

공동주택에서 고무공 가진에 의한 상하층으로의 바닥충격음 전파특성 -가진 및 수음 위치와 충격력의 영향-

Acoustical Characteristics of the Floor Impact Sound Transmitted to the Upper and Lower Floors by a Rubber Ball in Apartment -Effect of Excitation, Receiving Position, and Rubber Ball Dropping Height-

엄 춘 원* · 이 송 미* · 김 정 훈* · 송 은 성* · 김 도 경* · 김 수 홍* · 류 종 관†
Chunwon Eom*, Songmee Lee*, Jeonghun Kim*, Eunsung Song*, Dokyeong Kim*,
Suhong Kim* and Jongkwan Ryu†

(Received September 22, 2022 ; Revised November 8, 2022 ; Accepted December 7, 2022)

Key Words : Floor Impact Sound(바닥충격음), Impact Rubber Ball(고무공), Upper Lower Floor(상하층),
Single-number Quantity Sound Transmission(단일 수치 평가량 음전파), Maximum Reduction(최대
감소량), Dropping Height(낙하높이)

ABSTRACT

This study was conducted to investigate the propagation characteristics of the floor impact sound transmitted from the household where the noise of the apartment building occurred to not only the floor directly below but also to other neighboring households. The floor impact sound of a rubber ball was measured on three upper and lower floors based on the excitation floor. The single-number quantity (L_{iAFmax}) was reduced to 16 dB from 19 dB in the measurement compared to the floor directly below the excitation floor. Although there is a difference in floor impact Sound Pressure Level (SPL) between apartment buildings on the floor directly below the excitation floor, the final attenuated floor impact SPL was found to be similar. When each frequency band was examined, the 125 Hz band was the most attenuated, while the 500 Hz band was the least attenuated. Furthermore, the sound receiving position, excitation position, and rubber ball drop height were found to have an impact not only in the immediate lower floor but also in all upper and lower adjacent households. Overall, the amount of floor impact sound attenuation varied depending on the excitation and sound receiving position, and such characteristics were found to vary by octave band.

1. 서 론

국토교통부 공동주택관리 분쟁조정위원회⁽¹⁾에 접수

된 층간소음 민원은 현재 증가하고 있는 추세이며, 한국환경공단 층간소음이웃사이센터⁽²⁾에 접수된 층간소음 전화 상담 수 또한 증가하고 있다. 이러한 민원 중에는 직상층이 아닌 직하층이나 대각선 세대 등 인근

† Corresponding Author ; Member, Professor, school of Architecture, Chonnam National University, Professor
E-mail : jkryu@jnu.ac.kr

* Member, Department of Architectural and Civil Engineering, Graduate School, Chonnam National University, Student

A part of this paper was presented at the KSNVE 2022 Annual Spring Conference

‡ Recommended by Editor Jung Bin Im

© The Korean Society for Noise and Vibration Engineering

다른 세대로 인한 층간소음 민원들도 다수 존재하였다. 벽식 구조 공동주택의 경우 벽체가 상하층으로 연결되어 상층과 하층 여러 세대로 진동 및 소음이 전달된다. 특히 층간소음의 주요 원인으로 꼽히는 어린이들의 땀 등의 저주파 대역이 지배적인 소음은 인간의 지각에 있어서 방향성을 찾기 힘들기 때문에 층간소음의 발생위치 오인에 따른 민원이 꾸준히 발생하고 있다. 이러한 주거 현장에서의 민원을 해결하기 위해서는 층간소음 발생위치를 정확히 식별할 수 있는 기술이 필요하며, 이를 위해서 우선적으로 직상층 세대뿐만 아니라 인근 상하층 여러 세대에서의 충격음 전달특성을 조사할 필요가 있다.

바닥충격음 전파특성과 관련하여 Hwang 등⁽³⁾의 연구에서는 12층에서 가진한 고무공 충격음의 가속도 주파수 응답이 하부 10개 층까지 영향을 미쳐 2층에서도 약 26 Hz 부근에 고유진동수가 발생하였다. 또한 같은 구조와 가진 조건임에도 층 고저에 따른 응답이 경계강성, 하중에 따라서 다른 것으로 나타났다. Kwak 등⁽⁴⁾의 연구에서는 아파트의 바닥충격음 측정을 통해 저층일수록 벽체의 정적하중이 증가하여 고층보다 5 Hz 이상 공진주파수가 높아지는 것으로 나타났다. Ham⁽⁵⁾은 가진층을 기준으로 상부 7개, 하부 7개 층에서 소음레벨($L'_{iA,Fmax}$)을 측정하였으며, 직하층 49 dB에서 그 아래층에서는 약 37 dB로 약 12 dB 감소하고 그 이후로는 1 dB ~ 2 dB씩 서서히 감소하는 것으로 나타났다. 또한 직하층이나 직상층보다 더 이격된 층에서 진동레벨이 감소하지 않고 오히려 높게 측정되는 경우가 있다고 말했다. Lee 등⁽⁶⁾은 가진층을 기준으로 상부 5개, 하부 5개 층에서 수음위치를 중앙과 모서리로 나누어서 측정하였을 때 수음 위치에 따른 바닥충격음 전파특성을 비교하였다.

그 결과 모서리 수음지점의 바닥충격음 감쇠(최대 30 dB)가 중앙 수음지점의 바닥충격음 감쇠(최대 20 dB)보다 더 크게 나타났으며 상층보다는 하층에서 감쇠가 더 크다고 제시하였다. 거리에 따라서는 가진층으로부터 거리가 멀어질수록 충격력 레벨이 로그 형태로 감쇠하는 것으로 나타났다. 하지만 해당 연구는 아파트 1개 동을 대상으로 진행되었기 때문에 다양한 유형의 공동주택에서 추가적인 측정이 필요하다. 또한 수음위치의 영향뿐만 아니라 가진위치에 따른 바닥충격음의 전파특성이 추가로 필요한 상황이다.

따라서 이 연구는 층간소음 발생 원인을 파악하기 위한 선행연구로, 상하부 세대간 바닥충격음의 감

쇠량에 미치는 영향요인을 살펴보기 위해 직하층 세대뿐만 아니라 인근 상하층 세대에서도 동시측정을 진행하였다. 현장 측정은 실제 바닥충격음이 발생할 수 있는 다양한 상황을 가정하여 동일 층 가진에 의한 바닥충격음 측정을 각각 2개(중앙, 모서리) 수음위치와 가진위치에서 고무공 낙하 높이(20 cm, 100 cm) 별로 진행하였다.

2. 측정방법

2.1 현장 및 측정 개요

공동주택의 바닥충격음 전파특성을 조사하기 위해 Fig. 1과 같이 거실면적이 서로 다른 벽식 구조 아파트 5개 동을 대상으로 총 30개 세대(각 동별 상층 3세대, 하층 3세대)를 측정하였다. 측정대상 아파트의 각 실내제원은 Table 1에 나타났다. 측정된 공동주택의 바닥 구성은 콘크리트 바닥슬래브 210 mm, 경량기포콘크리트 40 mm, 층간소음완충재(EPS) 30 mm, 시멘트 모르타르 40 mm로 세대별로 동일하게 나타났다. 가진 바닥의 바닥충격음 차단성능의 단일 수치 평가량(single-number quantity, SNQ: $L'_{iA,Fmax}$)은 KS F ISO 717-2⁽⁷⁾를 참고하여 A, B, C, D, E실이 각각 51 dB, 50 dB, 50 dB, 52 dB, 50 dB로 나타났다.

2.2 측정 및 분석 방법

각 수음세대에서의 측정은 KS F ISO 10052⁽⁸⁾ 간 이 측정 방법을 참고하여 가진지점은 중앙과 모서리에 위치했으며, 모서리지점은 벽에서 75 cm 떨어진 곳에 위치하였고, 수음지점도 가진지점과 같은 곳에 위치하였다. 국토교통부고시 제2020-212호에 따르면 59 m²의 A 공동주택의 경우 수음실의 바닥 면적이 14 m² 미만이므로 벽면으로부터 50 cm 떨어진 지점으로 해야하지만 모든 세대에서 동일하게 비교하기 위해 똑같이 75 cm 떨어진 지점으로 하였다. 측정은 소음계(RION NL-52)를 사용하여 가진 층을 기준으로 상부와 하부 3개 층으로 선정하여 상부 층과 하부 층을 각각 동시에 녹음하였으며, 측정지점과 각 층의 마이크로폰의 위치는 Fig. 2와 같다. 일부 층(A동의 상부 3층)은 거실과 침실이 합쳐진 확장형이었으며 확장형의 경우도 동일하게 내력벽 구조인 침실 방향 모서리를 측정하였다.

바닥충격음 녹음은 바닥에서부터 1.2 m 높이에서



Fig. 1 Plan of each apartment unit

Table 1 Dimension of test room and floor impact sound insulation performance (SNQ) of floor

Site	Bldg.	Area [m ²]	Living room area [m ²] W × D	SNQ [dB]
A	A	59	8.5 (3.77 × 2.26)	51
	B	72	16.1 (4.72 × 3.42)	50
B	C	76	20.6 (5.62 × 3.67)	50
	D	84	20.0 (5.22 × 3.84)	52
	E	123	22. (5.52 × 4.14)	50

20초 동안 녹음하였으며, 충격원은 고무공을 사용하였다. 고무공은 KS 기준에 근거한 낙하 높이 100 cm와 평균 25 kg의 아이들이 체자리에서 뛰는 경우의 충격력과 유사한 낙하 높이 20 cm⁽⁹⁾에서 자유낙하하였다. 고무공 낙하 높이에 따른 가진력의 크기를 실험실에서 측정(SA-01, Rion, STA-1000)하였을 때 100 cm 높이의 고무공은 1540 N, 20 cm 높이의 고무공은 840 N으로 나타났다. 음원편집은 모든 음원의 시작지점 1초 전부터 시작해서 총 음원길이가 8초가 되게 편집하였고, 8초 동안 충격음파형이 3개가 들어오게 편집하였다. 분석은 해당 음원을 음원분석 소프트웨어 AS-70(RION)을 사용하여 1/3 옥타브밴드로 분석하였고 63 Hz ~ 500 Hz 대역의 단일 수치 평가량 ($L'_{iA, Fmax}$)으로 평가하였다.

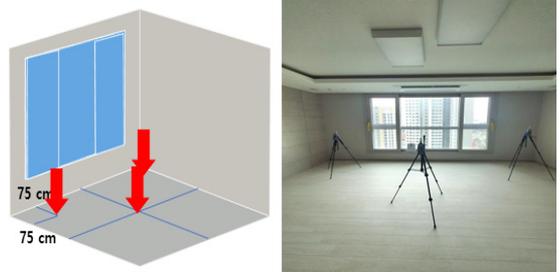
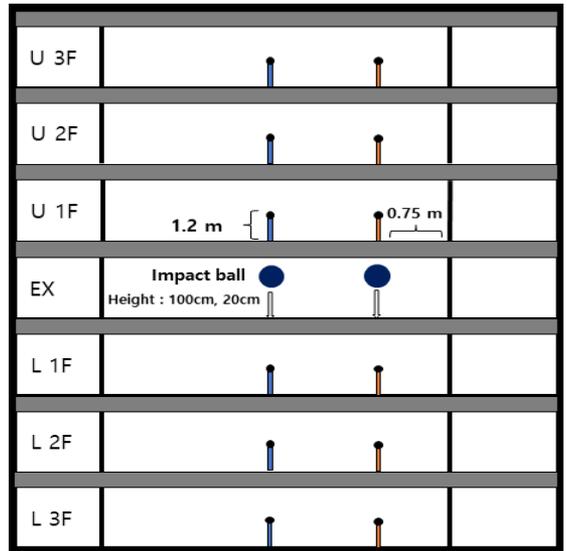


Fig. 2 Microphone and rubber ball position for each floor

3. 측정결과

3.1 층수에 따른 바닥충격음 레벨 분포

Fig. 3은 아파트 5개 동에서 측정한 가진위치와 수음위치에 따른 층별 고무공 충격음 단일 수치 평가량의 평균과 표준편차를 나타내고 있으며, Table 2는 측정 세대 중 최대 및 최소레벨과 최대 감소량을 나타내고 있다. 전반적으로 모서리 수음이 중앙 수음보다 단일 수치 평가량($L'_{iA,Fmax}$)이 높았으며, 중앙 가진에서 수음위치에 상관없이 최대 19 dB 감소하는 것에 비해 모서리 가진에서는 모서리 수음이 최대 16

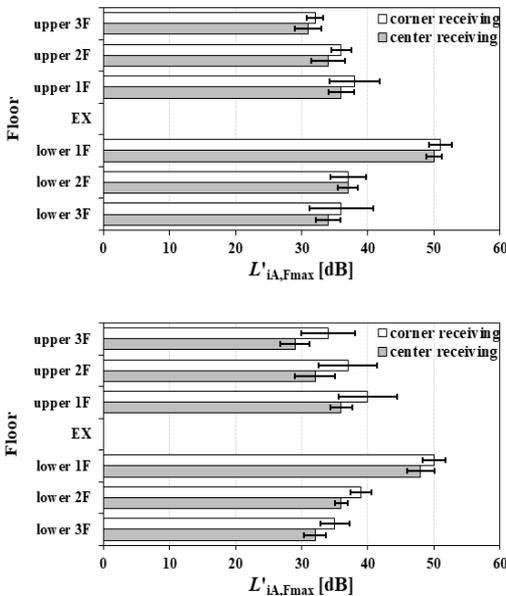


Fig. 3 Floor impact SPL (SNQ : $L'_{iA,Fmax}$) on each floor for each excitation and sound receiving position

Table 2 Maximum reduction of floor impact sound level (SNQ: $L'_{iA,Fmax}$) at each position

Excitation position	Receiving position	Maximum impact sound level	Minimum impact sound level	Maximum eduction
Center	Center	50 dB	31 dB	19 dB
	Corner	51 dB	32 dB	19 dB
Corner	Center	48 dB	29 dB	19 dB
	Corner	50 dB	34 dB	16 dB

dB로 덜 감쇠되는 것으로 나타났다. Fig. 4는 중앙 가진, 모서리 가진에서 주파수 대역에 따른 층별 바닥충격음 음압레벨과 배경소음의 평균을 나타내고

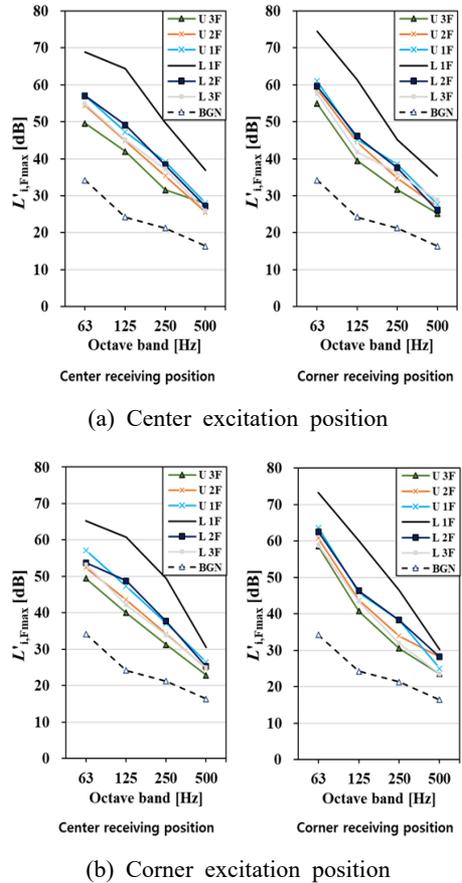


Fig. 4 Octave band spectrum of floor impact sound according to each floor and excitation position (BGN: background noise, U: upper unit, L: lower unit)

Table 3 Room mode calculation result by household area (1st and 2nd axial room mode only)

Axial mode	Area [m^2]				
	59 m^2	72 m^2	76 m^2	84 m^2	123 m^2
0-1-0	20 Hz	18 Hz	17 Hz	17 Hz	13 Hz
0-2-0	39 Hz	36 Hz	36 Hz	35 Hz	27 Hz
1-0-0	45 Hz	36 Hz	31 Hz	33 Hz	33 Hz
2-0-0	91 Hz	73 Hz	61 Hz	66 Hz	66 Hz
0-0-1	75 Hz	75 Hz	75 Hz	75 Hz	75 Hz

있다. 층별 바닥충격음 음압레벨은 63 Hz 대역에서 룸모드의 영향을 받아 모서리 수음의 음압레벨이 높게 나타났고 나머지 주파수 대역인 125 Hz ~ 500 Hz 대역에서는 중앙 수음의 음압레벨이 더 높게 나타났다. Table 3은 거실부터 부엌까지의 거리를 반영한 룸모드 계산결과이며 1, 2차 axial mode를 나타내고 있다. Fig. 5는 상하 3개 층을 기준으로 주파수 대역별 바닥충격음 음압레벨 최대 감소량의 평균을 나타내고 있다. 2개의 가진점에서 상하층 세대로의 음압레벨 최대감소량은 전반적으로 중앙 수음이 모서리 수음보다 더 많이 감소하는 경향을 가졌으며, 중앙 수음과 모서리 수음의 최대감소량은 125 Hz 대역에서 최대인 반면, 500 Hz 대역에서의 감소량은 상대적으로 작은 것으로 나타났다.

3.2 수음지점에 따른 감쇠특성

(1) 단일 수치 평가량(SNQ)

모든 그래프에는 표준편차 값이 기재되어 있으며 Fig. 6은 각 수음지점에 따른 단일 수치 평가량의 직하층(L1F) 대비 층별 감쇠량($\Delta L'_{iA,Fmax}$: 직하층-기준층)을 나타내고 있으며 Fig. 7은 주파수 대역별로 층별 감쇠량을 나타낸 것이다. Fig. 6 (a)의 중앙 가진의 경우 중앙 수음은 하부층 2개 세대에서 13.6 dB ~ 16.0 dB의 감쇠가 있었고, 상부층 3개 세대에서 14.2 dB ~ 19.4 dB의 감쇠가 있었다. 모서리 수음은 하부층 2개 세대에서 14.2 dB ~ 15 dB, 상부층 3개 세대에서 13.2 dB ~ 19 dB의 감쇠가 있는 것으로 나타나 두 수음지점간 감쇠량의 차이를 살펴보았을 때 전반적으로 중앙 수음지점의 감쇠량이 큰 것으로 나타났다. 일반적으로 수음실의 중앙보다 벽과 슬래브가 만나는 모서리 수음지점의 음압레벨이 더 높게 나타나므로 감쇠량도 모서리 수음지점이 클 것이라 예측하였으나 오히려 중앙 수음지점이 더 큰 감쇠량을 나타냈다. 이는 Fig. 6 (b)에서와 같이 모서리 가진에서 더 뚜렷하게 나타났다. 중앙 가진에서는 수음점의 위치에 따라 최대 감쇠량은 비슷했으나 모서리 가진에서는 중앙 수음과 모서리 수음지점의 차이가 최대 3.2 dB까지 나는 것으로 나타났다.

(2) 주파수 특성

Fig. 7 (a)의 63 Hz 대역에서 모서리 수음지점의 감쇠량이 중앙 수음지점에 비해 높게 나타났지만, 나머지 주파수 대역인 125 Hz ~ 500 Hz 대역에서는 중앙

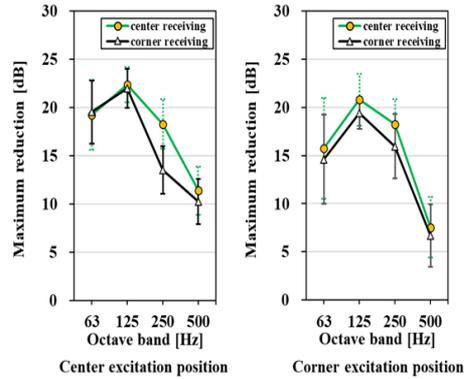
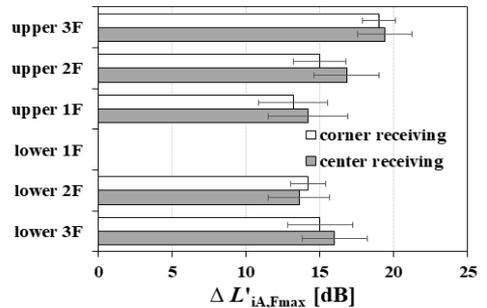
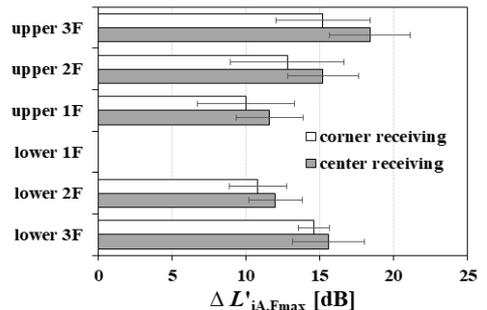


Fig. 5 Maximum reduction of floor impact sound level at each octave band for each receiving position



(a) Center excitation position



(b) Corner excitation position

Fig. 6 Attenuation of floor impact sound level at each position compared to the floor directly below (L1F)

수음지점의 감쇠량이 비교적 높게 나타났으며 수음지점의 차이가 가장 크게 나타나는 대역은 Fig. 7 (c)의 250 Hz 대역으로 층마다 4 dB ~ 5 dB의 감쇠량 차이를 보이는 것으로 나타났다.

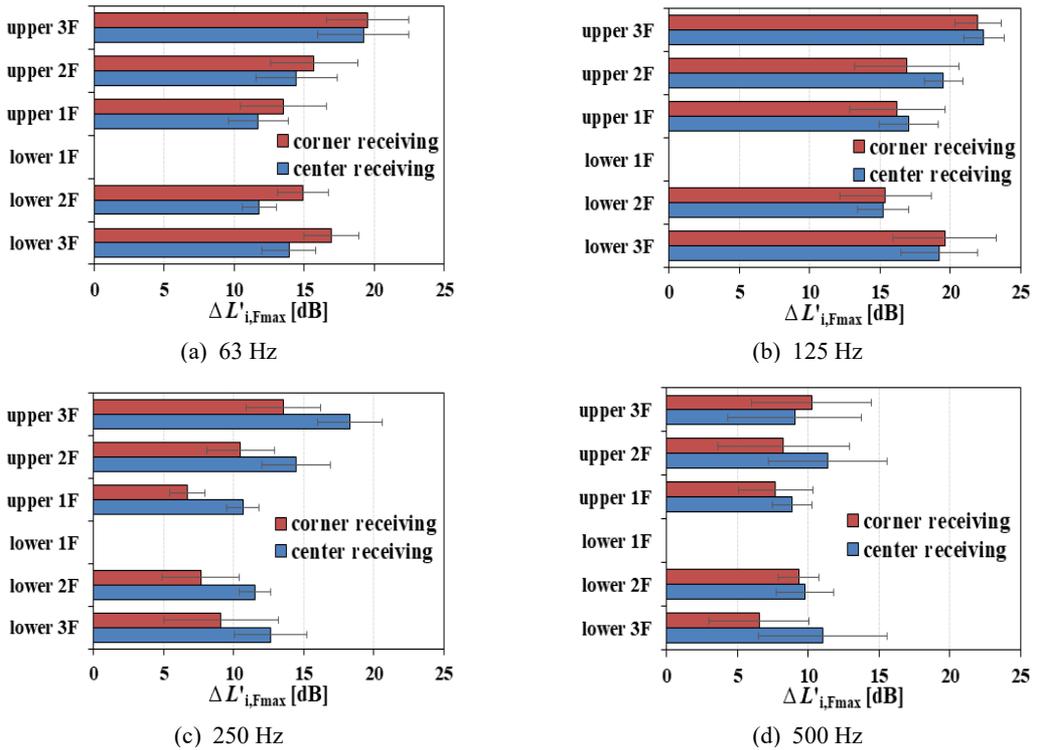


Fig. 7 Attenuation of octave band spectrum at each position compared to the floor directly below (L1F) (excitation position: center)

3.3 가진지점에 따른 감쇠특성

(1) 단일 수치 평가량(SNQ)

Fig. 8은 각 가진지점에 따른 단일 수치 평가량의 직하층 대비 층별 감쇠량을 나타내며 Fig. 9는 주파수 대역별로 층별 감쇠량을 나타낸 것이다. Fig. 8 (a)의 중앙 수음의 경우 중앙 가진에서는 하부층 2개 세대에서 13.6 dB ~ 16.0 dB, 상부층 3개 세대에서 14.2 dB ~ 19.4 dB 차이가 나타난 것에 비해 모서리 가진에서는 하부층 2개 세대에서 12 dB ~ 15.6 dB, 상부층 3개 세대에서 11.6 dB ~ 18.4 dB로 나타나 직하층과의 레벨차이는 전반적으로 중앙 가진의 감쇠량이 모서리 가진의 감쇠량보다 크게 나타났다. 이러한 경향은 Fig. 8 (b)에서와 같이 모서리 수음에서 더 잘 나타났는데, 모서리 수음의 경우 중앙 가진은 하부층 2개 세대에서 14.2 dB ~ 15 dB, 상부층 3개 세대에서 13.2 dB ~ 19 dB로 나타났고 모서리 가진은 하부층 2개 세대에서 10.8 dB ~ 14.6 dB, 상부층 3개 세대에서 10 dB ~ 15.2 dB로 나타나 모서리 수음시 중앙 가진의 감소량이 최대 4 dB 가량 큰 것으로 나타났다.

(2) 주파수 특성

가진위치가 모서리인 경우 층별 감쇠량은 중앙 가진에 비해 작게 나타났지만, Fig. 9 (c)에서와 같이 250 Hz 대역에서는 오히려 모서리 가진의 감쇠량이 큰 것으로 나타났으며 가진지점의 차이가 가장 크게 나타나는 대역은 Fig. 9 (d)의 500 Hz 대역으로 나타났다.

3.4 낙하 높이에 따른 감쇠특성

Fig. 10은 고무공 낙하 높이(충격력)에 따른 단일 수치 평가량의 직하층 대비 층별 감쇠량을 나타내고 있으며 전반적으로 충격력이 더 큰 낙하 높이 100 cm가 감쇠량도 크게 나타났다. 중앙 가진에서 직하층과 상하 1개 층 차이나는 지점(U1F, L1F)은 고무공의 낙하 높이에 따른 감쇠량의 차이가 거의 없었으며, 직하층과 거리가 멀어져도 감쇠량은 1 dB ~ 2 dB로 낮은 차이를 보였다. 반면 모서리 가진에서는 낙하 높이에 따른 감쇠량의 차이가 상대적으로 크게 나타났는데 직하층과 멀어질수록 감쇠량이 커져 최대 4.5 dB 까지 차이가 났다.

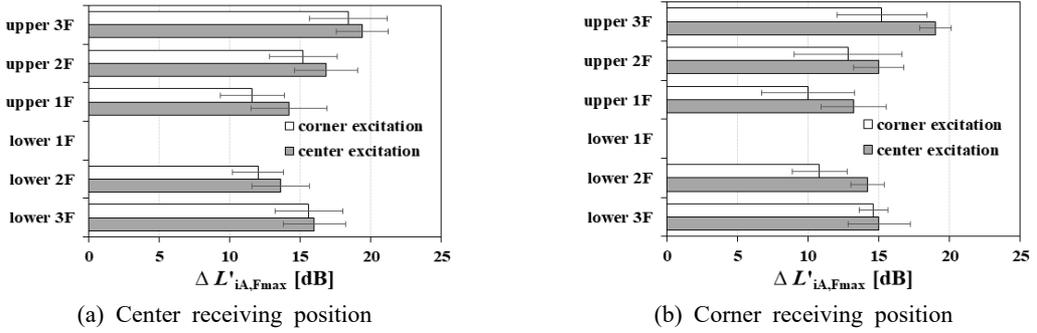


Fig. 8 Attenuation of floor impact sound level at each position compared to the floor directly below (L1F)

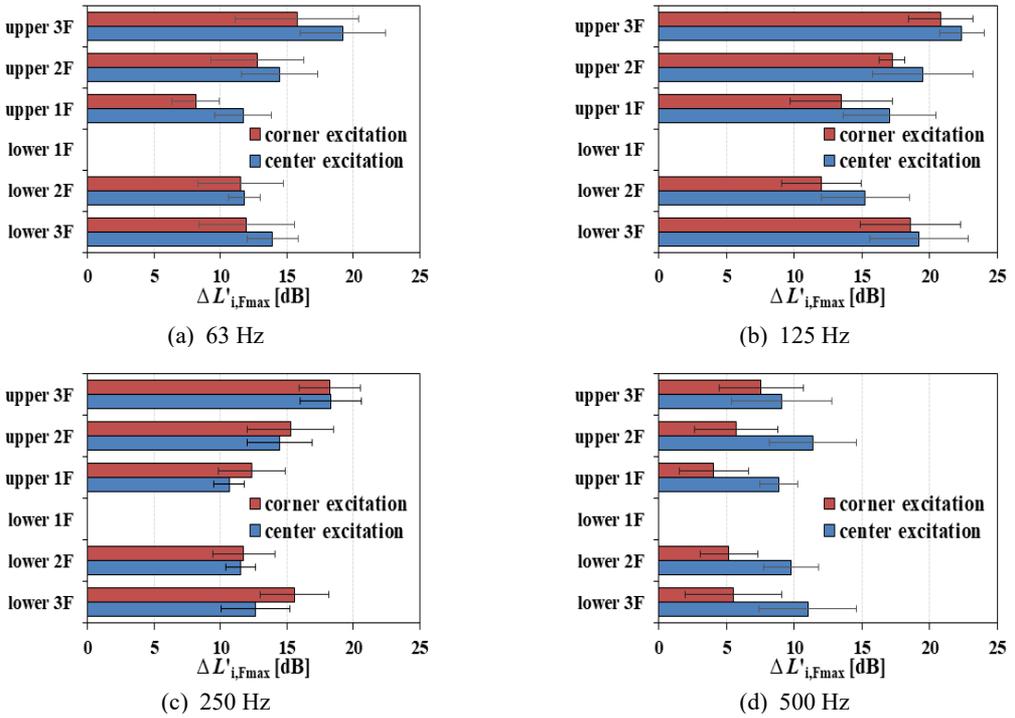


Fig. 9 Attenuation of Octave band spectrum at each position compared to the floor directly below (L1F) (receiving position: center)

4. 토 의

4.1 층별 단일 수치 평가량

측정 세대에서 고무공 충격음의 단일 수치 평가량은 상하로 3개 층을 전파하면서 16 dB ~ 19 dB 감소하였으며, 바닥충격음이 여러 층을 통해 전달되면서 가진 및 수음위치별 음압레벨 차이는 적은 것으로 나타났다. 또한, 단일 수치 평가량과 주파수 대역별로 비교했을

때 상하 3개 층 떨어진 곳까지는 배경소음의 영향없이 바닥충격음이 충분히 전달되는 것으로 나타났다.

4.2 수음점과 가진점에 따른 전파특성

Fig. 6에서 모서리 수음의 감쇠량이 중앙 수음에 비해 적은 것으로 나타나며, Fig. 8에서는 모서리 가진의 감쇠량이 중앙 가진에 비해 적은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 음원위치에 따라 모서리 벽

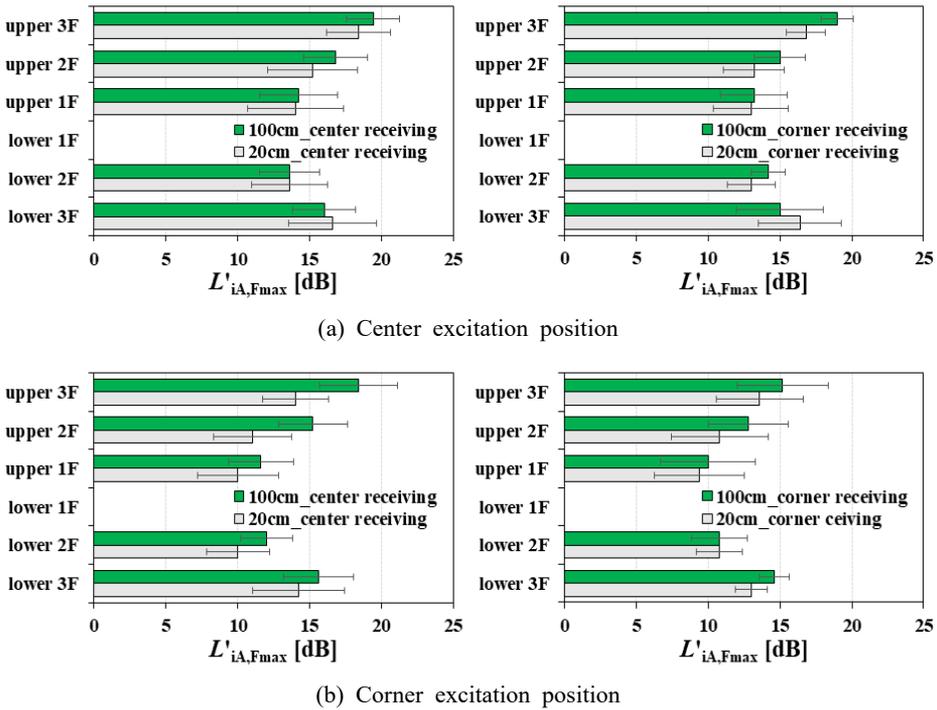


Fig. 10 Attenuation of floor impact sound level at each location compared to the floor directly below (L1F) according to the rubber ball height (rubber ball height: 20 cm, 100 cm)

체에 전달되는 진동의 크기의 차이와 음장특성에 의한 수음위치의 영향 때문이라고 추정된다. 따라서 향후 진동 측정을 통해 벽체와 슬래브로 전달되는 진동을 면밀히 분석할 필요성이 있다. Fig. 7과 같이 63 Hz 대역의 경우 모서리 수음지점이 중앙 수음지점보다 감쇠량이 큰 것으로 나타나 125 Hz 등 나머지 대역과 다른 저감 특성을 나타냈다. 이러한 감쇠특성의 차이는 직하층에서의 음압레벨에 따라 크게 결정되는데, 직하층 63 Hz 대역의 음압레벨이 중앙 수음보다 모서리 수음에서 월등히 큰 반면, 다른 상하층에서는 수음위치별 차이가 직하층 만큼 크지 않은 특성에 기인한 것으로 사료된다.

4.3 선행연구와의 차이

Lee의 선행연구⁽⁶⁾에서는 모서리 수음의 단일 수치 평가량 감쇠량이 중앙 수음보다 크게 나타나 이 연구의 결과와 다르게 나타났다. 이러한 차이는 두 연구의 바닥충격음 주파수특성 차이에 의한 것으로 사료된다. 이 연구대상 현장과는 다르게 선행연구 현장의 경우 직하층 바닥충격음의 63 Hz 대역의 음압레벨이

다른 주파수 대비 월등히 높아 모서리 수음의 음압레벨이 중앙 수음에 비해 8 dB(SNQ: $L'_{iA,Fmax}$) 높게 나타나 단일 수치 평가량 감쇠 특성이 63 Hz 대역의 감쇠특성에 의해 결정되었다. 이 연구에서는 63 Hz 대역의 음압레벨이 상대적으로 낮아 125 Hz ~ 500 Hz 대역의 감쇠특성이 단일 수치 평가량 감쇠특성에 영향을 미친 것으로 사료된다. 아파트 현장별 모서리 수음지점에서의 음압레벨과 63 Hz 대역의 감쇠량의 차이는 시공법의 차이, 각 구조체의 구조적인 특성과 실의 형상 등에 의해 크게 영향을 받아 현장 별로 편차가 발생하는 것으로 사료된다.

4.4 충격력에 따른 전파특성

전반적으로 충격력이 더 큰 낙하 높이 100 cm가 20 cm보다 감쇠량도 더 크게 나타났으며 직하층과 거리가 멀어질수록 감쇠량이 커졌다. 가진위치에 따라 중앙에서는 낙하 높이의 영향이 적었지만 모서리의 경우 비교적 영향이 크게 나타나 최대 4 dB ~ 5 dB 까지 차이가 나타났다. 다만, 낙하높이 20 cm의 경우 충격력이 작아 상하 2개 층 이상 떨어진 층의 500 Hz

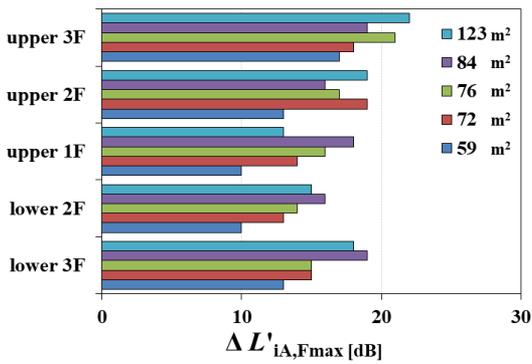


Fig. 11 Attenuation of floor impact sound level compared to the floor directly below by the plane

대역에서 배경소음보다 다소 낮은 충격음 음압레벨을 나타냈다. 그러나, 500 Hz의 음압레벨이 단일 수치 평가량에 기여도가 거의 없어 단일 수치 평가량의 분석은 유의한 것으로 판단하였다.

4.5 아파트 평면에 따른 전파특성

이 연구의 조사대상인 5개 각 동간 층별 감쇠량(단일 수치 평가량)의 상관관계를 조사한 결과, 각 동간 층별 감쇠량과의 상관계수는 모두 0.92 이상 ($p < 0.01$)으로 높은 것으로 나타났다. 따라서, 이 연구는 조사대상 공동주택의 일반적인 감쇠 특성을 제안하고자 평균값을 기준으로 결과를 도출하고자 하였다. 한편, Fig. 11과 같이 조사 대상 동별로 직하층 대비 감쇠량을 살펴본 결과, 면적이 클수록 감쇠량이 큰 경향이 일부 보이나, 뚜렷한 특성은 나타나지 않았다. 그러나, 모든 측정 층에서 면적이 작은 59 m² 세대에서 감쇠량이 최소로 나타나는 공통적인 특성을 나타냈다. 다만, 59 m² 세대 현장의 경우 다른 면적의 세대와 다른 현장이라 면적 이외의 영향이 있을 수도 있으므로 향후, 면적과 평형, 구조 등의 건축적 특성에 의한 층간소음 전파 특성을 조사하기 위해 영향변수가 통제된 상황에서 측정대상 수를 확대하여 조사할 필요가 있다.

5. 결 론

이 연구는 공동주택의 바닥충격음이 직하층 세대 뿐만 아닌 상하층 인근 세대로 전달되는 바닥충격음의 전파특성을 알아보려고 하였다. 특히, 실제 바닥충

격음이 발생할 수 있는 다양한 상황을 가정하여 가진 지점과 수음지점, 낙하높이를 다르게하여 상하층 3개 세대의 바닥충격음을 측정하였다.

현장 측정결과 측정 세대에서 고무공 충격음의 단일 수치 평가량은 상하로 3개 층을 전파하면서 직하층 대비 16 dB ~ 19 dB 감소한 것으로 나타났다. 전반적으로 중앙 수음의 감쇠량이 모서리 수음보다 최대 3.2 dB, 중앙 가진의 감쇠량이 모서리 가진보다 최대 4.5 dB 컸으며 이러한 영향은 각 모서리 가진, 모서리 수음에서 최대로 나타났다. 또한 주파수 대역별로 상대적인 감쇠량을 살펴보면 수음점 별로는 63 Hz 대역에서 모서리 수음의 감쇠량이, 125 Hz ~ 500 Hz 대역에서 중앙 수음의 감쇠량이 크게 나타났고, 가진점 별로는 250 Hz 대역에서 모서리 가진점의 감쇠량이, 나머지 대역에서는 중앙 가진점의 감쇠량이 크게 나타났다. 또한 낙하높이에 따라 충격력이 큰 낙하높이 100 cm가 20 cm에 비해 감쇠량이 크게 나타났으며 직하층과의 거리가 멀어질수록 감쇠량이 크게 나타났다.

이 연구의 아파트 5개 동 현장 측정 결과는 바닥충격음의 감쇠특성은 가진 및 수음 위치와 낙하 높이에 의해 영향을 받는 것을 보여준다. 이러한 결과는 바닥충격의 위치와 거주자의 수음위치 그리고 충격력의 크기 등 실제 생활에서 경험할 수 있는 다양한 상황을 상정하여 진행된 결과이다. 이 연구의 결과는 향후 층간소음 발생위치 추정을 위한 머신러닝 모델 개발, 벽체를 통한 우회전달음의 평가 및 저감대책과 건축구조별 바닥충격음 전파특성 연구에 기초자료로 활용 가능할 것으로 판단된다. 또한, 발생위치 추정에 있어 상하층 뿐만 아니라 옆 세대와 대각선 세대의 전파특성과 앰비소닉 마이크를 이용한 공간음향에 대한 조사가 필요하며, 청감실험을 통해 발생위치에 따라 거주자가 느끼는 감각특성에 대한 추가적인 연구도 필요하다. 이를 통해 향후 공동주택에서의 바닥충격음 전파특성을 비교하여 발생 위치의 오인으로 인한 사회적 갈등 해소에 도움이 될 것이라 판단한다.

후 기

이 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원(과제번호 21CTAP-C163631-01)과 전남대학교 학술연구비(과제번호: 2020-3742)의 지원으로 수행되었음.

References

(1) Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Committee for Management Dispute Mediation of Multi-unit Dwelling, <https://namc.molit.go.kr/>.

(2) Korea Environment Corporation, Complaints from Neighboring.

(3) Hwang, D. Y., 2014, Vibro-acoustic Analysis on Mechanism of Modulation and Transfer of Heavy-weight Impact Noise in Multi-story Buildings, M.S. Thesis, Hanyang University, Seoul, Korea.

(4) Kwak, Y. S., Lee, S. Y., Park, J. W., Hwang, D. Y., Jeon, J. Y. and Park, J. H., 2017, Effect of the Static Compressive Load on Vibration Propagation in Multistory Buildings and Resulting Heavyweight Floor Impact Sounds, The Journal of the Acoustical Society of America, Vol. 142, No. 1, pp. 308~316.

(5) Ham, J. S., 2013, Study on the Characteristic of Floor Sound and Vibration Transfer and the Blocking Function of Floor Sound for Newly Built Apartment House, The Journal of the Korean Housing Association, Vol. 24, No. 2, pp. 97~104.

(6) Lee, S. M., Kim, J. H., Kim, S. H., Song, H. S. and Ryu, J. K., 2021, Floor Impact Sound Level Distribution in Upper and Lower Units of an Apartment Based on Flanking Transmission by the Impact of a Rubber Ball, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 31, No. 5, pp. 574~581.

(7) Korean Agency for Technology and Standards, 2020, KS F ISO 717-2 :2020 Acoustics - Rating of Sound Insulation in Buildings and of Building Elements - Part 2: Impact Sound Insulation.

(8) Korean Agency for Technology and Standards, 2021, KS F ISO 10052 :2021 Acoustics - Field Measurements of Airborne and Impact Sound Insulation and of Service Equipment Sound - Survey Method.

(9) Lee, W. H. and Han, C. H., 2011, Floor Impact Noise Characteristics Depending on the Experimental Conditions using Impact Ball, Journal of the Acoustical Society of Korea, Vol. 30, No. 2. pp. 92~99.



Chunwon Eom graduated from Chonnam National University, Gwangju, Korea in 2021. He is currently a M.S. candidate in the school of architecture at Chonnam National University. His research interests are in the area of architectural acoustics, floor impact sound, environmental noise, spatial acoustics.



Songmi Lee received the M.S. in the Dept. of architectural engineering from Chonnam National University, Gwangju, Korea in 2021. She is currently a Ph.D candidate in the School of architecture at Chonnam National University. Her research interests are in the area of architectural acoustics, psycho-acoustics, and machine learning.



Jeonghun Kim received the M.S. in the Dept. of architectural engineering from Chonnam National University, Gwangju, Korea in 2021. He is currently a Ph.D candidate in the School of architecture at Chonnam National University. His research interests are in the area of architectural acoustics, soundscape, and machine learning.



Eunsung Song graduated from Youngsan University, Gyeongnam, Korea in 2021. He is currently a M.S. candidate in the school of architecture at Chonnam National University. His research interests are in the area of architectural acoustics, acoustic barrier-free and machine learning.



Dokyeong Kim graduated from Chonnam National University, Gwangju, Korea in 2020. He is currently a M.S. candidate in the school of architecture at Chonnam National University. His research interests are in the area of architectural acoustics, psycho-physiological acoustics.



Suhong Kim graduated from Chonnam National University, Gwangju, Korea in 2020. He is currently a M.S. candidate in the school of architecture at Chonnam National University. His research interests are in the area of architectural acoustics, psycho-acoustics, computational analysis and machine learning.



Jongkwan Ryu received his Ph.D. in Dept. of Architectural Engineering from Hanyang University, Seoul. He is currently as a professor in the school of architecture at Chonnam National University. His research interests are in the area of architectural acoustics, psycho-acoustics, acoustic barrier-free, and machine learning.