

이방향 중공슬래브 및 라멘조 바닥구조의 청감평가 연구

A Study on Psycho-acoustic experiment of Two-way void Slabs and Rahmen structure

신 훈† · 이태강* · 송민정* · 이주엽* · 김형근** · 김선우***

Shin Hoon, Lee Tai-Kang, Song Min-Jeong, Lee Ju-Yeob, Kim Hyung-Geon and Kim Sun-Woo

Key Words : Floor impact noise. Psycho-acoustic experiment, dweller's response

ABSTRACT

Psycho-acoustic experiments were carried out to know the inhabitant's response on floor impact noises due to floor structure types.

The response values for tapping machine, bang machine and impact ball were 4.4~6.06. And children walking and adult walking were 1.67~2.97. Using 11 scale response tests, children and adult walking was not irritate to dwellers and children running was disturbing

1. 서 론

공동주택의 층간소음이 이웃간 갈등의 근본원인으로 끊임없이 부각됨으로서, 정부에서는 강화된 바닥구조 기준을 적용한 “주택건설기준 등에 관한 규정”의 개정을 1년 유예기간을 거쳐 2014년 5월에 시행할 예정이다.

이에 따라 “무량판 중공슬래브 및 라멘조 구조 등의 대안 바닥 구조가 시공되고 있다.

본 연구에서는 시공구조에 대한 바닥충격음 차단 성능 측정과 실제 입주민이 느끼는 체감 소음 실험인 “청감(聽感)실험”을 통해 현실적이고 객관적인 데이터를 제시하여, 고객만족도를 제고하고 청감상 바닥구조의 성능정도를 제시하고자 하였다.

2. 청감 실험방법 및 내용

2.1 실험개요

(1)개요

중공슬래브 무량판 구조 바닥과 라멘조 슬래브 바닥의 충격음 차단성능에 대한, 거주자의 반응을 조사하기 위하여 주부를 대상으로 청감실험을 실시하였다.

청감실험을 실시한 이유는 공동주택 바닥구조에 물리적 차단성능 평가치와 실제 입주민이 느끼는 소음에 대한 반응을 비교 평가함으로서, 현실적이고 객관적인 자료를 제시하여 공동주택 소음에 대한 고객만족도를 제고하고 청감상 바닥구조의 성능정도를 파악하기 위해서이다.

청감실험은 거실 바닥구조에 대하여, 표준충격원(경량, 중량, 임팩트볼)과 어린이와 성인(보행, 달리기, 점프)의 실생활 충격원을 사용하였다. 이러한 충격원들에 대한 청감실험 대상자인 주부의 소음 반응 정도를 파악하기 위하여, 윗층 바닥에서 들리는 충격소음원에 대한 크기(loundness), 시끄러움(noisiness), 신경쓰임(annoyance)의 용어를 사용하여 반응을 조사하였다. 또한 충격소음에 대한 반응정도

† 교신저자; 정회원, 전남대학교 건축과학연구소
E-mail : hoonshin@gmail.com
Tel : 062-530-0789,
Fax : 062-530-0780

* 전남대학교 건축과학기술연구소, 선임연구원

** 에스에이치공사 SH도시연구소, 전문위원

*** 전남대학교 공과대학 건축학부, 교수

조사와 동시에 실생활에서의 생활감에 대한 반응도 조사하였다.

(2) 조사 및 측정일자

측정 및 조사는 공사장 작업 소음의 영향이 없는 일요일 오후인 2013년 5월 12일 오후 4시부터 8시 사이에 실시하였다. 청감실험 전에는 청감실험의 취지를 설명하고, 청감실험용 설문지의 작성방법에 대한 교육을 실시하였다.

청감실험에 참여한 주부에 대하여서는, 사전에 정상 청력여부에 대한 확인서를 의료기관에서 발급받아 제출토록 하였다.

(3) 청감실험 대상 바닥구조

청감실험 바닥구조는 Table 1과 같다.

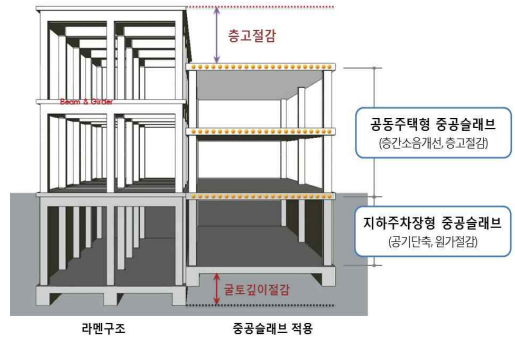


Figure 1 Features of the Two-way Void Slabs

이방향 중공슬래브는 슬래브에 중공부를 두어 슬래브의 자중을 저감시키면서도 슬래브의 두께를 크

Table 1 Floor structure of the auditory experiment measured source room

Mode	Location	Floor structure	Remarks
1	H사 시공 공동주택	중공 슬래브 무량관구조 280mm + 층간소음방지재 20mm + 경량기포콘크리트 40mm + 몰탈마감 40mm	Two-way void slabs
2	T사 시공 공동주택	라멘조 슬래브 150mm + 층간소음방지재 20mm + 경량기포콘크리트 40mm + 몰탈마감 40mm	Rahmen Structure

Table 2 Type of experimental floor impact source

Classification			Detail	
1	표준 충격원 등	경량	Tapping machine	CESVA
2		중량	Bang machine	FI-02, Rion
3			Impact ball-1(2,000N)	YI-01, Rion
4			Impact ball-2(4,000N)	일본 동경대학교
5	실생활 충격원	어린이 (착화)	1인 보행	30kg-여
6			3인 보행	24kg-남, 28kg-여, 30kg-여
7			1인 달리기	30kg-여
8			3인 달리기	24kg-남, 28kg-여, 30kg-여
9		성인 (착화)	1인 뛰어내림 (낙하높이-45cm)	30kg-여
10			3인 뛰어내림 (낙하높이-45cm)	24kg-남, 28kg-여, 30kg-여
11		성인 (착화)	보행	74kg-남
12			뛰어내림(낙하높이-45cm)	74kg-남

게 하여 휨 감성을 향상시킨 바닥판 시스템으로, 이러한 이방향 증공슬래브의 특징을 살펴보면 장스팬 무량판구조는 일반 라멘조보다 층고가 250mm 정도 낮아 세대수 확보가 용이해진다. 또한 바닥 슬래브 자중 감소로 인한 지지하중이 줄어, 이에 따른 수직 구조부재의 물량 및 기초의 물량 저감 효과로 원가 절감이 기대할 수 있다.¹⁾

(4) 측정용 충격원의 선정

기존 연구결과²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾ 공동주택에서 가장 문제가 되는 소음원은 “아이들 뛰노는 소리”로 대표되는 바닥충격음 계통의 소음이었으며, 바닥충격음에 가장 영향을 주는 소음 발생원은 윗 층에서 발생하는 어린이 뛰는소리와 보행소리임을 알 수 있다.

따라서 본 실험에서는 실생활 충격원으로 어린이 보행과 달리기 그리고 뛰어내리는 소리 6종류를 선정하였고, 비교의 목적으로 성인의 보행과 뛰어내림의 2종류 합계 8종류를 선정하였다.

표준충격원의 경우는 현재 경량 표준충격원으로 사용하고 있는 Tapping Machine과 표준중량충격원인 Bang Machine, 그리고 앞으로 새로운 표준충격원으로 적용이 예상되는 충격력 2,000N의 Impact Ball을 선정하였다.

또한 비교의 목적으로 현재 중량표준충격원으로 사용하고 있는 Bang Machine과 충격력이 동일한, 4,000N의 충격력을 가진 일본 동경대학 다찌마나연 구실에서 개발한 Impact Ball도 표준충격원 등으로 사용하여 측정을 실시하였다.

즉, 본 측정 및 평가에서는 표준충격원 등 4가지의 실생활 충격원 8가지의 총 12개 충격원을 이용하였으며 그 내용은 Table 2와 같다.

2.3 청감실험 방법

(1) 청감실험 개요

공동주택의 상층에서 발생하는 충격소음원에 대하여 직하실에서 그 충격소음레벨을 측정함과 동시에, 각 음원이 발생시키는 소음정도(충격소음레벨)에 대한 피험자의 청감반응 정도를 확인하는 현장 청감 실험을 실시하였다.

청감실험에 참여한 인원은 33명으로 각 피험자는 모두 정상 청력을 지닌 평균 35세의 남녀로 구성하였다. 이들 피험자 중 여자는 31명 남자는 2명으로

여자가 남자보다 많은 비율을 차지하고 있는데, 이는 약 3년 이상을 아파트 또는 다세대 주택에서 거주한 여성으로 선정함으로써 실제 공동주택에서 많은 시간을 보내는 피험자의 실생활에서 경험하였던 소음에 대한 반응과 관련하여 본 실험의 청감반응에 대한 사실성과 정확성을 최대화하도록 하였다.

그 결과를 분석하기 위한 충격원의 소음레벨을 측정장비 내역은 다음과 같다.

Table 3 Measuring device of floor impact sound isolation performance

구분	측정기기명	
측정기기	마이크로폰	· NH-22(Rion) & G.R.A.S.(Denmark)
	주파수분석기 및 기록계	· SA-01(AS-20PE4), Rion · 01dB Symphoine software
	음원녹음	· Head & Torso simulator, B&K type 4128
	기타	· 노트북, 연결케이블, 삼각대, 거리측정기 등

(2) 청감실험 설문지

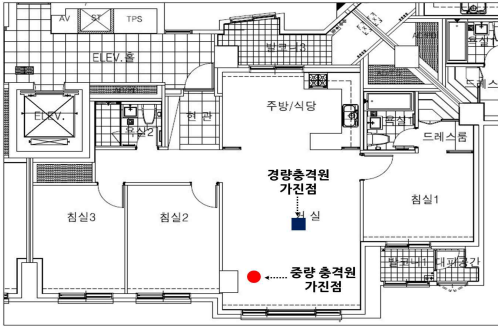
청감반응 실험에서 소음원에 대한 피험자의 반응 표현은 소리의 크기를 평가하는 것(Loudness), 소리의 시끄러운 정도를 평가하는 것(Noisiness) 그리고 소리에 대한 불쾌감을 표현하는 것(Annoyance)으로 구분하였으며, 각 반응은 7단계 SD척도를 이용하여 판단하도록 하였다.

또한 일상생활 속에서 느끼는 소음원에 대한 생활감 반응 정도 파악하기 위하여, 11단계 SD척도를 이용한 생활감 평가도 병행하였다.

(3) 충격원 가진위치 선정

충격원 가진 위치는 표준중량충격원의 단일수치 평가량($L_{i,Fax,AW}$)이 증공슬래브 무량판 구조 바닥의 경우에는, 단일수치 평가량을 감안하여 5곳의 타격점 중 가장 단일 수치평가량에 근접한 위치를 청감 실험의 충격지점으로 선정하였다.

상기의 원칙에 준하여 선정된, 청감실험을 위한 충격원 가진점의 위치는 Fig. 2와 같다.



a. Location marked with light-weight impact source(■), heavy-weight and Jumping source (●)



b. Location marked with walking and running
Figure 2 plan view of the psycho-acoustic experiment and Position of floor impact source

3. 청감 실험 결과

3.1 청감실험에 의한 피험자 반응분석

(1)충격원별 주관적 청감반응

청감실험을 실시하여 12개 충격음원에 대한 주관적 청감반응을 그림으로 정리한 결과는 Fig. 3~Fig. 5와 같다

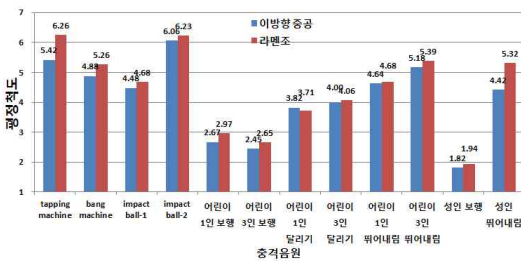


Figure 3 Subjectively evaluated the loudness evaluation of impact sound source

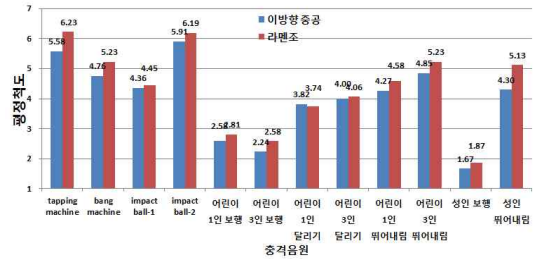


Figure 4 Subjectively evaluated the noisiness evaluation of impact sound source

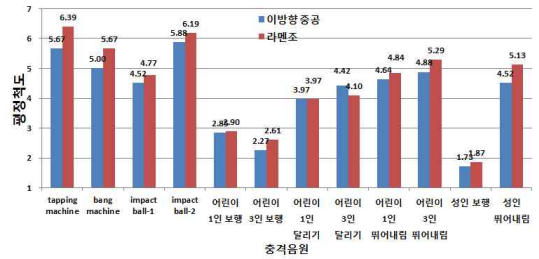


Figure 5 Subjectively evaluated the annoyance evaluation of impact sound source

각 충격원에 대한 평가어휘 반응은 소음의 3대 속성인 크기(loudness), 시끄러움(noisiness), 신경쓰임(annoyance)의 어휘척도 사이에는 크게 차이가 나지 않음을 알 수 있어, 사용된 어휘에 대한 평가척도로서의 타당성을 확인할 수 있다.

충격원별 주관적 반응치 분석결과, 실제충격력보다 큰 경량충격원(tapping machine), 중량충격원(bang machine), 임팩트 볼 2(4,000N)과 같은 표준충격원의 반응치가 4.4 ~ 6.06으로 “보통”에서 “꽤”까지로 높게 나타나고 있는데 반해, 실생활 충격원인 어린이 보행, 성인 보행과 같은 충격원에 대한 반응치는 1.67~2.97로 “전혀”에서 “그저”의 정도로 낮게 반응하고 있어 충격 행위중 보행시 영향은 미미한 것으로 판단할 수 있다.

또한 공동주택에서 불만족 비율이 높은 소음원 중의 하나라 할 수 있는 어린이 달리기는 3.71~4.42로 “약간 작게” ~ “보통”의 반응치를 보인데 반해, 어린이 뛰어내림과 성인 뛰어내림은 4.27 ~ 5.32로 “보통” ~ “약간”으로 반응함을 확인할 수 있었다.

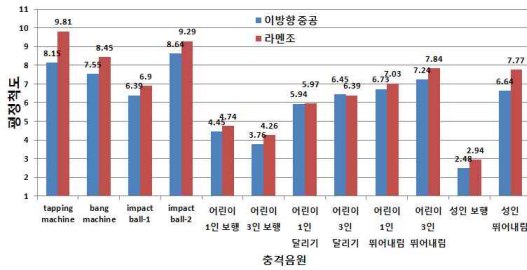


Figure 6 Subjectively evaluated the living response of impact sound source

(2) 생활감 평가에 대한 주관적 청감반응

33명의 피험자를 대상으로 12개 바닥 충격음원에 대한 생활감의 반응치를 분석한 결과는 Fig. 6과 같다.

충격원별 주관적 반응치 및 구조별 주관적 반응치의 분석결과와 유사하게 생활감에 대해 느끼는 반응치도 실생활 충격력보다는 과도한 태핑머신, 타이어, 그리고 임팩트 볼 2와 같은 표준충격음원에 대해 느끼는 반응치가 높게 나타나는 반면, 어린이 보행 및 성인 보행과 같은 실생활 충격원에 대하여는 낮게 반응하고 있음을 알 수 있다.

태핑머신, 성인 뛰어내림, 타이어에서는 두 구조 사이에 차이가 1.61~0.95로 매우 크게 나타나고 있으며, 어린이 달리기에서는 0.03~0.07의 차이를 보여, 어린이 3명 달리기를 제외하고 모든 충격원에 대해 중공슬래브 무량관 바닥구조의 반응이 더 양호하게 나타나고 있음을 알 수 있다.

가장 낮은 반응치를 보인 어린이 및 성인 보행의 경우 거의 거슬리지 않고 주의하면 생활하는데 지장이 없을 정도로 평가할 수 있겠다. 그리고 어린이 달리기의 경우에는 약간 신경쓰이지만 주의하면 문제없는 정도로 평가할 수 있다.

4. 결 론

중공슬래브 무량관 구조 바닥과 라멘조 슬래브 바닥의 아파트 신축공사 현장 거실에 대하여, 윗층 바닥에서 들리는 충격소음원에 대한 크기(loudness), 시끄러움(noisiness), 신경쓰임(annoyance)의 정도와 더불어 생활감에 대한 반응을 청감 실험한 결과는

다음과 같다.

1) “신경쓰임”에 대한 주관적 청감반응 분석결과 현행 표준충격원인 탭머신에 대한 중공슬래브 무량관 구조의 평정척도가 “5”이고, 이에 대한 바닥충격음 측정레벨이 ‘45’ 정도로 나타나 기존의 연구결과와 부합하고 있는 것을 알 수 있었다.

2) 평가어휘인 “크기(loudness)”, “시끄러움(noisiness)”, “신경쓰임(annoyance)”의 어휘척도 사이에는 크게 차이가 나지 않음을 알 수 있어, 사용된 어휘에 대한 평가척도로서의 타당성을 확인할 수 있었다.

3) 7단계 평가척도를 사용한 주관적 반응치 분석결과, 실제충격력보다 큰 경량충격원(tapping machine), 중량충격원(bang machine), 임팩트 볼 2(4,000N)과 같은 표준 충격원의 반응치가 4.4 ~ 6.06으로 “보통”에서 “꽤”까지로 높게 나타나고 있는데 반해, 실생활 충격원인 어린이 보행, 성인 보행과 같은 충격원에 대한 반응치는 1.67~2.97로 “전혀”에서 “그저”의 정도로 낮게 반응하고 있어 충격행위중 보행시 영향은 미미한 것으로 판단할 수 있었다. 또한 공동주택에서 불만족 비율이 높은 소음원 중의 하나라 할 수 있는 어린이 달리기는 3.71~4.42로 “약간 작게” ~ “보통”의 반응치를 보인데 반해, 어린이 뛰어내림과 성인 뛰어내림은 4.27 ~ 5.32로 “보통” ~ “약간”으로 반응함을 확인할 수 있었다.

4) 11단계 척도를 사용하여 주민반응을 분석한 결과, 어린이 및 성인 보행의 경우 거의 거슬리지 않고 주의하면 생활하는데 지장이 없을 정도로 평가할 수 있었으며, 어린이 달리기의 경우에는 약간 신경쓰이지만 주의하면 문제없는 정도로 평가할 수 있다.

참 고 문 헌

(1) SH Corporation, Development of Low-Carbon Void Slabs Structure System , 2010
 (2) Ministry of Land, Infrastructure and Transport, ‘Housing Supply Rate in 2005, Housing Conditions by Type
 (3) Ministry of Land, Infrastructure and Transport,

'2011 Statistical Yearbook, Kind of a Different Administrative District Housing

(4) Korea National Housing Corporation, A Study on the Indoor Noise Limits of Apartment Houses, 1986.12

(5) Kim, S. W., Park, J. W., and Jung, K. Y., Trends change consideration of the reaction of residents of housing environmental noise, Proceedings of the KSNVE Annual Spring Conference, 1996.5

(6) Park, J. W., Research on the transition of the change in response to residents of apartments residential environment noise, Master's Degree-Thesis, Graduate School of Industry Technology in Chonnam National University, 1996.8

(7) Park, H. K., Song, G. G., Kim, W. S., and Kim, S. W., Analysis of Resident' Consciousness for the Environmental Noise in the Residential Area, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 22, No. 2, 2012.2

(8) Jang, G. S., Lee, T. G. and Kim, S. W., A Basic Study on the Establishment of the Evaluation Method for Impact sound Insulation Performance in Apartment House (1), Journal of the Architectural Institute of Korea, Vol. 4, No. 3, 1988.6, pp 227-235