

## 技術解説

## 국내외 건축재료의 음향성능 특성 및 활용방안

## Acoustic Performance Characteristics and Application Method of Domestic and Foreign Architectural Materials.

김 용 국  
(Yong Kuk Kim)  
(환경음향연구소 대표)

## I. 서 론

최근 우리나라에서는 대도시를 비롯하여 중소도시에서도 지역마다 특성에 알맞는 실내체육관, 예술회관, 문화관 등과 종교성전의 대형집회 공간이 건립되고 있으며, 기건립된 건물이라도 실내외의 환경음향 장애로 인하여 활용목적에 만족하지 못하여 환경음향 개선을 위한 작업이 이루어지고 있는 실정이다.

근년에 와서, 특히 실내 공간의 활용은 건립목적 외에도 각종 예술공연행사를 수반하는 다목적 행사장으로 활용하는 다목적 공간으로 설계되어야 하기에 건축음향설계가 건축의 기본계획 단계에서부터 택지 주위의 환경, 소음진동을 비롯하여 향후 주위환경의 변화에 따르는 실내외의 소음진동을 고려한 차음구조와 잔향시간 및 ECHO 방지를 위한 실내외 흡음구조등의 필요량을 예측한 건축음향 설계가 진행되어야 한다.

따라서, 본 발표내용은 건축 현장에서 문제가 되는 일반적인 흡음재료의 대표적인 사재의 흡음특성을 살펴보고서 시공하였을 때의 흡음특성의 변화 현상등을 예측하는 방법에 대하여 설명하고자 한다.

## II. 흡음재료의 복합구조와 그의 특성

## 2-1. 다공성 흡음재의 종류

다공질 흡음재료는 일반적으로 다음과 같은 종류로 세분하여 설명할 수 있다. 그러나 사용장소와 사용목적에 따라 어떠한 재료를 선택할 것인가에 대하여 주의할 필요가 있으며, 또한 다공성 흡음재료 중 WOOL 종류는 미산의 위험과 인체에 좋지 못한 발달성 물질도 있기 때문에 사용에 특별한 주의가 요망된다.

## 1) 다공질 흡음재료의 공진주파수 계산

다공성 흡음재료의 시판재료는 흡음 DATA에 맞추어 시공하기는 매우 힘이드는 경우가 많이 발생한다. 따라서, 설계상 저감 주파수와 최소한의 재료의 두께와 배후공기층만은 일단 계산하여 구조에 대한 내장재료의 두께를 검토하는 것이 바람직하다. 재료의 공진주파수 계산 공식은 다음과 같다.

$$f = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{c}{d} \cdot \sqrt{\frac{3}{m\beta}} \quad (1)$$

단, d : 두께

m : 비율

β : 유공율로서 세공중의 공극의 용적과 건물방안 비율

c : 음속

이식에서 각대의 흡음주파수인  $f$ 는  $\frac{\lambda}{4}$  이다.

$\frac{\lambda}{4}$

2) 다공질흡음재료의 두께와 밀도의 변화특성  
 다공질 흡음재료의 대표적인 GLASS WOOL BOARD의 흡음특성을 두께의 변화, 밀도의 변화에 따르는 흡음특성을 분석한 DATA는 다음 표와 같다.

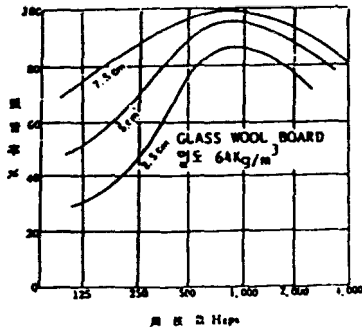


표 1. GLASS WOOL BOARD의 두께 변화에 따르는 흡음곡선

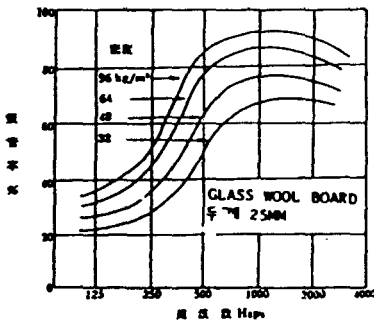


표 2. GLASS WOOL BOARD의 밀도변화에 의한 흡음률의 변화 곡선

3) 다공성흡음재료의 표면도장시 흡음률의 변화  
 다공성 흡음재료는 대부분 표면을 피복하여 사용하거나 도장을 하여 사용하는 경우가 많다. 따라서 도장을 하였을 경우는 표면의 세공이 막히거나 세공이 작아짐 때문에 변화함으로써 높은 주파수의 흡음특성이 저하되어 도장회수에 따라 현저히 다른 그림 1과 같이 석하되고, 뽕칠도 상과 또다시 석하의 특성이 그림 2와 같이 변화되며, 또한 Fiber Glass Fabric과 바직천등의 직조보장에 대하여도 흡음특성이 변화함으로써 충분한 사전검사가 필요하다.

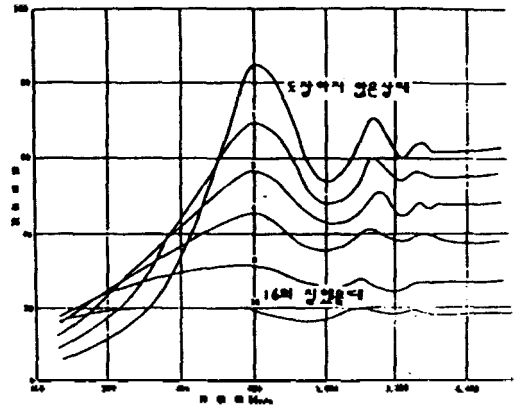


그림 1. 도장의 두께와 흡음률의 변화  
 재료두께 3.16cm=d, 공극율 80%=p, 유동저항 31.6g / cm<sup>2</sup> · sec=r

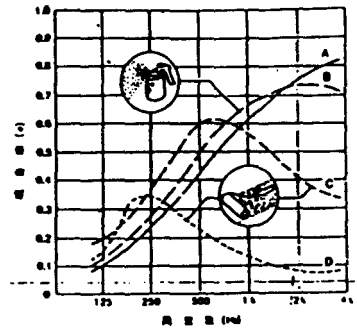


그림 2. A. 칠하지 않았을 때  
 B. 1회 뽕칠  
 C. 1회 로라칠  
 D. 2회 로라칠

2-2. 판상형 흡음재료

판상형 흡음구조를 이용하는 주요 목적은 저주파수의 음을 흡수시키기 위함이다. 앞에서 설명한 다공성 재료는 높은 주파수를 흡수시키는 것과는 반대이다. 따라서, HALL의 음향문제를 검토할 때는 이들의 재료의 성질을 이용하여 다공성 흡음재료와 판상형 흡음재료를 필요 장소에 적절히 배분하여 흡수시키고자 하는 주파수를 조사 검토하여 재료의 종류와 두께를 결정한다.

1) 판상형흡음재료와 진동주파수의 계산

판상흡음재의 공면진동주파수 계산은 음향 IMPEDANCE에서 유도할 수 있으나 유도과정은 생략함.

공진주파수 공식

$$f = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{p}{hm}} \approx 60 \sqrt{\frac{1}{mh}} \quad (2)$$

단, 음속  $c=340\text{m/sec}$

공기의 밀도  $p=1.2\text{kg/m}^3$

( $m$ 는  $\text{kg/m}^2$ 이고  $h$ 는  $\text{m}$  <meter>로 계산함)

2) 베니아판의 두께와 공기층의 흡음특성

실용적으로 베니아판의 두께와 배후공기층을 변화시켰을 때의 공진주파수의 변화는 다음 그림과 같다. 그러나, 베니아판만으로 사용하는 것이 아니라 보통 수성케인트 또는 락카케인트의 도장과 무늬목 부침등은 특성을 변화시킬 소지가 있으므로 특성변화를 예측하여야 함.

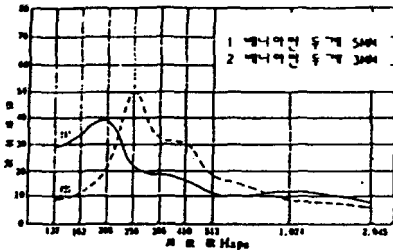


그림 3. 베니아판의 흡음, 공기층 3.2cm

3) 비닐시트의 막상재료의 흡음특성

우리는 일반적으로 GLASS WOOL이나 ROCK WOOL등의 표면에 막상재료인 얇은 비닐시트로 포장하여 GLASS WOOL등의 비산을 방지하는 경우가 있다. 이 때 다공질 재료의 특성우 고음역에서 흡음특성이 감소한다. 따라서 싸우는 비닐시트의 두께와 다공질 재료의 특성에 따라 달라지지만 일반적으로 다음과 같은 특성으로 변화됨으로 주의의 대책이 필요하다.

4) 포유의 흡음특성

일반적으로 널리 쓰여지는 흡음재료중 벽체의 가넨 문재는 많은 사람들의 관심의 대상이 되는 흡음재료이다. 그러나, CURTAIN을 설치할 때 흡음주파수 대역을 분석하고 벽체의 CURTAIN간의 거리를  $\frac{1}{2}\lambda$  또는  $\frac{3}{4}\lambda$ 로 설정하는 것이 바람직하다



그림 4. 막상재료(비닐시트)의 흡음특성

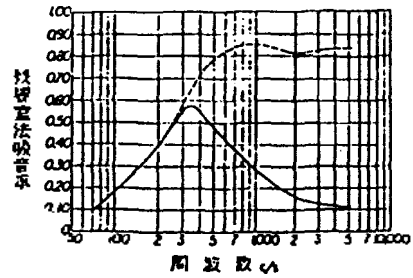


그림 5. 막상재료에 다공성 흡음재료를 포장하였을 때의 흡음특성. 점선은 다공질 재료의 흡음특성

또한 CURTAIN의 M<sup>2</sup>의 중량과 두께, 통기성, 비면적과 줄음의 넓이의 배수<주의 배수>등에 따라 흡음특성이 다르며, 격의 배수가 큰 것일수록 흡음특성은 향상된다.

2-3. 공명기형 흡음재료의 특성

건물의 내장지개의 배치에 있어서는 꼭 흡음목적으로만 배치하는 것이 아니라 전체적인 미관, 내구성 등을 고려하여 사재배치가 이루어진다.

타공판 유광판 흡음재료와 슬릿 흡음구조를 공명기형 흡음재료라 말할 수 있겠다. 따라서 일반적인 흡음구조의 기본형은 다음 그림과 같다.

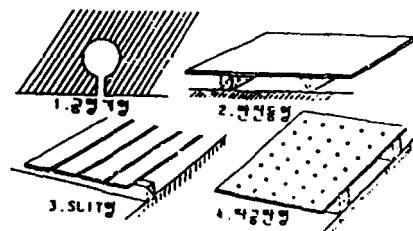


그림 6. 공명흡음구조의 기본형

1) 타공판의 공진주파수 계산

현재 건축의 내장지개의 널리 쓰이고 있는 타공판의 공진주파수 계산은 다음과 같다.

은 주로 건물의 천정 또는 벽체에 사용되고 시공에는 특별한 기술이 불필요하다. 그러나 이들의 종류는 판면이 구멍의 크기, 구멍의 수, 배후공기층의 충전물과 두께에 따라 흡음상태가 변화되고 또한 재료의 표면에서도 다소의 흡음성을 갖게 된 재료가 많다. 따라서, 일반적으로 널리 쓰이는 다공판이 공진주파수를 예를 들어 계산하면 다음과 같다.

판의 두께  $L_0=0.6\text{cm}$

구멍과의 간격  $p=1.0\text{cm}$

공기층의 깊이  $h=6\text{ cm}$

구멍의 경  $d=0.3\text{cm}$  알 때

$L_e$ 는 단말조정치  $L_e=\frac{2}{4}d\approx 0.8d$

$$L=L_0+L_e$$

$$0.6+0.8d=0.84$$

$$\text{개구율 } r = \frac{\pi}{4} \frac{d^2}{p^2} \times 100 = 0.78 \times 0.3 \times 0.3 \times 100 = 7.02\%$$

$$f = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{r}{100h(L_0+L_e)}}$$

$$= \frac{34000}{2 \times 3.14} \sqrt{\frac{7.02}{504}} \approx 638\text{Hz}$$

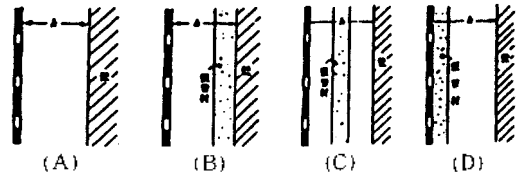
즉, 다공판의 공진주파수  $f=638\text{Hz}$ 이다.

### 2) 타공판의 배후 충전재료의 위치

타공성 흡음재료의 배후공기층중에 균일하게 다공성 충전재료를 삽입하는 경우 어떠한 위치에 넣었을 때 효과적인 흡음특성을 구할 수 있는가에 대하여 시공상 많은 문제들이 있다. 따라서 다음 그림과 같은 다공성 흡음재료의 위치를 구분하여 설명하면,

- (A) 타공재료의 배후공기층에 흡음재가 없을 때
- (B) 흡음재료가 배후강벽에 있을 때
- (C) 타공재료와 강벽의 중간에 있을 때
- (D) 타공재료에 직접 흡음재료가 있을 때

위 그림과 같이 동일 자재를 가지고 시공하였을 때의 흡음특성의 변화는 다음 표와 같이 변화됨으로



7. 배후공기층 공간에 흡음재료를 삽입하는 방법

흡음률을 증가시키기 위해서는 D의 방법과 같이 시공하였을 때는 직류저항의 증가가 증가되어 흡음률이 증가하며 공명 흡음시의 공진주파수도 거의 변환되지 않은 상태가 된다.

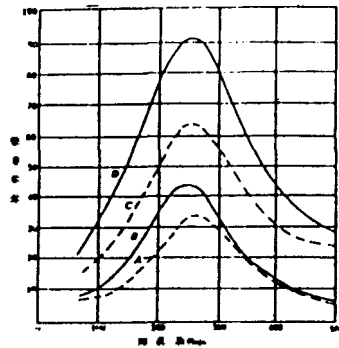


그림 8. 흡음재의 위치에 의한 흡음률의 변화

### 3) 슬릿 구조 흡음

#### (1) 슬릿 구조 흡음체의 특성

슬릿를 사용한 흡음구조체는 유공판 구조체와 동일한 흡음기구인 공명흡수에 의해 흡음을 하게 된다. 따라서 슬릿에 의한 흡음구조체의 흡음특성은 슬릿크판의 두께, 슬릿폭, 슬릿판의 위치 또는 판중심간의 거리, 슬릿판과 배후 강벽간의 거리 또는 포류등의 내부 재료 및 다공질재료와 조합시킬 수 있기 때문에 특수하게 요구하는 흡음특성을 설계하고 실제 시공할 때 설계대로의 흡음특성을 실현하기가 쉽다. 또한 슬릿판은 다음의 값으로 설정을 하고 있다.

1. 슬릿의 공기층이 설정되었을 때 공명주파수  $f$  구할 수 있고

2. 결정된 슬릿를 사용하여 필요한 공명주파수  $f$  얻기위한 공기층을 구할 수 있다.

3. 공명주파수와 공기층이 설정되었을 때 필요한

슬리트(슬리트판, 슬리트목 등)를 선택할 수 있다.

한편, 슬리트와 공기층의 조합에 의한 흡음률의 최대치는 유공판의 경우와 같이 사용하는 슬리트판의 재질에 무관계하다.

4) 콘크리트 음향블럭

점토를 이용하여 여러가지의 크기로 만들어진 단일공명기가 중세기 스칸디나비아 교회에서 이미 사용되고 있었으며 그 흡음효과는 100~400Hz의 넓은 대역에 걸쳐 작용하고 있다.

표준콘크리트 블럭의 공동에 슬리트 개구를 낸 음향블럭은 새로운 공동명기라 할 수 있으며 이것은 표면에 별도의 흡음처리가 필요없으므로 잔향이나 소음제어에 경제적인 수단이 될 수 있다. 음향블럭은 공칭 19×30cm의 크기에 10, 15, 20cm의 두께로 제작되는데 저주파 대역의 흡음력을 가지며 고주파로 갈수록 흡음력이 다소 감소한다. 또한 음향블럭의 흡음특성은 두께, 폭등 칫수를 조정함으로써 음향설계에서 요구되는 흡음특성에 부합되도록 제작하는 것이 용이하다. 이것의 장점은 도장등의 표면처리에 따른 흡음특성의 변화가 거의 없으며 강한 내구성, 내열성, 내습성을 가지고 있고 동시에 매우 경제적인다는 것이다.

리프 블럭을 여러가지 모양으로 만들어 흡음을 필요로 하는 학교교실, 공장, 실내수영장, 체육관, 빙상경기장 등의 벽면에 조적하면 흡음률을 증가시킬 뿐만 아니라 차음구조 벽으로도 사용되며 다음과 같이 값이 싸고 미관도 훌륭한 구조벽이 될 수 있다.

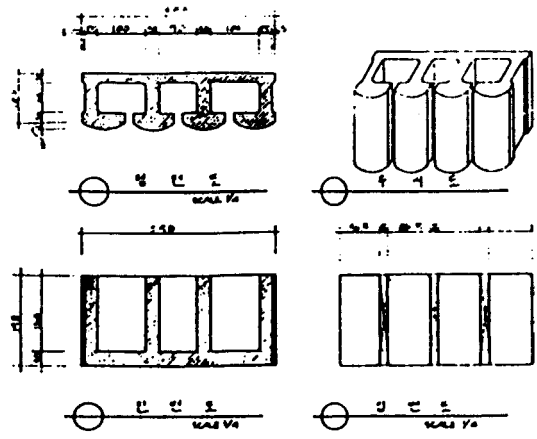


그림 10. 콘크리트 음향블럭의 설계

III. 흡음재료의 선택

흡음목적을 달성하기 위하여는 다공질 흡음재료, 판상형흡음재료, 공명흡음재료 등의 재료를 잘 조합하여 흡음구조체를 만들어 줌으로써 소요 흡음률을 구할 수 있다. 실제 어떠한 흡음재료를 선정할 것인가에 대하여는 일반적으로 다음 3가지 방법으로 선정 방법을 구상하는 것이 좋다.

- 1) 발생소음 주파수가 높은 음의 연속일 때는 다공성 재료를 이용하고,
- 2) 여러가지 주파수인 음이 혼합되어 있고 특히 어떠한 주파수 대역이 다른 주파수보다 소음이 크게 높을 때는 공명기형 흡음구조로 조적하고 나머지는 다공질 흡음재를 이용한다.
- 3) 소음의 주파수 대역이 비교적 저음역에 대하여는 권진동 흡음구조를 이용하는 방법으로 구상하면 된다. 그러나, 시공상도에 따라 적용되어 흡음재료를 쓸 수 없게 되는 경우가 많으며 또한 권진동벽에 적의 흡음재료를 실내의 표면에 사용하기 때문에 제약이 많으며 이부러 흡음률이 좋은 재료라도

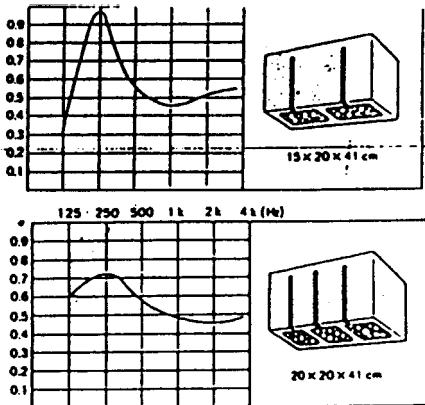


그림 9. 공동 내부에 GLASS WOOL 충전체를 삽입하였을 때 특성임.

또한 건설현장에서 많이 사용하고 있는 표준콘크

흡음구조와 실내의 미관, 내구성 등의 문제 때문에 많은 제약을 받으므로 실내 DESIGNER 또는 건축 설계자와 음향설계자가 합심 연구하여 최선의 방안에서 선택하지 않으면 안된다. 이러한 문제들은 예술회관, 내극장, 실내체육관, 여객터미널, 교회, 선용 음향기기 사청실에서 많은 문제를 가져 오고 있다.

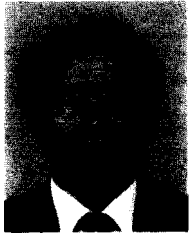
參考文獻

1. 소음대책 HAND BOOK 기보당
2. 건축음향공학 HAND BOOK 기보당
3. 방음장치의 설계 이공도서
4. Acoustical Designing in Architecture UERNO Knudsen
5. 차음성능 기준과 설계지침
6. 울림벽 주경기장 환경음향개선

筆者紹介

▲김 용 국(정회원)

1932년 9월 14일생



1957. 3 : 고려대학교 이공대학  
물리학과 졸업

1969. 11 : 서울중앙방송국기술  
부 기술제장

1975. 4 : 홍익대학교 산업대  
학원 음향학 강사

1984. 8 : 한양대학교 환경공  
학대학원 소음진동  
석사

1986. 6 ~ 현재 : 서울보건전문대학 환경관리과 소음  
진동학산업체 겸임교수

1988. 2 : 중앙국립극장 시설관리 무대과장

1988. 4 ~ 현재 : 환경음향연구실 대표

1991. 3 ~ 현재 : 경희대학교 이공대학 환경학과소음  
진동학 강사

1987. 12 : 환경기술사(소음진동)

1990. 8 : 전자기술사(전자음향)