

# 한국형 자연재난 피해추정 시스템의 필요성 및 구축방향



**강 부 식**  
 단국대학교 토목환경공학과 교수  
 bskang@dankook.ac.kr

## 1. 서론 및 필요성

최근 우리나라는 급격한 도시화 및 산업화로 인한 인구집중과 전 지구적으로 기후변화의 영향에 의해 태풍, 홍수, 산사태 등과 같은 자연재난의 피해유형이 복합화하고 대형화 되고 있다. 이와 같이 근래에 급증하고 있는 집중호우사상을 살펴보면, 1일 100mm 이상의 극한 집중호우가 발생한 사례가 과거에 비해 빈번히 발생하고 있으며, 강우일수가 줄어들고 강우강도는 강해져 홍수피해가 급증하고 있다.

특히, 2002년 8월 31일부터 9월 1일에 발생한 태풍 '루사'의 경우 강릉에서 일강우량 870.5mm를 기록하여 1911년 기상관측이 실시된 이래 최고치를 기록하였고(중전 607mm, 1987년 7월 서천), 2011년 7월 26일부터 28일에 발생한 수도권 집중호우는 중부지방을 중심으로 많은 양의 비가 내려(617.5 mm, 가평군 하면), 특히 대도시인 서울 남부지역에 6~12시간 정도 지속적으로 집중호우가

발생하였다(누가강수 595.0mm\_서울).

2011년 국지적인 집중호우로 인하여 강변북로, 올림픽대로가 침수되어 일부 구간이 통제되었고 한강시민공원 12곳이 일시 폐쇄되며, 동두천의 신천 일대와 경안천 지류인 목현천 주변이 침수되고 곤지암천은 제방이 월류되어 범람피해가 발생하였다.

다음의 <그림 1>과 같이, 자연재난이 수조원대로 피해가 발생하는 대형화 및 복합적인 형태로 진행되고 있는 추세이나, 그간의 방재정책은 과거의 답습적인 관행 및 과학적인 재해정보의 부재 등으로 대규모 자연재해에 대한 효율적인 재난관리에 한계를 겪고 있다.

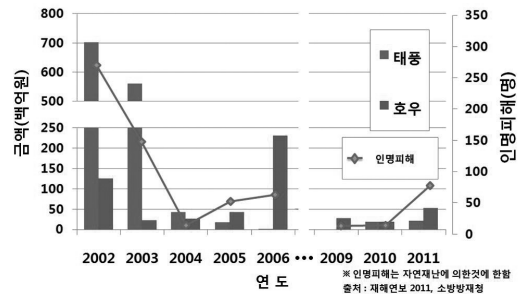


그림 1. 자연재난의 인적·물적 피해규모(2000년 이후)

따라서, 기존의 산재되어 있던 재난 정보의 효과적 제공으로 체계적인 재난관리정책 수립 및 효율적인 재해예방·대응·복구를 위해 태풍·홍수·산사태로 인한 하천범람, 내수침수, 풍해, 산사태 및 토

석류 등에 대한 위험해석 및 피해예측이 가능한 한국형 자연재난 피해추정 시스템의 구축이 필요한 실정으로, 본 고에서는 우리나라의 지형적·기후적 재난특성을 고려한 자연재난 운영 및 관리시스템 구축을 위해 해외 사례와 더불어 한국형 자연재난 피해추정 시스템의 구축방향을 제안하고자 한다.

## 2. 자연재난 피해추정 기술의 해외 개발현황

해외에서는 이미 자연재난 피해추정 시스템이 개발되어, 지속적으로 유지·운영되고 있으며, 해당 국가의 중앙정부를 중심으로 피해예상지역의 인적·물적 시설에 대한 제원 및 규모 등 전산 DB화되어있는 인벤토리를 기반으로 구조적 시설물에 의한 피해규모를 추정할 수 있도록 활용되고 있다. 미국의 HAZUS-MH(Hazards United States-Multi Hazard), 일본의 DIS(Disaster Information System), 대만의 TELES(Taiwan Earthquake Loss Estimation System)등이 그 대표적인 사례로 꼽을 수 있으며, 이들은 각국의 재해특성을 반영하여 자연재난의 규모 및 범위를 예측·평가할 수 있는 시스템이 구축되어 있다.

미국의 HAZUS-MH는 미국 재난관리청(FEMA:Federal Emergency Management Agency)에서 개발한 자연재난 피해규모 추정시스템으로서, 지진, 허리케인, 홍수로 인한 재해 발생 유형에 따른 피해규모 및 피해액이 산출가능한 ArcGIS기반의 자연재난 통합관리시스템이다. 홍수의 경우, 강우 및 수위관측과 같은 기본입력자료를 기반으로 홍수범람모의를 통한 FIT 도구를 활용하여 피해규모 및 범위를 산정하고 있는 바(그림 2), 이러한 기술은 현재 미국에서 방재정책 및 계획, 재난 대응 및 복구의 도구로서 HAZUS-MH를 지속적으로 활용하고 있다.

일본의 경우, 1995년 지진방재 기본계획의 수립을 근거로 하여 DIS라는 시스템을 개발하였으며,

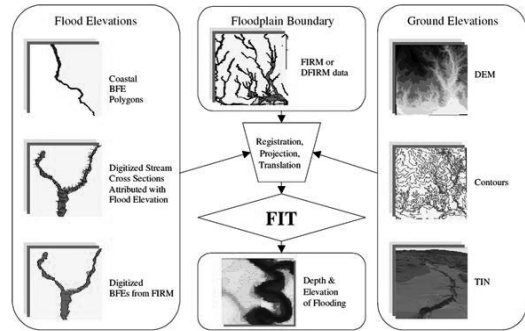


그림 2. HAZUS-MH의 FIT모델  
(Flood Information Tool : 기본입력자료를 조건으로 홍수범람 피해규모 산정 도구)

시스템 내부에는 일본의 재난빈도가 높은 지진에 대한 분석을 위해 지진 피해조기평가시스템(EES:Early Estimation System)을 개발하여 모듈화 하였다. DIS는 일본 전역을 대상으로 규모 4 이상의 지진이 발생할 경우, 중앙정부의 방재 정책 결정에 신속하고 적절한 정보를 즉각 제공하는 응급대응시스템(EMS:Emergency Measures System)을 통해 예방, 대책, 복구 등의 3단계로 나누어 제공하고 있다.

대만의 TELES는 1999년 국립과학연구소에서 HAZ-Taiwan 프로젝트를 통해 구축한 시스템으로서, 미국의 HAZUS를 수정, 보완한 시스템으로, 기존의 HAZUS 시스템은 그대로 유지하되 자국의 지형적 특성 및 공학적 피해해손실함수를 고려한 시스템으로, 자료수집 및 재해분석 모듈이 현지화(Localization)되어 있다는 특징이 있다.

이와같이, 본 고에서는 다양한 형태의 재난유형별 피해예측이 가능한 미국의 HAZUS-MH를 소개하고 이를 바탕으로 한국형 자연재난 피해추정 시스템의 구축방향을 제안하고자 한다.

## 3. HAZUS-MH(Multi-Hazards)

HAZUS-MH는 공학적인 침수피해 규모 추정을 위해 ArcGIS기반의 소프트웨어를 사용하며, 지진,

## 학술/기술기사

허리케인, 홍수로 인한 재난 유형들에 대해 재해영향평가, 재난 대응 및 복구 계획, 방재정책 및 계획 수립 등에 활용가능한 자연재난 통합시스템이다.

GIS 도구를 이용하여 자연재난 피해를 예측하기 위해 <그림 3>과 같이 재난 유형별 모델링과 지역별 지형, 인구, 건물, 기반시설 등의 정보 인벤토리와 피해손실정보를 이용하며, 직·간접적 피해규모 및 금액을 추정하게 된다.

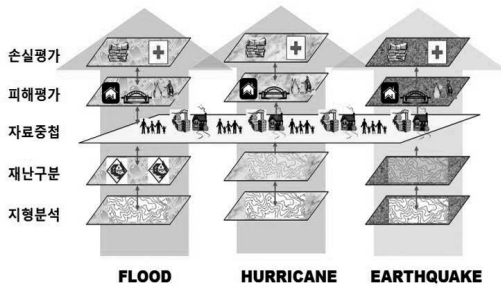


그림 3. GIS기반 피해추정 절차의 개요

HAZUS-MH의 분석모델은 다음 <그림 4>와 같이, 재난모듈, 자산정보 모듈, 취약성 모듈, 손실 모듈 등 4개의 모듈로 구성되어 있다. 재난모듈의 경우, 자연재난의 잠재위험도를 평가하는 모듈로서 지진의 지반운동에 의한 진동강도, 허리케인의 순간 최대풍속, 하천 홍수범람시의 침수심 및 침수범위 등을 계산하는 모듈이다. 자산정보 모듈은 재난 피해분석을 위한 자산 DB로서 건축물, 공공시설물, 인구분포, 대피소 등 피해손실합수에서 요구되는 기본정보들이 포함되어 있으며, 재난형태에 따라 자산의 분류형식이 달라지기 때문에 재난의 유형에 따라 고려되는 자산목록(Inventory)이 다르게 생성된다. 마지막으로, 취약성 및 손실모듈은 재

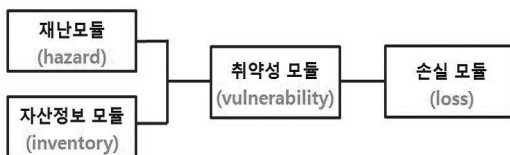


그림 4. HAZUS-MH 분석모델의 구조

난에 대한 자산의 취약성과 직접 혹은 간접적 피해 규모를 평가하는 모듈로 분석의 마지막 단계에서 실행되며 피해-손실합수에 따라 피해 정도에 따른 피해액으로 전환해주는 역할을 하게 된다.

## 4. 한국형 자연재난 피해추정 시스템의 구축방향

한국형 자연재난 피해추정 시스템 구축의 필요성은 단기적 관점에서는 방재정책 및 계획수립에 있어서 우선순위판단 및 방재인프라구축을 위한 편익산정 등에 있고, 장기적으로는 재난예경보 측면의 과학적 피해손실평가시스템 구축에 있다.

기본적으로 시스템 구축시, 사용환경의 형태는 단순히, HAZUS 프로그램을 직접 사용하는 사용자 그룹의 형태로 접근할 수 있지만, 자연재난 피해규모 추정의 선도적 역할을 위해, 유지운영 및 지속적 개선 측면에서 재난모형이나 자산 데이터베이스, 시스템구성 등을 우리나라의 지형 및 기후특성에 적합한 한국형으로 개발하여 HAZUS의 피해규모 추정기법을 벤치마킹한 “한국형 자연재난 피해추정 시스템의 형태”가 되는 것이 합리적일 것이라 판단된다.

본 시스템에서 구축되는 재난모형은 역학적 정교함과 실용간의 균형, 전국단위 시스템 구축이라는 점 등을 고려하여 자료처리 및 연산이 가볍고, 신속하며, 안정적으로 운영되며, 적정한 정확성이 확보될 수 있는 방향으로 최적화된 모형을 개선 및 자체 개발할 필요가 있다. 한편으로 정확성에만 중점을 두면, 피해손실량 추정에는 나름 상세한 계산 결과를 도출할 수는 있겠으나, 계산부하 및 연산속도가 크게 느려져 신속하고 안정적인 시스템 구축이 어려워져, 신속한 재난 예경보 측면에서는 상대적으로 의사결정지원이 늦어져, 정책결정이 지연될 수도 있을 것이다. 또한, 재난유형에 대한 세부모의모형을 국산화하여 지속적인 유지관리 및 개선측면에서 유리함을 확보하는 것이 적절한 시스템 구축 방향이라고 판단된다.

미국의 재난특성을 반영한 HAZUS-MH의 경우 홍수, 허리케인, 지진에 대한 재난 피해를 예측하고 있지만, 우리나라의 경우, 지형적 및 기후적으로 자연재난 특성을 고려한 홍수에 의한 내배수 침수, 태풍에 의한 풍수해, 최근 이슈가 되고 있는 산사태 및 토석류 분야에 대한 재난 피해를 예측하는 것이 초기 시스템 구축시 방향설정에 적절하다고 판단된다.

HAZUS 시스템 내부의 홍수모의모형에는 우리나라에서 자주 발생하는 도심지역의 침수상황을 모의하는데 내수침수모형을 사용하지 않는 한계점을 가지고 있기 때문에, 한국형 자연재난 피해추정 시스템에서는 외수범람과 함께 내수침수모형을 함께 연계 개선 및 개발하고, 적용하여, 구조적인 배수체계를 적극 고려한 침수피해를 예측할 수 있어야 할 것이다.

또한, 토석류 및 산사태의 경우 다른 재난모형에 비해 물리적 모형에 대한 완성도가 상대적으로 낮고, 모형에 검·보정을 위한 관측자료가 매우 부족한 상황이기 때문에, 전국단위의 적용성을 고려한다면, 물리적 모형의 개발보다는 경험식이나 위험도지수 등의 접근법이 타당할 것으로 판단된다.

자연재난에 따른 피해규모를 정량적으로 산정하기 위해서는 시설물별 피해-손실 함수의 구축 또한

매우 중요한 부분을 차지한다. 다음 <그림 5> 자연재난 피해추정 시스템 구축 개념과 같이, 일반적인 홍수의 경우, 피해-손실함수 산정을 위해 요구되는 건물의 침수심별 피해액과 농작물 및 산업시설의 피해평가를 위한 단가자료가 정량화되어 있지 못한 상황으로, 현재로서는 침수범위와 홍수피해율 등의 지수를 활용하는 다차원법의 적용이 합리적일 것으로 판단되며, 자산 DB의 상세화가 진행됨에 따라 피해-손실함수의 고도화도 이루어 질 수 있게 해야 할 것으로 판단된다. 더불어, 산사태 및 토석류 피해의 경우 구축되어 있는 자료가 부족하고 국내외적으로도 현업에서 활용할 수 있는 자료가 미흡하기 때문에 충분한 계획과 투자를 통해 지속적인 개선 및 개발이 이루어져야 할 것이다.

### 5. 결론

국가적 자연재난에 방어하고 안전 대한민국을 위해, 우리나라의 지형적 및 기후적인 지역특성을 반영한 한국형 자연재난 피해추정 시스템은 다음과 같은 필요성과 방향으로 구축되어야 할 것이다.

- 최근 우리나라는 급격한 도시화 및 산업화로 인한 인구집중과 전 지구적으로 기후변화의 영향에 의해 태풍, 홍수, 산사태 등과 같은 자연재난의 피해유형이 복합화하고 대형화 추세
- 방재정책 및 계획수립에 있어 우선순위판단 및 방재인프라 구축을 위한 편익산정과 장기적 관점에서 자연재난의 예경보 측면의 공학적 피해손실평가를 위해 시스템 구축 필요함.

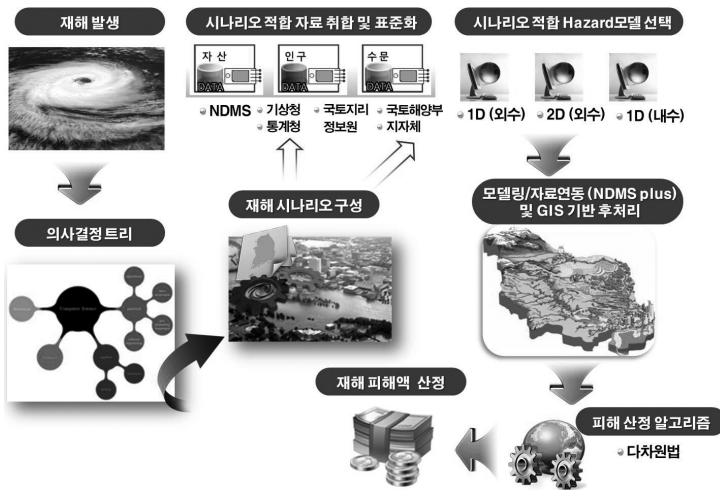


그림 5. 자연재난 피해추정 시스템 구축 개념도

- 중앙 및 지자체, 관련사용자의 이용확산 측면을 고려하여 GIS 도구의 접근성을 효율적 제어가 요구되고, 유지운영 및 지속적 개선 측면에서 재난모형이나 자산 DB, 시스템 구성 등을 우리나라의 지형 및 기후에 적합하게 하고, 이를 HAZUS의 피해규모 추정기법을 벤치마킹한 “한국형 자연재난 피해추정 시스템”의 형태가 적절함.
- 본 시스템은 자료의 처리 및 연산은 가볍고, 신속하며, 안정적 운영 및 적절한 정확성이 확보될 수 있도록, 산재되어 있는 자산 DB를 일정한 형식으로 정리하고, 기존 피해추정기술에 대한 모형의 개선 및 신규개발 등을 통해 최적화된 모형을 지속적인 유지관리 및 개선측면에서 유리함을 확보하는 것이 적절함.
- 우리나라의 경우, 지형적 및 기후적으로 자연재난 특성을 고려한 홍수에 의한 내배수 침수, 태풍에 의한 풍수해, 최근 이슈가 되고 있는 산사태 및 토석류 분야에 대한 재난 피해를 예측하는 것이 초기 시스템 구축시 방향설정 필요함.
- HAZUS 시스템 내부의 한계점을 극복한 한국형 자연재난 피해추정 시스템에서는 외수범람과 함께 내수침수모형을 함께 연계 개선 및 개발하여, 구조적인 배수체계를 적극 고려한 침수피해 예측 필요함.
- 토석류 및 산사태의 경우, 물리적 모형의 완성도가 낮고, 관측자료가 미흡한 상황으로 전국단위의 적용성을 고려하여 경험식이나 위험도 지수 등의 접근법이 타당함.
- 피해-손실함수 산정시 건물의 침수심별 피해액과 농작물 및 산업시설의 피해평가를 위한 단가자료가 정량화되어 있지 못한 상황으로, 현재로서는 침수편입율과 홍수피해율 등의 지수를 활용하는 다차원법의 적용이 합리적일 것으로 판단되며, 자산 DB의 상세화가 진행됨에 따라 피해-손실함수의 고도화 필요함.
- 산사태 및 토석류 피해의 경우, 관측자료의 부족 및 국내외적으로 활용자료가 미흡하기 때문에 충분한 계획과 투자를 통해 지속적인 개선 및 개발필요함. ☞

### 참고문헌

1. 강익범 (2003). “대만 지진피해평가 system에 대한 검토” 한국도시방재학회지, 3, 3, 한국도시방재학회
2. 소방방재청 (2007). “풍수해 피해 예측 시스템 구축 방안 연구 용역” 소방방재청
3. 소방방재청 (2012). “재해연보 2011” 소방방재청; 중앙재난안전대책본부
4. 이승수, 조홍동 (2007). “풍수해 피해 예측 평가 도구(HAZUS-MH)의 소개.” 한국지반환경공학회지, 7, 3, 한국지반환경공학회
5. 한국과학기술한림원 (2008). “우리나라 지진재해 저감 및 관리대책의 현황과 개선 방안.” 한국과학기술한림원