

바닥 상부 마감재의 충격음 저감성능에 대한 평가방법 개선

Improvement of evaluation method for impact sound reduction performance of floor coverings

정진연,^{1†} 송한솔,¹ 송국곤,¹ 윤용진¹

(Jin-Yun Chung,^{1†} Han-Sol Song,¹ Guk-Gon Song,¹ and Yong-Jin Yoon¹)

¹한국건설생활환경시험연구원 음환경센터

(Received February 9, 2023; revised March 7, 2023; accepted March 16, 2023)

초 록: 최근 바닥충격음 사후 성능검사 제도의 시행에 따라 공동주택 바닥 슬래브 상부에 설치되는 바닥 마감재에 대한 바닥충격음 성능 개선의 요구사항은 증가하고 있다. 하지만 현재의 KS F ISO 717-2 및 KS F 2863에서의 바닥 마감재 성능 평가방법은 완충층이 설치되지 않은 조건에서 저감량을 측정하는 것으로 되어 있다. 준공 전 성능측정의 무화로 인해 본인이 거주하는 공동주택 바닥충격음 성능의 확인이 가능한 상황에서 입주인이 거주하는 공동주택의 특성을 반영하는 온돌층이 설치된 구조에서의 성능평가는 마감재의 바닥충격음 성능에서 더 필요한 부분일 것이다. 따라서 본 논문에서는 바닥슬래브 상부 마감구조의 저감량 평가를 위해서 완충층 조건을 포함한 저감성능 평가를 제안 하고, 완충층 성능에 따른 저감량의 차이를 확인할 수 있도록 마감재가 설치되지 않은 상태의 바닥충격음 성능을 동시에 표시하는 것을 제안한다.

핵심용어: 바닥 완충층, 바닥 마감재, 경량충격음, 중량충격음

ABSTRACT: Recently, floor impact sound has become a serious social problem in Korea. There is an increasing need to improve floor impact sound performance using floor covering installed on the floor of apartment houses. KS F ISO 717-2 and KS F 2863 require measurement under conditions in which the resilient material is not installed. But most apartment houses in Korea install resilient materials to reduce floor impact sound. The performance evaluation method of floor covering should provide reduced performance for use by residents of apartment houses with resilient materials. Therefore, this paper proposes a reduction performance evaluation under the conditions in which a resilient material is installed to verify the performance of floor covering.

Keywords: Resilient layer, Floor covering, Light-weight floor impact sound, Heavy-weight floor impact sound

PACS numbers: 43.55.Vj, 43.55.Ti

1. 서 론

엠브레인 트렌드모니터(19년 9월) 에 따르면 이웃 간의 주요한 갈등의 원인으로 40.4%가 층간소음을 꼽았을 정도로 공동주택에서 발생하는 바닥충격음은 심각한 수준이라 할 수 있다. 2019년 감사원은 ‘아파트 층간소음 저감제도 운영실태’에 대한 감사를 통해 바닥충격음의 실태와 원인을 파악하고 이에 대

한 개선대책을 마련하여 국민의 주거의 질을 향상시키고자 하였다.^[1] 실태분석 결과, 사전인정한 바닥충격음 차단성능과 실제 현장에서의 성능간 차이가 있음이 확인되어 바닥충격음에 대한 제도개선이 이루어지게 되었다. 하지만 이웃세대와 바닥, 벽을 공유하는 아파트의 특성상 소음에 대한 문제는 필연적으로 발생할 수밖에 없는 상황이다.

정부에서도 이러한 층간소음 문제의 심각성을 인

†Corresponding author: Jin-Yun Chung (jinyun97@kcl.re.kr)

Acoustic Environment Center, Korea Conformity Laboratories, 73, Yangcheong 3-gil, Ochang-eup, Cheongwon-gu, Cheongju-si, Chungbuk 28115, Republic of Korea

(Tel: 82-43-210-8914, Fax: 82-43-210-8929)



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.

지하고 22년 8월 4일자로 공동주택 바닥충격음 사후 확인제도를 도입한다고 발표하였다. 그러나 바닥충격음 사후확인제도는 새롭게 신축되는 주택을 대상으로 진행되는 내용이기 기존 공동주택에 거주하고 있는 대부분의 입주민들에 대한 층간소음 문제를 해결할 수 없는 상황이다. 따라서 22년 8월 18일 국토교통부에서는 “공동주택 층간소음 개선 방안”에서 지어진 주택의 층간소음 문제도 해결하겠다는 내용을 발표하였다. 기존주택에서의 소음 저감방안으로 층간소음 저감 성능이 입증된 소음 저감매트에 대한 지원을 추진하겠다고 했지만, 저감 성능에 대한 정확한 입증 근거가 부족한 현실이다.

Yeon^[2]은 다양한 바닥 표면마감재의 저감성능을 측정 및 평가하여 마감재의 종류별 경량충격음 저감량을 확인하였고, 소음저감 인지레벨을 분석하였다. 또 거주자 충격력과 유사한 고무공 낙하높이 40 cm에 대한 저감성능도 추가로 분석함으로써 바닥 마감재가 더욱 보편적으로 사용될 수 있도록 하였다. Lee *et al.*^[3]는 공동주택 층간소음 저감을 위한 바닥마감재 및 저감매트 성능연구를 통해 완충재 설치 전후의 마감재 저감량 평가결과가 상이함을 분석하였다. 특히 완충재가 설치되지 않은 맨슬래브에서의 경량 및 중량충격음 저감효과는 완충재가 시공된 상태보다 크게 나타나고 있음을 확인하였다.

본 연구에서는 1개의 완충층 구조와 5종류의 바닥 마감재를 대상으로 완충층 설치에 따른 바닥 마감재의 저감성능 편차를 분석하고 우리나라의 특성에 적합한 저감량 측정 및 평가방법을 제안하는 기초자료를 제공하는데 목적이 있다. 이를 통해 소음저감을 위해 사용되는 각종 바닥 마감재가 필요한 분야에서 보다 정확히 성능을 평가하고 그 결과를 실 생활에서 유용하게 사용할 수 있을 것으로 기대한다.

II. 바닥 마감재 측정 및 평가방법

바닥 상부 마감재에 대한 충격음 차단성능 실험실 측정방법은 KS F 2865^[4]에서 제시하고 있다. 이 표준은 콘크리트 슬래브 위에 시공되는 온돌층을 제외한 바닥 표면 마감재의 경량 및 중량 충격음 레벨 저감량을 실험실에서 측정하는 방법에 대하여 규정하고

있는 것으로, 표준 콘크리트 바닥 위에서 설치되는 바닥 마감재에 적용하는 방법이다.

KSF ISO 717-2^[5] 및 KS F 2863-1^[6]에서 경량 바닥충격음 레벨 저감량은 Eqs. (1), (2)와 같이 바닥마감재 설치에 따른 레벨의 저감량을 단일수치로 표현한다.

$$L_{n,r} = L_{n,r,o} - \Delta L. \quad (1)$$

$$\Delta L_w = L_{n,r,o,w} - L_{n,r,w} = 78dB - L_{n,r,w}, \quad (2)$$

여기에서

$L_{n,r}$: 바닥마감재 및 바닥 완충구조가 기준 바닥에 설

치된 상태에서의 기준화 바닥충격음 레벨(dB)

$L_{n,r,o}$: 정의된 기준 바닥의 기준화 바닥충격음 레벨

ΔL : KS F 2865에 의해 측정된 바닥충격음 레벨감쇠량

$L_{n,r,w}$: 바닥마감재 및 바닥 완충구조가 기준 바닥에

거치된 상태에서의 기준화 바닥충격음

레벨

$L_{n,r,o,w}$: $L_{n,r,o}$ 에 의해 얻어지는 단일수치 평가량

중량 바닥충격음 레벨 저감량은 KS F 2865에서 Eq. (3)과 같이 콘크리트 슬래브 맨바닥에서 바닥 표면 마감재를 시공한 상태의 레벨을 뺀 값으로 표현하지만, 단일수치 결과가 아닌 각 주파수별 결과로 표현된다.

$$\Delta L_H = L_{i,Fmax,o} - L_{i,Fmax}. \quad (3)$$

이 규격에 따른 시험 바닥은 직사각형으로 두께 120 mm~210 mm의 철근 콘크리트 평판으로 하도록 하고 있다. 하지만 우리나라 공동주택은 바닥충격음 저감을 위해 인정바닥구조(완충층 포함)로 시공하도록 하고 있기 때문에, 온돌층이 없는 콘크리트 슬래브만으로 마감되어 있지 않다.

일반 공동주택에서 적용될 수 있는 마감재의 성능 평가는 구체적으로 제시되지 못하고 있지만, 실내에서 충격음을 저감하기 위하여 사용되는 발포층을 가진 합성수지제 매트 환경표지 인증기준과 적합성 여부를 확인하는 EL32^[7]에서 중량 바닥충격음 저감성능의 평가기준을 제시하고 있다. 경량 및 중량

바닥충격음 레벨 저감량은 KS F 2865에 따라 시험하도록 하고 있다. 평가방법은 경량충격음은 KS F ISO 717-2 및 KS F 2863-1에 따라 단일수치 저감량으로 평가하도록 하고 있고, 중량충격음은 KS F 2863-2^[8] 단일수치량을 다음의 Eq. (4)에 따른 매트 설치 전후의 레벨차를 이용하여 산출하도록 하고 있다.

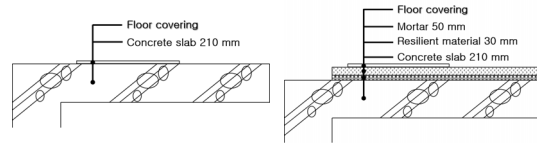
$$\Delta L_H = L_{i, Fmax, AW, o} - L_{i, Fmax, AW} \quad (4)$$

III. 마감재의 바닥충격음 저감량 측정

3.1 측정조건

본 논문에서 검토한 바닥충격음 저감량 측정 대상인 바닥마감재의 종류는 Table 1과 같다. 자재의 종류에 따른 저감량 성능을 평가하기 위하여 마루판(1), Polyvinyl chloride(PVC)계(1), 어린이용 놀이매트(3)의 총 5가지 마감재를 분석하였다.

바닥 상부 마감재의 저감량 측정에 사용된 실험실의 단면의 구성은 Fig. 1과 같다. 동일한 실험실에서 현행 마감재 측정방법인 완충층 설치 전의 맨슬래브 상태(a)와 실제 공동주택 바닥 온돌 시스템을 모사한 완충층을 설치한 상태 (b)의 마감재에 따른 저감량을 비교하도록 계획하였다. 실험실은 가로 3,000 mm



(a) Without resilient layer (b) With resilient layer

Fig. 1. (Color available online) Section of test rooms.

Table 2. Measurement system.

Measurement system	Products
Real time analyzer	PAK MK II (12 channel), Müller-BBM, Germany
Microphone	46AE (1/2"), GRAS, Denmark
Light-weight impact sound source	Tapping machine, RION, Japan
Heavy-weight impact sound source	Rubber ball, RION, Japan

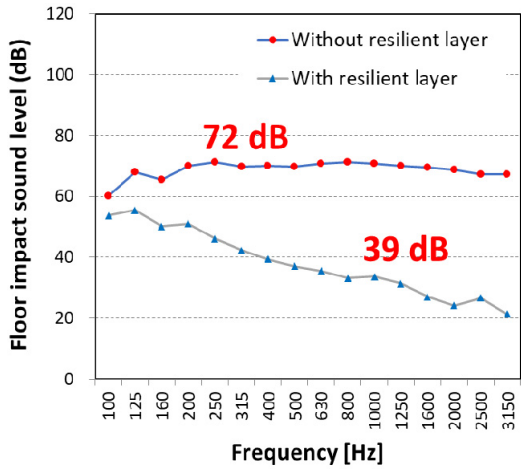
× 세로 4,300 mm이고, 슬래브 두께는 210 mm이다. 완충층은 일반적인 공동주택에서 가장 보편적으로 사용되는 요철형 Expanded Polystyrene(EPS) 완충재 30 mm 구조에 마감 모르타르 50 mm를 적용하였고, 사용된 측정기기의 내역은 Table 2에 정리하였다.

3.2 완충층 설치 전후 실험실 바닥판의 단일 수치 평가량

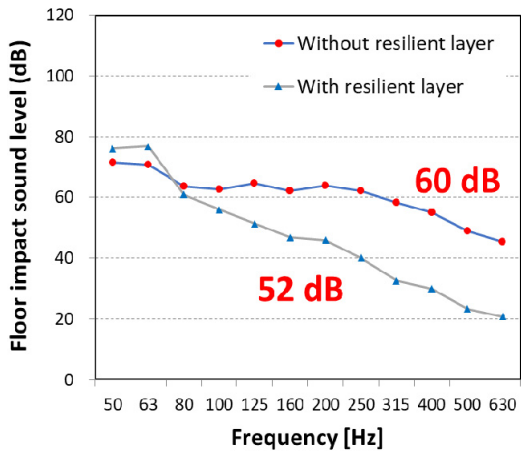
공동주택 바닥충격음 평가를 위해, 측정은 KS F ISO 16283-2^[9] 평가는 KS F ISO 717-2에 따라 실시하였다. Figs. 2와 3에 따르면, 완충층의 설치에 따라 저주파수 대역(50 Hz ~ 63 Hz)에서는 증폭이 일어나고 있으며 100 Hz 이상의 영역에서 성능 개선이 나타나고 있다. 특히 중고주파수 대역에서는 완충재가 설치되면서 바닥충격음 성능개선이 크게 나타나고 있음을 확인할 수 있다. 이는 공동주택의 일반적인 온돌층 설치에 따른 결과와 유사한 형태이다. 특히 100 Hz ~ 315 Hz 대역에서는 충격원의 종류와 관계없이 유사한 형태의 저감 특성을 보이고 있다. KS F ISO 717-2의 단일수치 평가량으로 비교한 결과, 경량충격음($L'_{nT, W}$)은 72 dB에서 39 dB로 33 dB가 개선되었고 중량충격음($L'_{iA, Fmax}$)은 60 dB에서 52 dB로 8 dB가 개선되었다. 이를 통해 뜬바닥 구조의 완충층 설치는 경량충격음 위주로 성능이 개선되고 있음을 다시 한번 확인할 수 있었다.

Table 1. Test specimens.

No.	specimen		Thickness (mm)	Density (kg/m ³)
1	Plywood floor		8.0	7.6
2	Polyvinyl chloride		4.5	2.9
3	Thermoplastic Polyurethane (TPU) mat		20.0	3.2
4	Polyethylene (PU) mat		20.0	1.4
5	'Polyurethane (PU) + Polyethylene (PE)' mat		22.0	1.6



(a) Light-weight



(b) Heavy-weight

Fig. 2. (Color available online) Frequency characteristics of floor impact sound before and after installation of resilient layer.

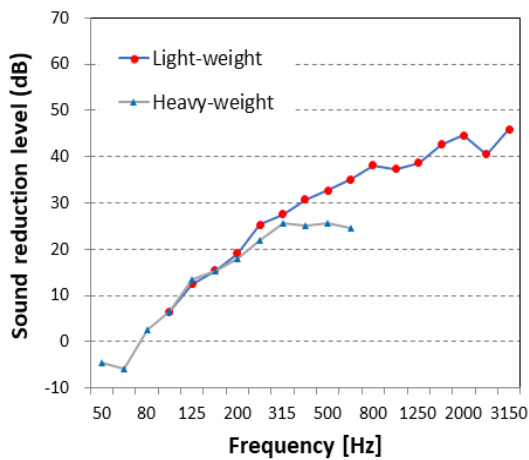


Fig. 3. (Color available online) Sound reduction level of resilient layer.

3.3 바닥 마감재 저감성능 평가방법 제안

현재 바닥 상부 마감재 저감성능은 KS F ISO 717-2에서 경량충격음 단일수치 평가량(ΔL_w)만을 규정하고, 중량충격음은 단일수치 평가량으로 평가하는 방법이 없다. 경량충격음 저감량 평가방법의 경우도 산출방법이 일반 거주민의 이해도가 떨어지고, 온돌층의 공동주택에 적용하기에 다소 과도하게 산출되는 결과이다. 따라서 다음의 Eqs. (5), (6)과 같이 일반 거주민이 이해가 쉽도록 콘크리트 슬래브 맨바닥에서 바닥 표면 마감재를 시공한 상태의 레벨을 뺀 삽입손실(단일수치) 값으로 표현할 것을 제안한다. 이 방법은 이미 발포류 매트제품을 규정하고 있는 EL327의 중량충격음 성능평가 방법으로 사용되고 있다.

바닥 마감재 저감량 측정에서는 마감재가 설치되기 전의 기본성능에 따라 차이가 있다. 본 연구에서는 경량 및 중량충격음 저감량(삽입손실)에서 실험실의 바닥충격음 성능(단일수치 평가량)을 기재할 것을 제안한다.

$$\Delta L_{L,w}(dB) = L_{without\ covering} - L_{with\ covering}, \quad (5)$$

여기에서

$\Delta L_{L,w}(dB)$: 경량충격음 마감재에 따른 삽입손실,

마감재 설치 전 단일수치 평가량 기재

$L_{without\ covering}$: 마감재 설치전 바닥 레벨, 가중표준

화 바닥충격음 레벨($L'_{nT,W}$)

$L_{with\ covering}$: 마감재 설치후 바닥 레벨, 가중표준화

바닥충격음 레벨($L'_{nT,W}$)

$$\Delta L_{H,w}(dB) = L_{without\ covering} - L_{with\ covering}, \quad (6)$$

여기에서

$\Delta L_{H,w}(dB)$: 중량충격음 마감재에 따른 삽입손실,

마감재 설치 전 단일수치 평가량 기재

$L_{without\ covering}$: 마감재 설치전 바닥 레벨, A-가중 최

대 바닥 바닥충격음 레벨($L'_{iA,Fmax}$)

$L_{with\ covering}$: 마감재 설치 후 바닥 레벨, A-가중 최대

바닥충격음 레벨($L'_{iA,Fmax}$)

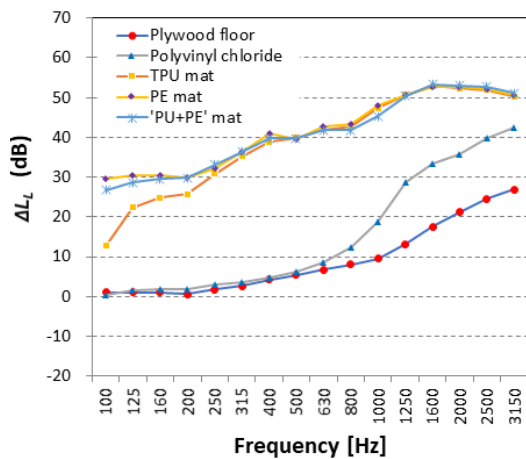
3.4 바닥 마감재 종류에 따른 저감량 분석

Fig. 4는 완충층 설치 전후의 주파수별 경량 바닥 충격음 레벨 저감량을 비교하고 있다. 완충층이 없는 구조(a)에서는 바닥 마감재를 사용함에 따라 중고주파수 대역에서 성능개선이 이루어지고 있다. 하지만 완충층이 설치된 구조(b)에서는 바닥충격음 완충재의 효과로 인해 중고주파수 대역에서의 마감재에 따른 성능 개선량은 줄어들게 되어, 저감성능을 좌우하는 영역이 저주파수 대역으로 이동하고 있음을 확인할 수 있다. 특히 매트류의 경우 두께의 효과로 인해 100 Hz ~ 1,200 Hz에서의 저감성능이 상대적으로 우수하게 나타나고 있음을 확인하였다. 중량충격음 저감량을 나타내고 있는 Fig. 5에서도 완충층이 설치

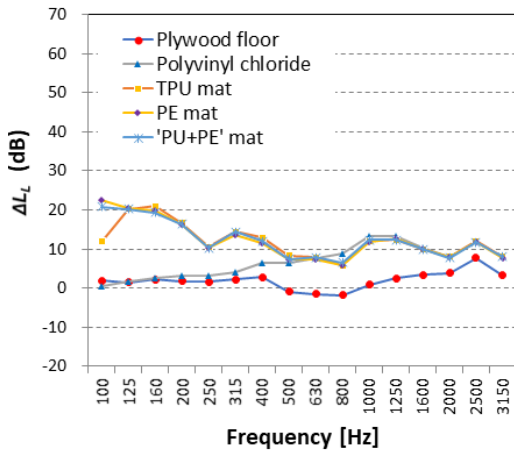
되면서 200 Hz 이상의 중고주파수 대역의 마감재 성능개선량이 줄어들고 있음을 확인할 수 있다. 특히 중저주파수 대역의 성능을 평가하는 중량충격음의 경우, 완충층이 설치되지 않은 구조에서의 중고주파수 대역 저감량은 과도하게 나타나는 경향이 있다.

Table 3은 현행 KS F 2865 측정과 KS F ISO 717-2에 따른 경량충격음 저감량 평가방법(①, ΔL_w)과 KS F ISO 16283-2에 의한 측정과 KS F ISO 717-2에 따른 경량충격음 단일수치 저감량 평가(②, $\Delta L_{L,w}$), KS F ISO 16283-2에 따른 측정과 KS F ISO 717-2에 따른 중량충격음 저감량 평가(③, $\Delta L_{H,w}$) 방법을 비교한 결과이다.

기존의 평가방법에 따른 경량충격음(①)은 14 dB ~ 46 dB의 결과를 보이고 있고, 새로운 평가방법(②)은

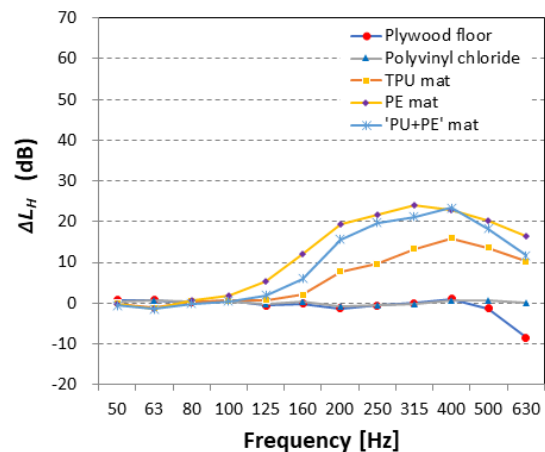


(a) Without resilient layer

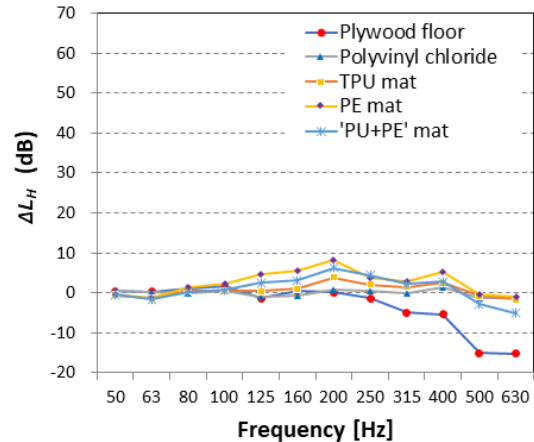


(b) With resilient layer

Fig. 4. (Color available online) Reduction level of light-weight floor impact sound.



(a) Without resilient layer

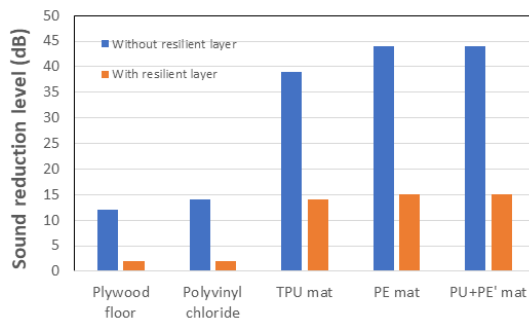


(b) With resilient layer

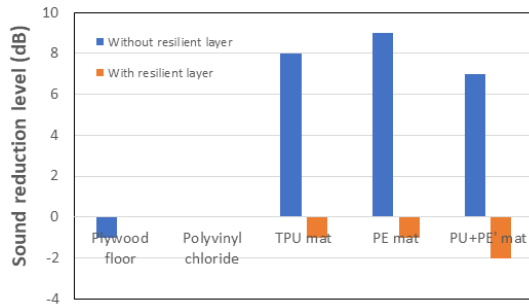
Fig. 5. (Color available online) Reduction level of heavy-weight floor impact sound.

Table 3. Reduction of SNQ.

	Without resilient layer		With resilient layer		
	Light-weight		Heavy-weight	Light-weight	Heavy-weight
	ΔL_w (①)	$\Delta L_{L,w}$ (②)	$\Delta L_{H,w}$ (③)	$\Delta L_{L,w}$ (②)	$\Delta L_{H,w}$ (③)
Plywood floor	14	12	-1	2	0
Polyvinyl chloride	17	14	0	2	0
Thermoplastic Polyurethane mat	39	39	8	14	-1
Polyethylene mat	46	44	9	15	-1
'Polyurethane + Polyethylene' mat	46	44	7	15	-2



(a) Light-weight floor impact sound



(b) Heavy-weight floor impact sound

Fig. 6. (Color available online) Reduction of sound level according to the resilient Layer installation.

12 dB~44 dB로서 기존의 평가법에 비해 2 dB~3 dB 낮게 측정되는 경향을 보이고 있다.

완충층 설치 전후의 저감량 결과의 차이(②)는 Fig. 6에서와 같이 최대 경량충격음은 29 dB(Polyethylene mat, 'Polyurethane + Polyethylene' mat), 중량충격음은 10 dB(Polyethylene mat)까지 나타나고 있기 때문에

기존의 규격에서 규정하고 있는 완충층 설치 전의 맨슬래브에서 마감재의 저감량을 측정하는 방식은 마감재의 성능이 과대 평가될 수 있기 때문에 공동주택 바닥과 유사한 완충층이 설치된 상태에서의 마감재 성능평가가 필요하다.

IV. 결 론

본 연구는 공동주택 바닥 슬래브에 설치되는 바닥 상부 마감구조의 바닥충격음 저감성능을 평가하는 것을 목적으로, 공동주택 바닥에 설치되는 완충층의 설치에 따른 저감량의 변화를 검토하였다.

- 1) 기존의 마감재 성능 평가방법으로 제시되고 있는 완충층 설치 전의 저감량은 기존의 경량충격음 측정방법에 따라 14 dB~46 dB의 저감성능을 보이고 있고, 본 연구에서 제안하는 삽입손실 평가방법에 따라서는 12 dB~44 dB로서 2 dB~3 dB 낮게 측정되고 있다.
- 2) 입주인이 실제 거주하는 환경인 완충층 설치 후의 경량충격음 저감량은 본 연구에서 제안하는 삽입손실 평가방법에 따라서는 2 dB~15 dB로 완충층이 설치되기 전의 기존 평가방법보다 12 dB~31 dB 낮게 측정되고 있다.
- 3) 사후 성능검사 제도의 시행에 따라 본인이 거주하는 공동주택의 바닥충격음 성능의 확인이 가능하고, 준공 후 바닥충격음 성능평가가 중요해진 시점에서 입주인이 거주하는 공동주택 특성을 반영하는 완충층이 설치된 구조에서의 성능평가가 마감재의 바닥충격음 성능에서 더 필요한 부분일 것이다.
- 4) 따라서 본 연구에서는 다양한 완충층 조건을 저감량 평가결과에 표현하여 실 사용자들이 실제 현장에서 저감성능을 보다 쉽게 확인할 수 있도록 완충층이 설치된 상태에서 마감재 성능평가를 제안한다.

다만, 본 연구에서는 완충층의 구조 1개, 마감재 종류 5개를 대상으로 하였기 때문에 바닥마감재의 성능평가 방법에 대한 일반화를 위해서는 추가적인

실험결과가 필요할 것이다.

감사의 글

본 논문은 국토교통부의 연구과제인 “국토교통기술 기반 주거생활환경 문제 해결사업”의 연구 결과 중 일부이다.

References

1. The board of audit and inspection of korea, “A study on the operation of the noise reduction system in apartment buildings,” BAI, Audit Rep., 2019.
2. J. O. Yeon, *An experimental study on the evaluation of impact sound insulation of the floorings and floor mats considering impact force by residents*, (Ph.D. thesis, University of Seoul, 2019).
3. S. K. Lee, H. S. Yang, J. Y. Bae, and J. H. Lee, “A study on the noise reduction performance of floor finishing materials and floor mats between floors of apartment housing,” LHI, Research Rep., 2022.
4. KS F 2865:2002, *Laboratory Measurements of the Reduction of Transmitted Impact Sound by Floor Covering Materials using Standard Light and Heavy Impact Sources*, 2002.
5. KS F ISO 717-2:2020, *Acoustics-Rating of Sound Insulation in Buildings and of Building Elements-Part 2: Impact Sound Insulation*, 2020.
6. KS F 2863-1:2017, *Rating of Floor Impact Sound Insulation for Impact Source in Buildings and of Building Elements - Part 1: Floor Impact Sound Insulation against Standard Light Impact Source*, 2017.
7. KS F ISO 16283-2:2015, *Acoustics -Field Measurement of Sound Insulation in Buildings and of Building Elements -Part 2: Impact Sound Insulation*, 2015.
8. EL327:2022, *Idoor Floor Mats of Foamed Plastic*, 2022.
9. KS F 2863-2:2017, *Rating of Floor Impact Sound Insulation for Impact Source in Buildings and of Building Elements - Part 2: Floor Impact Sound Insulation against Standard Heavy Impact Source*, 2017.

저자 약력

▶ 정 진 연 (Jin-Yun Chung)



1997년 2월: 전남대학교 건축공학과 학사
2001년 8월: 전남대학교 건축공학과 석사
2009년 8월: 경기대학교 건축공학과 박사
2020년 5월: 대우건설 건축연구팀
2020년 5월 ~ 현재: 한국건설생활환경시험연구원 책임연구원

▶ 송 한 솔 (Han-Sol Song)



2008년 3월: 강릉원주대학교 토목공학과 학사
2017년 3월: 전남대학교 건축공학과 석사
2021년 2월 ~ 현재: 한국건설생활환경시험연구원 주임연구원

▶ 송 국 곤 (Guk-Gon Song)



2007년 2월: 전남대학교 건축공학과 학사
2009년 8월: 전남대학교 건축공학과 석사
2019년 8월: 전남대학교 건축공학과 박사
2013년 1월 ~ 현재: 한국건설생활환경시험연구원 책임연구원

▶ 윤 용 진 (Yong-Jin Yoon)



2002년 2월: 한경대학교 환경공학과 학사
2017년 8월: 한국교통대학교 건축공학과 석사
1997년 12월 ~ 현재: 한국건설생활환경시험연구원 수석연구원