

지진재해예측을 위한 HAZUS와 ShakeMap의 한반도에서의 적용가능성 연구

A Preliminary Study of the Global Application of HAZUS and ShakeMap for Loss Estimation from a Scenario Earthquake in the Korean Peninsular

강수영^{*} · 김광희^{**} · 김동춘^{*} · 유혜수^{***} · 민동주^{**} · 석봉출^{***}

Kang, Su Young · Kim, Kwang-Hee · Kim, Dong Choon · Yoo, Hai-Soo

Min, Dong-Joo · Suk, Bongchool

Abstract

Efficiency and limitations of HAZUS-MH, a GIS based systematic and informative system developed by FEMA and NIBS for natural hazard loss estimations, are discussed by means of a pilot study in the Korean Peninsular. Gyeongsang-do has been selected for the test after careful reviews of previous studies including historical and modern seismicity in the peninsular. A ShakeMap for the selected scenario earthquake with magnitude 6.7 in Gyeongju area is prepared. Then, any losses due to the scenario event have been estimated using HAZUS. Results of the pilot test show that the study area may experience significant physical, economic and social damages. Detailed study in the future will provide efficient and crucial information to the decision makers and emergency agents to mitigate any disaster posed by natural hazards.

key words: HAZUS, ShakeMap, Loss estimation, Earthquake, GIS

1. 서론

지진·태풍·홍수 등 자연현상에 의해 발생하는 재해를 자연재해라 하며, 이 같은 재해는 발생시기와 규모를 정확히 예측할 수 없고 대책수립에도 어려움이 따른다 (Noh와 Kim, 1996). 여러 자연재해 중 건물 및 공공시설물의 파괴와 화재 등 이차적인 재해를 동반하는 지진에 효과적으로 대응하기 위해서는 유관기관간의 신속하고 효율적인 재해정보교류와 재해요소에 대한 사전·사후 영향을 분석하고 평가할 필요가 있다 (Kyung, 1995; 김재관, 1997; 정길호 등, 2002). 이러한 시스템 중의 하나인 HAZUS (HAZARD U.S.) Earthquake는 미국의 FEMA(Federal Emergency Management Agency)와 NIBS(National Institute of Building Sciences)에 의해 GIS (Geographic Information Systems) 기술을 토대로 개발되었으며, 현재 미국의 재해위험예측과 피해저감계획을 위한 의사결정 지원수단으로서 사용이 점차적으로 증가하고 있다. 본 연구에서는 여러 역사문헌의 지진기록들을 근거로 경상분지 내 양산단층과 울산단층을 포함하는 경상남북도를 연구지역으로 지정하고, 경주지역의 역사지진(규모 6.7)에 대하여 시스템을 구성한다. 각 기관으로부터 구축된 이 지역의 기본 자료와 지진정보를 포함하는 USGS의 ShakeMap을 HAZUS에 적용하여 재해규모를 추정하는 방법을 통해, 한반도에서의 이 시스템의 적용성과 효율성을 알아본다.

* 한국해양연구원 해양환경연구본부 연구원 E-mail: sukang@kordi.re.kr

** 한국해양연구원 해양환경연구본부 선임연구원

*** 한국해양연구원 해양환경연구본부 책임연구원

2. HAZUS Earthquake와 ShakeMap

HAZUS-MH의 재해 평가기술 중 하나인 HAZUS Earthquake는 지진자료와 Inventory Data를 이용하여 대상지역의 지진피해를 물리적 재해, 경제적 손실, 그리고 사회적 영향으로 나누어 산출한다 (Kircher 등, 2006). 지진자료는 지진의 발생위치와 규모, 단층 등을 포함하며, Inventory Data는 인구와 건물, 경제·사회관련 통계자료, 주요 공공시설물과 교통관련자료 등의 위치·속성정보, 그리고 지질정보 등을 포함한다. HAZUS의 지진재해 산출방법에는 세 가지 유형이 있다. 첫째 결정론적 재해, 둘째 확률론적 재해, 셋째 사용자지정 재해예측 방법이 있다.

HAZUS의 사용자지정 재해추정방법에 사용되는 ShakeMap에는 계기진도와 최대지반가속도, 최대지반속도, 응답스펙트럼 등이 포함되어 있다. 계기진도 지도는 지진으로 인한 진동의 분포를 신속하게 규명하는데 유용하지만 재해 세부내역은 추정할 수 없으므로, ShakeMap을 HAZUS에 적용하여 재해 세부내역을 추정한다 (Kircher, 2003).

4. 한반도 남부의 지진발생과 재해위험지역

과거 2000년 동안의 역사지진 기록을 보면, 그 규모 추정에 있어 이견이 있지만 주로 한반도의 남동부 일대(경주와 울산 지역)에 집중적으로 발생하였으며, 이는 활성단층으로 알려진 양산단층과 밀접한 관계가 있을 것이라 추정된다 (Lee와 Jin, 1991; Kyung와 Lee, 1998; Lee, 1998; Chiu와 Kim, 2004). 그 예로, 서기 779년 4월에 부산에서 북동쪽으로 약 60km 떨어진 곳에서 발생하여 한반도 역사상 가장 큰 인명피해를 유발했던 지진과, 1643년 7월 울산에서 발생한 한반도에서 가장 큰 규모로 추정되는 지진이 있다 (Lee와 Jin, 1991; 이기화, 1998; 이기화와 김정기, 2000; Chiu와 Kim, 2004). 최근에는 1997년 6월 규모 4.3의 경주지역 지진발생으로 한반도 내 지진위험성이 부각되어 국내 지진 관측망이 확대 증설되는 계기가 되기도 하였다 (노명현, 2003).

5. HAZUS의 적용

본 연구의 인구자료를 비롯한 각종 통계자료는 통계청에서 수집하여 정리한 뒤 GIS Tool을 이용해 각 행정구역의 위치정보와 함께 데이터베이스로 만들었다. 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. 그러나 지질의 특성을 나타내는 시추자료와 토목구조/재료 등을 나타내는 일부 자료는 구축이 난해하고 오류생성 가능성을 감안하여, 구축이 용이하고 오류보정이 가능한 자료만으로 HAZUS의 적용가능성 연구를 수행하였다. 따라서 본 연구는 HAZUS의 적용수준에서 Level 1 정도인 기초적인 단계라 할 수 있다.

본 연구에서는 2000년도 경상남북도의 데이터베이스와 서기 779년에 발생되었던 경주지역 규모 6.7의 역사지진으로 생성된 ShakeMap을 이용하여 HAZUS의 사용자지정 재해추정방법을 적용하였다. 재해 결과에 영향을 미치는 Inventory Data와 적용 가중치는 시스템 내에서 변경할 수 있는데, 경상남북도의 경우에는 이들을 기본 형태로 적용하여 실행하였고, 경주시/포항시 남구의 경우에는 입력 자료를 행정구역별로 세분화하여 자세히 입력하고, 적용 가중치(예, 건축 재료와 인종 등)도 조정하였다. ShakeMap의 경우에는 한반도 내의 역사지진이나 실측지진으로 생성된 사례가 없으므로, 경주지역의 규모 6.7 역사지진 정보로 USGS에 의뢰하여 지진동자료를 제공받았다 (Personal Communication with Wald, 2006). 이 지도는 단층자료가 포함되지 않은 지진의 위치와 규모만을 고려하였으며, Boore 등(1997)의 감쇠전달식을 사용하였다.

6. 결과

2000년도에 서기 779년의 규모 6.7의 지진이 경주지역에 재발생하였다면, 경상남북도의 전체건물

(3,282,298) 중 약 2% 이상과 전체 병원의 약 2%는 중간규모 이상의 피해를 입고, 주요 공공기관의 경우는 하루 후에 85% 이상의 정상운영으로 응급상황에 도움을 줄 것으로 보인다. 반면에, 경주시와 포항시 남구는 약 43%의 주거건물과 약 50% 내외의 주요 공공기관의 피해로 7일 후에도 긴급사태에 대응하는데 차질이 있을 것으로 추정된다. 참고로, 중간규모(Moderate) 이상의 피해란 건물의 벽이나 문에서 대각선으로 크게 금이 생성되는 정도 이상의 피해현상이 나타난다 (FEMA, 2006).

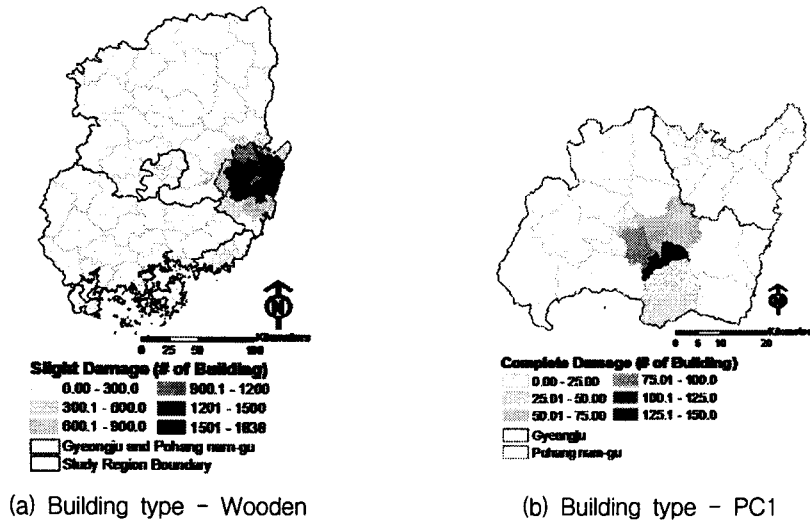


그림 1. Building damage in the residential area

표 1. Damage of essential facilities

Classification	Total	# Facilities		
		At Least Moderate Damage > 50%	Complete Damage > 50%	With Functionality > 50% on Day 1
Gyeongsang nam-do and Gyeongsang buk-do				
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
Gyeongju and Pohang nam-gu				
Hospitals	80	53	0	12
Schools	189	92	0	10
Police Stations	38	13	0	3
Fire Stations	10	5	0	2

경주와 포항시 남구에서 발생 가능한 화재건수는 949건이며, 이로 인하여 31,549(5.84%)명이 화재위험에 노출될 것으로 추정된다. 이 밖에 사회적인 재해로서 같은 지역에서 13,958가구가 피해를 입어 4,949(0.9%)명의 이재민이 생길 것으로 추정된다. 이 지역에서 사망자를 포함하여 병원에서 치료를 받아야 할 정도(Level 2 이상)의 부상자수는 지진이 오전 2시에 발생할 경우는 151명, 오후 2시에는 91명, 출퇴근시간에는 65명 정도로 예측된다. 마지막으로 경제적인 피해는 건물과 사업상의 손실로 나뉘지는데, 본 연구에서는 건물의 수리나 재건축, 그리고 임대비용을 함께 예측하였다. 경주지역에서 피해복구에 필요한 총 비용은 약 101,427,740,000원 정도이다.

7. 토의 및 결론

미국의 자연재해 예측평가시스템인 HAZUS-MH의 국내 적용가능성과 효율성을 판단하기 위하여, 서기

779년 경주지역에서 발생했던 규모 6.7의 지진이 2000년도에 재발생하였다는 가정하에 만들어진 ShakeMap을 HAZUS-MH에 적용해 지진재해를 예측해 보았다. 연구지역을 경상남북도로 제한하고, 경주시와 포항시 남구를 중점적으로 피해유형별로 재해 정도를 산출하였다. HAZUS의 재해예측 결과는 재난의 사전예방을 위한 재해안전정보, 사후 조속한 재해평가의 상황전파 및 대처, 복구계획에 따른 정부의 의사결정을 긍정적으로 지원할 것이라 여겨지므로, HAZUS의 한반도 내 운영은 그 효율성이 높을 것으로 사료된다. HAZUS는 재해예측에 있어서 유용한 정보를 생산/제공하는 장점이 있지만, 국내에서 적용하기에는 일부 제약이 따른다. 우선 통합적인 자료운영시스템의 구축과 운영, 전문가 그룹의 자문, 독자적인 ShakeMap의 제작·운영 기술의 확보 등이 필요하다.

감사의 글

본 연구는 해양수산부 배타적경제수역 해양광물자원조사와 한국해양연구원 해양영토내 해저기인 자연재해 및 환경자료 구축의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

- 김재관. 1997. 지진 재해. 제13차 공동학술강연회. 대한지질학회. 대한자원환경지질학회.
- 노명현. 2003. 우리나라의 지진특성. 2003 대한지질공학회 정기총회 및 학술발표회. 원자력안전기술원.
- 이기화. 1998. 한반도의 역사지진자료. 지구물리. 1(1):4-22.
- 이기화, 김정기. 2000. 한반도 주요 지체구조구별 지진학적 특성. 지구물리. 3(2):91-98.
- 정길호, 김현주, 박병철. 2002. 지진에 대한 지역위험도 분석 연구. 정책연구과제. 행정자치부. 국립방재연구소. 1-120쪽
- Boore, D.M., W.B. Joyner, and T.E. Fumal. 1997. Equations for Estimating Horizontal Response Spectra and Peak Accelerations from Western North American Earthquakes: A Summary of Recent Work. Seism. Res. Lett. 68:128-153.
- Chiu, J.M., and S.G. Kim. 2004. Estimation of Regional Seismic Hazard in the Korean Peninsula Using Historical Earthquake Data between A.D.2 and 1995. Bulletin of the Seismological Society of America. 94(1):269-284.
- FEMA. 2006. Multi hazard Loss Estimation Methodology, Earthquake Model, HAZUS-MH MR2 User Manual. Washington, D.C. Federal Emergency Management Agency.
- Kircher, C.A. 2003. Near Real Time Loss Estimation Using HAZUS and SHAKEMAP Data. SMIP03 Seminar on Utilization of Strong Motion Data. pp.59-66.
- Kircher, C.A., R.V. Whitman, and W.T. Holmes. 2006. HAZUS Earthquake Loss Estimation Methods. NATURAL HAZARDS REVIEW, 7(2):45-59.
- Kyung, J.B. 1995. Relationship between Earthquake Occurrence and Its Damage Some Cases of Damages due to the 1995 Hyogo Ken Nanbu Earthquake(M=7.2) in Japan. Jour. Korean Earth Science Society. 16(6) :500-510.
- Kyung, J.B., and H.U. Lee. 1998. Intensity Analysis of the 26 June 1997 Kyongju Earthquake and Its Geological Significance. The Journal of Engineering Geology. 8(1):13-24.
- Lee, K. 1998. A statistical analysis of the seismicity of the Yangsan fault system. J. Eng. Geol. 8:99-114.
- Lee, K. and Y.G. Jin. 1991. Segmentation of the Yangsan Fault System: Geophysical Studies on Major Faults in the Kyeongsang Basin. Jour. Geol. Soc. Korea. 27(4):434-449.
- Noh, M.H. and Y.J. Kim. 1996. Sensitivity Analysis of Seismic Risk Curve of Korea. Jour. Geol. Soc. Korea. 32(3):199-207
- Wald, D.J. 2006. Earthquake Planning Scenario; Shake Map for Korea M 6.7 Scenario, Personal Communication. Aug. 09~16. 2006