

## 내진설계에서 작은 지진, 중급지진 및 큰 지진의 결정방법

박치봉, 김동광

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《도시건설에서 지진방지대책을 철저히 세우는것이 중요합니다. 살림집들과 공공건물을 지으면서 지진방지대책을 세우지 않으면 인민들의 생명재산에 큰 피해를 줄수 있습니다.》  
(《김정일선집》 증보판 제7권 136페이지)

론문에서는 내진설계에서 제기되는 지진의 구분과 우리 나라에서의 지진크기와 지진 세기의 발생률, 반복기간과 지역별에 따르는 지진세기변화특성을 연구하였다.

### 1. 지진세기의 초월확률과 평균반복기간곡선의 변화특성

지진위험성분석에서 일반적으로 리용하고있는 량은 세가지 즉 지진세기의 년평균발생률과 초월확률 및 평균반복기간이며 이 량들은 서로 련관되어있다.[1-3]

지진위험성분석에서는 앞으로 일어날 지진발생을 균일한 뺄송과정으로 가정한다. 이 때 고찰하는 지역에서 앞으로  $t$ 년동안  $n$ 번의 지진(지진세기가  $I$ 와 같거나 그보다 큰)이 발생할 확률은 다음의 식으로 결정할수 있다.

$$P_t(I, n) = \frac{[\lambda(I)t]^n}{n!} \exp[-\lambda(I)t] \quad (1)$$

여기서  $\lambda(I)$ 는 지진세기가  $I$ 와 같거나 큰 지진의 년평균발생률이다.

$t$ 년동안에 지역의 지진세기가  $I$ 와 같거나 큰 지진이 1회 발생할 확률은

$$P_t(I, 1) = 1 - \exp[-\lambda(I)t] \quad (2)$$

이며 설계기준기간을 1년으로 그리고 설계기준기간내에 1회의 지진이 일어날 지진세기의 초월확률과 년평균발생률은 다음과 같다.

$$\left. \begin{aligned} P_1(I) &= 1 - \exp[-\lambda(I)] \\ P_t(I) &= 1 - \exp[-\lambda(I)t] \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

$$\exp[-\lambda(I)] = 1 - \lambda(I) + \frac{\lambda^2(I)}{2!} - \frac{\lambda^3(I)}{3!} + \dots + (-1)^n \frac{n\lambda^n(I)}{n!} \quad (4)$$

식 (4)에서  $\lambda(I)$ 가 매우 작으면 근사적으로 다음과 같이 표시된다.

$$\exp[-\lambda(I)] \approx 1 - \lambda(I) \quad (5)$$

결과 지진세기의 초월확률과 년평균발생률의 근사관계식은

$$\left. \begin{aligned} P_1(I) &\approx \lambda(I) \\ P_t(I) &\approx 1 - [1 - \lambda(I)]^t \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

이며 지진세기의 평균반복기간  $R(I)$ 는 다음과 같이 표시된다.

$$R(I) = 1/\lambda(I) \quad (7)$$

지진세기의 평균반복기간곡선은 기본지진세기의 변화률에 따른다. 즉

$$\eta = \frac{f(I_0 + \Delta I) - f(I_0 + \Delta I - 1)}{(I_0 + \Delta I) - (I_0 + \Delta I - 1)} \quad (8)$$

여기서  $I_0$ 은 기본지진세기이며  $f(I)$ 는 세기의 평균반복기간함수로서

$$f(I) = \ln[R(I)] \quad (9)$$

이다. 따라서 고찰하는 지진세기의 변화률은 다음과 같이 표시할수 있다.

$$\eta = \ln \left[ \frac{R(I_0 + \Delta I)}{R(I_0 + \Delta I - 1)} \right] \quad (10)$$

이때 변화률  $\eta$ 는 1.2~2.0이며  $\eta$  값에 따라 평균 반복기간곡선의 변화유형을 세가지로 나눈다.(표 1)

표 1. 평균반복기간곡선의 변화유형

유형	범위
완만한것	$\eta < 1.5$
중간정도	$1.5 \leq \eta \leq 1.5$
급격한것	$\eta > 1.7$

## 2. 적용결과

지진의 세기값에 따라 세기의 평균반복기간과 그 관계식들을 다음과 같이 확정할수 있다.

$$f(I) = f(I_0) + f'(I_0)(I - I_0) + \frac{f''(I_0)}{2!}(I - I_0)^2 + \dots + \frac{f^n(I_0)}{n!}(I - I_0)^n + \dots \quad (11)$$

$$f'(I) = f'(I_0) + f''(I_0)(I - I_0) \quad (12)$$

$$\ln[R(I)] = \ln[R(I_0)] + f'(I_0)(I - I_0) \quad (13)$$

이때  $f(I)$ 의 값은 다음과 같다.

$$f'(I_0) = 1.4, 1.6, 1.8 \quad (14)$$

$$I - I_0 = \begin{cases} \{\ln[R(I)] - \ln[R(I_0)]\}/1.4 \\ \{\ln[R(I)] - \ln[R(I_0)]\}/1.6 \\ \{\ln[R(I)] - \ln[R(I_0)]\}/1.8 \end{cases} \quad (15)$$

식 (15)로부터 해당한 지진세기와 기본세기와의 차값을 확정한다.

표 2. 작은 지진, 중급 지진 및 큰 지진의 초월확률 및 평균반복기간

설계기준기간/년	설계지진	설계기준기간내의 초월확률	반복기간/년
100	① 작은(자주 오는) 지진	0.63	100
	② 중급지진	0.1	949
	③ 큰(드문) 지진	0.05	1 950
50	① 작은(자주 오는) 지진	0.63	50
	② 중급지진	0.1	475
	③ 큰(드문) 지진	0.05	975
30	① 작은(자주 오는) 지진	0.63	30
	② 중급지진	0.1	285
	③ 큰(드문) 지진	0.05	585

내진규정에서는 구조물의 중요성에 따라 3개 유형(100년, 50년, 30년)으로 설계기준기간과 작은 지진, 중급 지진 및 큰 지진의 초월확률과 반복기간을 규정한다.(표 2)

우리 나라 전 지역, 북반부 및 남반부지역의 작은 지진, 중급 지진 및 큰 지진의 세기를 그 평균반복기간곡선의 변화특성에 따라 확정하였다.

1927년부터 1952년기간에 지진이 많이 발생한 우리 나라의 전 지역에 대한 지진크기에 따르는 년발생률 및 반복기간은 표 3과 같다.

표 3. 지진크기에 따르는 년발생률 및 반복기간

구 분		지진크기			
		M4.0	M5.0	M6.0	M7.0
전 지역	회수	315	73	19	1
	발생률	0.163 6	0.037	0.009 8	0.000 519
	반복기간/년	6.1	270	101.3	1 926
북반부	회수	78	17	4	
	발생률	0.040 5	0.008 8	0.002 07	—
	반복기간/년	24.68	113.6	483.09	
남반부	회수	237	56	15	1
	발생률	0.123 1	0.029 09	0.007 79	0.000 5
	반복기간/년	8.12	34.3	128.3	1 926

지진위험성분석결과 우리 나라 전 지역의 중간지진의 지진세기를 7bar로 확정하였다.

지진세기증분  $\Delta I$  를 1로 보면 변화률과 기본세기와 작은 지진세기의 차값은 다음과 같다.

$$\text{전 지역 } \eta = 1.31, I - I_0 = -0.94$$

$$\text{북반부 } \eta = 1.45, I - I_0 = -1.45$$

$$\text{남반부 } \eta = 1.31, I - I_0 = -1.09$$

결과 전 지역적인 범위에서  $\eta < 1.5$  이므로 완만한 류형을 가진다. 지진세기에 따르는 발생률과 반복기간은 표 4와 같다.

표 4. 지진세기에 따르는 발생률과 반복기간

구분		지진세기/bar			
		6	7	8	9
전 지역	발생률	0.163 6	0.037	0.009 8	0.000 51
	반복기간/년	6.1	27.0	101.3	1 925
북반부	발생률	0.040 5	0.008	0.002 07	—
	반복기간/년	24.6	113	48.30	
남반부	발생률	0.123 1	0.029	0.007	0.000 51
	반복기간/년	8.1	34.3	128.3	1 925

이상의 결과로부터 다음과 같은 결론을 얻을수 있다.

첫째로, 우리 나라에서의 지진세기변화특성은 완만한 류형을 띠고있다.

둘째로, 기본지진세기와 작은 지진세기의 차는 전 지역, 북반부 및 남반부에 대하여 각각  $-0.94$ ,  $-1.45$  및  $-1.09$ 이다.

## 맺 는 말

논문에서는 기본지진세기로부터 작은 지진과 큰 지진을 확정하고 우리 나라 전 지역의 지진크기 및 지진세기의 발생률, 반복기간을 결정하였다. 또한 지역별에 따르는 지진세기의 변화특성을 밝히고 우리 나라에서의 지진세기변화특성이 완만한 류형을 띠는것을 확정하였다.

## 참 고 문 헌

- [1] 박치봉; 지진에 의한 피해를 극복하기 위한 행동규범, 외국문도서출판사, 4~12, 주체104(2015).
- [2] J. Zhou; Calculation Methods for Interstory Drift of Building Structures 15 Wcee Lisbon, 2, 5, 2012.
- [3] Y. P. Nazarov et al.; Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 11, 2015.

주체107(2018)년 9월 5일 원고접수

## **On the Decision Method of Microseism, Mediumseism and Megaseism in Earthquake-Resistant Design**

*Pak Chi Bong, Kim Tong Gwang*

In this paper we decided microseism, mediumseism and megaseism from the principal seismic intensity and concluded the incidence of seismic magnitude and intensity and repetition period in the whole area of our country.

Key word: earthquake