

화장실 배수소음 저감 연구

°이 주 원, 정 감 철°

A Study on reduction plan of drainage noise for water closet

°J. W. LEE, G. C. Jeong

ABSTRACT

The study about a drainpipe of water closet was performed as reduction plan on drainage noise for water closet, which of noise in plumbing systems was being indicated the major point at issue in apartment houses. A drainpipe of water closet is divided into a sleeve, a joint elbow and a traversing pipe, through the result of experiment, for an effective noise reduction in a drainpipe a threefold joint elbow is proposed among parts. And through the experiment of performance with glasswool, the removal of glasswool should be in the economical efficiency aspect.

1. 서 론

생활형태가 공동주택으로 급변되고 의식주에 관계된 문화소비가 상승됨에 따라서 좀 더 살기 편하고 고급화된 주거환경이 요구되어지고 있다. 공동주택에서의 주거환경 요소로서는 여러 가지가 있지만, 그 중 “음”과 관련된 환경은 주거인들의 불만이 끝없이 제기될 수밖에 없는 민감한 부분이나 지금까지 이에대한 개선의 연구가 없었던 분야이기도 하다. 공동주택내에서 발생하는 가장 큰 음환경 문제는 상하층 세대간의 바닥충격음 문제와 아울러 급배수 설비소음 문제를 지적할 수 있다. 급배수 설비에 있어서의 소음문제는 국부적인 분야만을 논하고는 해결할 수 없고 수 십가지에 이르는 각종 건축적인 면, 설비적인 면이 서로 연동되어 전체 시스템을 이루고 있으므로 이들을 복합적으로 다루어야만 한다.

본 연구에서는 급배수 위생설비 중에서 화장실 내 양변기 배수소음 저감방안에 대한 연구를 수행

하고 이의 결과를 현장 적용하고자 하였다. 양변기 배수소음 문제는 기구자체에서의 발생소음과 함께 배수시 관로에서의 유수충돌에 의한 진동이 벽체로 전달되어 하부세대로 방사되는 소음이 큰 주(主)를 이루고 있으며, 이의 저감을 위해서 저소음형 배관기구를 교체 시공해가며 실험을 수행하였다. 실험 대상 배관 요소는 Fig. 1과 같이 슬리브, 엘보이음관, 횡지관 등이다.

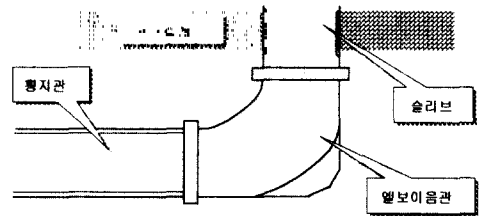


Fig. 1 A drainpipe model for the subject of investigation

* 정회원, (주)대우건설 기술연구소 주임연구원

** 정회원, (주)대우건설 기술연구소 책임연구원

2. 급배수 설비소음에 대한 평가방법

우리나라에서는 주거용 건물의 급배수 설비소음 실내허용치에 대해서 건교부에서 '93년에 제정한 공업화주택 성능인정 세부기준 중 음향성능과 '91년에 대한주택공사에서 제안한 설계목표치가 있다. 그러나, 국내의 실정과 한국인의 청감특성을 무시한 채 외국의 실내소음 평가방법을 수정없이 도입하여 사용하고 있는 사례가 많이 있다. 일본건축학회에서는 급배수 설비소음 및 공조설비소음 등 건축물에 부착된 설비 기기류에서 발생하는 실내소음에 대한 평가를 N값과 dB(A)값으로 나타내고 있으며, 실내소음에 관한 적용등급은 Table 3과 같다.

Table 1 The acoustic performance of a details standard on a performance permission at a industrial house (Instituted by The Ministry of Construction and Transportation in 1993)

구분	평가기준	측정방법
급배수설비의 소음방지 성능	급배수설비의 소음이 주택 각실에 미치는 소음도가 40dB(A)이하 이어야 한다.	KS A 0701 "소음도 측정방법"에 의한 현장성능평가

Table 2 The standard of design about noise in plumbing systems ; The Korea National Housing Corporation (1991)

음원실	수음실	주파수별 실내허용 소음레벨					
		125	250	500	1k	2k	4k
인접세대 (상부층)	자기세대 (침실)	53	46	40	38	36	36
평가값	N-40이하 또는 40dB(A)이하						
생활감파의 대응	"인접세대소음에 대하여 신경쓰인다."라고 반응하는 경우도 있으나 대체로 만족						

Table 3 The grade of application in indoor noise ; Architectural Institute of Japan

건축물	설용도	소음등급			소음레벨[dB(A)]		
		특급	1급	2급	특급	1급	2급
공동주택	거실	N-25	N-30	N-35	30	35	40
사무소	일반 사무실	N-35	N-40	N-45	40	45	50
학교	교실	N-30	N-35	N-40	35	40	45
연립주택	침실	N-25	N-30	N-35	30	35	40
콘서트홀	오페라 하우스	N-20	N-25	N-30	25	30	35

3. 양변기 배수소음 실태 조사

유리면(Glass Wool) 보온이 시공된 기존 배관시스템에서의 배수 소음도 조사를 위해 서울 D아파트 10여개호를 대상으로 소음측정을 실시하였다.

3.1 배수소음도

상부세대 욕실에서 소음 발생시 하부세대 욕실에서 들리는 소음도는 최대 52dB(A)정도로 환기팬을 가동시켰을 경우는 이보다 약 2-3dB(A)가량 상승하는 것으로 나타났다. 동시에 거실과 침실에서는 38dB(A)와 34dB(A)의 소음도를 보여 국내의 허용기준치인 40dB(A)미만을 대체로 만족하는 것으로 나타났다. 그러나 아파트 벽체의 차음성이나 Door의 차음성 등 구조적인 면, 설비시설 면에서 그 차이가 크기 때문에 측정 대상 D아파트의 결과치를 기존 시스템의 대표 소음도라 판단할 수는 없다.

Table 4 The SPL of existing drainage system dB(A)

환기팬	상부세대 소음		자기세대 소음			
	욕실	거실	침실	욕실	거실	침실
On	52-54	36-38	31-34	-	-	-
Off	50-52	35-37	31-33	78-80	54-57	44-49

* 욕실내 암소음은 환기팬 미가동시 28dB(A), 가동시 42dB(A)

3.2 배수소음의 주파수 특성

배수소음의 주파수 특성은 Fig. 2에서 볼 수 있듯이 사람이 가장 민감하게 반응하는 영역인 1kHz, 2kHz 대역에서 최대 소음레벨을 나타내었다. 그리고 그 이하의 영역, 즉 500Hz 이하의 주파수 대역은 수음실의 크기 및 구조적인 차이에 따라 각기 상이한 측정값을 나타내었고, 더욱이 욕실 내의 환기팬이 가동될 경우는 팬의 주파수 특성에 마스킹(Masking)되어 그 의미를 찾기가 곤란하므로 배수소음에 따른 주파수 특성을 분석하기 위해서는 1/1 옥타브밴드로 1-4kHz 대역만을 검토하여야 한다.

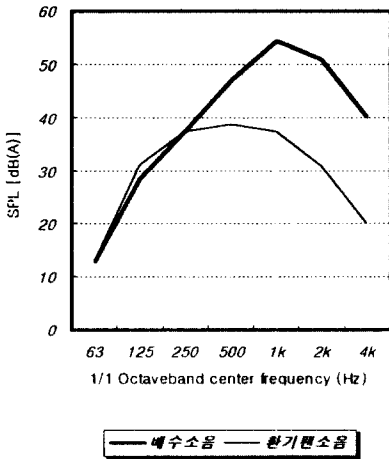


Fig. 2 The frequency characteristic of drainage noise

3.3 배수소음레벨의 시간별 특성

양변기 배수시 소음레벨의 시간변화는 배수시작과 함께 사이폰부의 진공 흡입작용에 의하여 소음도가 높아지고 어느 정도(10-13초) 지속되다가 감소되는 경향을 나타내고 있으며, 욕조의 경우는 배수 시작단계에서 최대치를 보이고 점차 감소되다가 마지막 물 빠지는 순간에 와류(swirl)현상에 의해 다시 높은 소음이 발생되는 특성을 보이고 있다. 이는 현재 일반 아파트에 가장 보편적으로 설치되어있는 사이폰 방식의 보급형 양변기의 특성이고, 이 외에 저소음형으로 많이 사용되어지는 Vortex 방식의 원피스 양변기는 그 특성이 또한 상이하다.

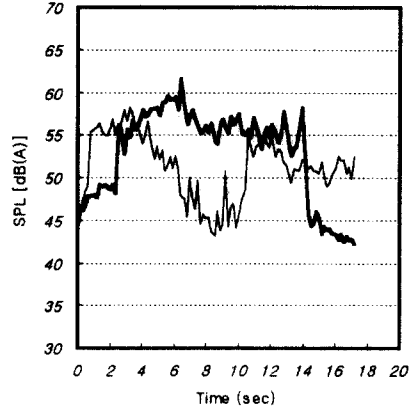


Fig. 3 The periodic characteristic of drainage noise

4. 유리보온면의 시공유무에 따른 소음특성

현 배관시스템 구조에서는 소음저감 및 결로방지를 위해 배관부위 중 입상관을 제외한 엘보 및 횡지관 전체에 걸쳐 유리보온면 시공을 하고 있으나, 시공성 및 경제적인 비용에 비하여 그 효과를 보지 못하고 있는 실정이다. 따라서, 유리보온면 시공의 효율성을 평가하고 시공단가를 저감시킨다는 입장에서 실험을 수행하였다.

4.1 측정 조건 및 결과

동일 세대가 아닌 여러 세대에서 실험을 할 경우 시공상의 차이, 암소음 영향의 변동 등 환경조건 변화에 따른 편차가 발생할 수 있으므로 동일한 장소에서 유리보온면을 시공한 상태에서 측정하고 바로 유리보온면을 제거한 상태에서 똑같은 실험을 여러 차례 반복 수행하였다.

Table 5에서 알 수 있듯이 유리면 보온시에는 평균적으로 67.5dB(A), 제거시에는 67.1dB(A)로 동일한 소음도를 보였으며 xx5세대의 경우는 오히려 유리면을 제거함에 따라 소음도가 낮아지는 경향을 나타냈는데, 이는 배관을 둘러싼 유리면의 단성특성과 발생 소음의 주파수 특성이 일종의 공진

역할을 하여 소음이 오히려 크게 증가되는 현상이 일어난 것으로 판단된다.

Table 5 Comparison of SPL for presence and absence of a glasswool $dB(A)$

	xx4 호					xx5 호			
	1회	2회	3회	4회	평균	1회	2회	3회	평균
시공시	66.4	67.3	67.9	68.4	67.5	67.1	66.8	67.2	67.1
제거시	66.7	67	66.9	67.8	67.1	65.3	66	65	65.4

4.2 주파수 특성 비교

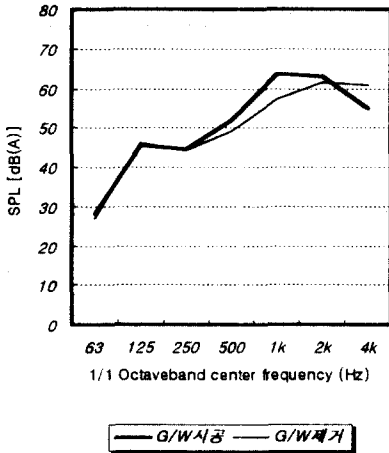


Fig. 4 Comparison of the frequency characteristic

Fig. 4에서 볼 수 있듯이 유리보온면의 시공시 특정주파수 대역(500Hz, 1kHz)에서 배수음과 유리보온면의 탄성에 따른 고유진동수가 공진을 일으켜 소음레벨이 오히려 커지는 경향이 나타나기도 하였다.

5. 엘보이음관 및 횡지관의 차음성능 개선

5.1 개요

기존의 배관시스템은 단일슬리브+단관(VG₂)+(단일엘보우(L) 또는 C-LT)+단일횡지관+유리보온면의 순으로 시공되어 있다. 이 중에서 엘보우 및 횡지

관 부분은 진동과 소음을 가장 많이 발생시키는 음원(Source)이 되는 곳으로 기존 시공방법은 소음차단에 미흡한 것이 사실이다. 또한 시공성이 나쁘고 향후 배관교체나 소재가 쉽지 않으므로 이러한 사항들을 개선시키고자 엘보우 및 횡지관 부분을 저소음형이고 탈착이 편리한 새로운 제품으로 교체 시공하여 비교 실험을 수행하였다.

5.2 3중엘보이음관 검토

이음관 부위는 상부로부터 낙하하는 물이 강하게 충격을 받는 곳이므로 곡관으로 설계해야 함은 물론이고 충격으로 인한 진동을 흡수할 수 있는 형상 및 재질이어야 한다. 이에 따라 기존 제품 대신 이러한 요구를 충족시키는 제품으로 대체하여 비교 실험하였다.

실험은 수원시의 T아파트와 서울의 H아파트를 대상으로 각기 동일한 조건에서 이음관을 교체해가며 수행하였다. 횡지관은 일반 VG₂단관을 사용하였으며 유리보온면은 제거를 한 상태이다.

그 결과로써 Table 6과 같이 두 제품간의 성능차이는 거의 없었으며 유리보온면을 시공하는 기존 시공방법과 비교하여 최대 7dB(A), 평균적으로 5.2dB(A)정도의 소음저감량을 얻었다. Fig. 5에는 각각의 주파수 특성을 도시하였는데, 공통적으로 1kHz, 2kHz 대역에서 높은 차음량을 보였다.

Table 6 Comparison of SPL for a threefold elbow $dB(A)$

제품구분	수원 T아파트		서울 H아파트	
	A제품	B제품	A제품	B제품
소음도	61-62	61-63	59-62	61-62
소음저감량	5-6	4-6	4-7	4-5

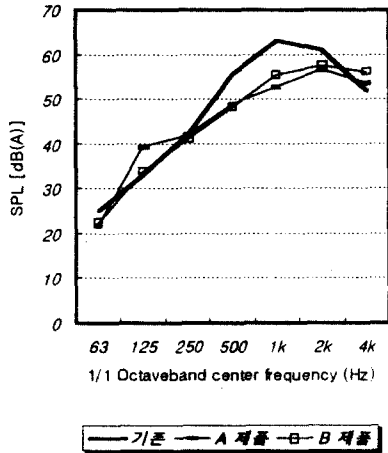


Fig. 5 Comparison of the frequency characteristic

5.3 2중횡지관 검토

다음으로 엘보이음관은 단일관을 사용한 상태에서 횡지관만을 2중 살두께의 2중횡지관으로 교체하여 소음도를 비교하였다. 엘보이음관 실험시와 마찬가지로 유리보온면은 제거한 상태이다.

측정결과 예상했던 성능 향상은 볼 수 없었는데, 이는 2중관 자체 구조가 차음효과를 볼 만한 구조가 아니므로 살두께를 크게 한다든지 내부 살의 재질을 연질 재질로 변경하는 방안으로 검토해야 할 것으로 보인다.

Table 7 Comparison of SPL for a double traversing pipe dB(A)

제품구분	A제품	B제품
소음도	67	67
소음저감량	1	1

5.4 3중엘보이음관 및 2중횡지관의 검토

기존의 상태에서 3중엘보이음관과 2중횡지관을 모두 교체 시공하였다. 3중엘보이음관만 시공했을 때와 마찬가지로 평균 7-8dB(A)정도의 소음저감량을 보여 2중횡지관의 효과는 미미함을 다시 한 번 나타내었다.

Table 8 Comparison of SPL for a threefold elbow and a double traversing pipe dB(A)

	수원 T아파트			서울 H아파트
	1회	2회	3회	1회
3중엘보이음관+2중횡지관	60	59-60	60	59
기존	67-68			66
소음저감량	7-9			7

* 기존 ; 단일엘보이음관+단일횡지관+유리보온면

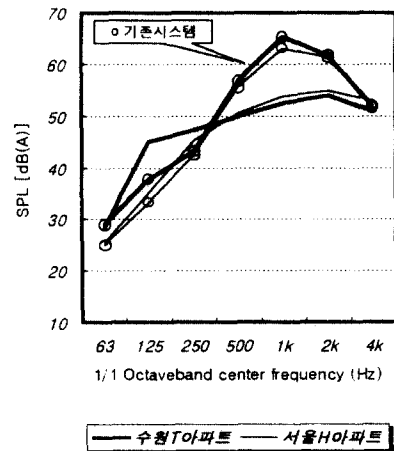


Fig. 6 Comparison of the frequency characteristic

5.5 소결론

이제까지의 실험결과를 종합하여 Table 9에 정리하였다. 3중엘보이음관만을 시공했을 경우 차음량은 기존과 비교해서 4-7dB(A)로 상당량의 효과를 나타낸 반면, 2중횡지관의 성능은 약 1dB(A)의 미미한 결과를 나타내어 배관자체의 형상이나 재질을 변경할 필요성을 가졌다. 따라서, 현 시스템에서 유리보온면을 제거하고 3중엘보이음관만을 적용 시공하는 것이 시공성 향상과 시공단가 절감을 기하고 소음저감을 위한 최선의 방법으로 제안한다.

Table 9 Synthetic comparison of the result
dB(A)

	소음도	소음저감량
기존(일반엘보이음관+단일횡지관+유리보온면)	66-68	-
3중엘보이음관+단일횡지관	59-63	4-7
일반엘보이음관+2중횡지관	67	1
3중엘보이음관+2중횡지관	59-60	7-9

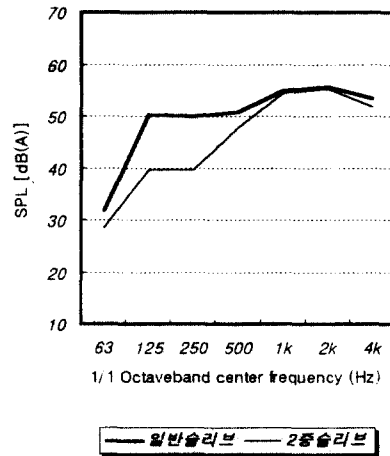


Fig. 7 Comparison of the frequency characteristic

6. 2중슬리브 검토

6.1 개요

슬리브는 양변기 배수시 바닥슬래브와의 진동절연에 기여하는 부분으로 기존 슬리브를 개선한 저소음형 2중슬리브를 시공하여 기존형과 비교하였다.

6.2 기존 슬리브와의 성능 비교

측정결과 경우에 따라 약간 차이는 있지만 전체적으로 최대 3dB(A)의 소음저감량을 나타냈으며, Fig. 7에 도시한 주파수 특성을 볼 때 500Hz 미만에서 소음저감 효과가 큰 것으로 보아 바닥슬래브와의 진동절연으로 인한 하부세대로의 방사소음이 상당량 저감된 것으로 판단된다.

Table 10 Comparison of SPL for a double sleeve
dB(A)

	일반 슬리브	2중 슬리브	소음저감량
기존	66-68	67	-
일반이음관+단일횡지관	67-68	65-66	최대 3
3중엘보+단일횡지관	59-63	60	최대 3
3중엘보+2중횡지관	59-60	60	-

7. 향후 검토사항

화장실 배수소음 저감을 위해 우선적으로 배수관에 대한 검토를 수행하였고 현재는 다음과 같은 테마에 대해서 연구를 진행 중에 있다.

- 1) 양변기 기구 자체에서 발생하는 소음 특성을 파악하여 여러 Type의 양변기 중 저소음형 제품을 선별한다.
- 2) 양변기 하부와 욕실 바닥과의 맞닿는 부분을 진동 절연시켜 하부세대로 방사되는 소음을 저감시킨다.
- 3) 화장실내 발생소음이 상하부세대로 전달되는 전달경로를 조사하여 소음차단 대책을 강구한다.
- 4) 천정 텍스의 차음성을 높이고자 기존 밤라이트 텍스에서 차음성을 증대시킨 새로운 제품으로 대체한다.
- 5) 천정 점검구의 밀폐도를 강화하여 차음성을 증대시킨다.

8. 결 론

- 1) 유리보온면의 시공유무에 따른 소음도 측정 결과 거의 동일한 결과를 보임에 따라 현재의 유리보온면은 시공비 대비 효과적이라 보기 어렵다.
- 2) 양변기 하부 배관라인 중 3중엘보이음관의 적

용은 소음저감에 매우 효과적인 방안으로 최대 7dB(A)까지의 소음저감량을 나타내었다. 특히, 사람에게 민감한 주파수 대역인 1-2kHz 대역에서 그 효과가 탁월하였다.

9. 참고 문헌

- 1) 소음·진동 편람, 한국소음진동공학회, 1995
- 2) 給排水衛生設備設計篇, 空氣調和衛生工學便覽, 第12版
- 3) 排水管の發生騒音の測定, 日本建築學會大會學術講演梗概集, 昭和62年10月
- 4) Noise and Vibration Control, LEO L. BERA
NEK, 1971