

## 기술정보

## 공동주택의 내부소음 실태 및 저감방안 Actual Condition and Noise Reduction of Indoor Noise in Apartment Houses

김 흥 식

(Heung Sik Kim)

1대한주택공사 주택연구원 소음진단팀 팀장

## I. 머리말

국내의 공동주택은 부족한 택지량과 정부의 200만호 주택건설계획에 따른 양적 팽창에 대응하기 위하여 고층·고밀도화 되고 있으며 생활수준의 향상으로 점차 주택의 실적 요구 수준도 날로 높아 가고 있다.

공동주택의 내부음환경은 고층·고밀도화에 따른 구조체와의 합리화 및 단상정식 노면으로 인한 층과 층 두께가 얇아지고 구조체가 강화되면서 내부 간섭 이벽 등이 전실화 됨에 따라 점차 불리해지고 있다. 그 결과 1989년도 고층아파트 분양 요인 조사에서는 마다 충격음을 포함한 내부소음 문제가 가장 높은 불만요소로 지적 나타났다.

본 고에서는 이러한 국내공동주택의 내부소음 실태 및 문제점을 파악하고 문제사 되고 있는 주요 내부소음원의 기본적인 저감방안에 대하여 설명하고자 한다.

## II. 공동주택 내부소음의 종류 및 전달 경로

## 2.1 내부소음의 종류

공동주택에서 거주자에게 영향을 미치는 소음은 그 전달기구의 차이에 따라 공기전달음과 고체전달음으로 대별할 수 있다. 특히, 내부에서 문제가 되는

주된 소음을 거주자의 거주공간을 중심으로 그 전달과 발생원인을 고려하여 분류하면 표 1과 같다.

공기전달음은 공기를 통한 음의 진파로서 벽체 및 개구부 등을 통과하여 실내에 전달되는 유리막 이집세대의 대화음, TV음, 스테레오음 등의 생활음 등이 여기에 속한다.

고체 전달음은 건물의 구조체중 따라 진동에 의해 발생되어 실내, 전장, 벽, 바닥면에서 발생하는 음으로써 윗층의 이린이 되는 소리와 같은 충격음과 엘리베이터 소음등의 기계설비 진동음등이 있다. 또한 공기 전달음과 고체 전달음의 복합전달음으로써 쓰레기 버리는 소리, 창문 개폐음, 피아노음 등이 있다. 일반적으로 철근 콘크리트 구조의 공동주택은 벽체의 질량이 크기 때문에 공기전달음의 차단에 유리하지만 진동이 전달되어 건물의 넓은 범위에 걸쳐 고체 전달음의 문제를 일으키는 경우가 많기 때문에 이에 대한 대책이 절실히 요구된다.

## 2.2 내부소음의 전달경로 및 발생 모델

공동주택의 내부에서 발생하는 공기전달음과 고체 전달음의 전달경로는 그림 1과 같으며 주요 내부소음원인 바닥충격음의 발생 모델과 빈기 급배수 설비 소음의 전달경로는 그림 2 및 그림 3과 같다.

표 1. 공동주택 내부소음의 종류

음의 종류	음의 발생 장소	대표적인 소음원
공기전달음	실 외	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 자동차, 철도, 항공기 등의 교통소음</li> <li>• 이웃주택·동에서의 생활음</li> <li>• 주택 주변 놀이터에서의 어린이 노는 소리</li> </ul>
	실 내	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 음성, TV, 스테레오 등의 생활음</li> <li>• 복도, 계단에서의 대화음</li> <li>• 부엌, 화장실의 유수음</li> </ul>
고체전달음	실 외	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 지하철 등의 주행에 의한 진동음 및 인근 건설작업 진동음</li> </ul>
	실 내	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 아이들 뛰노는 소리</li> <li>• 의자, 테이블 등 집기류의 이동음</li> <li>• 계단, 복도의 발자국 소리</li> <li>• 엘리베이터 등 기계설비 진동음</li> <li>• 급배수 설비배관 내의 유수진동에 의한 소음</li> </ul>
공기전달음 + 고체전달음	실 외	•
	실 내	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 피아노음</li> <li>• 창호, 현관문 개폐음</li> <li>• 쓰레기 버리는 소리</li> <li>• 전기세탁기, 전기청소기 등의 사용에 의한 소음</li> </ul>

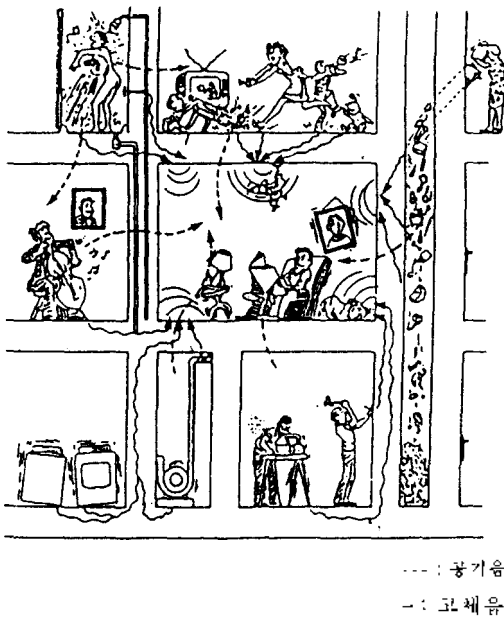


그림 1. 공동주택의 내부소음 전달경로

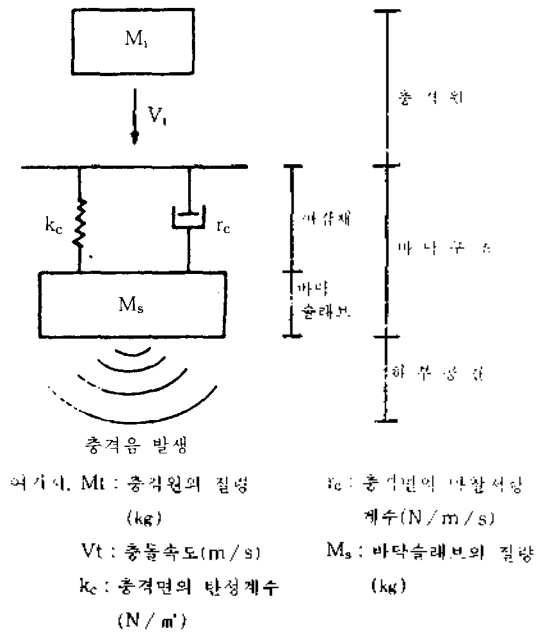


그림 2. 바닥충격음의 발생모델

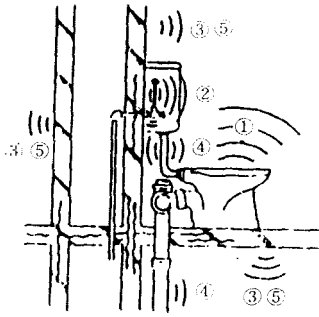


그림 3. 변기 급배수설비 소음의 전달경로

바닥충격음의 발생모델은 그림 2와 같이 충격원, 바닥구조, 하부공간으로 대별되며 급배수 설비소음중 주요 소음원인 변기 급배수음은 그림 3에서와 같이 이를 세분하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

- ① 변기내의 세정수 흐름에 의한 세정음
- ② flash valve나 불탱의 작동시 급수기구관에서 실내에 방사되는 급수 발생음
- ③ ②의 발생진동이 배관계 및 구조체를 통하여 실내에 재방사되는 급수시 고체 전달음

- ④ 세정배수시 관벽에서 실내에 방사되는 배수 발생음
- ⑤ 세정배수시 관벽의 진동이 구조체를 통하여 실내에 재방사되는 배수시 고체 전달음

Ⅲ. 공동주택 내부소음의 실태 및 문제점

3·1 내부소음의 실태

국내 공동주택의 질적 향상에 대한 고려는 오래전부터 계속되어 왔지만 소음문제에 대해서는 거주자들의 불만이 높고 관심 또한 크게 증가하고 있는 실정이다.

지적순위	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
하자내용 (불만요소)	소음	내장재 결함	배수불량	전기설비불량	부착기구 및 시설물량	누수	공동부분 하자	난방	타일 분량	창호 불량	결로	기타
지적유 (%)	23.3	15.0	9.1	8.4	7.9	7.6	7.4	6.2	5.8	4.6	2.3	2.2

표 3. 이웃 및 자택내 주요 내부소음원 (고층아파트 기준)

순서	이웃집 소음원				자택내 소음원 (1986)
	윗층 (1989)		옆세대 (1986)		
	(1989)	(1986)	(1989)	(1986)	
1	아이들 뛰노는 소리	아이들 뛰노는 소리	쓰레기 버리는 소리	아이들 뛰노는 소리	변기 급배수음
2	변기 급배수음	실내에서 걷는 소리	아이들 뛰노는 소리	창호 개폐음	환기팬소음
3	욕조 급배수음	창 / 현관문 개폐음	계단복도의 발자국 소리	TV, 라디오, 스테레오	아이들 뛰노는 소리
4	계단 복도의 발자국 소리	계단 복도 발자국 소리	현관문 개폐음	현관문 개폐음	현관문 개폐음
5	쓰레기 버리는 소리	변기 급배수음	TV, 라디오, 스테레오음	전화음, 이야기소리	걷는 소리
6	실내발자국 소리	욕조 급배수음	인접욕실간 전달 소음	초인종 소리	소제기
7	인접욕실간 전달 소음	부엌의 조리 소리	변기 배수음	변기 배수음	아이들 소리

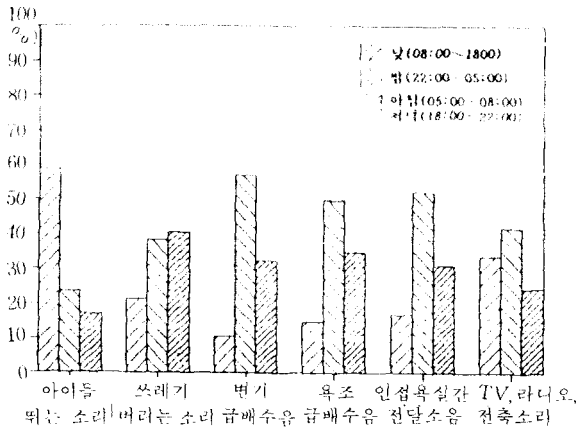


그림 4. 발생시간별 주요 내부소음원 (고층아파트 기준, 1989)

1989년에 조사한 국내 고층아파트 대상 공동주택의 차음성능과 차음성 기준에 주요내부 소음원 및 발생시간별, 발생빈도별 주요내부 소음원의 평균 및 그림 4, 그림 5와 같다.

공동주택의 하자로써 거주자의 가장 높은 불만요소는 소음, 내장재결합, 배수불량 등의 순으로 소음문제가 가장 크게 대두되고 있으며 소음문제의 대부분은 상하층 경계 바닥을 통한 충격음과 급배수 설비 소음등의 내부소음임을 알 수 있다.

발생시간별 주요내부 소음원으로는 낮의 경우 바닥충격음, 밤에는 인접세대간 공기전달음이 대화음, 성애음, 화장실 행의음 등이 높게 나타나며, 발생빈도별 주요 내부소음원으로는 어린이 뛰는 소리(바닥 충격음), 변기급배수음, 쓰레기 버리는 소리 등이 대체로 발생빈도수가 높은 것으로 나타났다.

### 3.2 공동주택 내부소음의 문제점

#### (1) 차음성능 기준 및 평가방법의 미비

국내의 차음성능 기준에 관한 내용은 건축법 시행령 제20조와 건축법 시행규칙 제16조, 주택건설에 관한 규칙 제7조에 경계벽 및 간막이 벽체 등의 차음구조에 관한 기준과 한국공업규격 KSF 4722, 4726, 4729에 조립용 콘크리트 바닥판 및 지붕판의 차음기준이 있다. 그러나 내부소음중 문제가 되고 있는 상하층 경계바닥의 충격음과 급배수 설비소음 및 엘리베이터 소음등의 평가방법과 차음성능 기준

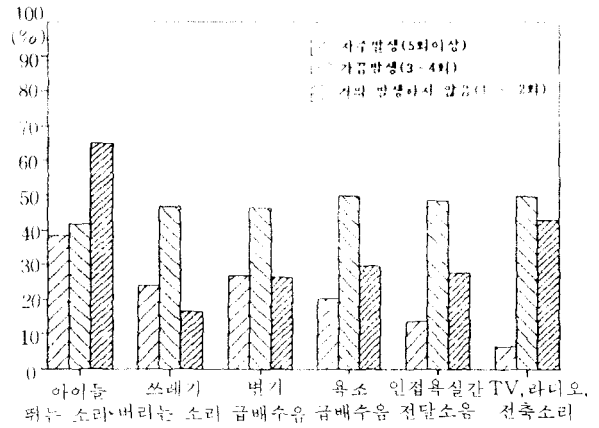


그림 5. 발생빈도별 주요 내부소음원 (고층아파트 기준, 1989)

을 대학주택공사와 건설협회에서 공동 주관한 공동주택 내부소음 저감사업이 있으나 실질적인 차음성능 및 차음구조 자료의 미비등으로 임의적인 차음대책에는 다소 미흡하다고 판단된다.

#### (2) 충분한 저감대책의 미흡

공동주택의 내부소음에 관한 문제가 크게 대두됨에 따라 바닥충격음과 급배수 설비소음 및 세대간 공기전달음등의 저감 방안에 관한 연구가 차츰 및 연구소등 중심으로 그동안 진행되었으나 원사상층의 측면에서 큰 어려움을 겪고 있는 실정이다. 급후, 경제적이고 차음성능이 우수한 차음재료의 개발과 시간대책에 관한 연구가 실질히 요구되어 이에 대한 필요성은 인력난의 해결방안으로 진행되고 있는 소립식 주택의 건립 증가추세와 함께 규종하리라 사료된다.

## IV. 공동주택 내부소음의 저감방안

공동주택에서 문제시 되고 있는 내부소음원 중 거주자의 불만족 적인 순위가 높은 바닥충격음, 급배수 설비소음, 음성 및 TV음, 창호개폐음, 엘리베이터음, 피아노음의 기본적인 소음 저감대책은 다음과 같다.

### 4.1 바닥충격음

#### (1) 뜬바닥 구조의 활용

바닥 구조의 바닥충격을 차감방안중 가장 효과적은 방법의 하나로써 일반적으로 바닥 슬래브와 기둥을 연결하는 방수층 사이에 완충재를 설치하는 구조이며, 습식과 건조의 2가지 경우로 대별된다. 그림 6은 습식공법에 의한 뜬바닥 구조의 단면실투를 나타낸 것이며 뜬바닥 구조의 완충재로서는 글라스울, 폴리스티렌폼, 스티로폼, 방음보드 등이 주로 이용되고 있다.

바닥 구조를 1차음원 진동계로 가정할 때 바닥충격음의 저감을 위해 최소 적당한 손실계수를 갖는 유연한 완충재를 사용하여 스프링 상수를 낮게 하거나 일부 흡음구멍층의 중량을 증가시켜 뜬바닥 구조의 고유진동수를 가능한 63 Hz의 하한주파수인 45 Hz 이하로 낮게 함이 바람직하다. 그러나 너무 유연한 완충재를 이용할 경우에는 뜬바닥판의 흔들림(rolling) 현상에 대한 주의가 필요하며, 벽체와의 밀착부위를 습기의 침투, 방에 발생등의 우려가 있기 때문에 이에 대한 대책의 고려가 필요하다.

이러한 뜬바닥 구조공법은 저감효과가 크기 때문에 이미 오래전부터 유럽, 프랑스, 일본 등에서는 이러한 시공 기준까지 만들어 사용되고 있다.

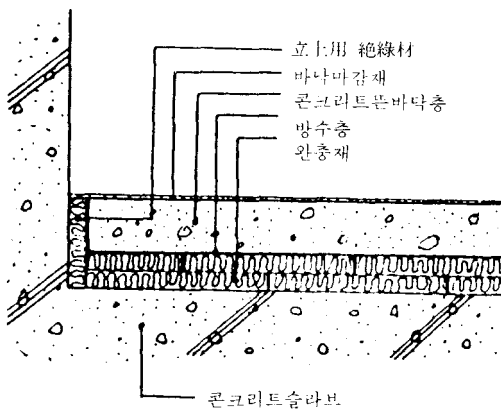


그림 6. 습식 뜬바닥 구조의 예

(2) 바닥슬래브의 중량화 및 고강성화

바닥슬래브 구조체의 중량을 증가시키거나 강성을 높임으로써 충격음의 저감효과를 얻을 수 있다. 특히 바닥구조체의 두께를 늘리는 것은 바닥의 면밀도와 강성을 동시에 높히게 되어 바닥 충격음 저감효과가

크며, 슬래브 두께가 2배됨에 따라 약 12 dB 정도의 저감효과가 발생한다.

그러나 중량 충격시 바닥의 진동전산은 마찰재의 중량 및 강성외에 보나 벽체의 위치 및 기타 지지조건등에 따라 결정된다. 따라서 실제 바닥의 중량이나 강성에 의한 바닥충격음의 저감효과는 바닥의 구조조건을 종합적으로 고려하여 평가하도록 한다.

(3) 유연한 바닥마감재의 활용

카펫이나 모노롬과 같은 유연한 바닥마감재는 경량충격시 충격시간을 길게하고 충격력의 최대치를 낮게 함으로써 주로 구두발자국 소리 및 물건 낙하음과 같은 고음력의 경량 충격음레벨을 저감시킨다. 그러나 어린이들의 뛰는 소리와 같은 저음력의 중량 충격음에 대한 저감효과는 기대하기 어렵다. 따라서 바닥마감재는 경량충격음을 저감시키는데 사용되며 유연한 재료를 이용할수록 바닥마감재의 스프링 상수가 낮게 되어 저감효과는 커진다.

(4) 이중 천장의 설치

이중 천장은 공기층을 충분히 두 후 글라스울, 록울등의 흡음재를 바닥슬래브와 천장 사이에 충전하고 면밀도가 큰 보드류의 천장재를 방진 지지할 경우 바닥충격음의 저감을 크게 할 수 있다. 그러나 실제 이러한 구조는 공사비의 상승으로 인하여 기대하기 어려우며 일반적으로는 공기층을 두고 보드류의 이중 천장을 하는 경우가 대부분이다.

이와 같은 이중 천장의 설치시에는 공기층의 두께 및 지지조건등에 따라 감쇄량이 크게 다르며 분쇄되는 충격음이 슬래브와 보드류 천장 사이의 공명투과 주파수와 일치할 경우에는 충격음의 전달이 증폭되어 큰 문제를 야기하기 때문에 주의가 필요하다.

따라서 이중천장을 채택하는 경우에는 천장재의 종류와 지지조건 및 공기층 두께등을 고려하여 저음역 공명투과 주파수를 63 Hz의 하한 주파수인 45 Hz 이하가 되도록 조정함이 바람직하다.

4.2 급배수 설비소음

(1) 평면 계획상의 고려사항

① 급·배수관이 포함된 파이프샤프트 (pipe shaft)

공기유량의 대부분은 수에 밀려서 떨어진다.

위 화상상의 위치는 기밀이나 침실로 부터 가능한 멀리 떨어지게 배치하며 카마이는 차음성능이 우수한 재료를 선택하고 지붕부분에 잘 패기 설치하지 않도록 한다.

- 2 욕실내의 배관이나 위생기구로부터의 고역진탕음을 감소시키기 위해서는 가능한 방향이 있는 침실벽쪽으로 설치한다.

## (2) 배관 공법상의 고려사항

### 1) 급수음의 저감 방안

- 세대내 급수압력이 2.0kgf/cm<sup>2</sup> 이하가 유지되도록 급수공급 시스템을 조정한다.
- 배관배관은 가능한 리하교 스푼배관을 이용해도 좋하며 불기괴한 경우나 비제, 비타의 코팅부나 스텐레스강, 동축, 고무등의 완충재를 이용하여 인접면의 구조적 사이에 음의 (sound bridge)가 발생하지 않도록 관코팅을 중시해 의무한다.
- 급수관 절단이나 권빙된부분에는 공기실(air chamber)을 설치하여 수격(water hammer)음의 발생을 방지하도록 한다.

### 2) 배수음의 저감 방안

- 변기배수관은 싱해충배관 방식을 이용한 공동 전설배관 방식에 비해 약 10dB 정도의 차감효과를 기대할 수 있다.
- 배관재는 주철제관과 같은 중량이 큰 재료를 이용하도록 한다.

### (3) 기타 저감 방안

- 급수기구나 위생기구류는 저소음형의 제품을 선정하여 사용한다.
- 설계시 적절한 급수압과 유속의 검토를 통하여 소음·진동의 발생을 적게한다.

## 4. 3 음성 및 TV음

### (1) 차음 상세 계획시 고려사항

#### 1) 인접세대간 차음성능

인접세대간 음성 및 TV음 등의 전달경로는 그림 7과 같이 세대간 경계벽(A) 만이 아니고 인접침실(B) 및 인접벽체(C) 등의 경로가 있기 때문에 설계시에는 반드시 이들 종합적으로 검토하여 인접실간 차음성능을 높히도록 한다.

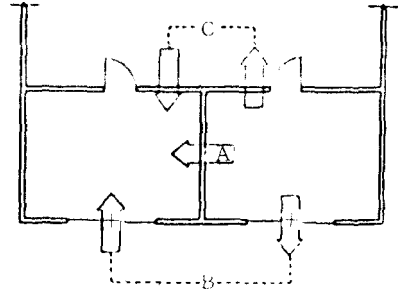


그림 7. 인접세대간 공극음의 전달경로

#### 2) 차기세대내 차음성능

차기 세대내 차음성능도 인접세대간과 같이 세대내 칸막이벽 외에도 비타이플, 단리화등이 들어 출입문과 문틀재의 영향을 크게 받기 때문에 이에 대한 설계시의 종합 검토가 필요하다.

### (2) 경계벽 상세시 고려사항

- 1) 경계벽은 반드시 비타이플과 단리화등의 기밀을 설치한다. 비타이플과 이중 견출 차이로 인해 비타이플 견출음을 높여 음이 전달되면 경계벽의 차음성능 효과가 크게 저하한다.
- 2) 경계벽체의 상부 두 판이 결합 때에는 이음재의 두께가 겹치지 않도록 엇갈리게 배치한다.
- 3) 벽체의 주위는 연결성 코킹재등으로 충전하여 틈새가 발생하지 않도록 한다.
- 4) 중공 이중벽의 설계시에는 지지재를 가능한 독립시키고 내부에는 스텐레스등이나 목축등의 흡음재를 충전시킨다.
- 5) 경계벽내의 switch box, 전선관, 급배수관 등은 유향적으로 분리하기 때문에 배열하지 않도록 한다.
- 6) 경계벽에 표면 마감 내장재로써 보드유류 접착재로 부착시키는 경우에는 공기층부 누지 받고 전면접착 시키도록 한다.

## 4. 4 창호 개폐음

### (1) 동작조건에 의해

기본적으로 창호개폐시 인접세대분 고려하여 주의가 필요하며 침실부의 경우에는 작동이 잘 되는 도어 체크(door check) 등을 설치하고 창호의 개폐

① 원형피아노의 축방향 직경의 증빙 및 기밀성을 위한 구조유를 적용한다.

(2) 원충재에 의한 발생음 및 충격력의 완화

기밀성의 향상과 함께 고무과음의 발생억제를 위하여 창틀 부분에 고무패킹과 같은 원충재를 설치한다.

4·5 엘리베이터 소음

(1) 건축계획시 고려사항

① 엘리베이터 기계실은 단면도상 주택 상부를 피하고 가능한 침실 또는 거실과 격리시켜 배치한다. 단, 기계실이 엘리베이터 샤프트 상부만으로 부족한 경우에는 계단실등의 상부분확장하여 이용하도록 한다.

② 기계실 바닥은 슬래브두께를 가능한 180 mm 이상으로 하고 슬래브 면적이 15 m<sup>2</sup> 이하가 되도록 보를 설치하며 높은 차음성능이 요구될 때에는 슬래브의 습식 뜬바닥 구조를 이용하도록 한다 (예: 슬래브+방진고무, 플라스틱 50 mm+콘크리트 100 mm)

③ 기계실 벽면은 콘크리트 두께 150 mm 이상으로 하고 엘리베이터 샤프트벽은 콘크리트 두께 200 mm를 확보하도록 하며 높은 차음성능이 요구될 때에는 엘리베이터 샤프트벽에 인접한 세대내에 독립 차음벽을 설치한다.

(2) 권상기동의 설치시 고려사항

- ① 권상기는 방진고무나 방진스프링등을 이용하여 방진지지고 엘리베이터 전체의 1차 고유진동수는 20 Hz 이하로 한다.
- ② 권상기 설치용 machine beam은 벽면에 매입되지 않도록 하며 바닥판에서의 지지는 보상부와 같은 강성이 높은 부분에서 한다.
- ③ 제어반은 방진처리하며 공진주파수는 20 Hz 이하로 한다.
- ④ 가이드레일의 단차는 전면방향의 경우 0.05 mm 이하로 하고 가이드레일과 벽체의 접촉부는 방진처리 한다.
- ⑤ 엘리베이터 샤프트벽은 수직 시공오차를 최소화하여 가이드레일에서 발생하는 소음을 저감하도록 한다.

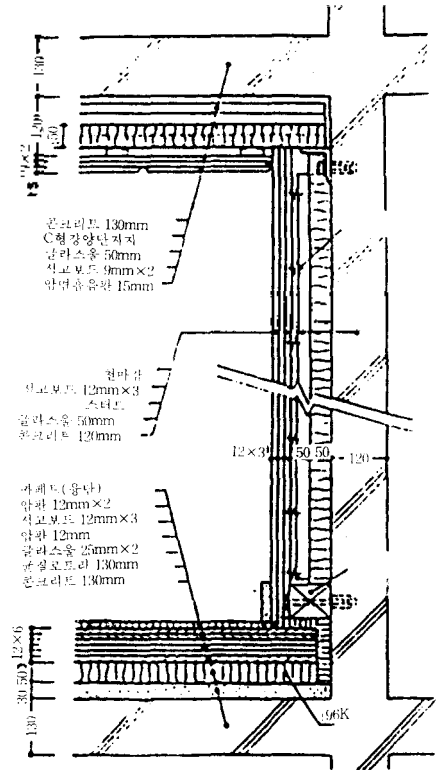


그림 8. 전식공법에 의한 피아노음 방지대책의 예

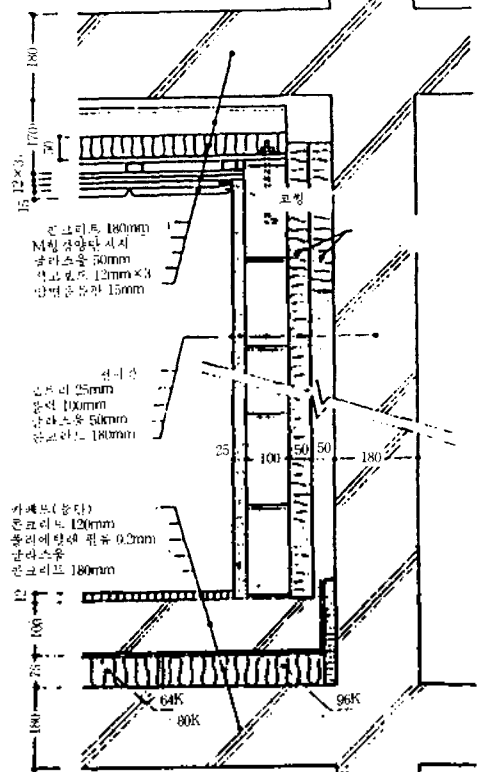


그림 9. 습식공법에 의한 피아노음 방지대책의 예

4.6 피아노음

- ① 발생원에서의 대책으로서, 색인의 형사이해 벽 등을 높여서 타격력을 기하 적기거나 5 mm 정도의 칩코보드와 합판을 붙인 자음성의 약 누성을 설치하는 방법이 있으나 음색이 변화하는 단점이 있다.
- ② 간편한 대책으로서 피아노를 둘러싼 차음덮개를 설치하는 방법이 있으며 주로 내면을 흡음성으로 한 차음패널을 이용하거나 차음시트의 내측에 글라스 크로스(glass cloth) 등의 흡음재를 붙인 카텐을 사용한다.
- ③ 건축적인 대책으로는 우선 창문의 크기분 최소로 하고 기밀형 이중창을 설치하며, 바닥, 벽, 천장의 구조체는 그림8 및 그림9와 같이 뜬구조(floating structure)로 하여 공기전달음의 가진과 고체 전달음의 전달을 방지하도록 한다.

V. 맺음말

공동주택의 내부소음원의 종류와 전달경로 및 국내 공동주택의 내부소음 실태를 파악하고 주요 내부소음원의 기본적인 저감방안을 검토하였다.

바닥충격음, 급배수 설비소음등 공동주택의 내부소음 문제는 거주자의 생활의식 수준 향상에 따른 주택의 질적 요구수준의 증가와 함께 공동주택의 불만요인으로써 크게 대두되고 있음을 알 수 있다.

아울러 앞으로 조립식 공업화 주택의 건립 추세와 부재의 경량화 등에 따라 점차 음향 성능상의 문제점은 더욱 가중될 것으로 판단된다. 따라서 이를 해결하기 위한 효율적이고 실용적인 저감대책과 주요내부소음의 평가방법 및 기준의 설정이 시급히 이루어져야 한다고 사료된다.

이러한 공동주택의 내부소음에 관한 저감대책과 평가방법및 기준은 현재로써는 다소 미흡하지만 이에 대한 연구가 학계 및 연구소를 중심으로 활발히 진행중에 있기 때문에 금후 좋은 결과가 기대된다.

참 고 문 헌

1. Kim Heung Sik, Song Yong Sik : Research on the Floor Impact Sound of Apartment Houses in Korea, in: International Symposium on Building Acoustic and Environmental Engineering( 1989.
2. 대한주택공사, 럭키개발주식회사 : 공동주택 내부소음 저감방안에 관한 연구, 1989.
3. 대한주택공사 : 공동주택 바닥충격음 저감방안에 관한 실험 연구, 1987.
4. 대한주택공사 : 공동주택의 내부소음 기준설정에 관한 연구, 1986.
5. 대한주택공사 : 집합주택의 실내소음실태, 1979.
6. 지원섭, 채종한, 신현식 : 공동주택의 하자에 관한 연구, 대한건축학회 춘계학술 발표대회 논문집, 1989.
7. 건설부 국립건설시험소 : 공동주택의 차음성능기준, 1989.
8. 한국건설기술연구원 : 공동주택 세대간의 차음성능 평가에 관한 연구, 1988.
9. 大川平一郎, 千野弘 : 給排水設備騒音の測定法と低減方法の現状, 建築技術, 1978.
10. 田中洪 : 界壁の遮音工法, 建築技術, 1978.
11. 安岡正人 : 住宅におけるピアノ音の轉搬防止方法, 建築技術, 1978.
12. 立林昌弘 : 集合住宅, elevator設備騒音対策の, 研究, 調査研究期報
13. 日本建築學會 : 建築物の遮音性能基準と設計指針, 1979.

▲ 김 흥 식(정회원) 1958년12월29일



1983년 3월 - 1986년 8월 : 한양대학교 대학원 건축 공학과 박사과정 수료(공학박사 학위 취득)

1985년 7월 - 1985년12월 : 일본국 고마야시 연구소 소음 진동 연구실(음향 인체기타방 이용 차음상능 측정)에 관한 연구

1987년 3월 - 1990년 현재 : 서울시립대(대학원)강사 (건축설비, 건축환경 및 실험, 소음 및 진동공학)

1988년 3월 - 1990년 현재 : 한양대학교(대학원)강사 (음향공학특론, 소음제어공학, 계획원론)

1986년 9월 - 1988년 7월 : 선진설비연구소 연구위원

1988년10월 - 현재 : 대한주택공사 주택연구소, 선임 연구원



- 1989년 12월 - 편제 : 서울시 중구청 건축심의위원  
1986년 9월 - 편제 : 대한건축학회 환경·설비 분과위원  
1990년 1월 - 편제 : 공기조화·냉동공학회 환경분과위원  
1990년 1월 - 편제 : 한국음악학회 편집위원