

# 경량벽체로 구성된 소형 공동주택의 바닥충격음 특성 연구

## A Study on the Floor Impact Noise of Small Size Multi Residential House with Light-weight Dry Walls

김 태 민<sup>†</sup> · 배 진 영<sup>\*</sup>  
Tae-Min Kim<sup>†</sup> and Jin-Young Bae<sup>\*</sup>

(Received August 17, 2021 ; Revised September 28, 2021 ; Accepted September 28, 2021)

**Key Words :** Floor Impact Noise(바닥충격음), Effective Plate(유효 평면), Mode Shape(모드 형상), Separated Wall(세대간 경계벽), Load-bearing Wall(내력벽)

### ABSTRACT

Non-load bearing walls are widely used to facilitate the redesign of multi-residential housing spaces. However, as there are different noise characteristics between load bearing walls and non-load bearing walls, the effect of implementing non-load bearing walls on floor impact noise and slab vibration compared to load bearing walls needs to be studied. In this study, field experiments are carried out in a mock-up structure with various types of light-weight dry walls to evaluate the effect of implementing non-load bearing walls on floor impact noise and slab vibration. We find that there are little differences in the slab vibration and the floor impact noises between the different types of light-weight dry walls. This study also performs a series of numerical analyses for different types of light-weight walls and load-bearing walls to evaluate the effects on slab vibration and floor impact noise. From the numerical analyses, it is observed that the types of light-weight walls makes little difference to the effect on slab vibration and floor impact noise which is consistent with the field test result. However, the numerical analyses show that the floor impact noise characteristics are different between the load-bearing walls and the light-weight walls because the effective plates are different, although the configuration of the slab is the same.

### 1. 서 론

이웃사이센터에 접수된 공동주택 층간소음 피해 건수는 지속적으로 증가하고 있으며<sup>(1)</sup>, 기술적 또는 제도적으로 층간소음을 저감하기 위한 많은 연구가 진행 중에 있다. 국토교통부에서는 2017년부터 층간소음 범위에 바닥충격음 외 벽간소음 등 인접한 세대간의 소음(대각선 세대 포함)을 포함하여 층간소음

방지를 위한 제도를 강화하고 있다<sup>(2)</sup>.

최근 장수명 주택 보급 증가 등 공간을 다양하게 재배치 할 수 있는 가변벽체 적용이 증가하고 있으며, 자연스럽게 철근콘크리트의 내력벽에서 비내력벽인 경량벽체 사용이 증가하고 있다. 이에 따라 벽간소음 및 바닥충격음에 대한 소음 피해를 저감하기 위한 많은 연구가 요구된다.

벽간소음은 이웃 세대의 소음이 전달되는 현상으로 국토부에서는 세대간 경계벽에 콘크리트조, 벽돌

<sup>†</sup> Corresponding Author ; Member, Land and Housing Institute, Korea Land and Housing Cooperation, Senior Researcher  
E-mail : ktaemin@lh.or.kr

<sup>\*</sup> Member, Land and Housing Institute, Korea Land and Housing Cooperation, Researcher

<sup>‡</sup> Recommended by Editor Yong Hee Kim

© The Korean Society for Noise and Vibration Engineering

조 등을 제외한 경량벽체 적용 시에는 최소 성능 기준 이상을 확보할 수 있도록 규정하고 있다<sup>(3)</sup>. 이와 함께 경량벽체의 구조, 구성 등을 개선하여 차음성능을 개선하기 위한 연구도 진행 중이다. Kim 등<sup>(4)</sup>, Kim 등<sup>(5)</sup>은 벽체 종류 및 구성에 따른 차음성능 특성을 분석하였으며, Kim<sup>(6)</sup>, Lee 등<sup>(7)</sup>은 스티드의 진동 특성을 이용하여 경량벽체의 차음성능 개선 연구를 수행하였다. Lee 등<sup>(8)</sup>은 3중구조의 경량벽체를 제안하여 현장 차음성능을 개선하기 위한 연구를 수행하였다. 한국토지주택공사(LH)에서는 벽간소음 피해를 최소화하기 위해 세대간 경계벽에 콘크리트조 옹벽의 차음성능에 상응하는 1~2등급 이상의 경량벽체(석고보드복합패널, 경량콘크리트복합패널, ALC(복합구조)를 적용하도록 하고 있다<sup>(9~11)</sup>.

바닥충격음은 상부 세대 거주자가 뛰거나, 보행 시 바닥 슬래브를 가진하여 발생하는 구조 진동 현상으로, 슬래브 진동으로 인해 방사되는 소음이 하부 세대에 전달되어 소음 피해가 발생한다<sup>(12)</sup>. 바닥충격음은 일반적으로 완충재를 통해 저감하고자 하며, 완충재 설계 등의 관련 연구가 진행 중에 있다. Lee 등<sup>(13)</sup>은 공정별 바닥충격음 특성을 실험적으로 분석하였으며, Jeong 등<sup>(14)</sup>, Ryu 등<sup>(15)</sup>, Kim 등<sup>(16)</sup>은 완충재 설계에 따른 바닥충격음 저감 연구, Hwang 등<sup>(17)</sup>은 완충재에 의한 바닥충격음 증폭 현상을 해석적으로 분석하였다. 표준 충격원 특성에 대한 바닥충격음 영향, 바닥충격음과 심리적 관계 등 바닥충격음 관련 다양한 연구가 진행 중이다<sup>(18~20)</sup>.

LH에서 공급하는 복도형 공동주택의 경우 이웃세대와 세대간 경계벽을 공유하며 배열되는 구조이다. 이 때 세대간 경계벽이 내력벽 또는 비내력벽인지에 따라 바닥충격음을 결정하는 유효평면<sup>(12)</sup>이 다르기 때문에 바닥충격음 특성에 차이가 존재할 수 있다. 이 연구에서는 세대간 경계벽이 경량벽체로 구성된 실증세대 공간을 대상으로 전산해석 및 실증실험을 통해 바닥충격원 가진 시 바닥 슬래브의 진동 및 바닥충격음을 분석하였으며, 세대간 경계벽의 종류에 따른 바닥충격음 영향을 분석하였다.

## 2. 실험 개요

### 2.1 실험실 구성

경량벽체(비내력벽) 종류에 따른 바닥충격음 영향

을 분석하기 위해 LH주택성능연구개발센터 내 실증주택에서 벽체 종류를 변경하며 바닥충격음 실험을 수행하였다. Fig. 1은 이 연구에서 수행된 전용 면적 84 m<sup>2</sup>의 실증주택 도면과 실험대상 공간을 나타낸다. 그림과 같이 실험대상 공간은 이웃하고 있는 두 개의 방을 대상으로 하였으며, LH 세대간 경계벽으로 사용되는 200 mm 경량벽체를 설치하여 실험을 수행하였다. 실험대상 공간 중앙에 경량벽체가 설치되어 있고, 두 공간의 경계가 내력벽으로 구성되어 있기 때문에 유효평면과 바닥충격음 상관성 분석이 용이하였다. 바닥충격음 실험 시 천정 영향을 최소화하기 위해 Fig. 2와 같이 천정은 철거하였으며, 가진층과 수음실 공간 모두 맨드릴 상태에서 실험을 수행하였다.

LH는 세대간 경계벽을 경량벽체로 시공하는 경우 Table 1의 경량벽체 중 선택하여 벽의 총 두께가 200 mm 이상이 되도록 설치하고 있다. 이 연구는 가진층(상부층) 벽은 석고보드복합패널을 설치하고, 수음층(하부층) 벽을 3종의 경량벽체를 변경 설치하며 바닥충격음 및 벽체 진동을 측정하였다. 석고보드복합패널은

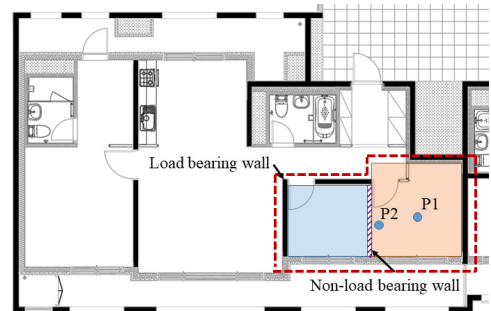


Fig. 1 Drawing of mock-up house



Fig. 2 Test specimen installed in mock-up house

가장 일반적으로 사용되고 있는 경량벽체로, 시공성이 우수하나 표면의 내충격성이 취약한 단점이 존재한다. 경량콘크리트복합패널은 내충격, 차음, 단열 등이 우수하지만, 석고보드패널에 비해 자재가 무겁고 시공품질 확보가 상대적으로 어렵다. 최근 적용된 ALC복합구조는 석고보드패널과 ALC블록으로 구성된 3중구조로 차음, 단열 등이 우수하지만 시공 관리의 어려움이 존재한다<sup>(21)</sup>.

**Table 1** Composition of light-weight dry wall

Type	Composition
Type 1 : plasterboard system	Fireproof plasterboard 19T 2P + glass wool 24K 50T + fireproof plasterboard 19T 2P
Type 2 : light-weight concrete sandwich panel	Light-weight concrete panel 75T + glass wool 32K 50T + light-weight concrete panel 75T
Type 3 : ALC composite structure	Soundproof plasterboard 12.5T 2P + glass wool 24K 25T + ALC block 100T + glass wool 24K 25T + Soundproof plasterboard 12.5T 2P

**Table 2** Size of mock-up house

Type	Value
Slab thickness	210 mm
Wall thickness	200 mm
Receiving room area	7.50 m <sup>2</sup>
Wall area	6.21 m <sup>2</sup>

**Table 3** Specification of test equipment

Equipment	Model & specification
Standard impact source	(heavy-weight) bang machine (light-weight) tapping machine
FFT analyzer	SIEMENS, SCADAS mobile · Sampling rate : ~ 204.8 kHz · Dynamic range : ~ 150 dB
Accelerometer	PCB, 352C33 · Sensitivity : 100 mV/g · Dynamic range : ~ 50 g · Frequency range : 0.5 ~ 10 000 Hz
Microphone	GRAS, 146AE · Sensitivity : 50 mV/Pa · Dynamic range : 18 dB ~ 133 dB · Frequency range : 3.15 kHz ~ 20 kHz

## 2.2 실험 방법

표준충격원으로 뱅머신과 태핑머신을 이용하였으며<sup>(22)</sup>, Fig. 1의 2개 지점을 가진하여 바닥충격음을 측정하였다. 그림에서 P1은 음향공간을 기준으로 한 수음실의 중앙 지점, P2는 선행연구<sup>(12)</sup>에서 제안한 유효평면의 중앙 지점이다. 일반적으로 바닥충격음 측정 시 공간의 5개 지점에서 소음을 측정하지만 이 연구에서는 벽체 종류에 따른 상대적인 바닥충격음 영향 분석을 목적으로 하기 때문에 소음 측정은 공간 중앙에서 수행하고 유효평면의 슬래브 하부 중앙(P2) 및 벽체 중앙에 가속도계를 부착하여 소음과 진동을 함께 측정하였다. Table 2는 이 연구에서 사용된 측정장비를 나타낸다.

바닥충격음 및 가속도 측정은 narrow band로 3200 Hz 까지 수행하였으며, 바닥충격음은 1/3 옥타브밴드로 변환하여 분석하였다.

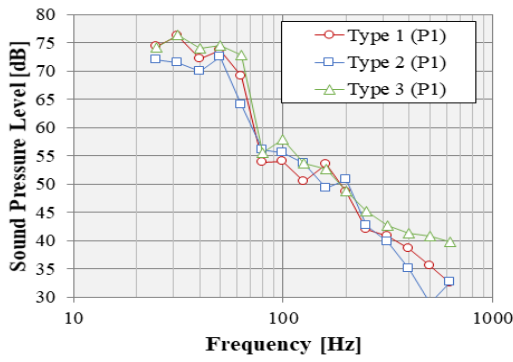
## 3. 실험 결과 분석

### 3.1 경량벽체 종류에 따른 실험 결과 분석

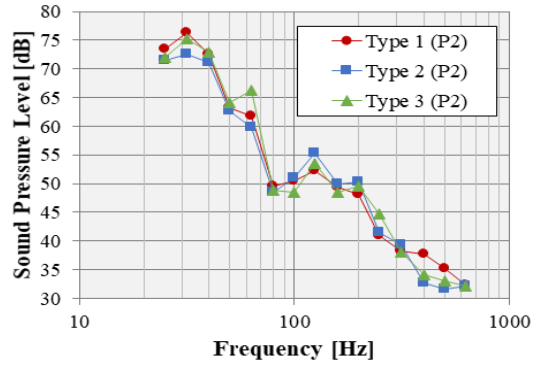
경량벽체 종류에 따른 바닥충격음 영향을 분석하기 위해 동일한 공간에서 벽체 종류만을 변경하며 바닥충격음을 측정하였다. Fig. 3은 뱅머신을 이용한 바닥 가진 시 경량벽체 종류에 따른 바닥충격음 측정 결과를 나타낸다. Fig. 3(a)는 음향공간 중앙 지점(P1) 가진 시 바닥충격음 측정 결과를 나타내며, Fig. 3(b)는 유효평면의 중앙 지점(P2) 가진 시 바닥충격음 측정 결과를 나타낸다. 그림과 같이 벽체 종류에 무관하게 동일 지점 가진 시 비교적 유사한 바닥충격음 측정 결과를 확인 할 수 있다.

Fig. 4는 태핑머신을 이용한 바닥 가진 시 바닥충격음 측정 결과를 나타낸다. Fig. 4(a)는 음향공간 중앙 지점(P1) 가진 조건, Fig. 4(b)는 유효평면의 중앙 지점(P2) 가진 조건에 따른 경량충격음 측정 결과를 나타낸다. 경량벽체 종류에 따른 바닥충격음 측정결과, 경량충격음이 중량충격음에 비해 상대적으로 편차가 크게 존재하지만, 벽체 종류에 무관하게 바닥충격음 측정 결과는 유사하게 분석되었다.

경량벽체 종류에 무관하게 바닥충격음 측정 결과는 유사하게 분석되었으며, 바닥충격음 측정 시 바닥 슬래브와 경량벽체 중앙에서의 가속도를 함께 측정하였다. Fig. 5는 음향공간 중앙지점(P1) 가진 시 벽체

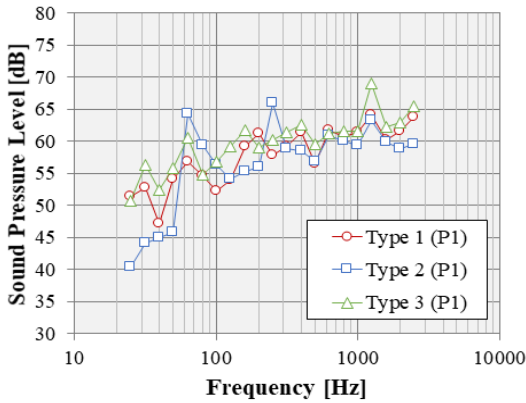


(a) The center of the receiving room

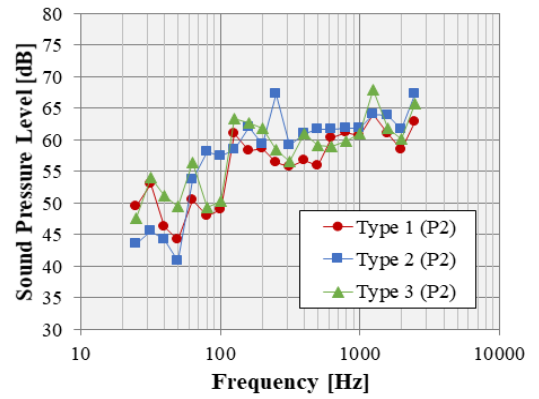


(b) The center of the effective plate

**Fig. 3** Measurement results of floor impact noise by type of wall : Bang machine

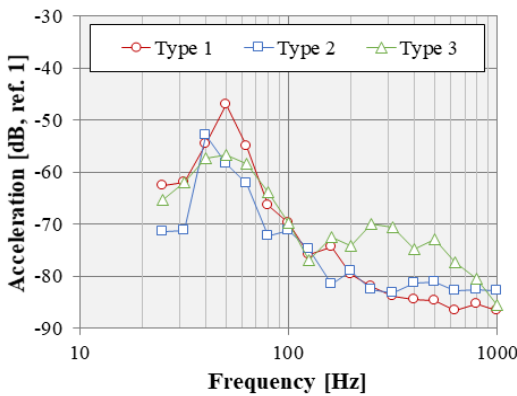


(a) The center of the receiving room

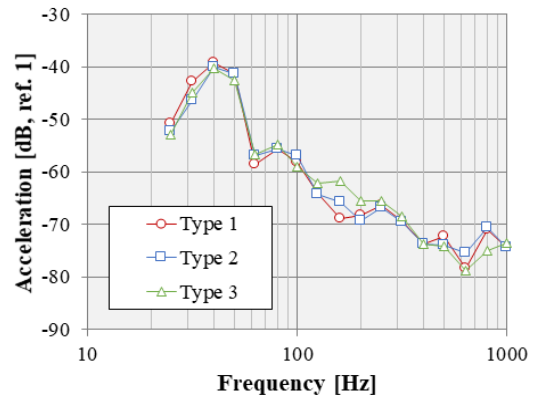


(b) The center of the effective plate

**Fig. 4** Measurement results of floor impact noise by type of wall : tapping machine



(a) Wall



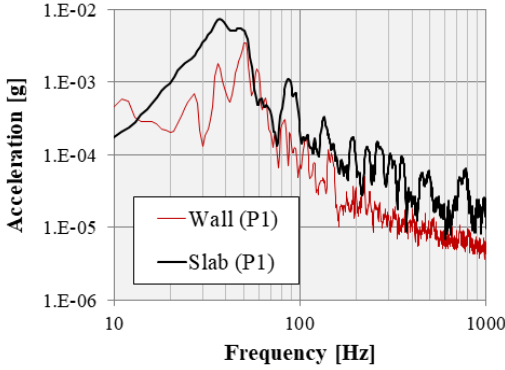
(b) Slab

**Fig. 5** Measurement results of acceleration on wall and floor slab

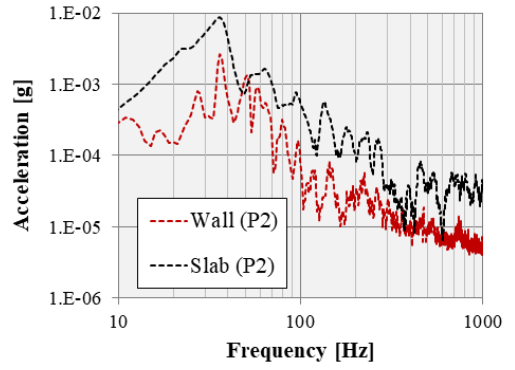
종류에 따른 벽체 중앙지점과 슬래브 하부 중앙 지점 (P1)에서 측정된 가속도 응답 나타낸다. 동일한 가진 조건에서 석고보드복합패널이 응답이 가능 컸으며, 밀도가 가장 큰 경량콘크리트복합패널이 진동 응답이 가장 작은 것으로 분석되었다. 반면, 바닥 슬래브의 진

동은 경량벽체 종류에 무관하게 유사한 것을 확인 할 수 있다.

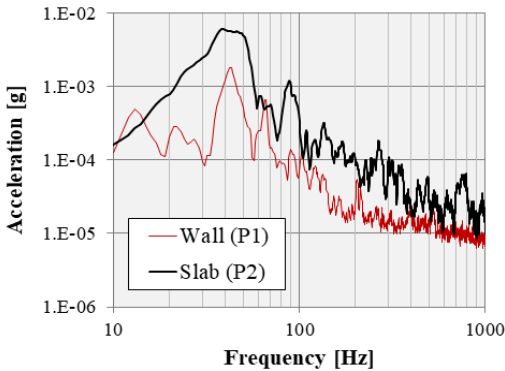
바닥 슬래브와 벽 진동의 상대적인 진동 크기를 비교하기 위해 Fig. 6과 Fig. 7 같이 가속도 측정 결과를 함께 도시화 하였다. Fig. 6은 뱁머신을 이용하여 음



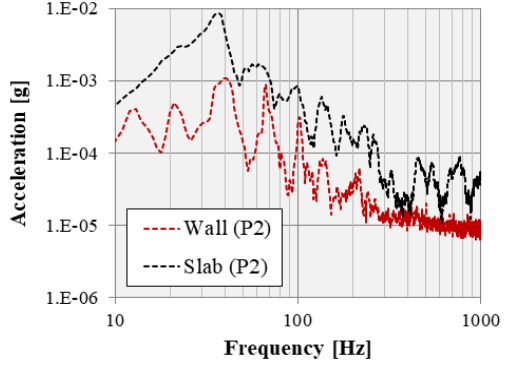
(a) Plasterboard system



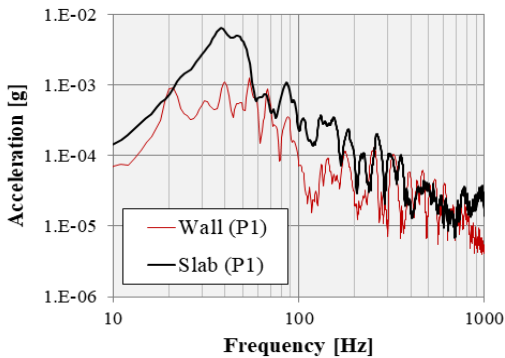
(a) Plasterboard system



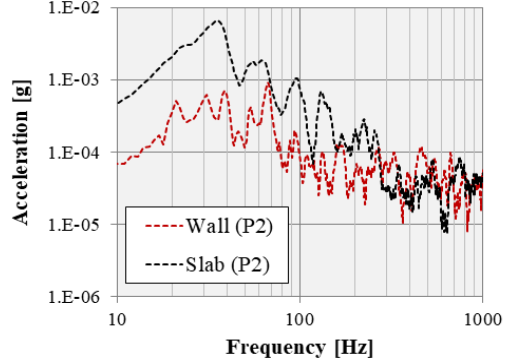
(b) Light-weight concrete sandwich panel



(b) Light-weight concrete sandwich panel



(c) ALC Composite structure



(c) ALC Composite structure

**Fig. 6** Difference of acceleration between slab and wall by type of wall

**Fig. 7** Difference of acceleration between slab and wall by type of wall

향공간 중앙 지점(P1) 가진 시 슬래브 중앙 지점과 벽체 중앙 지점의 가속도 측정 결과를, Fig. 7은 유효 평면 중앙 지점(P2) 가진 시 슬래브 중앙 지점과 벽체 중앙 지점의 가속도 측정 결과를 나타낸다. 그림과 같이 특정 주파수에서 슬래브 진동 대비 벽체 진동 응답이 큰 대역이 존재하였지만, 벽체 종류에 무관하게 경량벽체의 진동 응답이 바닥 슬래브 진동에 비해 상대적으로 미비한 것으로 분석되었다.

이와 같이 경량벽체 종류가 변경되어도 바닥 슬래브의 진동은 유사하였으며, 이에 따라 바닥충격음에서도 큰 차이가 발생하지 않았다. 또한 상대적으로 슬래브에 비해 경량벽체의 진동 크기가 적기 때문에 경량벽체 종류는 바닥충격음의 영향이 미비한 것으로 판단된다.

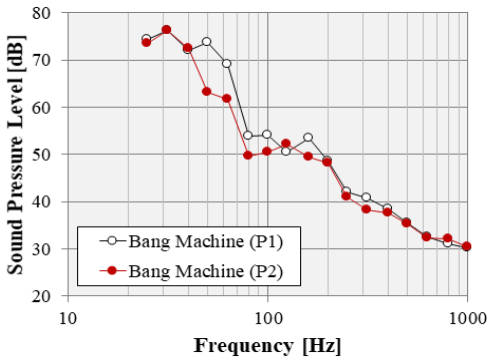
### 3.2 가진 위치에 따른 실험 결과 분석

이 연구에서는 가진 위치에 따른 바닥충격음 영향

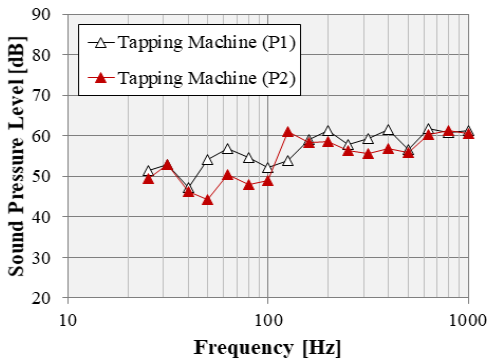
을 분석하기 위해 음향 공간의 중앙 지점(P1)과 유효 평면의 중앙 지점(P2)을 각각 가진하여 바닥충격음과 바닥 슬래브의 진동을 측정하였다.

Fig. 8은 석고보드복합패널 설치 조건에서 타격 위치에 따른 바닥충격음 측정 결과를 나타낸다. 그림과 같이 1/3 옥타브밴드의 중심주파수 50 Hz ~ 100 Hz에서 타격 위치에 따라 상대적으로 큰 차이가 발생하였으며, 그 외 주파수 대역에서는 타격 위치에 무관하게 유사한 바닥충격음 측정 결과가 분석되었다.

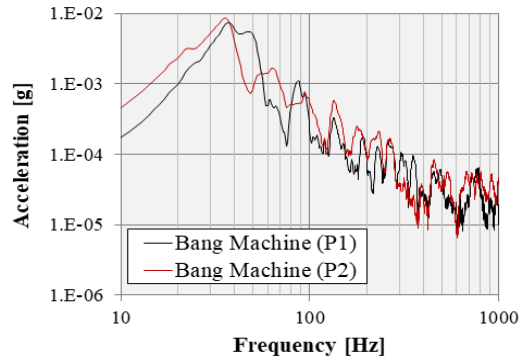
Fig. 9는 타격 위치에 따른 바닥 슬래브의 진동 측정 결과를 나타내며, 바닥충격음 측정 결과와 유사한 경향의 바닥 슬래브 진동 응답 결과가 측정되었다. 그림과 같이 두 가진 지점 모두 34 Hz에서 가장 높은 진동 응답과 바닥충격음이 존재하였으나, 유효평면의 중앙 지점(P2)을 가진하는 경우 55 Hz에서 상대적으로 작은 진동 응답과 바닥충격음이 측정되었다. 중량 충격음 측정 및 평가는 1/1 옥타브밴드의 중심주파수



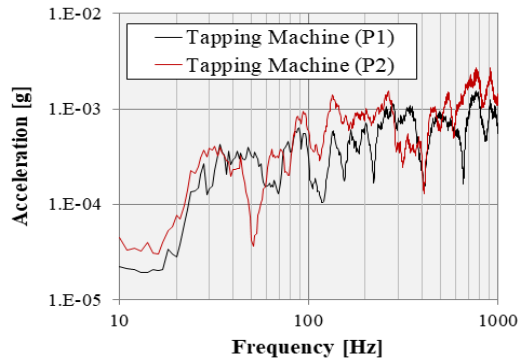
(a) Bang machine



(b) Tapping machine



(a) Bang machine



(b) Tapping machine

Fig. 8 Measurement results of floor impact noise by impact point : 1/3 octave band

Fig. 9 Measurement results of acceleration by impact point

63 Hz부터 측정하기 때문에 단일수치량에서는 차이가 발생함을 의미한다. 이와 같이 실험공간(거실)을 산정하는 방법에 따라 타격 지점이 다르며, 이에 따른 바닥충격음 결과도 차이가 존재함을 의미한다. 따라서 실험공간 산정 시 내력벽과 비내력벽(경량벽체)에 대한 영향을 고려할 필요가 있다.

#### 4. 전산해석을 이용한 경량벽체 적용 조건에 따른 바닥충격음의 영향 분석

##### 4.1 바닥 슬래브의 고유치 해석

음향 해석 소프트웨어인 COMSOL을 이용하여 대상 실증주택의 고유치 해석을 수행하였다<sup>(23)</sup>. Fig. 10은 COMSOL에서 구축된 실증주택 단일층 모델을 나타낸다. 그림과 같이 바닥 슬래브 진동 특성을 결정하

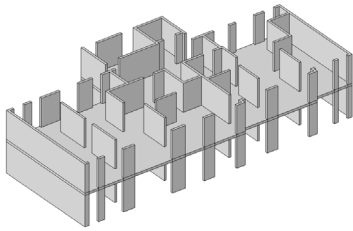


Fig. 10 Analysis model on COMSOL

는 내력벽만 모델링 하였으며, 구조물은 철근 콘크리트로 가정하여 탄성계수(25 GPa), 밀도(2500 kg/m<sup>3</sup>)와 푸아송비(0.167)를 입력하였다<sup>(24)</sup>.

Fig. 11은 실험대상 공간의 바닥 슬래브 고유치 해석 결과를 나타낸다. 그림과 같이 4차 모드까지의 모드형상을 도시화 하였으며, 진동 모드를 (가로축 모드 차수, 세로축 모드 차수)로 표현하면 1차 모드는 (1,1), 2차는 (2,1) 모드로 분석되었다. 3차와 4차는 내력벽 위치에 따라 (2,1) 모드 형상과 다소 차이는 존재하지만 유사하게 분석되었다.

Fig. 12와 Fig. 13은 가진점 위치에 따른 바닥 슬래브의 진동 해석을 통해 분석된 응답 형상(operating deflection shape, ODS)을 나타낸다.

Fig. 12는 바닥충격음이 가장 크고, 1차 굽힘 모드가 존재하는 34 Hz의 바닥 슬래브 해석 결과를 나타낸다. 그림과 같이 가진 위치에 무관하게 ODS는 유사하였으나, 응답 크기 측면에서는 상대적인 차이가 존재하였다. Fig. 11의 모드 형상에서 응답이 가장 큰 위치인 유효 평면의 중앙 지점(P2)을 가진하였을 때가 음향공간의 중앙지점(P1)을 가진하는 경우보다 응답이 큰 것을 확인할 수 있다.

Fig. 13은 2차 모드가 존재하는 55 Hz의 ODS를 나타낸다. 그림과 같이 음향공간의 중앙 지점(P1)을 가진하는 경우 34 Hz보다 응답을 작지만 2차 모드 형상

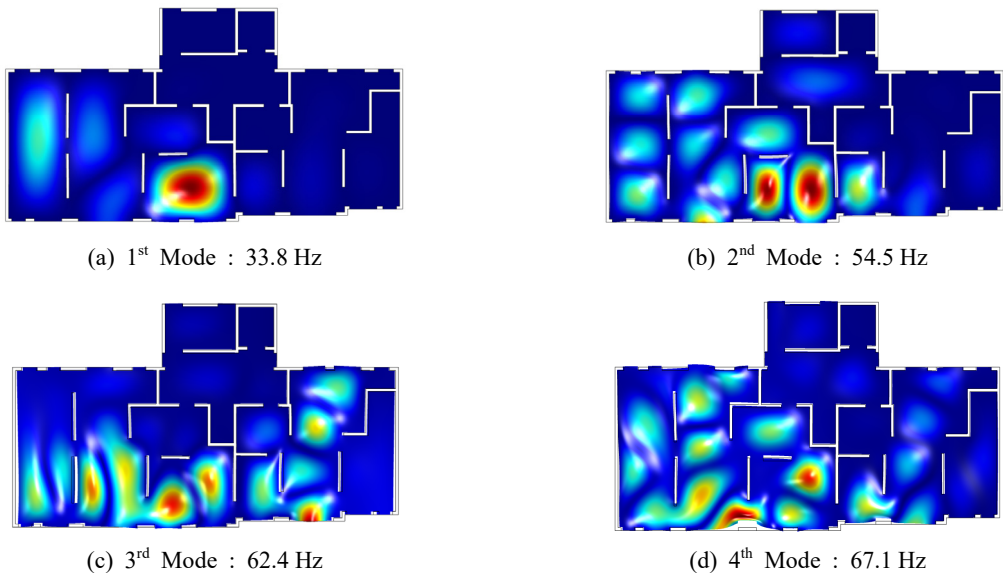


Fig. 11 Mode shape of floor slab of small room

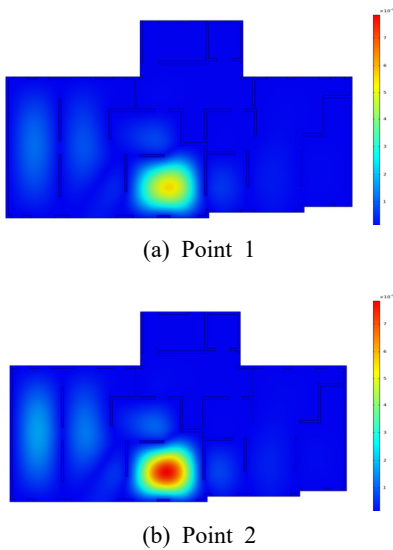


Fig. 12 Operating deflection shape at 34 Hz

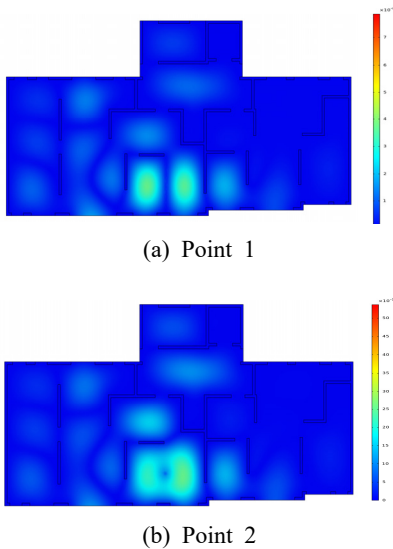


Fig. 13 Operating deflection shape at 55 Hz

과 유사한 것을 확인할 수 있다. 반면, 가진 위치에 따라 응답 형상은 유사하지만 응답 크기에서 차이가 크게 존재하였으며, 유효평면의 중앙지점(P2)을 가진 하는 경우 Fig. 11과 같이 노달 라인(nodal line) 위치 하기 때문에 진동 응답이 상대적으로 미비하였다.

1차 모드 이후에 100 Hz 이전의 모드들은 Fig. 11 과 같이 유효평면의 중앙지점(P2)이 노달 라인이 존재하는 모드 형상을 갖고 있으며, 결과적으로 Fig. 8

과 같이 유효평면의 중앙 지점(P2)보다 음향공간의 중앙 지점(P1)를 가진 하는 경우가 바닥충격음이 더 큰 것으로 확인 할 수 있다. 이와 같이 바닥 슬래브의 모드 형상에 따른 가진 위치가 바닥충격음의 크기와 특성을 결정함을 의미한다.

일반적으로 바닥충격음 측정 시 이러한 타격 위치 별 편차를 고려하기 위해 5개 지점을 가진하도록 규정하고 있다<sup>(22)</sup>. 하지만 앞서 언급되었듯이 경량벽체가 공간을 구성하는 경우에는 내력벽으로 구성된 음향공간과 비교하여 유효평면이 다르기 때문에 바닥 슬래브의 모드 형상이 다르며, 이에 따라 바닥충격음 측정 결과가 상이하다.

#### 4.2 내력벽과 비내력벽에 따른 바닥충격음 영향 분석

시험공간(수음실)이 동일한 조건에서 벽체가 내력벽 또는 비내력벽(경량벽체)에 따른 바닥충격음 영향을 분석하기 위해 실험대상 벽체를 내력벽으로 변경하여 바닥충격음 해석을 수행하였다. 단, 가진력의 주파수 특성을 최소화하기 위해 충격원을 단위하중으로 가정하였으며, 음향 공간의 중앙지점(P1)을 동일하게 가진하여 바닥충격음을 해석하였다. 바닥충격음은 수음실 전체의 공간 평균 소음도, 바닥 슬래브 진동은 가진 위치의 해석 결과를 Fig. 14에 정리하였다.

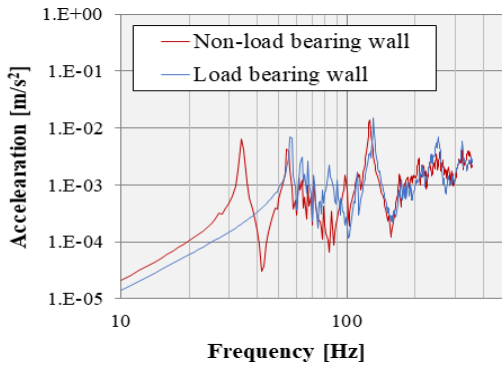
그림과 같이 실험대상 벽체가 비내력벽인 경우에는 34 Hz가 높은 가속도와 바닥충격음이 존재하는 것으로 분석되었으나, 내력벽인 경우에는 57 Hz가 높은 가속도와 바닥충격음을 갖는 것으로 분석되었다. 실험대상 벽이 내력벽인 경우에는 유효평면이 달라지며, Fig. 15와 같이 1차 모드가 56.6 Hz에 존재하였다. 즉, 평면상 동일한 수음실 조건에서 경량벽체의 종류는 바닥충격음에 영향이 미비하지만, 벽체 구성이 내력벽 또는 비내력벽 조건에 따라 바닥 슬래브 진동 및 바닥충격음 결과에 차이가 존재하였다.

### 5. 복도식 공동주택의 바닥충격음 분석

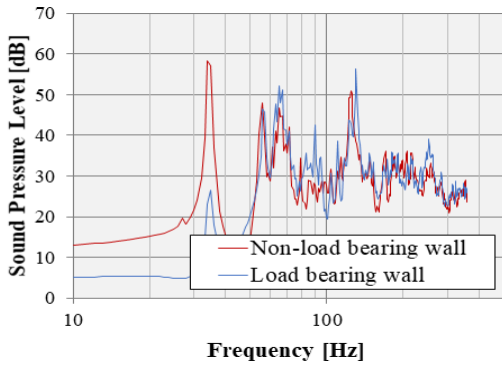
#### 5.1 해석 모델 구성

일반적인 복도식 공동주택은 Fig. 16과 같이 세대 가 복도 방향으로 세대간 경계벽을 공유하며 배열되어 있다. 임대주택에서도 복도식 공동주택 형태가 많이 적용되고 있으며, 최근에는 장수명 주택의 관심이





(a) Acceleration



(b) Floor impact noise

Fig. 14 Analysis results according to wall type

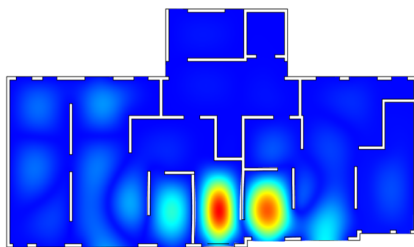


Fig. 15 1<sup>st</sup> mode shape of floor slab

증가하며 벽식구조에서도 공간의 재배치가 용이하도록 세대간 경계벽에 경량벽체를 적용하고 있다.

벽식 구조의 복도형 공동주택 경우에는 Fig. 16과 같이 두 세대 간격으로 경량벽체가 적용되고 있으며, 이 연구에서는 세대간 경계벽이 비내력벽(경량벽체) 또는 내력벽인 경우를 고려하여 동일 지점 가진 조건에서 바닥충격을 비교 분석하였다.

세대간 경계벽 종류에 따른 바닥충격음 영향을 분

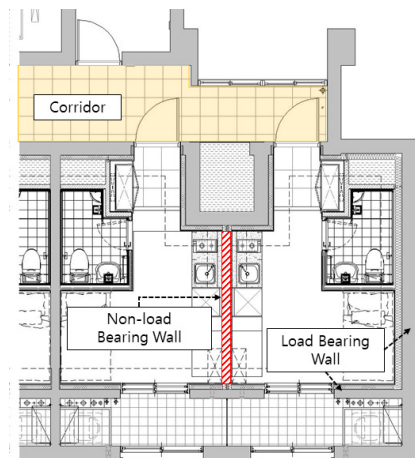
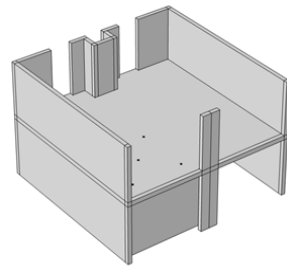
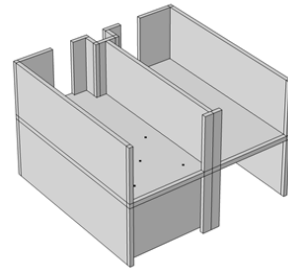


Fig. 16 Corridor type apartment building



(a) Case 1: light-weight dry wall



(b) Case 2: load bearing wall

Fig. 17 Analysis model to estimate the floor impact noise according to the type of wall

석하기 위해 Fig. 17(a)와 같이 세대간 경계벽이 경량벽체로 구성된 경우와 Fig. 17(b)와 같이 내력벽으로 구성된 해석 모델을 구성하였다. Fig. 17(a)의 경량벽체는 구조 진동에 영향이 미비하기 때문에 모델링하지 않고 음향 계수로 치환하여 대입하였다. 구조물의 물성은 철근 콘크리트로 가정하여 탄성계수(25 GPa), 밀도(2 500 kg/m<sup>3</sup>)와 푸아송비(0.167)를 입력하였으며, 공기

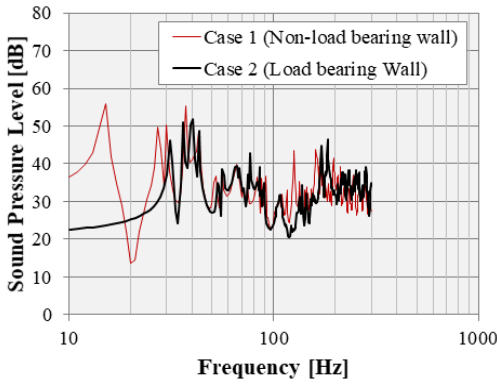


Fig. 18 Analysis results of floor impact noise according to wall type

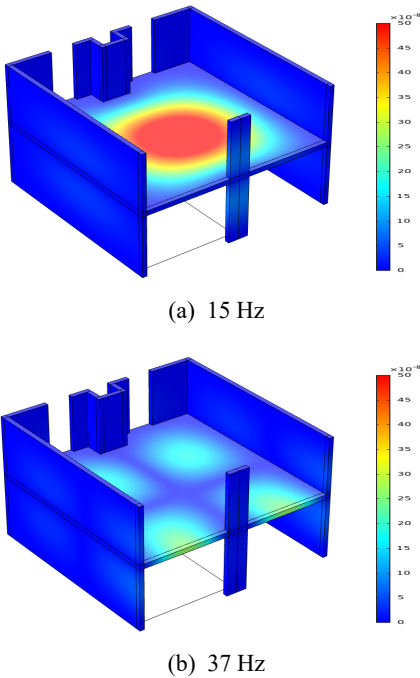


Fig. 19 Operating deflection shape of case 1

의 음속은 340 m/s, 밀도는 1.2 kg/m<sup>3</sup>으로 입력하였다. 바닥충격음 해석은 KS F 2810에서 제시된 실험 방법과 유사하게 Fig. 17과 같이 거실공간의 다섯 지점에서 가진하였으며, 수음실의 공간상의 평균 음압을 직접 분석하였다. 바닥충격음 해석은 모드 밀도가 상대적으로 적어 개별 모드에 대한 영향이 큰 저주파 대역을 대상으로 하였으며, 일반적으로 뱀머신의 충격력 스펙트럼을 고려하여 300 Hz까지 narrow band

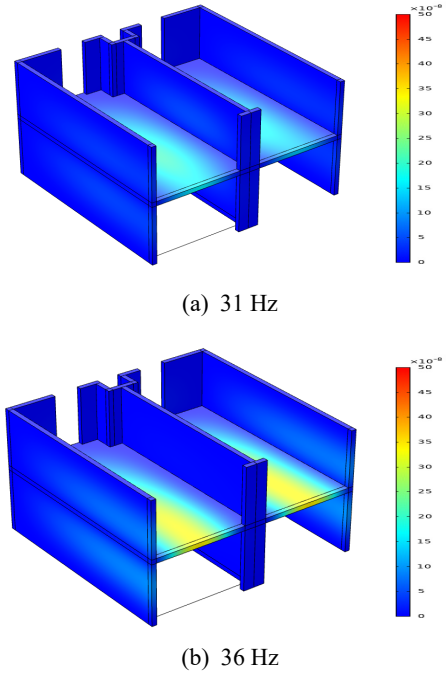


Fig. 20 Operating deflection shape of case 2

로 해석을 수행하였다. 표준충격원은 주파수별 가진력 크기의 차이가 커서 주파수별 응답성을 보기 어렵기 때문에 이 해석에서는 단위 하중(1N)을 가진력으로 입력하여 동일 하중 조건에 대한 주파수별 응답 크기도 함께 분석하였다.

### 5.2 바닥충격음 해석 결과

Fig. 18은 전산해석을 이용하여 예측된 바닥충격음 해석 결과를 나타낸다. 그림과 같이 동일한 거주 공간 조건(동일 평면)에서도 벽체 종류(내력벽 또는 경량벽체)에 따라 바닥충격음이 상이한 것으로 분석되었다. 경량벽체 적용 시 15 Hz에서 첫 피크 소음이 분석되었으며, 진동 응답 형상(ODS)은 Fig. 19(a)와 같이 사각형 평판의 1차 모드(1,1)와 유사한 것을 확인할 수 있다. 또한 경량벽체 적용 조건에서 37 Hz가 비교적 높은 소음도로 분석되었으며, Fig. 19(b)와 같이 사각형 평판의 2차 모드(2,2)와 유사한 형상을 확인할 수 있다<sup>(24)</sup>.

반면, 세대간 경계벽에 내력벽이 적용된 경우에는 Fig. 20(a)와 같이 슬래브가 진동하는 31 Hz에서 처음 피크 주파수가 분석되었으며, 최대 피크 주파수는 Fig. 20(b)와

같이 슬래브가 진동하는 36 Hz로 분석되었다.

내력벽이 존재하는 경우 유효평면이 작아지게 되며 이에 따라 첫 굽힘 모드가 상대적으로 높은 주파수 대역으로 이동한다. 따라서 동일한 거실 평면 및 크기에서도 세대간 경계벽 구성(내력벽/비내력벽)에 따라 바닥충격을 측정 결과의 차이가 발생함을 의미하며, 이는 효과적인 바닥 완충재 설계를 위해서는 대상 공간에 대한 내력벽 위치 등의 유효평면 분석이 선행되어야 함을 의미한다.

## 6. 결 론

공간 재배치가 용이하도록 세대간 경계벽을 콘크리트조의 내력벽에서 경량벽체의 비내력벽으로 시공되는 공동주택이 증가하고 있다. 최근 고차음 경량벽체에 대한 많은 연구가 수행되었으며, 콘크리트조의 벽체 대비 유사한 차음성능의 경량벽체 설계가 가능하다. 하지만 경량벽체로 구성된 공동주택의 바닥충격음은 기존 내력벽으로만 구성된 공동주택과 바닥충격음 특징이 상이하기 때문에 이에 대한 연구가 요구된다.

이 연구에서는 경량벽체로 구성된 공동주택의 바닥충격음 특성을 분석하기 위해 경량벽체가 설치되어 있는 실증주택의 방을 대상으로 경량벽체의 종류 및 바닥 가진 위치에 따른 바닥충격음 영향을 실험적으로 분석하였다. 또한 전산해석을 이용하여 복도형 공동주택 모델을 구성하였으며, 세대간 경계벽을 내력벽 또는 비내력벽(경량벽체)으로 구성하여 벽체 종류에 따른 바닥충격음 특성을 분석하였다.

(1) 경량벽체는 수음실의 공간은 구성하지만, 바닥 슬래브의 진동 특성에는 영향이 미비하다. 따라서 경량벽체가 설치되어 있는 공간은 벽체가 존재하지 않는 조건과 유사한 바닥 슬래브 진동 특성이 존재하며, 경량벽체 종류에 무관하게 바닥 슬래브 진동 및 바닥충격음 측정 결과는 유사하다.

(2) 경량벽체가 세대간 경계벽으로 설치되어 있는 공동주택의 경우에는 바닥 슬래브를 공유하고 있는 이웃 세대와 함께 유효평면이 구성되기 때문에 동일한 평면 구성이라도 내력벽으로 구성된 공동주택과 비교하여 바닥충격음 특성은 상이하다.

(3) 따라서 경량벽체가 세대간 경계벽으로 구성된

공동주택의 경우에는 유효평면을 공유하는 이웃 세대를 함께 고려한 바닥 슬래브 진동 특성 분석이 선행된 후, 이를 고려한 완충재 설계가 필요함을 의미한다.

## 후 기

이 연구는 토지주택연구원에서 수행한 “공동주택 세대 경계벽의 현장 차음성능 향상 기술 개발 (R202007003)” 결과의 일부임.

## References

- (1) Korea Environment Corporation, 2018, The Operating Report of Center for Floor Impact Noise Complaint Issues in Residential Buildings.
- (2) Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2021, Multi-family Housing Management Act.
- (3) Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Accreditation and Management Standards for Sound Insulation of Walls, 3029.
- (4) Kim, S. W., Lee, T. G. and Song, M. J., 1998, An Experimental Study on the Sound Insulation Characteristics of Lightweight Walls, Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design, Vol. 14, No. 12, pp. 259~268.
- (5) Kim, Y. J., Choi, C. G. and Son, J. Y., 2003, The Study on the Improvement of the Sound Insulation Performance by Structure Materials and Construction Methods of Lightweight Panel, Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design, Vol. 23, No. 2, pp. 925~928.
- (6) Kim, K. H., 2016, Construction Method of Light-weight Drywall via Insertion of Resilient Channel into R-Stud, Journal of the Korea Institute of Building Construction, Vol. 16, No. 2, pp. 29~31.
- (7) Lee, S. C. and Jeon, J. Y., 2014, Effect of Stud for Plasterboard Partition on Sound Insulation Performance and Vibration Mode Shape, Journal of the Korean Society of Living Environmental System, Vol. 21, No. 1, pp. 71~76.
- (8) Lee, B. K., Bae, S. H. and Hong, C. H., 2004, A Study on the Development of Lightweight Wall for Sound Transmission Loss and Field Test Results of the Dry-wall System, Proceedings of the KSNVE Annual

Spring Conference, pp. 699~704.

(9) Korea Land and Housing Corporation, LH Construction Specification 46511.

(10) Korea Land and Housing Corporation, LH Construction Specification 46520.

(11) Korea Land and Housing Corporation, LH Construction Specification 41540.

(12) Kim, T. M., Bae, J. Y. and Yang, H. S., 2020, The Study on Characteristic of Floor Impact Noise Using the Structural Vibration on Floor Slab: Effective Plate, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 30, No. 3, pp. 276~285.

(13) Lee, W. H., Song, G. G. and Han, C. H., 2020, Analysis on the Characteristics of Floor Impact Sound by Floor Construction Process of Apartment Houses, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 30, No. 1, pp. 29~36.

(14) Jeong, G. H., Ryu, J. K., Lee, J. I. and Kim, Y. S., 2014, Effects of Material Property of Floor Impact Sound Isolator on Heavy-weighted Floor Impact Sound Level in the Apartment Building, Journal of the Korean Society of Living Environmental System Vol. 21, No. 1, pp. 19~25.

(15) Ryu, J. K., Jeong, G. H., Lee, J. I. and Kim, H. B., 2013, Effect of Thickness and Composition of Isolator for Standardized Floor Structure on Floor Impact Sound Level, Proceedings of the KSNVE Annual Autumn Conference, pp. 382~383.

(16) Kim, K. W., Jeong, G. C. and Sohn, J. Y., 2008, Correlation Between Dynamic Stiffness of Resilient Materials and Lightweight Floor Impact Sound Reduction Level, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 18, No. 8, pp. 886~895.

(17) Hwang, J. S., Moon, D. H., Park, H. G., Hong, S. G. and Hong, G. H., 2010, The Effect of Dynamic Property of Absorbing Sheet on the Amplification of Heavy Weight Floor Impact Noise, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 20, No. 7, pp. 651~657.

(18) Kim, K. W. and Shin, H. K., 2019, Correspondence between Standard Heavy Impact Sources

and Single Number Indexes of Floor Impact Sound., Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 29, No. 6, pp. 801~809.

(19) Cho, H. M., Kim, S. T. and Kim, M. J., 2020, Changes in Subjective Perceptions of Heavyweight Impact Sound Levels with the Same Single-number Quantity of Floor Impact Sound Insulation, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 30, No. 4, pp. 348~356.

(20) Jeong, J. H., 2020, Subjective Response on Rubber Ball Impact Sound, Proceedings of the KSNVE Annual Spring Conference, p. 79.

(21) Lee, B. S., Son, J. R., Chun, Y. S. et al., 2019, The Study on Application of PC Construction for LH Rental Apartment House, Final Report, Land & Housing Institute.

(22) Korean Industrial Standards, 2017, Field Measurements of Floor Impact Sound Insulation of Buildings - Part 2: Method Using Standard Heavy Impact Sources, KS F 2810-2.

(23) User's Manual: Acoustic Module, COMSOL Multi-physics 5.4.

(24) Cremer, L., Heckl, M. and Petersson, B. A. T., 2005, Structure-borne Sound: Structural Vibrations and Sound Radiation at Audio Frequencies, Springer.



**Tae-Min Kim** received his Ph.D. at Department of Mechanical Engineering, Hongik University. He is currently Researcher of Acoustics at the LHI(Land & Housing Institute). His main fields are noise and vibration control in buildings.



**Jin-Young Bae** is a Ph.D. Candidate in Department of Architectural Engineering at Hanyang University. She is currently a Researcher of Acoustics at the LHI(Land & Housing Institute). Her main fields are architectural and environmental acoustics.