

공동주택 욕실 배수배관 자재 구성에 따른 양변기 배수소음 저감 특성

Characteristics of Reducing the Water-drainage Noise of Toilet-bowl According to the Composition of Water Drainage Piping Materials of the Bathrooms of Apartment Housing

정 아 영* · 김 경 우† · 신 혜 경* · 양 관 섭*

A-Yeong Jeong, Kyoung-woo Kim, Hye-kyung Shin and Kwan-seop Yang

(Received November 29, 2016 ; Revised December 29, 2016 ; Accepted December 29, 2016)

Key Words : Toilet-bowl Drainage Noise(양변기 배수소음), Horizontal Pipe(수평배관), Elbow(엘보)

ABSTRACT

Water supply and drainage noise in the bathroom is recognized as one of the main noises, along with the floor-impact sounds, in apartment housings. Recently, to solve such noise issues, a new construction method of installing the piping on the slab has been adopted. rather than the traditional method of penetrating the piping through the slab between the upper and the lower bathrooms. However, this new method has limitations due to high costs and constructional difficulties. Therefore, this study was conducted to develop noise reducing piping and elbows, where the noise can be reduced simply by replacing the existing pipings. The noise level was measured in a laboratory by installing the horizontal drainage piping (three types) and the elbows (three types) developed in this study. The results showed that the horizontal pipings reduced the noise level in L_{Amax} by 0.3 dB(A) ~1.0 dB(A), as compared to the existing pipings (VG2), indicating an insignificant noise reduction effect. The elbow reduced the noise level in L_{Amax} by 5.5 dB(A) ~ 11.5 dB(A), as compared to the existing elbow (DRF elbow), with the result of reducing the noise level at all frequencies evenly. Consequently, it was shown that using the elbows is more effective in reducing the water-drainage noise from the toilet than using the horizontal pipings.

1. 서 론

공동주택 욕실에서 발생하는 급·배수 소음은 층간 소음의 주요소음원으로 분류되며⁽¹⁾, 이중 양변기 소음은 화장실내 급·배수 소음 중 가장 발생 빈도가 높은 소음원⁽²⁾이다. 양변기 급·배수 시 발생하는 소

음의 종류는 ① 변기세정음 ② 급수발생음 ③ 배관 진동에 의한 고체전달음 ④ 관벽에서 발생하는 배수음(공기전달음) 등⁽³⁾이다. 양변기 배수 시 오수는 양변기 하부 매립입상관→엘보→수평배수관→수직주관을 거쳐 배수되며, 이 중 엘보 및 수평배수관이 배수소음과 관련이 있다⁽⁴⁾. 우리나라의 일반적인 공동주택은 당해층 세대의 배수용 배관을 직하층 세대에

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

‡ Recommended by Editor Myung Jun Kim

© The Korean Society for Noise and Vibration Engineering

서 수선하도록 설치되는 층하배관구조로 되어있어 소음전달에 매우 취약한 구조이다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위해 배관 구조방식 전환, 저소음형 위생기 및 배수관 사용 등 다양한 방안⁵⁾이 제시되고 있으나, 층하배관을 층상배관으로 바꾸는 등 구조방식의 전환은 시공 및 비용적인 측면에서 한계가 있다. 또한 최근 입법예고된 주택건설기준 등에 관한 규정 개정(안)에 따르면 화장실 배수용 배관을 저소음형 배수관으로 사용하도록 규정하고 있어 이에 대한 개발이 요구되는 상황이다. 이러한 관점에서 이 연구에서는 양변기 하부에 설치된 엘보 및 수평배수관을 대상으로 저소음 배관 및 자재를 개발하고자 하였으며, 기존 상용배관과 소음도를 비교하여 소음 저감 성능을 확인하고자 하였다.

2. 실험 개요

2.1 측정 개요

(1) 측정장소

측정장소는 한국건설기술연구원의 바닥충격음 시험동의 (84 m² 세대)의 화장실이며, 각 층의 평면형태는 동일하다. 음원실은 2층 화장실, 수음실은 1층 화장실이다. 구조는 층하배관구조로 되어 있으며 체적은 13.1 m², 슬래브 두께는 210 mm, 벽체 두께는 180 mm이다. 바닥은 시멘트 모르타르 층 위에 자기질 시유 타일로 마감되어 있으며, 벽 마감 또한 동일하다. 설치된 양변기는 로우탱크 일체형(원피스) 사이펀식 변기(사용수량 : 6 l)이다. 1층의 수음실은 천장 마감 없이 배관이 노출되어 있는 상태로서 배수관 교체로 인한 소음저감 특성만을 살펴보았다. 측정대상 배관은 Fig. 1과 같다.

(2) 측정위치

2개의 마이크로폰을 사용하였으며, 벽면으로부터 0.5 m 이상 이격하였고 높이는 1.2 m이다. 측정대상 평면 및 측정사진은 Fig. 2와 같다.

(3) 측정방법

2층 화장실내 양변기가 만수된 상태에서 배수레버를 내린 후 배수 시 발생하는 소음을 측정하였다. 1/3 Oct 주파수대역으로 측정 및 분석하였으며, 시간에 따른 음압레벨 변동특성을 0.1초 간격으로 측정

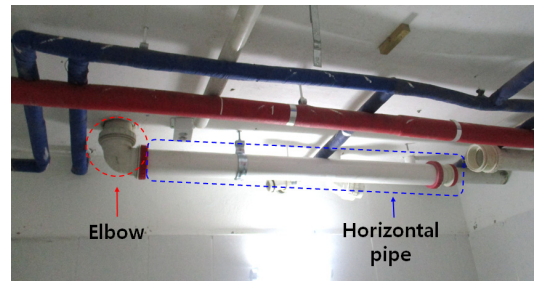
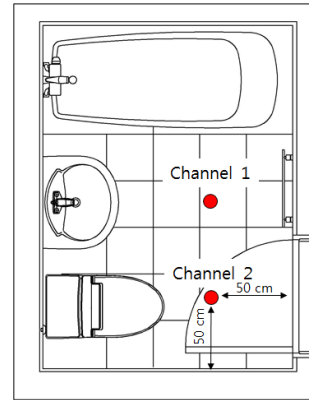


Fig. 1 Pipe and elbow measured(ceiling of the receiving room on the first floor)



(a) Bathroom plan



(b) Picture of measurement setup

Fig. 2 Plan and picture of the measured subject

하였다. 평가 주파수대역은 100 ~ 5000 Hz로 선정하였다. 평가지표는 LAFmax(최대소음레벨) 및 LAeq(등가소음레벨)이며 A-weighted SPL로 평가하였다. 분석은 각 수음점별 측정값과 3회 반복 측정값을 에너지 평균 하였으며, 측정 시 배경소음은 약 20 dB(A)이다.

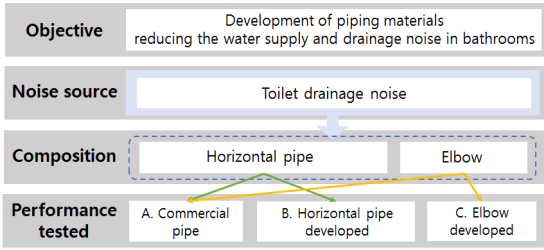


Fig. 3 Development flow chart

(4) 측정기기

이 연구에서 소음 측정 시 사용된 기기는 다음과 같다.

- Microphone(1/2 inch) : RION(UC 59)
- Microphone preamplifier : RION(NH-22)
- Calibrator : RION(NC-74)
- Frequency analyzer : 01 dB(Symphonie)

3. 개발자재 개요

3.1 개발 개요

이 연구에서는 양변기 배수소음을 저감하기 위해 양변기 하부의 엘보와 수평배수관을 대상으로 저소음 배관 및 자재를 개발하고자 하였다. 개발 흐름도는 Fig. 3과 같다.

3.2 개발배관 구성안

(1) 기존 상용 자재

사용되는 배관 중 양변기 배수소음 저감을 위해 개발된 엘보와 수평배수관을 대상으로 성능평가를 수행하였다. 각 상용배관의 성능평가를 위한 구성은 Table 1과 같다. A-1, A-3에서 수평배수관으로 사용된 VG2은 KS M 3404에서 규정하고 있는 일반배수관이며, A-2, A-4의 저소음배관은 배관 내부에 특수 차음층이 설치된 이중관이다. A-1, A-2의 일반엘보는 일반 DRF 90도 엘보이며, A-3, A-4의 방음엘보는 차음재가 적용된 양변기 전용 90도 엘보이다.

(2) 개발 자재

가. 수평배수관

이 연구에서 개발한 수평배수관은 총 3종이며, 수평배수관 개발자재의 성능평가를 위한 구성은 Table 2와 같다. B-3는 기존 VG2 ø100 배관에 VG2 ø75

Table 1 Configuration of the existing commercial piping

TYPE	Elbow	Horizontal pipe
A-1	Regular elbow	VG2
A-2		Low noise pipe
A-3	Soundproof elbow	VG2
A-4		Low noise pipe

Table 2 Configuration of the horizontal piping under development

TYPE	Elbow	Horizontal pipe
B-1	Soundproof elbow	VG2
B-2		Low noise pipe
B-3		Double-pipe I (VG2ø100+VG2ø75)
B-4		Double-pipe II (VG2ø100+VG2ø75(perforated))
B-5		Double-pipe III (VG2ø100+VG2ø75(perforated))+sound absorbing materials)

Table 3 Configuration of the elbows under development

TYPE	Elbow	Horizontal pipe
C-1	Regular elbow	Low noise pipe
C-2	Soundproof elbow	
C-3	Multi-stage elastic pad attached	
C-4	Silicon filter net attached	
C-5	Grid patterned brush attached	

배관을 삽입하여 고정된 형태이다. B-4는 VG2 ø75 배관상부를 길이방향으로 7열 타공한 형태이며, 타공부를 통해 공명이 이루어지도록 설계하였다. B-5는 B-4의 타공부분에 흡음재를 부착한 형태이다.

나. 엘보

개발한 엘보는 3종이며, 방음엘보 내부 곡면에 장애물을 설치하여 낙하수와 배관의 직접적인 마찰을 줄이는 형태로 설계하였다. 각 엘보의 성능평가를 위한 구성은 Table 3과 같다. C-3는 엘보 내 오수 낙하지점에 탄성을 가진 패드를 다단으로 부착하였다. C-4는 엘보 내 오수 낙하지점 실리콘재질의 거름망을 부착하였다. C-5는 엘보 입구에 격자무늬의 지지대를 만든 후 약 15 cm의 솔을 여러 개 부착하여 물이 솔을 따라 흐를 수 있도록 하였다.

4. 개발자재 성능평가

4.1 저소음형 배수관 성능기준

(1) 화장실 급·배수 소음 관련 기준

주택건설기준 등에 관한 규정 일부개정(안)에 포함된 화장실 급·배수 설비소음기준은 Table 4와 같다. 개정(안)에서는 VG2 배관 대비 5 dB(A) 이상의 소음저감량을 갖는 배관을 저소음형 배수관으로 정의하고 있다. 따라서 저소음배관 개발 시에는 5 dB(A)의 최소성능기준을 만족할 수 있도록 고려해야 한다.

4.2 기존 상용배관의 소음특성

(1) 시간에 따른 소음 변동 특성

기존에 상용되는 배관을 대상으로 시간에 따른 양변기 배수소음의 변동 특성을 확인하고자 하였다.

Table 4 Requirements for water supply and drain pipes in the bathroom

Article 43 clause 7 of the regulations on standards, etc. of housing construction (scheduled to be legislated on October 7 2016)
⑦ To minimize the noise generated by water supply and drain pipes in the bathroom in apartments, measures to which the following requirements are applied should be taken.
1. Use low noise pipes* described in Clause 4 Article 16 of the 「Green Building Development Support Act」 when installing drainage pipes that are for the household directly below the floor to repair.
2. Provide consistent water pressure in every household of the building by installing pressure reducing valves.
* Low noise pipes are cast iron pipes for drainage defined in the KS D 4307 or the pipes that perform over 5 dB(A) of a noise level difference from the unplasticized polyvinyl chloride pipes (VG2 in KS M 3404) when measured in the same condition.
주택건설기준 등에 관한 규정 제43조제7항 (2016년 10월 7일 입법예고)
⑦ 주택 화장실의 급·배수설비로 인한 소음발생을 최소화하기 위하여 다음 각 호의 기준을 적용하는 등 필요한 조치를 하여야 한다.
1. 당해 세대의 배수용 배관을 직하층 세대에서 수선하도록 설치하는 경우에는 「녹색건축물 조성 지원법」 제16조 제4항에 따른 저소음형 배수관*을 사용할 것
2. 감압밸브 등을 설치하여 각 세대별 급수압이 일정하게 유지되도록 할 것
* 저소음형 배수관이란 KS D 4307에서 정하고 있는 배수용 주철관이나 동일한 측정조건에서 실시한 일반용 경질염화비닐관(KS M 3404의 VG2)과의 소음레벨 차가 5 dB(A) 이상인 배수관을 말한다.

Fig. 4를 보면 각 배관종류별로 시간에 따른 배수 소음레벨의 변동특성은 유사한 경향을 보이고 있다. 배수 지속시간은 약 25초 정도이며, 배수 시작 후 0초에서 4초 동안 소음도가 급격히 상승하다가 5초 부근에서 최고 소음도를 나타내며 6초에서 25초 동안 소음도가 점차 낮아지는 형태를 보인다. 25초 이후에는 양변기 물탱크에 급수되기 시작하면서 정상 상태의 배수소음 형태를 보인다. 따라서 배수시작 후 4초에서 25초 구간이 양변기 배수소음에 가장 지배적인 영향을 미치는 시간대이다.

(2) 기존 상용배관 소음 저감 성능 평가

양변기 하부의 엘보 및 수평배수관으로 가장 많이 사용되는 A-1(VG2+DRF 엘보)배관 사용 시 양변기 배수음의 소음특성을 파악하고 상용되고 있는 저소음배관의 성능을 평가하고자 하였다. 최대소음레벨일때의 주파수 특성(dB(A)) 및 기존관 대비 소음저감량(dB(A))을 파악하였다. 각 배관구성에 따른 소음레벨 값은 Table 5, Fig. 5와 같다.

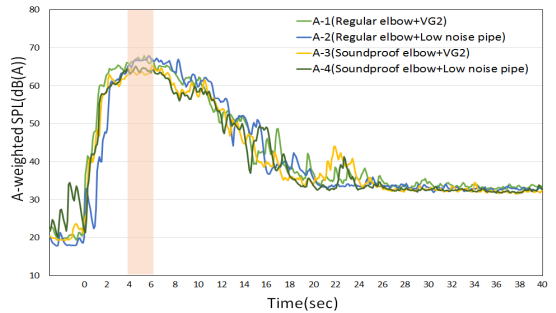


Fig. 4 Time history curve of drainage noise by each pipe

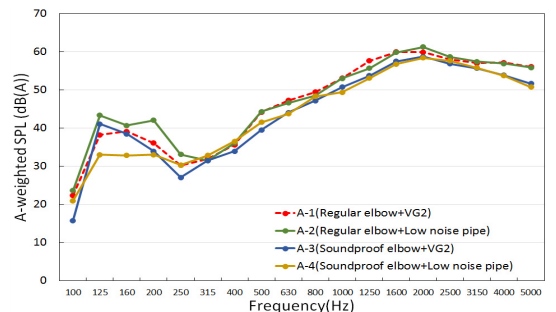


Fig. 5 Noise levels at different frequencies by each pipe

Fig. 5에서 양변기 배수소음은 고주파수대역으로 갈수록 소음레벨이 높아지는 경향을 보인다. 특히 사람이 가장 민감하게 반응하는 2000 Hz ~ 5000 Hz⁽⁶⁾를 포함한 1000 Hz ~ 5000 Hz 대역에서 가장 높은 소음레벨을 나타낸다. 각 상용배관별 주파수별 소음도 차이는 미미 하였으며, 저소음 배관과 방음엘보를 모두 교체한 A-4의 경우에도 고주파수대역에서는 소음레벨이 거의 저감되지 않았다. 따라서 저소음 배관 및 자재 개발 시 이러한 고주파수대역의 소음을 저감시킬 수 있는 설계가 필요할 것으로 판단된다.

Table 5에서 A-1 대비 각 배관의 소음저감 성능을 비교해 보면 수평배수관을 저소음배관으로 교체한 A-2의 경우는 기존배관 대비 큰 효과를 보이지 않았다. 반면 엘보를 방음엘보로 교체한 A-3의 경우는 최대소음레벨이 2.4 dB(A) 감소하였으며, 수평배수관과 엘보를 모두 교체한 A-4의 경우는 최대소음레벨이 2.6 dB(A) 감소하였다. 따라서 양변기 배수소음 저감을 위해서는 수평배수관보다는 엘보에 대한 개발이 중요하다고 판단된다.

4.3 개발 자재의 소음 저감 성능

(1) 수평배수관

기존 상용 수평배수관(VG2) 대비 개발자재의 성능검토를 위해 기존관 대비 소음 저감량(dB(A)) 및 최대소음레벨일때의 주파수 특성(dB(A)) 을 파악하였다. 각 배관구성에 따른 소음레벨 값은 Table 6, Fig. 6과 같다.

Fig. 6에서 B-3 ~ B-5 배관의 경우 B-1(VG2) 대비 125 Hz ~ 200 Hz대역에서 소음이 약간 저감되었으나, 전체적으로 소음레벨 차이가 미미한 것으로 나타났다.

Table 6에서 B-1(VG2) 대비 각각의 성능을 비교

Table 5 Noise level of the existing commercial pipe (dB(A))

Type	L _{AFmax}		L _{Aeq}	
	Noise level	Reduction	Noise level	Reduction
A-1	67.4	Control group	62.4	Control group
A-2	67.5	+0.1	62.4	-0.0
A-3	65.0	-2.4	59.9	-2.5
A-4	64.8	-2.6	59.9	-2.5

Table 6 Noise level of the horizontal pipe(dB(A))

Type	L _{AFmax}		L _{Aeq}	
	Noise level	Reduction	Noise level	Reduction
B-1	65.0	Control group	59.9	Control group
B-2	64.8	-0.2	59.9	-0.0
B-3	64.6	-0.3	59.6	-0.3
B-4	63.9	-1.0	59.2	-0.7
B-5	64.6	-0.4	59.3	-0.5

Table 7 Noise level of the elbow(dB(A))

Type	L _{AFmax}		L _{Aeq}	
	Noise level	Reduction	Noise level	Reduction
C-1	67.5	Control group	62.4	Control group
C-2	64.8	-2.7	59.6	-2.8
C-3	58.8	-8.7	55.3	-7.2
C-4	62.0	-5.5	57.9	-4.5
C-5	56.0	-11.5	50.9	-11.5

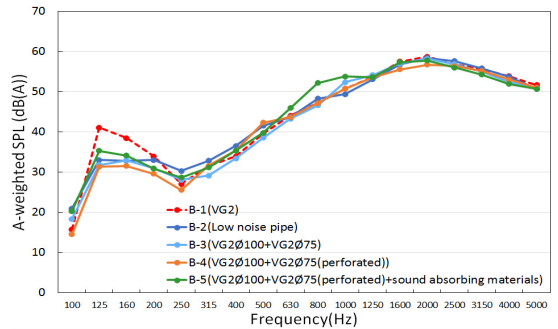


Fig. 6 Noise levels at different frequencies by each pipe

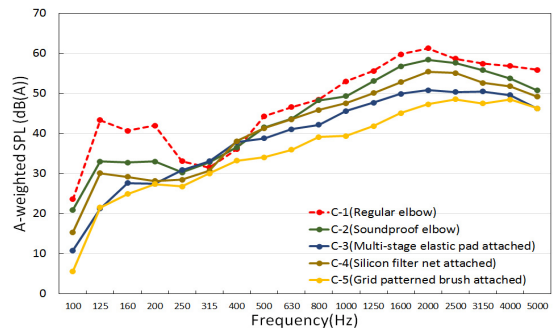


Fig. 7 Noise levels at different frequencies by each pipe

해보면, 기존 상용 저소음배관인 B-2의 경우 최대소음레벨이 0.2 dB(A) 저감 되었으며, 개발 배관인 B-3, B-4, B-5의 경우 최대소음레벨이 각각 0.3 dB(A)~1.0 dB(A) 저감되었다. 그러나 이와 같은 저감량은 주택건설 등에 관한규정에서 저소음형 배수관으로 제시된 저감량 기준 5 dB(A)을 만족하지 못하여 추가적인 연구 및 개발이 필요할 것으로 사료된다.

(2) 엘보

기존 상용 엘보(DRF 엘보) 대비 개발 엘보의 성능검토를 위해 기존관 대비 소음 저감량(dB(A)) 및 최대 소음레벨일때의 주파수 특성(dB(A))을 파악하였다. 각 배관구성에 따른 소음레벨 값은 Table 7, Fig. 7과 같다.

Fig. 7을 보면 C-2~C-5엘보는 C-1(일반엘보)대비 대부분의 주파수 대역에서 소음레벨이 저감된 것으로 나타났다. 개발자재인 C-3, C-4의 경우 양변기 배수시 1000 Hz~5000 Hz 대역에서 6 dB(A) 이상 저감되었으며, 저주파수 대역인 100 Hz~200 Hz에서도 14 dB(A)이상 저감되었다.

Table 7에서 C-1(일반 DRF엘보) 대비 각각의 성능을 비교해보면, 기존 상용 방음엘보인 C-2의 경우 최대소음레벨이 2.7 dB(A) 저감되었다. 개발 엘보인 C-3, C-4의 경우 최대소음레벨이 각각 8.7 dB(A), 5.5 dB(A) 감소되었으며, 가장 성능이 우수한 C-5의 경우 최대소음레벨과 등가소음레벨 모두 11.5 dB(A) 저감되었다.

5. 결 론

이 연구에서는 화장실내 배수소음 저감을 위해 저소음배관 및 자재를 개발하고자 하였다. 개발한 배관은 수평배수관 3종 및 엘보 3종이며, 기존 상용배관 대비 각 개발배관에 대한 저감성능을 파악하였다.

수평배관 개발자재의 경우 기존배관(VG2) 대비 최대소음레벨이 0.3 dB(A)~1.0 dB(A) 저감되어 성능이 미미한 것으로 나타났다. 엘보 개발자재의 경우 기존엘보(DRF 엘보) 대비 최대소음레벨이 5.5 dB(A)~11.5 dB(A) 저감되었으며, 소음레벨이 모든 주파수 대역에서 감소하여 양변기 배수소음 저감에

매우 효과적인 것으로 판단된다. 따라서 수평배관보다는 엘보의 차음성능이 양변기 배수소음 저감에 지배적인 영향을 미치는 것으로 사료되며, 이는 양변기 배수 시 낙하물이 1차적으로 부딪히는 부분이 엘보 내 곡면이기 때문에 이 부분의 낙하 충격을 저감시키는 것이 수평배관의 차음성능을 개선시키는 것보다 배수소음 저감에 중요한 역할을 하기 때문인 것으로 판단된다. 향후 추가적으로 시공성 및 경제성 등을 고려한 기술개발이 필요할 것으로 사료된다.

후 기

이 연구는 한국건설기술연구원 주요사업 ‘공동주택 층간소음 해소방안 연구’의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

This research was supported by a grant from a Strategic Research Project (A study on noise reduction solution for adjacency household in apartment house) funded by the Korea Institute of Construction.

References

- (1) Ministry of Environment & Korea Environment Corporation, 2015, Noise Reduction Consultation Manual and Case Book for Adjacency Household in Apartment House III, Ministry of Environment & Korea Environment Corporation, pp. 7~13.
- (2) Ryu, J. K., Lee, P. J. and Jeon, J. Y., 2005, Criteria for Multiple Noises in Residential Buildings Using Combined Rating System, Proceedings of the KSNVE Annual Spring Conference, pp. 367~371.
- (3) Kim, H. S., 1996, Actual Conditions and Reduction Methods of the Noise for the Water Supply & Drainage Facilities, The Magazine of the Society of Air-conditioning and Refrigerating Engineers of Korea, Vol. 25, No. 5, pp. 401~411.
- (4) Soul, S. H., Jung, C. W. and Kim, J. S., 2007, A Study on Changes in Characteristics of Drainage Noise from Water Closet Washing, Korean Journal Of Air-conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 19, No. 11, pp. 789~796.
- (5) Kim, S. A. and Park, J. A., 2014, An Basic

Study on the Noise Reduction of Toilet in Apartment Housing, Proceedings of the AIK Annual Autumn Conference, Vol. 34, No. 1, pp. 45~46.

(6) Choi, M. J., 1997, Emotional Side of Sound and Uses, The Magazine of the IEEK, Vol. 24, No. 11, pp. 1317~1333.

(7) Lee, J. W. and Jeong, G. C., 2000, A Study on Reduction Plan of Drainage Noise for Water Closet, Proceedings of the KSNVE 10years Anniversary Conference, pp. 165~171.

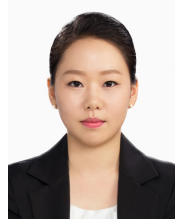
(8) Jeong, J. Y., Lee, S. H. and Jeong, G. C., 2003, Rating of Noise Emission by Plumbing System in Bathroom, Proceedings of the KSNVE Annual Autumn Conference, pp. 923~927.



A-Yeong Jeong received M.S. degree in the Dept. of architectural engineering from the Wonkwang University in 2016. Currently she is a Research specialist at KICT (Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology). Her research interests are acoustics simulation, auralization and noise and vibration.



Kyoung-woo Kim, received Ph.D. in architecture engineering from hanyang university in 2009. He was working at KICT (Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology) as a senior researcher. his research interests include floor impact sound, vibration, insulation and absorption in architecture environment.



Hye-Kyung Shin received the master degree in Dept. of architectural engineering from the Graduate school of University of Seoul in 2015. Her research interests are in the field of environmental noise and GIS.



Kwan-seop Yang is senior researcher at KICT (Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology). He received his Ph.D. in architecture engineering from chon buk university in 1997. his research interest is sound quality, apartment room mode analysis and floor impact sound. especially base on architecture environment.