

구조물의 시간이력 지진해석을 위한 암반지진기록의 특성분석

Characteristic Investigation of the Bedrock Earthquake Records for the Structural Time-History Seismic Analyses

김용석¹⁾

Kim, Yong-Seok

국문 요약 >> 최근까지도 많은 시간이력 지진해석이 연약지반의 증폭영향을 고려하지 않고 연약지반 위 지표면에서 기록된 지진거동으로 수행되었다. 그러나 합리적인 구조물의 지진해석을 위해서는 지반조건을 고려하고 암반지진기록을 이용하는 것이 중요하다. 이 연구에서는 연구를 위해 태평양지진연구센터(PEER)에서 제공하는 공개된 1557개의 지진기록 중에서 26개 암반지진기록을 선정하고 암반지진기록의 특성을 분석하였다. 연구결과에 의하면, 지반조건을 고려하지 않고 지진규모로부터 지진가속도를 추정하는 것은 합리적이지 못하며, PEER 데이터베이스 암반지진기록으로는 지진가속도, 지진규모, 진앙거리 사이의 일반적인 상관관계를 추정하는 것도 어려운 것으로 평가되었다. 그러나 이 연구에서 선정한 26개 암반지진기록은 구조물-지반체계의 시간이력 지진해석을 위해 암반지진기록으로 사용할 수는 있지만, 이 지진기록을 사용할 때에도 지진가속도, 지진규모, 진앙거리 및 지반조건이 유사한 지진기록을 사용하는 것이 필요하다는 것을 확인할 수 있었다.

주요어 연약지반증폭, 암반지진기록, 지진가속도, 지진규모, 진앙거리, 시간이력 지진해석

ABSTRACT >> Until recently lots of time-history seismic analyses were performed with the earthquake motions recorded at the soft soil surface without taking into account the effects of the soft soil amplification. However, it is important to utilize the bedrock seismic motions for the rational seismic analyses of a structure considering the site soil conditions. In this study, 26 bedrock earthquake records were selected from publicly available 1557 seismic records provided by the Pacific Earthquake Engineering Research Center (PEER) for the study, and the characteristics of them were investigated. Study results showed that it is not reasonable to estimate earthquake acceleration intensity from the magnitude of an earthquake without considering the site soil conditions and it is also hard to draw any general relationships between earthquake acceleration intensity, earthquake magnitude and epicenter distance with bedrock earthquake records in the PEER database. However, 26 bedrock earthquake records selected in this study can be utilized for the time-history seismic analyses of a structure-soil system as bedrock earthquake ones, and it is also confirmed that it is necessary to take into account acceleration intensity, magnitude, epicenter distance and site conditions simultaneously for the proper use of those selected earthquake records.

Key words soft soil amplification, bedrock earthquake record, acceleration intensity, magnitude, epicenter distance, time-history seismic analysis

1. 서론

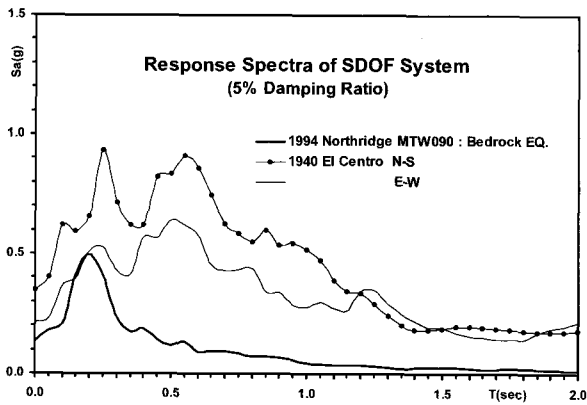
최근까지도 많은 구조물의 지진해석들이 연약지반에 의한 지진파의 증폭효과와 구조물-지반 상호작용 영향의 중요성이 인식되지 못하고 연약지반 위 지표면에서 기록된 지진기록들을 사용하여 수행되고 있다. 이러한 오류는 주로 지

진기록들의 지반에 관한 자료가 부족했기 때문에 그 심각성을 인식하지 못한 채 무의도적으로 이루어지거나, 기록된 지진기록들이 암반지진기록으로 처음부터 잘못 평가되어 사용됨으로서 발생하였다. 그러나 이러한 잘못된 지진기록의 사용은 진정한 구조물의 지진거동을 평가할 수 없게 하고 실무적으로 과다설계의 원인이 될 수 있다는 것이 이제 전문가들 사이에서 널리 인식된 사실들이다.⁽¹⁾ 1940년 El Centro 지진기록은 이러한 범주에 속하는 가장 유명한 잘못 인식된 지진기록 중 하나이다.^(2,3) 1940년 El Centro 지진기록에 대한 응답스펙트럼 연구결과를 살펴보면, Figure 1에

¹⁾ 정회원·국립목포대학교, 교수
(대표저자: yskim@mokpo.ac.kr)

본 논문에 대한 토의를 2008년 4월 30일까지 학회로 보내 주시면 그 결과를 게재하겠습니다.

(논문접수일 : 2007. 12. 20 / 심사종료일 : 2008. 2. 11)



〈Figure 1〉 암반과 지표면 지진기록의 응답스펙트럼 비교

나타난 것처럼 암반 위 연약지반에서 전형적으로 나타나는 연약지반의 지진과 증폭효과에 의한 큰 정점들이 긴 주기 범위에서 다수 나타난 것은 1940년 El Centro 지진기록이 연약지반 위 지표면 지진기록이라는 증거를 보여주는 것인데, 이러한 지진과 증폭효과는 충상을 이루고 있는 연약지반의 고유주기에서 발생한다. 이를 비교검증하기 위해 1940년 El Centro 지진응답스펙트럼과 함께 암반지진 기록으로 평가되는 1994년 Northridge 지진응답스펙트럼을 Figure 1에 비교하였다. 암반지진기록으로 평가된 1994년 Northridge 지진응답스펙트럼에서는 지진파의 기본주기에서 하나의 큰 정점 만이 나타난 것을 확인할 수 있다.

구조물에 대한 합리적인 지진해석을 위해서는 구조물의 응답에 미치는 지반의 영향을 고려하는 것이 중요하고 필수적이어서 구조물-지반 상호작용을 고려한 구조물-지반 체계에 대한 시간이력 지진해석이 필요한데 시간이력 지진해석을 위해서는 적절한 입력지진의 선정이 매우 중요한 사항이다.⁽⁴⁾ 그러나 그 동안 상당히 많은 지진해석들이 지반의 증폭영향이 정확히 평가되지 않은 연약지반 위 지표면에서 기록된 지진기록들을 사용하여 수행되어서 지진해석에 대한 신뢰성을 크게 저해하였다. 지난 30여년 간 지반증폭효과에 대한 구조물-지반 상호작용에 대한 연구결과에 의하면 지반조건을 고려한 구조물-지반체계의 지진해석을 위해서는 암반이나 노두에서의 지진기록을 사용하는 것이 필수적이라는 것은 잘 인식되었다. 그러나 현실적으로 실무에 종사하는 엔지니어들이 합리적인 시간이력 지진해석을 위해서 암반이나 노두에서의 시간이력 지진기록들을 적절히 선별하여 사용하는 것은 그렇게 간단하고 쉬운 일이 아니다. 특히 국내 건축물의 내진설계 기준인 건축구조설계기준(KBC2005)에서는 건축구조물의 동적지진해석법으로 시간이력 해석법을 허용하고 있지만 지반조건을 고려한 설계지진파의 선정 방법에 대해서는 명확한 방법을 제시하지 않고 있다.⁽⁵⁾

이 연구에서는 미국 Berkeley 소재 캘리포니아 주립대학교에 소속된 Pacific Earthquake Engineering Research Center(PEER)에서 제공하는 지진기록 데이터베이스로부터 지반조건을 United States Geology Survey(USGS)와 Geomatrix 지반조건 분류표상 A(암반)로 평가하여 암반지진기록으로 분류한 지진기록들을 선정하여 그 동적특성을 파악하는 연구를 수행하였다.⁽⁶⁾ PEER 강진기록 데이터베이스에는 1935 Helena 지진과 1999 Turkey Duzce 지진을 포함한 전 세계 143개 지진으로부터 기록된 1557개 지진기록들이 공개되어 있다. 데이터베이스에서 암반지진기록으로 분류된 Table 1에 열거된 50개 지진기록들에 대한 연약지반의 증폭영향 여부를 파악하기 위한 특성연구를 수행한 후 실무자들을 위해 연약지반의 영향이 미미한 암반지진기록 26개를 선정하는 연구를 수행하였고, 암반지진기록으로 분류된 지진기록들의 신뢰성을 파악하기 위해 지진가속도, 지진규모 및 진앙거리 사이의 상관관계들에 대한 연구도 수행하였다.

2. 암반지진기록의 지진응답 특성

암반지진기록의 응답스펙트럼 특성을 파악하기 위해서 Table 1에 열거된 것처럼 USGS와 Geomatrix 지반분류에서 지반등급 A(암반)로 분류된 지반에서 기록된 50개 지진기록을 PEER 데이터베이스에서 내려 받았다. 지반분류 등급 A(암반)는 Table 2에 나타난 것처럼 USGS 지반분류에서는 지반깊이 30m까지 평균전단파속도(V_s)가 750m/sec 이상인 지반으로 규정하였고, Geomatrix 지반분류에서는 전단파속도가 600m/sec 이상이거나 암반 상부에 5m미만의 흙을 갖는 암반지반으로 규정하였다.^(7,8)

내려 받은 50개 지진기록(Table 1)에 대한 단자유도(SDOF)계 응답특성을 파악하기 위해서 선형 동적 응답해석을 수행하였다. Figure 2 (a), (b), (c)에 나타난 지진 응답스펙트럼들은 각각 최대가속도가 0.1g미만인 14개의 약진, 최대가속도가 0.1g-0.2g인 30개의 중진, 최대가속도가 0.2g-0.3g인 6개의 강진 지진기록들에 대한 5% 감쇠율 응답스펙트럼들이다. 그림2에 나타난 붉은 선은 전체 응답스펙트럼들을 평균한 평균응답스펙트럼을 나타낸다.

Figure 2에 나타난 단자유도계 동적 응답해석 결과를 보면 많은 응답스펙트럼이 암반 위 연약지반에 의한 지진파의 증폭영향을 포함하고 있는 것으로 판단되었고, 암반에서 기록된 것으로 알려진 많은 지진기록들이 실제로는 연약지반 위 지표면에서 기록된 지진기록들이 것으로 평가되었다. 따라서 내려 받은 지진기록들의 응답스펙트럼들을 검토한 결

〈Table 1〉 PEER 데이터베이스에서 내려받은 50개 지진기록

EQ. Name	Year	Station Location	M	Acceleration (g)	Epicenter (km)	Focus (km)	Site Conditions	Component
SanFrancisco	1957	1117 Golden Gate Park	5.3	0.095	11.1	8	A, A	GGP010
SanFrancisco	1957	1117 Golden Gate Park	5.3	0.112	11.1	8	A, A	GGP100
Anza(HorseCany)	1980	Anza - Pinyon Flat	4.9	0.110	12.7	13.6	A, A	PFT045
Anza(HorseCany)	1980	Anza - Pinyon Flat	4.9	0.131	12.7	13.6	A, A	PFT135
Anza(HorseCany)	1980	5045 Anza-Terwilliger Valley	4.9	0.131	7.6	13.6	A, A	TVY045
Anza(HorseCany)	1980	5045 Anza-Terwilliger Valley	4.9	0.081	7.6	13.6	A, A	TVY135
Landers	1992	12206 SilentValley-Poppet Flat	7.3	0.050	54.6	7	A, A	SIL000
Landers	1992	12206 SilentValley-Poppet Flat	7.3	0.040	54.6	7	A, A	SIL090
Loma Prieta	1989	58338 Piedmont Jr High	6.9	0.084	92.2	17.5	A, A	PJH045
Loma Prieta	1989	58338 Piedmont Jr High	6.9	0.071	92.2	17.5	A, A	PJH315
Loma Prieta	1989	58151 SF - Rincon Hill	6.9	0.078	94.3	17.5	A, A	RIN000
Loma Prieta	1989	58151 SF - Rincon Hill	6.9	0.092	94.3	17.5	A, A	RIN090
Loma Prieta	1989	So. San Francisco, Sierra Pt.	6.9	0.105	83.5	17.5	A, A	SSF205
MorganHill	1984	47379 Gilroy Array #1	6.2	0.069	38.6	8.5	A, A	G01230
MorganHill	1984	47379 Gilroy Array #1	6.2	0.098	38.6	8.5	A, A	G01320
N. Palm Springs	1986	13198 Murrieta Hot Springs	6	0.053	65.6	11	A, A	H01000
N. Palm Springs	1986	13198 Murrieta Hot Springs	6	0.049	65.6	11	A, A	H01090
Duzce,Turkey	1999	Lamont 1060	7.1	0.053	44.4	10	A, A	1060-E
Duzce,Turkey	1999	Lamont 1060	7.1	0.028	44.4	10	A, A	1060-N
CoyoteLake	1979	47379 Gilroy Array #1	5.7	0.103	12.6	9.6	A, A	G01230-2
CoyoteLake	1979	47379 Gilroy Array #1	5.7	0.132	12.6	9.6	A, A	G01320-2
Hollister	1974	Gilroy Array #1	5.2	0.105	11.1	6.1	A, A	A-G01157
Hollister	1974	Gilroy Array #1	5.2	0.132	11.1	6.1	A, A	A-G01247
NorthernCalif	1975	Cape Mendocino, Petrolia	5.2	0.115	28.9	21	A, A	D-CPM030
NorthernCalif	1975	Cape Mendocino, Petrolia	5.2	0.179	28.9	21	A, A	D-CPM120
Northridge	1994	Wonderland Ave	6.7	0.112	19	17.5	A, A	WON095
Northridge	1994	Wonderland Ave	6.7	0.172	19	17.5	A, A	WON185
Northridge	1994	San Gabriel- E. Grand Ave.	6.7	0.141	44.3	17.5	A, A	GRN180
Northridge	1994	San Gabriel- E. Grand Ave.	6.7	0.256	44.3	17.5	A, A	GRN270
Northridge	1994	Mt Wilson-CIT Seis Sta	6.7	0.234	44.8	17.5	A, A	MTW000
Northridge	1994	Mt Wilson-CIT Seis Sta	6.7	0.134	44.8	17.5	A, A	MTW090
Northridge	1994	Lake Hughes #9	6.7	0.165	44.8	17.5	A, A	L09000
Northridge	1994	Lake Hughes #9	6.7	0.217	44.8	17.5	A, A	L09090
N.PalmSprings	1986	Anza - Red Mountain	6	0.104	46.2	11	A, A	ARM270
N.PalmSprings	1986	Anza - Red Mountain	6	0.129	46.2	11	A, A	ARM360
N.PalmSprings	1986	Silent Valley - Poppet F	6	0.139	27.7	11	A, A	SIL000-2
N.PalmSprings	1986	Silent Valley - Poppet F	6	0.113	27.7	11	A, A	SIL090-2
Whittier Narrows	1987	Mt Wilson - CIT Seis Sta	6	0.123	19.6	14.5	A, A	A-MTW000
Whittier Narrows	1987	Mt Wilson - CIT Seis Sta	6	0.186	19.6	14.5	A, A	A-MTW090
Whittier Narrows	1987	San Gabriel - E Grand Av	6	0.199	4.8	14.5	A, A	A-GRN270
Whittier Narrows	1987	24399 Mt Wilson-CIT Seis Sta	5.3	0.158	18.7	14.6	A, A	B-MTW000
Whittier Narrows	1987	24399 Mt Wilson-CIT Seis Sta	5.3	0.142	18.7	14.6	A, A	B-MTW090
Kocaeli,Turkey	1999	Gebze	7.4	0.244	47	15	A, A	GBZ000
Kocaeli,Turkey	1999	Gebze	7.4	0.137	47	15	A, A	GBZ270
Kocaeli,Turkey	1999	Izmit	7.4	0.152	5.3	15	A, A	IZT180
Kocaeli,Turkey	1999	Izmit	7.4	0.220	5.3	15	A, A	IZT090
SanFernando	1971	Lake Hughes #9	6.6	0.157	23.1	13	A, A	L09021
SanFernando	1971	Lake Hughes #9	6.6	0.134	23.1	13	A, A	L09291
SanFernando	1971	Santa Anita Dam	6.6	0.212	39.2	13	- , A	SAD273
SanFernando	1971	Santa Anita Dam	6.6	0.151	39.2	13	- , A	SAD003

과 지진기록들을 지반에 의한 지진파의 증폭영향이 포함되지 않은 암반지진기록과 지진파의 증폭영향이 포함된 지표면지진기록 두 가지로 크게 분류할 수 있었다.

Figure 3에는 연약지반 지표면지진기록(Table 1에서 Table 3을 제외한 기록)과 암반지진기록(Table 3 기록)의 응답스펙트럼들을 각각 평균한 지진응답스펙트럼들이 나타

〈Table 2〉 PEER 데이터베이스에서 지반분류

Site Class	USGS	Geomatrix	Remarks
	Average Shear Wave Velocity to a Depth of 30m (m/sec)	Geotechnical Subsurface Characteristics	
A	> 750	Rock ($V_s > 600$ mps) or <5m of soil over rock	Bedrock EQ. can be assumed.
B	360 - 750	Shallow (stiff) soil up to 20m thick overlying rock	
C	180 - 360	Deep narrow soil at least 20m thick in a narrow canyon	
D	< 180	Deep broad soil at least 20m thick in a broad valley	
E	-	Soft deep soil with average $V_s < 150$ mps	

〈Table 3〉 선정된 26개 암반지진기록

EQ. Name	Year	Station Location	M	Acceleration (g)	Epicenter (km)	Focus (km)	Site Conditions	Component
Morgan Hill	1984	47379 Gilroy Array #1	6.2	0.069	38.6	8.5	A, A	G01230
			6.2	0.098	38.6	8.5	A, A	G01320
N. Palm Springs	1986	13198 Murrieta Hot Springs	6	0.049	65.6	11	A, A	H01090
			6	0.053	65.6	11	A, A	H01000
Duzce, Turkey	1999	Lamont 1060	7.1	0.053	44.4	10	A, A	1060-E
Landers	1992	12206 Silent Valley - Poppet Flat	7.3	0.05	54.6	7	A, A	SIL000
Anza (Horse Canyon)	1980	Anza - Pinyon Flat	4.9	0.11	12.7	13.6	A, A	PFT045
Anza (Horse Canyon)	1980	Anza - Terwilliger Valley	4.9	0.131	7.6	13.6	A, A	TVY045
			4.9	0.081	7.6	13.6	A, A	TVY135
Coyote Lake	1979	47379 Gilroy Array #1	5.7	0.103	12.6	9.6	A, A	G01230-2
Hollister	1974	Gilroy Array #1	5.2	0.132	11.1	6.1	A, A	A-G01247
Northern California	1975	Cape Mendocino, Petrolia	5.2	0.115	28.9	21	A, A	D-CPM030
			5.2	0.179	28.9	21	A, A	D-CPM120
N. Palm Springs	1986	Silent Valley - Poppet F	6	0.139	27.7	11	A, A	SIL000-2
			6	0.113	27.7	11	A, A	SIL090-2
Whittier Narrows	1987	24399 Mt Wilson - CIT Seis Station	5.3	0.142	18.7	14.6	A, A	B-MTW090
			5.3	0.158	18.7	14.6	A, A	B-MTW000
San Francisco	1957	1117 Golden Gate Park	5.3	0.112	11.1	8	A, A	GGP100
			5.3	0.095	11.1	8	A, A	GGP010
Northridge	1994	Lake Hughes #9	6.7	0.217	44.8	17.5	A, A	L09090
			6.7	0.165	44.8	17.5	A, A	L09000
Northridge	1994	Mt Wilson - CIT Seis Station	6.7	0.234	44.8	17.5	A, A	MTW000
			6.7	0.134	44.8	17.5	A, A	MTW090
San Fernando	1971	Lake Hughes #9	6.6	0.134	23.1	13	A, A	L09291
San Fernando	1971	Santa Anita Dam	6.6	0.212	39.2	13	- , A	SAD273
			6.6	0.151	39.2	13	- , A	SAD003

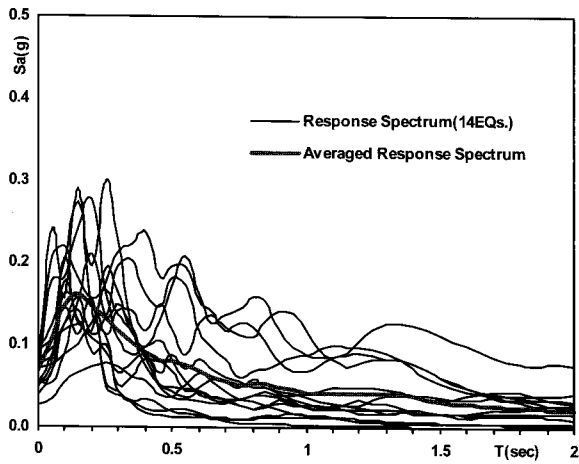
나 있는데, 지표면지진기록과 암반지진기록의 단순화된 지진응답스펙트럼을 살펴보면 지진기록에 포함된 연약지반의 영향을 명확하게 파악할 수 있다.

Figure 2와 Figure 3으로부터 암반지진기록으로 분류된 50개 지진기록(Table 1) 중 연약지반에 의한 지진파의 증폭 영향을 적게 받은 실질적으로 암반지진기록(Table 3)으로

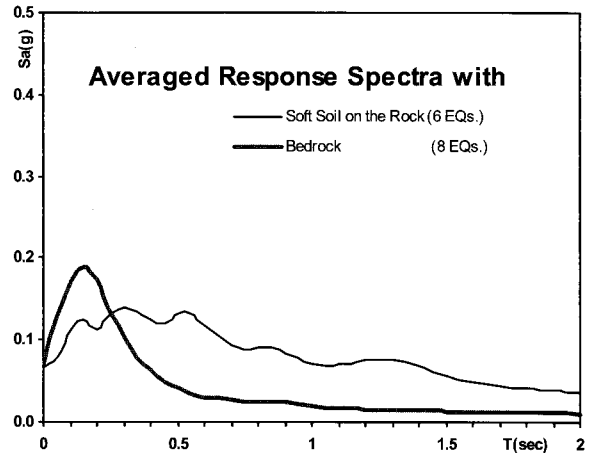
선정할 수 있는 지진기록은 약진 8개, 중진 15개, 강진 3개로 모두 26개 정도인 것으로 평가되었다.

3. 암반지진기록의 물리적 특성

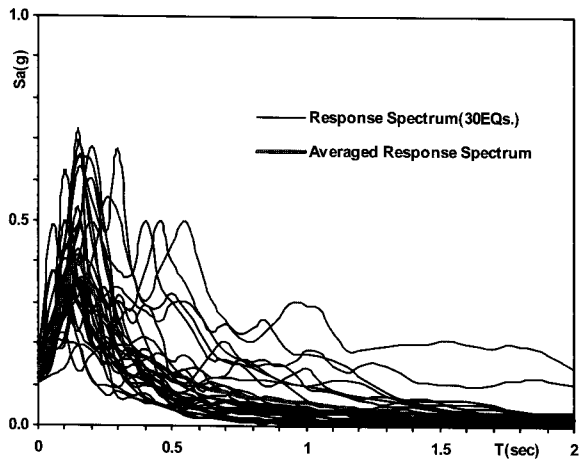
지진기록에 대한 진앙거리와 지진규모에 대한 상관관계



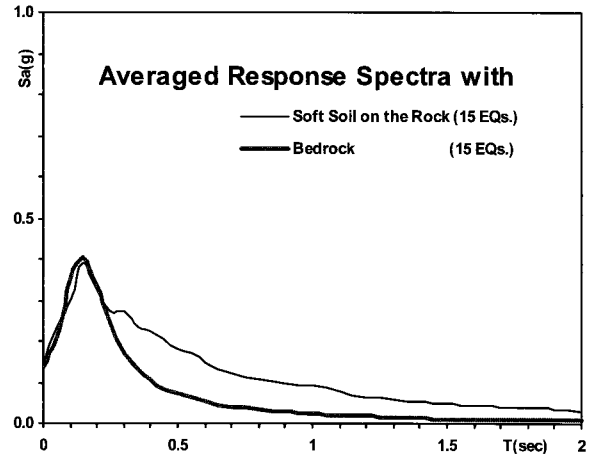
(a) 14개 약진 응답스펙트럼 (0.0g-0.1g)



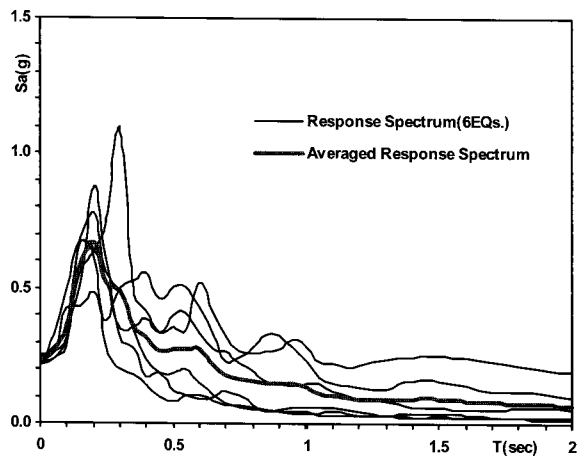
(a) 14개 약진 응답스펙트럼 (0.0g-0.1g)



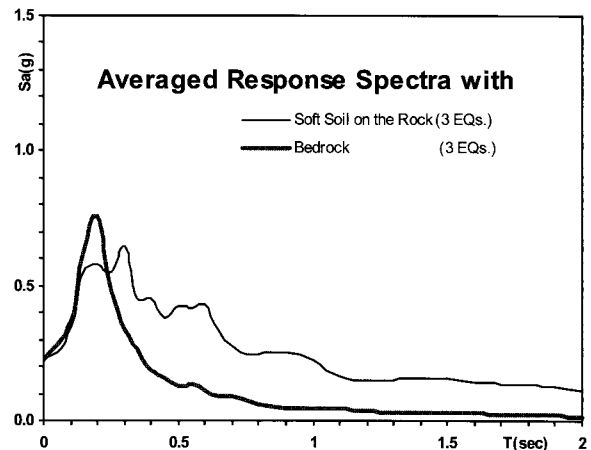
(b) 30개 중진 응답스펙트럼 (0.1g-0.2g)



(b) 30개 약진 응답스펙트럼 (0.1g-0.2g)



(c) 6개 강진 응답스펙트럼 (0.2g-0.3g)



(c) 6개 강진 응답스펙트럼 (0.2g-0.3g)

〈Figure 2〉 50개 지진기록의 응답스펙트럼

〈Figure 3〉 평균한 응답스펙트럼

를 파악하기 위한 연구를 PEER에서 암반지진기록으로 분류한 50개 지진기록과 그 중 앞에서 이 연구에서 암반지진기록으로 선정한 26개 지진기록에 대해서 수행하였다. Figure 4 (a)와 (b)에서는 진앙거리와 지진규모 사이의 상관

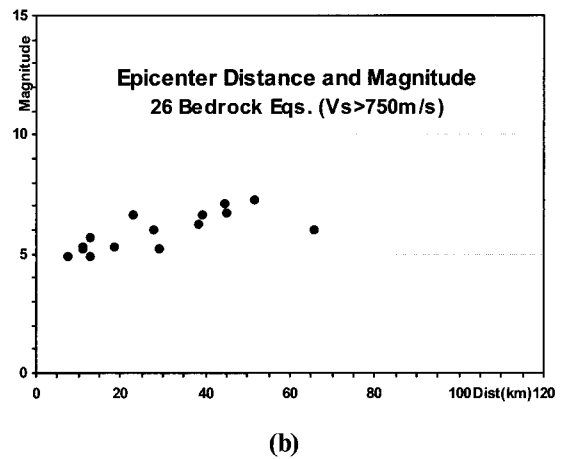
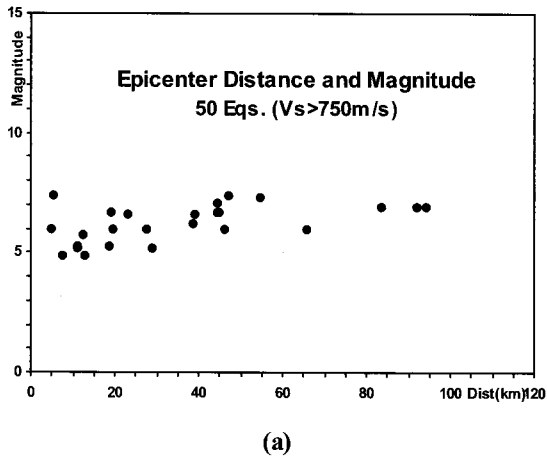
관계를 파악할 수 있는데, PEER에서 암반지진기록으로 분류된 50개 지진기록의 경우에 지진을 기록한 계측장소에서 진앙지까지 거리와는 거의 무관하게 전 진앙거리에서 지진 규모가 5-7로 나타났고, 이 연구에서 암반지진기록으로 선

정된 26개 지진기록의 경우에도 약간의 차이는 있지만 거의 유사한 경향을 나타내고 있었으며 이 연구에서 선정된 암반 지진의 지진규모가 대략 5-7 범위에 있는 것을 확인할 수 있었다.

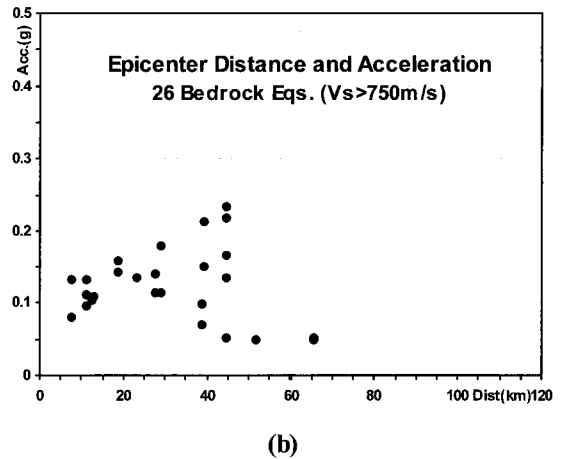
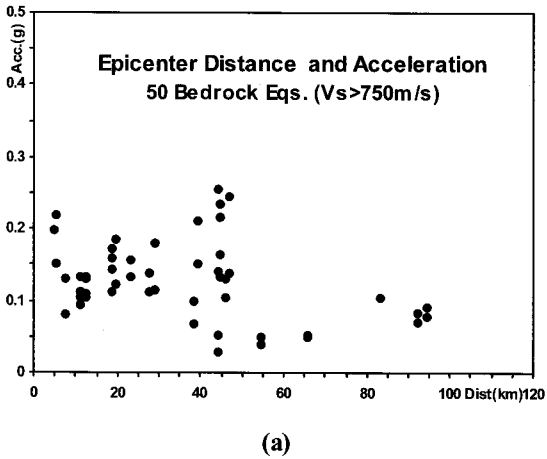
또, 지진기록에서 진앙거리와 최대 지진가속도 사이의 물리적 관계를 파악하기 위한 연구를 암반지진기록으로 PEER에서 분류한 50개 지진기록과 이 연구에서 암반지진으로 선정된 26개 지진기록에 대해서 수행하였다. Figure 5 (a)와

(b)에는 진앙거리와 최대 지진가속도 사이의 물리적 관계가 나타나 있는데, 암반지진기록으로 선정된 26개 지진기록에서는 강한 지진가속도의 경우에 더 먼 진앙거리를 나타내는 등 지진기록에 대한 진앙거리와 지진가속도 사이의 어떤 관계나 일반적인 지진가속도 감쇠법칙을 유추하기가 어려운 것으로 판단되었다.

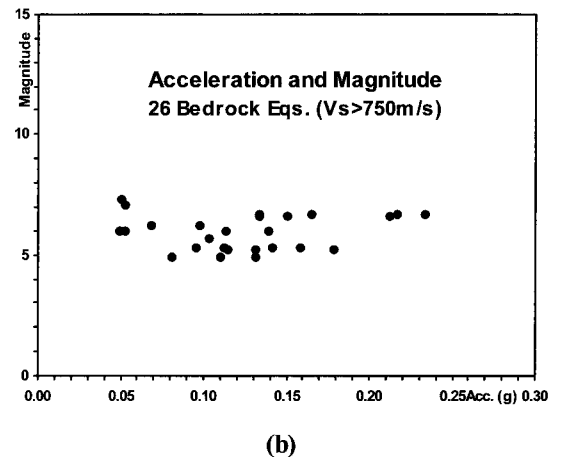
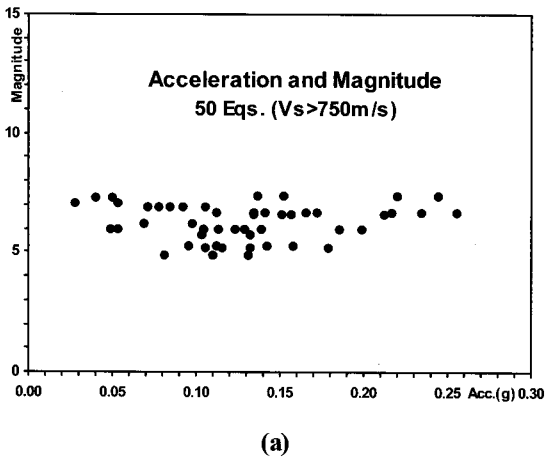
또한, Figure 6 (a)와 (b)에는 암반지진기록으로 분류된 50개 지진기록과 암반지진기록으로 선정된 26개 지진기록



〈Figure 4〉 진앙거리와 지진규모 사이의 관계



〈Figure 5〉 진앙거리와 지진가속도 사이의 관계



〈Figure 6〉 지진가속도와 지진규모 사이의 관계

에 대한 지진의 가속도와 규모 사이에 상관관계를 유추하기 위한 도표가 나타나 있다. 이 그림에서 PEER에서 암반지진 기록으로 분류된 50개 지진기록이나 이 연구에서 암반지진 기록으로 선정한 26개 지진기록 모두의 지진규모가 전체 지진가속도 범위에서 지진가속도의 크기에 관계없이 4.5에서 7.5사이에 있는 것으로 나타나 지진가속도와 지진규모 사이에 상관관계가 매우 미약한 것으로 나타났다. 특히 지진가속도가 0.028g로 상당히 약진인 경우에도 지진규모가 7보다 큰 경우가 나타나는 등 지반에 의한 지진과 증폭영향을 받은 지진기록의 경우에 지진가속도에 관계없이 지진규모가 7정도인 것으로 나타났다. 따라서 대지(site)의 지반조건을 고려하지 않고 단순히 지진의 규모만으로 지진가속도를 유추하는 것은 합리적이지 못하고, 0.11g보다 작은 최대지진가속도를 갖는 암반지진들을 약진으로만 분류할 수 없다는 것도 알 수 있었다.

그런데 이 연구 결과가 기존의 연구에서 인식된 결과와 상당한 이론적 차이점을 보이는 것은 PEER에서 제공된 지진기록에 관한 자세한 자료 부족으로 지진기록에 대한 심도 있는 분석이 어렵고 제공된 자료의 신뢰성도 떨어지기 때문에 발생한 것으로 판단되었다. 따라서 어떤 대지에서 지진해석을 위한 암반지진기록을 선정할 때에는 최대지진가속도만으로 선정하는 것 보다는 예상되는 진앙거리와 지진규모도 동시에 고려하여 진앙거리와 지진규모도 유사한 암반지진기록을 선정하고 대지의 지반조건에 대한 면밀한 분석을 통해 선정된 지진기록을 재검토하는 것이 필요하다는 것을 확인할 수 있었다.

4. 결론

대지의 지반조건이 구조물의 지진응답에 미치는 영향은 매우 심각하고, 내진설계를 위한 적절한 입력지진의 선택은 구조물의 합리적인 지진해석을 위해서 필수적이고 중요한 사항이므로 구조물의 지진해석에서 대지 지반조건이 고려된 암반지진기록을 사용하는 것은 필연적이다.

이 연구에서는 1557개의 지진기록이 있는 PEER 강진기록 데이터베이스로부터 암반지진기록으로 분류된 50개 지진기록을 내려 받아 연약지반의 영향을 고려한 지진응답 특성을 조사하였다. 암반지진기록으로 분류된 내려 받은 50개

지진기록 중에서 약진기록 8개, 중진기록 15개, 강진기록 3개 등 Table 3에 제시된 단지 26개 지진기록만이 지반의 증폭영향이 미미한 암반지진기록으로 판단되었고, 나머지 24개 지진기록은 지반의 증폭영향이 포함된 것으로 평가되어 연약지반의 지표면에서 기록된 것으로 평가되었다. 따라서 구조물에 대한 합리적인 시간이력 지진해석을 수행하기 위해서는 Table 3에 제시된 암반지진기록들을 사용하고 대지의 지반조건을 고려하여 지진해석을 수행하는 것이 필요한 것으로 판단되었다.

또, 이 연구 결과로부터 대지의 지반조건을 고려하지 않고 지진의 규모로부터 지진가속도를 평가하는 것은 최대지진가속도가 약진인 경우에도 큰 규모의 강진으로 평가될 수 있기 때문에 합리적이지 못하다는 것을 확인할 수 있었다.

한편, PEER 데이터베이스의 지진기록으로부터 지진기록에 대한 일반적인 지진가속도 감쇠법칙이나 지진가속도, 지진규모 및 진앙거리 사이의 상관관계를 유추하는 것은 어렵기 때문에 지진해석을 위한 지진기록을 선정할 때에는 최대지진가속도만을 기준으로 선정하는 것 보다 예상되는 진앙거리 및 지진규모도 동시에 고려하여 진앙거리와 지진규모도 유사한 암반지진기록을 선정 것이 공학적으로 합리적인 것으로 판단되었다.

참고 문헌

1. Roesset, J. M., "A Review of Soil-Structure Interaction", Lawrence Livermore Laboratory, 1980, pp. 125.
2. Robert L. Wiegel, "Earthquake Engineering", Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J., USA, 1970, pp. 518.
3. Raw W. Clough & Joseph Penzien, "Dynamics of Structures", McGraw-Hill, 1993, pp. 738.
4. 대한건축학회, 건축기초구조설계기준, 태림문화사, 2005, pp. 308.
5. 대한건축학회, 건축구조설계기준 (KBC2005), 기문당, 2005, pp. 597.
6. PEER Strong Earthquake Data Base, <http://peer.berkeley.edu/smcat/search.html/>
7. Dobry, R. et al., "New Site Coefficients and Site Classification System Used in Recent Building Seismic Code Provisions", *Earthquake Spectra*, Vol.16, No.1, Feb. 2000, pp. 41-67.
8. International Building Code Council (IBC), 2003 *International Building Code (IBC2003)*, 2002, pp. 301-343.