

한반도 주요 지체구조구별 지진학적 특성

이기화 · 김정기

서울대학교 지구환경과학부

요 약

한반도의 지진활동은 시공적으로 매우 불규칙한 판내부 지진활동의 전형적 특성을 보여준다. 한반도는 지질학적으로 구조 및 특성이 다른 여러 개의 지체구조구로 나누어지며 본 연구에서는 각 지체구조구의 지진활동의 특성의 차이를 규명하기 위하여 한반도의 역사 및 계기 지진자료를 이용하여 각 지체구조구의 지진활동변수를 추정하였다. 조선시대 이전의 불완전한 지진자료와 그 이후의 완전한 지진자료에 대한 통계적 분석은 지체구조구들 사이에 지진활동의 특성에 현저한 차이가 나지 않음을 보였다. 한반도 전체로서 진도-빈도의 b 값은 대략 0.6 이며, 최대 지진은 MMI X 정도이다. 본 연구결과는 한반도의 확률론적 지진재해도 분석과 내진 공학에서 설계지진의 평가에 유용하게 이용될 수 있다.

주요어: 지진활동, 한반도, 지진학적 특성, 지체구조구, b -값, 최대지진, 역사지진, 계기지진.

Lee, Kiehwa and Kim Jung-Ki, 2000, Seismic Characteristics of Tectonic Provinces of the Korean Peninsula. Journal of the Korean Geophysical Society, v. 3, n. 2, p. 91-98

ABSTRACT: The seismicity of the Korean Peninsula shows a very irregular pattern of strain release typical of the intraplate seismicity. The Korean Peninsula may be divided into several tectonic provinces of differing tectonics. In this analysis, seismicity parameters for each tectonic province are evaluated from historical as well as instrumental earthquake data of the Korean Peninsula to examine the differences in seismic characteristics among tectonic provinces. Statistical analysis of the earthquake data made of incomplete data before the Choseon Dynasty and complete data afterwards reveals that there exist no significant differences in seismic characteristics between the tectonic provinces. It turns out the b -value in the intensity-frequency relation for the whole peninsula is about 0.6 and the maximum earthquake is about MMI X. The results of this study may be used in the probabilistic seismic hazard analysis of the Korean Peninsula and in estimating the design earthquake in earthquake engineering.

Key words: Seismicity, Korean Peninsula, seismic characteristics, tectonic province, b -value, maximum earthquake, historical earthquake, instrumental earthquake.

(Lee, Kiehwa and Kim, Jung-Ki, School of Earth and Environmental Sciences, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea. email: kihwalee@plaza.snu.ac.kr)

1. 서 론

한반도는 판구조론적 견지에서 볼 때 유우라시안판 내부에 속하며 그 지진활동은 시간과 공간에서 매우 불규칙성을 갖는 전형적인 판내부 지진활동의 특성을 보여준다.

지질학적으로 한반도는 Sino-Korean 지괴에 속하며(Fitches *et. al.*, 1991) 또한 중생대 이전에 특기할만한 지체구조적인 변동이 거의 없었던 안정

지괴로 알려져 있다(Kim, 1998). 하지만 한반도는 고생대, 중생대, 신생대를 걸친 여러 조륙 운동, 조산 운동(송림 변동, 대보 조산 운동, 불국사 변동), 화산 활동 등과 여러 지질학적인 정보에 의하여 세부적으로 여러 지체구조구로 나누어진다고(Kim, 1987).

한반도의 지진학연구에서 중요한 문제의 하나는 지질학적으로 구분되는 각 지체구조구에서 지진활동 및 지진위험도가 다르게 나타나는가 하는 점이

다. 즉 지진활동 변수인 최대규모지진, 지진발생율, 규모(진도)-빈도 관계에서의 b 값이 각 지체구조에서 다른 값을 갖는가 하는 문제이다. 본 연구에서는 이 문제를 한반도의 역사지진 및 계기지진을 포괄하여 통계적 방법으로 분석하고자 한다.

한반도의 지진자료는 지진계가 설치되기 이전 19세기까지의 역사기록에 남아있는 역사지진자료와 그 이후 지진계가 설치되어 지진계에 기록된 계기지진자료로 구분할 수 있다. 계기지진자료는 지진기록계 분석을 통하여 진앙의 위치, 진원깊이, 발진시간, 지진의 규모 등을 정량적으로 추정할 수 있는 이점이 있으나 그 기간이 불과 100년 미만의 짧은 기간에 제한된다는 문제점이 있다. 전 세계적으로 지진활동이 매우 활발한 판경계 지역을 제외하고 대부분 판내부에서의 지진활동은 대체로 수백 년 내지 수천 년의 낮은 지진활동 간격을 두고 다시 활발하게 전개된다고 알려져 있다. 따라서 불과 100년 미만의 계기지진자료는 판내부 지역의 지진활동을 완전히 표현할 수 없다. 이러한 이유로서 지진활동이 비교적 낮은 판내부 지역에서는 수천년의 기간을 포괄하는 역사지진자료의 중요성이 부각된다.

한편 역사지진자료는 진앙의 위치, 진원깊이, 발진시간, 지진의 규모 등을 정량적으로 결정할 수 없는 문제점이 있으며 또한 고대로 갈수록 인구가 줄어들고 지역에 따라 밀도가 균일하지 않으므로 실제 발생한 지진들이 역사기록에 누락되었을 가능성 즉, 지진자료의 불완전성의 문제가 제기된다. 이런 경우 이들 자료로부터 지진위험요소를 추정할 때는 그 자료들의 불완전성을 고려해주는 것이 바람직하다.

그동안 한반도의 지진학적 특성에 대한 연구로는 이기화·이전희(1998)가 한반도를 지진활동 및 지질을 고려한 7개의 지진원구역으로 나누어 지진활동변수 b 값과 활동률 λ 을 추정하고 김성균 등(2000)이 한반도 전체에 대하여 입력 지진자료의 특성을 5가지로 나누어 최대지진규모와 지진활동변수 b 값을 추정하는 것이 있다. 위의 두 연구는 본 연구와 동일한 방법을 사용하였으나 각각 지진지체구를 나누는 방식과 입력 지진자료와 그것을 나누는 방식이 본 연구와 서로 다르다.

2. 지진 자료

한반도의 역사지진자료에 관한 연구는 아직 미

흡하여 현재까지 출판된 비교적 완전한 목록으로서는 이기화(1999)가 삼국사기, 고려사, 조선왕조실록 등의 사료에서 1965 회의 지진자료를 검색하여 진앙의 위치, 진도 등을 결정한 것을 들 수 있다.

본 연구에서는 역사지진자료로는 이 목록을 이용하였고 계기지진자료로는 1905년 이후 1996년 말까지는 1905년에서 1945년까지의 조선총독부 자료, 1945년에서 1978년까지의 박수희(1982)자료, 1978년 이후의 기상청자료와 Lee·Jung(1981) 및 Kim(1981)의 자료를 이용하였다.

한반도 지체구조에서 평북육괴는 지진자료가 적어서 통계적으로 유의한 지진활동변수를 구하기가 어려우므로 본 연구에서는 이 육괴에 대한 개별적 분석은 않고 그 외의 지체구조도 단순화하여 평남분지, 경기육괴, 옥천대, 영남육괴, 경상분지로 구분하고 한반도 전역에 평북육괴자료를 포함하여 분석하였다. 또 바다에서 발생한 지진자료도 활용하기 위하여 Fig. 1과 같이 확장된 지체구조에 대한 통계적 분석을 시도하였다. 바다에서의 지체구조의 연장은 지질학적 정보가 부족하므로 정확히 결정하기 어려우므로 Fig. 1에서 지체구조의 바다로의 연장은 점선으로 표시하였다. 그러나 Fig. 3의 바다에서 발생한 계기 지진들이 Fig. 2의 내륙에서 발생한 역사지진에 비하여 수가 적고 또 해안에 근접하여 발생하였으므로 이 지진들이 Fig. 1의 다소 임의적인 확장된 지체구조에서 발생하였다고 가정하더라도 통계적 분석결과에는 별 영향을 미치지 않을 것이다.

본 연구에서는 이기화(1999)가 분석한 총 1965회의 역사지진자료를 이용하였다.

삼국시대(서기 2년~918년)에는 총 107회의 역사지진기록이 있고 이 시대에 발생한 지진들의 대부분이 삼국의 수도에서 발생한 것으로 나타났다. 건조물에 상당한 파괴를 가져오는 $MMI VIII$ 이상의 지진만도 17회 정도 발생했고 특히 779년에 경주에서 발생한 지진은 집들이 무너지고 100여명이 사망했다고 기록되어 있으며 이 지진은 한반도에서 가장 큰 인명피해를 가져 온 지진이다.

고려시대(서기 918년~1392년)에는 총 197회의 역사지진기록이 있고 대부분 당시 수도인 개성에서 감지되었다. $MMI VIII$ 이상의 지진은 7회 발생했다.

조선시대(서기 1392년~1910년)에 와서 지진자료 수집은 인구의 증가 등으로 비교적 완전하다

고 여겨지고 총 1665 회의 지진이 발생했으며 한반도 전역에서 발생하였으며 *MMI VIII* 이상의 지진은 40 회 정도였다. 15 세기에서 18 세기에 걸쳐 지진활동이 매우 활발하였고 지난 2000 년간 한반도에서 지진으로 방출된 에너지의 태반이 이 시기에 방출되었다. 1643 년 7 월 24 일 울산에서

발생한 지진은 *MMI X*로 추정되며 한반도에서 발생한 가장 큰 규모의 지진으로 여겨진다. 또한 1565 년 9 월 6 일에서 1566 년 1 월 26 일까지 평안도 상원에서는 100 여회의 군발지진이 발생하였다.

Fig. 2는 한반도의 지체구조도에 *MMI V* 이상의

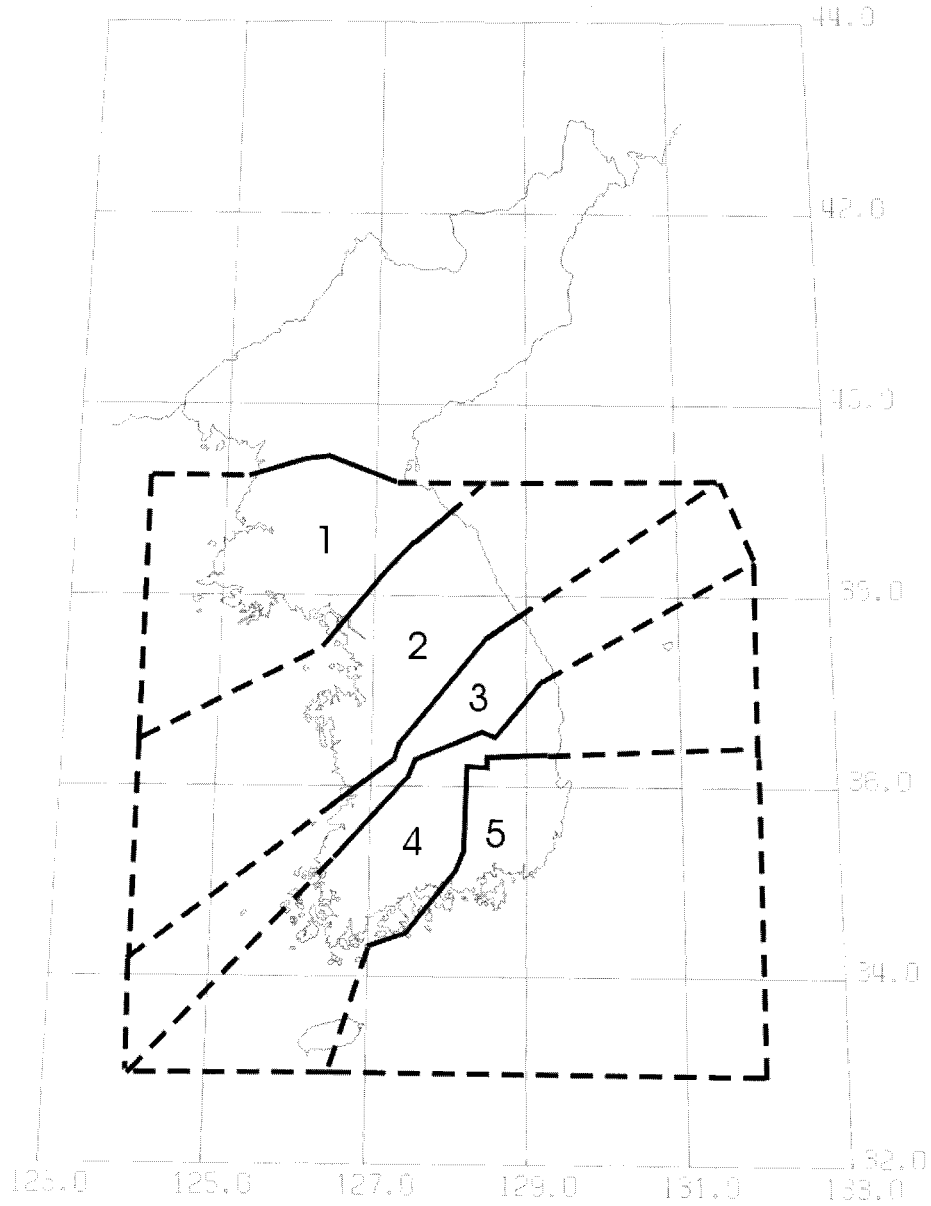


Fig. 1. Major tectonic provinces of Korea (1:Pyongnam Basin, 2:Kyonggi Massif, 3:Okchon Folded Belt, 4:Ryongsang Massif, 5:Kyongsang Basin).

역사지진들의 진앙위치를 도시한 것이다.

1905 년 인천에 최초로 지진계가 설치된 이후로 1996 년 12 월 31 일까지 832 회의 지진들이 한반도 및 그 주변에서 발생했다. 이 지진들의 연 발생률은 0~30 회의 범위에 걸치며 이는 지진계의 분포가 이 기간에 고르지 못한 것에 그 주원인이 있다.

계기지진의 평균 연 발생률은 대략 10 회인데 1980 년대 이후로는 지진발생횟수가 대략 20 회에 이른다. 이는 1980 년대 이후에 실질적인 지진활동의 증거라기 보다는 전국적으로 지진관측망이 확장된 것에도 부분적인 원인이 있으리라 생각된다.

계기지진자료 중 비교적 자료의 수집이 완전한 1926 년에서 1943 년간의 자료분석에 의하면 규모-

빈도간의 b값은 0.80 으로 나타났다(Lee · Jung, 1980).

Fig. 3은 한반도의 지체구조도에 1905 년에서 1996 년간 발생한 규모 4 이상의 계기지진들의 진앙을 도시한 것이다. Fig. 3에서 함경북도 북동부 주변에서 발생한 심발지진들은 본 연구의 분석에서 제외하였다.

3. 자료 분석

지진목록은 수백 또는 수천 년에 걸쳐서 발생한 비교적 큰 지진들로 이루어진 불완전한 자료와 상대적으로 짧은 기간에 지진계에 측정된 완전한 자료로 구분할 수 있다. 한반도에서 조선시대 이후 인구의 증가로 지진자료의 수집이 완전하였다고 생각되므로 본 연구에서는 조선시대 이전의 역사지

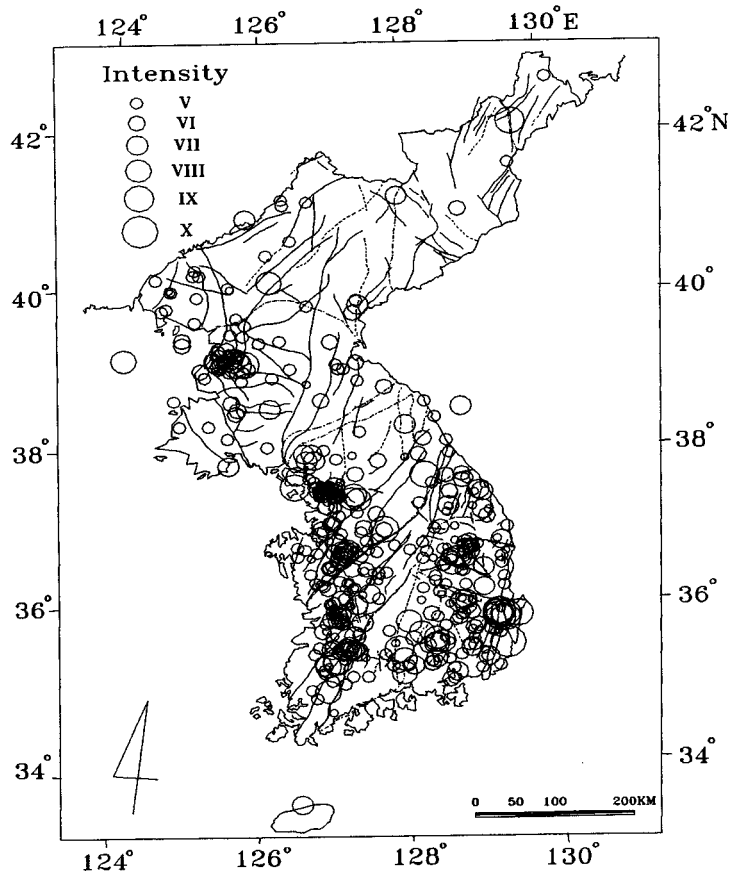


Fig. 2. Epicenters of historical earthquakes of MMI > V of Korea A. D. 2 through 1904.

진자료를 불완전한 자료로 그리고 조선시대 이후의 역사지진자료와 1905 년 이후의 계기지진자료를 완전한 자료로 가정하였다.

역사지진자료와 계기지진자료는 지진크기 결정에 있어서 상당한 오차를 내포하고 있다. 이에 본 연구에서는 지진크기 결정의 오차를 고려하기 위하여 두 가지 모델을 가정하였다. 첫 번째 모델(모델 I)은 실제 미지의 지진크기는 우리가 추정된 지진크기 - 겉보기 지진크기 - 에 δ 를 더한 상한값과 δ 를 뺀 하한값 사이에 일정하게 분포한다는 가정이고 두 번째 모델(모델 II)은 실제 미지의 지진크기는 겉보기 지진크기를 평균으로 하고 δ 를 표준편차로 하는 정규분포를 따른다는 가정이다 (Kijko · Sellevol, 1992).

지진크기의 일관성을 위해 다음과 같은 진도-규모

변환공식을 이용하여 모든 지진자료의 지진크기는 진도로 통일하였다(Båth, 1979).

$$M = 1 + \frac{2}{3} I \quad (1)$$

지진위험요소를 추정하기 위해서 불완전한 자료와 완전한 자료를 포괄하여 분석하는 Kijko등(1989)의 방법이 적용되었다. Kijko등의 활동변수 평가방법은 기본적으로 이중 절단된 Gutenberg-Richter 분포 함수 $F(x)$ 에 최우도 방법을 적용함으로써 얻어지는 것이다. 이 때 $F(x)$ 는 다음과 같이 주어진다.

$$F(x) = P(I \leq x) = \frac{A_1 - A(x)}{A_1 - A_2} \quad (2)$$

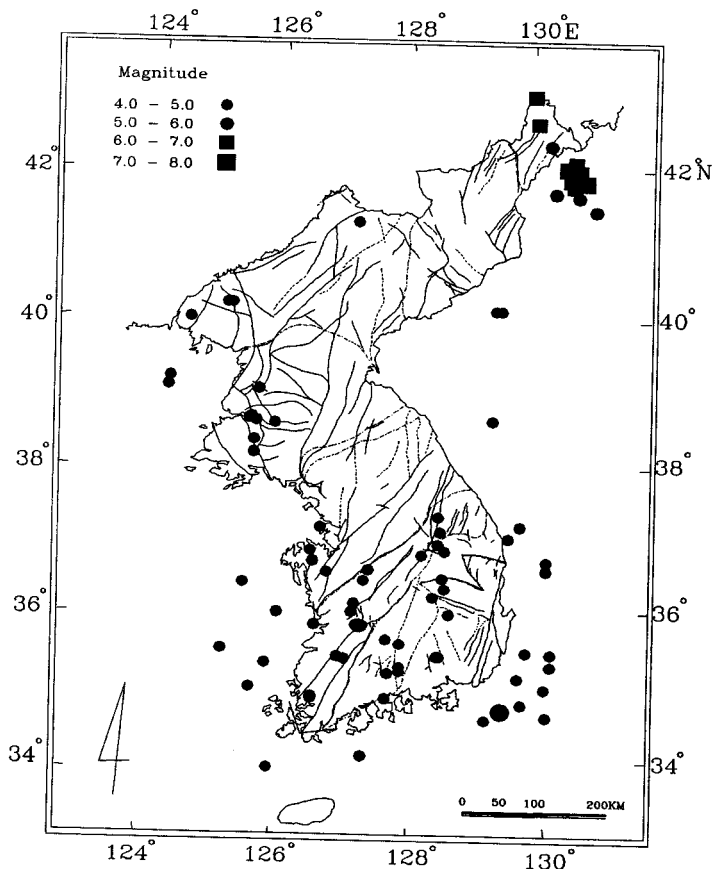


Fig. 3. Epicenters of instrumental earthquakes of $M \geq 4.0$ of Korea 1905 through 1996. Circles and squares represent shallow and deep earthquakes, respectively.

이 때, $I_{\min} \leq x \leq I_{\max}$

$$A_1 = \exp(-\beta * I_{\min})$$

$$A_2 = \exp(-\beta * I_{\max})$$

$$A(x) = \exp(-\beta * x)$$

Kijko 등의 방법에서는 강지진이 기록된 극대치 지진자료와 비교적 적은 기간에 기록된 완전한 지진자료, 두 개의 지진자료를 사용하며 매개변수 $\beta (= \ln 10)$ 와 활동률 λ 는 다음과 같이 주어진다 (Kijko · Sellevoll, 1990).

$$\frac{1}{\lambda} = r_1 \frac{\langle t \rangle A_2 - \langle tA \rangle}{A_2 - A_1} + T_2/n \quad (3)$$

$$\frac{1}{\beta} = \langle x \rangle - \gamma + r_1 \lambda \left[\frac{\langle tx_1 A \rangle - \langle t \rangle A_2 I_{\max}}{A_2 - A_1} - \gamma \frac{\langle tA \rangle - \langle t \rangle A_2}{A_2 - A_1} \right] \quad (4)$$

이 때, $r_1 = n_1/n$, $n = n_1 + n_2$

$$\langle t \rangle = \sum_{i=1}^{n_1} t_i / n_1$$

$$\langle tA \rangle = \sum_{i=1}^{n_1} t_i * A(x_i) / n_1$$

$$\langle tx_1 A \rangle = \sum_{i=1}^{n_1} t_i * x_i * A(x_i) / n_1$$

$$\gamma = (I_{\max} A_2 - I_{\min} A_1) / (A_2 - A_1)$$

이 식에서 $\langle t \rangle$, $\langle tA \rangle$, $\langle tx_1 A \rangle$ 들은 불완전한 강지진 목록으로부터 계산된 값으로 t_i 는 i -1번째 지진과 i 번째 지진의 시간 간격, x_i 는 i 번째 지진의 진도, $A(x_i)$ 는 x_i 로부터 계산된 $A(x_i) = \exp(-\beta * x_i)$ 값이다. n_1 과 n_2 는 강지진 목록과 완전한 지진목록에서의 지진 발생 횟수를 각각 의미한다.

위의 식에서 만일 r_1 이 0 이되면 불완전한 강지진 자료는 고려해 넣지 않는다는 의미이다. 그럴 경우 하나의 완전한 지진자료만으로 구성되며 이때의 활동변수 평가 공식은 다음과 같이 된다.

$$\frac{1}{\lambda} = T_2/n_2 \quad (5)$$

$$\frac{1}{\beta} = \langle x \rangle - \frac{I_{\max} A_2 - I_{\min} A_1}{A_2 - A_1} \quad (6)$$

식 (5)는 포아송 분포를 따르는 시계열의 평균 활동률을 구하는 최우도 평가방법이다. 만일 $I_{\max} \rightarrow \infty$ 인 조건이 덧붙을 경우 식 (6)은 잘 알려진 다음 식으로 환원된다.

$$b = \frac{\log e}{\bar{I} - I_{\min}} \quad (7)$$

이 때, \bar{I} 는 평균 진도이다.

그리고 시간간격 T 에서의 최대 가능 진도 I_{\max} 는 다음의 식으로 주어진다.(Kijko · Sellevoll, 1987)

$$X_{\max} = I_{\max} - \frac{E_1(Tz_2) - E_1(Tz_1)}{\beta \exp(-Tz_2)} \quad (8)$$

여기서 X_{\max} 는 관측된 최대의 진도를 의미하고 z_1 , z_2 , λ_1 은 각각,

$$z_1 = \lambda_1 A_1, \quad z_2 = \lambda_1 A_2$$

$$\lambda_1 = -\lambda / (A_2 - A_1)$$

이며 $E_1(z)$ 은 수직적분함수를 나타낸다.

$$E_1(z) = \int_z^{\infty} \exp(-\xi) / \xi d\xi$$

지진크기의 오차 δ 는 첫 번째 모델과 두 번째 모델에서 불완전한 지진자료에는 0.2, 완전한 지진자료에서는 0.1 을 가정하였다. 조선시대의 자료에 대해서 최소진도(threshold intensity)는 MMI V로 하였고 계기지진 자료에 대해서 최소규모는 4.0 으로 정했다. Kijko · Sellevoll (1992)에 의하면 지진크기의 오차가 물리적으로 합리적인 범위에 있는 한 지진위험도 평가에 큰 영향을 주지 않는다.

Table 1은 추정된 지진위험요소를 주요 지체구조별로 나타낸 것이다. Table 1의 값들을 계산하기 위해서 본 연구에서는 Kijko · Sellevoll (1992)의 FORTRAN 프로그램을 수정하여 이용하였다.

Table 1에서 지진크기의 불확정성을 고려한 두 모델에서의 지진위험요소는 서로 큰 차이는 나타나지 않음을 볼 수 있다.

b 값은 모든 지역에서 비슷한 값을 나타냈으며 일반적인 판내부 지진활동지역의 b 값과 유사하게 나타났다. 이기화 · 이진희(2000)의 연구에서 b 값은

Table 1. Earthquake hazard parameters for tectonic provinces of Korea

Tectonic Province	b		λ		I_{MAX}	
	Model I	Model II	Model I	Model II	Model I	Model II
Pyongnam Basin	0.57 ± 0.06	0.59 ± 0.04	0.21 ± 0.03	0.23 ± 0.02	10.02 ± 0.62	10.17 ± 0.74
Kyonggi Massif	0.59 ± 0.03	0.59 ± 0.03	0.60 ± 0.05	0.61 ± 0.05	9.34 ± 0.30	9.34 ± 0.30
Okchon Folded Belt	0.62 ± 0.06	0.62 ± 0.06	0.30 ± 0.03	0.30 ± 0.03	10.13 ± 0.76	10.12 ± 0.74
Ryongnam Massif	0.62 ± 0.04	0.61 ± 0.04	0.41 ± 0.04	0.41 ± 0.04	9.68 ± 0.46	9.67 ± 0.45
Kyongsang Basin	0.50 ± 0.02	0.51 ± 0.03	0.28 ± 0.03	0.29 ± 0.03	11.51 ± 0.84	11.59 ± 0.91
Whole Peninsula	0.56 ± 0.02	0.56 ± 0.02	1.43 ± 0.08	1.28 ± 0.05	10.32 ± 0.29	10.36 ± 0.30

지진원에따라 약간의 차이가 나타나 전국 평균치는 0.54 로 본 연구에서의 한반도 전체 지역에 대한 값인 0.56 과 유사하다. 활동률 λ 값은 0.2~0.6 정도의 값을 보이며 경기육괴에서 가장 높고 평남분지에서는 가장 낮은 값을 보인다. 한반도 전체에서는 지진발생 범위가 넓기 때문에 가장 큰 값을 보인다. I_{max} 는 MMI IX~XI의 범위에 놓이며 가장 큰 값은 경상분지의 MMI XI이고 한반도 전역에 대하여는 MMI X이다. 이기화·이전희(1988)의 분석에서도 I_{max} 는 지진원에 따라 큰 차이 없이 IX~X의 범위에 놓였다. 김성균 등(2000)의 분석에서는 한반도 전역에 대하여 최대규모는 7.0~7.4의 범위에 놓이며 7.14 ± 0.34 를 가장 현실적인 값으로 추천하고 있다. 이는 식 (1)을 이용하여 진도로 바꾸었을 경우 MMI IX에 해당한다.

조선시대 이후의 완전한 지진자료만을 이용하여 추정된 지진활동변수들은 Table 1과 큰 차이가 나타나지는 않으나 최대지진에서 평남분지와 경상분지에서는 최대 진도가 MMI XII를 초과하여 본 연구에서는 제외하였다. 식 (7)에 의한 $I_{max} \rightarrow \infty$ 일 때의 b 값은 0.37 로 본연구에서 식 (6)에 의하여 추정된 값보다 훨씬 작은 값을 나타내며 이는 판내부 지진활동에서 지나치게 작은 값으로 생각된다.

한편 식 (8)로부터 한반도 전역에 대해 일정기간에 예상되는 최대진도를 Model I과 II에 대하여 Fig. 4에 도시하였다. Fig. 4에 의하면 100년, 500년, 1000년에 한반도 전역에서 예상되는 최대진도는 각기 MMI VIII, IX, X정도로 나타났다.

4. 결론 및 토의

한반도에서 발생한 지진에 대한 역사지진자료와 계기지진자료를 조선시대 이전의 불완전한 자료와 그 후의 완전한 자료로 가정하여 이 두 자료를 조합하여 한반도의 주요 지체구조별로 지진활동변수를 추정하였다.

평북육괴는 지진자료가 적어서 개별적 분석에서 배제하였고 한반도 전역에 포함시켰다.

분석결과 지체구조구 사이에 b 값의 별차이가 없는 것으로 밝혀졌다. 그러나 활동률 λ 는 경기육괴에서 가장 큰 값으로 평남분지에서 가장 작은 값으로 나타났다. I_{max} 는 경상분지를 제외하고는

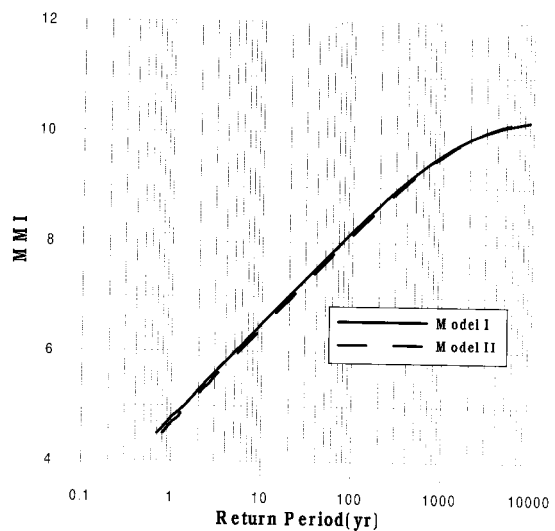


Fig 4. Return Period of maximum Earthquake

MMI IX~X로 나타났다. 경상분지에서는 MMI XI로 나타났는데 이 값의 타당성은 앞으로의 연구과제이다. 한반도 전역에 대하여는 진도-빈도간의 b 값은 대략 0.6 정도이며 최대가능진도는 MMI X 정도임이 밝혀졌다. 그리고 조선시대이후 완전한 자료만을 사용하여 지진활동변수를 추정하더라도 불완전한 자료를 같이 사용한 것과 크게 차이가 나지 않으나 최대진도가 너무 큰 값으로 나타났다.

식 (8)로부터 추정된 100 년, 500 년, 1000 년에 한반도 전역에서 예상되는 최대 진도는 MMI VIII, XI, X정도 이다.

본 연구에서 추정된 지진활동변수들은 한반도에서 확률론적인 지진 재해를 분석할 때 입력요소로서 중요한 변수가 될 뿐만 아니라 원자력 발전소 등의 주요 토목구조물의 내진 설계에서 가장 중요한 변수인 설계지진을 추정하는 데에 기본 자료가 된다.

좀 더 합리적인 지진활동변수를 추정하기 위해서는 앞으로 한반도의 지진원에 관한 연구 - 특히 활성단층의 규명 및 그 지진학적 특성에 관한 연구 -와 한반도 지진환경에 적합한 지진활동변수 평가방법의 개발이 필요하다.

감사의 글

본 연구는 서울대학교 지진공학연구센터를 통한 한국과학재단 우수연구센터 지원금에 의하여 수행되었으며 연구비를 지원해준 한국과학재단에 감사 드린다. 본 논문의 수정작업에 서울대학교 지구환경과학부 김은호군의 도움을 받았다.

참고문헌

박수희, 1982, 지진과 방재, 신광출판사.
 이기화, 1999, 역사지진 평가 및 목록작성, 한국원자력안전기술원.
 김성균, 이정모, 김준경, 2000, 한반도에서 발생 가능한 최대지진에 대하여, 한국지진공학회 2000년도 춘계학술대회 논문집, 4, 1, 21-27.
 이기화, 이진희, 1998, 불완전한 자료 및 완전한 자

료 목록을 이용한 한반도 지진구들의 지진활동 매개변수 평가, 한국지진공학회 2000년도 춘계학술대회 논문집, 2, 1, 23-30.

Báth, M., 1979, Introduction to seismology, Birkhäuser Verlag.
 Lee, K. and Jung, H. O., 1980, A study of instrumental earthquake data of the Korea Peninsula, Journal of the Geological Society of Korea, 16, 32-45.
 Kim, S. J., 1981, Study on earthquakes of Korea based on the local data of 1926-1943, Journal of Korea Institute of Mining Geology, 13, 1-19.
 Kim, O. J., 1987, Tectonic Provinces: in Lee, D. S. (editor), Geology of Korea, Geological Society of Korea, Kyohaksa.
 Kim, J. H., 1998, Tectonic framework of the Korean peninsula: in Koh, H. J., and Lee, B. J. (editors), Tectonic evolution of east asia, Korea Institute of Geology, Mining and Materials.
 Fitches, W. R., Fletcher, C. J. N., and Jiawei, Xu, 1991, Geotectonic relationships between cratonic blocks in E. China and Korea, Journal of Southeast Asian Science, 6, 185-199.
 Kijko, A. and Dessokey, M. M., 1987, Application of the extreme magnitude distributions to incomplete earthquake files, Bulletin of the Seismological Society of America, 77, 4, 1429-1436.
 Kijko, A. and Sellevoll, M. A., 1989, Estimation of earthquake hazard parameters from incomplete data files. Part I. Utilization of extreme and complete catalogs with different threshold magnitudes, Bulletin of the Seismological Society of America, 79, 3, 645-654.
 Kijko, A. and Sellevoll, M. A., 1990, Estimation of earthquake hazard parameters from incomplete data files, Natural Hazards, 3, 1-13.
 Kijko, A. and Sellevoll, M. A., 1992, Estimation of earthquake hazard parameters from incomplete data files. Part II. Incorporation of magnitude heterogeneity, Bulletin of the Seismological Society of America, 82, 1, 120-134.

2000년 2월 12일 원고접수
 2000년 6월 20일 원고채택