

고무공 충격음의 우회전달에 의한 공동주택 상하층 세대에서의 바닥충격음레벨 분포

Floor Impact Sound Level Distribution in Upper and Lower Units of an Apartment Based on Flanking Transmission by the Impact of a Rubber Ball

이 송 미* · 김 정 훈* · 김 수 홍* · 송 한 솔* · 류 종 관†
Songmi Lee*, Jeonghun Kim*, Suhong Kim*, Hansol Song* and Jongkwan Ryu†

(Received September 14, 2021 ; Revised October 07, 2021 ; Accepted October 08, 2021)

Key Words : Floor Impact Sound(바닥충격음), Flanking Transmission(우회전달), Level Distribution(레벨분포), Upper & Lower Unit(상하층세대)

ABSTRACT

This study investigated the distribution of floor impact sound levels in the upper and lower floors of an apartment house by the flanking transmission of the sound caused by the impact of a rubber ball. The rubber ball floor impact sound was measured in 10 units (five units on the upper and lower floors based on the excitation floor) of an apartment prior to completion. The measurements indicated that the single number quantity (L'_{iAFmax}) of the rubber ball impact sound on the fifth upper and lower floors based on the excitation floor was reduced by 18 dB to 28 dB compared to the floor directly below the excitation floor. It was also found that as the sound-receiving floor was further away from the excitation floor, the decrease was greater at the corner sound-receiving point than at the center and at the lower floor than at the upper floor. In addition, it was observed that the lower the frequency band, the greater was the decrease in the floor impact sound level. These results and further investigations would be helpful in resolving conflicts between residents due to misidentification of the location of the floor impact sound in apartments.

1. 서 론

최근 코로나19로 인해 주거공간에서 머무는 시간이 길어지면서 층간소음으로 인한 민원이 급증하고 있다. 현재, 국내의 공동주택 바닥충격음은 직상층 바닥의 바닥충격음 차단성능을 규제하고 있다. 하지만, 환경부 이웃사이센터⁽¹⁾와 국토부 층간소음 예방관리 가이드북⁽²⁾

에 의하면 직상층이 아닌 상하층 세대 등 인근 다른 세대로 인한 층간소음 민원이 발생되었다. 이러한 층간소음 발생 위치의 오인으로 인해 주민들 간의 불필요한 갈등이 점점 고조화 되고 있다. 또한, 민원을 해결하기 위한 과정(측정 및 원인파악)에서 층간소음의 발생 위치를 찾는 것에 어려움이 있다. 한편, 국가에서는 2020년 ‘도전, 한국이 해결해야할 후보 과제’ 중 층간소음의 정확한 원인지 파악 등이 주요 과제로 선정되었

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

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

A part of this paper is presented at the KSNVE 2020 Annual Autumn Conference

‡ Recommended by Editor Jun Yun Chung

© The Korean Society for Noise and Vibration Engineering

으며, 층간소음을 저감하고 이웃 간의 분쟁을 줄일 수 있는 기술적 방안이 필요하다고 언급하였다³⁾. 이는 층간소음은 더 이상 직상층에서 만의 문제가 아닌 상하층 세대 및 모서리 세대 등 모든 세대로 부터의 바닥충격음도 고려해야 할 필요가 있음을 시사한다.

국내 공동주택의 주요 구조형식인 벽식구조에서 벽체는 상하층으로 구조적인 연결이 되어 있기 때문에 바닥충격 진동 및 소음 전파의 주요 경로가 된다. 충격 가진층이 직상층인 경우 천장면(가진층 기준 바닥면) 대비 벽체의 진동 레벨^{4,5)} 및 음의 세기⁶⁾는 상대적으로 크지 않으나, 상부층 또는 하부층 세대의 벽체 및 바닥으로 진동에너지가 전달되어 일정 레벨 이상의 바닥충격음이 전달될 것으로 판단된다. 벽체 보강에 따른 바닥충격음 차단성능 조사 결과 유의미한 저감효과 나타나, 벽체 부위의 바닥충격음의 영향을 간접적으로 보여준 바 있다⁷⁾. Lee 등⁸⁾은 직상층 바닥충격의 진동이 수음층 벽체 및 바닥으로 전달되어 진동과 음향에서 인접하는 2개의 공진주파수가 발생되며, 이 공진주파수는 벽체의 강성에 의해 영향을 받는다고 제시하였다. Kwak 등⁹⁾은 벽식구조 아파트의 동일한 가진층에서 고무공을 가진 후 각 층별 소음과 진동을 측정하고 결과, 벽체가 갖는 정적하중이 증가할수록 바닥의 공진주파수가 증가하여 상대적으로 아래층의 바닥의 공진주파수가 상층보다 높은 것으로 나타났다. 또한, 가진층 기준 5개 상층과 하층세대의 바닥충격음 레벨 (L_{iFmax})은 모두 직하층 대비 약 23 dB의 낮은 레벨을 나타내는 것으로 나타났다. 하지만, 공동주택에서 바닥충격음의 우회 전달특성을 좀 더 명확히 규명하고 대처하기 위한 주파수 대역별 전달특성과 수음위치의 영향에 대한 연구는 부족한 상황이다.

따라서 이 연구에서는 벽식구조 공동주택에서 고무공 충격원을 대상으로 가진층으로부터 상하부층세대로 우회 전달되는 바닥충격음의 레벨 분포를 조사하였다. 현장 측정은 가진층을 기준(가진위치: 거실 중앙)으로 상하층 5개 세대에서 거실의 중앙과 모서리 지점에서 측정하였고, 각 수음위치별로 단일평가지수와 주파수대역별 바닥충격음 레벨을 분석하였다.

2. 현장 측정

2.1 현장 개요

공동주택에서 바닥충격음 전파 특성을 알아보기

위해 광주광역시 동구에 위치한 준공 전 아파트 1개동 1호 라인을 대상으로 측정하였다. 측정 현장의 공급 유형은 105.3 m²이고 전용 면적은 76.0 m², 거실의 천장높이는 2.5 m이었다. 또한, 아파트는 전반적으로 벽식구조 형식이나, 거실의 한쪽 벽은 건식벽체로 시공되어 일부 층의 경우 거실과 침실을 합친 확장형이었다(Fig. 1에서 거실과 침실2의 경계벽이 없음). 바닥은 콘크리트 210 mm, 완충재(EPS) 30 mm, 경량기포콘크리트 40 mm, 시멘트 몰탈 50 mm이며, 지정 마감은 강마루로 구성되었다. 해당 현장의 바닥충격음 차단성능은 KS F 2810-2¹⁰⁾과 KS F 2863-2¹¹⁾에 따라 측정 및 분석한 결과, 중량충격음(고무공)의 바닥충격음레벨($L'_{i,Fmax,Aw}$)은 47 dB인 것으로 나타났다.

2.2 측정 및 분석 방법

층별에 따른 바닥충격음 전파 특성을 알아보기 위해 ISO 10052¹²⁾ 간편법을 참고하여 가진 지점과 수음 지점을 선정하였다. 가진 지점은 거실의 바닥 중앙 지점으로 설정하였다. 충격원은 고무공을 사용하여 바닥에서부터 높이 100 cm에서 자유낙하 하였다. 수음 지점은 Fig. 1과 같이, 복도를 제외한 거실 바닥의 중앙 지점과 벽에서 75 cm 이격거리의 모서리 지점으로 총 2개의 수음 지점을 설정하였다. 확장형 평면의 경우, 일반형 평면과 동일한 크기로 경계를 두고 동일한 방식으로 진행하였다. 바닥충격음의 측정 및 분석은 현장에서 녹음 후 사후 분석하는 방

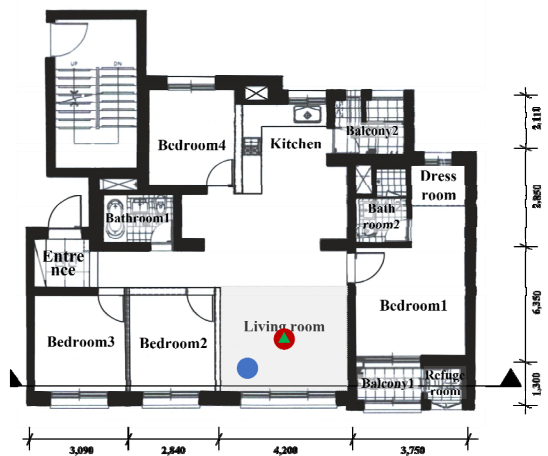


Fig. 1 Positions of excitation of rubber ball and sound receiver (○ : receiver, △ : excitation)

법으로 진행되었다. 현장에서 바닥충격음 녹음은 소음계(RION NL-42) 2대를 바닥에서 1.2 m 높이로 설치하여, 총 4번의 충격음이 포함되도록 하여 10초 동안 진행하였다. 또한, Fig. 2와 같이, 가진층을 기준으로 상부 5개, 하부 5개 세대에서 녹음하였다. 각 층에서의 녹음은 동시측정이 아니라, 각각의 층에서 녹음 시 가진층에서 반복 가진되는 고무공충격음을 녹음하였다. 바닥충격음의 음압레벨 분석은 AS-70(RION)을 사용하여 1/3 옥타브밴드로 분석한 후 ISO 717-2⁽¹³⁾를 통해 제시된 63 Hz ~ 500 Hz대역의 단일평가지수 (L'_{iAFmax} , SNQ: single number quantity)로 평가하였다.

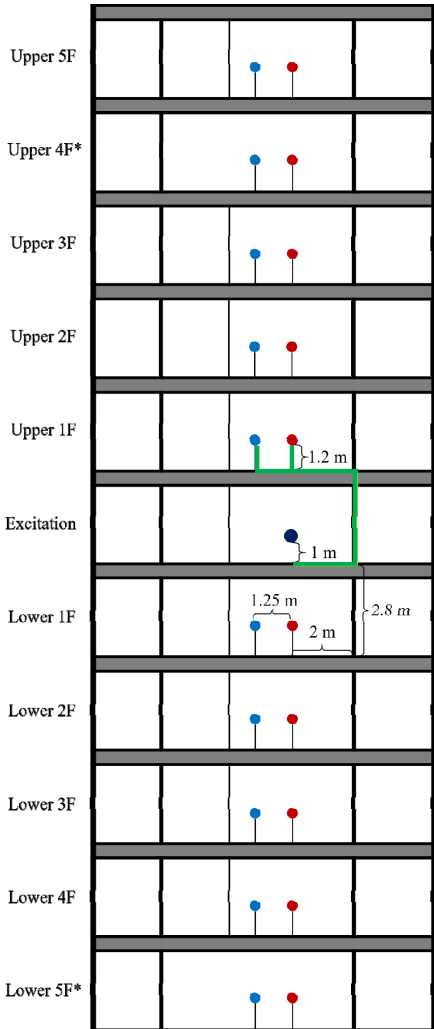


Fig. 2 Microphone position for each floor (*: expended living room)

3. 결 과

3.1 층수에 따른 고무공 충격음 레벨

(1) 단일평가지수(SNQ)

Fig. 3은 각 층별 고무공 충격음의 단일평가지수 (L'_{iAFmax})를 나타내고 있다. 먼저, 모서리 수음이 중앙 지점보다 전반적으로 높은 단일평가지수를 나타냈다. 중앙 지점의 경우, 가진층을 기준으로 직하층이 48 dB, 5개 상층(U5F)과 하층세대(L5F)는 모두 30 dB로 나타나 18 dB의 바닥충격음 레벨 감쇠가 발생한 것으로 나타났다. 한편, 모서리 지점의 경우에는 가진층을 기준으로 직하층이 57 dB로 가장 높게 나타났으며, 5개 상층세대(U5F)의 경우 36 dB, 5개 하층세대(L5F)는 29 dB로 나타나 상하층 각각 21 dB, 28 dB 감쇠 현상이 나타났다. 상하층 5개 지점의 바닥충격음레벨 분석 결과 모서리 지점이 중앙 지점 보다 바닥충격음 감쇠가 크게 나타나며, 상층과 하층의 비교결과 중앙 지점의 경우 차이는 미미하였으나 모서리 지점의 경우 하층세대가 좀 더 큰 레벨감쇠현상을 나타냈다. 한편, 가진층에서 멀어질수록 바닥충격음 레벨이 감쇠하다가 증가하고 다시 감쇠하는 경향을 나타냈다. 특히, 모서리 지점의 충격음 감쇠량의 변화가 중앙 수음보다 비교적 높은 것으로 나타났다. 이러한 특성으로 모서리 지점의 경우 가진층의 직하층(L1F)로부터 두 개층 상층(U2F), 하층(L3F)에서의 바닥충격음 레벨이 각각 46 dB, 47 dB로 직하층 중앙 지점에서의 레벨인 48 dB 과 유사한 수치를 나타냈다.

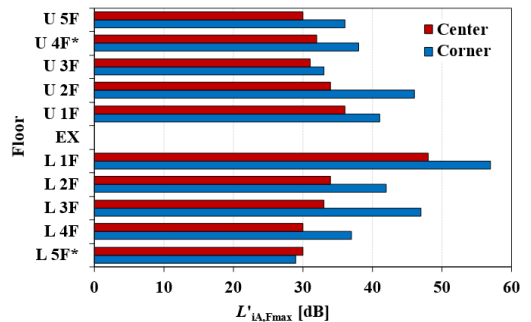


Fig. 3 Floor impact sound level (SNQ: L'_{iAFmax}) at each floor and receiving position (U: upper unit, L: lower unit, EX: excitation floor, *: expended living room)

(2) 주파수 대역별 바닥충격음 레벨

Fig. 4는 각 주파수 대역별 중앙 지점과 모서리 지점에서의 충격음 음압레벨을 나타낸 것이다. Fig. 4(a)의 63 Hz 대역에서는 모서리 지점이 중앙 지점보다 음압레벨이 높게 나타났지만, 나머지 주파수 대역에서는 중앙 지점의 음압레벨이 비교적 높게 나타났다. 전반적으로 모든 주파수 대역에서 기준층에서 멀어질수록 음압레벨이 감소하는 것으로 나타났고 주파수가 낮을수록 음압레벨 감소량이 큰 것으로 나타났다. 한편, 63 Hz 대역에서는 가진층에서 멀어질 때 바닥충격음 레벨이 증가하는 경우가 발생하였으며, 이러한 경향은 모서리 지점에서 보다 명확히 나타났다.

Table 1은 중앙 지점과 모서리 지점에서 각 단일평가지수와 주파수 대역별 충격음 레벨과의 상관관계를 나타낸 것이다. Table 1과 같이, 전반적으로 중앙과 모서리 지점 모두 단일평가지수와 유의한 상관관계를 나타냈고, 중앙 지점의 경우에는 모든 주파수 대역에서 0.93 이상의 높은 상관계수가 나타났지만, 모서리

지점에서는 63 Hz를 제외한 주파수 대역에서 상대적으로 낮은 상관계수가 나타났다. 특히, 중앙 지점의 경우 125 Hz, 모서리 지점의 경우 63 Hz가 가장 높은 상관계수를 나타냈다. 이는 모서리 지점의 경우 63 Hz에서의 음압레벨이 단일평가지수 결정에 가장 크게 영향을 미친다는 점을 보여준다.

Fig. 5는 수음 지점별 상하층 세대에서의 바닥충격음 레벨의 주파수 특성과 배경소음레벨을 나타낸 것

Table 1 Correlation coefficient in floor impact sound level between SNQ and octave band for each receiving position

SNQ \ Frequency	Center			
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz
Center	0.967**	0.986**	0.936**	0.956**
Conner	0.998**	0.862**	0.841**	0.794**

** : $p < 0.01$

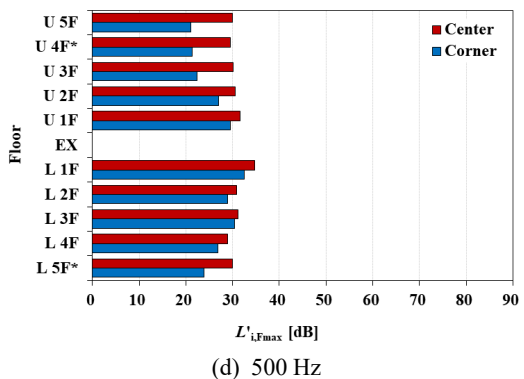
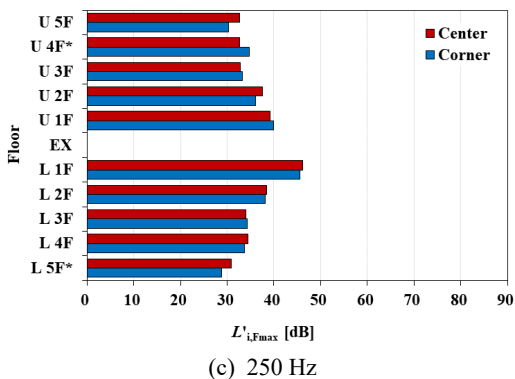
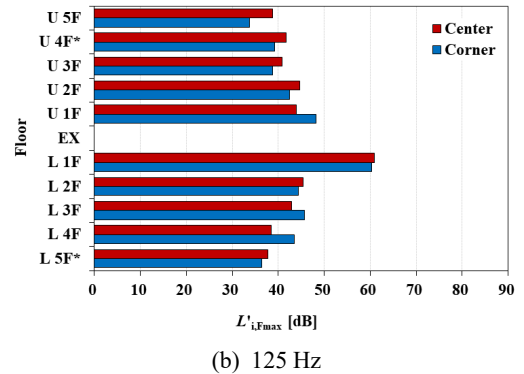
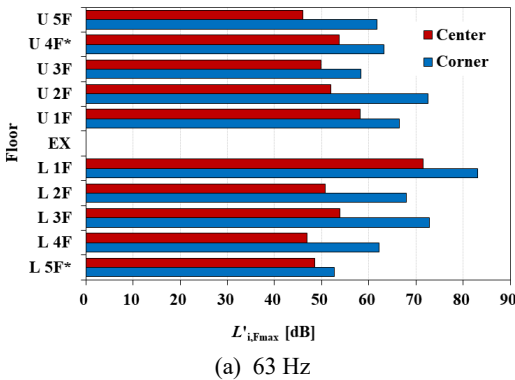


Fig. 4 Floor impact sound level at each floor and sound receiving position for each octave band (U: upper unit, L: lower unit, EX: excitation floor, *: expended living room)

이다. 먼저, 배경소음은 중앙과 모서리 수음점 각각 모든 층의 평균 배경소음은 29.0 dB(A)와 24.6 dB(A)로 나타났으며 표준편차는 중앙과 모서리 수음점 모두 0.9 dB(A)이었다. 중앙 지점과 모서리 지점에서 가진층의 직하층(L1F)을 기준으로 주파수 대역별 감쇠량을 살펴보았을 때, 전반적으로 두 개의 지점 모두 상하층 세대가 유사한 경향으로 주파수 대역별 바닥충격음 레벨이 감쇠하는 것으로 나타났다. Fig. 5(a)에서와 같이 중앙 지점의 경우, 상하층 세대의 63 Hz 대역 감쇠량이 다른 주파수 대역에 비해 크게 나타난 반면, 500 Hz대역의 감쇠량은 미미한 것으로 나타났다.

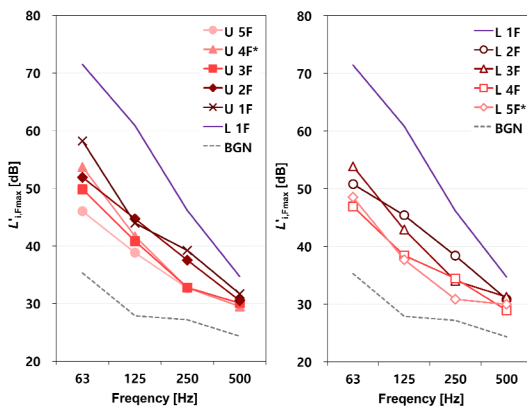
모서리 지점의 경우, Fig. 5(b)에서와 같이 모든 주파수 대역에서 감쇠량이 전반적으로 중앙 지점보다

컸으며, 특히 아래층 세대의 63 Hz 대역의 감쇠량이 중앙 지점보다 더욱 큰 것으로 나타났다. 한편, 63 Hz의 모서리 지점의 경우 가진층의 직하층(L1F)로부터 두 개층 상(U2F) 또는 하층(L3F)에서의 바닥충격음 레벨이 한 개층 상(U1F) 또는 하층(L2F) 보다 높은 값을 나타냈다. 이러한 경향은 중앙 지점 하층세대에 서도 동일하게 나타났다.

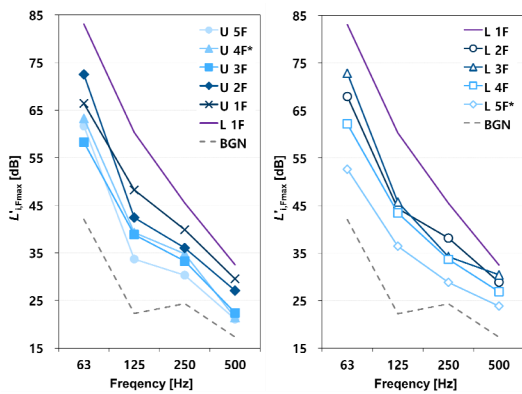
3.2 우회 전달 최단거리에 따른 고무공 충격음 레벨 감쇠 예측

(1) 단일평가지수(SNQ)

Fig. 6은 수음 지점별 가진 지점과 수음 지점간의 거리(우회전달 최단거리)에 따른 단일평가지수를 나타낸 것이다. 바닥충격음은 고체 및 공기를 통해 전달되는 음이므로 가진 지점으로부터 각 층의 수음 지점까지 우회전달 최단거리(고체+공기전달 경로, Fig. 2에서 녹색부분)는 가장 가까운 내력벽(거실과 침실 1의 경계벽)을 기준으로 하였다. 다만, 직하층의 경우 우회전달음의 영향이 천장(직상층 바닥) 대비 미미할 것으로 판단되어 제외하였다. Fig. 6과 같이, 가진층을 기준으로 최단거리가 멀어질수록 역로그함수 형태로 감쇠하는 것으로 나타났으며, 중앙 수음에서의 역로그함수 추세선을 기준으로 R²값이 모서리 수음 지점에 비해 높게 나타났다. 이는 중앙 수음 지점에 비



(a) Center receiving position



(b) Corner receiving position

Fig. 5 Frequency response of floor impact sound level at each floor and sound receiving position (U: upper unit, L: lower unit, EX: excitation floor, *: expended living room, BGN: background noise)

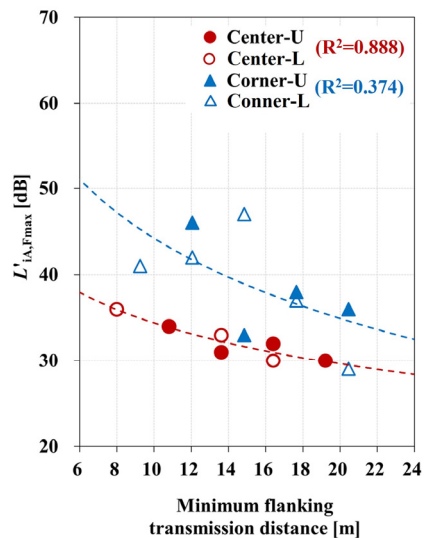


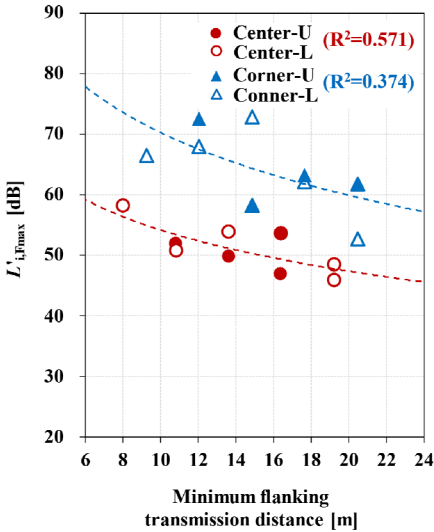
Fig. 6 SNQ of floor impact sound as a function of source-receiver flanking transmission distance and R² (U: upper unit, L: lower unit)

해 모서리 수음 지점의 경우, 거리에 따른 충격음 감소량이 불규칙한 것으로 판단된다.

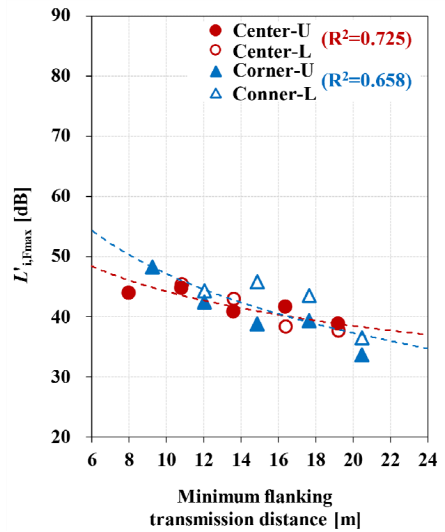
(2) 주파수 대역별 바닥충격음 레벨

Fig. 7은 수음 지점별 가진 지점과 수음 지점간의 최단거리에 따른 주파수 대역별 바닥충격음 음압 레벨을 나타내고 있다. 전반적으로 모든 주파수 대역에서 가진 지점과 수음 지점간 거리가 증가함에 따라

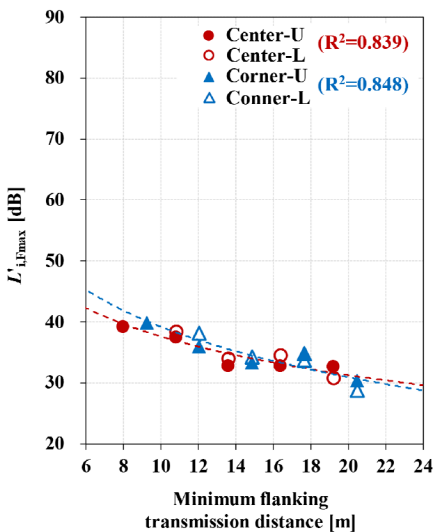
역로그함수 형태로 바닥충격음 레벨이 감소하는 것으로 나타났다. 63 Hz의 경우 Fig. 6의 단일평가지수와 유사한 결과를 나타냈으나, 역로그함수 추세선 기준 R²값이 다른 주파수 대역의 값보다 낮은 것으로 나타나 감소경향이 상대적으로 불규칙한 것으로 판단된다. 또한, 중앙과 모서리 지점 간 차이도 다른 주파수대역 대비 상당히 큰 것으로 나타났다. 125 Hz와 250 Hz 대역의 경우 가진 지점과 수음 지점 거리에 따른 거리



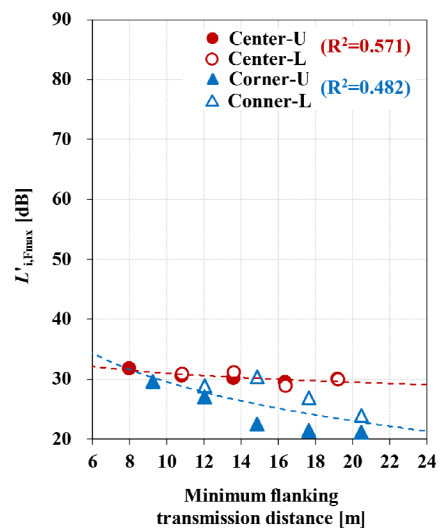
(a) 63 Hz



(b) 125 Hz



(c) 250 Hz



(d) 500 Hz

Fig. 7 Floor impact sound level as a function of source-receiver flanking transmission distance for each octave band and R² (U: upper unit, L: lower unit)

감쇠 경향이 뚜렷하며, 중앙과 모서리 지점간 차이도 미미하였다. 500 Hz 대역의 경우 다른 주파수 대역 대비 감쇠량이 적은 것으로 나타났다.

4. 토의 및 결론

이 연구는 공동주택에서 바닥충격음의 우회 전달 특성을 알아보기 위해 고무공 충격음을 대상으로 준공 전 아파트에서 가진층을 기준으로 상하층 5개 세대에서 바닥충격음 측정을 실시하였다. 측정결과, 고무공 충격음의 단일평가지수 기준으로 가진층의 직하층 대비 5개층 상하층 세대에서의 바닥충격음의 레벨은 18 dB ~ 28 dB 감소하였다. 가진층으로부터 수음층이 멀어질수록 중앙 보다는 모서리 지점에서, 상층 보다는 하층에서의 감소량이 더욱 큰 것으로 나타났다. 또한, 주파수 대역별 바닥충격음 레벨을 조사한 결과 주파수 대역이 낮을수록 바닥충격음 레벨 감소가 큰 것으로 나타났다.

가진 지점과 수음 지점의 거리 증가에 따라 고무공 충격음 레벨이 전반적으로 역로그함수 형태로 감쇠하나, 특정 층에서는 오히려 바닥충격음 레벨이 증가하는 경향이 나타났다. 이러한 결과는 모서리 지점의 63 Hz 대역에서 보다 명확히 발견되었는데, 벽식구조 아파트의 경우 가진층 바닥과 수음층 벽체 및 바닥이 구조적으로 연결됨에 따라 각 요소간의 복합적인 구조적 진동특성 관계^(8,9)에 의해 기인한 것으로 사료되며, 이에 대한 면밀한 추가 연구가 필요하다. 앞의 결과에 따라, 가진층의 직하층에서의 바닥충격음 레벨(중앙 지점, SNQ: 48 dB)과 유사한 값이 가진층의 직하층으로부터 2개층 상층 및 하층 세대 모서리 지점에서 나타났고, 이러한 결과는 벽식구조 공동주택에서 층간소음은 가진 지점에서 거리가 멀어짐에도 불구하고 직하층과 동일한 에너지가 전달될 수 있음을 시사한다.

이 연구는 아파트 1개동을 대상으로 조사하였기 때문에 보다 다양한 유형의 공동주택에서의 전달 특성과 충격력을 달리하였을 때의 전파특성 등 추가적인 조사가 필요하다. 또한, 소음뿐만 아니라 바닥과 벽에서의 진동 측정 및 엠비소닉 마이크로폰 등을 사용하여 층별로 동시 특성을 통해 바닥충격음 전파 특성에 대한 조사가 필요하다. 측정 시, 창측 모서리뿐만 아니라 복도측에서의 모서리 부분에서도 측정 및 분석

을 통해 바닥충격음 전달 특성을 비교함으로써 바닥 충격음의 전파특성을 파악하는 데 도움이 될 것이라고 판단된다. 향후, 충격력의 크기 및 가진 위치에 따른 차이의 비교와 머신러닝의 방법론을 활용하여 수집한 데이터들을 통해 발생 위치를 예측하는 추가적인 연구가 필요하다. 이를 통해 공동주택에서의 바닥 충격음 발생 위치의 오인으로 인한 주민들 간의 갈등을 해소하는데 도움이 될 것이라고 판단된다.

후 기

이 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 21CTAP-C163631-01).

References

- (1) Korea Environment Corporation, 2018, Casebook of Complaints from Neighboring.
- (2) Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2020, Central Committee for Management Dispute Mediation of Multi-unit Dwelling: Guidebook of Noise Prevention and Management.
- (3) Ministry of the Interior and Safety, Gwanghwamun ilbunga, 2020, <https://www.gwanghwamoon1st.go.kr/>.
- (4) Park, H. G., Baek, G. O. and Moon, D. H., 2015, Modal Parameter of Floor and Walls in Residual Building, Proceedings of the KSNVE Annual Autumn Conference, pp. 682~685.
- (5) Ryu, J. K., Kim, I. H. and Go, J. C., 2015, Heavy-weight Floor Impact Sound and Vibration with Structure Types in Apartment Building, Proceedings of Acoustical Society of Korea, p. 212.
- (6) Kim, M. J., Sohn, J. Y. and Kim, H. S., 1998, Contribution Ratio of Each Surface of Receiving Room for Floor Impact Sound Transmission by Using Sound Intensity Method, Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design, Vol. 14, No. 4, pp. 217~225.
- (7) Kim, K. W., Kang, J. S., Lee, S. E. and Yang, K. S., 2005, Floor Impact Sound Isolation Performance by Composition of Ceiling and Wall, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering,

Vol. 15, No. 3, pp. 465-473.

(8) Lee, S., Hwang, D., Park, J. and Jeon, J. Y., 2015, Cause and Perception of Amplitude Modulation of Heavy-weight Impact Sound in Concrete Wall Structure, *Building and Environment*, Vol. 94, pp. 785-792.

(9) Kwak, Y., Lee, S., Park, J., Hwang, D., Jeon, J. Y. and Park, J., 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.

(10) Korean Agency for Technology and Standard, 2017, KS F 2810-2 Field Measurements of Floor Impact Sound Insulation of Buildings — Part 2: Method using Standard Heavy Impact Sources.

(11) Korean Agency for Technology and Standard, 2020, KS F 2863-2 Rating of Floor Impact Sound Insulation for Impact Source in Buildings and Building Elements — Part 2: Floor Impact Sound Insulation against Standard Heavy Impact Source.

(12) International Organization for Standardization, 2021, ISO 10052 Acoustics — Field Measurements of Airborne and Impact Sound Insulation and of Service Equipment Sound — Survey method.

(13) International Organization for Standardization, 2020, ISO 717-2 Acoustics — Rating of Sound Insulation in Buildings and of Building Elements — Part 2: Impact Sound Insulation.



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.



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.



Hansol Song received the M.S. in the Dept. of architectural engineering from Chonnam National University, Gwangju, Korea in 2019. He is currently a Ph.D. candidate in Chonnam University. His research interests are in the area of architectural acoustics, floor impact sound, environmental noise, and psycho-acoustics.



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.