

표준실험동의 구조별 소음 진동 특성

Noise and Vibration Characteristics of Construction structures in Standard Laboratory

정 영* · 유 승 엽* · 전 진 용**

Young-Jeong, Seung-Yub Yoo, Jin-Yong Jeon,

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

ABSTRACT

In this study, examined heavy-weight floor impact sound to rahmen structure(steel reinforced concrete structure) and bearing-wall structure(box frame type structure) that have slab thickness of 4 form at a standard laboratory through noise and vibration measured. The results of ANSYS modeling of structures was predicted that the nature natural frequency increased according to change of thickness of each slab by finite element analysis, and acceleration value decreased. Rahmen structures compares with bearing-wall structure, nature frequency was predicted low. Measurement results of natural frequency and acceleration level for structures at a standard laboratory, tendency department such as ANSYS modeling appeared. Rahmen structures appeared that reduction effect is less in Acceleration level and heavy impact sound transmission level comparing with bearing-wall structure.

1. 서 론

공동주택에서의 층간 소음문제는 주거환경에 있어 큰 고통의 요소 중 하나이다. 특히 한국에서는 바닥 난방 시스템을 사용하고 있어 맨발로 생활하는 성인이나 아이들이 걷거나 땀 때는 발뒤꿈치가 바닥에 먼저 닿으면서 저주파 성분의 중량충격음이 쉽게 발생된다. 또한 연구조사 결과¹⁾에 따르면 거주공간에서 발생하는 주요 충격 요인에 대해서는 어린이의 달리기와 뛰기가 70%이상을 차지하는 것으로 나타나며, 충격음에 대한 주관적인 평가결과 중량 충격원에 의한 저주파 진동소음이 불쾌감의 원인으로 나타나고 있다.

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.²⁾

건교부에서는 바닥충격음 문제를 해결하기 위해 2005년 7월 중량충격음 차단성능에 대한 법적 최저기준과 등급을 마련하여 시행하고 있다.

본 연구에서는 현재 시행되고 있는 “주택건설기준

등에 관한 규정”의 차단성능 인정기준 및 절차에 따라 표준시험실에서의 시험시공 및 분석의 필요성이 증대되고 있는 현재, 바닥충격음 연구를 위하여 신속한 표준실험동 구조에서 중량충격원에 대해 각 구조별 바닥구조의 소음 및 진동 특성을 살펴보고, 중량충격음 저감대책의 하나로 실제적인 대안이 되고 있는 슬래브의 두께변화에 대한 해석 및 실험을 통해 저음역에서 발생된 중량충격음의 저감 방안을 검토하고자 한다.

2. 표준시험동의 개요 및 유한요소해석

2.1 표준시험동 개요

본 연구는 환경부 연구과제(차세대 핵심환경기술개발사업)수행과 관련하여 건설한 표준실험동에서 진행하였으며, Bearing-wall structure인 벽식구조(Box frame type reinforced concrete structure) 및 라멘구조 및 철골철근콘크리트(SRC)구조로 설계 및 시공되었다.

벽식구조로 시공된 실험동은 1개 층에는 단일 슬래브 두께의 구조가 3실 씩 되도록 계획하였으며, Fig. 1과 같이 2개의 독립된 실험동이 계단실로 연결하는 평면으로 시공하였다. 각 실험실 주변의 발코니는 실제 공동주택의 경우 와 같이 슬래브가 연속되는 조건을 최대한 반영하기 위하여 벽식구조 실험실 건물의

* 한양대학교 건축공학과

** 한양대학교 건축공학부 부교수

주변 4면에 배치하였다.

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

또한 이와 같은 벽식구조의 대안책으로 라멘구조(RC)의 필요성에 대한 인식이 증가하고 있다. 라멘구조는 일반적으로 기둥과 보와 슬라브가 강성으로 접합되어 연속적으로 이루어진 골조를 말하는 것으로서 보와 기둥이 중요한 구조체로 이루어져 있다. 각 부재는 축방향력, 전단력, 휨모멘트를 받아 보, 기둥, 기초를 통하여 지반에 전달하는 구조방식으로 이러한 라멘구조의 특성으로 인하여 평면계획상 자유스러운 배치가 가능하고, 넓은 개구부 및 공간을 얻을 수 있어 현대 고층건축에 널리 채택되고 있다.

철골철근콘크리트구조는 철근콘크리트구조와 철골구조의 조합방식의 구조이다. 철근콘크리트구조는 내화성은 좋으나 자중이 무겁고, 고층화 될수록 기둥이 두꺼워지고 유효면적이 작아지는 결점이 있다. 철골구조는 반대로 자중은 철근콘크리트에 비해 가볍지만 내화성이 부족하므로 값비싼 내화피복을 필요로 한다. 따라서 이들의 결점을 보완하며, 내화성이 좋고 자중이 가벼운 구조로서 철골철근콘크리트 구조가 개발, 사용되고 있다.

그러나 철골철근콘크리트구조는 철근콘크리트 구조에 비해 슬래브의 질량과 보의 강성이 작은 경우가 많고 스펀 또한 길어지는 경향이 대부분이어서 진동 문제에 취약할 것이라는 견해로 인해 업무용 시설 이외에 주거용 아파트 시설로는 많이 사용되어 지지 않고 있다.

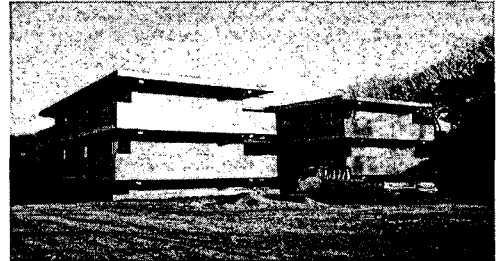


Fig. 2 The view of standard laboratories

2.2 유한요소해석

2.2.1 유한요소모델링

본 연구에서는 단순화된 맨 슬래브 구조에 대해 구조해석 전용 프로그램인 ANSYS를 이용하여 유한요소 해석(Finite Element Analysis)을 실시하였으며, 타당성 있는 유한요소 모델(FEM)을 구축하였고, 실험치와 비교하였다.

벽식구조 실험동의 FEM해석을 위하여 1개 층을 모두 3D로 모델링 하고, 경계조건은 벽체부분과 인접 건물로 이동하는 슬래브 부분을 "all fixed"로 하여 병진 및 회전모드 6개를 구속하였으며, 그 외 부분은 "all free" 조건으로 하였다.

FEM해석에 사용된 요소(element)는 shell element를 사용하였고, 모델 해석결과의 신뢰성을 높이기 위해 mesh의 크기를 결정하였으며, 모델의 node점에서의 결과를 상호 검토하고, 오차를 점검하여 모델의 신뢰성을 높여 슬래브 두께별(150~240mm)로 유한요소 해석을 수행하였다.(Fig. 3 참조)

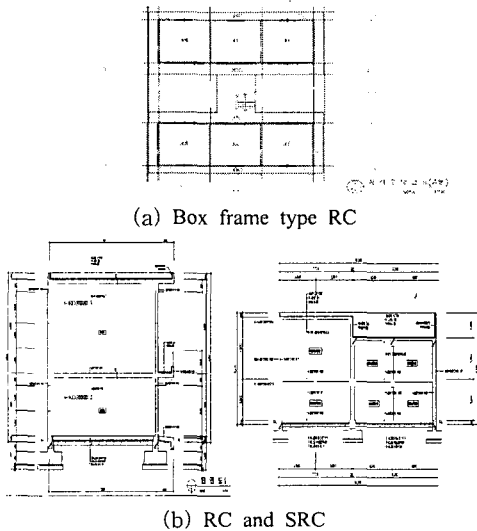


Fig. 1 The plan of standard laboratories

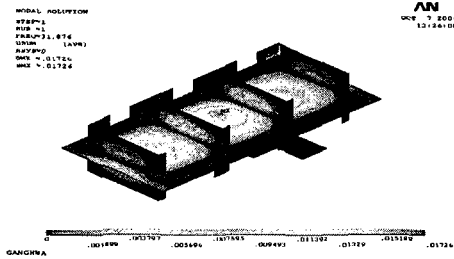


Fig. 3 ANSYS modeling of Box frame type Reinforced Concrete Construction

라멘구조는 슬래브, 기둥, 보 인방보 및 벽체를 모델링하였으며 기둥과 벽의 높이는 슬래브를 기준으로 위, 아래층 높이 중앙까지 모델링하였다. 벽체의 두께는 20 cm로 개구부에는 인방보를 설치하였고 각 구조체들의 연결부위는 강 접합으로 하였다.

물성치(Table 1. 참조)는 콘크리트의 경우 압축강도 210 kgf/cm²를 사용하였으며 H형강은 “허용응력설계법에 의한 강구조 설계기준”의 강재에 대한 내용을 참고하였다.

철근콘크리트는 평면상 2경간으로 우측경간이 좌측경간에 비해 40cm가 더 길고 보의 폭과 높이가 동일한 형태로 되어 있다. 반면 철골철근콘크리트구조는 정방향 구조로 되어 있고 바닥판은 요철이 없는 데크 플레이트 A TYPE형태로 되어 있다.(모델링 Fig. 4 참조)

Table 1 Mechanical properties

구분	탄성계수 (N/m ²)	밀도 (kg/m ³)	프라이송비 (ν)
콘크리트 (210 kgf/cm ²)	2.254×e ¹⁰	2,400	0.167
H형강	2.1×e ¹¹	7,800	0.3

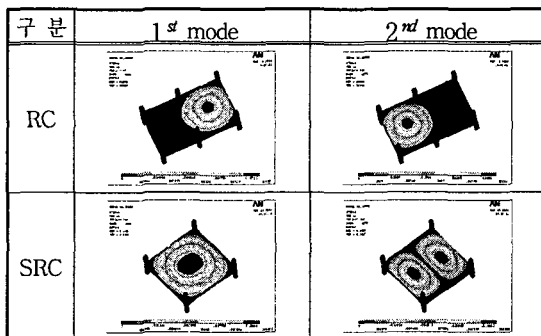


Fig. 4 ANSYS modeling of RC / SRC structures (1th, 2nd mode)

벽식구조의 FEM 해석결과에 따라 Table 2 에서와 같이 1차 고유진동수의 경우, 슬래브 두께가 30mm 증가할 때마다 약 4~5Hz 증가가 예상 되었으며, 2차 공진주파수의 경우, 슬래브 두께의 증가에 대해 각각 약 4~6Hz 증가함을 알 수 있었다, 라멘(RC, SRC)구조의 고유진동수는 RC구조물이 SRC구조물에 비해 고유진동수가 높게 나타나고 있다. 원인은 RC구조물이 SRC구조물에 비해 경간의 길이가 짧기 때문인 것으로 판단된다. Table 2에서와 같이 경간의 길이가 같은 RC, SRC구조를 비교했을 때 고유진동수는 2차 모드를 제외하고는 SRC구조물이 더 크게 나타나고 있다. 이것은 SRC구조물에서 H형강이 RC구조물의 보에 비해 강성이 더 크기 때문인 것으로 판단된다.

Table 2 Natural frequency of the structures

구분	Poisson 0.185, dens 2.4E ³ , ex 2.6954E ¹⁰			
	Thickness (mm)	1st	2nd	3rd
벽식 구조	150	32	33	34
	180	37	38	40
	210	42	43	46
	240	46	48	51

구분	MODE (Hz)			
	1st	2nd	3rd	4th
RC	19	20	33	34
SRC	14	23	25	29

3. 표준실험동에서의 소음, 진동 측정

본 연구에서는 시험시공 세대에서 마루 바닥재나 석고보드 등 마감재를 부착하기 전 상황에서 소음, 진동을 측정하였다. 마감재와 골조 사이 결합구조에 따라 소음 방사 특성과는 무관한 공진이 발생할 수 있기 때문이다.

3.1 맨 슬라브에서의 소음, 진동특성

Table 3는 표준시험동의 맨 슬라브 조건에서 각 구조별 진동측정결과를 분석한 것이며, Table 4는 맨 슬라브에서 각 구조별 소음레벨을 측정 분석한 결과이다.

Table 3 Measurement results of natural frequencies and acceleration levels for (a) Box-frame type structure (b) RC/SRC structures (all bare slabs)

(a)

구 분		Natural frequency	Acceleration level
		1st [Hz]	[dB]
벽식 구조	150mm	32	84
	180mm	37	86
	210mm	38	80
	240mm	36	81

(b)

구 분	Natural frequency	Acceleration level
	1st [Hz]	[dB]
RC 1	31	85
RC 2	36	85
SRC	18	81

Table 4 Measurement results of heavy weight impact sound levels for (a) Box -frame type structure (b) RC/SRC structures (all bare slabs)

(a)

구 분		역 A특성 평가 (Li,Fmax,AW)
벽식 구조	150mm	52
	180mm	53
	210mm	49
	240mm	47

(b)

구 분	역 A특성 평가 (Li,Fmax,AW)
RC 1	52
RC 2	52
SRC	52

3.2 표준바닥구조의 소음, 진동특성

공동주택 바닥충격음 차단구조인정 및 관리기준(건설교통부고시 제2004-71호, 04.03.30)에 제시된 표준바닥구조(단열완충층(20mm)+경량기포층(45mm)마감물탈층(45mm)을 표준실험동에 시험 시공하고, 진동 및 소음특성을 비교분석하였다.

Table 5 Measurement results of natural frequencies and acceleration levels for (a) Box -frame type structure (b) RC/SRC structures (all finished slabs)

(a)

구 분		Natural frequency	Acceleration level
		1st [Hz]	[dB]
벽식 구조	150mm	27	85
	180mm	32	82
	210mm	33	79
	240mm	34	80

(b)

구 분	Natural frequency	Acceleration level
	1st [Hz]	[dB]
RC 1	29	81
RC 2	32	85
SRC	18	77

Table 6 Measurement results of heavy weight impact sound levels for (a) Box -frame type structure (b) RC/SRC structures (all finished slabs)

(a)

구 분		역 A특성 평가 (Li,Fmax,AW)
벽식 구조	150mm	52
	180mm	51
	210mm	48
	240mm	46

(b)

구 분	역 A특성 평가 (Li,Fmax,AW)
RC 1	51
RC 2	50
SRC	51

4. 결론

본 연구에서는 표준실험동에서 4가지 슬래브 두께를 갖는 벽식구조와 라멘구조(RC, SRC)구조를 대상으로 중량충격음에 대한 유한요소해석 및 소음, 진동특성을 검토하였다.

유한요소해석결과, 벽식구조에서는 각 슬래브 두께가 증가함에 따라 고유진동수의 증가와 함께 진동가속도레벨이 감소하였으며, 라멘구조는 벽식구조와 비교하여 공진주파수가 낮게 예측되었다.

표준실험동에서 맨슬라브와 표준바닥구조 시공을 통한 측정결과, 해석결과와 경향이 유사한 특성들이 각 구조별 진동측정 결과에서 나타났으며, 본 실험동의 라멘구조는 벽식구조와 비교하여 가속도레벨과 소음레벨이 더 높은 것으로 나타났다.

참고 문헌

(1) 전진용 등, 2002, "공동주택에서 표준충격음원과 실제충격음원과의 대응에 관한 연구", 대한건축학회 논문집 18권 1호, pp187~194.

(2) 양관섭 등, 2004, "벽식구조 공동주택의 바닥충격음 특성", 한국생활환경학회지, 제11권, 제2호, pp98~104.