

지진과 감쇄식에 대한 민감도 분석 연구 (HAZUS)

오태석¹⁾, 김준경²⁾, 강익범³⁾, 유성화²⁾

¹⁾세명대학교 자원환경공학과, otae21@naver.com

²⁾세명대학교 자원환경공학과

³⁾한국지질자원연구원 지진연구센터

Sensitivity Analysis of HAZUS Results Attenuation

Taeseok Oh¹⁾, Junkyoung Kim²⁾, Ikbum Kang³⁾, Seonghwa Yoo²⁾

¹⁾Res. & Envi. Geo. Eng., Semyung Univ.

²⁾Res. & Envi. Geo. Eng., Semyung Univ.

³⁾Korea Earthquake Research Center, KIGAM

요약 : 지진위험평가를 위해 감쇄함수의 민감도를 분석하였으며 FEMA(USA)에 의해 개발된 HAZUS software를 사용하였다. 시나리오 지진은 과거 1978년 홍성지역에서 발생한 피해지진을 감안하여 홍성군지역 내에서 M_w 6.0으로 설정하였으며 연구지역은 충남 보령시를 대상으로 지진피해를 평가하였다. 지진위험평가지 감쇄함수를 3가지로 분류하여 수행한 결과 여러 유형의 건물에서 지진피해에 많은 영향이 있다는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 감쇄함수는 지진위험평가에 있어서 매우 중요한 요소라 판단된다.

주요어 : 지진위험평가, 보령, 감쇄함수

Abstract : This study analysed the sensitivity of the attenuation functions for the seismic hazard estimation. For the seismic hazard estimation, this study used HAZUS software, which is developed originally by FEMA(USA). The scenario earthquake ($M_w=6.0$) is located the Hongsung area, where one of the recent macro earthquakes occurred in 1978. The area for seismic hazard estimation is assumed to be Boryung city in Choongnam-do. Three attenuation functions were applied for the sensitivity analysis. The results show that the attenuation functions have much influences on the seismic hazard on the various types of buildings. Therefore the attenuation function is very important factor for the seismic hazard estimation.

Keywords : seismic hazard estimation, Boryung, attenuation function

1. 서론

한반도는 안정된 대륙판 내부에 위치하고 있어 이웃나라인 일본이나 대만에 비해 발생 규모 및 발생 빈도가 낮은 편이나 과거 역사지진과 해외의 피해 사례를 통해 한반도 역시 지진재해로부터 결코 안전하다고 판단할 수 없다. 2004년 12월 서남아 지진으로 인한 지진 피해 등을 접하게 되면서 지진대비가 소홀하거나 발생가능 지진의 크기를 과소

평가하면 큰 피해가 발생할 수 있음을 확인할 수 있었다. 따라서 한반도의 지진 활동에 대한 연구가 필요하며 대규모 지진 발생시를 위해 종합적인 지진재해평가에 대한 연구가 필요하다.

해외 연구 사례를 살펴보면 미국의 경우 미국 재난 관리청인 FEMA(Federal Emergency Management Agency)에서 개발한 HAZUS는 지진 발생 위치, 규모, 연구 대상지역의 건물구조의 형태 및 건물의 용도, 인구 밀도 및 연구지역의 지질 등의 재해 손실을 추정하기 위한 다양한 자료를 입력함으로써 연구 지역의 지진 피해 정도를 추정할 수 있는 software이다. HAZUS를 통해 예상할 수 있는 지진피해는 직접적인 물리적 피해(건물피해, 교통관련 Lifeline, 생활관련 Lifeline)와 2차 물리적 피해(화재, 댐 및 제방 붕괴, 침수), 인명피해 및 지진피해 후 중장기적인 경제손실 평가 등의 간접적인 손실을 예측할 수 있다. 대만의 경우 HAZUS의 다양한 기능을 바탕으로 개발한 대만의 지진피해예측 프로그램인 TELES(Taiwan Earthquake Loss Estimation System)를 활용하여 지진발생시 피해정도를 예상하고 있으며 지진발생시 행동요령 및 지진재해 발생에 대한 피해복구 방안 등과 같은 지진재해대책 수립의 자료로 이용하고 있다. 국내의 경우 충남 지진대비 세부 종합대책 수립 연구, 서울시 지진대응모델 개발에 관한 연구 등이 있으나 아직 미흡하며 종합적 지진 피해를 추정할 수 있는 시스템 또한 아직 없는 실정이다.

따라서 이번 연구에서는 미국의 HAZUS를 바탕으로 개발한 대만의 TELES를 활용하여 충남 홍성지역의 지진 피해 추정으로 건물의 구조별 및 용도별 피해와 인명피해 정도를 분석하였다. 연구 순서는 우선 연구대상지역을 선정하였다. 연구대상지역 내 건축물은 용도별로 23개 항목으로 분류를 하였으며, 구조별로 16개 항목으로 구분하여 분류를 하였다. 또한 토질에 따라 3등급으로 나누었다. 그리고 역사지진 및 계기지진 자료와 단층 자료를 바탕으로 하여 시나리오 지진의 규모와 위치를 결정하였다. 다음으로 구조물의 역량곡선과 취약도곡선을 이용하여 건축물의 피해정도를 결정하였다. 끝으로 건축물피해 정도와 인명피해 정도를 GIS software를 이용하여 그림으로 도시하였다. 이번 연구는 연구대상지역의 지진피해정도를 적용하여 계산했다는 것에 의의를 둘 수 있다. 보다 의미있는 결과값을 도출하기 위해서는 향후 국내 건축물 실정에 맞는 구조물의 역량곡선과 취약도곡선, 국내 지반특성을 고려할 필요가 있다고 판단된다.

2. 연구방법

TELES는 대만 지진피해평가 프로그램으로 미국 재난 관리청인 FEMA(Federal Emergency Management Agency)에서 개발한 HAZUS(Hazard U.S.) 프로그램의 다양한 기능을 바탕으로 개발되었다.

그림 1과 같이 분석 Modules은 PESH(Potential Earth Science Hazard) 분석, 직접적인 1차 피해 분석, 간접적인 2차 피해 분석, 사회경제적 손실 분석과 같이 4가지로 분류되어 있다. 각 Module은 상호 보완적으로 되어있어 한 Module의 출력자료는 다른 Module의 입력자료로 사용될 수도 있다.

건물의 분류는 건물피해와 사상자를 예측하기 위해 구조별, 내진설계별, 용도별로 나누어 구분한다. 건물의 구조별 및 용도별 분류는 각각 15 및 23종류로 분류하였다. 내진설계기준(Seismic Design Level)에 따라 다시 High-code, Moderate-code,

Low-code, Pre-code로 분류되며 분류된 건물은 건축연도, 지진발생지역, 부지 효과 등에 의해 총 Floor면적 단위(m²)로 계산되며 과세자료를 이용하여 조사하였으며 건축물에 대한 피해는 용도별 및 구조별에 대해 피해정도를 계산하였다. 또한 Day-time과 Commute-time에서의 인명피해 분석에 있어서는 건물의 붕괴에 대해서만 계산을 하고 화재, 댐 붕괴, 교각 붕괴 등에 의한 인명피해는 고려하지 않았다.

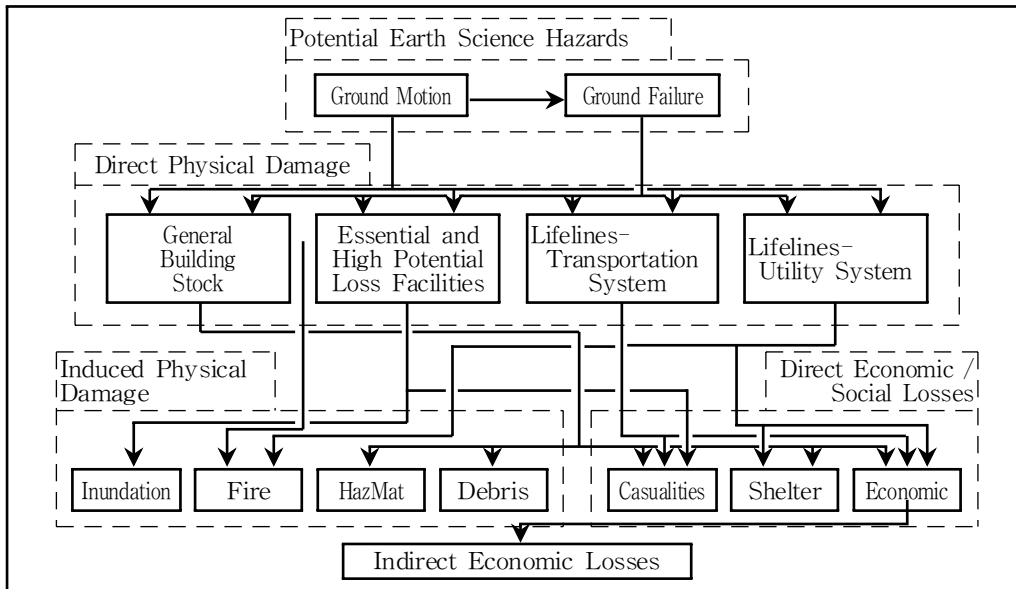


그림 1. 분석단계 Module

2.1 연구대상지역

과거 1978년 충청남도에서 발생한 홍성지진은 해방 이후 한반도에서 가장 큰 피해지진으로 기록되고 있다. 그리고 역사지진기록에 의하면 1400년 이후 발생한 지진 중 최대피해지진은 1594년 홍성에서 규모 최대 6.0까지 평가되는 지진이 발생되기도 하였다. 충청남도 지역은 역사 및 계기지진기록을 통해 한반도에서 지진활동이 활발한 지역임이 증명되었다. 특히 홍성은 남한 유일의 피해지진을 경험한 지역으로 과거 활발한 지진활동이 있었음을 알 수 있었으며 현재에도 한반도에서 가장 활발한 지진다발지역의 하나로 꾸준한 지진활동이 전개되고 있음을 알 수 있다. 따라서 이번 연구에서는 홍성군에서 인접한 보령시를 연구지역으로 선정하여 연구를 실시하였다.

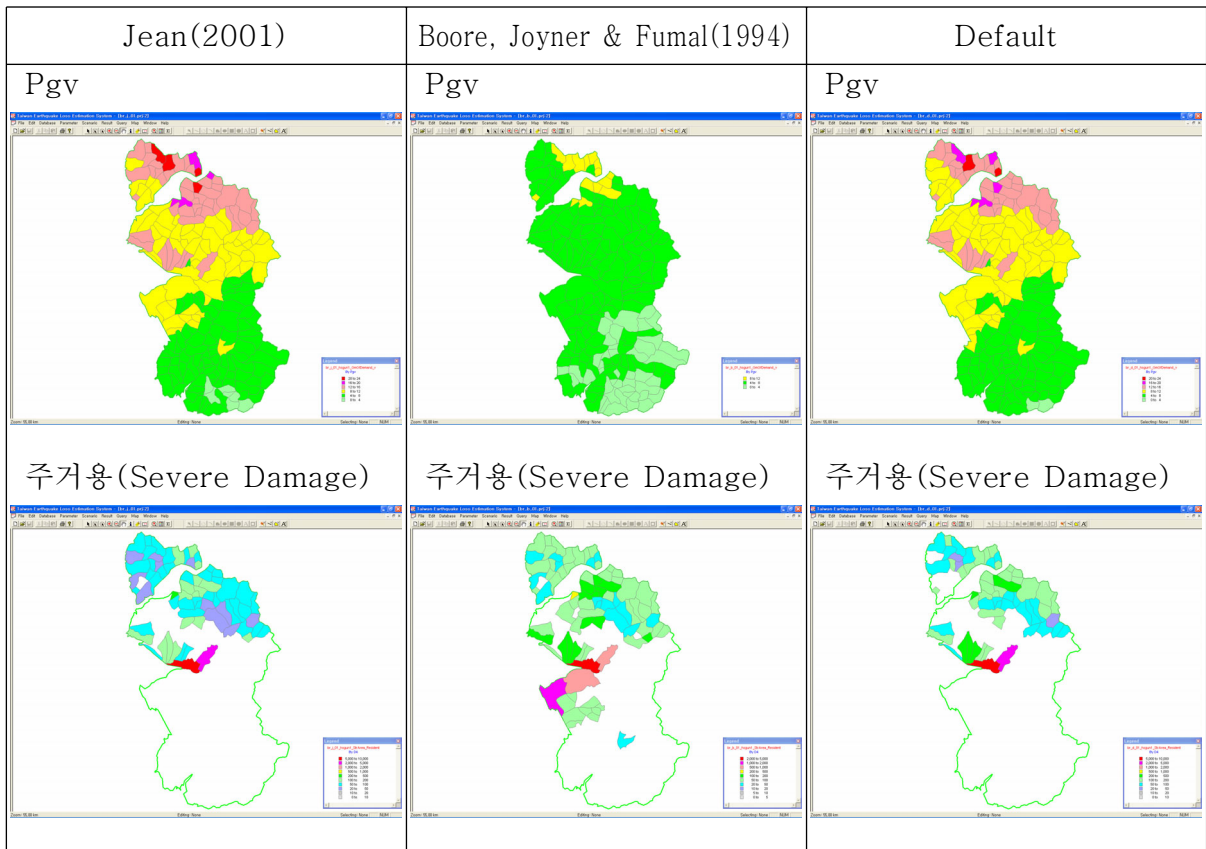
2.2 Database 구축

Database는 연구대상 지역인 충청남도 홍성, 예산, 보령에서 기본적인 자료를 구축하였다. 인구조사와 함께 건물에 대한 Database를 구축하였는데 각 연구지역에서 읍·면·리별로 건물의 구조별 및 용도별 건물 면적에 대한 조사를 실시하여 이를 토대로 지진피해를 예측하였다. 또한 지진파는 지반의 지질 특성에 의해 파가 심하게 증폭되기도 함에 따라 지반 지질 특성을 고려하였다. 이번 연구에서는 표토층의 깊이를 기초로 지반지질을 대체로 1로 분류되는 경암(Hard Rock), 2로 분류되는 보통암(Rock), 3으로 분류되는 연암(Soft Rock)으로 3단계로 구분하여 Soil Type을 결정하였다.

3. 연구결과

충청남도는 1978년 10월 7일 홍성지역에서 지진규모 약 5.0지진이 발생하여 남한 최대지진피해를 경험하였으나 역사지진기록연구에 의하면 1400년 이후 발생한 역사지진 중 피해가 제일 큰 지진은 1594년 7월 20일(조선 선조왕 27년)에 발생한 지진으로 지진규모 6.0까지도 평가되기도 하였다. 이러한 점을 감안하여 홍성지역에서 규모 6.0 지진을 발생시켜 지진피해를 예측하였다. 지진원인 단층을 가상하여 깊이 10km의 진원요소와 길이 3km, 넓이 1km, 주향 20° 와 경사 40° 인 단층면을 지진원 주변으로 생성하였다.

TELES를 통해 보령시에 대해 용도별, 구조별 건물피해와 인명피해 결과를 각각 산출하였다. 피해 결과 산출시 attenuation function을 달리하여 피해정도를 계산하였다. 지진피해예측 중에서 용도별 건물피해는 주거용 건물피해, 상가용 건물피해를 도출하였고 구조별 건물피해는 콘크리트 건물피해와 조적조 건물의 피해를 도출하였다. 인명피해는 Severity2에 대해서 Day-time과 Commute-time으로 구분하여 피해를 참조하였다. <그림 2>에서 확인할 수 있는 바와 같이 Jean은 대만의 attenuation function이며 Boore, Joyner & Fumal는 미국 서부의 attenuation function이다. 결과값들중에서 Pgv 값을 비교해보면 Jean(2001) 및 Default 값은 Boore, Joyner & Fumal(1994) 보다 비교적 높은 값의 분포를 보이고 있다. 또한 보령지역에서 인구밀도가 높은 시내지역에서 주거용, 상가용, 콘크리트, 조적조, 인명피해 모두 피해정도가 높게 나타나고 있다.



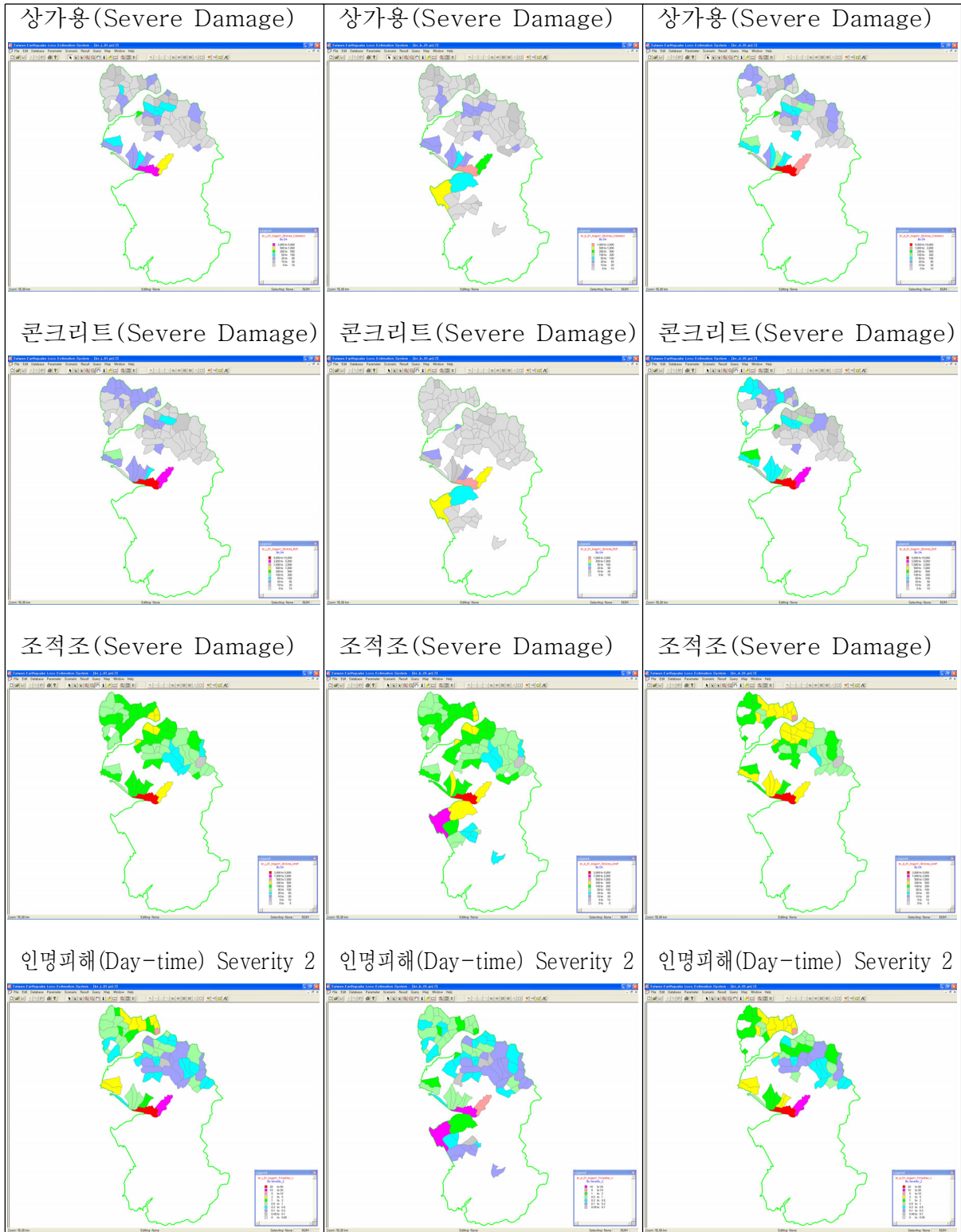


그림 2. 보령시의 Pgv 및 피해정도

각 attenuation function 중에서 Boore, Joyner & Fumal(1994)의 결과값이 다른 결과값들보다 다소 낮은 결과값을 보이고 있으나 피해면적면에서는 다소 넓게 나타나고 있다는 것을 확인할 수 있다. 또한 Jean(2001) 및 Default의 경우 비교적 유사한 값의 분포를 보이고 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 TELES Program을 이용하여 attenuation function에 따라 피해정도에 대하여 분석을 하였다. 분석 결과 Boore, Joyner & Fumal(1994)과 Jean(2001) 및 Default에서의 결과값의 차이가 다소 나타나고 있다는 것이 확인되었다. 또한 용도면에서는 주거용건물에, 구조면에서는 조적조건물에 대해 모든 경우에서 일관성 있게 피해정도가 높게 나타나고 있다. 따라서 향후 국내 실정에 맞는 attenuation function과 연구대상지역에 대한 lifeline 자료 등을 이용하여 지진재해평가를 실시하면 보다 유용한 결과값이 도출될 것이라 판단된다.

참고문헌

충남 지진대비 종합대책 수립 연구, 2002, 충청남도

HAZUS99 user manual, 1999, FEMA

HAZUS99 technical manual, 1999, FEMA

Raffaella Codermatz, Rinaldo Nicolich and Dario Slejko, 2003, Seismic risk assessments and GIS technology: applications to infrastructures in the Friuli-Venezia Giulia region (NE Italy), *Earthquake Eng- ng Struct.* Vol.32, PP. 1677-1690.