

Research Paper

공동주거시설 바닥충격음 관리의 환경영향평가적 함의와 제도개선 방향 - 국내 사후확인제와 해외 건축음향 제도의 비교를 중심으로 -

박영민* · 김진오**

경희대학교 환경조경디자인학과 특임교수*, 경희대학교 환경조경디자인학과 교수**

Environmental Impact Assessment Implications and Policy Improvement for Inter-Floor Noise in Multi-Family Housing - Focusing on a Comparison Between the Domestic Post-Construction Verification System and Overseas Architectural Acoustic Standards -

Youngmin Park* · Jin-Oh Kim**

Professor by Special Appointment, Department of Landscape Architecture, Kyung Hee University*
Professor, Department of Landscape Architecture, Kyung Hee University**

요약: 본 연구는 공동주거시설의 층간소음, 특히 바닥충격음을 대규모 공동주거 개발사업의 생활환경 관리 관점에서 재해석하고, 국내 사후확인제도의 한계와 해외 건축음향 기준을 비교하여 제도개선 방향을 제시하는 것을 목적으로 하였다. 연구방법은 첫째, 주택법, 주택건설기준, 공동주택관리법, 소음·진동관리법 등 국내 법제도 분석, 둘째, 「공동주거시설 층간소음관리법」 입법청원안의 정책대안 사례 검토, 셋째, 2023~2025년 바닥충격음 사후확인제 성능검사 결과 분석, 넷째, 감사원의 아파트 층간소음 저감제도 운영실태 감사결과 검토, 다섯째, ISO 및 EU의 건축음향 관련 표준과 영국, 독일, 미국, 일본, 홍콩 등 주요 국가·지역의 바닥충격음 기준 및 관리 제도와 국내 제도의 차별성 비교로 구성하였다. 분석 결과, 현행 사후확인제는 표본검사 방식에 의존하고 있어 세대별 성능편차와 시공품질 차이를 충분히 검증하기 어려운 것으로 나타났다. 해외 사례에서는 층간소음을 단순한 생활민원이나 건축물의 음향성능, 실내환경 품질, 소비자 보호의 문제로 다루고 있었다. 따라서 공동주거시설 바닥충격음은 기존 주택법령상 기술기준과 중복되지 않는 범위에서, 대규모 공동주거 개발사업의 환경영향평가 생활환경 분야에서 성능확보계획, 준공 전 검증계획 및 입주 후 모니터링계획을 검토하는 보완적 요소로 단계적으로 반영될 필요가 있다.

주요어: 바닥충격음, 층간소음, 공동주거시설, 환경영향평가, 사후확인제

Abstract: This study aims to reinterpret floor impact noise in multi-family housing as an environmental impact assessment issue and to propose institutional improvements by analyzing the limitations of Korea's post-verification system and comparing it with international building acoustic

standards. Floor impact noise has generally been treated as a private dispute between residents in Korea. However, it is closely associated with building structure, construction quality, indoor environmental quality, residential health, and social conflict. Therefore, it should be regarded as a living environmental factor that can be addressed through the environmental impact assessment framework.

This study consists of five analytical components: a review of the Korean legal framework related to floor impact noise; an examination of the legislative petition on inter-floor noise management as a policy alternative; an analysis of post-verification performance test results from 2023 to 2025; a review of the Board of Audit and Inspection's audit report on apartment inter-floor noise reduction systems; and a comparative analysis of international building acoustic standards and their distinctive implications for the Korean system.

The results show that Korea's current post-verification system has limitations in representing unit-level acoustic performance because it relies on a small number of sampled dwelling units. In the performance test data reviewed in this study, only 38 units out of 1,530 units were tested, and six out of nineteen apartment complexes failed to meet the required performance level. This indicates that a sampling-based system may not sufficiently identify performance deviations caused by structural type, floor composition, construction quality, or dwelling-unit layout.

International cases show that floor impact noise is generally managed as a matter of building acoustic performance, indoor environmental quality, and consumer protection, rather than merely as a post-occupancy nuisance complaint. European systems tend to combine design-stage prediction, construction-stage quality control, field measurement, and performance classification. The United States regulates minimum acoustic performance through building codes, while Japan uses housing performance indication systems. Hong Kong recommends specific field performance levels and the use of resilient floor systems. These cases suggest that Korea needs to shift from a dispute-resolution-centered approach to a life-cycle management system.

This study proposes that floor impact noise should be considered as a supplementary review element in the living environment sector of environmental impact assessment for large-scale multi-family housing developments, urban redevelopment projects, and public housing projects. Rather than introducing a separate regulatory standard duplicating the Housing Act, the assessment should focus on performance assurance plans, pre-occupancy verification plans, disclosure of measurement results, and post-occupancy monitoring.

Keywords: *Floor impact noise, Inter-floor noise, Multi-family housing, Environmental impact assessment, Post-verification system*

I. 서론

공동주거시설은 우리나라 도시 주거의 대표적 형태이다. 그러나 고밀도 공동주거의 확대는 주거공간의 효율성을 높이는 동시에 세대 간 소음, 진동, 사생활 침해, 심리적 스트레스 등 새로운 생활환경 문제를 발생시켜 왔다. 그중 층간소음은 가장 반복적이고 지속적인 주거환경 갈등요인 중 하나이다.

층간소음은 단순히 위층 거주자의 생활행위에서 발

생하는 소음으로만 볼 수 없다. 특히 바닥충격음은 보행, 물건 낙하, 어린이 뛰기, 가구 이동 등 충격원이 바닥구조체를 가진시켜 하부세대로 전달되는 구조전달음이다. 따라서 바닥충격음의 발생과 전달은 거주자의 생활행위뿐 아니라 슬래브 두께, 구조형식, 완충재 성능, 바닥마감, 시공품질, 평면구성 등 건축물의 물리적 성능과 밀접하게 관련된다.

그럼에도 불구하고 현행 층간소음 제도는 상당 부분 입주 후 민원처리, 분쟁조정, 생활행위 규제 중심으로

운영되고 있다. 이러한 접근은 이미 지어진 공동주거 시설에서 발생하는 갈등을 사후적으로 조정하는 데 초점을 둔다. 그러나 바닥충격음은 건축물의 설계와 시공 단계에서 성능이 상당 부분 결정되므로, 입주 후 분조조정만으로는 근본적 해결에 한계가 있다.

환경영향평가는 개발사업의 시행 전 환경영향을 예측하고, 저감방안을 수립하며, 사업 시행 이후 사후관리를 통해 예측의 적정성과 저감대책의 효과를 검증하는 제도이다. 이러한 점에서 공동주거시설의 바닥충격음은 환경영향평가의 생활환경 분야와 연결될 수 있다. 대규모 공동주택 개발사업, 도시개발사업, 정비사업 및 공공주택사업에서 바닥충격음은 입주민의 건강, 수면, 정신적 안정, 주거만족도에 영향을 미치는 중요한 생활환경 요소이기 때문이다.

본 연구의 목적은 공동주거시설 바닥충격음을 환경영향평가의 관점에서 재해석하고, 국내 사후확인제도의 한계를 분석하며, 해외 건축음향 기준과 비교하여 제도개선 방향을 제시하는 데 있다. 구체적인 연구목적은 다음과 같다.

첫째, 층간소음과 바닥충격음의 개념을 구분하고, 바닥충격음이 단순한 생활소음이 아니라 건축물의 구조성능 및 생활환경 품질과 관련된 환경영향 요소임을 논증한다.

둘째, 국내 바닥충격음 사후확인제도의 운영방식과 한계를 분석한다.

셋째, ISO 건축음향 관련 표준과 영국, 독일, 미국, 일본, 홍콩 등 주요 국가·지역의 바닥충격음 기준 및 관리제도를 비교하고, 국내 제도와의 차별성을 분석한다.

넷째, 공동주거시설 바닥충격음을 기존 주택법령상 기술기준과 중복되지 않는 범위에서 환경영향평가 생활환경 분야의 보완적 검토요소로 연계하기 위한 제도개선 방향을 제시한다.

II. 이론적 고찰

1. 층간소음과 바닥충격음의 개념

층간소음은 공동주거시설에서 인접 세대 간에 전달되는 소음으로, 일반적으로 공기전달음(airborne sound)과 구조전달음(structure-borne sound)으로 구

분된다. 공기전달음은 대화, 텔레비전, 음악, 악기, 음향 기기에서 발생하여 공기를 매질로 전달되는 소음으로, 건축물의 차음 성능에 의해 영향을 받는다(Kang, 2007; International Organization for Standardization [ISO], 2014). 반면 구조전달음은 바닥, 벽체, 기둥, 보와 같은 건축 구조체의 진동을 통해 전달되는 소음으로, 충격이나 기계적 작용에 의해 발생한다(Cremer et al., 2005).

구조전달음의 대표적 유형인 바닥충격음(floor impact sound)은 상부 세대에서 발생한 충격이 슬래브를 통해 하부 세대로 전달되면서 발생하는 소음으로, 경량충격음(lightweight impact sound)과 중량충격음(heavyweight impact sound)으로 구분된다(ISO, 2021). 경량충격음은 작은 물체의 낙하, 의자 끌림, 하이힐 보행 등 비교적 가볍고 단단한 충격에 의해 발생하며, 주로 고주파 성분이 지배적이다. 이러한 특성으로 인해 차음재 및 마감재의 성능개선을 통해 비교적 효과적으로 저감이 가능하다. 반면 중량충격음은 어린이 뛰기, 성인 보행, 무거운 물체의 낙하 등 비교적 무겁고 둔탁한 충격에서 발생하며, 저주파 성분이 큰 것이 특징이다. 저주파 영역의 소음은 구조체를 통해 장거리로 전달되며, 기존의 차음 설계로는 저감이 어려운 특성을 갖는다(Ljunggren et al., 2014).

공동주거시설에서 발생하는 층간소음은 단순한 음압레벨의 문제가 아니라 복합적인 생활환경 문제로 인식된다. 특히 중량충격음은 저주파 진동성 소리로 인식되기 때문에 거주자는 이를 ‘소리’라기보다 ‘울림’, ‘진동’, ‘충격’으로 경험하는 경향이 있다(Fields, 1993). 또한 층간소음의 영향은 물리적 소음 수준 뿐만 아니라 주파수 특성, 발생빈도와 시간적 반복성, 야간 발생 여부, 그리고 거주자의 생활패턴 및 심리적 상태 등에 의해 크게 달라진다(Berglund et al., 1999; WHO, 2018). 이러한 특성은 층간소음이 단순한 공학적 문제가 아니라 사회적 갈등과 삶의 질 저하를 유발하는 중요한 환경문제를 시사한다.

2. 환경영향평가와 생활환경 항목

환경영향평가(Environmental Impact Assessment, EIA)는 개발사업 시행 이전에 예상되는 환경적 영향을 사전에 예측·평가하고, 부정적 영향을 최소화하기 위한

저감방안을 마련하는 제도이다. 이는 환경 훼손을 사후적으로 복구하기보다 사전에 예방하는 데 목적이 있으며, 지속가능한 개발을 위한 핵심 정책수단으로 기능하고 있다(Morgan, 2012).

현행 환경영향평가 체계에서 소음·진동은 생활환경 분야의 주요 평가항목으로 다루어진다. 소음·진동 평가는 주로 도로, 철도, 공항, 산업시설, 건설공사 등 외부 소음원에서 발생하는 환경소음(environmental noise)과 진동을 중심으로 발전해 왔다. 이러한 평가는 소음도의 정량적 기준(예: 등가소음도, 최고소음도 등)에 기반하여 영향 여부를 판단하는 방식으로 수행된다(ISO, 2016; Ministry of Environment, 2023a). 그러나 기존 평가체계는 주로 옥외환경에서 발생하는 소음원을 대상으로 설계되어 있어, 공동주거 시설 내부에서 발생하는 생활소음, 특히 바닥충격음과 같은 구조전달음에 대해서는 충분히 반영하지 못하는 한계를 가진다(Yoo & Jeon, 2014).

최근 대규모 공동주거시설 개발이 증가함에 따라 입주 이후 발생하는 바닥충격음은 중요한 생활환경 문제로 부각되고 있다. 바닥충격음은 반복적이고 일상적인 생활행위에서 발생하며, 입주민의 수면방해, 스트레스 증가, 건강 저해, 주거만족도 저하, 나아가 이웃 간 사회적 갈등을 유발하는 요인으로 작용한다(WHO, 2018; Fields, 1993). 특히 바닥충격음은 저주파 중심의 구조전달음으로서 물리적 소음도 뿐만 아니라 체감적 불쾌감과 심리적 반응에도 큰 영향을 미친다. 이러한 특성은 기존의 정량적 소음평가 방식만으로는 충분히 예측 또는 측정이 어려워 생활환경의 질(quality of life)의 관점에서 접근할 필요가 있다(Ljunggren et al., 2014). 따라서 바닥충격음은 단순한 실내소음 문제가 아니라 공동주거 환경의 질을 결정하는 중요한 요소이며, 환경영향평가의 사전예방 원칙과 긴밀하게 연결된다. 즉, 공동주거 시설 개발사업 단계에서부터 바닥구조, 슬래브 두께, 완충재 설계, 생활패턴 고려 등의 요소를 포함한 사전적 검토가 이루어질 필요가 있다. 이는 환경영향평가의 사전예방 원칙을 고려할 때, 대규모 공동주거시설 개발사업에서 실내 생활환경과 관련된 바닥충격음 성능확보계획을 생활환경 분야의 보완적 검토요소로 연계할 필요성을 제기한다.

3. 국내 층간소음 제도의 구조

국내 층간소음 제도는 크게 바닥충격음 차단성능 기준과 생활 층간소음 기준으로 구성된다. 바닥충격음 차단성능 기준은 공동주택의 바닥구조가 충격음을 어느 정도 차단할 수 있는지를 평가하는 건축물 성능기준으로, 주로 설계·시공·준공 단계에서 적용된다. 반면 생활 층간소음 기준은 입주 후 거주자의 생활행위에서 발생하는 소음을 대상으로 하며, 민원처리, 공동주택 관리 및 분쟁조정의 기준으로 활용된다.

이처럼 국내 제도는 건축물의 물리적 성능을 확보하기 위한 사전적 성능관리 기준과 입주 후 생활행위 및 분쟁을 관리하기 위한 사후적 생활관리 기준으로 이원화되어 있다. 따라서 층간소음 문제를 제도적으로 이해하기 위해서는 두 기준의 목적, 적용단계 및 기능을 구분할 필요가 있다. 두 기준의 구체적인 차이와 상호보완관계는 결과 및 고찰에서 제도적 기능과 적용단계를 중심으로 검토한다.

III. 연구방법

본 연구는 공동주거시설 바닥충격음의 제도적 성격과 환경영향평가와의 연계 가능성을 검토하기 위해 국내 법제도 분석, 사후확인제 성능검사 자료 분석, 감사원 감사결과 검토, 해외 건축음향 기준 및 국내 제도와 차별성 비교를 수행하였다.

첫째, 국내 법제도 분석은 주택법, 주택건설기준 등에 관한 규정, 공동주택관리법, 소음·진동관리법, 공동주택 층간소음 관련 환경부·국토교통부 기준을 중심으로 수행하였다. 이를 통해 바닥충격음 차단성능 기준과 생활 층간소음 기준의 법적 성격, 적용단계 및 제도적 기능을 구분하였다.

둘째, 「공동주거시설 층간소음관리법」 입법청원안은 아직 제정된 법률이 아니므로 현행 법제도의 일부로 보지 않고, 국내 층간소음 제도개선 논의의 정책대안 사례로 한정하여 검토하였다. 해당 입법청원안은 공동주택 중심의 현행 제도를 원룸·다가구주택 등 공동주거시설 전반으로 확대하고, 바닥충격음 실측, 성능정보 공개, 표시제 도입 등을 제안한다는 점에서 본 연구의 문제의식과 관련된다.

셋째, 국내 사후확인제 성능검사 자료는 2023년부터 2025년까지 공개된 자료를 중심으로 검토하였다. 분석 대상은 검사대상 단지 수, 전체 세대 수, 실제 측정세대 수, 기준미달 단지 수, 검사비용 및 기준미달 비율이다. 다만 본 연구에서 활용한 공개자료만으로는 표본추출 방식, 세대별 측정값, 구조형식, 평면유형, 층수, 시공공구, 완충재 및 바닥마감 정보까지 확인하기 어려우므로, 본 분석은 통계적 확정보다는 사후확인제의 대표성 한계를 검토하는 기술통계적 분석으로 한정하였다.

넷째, 감사원의 「아파트 층간소음 저감제도 운영실태」 감사결과를 검토하였다. 감사원 감사는 실험실 또는 사전인정 단계에서 확보된 바닥충격음 성능이 실제 공동주택 현장에서 그대로 구현되지 않을 수 있음을 보여주는 사례로서, 바닥충격음 관리가 자재 인정, 시공품질, 준공 전 성능검증 및 입주 후 사후관리와 연결되어야 함을 시사한다.

다섯째, 해외 사례 분석은 ISO 및 EN 계열의 건축음향 표준, EU Level(s), 영국, 독일, 미국, 일본, 홍콩 등 주요 국가·지역의 바닥충격음 기준과 관리제도를 대상으로 하였다. 다만 해외 사례는 단순히 외국에도 바닥충격음 기준이 존재한다는 점을 나열하는 방식이 아니라, 국내 녹색건축물 인증제도, 공동주택성능등급 표시제도 및 사후확인제와 비교하여 차별되는 지점을 중심으로 분석하였다. 특히 현장검증 방식, 소비자 정보공개 범위, 거주자 중량충격음 평가, 최소기준과 우수성능 등급의 구분, 설계·시공·준공·입주 후 관리를 포

괄하는 전 생애주기 관리체계에 주목하였다.

IV. 분석 및 결과

1. 바닥충격음 기준과 생활 층간소음 기준의 관계

바닥충격음 차단성능 기준과 생활 층간소음 기준은 모두 층간소음 관리를 위한 제도적 기준이지만, 그 목적과 적용단계는 다르다. 바닥충격음 차단성능 기준은 공동주택의 바닥구조가 충격음을 어느 정도 차단할 수 있는지를 평가하는 건축물 성능기준이다. 이 기준은 설계·시공·준공 단계에서 적용되며, 슬래브 두께, 구조형식, 완충재 성능, 바닥마감 및 시공품질 등 건축물의 물리적 성능과 직접 관련된다.

반면 생활 층간소음 기준은 입주 후 실제 생활과정에서 발생하는 소음에 대한 관리기준이다. 이 기준은 뛰거나 걷는 동작, 물건 낙하, 가구 이동, 음향기기 사용 등 거주자의 생활행위에서 발생하는 소음을 대상으로 하며, 층간소음 민원처리, 공동주택 관리, 분쟁조정 및 이웃 간 갈등 해결의 기준으로 활용된다. 따라서 생활 층간소음 기준은 건축물의 구조적 차음성능을 평가하는 기준이라기보다, 입주 후 생활행위와 분쟁상황을 관리하기 위한 사후적 생활관리 기준의 성격을 가진다.

이러한 구분은 층간소음 제도개선에서 중요하다. 바닥충격음 기준이 충족되더라도 입주 후 생활행위에 따라 층간소음 갈등은 발생할 수 있으며, 반대로 생활 층간소음 기준만으로는 건축물 자체의 차음성능 부족 문

Table 1. Comparison between floor impact sound performance standards and living inter-floor noise standards

Classification	Floor impact sound performance standard	Living inter-floor noise standard
Main purpose	Securing the acoustic performance of floor structures	Managing noise conflicts caused by residents' daily activities
Application stage	Design, construction, and completion stage	Post-occupancy stage
Main subject	Building structure, floor system, resilient materials, construction quality	Walking, running, dropping objects, moving furniture, use of audio devices, and other living activities
Evaluation target	Impact sound insulation performance of the building	Actual noise occurrence and nuisance in daily life
Institutional function	Preventive performance control	Ex-post living management and dispute resolution
Policy implication	Ensures minimum physical performance of housing	Provides criteria for complaint handling, mediation, and resident management
Relationship	Ex-ante building performance standard	Ex-post behavioral and dispute management standard

Source: Reorganized by the authors based on Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2022, 2023a, 2023b) and Ministry of Land, Infrastructure and Transport & Ministry of Environment (2023).

Table 2. Descriptive summary of post-verification performance tests for floor impact sound in Korea

Classification	Result
Number of apartment complexes tested	19
Number of complexes that failed to meet the standard	6
Failure rate by complex	31.6%
Total number of dwelling units	1,530
Number of tested dwelling units	38
Sampling rate by dwelling unit	2.5%

Note: This table provides a descriptive summary of publicly available data. The sampling rate indicates a potential limitation in representativeness, but the statistical validity of the sampling design cannot be fully assessed without detailed unit-level data.

Source: Reorganized by the authors based on the analysis of post-verification performance test data from 2023 to 2025, using the Ministry of Land, Infrastructure and Transport's response to an information disclosure request by the Citizens' Coalition for Economic Justice.

제를 해결할 수 없다. 따라서 바닥충격음 기준은 사전적 성능관리 기준으로, 생활 층간소음 기준은 사후적 생활관리 기준으로 이해되어야 한다. 두 기준은 서로 대체되는 관계가 아니라, 공동주거시설의 층간소음 문제를 예방하고 관리하기 위해 상호 연계되어야 하는 보완적 기준이다.

2. 국내 사후확인제와 감사원 감사결과의 시사점

공동주택 바닥충격음 사후확인제는 준공단계에서 바닥충격음 차단성능을 확인한다는 점에서 기존의 사전인정 중심 제도보다 진전된 제도이다. 그러나 현행 제도는 제한된 표본검사 방식에 의존하고 있어 세대별 성능편차를 충분히 검증하는 데 한계가 있다.

본 연구에서 검토한 2023~2025년 사후확인제 성능검사 자료는 국토교통부가 경실련 정보공개청구에 회신한 자료를 토대로 정리된 바닥충격음 성능검사 실시 현황을 활용하였다. 해당 자료에 따르면, 2023년부터 2025년 현재까지 사후확인제 적용 이후 성능검사를 받은 단지는 총 19개 단지였으며, 이 중 6개 단지가 기준 미달로 나타나 단지 기준 기준미달률은 약 31.6%로 확인되었다. 또한 전체 검사대상 1,530세대 중 실제 측정 세대는 38세대로, 세대 기준 검사비율은 약 2.5% 수준이었다. 이러한 결과는 현행 사후확인제가 준공단계에서 바닥충격음 성능을 확인하는 제도적 의미를 가지면서도, 제한된 표본검사 방식만으로는 세대별 성능편차와 시공품질 차이를 충분히 대표하기 어려울 수 있음을 시사한다.

다만 이 수치만으로 현행 제도의 통계적 타당성 또는 부적정성을 단정하기에는 한계가 있다. 표본이 단지별, 동별, 층별, 평면유형별, 구조형식별, 시공공구별로 어떻게 배분되었는지에 대한 세부자료가 충분히 제공되지 않았기 때문이다. 따라서 본 연구의 분석은 현행 검사비율의 낮은 수준과 기준미달 단지의 존재를 통해 제도개선 필요성을 제기하는 기술통계적 분석에 해당한다.

감사원의 「아파트 층간소음 저감제도 운영실태」 감사결과도 이러한 문제의식을 뒷받침한다. 감사원은 공공·민간 공동주택 191세대를 대상으로 층간소음을 실측하였으며, 그 결과 상당수 세대에서 사전 인정 성능 등급보다 실측 등급이 낮게 나타났고, 일부 세대는 최소성능기준에도 미달한 것으로 보고하였다(Board of Audit and Inspection of Korea, 2019). 이는 실험실 조건 또는 사전인정 단계에서 확보된 바닥충격음 성능이 실제 시공현장에서 그대로 구현되지 않을 수 있음을 보여준다. 따라서 바닥충격음 관리는 단순히 입주 후 생활민원이나 분쟁조정 문제가 아니라, 인정구조의 적정성, 자재 품질, 시공관리, 준공 전 성능검증 및 입주 후 사후관리와 연결된 건축물 성능관리 문제로 보아야 한다.

3. 위험기반 표본추출과 층화표본 방식의 필요성

현행 사후확인제의 문제는 단순히 검사세대 수가 적다는 점에만 있는 것이 아니다. 바닥충격음 성능은 구조형식, 슬래브 두께, 평면유형, 층수, 세대 위치, 완충

재 시공상태, 바닥마감, 설비 관통부 및 시공품질 등에 따라 세대별 편차가 발생할 수 있다. 따라서 사후확인 제의 실효성을 높이기 위해서는 단순한 표본 수 확대보다 성능편차가 크게 발생할 가능성이 있는 세대를 어떻게 선정할 것인가가 중요하다.

이를 위해서는 구조형식, 평면유형, 층수, 동별 특성, 세대 위치, 시공공구, 완충재 및 바닥마감 유형 등을 고려한 층화표본 방식 또는 위험기반 표본추출 방식이 도입될 필요가 있다. 특히 벽식구조, 장스팬 평면, 저주파 중량충격음에 취약한 구조, 설비 관통부가 많은 세대, 시공품질 편차가 우려되는 공구 등은 우선 측정대상으로 검토될 수 있다. 이러한 방식은 제한된 검사자원을 활용하면서도 단지 내 바닥충격음 성능편차를 보다 효과적으로 파악할 수 있다는 장점이 있다.

또한 기준미달 단지의 원인을 파악하기 위해서는 세대별 측정자료와 함께 구조·설계·시공정보가 연계되어야 한다. 단순히 전체 세대 중 몇 세대를 측정했는가보다, 어떤 구조적·시공적 위험요인을 가진 세대를 측정했는지가 더 중요하다. 향후 사후확인제는 표본수 산정 근거, 성능편차 분석, 기준미달 가능성에 대한 신뢰구간 제시 등을 통해 검사결과와 대표성과 통계적 설명력을 높일 필요가 있다.

4. 해외 사례 분석 및 시사점

해외 사례는 단순히 외국에도 바닥충격음 기준이 존재한다는 점을 확인하기 위한 것이 아니라, 국내 사후확인제 및 주택성능 표시체계와 비교하여 제도 운영방식의 차이를 파악하기 위해 검토하였다. 바닥충격음의 측정·평가방법은 실험실 측정을 위한 ISO 10140-3, 현장 측정을 위한 ISO 16283-2 및 성능평가를 위한 ISO 717-2 등 국제표준에 기초하고 있다(ISO, 2020a, 2020b, 2021). 각국은 이를 자국의 건축규정, 성능인증, 현장검증, 정보공개 및 분쟁예방 체계와 결합하여 운영하고 있다. 따라서 해외 사례의 핵심은 기준값 자체보다 성능기준이 설계·시공·준공·입주 후 관리체계와 어떻게 연결되는가에 있다(ISO, 2020a, 2020b, 2021).

영국은 건축규정과 준공 전 현장검증이 비교적 명확하게 결합된 사례이다. Approved Document E는 주거 건축물의 소리 전달 저항성에 관한 기준을 제시하며,

주택·공동주택·학교 등의 차음성능 요구사항을 다룬다. 특히 영국 제도는 설계기준 제시에 그치지 않고, 준공 전 현장시험 또는 robust details와 같은 인정상세 체계를 통해 실제 시공 결과를 확인하는 구조를 갖는다. 이는 바닥충격음 관리가 단순한 설계도서상의 기준 충족이 아니라, 준공단계에서 실제 성능을 검증하는 절차와 결합되어야 함을 시사한다.

독일은 DIN 4109를 중심으로 한 기술규범형 접근이 특징적이다. 독일의 건축음향 제도는 주거건축물의 음향성능을 기술표준과 건축규정의 틀 안에서 관리하며, 충격음은 주거공간의 기본적인 성능요소로 다루어진다. 독일 사례는 법정 최소성능의 확보뿐 아니라, 주택시장과 설계계약 과정에서 더 높은 음환경 품질을 요구할 수 있다는 점에서 의미가 있다. 이는 국내에서도 최소기준 충족 여부만을 확인하는 방식에서 벗어나, 우수성능 등급 또는 소비자 선택정보와 연계된 성능관리 체계를 강화할 필요가 있음을 보여준다(Schneider et al., 2025).

미국은 연방 차원의 단일 기준보다는 건축코드, ASTM 시험방법, 민간계약 및 공동주택 관리규약이 결합되는 분권적 운영체계에 가깝다. ASTM E492-25는 표준 탭핑머신을 이용하여 바다·천장 조립체의 충격음 전달성능을 실험실에서 측정하는 방법을 제시하며, ASTM E1007-25는 현장 조건에서의 충격음 전달 측정에 활용된다. 이러한 미국 사례는 바닥충격음 관리가 공공규제뿐 아니라 성능시험, 민간인증, 계약조건, 주택관리 규약 등 다양한 수단을 통해 보완될 수 있음을 시사한다(ASTM International, 2025a, 2025b).

일본은 주택성능표시제도와 소비자 정보제공 측면에서 시사점이 있다. 일본의 「주택품질확보촉진법」은 주택성능 표시기준과 평가체계를 통해 주택품질 확보, 주택구입자 보호 및 분쟁의 신속한 해결을 도모하는 제도적 기반을 제공한다. 일본의 주택성능표시제도에서는 공동주택의 음환경 성능이 주택품질 정보의 일부로 취급되며, 바닥충격음이나 경계벽 차음성능 등은 소비자가 사전에 확인 가능한 성능정보로 활용될 수 있다. 이는 국내에서도 바닥충격음 측정결과를 단지 평균이나 적합 여부에 한정하지 않고, 입주예정자와 거주자가 이해할 수 있는 성능정보로 제공할 필요가 있음을

보여준다(Ministry of Justice, Japan, 2024).

홍콩은 고밀도 공동주거 환경에서 바닥충격음 저감 설계와 현장 성능관리가 중요하게 다루어지는 사례이다. 홍콩 환경보호부는 주거건축물의 세대 간 소음 전달을 줄이기 위한 바닥충격음 저감 및 차음 관련 실무지침을 제시하고 있으며, 완충재와 바닥구성, 현장 성능수준 등을 고려한 저감방안을 권고하고 있다. 이는 초고밀도 주거환경에서는 바닥충격음 문제가 단순한 생활민원 이 아니라 건축물의 배치, 구조, 바닥구성 및 입주 후 생활환경 품질과 밀접하게 연결되는 환경관리 문제임을 시사한다(Environmental Protection Department, 2023).

이상의 해외 사례를 국내 제도와 비교하면 다음과 같은 차별성이 도출된다. 첫째, 국내 제도는 주택법상 사후확인제와 녹색건축물 인증제도 및 공동주택성능등급 표시제도를 통해 바닥충격음 등 음환경 성능을 일부 다루고 있으나, 설계단계 예측, 시공단계 품질관리, 준공 전 현장검증, 입주 후 모니터링이 하나의 전 생애주기 관리체계로 충분히 통합되어 있지는 않다. 둘째, 국내 사후확인제는 제한된 표본검사에 의존하는 반면, 해외 사례는 현장검증 또는 성능표시를 준공 적합성 및 소비자 정보제공과 보다 직접적으로 연결하는 경향을 보인다. 셋째, 국내에서는 중량충격음 기준이 존재하

지만 저주파 충격음에 대한 체감 불쾌감, 반복성, 야간 영향 등 거주자 반응을 반영한 보완적 평가는 아직 충분하지 않다. 넷째, 국내의 측정결과 공개는 인증 여부나 단지 평균 중심으로 제한되는 경향이 있으나, 해외 사례는 성능등급, 측정조건, 평가지표 등 비교 가능한 정보제공을 강화하는 방향으로 발전하고 있다.

따라서 해외 사례의 시사점은 국내에 외국 기준을 그대로 도입하자는 데 있지 않다. 오히려 국내 주택법령상 기술기준과 사후확인제를 전제로 하되, 바닥충격음 성능확보계획, 위험기반 표본검사, 준공 전 검증, 측정결과 공개 및 입주 후 모니터링을 연계하는 관리체계를 강화할 필요가 있다는 점이다. 이는 환경영향평가 생활환경 분야에서 바닥충격음을 독립적인 법정 평가항목으로 신설하는 방식이 아니라, 대규모 공동주거 개발사업의 생활환경 관리계획을 보완적으로 검토하는 방식으로 반영될 수 있다.

위와 같은 해외 사례의 차이는 국내 제도와 비교할 때 제도 성격, 평가범위, 성능등급, 현장검증, 저주파 충격음 반영, 측정결과 공개 및 전 생애주기 관리 측면에서 정리할 수 있다. Table 3은 국내 음환경 성능관리 체계와 해외 사례에서 도출되는 차별적 시사점을 비교한 것이다.

Table 3. Differences between domestic acoustic performance systems and overseas cases

Comparison item	Domestic system	Distinctive implications from overseas cases
Institutional status	Housing Act, post-verification system, green building certification, and housing performance grading	In some countries, acoustic performance is linked to building regulations, pre-completion testing, or official housing performance indication systems
Scope of acoustic performance	Floor impact sound, airborne sound insulation between units, traffic noise, plumbing noise, and related acoustic items	Some systems integrate prediction, field measurement, performance classification, and consumer protection
Performance grading	Certification or grading is available, but practical consumer recognition remains limited	Minimum requirements and enhanced performance levels are often distinguished
Field verification	Post-verification is conducted with limited sampling	Pre-completion testing or field measurement is more directly linked to compliance or market information
Low-frequency impact sound	Heavy-weight impact sound is regulated, but perceived low-frequency annoyance is not sufficiently reflected	Some European systems consider low-frequency correction or resident perception more explicitly
Disclosure of results	Disclosure is often limited to certification, grade, or average performance information	Measurement conditions, indicators, grades, and performance levels may be provided in a more comparable form
Life-cycle management	Design, construction, completion, and post-occupancy management are not fully integrated	Overseas cases suggest a stronger life-cycle approach from design prediction to post-occupancy management

Source: Reorganized by the authors based on ISO 16283-2, ISO 717-2, Approved Document E, ASTM E492 and E1007, the Japanese Housing Performance Indication System, Hong Kong ProPECC PN 3/23, the Korean Green Building Certification Criteria, housing performance grading system, and the Korean post-verification system.

Table 3에서 보듯이 국내 제도는 주택법상 사후확인 제, 녹색건축물 인증제도 및 공동주택성능등급 표시제도 등을 통해 바닥충격음과 관련된 음환경 성능을 일부 관리하고 있으나, 성능검사의 대표성, 입주예정자에 대한 정보공개, 저주파 중량충격음의 체감성 반영, 입주 후 모니터링과의 연계 측면에서는 보완이 필요하다. 해외 사례는 바닥충격음을 단순한 생활민원으로 보지 않고 건축물 성능, 소비자 보호 및 주거환경 품질 관리의 문제로 다루고 있다는 점에서 국내 제도개선 방향을 제시한다.

5. 바닥충격음 관리의 환경영향평가적 함의

현행 환경영향평가 제도에는 ‘실내환경’이라는 독립된 평가항목은 명시되어 있지 않다. 또한 환경영향평가는 전통적으로 사업지 외부로 배출되거나 주변 지역에 영향을 미치는 소음, 진동, 대기오염, 수질오염 등 외부 환경영향을 중심으로 운영되어 왔다. 따라서 공동주거시설 내부에서 발생하는 바닥충격음을 환경영향평가의 직접적인 평가대상으로 포함하는 데에는 현행 법제상 일정한 한계가 있다.

그러나 현행 환경영향평가의 생활환경 분야에는 위생·공중보건, 일조장해, 전파장해, 소음·진동 등 주거공간 내부에서 체감되는 건강성, 쾌적성 및 안전성과 연결되는 항목이 포함되어 있다. 위생·공중보건 항목은 대기질, 수질, 소음·진동 등 건강결정요인이 인체건강에 미치는 영향을 검토한다. 일조장해 항목은 건축물 등으로 인한 일영 변화가 주거공간의 채광, 온열쾌적성 및 심리적 쾌적성에 미치는 영향을 검토한다. 전파장해 항목은 전파 수신장애와 자기장 노출이 주거 내부의 생활편의성과 안전성에 미치는 영향을 다룬다.

이는 환경영향평가가 반드시 사업지 외부로 배출되는 환경영향만을 대상으로 하는 것이 아니라, 개발사업으로 형성되는 생활공간의 질적 변화까지 일정 범위에서 다루고 있음을 보여준다.

바닥충격음 역시 입주자의 생활행위만으로 결정되는 단순 민원 문제가 아니라, 공동주거시설의 구조형식, 슬래브 두께, 완충재 성능, 바닥마감 및 시공품질에 의해 좌우되는 구조전달음이다. 따라서 이는 개발사업의 계획·설계·시공 단계에서 사전에 예측하고 저감할 수 있는 생활환경 영향에 해당한다. 특히 바닥충격음은 수면방해, 스트레스, 주거만족도 저하 및 이웃 간 갈등을 유발할 수 있으므로 위생·공중보건 항목의 건강결정요인인 소음·진동과 직접 연결된다.

다만 본 연구의 주장은 바닥충격음을 즉시 독립적인 법정 평가항목으로 신설하자는 것이 아니다. 대규모 공동주거시설 개발사업, 도시개발사업, 정비사업 및 공공주택사업 등에서 바닥충격음 성능확보계획, 준공 전 성능검증계획 및 입주 후 모니터링계획을 생활환경 분야의 보완적 검토요소로 단계적으로 반영할 필요가 있다는 것이다. 이는 환경영향평가의 사전예방, 저감, 검증 및 사후관리 원칙을 대규모 공동주거시설 개발사업의 생활환경 관리와 연계하는 제도개선 방향으로 이해할 수 있다.

6. 주택법령과 환경영향평가의 역할 구분

공동주택 바닥충격음 차단성능은 이미 주택법, 주택건설기준 등에 관한 규정 및 관련 고시에 의해 기술기준과 검사절차가 마련되어 있다. 따라서 바닥충격음을 환경영향평가에 반영할 경우 기존 주택건설 인허가 및 성능검사 절차와 중복되지 않도록 제도적 역할을 구분

Table 4. Application of floor impact sound management to environmental impact assessment stages

EIA stage	Supplementary review element for floor impact sound
Planning stage	Review of housing density, structural type, floor plan, slab thickness, and acoustic risk
Design stage	Prediction of floor impact sound performance and review of mitigation measures
Construction stage	Quality control of resilient materials, floor systems, finishing materials, and service penetrations
Completion stage	Field measurement, performance verification, and disclosure of test results
Operation stage	Post-occupancy monitoring, complaint data, repair history, and feedback into performance management

Source: Authors' proposal based on Morgan (2012), the Korean Environmental Impact Assessment framework, Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2022), and ISO 16283-2 (2020).

Table 5. Functional distinction between housing legislation and environmental impact assessment in floor impact sound management

Category	Role of housing legislation	Supplementary role of environmental impact assessment
Institutional function	Technical standards and performance testing	Review of living-environment management plans
Main review target	Floor structure performance, measurement methods, and performance grades	Performance assurance plans, verification plans, disclosure plans, and monitoring plans
Application stage	Design, construction, completion, and performance testing stages	Development planning, environmental assessment, and follow-up management stages
Main purpose	Determination of compliance with statutory technical standards	Linkage between preventive planning and post-occupancy management
Avoidance of regulatory duplication	Technical compliance is determined under housing legislation	Excludes re-examination of technical compliance and focuses on management-plan review

Source: Reorganized and proposed by the authors based on Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2022, 2023a, 2023b) and Ministry of Environment (2023b).

할 필요가 있다.

본 연구에서 제안하는 환경영향평가 반영은 바닥충격음 차단성능에 대한 새로운 협의기준을 만들거나, 주택법령상 성능기준의 적합 여부를 환경영향평가에서 반복 검토하자는 의미가 아니다. 즉, 환경영향평가는 개별 세대의 바닥충격음 성능등급을 중복 판정하거나, 주택법령상 성능검사를 대체하는 절차가 되어서는 안 된다. 주택법령은 바닥충격음 차단성능의 기술기준, 측정방법 및 성능검사 절차를 담당하고, 환경영향평가는 대규모 공동주거시설 개발사업 단계에서 해당 기준이 사업계획에 적절히 반영될 수 있도록 성능확보 계획, 설계·시공단계 품질관리계획, 준공 전 검증계획 및 입주 후 모니터링계획을 생활환경 분야의 보완적 검토요소로 확인하는 역할을 담당할 수 있다. 따라서 바닥충격음의 환경영향평가 반영은 중복 규제의 확대가 아니라, 기존 주택법령상 기술기준과 환경영향평가의 사전예방·사후관리 기능을 연계하는 제도적 보완으로 이해하는 것이 타당하다. 이러한 역할 구분을 전제로 할 때, 바닥충격음 관리는 주택건설 인허가 절차의 중복을 초래하지 않으면서도 대규모 공동주거 개발사업의 생활환경 질을 사전에 관리하는 방향으로 발전할 수 있다.

7. 제도개선 방안

본 연구를 통해 도출된 제도개선 방안은 다음과 같다. 첫째, 공동주거시설 바닥충격음을 환경영향평가가 생활

환경 분야의 보완적 검토요소로 반영할 필요가 있다. 이는 독립적인 법정 평가항목을 즉시 신설하자는 의미가 아니라, 대규모 공동주거시설 개발사업에서 입주 후 실내 생활환경에 영향을 미칠 수 있는 바닥충격음 성능확보 계획을 검토하자는 것이다. 바닥충격음 성능확보계획에는 구조형식, 슬래브 두께, 완충재, 바닥마감, 설비 관통부 처리, 품질관리계획, 준공 전 측정계획 등이 포함될 수 있다. 둘째, 현행 표본검사 방식은 단순 확대보다 위험기반 층화표본 방식으로 개선할 필요가 있다. 이를 위해 구조형식, 평면유형, 층수, 동별 특성, 시공공구, 완충재 및 바닥마감 유형을 고려하여 성능 편차가 발생할 가능성이 높은 세대를 우선 측정하는 방식이 필요하다. 셋째, 측정결과 공개의 범위를 확대할 필요가 있다. 입주예정자와 거주자는 자신이 거주할 주택의 바닥충격음 성능을 알 권리가 있으며, 측정결과만은 단지 평균값이나 인증 여부에 그치지 않고, 측정 위치, 구조형식, 바닥구성, 측정방법, 성능등급 등을 포함하여 일반인도 이해 가능한 방식으로 제공될 필요가 있다. 넷째, 바닥충격음 성능자료의 데이터베이스 구축이 필요하며, 이를 통한 시공사, 구조형식, 완충재, 바닥마감, 평면유형, 세대위치, 측정결과 등 방대한 데이터의 축적은 향후 설계기준 개선, 사후관리, 분쟁조정, 기술개발에 효과적으로 활용할 수 있다. 마지막으로 바닥충격음 기준과 생활 층간소음 기준을 연계할 필요가 있는데, 입주 후 생활소음 민원이 반복되는 단지에 대해서는 사후 측정과 성능진단을 실시하고, 그 결과

를 건축물 성능정보 및 사후관리자료로 환류하는 체계가 필요하다.

V. 결론

본 연구는 공동주거시설 바닥충격음을 단순한 입주자 간 생활분쟁이 아니라 건축물의 구조성능, 시공품질, 실내환경, 주거권 및 사회적 갈등과 연결된 생활환경 문제로 재해석하였다. 이를 위해 국내 법제도와 사후확인제 성능검사 자료를 분석하고, 감사원 감사결과와 해외 건축음향 기준을 검토하였으며, 국내 녹색건축물 인증제도 및 공동주택성능등급 표시제도와 차별성을 중심으로 제도개선 방향을 제시하였다.

연구결과는 다음과 같다.

첫째, 바닥충격음 기준과 생활 층간소음 기준은 적용대상과 기능이 다르다. 바닥충격음 기준은 건축물의 구조적 차음성능을 확보하기 위한 사전적 성능관리 기준이고, 생활 층간소음 기준은 입주 후 거주자의 생활행위에서 발생하는 소음과 분쟁을 관리하기 위한 사후적 생활관리 기준이다. 따라서 두 기준은 대체관계가 아니라 상호 보완관계로 이해되어야 한다.

둘째, 국내 사후확인제는 준공단계에서 바닥충격음 성능을 확인한다는 점에서 의미가 있으나, 제한된 표본검사 방식에 의존하고 있어 세대별 성능편차를 충분히 검증하기 어렵다. 본 연구에서 검토한 자료에서는 19개 단지 중 6개 단지가 기준미달로 나타났고, 전체 1,530세대 중 38세대만 측정되어 검사비율은 약 2.5% 수준이었다. 다만 이 수치만으로 통계적 의미를 갖기는 어려우며, 본 연구에서는 이를 사후확인제의 대표성 한계를 시사하는 기초적 근거로 해석하였다.

셋째, 사후확인제의 개선은 단순한 검사세대 수 확대에 그쳐서는 안 된다. 바닥충격음 성능은 구조형식, 평면유형, 층수, 세대 위치, 완충재 시공상태, 바닥마감, 설비 관통부 및 시공품질에 따라 달라질 수 있으므로, 향후에는 위험기반 층화표본 방식과 세대별 성능편차 분석이 필요하다.

넷째, 해외 사례는 단순히 외국에도 건축음향 기준이 존재한다는 점보다, 국내 제도와의 차별성 측면에서 의미가 있다. 일부 국가는 음향성능을 건축규정, 준

공 전 현장측정, 주택성능 표시체계와 연계하고 있으며, 최소성능과 우수성능 등급을 구분하고, 저주파 중량충격음과 소비자 정보공개를 강화하는 방향으로 제도를 운영하고 있다. 이는 국내 녹색건축물 인증제도와 사후확인제가 보완해야 할 영역을 시사한다.

다섯째, 현행 환경영향평가에는 '실내환경'이라는 독립 항목은 없지만, 위생·공중보건, 일조장해, 전파장해, 소음·진동 등은 주거공간 내부에서 체감되는 건강성, 쾌적성 및 안전성과 연결된다. 따라서 바닥충격음은 대규모 공동주거시설 개발사업에서 생활환경 분야의 보완적 검토요소로 반영될 수 있다.

여섯째, 바닥충격음의 환경영향평가 반영은 주택법령상 기존 기준을 중복 심사하거나 별도의 허가기준을 추가하자는 것이 아니다. 주택법령은 바닥충격음을 차단 성능의 기술기준과 검사절차를 담당하고, 환경영향평가는 해당 기술기준의 재심사가 아니라 대규모 공동주거시설 개발사업 단계에서 성능확보계획, 준공 전 검증계획, 정보공개 및 입주 후 모니터링계획을 생활환경 분야의 보완적 검토요소로 확인하는 역할을 담당할 수 있다.

다만 본 연구에는 다음과 같은 한계가 있다. 첫째, 국가별 바닥충격음 기준과 건축음향 제도는 주로 문헌자료와 제도자료를 중심으로 검토하였기 때문에, 각 국가에서 해당 기준이 실제 현장에서 어떻게 운영되고 있으며 입주 후 층간소음 저감에 어느 정도 성과를 보이고 있는지까지 실증적으로 분석하지는 못하였다. 둘째, 국내 사후확인제 성능검사 자료를 활용하여 제도의 한계를 검토하였으나, 세대별 측정자료, 표본추출 방식, 구조형식, 평면유형, 층수, 시공공구, 완충재 및 바닥마감 정보가 제한되어 기준미달 발생요인에 대한 통계적 분석에는 한계가 있었다. 셋째, 실제 입주민이 체감하는 소음 정도, 주거만족도, 분쟁 발생 양상과 측정결과 간의 관계를 직접 분석하지는 못하였다.

따라서 향후 연구에서는 현장 검증자료를 확대하고, 준공 전·후 바닥충격음 측정자료, 입주 후 민원자료, 보수·보강 이력, 구조·시공 정보 및 입주민 만족도 조사를 결합한 실증적 연구가 필요하다. 특히 동일한 측정등급이라 하더라도 구조형식, 평면유형, 층수, 세대 위치, 생활패턴에 따라 입주민의 체감 반응이 달라질 수 있

으므로, 물리적 성능자료와 사회적 수용성 자료를 통합적으로 분석할 필요가 있다.

결론적으로 공동주거시설 층간소음 문제의 핵심은 입주 후 분쟁조정이 아니라 설계·시공·준공·운영 단계에서 건축물의 음향성능을 사전에 확보하고 검증하는데 있다. 향후 우리나라의 층간소음 제도는 사후 민원 처리 중심에서 벗어나, 바닥충격음 성능확보계획, 위험기반 측정, 측정결과 공개, 데이터베이스 구축 및 입주 후 모니터링을 포함하는 전 생애주기 관리체제로 전환되어야 한다. 이는 환경영향평가의 사전예방적 기능을 공동주거시설의 실내 생활환경 영역으로 단계적으로 확장하는 의미를 갖는다.

References

- Architectural Institute of Japan. (1997). *Standards for sound insulation performance and design guidelines for buildings* (2nd ed.). Gihodo Shuppan. <https://gihodobooks.sslserve.jp/book/2431-0.html>
- ASTM International. (2025a). *ASTM E492-25: Standard test method for laboratory measurement of impact sound transmission through floor-ceiling assemblies using the tapping machine*. <https://doi.org/10.1520/E0492-25>
- ASTM International. (2025b). *ASTM E1007-25: Standard test method for field measurement of tapping machine impact sound transmission through floor-ceiling assemblies and associated support structures*. <https://doi.org/10.1520/E1007-25>
- Berglund, B., Lindvall, T., & Schwela, D. H. (Eds.). (1999). *Guidelines for community noise*. World Health Organization. <https://www.who.int/publications/i/item/a68672>
- 감사원. (2019). 아파트 층간소음 저감제도 운영실태. 감사보고서.
- Board of Audit and Inspection of Korea. (2019). [Audit report on the operation of the apartment inter-floor noise reduction system]. Audit report.
- British Standards Institution (BSI). (2014). *BS 8233:2014 Guidance on sound insulation and noise reduction for buildings*. <https://knowledge.bsigroup.com/products/guidance-on-sound-insulation-and-noise-reduction-for-buildings>
- 경제정의실천시민연합 도시개혁센터. (2025). 층간소음 바닥성능검사 실시현황 분석발표.
- Citizens' Coalition for Economic Justice. (2025). [Analysis of post-verification performance test implementation for floor impact sound after the introduction of the post-verification system]. <https://ccej.or.kr/posts/Djt3WWL>
- 경제정의실천시민연합 도시개혁센터. (2025). 공동주거시설 층간소음 관리법 제정안 입법청원. 국회 제출 의원소개청원서.
- Citizens' Coalition for Economic Justice, Urban Reform Center. (2025). [Legislative petition for the Act on the Management of Inter-Floor Noise in Multi-Residential Facilities]. Petition submitted to the National Assembly of the Republic of Korea. <https://ccej.or.kr/posts/w9tp3rW>
- Cremer, L., Heckl, M., & Petersson, B. A. T. (2005). *Structure-borne sound: Structural vibrations and sound radiation at audio frequencies* (3rd ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/b137728>
- Dodd, N., & Donatello, S. (2021). *Level(s) indicator 4.4: Acoustics and protection against noise user manual: Introductory briefing, instructions and guidance* (Publication version 1.1). European Commission, Joint Research Centre. https://susproc.jrc.ec.europa.eu/product-bureau/sites/default/files/2021-01/UM3_Indicator_4.4_v1.1_17pp.pdf
- Environmental Protection Department. (2023). *Application of sound insulation in residential buildings to reduce noise transmission between units (ProPECC PN 3/23)*. The Government of the Hong Kong Special Administrative Region. https://www.epd.gov.hk/epd/sites/default/files/epd/english/resources_pub/publications/files/pn23_3.pdf

- Fields, J. M. (1993). Effect of personal and situational variables on noise annoyance in residential areas. *Journal of the Acoustical Society of America*, 93(5), 2753-2763. <https://doi.org/10.1121/1.405851>
- Haan, C.-H., Lee, W.-H., & Park, C.-J. (2024). The improvement in the floor impact noise with changes in the glass transition temperature of SBR Latex Mortar. *Applied Sciences*, 14(14), 6275. <https://doi.org/10.3390/app14146275>
- Haan, C.-H. (2025). Implementation of the floor impact noise monitoring system to the existing apartment buildings. *Sound & Vibration*, 59(1), 1954. <https://doi.org/10.59400/sv1954>
- 홍성신, 이승민, 한찬훈. (2024). 210 mm 미만 콘크리트 슬라브 공동주택의 바닥충격음 저감을 위한 바닥구조 방안. *한국음향학회지*, 43(6), 724-736.
- Hong, S.-S., Lee, S.-M., & Haan, C.-H. (2024). Floor structure for the reduction of floor impact noise of apartment with concrete slab less than 210 mm. *The Journal of the Acoustical Society of Korea*, 43(6), 724-736. <https://doi.org/10.7776/ASK.2024.43.6.724>
- International Code Council. (2024). *2024 International Building Code (IBC)*. <https://codes.iccsafe.org/content/IBC2024V2.0>
- International Organization for Standardization. (2014). *ISO 16283-1:2014 Acoustics — Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements — Part 1: Airborne sound insulation*. <https://www.iso.org/standard/55997.html>
- International Organization for Standardization. (2016). *ISO 1996-1:2016 Acoustics — Description, measurement and assessment of environmental noise — Part 1: Basic quantities and assessment procedures*. <https://www.iso.org/standard/59765.html>
- International Organization for Standardization. (2020a). *ISO 16283-2:2020 Acoustics — Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements — Part 2: Impact sound insulation*. <https://www.iso.org/standard/77436.html>
- International Organization for Standardization. (2020b). *ISO 717-2:2020 Acoustics — Rating of sound insulation in buildings and of building elements — Part 2: Impact sound insulation*. <https://www.iso.org/standard/69867.html>
- International Organization for Standardization. (2021). *ISO 10140-3:2021 Acoustics — Laboratory measurement of sound insulation of building elements — Part 3: Measurement of impact sound insulation*. <https://www.iso.org/standard/79483.html>
- Ministry of Justice, Japan. (2024). *Act on the Promotion of Housing Quality Assurance (Act No. 81 of 1999, last amended by Act No. 63 of 2023)*. <https://www.japaneselawtranslation.go.jp/en/laws/view/4891/en>
- Kang, J. (2007). *Urban sound environment*. Taylor & Francis. <https://doi.org/10.1201/9781482265613>
- Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology. (2023, October 26). Discovery of factor causing deviation in apartment impact sound insulation. [Press release]. https://www.kict.re.kr/gallery.es?act=view&b_list=10&bid=0001&list_no=14379&mid=a20303000000&nPage=1
- Ljunggren, F., Simmons, C., & Hagberg, K. (2014). Correlation between sound insulation and occupants' perception - Proposal of alternative single number rating of impact sound. *Applied Acoustics*, 85, 57-68. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2014.04.003>
- 환경부. (2023a). 소음·진동관리법 (법률 제19150호, 2022. 12. 30., 일부개정, 시행 2023. 7. 1.). 국가법령정보센터.
- Ministry of Environment. (2023a). *Noise and Vibration Control Act (Act No. 19150, partially amended December 30, 2022, effective July 1, 2023)*. Korean Law Information Center. <https://www.law.go.kr/lsInfoP.do?efYd=20230701&lsiSeq=247173>

- 환경부. (2023b). 환경영향평가서등 작성 등에 관한 규정 (환경부고시 제2023-72호, 2023. 4. 13., 일부개정). 국가법령정보센터.
- Ministry of Environment. (2023b). [Regulations on the preparation of environmental impact assessment reports, etc.] (Ministry of Environment Notice No. 2023-72, partially amended April 13, 2023). Korean Law Information Center. <https://law.go.kr/LSW/admRulLsInfoP.do?admRulSeq=2100000222184>
- Ministry of Housing, Communities and Local Government. (2015). *Approved Document E: Resistance to the passage of sound*. UK Government.
- 국토교통부. (2022). 공동주택 바닥충격음 차단구조 인정 및 검사기준 (국토교통부고시 제2022-868호, 2022. 12. 28., 일부개정), 국가법령정보센터.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport. (2022). [Revised standards for floor impact sound insulation performance and post-verification system in multi-family housing] (Ministry of Land, Infrastructure and Transport Notice No. 2022-868, partially amended December 28, 2022). Korean Law Information Center. <https://www.law.go.kr/admRulLsInfoP.do?admRulSeq=2100000217329>
- 국토교통부. (2023a). 주택법 (법률 제19117호, 2022. 12. 27., 타법개정, 시행 2023. 6. 28.). 국가법령정보센터.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport. (2023a). Housing Act. (Act No. 19117, amended December 27, 2022, effective June 28, 2023). Korean Law Information Center. <https://www.law.go.kr/LSW/lsInfoP.do?ancYnChk=0&chrClsCd=010202&efYd=20230628&dsiSeq=246789&urlMode=lsInfoP>
- 국토교통부. (2023b). 주택건설기준 등에 관한 규정 (대통령령 제33907호, 2023. 12. 5., 일부개정, 시행 2023. 12. 5.)
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport. (2023b). [Regulations on housing construction standards, etc.] (Presidential Decree No. 33907, partially amended December 5, 2023, effective December 5, 2023). Korean Law Information Center. <https://www.law.go.kr/LSW/lsInfoP.do?lsiSeq=256445>
- 국토교통부. (2023c). 주택건설기준 등에 관한 규칙 (국토교통부령 제1282호, 2023. 12. 11., 일부개정). 국가법령정보센터.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport. (2023c). [Rules on housing construction standards, etc.] (Ministry of Land, Infrastructure and Transport Ordinance No. 1282, partially amended December 11, 2023). Korean Law Information Center. <https://www.law.go.kr/LSW/lsInfoP.do?ancYnChk=0&chrClsCd=010202&efYd=20231211&lsiSeq=256865&urlMode=lsInfoP>
- 국토교통부. (2024). 2024년도 공동주택 바닥충격음 성능검사 실시 및 결과 현황 [정보공개청구 회신자료].
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport. (2024). [Status of implementation and results of floor impact sound performance tests for multi-family housing in 2024]. [Response to an information disclosure request].
- 국토교통부·환경부. (2023). 공동주택 층간소음의 범위와 기준에 관한 규칙 (국토교통부령 제1185호, 환경부령 제1019호, 2023. 1. 2., 일부개정). 국가법령정보센터.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport, & Ministry of Environment. (2023). [Rules on the scope and standards of inter-floor noise in multi-family housing] (Ministry of Land, Infrastructure and Transport Ordinance No. 1185, Ministry of Environment Ordinance No. 1019, partially amended January 2, 2023). Korean Law Information Center. <https://www.law.go.kr/LSW/lsInfoP.do?lsiSeq=247421>
- 국토교통부·환경부. (2023). 녹색건축 인증 기준 (국토교통부고시 제2023-329호, 환경부고시 제2023-172호, 2023. 7. 1., 일부개정). 국가법령정보센터.

- Ministry of Land, Infrastructure and Transport, & Ministry of Environment. (2023). [Green building certification criteria] (Ministry of Land, Infrastructure and Transport Notice No. 2023-329, Ministry of Environment Notice No. 2023-172, partially amended July 1, 2023). Korean Law Information Center. <https://www.law.go.kr/LSW/admRulInfoP.do?admRulSeq=2100000225364&chrClsCd=010201>
- Morgan, R. K. (2012). Environmental impact assessment: the state of the art. *Impact Assessment and Project Appraisal*, 30(1), 5-14. <https://doi.org/10.1080/14615517.2012.661557>
- 박현구, 김경모, 김선우. (2013). 실생활 충격소음을 통한 표준 바닥충격원의 실효성 검증. 한국소음진동공학회논문집, 23(12), 1117-1126.
- Park, H. K., Kim, K. M., & Kim, S.-W. (2013). Verification of effectiveness of the standard floor impact source by comparing with living impact sources. *Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering*, 23(12), 1117-1126. <https://doi.org/10.5050/KSNVE.2013.23.12.1117>
- Schneider, M., Fischer, H.-M., & Zeitler, B. (2025). Development of sound insulation requirements in German DIN 4109. *Proceedings of DAS/DAGA 2025*, 259-262. <https://doi.org/10.71568/dasdaga2025.338>
- Shin, H.-K., Park, S.-H., Kim, M.-J., & Kim, K.-W. (2022). A study on subjective response to heavy-weight impact sound through representative spectrum analysis: A case study in South Korea. *Applied Acoustics*, 188, 108562. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2021.108562>
- World Health Organization. (2018). *Environmental noise guidelines for the European Region*. <https://www.who.int/publications/i/item/9789289053563>
- 연준오, 문순성, 김용희. (2023). 공동주택 유형에 따른 바닥충격음 차단성능 영향. 한국건축친환경설비학회논문집, 17(2), 110-126.
- Yeon, J. O., Moon, S.-S., & Kim, Y.-H. (2023). Effects of floor impact sound reduction performance according to apartment type. *Journal of Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems*, 17(2), 110-126. <https://doi.org/10.22696/jkiaeb.20230010>
- Yoo, S. Y., & Jeon, J. Y. (2014). Investigation of the effects of different types of interlayers on floor impact sound insulation in box-frame reinforced concrete structures. *Building and Environment*, 76, 105-112. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.03.008>
- 윤세철, 오종민. (2005). 완충재의 종류에 따른 공동주택 바닥충격음 차단성능에 관한 실험연구. 환경영향평가, 14(4), 217-225.
- Yoon, S. C., & Oh, J. M. (2005). An experiment study on floor-impact sound insulation by resilient materials in apartment buildings. *Journal of Environmental Impact Assessment*, 14(4), 217-225.