

아파트에서 固體音의 傳播性狀에 關한 研究

A Study on the Propagation Characteristics of Solid-Borne Sound in Apartment Building

*金 泳 完(Kim, Y. W.)

**朴 標 珪(Park, B. J.)

요 약

오래 人類歷史를 통하여 인간은 生活을 위한 空間으로서의 건축물을 거주자의 物理的, 生理的, 心理的 욕구를 만족시킬 수 있는 쾌적한 환경상태로 만들기 위하여 많은 노력을 기울여 왔다. 이러한 환경을 조성하기 위하여 건축물에 요구되는 기능은 외계의 熱, 光, 大氣, 音 등의 변동에 대해서 거주자를 보호하는 일이라 여겨진다.

本 研究에서는 건물 내의 固體音 傳播特性을 파악하기 위하여 아파트를 선정하여 현장실험을 실시함으로써 衝擊音源에 따른 傳播特性, 各 건물에 따른 音의 透過損失, 音源의 위치 변동에 따른 遮音分布特性을 파악하고, 數值分析을 통하여 遮音量과 傳播距離와의 관계식을 推定함으로써 아파트에서 고체음의 전파성상을 파악하였다.

고체음 전파의 距離와 減衰量과의 관계식에서는 水平 및 斜線方向의 감쇠곡선이 垂直方向에 比하여 비교적 비슷한 기울기를 나타냈으며, 건물 내부의 산막이량의 程度에 따라서 音의 傳播特性과 遮音量이 다르게 分布하고 있음을 알 수 있었다.

ABSTRACT

This paper is a study on the measurement of Solid-Borne sound propagation in buildings.

The purpose of this paper is to present the data needed for comfortable building environment. Solid-Borne Sound in apartment building was measured at the source of sound and at many receiving locations in building. Dispersion of the sound level was analyzed to understand noises level at different

* 全北人 大學院

** 全北人 教授, 工博

locations. Graphic method as well as polynomial regression techniques were employed. For this experiment, we made use of the TAPPING MACHINE (B&K 3204) according to the standard rules of ISO as a impulse exciter, and the measurement was carried out after the building had been all completed.

Noticeable noise reductions were observed as the distance from the source to the receiving location increases.

I. 序 論

I - 1 研究의 目的과 範圍

騒音を 감소시키고 차단하는 주 목적은 어느 건축물에 있어서는 내부와 주변에서 발생하는 음의 크기와 성질이 그 공간의 사용목적에 적합하도록 건물에 음響上 필요한 環境을 조성하는 것이다.

건물의 構造體를 진화하는 固體音은, 건물의 고층화와 교통기관, 공장의 증가에 수반되는 세 설비의 증가 등으로 현대 도시환경에서 점점 그 제어는 중요한 과제가 되고 있다. 그러나 고체음은 그 성질, 건물에 미치는 영향, 허용값 등에서 아직도 많은 문제가 남아있는 실정이다.

본 연구는 건물내에서 발생하는 소음원인 고체전파음을 제어하기 위한 기본 단계로서 아파트에서의 고체전파음을 衝擊音源의 종류 및 그 위치에 따라 측정·분석하고, 數値分析을 통해 전파특성을 파악함으로써 건물 내부에서의 소음원에 대한 대책을 강구하며, 쾌적한 건축환경의 조성에 필요한 자료를 얻는데 그 목적이 있다.

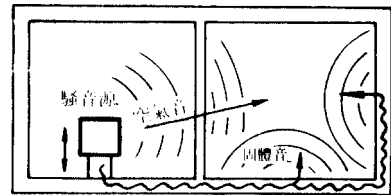
II. 固體音의 傳播

II - 1 建物에서 固體音의 問題

건물에서 음이 전파하는 방법은 공기중을 縱波로서 전파하는 경우와, 건축 구조체 등의 고체내를 가중의 振動으로서 전파하거나, 또는 그것이 실내의 벽면 등에서 음파로 放射하는 경우가 있어 前者를

空氣傳播音(Air-Borne Sound; 空氣音), 後者를 固體傳播音(Solid-Borne Sound or Structure-Borne Sound; 固體音)이라 한다. 소음원으로 부터의 전파는 그림 1에서와 같이 기계에서 직접 공기중에 방사하여 전파되는 부분과 기계의 소음이 구조체를 통하여 다른 室에 고체음으로 전파되는 부분이 있다.

실제의 건물에서 나타나는 고체음으로, 내부의 소음·진동원으로는 바닥충격음, 급배수계 소음, 설비 기기의 진동소음, 창문의 개폐음 등이 있고, 외부 소음원으로는 인접한 철도, 지하철, 도로, 공장 등의 소음이 지반을 통하여 건물내에 전파되는 경우가 있어 소음·진동의 문제를 발생 시킨다.



(그림 1) 騒音의 전파성모

II - 2 固體音의 傳播

음이 고체매질을 전파하는 경우는 매우 빠른 속도로 전파되나 그 감쇠정도는 그림 2에서와 같이 매우 작은 값이다.

고체음의 감쇠는

- a. 매질 내에서의 저항에 의한 감쇠.
- b. 벽·바닥·기둥·보 등의 경계부분에서의 반사 또는 分岐點을 통한 감쇠.

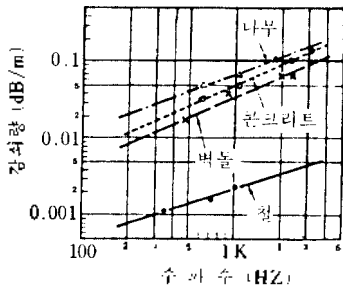


그림 2 고체음의 음파감쇠

c. 퍼짐(폭, 면적, 공간)을 통한 감쇠 등의 세가지를 들 수 있으며, 또한 충격진동의 감쇠특성은 구조체의 매질과 충격원에서 떨어진 지점에서는 a·b가 주 감쇠요인이며, 가까운 부분은 a·c가 주 요인이다.

1. 構造 部材中の 固體音 傳播

건물 구조체인 매질이 단면변화, 적교부, 분기부, 결합부 등의 상태변화가 있고, 그 부분에 충격진동으로 인한 고체음의 전파가 있으면 큰 감쇠현상을 보게된다.

(1) 斷面變化에 따른 減衰

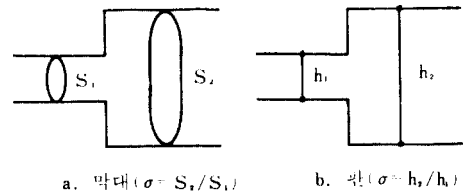
그림 3 에 나타낸 바와 같이 구조체의 단면적이 급격히 변화하는 경우 종파의 전파감쇠량을 R 이라하면 이값은 다음 식¹⁾으로 표현된다.

$$R = 10 \log_{10} \{ (\sqrt{\sigma} - 1/\sqrt{\sigma}) / 2 \}^2 \dots\dots\dots (1)$$

여기서 막대의 경우: $\sigma = S_2 / S_1$ (단면적의 비)

판의 경우: $\sigma = h_2 / h_1$ (두께의 비)

굴곡파에 대하여는 매우 복잡한 감쇠현상을 나타내며, 그림 4 는 판일 때 굴곡파의 감쇠현상을 나타낸다.



a. 막대 ($\sigma = S_2 / S_1$) b. 판 ($\sigma = h_2 / h_1$)

그림 3 단면의 변화

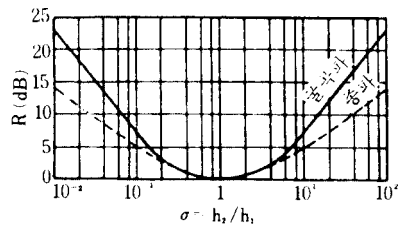


그림 4 판의 단면변화에 따른 진동의 감쇠

(2) 直角屈曲部, 直交部에서의 減衰

판 또는 막대 형태의 구조체가 직각으로 구부러져 있거나 직교하는 경우 그 부분에는 음파의 반사가 있어 감쇠가 있고, 그 감쇠량은 波의 종류, 주파수, 단면변화 등의 비율에 따라 다르며 극히 복잡한 양상을 보인다.

2. 建物에서 固體音의 傳播

건물의 일부가 衝擊加振될때 음파의 전파는 매우 다양하여 현재 이론과 실험적 연구로 규명되고 있는 단계이다. 일본의 松田由利²⁾는 최근 건물 내부의 바닥 슬라브를 충격가진하여 그 전파성상을 실측하고 다음 식³⁾을 모델로 제시하였다.

$$L_r = P_0 - 20 \log_{10} r - \alpha \sqrt{f} r \dots\dots\dots (2)$$

여기서

L_r : 진동 가속도 레벨

α : 감쇠정수 (= $M / 10 \log e$)

P_0 : 가진 강도에 따른 크기레벨

참고문헌 1) 橋秀樹 外: 新建築學人系10 環境物理, 彰國社, 1984, P. 294.
 2) 참고문헌 2
 3) Ibid., pp. 53~55.

f : 주파수

r : 가신점에서 측정점까지의 기하학적 최단거리

식(2)의 제3항은 구조체 내에서의 내부손실에 따른 감쇠로서 α는 건물의 구조, 규모 등에 따라 정해지는 값으로, 일반적인 철근 콘크리트 건물에서는 0.03에 근사한 값이라 하였다.

3. 固體音의 測定 및 評價

고체음은 보통 측정물체 표면에 소음계에 연결된 Pick up을 부착하고 소음계의 눈금으로 표시되는 진동 가속도 레벨로 측정하나, 이 방법은 음파가 전파할때 구조체 자체에서의 변동이 심하기 때문에 많은 측정점을 선정하여 측정하여야 한다. 또 한 방법은 최종적으로 공기중에 방사된 음압을 소음계에 나타난 크기로서 측정한다. 이때 輕量衝擊音 發生器인 Tapping Machine과 重量衝擊音 發生器인 Tire 등은 건물 내부에서 주로 발생하는 발차국 소리, 아이들의 뛰노는 소리, 가구등을 옮길때 발생하는 소리 등을 대신할 수 있기 때문에 고체음 측정에 음원 발생기로서 활용되고 있다.

이러한 기구를 이용하여 측정 할 때 나타난 음압 레벨을 「JIS A 1419 建築物의 遮音等級⁴⁾」에 의해 비교·평가하기도 한다. 또는 공기음을 측정·분석하여 그것의 옥타브 밴드 레벨을 L, 측정실의 흡음력을 A라 할 때 규정바닥충격음 레벨 Ln은⁵⁾

$$L_n = L + 10 \log_{10} \frac{A}{A_0} \dots\dots\dots(3)$$

로 표시되고, A₀는 표준흡음력으로 10m²를 취하여 바닥충격음에 대한 차단력을 Ln의 측정치로 평가하게 된다. 유럽지역에서는 이 평가방법이 많이 이용되고 있다.

4) 참고문헌11.

5) 차일환 : 음향공학개론, 한신문화사, 1976. P. 352

Ⅲ. 아파트에서 固體音의 傳播性狀 測定

Ⅲ - 1 測定概要

건물 내에서 고체음의 전파성상을 파악하는 데에는 측정방법이나 사용음원에 따라 여러가지 방법이 생각될 수 있다. 본 연구에서는 고체음원으로 ISO에 규정된 Tapping Machine을 사용하여 아파트 내부에서 실량 바닥충격음을 발생시켜 각 실에 전파되는 고체전파음을 측정하였고, 또한 차음분포를 비교하기 위하여 음원실을 바꾸어가며 전파성상을 측정하였으며, 긴 복도와 같이 간막이가 없는 건물의 고체음 감쇠특성을 아파트와 비교하기 위하여 측정하였다.

Ⅲ - 2 測定方法

1. 音源裝置 : 실량 바닥충격음원인 ISO 규격의 Tapping Machine (B & K 3204)을 사용하였다.

2. 受音裝置 : 정밀소음계 (B & K 2203)를 이용하여 C특성, 動特性은 FAST로, 소음계의 위치는 바닥에서 1.2 ~ 1.5m범위에서 측정하였다.

其他의 경우에는 「JIS A 1418 建築物의 現場에서의 바닥충격음레벨 측정방법」에 준하여 측정하였다. (측정 및 분석계통도 그림 5 참조)

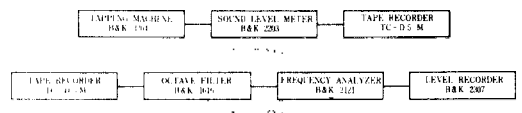


그림 5 측정 및 분석계통도

Ⅲ - 3 測定 建物の 概要

실세의 건물에서 고체음의 전파특성을 파악하기

위하여 마감이 끝난 상태의 아파트 건물을 선정하여 측정하였으며, 간막이벽이 없는 건물로는 사용중인 학교건물을 선정하였다.

아파트는 전주시 삼천동 소재 대한주택공사 아파트로, 총 14棟중 두가지 型으로 구성된 4棟을 선정하였으며(A, B, C, D 건물), 비교 건물로는 지상 4층 지하 1층의 전북대학교 공과대학 건물을 선정하였다. (E 건물)

각 건물의 개요는 표 1 과 같고, 그림 6 은 건물의 단면도 및 측정위치, 그림 7 은 아파트의 단위주거 평면이다.

표 1 各建物の 概要

건물명칭	TYPE	구 소	단위면적 (m ²)	바닥두께 (mm)	바닥미감	층수	세대수
A·C	52-N	철근 Concrete	52.50	300	비닐장판	5	30
B·D	45-S	철근 Concrete	45.12	300	비닐장판	5	40
E	中機通型	철근 Concrete		150	인조석 물갈기	4	

501	502	503	504	505		
401	402	403	404	405		
301	302	303	304	305		
201	202	203	204	205		
101	102	103	104	105		

① A·C 건물 단면 및 측정위치

501	502	503	504	505		
401	402	403	404	405		
301	302	303	304	305		
201	202	203	204	205		
101	102	103	104	105		

② B·D 건물 단면 및 측정위치

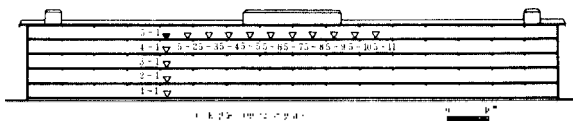
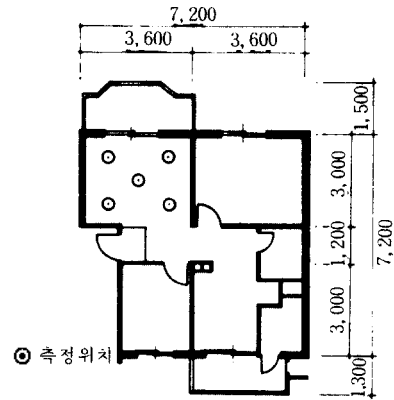


그림 6 각 건물의 단면도 및 측정위치

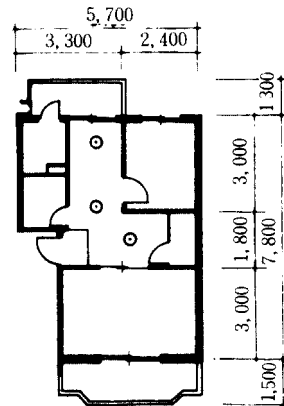
Ⅲ - 4 測定結果의 分析 및 檢討

1. 輕量音의 傳播特性

음원실에서 측정된 경량음의 주파수 특성은 그림 8 과 같으며, 그림 9 는 두가지 型의 건물에 있어서 음원실의 주파수 특성을 비교한 것이며, 그림 10 은 A·B 건물에서 음원실이 바깥에 따른 차음량의 等音壓分布圖를 나타낸 것이다. 그림에서 ① ~ ⑤ 는 A 건물에서 음원실이 504호~104호인 경우이고, ⑥ ~ ⑩ 은 B 건물에서 음원실이 505호~105호인 경우로



① A·C 건물 단위평면



② B·D 건물 단위평면

그림 7 AC·BD 건물의 단위주거 평면

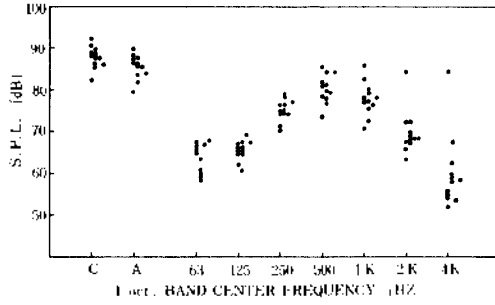


그림 8 音源室에서의 輕量音의 周波數 特性

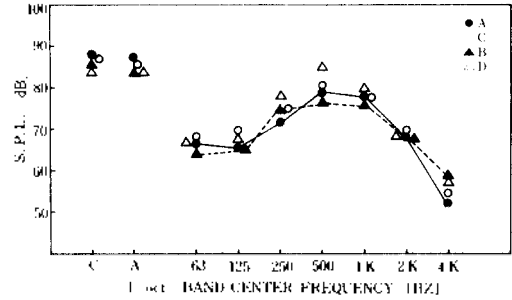


그림 9 A·C-404호, B·D-405호에서 音源의 周波數 特性

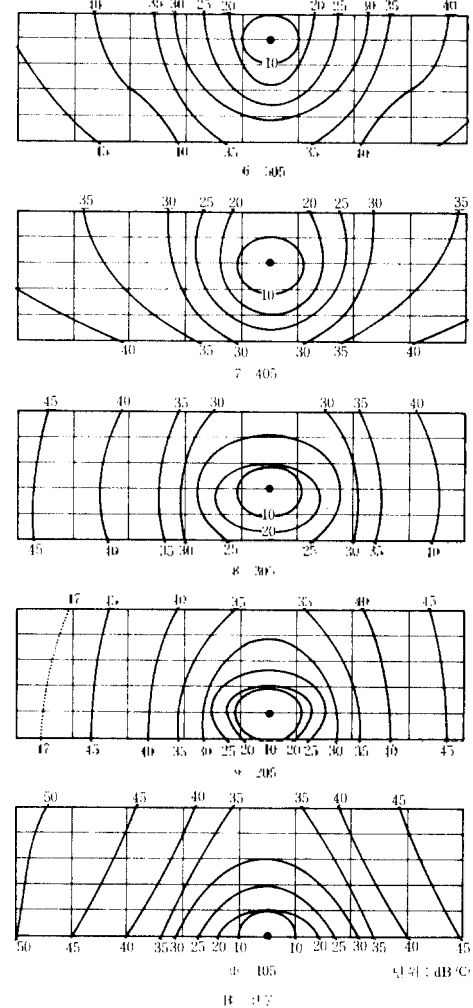
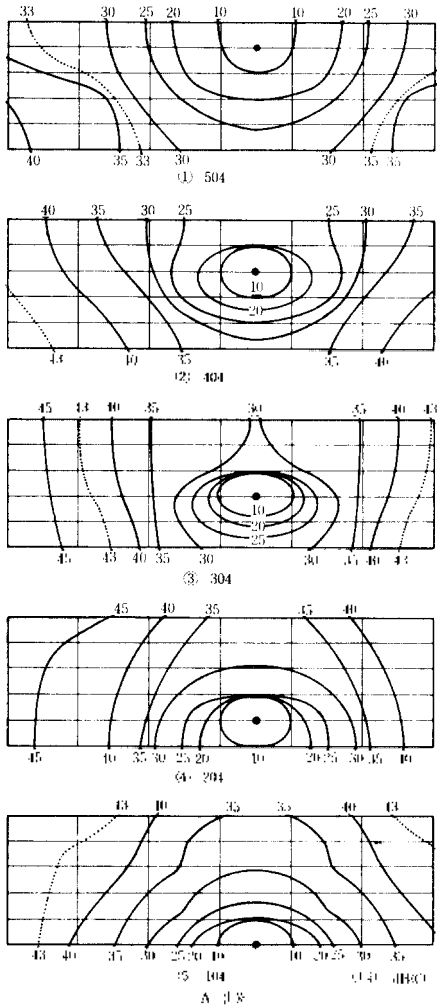


그림 10 音源室에 따른 聽音聽의 等音壓 分布

시 음원실의 음압에 대한 차음량이 같은 점을 이은 것으로, 5dB(C)마다 표시하였다. 그림에서 가로축, 세로축은 그림 6에 나타낸 바와 같다.

그림 10에서 ③과 ⑧ 및 ①과 ⑥을 비교해 보면 A·B 건물 모두 수평방향 보다는 수직방향의 차음곡선이 밀집하게 나타나고 있음을 알 수 있다. 또 음원실에서 같은 거리의 상·하 수음실의 차음상태를 비교할 때 음원실이 A-304호일 경우 A-504호의 차음량은 29.5dB, A-104호는 28.5dB 이고, 음원실이 B-305호일 경우 B-505호는 24.5dB, B-105호는 23.2dB로 A-504호와 B-505호의 경우가 각각 5dB와 1.3dB로 차음량이 많은 것을 알 수 있다.

음원실이 A와 B 건물 모두 301호일 경우의 차음분포는 그림 11과 같고, 그림에서 수음실 101호와 501호의 음압레벨차는 최대 5.3dB, 최소 4.1dB로 음을 발생시킬때 加振하는 방향인 下向으로 비교적 잘 전파하는 특성을 보이고 있다.

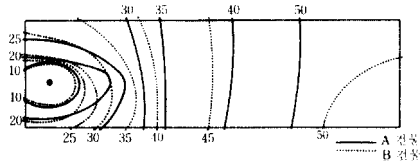
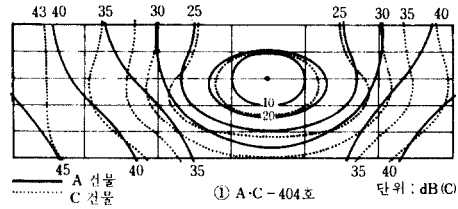


그림 11 음원실 A·B-301호에서의 遮音分佈

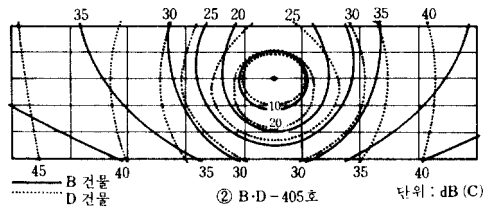
2. 建物別 傳播特性

그림 12는 동일구조, 동일 음원실인 경우 각 건물별 차음분포를 나타내고 있다. 동일형태, 같은 시공업체가 시공한 건물임에도 불구하고 충격음에 대한 반응을 통해 분석할 때 施工程度가 균일하지 못함을 알 수 있다.

음원실이 A와 C 건물 404호일 경우 수직방향 보다는 수평방향에서 차음성도가 낮은 것을 알 수 있으며, B와 D 건물 405호일 때에도 비교적 비슷한 분포를 보이고 있다. 그러나 간막이의 量에서 차이가 있는 A·C 건물과 B·D 건물에서는 고체음의 전파상



① A·C-404호



② B·D-405호

그림 12 建物別 遮音分佈

태가 다르게 분포하고 있다. 즉, 간막이 量이 비교적 많은 B 건물에서 차음량이 크게 나타났다. 이는 II장에서와 같이 구조체를 통과하는 충격 진동음이 각각 교차부부분이나 굴곡부분을 통과할 때 많이 감쇠되기 때문이라 여긴다. 그림 11에서도 음원실이 301호인 경우 수평방향으로의 전파는 B 건물보다 A 건물에서 잘 전파되고 있다.

그리고, 그림 13, 14는 건물에 따른 層別 주파수특성을 비교한 것이다. A 특성인 경우보다 C 특성인 경우가 최고 6.3dB에서 최저 2.1dB 정도 높게 나타나고 있다. 또한 그림 13, 14 건물 모두 음원실이 3

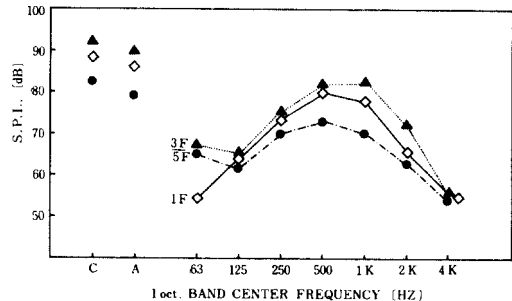


그림 13 A 建物の 層別 周波數 特性

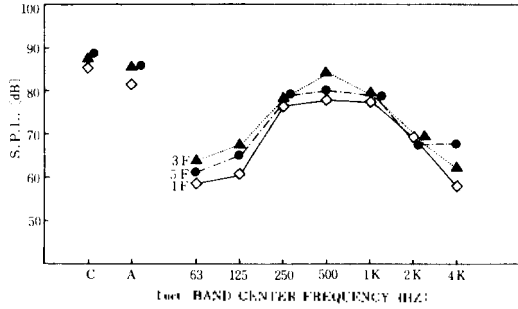


그림 14 B 建物の 層別 周波數 特性

층일 때의 주파수특성이 음원실이 1층, 5층일 때보다 높은 레벨을 보이고 있는데, 이는 상·하 양층으로 전파가 이루어지고 있는 경우로서 비교적 높은 음압레벨이 나타나고 있는 것을 보여준다.

3. 垂直·水平分布 特性

A 건물에 있어서 음원실이 104호 에서 504호 까지 수직으로 옮겨갈 경우 각층에서 음압레벨을 측정할 값을 음원실에서 멀어짐에 따라 감쇠되는 양으로 표시한 것이 그림15이다. 음원실이 5층인 경우를 제외하고는 거의 같은 비율의 감쇠 경향을 보이는데, 여기서 음원실이 5층일 때 1층~4층인 경우에 비하여 차음량이 적은 것은 건물의 상부가 구조체에

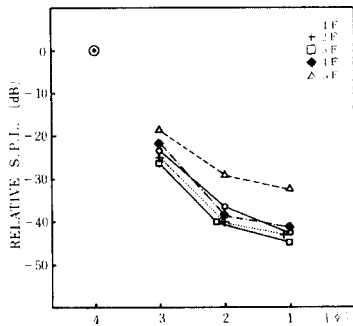


그림 15 A 建物の 層別 遮音量의 水平分布

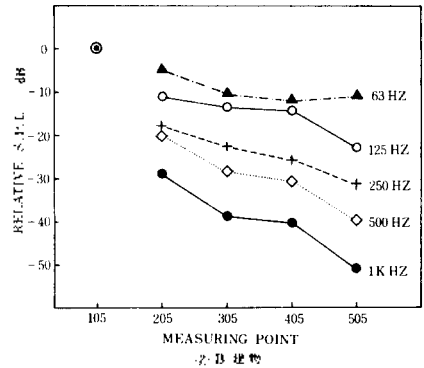
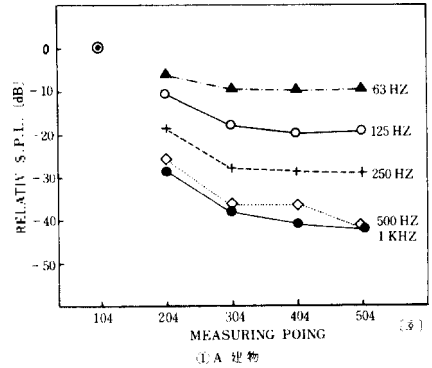


그림 16 A·B 建物の 周波數別 遮音量의 垂直分布(上向)

연결되어 있지 않고 외부에 접하여 있기 때문에 공기음에 의한 전파감쇠가 크게 나타나는 것으로 사료된다.

그림16에서 ①은 음원실이 104호인 경우 204호에서 504호 까지 음압레벨을 측정하여 주파수 분석한 것이며, ②는 B 건물의 경우로서 음원실이 105호일 때 205호 에서 505호 까지를 분석한 결과이다.

또한 그림17은 같은 경우의 下向전파를 분석한 결과이다. 上向전파 에서는 1KHz~ 4KHz의 주파수

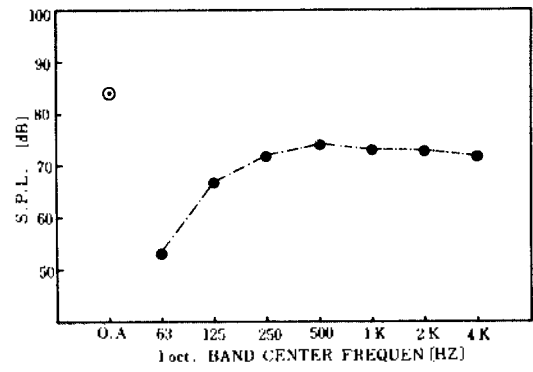
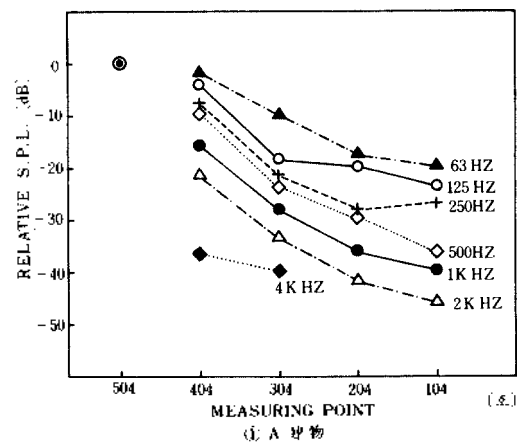


그림 18 E 建物 5-1에서의 周波數 特性

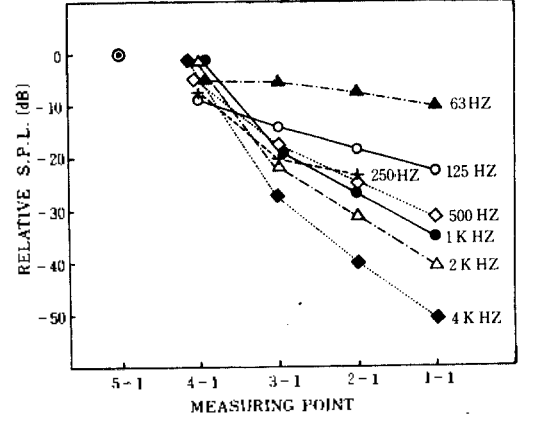
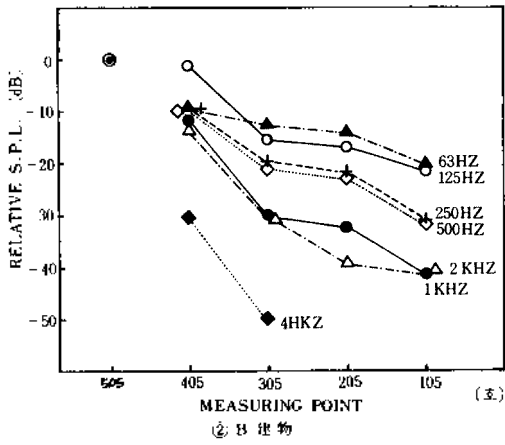


그림 19 E 建物の 周波數別 垂直分布

그림 17 A·B 建物の 周波數別 遮音量의 垂直分布(下向)

범위 내에서는 1KHz의 감쇠특성과 거의 일치하는 분포를 나타내므로 2KHz~4KHz의 그림은 생략하였다. 그러나 下向전파에서는 1KHz~4KHz의 주파수 범위 내에서 각각 독자적인 감쇠특성을 나타내고 있다. 그리고 수음실이 304호 이하의 경우에는 감쇠정도가 비교적 적게 나타나고, 高周波帶의 수직적 감쇠특성은 한층 사이에서는 큰 폭으로 감쇠하지만 음원실에서 거리가 멀어짐에 따라 감쇠효과는 매우 적은것을 알 수 있다.

아파트와 같은 간막이가 많은 型의 평면과는 다른

간막이가 없는 型의 평면에서의 고체음 전파특성을 비교하기 위하여 학교건물 중복도에서 음압레벨을 측정하고 주파수분석을 한 것이 그림 18이며, 그림 19는 음원의 위치가 그림 6, ③의 5-1인 경우 수직방향의 차음분포를 나타낸 것으로, 4-1에서의 차음량은 그림 16, 17과는 달리 주파수에 관계없이 0.25dB~0.5dB로 비교적 적게 나타났다. 또한, 음원층 바로 밑에서는 고주파대역의 차음량이 저주파대역보다 적은 반면, 음원층에서 멀어짐에 따라 반대현상을 보이고 있다. 그러나 그림 17과 같은 간막

이가 없는 경우의 A·B 건물에서는 그림 19와 E 건물과는 반대의 양상을 나타내고 있다. 곧 E 건물보다는 그림 16, 17의 A·B 건물에서의 주파수별 전파특성이 다양하게 분포하는데, 이는 고체음의 전파가 간막이 및 바닥, 벽의 구조에 따라 다양한 분포를 나타내기 때문인 것으로 여겨진다.

그림 20의 주파수별 수평분포에서는 주파수에 관계없이 거의 일정한 비율의 감쇠특성을 보이고 있다. OA(over all: dB(c))의 감쇠량은 5m마다 2.5dB로 0.5dB/m 정도이다.

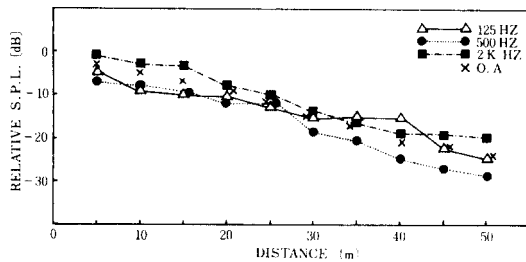


그림 20 E 建物の 周波數別 水平分布

4. 數値分析

건축 구조체는 기둥·보·바닥·벽등 고체음선의 면에서는 다양한 배설을 갖고 있기 때문에 이것이 고체음의 전파상상을 복잡하게 하는 요인이 될 수 있다. 그러나 건물에서 고체음의 전파경로를 보면, 음이 발생하는 점에서 수음하는 짐까지는 기하학적으로나 시간적으로도 하나의 현상임을 생각할 수 있다. 이것은 음의 발생점에서 수음점까지의 傳播距離와 두 지점의 音壓差를 遮音量과의 두 變數에 대한相關關係로 추정할 수 있다. 물론 여기에 매질에 따른 인자를 생각하여야 하나, 이는 철근 콘크리트 구조의 경우로서 같은 사항 이므로 여기서는 제외 하였다.

전파 방향에 따른 상관관계를 A_1, A_2, A_3, A_4, A_5 의 다섯가지 경우를 생각하고, 거리와 차음량의 변수를 각각의 경우로 분류하여 거리의 범위를 한정할

때 近似式 (4)와 같은 2차곡선식을 가정하게 되고, 最小自乘法(Least Square Method)을 이용하여 近似多項式을 구한다.

$$f(x) = b_0 + b_1x + b_2x^2 \dots\dots\dots(4)$$

즉, n개의 데이터 $(x_1, f_1), (x_2, f_2), \dots, (x_n, f_n)$ 이 주어졌을때 이 점에 가까이 통과하는 m차의 근사다항식 $f(x) = b_0 + b_1x + b_2x^2 + \dots + b_mx^m$ 이라 하면 각 점에 있어서 f_i 와 $f(x_i)$ 와의 차는 $e(x_i) = f_i - f(x_i)$ 가 되고, 이 값의 자승의 합은 $q(b_0, b_1, \dots, b_m)$

$$= \sum_{i=1}^n (f_i(x_i) - f_i)^2 \text{ 이다.}$$

이때 q가 최소가 되기 위한 필요충분조건은 $\frac{\partial q}{\partial b_i} = 0$ ($i=0, 1, 2, \dots, m$)이다.

표 2 귀세식에 의한 전파거리에 따른 차음량과의관계

구분	전파 방향	회수	귀세식	x의 범위
A ₁	垂直方向(上向)	31	$F(x) = 15.91 + 3.06x - 0.14x^2$	$2.6 \leq x \leq 10.4$
A ₂	垂直方向(下向)	34	$F(x) = -5.42 + 7.75x - 0.43x^2$	$2.6 \leq x \leq 10.4$
A ₃	水平方向	60	$F(x) = 6.76 + 3.24x - 0.07x^2$	$5.7 \leq x \leq 22.8$
A ₄	斜線方向(上向)	31	$F(x) = 19.18 + 1.49x - 0.01x^2$	$6.3 \leq x \leq 18.9$
A ₅	斜線方向(下向)	35	$F(x) = -7.72 + 2.88x - 0.05x^2$	$6.3 \leq x \leq 18.9$

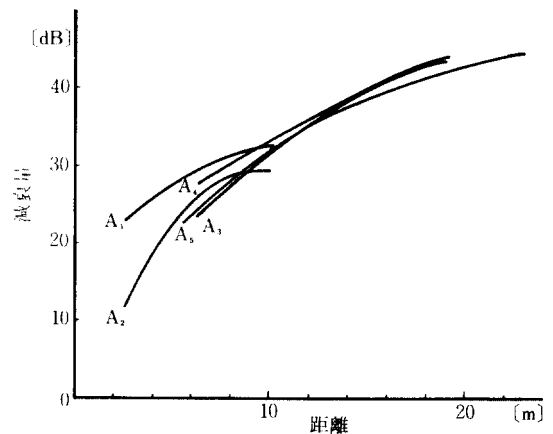


그림 21 輕量 衝擊音의 距離와 減衰量과의 관계

(4) 식에서 가정한 근사다항식을 Gauss의 정규방정식 및 행렬식으로 표현하여 컴퓨터를 이용하여 계산하였다.

따라서 거리에 대한 변수를 x_i , 거리에 따른 차음량을 $f(x_i)$ 로 하여 각각의 데이터들을 이용하여 계산한 결과 표 2를 얻었다.

그림 21은 표 2에 나타난 $A_1 \sim A_3$ 의 관계식을 거리 x 의 범위에서 거리와 감쇠량의 관계를 나타낸 것이다.

VI. 結 論

輕扉바닥衝擊音を 이용한 아파트에서의 고체음의 전파상상에 관한 본 실험연구에서 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 아파트에서 고체음 전파의 주파수별 수직분포는 低周波數音보다 高周波數音의 차음이 크게 나타났으며, 低周波帶域에서 垂直下向방향의 감쇠가 上向의 경우보다 크게 나타났다.
2. 음원에 가까운 점에서는 음원을 중심한 楕圓形의 감쇠를 보여 水平方向이 長軸을 이룬 상태이나 거리가 멀어지면서는 垂直감쇠에 比할 수 없을 정도로 水平감쇠는 적게 나타났다.
3. 동일형, 동일업체, 동일시공 건물에서도 차음분포가 다르게 나타났는데, 이는 輕扉性 충격음에 의한 소음감쇠정도를 시공의 評價에 이용할 수 있다.
4. 평면 내부가 간막이가 없는 槓의 건물이 간막

이가 많은 槓의 건물보다 차음량이 적었으며, 간막이가 없는 槓 건물의 垂直方向에 대한 전파는 음원으로부터 거리가 멀어짐에 따라 高周波帶音이 低周波帶音보다 감쇠량이 크게 나타났다.

5. 고체음 전파의 距離와 減衰量과의 관계에서 수평방향 및 경사방향의 감쇠곡선이 수직방향에 비하여 비교적 비슷한 기울기를 나타내고 있다.

音源의 종류에 따른 전파특성을 파악함으로써 건물에서 고체음의 전파특성을 파악하고, 나아가 공기음에 대한 전파특성을 비교 함으로써 더욱 다양한 측면에서의 연구가 계속 되어야 한다고 사료된다.

參 考 文 獻

1. 朴棟玲: 建築環境計劃原論, 技文堂, 1985.
2. 松田山利: 建築構造體中における 固體音의 傳播性狀에 關する 研究, 東京大學校 博士學位論文, 1979.
3. 木村 翔: 建物の 現場における 床衝擊音 レベル의 測定法, No. 6, 1974.
4. 前川純一: 建築音響, 共立出版社, 1978.
5. 石井聖光: 地下鐵から 建物への 固體音의 傳播, 日本音響學會, 1979.
6. 尹張燮: 建築音響計劃論, 東明社, 1983.
7. 차일환: 음향공학개론, 한신문화사, 1976.
8. 安全工學會 編: 騒音·振動, 海文堂, 1982.
9. 橋秀樹 外: 新 建築學大系 10 環境物理, 彰國社, 1984.
10. 高錫狀: 鐵筋 Concrete 구조물에서의 固體傳播音의 特性에 關한 연구, 全北大學校 碩士學位論文, 1985.
11. 日本工業規格: JIS A 1418, 建築物의 現場における 床衝擊音 レベル의 測定方法, 日本音響材料協會.