

1. 서론

건설교통부에서는 거주자의 생활환경을 보호하고, 주택의 품질확보를 촉진하며, 주택의 소음관련 분쟁의 적절한 해결을 도모하기 위해 바닥충격음에 대한 최소한의 성능기준을 주택건설기준등에관한규정에 마련하여 2004년 4월 23일부터 시행하고자 하였으나 몇 가지 문제점이 발생함에 따라 경량충격음 차단성능기준은 현행대로 시행하되, 중량충격음 차단성능기준은 최종연구결과가 도출된 후 방안을 수립하여 2005년 7월 1일 이후에 시행하는 것으로 관련 규정을 개정하여 시행한 바 있다. 그러나 추가적인 연구에서도 벽식 구조의 공동주택에서는 이와 같은 문제가 여전히 해결되지 못하는 것으로 나타나 2005년 4월 12일에 주택건설기준등에관한규정 제 14조 제 3항에 성능기준만 규정되어 있던 것을 성능기준과 표준바닥구조 중 1개방법을 선택하도록 하는 방안이 입법 예고된 상태이다.

이 글에서는 바닥충격음 법적 기준이 개정되게 된 배경과 표준바닥구조 안이 제시되기까지 조사되었던 각 구조형식별 바닥충격음 차단성능현황과 제시된 표준바닥구조(안)에 대해 설명하고자 한다.

2. 바닥충격음 차단성능 기준 현황

건설교통부에서는 2003년 4월 22일 그동안 선언적인 의미로 규정되어 있던 주택건설기준등에관한규정 제 14조 제 3항을 개정하여 구체적인 바닥충격음 차단성

능에 대한 최저 성능기준(중량충격음 : 50 dB 이하, 경량충격음 : 58 dB 이하)을 마련하였으며, 이와 더불어 중·소 주택건설업체를 위한 표준바닥구조(성능기준을 만족시킬 수 있는 대표적인 바닥구조)를 고시로 제시할 수 있도록 하였다. 그리고 거주자의 다양하고 고도화된 요구에 대응하고, 다양한 성능의 바닥구조 개발을 유도하기 위해 최저 성능기준을 최하 등급으로 하는 바닥충격음 차단성능 등급기준을 고시하는 것으로 관련 규정을 개정하였으며, 1년 동안의 유예기간을 거쳐 2004년 4월 22일 이후에 사업계획의 승인을 신청하는 주택건설사업부터 적용하는 것으로 하였다¹⁾.

그러나 현행 주택건설기준등에관한규정 제 14조 제 3항의 규정은 각 층간의 바닥(화장실은 제외) 모두(침실, 거실(living room))가 법에서 정하고 있는 성능기준을 100% 만족시켜야 하는 것이 전제조건이다. 하지만 현행 벽식 구조방식으로 구축한 직방형 형태의 실험실과 거실형태의 실험실, 공동주택 시공현장에서 실시한 측정결과에서는 동일한 슬래브 조건이라 할지라도 공간의 형태나 방의 규모에 따라 성능의 차이가 발생하고 있어 법의 규정 기준에 적합한 "모든 공간(화장실 제외)에서 만족하는 표준바닥구조를 도출하는 것"은 현실적으로 어려울 것으로 판단되었기 때문에 경량충격음 차단성능기준만 우선 시행하고 중량충격음 차단성능은 연구를 완료한 후에 방안을 마련하여 2005년 7월 1일부터 시행하는 것으로 법 개정이 이루어졌다.

그러나 추가적인 연구에서도 벽식 구조의 공동주택에

* E-mail : ksyang@kict.re.kr / 031) 910-0345

서는 이와 같은 문제가 여전히 해결되지 못하는 것으로 나타나 2005년 4월 12일에 주택건설기준등에 관한 규정 제 14조 제 3항에 성능기준만 규정되어 있던 것을 성능기준(표준바닥구조 이외 구조의 성능인정기준)과 표준바닥구조(건설교통부장관이 정하는 바닥구조) 중 1개 방법을 선택하도록 하는 방안이 입법 예고(2) 된 상태이다.

다음은 중량충격음 차단성능기준의 시행을 연기하고, 2005년 4월 12일에 입법 예고된 내용에 대한 배경을 정리한 것이다.

2.1 현행 벽식구조 습식 온돌시스템의 중량충격음 차단성능의 한계

현행 바닥충격음 법 규정은 각 층간의 바닥(화장실은 제외) 모두(침실, 거실)가 법에서 정하고 있는 성능기준을 만족시켜야 한다는 것이 전제조건이라고 판단되나 동일 바닥 구조(슬래브 두께, 온돌층의 구성 상태 등)에 대해 거실형태의 시험실, 방 형태의 시험실 (면적 15.1 m²)에서 측정된 중량충격음의 측정편차나 공간의 음장특성으로 거실에서의 측정결과에 비하여 6 dB이

개정전 규정

공동주택의 바닥은 각 층간의 바닥충격음을 충분히 차단할 수 있는 구조로 하여야 한다.

2003. 4. 22 개정 규정

제 14조 ③ 공동주택의 바닥은 각 층간 바닥충격음이 경량충격음(비교적 가볍고 딱딱한 충격에 의한 바닥충격음을 말한다)은 58데시벨 이하, 중량충격음(비교적 무겁고 부드러운 충격에 의한 바닥충격음을 말한다)은 50 dB 이하가 되도록 하여야 한다. 이 경우 바닥충격음의 측정은 건설교통부장관이 정하여 고시하는 방법에 의한다.

④ 건설교통부장관은 제 3항 전단의 규정에 의한 바닥충격음 기준을 충족하는 표준바닥구조 및 바닥충격음 차단성능등급을 각각 정하여 고시할 수 있다.

부칙: 주택건설기준등에 관한 규정 제 14조의 개정 규정은 공포 후 1년이 경과한 날로부터 시행하며, 시행 후 사업계획의 승인을 신청하는 주택건설사업부터 적용

2004. 2. 28 입법 예고

제 14조 ③ 공동주택의 바닥은정하여 고시하는 방법에 의한다.

④ 건설교통부장관은바닥충격음 차단성능등급을 각각 정하여 고시할 수 있다.

부칙: 주택건설기준등에 관한 규정 제 14조 제 3항의 규정 내용 중 경량충격음 차단성능기준은 2004. 4. 23일부터 시행하되, 중량충격음 기준은 2005. 7. 1부터 시행

2005. 4. 12 입법예고

제 14조 ③ 공동주택의 바닥은 각 층간 바닥충격음이 경량충격음(비교적 가볍고 딱딱한 충격에 의한 바닥충격음을 말한다)은 58 dB 이하, 중량충격음(비교적 무겁고 부드러운 충격에 의한 바닥충격음을 말한다)은 50 dB 이하가 되도록 하여 건설교통부장관이 정하여 고시하는 표준바닥구조로 하여야 한다.

④ 건설교통부장관은 공동주택 바닥충격음의 차단성능등급을 정하여 고시할 수 있다.

⑤ 제 3항 전단의 규정에 의한 표준바닥구조 이외의 바닥충격음 차단구조로 하고자 하는 경우에는 건설교통부장관이 지정하는 기관으로부터 성능을 인정받아야 한다.

부칙 ①(시행일) 이 령은 2005년 7월 1일부터 시행한다.

②(바닥충격음의 기준에 관한 적용례) 제 14조의 개정규정은 동 규정의 시행 후 법 제 16조의 규정에 의한 사업계획의 승인을 신청하는 주택건설사업부터 이를 적용한다.

상 높은 수치를 보이고 있다. 이처럼 동일 구조이면서 거실과 방의 측정편차가 발생하는 이유는 바닥판의 고유진동수와 관련이 있는 것으로 분석되고 있다. 그 분석결과 거실의 고유진동수는 35~45 Hz 범위이나, 방의 고유진동수는 45~60 Hz로 중량충격음의 측정 주파수 대역인 63 Hz(44.5~89.1 Hz)에 영향을 미치고 있는 것으로 나타났다.

또한 직방체 침실의 규모별로 고유진동수를 계산한 결과, 다음 표 1과 같이 나타나고 있어, 이 또한 중량충격음의 측정 주파수 대역인 63 Hz(44.5~89.1 Hz)에 영향을 미치고 있음을 알 수 있다. 또한 중량충격음의 측정/평가에 있어서 현행 KS F 2810-2의 측정방법에 따라 표준충격원을 뱁머신(타이어)으로 사용하였을 때, 이는 압소음의 영향을 고려하여 측정편의성을 위해 충격력을 크게 한 것이나 실제 공동주택에서 발생하는 아이들의 뽀뽀 등의 실제 소음원에 비해 충격력이 크고, 특히 공진을 일으키기 쉬운 63 Hz 대역의 충격력이 크므로 침실에서의 성능미달의 직접적인 원인이 되고 있다고 판단되며, 이는 슬래브 두께를 증가시키더라도 해결하기에는 한계가 있는 것으로 판단된다. 이러한 공간의 음향적인 특성과 표준충격원의 충격력 특성들이 측정결과에 반영되어 현행 벽식 구조하에서는 법적인 기준을 만족하는 표준바닥구조의 도출을 어렵게 만든 것으로 판단된다.

이러한 현상들은 그림 2에서 보는 바와 같이 벽식 구조의 슬래브 두께 180 mm에서도 그대로 나타나고 있는 것으로 조사되고 있다.

2.2 현장에서의 측정편차의 심화에 따른 표준바닥구조 선정의 곤란

현재 바닥충격음의 측정시 직상층에서의 중량충격원 의한 음의 전달의 경우 바닥슬래브의 진동에 의한 직접음과 바닥슬래브를 고정하고 있는 벽체의 진동에 의한 음의 두가지로 크게 분류할 수 있다. 이러한 고체 전달음 발생의 경우 관계되는 요인을 살펴보면 충격원의 종류, 바닥구조, 수음실 등 3가지 요소로 대별할 수 있다.

중량충격원의 경우 바닥구조의 강성, 지지조건, 바닥 슬래브의 두께, 바닥판의 공진주파수 등에 의해 차음 성능이 좌우되지만 실제 측정시에는 이러한 건축적인 요

표 1 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

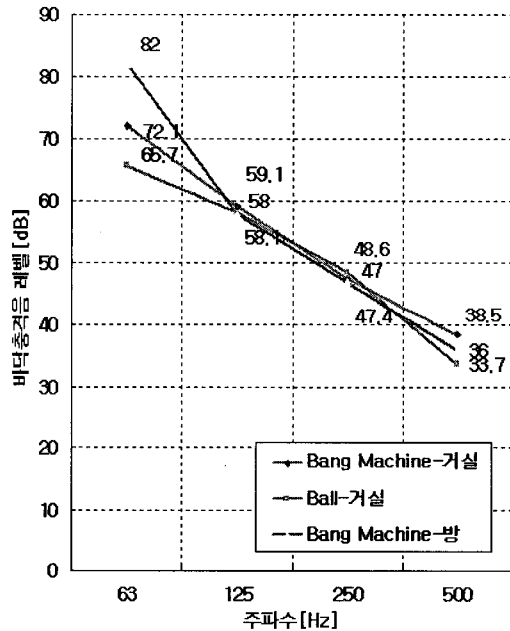


그림 1 거실과 침실의 단일수치평가량의 차이

인 외에 저주파수 영역에서의 모드 중첩(modal overlap) 현상이 심각하게 발생하고 있는 것으로 확인되었다. 이 모드 중첩에 의해 저주파수 영역의 경우 측정 지점간 충격음 레벨의 편차가 심하게 발생하여 측정 결과에 큰 영향을 미치고 있다.

또한 바닥충격음 측정결과에 신뢰성을 확보하기 위하여서는 동일 구조에서의 측정결과 사이의 편차가 어느 정도인지를 정량적으로 파악할 필요가 있으며, 현재까지 측정된 결과를 기초로 거실/침실에서의 경량충격음 및 중량충격음 결과를 슬래브 두께, 바닥면적 등으로 구분하여 편차 등에 대하여 검토한 결과, 30평대 이상 거실에서의 중량충격음 측정결과 편차는 약 10 dB

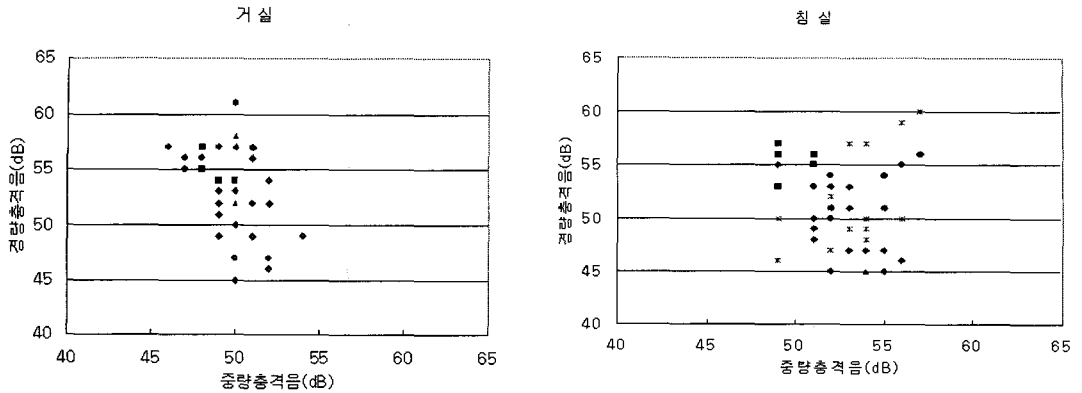
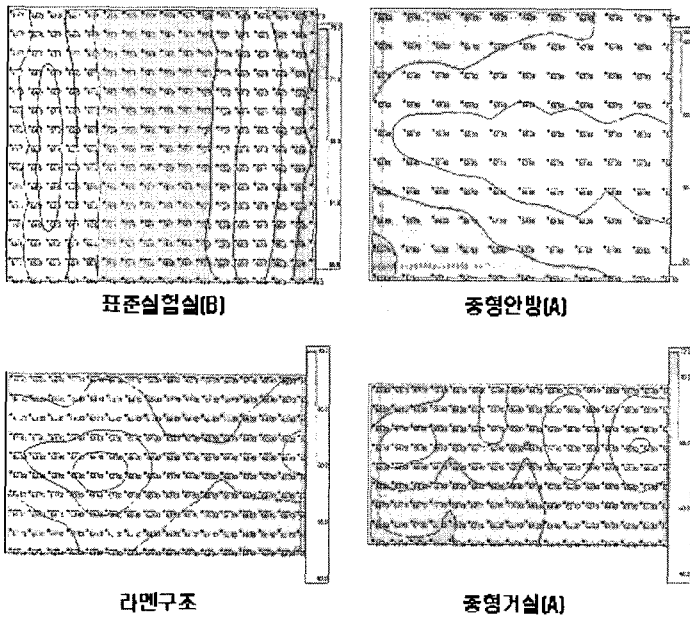


그림 2 거실과 침실의 단일수치평균치의 차이



	평균	표준편차
표준실형실 (B)	71.0	3.7
	69.3	3.6
	65.9	5.3
	65.6	5.1
	68.9	3.3
중형안방 (A)	71.7	1.8
	62.6	5.7
	61.8	5.2
	60.6	4.0
라멘구조	57.4	2.8
	64.9	4.6
	64.0	4.0
	63.7	3.1
중형거실 (A)	60.3	3.4
	65.8	4.2
	65.0	3.6
	63.6	2.8
	62.3	2.8

그림 3 실험태 및 구조 형식별 지점별 평균 및 표준편차(63 Hz)

에 이르고 있다. 또한, 중량충격음에서의 표준편차는 2 dB 이상으로 나타나고 있다.

경량충격음의 경우에는 중량충격음에 비해 약간 큰 편차를 보이고 있으며 이는 마감재의 종류, 완충재 성능에 의한 것으로 판단된다. 측정결과 편차는 중량에 비해 큰 15 dB 정도의 편차를 보이고 있으며 정규분포 특성보다 평균값을 넘는 구조가 많은 특성을 보이고 있는 것으로 조사되고 있다.

2.3 사회적 갈등요인(시공사와 입주자 등)을 최소화 하는 방향으로 제도 개선이 필요함

중량충격음의 성능기준은 앞서 검토한 문제점들로 인해 기준이 완화 쪽으로 개정되던 현재의 기준을 유지 하던 간에 하자 분쟁에 대한 갈등이 많을 것으로 여겨진다. 따라서 성능이 개선된 주거환경을 제공하는데 본 법제정의 근본적인 목적이 있으므로 성능을 향상시킴과 동시에 분쟁의 발생을 최소화할 수 있는 방향으로

표 2 바닥충격을 측정결과에서의 편차

구분		실 규모/슬래브 두께	역A평가결과	표준편차
거실	경량	30평형 이상/135~150 mm	58.3	2.9
		18평형 이하/135~150 mm	57.1	1.8
		30평형 이상/180 mm	51.9	3.2
	중량	30평형 이상/135~150 mm	51.6	2.2
		18평형 이하/135~150 mm	51.0	2.2
		30평형 이상/180 mm	50.4	1.4
침실	경량	30평형 이상/135~150 mm	53.5	3.1
		18평형 이하/135~150 mm	55.8	3.4
		30평형 이상/180 mm	51.3	3.8
	중량	30평형 이상/135~150 mm	52.8	2.7
		18평형 이하/135~150 mm	52.6	2.3
		30평형 이상/180 mm	53	2.3

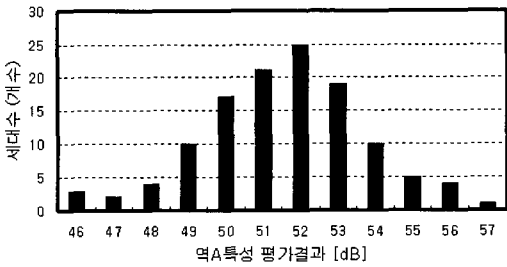


그림 4 30평형 이상 거실에서의 중량충격을 측정 결과 분포

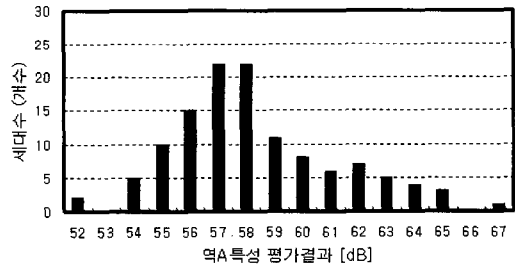


그림 6 30평형 이상 거실에서의 경량충격을 측정 결과 분포

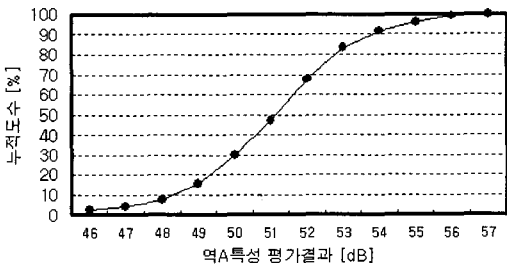


그림 5 30평형 이상 거실에서의 중량충격을 누적 도수 분포

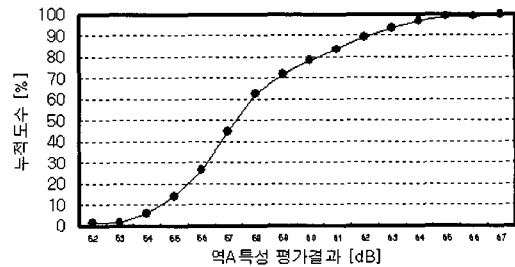


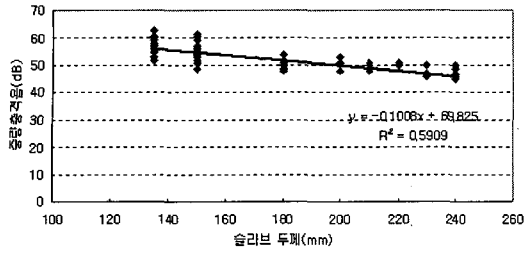
그림 7 30평형 이상 거실에서의 경량충격을 측정 결과 분포

제도가 개선되어야 할 것으로 판단된다.

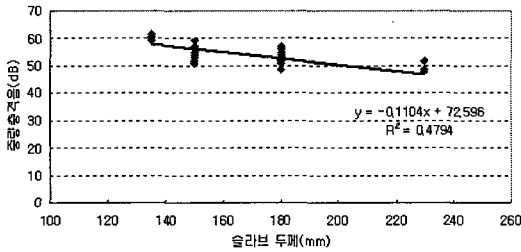
2.4 라멘 구조로의 시공을 강제화 하기 위해서는 검토해야 할 문제가 남아 있음
 라멘구조의 경우 슬래브 150 mm 이상에서 중량충격

음에 대한 성능기준을 만족하는 것으로 조사되고 있으나 향후 건설되는 공동주택 모두를 라멘구조로 시공하도록 강제화하기에는 다음과 같은 문제가 있다고 판단된다.

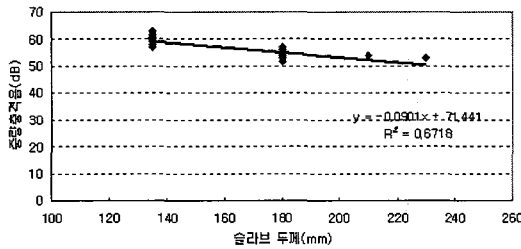
- 침실에서의 성능한계(공명현상)로 벽식 구조 습식



(a) 거실에서의 평균 바닥충격음 평가량



(b) 안방에서의 평균 바닥충격음 평가량



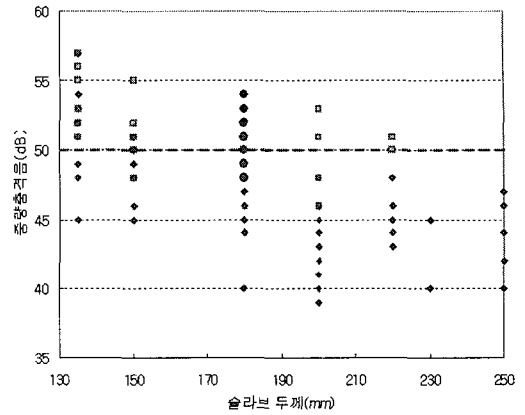
(c) 작은방에서의 평균 바닥충격음 평가량

그림 8 벽식구조 공동주택에서의 공간별, 슬래브 두께별 중량충격음 차단성능의 경향

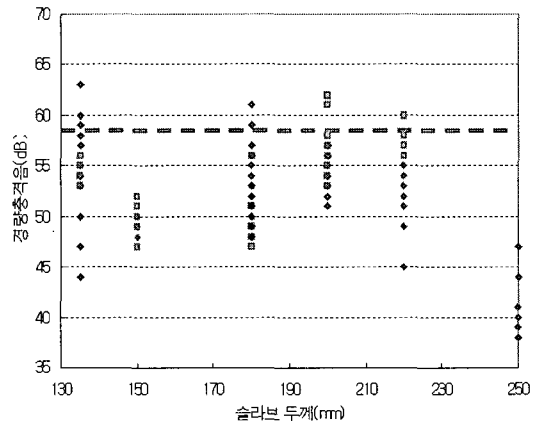
온돌시스템은 현장에 거의 적용할 수 없을 것이므로 라멘구조로 강제화할 경우, 사업주체(재개발, 재건축)나 건설업계의 반발이 예상되며, 사업포기 등으로 주택공급에 문제발생 소지가 있음.

- 사업주체나 건설업체가 기 완료한 설계 등에 대해 라멘 구조로 설계 변경하거나 준비할 시간을 충분히 부여하여야 하나 중량충격음에 대한 기준은 2005년 7월 1일부터 시행하여야 하므로 대응시간이 불충분하다고 판단됨.

- 분양가 상승으로 입주자의 부담증가(약 15~20% 증가할 것으로 추정됨)



(a) 중량충격음



(b) 경량충격음

그림 9 벽식구조 이외의 구조의 바닥충격음 차단성능 현황

3. 각 구조형식별 바닥충격음 차단성능 현황 및 표준바닥구조(안)

3.1 벽식 구조

슬래브 두께가 135~150 mm인 거실 및 침실을 대상으로 바닥마감재가 설치되지 않은 시공현장을 포함하여 모두 268개소를 측정한 결과로 경량충격음은 268개소 중 96개소가 법 기준(58 dB)을 만족하였으며(약 35%), 중량충격음은 26개소만이 법 기준(50 dB)을 만족(약 10%)하는 것으로 조사되었다. 그리고 슬래브 두께가 180 mm인 시공현장의 거실 43개소, 침실 48개의 바닥충격

음 측정결과 중량충격음의 경우 거실에서는 26개소 바닥이 현행 법 기준을 만족하여 만족률이 약 60%였으며, 침실은 측정대상 바닥 중 7개소만인 법 기준을 만족하여 만족률이 14%로 조사되었다. 슬래브 두께가 180mm의 바닥구조일 경우도 현행 법 기준을 만족하기에서 성능이 부족한 것을 알 수 있다. 경량충격음은 대부분의 거실 및 침실에서 법 기준을 만족하는 것으로 나타났다.

그리고 슬래브 두께가 200mm 이상으로 시공된 현장의 측정결과에서도 중량충격음의 경우 법적인 기준인 50dB을 안정적으로 만족시키지는 못하고 있는 것으로 조사되고 있다. 특히, 직방형 형태의 방에서는 중량충격음의 경우 슬래브 두께가 두께가 구성이 된다하더라도 방의 규모에 따라 성능의 차이를 보이고 있는 것으로 나타나고 있으며, 슬래브 두께가 증대된다 하더라도 그 성능의 차이가 명확하게 나타나지 않는다는 것으로 조사되고 있다. 그림 1은 그동안 측정된 중량충격음 차

단성능을 슬래브 두께별로 구분하여 그 경향성을 파악한 것이다. 그림에서도 알 수 있듯이 슬래브 두께가 두꺼워질수록 공간의 형태나 규모에 관계없이 중량충격음 차단성능은 좋아지고 있는 것으로 조사되고 있으나 공간의 형태나 규모에 따라 중량충격음 차단성능의 차이는 다르게 나타나고 있는 것으로 조사되고 있다.

따라서 벽식 구조의 습식온돌시스템에서는 공간의 형태나 규모에 관계없이 법적인 기준을 100% 만족하는 바닥구조를 제시한다는 것은 현실적으로 어려운 것으로 판단된다.

3.2 벽식 구조이외의 구조(혼합구조, 라멘구조 등)^{①)}

오피스텔 및 주상복합21개 현장을 대상으로 중량, 경량충격음의 측정된 결과를 각 구조 형식별로 표시하면 그림 9와 같다. 그림에서 보는 바와 같이 벽식 구조 이외의 복합구조, 라멘구조의 경우 슬래브 두께가 각각 210mm, 150mm 이상이 되어야만 중량충격음의 최소기

표 3 각 구조형식별 표준바닥구조(안)

구분	표준바닥구조 단면상세	바닥마감재의 종류
1	각 구조형식별 콘크리트 ^{②)} 슬래브 두께(벽식구조 및 혼합구조 210mm 이상, 무량판 구조 180mm 이상, 라멘구조 150mm 이상)+단열재 20mm 이상+경량기포콘크리트 40mm 이상+마감모르터 40mm 이상	경량충격음레벨 저감량의 산술평균값이 3dB 이상인 바닥마감재 ^{③)}
2	각 구조형식별 콘크리트 ^{②)} 슬래브 두께(벽식구조 및 혼합구조 210mm 이상, 무량판 구조 180mm 이상, 라멘구조 150mm 이상)+완충재 20mm 이상 ^{④)} +경량기포콘크리트 40mm 이상+마감모르터 40mm 이상	바닥마감재 사용제한 없음
3	각 구조형식별 콘크리트 ^{②)} 슬래브 두께(벽식구조 및 혼합구조 210mm 이상, 무량판 구조 180mm 이상, 라멘구조 150mm 이상)+경량기포콘크리트 40mm 이상+단열재 20mm 이상+마감모르터 40mm 이상	경량충격음레벨 저감량의 산술평균값이 3dB 이상인 바닥마감재 ^{③)}
4	각 구조형식별 콘크리트 ^{②)} 슬래브 두께(벽식구조 및 혼합구조 210mm 이상, 무량판 구조 180mm 이상, 라멘구조 150mm 이상)+경량기포콘크리트 40mm 이상+완충재 20mm 이상 ^{④)} +마감모르터 40mm 이상	바닥마감재 사용제한 없음
5	각 구조형식별 콘크리트 ^{②)} 슬래브 두께(벽식구조 및 혼합구조 210mm 이상, 무량판 구조 180mm 이상, 라멘구조 150mm 이상)+완충재 40mm 이상 ^{④)} +마감모르터 50mm 이상	바닥마감재 사용제한 없음

^{①)} 단열재, 완충재 및 기타 구성층은 위에서 정하고 있는 각 구성층의 두께 이상으로 시공하되, 건축물의설비기준등에관한규칙 제21조에서 정하고 있는 단열기준에 적합하도록 두께를 정하여야 한다.

^{②)} KS F 2865의 측정방법에 따라 측정된 주파수별 경량충격음레벨 저감량 중 125, 250, 500 Hz의 저감량의 산술평균값

^{③)} 온돌층이 벽체와 접하는 부위에는 측면완충재를 적용한다.

^{④)} 콘크리트 슬래브 두께는 콘크리트로 구성된 두께만을 말하며, 콘크리트의 표준설계기준강도는 210kg/m³의 보통콘크리트를 기준으로 한 것임

준인 50 dB를 만족하는 것으로 나타나고 있다. 또한 경량충격음의 경우 바닥마감재 등의 영향으로 다소 편차가 있으나 대부분 최소기준인 58 dB를 만족하고 있는 것으로 나타나고 있다.


3.3 구조형식 별 표준바닥구조(안)

중량충격음에 가장 크게 영향을 미치는 요소는 건물 구조체 조건(슬래브 두께)이나 통상적으로 국내 공동주택의 구조형식인 벽식 구조의 습식 온돌시스템에서는 성능개선에 한계가 있는 것으로 조사되고 있다. 이러한 중량충격음의 성능개선에 대한 한계는 거실 및 침실 등 모든 주거공간에서 성능기준을 100% 만족시켜야 한다는 주택건설기준등에 관한규정 제 14조 제 3항의 강제 규정으로 인해 표준바닥구조 제시를 어렵게 하는 주요한 요인 중 하나인 것으로 판단되며, 또한 슬래브 두께를 200 mm 이상 확보하여 연구 당시에는 성능기준 이내임을 확인하여 표준바닥구조로 제시되었다 하더라도, 실제 적용시 적용되는 방의 규모나 시공상의 영향요인, 측정기관(인정기관)에서 발생될 수 있는 측정오차 발생의 가능성 등을 고려할 때 궁극적으로 기준을 만족하지 못하는 사례가 나타날 수 있을 것으로 판단된다.

이와 같은 이유로 현행 벽식 구조에서 표준바닥구조를 제시하기가 어려우며, 성능을 만족하는 것으로 조사되고 있는 라멘구조로 시공하도록 강제화하기에도 여러 가지 문제가 있기 때문에 현실적으로 적용 가능한 방향으로 기준이 개정 예고된 바 있다. 이러한 여러 가지 문제점을 감안하여 현재의 성능수준에 상응하는 바닥구조를 각 구조형식별로 제시하였기 때문에 제시된 이들 구조가 어떤 조건에 관계없이 법적인 기준을 100

%로 만족시킨다고 보장할 수는 없으나 현재 공동주택의 충격음 차단성능보다는 한층 업그레이드될 것으로 예상된다. 표 3은 구조형식별 표준바닥구조(안)을 나타낸 것이다.

4. 맺음말

2005년 7월 1일부터는 그동안 시행되지 못하고 유예되었던 중량충격음 차단성능 기준이 시행될 예정으로 있다. 비록 여러 가지 기술적인 한계로 당초의 법규정이 몇 차례에 걸쳐 개정되었으나 궁극적인 목적은 입주자의 음환경성능을 현재보다 향상시켜주기 위함이다. 분명히 과거보다 성능개선이 이루어질 것이라고 확신한다. 하지만 법적인 기준을 준수하는 것에 머물지 말고 입주자가 원하는 성능을 실현하기 위해서 산·학·연·관 등의 노력이 어느 때보다 필요한 시기라고 생각된다. 

참고문헌

- (1) 주택건설기준등에 관한규정 제 14조 제 3항 및 제 4항, 부칙.
- (2) 건설교통부 공고 제 2005-109호, 주택건설기준등에 관한규정 일부 개정령안 입법예고, 2005. 4. 12.
- (3) 건설교통부, 한국건설교통기술평가원, 공동주택 바닥충격음 완화를 위한 표준바닥구조의 설계·시공기술 및 활용방안 연구, 2002 건설핵심기술 연구개발사업 최종보고서, 2004.