



기존공동주택의 발코니 배수소음 저감용 드레인 덮개 시제품 적용 연구

Study on the Drain Cover Prototype Application for Balcony Drainage Noise Reduction of Existing Apartment House

송민정* · 강민우** · 오양기†
Min-Jeong Song*, Min-Woo Kang** and Yang-Ki Oh†

(Received August 20, 2019 ; Revised September 17, 2019 ; Accepted September 17, 2019)

Key Words : Apartment House(공동주택), Drainage Noise(배수소음), Prototype Application(시제품 적용)

ABSTRACT

Balcony drainage noise in existing apartments is one of the facility noises subject to civil petition, next to the floor impact sound for residents. Newly constructed apartment houses have separate discharge systems for rainwater and drainage, thus, the drainage sounds of upper house are blocked by the lower house. However, as the structure of balcony drainpipes of apartments built before 2006 incorporate rainwater and drainage, residents are continuously complaining about the balcony drainage sounds. To reduce existing apartment balcony drainage noise, studies have been conducted in which drain covers were constructed at the location of maximum noise as a measure to identify the maximum location of drainage noise among the drainage pipes. Based on the results of previous researches, several additional components are designed and created that can be added to existing commercial products and are easy to apply to existing drainage pipes. Furthermore, they have been designed to be easy to detach and maintain, and were precisely manufactured and applied to actual apartments for performance testing. As a result, if a plastic member with a thickness of 5 mm is added to an existing commercial product, the reduction is estimated to be around 13 dB. This can reduce drainage noise in daily life to approximately 45 dB, which will help create a quiet living environment for existing apartment inhabitants.

1. 서론

기존 공동주택의 소음 관련 민원 중, 바닥충격을 다음으로 문제가 되는 것은 설비소음 관련한 것으로 조사되었다. 설비소음 민원에 대한 해당 선행연구를 살펴보면, 화장실에서 발생하는 소음에 대한 불만정

도가 가장 크게 나타났고, 이에 못지않은 수준으로 발코니 드레인에서 발생하는 소음에 대한 민원이 크게 나타나고 있음을 알 수 있었다⁽¹⁾.

공동주택에서 상부 배수관은 발코니에 노출되어 있는 경우가 대부분이다. 최근에는 우수와 배수가 따로 구분되는 형태의 배수 드레인이 사용되고 있다. 이러한 신형 드레인은 우수와 배수의 구분 뿐만 아니

† Corresponding Author ; Member, Department of Architecture Mokpo National University
E-mail : oh@mokpo.ac.kr

* Member, Chonnam National University

** Member, Mokpo National University

‡ Recommended by Editor Jong Kwan Ryu

© The Korean Society for Noise and Vibration Engineering

라 결가지 형태로 구성된 배수구의 구조를 통해 악취의 전파를 막고 배수소음을 가로막는 형태로 되어 있어 우수와 배수의 흐름이 구분되지 못했던 구형에 비해 악취방지와 소음저감의 측면에서 진일보하였다고 할 수 있다. 그런데, 신형 드레인 은 2006년 한국토지주택공사 신소재 시스템으로 등록된 이후 공동주택에 적용된 것으로 추정할 수 있다. 통계청의 주택 총조사의 통계치를 보면, 구형 배수구 드레인 시스템이 적용된 기존 공동주택의 수가 매우 많다는 것을 알 수 있다. 따라서 이에 대한 대책이 필요하다.

또한 Lee et al.에 의해 2015년 조사된 공동주택 발코니 배수소음에 대한 불만족도 결과를 살펴보면, 오래된 공동주택일수록 배수소음에 대한 불만족 정도가 높게 나타남을 알 수 있다. 즉, 오래된 공동주택일수록 발코니 배수소음에 대한 불만족이 높게 나타나는 요구가 더 크게 나타남을 짐작할 수 있다⁽¹⁾.

따라서 기존 공동주택에서 발생하는 발코니 배수소음을 저감시키기 위한 연구를 지속적으로 수행되어 오고 있다. 지난 연구를 통해, 세대내 발코니 배수관의 어떤 부위에서 배수소음이 주요하게 발생하고 있는지를 파악하였고 그에 대한 대비책을 세웠다. 그 결과, 배수 드레인 부분에서 그 발생소음이 제일 크게 발생하고 있음을 파악하였으며, 이 부분에 대한 커버를 3D 프린터로 제작하여 그 저감 성능을 확인하였다.

이 연구에서는 최종단계로서 실제 기존 공동주택에 적용할 수 있는 발코니 배수 드레인 커버 시제품을 제작하였으며 실제 건물에서 그 성능정도를 파악하였다.

이를 위해 기존 공동주택에 손쉽게 적용할 수 있는 수준의 시제품을 제작하였으며, 이를 적용하여 발코니 배수소음 저감 성능을 측정하였다. 이 연구 결과는 기존 공동주택 발코니소음 저감 방안의 하나로써 적용될 수 있을 것으로 판단한다.

2. 선행연구

2.1 공동주택 발코니 배수소음 주요 발생 부분 조사

기존 공동주택의 배수소음 실태를 파악한 결과(Noh and Oh, 2016)를 살펴보면, 청감상 배수관 하부 드레인 부분에서의 발생소음이 가장 크게 나타났다.

Fig. 3은 배수관의 위치별 소음 발생량을 측정하기 위해 5개의 Ch.로 구분하여 마이크로폰을 설치하여

각 부분에서의 소음레벨을 측정된 것을 보여주며, Table 1은 피험자를 대상으로 Ch. 3의 위치를 기준으로

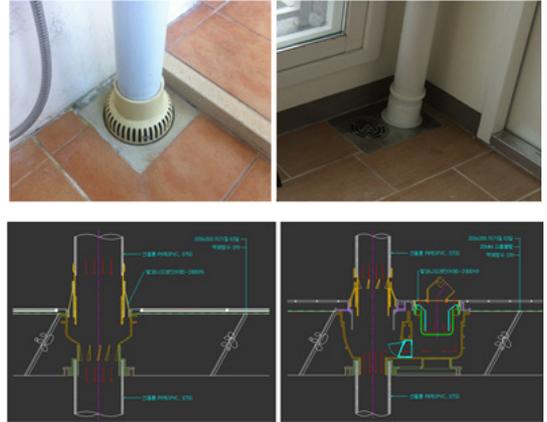
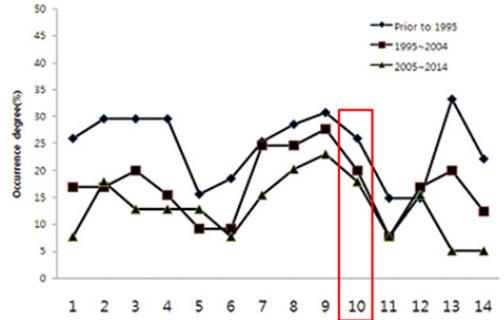


Fig. 1 Old and new drain photos and details



1. Water supply noise in Bath 2. Water drain noise in Bath 3. Toilet water supply noise 4. Toilet flushing noise 5. Water supply noise in sink 6. Water drain noise in sink 7. Urinal noise of toilet 8. Noise from washer operation 9. Noise from vacuum cleaner operation 10. Water drain noise in balcony 11. Boiler noise 12. Elevator noise 13. Noise from fume hood operation 14. Noise from air duct in bath

Fig. 2 Changes of discomfort ratio on drainage noise



Fig. 3 Microphone measurement point

로 하여(13단계 척도 중 ‘7’로 설정) 이에 비해 각 위치에서 얼마나 크게 들리는지를 청감평가한 결과이다. 마이크로폰을 활용하여 측정한 결과 역시 배수관 하부 부분인 드레인 부근에서의 발생소음이 가장 크게 나타났다²⁾.

이상의 연구결과에서 발코니 배수소음의 경우 오래된 공동주택일수록 발코니 배수소음 저감요구가 크며, 배수관 하부 부분의 드레인 부분에 대한 대처가 발코니 배수소음 저감의 첫걸음임을 알 수 있었다.

2.2 기존 공동주택에 발코니 드레인 커버 적용 실험

앞서 선행연구의 분석을 토대로 Kang et al.은 배수관 최하부의 드레인 부분의 소음저감에 주목하여 관련 연구를 실시하였다³⁾.

적용된 드레인 커버는 배수관에 부착될 수 있도록 하는 유도부재와 커버의 두가지 부분으로 이루어져 있다. 3D 프린터로 제작하였으며 두께는 12 mm로서 재질은 플라스틱이다. 이 커버를 적용하여 실험한 결과는 Table 2와 같다.

최하부 부분이라고 할 수 있는 Ch. 5에서의 저감성능이 11 dB에 이르고 있어 매우 유효한 방법임을 알 수 있다. 드레인 커버가 적용되지 않은 상황에서 61 dB이던 것이 50 dB로 떨어진 것은 드레인 커버가 발

코니 배수소음 저감에 있어 상당한 역할을 할 수 있음을 시사하는 것이라고 할 수 있다.

3. 실험 대상 드레인 커버

3.1 기존 시판 제품

연구진행 과정 중, 발코니 배수관 하부 드레인에서 발생하는 악취를 막기위해 시판하고 있는 제품이 있음을 알게되었다. 기왕의 연구는 기존 배수관에 유도부재를 적용하여 드레인 커버를 부착하는 방식으로 연구를 진행하였다. 그런데 기존 시판제품을 활용하게 되면 배수관과 드레인 커버 및 부재와 바닥간의 밀착도가 담보될 수 있고 기존 시판제품에 덧붙일 수 있는 추가 부재만을 제작하게 되면 소기의 성과를 쉽게 거둘 수 있을 것으로 판단하였다. 따라서 악취방지를 주목적으로 하는 기존 드레인 커버 시판제품을 기반으로 부가 자재를 추가하는 방식으로 배수구 소음 저감성능 실험을 실시하였다.

기존 시판제품의 차음성능 보강을 위해 고무페인트를 7회 칠하여 그에 대한 배수소음 저감성능 변화에 대한 실험도 병행하여 실시되었다. 고무페인트의 두께는 2 mm 정도로 평가되었다.

Table 2 Drain cover 3D modeling and applied drain cover

	Measurement value (dB)				
	Ch. 1	Ch. 2	Ch. 3	Ch. 4	Ch. 5
Existing condition	52	52	53	54	61
Applied drain cover	51	48	48	48	50
Reduction value	1	4	5	6	11

Table 1 Answered score on perceived noise levels

	2F	18F	AVG	Remarks
Ch. 1	8	11	8	9
Ch. 2	7	7	10	8
Ch. 3	7	7	7	7
Ch. 4	9	7	9	8
Ch. 5	12	10	12	11



Fig. 4 Drain cover 3D modeling and applied drain cover



Fig. 5 Existing commercial products (left) and rubber-paint reinforcement status (right)

3.2 강판 + EVA 흡음재 커버

기존 시판제품의 차음성능 보강을 위해 “아연도 강판(0.5 T) 및 EVA흡음재(2 T)”로 구성된 커버를 제작하였다. 금속제 강판에서 차음성능 보강을 흡음재에서 배수소음 저감을 도모하고자 제작한 것이다. 다만 수작업으로 시제품 커버를 제작한 까닭에 커버 부재간 연결부분에 약간의 틈이 존재하였다. 실제 적용할 경우에는 이부분에 대한 보강이 필요하며 이것이 충족될 경우 차음성능은 다소 증가할 것으로 예상된다.

3.3 플라스틱 + 차음 고무시트 커버

기존 공동주택의 배수관 하부에 드레인 커버를 적용할 경우, 금속제 커버는 녹이 슬거나 취급상 구부러지는 등의 하는 등의 변형이 생기기 쉽다. 따라서

현실적으로 기존 공동주택 드레인 커버로서 적용이 가능한 재질은 플라스틱 계통이라고 할 수 있다. 여기에 플라스틱 재질을 기반으로 한 시제품을 제작하였으며, 차음성능을 보강할 수 있는 고무시트를 덧댄 커버도 추가로 제작하였다.

이 커버는 기존 시판 제품과 꼭 맞을 수 있도록 제작되었다. 즉, Fig. 7과 같이 기존 시판 제품에 부착시 틈이 생기지 않도록 제작하였다. 실제 기존 공동주택 배관 다 드레인에 쉽게 적용될 수 있는 구조로 제작되었다.

플라스틱 부분은 5 mm, 고무시트는 3 mm로서 실제 제작 및 기존 시판제품에 부착된 상태는 Fig. 8과 같다.

4. 실험 개요 및 결과

4.1 실험개요

실험은 공동주택 형식으로 축조된 M대학의 게스트 하우스에서 진행되었다. 발코니의 배수관 드레인은 구형으로서 기존공동주택의 배수관 형태와 동일하다. 실험은 Table 3과 같은 8단계의 과정으로 실시되었다. 실험조건상, 게스트 하우스 발코니에 외부 창호가 설치되어 있지 않았으므로 차음박스(아이소핑크 100



Fig. 6 Steel plate+EVA absorber cover binding (left) and disassembly status (right)

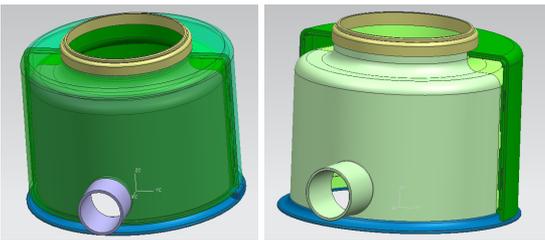


Fig. 7 Plastic + rubber sheet cover fabrication drawings



Fig. 8 Plastic + rubber sheet cover photography

Table 3 Test details of prototypes

No.	Experiment details	Remarks
1	Outside noise	-
2	BGN in a sound insulation box	-
3	Existing condition	-
4	Existing selling product(5 T)	Fig. 5 left
5	Existing selling Products(5 T)+rubber paint 7times(2 T)	Fig. 5 right
6	Existing selling products+steel plate0.5 T+EVA absorber(2 T)	Fig. 6
7	Existing selling products+plastic cover(5 T)+sound insulation rubber sheet(2 T)	Fig. 8
8	Existing selling products+plastic cover(5 T)	Fig. 8

mm + 흡음재 50 mm)로 배수관 주위를 둘러싸서 배수소음 이외에 외부소음이 실험에 영향을 미칠 수 없도록 하였다. 윗층에서의 배수는 15 L의 물이 3초에 걸쳐 쏟아지는 상태를 일정하게 유지하였다. 배수는 15초 이상 유지되었다. 실험조건간의 비교를 위해 윗층에서의 배수량을 실제의 조건보다는 과도하게 하였다. 측정은 배수가 안정된 후, 10초간 실시되었다.

4.2 실험결과

각 시제품을 적용하여 실험한 결과는 Table 5와 같다. 참고로 차음박스 설치후 배경소음 레벨은 37 dBA로 실험에 영향이 없는 수준이었다.

Table에서 알 수 있듯이, 기존 시판 제품만을 적용한 결과는 7 dB의 배수소음 저감이 있었다. 그런데 발코니 청소 등이 이루어지는 일상의 경우, 발코니

배수소음의 수준은 드레인 부근의 소음이 57 dBA로 조사되었다³⁾. 기존 시판제품을 기존 공동주택 배수 드레인에 적용한다면, 50 dB정도의 소음이 발생할 것으로 예상된다. 이 정도의 레벨수준은 거주민의 신경을 거슬릴 수 있는 정도의 소음수준이기 때문에 차음 성능 보완이 필요한 조건이라고 할 수 있다.

기존 공동주택 배수구 드레인에 적용이 가능하다고 할 수 있는 모델인 플라스틱 커버를 기존 시판 제품에 추가하여 덧댄 경우(No. 8), 그 저감량이 12 dBA ~ 13 dBA로 평가되어 이 부재를 기존 공동주택 배수구 드레인 부분에 적용하면 그 소음 수준이 45 dBA 수준으로 조정될 수 있음을 예상할 수 있다.

여기에 덧붙여 배수구 드레인으로부터의 거리 이격과 발코니와 거주공간사이의 창호 차음기능을 감안한다면, 실내 거주 공간에서는 발코니 배수소음의 영향은 매우 미미할 것으로 판단한다.

따라서 기존 공동주택의 배수구 드레인 부분에 손

Table 4 Photographies of experiments

Existing selling product	Existing selling products(5 T)+rubber paint 7times(2 T)
	
Existing selling products+steel plate0.5 T+EVA absorber(2 T)	Existing selling products+plastic cover(5 T)
	

Table 5 Test results of prototypes(single number rating)

No.	Experiment details	L _{Aeq}	L _{Amax}	Reduction value
1	Outside noise	46	57	
2	BGN in a sound insulation box	37	39	
3	Existing condition	67	69	Reference
4	Existing selling product(5 T)	60	62	7/7
5	Existing selling products(5 T)+rubber paint 7times(2 T)	59	61	8/8
6	Existing selling products+steel plate(0.5 T)+EVA absorber(2 T)	57	60	10/9
7	Existing selling products+plastic cover(5 T)+sound insulation rubber sheet(2 T)	55	59	12/10
8	Existing selling products+plastic cover(5 T)	54	57	13/12

쉽게 설치할 수 있는 시제품(Table 5의 No. 8)을 적용함으로써 발코니 배수소음에 대한 거주민의 민원은 크게 감소할 것으로 예상된다.

4.3 적용 시제품의 차음특성

각 시제품 대안별 차음특성 변화를 살펴본다. 이는 각 조건에 따라 어느 대역의 소음이 어느정도 변동되

었는지를 파악함으로써, 차후의 대처방안 설정 등에 도움이 될 수 있으리라 판단하기 때문이다.

기존 공동주택 배수 트레인이 그대로 노출된 상태(No. 3)과 기존 시판제품(No. 4)을 적용한 경우의 비교이다. 315 Hz 이하 저음역대에서는 거의 개선이 이루어지지 못하고 있으나 400 Hz 대역 이후부터는 저감이 이루어지고 있음을 알 수 있다. 5 mm 두께의 기

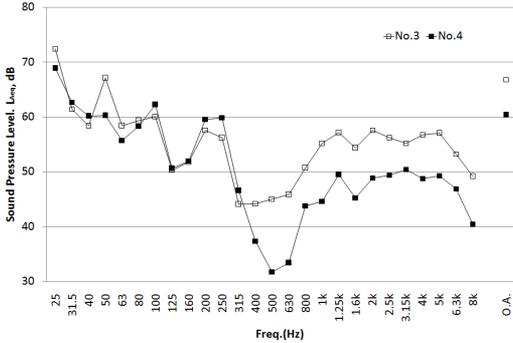


Fig. 9 Comparison of sound insulation characteristics

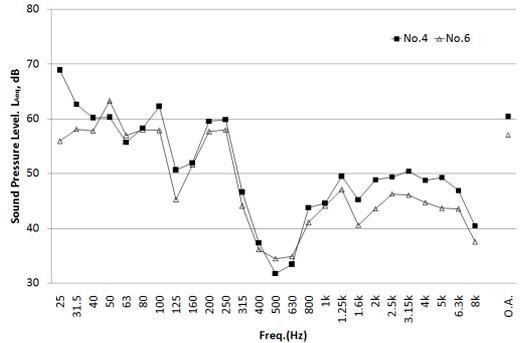


Fig. 12 Comparison of sound insulation characteristics between No. 4 and No. 6

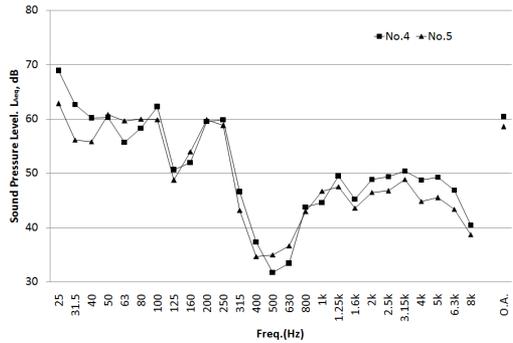


Fig. 10 Comparison of sound insulation characteristics between No. 4 and No. 5

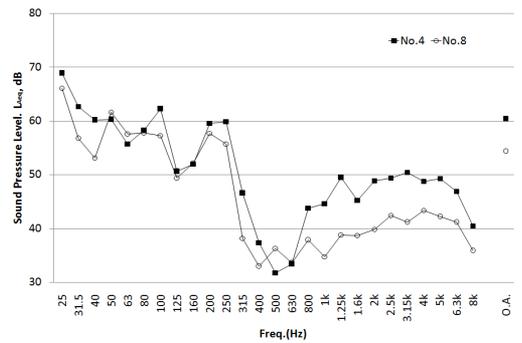


Fig. 13 Comparison of sound insulation characteristics between No. 4 and No. 8

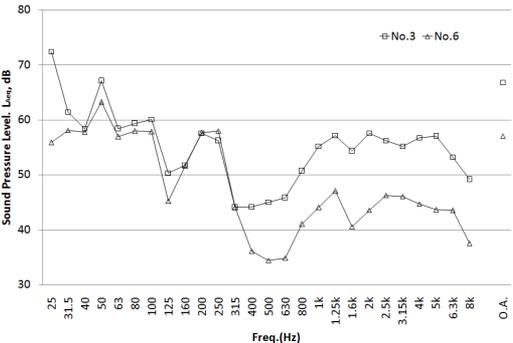


Fig. 11 Comparison of sound insulation characteristics between No. 3 and No. 6

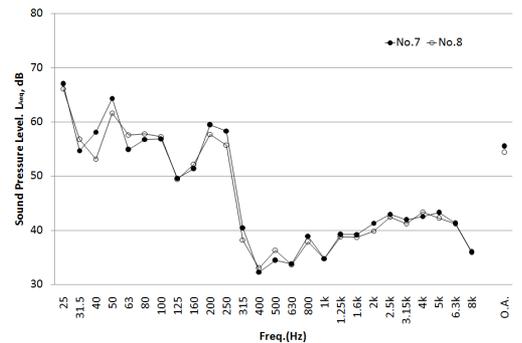


Fig. 14 Comparison of sound insulation characteristics between No. 7 and No. 8

존 시판제품의 차음특성이라고 할 수 있다. 다만, 배수의 운동에 따른 저음역대의 진동저감에 대해서는 드레인 커버가 큰 효과를 보이지 않고 있음을 알 수 있다. 저음역대의 소음을 저감하기 위해서는 드레인 커버 이외의 방안을 도모하여야 할 것으로 판단된다.

기존 시판제품(No. 4)에 고무페인트를 도포한 경우(No. 5)의 차음성능 비교이다. 저음역(25 Hz ~ 40 Hz)에서 고무페인트 칠이 약간의 진동을 줄이는 성능이 있는 것으로 판단되며 고음역(1.25 k 이상)에서는 페인트 칠에 의한 두께의 증가로 차음성능이 다소 보강된 결과로 나타난 것으로 판단된다.

배수 드레인이 그대로 노출된 상태(No. 3)와 기존 제품에 강판제 및 흡음재를 부가로 덧댄(No. 6)의 차음성능 특성 비교이다. 기존 시판제품(No. 4)의 차음특성을 기반으로 저감 특성이 나타나고 있음을 알 수 있다. 크게 특이 성향은 보이지 않는다. 기존 시판제품과의 비교는 다음에 설명한다.

기존 시판제품(No. 4)과 기존 제품에 강판제 및 흡음재를 부가로 덧댄(No. 6)의 차음성능 특성 비교이다. 전반적인 대역에 걸쳐 약간의 개선이 있음을 알 수 있다. 다만 약간의 틈 등으로 인해 그 개선의 정도가 크지는 않다. 제대로 된 강판제 및 흡음재의 성능은 차후 밀실한 구조로 제작하여 이에 대한 성능 실험이 필요하다.

기존 시판제품(No. 4)과 기존 제품에 플라스틱 커버를 덧댄(No. 8)의 차음성능 특성 비교이다. 시공 및 유지관리상 기존공동주택에 적용이 권장되는 안이다. 기존 시판제품의 차음특성에 덧붙여 800 Hz 이상에서의 저감효과가 두드러지게 나타나고 있다. 고음역에서의 차음성능효과가 크게 나타나 전체적으로 발코니 배수소음 저감의 효과를 보강하고 있음을 알 수 있다.

기존 제품에 플라스틱 커버를 덧댄구조(No. 8)와 여기에 차음 고무시트를 부착한 구조(No. 7)의 차음성능 특성 비교이다. 고음역에서의 차음성능은 고무시트가 없는 경우와 대동소이하며, 고무를 덧댄 경우가 도리어 저음역에서 레벨이 증가하는 현상을 보이고 있다. 이러한 결과에서, 차음 고무시트를 부가로 덧대는 것은 차음성능 개선상 큰 효과가 나타나지 않음을 알 수 있었다.

따라서 고무판을 덧대지 않은 구조와 차음성능 차이가 거의 없으므로 5 mm 두께 플라스틱 커버+기존 시판제품의 조합으로 기존 공동주택 발코니 배수소음

에 대한 대처가 가능할 것으로 기대한다.

5. 결 론

기존 공동주택의 발코니 배수소음은 거주민에게 있어 바닥충격음 다음으로 민원의 대상이 되는 설비소음 중 하나이다. 신축되는 공동주택은 우수와 배수의 배출이 분리되어 상층부 배수음이 아래세대로 크게 전달되지는 않는다. 하지만 2006년 이전에 건설된 공동주택의 발코니 배수관이 우수와 배수가 통합되는 구조이므로 거주민의 발코니 배수음에 대한 민원이 계속되고 있는 상황이다.

이에 기존 공동주택 발코니 배수소음 저감을 위해 배수관 중 배수소음 최대 발생위치 파악과 그에 대한 대책으로서 최대소음 발생위치에 드레인 커버를 시공하여 배수소음을 저감시키는 방안을 연구해왔다.

이 연구에서는 그간의 연구성과를 바탕으로 기존 배수관에 적용이 용이한 기존 시판 제품과 여기에 몇 가지의 부가부재를 덧댄 방안을 고안하였다. 탈착 및 유지보수가 용이한 형태로서 고안하였으며, 이를 정밀하게 제작하여 실제 공동주택에 적용하여 그 성능 실험을 실시하였다.

그 결과 두께 5 mm의 플라스틱 부재를 기존 시판 제품에 덧댄 경우, 저감량이 13 dB 정도에 이르고 있음을 파악하였다. 이는 일상의 생활에서 발생하는 배수소음을 45 dB 정도까지 낮출 수 있어 기존 공동주택의 정온한 생활환경 조성에 일조할 수 있을 것으로 판단한다.

다만, 이 실험에서 시도된 대안들은 저음역대에서의 배수소음 저감은 미미하였다. 따라서 차후에는 이에 대한 대비책을 갖는 방안에 대한 연구가 필요할 것으로 생각한다.

후 기

이 연구는 국토교통부 주거환경연구사업의 연구비 지원(19RERP-B082204-06)에 의해 수행되었습니다.

References

- (1) 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 KIAEBS, Vol. 9, No. 1, pp. 58~65.

(2) Noh, T. H. and Oh, Y. K., 2016, Problems of the Water Drain Noise in the Balcony of Old Apartment Houses and a Proposal for the Improvement, Journal of the Regional Association of Architectural Institute of Korea, Vol. 18, No. 3, pp. 123~128.

(3) Kang, M. W., Lee, N. S., Song, M. J. and Oh, Y. K., 2016, Performance Evaluation and Application of Drain Cover for Drainage Noise Reduction of Existing Apartment, Journal of KSLES, Vol. 23, No. 6, pp. 878~886.

(4) Song, M. J., Kang, M. W., Lee, N. S. and Oh, Y. K., 2015, The Present Condition and Considerations on Apartment Balcony Draining Noise in Korea, Inter-Noise 2015, San Francisco.

(5) Song, M. J., 2015, Water Drain Noise in the Balcony of Apartment Houses and a Proposal for the Improvement, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 25, No.4, pp. 24~28.



Min-Woo Kang is received the M.S. Degree in Department of Architecture from Mok-po National University in 2016. His Research interests ar Floor impact sound, Vibration, Environmental noise.



Yang-Ki Oh is received Ph.D. in Architectural Acoustics Engineering from Seoul National University and has been working as a professor at Department of Architecture in Mok-po National University.



Min-Jeong Song received his Ph.D. in Architectural Engineering from Chonnam National University and worked as a research professor at Mokpo National University's Eco-friendly Architecture Research Center. Currently, he is working as a lecturer at the School of Architecture at Chonnam National University and has been conducting various researches on noise and floor impact sound.