

흡음형과 공명형 덕트 소음기의 소음저감 성능에 관한 실험적 고찰

이 영 섭[†], 정 광 섭^{*}, 이 동 훈^{**}

서울산업대학교 철도전문대학원 철도시스템공학과, ^{*}서울산업대학교 건축공학과, ^{**}서울산업대학교 기계공학과

An Experimental Investigation on Noise Reduction Performance of the Absorption and the Resonance Type Duct Silencers

Young-Sup Lee[†], Kwang-Seop Chung^{*}, Dong-Hoon Lee^{**}

Department of Rolling Stock System, Graduate School of Railroad, of Seoul National Univ. of Tech., Seoul 139-743, Korea

^{*}Department of Architectural Engineering, Seoul National Univ. of Tech., Seoul 139-743, Korea

^{**}Department of Mechanical Engineering, Seoul National Univ. of Tech., Seoul 139-743, Korea

(Received August 14, 2010; revision received October 12, 2010)

ABSTRACT: A silencer has been widely used for the purpose of suppressing the noises propagated from duct of air conditioning system. The absorption type silencer is usually applied to reduce the noise with high frequency bandwidth. On the other hand, the resonance type silencer is applied to reduce the noise with low-middle frequency bandwidth. The insertion loss of silencer is measured in the reverberation room. The cut-off frequency of reverberation room is 100 Hz. The insertion loss of absorption type silencer is more larger than that for resonance type silencer regardless of changing the flow velocity.

Key words: Absorption type silencer(흡음형 소음기), Flow velocity(유속), Insertion loss(삽입손실), Resonance type silencer(공명형 소음기), Reverberation room(잔향실)

1. 서 론

최근 생활수준의 향상으로 인해 건축 환경이 다변화되고 있다. 특히 호텔, 멀티플렉스, 병원, 철도역사 등과 같은 다중이용시설은 대형화 되어가고 있는 추세이다. 이런 다중이용시설에 쓰이는 공조시스템은 대형 송풍기를 이용하기 때문에 덕트라인을 통하여 각 실내에 강한 팬 소음과 함께유동소음을 전파시킨다.⁽¹⁾

따라서 이러한 공조시스템의 소음을 저감시키기 위해 공조시스템의 덕트라인에 흡음형 소음기 및 공명형 소음기와 같은 덕트 매립형 소음기를 설치하여 소음을 저감시키고 있다.

흡음형 소음기는 유리섬유와 폴리우레탄 폼 등과 같은 흡음재를 이용한 소음기로서 중고주파수 영역에서 탁월한 흡음성능을 갖는 것으로 알려져 있다. 하지만, 각종 회전기계, 연소기 및 열유체기기류 등에서 발생하는 저주파수 소음을 저감시키는데 효과적이지 못하다. 또한, 화재의 위험성 및 비산에 따른 환경문제를 내포하고 있는 단점이 있다.⁽²⁾

공명형 소음기는 헬름홀츠 공명기와 같이 자신의 공명주파수를 가지며, 이 공명주파수를 제어하고자

[†] Corresponding author

Tel.: +82-31-232-0378; fax: +82-31-232-0389

E-mail address: cleans@chol.com

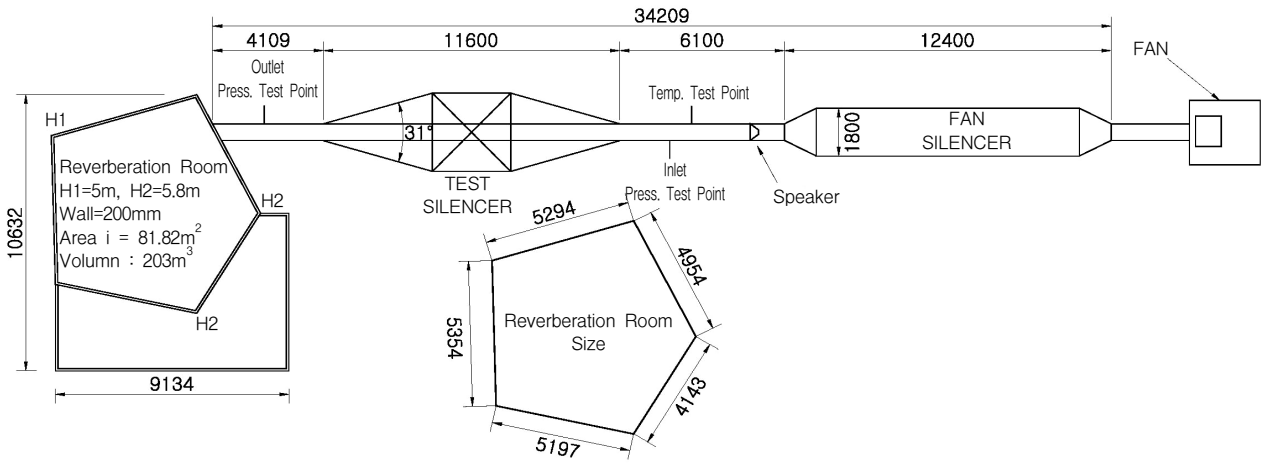


Fig. 1 Schematic of test facility for measuring the insertion loss of a silencer.

하는 소음의 주파수에 일치시키는 방법으로 소음을 제어할 수 있다. 따라서 흡음형 소음기에 비해 중저 주파수 대역의 소음을 제어하기 위한 소음기의 설계가 가능하다. 한편, 최근에는 여러 선행 연구자들이 흡음재의 대안으로 다공판 시스템을 도입하여 다공판의 제원변화 및 판의 배치 방법 등을 통하여 흡음성능 향상에 대한 탁월한 연구 성과를 이루어 왔다.⁽³⁻⁶⁾

따라서 본 논문에서는 저자들이 설계/제작한 흡음형 소음기와 공명형 소음기에 대하여 소음기의 성능 지표인 삽입손실을 각각 측정하여 성능비교를 하고자 한다. 특히, 소음기를 실제 공조 시스템에 설치하여 사용할 때에 발생할 수 있는 정압 손실을 고려하여 유속에 따른 소음기의 삽입손실 변화에 대하여 고찰하고자 한다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 삽입손실 측정 설비

Fig. 1은 소음기의 삽입손실을 측정하기 위한 A사의 소음기 성능 측정 설비이다.

Table 1 Relationship between the reverberation room volume and the cut-off frequency

Cut-off frequency(Hz)	Volume(m ³)
100	200
125	150
160	100
200이상	70

소음기 측정설비는 국제규격 ASTM E 477/ISO 7235에 부합한다.⁽⁷⁾

시험 소음기의 상류측과 하류측에는 소음기의 정압 손실을 측정하기 위한 압력계가 각각 설치되어 있으며, 시험 소음기 상류측에는 유동을 발생시키기 위해 설치한 송풍기의 자체소음을 제어하기 위해 길이 12.4 m인 팬 소음기와 백색잡음을 발생시키기 위한 음 발생장치인 스피커가 장치되어 있다.

그리고 시험 소음기의 하류측에는 체적 230 m³, 실면적 81.82 m²인 잔향실이 설치되어 있으며, 잔향실 내에서 시험 소음기를 통하여 방사되는 소음의 음압레벨과 치환 덕트를 통하여 방사된 소음의 음압레벨을 각각 측정하여 두 측정값의 차로써 시험 소음기의 삽입손실을 평가한다. 그리고 압력계의 표준편차는 ±2 Pa이다.

ISO 7235에 의거한 차단주파수에 따른 잔향실의 최소실용적은 Table 1과 같으며, 본 시험에 이용한 잔향실의 실용적은 260 m³로서 차단주파수는 100 Hz이며, 잔향실의 표준편차는 ±1 dB이다.

2.2 흡음형과 공명형 소음기 제원

Fig. 2(a)는 흡음형 소음기의 내부 사진으로서 소음기 내부에 충전된 흡음재는 밀도 48 kg/m³인 유리 섬유가 사용되었으며, 두께 0.8 mm, 지름 5 mm, 공극율 46%의 타공판으로 제작되었다.

Fig. 2(b)는 공명형 소음기의 내부 사진으로서 소음기는 두께 0.8 mm, 지름 1 mm, 공극율 1.8%인 타공판을 사용하여 제작하였으며, 공동 깊이는 50 mm이다.



(a)absorption type (b)resonance type

Fig. 2 The interior schematic of the absorption and the resonance type silencers.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 흡음형 소음기 삽입손실

Table 2는 덕트 내의 유속이 0.0 m/s인 조건에서 흡음형 소음기의 삽입손실을 측정된 결과이다. 결과에서 1 kHz 대역과 그 이상의 주파수대역에서 삽입손실치가 큰 것으로 보아 중고주파수대역에서 소음저감 성능을 가지는 소음기임을 확인할 수 있다.

Table 2 Result of insertion loss for absorption type silencer

Frequency [Hz]	Empty Duct [dB]	Silencer [dB]	IL [dB]
63	55.2	57.6	-2.4
125	92.9	86.8	6.1
250	90.9	76.3	14.6
500	91.0	58.4	32.6
1000	90.4	51.3	39.1
2000	86.4	52.9	33.5
4000	71.1	53.8	17.3
8000	65.2	52.4	12.8
OA	97.8	87.2	10.6

Table 3 Result of insertion loss for resonance type silencer

Frequency [Hz]	Empty Duct [dB]	Silencer [dB]	IL [dB]
63	55.2	53.1	2.0
125	92.9	89.9	3.0
250	90.9	84.1	6.8
500	91.0	64.4	26.6
1000	90.4	73.5	16.9
2000	86.4	75.5	10.9
4000	71.1	60.0	11.1
8000	65.2	55.2	10.0
OA	97.8	91.1	6.7

3.2 공명형 소음기 삽입손실

Table 3은 덕트 내의 유속이 0.0 m/s인 조건에서 공명형 소음기의 삽입손실을 측정된 결과이다. 결과에서 500 Hz 대역에서 삽입손실치가 큰 것으로 확인되었지만 전반적으로 흡음형 소음기와 비교하여 소음저감 성능이 현저히 떨어지는 것으로 판단된다.

3.3 정압손실에 따른 소음기의 삽입손실 비교

Table 4는 덕트 내의 유속이 5.0 m/s인 조건에서 시험 소음기의 입구측과 출구측에서 측정된 압력의 정압손실 결과이다. 결과에서 흡음형 소음기의 정압손실은 없었지만, 공명형 소음기의 정압손실은 15 Pa이었다. 이는 조밀한 공기층 구조를 가지는 흡음형 소음기에 비해 공명형 소음기는 1 mm 이상의 타공 구조를 가지므로 유체의 마찰손실이 흡음형 소음기에 비해 상대적으로 크고 이로 인해 정압손실이 발생했다고 볼 수 있다.

Fig. 3은 덕트 내의 유속이 5.0 m/s인 조건에서 흡음형 소음기와 공명형 소음기의 삽입손실을 각각 측정하여 비교 도시한 결과이다. 결과에서 전반적으

Table 4 Comparison of static pressure losses for absorption and resonance type silencers at the flow velocity of 5.0 m/s

Silencer type	Inlet [Pa]	Outlet [Pa]	Loss [Pa]
Absorption	66	66	0
Resonance	67	52	15

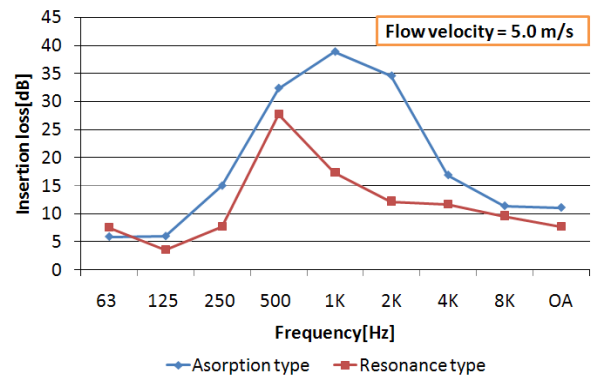


Fig. 3 Comparison of insertion losses for absorption and resonance type silencers at the flow velocity of 5.0 m/s.

로 흡음형 소음기가 공명형 소음기보다 감음성능이 높게 측정되었으며, 특히 1 kHz 대역 전후에서 삽입 손실이 큰 차이를 보였다. 이는 앞서 설명한 Table 4의 결과와 비교하여 보았을 때 정압손실과 삽입 손실의 관계가 비례하지 않다는 걸 알 수 있다.

그리고 흡음형 소음기는 1 kHz 이상의 중고주파수 대역에서 감음성능을 보이고, 공명형 소음기는 1 kHz 이하의 중저주파수 대역에서 감음성능을 보여 주고 있음을 확인할 수 있다.

Table 5는 덕트내의 유속이 7.5 m/s인 조건에서 시험 소음기의 입구측과 출구측에서 측정한 압력의 정압손실 결과이다. 결과에서 흡음형 소음기의 정압손실은 15 Pa이고, 공명형 소음기의 정압손실은 27 Pa로서 흡음형 소음기보다 공명형 소음기의 정압손실이 더 큼을 알 수 있다.

Fig. 4는 덕트 내의 유속이 7.5 m/s인 조건에서 흡음형 소음기와 공명형 소음기의 삽입손실을 각각 측정하여 비교 도시한 결과이다. 결과에서 전반적으로 흡음형 소음기가 공명형 소음기보다 감음성능이 높게 측정되었으며, 특히 1 kHz 대역 전후에서 삽입손실이 큰 차이를 보였다.

그리고 흡음형 소음기는 1 kHz 이상의 중고주파

Table 5 Comparison of static pressure losses for absorption and resonance type silencers at the flow velocity of 7.5 m/s

Silencer type	Inlet [Pa]	Outlet [Pa]	Loss [Pa]
Absorption	130	115	15
Resonance	134	107	27

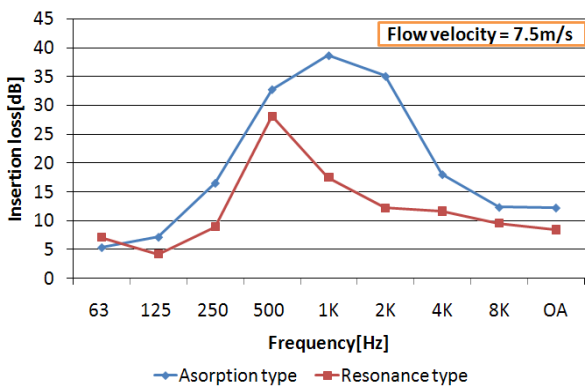


Fig. 4 Comparison of insertion losses for absorption and resonance type silencers at the flow velocity of 7.5 m/s.

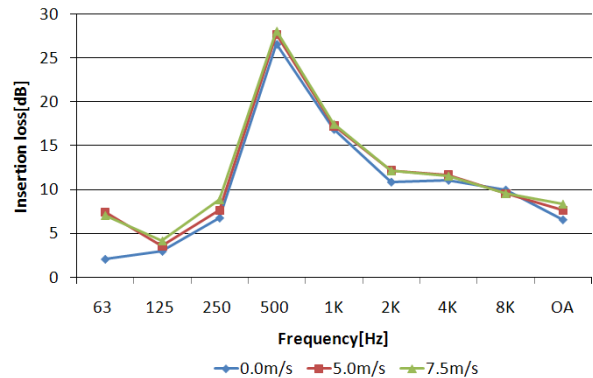


Fig. 5 Comparison of insertion loss for resonance type silencer with various flow velocity.

수 대역에서 감음성능을 보이고, 공명형 소음기는 1 kHz 이하의 중저주파수 대역에서 감음성능을 보여 주고 있음을 확인할 수 있다.

Fig. 5는 공명형 소음기에 대하여 덕트내 유속을 0.0 m/s, 5.0 m/s, 7.5 m/s로 변화시키면서 측정한 삽입손실을 비교 도시한 결과이다.

결과에서 보듯이 전반적인 실험 결과에서 유속의 변화에 따른 삽입손실의 큰 변화는 없는 것으로 확인되었으나 OA 결과치에서는 유속이 증가함에 따라 약 1 dB씩 삽입손실치가 증가함을 알 수 있다. 이것은 공명형 소음기의 구멍으로 일정속도 이상의 기류통과에 의한 음향저항이 유발되었기 때문이다.

4. 결 론

공조 시스템에 사용되는 흡음형 소음기와 공명형 소음기의 감음성능을 상호 비교함으로써 다음과 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 덕트내 유속에 상관없이 흡음형 소음기가 공명형 소음기보다 삽입손실이 약 4 dB 정도 더 큼을 알 수 있었다.
- (2) 덕트내 정압손실은 공명형 소음기가 흡음형 소음기보다 컸으며, 공명형 소음기의 소음저감 주파수 대역폭은 흡음형 소음기보다 낮았다.
- (3) 덕트내 유속의 변화가 소음기의 삽입 손실에 큰 영향은 미치지 못하지만, 유속이 증가함에 따라 삽입손실이 다소 증가하는 경향은 확인할 수 있었다.

참고문헌

1. Oh, J. W., Lee, J. S., Lee, J. H. and Lee, S. C.,

- 2006, Development of vibration silencer for noise reduction of apartments, Proceeding of the KS NVE Annual Spring Conference, pp. 1247-1251.
2. Lee, D. H., Hur, S. C. and Kwon, Y. P., 2002, Estimation of the Sound Absorption Performance for Multiple Layer Perforated Plate Systems by Transfer Matrix Method, Transactions of the Korea Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 12, No. 9, pp. 709-716.
 3. Hur, S. C., Heo, S. W., Suh, K. W. and Lee, D. H., 2002, Sound Absorbing Performances of Parallel Perforated Plate Systems Combined with Absorbing Materials, Proceeding of the SAREK Annual Winter Conference, pp. 444-449.
 4. Song, H. Y. and Lee, D. H., 2008, A study on the design parameter of a resonance type absorber, Transactions of the Korea Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 18, No. 1, pp. 71-79.
 5. Lee, D. H. and Kwon, Y. P., 2004, Estimation of the absorption performance of multiple layer perforated plate systems by transfer matrix method, Journal of Sound and Vibration, Vol. 278, pp. 847-860.
 6. Lee, Y. S., Lee, D. H. and Chung, K. S., 2009, An Experimental Study to Develop the Perforated Panel System for Noise Chamber, Transactions of the Korea Society for Railway, Vol. 12, No. 5, pp. 806-810.
 7. ISO 7235, 2003, Laboratory measurement procedures for ducted silencers and air terminal units-Insertion loss, flow noise and total pressure loss.