

HAZUS의 결정론적 방법을 이용한 경주지역의 지진재해예측 Earthquake Loss Estimation of the Gyeongju Area using the Deterministic Method in HAZUS

강수영* · 김광희** · 석봉출*** · 유해수***

Su Young, Kang · Kwang-Hee, Kim · Bong-Chool, Suk · Hai-Soo, Yoo

Abstract

Observed ground motions from the January 2007 magnitude 4.9 Odaesan earthquake and the events occurring in the Gyeongsang provinces are compared with the previously proposed ground attenuation relationships in the Korean Peninsula to select most appropriate one. The selected relationship from the ones for the Korean Peninsula has been compared with attenuation relationships available in HAZUS. Then, the attenuation relation for the Western United States proposed by Sadigh et al.(1997) for the Site Class B has been selected for this study. It has been used for the earthquake loss estimation of the Gyeongju area located in southeast Korea using the deterministic method in HAZUS with a scenario earthquake (M=6.7). Application of the improved methodology for loss estimation in Korea will help decision makers for planning disaster responses and hazard mitigation.

key words : HAZUS, Loss Estimation, Deterministic Method, Strong Motion Attenuation Relations

1. 서 론

본 연구는 미국의 FEMA(Federal Emergency Management Agency)와 NIBS(National Institute of Building Science)에 의해 개발된 자연재해 예측평가시스템인 HAZUS(HAZARD U.S.)의 지진재해 예측방법 중 최대지반가속도 값을 이용하는 방법인 결정론적 방법을 적용하여 경주지역의 지진재해를 예측하여 보았다. HAZUS는 미국지역의 지진을 전제로 개발된 시스템이므로, 이 방법에서는 미국지역의 서부 또는 중동부 지진 감쇠현상과 맞게 유도된 감쇠식을 적용하게 되어있다. 따라서 국내의 몇 가지 지진자료와 감쇠식을 비교하여 국내 지진현상과 적절히 부합하다고 선정된 국내의 감쇠식과 가장 유사한 유형을 보이는 미국 서부지역을 위한 감쇠식인 Sadigh et al. (1997)의 Site Class B(Rock) 또는 Site Class D(Deep Firm Soil)를 중점적으로 이용하여 경주지역의 지진재해를 예측하였다.

2. 강진동 감쇠식

지진이 발생하면 특정지역의 지반과 지질의 특성에 따라 지진동이 다른 양상으로 발생하는데, 이는 일반적으로 진원으로부터 거리가 멀어짐에 따라 감쇠되고 여러 변수에 따라 다르게 나타난다(김성균 등, 1999). 이렇게 지역에 따라 상이하게 반응하는 지진동의 감쇠특성을 식으로 표현한 것이 강진

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

** 정회원 · 한국해양연구원 해양자원연구본부 · 선임연구원

*** 한국해양연구원 책임연구원

동 감쇠식이다(FEMA, 2006). 미국의 경우 Rocky 산맥을 중심으로 서부(Western United States, WUS)와 중동부(Central and Eastern United States, CEUS)로 나눈 후 각 지역특성을 고려하여 여러 강진동 관계식을 제시하였다. HAZUS의 결정론적 방법에서는 서부의 경우 8개의 감쇠식, 동부의 경우에는 5개의 관계식을, 이 외 몇 가지 감쇠식에 서로 다른 가중치를 준 후 조합한 식을 적용할 수 있다(FEMA, 2006). 본 연구에서 한반도 지진현상과 부합하는 감쇠식 선정에 위해 서부식을 위한 감쇠식으로 Boore et al.(1997), Campbell and Bozorgnia(2003), Sadigh et al.(1997), Abrahamson and Silva(1997)를 고려하고, 중동부지역을 위한 감쇠식으로 Atkinson and Boore(1995), Toro et al.(1997), Campbell(2003)의 감쇠식을 중점으로 고려하였다.

한반도의 지진동 관계식은 지진자료와 부지특성을 이용하여 식을 유도한 사례가 있다. 본 연구에서 고려하는 감쇠식은 노명현과 이기화(1995), 박동희 등(2001), 연관희 등(2005), 그리고 조남대와 박창업(2003)의 연구에서 유도한 감쇠공식을 고려하였다. 본 연구에서 고려된 감쇠식에 대한 참고문헌은 강수영 등(2007)에 자세히 수록되어있다.

3. HAZUS의 결정론적 방법과 적용

본 연구에서는 HAZUS의 결정론적 방법을 사용하기 위하여, 우선 한반도의 감쇠식에 관한 기존연구에서 제시하고 앞서 언급한 여러 감쇠식 및 근래 관측된 지진자료와 비교한 후 그 유형이 가장 유사한 관계식을 선별하였다. 이렇게 선별한 국내 감쇠식과 HAZUS에서 지원하는 미국의 감쇠식 중 가장 잘 부합하는 식을 선정하고, 이 식을 HAZUS의 결정론적 방법에 적용하여 경주지역의 지진재해를 예측하였다.

HAZUS의 결정론적 방법을 이용하기 위한 감쇠식 선정에 필요한 지진의 규모, 거리, 주파수, 진원의 깊이에서 규모는 강진(M=6.7, 서기 779년 경주지진), 중진(M=4.9, 2007 오대산지진), 약진(M=3.0, 지진다발지역 경상도의 약한 지진)을 고려하였다. 주파수는 1.0, 5.0, 10.0 Hz로 설정하고, 거리는 120 km까지 참고하였으며, 진원의 깊이는 10 km, 지질의 특성은 Site Class B(Rock)과 Site Class D(Deep Firm Soil)를 적용하였다.

우리나라의 지진동 유형과 가장 유사한 미국의 관계식을 살펴본 결과, 서부식인 Sadigh et al.(1997)의 식에 Site Class B(Rock) 또는 Site Class D(Deep Firm Soil)를 적용한 결과가 가장 비슷한 유형을 보이는 것으로 나타났다. 따라서 이번 연구에서는 HAZUS의 결정론적 방법을 사용하기 위해 미국 서부식인 Sadigh et al.(1997)의 식을 적용해 보기로 하였다(그림 1).

4. 결과 및 결론

HAZUS의 결정론적 방법에 Sadigh et al.(1997)의 식에 Site Class B(Rock)을 사용하여 경주인근 지역의 지진재해를 예측해본 결과 만약 서기 779년에 발생하여 가장 큰 인명피해를 유발하였던 지진이 같은 지역에서 같은 크기인 규모 6.7의 지진이 2005년도에 다시 발생한다면, 경주 인근지역의 전체 주택수 436,282 동 중에서 68,176 동의 주택에서 중간규모 이상의 피해가 발생할 수 있다. 이 중에서 약 1,668 동의 주택은 완전히 붕괴될 가능성이 있다. 지진발생 하루 후 연구지역의 전체 396 곳의 병원 중 약 380 곳에서 50 % 이상의 정상적인 기능으로 환자를 돌볼 수 있고, 학교, 경찰서, 소방서는 경주지역 내에 위치하는 모든 기관에서 제 기능을 할 수 있다. 이 지진으로 999건의 화재 발생가능성이 있고, 이로 인해 65,108 명이 화재에 노출될 수 있다. 또한 이 지진은 7,132 가구가 피해를 입어 약 2,939 명의 이재민을 발생시킬 수도 있다. 만약 새벽 두시에 이 지진이 발생한다면, 약 75 명이 사망할 수 있으며, 약 113,819,080,000 원 정도의 주택관련 손실액도 발생할 수 있다(그림 2와 3).

향후 연구에서는 더욱 양질화된 연구를 위하여 보충하고 고려해야 할 사항으로, HAZUS의 결정론적 방법 사용을 위해 입력한 단층, 각도, 깊이를 시스템의 기본 설정 값 대신 지진의 실질정보를 입력해야 한다. 우리나라 감쇠현상을 고려한 감쇠식 연구에 일괄된 지질정보를 입력하는 것 외에 연구지역

의 정확한 지질도를 이용하는 것이 중요하다. 이러한 정보 외에 건축물 또는 구조물, 공공시설물과 처리시설물 등의 재료나 건축방식, 높이와 넓이 등도 보다 정확한 최신자료로 대체해야 한다. 만약 이번 연구와 같이 우리나라와 유사한 감쇠현상을 보이는 미국의 감쇠식을 선정하여 연구지역의 실질적인 지질정보를 사용하지 않은 경우에는 여러 감쇠식을 이용하여 얻은 재해예측을 재해가능성 범위로 나타내는 방법도 생각해볼 수 있겠다. 이번 연구로 인한 또는 향후 진행될 지진재해 예측결과는 우리나라의 지진재해를 저감할 수 있는 계획단계에서 적극 활용될 수 있기를 기대해본다.

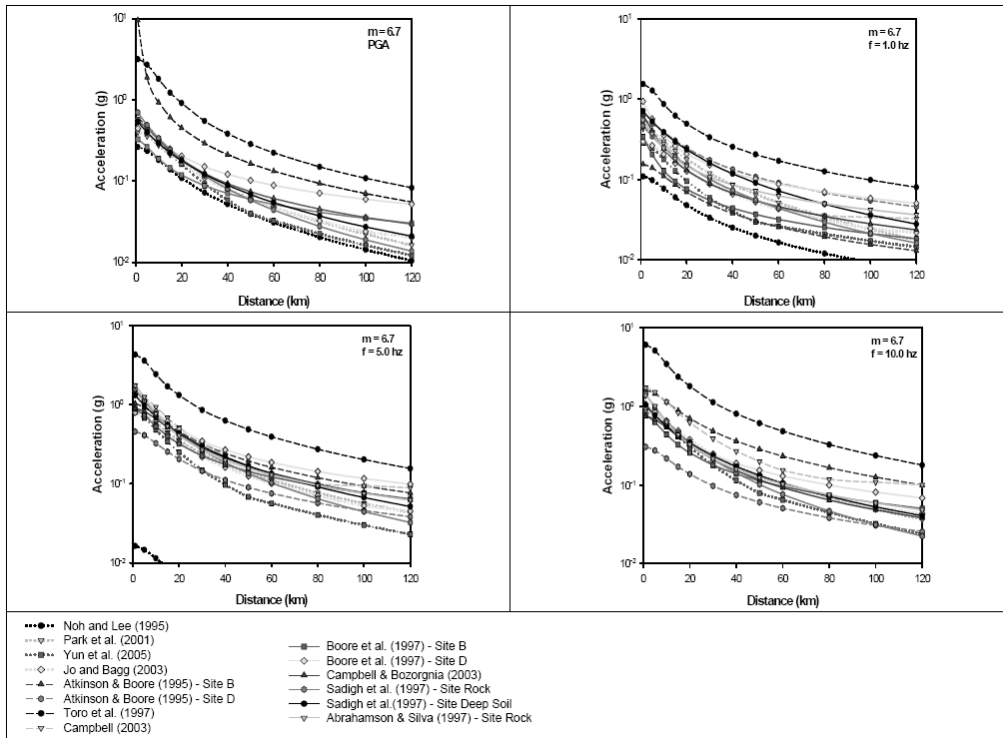


그림 1. Ground shaking with different attenuation functions at magnitude 6.7

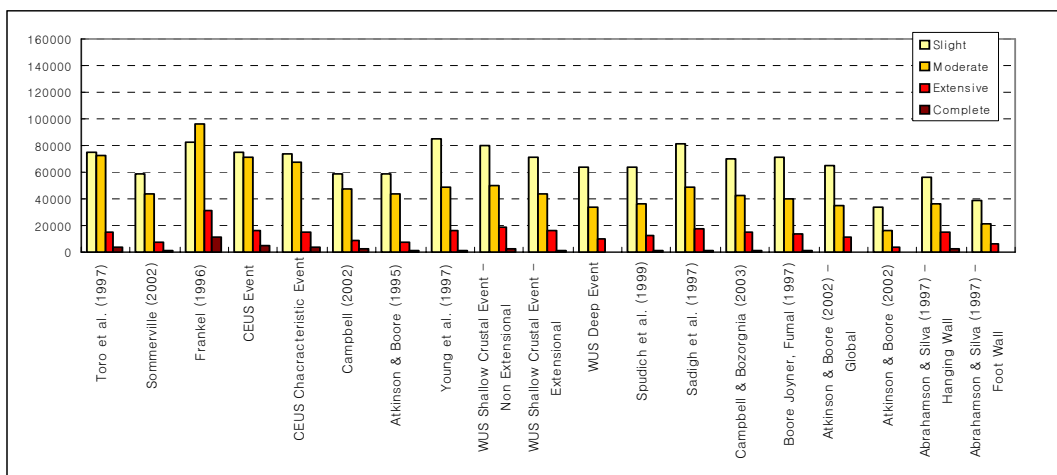


그림 2. House damages in Gyeongju area based on different attenuation relations (M=6.7, Site Class B).

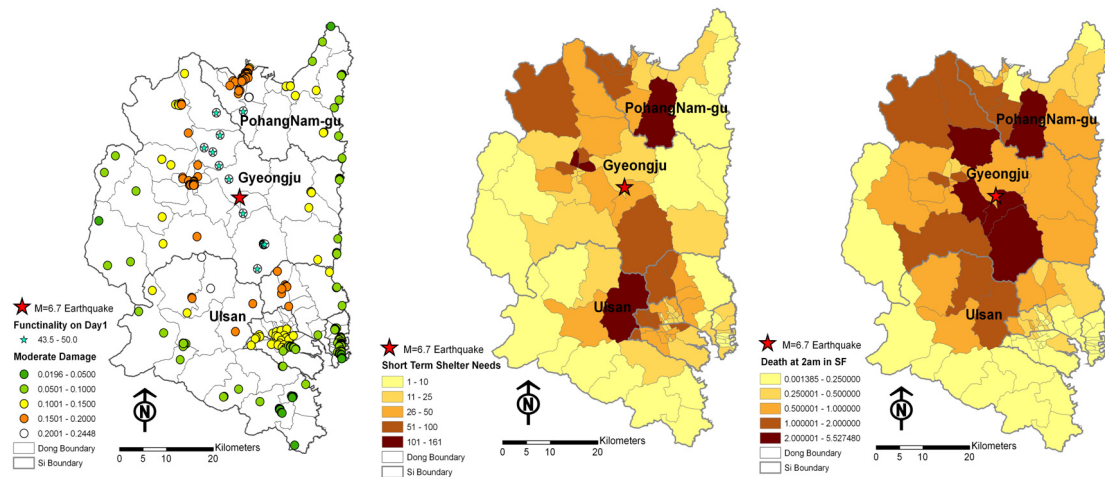


그림 3. Hospital damage, Short term shelter needs, and Causality probability in Gyeongju area by M 6.7 earthquake with Sadigh et al. (1997) attenuation relation accepted for site class B.

감사의 글

본 연구는 한국해양연구원 PE97605, PE97914, PM43301의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. 강수영, 김광희, 석봉출, 유혜수 (2007). “한반도 지진재해예측을 위한 HAZUS의 강진동 감쇠식 비교연구”, 한국지진공학회 논문집, 제11권, 제6호, pp.15-21.
2. 김성균 (1999). “경상분지에서의 P파 감쇠”, 지질학회지, Vol. 35, No. 3, pp223-228
3. FEMA (2006), “Multi Hazard Loss Estimation Methodology, Earthquake Model,” HAZUS-MH MR2 User Manual, Federal Emergency Management Agency.
4. Sadigh, K, Chang, C.Y., Egan J, Makdisi, F. and Youngs, R.R. (1997). “Attenuation Relationships for Shallow Crustal Earthquakes based on California Strong Motion Data,” Seismological Research Letters, Vol. 68, No. 1, pp180-189.