한국소음진동공학회 창립10주년 기념 소음진동학술대회논문집, pp. 185~190.

시편의 크기에 따른 흡음계수 변화 연구

⁰정성수* · 이우섭* · 조문재* · 서상준*

A Study on the Sound Absorption Coefficient by Varying Sample Size

Sung Soo Jung*, Woo Seop Lee*, Moon Jae Jho*, Sang Joon Suh*

ABSTRACT

The sound absorption coefficient of glass wool (bulk density of 48 kg/m^3 and 32 kg/m^3) was measured by reverberation room method as varying their cross-sectional area. The results show that the absorption is larger for smaller samples because of edge effect. The absorption coefficient with two different kinds of sources, 1/3-octave band and white noise, gives similar values.

1. 서론

흡음재의 음향 특성인 흡음계수를 측정하기 위한 방법은 크게 관내법과 잔향실법으로 나눌 수 있다. 관내법의 경우는 간단한 장치로 흡음계수를 얻을 수 있으나 시료에 수직 입사되는 음에 국한되는 단점을 안고 있다. 이에 반해 잔향실법은 잔향실이라는 특수한 공간이 필요하지만 실제 상황과 비슷하게 모든 방향으로 입사되는 음에 대한 통계적 의미를 포함하기 때문에 현장에서 많이 요구하고 있다.

잔향실법에 의한 흡음계수의 측정은 ISO 354[1]와 KS F 2805[2] 등에 따른다. 두 규격안의 중요 사항들은 유사하므로 어떤 규격안을 적용하더라도 별다른 문제는 없다. 하지만 부분적으로 그 규정들은 살펴볼 때 흡음계수에 큰 영향을 줄 수 있는 것으로 시편의 크기를 들 수 있다. 현재 ISO 354에서는 10~12 m^2 임에 반하여 KS F 2805에서는 8.5~12 m^{2}로 규정하고 있다.

또 하나의 중요한 변수로는 회절음 효과라고 할 수 있다. 이것은 간혹 흡음계수가 1을 초과하는 원인이 되고 있다. 따라서 이러한 두 변수들이 실제 흡음계수 측정에 얼마나 크게 영향을 미치는 가를 살펴보는 것은 흥미있다.

본 연구에서는 잔향실법에 의한 흡음재의 흡음계수를 측정할 경우, 시료의 단면적 크기와 시료 모서리 부분의 회절음 억제를 위한 처리 장치가 미치는 영향을 조사하였다. 또한 음원을 1/3-옥타브 밴드 중심주파수를 사용한 경우와 백색잡음을 사용한 경우의 영향, 마이크로폰의 설치 위치에 따른 영향 등을 살펴보았다. 시료는 서로 다른 체적밀도(48 kg/m^3 and 32 kg/m^3)를 가지는 대표적 흡음재인 유리솜을 택하였다.

* 한국표준과학연구원 음향진동그룹

2. 시험 및 결과 분석

잔향실법에 의한 흡음계수 측정 방법은 ISO 354 혹은 KS F 2805에 명시되어 있는데 흡음계수 (α_s)를 구하는 기본적인 식은 식 (1)과 같다.

$$\alpha_s = \frac{55.3\,V}{cS}\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right) \qquad (1)$$

여기서 V는 잔향실 체적 (m^3), S는 시편의 단면적 (m^2), c는 음속 (m/s), T_2는 시료 설치 후

잔향시간 (s) 그리고 T_1은 시료 설치 전 잔향시간 (s)이다. 식 (1)에 알 수 있듯이 V, S, c등은 결정되어 있기 때문에 시료 설치 전·후의 잔향시간만 측정하면 흡음계수가 얻어지게 된다. 잔향실법에 의한 흡음계수의 표기는 관내법의 경우와 구별하기 위하여 일반적으로 α에 첨자 "s"를 부가하여 "통계적(statistical)" 의미를 나타내고 있다.

시험은 한국표준과학연구원 잔향실에서 이루어졌는데 잔향실은 평면도는 그림 1과 같다. 잔향실의 밑과 윗면은 5 각형으로 구성되어 있는데 정상파 형성을 막기위해 모든 면들이 경사를 이루고 있다. 체적은 270 m^3이며 확산판은 설치되어 있지 않다. 본 연구원에 설치된 장치는 그림 1의 시료 설치부분이 밑으로 최대 0.3 m까지 이동이 가능하여 시료 위 표면을 나머지 잔향실 바닥면과 일치시킬 수 있다.

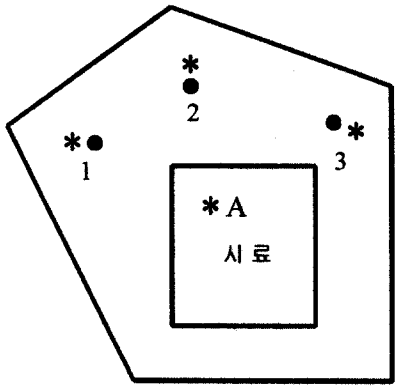

그림 1. 잔향실 평면도. ●: 음원의 위치, *: 마이크로폰 위치

음원과 마이크로폰의 위치 설정에 대한 ISO 354 그리고 KS F 2805를 살펴보면, 음원은 벽으로부터 1 m 이상 떨어진 곳에 설치하게 되어 있다. 마이크로폰은 음원과 2 m 이상, 벽면과 시료로부터 1 m 이상 떨어진 곳에 설치해야만 한다. 따라서 이러한 조건을 충분히 만족할 수 있는 위치를 선정한 결과 음원의 위치는 ●로, 마이크로폰의 위치는 *로 표하였는데 그림 1에 나타낸 바와 같다. 이 지점을 기본으로 하여 ISO 354규격에 의한 주파수별 측정회수를 만족하도록 측정하였다. 잔향시간의 측정은 레벨레코드나 디지털 방식을 사용할 수 있는데 여기서는 레벨레코드를 사용하였다.

시료는 대표적 흡음재인 유리솜(체적밀도 48 kg/m^3-두께 0.1 m, 체적밀도 32 kg/m^3-두께 0.05 m)을 사용하였다. 우선 체적밀도 48 kg/m^3인 유리솜에 대해 사각형 모양의 시편 단면적을 1.8 m^2, 3.5 m^2, 5.3 m^2, 7.1 m^2, 8.8 m^2, 12 m^2 순으로 증가시켰다. 이때 시료를 바닥면에 그대로 설치하여 회절음과 시료 옆면으로 입사되는 음의 효과를 살펴보았다. 그림 2에 그 결과를 비교하였다.

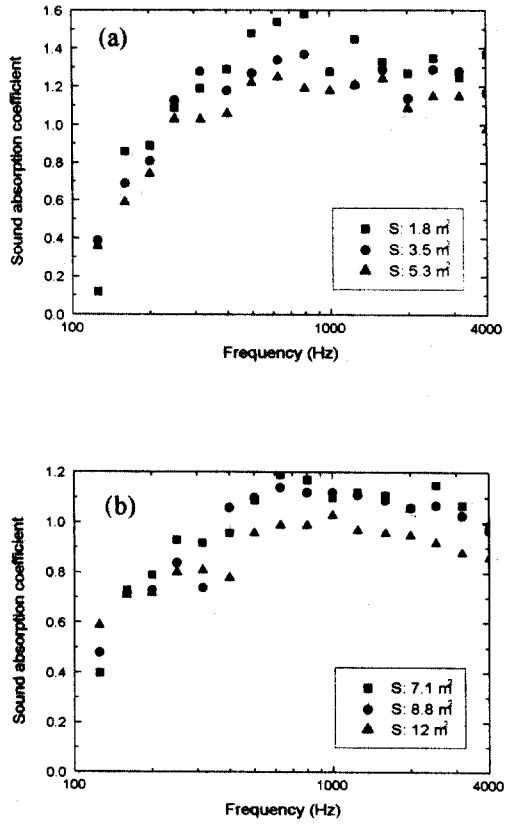

그림 2. 유리솜(48 kg/m^3, 두께 0.1 m)시료의 단면적 변화에 따른 흡음계수 비교

그림 2의 결과를 보면 시편의 크기가 작을수록 흡음계수 측정값이 1인 넘는 주파수가 많이 나타나고 있다. 이것은 시료의 단면적이 작을수록 시료 옆면으로 입사되는 음의 양이 상대적으로 많기 때문이다. 시료의 단면적을 점차 증가시키면 흡음계수 값이 전반적으로 감소하지만 이 경우에도 근본적으로 시료 모서리 부근에서의 회절음의 영향은 피할 수 없기 때문에 흡음계수가 1이 넘는 경우가 있게된다.

다음은 그림 1의 A 위치처럼 마이크로폰을 시료 위에 설치하여 그 영향을 살펴보았다. 이것은 ISO 354 규정에 마이크로폰의 위치가 시료로부터 단지 1 m 떨어진 지점에 설치하도록 되어 있기 때문에 실제 어디를 기준으로 하는지 분명하지 않기 때문이다. 즉, 시료로부터 1 m의 의미가 시료 모서리 옆으로인지 아니면 단지 시료 위쪽으로의 의미인지 분명하지 않게 된다. 그림 3에 그 결과를 나타냈다.

그림 3의 결과 역시 시료의 단면적이 작을수록 흡음계수가 1이 넘는 경우가 많음을 볼 수 있다. 그림 2의 결과와 비교하면 시료의 단면적 변화에 대해 전반적으로 비슷한 값을 가지는데 마이크로폰 위치에 따라 흡음계수가 증가하는 주파수도 있지만 그 반대의 경우도 발생되고 있다. 따라서 ISO 354의 규정 중 마이크로폰 설치 위치에 대한 조항인 시료로부터 위로 1 m 떨어진 위치를 시편 위로 정해도 큰 문제는 없다고 판단된다. 이것은 실제 기존의 잔향실 구조 상 시료와 벽으로부터 1 m 이상 떨어진 지점을 만족하기란 쉽지 않은 점을 고려하면 시료 위를 뜻하는 것으로 보인다. 여기서 실제 시험을 해보면 마이크로폰의 설치 위치와 주파수에 따라 잔향시간 곡선이 완전히 직선을 만족하는 경우와 두 개의 직선으로 그려질 수 있는 결과들이 간혹 나오게 된다. 전자의 경우는 문제가 없지만 후자의 경우는 어떤 직선을 기준으로 해야되는지가 어렵게된다. 이때 분명한 것은 시험회수를 충분히 늘려야하며, 부분적으로는 음원이 확산될 때까지 충분히 작동시킨 후 잔향시간을 측정하는 것이 필요하다.

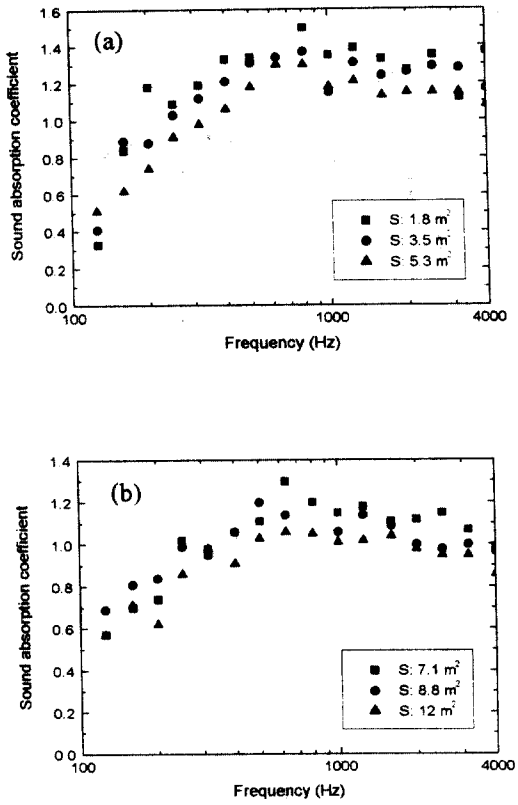

그림 3. 그림 2와 같은 시료에 대해 마이크로폰의 위치를 시료 위에 설치한 경우 흡음계수 비교.

ISO 354 규정에 의하면 흡음계수 측정 시 시료의 모서리 부분은 두께가 0.02 m를 넘지 않는 단단한 재질로 모두 둘러싸도록 되어 있다. 따라서 음향학적으로 단단한 두께 0.01 m의 아크릴을 사용하여 단면적 12 m^2의 시료 주변을 모두 감싸고 시험한 결과를 그림 4에 나타냈다. 이 결과는 그림 2(b)와 그림 3(b)의 결과와 비교할 수 있는데 결과에서 확인할 수 있듯이 흡음계수 값이 많이 낮아졌다. 시편의 단면적이 작은 경우는 회절음의 효과로 인해 흡음계수가 1이 넘는 경우도 있지만 근본적으로 옆면으로 입사되는 음의 효과가 억제되어 흡음계수가 1을 크게 넘지 않고 있다. 따라서 ISO 354의 규정대로 시편의

모서리 부분을 음향학적으로 단단한 재질로 둘러싸는 것이 필요하다.

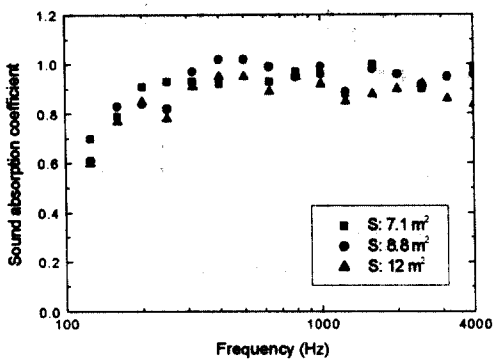

그림 4. 시료 주위를 아크릴판(두께 0.01 m)으로 둘러싸고 시험한 흡음계수 결과 비교.

다음은 체적밀도 32 kg/m^3, 두께 0.05 m인 유리솜을 사용하였다. 여기서 시험은 시편 주위에 역시 아크릴판(두께 0.01 m)을 설치한 경우이다. 시편의 단면적은 체적밀도 48 kg/m^{3}인 시료를 사용한 경우보다 약간 증가되어 1.8 m^2, 3.6 m^2, 5.4 m^2, 7.2 m^2, 9.1 m^2, 12 m^{2}으로 증가시켰다. 그림 5의 결과를 보면 앞서의 시료에 비해 시료의 단면적인 작은 경우에도 1을 넘는 경우가 많지 않다. 이것은 이 시료 자체가 유동비저항이 크지 않은 즉, 흡음계수가 높지 않기 때문이다.

ISO 354 규격에 의하면 시편 주위를 단단한 재질로 둘러싸도록 되어있는데, 본 연구원의 잔향실 시설은 그림 1의 시편 설치 부분이 밑으로 이동할 수 있다. 따라서 시편의 두께만큼 밑으로 이동시키면 시료의 위 표면이 다른 잔향실 바닥면과 높이가 같게 된다. 이것은 현재 ISO 354 규정과 비교하면 시편 모서리 부분을 단단한 재질로 아주 두껍게 만든 경우가 된다. 이 경우와 시료 설치부분을 더욱 밑으로 이동시켜 실제 시료 위 표면보다 다른 잔향실 바닥이 높은 경우 어떤 차이점이 있는지 살펴보았다.

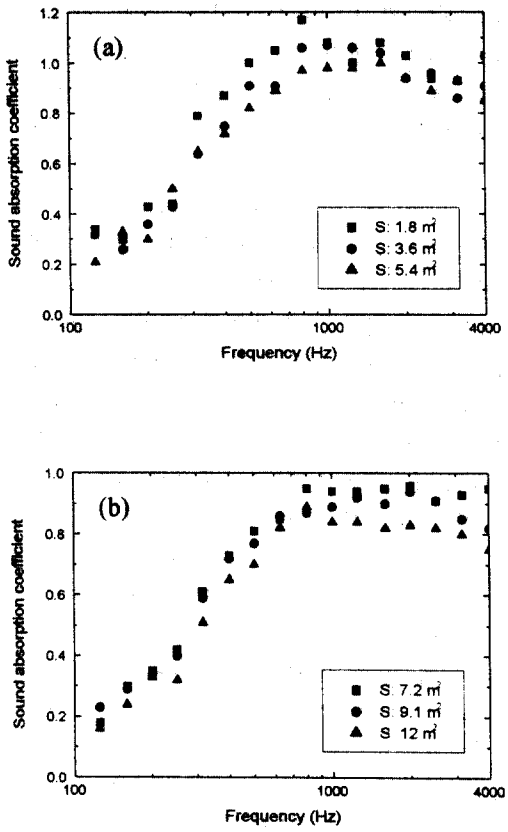

그림 5. 유리솜(32 kg/m^3, 두께 0.05 m)시료의 단면적 변화에 따른 흡음계수 비교

체적밀도 48 kg/m^3, 두께 0.1 m인 시료에 대해 시료 표면 위를 잔향실 바닥면과 일치시킨 경우(■)와 0.1 m 낮게 설정한 경우(●)의 측정 결과는 그림 6에, 체적밀도 32 kg/m^3, 두께 0.05 m인 시료에 대해 시료 표면 위를 잔향실 바닥면과 일치시킨 경우(■)와 0.05 m 낮게 설정한 경우(●)의 측정 결과는 그림 7에 비교하였다. 두 결과를 보면 앞서 시료 둘레에 아크릴판을 설치한 경우처럼 흡음계수를 1이 넘는 경우가 발생하지 않음을 볼 수 있으며 또한 흡음계수 값도 비슷하다. 따라서 흡음재 주변에 단단한 재질로서 둘러싸던가 아니면 시료 설치부분을 아래로 이동시켜 잔향실 바닥면과 일치시키는 방

법 모두 적합한 것으로 판단된다. 한편, 시료 위 표면이 잔향실 바닥보다 낮은 경우는 앞서의 경우에 비해 두 시료 모두 흡음계수가 전반적으로 낮은 값을 나타냈다.

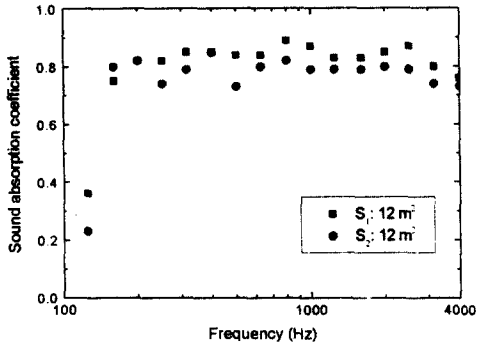

그림 6. 유리솜(48 kg/m^3, 두께 0.1 m)의 흡음계수 측정값 비교. ■: 시료 표면과 잔향실 바닥면의 높이가 같은 경우, ●: 시료 표면이 잔향실 바닥면보다 0.1 m 낮은 경우.

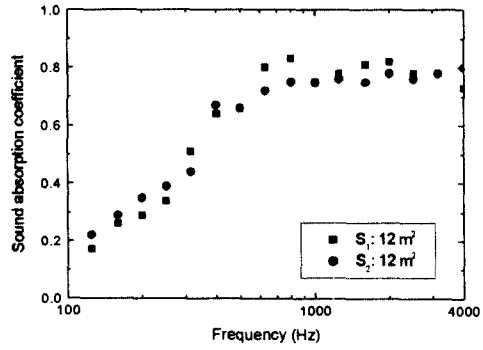

그림 7. 유리솜(32 kg/m^3, 두께 0.05 m)의 흡음계수 측정값 비교. ■: 시료 표면과 잔향실 바닥면의 높이가 같은 경우, ●: 시료 표면이 잔향실 바닥면보다 0.05 m 낮은 경우.

지금까지는 음원을 모두 1/3-옥타브 밴드의 중심주파수를 사용하였지만 다음은 음원을 백색잡음을 사용할 경우 어떤 효과가 있는 지를 살펴보았다. 체적밀도 48 kg/m^{3}인 유리솜에 대해 두 종류의 음원을 사용한 경우 흡음계수 측정값을 그림 8에 그리고 체적밀도 32 kg/m^{3}인 시료에 대한 결과는 그림 9에 나타냈다.

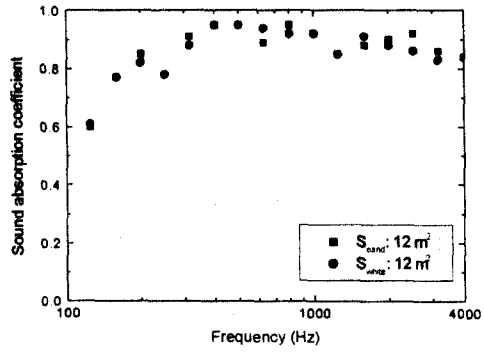

그림 8. 음원의 종류에 따른 유리솜(32 kg/m^3, 두께 0.05 m)의 흡음계수 측정값 비교. ■: 1/3-옥타브 밴드 음원, ●: 백색잡음 음원.

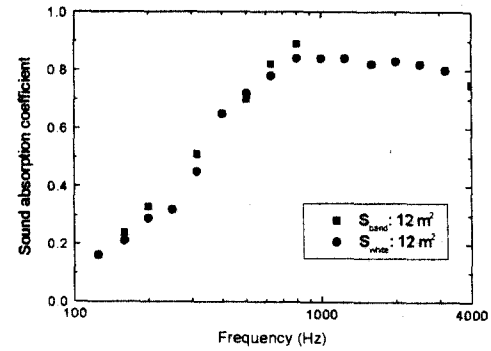

그림 9. 음원의 종류에 따른 유리솜(32 kg/m^3, 두께 0.05 m)의 흡음계수 측정값 비교. ■: 1/3-옥타브 밴드 음원, ●: 백색잡음 음원.

그림 8과 9의 결과를 보면 1/3-옥타브 밴드의 음원을 사용하는 경우나 백색잡음을 사용하는 경우 일부 주파수 영역에서는 다소 값의 차이가

나지만 전반적으로는 비슷한 흡음계수 값을 가짐을 알 수 있다. 이것은 곧 어떤 음원을 사용해도 무방함을 뜻하며, 시험 시간만을 고려할 때는 백색잡음을 사용하는 것이 좋으나 음향 출력은 오히려 1/3-옥타브 밴드음이 더 좋기 때문에 사용자가 상황에 맞게 선택하는 것이 바람직하다 하겠다.

3. 결론

본 연구에서는 ISO 354에 기초한 잔향실법에 의한 흡음재의 흡음계수 측정에 대해 살펴보았다. 시료의 단면적 크기 변화에 따라 시험한 결과 시료의 단면적이 작을수록 회절음의 효과가 크게 작용함을 확인하였다. 회절음의 효과를 최소화하기 위해서는 ISO 354 규정대로 시료 주위에 단단한 재질로서 둘러싸거나 시료 설치면을 밑으로 이동시켜 잔향실 바닥면과 일치시키는 방법을 사용하는 것이 바람직함을 볼 수 있었다. 음원에 있어서는 1/3-옥타브 밴드 혹은 백색잡음 중 어떤 음원을 사용하여도 무방함을 확인하였다.

참고문헌

[1] International Standard ISO 354, 1985, "Acoustics - Measurement of sound absorption in a reverberation room"

[2] KS F 2805, 1991, "잔향실 내의 흡음률 측정방법"