

표준실험동에서의 소음·진동 특성

Noise and Vibration Characteristics of Floor Impact in a Test Building

○정 영*·유 승엽*·이 평 직*·정 정 호*·전 진 용**

Young Jeong, Seung-Yup Yoo, Pyoung-Jik Lee, Jeong-Ho Jeong and Jin-Yong Jeon,

Key Words : Floor Impact Sound(바닥충격음), Heavy-weight Floor Impact(중량충격), Natural Frequency(고유진동수)

ABSTRACT

In this study, Heavy-weight floor impact sound and vibration in concrete structures with different slab thickness have been measured in a test building. It was found that natural frequency increased according to increases of slab thickness, and acceleration level decreases. Results also show that the measurements in the 210 and 240mm slab structures are complied with the result from finite element analysis but the 150 and 180mm slab structures are not because the structures are constrained to the ground. Therefore, in modelling process the condition of sub-structures should be examined in relation to the boundary conditions.

1. 서 론

입주자의 실제적인 불만요소인 중량충격원에 의한 바닥충격음 저감 대책으로서는 주로 바닥 슬래브의 두께 또는 강도를 증가시키는 것이 고려되고 있으며, 이에 따라 구조형식을 벽식구조에서 라멘구조로 변경하거나, 바닥판의 고유진동수를 변화시키는 방법 등에 대한 검토가 필요한 것으로 연구 발표되고 있다.

본 연구에서는 시행되고 있는 "주택건설기준등에 관한 규정"의 차단성능 인정기준 및 절차에 따라 표준실험실에서의 시험시공 및 분석의 필요성이 증대되고 있는 가운데, 바닥충격음 연구를 위하여 건설한 표준실험실에서 중량충격원에 대한 바닥구조의 소음 및 진동 특성을 살펴보고, 중량충격음의 저감대책의 하나로 실제적인 대안이 되고 있는 슬래브의 두께변화에 대한 유한요소해석 및 현장측정을 통해 저음역에서 발생된 중량충격음의 저감 방안을 검토하고자 한다.

2. 표준실험동 개요

본 연구는 환경부 연구과제(차세대 핵심환경기술개발사업)수행과 관련하여 건설한 표준실험실에서 진행하였다.

표준실험동은 Fig. 1의 평면도에서와 같이 기존 건

교부 실험동과 같이 서로 다른 바닥슬래브 두께를 가진 실이 벽과 바닥 일부를 공유하게 되는 구조를 개선하여 1개층에 단일 슬래브 두께의 구조가 되도록 계획하였으며, 2개의 독립된 실험동을 계단실로 공유하는 평면으로 시공하였다.

각 실험실 주변의 발코니는 실제 공동주택의 경우와 같이 슬래브가 연속되는 조건을 최대한 반영하기 위하여 각 실험실 건물의 주변 4면에 배치되도록 설계되었다.

슬래브는 각 층별로 150, 180, 210, 240mm 두께의 표준실험실을 계획하여 표준실험동 운영시 외벽체 공유세대 및 내부세대의 특성 등을 고려한 실제적이고 효율성 있는 시험 시공을 위해 슬래브 두께별로 3실이 되도록 시공하였다.

Table 1 Testing building condition

구 분	표준실험동의 현황
실 면 적	25m ² (4.7×5.3m)
슬래브두께	150,180,210,240mm(각 두께별 3실)
층 고	2800mm
콘크리트 강도	240 kg/cm ²
특 징	- 한 층에 동일한 두께의 slab - 2개의 독립된 실험동 - 실간 벽면 공유에 따른 경계요소 고려 - 실 주변부의 경계요소 고려 - 4면에 발코니 설치

* 한양대학교 대학원 건축공학과
** 한양대학교 건축공학부 부교수

Table 3 Natural frequency and acceleration with typical floor thickness

T(mm)	Natural frequency	Acceleration	Acceleration level
	1st [Hz]	[m/s ²]	[dB]
150	32	0.71	97
180	37	0.44	94
210	42	0.37	91
240	46	0.30	89

2.2 진동측정 및 분석

(1) 측정 및 분석방법

본 연구에서는 먼저 맨슬래브, 즉 시험시공 세대에서 마루 바닥재나 석고보드 등 마감재를 부착하기 전 마감재와 골조 사이 결합구조의 특성에 따라 소음 방사 특성과는 무관한 공진특성 등이 발생할 수 있는 요소를 제거할 수 있는 초기 상태에서 진동을 측정하였다.

중량충격원의 에너지 스펙트럼 특징은 63Hz 이하 저주파 성분에 충격 에너지가 집중되어 있으므로 바닥구조의 고유진동수에서 공진에 따라 진동응답이 크게 바뀌게 되며, 결과적으로 소음에 영향을 주게 되므로 저주파수 영역에서 발생하는 지배적인 주파수를 분석하였고, 진동레벨은 가진실에서 중량충격원이 가해질 때 검출되는 가속도 가진신호에 대해 동기화(triggering) 시켜 측정하였다.

즉, 일반적인 임펄스 가진의 경우 정상상태의 특성과 달리 매우 짧은 시간 내 정확한 데이터를 확보해야 하는 어려움이 있으며, 중량충격원의 경우 수백 msec 내 다수의 데이터를 측정해야 하므로 본 실험에서는 중량충격원에 의해 바닥이 진동하는 시점을 기준으로 하기 위해 가진 바닥에 가속도계를 장착하여 기준신호(reference signal)로 인식하여 이 신호가 정해진 레벨 이상의 값을 가지는 순간 측정대상물에 대한 진동 측정이 시작되도록 설정하였으며, 소음측정은 음압레벨(SPL)로 측정하였다.

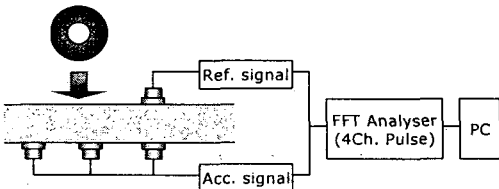


Fig. 6 Vibration measurement with triggering

본 실험에 사용된 장비 및 센서는 다음과 같다.

- Bang machine (FI-02, Rion)
- FFT (4-Ch. Pulse, B&K)
- Microphone (Type 4165, B&K)
- Accelerometer (PCB)
- Notebook computer (Compaq)

(2) 측정 결과분석

FFT로 가속도신호음을 분석한 결과, 특정주파수에서 피크치가 나타나는데, 이는 측정된 맨 슬래브에서의 고유진동수로 볼 수 있다.

Table 4에서와 같이 맨 슬래브 구조에서 중량충격원에 의한 진동 실험결과-, 슬래브 두께가 150mm인 구조에서 180mm인 구조로 슬래브 두께가 증가 되었을 때, 고유진동수는 5Hz 증가 하였으나 슬래브 두께가 180mm인 구조에서 210mm, 240mm로 증가하였을 때는 고유진동수의 이동이 미비 하였다.

이에 대해, 동일한 조건의 3D 모델링 해석결과와 비교해 보면 Table 5에서와 같이 슬래브 두께 150, 180mm인 구조에서는 실험치와 유사한 고유진동수의 변화를 나타내었으나, 210, 240mm구조는 결과에 큰 차이를 보이고 있다.

이는 해석을 위한 모델링의 경계조건 결정에 있어 지지조건이 바닥에 접하고 있는 구조와 접하지 않는 구조에 대해 각각의 조건에 맞는 모델링이 되어야 함을 보여주고 있는 결과로 사료된다.

슬래브 두께 150, 180mm는 맨 슬래브 두께가 30mm 증가할 때 고유진동수는 16% 증가하였으나, 진동가속도레벨(reference:10⁻⁶m/s²)의 변화는 2dB 증가한 것으로 분석되었다.

Table 4 Natural frequency and acceleration with typical floor thickness

T(mm)	Natural frequency	Acceleration level
	1st [Hz]	[dB]
150	32	84
180	37	86
210	38	80
240	36	81

Table 5 Comparison of test

	Thickness (mm)	EXP.	F.E.A.	Error (%)
Case-1	150	32	32	-
Case-2	180	37	37	-
Case-3	210	38	42	10
Case-4	240	36	46	22

따라서 동일한 지지조건을 갖고 있는 각 슬래브 두

개별 측정결과를 통해 슬래브 두께가 증가할 경우, 전체 질량과 강성이 모두 증가하나 강성의 증가 효과가 더 크기 때문에 고유진동수가 증가하게 되며, 이에 따라 진동가속도 레벨은 감소하게 된다.

그러나 본 실험동의 슬래브 150, 180mm 구조는 슬래브 210, 240mm 구조와 달리 주변 지지조건이 지면에 접한 조건을 가지고 있으므로 진동가속도레벨에 영향을 주는 것으로 분석된다.

3. 표준바닥구조의 소음, 진동특성

공동주택 바닥충격음 차단구조인정 및 관리기준(건설교통부고시 제2004-71호, 04.03.30)에 제시된 표준바닥구조(단열원층(20mm)+경량기포층(45mm) 마감물(45mm)을 표준실험동에 시험시공하고, 맨슬라브구조와 각 슬래브 두께별 진동 및 소음특성을 비교분석하였다.

Table 6 Natural frequency and acceleration of typical floor structures

구분		Bare slab		Finished structure	
		R Freq.	VAL	R Freq.	VAL
150mm	중앙실	32	84	27	85
	측면실	30	90	27	87
180mm	중앙실	37	86	32	82
	측면실	34	77	29	82
210mm	중앙실	38	80	33	79
	측면실	34	81	29	78
240mm	중앙실	36	81	34	80
	측면실	38	80	39	79

Table 7 Heavy-weight impact sound transmission level of typical floor structures

구분		역 A 특성 평가 (dB)	
		Bare slab	Finished structure
150mm	중앙실	52	52
	측면실	53	53
180mm	중앙실	53	51
	측면실	51	52
210mm	중앙실	49	48
	측면실	49	49
240mm	중앙실	47	46
	측면실	49	47

각 구조별 슬래브의 두께증가(30mm)에 따라 공진주파수의 이동과 가속도 값의 감소가 나타났으며, 소음레벨은 2dB씩 저감효과를 보였다.

맨 슬라브와 건교부에서 제시한 표준바닥구조와의 비교에서도 동일한 공진주파수의 이동과 가속도 값의 감소가 나타났으나, 양쪽의 내력벽을 공유하고 있는 중앙실의 경우, 한쪽 벽만을 공유하는 측면실과 비교하여 경계조건의 차이에 의해 소음레벨의 감소가 작게 나타났다.

4. 결론

표준실험동에서 4가지 슬래브 두께를 갖는 구조를 대상으로 유한요소해석 및 소음, 진동측정 분석을 통하여 중량충격음에 대한 영향을 검토하고, 건교부에서 제안한 표준바닥구조를 시험 시공하여 맨 슬라브 구조와 소음진동 특성을 검토하였다.

유한요소해석에서는 각 슬래브 두께가 증가함에 따라 고유진동수의 증가와 함께 진동가속도레벨이 감소하였으며, 표준실험실에서의 소음 및 진동측정결과 또한 슬라브 두께의 증가에 따라 유한 요소해석 결과와 동일한 특성을 나타내었으나, 슬래브 150, 180mm 구조는 슬래브 210, 240mm 구조와 달리 주변 지지조건이 상이하므로 진동가속도레벨에 영향을 주는 것으로 분석되었다.

표준바닥구조의 소음, 진동 특성에서는 슬라브 두께의 증가에 따라 공진주파수의 이동과 가속도 값의 감소가 나타났으며, 소음레벨은 2dB씩 저감되는 것으로 분석되었다.

동일한 슬라브 두께의 실험실에서 양쪽의 내력벽을 공유하고 있는 중앙실의 경우, 한쪽 벽만을 공유하는 측면실과 비교하여 경계조건의 차이에 의해 소음레벨의 감소가 작게 나타났다.

후 기

본 연구는 환경부 “차세대 핵심환경기술개발사업”(과제번호: 03-1-11-2-002)의 지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- 1) 전진용 외, 2004, ““감쇠재 사용에 따른 중량충격음의 소음 및 진동 특성”, 한국소음진동공학회 추계학술대회논문집, pp.97~102.
- 2) 정 영 외, 2004, ““슬라브 두께에 따른 표준실험동의 중량충격음 특성”, 한국소음진동공학회 추계학술대회논문집, pp.103~108.
- 3) 이주원 외, 2003, “충격음 저감재의 동특성과 실험실 경량충격음레벨 저감량의 상관관계”, 한국소음진동공학회 춘계학술대회논문집, pp.191~195.