

박막 공명형 시스템의 흡음성능에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Sound Absorption of a Membrane Resonance Type System

양수영* · 제현수* · 홍병국** · 송화영** · 이동훈***

Soo-Young Yang, Hyun-Su Je, Byung-Kuk Hong, Hwa-Young Song and Dong-Hoon Lee

Key Words : Cavity(공동), Impedance Tube(임피던스 관), Membrane(박막), Perforated Plate(다공판), Porosity(공극율), Sound Absorption Coefficient(흡음계수)

ABSTRACT

This paper is to experimentally study on the sound absorption of a membrane resonance type system. Membrane resonance type system improves the weak point of a perforated plate system. The experimental results for a membrane resonance type system are explained in comparison with those of a perforated plate system. From the experimental results, it is found that there is an influence of the membrane on the absorption performance. The sound absorbing performances of a membrane resonance system are similar to those of a perforated plate system.

1. 서 론

소음방지를 위하여 널리 쓰이는 유리섬유와 폴리우레탄폼은 음에너지의 소산을 촉진시키기 위하여 내부구조가 다공 형태이거나 복잡한 음파경로를 갖도록 되어 있어⁽¹⁾ 우수한 흡음성능을 갖는다. 그러나 각종 회전기계와 연소기에서 발생하는 주 소음원인 저주파음을 억제시키는데 어려움이 있다. 또한 환경과 안전문제가 사회적으로 강력하게 대두되어 인체에 유해한 유리섬유나 화재의 위험성이 큰 폴리우레탄폼은 그 적용 범위가 점차 제한되고 있는 실정이다.

이러한 기존 흡음재의 문제점을 해결하기 위하여 제시된 방법중의 하나가 얇은 판에 작은 구멍을 뚫어 만든 다공판과 공동을 조합한 다공판 흡음시스템이다.⁽²⁾ 흡음성능은 단일 다공판에 비하여 다중 다공판 흡음 시스템일 경우가 흡음계수의 피크값이 저주파수 대역으로 이동하면서 흡음대역폭이 크게 확장되는 흡음특성을 나타내고, 이러한 흡음대역폭은 다공판의 수

뿐만 아니라 간격과 공극을 변화를 통해서도 조절이 가능하다.⁽³⁾ 또한 다공판 시스템은 인체에 영향을 미치지 않고 화재의 위험성이 적다. 그러나 화학 실험실, 대형 취사장, 엔진 시험실과 같은 곳에 다공판 시스템을 사용하게 되면, 기체와 함께 운반되는 습기, 먼지, 그리스와 같은 오염물질이 다공판의 공극에 쌓이게 되어 흡음성능 저하를 가져오게 된다.

따라서 다공판에 퇴적되는 오염물질로 인한 흡음성능 저하를 방지하기 위하여 박막 공명형 흡음시스템을 고려하게 되었다. 공명형 시스템의 경우 협대역 감쇠와 유동에 민감한 반면에, 오염에는 덜 민감한 장점이 있다.⁽⁴⁾ 본 연구에서는 임피던스관을 사용하여 박막 공명형 시스템의 수직입사 흡음율을 측정하였으며, 측정결과는 다중 다공판 시스템의 측정결과와 상대 비교를 하였다. 또한 다공판과 박막이 조합된 흡음시스템에 대한 흡음성능도 조사 하였다.

2. 실 험

Fig. 1은 실험에 사용된 임피던스관과 측정기기에 대한 개략도를 나타낸 것이다. 관의 입구측에는 스피커가 부착되어 있으며, 출구측에는 시험대상체인 박막이 설치되어 있다. 측정주파수의 상한범위는 3200Hz로 하였으나, 본 연구에

* 서울산업대학교 산업대학원

E-mail : tndud30@empal.com

Tel : (02) 970-6331, Fax : (02) 979-7331

** 서울산업대학교 에너지환경대학원

*** 서울산업대학교 기계공학과/에너지 환경대학원

쓰인 사각형 임피던스관의 등가지름이 67.7mm이므로 고차 모드에 의한 차단주파수를 감안하면, 평면파 음장조건을 유지하는 주파수의 상한범위는 2900Hz가 된다.

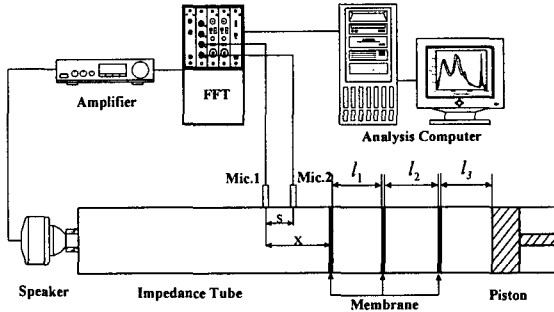


Fig. 1 Experimental setup for sound absorption coefficient measurement.

흡음계수는 임피던스관의 두 지점에 설치된 두 개의 마이크로폰간의 음향전달함수 측정값으로부터 고유음향임피던스를 구한 후, 아래에 제시된 식에 대입하여 구하였다. 마이크로폰은 1/4인치 압력형 마이크로폰을 사용하였으며, 박막으로부터 첫 번째 마이크로폰까지의 거리와 두 마이크로폰의 간격은 각각 $x=100\text{mm}$ 그리고 $s=40\text{mm}$ 이다.

$$\alpha_n = \frac{4\text{Re}(z)}{(1 + \text{Re}(z))^2 + (\text{Im}(z))^2}$$

박막과 다공판 시스템의 수직입사 흡음율은 1중, 2중 그리고 3중 조건에 대하여 측정하였다. 박막의 제원은 크기가 $60 \times 60\text{mm}$, 질량 0.007g , 두께 0.02mm 인 것을 사용하였고, 다공판은 공극율 3.14%, 두께 1mm, 구멍지름 2mm인 판을 사용하였으며, 공동 길이는 50mm로 하였다. 또한, 다공판과 박막이 조합된 흡음 시스템의 흡음성능을 측정하였으며, 이때 박막의 설치 위치와 개수를 변화시켰다.

3. 결과 및 고찰

Fig. 2는 박막과 다공판이 1중, 2중, 3중 조건인 경우이며, 공동의 길이는 50mm씩 확장하면서 흡음계수를 측정하여 비교한 결과이다. 다공판의 공극율은 3.14%이며, 그림 결과에 기입된 n 은 다공판의 수(즉, 공동의 수)를 나타낸다. 또한 동일 입사음의 세기가 박막과 다공판에 사용되었다. 다공판과 박막의 측정결과를 비교해 보면 박막이 다공판에 비해 낮은 흡음율을 나타내며, 흡음대역은 고주파 영역으로 이동하였다. 박막의 수가 증가할수록 고주파영역의 흡음대역폭이 넓어지는 흡음특성을 나타내며, 특히 3중 박막의 흡음율은 1kHz 이상에서 넓은 흡음대역폭을 나타내었다.

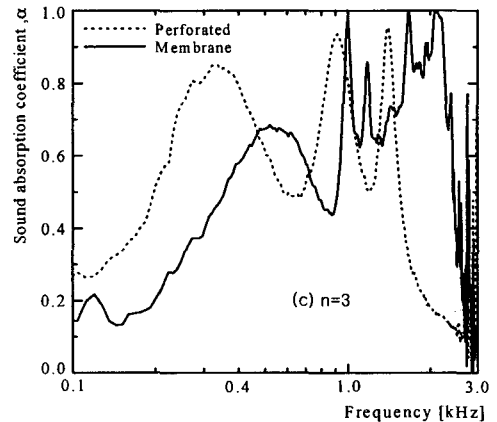
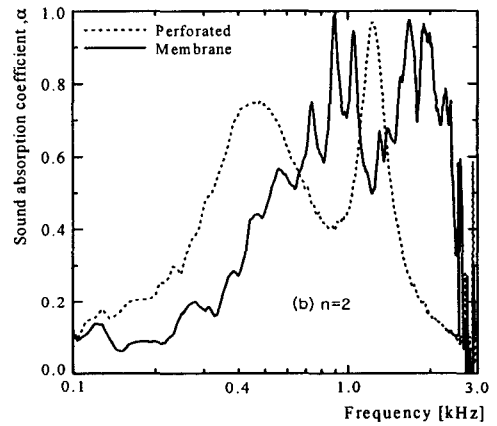
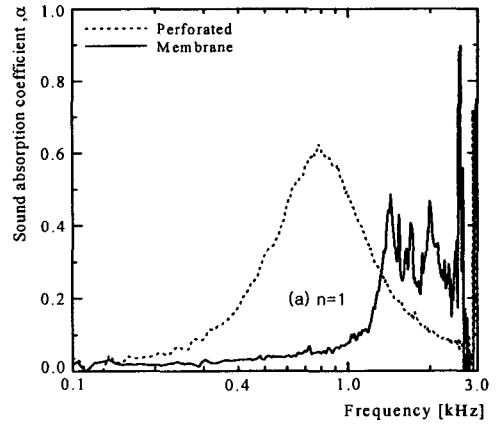


Fig. 2 Comparison of the measured absorption coefficients for a perforated plate and membrane system respectively

Fig. 3은 다공판과 박막이 조합된 흡음시스템과 이중다공판 시스템의 흡음성능을 비교한 결과이다. 점선은 이중다공판 시스템의 흡음성능을 나타낸 것이며, 실선은 박막과 다공판이 조합된 흡음시스템의 흡음성능을 나타낸 것이다. 그림 (a)와 그림 (b)의 결과를 살펴

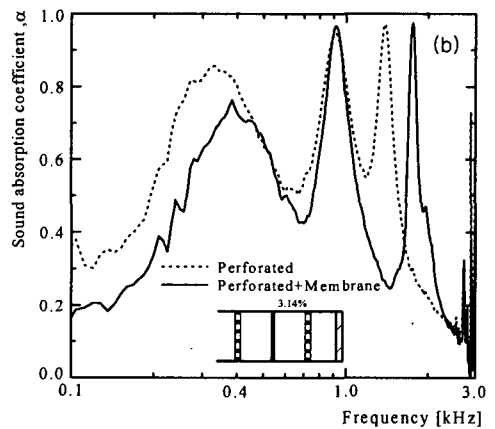
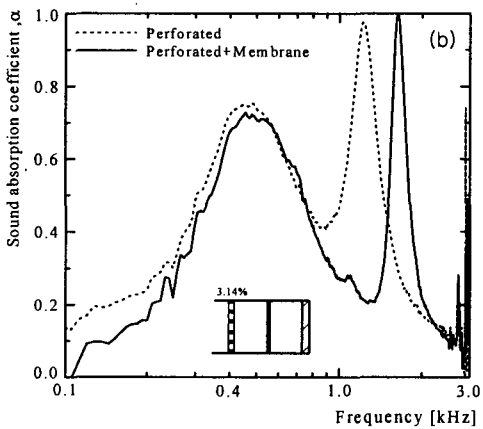
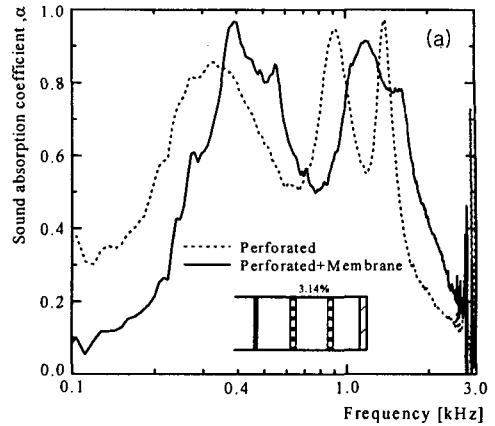
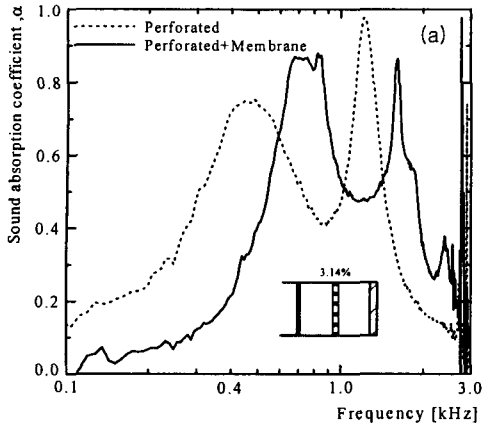


Fig. 3 Comparison of the measured absorption coefficients for a resonance absorber combined with single perforated plate and single membrane.

보면, 박막의 위치에 따라 흡음계수의 공명고주파 영역이 변화하는 것을 확인할 수 있다. 즉, 그림 (a)와 같이 박막이 입사음 쪽에 위치할 경우 박막의 흡음특성이 나타나는 반면에, 그림 (b)와 같이 입사음 쪽에 다공판이 설치될 경우 전체적인 흡음유형이 이중다공판 시스템의 흡음성능과 유사한 형태를 보여준다. 이것은 입사음이 직접 가진되는 그림 (a)의 박막이 막진동에 의해 흡음감쇠가 일어나는 반면에, 그림 (b)의 박막은 다공판을 통과한 음이 1차적으로 음감쇠가 발생하여 그림 (a)에서와 같은 막진동이 발생하지 않기 때문이다.

Fig. 4는 다공판과 박막이 조합된 흡음시스템과 삼중다공판 시스템의 흡음성능을 비교한 결과이다. Fig. 3의 결과에서와 같이 흡음성능은 박막의 위치에 의존하였다. 입사음이 직접 가진되는 그림 (a)와 같은 경우 박막에 의한 흡음 형태를 보여준 반면, 그림 (b)와 그림 (c)는 전체적인 흡음성능이 삼중다공판 시스템의 흡음성능과 유사한 형태를

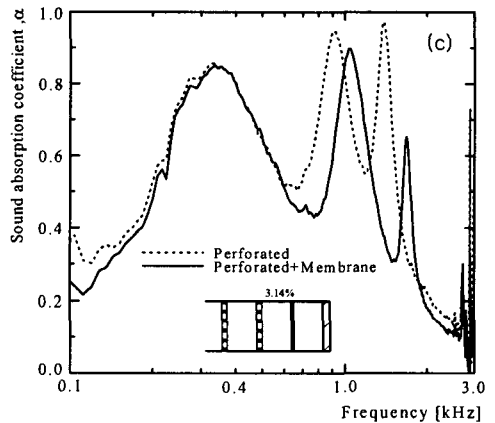


Fig. 4 Comparison of the measured absorption coefficients for a resonance absorber combined with double perforated plate and single membrane.

보여준다. 이것은 박막의 막진동에 의한 음감쇠 보다 다공판의 음마찰에 의한 감쇠가 지배적으로 작용한 결과로 생각된다.

Fig. 5는 다공판과 2개의 박막이 조합된 흡음시스템을

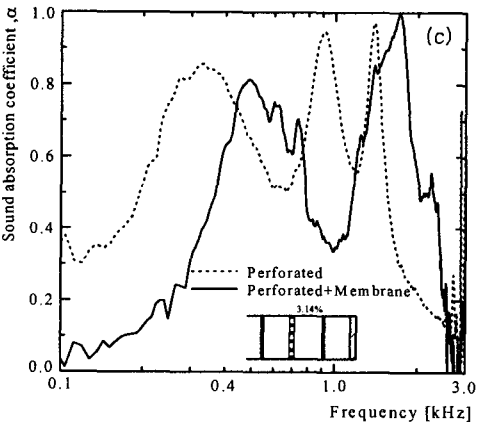
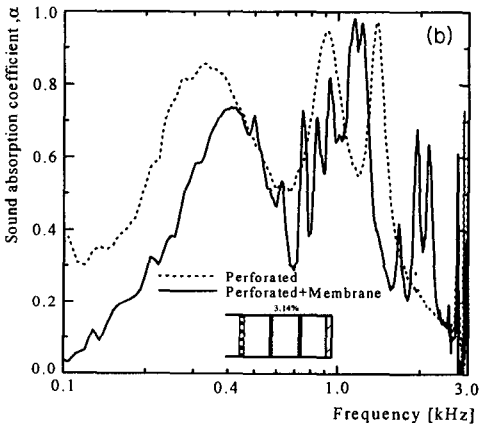
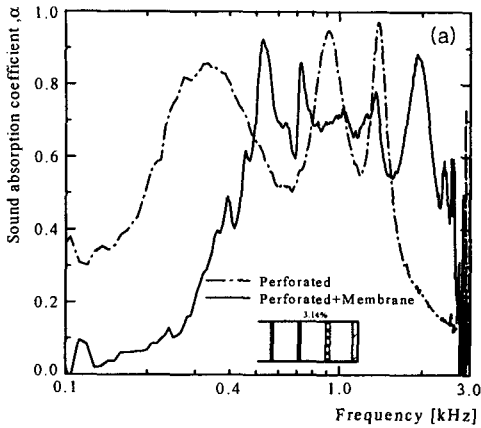


Fig. 5 Comparison of the measured absorption coefficients for a resonance absorber combined with single perforated plate and double membrane.

삼중다공판 시스템의 흡음성능과 비교한 결과이다. 그림 (a)의 결과에서 박막을 2개 사용할 경우 흡음대역폭이 향상되었으며, 이것은 그림 (b)와 그림 (c)의 경우와 비교해 볼 때 박막의 배열과 위치에 따라 흡음대역폭이 결

정되는 것을 의미한다. 박막과 다공판은 면밀도가 서로 다르기 때문에 낮은 면밀도를 갖는 박막을 입사음쪽에 설치할 경우 음을 통과시키는 다공판과 달리 박막은 막진동을 통해 음을 감쇠 시키게 된다. 이 경우 흡음계수의 공명주파수 영역이 고주파 쪽으로 이동하는 원인이 된다.

4. 결 론

본 연구에서는 임피던스관을 사용하여 박막 공명형 시스템과 다중 다공판 시스템의 수직입사 흡음성능을 측정하여 비교 분석하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 박막 공명형 시스템의 수직입사 흡음율은 고주파대역에 형성되며, 공동길이가 증가할수록 그 흡음대역폭은 넓어진다. 이것은 박막의 낮은 면밀도에 의해 나타나는 결과이다.
- 2) 다공판과 박막이 조합된 흡음시스템의 흡음성능은 박막의 위치와 개수가 흡음대역폭을 결정한다. 즉, 입사음쪽에 박막을 설치할 경우 박막은 막진동에 의해 음을 감쇠시키게 되며, 이때 박막의 개수를 증가시키게 되면 흡음대역폭이 넓어지게 된다.

참고문헌

- (1) Beranek, Leo, L., and Ver, I., 1992, Noise and Vibration Control Engineering, John Wiley & Sons, Inc., New York., Chapter 8.
- (2) Maa, D.Y., 1987, "Microperforated-Pannel Wideband Absorbers", Noise Control Engineering Journal, Vol.29, No.3, pp.77~84.
- (3) 허성춘, 이동훈, 권영필, 2002, "다중 다공판 시스템의 흡음성능 예측을 위한 계산모델 개발," 한국소음진동공학회 춘계학술대회 논문집, pp.877~882.
- (4) International Standard ISO 14163, 1998-10-15, "Acoustics-Guidelines for noise control by silencers", First edition.
- (5) Munjal, M. L., 1987, Acoustics of Ducts and Mufflers, Chap.2, John Wiley & Son, Inc, New York.
- (6) A. C. Nilsson and B. Rasmussen, 1985, "Sound Absorption Properties of a Perforated Plate and Membrane Construction", ACUSTICA, Vol.57
- (7) W. Frommhold, H. V. Fuchs and S. Sheng, 1994, "Acoustic Performance Of Membrane Absorbers", Journal Of Sound And Vibration 170(5), pp.621~636.