

배수관의 구조소음과 소음저감에 관한 연구

A Study on the Structure-borne Noise and Noise Reduction of Drainage Pipes

류봉조†·이규섭*

B. J. Ryu and G. S. Lee

Key Words : Drainage pipe(배수관), Noise reduction(소음저감), Structure-borne noise(구조소음), Anechoic chamber(무향실), Transmission loss(투과손실)

ABSTRACT

The paper deals with the countermeasure against structure-borne noise source and noise reduction of drainage pipes. Recently, the problem the problem of the toilet drain noise of an apartment house has been become the center of public interest and a target of public grievance. Generally, the drain noise of a toilet in the apartment house has a pink noise characteristics below 2 kHz level, and therefore, the structure-borne noise has a great effect on the entire drain noise. In order to measure the transmission loss for various kinds of pipes such as PVC pipes, cast-iron pipes and newly developed AS pipes, experimental setup containing speakers as a sound source was designed and manufactured. The second-stories measurement room with a small size anechoic chamber was constructed and the noise level for different kinds of drainage pipes was measured by the sound level meter. Through the experimental research in the study, noise reduction capacity for various kinds of drainage pipes and countermeasures against structure-borne noise source are demonstrated.

1. 서 론

소음이란 사람이 원하지 않은 소리를 총칭하며 귀로 느끼는 감각적 공해로 기계, 기타물체 사용으로 인하여 인간의 정서나 수면, 작업방해 등을 일으키는 시끄러운 소리를 의미한다. 국토가 평관하고 넓은 나라에서는 소음발생원과 주거지 사이에 충분한 공간이 있기 때문에 소음민원이나 피해분쟁이 발생할 여지가 적으나 우리나라와 같은 국토가 협소하고 소음발생빈도가 높은 관계로 최근에는 크고 작은 소음 피해분쟁이 끊임없이 이어지고 있다. 소음원의 종류에는 공장소음, 생활소음, 교통소음, 항공기소음 등 여러 가지가 있으며 생활소음중 인간생활과 매우 밀접한 관계가 있는 주거소음은 생활수준의 향상으로 조용한 생활환경에 대한 욕구는 날로 증대되고 있어 이에 대한 대책이 중요한 현안과제로 대두되고 있다. 소음은 공기중에 존재하는 물체의 진동이나 배기 또는 폭발 등에 의해 발생하는 공기의 와류에 의해 발생하여 대기중에 전파되기 때문에 역학적으로 매우 복잡한 문제이며 아직도 해결되지 못한 숙제로 남아있어 많은 연구자들의 노력이 경주되고 있다.

생활소음 중 배관소음은 바닥충격음에 의한 소음 다음으로 많은 연구자들의 관심의 대상이 되고 있는 문제⁽¹⁾이며, 생활수준과 경제수준이 향상되고 고층의 공동주택이 건설되면서 배관소음의 저감에 대한 연구가 이루어져 왔다. 류봉조 등⁽²⁾은 다양한 소재를 갖는 파이프의 차음성을 평가하고 구조소음 차폐능력을 예측하였고, 이태강 등⁽³⁾은 국내 공동주택의 욕실 급배수 설비소음 실태를 파악한 후, 급배수 설비소음 평가척도의 상관성을 분석하였다. 김정훈 등⁽⁴⁾은 곡관 종류에 따른 배수관내의 소음저감에 관한 실험을 통해 곡관의 형태변화에 따른 소음전파특성을 연구하였다. 김항 등⁽⁵⁻⁶⁾은 급수압 변화에 따른 평가지수로 급배수소음을 분석하고 실태를 파악하였으며, 대변기의 종류에 따른 소음특성도 연구하였으며, 최근 공동주택 욕실 급배수 설비소음에 대한 물리적 평가와 심리적 반응치와의 상관관계 분석을 통해 공동주택 욕실 급배수 설비소음의 기준레벨을 제시하였다. 송국곤 등⁽⁷⁾은 주거환경 소음에 대한 거주자 반응조사에 관한 연구를 통해, 공동주택 거주자들의 생활소음에 대한 민감도를 분석하였다. 최근 김영수 등⁽⁸⁾은 화장실에 적합한 구조 및 재질로 소음 저감기 개발에 관한 연구를 하였고, 소음기 성능평가 장치를 구성하여 이론과 비교 평가하고, 실제현장 적용 효과를 분석하였다.

생활소음중 건축구조물에서의 배관 소음은 유체가 배관을 타고 이동 중에 발생하는 소음으로 구조 소음이며, 배관 구조소음은 벽체구조, 틈새처리 및 배관의 재질 및 형상에 따

† 교신저자 ; 교신저자의 소속
E-mail : bjryu701@hanbat.ac.kr
Tel : (042) 821-1159, Fax : (042) 821-1587

* 알엠에스테크놀러지(주)

이러한 일치효과는 파이프계의 공진 주파수 f_n 과 소음의 주파수가 일치하는 경우 발생하며, 일치효과에 의한 투과손실의 저하량은 재료의 내부손실과도 관계되기 때문에 이론적 예측이 상당히 어렵고, 따라서 각각의 재료에 대해 실제로 측정하는 방법이 일반적이다.

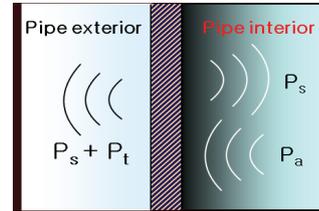


Fig. 2 Mechanism for transmission and generation of pipe noise.

본 논문의 목적은 화장실 변기에 의한 배관 소음평가를 시뮬레이션하기 위한 측정실을 구성하여, 다양한 종류의 소재를 지닌 파이프들의 구조소음특성을 비교 평가하고, 공동주택의 오배수관 구조소음원과 소음저감에 관한 연구를 하는데 있다.

2. 기본 이론

2.1 투과손실과 차음

일반적으로 벽체를 통과하는 소음의 양은 투과손실(transmission loss)로 표현한다. 투과손실은 일반적으로 질량법칙(mass law)이 적용되어 면밀도가 큰 재료를 사용함으로써 소음을 효과적으로 차단할 수 있게 된다.

수직입사의 조건에서 투과손실은

$$TL \approx 20 \text{Log}(f \cdot m) - 43 \quad (1)$$

과 같이 표현되며 여기서 f 는 주파수, m 은 차단벽의 단위면적당 질량이다. 여기서, 단위 면적당 질량 m 이 크거나, 주파수 f 가 높아지면 차음효과가 커진다. 공기중 소음은 파이프 벽이나 콘크리트 벽과 같은 구조물을 통과하기가 매우 어렵다. 그러나 소음의 주파수 대역 중 구조체의 고유진동수와 일치하는 영역에서는 소음이 구조체를 투과하여 전달되는 양이 많게 된다. 이를 일치효과(coincidence effect)라 한다. 그러나 Fig. 3과 같이 일치효과에 의해 차음특성이 나빠지는 구간이 존재하게 된다.

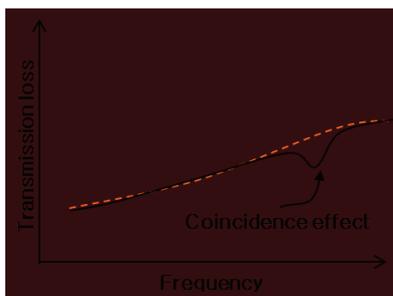


Fig. 1 Transmission loss according to frequency changes.

Fig. 2는 배관내의 공기중 소음 P_a 와 구조소음 P_s 가 배관외부로 투과되는 관계를 나타내고 있다. 공기중 소음 P_a 의 투과손실은 식 (1)의 질량법칙을 만족하며,

$$TL_a = 20 \text{Log}(P_t / P_a) \quad (2)$$

로 표현된다. 그러나 구조소음 P_s 는 대부분 투과되어 이를 고려한 실제 투과손실은

$$TL = 20 \text{Log}\left(\frac{P_t + P_s}{P_a + P_s}\right) \quad (3)$$

이 되어 음 차단율이 극히 저하된다.

배관투과율을 낮추기 위해서는 배관 재질을 감쇠가 큰 재질을 사용하여 진동감쇠를 시키는 것이 효과적이다.

벽의 차음성능을 높이기 위해서는 무거운 재료를 이용해야 된다. 그러나 중량만을 높이기 힘든 조건일 경우에는 이중벽이 잘 이용될 수 있다. 특히, 주파수가 큰대역에 있어서는 같은 면밀도를 갖는 단일벽에 비해 이중벽의 경우가 TL 이 커져서 차음상 유리하다.

또한, 이중벽의 중공층에 다공질 흡음재를 넣으면 거의 전주파수 대역에 걸쳐 투과손실이 증가하게 된다. 그러나, 탄성이 큰 재료(발포재 등)를 넣으면 이중벽으로써의 성능이 현저하게 떨어지게 된다. 이는 전자에 있어서는 탄성의 증가에 의해 저역 공명 투과 주파수가 높아지기 때문이고, 후자에 있어서는 강성의 증가에 따라 coincidence주파수가 저하하기 때문이다.

2.2 화장실 배수소음의 특징

아파트 주거소음 중 아직 근본적 해결이 되지 않고 있는 것은 바닥충격음과 배관소음으로 구조소음의 성격이 강한

환경소음학회 2009년 춘계 학술대회 논문집, pp.203~211 이러한 측정실 구조는 배관계의 소음투과 특성만을 측정

배관소음은 배수 중 유체와 파이프 벽면의 충돌 및 마찰에 의한 소음과 공기방울의 생성/소멸에 의해 주로 발생하는 것으로 알려지고 있다.

소음의 측정은 소음의 크기에 따라 콘덴서형과 피에조형을 쓰고 있으며 물속 소음은 하이드로폰을 사용하고 있으나 배관내부소음의 측정은 현재까지 측정방법이 없는 실정이다. 또한 배관소음의 발생과 전파에 대한 이론적 해석도 경제조건이 난해하여 정량적 예측이 매우 어렵다.

현실적으로 욕실 내부에서 실내로 전파되는 소음은 사용자가 주된 수음자이므로 이에 대한 고려는 크게 하지 않으며 배관을 타고 상하층으로 전달되어 이웃에 방해가 되는 소음에 대하여 여러 가지 대책을 강구하고 있는 중이다.

저자들이 공동주택 화장실 변기의 배수소음을 측정한 결과 화장실 배수소음은 Fig. 3에 제시된 바와 같이 2 kHz 미만의 주파수 특성은 갖는 pink noise의 특성을 가지고 있으므로 구조소음 영역이 크다고 볼 수 있다. 이러한 구조소음은 구조체의 진동에 의해 소음이 재 발생되는 것으로 소음전달 구조체의 고유진동수에 크게 의존하게 된다. 따라서 배관소음은 공기중 소음대책 뿐 아니라 방진대책이 병행되어야 한다는 것은 이미 주지하는 사실이다.



Fig. 3 Frequency characteristics of a drain noise for toilet.

3. 실험장치 설계 및 제작

3.1 무향 측정실의 설계

일반적으로 무향실은 60 Hz를 저대역 차단주파수로 하여 설계되나 규모가 매우 크며 건설비용이 10~20억이 소요되어 본 연구에 적용하기에는 규모가 너무 크다. 따라서 본 논문에서는 120 Hz는 차단주파수로 상향 조정하여 간이 무향 측정실을 설계하여 배관소음을 측정하였다.

측정실은 Fig. 4와 같이 구조, 변기 및 배관시스템 측정장치, 분석 및 디스플레이(display)장치로 크게 구분할 수 있다.

할 수 있으므로 배관계 설계특성을 확인하는데 유용하게 활용될 수 있다. 측정은 실내에서 이루어지나, 측정된 데이터는 신호선을 통해 외부에 연결된 오실로스코프 및 컴퓨터에서 분석하여 이것을 그래프로 제시하게 한다. 또한, 1개의 마이크로폰 사용시, 다양한 종류의 배관(주철관, PP관, PVC, 유리섬유로 감은 PVC관 등) 시스템의 성능 비교가 그래프로 제시될 수 있도록 설계하였다.

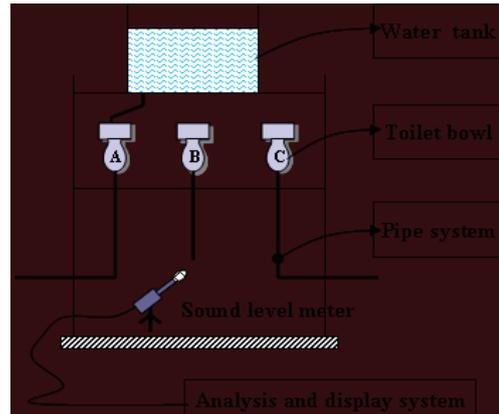


Fig. 4 Schematic diagram of a measurement room for a toilet drain noise.

각 실은 외부 및 이웃 실과 40 dB 이상 차폐되어 암소음 및 소음원의 전달이 차단되어야 하며, 1층의 측정실은 Fig. 5와 같이 반사음이 없는 자유음장 상태를 유지하여야 한다.

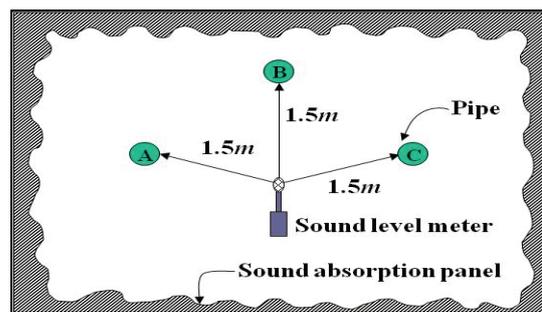


Fig. 5 A plane figure for first floor.

3.2 배관계 소음 측정실 설계 및 방음 설계

실제 주거공간에서 접하는 배관소음의 전달경로는 첫째, 소음원이 벽체와 틈새를 통과하는 경로와 둘째, 배관계를 통한 소음이 벽체와 틈새를 통과하는 경로로 크게 구분할 수 있다.

본 측정실을 이용하여 이 두 가지 경로에서 전달되는 소음의 크기 가중치를 평가함으로써 보다 근본적인 접근이 가

소음의 저감방안이 제시될 수 있다.
 일반적으로 구조 소음의 전달은 파이프 벽이나 차단벽의 재질 특성에 의해 크게 좌우되나 이를 이론적으로 해석하는 접근방법은 노력에 비하여 결과의 활용이 미비한 경우가 많으며, 대부분이 이와 같은 측정실에서의 실험결과가 비용대비 효과 측면에서 유용하게 응용되고 있다.

배관계 소음 측정실은 Fig. 4에 나타난 바와 같고, 아래와 같은 조건을 만족하도록 설계 및 제작하였다.

첫째, 측정실은 밀폐에 바퀴를 부착하여 이동이 가능토록 하였으며, 중량을 최소화한 설계가 이루어지도록 하였다.

둘째, 측정 가능한 소음의 최소값을 30 dB로 하여, 측정실 내부의 암소음이 20 dB 이하가 되도록 외부 소음과 차폐되도록 하였다.

셋째, 소음원실과 측정실을 구분하여 상층부는 화장실 변기를 설치한 실과 하층부는 변기를 설치한 상층부 실과는 완전히 독립된 간이 무향측정실로 구성하였으며, 실과 실 사이의 투과손실은 40 dB 이상이 되도록 차폐하였다.

넷째, 측정실은 반사음이 없는 자유음장의 특성을 갖도록 흡음 처리되고, 차단 주파수는 120 Hz 이하가 되도록 하였다.

3.2.1 측정실 설계조건

- (1)철골 구조에 대한 구조해석을 통한 구조 강도설계 및 경량화 설계
- (2)차음 성능을 고려한 벽면 재료의 선정과 흡음 성능을 고려한 흡음재료의 선정
- (3)배관, 전선 등 연결부의 차음 설계 와 출입문의 차음 설계를 통하여 소음 측정실을 설계하였다.

측정 중 측정실 내부의 출입은 반사음 및 암소음을 방지하기 위하여 제한되므로 소음계만 측정실 내부에 장착되며 측정결과는 신호선을 통하여 외부에 있는 디스플레이 장치에서 나타나게 된다.

3.2.2 디스플레이 장치의 측정데이터와 그래프

디스플레이 장치의 측정데이터를 통해 첫째, 시간 축에 따른 소음의 크기와 RMS 값, 둘째, 주파수 축에 대한 협대역(narrow band) 및 1/1 Octave band 값, A 가중치 변환, 셋째, 배관계 방음 성능을 나타내는 투과손실을 나타내었으며, 데이터로부터의 그래프는 아래의 내용을 보여준다.

- (1) 배관계의 설계 변경에 따른 투과손실의 변화로 표현되는 방음성능의 비교
- (2) 배관계의 진동특성과 구조소음의 상관관계

이러한 시스템의 구성은 측정장치, 데이터 처리장치(data acquisition system) 및 데이터처리장치로 연결되는 노트북 PC로 이루어지며, 이러한 시스템의 구성이 경제적이고 효율적인 방법으로 판단된다.

3.3 측정실을 이용한 배관계 방음설계 해석

배관계 소음의 대책은 크게 소음원 대책과 소음 전달경로 대책으로 구분 할 수 있다. 소음원 대책은 최초 발생하는 소음원의 크기를 줄이는 방안으로 배출되는 물의 이동에서 발생하는 소음에너지를 줄이기 위해 물의 이동경로를 변환하거나 차음이 쉬운 고주파 소음으로 확산(diffusing)시키는 방법이다. 이는 파이프 구조의 변경으로 효과를 볼 수 있다.

소음 전달 경로 대책은 다양한 방법이 존재한다. 이는 소음 전달 경로가 매우 다양하기 때문이다. 예측되는 소음 전달경로는 첫째, 벽체를 통한 소음 투과, 둘째, 연결부의 소음투과 및 배관계 진동에 의한 구조소음의 발생 및 확산, 셋째, 배관계 벽체를 통한 소음 투과 등으로 볼 수 있다. 이러한 경로를 통하여 전달되는 소음의 크기비를 예측할 수 있다면, 방음 대책은 소음 전달이 큰 경로를 차단함으로써 효과를 볼 수 있다고 사료된다.

4. 실험결과 및 고찰

4.1 투과손실 실험장치 및 실험결과 고찰

배관내부에서 발생한 소음이 외부로 방출되는 것을 차단할 수 있는 능력을 정량적으로 나타낸 것이 투과손실이다. 투과손실은 식 (2)로 표시된다. 그러나 공기중 소음 P_a 로 인해 배관벽이 진동(특히 공진점)을 하게 되면 구조소음이 발생하여 투과손실이 저하되게 된다. 따라서 배관의 순수한 소음차폐 능력은 실험적 방법에 의한 투과손실로 결정될 수 있다. 투과손실 실험장치 개략도는 Fig. 6과 같다.

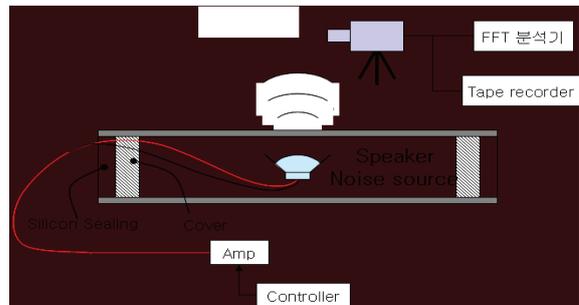


Fig. 6 Experimental setup for the measurement of transmission loss of pipes.

Fig. 7에서 Fig. 12는 스피커 음원에 대한 각종 파이프의 투과손실을 협대역 주파수(narrow band frequency) 영역에서 도시한 그림이다. 전체적으로 500(Hz) 미만의 저주파 영역에 대해서는 투과손실이 좋지 않은 것으로 나타나며 이는 일반적인 현상이다. 4200(Hz) 부근에서 투과손실이 특히 나빠지는 것은 일치효과(coincidence effect)로 보인다.

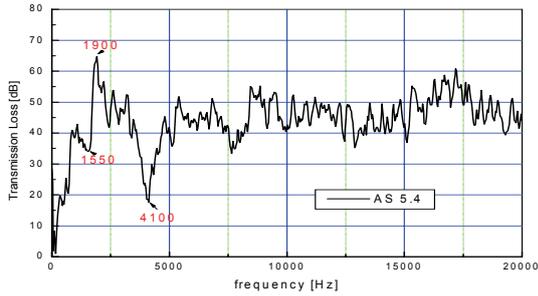


Fig. 7 Transmission loss for a AS pipe.

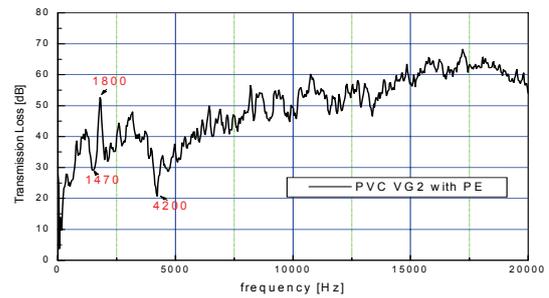


Fig. 11 Transmission loss for a PVC VG2 pipe with PE

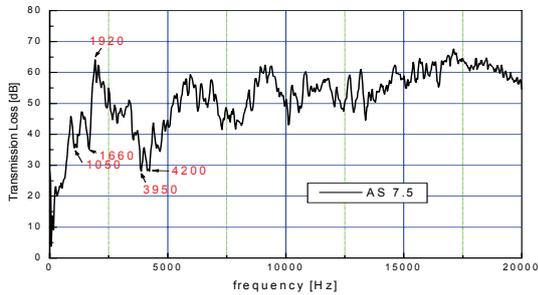


Fig. 8 Transmission loss for a AS7.5 pipe.

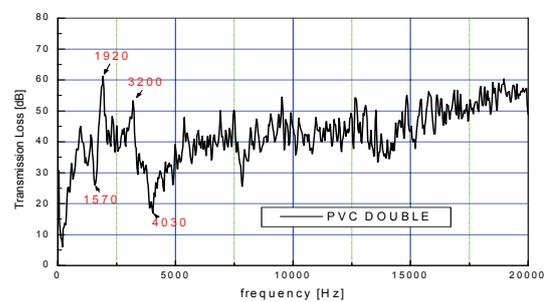


Fig. 12 Transmission loss for a PVC double pipe.

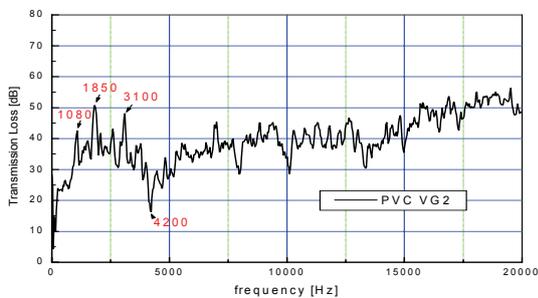


Fig. 9 Transmission loss for a PVC VG2 pipe.

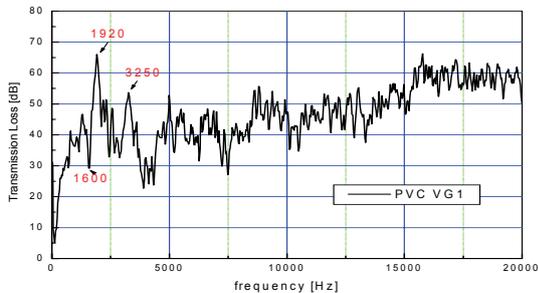


Fig. 10 Transmission loss for a PVC VG1 pipe.

이것은 벽두께를 늘리거나 이중벽 및 외부 덮개를 사용하여 일부 개선할 수 있으며 Table 1을 참조하면 파이프 벽 두께를 증가시키는 것이 가장 효과적임을 알 수 있다.

Table 1 Maximum and minimum values of transmission loss for specified frequency ranges.

Pipes	Maximum value		Minimum value	
	Freq.(Hz)	T.L.(dB)	Freq.(Hz)	T.L.(dB)
AS 5.4	1920	64	4128	18
AS 7.5	1920	64	4200	28
PVC VG2	1850	50	4200	16
PVC VG1	1920	66	3900	23
PVC Double pipe	1920	61	4000	17
PVC VG2 (PE cover)	1800	51	4200	16

투과손실의 최대값은 대부분 1800~1920 Hz 사이에 존재하므로 이 영역의 소음원에 대해서는 차음효과가 클 것으로 예상된다. 고주파 영역에 대해서는 PVC VG2의 경우를 제외하고는 모두 40 dB(RMS 값) 이상의 투과손실을 갖고 있으며, 화장실 소음원의 주파수 특성이 핑크 노이즈와 유사한 것을 고려하면 투과되는 소음의 크기는 크게 우려할 수준이 아닐 것으로 판단된다.

한편, 화장실 소음에 대한 저음 효과는 2 kHz 미만의 주파수 영역에 대한 투과손실 특성에 크게 좌우하게 된다. 협대역 주파수로 표현된 투과손실은 소음원의 주파수 특성이 파악된 경우에는 차음효과를 높이기 위한 보완설계에 중요한 자료가 될 수 있으나, 화장실 배수관 소음과 같이 소음원 특성의 파악이 어려울 경우에는 1/1 옥타브 밴드로 표현하여 각 밴드 별 투과손실을 평가하는 것이 효율적이다. 1/1 옥타브밴드로 표현된 각 파이프의 투과손실은 Table 2 와 같다.

Table 2 Transmission loss for various kinds of pipes.

Freq. Hz	63	125	250	500	1 k	2 k	4 k	8 k	Total
AS 5.4	6.5	0.9	8.3	16.4	26.4	34.6	25.0	30.8	36.9
AS 7.5	10.4	6.8	13.1	19.8	30.5	37.2	30.2	35.8	40.6
PVC VG2	6.6	0.1	1.0	6.5	22.2	26.2	19.8	22.0	29.3
PVC VG1	10.4	5.5	4.1	18.5	27.4	29.0	25.3	26.3	33.4
PVC Double	9.3	6.2	14.9	19.4	25.7	26.5	20.3	23.7	31.1
PVC VG2 with PE	7.6	4.2	12.0	16.0	23.2	26.5	24.2	26.3	31.5

Table 2에 제시된 바와 같이 AS 7.5 파이프는 PVC 파이프에 비해 약 7~8dB 정도 높은 투과 손실을 보이고 있으며, AS 5.4 파이프에 비해 벽 두께를 두껍게 함으로써 약 3~4 dB의 투과손실 증가를 얻을 수 있음을 알 수 있다. 한편, PVC VG2에 비해 이중벽 구조나 PE로 씌운 파이프는 약 2 dB 정도의 투과손실을 증가시킬 수 있는 정도이다.

또한, 이중벽 구조나 PE로 씌운 파이프의 경우에는 500Hz 이하의 주파수에서는 다소의 효과를 보이고 있으나, 1 kHz 이상의 주파수에서는 그다지 큰 효과가 없는 것으로 나타나고 있다.

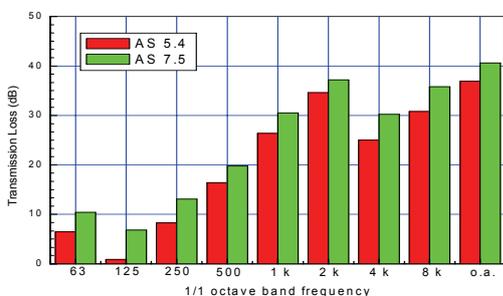


Fig. 13 Comparison AS with AS7.5 for transmission loss.

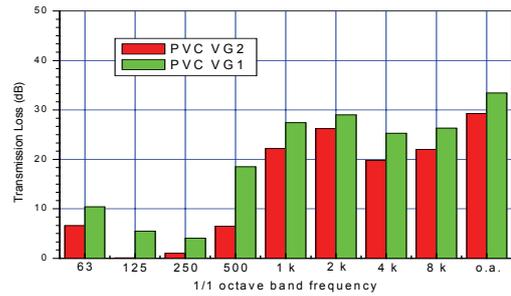


Fig. 14 Comparison PVC VG1 with PVC VG2 for transmission loss.

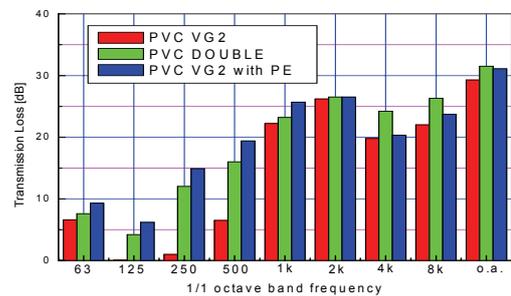


Fig. 15 Comparison PVC VG2 with other types of pipes for transmission loss.

각 파이프 재질과 특성에 따른 투과손실을 1/1 옥타브밴드 좌표계에서 도시하면 Fig. 13~Fig. 15와 같다.

4.2 무향실내 배관소음 측정결과 및 고찰

화장실 배수에 의한 배관소음은 배수량에 따라 그 크기가 매우 달라진다. 따라서 실험은 배수량이 일정하게 유지되도록 하는 것이 중요하다. 본 실험에서는 배수량을 9ℓ로 정확히 맞추었다. 또한 양변기 소음원의 차이를 확인하기 위하여 양변기를 동일 높이로 평평하게 한 후, 양변기 상단 50 cm의 거리에서 최대 음압레벨을 측정된 결과 65~66 dBA로 변기들 사이의 차이는 발견되지 않았다.

배수관 소음은 정상소음(steady state noise)라기 보다는 과도소음(transient noise) 형태를 갖는다. 즉 소음의 크기가 점점 증가하다 정상상태를 유지한 후 다시 감소하여 소멸되는 과정을 가지며 전 과정에 소요되는 시간은 7~8초가 소요된다.

본 실험에서는 배수관 소음의 크기를 측정하는 것이 목적이므로 최대소음이 발생하는 정상상태에서의 소음이 측정되도록 하여야 하며, 5,000 samples/sec로 2초 동안 10,000 개의 소음 데이터를 획득하였다.

Table 3. Materials used in experiments.

Kinds of materials	AS	Cast steel pipe	PVC double pipe	PVC VG2 pipe	PVC VG2 with PE
Pipe	5.4mm	4.8mm	Double (6.3mm)	3.2mm	3.2mm
Toilet bowl fitting	AS toilet bowl elbow	90° long elbow	PVC toilet bowl elbow	90° long elbow	90° long-elbow 25mm Atron cover
General fitting	90°single elbow (5.7mm)	90° long elbow	Multi-elbow	90° long elbow	90° long-elbow 25mm Atron cover

Fig. 16~ Fig. 20은 소음원으로부터 1 m 높이의 수직배관을 통한 배수 시, 소재에 변화에 따라 배관계에 발생하는 소음 실험결과를 시간대 음압의 그래프로 나타낸 것이다.

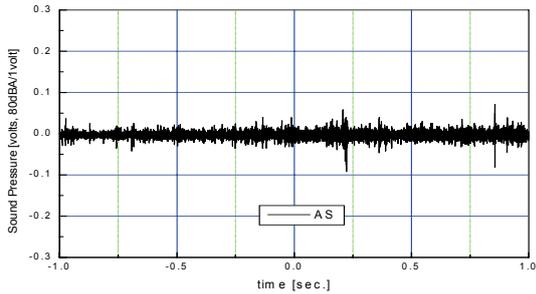


Fig. 16 Noise level measured from AS pipe in case of shifted location.

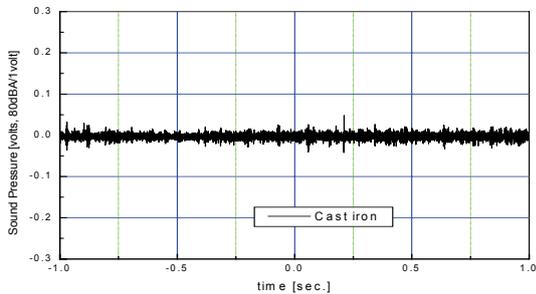


Fig. 17 Noise level measured from cast steel pipe in time domain in case of shifted location.

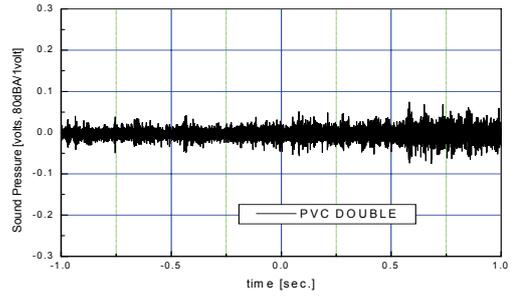


Fig. 18 Noise level measured from PVC double pipe in time domain in case of shifted location.

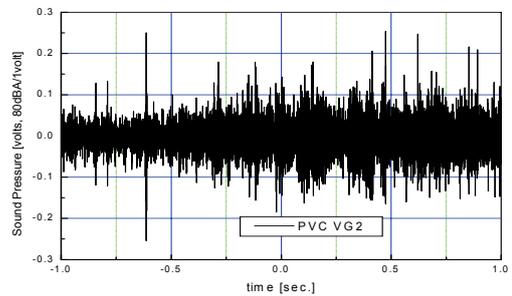


Fig. 19 Noise level measured from PVC VG2 pipe in time domain in case of shifted location.

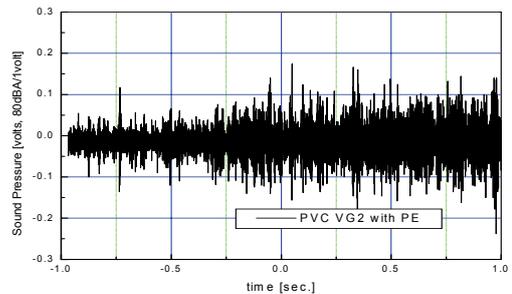


Fig. 20 Noise level measured from PVC VG2 pipe covered with PE in time domain in case of shifted location.

이들의 주파수 특성을 알아보기 위해 Fig. 16에서 20까지의 시간-음압 그래프를 주파수 변환하여 주파수대 음압의 그래프로 나타낸 그림을 다음 Fig. 21에서 Fig. 25에 나타내었다.

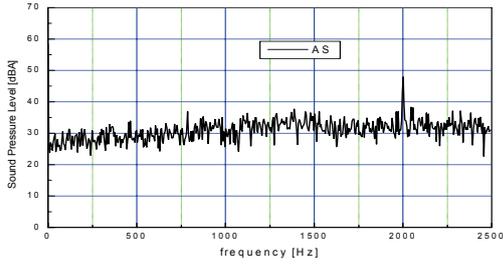


Fig. 21 Noise level measured from AS pipe in frequency domain in case of shifted location.

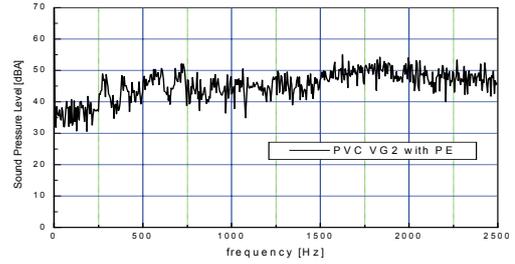


Fig. 25 Noise level measured from PVC VG2 pipe covered with PE in frequency domain in case of shifted location.

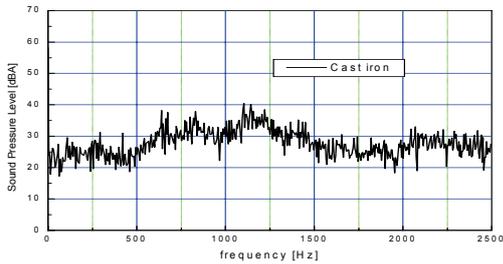


Fig. 22 Noise level measured from cast steel pipe in frequency domain in case of shifted location.

Fig. 21부터 Fig. 25까지의 경우에 대한 평균 소음레벨을 Table 4에서 보여주고 있다.

Table 4 Average noise level in case of shifted location.

Pipes	AS	Cast steel	PVC double	PVC VG2	PVC VG2 with PE
Noise level (dBA)	36.0	34.7	41.5	50.5	49.5

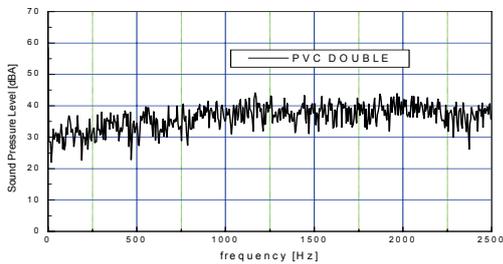


Fig. 23 Noise level measured from PVC double pipe in frequency domain in case of shifted location.

Table 2에서 PVC VG2 PE 커버관은 고주파 특성이, PVC VG2 이중관은 저주파 특성이 우수하지만, 두 파이프의 투과손실은 거의 같다. 반면에, Table 4에서 PVC double의 소음레벨이 PE를 씌운 PVC VG2보다 약 8 dBA 작게 나타나고 있는데, 이는 배관소음의 경우 저주파의 음이 지배적인 영향을 미친다는 것을 의미한다.

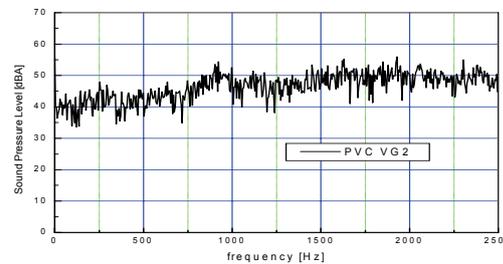


Fig. 24 Noise level measured from PVC VG2 pipe in frequency domain in case of shifted location.

이러한 결과는 다른 소재에도 그대로 적용되어, 저주파의 음에 대한 특성이 좋은 주철관과 AS관이 다른 소재의 관에 비해 더 좋은 소음 방지 효과를 보인다. 소음레벨은 (주철관) < (AS관) < (PVC 이중관) < (PVC VG2 PE 커버관) < (PVC VG2관)의 순으로 나타났으며, 특히 AS관은 PVC VG2 PE 커버관, PVC VG2관 혹은 PVC 이중관과 비교하여 매우 낮은 소음레벨을 보이고, 주철관과 거의 대등한 소음저감 효과를 보이는 것을 확인할 수 있다.

이상의 결과를 1/1 옥타브밴드에서 표시하면 Table 5와 같다.

Table 5 Pipe noise using 1/1 octave band.

Pipes	Freq. (Hz)						Total
	63	125	250	500	1 k	2 k	
PVC VG2 with PE	36.9	37.5	42.3	45.9	45.6	49.0	52.6
AS	27.1	28.5	28.7	29.6	32.3	33.5	38.3
Cast steel	22.9	25.1	25.7	28.8	33.1	27.4	36.3
PVC double	30.7	33.0	32.9	35.0	38.1	38.9	43.5
PVC VG2	41.2	40.8	43.1	43.0	47.6	50.0	53.5

특성이 좋은 PVC 이중관의 1/1 옥타브밴드에 대한 음압 그래프는 Fig. 26에 나타내었다.

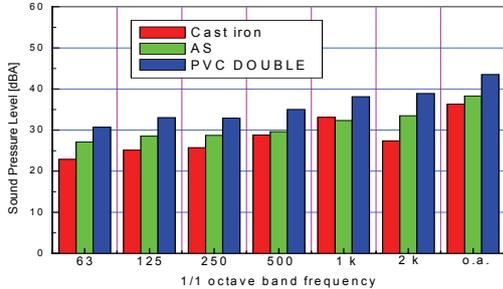


Fig. 26 Comparison noise characteristics for CS, AS, PVC double pipe.

주철관은 1.2(kHz) 부근에 공진점이 존재하여 1(kHz) 대역에서 AS관보다 소음레벨이 크게 나타나고 있다. 반면에 AS관은 2(kHz) 부근에 새로운 소음원이 발생하여 이 영역에서의 소음원 발생을 제거한다면 유사한 수준으로 볼 수 있다. 한편, PVC 이중관은 5~6 dB 정도 성능이 떨어지는 것으로 나타났다.

5. 결 론

배수관의 소음원 대책과 구조소음 저감에 관한 실험적 연구를 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 실제 공동주택의 화장실 배수소음을 측정하는 측정실을 설계 제작하여 배수소음을 측정한 결과 구조소음의 영향을 받게 된다는 선행연구(2) 결과를 확인할 수 있었으며, 진동감쇠 능력이 있는 소재가 구조소음 저감에는 효과가 있을 것으로 판단되었다..

둘째, 다양한 소재와 종류의 배수관에 대한 투과 손실 특성을 조사하였으며, 본 논문에서 사용한 배수관들 중, 주철관, AS관, PVC관 계열의 순서로 우세한 것으로 나타났다.

셋째, PVC계열관 중, 이중관(PVC double)의 경우도 소음을 저감시키는데 효과가 있었지만, AS 파이프에 비하면 약 5.5 dB 정도의 소음레벨이 높은 것으로 나타났다.

넷째, PVC계열관 중, PE로 씌운 PVC VG2 파이프의 소음저감 효과는 거의 없는 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

- (1)정진문, 1995, 욕실 배수소음, 월간설비공사.
- (2)류봉조, 임경빈, 이규섭, 송영봉, 오부진, 공용식, 2002, “파이프 구조물의 소음 및 진동특성” 한국정밀공학 회 춘계학술대회논문집, pp.334-337.
- (3)이태강, 송민정, 장길수, 김선우, 2006, "공동주택 욕 실 급배수음 평가방법 제정방안에 관한 실험적 연구", 한국 소음진동공학회 추계학술대회논문집, (KSNVE06A-01-02).
- (4)김정훈, 심동혁, 김경훈, 2006, "국관 종류에 따른 배 수관내의 소음저감에 관한 실험적 연구", 한국소음진동공학 회 추계학술대회논문집, (KSNVE06A-08-02).
- (5)김항, 최은석, 고광필, 기노갑, 이태강, 김선우, 2006, "급수압에 따른 대변기 설비소음에 관한 연구", 한국소음진 동공학회 추계학술대회논문집,(KSNVE06A-01-03).
- (6)김항, 송국곤, 이태강, 고광필, 김선우, 2007, "공동주 택 욕실 급배수 설비소음 기준설정에 관한 연구", 한국소음 진동공학회 추계학술대회논문집, (KSNVE07A-18-03).
- (7)송국곤, 임준영, 이태강, 김선우, 2008, "주거환경 소 음에 대한 거주자 반응조사에 관한 연구", 한국소음진동공 학회 춘계학술대회논문집, (KSNVE08S-01-02).
- (8)김영수, 이재국, 김창렬, 2008, “공동주택 화장실 층 간 소음 저감기 개발”, 한국소음진동공학회 추계학술대회 논문집 pp.715-721.