

# 공동주택 경량 바닥충격음 저감성능 예측을 위한 바닥마감재 간이측정 방법 연구

## Research on simple measurement method of floor finishing materials to predict lightweight floor impact noise reduction performance in apartment houses

강민우,<sup>1</sup> 오양기<sup>†</sup>

(Min-Woo Kang<sup>1</sup> and Yang-Ki Oh<sup>1†</sup>)

<sup>1</sup>목포대학교 건축학과

(Received September 27, 2023; revised November 8, 2023; accepted November 17, 2023)

**초 록:** 현재까지 바닥충격음은 중량바닥충격음 연구가 주를 이루었다. 경량바닥충격음의 경우 뜬 바닥구조만으로 충분히 차단성능을 확보할 수 있었기 때문이었다. 뜬 바닥구조에서 중량 바닥충격음의 경우 바닥완충재의 동탄성 측정을 통해 저감성능을 어느 정도 예측할 수 있다. 하지만 최근 사후 확인 제도의 도입으로 인해 다양한 바닥구조가 개발되고 있다. 특히, 완충재가 사용되지 않는 바닥구조에서는 경량바닥충격음에 지대한 영향을 미치는 것이 바닥마감재이다. 하지만 바닥마감재에 대한 탄성이나 물성을 측정하여 경량바닥충격음을 효과적으로 저감하기 위한 연구는 부족한 실정이다. 이 연구에서는 사후 확인 제도 도입 이후 중요해 질 수 있는 바닥마감재의 경량바닥충격음 저감성능 예측하고자 하였다. 공동주택 바닥마감재로 사용되는 다양한 재료를 선정하여 실제 실험실에서 경량바닥충격음 차음성능을 측정하고 간이 실험으로 진동 전달특성 파악을 통해 경량바닥충격음 예측 가능성을 확인하고자 하였다.

**핵심용어:** 경량바닥충격음, 바닥마감재, 저감성능, 예측방법

**ABSTRACT:** To date, research on heavy floor impact noise has mainly been conducted. The reason is that in the case of lightweight floor impact noise, sufficient performance could be secured with only the floating floor structure and floor finishing materials. In the case of heavy floor impact noise in a floating floor structure, the reduction performance can be predicted to some extent by measuring the dynamic elasticity of the floor cushioning material. However, with the recent introduction of the post-measurement system, various floor structures are being developed. In particular, many non-floating floor structures that do not use cushioning materials are being developed. In floor structures where cushioning materials are not used, the finishing material will have a significant impact on lightweight floor impact noise. However, research on floor finishing materials is currently lacking. In this study, as a basic research on the development of various floor finishing materials for effective reduction of lightweight floor impact noise, various materials used as floor finishing materials for apartment complexes were selected, the sound insulation performance of lightweight floor impact noise was measured in an actual laboratory, and vibration characteristics were identified through simple experiments. The purpose was to confirm the predictability of light floor impact noise.

**Keywords:** Light weight floor impact noise, Floor finishing material, Reduction performance, Prediction method

**PACS numbers:** 43.55.Br, 43.40.Qi

**†Corresponding author:** Yang-Ki Oh (oh@mokpo.ac.kr)

Mokpo National University, 1666 Yeongsan-ro, Cheonggye-myeon, Muan-gun, Jeollanamdo 58554, Republic of Korea

(Tel: 82-61-450-2723, Fax: 82-61-450-2723)



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.

## 1. 연구배경 및 목적

### 1.1 연구배경

바닥충격음은 무겁고 부드러운 소리의 중량 바닥충격음과 가볍고 딱딱한 소리의 경량 바닥충격음으로 구분하여 측정하고 평가한다. 이와 같은 바닥충격음을 저감하기 위해 다양한 바닥구조가 개발되어왔다. 그 중 표준 바닥구조 *Yeon et al.*<sup>[1]</sup>로 오랜 시간 사용되어온 뜬 바닥구조는 20 mm~30 mm 정도의 완충재를 설치하고 그 위에 경량 기포콘크리트, 온돌층, 바닥마감재로 구성된 바닥구조이다. 이러한 뜬 바닥구조에서 경량 바닥충격음은 완충재로 인한 슬라브와 바닥구조의 뜬 공간과 일반적인 장판이나 강마루, 강화마루의 적용 등으로 충분히 성능을 만족하였다. 경량 바닥충격음 기준 역시 사후 확인 제도 시행 이전 기준인 58 dB로 여유가 있었기 때문이다. 이로 인해 지금까지 대부분의 바닥충격음 연구는 중량 바닥충격음에 집중되어왔다. 하지만 2022년 8월 공동주택 바닥충격음에 대한 사후 확인 제도가 시행된 이후 건설사, 완충재 업체를 중심으로 다양한 바닥구조를 개발하고 있다. 특히, 중량 바닥충격음에 취약한 기존 뜬 바닥구조의 틀에서 벗어나 상하층 간 열에너지 손실 기준을 만족하고 중량 바닥충격음을 효과적으로 저감 하는 바닥구조 *Kang et al.*<sup>[2]</sup>가 개발되고 있는 추세이다. 이와 같은 내용으로 비추어 본다면 앞으로 더욱 강화된 경량 바닥충격음 기준을 만족하지 못하는 상황이 많이 발생 될 것으로 보인다. 또한 사후 확인 제도 시행 이후 중량 및 경량 바닥충격음의 기준을 만족하지 못할 경우 바닥구조에 대해 보완 및 수선이 필요한데 이에 대한 대책 강구도 필요하다. 이러한 관점에서 이 연구는 사후 확인 제도 시행에 따라 발생할 수 있는 바닥충격음 문제에 대해 가장 직관적이고 효과적으로 대응할 수 있는 방법은 바닥마감재에 있다고 판단하였고 그에 대한 다양한 연구가 필요함을 인지 *Kang et al.*<sup>[3]</sup>하였다.

### 1.2 연구목적

사후 확인 제도 시행 이후 뜬 바닥구조의 여부와 관계없이 향후 바닥충격음에 문제가 발생했을 때 가장 먼저 조치할 수 있는 것이 바닥마감재이다. 바

다마감재는 앞으로 다양하게 발전할 가능성이 높고, 경량 바닥충격음뿐만 아니라 중량 바닥충격음도 일부 주파수대역에서 저감이 필요할 정도로 중요한 재료가 될 것으로 판단된다. 하지만 앞서 언급한 바와 같이 지금까지 대부분의 연구는 중량 바닥충격음에 치중되어왔다. 뜬 바닥구조에서 중량 바닥충격음 발생 및 저감에 대표 키워드는 완충재 일 것이다. 완충재에 대한 한국산업규격으로 ‘KS F 2868 거주공간 뜬바닥용 재료의 동탄성계수 측정방법’<sup>[4]</sup>이 있으며, 국제표준규격으로는 ‘ISO 10140-1 Acoustics - Laboratory measurement of sound insulation of building elements - Part1: Application rules for specific products’<sup>[5]</sup>와 ‘ISO10140-3 Acoustics - Laboratory measurement of sound insulation of building elements - Part3: Measurement of impact sound insulation’<sup>[6]</sup>가 있다. 이 규격은 건물 부재의 차음성능 실험실 측정방법에 대해 1부에서는 특정 제품에 대한 적용 규칙과 3부에서는 바닥충격음 차단성능 측정방법이 명시되어 있다. 이와 같은 규격으로 측정된 완충재의 동탄성에 따라 중량 바닥충격음의 측정 결과가 다양하게 나타나는데 *Song et al.*<sup>[7]</sup> 이러한 결과를 사전에 간단한 동탄성계수 측정만으로 완충재의 품질에 대해 검증하고 나아가 중량 바닥충격음 저감성능을 예측하고자 한 것이다. 경량 바닥충격음 예측을 위한 선행연구로는 *Branco와 Godinho*<sup>[8]</sup>의 연구에서는 슬라브 축소모형을 통한 바닥마감재의 경량 충격원 가진 시 표면과 슬라브 하부의 진동 특성 차이를 연구한 바 있다. 또한, *Pereira et al.*<sup>[9]</sup>의 연구에서는 축소모형을 활용한 경량 바닥충격음 실험이 바닥 마감재와, 뜬 바닥구조에서 어떤 차이를 보이는지 규명하였다. 이와 같은 연구 결과 및 현행 규격에 근거하여 이 연구에서는 향후 가장 중요한 바닥구조 및 재료가 될 수 있는 바닥마감재의 동탄성계수 또는 진동 전달특성 등의 간단한 측정을 통해 경량 바닥충격음 저감 성능을 예측해 볼 수 있을것이라 가정하였다. 가장 많이 사용되는 강마루와 이를 보강한 바닥마감재를 구성하고 이를 공동주택 목업 실험실 적용실험과 간이진동측정을 통해 얻은 데이터를 비교하고 분석하여 경량 바닥충격음 저감성능 예측에 대해 그 가능성을 검토하고자 하는 것이 이 연구의 목적이다.

## II. 규격조사 및 연구내용

### 2.1 규격조사

이 연구에서 사용한 규격은 세 가지이다. 먼저 경량 바닥충격음을 측정하는 방법으로 'KS F ISO 16283-2 건물 및 건물 부재의 차음 성능 현장 측정 방법-제2부:바닥 충격음 차단 성능'<sup>[10]</sup>을 인용 및 준용하였다. 두 번째로는 측정된 경량 바닥충격음을 평가하는 방법으로 'KS F ISO 717-2 건물 및 건물 부재의 차음 성능 평가 방법 제2부:바닥 충격음 차단 성능'<sup>[11]</sup>이다. 이 규격에서는 측정된 경량 바닥충격음을 단일수치 값으로 평가하기 위해 인용하였다. 세 번째는 완충재의 동탄성계수를 측정하는 방법으로 'KS F 2868 거주공간 뜬바닥용 재료의 동탄성계수 측정방법'<sup>[12]</sup>이다. 이 규격에서는 완충재의 동탄성계수를 측정하고 평가하는 시험 방법을 본 논문에서 인용 및 준용하였다. 마지막으로 ISO 16251-1 : 2014<sup>[12]</sup>의 규격에서는 소형 시편을 이용한 경량바닥충격음 차단성능을 측정하는 방법을 제시하고 있다. 특히 이 규격은 Tapping machine을 그대로 활용하여 측정하는 것으로 바닥마감재의 성능을 측정하는데 매우 유용한 규격일 것이다. 하지만 본 연구는 지금 사용되는 경량 충격원보다 간단한 성능 검증 방법을 모색하기 위한 것으로 간단 측정 방법에 근거하여 연구를 진행하였다.

### 2.2 연구방법 및 내용

이 연구의 목적이 가장 기본적인 연구 가설은 간단한 측정을 통해 경량바닥충격음 차단성능의 경향을 어느 정도 예측할 수 있다는 것이다. 이에 대해 아직 정해진 규격이나 특별한 방법이 없어 이 연구에서는 기존 규격을 준용하였다. 가장 먼저 시험 대상이 될 바닥마감재를 3가지로 구성하였다. 일반적으로 대부분의 공동주택이 강마루를 사용하고 있기 때문에 강마루를 선정하였다. 강마루와 부틸고무를 접착하여 시료 1개를 제작하였으며, 강마루와 탄성이 있는 방음재로 시료 1개를 추가 제작하였다. 바닥마감재는 강마루, 부틸고무 접착 강마루, 방음재 접착 강마루 총 3가지이다. 실험에 사용된 시료와 같은 바닥마감재를 200 mm × 200 mm로 제작하여 단위 면

적당 길보기 동탄성계수 산출에 필요한 고유진동수( $f_0$ )를 측정하였다. 또 같은 바닥마감재를 실제 공동주택 바닥충격음 저감성능 테스트가 가능한 Mock-up 실험실에서 경량 바닥충격음 저감성능 테스트를 진행하였다. 마지막으로 표준 경량 바닥충격원인 Tapping machine의 해머 한 개를 모방하여 500 g 지름 30 mm로 제작하였고, 40 mm에서 자유낙하하는 순간의 진동을 측정하는 간단한 실험을 통해 바닥마감재의 진동 특성을 파악하고자 하였다. 이렇게 총 3가지의 바닥마감재를 가지고 4가지의 실험을 통해 경량바닥충격음 저감성능도 간단한 시료의 측정을 통해 예측이 가능한지에 대한 가설을 검증하고자 한 것이 이 논문의 연구 방법이다. 단순히 바닥충격음 측정 데이터와 진동측정 데이터 그리고 동탄성 측정계수 등 서로 다른 측정 결과를 비교하고 분석하는 것이 어떠한 이론적 검증이나 정량적인 값을 도출할 수는 없겠으나, 앞서 밝힌 바와 같이 이 연구는 단순히 바닥마감재의 간단한 측정을 통해 경량바닥충격음 저감성능을 예측할 수 있을지에 대한 가능성과 논지를 언급하고자 하는데 큰 의미가 있다.

## III. 실험

### 3.1 실험개요

바닥마감재 제작을 포함한 실험의 모든 단계는 총 5개 부분으로 다음과 같이 분류한다.

#### 3.1.1 바닥마감재 제작

실험에 사용된 강마루는 7 mm 두께를 가진 일반적인 강마루이다. 이것이 첫 번째 시료이고 두 번째 시료는 강마루에 부틸고무로 불리는 아이소부틸렌과 소량의 아이소프렌을 저온에서 액체상태로 이온중합한 합성고무 2 mm를 부착하여 만들었다. 마지막 시료는 강마루에 Ethylene-Vinyl Acetate copolymer (EVA) 재질의 메모리폼 6 mm가 부착된 것으로 제작하였다. 시료 3가지는 점점 두껍고 물렁물렁해 지는 경향으로 제작한 것이다. Table 1은 제작된 바닥마감재에 대한 상세 정보를 나타낸 것이고, 시료의 상태는 아래 Fig. 1과 같다.

Table 1. Detail information of floor finishing materials.

Floor finishing material	Total thickness	Type
Laminate floor 7 mm	7 mm	Laminate timber
Laminate floor + Butyl rubber 2 mm	9 mm	isobutylene-isoprene rubber
Laminate floor + Memory foam 6 mm	13 mm	ethylene-vinyl acetate copolymer

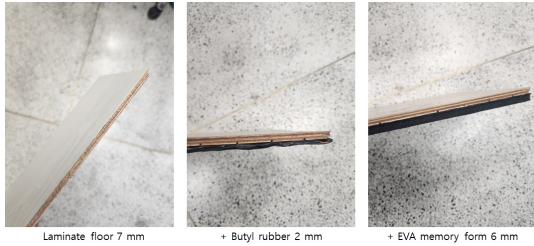


Fig. 1. (Color available online) Composition of experimental floor finishing materials.

### 3.1.2 실험실 경량 바닥충격음 측정

제작된 바닥마감재 3종을 통해 경량 바닥충격음 저감성능을 측정하였다. 실험은 경기 수원에 위치한 D 연구소 음향시험실이다. 이 실험은 바닥마감재에 대한 명확한 저감성능 측정이 아닌 단순히 바닥마감재에 따라 경량 바닥충격음의 저감 성능을 파악하고자 하였기 때문에 바닥충격음 가진을 중앙 가진 1개와 모서리가진 1개 총 2지점을 가진하였다. 해당 실험실은 기존의 잔향실로서 바닥에 바닥마감재를 모두 설치할 수 없어 Tapping machine이 모두 올라갈 수 있는 크기의 마감재를 구성하여 타격 지점에서 실험을 진행하였다. 마감재의 크기는 가로 800 mm × 360 mm로 구성하였다. 가진실의 바닥은 210 mm 두께의 슬라브로 구성되어 있다. 이는 ‘KS F 2865 바닥 마감재에 의한 경량 및 중량 충격음 저감량 실험실 측정 방법’<sup>[13]</sup>의 기준 슬라브 두께인 120 mm ~ 210 mm 이내를 만족한다. 수음실의 마이크로폰은 중앙 1점, 모서리 4점으로 총 5점에서 측정하였다. 가진 지점과 수음실은 아래 Fig. 2와 같다.

### 3.1.3 바닥마감재의 고유진동수( $f_0$ ) 측정

제작된 바닥마감재의 고유진동수( $f_0$ ) 측정을 진행하였다. 시료는 완충재가 아닌 바닥마감재이지만 바닥마감재의 특성을 측정할 수 있는 다른 측정 규



Fig. 2. (Color available online) Lightweight floor impact sound measurement in the D laboratory.

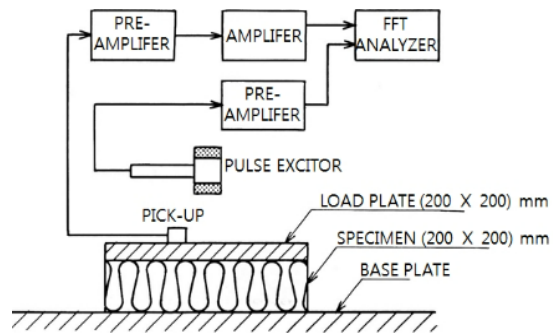


Fig. 3. Measurement by pulse excitation method.

격이 없어 현행 완충재 동탄성계수 측정 규격을 준용하여 측정하였다. 같은 D 연구소 음향 시험동에서 측정하였으며 측정에 준용한 측정 규격 내 측정방법의 상세는 아래 Fig. 3과 같다.

그림에 표시된 모든 것은 동일하게 유지하되 표본만 기존 완충재에서 이 실험에 사용된 7 mm ~ 15 mm 이내의 바닥마감재 3가지로 변경하여 진행된 고유진동수( $f_0$ ) 측정 실험이다.

### 3.1.4 Mock-up 실험동 경량 바닥충격음 측정

실제 공동주택 현장에서의 경량 바닥충격음 저감 특성을 파악하기 위해 바닥구조 인성 시험을 수행하는 세종시에 위치한 Mock-up 실험동에서 바닥마감재 별 경량 바닥충격음을 측정하였다. 측정방법은 보다 유의미한 결과를 도출하고자 현행 규격에 따라 측정하고 평가하였다. 해당 Mock-up 실험동의 바닥은 아무 바닥구조도 설치되어 있지 않은 맨 슬라브 상태이다. 다른 상부 바닥구조가 설치되었을 때 생길 수 있는 변수를 차단하고자 맨 슬라브를 선택하였다. Mock-up 실험실 일정에 따라 바닥마감재를 전체 바닥에 설치할 수 없고 또한 바닥마감재 3개를 교



Fig. 4. (Color available online) Lightweight floor impact sound measurement on floor finishing materials in mock-up laboratory.

체 실험해야 하기 때문에 실험은 Tapping machine이 온전히 올라갈 수 있는 크기로 마감재를 구성하여 각 타격지점에서 가진하는 방법으로 측정을 진행하였다. 상세 측정과 수음은 아래 Fig. 4와 같다.

### 3.1.5 바닥마감재의 진동 특성 간이 측정

새로운 간이 측정방법을 통해 바닥마감재의 경량 충격음 차단성능 특성을 파악하고자 하는 실험을 진행하였다. 현행 규격에서 사용되는 경량 바닥충격음 표준 충격원인 Tapping machine은 500g의 해머 5개가 40mm 높이에서 자유낙하 하면서 생기는 충격력으로 충격음을 발생시키는 장치이다. 이 충격원의 해머 1개를 모방하여 제작하였다. 단순히 질량 500g과 바닥면을 타격하는 부분의 지름 30mm를 만족하는 원통형으로 제작하였다. 그리고 바닥마감재를 측정할 수 있는 하나의 틀을 철재로 제작하였으며, 중심부에서는 무게추를 자유 낙하시킬수 있도록 제작하였다. 간략한 무게추와 철제 틀은 아래 Fig. 5와 같다. 이렇게 제작된 간이 측정 틀을 통해 충격력을 발생시키는 간이 측정 모델의 운용은 다음 순서에 따라 측정하였다.

먼저, 철제프레임 아래에 실험에 사용할 바닥마감재를 놓는다. 두 번째 시료 위로 무게추 고정장치를 정중앙에 위치시킨다. 세 번째 무게추를 고정장치에 넣고 고리에 끈을 묶어 철제프레임에 통과 시킨다. 네 번째 무게추가 놓인 위치를 끈에 마킹하고 40mm를 당겨서 다시 끈에 마킹한다. 다섯 번째 시료에 진동 센서를 부착한다. 여섯 번째 40mm 마킹된 부분까지 끈을 잡아당긴후 자유낙하 되도록 놓는다. 마지막으로 충격력에 대한 진동 데이터를 분석기로 분석한다. 위 순서에서 무게추 고정장치는 무게추가 자유낙하하는데 방해가 되지 않으면서 무게추가 충격력을 발



Fig. 5. (Color available online) Weight(500 g) and steel frame.

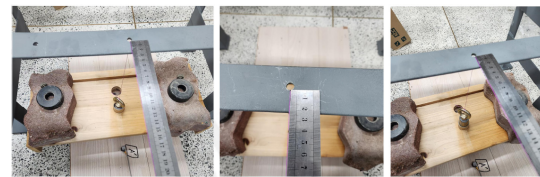


Fig. 6. (Color available online) Measurement of free fall impact force using an initial impact generator.

생시킨 후에 흔들리거나 다른 충격력을 발생시키지 않도록 원통의 틀을 통해 무게추를 고정 시키는 장치이다. 위와 같은 실험 순서에 대한 정보는 Fig. 6과 같다.

## 3.2 실험 분석 내용

각 실험별로 각자 다른 측정 방법과 평가방법을 통해 데이터를 수집하였다. 4가지 실험을 분류하면 2개는 실험실과 mock-up 실험실에서 경량 바닥충격음 저감성능 측정 데이터이고, 다른 2개는 바닥마감재의 특성을 파악하기 위한 진동 측정 데이터를 할 수 있다. 이론적으로 이 두 가지로 분류된 데이터를 직접 비교 분석하는 것은 타당하지 않으나 이 연구에서는 실제 경량 바닥충격음 저감성능과 바닥마감재의 탄성 및 진동 특성 실험을 통해 어느 정도 예측할 수 있는지에 대한 가능성을 확인하고자 한 것이므로 단순 비교 분석을 진행하였다.

## IV. 실험 결과 및 분석

### 4.1 실험실과 Mock-up 실험실에서 바닥마감재에 따른 경량 바닥충격음 저감 성능

D 음향 실험실 바닥마감재에 따른 경량 바닥충격음 저감성능 측정 데이터와 세종시 Mock-up 실험실 측정 데이터를 비교 분석하였다. 실험이 진행된 실험실의 구조와 바닥의 두께 여러 가지 요소에 따라

발생 할 수 있는 차이를 감안 하면 매우 유사한 저감 성능을 나타내고 있다. D 실험실의 경우 저감 성능이 나타나는 주요 주파수대역이 400 Hz 대역인 반면 Mock-up 실험실의 저감 주파수대역은 250 Hz로 나타났다. 이는 벽식 구조로 실제 공동주택과 유사하게 바닥 슬라브 210 mm로 지어진 Mock-up 실험실에 비해 D 연구소는 상대적 비교만 가능하도록 설계된 바닥충격음 실험실로 구조적 차이에서 오는 차이로 판단된다. 이 분석은 바닥마감재가 다양한 형태로 개발 될 수 있는 가능성을 파악하기 위한 것이다. 측정 결과와 경향을 파악할 수 있는 그래프는 아래 Figs. 7 과 8에 나타났다.

단일수치값으로 평가 했을 때, 맨 슬라브 대비 최소 10 dB에서 최대 19 dB까지 저감성능이 향상 되었음을 확인할 수 있었다. 향후 바닥마감재 개발에 있어 보행감에 대한 보완만 해결할 수 있다면 경량 바닥충격음 저감을 위한 새로운 바닥마감재의 개발이 가능할 것으로 판단 된다.

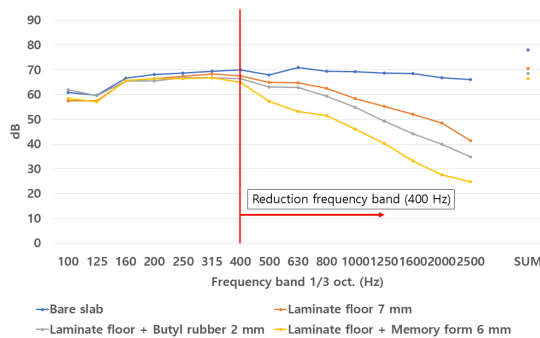


Fig. 7. (Color available online) Measurement result of lightweight floor impact sound in D laboratory.

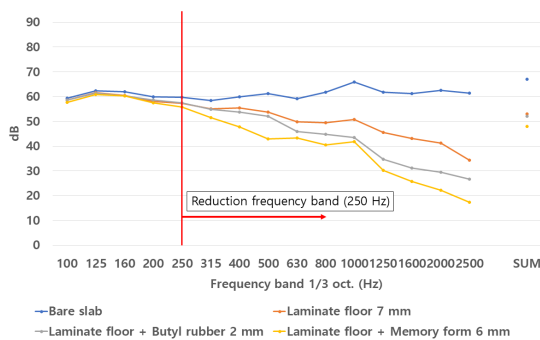


Fig. 8. (Color available online) Measurement result of lightweight floor impact sound in Mock-up laboratory sejong.

#### 4.2 고유진동수( $f_0$ ) 측정 결과와 간이측정 결과 비교 분석

D 실험실에서 실제 KS F 2868 완충재 동탄성계수 측정 방법에서 제시한 측정 방법으로 고유진동수 ( $F_0$ )를 구하였고, 무게추를 활용한 간이측정방법으로는 진동 측정 데이터 분석을 통해 고유진동수( $F_0$ )를 구하였다. 그 결과는 아래 Table 2와 같다. 두 실험은 실험 방법 자체가 완전히 다른 측정 방법이다. KS 규격에 의한 실험은 시료를 하중판으로 누른 상태에서 임팩트해머를 통해 측정된 파형으로 산출하였지만, 간이 측정 방법으로 측정된 결과는 바닥마감재를 바로 가진하고 진동센서로 픽업한 데이터를 해석하여 산출한 것이다.

이와 같은 결과는 사실 비교 분석이 불가능하다. 특히, KS 규격으로 측정된 강마루 7 mm의 경우는 고유진동수를 구할 수 없는 수준으로 탄성이 발생하지 않았다. 하지만 간이 측정방법에서는 탄성이 발생하였는데, 이는 누름판으로 인해 하중이 추가된 상태에서 하중판의 진동 응답을 측정하는 KS F 2868의 방법과 누름판 없이 바닥마감재에 바로 부착된 진동센서의 진동 응답을 측정하는 측정 방법에 의한 차이로 판단된다. 이 분석 결과를 통해 간이 측정방법을 기존 동탄성계수 측정방법의 규격의 개선으로 할지 추가 연구와 실험으로 새로운 간이 측정방법을 만들지에 대해 향후 추가적으로 연구해 봐야할 것이다.

#### 4.3 경량 바닥충격음 저감 성능 예측 가능성 검토

이 분석에서는 바닥마감재 3가지의 경량 바닥충격음 저감성능과 무게추 간이 측정방법으로 측정된 진동 측정데이터를 통해 경량 바닥충격음 저감성능

Table 2. Natural vibration value of simple measurement method.

	KS F 2868	Simple measurement method
Laminate floor 7 mm	-	700 Hz
Laminate floor + Butyl rubber 2 mm	1.6 Hz	200 Hz
Laminate floor + Memory form 6 mm	28.5 Hz	575 Hz

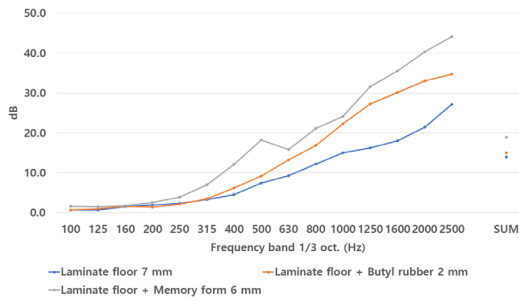


Fig. 9. (Color available online) Frequency band analysis of different value of lightweight floor impact sound.

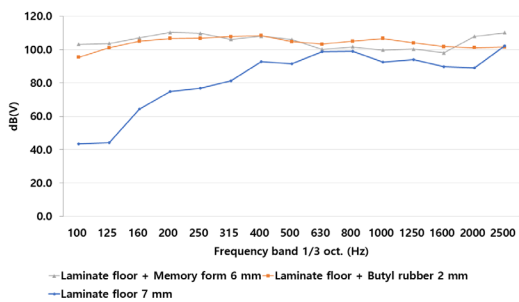


Fig. 10. (Color available online) Frequency band of simple measurement method.

Table 3. Correlation value of lightweight floor impact sound reduction value and simple measurement method value.

	Laminate floor 7 mm	Laminate floor + Butyl rubber 2 mm	Laminate floor + Memory form 6 mm
Correlation value	0.69	-0.20	-0.21
R <sup>2</sup>	0.48	0.04	0.04

을 예측할 수 있는지에 대해 비교 분석하였다.

경량 바닥충격을 저감 성능 데이터는 Mock-up 실험실에서 측정된 데이터만을 사용하였다. KS F 2868 로 측정된 동탄성계수 데이터는 탄성이 측정되지 않는 데이터가 있어 이 분석에서는 제외하였다. Fig. 9 는 바닥감재별 경량바닥충격을 저감성능을 주파수분석한 것이다. 앞선 분석과 같이 바닥감재의 두께가 두꺼워 지고 탄성이 증가할수록 경량 바닥충격음의 저감성능이 향상 됨을 확인했다. Fig. 10은 간이 측정 결과를 주파수분석한 것이다. 이 분석에서는 강마루만 측정할 결과를 제외하고 두 가지 바닥감재가 같은 경향을 나타냈다. 탄성이 있는 하지재에 의

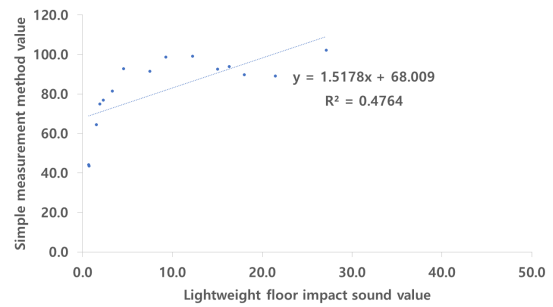


Fig. 11. (Color available online) Regression curve of Laminate floor 7 mm.

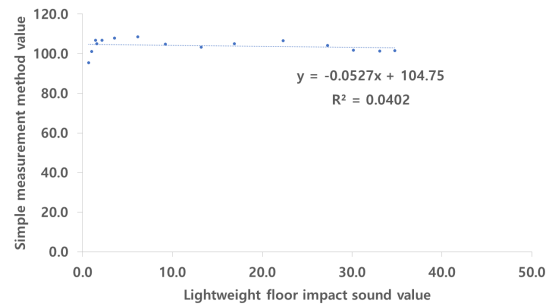


Fig. 12. (Color available online) Regression curve of Laminate floor 7 mm + Butyl rubber 2 mm.

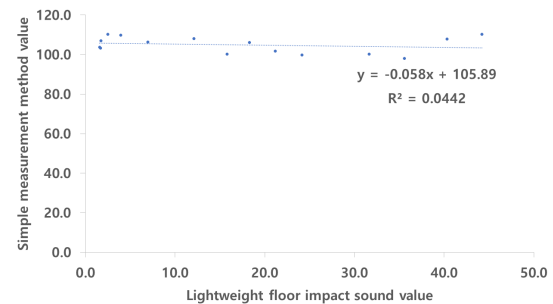


Fig. 13. (Color available online) Regression curve of Laminate floor 7 mm + Memory form 6 mm.

해 상부구조인 강마루의 진동 특성이 변화한 것으로 판단된다. 이 결과는 마감재에 탄성이 있는 재료가 추가됨에 따라 발생할 수 있는 상황으로 판단된다.

Table 3은 경량 바닥충격을 저감성능 주파수분석 데이터와 간이 진동 측정 주파수 데이터를 서로 상관분석한 것이다. 그 결과 강마루만 있을 때는 어느 정도 유의미한 결과를 보이는데 바닥감재가 탄성을 갖는 2가지 재료에서는 계수가 역전되는 결과를 보였다. 이와 같은 결과는 바닥과 시료 사이에 탄성층이 있는 경우와 없는 경우로 구분할 수 있다. 이러

한 결과로 미루어 볼 때 향후 간이 측정 방법은 진동 특성이 명확히 측정 될 수 있도록 바닥마감재의 부착 방법과 진동센서의 부착 위치 등에 대해 고려가 필요하고, KS F 2868 측정방법을 활용한 바닥마감재 특성 측정 방법은 시료의 구성을 명확하게 하여 보다 개연성 있는 방법으로 발전시켜나가야 할 것이다. 그에 대한 적절한 방법으로 ISO 16251-1 : 2014의 규격에 의한 축소모형 실험과 이를 활용한 연구 Branco와 Godinho<sup>[8]</sup>, Pereira *et al.*<sup>[9]</sup>와의 비교 및 분석을 통해 이 연구의 문제로 지적할 수 있는 재현성과 타당성에 대해 구체적인 측정 방법의 연구가 필요하다.

위 Figs. 11 ~ 13은 각 바닥마감재의 주파수대역별 경량 바닥충격음 저감성능과 간이측정 방법에 의한 주파수대역별 진동 측정 값을 상관성 분석한 결과를 그래프로 나타낸 것이다. 이 분석을 통해 경량 바닥충격음 저감성능을 예측하는 방법을 검증하고자 하였다. 하지만 이 연구는 가장 초기단계의 논의를 제안하고자 실험한 것으로 실험 데이터 자체에 정량적 분석과 재현성이 부족하지만 다양한 시도를 통해 연구의 가설을 검증하고자 한 분석으로 해석할 수 있다.

## V. 결 론

이 연구에서는 향후 중요한 바닥 구성 재료가 될 수 있는 바닥마감재를 다양한 방향으로 개발하고 이를 적용하여 경량 바닥충격음 저감성능을 파악하고자 하였다. 특히 바닥마감재의 동탄성계수 및 진동 특성등을 조사하여 바닥마감재의 간단한 측정만으로 경량 바닥충격음 저감성능을 예측할 수 있는지에 대해 가능성을 검토하고자 하였다. 첫 번째로 기존 강마루에 탄성이 있는 부틸고무 또는 메모리폼 등을 추가하여 경량 바닥충격음 저감성능을 측정한 결과 최대 19 dB 까지 저감성능을 확보 할 수 있었다. 두 번째로 기존 KS 규격을 준용하여 동탄성 계수를 측정 하였으며, Tapping machine의 해머를 모방하여 만든 무게추로 간이 측정한 결과를 함께 분석하였다. 그 결과 특별한 연관성을 밝히지는 못했으나 부틸고무나 메모리폼과 같은 탄성이 있는 재료가 강마루와 결합했을 때 특별한 변화를 확인할 수 있었다. 마지

막으로 바닥마감재별 경량 바닥충격음 저감성능과 간이 실험의 진동측정 주파수분석 결과를 서로 상관 분석하였다. 그 결과 강마루 하나만을 비교했을 때는 0.6 이상의 의미 있는 결과를 확인하였으나 탄성 재료가 추가된 경우는 의미 있는 결과를 확인하지 못하였다. 이 연구는 단순히 바닥마감재에 대한 연구가 많이 부족했음을 인지하고 향후 충분히 연구 가치가 있는 바닥마감재에 의한 경량바닥충격음 저감성능과 진동 특성 파악을 통한 예측 가능성에 대해 간단한 실험으로 확인해 보는 것에 한계가 있다.

향후 연구에서는 ISO 16251-1 : 2014의 규격을 근거로 하여, 축소모형 활용 및 충격원 간편화 관점에서 다양한 측정 방법 모색 연구가 필요하고, 여러 가지 바닥마감재 및 다양한 바닥구조에서의 실험 결과를 통해 정량적인 결과를 도출할 수 있는 연구가 진행 되어야 할 것이다.

## 감사의 글

이 연구는 한국연구재단의 정부지원(과학기술정보통신부)으로 진행 되었습니다. NRF-2020R1A2C10 15162.

이 논문은 2023년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (NRF-2022R1H1A1A01072221).

## References

1. J. O. Yeon, K. W. Kim, H. K. Shin, A. Y. Jung, and K. S. Yang, "Heavy-weight impact sound reduction by coverings in reduction by coverings in standard floating floor system" (in Korean), Proc. KSNVE Annual Spring Conf. 362-363 (2016).
2. M. W. Kang, N. S. Lee, K. W. Lee, and Y. K. Oh "Heavyweight impact sound reducing performance of slab integrated floor structure according to types of upper structure of existing apartment slab" (in Korean), J. Korean Soc. Living Environ. Sys. **22**, 940-946 (2015).
3. M. W. Kang, D. H. Park, and Y. K. Oh. "Dynamic elasticity measurement of floor covering materials for estimating floor impact sound blocking performance" (in Korean), J. Acoust. Soc. Kr. Suppl. 2(s) **41**, 11



(2022).

4. KS F 2868, *Determination of Dynamic Stiffness of Materials Used Under Floating Floors in Dwellings*, 2003.
5. ISO10140-1, *Acoustics - Laboratory Measurement of Sound Insulation of Building Elements — Part1: Application Rules for Specific Products*, 2021.
6. ISO 10140-3, *Acoustics - Laboratory Measurement of Sound Insulation of Building Elements — Part3: Measurement of Impact Sound Insulation*, 2021.
7. G. G. Song, Y. H. Kim, J. K. Ryu, and M. J. Kim “Analysis of heavyweight floor impact sound level with dynamic stiffness and thickness of EPS type resilient materials” (in Korean), *Trans. Korean Soc. Noise Vib. Eng.* **28**, 713-720 (2018).
8. F. Branco and L. Godinho “On the use of lightweight mortars for the minimization of impact sound transmission,” *Constr. Build. Mater.* **45**, 184-191 (2013).
9. A. Pereira, L. Godinho, D. Masteus, J. Ramis, and F. Branco “Assessment of a simplified experimental procedure to evaluate impact sound reduction of floor coverings,” *Appl. Acoust.* **79**, 92-103 (2014).
10. KS F ISO 16283-2, *Acoustics - Field Measurement of Sound Insulation in Buildings and of Building Elements —Part 2 : Impact Sound Insulations*, 2017.
11. KS F ISO 717-2, *2020 Acoustics - Rating of Sound Insulation in Buildings and of Building Elements — Part 2: Impact Sound Insulation*, 2019.
12. ISO 16251-1:2014, *Acoustics - Laboratory Measurement of The Reduction of Transmitted Impact Noise by Floor Covering on A Small Floor Mock-Up—Part 1: Heavyweight Compact Floor*, 2014.
13. KS F 2865, *Laboratory Measurements of The Reduction of Transmitted Impact Sound by Floor Covering Materials Using Standard Light and Heavy Impact Sources*, 2020.

▶ 오 양 기 (Yang-Ki OH)



1984년 2월: 서울대학교 건축학과 공학사  
 1986년 2월: 서울대학교 대학원 건축학과  
 공학석사  
 1990년 2월: 서울대학교 대학원 건축학과  
 공학박사  
 1991년 3월 ~ 현재: 목포대학교 건축학과  
 교수

## 저자 약력

▶ 강 민 우 (Min-Woo KANG)



2013년 2월: 목포대학교 건축학사  
 2016년 2월: 목포대학교 건축학석사  
 2022년 2월: 목포대학교 건축학박사  
 2022년 3월 ~ 현재: 목포대학교 건축학과  
 Post-Doc.