

미세 다공판을 이용한 환기팬 시스템의 소음저감

Noise Reduction of a Ventilating Fan System using Micro-Perforated Panel

이 종 석† · 송 화 영* · 이 동 훈** · 권 혁 정*** · 김 동 윤***

Jong-Seuk Lee, Hwa-Young Song, Dong-Hoon Lee, Hyuk-Jung Kwon, Dong-Yun Kim

Key Words : Absorptive Duct Silencer(흡음형 덕트 소음기), Perforated Panel System(다공판 시스템), Perforated Duct Silencer(다공형 덕트 소음기), Transmission loss(투과손실), Ventilating Fan System(환기팬 시스템)

ABSTRACT

This paper introduces an experimental study for the noise reduction of a ventilating fan system. For the purpose of noise reduction, conventionally an absorptive duct silencer filled with a glass fiber has been utilized. However, a glass fiber has some disadvantages like hygiene and secondary pollution problems. In order to overcome these problems, in this paper, a perforated duct silencer has been applied to the ventilating fan system. For the designing of a perforated duct silencer, the transmission losses for various perforated panel systems are measured and compared with its noise reduction performance.

1. 서 론

최근 생활수준의 향상과 함께 환경에 대한 인식이 확산되면서 도시민들에게 실내 공기질 문제가 급격히 대두되고 있다. 실제로 환기를 적절하게 실시하지 않는 건물에서 재실자가 장시간 거주할 경우 거주자의 신진대사 활동을 억제시키거나, 각종 건축자재와 마감재료, 가구, 조리기구 등으로부터 방출되는 열, 이산화탄소, 먼지 및 VOC 등이 건물증후군을 유발시키고, 최근에는 화학물질 과민증을 유발시키는 것으로 알려지고 있다.⁽¹⁾ 특히 환기가 필요한 모든 공간에서는 법적으로 환기 시스템의 채택을 의무화하고 있으며⁽²⁾, 점차 그 규제범위를 확대하려는 추세에 있다.

환기 시스템은 대개 팬과 덕트로 구성되어 있으므로 팬에 의해 공기를 공급할 때 강한 팬 소음과 유동소음을 유발시키게 되므로 불가피하게 팬의 전방과 후방에 유리섬유 흡음재를 장착한 흡음형 덕트 소음기를 설치하여 소음을 저감시키고 있다. 그러나 시간이 지남에 따라 소음기 내부의 흡음재가 비산되어 재실자의 호흡기를 상하게 할 수 있다는 문제점이 사용자로부터 지적되고 있다.

따라서 이와 같은 기존 흡음재의 문제점을 해결할 수 있는 새로운 형태의 흡음재에 대한 대안으로서 미세 다공판 시스템을 들 수 있다. 이에 대하여 Lee 등^(3,4)은 다공판 시스템의 다양한 조합조건에 따른 흡음특성과 성능을 구한 바 있으며, 다공판 시스템의 흡음성능을 편리하게 계산할 수 있는 전달행렬법을 제시한 바 있다. 특히 Lee 등^(5,6)은 미세 다공판 시스템을 이용하여 환기 시스템과 레인지 후드의 소음저감 구현이 가능함을 선행연구를 통하여 확인한 바 있다.

따라서 본 연구에서는 미세 다공판 시스템을 환기 시스템에 적용하기 위한 실용화 연구로서 다공판 시스템의 투과손실에 대한 성능시험과 이를 바탕으로 일종의 다공형 덕트 소음기를 설계하여 환기 시스템에 적용하고 소음저감 정도를 파악하고자 한다. 소음기 설계를 위하여 임피던스관에 다공판과 다공격판의 공극율, 격판의 수 그리고 공통깊이 등을 다양하게 배치하여 다공판 시스템의 투과손실을 구하였다.

2. 실 험

Fig. 1은 다공판 시스템의 투과손실을 구하기 위한 임피던스관과 측정기기에 대한 개략도를 나타낸 것이다. 임피던스관의 단면은 60mm x 60mm이며, 두께는 10mm인 아크릴판으로 제작하였으며, 임피던스관의 상류단과 하류단의 길이는 각각 1000mm이다. 관의 입구측에는 스파커가 부착되어 있으며, 임피던스관 측면에는 시험대상체인 다공판 시스템이 설치되어 있다. 또한 다공판 뒤에는 음의 누출이 없도록

† 서울산업대학교 산업대학원 기계공학과 석사과정

E-mail : 2205cmd@hanmail.net

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

* 서울산업대학교 에너지환경대학원 에너지시스템공학과 박사과정

** 서울산업대학교 기계공학과

***(주)엑타 기술연구소

록 O링이 부착된 강체피스톤으로 밀봉하였다. 측정주파수의 상한범위는 3200Hz로 하였으나, 본 연구에 쓰인 사각형 임피던스관의 등가지름이 67.7mm이므로 고차모드에 의한 차단주파수를 감안하면 평면음장 조건을 유지하는 주파수의 상한범위는 2900Hz가 된다.

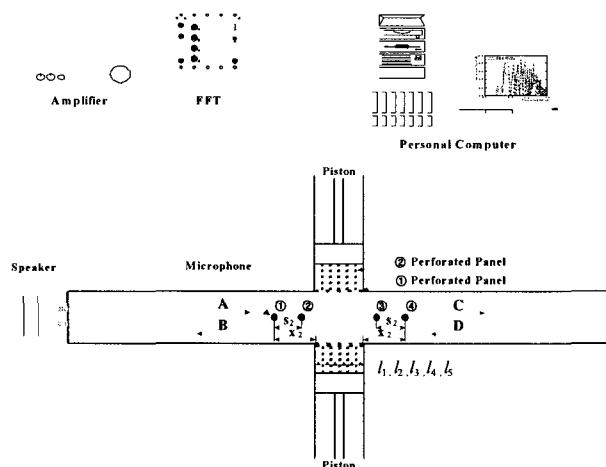


Fig. 1 Experimental setup for measuring absorption coefficient of a perforated panel system.

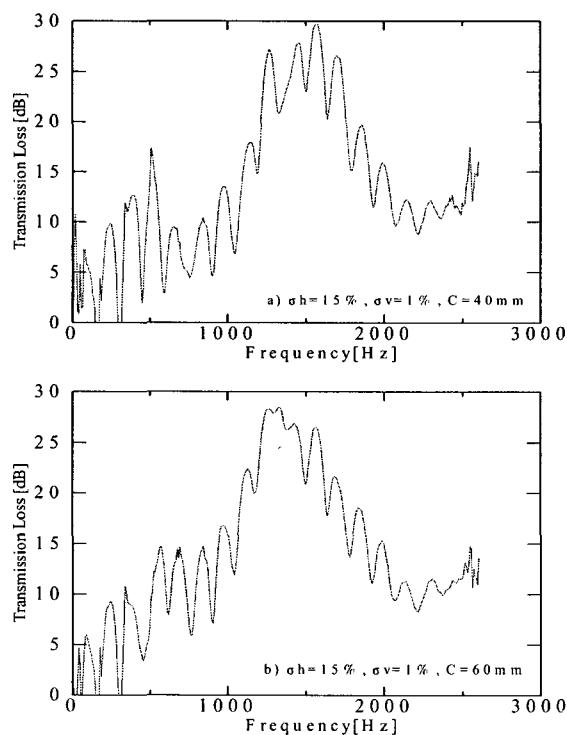


Fig. 2 Effect of the cavity depth on the transmission loss of a perforated panel system with porosity of $\sigma h = 15\%$

투과손실을 구하기 위한 마이크로폰의 위치는 $X_2=40\text{mm}$ 와 $S_2=20\text{mm}$ 이며, 다공격판의 간격 l_1, l_2, l_3, l_4, l_5 은 각각 50mm 이다. 마이크로폰은 1/4인치 압력형 마이크로폰을 사용하였다. 실험에 쓰인 다공판의 재질은 아연도 강판이며, 판두께 $t=0.7\text{mm}$ 이고 구멍지름 $d=1\text{mm}$ 인 다공판 ①의 공극율은 $\sigma h = 15\%$, $\sigma v = 20\%$, 다공격판 ②의 공극율은 $\sigma v = 1\%, 3\%, 5\%$ 가 되도록 제작하였다. 공동깊이는 $c = 30\text{mm}$, $c = 40\text{mm}$ 그리고 $c = 60\text{mm}$ 로 하였다.

3. 결과 및 고찰

Fig. 2는 다공판 ①의 공극율 $\sigma h = 15\%$ 이고 다공격판 ②의 공극율 $\sigma v = 1\%$ 인 다공판 시스템에 대하여 투과손실을 측정한 결과이다. 제시된 그림 (a)는 공동깊이 $c = 40\text{mm}$ 일 때의 투과손실로서 주파수증가와 함께 투과손실이 증가하다가 1000Hz~2000Hz사이에서 최대가 되는 것을 알 수 있다. 그리고 그림 (b)의 공동깊이 $c = 60\text{mm}$ 인 경우에서도 주파수 증가와 함께 투과손실 증가를 볼 수 있으며, 그림 (a)의 경우와 비교하여 다소 저주파대역에서 투과손실이 최대로 되는 것을 볼 수 있다. 두 결과 그림에서 투과손실의 산과 골이 반복되는 것은 임피던스관의 고유주파수와 다공판 시스템의 공명주파수와의 보강간섭 및 소멸간섭에 의한 것으로 사료된다.

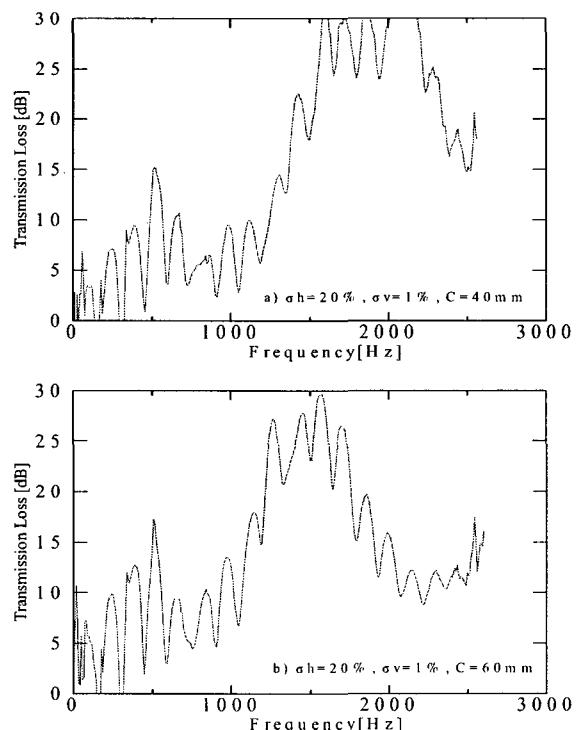


Fig. 3 Effect of the cavity depth on the transmission loss of a perforated panel system with porosity of $\sigma h = 20\%$

Fig. 3은 다공판 ①의 공극율 $\sigma h = 20\%$ 이고 다공격판 ②의 공극율 $\sigma v = 1\%$ 인 다공판 시스템에 대하여 투과손실을 측정한 결과이다. 제시된 그림 (a)는 공동깊이 $c = 40mm$ 일 때의 투과손실로서 Fig. 2(a)와 비교하여 다소 더 높은 대역에서 최대의 투과손실이 얻어지는 것을 알 수 있다. 그리고 그림 (b)의 공동깊이 $c = 60mm$ 인 경우에서도 Fig. 2(b)와 비교해 보면 최대의 투과손실을 나타내는 주파수대역폭이 더 넓어진 것을 알 수 있다.

Fig. 4는 다공판 시스템의 투과손실 결과를 이용하여 설계한 다공형 덕트 소음기를 환기팬 시스템의 입구와 출구에 부착하여 측정하고, 이 결과를 소음기가 없는 경우와 흡음형 소음기를 부착하였을 때의 측정결과와 각각 비교하였다. 다공형 덕트 소음기의 설계체원은 $\sigma h = 22\%$, $\sigma v = 1\%$ 그리고 5개의 격판을 50mm간격으로 배치하였다. 소음측정은 시스템의 입구와 출구면의 중심축으로부터 30도 방향으로 1m떨어진 지점에서 측정하였다.

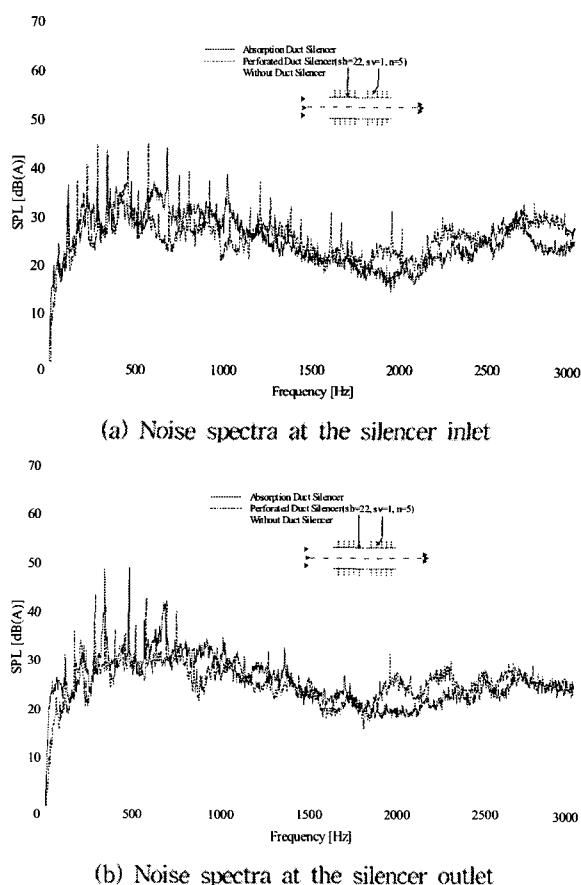


Fig. 4 Effect of the five-layer perforated panel on the noise reduction performances of a ventilating fan system

제시된 결과에서 파선은 다공형 덕트 소음기, 가는 실선은 소음기 없이 덕트만 있는 경우, 이첨쇄선은 흡음형 덕트 소음기를 환기팬 시스템의 입구와 출구에 부착하였을 때를 뜻한다. 먼저 입구측에서의 소음저감 정도를 고찰해 보면 1200Hz 까지는 다공형 덕트 소음기가 더 우수한 소음저감 효과를 보이는 반면에 더 높은 주파수 대역에서는 흡음형 덕트 소음기의 성능이 더 우수한 것을 알 수 있다. 또 소음기가 없는 경우와 다공형 덕트 소음기의 성능을 Fig. 3(a)의 투과손실 결과와 비교해 보면 소음저감 주파수 대역이 거의 일치하는 것을 알 수 있다. 출구측에 대한 결과에서도 입구측의 결과와 전반적으로 유사한 형태의 소음저감 정도를 나타내고 있다. 특히 제시된 결과에서 보듯이 흡음재 없이 미세 다공판만을 사용하여 설계한 다공형 덕트 소음기가 흡음형 덕트 소음기만큼의 소음저감 효과를 달성할 수 있다는 것은 대단히 중요한 연구결과라 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 다양한 형태로 조합하여 얻은 다공판 시스템에 대한 투과손실 결과를 환기 시스템에 적용하여 소음저감을 달성하였다. 연구결과로부터 1200Hz이하까지는 다공판을 이용하여 설계된 다공형 덕트 소음기가 더 우수한 소음저감효과를 나타냈으나, 1200Hz 이상에서는 기존의 흡음형 덕트 소음기의 성능이 더 우수하였다.

참 고 문 헌

- (1) 윤동원, 2002, “주택 내부의 실내공기오염 특성과 대책”, 대한설비공학회 설비저널, 제31권, 제 121호, p.23-31
- (2) 환경부, 2004, “다중이용시설 등의 실내 공기질 관리법”, <http://www.me.go.kr> 현행법령
- (3) 이동훈, 허성춘, 권영필, 2002, “전달행렬법을 이용한 다중 다공판 시스템의 흡음성능 예측”, 한국소음진동공학회 논문집, 제12권, 제9호, pp.709-716.
- (4) Lee, D.H. and Kwon, Y.P., 2004, “Estimation of the Absorption Performance of Multiple Layer Perforated Panel Systems by Transfer Matrix Method”, Journal of Sound and Vibration, 278, pp.847-860.
- (5) 이종석, 김덕한, 이동훈, 2005. “환기팬 시스템의 소음 특성과 저감에 관한 실험적 연구” 대한설비공학회 2005 동계학술발표대회 논문집. pp.500-505.
- (6) 홍병국, 송화영, 이동훈, 2005, “가정용 레인지 후드의 소음저감에 관한 연구” 한국소음진동공학회 2005秋季학술발표대회 논문집. pp.449-452.