

## 경상남북도의 지진재해예측을 위한 HAZUS의 적용연구

강수영<sup>1)\*</sup> · 김광희<sup>1)</sup> · 김동춘<sup>1)</sup> · 유해수<sup>1)</sup> · 민동주<sup>1)</sup> · 석봉출<sup>1)</sup>

### 1. 서 론

자연현상에 의해 발생하는 재해는 발생 시기를 예측할 수 없고, 일반적으로 건물 및 공공시설물의 파괴와 화재 등 이차적인 재해를 동반하기 때문에 피해규모 또한 정확히 예측할 수 없으므로 대책 수립에도 어려움이 따른다(노명현과 김연중, 1996; Huppert와 Sparks, 2006). 따라서 재해에 효과적으로 대응하기 위해 유관기관간의 신속하고 효율적인 재해정보 교류와 재해요소에 대한 사전·사후 영향을 분석하고 평가할 필요가 있다(Kyung, 1995; 김재관, 1997; 정길호 등, 2002). 이러한 목적으로 개발된 시스템 중 하나인 HAZUS(HAZARD U.S.)는 미국의 FEMA(Federal Emergency Management Agency)와 NIBS(National Institute of Building Sciences)에 의해 GIS(Geographic Information Systems) 기술을 토대로 개발되었으며(FEMA, 2006), 현재 미국의 재해위험예측과 피해저감계획을 위한 의사결정 지원수단으로서 사용이 점차적으로 증가하고 있다.

여러 나라에서 자국의 실정에 맞는 자연재해예측시스템을 개발하여 이용하고 있는 반면에, 우리나라에서는 아직까지는 우리나라를 대표하는 시스템이 없다. 따라서 여러 국가에서 사용하거나 변형하여 사용 중인 HAZUS를 우리나라에 적용해보는 것도 중요하다고 사료된다(강익범, 2005). 본 연구에서는 역사문헌의 지진기록을 근거로 경주지역의 역사지진(규모 6.7)을 이용한 ShakeMap과 경상분지 내 양산단층과 울산단층을 포함하는 경상남북도를 연구 지역으로 지정하여 시스템을 구성한 후 HAZUS에 적용하여 재해규모를 추정하는 방법을 통해 이 시스템의 적용성과 효율성을 알아본다.

### 2. 본 론

본 연구에 사용된 인구자료를 비롯한 각종 통계자료는 통계청에서 수집하여 정리한 뒤 GIS 도구를 이용해 각 행정구역의 위치정보와 함께 데이터베이스로 구축하였다. 그 외 국토지리정보원에서 보급한 수치지도로부터 도로를 비롯한 교통망과 주요시설물/건물 등을 수집하였고, 원자력 발전소 같은 일부 점 데이터들은 그 주소를 GIS 도구를 통해 데이터베이스화 하였다. 이러한 기본 입력데이터 외에 보다 정확한 재해 산정을 위한 일부 특정세부자료(예, 토목구조/재료, 바람의 세기, 병원 침대 수, 도로별 교통량의 수 등)는 전문가의 의견이 반영되어야 하며, 자료수집에 있어서도 많은 인력과 시간이 요구된다. 따라서 이번 연구는 가장 기본적인 입력 자료만을 이용하여 경상남북도의 지진재해를 산정하였으므로 HAZUS의 적용수준 3단계 중 가장 기초적인 1단계라 할 수 있다(FEMA, 2006).

본 연구에서는 연구지역을 경상남북도로 제한하고 경주지역 규모 6.7의 역사지진을 배경으로 한 ShakeMap을 이용하여 HAZUS의 사용자지정 재해추정방법을 적용하였다. 재해

---

주요어 : HAZUS, ShakeMap, 자연재해, 재해예측, 지진, GIS

1) 한국해양연구원 해양환경연구본부 (sukang@kordi.re.kr)

결과에 영향을 미치는 Inventory Data와 적용 가중치는 시스템 내에서 변경할 수 있는데, 경상남북도의 경우에는 행정구역 시단위로 이들을 HAZUS 시스템 내의 기본 형태로 적용하여 실행하였다. 경주시/포항시 남구의 경우에는 입력 자료를 행정구역 동단위로 세분화하여 자세히 입력하고, 시스템 상에서 지원하는 기본 적용 가중치(예, 건축 재료와 인종 등)를 우리나라의 실정에 맞도록 조정하였다. ShakeMap의 경우에는 한반도 내의 역사지진이나 실측지진으로 생성된 사례가 없으므로, 경주지역의 규모 6.7 역사지진 정보로 USGS(U.S. Geological Survey)에 의뢰하여 지진동자료를 제공받았다 (Personal Communication with Wald, 2006). 이 지도는 단층 자료가 포함되지 않은 지진의 위치와 규모만을 고려하였으며, Boore 등(1997)의 감쇠전달식을 사용하였다.

HAZUS와 ShakeMap을 통해 얻어진 재해예측 결과 중 물리적재해인 주거건물의 피해는 주거형태별, 점유형태별, 건축구조와 재료별 등으로 나뉘어 피해 면적과 수로 산정되어 표나 그림으로 나타낼 수 있다. 또한 주요 공공기관의 피해는 건물의 피해 규모와 시간흐름에 따라 그들의 운영가능성을 표나 그림으로 나타낼 수 있다. 그 밖에는 공급시설물의 피해와 화재가능성, 이재민과 사상자 산출, 경제적 손해 등을 HAZUS의 결과물로서 배출한다.

본 연구에서는 서기 779년 경주지역에 발생한 규모 6.7의 지진이 2000년도에 같은 지역에서 다시 발생한다는 가정아래 HAZUS를 사용하여 지진재해를 산정하였다. 주요재해 예측결과를 정리해보면, 경상남북도의 전체 가옥(3,282,298)과 전체 병원(2,538) 중 약 2%는 중간규모 이상의 피해를 입을 것으로 예상된다(Figure 1, Table 1). 병원과 학교를 포함한 주요 공공기관의 경우, 이 지역에서는 지진발생 하루 후에 약 85% 이상의 정상운영으로 응급상황에 도움을 줄 것으로 보인다(Table 1). 반면에, 연구지역 내 경주시와 포항시 남구 경우에는 전체 149,915 동의 가옥 중 약 43%와 각 주요 공공기관의 약 50% 내외가 피해를 입어 지진 발생 7일 후에도 긴급사태에 대응하는데 어려움이 있을 것으로 추정된다(Figure 1, Table 1). 참고로, 중간규모(Moderate) 이상의 피해란 건물의 벽이나 문에서 대각선으로 크게 금이 생성되는 정도 이상의 피해현상을 의미한다(FEMA, 2006).

이 지진으로 가장 많은 피해를 입을 것이라 예측되는 경주와 포항시 남구에서는 사회적인 재해로서 13,958가구가 피해를 입어 4,949(0.9%)명의 이재민이 생길 것으로 추정된다. 이 지역에서 사망자를 포함하여 병원에서 치료를 받아야 할 정도(Severity level 2 이상)의 부상자수는 지진이 오전 2시에 발생할 경우는 150명, 오후 2시에는 90명, 출퇴근시간에는 67명 정도로 예측된다. 그 밖에 이 지역에서 발생 가능한 화재는 949건이며, 이 화재로 31,549(5.84%)명이 화재위험에 노출될 것으로 추정된다. 마지막으로 경제적인 피해는 건물과 사업상의 손실로 나뉘지는데, 본 연구에서는 건물의 수리나 재건축, 그리고 임대비용을 함께 예측하였다. 경주지역에서 건물관련 피해액은 약 101,427,740,000원 정도이다.

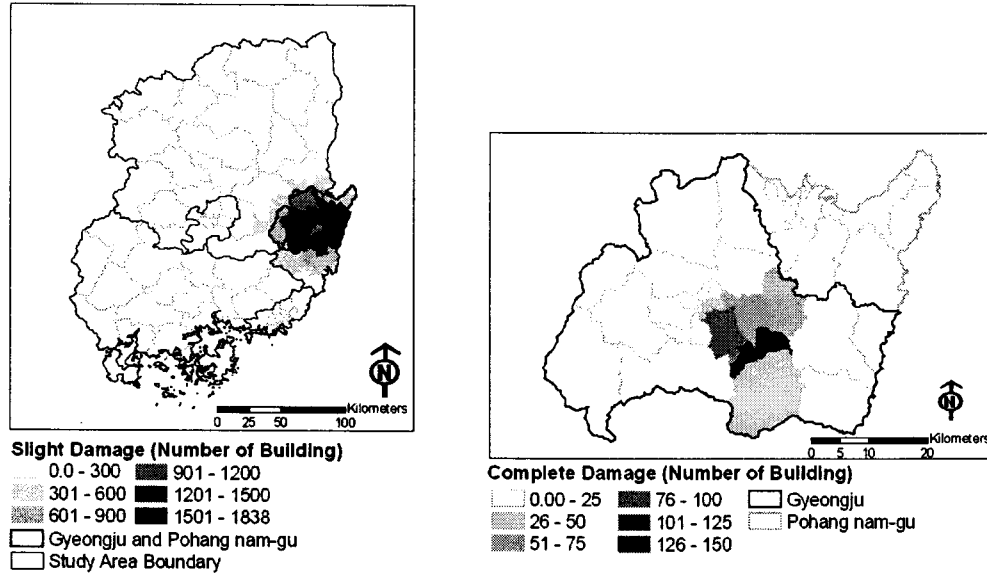
### 3. 결 론

미국의 자연재해 예측평가시스템인 HAZUS-MH를 경상남북도에 적용하고 그 재해예측 결과의 효율성을 알아보기 위하여, 서기 779년 경주지역에서 발생했던 규모 6.7의 지진이 2000년도에 재발생하였다는 가정하에 만들어진 ShakeMap을 HAZUS-MH에 적용해 지진재해를 예측해 보았다. 경주시와 포항시 남구를 중심으로 한 경상남북도를 연구지역으로 하여 피해유형별로 재해 정도를 산출하였다. 이 지역의 HAZUS를 통한 재해예측 결과는 재난의 사전예방을 위한 재해안전정보를 제공하고, 사후에는 조속한 재해평가의 상황전파 및 대처, 복구계획에 따른 정부의 의사결정을 긍정적으로 지원할 것이라 사료된다. HAZUS는 재해예측에 있어서 유용한 정보를 생산/제공하는 장점이 있고, 향후에는 통합적인 자료운영시스템의

구축과 운영의 검토, 전문가 그룹의 자문으로 정확한 자료구축, 독자적인 ShakeMap의 제작·운영 기술의 확보 등으로 더욱 신뢰성이 높은 재해결과를 예측하는 연구가 필요하다.

### Acknowledgements

본 연구는 한국해양연구원 PM43300과 PE97605의 지원으로 수행되었습니다.



(a) Building type - Wooden

(b) Building type - PC1

Figure 1. Building damage in the residential area

Table 1. Damage of essential facilities

Classification	Total	Number of Facilities		
		At Least Moderate Damage > 50%	Complete Damage > 50%	With Functionality > 50% on Day 1
<b>Gyeongsang-nam do and Gyeongsang-buk do</b>				
Hospitals	2,538	54	0	2,420
Schools	4,020	95	0	3,616
Police Stations	783	13	0	696
Fire Stations	177	5	0	160
<b>Gyeongju and Pohang-nam gu</b>				
Hospitals	80	53	0	12
Schools	189	92	0	10
Police Stations	38	13	0	3
Fire Stations	10	5	0	2