

국내 주요 광역 도시에 대한 등재해도 스펙트럼 분석

Analysis of Uniform Hazard Spectra for Metropolises in the Korean Peninsula

이현미^{1)*} · 김민규¹⁾ · 신동훈²⁾ · 최인길¹⁾

Rhee, Hyun-Me^{1)*} · Kim, Min Kyu¹⁾ · Sheen, Dong-Hoon²⁾ · Choi, In-Kil¹⁾

¹⁾한국원자력연구원, ²⁾전남대학교

¹⁾Integrated Safety Assessment Division, Korea Atomic Energy Research Institute (KAERI), ²⁾Department of Earth Systems and Environmental Science, Chonnam National University

/ A B S T R A C T /

The uniform hazard spectra for seven major cities in Korea, Seoul, Daejeon, Daegu, Busan, Gwangju, Ulsan, and Incheon are suggested. Probabilistic seismic hazard analyses were performed using the attenuation equations derived from seismology research in Korea since 2000 and the seismotectonic models selected by expert assessment. For the estimation of the uniform hazard spectra, the seismic hazard curves for several frequencies and PGAs were calculated by using the spectral attenuation equations. The seismic hazards (annual exceedance probability) calculated for the 7 metropolises ranged from about $1.4305 \times 10^{-4}/\text{yr}$ to $1.7523 \times 10^{-4}/\text{yr}$ and averaged out at about $1.5902 \times 10^{-4}/\text{yr}$ with a log standard deviation of about 0.085 at 0.2 g. The uniform hazard spectra with recurrence intervals of 500, 1000, and 2500 years estimated by using the calculated mean seismic hazard on the frequencies presented peak values at 10.0 Hz, and the log standard deviations of the difference between metropolises ranged from about 0.013 to 0.209. In view of the insignificant difference between the estimated uniform hazard spectra obtained for the considered metropolises, the mean uniform hazard spectrum was estimated. This mean uniform hazard spectrum is expected to be used as input seismic response spectrum for rock sites in Korea.

Key words: Probabilistic Seismic Hazard Analysis (PSHA), Uniform Hazard Spectrum (UHS), seismotectonic model, attenuation equation, Metropolis, return period (500, 1000, and 2500 year)

1. 서론

최근 들어 전세계에서 강진 발생으로 인한 피해가 증가하고 있으며, 그에 따라 강진에 대한 지진리스크 평가의 필요성이 대두되고 있다. 그러나 국내에서 수행된 구조물의 지진취약도 관련 연구는 대부분 입력지진을 가정하거나 외국에서 발생한 지진기록 또는 구조물별 설계지진을 이용하여 평가하여 왔다. 이로 인해 설계지진에는 많은 보수성이 내포되어 실질적인 지진리스크를 평가하기에는 부적합하며, 매우 보수적인 결과를 줌으로써 지진대응시 많은 혼란을 야기할 수 있다[1,2]. 따라서 본 연구에서는 입력지진 평가에 확률론적 지진재해도 분석 기술을 적용하여 국내의 특성에 맞는 보다 현실적인 평가용 입력지진 스펙트럼을 도출하고자 하였다.

확률론적 지진재해도 분석은 지진자료가 가지는 필연적인 불확실성을

효과적으로 반영하기 위한 방법으로, 다수의 지진지체모델과 감쇠식을 고려한 재해도 분석 기법이다. 본 연구의 확률론적 지진재해도 분석에는 2000년 이후 국내에서 개발된 3개의 PGA, PGV, 스펙트럴 감쇠식과 2009년 서정문 등[3]이 수행한 지진재해도의 불확실성 저감을 위한 연구를 통하여 선정된 4개의 지진지체모델을 사용하였다. 기존 이현미 등[4]이 국내에서 수행된 주요 지역에 대한 확률론적 지진재해도 분석에서도 본 연구에서 사용한 지진지체모델과 동일한 모델을 사용하여 7대 광역 도시를 비롯한 10곳의 지역에 대한 재해도를 산출하였다. 기존 수행된 연구와 본 연구의 가장 큰 차이는 재해도 분석에 사용된 감쇠식이다. 기존 연구에서는 국내 지진학 전문가 2명이 제시한 미국 중동부의 감쇠식과 국내에서 개발된 감쇠식을 사용하여 재해도를 산출하였지만 본 연구에서는 2000년 이후 국내에서 개발된 감쇠식만을 사용하여 재해도를 산출하였다. 이는 본 연구를 통하여 국내의 특성에 맞는 보다 현실적인 평가용 입력지진 스펙트럼을 산정하기 위한 것이다.

본 연구의 대상 부지로는 인구집중과 산업밀집으로 인하여 지진재해에

*Corresponding author: Rhee, Hyun-Me

E-mail: rhee_hm@naver.com

(Received 29 November 2012; Accepted 13 February 2013)

취약하다고 판단되는 국내 7대 광역 도시를 선정하였다. 따라서 서울, 대전, 대구, 부산, 광주, 울산, 인천을 대상으로 0.5, 1.0, 5.0, 10.0, 20.0, 50.0 Hz 및 PGA에 대한 재해도를 산출하고 500년, 1000년 2500년의 재현주기를 가지는 등재해도 스펙트럼을 작성하였다.

2. 확률론적 지진재해도 분석

확률론적 지진재해도 분석은 특정 부지를 대상으로 발생 가능한 모든 규모와 거리의 지진에 대한 연초과확률을 산출하는 것이다[5,6]. 이러한 지진 재해도 분석에는 다수의 입력변수가 사용되며, 이 입력변수에는 지진자료가 가지는 필연적인 불확실성이 내재되어 있다. 확률론적 지진재해도 분석에서는 입력변수들의 불확실성을 효과적으로 반영하기 위하여 논리수목을 작성하여 재해도 분석을 수행한다.

2.1 지진지체모델

한국원자력연구원[7,8]에서 수행한 확률론적 지진재해도 분석과 관련된 민감도 분석을 통하여, 지진지체모델에 대한 불확실성이 크다는 결과가 밝혀진바 있다. 그에 따라 서정문 등[3]이 국내 지질 및 지진학 전문가 평가를 통하여 지진지체모델에 의한 불확실성을 저감하고자 하는 연구를 한 바 있다. 본 연구에서는 서정문 등(3)이 수행한 연구를 통하여 도출된 4팀의 지진지체모델을 선택하여 재해도 분석을 수행하였다. 본 연구에 사용된 A, B, C, D팀의 지진지체모델은 Fig. 1로 제시하였으며, 그림의 알파벳(A-G)은

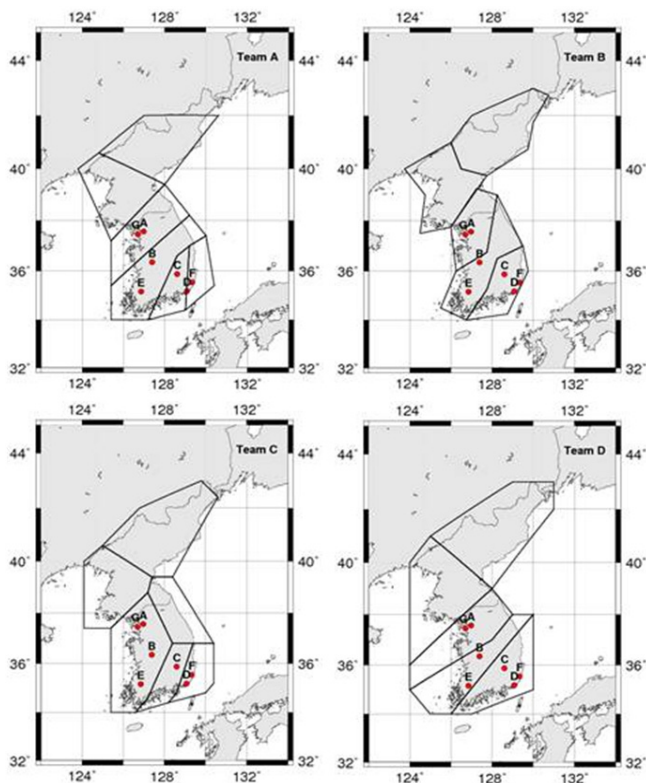


Fig. 1. Seismotectonic models of Korean Peninsular and sites for hazard analysis (A-Seoul, B-Daejeon, C-Daegu, D-Busan, E-Gwangju, F-Ulsan, G-Inchon)

본 연구의 대상이 된 서울, 대전, 대구, 부산, 광주, 울산, 인천을 각각 나타내고 있다.

2.2 감쇠식

기존 확률론적 지진재해도 분석에서는 우리나라의 감쇠 특성이 미국 중동부 지역과 유사하다고 판단하여 미국 중동부 지역에서 개발된 감쇠식을 많이 사용하였다[8,9]. 그러나 본 연구에서는 국내에 맞는 보다 현실적인 재해도를 산출하고자 2000년 이후 국내에서 개발된 이정모[10], 조남태와 박창엽[11] 연관희 등[12]의 감쇠식을 선택하여 연구에 사용하였다. 감쇠식에 대한 연구에는 다수의 강진 기록이 요구되지만, 우리나라와 같이 큰 규모의 지진이 많이 발생하지 않는 지역에서는 모두 추계학적 모사를 이용하여 연구를 수행하고 있다. 본 연구에서 선택된 감쇠식들 역시 추계학적 모사를 통하여 도출된 감쇠식이다.

Fig. 2~Fig. 4는 규모 6.5의 지진이 10 km 깊이에서 발생했을 때, 각 감쇠식의 진앙거리에 따른 주파수 별 감쇠 양상을 보여주고 있다.

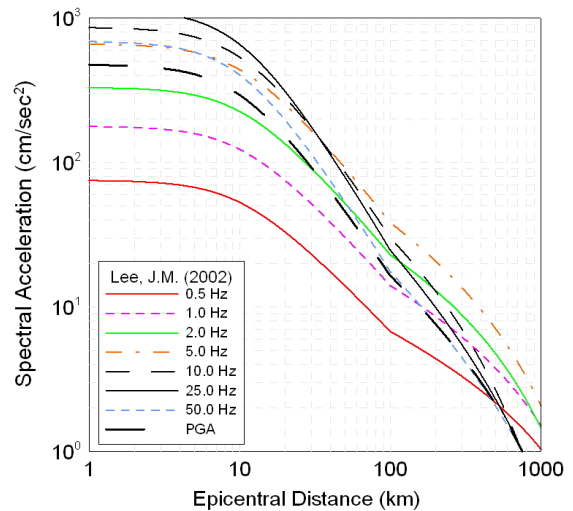


Fig. 2. Attenuation curves for each frequencies (Lee, 2002)

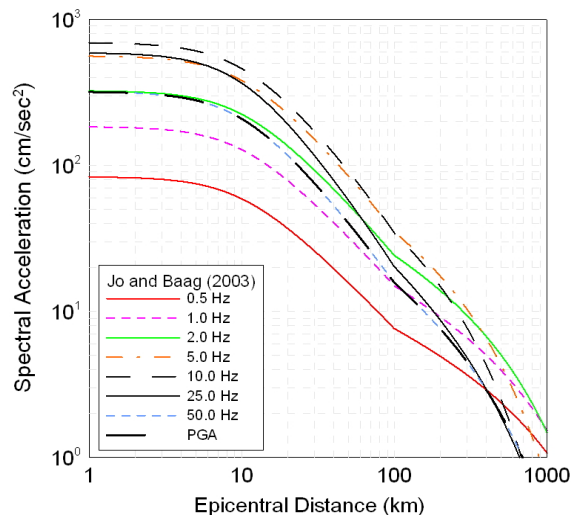


Fig. 3. Attenuation curves for each frequencies (Jo and Baag, 2003)

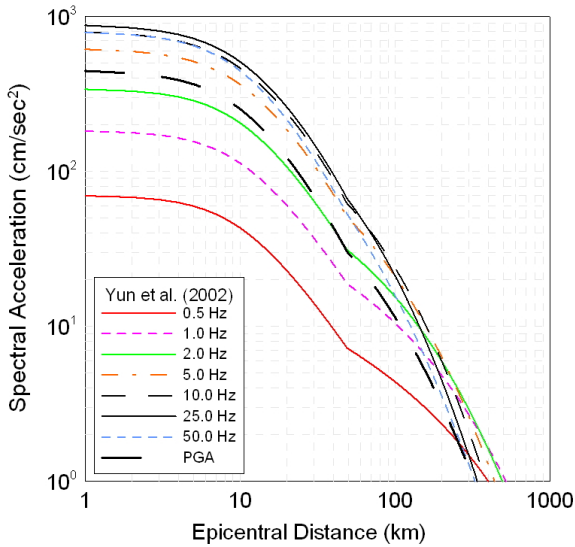


Fig. 4. Attenuation curves for each frequencies (Yun et al., 2005)

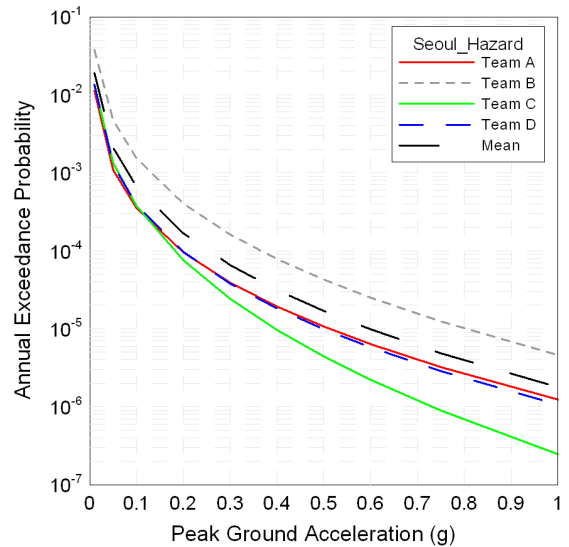


Fig. 5. Sensitivity of hazard curves for Seoul to the seismotectonic models

2.3 민감도 분석

확률론적 지진재해도 분석에는 다수의 입력변수가 사용되기 때문에 각 입력변수가 재해도에 미치는 영향을 민감도 분석을 통하여 제시한다. 민감도 분석은 확률론적 지진재해도 분석에 가중치를 가지고 사용된 다양한 입력변수 중에서 분석하고자 하는 하나의 변수에 대한 가중치를 1.0으로 적용하여 재해도를 산출하는 방법으로 수행된다.

2.3.1 지진지체모델에 대한 민감도 분석

본 연구에 사용된 지진지체모델은 앞서 언급한 바와 같이 4팀이 제시한 Fig. 1과 같은 지진지체모델을 선택하여 사용하였으며, 연구에 사용된 4팀의 지진지체모델[4]에 대한 민감도 분석을 수행하였다. Fig. 5는 서울 지역을 대상으로 지진지체모델에 대한 민감도 분석을 수행한 결과를 보여준다. 전반적으로 B팀이 제시한 지진지체모델을 사용하여 산출된 재해도가 다른 팀이 제시한 지진지체모델을 사용하여 산출된 재해도보다 약 2.79~13.91 배 정도 크게 나타났다. 또한 지진지체모델에 따른 재해도의 대수 표준편차는 최대지반가속도 준위에 따라 약 0.48~1.04로 나타났으며, 최대지반가속도 준위가 증가함에 따라 그 편차도 증가하였다.

본문에는 지진지체모델에 대한 민감도 분석 결과를 인구가 가장 밀집되어 지진에 의한 재해에 가장 취약하다고 판단되는 서울 지역을 그 예로 제시하였기 때문에 B팀이 제시한 지진지체모델에 대한 재해도가 눈에 띄게 큰 재해도를 나타내고 있다. 하지만, 부산, 대구, 울산과 같은 경상도 지역의 경우에는 D팀이 제시한 지진지체모델을 사용하여 산출된 재해도가 B팀과 유사한 정도의 차이로 다른 팀이 제시한 지진지체모델을 사용하여 산출된 재해도보다 크게 나타났다. 앞서 선행되었던 서정문 등[8]에서의 연구에서 부지를 포함한 지진원에 대한 재해도가 가장 지배적인 결과를 나타낸다고 밝힌바 있다. 따라서 서울을 비롯한 4곳의 지역에서는 B팀이 제시한 지진지체모델에 의한 영향을 크게 받고, 부산을 비롯한 3곳의 지역에서는 D팀이

제시한 지진지체모델에 의한 영향을 크게 받는 것은 두 팀이 제시한 지진지체모델 중에서 해당 지역을 포함하는 지진원의 특성에 기초하는 것으로 판단된다.

그 외에 지진원내의 변수에 따른 민감도 분석 결과는 기존 수행되었던 연구[4]와 동일하기 때문에 본 연구에서는 구체적인 내용을 언급하지 않았다. 그러나 그 내용은 간략하게 정리해 보면, D팀이 제시한 최대규모에 대한 이례적인 민감도 분석결과를 제외하면, 지진활동성과 관련된 연발생율과 b-값에 대한 재해도의 민감도가 최대규모나 진원깊이에 대한 민감도 보다 크게 나타났다. 이는 기존 수행되었던 입력변수의 민감도 분석에 대한 연구[8]와 동일한 결과이다.

2.3.2 감쇠식에 대한 민감도 분석

Fig. 6은 서울 지역을 대상으로 본 연구에 사용된 감쇠식에 대한 민감도 분석 결과이다. 이정되[10]의 감쇠식을 사용하여 산출된 재해도가 다른 감쇠식을 사용하여 산출된 재해도보다 약 1.02~3.17배 정도 크게 나타났다. 또한 감쇠식에 따른 재해도의 대수 표준편차는 최대지반가속도 준위에 따라 약 0.10~0.55로 나타났으며, 전반적으로 최대지반가속도 준위가 증가함에 따라 그 편차도 증가하였다.

앞서 지진지체모델에 대한 민감도 분석 결과에서는 연구 지역에 따라 재해도에 영향을 크게 미치는 지진지체모델이 다르게 나타났지만, 감쇠식에 의한 민감도 분석 결과는 그 정도의 차이는 있지만 모두 동일한 감쇠식에 의한 영향을 받는 것으로 나타났다. 이는 감쇠식에 대한 민감도 분석에는 지진재해도 분석에 사용된 4개 팀의 평균 재해도가 사용되기 때문이다. 감쇠식은 거리와 규모의 함수로서, 지진재해도 분석에서는 동일한 지진원과 부지를 대상으로 재해도를 산출하기 때문에 재해도의 크기가 달라지지 보다는 감쇄 양상이 달라지는 것이다.

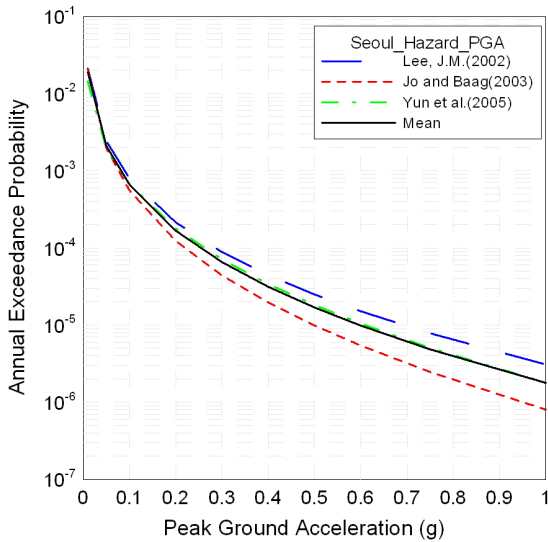


Fig. 6. Sensitivity of hazard curves for Seoul to the attenuation equations

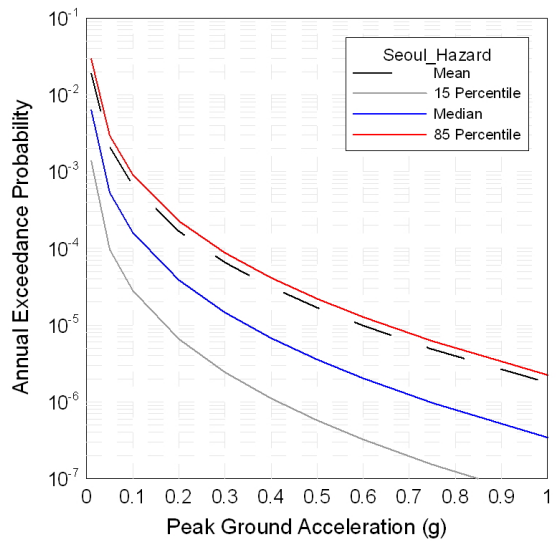


Fig. 7. Mean, median, and percentile hazard curves for Seoul

2.4 지진재해도

일반적으로 확률론적 지진재해도 분석을 통하여 산출된 재해도는 Fig. 7 ~Fig. 10과 같이 최대지반가속도 준위에 따른 연 초과확률로서 제시된다. 지진재해도 스펙트럼은 평균 재해도 스펙트럼뿐 아니라 15, 50 (median), 85 백분위수에 재해도 스펙트럼도 함께 제시하여 산출된 재해도의 불확실성 범위를 도시한다. Fig. 7은 서울 지역을 대상으로 산출된 평균 재해도와 백분위수를 보여주고 있으며, 0.2 g를 기준으로 약 1.6724E-04 /yr의 평균 재해도를 나타냈다.

본 연구에서는 주요 도시에 대한 등재해도 스펙트럼을 작성하기 위하여 다수의 스펙트럴 감쇠식을 이용하여 주파수 별 재해도를 도출하였다. Fig. 8은 서울 지역을 대상으로 산출된 주파수 별 평균 재해도를 나타내고 있다. 10.0 Hz에서 대한 재해도가 가장 크게 나타났다. 주파수에 따른 재해도의 차이는 전반적으로 최대지반가속도 준위가 증가함에 따라 증대되는 결과를 나타내고 있다. Fig. 7과 Fig. 8과 같이 연구 지역을 대상으로 최대지반가속도에 대한 백분위수와 주파수 별 평균 재해도에 대한 재해도 곡선을 작성하였으며, 본문에서는 앞서 지진지체모델에 대한 민감도 분석에서 언급한 바와 같은 이유로 서울 지역을 그 예로 제시하였다. Fig. 9는 서울 지역을 포함한 일곱 곳의 연구 지역을 대상으로 최대지반가속도에 대한 평균 재해도를 보여준다. 0.2 g를 기준으로 일곱 지역의 평균 재해도는 약 1.5902E-04 /yr를 나타냈으며, 대수 표준편차는 약 0.085를 나타냈다.

본 연구에서는 이현미 등[4]이 제시한 재해도와 동일한 지진지체모델과 연구 지역을 대상으로, 다른 감쇠식을 사용하여 재해도 분석을 수행하였다. 0.2 g를 기준으로 일곱 지역의 평균 재해도를 비교해 보면, 이전 연구에서는 약 4.3671E-4 /yr의 평균 재해도를 나타냈으며, 그 대수 표준편차는 약 0.102를 나타내어, 이전의 연구 결과가 약 2.75배 큰 평균 재해도를 나타냈다. 이현미 등[4]에 의해 도출된 연구 지역의 재해도는 Fig. 10으로 제시되어 있으며, 본 연구의 결과인 Fig. 9와 비교했을 때, 전반적으로 이번 연구를 통하여 산출된 재해도가 이전에 수행된 연구를 통하여 산출된 재해도보다

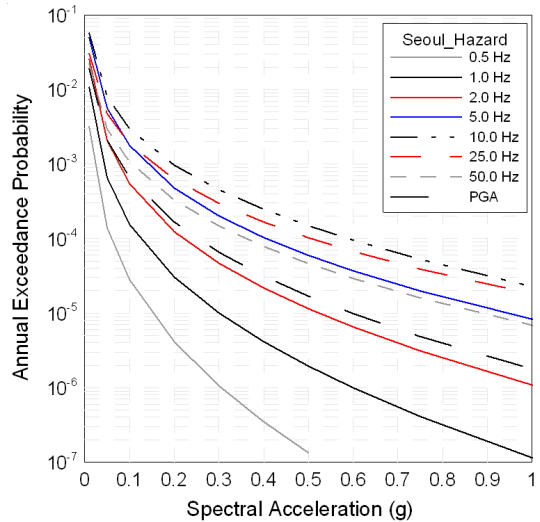


Fig. 8. Hazard curves for each frequencies for Seoul

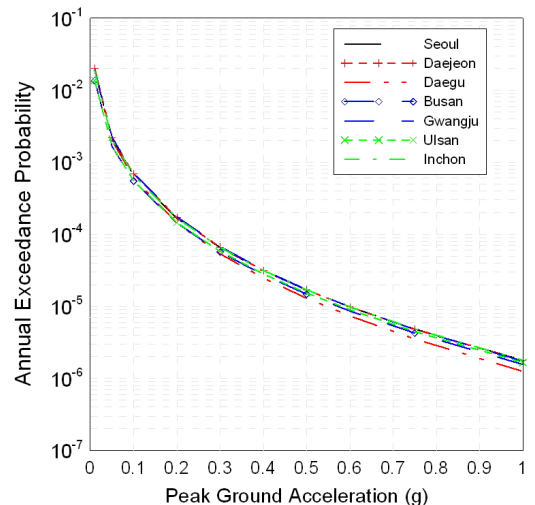


Fig. 9. Mean hazard curves for metropolises in this study

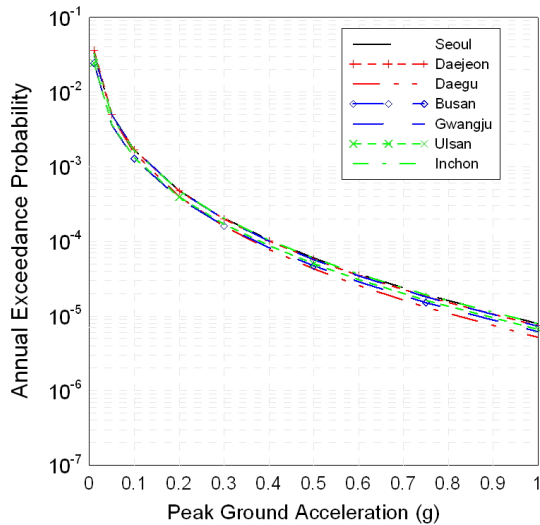


Fig. 10. Mean hazard curves for metropolises (Rhee et al., 2012)

낮은 수준의 재해도를 나타내고 있음을 확인할 수 있다. 두 연구 결과의 차이는 감쇠식에 의해 기인된 것으로, 이를 통하여 국내 지역을 대상으로 한 지진재해도 분석 시에는 국내에서 개발된 감쇠식을 사용하는 것이 재해도의 보수성을 줄일 수 있다고 판단할 수 있다.

3. 등재해도 스펙트럼

등재해도는 동일한 연초과확률을 가지는 주파수에 대한 가속도로, 그 작성 방법은 확률론적 지진재해도 분석 과정과 유사하다. 등재해도 스펙트럼은 앞서 확률론적 지진재해도 분석을 통하여 도출된 Fig. 8과 같은 주파수별 재해도 곡선에서 특정 연초과확률에 대한 최대지반가속도 준위를 읽어 주파수에 따른 가속도 스펙트럼으로 작성한 것이다. 등재해도 스펙트럼을 도출하는 과정을 Fig. 11으로 간단하게 모식화했다[1].

본 연구에서는 PGA에 대한 감쇠식을 이용하여 산출된 재해도를 100.0 Hz에 대한 재해도로 사용하여 등재해도 스펙트럼 도출하였다[13]. 주파수별 재해도 산출 결과를 바탕으로 500년(2.0E-03 /yr), 1000년(1.0E-03 /yr), 2500년(4.0E-04 /yr)의 재현주기를 가지는 재해도에 대한 등재해도 스펙트럼을 작성하였으며, Fig. 12 ~Fig. 14로 제시하였다.

산출된 등재해도 스펙트럼은 앞서 확률론적 지진재해도 분석을 통하여 산출된 주파수 별 평균 재해도에서 확인했던 바와 같이 10.0 Hz에서 최대

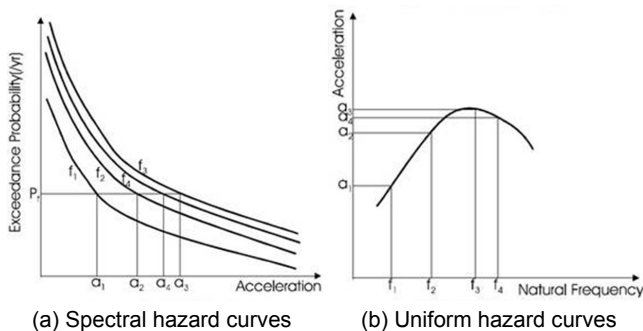


Fig. 11. Procedure for constructing uniform hazard spectrum

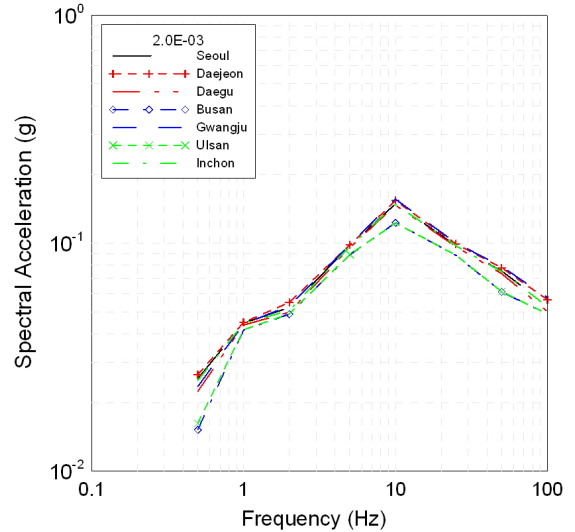


Fig. 12. Uniform hazard spectra for return period of 500 years

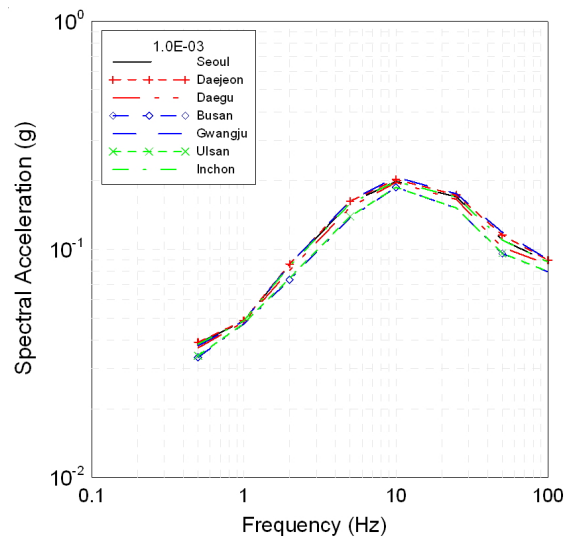


Fig. 13. Uniform hazard spectra for return period of 1000 years

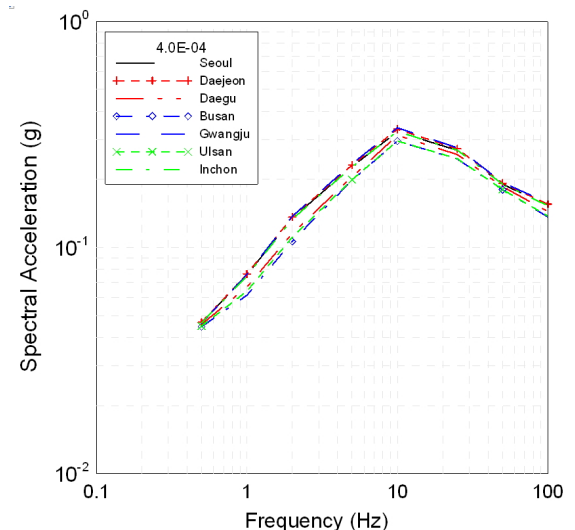


Fig. 14. Uniform hazard spectra for return period of 2500 years

값을 나타내고 있으며, 재현주기가 늘어남에 따라 전반적인 주파수 별 가속도가 커지는 것을 확인 할 수 있다. 또한 작성된 등재해도 스펙트럼들의 연구 지역에 따른 차이를 재해도의 백분위수를 바탕으로 비교하였다. 본 연구에서 제시한 15와 85 백분위수는 재해도가 정규분포를 따를 때 표준편차가 1인 값으로서, 각 지역에서 산출된 재해도의 백분위수를 비교함으로써 지역간의 재해도 분포 차이를 비교할 수 있다. 일곱 연구지역의 백분위수는 Fig. 15로 제시하였으며, 동일한 지역에 대하여 범례에 제시된 색과 같이 동일한 색으로 나타내었으며, 서울에 대한 범례와 같이 15, 50, 85 백분위수를 각각 긴점선, 선점선, 짧은 점선으로 나타내었다. 제시된 그림을 통하여 연구지역 간의 평균 재해도 뿐 아니라 재해도의 범위를 나타내는 백분위수에 대하여도 지역간의 차이가 크지 않음을 확인 할 수 있었다. 따라서 본 연구에서는 재현주기에 따른 일곱 지역의 평균 등재해도와 등재해도 스펙트럼을 표1과 Fig. 16으로 제시하였다. 1.0 Hz에 대한 일곱 지역의 평균 스펙트럴 가속도는 Table 1과 같이 재현주기에 따라 약 0.04 g~0.07 g를 나

Table 1. Spectral acceleration for return period of 500, 1000, and 2500 years in unit of g

Return period / Hz	500	1000	2500
0.5	2.2026E-02	3.6945E-02	4.5896E-02
1.0	4.3609E-02	4.8127E-02	7.0730E-02
2.0	5.1200E-02	8.1500E-02	1.2490E-01
5.0	9.4851E-02	1.5356E-01	2.1789E-01
10.0	1.4268E-01	1.9666E-01	3.1835E-01
25.0	9.5434E-02	1.6516E-01	2.6268E-01
50.0	7.1879E-02	1.0684E-01	1.8771E-01
100.0	5.2593E-02	8.5934E-02	1.4815E-01

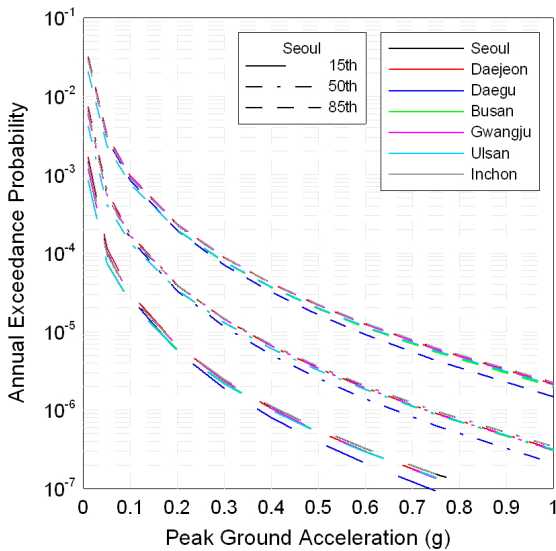


Fig. 15. 15th, 50th, and 85th percentile hazard curves for metropolises

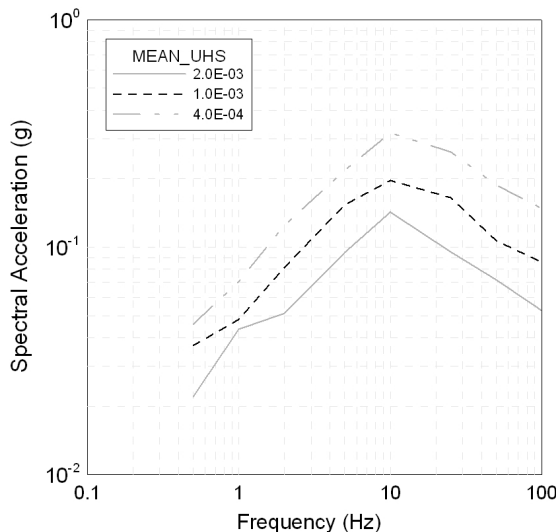


Fig. 16. Mean of 7 metropolises uniform hazard spectra

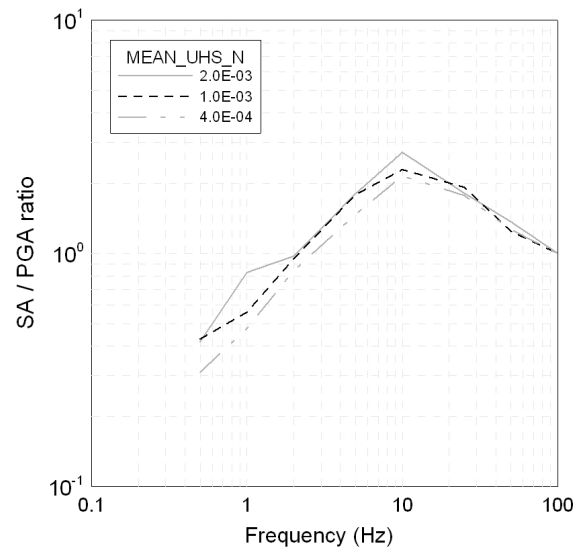


Fig. 17. Mean of 7 metropolises uniform hazard spectra normalized by PGA

타냈으며, 그 표준편차는 각각 약 0.001~0.006으로 나타났다. 재현주기에 따른 등재해도 스펙트럼의 형상을 파악하기 위하여 PGA로 정규화하였으며 Fig. 17로 제시하였다. 이를 비교해 보면, 전반적으로 스펙트럴 가속도에 대한 최대지반가속도의 비가 상대적으로 더 작은 재현주기를 가지는 경우에 큰 것으로 나타났다. 일반적으로 더 큰 재현주기를 가지는 경우 상대적으로 지진의 규모가 커질수록 저주파 영역으로 에너지가 이동할 것이라는 예측과 반대되는 결과이다. 이는 최대지반가속도에 대한 감쇠식에 고주파수 성분이 많이 고려되어 있기 때문으로 판단할 수 있다.

4. 결론

지진지체모델에 대한 민감도 분석 결과, 연구지역을 포함하고 있는 지진원의 특성에 따라 재해도에 영향을 미치는 지진지체모델이 다르게 나타났다. 또한 전반적으로 서울, 대전, 광주, 인천 지역에 대한 재해도는 B타입이 제시한 지진지체모델에 대한 영향이 크게 나타났고, 부산, 대구, 울산 지역에 대한 재해도는 D타입이 제시한 지진지체모델에 대한 영향이 크게 나타났다. 감쇠식에 대한 민감도 분석 결과, 전반적으로 이 정도의 감쇠식을 사용하여

산출된 재해도가 크게 나타났으며, 모든 연구 지역에 대하여 정도의 차이는 있지만 감쇠식에 의한 영향은 전반적으로 유사하게 나타났다.

확률론적 지진재해도 분석을 통하여 산출된 재해도는 10.0 Hz에 대한 감쇠식을 사용하여 산출된 재해도가 가장 크게 나타났으며, 연구 지역에 따른 재해도의 차이가 크지 않은 것으로 나타났다.

산출된 주파수에 따른 재해도를 바탕으로 500년, 1000년, 2500년의 재현주기를 가지는 등재해도 스펙트럼을 작성 하였다. 도출된 등재해도 스펙트럼은 재해도 분석 결과를 통하여 예측할 수 있었듯이 10.0Hz에서 가장 큰 스펙트럴 가속도 값을 나타냈으며, 전반적으로 지역에 따른 차이가 크지 않았다. 따라서 본 연구에서는 각 연구 지역에서 도출된 등재해도 스펙트럼에 대한 평균 등재해도 스펙트럼을 도출하였다. 도출된 등재해도 스펙트럼을 바탕으로 주파수에 따른 스펙트럼 형상을 파악하기 위하여 정규화를 수행하였으며, 이를 통하여 상대적으로 더 작은 재현주기를 가지는 스펙트럼의 주파수에 따른 스펙트럴 가속도의 증폭을 확인 할 수 있었다.

본 연구를 통하여 재현주기 별 하나의 등재해도 스펙트럼이 작성되었다. 이 스펙트럼은 국내에서 개발된 감쇠식들과 확률론적 지진재해도 분석을 통하여 도출되었기 때문에 기존에 일반적으로 사용되어 왔던 스펙트럼 보다 국내에 적합한 평가용 입력 스펙트럼이라 할 수 있다. 따라서 국내 내진 설계 및 지진리스크 평가에 본 연구 결과가 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

/ 감사의 글 /

본 논문은 교육과학기술부의 원자력연구개발사업의 일환으로 수행되었으며, 본 연구를 가능케 한 교육과학기술부에 감사 드립니다.

/ REFERENCES /

1. Kim MK, Choi IK, Effect of Evaluation Response Spectrum on the Seismic Risk of Structure. EESK J. Earthquake Eng. 2009 Dec;13(6):39-46.
2. Choi IK, Ahn SM, Choun YS, Seismic Fragility Analysis of PSC Containment Building by Nonlinear Analysis. EESK J. Earthquake Eng. 2006 Feb;10(1):63-74.

3. Seo JM, Rhee HM, Choi IK, A Study on the Best Estimate of Seismicity Parameter b-Value and Its Application for the Seismic Hazard Analysis of the Korea Peninsula. EESK J. Earthquake Eng. 2010 Feb;14(1):35-42.
4. Rhee HM, Seo JM, Sheen DH, Choi IK, Probabilistic Seismic Hazard Analysis on Metropolitan Cities and Counties in Korea. GSK J. Geological Soc. 2012 Jun;48(3):259-273.
5. Cornell CA, Engineering seismic risk analysis, BSSA J. Seismological Soc. 1968 Oct;58(5):1583-1606.
6. Cornell CA, Merz HA, Seismic risk analysis based on a quadratic magnitude-frequency law. BSSA J. Seismological Soc. 1973 Dec;63(6):1999-2006.
7. KAERI, Probabilistic Seismic Hazard Analysis Procedure and Application for Nuclear Power Plant Sites. KAERI/TR-4633/2012. Daejeon: Korea Atomic Energy Research Institute;c2012. 84p.
8. KAERI, Sensitivity of Input Parameters in the PSHA for NPP Sites. KAERI/TR-3931/2009. Daejeon: Korea Atomic Energy Research Institute;c2009. 117p.
9. KEPRI, Improvement of Uncertainty In Probabilistic Seismic Hazard Analysis. TM,96NJ21,M1998,236. Daejeon:Korea Electric Power Research Institute;c1998. 265p.
10. Lee JM, A study on the characteristic of strong ground motions in southern Korea. KINS/HR-422. Daejeon:Korea Institute of Nuclear Safety;c2002.
11. Jo ND, Baag CE, Estimation of Spectrum Decay Parameter κ and Stochastic Prediction of Strong Ground Motions in Southeastern Korea. EESK J. Earthquake Eng. 2003 Dec;7(6):59-70.
12. Yun KH, Park DH, Choi WH, Chang CJ, Lee DS, Development of site-specific ground-motion attenuation relations for Nuclear Power Plant sites and study on their characteristics. EESK fall workshop;2005 Sep 23-24; Mokpo. 418-430.
13. Silva WJ, Youngs RR, Idriss IM, Development of Design Response Spectral Shapes for Central and Eastern U.S.(CEUS) and Western U.S.(WUS) Rock Site Conditions. 1999 NEA/CSNI/R(2000)2, Proc. Of the OECD-NEA (Organization for Economic Coordination and Development of the Nuclear Energy Agency) Workshop on Engineering Characterization of Seismic Input;c2001,185-268.