

공동주택 내력벽과 가진 위치에 따른 슬래브 진동 및 바닥충격음 영향 분석*

Analysis of Slab Vibration Effects of Bearing Wall and Impacting Point in Apartment Building

김수홍** · 류종관*** · 황재승*** · 김태민****

Suhong Kim** · Jongkwan Ryu*** · Jaeseung Hwang*** · Taemin Kim****

Abstract

As floor impact sound in apartment building has become a social issue, the government is strengthening the standards and management regarding this matter. To address floor impact sound, it is necessary to understand the vibration characteristics of the floor slab and derive reduction method based on this understanding. This study was conducted to investigate the effect of slab vibration by performing modal test on two sites with similar floor plans, differing only in the presence of bearing wall, and examined the influence of floor impact sound of that through computational analysis. The results of the modal test showed differences in modal frequency and mode shapes depending on the presence of bearing wall, as well as variations characteristics. The computational analysis of floor impact sound indicated that the presence of bearing wall resulted in lower vibration magnitude and sound pressure level. Additionally, an analysis of the influence of the impacting points showed that when the point of application is located at the driving point in the mode shape, the impact sound tends to be greater.

Keywords: Modal Test, Bearing Wall, Vibration, Computational Analysis, Impacting Points

1. 서론

2022년 기준 공동주택에 거주하고 있는 가구 비율은 약 69%로 국내 거주주택 유형 중 가장 많은 비중을 차지하고 있다(통계청, 2023). 이러한 공동주택은 이웃 간 구조물을 공유하는 구조적 특성으로 인해 이웃 세대의 소음 피해에 취약하고, 실제로 이

웃 세대에 의한 소음 피해는 2012년 이후 지속적으로 증가하는 것으로 보고되었다(한국환경공단 층간소음 이웃사이센터, 2023).

이러한 층간소음이 사회적 이슈가 되면서 정부는 2009년부터 공동주택 바닥충격음 차단구조 인정 및 관리 기준을 도입하였다. 초기에는 바닥슬래브 상부에 완충재와 상부 구조(경량 기포콘크리트와 모르

*본 연구는 한국토지주택공사의 재원을 지원받아 수행한 "공동주택 내력벽과 가진 위치에 따른 슬래브 진동 및 바닥충격음 영향 분석"의 일부 내용을 수정·보완하였음.

**전남대학교 건축토목공학과 박사과정(주저자: tfh0409@naver.com)

***전남대학교 건축학부 교수

****한국토지주택공사 연구원(교신저자: ktaemin@lh.or.kr)

타르)가 적용된 표준바닥구조에서 최소 성능 기준을 인정 받도록 기준을 운영하였다. 하지만 2019년 감사원의 감사보고서에서 인정구조를 적용한 실제 공동주택의 약 59.1%가 저감 성능 기준 미달로 보고 되었다(감사원, 2019). 이에 정부는 2022년 8월 이후 사업승인을 신청한 단지부터 현장의 바닥충격음 차단성능을 측정 및 평가하는 사후확인제도를 도입하였고, 바닥충격음 차단성능 기준도 강화하였다(국토해양부, 2009). 평가를 위한 표준충격원격원은 기존의 뱀머신에서 보행 충격원과 유사한 고무공으로 변경하였고, 기존의 역 A 곡선을 활용하는 평가 방법의 단점을 보완하였다(국토교통부, 2020b). 이로 인해 안정적인 현장 바닥충격음 차단성능을 구현이 요구되어 고성능 바닥구조, 흡음형 천장 등 다양한 연구(양홍석·김태민, 2020; 박지선, 2023; 김경우 외, 2022; 이성복 외, 2021; 정정호 외, 2023; 김신태·김명준, 2023; 김수홍 외, 2024)가 진행되었으나 실제 적용 시 공동주택 구조형식별 바닥충격음 저감 효과는 차이가 존재할 수 있다.

바닥충격음은 상부층에 가해진 충격력이 슬래브 진동을 유발하고 유발된 진동이 하부층으로 소리로 방사되어 발생한다. 따라서 바닥 슬래브의 진동 특성을 선행적으로 분석하고, 이를 고려한 진동 저감 공법 적용이 요구됨을 유추할 수 있다. 한편, 기존의 인정구조는 실제 현장의 슬래브의 진동 특성에 대해 고려 없이 설계된 완충재를 일괄 적용하기 때문에 바닥 슬래브의 진동 특성과 상이한 상부 바닥구조를 적용하는 경우에는 바닥충격음이 오히려 증가할 수 있는 것으로 나타났다(황재승 외, 2010). 따라서 효과적인 바닥충격음 저감을 위해서는 바닥 슬래브의 진동 특성 파악이 필수적이라 할 수 있다.

바닥 슬래브의 진동 특성은 슬래브를 구축하는 경계조건에 영향을 받게 되는데 벽식의 경우 내력벽의 위치에 영향을 받는 것으로 나타났다(김태민 외, 2020). 최근 장수명 주택에 대한 요구에 의해 가변성

과수리용이성을 고려하여 세대 내의 내력벽이 없어지는 추세이다(이지은 외, 2021). 따라서 내력벽의 유무에 따른 슬래브의 진동 특성 또는 이 특성에 의한 바닥충격음의 영향에 대한 연구가 필요한 실정이다(양홍석 외, 2020).

본 연구에서는 내력벽 유무에 따른 공동주택의 바닥 슬래브의 진동 특성을 파악하기 위해 모달테스트(Modal Test)를 수행하였다. 대상 공동주택들은 유사한 평면을 갖도록 선정하였고, 거실과 방 사이의 내력벽 유무에 따라 2가지 타입으로 설정하였다. 모달테스트는 실제 슬래브의 거동을 예상하여 두 타입에 맞춰 수행하였다. 모달테스트를 통해 내력벽 유무에 따른 모드형상과 진동 특성을 분석하였으며, 모달테스트를 통해 얻은 진동 특성이 실제 바닥충격음에 미치는 영향을 조사하기 위해 전산해석을 수행하여 그 특성을 분석하였다.

2. 공동주택 바닥 슬래브 진동 특성

2.1 유한한 크기의 진동

Fig. 1과 같이 유한한 크기의 평판에 입사한 진동파는 평판의 끝단에서 반사되어서 평판 내 정재파(Standing Wave)가 만들어진다. 이를 평판의 고유 모드라고 하며, 주기적인 진동을 고유 진동수(Natural Frequency)라 한다.

고유진동수는 물체의 구성 재료의 물성, 크기, 경계 조건 등에 의해 결정되며, 식 (1)을 이용하여 계산할 수 있다.

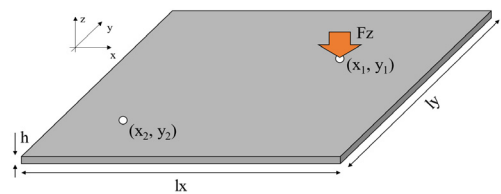


Fig. 1. Finite Plate

$$\omega_m = \sqrt{\frac{D}{\rho_t} \left[\left(\frac{n_x \pi}{l_x} \right)^2 + \left(\frac{n_y \pi}{l_y} \right)^2 \right]} \quad (1)$$

여기서, D 는 판의 굽힘 강성(Bending Stiffness)(N/m), ρ_t 는 판의 면밀도(kg/m²), l_x 와 l_y 는 각 축의 판의 길이(m), n_x 와 n_y 는 각 축의 모드 차수를 나타낸다.

D 는 판의 굽힘 강성으로는 식 (2)를 이용하여 계산할 수 있으며, E 는 재료의 탄성계수(Pa), ν 는 포아송비, h 는 판의 두께(m)를 의미한다.

$$D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)} \quad (2)$$

평판은 고유 진동수에 따라 식 (3)과 같이 특정 움직임이 나타나며, 이 형상을 모드 형상(Mode Shape)이라 한다.

$$\psi_m(x, y) = 2 \sin\left(\frac{n_x \pi}{l_x} x\right) \sin\left(\frac{n_y \pi}{l_y} y\right) \quad (3)$$

식과 같이 평판의 진동 응답은 고유 진동수와 가진 주파수의 비, 가진 위치와 측정 위치에 따라 결정된다. 평판의 고유 진동수와 동일한 진동 주파수의 가진이 물체에 입사되면 진동 응답이 크게 증폭되며, 이를 공진(Resonance) 현상이라 한다(Daniel, 2012).

2.2 하중에 의한 평판의 응답

Fig. 1과 같이 평판의 (x_1, y_1)지점에 가진력 F_z 가 가해지는 경우, (x_2, y_2)지점의 진동 응답(Transverse Displacement, u)은 식 (4)와 같이 계산할 수 있다.

$$\tilde{u}(x_2, y_2, \omega) = \sum_{r=1}^{\infty} \frac{\psi_m(x_2, y_2) \psi_m(x_1, y_1)}{M_m [\omega_m^2 (1 + \eta) - \omega^2]} \tilde{F}_z(\omega) \quad (4)$$

여기서 ω_m 은 평판의 m 차 고유 진동수, φ_m 는 m 차 모

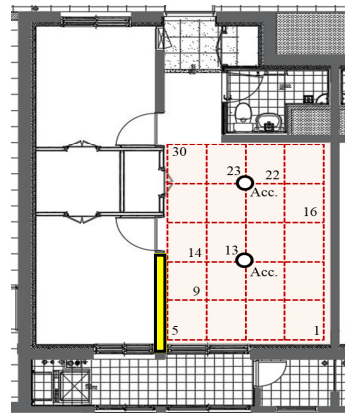
드 형상, M_m 은 평판의 질량(kg), η 은 손실 계수(Loss Factor)를 의미한다.

위 식과 같이 평판의 진동 응답은 모드 형상에 의해 결정되는 것을 알 수 있으며, 이는 동일 하중 크기에서도 가진 위치 또는 측정 위치에 따라 상이함을 의미한다.

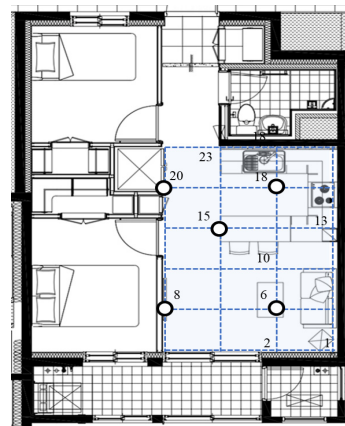
3. 공동주택 바닥 슬래브 진동 특성

3.1 실험 대상 공동주택

본 연구에서는 Fig. 2와 같이 평면 구성은 유사하



Type A



Type B

Fig. 2. Points of Accelerators

*Circles Mean Points of Accelerators; The Yellow Square at Type A Means Bearing Wall

Table 1. The Comparison between Area With /Without the Kitchen

Type	Constitution	Width (m)	Length (m)	Area (m ²)
Type A	L+K	3.52	5.08	17.88
	L		2.17	7.64
Type B	L+K	3.53	4.76	16.80
	L		2.56	9.04

*L Means the Living Room and K Means the Kitchen

지만, 구조 평면이 다른 전용 면적 46m²의 벽식 구조를 대상으로 바닥 슬래브의 진동 특성을 모달테스트를 이용하여 분석하였다.

Fig. 2에서 Type A는 거실과 침실 사이의 세대 내의 벽이 내력벽이고 Type B는 경량 벽체이다. 해당 공동주택의 거실의 크기는 Table 1와 같이 정리하였다. ‘바닥충격음 차단구조 인정 및 관리 기준’(국토교통부, 2020a)에서는 주방의 끝단을 기준으로 가상의 거실 면적을 산출하는데 Table 1에서는 L로 표기된 수치와 같다. L+K로 구성된 거실 면적은 본 연구에서 슬래브의 거동 및 수음실의 음향 공간을 고려하여 거실과 주방 공간을 포함한 공간을 대상으로 거실 면적을 산출한 것이다. Table 1과 같이 거실과 침실이 내력벽으로 구성된 Type A의 경우 거실 면적은 7.64m², 경량벽체로 구성된 Type B의 경우에는 9.04m²으로 약 15.5 % 면적 차이가 존재한다. 하지만 슬래브 거동 및 음향공간을 기준으로 산출한 면적에서는 Type A는 17.88m², Type B는 16.80m²로 약 6.0 %의 차이만 나타나 국토부 고시 기준에 비해 매우 유사하게 나타났다.

3.2 모달테스트 실험 방법

모달테스트는 가속도계를 고정하고 가진 지점을 이동하는 로빙 해머 방식(Roving Hammer Method)으로 수행되었다. 모달테스트는 Table 1의 L+K 면적에 대해 사전 해석을 통해 1~3차 모드형상을 고

Table 2. Equipment List For Modal Test

Equipment	Manufacturer	Model	Quantity
DAQ	NI	SCM205V	1
Impact Hammer	PCB	086D20	1
Vibration Calibrator	PCB	394C06	1
Accelerometer	PCB	356A16	5
Rubber Ball	Rion	Y1-01	1

려하여 약 1.0m 간격으로 Fig. 2와 같이 격자를 구성하였으며, 가속도계를 그림과 같이 바닥 슬래브에 설치하였고 각 격자점을 해머로 가진하여 측정하였다.

본 연구에서는 중량충격음에 대한 분석을 위해 거주파 대역의 진동 특성 분석이 가능하도록 임팩트 해머에 고무팁을 이용하였으며, 하중은 약 300Hz까지 존재하는 것을 확인되었고, 모달테스트의 재현성은 약 500Hz까지 0.9 이상의 코히런스(Coherence)가 존재하였다. 따라서 모달테스트 측정은 결과 분석은 500Hz까지 수행하였다.

Table 2는 본 연구에서 바닥 슬래브 진동을 분석하기 위해 사용된 측정 장비를 나타내며, Type A의 모달테스트 결과 데이터는 선행 연구(김태민 외, 2020) 결과를 활용하여 분석하였다.

3.3 모달테스트 결과

모달테스트를 분석한 결과 모드 형상은 Fig. 3(a)와 (b)와 같이 나타났다. 모드 주파수는 내력벽 유무에 따라 상이한 결과를 나타냈는데 1차 모드는 Type A에서 41Hz, Type B는 24Hz에서 나타났고 2차 모드는 Type A에서 66Hz, Type B에서 54Hz에서 나타나 내력벽이 없는 Type B에서 Type A에 비해 더 저주파 영역에서 나타났다.

1차 모드 형상의 경우 Fig. 3(a)는 Type A와 같이

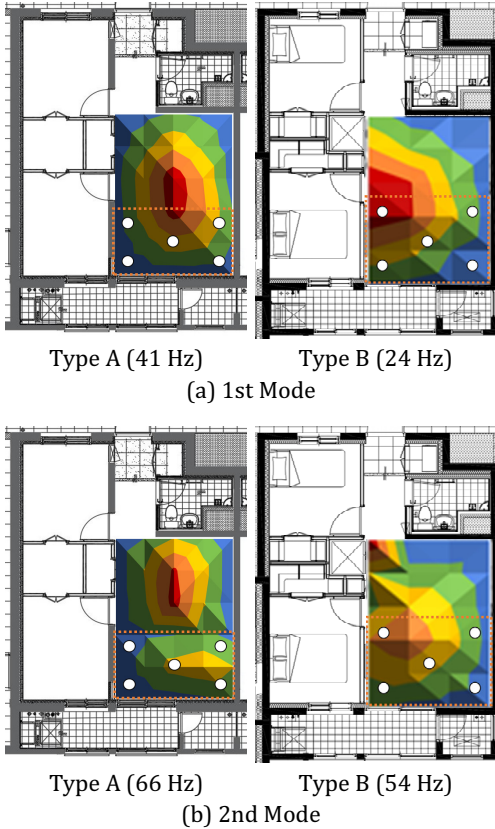


Fig. 3. Mode Shape

*Type A Is a Plan with Bearing Wall, Type B is without That, and White Circles Mean Measurement Point for Evaluating Floor Impact Sound Isolation Performance

내력벽이 존재하는 경우 내력벽으로 둘러 쌓인 거실 영역에서 모드 형상이 형성되는 반면, Type B는 거실부터 침실을 포함하는 상대적으로 넓은 영역에서 모드 형상이 형성되고 있음을 확인할 수 있다. 이는 거실과 침실을 구분하는 세대내 벽의 구성이 구조에 영향이 미미한 경량벽체로 존재하기 때문에 모드 형상의 차이가 발생함을 확인할 수 있다. 따라서 Type A의 경우에는 거실 공간을 대상으로 개별적인 진동 특성을 가지며, Type B의 경우에는 거실 및 침실 등을 포함하는 전체 세대 면적에 대한 진동 특성이 존재함을 의미한다.

Table 3 Material Property for Computation Analysis

Material	Physical Property	Value
Concrete	Young's Modulus	23 GPa
	Density	2300 kg/m ³
	Poisson's Ratio	0.167
	Loss Factor	0.01~0.03
Air	Sound Velocity	340 m/s
	Density	1.2

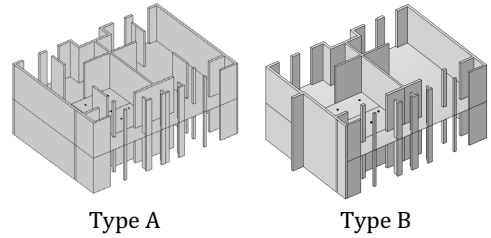


Fig. 4 Computational Analysis Model

4. 바닥슬래브 진동과 바닥충격음 해석

4.1 전산해석 모델 구성

바닥 슬래브 진동에 따른 바닥충격음 영향을 정밀하게 분석하기 위해 전산해석을 이용하여 바닥 슬래브 진동과 바닥충격음을 분석하였다. 전산해석은 COMSOL multi-physics 6.1 ver.을 이용하였으며, 전산해석 시 입력변수(충격력, 탄성계수, 손실계수)에 대한 정보는 Table 3과 같다.

해석 모델은 Fig. 4와 같이 단위세대 모델로 구성하였으며, 경계조건은 내력벽의 끝단에 고정(Fixed) 조건을 입력하였다. 하중은 KS F 16283-2에 의거하여 모서리 4개 지점과 중앙 지점에 대해 단위 하중(1.0 N)을 입력하였다.

4.2 유효평면과 바닥충격음

Fig. 5은 전산해석을 이용하여 분석한 바닥 슬래브의 진동과 수음실의 바닥충격음 해석 결과를 나타낸다.

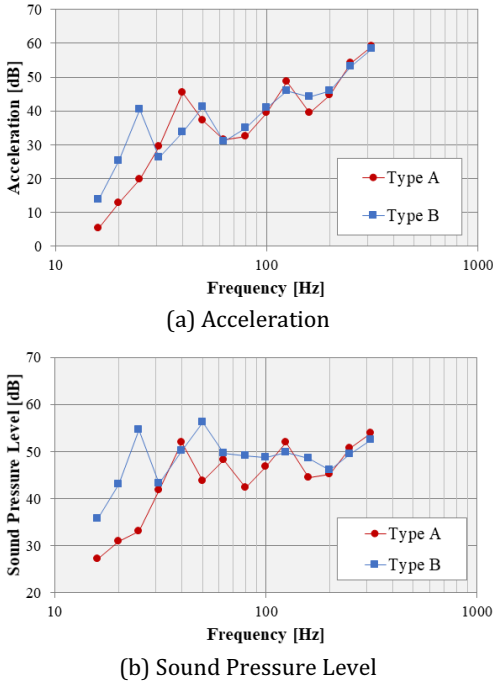


Fig. 5. The Result of Floor Slab Vibration from Computational Analysis with/without Bearing Wall (Entire Area)

Fig. 5(a)에서 세대 내 내력벽의 존재 유무에 따라 저주파 대역에서 바닥 슬래브 진동의 차이가 존재함을 확인할 수 있다. 바닥 슬래브의 진동이 큰 경우 상대적으로 바닥충격음이 크게 발생함을 의미하며, 바닥충격음 해석 결과에서도 Fig. 5(b)와 같이 진동이 크게 나타났던 Type B가 바닥충격음이 크게 분석되었다.

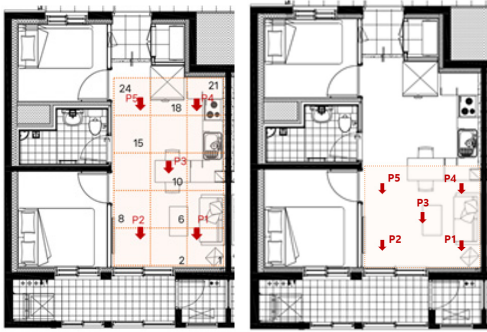
단, 1/3옥타브 밴드의 40Hz에서 Type A가 상대적으로 바닥 슬래브 진동이 크게 존재하였으나, 소음 해석 결과에서는 유사한 수준으로 분석되었다. 이는 바닥충격음에 있어 수음실의 음향 특성 및 소음 방사 면적에 따른 영향이 존재하는 것으로 판단되며, 후속 연구에서 방사 면적에 따른 바닥충격음 영향을 추가적으로 분석할 예정이다.

4.3 거실 산정 방식

바닥충격음의 측정은 Fig. 4와 같이 국토부 고시 (15)에서 명시된 거실 면적을 기준으로 측정한다. 국내의 기존 공동주택은 벽식 구조가 대다수이고, 거실의 양쪽 벽 중 한 개 이상이 내력벽으로 구성되어 있다. 그러나 장수명 주택 인증제도에 따른 정책 (김수암·양현정, 2015)과 관련하여 거주자 측면의 내구성, 가변성, 수리 용이성을 확보하기 위한 공동 주택 평면이 늘어나면서 실내의 내력벽을 최소화하는 설계가 증가하고 있는 실정이며 이와 관련하여 경량벽체의 차음 성능 위주의 연구가 진행되고 있다 (김태민 외, 2022). 하지만 본 연구의 결과를 살펴보면 바닥충격음을 결정하는 바닥 슬래브의 진동은 내력벽을 경계로 형성된다. 이로 인해 상부층 가진 위치의 모드 형상 상의 위치에 따라 진동 응답의 크기가 달라질 수 있으므로 기존 국토부 고시 상 면적에서의 가진과 모드 형상을 고려한 면적에서의 가진이 가속도 크기에 있어 차이가 존재하는지 살펴볼 필요가 있다.

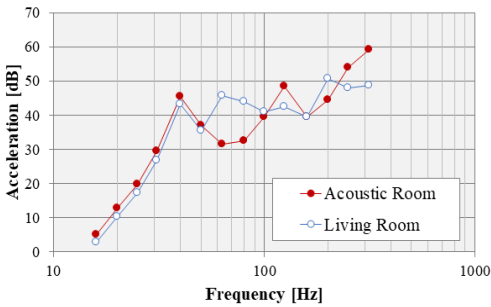
이론적으로 가진 지점이 모드 형상의 변위가 큰 지점을 가진하는 경우 동일 하중 조건에서도 상대적으로 큰 진동 응답이 존재하게 된다. Fig. 3의 하얀 원들은 국토부에서 명시한 거실면적을 기준으로 가진점 및 수음점을 나타낸 것이다. 이를 통해 1차 모드에서는 변위가 큰 지점을 가진하는 Type B가 Type A 대비 큰 진동이 발생하며, 2차 모드의 경우에도 가진 지점이 상대적으로 변위가 큰 영역이 많이 포함된 Type B에서 응답이 클 것을 예상할 수 있다. 이는 동일 충격원 조건에서도 바닥 슬래브의 진동 특성과 거실 산정 방식(가진 위치 선정)에 따른 바닥충격음 결과는 상이할 수 있음을 의미한다.

Fig. 6과 같이 거실을 산정하는 방식에 따른 가진 지점 변화를 나타낸다. 본 연구에서는 그림과 같이 거실 산정 방식이 상이한 두 방식에 따른 바닥충격

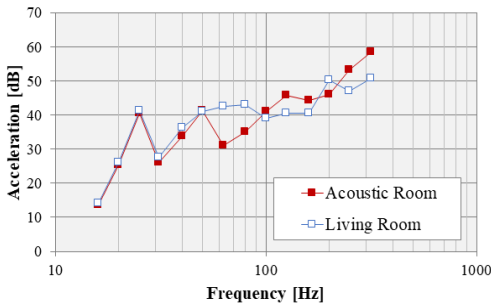


(a) Entire (Acoustic Room) (b) Living room

Fig. 6. Receiving and Impacting Point on Analysis Model for Verification of the Effect of Impacting Points



(a) Type A : Plan with Bearing Wall



(b) Type B : Plan without Bearing Wall

Fig. 7. Vibration of Floor Slab by Impacting Points

음을 분석하였으며, 결과는 Fig. 7과 같이 나타났다. Fig. 7의 그래프와 같이 두 타입 모두 1/3 옥타브 밴드의 50Hz까지는 거실 산정 방식에 무관하게 유사한 바닥충격음이 존재하나, 실제 바닥충격음을 측정

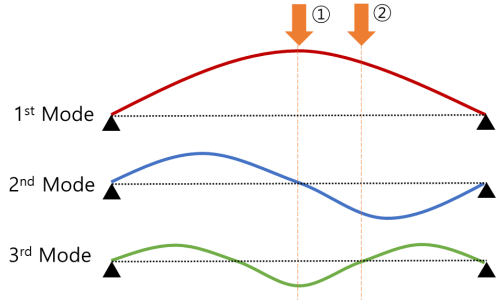


Fig. 8 Vibration of Floor Slab by Impacting Points

및 평가하는 1/3 옥타브 밴드의 50Hz 이후 대역부터는 동일 세대에서도 가진 지점에 따른 진동 가속도 차이가 존재하는 것으로 분석되었다. 특히 중량 충격음을 결정하는 1/3옥타브 밴드의 50~80Hz에서는 거실 산정 방식에 따른 진동 가속도 편차가 약 10 dB 까지 발생하는 것으로 분석되었다. 이는 거실 산정 방식에 따라 달라지는 가진 지점에 의해 바닥 슬래브의 모드 형상 상의 위치에 따라 진동 응답의 크기가 달라질 수 있으며 더 나아가 바닥충격음에 있어 영향을 미칠 수 있음을 의미한다.

예를 들어 Fig. 8과 같이 보의 중앙 지점(Fig. 8의 1번 화살표 지점)과 1/3지점(Fig. 8의 2번 화살표 지점)을 각각 가진다고 가정한다면, 중앙 지점을 가진하는 조건에서는 1차 모드와 3차 모드에서는 응답이 크게 존재하지만 2차 모드의 경우에는 노드(Node)에 해당되어 진동 응답이 작을 수 있다. 반면, 1/3지점을 가진하는 조건에서는 1차와 2차 모드가 반응하지만 3차 모드의 경우에는 노드에 해당되는 지점을 가진하기 때문에 진동 응답의 크기가 미미할 수 있다. 이와 같이 바닥 슬래브의 진동은 모드 형상의 가진 지점에 따라 진동 응답의 크기가 달라질 수 있으며, 노드 지점 또는 인근 지점을 가진하는 경우에는 진동 응답의 크기가 상대적으로 미미하게 존재할 수 있다. 따라서 동일한 하중 조건에서도 가진 지점에 따라 진동 응답의 크기가 상이하며, 결과적으로 바닥충격음의 발생 크기도 달라질 수 있음을 의

미한다. 이러한 현상은 동일한 평면 구성과 동일 하중 조건에서도 내력벽의 유무, 거실 위치, 가진 지점의 산정 방식 등으로 바닥충격음 측정 결과가 차이가 나타날 수 있음을 의미한다.

다만, 본 연구는 소형 평면에 한정되어 수행한 연구이기 때문에 일반화를 위해서는 벽식 구조 이외의 구조 형식이나 면적, 재료 특성, 충격력의 크기 등 다른 변수들의 영향 또한 고려해야 하고 이에 추가적 연구가 필요하다 판단된다.

5. 결론

본 연구에서는 바닥충격음을 결정하는 바닥 슬래브의 진동 특성과 관련하여 평면이 유사한 벽식 구조들 대상으로 세대 내 내력벽 유/무에 따른 바닥 슬래브의 진동 특성을 분석하고, 전산해석을 이용하여 바닥충격음 영향을 분석하였다.

모달테스트 결과 유사한 평면임에도 내력벽의 유무에 따른 모드 주파수와 모드 형상의 차이가 존재하였으며, 내력벽의 유무가 바닥 슬래브의 진동 특성을 결정하는 지배적인 요소로 작용하는 것을 실험적으로 확인하였다.

이러한 진동 특성이 바닥충격음에 미치는 영향을 정밀하게 조사하기 위해 수행한 전산해석 결과 내력벽이 있는 경우가 상대적으로 진동 크기와 음압의 크기가 작게 나타났다. 이는 내력벽이 존재하여 슬래브의 거동을 한정시키고 방사면적이 줄어든다면 바닥충격음에 있어 상대적으로 유리할 수 있음을 시사한다.

추가적으로 가진점 위치에 따른 바닥충격음 영향을 분석하였다. 국토부 고시 상의 거실 면적과 선행 연구의 유효 면적 측면에서 분석한 결과 내력벽 유무와 상관없이 50Hz까지는 유사한 경향을 보였으나 이후 주파수 대역에서는 차이가 나타났다. 이는 모드 형상에서 가진 위치에 따른 진동 응답 차이가

존재하기 때문에 발생하는 것으로 분석되었으며, 실제 공동주택에서는 생활충격원 위치에 따라 바닥충격음 평가 성능 대비 큰 바닥충격음이 발생할 수 있음 또한 의미한다.

추후, 구조적으로 다르지만 유사하게 설계된 평면에 대해 모달테스트와 바닥충격음을 측정하여 구조별 진동 특성을 살펴보고 효과적인 바닥충격음 저감을 위한 설계에 대한 분석을 수행할 예정이다.

참고문헌

1. 감사원(2019), "공동주택 바닥충격음 저감제도 운영 실태", 서울.
2. 국토교통부(2020.2.20a), "공동주택 바닥충격음 차단구조인정 및 관리기준".
3. 국토교통부(2020.6.10b), "공동주택 바닥충격음 차단성능 사후 확인제도 도입 방안".
4. 국토해양부(2009), 제2008-538호 "공동주택 바닥충격음 차단구조인정 및 관리기준" 제13조.
5. 김경우·신혜경·박상희·이종원(2022), "방진재 적용 바닥구조의 바닥충격음 차단성능", 「한국소음진동공학회 논문집」, 32(6): 631~637.
6. 김수암·양현정(2015), "장수명 주택 인증제도의 내용과 특성", 「한국주거학회 학술대회논문집」, 79~84.
7. 김수홍·류종관·황재승(2024), "전산해석을 통한 질량동조감쇠기 적용 슬래브의 바닥충격음 저감 성능 검증", 「한국소음진동공학회 논문집」, 34(1): 84~94.
8. 김신태·김명준(2023), "공동주택 바닥충격음 저감을 위한 천장공법 개발", 「대한건축학회 논문집」, 67(8): 21~24.
9. 김태민·배진영·양홍석(2020), "바닥 슬래브 진동 특성을 이용한 바닥충격음 요인 분석 연구: 유효 평면", 「한국소음진동공학회 논문집」, 30(3): 276~285.
10. 김태민·양홍석·김태호·배진영·박원학·유호원·현승진(2022), 「공동주택 세대간 경계벽의 현장 차음성능 향상 기술 개발」, 대전: 한국토지주택공사 토지주택연구원, 105~124.
11. 박지선(2023), "공동주택 바닥용 건조모르타르의 물-결합재비에 따른 유동성 및 압축강도 변화 특성 연구", 「아시아태평양융합연구교류 논문집」, 9(12): 103~114.

12. 양홍석·김태민(2020), “공동주택 뜬바닥 구조층 구성에 따른 바닥충격음 차단성능 실험적 연구”, 「한국소음진동공학회 논문집」, 30(2): 119~128.
13. 양홍석·김태민·배진영·이봉재·지원길(2020), 「공동주택 바닥충격음 저감 설계·시공 제어 요인 분석 연구」, 대전: 한국토지주택공사 토지주택연구원, 86~94.
14. 이성복·김신태·안장호·김명준(2021), “벽체지형 천장 배후 흡음재 설치에 따른 수음실 흡음력 변화와 중량충격음 차단성능 주파수 대역별 상관관계 고찰”, 「한국건축환경설비학회 논문집」, 15(6): 723~734.
15. 이지은·노정열·권수혜·김승모(2021), “장수명주택 인증을 고려한 OSC공법 주택의 가변형 평면계획 연구”, 「LHI Journal」, 12(4), 103~117.
16. 정정호·곽준혁·박종진(2023), “음향메타물질 기반 바닥충격음 차단형 천장마감구조”, 「대한건축학회 논문집」, 67(8): 49~52.
17. 통계청(2023), “거처의 종류별 가구(2023)”, 서울.
18. 한국환경공단 층간소음 이웃사이센터(2023), “층간소음 통계자료(2023)”, 서울.
19. 황재승·문대호·박홍근·홍성걸·홍건호(2010), “완충재의 동특성에 따른 중량충격음 증폭에 관한 해석적 연구”, 「한국소음진동공학회 논문집」, 20(7): 651~657.
20. Daniel, J. I. (2012), *Engineering Vibration* (3rd ed.), U.S.A.: Pearson.

요 약

공동주택 바닥충격음은 이웃간 분쟁을 넘어 심각한 사회적 문제로 대두되고 있으며, 다양한 바닥충격음 저감 연구가 진행 중에 있다. 본 연구에서 바닥충격음을 결정하는 바닥 슬래브의 진동 특성을 분석하기 위해 내력벽 유무 및 거실 산정 방식 등에 따른 바닥 슬래브 진동을 모달테스트를 이용하여 분석하였다. 실험 대상은 벽식 구조의 소형 공동주택을 대상으로, 평면이 유사하지만 세대 내 내력벽이 존재하는 타입과 존재하지 않는 타입을 선정하였다. 모달테스트 측정 결과 내력벽이 존재하지 않는 경우에는 바닥 슬래브의 진동 특성이 전체 세대의 바닥 면적에서 발생하는 것으로 분석되었으며, 이에 따라 내력벽이 존재하지 않는 경우에는 상대적으로 큰 바닥충격음이 발생하는 것으로 분석되었다. 이는 방사면적 및 수음실의 음향 특성의 영향으로 판단되며, 후속 연구에서 보다 면밀한 분석을 수행할 예정이다. 추가적으로 거실 공간의 산정 방식에 따른 바닥충격음 영향을 전산해석을 이용하여 분석하였으며, 분석 결과 동일 세대에서도 거실 공간 산정 방식, 즉 가진 위치 변경에 따른 바닥충격음 차이가 존재하였다. 특히, 중량충격음을 결정하는 1/1옥타브 밴드의 63Hz에서 약 10dB 편차가 존재하였으며, 개별적인 진동 특성이 강하게 존재하는 주파수 대역에서는 가진 위치이 따른 편차가 상대적으로 크게 발생할 수 있음을 의미한다. 이러한 결론은 향후 공동주택 구조 평면 설계시 활용될 수 있을 것으로 판단되며, 진동 응답의 크기를 저감시키며, 가진 위치에 따른 진동 편차를 저감할 수 있는 설계 방안을 수행할 예정이다.

주제어: 모달테스트, 내력벽, 진동, 전산해석, 가진위치