

발파진동에 대한 조적조 가옥의 응답특성 연구

양형식¹⁾ · 조상호 · 진연호²⁾

1. 서론

최근 구조물에 대한 발파진동의 영향을 평가하기 위해 많은 실험과 연구가 수행되어 왔으나 일반적으로 구조물의 손상에 대한 한계로는 여전히 지반의 최대 진동속도를 적용하는 실정이다. 하지만 복잡한 형태의 구조물에 대한 피해한계 기준을 단순히 정적인 최대입자속도로서 결정하는 것은 문제가 많다.

본 연구에서는 몇 군데의 발파현장에서 조적조 건물들을 대상으로 지반진동과 구조물 부재의 진동을 계측하였다. 먼저 구조물 부재의 자유진동을 고속 푸리에 변환(FFT, Fast Fourier Transform)하여 고유진동수를 산정하고, 진동 이력을 이용하여 감쇠율을 구하였다. 이를 이용하여 지반진동이력과 함께 일자유도(SDF)의 응답스펙트럼을 분석하였다. 또 구조물이 응답하는 수준을 평가하기 위하여 환산거리에 대한 구조물의 응답속도를 비교하여 증폭계수를 산정하였다.

2. 일자유도계의 응답스펙트럼

진동에 의한 구조물의 응답을 결정짓는 요소는 상대변위이다. 이를 이용하여 일자유도 구조물의 최대응답을 고유진동주기의 함수로 나타낸 응답스펙트럼을 작성하면 동적하중에 대한 최대응답을 쉽게 예측할 수 있다.

3. 결과와 고찰

3.1 구조물의 동적응답

Table 1은 자유진동으로부터 구한 구조물의 고유진동수이다. Table 2는 구조물의 감쇠율이다.

3.2 스펙트럼 분석

절대거리와 발파진동의 성분별 응답스펙트럼의 변화를 살펴보았다.

3.3 증폭계수

지반진동에 대한 구조물의 응답진동의 비를 증폭계수(amplification factors)라 하는데, 여기서는 증폭계수를 최대 의응답속도에 대한 A_v , 구조물 고유진동수의 의속도에 대한 A_n , 구조물의 절대속도에 대한 A_r 의 세 가지로 조사하였다. 특히 A_v 는 구조물의 응답을 예측하는데 널리 사용되며 다음과 같이 정의된다.

$$A_v = \frac{PPRV}{PPV} \quad (1)$$

여기서 PPRV는 최대 의응답속도(peak pseudo-response velocity)이며 PPV는 지반의 최대 진동속도(peak partical velocity)이다.

Fig. 1~4에는 증폭계수를 산정하기 위해 환산거리에 대한 응답속도를 나타내었다. 이때

주요어 : 발파진동, 구조물응답, 일자유도계, 증폭계수, FFT

-
- 1) 전남대학교 자원공학과 교수
 - 2) 전남대학교 자원공학과 석사과정

사용된 데이터는 시험가옥 2에 대한 21회의 발파 계측자료이다.

Table 3은 이들을 이용하여 구한 벽체와 지붕의 환산거리별 증폭계수이다.

Table 3. Amplification factors

Amplification factor	An (Natural frequency)		Av (PPRV)		Ar (PPV)	
Scaled Distance	30	100	30	100	30	100
Wall	0.97	1.11	1.72	2.26	1.13	1.44
Roof	1.27	1.45	1.97	2.56	1.61	2.20

4. 결과

광주 두암동과 여수 화치동의 두 지역에서 발파에 따른 지반진동과 주로 단층 조적조인 시험가옥 부재의 진동을 계측하고 응답스펙트럼을 구하여 분석한 결과는 다음과 같다.

- 1) 벽체의 고유진동수는 가옥의 형체에 따라 11~24 Hz 정도로 도곡 지역이나 Dowding의 연구 결과와 비슷하였다. 지붕의 고유진동수는 20~28 Hz로 도곡 지역의 12 Hz 보다는 크게 나타났다. 벽체와 지붕의 감쇠율은 2.7~5.8 %였다.
- 2) 실측한 증폭계수는 최대 의응답속도와 고유진동수 의응답속도로 계산한 증폭계수의 사이에 있어 응답스펙트럼에 의한 추정이 가능함을 보였다.
- 3) 증폭계수는 1~2.6 정도였으며 벽체보다 지붕의 증폭계수가 더 크고, 환산거리가 증가함에 따라 증폭계수가 커짐을 알 수 있다.

감사의 말씀

본 연구는 광주제2순환도로 현장과 여천국가공단 확장단지에서 이루어졌다. 두암동의 시험가옥 사용과 계측에 편의를 제공해 준 (주)대우의 최종선 단장님과 대창건설 유한신 사장님, 이성기 주임 외 관계자 여러분에게 감사드립니다. 또 계측을 도와준 전남대 암반공학 및 발파공학 연구실 김남수, 전양수, 정지문, 김재철, 문승백 등 대학원생들에게 감사드립니다.

참고문헌

- 양형식, 김남수, 전양수, 정지문, 김재철, 문승백, 조상호, 진연호, 1999, 발파진동으로 인한 조적조 가옥 피해의 임계수준 평가, 한국암반공학회지 9, 인쇄중
- 주재성, 양형식, 1994, 노천발파 및 건설기계진동에 대한 구조물의 응답, 한국자원공학회지 31, 9-16
- Dowding, C.H., 1985, Blast Vibration Monitoring and Control, Prentice Hall, 288p
- Dowding, C.H., 1996, Construction Vibrations, Prentice Hall International Series in Civil Engineering and Engineering Mechanics, 503-522

Table 1. Natural frequency of structures

Element	Duam-dong test house I		Duam-dong test house II		Whachi-dong test house		Dogok area		Dowding's	
	f(Hz)	σ	f(Hz)	σ	f(Hz)	σ	f(Hz)	σ	f(Hz)	σ
Wall	15	1.2	24	0	11	2	12.3	3.70	15	
Roof	20	0.72	28	0.44			12.1	1.39		

Table 2. Damping ratio of structures

Element	Duam-dong test house I		Duam-dong test house II		Whachi-dong test house		Dogok area		Dowding's	
	β (%)	σ	β (%)	σ	β (%)	σ	β (%)	σ	f(Hz)	σ
Wall	5.8	0.5	2.7	0.35	4.5	0.94	5	0.45		
Roof	4.5	0.2	3	0.2	4.1	1.53			4.6	

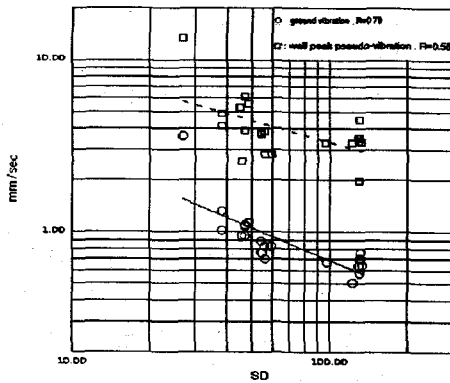


Fig. 1. Peak pseudo response velocity of wall

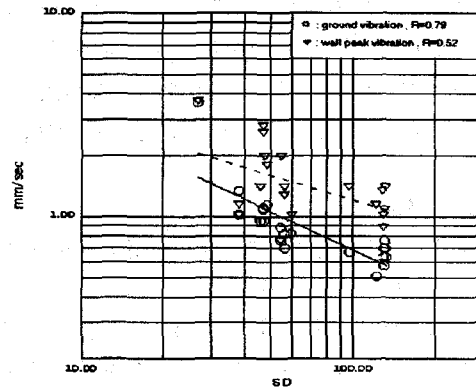


Fig. 2. Peak vibration velocity of wall (T-component)

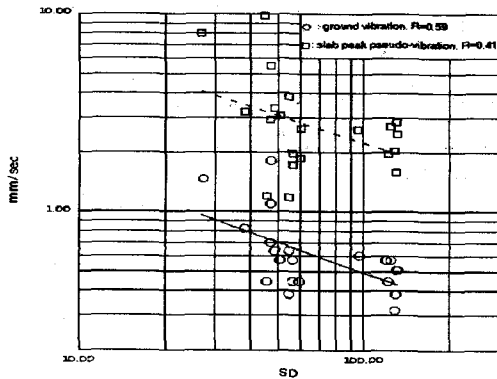


Fig. 3. Peak pseudo response velocity of roof

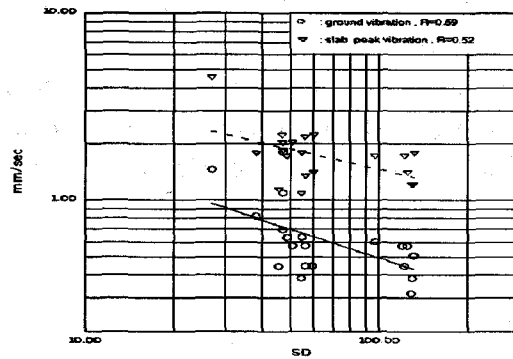


Fig. 4. Peak vibration velocity of roof (V-component)