

# 풍수해 피해산정체계의 개선을 위한 자산세분류방안의 제안



**강부식**

단국대학교 토목환경공학과  
부교수



**김영도**

인제대학교 환경공학과  
부교수



**박상식**

(주)EPS엔지니어링  
상무

## 1. 피해자산세분류의 목적

풍수해 재난발생시 정확한 피해액을 추정하는데 있어서 핵심요소는 분류자산에 대한 손상-손실함수 및 손실원단위의 개발이다. 이를 위해서 선행되어야하는 부분이 국내 풍수해분야 피해액 예측에 적용 가능한 함수의 범위 및 자산항목 분류를 실시하는 것이 되겠다. 즉, 국내 풍수해 재난환경에 적합한 피해함수 개발 기법을 수립하고, 세분류별 피해함수의 개발 기법이 정립되어야 분류별 자산항목에 기반한 체계적인 피해함수 개발이 이루어질 수 있는 것이다. 본고에서는 선진국의 자산항목구성과 국내의 현황을 비교하고 현실적으로 국내에서 적용할 수 있는 자산세분류방안을 제시하고자 한다.

## 2. 국내외 피해산정 자산항목 현황

### 1) 국내 자산항목 현황

우리나라의 분류별 자산항목에 대해 살펴보면, 다차원법에 의한 피해항목은 크게 주거자산, 농업자산, 산업자산, 인명자산으로 구분하고, 여기서 주거자산은 건물과 내용물로 나뉘며, 농업자산은 농경지와 농작물, 산업자산은 유형고정자산과 재고자산으로 분류되어 있다(그림 3.1).

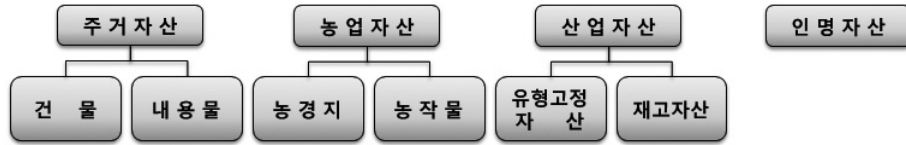


그림 3.1 국내 다차원법에 의한 피해항목 분류

또한, 국민안전처(前 소방방재청)에서 매년 발간되는 재해연보를 보면, 건물, 선박, 농경지, 농작물, 공공시설, 사유시설의 6개 분야로 대별하고, 건물의 경우, 유실, 반파, 침수로 나누어 피해액을 집계하며, 선박은 동력의 유무에 따라 전파 또는 반파로 피해액을 집계한다. 또한 농경지와 농작물의 경우, 전/답으로 구분된 면적과 작물로 나누고, 공공시설은 도로, 교량, 하천, 소하천, 상하수도, 항만시설, 어항시설, 학교시설, 철도, 수리시설, 방조제, 사방, 임도, 군시설, 시설물 등 16개 분야이며, 사유시설은 축대 및 담장, 가축, 축사 및 잠사, 수산증양식, 어망 및 어구, 비닐하우스 등 7개 분야로 구분하여 피해액을 집계한다(표 3.1).

위와 같이 현재 국내 피해항목 분류는 직접피해에 대한 시설물적 자산손실만을 고려하여 집계하고 있어, 최근의 다양한 시설물 형태와 시설조건을 만족하기 어려워, 현행 국내 자산항목 분류체계로는 국가기반시설의 피해규모를 분류하기에는 한계가 있다.

표 3.1 재해연보에 의한 재난피해 자산항목

구분	분야	단위	내용
건물	3	동	유실, 반파, 침수
선박	4	척/톤	동력(전/반파), 무동(전/반파)
농경지	2	ha	전, 답
농작물	3	ha	전작, 답작, 기타
공공시설	16	개소/m, 개소	도로, 교량, 하천, 소하천, 상하수도, 항만시설, 어항시설, 학교시설, 철도, 수리시설, 방조제, 사방, 임도, 군시설, 시설물, 기타
사유시설	7	개소, 두, 통, ha	축대 및 담장, 가축, 축사 및 잠사, 수산증양식, 어망 및 어구, 비닐하우스, 기타사유시설
합계	35		

※ 출처 : 재해연보

## 2) 일본 자산항목 현황

일본의 피해자산 항목은 크게 직접 및 간접피해로 규정하고 있으며, 직접피해는 자산과 인명피해로 구분하고, 자산피해는 일반자산피해(가옥, 가정용품 등), 농산물피해, 공공 토목시설 피해 등으로 나

뉘며, 인명피해는 사망자 및 이재민수를 집계하였다. 또한, 우리나라에서 집계되지 않은 간접피해 부분으로는 영업정지에 따른 피해 등 가동피해와 응급대책비용, 교통두절, 영업정지 파급피해 등의 사후피해로 나뉘고, 인명적 차원의 간접피해로 자산, 가동 등에 의한 정신적 피해를 집계하여 재난 발생에 따른 피해규모 집계를 다면적 특성을 고려하여 집계하고 있는 것으로 조사되었다(그림 3.3).

※ 출처: 일본 건설성 하천국 (2000)



그림 3.3 일본 홍수피해 분류항목

### 3) 미국 자산항목 현황

미국의 재난손실추정 및 평가 등 전 과정에 대해 운영 중인 Hazus-MH(Ver.2.1)는 태풍, 홍수, 지진으로 재난을 구분하여 평가하고 있으며, 이때 피해발생에 따른 자산항목은 크게 6가지로 구분하여 운영하고 있다. 보호시설, 비상센터, 소방서 등 필수시설 분야 공항, 버스, 선박 등 교통체계분야, 통신, 전파, 가스, 유류 등 공공체계분야, 댐, 유해물질 등 고위험시설 분야, 건물일반정보, 지진, 홍수, 태풍 등 건축물 정보, 인구 및 주택 건축물 조사를 통해 건축물 종합정보를 다루는 Census를 통한 종합정보 분야로 구성된다(표 3.2)

표 3.2 미국 HAZUS 자산항목 분류

구분		내용
필수시설	5개 분야	보호, 비상센터, 소방서, 경찰서, 학교
교통체계	13개 분야	공항, 버스, 선박, 고속도로, 터널, 교량, 철도, 항만 등
공공체계	10개 분야	통신, 전파, 가스, 유류, 급수, 폐수 등
고위험 시설	4개 분야	댐, 유해물질, 군사, 핵
건축물정보	5개 분야	일반정보, 지진, 홍수, 태풍, 통합정보 등
Census를 통한 종합정보	13개 분야	인구 및 주택 건축물 조사를 통한 건축물 종합정보

※ 출처: Hazus<sup>®</sup>-MH(Ver.2.1) Technical Manual

재난발생 시 손상과 손실합수의 영향을 많이 받는 건물에 대해 검토해 보면, 위에서 제시한 건축물 정보는 트리구조 형식으로 구성되어 있고, 다시 5가지로 분류되는데, 먼저 일반정보에는 해당 건물의 주소, 면적과 같은 기본정보가 있고, 건물의 가치금액, 내용물 금액, 주거자의 사업 소득액, 건물의 임대소득 등 47개 항목으로 분류되어 있으며, 지진관련 정보로는 건축물 축조시의 구조형식, 내진설계 유무 등 28개 항목으로 구분되고, 홍수관련정보는 지하실의 건물 내용물 가치점유율, 건물상태(감가상각), 홍수위험구역 등급(보험요율 관련) 등 24개 항목, 태풍정보는 벽체 피복형식, 문 보호 설치유무, 지붕 프레임 형식 등 56개 항목, 건축물 통합정보는 건물과 내용물의 가치금액을 사용자에게 문의하여 작성하는 등 29개 항목으로 건축물에 대한 재난관련 자산항목은 184개 항목에 달한다(표 3.3).

표 3.3 Hazus의 건축물정보 항목 수

구분		내용
일반정보	47개	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 주소, 건물면적과 같은 기본정보</li> <li>• 건축물의 가치금액(Thous, \$)</li> <li>• 건축물 내용물의 금액(Thous, \$)</li> <li>• 사업소득액(\$/day)</li> <li>• 임대소득액(\$, Month)</li> <li>• 지불임금(\$, day) 등</li> </ul>
지진관련정보	28개	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 건축물 구조형식</li> <li>• 내진설계유무 등</li> </ul>
홍수관련정보	24개	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 지하실의 건축물내용물 가치점유율(%)</li> <li>• 건물상태(감가상각, 4등급)</li> <li>• 홍수위험구역 등급(보험요율 관련) 등</li> </ul>
태풍관련정보	56개	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 벽체 피복형식</li> <li>• 문 보호 설치 유무</li> <li>• 지붕 프레임 형식 등</li> </ul>
건축물 통합정보	29개	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 건축물 가치금액(사용자문의)</li> <li>• 건축물 내용물 금액(사용자문의) 등</li> </ul>
계	184개	

이 중 홍수와 관련된 피해손실 경우의 수를 산정하기 위해 필요한 내용인 일반정보, 홍수관련정보, 건축물 통합정보의 자산항목을 모두 더하면 항목 수는 100개로 정리된다.

이와 같이 정리된 100개의 항목 중 홍수 재난발생 시 경우의 수를 고려할 수 있는 항목을 골라서 정리하면 표 3.4와 같이 건축물은 점유 구분형태에 따라 거주형태, 상업시설, 농업, 영리, 정부, 교육시설 등 33가지로 분류되고, 나무, 철강, 콘크리트 등 건물의 구조형식을 구분하는 항목이 있으며, 건축물 설계연도 설정부분이 있는 건물의 안정성 기준도 확인하고 있다. 또한, 건물의 기초형식이 Pile이나 Pier형식 유무도 질의 하고, 건물이 위치하고 있는 지역의 홍수위험지역을 구분하기도

한다. 건물의 벽체 노출정도에 따른 재해 노출율도 고려하며, 건물의 시설상태, 건물의 준공 당시 공사비 등급, 건물의 수준점 등급, 농작물의 형식은 22가지 작물로 구분되어 평가하고 있다.

표 3.4 홍수재난 발생 시 건축물 자산항목 분류

구분		내용
건축물 점유 구분	33가지	거주형태, 상업시설, 산업형태, 농업, 영리, 정부, 교육 등
건축물 구조 구분	9가지	나무, 철강, 콘크리트, 조적식, 이동주택 등
건축물 설계 년도	4가지	1950, 1970년대 등
건축물 기초 형식	7가지	Pile, Pier 등
홍수 위험지역 구분	22가지	A1~A30, AZ, AH 등
건축물 벽체 노출율	8가지	Solid Wall 개방정도 등
건축물 하부구조 형식	11가지	Slab, Fill, Pile 등
건축물 시설상태	5가지	Excellent, Good, Fair, Poor 등
건축물 공사비 등급	5가지	Economy, Average, Luxury, Custom 등
건축물 수준점 등급	4가지	NGVD29, NAVD88 등
농작물 형식	22가지	Alfalfa Hay, Oats 등

※비고 : NGVD29-1929년 국가측지 수준점, NAVD88-1988년 북아메리카 수준점

### 3. 피해함수 개발범위 및 세분류 설정

재난피해과정에서 재난발생전 피해예측상황(S-1)과 재난발생후 피해산정상황(S-2)으로 구분할 필요가 있다. S-1상황에서는 Hazard모형을 통해 물리적 피해범위를 예측해야하고 반면에 자산세분류는 개략적인 추정이 가능할 정도의 분류수준으로 충분하다. 반면 S-2상황에서는 물리적 피해가 발생한 상황이므로 Hazard모형의 적용은 불필요한 반면 고도화된 자산세분류를 통해 정확한 피해산정이 필요하다.

홍수분야의 재난상황에 적합한 피해 손상함수의 개발범위는 앞서 제시한 재난피해의 구분에 입각하여 직간접피해로 대별하고 직접피해의 시설물 피해함수는 일반건축물, 필수 및 고위험시설, Lifeline(교통 및 공공시설)으로 개발범위를 정하고, 비시설물의 경우, 경중에 따른 차량 및 농작물로 정하였다. 또한, 간접피해의 손상은 토석류와 유해물질 누출로 구분하였다(표 3.6). 또한, 홍수분야 재난피해의 손실함수 개발범위는 직접피해의 경우, 사회적 직접손실은 인명피해, 이재민 발생 및 단기주택 수요자로 정하고, 경제적 직접손실은 건물 피해손실, 이사비용, 임금손실, 임대수입손실로 구분하였다. 간접피해의 경우, 경제적 간접손실은 토석류 및 유해질 누출에 의한 손실과 산업간

거래 위축에 따른 손실로 개발범위를 정하였다(표 3.7).

이와 같이 직간접 피해함수의 세분류는 손상함수 부분과 손실함수 부분으로 구분하여 제시하였다. 먼저, 손상함수의 경우, 일반건축물의 주요 고려사항은 건물의 내구연한 정도, 기초형식 및 1층 높이, 건축재료(콘크리트, 패널 등) 형식이고, 홍수발생에 의해 범람 시, 내륙 또는 연안지역의 유속크기별로 손상함수의 제시가 필요하다. 또한 비닐하우스, 축사 등 농업시설물에 대한 손상함수의 제시가 필요하다. 시설물 피해의 S-1 시나리오 일 때는 건물의 건축물(S)과 내용물(C)의 손상함수를 고려하고, S-2는 건축물(S), 내용물(C), 부속물(I), 장비류(E)의 손상함수를 고려한 피해규모의 집계가 필요하다. 필수 및 고위험시설의 경우는 전력, 급수, 댐, 원자력 시설 등이므로 해당 시설에서 사용되는 장비에 대한 손상함수의 제시가 필요하고, 홍수로 인한 내륙 및 연안침수 시 유속크기별 시설물 손상함수의 제시가 필요하여, S-1은 S, E만을 고려하고, S-2는 S, C, I, E의 손상함수를 고려하여 피해액 집계는 필요하다. Lifeline의 경우, 국가 기간망 시설들로 교통 시설, 공공시설 등이 포함되어 주요 고려사항은 홍수범람, 세굴 또는 퇴적, 토석류와 유속 등에 의한 수리적 영향을 들 수 있다. 이렇게 Lifeline 각 시설물별로 별도의 손상함수가 필요하며, S-1은 S, E만을 고려하고, S-2는 S, C, I, E의 손상함수를 고려하여 피해액 집계는 필요하다.

표 3.6 홍수분야 재난피해의 손상함수 기법개발

구분		재난 발생 전(S-1)	재난 발생 후(S-2)	
직접 피해	시설물	일반 건축물	<ul style="list-style-type: none"> <li>고려사항 : 건물내구연한, 기초형식 및 1층높이, 건축재료(Con'c, 패널 등)형식</li> <li>내륙 및 연안의 유속크기별 손상제시(예외적용 : 농업시설물 S, I, E)</li> </ul>	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>건축물(S), 내용물(C)</li> <li>S, C, I, E</li> </ul>	
		필수 및 고위험시설	<ul style="list-style-type: none"> <li>필수시설 및 고위험시설에서 사용되는 장비에 대한 손상함수 제시</li> <li>내륙 및 연안의 유속크기별 손상제시</li> </ul>	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>건축물(S), 장비(E)</li> <li>S, C, I, E</li> </ul>		
	Lifeline (교통 및 공공시설)	<ul style="list-style-type: none"> <li>고려사항 : 홍수범람, 세굴 또는 퇴적, 토석류와 수리적 영향</li> <li>각 시설물별 별도의 손상함수 필요</li> </ul>		
		<ul style="list-style-type: none"> <li>건축물(S), 장비(E)</li> <li>S, C, I, E</li> </ul>		
비 시설물	차량	<ul style="list-style-type: none"> <li>일반적인 자동차, 경트럭, 중트럭 등 차량</li> </ul>		
		<ul style="list-style-type: none"> <li>장비(E)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>장비(E), 내용물(C)</li> </ul>	
	농작물	<ul style="list-style-type: none"> <li>농작물의 피해를 경작, 수확 등 기간단계별과 침수기간으로 구분한 피해손상정도 파악</li> <li>홍수로 인한 이득(토양개선, 용수공급원활 등) 정량화</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>전, 답</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>주요 작물 및 특수작물별 함수필요</li> </ul>		
간접 피해	간접 손상	토석류	<ul style="list-style-type: none"> <li>건물피해(C, I), 건물의 구조적 요소(S), 건물의 기초재료</li> <li>피해면적당 예상 토석무게</li> <li>손상함수(Ton/m<sup>2</sup>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>피해면적당 실제 토석무게</li> <li>손상함수(Ton/m<sup>2</sup>)</li> </ul>
		유해물질 누출	<ul style="list-style-type: none"> <li>유해물질별 누출한계량에 따른 인체의 영향을 미치는 손상함수</li> </ul>	

※ 비교 : S(통계함수기반), C,I,E, 농작물(DB 기반), 토석류(모형 기반)

비시설물의 경우, 차량은 자동차, 경트럭, 중트럭 등으로 구분하고, S-1은 E만을 고려하고, S-2는 C, E의 손상함수를 고려한 피해액 집계가 필요하다. 농작물은 홍수피해 추정 시 초기, 경작, 성숙, 수확단계를 고려하여 기간단계별과 침수기간으로 구분된 피해손상함수가 필요하고, 홍수로 인한 이득(경작 토양개선, 용수공급원활 등)의 정량화가 필요하다. 농작물의 S-1은 전, 답으로 구분된 작물만을 고려하고, S-2는 주요 작물 및 특수작물별 손상함수를 고려하여 피해액 집계가 필요하다.

표 3.7 홍수분야 재난피해의 손실함수 기법개발

구분		재난 발생 전(S-1)	재난 발생 후(S-2)	
직접 피해	사회적 직접 손실	인명 피해	• 홍수분야 사상별 인명피해 DB 집계 및 손실함수 제시(인명피해 지원금 포함)	
		이재민발생 및 단기주택 수요자	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 지역별 자가 주택 및 임대주택의 총 개수 조사</li> <li>• 자가 주택자의 연간수입액 및 임대주택자의 연령대 조사</li> <li>• 주택손실로 인해 발생한 이재민 수(세대수) 확률 예측 및 대피소 이용 인구수</li> </ul>	
	경제적 직접 손실	건물 피해손실	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 일반, 필수, 고위험시설의 완전교체비용 제시필요</li> <li>• 건축물(S), 내용물(C)</li> </ul>	• 실제 이재민 수 및 대피소 운용에 필요한 손실함수 개발필요
		이사비용	• 단독, 공동주택 등 주택규모별 손실함수(원/m <sup>2</sup> )	
		임대수입 손실	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 홍수모의에 의한 건물 예상피해규모</li> <li>• 예상 복구기간(일)에 따른 평균 임대수입(원/m<sup>2</sup>일) 감소 손실함수</li> </ul>	• 피해기간 및 복구기간(일)을 고려한 임대수입감소 손실함수(원/m <sup>2</sup> 일)
간접 피해	경제적 간접 손실	토석류 및 유해물질	• 토석류 피해면적당 손실함수 및 유해물질에 의한 인체, 식물 등 손실함수	
		산업간 거래	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 자연재난피해에 의한 해당분야별 산업간 거래 매트릭스를 활용한 경제적 간접 위축에 따른 손실함수</li> <li>• 건설, 무역, 주택, 수출 분야의 경제적 간접 손실함수</li> </ul>	

※ 비고 : S(통계함수기반), C, I, E, 임금손실 임대수입손실(DB 기반)

간접피해로 토석류의 경우, 주요 고려사항은 건물피해(C, I), 건물의 구조적 요소(S), 건물의 기초 재료이고, S-1은 피해면적당 예상 토석무게에 대한 손상함수(Ton/m<sup>2</sup>)를 고려하고, S-2는 피해면적당 실제 토석무게에 대한 손상함수(Ton/m<sup>2</sup>)를 고려한 피해액 집계가 필요하다. 또한, 유해물질은 물질별 누출한계량에 따른 인체의 영향을 미치는 손상함수의 고려가 필요하다. 이러한 손상함수 중에서 건축물(S)은 통계수치에 따른 함수에 기반하여 적용이 필요하고, C, I, E, 농작물은 조사된 자산 DB 기반으로 적용하고, 토석류는 물리모형을 기반으로 적용이 필요하다.

재난피해의 손실함수에 대한 직접피해로 사회적 직접손실의 인명피해는 S-1, 2와 관계없이, 홍수 분야에 따른 사상별 인명피해 DB 집계하고, 인명피해 지원을 포함한 손실함수의 제시가 필요하다.

이재민 발생 및 단기주택 수요자의 경우, 지역별 자가 주택 및 임대주택의 총 개수를 조사하고 자가 주택자의 연간수입액(고액연봉자일 경우, 재난상황 시 단기주택 불필요) 및 임대주택자의 연령대 조사(연령이 높을 경우, 단기주택 수요 급증)가 필요하며, S-1은 주택손실로 인해 발생 가능한 이재민 수(세대수) 확률 예측 및 대피소 이용 인구수에 대한 함수를 고려하고, S-2는 실제 이재민 수 및 대피소 운용에 필요한 손실함수의 개발이 필요하다. 경제적 직접손실의 건물 피해손실의 경우, 일반, 필수, 고위험시설의 완전교체비용 제시가 필요하여 S-1은 S, C만을 고려하고, S-2는 S, C, I, E의 손실함수를 고려하여 피해액 집계는 필요하다. 이사비용은 단독, 공동주택 등 주택규모별 손실함수(원/㎡)가 필요하고, 임대수입손실은 홍수모의에 의한 건물 예상피해규모이므로 S-1은 예상 복구기간(일)에 따른 평균 임대수입(원/㎡ · 일) 감소 손실함수가 필요하고, S-2는 피해기간 및 복구기간(일)을 고려한 임대수입 감소에 따른 손실함수의 집계는 필요하다. 경제적 간접손실은 토석류와 유해물질의 경우, 토석류는 피해면적당 손실함수가 필요하고, 유해물질은 해당 물질에 의한 인체, 식물 등에 대한 손실함수의 집계는 요구되며, 산업간 거래의 위축 손실은 자연재난피해에 의한 분야별 산업간 거래 매트릭스를 활용한 경제적 간접 위축에 따른 손실함수가 요구되고, 건설, 무역, 주택, 수출 분야의 경제적 간접 손실함수도 추가로 개발이 필요하다. 또한, S는 통계함수 기반이고, C, I, E, 임금손실, 임대수입손실은 DB 기반으로 적용이 요구된다.

#### 4. 맺음말

본고에서는 풍수해의 여러 재난유형중 홍수피해에 대한 자산세분류방안을 개략적으로 제시하였다. 피해예측상황과 피해산정상황에서의 Hazard모형의 적용여부, 피해함수의 형태 및 분류자산의 세분류정도에 대한 구분방안이 개념적으로 제시하고자 하였다. 정부에서 풍수해피해예측시스템 구축이 본격화되면서 미국FEMA에서 개발·운영중인 HAZUS를 참고하고 벤치마킹하려고 있지만, HAZUS는 우리정부가 구상하고 있는 시스템과는 개발목적이나 가용한 DB의 현실이 매우 다른 것이 사실이다. 국내에 현실적으로 적용가능한 시스템이 되기 위해서 무엇보다 피해자산세분류가 필요하고 적용가능한 함수에 대한 보다 적극적인 관련 전문가의 의견수렴이 필요할 것이다.

#### 감사의 글

본 연구는 국토교통부 물관리연구사업의 연구비지원(13AWMP-B066744-01)에 의해 수행되었습니다.