

공동주택 욕실 급배수설비 소음특성

- 급수압 및 사용수량을 중심으로 -

○ 정 광용*, 이 태강**, 김 선우***

(Characteristics of Bathroom Plumbing System Noise in Apartment House)

(Kwang-Yong Jung, Tai-Kang Lee, Sun-Woo Kim)

1. 서론

공동주택 욕실의 급배수 설비기에서 발생하는 소음은, 채택된 설비기기류 제품자체의 특성과 배관의 특성에 따라 다양하게 나타나고 있다. 또한 동일한 현장에서도 각 층별로 또 사용자의 기기류 사용양태 별로 그 피해정도가 다르게 나타난다.

이는 각 시공현장마다 기기류의 사용제품이 다른 점과, 주택의 층수와 급수방식 그리고 배관방식에 따라 급수압이 변화하는 점, 급수지관의 관경 등의 요인들과 관련하여 급수기기의 토출량이 변화되는 데 원인이 있다. 또한 기기 사용시 사용자들의 수전 개폐 정도와도 관련된다.

따라서 욕실 급배수설비소음의 제어를 위해서는, 이러한 다양한 조건들을 고려한 소음원에 대한 철저한 분석이 필요하다고 하겠고, 이러한 특성에 대한 충분한 파악이 이루어진다면, 설계·시공 단계와 기기의 생산단계에서 미리 소음의 발생을 예측하고 방지대책을 마련할 수 있게 될 것이다.

이에 본 연구에서는 공동주택의 욕실에 설비되어 있는 기기들을 대상으로, 급수압, 토수량, 배수량 등의 작동조건을 변화시켜가며 그에 따른 발생소음의 특성을 분석·평가하여, 급배수설비소음대책 마련을 위한 기초적인 자료를 제시해보고자 한다.

2. 실험방법 및 내용

2.1 측정대상구조 및 내역

현장실험실은 시공완료 후 미입주 상태에 있는 정상사용이 가능한 공동주택에 설치하였으며, 전체 층수 15층 중 3층에 위치한 세대의 욕실로 하였다. 실험실이 설치된 세대의 평면내역은 그림 1.과 같다.

2.2 측정방법 및 측정기기 구성

실내에서의 급배수설비소음 측정방법에 관한 국내의 규정은 아직 마련되지 못하고 있는 실정이며, JIS A 1424 (Japanese Industrial Standard)-급수기구 발생소음의 실험실 측정방법-와 일본건축학회에서 권장규준인 '건축물 현장

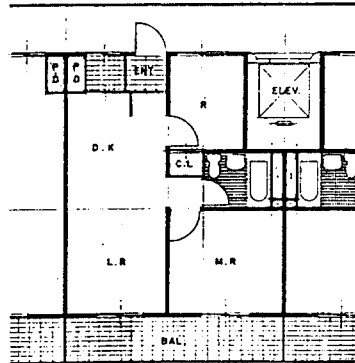


그림 1. 현장실험실 평면내역

에서의 실내소음 측정방법' 및 ISO 3822/ I (International Standard Organization)에 준거하여 실험을 실시하였다.

현장실험실은 실제거주시와 동일하게 정상사용이 가능한 상태로 하였고, 배경소음의 영향을 배제하기 위해 밤 9시 이후 야간에 실내 모든 개구부를 밀폐시킨 후 측정하였다.

먼저 각 기기의 작동시 발생소음의 측정은, 급수 및 배수 밸브를 완전개방하여 발생소음이 최대인 상태로 하였다.

급수압 변화에 따른 소음특성은, 최상층인 15층에서 1층까지 두 개층 간격으로 홀수층마다 급수압을 측정하고, 발생소음 측정대상 음원으로는 급수시 기구 자체의 소음레벨이 큰 좌변기의로우탱크급수음으로 하였다.

또한 급수시 토수량 변화에 따른 발생소음은, 세면기의 경우 급수밸브를 조절하여 급수토수량을 변화시키면서 측정하였고, 좌변기의 경우는 로우탱크 급수밸브를 조절하여 토수량을 변화시켰다.

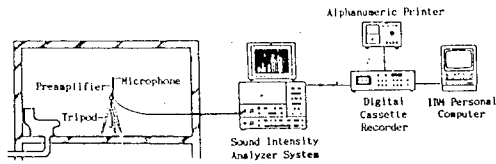
측정에 사용된 기기는 Sound Intensity Analyzer System(B & K Type 3360) 이용하여 각 음원당 일정시간 동안, 5회 이상 측정하여 각 주파수별 레벨의 Maximum값을 취하고 이들 중 유효값을 평균하여 분석하였다. 측정량은 각 항목 공히 50-5000 Hz 주파수 범위에서 1/3 Octave Band 음압레벨을 측정하였으며, 전대역 소음레벨도 dB(A)값으로 측정하였다. 또한 수음실의 Microphon은 벽 또는 바닥 반사음의 영향을 피하기 위해, 바닥으로 부터 1.2M 높이에 위치시키고 벽이나 기타 장애물로 부터는 1.5M 이상 이격시켜 설치하였다.

* 전남대학교 대학원, 건축학과

** 목포대학교 시간강사

*** 전남대학교 교수, 건축학과

사용된 측정기기의 배열 및 구성과 기기의 내역은 그림 2.와 같다.



- Sound Intensity Analyzer System (B & K Type 3360)
- Digital Cassette Recorder (B & K Type 7400)
- Alphanumeric Printer (B & K Type 2312)
- Microphone 및 Preamplifier (B & K Type 4134)
- Tripod 및 Door Screen
- IBM Personal Computer

그림 2. 측정기기 구성 및 배치도

3. 결과 분석 및 고찰

각 항목 별 실험에서 얻어진 결과에 대한 분석은 1/3 Octave Band와 Octave Band 중심주파수 별 Spectrum으로 하였고, 그에 대한 평가는, 국내 기준이 아직 정립되어 있지 않기 때문에, 우리와 실정이 비슷하다고 판단되는 일본의 N 값과 인간의 청감과의 대응이 좋은 dB(A)값을 이용하였다.

3.1 각 기기류의 소음특성

국내 공동주택의 욕실에 설치된 기기류의 소음특성을 파악하기 위해 실시된 실험에서, 소음이 발생하는 욕실을 음원실 및 수음실로 하여 측정된 결과는 다음과 같다.

가. 급수음의 소음특성

급수음의 측정은 좌변기, 세면기, 욕조를 대상으로 실시하였으며, 측정당시의 급수압은 4.2 Kg/cm² 이었고 급수밸브는 완전개방상태로 하였다. 좌변기의 급수음은 급수가 시작되어 로우탱크가 만수될 때까지의 발생음을 측정하였고, 욕조는 급수초기 욕조표면에 용수가 낙하하여 발생하는 소음과 저수의 수면에 부딪히는 소음을 연속적으로 측정하였으며, 세면기 역시 초기의 표면 마찰음과 수면 낙하음을 세면대가 만수될 때까지 측정하였다.

각각에 대한 급수소음의 측정결과를 N곡선에 대비시켜 비교한 결과는 그림 3.과 같다.

급수소음은 전반적으로 1KHz 이상 고음역에서 높은 레벨을 보이고 있고, 전대역에서의 레벨은 70.08~83.36 dB(A)로 분포하고 있다. 또한 N곡선에 대비한 값은 70 ~ 85까지를 보이고 있으며 2KHz와 4KHz 대역에서 결정되고 있다.

급수소음중 가장 높은 레벨을 보이고 있는 기기는 욕조의 급수음으로 욕조와 물의 표면에 낙하되며 발생하는 고음성분의 소음에 기인하는 것으로 판단된다.

변기급수음의 경우는, 급수 초기에 급수관으로부터 low

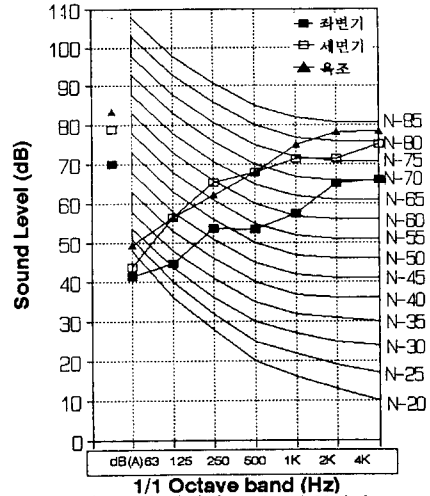


그림 3. 각 기기의 급수소음특성비교

tank로 분사되는 소음과 말기에 탱크내 급수장치에서 플루트밸브가 차단되면서 발생하는 고음역성분의 높은 소음이 전체적인 레벨을 지배하고 있다.

따라서 급수소음의 경우, 진동전반이 우려되는 저음역보다는 공기전송에 의한 고음역성분의 소음이 주로 문제가 되고 있는 것으로 보인다.

나. 배수음의 소음특성

배수음 역시 세가지 기구에 대하여 측정하였으며, 좌변기의 배수음은 로우탱크가 만수된 상태에서 급수밸브를 차단하고 배수를 시작하여 순수한 배수음만을 측정하였고, 욕조와 세면기는 저수된 물이 배수되는 과정에서 발생하는 소음을 측정하였다.

각각에 대한 배수소음의 측정결과를 N곡선에 대비시켜 비교한 결과는 그림 4.와 같다.

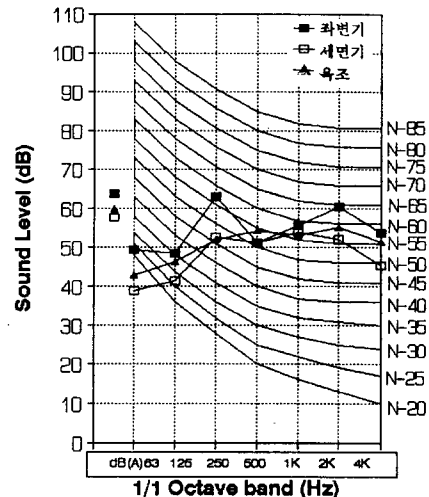


그림 4. 각 기기의 배수소음특성 비교

배수소음의 경우는 전대역에 걸쳐 비교적 평탄한 레벨특성을 보이고 있으며, 급수소음에 비해 고음역의 레벨지배가 상대적으로 낮아져 있음을 알 수 있다. 전대역에서의 레벨은 57.77~ 63.96 dB(A)로 분포되어 있고, N곡선에 대비한 값은 55 ~ 65까지를 보이고 있으며 1KHz와 2KHz 대역에서 결정되고 있다.

좌변기의 경우, 250 Hz 대역에서 높은 레벨을 보이고 있는 것은 배수초기에 다량의 물이 배수되면서 와류를 형성하여 기기를 진동시키는데서 기인하는 것으로 판단되며, 배수 말기에 기기관내의 동공현상 형성으로 발생된 고음의 와류음이 2KHz 대역에서 높은 레벨의 소음을 발생시키고 있다.

따라서 배수소음의 경우는, 중·저음역 소음의 진동전반이 상대적으로 문제시될 것으로 보인다.

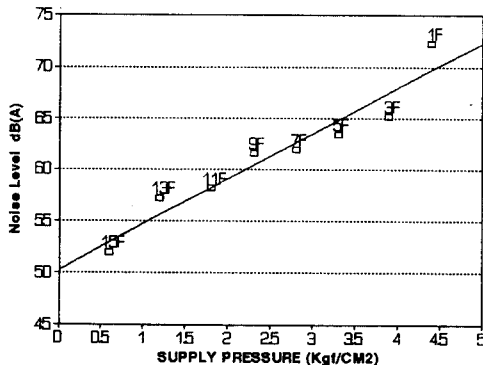
3.2 급수압 변화에 따른 소음특성

급수압의 변화에 따른 소음특성의 변화를 고찰하기 위해 최상층인 15층에서부터 두 개 층 간격으로 최하층인 1층까지의 급수압을 측정하고 각각의 발생소음을 측정하였으며, 급수압 변화에 따른 영향을 비교하기에 가장 적합한 음원으로 좌변기 로우탱크 급수소음을 선정하여 측정하였다.

층별 급수압과 그에 따른 소음레벨의 dB(A)값을 비교한 것은 표 1.과 같고, 급수압과 소음레벨의 상관관계를 분석한 것은 그림 5.와 같고, 급수압의 상승에 따른 소음레벨 변화량의 상관은 그림 6.과 같다.

표 1. 각 층별 급수압과 소음레벨

대상 층	15층	13층	11층	9층	7층	5층	3층	1층
급수압 (Kgf/cm ²)	0.6	1.2	1.8	2.3	2.8	3.3	3.8	4.4
소음레벨 dB(A)	51.9	57.2	58.2	61.5	61.9	63.4	65.2	72.3



$$y = 4.405x + 50.28 \quad R^2 = 0.923 \quad S.E.(y) = 1.802$$

그림 5. 급수압과 좌변기 급수소음레벨의 상관관계

최상층이며 급수압이 가장 낮은 15층과 가장 급수압이 높은 1층의 수압차는 3.8 Kgf/cm² 정도를 보이고 있고, 소

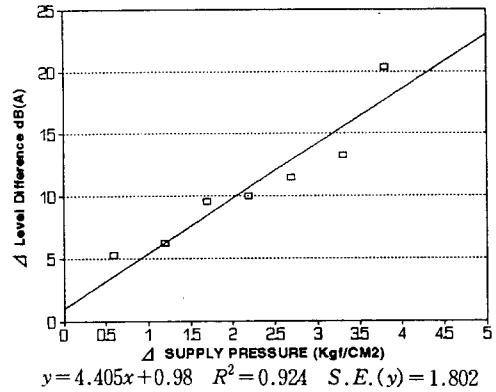


그림 6. 급수압의 변화와 소음레벨 상승량의 상관관계

음레벨은 20.4 dB(A)로서 큰 차이를 보이고 있다. 층간 급수압의 차이는 두 개층당 0.5~0.6 Kgf/cm² 정도이고, 그에 따른 소음레벨은 1 Kgf/cm² 변화에 대해 4.4 dB(A) 정도의 기울기로 상승하고 있음을 알 수 있다. 또한 급수압이 3.5 ~ 4 Kgf/cm²를 넘어서는 부분에서 소음레벨이 급격히 상승하고 있음을 보여주고 있다.

이와같이 급수소음은 급수압의 변화에 매우 민감하게 관계되어 있고, 급수소음의 제어를 위해서는 수압의 조절이 반드시 고려되어야 한다고 할 수 있다. 따라서 급수소음의 저감을 위해서 높은 수압이 작용하는 고층 공동주택의 저층부에는 층별 Zoning이나 감압밸브의 설치에 의한 급수압의 저감이 요구된다고 하겠다.

3.3 토수량 변화에 따른 소음특성

욕실 급수설비기기의 급수구에서 토출되는 용수의 단위 시간당 체적속도에 따라 발생소음이 어떠한 영향을 받는지 를 파악하기 위해, 좌변기와 세면기를 대상으로 하여 급수구의 토수량과 급수소음 발생레벨의 관계를 측정하였다. 측정시 당해욕실에서의 급수압은 40 Kgf/cm²이었다.

가. 좌변기 급수소음

좌변기 로우탱크의 급수밸브를 조절하여 시간당 급수량의 변화에 따른 발생소음을 측정하였다. 급수밸브를 완전개방한 상태의 토출속도는 19.63 l/min이었으며, 각각의 토수량에 따른 소음측정 결과는 그림 7.과 같고 분당 토수량과 dB(A)값과의 상관은 그림 8.과 같다.

좌변기급수소음의 발생레벨은, 토수량의 증가에 따라 작은 폭으로 상승하고 있고, 전대역 주파수 스펙트럼의 형상은 변화하지 않은 채 레벨변화만을 보이고 있다. 토수량 1l/min 변화에 대해 0.5 dB(A) 정도의 레벨이 변화하고 있고, 토수량을 극단적으로 3.65 l/min로 감소시킨 경우에도 소음레벨은 63.08 dB(A)의 값을 보이고 있다. 이는 로우탱크 급수시 내부장치에서 발생하는 소음이 잔존하고 있기 때문으로 판단된다. 그러한 이유로 좌변기급수소음의 경우, 토

수량의 조절에 의한 소음제어효과는 한정된 범위에서 이루어질 수 있을 것으로 보인다.

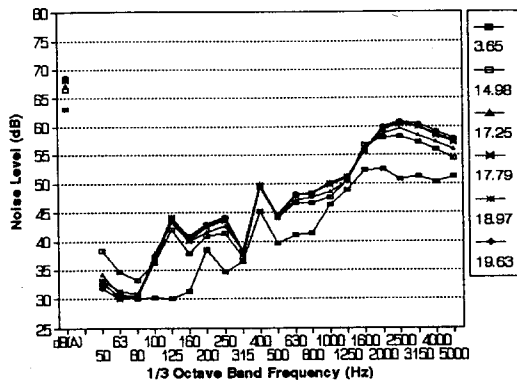


그림 7. 토수량 변화에 따른 좌변기 급수소음특성 비교

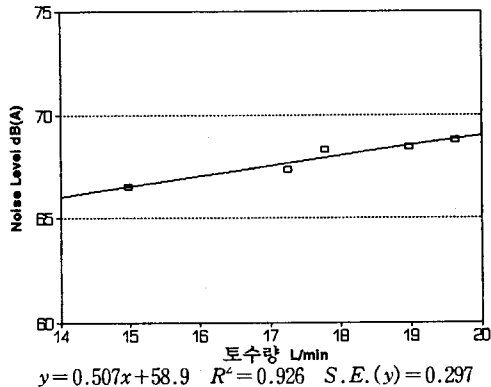


그림 8. 토수량의 변화와 소음레벨과의 상관관계

나. 세면기 급수음

세면기의 사용시 급수밸브의 개폐정도에 따라 변화하는 사용수량에 따른 발생소음의 특성을 측정하였다. 세면기의 토수량은 완전개방시 32.72 l/min이었으며, 급수밸브를 단계적으로 조작하여 토수량을 조절하였다. 그에 따른 발생소음의 측정결과는 그림 9.와 같고, 토수량과 dB(A)소음레벨과의 상관은 그림 10.과 같다.

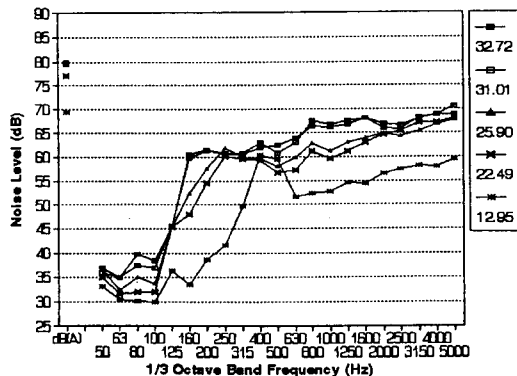
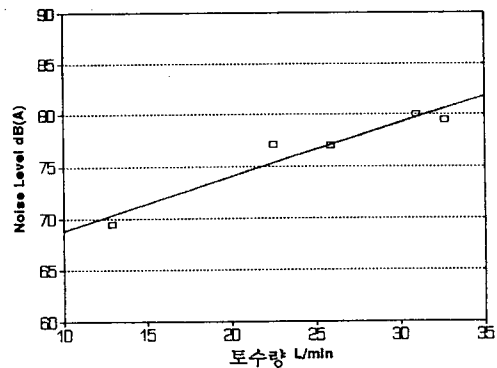


그림 9. 토수량변화에 따른 세면기 급수소음특성 비교



$$y = 0.516x + 63.68 \quad R^2 = 0.925 \quad S.E.(y) = 1.334$$

그림 10. 토수량의 변화와 소음레벨과의 상관관계

토수량의 증감에 따른 세면기 급수소음의 변화는 전대역에서 소폭으로 이루어지고 있으며, 전체적인 주파수 스펙트럼의 형상은 변화하지 않고 그대로 유지되고 있음을 볼 수 있다. 전대역에서의 dB(A)값의 변화는 1 l/min의 토수량증가에 대해 약 0.5 dB(A)의 레벨상승을 보이고 있어서 좌변기와 마찬가지로 그다지 큰 폭의 변동은 보이지 않고 있다.

3.4 사용수량에 따른 좌변기 급배수소음의 특성

좌변기에서 발생하는 소음은 두가지로 분리하여 생각할 수 있다. 급수압의 영향을 받으며 고음역 성분을 많이 가지는 로우탱크 급수음과, 외류형성에 의해 높은 레벨의 중·저음역 성분을 가지며 욕실기 중 가장 높은 배수소음레벨을 갖는 배수음이다. 앞선 측정에서는 이러한 급수소음과 배수소음을 분리하여 측정하고 평가하였으나, 실제 사용에 있어서는 급수음과 배수음이 거의 동시에 연속적으로 발생하는 것이 보통이다. 따라서 급배수가 연속적으로 이루어지는 상황에서의 주된 소음원이 어느 것인지 또 두 소음의 순위가 바뀌게 되는 조건은 어떠한가를 파악해보는 것이 좌변기소음의 제어를 위해 필요하다고 할 것이다.

여기에서는 급배수가 동시에 이루어질 때의 소음을 시간당 급수량을 달리하면서 측정하여, 분리된 배수소음과 비교하여 보았다. 측정시의 급수압은 4.0 Kg/cm²이었고, 측정결과는 그림 11. 및 그림 12.와 같다.

그림 11.에서 좌변기 로우탱크 급수밸브의 토수량을 다양하게 변화시키면서, 그때 마다의 급배수소음을 측정한 결과는 토수량에 관계없이 거의 동일하게 측정되고 있다. 또한 그림 13.의 좌변기 배수음만의 소음측정결과도 급배수소음과 동일하게 나타나고 있다. 이는 4.0 Kg/cm²의 급수압하에서 19.63 l/min 이하의 토수량으로 급수되는 좌변기는 배수음에 의해 전체 소음이 지배된다는 것을 보여주고 있다.

그러나 3.2절에서 보았듯이 급수소음은 급수압이 증가함에 따라 높아지므로, 측정조건인 4.0 Kg/cm² 보다 높은 급수압에서는 이러한 배수소음의 지배가 급수소음의 지배로 바뀌질 수 있다. 또한 그림 5.의 상관식 $y = 4.405x + 50.28$

에 측정된 배수음 레벨 69.41 dB(A)을 대입하여 얻어지는 급수압 4.3 Kgf/cm² 이하의 조건에서는, 항상 배수음이 급배수소음을 지배한다고 말할 수 있다.

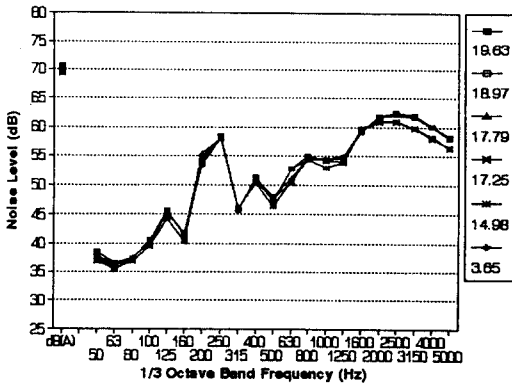


그림 11. 토수량변화에 따른 좌변기 급배수소음 비교

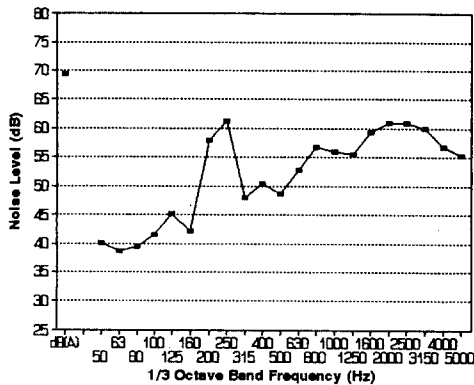


그림 12. 좌변기 배수소음

4. 결론

이상의 실험결과를 통해 얻을 수 있었던 결론은 다음과 같이 정리해볼 수 있다.

1. 급수소음은 전반적으로 1KHz 이상 고음역에서 높은 레벨을 보이고 있고, 배수소음의 경우는 전대역에 걸쳐 비교적 평탄한 레벨특성을 보이고 있다. 따라서 급수소음의 경우 공기전송에 의한 고음역성분의 소음이, 배수소음의 경우는, 중·저음역 소음의 진동전반이 문제시 될 것으로 보인다.

2. 급수압에 따른 급수기기의 소음레벨 측정에서는, 현장실험실이 있는 15층 공동주택의 경우 최상층과 1층의 수압차가 3.8 Kgf/cm²이고, 소음레벨도 20.4 dB(A)로 큰 차이를 나타냈다. 그에 따른 소음레벨은 1 Kgf/cm² 변화에 대해 4.4 dB(A) 정도의 비율로 상승하고 있었다. 또한 급수압이 3.5~4 Kgf/cm²를 넘어서는 부분에서 소음레벨이 급격히 상승하는 특성을 보였다.

이와같이 급수소음은 급수압의 변화에 매우 민감하므로, 급수소음의 저감을 위해서는 높은 수압이 작용하는 고층 공동주택의 저층부에 층별 Zoning이나 감압밸브의 설치에 의한 급수압의 저감이 요구된다고 하겠다.

3. 토수량의 변화에 따른 좌변기와 세면기의 급수소음 발생레벨은, 전대역에서 소폭으로 이루어졌고, 토수량 1 l/min 증가에 대해 0.5 dB(A) 정도의 레벨이 상승하였다.

4. 좌변기 급배수소음은, 4.0 Kgf/cm²이하의 급수압과 19.63 l/min 이하의 토수량으로 급수되는 경우, 배수음에 의해 전체 소음이 지배되고 있었고, 4.3 Kgf/cm²이상의 급수압에서는 급수소음에 의해 지배될 것으로 사료된다.

이상에서 살펴본 공동주택 욕실 급배수설비기기의 소음 특성은 한정된 현장에서의 측정결과라는 한계를 가지고 있다. 광범위한 현장에 대한 조사연구를 통해 본 연구의 결과를 검증하고, 그밖의 다른 변수들에 대한 연구가 수반된다면 보다 실질적인 자료로서의 적용이 가능하다고 사료된다.

참고문헌

- 1) 大韓住宅公社 : 共同住宅 内部騒音基準設定 研究 (II)-給排水設備騒音 및 室間 遮音性能 基準-, 大韓住宅公社, 1991.12
- 2) 럭키開發株式會社, 大韓住宅公社 : 共同住宅 内部騒音 低減方案에 關한 研究, 1989.9.
- 3) 大川平一郎 : 住宅の防音と調音のすべて, 建築技術, 1988.12.
- 4) 日本建築學會 : 建物の遮音性能基準と設計指針, 技報堂, 1979.
- 5) 木村 翔 : "給排水設備の騒音(給排水設備騒音制御防のための音施工效果 測定 結果に關聯して), 建築技術, 1972.3.
- 6) 大川平一郎, 千野 弘 : "給排水騒音の測定法と低減方法の現状", 建築技術, 1978.12, pp.185-193.
- 7) 安綱正人 : "給水器具 發生騒音の 實驗室測定法", 日本音響學會誌, 1983.8
- 8) Derek J.Croome : Noise and the Design of Buildings and Services, Construction Press, 1982.
- 9) Alan Fry : Noise Control in Building Services, Pergamon Press, 1988.
- 10) JIS A 1424 給水器具發生騒音の實驗室測定方法, 1983
- 11) 建築學會勳獎 建築物の現場における室内騒音の測定方法