

공동주택 바닥충격음에 대한 고찰

The Study of Floor-Impact Noise in Apartment Building



글 /朴永煥

(Park, Young Hwan)
소음진동기술사, CMP,
(주)대우엔지니어링 플랜트그룹 차장.
E-mail:nanovic@korea.com

The concerning of floor-impact noise problem in Apartment Building is more intensified in recent years.

This report describes the background of the theories, tendency of the studies and countermeasures of the issue.

In conclusion, the method of evaluating for the noise impact over the Apartment Building and related problems are explained in this report.

1. 서 론

'80년대 이후 인구의 도시집중화에 따른 주택난과 환경문제가 심화됨에 따라 이에 대한 해결방안으로 주택보급 형태는 토지의 효율적 이용을 위한 공동주택 위주로 지속적으로 증가하여 현재는 연간 주택공급량의 80% 이상을 차지하고 있다. 또한 주택보급률이 100%에 다다르게 됨으로써 주택건설사는 과거의 물량위주의 주택공급에서 수요자의 주거생활에 대한 질적 수준향상 요구에 따른 편리성, 쾌적성 등에 대하여 많은 노력을 기울여야 하는 현실이다.

공동주택 생활자가 점차 늘어나고, 공동주택이 고층화, 경량화하는 추세이며 또한 세대간에 인접되어 있기 때문에 이에 따른 아파트 소음문제가 사회적 문제로 대두되고 있다.

최근에는 시민연대가 발족되고, 대책을 위한 입법을 추진 중에 있으며, 정부도 1978년에 제정한

바닥충격음 현장측정방법(KS F 2810)을 발전시키고, 이에 따른 평가방법을 대한주택공사 연구소에, 평가기준을 기술표준원에 연구용역을 주는 등 층간소음차단시설의 의무화를 검토하고 있다.

2. 바닥충격음

2.1 바닥충격음이란?

바닥충격음(Floor-Impact Noise)이란 바닥을 충격함으로써 발생되는 소음을 의미하며 이는 고체음 또는 고체전달음(Structure Borne Noise)의 일종으로 고체(구조물)를 따라 전달되고 고체를 진동시켜 소리를 발생시킨다. 고체를 매질로 전달되기 때문에 전달속도가 빠르고 감쇠도 적어 소리가 멀리까지 크게 전달된다. 일례로 아파트 고층에서 해머드릴 작업이나 벽에 못을 박을 때 소리가 아래층까지 전달되는 것은 고체음이기 때문이다.

2.2 바닥충격음의 발생 및 전달특성

2.2.1 충격원

바닥충격음은 사람이 뛰거나 걸을 때 발이나 신발이 바닥을 충격하는 소리, 의자나 물건을 끌거나 놓으면서 발생되는 소리 등 바닥충격에 의하여 발생되는 여러 가지 경우가 있다. 측정과 평가를 위한 기준이 되는 표준음원은 하이힐을 신고 걸을 때를 모델로 한 경량충격음(Tapping Noise)과 맨발로 걷거나 바닥에 앉을 때를 모델로 한 중량충격음(Bang Noise)으로 나뉜다. 주거생활이 입식문화인 서구에서는 경량충격음 한가지로 바닥충격음에 대한 성능을 평가하지만, 입식문화인 한국과 일본은 중량충격음과 경량충격음에 대한 성능 모두를 반영하도록 되어 있다.

- ① 경량충격원(Tapping Machine): 직경 3cm, 무게 500g의 5개의 스틸헤머를 4cm 높이에서 초당 10회의 주기로 자유낙하 시킨다.
- ② 중량충격원(Bang Machine): KS M 6750에 사양이 규정된 타이어를 약 3초 간격으로 자유낙하시킨다.

2.2.2 소음발생 특성

- ① 표준바닥충격원에 의한 소음의 일반적인 주파수별 특성은 경량충격음은 중고주파수대가 다소 높은 경향이 있지만 전체적인 주파수대역에서 소음도가 비슷한 특성을 갖는데 반하여, 중량충격음은 저주파수대역에서 매우 높고, 고주파수대역으로 갈수록 소음도가 낮아지는 특성을 갖는다.
- ② 표준바닥충격원에 의한 소음의 시간패턴은 경량충격음의 경우 0.1초의 주기로 충격을 가하기 때문에 인간이 느끼는 소음에 대한 느낌은 피크치에 의한 영향이 크고, 중량충격음의 경우에 있어서는 주기가 2.5~3초로 길기 때문에 피크치 뿐만 아니라 이후의 올림도 느낌에

영향을 준다.

2.2.3 방사특성

- ① 경량충격음에 대해서 벽체 면을 통한 음의 방사는 전 주파수대역에 걸쳐 벽체 면의 기여율이 50~60%로 가장 크며, 천장 면을 통한 전달은 30~40% 정도이다. 중량충격음에 있어서는 천장 면을 통한 음의 방사는 100Hz 이하의 저주파수대역에서는 45~65%에 이르고, 중고주파수대역에서는 25~35%로 낮아지는 반면에 벽체 면에 의한 영향은 저주파수 대역에서는 30~45%, 중고주파수대역에서는 45~60%로 기여율이 커진다. 따라서 차음대책 시 천장면 뿐만 아니라 벽체 면에 대해서도 함께 고려해야 할 것이다.
- ② 동일한 충격력을 가할 경우에도 슬래브의 크기가 클수록 음의 방사가 커지며, 슬래브의 두께가 증가하거나, 재질의 강성이 커질 경우 슬래브의 임피던스가 커지므로 음의 방사가 작아진다. 또한 충격원의 타격 위치가 중앙부일 경우가 주변부를 타격할 경우보다 음의 방사가 크다.

2.3 바닥충격음의 측정방법

2.3.1 개요

건축물의 바닥충격음 차단성능의 측정방법에 대한 규정은 외국의 ISO 140-7과 JIS A 1418 규정에 대응하여 KS F 2810에 규정되어 있다. 단, ISO규정에 있어서는 중량충격음에 대한 측정방법의 규정은 정하지 않고 있다.

2.3.2 측정방법

- ① 표준충격원에 의하여 측정대상 바닥을 충격하였을 때, 수음실에서 최대음압레벨의 에너지 평균치를 데시벨(dB) 단위로 측정한다. 이

기술 예시

때, 주파수보정회로는 'C특성'으로 하고, 동 특성은 'Fast'를 원칙으로 한다.

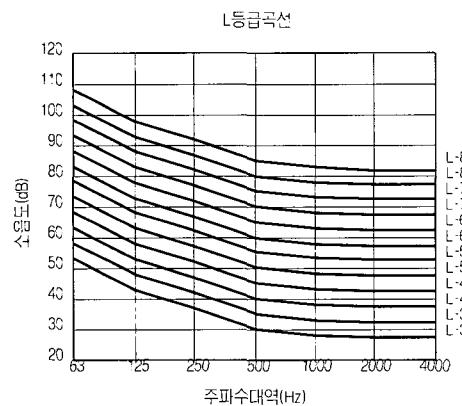
- ② 충격원을 이용하여 측정대상의 바닥을 가진 하여 충격음을 발생시킬 때, 충격위치는 실의 주변 벽으로부터 50cm 이상 떨어진 바닥 평면 내로, 중앙점 부근 1점을 포함해서 평균적으로 분포하는 3~5점으로 한다.
- ③ 수음실 내에서 천장, 주위 벽, 바닥 면 등으로부터 50cm 이상 떨어진 공간 내에, 서로 70cm 이상 떨어진 4점 이상의 측정점을 공간적으로 균등하게 분포하여 1.2~1.5m 높이에서 측정한다. 이때 각 측정주파수대역(63~4000 Hz, 1/1옥타브밴드)에 있어서 가진 점마다 모든 측정점에서 측정된 최대음압레벨의 에너지 평균치를 계산하여 측정값으로 한다.

2.4 바닥충격음의 평가방법

2.4.1 개요

국내에서는 아직 바닥충격음에 대한 평가방법이 제정되지 않았기 때문에, 일본 JIS A 1419 규정에 따른 L 등급 평가에 의하여 실시하고 있으며, 일본건축학회가 제시한 기준에 의하여 결과를 판단하고 있다.

2.4.2 JIS A 1419 평가



L 등급 곡선 위에 측정된 바닥충격음에 대한 최대소음도의 1/1옥타브대역별 소음치를 적용하여 기준곡선들 중에서 교차하는 최대값 곡선의 등급에 따라 등급이 결정되는 평가방법이다.

2.4.3 일본건축학회 기준

① 공동주택의 차음등급 적용등급

건축물	적용부위	구분	적용 등급			
			특급	1급	2급	3급
공동주택	거실 (세대간 경 계바닥판)	경량충격음	L-40	L-45	L-50 L-55	L-60
		중량충격음	L-45	L-50	L-55	

② 적용등급의 의미

구분	학회제안	차음성능	적용
특급 (특별)	학회특별시방	매우 우수	특별한 차음성능이 요구되는 경우
1급 (표준)	학회권장표준	바람직함	보통 사용자로부터 진정이 거의 없고 차음성능상 지장이 없음
2급 (허용)	학회허용기준	거의 만족	사용자로부터 진정이나 차음성능상 지장이 있지만 거의 만족
3급 (최저한)	-	법규상의 최저한도	사용자로부터 괴로움의 호소가 나올 확률이 높기 때문에 학회에서는 권장하지 않음

2.4.4 L 등급 평가방법의 문제점

L 등급에 의한 평가를 실시할 경우 실제 거주자가 느끼는 것에 비하여, 중량바닥충격음의 차음성능이 우수한 것으로 과대평가 되는 경향이 있으며, 특정부분의 주파수에 의하여 평가등급이 좌우될 수 있기 때문에, 개선효과를 제대로 평가할 수 없는 경우가 종종 있다. 따라서 우리나라 만의 독특한 난방구조인 온돌바닥의 구조특성에 따른 영향과 한국인이 느끼는 청감적 반응에 적합한 평가방법이 되도록 제정하여야 할 것이다.

3. 바닥충격음 저감방법

3.1 기본방안 및 연구결과

3.3.1 저감원리 및 방법의 기본

바닥충격음 저감방안에 대한 기본적인 방안은 다음과 같다.

첫째, 유연한 바닥마감재의 사용하여 충격원의 특성을 변화시키는 방법이다. 이 방법은 경량충격음에 대해서는 효과가 크며 간단하나 중량충격음에서는 효과가 거의 없다.

둘째, 뜬바닥구조(Floating Floor)나 완충재를 사용하여 충격에너지를 가능한 하부 구조체(콘크리트 슬래브)에 전달되지 않도록 하는 방법이며, 현재 가장 집중적으로 연구되는 대책방안이다. 여기서 뜬바닥구조란 구체구조로서의 콘크리트 바닥판 위에 완충재를 두고 주벽 등에 임상용 절연재(벽면 완충재)를 설치하여, 구체구조와 음향적으로 절연한 몰탈 또는 콘크리트 등의 습식재료의 뜬바닥층을 현장에 시공하는 구조를 말하며, 슬래브와 마감 몰탈층 사이의 단열층 또는 단열 및 축열층은 온돌바닥에 가해진 충격진동을 슬래브와 마감 몰탈층 사이에서 고체음의 전달을 절연하는 역할을 한다.

셋째, 바닥의 두께를 늘이거나 밀도를 높여 중량화(重量化)하거나, 강성이 높은 재료나 구조의 슬래브를 사용하여 충격에 대한 바닥의 진동을 최소화하는 방법으로 중량충격음에 있어서 효과가 있으나, 구조체가 점차 경량화(輕量化)되어가고 있는 현행 공동주택 건설추세와는 상반되는 개념을 가지고 있어 적용하는데 있어서 많은 문제가 따르고 있다.

넷째, 하부층의 천장을 차음구조로 설치하여 상

부층 슬래브로부터 방사되는 음을 추가적으로 차단하는 방법이다. 경량 및 중량충격음에 대해서 효과가 있으나, 천장들의 지지방법 및 구조에 따라 차이가 있다. 현실적으로 적용하는데 있어서는 시공비가 늘어나고, 기준층의 층고가 높아진다는 단점이 있으며, 설계시 공진주파수를 피하도록 주의가 필요하다.

3.3.2 기존의 연구결과

- ① 바닥충격음은 충격력의 특성, 바닥구조의 진동특성, 소음실의 음향특성 등 3가지 요소에 의해 좌우된다. 또한, 경량충격음에 대해서는 중고주파수대역에서, 중량충격음에 대해서는 저주파수대역에서 L 등급에 의한 차음 등급이 결정된다.
- ② 철근 콘크리트 슬래브는 두꺼울수록 차음성이 개선되고, 슬래브 바닥면적이 넓을수록 차음성능은 저하되며, 특히, 경량충격음에 대한 차음성능은 완충층의 구성재료에 의해 크게 좌우된다. 하부층 천장에 구조물이 있으면 경량 및 중량충격음에 대하여 차음성능 개선 효과가 있고, 바닥마감재는 중량충격음에 대해서 개선효과가 없으나, 경량충격음일 경우 중고주파수대역에서 개선효과가 있다. 중량충격음에 대한 차음성능은 철근콘크리트 슬래브조건에 의해 크게 좌우되고, 경량충격음에 대한 차음성능은 완충층의 종류에 의해 결정된다.
- ③ 채움층에 경량기포콘크리트가 적용된 경우에 있어서는 비중이 0.4~0.8로 작기 때문에 바닥충격음 차음성능에 도움이 되지 않는 것으로 연구하였다. 이러한 상황에서 일정 이상의 바닥충격음 차음성능을 유지하기 위해서는 단열과 고체음차단 기능을 갖는 완충재의 사용이 필수적이다.

3.2 저감사례

1995년에 슬래브와 경량기포 콘크리트층 사이에 EPS류, 고무류, 밤포고무류, 섬유류의 완충재(충격방지재)를 시공하여 차음성능 변화에 대한 연구가 있었다. 그 결과 경량충격음에 있어서는 완충재의 물성변화에 따른 차음성능의 향상이 다소 있었으나 중량충격음에 대한 성능 개선은 없었다. 바닥의 구조에 있어서도 완충재의 삽입위치를 모두 동일하게 하여 구조에 따른 변화를 볼 수 없는 한계를 보였다. 앞으로 바닥판의 구조(완충재 삽입위치에 따른 구조변화)에 따른 차음성능의 변화에 대한 연구가 있어야 할 것이다.

1997년에 바닥충격음 저감을 위한 재료개발로서 폐타이어를 이용한 그래뉼형과 파이버형의 완충재를 두께별로 실험, 연구하였다. 연구 결과 완충재의 두께에 의한 영향은 작았고, 경량충격음에 대해서는 차음성능의 향상을 보였으나, 이 방법 역시 중량충격음에 대해서는 한계를 보였다.

1998년에는 바닥판을 구조체와 분리절연시키는 팔레트를 개발하여 중량충격음에서도 4dB의 차음성능 향상을 보였다.

1999년에는 바닥의 강성을 높이기 위하여 바닥판에 보강보를 설치하는 것이 효과적인 것으로 제안되었으나 현실적인 적용에 있어서는 제약이 따랐다.

그 외에도 연질폴리우레탄 폼(Foam), 파이버글라스, 콜크 등의 다양한 재료와 방법을 사용하여 연구 및 실험이 진행중이다.

4. 결 론

연간 공동주택형태의 주택 보급량이 30만호에

이르고, 공동주택의 리모델링에 있어서도 바닥온돌층의 보수와 더불어 적용이 가능하기 때문에, 바닥충격음 저감제품의 시장이 조만간 연간 약 2조원 이상이 될 것으로 전망될 뿐만 아니라, 공동주택 건설업체에 있어서도 충간소음방지 방안이 분양 및 수주에 중요사항으로 부각될 것으로 예상되어, 현재 여러 분야에서 다양한 충간차음재료와 공법의 연구개발이 한창이다. 여기서 신중하여야 할 것은 시장이 큰 만큼 당분간 다양한 제품과의 경쟁을 고려하여야 할 것이며, 대량생산이기 때문에 설비투자에 대한 리스크 등을 고려하여, 시장을 바라보는 욕심보다는 저비용, 고성능, 환경변화에 대한 성능의 안정성, 시공성, 공간 및 하중의 제약성 최소화, 안전성, 바닥크랙 및 냄새발생의 원인제거 등의 필요성능에 대한 지속적인 개발노력을 통하여 진행되어야 할 것이다. 물론 재료나 공법을 통하여 충간소음을 완벽하게 차단하는 것은 한계가 있기 때문에 이웃 간에 이해하고 조심하는 분위기 조성과 이를 위한 공동주택의 풍토개선이 가장 시급하다고 생각된다.

(원고 접수일 2001. 7. 30)

참고문헌

- (1) 김선우 외, “바닥충격음 차음성능기준 및 등급화에 관한 연구(1), 차음성능 결정요인 분석을 중심으로”, 대한건축학회 논문집, 1990. 4.
- (2) 장길수, “청감실험에 의한 공동주택 바닥충격음 차음 성능 평가방법 연구”, 전남대 박사학위논문, 1991. 8.
- (3) 김명준, “공동주택 바닥충격음의 부위별 전달특성 평가”, 한양대 박사학위논문, 1999. 6.
- (4) 대한주택공사 주택연구소, “온돌시스템 개발연구”, 1996. 9. 바닥충격음의 차음성능기준,” 1990. 12.