

## 재현주기에 따른 응답스펙트럼과 설계지반운동 산정방법

### Generation of Design Response Spectrum and Earthquake Ground Motion Considering the Recurrence Period

이 현 호\*  
Lee, Hyun-Ho

한 상 환\*\*  
Han, Sang-Whan

이 리 형\*\*\*  
Lee, Li-Hyung

정 하 선\*\*\*\*  
Jeong, Ha-Sun

---

#### ABSTRACT

A purpose of this research is to develop the calculation methods of design input seismic loads. Where, calculation methods are ;

- (1) Considering different recurrence period of earthquakes which was proposed by ATC 14.
- (2) Using earthquake records which was modified Korean codes.

Response spectra that was adopted by codes has an estimated recurrence interval of 500 years, with approximately a 90 percent probability of not being exceeded in 50 years. But If we considered the life-time of existing buildings in some cases, response spectra be modified with return period of earthquakes.

If we be design highrise and irregular buildings, dynamic analysis method that use time history records should be used. But in Korea, time history records of earthquakes was very few. Therefore to use foreign countries's earthquake record, it is need to select of records considered Korean codes.

As a results, this study propose a calculation method of seismic design input loads that considered return period of earthquakes and also propose using method of earthquakes.

---

#### 1. 서 론

지진은 전세계적으로 수많은 인명 및 재산을 빼앗는 재난으로 인류의 역사와 함께 하여왔다. 이런 지진은 순간적으로 발생하며, 지진발생지역 뿐만 아니라 지구표면 어디에서나 발생할 수 있으

---

\* 한양대학교 건축공학과 박사과정, 현대건설 기술연구소 선임연구원, 정회원

\*\* 한양대학교 건축공학과 전임강사, 공박, 정회원

\*\*\* 한양대학교 건축공학과 교수, 공박, 정회원

\*\*\*\* 현대건설 기술연구소 이사, 공박

므로 사전에 예측하기는 매우 힘들다. 한반도에서도 역사적으로 많은 지진활동이 있었고 최근의 지진기록에 의하면 향후 큰 규모의 지진발생 가능성을 배제할 수는 없다. 우리나라에서도 1970년부터 지진에 대한 계기관측을 시작한 이래, 1978년 9월 규모 5.2의 속리산지진, 같은 해 10월 규모 5.0의 홍성지진, 1996년 12월 13일 진도 4.5의 영월지진이 기록되었으며 기상청 통계에 의하면 1996년 우리 나라의 연간 지진발생빈도는 34회에 이르고 있다.

대부분의 내진설계지침들은 과거의 지진피해에 의한 경험과 판단에 의해 만들어졌으며, 우리나라의 경우에는 미국의 Applied Technology Council에서 제정한 내진설계기준(ATC 3-06)과 Uniform Building Code(UBC, 1985)를 기준으로 하고 있다. 따라서 본 연구는 건축구조물을 설계하기 위한 입력지진하중 산정방법에 관하여 연구하고자 하며, 입력지진하중은 다음의 두 가지 산정방법을 사용한다.

첫 번째는 미국의 응용기술협회 보고서(ATC 14, 1987)에서 제시한 지진의 재현주기에 따른 입력지진하중 산정법으로, 이를 한국 규준에 적용하여 기존건물 또는 신축건물의 내진성능평가의 입력하중으로 사용한다. 두 번째는 지진이력기록(earthquake time history)을 국내규준에서 제시한 지진의 크기에 맞게 조정(scaling)하여 사용하는 것이다. 조정된 지진기록은 응답스펙트럼을 구하여 미국 Building Seismic Safety Council의 NEHRP(National Earthquake Hazard Reduction Program)규준의 스펙트럼과 비교하여 그 타당성을 평가한다.

## 2. 재현주기를 고려한 설계지진하중 산정

본 연구는 입력지진하중 산정방법에 관하여 연구하고자 하며, 이 방법은 미국의 ATC 14(1987)에서 제시한 지진의 재현주기에 따른 입력지진하중 산정법을 근간으로 하며, 이를 한국 규준에 적용하여 기존건물 또는 신축건물의 내진성능평가지 입력하중으로 사용한다.

기존건물과 신축건물의 내진성능을 평가할 때, 입력지진하중의 크기는 건물의 수명에 따라 다르게 사용할 수 있다. 일반적으로 규준에서는 건물의 수명을 50년으로 보고 있다. 따라서 규준에서 제안된 설계지진하중이란 50년의 건물수명동안 10% 초과할 수 있는 지진하중을 의미한다. 하지만 사용중인 건물의 잔존수명은 40년, 30년이 될 수도 있고, 신축건물의 경우는 건물주의 의도나 그 중요도에 따라 50년보다 더 긴 수명이 가정될 수 있다. 이와 같이 지진재현주기가 바뀌면 그에 따른 지진하중을 산정하여 설계하중으로 사용하는 것이 바람직하다.

### 2.1 응답스펙트럼

건물이 위치한 지역의 지역계수 또는 사용하고자 하는 지진의 크기(Effective Peak Acceleration 또는  $A_a$ )를 이용하여 응답스펙트럼을 작성하는 방법은 Newmark과 Hall(1982)에 의하여 제안되었다. 이들의 연구에 의하면,  $1g$ 의 최대 지반 수평가속도에 대하여 최대수평속도는 122 cm/sec(48 in/sec), 최대수평변위는 91.5 cm(36 in)로 규정하였으며, 수많은 지진기록의 통계학적 처리에 의한 연구에 의하여, 설계 또는 사용하고자 하는 지반가속도에 대한 속도, 변위를 구할 수 있는 방법을 제안하였다. 또한  $v/a$ (속도/가속도)와  $ad/v^2$ (가속도에 변위를 곱한 값에 속도의 제곱을 나눈 값)은 지반조건이 같으면 지진의 종류에 관계없이 일정한 값을 갖는다고 보고하고 있으며, 표 1에 그 결과를 나타내었다. 따라서 주어진 증력가속도( $A_a$ )에 대해서  $v/a$ 를 이용해서는 속도를,  $ad/v^2$ 에서는 변위를 구할 수 있다. 여기에서  $d/a$  또는  $d/v$  대신에  $ad/v^2$ 를 사용한 이유는,  $ad/v^2$ 가 지진운동의 스펙트럼을 더 잘 표현할 수 있기 때문이다. 또한 표 2에 우리나라규준에 의한 지반계수를 나타내

있다.

표 1. 수평방향의 탄성스펙트럼을 작성하기 위한 지반운동계수

지반조건	v/a (cm/sec/g)	ad/v <sup>2</sup>
지반 1 (압반 지반)	61.0	5
지반 2 (단단한 지반)	91.5	4
지반 3 (연약 지반)	122.0	4

표 2. 우리나라규준에 의한 지반계수

지 반 종 별	지 반 1	지 반 2	지 반 3
지반계수(S)	1.0	1.2	1.5

## 2.2 재현주기를 고려한 응답스펙트럼의 작성

기존건물의 내진성능평가지 보강예정 건물의 잔존수명을 신축건물에 비교하여 조정할 수 있다. 추정 또는 잔존수명의 조정은 입력 지반가속도  $A_a$ 의 조정과 아울러 응답스펙트럼의 형상을 변경하는 것이다. 본 연구에서 사용하고자 하는 응답스펙트럼의 작성방법은 전반적인 응답스펙트럼의 크기를 결정하는 기본주기값이 영에 근접한 가속도 값과 응답스펙트럼의 상대적인 형상을 결정하는데 사용되는 v/a를 근간으로 하고 있다. 이러한 변수를 사용한 추정수명의 조정은 적용하고자 하는 건물의 적절한 조건 및 검토에 의하여 평가되어야 한다. 대부분의 지진 응답스펙트럼은 475년에 1번 재현(50년에 10% 발생확률)되는 지진에 대하여 작성되므로 본 연구에서는 475년 미만에 대한 응답스펙트럼을 사용하고자 한다. 우리 나라는 계기지진의 기록이 극히 미비하므로 미국의 자료를 이용하여 지진의 재현주기 조정에 따른 입력가속도 값을 조절한다. 지진재현주기는 평균 최대지반 가속도(Peak Ground Acceleration, PGA)와의 관계를 이용한 회귀분석에 의하여 식 1과 같이 나타낼 수 있다(ATC14, 1987).

$$F = 0.18 T_r^{0.28} \text{-----} (1)$$

여기서, F는 상이한 재현주기  $T_r$ 에 대한 지진지도(Seismic Map)의 가속도치를 조정하는 계수이다. 이 식에서는 규준에서 사용한 475년의 재현주기를 가진 설계지진의 조정계수 F가 1이 되도록 정한 것이다. 따라서 이 식을 이용하여 재현주기가 달라지는 경우에 이 계수를 규준에서 정한  $A_a$  값에 곱하여 그 해당 재현주기에 맞는  $A_a$  값을 재산정할 수 있다. 주어진 건물의 수명과 그 수명중 고려되는 지진의 발생확률에 따른  $T_r$ 값의 산정은 다음과 같이 구할 수 있다. 즉 건물의 수명이  $T_s$ 라 할 때, 그 수명동안 발생할 확률이  $P_E$  %인 설계지진하중의 재현주기  $T_r$ 은

$$(1 - P)^{T_s} = (1 - P_E) \text{-----} (2)$$

$$P = 1 - (1 - P_E)^{1/T_s} \text{-----} (3)$$

$$T_r = 1/P \text{-----} (4)$$

여기서 P는 설계지진하중의 연간 발생확률이다. 예를 들면  $T_s$ 가 30년이고  $P_E$ 가 10%인 경우, 설

계지진의 재현주기는 식 (2) ~ (4)를 이용하여 산정하면

$$P = (1 - (1 - 0.1)^{1/30}) = 0.003506, \quad T_r = 1/P = 285 \text{ 년이 된다.}$$

또한 중력가속도 1g에 대한 재현주기 25년부터 1000년까지의 5%감쇠에 대한 응답스펙트럼과의 관계로부터 재현주기에 따른  $v/a$ 값의 조정계수(scaling factor,  $F_{va}$ )를 식 5와 같이 유도할 수 있다 (ATC 14, 1987).

$$F_{va} = -0.02 + 0.38 \log T, \text{ ----- (5)}$$

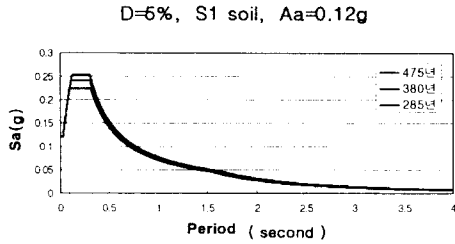
이 식도 역시 규준에서 제시한 475년의 재현주기를 가진 설계지진하중에 대해서는 그 값이 1이 되도록 정한 것이다. 예를 들면, 재현주기 30년에 발생확률 10%(재현주기 285년)를 넘는 경우에 대하여  $F_{va}$ 는 0.91이며, 단단한 지반일 때  $v/a$ 값은 표 1에서 91.5이므로 조정된  $v/a$ 값은 0.91에 91.5를 곱하여 83.265 cm/sec/g가 된다.

건물의 수명이 정해지거나 설계하중이 정의될 때, 그에 대한 응답스펙트럼을 만드는 방법은 Newmark과 Hall방법과 앞에서 선정한 재현주기를 고려한 조정계수를 사용하여 결정하는 방법이 있다. Newmark과 Hall에 의한 응답스펙트럼은 재현주기나 설계지진하중의 정의에 따라 그 크기 및 형태를 재조정하여야 한다.

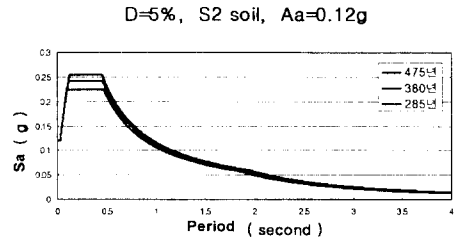
그림 1에 재현주기( $T_r$ ) 475년(50년에 10% 지진발생확률), 380년(40년에 10% 지진발생확률), 285년(30년에 10% 지진발생확률)과 국내규준의 지역계수 0.12g 그리고 5% 감쇠에 의한 설계용 응답스펙트럼을 나타내었다. 지역계수 0.12g에 대한 최대 응답가속도( $S_{amax}$ )는 재현주기 475년일 때 0.254g, 380년일 때 0.242g 그리고 285년일 때 0.223g로 나타났다. 또한 입력지진의 재현주기 475년, 380년, 285년에 대하여 최대 응답가속도는 475년에 대하여 380년일 때는 4.7%, 285년일 때는 11.8%가 감소되어 재현주기의 감소 정도에 따른 설계용 최대지진가속도의 감소량이 재현주기의 차이가 클수록 더욱 커짐을 알 수 있다. 그리고 우리규준의 지역계수 0.12g에 대한 응답스펙트럼의 최대치 0.21g에 대하여서는 재현주기를 고려한 응답스펙트럼의 결과가 큰 것으로 나타나, 재현주기를 고려한 응답스펙트럼을 사용할 때는 그 근거를 명시하여야 될 것으로 판단된다. 그림 1의 a), b), c)는 지반조건의 변화에 따른 설계용 응답스펙트럼의 변화를 나타낸 것으로 단단한 지반에서 연약한 지반으로 갈수록 최대 응답가속도의 지속시간이 증가됨을 알 수 있었다. 이는 연약지반의 특성을 본 연구에서 사용한 설계용 응답스펙트럼이 잘 표현하고 있는 것으로 판단된다. 또한 그림 1에서 주기 1.5초~2초사이의 응답스펙트럼이 다소 튀는 것으로 나타났는데, 이는 속도구간에서 변위구간으로 변하는 경계점으로, 지진기록의 회귀분석을 이용한 결과이므로, 응답스펙트럼의 사용에는 문제가 없는 것으로 판단된다.

### 3. 지진하중산정을 위한 지진기록(Earthquake time history)조정

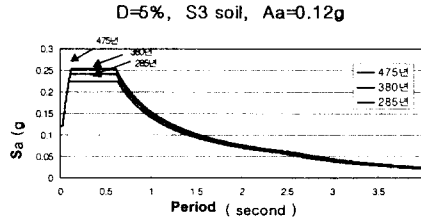
비정형성이 심한 건물, 규모가 큰 초고층, 대공간 구조물의 경우, 지진이력기록(earthquake time history)을 이용한 동적해석이 필요하다. 개념적으로 내진설계는 부재 또는 시스템의 보유내력(capacity)과 입력지진하중에 요구되는 부재 또는 시스템의 내력(demand)으로 정의할 수 있는데, 이 내력은 설계용 지반운동하중과 관련이 있다. 그러나 우리나라는 설계용지진 지반운동하중이 전무한 실정이다. 또한 외국의 지진기록은 많이 있으나, 우리의 설계지진하중과 유사한 지진이력하중은 구하기가 매우 힘들다. 따라서 본 연구에서는 외국의 지진하중의 크기를 조정하여 우리규준에



a) 지반조건 S<sub>1</sub>



b) 지반조건 S<sub>2</sub>



c) 지반조건 S<sub>3</sub>

그림 1. 0.12g에 대한 설계용 응답스펙트럼 (5% 감쇠)

서 정의하는 설계지진하중과 유사하게 만드는 방법을 제안한다. 일반적으로 우리규준의 지역계수는 유효지반가속도(EPA)에서 중력가속도 값을 제한 값이다. 유효지반가속도는 일반적으로 최대지반가속도의(PGA) 크기와 유사하거나 작다. 따라서 본 연구에서는 지진가속도 크기를 우리나라 내진규준에서 정의하는 지역계수와 유사하도록 조정(scaling)하며, 이에 대한 검증으로는 NEHRP 규준의 응답스펙트럼과 조정된 지진이력기록에서 구한 응답스펙트럼을 비교, 평가한다. 여기서 우리규준대신 미국규준인 NEHRP규준을 사용한 것은 우리내진규준이 미국규준을 근거로 하고 있고, 본 연구에 사용한 대부분의 지진기록이 미국의 지진기록이므로, 이 지진기록의 적합성을 평가하기 위하여 NEHRP규준을 사용하기로 한 것이다.

NEHRP 규준의 의한 응답스펙트럼  $S_a$ 는 아래와 같다.

$$S_a = \frac{A_v \cdot S}{T} \leq 2.5 A_a \text{ ----- (6)}$$

여기서 S는 지반계수를 의미하며 NEHRP 규준에서는 S<sub>1</sub>은 1.0, S<sub>2</sub>는 1.2, 그리고 S<sub>3</sub>은 1.5로 정의하고 있다. NEHRP 규준에서는 건물의 고차모드(Multi Degree of Freedom, MDOF)에 대한 영향을 반영하기 위하여 식 6의 T대신 T<sup>2.3</sup>으로 표현되어 있으나 본 연구에서 구하는 지진이력의 응답스펙트럼은 단자유도(Single Degree of Freedom, SDOF)에 대한 응답스펙트럼이므로 본 연구에서는 T를 사용하기로 한다.

### 3.1 지진기록의 선정

NEHRP규준의 응답스펙트럼과 유사한 응답스펙트럼을 갖는 지진이력기록을 조정, 수정하는 절

차는 다음과 같다.

- ① 지진기록의 수집
- ② 지진기록의 보정(Correction)
- ③ 지반조건에 의한 지진기록의 분류
- ④ 우리규준에 맞춘 지진기록의 조정(Scaling)
- ⑤ 지반조건별 응답스펙트럼 작성
- ⑥ 규준의 응답스펙트럼과 비교

여기서 사용한 지진기록은 USGS(U.S.Geological Survey)자료 등에서 수집하였다. 수집된 지진기록은 USGS에서 개발된 BAP(Basic Strongmotion Accelerogram Processing Software) 프로그램을 이용하여 보정하였는데, 이 보정의 방법에는 Baseline correction, High & Low frequency cut, 계측기에 러보정 등의 방법이 사용된다. 이상과 같이 보정된 지진기록은 지반조건별로 분류한다. 이렇게 구한 총 32개의 지진기록에 대한 설명을 표 3에 지진사건별, 발생일시, 측정장소 위치, PGA 등으로 구분하여 나타내었다. 지진기록의 최대지반가속도(PGA)를 1g로 하여 우리나라규준에 맞게 지진의 크기(0.12g)를 조정(scaling)한 후, 응답스펙트럼을 구한다.

표 3. 선정된 지진기록 목록

Event Name (Station Name)	Date (년/월/일)	PGA cm/sec <sup>2</sup>	Soil Type
Offshore Eureka (Cape Mendocino)	94 9 1	23.3	S <sub>1</sub>
Western Washington (Olympia Hwy. Test Lab.)	49 4 13	-177.8	S <sub>1</sub>
Whittier (Pacoima - Kagel Canyon)	87 10 1	154.9	S <sub>1</sub>
Iwate Prefecture (Miyako Harbor Works, Ground)	70 4 1	-189.7	S <sub>1</sub>
Iwate Prefecture (Miyako Harbor Works, Ground)	70 4 1	161.8	S <sub>1</sub>
Michoacan, Mecixo (Caleta De Campo)	85 9 19	137.8	S <sub>1</sub>
San Fernando (Lake Hughes, Array Station 4, CAL.)	71 2 9	168.2	S <sub>1</sub>
San Fernando (Lake Hughes, Array Station 4, CAL.)	71 2 9	-143.5	S <sub>1</sub>
Humbolt County (Petrolia California Cape Mendocino)	75 6 7	-198.7	S <sub>1</sub>
Humbolt County (Petrolia California Cape Mendocino)	75 6 7	103.0	S <sub>1</sub>
Coyote Lake, CA (San Martin)	79 8 6	244.6	S <sub>2</sub>
Guerrero, Mexico (Cayaco)	85 9 21	-59.3	S <sub>2</sub>
Guerrero, Mexico (Cayaco)	85 9 21	-44.0	S <sub>2</sub>
Imperial Valley, CA (Meloland Overpass FF)	79 10 15	-311.2	S <sub>2</sub>
Northern Calif (Eureka Federal Bldg)	67 12 10	21.5	S <sub>2</sub>
San Francisco (S.F. State Bldg Basement)	57 3 22	-98.9	S <sub>2</sub>
Parkfield CA (Temblor California NO. 2)	66 6 27	-264.4	S <sub>2</sub>
Morgan Hill (Gilroy #6)	84 4 24	-214.8	S <sub>2</sub>
Morgan Hill (Gilroy #6)	84 4 24	-280.4	S <sub>2</sub>
Northridge (Alhambra-Fremont School)	94 1 17	-99.1	S <sub>3</sub>
Alaska (ANH Anchorage Native Med Cntr.)	75 1 1	-70.4	S <sub>3</sub>
Humboldt Bay (Ferndale City Hall)	37 2 6	-42.9	S <sub>3</sub>
Kern County as 1 (Tehachapi Fire House)	52 7 21	55.2	S <sub>3</sub>
Kern County as 1 (Tehachapi Fire House)	52 7 21	83.7	S <sub>3</sub>
Kern County as 3 (Tehachapi Fire House)	52 7 21	-13.6	S <sub>3</sub>
Northern CA (Ferndale City Hall)	60 6 5	-60.4	S <sub>3</sub>
Northern CA (Ferndale City Hall)	41 10 3	121.0	S <sub>3</sub>
Northern CA (Ferndale City Hall)	67 12 10	-126.6	S <sub>3</sub>
NW Calif (Ferndale City Hall)	41 2 9	66.6	S <sub>3</sub>
San Fernando (900 S Fremont, Alhambra)	71 2 9	118.5	S <sub>3</sub>
Japanese (Ariake Sea Embankment)	66 11 12	-128.5	S <sub>3</sub>
Chiba Prefecture (Kashima Harbor Works, Ground)	74 3 3	-111.6	S <sub>3</sub>

### 3.2 지진기록과 NEHRP기준에 의한 결과의 비교

지진기록에 의한 결과와 NEHRP기준에 의한 결과를 지진구역 0.12g에 대하여 지반조건(S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub>)별로 구분하여 그림 2에 나타내었다. 각 그림에 있어 NEHRP기준에 의한 설계용 응답스펙트럼과 각 지진응답의 평균치(Mean value) 그리고 저주파성분들(Low frequency contents)의 영향을 고려하기 위하여 평균치에다가 표준편차(Standard deviation)를 더한 지진응답을 나타내었다.

지반조건 S<sub>1</sub>의 경우에는 지진기록의 최대치가 0.5초 이전에 발생하였으며, 비록 제한된 지진기록을 사용하였지만 지진기록의 평균치보다 평균치에 표준편차를 더한 경우가 기준의 설계용 응답스펙트럼과 잘 일치하였다. 전반적으로 NEHRP의 설계용 응답스펙트럼과 지진기록이 잘 일치하는 것으로 나타나 본 검토에 사용한 지진기록을 추후 내진설계를 위한 대상구조물의 입력하중으로 사용하여도 적당할 것 같다. 또한 지반조건 S<sub>2</sub>의 경우, 지반조건 S<sub>1</sub>의 경우와 유사한 결과를 나타냈으며, S<sub>3</sub>의 경우에는 지진기록의 응답스펙트럼 평균치에다 표준편차를 더한 경우가 NEHRP기준과 잘 일치하였다. 특히 최대 응답가속도의 크기가 지반조건 S<sub>1</sub> 및 S<sub>2</sub>인 경우보다 기준과 유사하게 나타났다. 그러나 1초이후의 응답에 있어서는 기준치보다 상당히 낮은 값을 나타내, 보다 많은 지진기록을 사용하여 이를 보정하여야 될 것으로 사료된다. 그리고 이와 병행하여 지반조건 S<sub>3</sub>에 대한 기준의 응답스펙트럼이 1초이후의 고차주기에 대한 응답을 과대평가하고 있는지에 대한 보완연구가 필요한 것으로 사료된다. 결과적으로 지진기록의 형상이 일부 이상한 것은 보다 많은 지진기록을 추가하면 조정될 수 있을 것으로 판단된다.

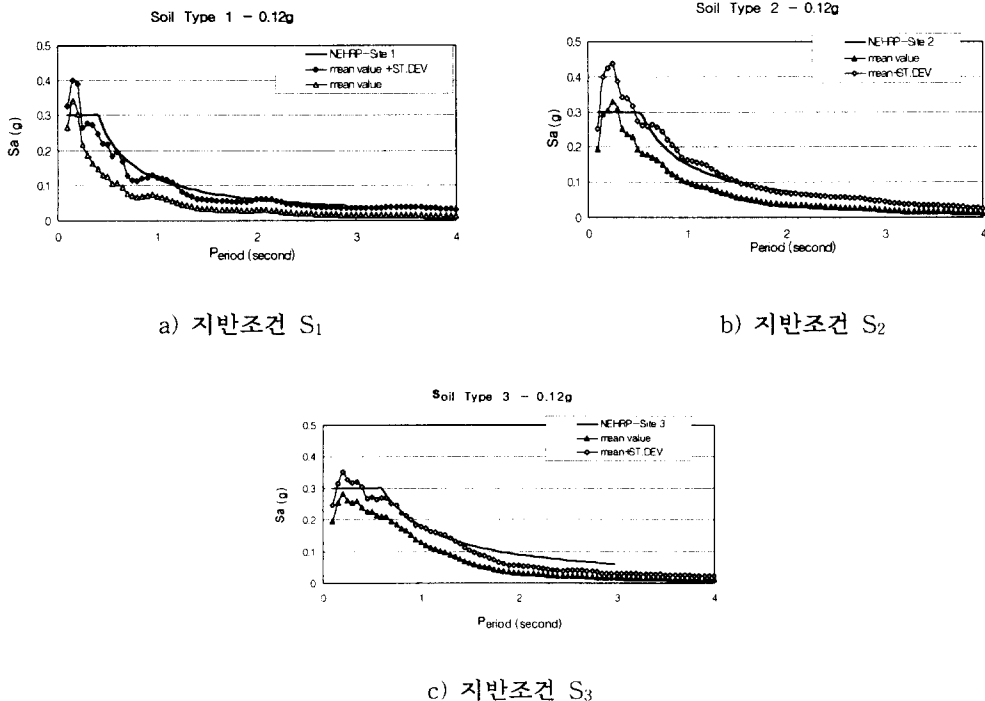


그림 2. 기준 및 지진기록의 평균치 및 평균치 + 표준편차에 대한 응답스펙트럼

#### 4. 결 론

본 연구에서는 기존 또는 신축건물의 내진성능을 평가하기 위한 입력지진하중을 산정하기 위해 서 지진의 재현주기를 고려한 입력하중산정법과 지진이력기록(earthquake time history)을 국내규준 에서 제시한 지진의 크기에 맞게 조정(scaling)하여 사용하는 방법을 제안하였다.

1) 우리나라 내진규준의 지역계수 0.12g, 5% 감쇠, 그리고 재현주기 변경에 의한 설계용 응답스펙트럼을 작성한 결과, 지역계수 0.12g에 대해서 최대 응답가속도( $S_a$ )는 재현주기 475년일 때 0.254g, 380년일 때 0.242g 그리고 285년일 때 0.233g로 나타났다. 또한 입력지진의 재현주기 475년, 380년, 285년에 대하여 최대응답가속도는 475년에 대하여 380년일 때는 4.7%, 285년일 때는 11.8%가 감소되어 재현주기의 감소 정도에 따른 설계용 최대지진가속도의 감소량이 재현주기의 차이가 클수록 더욱 커짐을 알 수 있었다. 그리고 우리규준의 지역계수 0.12g에 대한 응답스펙트럼의 최대치 0.21g에 대하여서는 재현주기를 고려한 응답스펙트럼의 결과가 큰 것으로 나타나, 재현주기를 고려한 응답스펙트럼을 사용할 때는 그 근거를 명시하여야 될 것으로 판단된다.

2) 지진이력기록(earthquake time history)을 국내규준에서 제시한 지진의 크기에 맞게 조정(scaling)하여 NEHRP규준에 의한 설계용 응답스펙트럼과 비교한 결과, 지반조건  $S_1$ 의 경우 지진기록의 평균치보다 평균치에 표준편차를 더한 경우가 규준의 설계용 응답스펙트럼과 잘 일치하였다. 따라서 본 검토에 사용한 지진기록을 추후 내진성능을 평가하기 위한 대상구조물의 입력하중으로 사용하여도 적당할 것 같다. 또한 지반조건  $S_2$ 의 경우, 지반조건  $S_1$ 의 경우와 유사한 결과를 나타냈 으며,  $S_3$ 의 경우에는 지진기록의 응답스펙트럼 평균치에다 표준편차를 더한 경우가 NEHRP규준 과 잘 일치하였다. 특히 최대 응답가속도의 크기가 지반조건  $S_1$  및  $S_2$ 인 경우보다 규준과 유사하 게 나타났다. 그러나 1초이후의 응답에 있어서는 규준치보다 상당히 낮은 값을 나타내, 보다 많은 지진기록을 사용하여 이를 보정하여야 될 것으로 사료된다.

#### 감사의 글

본 연구는 현대건설 기술연구소와 한양대 초대형 구조시스템 연구센터의 지원에 의한 것으로 이에 감사드립니다.

#### 참고문헌

1. 대한건축학회(1987.12), "내진설계지침서 작성에 관한 연구," 건설부.
2. ATC(1987), "ATC 14 : Evaluating the Seismic Resistance of existing Building," ATC.
3. N.M Newmark and W.J.Hall(1982), "Earthquake Spectra and Design," Earthquake Engineering Research Institute.
4. UBC(1991), "Uniform Building Code 1991 Edition", Internationnal Conference of Building Officials.
5. NEHRP(1992), "NEHRP Handbook for the Seismic Evaluation of Existing Buildings", NEHRP
6. Aladdin A.Nassar and Helmut Krawinkler(1991.6), "Seismic Demands for SDOF and MDOF Systems," Stanford/USGS Institute for Research in Earthquake Engineering and Seismology, Report no. 95