

평창 지진의 에너지 응답스펙트럼



윤명호 >

국립공주대학교 천안공과대학 건축학부 교수

1. 지진개요

2007년 1월 20일 20시 56분경 강원도 평창군 오대산 일원에서 일어난 지진은 인근 진부면, 도암면 일대 지역 주민들 대다수가 두려움을 느낄 정도였다. 다행히 인명이나 재산 피해는 크지 않았지만 지진규모는 4.8로 1978년 홍성 지진(규모 5.0) 다음으로 큰 것이었다.

기상청에서 운영중인 대관령 관측소(진양지로부터 약 8km)가 제일 가까운 관측소로 수평 최대 가속도 N-S 성분이 약 0.15g가 관측되었

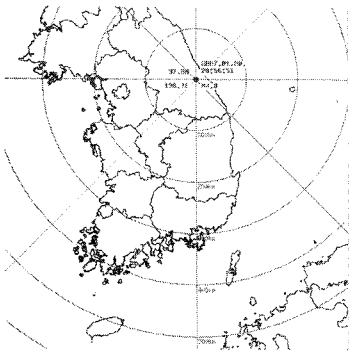


그림 1. 진양지(기상청 자료)

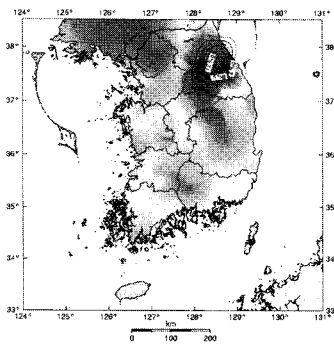
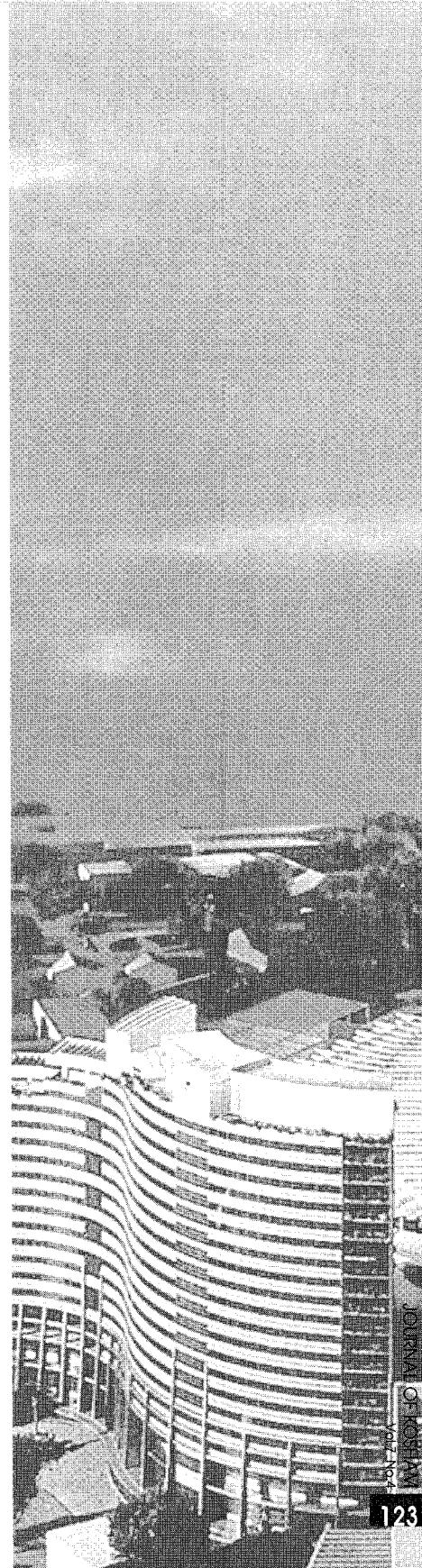


그림 2. 수평 최대가속도등고선
(지질자원연구소 자료)



1) 편의상 본고에서는 “평창지진”으로 명명하기로 한다.

표 1. 지진의 제원(지질자원연구소 자료)

날짜	2007-01-20	시간	20:56:53.6
진앙위도	37.6889(±5km)	진앙경도	128.5841(±5km)
규모	Ml=4.9 (mb=4.3, mw=4.67)	깊이(km)	13.1km (10~15km)
발생지역	강릉 서남쪽 29km 지역 (±5km)		

고 강릉관측소(진앙지로부터 약 28km)에서 약 0.026g가 관측되었다. 그림1~2에 진앙지 및 수평 최대가속도 등고선을 나타낸다.

평창지진¹⁾의 제원과 진원의 위치는 표1에 정리하였다.

2. 에너지 응답스펙트럼

단자유도계에서 지진에 의해 구조물에 입력되는 총에너지는 다음과 같이 구한다.

지진외력 작용시 시간 t 에서의 진동방정식은 다음과 같다.

$$M \cdot \ddot{y} + C \cdot \dot{y} + F(y) = -M \cdot (1)$$

M : 질점의 질량

y : 질점의 상대변위(의 함수)

$C \cdot \dot{y}$: 점성감쇠력

$F(y)$: 복원력(=)

y_0 : 지반변위(의 함수)

\ddot{y}_0 : 지반가속도

식(1)의 양변에 질점 변위 $dy=y \cdot dt$ 를 곱하여 지진 지속시간(t_0)에 대하여 적분하면 식(2)가 얻어진다.

$$M \int_0^{t_0} \ddot{y} \cdot \dot{y} \cdot dt + C \int_0^{t_0} \dot{y} \cdot \dot{y} \cdot dt + \int_0^{t_0} F(y) \cdot \dot{y} \cdot dt = -M \int_0^{t_0} \ddot{y}_0 \cdot y \cdot dt \quad (2)$$

식(2)의 우변은 지진력×변위로 지진동에 의한 총 입력 에너지가 된다. 또한 에너지 E 는 물리학적으론 다음 식과 같다.

$$E = \frac{1}{2} \cdot M \cdot V_E^2 \quad (3)$$

여기서 V_E 는 속도의 차원을 갖는 양으로 에너지 등가 속도이며 식(2)의 수치적분 결과치와 식(3)을 등치(等值)시킴으로써 다음 식(4)로 표현된다.

$$V_E = \sqrt{\frac{2 \cdot E}{M}} \quad (4)$$

식(4)는 에너지 등가속도 V_E 가 구조물의 규모에 의존하지 않는 형태로서 총 에너지 입력 E 와 총 질량 M 으로만 표현된다는 것을 의미하고 있다. 따라서 여러 가지 지진들의 V_E 를 분석함으로써 지진에 의해 구조물에 입력되는 총에너지량에 대한 평가가 가능하다.

개별 주기에 대해 (2)식을 직접 적분법에 의해 수치해석 함으로써 건물에 입력되는 총에너지를 구할 수 있고, (4)식에 의해 총에너지를 속도로 환산함으로써 에너지 스펙트럼(V_E Spectrum)²⁾을 구할 수 있다.

에너지 스펙트럼의 계산에는 소스 코드(source code)로서 Visual Basic을 이용하여 필자가 만든 프로그램 Vespec을 사용하였다.

3. 지진파

응답스펙트럼 해석에 사용한 지진가속도 기록파형은 대관령 관측소에서 측정된 값을 사용하였다. 비교 지진파로서 Taft 지진(1952년, 미국) N21E성분을 사용하였다. 우연히도 Taft 지진의 최대지동가속도(PGA)는 이번 평창지진의 N-S성분의 PGA와 같은 값이다.

계측된 가속도 기록파형을 그림3~6에 나타낸다.

2) 秋山 宏(1987), 建築物の耐震極限設計, 東京大學出版會, 1987

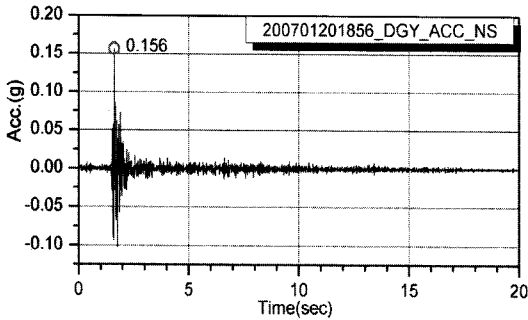


그림 3. 평창지진 NS성분 가속도 기록

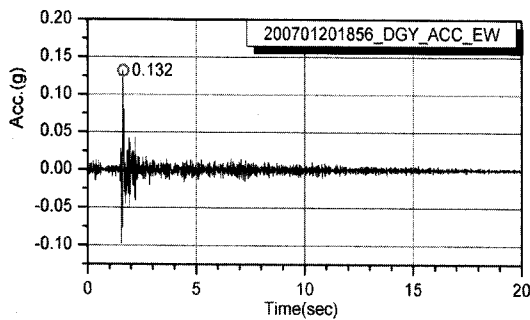


그림 4. 평창지진 EW성분 가속도 기록

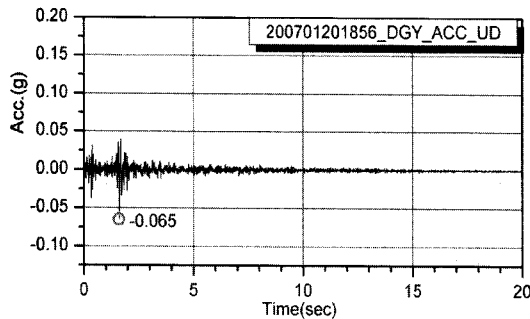


그림 5. 평창지진 UD(상하) 성분 가속도 기록

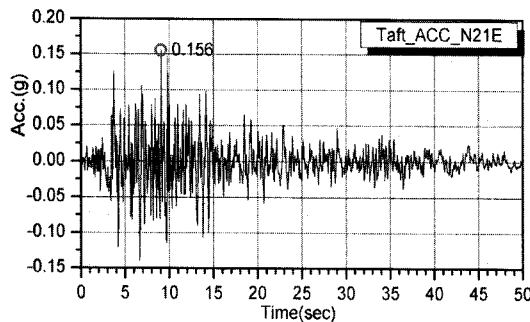


그림 6. Taft 지진 N21E 성분 가속도 기록(비교지진파)

4. 응답스펙트럼

4.1 가속도 응답스펙트럼

응답스펙트럼 해석에서 평창지진의 상하성분은 경미하므로 제외 하였다.

평창지진의 N-S성분과 E-W성분의 가속도 응답스펙트럼을 그림7~8에 나타낸다.

두 성분 모두 탁월주기는 0.03~0.05초 정도의 아주 짧은 주기(週期) 영역이고, 최대 응답최대가속도

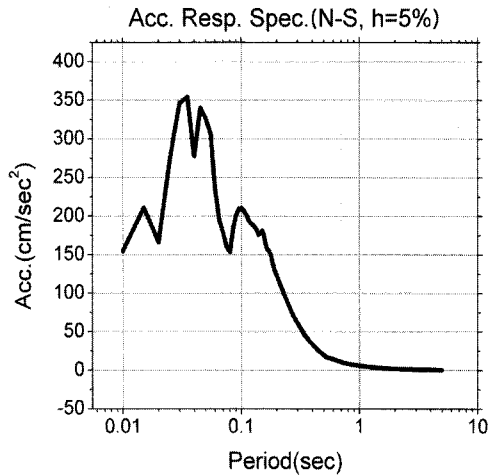


그림 7. 가속도 응답스펙트럼(평창, NS, h=5%)

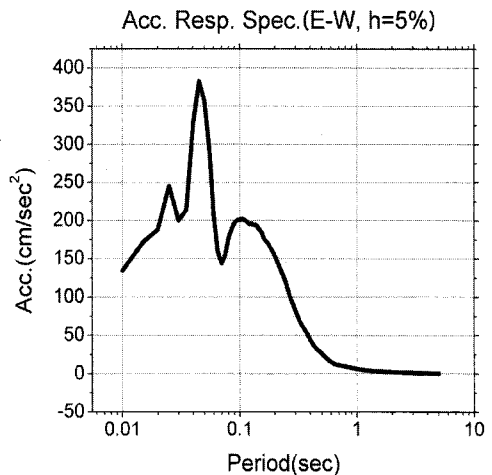


그림 8. 가속도 응답스펙트럼(평창, EW, h=5%)

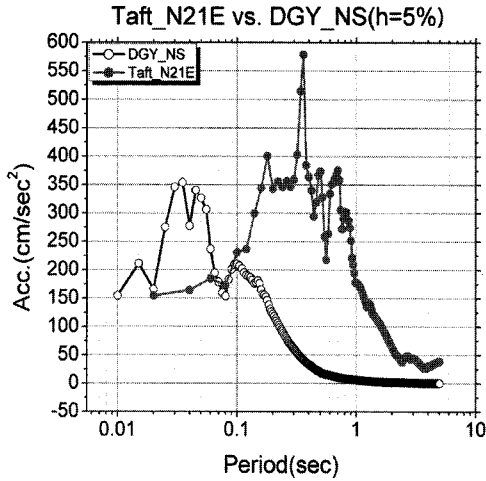


그림 9. Taft지진과 평창지진(NS) 응답가속도 비교

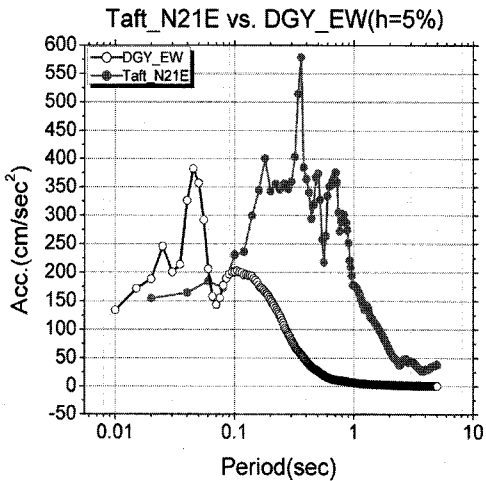


그림 10. Taft지진과 평창지진(EW) 응답가속도 비교

는 350gal을 상회하는 정도임을 알 수 있다.

Taft지진과 비교한 결과를 그림9~10에 나타내었다.

평창지진의 탁월주기가 0.03~0.05초 정도인데 Taft지진의 탁월 주기는 0.3~0.4초 정도이고, 최대 응답 가속도는 570gal을 상회하였다.

4.2 에너지 응답스펙트럼

그림11~12에 평창지진의 에너지 응답스펙트럼 해

석 결과를 나타내었다. 탁월주기는 대체로 0.1~0.3 초 정도 이고 응답에너지의 최대값은 NS성분이 5.5KIne, EW성분은 6.5KIne 조금 상회하는 정도이다. PGA는 NS 성분이 더 컸지만 최대 응답에너지는 EW성분이 조금 더 큰 값으로 나타났다.

그림13~14에서 Taft지진과 비교하여 나타내었다. Taft 지진의 경우 탁월 주기는 0.3~1.0초 정도, 최대 응답에너지는 약 90KIne 에 달하였다. Taft 지진의 탁월주기는 웬만한 중저층 건물이 속해 있는 영역이지만 평창지진의 탁월 주기는 매우 짧고, 응답 에너

Energy Resp. Spec.(N-S, h=5%)

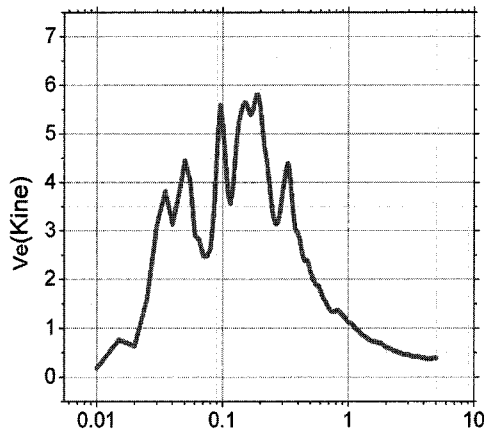


그림 11. 에너지 응답스펙트럼(평창, NS, h=5%)

Energy Resp. Spec.(E-W, h=5%)

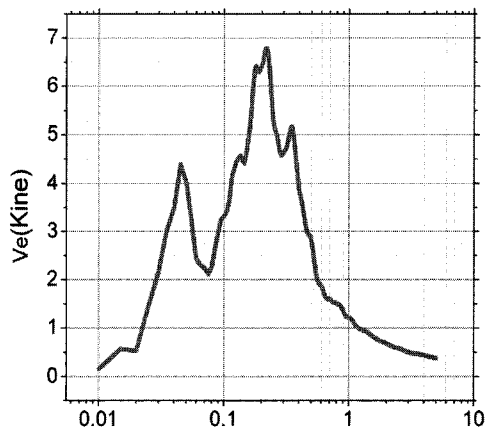


그림 12. 에너지 응답스펙트럼(평창, EW, h=5%)

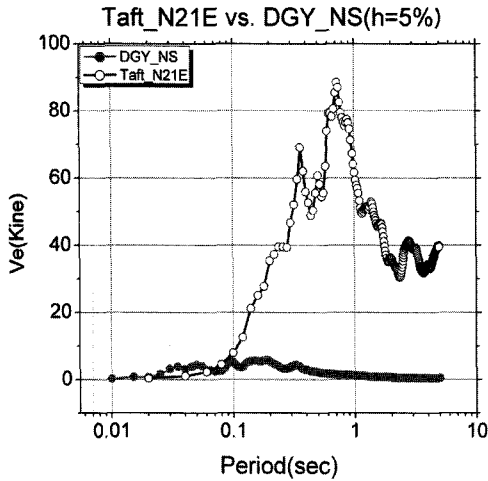


그림 13. Taft지진과 평창지진(NS) 응답에너지 비교

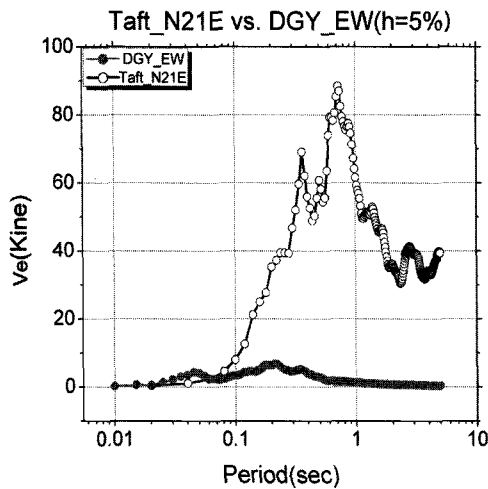


그림 14. Taft지진과 평창지진(EW) 응답에너지 비교

지랑도 매우 작아서 일반적인 건물에 피해를 줄만한 정도는 아닌 것으로 판단된다.

4. 맺는 말

평창지진은 지반의 순간 수평최대가속도가 0.15g를 초과하는 것으로서 국내에서 최근 몇 년간 관측된 지진 중 최대라고 할 수 있다. 최대 지동가속도(地動加速度)로만 보면 많은 인명 및 건물 피해를 안겨준

Taft지진과 같은 크기이다. 그러나 응답에너지의 크기는 아주 적은 값으로, 한반도에서 과거에 일어난 여타 지진들의 응답에너지량과 동등 이하 정도로 나타났다.

평창지진의 탁월 주기는 중저층 규모의 건물의 고유 주기보다도 매우 짧고, 최대 응답에너지도 7Kine 미만으로 매우 작아서 실제 건물에 투입되는 에너지 입력량(入力量)은 매우 적은 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 윤명호, 우리나라 최근지진의 에너지 응답스펙트럼에 관한 연구, 한국방재학회 학술발표대회논문집, 2006
2. 秋山 宏(1987), 建築物の耐震極限設計, 東京大學出版會. 1987
3. 기상청, 지진연보 2201~2005.