

중량충격음 평가방법 변화에 따른 단일수치평가량 기여 주파수 대역 사례 분석

Case study on frequency bands contributing the single number quantity for heavy-weight impact sound based on assessment method changes

신혜경,¹ 박상희,¹ 김경우[†]

(Hye-kyung Shin,¹ Sang Hee Park,¹ and Kyoung-woo Kim^{1†})

¹한국건설기술연구원 건축연구본부

(Received September 25, 2023; revised November 9, 2023; accepted November 15, 2023)

초 록: 사후확인제 도입으로 현장에서의 바닥충격음 성능 측정이 의무화되고, 평가 방법이 변경되었다. 제도 변화에 따른 바닥충격음 성능 변화를 추적하기 위해서는 변경된 평가방법에 따라 중량충격음 특성이 어떻게 나타나는지에 대한 연구가 필요하다. 본 연구에서는 평면과 바닥구조가 동일한 하나의 아파트 건물에 위치한 59세대를 대상으로 충격원 및 평가지표에 따라 단일수치평가량을 결정하는 주파수 대역의 기여율을 분석하였다. 단일수치평가량에 따른 주파수대역별 기여도 산출방법이 상이하여 단순 비교는 어려우나, 사후확인제 도입 이전 평가방법(뽕머신 측정 및 $L'_{i,Fmax,AW}$ 으로 평가)에서는 63 Hz가 미치는 기여율은 평균 80.8%로 나타났으며, 125 Hz가 미치는 기여율은 평균 19.2%로 나타났다. 현행 평가방법(고무공 측정 및 $L'_{iA,Fmax}$ 으로 평가)에서는 기여율은 50 Hz ~ 80 Hz에서 평균 33.1%, 100 Hz ~ 160 Hz에서 평균 58.7%, 200 Hz ~ 315 Hz에서 평균 6.9%, 400 Hz ~ 630 Hz에서 평균 1.3%으로, 63 Hz 대역의 기여도가 낮아진 것으로 나타났다. 이 결과는 대상 공동주택에 대한 사례 분석 내용으로, 더 다양한 공동주택에 대한 측정 데이터를 분석할 필요가 있다.

핵심용어: 바닥충격음, 중량충격음, 공동주택, 사후확인제, 단일수치평가량 기여율

ABSTRACT: With the introduction of the post-verification system, the measurement of floor impact noise performance on-site has become mandatory, and the evaluation method has changed. To track the performance changes since the policy implementation, research is needed on how the characteristics of heavyweight impact sound change according to the varied evaluation method. In this study, we analyzed the contribution rate of the frequency band-specific sound pressure level on the single-number quantity for a multi-family housing unit with the same floor plan and floor structure, comprising 59 households, based on the changed impact sources and evaluation indicators. It is difficult to compare simply because the method of calculating contributions by frequency band according to the single-day evaluation is different, but the average contribution rate of 63 Hz was 80.8% in the evaluation method before the introduction of the post-confirmation system (Tire measurement and evaluated as $L'_{i,Fmax,AW}$), and the average contribution rate of 125 Hz was 19.2%. The current evaluation method (rubber ball measurement and evaluation as $L'_{iA,Fmax}$) shows that the contribution rate has decreased to 33.1% on average at 50 Hz ~ 80 Hz, 58.7% on average at 100 Hz ~ 160 Hz, 6.9% on average at 200 Hz ~ 315 Hz, and 1.3% on average at 400 Hz ~ 630 Hz. This result is a case analysis for the target apartment house, and it is necessary to analyze measurement data for more diverse apartment houses.

Keywords: Floor impact noise, Heavyweight impact noise, Multi-family housing, Post-verification system, Contribution rate

PACS numbers: 43.40.Kd, 43.50.Jh

†Corresponding author: Kyoung-woo Kim (kwmj@kict.re.kr)

Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, 283, Goyang-daero, Ilsanseo-gu, Gyeonggi-do 10223, Republic of Korea

(Tel: 82-31-910-0356, Fax: 82-31-910-0361)



Copyright©2023 The Acoustical Society of Korea. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

I. 서론

공동주택 사용 검사 전 단계에서 의무적으로 현장 성능을 측정하는 층간소음 사후확인제가 도입됨에 따라 신규로 공급되는 공동주택의 바닥충격을 차단 성능 파악이 가능하게 되었다. 사후확인제의 주요 골자는 사업계획승인을 받아 시행하는 주택사업의 사업주체는 성능검사기관으로부터 바닥충격음 차단구조의 성능을 검사 받고, 그 결과를 사용검사권자에게 제출하는 것이다. 사용검사권자는 ‘성능검사 결과가 기준에 미달하는 경우...사업주체에게 보완 시공, 손해배상 조치를 권고할 수’ 있도록 정하고 있다.^[1]

공동주택을 모사한 표준시험실 또는 공동주택 시공현장에서 바닥구조의 성능을 평가한 구조를 현장에 시공하는 ‘사전인정제도’에서 ‘사후확인제’로 변경되면서 바닥구조의 성능 기준, 평가지표, 표준 충격원 등 전반적인 평가방식이 변경되었다. 바닥구조의 성능은 경량충격음과 중량충격음 모두 49 dB 이하를 만족해야 하며, 평가지표는 기존에 KS F 2863-1,^[2] -2^[3]에서 규정하고 있던 지표에서 KS F ISO 717-2^[4]에서 정하고 있는 지표로 변경되었다. 또한 중량충격원은 뱅머신에서 고무공으로 바뀌었다.

제도 변화에는 이를 뒷받침하기 위한 행정적인 절차가 수반되며, 사업주체는 변화하는 기준에 대응하기 위한 자원, 시간, 인력 등을 추가로 부담하게 된다. 이러한 제도 변화에 따른 비용 투입대비 성능 개선 효과를 평가하는 것은 효과적인 규제 마련 면에서 중요하다.^[5] 그러나 충격원 및 평가지표 등 바닥충격음을 평가방법이 전반적으로 변화하였기 때문에 사후확인제 이전과 이후 측정결과의 직접적인 비교는 어려운 상황이다.

Kim과 Shin^[6]은 슬래브 두께가 120 mm인 노후 공동주택을 대상으로 평가지표가 달라질 때 지표간의 상관관계를 분석하였다. 그 결과, 고무공으로 평가한 현행 지표와 뱅머신으로 측정한 제도 변경 전의 지표 간의 결정계수는 0.762로 나타났다. 유사한 연구로 Okano^[7]은 뱅머신으로 측정한 목조건물의 차음성능을 고무공으로 측정한 결과로 변환하는 연구를 수행하였다. 이때 두 측정결과의 상관관계가 낮

게 나타났으며, 두 충격원 간의 최대 충격력 차이를 근거로 들었다.^[8] Jeon *et al.*^[9]의 연구에서는 충격원에 따른 충격력을 비교하였다. 뱅머신은 63 Hz 대역에서 고무공보다 높은 충격력을 보였으며, 어린이가 뛰면서 발생하는 소리의 주파수 특성은 고무공으로 발생한 충격음과 유사한 것으로 나타났다. 그러나 여러 선행 연구에서 충격원과 평가지표를 동시에 바꾸어 분석하였기 때문에 단일수치평가량이 어떠한 요인으로 인해 결정되는지에 대한 규명이 필요하다. 이러한 요인을 검토하기 위해서는 단일수치평가량을 결정하는 주파수 대역별 기여율 산출을 고려할 수 있다. Shin *et al.*^[10]은 이를 계산하기 위한 식을 제안하였으며, 평면과 바닥구조가 동일한 한 개 건물의 성능 편차를 분석하였다. 건물 내에서 세대가 위치한 층과 라인과 같은 요인이 중량충격음 차단 성능에 미치는 영향 분석하였으며, 그 결과 같은 층에 위치한 세대의 경우 주파수 대역별 중량충격음 차단 성능의 유사도가 높음을 밝혀내었다.

본 연구에서는 전용면적이 59 m²인 공동주택 한 동의 59세대의 중량충격음을 대상으로 분석하였다. 제도 변경 전과 후의 표준 충격원인 뱅머신과 고무공으로 측정하였으며, 단일수치평가량을 역A특성 가중바닥충격음레벨($L'_{i,Fmax,AW}$) 또는 A-가중 최대바닥충격음레벨($L'_{iA,Fmax}$)로 나타내었을 때의 주파수 대역별 단일수치평가량 기여율을 비교하였다. 사후확인제가 시행됨에 따라 건설사에서는 성능 확보를 위한 기술을 개발하고 있다. 본 연구 결과는 평가방법 변화에 따른 성능 비교뿐만 아니라 중량충격음을 저감하기 위한 주요 주파수 대역의 우선순위를 선정하는 자료로 활용할 수 있을 것으로 예상된다.

II. 연구 방법

2.1 대상 건물 및 측정개요

연구 대상은 2020년에 준공된 공동주택으로, 한 건물에 평면이 동일한 84개 세대가 구성되어 있다. 이 측정 데이터는 선행연구 데이터와 동일하다.^[10] 건물은 일(一)자형이며, 1-18층에는 한 층에 네 개 세대, 19-24층에는 두 개 세대씩으로 구성되어 있다. 이중 총 80세대의 성능 측정이 가능하나, 59세대의 바

Table 1. Measurement equipments.

| Division | Model | Manufacture |
|--------------------|-------------|-------------|
| Rubber ball | YI-01 | RION |
| Tire | SNVT-200487 | S&V Korea |
| Frequency analyzer | SA-02 | RION |
| microphone | UC-59 | RION |

다중충격을 측정하였다. 측정세대는 층, 라인에 구분 없이 골고루 분포하도록 선정하였다. 세대별 전용면적은 59 m²이며, 측정공간의 면적은 17.6 m²(3.9 m×4.5 m)의 거실이다. 천장은 우물천장으로 석고보드로 마감되어 있으며, 천정고는 2.4 m이다. 바닥구조는 바닥슬래브 두께 210 mm 상부에 발포폴리스티렌(Expanded polystyrene, EPS) 완충재 30 mm, 경량기포 콘크리트 40 mm, 마감몰탈 40 mm이다.

바닥충격음 차단성능은 「공동주택 바닥충격음 차단구조인정 및 검사기준」^[11]과 KS F 16283-2^[3]에 따라 측정하였다. 중앙점과 측정 공간 경계로부터 0.75 m 떨어진 4개 지점에서 충격원의 가진 및 마이크로폰으로 측정하였다. 측정시 사용한 장비는 Table 1과 같다.

2.2 주파수 대역별 단일수치평가량 기여율 산출

사후확인제 도입 전후의 충격원과 평가지표에 따른 주파수 대역별 단일수치평가량 기여율을 산출하였다. 단일수치평가량은 KS F ISO 717-2에서 정하고 있는 역A특성 가중바닥충격음레벨($L'_{i,Fmax,AW}$)과 A가중 최대 바닥충격음레벨($L'_{i,A,Fmax}$)으로 평가하였다.

$L'_{i,Fmax,AW}$ 은 Fig. 1과 같이 1/1옥타브 밴드로 나타낸 기준곡선을 상하 1 dB간격으로 이동하여, 기준곡선을 초과하는 최대 바닥 충격음 레벨($L'_{i,Fmax}$)값의 총합이 8.0 dB을 상회 하지 않는 범위에서 기준곡선을 낮게 이동시킨다. 그 기준곡선의 500 Hz 대역에서의 값을 $L'_{i,Fmax,AW}$ 로 정한다. 본 연구에서는 Eq. (1)과 같이 기준곡선을 이동하였을 때, 기준을 초과하는 총합에 따른 각 주파수 대역별 $L'_{i,Fmax}$ 의 초과값을 백분율로 산출하였다.

$L'_{i,A,Fmax}$ 은 KS F ISO 717-2에 따라 1/1옥타브 또는 1/3옥타브 대역의 $L'_{i,Fmax}$ 에서 산출할 수 있다. 옥타브 대역에 따라 산출되는 $L'_{i,Fmax}$ 이 다르기 때문에 각각 방법에 따른 결과를 비교하였다. $L'_{i,A,Fmax}$ 을 산출 하

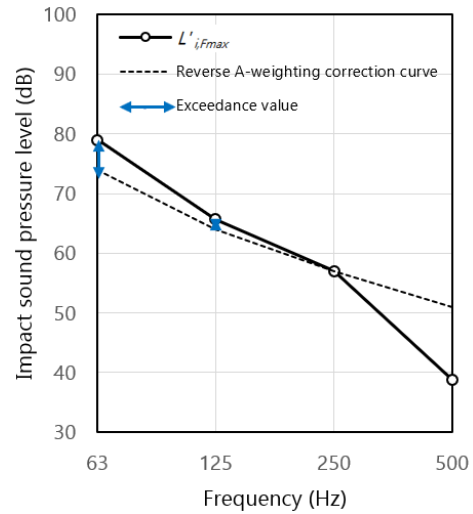


Fig. 1. (Color available online) An example for calculating $L'_{i,Fmax,AW}$.

기 위해서는 각 주파수 대역별 $L'_{i,Fmax}$ 에 A 가중치를 적용하고 에너지 평균을 하여 산출한다.^[4] 주파수 대역별 $L'_{i,A,Fmax}$ 에 영향을 미치는 정도를 파악하기 위해서 Eq. (2)과 같은 식을 이용하여 산출하였다.^[10]

$$Contribution\ rate_j(\%) = (exceedance\ value_j / \sum exceedance\ value_j) \times 100. \quad (1)$$

$$Contribution\ rate_j(\%) = (10^{(L_{i,Fmax,j} + A_j)/10} / \sum 10^{(L_{i,Fmax,j} + A_j)/10}) \times 100, \quad (2)$$

여기서 j 는 50Hz에서 630Hz까지의 1/3 옥타브 밴드 또는 63 Hz에서 500 Hz까지의 1/1 옥타브 밴드의 주파수 대역을 나타내는 아래 첨자이다. $Contribution\ rate_j$ 은 1/3 옥타브 또는 1/1 옥타브 밴드의 j 주파수 대역의 $L'_{i,Fmax}$ 이 단일수치평가량에 영향을 미치는 기여율이다. $exceedance\ value_j$ 는 기준 곡선을 초과하는 각 주파수 대역별 $L'_{i,Fmax}$ 이다. A_j 는 j 주파수 대역별 A가중치 값이다.

III. 결 과

3.1 뱅머신과 고무공^[10]

대상 공동주택의 중량충격음의 주파수 특성은

Fig. 2와 같다.^[10] 현행 평가 지표인 $L'_{iA,Fmax}$ 를 산출할 때 뱅머신과 고무공의 주파수 대역별 기여율을 Fig. 3에 나타내었다. 뱅머신은 50 Hz 대역이 평균 43.5%를 결정하는 것으로 나타났으며, 100 Hz 대역, 63 Hz, 80 Hz 순으로 높은 기여율을 보였다. 이에 반해 고무공으로 평가하였을 때 가장 기여율이 높은 주파수 대역은 100 Hz에서 평균 38.8%이며, 그 다음으로는

50 Hz, 160 Hz 대역으로 나타났다. 이외에 63 Hz ~ 80 Hz, 125 Hz, 200 Hz도 평균적으로 4.8%~9.5%의 결과를 보였다.

3.2 $L'_{i,Fmax,AW}$ 와 $L'_{iA,Fmax}$

3.2.1 뱅머신

$L'_{i,Fmax,AW}$ 은 1/1 옥타브 밴드의 $L'_{i,Fmax}$ 에서 산출되므로, 비교를 위해 동일하게 1/1 옥타브 밴드로 산출한 $L'_{iA,Fmax}$ 의 주파수 대역별 기여율을 분석하였다.

뱅머신으로 측정하였을 때, 기여율을 Fig. 4에 나타내었다. $L'_{i,Fmax,AW}$ 으로 평가하였을 때, 63 Hz가 미치는 기여율은 평균 80.8%로 나타났으며, 125 Hz가 미치는 기여율은 평균 19.2%으로 나타났다.

$L'_{iA,Fmax}$ 으로 평가시, 63 Hz에 영향을 미치는 정도는 평균 70.9% 125 Hz의 기여율은 평균 27.1%으로 나타났다. 250 Hz의 평균 기여율은 1.3%, 500 Hz는 0.6%로 $L'_{i,Fmax,AW}$ 으로 평가하였을 때의 값보다는 보다는 약간 증가하는 것으로 나타났다. $L'_{iA,Fmax}$ 으로 평가하였을 때, 63 Hz 대역의 기여율이 약 10% 가량

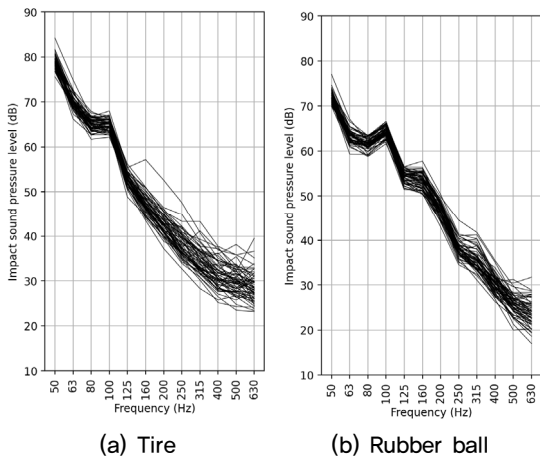


Fig 2. Spectra of impact sound pressure level.^[10]

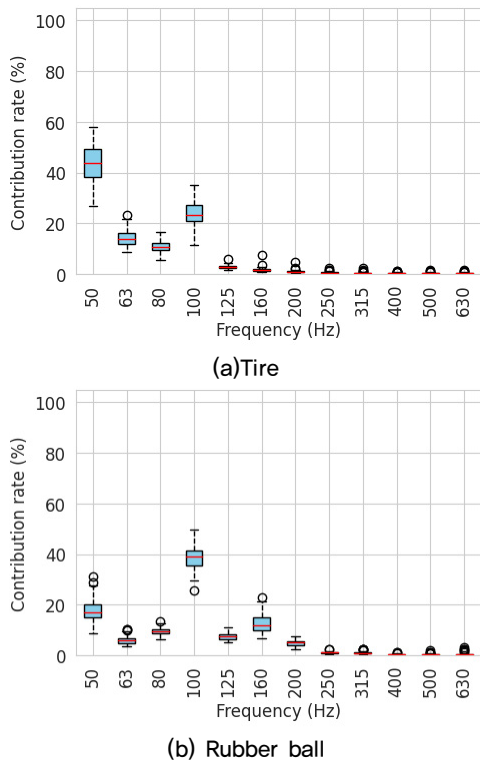


Fig. 3. (Color available online) Contribution rate for determining $L'_{iA,Fmax}$ according to impact source.

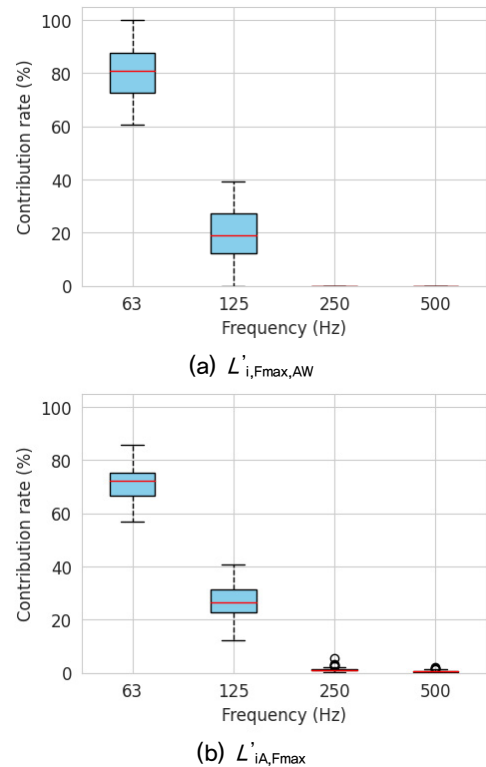


Fig. 4. (Color available online) Contribution rate for evaluation metric during the tire measurement.

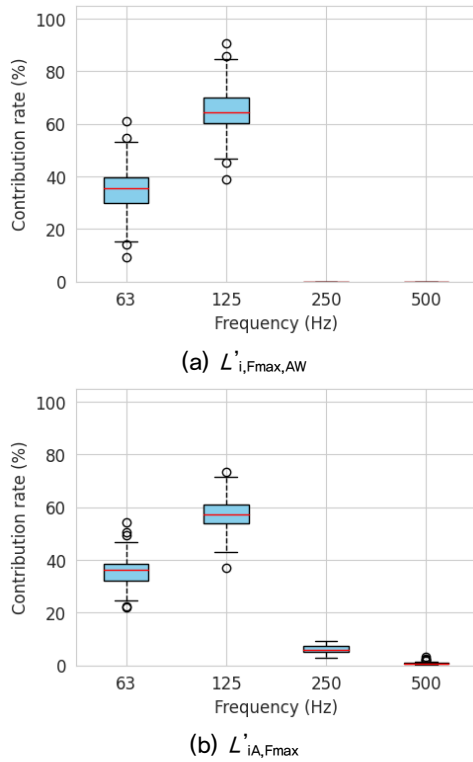


Fig. 5. (Color available online) Contribution rate for evaluation metric during the rubber ball measurement.

줄어 들고, 125 Hz 대역의 기여율이 8 % 가량 증가, 250 Hz ~ 500 Hz에서의 기여율이 소폭 증가하였다.

3.2.2 고무공

고무공으로 평가하였을 때, 기여율은 Fig. 5와 같다. $L'_{i,Fmax,AW}$ 를 산출하는데 기여하는 63 Hz의 평균값은 35.4 %이며, 125 Hz의 평균값은 65.5 %로 나타났다. 250 Hz ~ 500 Hz는 뱀머신의 결과 Fig. 4(a)와 동일하게 어떠한 영향도 미치지 않는 것으로 나타났다.

$L'_{iA,Fmax}$ 의 기여율은 63 Hz에서 평균 35.4 %였으며, 125 Hz 대역은 평균 57.6 %를 결정하였다.

충격원과 관련 없이 $L'_{i,Fmax}$ 로 평가하였을 때, $L'_{i,Fmax,AW}$ 보다 63 Hz ~ 125 Hz 대역의 기여율의 표준편차 값이 줄어들었으며, 250 Hz ~ 500 Hz에서의 기여율이 미세하게 증가한다는 공통점이 있다.

3.3 $L'_{iA,Fmax}$ 산출시 $L'_{i,Fmax}$ 의 옥타브 밴드

고무공 측정시 옥타브 밴드 설정에 $L'_{iA,Fmax}$ 기여율을 비교하였으며, 그 결과를 Table 2에 나타내었다.

Table 2. Contribution rate on the difference in 1/1 and 1/3 octave bands of $L'_{i,Fmax}$ during the rubber ball measurement.

| 1/1 octave band | | 1/3 octave band | |
|-----------------|------------------------|-----------------|------------------------|
| Division | Mean contribution rate | Division | Mean contribution rate |
| 63 Hz | 35.4 % | 50 Hz | 17.6 % |
| | | 63 Hz | 6.1 % |
| | | 80 Hz | 9.5 % |
| | | Sum | 33.1 % |
| 125 Hz | 57.6 % | 100 Hz | 38.7 % |
| | | 125 Hz | 7.6 % |
| | | 160 Hz | 12.5 % |
| | | Sum | 58.7 % |
| 250 Hz | 6.1 % | 200 Hz | 4.8 % |
| | | 250 Hz | 1.0 % |
| | | 315 Hz | 1.0 % |
| | | Sum | 6.9 % |
| 500 Hz | 0.9 % | 400 Hz | 0.4 % |
| | | 500 Hz | 0.4 % |
| | | 630 Hz | 0.5 % |
| | | Sum | 1.3 % |

1/3옥타브 밴드별 기여율을 산출한 다음 50 Hz ~ 80 Hz, 100 Hz ~ 160 Hz, 200 Hz ~ 315 Hz, 400 Hz ~ 630 Hz 별로 합계를 나타내었다. 합계와 1/1 옥타브 밴드별로 기여율을 산출한 결과는 상이한 결과를 보였는데, 1/1옥타브로 분석한 결과의 63 Hz 대역의 기여율이 1/3옥타브로 분석한 50 Hz ~ 80 Hz의 기여율을 합친 것 보다 높게 평가되었다. 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz의 기여율은 100 Hz ~ 160 Hz, 200 Hz ~ 315 Hz, 400 Hz ~ 630 Hz보다 낮게 평가되었다.

또한 1/1옥타브 밴드에서 산출한 $L'_{iA,Fmax}$ 가 1/3옥타브 밴드에서 산출한 결과 보다 높게 나타났는데, 옥타브 밴드 설정에 따른 주파수 대역별 기여율이 상이하기 때문에 두 결과 값의 차이가 발생하는 것으로 보인다. KS F ISO 717-2에서는 $L'_{iA,Fmax}$ 를 산출하기 위하여 옥타브 밴드 설정에 따른 두 방법을 제시하고 있으나, 우리나라에서는 성능기준을 제도적인 기준으로 정하고 있기 때문에 산출방법으로 인한 결과 차이를 방지하기 위해 산출 방법 대한 규정이 필요한 것으로 보인다.

IV. 토 의

이 논문은 바닥구조와 평면이 동일한 여러 세대의 측정을 통해 시공품질에 따른 성능편차가 반영된 바닥충격음 차단성능을 분석하였다. 사후확인제 도입으로 인해 제도 변경 이전과 이후 방법으로 측정된 결과를 어떻게 추적할 것인가에 대한 고민이 필요하며, 이에 대한 내용으로 충격원과 평가지표에 따른 단일수치평가량의 주파수 대역별 기여율을 분석하였다. 이를 위해 동일한 아파트 건물에 위치하고, 바닥구조와 평면(59 m²)이 동일한 59 세대의 중량충격음을 분석하였다.

단일수치평가량에 따른 주파수대역별 기여도 산출방법이 상이하여 단순 비교는 어려우나, 사후확인제 도입 이전 평가방법(뱅머신 측정 및 $L'_{i,Fmax,AW}$ 으로 평가)에서는[Fig. 4(a)] 63 Hz가 미치는 기여율은 평균 80.8%로 나타났으며, 125 Hz가 미치는 기여율은 평균 19.2%로 나타났다. 현행 평가방법(고무공 측정 및 $L'_{iA,Fmax}$ 으로 평가)에서(Table 2) 기여율은 50 Hz~80 Hz에서 평균 33.1%, 100 Hz~160 Hz에서 평균 58.7%, 200 Hz~315 Hz에서 평균 6.9%, 400 Hz~630 Hz에서 평균 1.3%으로, 63 Hz 대역의 기여도가 낮아진 것으로 나타났다. 이러한 변경된 평가방법에 따른 125 Hz 대역의 기여율 증가는 고무공에 비해 63 Hz 대역에서 충격력이 높은 뱅머신 특성에 기인한다. 고무공 충격원의 특성이 실제 어린이의 충격음과 유사성이 더 높다는 점을 감안할 때, 125 Hz 이상의 주파수 대역을 포괄적으로 고려하는 것이 실제 충격음을 보다 정확하게 반영하는 방법으로 보인다. 또한 충격원이 동일한 조건에서도(Figs. 4와 5), $L'_{iA,Fmax}$ 가 $L'_{i,Fmax,AW}$ 보다 63 Hz에 영향을 덜 받는 것으로 나타났다.

제도 변경 전에는 63 Hz 대역의 $L'_{i,Fmax}$ 을 줄이기 위한 바닥구조 개발을 추진하였다. 그러나 평가방법이 변경됨에 따라 125 Hz 대역의 기여율이 증가한 결과는 흡음형 천장구조^[12-14] 적용, 수음세대의 음장 변화를^[15] 통해 이전 평가방법에 비해 큰 효과를 기대할 수 있을 것으로 보인다. 또한 기존의 $L'_{i,Fmax,AW}$ 평가방법이 250 Hz~500 Hz 저감 효과를 인식하는 주관적 반응과 달리 지표에 반영되지 않는다는 연구 결과가 있었다.^[16] 사후확인제 이전의 평가 방법보다

현재의 평가방법이 250 Hz~500 Hz 대역을 고려하는 것으로 보인다.

사후확인제 도입으로 중량충격음을 평가하는 방법이 달라졌기 때문에 단순히 단일수치평가량으로 성능을 비교하기 어렵다. 그러나 제도 변화 이전에 지어진 공동주택과 제도가 바뀐 이후에 지어진 공동주택의 성능을 지속적으로 모니터링하고 제도 변화에 따른 객관적이고 주관적인 성능 효과를 파악하는 것은 앞으로 연구되어야 할 주제로 판단된다.

V. 결 론

사후확인제가 도입되면서 변경된 충격원과 평가 지표에 따른 중량충격음의 단일수치평가량 산출시 어떠한 주파수 대역이 중요하게 고려되는지 분석하였다. 이를 위해 동일한 아파트 건물에 위치하고, 바닥구조와 평면(59 m²)이 동일한 59세대의 중량충격음을 분석하였다.

단일수치평가량에 따른 주파수대역별 기여도 산출방법이 상이하여 단순 비교는 어려우나, 사후확인제 도입 이전 평가방법(뱅머신 측정 및 $L'_{i,Fmax,AW}$ 으로 평가)에 비해 현행 평가방법(고무공 측정 및 $L'_{iA,Fmax}$ 으로 평가)이 125 Hz 대역의 영향을 더 크게 고려하는 것으로 나타났다. 이는 63 Hz 대역에서 높은 충격력을 보이는 뱅머신의 특성이 반영된 결과이기도 하지만, 지표의 특성으로도 보인다.

본 연구 결과는 제도 변화에 따른 성능 추적을 위한 기초 자료 및 중량충격음 저감을 위한 주요 목표 주파수 대역을 선정하는데 활용할 수 있다. 그러나 제시한 결과는 대상 공동주택에 한정된 내용으로, 향후 다양한 평면과 바닥구조를 대상으로 분석할 필요가 있다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 RS-2022-00144050).

References

1. MOLEG, *Housing Act*, Law No. 19117., 2023.

2. KS F 2863-1, *Ratio of Floor Impact Sound Insulation for Impact Source in Buildings and of Building Elements Part 1: Floor Impact Sound Insulation Against Standard Light Impact Sources*, 2022.
3. KS F 2863-2, *Ratio of Floor Impact Sound Insulation for Impact Source in Buildings and of Building Elements Part 2: Floor Impact Sound Insulation Against Standard Heavy Impact Sources*, 2022.
4. KS F ISO 717-2, *Acoustics-Rating of Sound Insulation in Buildings and of Building Elements-Part 2: Impact Sound Insulation*, 2022.
5. M. Maibach, C. Schreyer, D. Sutter, H. P. Van Essen, B. H. Boon, R. Smokers, A. Schrotten, C. Doll, B. Pawlowska, and M. Bak, *Handbook on Estimation of External Costs in The Transport Sector* (Ce Delft, Delft, 2008), pp. 336.
6. K.-W. Kim and H.-K. Shin, "Correspondence between standard heavy impact sources and single number indexes of floor impact sound" (in Korean), *Trans. Korean Soc. Noise Vib. Eng.* **29**, 801-809 (2019).
7. T. Okano, "Correspondence between two types of rating indices for the heavy weight floor impact sound insulation of residential buildings," *Appl. Acoust.* **106**, 10-15 (2016).
8. T. Ishimaru, M. Owaki, F. Takakura, T. Zaima, S. Kume, and Y. Yamashita, "Influence on vibration propagation characteristic of the dry double floorings by the difference of the impulsive force-a study on heavy weight floor impact sound insulation performance of the dry double flooring in multiple dwelling houses," *AIJ J. Technology and Design*, **13**, 585-589 (2007).
9. J. Y. Jeon, J. K. Ryu, J. H. Jeong, and H. Tachibana, "Review of the impact ball in evaluating floor impact sound," *Acta Acust. United Acust.* **92**, 777-786 (2006).
10. H. K. Shin, S. H. Park, and K. W. Kim, "Spatial distribution of heavy-weight floor impact sounds according to the household location in a box-frame concrete building," *Appl. Acoust.* **203**, 109214 (2023).
11. MOLIT, *Infrastructure and Transport Recognition and Inspection Standards for Floor Impact Noise Reduction Structures in Multi-Family Housing*, Notice No. 2023-494, 2023.
12. S. T. Kim, H. M. Cho, and M. J. Kim, "Effects of wall-to-wall supported ceilings on impact sound insulation for use in residential buildings," *Buildings*, **11**, 587 (2021).
13. J. Ryu, H. Song, and Y. Kim, "Effect of the suspended ceiling with low-frequency resonant panel absorber on heavyweight floor impact sound in the building," *Build. Environ.* **139**, 1-7 (2018).
14. H. K. Shin and K. W. Kim, "Sound absorbing ceiling to reduce heavy weight floor impact sound," *Build.*

Environ. **180**, 107058 (2020).

15. S. Schoenwald, B. Zeitler, and T. R. Nightingale, "Influence of receive room properties on impact sound pressure level measured with heavy impact sources," *Proc. ICSV*, 1-8 (2010).
16. W.-J. Kim, H.-M. Cho, and M.-J. Kim, "Subjective response on the octave band level change of rubber ball sound with the same single-number quantity" (in Korean), *Trans. Korean Soc. Noise Vib. Eng.* **30**, 506-517 (2020).

저자 약력

▶ 신 혜 경 (Hye-kyung Shin)



2013년 2월 : 세종대 공간정보공학과 학사
 2015년 2월 : 서울시립대학교 건축공학과 석사
 2023년 8월 : 서울시립대학교 건축공학과 박사
 2015년 12월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 전임연구원

▶ 박 상 희 (Sang Hee Park)



2008년 8월 : 고려대학교 심리학과 학사
 2015년 7월 : 리버풀대학교 건축학과 석사
 2019년 3월 : 리버풀대학교 건축학과 박사
 2019년 12월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 수석연구원

▶ 김 경 우 (Kyoung-woo Kim)



1994년 2월 : 영남대 건축공학과 학사
 1999년 2월 : 한양대 건축공학과 석사
 2009년 2월 : 한양대 건축공학과 박사
 2000년 4월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 선임연구위원