

소음챔버용 다공판 시스템 개발을 위한 실험적 연구

An Experimental Study to Develop the Perforated Panel System for Noise Chamber

이영섭[†] · 이동훈* · 정광섭**

Youngsup Lee · Donghoon Lee · Kwangseop Chung

Abstract The air conditioner system that is used in large structure, such as hospital, hotel, railway platform and train generate a high level noise generally. A chamber with sound absorbing materials, such as glass wool and polyurethane foam, are installed in this system to reduce the noise. However, these chambers cause environmental problems owing to the sound absorbing materials recently. Therefore, we develop noise chamber a built-in perforated panel resonance system as eco-friendly chamber to solve this problems. This noise chambers show the same noise reduction performance as the current chambers in the range above 500Hz. But, it reduces the noise up to 8dB(A) comparison to the current chambers in the range 200Hz~400Hz.

Keywords : Noise Chamber, Perforated Panel System, Transmission Loss

요 지 병원, 호텔 및 철도역사 등과 같은 대형의 건물 및 차량내부에 사용되는 공조 시스템은 일반적으로 높은 소음을 발생시킨다. 이러한 공조용 발생소음을 저감시키기 위해서 흡음재가 부착된 챔버를 공기 시스템에 설치한다. 그러나 이러한 챔버에 설치된 흡음재는 유리섬유 혹은 폴리우레탄 폼이 많이 사용되기 때문에 최근에는 환경적 문제를 야기한다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 환경친화적인 다공판 시스템이 내장된 소음챔버를 개발하였다. 이 소음챔버는 기존의 소음챔버에 비해서 중고주파수 영역에서 동일한 소음저감 성능을 나타내지만, 200Hz~400Hz영역에서는 최고 8dB(A)까지 소음저감 효과가 있다.

주 요 어 : 소음챔버, 다공판 시스템, 투과손실

1. 서 론

사람들이 주로 거주하는 병원, 호텔 및 철도역사 등과 같은 대형 건물에 쓰이는 공조시스템은 대형 팬을 이용하기 때문에 강한 팬 소음과 함께 유동소음이 크게 발생한다. 이러한 소음을 저감시키기 위해서 유리섬유, 폴리우레탄 폼 등과 같은 흡음재가 내장된 대형 소음챔버를 설치한다. 그러나 최근 환경 및 안전문제가 대두되면서 종래의 대표적인 흡음재인 유리섬유는 탁월한 흡음성능을 보유하고 있음에도 불구하고 인체에 유해한 문제점 때문에 가급

적 사용을 피하고 있으며, 또한 유리섬유와 대등한 흡음성능을 갖는 폴리우레탄 폼 역시 화재의 위험성 때문에 적용 범위의 제한을 받고 있다. 따라서 최근의 흡음재는 단순히 흡음성능 뿐만 아니라 적용분야에 난연성, 비산 억제성 및 내구성 등과 같은 다양한 요건을 필요로 하고 있다. 또한 유리섬유와 폴리우레탄 폼 등은 중고주파수 영역에서 탁월한 흡음성능을 갖지만, 각종 회전기계, 연소기 및 열유체 기기류 등에서 발생하는 저주파수 소음을 저감시키는데 효과적이지 못하다. 따라서 이와 같은 요구조건에 부합하는 흡음재의 대안으로 다공판 시스템이 관심대상이 되어 왔으며, 그동안 다공판 시스템의 제원변화 및 판의 배치방법을 통한 흡음성능 향상에 대한 연구가 많이 진행되었다 [1-6].

따라서 본 논문에서는 현재까지의 연구결과를 토대로 환경친화적이며, 저주파 영역에서는 기존의 소음챔버보다 흡

[†] 책임저자 : 정회원, 서울산업대 철도시스템공학과 박사과정
E-mail : scon20@chol.com

TEL : (031)232-0378 FAX : (031)232-0389

* 정회원, 서울산업대 기계공학과 교수

** 교신저자 : 정회원, 서울산업대 건축공학과 교수

음성능을 향상시킬 수 있는 공조기용 다공판 소음철퍼를 개발하였다. 이 소음철퍼를 개발하기 위해서 다공판 시스템의 시작품에 대한 소음저감 실험을 통해서 최적의 다공판 시스템을 제시 하였으며, 이 다공판 시스템을 적용한 소음철퍼의 시작품을 제작하여 소음저감 검증시험을 실시하였다.

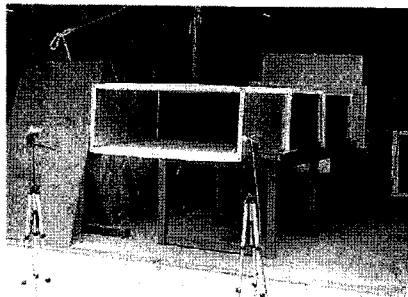
2. 소음철퍼용 다공판 시스템 개발

2.1 실험장치 및 흡음형 소음철퍼의 성능 검토

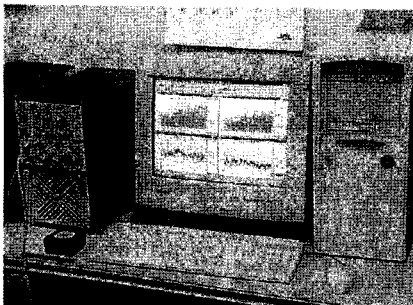
2.1.1 실험장치 및 방법

소음철퍼용 다공판 시스템을 개발하기 위해서 Fig. 1과 같은 시험용 덕트, 및 챔버와 측정장비를 이용하여 KS A ISO 7235 : 2004에 의거 덕트에서 방사되는 소음을 측정하였다.

소음측정 시 Fig. 1(a)와 같이 외란을 피하기 위해서 챔버에 부착한 덕트의 출구는 반무향 공간인 실외로 향하여 설치하였으며, 소음측정용 마이크로폰은 덕트의 출구를 중심으로 1500mm 떨어진 지점에서 수평면상의 방위각 45° 지점에, 높이는 지면으로부터 1300mm에 설치하였다.



(a) duct and microphones



(b) measuring system

Fig. 1. Experimental setup for measuring noise emitted from noise chamber

실험방법은 소음철퍼의 내부에 설치된 유리섬유 흡음재의 설치 유무에 따른 음압레벨을 측정하여 흡음재의 소음저감 효과를 파악하였다. 그리고, 최적의 다공판 시스

템을 개발하기 위해서 다공판의 공극율, 구멍의 지름, 판의 수 및 다공판의 배치가 각기 다르게 조합된 다공판 시스템을 소음철퍼 내부에 부착하여 소음저감 성능을 확인하였다.

2.1.2 흡음형 소음철퍼의 성능 검토

기존의 흡음재가 내장된 소음철퍼에 대한 성능을 파악하기 위해서 소음철퍼 내에 유리섬유 유무에 따른 덕트 출구의 소음을 측정 하였다. Fig. 2는 덕트 출구에서 유리섬유 흡음재 유무에 따른 측정결과를 나타내고 있다.

측정결과 덕트 출구에서 방사되는 소음은 250Hz의 저주파 영역과 630Hz 이상의 고주파영역에서 높게 나타나고 있으며, 흡음재의 흡음성능에 의해서 500Hz 이상에서 흡음재가 없는 경우보다 흡음재를 설치한 경우에 음압레벨이 특정 주파수에서 최고 10dB(A)정도까지 감소하는 것을 볼 수 있다. 그러나 500Hz 이하의 저주파수 대역에서는 흡음재에 의한 소음저감 효과가 거의 없는 것을 확인 할 수 있다.

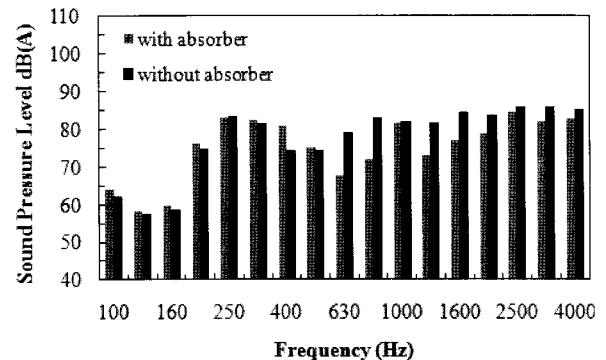


Fig. 2. Comparison of noises emitted from noise chamber with absorber and without absorber

2.2 소음철퍼용 다공판 시스템 개발

기존의 유리섬유 흡음재가 부착된 소음철퍼는 500Hz 이상의 영역에서 소음저감 효과가 크지만, 흡음재의 흡음성능 특성상 저주파 영역에서의 소음저감 효과가 작다. 따라서 고주파 영역에서는 기존의 소음철퍼와 동일한 소음저감 효과를 나타내면서 250Hz 저주파수 영역에 대한 소음저감 효과를 높이는 다공판 시스템이 요구된다.

일반적으로 다공판 시스템은 공극율, 공극지름 및 공극 깊이를 변수로 하여 최적의 시스템을 설계하며, 공극율과 공극지름이 작을수록 흡음성능이 증가하는 것으로 알려져 있다[4,5]. 따라서 이러한 설계변수의 조건과 특성을 고려하여 다공판의 두께와 구멍지름을 각각 1mm, 공극율을 1%, 배후공기층을 50mm로 설정하고 재질은 아연도강판의

로 다공판 시스템의 시작품을 제작하여 소음저감 효과를 분석하였다.

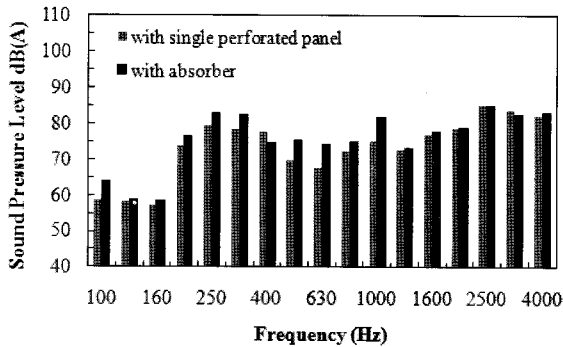
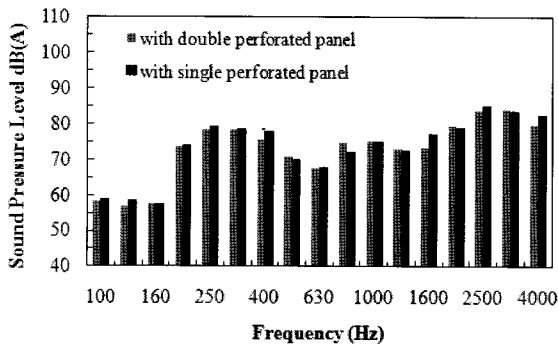
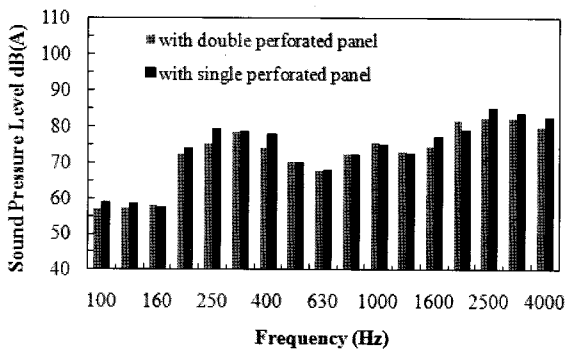


Fig. 3. Comparison of noises emitted from noise chamber with absorber and with single layer perforated panel ($t=1\text{mm}$, $\sigma=1\%$, $\phi=1\text{mm}$)



(a) $\sigma=3\%$, $\phi=1\text{mm}$ / $\sigma=3\%$, $\phi=1\text{mm}$



(b) $\sigma=3\%$, $\phi=1\text{mm}$ / $\sigma=1\%$, $\phi=1\text{mm}$

Fig. 4. Comparison of noises emitted from noise chamber with single layer perforated panel and with double layer

Fig. 3은 유리섬유 흡음재가 설치된 기존 소음챔버와 다공판 시스템의 시작품이 적용된 챔버에 대한 소음저감 효과를 비교한 결과이다.

1kHz 이상의 고주파수 영역에서는 기존 소음챔버와 유사한 소음저감 효과를 나타내고 있지만, 1kHz 이하의 주파수 영역에서는 소음이 많이 감소하는 것을 볼 수 있다. 따라서 다공판 공명형 시스템이 내장된 소음챔버는 기존의

흡음형 소음챔버에 비하여 중저주파수 영역에서 소음저감 효과가 우수한 것을 알 수 있다.

다공판 시스템 설계 시 다공판의 수가 증가할수록 흡음 성능이 향상되면서 흡음 성능에 대한 주파수 영역의 폭이 넓어지는 것으로 알려져 있다[5,6]. 따라서 위에서 제작한 다공판 시스템의 소음저감 성능을 향상시키기 위해서 다공판을 2중으로 제작하여 소음저감 효과를 파악하였다.

Fig. 4는 2중 다공판 시스템의 시작품을 적용한 챔버의 측정 결과이다. (a)는 다공판의 두께와 구멍지름을 1mm로 하고 전면 및 후면 다공판의 공극율을 각각 3%로 하여 측정한 결과이다. 1중 다공판 시스템보다 500Hz 이하와 1600 Hz 이상의 주파수에서 더 좋은 효과를 보이고 있다. (b)는 공극율을 제외한 다른 조건은 동일하며, 전면 다공판의 공극율을 3%로 고정시킨 상태에서 후면 다공판의 공극율을 1%로 변경한 후 측정한 결과이다. (a)와 비교하였을 때 250Hz와 400Hz의 저 주파수에서 소음저감 효과가 향상된 것을 알 수 있다.

일반적으로 다공판이 내장된 덕트 소음기내에서 음파가 접선으로 입사되더라도 공명효과로 인해서 음파가 흡음되는 것으로 알려져 있다[7]. 이러한 다공판의 특성을 이용하여 흡음 성능을 향상시키기 위해서 Fig. 4(b)의 이중 다공판에 격판을 설치하여 소음저감 효과를 파악하였다.

Fig. 5는 Fig. 4(b)의 이중 다공판에 두께와 구멍지름이 각각 1mm이고 공극율이 3%, 1%인 2개의 격판을 설치한 다공격판 시스템의 시작품과 기존의 흡음형 소음챔버에 대한 측정 결과이다. 그리고 Fig. 6은 앞에서 측정한 1중, 2중 다공판 시스템과 2중 다공격판 시스템에 대한 소음레벨을 비교한 결과이다. 이 결과로부터 1중, 2중 다공판 시스템보다 200~500Hz 사이의 저주파수 대역에서 소음저감 성능이 더 향상된 것을 알 수 있다.

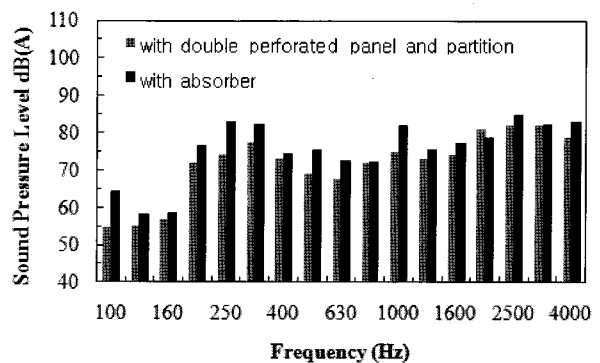


Fig. 5. Comparison of noises emitted from noise chamber with absorber and with double layer perforated panel and partition (perforated panel : $\sigma=3\%$, $\phi=1\text{mm}$ / $\sigma=1\%$, $\phi=1\text{mm}$ partition : $\sigma=3\%$, $\phi=1\text{mm}$)

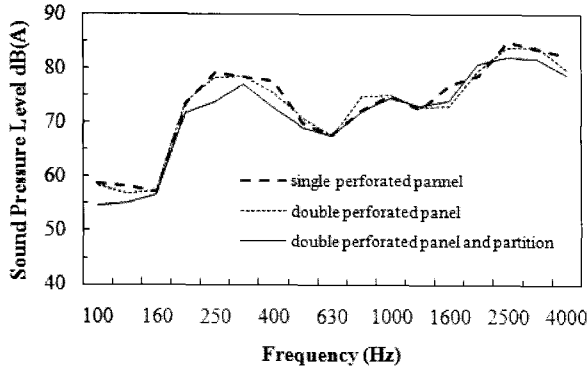
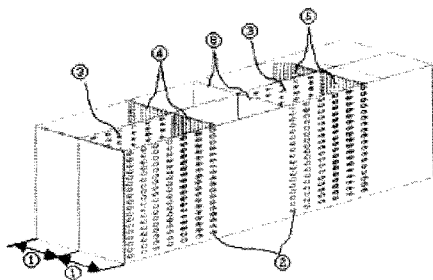


Fig. 6. Comparison of noises emitted from noise chamber with single layer perforated panel, double layer perforated panel, double layer perforated panel and partition

3. 시작품에 의한 성능검증

제2장에서 다공판 시스템 개발 시험을 통해서 얻어진 결과를 이용하여 Fig. 7과 같이 2중 다공격판 공명 시스템을 제작하였다 그리고 이다공격판 시스템을 챔버에 설치하여 환경 친화용 다공판 소음챔버의 시작품을 제작하여 기존의 소음챔버와 소음저감 성능 실험을 수행하였다. Fig. 8은 기존의 유리섬유등 유해물질이 없는 환경 친화용 다공판 소음챔버를 보여주고 있다.



- ① Air cap : 50mm
- ② Front perforated panel : $\sigma=3\%$, $\phi=1\text{mm}$, $t=0.8$
- ③ Rear perforated panel : $l=3\%$, $\phi=1\text{mm}$, $t=0.8$
- ④ First perforated partition : $\sigma=3\%$, $\phi=1\text{mm}$, $t=0.8$
- ⑤ Second perforated partition : $\sigma=1\%$, $\phi=1\text{mm}$, $t=0.8$

Fig. 7. Schematic of perforated panel system

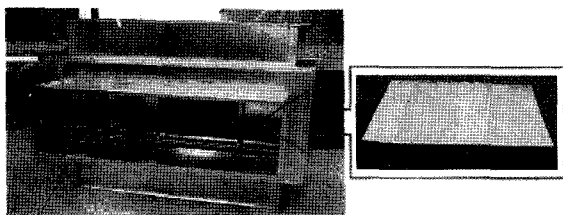


Fig. 8. Prototype of noise chamber equipped a built-in perforated panel

시작품의 소음 저감성능 실험은 체적이 212.8m^3 인 잔향실에서 수행되었다. 소음측정 시 마이크로폰의 위치는 지면으로부터 높이 1350mm, 시스템의 출구로부터 각각 2400mm, 3800mm, 5100mm 떨어진 지점에 수평면상의 방위각 45° 방향으로 위치시켰으며, 이렇게 하여 잔향실내에서 측정된 신호는 공간상의 평균 음압레벨로부터 삽입손실을 분석하였다.

Fig. 9는 삽입손실과 음압 측정을 위한 측정장치의 개략도를 나타내고 있다.

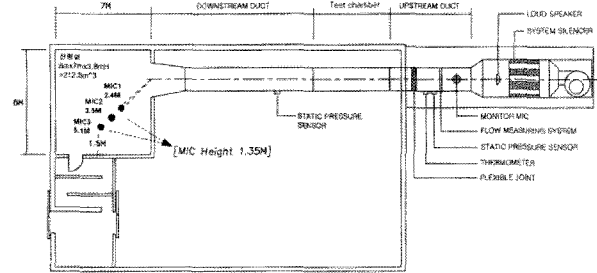
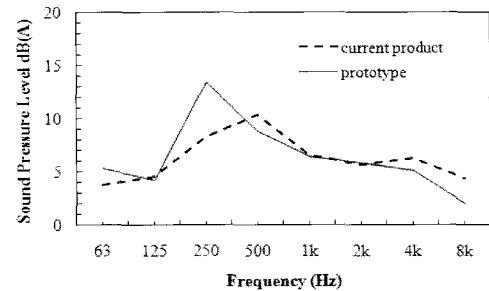
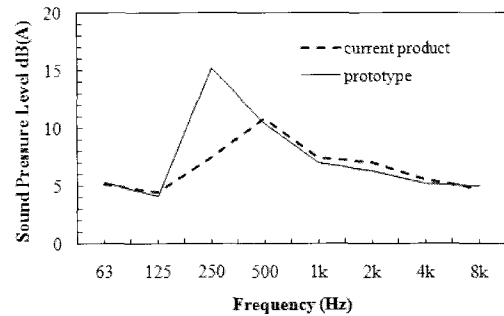


Fig. 9. Experimental setup for measuring insertion losses and sound pressure level

Fig. 10은 다공판 소음챔버의 시작품과 기존 소음챔버에 대한 삽입손실을 비교한 결과이고, Fig. 11은 두 챔버의 소음저감 성능을 비교한 결과이다. 그림 (a)는 유속이 없는 조건하의 소음 측정결과이며, 그림 (b)은 유속이 20m/s 인 조건하에서의 소음 측정 결과이다. 이 결과로부



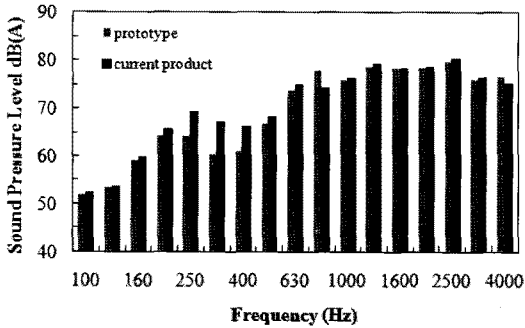
(a) Flow velocity : 0m/s



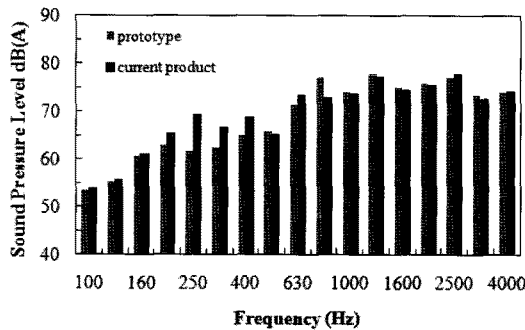
(b) Flow velocity : 20m/s

Fig. 10. Comparison of insertion losses from current product and prototype depending on flow velocity

터 500Hz 이상의 고주파 영역에서는 거의 유사한 성능을 나타내고 있으나, 200~400Hz 사이의 저주파수 영역에서는 기존 소음챔버에 비해서 다공판 소음챔버가 최고 8dB(A)정도까지 소음레벨이 저감되는 것을 확인 할 수 있다. 또한 다공판 소음챔버의 경우 기존 소음챔버에 비해서 유속이 증가하면 소음저감 효과가 향상되는 것을 확인 할 수 있다[8].



(a) Flow velocity : 0m/s



(b) Flow velocity : 20m/s

Fig. 11. Comparison of noises emitted from current product and prototype depending on flow velocity

4. 결론

환경 친화적이며, 저주파 영역에서 기존의 소음챔버 보다 흡음 성능을 향상 시킬 수 있는 공조기용 다공판 소음챔버를 개발하고 시작품 제작을 통해 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 유리섬유 흡음재가 설치된 기존의 소음챔버에 대한 소음저감 성능을 평가한 결과 500Hz 이상의 중 및 고주파수 영역에서 음압레벨이 최고 10dB(A)정도까지 감소하는 것을 볼 수 있다. 그러나 500Hz 이하의 저주파수 영역에서는 소음저감 효과가 거의 없는 것을 확인하였다.

(2) 유리섬유 흡음재와 다공판 시스템의 시작품에 대한

소음저감 효과를 비교한 결과 1kHz 이상의 고주파수 영역에서는 유리섬유 흡음재와 유사한 소음저감 효과를 나타내지만, 1kHz 이하의 주파수 영역에서는 소음저감 효과가 큰 것으로 나타났다.

(3) 또한 다공판 시스템은 다공판의 수가 증가할수록 소음저감 효과가 향상되며, 다공판 사이에 다공격판을 삽입하면 소음저감 효과가 더 향상되는 것을 확인하였다.

(4) 본 시험을 통해서 제시된 다공판 시스템을 적용한 소음챔버의 시작품과 기존의 소음챔버에 대한 성능시험 결과로부터 500Hz 이상의 중및고주파 영역에서는 거의 유사한 성능을 나타내고 있으나, 200~400Hz 사이의 저주파수 영역에서는 기존 소음챔버에 비해서 다공판 소음챔버가 최고 8dB(A)정도까지 소음레벨이 저감되는 것으로 나타났다. 또한 다공판 소음챔버의 경우 기존 소음챔버에 비해서 유속이 증가하면 소음저감 효과가 향상되는 것을 확인 할 수 있었다.

참고 문헌

1. 이태경, 주원호, 배종국(2008), “공명형 소음기를 이용한 박용 디젤엔진 배기 소음 제어,” 한국소음진동공학회 추계학술대회는논문집, pp.350-354.
2. Maa, D. Y.(1998), “Potential of Microperforated Panel Absorber,” J. Acoust. Soc. Am., 104(5), pp.2861-2866.
3. Kang, J. and Fuchs, H. V.(1999), “Predicting the Absorption of Open Weave Textiles and Micro-perforated Membranes Backed by an Air Space,” Journal of Sound and Vibration, 220(5), pp.905-920.
4. Lee, F.C. and Chen, W.H.(2001), “Acoustic Transmission Analysis of Multi-Layer Absorbers,” Journal of Sound and Vibration, 284(4), pp.621-634.
5. 이동훈, 허성춘, 권영필(2002), “전달행렬법을 이용한 다중 다공판 시스템의 흡음성능 예측,” 한국소음진동공학회 논문집, 제12권, 제9호, pp.709-716.
6. 허성춘, 이동훈, 권영필(2002), “다공판 시스템의 흡음성능 예측을 위한 계산모델 개발,” 한국소음진동공학회 추계학술대회는논문집, pp.877-882.
7. 제현수, 양수영, 홍병국, 송화영, 이동훈(2004), “다공판 시스템의 점선입사 흡음성능에 관한 실험적 연구,” 한국소음진동공학회 추계학술대회는논문집, pp.1052-1055.
8. 허성욱, 제현수, 양수영, 이동훈(2003), “다공판 시스템의 흡음성능에 유동이 미치는 영향,” 한국소음진동공학회 추계학술대회는논문집, pp.879-884.

접수일(2009년 9월 7일), 수정일(2009년 10월 2일),
 게재확정일(2009년 10월 19일)