

발파진동으로 인한 조적조 가옥 피해의 임계수준 평가

양형식¹⁾ · 김남수 · 전양수²⁾ · 정지문 · 김재철 · 문승백 · 조상호 · 진연호³⁾

1. 서론

우리나라에서 지난 수년간 발생한 건설관련 민원문제 중 절반 가량이 발파 등 진동소음과 관련되어 있다.[1] 현재, 국내에서는 발파진동허용수준을 독일 기준의 하한치를 이용한 서울지하철공사 기준을 주로 적용하고 있으며 피해의 산정에는 이 기준보다 더 엄격한 0.3 kine을 적용하고 있는 실정이다. 이는 설계허용기준을 구조물 피해 인정 기준으로 잘못 적용한 것일뿐만 아니라 기준 자체가 진동주파수의 특성 등을 도외시한 것이기 때문에 문제가 많다. 이에 따라 여러 가지 기준을 제안한 연구들이 있지만[2] 실제 구조물의 피해를 관찰하면서 기준치를 제안한 연구는 없다.

본 연구는 2년여에 걸쳐서 국가공단을 건설하는 현장에서 철거대상 농어촌 조적조 가옥을 상대로 상시 기후변화에 따른 균열의 거동과 확장을 조사하고 실제 발파를 실시하면서 균열의 거동과 확장을 관찰하였다. 이러한 연구를 통하여 건물의 피해를 인정하는 하나의 기준을 제안하였으며 이에 따라 농어촌 일반 조적조 가옥에 대한 구조물 피해 인정 진동수준을 제시하였다.

2. 실험 대상지역 및 시험가옥

대상지역은 여천공단 확장단지 조성공사가 진행중인 전남 여천시 화치동 연성마을로서 시험가옥 I, II, III은 70년대 후반에 건축된 단층 블럭조로서 외벽은 시멘트몰탈 마감 처리되었으며 목조 스리스트에 스테이트 덮개 형식으로 축조된 비교적 취약한 전형적인 농촌가옥이고 수직, 수평, 전단균열이 많이 발달되어 있다. Photo 1은 시험가옥의 일례이다.

3. 측정장치 및 배열상황

본 실험에 사용된 발파진동 측정기는 캐나다 Instantel 社의 Blastmate와 Minimate 이다. 계측기는 근거리 발파에 의한 지반진동 및 구조물의 진동응답을 측정하기 위하여 알루미늄 plate와 bolt를 제작하여 시험가옥 벽체와 바닥에 측정기를 부착하였으며 측정기가 시험가옥의 각 부재와 함께 움직일 수 있도록 완전히 고정시켰다.(Photo 2)



Photo 1 Test house III

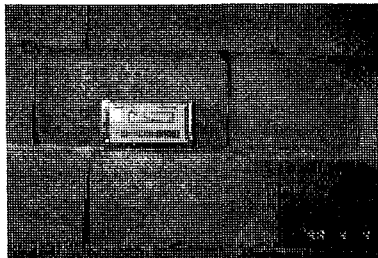


Photo 2 Installed vibrometer at wall

주요어 : 발파, 진동, 사례, 현장계측

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

발파진동에 의한 시험가옥 벽체의 표면 균열이나 팽창지점의 이동 변위를 측정하기 위하여 (주)신풍건설턴트에서 제작한 크랙 게이지를 사용하였다.

벽체의 물성을 측정하기 위해서 암석용 Schmidt hammer, Pundit 탄성파속도 측정기, ELS 압축시험기 등을 사용하였다.

4. 실험 및 결과

4.1 온도변화에 따른 균열 변형

Table 1은 미광무국 시험가옥에서 측정된 일상환경의 변화(온도 및 습도)와 일상활동으로 인한 변형률을 비교한 것이다.

Table 1 Comparison of strain levels induced by various activities

Loading phenomena	Site ^a	Induced microstrain(μ)	Corresponding blast level ^b (mm/s)
Daily environmental changes	K1	149	30.0
	K2	385	76.0
Household activities			
Jumping	S2	37.3	7.1
Door slams	S1	48.8	12.7
Pounding nails	S12	88.7	22.4

a K1 K2는 두 장의 석고벽 사이의 데이프를 바른 연결부에 위치

b 변형률 대 지반진동의 비례도에 기초한 수치임

source : Stagg(1984), reconstructed

시험가옥의 온도 변화에 따른 균열 변화에 대한 실험을 3월 20일에서 22일까지 3일에 걸쳐 실시하였다. 시험가옥 I, II의 온도의 변화에 따른 기존 균열의 변형량을 측정된 결과는 Table 2와 같다.

Table 2 Comparison of deformation induced by daily temperature changes

Test house	Factors					
	Position	Shape	Length (m)	Width (mm)	δ_{max} (mm)	ΔT_{max} (°C)
I	Room 1	Vert.	0.45	7	0.054	3
	Left wall	Vert.	0.7	0.5	0.41	14
	Right wall	Shear	0.5	0.45	0.027	14
	Front wall	Hor.	0.4	0.1	0.054	14
II	Room 1 Right wall	Vert.	2.2	5	0.027	8
	Room 1 Left wall	Vert.	0.6	1	0	8
	Boiler room Right wall	Vert.	1.3	4	0.244	9
	Boiler room Right wall	Hor.	1.1	0.6	0.109	9
	Kitchen Behind wall	Hor.	1.5	0.4	0	7

δ_{max} : Max. deformation

ΔT_{max} : Maximum difference of Temp.

시험가옥 I과 II에서 보듯이, 실내에서 측정된 균열의 변형량은 0~0.1 mm 미만으로 아주 작은 변화를 보였다. 반면에 실외에서 측정된 변형량은 0.027 mm에서 최대 0.41 mm 까지 변화를 보였다. 시험가옥 I에서 최대 변화를 보이는 좌측벽의 균열의 길이는 0.7 m이고, 시험가옥 II의 보일러실 우측벽 수직균열의 길이는 1.3 m로 대체로 신장이 긴 균열이 많은 변화를 보이거나 직접적인 비례관계는 보이지는 않는다. 균열의 폭과 균열의 변형량도 뚜렷한 관계가 없음을 알 수 있다.

4.2 발파로 인한 균열 변형

시험가옥 주변의 발파지점 상부의 풍화토층을 포크레인을 사용하여 약 2~3 m 정도 벗겨내었고 유압식 천공기를 이용하여 수직으로 6 m 천공하여 토중 발파를 실시하였다. 폭약은 ϕ 50 mm 다이ना마이트를 사용하였다.

먼저 시험가옥 I을 대상으로 발파하였다. 진동 측정기는 시험가옥 지반과 각 벽체에 설치하였고 크랙 게이지는 각 벽의 대표균열에 설치했다. 1회 발파에 의해 발생한 최대진동수준은 시험가옥 지반에서 16.9 mm/s, 대면벽에서 11 mm/s로 이때 균열은 우측벽에서 0.027 mm의 미세한 움직임을 보였다. 2회 발파에서는 더 큰 진동이 발생하였으나 균열 이동은 대면벽에서 역시 0.027 mm의 미세한 움직임만이 관측되었다. 시험가옥 II와 III에 대하여는 거리를 20 m 이내로 조정하여 더 큰 진동수준을 유도하였다. 시험가옥 II에 대한 실험은 4회, 시험가옥 III에 대한 실험은 6회에 걸쳐 실시되었다. 이 때 균열의 최대 변형은 시험가옥 II에서는 대면벽에서, 시험가옥 II에서는 우측벽면에서 발생하였다.

5. 고찰

발파진동에 대한 각 시험가옥의 거동을 진동수준별로 표시하였다. 피해를 판단하는 기준으로 온도변화에 따른 균열 변형량을 사용하였다. 온도변화에 따른 시험가옥 벽체의 균열 변형량을 살펴보면, 온도의 변화 또는 습도의 함유량에 따른 자연적인 영향으로도 구조물이 상당한 변화를 일으키고 있다. 이것을 발파진동에 의한 인위적인 균열 변형량과 비교하여 볼 때 이 수준 이하의 변형을 일으키는 진동수준은 구조물에 피해를 유발할 수 없는 수준이라고 판단하여 시험가옥 I에 대해서는 온도변화에 따른 최대 변형량 0.41 mm를 피해기준으로 적용하였고, 시험가옥 II, III에 대해서는 변형량 0.244 mm를 피해의 기준으로 적용하였다.

6. 결론

전남 여천시 화치동 연성마을의 농어촌 조적조 가옥을 대상으로 실시한 발파진동 및 균열 계측을 통하여 온도 및 자연적인 영향에 따른 기존 균열의 변화와 근거리 발파로 발생한 발파진동이 주변 구조물의 균열에 미치는 영향을 비교 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 발파진동에 대한 주변 구조물의 피해를 판단하는 기준으로 환경적인 영향 즉 외부온도와 습도로 인한 기존균열의 변형량을 새로운 발파진동의 피해 판정기준으로 제시하였다.
2. 이 지역의 경우 대표 균열은 시험가옥 I의 좌측벽과 시험가옥 II의 보일러실 우측벽의 수직균열로서 온도차 14°C와 9°C에서 최대 0.41 mm와 0.244 mm의 변형을 보였으며 이를 진동피해발생 기준으로 가정하였다.
3. 제시된 피해기준에 해당하는 변형을 일으킨 진동속도는 최소한 100 mm/s 이상으로 실제 구조물 피해가 발생하는 진동수준은 국내에서 적용되는 허용설계진동수준의 10배 이상이다.

참고문헌

1. 양형식, 전양수, 이경운, 1997, 인체에 대한 진동의 허용 기준 및 피해 산정에 관한 연구, 한국암반공학회지, Vol. 7, 310- 322
2. 류창하, 선우춘, 정소걸, 이종립, 주광호, 이대수, 1994, 안전관련 구조물 근접시공시 발파진동 허용기준의 적용성에 관하여, 한국암반공학회지, Vol. 4, pp 157- 165
3. Dowding, C.H., 1985, Blasting Vibration Monitoring and Control, Prentice Hall, Englewood Cliffs, U.S.A., pp. 126-127