

# 鉛板을 利用한 建築構造

李 璟 會

延世大 教授 工学博士

李 周 榮

綜合建築研究所

4半世紀前에 美国에서 出現한 現代建築 材料로서의 鉛은 오랜 세월동안 氣候가 다른 地域에서의 서로 다른 要求(多用途性)를 만족시켜 주고 있다. 氣候에 대한 永久性과 防禦性 以外에도 鉛板은 再使用이 容易하고 耐火性이 좋으며 構造美에 對한 貢獻이 크다.

또한 耐久性이 強하고 設置가 容易하며 近接材料와의 着色과 變色이 없고 鉛의 主色인 灰色은 다른 어떤 색깔과도 調和가 잘되기 때문에 建築家, 엔지니어, 建築業者에게 魅力的인 材料가 되고 있다.

우리나라에서 鉛은 매우 高價이기 때문에 住宅材料로서는 거의 活用이 없는 實情이나, 歐美 先進國에서의 鉛板은 亜鉛鍍鋼板을 利用한 工業化 住宅에서 지붕材, 壁材, 其他 設備材로서 널리 使用되고 있다.

여기서는 鉛板을 利用한 建築構造의 內容을 간단히 소개하고자 한다.

## 1. 鉛板의 性質

鉛은 空氣中 腐蝕에 큰 抵抗性을 갖고 있다. 鉛板을 잘라 空氣와 接하게 하면 먼저 酸化膜의 表面을 形成하고 다음 空氣中의  $CO_2$  와 反應하여 鉛炭酸鹽의 錄을 이루게 된다. 鉛은 鉛板 表面에 強接해있어 보통 空氣中의 濕氣에는 溶解되지 않는다.

일단 이 防膜이 形成되면 鉛板속으로 他物質透入은 거의 없다. 各成分이 다른 大氣에 10年동안 이 錄을 방지해 본 測定結果 他物質의 平均浸透 長이는 0,006mm에 不過했으며 해(年)가 거듭됨에 따라 以後의 浸透率은 減少되었다. 工場地帶의 大氣속에서 錄은 黃酸鹽과 炭酸鹽을 含有하나 그 防膜機能은 조금도 減少하지 않는다.

錄의 自然色은 銀灰色이나 表面에 먼지나 때가 끼었을 때는 흔히 좀 어두운 色으로 보인다. 風化된 鉛의 錄은 高度의 不溶解性을 갖고 있으므로 鉛板지붕에서 흘러내리는 빗물은 石造마우의 壁이 近接해 있을 경우에도 壁이 얼룩지게 하거나 害를 입히지 않는다.

鉛板의 性質을 要約하면 다음과 같다.

### ① 他物質과 接觸容易

鉛은 흔히 구리, 아연, 철, 알루미늄과 合金해서 利用되는데 合金反應時 電氣腐蝕이 없다. 바다 空氣나 工場地帶의 空氣中에서는 鉛·알루미늄 接合部에 알루미늄이 腐蝕을 促進시키기 때문에 注意를 要한다.

大韓建築士協會誌 通卷第112號

數年 지난 木材에서 걸러나오는 有機物의 稀積化合物은 鉛을 寸寸히 腐蝕시키는 原因이 될 수 있으며 그런 腐蝕은 鉛이 濕木材, 特히 西洋赤杉木, 오오크나무, 느릅나무 따위의 剛木에 長期間 接해 있을 때 일어난다.

지붕構造에 溫濕空氣가 들어간 경우 腐蝕의 危險性이 있게 되는데 이때 들어간 空氣는 剛木의 地層木材로부터 안쪽에 有機酸이 凝縮되게 하는 것이다.

포틀랜드 시멘트 콘크리트는 濕氣中에서 鉛板의 腐蝕을 寸寸히 促進시킬 수 있는 活性알칼리를 含有한다.

그러므로 콘크리트의 炭酸化가 늦는 位置에서 鉛板 포틀랜드 시멘트 콘크리트와의 直接接觸은 適當한 部材를 利用하여 避해야 한다.

### ② 物理的 性質

鉛板은 異例의인 延性을 갖고 있으므로 지붕공사에 利用時 多量한 디자인을 淸사리 할 수 있다. 또한 보통의 기계적강도와 比較的 높은 線膨脹係數를 갖고 있으나 鉛板지붕의 壽命에는 何等 지장이 없다. 鉛板은 매우 단단히 固定될 수 있기 때문에 數世紀를 外氣에 接해도 溫度變化에서 비롯되는 應力의 結果를 無視해도 좋다는 것을 오랜 經驗에서 알 수 없다.

### ③ 耐火性(Fire Resistance)

鉛板은 非燃燒性을 갖고 있으므로 火災時 불길의 建物 內로나 이웃에 擴散되는데 적절한 저항을 한다.

鉛板이 Square-edged板위에 놓이게 되면 그지붕은 영국의 경우 BS 426, 3章인 建築材料構造의 火災試驗란에서 BA로 等級되고, 홈물림(Tongued and Grooved)板위에 놓이면 AA로 等級되어 法的인 制止없이 이용된다.

### ④ 防熱(Thermal Insulation)

熱傳導率은  $34.75W / M^{\circ}C$ 로서 실제로 鉛지붕공사에서는 열전도율을 계산하지 않는다.

## 2. 鉛板지붕과 비막이(flashing)構造

原始人에게 住宅은 自然環境條件의 여과기(filter)로서 意義가 있었다.

鉛이 언제부터 이 目的을 위해 사용되기 시작했는지는 不確實하지만 1400年된 鉛板지붕이 비잔틴건축의 築積中 하나인 Hagia Sophia에 現存하고 있다.

西洋의 유명건축물중 寺院의 지붕에 鉛板을 使用해온 傳統이 있으므로 오늘날의 建築에도 다양하게 이용되고 있다. 古代 건물은 1/8 inch 두께의 軟鉛(Soft lead)을 사용하는데 비해 오늘날의 鉛板지붕은 3/64inch 두께의 硬(안티몬)鉛 合金이 古代의 軟鉛과 같은 정도의 強度와 剛性을 갖고 있다.

대부분의 構造材料는 連續軟面의 維持, 固定의 堅固 및 永久性만 있으면 지붕공사에 적당한 下部構造가 된다.

鉛板의 장기수명과 유지비를 위해서는 鉛板과 마찬가지로의 耐久性이 있어야 한다.

下部構造의 材料別 內容은 다음과 같다.

#### ① 밀갈개(Underlay)

일반적으로 밀갈개는 下部構造를 分離시키기 위해서 설치되어야 한다. 飽和펠트(Impregnated felt) 밀갈개는 太陽熱로 인해 쉽사리 軟해지지 않아야 하며 鉛, 밀갈개, 下部構造間의 凝着을 도와야 한다.

#### ② 木材

위가 鉛인 木板은 장부측이음, 흠맞물림 혹은 대각선이나 下向으로 고정되어야만 한다. 못머리는 판자 面아래로 내려가야 하며 나사못도 마찬가지다. 材木外邊의 심한 모서리는 제거되어야 한다.

덱크(Decking)아래 지붕공간은 건물내에서 올라오는 溫濕한 空氣를 換氣함으로써 凝結로 부터 오는 나쁜 영향을 避할 수 있는 木材下部構造가 되어야 한다. (간단한 空氣管은 지붕과 덱크를 통하는 짧은 길이의 鉛파이프를 插入한다. 파이프를 180° 굽혀 開口부분이 風雨에 面하지 않게 한다)

#### ③ 콘크리트

콘크리트에 鉛板를 직접 附着할 때 그 表面은 부드러운 마무리가 되어 있어야 하며 밀갈개는 溫度變化에 따라 移動하려는 鉛을 고정시키고 콘크리트內에 存在하는 活性알칼리로 부터 鉛을 隔離시켜야 한다.

콘크리트內의 못이나 나사못 고정을 위한 材料는 濕氣에 쉽사리 腐蝕하지 않게 한다.

콘크리트 表面의 거칠은 마무리로 하드보드(Hardboard)를 사용할 때는 鉛固定은 하드보드를 통해 콘크리트속까지 되어야 한다.

#### ④ 木綿슬래브와 類似材料

木綿슬래브의 下部構造 속으로 직접 연결된 固定, 세 포질 콘크리트 혹은 유사한 非均質材料는 強度가 弱하므로 固定物에는 버팀목이 필요하다.

긴 壽命의 고정을 위한 방법과 유사하게 버팀목은 下部構造에 緊結되어야 한다.

圖-1은 기와지붕 鉛板부분의 비막이 구조를 나타낸 것으로서 鉛板의 前面, 側面, 後面의 構造內容은 다음과 같다.

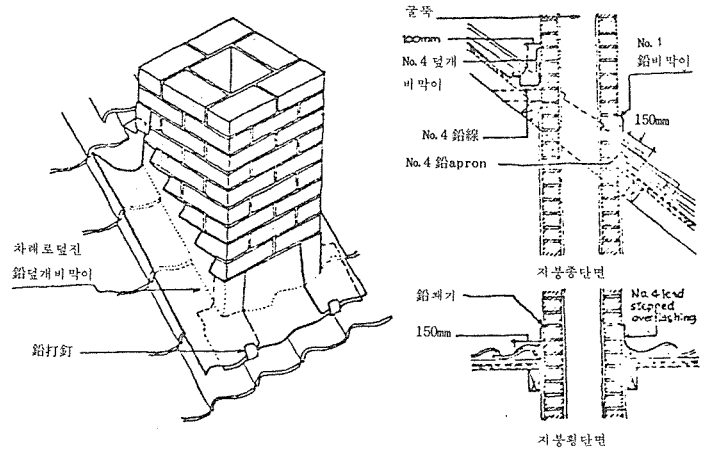


圖1. 기와지붕의 鉛板비막이 구조

前面: 鉛 apron의 길이는 150mm이상이어야 하며, 外氣가 심한 곳에는 2개의 鉛押釘으로 고정되는 것이 좋다. 아래로 들어간 鉛押釘은 썩기 된다.  
 側面: 비막이 鉛은 온장(One Piece)이며 위끝은 鉛板의 벽돌공사에 따라서 段이 져야 한다. 벽돌의 接合部 안으로 들어가는 鉛板의 길이는 약 25mm로서 鉛썩기로 고정된다. 덮는 幅은 150mm를 넘지 않아야 한다.  
 後面: 鉛板은 낙수홈틈을 形成해야 하며 그 위끝은 벽돌의 接合部 안에서 鉛썩기로 고정된다.

### 3. 防音構造

鉛板은 오늘날 사용되는 吸音材料中 가장 보편적이고 오래된 것중의 하나로서 여러가지 方法으로 通用되고 있다. 일반적으로 鉛은 다음 두가지 方式의 吸音材로 쓰인다.

① 音通路를 막기 위해 사용되는 障壁用.

② 振動과 音放射를 감소시키기 위한 構造와 表面의 吸音材料用.

鉛이 吸音材로서 계속 널리 사용되는 이유는 간단한 구조로서 多方面에 利用할 수 있기 때문이다.

鉛은 보통가위로 坊斷되고 어느 모양으로든지 형성될 수 있으며 工業用的 溶劑, 冷却劑, 加工油 및 其他材料에 의해서도 하등의 영향을 입지 않는다. 또한 木材나 鋼板에 簿板으로 씌워지며 에폭시(epoxy)와 프라스틱 같은 재료에도 混合되어 吸音效果를 높인다.

예를 들면 鉛粉을 각종 프라스틱, 에폭시와 혼합하여 만든 復合物은 金屬部品과 機械에 본딩(bonding), 코팅(coating)되어 흡을 감소시키거나 根源에서 부터 없애 버린다.

鉛의 最高密度는  $9 = 11.3 \text{ g/cm}^3$  인데 比해, Young係數는  $E = 2.05 \times 10^{11} \text{ dynes/cm}^2$  이므로 鉛을 防音材로 사용하는 것은 바람직하다. 鉛板은 무겁고 柔軟性이 있기 때문에 이상적인 音隔離效果를 거둔다.

그러나 실제로 純鉛板의 사용은 비현실적이다. 거의가 經濟的 理由때문이기도 하지만 純鉛障壁은 構造的 硬性이 매우 낮아 建築的 要求에 부응할 수 없기 때문이다.

1930年代 프랑스, 영국, 미국에서 鉛板을 이용한 防音 講究策의 研究結果 다음이 밝혀졌다. <sup>12)</sup>

- 鉛은 자체의 高密度(表 1 参照)와 聽覺的인 軟性(Acoustical Limpness) 때문에 理想的인 防音材다.
- 一般的으로 中空의 間壁이 같은 무게의 中空이 없는 間壁보다 그 防音效果가 크다.
- 鉛板은 적어도 그 外接판넬무게의 1/2이 되어야 한다.
- 鉛의 高密度로 인해 판넬의 두께를 增加시킬 필요가 없다.
- 鉛板은 空洞隔壁의 바깥表面에 사용하면 일반적으로 더욱 效果的이다

(表 1) 主要 建築材料의 密度直

材 料	密度(OZ / in <sup>3</sup> )	密度(G / CC)
알 루 미 늄	6.55	11.3
콘 크 리 트	1.57	2.7
벽 돌	0.865	1.5
소 나 무	0.295	0.5

(1) 騒音防壁設計

音은 총소리나 목소리 같은 공기중발생(Airborne) 인 것과 機械振動이나 기차가 지나가는 소리같은 構造的發生(Structure-borne)의 두가지 發生的方式으로 사람의 귀에 이른다.

騒音의 감소, 또는 제거는 音을 根源에서 부터 修正하든지 音根源과 듣는 사람 사이에 適當한 防壁을 設置함으로써 可能하다.

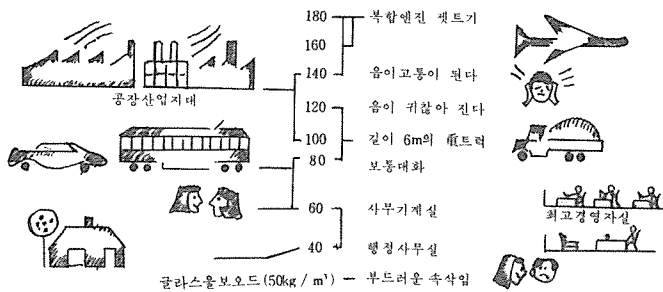


圖- 2. dB 수준

建物の 内部騒音問題는 새로운 것이 아니다. 그러나 건물의 構造, 壁, 天障, 間壁이 점점 輕量化 되어가는 추세에 비해, 전화 타이프라이터, 기록선전스타디오등 騒音機器 내지 設備가 增加함에 따라서 오늘날 建物内 騒音問題는 더욱 切實해지고 있다.

훗날 騒音問題를 해결하자면 간단하지도 않거니와 經費가 많이 들기 때문에 건물의 設計段階에서 潜在的인 騒音問題를 考慮하는 것이 重要하다.

騒音量은 裏面騒音水準과 防壁에 의해 遮斷된 騒音水準 大韓建築士協會誌 通卷第112号

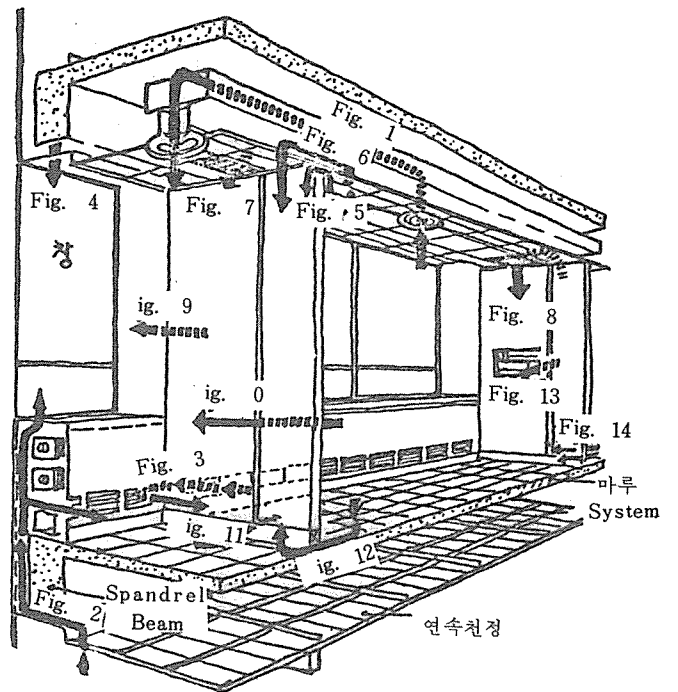
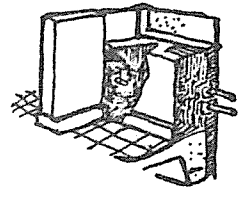
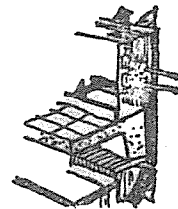


圖- 3. 사무실의 소음경로와 연판을 이용한 방음법

소음경로

1. 에어컨디손 닥트
2. Spandrel Beam 또는 기둥공간
3. 창밀대류난방기
4. 커튼 설치하는 곳
5. 간벽 접합점
6. 한정 Tile
7. Spanning Partirion
8. 연속천정
9. Filler Prnel
10. 간벽 조인트
11. 굽도리널
12. " 밀
13. 벽 감
14. 전기, 전환 콘센트



방음법: 커튼필과 스타브사이 방음법: 창및 대류식 난방기 부금

을 計量하여 定해진다. 防壁의 騒音絶線値는 裏面騒音水準과 突出騒音水準間的 着異와 적어도 같아야만 한다.

여러가지 環境에서의 순환소음은 소음수준곡선에 의해 정의된다.

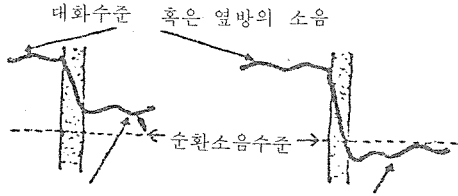
防壁의 性能을 알 수 있는 이 곡선은 높고 낮은 빈도에 대한 사람귀의 서로다른 감각을 보여주고 있다.

曲線形은 높은 頻度の 音이 낮은 頻度の 音보다 귀에 더욱 귀찮다는 것을 나타내고 있다. 그러므로 騒音防壁은 낮은 頻度の 音地域보다 높은 頻度の 音地域에서 더욱 效果的이어야 한다.

鉛板의 卓越한 防音性能은 다음의 問題를 解決하고 있다.

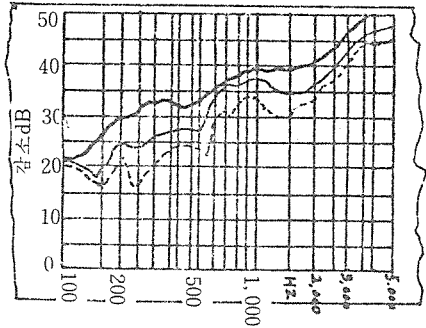
- 방또는 사무실 사이의 프라이버시 保障
- 사무실과 가정의 각종 機器 騒音根源의 封鎖.

圖- 7은 鉛板을 이용한 각종 防音壁中一例로서 提示한 것이다.



옆방의 소음들림      옆방의 소음 안들림

圖4. 나쁜벽과 좋은벽의 비교



鋼-鉛 결합  
 ..... 1.2mm 강  
 ——— 1.2mm 강과 10kg/sqm 鉛  
 ——— 1.2mm 강과 5 kg/sqm 鉛

圖5. 間壁의 試驗結果

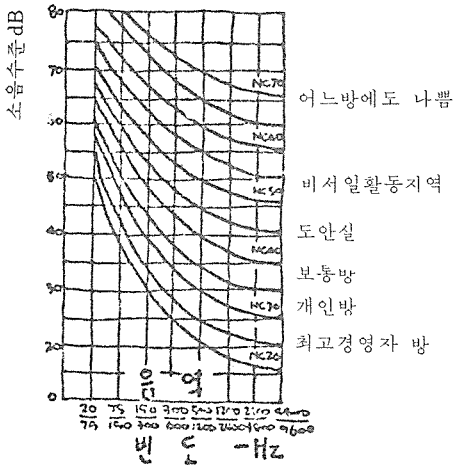


圖6. 소음수준곡선

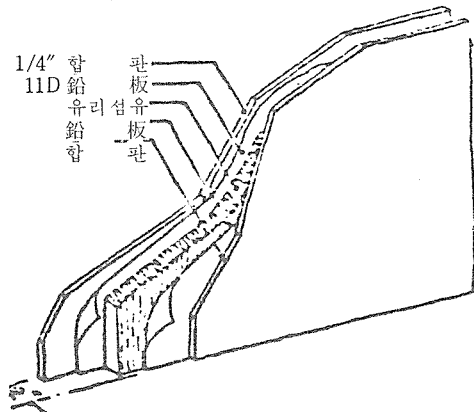


圖7. 鉛板防音壁

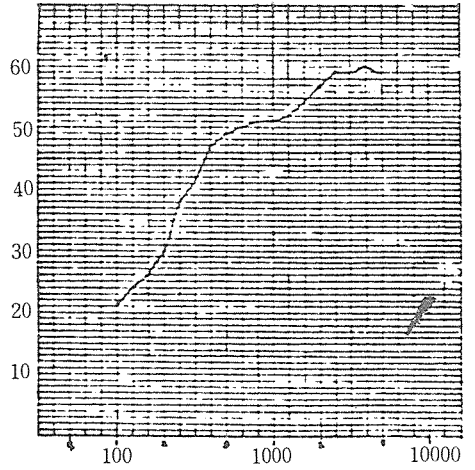
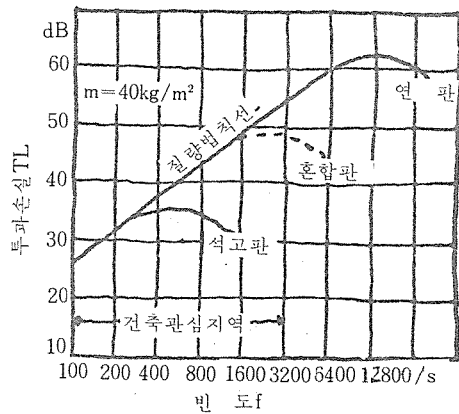


圖8. 鉛板防音壁의 性能



표면중량은 같고 휘경도는 다른 플레이트의 빈도 대 음투과 손실(TL)곡선의 일반적인형.

圖9. 鉛板과 석고판의 透過損失比較

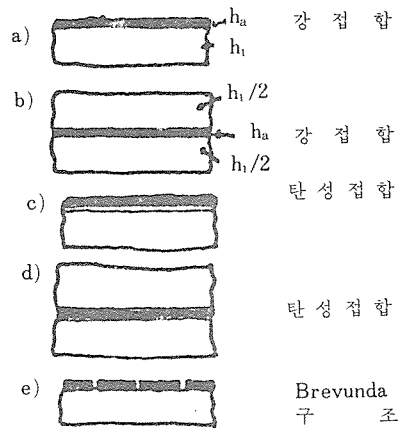


圖10. 鉛薄板法

圖-8은 鉛板防音壁의 性能을  $H_2$ 와 dB를 상관하여 나타내고 있다. 이 防音壁은 옆방의 큰 목소리를 거의 알아들을 수 없는 程度의 性能을 갖고 있다.

(2) 單葉防壁 (Single Leaf Barriers)

單葉防壁의 音隔離은 주로 다음 두가지의 성질에 따른다.

1) 表面重量

$$M = \rho h \quad (1)$$

$h$  = 板의 두께

2) 靱硬度 (bending stiffness)

$$B = \frac{E}{(1-\mu^2)} \times \frac{h^3}{12} \quad (2)$$

$\mu$  = Poisson's ratio = 0.3 to 0.4

板의 靱硬度에 대한 表面重量의 비가 板의 限界頻度를 決定한다.

$$f_g = \frac{C^2}{2\pi} \sqrt{\frac{m}{B}} \quad (3)$$

$C$  = 공기중 음속 340m/sec

音隔離은 質量法則에서 꽤 精確하게 계산된다.

$$TL = (20 \log \frac{2\pi f m}{2Z} - 3) \text{dB} \quad (4)$$

$TL$  = 음투과 손실

$f$  = 頻度

$Z$  = 導體内의 抵抗 =  $41g/cm^2 \text{sec}$

(4) 式은 平均 音入射角  $45^\circ$ 일 때이다.

일반적으로 질량법칙은 單葉防壁의 潜在的 音隔離을 나타낸다.

圖-9에서 다른 建築재료의 代表的 例로 取한 석고판의 낮은 限界頻度 때문에 中間頻度에서의  $TL$ 值은 (4) 式의 質量法則에 의해 予想된 것보다 상당히 낮다.

따라서 가장 중요한 中間頻度範圍内에서 높은 音隔離을 얻기 위해 板의 表面重量을 完全히 이용하는 것은 불가능하다. 이 結果는 좀더 넓은 表面重量을 가진 약간 더 두꺼운 板이 이용될 때 더욱 명백하다. 왜냐하면 (1) 式과 (2) 式을 (3) 式에 代入하듯이 限界頻度는 板의 두께의 逆比例하기 때문이다.

圖-10은 建築材料에 鉛板을 부착하는 可能한 方法을 보여주고 있다.

(3) 防音天障

建物間壁의 防音設計時에는 天障의 騒音抵抗이 벽의 소음저항과 一致하도록 해야 한다. 만일 일치하지 않으면 間벽의 방음효율을 크게 감소한다.

콘크리트 슬래브 아래 600~900mm의 天障空間에 나쁜 防音이 된 現代 事務所構造에서 이런 점은 특히 明白하다.

鉛板은 Dverlay System과 Barrier System의 두가지 方法으로서 防音天障을 만들고 있다.

(4) 反震動基礎

지난 50年동안 鉛-石綿反震動 Pad는 진동이 地層에서 大韓建築士協會誌 通卷第112号

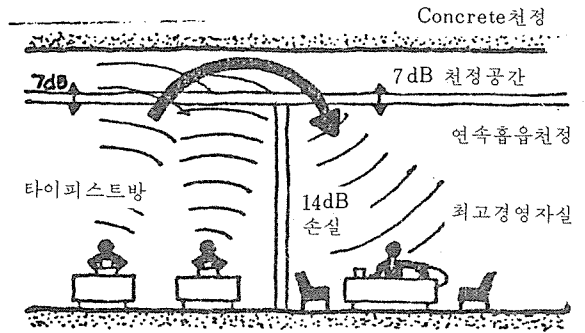


圖-11. 천장구조를 통한 소음로

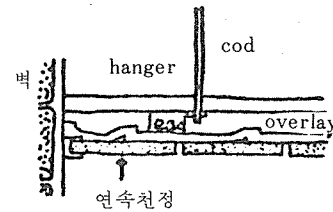
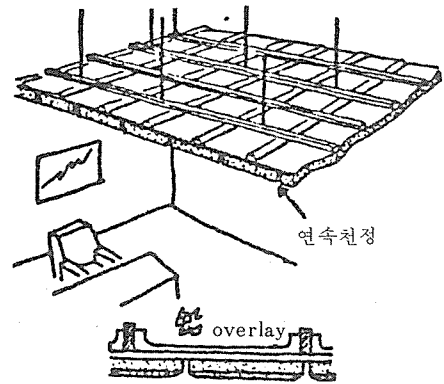


圖12. 鉛Over lay system

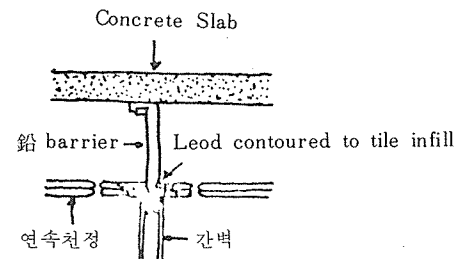
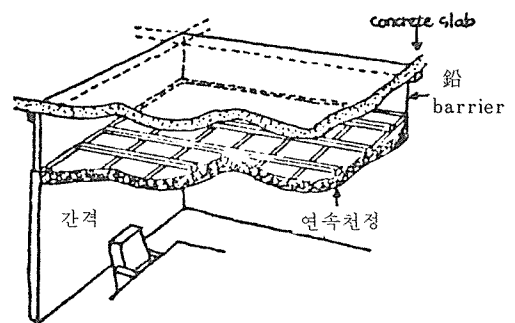


圖13. 鉛Barrier system

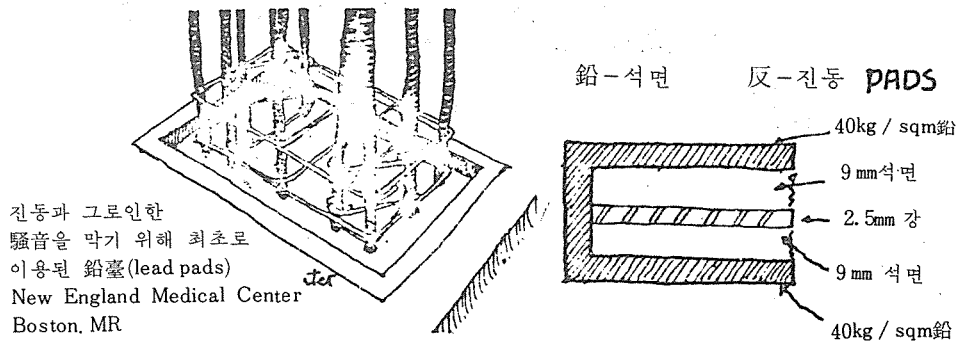


圖14. 反震動基礎

建物構造로 伝達되는 것을 감소하기 위해 建物基礎에 使用되어 왔다.

4.000~7.000KN/m<sup>2</sup>의 荷重에 견디는 鉛-石綿 Pad는 같은 目的의 다른 材料에 비해 다음 두가지의 뛰어난 長點을 갖고 있다.

- ① 극히 耐久性이 좋다.
  - ② 다른 材料의 진동Pad보다 훨씬 큰 荷重에 견딘다.
- 建物構造에서 일어나는 대부분의 震動은 豫見할 수 없고 복잡하므로 진동의 頻度와 強度를 예측하기는 不可能하다.

한 調査에 의하면 2,700~5,500KN/m<sup>2</sup> 사이의 荷重을 받고도 鉛-石綿 反震動 Pad는 50 CPS(H<sub>2</sub>) 이상의 效率的인 震動隔離를 하고있다. (1)

註.

- (1) Lead roofing, A "Lead in Architecture" Bulletin, London, July 1972
- (2) The Broken Hill Associated Smelters Pty.Ltd. Australia, Noise isolation with Lead Sheet.
- (3) Louis S Goodfriend and Associates of Little Falls, New Jersey, U. S. A.