

화장실 배수관에 따른 배수소음 평가 Rating of Noise Emission by Plumbing system in Bathroom

정진연* · 이성호** · 정갑철***

Jin-Yun Jeong, Sung-Ho Lee and Gab-Chul Jeong

Key Words : drain-noise(배수소음), plumbing system(배관시스템), sanitary apparatus(위생기구).

·ABSTRACT

The aim of this study is to investigate the characteristics and quantity of the noise reduction by pipe material, wrapped pipe with glass wool and installed pipe height. The characteristics of noise emission from drain-pipes is as follows. The noise reduction pipe in PVC can reduce noise levels in 7~10 dB and the cast-iron pipe can reduce in 14 dB compared with the normal PVC pipe. In these days, the glass wool was used for preventing the burst and the noise reduction. But the glass wool for wrapping pipe is not effective to the noise reduction. The characteristics of noise emission from various installed pipe height were measured. As the ceiling space of the remodeled building was raised, the noise level was troubled by increasing of the vertical pipe length.

1. 서론

현대사회에서 산업구조의 급속한 발전과 공업화는 사회구조의 변화 및 대도시로의 인구집중, 고밀도화, 교통량의 증가를 초래하게 되고, 결국 도시지역의 환경오염 문제를 심각한 단계에까지 이르게 하고 있다.

생활의 질적 수준이 향상되어감에 따라, 지금까지 생활에 있어서 문제시되지 않았던 건축물에 있어서의 음향성능 문제는 더욱 민감한 부분이 되었다. 그 결과 건축물의 음향관련 민원 발생건수가 해마다 증가하고 있다. 만일 공동주택의 시공사가 이익만을 추구하여 무계획적인 고층화, 경량화를 추구한다면 심각한 문제가 발생되게 될 것이다. 공동주택 내에서 발생하는 가장 큰 음환경 문제는 상하층 간의 바닥충격음과 더불어 급배수 설비소음이다.

본 연구에서는 급배수 위생설비 중에서 화장실 내의 양변기, 세면기 및 욕조에 관한 실험실 실험을 하였다. 특히 배수관의 종류, 보온재의 설치유무 배수관의 설치높이 등에

따른 소음도의 변화를 연구함으로써 보다 적절한 배수소음에 대한 대책을 수립하고자 한다.

2. 실험실 개요 및 대상구조

2.1 실험실 개요

실험은 (주)대우건설 기술연구소 설비실험동 內에 위치한 화장실 Mock-up room에서 실시하였다. 실험실은 2200 × 2500 × 2500^H 크기의 상하 2개층으로 이루어져 있고 실내의 배경소음 수준은 30 dB(A)로서 실제 아파트 화장실 內의 배경소음 수준과 대등하다.

2.2 실험대상구조

실험대상구조로는 가장 일반적으로 사용되고 있는 일반 배관시스템(VG2 + DRF)구조와 플라스틱 저소음 배관시스템(A社, B社) 2개구조, 주철 배관 시스템(C社)구조의 4가지 구조를 대상으로 실험을 실시하였다.

* 대우건설기술연구소 연구원
E-mail : jinyun97@dwconst.co.kr
Tel : (031) 250-1224, Fax : (031) 250-1131

** 대우건설기술연구소 선임연구원

*** 대우건설기술연구소 책임연구원

3. 측정방법

측정은 KS F 2286 “주택용 설비 유니트의 소음출력 측정방법”과 KS A 0701 “소음도 측정방법”에 의거하여 실시하였다.

3.1 측정장소

확산음장의 측정장소는 직접법인 경우 잔향실을 원칙으로 한다. 다만 확산음장의 조건이 만족되면 일반 실내라도 좋다. 본 실험의 측정장소인 mock-up room은 후자를 만족하는 경우로서 다음의 조건을 만족하고 있다.

확산음장의 조건은 측정대상 또는 밴드노이즈 발생장치를 음원으로 하고, 음원, 벽면, 및 바닥면에서 각각 1m 이상 떨어진 영역 내에 상호 1m 이상 떨어진 마이크로폰 위치를 10점 잡고 각 측정주파수마다 측정된 옥타브밴드 음압레벨의 각 측정점간 표준편차가 [표 1]의 값 이하인 것으로 한다.

[표 1] 허용편차값

주파수	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
표준편차	3.0	2.0	1.5	1.0	1.0	1.5	2.0	2.5

3.2 측정기기

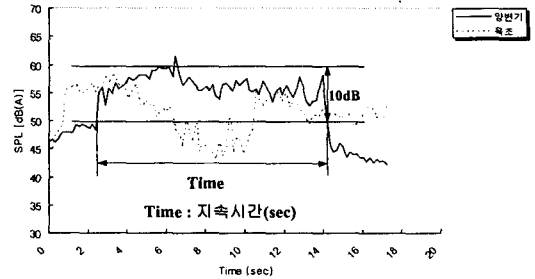
측정에 사용된 측정기기는 다음과 같다.

- Microphone ; Modal Shop Inc., U.S.A
- Signal Conditioner Amplifier ; PCB, U.S.A
- Level Recorder ; LR-06 (RION, JAPAN)
- FFT Analyzer ; SA-27 (RION, JAPAN)
- Calibrator ; NC-73 (RION, JAPAN)

3.3 측정방법

측정은 확산음장에서의 직접법으로 하고 확산음장으로 보여지는 장소에 측정대상을 설치하고 실내에 균등하게 분포된 소정의 각 점에서 측정대상음의 각 밴드레벨을 측정한다. 배수량은 양변기의 경우 탱크 내에 표시된 수위선에 맞추고, 세면기는 overflow가 생기기 전까지 물을 만수시키며, 욕조는 60L정도 되는 지점에 일정량을 맞추어 반복 시험하였다. 측정은 배수관이 설치된 1층에 마이크로폰을 설치하고, 배수와 동시에 소음값을 Level Recorder에 plotting하는 동시에 주파수분석기를 이용하여 배수 지속 시간동안의 에너지 평균값(Power average)을 기록한다. 배수지속시간은

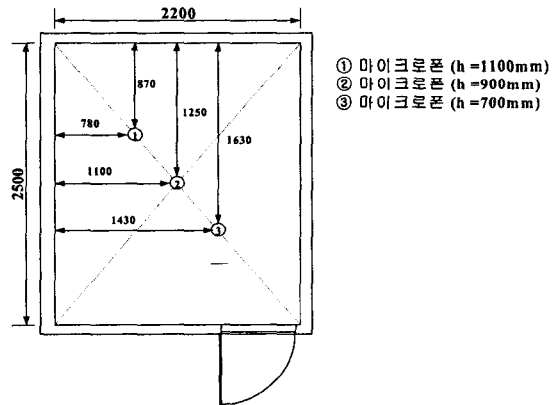
[그림 1]과 같이 배수소음 시 측정된 최대값보다 10 dB 낮은 값을 유지하는 시간을 말한다.



[그림 1] 배수소음 측정시간

3.4 측정점의 설정방법

[그림 2]와 같이 마이크로폰은 실 증앙을 포함한 대각선 방향으로 3지점에 설치하고 마이크로폰 사이는 500mm 이격하였다. 또한 마이크로폰 높이는 각각 1100mm, 900mm, 700mm로 설정하고 배수소음을 측정할 수 있도록 설치하였다. 측정은 각 마이크로폰마다 3회 시험을 수행하고 9개의 측정된 값의 에너지 평균값을 취해 그 값을 측정값으로 하였다.



[그림 2] 측정점 위치

3.5 평균음압레벨의 계산방법

$$\overline{L}_A = 10 \log \frac{P_{A1}^2 + P_{A2}^2 + \dots + P_{An}^2}{nP_o^2}$$

각 점에서 측정된 소음레벨 또는 밴드레벨의 최대치와 최소치의 차가 5dB 이내인 경우는 다음 식에 따를 수 있다.

$$\overline{L}_A = \frac{P_{A1} + P_{A2} + \dots + P_{An}}{n}$$

4. 평가방법

4.1 음압레벨에 의한 평가

현재 배수관에 대한 소음도 평가방법은 규정되어 있지 않은 실정이다. 현장 배수관 소음도 측정 시 주거용 건물의 급배수 설비소음 실내허용치에 대해서는 건교부에서 '93년에 제정한 공업화주택 성능인정 세부기준 중 융합성능과 '91년에 대한주택공사에서 제안한 설계목표치가 있다. 그러나 현재로서는 본 실험에 사용된 것과 같은 mock-up room 등에서의 평가방법은 없는 상태이다. 이에 본 연구에서는 4가지 배관 종류에 대한 상대비교 실험을 통하여 각 재료에 대한 성능을 평가하고자 한다.

4.2 저감량에 의한 평가

양변기 및 욕조, 세면기 등의 배수 시 발생되는 소음에 대해서 일반 배관시스템(VG2 + DRF)과 비교대상 배관시스템 적용 시 각각의 실내 평균음압레벨의 차이를 저감량이라 하고 다음 식으로 나타낸다.

$$D = L_1 - L_2 \quad (\text{dB})$$

여기서, L_1 : 비교대상 배관시스템 적용 시 배수소음에 대한 실내 평균음압레벨 (dB)

L_2 : 일반 VG2 배관시스템 적용 시 배수소음에 대한 실내 평균음압레벨 (dB)

기준값이 되는 일반 VG2 배관시스템에서의 배수소음에 대한 실내 평균음압레벨은 [표 2]와 같다.

[표 2] 일반 VG2 배관에서 소음레벨 단위: dB(A)

	양 변 기	세 면 기	욕 조
소 음 도	61.4	52.3	45.6

5. 측정결과

5.1 관 종류에 따른 비교

[표 3]은 실험에 사용된 4가지 관의 종류에 따른 소음도를 나타낸 값이다. [그림 3] ~ [그림 5]에서 보는 것과 같이 주철관이 소음의 측면에서 가장 양호한 값을 나타내고 있고 플라스틱 저소음배관, 일반관의 순서로 소음에 효과적인 것을 알 수 있다. 이는 플라스틱 저소음배관이 엘보, 횡

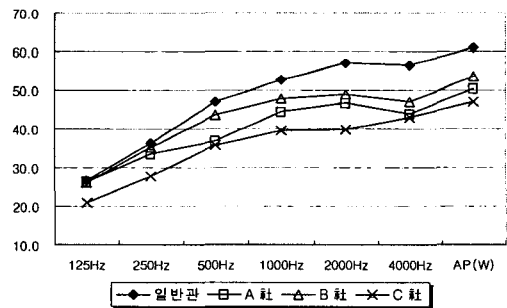
지관 등에 저소음 시스템을 도입하여 소음을 저감시켰고, 주철관은 상대적으로 플라스틱 재료의 관에 비해 자체 하중이 크기 때문에 소음의 전달을 억제하는 것으로 판단된다. 특히 공동주택의 화장실에서 가장 문제시 되는 양변기의 경우, 일반관에 비해 플라스틱 저소음배관은 약 7~10 dB, 주철관은 14 dB의 저감효과를 기대할 수 있다. [그림 3]에서 보는 것과 같이 플라스틱 저소음배관은 배수소음의 관심 주파수대역인 중·고주파대역에서 소음저감 효과를 보이고 있고, 주철관은 전 주파수대역에서 소음저감효과를 보이고 있다.

결국 소음의 저감 측면에 있어서는 주철관이 가장 효과적이다. 하지만 주철관은 경제성, 시공의 용이성 등의 측면에서는 불리한 것으로 판단된다.

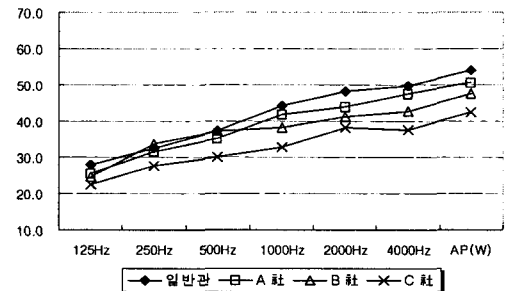
[표 3] 관 종류에 따른 소음레벨 단위: dB(A)

관종류 기구	일반관	A 社	B 社	C 社
양변기	60.9	50.2	53.4	46.8
세면기	53.8	50.6	47.5	42.4
욕 조	46.3	43.5	43.4	39.7

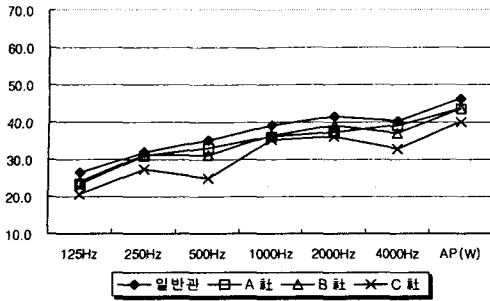
* 일반관: VG2+DRF, A/B社: 플라스틱 저소음배관, C社: 주철관



[그림 3] 관 종류에 따른 주파수특성(양변기)



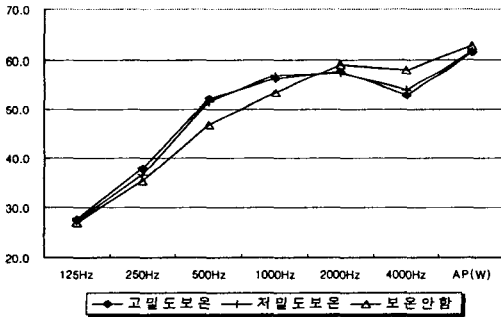
[그림 4] 관 종류에 따른 주파수특성(세면기)



[그림 5] 관 종류에 따른 주파수특성(육조)

5.2 관 보온에 따른 비교

현재 공동주택에서 결로방지 및 소음저감의 목적으로 주로 시공되어지고 있는 유리 보온면에 대한 소음도를 측정하였다. [그림 6]은 보온재의 설치 유무에 따른 주파수 특성을 나타내고 있다. 4000Hz의 고주파 대역에서는 유리 보온면에 의한 소음 저감효과를 보여주고 있으나 500~1000Hz 대역에서는 오히려 보온재에 의해 소음레벨이 증가되고 있음을 알 수 있다. 즉, 보온재를 시공함으로써 문제가 되는 주파수대역은 낮아지고 있으나 전체적인 소음저감 효과는 크지 않은 것으로 나타난다.



[그림 6] 관 보온에 따른 주파수특성(양변기)

[표 4] 보온재의 시공에 따른 소음레벨 단위: dB(A)

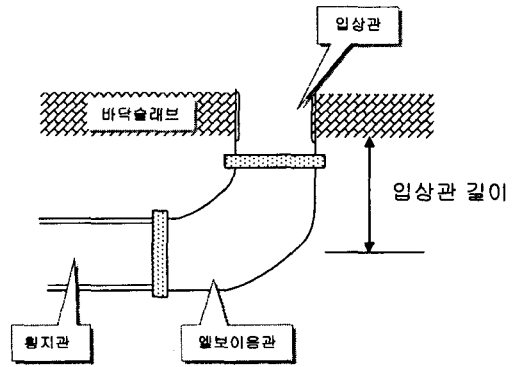
	보온재	양변기	세면기	욕 조
일반관	고밀도	61.3	52.3	47.5
	저밀도	61.5	51.5	47.2
	보온안함	62.6	51.4	44.8
A社	고밀도	47.6	51.1	46.3
	보온안함	50.2	50.6	43.5

[표 4]에서의와 같이 보온재의 설치에 따라 양변기의 경우

1.3~2.6 dB 정도의 개선효과를 보이고 있고, 세면기와 욕조에서는 보온재 시공으로 오히려 성능이 나빠짐을 알 수 있다. 이는 배관 주위를 둘러싸고 있는 유리면의 탄성특성과 발생 소음의 주파수 특성이 일종의 공진을 일으켜 소음을 증대시킨 것으로 사료된다. 따라서 소음의 측면에 있어서 양변기를 제외하고는 보온재의 설치에 따른 효과는 없는 것으로 판단된다.

5.3 관 높이에 따른 비교

현재 주상복합 건물 등에서는 오피스텔의 재건축 등에 따라 천장공간이 높아지고 이에 따라 입상관의 길이 등도 늘어나는 경향을 보이고 있다. 따라서 본 절에서는 입상관의 길이를 조절함으로써 측정지점에서의 소음레벨 변화를 살펴보고자 한다. [그림 7]은 배관시스템의 구조를 나타내고 있다.



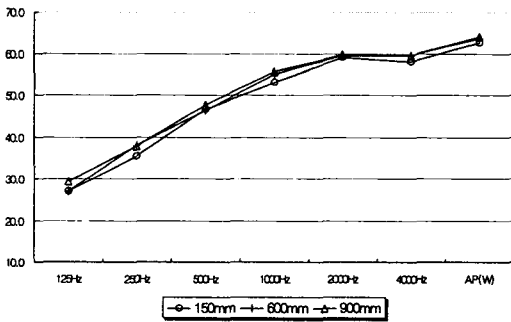
[그림 7] 측정 배관시스템

[표 5]는 입상관 길이에 따른 소음레벨을 나타내고 있다. 입상관의 길이가 길어짐에 따라 소음레벨이 커짐을 알 수 있다. 이는 입상관의 길이가 길어질수록 배관시스템이 측정지점에 근접하게 되고 엘보이음관에 배수에 따른 충격력이 크게 작용하기 때문이다. 특히 슬래브에 가장 근접해 있는 150mm의 경우는 600, 900mm에 비해 측정지점과 배관시스템이 상대적으로 많이 이격되어 있고 슬리브에 엘보가 직접 연결되므로 소음레벨이 낮음을 알 수 있다. [그림 8] ~ [그림 10]은 각각 일반관, 플라스틱관, 주철관 양변기에서의 주파수특성을 나타내고 있다. 입상관의 길이가 달라지더라도 주파수 형태는 변하지 않고 전체적으로 비슷한 주파수특성을 보이면서 소음레벨이 달라짐을 알 수 있다. 특히 일반관에서는 높이차에 의한 소음레벨 변화량이 1~1.3 dB로 매우 작지만, 플라스틱관인 [그림 9]와 주철관인 [그림 10]에서는 5~6dB의 소음레벨 변화를 보이고 있다. 결국 같은 층고에서 배관시스템이 거주공간에 근접할수록 소음 측면에 있어서는 불리하기 때문에 천장공간이 높은 곳에서의 배관을 설치할 경우는 저소음배관 설치 등의 주의가 필요함을 알 수 있다.

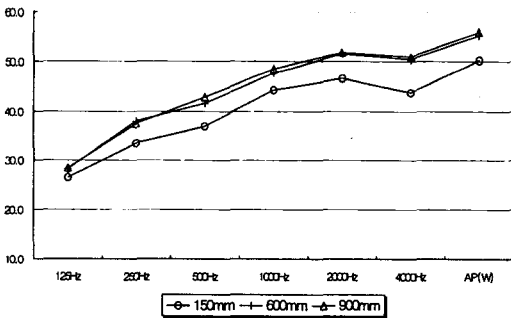
[표 5] 입상관 길이에 따른 소음레벨 단위 : dB(A)

	입상관 길이 (mm)	양변기	세면기
일반관	150	62.6	51.4
	600	63.6	53.9
	900	63.9	53.8
A社	150	50.2	50.6
	600	55.2	52.9
	900	55.8	51.9
C社	150	46.8	42.4
	600	52.6	45.3
	900	52.4	45.3

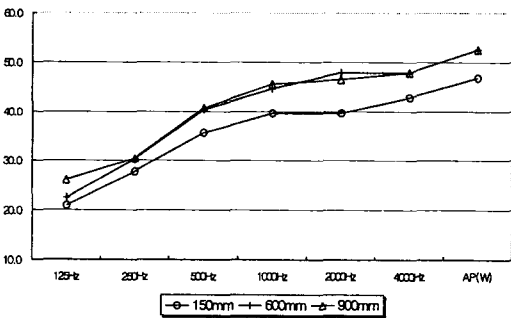
* 일반관 : VG2+DRF, A/B社 : 플라스틱 저소음배관, C社 : 주철관



[그림 8] 입상관 길이에 따른 주파수특성(일반관, 양변기)



[그림 9] 입상관 길이에 따른 주파수특성(A社, 양변기)



[그림 10] 입상관 길이에 따른 주파수특성(C社, 양변기)

6. 결 론

본 연구에서는 현재 공동주택에서 문제시되고 있는 소음원 중의 하나인 급배수 설비소음 중 화장실 소음문제에 대한 저감방안으로써 배수관에 대한 연구실험을 하였다. 즉, 관의 종류, 보온재의 설치유무, 관의 설치높이 등을 변화시키면서 소음레벨의 변화를 측정하여 얻은 결론은 다음과 같다.

(1) 소음의 측면만을 고려해 볼 때, 자체 중량이 큰 주철관이 플라스틱 재질의 관에 비해 상대적으로 양호한 특성을 나타내고 있다. 특히 화장실에서 가장 문제시 되고 있는 양변기의 입상관 150mm인 경우, 일반관에 비해 플라스틱 저소음배관은 7~10 dB, 주철관은 14 dB의 소음저감효과를 기대할 수 있다. 또 입상관이 600mm, 900mm일 경우, 일반관에 비해 플라스틱 저소음배관은 각각 8.4와 8.1 dB, 주철관은 11과 11.5 dB의 소음저감효과가 있다.

(2) 공동주택의 결로방지 및 소음저감을 위해 설치하는 유리 보온재의 설치유무에 따른 소음레벨 시험 결과, 양변기를 제외하고 소음의 측면에서 큰 개선효과를 나타내지 못하고 있어 유리 보온재의 설치는 효과적이라 보기 어렵다.

(3) 입상관의 길이에 따른 소음레벨의 변화를 살펴보면, 일반관에서는 150mm의 소음레벨이 900mm에 비해 1.3 dB 낮은 것을 알 수 있다. 또 플라스틱 저소음배관 및 주철관에서의 150mm 소음레벨은 900mm에 비해 모두 5.6 dB 낮다. 그러므로 입상관의 길이가 길어지는 공동주택의 경우에는 소음레벨이 상대적으로 낮은 주철관이나 저소음배관 시스템 등의 설계로 소음레벨을 저감시키는 것이 필요하리라 판단된다.

참 고 문 헌

- (1) 田野正典 등, 1998, 建築と音のトラブル, 學藝出版社.
- (2) 소음진동공학회, 1995. 소음·진동편람, 소음진동공학회.
- (3) LEO L, BERANEK, 1971. Noise and Vibration Control.
- (4) 이주원 등, 2000, 화장실 양변기 배수소음 저감방안에 관한 연구, 대우건설기술, 117~126.
- (5) 정일록, 1997, 소음·진동학, 신광출판사
- (6) 조창근 등, 1993.2, 공동주택의 급배수설비 조건에 의한 급배수소음 저감대책에 관한 연구, 대한건축학회, 143~150