

바닥충격음 저감방안에 따른 성능평가

Evaluation of Floor Impact Sound Performance according to the Reduction Methods

°김 경우* · 최 경석** · 최 현중** · 양 관섭**

Kyoung-Woo Kim, Gyoung-Seok Choi, Hyun-jung Choi, and Kwan-Seop Yang

Key Words : Floor impact sound(바닥충격음), Floor impact sound test building(바닥충격음실험동), Floor impact sound reduction methods (바닥충격음 저감방안)

ABSTRACT

Impact sounds, such as those created by footsteps, the dropping of an object or the moving of furniture, can be a source of great annoyance in residential buildings. The character and level of impact noise generated depends on the object striking the floor, on the basic structure of the floor, and on the floor covering. This study base on the evaluate of isolation performance of impact sound according to the impact noise reduction methods. Reduction methods consist of four ways. First way is increase thickness of bare floor and other ways are using the soft coverings on the floor and ceiling assembles. Last way is make floating floor with shock absorbing materials.

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

공동주택에서 발생하는 소음 중에 바닥충격음은 바닥슬래브를 상부세대와 하부세대가 공용하기 때문에 필연적으로 발생하는 소음이다. 바닥충격음 문제를 완화하기 위하여 건설교통부에는 주택건설기준등에관한규정을 개정하여(2003.4.22.) 바닥충격음의 성능기준을 공포하였으며, 세부 관리기준등을 고시하였다. 바닥충격음 저감을 위하여 바닥슬래브 상부에 완충재를 설치하여 온돌층(기포콘크리트, 마감모르터)을 슬래브로부터 절연시키는 뜬바닥공법이 일반적으로 사용되는 방법으로 보다 성능이 우수한 완충재 및 공법개발이 진행되고 있다. 완충재를 사용하는 뜬바닥공법은 경량충격음에 대해서는 상당히 우수한 성능을 보이고 있으나 중

량충격음은 공진의 영향으로 저 주파수에서 오히려 역효과를 가져오는 경우가 있어 바닥충격음에 대한 해결방안으로는 한계를 보이고 있다. 일반적으로 알려진 충격음 저감방법은 ①충격원의 특성을 변화시키는 방법, ②바닥슬래브를 충격으로부터 진동하기 어렵게 만드는 방법, ③충격에 의한 진동이나 충격에너지를 바닥슬래브에 전달되지 않도록 하는 방법, ④충격에 의해 바닥슬래브로부터 방사되는 소리를 차단하는 방법으로 구분할 수 있다. 4가지 충격음 저감방안에 대한 충격음 차단효과는 일반적으로 많이 알려진 사항이나 체계적인 성능평가가 부족한 실정이다. 본 연구에서는 국내 바닥충격음 현황을 살펴보고 충격음 저감방안에 대한 충격음 차단정도를 평가하여 저감방안에 대한 영향정도를 파악하고자 한다.

2. 바닥충격음 평가를 위한 실험동

2.1 실험동 필요성

바닥충격음 평가는 일반적으로 2가지 방법으로 진행하여 왔다. 건축부제 등에 대한 음향성능평가

· 정희원, 한국건설기술연구원

E-mail : kwmj@kict.re.kr

Tel : (031)910-0356, Fax : (031)910-0361

.. 정희원, 한국건설기술연구원

를 위하여 제작된 잔향실험실에서 실시하는 방법과 공동주택 시공현장에 Mock-up을 설치하여 평가하는 방법으로 나뉘어진다. 잔향실험실 평가는 잔향실험실 바닥에 측정대상 바닥구조를 시공한 후 평가하는 것으로 실제 현장과 달리 주변이 고정되어 있지 않기 때문에 현장 측정 결과와는 편차가 심한 편이다. 현장에 Mock-up을 설치하는 방법은 장소선정 협조, 현장 공사일정 등 다양한 조건을 인위적으로 만족할 수 있는 Mock-up을 마련하기에는 한계와 어려움이 있었다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 기존 잔향실험실이 아닌 공동주택과 유사한 구축조건을 가지는 형태의 실험실을 구축하여 바닥충격을 평가를 용이하게 수행할 필요가 있다.

2.2 실험동 설계조건

바닥충격을 실험동의 설계는 ISO와 일본의 규정을 근거로 국내의 현실에 적합한 내용으로 설정하였다. 실험동의 구조는 현 공동주택에서 주로 시공되는 콘크리트 벽식구조로 설정하였다. 실험실 크기는 우선 ISO¹⁾는 육면체 실험실로 50m³ 이상의 용적으로 규정하고 있으며 국내 규격도²⁾ 실험실의 용적을 50m³이상으로 규정하고 있다. 일본 주택품질 확보촉진법에서 50~70m³의 용적으로 규정하고 있다. 또한 실험실 형태 선정은 공동주택 거실이 아주 다양한 평면구성을 보여 대표성을 가지는 평면을 선정하기 어렵기 때문에 정방형인 방의 형태로 설정하였다. 바닥충격음의 경우 일상생활에서 사용빈도가 높고 활동 시간이 상대적으로 긴 거실에서의 바닥충격음 차단성능을 평가하는 것이 바람직하다고 판단하여 실험실의 형태는 방과 같은 직방체이지만 면적은 거실의 면적을 기준으로 설정하였다.

다음은 일본 주택품질확보촉진법에서 규정한 바닥충격음 실험실 조건이다.

- 2개 층으로 구성된 철근콘크리트 벽식구조
- 음원실과 수용실은 직방체로 용적이 50~70m³
- 음원실과 수용실 사이의 슬래브(표준콘크리트 바닥)는 보통 콘크리트 150±10mm 혹은 200±10

mm 두께로 설치한다.

- 표준 콘크리트 바닥의 크기는 실내 측 길이로 긴 변이 5±0.4m, 짧은 변이 4±0.4m로 한다.

실험실의 면적 설정은 일본의 경우 약 20m²로 규정하고 있으나 국내에서 가장 많이 시공되는 평형을 조사하여 이를 토대로 실험실면적을 설정하였다.

표1.은 조사대상 73,185세대의 평형별로 분류한 것으로 30~39평의 세대수가 전체 조사대상세대수의 약 48.3%를 차지하고 있었으며, 30~39평형의 거실면적인 23~25m²를 기준으로 하여 실험실의 바닥면적을 4.5m×5.1m(23m²)로 설정하였다.

표1. 평형별 시공세대수

조사 세대수	20평 미만	20~29평	30~39평	40~49평	50~59평	60~69평	70~79평	80평 이상
73,185	743	10,534	35,259	14,532	5,934	3,933	1,348	902
100%	1.0%	14.4%	48.2%	19.9%	8.1%	5.4%	1.8%	1.2%

실험동 설계조건을 다음과 같다.

- ① 공동주택 표준실 모델 : 30평형대
- ② 공동주택 표준 층고 모델 : 2850mm
- ③ 콘크리트 설계 기준강도 : 210 kg/cm²
- ④ 단위실험실 크기 : 4.5m×5.1m, 총10개
- ⑤ 바닥슬래브 두께 : 150mm, 180mm, 210mm, 240mm 4개 Type
- ⑥ 기타 사항 : 일반적 공동주택 설계방법에 준함

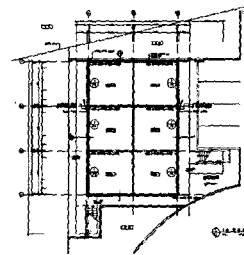


Fig.1. 바닥충격음 실험동 평면도

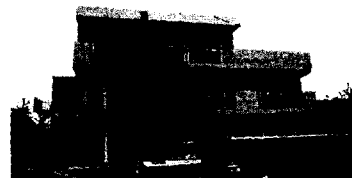


Fig.2. 바닥충격음 실험동 전경

1) ISO 140-1 'Measurement of sound insulation in buildings and of building elements -Parts 1 : Requirements for laboratory test facility with suppressed flanking transmission.'

2) KS F 2860 : 2001 「건물 및 건물부재의 차음성능 측정방법-건물 부재의 차음성능 표준 측정실 조건」

3. 국내 바닥충격음 차단성능 현황

국내 바닥구조는 온돌이라는 독특한 바닥난방 방식으로 인해 하중을 부담하는 슬래브, 열손실 방지를 위한 단열재, 열을 저장하고 방사하는 축열재 및 마감재 등으로 크게 구분할 수 있다. 공동주택의 슬래브는 대부분 철근콘크리트 벽식구조로 되어 있으며, 두께는 평형별, 시공회사별로 약간의 차이는 있으나 135~150mm가 일반적이다. 바닥충격음 저감을 위해서 슬래브 상부에 완충재 시공이나 온돌마루 하부에 완충재를 설치하고 있다. 단열기준³⁾ 강화에 따라 완충재도 기준에 적합한 단열성능을 가지거나 단열재와 완충재가 동시에 사용되어 단열성능을 만족시키고 있다.

Fig.3.은 슬래브 150mm에서 완충재가 설치된 세대의 거실 측정결과를 평형별로 나타낸 것으로 역A 단일수치평가량을 나타낸 것이다. 평형이 커짐에 따라 거실 면적이 커지므로 횡진동에 의한 방사량이 커지는 것으로 알려져 있으나, 실제 측정시에는 면적이 커짐에 따라 측정점간의 편차가 커지고, 바닥 및 벽으로부터의 방사음이 감소될 것으로 판단된다. 따라서, 실제 측정결과에서는 면적에 의한 편차는 특별한 경향성을 보이고 있지는 않았다. 또한, 이 결과는 실험실 측정결과가 아닌 현장에서의 측정결과로, 측정에 있어서의 측정오차를 포함하고 있다는 것을 고려해야 할 것이다.

Fig.4.는 동일한 구조조건을 가지는 7개 현장의 각 2개소 측정결과로서 동일한 구조에서도 편차가 2~3dB 이상 나타나고 있음을 알 수 있었다.

Fig.5.는 바닥슬래브 두께별 측정결과로 같은 두께의 구조에서도 성능편차가 많이 발생하며, 슬래브 두께가 두꺼워 질수록 다소 성능이 좋아지는 경향을 보이고 있으나 동일 두께의 슬래브 성능이 너무 넓게 분포하고 있어 경향성은 매우 낮다고 할 수 있다.

Fig.6.은 바닥슬래브 두께 150mm인 구조의 거실에서 완충재 유무에 따른 측정결과를 나타낸 것으로 최종마감재는 온돌마루로 시공되어 있었다. 측정 결과 완충재를 사용하는 것이 경량충격음에 다소 유리한 것으로 나타났지만 측정결과간의 편차가 크게 발생하였는데 이는 동일한 구조로 동일한 장소에서 평가한 것이 아니기 때문에 편차가 발생한 것으로 판단된다.

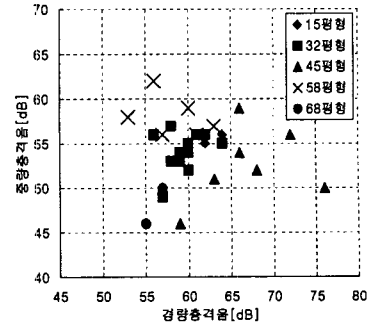


Fig.3. 평형별 측정결과

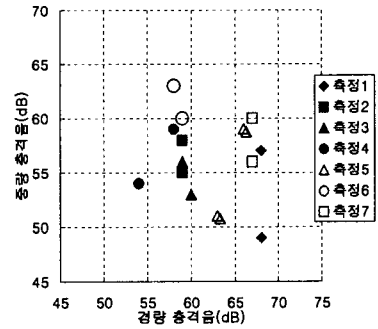


Fig.4. 동일구조에서의 측정편차

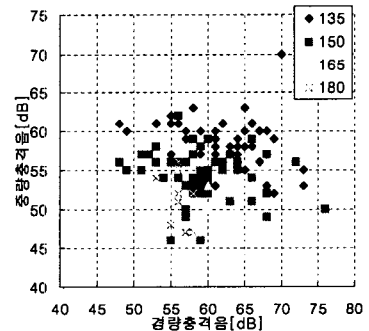


Fig.5. 바닥슬래브 두께별 측정결과

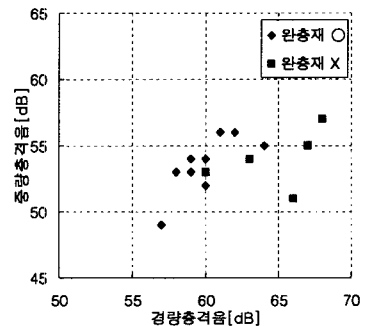


Fig.6. 완충재 유무

3) 건축물의설비기준등에관한규칙 제21조

국내 공동주택 현장에서 측정한 바닥충격음 차단 성능을 살펴본 결과 측정결과간의 편차가 너무 크기 때문에 각 조건별 경향성은 찾기 어려웠으며, 대부분의 측정결과가 현행 법기준을 만족하지 못하는 것으로 파악되었다.

4. 바닥충격음 저감방안에 따른 성능평가

바닥충격음의 4가지 저감방안을 토대로 시험조건을 설정하여 바닥충격음 실험실에서 시험을 실시하였다. 측정 및 평가는 KS 규격에 준하여 실시하였으며, 측정시 사용한 장비는 다음과 같다.

- 경 량 충 격 원(Tapping Machine) : FI-01, 일본 RION사
- 중 량 충 격 원(Bang Machine) : Bang Machine-T형, 일본 사쓰끼사
- 주파수분석장치 : Symphonie, 01dB
- Microphone : G.R.A.S. (Type 40AE)
- Microphone Preamplifier : G.R.A.S. (Type 26CA)
- Omnidirectional sound source : DO12, AVM
- Amplifier : M700, INTER M

4.1 바닥슬래브 두께, 온돌층, 천정

바닥슬래브 두께를 증대시키는 방법은 바닥슬래브를 충격으로부터 진동하기 어렵게 만드는 중량-고강성 바닥공법으로 중량충격음 차단성능 확보에 밀접한 영향을 미친다. 바닥슬래브 두께가 150mm, 180mm, 210mm, 240mm로 시공되었을 경우 충격음 차단성능을 평가하였으며, 슬래브 상부에 설치되는 온돌층 없이 맨 슬래브 상태에서 측정하였다. 측정결과 바닥슬래브 두께가 증대됨에 따라 충격음차단성능도 향상되는 것을 알 수 있었다.

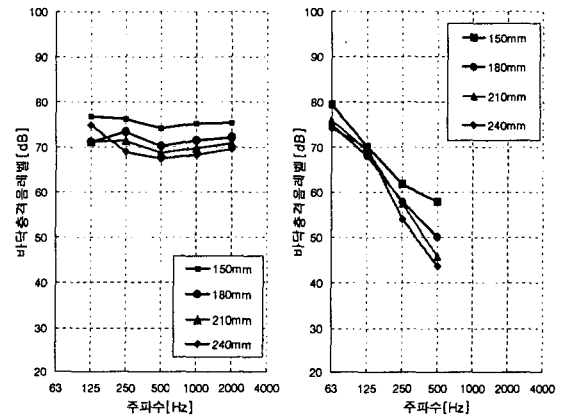
맨 슬래브에 대한 측정후 실험실에 온돌층을 설치하였다. 온돌층 구성은 국내 공동주택에 일반적으로 시공되는 EPS 단열재 20mm + 기포콘크리트 50mm + 마감모르타 40mm로 설치하였다. 측정시 수음실의 천정은 설치되지 않았으며, 바닥 마감제도 설치되지 않은 상태였다. 맨 슬래브에 비하여 경량충격음은 10dB이상 성능이 향상되었으며, 중량충격음의 경우 맨 슬래브에 비하여 온돌층 구성으로 1~2dB의 성능향상이 있는 것으로 나타났다.

온돌층 구성후 수음실에 천정을 설치하였다. 천정은 경량철골로 슬래브 면으로부터 70mm 이격하여 석고보드 9.5mm 1겹을 시공하였으며, 측정결과 경량충격음은 온돌층이 구성된 상태보다 5dB이상 성

능이 향상되었으며, 중량충격음은 1~2dB 성능이 향상된 것으로 나타났다. Fig.8.은 슬래브 두께가 150mm 실험실에서 맨 슬래브, 온돌층, 천정구성에 따른 주파수 특성을 나타낸 것이다.

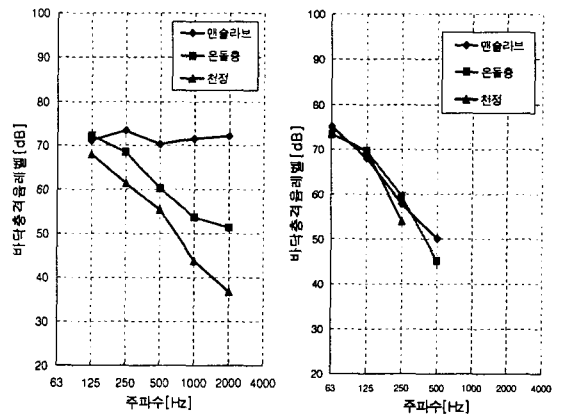
Table2. 온돌층 및 천정 설치에 따른 측정결과

슬래브 두께 (mm)	역A단일수치 평가량(dB)					
	경량기준화충격음			중량충격음		
	맨슬래브	온돌층	천정	맨슬래브	온돌층	천정
150	74	61	55	54	54	53
180	71	58	52	52	52	50
210	69	57	52	49	49	48
240	68	58	52	50	50	49



a. 경량기준화충격음 b. 중량충격음

Fig.7. 맨 슬래브 측정결과



a. 경량기준화충격음 b. 중량충격음

Fig.8. 맨슬래브, 온돌층, 천정설치에 따른 측정결과(슬래브 150mm)

4.2 완충재

완충재는 경량바닥충격음 차단성능 향상을 위하여 바닥슬래브와 온돌층(기포콘크리트, 몰탈)을 분리하는 뜬바닥공법으로 충격음 차단을 위하여 가장 일반적으로 사용공법으로 국내에서 시판되는 완충재는 스티로폼, 폐 우레탄계열, EVA 발포고무, 발포 PE, 유리섬유 및 락울, 페타이어, 발포 폴리프로필렌, 압축 폴리에스테르, 기타 복합소재의 재료를 사용하고 있다.

단열재를 대체한 완충재 선정은 동탄성계수를 근거로 하였다. 공동주택 바닥구조에서 일반적으로 사용되는 단열재인 EPS(스티로폼 2호)의 경우 동탄성계수의 값이 50~60MN/m²으로 완충재는 기존의 EPS 보다는 낮은 동탄성계수 즉, 60MN/m²이하로 선정하였다. 동탄성계수 10MN/m² 이하인 제품과 40~50MN/m²인 제품을 선정하여 충격음 차단성능을 평가하였다.

측정은 150mm, 180mm, 210mm, 240mm슬래브 두께의 실험실에서 각각 실시하였다. 슬래브 상부에 완충재 20mm+기포콘크리트 50mm+마감모르터 40mm를 설치한 후에 최종바닥마감재는 없는 상태에서 측정을 실시하였다. 완충재 설치로 경량충격음에 대한 차단성능은 맨 슬래브에 비하여 16dB이상 성능이 향상되었으며, 동탄성계수가 낮은 완충재1의 경우 충격음 저감정도는 29dB이상 향상 폭이 크게 측정되었다. 중량충격음은 충격음 차단성능이 거의 동일하거나 다소 좋아지는 결과를 나타내었다.

Table3. 완충재 구분에 따른 측정결과

슬래브 두께 (mm)	역A단일수치 평가량(dB)					
	경량규준화충격음			중량충격음		
	맨슬래브	완충재1	완충재2	맨슬래브	완충재1	완충재2
150	73	37	50	52	52	52
180	69	36	-	49	51	-
210	68	37	46	51	50	50
240	66	37	50	50	47	50

비고 : 완충재1-동탄성계수 10MN/m² 이하
완충재2-동탄성계수 40~50MN/m²

4.3 천정구성방법

일반적인 공동주택의 천정구성은 천정슬래브 면에서 30~80mm 이격하여(실내측 층고 2.3mm 이상 유지) 석고보드 9.5mm를 1겹 시공하는 것이 일반적이다. 천정마감이 없이 시공되는 공동주택도 있으며, 주상복합과 같이 실내 공조를 실시하는 고층아파트의 경우는 공조를 위한

덕트 등의 설치 공간 확보를 위하여 천정슬래브 면에서 천정 마감면까지 깊이가 300mm 이상 되기도 하며, 마감 석고보드를 2겹씩 시공하기도 한다.

천정구성방법에 대한 평가는 150mm 슬래브 조건의 실험실에서 실시하였으며 동일한 실험실에서 천정구조를 바꾸어 설치하면서 실시하였다. 천정구성방법은 다음과 같다.

- 천정구성1 : 경량철골 70mm + 석고보드9.5mm 1겹
- 천정구성2 : 경량철골 70mm + 석고보드9.5mm 2겹
- 천정구성3 : 경량철골 70mm + 흡음재(Glass wool 32k, 50T) + 석고보드9.5mm

중량충격음의 경우 석고보드 개수에 따른 변화는 없었으며, 천정내부에 흡음재를 설치한 구조에서 2dB 향상된 측정결과를 보였다. 경량충격음의 경우 석고보드가 2겹으로 시공되는 것보다 내부에 흡음재를 충전 하였을 경우 성능이 4~5dB 향상되었다.

Table4. 천정 구성방법에 따른 측정결과

	역A단일수치 평가량(dB)		
	천정구성1	천정구성2	천정구성3
중량충격음	53	53	51
경량규준화충격음	55	54	50

4.4 바닥마감재

바닥마감재는 거실의 경우 온돌마루, 방은 립류가 일반적으로 사용되며, 온돌마루를 전체 공간에 시공하기도 한다. 표면 마감재의 변화는 충격음 저감방법의 하나인 표면완충공법으로 유연한 재료의 사용이 경량충격음 저감에 효과적이다. 온돌마루는 표면완충성이 립류에 비해 떨어지므로 온돌마루 하부에 2mm 정도의 패드류를 부착하여 경량충격음 차단성능을 높이려는 제품도 있다.

립류는 PVC(비닐)계 바닥재를 의미하는 것으로 다음과 같이 분류할 수 있다. 발포층이 없는 비닐 바닥시트는 바닥타일과 같이 중보행용으로 주택보다는 공공장소에 많이 사용되는 딱딱한 제품이며, 일반적으로 주택에 시공하는 것은 발포층이 있는 비닐 바닥시트를 의미한다. 립류의 대부분은 PS류(부직포 및 유리섬유 등을 중간층에 적층하고 인쇄 무늬를 갖는 것)에 속하며 생산되는 제품의 두께를 1.8mm~2.0mm(저가형 제품), 2.3mm~2.5mm(중가형

제품), 3.5mm~4.5mm(고가형, 기능성제품)으로 분류할 수 있다.

바닥마감재 영향을 살펴보기 위하여 일반적으로 안방에 사용되는 톱류를 두께별로 선정하였으며, 거실에 많이 시공되는 온돌마루와 온돌마루 하부에 패드가 부착된 제품을 선정하여 잔향실험실에서 경량충격음레벨 저감량을 측정하였다. 톱은 두께가 1.8mm, 2.3mm, 4.0mm 제품을 선정하였다.

경량충격음레벨 저감량 측정결과 톱의 경우는 두께가 증가할수록 저감량도 증가하는 것을 알 수 있었으며, 온돌마루는 톱 4.0T에 비해서는 저감량이 저하되지만 온돌마루하부에 패드가 부착되면 저감량도 증가하는 것을 알 수 있었다.

Table5. PVC(비닐)계 바닥재(바닥시트의 종류)

종류	구분	기호
발포층이 없는 비닐바닥시트	단재의 것.	NM
	적포를 적용한 것.	NC
	부적포를 적용한 것.	NF
	적포, 부적포 이외의 재료를 적용한 것.	NO
발포층이 있는 비닐바닥시트	적포를 적용한 것.	DC
	부적포를 적용한 것.	DF
	적포, 부적포 이외의 재료를 적용한 것.	DO
	부적포를 가장 아래쪽에 적용하고 인쇄 무늬를 갖는 것.	PF
	부적포 및 유리 섬유 등은 중간층에 적용하고 인쇄 무늬를 갖는 것.	PS
	적포, 부적포 이외의 재료를 적용하고, 인쇄 무늬를 갖는 것.	PO

Table6. 바닥마감재 변화에 따른 경량충격음레벨 저감량(dB)

구분	톱 (1.8T)	톱 (2.3T)	톱 (4.0T)	온돌마루	패드부착 온돌마루
주파수 [Hz]					
125	-0.8	-0.1	-4.9	-0.5	-1.7
250	-0.4	-3.8	-11.3	-2.2	-2.8
500	-1.6	-2.6	-30.1	-4.9	-8.7
1000	-2.1	-8.0	-42.3	-11.7	-25.0
2000	-5.0	-25.0	-52.9	-21.6	-38.3

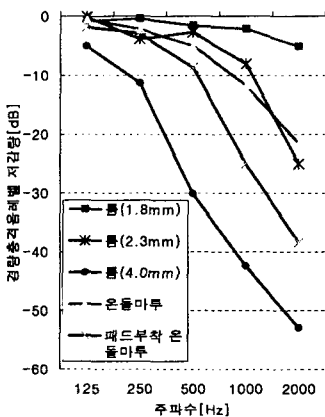


Fig.9. 바닥마감재 변화에 따른 측정결과

5. 결론

바닥충격음 차단방안에 대한 충격음 측정결과를 새롭게 시공된 충격음 실험동 및 잔향실험실에서 실시하였다. 이와 동시에 국내 바닥충격음현황도 같이 분석하였다.

1) 국내 바닥충격음 차단성능 현황은 슬래브 상부에 완충재를 많이 사용하고 있으며, 슬래브 두께나 측정공간의 면적 등에 따른 경향성은 나타나지 않았다. 전반적으로 경량충격음은 47dB~76dB, 중량충격음은 47dB~70dB의 범위에 속하며, 현 법기준을 만족하는 비율은 적은 것으로 파악되었다.

2) 바닥충격음저감방안에 대한 측정결과를 살펴보면 다음과 같다.

- 바닥슬래브 두께 증대로 충격음 차단성능이 향상되었으며, 온돌층과 천정구성을 통하여 경량충격음은 10dB이상 성능이 향상되었으며, 중량충격음은 1~2dB 성능이 향상되었다.
- 완충재 설치를 통하여 경량충격음은 29dB이상 성능이 향상되었으나, 중량충격음에 대한 성능향상은 거의 미비한 것으로 파악되었다.
- 천정구성방안 중 천정상부에 흡음재를 설치할 경우 경량충격음은 5dB, 중량충격음은 2dB 성능이 향상되었다.
- 바닥마감재에 대한 충격음차단성능은 톱류의 두께가 두꺼워질수록 성능이 향상되었으며, 온돌마루 하부에 패드를 부착한 경우 일반 온돌마루에 비하여 성능이 향상되었다.

참고 문헌

1. 양관섭, 1998, 건축물의 바닥충격음 저감설계기법, 한국건설기술연구원 책임연구과제보고서
2. 김경우 외3인, 2003, 바닥충격음레벨 영향요인 분석, 소음진동공학회 춘계학술대회 논문집
3. 한국표준협회, 2001, KS F 2810-1 바닥충격음 차단성능 현장측정방법 제1부 : 표준 경량충격원에 의한 방법
4. 한국표준협회, 2001, KS F 2810-2 바닥충격음 차단성능 현장측정방법 제2부 : 표준 중량충격원에 의한 방법
5. 国土交通省住宅局, 2003, 住宅の品質確保の促進等に関する法律「遮音測定の結果による音環境に関する試験ガイドライン」