

타이어 충격원에 의한 중량충격음 평가시 충격 및 마이크로폰 위치의 영향

Influence of Impact and Microphone Positions on Heavy-weight Floor Impact Sound Evaluation using Tire Impact Source

신혜경[†] · 박상희* · 김경우*

Hye-kyung Shin[†], Sang Hee Park* and Kyoung-woo Kim*

(Received October 22, 2024 ; Revised November 20, 2024 ; Accepted November 25, 2024)

Key Words : Heavy-weight Floor Impact Sound(중량충격음), Tire(타이어), Apartment(아파트)

ABSTRACT

This study examined the influence of excitation and receiving positions on heavy-weight floor impact sound evaluation in apartment buildings using a tire impact source. Measurements were taken in 59 identical apartment units having the same floor structure. The results showed that impact positions in the center and near windows contributed 21.3 % ~ 22.7 % to the single-number quantity, while positions near the corridor contributed 16.3 % ~ 17.6 %. Regarding microphones, position near windows contributed 27.0 % ~ 28.5 %, corridor areas contributed 16.2 % ~ 16.9 %, and the center position contributed 11.5 %. These findings differ from those of previous studies using rubber ball impact sources, highlighting the importance of impact source characteristics in sound pressure distribution. The findings of this study suggest that floor structure design needs to be reconsidered due to the change in impact sources. While this study focused on a specific floor plan and structure, further research on different layouts and floor structures is needed for a comprehensive understanding.

1. 서 론

우리나라에서는 공동주택에서 발생하는 세대간 소음으로부터 거주자를 보호하기 위해서 바닥충격음과 공기전달음 기준을 설정하고 있다. 바닥충격음에 대한 구체적인 성능 기준은 2003년에 제정되었다⁽¹⁾. 기준 제정 당시 중량충격음을 평가하는 표준 충격원은 타이어였으나, 이후 실제 사람이 생활하면서 발생하

는 충격에 비해 타이어 충격력이 과도하다는 의견과⁽²⁾ 국제기준과의 부합성을 고려하여 2022년부터 고무공으로 충격원이 변경되었다^(3,4).

고무공의 충격력은 1500 N으로 타이어의 충격력인 4200 N과 차이가 있으며⁽²⁾, 충격력의 차이는 바닥충격음의 주파수 대역별 최대음압레벨의 차이를 유발하는 요인 중 하나이다. 특히 타이어로 발생한 중량충격음은 고무공으로 발생한 것 보다 저주파수 대역의 레벨이 높게 나타난다⁽⁵⁾. 저주파수 대역의 소리는 아

[†] Corresponding Author ; Member, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, Research Specialist
E-mail : hkshin@kict.re.kr

* Member, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, Senior Researcher

[‡] Recommended by Editor Phillip Kim
© The Korean Society for Noise and Vibration Engineering

파트 거실과 같은 공간에서 불균형하게 분포하며⁽⁶⁾, 이러한 공간을 대표하는 측정 방법이 연구되었다⁽⁷⁾. 그 결과, 음압레벨 측정시 공간의 중앙 지점과 모서리 지점을 결합하여 측정하는 방식이 전체 공간의 평균값과 유사한 결과를 보였다. 또한 50 Hz ~ 80 Hz 대역에서는 공간의 중심점 레벨이 낮고, 모서리 부분과 벽면에서 높은 레벨을 보이는 것으로 나타났다. Ju et al.은 충격원이 상이할 때 발생하는 수평면과 수직면의 최대음압레벨의 분포를 연구하였으며⁽⁸⁾, 현재 공동주택의 바닥충격을 측정시 마이크로폰 높이로 규정되어 있는 지면으로부터 1.2m가 룬모드의 영향으로 레벨이 가장 낮게 나타나는 지점임을 밝혔다. 이러한 공간적 불균형은 저주파수 대역의 성분이 지배적인 타이어 충격음에서 더 두드러질 것으로 예상된다.

충격음의 공간적 불균형은 바닥충격을 단일수치평가량에도 영향을 미칠 것으로 예상된다. Shin et al.은 단일수치평가량 기여도를 주파수 대역별로 산출하는 방법을 제안하였다^(9,10). 같은 건물에 위치한 평면이 동일한 세대를 대상으로 충격원이 달라질 때 중량충격음을 비교하였다. 주파수 대역별 단일수치평가량 기여도를 산출한 결과, 고무공은 50 Hz ~ 200 Hz가 주요한 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 타이어는 50 Hz ~ 125 Hz로 나타났다. 이후 더 세부적으로는 고무공으로 평가할 때, 각 충격 지점과 마이크로폰의 지점에 따른 최대음압레벨이 단일수치 평가량에 미치는 영향을 정량화하였다⁽¹¹⁾.

공동주택의 중량충격음 평가에 고무공 충격원이 도입된 기간이 비교적 짧아, 건설사를 비롯한 업계에서 타이어로 측정한 데이터가 더 많을 것으로 예상되며, 기존에 개발한 저감기술과 공법 개발 또한 주로 타이어 충격원에 초점을 맞추고 있을 것으로 보인다. 그러나 공동주택 현장에서 성능을 측정하는 사후확인제에서는 충격원별로 나타나는 바닥충격음의 특성을 이해하고, 이에 적합한 저감 공법을 개발하고 적용하는 것이 필요하다.

이 연구에서는 한 건물에 위치한 59 m² 면적의 평면이 동일한 59세대를 대상으로, 타이어 충격원을 사용하여 측정한 바닥충격음을 분석하였다. 이는 선행 연구에서 고무공으로 동일한 세대를 평가한 것과 직접적인 비교가 가능하도록 설계하였다⁽¹¹⁾. 특히, 타이어 충격원을 사용했을 때 충격 지점과 마이크로폰 지점에 따른 최대음압레벨이 단일수치평가량에 미치는

영향을 중점적으로 분석하였다. 이를 통해 충격원의 차이가 바닥충격음 특성에 미치는 영향을 파악하고자 하였다.

2. 방 법

2.1 대상 아파트 및 중량충격음 측정 개요

대상 아파트 건물은 24층으로 총 84세대가 위치해 있으며, 세대 면적은 59 m²이다. 평면도는 Fig. 1과 같다. 천장고는 2.3 m이고, 바닥 면적이 17.1 m²인 거실에서 중량충격음을 측정하였다. 총 59세대를 측정하였으며, 이 측정 데이터는 선행연구에서 사용한 데이터와 동일하다^(9,10). 바닥구조는 바닥슬래브 210 mm, EPS(expanded polystyrene) 완충재 30 mm, 경량기포 콘크리트 40 mm, 마감몰탈 40 mm이다. 중량충격음을 타이어로 측정하였으며, 국토교통부고시 ‘공동주택 바닥충격음 차단구조 인정 및 검사기준’에서 규정하는 제26조(측정방법)에 따라 측정하였다. 해당 고시에서는 수음실의 마이크로폰의 위치와 갯수를 규정하고 있으며, 음원실의 충격 위치를 수음실의 마이크로폰 위치와 동일하게 정하고 있다. 마이크로폰과 충격원의 위치는 중앙점과 모서리의 벽면으로부터 0.75 m 이격된 지점이다. 충격원 지점은 S1 ~ S5, 마이크로폰은 M1 ~ M5로 Fig. 2와 같이 나타내었다. 창가 측 충격 지점과 마이크로폰 지점은 각각 S2 ~ S3, M2 ~ M3으로, 거실과 연결된 복도 측은 각각 S4 ~ S5, M4 ~ M5로 나타내었다.

2.2 충격 및 마이크로폰 지점별 기여도 산출

단일수치평가량은 KS F ISO 717-2에서 규정하고

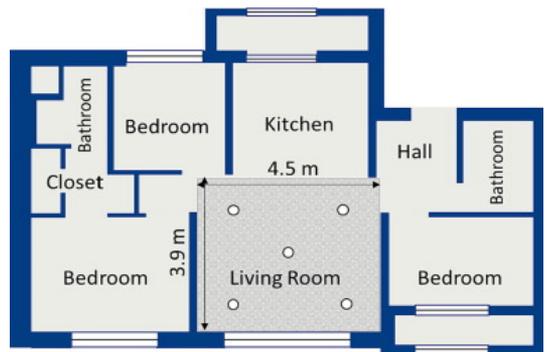


Fig. 1 Floor plan of apartment

있는 평가방법 중 A-가중 최대 바닥충격음레벨 ($L'_{iA, Fmax}$)로 나타내었다⁽¹²⁾. 바닥충격음 단일수치평가량을 산출하는 방식은 충격 지점에 따른 마이크로폰에서 측정된 최대음압레벨을 에너지 평균을 하고, 충격 지점별로 측정된 최대음압레벨을 다시 에너지 평균한다. 이후 주파수 대역별 최대음압레벨에 A-가중 보정값을 적용 한 다음 단일수치평가량을 산출한다. Shin et al.의 선행연구에서는 이를 역으로 산출하여 충격 및 마이크로폰 지점에 따른 단일수치평가량 기여도를 산출하는 식을 제안하였으며⁽¹¹⁾, 이 연구에서는 제안한 식 (1)~식 (3)에 따라 이를 산출하였다.

주파수 대역별 기여도 [%]

$$= (10^{\frac{L_{i,F,max,1} + A_1}{10}} / \sum_{l=1}^n 10^{\frac{L_{i,F,max,l} + A_l}{10}}) \times 100 \tag{1}$$

여기서, 주파수 대역별 기여도 [%]는 $L'_{iA, Fmax}$ 를 결정하는 $L'_{i, Fmax, l}$ 의 비율로 정의된다. $L'_{i, Fmax, l}$ 은 1/3 옥타브 대역 l 의 $L'_{i, Fmax}$ 값을 나타내며, A_1 은 1/3 옥타브 대역 l 에 대한 A-가중 보정값이다.

충격 지점별 기여도 [%]

$$= (10^{\frac{L_{i,F,max,j}}{10}} / \sum_{j=1}^n 10^{\frac{L_{i,F,max,j}}{10}}) \times 100 \tag{2}$$

여기서, 충격 지점별 기여도 [%]는 $L'_{i, Fmax}$ 를 결정하는 $L'_{i, Fmax, j}$ 의 비율로 정의된다. $L'_{i, Fmax, j}$ 는 충격 지점 j 의 $L'_{i, Fmax}$ 값을 나타낸다.

마이크로폰 지점별 기여도 [%]

$$= (10^{\frac{L_{i,F,max,j,k}}{10}} / \sum_{k=1}^n 10^{\frac{L_{i,F,max,j,k}}{10}}) \times 100 \tag{3}$$

여기서, 마이크로폰 지점별 기여도 [%]는 $L'_{i, Fmax, j}$ 를 결정하는 $L'_{i, Fmax, j, k}$ 의 비율로 정의된다. $L'_{i, Fmax, j, k}$ 는 마이크로폰 지점 k 내의 $L'_{i, Fmax, j}$ 값을 나타낸다.

식(1)~식(3)에서 얻은 기여도를 곱함으로써 $L'_{iA, Fmax}$ 에 대한 1/3옥타브 대역의 기여도를 결정할 수 있다. 최종적으로, $L'_{iA, Fmax}$ 를 계산하는 데 있어 각 충격 또는 마이크로폰의 기여도는 주파수 대역별 기여도를 합하여 얻을 수 있다.

3. 결 과

3.1 충격 및 마이크로폰 지점별 최대음압레벨 평균 및 표준편차

충격 지점별 59세대의 평균 최대음압레벨과 표준편차를 Fig. 3에 나타내었다. 중앙 지점(S1)의 평균 최대음압레벨이 100 Hz에서 다른 지점보다 높게 나타났으며, 또한 160 Hz 이상의 주파수 대역에서도 다른 충격 지점 보다 레벨이 높게 나타났다. 각 충격 지점별 표준편차는 중앙 지점(S1)을 제외하면 대체로 3 dB 이하로 나타났다. 중앙 지점(S1)은 160 Hz 이상 주파수 대역에서 높은 최대음압레벨과 4 dB 이상의 표준편차가 나타났는데, 이에 대한 원인은 추가 분석할 필요가 있으나 석고보드 천장의 진동으로 인한 소리 발생으로 예상된다.

59세대 측정시 충격 지점에 따른 다섯개 마이크로폰의 최대음압레벨의 각 평균을 Fig. 4에, 표준편차를 Fig. 5에 나타내었다. Fig. 4를 보면 모든 충격 지점에서 마이크로폰 지점에 따른 100 Hz 이하 주파수 대역의 최대음압레벨의 차이가 발생하였다. 그 중, 중앙 지점(S1)에 충격을 가했을때, 마이크로폰 별 최대음압레벨의 차이가 비교적 낮게 나타났으며, 나머지 지점(S2~S5)에서는 마이크로폰별 최대음압레벨의 차이가 발생하였다. 중앙 지점에 있는 마이크로폰 (M1)의 최대음압레벨은 80 Hz 이하의 주파수 대역

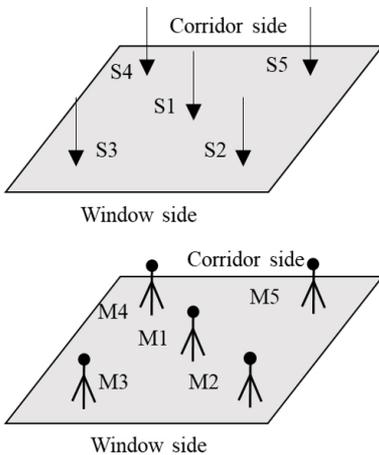
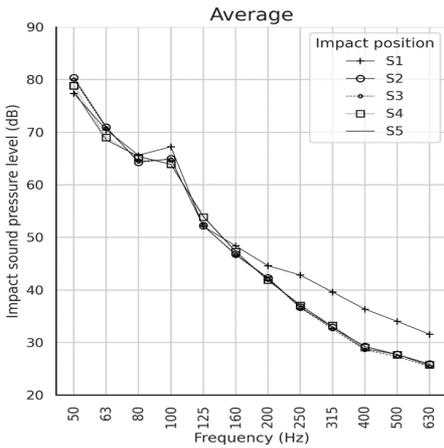
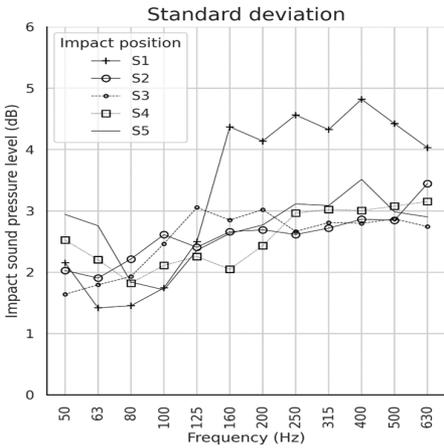


Fig. 2 Impact source positions on the upper floor (S1 ~ S5) and microphone positions on the lower floor(M1 ~ M5)



(a) Average



(b) Standard deviation according to impact positions for 59 households

Fig. 3 Impact sound pressure level in the receiving room

에서 낮게 나타났다. 또한 창가 지점(S2~S3)에 충격을 가할때 200 Hz에서 레벨이 높은 현상을 보였다.

충격 지점에 따른 마이크로폰별 59개 세대의 표준편차를 살펴본 결과(Fig. 5), 중앙 지점(S1)을 충격하였을 경우, 160 Hz 이상의 주파수 대역에서 천장의 떨림으로 인해 높은 표준편차를 보였다. 나머지 지점(S2~S5)을 충격하였을 때는 표준편차가 대부분 4 dB 이하로 나타났다.

3.2 충격 및 마이크로폰 지점별 기여도

충격원 지점에 따른 주파수 대역별 단일수치평가

량 기여도는 Fig. 6과 같다. 50 Hz, 100 Hz 대역에서 높은 기여도를 보였으며, 충격 지점에 따라서 주파수 대역별로 기여하는 정도가 상이한 것으로 나타났다. 50 Hz에서는 창가 측(S2~S3)에서의 지점별 기여도가 10.4%~11.5%로 나타난 반면, 100 Hz 대역에서는 중앙 지점(S1)에서의 기여도가 7.6%로 가장 높게 나타났다.

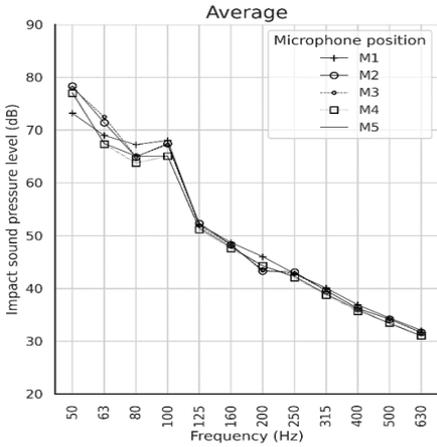
충격원 및 마이크로폰 지점에 따른 중량충격음 평가 대역별(50 Hz~630 Hz) 기여도는 부록(Appendix 1)에 나타내었다. 중량충격음을 평가하는 전체 대역의 기여도를 합산한 결과를 Table 1에 나타내었다. 충격 지점별 기여도가 높은 지점은 중앙 및 창가 지점(S1~S3)이 21.3%~22.7%로 나타났으며, 복도 지점(S4~S5)의 기여도는 16.3%~17.6%로 상대적으로 낮게 나타났다.

마이크로폰 별 기여도를 합산한 결과는 Table 2와 같다. 창가 측(M2~M3)에 있는 마이크로폰의 기여도는 27.0%~28.5%로 나타났으며, 복도 측(M4~M5)에 있는 마이크로폰의 기여도는 16.2%~16.9%, 중앙(M1)은 11.5%로 가장 낮은 기여도를 보였다. 마이크로폰 지점에 따른 기여도의 표준편차는 창가 측(M2~M3)에 있는 마이크로폰의 표준편차가 3.4 dB~3.7 dB로 나타났고, 중앙(M1)과 복도 측(M4~M5)은 2.3 dB~2.7 dB로 나타났다.

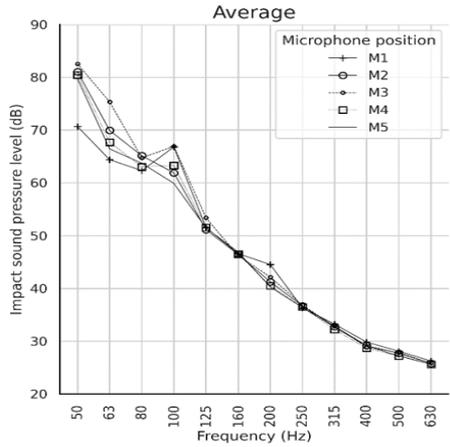
4. 토 의

이 연구에서는 한 아파트 건물 내 동일한 평면과 바닥구조를 가진 59세대를 대상으로 타이어를 충격원으로 사용하여 중량충격음을 평가하였으며, 충격 위치와 마이크로폰 설치 지점에 따른 단일수치평가량의 영향을 분석하였다. 그 결과, Table 1과 같이 5개의 충격 지점 중 중앙 지점(S1)과 창가에 있는 두 지점(S2~S3)의 기여도가 21.3%~22.7%로 나타났으며, 복도 측 두 지점(S4~S5)은 16.3%~17.6%로 나타났다. 마이크로폰 지점별 기여도를 살펴보면 창가 측(M2~M3)은 27%~28.5%로 나타났으며, 복도 측(M4~M5)은 16.2%~16.9%, 중앙(M1)은 Table 2와 같이 11.5%로 나타났다.

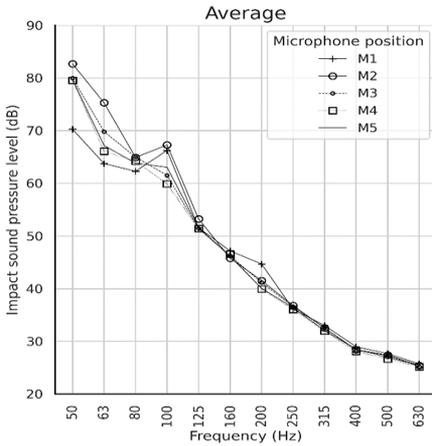
이는 선행연구에서 같은 세대를 대상으로 고무공으로 평가한 결과와 상이한 양상을 보인다⁽¹¹⁾. 해당 연구에서 고무공으로 평가하였을 경우, 충격 지점에 따



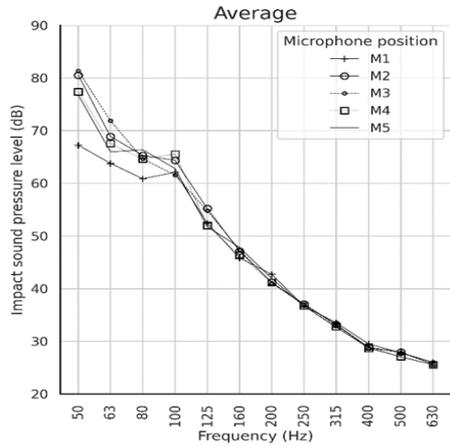
(a) S1



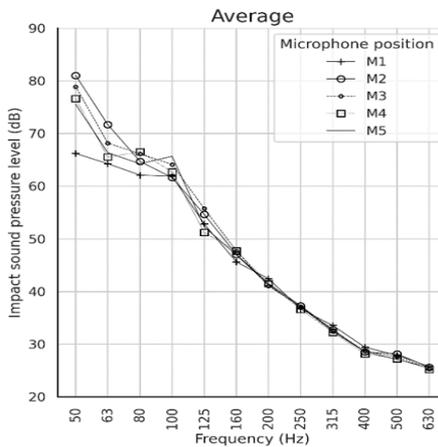
(b) S2



(c) S3



(d) S4



(e) S5

Fig. 4 Average impact sound pressure level by microphone positions for 59 households, differentiated by impact positions

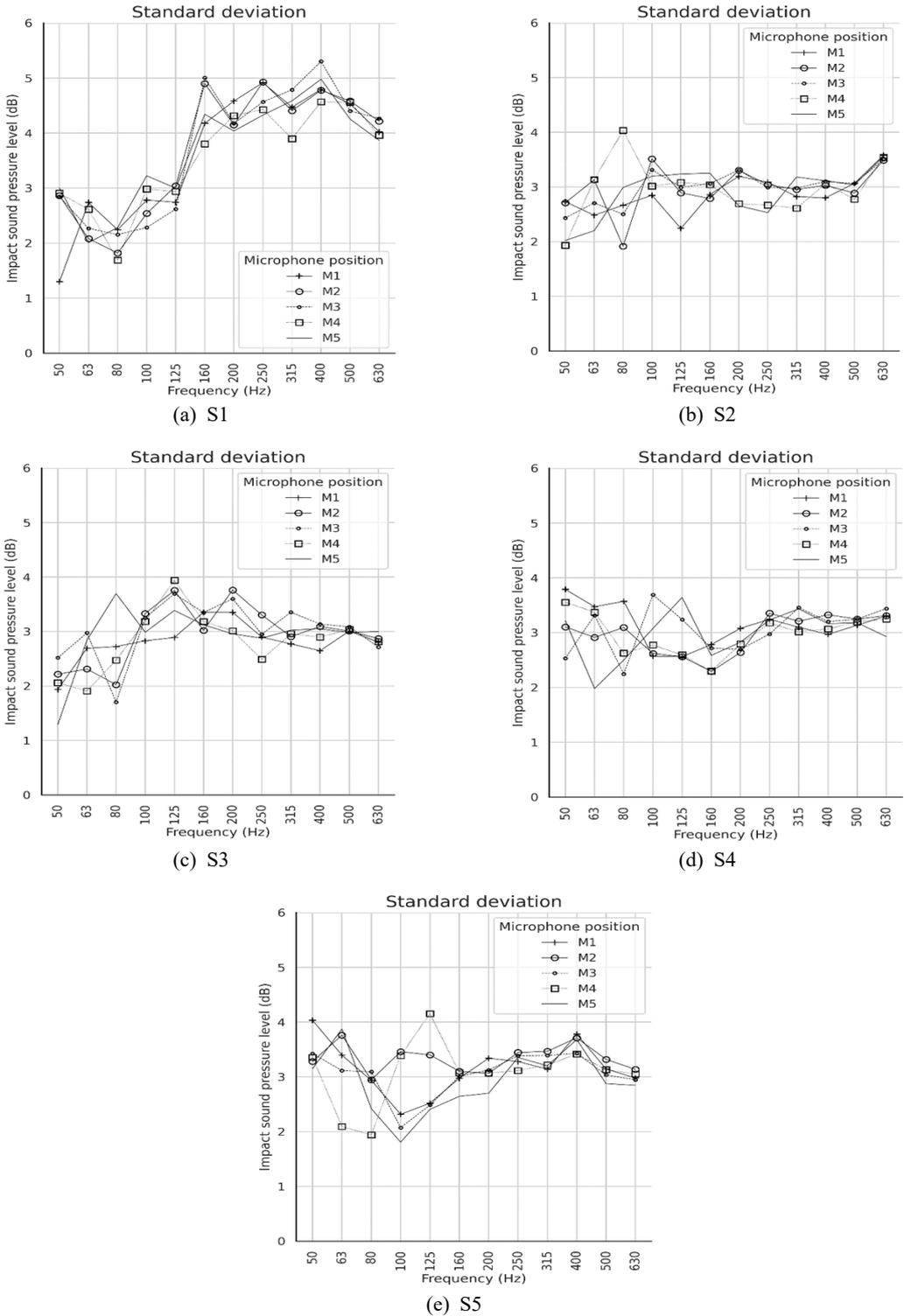


Fig. 5 Standard deviation of impact sound pressure level by microphone positions for 59 households, differentiated by impact positions

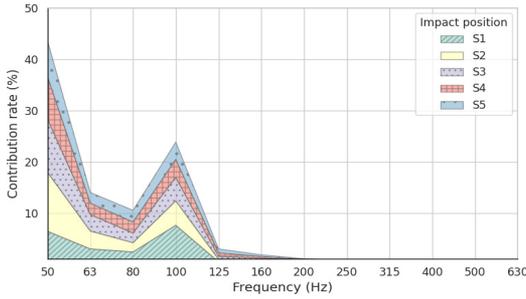


Fig. 6 Contribution rate(%) of each impact position (S1 ~ S5) across frequency bands for calculating $L'_{iA, Fmax}$, averaged over 59 households

라 중앙점의 기여도는 24.6 %, 나머지 지점은 18.2 % ~ 19.5 %로 나타났다. 또한 마이크로폰 지점별 기여도는 창가 측 22.8 % ~ 23.7 %, 나머지 지점은 17.3 % ~ 18.5 %로 나타났다.

충격원에 따른 기여도의 차이는 여러 원인이 있을 수 있다. 첫째, 충격원에 따른 상이한 주파수 특성이 결과의 차이를 유발할 수 있다. 둘째, 충격원에 따른 슬래브 거동의 영향이다. 예를 들어 타이어로 창가 측에 충격을 가할 경우, 슬래브의 거동이 상대적으로 커지게 되고, 이는 창호를 포함한 벽체 반사음을 증폭시켜 창가 측 마이크로폰의 기여도를 높이는 결과로 이어질 수 있다. 더불어 충격 위치와 마이크로폰 위치에 따른 음압 발생특성은 바닥 진동 특성 및 음향 모드 특성과 밀접하게 연관되어 있는데⁽¹³⁾, 특히 창가 측에서 관찰되는 높은 음압은 코너 부분에서 발생하는 음의 반사가 주된 원인으로 판단된다.

타이어로 인한 충격음을 저감하기 위해서 음원실에서는 중앙 지점과 창가 측 두 지점에서 발생하는 충격음의 저감이 필요하며, 수음실에서는 창가 측 두 지점에 전달되는 최대음압레벨의 저감이 필요하다. 두 충격원에 따라 저감해야 하는 주파수 대역과 충격 지점 및 마이크로폰 지점의 우선순위가 다르기 때문에, 충격원이 변경된 사후확인제도에서 바닥충격음 저감을 위해 기존 방식과 다르게 접근해야 할 것으로 보인다.

추가적으로 현재 바닥충격음 측정시 음원실의 충격 지점과 수음실의 마이크로폰 지점 위치를 동일하게 설정하고 있다. 향후 연구에서는 실제 생활 환경을 고려한 평가 방법 연구가 필요한 것으로 판단된다. 예를 들어, 성인의 일상적인 보행 동선이나 거주자

Table 1 Contribution rates by impact and microphone positions for 59 households, showing cumulative contributions

Impact	Position	Average [%]	Standard deviation [%]
	Mic		
S1	M1	4.3	1.6
	M2	5.2	1.6
	M3	5.3	1.6
	M4	3.5	1.2
	M5	3.8	1.4
	Energy average (M1 ~ M5)	22.1	5.5
S2	M1	2.4	1.0
	M2	4.8	2.0
	M3	8.3	2.4
	M4	4.1	1.1
	M5	3.1	0.7
	Energy average (M1 ~ M5)	22.7	4.3
S3	M1	2.2	1.0
	M2	8.3	2.4
	M3	4.0	1.6
	M4	3.1	0.8
	M5	3.6	0.8
	Energy average (M1 ~ M5)	21.3	4.0
S4	M1	1.2	0.4
	M2	4.8	1.7
	M3	5.2	1.8
	M4	3.5	1.2
	M5	2.8	0.7
	Energy average (M1 ~ M5)	17.6	4.5
S5	M1	1.2	0.4
	M2	5.3	2.4
	M3	4.1	1.8
	M4	2.8	0.9
	M5	2.8	1.1
	Energy average (M1 ~ M5)	16.3	5.4

Table 2 Contribution rates by microphone positions for 59 households, showing cumulative contributions

Mic position	Average [%]	Standard deviation [%]
M1	11.5	2.3
M2	28.5	3.7
M3	27.0	3.4
M4	16.9	2.7
M5	16.2	2.7

들이 주로 머무는 공간을 분석하여 이를 평가에 반영할 수 있다. 이러한 접근은 거주자가 실제로 체감하는 소음을 반영하는 평가 방법 연구에 기여할 수 있다.

5. 결 론

공동주택의 바닥충격음 성능은 최종적으로 단일수치 평가량으로만 평가되어 왔기 때문에, 충격 지점이나 마이크론 위치에 따른 최대음압레벨에 대한 세부적인 연구는 미흡했다. 이에 이 연구에서는 공동주택의 중량 충격음 성능을 결정하는 충격 지점과 마이크론 지점별 최대음압레벨의 영향을 정량적으로 분석하였다.

타이어를 이용한 중량충격음 측정 결과, 중앙과 창가 측 충격 지점에서의 기여도가 복도 측보다 높게 나타났으며, 마이크론 지점별로는 창가 측, 복도 측, 중앙 순으로 높은 기여도를 보였다. 이러한 결과는 고무공을 사용한 선행연구와 다른 양상을 보여, 충격원의 특성이 중량충격음의 공간적 분포에 중요한 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 이에 따라 충격원 변경에 따른 바닥 구조 설계의 재검토가 필요할 것으로 판단된다.

이 연구는 특정 평면과 바닥구조를 대상으로 한 사례로, 연구 결과의 일반화에는 신중한 접근이 필요하다. 향후에는 다양한 평면 및 바닥구조에 대한 추가 연구가 요구되며, 실생활 소음을 고려한 측정위치 선정 및 평가방법 개선에 대한 연구도 필요할 것으로 판단된다.

후 기

이 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 RS-2022-00144050)(KICT #20240424-002).

References

- (1) Ministry of Construction & Transportation, 2003, Regulations on Standards for Housing Construction Standards, Ministry of Construction & Transportation, Presidential Decree, No. 17972, Sejong-si, Korea.
- (2) Jeon, J. Y., Ryu, J. K., Jeong, J. H. and Tachibana, H., 2006, Review of the Impact Ball in Evaluating Floor Impact Sound, Acta Acustica United with Acustica, Vol. 92, No. 5, pp. 777~786.
- (3) Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2022, Recognition and Inspection Standards for Floor Impact Sound Insulation Structures in Multi-unit Dwellings, Ministry of Land, Infrastructure and Transport, MOLIT Notice No. 2022-868, Sejong-si, Korea.
- (4) Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2022, Establishing Performance Inspection Standards for Multi-unit Dwellings after Construction to Reduce Inter-floor Noise, Press Release, Ministry of Land, Infrastructure and Transport, pp. 1~4, Sejong-si, Korea.
- (5) Yoo, S. Y., Yeon, J. O. and Jeon, J. Y., 2009, Analysis and Evaluation of Impact Sound Insulation of Concrete Floor Structures in Response to Characteristics of Heavy-weight Impact Sources, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 19, No. 10, pp. 1062~1068.
- (6) International Organization for Standardization, 2020, Acoustics — Field Measurement of Sound Insulation in Buildings and of Building Elements — Part 2: Impact Sound Insulation, International Organization for Standardization, ISO 16283-2:2020, Geneva, Switzerland.
- (7) Hopkins, C. and Turner, P., 2005, Field Measurement of Airborne Sound Insulation between Rooms with Non-diffuse Sound Fields at Low Frequencies, Applied Acoustics, Vol. 66, No. 12, pp. 1339~1382.
- (8) Ju, M. K., Han, M. H. and Oh, Y. K., 2009, Deviation of Sound Pressure Level in Receiving Room according to the Heavy-weight Floor Impact Sources and it's Positions, KIEAE Journal, Vol. 9, No. 4, pp. 23~28.
- (9) Shin, H., Park, S. H. and Kim, K., 2023,

Spatial Distribution of Heavy-weight Floor Impact Sounds according to the Household Location in a Box-frame Concrete Building, *Applied Acoustics*, Vol. 203, 109214.

(10) Shin, H., Park, S. H. and Kim, K., 2023, Case Study on Frequency Bands Contributing the Single Number Quantity for Heavy-weight Impact Sound based on Assessment Method Changes, *The Journal of the Acoustical Society of Korea*, Vol. 42, No. 6, pp. 565~571.

(11) Shin, H., Park, S. H., Kim, Y. H. and Kim, K., 2025, Effects of Impact and Microphone Positions on Heavy-weight Floor Impact Sound Pressure Levels in Concrete Buildings, *Applied Acoustics*, Vol. 227, 110222.

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

(13) Park, H. S., Yoon, D. Y. and Cho, T., 2020, Influence of Plan Configuration on Low Frequency Vibroacoustic Behaviour of Floating Floor with Low Natural Frequency, *Applied Acoustics*, Vol. 158, 107040.



Sang Hee Park is a senior research at the KICT(Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology). She completed her Ph.D. in architectural acoustics from University of Liverpool in 2019. Her research involves exploring measures to promote human well-being in built environments.



Kyoung-woo Kim received his Ph.D. in architecture engineering from Hanyang University in 2009. He is working at the KICT(Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology) as a senior research fellow. His research interests are floor impact sound, vibration, insulation and absorption in architecture environment.



Hye-kyung Shin is Research Specialist at KICT(Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology). She received Ph.D. degree in 2023. Her research interests are architectural acoustic and environmental noise.

부 록

Appendix Contribution rates by impact and microphone positions for 59 households, showing cumulative contributions across the frequency range of 50 Hz ~ 630 Hz

Position		Contribution rates to the impact sound pressure level by frequency [Hz]																								
		50		63		80		100		125		160		200		250		315		400		500		630		
Impact	Mic	Avg [%]	SD [%]	Avg [%]	SD [%]	Avg [%]	SD [%]	Avg [%]	SD [%]	Avg [%]	SD [%]	Avg [%]	SD [%]	Avg [%]	SD [%]	Avg [%]	SD [%]	Avg [%]	SD [%]	Avg [%]	SD [%]	Avg [%]	SD [%]	Avg [%]	SD [%]	
S1	M1	0.5	0.2	0.5	0.3	0.7	0.4	2.0	1.3	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-	-	-	-
	M2	1.7	1.1	0.8	0.4	0.4	0.2	1.8	1.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-	-	-	-
	M3	1.6	1.1	1.0	0.6	0.5	0.2	1.6	0.9	0.1	-	0.2	0.4	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-	-	-	-
	M4	1.3	0.9	0.3	0.2	0.3	0.1	1.1	0.7	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-
	M5	1.4	1.0	0.3	0.2	0.5	0.2	1.1	0.9	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-	0.1	-	-	-	-
	Energy average (M1 ~ M5)		0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.5	0.2	0.1	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S2	M1	0.3	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	1.5	0.9	0.1	-	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	M2	2.9	1.6	0.6	0.5	0.4	0.2	0.6	0.6	0.1	0.1	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	M3	3.9	2.0	2.0	1.0	0.4	0.2	1.6	1.0	0.1	0.1	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	M4	2.4	0.9	0.4	0.3	0.3	0.3	0.7	0.5	0.1	0.1	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	M5	2.0	0.7	0.3	0.2	0.3	0.2	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Energy average (M1 ~ M5)		2.7	1.4	0.5	0.3	0.5	0.3	0.8	0.5	0.2	0.1	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S3	M1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.3	0.2	1.3	0.8	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	M2	4.0	1.6	1.9	0.8	0.4	0.2	1.7	1.0	0.2	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	M3	2.3	1.1	0.6	0.4	0.4	0.2	0.5	0.5	0.1	0.1	0.1	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	M4	1.9	0.7	0.2	0.1	0.4	0.2	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	M5	2.0	0.6	0.3	0.2	0.4	0.3	0.7	0.5	0.1	0.1	0.1	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Energy average (M1 ~ M5)		3.0	1.4	1.0	0.6	0.4	0.2	0.5	0.4	0.2	0.2	0.1	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S4	M1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.5	0.2	0.1	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	M2	2.7	1.4	0.5	0.3	0.5	0.3	0.8	0.5	0.2	0.1	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	M3	3.0	1.4	1.0	0.6	0.4	0.2	0.5	0.4	0.2	0.2	0.1	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	M4	1.4	0.9	0.4	0.3	0.4	0.2	1.1	0.5	0.1	0.1	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	M5	1.1	0.5	0.2	0.1	0.6	0.4	0.6	0.4	0.1	0.1	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Energy average (M1 ~ M5)		1.4	0.9	0.4	0.3	0.4	0.2	1.1	0.5	0.1	0.1	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S5	M1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.5	0.2	0.1	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	M2	3.0	1.7	1.0	0.7	0.4	0.3	0.5	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	M3	1.9	1.3	0.4	0.3	0.6	0.5	0.8	0.4	0.2	0.1	0.1	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	M4	1.1	0.6	0.2	0.1	0.6	0.3	0.6	0.4	0.1	0.1	0.1	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	M5	0.9	0.5	0.3	0.3	0.4	0.2	1.1	0.4	0.1	0.1	0.1	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Energy average (M1 ~ M5)		1.1	0.5	0.2	0.1	0.6	0.4	0.6	0.4	0.1	0.1	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-