

# 일본의 바닥구조와 바닥충격음

공동주택 음 문제 중 가장 큰 요인 중의 하나인 바닥충격음에 대하여 우리나라와 거주 및 생활양식이 비슷한 일본에서의 바닥구조에 따른 바닥충격음 현황 및 바닥충격음 편차요인에 대한 최근의 연구내용을 간단히 정리하여 소개하도록 한다.

염성곤

삼성물산(주)건설부문 주택기술팀(sk.yum@samsung.com)

## 최근 일본의 바닥구조와 바닥충격음

공동주택에서의 바닥충격음 대책은 경량충격음과 중량충격음 대책으로 나뉘며 그 중 중량충격음 차단 성능은 구조체 구조 자체가 갖는 성능에 의해 크게 좌우되며, 마감재 등에 의한 개선은 어렵다고 할 수 있다. 최근에는 바닥의 사양이 구조적인 내력성능이 아닌 중량충격음 차단성능에 의해 결정되고 있다고 해도 과언은 아닐 것이다. 한편, 구조기술의 진보에 따라 Void-Slab, Half-PC, 역보 구조공법 등 바닥판 구조의 변화 뿐 아니라 대형슬래브, 아우트프레임 등과 같은 건축구조, 건축기능에 따른 바닥구조로 변화되어 오고 있다. 여기에서는 이러한 바닥구조의 변화가 바닥충격음 성능에 미치는 영향과 그 설계 개념 등에 대하여 간단히 살펴보기로 한다.

## 보/기둥에 구속되지 않는 평면계획으로

기존 공법의 RC조 집합주택에서는 구조계획의 제약에 의해 슬래브면적 25 m<sup>2</sup> 정도의 스패너로 하는 것이 불가피하며 住戶(이하 세대)의 평면계획은 구조계획과 밀접하게 관계되어 있었다. 즉, 세대내의 구획은 기둥이나 보의 위치에 의해 큰 제약을 받고 있어 사업주나 거주자의 세밀한 요구에 대응하는 것은 어려웠다고 할 수 있다. 또한, 벽식 구조가 대부분인 구미나 한국 등과 비교하여 내진성능에 대한 법적 제약이 엄격한 일본에서는 라멘구조가 주류가 되어 있으며, 기둥의 돌출부가 존재함에 따라 가구의

레이아웃 등에도 제약을 미치고 있다. 그림 1에 나타난 바와 같이 보 형태가 없는 매끈한 천정, 보/기둥에 구속되지 않는 자유스러운 평면 제공이 가능하게 된다면 건물의 의장적인 잠재력이 높아지고, 매력적인 판매기획을 세우는 것도 가능하게 될 것이다.

근래의 구조기술의 진보는 이와 같은 생각을 실현 가능할 수 있게 해 주고 있다. 대표적인 예로서는 세대내의 작은보를 없애는 것과 같은 대형슬래브 구조공법을 들 수 있지만, 최근에는 이와 더불어 아우트프레임 구조공법, 초대형슬래브 구조공법 등도 있다. 또, 자유평면(Free-Plan)이라고 하는 건축계획적인 기획도 음환경에 대하여 미치는 영향이 크다고 할 수 있다.



[그림 1] 기둥/보에 구속되지 않는 세대계획, 자유로운 평면계획 (Planning)

### 대형슬래브

#### 슬래브 두께 · 슬래브 면적과 바닥충격음의 관계

슬래브 두께에 따라 변화하는 경향은 있으나, 슬래브 면적이 늘어난다고 해서 반드시 중량충격음 차단 성능이 저하되는 것은 아니라 할 수 있다. 이는 정적인 변위와는 경향이 다르다고 할 수 있으며, 그림 2에 슬래브 두께와 바닥충격음 레벨 실측치와의 관계를 나타낸다. 슬래브가 두꺼워 짐에 따라 바닥충격음 레벨이 저하하는 경향이 있다는 것이 확인되고 있다.

바닥충격음 예측에 있어서 면적 무한대의 판 구동점 임피던스는 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$Z_{\infty} = 8\sqrt{Bm'} \cong 2.31\rho^{0.5}E^{0.5}h^2 \quad (1)$$

여기에서, B: 단면강성,

m': 면밀도 [kg/m<sup>2</sup>],

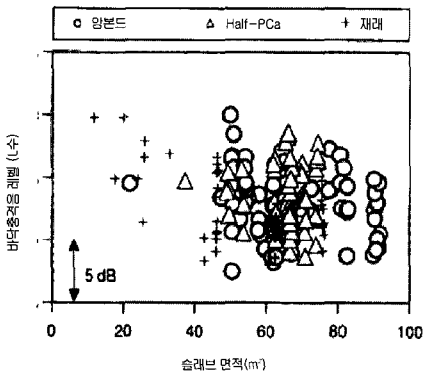
$\rho$ : 콘크리트 밀도 [kg/m<sup>3</sup>],

E: 영률(Young's Modulus) [N/m],

h: 슬래브 두께 [m]

위 식으로부터 구동점 임피던스는 바닥두께의 2승에 비례하게 된다. 그러나, 바닥충격음은 구동점 임피던스 뿐만 아니라 공진의 영향(판의 진동전과 감쇠)을 받게 된다. 이러한 것을 고려하면 바닥충격음은 바닥두께의 2승보다는 적은 차수(1.5승 정도)에서 반비례한다고 생각할 수 있다.

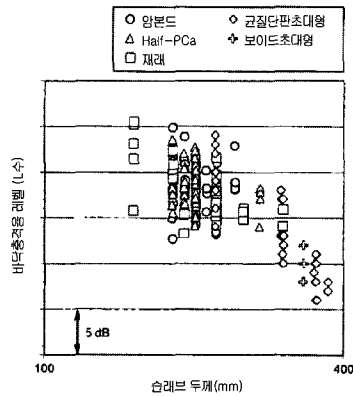
슬래브 면적과 바닥충격음의 관계에 대한 실측결



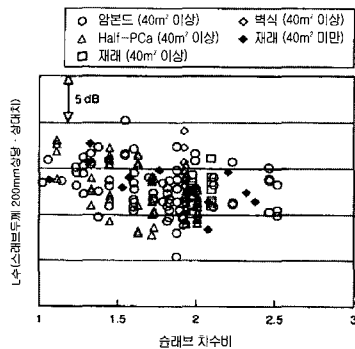
[그림 3] 슬래브 면적과 바닥충격음 레벨과의 관계

과를 그림 3에 나타낸다. 일반적으로 슬래브 면적이 커질수록 슬래브는 두꺼워 지는 경향이 있기 때문에 이 그래프에서는 우선 무한대판의 구동점 임피던스의 변화에 착안하여  $L' = L + 40 \log(h/h_0)$  가 되는 보정을 실시하였다. 이 결과로부터 슬래브면적이 커진더라도 바닥충격음 레벨은 저하되지 않는다는 것이 확인되었다.

판상의 1세대 1매가 되는 대형 슬래브 집합주택의 경우, 1차 고유진동수는 거의 16 Hz 전후가 된다. 그러나, 중량바닥충격음 결정주파수가 되는 63 Hz대역에 있어서도 슬래브의 고유진동수의 밀도는 낮고, 고유진동수와 관계도 간과할 수는 없다. 경험적으로는 구형(矩形) 슬래브의 경우, 정방형에 가까운 경우에는 성능이 저하하는 듯한 인상이 있으나, 그림 4



[그림 2] 슬래브 두께와 바닥충격음레벨의 관계



[그림 4] 대형슬래브 집합주택의 치수비와 바닥충격음 차단성능 (L<sub>n</sub>)와의 관계

에 나타내는 것과 같이, 실측 데이터를 정리한 경우, 슬래브 치수비와 바닥충격음과의 관계에 대하여 지금까지는 명확한 경향은 확인되고 있지 않고 있다.

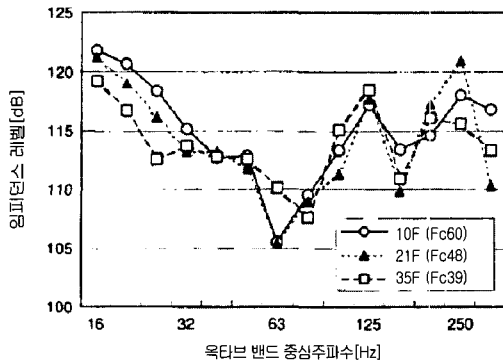
### 콘크리트 강도와 바닥충격음과의 관계

이론적으로는 콘크리트 강도가 높아지면 바닥충격음 차단성능은 향상된다. 그러나, 무한대판의 구동점 임피던스 Z는 슬래브 두께에 대하여서는 슬래브 두께의 2승에 비례하는 것에 비해 영률(Young's Modulus)은 콘크리트 강도에 대하여 0.3~0.5승에 만 비례하는 관계에 있기 때문에 콘크리트 강도의 변화의 영향은 적다고 할 수 있다. 그림 5는 층별로 콘크리트 강도가 다른 초고층 집합주택에 있어서 동일평면 위치에서의 구동점 임피던스 (전시간 응답)을 층별로 측정된 결과의 예이다. 여기에서 나타난 결과에서는 고유진동수가 변화하고 있는 경향이 보이고 있으나, 이론치에 대응하는 것과 같은 임피던스 레벨 자체의 변화는 확인되지 않고 있다.

### 대형슬래브를 실현하기 위한 바닥판 구조

#### 암본드 슬래브

암본드 슬래브 공법에 의한 강선의 긴장효과에 대하여서는 지금까지도 몇가지 검토결과가 보고되어 있다. 渡辺 등은 프리스트레스 도입에 의한 모멘트의 변화율을 구하여 등가슬래브두께로의 환산방법에 대하여 소개하고 있다. 이러한 결과 등으로부터 임피던스법에 의한 바닥충격음의 계산하는 경우에는,



[그림 5] 콘크리트 강도의 변화에 따른 구동점 임피던스 측정결과의 변화

암본드 공법을 채용한 경우에 임피던스 레벨을 3dB 할증하는 예도 보여지고 있으나, 실측결과를 매크로하게 보면, 이러한 경향은 꼭 분명하게 나타내는 것도 아닌 것처럼 보인다. 또, 横山 등이 지적하는 것과 같이 프리스트레스 도입에 의한 크랙의 영향도 무시할 수 없다. 또 安岡 등은 시간경과에 따른 변화의 영향도 포함하여 조사하고 있지만, 현재 분명한 결론이 있다고는 말할 수 없다. 따라서, 현 단계에서는 암본드 강선의 영향은 고려하지 않는 편이 좋을 것으로 생각된다.

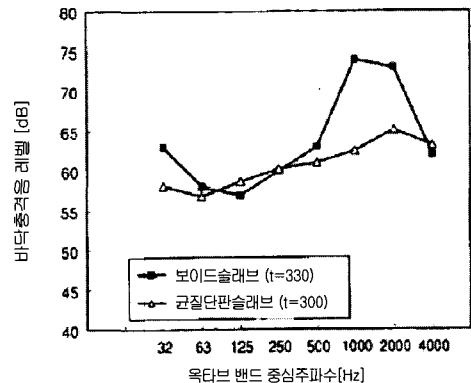
#### Half-PCa 슬래브

시공자가 합성바닥판을 채용하는 주된 이유는, 공기단축이라고 하는 면 뿐만 아니라 최종적으로 구입자에게 제공되지 않는 가설비의 절약이라고 하는 의미 또한 크다고 할 수 있다. 이것이 PCa판을 채용하는 이유라고도 생각할 수 있다. 또, PCa부재와 현장타설 콘크리트를 일체화된 바닥으로 볼 수 있으나 없느냐에 대하여서도 다양한 검토가 이루어지고 있다.

PCa부재 부분의 콘크리트 강도는 현장타설 콘크리트보다 높게 제작되는 것이 일반적이지만 바닥충격음 차단성능의 관점에서는 PCa부를 고강도부재로 했다고 해도 꼭 효과가 있다고 할 수는 없다. 이것은 앞에서 얘기한 콘크리트 강도와 구동점 임피던스의 관계에서도 나타난 것과 같다.

#### 보이드 슬래브

식(1)에 나타낸 바와 같이 무한대판의 구동점 임피



[그림 6] 보이드슬래브의 경량바닥충격음 성능저하



던스는 면밀도와 단면강성의 각각의 제곱근( $\sqrt{\quad}$ )에 비례한다. 보이드 슬래브의 경우, 단면강성을 슬래브의 전체 두께와 거의 동일하게 유지시키면서 슬래브 자체를 가볍게 구성할 수 있다. 즉, 동일면밀도의 균질단판 보다는 중량충격을 차단 성능을 양호하게 할 수 있게 된다. 또, 충격 임피던스의 측정결과를 비교한 경우, 보이드슬래브는 일차 고유진동수 근방에서의 실측치의 저하가 다른 구조 공법에 대하여 작아지는 경향이 있어 이러한 관점에서도 유리하게 된다고 생각할 수 있다.

중량충격음에 대하여서는 단면강성과 밀도에 의해 거의 성능이 결정되지만, 공기음차단 성능과 경량바닥충격음 차단 성능에 대하여서는 대부분, 이론상 중공부의 성능에 의해 전체의 성능이 결정되는 경우가 많다. 즉, 그림 6에 나타낸 것과 같이 중공부의 유무에 기인하는 1 kHz 대역 전후의 공진 영향은 경우에 따라서는 공기음 차단 성능과 경량충격음 차단 성능에 치명적인 장애를 일으키는 경우가 있다.

이러한 문제에 대한 건축적인 배려로서는 이중바닥 또는 천정공간을 설치하는 것과 같은 방법을 들 수 있다. 이중바닥·천정의 설치는 중량충격음 차단 성능에 대하여서는 악영향을 줄 수 있다는 것이 지적되고 있으나, 중고음역의 차음 성능에 대하여서는 플러스(+)로 작용한다. 시각을 바꾸면, 최근의 경향이 이중바닥·천정 있음 구조이므로 보이드슬래브의 채용이 가능해지고 있다고 생각할 수 있다.

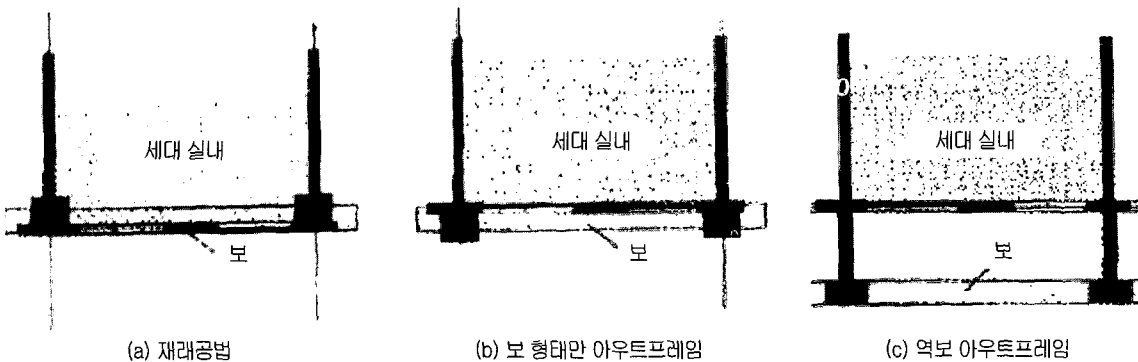
보이드슬래브의 고음역에서의 공진 영향에 의한 성능저하의 문제에 대하여서는, 최근 몇 가지의 대책안이 검토되어 보고되고 있다. 보이드 형상을 단순

히 작게 분할하는 것은 충분한 효과가 얻어지지 않으며, 최근에는 단면형상에 변화를 주어 공명투과주파수를 단일의 주파수에서 없애는 대책을 수립하는 것이나 보이드슬래브의 형상을 구형(球形)으로 한 것 등이 개발되기 시작되어 이러한 효과의 검증에 대하여서도 보고되기 시작하고 있다. 그러나, 이러한 개량안 중에는 단순히 공진주파수를 다른 주파수 대역으로 이동시키는 것이나, 기존 방법과 비교하여 시공성이 떨어지는 것도 있으므로 적용하는 경우에는 음향 성능의 관점 뿐만 아니라 여러 각도에서의 주의가 필요하다고 할 수 있다.

또, 보이드슬래브의 경우에 주의해야만 하는 것은 이방성(異方性)을 갖는 경우이다. 종래의 임피던스 법에서는 이방성까지는 언급되어 있지 않기 때문에 강축만을 평가하는 경우도 적지 않다. 강축과 약축의 단면강성이 크게 다른 경우에는 성능의 차이에 대하여서도 배려할 필요가 있을 것이다.

### 아우트프레임 구조 공법

지금까지 보의 위치는 그림 7(a)에 나타낸 것과 같은 종래공법과 거의 동일하지만, 실내측에 기둥모양이 없는 그림 7(b)와 같은 평면을 갖는 것을 아우트프레임 구조공법이라고 부르는 경우가 많다. 그러나, 본래의 아우트프레임 구조공법이라고 하는 것은, 그림 7(c)에 나타낸 것과 같이 발코니와 공용복도를 갖는 동일스팬내에 두어 역보 구조공법과 병용하는(많은 경우, 면진공법을 병용한다.) 것이라고 생각해야 할 것이다. 이 경우, 보가 세대로부터 떨어



[그림 7] 아우트프레임 공법의 평면

진 위치가 된다. 따라서, 역으로 말하면, 발코니 측의 외벽선은 보의 위치보다도 발코니의 폭 만큼 후퇴한 위치가 된다. 통상, 2번 구속 또는 3번 구속이 되어 있는 남측의 LD실은 경계벽부의 1번, 또는 경계벽부의 인접하지 않은 2번 구속의 형태가 된다.

구속변이 감소하는 것은 임피던스법의 이론에 따라 단순히 생각하면 중량충격음 차단성능은 불리한 방향으로 작용한다고 생각할 수 있다. 그러나, 외벽을 RC조로 한 경우에는 벽에 의한 구속의 효과는 전혀 기대할 수 없는 것은 아니라고 할 수 있다. 외벽 RC벽부의 구속에 의한 충격임피던스의 변화의 측정예를 그림 8~9에 나타낸다. 이 결과에서는 임피던스법에 의한 작은 보의 구속보다는 작지만 어느 정도의 구속효과가 확인되고 있다. 그러나, 외벽부를 RC조로 한 경우에도 하이샤시 등에 의해 개구부로서 사용되는 경우가 많은 부위이므로 구속의 효과가 기대할 수 없는 경우도 있다고 생각하는 것이 좋다.

### 초대형 슬래브 공법

Flat Slab 또는 단스팬보에 관한 기술개발, Super-Structure적인 발상이라고도 말할 수 있는 코아벽 구조 등의 병용에 의해 1세대 1스팬을 넘는 집합주택의 계획사례도 증가하고 있다.

Flat Slab를 채용한 건물에서는 슬래브 우를 전파하는 진동에 대하여 보에 의한 감쇠를 기대할 수는 없다. 전파에 있어서 어느 정도의 거리감쇠는 기대할 수는 있지만 기본적으로는 진동이 구조체 슬래브에

전파한 경우에는 동일층의 전체에 균일하게 확산된다고 생각해도 좋다. 이와 같은 경우에는, 동일 스펠 내에 인접 세대가 있게 된다. 동일 스펠 내에 설치된 건식 세대간 간막이의 존재가 슬래브의 진동성상에 영향을 주는 것에 대하여서는 몇몇 측정사례도 보고되고 있다. 그러나, 슬래브두께가 두꺼운 경우에는 변화가 없는 경우도 있다.

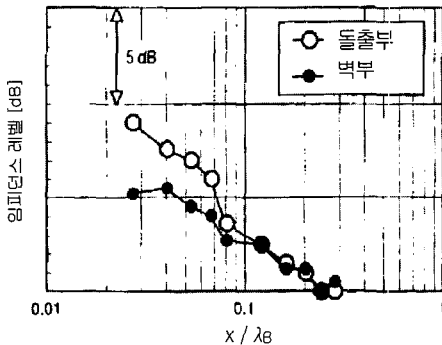
### Free Plan과 를 사용 공간 단차

#### Free-Plan에 기인하는 문제

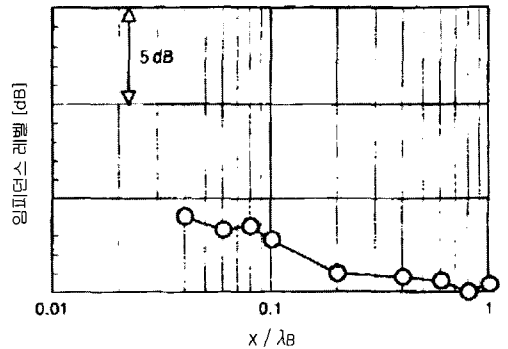
세대내의 실 구획을 자유롭게 선택/설계할 수 있는 것과 같은 Free-Plan의 경우에는 상하층 평면의 부정합이 발생하기 쉽다. 음환경의 관점에서는 상층의 Unit-Bath 등 물을 사용하는 공간 바로 밑에 침실이 배치되는 등의 가능성도 생각할 수 있다. 또, 인접 세대간에 대하여서도 Unit-Bath와 화장실과 건식 차음 간막이에 접한 인접실이 침실과 같은 부적절한 배치도 생길 수 있다는 것에 유의할 필요가 있다. 이와 같은 문제를 건축계획적으로 피할 수 있는 방법으로서 물 사용 영역을 한정시킨 상태에서의 Free-Plan이 적용되는 경우도 적지 않다.

#### Unit-Bath내의 행위에 기인하는 바닥충격음

Unit-Bath내의 행위에 기인하는 바닥충격음의 문제는 보가 없는 구조가 많이 사용되는 것이 오랜 문제라고도 생각할 수 있지만 종래의 집합주택에 있어서도 침실과 Unit-Bath 등이 동일스팬 내에 있는



[그림 8] 아웃프레임 공법의 돌출창부의 임피던스 레벨 상승량



[그림 9] 암본드슬래브 (t=220)에서의 아웃프레임 공법 벽부의 임피던스 레벨 상승량

일본의 바닥구조와 바닥충격음

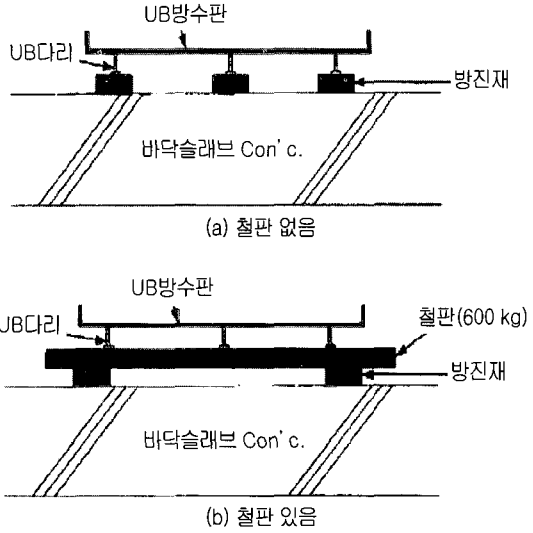


사례도 적지 않다. 게다가 이전부터 발생되어 온 문제라고 할 수 있으며 침실 직상부에 Unit-Bath가 있는 경우의 목표치 설정에 대하여서도 판단이 어렵게 된다.

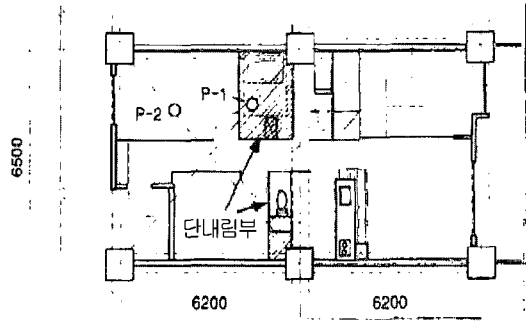
Unit-Bath내의 행위에 기인하는 충격음에 대하여, 직하 세대로부터의 영향과 대각선 윗층 세대로부터의 영향의 차이를 비교한 예를 표 1에 나타낸다. 표로부터 보를 넘어오는 것에 의한 감쇠량은 A특성음압레벨로서 약 5~8 dB 정도의 차가 생긴다고 생각할 수 있다.

Unit-Bath 행위음은 천정의 유무에 의해서도 크게 변화한다. 표 1의 결과에서는 천정이 있는 경우에는, 동일 스펠내에 있다면 직하부분도 인접부분도 변하지 않는다고 말할 수 있다. 또, A특성음압레벨로 비교한 경우, 천정에 의한 효과와 방진고무 등에 의한 대책효과 등이 서로 상쇄되는 경우도 적지 않다. Unit-Bath자체의 하중에도 의하지만 일반적인 FRP로 만든 Unit의 경우, 그림 10(a)에 나타낸 것과 같은 고무 지지다리 부분에 설치한 것은, 천정이 없는 경우에는 10 dB 가까운 효과가 얻어지는 경우도 있으나, 천정이 있는 상태에서는 그 효과가 상쇄되어 버리게 된다. 천정이 있는 상태에서 5~8 dB 정도의 효과를 얻기 위해서는 매우 부드러운 고무를 채용할 필요가 있다.

이와 같은 문제를 해결하기 위해서는 그림 10(b)에 나타낸 것과 같이 적절한 방진효과를 갖고 있으면서 하중변화에 의한 변위도 작게 하기 위한 Dead-Load를 도입할 필요가 있다.



[그림 10] Dead-Load를 부가한 Unit-Bath 방진

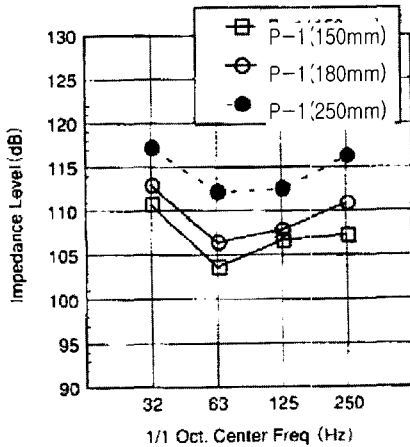


[그림 11] 검토 대상 세대 평면도

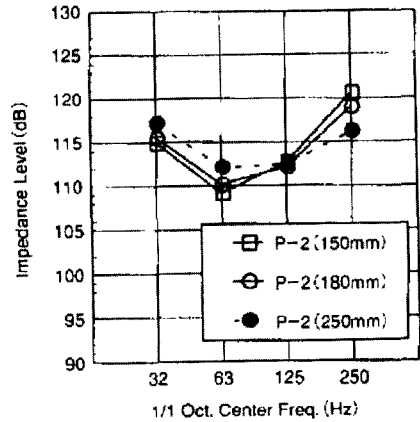
<표 1> 보의 유무와 전파감쇠량 (직하층 실을 기준)

[단위 : dB(A)]

조건	행위 (낙하물과 낙하높이)	직 천정			일반 천정		
		동일스펠 인접실	보를 넘는 인접스펠	보 대각선 넘는 스펠	동일스펠 인접실	보를 넘는 인접스펠	보 대각선 넘는 스펠
표준 방수 스펠	세면기 1 m	2.2	6.5	9.7	-1.4	5.3	7.0
	세면기 50 cm	2.2	8.1	10.0	-2.3	4.9	5.3
	골프공 1 m	4.3	9.1	13.2	-1.3	5.0	6.3
표준 다리	골프공 50 cm	4.1	8.8	12.6	-1.0	5.6	6.0
	Tapping Machine	4.0	7.0	11.0	1.0	5.0	5.0



(a) 단 내림부

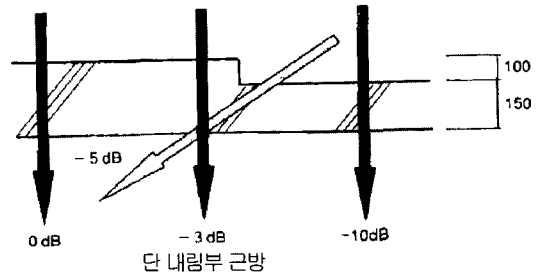


(b) 일반부

[그림 12] 계산결과

**물 사용공간 주변의 단 내림의 영향**

세대내 중, 바닥 하부에 배관 스페이스가 필요한 물 사용 주변 부분만 슬래브 단차를 주는 경우가 있지만, 여기에서는 슬래브를 내려 물 사용부 주위를 일반부분보다도 얇게 한 경우의 영향에 대한 검토사례를 소개한다. 그림 11에 나타난 집합주택에 있어서, 일반부분의 슬래브 두께를 250 mm로 하고 물사용 주변부를 150 mm, 180 mm, 250 mm로 한 경우의 사전검토로서 대상슬래브에 대하여 유한요소법에 의한 고유치해석을 실시하여, 모드 합성법에 의해 구동점 임피던스를 산출하였다. 단 내림된 부분에 해당하는 P-1에서는 그림 12에 나타내는 것과 같이 단 내림에 의해 63 Hz 대역의 구동점 임피던스가 10 dB 정도 작아지고 있다. 그러나, 슬래브 전체로서의 영향을 생각하면 일반부에서는, 단 내림에 따라 고유진동수가 변화하여 63 Hz 대역의 임피던스 레벨이 상승하고 있는 부분도 있다. 경량바닥충격음에 대하여서는 당연히 입력측의 슬래브 두께가 얇아지므로 성능저하가 예상되지만 동일슬래브내의 침실 등에서 뛰거나 했을 때에는 단 내림에 의한 성능저하는 거의 없다고 생각된다. 또 전달계통을 고려하여 단 내림부를 가진 경우의 일반부로의 영향에 대하여서도 검토하면, 그림 13과 같이 정리할 수 있다.



[그림 13] 중량바닥충격음에 대한 단 내림의 영향의 계산 결과

**바닥충격음 측정값 편차의 현상**

일본에서의 집합주택 등의 바닥충격음 차단성능은 구조체 바닥구조, 바닥 마감구조, 천정구조, 하부 실공간 등을 조건으로 하여 예측상의 평가량으로서 L값을 산출하는 방법이 일반적이지만, 실제 현장에 있어서의 바닥충격음 차단성능은 예측값과 측정값에 차이가 생기는 경우와 잘 일치하는 경우 등 바닥충격음 측정치에 편차가 나타나고 있다. 바닥충격음 측정값에 있어서의 편차의 요인은 ① 바닥충격음 발생계통에 관한 구조적 조건의 차이 (슬래브 두께, 평면치수, 마감, 하부 실공간 등), ② 바닥충격음 측정계에 관한 측정조건의 차이 (측정기, 측정위치 등), ③ 시공정밀도 등 이라고 생각할



수 있다. 이러한 요인이 복잡하게 영향을 주고 있다는 것을 바닥충격음 차단성능으로서 평가하고 있기 때문에 바닥충격음 측정값에 편차가 발생하고 있다고 생각된다. 여기에서는 실측결과를 기초로 하여 바닥충격음 차단성능의 편차 현상에 대하여 개략적으로 살펴본다.

**바닥충격음에 발생계에 관한 구조적 조건의 차이**

- 구조체 (진동특성)  
구조, 슬래브 두께, 평면치수, 구속조건, 밀도, 영률, 감쇠정수
- 바닥마감 (저감량 또는 증폭량)  
구조, 슬래브 두께, 평면치수, 구속조건, 밀도, 영률, 감쇠정수, 공기층의 스프링정수, 방진재의 스프링정수
- 천정마감 (저감량 또는 증폭량)  
구조, 슬래브 두께, 평면치수, 구속조건, 밀도, 영률, 감쇠정수, 방사계수, 공기층의 스프링 정수, 천정재의 스프링 정수
- 하부 실 공간 (공간 응답 특성)  
치수, 형상, 고유음향저항, 흡음력

**중량충격음 차단성능의 분포**

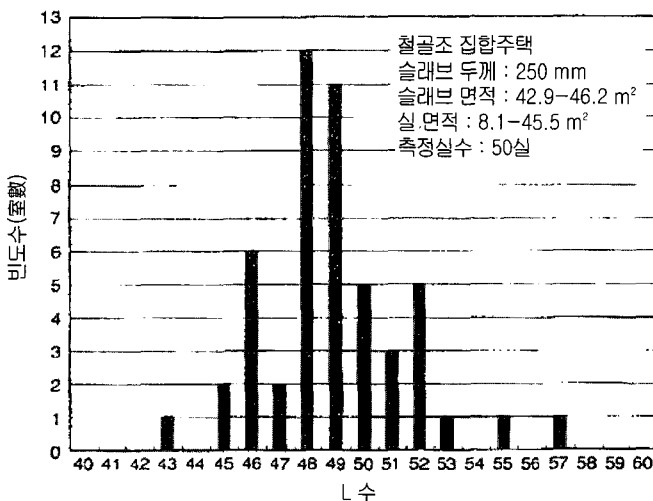
최근의 집합주택에서는 동일한 건물에서도 각 세

대의 바닥면적이나 형상이 다양화된 평면계획이 많아지고 있으며, 다수의 세대Type이 존재하고 있다. 따라서, 동일 슬래브 두께, 내장재에 있어서도 슬래브의 고정조건이나 거실의 평면 수치 등이 다르기 때문에 바닥충격음 차단성능이 차이가 발생하고 있다.

그림 14에서는 중량충격음 차단성능 분포의 측정 사례를 나타내고 있다. 이것은, 철골조의 집합주택 (슬래브 두께 : 250 mm) 슬래브 면적 : 42.9~46.2 m<sup>2</sup>, 실면적 : 8.1~45.5 m<sup>2</sup>의 다른 형상의 거실 50개 실에 대하여 중량바닥충격음 차단성능을 측정하여 결과를 나타낸다. 이 사례에서는 LH-50을 중심으로 LH45~LH55의 3Rank의 폭(편차)이 확인되고 있다.

모든 세대 Type에 대하여 바닥충격음의 검토를 하는 것이 이상적이기는 하지만, 대표적인 Type의 몇 개 세대, 바닥충격음이 가장 불리할 것으로 생각되는 거실 몇 개 실에 대하여 예측을 통해 검토하고 있는 것이 실정이다. 이 경우, 세대 Type에 의한 성능의 폭은 적어도 3Rank 정도는 있다는 것을 인식해 둘 필요가 있다고 할 수 있다.

또한, 이와 같은 현상을 생각하면 목표값에 대한 사고가 중요하게 된다. 다시 말하면, ①모든 세대의 바닥충격음이 목표치를 만족하도록 설계할 것인지, ②평균적인 목표치를 만족하면 좋다고 할 것인지, ③품확법과 같이 평균치+표준편차( $\sigma$ )를 목표치로



[그림 12] 계산결과



할 것인지이다. 어떠한 생각으로 하든지 설계단계에서부터 목표치에 대한 사고를 명확하게 할 필요가 있다고 할 수 있다.

**동일스팬 세대에 있어서 바닥충격음 차단성능의 편차**

바닥충격음 측정결과에 있어서 편차의 요인은 ① 구조체 바닥구조와 마감구조, 천정 마감, 하부 실 공간에서 사용하는 재료의 물성 변화, ② 측정기, 측정 위치 등 바닥충격음 측정계의 측정조건에 차이, ③ 시공정밀도 등 이라고 생각되며 이러한 영향을 적지 않게 받고 있는 것을 바닥충격음 차단성능으로 평가하고 있다.

이와 같이 편차의 요인은 복잡하다고 생각되고 있기 때문에, 일본소음제어공학회의 바닥충격음분과 위원회에서는 ③의 시공정밀도가 거의 동일하게 되도록 시공자 또는 시공관리자가 착공시부터 준공시까지 동일한 집합주택을 선택하여 ②의 측정조건에 대하여서도 차이가 생기지 않도록 동일한 측정기관에 의해 실시된 동일형상·동일사양의 거실을 대상으로 한 동일 평면(Plan) 세대에서의 중량바닥충격음 차단성능의 편차를 표 2에 나타내고 있다.

이 결과에 의하면 각 실 Type별 L값의 표준편차는 1~2 정도로 나타나고 있다. 이 중 바닥 마감재가 바로붙임 또는 천정이 직 천정의 Type을 보면 대체적으로 표준편차는 작은 값을 나타내고 있고 바닥마감

<표 2> 동일 평면 세대에서의 중량바닥충격음의 편차

건물명	실명	슬래브종류	슬래브두께 (mm)	마감재	천정	측정 실수	L수의 표준 편차
A	1	보이드 슬래브	250	건식이중바닥 (Flooring)	이중천정(AS-70 mm)	5	1.36
	2	보이드 슬래브	250	발포프라스틱바닥(다다미)	이중천정(AS-70 mm)	5	1.34
B	1	일반 슬래브	150	직접붙임바닥(타일카펫)	이중천정(AS-400 mm)	4	1.29
	2	일반 슬래브	150	직접붙임바닥(타일카펫)	이중천정(AS-400 mm)	4	0.16
	3	일반 슬래브	150	직접붙임바닥(타일카펫)	이중천정(AS-400 mm)	4	2.16
	4	일반 슬래브	150	직접붙임바닥(타일카펫)	이중천정(AS-400 mm)	4	0.5
C	1	일반 슬래브	210	발포프라스틱바닥(프로링)	이중천정(AS-280 mm)	4	2.03
	2	일반 슬래브	210	건식이중바닥(Flooring)	이중천정(AS-280 mm)	4	1.21
	3	일반 슬래브	210	발포프라스틱바닥(프로링)	이중천정(AS-280 mm)	4	1.67
	4	일반 슬래브	210	발포프라스틱바닥(프로링)	이중천정(AS-280 mm)	4	1.3
	5	일반 슬래브	210	발포프라스틱바닥(프로링)	이중천정(AS-280 mm)	4	1.9
D	1	일반 슬래브	200	건식이중바닥(Flooring)	이중천정(AS-230 mm)	8	2.19
	2	일반 슬래브	200	건식이중바닥(Flooring)	이중천정(AS-230 mm)	8	1.61
D'	1	일반 슬래브	230	직접붙임바닥(Flooring)	이중천정(AS-80 mm)	4	0.95
	2	일반 슬래브	230	직접붙임바닥(Flooring)	이중천정(AS-80 mm)	4	1.38
	3	일반 슬래브	230	직접붙임바닥(다다미)	이중천정(AS-80 mm)	4	2.17
E	1	Half-PCa	230	건식이중바닥 (Flooring)	직 천정	12	0.67
	2	보이드 슬래브	220	건식이중바닥 (Flooring)	이중천정(AS-120 mm)	12	1.26
	3	Half-PCa	230	건식이중바닥 (Flooring)	직 천정	24	1.42
F	1	Flat-Slab	370	건식이중바닥 (Flooring)	이중천정(AS-220 mm)	6	1.17
	2	Flat-Slab	370	건식이중바닥 (Flooring)	이중천정(AS-220 mm)	5	1.14
	3	Flat-Slab	370	건식이중바닥 (Flooring)	이중천정(AS-220 mm)	4	0.96



재 구조나 천정의 마감이 이중바닥 또는 이중천정 등에 비해 복잡하지 않은 경우는 재료의 물성 변화와 시공관리상의 차이는 억제되어 편차가 작아지는 경향도 보여진다.

그러나, 이중바닥-이중천정의 조합에서도 표준편차는 작은 Type도 있으므로 더 많은 데이터를 상세하게 분석하여 각 요소에 있어서 편차의 기여도 등을 검토할 필요가 있다고 생각된다.

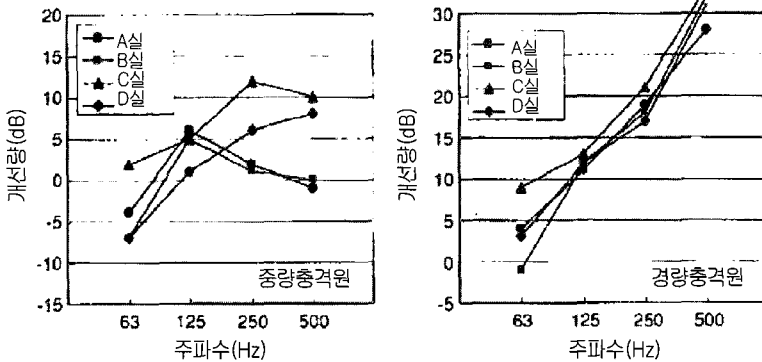
이상의 결과로부터 동일 평면 세대에 있어서도 바닥충격음 차단능의 표준편차는 1~2 정도 있다는 것을 인식해 둘 필요가 있다고 하겠다.

**동일 마감재 구조, 천정구조에 있어서의 바닥충격음 개선량의 편차**

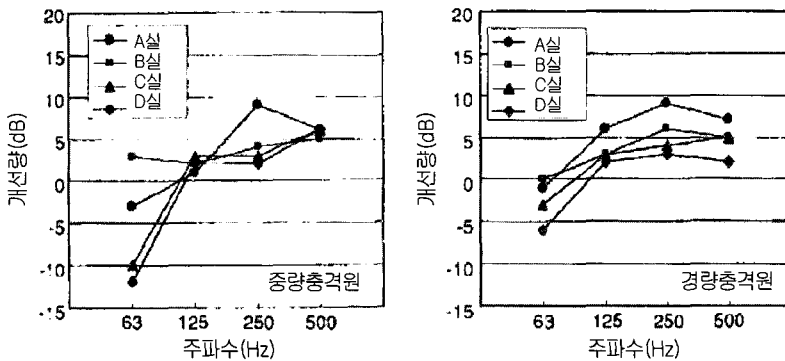
근래의 집합주택에는 세대내의 물 순환용 배관루트 확보를 위해 생기는 단차 해소를 위해 건식 이중

바닥이 채용되는 경우가 많고, 건식이중바닥에 의한 바닥충격음 개선량을 어떻게 취급할 것인가가 중요한 과제가 된다. 일반적으로 실시되고 있는 바닥충격음예측에서는 건식이중바닥이 없는 상태에서의 바닥충격음을 예측하여, 이 값으로부터 실험실에서 얻어진 건식 이중바닥에 의한 개선량(바닥재 메이커에서는 카다로그에 표시하고 있는 경우가 많다.)을 차감하여 구하고 있다. 그러나, 충격원→건식이중바닥→하부 실 천정→하부 실 공간 이라고 하는 개개의 진동계가 복잡하게 관계되어 바닥충격음이 결정되고 있기 때문에 실제 건물에 있어서의 건식이중바닥에 의한 개선량은 슬래브의 크기와 고정조건, 거실의 평면 치수 등에 의해 다른 값을 나타내는 경우가 있다. 천정에 대하여서도 동일하다고 할 수 있다.

RC조 집합주택 (슬래브 두께 : 220 mm) 슬래브 면



[그림 15] 건식 이중바닥의 바닥충격음 개선량 측정사례



[그림 16] 천정의 바닥충격음 개선량 측정사례

적 : 25.8~57.0 m<sup>2</sup>, 실면적 : 11.2~28.0 m<sup>2</sup>의 다른 형상의 거실 4개실 (시공정도가 거의 동일하게 되도록 시공자 또는 시공관리자를 동일하게 한다)에 있어서 측정자, 측정기기도 동일하게 하여 편차 요인이 적어지도록 실험적으로 실시한 현장에서의 건식이중바닥의 바닥충격음 개선량 측정사례를 그림 15에 나타내고 있다. 또, 그림 16에는 동일 실에서의 천정(공기층 180 mm + 경질석고보드 9.5 mm + 12.5 mm)의 바닥충격음 개선량 측정사례를 나타낸다.

이 결과에 의하면, 충격원→건식이중바닥→하부 실 천정→하부 실 공간 이라고 하는 개개의 진동계가 복잡하게 관계하여 바닥충격음이 결정되기 위해 슬래브의 크기와 고정조건, 거실의 평면치수 등이 다르면 바닥충격음 개선량에 편차가 생기고 있다고 생각된다.

**맺음말**

이상, 일본에서의 바닥구조와 바닥충격음에 대한 영향에 대한 연구내용 및 사례소개, 바닥충격음 측정 및 평가에 있어서의 편차의 현상 등에 대한 연구내용을 간략하게 소개하였다. 개략적인 연구내용의

소개에 그친 면도 많으나 향후 국내의 바닥충격음 연구에 시사하는 점도 많다고 생각된다.

바닥충격음의 발생 및 전달은 여러 가지 요인이 복잡하게 관계되고 있어, 측정결과에 있어서의 편차의 요인은 여러 가지로 생각할 수 있으나 이를 정량적으로 나타내기 위해서는 아직 많은 과제가 남아 있다. 이와 같은 국외 연구 등의 검토를 통하여 국내에서도 다양한 분야에서의 연구결과 축적을 통해 보다 양호한 거주환경을 제공해 가는 데 있어서 일조가 되기를 기대한다.

**참고문헌**

1. 日本音響材料協會, 〈特集〉座一床(床に求められる様々な性能, Vol.32 no.4, 通卷 No.124, 2003. 12.
2. 古賀貴士, 田野正典, 大形スラブにおける實務的な床衝撃音予測手法, 日本 建築學會計畫系論文集, 第511號, pp.23-29, 1998.9
3. 古賀貴士, 田野正典, 寸法比に着目した大形スラブにおける重量衝撃音遮斷 性能の予測手法の検討, 日本建築學會計畫系論文集, 2000. 11