

급수압 변화에 따른 대변기와 세면기의 급배수 소음 특성에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Noise Characteristics
of Water Supply and Drain Installations Varied with Water
Suppling Pressure in Apartment Bathroom

이 태 강* · 고 광 필** · 최 은 석*** · 김 향*** · 김 선 우†

Tai-Gang Lee, Kwang-Pil Ko, Eun-Suk Choi, Hang Kim and Sun-Woo Kim

(2006년 11월 27일 접수 ; 2007년 3월 7일 심사완료)

Key Words : Apartment House(공동주택), Korean Standard(한국산업규격), Noise Emission From Water Supply and Drain Installations(급배수 설비소음), Noise Rating(소음평가), Water Suppling Pressure(급수압)

ABSTRACT

This study aims to evaluate noise emission from water supply and drain installations in apartment bathroom. These noise were one of the most annoying noise sources in apartment houses. Especially, drain plumbing system have used bellow bathroom ceiling, it was very discomfort to hear the noise in bellow apartment. Noise of closets and faucets were measured which were main noise source, then these noise were evaluate and analyzed the emitting characteristics varying the supplying water pressure. As increasing the water pressure, also total noise level of the water supplying stool noise and faucet noise were increased. Especially the water closet showed remarkably the increasing noise level in middle and high frequency bandwidth, while the noise level of faucets increased in 50 Hz~250 Hz of low frequency bandwidth. Vortex closet were favorable to siphon closet, and lever faucet were favorable to conventional lavatory faucet on reducing the noise. Above these results could be used in basic data establishing KS(Korean Standard) for evaluation and rating procedure and measures reducing these noise.

1. 서 론

벽과 바닥을 인접세대와 공유해야하는 공동주택에 서 이웃으로부터 들리는 생활 소음 중 바닥충격음 다음으로 급배수 계통의 설비소음에 대한 지적률이

높은 비중을 차지하고 있다.

이는 국내 공동주택 욕실 배관방식은 대변기가 욕실내에 위치하고 파이프 덕트와 변기의 위치가 격리되어 있어서 변기 배수관을 비롯한 세면기 수전 등의 설비 기기류의 배수관은 바닥 슬라브를 통과하여 아래층 욕실의 천정에 배수되는 천정 배관 공법을 채택하고 있다. 이 방식은 아래층 직하세대 욕실뿐만 아니라 침실을 비롯한 거주실에서의 중요한 소음원으로 작용하고 있다.

이러한 공동주택의 설비소음은 주거의 고충화에 따른 구조체 경량화로 인해, 설비 계통 진동의 구조

* 교신저자; 정희원, 전남대학교 건축학부
E-mail : swkim@chonnam.ac.kr
Tel : (062)530-1635, Fax : (062)530-0780

** 정희원, 전남대학교 건축과학기술연구소

*** 조선이공대

**** 정희원, 전남대학교 대학원 건축공학과

체 전달과 직하층 욕실 전달특성 등의 요인에 의해 수음자의 심리를 자극하여 더욱 불쾌감을 가중시킬 것으로 예상된다.

공동주택 급배수 설비소음의 저감을 위해서는 욕실 소음의 특성과 더불어 전달경로, 직하층의 수음 실 조건 등의 영향 요소를 감안하여 그 대책이 마련되어야 한다.

이에 이 연구에서는 국내 공동주택의 욕실 급배수 설비소음에 가장 큰 영향을 미치는 급수압 변동에 따른 변기 및 세면기의 발생 소음 실태와 그 영향 정도를 파악하기 위해 실제 부스터 급수 방식을 택하고 있는 공동주택 욕실을 대상으로 기존 연구와는 달리 감압밸브를 통한 세대 인입 급수압력을 조절하여 압력변화에 따른 대변기와 세면기 수전의 발생소음을 비교 분석하였다. 이 분석 결과는 급배수 소음 저감 대책을 위한 실제적 자료뿐만 아니라, 국내 실정에 적합한 급배수 설비소음 기준 및 평가 방법 설정을 위한 기초적 자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

2. 공동주택 욕실 급배수 소음 실험방법 및 내용

2.1 실험방법

공동주택 욕실에서의 소음 측정방법은 KS F 2870(공동주택 욕실 급수음의 현장 측정방법) 및 KS F 2871(공동주택 욕실배수음의 현장측정방법)에 준하여 급수 및 배수를 구분하고 통상 사용 상태 하에서의 입주 직전 아파트 욕실을 대상으로 측정하였으며, 측정 욕실을 비롯한 아파트 단위세대 배관 평면도는 부록의 Fig. 1과 같다.

소음의 측정은 15층 아파트 건물의 2층 욕실에서 측정하였다. 욕실은 위생 기기 및 마감이 완료된 상태로 3.3 m^2 의 크기로서 벽면은 타일로 마감이, 천장은 PVC 판넬로 마감이 되어 있으며, 배경소음 영향을 무시될 정도로 정온한 35 dB(A) 정도의 상태에서 측정을 실시하였다.

또한 측정시 마이크로폰은 벽 또는 주요 반사면으로부터 0.75 m 이상 이격시키고 바닥 위 1.2 m 높이에서 3번 이상 측정하는 것을 원칙으로 당해층 욕실에서 발생소음을 측정하였으며, 대상 소음원 특성을 파악하기 위해서 주로 50 Hz~5,000 Hz의 1/3 옥타브 밴드 주파수 대역을 측정하였다. 측정시 기기 구성은 다음과 같다.

- 2ch 1/3 Octave Band Real Time Analyser (RION SA - 30)
- Realtime Frequency Analyzer (01dB-Symphone Software)
- Microphones and Preamplifiers (UC-52)

2.2 실험내용

대부분의 공동주택의 급수압은 과도한 급수압력을 제한하기 위한 방안의 하나로 감압밸브를 사용하여 각 세대별 급수 압력이 $2.5\sim3.0 \text{ kg/cm}^2$ 정도가 되도록 조정하고 있다.

따라서 이 연구에서는 세정밸브의 최소 압력기준인 0.7 kg/cm^2 을 기준으로 $1\sim4 \text{ kg/cm}^2$ 의 범위에서 지하의 부스터 펌프로부터 세대로 인입되는 계량기 함에 감압밸브를 설치하고 압력 조정과 세면기와 대변기를 교체 설치하면서 그 수압 변동에 따른 변기

Table 1 Specification of water closets and faucets

Classification		Type 1	Type 2	Type 3	Type 4
Water closet	KS code	KS C 1210C	KS C 1210A	KS C 2010	KS C 2010
	KS nomen	Cistern attached syphon type closet	Cistern attached syphon type closet	Cistern united vortex type closet	Cistern united syphon type closet
	Maker model	C-407(water saving)	C-551	C-605	C-950
Faucet	KS nomen	Lever lavatory faucet	Faucet	Lever lavatory faucet	Lavatory (KS L 510 : flat lavatory without edge moulding)
	General nomen	Lever faucet	Convention faucet	Goose neck faucet	

와 세면기의 급배수 발생 소음을 측정하였으며, Table 1은 이 연구에서 사용한 세면기 수전, 변기의 종류를 정리한 것이다.

또한 대변기와 세면기의 급수소음은 변기의 저수조 탱크와 세면대에 물이 가득 찰 때까지의 소음을 측정하였으며, 배수의 경우는 완전히 급수를 차단한 상태에서 물이 완전히 빠져 나갈 때까지의 소음을 측정하였다.

3. 소음도 측정결과 및 분석

3.1 급수압에 따른 대변기 소음특성

급수압 변동에 따른 대변기 종류별 소음특성을 파악한 결과는 Figs. 1~4와 같다.

대부분 대변기는 각 주파수 대역에 걸쳐 20 dB~60 dB 사이의 레벨분포를 보이고 있으며, 급수압의 변동에도 불구하고 대체로 저음역의 레벨은 낮고 630 Hz~1 kHz 대역에서 정점을 이루면서 고주

파수에서는 감소하면서 중고음역 성분이 높게 나타나는 특성을 보이고 있다.

이는 급수 초기 로탱크로 분사되는 소음과 볼法律规定에 차단되는 대변기 급수 방식이 매우 비슷한 것에 연유한 것으로 판단된다.

4가지 변기 중에서는 재래 사이폰식으로 가장 오래된 C-551과 개량된 절수형 사이폰식인 C-450 변기가 대체로 높은 값을 보이고 있고, 이에 반해 사이펀 보텍스식 변기인 C-605가 낮은 값을 보이고 있음을 알 수 있다. 한편 급수압 변동에 따른 기기별 차음특성 추이를 분석한 결과는 Figs. 5~8과 같다.

2종류의 탱크 밀결형 사이펀식 변기의 저음역 부분을 제외하고는 급수압의 상승과 더불어 전체적으로 소음레벨이 높아지고 있음을 알 수 있다.

특히 이 급수압의 상승에 따른 주파수대역의 영향은 저음역 보다는 중고음역에서 현저하게 소음레벨이 높아지는데, 이는 급수시 진동전달이 우려되는 저음역 보다 공기 전송음이 우려되는 중고음역 성분

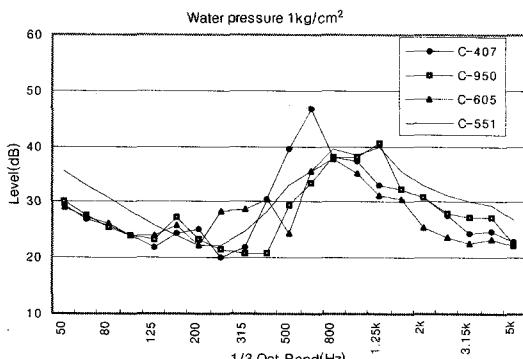


Fig. 1 Closet water supplying noise (water pressure $1 \text{ kg}/\text{cm}^2$)

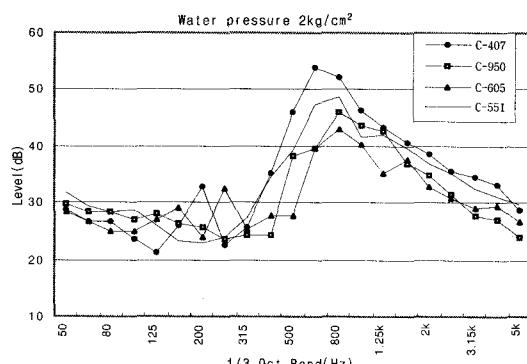


Fig. 2 Closet water supplying noise (water pressure $2 \text{ kg}/\text{cm}^2$)

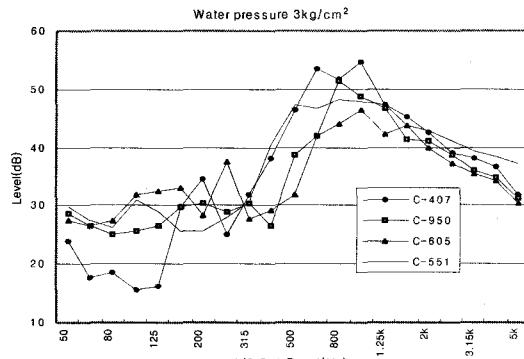


Fig. 3 Closet water supplying noise (water pressure $3 \text{ kg}/\text{cm}^2$)

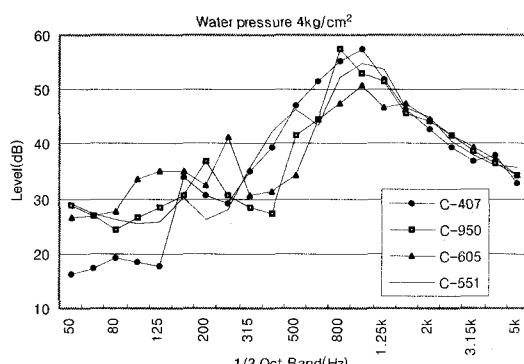


Fig. 4 Closet water supplying noise (water pressure $4 \text{ kg}/\text{cm}^2$)

이 많이 포함되어 있기 때문에 적절한 급수압의 조절이 대변기 급수 소음의 중고음역 저감에 유효할 것으로 판단된다.

3.2 대변기 배수소음 특성

대변기의 배수소음은 급수소음과 달리 급수압의

영향을 받지 않는 변기 자체의 배수 특성에 기인하는 소음이라 할 수 있다.

이 장에서는 4가지 변기 대상으로 변기 저수조의 물이 완전히 빠져 나갈 때까지의 변기 배수음을 측정하였으며 그 결과는 Fig. 9와 같다.

변기 배수음은 급수음과는 달리 특정 대역에서 레벨이 현저하게 높은 형태가 아닌 전체 대역별 주파수 성분이 완만하게 분포하고 있으며, 급수음에 비해 저음역에서 높은 값을 보이고 있다. 이는 배수시 세정수의 배출과 동시에 트랩 봉수의 와류형성에 의한 사이펀 작용과 배수 끝 시점에 나타나는 공동현상으로 진동이 수반되는 저음역 레벨 상승이 그 원인이라 판단된다.

한편 4가지 변기중 탱크 밀결형 사이펀 변기(절수형)가 가장 높은 배수소음을 나타낸 것은 세정수의 초기 배출보다는 사이펀 효과를 크게 한 변기특성에 기인한 것으로 사료되며, 세정 방식이 다른 보텍스식 변기는 사이폰 방식에 비해 저음역 보다는 고음역에

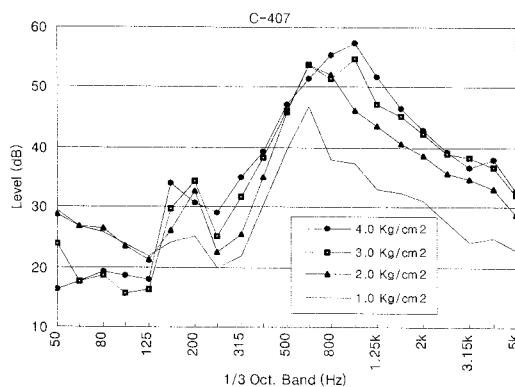


Fig. 5 C-407 water supplying noise

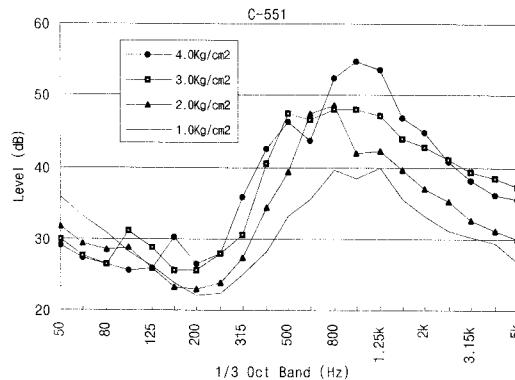


Fig. 6 C-551 water supplying noise

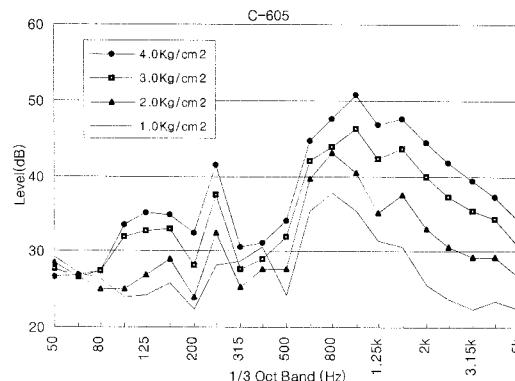


Fig. 7 C-605 water supplying noise

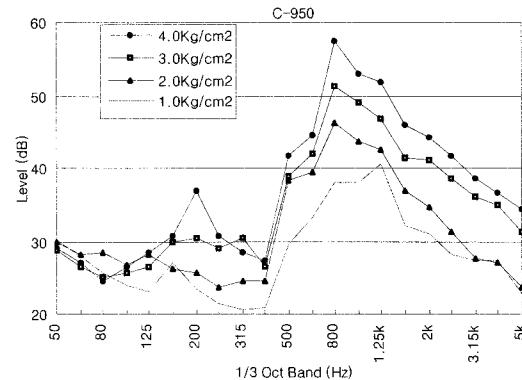


Fig. 8 C-950 water supplying noise

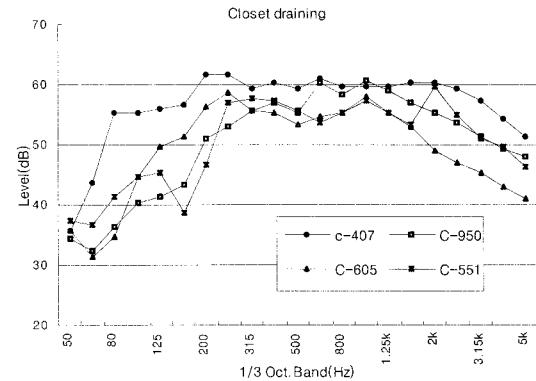


Fig. 9 Closet draining noise

서 낮은 배수소음을 지닌 것으로 나타나고 있다.

3.3 대변기 급배수 소음특성

통상 변기 사용시에는 급배수가 동시에 일어나기 때문에, 급배수가 동시에 이루어질 때의 4종류의 대변기에 대한 급배수 소음을 측정하여 그 특성을 비교한 결과는 Fig. 10과 같다.

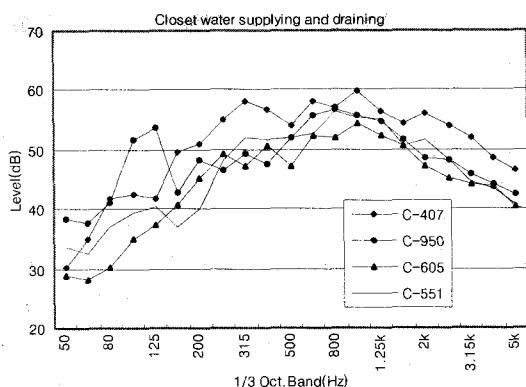


Fig. 10 Closet water supplying and draining noise

4가지 종류의 변기 급배수 소음은 급수와 배수가 동시에 이루어지는 특성으로 인해, 저음역의 배수소음 특성과 중고음역의 급수소음특성이 잘 반영되고 있음을 알 수 있다.

또한 4가지 변기 중에서 보텍스식 C-605 변기가 낮은 값을 보이고 있는 반면에 밀결형 사이펀 변기(절수형)인 C-407의 급배수 소음이 높은 값을 보이고

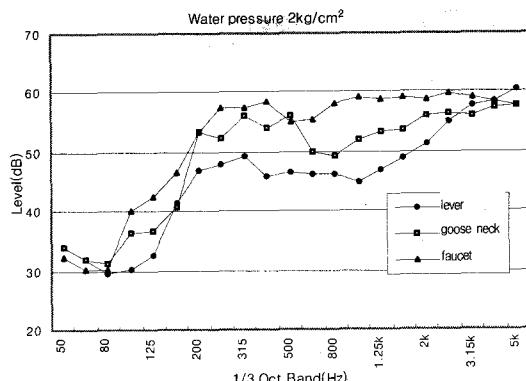


Fig. 13 Faucet delivering noise ($2 \text{ kg}/\text{cm}^2$)

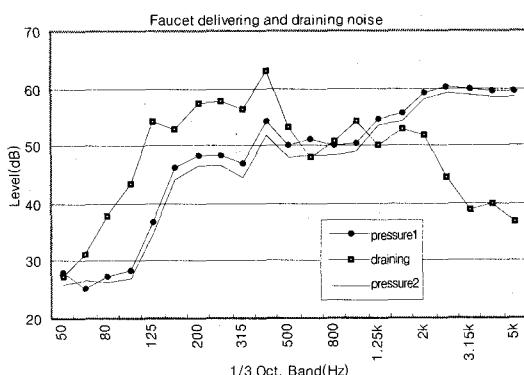


Fig. 11 Faucet delivering and draining noise

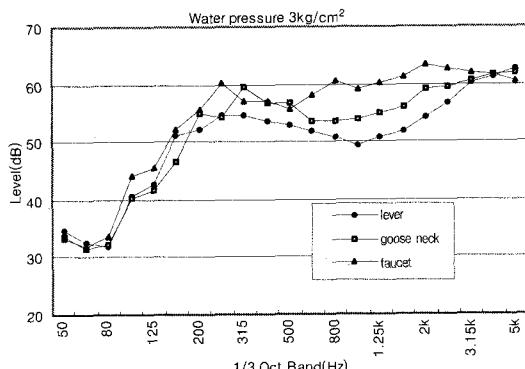


Fig. 14 Faucet delivering noise ($3 \text{ kg}/\text{cm}^2$)

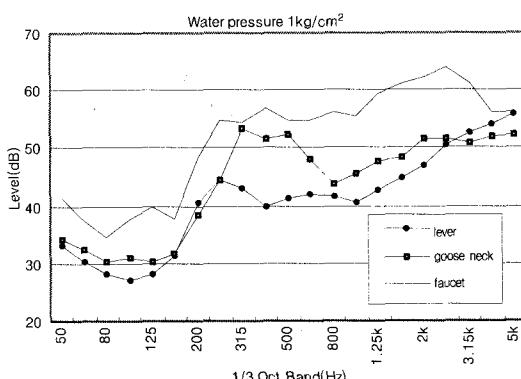


Fig. 12 Faucet delivering noise ($1 \text{ kg}/\text{cm}^2$)

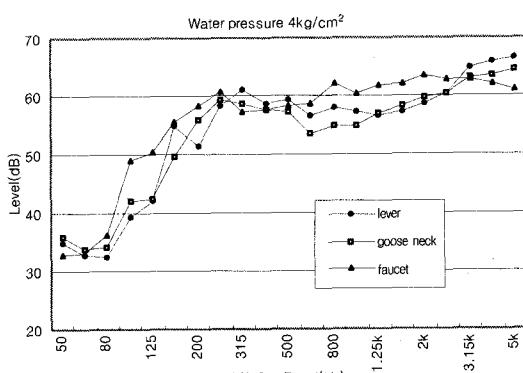


Fig. 15 Faucet delivering noise ($4 \text{ kg}/\text{cm}^2$)

있어 소음조절 측면에서 보텍스식 변기가 더 유리하다는 것을 다시 한 번 확인할 수 있다.

3.4 세면기 급배수 소음특성

대변기와 달리 세면기는 급수와 배수가 명확히 구분되어 이루어진다. 이 급수와 배수에 따른 소음특성을 파악하기 위해 레버식 수전이 설치된 세면기의 급수 및 배수소음을 측정하여 분석한 결과는 Fig. 11과 같다.

세면기 급수소음은 수전으로 분사되면서 발생되는 소음과 세면대와 충돌하면서 나는 소음 그리고 수면에 부딪히는 소음 등으로 중고음역에서 40 dB 이상의 높은 소음레벨을 보이고 있다. 이에 반해 세면기 배수 소음은 배수 말기의 와류음으로 인해 저음역의 소음이 60 dB 정도의 높은 레벨을 보이고 있으며, 고주파수에서는 낮은 레벨 분포를 보여 급수소음과는 다른 소음 특성을 지니고 있음을 알 수 있다. 한편 레버의 토수량 조절을 최대와 최소로 급수한 급수소음은 거의 차이가 나지 않아, 레버식 수전의 경우 토수량 변화는 급수소음에 크게 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

3.5 급수압에 따른 세면기 급수음 특성

급수압에 따른 각 세면기 수전에 대한 급수소음 특성을 분석한 결과는 Figs. 12~15와 같다.

세가지 수전 중 원터치 수전에 의한 급수음은 대체로 가장 낮은 레벨을 보이고 있는 반면, 재래식의 세로꼭지형이 가장 높은 레벨로 나타나, 레버식 방식과 레버식 지팡이형 수전이 세로꼭지형에 비해서 소음 저감이 더 유리한 것으로 나타나고 있다.

또한 수압이 가장 낮은 1 kg/cm^2 시에 전체 대역에서 차이를 보이는 세가지 수전의 소음레벨은 수압이 상승함에 따라 그 차이도 현저히 줄어들어, 4 kg/cm^2 시에는 유사한 소음 특성을 지닌 것으로 나타나 이 이상의 과도한 급수압력에서는 수전별 차이가 거의 나타나지 않을 것으로 예상된다.

한편 수전별 급수압력 변화에 대한 소음특성을 분석한 결과는 Figs. 16~18과 같다.

급수압력이 높아짐에 따라 세가지 타입의 세면기 급수음은 50 Hz부터 250 Hz 대역까지는 급격한 레벨의 상승을, 그 이후에는 약간 저하하면서 레벨이 증가하는 패턴을 유지하면서 전체 대역별 레벨도 높

아지는 양상을 보이고 있다.

그러나, 1 kg/cm^2 에서 4 kg/cm^2 까지 급수압 변화에 대한 레벨의 변동폭은 재래식인 세로꼭지형이 가장 크게 나타나고 있으며, 레버식 수전이 가장 크게 변화되고 있어, 급수압 변화에 따른 소음저감효과는 구형의 세로꼭지형보다 레버식과 레버식 지팡이형이 더 유리하다고 할 수 있다.

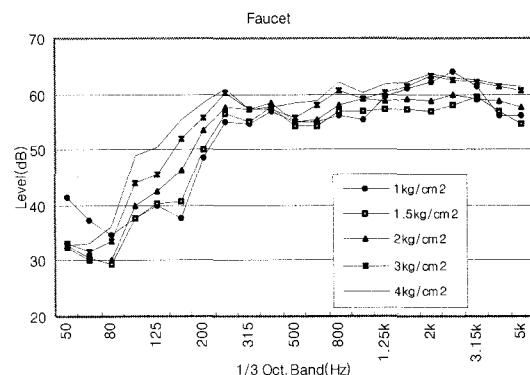


Fig. 16 Delivering noise of conventional faucet

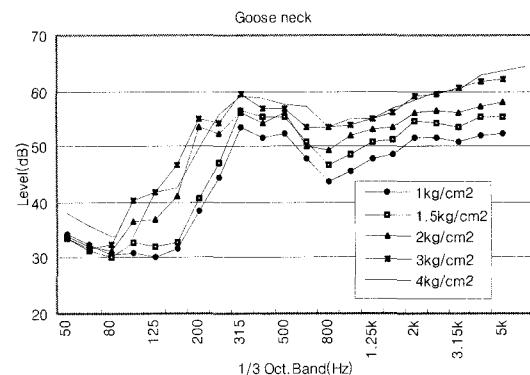


Fig. 17 Delivering noise of goose neck

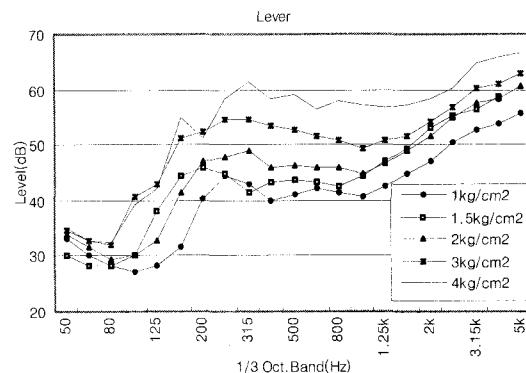


Fig. 18 delivering noise of lever faucet

Table 2 Noise rating of closets

Water pressure (kg/cm ²)	C-407			C-950			C-605			C-551		
	dB(A)	N	NC									
4.0	60.9	N-60	NC-55	60.0	N-60	NC-55	55.9	N-55	NC-50	59.4	N-60	NC-55
3.0	58.6	N-55	NC-55	55.0	N-55	NC-50	51.8	N-50	NC-45	55.2	N-55	NC-50
2.0	57.3	N-50	NC-50	50.5	N-50	NC-45	47.8	N-45	NC-40	52.9	N-50	NC-45
1.5	55.9	N-45	NC-40	46.9	N-45	NC-45	43.7	N-40	NC-40	48.6	N-45	NC-45
1.0	47.2	N-45	NC-45	45.2	N-45	NC-40	42.0	N-40	NC-35	46.1	N-45	NC-40
Water supplying and draining	66.3	N-65	NC-60	62.8	N-60	NC-60	60.5	N-60	NC-55	62.7	N-60	NC-55
Draining	69.93	N-65	NC-65	67.4	N-65	NC-60	63.9	N-60	NC-60	66.2	N-65	NC-60

4. 급수압에 따른 대변기와 세면기의 급배수 소음 평가

국내에서는 아직 급배수 설비소음 평가방법에 대한 규격이 아직 까지 제정되지 않은 반면에, 일본을 비롯한 구미 여러 나라에서는 N, NC, dB(A)의 평가척도로 급배수 설비 소음을 평가하고 있다. 따라서 이 장에서는 앞장의 분석결과를 바탕으로, 급배수 설비 소음을 평가하고 그 수준을 가늠하고자 한다.

Table 2는 급수압에 따른 대변기 급수소음과 급배수 소음을 평가한 결과이다.

급수소음의 경우에는 각각 42 dB(A)~60.9 dB(A), N-40~N-60, 그리고 NC-40~NC-55로 청감상 조용함에서 약간 시끄러움에 해당되는 범위로 평가할 수 있다⁽¹⁰⁾. 이 측정값은 음원실내에서의 측정치 실간 차음 또는 바닥의 차음성능을 고려한다면 적하세대에서는 훨씬 더 낮아질 것으로 예상된다.

또한 변기 급배수 및 배수소음의 경우에도 앞장의 분석 결과처럼, 급수소음보다 높게 평가되고 있으며, 배수소음쪽이 3~4 dB(A) 더 높게 나타나고 있으나, N값과 NC값으로는 같거나 5정도 높은 것으로 평가할 수 있다.

4개 변기 종류별 소음평가에서는 보텍스 변기인 C-605의 평가치와 탱크 일체형 사이펀 변기의 평가치가 밀결형 사이펀 변기의 평가치보다 낮게 나타나 급수압별 변기소음 특성의 순위와 같은 결과를 보이고 있다.

한편 세면기 수전에 대한 급수소음도를 평가한 결과는 Table 3과 같다.

세면기 급수소음은 각각 60 dB(A)~73 dB(A),

Table 3 Noise rating of faucet

Lever faucet		
Water pressure kg/cm ²	dB(A)	N
4.0	71.7	N-65
3.0	66.9	N-65
2.0	64.1	N-60
1.5	61.9	N-60
1.0	59.5	N-55
Conventional faucet		
Water pressure kg/cm ²	dB(A)	N
4.0	72.4	N-65
3.0	71.7	N-65
2.0	69.2	N-60
1.5	67.8	N-60
1.0	70.6	N-65
Goose neck		
Water pressure kg/cm ²	dB(A)	N
4.0	70.5	N-65
3.0	68.9	N-65
2.0	65.5	N-60
1.5	63.7	N-55
1.0	60.7	N-55

N-55~N-65, 그리고 NC-50~NC-65로 시끄러움과 매우 시끄러움의 범위로 평가할 수 있으며 대변기 소음보다 높게 나타나고 있다. 또한 3장의 분석 결과와 유사하게 소음평가치도 재래식 세로꼭지형 수전에 비해 레버식과 레버식 지팡이형 수전이 더 낮게 평가되고 있다.

5. 결 론

공동주택 욕실 급배수 설비소음 평가방법에 제정을 위한 기초적인 연구의 일환으로서 공동주택 욕실의 대변기 4종류와 세면기 수전 3종류에 대해 급수압에 따른 이들 기기의 급배수 소음의 특성을 분석하고 평가를 통해 그 소음수준을 파악한 결과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 급수압 증가에 따라 변기 급수소음은 전체 레벨이 증가되면서 공기전달음과 관계된 중고음역 대역의 소음레벨이 현저히 증가되는 특성을 나타내고 있으며, 급배수 소음 특성을 분석한 결과 급수소음 특성과 배수 소음 특성이 어우러져 저음역대에는 와류 형성으로 인한 배수소음레벨이 그리고 중고음역대에는 급수소음 레벨이 높게 나타남을 알 수 있었다.

또한 4가지 변기중 탱크 일체형 보텍스 변기가 소음저감 측면에서 유리한 것으로 분석되었다.

(2) 세면기 급수소음은 급수압 상승에 따라 세면기 급수음은 50 Hz부터 250 Hz 대역까지는 급격한 레벨의 상승을, 그 이후에는 약간 저하하면서 레벨이 증가하는 패턴을 유지하면서 전체 대역별 레벨도 증가됨을 알 수 있었다.

또한 급수압 변동에 따른 세면기 급수소음 저감 효과는 재래식의 세로꼭지형에 비해 래버형과 래버식 지팡이형이 더 효과적임을 확인할 수 있었다.

(3) 대변기 급수 및 급배수 소음의 평가결과, 급수소음은 42 dB(A) ~ 60.9 dB(A), N-40~N-60, 그리고 NC-40~NC-55의 범위로 평가할 수 있었다.

또한 급배수 및 배수소음은, 급수소음보다 높게 평가되었으며 특히 배수소음이 3~4 dB(A) 더 높게, N값과 NC값으로는 같거나 5 정도 높게 나타났다.

(4) 세면기 급수소음의 평가결과, 60 dB(A) ~ 73 dB(A), N-55~N-65, 그리고 NC-50~NC-65의 범위의 소음으로 평가할 수 있으며, 소음평가치의 비교에서도 래버식과 래버식 지팡이형이 더 유리함을 확인 할 수 있었다.

이상의 결과는 공동주택 급배수 설비소음 중 대변기와 수전에 대한 급수압력 변화에 대한 그 소음특성을 파악한 것으로 국내 실정에 적합한 평가방법과

기준을 제정하기 위해서는 이 연구결과를 바탕으로 더욱더 정량적인 실태자료의 축적과 급배수 설비소음에 대한 주관 반응조사를 토대로 심도 깊은 연구가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

후 기

이 논문은 교육인적자원부 지방연구중심대학 육성사업 Biohousing 사업단의 지원에 의한 연구결과임.

참 고 문 헌

- (1) Lee, T.-G., et. al., 2006, "An Experimental Study on the Rating of Noise Emission from Water Supply and Drain Installations in Apartment Bathroom", Proceedings of the KSNVE Annual Autumn Conference.
- (2) Kim, H., et. al., 2006, "A Study on the Noise Emission from Water Supply and Drain Installations of Apartment Bathroom", Proceedings of the KSNVE Annual Autumn Conference.
- (3) KATS, 2005, Standardization for Building acoustics VI, Korean Agency for Technology and Standards.
- (4) Park, M.-S., et. al., 2003, "Draining and Flushing Noise of Toilet Stool", The Magazine of the Society of Air Conditoning and Refrigerating Engineer of Korea, Vol. 32, No. 10, pp. 17~21.
- (5) Baek, E.-S., 2002, An Experimental Study on the Noise Reduction for Apartment Bathroom Plumbing, Chonnam National University Graduate School of Engineering and Technology, Master Degree Thesis.
- (6) Jung, K.-Y., 1993, "A Study on the Reduction of Bathroom Plumbing System Noise in Apartment House", Chonnam National University Graduate School, Master Degree Thesis.
- (7) Cho, C.-G., et. al, 1993, "Reduction of Emited Noise from Plumbing Equipment by Variation of Plumbing System in Apartment Houses", Journal of the Architectural Institute of Korea, Vol. 9. No. 2, pp. 143~150.

(8) 日本建築學會, 建築物の遮音性能基準と設契指針
第二版, 技報堂出版.

(9) 建築技術, 住まといの音環境の實務的設計術, 建築
技術, 2001.3

(10) David, A. B. and Colin, H. H., 1998,
"Engineering Noise Control", Department of
Mechanical Engineering, University of Adelaide, pp.
88~89.

부록

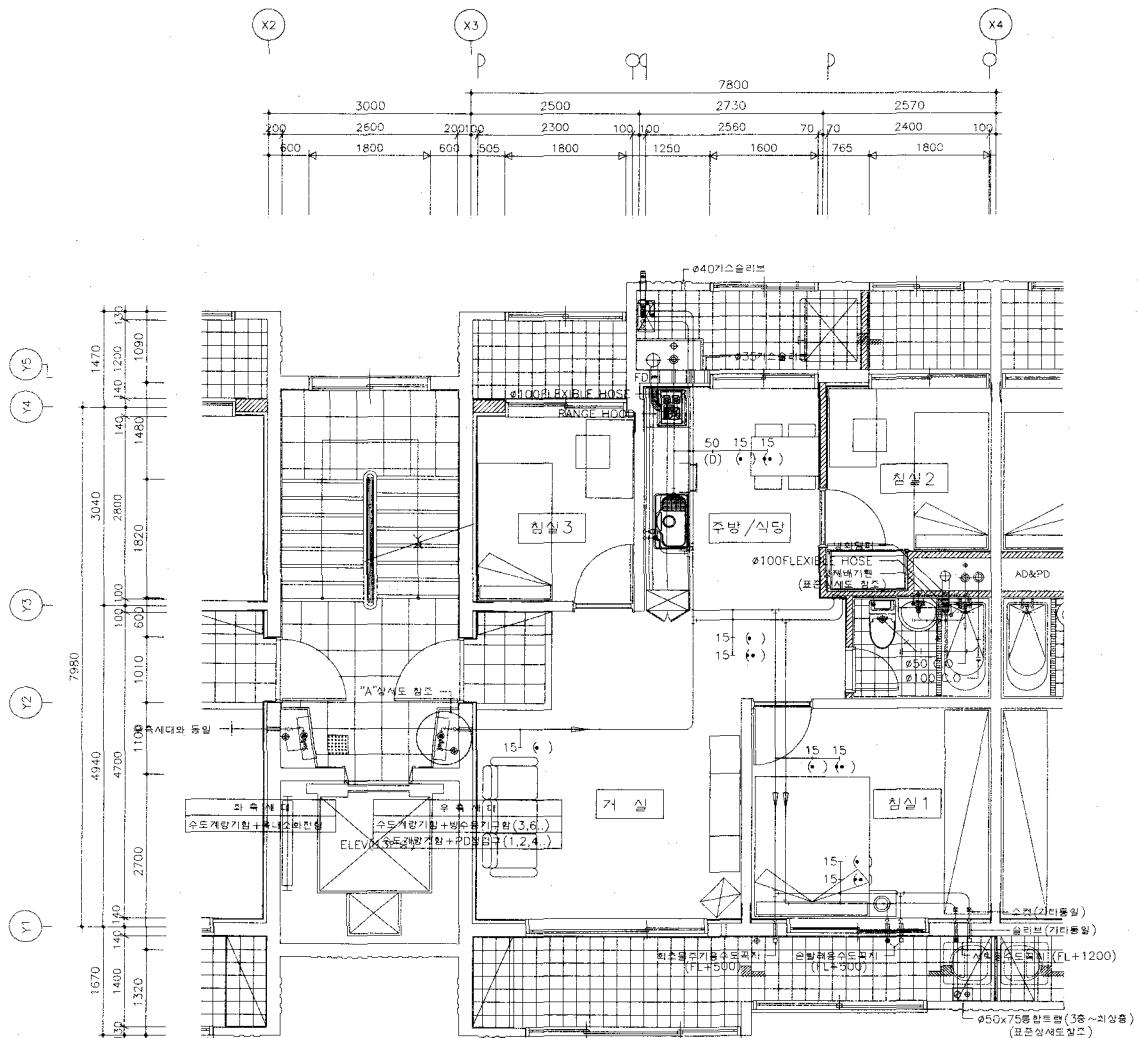


Fig. 1 Unit plan and piping diagram