

# 공동주택 바닥충격음 완화를 위한 표준바닥구조의 설계·시공기술 및 활용방안연구

한국건설기술연구원 양관섭 수석연구원

## ○ 연구목표 및 내용

공동주택에서의 바닥충격음 문제가 사회문제로 대두되면서 건설교통부에서는 2003년 4월 22일 주택건설기준등에관한규정 제 14조 제 3항을 개정하여 바닥충격음에 대한 성능기준(중량충격음 50데시벨 이하, 경량충격음 58데시벨 이하)을 마련하였으며, 2004년 4월 22일 이후부터 사업승인신청을 하는 주택사업부터 적용하는 것으로 규정하고 있다. 그리고 법적 기준에 대한 구체적인 운용방안(어떤 자격을 갖춘 자가 성능을 확인하고, 어디에서, 어떻게 평가할 것인지 등)과 어떤 구조가 법적 기준을 만족하는 표준바닥구조인지, 등급기준은 어떻게 정할 것인지 등에 대해서 건설교통부장관이 별도로 정하여 고시하도록 규정하고 있을 뿐 구체적인 방안들이 제시되어 있지 않아 본 연구에서는 이들 내용에 대한 연구를 수행하여 법적 성능기준이 효율적이고, 합리적으로 운용될 수 있도록 구체적인 운용방안을 마련하여 제시하는데 목적을 두었다.

## ○ 1차년도 연구결과 요약

### 가. 법적 기준의 운용방안

본 운용방안은 거주자의 생활보호라는 법적 성능기준의 규정 목적을 달성할 수 있도록 효율성과 합리성, 현실성을 고려하여 수행하였으며, 연구결과는 다음과 같다.

1) 주택건설에 대한 사업승인단계에서의 적용 바닥구조의 바닥충격음 차단성능이 법적 기준을 만족하는지 여부의 확인방법

사업계획승인단계에서는 사업계획이 법에서 정하고 있는 규정들을 준수하고 있는지를 사업승인권자가 확인한 후에 사업승인여부를 결정하므로 본 바닥충격음 차단성능도 사업승인단계에서 설계된 바닥구조(바닥충격음 차단목적으로 설계된 벽도 포함)가 법적 기준을 만족하고 있는지를 반드시 확인하여야 하는데, 고시에서 정하는 표준바닥구조를 적용한 사업과 그렇지 않은 사업으로 분류할 수 있다. 표준바닥구조 이외의 구조를 적용한 주택사업의 경우에는 성능인정을 받은 구

조만이 사용할 수 있도록 성능인정제도를 도입하는 방안을 제시하였다.

표준바닥구조를 적용한 주택사업 : 사업계획 승인단계에서 관련 고시에서 정한 표준바닥구조를 적용했음을 확인하는 것으로 인정

표준바닥구조 이외의 구조를 적용한 주택사업: 정해진 절차(인정제도)에 따라 인정을 받은 바닥구조임을 인정서 등을 통해 확인

## 2) 성능인정제도의 도입

표준바닥구조의 경우 이미 법적 성능기준을 만족한다고 건설교통부장관이 인정하는 구조이기 때문에 표준바닥구조가 설계에 반영되었다는 것만 확인하면 바닥충격음 차단성능에 대한 성능확인 은 마무리된다. 그러나 표준바닥구조 이외의 바닥충격음 차단구조를 적용한 주택사업에 대해서는 측정 등의 평가를 통해 반드시 해당구조가 법적 성능기준을 만족하고 있다는 것을 확인해야 하는데, 사업주체나 시공사에게 경제적, 시간적 부담을 줄여주고, 다양한 바닥충격음 차단구조의 개발과 적용을 활성화하여 실질적으로 주택소비자에게 이익이 될 수 있도록 성능을 인정하는 성능인정제도를 도입할 필요가 있으며, 현재 내화구조, 차음구조, 방화문 인정제도가 운영되고 있다.

- 인정의 대상 : 주택건설촉진법의 적용을 받는 20세대 이상의 공동주택과 주상복합건축물(20호 이상의 단독주택은 제외)
- 인정의 단위 : 바닥충격음 차단성능은 구조형식(벽식구조, 라멘구조 등)별 바닥구조의 구성 상태(슬래브 두께 및 온돌층 구조, 바닥마감재의 종류, 천장구조 등)에 따라 결정되므로 구조형식별 전 바닥시스템(벽을 포함)을 인정의 기본단위로 함
- 성능인정기관의 지정 : 인정업무는 사업주

체와 시공업자 등 업체의 실질적인 이해관계와 관련된 업무이므로 평가 및 인정의 공정성과 중립성을 보장할 수 있는 기관이 선정되어야 하며, 일정 자격을 갖춘 전문적인 공공기관을 지정하여 그 기관으로 하여금 인정업무를 담당하도록 하는 방안(현행 내화, 차음구조 인정제도와 동일)을 제시함

- 인정을 위한 시험기관의 지정방안 : 인정기관에서 평가와 인정업무를 수행할 수 있거나 업무의 효율성과 공정성 확보를 위해 인정기관과 시험기관을 분리하여 운영하는 방안을 제시함
- 시험기관 및 측정자의 자격요건을 규정: 공정하고, 신뢰성 있는 측정결과를 도출하고, 측정에 대한 분쟁을 사전 차단할 수 있도록 장비, 인력, 능력 등에 대한 자격요건 등을 정하여 시험기관을 지정하고, 측정자에 대한 자격도 정하는 방안을 제시하였으며, 업무의 범위를 명확히 하기 위해 임무, 취소요건 등도 규정하는 방안을 제시함
- 인정구조의 적용한계 : 정해진 표준실험실에서 평가를 하여 인정을 받은 구조일 경우에는 평형과 방의 크기에 상관없이, 그리고 어떤 주택사업이든지 상관없이 사용할 수 있도록 하는 방안을 제시함
- 인정을 위한 시험조건의 설정제시 : 현재 바닥충격음 차단성능에 대한 측정 평가를 하지 않고 인정할 수 있는 신뢰성 있는 방법(예측방법이 있기는 하나 오차가 큼)이 없기 때문에 어떤 방법으로도 측정을 통한 성능확인이 이루어져야 하며, 사업별로 평형과 방의 규모가 매우 다양한 우리나라 실정에서는 수많은 실험실이 필요하게 되고, 또한 인정신청자의 경제적 부담도 커지게 될 것

이며, 인정평가에 많은 기간이 소요되어 인정구조를 현장에 적용하는데 또한 많은 시간이 소요되므로 일정한 시험조건을 규정하여 일관성을 유지할 필요가 있으므로 인정을 위한 시험조건을 제안함

· 측정방법 및 평가방법 : 측정은 KS F 2810-1, 2, 평가는 KS F 2863-1, 2에 의하도록 하였으며, 세부적으로 규정이 필요한 마이크로폰의 높이, 잔향시간, 거실에서의 면적 산정방법 등에 대해 방안을 제시함

### 3) 사용검사방법

현행 법규정(주택건설촉진법 제33조의 2 및 하위 규정, 동법 제33조의 5, 동법 제33조의 6)에 따라 감리자가 본 바닥충격음 차단성능과 관련되어 있는 바닥구조가 설계도서대로 시공되었음을 확인하는 것으로 사용검사를 완료

### 4) 하자분쟁발생시 측정 등을 위한 방법 등 검토 제시

공동주택관리령 제 16조에 따라 바닥충격음과 관련된 하자분쟁이 발생할 경우 측정 등을 통한 성능확인 등이 필요하므로 측정결과의 신뢰성 확보와 측정결과로 인한 분쟁발생을 줄이기 위해 측정 세대수, 측정위치, 시험기관, 조사방법 등을 규정하는 것으로 제시함

### 나. 표준바닥구조

아파트 시공현장 조사결과

- 완충재를 적용한 경우 슬래브두께 150mm의 경우 법적 기준치를 만족하지 못하고 있으며, 슬래브두께가 증가함에 따라 중량충격음 저감효과가 있음

- 온돌마루 직하에 완충재(약 3mm)를 부착한

경우, 경량충격음은 대부분 기준치를 만족하고 있으나, 중량충격음은 미달됨

- 바닥충격음 저감재는 경량충격음에는 효과가 있으나 중량충격음에는 효과가 적으므로 중량충격음 저감을 위하여 구조체 강성을 증가시키는 방안이 필요함(슬래브 두께, 구조형식 개선)

- 벽식 구조보다는 주상복합건축물에 적용되고 있는 라멘구조가 상대적으로 바닥충격음 차단 성능에 효과적인 것으로 조사됨

현행 벽식 구조에서 표준바닥구조를 도출하기 위해 표준실험실을 구축함

- 공동주택 규모 표준모델 : 15~20층을 대상

- 공동주택 표준실 모델 : 30평형대

- 공동주택 표준 층고 모델 및 면적 : 2850mm(층고), 23m<sup>2</sup>(면적)

- 콘크리트 설계 기준강도 : 210 kg/cm<sup>2</sup>

- 철근기준항복강도 :  $f_y = 4000 \text{ kg/cm}^2$  (SD40) 이형철근

- 바닥슬래브 두께 : 150mm, 180mm, 210mm, 240mm 4개 Type(일반적으로 시공되는 150mm와 넓은 평형에 시공되는 180mm, 높은 성능을 가질 것으로 예상되는 210mm, 240mm로 시공, 150mm : 2개소, 180mm : 3개소, 210mm : 3개소, 240mm : 3개소 총 10개소의 실험실 시공하여 동시에 10개 바닥구조에 대한 성능평가 가능)

- 기타 사항 : 일반적 공동주택 설계방법에 준함

표준바닥구조 도출을 위한 시험모델 선정

- 표준바닥구조라함은 누구나 사용할 수 있어야 하고, 현실성과 시공성, 경제성이 있는 보편적인 공법이나 재료이어야 하므로 본 연구에서는 현행 벽식 구조에서 일반적으로 사용되고 있는 공법이나 재료를 위주로 바닥충격음 차단성능에

영향을 미치는 인자들을 변화시켜 시험을 실시하는 것으로 하였음

- 바닥충격음에 영향을 미치는 요인으로는 표면완충공법(표면 마감재의 종류에 따라 경량충격음 차단성능에 영향을 미치므로 온돌마루, 온돌마루 부착형 완충재, 룬류 등에 대해 시험을 실시하였음), 뜬바닥공법(슬래브 상부에 단열재 대신에 완충재를 설치하고 경량기포콘크리트와 모르타르로 마감하고, 벽면에는 절연재를 사용하여

절연하는 공법으로서 경량충격음에 영향을 미치는 요인이므로 완충재의 동탄성계수를 중심으로 3분류(탄성계수가 10 MN/m<sup>3</sup> 이하의 완충재, 10~30 MN/m<sup>3</sup>, 30~50 MN/m<sup>3</sup> 등)하여 시험실에서 시험을 실시함), 중량고강성바닥공법(본 공법은 중량충격음 차단성능에 영향을 미치는 인자이므로 슬래브 두께를 150mm, 180mm, 210mm, 240mm 등 4가지로 설정하여 온돌층을 구성한 후 시험을 실시함), 차음 2중 천장공법(경량충격음에

### 중량충격음

바닥 구조	슬래브두께 (mm)			
	150	180	210	240
콘크리트 맨 슬래브		49	50	
		52	51	50
		55	52	51
슬래브 + EPS단열재 20mm + 경량기포콘크리트 45mm + 마감모르타 40mm	53	50	48	49
슬래브 + 완충재25mm(동탄성계수 : 10MN/m <sup>3</sup> 이하) + 경량기포콘크리트45mm + 마감모르타 40mm	52	51	50	47
슬래브+완충재20mm(동탄성계수 : 20MN/m <sup>3</sup> 이하) + 마감모르타 40mm	A사	52	50	49
	B사	-	51	51
슬래브+완충재20mm(동탄성계수 : 40MN/m <sup>3</sup> 이하) + 마감모르타 40mm	C사	52	50	50
	D사	-	-	50

### 경량충격음

바닥 구조	슬래브두께 (mm)			
	150	180	210	240
콘크리트 맨 슬래브		69	68	
		73	70	68
		41	71	70
슬래브 + EPS단열재 20mm + 경량기포콘크리트 50mm + 마감모르타 40mm	55	58	57	58
슬래브 + 완충재25mm(동탄성계수 : 10MN/m <sup>3</sup> 이하) + 경량기포콘크리트45mm + 마감모르타 40mm	37	36	37	37
슬래브 + 완충재20mm(동탄성계수 : 20MN/m <sup>3</sup> 이하) + 경량기포콘크리트50mm + 마감모르타 40mm	A사	52	52	51
	B사	-	38	44
슬래브+완충재20mm(동탄성계수 : 40MN/m <sup>3</sup> 이하) + 마감모르타 40mm	C사	50	47	46
	D사	-	-	50

영향을 미치는 인자이므로 천장이 없을 때와 천장을 9.5mm석고보드로 구성했을 때, 9.5mm석고보드를 2겹, 천장속 공간에 50mm흡음재를 넣었을 때의 특성을 시험함)

- 방의 형태에 따라 동일구조의 경우 성능 차이를 보일 수 있으므로 방의 형태와 거실형태에 대해서도 시험을 실시함

**시험결과**

- 표준시험동의 시험결과
- 중량충격음(역 A 특성곡선에 의한 단일수치평가량)
- 경량충격음
- 거실 형태 및 안방형태의 시험실에서의 측정결과
- 표준바닥구조 도출관련 문제점
- 현행 바닥충격음 법 규정은 각 층간의 바닥(화장실은 제외) 모두(침실, 거실)가 법에서 정하고 있는 성능기준을 만족시켜야 한다는 것이 전제조건이라

고 판단되나 동일 바닥 구조(슬래브두께, 온돌층의 구성상태 등)에 대해 거실형태의 시험실, 방 형태의 시험실 (면적 23m<sup>2</sup>과 15.1m<sup>2</sup>)에서 측정된 측정편차나 공간의 음장특성으로 인해 일부 방에서 법적 기준을 만족하지 못할 것으로 예상됨

**거실과 방의 측정편차발생 이유**

- 바닥판의 고유진동수를 조사한 결과 거실의 고유진동수는 35 ~ 45Hz 범위이나, 방의 고유진동수는 45 ~ 60Hz로 중량충격음의 측정 주파수 대역인 63Hz(44.5 ~ 89.1Hz)에 영향을 미치고 있음
- 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 있음
- 이러한 특성이나 측정결과를 고려하여 현실적인 방안마련이 필요할 것으로 판단됨

**현행 문제점의 해결방안**

제 1안 : 현행 법적 기준을 유지하되, 벽식 구조

**거실 형태 및 안방형태의 시험실에서의 측정결과**

바닥 구조	충격원의 종류	슬래브두께 (mm)			비고
		150	180	210	
슬래브 + EPS단열재 20mm + 경량기포콘크리트 50mm + 마감모르티 40mm + 완충재2mm + 온돌마루	중량충격음	47	48	45	거실
	중량충격음	45	44	46	
슬래브 + EPS단열재 20mm + 경량기포콘크리트 50mm + 마감모르티 50mm + 룬류	중량충격음	54	54	-	방
	중량충격음	-4	45	-	

**거실과 방의 측정편차발생 이유**

방의규모(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	51.5×43.6×73.9×67.5×85.5×90.1×100.1
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

의 한계를 인정하여 그 한계를 고시(운용규정)에 명확히 규정하고, 표준바닥구조를 제시하는 방안

**제안 이유**

- 침실의 경우 실 고유진동수로 인해 중량충격음이 법적 기준 충족 불가능
- 주택건설기준등에관한규정 제14조 제3항에서 측정은 건설교통부장관이 정하여 고시하는 방법(운용규정)에 따르도록 규정하고 있는 것을 근거로 측정위치나 허용오차를 도입
- 현행 바닥구조(슬래브 135mm, 150mm)에 비해 중량충격음에 대한 성능이 거실에서 5dB 이상 좋아질 것으로 예상되므로 입주자들이 성능개선에 대한 효과를 느낄 수 있을 것으로 판단됨
- 동일 바닥구조라 할지라도 시공상의 품질관리, 공간의 음장특성에 따라 부득이하게 발생하는 측정오차 문제로 인해 제기되는 하자문제의 원만한 해결을 도모

**규정내용**

- 하자분쟁 발생시 측정위치를 거실로 한정: 모든 방과 거실은 표준바닥구조 또는 인정구조로 시공하도록 하되, 하자분쟁 발생시 가족의 생활 중심(단란행위) 공간이 거실이고, 아이들이 뛰고 달릴 수 있는 공간이 주로 거실+주방이며, 바닥 충격음 발생빈도가 거실이 높다고 판단되므로 측정위치를 거실로 한정
- 측정오차의 도입: 일본의 품질확보촉진법에서 정하고 있는 것과 같이 5dB의 오차를 허용함
- 제 2안 : 현행 법적 기준을 완화하고, 표준바닥구조를 제시하는 방안

**제안 이유**

- 현행 법적 기준을 유지할 경우, 벽식 구조의

**장단점**

장점	단점
- 관련 고시만을 규정하면 되므로 법의 시행에 차질이 없음	- 시공비가 기존 바닥구조(슬래브 150mm)에 비해 시공비가 약 50,000원/평당(사선제한규정에 따른 비용상승분 제외)이 증가하므로 입주자 부담이 늘어남
- 하자분쟁발생으로 인한 시공사의 추가부담(측정 및 보상 등 민원비용)을 완화할 수 있음	- 등급별 바닥구조의 도출이 어려워 입주자에게 선택권이 부여되지 못함

침실에서 발생하는 실 고유진동수로 인해 바닥 슬래브 두께를 240mm 이상으로 하더라도 중량충격음이 법적 기준을 충족하지 못하는 현상이 발생할 수 있으며, 이로 인해 현행 벽식 구조에서는 표준바닥구조를 제시할 수 없음

- 현행 법적 기준을 유지할 경우, 벽식 구조에서는 등급별 바닥구조가 도출되기 어려우므로 입주자에게 선택권을 부여하기 위해 제시하는 등급화 기준을 설정하는 의미가 없음 ㉞

**제안내용**

구분	현행 법적 기준	개정안
중량충격음	50dB	55dB
경량충격음	58dB	58dB

**장단점**

장점	단점
- 현행 벽식구조에서도 표준바닥구조 도출이 가능함	- 법의 시행 전에 법을 재개정함에 따른 국민들의 반발이 예상됨
- 입주자의 추가 비용부담이 적음	- 법을 재개정하는 시간이 추가로 소요되므로 시행시기의 조정이 필요함