



# 공동주택의 바닥충격음 저감방안



주거환경에 관한 입주자의 질적인 요구수준이 높아지면서 소음은 주거환경의 중요한 평가인자로 등장하고 있다. 특히 실내소음 중 온돌바닥을 통한 충격 소음은 주거생활을 위축시키고 인접세대간의 갈등까지 유발하고 있어 국가 및 관련학계, 주택을 건설공급하는 민간 건설회사 등에서도 관심이 고조되고 있어 이에 대한 대책이 시급하게 대두되고 있다.

따라서 본지는 바닥 충격음을 저감시킬 수 있는 방안을 강구하기 위해 대한주택공사에서 연구한 자료를 토대로 온돌구조의 차음성능을 파악, 문제점을 규명하고 충격음을 저감시킬 수 있는 설계시안을 현장에 시공, 측정분석하여 열적인 성능저하없이 충격음을 저감시킬 수 있는 재료 및 공법을 발췌, 연재키로 한다. <편집자 글>

# I. 서론

## 연구목적

도시로의 인구집중으로 심화된 주택난을 해결하고 토지의 효율적인 이용을 위하여 건립하기 시작한 공동주택은 이제 고층화·고밀도화 되었으며, 구조계획의 합리화와 원가절감을 위해 슬래브 두께는 얇아지고 경량화되어 가고 있다. 그러나 이웃과 벽체 및 바닥을 공유해야 하는 공동주택의 특수성 때문에 이웃에서 발생하는 각종 소음, 특히 아이들이 쿵쿵거리며 뛰노는 소리, 물건 떨어뜨린 소리, 걷는 소리 등 바닥충격을 계통의 소음이 입주자에게 큰 피해를 주고 있으며, 이제는 차음이 주거성능을 결정하는 중요한 인자로 등장하게 되었다.

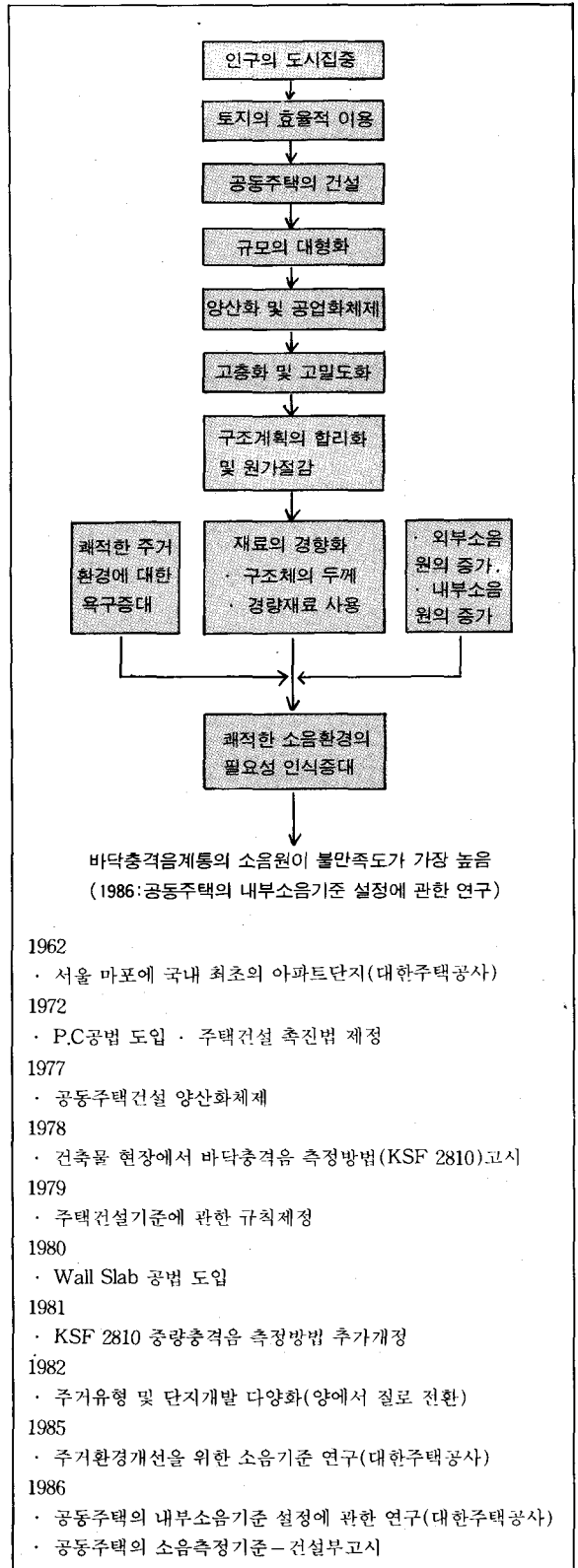
1986년 대한주택공사에서 조사한 「공동주택 내부소음기준 설정에 관한 연구」에서도 윗층에서 들리는 소음에 대해 “소음이 자주 발생한다”고 응답한 비율이 전체 조사대상의 31.9%, “가끔 발생한다”고 응답한 사람까지 합하면 77.5%에 이르며, “매우 시끄럽다”에 대한 응답은 11.5%, “시끄럽다”고 응답한 사람까지 포함하면 31.5%에 이르러 차음성능에 많은 문제가 있음을 말해주고 있다.

이에 반하여 생활수준의 향상과 의식구조의 다양화로 보다 쾌적한 주거환경의 질적 수준에 대한 욕구가 높아져 소음은 가장 심각한 공해현상의 하나로 인식되어 가고 있다.

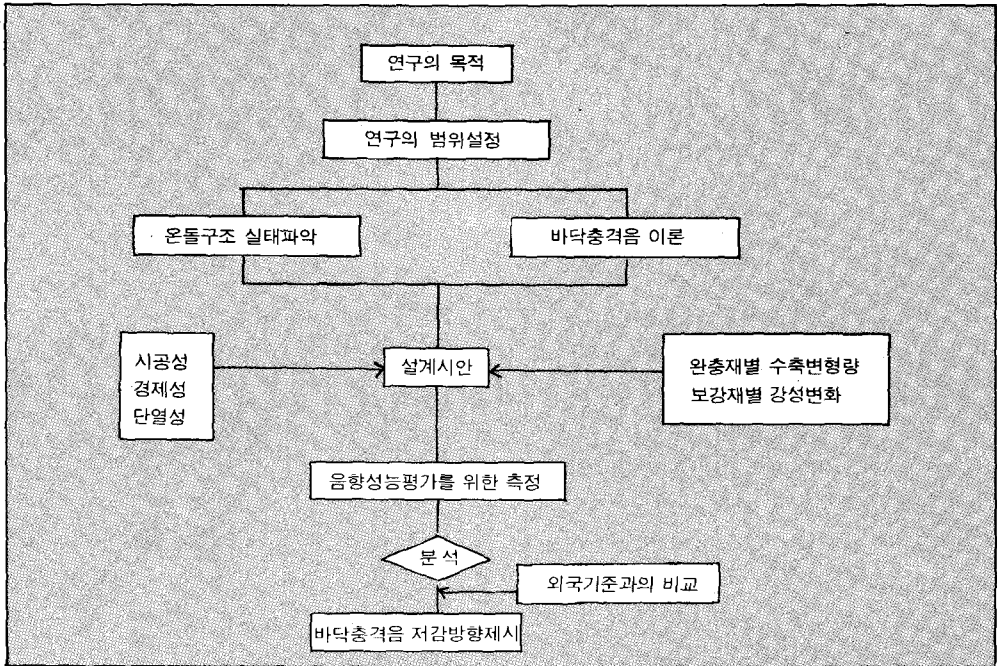
이에 따라 국내에서도 1978년 「건축물 현장에 있어서의 바닥충격음 측정방법(KS F 2810)」을 제정하고, 1981년 중량충격음 측정방법을 추가하여 개정하였으며, 1986년 「공동주택의 소음측정기준」을 건설부에서 고시하여 국가적인 차원에서 관심을 갖고 있다. 그러나 소음을 평가하는 방법 및 기준은 규정되어 있지 않아 실질적인 대책은 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 국내 대형건설회사의 은돌구조를 파악한 다음 문제점을 규명하고, 구성재료의 변화 및 공법에 따른 차음성능의 개선방향을 검토하고자 한다. 이를 위해 은돌구조 설계시안을 작성하고, 실제 아파트에 시공한 후 차음성능을 측정 분석함으로써, 바닥충격음레벨에 대한 평가기준을 설정하는데 필

〈그림1-1〉 바닥충격음 방지기법 개발의 필요성



〈그림1-2〉  
연구의 흐름도



요한 기초자료를 제공하며, 바닥충격음을 저감시킬 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

## 연구내용 및 방법

본 연구에서는 현행 공동주택의 바닥충격음을 저감시킬 수 있는 방안을 강구하기 위하여 다음과 같은 방법으로 연구를 진행하였다.

- 국내외 바닥충격음에 관련된 문헌을 조사하였다.

- 국내 대형건설회사의 온돌바닥구조를 조사하고 이론적인 검토를 하여, 설계시안을 작성한 후, 시공성, 경제성, 단열성 등과 같은 바닥구조의 성능을 평가하였다.

- 현행 주택공사 바닥구조 2TYPE, 설계시안 8TYPE, 천정구조 2TYPE, 바닥마감재별 2TYPE 을 실제 아파트현장에 시공하고, 바닥충격음 레벨을 측정한 후 비교 평가하였다.

- 분석결과를 토대로 바닥충격음을 저감시킬 수 있는 개선방안을 제시하였다.

## II. 바닥충격음의 일반이론

### 바닥충격음의 개요

바닥충격음이란 물건의 낙하, 보행, 의자이

동 등에 의해 바닥에 충격이 전달된 후 진동되어 인접실에 방사되는 소음이다. 이 음은 충격진동이 콘크리트 슬래브 및 벽체 등을 통해 전달되는 고체전달음이므로 공기음을 잘 차단하는 콘크리트 구조체도 쉽게 투과되어 인접세대에 전달된다.〈그림2-1〉 참조)

바닥충격음의 소음원으로는, 그릇낙하음, 의자이동음과 같은 경량충격음 및 어린이들이 쿵쿵거리며 뒹 때 발생하는 중량충격음이 있다. 유럽의 여러나라에서는 신발을 신고 실내생활을 하기 때문에 경량충격음의 대책이 요구되고 있으나, 맨발생활을 하는 우리나라는 경량충격음 뿐만 아니라 중량충격음도 관심의 대상이 되고 있다.

바닥충격음이 문제가 되는 건물은 아파트, 학교, 사무소, 병원 등이며, 복합용도의 건물일수록 소음문제가 많이 발생하고 있다. 〈표2-1〉은 공동주택에서 특히 문제가 되는 실내소음 중의 하나가 바닥충격음임을 나타내고 있다. 이 표에서 1986년 주택공사의 연구는 주거환경에 대한 평가를 한 예로서, 총표본수 2,825개에 대해 조사한 것이다. 현재는 아이들 뛰노는 소리가 가장 높은 지적율을 나타내고 있으며, 욕조와 변기의 세정음도 높은 지적율을 보이고 있다.

바닥충격음의 평가시에는 바닥충격음레벨이

사용되며, 바닥충격음레벨이란 음원실(音源室)에서 표준충격원으로 바닥을 진동시킨 후, 실험대상바닥 밑의 수음실(受音室)에서 각 주파수 대역별로 측정된 평균음압레벨을 말한다.

### 바닥충격음의 이론해석

바닥충격음의 발생에 관계되는 요인은 크게 나누어 충격원, 바닥구조, 하부구조 등이 있다. <그림2-2>는 일반적인 모델의 충격음레벨과 관계되는 물리적요인 및 해석과정을 나타내고 있다.

즉, 충격원이 KS F 2810에 규정된 표준충격원일 경우, 충격력과 관계되는 요소는, 충격에너지에 영향을 미치는 질량 및 속도에 의한 운동량, 충격력의 파형에 관계되는 질량, 충격점에서 본 스프링상수, 저항계수 등이 있다.

바닥구조의 경우 충격원과 연관된 충격력파형, 충격점에서 본 부분적인 압축변형에 관계되는 스프링상수, 휨진동에 의한 슬래브의 저항, 슬래브의 진동계 및 음향방사에 관련되는 탄성계수, 밀도, 두께, 경계조건 등이 바닥충격음전달에 영향을 미치는 요인이다.

하부구조에 있어서는 음향방사에 관계되는 바닥의 기하학적인 조건과 공간내의 음의 시간적인 축적효과에 관계되는 실의 크기 및 흡음률이 큰 변수이다.

바닥충격음레벨에 관계되는 여러가지 요소들은 우리나라 온돌바닥구조와 같이 다층으로 되어 있는 경우는 비선형적으로 상호 작용하기 때문에, 바닥충격음의 전달과정을 해석하기란 불가능하다.

하지만, 단순화된 모델을 설정하여 해석하면 다음과 같다.

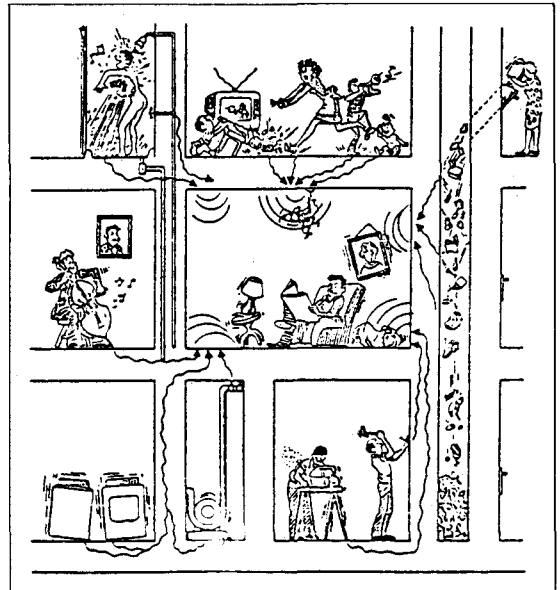
① 충격원의 운동량 및 접촉점에서의 스프링상수를 고려하여 충격력의 파형 및 에너지 스펙트럼을 결정한다.

② 슬래브의 충격점에서 본 임피던스를 주파수대역마다 구한 후 가진력(加振力)으로부터 슬래브 충격시의 진동속도를 산출한다.

③ 슬래브의 자유 휨 확산진동의 에너지 평형시 충격강제 진동에 대해서 주파수 대역마다의 평균진동속도를 구한다.

④ 슬래브와 하부공간의 관계에서 공기음의

<그림2-1> 공동주택에서 교체음의 전달



<표2-1> 기존연구의 내부 주요요소음원

순위	광전대자논문	박태성 논문	주택공사	주택공사
	1981(일본)	1982	1985	1986
1	변기의 급배수음 (41.6%)	욕조의 급배수음 (55.4%)	아이들뛰노는소리 (47.3%)	아이들 뛰노는 소리 (40.7%)
2	아이들뛰노는소리 (37.5%)	계단복도의발자국 (43.6%)	악기음 (41.8%)	욕조 급배수음 (40.3%)
3	욕조의 급배수음 (31.4%)	부엌의 급배수음 (42.2%)	계단의 발자국 (41.8%)	계단복도의 발자국 (40.1%)
4	부엌의 급배수음 (27.6%)	아이들뛰노는소리 (41.3%)	변기의 급배수음 (39.4%)	변기 급배수음 (39.9%)
5	실내의 발자국음 (19.2%)	쓰레기머리는소리 (38.5%)	청문여닫는소리 (25.5%)	현관문 여닫는소리 (30.3%)

방사임피던스가 있다고 가정하여, 평균진동속도로부터 아랫층에서의 음향방사 파워레벨을 산출한다.

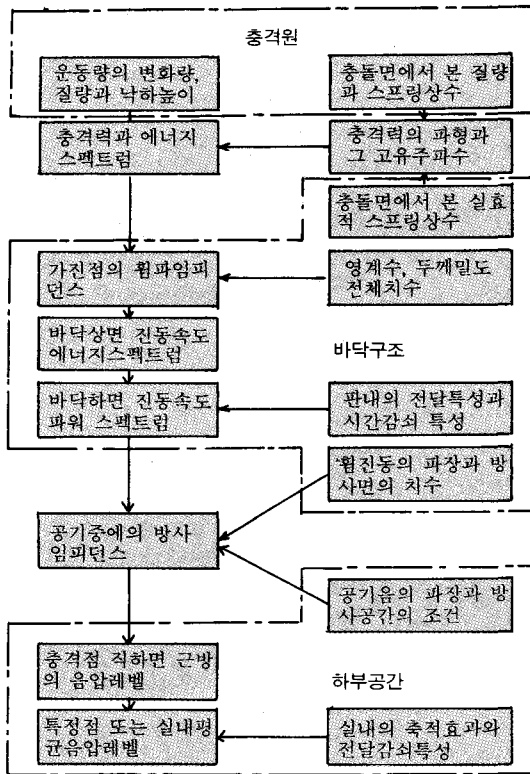
⑤ 아랫층 실내의 흡음력, 전달특성 등을 고려하여 음향방사 파워레벨로부터 실내의 평균 바닥충격음레벨을 산출한다.

①~⑤까지의 해석순서에 따라 각 요인을 분석하면 다음과 같다.

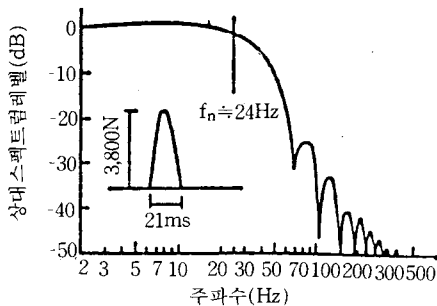
### 충격력파형 및 에너지 스펙트럼

경량충격시 태핑머신의 충격력 특성은 해머헤드가 스틸로 강하기 때문에, 해머지름과 선단의 곡률반경 및 스프링특성에 의해 정해진

〈그림2-2〉 바닥충격음에 관계되는 요인 및 해석과정



〈그림2-3〉 중량충격원(타이어)의 충격력파형과 에너지 스펙트럼



〈표2-2〉 경·중량충격원의 옥타브밴드 에너지 스펙트럼

충격원의 종류와 조건	지표, 단위	옥타브밴드 중심주파수 (Hz)											
		8	16	31.5	63	125	250	500	1 k	4 k	3 k	8 k	
경 량 충격원 콘크리트바닥면, 반발계수 0.3, 단일펄스	$F_{rms}$ (N)	1.2	1.7	2.4	3.5	4.7	6.9	9.6	13	15	10	1.7	
	$20\log F_{rms}$ (dB)	1.6	4.6	7.6	10.8	13.4	16.8	19.7	22.3	23.5	20.0	4.6	
중 량 충격원 반발계수 0.8, 단일펄스	$F_{rms}$ (N)	85	108	104	40	10	4.5	1.6	0.6	-	-	-	
	$20\log F_{rms}$ (dB)	38.6	40.6	40.3	32	20	13	4	-5	-	-	-	

(주) 테핑머신의 1초간 10회의 타격에 대해서는  $20\log F_{rms}$ 에 10dB를 가하면 된다.

다.

경량·중량충격시 충격력의 파형이 사인(Sin) 반파라 가정할 경우, 옥타브밴드 에너지 스펙트럼의 계산치는 〈표2-2〉와 같다.

표에서 경량충격시 2kHz에서 에너지 스펙트럼이 가장 크고, 500Hz, 4,000Hz에서 작아지기 때문에 2,000Hz가 공진주파수 대역임을 알 수 있다.

중량충격시에는 공진주파수가 24Hz로서 옥타브밴드 중심주파수인 16Hz와 31.5Hz에 영향을 미쳐 이 대역에서 에너지 스펙트럼이 크다.

지금까지 경량충격시 충격력의 특성에 대해 기술하였으며, 중량충격시의 충격력을 살펴보면 다음과 같다. 중량충격시 타이어의 충격력 특성은 경량충격시와는 달리 충격원이 매우 유연한 스프링상수(약  $1.7 \times 10^5 \text{N} / \text{m}^2 \cdot \text{m}$ )를 가지고 있기 때문에, 바닥층의 특성과는 관계 없이 〈그림2-3〉에 표시한 일정한 에너지 스펙트럼을 가지고 있다.

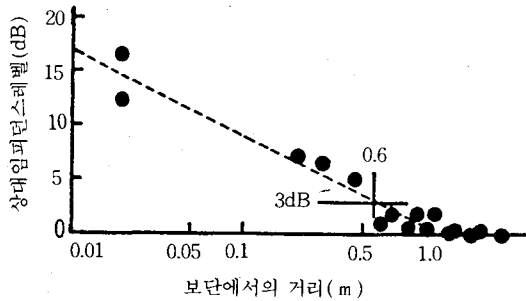
### 충격입력 임피던스

슬래브의 어느 점에 충격력이 가해졌을 때의 충격점의 바닥진동속도는 그 점에서 슬래브를 본 임피던스에 의해 정해진다.

유한슬래브의 임피던스는 경계조건의 영향을 받아 복잡한 양상을 띠지만, 가진력(加振力)이 작용하는 장소에서 충격력의 입력시간 내에 반사파가 되돌아 오지 않고, 시간 지연 후 되돌아 오면 무한 슬래브로 가정할 수 있다.

경량충격원의 경우는 계속시간이 짧기(유연한 용단이라도 2/1,000초 정도)때문에, 극히 주변에 가까운 위치가 아니면 무한판의 값에 일치하게 된다.

중량충격원의 경우는 계속시간이 20/1,000초로 길기 때문에, 일반적인 슬래브에서는 거



〈그림2-4〉 가진점별 충격입력 임피던스변화

의 모든 점에서 경계조건이 영향을 받게 된다. 그러나 경계조건에 대한 이론해석은 너무 복잡하므로, 다음과 같이 제한된 조건 하에서 해석하게 된다.

충격계속시간이 2/1,000초인 임펄스 햄머에 의한 스펙트럼 측정결과 〈그림2-4〉와 같이, 가진점(加振點)이 벽이나 보로부터 1m 정도 떨어져 있다 가정하고 계산한다. 단 이러한 가정을 벗어나서 충격계속시간이 길거나, 가진점과 벽이나 보의 거리가 짧을 때는 임피던스가 더 커지며, 바닥충격음레벨은 더 작아진다.

즉 안전측으로 되기 때문에 위의 가정에 의한 계산이 가능하다.

### 슬래브의 진동속도

슬래브의 진동을 고려할 때 그 고유진동의 모드가 중요한 요소가 되는 것은 주지한 바와 같으며, 보통 슬래브에서는 최저의 고유진동수가 30Hz 근처가 되며 63Hz 정도 이상에서는 확산진동역으로서 취급될 수 있다.

### 확산 휨파 진동장

보통, 휨파의 파장에 비하여 슬래브의 가로, 세로의 치수가 상당히 크므로, 공간적으로는 주변에서의 반사파가 여러 방향에서 다가와서 마치 2차원적인 확산음장처럼 되며 시간적으로는 판내의 진동에너지가 판자체와 주변손실에 의해 지수함수적으로 감소한다.

지금까지 간단한 바닥구조의 바닥충격음레벨에 관계되는 요인 및 해석과정에 대해 설명하였다. 하지만 이러한 간단한 구조를 우리나

라에서는 거의 사용하지 않고 대체로 복합다층은돌구조를 사용하고 있으며, 고급주택 등에서는 2중 천정구조로 하는 경우도 있다.

따라서 우리나라 실정에 적합하면서 음향성이 좋은 바닥구조를 개발하기 위해서는, 위의 해석과정을 검토해야 한다.

## 각국의 바닥충격음레벨 측정방법

우리나라는 바닥충격음레벨 측정방법을 1978년 KS F 2810에 규정하였고 1981년에 개정하였다. 일본은 1974년에 바닥충격음 현장측정방법(JIS A 1418)을 제정하였고, 1년후인 1975년에는 중량충격원을 이용한 측정방법을 제시하였다.

우리나라와 일본을 제외한 대부분의 나라에서는 ISO(International Standard Organization) 140에 의한 측정방법을 사용하고 있다. 비록 미국은 ASTM E 492의 측정법을 사용하고, 서독은 DIN 4109의 측정법을 사용하고 있으나, 이 두 기준은 ISO와 거의 유사하다.

우리나라의 바닥충격음 측정방법은 JIS A 1418과 동일하다.

여기서는 ISO 140의 규정에 대해 개략적으로 소개한다.

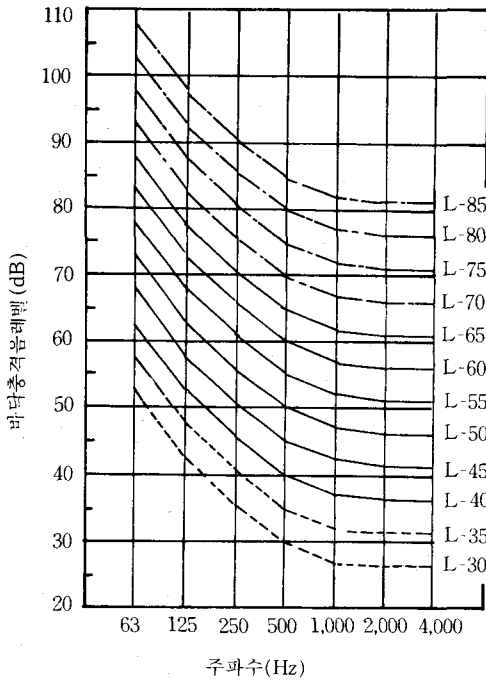
ISO에서 사용되는 표준충격원은 Tapping machine 으로서 직경 3cm, 무게 500g의 5개의 강제 햄머를 차례로 높이 4cm로부터 자유낙하시키되 1초에 10회 바닥을 타격하는 장치를 말한다. 측정방법은 윗층에 설치된 Tapping machine 으로 바닥충격음을 발생시켜 아랫층에서의 음압을 측정하는 것이다.

## 각국의 바닥충격음레벨에 관한 기준 및 평가 방법

우리나라에서는 바닥충격음에 대한 차음성능기준이 없으므로 일본 및 ISO기준을 대신 사용하고 있다. 본 절에서는 일본과 각국의 기준 및 평가방법을 기술한다.

### 일본

일본에서는 바닥충격음에 대한 차음기준을



〈그림2-5〉 바닥충격음레벨에 관한 기준주파수 특성곡선

JIS A 1419-1979에 규정하고 있다. 이 규격은 건축물의 차음성능을 적절하게 평가하기 위한 것이며, 〈그림2-5〉와 같은 바닥충격음레벨에 관한 차음등급의 기준주파수 특성곡선(이하 기준곡선이라 한다)을 이용하여 차음등급(L)을 결정하고 있다.

차음등급은 다음 방법으로 구한다. 충격원별로 1/1옥타브밴드중심주파수(63Hz, 125Hz, 250Hz, 500Hz, 1,000Hz, 2,000Hz, 4,000Hz)의 측정치를 〈그림2-5〉에 나타난 후 이 측정치가 모든 주파수대역에서 어느 기준곡선 아래에 있을 때 그 기준곡선의 등급을 읽음으로써 차음등급을 구할 수 있다. 단 측정오차 등을 고려하여 측정치에서 2dB를 감할 수 있다.

여기서 차음등급은 5dB 간격으로 되어 있기 때문에 바닥구조의 성능비교시는 차음지수를 쓰는 경우가 많다. 이 차음지수는 측정치들이 어느 기준곡선보다 위에 있을 때, 이 간격에 해당하는 dB을 차음등급에 더해주면 된다.

예를 들어 바닥충격음레벨이 63Hz~4,000Hz에서 1/1옥타브 밴드별로 80dB, 70dB, 66dB, 50dB, 50dB, 50dB일 경우 500Hz에서 L-60의 기준곡선보다 2dB 높지만 차음등급은 L-60이며, 차음지수는 62이다. 그러나 500Hz에서 측

〈표2-3〉 바닥충격음 레벨에 관한 차음등급의 종류

차음등급	L-40	L-45	L-50	L-55	L-60	L-65
급 별	1호	2호	3호	4호	5호	6호

정치가 63dB이라면 차음등급은 L-65가 되며, 차음지수는 63이다. JIS에서는 〈표2-3〉과 같이 차음등급의 종류에 대해 규정하고 있으나 실제적인 평가기준이 아니므로, 일본건축학회에서는 건물의 종류와 건물, 부위에 따라 차음등급과 기준을 〈표2-4〉와 같이 제시하고 있다.

### I.S.O(International Standard Organization)

대부분의 나라에서는 ISO 717의 바닥충격음에 대한 차음기준을 사용하고 있다. 이 규격은 건축물의 차음성능을 적절하게 평가하고 음향적인 요구에 대한 법규를 간단히 하고자 하는데 그 목적이 있으며, 1/3옥타브밴드별 측정시 기준곡선을 이용하여 충격음지수를 결정하고 있다.

ISO에서는 충격음지수가 60인 경우를 최소 차음등급으로 규정하고 있으며, 건물의 종류별 부위별 바닥판의 평가를 위한 차음성능 기준은 규정하지 않았다.

### 미국

미국 FHA(Federal Housing Administration)의 바닥충격음에 대한기준곡선은 〈그림2-6〉과 같다. 이 곡선을 이용하여 충격음 지수 IIC(Impact Insulation Class)를 구한다. IIC는 측정치를 〈그림2-6〉의 기준곡선에 나타난 후 각 측정치들의 값에 대한 충격음방지를 위한 여유치가 0이 되었을 때 500Hz에서의 바닥충격음레벨값과 동일하다.

바닥충격음레벨의 평가기준은 미·연방주택국에 의해 처음으로 공동주택의 벽체와 바닥판에 대해 제시되었다.

그 이후 1968년 주택도시개발성(HUD)은 이보다 더 상세하고 엄격한 내용의 권장치(A Guide to Airborne, Impact, and Structure-borne Noise Control in Multifamily Dwellings, HUD: FT/TS-24)를 제시하였으며, HUD에 의한 공동주택바닥구조 차음성능기준과 적용등급의 의미는 〈표2-5〉, 〈표2-6〉과 같다.

〈표2-4〉 주택의 차음등급과 적용등급

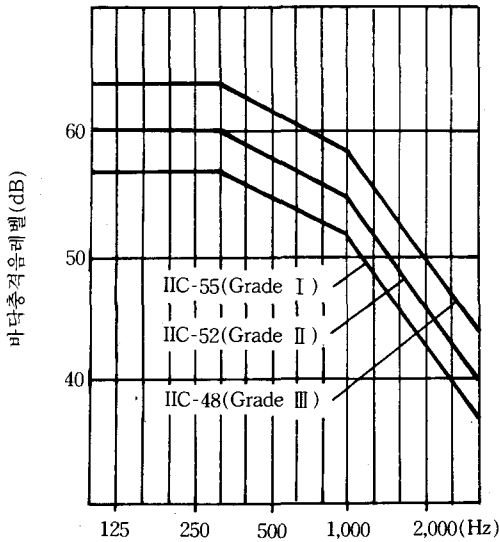
건축물	실용도	적용부위	적용등급			
			특급 (특별시방)	1급 (표준)	2급 (허용)	3급 (최저치)
단독주택	거실	동일세대내바닥판	L-45	L-55	L-70	L-75
			L-50	L-60		
공동주택	거실	세대간경계바닥판	L-40	L-45	L-50	L-60
			L-45	L-50	L-55	

적용등급의 의미

특급 (특별)	차음성능상 매우 우수	특별한 차음성능이 요구되는 경우에 적용
1급 (표준)	차음성능상 바람직함	보통 사용자로부터 진정이 거의 없고 차음성능상 지장없음
2급 (허용)	차음성능상 허용	사용자로부터 진정이나 차음성능상 지장이 있지만 거의 만족
3급 (최저치)	-	법규상의 최저 한도

(주) 바닥충격음은 원칙적으로 경량·중량 양 충격원에 대하여 적용. 단, \*는 중량 충격원에만 적용

〈그림2-6〉 바닥충격음에 대한 IIC곡선(FHA)



서득

서득에서 DIN4109에 바닥충격음 레벨에 대한 기준곡선을 규정하고 있다. 이 규준에는 충격음 지수는 없으나 여유치를 사용하여 바닥의 차음성능을 규제하고 있다. ISO와는 달리 여유치를 구할 때 최대편차가 8dB 이상이어서는 안된다는 규정은 없으나 (+)쪽 편차의 평균이 2dB을 초과해서는 안된다고 규정하

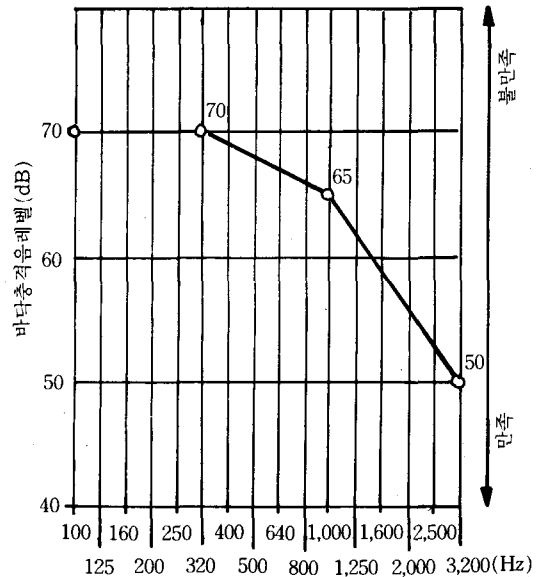
〈표2-5〉 공동주택 바닥구조 차음성능기준(미국의 HUD)

실용도	IIC (1등급)	IIC (2등급)	IIC (3등급)
침실침실	48	52	55
거실 "	53	57	60
부엌 "	58	62	65
가족실 "	58	62	65
복도 "	58	62	65
침실거실	48	52	55
거실 "	48	52	55
부엌 "	53	57	60
가족실 "	56	60	62
복도 "	53	57	60

〈표2-6〉 적용등급의 의미(미국의 HUD)

1등급 (권장치)	고급건축물 또는 야간의 외부소음레벨이 35~40dB (A) (NC20~25) 인 조용한 환경에 있는 주택에 적용
2등급 (표준치)	40~45dB (A) (NC25~30) 의 보통 일반적인 소음환경에 있는 주거지역에 적용
3등급 (최저치)	최저한의 차음치로서 야간의 외부소음레벨이 55dB (A) 이상 (NC35이하) 되는 시끄러운 도시지역에 적용

고 있다. 단 100Hz와 3,200Hz의 편차는 각 값의 1/2로 계산한다. 〈그림2-7〉은 기준곡선이며 〈표2-7〉은 공동주택의 바닥판 차음성능 기준을 나타내고 있다.



〈그림2-7〉 바닥충격음에 대한 기준음압레벨 곡선(DIN)



〈표2-7〉 바닥판의 차음성능 기준(DIN)

건물구성요소	최소요구치		권장치	
	TSM (in dB 주1)		TSM (in dB 주1)	
	건물완성후 즉시	2년 후	건물완성후 즉시	2년 후
1. 1 주거용 실을 가진 다층공간(플랫형 실내 및 작업실)				
1 사용되지 않은 지붕공간 밑의 천장	-	-	-	-
2 사용될 수 있는 지붕공간 밑의 천장, 예) 다락	3	0	≥13	≥10
3 아파트 천정(주3)과 작업실 사이의 천장	3(주4)	0(주5)	≥13(주4)	≥10(주4)
4 지하실 위의 천장, 현관입구용, 계단과 연결된 천장	3(주5)	0(주5)	≥13(주5)	≥10(주5)
5 차고 위 천장	3(주5)	0(주5)	≥13(주5)	≥10(주5)
6 테라스 아래 천장	3	0	≥13	≥10
7 아케이드 아래 천장	3(주5)	0(주5)	≥13(주5)	≥10(주5)
8 2층으로 된 주택의 천장	3(주5)	0(주5)	≥13(주5)	≥10(주5)
1. 2 단독주택				
9 테라스하우스와 같이 완전히 분리되지 않은 주택의 천장	3(주5)	0(주5)	≥13(주5)	≥10(주5)
10 단독주택의 천장	-	-	≥3	≥0

- 1) TSM : 바닥충격음에 대한 여유치
- 2) 이 행의 수치들은 시간이 경과함에 따라 고체음 감쇄층의 방음효과가 나빠질 가능성이 있기 때문에 3dB의 안전치를 고려한 것이다.
- 3) 아파트에서 칸막이 벽과 천장은, 작업실로부터 또는 다른 실로부터 아파트를 분리시키는 건물요소이다.
- 4) 고체음의 우회전달부파에 대한 방지로서 화장실, 욕실, 부엌 사이의 천장에 적용
- 5) 주거를 위한 실내로서 고체음의 우회전달이 발생할 경우에 적용

각국의 측정방법 및 평가기준의 차이점

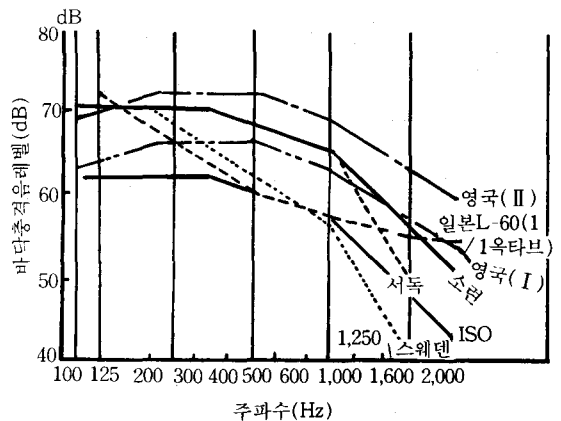
〈표2-8〉은 우리나라, 일본, ISO, 미국, 서독의 바닥충격음레벨 측정방법을 비교한 것이다.

바닥충격음 측정시 ISO, ASTM, DIN에서는 1/3옥타브 대역별로 측정을 하지만, 우리나라와 일본에서는 1/1옥타브 대역별로 측정하고 있다. 1/1옥타브 대역은 1/3옥타브 대역에 비해 저주파수에서 측정오차를 줄일 수 있다는 장점 때문에 우리나라와 일본에서 채택하고 있다.

바닥충격음 측정시 ISO, ASTM, DIN에서는 경량충격원(태핑머신)만을 이용하고 있으나, 우리나라와 일본에서는 경량충격원과 중량충격원(타이어)을 사용하고 있다. 우리나라와 일본에서는 좌식생활을 하고 맨발로 활동하기 때문에 어린이의 뛰어노는 소리가 소음원이 되고 있으며, 이 소리와 비슷한 타이어 충격원을 이용하지만, 서양에서는 구두를 신고 다니

〈표2-8〉 각국의 바닥충격음레벨의 측정방법 비교

각국기준 구분	KS(JIS)	ISO(국제규격)	ASTM(미국)	DIN(서독)
충격원	경량 및 중량충격원 사용	경량충격원만 사용	좌동	좌동
측정주파수 대역	63Hz ~4,000Hz	100Hz ~3,150Hz	좌동	100Hz~3,200Hz
측정주파수	1/1옥타브밴드 중심주파수	1/3옥타브밴드 중심주파수	좌동	좌동
측정점의 갯수	5 장소 이상	4 장소 이상	-	-
측정기의 동특성	fast	Slow	-	-
측정범위	실험실측정 및 현장측정	좌동	실험실측정	실험실및 현장측정
흡음력의 고려	보정하지 않고 일정한 값으로 가정	바닥충격음레벨산정시 흡음력에 대한 보정	좌동	좌동



〈그림2-8〉 바닥충격음에 대한 각국의 기준곡선

는 입식생활을 하기 때문에 하이힐 소리와 비슷한 경량충격원을 이용하고 있다. 충격원의 차이는 생활습관의 차이를 의미하며, 이러한 이유로 우리나라에서는 저주파대역에서 바닥구조의 음향성능을 평가하기 위해 측정주파수 대역이 63Hz부터 측정하고 있으며, 1/3옥타브 밴드보다 저주파수에서 측정오차가 적은 1/1옥타브 밴드를 채택하고 있다.

측정점의 갯수도 우리나라에서는 공간적인 평균을 많이 하기 위해 5장소 이상이며, 측정기의 동특성은 저주파수에서 충격음레벨의 특성때문에 fast로 하였다.

ISO, ASTM, DIN에서는 흡음력을 보정하고

있으나, 우리나라 및 일본에서는 주택의 경우 방의 넓이가 대개 같고, 실내마감도 흡음력이 크게 변할 만큼 다르지 않기 때문에 흡음력은 보정하지 않고 있다.

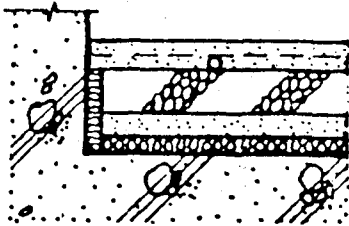
〈그림2-8〉는 각국의 차음성기준을 비교한 것이다. 우리나라에는 바닥충격음에 대한 차음성능기준이 없어 표시하지 않았다.

이 그림에서 알 수 있듯이 400Hz에서 65~75dB, 1,000Hz에서 60~70dB, 3,200Hz에서 45~60dB 정도로서 그 범위는 대개 10dB정도의 폭이며, ISO곡선은 전체 평균보다 약간 낮은 편이다.

## 바닥구조의 부위별 계획

### 슬래브

슬래브의 종류에는 균질슬래브, 중공(中空) 슬래브, 온돌구성층을 포함한 보, 장선구조의 슬래브 등이 있다. 본 절에서는 기존 공동주택의 온돌구조가 〈그림2-9〉과 같이 거의 슬래브와 온돌구성층으로 되어 있으므로 이 구조에 대한 바닥충격음 방지계획을 설명하고자 한다.



〈그림2-9〉 온돌구조의 단면

#### 1) 슬래브의 계획

(1) 경량충격시에는 진동음이 거의 균질하게 분포되므로, 슬래브의 영계수, 밀도, 두께, 슬래브의 둘레길이를 크게 해 주고 슬래브의 면적을 작게 하면, 바닥충격음 레벨을 감소시킬 수 있다. 이때 예상되는 바닥충격음 레벨은 2.2절의 이론식으로 구한다.

(2) 중량충격시에는 경량충격시와 같이 진동음이 균질하게 분포된다면, 바닥충격음 레벨은 영계수, 밀도, 두께에 의해 크게 영향을 받게 된다.

그러나 저음역에서 진동음이 균질하게 분포되지 않으므로 슬래브 면적, 주변지지조건을

고려해야 한다.

경량충격시와 중량충격시에 슬래브의 계획을 종합하면 슬래브는 두께를 충분히 확보하고 스펠이 큰 경우는 작은 보를 설치하여 슬래브의 강성을 높게 하는 것이 바람직하다.

그러나 현실적으로 슬래브두께를 150mm 이상으로 하는 것과 보를 설치하는 것은 어려우므로 온돌구성층을 슬래브 및 벽체와 절연하는 것이 바람직하다.

#### 2) 온돌구성층의 계획

온돌구성층과 슬래브를 절연시킨 구조는 질량이 큰 온돌구성층을 완충재로 지지한 공진계를 이용하여 진동의 전달을 감소시키는 구조이다. 국내 공동주택에서는 시멘트를 사용한 습식구조의 온돌구성층을 많이 사용하고 있으며, 이 구조는 슬래브, 완충재 및 온돌구성층으로 구성되어 있다.

온돌구조를 설계할 때, 슬래브의 계획은 1) 항과 같으며, 이와함께 완충재와 온돌구성층에 대한 계획이 종합적으로 검토되어야 한다.

온돌구조를 1자유도의 공진계로 보면, 방진의 원리로부터 적당한 손실계수를 가진 부드러운 완충재를 사용하여 스프링상수를 낮게 하거나, 온돌구성층의 질량을 크게 하여 공진계의 고유주파수를 될 수 있는 한 낮게 해야 한다. 그러나 완충재를 부드럽게 하면 불안정한 바닥이 되기 때문에 온돌구성층의 두께를 증가하는 편이 기능상으로 유리한 방법이다. 이때 완충재속의 공기는 밀폐상태에 있기 때문에, 완충재의 스프링상수는 완충재 자체의 스프링상수와 공기의 스프링상수를 합성한 값

〈표2-9〉 경량충격원의 경우 슬래브와 온돌구성층을 절연시킨 구조의 차음등급

타이어의 차음등급	L-45		L-50		L-55	
슬래브와 온돌구성층을 절연시킨 구조에	RW <sub>50</sub>	온돌구성층70	RW <sub>25</sub>	온돌구성층70	RW <sub>25</sub>	온돌구성층50
	슬래브150		슬래브130		슬래브120	
경차량충격원	바닥미감재없음	L-40~45	L-45~50	L-50		
	발포염화비닐계 바닥미감재사용	L-40	L-45	L-45		
	나이들핀치리버 미감재 사용	L-35	L-40~45	L-45		
	나이들핀치리버 바닥미감재로서 사용	L-30	L-35~45	L-40		

(주) RW : 벽음완충재, GW : 그라스를 완충재

이 된다. 공동주택의 거실의 경우, 중량바닥충격음 레벨에 대한 차음등급이 통상 63Hz의 주파수 대역에서 결정되므로, 고유주파수가 63Hz 주파수 대역의 하한 주파수인 45Hz이하로 되는 것이 바람직하다.

〈표2-9〉과 공동주택에 시공된 슬래브와 온돌구성층을 절연시킨 구조(슬래브의 크기 9~12㎡ 정도)의 차음등급을 나타내고 있다.

〈표2-9〉는 경량충격시 슬래브와 온돌구성층을 절연시킨 구조의 종류별 차음등급을 나타내고 있으며, 바닥마감재가 있는 경우나 없는 경우의 차음등급은 5dB 차이밖에 없다. 또한 두께가 120mm인 슬래브의 차음등급은 L-80이며, 슬래브와 온돌구성층을 절연시킨 구조가 높은 차음성능이 이렇게 좋아진 것은 충격원의 고유주파수(태핑머천:2kHz)와 슬래브와 온돌구성층을 절연시킨 구조의 고유진동수의 비가 대략 40이상으로 되었기 때문이다.

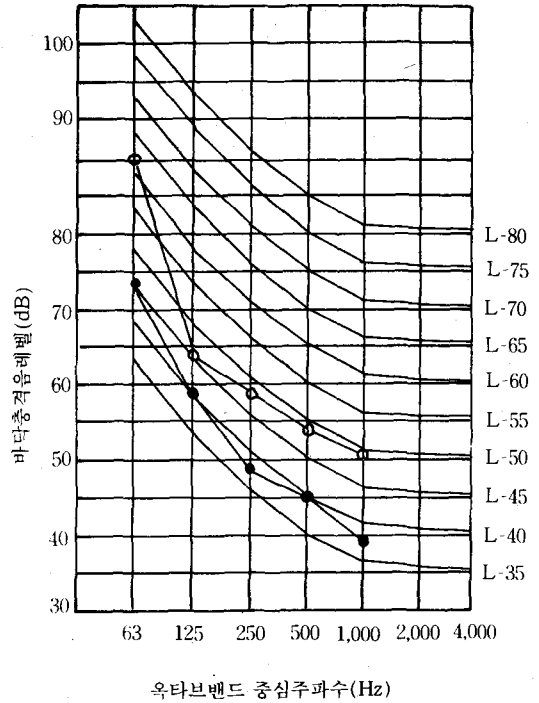
### 바닥마감재

공동주택의 바닥마감재로는 카펫, 나무마루, 모노름 등이 있다. 이 재료중 카펫은 바닥충격음을 감소시키는데 가장 유효하지만, 카펫에 번식하는 미생물에 의해 건강장해 문제가 대두되고 있다. 현재 우리나라에서는 시공상, 경제상의 요건을 고려하여 모노름을 많이 사용하고 있다.

바닥마감재는 경량충격시 유연한 탄성으로 충격을 막아서 충격시간을 길게 하고 충격력이 피크치와 충격고유주파수를 저하시킨다. 그러나 중량충격시에는 충격원 자체가 거의 변하지 않는다. 따라서 바닥마감재는 경량충격음을 작게하는 데 사용되며, 바닥마감재의 공진주파수를 되도록 낮게 설계하면, 바닥충격음의 개선량이 최대로 된다. 즉 바닥마감재의 스프링상수를 낮게 할 수록 경량충격시에는 유리하다.

### 천장

천장의 종류에는 재료에 따라 널천장, 종이천장, 각종 보드천장 등이 있다. 널천장 및 공



〈그림2-10〉2중천장의 개수전후 단면과 중량바닥충격음레벨

간층을 둔 보드천장이 차음목적상 많이 사용되고 있으며, 종이천장은 차음효과를 기대할 수 없다. 특히 보드를 사용한 2중천장은 내장마감을 위해 모든 실에 사용하면 차음효과를 기대할 수 있다.

천장은 공기층을 충분히 둔 후 록울 등과 같은 흡음재를 바닥슬래브와 천장 사이에 충전하는 동시에, 천장의 면밀도를 크게 한 후 방진지지를 하면, 바닥충격음을 크게 저감시킬 수 있다. 그러나 현실적으로 이러한 구조는 시공비가 많이 들기 때문에 대체로 록울을 충전하지 않는다. 록울이 없는 천장구조는 공기층의 두께가 크다고 해서 무조건 바닥충격음 레벨이 개선되지 않으므로, 공진주파수가 2중벽의 공명부과주파수라 가정하여 공진주파수를 검토해야 한다.

〈그림2-10〉은 2중천장의 개수 전후에 대해 중량바닥충격음레벨 측정결과를 나타낸 것이다. 행거(hanger)볼트에 방진고무로 부착하고 천장재의 면밀도를 높게 함으로써, 63Hz 주파수대역에서 음압레벨은 15dB이상 저하하고, 차음등급이 3등급 개선되었다.