

화장실 소음 성능기준 설정방안 고찰

A Suggestion of Noise Standards for Water Supply and Drainage in Restroom

양 관 섭* · 신 혜 경* · 김 경 우†
Kwan-Seop Yang*, Hye-Kyung Shin* and Kyoung-Woo Kim†

(Received October 13, 2020 ; Revised December 7, 2020 ; Accepted January 7, 2021)

Key Words : Toilets(화장실), Water Supply and Drainage Noise(급배수소음), Performance Standards(성능기준), Specification Standard(시방기준), Subjective Response(주관적 반응), laboratory Assessment(실험실 평가)

ABSTRACT

This study aimed to suggest standards concerning apartment restroom noise, which is known to be the second most frequent noise complaint of residents, after floor-impact noise. To investigate the noise level, the restroom noise of 60 households has been measured from the restroom of the floor immediately below. The current standards are based on specification standards. However, to induce practical improvement, the standards need to be revised according to noise-level criteria. Based on the results of subjective response through laboratory assessment, a maximum noise level (L_{max}) of 40 dB(A) was analyzed to be an appropriate criterion for restroom noise. However, considering both the measurement results and the subjective response, it seems to be necessary to strengthen the criterion to $L_{max} \leq 45$ dB(A) and 40 dB(A) for the first and second stages, respectively.

1. 서 론

공동주택은 가용 국토면적의 협소로 인한 토지의 효율적 이용과 부족한 주택을 단기간에 보급할 수 있다는 주택공급의 용이성, 생활의 편이성, 재산증식 수단 등 여러 가지 이유로 1980년 이후 급속하게 증가하여 2019년에는 우리나라에 보급된 총 주택수 중 아파트가 차지하는 비율이 약 62%(연립과 다세대를 포함할 경우 약 77%)를 차지하고 있다⁽¹⁾. 이와 같이 공동주택은 도시나 농촌에 관계없이 하나의 주택유형으

로서 자리를 차지하고 있으나 공동주택이 지니고 있는 특성, 즉, 다수의 세대가 하나의 벽체와 바닥을 사이에 두고 생활하는 거주형태로 인해 이웃 간에 불화가 발생하고 있으며, 그 중에서 대표적인 것이 소음으로 인한 것이다.

이들 소음 중에서도 바닥충격음과 관련되는 아이들 뛰는 소리나 보행음에 대한 거주자의 불만이 가장 높은 것으로 조사되고 있고, 그 다음으로 바닥충격음과 같이 고체음의 일종인 화장실 급·배수소음이 불만소음원으로 조사되고 있다⁽²⁻⁴⁾.

그러나 바닥충격음 다음으로 거주자의 불만이 높은

† Corresponding Author ; Member, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, Research Fellow
E-mail : kwj@kict.re.kr

* Member, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, Senior Researcher

‡ Recommended by Editor Deuk Sung Kim

© The Korean Society for Noise and Vibration Engineering

것으로 알려진 화장실소음에 대한 기준은 공동주택 내 발생 소음 중 가장 낮은 2017년 1월에 제정되었으며⁽⁵⁾, 이미 대부분의 공동주택에서 채용되고 있는 감압밸브나 저소음형 배관을 사용하도록 규정하고 있을 뿐 실질적인 성능개선에는 다소 한계가 있을 것으로 판단된다. 그리고 신청에 의해 성능인정을 해주는 녹색건축인증제도에서의 화장실 급배수 소음기준은 해당 공동주택에 적용하고자 채택한 급배수 소음 저감공법별 부여된 점수를 합산하여 평가하는 방식을 사용하고 있다. 화장실 소음을 저감하기 위한 다양한 기술공법이 있음에도 불구하고^(6,7), 대부분 채택하는 저감공법이 소음저감 측면에서 검토되는 것이 아니라 적용 용이성이나 가격, 시공관례 등으로 결정되어 실질적인 성능 개선에 한계를 보이고 있는 것으로 판단된다.

따라서 이 연구에서는 공동주택 화장실 급배수 소음과 관련된 현행 기준을 분석하고, 현장측정과 주관적 반응 평가를 수행하여 공동주택 거주자가 좀 더 정돈한 환경에서 생활할 수 있는 제도적인 개선방안을 제시하는데 목적이 있다.

2. 화장실 급배수소음 기준 및 성능현황

2.1 급배수소음 기준 현황 및 개선점 고찰

(1) 급배수 소음 기준 현황

공동주택에 대한 화장실 급배수소음 기준은 규정 법령에 따라 2개로 나눌 수 있다. 그 중 하나는 「주택법」 제14조에 따라 사업계획 승인 대상인 공동주택이 반드시 지켜야 하는 기준이며, 다른 하나는 「녹색건축물 조성 지원법」 제16조 제4항에 따라 규정된 녹색건축인증기준으로서 인증 신청한 공동주택을 대상으로 평가할 때 사용하는 기준이다.

이와 같이 2개의 기준이 있으나 내용은 녹색건축인증기준이나 의무기준이 크게 다르지 않다. 다만 인정기준이 의무기준보다 소음발생 원별로 평가항목이 세분화되어 있다는 것이다. 다음 내용은 의무기준과 인정기준을 각각 나타낸 것이다.

• 의무기준

「주택건설기준 등에 관한 규정」 제43조(급·배수 시설) ② 주택의 화장실에 설치하는 급수·배수용 배관은 다음 각 호의 기준에 적합하여야 한다.

1. 급수용 배관에는 감압밸브 등 수압을 조절하는

장치를 설치하여 각 세대별 수압이 일정하게 유지되도록 할 것

2. 배수용 배관을 층하배관공법(배관을 바닥 슬래브 아래에 설치하여 아래층 세대 천장으로 노출시키는 공법을 말한다)으로 설치하는 경우에는 일반용 경질염화비닐관을 설치하는 경우보다 같은 측정조건에서 5 dB 이상 소음 차단성능이 있는 저소음형 배관을 사용할 것

• 임의기준

「녹색건축인증기준 운영세칙」 제8조(인증심사 세부기준) [별표 1] 신축 주거용 건축물 인증심사 세부기준(제8조 관련) “7.9 화장실 급배수소음”

녹색건축인증기준에서 화장실 급배수소음 등급은 Table 1에 있는 급배수소음 저감공법 중에서 인증신청 공동주택에 적용하고자 하는 저감공법 각각에 부여된 점수를 합산하여 Table 2에 따라 산출한다. 그리고 일부 공법이나 설비에 대해 소음저감 효과를 동일한 장소와 동일한 측정조건에서 비교시험을 하도록 규정한 이유는 관련 시험방법이 KS 규격 등에 마련되어 있지 않기 때문에 불가피하게 설정한 방법이다.

(2) 현행 화장실 소음기준의 한계 및 개선점

앞에서 설명한 바와 같이 우리나라 공동주택의 화장실과 관련된 소음기준은 주택법의 적용을 받는 주택이라면 반드시 지켜야 하는 법적 기준(의무기준)과 신청자에 한해 성능인정을 해주는 녹색건축인증기준(임의기준)으로 구성되어 있다.

이 법적 기준과 인증기준 모두 거주자의 요구성능을 고려하여 설정한 것이 아니고 화장실 소음을 줄일 수 있는 공법이나 설비, 자재 등 시방기준 개념으로 구성되어 있다. 그나마 녹색건축인증기준에서 규정하고 있는 화장실 소음기준은 소음발생원의 소음을 줄일 수 있는 공법 등이 대부분 모두 포함되어 있으나 법적 기준에서는 그 중에서도 급수소음(감압밸브)과 배수관 소음(저소음 배수관)에 대해서만 규정하고 있지만 엄밀히 따지면 이들 기준내용 중 소음저감 측면에서 감압밸브 설치 규정은 급수소음레벨과 직접 관련된 급수압력 수치가 구체적으로 설정되어 있지 않기 때문에 소음관련 규정이 아니라고 할 수 있다.

그리고 화장실 소음과 관련된 유일한 규정이라고 판단되는 저소음형 배수관 또한 이미 대부분의 아과

Table 1 Scoring scheme related to water supply and drainage noise in restroom

Application of restroom noise reduction methods and installations		Scores
Maintain the water supply pressure for each household below 0.245 MPa		2
Install low-noise toilet ¹⁾		2
Install wall-mounted toilet ²⁾		3
Apply 1 or 2 among vibration insulations on piping penetration of wall and floor, drain fixture of lower floor, and bathtub bottom, and insulation on the toilet bottom		1
Apply 3 or more among vibration insulations on piping penetration of wall and floor, drain fixture of lower floor, and bathtub bottom, and insulation on the toilet bottom		2
Difference of noise level between the low-noise drain pipe (including drainage method ³⁾ and the common rigid PVC pipe(VG2 of KS M 3404)	5 dB(A) ~ 10 dB(A)	1
	10 dB(A) ~ 15 dB(A)	2
	15 dB(A) ~ 20 dB(A)	3
	20 dB(A) and above	4
Apply on-slab plumbing for waste and drain pipes		5
Establish countermeasure against noise transfer between upper and lower floors through exhaust AD (air duct)	Install independent air supply and exhaust pipes	3
	Install noise-proof exhaust air duct ⁴⁾	2

Note

- 1) Low-noise toilet refers to a toilet with a Lmax of 3 dB(A) and above, which is measured during drainage (excluding water supply sound) in comparison with the siphon (or siphon-jet) toilet in the same place (apartment restroom or any equivalent restroom for testing house) and under same measurement conditions (i.e., same drain pipes and ceiling finish on the lower floor). The measurement of noise level is performed on the floor where the toilets are installed.
- 2) Wall-mounted toilet refers to a case where the drain pipe of the toilet is directly connected to a pipe duct through the wall.
- 3) Low-noise drain pipe includes a method of installing a device or a component (including materials) designed for noise-reduction inside the pipe. The performance is determined based on a difference of Lmax between a target drain pipe (including the installation method) and the common rigid PVC pipe (VG2 of KS M 3404) in the same place (apartment restroom or any equivalent restroom for testing house) and under same measurement conditions (i.e., same drain pipes and ceiling finish on the lower floor).
- 4) Noise-proof exhaust air duct is an exhaust air duct showing a noise-proof performance difference of at least 5 dB(A) compared to the common exhaust air ducts under the same measuring condition.

트 시공현장에서 사용하고 있기 때문에 성능 개선 효과는 그다지 크지는 않을 것으로 판단된다. 그나마 다 행인 것은 그동안 법적 기준에서 빠져 있던 화장실 소음이 제도화됨으로써 설계자나 시공자가 관심을 갖게 되는 계기가 되었고, 관련 기준이 전혀 없을 때보다는 기준 개정의 시점이 다소 빨라질 수 있다는 점이다.

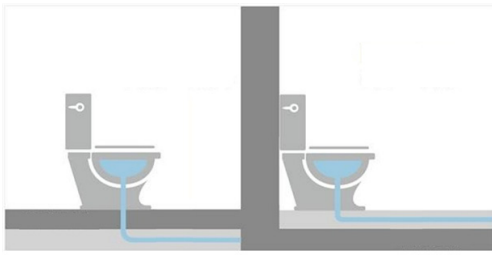
녹색건축인증기준에 규정되어 있는 화장실 소음기준은 법적 기준과는 달리 화장실에서 발생하는 소음의 원인별로 저감공법 등이 적용될 수 있도록 기준이 다양하게 구성되어 있어 많은 공법이 적용될 경우 법적 기준에 따라 적용한 공법의 저감효과보다 성능개선 효과는 더 높을 것으로 추정되나 현실적으로는 선택하는 공법의 종류가 제한되어 있고, 공법의 조합별 적용효과 확인이 어렵다는 한계가 있다. 그리고 거주

Table 2 Weight factor according to total score

Level	Total score of methods and installations for reducing water supply and drainage noise in restroom	Weight factor
1	10 and above	1.0
2	8 ~ 9	0.8
3	6 ~ 7	0.6
4	4 ~ 5	0.4

자의 체감과 관계없이 평가의 용이성에 초점이 맞춰진 기준이라는 한계가 있다.

따라서 법적 기준이나 녹색건축인증기준 모두 아



(a) Under-slab plumbing system (b) On-slab plumbing system

Fig. 1 Types of restroom drainage system

파트 현장에서 실질적인 저감효과를 얻기 위해서는 현재 규정되어 있는 시방기준보다는 성능기준으로 개정할 필요가 있다고 판단된다.

이를 통해 적극적인 연구개발을 유도하는 등 능동적인 대응을 이끌어냄으로써 궁극적으로는 거주공간의 정온성을 높이는 데 도움이 될 것으로 판단된다.

2.2 화장실 소음 성능현황

우리나라 공동주택의 화장실 소음 현황을 파악하기 위해 기존 공동주택 화장실의 대표적인 적용공법인 층하배관공법(화장실 배수관이 직하 층 화장실의 천장속에 설치된 공법)의 화장실 30세대와 소음저감을 위해 새롭게 적용되고 있는 층상배관공법(화장실 배수관이 슬래브 상부에 설치된 공법)의 화장실 30세대 등 총 60세대 아파트에서 측정을 실시하였으며, 측정세대 평형은 다양하게 구성하였다.

그리고 측정대상 위생설비는 양변기, 세면대, 욕조 등 화장실에 설치된 기기에 대해 급수음과 배수음을 각각 측정하였으나 이 논문에서는 소음도가 가장 높은 것으로 나타난 양변기 배수소음을 중심으로 성능현황을 분석하고자 한다.

측정은 위층 화장실 위생기구에서 배수소음을 발생시키고, 바로 아래층 화장실에서 측정을 실시하였으며, 마이크로폰은 실의 중앙점을 포함하여 1점 이상, 높이는 바닥으로부터 1.2 m ~ 1.5 m 범위로 하였다.

양변기 배수소음의 측정은 급수전을 막은 후 물탱크의 물이 배수되는 시점부터 완전히 배수될 때까지의 시간동안 실시하였으며, 측정량은 등가소음레벨(L_{eq})과 최대소음레벨(L_{max})로 하였다.

Table 3은 양변기 배수시 소음도 측정결과를 배관 설치 공법과 소음도 측정량에 따라 구분하여 나타낸 것이다. 표에서도 알 수 있듯이 우리나라 공동주택

Table 3 Drainage noise measurements results

Classification		Equivalent noise level (dB(A))	Maximum noise level (dB(A))
Under-slab plumbing system	Minimum	31.4	36.2
	Maximum	45.1	60.0
	Average	38.8	47.9
On-slab plumbing system	Minimum	25.7	34.3
	Maximum	36.0	51.3
	Average	31.3	43.7

화장실 소음을 대표하는 양변기 배수소음에 대한 등가소음레벨(L_{eq})은 25.7 dB(A) ~ 45.1 dB(A), 최대소음레벨(L_{max})은 34.3 dB(A) ~ 60.0 dB(A)로 나타나고 있으며, 설치된 배수관 설치공법별 최대소음레벨의 평균값은 층하배관이 47.9 dB(A), 층상배관이 43.7 dB(A)으로 나타나 층상배관이 4.2 dB(A) 가량 소음 저감측면에서 다소 양호한 것으로 나타났다. 그리고 등가소음레벨과 최대소음레벨 등 측정량의 차이에 따라서는 10 dB(A) 내외로 최대소음레벨이 크게 측정되었다⁽⁸⁾.

3. 화장실 소음의 주관적 평가

3.1 주관적 평가 개요

대상소음은 화장실 양변기 배수소음으로 하였다. ICBN(International Commission of the Biological Effects of Noise)에서는 설문척도로 11점 수치척도를 제시하고 있으나⁽⁹⁾, 본 실험 전에 10명 이내의 피시험자를 대상으로 예비 실험해본 결과, 11점 척도가 응답하기 어렵다는 의견에 따라 7점으로 수정하여 실험하였다. 성가심이 ‘엄청나게’ 느껴질수록 7에 가깝게, ‘전혀’ 느껴지지 않는 경우 1에 가깝게 응답하도록 하였다.

또한 피시험자가 느끼는 어노이언스가 어느정도인지 이해하기 위해 어휘척도를 활용하여 실험하였으며, 전혀(not at all), 조금(slightly), 다소(moderately), 매우(very), 엄청나게(extremely)와 같이 5개 어휘척도로 성가심 정도를 설문하였다.

음원은 위층에서 배수하였을 때 아래층에서 들리는 양변기소음을 녹음하였으며, 최대소음레벨을 기준으로 31 dB(A) ~ 49 dB(A) 소음을 3 dB(A) 간격으로 제시하였다. 그리고 피실험자는 정상청력을 가진



Fig. 2 Laboratory assessment environment

20세 ~ 60세의 남성 30명, 여성 27명, 총 성인 57명을 대상으로 하였다.

그리고 Fig. 2와 같은 공동주택 화장실을 모사한 청감실험실을 조성하였으며, 화장실 음원은 천장에 설치된 스피커를 통해 재생하였다. 그리고 2명씩 청감실험실에 들어가 설문지에 소음에 대한 성가심 정도를 평가하도록 하였다.

재생된 소음은 피실험자가 자기 화장실에서 용무를 보는 동안 위층 화장실에서 양변기 배수소음이 발생하는 상황이라고 설명한 후 응답하도록 하였다.

3.2 화장실 소음 주관적 평가 결과

(1) 7점 수치척도에 따른 성가심 반응

화장실 양변기소음 발생시 최대소음레벨에 따른 7점 수치척도 성가심 조사결과는 Table 4와 Fig. 3과 같다. 그리고 화장실 양변기 최대소음레벨에 따른 %HA (percentage of highly annoyed)와 %A (percentage of annoyed)를 산출하였으며⁽¹⁰⁾, 그 결과를 Fig. 4에 나타냈다.

%HA는 심각한 성가심을 보이는 비율로 선택지 중 성가심이 높은 상위 27% ~ 28%에 해당하는 선택지를 선택한 비율로 7점 척도에서는 6, 7을 선택한 비율이며, %A는 성가심을 보이는 비율로 선택지 중 성가심이 높은 상위 50%에 해당하는 선택지를 선택한 비율로 7점 척도에서는 4, 5, 6, 7을 선택한 비율이다.

화장실 소음 발생현황 파악을 위해 60세대 대상 측정 결과, 양변기 배수소음 최대소음레벨은 45.8 dB(A)으로

Table 4 Annoyance rating according to maximum noise level

Maximum noise level (dB(A))	Response			
	Average	Minimum	Maximum	Standard deviation
31	2.2	1	6	1.2
34	2.7	1	6	1.2
37	3.4	1	7	1.4
40	3.9	1	7	1.4
43	4.7	1	7	1.5
46	5.3	2	7	1.4
49	5.6	2	7	1.4

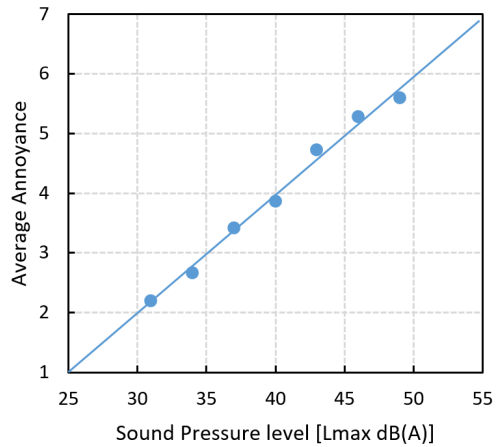
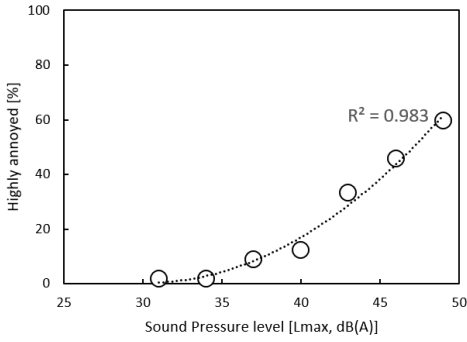


Fig. 3 Mean annoyance ratings to maximum noise level

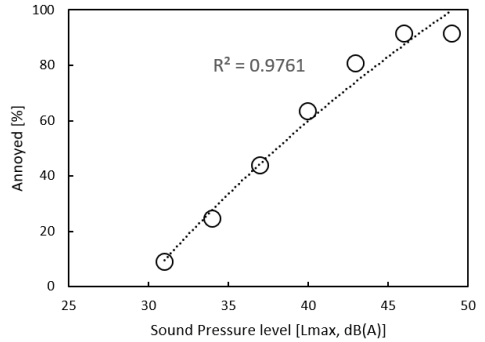
나타났다. 최대소음레벨이 46 dB일 때, 7점 척도 평가시 평균값은 5.3, 최소값은 2, 최대값은 7의 결과를 보였다. 또한 최대소음레벨이 46 dB(A)일 때 심각한 성가심 비율(%HA)은 45.6%, 성가심 비율(%A)은 91.2%로 조사되었다.

(2) 5점 어휘척도에 따른 성가심 반응

화장실 양변기배수소음 발생시 최대소음레벨에 따른 5점 어휘척도 조사결과는 Fig. 5와 같다. 양변기 배수소음의 최대소음레벨이 46 dB(A)일 때, ‘조금’ 성가시다고 응답한 비율은 4%, ‘다소’ 28%, ‘매우’ 37%, ‘엄청나게’ 32%로 나타났으며, ‘매우’, ‘엄청나게’를 선택한 비율이 69%로 분석되었다. 양변기소음 평균 최대소음레벨이 45.8 dB(A)임을 고려하였을 때 양변기 소음에 대한 성가심 정도가 높은 것으로



(a) Percentage of highly annoyance(%HA)



(b) Percentage of annoyance(%A)

Fig. 4 Annoyance response according to maximum noise level

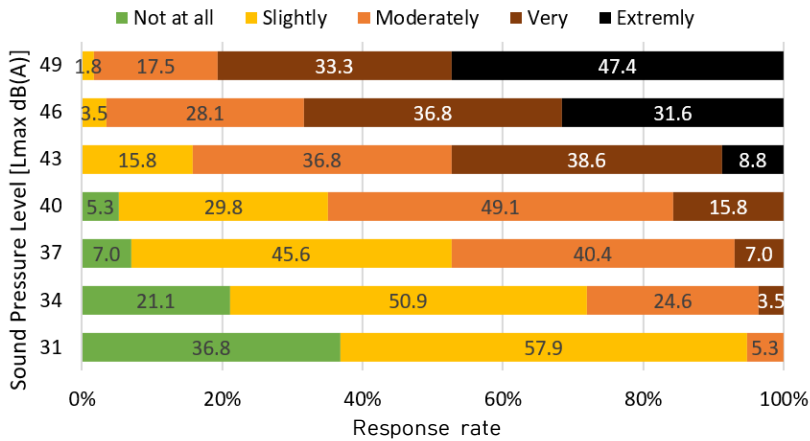


Fig. 5 Annoyance response according to maximum noise level

나타나 양변기 소음 저감을 위한 기술개발이 필요한 것으로 판단된다.

(3) 평가 척도에 따른 성가심 반응 분석

5점 어휘 척도 및 7점 수치척도로 평가하였을 때, 최대 소음레벨별 성가심 평균을 산출한 결과가 Fig. 6 이다. 두 평가척도 간의 성가심 평균값 상관분석을 실시한 결과, 큰 상관관계를 보였으며($R^2=0.989$), $p=0.062$ 로 나타나 두 평가척도 간 통계적으로 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다.

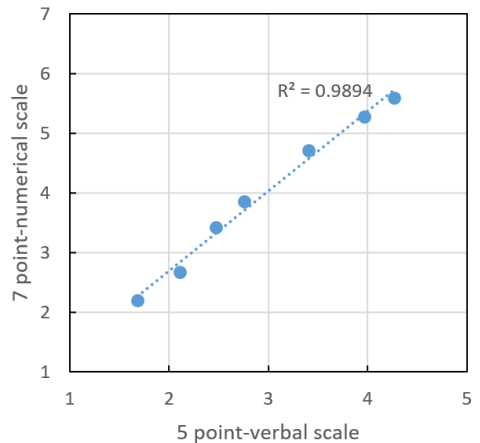


Fig. 6 Annoyance response according to rating scale

4. 주관적 반응을 고려한 화장실 소음기준 개선방안 고찰

4.1 화장실 소음기준 개선방안

앞에서 설명한 화장실 소음에 대한 청감실험결과를

바탕으로 이 절에서는 기준을 시방기준이 아닌 성능 기준으로 설정할 때 어느 정도가 적절한지를 검토하였다.

Fig. 4(b)에 나타난 것처럼 소음레벨이 증가함에 따라 성가심을 나타내는 비율(7점 척도 중에서 4점 이상을 선택한 피험자의 비율) 증가하며, 피시험자의 50%가 불쾌하다고 느끼는 최대소음레벨은 약 38 dB(A)이고, 최대소음레벨이 40 dB(A)일 때 피시험자 중 약 60%가 성가심을 나타내는 것으로 분석되고 있다. 또한 WHO에서는 건강을 보호하기 위한 환경소음 수준으로 심각한 성가심 비율(%HA)을 10%미만으로 정하고 있다⁽¹¹⁾. 이 실험에서 10%에 해당하는 최대소음레벨은 40 dB(A)으로 나타났다.

그러나 앞의 2절에서 설명한 바와 같이 화장실 배수시 발생하는 최대소음레벨의 평균치는 층하배관은 43.4 dB(A) ~ 47.9 dB(A), 층상배관은 39.4 dB(A) ~ 43.7 dB(A)로 대부분 40 dB(A)를 초과하고 있다. 따라서 청감실험 결과를 바탕으로 40 dB(A)를 성능기준으로 설정할 경우에는 현재 대부분 층하배관공법이 적용되고 있는 우리나라 공동주택의 50% 이상은 제안기준(안)을 만족하지 못할 수도 있을 것으로 판단된다.

따라서 기준 시행시기를 2단계로 나누어 1단계는 청감실험 결과와 현재의 공동주택 화장실 소음도 현황을 감안하여 대략 50% 이상의 공동주택에서 만족할 수 있는 45 dB(A)을 화장실 소음기준(안)으로 우선 시행하고, 2단계는 성능기준을 40 dB(A)로 강화하는 시점을 1단계 시행시 사전 고지하여 업계가 기술개발 등 대응할 수 있는 시간을 부여한 후 시행하는 것이 현실적인 방법으로 판단된다.

4.2 화장실 소음기준 세부항목 고찰

(1) 성능기준에의 적합성 판단시기

공동주택에서 발생하는 대부분의 소음들은 설계단계부터 저감방법을 고려하지 않으면 건물이 완공된 후에 대책을 수립한다는 것은 대단히 어려운 일이다. 이런 특성 때문에 바닥충격음이나 건식벽체의 차음 성능은 사전 성능인정제도를 이용하여 성능을 확인한 후 인정받은 구조나 공법에 대해서만 아파트 현장에 적용할 수 있도록 하고 있으며, 교통소음에 대한 실내의 소음의 경우에는 예측의 정확도가 높은 상용소음예측프로그램을 이용하여 예측한 결과보고서로 사업계획승인이 진행된다. 그리고 준공시에는 현장에서 측정된 측정결과보고서로 준공검사를 실시하고 있다.

그러나 바닥충격음이나 세대간 경계벽의 차음 성능에 대해 인정받은 성능이 나오지 않는다는 문제제기로 성능차이 발생 원인에 대한 규명 등 불확실성이 남아있음에도 완공 후 성능평가를 실시하는 것을 권장기준으로 도입을 계획하고 있다⁽¹²⁾. 이런 상황에 비추어 볼 때 화장실 소음 또한 성능기준으로 개정될 경우 완공 후 측정을 통한 기준에의 적합성을 판단하는 것으로 제도화 될 가능성이 있고, 또한 성능기준을 충족하기 위한 설계자나 시공자의 관심을 유도하기 위해서라도 현장 측정평가 방법이 검토되어야 할 것으로 판단된다. 다만 불가피하게 발생할 수 있는 성능차이를 해소할 수 있는 방안이 마련되어야 하고, 사업계획승인단계에서는 화장실 소음과 관련되는 설계도서나 시방서를 제출하도록 하는 것이 선행되어야 할 것으로 판단된다.

(2) 현장 측정방법 등 검토 대상

① 시험기관 선정방안

공동주택이 완공된 후에 측정을 통한 평가가 이루어지기 위해서는 자격이 있는 소음관련 전문시험기관이 필요하며, 측정대상 물량에 따라 필요한 시험기관 수는 달라질 것이다.

시험기관을 정하는 방법으로는 두 가지로 정리할 수 있다. 하나는 관련 규정에 인력과 측정장비 등 필요한 자격요건을 정하고, 그 요건에 적합한 시험기관을 독립적으로 지정하는 방식이고, 다른 하나는 기존의 시험기관 지정제도(KOLAS, 품질시험전문기관 등)를 활용하는 방식이다. 이들 방법 중 후자의 국가기술표준원의 KOLAS에서 음향·진동시험분야로 지정한 기관을 활용하는 것이 측정결과의 신뢰성이나 시험기관의 관리 지속성을 감안할 때 가장 유리할 것으로 판단된다. 현재는 급배수소음에 대한 규격으로 시험할 수 있는 인정유지 수요가 없지만 성능기준으로 법제화 된다면, 확대될 것으로 판단된다.

② 시험대상 세대수 및 측정대상 세대 선정방안

공동주택 단지별로 건설되는 세대수나 평형들이 각기 다르므로 측정대상 세대수와 측정 세대를 정하는 방법이 마련되어야 한다. 측정대상 세대수는 시험비용이나 시험기간, 측정결과의 대표성 등을 고려하여 정하면 될 것으로 판단되나 측정 세대를 시험자 임의로 정하도록 하면 왜곡된 결과가 나올 수 있으므

로 이를 해소할 수 있는 방안이 사전에 검토되어야 할 것으로 판단된다.

③ 측정량, 측정위치 등 측정방법

화장실 소음은 내부에 설치된 설비유닛의 사용으로 인해 급배수시간 동안에만 발생하게 되며, 간헐적으로 발생하는 소음이다. 간헐소음은 일정시간 동안의 평균치인 등가소음레벨(L_{eq})보다는 소음발생으로 인한 최대소음의 영향이 더 크다 할 수 있으며, 국제적으로 설비소음에 대한 등급기준에서도 최대소음레벨(L_{max})을 성능지표로 사용하고 있으므로 측정은 설비유닛의 사용으로 인한 소음발생 시간 동안의 최대소음레벨을 측정량으로 하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

그리고 화장실 소음의 크기는 위생설비 기기류의 사용조건이나 운전조건에 따라 달라지므로 KS 규격 등을 참조하여 그 조건들을 통일할 필요가 있다. 그리고 측정위치는 음원실로 선정된 화장실의 직하층 화장실로 하고, 마이크로폰의 위치는 벽면, 천장, 바닥 등으로부터 확보해야 할 이격거리와 마이크로폰 간의 이격거리 등을 고려하여 중앙부 1점 이상에서 측정할 필요가 있다. 측정위치를 직하층 화장실로 제안한 것은 근본적인 소음원 대책을 수립하도록 유도하기 위한 것이며, 만일 침실이나 거실에서 측정할 경우로 성능기준을 설정할 경우에는 화장실 문의 차음성능에 영향을 받을 수도 있기 때문이다. 그럼에도 불구하고 실제 거주자에 미치는 영향을 고려하여, 방, 거실과 같은 공간에 전달되는 소음레벨은 상이하므로⁽¹³⁾ 향후 이를 검토해볼 필요는 있다.

(3) 성능기준에의 적합성 판단방법 등

측정을 통하여 성능기준 만족여부를 판단하면 가장 정확하고, 측정방법만 정확하다면 이견이 있을 수 없을 것이다. 그러나 건물에서의 음성능은 현재의 과학적으로 알려진 범위에서는 회절, 공명, 공진 등 파동으로서의 특이한 현상으로 인해 음향전달형태의 변화를 정확히 파악하는 것이 곤란하고, 또한 예측하기 어려운 시공상의 여러 오차가 존재하는 등 불확실성이 높은 성능항목이다. 화장실소음 또한 동일한 설계도와 동일한 자재로 지어졌다 하더라도 세대별로 성능의 차이가 존재하는 것이 일반적인 현상이라고 생각된다.

따라서 이러한 현상을 감안하여 결과를 판단할 수

있는 방안이 명확히 제시될 수 있으면 좋겠으나 어느 누구도 답을 제시할 수는 없을 것이다. 따라서 그동안의 측정결과 등에 대한 통계적 분석을 통해 허용할 수 있는 범위를 정하는 방법도 검토가 필요하다 생각된다. 또한 ISO/DTS 19488에서도 설비소음 기준을 정하고 있어 이러한 국제 규격을 모니터링할 필요가 있다⁽¹⁴⁾. 그러나 우선되어야 할 것은 건설사나 설계자가 기준을 준수하기 위한 기술개발 등의 노력이 필요하다고 판단된다.

5. 결 론

바닥충격음 다음으로 거주자의 불만이 높은 것으로 알려진 화장실소음에 대해 현행 기준을 분석하고, 현장측정을 통한 성능현황을 파악하여 공동주택 거주자가 좀 더 정온한 환경에서 생활할 수 있는 제도적인 개선방안을 제시하고자 하였다. 다음은 그 결과를 정리한 것이다.

(1) 화장실 소음에 대한 법적 기준이나 녹색건축인 증기준 모두 저감공법으로 규정된 현행 기준은 선택하는 공법의 종류가 제한되어 있고, 공법의 조합별 적용효과 확인이 어려우며, 거주자의 체감과 관계없이 평가나 적용의 용이성에 초점이 맞춰진 기준이므로 실질적인 저감효과를 얻기 위해서는 시방기준보다는 성능기준으로 개정할 필요가 있다.

(2) 우리나라 공동주택 화장실 소음을 대표하는 양변기 배수소음에 대한 등가소음레벨(L_{eq})은 25.7 dB(A) ~ 45.1 dB(A), 최대소음레벨(L_{max})는 34.3 dB(A) ~ 60.0 dB(A)로 나타나고 있으며, 설치된 배수관 설치공법별 최대소음레벨의 평균값은 층하배관이 47.9 dB(A), 층상배관이 43.7 dB(A)으로 나타나 층상배관이 4.2 dB(A) 가량 소음저감 측면에서 다소 양호한 것으로 나타났다.

(3) 60세대 측정결과, 양변기 배수소음 최대소음레벨은 45.8 dB(A)으로 나타났으며, 최대소음레벨이 46 dB일 때, 7점 척도 평가시 평균값은 5.3, 심각한 성가심 비율(%HA)은 45.6%, 성가심 비율(%A)은 91.2%로 나타났다. 또한 심각한 성가심 비율(%HA)이 10%일 때 최대소음레벨(L_{max})은 약 40 dB(A)으로, 화장실 소음에 대한 성능기준으로 적절한 것으로 분석되었다.

(4) 청감실험 결과와 화장실소음 현황 측정 결과들

고려하여 1단계에서는 직하층 화장실에서의 최대소음레벨(L_{max})이 45 dB(A)이하, 2단계에서는 최대소음레벨(L_{max}) 40 dB(A) 이하로 강화하는 방안이 적절할 것으로 판단된다.

(5) 화장실 소음기준을 성능기준으로 개정할 때에는 성능기준에의 적합성 판단시점, 시험기관 지정방법 및 자격, 시험대상 세대수 및 측정대상 선정방안, 측정량 및 측정위치 등 구체적인 측정방법, 성능기준의 적합성 판단방법 등이 구체적으로 검토되어야 할 것으로 판단된다.

References

(1) Statistics Korea, 2019, Results of the 2019 Population and Housing Census.

(2) Song, G. G., Yang, B. N., Park, H. K. and Kim, S. W., 2011, Variations of Subjective Response to Environmental Noise, Proceedings of the KSNVE Annual Spring Conference, pp. 181~186.

(3) Lee, N. S., Song, M. J., Kang, M. W. and Oh, Y. K., 2015, A Study on the Degree of Satisfaction on the Facility Noise of Apartment Houses, Journal of Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems, Vol. 9, No. 1, pp. 58~65.

(4) Cha, S. G. and Ko, C. W., 2013, An Analysis on the Subjective Response of Floor Noise at Apartment Houses in DAEGU Province, Proceedings of the KSNVE Annual Autumn Conference, pp. 549~552.

(5) Yang, H. J. and Kim, S. A., 2017, A Study on the Analysis of the Technology and Flexible Availability of the Same Floor Drainage Toilet System for Long-life Housings, Journal of the Korean Housing Association, Vol. 28, No. 4, pp. 1~9.

(6) Jeong, J. Y., Lee, S. H. and Jeong, G. C., 2003, Rating of Noise Emission by Plumbing system in Bathroom, Proceedings of the KSNVE Annual Autumn Conference, pp. 923~927.

(7) Baek, E. S., 2007, An Experimental Study on the Noise Reduction for Toilet Stool Plumbings in Apartment Bathroom, Journal of the Korea Institute of Ecological Architecture and Environment, Vol. 7, No. 2, pp. 57~62.

(8) Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, 2018, A Study on Noise Reduction

Solution for Adjacent Households in Apartment Houses.

(9) Fields, J. M., De Jong, R. G., Gjestland, T., Flindell, I. H., Job, R. F. S., Kurra, S., Lercher, P., Vallet, M., Yano, T., Guski, R., Research Team at Ruhr University and Felscher-Suhr, U. and Schumer, R., 2001, Standardized General-purpose Noise Reaction Questions for Community Noise Surveys: Research and a Recommendation, Journal of Sound and Vibration, Vol. 242, No. 4, pp. 641~679.

(10) Miedema, H. M. and Oudshoorn, C. G., 2001, Annoyance from Transportation Noise: Relationships with Exposure Metrics DNL and DENL and Their Confidence Intervals, Environmental Health Perspectives, Vol. 109, No. 4, pp. 409~416.

(11) World Health Organization, 2018, Environmental Noise Guidelines for the European Region, World Health Organization.

(12) Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2020, Reduce Noise between Apartment Floors by Checking Performance after Construction, http://www.molit.go.kr/USR/NEWS/m_71/dtl.jsp?lcmspage=1&id=95083992.

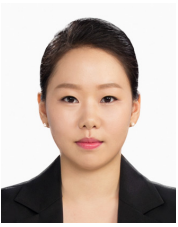
(13) Cho, H. M., Yang, H. S. and Kim, M. J., 2017, An Experimental Study on Sound Attenuation Characteristics of Plumbing Noise in the Apartment Bathroom to Neighbouring Space according to Unit Plan, Journal of Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems, Vol. 3, No. 11, pp. 219~229.

(14) Rasmussen, B. and Machimbarrena, M., 2019, Developing an International Acoustic Classification Scheme for Dwellings – From Chaos & Challenges to Compromises & Consensus, Proceedings of Inter-Noise 2019.



Kwan-Seop Yang obtained his Ph.D. from the Department of Architectural Engineering at Jeonbuk National University. Now he is a senior research fellow at the Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology. His interests are re-

search on noise reduction, noise-related policies and criteria at buildings.



Hye-Kyung Shin is Research Specialist at KICT(Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology). She received the M.S. degree in Dept. of architectural engineering from University of Seoul in 2015. Her

research interests are architectural acoustic and environmental noise.



Kyoung-Woo Kim received Ph.D. in architecture engineering from Hanyang university in 2009. He is working at KICT(Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology) as a Research Fellow.

His research interests are floor impact sound, vibration, insulation and absorption in architecture environment.