

바닥마감재 접착제 종류에 따른 바닥충격을 저감특성

Floor Impact Noise Reduction Characteristics of Apartment Buildings with Different Floor Finishing Adhesives

구 본 수* · 김 명 준†
Bon-soo Koo* and Myung-jun Kim†

(Received April 9, 2026 ; Revised May 15, 2026 ; Accepted June 4, 2026)

Key Words : Floor Impact Noise(바닥충격음), Post-construction Verification System(사후확인제도), Inorganic Adhesive(무기계 접착제), Stone Tiles for Flooring(바닥용 석재타일)

ABSTRACT

This study aims to analyze the causes of performance variations in floor impact sound insulation in apartment buildings following the implementation of the post-construction verification system, and propose improvement measures at the floor finishing stage. Field measurements were conducted in occupied apartment units using wooden flooring and stone tile finishes under identical floating floor structures, with a focus on the effects of different types of adhesives. For wooden flooring, epoxy-based adhesives resulted in changes of -1 dB to 1 dB in heavyweight impact sound and 0 dB ~ 2 dB in lightweight impact sound. In contrast, polyurethane-based adhesives achieved reductions of 0 dB ~ 3 dB and 2 dB ~ 6 dB, respectively. For stone tile finishes, low-polymer cement adhesives increased light-weight impact sound by 4 dB ~ 5 dB, while high-polymer cement adhesives reduced it by 4 dB.

기 호 설 명

E : 탄성계수
 ζ : 감쇠비(damping ratio)
 ω : 가진주파수
 ω_r : 고유주파수

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

국내 공동주택은 편리한 대중교통과 안전, 높은 생

활 인프라 등, 인구밀도가 높은 도심지에 많은 가구의 주택공급을 할 수 있는 이유로 우리나라의 대표적인 주거 형태로 자리 잡고 있다. 2022년 인구주택 총조사에 따르면 약 63.8%가 공동주택에 거주하는 것으로 조사되었으며, 공동주택의 특성상 바닥과 천장 슬래브를 공유함에 따라 층간소음의 문제가 매년 반복적으로 지적되고 있다. 이에 따라 정부에서는 위와 같은 문제의 해결을 위해 22년 8월 4일 이후 공동주택 바닥충격음 사후확인제도를 도입하였고⁽¹⁾, 준공 전 현장 실측정을 통해 경량충격음과 중량충격음의 최소 기준인 4등급 이내를 확보할 수 있도록 법제화를 시행하였다. 이러한 바닥충격음 제도 강화에 따라

† Corresponding Author ; Member, Department of Architectural Engineering, University of Seoul, Professor
E-mail : mjunkim@uos.ac.kr

* Member, Department of Architectural Engineering, University of Seoul, Ph.D Candidate and Senior Research Engineer of Hyundai Engineering Co. Ltd

‡ Recommended by Editor Jin Yun Chung
© The Korean Society for Noise and Vibration Engineering

Chung et al.은 공동주택 바닥마감재의 충격음 저감 성능에 대한 평가방법을 개선하여 다양한 완충층의 조건을 저감량 평가 결과에 표현하여 실 사용자들이 실제 현장에서 저감성능을 보다 쉽게 확인할 수 있도록 제안하였다⁽²⁾. Yeon et al.은 다양한 바닥 마감재들의 바닥충격음 저감량을 확인하고 소음저감 인지레벨을 분석하여 바닥 마감재 종류별 성능차이를 고려하여 설계에 반영될 수 있도록 근거를 제시하였으며⁽³⁾, Kang et al.은 주방과 거실 전체를 시공하고 저감량을 측정해야 하는 번거로운 평가방법의 간소화를 위해 간이측정법에 대한 연구를 시도하였으며 마감재의 고유물성과 진동특성 그리고 마감재를 타격부위만 부분 시공하여 측정된 결과로 저감 성능을 예측하는 것은 한계가 있는 것으로 판단하였다⁽⁴⁾. Lee는 공동주택 마감재 유형(목재마루, 석재타일)에 따른 바닥충격음 저감 특성을 비교 분석하였으며, 석재타일의 경우 목재마루에 비해 구조체 전달음의 영향이 크게 나타나 고주파 대역이 증가하는 경향을 보이는 것으로 보고하였다⁽⁵⁾. 해당 분석 결과, 경량충격음의 경우 공동주택 바닥충격음 사후확인제도 시행에 따른 강화된 등급 기준을 적용할 때 일부 조건에서 법적 최소 기준을 초과하는 것으로 나타났다. 이는 현행 제도에 대응하여 현장 성능을 효과적으로 개선하기 위해서는 바닥완충재 및 뜬바닥구조의 형식뿐만 아니라 마감재의 선정 및 시공방법에 대한 추가적인 연구가 필요함을 시사한다⁽¹⁰⁻¹⁵⁾.

따라서, 이 연구에서는 공동주택의 주요 마감 형태인 목재마루와 바닥용 석재타일을 대상으로, 시공방법과 접착제 종류에 따른 영향을 고려하여 마감재 시공 전후의 바닥충격음 변화를 실제 현장 시공 조건에서 비교 및 분석하였다.

1.2 연구의 범위 및 방법

일반적으로 마감재용 접착제는 마감 모르타르 상부에 시공되어 마감재를 마감 모르타르와 일체화시키는 역할을 한다. 그러나 실제 현장 시공 시 마감재의 견고한 부착을 위해 일부 접착제가 벽체와 맞닿게 시공되어 바닥충격음이 구조체를 따라 하부층으로 쉽게 전달되는 현상이 발생하기도 한다. 이처럼 접착제의 재료적 특성이나 시공방법에 따라 충격음이 하부층으로 전달되는 정도가 달라질 수 있기 때문에 이 연구에서는 효율적인 성능 개선 방안을 고려하여 바닥

구조를 철거하지 않고, 마감재 및 접착제 구성의 변경을 통해 저감 성능을 개선할 수 있는 방법에 대해 분석하였다.

뜬바닥 구조가 시공된 실제 공동주택 세대를 대상으로, 마감재와 접착제를 각각 달리 적용하여 샘플별 바닥충격음 저감 성능을 측정하였다. 각 조건별로 2세대씩 시공 후 평가를 수행하였으며, 저감 성능은 샘플별 평균 변화값을 기준으로 분석하였다. 마감재는 현장에서 일반적으로 적용되는 목재마루와 석재타일의 두 종류로 구분하였고, 각 마감재별 기본 접착제로는 목재마루의 경우 에폭시계 접착제, 석재타일의 경우 무기계 시멘트계 접착제를 선정하였다. 이에 따른 성능개선을 위한 방법으로 목재마루는 유기계 접착제를 적용하고, 석재타일에는 고탄성 폴리머 시멘트 및 무기계와 유기계를 혼합한 하이브리드형 접착제를 적용하여 시공 후 바닥충격음 성능을 비교 검토하였다. 각 마감재별 접착제의 도포 두께는 기존 공법과 동일하게 유지하였으며, 가진 조건 및 수음실 조건은 모두 동일하게 설정하여 평가를 수행하였다.

2. 측정 대상의 개요

2.1 마감 접착제 종류

공동주택의 바닥 마감 공법은 주거 성능의 품질과 내구성을 결정짓는 핵심 공정 중 하나이며, 특히 목재마루와 석재타일을 비롯한 다양한 바닥재는 각각 상이한 재료적 특성 및 사용 조건을 갖기 때문에 Table 1과 같이 적절한 접착제의 선택이 필수적이다. 현대의 공동주택은 마감재의 대형화 및 고급화가 지속됨에 따라 접착제의 물성과 시공 품질에 대한 요구

Table 1 Comparison of physical properties of adhesives for finishing materials

Category	Materials of flooring finishing	Commonly used adhesive
Plywood flooring	Wood	Epoxy
Engineered wood flooring	Wood	Epoxy
Sheet vinyl flooring	PVC	Acrylic resin
PVC tile (deco tile)	PVC	Water based acrylic
Ceramic/porcelain tile	Stone	Cement, polymer modified cement

수준이 한층 강화되고 있으며, 이에 따라 바닥마감재 종류에 따라 에폭시 기반 접착제와 폴리머 시멘트계 접착제가 주로 사용되고 있다.

에폭시 접착제는 일반적으로 목재마루의 접착제로 사용되고 있으며 에폭시 수지와 폴리아마이드 경화제를 혼합하는 2액형 반응경화형 구조를 갖는 대표적인 고성능 접착제이다. 높은 접착 강도, 내수성, 내약품성, 그리고 높은 전단·박리 강도를 동시에 확보할 수 있다는 점에서 석재 타일 및 기타 마감재의 부착에 적합한 것으로 알려져 있다. 동시에 고온, 실외 등의 다양한 가혹 환경에서도 성능 유지가 가능한 구조용 접착제 계열로 분류되며, 내구성 측면에서도 일반 접착제 대비 우수한 것으로 알려져 있다.

반면, 공동주택 거실 바닥용으로 사용되는 석재 타일은 폴리머 시멘트계 접착제가 주로 사용된다. 폴리머 시멘트계 접착제는 무기질 시멘트에 유기계 폴리머를 복합 적용함으로써 전통적인 시멘트 접착제의 약점을 보완한 고성능 접착제이다. 분말+물, 분말+액상 배합 방식으로 구분되며, 포세린 타일 등 흡수율이 낮고 중량이 큰 타일에도 높은 접착력을 확보할 수 있다는 점에서 최근 시공 비중이 증가하고 있다.

이처럼 공동주택 바닥 마감재 시공에 사용되는 접착제들은 서로 다른 재료적 기반과 물성 특성을 가지며 각각의 적용 대상과 요구조건에 따라 선택이 달라질 수 있다. 그러나 실제 현장에서는 접착제 선택 기준이 관행 또는 경험적 판단에 의존하는 경우가 많아, 재료 물성의 정량적 비교와 구조적 조건을 고려한 체계적인 접착제 선정 기준 마련이 여전히 미흡한 실정이다. 따라서 사후확인제도 시행 이후 마감재와 접착제 종류에 따라 시공성 및 바닥충격을 저감 성능을 검토하고 개선할 필요가 있을 것으로 판단된다.

2.2 수음실 조건 및 바닥구조 형태

현장 실증 실험에 사용된 샘플세대는 바닥공사가 진행 중인 현장에서 ‘공동주택 바닥충격음 차단구조 인정 및 관리기준’에 따라 실험을 수행하였다. 단, 바닥충격을 측정을 위한 필수조건인 외부 창호와 실을 구분하는 경량벽체 및 조적은 시공되어 있으며, 방화문과 실내 도어 등의 개구부는 밀실하게 막은 상태에서 측정되었다. 실내 천장은 현장 공정상 미시공된 세대를 선정하여 진행하였다.

샘플세대의 평면과 뜯바닥구조의 단면은 Fig. 1,

Fig. 2와 같으며, 바닥슬래브는 210 mm 두께인 벽식 구조의 형태이다. 단, 목재마루와 석재타일 샘플세대의 바닥완충재의 경우 현장 공정상의 이유로 각각 다른 형태의 완충재가 시공되었다. 목재마루를 적용 한 세대는 손실계수(KS F 2868) 0.1 ~ 0.3, 동탄성계수 18 MN/m^3 이하의 EPS+PET 복합형 60 mm(경량 1급, 중량 2급)를 사용하였으며, 석재타일을 적용 한 세대는 손실계수가 동일한 EPS + EVA 복합형 60 mm(경량 1급, 중량 3급)를 사용하였다.

마감 모르타르의 경우, 모두 일반 모르타르(비중 2.1)의

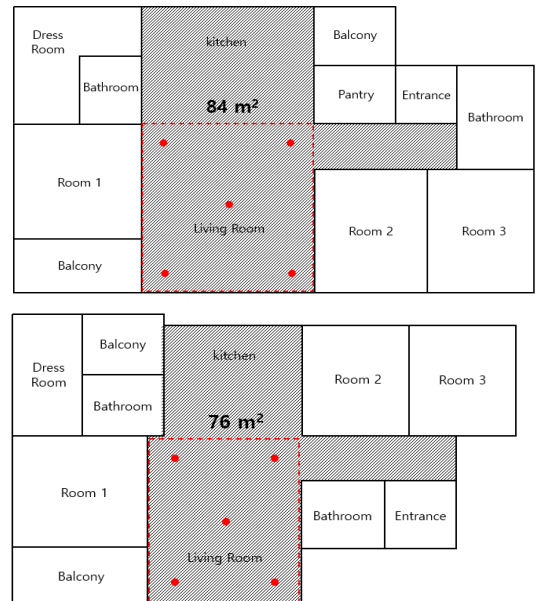


Fig. 1 Floor plans of the apartment

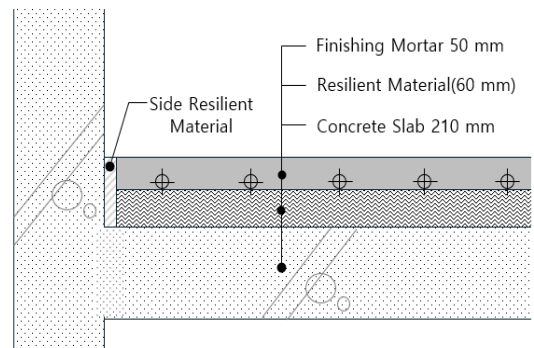


Fig. 2 Cross-sectional view of the floor structure at the measurement site

두께 50 mm, 압축강도(28일, KS L 5105) 12.8 N/mm² 이상의 제품으로 시공되었으며, 평면 형태는 84 type (측정지점 20 m² 이상), 76 type(측정지점 20 m² 미만)의 4 bay 구조의 세대를 활용하였다. 실험을 위한 마감재는 주방, 거실, 복도에 한정하였으며, 84 type의 경우 약 42 m², 76 type의 경우 약 37 m² 면적을 시공 후 평가하였다.

3. 마감 접착제 종류별 바닥충격음 성능

3.1 목재마루의 접착제 종류별 저감 특성

이 연구는 동일한 마감모르타르 상부에 동일한 마감재 시공 조건을 유지한 상태에서, 상부에 적용되는 접착제의 재료 특성 차이가 바닥충격음 차단성능에 미치는 영향을 규명하였다. 이를 위해 목재마루 접착제로 대중적으로 사용되고 있는 에폭시계 접착제와 댐핑 성능을 고려한 유기계 접착제를 적용한 두 가지 시공 조건을 설정하여 비교 분석을 수행하였다.

유기계 접착제는 주로 해외에서 목재 바닥 시공에 주로 사용되는 폴리우레탄계(poly-urethane) 접착제로 완전 경화 후에도 높은 탄성을 유지하는 것이 특징이다. 해당 접착제는 연신율을 약 270 %의 우수한 변형성을 가지며, 바닥 및 벽체 마감 시 팽창 및 수축에 따른 균열(crack)을 방지하기 위한 용도로 활용되고 있는 재료이다.

목재마루 마감재 시공에 따른 바닥충격음 특성의 변화를 분석하기 위해 Table 2와 같이 접착제 종류별 샘플을 구성하였으며, 각 샘플로 시공된 마감재별 경

량충격음과 중량충격음을 측정하여 그 차이를 비교하였다. 중량충격음과 경량충격음의 현장 측정은 KS F ISO 16283-2에 따라 수행하였으며⁽⁶⁾, 평가 및 단일수치 평가는 KS F ISO 717-2를 기준으로 하였다⁽⁷⁾. 마감모르타르 타설 이후, 재료 내부 함수율이 4.5 % 이하로 안정화되고 충분한 강도 발현이 이루어질 수 있도록 마감모르타르의 양생시간에 따른 저감량이 충분히 발현되는 시점인 약 4주간의 양생 기간을 확보하고 목재마루 마감재를 시공하였다⁽⁸⁾. 이는 이후 바닥 마감재 시공 시 접착층의 부착 성능 저하나 들뜸 현상 등, 바닥 구조 전체의 동적 거동 변화가 실험 결과에 미치는 영향을 최소화하기 위한 조치이다.

양생이 완료된 마감모르타르 상부에 목재마루를 시공하였으며, 접착제 종류에 따른 바닥충격음 특성의 차이를 분석하기 위하여 Fig. 3과 같이 에폭시계 접착제와 유기계 접착제로 각각 시공하였다. 실험은 샘플 세대별 바닥구조의 미세한 성능 차이에 따른 결과에 오류를 방지하고자 에폭시계 접착제에 대한 성능 평가 후, 동일 세대에서 마감재를 철거 후 유기계 접착제를 적용하여 목재마루를 재시공하였다.

유기계 접착제 시공 시 바름 두께 및 시공방법은 기존 에폭시계 접착제와 유사한 조건으로 적용하였다. 해당 접착제는 배합 후 완전 건조 상태에서 압입 정도 40~55(shore D) 수준을 나타내며, LHCS 41 51 03 15:2020(한국토지주택공사 온돌마루재 전문 시방서)의 규정 시험방법에 따라 측정된 결과⁽⁹⁾, 콘크리트면 기준 인장접착강도는 1.2 N/mm²로 확인되었고, 이는 기준값(0.8 N/mm² 이상)을 충분히 만족하는 수준이다.

Fig. 4는 동일한 마감모르타르면 상부에 목재마루를 시공한 조건에서 접착제 종류에 따른 중량충격음 저감 특성을 고무공 가진원 기준으로 비교한 결과를 나타낸다. 125 Hz 대역에서는 84 type과 76 type 모두

Table 2 Comparison of physical properties of adhesives for plywood finishing

Category	Epoxy adhesive	Poly-urethane adhesive
Main ingredients	Epoxy resin	Polyol
Hardener	Amine-based	Isocyanate
Adhesive Strength	Very strong	Very strong
Flexibility	Low	High
Durability	Extremely	Extremely
Hardness (shore D)	75 ~ 85	40 ~ 55



Fig. 3 Installation of epoxy adhesive (left), and poly-urethane-based adhesive (right)

저감량은 유사하나 유기계 접착제를 시공한 경우 1 dB 내로 큰 것으로 분석되었으며, 이는 해당 주파수 대역이 바닥 구조 전체의 저차 모드 거동에 지배되는 영역이기 때문으로 판단된다. 반면, 250 Hz 대역에서는 에폭시계 접착제 대비 유기계(폴리우레탄계) 접착제를 적용한 경우 약 1 dB 내외의 추가 저감 효과가 확인되었다. 특히 76 type 평면에서 63 Hz 대역의 경우 유기계 접착제가 에폭시계 대비 최대 1.4 dB의 저감 효과를 나타내었는데, 이는 평면 구조에 따른 고유진동 특성과 접착제의 감쇠 특성이 복합적으로 작용한 결과로 해석된다.

중량충격음의 경우, 84 type과 76 type 모두 유기계 접착제를 적용한 경우 63 Hz와 250 Hz 대역에서 에

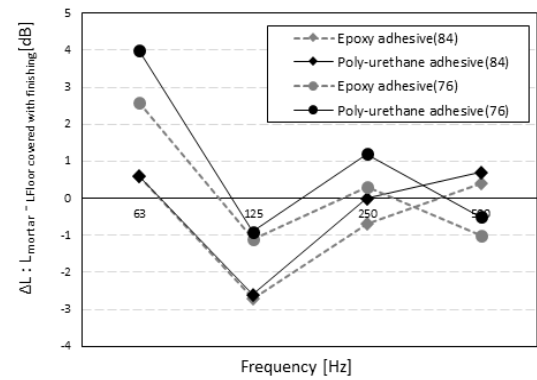


Fig. 4 Floor impact noise reduction by adhesive type when installing plywood flooring compare to mortar surface (rubber ball)

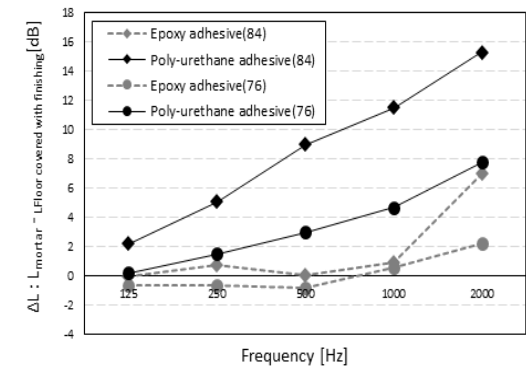


Fig. 5 Floor impact noise reduction by adhesive type when installing plywood flooring compare to mortar surface (tapping machine)

폭시계 접착제 대비 저감량이 증가하는 것으로 나타났으며, 단일수치 평가량($L'_{ia, Fmax}$) 기준으로 저감량이 최대 3 dB까지 증가하는 것으로 분석되었다.

경량충격음의 경우 전반적으로 모든 시료에서 저주파 대역에서 고주파 대역으로 갈수록 저감 성능이 증가하는 경향을 보였으며, 이는 경량충격음 특성상 고주파 영역에서 마감층의 영향이 보다 크게 작용하기 때문인 것으로 판단된다. 특히 에폭시계 접착제의 경우 125 Hz ~ 1000 Hz 구간에서는 마감모르타르 면 대비 ± 1 dB 수준의 저감 또는 증폭이 혼재하여 나타났으나, 2000 Hz 대역에서는 2 dB ~ 7 dB 수준의 저감 효과가 확인되었다. 이는 경질 접착층은 고주파 영역에서 일부 표면 진동 감쇠 효과가 발현되었기 때문으로 해석된다.

반면 유기계 접착제를 적용한 경우 125 Hz 대역을 제외한 전 주파수 대역에서 일정 수준 이상의 저감 효과가 나타났으며, 특히 250 Hz 이상 대역에서는 최소 2 dB에서 최대 15 dB에 이르는 현저하게 저감량이 증가되었다. 단일수치 평가량($L'_{nT, W}$) 비교 결과는 Table 3과 같이 에폭시계 접착제는 시공 전 대비 0 dB ~ 2 dB이 저감되었고, 유기계 접착제는 시공 전 대비 2 dB ~ 6 dB의 저감 효과가 나타나 경량충격음 저감 성능이 크게 향상되는 것으로 분석되었다.

Table 3 Floor impact noise reduction performance by type of finishing adhesive and floor plan structure

[Unit: dB]

Type	Finishing material	Adhesive	Impact source	
			Rubber ball	Tapping machine
84	Not installed	-	39	39
	Plywood	Epoxy	40 (1▲)	37 (2▼)
		Poly-urethane	39 (-)	33 (6▼)
76	Not installed	-	42	34
	Plywood	Epoxy	41 (1▼)	34 (-)
		Poly-urethane	39 (3▼)	32 (2▼)

3.2 석재타일의 접착제 종류별 저감 특성

Fig. 6의 국내 공동주택 마감재로 사용되는 석재타일은 휨 성능이 없는 고중량의 판상 자재이다. 해당 마감재는 마감 모르타르 상부에 평활하게 시공되어야 하므로, 중량을 충분히 지지하기 어려운 목재마루용 에폭시 접착제를 적용하는 것은 불가하다. 따라서 바닥타일용 시멘트계 접착제를 사용하여 압착 공법으로 시공하고 있다. 그러나 일반 시멘트계 접착제는 환경경화 이후 취성이 크고 강성이 높은 재료 특성을 가지므로, 바닥충격을 가진 시 충격 진동이 증폭하는 경향이 발생한다.

이에 이 연구에서는 진동 및 충격, 온도 변화에 따른 변형에 대한 저항성이 우수한 것으로 알려진 탄성 시멘트를 대상으로, 폴리머 함량 비율에 따른 3종의 접착제를 선정하여 저감 성능 및 주파수 특성을 분석하였다. 실험에 사용된 타일용 시멘트 접착제의 종류 및 물성은 Table 4에 제시하였다.

폴리머 함량 비율에 따른 바닥충격음 저감 성능을 검토하기 위해, 시멘트와 폴리머의 조성비를 달리한 접착제를 적용하여 석재타일 마감재를 시공하고, 시공 전후의 바닥충격음 성능을 측정하여 저감량을 비



Fig. 6 Installation of floor tile adhesive

Table 4 Comparison of physical properties of adhesives for stone tile finishing (flooring)

Category	Sample 1	Sample 2	Sample 3
Main ingredients	Cement + polymer	Cement + polymer	Cement + polymer
Polymer ratio	6 % ~ 9 %	8 % ~ 12 %	35 % ~ 40 %
Adhesive strength	1.5 Mpa	1.0 Mpa	0.7 Mpa
Flexibility	Low	Low	High
Brittleness	High	High	Low

교하였다. 해당 실험은 기시공 상태(본공사 적용 재료)인 sample 1을 제외하고, sample 2와 sample 3의 경우 각각 2세대씩 시험 시공 후 측정을 수행하였다. 시공 범위는 목재마루 실험과 같이 주방, 거실 및 복도 전체로 하였으며, 시공 후 접착제의 양생 기간 2주를 거친 이후 평가를 실시하였다. Fig. 7과 Fig. 8에 제시된 결과는 마감 모르타르 6세대, sample 1 6세대, sample 2 2세대, sample 3 2세대의 측정값을 평균한 결과이다.

모든 석재타일용 시공은 기존 공법과 동일한 압착 공법으로 시공되었으며, 접착제 바름 두께는 마감 모르타르면의 평활도에 따라 5 mm ~ 15 mm 내외로 석재타일 두께(10 mm)를 포함하여 최종 바닥마감 높이를 준수하였다.

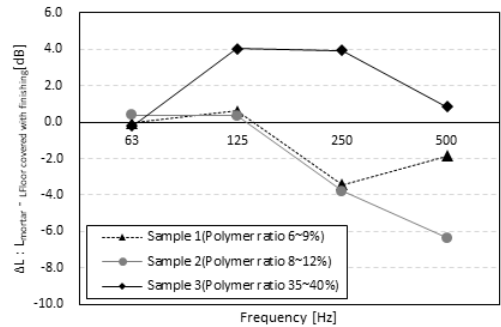


Fig. 7 Floor impact noise reduction by adhesive type when installing stone tile flooring compare to mortar surface (rubber ball)

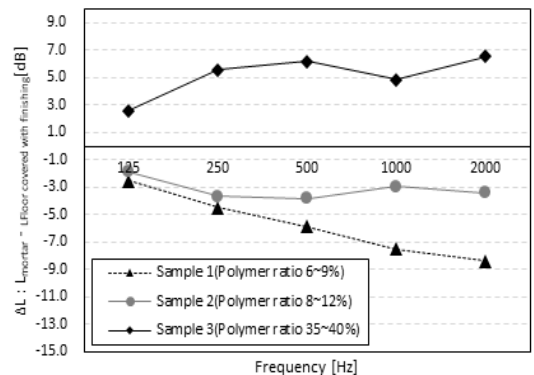


Fig. 8 Floor impact noise reduction by adhesive type when installing stone tile flooring compare to mortar surface (tapping machine)

Table 5 Floor impact noise reduction performance by adhesive type for stone tile floor finishes [Unit: dB]

Type	Finishing material	Division	Polymer ratio	Impact source	
				Rubber ball	Tapping machine
84	Not installed	-	-	47	45
	Stone tile	Sample 1	6 % ~ 9 %	47 (-)	50 (5▲)
		Sample 2	8 % ~ 12 %	47 (-)	49 (4▲)
		Sample 3	35 % ~ 40 %	45 (2▼)	41 (4▼)

Fig. 7은 석재타일 마감재 적용 시 폴리머 함량이 상이한 시멘트계 접착제 종류에 따른 중량충격음 저감 특성을 고무공 가진원 기준으로 비교한 결과이다. 모든 접착제의 샘플별 조건에서 63 Hz 대역의 경우 마감모르타르면 대비 유의미한 차이는 나타나지 않았으며, 이는 중량충격음의 해당 주파수 대역은 바닥 구조물 전체의 질량 및 강성에 지배되기 때문인 것으로 판단된다.

Sample 1 및 sample 2와 같이 폴리머 함량이 상대적으로 낮은 시멘트 접착제를 적용한 경우, 250 Hz 및 500 Hz 대역에서 마감모르타르면 대비 4 dB ~ 6 dB 수준의 증폭 현상이 관찰되었다. 이에 따라 단일수치 평가량에서도 중량충격음 저감 효과가 나타나지 않았으며, 일부 주파수 대역에서는 오히려 불리한 결과를 보였다. 반면 폴리머의 함량이 35 % ~ 40 % 수준으로 높은 sample 3의 경우 125 Hz ~ 250 Hz 대역에서 약 4 dB 수준의 저감 효과가 나타났으며, 단일수치 평가량 기준으로도 마감모르타르면 대비 2 dB의 저감 효과가 확보된 것으로 분석되었다.

Fig. 8은 석재타일 마감재 적용 시 접착제 종류에 따른 경량충격음(태핑머신) 저감 특성을 비교한 결과이다. 폴리머 함량이 낮은 sample 1 및 sample 2의 경우 경량충격음을 평가하는 전 주파수 대역에서 마감모르타르면 대비 증폭 현상이 발생하였으며, 단일수치 평가량 기준으로 각각 4 dB ~ 5 dB 수준의 성능 저하가 확인되었다. 이는 경질 시멘트 접착제의 높은 강성과 낮은 감쇠 특성으로 인해 마감층이 진동 전달체로 작용한 결과로 해석된다. 반면 폴리머 함량이 높은 sample 3의 경우 전 주파수 대역에서 3 dB ~ 7 dB 수준의 일관된 저감 효과가 확보되었으며, 단일수치 평가량 기준으로도 약 4 dB의 저감 성능이 확인되었다. 측량된 결과는 Table 5에 단일수치 평가량으

로 정리하였으며, 이러한 결과는 폴리머 기반 접착층이 충격에너지를 효과적으로 분산 및 감쇠함으로써 경량충격음 차단에 유리하게 작용하였음을 나타낸다.

4. 토 의

현행 주택법의 사후성능확인제는 사전인정제도와 달리 마감재가 시공된 준공 전 단계의 현장에서 실험값으로 결정되므로 마감재의 유무 및 시공방법에 의한 바닥충격음 성능의 변화를 무시할 수 없다. 또한 등급 외로 판정된 세대에 한해 보강공법을 적용하여 바닥충격음 저감량을 개선할 수 있도록 강제하고 있다. 이 연구에서 수행된 실험은 공동주택 거실 마감재로 주로 사용되고 있는 목재마루와 석재타일의 시공법을 개선하여 바닥충격음 저감성능을 증가시킬 수 있는 공법을 제안하고 그 결과를 분석하였다.

목재마루용 에폭시계 접착제와 석재타일의 시멘트계 접착제는 접착강도를 발현시키기 위해 완전 경화된 후 탄성계수가 크며 경도가 큰 제품이다. 이처럼 에폭시계나 시멘트와 같이 폴리머의 함량이 낮은 접착제의 경우 강성과 진동전달량 T 값이 크기 때문에 중량충격음과 경량충격음 모두 바닥 및 벽체 측으로 진동전달체 역할을 하면서 가진주파수와 바닥마감재의 고유주파수의 진동수비가 절연영역을 벗어났기 때문인 것으로 판단된다.

1자유도(SDOF) 강제진동계의 진동전달량은 식 (1)과 같이 진동수비 γ 와 감쇠비 ξ 의 함수로 정의된다. 또한 고유진동수 ω_r 은 식 (2)와 같이 계의 강성에 비례하며, 강성은 재료의 탄성계수와 밀접한 관계를 갖는다.

$$T=\sqrt{\frac{1+(2\xi\gamma)^2}{(1-\gamma^2)^2+(2\xi\gamma)^2}} \tag{1}$$

$$\omega_r \propto \sqrt{E}, \quad \gamma = \frac{\omega}{\omega_r} \quad (2)$$

에폭시계 또는 시멘트계 접착제와 같이 폴리머 함량이 낮은 접착제는 완전 경화 후 탄성계수가 크고 감쇠비가 매우 작은 특성을 가지므로, 충격 가진 시 접착층이 구조적 감쇠 역할을 수행하지 못하고 충격 에너지를 그대로 전달하는 전달체로 작용하게 된다. 이 경우 바닥 구조 전체가 저주파 영역($\gamma < \sqrt{2}$)에서 거동하게 되며, 결과적으로 중량충격음 및 경량충격음이 모두 증폭되는 현상이 발생한 것으로 판단된다.

반면, 폴리머 함량을 증가시킨 접착제는 탄성계수가 상대적으로 작고 완전 경화 후에도 일정 수준의 감쇠 성능을 유지함으로써, 충격 에너지를 내부에서 분산·소산시키는 댐핑(damping) 역할을 수행한다. 이로 인해 동일한 가진 조건에서도 진동전달량이 감소하며, 특히 경량충격음과 중고주파 대역에서 유의미한 저감 효과가 나타난 것으로 분석되었다. 다만 접착제의 탄성계수를 과도하게 낮출 경우 마감재의 평활도 저하, 생활하중에 대한 국부 처짐 및 장기 사용 시 하자로 이어질 가능성이 있으므로, 일정 수준 이상의 접착강도와 지지력을 확보하면서도 감쇠 성능을 동시에 발휘할 수 있는 접착제의 물성 범위 설정이 필요할 것으로 판단된다.

5. 결 론

이 연구는 사후확인제도가 시행된 이후 공동주택 현장에서 지적되고 있는 바닥충격음 성능 편차의 원인 및 대응방안을 모색하기 위해 대표적인 바닥마감재 형태인 목재마루와 석재타일을 대상으로 접착제 종류에 따른 바닥충격음 차단 성능의 변화를 현장 실증 실험을 통해 분석하였다.

(1) 목재마루의 경우 에폭시계 접착제 대비 유기계 접착제를 적용할 경우 중량충격음과 경량충격음 모두 저감 성능이 향상되는 것으로 확인되었다. 단일수치 평가량으로 중량충격음의 경우 최대 3 dB가 저감되었으며, 경량충격음의 경우 최대 6 dB가 저감된 결과로 분석되었다. 이는 유기계 접착제가 완전 경화 이후에도 일정 수준의 탄성과 감쇠 특성을 유지함으로써 접착층 내부에서 분산·소산시키는 역할을 수행한 결과로 판단된다.

(2) 석재타일 마감재의 경우, 폴리머 함량이 낮은

시멘트계 접착제(Sample 1, Sample 2)는 중량충격음 및 경량충격음 모두 증폭 현상이 발생하는 경향을 보였으며, 특히 경량충격음에서는 전 주파수 대역에서 단일수치 평가량 기준 4 dB ~ 5 dB 증폭되는 현상이 확인되었다. 반면 폴리머 함량이 높은 고탄성 시멘트계 접착제(Sample 3)를 적용한 경우 전 주파수 영역에서 일관된 저감 효과가 나타났고, 단일수치 평가량 기준으로도 중량충격음 2 dB, 경량충격음 4 dB의 저감 성능을 보였다.

(3) 이러한 실험 결과는 공동주택 바닥충격음 성능이 마감재 자체뿐만 아니라 마감재와 구조체를 연결하는 접착층의 동적 거동 특성에 크게 의존함을 시사한다. 에폭시계 접착제나 일반 시멘트 접착제와 같이 탄성계수가 크고 감쇠비가 작은 재료는 완전 경화 후 구조적 전달체로 작용하여 충격 진동을 증폭시키는 반면, 폴리머 함량이 높은 접착제는 탄성과 감쇠 특성을 동시에 확보함으로써 진동 전달량을 감소시키는 역할을 수행하는 것으로 분석되었다.

(4) 다만, 접착제의 탄성계수를 과도하게 낮출 경우 평활도 불량, 생활하중에 의한 장기 처짐 및 마감재 들뜸 등 시공 품질 저하와 하자 발생 가능성이 존재하므로, 바닥충격음 저감 성능과 구조적 안정성을 동시에 만족할 수 있는 물성 기준이 필요할 것이다. 따라서 공동주택 바닥 마감공법에 따른 바닥충격음 차단성능을 개선하기 위해서는 마감재의 접착강도 기준뿐만 아니라 접착제의 탄성계수 및 감쇠 특성을 포함하는 바닥충격음 저감 성능 기반의 마감재 및 접착제의 선정 기준 마련이 요구되어야 할 것으로 판단된다.

이 연구 결과는 사후확인제도 시행 이후 바닥충격음 성능 확보에 어려움을 겪고 있는 공동주택 현장에서, 바닥 구조의 철거 없이 적용 가능한 실질적인 개선 방안을 제시한다는 점에서 의의가 있다. 다만, 제한된 샘플 수를 기반으로 도출된 결과이므로 이를 일반화하는 것은 한계가 있으며, 향후 다양한 조건을 반영한 추가 실험과 장기처짐 및 바닥난방에 의한 내구성 검토 등이 필요할 것이다.

References

- (1) Ministry of Land Infrastructure and Transport, 2023, Standards for Certification and Inspection of Impact Noise Insulation Structures in Multi-family

Housing, Notification, Ministry of Land Infrastructure and Transport, No. 2023-494, Sejong-si, Korea.

(2) Chung, J. Y., Song, H. S., Song, G. G. and Yoon, Y. J., 2023, Improvement of Evaluation Method for Impact Sound Reduction Performance of Floor Coverings, *Journal of the Acoustical Society of Korea*, Vol. 42, No. 2, pp. 161~167.

(3) Yeon, J. O., Kim, K. W. and Kim, M. J., 2021, Evaluation of the Effect and the Perception Range on Impact Sound Reduction by Installing Floor Mats, *Journal of KIAEBS*, Vol. 15, No. 6, pp. 600~612.

(4) Kang, M. W. and Oh, Y. K., 2023, Research on Simple Measurement Method of Floor Finishing Materials to Predict Lightweight Floor Impact Noise Reduction Performance in Apartment House, *Journal of the Acoustical Society of Korea*, Vol. 42, No. 6, pp. 594~602.

(5) Lee, W. H., 2020, Analysis of the Influence Factors on the Floor Impact Sound of Apartments Through Field Experiments, Doctoral Dissertation, Chungbuk National University, Cheongju-si, Korea.

(6) International Organization for Standardization, 2020, *Acoustics - Field Measurement of Sound Insulation in Buildings and of Building Elements - Part 2: Impact Sound Insulation*, 3rd Edition, International Organization for Standardization, ISO 16283-2:2020, Geneva, Switzerland.

(7) International Organization for Standardization, *Acoustics - Rating of Sound Insulation in Buildings and of Building Elements - Part 2: Impact Sound Insulation*, 4th Edition, International Organization for Standardization, ISO 717-2:2020, Geneva, Switzerland.

(8) Koo, B. S., Hong, S. S., Kim, S. T. and Kim, M. J., 2024, Analysis of Heavy-weight Impact Sound Insulation during Curing Period of Floor Finishing Mortar in Apartment Building, *Journal of KIAEBS*, Vol.

18, No. 1, pp. 61~71.

(9) Korea Land and Housing Corporation, 2020, *Ondol Flooring Material*, Korea Land and Housing Corporation, LHCS 41 51 03 15, Jinju-si, Korea.

(10) Mun, D., Song, G. G., Lee, C. S. and Park, H. G., 2014, Reduction of Floor Impact Noise and Impact Force for PVC Floor Covering and Floor Mat, *Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering*, Vol. 24, No. 7, pp. 501~508.

(11) Kim, K. W., Shin, H. K., Jung, A. Y. and Yang, K. S., 2016, Suggestion of Construction Methods Guidelines for Reducing Airborne Sound and Development of Surface Finish Materials, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, KICT 2017-013, Goyang-si, Korea.

(12) Yeon, J. O., Kim, M. J. and Lee, S. C., 2018, Evaluation Methods of Transmitted Impact Sound Reduction by Floor Covering Materials Using Real Impact Source and Heavy-weight Impact Sound, *Journal of KIAEBS*, Vol. 12, No. 4, pp. 361~372.

(13) Song, K. G., Park, H. G., Lee, T. G., Kim, J. S. and Kim, S. W., 2008, An Experimental Study on the Reduction of Lightweight Impact Sound by Floorcoverings in Apartment, *Proceedings of the KSNVE Annual Autumn Conference*, pp. 433~434.

(14) Jung, J. Y., Lee, S. H. and Jung, G. C., 2004, A Study on the Reduction of the Lightweight Impact Sound Level by Floor Coverings, *Proceedings of the KSNVE Annual Spring Conference*, pp. 137~142.

(15) Kim, S. W., Shin, H. C., Jeong, H. W., Gi, N. G. and Song, M. J., 2002, An Experimental Study on Sound Insulation Characteristics and Reduction Level due to Combination of Floor-coverings and Ceiling Structures, *Journal of the Architectural Institute of Korea*, Vol. 18, No. 8, pp. 177~184.