.
방재시설 Disaster-prevention fac.	rivers, storing ponds, reservoirs, fire prevention fac., windbreak fac., waterproof fac., erosion control fac., tide-control fac.
보건위생시설 Health and sanitary fac.	cremation fac., cemeteries, enshrinement fac., natural burial grounds, funeral parlors, slaughterhouses, general medical fac.
환경기초시설 Environmental basic fac.	sewage systems, waste treatment fac., water pollution prevention fac., auto junkyards

표 10. 건축법과 국계법상 중복되는 항목 및 활용체계 선택
 Table 10. Overlapping items between Korea's 「Building Act」 and 「National Land Planning and Utilization Act」, and choice of which system to apply

Building Act (A)		National Land Planning and Utilization Act (B)		Applied system
Group of facilities	Uses of buildings*	Classification	Items	
Fac. relating to motor vehicles	motor vehicle-related fac.	Traffic fac.	parking lots, inspection fac. / drivers' schools for automobiles and construction machinery	A
		Environmental basic fac.	auto junkyards	
Fac. for industrial purposes	transportation fac.	Traffic fac.	automobile depots, railways, harbors, airports	B
	storage and treatment fac. for hazardous substances(oil & gas-related fac.)	Distribution and supply fac.	gas supply fac., oil-storage and oil supply fac.	B
	resource recycling fac.	Environmental basic fac.	sewage systems, waste treatment fac., water pollution prevention fac.	B
	graveyard-related fac., funeral parlors	Health and sanitary fac.	cremation fac., cemeteries, enshrinement fac., natural burial grounds, funeral parlors,	A
Fac. for telecommunications	broadcasting communications fac.	Distribution and supply fac.	broadcasting and communications fac.	B
	power generating fac.		electricity supply fac.	B
Fac. for cultural activities and assembly	cultural and assembly fac.	Public, cultural and athletic fac.	athletic fields, cultural fac., athletic fac. deemed necessary for public use	A
Fac. for commerce	sales fac.	Distribution and supply fac.	distribution business fac., markets,	A
Fac. for education and welfare	education and research fac., fac. for older persons and children, training fac., campground fac.	Public, cultural and athletic fac.	schools, research fac., social welfare fac., public vocational training fac., juvenile training fac.	A
Fac. for residential and business purposes	business fac.(public)		public buildings	A
Miscellaneous	animal and plant-related fac.	Health and sanitary fac.	slaughterhouses	A

* Confer 「Enforcement Decree of the Building Act」 for detailed items of 'Uses of buildings'

표 11. 시설물피해 집계항목 구성체계 개선방안

구분	일반항목		구분	일반항목	
건물	주거업무 시설군	주택	공급시설	수도공급설비	
		비상대응시설*		전기공급설비	
		기타**		가스·열공급설비	
	근린생활시설군***	유류저장 및 송유설비			
	영업시설군	방송·통신시설			
	문화 및 집회시설군	공동구			
	교육 및 복지시설군	학교	환경기초시설	하수도	
		의료시설		폐기물처리시설	
	산업 등의 시설군	창고시설 및 공장 위험물저장 및 처리시설****	수질오염방지시설		
			기타	하천	하천 소하천
자동차 관련 시설			유수지		
동물 및 식물 관련 시설	축사·잠사	방재시설	수리시설	저수지	
	비닐하우스		기타*****		
교정 및 군사시설	기타		방조설비		
	기타		사방설비	사방 임도	
농경지	전		기타시설	축대·담장	축대·옹벽 담장
	답				기타
교통시설	도로	도로	공간시설		
		교량	기타		
	철도	* 소방서, 경찰서, 응급지원센터 ** 공공업무시설 중 '비상대응시설' 해당 시설 제외 *** 제1종근린생활시설 중 '비상대응시설' 및 '공급시설' 해당 시설 제외 **** '공급시설' 해당 시설 제외 ***** 방조제 제외			
	여항·항만		여항시설		
			항만시설		
	공항				
자동차 정류장(터미널/차고지/환승센터)					
기타					

시설물 구분에서 건물과 농경지는 그대로 유지하고, 공공시설과 사유시설의 구분 대신 성격이 유사한 시설물들을 그룹화하기 위해 국제법 체계를 참고하여 교통시설, 공급시설, 환경기초시설, 방재시설, 기타시설로 구성하였다.¹⁹⁾ 이후 각 그룹별로 하위 일반항목들을 건축법 및 국제법 체계를 활용하여 적절히 세분화하였다. 이때 의료시설, 공장, 위험물 관련 시설, 비상대응시설과 같이 해외 구축사례에서 파급효과 등을 고려하여 개별적인 항목으로 구성되어 있음을 확인하였던 항목들은 해당 상위그룹 내에서 독립적인 항목으로 명시하였다. 특히 비상대응시설은 HAZUS-MH와 마찬가지로 소방서, 경찰서, 응급지원센터로 설정하였으며, 이들은 건축법상 공공업무시설로서 업무시설에 해당하므로 주

거업무시설군의 하위 항목으로 구성하였다.

마찬가지로 학교, 축사·잠사, 비닐하우스, 군시설, 교량, 여항, 소하천, 수리시설, 사방, 임도, 축대·담장과 같이 기존에 국내 체계에서 구축되어온 항목들은 적절한 상위그룹에 배정하여 독립적인 항목으로 명시하였다. 다만, 기존의 수리시설 중 방조제는 개선방안에서 방조설비에 포함되는 것이 적절할 것으로 판단하여 수리시설 하위항목에서 제외하였으며, 저수지는 원래 독립적으로 명시된 항목이 아니었으나 국제법상 방재시설 하위항목으로 명시되어 있어서 하위항목으로 구성하였다.

이처럼 기존 4개 구분, 23개 일반항목으로 구성되었던 시설물피해 집계항목 구성체계에서 새로이 7개 구분, 49개 일반항목으로 구성된 개선방안을

Table 11. Proposal for improvement of the inventory system

Category	Main item		Category	Main item		
Buildings	Residential & business	Residential	Supply facilities	Water supply fac.		
		Emergency response fac.*		Electricity supply fac.		
		Others**		Gas & Heat supply fac.		
	Neighborhood living***	Oil-storage & oil supply fac.				
	Commercial	Broadcasting & communications fac.				
	Cultural activities & assembly	Utility tunnels				
	Education & welfare	School	Environmental basic facilities	Sewage systems		
		Medical care fac.		Waste treatment fac.		
	Others	Water pollution prevention fac.				
	Industrial	Warehouse fac. & Factories	Disaster-prevention facilities	River	River	
		Storage & treatment fac. for hazardous substances****			Small river	
		Others		Storing ponds		
	Motor vehicle-related fac.	Irrigation fac.		Reservoir		
	Animal & plant-related fac.			Others*****		
Pen & Silk yarn shed	Vinyl greenhouse	Tide control fac.				
	Others	Erosion control fac.		erosion control fac.		
Correctional & military fac.	Others			Forest road		
		Embarkment & Wall		Embarkment & Retaining wall		
Dry field	Wall			Others		
		Paddy field	Space fac.			
Traffic facilities	Road		Other facilities	Others		
	Bridge	* Fire station, police station, emergency operation center				
	Railway	** (Exclusion) Public business facilities corresponding to 'emergency response fac.'				
	Port & Harbor	*** (Exclusion) Class I neighborhood living facilities corresponding to 'emergency response' as well as 'supply fac.'				
	Harbor	**** (Exclusion) Facilities corresponding to 'supply fac.'				
	Airport	***** (Exclusion) Seawall				
	Automobile depots (terminal/garage/transfer center)					
Others						

구축함으로써 우리나라 재해피해 양상을 더욱 잘 반영하고, 더 나아가 국내 건축법 및 국제법상 분류체계를 바탕으로 하였기에 지구축 DB와의 연계 및 활용에도 용이할 것으로 예상해볼 수 있다.

V. 결론

자연재해로 인하여 시설물피해가 발생했을 때 원할한 피해복구와 효과적인 향후 국토·도시방재계획 마련을 위해서는 체계적인 피해집계가 중요한 가운데, 해당 피해 집계를 위한 현행 항목 구성 및 체

계의 조정 필요성이 방재학 분야에서도 꾸준히 제기되어 왔다.

이에 이 연구는 현행 집계항목 구성체계에 실제로 문제점이 있는지, 그리고 있다면 그것이 어떤 측면에서 구체적으로는 어떻게 개선되어야 할 것인지에 답하고자 하였다.

먼저 (1)시설물피해 집계내역 항목별 구성비와 (2)침수흔적도 등 실제 호우·태풍피해 관련자료에 근거하여 현행 재해연보상 집계항목 체계의 문제점을 분석하고, 다음으로 해외 구축사례인 미국 HAZUS -MH 홍수모델 및 일본 치수경제조사매뉴

얼과 비교분석한 결과를 종합함으로써 다음과 같은 개선방향을 도출하였다.

첫째, 주택 이외 용도의 건물들이 집계에서 누락되고 광범위한 시설물피해가 뒤섞인 채로 기타 항목으로 분류되는 현행 집계항목의 세분화가 필요한 것으로 나타났으며, 특히 의료시설, 비상대응시설, 위험시설/공업용도 등 피해발생 시 그 파급효과가 클 것으로 우려되는 항목들은 개별적인 항목으로 집계하는 것을 고려할 만하다.

둘째, 공공시설과 사유시설을 구분하는 체계는 다소 부정확하여서, 집계항목 체계상에서 구분하는 대신 피해발생 건별로 속성정보를 부여하는 등의 부가적인 방식을 고려해볼만한 것으로 나타났다.

셋째, 시설물 종류에 따른 항목 구성을 기준으로 확립하고, 성격이 유사한 항목들을 그룹으로 묶어 위계를 갖출 필요성이 있는 것으로 나타났다.

넷째, 해외 구축사례를 참고하고자 할 경우 특히 국내 현행 체계상 항목이 누락되어 있기도 하는 등 구성 및 분류체계가 상이하므로 수정하여 적용할 필요가 있는 것으로 나타났다.

그리하여 최종적으로는 도출된 개선방향을 반영하되 국내 실정에 적합하도록 현행 항목을 최대한 유지하고 국내 건축법 및 국제법상 건물·시설물 분류체계를 기본틀로 활용하여, 기존 4개 구분, 23개 일반항목에서 새로이 7개 구분, 49개 일반항목으로 이루어진 시설물피해 집계항목 구성체계 개선방안을 구축하였다.

이 연구는 국내 현행 시설물피해 집계항목 체계의 실제 개선 필요성 및 방향을 실제 피해자료에 근거하여 검토를 진행하는 등, 기존 연구들에서는 간과했거나 찾아보기 어려웠던 질문들에 대한 분석을 수행했다는 측면에서 학술적 의미를, 국내 실정을 고려한 구체적인 개선방안을 제안했다는 측면에서 정책적 의미를 지닌다. 또한 이 연구는 우선적으로는 시설물피해를 비롯하여 피해집계항목 구성

체계의 전반적인 개선을 위한 기초자료를 제공하고, 나아가서는 재해발생 이전의 효과적인 국토·도시방재계획 수립과 재해발생 이후 원활한 피해복구계획 수립 및 복구비 산정·추정 등에 필요한 기반자료를 확보하는 데에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

이 연구에서 제안한 시설물피해 집계항목 구성체계는 현행 체계의 문제점을 분석한 후 그것을 보완한 개선방안이기는 하나, 그것이 실제로 더 정확한 피해집계 정보를 제공하는지, 제안한 방식으로 집계가 실제 가능한지 등에 대해서는 추가적인 분석 및 검증은 거치지 못했다는 한계를 가진다. 해당 사항들에 대한 개선효과가 부분적이라도 있을 것으로 기대되는 가운데, 추후 실제 현장적용, 피해집계 및 복구상의 절차와의 연계성 검토 등 후속연구에 의한 수정·보완이 지속적으로 이루어져야 할 것으로 생각된다.

또한 이 연구는 여러 재해유형 중 호우·태풍을, 그리고 그로 인한 피해유형 중 시설물피해를 우선적으로 살펴본 것이므로, 향후 호우·태풍뿐만 아니라 대설/강풍/지진 등 다른 재해유형과, 비시설물 피해/간접피해 등 더 넓은 범위의 피해유형 대상 집계항목에 대해서도 추가적으로 연구되어야 할 것이다.

주1. 현행 재해대장 및 재해연보 체계에 대해서는 이문검토 부분 2장 2절에서 더욱 자세히 소개하였다. 한편 집계항목 구성 및 체계와 관련된 연구가 전혀 없었던 것은 아니나, 2장 1절 선행연구 검토에서 살펴본 이 해당 질문에 대하여 충분히 대답하지 못하는 실정이다.

주2. 2015년도 재해연보를 기준으로 최근 10년간 자연재해 피해는 다음과 같으며, 이중 호우·태풍피해는 전체의 89.84%를 차지하는 것으로 산정된다.

(Unit: million Won)

Type	2007	2008	2009	2010	2011
Typh.	182,613	897	0	174,145	206,530
Rain	49,371	60,749	267,130	182,479	499,132
Snow	8,447	3,808	13,392	66,933	45,386
Gale	7,810	1,166	7,373	176	0
Wave	37,606	0	25,245	7,103	283
Type	2012	2013	2014	2015	2016
Typh.	942,997	1,613	5,079	13,404	
Rain	36,106	150,980	136,505	1,213	
Snow	19,121	10,829	31,120	13,021	
Gale	25,096	890	91	3,891	
Wave	0	42	0	333	

Counting incomplete

- 주3. 홍수에 의한 직접피해는 불어난 물과의 직접접촉에 의한 피해를, 간접피해는 직접피해로 인하여 대개 사회경제적인 측면에서 유발되는 피해를 의미한다. 유형피해는 자산 등 화폐가치로 명시화될 수 있는 피해를, 무형피해는 인명손실 등 화폐가치로 명시화하기 어려운 피해를 의미한다. 2차피해는 산사태, 정전, 환경오염 등 호우태풍이 촉발하게 된 부가적인 피해를 의미한다.
- 주4. 여기서 항목 구성 및 체계는 재해연보 상에서, 항목별 세부항목은 재해대장 피해상황총괄표 작성요령(국립방재연구소, 2000)에서 가져왔다.
- 주5. 수산증양식과 어망·어구는 시설물에 포함되는지 여부가 다소 애매할 수 있다. 이 연구에서는 시설물피해 집계항목 관련 선행연구(이창희 외, 2015; 송창영·양병수, 2016)의 선례에 따라 두 항목을 비시설물로 분류하였다.
- 주6. 주2 표 참조
- 주7. 침수흔적도는 풍수해로 인한 침수 기록(침수위, 침수심, 침수시간, 침수면적 등)을 수치지형도 상에 표시한 도면이다.
- 주8. 전환돈 외(2008)는 산간지역까지 설정하여 총 6가지 유형으로 구분하였으나, 이 연구에서는 정확한 구분 기준 수립 및 해당지역 확인을 위한 고해상도 경사도 자료 취득이 어려운 관계로 산간지역을 제외하였다.
- 주9. 단, 구분기준에도 불구하고 침수지역의 실제 용도지역이 대체로 주거지역·상업지역 등 시가화지역이면 도시지역으로, 대체로 농림지역·녹지지역·생산관리지역 등 비시가화지역이면 비도시지역으로 간주하고 알맞은 하위 유형으로 구분하였다.
- 주10. 15개 침수지역 만으로 모든 호우태풍 시설물피해 양상을 다 살펴볼 수는 없을 것이나 전체 침수지역을 분석하기는 어려운 현실적인 이유로 분석대상지를 추렸으며, 침수면적이 넓으므로 포괄성과 대표성을 갖출 수 있을 것으로 판단하였다. 또한 주된 목적이 모든 잠정적 침수피해시설물을 추출하는 것이 아니라 현행 체계 적용 시 집계항목별 전반적인 양상을 확인하기 위함으로 크게 무리가 없을 것

으로 판단하였다.

- 주11. 이미 현행 체계가 적용되어 시설물피해가 집계된 직접적인 자료로서 재해대장이 존재하기는 하지만, 이는 애초에 현행 체계에 따라 기록된 것이어서 그것의 실제 적용상의 문제점을 파악하기에는 적절치 않은 자료이므로, 이를 활용하는 대신 본문에 서술된 바와 같이 간접적인 적용 및 집계 방식을 사용하였다.
- 주12. 다만, 건물의 경우에는 현행 체계와는 다른 방식으로 집계하였다. 현행 체계대로라면 '건물' 항목에는 주거용도 건물만 해당하고 이외에는 (1)공공건물인 경우 공공시설 중 기타로, (2)공공건물이 아닌 경우 집계에서 누락 내지는 사유시설 중 기타로 분류되어야 할 것이나, 여기서는 현행 체계와의 비교상의 이유로 공공건물만 공공시설 중 기타로 분류하는 방식을 따르고 나머지 모든 건물은 (비록 주거용도가 아닐지라도) '건물' 항목에 다 함께 포함시키는 방식으로 분류하였다.
- 주13. 국토지리정보원 국토정보플랫폼에서 1/1000 축척의 수치지형도를 제공하는 분석대상지는 해당 축척의 수치지형도를, 그렇지 않은 분석대상지는 1/5000 축척의 수치지형도를 사용하였다.
- 주14. 내륙 고밀도시의 경우에는 2012년 침수면적 상위 10% 침수지역 중 해당사례가 없어서 부득이 최근 10년간 2012년 다음으로 호우태풍피해가 컸던 2011년 침수지역 중에서 선정하였다.
- 주15. 침수피해지역 5가지 유형별 잠정적 피해시설물 추출결과는 지면관계상 생략하였다.
- 주16. 건물의 경우에는 건축법이 가장 기본법인 것으로 판단하여 기본틀로 활용하였으며, 건물 외 시설물의 경우에는 국제법이 가장 기본법임과 동시에 추후 국토도시계획 중 방재계획 수립시의 연계도 수월할 것으로 판단하여 기본틀로 활용하였다.
- 주17. 건물 용도별 세부항목은 건축법시행령 [별표1] 참조.
- 주18. 건축법 체계와 국제법 체계가 내용상 중복되는 경우 어떤 체계를 활용할지 선택하기 위해 본문에 서술된 기준을 적용하는 데에 있어서는 연구자의 주관적 판단이 상식적인 수준에서 일정 정도 작용하게 됨을 밝힌다.
- 주19. 다만, 공간시설은 해당 하위항목인 광장, 공원, 녹지 등이 시설 특성상 호우태풍으로 인한 피해가 타 시설에 비해 크지 않을 것이고, 따라서 구성체계상에서의 위상도 다소 덜할 것으로 판단하여 기타시설에 포함하였다.

인용문헌

References

1. 강부식, 2014. “풍수해 피해손실 조사 및 평가 체계 개선에 대한 제안”, 『방재저널』, 16(4): 38-45.
Kang, B-S., 2014. "Suggestions for Improving the Damage Investigation and Assessment System on Storms and Floods", *Journal of Disaster Prevention*, 16(4): 38-45.
2. 국립방재교육연구원 방재연구소, 2010. 『도시 공간 및 시설에 대한 안전실태조사 및 방재계획 기준 설정』, 서울.
National Institute for Disaster Prevention(NIDP), 2010. 『Disaster Site Investigation and Disaster Prevention Planning Standard Establishment for Urban Space and Facilities』, Seoul.
3. 국립방재연구소, 2000. 『피해조사 및 복구체계 개선에 관한 연구』, 서울.
National Institute for Disaster Prevention(NIDP), 2000. 『A Study on the Improvement of Damage Investigation』, Seoul.
4. 국립방재연구소, 2003. 『피해조사체계 개선방안』, 서울.
National Institute for Disaster Prevention(NIDP), 2003. 『The Study on the Improvement of Disaster Damage Investigations and Assessment Systems』, Seoul.
5. 국립방재연구원, 2011a. 『도시계획 수립시 풍수해저감을 위한 매뉴얼 개발』, 서울.
National Institute for Disaster Prevention(NIDP), 2011a. 『Development of a Manual for Flood Prevention in Urban Planning』, Seoul.
6. 국립방재연구원, 2011b. 『풍수해분야 도시방재 계획 및 관리를 위한 제도개선』, 서울.
National Institute for Disaster Prevention(NIDP), 2011b. 『An Institutional Research on Urban Disaster Mitigation Planning and Management』, Seoul.
7. 국립방재연구원, 2012. 『도시홍수 손실평가기법 개발 방안』, 서울.
National Institute for Disaster Prevention(NIDP), 2012. 『Study on Development of Loss Estimation Method for Urban Flood』, Seoul.
8. 국립재난안전연구원, 2014. 『시설물 피해저감을 위한 실증실험 및 증장기 전략수립 - 도시 지역 내수침수 피해저감을 위한 실측실험』, 울산.
National Disaster Management Institute(NDMI), 2014. 『Establishment of Empirical Experiment and Mid and Long Term Strategy for Damage Reduction of Facilities - Empirical Experiments for Urban Inundation Reduction』, Ulsan.
9. 국민안전처, 2016. 『2015 재해연보』, 세종.
Ministry of Public Safety and Security, 2016. 『2015 Statistical Yearbook of Natural Disaster』, Sejong.
10. 김미선·신진동·심숙연·김현주, 2015. “방재력을 고려한 도시의 풍수해 안전기준 개발방향 설정 연구”, 『한국안전학회지』, 30(1): 127-136.
Kim, M-S., Shin, J-D., Shim, S-Y., 2015. "A Study on a Direction of the Development of City on Storm and Flood Risk Safety Standards in Consideration of Resilience", *Journal of the Korean Society of Safety*, 30(1): 127-136.
11. 김효민·이동근·박찬, 2013. “MaxEnt를 이용한 서울시 도시홍수 적응능력 취약지역 선정에 관한 연구”, 『국토계획』, 48(4): 205-217.
Kim, H-M., Lee, D-K., Park, C., 2014. "A Study on Selection for Vulnerable Area of Urban Flooding Adaptable Capacity Using MaxEnt in Seoul", *Journal of Korea Planning Association*, 48(4): 205-217.

12. 김지연·성선용, 2016. “확률론적 모의 기법을 활용한 기후변화에 따른 수원시 침수 발생가능성 지도 구축”, 「국토계획」, 51(2): 255-265.
Kim, J-Y., Sung, S-Y., 2016. "Forecasting Possibility of Flood Occurrence in Suwon under Climate Change Applying Stochastic Simulation", *Journal of Korea Planning Association*, 51(2): 255-265.
13. 박상진·이동근·성선용·정태용, 2014. “Bayesian Network를 이용한 해수면 상승에 따른 잠재적 침수위험 평가”, 「국토계획」, 49(2): 347-358.
Park, S-J., Lee, D-K., Sung, S-Y., Jung, T-Y., 2014. "Risk Assessment of Potential Inundation Due to Sea Level Rise Using Bayesian Network", *Journal of Korea Planning Association*, 49(2): 347-358.
14. 박한나·송재민, 2015. “회복탄력성 비용지수를 활용한 회복탄력성 주요 영향 요인 분석”, 「국토계획」, 50(8): 95-113.
Park, H-N., Song, J-M., 2015. "Identification of Main Factors Affecting Urban Flood Resilience Using Resilience Cost Index", *Journal of Korea Planning Association*, 50(8): 95-113.
15. 백종하, 2005. “홍수피해액 산정을 위한 GIS 입력데이터의 구축방안”, 연세대학교 대학원 석사학위논문.
Baek, J-H., 2005. "The Methodology about Building of Fundamental GIS Input Data for the Loss Estimation of Flooding", M.S. Thesis, Yonsei University.
16. 송창영·양병수, 2016. “풍속과 피해액 간 상관관계분석에 따른 강풍재해피해조사 프로세스 개선방안”, 「한국안전학회지」, 31(2): 119-126.
Song, C-Y., Yang, B-S., 2016. "Gale Disaster Damage Investigation Process Provement Plan according to Correlation Analysis between Wind Speed and Damage Cost", *Journal of the Korean Society of Safety*, 31(2): 119-126.
17. 신상영·박창열·손은정, 2015. “건축물 침수방지 대책의 효과 및 비용 비교분석”, 「국토계획」, 50(2): 243-260.
Shin, S-Y., Park, C-Y., Son, E-J., 2015. "Analyzing the Effects and Costs of Flood Protection Measures for Buildings", *Journal of Korea Planning Association*, 50(2): 243-260.
18. 신상영·박창열, 2015. “시가지 내수침수 방지 대책 적용을 위한 지역구분방법 비교분석”, 「국토계획」, 50(6): 203-223.
Shing, S-Y., Park, C-Y., 2015. "Comparing Area Classification Methods to Apply Urban Flood Mitigation Measures", *Journal of Korea Planning Association*, 50(6): 203-223.
19. 유순영·안현욱, 2013. “HAZUS-MH 2.1을 이용한 홍수 손실 평가 연구”, 「리스크관리연구」, 24(1): 29-57.
Yu, S-Y., An, H-U., 2013. "Study of Flood Loss Estimation using Hazus-MH 2.1", *The Journal of Risk Management*, 24(1): 29-57.
20. 이자원, 2014. “중·소하천 유역 홍수해 방제의 제도적 체계 구축을 위한 사례 연구”, 「국토지리학회지」, 48(2): 177-202.
Lee, J-W., 2014. "The Case Study for Prevention of Inundation on Small and Mid-Sized Stream", *The Geographical Journal of Korea*, 48(2): 177-202.
21. 이재은·양기근·변성수·박대우, 2009. “자연재난 피해조사체계 개선 방안에 관한 연구”, 「한국위기관리논집」, 5(1): 73-84.
Lee, J-E., Yang, G-G., Byun, S-S., Park, D-W., 2009. "Improving the Investigation System of Natural Disaster Damage", *Crisisonomy*, 5(1): 73-84.
22. 이창희·김상호·박인찬·김병식, 2015. “한국형 재난손실추정을 위한 활용 가능 인벤토리 분석”, 「한국방재학회논문집」, 15(5): 79-87.

- Lee, C-H., Kim, S-H., Park, I-C., Kim, B-S., 2015. "An Inventory Analysis for Disaster Loss Estimation Specialized in Korean Environment", *Journal of Korean Society of Hazard Mitigation*, 15(5): 79-87.
23. 전환돈·박무중·김근영·김진옥, 2008. "지자체별 특성을 고려한 자연재해에 따른 피해유형 분석", 「한국방재학회논문집」, 8(2): 75-82.
- Jun, H-D., Park, M-J., Kim, G-Y., Kim, J-W., 2008. "Damage Analysis of Meteorological Disasters for Each District Considering the Characteristics of a District", *Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation*, 8(2): 75-82.
24. 조운원·최형욱·최수영·조명희, 2014. "수변구조물 재해 위험에 대응하기 위한 피해 평가 인벤토리 개념 설계", 「한국지리정보학회지」, 17(1): 144-158.
- Jo, Y-W., Choi, H-W., Choi, S-Y., Jo, M-H., 2014. "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*, 17(1): 144-158.
25. 조재웅·최우정, 2014. "스마트폰 기반 자연재난 피해조사 시스템 효율성 분석", 「한국방재학회논문집」, 14(4): 163-170.
- Cho, J-W., Choi, W-J., 2014. "Efficiency Analysis of Natural Disaster Damage Investigation System using Smartphones", *Journal of Korean Society of Hazard Mitigation*, 14(4): 163-170.
26. Dutta, D., Herath, S., and Musiaka, K., 2003. "A Mathematical Model for Flood Loss Estimation", *Journal of Hydrology*, 277(1-2): 24-49.
27. Federal Emergency Management Agency (FEMA) Mitigation Division, 2012. *Multi-Hazard Loss Estimation Methodology: Flood Model HAZUS-MH 2.1 Technical Manual*. Washington, D.C.
28. IPCC, 2014. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press.
29. Merz, B., Kreibich, H., Schwarze, R., and Thieken, A., 2010. "Assessment of economic flood damage", *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 10: 1697-1724.
30. Parker, D., Green, C., and Thompson, P., 1987. *Urban Flood Protection Benefits: A Project Appraisal Guide*, Aldershot: Gower Technical Press.
31. Smith, K. and Ward, R., 1998. *Floods: Physical Processes and Human Impacts*, Chichester: John Wiley and Sons Ltd.
32. 国土交通省 水管理·国土保全局, 2013. *水害の被害指標分析の手引*, 東京. Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism - Water and Disaster Management Bureau, 2013. 「Flood Damage Index Analysis Guide」, Tokyo.
33. 国土交通省 河川局, 2005. *治水経済調査マニュアル(案)*, 東京. Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism - River Bureau, 2005. *Flood Control Economic Survey Manual*, Tokyo.

Date Received 2017-02-28
 Date Reviewed 2017-05-02
 Date Accepted 2017-05-02
 Date Revised 2017-05-29
 Final Received 2017-05-29