

지진기록 선택에 따른 요구지진 하중의 변화

Variability of Seismic Demand According to the Selection the Earthquake Ground Motion Groups

황 수 민* 한 상 환**
Hwang, Su Min Han, Sang Whan

ABSTRACT

It is the challenging task to predict seismic demand for structural design. In current seismic design provisions such as UBC, NEHRP, ATC 3-06, the seismic demand is calculated using the response spectrum with response modification factor (R). This paper investigates variability of seismic demand according to selecting the earthquake ground motion groups. Different Earthquake sets used by Miranda, Riddell and Seed selected were used in this study. Earthquake sets selected by authors include 62 sets of near field ground motion and 19 sets one pulse ground motion. Linear Elastic Response Spectrum (LERS), the variation of performance points of calculated by Capacity Spectrum Method (CSM) were considered with respect to the different sets of earthquake ground motions.

1. 서 론

지진발생시 구조물의 거동을 예측하고, 이러한 거동을 일정수준 이하로 제어하는 것이 내진설계의 기본이 된다. 이러한 연구가 지속적으로 진행되어 왔으나 최근의 Northridge 지진(1994)과 Kobe 지진(1995), Chichi 지진(1995)등으로 인한 구조물의 손상 정도를 고려해 볼 때, 내진설계에 대한 지속적인 연구가 필요함을 알 수 있다. 지진으로 인한 구조물의 요구 응답은 평가방법뿐만 아니라 지진 데이터의 선택에 따라서도 차이가 발생할 수 있다.

본 연구에서는 여러 연구자에 의해 사용된 지진데이터와 본 연구에서 정의한 기준에 의해 정해진 Near field 지진과 One pulse 지진을 각각 비교하였다. 지진선택에 따른 요구응답을 비교하기 위하여 선택된 지진 데이터를 탄성응답스펙트럼과 능력스펙트럼을 사용하였다.

2. 지진기록의 선택

기존의 여러 연구자에 의해 제시된 여러 가지 Near field 지진의 선택조건을 종합하여 본 연구에서는 Near field지진의 요건을 다음과 같이 정의하였다.

* 한양대학교 건축공학과 석사과정

** 정회원 · 한양대학교 건축공학과 부교수

- (1) $M_s > 5.6$
- (2) 최대지반가속도(PGA) > 0.2g, 최대지반가속도(PGV) > 20cm/s
- (3) 지반조건 S_1
- (4) 진앙까지의 거리 $\leq 15\text{km}$
- (5) Free field station이나 작은 빌딩의 ground floor에서 측정된 지진데이터

위의 조건을 만족시키는 62개의 Near field 지진데이터를 선정하고 Near field 지진의 특징인 큰 속도·변위의 변화를 보이나 진앙에서의 거리가 15km이상인 지진을 One pulse 지진이라 정의하여 19개의 지진데이터를 선정하였다. 이와 비교할 지진데이터로는 Seed et al.(1976), Miranda(1993), Riddell(1991)이 사용한 지반 S_1 에서의 지진기록을 선정하였다.

3. 각 연구자가 선택한 지진에 따른 탄성응답스펙트럼의 비교

본 연구에서는 지진선택에 따른 탄성응답스펙트럼의 평가를 위해 5% 감쇠를 갖는 구조물의 고유주기에 따라 계산된 가속도 탄성응답스펙트럼을 0.15g로 정규화(Normalization)하여 평균값을 비교하였다. 동일한 지반에 대해서 정규화한 탄성응답스펙트럼을 비교한 결과 같은 주기 내에서 각 지진집단에 따라 응답스펙트럼의 결과가 다르게 나타났으며 그 차이는 0.5초 이후 더 크게 나타났다.

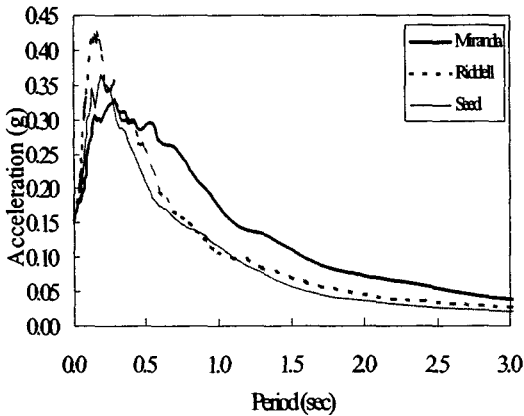


그림 1 각 연구자의 지진기록에 따른 탄성응답스펙트럼

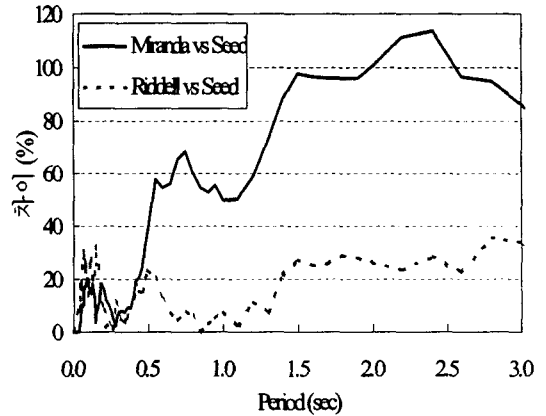


그림 2 Seed에 대한 각 연구자별 차이

4. Near field와 One pulse지진을 제외했을 때 일반지진의 탄성응답스펙트럼 비교

일반 지진과는 다른 양상을 보이는 Near field 지진과 One pulse 지진을 각 연구자들이 제시한 지진데이터에서 제외한 뒤, 동일한 기준에서 Seed(1976)의 탄성응답스펙트럼을 기준으로 Miranda(1993), Riddell(1991)의 탄성응답스펙트럼의 차이를 비교해 보았다. 그 결과 Seed(1976)에 대한 Miranda(1993)의 차이는 113.71%에서 28.08%로, Seed(1976)에 대한 Riddell(1991)의 차이는 35.70%에서 7.19%로 줄어드는 것을 알 수 있었다. 따라서 구조물의 설계 및 내진성능평가 시 지진선택에 있어서 Near field와 One pulse 지진을 별도로 고려하여야 할 것으로 판단된다.

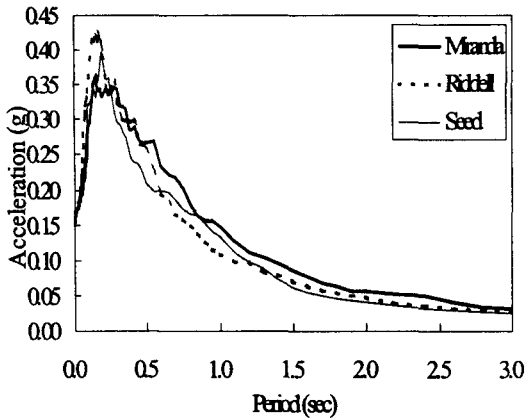


그림 3 일반지진의 탄성응답스펙트럼 비교

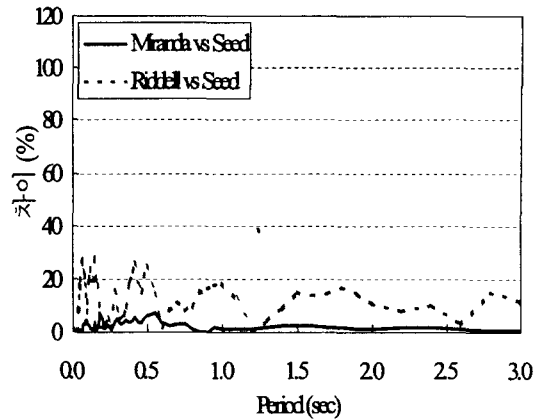


그림 4 Seed에 대한 각 일반지진의 차이

5. Seed가 선택한 지진에 대한 Near field와 One pulse지진의 비교

지진 선택에 있어서 Near field지진과 One pulse 지진이 다른 지진과는 다른 어떤 특징을 지니는 지 Seed(1976)가 선별한 지진과 비교해 보았다. Seed(1976)가 선별한 지진에 대한 Near field지진과 One pulse 지진의 차이는 각각 최고 171.44(%), 110.45(%)로 나타났다. 이러한 차이는 주기 0.5초 이후 급격히 증가하였고 그 결과 0.5초 이상의 구조물에서는 일반 지진에 비해 Near field 지진과 One pulse 지진이 큰 피해를 야기할 것으로 판단된다.

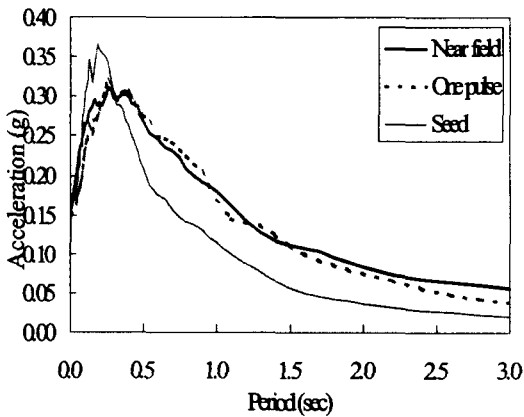


그림 5 Seed에 대한 Near field지진과 One pulse 지진의 탄성응답스펙트럼 비교

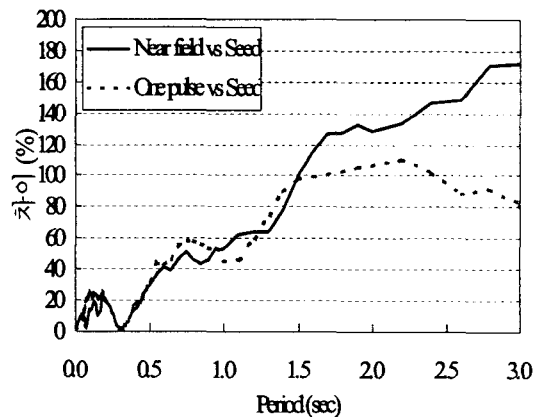


그림 6 Seed에 대한 Near field 지진과 One pulse 지진의 차이

6. 지진선택에 따른 성능점 비교

능력스펙트럼법(CSM)이란 지진요구와 보유능력을 응답가속도(S_a), 응답변위(S_d)로 각각 표현하여 한 그래프

에 나타내는 방법이다. 이는 Mahaney와 Freeman(1993)등이 기존의 방법을 정리한 것으로 ATC-40(1996), FEMA-273(1997)에 도입되었으며, 지진요구와 보유능력을 한 그래프에 표현하기 위해 가속도변위응답스펙트럼(Acceleration Displacement Response Spectrum, ADRS) 형식을 사용한다. 본 연구에서는 표 1과 같이 Chopra(1999)가 사용한 SDOF System 중 4개를 대상 구조물로 선정하였다.

표 1 각 단자유도 구조물의 특성

System Properties			
System	T_n (s)	$f_y \div \omega$	μ_y (cm)
01	0.5	0.1257	0.780
02		0.1783	1.106
03	1.0	0.0714	1.773
04		0.1733	2.562

6.1 지진 집단에 따른 성능점 비교

지반 S_1 에서 선택된 지진자료를 동일한 PGA 값으로 조정된 후 Chopra(1999)의 단자유도 구조물에 대해서 CSM (Capacity Spectrum Method)을 이용하여 성능점을 비교하였다. 각 연구자가 선택한 지진에 대한 성능점을 비교해 보고, Near field 지진과 One pulse 지진을 제외했을 때 일반 지진의 성능점을 비교해 보았다. 특히 System 4에서 각 연구자별로 성능점을 비교했을 때에는 0.60g에서 Seed에 대한 Miranda의 차이는 최고 144.26(%), Seed에 대한 Riddell의 차이는 39.75(%)가 발생했다. 그러나 Near field 지진과 One pulse 지진을 제외하고 일반 지진만을 비교했을 때에는 Seed에 대한 Miranda의 최고 차이는 51.15(%), Seed에 대한 Riddell의 차이는 14.89(%)로 각각 줄어들었다. 따라서 Near field 지진과 One pulse 지진을 제외했을 때 성능점의 차이값의 감소는 구조물 설계시 Near field 지진과 One pulse 지진을 분리하여 고려하여야 할 것으로 판단된다.

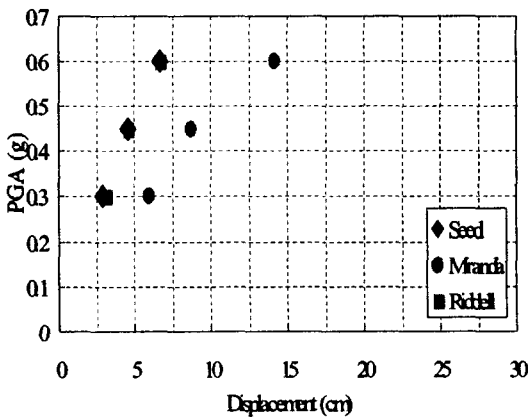


그림 7 System 03에서 각 연구자가 선별한 성능점

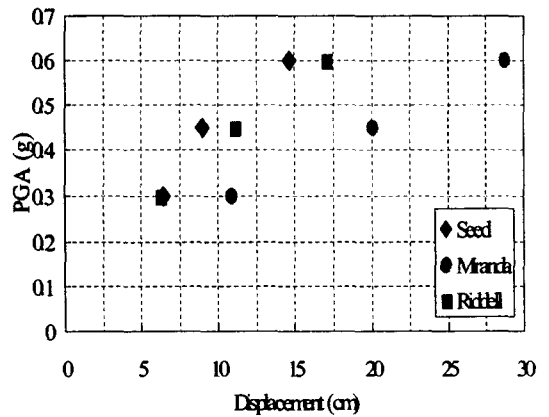


그림 8 System 04에서 각 연구자가 선별한 성능점

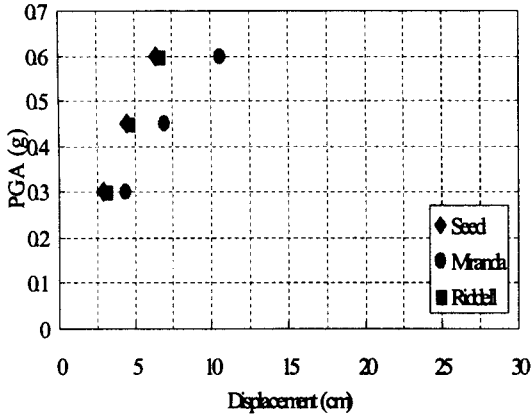


그림 9 System 03에서 Near field 지진과 One pulse 지진을 제외한 일반지진의 성능점

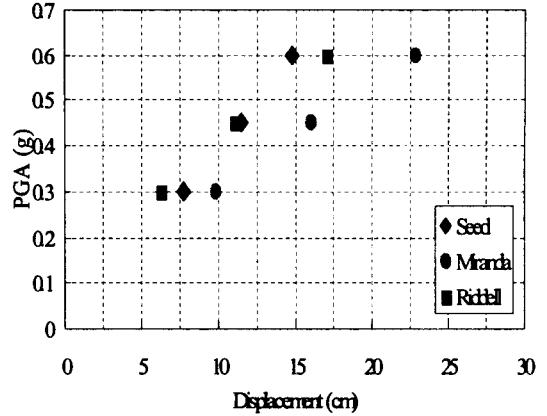


그림 10 System 03에서 Near field 지진과 One pulse 지진을 제외한 일반지진의 성능점

6.2 Seed에 대한 Near field지진과 One pulse 지진 성능점 비교

Seed(1976)가 제시한 지진에 대해 Near field지진과 One pulse 지진을 비교해 본 결과 일반지진 Seed(1976)에 대한 Near field와 One pulse 지진의 차이 값은 크게 나타났다. 각각 4개의 System에 대한 성능점은 Near field와 One pulse지진이 Seed(1976)의 지진에 비해 항상 큰 값을 나타냈으며, 그 결과 Near field 지진과 One pulse 지진기록의 비탄성을 고려한 최대변위가 크다는 사실을 알 수 있다.

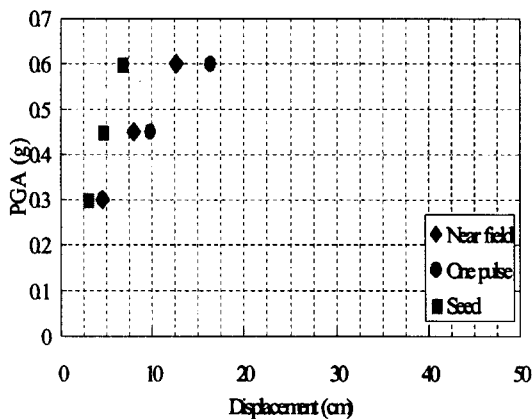


그림 11 System 03에서의 성능점

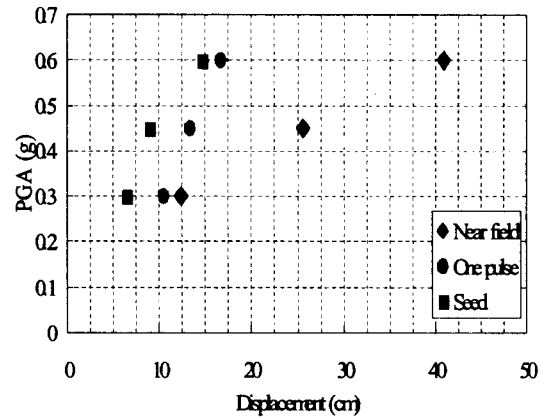


그림 12 System 04에서의 성능점

7. 결론

현행 규준에서 제시하고 있는 지진요구 평가방법을 Near field지진, One pulse 지진, Seed et, al(1976), Miranda(1993), Riddell(1991)의 지반 S_1 의 지진기록을 이용하여 요구응답을 평가한 결과는 다음과 같다.

(1) 동일한 지반에 대해서 동일한 PGA를 이용하여 정규화(Normalized)하거나 조정(Scaling)한 지진기록이라

할지라도 선택한 지진 자료와 지진요구 평가 방법에 따라 많은 차이가 있었다. 탄성응답스펙트럼 (Normalized Elastic Response Spectrum)을 비교한 결과 같은 주기 내에서 각 연구자별로 제시한 지진 선택에 따라서 결과가 다르게 나타났다. 주기 0.5초 이하에서 Riddell(1991)의 지진기록이 다른 지진의 응답스펙트럼 값보다 크게 나타났고, 0.5~3초에서는 Miranda(1993)의 스펙트럼 값이 다른 지진기록에 의한 스펙트럼 값보다 큰 것을 알 수 있었다. 이는 구조물의 지진에 대한 요구응답 산정 시 요구응답평가 방법 뿐 아니라 지진선택에 따라라도 구조물의 지진요구가 달라질 수 있음을 보여준다.

- (2) Near field, One pulse 지진과 Seed(1976)지진의 비교 결과에서도 0.1~0.3초주기를 가진 구조물은 Near field나 One pulse 지진보다는 Seed(1976)에 의해 더 큰 가속도 반응을 보였고, 0.3초 이상의 주기에서는 Seed(1976)보다 Near field나 One pulse 지진이 더 큰 가속도 반응을 보였다. 이는 Near field 지진이나 One pulse 지진은 건물주기 0.3초 이후의 구조물에 더욱 큰 피해를 줄 수 있다는 결과를 얻을 수 있었고, 이에 따라 이러한 주기를 가진 건물에 대하여 구조물 해석 시 고려해야 할 것으로 판단된다.
- (3) 지반 S₁에서 선정된 지진자료를 동일한 PGA값으로 조정한 후 단자유도 구조물에 대해서 CSM(Capacity Spectrum Method)을 이용하여 성능점을 비교한 결과 Seed(1976)의 지진기록에 대하여 Near field와 One pulse지진의 성능점에서 많은 차이가 발생하였다. Chopra System 에서의 성능점 비교 결과 4개의 System 모두 Near field와 One pulse 지진의 성능점이 크게 나왔다. PGA 값이 클수록 그 차이는 점점 더 커졌다. 이는 구조물의 내진설계 평가에 있어 Near field 지진과 One pulse 지진의 고려가 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. Eduardo Miranda " Site-Dependent Strength-Reduction Factor" J. of Structural Engineering vol. 119 No. 12, pp. 3503-35119, 1993
2. Ching-Tung HUANG "An Investigation On Inelastic Structural Responses For The 1999Chichi Near field Ground Motions" The 3rd Japan Joint Seminar on Earthquake Engineering for Building Structures November 16-17, 2001, Taipei, Taiwan
3. H. Bolton Seed, Celso Ugas, and John Lysmer "Site-Dependent Spectra for Earthquake Resistant Design" Bulletin of the Seismological Society of America. vol. 10. pp. 221-243. February 1976
4. Babak Alavi and Helmut Krawinkler "Effects of Near fault Ground Motions on Frame Structures" John A. Blume Earthquake Engineering Center, Report No. 118, Department of Civil Engineering, Stand University
5. John F. HALL, "Seismic response of steel frame buildings to Nearsorce ground motion", Earthquake Engineering and structural dynamics 27, 1445-1464(1998)
6. Jose I BAEZ and Eduardo Miranda, "Amplification Factors to Estimate Inelastic Displacement Demands for the Design of Structural the Near field". 12 WCEE 2000
7. Chopra, A. K. and Goel, R. K. Capacity-Demand-Diagram Methods for Estimating Seismic Deformation of Inelastic Structures : SDF System", Report No. PEER-1999/02, UC, Berkeley, 1999
8. Gregory A. MacRae, Menber, ASCE, and Joshua Matteis", Three-Dimensional Steer Building Response to Near fault Motion", Journal of Structural Engineering, January, 2000
9. 김선우, "지진기록 선택이 지진요구에 미치는 영향" 한양대학교 석사학위 논문, 2001