

# 공공자산에 대한 홍수피해 추정 현황 및 개선방안



**김상호** ●●●  
상지대학교 건설시스템공학과 교수  
kimsh@sangji.ac.kr



**이창희** ●●●  
중원대학교 방재안전공학과 조교수  
lch75039@hanmail.net



**김연수** ●●●  
상지대학교 건설시스템공학과 석사과정  
kimys0903@gmail.com

상 높은 기간이 3개월 이상 지속되어 슈퍼가 붙었다고 한다.

우리나라에서 발생하는 자연재해 피해현황은 국민안전처에서 매년 발간하는 재해연보를 통해 전국에서 발생한 피해를 집계하여 볼 수 있다. 2014년 재해연보에 의하면 지난 10년간 자연재해와 관련된 피해는 총 13조원 가량 발생하였다. 여기서 발생 원인별로 다시 나누어 보게 되면, 태풍 및 호우로 인한 피해가 전체 91.5%(태풍:25.1%, 호우:66.4%)를 차지하고 있으며, 특히 시설별로 발생한 피해액을 살펴보면 공공시설에 대한 피해가 70%로 전체피해에서 가장 큰 부분을 차지한다(그림 1). 따라서 공공시설에 대해 태풍 및 호우에 대한 지속적인 방재대책이 필요한 상황이다. 한편, 자연재해에 효과적으로 대응하기 위해서는 재해의 발생으로 인한 피해 및 손실 규모를 효과적으로 추정하고, 이로부터 재해의 예방, 대응, 복구 등의 계획 수립을 효과적으로 지원할 필요가 있다(김상호 등, 2014). 즉 자연재해에 대한 손실평가는 방재관리와 기후변화에 대비한 계획을 수립하고 정책개발과 결정을 하는데 있어서 중요한 정보를 제공해 준다. 특히 이러한 손실을 금전적으로 평가하는 것은 재해저감대책을 마련하는데 필요한 매우 유용한 정보를 제공할 수 있게 된다.

이에 본 고에서는 홍수에 대해 공공자산에 대

## 1. 서론

전 세계적으로 이상기후로 인한 자연재해가 발생하고 있으며, 특히 올 겨울은 엘리노 앞에 슈퍼라는 글자가 붙은 슈퍼엘리노로 인해 기상이변현상으로 인한 더 큰 피해가 우려되는 상황이다. 엘리노는 페루와 칠레 연안의 해수면 온도가 평균 0.5도 이상 올라가 대기에 막대한 영향을 끼치는 현상을 말하는데, 이번에는 해수면 온도가 2도 이

한 경제적인 손실 평가와 관련한 국내외 사례를 소개하고, 현재 공공자산 손실평가와 관련해서

필요한 부분과 개선할 부분에 대해서 제시하고자 한다.

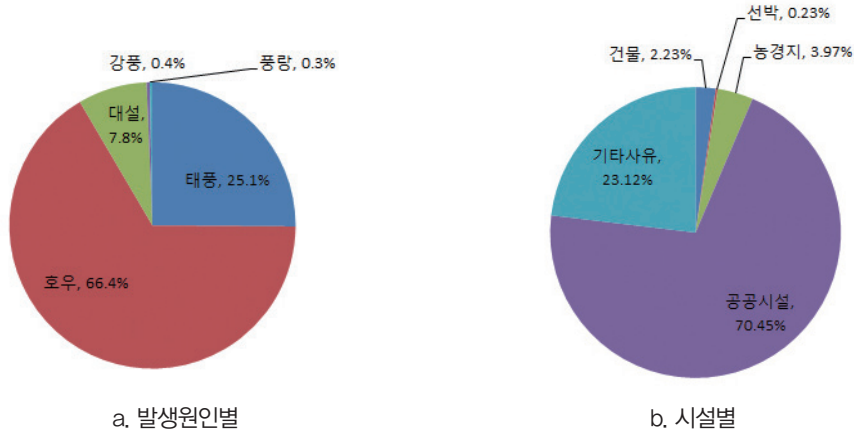


그림 1. 최근 10년간(2005 - 2014) 피해발생 현황

## 2. 공공자산에 대한 손실 조사 체계

1997년 이후 국민안전처에서 매년 발간되는 「자연재난조사 및 복구계획 수립 지침」은 사유시설 및 공공시설에 대한 복구비용 지원의 기준이 되는 피해조사 및 복구계획수립 요령과 자연재난 복구비용 산정기준(단가) 등 자연재난에 의한 피해조사와 복구계획 수립에 관한 내용을 담고 있다. 공공시설은 13개 시설로 구분되어 있으며, 도로, 하천, 소하천, 수도, 항만, 어항, 학교, 철도, 수리, 사방, 군시설, 소규모시설, 기타로 분류하여 관련 피해상황이 집계된다. 조사 체계는 피해가 발생하여 읍면동으로부터 피해가 접수가 되면, 시군구청의 공공시설 담당자별로 NDMS에 관련 사항을 입력하고, 시군구 자체 정밀조사를 거쳐 재해대장 등을 작성 보고하고, 국고지원대상 여부에 따라 지방재난피해조사와 중앙재난피해합동조사를 거쳐 자치단체 피해가 확정된다. 다만, 한계점은 관련 체계가 국고지원과 연계되어 있는 관계로 국고 지원이 되지 않는 항목인 경우 피해상황을 집계할 수 없는 구조이다. 예를 들면 지방자치단체의 공

유재산 중 보험 또는 공제 가입대상 건물 및 시설물(대부분의 공공건물이 해당됨)과 국영기업체 관리시설인 고속국도, 통신, 전력 등은 국고지원 제외 대상 시설물이 아닌 관계로 실제로 피해가 발생한 상당 부분이 피해 집계에 반영되지 않는다. 다시 말하면 공제 가입이 되지 않은 공공건물 및 시설물과 국영기업체 관리시설이 아닌 지자체 관할 부분에 대해서 피해액이 집계가 되고 있는 실정이다. 따라서 보다 체계적인 국고지원 체계 구축도 매우 중요하나, 실제 현장 피해 상황을 통합해서 관리할 있는 체계 구축도 매우 중요하게 고려되어야 할 것이다.

## 3. 공공자산에 대한 손실 평가 관련 연구

### 가. 국내 연구

국내 공공자산에 대한 피해산정 연구는 특정자산 피해를 기준으로 피해율(피해계수 적용)을 산정하는 방법과 침수면적항을 설명변수로 하는 피

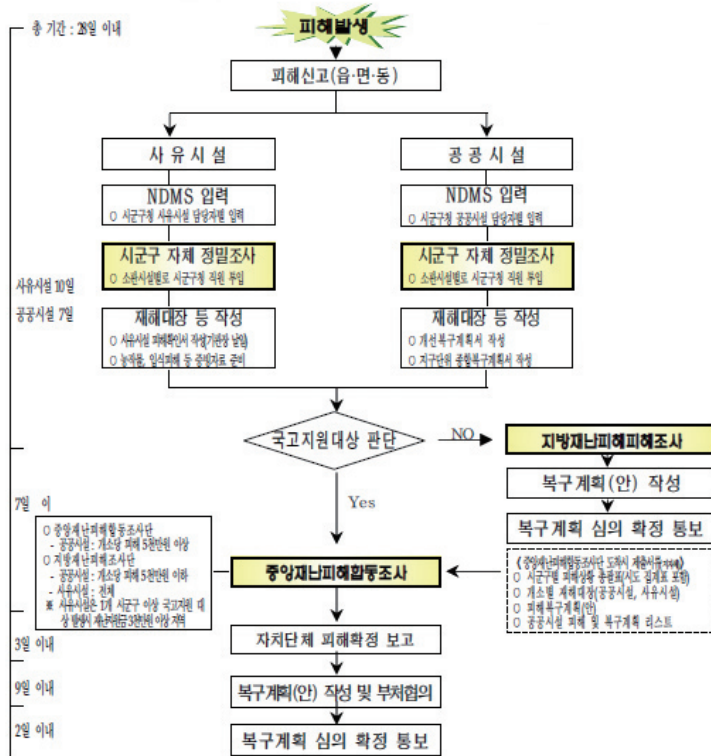


그림 2. 자연재난 피해조사 체계 (출처 : 국민안전처(2015))

해추정 회귀식에 의한 방법이 있다. 특정자산 피해액을 기준으로 피해율(피해계수 적용)을 산정하는 방법은 대상구역 내 공공시설물 현황 및 설치규모 등에 대한 고려가 되지 않고, 일반자산 또는 특정자산(농작물 등) 피해액에 따라 공공자산 피해액이 결정되는 방식이다. 침수면적항을 설명변수로 하는 피해추정 회귀식에 의한 방법은 개선법, 여규동(2003), 소방방재청(2011) 등이 해당되며, 침수면적으로부터 피해액을 산출하는 비교적 간단한 구조이나, 피해율을 적용하는 방식과 마찬가지로 해당지역의 실질적인 공공시설물 현황 및 설치규모 등이 고려되지 않은 한계를 지니고 있다(김길호, 2013).

- 간편법

농업피해를 원단위로 산정한 후 다른 피해항목

들을 모두 농업피해에 계수를 곱하여 산정하였는데 지나친 농업피해 위주의 산정으로 편익이 과소 추정되는 단점이 있다.

$$F = \text{농작물피해액} \times \text{공공시설물 피해계수} \quad (1)$$

- 개선법

기존 간편법을 개선하였다라는 의미에서의 개선법은 공공시설물 피해액에 대해서 소방방재청에서 발간하는 재해연보를 근거로 도시유형별 침수면적-피해액 관계식을 설정하였으며, 도시의 규모 및 특성에 따른 도시유형구분에 따라 대도시, 중소도시, 전원도시, 농촌지역, 산간지역 등 다섯 가지 유형으로 구분된 도시유형을 기준으로 1989년~1998년간의 재해연보 상의 침수면적과 피해액 자료를 바탕으로 한 공공시설물 피해액을 산정하

고 관련 침수면적-피해액 관계식을 도출하였다. 그러나, 공제회에 가입된 건물 및 시설에 대한 정보 취합에 대한 문제와 침수면적과 관련없이 피해가 발생하는 시설(즉, 하천 등 - 침수보다는 하천 수위 및 유속과 연계성이 높음)에 대해서는 해결해야 할 문제로 볼 수 있다.

- 다차원법

건설교통부에서는 「침수사업 경제성분석 방법 연구」(건설교통부, 2004)를 통하여 보다 방대한 통계자료와 GIS 정보 등을 활용하는 다차원홍수피해산정법(MD-FDA, Multi-Dimensional Flood Damage Analysis)을 개발하였으며, 연구성과는 하천설계기준 및 수자원예비타당성조사 지침에 활용되고 있다. ‘다차원법’은 자산조사를 실시하므로 이제까지의 방법들에 비해 많은 통계자료를 요구하며 침수편입률과 같은 피해지역의 공간정보가 요구되기 때문에 GIS를 활용하여 침수구역과 자산의 공간적 분포를 분석하는 것이 효과적이나 홍수범람해석모형이나 GIS 등과 연계된 통합시스템이 개발된 사례는 없으며, 일본의 피해경제조사메뉴얼(2005)과 같이 일반자산피해액에 피해율(169.4%)을 일괄 적용하고 있다.

공공시설물피해액=일반자산피해액×공공시설물피해율(169.4%) (2)

나. 국외 연구

국의 공공자산에 대한 피해산정 연구는 특정자산 피해를 기준으로 피해율(피해계수 적용)을 산정하는 방법을 이용하기도 하지만, 침수면적항을 설명변수로 하는 피해추정 회귀식에 의한 방법 보다는 Damage Function 개발을 통한 피해 추정 방법이 활용되고 있다.

- 피해경제조사메뉴얼(2005, 일본)

일반자산피해액에 시설별 비율계수(169.4%)를 일괄 적용하였는데, 여기서 169.4%는 도로 61.6%, 철도 3.7%, 도시시설 0.2%, 공익 8.6%, 농지29.1%, 농업용 시설 65.8%를 합한 수치를 의미하며, 도시지역은 수해통계자료를 이용하여 비율계수를 별도 산정하고 있다.

- JRC Momdel(Huizinga, 2007, EU)

토지이용도별 Damage Function을 5개 그룹으로 구분하여 개발하였으며, 이중 공공자산과 관련된 항목은 도로 및 철도가 해당되며, 5개 그룹은 거주지, 상업지, 산업지, 도로 및 철도, 농경지와 같다. Damage Function은 지역에 관계없이 동일한 함수를 이용하지만, Damage Value에 대해서 지수화를 통해 지역별로 차등화 하였다.

- MCM(Penning-Rowsell et al., 2011, UK)

공공자산에 대한 직접손실은 일반자산 피해액 대비 비율계수를 적용하였는데, 도시지역은 5.6%, 비도시지역은 10.7%로 제시하였다. 간접손실 산정을 위해 교통량 변화, 추가운행시간 및 그로 인해 발생된 비용을 조사하였다.

- Standard Method(2004, Netherlands)

공공시설 중 펌프장, 도로 및 철도, 가스 및 급수관, 전기 및 통신시스템에 대해 Damage Factor를 개발하여 적용하였고, 각 공공시설별 최대 손실액(€)을 나타내었다(2000년 기준). 이와 함께 간접손실은 직접손실에 일정 비율계수 0.25를 적용하였으며, 교통손실은 추가운행시간과 같이 비용이 아닌 다른 형태로 나타내었다.

- HAZUS-MH Flood Model(2015, USA)

일반건물과 함께 공공시설 중 건물부분(필수시설, 잠재적위험시설 등)에 대한 Damage Function을 개발하였는데, 공공건물은 일반건물과 마찬가지로 공공건물의 구조물(Structure) 및 내용물

(Contents)에 대한 Depth-Damage Function을 개발하였으며, 도로 및 라이프라인에서 상하수도 관로, 오일관로, 가스관로, 도로, 철로, 전력선, 하천 등 Line형태 기반시설에 대한 손상 손실 함수는 구축되지 않았다. 라이프라인 관련 Point 기반시설(건물 및 지점)에 해당하는 상하수도처리장, 오일처리시설, 가스처리시설, 발전소 등 건물형태 시설에 대한 Depth-Damage Function은 제시되어 있으며, 교통시설의 교량은 Frequency-Damage Function 형태로 제시되어 있다.

#### 4. 공공자산 홍수 피해 추정을 위한 개선 방안

##### 가. 공공자산에 대한 체계적 분류 및 표준화

앞에서도 언급하였듯이 공공자산에 대한 피해 상황에 대해서 국고지원 제외 대상 시설물 여부에 따라 관련 정보를 보고하고 통합적으로 관리할 필요가 있다. 그렇게 하기 위해선 재난 유형별 기관이 수집하고 있는 피해정보 현황을 조사하고 이를 통해 체계적 분류 체계를 만들고, 정보를 공유-연계-활용하기 위한 표준화 작업이 필요하다.

##### 나. 공공자산에 대한 인벤토리 구축

공공자산에 대한 손실 평가를 위해서는 공공자산에 대한 국내 통계분류, 가용자료의 형태, 자산 특성 등을 고려하여 유형을 분류하고, 이를 공간적으로 설명가능한 인벤토리 DB를 정밀하게 분석한 뒤 인벤토리를 구축하여야 하겠다. 그림 3은 재해대상, 피해복구지침 내 조사항목, 새주소시스템 DB 그리고 건축법 내 용도별 건축물 종류 등을 고려하여 공공자산에 대해 구축 가능한 인벤토리(안) 체계를 나타내고 있다. 현재 지자체별로 피해 상황을 NDMS를 통해 입력할 수 있으나 국고지원 제외 대상 시설물에 대한 부분에 대해서 관련 피해정보 시스템이 실제 있는지, 어떤 기관이 어떤 정보를 보유하고 있는지에 대해 파악하고 미비된 정보에 대한 구축방안을 마련하여야 하겠다.

##### 다. 공공자산에 대한 손상·손실함수 및 시스템의 개발

공공자산 중 정량화가 어려운 공공건물, 하천, 교통 시설 등에 대한 국내 손상·손실함수에 대한 연구가 진행된 사례가 없으며 이를 산정할 수 있는 기술이 필요하다. 현재 공공자산의 홍수피해를 산



그림 3. 공공자산 인벤토리(안) 구축

정할 수 있는 방안이 없어 일본 등 해외에서 적용되는 값을 이용하는 실정으로 한국 여건에 적합한 손상·손실함수의 개발이 필요하며, 치수사업 평가 시 화폐 환산이 어려운 공공자산 피해항목을 제외한 홍수 피해 경감액 산정은 치수사업 효과 분석의 일부만을 계상하는 것에 불과하다. 또한 구조적 방재인프라 구축 뿐만 아니라 과학적 홍수피해 추정을 통해 피해예방, 대응, 복구태세를 사전 확립함으로써, 홍수에 강한 사회기반 시스템을 구축할 필요가 있다. 이를 통해 귀중한 인명과 재산피해를

줄이고 과학적이고 효율적인 방재행정구현으로 대국민 서비스 향상과 정부의 신뢰성을 제고해 나가는데 미력이나마 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

### 감사의 글

본 연구는 정부(국민안전처)의 재원으로 자연재해저감기술개발사업단의 지원을 받아 수행된 연구임 [MPSS-자연-2015-79]



#### 참고문헌

1. 건설교통부 (2004). 치수사업 경제성분석 방법 연구.
2. 국민안전처 (2015). 자연재난조사 및 복구계획수립 지침.
3. 국민안전처 (2015). 2014년 재해연보.
4. 김상호, 김병식, 이창희, 정재학 (2014). 피해설문조사 기반의 도시지역의 침수심별 피해 추정함수 개발-건물피해를 중심으로. 한국수자원학회 논문집, Vol.47, No.8, pp.717-728.
5. 김길호 (2013). 공공시설물 홍수피해액 추정 및 홍수피해지수 개발에 관한 연구. 박사학위논문, 인하대학교.
6. 소방방재청 (2011). 자연재해위험지구 관리지침.
7. 여규동 (2003). 지역특성을 고려한 예상홍수피해액 산정방법 연구. 석사학위논문, 인하대학교.
8. 한국수자원공사 (1998). 수자원개발의 경제성 분석모형 개발.
9. 한국수자원공사 (2001). 치수안전도 지표설정 및 사례연구 보고서.
10. 建設省 河川局 (2000). 치수경제조사매뉴얼.
11. FEMA (2012). GETTING STARTED WITH HAZUS-MH 2.1.
12. FEMA (2015). HAZUS-MH Earthquake Model Ver 2.1 Technical Manual.
13. FEMA (2015). HAZUS-MH Flood Model Ver 2.1 Technical Manual.
14. FEMA (2011). HAZUS-MH Technical Manual.
15. Huizinga, H. J. (2007). Flood damage functions for EU member states, HKV Consultants, Implemented in the framework of the contract#382442-F1SC awarded by the European Commission - Joint Research Centre.
16. Penning-Rowsell, E., Viavattene, C., Pardoe, J., Chatterton, J., Parker, D., and Morris, J. (2010). The Benefits of Flood and Coastal Risk Management: A Handbook of Assessment Techniques, Flood Hazard Research Centre, Middlesex.
17. Rijkswaterstaat (2005). Standard Method 2004 Damage and Casualties Caused by Flooding, DWW-2005-009.