

공동주택의 바닥충격음 차단성능 현황과 성능향상 방향

양 관 섭

(한국건설기술연구원 건축연구부 수석연구원)

1. 들어가며

공동주택은 가용 국토면적의 협소로 인한 토지의 효율적 이용의 필요성과 부족한 주택을 단기간에 보급할 수 있다는 주택공급의 용이성, 그리고 생활의 편의성을 추구하는 국민 의식의 변화, 주택을 하나의 재산증식수단으로 인식한 투기열풍 등 여러 가지 이유로 인하여 1980년 이후 급속하게 증가하여 현재는 우리나라에 보급된 총 주택수 중 50% 이상을 차지하고 있다. 이와 같이 공동주택은 도시나 농촌에 관계없이 하나의 주택유형으로서 자리를 차지하고 있으나 공동주택이 지니고 있는 특성, 즉, 다수의 세대가 한 장의 벽과 바닥을 사이에 두고 생활하는 거주형태로 인해 이웃간에 불화가 발생하는 일이 종종 있으며, 그 중에서 대표적인 것이 소음으로 인한 것이다.

공동주택의 주요 재료로서 사용되고 있는 콘크리트는 재료의 특성상 콘크리트 면에 직접 충격이 가해짐에 따라 발생하는 충격음(고체전달음)을 인접세대에 쉽게 전달하는 특성을 가지고 있다. 이러한 특성은 공동주택에 사는 사람이라면 수시로 경험하고 있으며, 또한 공동주택에 거주하는 입주자로부터의 불만이 가장 높은 성능항목 중의 하나이다.

이러한 바닥충격음 문제를 완화하기 위해 관련 성능기준이 마련되었으나 중량충격음의 차단성능에 대한 현행 벽식구조의 한계로 인해 경량충격음 차단성능기준만 우선 시행하고, 중량충격음은 추가적인 연구를 통해 결과를 도출한 후 시행하기 위해 2005년 7월부터 시행하는 것으로 하고 있다.

따라서 본 원고에서는 중량충격음 차단성능기준의 시행연기 배경이 된 현행 벽식구조의 바닥충격음 차단성능의 한계 및 원인을 중심으로 바닥충격음 측정결과의 신뢰성 문제, 바닥충격음 차단성능의 향상을 위한 방안 등을 중심으로 설명하고자 한다.

2. 현행 벽식구조에서의 바닥충격음 차단성능현황

우리나라의 바닥구조는 온돌이라는 독특한 바닥난방방식으로 인해 하중을 부담하는 슬래브, 열손실 방지를 위한 단열재, 경량기포콘크리트, 난방배관, 마감모르터 및 마감재 등으로 슬래브 상부가 구성되어 있으며, 슬래브 하부에는 반자가 구성되는 경우가 대부분이다. 공동주택의 슬래브는 대부분 철근콘크리트로 되어 있으며, 두께는 평형별, 시공회사별로 약간의 차이는 있으나 135~150mm가 일반적이다.

(그림 1)은 벽식구조로서 슬래브 두께가 135~150mm인 거실을 대상으로 그동안 측정된 습식 온돌구조의 바닥충격음 차단성능에 대한 결과를 하나의 그림으로 나타낸 것이다. 이 그림에서는 측정결과를 평형, 완충재의 적용유무, 바닥마감재의 종류를 구분하지 않고 나타낸 것으로서 경량충격음은 48~ 76dB, 중량충격음은 46~ 68dB의 범위로 나타나고 있으며, 개략적으로 중간값을 보면 경량충격음은 약 60dB, 중량충격음은 약 55dB 정도로 나타나고 있다. 일반적으로 완충재를 설치한 경우가 적용하지 않은 구조보다 경량충격음 차단성능은 크게 개선되는 것으로 나타났으나, 중량충격음은 완충재를 적용한다 해도 성능개선에 도움이 되지 못하는 것으로 조사되었다.

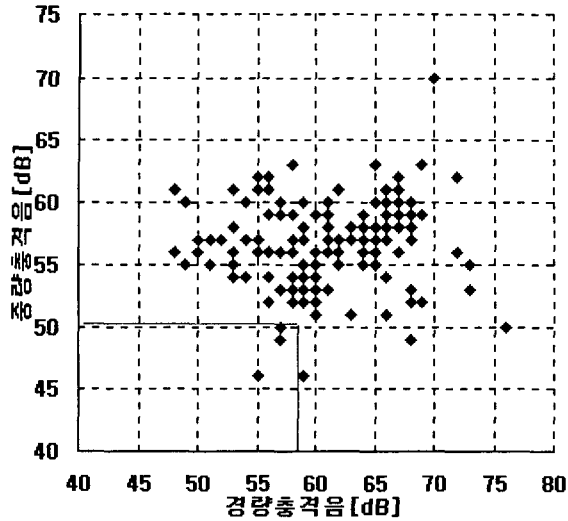


그림 1 벽식구조 슬래브 135~150mm에서의 바닥충격음 차단성능 현황

(그림 2)는 슬래브 두께가 180mm일 때의 벽식 구조 습식온돌구조에서의 경량충격음 및 중량충격음 차단성능의 측정결과를 나타낸 것이다. 현재 우리나라에서는 슬래브 두께를 180mm로 시공하는 사례가 많지 않아 지금까지 수집된 3개 시공현장 및 2개의 시험실에서 측정된 결과를 거실과 침실로 구분하여 분석하였다. 거실은 총 33개의 바닥을 대상으로 분석하였으며, 침실은 29개 바닥을 대상으로 중량충격음 차단성능과 경량충격음 차단성능을 구분하여 분석하였다. 그리고 바닥면적은 분석 대상별로 차이가 있으며, 콘크리트벽으로 구획된 공간의 바닥면적은 9.4m²~45m²의 범위이다. 경량충격음의 경우 최소한 단열재를 설치(단열기준에 의거 기본적으로 설치해야 함)한 구조와 완충재를 적용한 구조, 바닥감재가 설치된 상태에서의 측정결과를 중심으로 분석한 것이다.

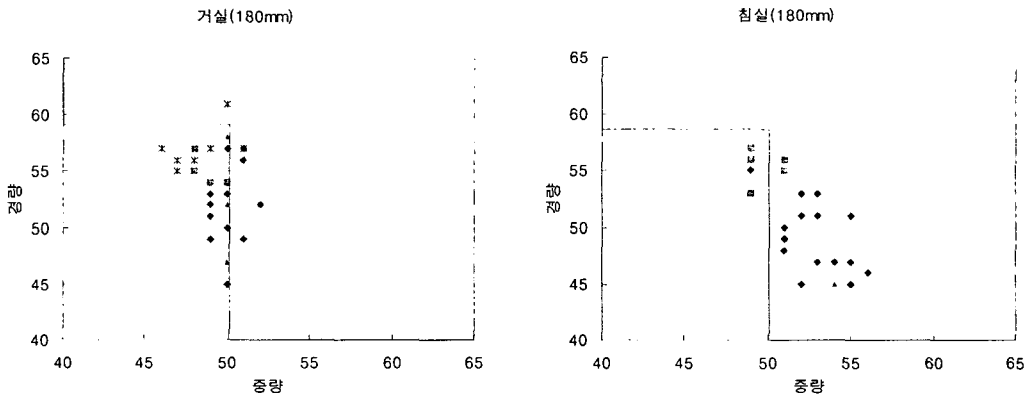


그림 2 바닥충격음 성능현황

거실에서의 바닥충격음 차단성능은 바닥구조나 구조형식, 바닥마감재에 따라 다르나 중량충격음의 경우 거실에서는 46~52dB의 범위로 나타나고 있으며, 침실에서는 49~57dB의 성능을 나타나고 있다. 또한 경량충격음의 경우, 거실에서는 45~61dB, 침실에서는 45~57dB의 성능을 보이고 있는 것으로 나타났다.

바닥면적이 넓은 거실에서의 중량충격음은 측정대상 33개 바닥 중 25개 바닥(약 75%)이 50dB 이하 였으나 침실의 경우에는 측정대상 29개 바닥 중 4개 바닥(약 15%)만이 50dB 이하였다. 경량충격음의 경우 완충재를 시공하지 않은 바닥구조에서는 최소기준인 58dB를 만족하지 못하는 결과도 나타나고 있으나 대부분의 경우에는 기준을 만족하고 있는 것으로 나타났다. 거실의 경우 측정대상 33개 바닥 중 32개 바닥이 현행 법적 기준인 58dB를 만족하고 있어 만족율이 약 97%이며, 침실의 경우에는 측정대상 29개 바닥 모두가 현행 법적 기준을 만족하고 있는 것으로 조사되었다.

이러한 조사결과는 현행 135~150mm의 슬래브 조건의 중량충격음 차단성능보다 거실에서는 슬래브 135mm일 때보다 평균 5dB 정도, 150mm로 했을 때보다 평균 3dB 이상의 성능개선효과가 있을 것으로 판단되며, 이 성능 개선정도는 일반사람들이 성능개선효과를 느낄 수 있는 수준이라고 판단된다. 그리고 바닥슬래브의 두께가 135mm 및 150mm일 때의 경량충격음 차단성능은 59~72dB(완충재를 사용하지 않음)로 나타났으나, 바닥슬래브가 180mm이고, 완충재 등을 적용한 경우에는 52~59dB로서 최소 7dB 이상의 성능개선효과가 있는 것으로 나타났으며, 이 정도의 수준은 사람들의 개선효과를 확실하게 느낄 수 있는 수준이라고 할 수 있다.

3. 벽식구조 습식온돌시스템의 중량충격음 차단성능의 한계와 그 원인

동일 바닥 구조(슬래브두께, 온돌층의 구성상태 등)에 대해 거실 형태의 시험실과 침실 형태의 시험실 (면적 15.1㎡)에서 측정한 중량충격음 차단성능은 다음 표 1과 같이 동일한 바닥구조임에도 불구하고 슬래브 두께가 180mm와 210mm에서 모두 거실과 침실 사이에 6dB이상의 차이를 보이고 있으며, 침실에서의 결과가 높게 나타나고 있는 것으로 조사되고 있다. 또한 (그림 2)에서 나타난 바와 같이 시공현장에서 측정된 180mm의 슬래브에서도 거실보다는 침실의 경우가 중량충격음 차단성능이 4~5dB 정도가 나쁘게 나타나고 있는 것으로 조사되고 있다.

표 1. 측정공간의 형태 차이에 따른 중량충격음 현황

바닥구조	충격원의 종류	슬래브 두께(mm)			비고
		180	210	240	
슬래브+EPS단열재20mm+경량기포콘크리트50mm+마감모르터40mm+완충재2mm+온돌마루	중량충격음	47	48	45	거실
	경량충격음	45	44	46	
슬래브+EPS단열재20mm+경량기포콘크리트50mm+마감모르터50mm+튐류	중량충격음	54	54	-	침실
	경량충격음	45	45	-	

이처럼 동일 구조이면서 거실과 방의 측정편차가 발생하는 이유는 바닥판의 고유진동수와 관련이 있는 것으로 분석된다. 현장에서 거실 바닥판의 고유진동수를 측정한 결과, 고유진동수가 35-45Hz 범위에 있으나 방의 고유 진동수는 45-60Hz로 중량충격음의 측정 주파수 대역인 63Hz(44.5-89.1Hz)에 영향을 미치고 있는 것으로 나타났다.

또한 직방체 침실의 규모별로 고유진동수를 계산한 결과, 다음 표와 같이 나타나고 있어, 이 또한 중량충격음의 측정 주파수 대역인 63Hz(44.5-89.1Hz)에 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

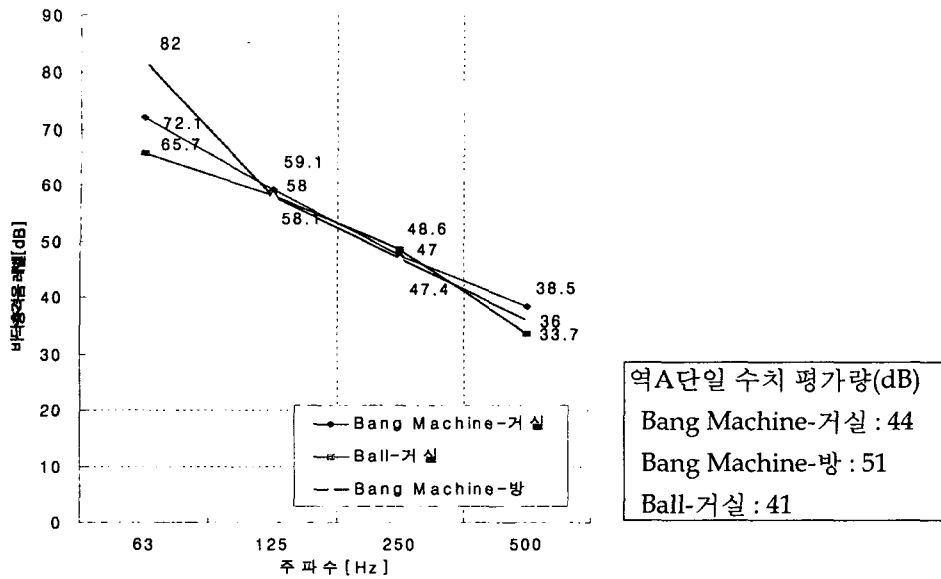


그림3 충격원의 종류 및 측정공간의 차이에 따른 중량충격음 특성

그리고 중량충격음의 측정/평가에 있어서 현행 KS F 2810-2의 측정방법에 따라 표준충격원을 Bang Machine(Tire)으로 사용하였을 때, 이는 암소음의 영향을 고려하여 측정편의성을 위해 충격력을 크게 한 것이나 실제 공동주택에서 발생하는 아이들의 뒹 등의 실제 소음원에 비해 충격력이 크고, 특히 공진을 일으키기 쉬운 63Hz대역의 충격력이 크므로 거실보다 침실에서 중량충격음 차단성능이 상대적으로 나쁘게 나오는 직접적인 원인이 되고 있다고 판단되며, 이는 주어진 현실 조건(시공성, 경제성 등)에서 슬래브 두께를 어느 정도 증가시키더라도 해결하기에는 한계가 있음을 보여주는 것이라고 판단된다.

표 2. 실의 고유진동수(Hz)

방의 규모(m)	실의 고유진동수(Hz) 계산결과
2.7×3.0×2.3	63/56.7/73.9/84.7/93.1/97.1/112.4
3.3×3.9×2.3	51.5/43.6/73.9/67.5/85.8/90.1/100.1
3.9×4.2×2.3	43.6/40.5/73.9/59.5/84.3/85.8/94.7
4.2×4.5×2.3	40.5/37.8/73.9/55.4/83/84.3/92.4

4. 바닥충격음 측정결과와 신뢰성 문제

표 3과 표 4는 시험기관간의 측정편차 문제의 발생여부를 검토하고, 개선방안을 찾기 위해 동일한 공간에서 실시한 시험소간 비교시험 결과이다, 시험은 두 가지 방법을 이용하여 실시하였다. 첫 번째 방법은 각 시험기관이 보유하고 있는 충격원과 계측장비를 사용하여 각 시험기관 소속의 측정자가 측정을 실시하도록 했으며, 두 번째 방법은 1개 기관의 충격원을 각 시험기관이 같이 사용하게 하고, 계

측장비 및 인력은 각 시험기관 소속의 장비나 인력을 이용하도록 하였다.

측정결과에서도 알 수 있듯이 경량충격음의 경우 기관별 장비와 인력을 사용하여 측정한 결과나 1개 기관의 충격원과 1개 기관이 측정한 잔향시간을 사용하여 측정한 결과 사이에는 동일 기관의 측정결과와 그다지 큰 차이가 없이 여전히 측정편차가 존재하고 있었다. 이는 충격원보다는 계측장비에 근본적인 원인이 있는 것으로 판단된다.

중량충격음의 경우도 마찬가지로 정해진 방법에 따라 각 시험기관에서 측정을 실시했지만 측정결과에 대한 차이가 발생하고 있으며, 그 차이는 각 시험기관의 보유장비(표준중량충격원인 타이아의 공기압을 동일한 공기압 게이지로 확인한 결과 규정치인 $2.4 \pm 0.2 \times 10^5 \text{Pa}$ 의 범위에 모두 속하는 것으로 나타났음)를 사용했을 때가 1개 기관의 충격원을 사용해서 측정했을 때보다 큰 것으로 나타났다. 이러한 측정오차가 발생하는 원인으로서는 측정기관들 간에 마이크로폰의 위치, 충격원의 가진 위치, 중량충격원의 공기압 규정범위($2.4 \pm 0.2 \text{Pa}$)내에서의 공기압 차이, 계측장비의 특성 등의 차이에 기인하는 것으로 KS에서 정하는 측정방법을 준수해도 발생하는 현상이라고 판단된다.

표 3. 6개 시험기관의 경량충격음 차단성능 측정결과(단위:dB)

주파수	각 시험기관별 보유장비 측정	1개 기관의 동일 충격원사용, 분석장비는 각 시험기관보유장비 사용
A기관	59	58
B기관	61	61
C기관	62	63
D기관	59	60
E기관	56	59
F기관	59	59

표 4. 6개 시험기관의 중량충격음 차단성능 측정결과(단위:dB)

주파수	각 시험기관별 보유장비 측정	1개 기관의 동일 충격원사용, 분석장비는 각 시험기관보유장비 사용
A기관	59	56
B기관	56	57
C기관	56	56
D기관	59	57
E기관	55	57
F기관	57	56

5. 바닥충격음 차단성능 향상 방향

앞에서도 설명한 바와 같이 벽식 구조의 습식온돌시스템으로서의 중량충격음 차단성능을 높이는 데 한계가 있다고 판단된다.

따라서 구조 형식을 바꾸거나 벽식 구조에서 발생하고 있는 실의 고유진동수 및 바닥판의 고유진동수를 바꿀 수 있는 방법들이 검토되어야 할 것으로 생각된다.

(그림 4)는 라멘구조에 대한 중량충격음 차단성능을 나타낸 것으로서 그림에서도 알 수 있듯이 중량충격음 차단성능이 벽식 구조보다 양호하게 나타나고 있다. 물론 조사결과가 많지 않고, 다양한 슬래브 조건 등이 감안되지 않아 추가적인 연구가 필요하다고 판단되나 그 가능성은 충분히 있다고 판단된다. 여기에 시공성과 경제성 등에 대한 검토도 동시에 필요할 것이다.

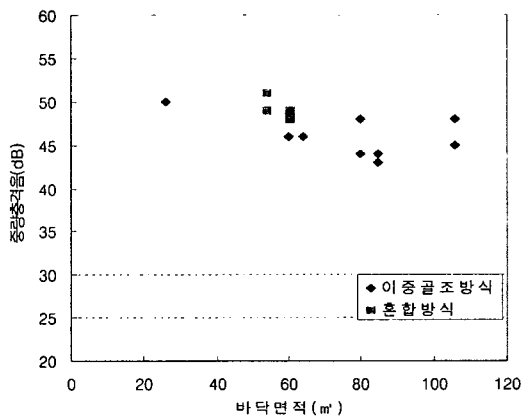


그림 4 라멘구조에서의 바닥면적과 중량바닥충격음과의 관계

벽식 구조의 경우에는 앞서도 언급하였듯이 바닥판의 고유진동수를 바꾸어 직하층 실의 고유진동수를 63Hz 대역에서 벗어나게 하는 방법이 검토될 수 있을 것으로 생각된다. 그러한 방법으로서 이 중바닥 공법을 예로 들 수 있으나 중량충격음 차단성능 측면에서만 보면 어느 정도 가능성은 있는 것으로 시험결과 나타나고 있다. 단지 시공성과 경제성 등에 대한 추가적인 검토가 필요하다고 판단된다.

6. 마치며

향후 공동주택은 보다 안전하고, 보다 쾌적하며, 보다 오래가는 주택으로 건설하기 위한 노력이 가시화 될 것으로 생각된다. 이러한 흐름은 건축기술의 발전과 더불어 다양화, 고도화, 개별화되어 가는 거주자의 요구에 대응하기 위해서는 필연적이라고 할 수 있다. 더구나 주택분양가 자율화로 각 업체별로 차별화 전략이 수립되고 있고, 그에 따라 공동주택의 품질 및 성능도 향상될 것이다. 그러나 이러한 차별화 전략이 눈에 보이는 부분 즉, 자극적이고 감각적인 내장마감 및 가구의 고급화 등에 치우친다면 주택에 기본이 되는 거주성능의 개선 및 향상은 요원할 것이다.

비록 눈에 보이지는 않지만 거주자의 쾌적성에 중요한 인자로서 작용하는 음환경 성능의 개선에 대한 노력이 어느 때보다 중요하다고 생각된다.