

## 흡음재 성능 시험방법 비교

### Comparison of Test Methods on Performance of Absorptive Materials

강대준\* · 이우석\*\* · 이재원\*\* · 홍준기\*\* · 조윤희\*\*

Daejoon Kang, W. S. Lee, J. W. Lee, J. K. Hong and Y. H. Jo

**Key Words** : Absorption Coefficient(흡음계수), Reverberation Method(잔향실법), Impedance Tube Method(관내법)

#### ABSTRACT

The absorption materials have been used to enhance the performance of a noise barrier and improve the room acoustics. In this study, 6 products of absorptive materials generally used in Korea were chosen, and their absorption performance were tested in various conditions, that is, it was measured while changing thickness, density and air-gap in their back, and measured with or without facing on their face. Finally, the absorption coefficients were compared by reverberation and impedance tube method.

#### 1. 서론

소음저감을 위한 방음벽의 성능개선이나 강당, 음악홀 등의 실내음향개선을 위하여 흡음재의 사용이 증가하고 있다. 그러나, 지금까지 흡음재의 성능에 대한 자료를 체계적으로 조사하는 사례가 적어 외국의 자료를 이용하여 그대로 국내 생산 흡음재의 성능으로 적용하기도 하였다. 이 논문에서는 국내에서 생산되는 흡음재를 6종으로 구분하여 흡음재의 성상, 배후조건, 표면처리 등의 시험 조건에 따른 흡음성능 변화를 조사하였다. 또한 흡음재의 성능시험 방법 중 관내법과 잔향실법을 각각 이용하여 측정방법에 따른 결과 비교 및 타기관 잔향실에서 측정된 결과도 함께 비교하였다. 흡음재의 흡음성능은 1/3옥타브밴드의 흡음계수와 NRC, 그리고 가중흡음계수를 함께 구하였다.

#### 2. 시험방법

이 연구에서 시험한 흡음재는 국내에서 생산되어 사용되고 있는 제품인 폴리에스터, 폴리우레탄, 불연멜라민, 유리섬유, 미네랄울을 대상으로 하였다. 먼저 각 흡음재의 재질별 흡음특성을 비교하였고, 두께, 밀도, 마감처리, 배후공기층 등의 시험 조건 변화가 흡음 특성에 어떠한 변화를 나

타내는지 시험해 보았다.

#### 2.1 잔향실법

먼저 잔향실에서 잔향실내의 흡음률 측정 방법(KS F 2805, 1972)<sup>1)</sup>으로 주파수별(1/3 옥타브) 흡음계수를 구하였다. 측정 구성도는 Fig. 1과 같이 체적 250 m<sup>3</sup>, 시료부 면적 10 m<sup>2</sup>(2.5 × 4 m)인 잔향실의 한쪽 모서리에 음원(B&K Type 4224)을 설치하여 음을 발생시키고 음원과 벽면으로부터 1.5 m 이상 떨어진 5 지점에서 마이크로폰(B&K Type 2671)으로 이를 수음하여 B&K PULSE System으로 잔향시간을 측정하여 흡음계수를 구하였다<sup>2)</sup>.

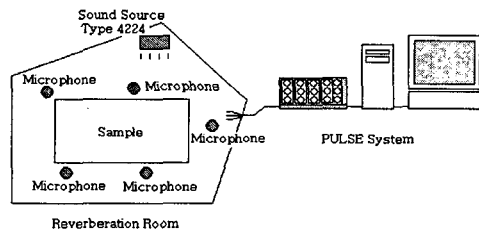


Fig. 1. Schematic diagram of measuring instruments in a reverberation room

또한, 흡음계수와 함께 각 시험 조건에 대하여 NRC(Noise Reduction Coefficient)<sup>3)</sup>와 가중흡음계수( $\alpha_w$ )<sup>4)</sup>를 산정하여 흡음성능을 단일수치로 평가·비교하였다.

\* 국립환경연구원 소음진동과  
E-mail : dj kang@me.go.kr  
Tel : (032)530-7355, Fax : (032)538-2053

\*\* 국립환경연구원 소음진동과

## 2.2 관내법

관내법을 이용한 측정방법<sup>5)</sup>은 임피던스관에 의한 흡음 계수와 임피던스의 결정방법 제1부: 정재파비법(KS F 2814-1, 2001)과 제2부: 전달함수법(KS F 2814-2, 2002)으로 나뉘는데 이 연구에서는 일반적으로 많이 사용되고 시간이 적게 걸리는 전달함수법으로 측정하였다.

측정은 Fig. 2에서와 같이 임피던스관(B&K Type 4206) 내 한쪽에 흡음재를 설치하고 그 반대쪽에서 음(B&K Power Amplifier Type 2706을 이용하여 백색잡음을 출력)을 흡음재로 입사시키면 관 내부에서 입사파와 흡음재를 통과한 후 다시 뒷면에서 반사되어 나오는 반사파와의 중첩에 의해 관내에 정재파가 형성되는데, 관 벽에 설치된 두 개의 마이크로폰(B&K Type 2670)으로 이를 수음하여 B&K Pulse System으로 음압도의 주파수 성분을 측정하여 흡음계수를 구하였다.

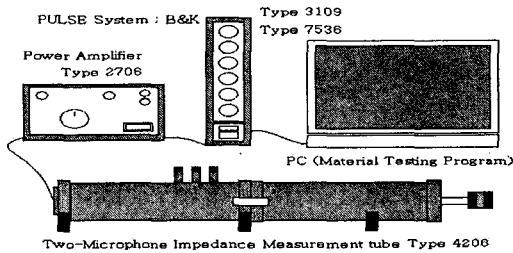


Fig. 2. Schematic diagram of measuring instruments for impedance tube method

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 잔향실법에 의한 흡음성능

#### (1) 흡음재의 재질별 흡음특성

흡음재(폴리에스터, 폴리우레탄, 불연멜라민, 유리섬유, 미네랄울)의 일반적인 흡음특성을 조사하기 위하여 표면마감이 되지 않은 흡음재를 재질별로 나누어 그 결과를 Fig. 3에 보이고 있다.

섬유질흡음재들(폴리에스터, 폴리우레탄, 불연멜라민, 유리섬유, 미네랄울)은 두께에 따라 약간의 차이는 있지만 대체로 저주파수 대역에서 고주파수 대역으로 갈수록 흡음계수가 차츰 증가하다 중·고주파수 대역에서 완만해지는 흡음특성을 보이고 있다.

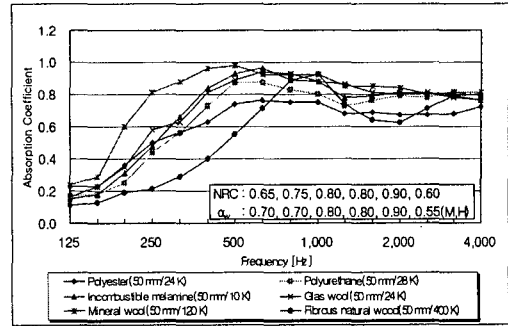


Fig. 3. Comparison of absorptive performance of absorptive materials

#### (2) 두께 변화에 따른 흡음계수 비교

각 흡음재별로 두께 변화가 흡음특성 및 성능에 미치는 영향을 살펴보기 위하여, 동일한 밀도에서 두께만 변화할 경우를 비교 분석하였으며 그 결과는 Fig. 4와 같다.

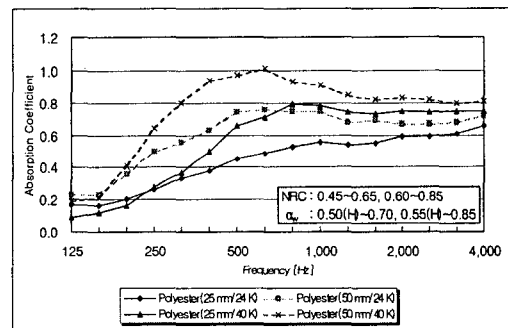


Fig. 4. Absorption coefficient according to thickness of material

폴리에스터 및 폴리우레탄, 불연멜라민은 두께가 25에서 50 mm로 증가함에 따라 중·저주파수 대역에서 흡음개선이 두드러져 630 Hz에서 피크를 보이고 있다. 천연나무섬유질 흡음재는 두께가 25에서 50 mm로 두꺼워짐에 따라 흡음특성이 고주파수 대역에서 중주파수 대역으로 이동하면서 중주파수 대역에서 흡음성능이 크게 개선되고 있다.

#### (3) 밀도 변화에 따른 흡음계수 비교

각 흡음재별로 밀도 증가가 흡음 특성 및 성능에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 두께는 같고 밀도만 변화할 경우를 비교 분석하였으며 그 결과는 Fig. 5와 같다.

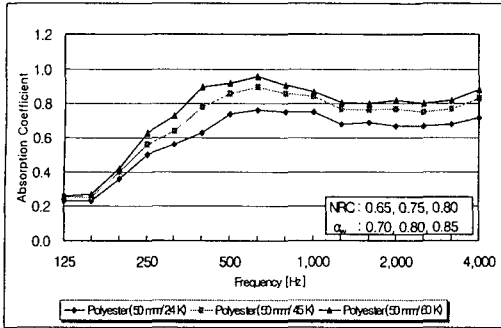


Fig. 5. Absorption coefficient according to density of material

폴리에스터는 밀도가 증가함에 따라 유사한 양상으로 전 주파수 대역에서 고른 흡음계수 개선을 보인다.

#### (4) 표면마감에 따른 흡음계수 비교

표면재의 설치 및 위치가 각 흡음재의 흡음계수 및 흡음 특성에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 표면마감을 하지 않은 흡음재와 표면마감을 앞면에 했을 때, 뒷면에 했을 때의 흡음계수를 비교 분석하였으며 그 결과는 Fig. 6과 같다.

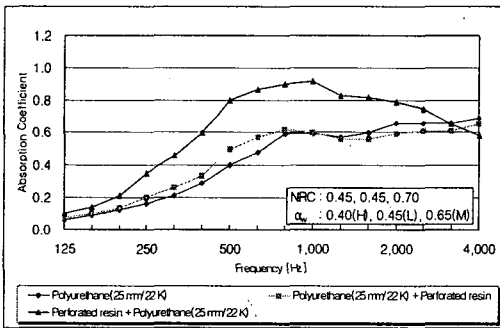
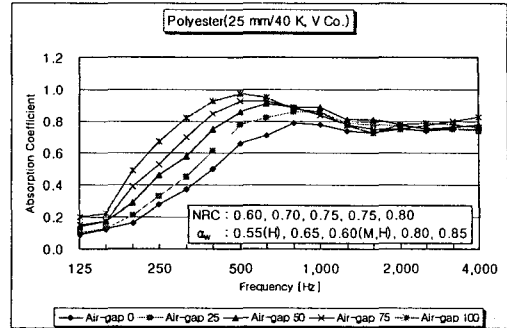


Fig. 6. Absorption coefficient according to facing of material

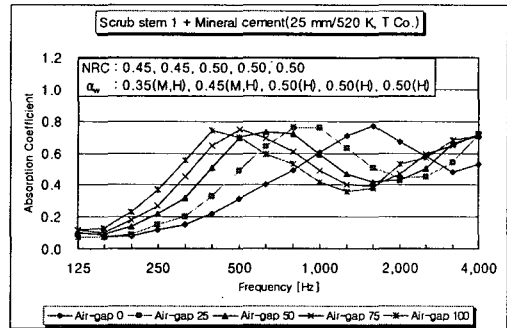
폴리에스터 및 폴리우레탄, 불연멜라민은 표면재의 앞면 부착이 뒷면 부착에 비해 높은 흡음증가를 보이고 있다. 유리섬유 앞면에 무기질 Compound를 부착하면 유리섬유의 주요흡음대역인 중·고주파수 대역에서의 흡음을 막아 고주파수 대역으로 갈수록 흡음계수가 급격하게 감소를 하고 뒷면 부착도 흡음계수에 거의 영향을 미치지 못한다.

#### (5) 배후공기층 변화에 따른 흡음계수 비교

흡음재 배후에 공기층 25, 50, 75, 100 mm를 두어 공기층 설치 및 두께변화가 흡음특성 및 성능에 미치는 영향을 흡음재 별로 나누어 비교 분석한 결과는 Fig. 7과 같다.



(a) polyester



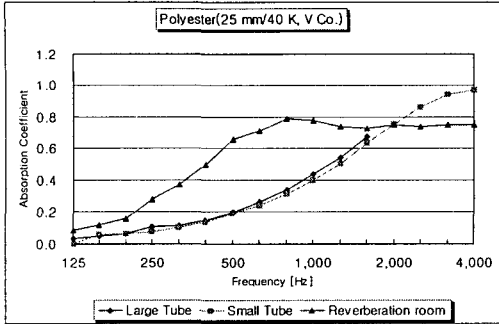
(e) scrub stem

Fig. 7. Absorption coefficient according to thickness of air-gap

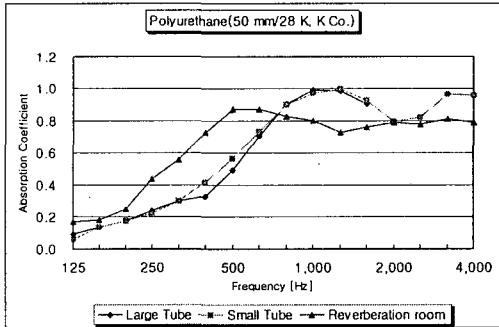
폴리에스터는 배후공기층이 증가함에 따라 1 kHz 이하에서 흡음계수 증가가 나타나며 밀도가 높을수록 공기층 증가에 따른 흡음계수 증가가 크게 나타난다. 폴리우레탄과 불연멜라민은 배후공기층이 증가함에 따라 중·저주파수 대역에서 흡음계수 증가가 나타난다. 유리섬유는 배후공기층이 증가함에 따라 약 630 Hz 이하에서 흡음계수 증가가 나타나고 밀도가 높을수록 그 증가량은 적다. 미네랄울은 큰 변화가 나타나지 않는다. 잠목줄기는 배후공기층이 증가함에 따라 흡음피크가 1.25 kHz에서 400 Hz로 차츰 이동하여 흡음계수 증가 보다는 흡음특성 변화에 크게 영향을 미치는 것으로 나타나고 있다.

#### 3.2 관내법 및 잔향실법의 측정결과 비교

재료표면에 음이 어떤 방향으로 입사하느냐에 따라 흡음계수가 달라지는데<sup>6)</sup> 관내법은 비교적 간단한 장치로 측정을 할 수 있다는 장점이 있지만 수직으로 입사되는 음의 흡음계수만이 측정되는 단점이 있다.<sup>5,6)</sup> 흡음재 위로 입사되는 모든 방향에 대해 측정한다. 이렇게 관내법으로 측정된 흡음계수와 잔향실법으로 측정된 흡음계수를 비교한 결과는 Fig. 8과 같다.



(a) polyester



(b) polyurethane

Fig. 8. Comparison of absorption coefficient by reverberation method and impedance tube method

관내법으로 흡음계수를 측정하면 잔향실법에 비해 중·저주파수 대역에서 흡음계수가 크게 낮고 고주파수에서는 흡음계수가 더 높게 나타난다. 이것은 측정방법에 따라 흡음재에 입사하는 음의 방향이 다르기 때문으로 판단된다.

### 3.3 타기관과의 흡음성능 측정결과 비교

잔향실법으로 흡음계수를 측정하는 KOLAS(Korea Laboratory Accreditation Scheme, 국제공인시험기관) 기관 중 2 기관에서 같은 흡음재를 대상으로 측정된 흡음계수를 우리원에서 측정된 흡음계수와 비교해 보았다. 각 측정기관의 잔향실 부피 및 시료의 면적은 Table 1과 같다.

Table 1. Comparison of measurement conditions of 3 laboratories

Institute	Spec.	Volume (m <sup>3</sup> )	Sample size (m <sup>2</sup> )
NIER		250	2.5 × 4 m
A Co.		290	2.5 × 4 m
B Co.		314	2.5 × 4 m

우리원과 타 기관 2곳에서 조사한 흡음계수를 비교한 결과는 Fig. 9와 같다.

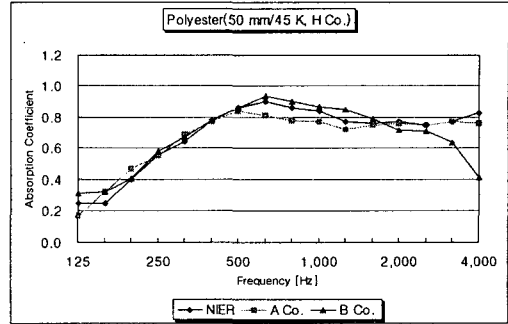


Fig. 9. Comparison of absorption coefficient measured by NIER and other institutes without air-gap

A社의 측정치는 우리원의 측정치에 비해 흡음계수가 중주파수 대역에서 다소 떨어지는 반면 고주파수 대역에서는 높게 나타난다. B社의 측정치는 우리원의 측정치에 비해 2 kHz 이상의 고주파수 대역에서 흡음계수가 감소하는 것으로 나타나고 있다.

## 4. 결론

먼저 흡음재의 흡음 특성은 두께가 두꺼워짐에 따라 중·저주파수 대역(630 Hz 부근)에서, 밀도가 커짐에 따라 전주파수 대역에서 고르게 흡음 성능이 증가한다. 또한, 흡음재에 표면마감재(난연직물)를 앞면에 부착 시 전주파수대역에서 흡음 성능이 증가하며, 배후공기층을 첨가할 경우 저주파수 대역(630 Hz 이하)에서의 흡음 성능이 증가하는 것을 알 수 있다. 그리고, 관내법을 이용하여 흡음성능을 측정할 경우 고주파수에서 성능이 높게 평가되는 점에 주의해야 한다. 또한 타기관과의 흡음계수 비교에서는 잔향실의 부피에 따라 그 차이가 나타나는 것으로 판단된다.

## 참고 문헌

- (1) KS F 2805, 1972, 잔향실 내의 흡음률 측정 방법
- (2) ASTM C 423, 2002, Standard Test Method for Sound Absorption and Sound Absorption Coefficients by the Reverberation Room Method.
- (3) J. D. Irwin, E. R. Graf, 1979, Industrial noise and vibration control, Prentice-Hall, Inc.
- (4) KS F ISO 11654, 2003, 건축물용 흡음재의 흡음 성능 평가 방법
- (5) KS F 2814-2, 2002, 임피던스 관에 의한 흡음 계수와 임피던스의 결정 방법 - 제2부 : 전달 함수법
- (6) 前川純一, 1989, 건축음향, 기문당