

# 遮音 및 흡음에 對한 小考

(吸音編)

李 聖 國

## 1. 吸音(Sound Absorption)이란?

吸音이란, 材料에 音이 入射할 때 反射音의 大·小에 關係된 것이라고 간단히 前記한 바 있다.

材料에 關係없이 室內의 모든 面과 生物이든, 無生物이든 그안에 있는 모든 物體는 어느 정도까지는 音을 吸收한다. 회반죽을 바른 벽돌壁이나 나무마루 바닥과 같은 面은 大部分 音을 잘 吸收하지 못한다. 반면에 연한 多孔質의 面과 振動할 수 있는 것들은 音을 잘 吸音한다. 그러면 먼저 吸音이란 어떤 현상에 의해서 일어나는가?

音에 있어서 소리의 에너지가 무엇인가의 形態로, 다른 에너지(熱·振動등)로 바뀌어 소리가 減衰하는 것이다. 물론 그 에너지는 극히 미소하다. 구체적으로 말하면, 音波가 어떤 材料에 부딪침으로 인하여 多孔質 材料의 表面에서 공기의 壓力이 시시각각으로 增加하거나 減小 됨에 따라 공기는 氣孔속으로 流入되거나 流出되며 한정된 氣孔속의 空間에서 運動하는 공기 分子들 사이에서 發生되는 마찰이 一部 音에너지를 熱로 轉換시키게 되는 것이다. 또 한가지의 吸收材의 振動양식으로는 材料의 表面이 交流氣壓에 의해 運動하게 되고 振動材料의 分子들 사이에 일어나는 마찰이 熱을 發生시키게 되는 것이다.

本稿에서는 材料에 처한 面을 주로 다루었으며 室의 幾何學的 形態에 의한 音分布의 조절(Control of Sound Distribution by Room Jeometry)에 따른 吸音에 關係서는 다루지 않았음을 밝혀둔다.

## 2. 吸音材料와 吸音構造

1) 吸音材料의 性能을 表示한 量.

吸音材料의 吸音性能은 吸音率( $\alpha$ )로 表示하고 다음 式으로 求한다.

$$\alpha = 1 - R/I \dots\dots\dots(1)$$

여기서 I는 材料에 入射한 音의 에너지이고, R은 反射音의 에너지이다. 吸音率  $\alpha$ 는 0에서 1까지의 값을 가진다. 音이 전혀 吸收되지 않는 경우의 吸音率은 0이 되며, 音이 전부 吸收될 경우의 吸音率은 1이 된다. (이러한 상태는 실제로는 일어날 수 없는 일이다) 예를들면 音의 1/4이 吸收되었다고 하면 이때의 吸音계수는 0.25이며, 1/2이 吸收되었다고 하면 0.5가 될 것이다.

吸音率은 同一한 音의 入射條件에 의해서 크게 달라진다. 吸音계수는 音이 入射되는 모든 角에서의 吸音계수와, 直角으로 入射될 때의 吸音계수로 区分할 수가 있다. 첫번째의 吸音계수는 建築音響設計에 사용되는 것으로서 때때로 余韻室測定方法(Reverberation Chamber Method Measurement)으로 求한 係수로 하며, 直角入射(標準入射)에 의한 係수는 音響抵抗(Acoustical Impedance)으로부터 차례로 이끌어 낼 수 있는, 더 正確한 科學的 特性을 갖는 것이다. 이러한 係수가 나타내는 數量은 波動理論을 利用함으로써 室內의 音響特性을 알 수 있는 正確한 計算을 가능케 하나, 이 接近方法에 包含되는 式은 實際 使用하기는 너무 復雜하다.

吸音率의 값은 入射條件外에도 周波數의 條件에 따라서 달라진다. 어떤 材料의 吸收作用은 모든 周波數에 대해 一定하지 않다. 實際로 어떤 주어진 材料의 吸音係수는 한 周波數에서의 그 크기가 다른 周波數에서의 크기의 8,9배가 되는 수가 흔히 있다. 또한, 有効吸音量도 단지 吸音係數에만 좌우되지도 않는다. 有効吸音量의 近小한 部分은 室內에서의 吸音材料의 位置와 다른 室內面과의 關係등에 좌우된다. 예를들면 反射性質을 가진面과 혼합하여 부분마다 一定量의 吸音材를 附着시켰을 경우, 그 効果는 똑같은 量의 材料를 한 面積에 集中시켜 附着한 경우보다 좀더 클것이다. 그 理由는 吸收面과 反射面의

連結部分에 미치는 音波가 吸收面 쪽으로 휘기 때문이다. 그 順전한 効果는 吸音材料의 모서리 部分이 가운데 部分 보다 더 效率的이라는 것이다.

吸音率( $\alpha$ )와 그 材料의 面積( $S$ )와의 곱을 吸音力이라고 한다.

$$A = \alpha S \dots\dots\dots(2)$$

즉, 吸音率 0.8의 材料가 10m<sup>2</sup>라면 그 吸音力은 0.8×10=8m<sup>2</sup>가 된다. 吸音力은 面積의 次元을 갖는다. 결국 어느 材料의 吸音力에는 등가개방창 面積이다. 개방窓은 音이 가끔 透過한다는 것이다. 人間이나 家具등의 吸音性能도 이 吸音力으로 表示된다.

여기서 各面의 吸音率 面積 各各  $\alpha_1 S_1, \alpha_2 S_2, \dots\dots$   $\alpha_n S_n$ 으로 하면,

$$A = \alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_2 + \dots\dots + \alpha_n S_n \dots\dots\dots(3)$$

이 되어 이것을 室의 全吸音力이라 한다. 또한 全吸音力  $A$ 를 總표면적  $S$ 로 나눈값을 平均 吸音率이라 하고  $\bar{\alpha}$ 로 表示하며 아래의 式으로 求한다.

$$\bar{\alpha} = \frac{\alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_2 + \dots\dots + \alpha_n S_n}{S_1 + S_2 + \dots\dots + S_n} = \frac{A}{S} \dots\dots\dots(4)$$

이 平均 吸音率  $\bar{\alpha}$ 는 室內의 殘響狀態를 表示한 指數이다.

## 2) 吸音構造와 吸音特性

吸音은 前記에서 밝힌 바 있지만 空氣振動에너지가 어떤 過程에서 熱에너지로 變化한 것이다. 그의 過程에는 다음 3가지가 있다.

- 熱傳導에 의한 減衰.
- 空氣의 粘性에 의한 減衰
- 材料의 機械振動에 의한 減衰.

吸音構造가 다르므로 인하여 材料가 가지는 吸音率에 特性이 생긴다.

아래의 表 1은 吸音構造에 따른 吸音材料를 나타낸 것이고, 그림 1은 代表的인 構造들이다.

吸音特性을 나타낸 여기서 꼭 알아두어야 할 事項은 吸音率의 完全한 明示는 그래프를 통하여 表現되는 것이다.

| 材料의 種類            | 熱傳導에 의한 減衰 | 空氣의 粘性에 의한 減衰 | 機械振動에 의한 減衰 |
|-------------------|------------|---------------|-------------|
| Glass Wool        |            |               |             |
| Rock Wool         | ○          | ○             |             |
| 其他 불임材            |            |               |             |
| 背後에 空氣層을 지닌 Board |            |               | ○           |
| 成型岩綿板             | ○          | ○             | ○           |
| 軟質纖維板             |            | ○             |             |
| 共鳴吸音構造            |            | ○             |             |

表 1 吸音機構에 의한 吸音材料의 分類

그림 1의 構造들을 그래프를 통하여 간단히 分析해 보면 다음과 같다.

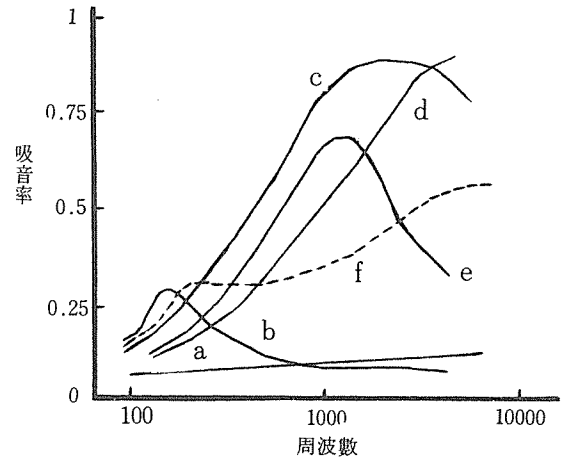


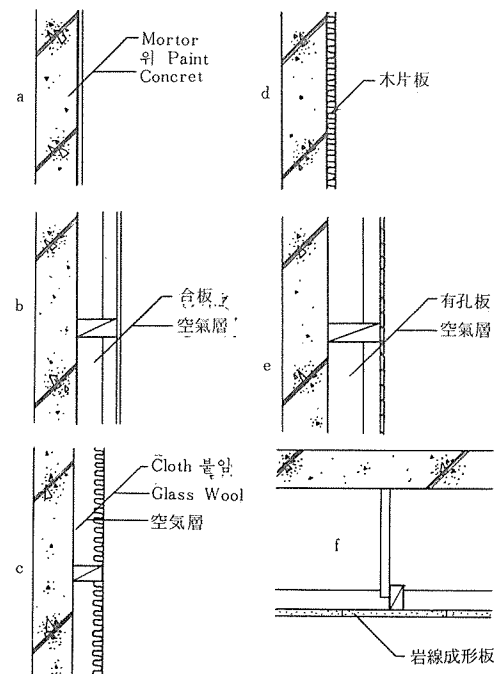
그림 1 吸音特性을 나타낸 代表的인 構造

a. 낮은 周波數에서 높은 周波數로 變하는 吸音率이 적은 材料, 즉 反射材料에 가깝다고 보아야 하며 콘크리트나 石壁 등이 이에 屬한다고 보아야 하겠다.

b. 剛壁에 空氣層을 두고 合板 등을 設置한 構造로써 低音地域의 吸音構造로 適合하다는 決果를 나타내고 있으며, 一般의 보드壁이나 木材의 家具類는 이와같은 特性을 가진다고 볼 수 있다.

c. 그라스울을 空氣層을 두어 지지하는 構造로써 中·高音 地域에 適合하는 特性을 나타낸다.

d. 木片板이나 그라스울 등을 空氣層 없이 剛壁에 直接 附着하는 構造로써 高音地域에 適合한 特性을 나타낸다.



e. 剛壁과 有孔板 사이에 空氣層을 形成하는 構造로써 이 構造는 有孔板의 開口率이나 背後 空氣層의 두께에 따라 그 特性이 많이 變한다.

f. 주로 天井에 使用하는 構造로써 a와 d를 합한 特性을 가지고 있다.

위의 例가 充分한 例는 될 수 없으나 一般的으로 많이 使用한 構造로써 참고가 되리라 본다. 이와같은 例로보아 우리가 設計時 흔히 홀려버리기 쉬운 간단한 실수가 얼마나 많은 영향을 주며, 지금까지 얼마나 많은 誤謬를 범하고 있었는지 느낄 수 있을 것이다.

3) 吸音設計와 吸音構造의 使用方法.

吸音材料의 使用目的을 区分하면 다음과 같이 2가지로 集約된다.

첫째. 室内의 殘響調整.

둘째. 室内 騒音의 減少.

室内의 殘響調整에 關해서는 從來에 劇場이나 스튜디오 등 극히 重要한 建物에만 고려되어왔으나 最近에는 文化水準의 向上에 따른 音響에 關한 認識 등으로 인하여 아주 廣範圍하게 取扱되어지고 있다.

또한, 室内의 騒音을 減少하기 위한 吸音처리는 주로 工場이나 機械室 등에서 騒音公害의 低減, 作業環境의 改善을 目的으로 하는데 필요하다.

위의 事項의 構體的인 內容은 다음 기회에 收錄하기로 하고 여기에서는 概要만을 간단히 記述하기로 한다.

가. 室内의 殘響調整.

室内에서 일어나는 殘響의 大·小는 殘響時間으로 表示한다. 殘響時間은 室内 音의 에너지가  $10^{-6}$  으로 되기까지의 時間을 말한다.

그것은 音波가 室内의 境界面에 부딪칠 때마다 그 에너지의 一部는 吸收되지만 나머지는 反射波로 되어 다시 再演된다. 이러한 현상은 反復되고 이 지속적 反復으로 처음의 音에너지는 줄어들므로, 音波를 消滅시켰을 때는 들리지 않을 때까지 서서히 減衰하는 것이다.

이러한 音의 減衰현상은 2가지 因子에 기인한다.

첫번째의 因子는 音波가 境界面에 부딪칠 때 얼마만큼 吸收되며 또 그러한 현상이 얼마나 자주 일어나느냐 하는 것이다. 이것은 相異한 型의 面積과 그면의 吸音效率, 또는 吸音率로 부터 求한다. 總吸音量은 이러한 決果치로 구하며 音의 減衰時間은 吸音量이 클 때 더욱 줄어들게 될 것이다.

두번째의 因子는 室의 規格과 容積에 좌우되는데 그것은 音의 移動이 一定한 速力을 가지기 때문이다. 즉 容積이 크면 吸收面에 부딪치는 回數가 줄어들어 減衰현상이 늘어난다.

이러한 關係들은 Sabine 方程式으로 表示되며 Sabine 方程式은 音이 60DB의 減衰를 일으키는데 所要되는 時間을 나타낸 것이다.

$$T = 0.161 \frac{V}{A} \text{ (sec)} \dots\dots\dots (4)$$

T(sec) : 室内의 殘響時間.

0.161 : 常数.

V(m<sup>3</sup>) : 室의 容積.

A(m<sup>2</sup>) : 總吸音力(Sabines로 表示)

\*A = S $\bar{\alpha}$  (各面積 × 吸音계수).

또한, 音波가 空氣中을 지나는 동안 極小量의 減衰가 일어나는데 이러한 狀態를 만약 고려한다면 다음의 式이 成立될 것이다.

$$T = \frac{0.161 V}{A + XV} \dots\dots\dots (5)$$

X : 空氣의 吸收계수.

Sabine 방정식은 100% 定確하다고는 볼 수 없으나 實際에 使用하는 경우 상당히 定確하다고 判斷을 할 수 있다고 보면 될 것이다.

이의 殘響時間은 室의 使用目的, 室의 容積에 따라 그림 2와 같은 特性이 要求되고 있다. 또한 그림 2의 周波數 特性으로 보아 低音·中音 및 高音地域에서 變化가 심하지 않은 경우가 좋은 狀態로 된다는 것을 알 수 있다.

殘響時間의 設計는 (4)式에서 A를 求한다. 따라서 A의 값을 目標로 各部 位置의 構造를 決定한다.

우리들이 生活하고 있는 一般的인 環境은 家具등이 적당히 反射面 및 吸音面이 位置하고 있다.

우리가 말을 주고 받을 때 특히 異和感을 減少시키지 않은 環境의 平均吸音率은 보통 0.25~0.35의 범위내에 있다. 會議室, 事務室 등은 室의 平均吸音率을 이 範圍内에서 調整하면 적당한 殘響이 얻어진다.

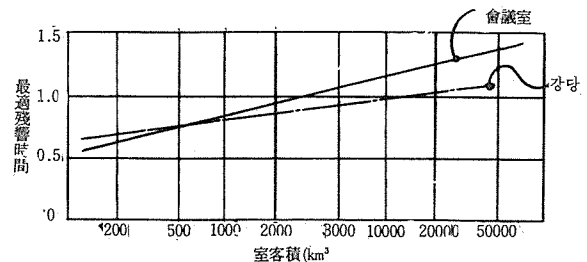


그림 2 殘響時間의 最適值.

吸音材의 配置에 대해서는 式(4)에서 規定된 바는 없으나 實際로 配置方法에 따라서 音響效果는 다르게 된다.

吸音材의 配턴은 그림 3과 같이 集中配置 및 分散配置로 나누어 진다. 홀이나 강당같은 것은 音源이 무대에 있고 聽取面이 客席에 있는 경우에는 集中配置가 좋다. 반

면에 音源이나 受音面이 確定되어 있지 않은 會議室, 事務室 등은 分散配置가 바람직하다.

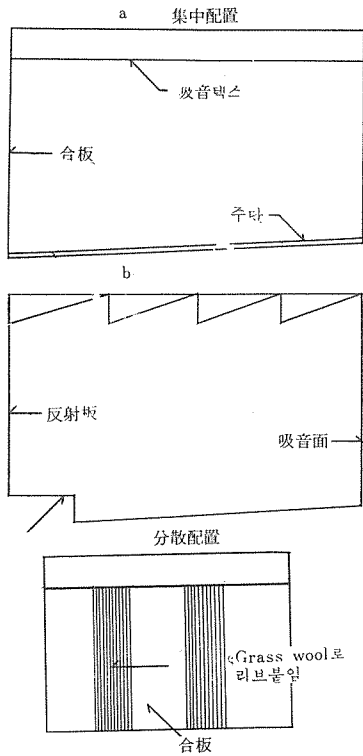


圖 3. 吸音材의 配置.

나. 吸音에 의한 室內 騒音의 減少.

室內에 音源이 있을 때 室內의 平均에너지는 室의 平均 吸音率  $\alpha$ 에 反比例한다. 吸音處理 前後의 平均吸音率의 값은 각각  $\bar{\alpha}_1$ ,  $\bar{\alpha}_2$ 로 하며 吸音處理에 의한 室內의 音壓 레벨의 減少 R은 다음 式으로 求한다.

$$R = 10 \log 10 \frac{\bar{\alpha}_2}{\bar{\alpha}_1} \text{ (dB)} \dots\dots\dots (6)$$

또한 計算機械室, 設備機械室 등 騒音이 큰 環境에서는 室內의 吸音性을 增加시키므로써 室內의 騒音레벨을 줄이는 것이다. 그 實用的인 効果는 5~7 dB 정도로 고 격하면 된다. 또한 당연히 騒音源의 性質에 의해서 吸音 構造를 選定해야 한다.

4) 吸音構造의 選定과 施工의 要点.

吸音構造 選定에 있어서 必要한 事項은 다음과 같다.

첫째. 必要로 하는 吸音特性에 適合한 性能을 가진 것.

둘째. 使用 場所에서 要求되는 性能을 가진 것.

必要로 하는 吸音特性은 全周波數帶 地域의 吸收를 必要로 하는 경우, 抵音地域의 吸收를 必要로 하는 경우, 그리고 中·高音地域의 吸收를 必要로 하는 경우 등, 그 要求하는 特性은 多樣하다.

室內의 殘響調整에는 各種의 特性이 要求되지만 騒音 地域의 騒音減少를 目的으로 하는 경우에는 全帶域을 吸收할 構造로 하는 것이 좋다.

各種의 吸音特性別로 適合한 構造를 그림 4에 圖示하였다.

吸音材料는 遮音材料와 달라서 露出하여 使用하는 것이 大部分이므로 化粧材 및 미장材로써의 性格에도 만족해야 한 는 점이다. 使用場所에 따라서 必要한 性能을 表 2에 表示하여 놓았으나 이것은 반드시 絶對적인 것은 아니고 一般적인 것이라 생각하면 되겠다.

| 使用場所   | 材 料 的 性 能 |     |     |     |     |         | 價 格 |
|--------|-----------|-----|-----|-----|-----|---------|-----|
|        | 意匠        | 耐火性 | 強 度 | 耐水性 | 耐候性 | 飛 散 不 良 |     |
| 室 壁    | ○         | ○   | ○   |     |     | ○       |     |
| 室 天 井  | ○         | ○   |     |     |     |         |     |
| 機 械 室  |           | ○   |     |     |     | ○       |     |
| 外 部    |           |     | ○   | ○   | ○   | ○       |     |
| 吸音Duct |           |     |     |     | ○   | ○       |     |
| 工 場    |           | ○   |     |     |     | ○       | ○   |

表 2 使用場所에 따른 吸音材料의 性能

특히 吸音構造의 吸音特性은 施工法에 의해서 큰 變化를 가져온다. 포면材料의 空氣量은 吸音特性에 큰 影響을 作用한다. 이러한 事項들에 對하여는 다음과 같다.

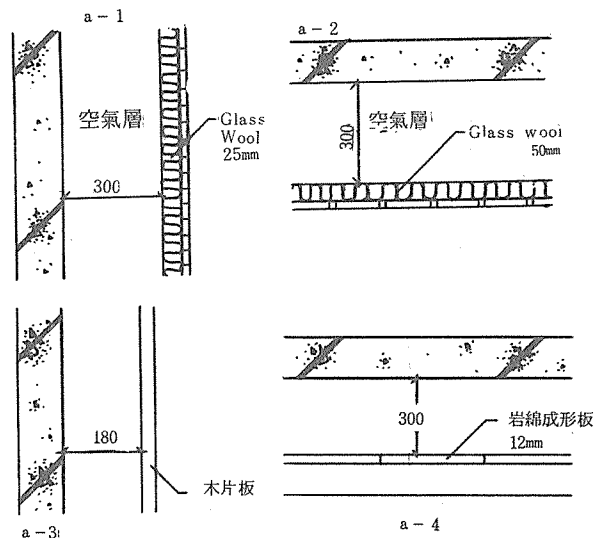
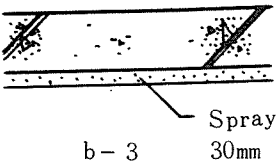
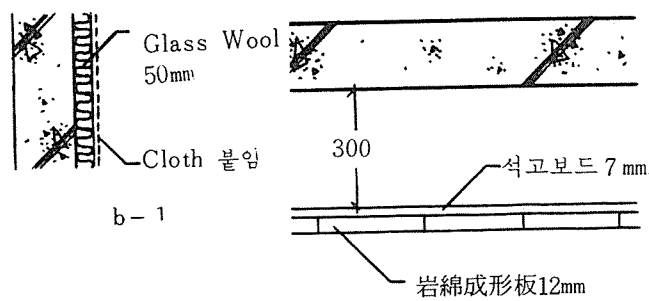
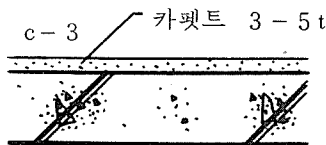
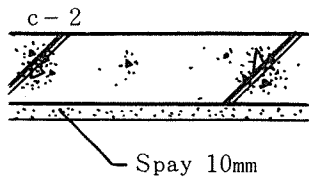
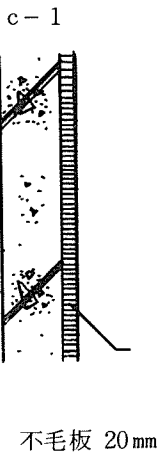


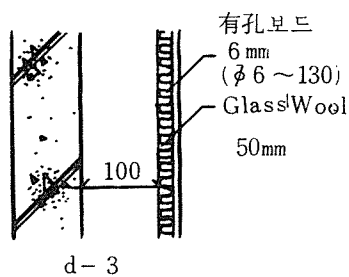
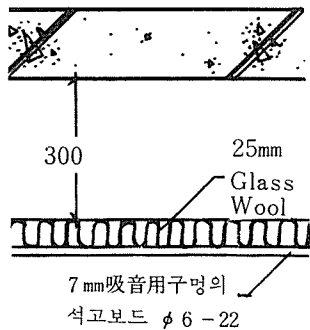
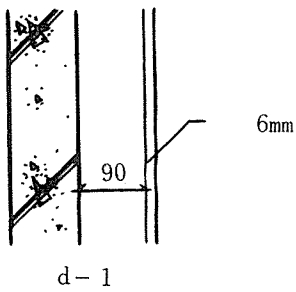
그림 4. 吸音特性에 따른 構造  
a. 全域 吸音構造.



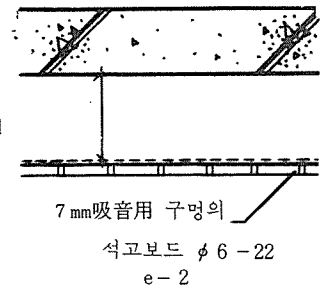
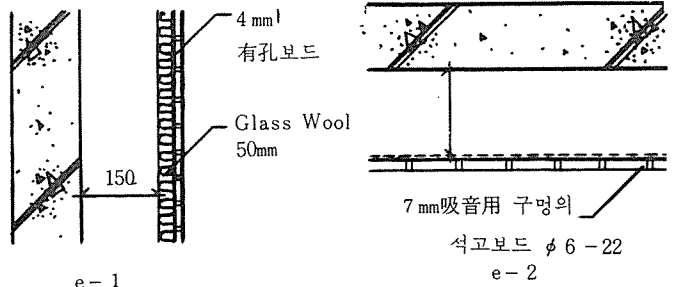
b. 中音域 吸音構造



c. 高音域 吸音構造



d. 低音域 吸音構造



e. 中音域 吸音構造

가. 表面材

吸音材의 表面에 音響적으로 透明한 構造를 設置하면 音響特性을 비롯한 各種의 條件을 滿足시키게 된다. 代表的인 表面材로써는 ① 천을 붙이는것, 펀칭메탈 (Punching metal), 익스팬디드 메탈 (expanded metal) ② 리브 붙임, ③ 有孔板 붙임의 3가지가 있다.

① 천을 붙이는 方法은 作業하기가 쉬워 意匠效果를 自由롭게 낼 수 있어 室内에 많이 使用한다. 그러나 注意해야 할 일은 풀을 使用하거나 종이로 안감을 맨다든지 하는 일은 吸音效果를 줄이게 되므로 절대 있어서는 안된다. 設置는 형틀을 使用하여 周边에서 인장하여 붙인다. 그라스울 등이 表面材로써 많이 使用되고 있다 (그림 5.a)

② 리브붙임은 意匠的인 效果와 強度가 있다는 点에서 會議室, 홀 또는 體育室의 壁 등에 많이 使用되고 있다. (그림 5. b)

③ 有孔板붙임은 錄音 스튜디오 등에서 많이 使用되고 있지만 表面材로서의 機能을 얻게 되려면 開口率이 25%以上 必要하다. 구체적으로 φ 9~15, φ 8~15 정도의 有孔板이 必要하다. 開口率이 적으면 低音域의 吸收가 적게 된다. (그림 5. c)

나. 空氣層

吸音材를 施工할 경우에는 正確한 空氣層을 形成하는 것이 重要하다. 그림 6의 2個의 構造는 그 吸音特性이 상당히 차이가 있다. 그라스울등은 나무형틀을 使用하여 空氣層을 두어 設置하는 方法이 있으며 그림 7과 같이 실등을 걸쳐 그라스울을 支持하여 設置하면 더욱 좋다.

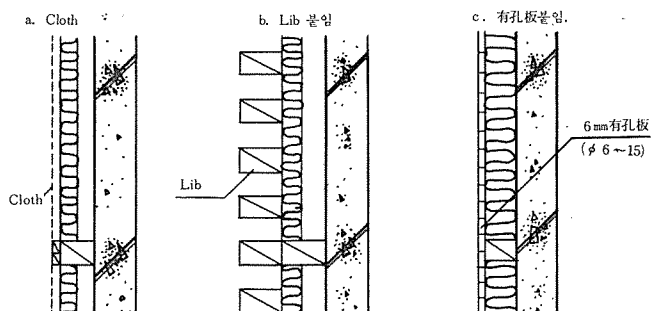


그림 5. 表面材의 例

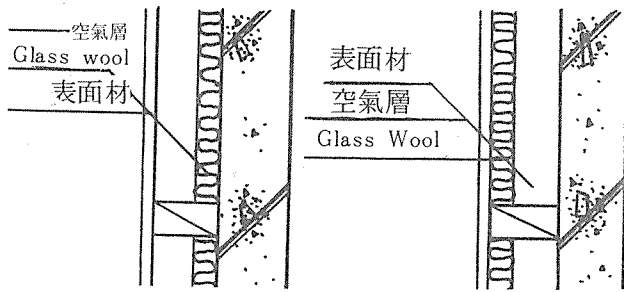


圖 6. 空氣層을 사용한 例.

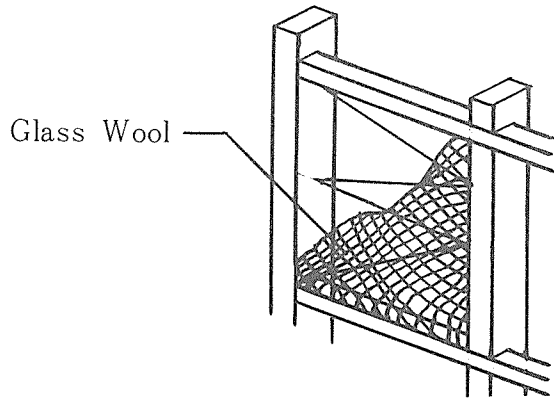


그림 7. 그라스울의 設置方法

### 3. 吸音構造의 實際.

아래의 內容은 各 材料別 吸音特性을 나타낸 것이다.

#### 1) 그라스울 및 락크울.

吸音構造의 中心이 되기 때문에 機械室 또는 닥트의 吸音構造에 까지 廣範圍하게 使用되고 있다. 그 吸音特性은 그림 8에 나타난 바와 같다. 材料의 두꺼운 정도, 空氣層의 깊이 정도에 따라 그 特性이 다르게 된다. 그래프에 나타난 바와 같이 空氣層이 깊을수록 低音域의 吸音率이 크다. 다만 어떤 경우도 表面材가 必要하다. 그림 5에 表示한 것이 代表的인 構造들이다.

#### 2) 보드壁

베니아板, 石膏보드, 스투트板 등은 보통 많이 使用되고 있는 建築의 材料이다. 이것은 그라스울과 락크울과 調合하여 使用하는데 그라스울이나 락크울은 中·高音用으로, 보드板은 低音用으로 使用된다. 特히 内部에 그라스울이나 락크울을 充填하여 使用하면 吸音特性은 多少 上昇하게 된다.

會議室, 事務室 등에서 많이 使用되고 있는 材料이나 騒音低下를 目的으로 하는 構造에는 適合치 않다.

#### 3) 岩綿成型板.

不燃性의 텍스로서 天井에 주로 많이 使用된다. 空氣層을 設置하여 使用하는 경우에는 低音의 吸收에도 많은 效果가 있다. 特殊못으로 施工하는 方法도 있으나 보통 石膏보드바탕에 바른다. 복도나 로비등의 天井에 많이 使用

되고 있으며 最近에는 多樣한 型이 많이 製作되고 있다. 또한 塗裝을 하여 使用되는 것도 있다.

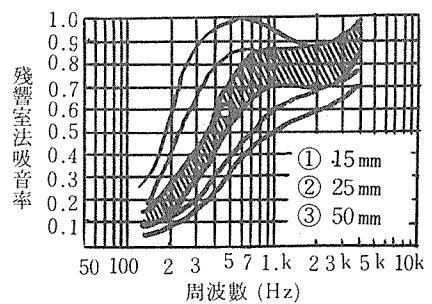
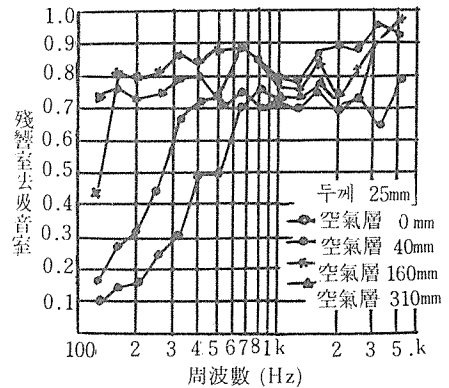


그림 8 Glass Wool의 吸音特性

#### 4) 木毛板, 木片板.

콘크리트板틀로서 使用될 수 있다는 特徵이 있다. 劇場이나 홀의 無臺部 옆벽 또는 機械室의 吸音에 使用된다. “木毛시멘트板은 KSF 4720(木毛시멘트板)에 合格하는 것으로 두께 15mm 板狀의 것을 使用한다”고 建築示方書에 規定되어 있다. 木片板은 80mm 두께가 까지 있다. 그림 9와 같이 아연도금된 혹크 보울트로 부착하는 간단한 方法, 또는 板에 물이 젖거나 하여도 吸音特性이 크게 變化하지 않는다는 理由때문에 外部에서의 吸音構造로서 適切하다고 볼 수 있다.

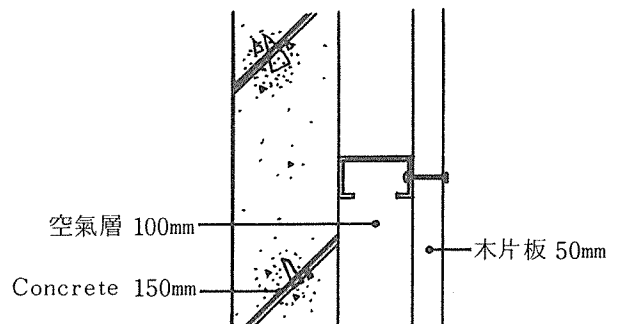


그림 9. 木片板의 附着方法.

#### 5) 有孔板

有孔板은 放送局 스튜디오나 홀에서 吸音構造로서 많이 使用하며, 보통 單純히 吸音한다는 理由때문에 有孔板을 많이 使用하나, 有孔板은 구멍徑, 孔中心間隔, 空氣

층의 길이, 吸音材와의 調合 有無 등에 의하여 吸音特性이 많이 달라지므로 安易한 使用은 避하는 것이 좋다.

開口率이 20% 보다 적게 되는 것과 그림10과 같이 空 洞이 각기 共鳴器가 되어 特定의 音으로 共鳴한다.

共鳴周波數는 다음 式으로 求한다.

$$f = \frac{C}{2\pi} \sqrt{\frac{P}{(t+0.8d)L}} \dots\dots\dots (7)$$

C : 音速 (cm/sec)

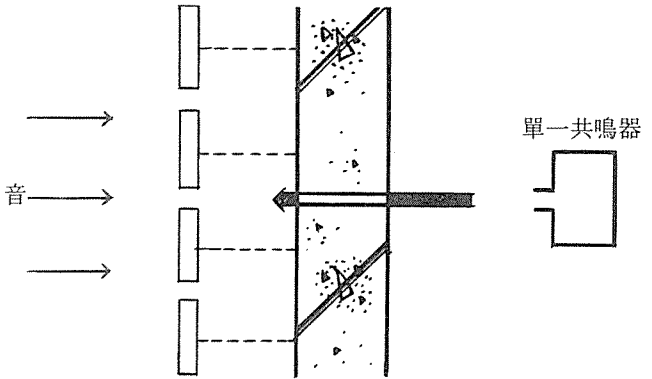
P : 開口率.

t : 有孔板의 두께 (cm)

d : 구멍徑 (cm)

L : 空氣層 두께 (cm)

有孔板을 活用하려면 吸音特性을 充分히 檢討한 후 사용하여야 한다. 開口率이 크면 板의 強度가 떨어지게 되며 “II이 廻轉”한다는 현상이 일어난다. 도장을 할 경우도 注意하여야 한다. 잘못하면 吸音特性이 減少되는 수가 있다.



6) 其 他.

岩綿, 아스팔트, 蛭石 등 各種의 붙임材가 市販되어 使用되고 있다. 凸凹부분 등의 施工이 까다로운 部分까지 使用할 수 있는 特徵이 있다. 使用時 두께가 限定되어 있으며 高音域의 吸收밖에 기대할 수 없다.

※ 本稿는 国立建設研究所刊 “建設技術” 제63호에 發表된 것임.      国立建設研究所 建築基準科