

HAZUS를 이용한 충청지역의 지진피해 연구 The Seismic Hazard Study on Chung-Nam Province using HAZUS

강 익 범* / 박 정 호**
Kang, Ik Bum* / Park, Jung-Ho**

Abstract

HAZUS developed by FEMA is applied to estimation on seismic hazard in Chung-Nam Province using basic data on general building, population, and geology of well-logging. Through the investigation on historical and instrumental earthquakes in Korean Peninsula seismic hazard is estimated in Chung-Nam Province in two ways for calculation of acceleration, deterministically and probabilistically. In deterministic method seismic hazard in Chung-Nam Province is estimated by generation of the maximum event that occurs in Hongsung and has magnitude of 6.0. According to the result, Hongsung Gun, Yesan Gun, and Boryung City are the most severe in building damage. The expected number of people who need hospitalization in Hongsung Gun and Yesan Gun due to the earthquake are 1.1 and 0.4, respectively. In probabilistic(return period of 5,000 year) method seismic hazard in Chung-Nam Province is estimated. According to the result, Gongju City is the most severe in building damage. The expected number of people who need hospitalization in Gongju City and Nonsan City due to the earthquake are 0.1 and 0.15, respectively.

Key words : historical earthquake, instrumental earthquake, seismic hazard, acceleration, return period

요 지

미국 재난 관리청인 FEMA에서 개발한 지진피해예측 software인 HAZUS를 충청남도 지역에 적용하여 건물·인구·시추자료 등 1차적인 data를 가지고 지진재해규모를 산정해 보았다. 이번 연구에서는 과거 충청지역에서의 역사지진기록과 계기지진기록을 조사하여 가상최대지진 및 지진재래주기별 최대가속도 값을 계산한 후 지진피해를 산정하였다. 홍성에서 가상지진(지진규모 6.0)을 발생시켜 결정론적 방법에 의해 충청지역 용도별·구조별 건물과 인명피해를 계산하여 지진피해를 예측한 결과 주거용·상가용·콘크리트 건물은 모두 홍성군·예산군·보령시가 피해가 가장 심한 지역으로 나타났다으며 인명피해는 통원 및 입원치료에 해당되는 부상정도가 홍성 및 예산에서 군 인구당 각각 1.1명 및 0.4명꼴로 나타났으며 확률론적 방법(5,000년 재래주기)에 의해 충청지역 용도별·구조별 건물과 인명피해를 계산하여 지진피해를 예측한 결과 대체로 주거·상가·콘크리트 건물피해는 공주 지역의 지진피해가 높은 것으로 나타났으며 인명피해는 통원 및 입원치료에 해당되는 부상정도가 공주시·논산시가 가장 심한 지역으로 나타났으며 각각 시 인구당 0.1명꼴·0.15명꼴로 나타났다.

핵심용어 : 역사 지진, 계기 지진, 지진피해, 가속도 값, 재래주기

* 정회원, 한국지질자원연구원 선임연구원

** 정회원, 한국지질자원연구원 연구원

1. HAZUS 개요

미국 재난 관리청인 FEMA(Federal Emergency Management Agency)에서 개발한 HAZUS(Hazard U.S.)는 지진 발생 위치와 규모와 연구 대상지역의 건물 구조 형태 및 건물용도, 인구 밀도, 그리고 연구지역의 지질 등 재해손실을 추정하기 위한 다양한 자료를 입력함으로써 연구 지역의 지진 재해 피해 정도를 추정 할 수 있는 software이다. HAZUS는 연구대상지역의 행정구역별 지도 등을 그리기 위해서 GIS software를 이용하게 되는데 두가지 상업용 software인 MapInfo와 ArcView가 사용되며 이를 이용 지역별 지진피해를 산정하게 된다.

1.1 지반 가속도값 계산

HAZUS에서는 지하지반운동의 최대가속도값을 계산하기 위한 방법으로 결정론적·확률론적·임의적 방법을 이용한다. 결정론적 방법(scenario earthquake)은 연구대상지역에서 과거 역사 지진 자료 및 계기 지진 자료를 조사하여 최대지진규모를 산정하고 이러한 지진을 발생시키고 지반지질(site effect), 감쇠전달(attenuation), 단층(fault)등을 고려하여 최대지반가속도 값을 계산하는 방법이며 확률론적 방법(probabilistic seismic hazard)은 연구대상지역에서 과거 역사 지진 자료 및 계기 지진 자료를 조사하여 재래 주기 별로 확률론적으로 최대지반가속도 값을 계산하는 방법이다. HAZUS는 또한 임의적으로 PGA(최대가속도 값) 과 가속도 스펙트럼(0.3Hz와 0.1Hz)을 계산하는 방법(user-supplied)을 병행하고 있다.

1.2 입력자료

지진피해예측을 위해서 필요한 입력자료로는 인구자료, 건물구조 및 면적과 건물용도 등 일반건물자료, 도로, 교량, 가스, 상하수도, 전기 등 lifeline 자료와 지질도, 지하수 심도 및 기타 지도정보 등이 필요하며 이러한 자료를 획득하기 위해서는 행정기관, 건축안전기관, 보험사, 세무서, 학교 등에서 자료조사가 필요하다.

1.3 건물피해 계산

건물피해 계산방법을 간단히 설명하면, 먼저 건물이 지탱할 수 있는 강도를 가로축 S_d (spectral

displacement)와 세로축 S_a (spectral acceleration)에 표시한 건물 capacity curve를 산정하는데 seismic-design point, yield point, ultimate point 세점을 이용하며 fragility curve를 이용하여 계산한다. 건물 피해는 structural (구조적), nonstructural(비구조적) 건물피해로 분류하여 무(none), 약(slight), 중(moderate), 강(extensive), 완전(complete)파괴로 피해 정도를 계산하며 non-structural(비구조적)건물피해는 drift-sensitive(interstory drift 관련) 및 accelerational sensitive(mechanical 장비 등(예제 : 보일러 시설)으로 구분하여 피해 정도를 계산한다.

1.4 지진피해 예측

HAZUS를 통하여 예상할 수 있는 지진피해는 다음과 같다. 첫째로 직접적인 물리적 피해를 예측할 수 있는데 이러한 것으로는 건물피해, 주요기간시설 및 군사시설피해와 도로, 철도, 공항, 교량, 상하수·oil·가스·전기 등 lifeline피해를 예측할 수 있다. 두 번째로는 1차 피해로 인해 야기될 수 있는 2차적인 물리적 피해를 예측할 수 있는데 화재, 잔해 및 위험물질, 침수, 해일, 댐 및 제방 붕괴 등이 이에 해당된다. 셋째로 인명피해를 예측할 수 있는데 사상자 예측과 행정구역에서 재난 시 필요한 대피소수 등을 예측할 수 있다. 마지막으로 지진피해 후 중장기적인 경제손실 평가 등 간접적인 손실을 예측할 수 있다.

2. 연구 대상 지역

한반도 피해역사지진의 재평가 분석에 의하면 인명과 재산에게 피해를 입힐 수 있는 지진발생횟수 만도 과거 2천 년간 약 40회, 다시 말하면 한반도에서는 50년만에 한 번 꼴로 피해지진이 발생했다고 판단하고 있다. 이러한 사실들은 과거 한반도에서 활발한 지진 활동이 있었으며, 이러한 지진 활동은 한반도에서 언제라도 재발할 수 있다라고 하는 주장을 뒷받침 해주고 있으며, 최근 기상청 지진관측자료에 따르면 한반도에 유감지진발생빈도가 증가하는 추세를 보이고 있다. 우리 나라에서 발생하는 지진들은 충남 전 지역을 포함한 주로 충남 서산-경북 포항을 잇는 폭 약 100km정도 지역에 집중되어 있으며 이중 실제로 가장 큰 규모의 지진은 1963년 동해에서 일어난 지진으로 규모가 5.8이었으나 진앙지가 바다여서 큰 피해는 없었던

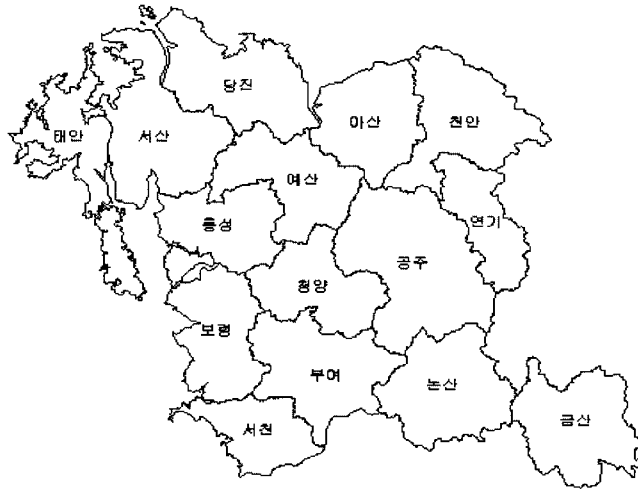


Fig. 1 Administrative Boundary of Chung-Nam Province drawn in HAZUS using MapInfo

것으로 보고되었고 1978년 충남 홍성에서 발생한 지진은 남한 최대 피해 지진으로 상당한 피해가 보고되었다. 또한 서해안 격렬비열도 부근에서도 제법 큰 규모의 지진이 발생하는 것으로 보고되고 있다. 충남 해안가를 비롯한 한반도 서해안 지역은 1995년 방사성 폐기물 처분장 건설을 위해 한반도 서해안 굴업도 부근 해역에서 정밀 해저 탐사중 대규모 지진을 야기할 수 있는 활성단층이 발견되어 처분장 건설이 취소되었던 지역으로 꾸준한 지진활동을 보여주고 있다. 1998년 10월 이후 한국지질자원연구원 자동지진분석결과에 의하면 한반도 전역에서 일어난 지진은 미소지진을 포함 약 3600회 정도가 발생한 것으로 나타났으며 이중 충청남도 및 충청남도 해역(북위 36-37도 사이, 동경 125-127.5도 사이)에서 일어난 지진은 약 500회에 이르는 것으로 나타났다. 이상과 같이 한반도 특히 충청남도 지역은 남한 유일의 피해지진을 경험한 지역으로 과거 활발한 지진활동이 있었음을 알 수 있으며 현재에도 한반도에서 지진다발지역의 하나로 꾸준한 지진활동이 전개됨을 알 수 있기 때문에 지진활동에 대한 세밀한 관측과 연구가 필요하다고 사료되어 이번 연구에서는 대상지역을 충청남도 지역으로 정하고 HAZUS software를 적용하여 지진피해를 산정하였다(Figure 1).

3. HAZUS 적용

3.1 지진동 계산

(1) 결정론적인 방법인 scenario earthquake을 이용하는 방법은 연구대상지역에서 과거 계기 및 역사지진자료를 수집하고 분석하여 가능한 최대 지진값을 산정한후 연구지역에서 최대지진을 발생시켜 지진피해를 예측하는 방법이다. 충청남도는 1978년 10월 7일 홍성지역에서 지진규모 약 5.0지진이 발생하여 해방후 남한 최대지진피해를 경험하였으나 역사지진기록연구에 의하면 1400년 이후 발생한 역사지진중 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(Figure 2).

(2) 재래주기별 확률론적 방법에서는 5,000년 (Figure 3) 재래주기에 발생할 지역별 최대지반가속도 값을 산정한 후 재래주기 5,000년에 대하여 지진피해를 예측하였다 확률론적 방법에 의한 최대지반가속도 값. 계산은 지진원요소(지진이 발생한 시각, 위치, 크기) 그리고 지하지반지질의 영향에 대한 확률론적 모델을 통한 기술하여 계산되며, 이 방법의 목적은 특정 기간에 특정 크기의 지진 효과

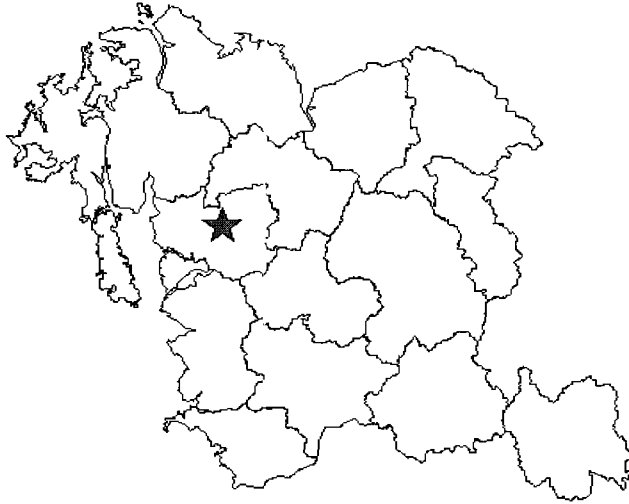


Fig. 2 Earthquake of magnitude of 6.0 generated in Hongsung for scenario earthquake

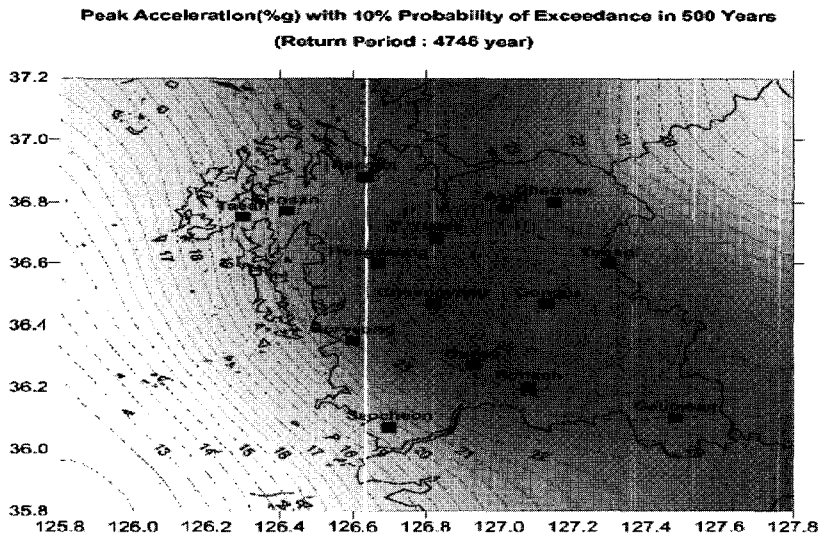


Fig. 3 PGA value in Chung-Nam Province for return period of 5,000 years

가 지하지반에 야기될 확률을 결정하는 것이라 할 수 있는데 분석에 사용되는 입력자료는 크게 지진 원요소 및 지진활동 특성, 지진파 감쇠 등 지진파 전달특성식, 지하지반지질특성 등으로 구성된다. 확률론적 최대지반가속도값 계산에서 연관거리 (Correlation Distance)로 50km를 사용하였으며 지진구역은 역사지진의 경우에는 2개로 구분하였고

계기지진에서는 1개로 하여 계산을 수행하였다. 계산 과정에서 역사지진의 경우에는 규모 4.5 이상의 지진을 사용하였고 계기지진의 경우 3.5 이상의 지진을 사용하였다. 그리고 지진의 연간발생 확률을 구할 때 사용되는 파괴규모(destructive magnitude)는 4.5로 규정하였으며 기반암을 기준으로 하여 재래주기 5000년인 경우에 대해서 충청남도의 지진재

해도를 계산하였다. 충남지역의 지진재해지도를 보면 대략적으로 두 부분으로 구분되는 것을 볼 수 있다. 금산-공주-홍성을 잇는 지역에서는 예측되는 가속도 값이 상대적으로 높고 반면에 충남의 동북 내륙 지역과, 남서 해안 지역은 작은 가속도 값을 보인다. 이는 충남과 인근 지역의 역사 및 계기 지진 발생 분포와도 상관 관계를 보이는 것이기도 하다. 한가지 특징적인 모양은 충남 내에서 계기지진이 가장 많이 관측된 홍성 지역 보다 공주지역이 지진재해도가 높게 나타난다는 점이다.

3.2 Database 구축

database는 연구대상 지역인 충청남도 지역에서 기본적인 자료를 구축하였다. 인구조사와 함께 건물에 대한 database를 구축하였는데 충청남도 지역에서 군별로 건물의 구조(콘크리트, 목조, 조적조), 건물용도(단독주택, 아파트, 학교, 병원, 기타 등) 및 건물 면적에 대한 조사를 실시하여 이를 토대로 지진피해를 예측하였다.

지진파는 지반의 지질 특성에 의해 파가 심하게 증폭되기도 함에 따라 HAZUS는 지반 지질 특성 고려(지질 특성에 따라 A, B, C, D, E, F 6개로 분류)한다. 이번 연구에서는 연구대상지역에서의 약 1,800곳의 시추자료(Figure 4)를 이용하여 표토층의 깊이를 계산하여 table로 작성하였고 표토층의 깊이를 기초로 지반지질을 대체로 A로 분류되는 경암(hard rock), B로 분류되는 보통암(rock), C로

분류되는 연암(soft rock), D로 분류되는 풍화암(stiff soil or weathered rock), E로 분류되는 퇴적층(soft soil)으로 구분하여 soil type을 결정하였다. 충남지역은 표토층이 대체로 C에 해당되는 연암지질로 분류되었으나 서해와 접하고 있는 해안지역인 보령, 당진, 서천군에서는 풍화암지질로 분류되어 HAZUS 입력자료로 사용되었다.

3.3 충남지역에서의 예상피해산정

이번 충청남도 지역에서의 지진피해 예측은 2가지 방법으로 지반의 최대가속도 값을 결정한 후 실시하였다. HAZUS에서는 다양한 지진피해 출력결과를 산출하는데 이러한 다양한 출력결과 중에서 용도별, 구조별 건물피해와 인명피해결과를 도출하였다. 용도별 건물피해는 주거(Residential)피해, 상가(Commercial)피해를 도출하였고 구조별 건물피해는 콘크리트 건물에 대한 피해만을 참조하였다. 인명피해는 생명에는 지장이 없으나 통원치료 및 입원치료에 해당되는 부상(HAZUS에서는 이를 severity 2로 분류)을 입은 경우에 대한 피해를 참조하였다.

(1) 가상 시나리오(결정론적 방법)에 의한 지진 피해 예측

역사지진과 계기지진연구에 의하면 충청남도는 홍성지역에서 최대 지진규모 6.0으로 평가되는 지진이 발생한 것으로 조사됨에 따라 홍성지역에서

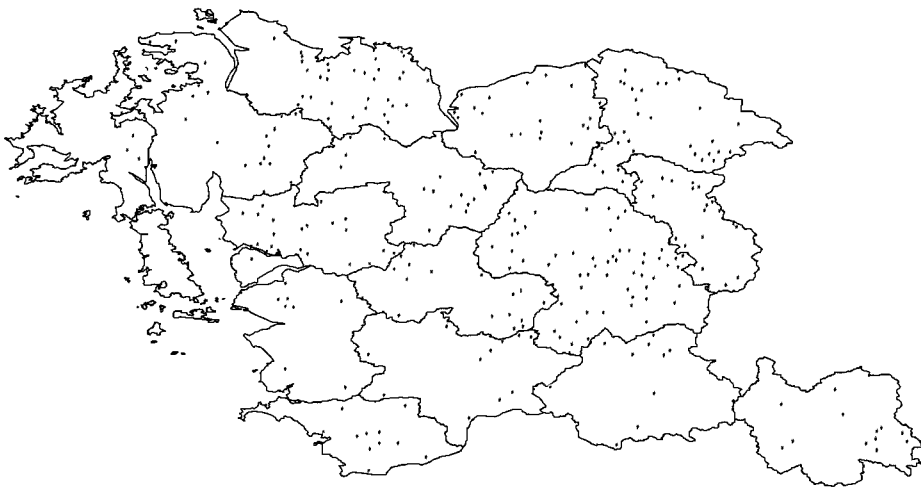


Fig. 4 Location of 306 from about 1836 Well-logging used for this research

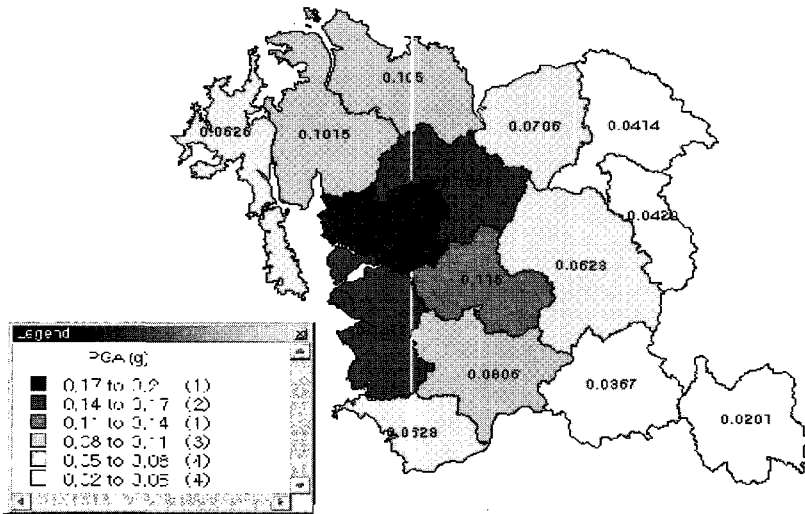


Fig. 5 PGA value calculated from the earthquake of magnitude of 6.0 generated in Hongsung (straight line represents the N-S strike-slip faults in Hongsung)

규모 6.0의 가상지진(깊이 10Km의 남북방향 주향이동단층)을 발생시켜 지반지질특성을 고려한 후 최대 지반 가속도값을 계산하였고 이를 토대로 건물, 인명에 대한 지진피해를 예측하였다. 예측된 결과는 다음과 같다(건물피해 그림에서 표시된 수치에 100을 곱하여 나온 결과는 각행정구역에서 100개의 건물 중에 피해를 입을 건물의 개수를 나타낸다).

① 최대가속도값 계산 결과 : 입력 지진에 대한 감쇠식은 HAZUS default값인 West Coast 감쇠식

을 적용하였다. Table 1, 2에서는 단주기와 1초 주기에서 지반종류(site condition)에 따라 적용된 증폭비율이 제시되어 있다. 이와 같은 지반 증폭율을 적용하여 충청남도의 각 군에 대한 최대 지반속도 및 가속도를 산출하여 Figure 5, Table 3에 각각 제시하였다. 진앙이 위치한 홍성읍에서 가장 높은 0.197g의 최대지반가속도 값을 보여주고 있으며 예산군, 보령시 순으로 큰 가속도 값이 산정 되었으며 당진군, 보령시, 청양군 등은 지반 증폭효과에

Table 1. Weighting Factor for amplification on short-period response of site

PGA (g)	Sa (g)	Soil A	Soil B	Soil C	Soil D	Soil E
0.1	0.25	0.8	1	1.2	1.6	2.5
0.2	0.5	0.8	1	1.2	1.4	1.7
0.3	0.75	0.8	1	1.1	1.2	1.2
0.4	1	0.8	1	1	1.1	0.9
0.5	1.25	0.8	1	1	1	0.8

Table 2. Weighting factor for amplification on longer-period response than that of Table 1 of site

PGA (g)	Sa (g)	Soil A	Soil B	Soil C	Soil D	Soil E
7.5	0.2	0.8	1	1.6	2	3.2
11.25	0.3	0.8	1	1.5	1.8	2.8
15	0.4	0.8	1	1.4	1.6	2.4
18.75	0.5	0.8	1	1.3	1.5	2
0.5	1.25	0.8	1	1	1	0.8

Table 3. Epicentral distance and PGA value calculated from the earthquake of magnitude of 6.0 in Hongsung

시,군	토양분포	진앙 거리 km	Spectral Velocity @ 0.3 sec (in/sec)	Spectral Velocity @ 1.0 sec (in/sec)	PGV (in/sec)	PGA (g)
서산	3	26.9	3.237	4.702	2.850	0.102
당진	4	34.3	3.365	5.304	3.215	0.105
홍성	3	10.0	6.234	8.471	5.134	0.197
예산	3	14.8	5.147	7.135	4.324	0.162
아산	3	37.7	2.267	3.410	2.067	0.071
천안	3	56.6	1.349	2.134	1.293	0.041
보령	4	25.8	4.502	6.895	4.179	0.141
청양	3	23.3	3.695	5.296	3.210	0.116
공주	3	41.8	2.006	3.054	1.851	0.062
연기	3	55.3	1.395	2.200	1.333	0.043
서천	4	51.7	2.036	3.371	2.043	0.063
부여	4	42.8	2.600	4.202	2.547	0.081
논산	3	61.6	1.200	1.920	1.164	0.037
금산	3	90.4	0.667	1.130	0.685	0.020

* 토양분포 3은 C, 4는D 에 해당됨

의하여 같은 거리에 위치한 지역보다 지반 최대 가속도 값이 크게 산정된 것을 알 수 있다.

② 주거용 건물피해: 주거용 건물 즉 단독주택, 아파트 등에 대하여 구조적으로 중간정도의 피해를 입을 확률을 시/군별로 Figure 6에 도시하였다. 피해예측결과 지반가속도값이 높은 홍성군을 중심으로 예산군, 보령시가 중간정도의 주거용 건물피해가 높은 지역으로 나타났다.

③ 상가용 건물피해: 상가용 건물에 대한 예상 피해는 주거용 건물피해와 비슷한 양상으로 홍성군, 예산군, 보령시가 중간정도의 건물 피해가 높은 지역으로 나타났다.

④ 콘크리트 건물피해: 콘크리트 구조 건물에 대한 예상 피해는 주거용 및 상가용 건물피해와 비슷한 양상으로 홍성군, 예산군, 보령시가 중간정도의 건물 피해가 높은 지역으로 나타났다.

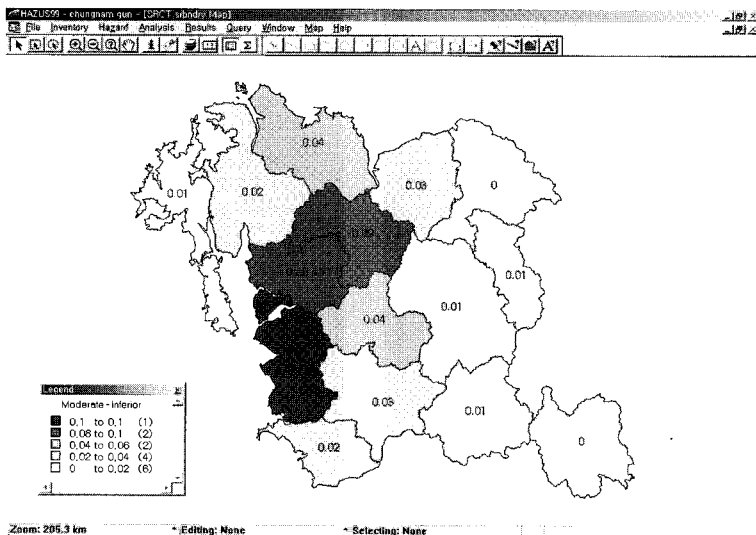


Fig. 6 Censor-tracking distribution of moderate damage on residential buildings in Chung-Nam Province

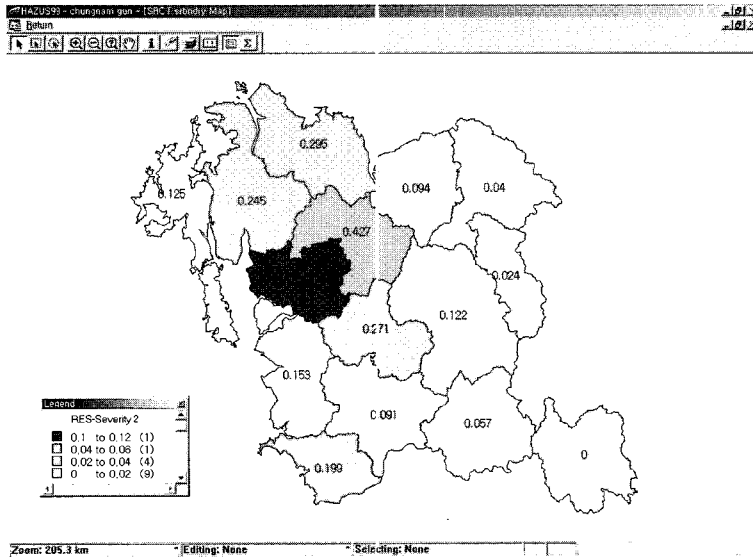


Fig. 7 Censor-tracking distribution on casualties(severity2) in Chung-Nam Province

⑤ 인명피해(severity2): 가상지진에 대한 부상정도 severity2에 대한 피해 예측 결과를 Figure 7에 도시하였는데 가속도가 높은 홍성군을 중심으로 인명피해가 다른 지역보다 상대적으로 높은 것으로 나타났다.

결정론적 방법에 의하여 건물용도별(주거용, 상가용)과 구조별(콘크리트구조)에 대한 예상 피해를 HAZUS를 이용하여 산정한 결과 가상지진의 진앙이 위치한 홍성군이 가장 높고, 홍성군에 인접한 지역 중에 예산군과 보령시의 지진 피해가 높게 나타났다. 지진피해가 높게 나타난 지역은 진앙지를 중심으로 남북방향으로 분포하고 있는데 이는 입력 지진이 남북방향의 주향이동 단층으로서 단층의 파괴 운동이 남북방향으로 진행되기 때문에 이 지역들의 피해가 높았던 것으로 판단된다. 인명피해는 생명에는 지장이 없으나 통원치료 및 입원치료에 해당되는 부상(HAZUS에서는 이를 severity 2로 분류)을 입은 경우에 대한 피해를 예측해 본 결과 홍성과 예산 지역에서 가장 높은 수치를 보였다.

(2) 5,000년 재래주기별 지진피해 예측

충청남도에서 5,000년만에 도래할 지진의 최대 지반가속도 값을 확률론적으로 계산한 후 지진피해를 예측한 결과는 다음과 같다(건물피해 그림에서 표시된 수치에 100을 곱하여 나온 결과는 각 행정구

역에서 100개의 건물 중에 피해를 입은 건물의 개수를 나타낸다).

① 최대가속도값 분포: 최대가속도 값은 공주, 청양, 예산 순으로 높은 수치로 나타났으며 그중 공주는 0.25g 이상의 가속도 값을 보여주고 있다. 충청남도 지역에서는 서해안지역(태안, 서산, 보령, 서천)의 지반가속도값이 다른 지역에 비하여 낮은 양상을 보인다(Figure 8).

② 주거용 건물피해: 주거용 건물 즉 단독주택, 아파트 등에 대하여 구조적으로 중간정도의 피해를 입을 확률을 시/군별로 다음 Figure 9에 도시하였다. 피해예측결과 공주, 예산, 논산이 주거용 건물의 중간정도(moderate) 피해가 높은 지역으로 나타났다.

③ 상가용 건물피해: 상가용 건물에 대한 예상 피해는 예측결과 아산, 천안, 공주, 예산, 논산지역이 건물의 중간정도(moderate) 피해가 높은 지역으로 주거용 건물피해와 약간 다른 양상으로 나타났는데 이는 지역별 건물 분포 양상이 다른 것에 기인한 것으로 판단된다.

④ 콘크리트 건물피해: 콘크리트 구조 건물에 대한 예상 피해는 피해예측결과 가속도 값이 높은 공주를 중심으로 주변지역의 건물피해가 높은 지역으로 나타났다.

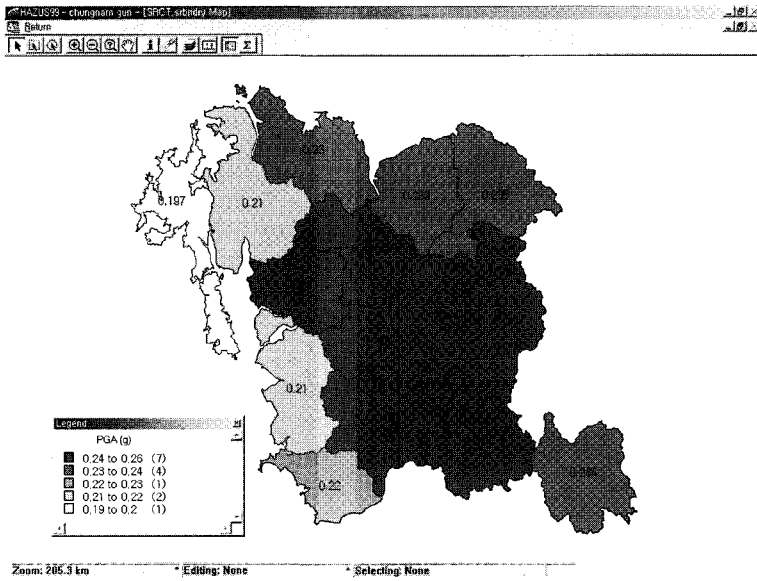


Fig. 8 Probabilistic PGA value calculated by return period of 5,000 years in Chung-Nam Province

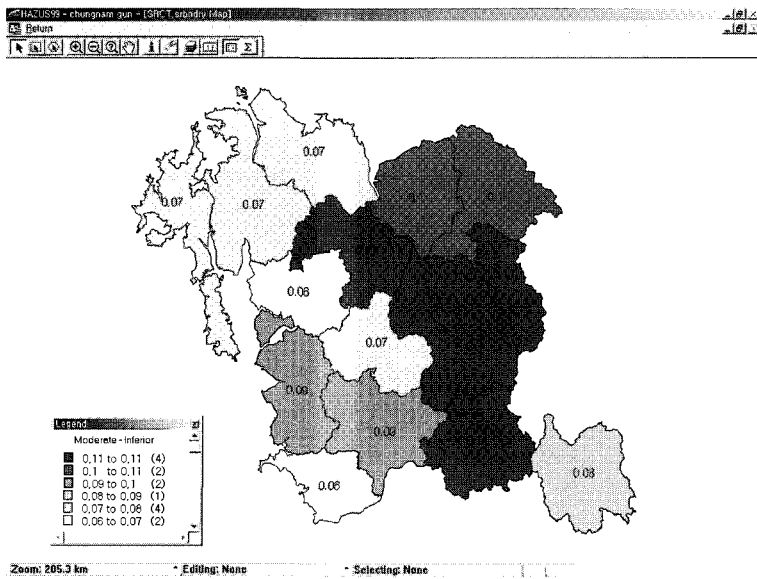


Fig. 9 Censor-tracking distribution of moderate damage on residential buildings in Chung-Nam Province for return period of 5,000 years

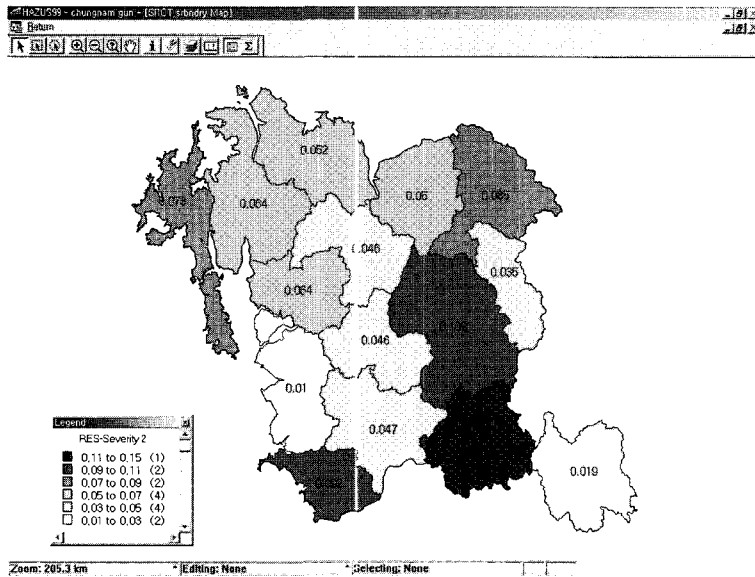


Fig. 10 Censor-tracking distribution on casualties (severity2) in Chung-Nam Province for return-period of 5,000 years

⑤ 인명피해(severity2): 가상지진에 대한 부상정도 severity2에 대한 피해 예측 결과를 Figure 10에 도시하였다. 인명피해는 논산, 공주지역이 가장 심한 것으로 예측되었다.

확률론적 방법에 의하면 건물용도별(주거용, 상가용)과 구조별(콘크리트구조)에 대한 예상 피해를 HAZUS를 이용하여 산정한 결과 가속도 값이 높은 지역인 공주, 예산, 논산, 홍성 지역의 지진 피해가 높은 것으로 나타났다. 상가용 건물에 대한 피해와 주거용건물의 피해가 서로 다른 양상을 보이는데 이는 지역별 건물 분포 양상이 다른 것에 기인한 것으로 판단된다. 서해안 지역(태안, 서산, 보령, 서천)은 입력 가속도가 낮은 관계로 다른 지역에 비하여 피해가 적은 것으로 예상되었다. 생명에는 지장이 없으나 통원치료 및 입원치료에 해당되는 부상(HAZUS에서는 이를 severity 2로 분류)을 입은 경우에 대한 피해를 예측해 본 결과 상대적으로 다른 지역보다 공주, 논산, 천안 지역에서 높은 수치가 나타나는 결과를 보였다.

4. 토의 및 결과

미국 재난 관리청인 FEMA에서 개발한 지진피해예측 software인 HAZUS를 해방이후 남한에서 유일하게 지진재해 피해를 경험한 충청남도 지역에

적용하여 건물·인구·시추자료 등 1차적인 data를 가지고 지진재해규모를 산정해 보았다. 이번 연구에서는 과거 충남지역을 포함하여 한반도 전역에서의 역사지진기록과 계기지진기록을 조사하여 결정론적·확률론적 방법을 이용 지하지반의 최대가속도 값을 계산한 후 충청남도에서 지진피해예측을 실시하였다.

결정론적인 방법에서 최대지진규모를 산출하기 위해 한반도 과거 계기 및 역사지진자료를 수집하고 분석하였는데 충청남도는 1978년 10월 7일 홍성 지역에서 지진규모 약 5.0지진이 발생하여 해방후 남한 최대지진피해를 경험하였으나 역사지진기록 연구에 의하면 1400년 이후 발생한 역사지진중 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 충남지역의 시추공자료를 반영 지하지반 표토층의 지질을 고려한 후 지진피해를 예측하였다. 확률론적 방법을 위해서 충남지역의 지진재해지도를 작성해 보았는데 최대지하지반 가속도분포는 대략적으로 크게 두 지역으로 구분되는 것을 볼 수 있다. 금산-공주-홍성을 잇는 지역에서는 예측되는 가속도 값이 상대적으로 높고 반면에 충남의 동북 내륙 지역과, 남서 해안 지역은

작은 가속도 값을 보인다. 이는 충남과 인근 지역의 역사 및 계기 지진 발생 분포와도 상관 관계를 보이는 것인데 한가지 특징적인 양상은 계기지진이 가장 많이 관측된 홍성지역 보다 공주지역에서 가속도 값이 높게 나타난 것이다. 이는 역사지진 기록의 진앙위치의 불확실성에 기인하는 것으로 여겨지는 것으로 실제의 지진활동 특성을 완벽히 반영한 계산 결과로는 볼 수 없으며 확률론적 지진재해도 계산의 단점이기도 하다. 앞으로 충남 지역의 지진 관측 자료의 축적, 활성단층 등 지진원 특성 연구 등이 계속되면 더 수정, 보완되어야 할 것이다. 특히 지진위험 예측 지역의 정밀 지질조사가 수행되어 지반특성이 완전히 파악되면 현재 기반암 중심의 재해도 계산에서 더욱 활용도가 높은 부지특성이 고려된 지반가속도 값 계산이 가능할 것이다.

홍성에서 가상지진(지진규모 6.0, 지진원 깊이 10Km, 남북방향 주향이동단층)를 발생시켜 결정론적 방법에 의해 충남지역 용도별·구조별 건물과 인명피해를 계산하여 지진피해를 예측한 결과 주거용·상가용·콘크리트 건물은 모두 홍성군·예산군·보령시가 피해가 가장 심한 지역으로 나타났으며 인명피해는 통원 및 입원치료에 해당하는 부상정도가 홍성 및 예산에서 군 인구당 각각 1.1명 및 0.4명꼴로 나타났다. 확률론적 방법(5,000년 재래주기)에 의해 충남지역 용도별·구조별 건물과 인명피해를 계산하여 지진피해를 예측한 결과 상가용 건물과 주거용 건물피해 양상이 서로 다른 양상을 보이는데 이는 지역별 건물 분포 양상이 다른 것에 기인한 것으로 판단된다. 대체로 주거·상가·콘크리트 건물피해는 공주 지역의 지진피해가 높은 것으로 나타났으며 인명피해는 통원 및 입원치료에 해당하는 부상정도가 공주시·논산시가 가장 심한 지역으로 나타났으며 각각 시 인구당 0.1명꼴·0.15명꼴로 나타났다.

HAZUS결과의 신뢰성을 향상시키기 위해서는 입력자료인 표층지반지도, 지진재해도, 건축물을 비롯한 각종 구조물 및 라이프 라인 등에 대한 세밀한 정보가 입력되어야 한다. 본 연구는 앞서도

지적인 바와 같이 기초적인 인구자료와 건축물자료 및 시추공 자료를 이용하여 HAZUS 프로그램을 수행하여 충남지역의 지진피해를 평가하였다. 예를 들어 HAZUS에서는 건축구조물을 36종류로 분류할 수 있는데 본 연구에서는 3종류의 구조건축물로 분류하여 지진피해를 예측하였으며 감쇠전달 특성식 및 건축물의 fragility 및 capacity curve등을 HAZUS default 값으로 대체하였다. 또한 건축물의 내진설계 유무를 제대로 파악하지 못하였다. 하지만 본 연구에서 미국의 지진피해평가 종합시스템인 HAZUS 프로그램을 국내 최초로 도입 수행에 필요한 기본입력자료를 수집하고 국내 실정에 맞게 처리하고자 하였으며 이를 통하여 HAZUS 프로그램을 국내 적용 가능성에 대해 집중적으로 연구를 수행하였다. 앞으로 본 연구경험을 바탕으로 하여 입력자료를 보다 효율적으로 확충하고 HAZUS 프로그램의 다양한 기능을 활용하여 충남지역 및 한반도 전역에 대해 지진재해평가를 체계적이고 종합적으로 수행하여야 하겠으며 앞으로 본 연구의 신뢰성 향상을 위해서는 한반도 고유 지진파 전달 감쇠(attenuation)식, 건축구조물 response spectrum, 한반도 전역의 지하지반지질에 대한 정보가 시급히 필요한 것으로 파악되었다.

참 고 문 헌

1. 미국재난관리청(1999), "HAZUS99 user manual"
2. 미국재난관리청(1999) "HAZUS99 technical manual"
3. 충청남도(2002) "충남지진대비 종합대책수립연구"보고서
4. Algermissen, S.T. and Perkins, D.M (1976) A probabilistic estimate of maximum acceleration in rock in contiguous United States, USGS. Open File Report, pp.76-416
5. Frankel, A.(1995) Mapping seismic hazard in the central and eastern United States, Seim Research Letters, Vol 66., pp.8-21