

공동주택 층간소음 저감을 위한 환기장치용 소음기 개발

Development of Ventilation Silencer for Noise Reduction of Apartments

오진우† · 이종석* · 이장현* · 이성춘

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

Key Words : Ventilation silencer(환기용 소음기), Noise reduction(소음저감), Transmission loss(투과손실), Sound level(소음도) Expansion type(팽창형), White Noise(백색잡음), Pressure loss(압력손실)

ABSTRACT

공동주택의 보급 증가에 따라 화장실과 같이 환기용 덕트를 통한 층간 소음전달 문제가 예상되어 환기용 덕트에 간단히 설치하여 층간 소음 전달을 차단할 수 있는 환기장치용 소음기를 개발하였다. 본 개발품은 소음 차단 기능이 확실하고, 구조가 간단하며 분해조립이 가능하여 설치 및 유지보수가 용이한 제품이다. 또한 습기에 의한 부식이 없고, 먼지와 습기를 쉽게 제거할 수 있는 특징이 있다. 성능시험 결과 환기용 덕트를 통한 소음의 전달을 10dB 이상 저감시킬 수 있고, 삽입에 의한 압력손실 2mmAq 이하가 됨을 확인하였다.

을 보호하는데 많은 문제점이 발생하고 있다. 따라서 화장실과 같이 환기용 덕트로 소음이 전달될 수 있는 곳에 간단히 설치하여 층간 소음 전달을 차단할 수 있는 소음 환기장치개발의 필요성이 증가되었고, 환기용 소음기는 소음 차단 성능이 확실하고, 설치 및 유지보수가 용이하고, 습기에 의한 부식이 없으며, 먼지, 위생 등을 고려하여 청소가 간단한 제품이 절실하게 요구되고 있다.

현재 화장실에서 발생하는 소음에 대한 평가에 대한 연구는 장호연(2003)[5], 이성호(2003)[6] 등에 의해서 연구되고 있으며, 이에 따른 배수관의 소음을 저감하기 위한 연구도 김인수(2001)[7], 이주원(2000)[8] 등에 의해 연구되었다. 또한 환기관을 통하여 전달되는 소음을 저감하기 위해서 화장실의 환기용 덕트를 각 세대별로 따로 설치하거나 환기용 메인 덕트를 각 세대의 화장실과 멀리 떨어뜨려놓는 방법을 사용하여 층간 소음 저감을 하는 경우[9]도 있으나 공사비가 증가하고 별도의 공간이 필요하기 때문에 널리 사용되지 않는 실정이다.

본 논문은 공동주택의 화장실에서 발생하는 소음과 위층의 화장실에 전달되는 소음을 측정하여 가장 영향이 큰 주파수범위를 분석하고 이 소음을 효과적으로 저감할 수 있는 소음기를 개발에 대한 연구이다. 개발품은 소음저감성능이 높고, 구조가 간단하여 분해조립이 가능하고 설치 및 유지보수가 용이한 제품이다. 또한 청소가 용이하고 습기 및 부식에 강하며, 다른 환기장치에도 적용이 가능한 장점이 있다.

기 호 설 명

TL : 투과 손실계수(Transmission Loss, dB)

m : 팽창비(= S_1/S_2)

S_1, D_1 : 관 입출구 단면적 및 내경

S_2, D_2 : 팽창관 단면적 및 내경

k : 파수(= $2\pi/c$, Wave No.)

c : 음속 (340 m/s)

f : 주파수 (Hz)

L : 팽창관 길이

l : 내부 이중관 길이

1. 서 론

최근 생활수준의 향상으로 쾌적하고 정숙한 생활환경에 대한 요구가 높아지고 있다. 특히 아파트, 연립주택, 공동주택의 경우, 동일 구조의 세대가 다층을 이루고 있고 화장실은 공동의 환기용 덕트로 바로 연결되어 있어 환기용 덕트를 통한 소음의 전달로 층간 소음 문제를 야기하여 사생활

† (주)엔에스브이 기술연구소
E-mail : ozinu78@naver.com
Tel : (032) 816-7992, Fax : (032) 816-7993

* (주)엔에스브이 기술연구소

2. 공동주택의 화장실 소음

2.1 소음측정 개요

주택의 화장실에서 발생하는 생활소음은 화장실 번기음, 화장실 욕조 낙수음, 화장실 욕조 샤워기음, 화장실 음악소리 등이 있다. 이러한 소음을 저감하기 위해서는 먼저 종류별 소음과 다른 층으로 전달되는 소음의 특성을 측정 분석할 필요가 있다. 따라서 실제 공동주택의 화장실에서 소음의 종류별로 측정 분석하였다.

2.2 측정 결과 및 분석

아래층에서 소음을 발생시키고, 동시에 윗 층에서의 소음을 측정하였으며, 소음이 발생되는 층에서의 소음 특성은 Fig. 1 와 같고, 위층에서 측정된 소음특성은 Fig. 2과 같다. 그리고 측정된 데이터를 분석한 결과는 Table 1.과 같다.

Table 1. Noise level data [dB(A)]

Noise	Generation Floor	Transmission Floor
Background	27.8	-
Toilet Stool	78.0	43.5
Water Drain	76.6	35.3
Shower	73.5	35.5
Music	71.4	31.0

측정결과 음원 종류별 층간 자연 저감량은 20~40dB 정도이며, 아파트 생활소음의 주요 주파수는 1000Hz이고, 인접한 500, 2000, 4000 Hz 음도 상당히 크게 나타남을 알 수 있다. 따라서 소음기는 1000Hz에서 감음량이 크고, 인접한 500, 2000, 4000 Hz 음도 상당히 감음 시킬 수 있어야 한다. 그리고 소음기를 장착함으로써 위층에 전달되는 소음을 압소음 이하로 낮추어야 하며 감음량은 10dB는 적절하다고 판단된다.

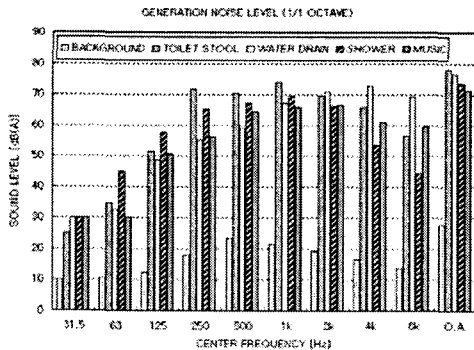


Fig. 1 Noise level data of generation

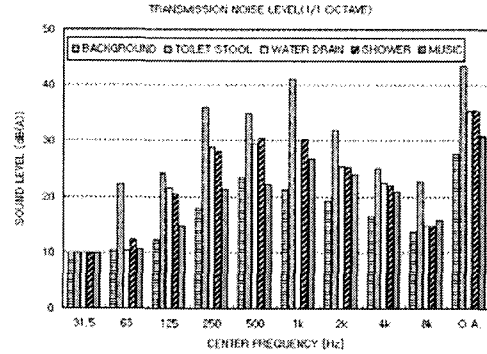


Fig. 2 Sound level data of transmission

3. 소음기 개발

3.1 기본설계 개요

앞에서 측정 분석한 생활소음을 효과적으로 저감할 수 있는 환기용 소음기를 개발하기 위하여 여러 가지 타입의 소음기의 특성 및 감음성능을 비교한 후 그 중 가장 효과가 좋을 것으로 예상되는 소음기 형식을 선정하였다. 소음기의 소음저감 목표는 10dB 이상이며 압력손실은 2mmAq 이하가 되도록 설정하였다.

소음기는 공명형 소음기(Resonator Type Silencer), 흡음형 소음기(Acoustic absorber Type Silencer) 및 아래의 Fig. 3과 같은 팽창형 소음기(Expansion type Silencer) 등 3종류의 형상에 대해 검토하였으며, 주파수에 따른 소음저감특성과 설치 및 유지보수가 용이하고 필요에 따라 습기와 먼지를 제거하기 쉬운 팽창형 소음기를 선정하였다.

3.2 팽창형 소음기 적용해석

팽창형 소음기는 팽창관 내부의 형상 및 격벽의 수에 따라 주파수 특성 및 소음저감성능이 크게 변경된다. 따라서 몇 가지의 내부형상에 대하여 검토하여 그 성능을 분석하였다.

(1) 팽창형 (Exp. type) 소음기

가장 기본적인 팽창형 소음기는 아래의 Fig. 3(a)와 같은 형태로 관의 단면적이 급격히 변화하는 과정에서 음의 반사, 간섭, 팽창이 발생하여 음압을 저감시키는 원리로 소음투과손실을 계산하는 이론식은 아래의 식(1)과 같다. 이와 같은 소음기는 저감성능이 10dB 이하로 비교적 낮아 실제에 적용하기에는 부족하다고 할 수 있다.

$$TL(dB) = 10 \log \left[1 + \frac{1}{4} \left(m - \frac{1}{m} \right)^2 \sin^2 kL \right] \quad (1)$$

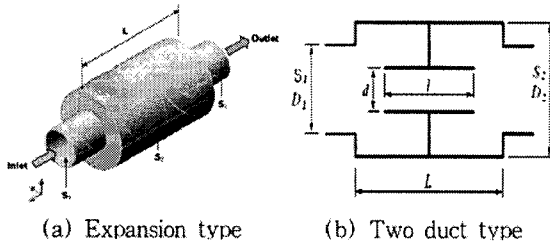


Fig. 3 Configuration of Exp. type silencer

(2) 2중관 팽창형 (Two duct Exp. type) 소음기

소음기의 소음저감성능을 10dB 이상으로 향상시키기 위해 Fig. 3(b)와 같은 2중관 팽창형(TDE 형) 소음기를 적용하였고, TDE 형 소음기의 TL은 아래의 식(2)와 같으며, 이론해석 결과 팽창형 소음기에 비하여 소음저감 성능이 높을 것으로 예상된다.

$$TL(dB) = 10 \log [1 + (\cos 2kl - (m-1) \sin 2kL \tan kl)^2 + \frac{1}{4} [(m+) \sin 2kL + (m-1) \tan kl \times [(m + \frac{1}{m}) \cos 2kL - (m - \frac{1}{m})]]^2] \quad (2)$$

위의 (2)식을 이용한 형태의 소음기(\$m=9, L=0.5m\$)를 앞에서 측정한 변기소음을 저감하는데 적용할 경우 계산된 소음저감도는 아래의 Fig. 4와 같고, 실제 저감량은 10dB 이상으로 예상된다.

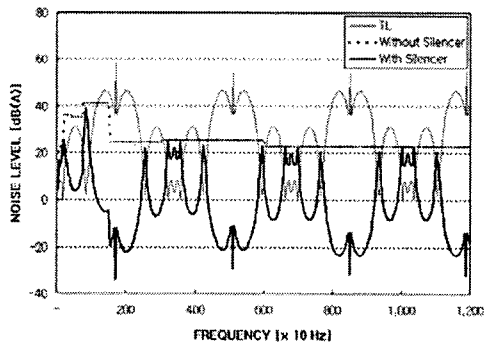


Fig. 4 Noise Level of TDE. Type Silencer

3.3 시제품 소음기제작 및 성능 시험

(1) 시제품 설계

양산품을 제작하기 전에 개발하고자 하는 소음기의 성능을 확인하기 위하여 시제품을 설계 제작하였다. 시제품 소음기는 팽창관과 2중관을 투명 아크릴로 하여 내부가 투영되도록 하였으며, 격판, 및 흡출입구는 불

투명 아크릴로 제작하였다. 분해 조립 및 변경이 가능한 형상으로 제작하여 여러 가지 변수들에 대하여 시험이 가능한 구조로 아래의 Fig. 5와 같다.

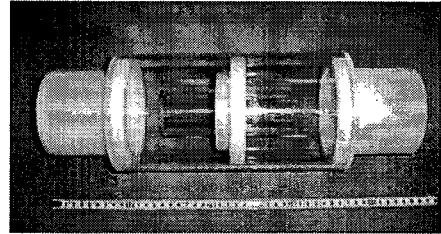


Fig. 5 Mock Up TDE Type Silencer

(2) 시제품 성능시험

시제품의 성능시험은 ISO 7235 음향-덕트 소음기의 시험절차에 따라 별도의 시험기를 Fig. 6과 같은 형태로 제작하였고 시험에 사용된 장비는 Table 2.와 같다. 시험장비는 무향실에 별도로 설치하여 다른 소음의 영향을 최소화하여 감소시켰다.

소음은 스피커에 의하여 발생시키고, 소음기 설치 전후의 소음레벨을 측정하여 비교하였다. 음원발생 챔버에 Fan을 설치하여 통과 유속에 따른 압력손실을 측정하였다.

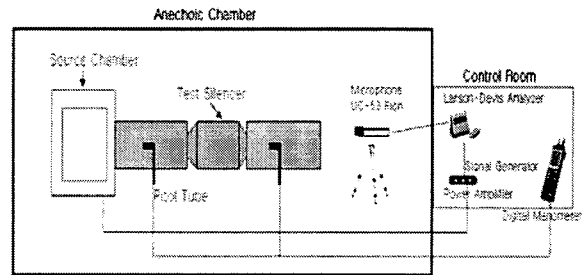


Fig. 6 Schematic diagram of test equipments

Table 2. Specification of test equipments

No.	Test Equipment	Model No.	Maker
1	Signal Analyzer	M2900	Brüel & Kjær
2	Signal Generator	M2900	Larson-Davis
3	Microphone	Type 4189	Brüel & Kjær
4	Pre-amplifier	900B	Larson-Davis
5	Calibrator	CA 250	Larson-Davis
6	Manometer	testo 445	Testo GmbH
7	Speaker	TSP-1	Teakwang
8	Amplifier	Honor	Teakwang

(3) 시제품 성능시험 결과분석

소음기의 길이, 팽창비와 내부관의 길이, 내경 등을 변화시켜 성능시험결과 최적의 조건을 결정하였으며, 스피커에서 발생하는 소음은 백색잡음(White Noise)으로 소음레벨이 72.2 dB(A)이다.

시제품의 소음저감성능은 아래의 Fig. 7과 같고 가장 문제가 되는 1000, 2000Hz에서 감음량 10dB, 14.7dB로 10dB이상 감음되고, 소음기 통과 후 소음레벨은 62.3 dB(A)로 9.9dB 저감되는 것을 확인하였으며 다른 주파수 영역에서도 저감성능이 우수한 것으로 판단된다. 또한 소음기의 압력손실은 통과 풍속은 3.1 m/s에 대하여 1.7mmAq로 목표값인 2mmAq 이하가 됨을 확인하였다.

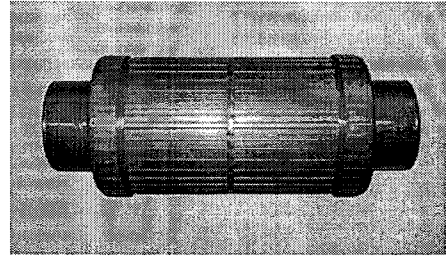


Fig. 8 Ventilation silencer

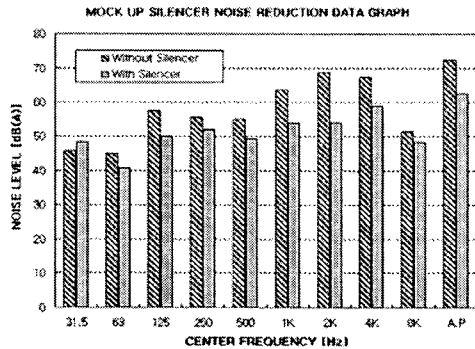


Fig. 7 Noise reduction data of mock up silencer

(3) 양산품 성능시험 및 결과분석

개발된 양산품의 성능시험은 앞 절의 시제품 성능시험과 동일한 방법을 적용하였으며, 아래의 Fig. 9와 같이 무향실에 설치하여 성능시험을 수행하였다.

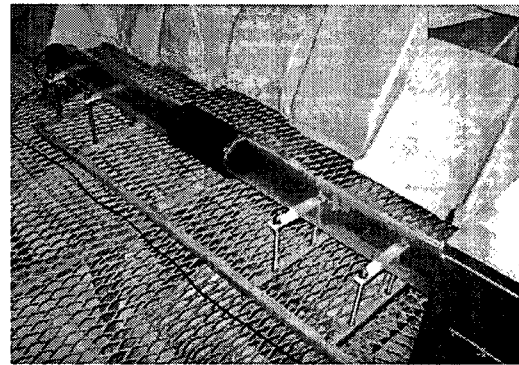


Fig. 9 Silencer test equipments

3.4 양산품 소음기 개발

(1) 양산품 소음기 개요

양산품은 시제품 시험 결과 가장 적합한 성능을 보인 모델을 기준으로 하여 설계하였다. 실제 환기장치에 적용할 경우 풍속이 증가할 가능성이 있으므로 환기를 원활하게 하기 위해 압력손실을 감소시키도록 격판에 팽창 홀을 가공하여 제작하였다.

소음기의 재질은 제작이 용이하고, 재활용이 가능한 친환경적 소재로, 인체에 무해하여 식품 용기로 사용되는 폴리프로필렌(Polypropylene)으로 선정하였다.

(2) 양산품 제작

양산품은 소음기 본체와 2개의 양단 연결부품으로 구성되며 각 부분이 금형에 의해 한번에 가공될 수 있도록 하였다. 본체와 연결부품은 분해 조립이 가능한 형태로 설치 및 청소가 용이한 구조로 설계하였으며, 제작한 양산품은 아래의 Fig. 8과 같다.

개발 제품의 성능시험 결과 소음기 설치 전 소음레벨은 72.6 dB(A)이고, 소음기 설치 후 소음레벨은 62.3 dB(A)으로 10.3 dB(A)가 감소되는 것을 확인하였다. 또한 중심 주파수 1000, 2000 Hz 대역에서 소음 저감량이 10.9 dB, 15.8 dB로 높은 저감성능을 나타내었다.

소음발생 챔버에 설치된 Fan을 가동하여 압력손실을 측정결과 풍속 3.1 m/s에서 1.4mmAq로 낮아져 목표로 정하였던 2mmAq를 충분히 만족함을 확인하였다.

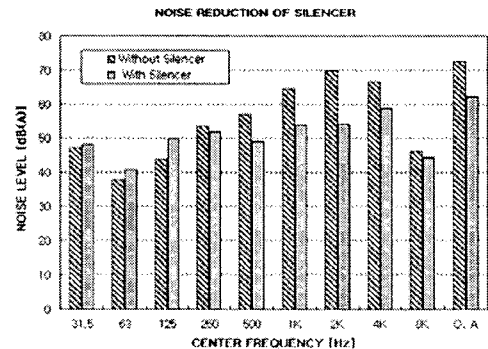


Fig. 10 Noise reduction data of silencer

4. 결론

공동주택의 화장실과 같이 환기용 덕트로 소음이 전달될 수 있는 곳에 간단히 설치하여 층간 소음 전달을 차단할 수 있는 소음 환기 장치를 개발하였으며, 시제품 및 양산품을 제작하여 소음저감성능에 대한 시험분석을 성공적으로 수행하였으며, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 공동주택에서 환기구를 통해 전달되는 소음을 효과적으로 차단할 수 있는 소음기 개발을 완료하였다.

둘째, 양산품을 제작하여 성능시험을 수행한 결과 소음이 10dB 이상 저감됨을 확인하였다.

셋째, 중요 주파수인 1000, 2000 Hz 대역에서 소음 저감량이 최대 15dB 이상임을 확인하였다.

넷째, 소음기 설치에 의한 압력손실이 3.1 m/s 풍속에서 1.4mmAq 이하로 손실이 거의 없음을 확인하였다.

따라서 개발품은 소음 차단 성능이 우수한 제품으로, 구조가 간단하고 분해조립이 가능하며 설치 및 유지보수가 용이한 제품이다. 또한 습기에 의한 부식이 없고, 먼지와 습기를 쉽게 제거할 수 있는 특징이 있다. 또한 플렉시블 덕트, 티, 엘보우, 슬리브 등 배관자재를 이용하여 공동주택의 화장실 환기장치뿐만 아니라 다른 환기장치에도 사용될 수 있을 것으로 판단된다.

후 기

본 연구는 중소기업 기술개발지원사업의 일환으로 대한주택공사의 지원을 받아 수행되었다.

참 고 문 헌

- (1) 사중성, 2003, “생활속의 소음진동”
- (2) 정성택, “소음진동편람”, 동화출판사
- (3) 일본음향재료협회, 1996, “소음진동 대책 핸드북”
- (4) 이규성외, 1999, “소음진동공학”, 형설출판사
- (5) 장호연, 류종관, 진진용, 2003, “공동주택 욕실 배수소음의 주관적 평가”, 춘계학술대회 논문집 한국소음진동공학회, pp. 766 ~ 771
- (6) 이성호, 정갑철, 정진연, 2003, “화장실 배수관에 따른 배수소음 평가”, 춘계학술대회 논문집 한국소음진동공학회, pp. 923 ~ 927
- (7) 김인수, 고철수, 문재호, 한문성, 심경석, 이준서, 2001, “공동주택 변기 배수소음 저감 방안에 관한 연구”, 춘계학술대회 논문집 한국소음진동공학회,

pp 881 ~ 885

- (8) 이주원, 정갑철, “화장실 배수소음 저감연구”, 한국소음진동공학회 창립 10주년 기념 소음진동학술대회논문집, pp166 ~ 171
- (9) (주)대우건설 기술연구소, 2003, “배수관 종류에 따른 배수소음 측정 보고서”,