

중량충격음 레벨의 주관적 인지 변화에 대한 연구: 동일한 단일수치 평가량을 갖는 충격음을 대상으로

Changes in Subjective Perceptions of Heavyweight Impact Sound Levels with the Same Single-number Quantity of Floor Impact Sound Insulation

조 현 민* · 김 신 태* · 김 명 준†

Hyun-Min Cho*, Sin-Tae Kim* and Myung-Jun Kim†

(Received April 29, 2020 ; Revised June 15, 2020 ; Accepted June 17, 2020)

Key Words : Subjective Evaluation(주관적 평가), Psycho-acoustic Experiment(청감 실험), Floor Impact Noise (바닥충격음), Single-number Quantity(단일수치 평가량), Perception Rate(인지 비율)

ABSTRACT

In this study, the noise perception rate was evaluated using subjective auditory experiments. Changes in the noise levels in various frequency band conditions with the same single-number quantity of floor impact noise insulation performance were evaluated. A difference in the impact sound level was perceived when a change occurred in the frequency band, except for the bands exceeding the inverse A-weighting reference curve. When the sum of the changes in the impact noise level in the frequency band below the inverse A-weighting reference curve was 5 dB, about 50 % of the subjects perceived the difference, and when it was 10 dB, about 75 % perceived the difference. In addition, the perception rate differed depending on the frequency bands (63 Hz, 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz).

1. 서 론

일반적으로 뜬바닥 구조를 갖는 공동주택 바닥구조에서 중량충격음은 63 Hz의 과도한 충격력으로 인해 해당 주파수 대역의 음압레벨 변화에 따라 단일수치 평가량이 주로 정해지게 된다⁽¹⁾. 그 결과 결정 주파수 대역 이외의 주파수 대역에서 소음레벨 저감이 크게 발생하는 경우에도 단일수치 상으로는 변화

가 나타나지 않아 개발 기술의 충격음 차단성능 변별성이 부족하고 63 Hz 저감을 위한 기술개발에 치중되어 있는 실정이다⁽²⁾. 63 Hz를 제외한 125 Hz ~ 500 Hz 대역이 실생활 소음에서 주로 나타나는 주파수 대역이고, 해당 주파수 대역에 대한 저감성능 향상이 재실자가 인지하는 충격음 저감에 기여할 수 있는 영향이 충분히 있음에도 불구하고 이를 반영하지 못하고 있다^(3,4). 일례로 중량충격음 개선을 위한 연구⁽⁵⁻⁷⁾에서는 천장구조의 개선(흡음재, 방진달대

† Corresponding Author ; Member, Dpt. of Architectural Engineering, University of Seoul, Professor
E-mail : mjunkim@uos.ac.kr

* Member, Dpt. of Architectural Engineering, University of Seoul, Post-doctorate researcher

** Member, Dpt. of Architectural Engineering, University of Seoul, Doctorate student

‡ Recommended by Editor Hong Seok Yang

© The Korean Society for Noise and Vibration Engineering

등의 설치)을 통해 125 Hz 주파수 대역 이상에서 충격음레벨 저감량의 합이 5 dB 이상으로 나타났고 현재 평가방법인 KS F 2863-1, 2^(8,9)에 의거한 역 A특성가중 지표에 의해 평가 시 단일수치 평가량의 변화가 미미하거나 없는 것으로 분석되었다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 주파수 대역별로 다양한 범위에서 저감 성능을 지닌 측정 데이터가 필요하며 이를 바탕으로 재실자 청감실험을 통해 실질적으로 재실자가 느끼는 저감 정도에 대한 주관적 분석과 이를 변별할 수 있는 현행 평가방법의 개선이 필요하다고 판단된다.

청감실험을 통한 중량충격음의 주관적 평가 연구는 국내외에서 꾸준히 진행되어 왔다. 바닥충격음을 평가하기 위한 한국어 어휘로는 어노이언스(annoyance; 성가심)가 가장 높은 득점을 하여 바닥충격음 평가어휘로 연구된 바 있으며⁽¹⁰⁾, 소음의 어노이언스와 온습도 환경과의 관계에 대한 연구도 수행된 바 있다⁽¹¹⁾. 또한 충격음이 수음되는 실의 잔향특성에 따른 decay rate도 어노이언스에 큰 영향력을 가지는 것으로 조사되었으며⁽¹²⁾, Jo, H. I. et al.⁽¹³⁾의 연구에서는 청감실험 구성방법에 HMD(head mounted display), HRTF(head related transfer function), HMD+HRTF를 적용 시 소음에 좀 더 민감하게 반응하는 청감방법에 대한 연구를 진행하였다. 바닥충격음 각 주파수 대역별 소음레벨 차이 인지에 대한 연구는 현재 초기 단계로서, 실충격원의 종류(jumping, running)와 주파수별 소음레벨 변화에 따른 재실자 어노이언스 경향성에 대한 연구가 수행되었다⁽¹⁴⁾. Jung, J. H.⁽¹⁵⁾는 고무공충격원의 충격음에 대하여 단일수치 평가방법에 따른 성가심 반응 분석을 연구하였으며 125 Hz와 250 Hz의 저감을 좀 더 재실자가 민감하게 받아들이는 것으로 분석하였다. 기존 연구를 정리해보면 평가방법 간 단일수치 평가량의 차이와 소음레벨 변화에 따른 주관적 분석이 주로 진행되어 왔다. 그러나 이 연구에서 진행하고자 하는 단일수치 평가량에 영향을 주지 않는 주파수 대역에의 충격음 레벨 변화에 대한 재실자의 인지 영향 분석과 관련한 연구는 아직 미진한 것으로 판단된다.

이에 이 연구에서는 동일한 단일수치 평가량을 갖는 다양한 주파수 대역별 충격음레벨 변화 조건의 음원(116개 case)을 대상으로 재실자의 인지반응 변화를 주관적 청감실험에 의해 평가하였다.

2. 실험 개요

2.1 실험 대상 음원

실험에 사용된 reference 음원은 중량 표준충격원 중 실생활 충격음과 좀 더 유사한 고무공충격원(표준중량 충격원2)을 사용하였으며⁽¹⁶⁾, Table 2에서 나타난 현장에서 측정장비(dB4-4ch.; 01 dB)를 통해 레코딩한 음원을 사용하였다. 이 연구에서 사용되는 동일 단일수치 평가량은 63 Hz에서 주로 과도한 충격을 레벨이 나타나는 노후 공동주택 조건을 기준으로 설정하였으며, 노후 공동주택 실태조사 결과(N=214)의 고무공충격원 단일수치 평가량 중위값인 54 dB로 설정하였다⁽¹⁷⁾.

결정주파수(main contribution frequency) 대역은 기준곡선을 8 dB 이상 상회하여 단일수치 값을 결정하는데 주로 기여한 주파수 대역을 의미하며 이 연구에서는 1개의 결정주파수 대역을 갖는 경우를 대상으로 하였다(63 Hz, 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz). 동일한 단일수치 평가량을 지니지만 주파수 대역 특성이 다른 음원 case를 분류하였으며, Table 1에 4개의 결정주파수 대역 중 63 Hz인 경우의 case 분류를 예시로 나타내었다. 변화주파수 대역은 결정주파수 대역을 제외한 나머지 주파수 대역 중 역 A특성 기준곡선의 충격음 레벨보다 낮게 변화시킨 주파수 대역을 의미하며, 1개 혹은 다수의 주파수 대역에서 역 A특성 기준곡선 충격음 레벨 보다 3 dB, 5 dB, 7 dB, 9 dB 낮게 변화시킨 case로 분류하였다. 변화주파수 대역 변수는 먼저 개수에 따라 분류되며, 개수가 1개인 경우 결정주파수 대역을 제외한 나머지 주파수 대역에서 3개 case가 분류되고(ex. 결정주파수 대역이 63 Hz인 경우 각각 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz가 변화주파수 대역 case), 2개인 경우 3개 case(ex. 결정주파수 대역이 125 Hz인 경우 각각 63 Hz ~ 250 Hz, 63 Hz ~ 500 Hz, 250 Hz ~ 500 Hz가 변화 주파수 대역 case), 3개인 경우는 결정주파수 대역을 제외한 나머지 주파수 대역 모두이기 때문에 1개 case로 분류된다. 이때 결정 또는 변화주파수 대역에 포함되지 않는 주파수 대역은 역 A특성 기준곡선의 충격음 레벨과 동일하게 설정되었다. 이를 취합하면 결정주파수 대역 변수 4개, 변화주파수 대역 변수 7개, 변화량 변수에 의한 4개 분류에 변화주파수 대역이 없는 4개 case를 포함해 총 음원 case는 116개로 분류된다.

Table 1 Example cases of experimental source (main contribution frequency: 63 Hz)

No.	Main contribution frequency [Hz]	Changing frequency [Hz]	Changing value [dB]	Frequency band of sound source [Hz]			
				63	125	250	500
1	63	-	-	85	67	60	54
2		125	3	85	64	60	54
3			5	85	62	60	54
4			7	85	60	60	54
5			9	85	58	60	54
6		250	3	85	67	57	54
7			5	85	67	55	54
8			7	85	67	53	54
9			9	85	67	51	54
10		500	3	85	67	60	51
11			5	85	67	60	49
12			7	85	67	60	47
13			9	85	67	60	45
14		125, 250	3	85	64	57	54
15			5	85	62	55	54
16			7	85	60	53	54
17			9	85	58	51	54
18		125, 500	3	85	64	60	51
19			5	85	62	60	49
20			7	85	60	60	47
21			9	85	58	60	45
22		250, 500	3	85	67	57	51
23			5	85	67	55	49
24			7	85	67	53	47
25			9	85	67	51	45
26		125, 250, 500	3	85	64	57	51
27			5	85	62	55	49
28			7	85	60	53	47
29			9	85	58	51	45

Table 2 Overview of room measuring the sound source

Building type	Apartment
Location	Living room
Floor area	11.23 m ²
Slab thickness	120 mm
Floor finishing	PVC 2 mm
Floor structure	Mortar 45 mm + EPS mixture cement mortar 95 mm
Ceiling	None

2.2 실험방법

(1) 청감실험 개요

주관적 청감실험 평가방법으로는 쌍대비교법 (paired comparison, PC), 강도추정법(magnitude estimation, MD), 7점척도법(semantic differential, SD) 이 사용되었다. 또한 청감실험 구현방법으로 주관적 반응이 최대한 민감하게 나타날 수 있도록 HMD를 활용한 청감실험을 진행하였다. 앞서 설정된 총 116 개 case 음원을 대상으로 문항을 제시하였다. 음원 간 30초 간격을 두어 앞서 음원 case가 영향을 주지 않도록 실험 시나리오를 작성하였으며 무작위(random) 순서로 case를 배치하였다. 실험 구성은 동일한 단일 수치 평가량을 갖는 음원 2개를 paired하여 각각 5회 가진하여 들려주고, 크기 차이 인지에 대한 문항과 어느 음원이 더 큰지 선택하도록 하는 문항을 구성하였다. 피험자의 피로도도 인한 평가결과 영향을 최소화하기 위해 20분 실험 수행 후 10분 휴식의 계획으로 실험이 수행되었다.

실험은 민감도가 기존 방법에 비해서 높다고 연구된 HMD기기를 활용한 실험방법이 사용되었으며, 가상현실 주관적 청감평가의 구성체계 및 실험 프로세스는 Fig. 1과 같다. 사용된 HMD는 무선포립형 6-DOF standalone (oculus quest) HMD이며 실험 환경과 시나리오 및 가상현실 구현을 위해 Unity(ver. 2018)가 사용되었다. 이를 통해 일반 아파트 평면의 거실형태의 가상현실 공간에서 자연스러운 이동과 상부층의 층간소음 음원 재생 및 설문지 작성이 가능하도록 청감 환경을 구축하였으며, oculus quest를 통해 구현 가능하도록 어플리케이션을 제작하였다. HRTF의 설정에는 앞서 Unity 프로그램과 dummy head, HEAD audio-recorder가 사용되었다. 중량충격음 단일수치 평가 시 고려되는 주파수 대역의 충격음레벨

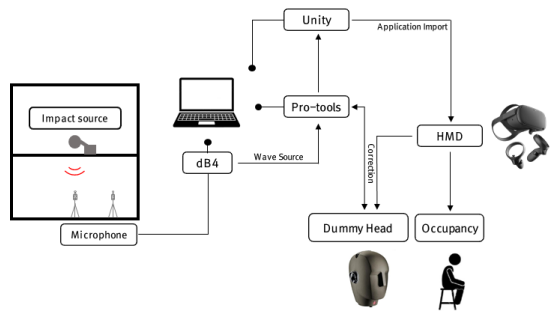


Fig. 1 Auditory experiment method overview

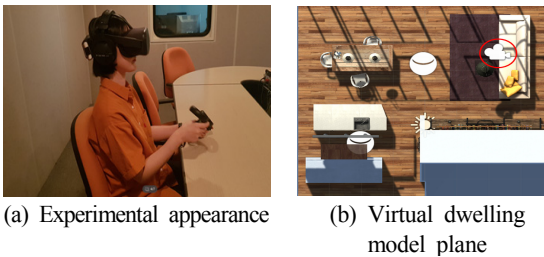
에 대하여 결정주파수 대역 등과 같은 음압레벨 편집에는 Pro-tools (ver. 12)가 활용되었다.

(2) 실험장소

실험장소는 Fig. 2(a)의실에서 진행되었으며, 해당실의 바닥면적은 19.7 m², 체적은 약 63.4 m³이다. 실 표면의 등가흡음계수는 0.84이며 배경소음은 22.6 dBA로 측정되었다. 가상현실 환경은 Fig. 2(b)에 나타낸 바와 같이 일반적인 거실평면 모델을 구현하여 적용되었으며 어플 실행 시 피험자는 소파의 중앙에서 시작하게 된다. 상부층 음원은 시작지점의 수직방향 위쪽 천장에 고정되어 재생되며, 피험자는 거실 전체를 자유롭게 움직일 수 있다. 실험 시작 전 피험자는 거실을 자유롭게 움직이며 환경에 적응 시간을 가진 이후 다시 시작지점으로 돌아가 청감실험을 시작하게 된다. 청감실험 중 설문 체크는 가상현실 내부에서 oculus quest의 핸드 모듈을 통해 이루어지며 가이드 포인팅을 이용해 체크하는 방식으로 구성되어 있다. Fig. 2(c)는 가상현실 내에서 피험자가 실험 중 마주하게 되는 시야를 보여주고 있다.

2.3 피험대상

청감실험을 진행하기 앞서 청감자에게 기본 설문



(c) Subject vision in virtual reality

Fig. 2 Auditory experiment progress

사항에 대한 조사를 진행하였다. 설문 내용은 각각 성별, 연령, 소음 피해 관련 경험과 본인이 느끼는 청력 민감도 등을 조사하여 Table 3에 나타내었다. 피험 대상은 정상청력을 지닌 만 30세 이하 총 50명을 대상으로 하였으며 만 20세~만 30세 사이에 분포(평균 25.1세)하는 것으로 나타났다. 나이 구간별(20대, 30대, 40대 등)로 성가심 반응에 대한 민감도 차이가 일부 나타나기 때문에 피험 대상을 최대한 동일 나이 구간으로 모집하여 실험을 진행하였다. 성별은 남자가 33명, 여자가 17명으로 구성되었다. 피험자 본인의 청취 민감도는 평균 약 4.5로 “보통이다”와 “약간 그렇다” 사이인 것으로 나타났다. 피험자들의 음악/소음/음향 관련한 경험 여부에서 33명이 경험이 있다고 확인되었으며, 1년 이상~5년 미만의 경험기간 인원

Table 3 Basic survey results

1. Gender						
Men			Women			
33			17			
2. Age						
Younger than 25		25 or older		Average		
21		29		25		
3. How sensitive you are to your listening? (7-point scale)						
Not at all	Slightly	Mildly	Modera-ly	Severely	Very severely	Extreme-ly
0	2	5	18	15	9	1
4. Music or noise related experience (profession, major, etc.)						
Experience			No experience			
33			17			
5. Music or noise related experience period (year)						
Less than 1 year	1 ~ 5		6 ~ 10		More than 10 years	
7	15		6		5	
6. Floor noise or other noise experience						
Experience			No experience			
35			15			
7. Floor noise or other noise experience period (year)						
Less than 1 year	1 ~ 5		6 ~ 10		More than 10 years	
22	8		2		2	
8. Period of wearing headset and earphones (average per day)						
Less than 1 hour		2 ~ 5			More than 5 hours	
30		16			4	

이 15명으로 가장 높았고 1년 미만이 7명, 6년 이상은 11명으로 나타났다. 층간소음 또는 기타소음에 대한 피해 여부는 35명이 경험이 있다고 확인되었으며, 평균 피해기간은 약 1.5년으로 나타났다. 1년 미만의 피해기간이 22명으로 가장 많았고, 1년 이상~5년 미만이 8명, 6년 이상이 4명으로 나타났다. 헤드셋 또는 이어폰의 착용 여부에 대한 설문 결과 50명 모두 경험이 있었으며 하루 평균 2시간 미만의 사용인원은 30명으로 나타났으며 2시간 이상~5시간 미만인 인원은 16명, 5시간 이상 사용 인원은 4명으로 나타났다.

3. 실험 결과 및 고찰

동일한 바닥충격을 차단성능 평가량에서 결정주파수 대역을 제외한 주파수 대역의 충격음레벨 변화 시 재실자의 인지 여부를 분석하였다. 분석방법은 크게 변화주파수 충격음레벨 변화에 따른 인지 비율 분석, 변화주파수 대역 및 개수에 따른 인지 비율 변화, 결정주파수 대역에 따른 인지 비율 변화 세 가지로 구성되었다. 아울러 각각의 분석방법은 적용 개수에 대한 분석을 포함하여 진행되었으며, 인지 비율은 피험 대상 50명 중 크기 차이를 인지한 비율을 의미한다.

3.1 충격음레벨 변화에 따른 인지 비율 분석

전체 case에 대하여 변화주파수 대역의 충격음 레벨 변화량에 따른 인지 비율 결과를 분석하여 Fig. 3에 나타내었다. 해당 case들은 모두 동일한 역 A특성 가중바닥충격음레벨($L'_{i,Fmax,AW}$) 54 dB의 단일수치 평

가량 case이다.

변화주파수 대역의 충격음 레벨 변화량이 증가할수록 피험자의 인지 비율은 증가하는 것으로 나타났으며(결정계수 $R^2 = 0.51$) 변화량의 총합이 10 dB 이하인 경우가 10 dB 이상인 경우보다 변화량 증가에 따른 인지 비율 변화가 더 큰 것으로 나타났다. 또한 변화량의 합 5 dB 차이만으로도 약 50%가 인지하는 것으로 나타났으며 10 dB인 경우 약 75%가 인지하는 것으로 확인되었다. 결과적으로 동일한 단일수치 평가량에서도 결정주파수 대역 이외의 주파수 대역의 저감 정도에 따라서 재실자가 저감성능에 차이를 인지할 수 있는 것으로 판단된다. 이는 현행 평가방법의 경우 역 A특성곡선을 통해 A가중을 보정하게 되는데, 이때 A가중 시 적용되는 보정수치는 순음을 기준으로 한 청감보정이며 바닥충격음 특성은 단순한 순음형태가 아닌 다양한 주파수 대역의 충격성 복합소음이기 때문에 나타난 결과로 사료된다. 한편 동일한 충격음 레벨 변화량에 대해서도 인지 비율의 편차가 매우 큰 것으로 나타나, 변화량 변수 이외에도 결정주파수 대역과 변화주파수 대역에 따른 인지 비율 경향에 대한 추가적인 분석이 필요한 것으로 판단된다.

3.2 변화주파수 대역에 따른 인지 비율 변화

63 Hz 결정주파수 대역을 기준으로 변화주파수 대역에 따른 변화량별 인지 비율 결과를 Fig. 4에 나타내었다.

결정주파수 대역이 63 Hz일 때 변화주파수 대역에서 충격음레벨이 변화되는 경우 변화주파수 대역에 따라

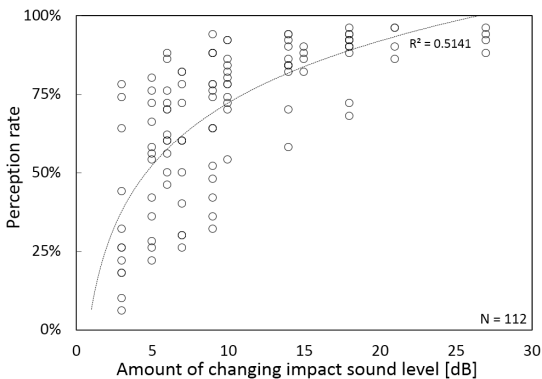


Fig. 3 Perception rate according to the amount of changing impact sound level in the frequency band excluding the main contribution frequency

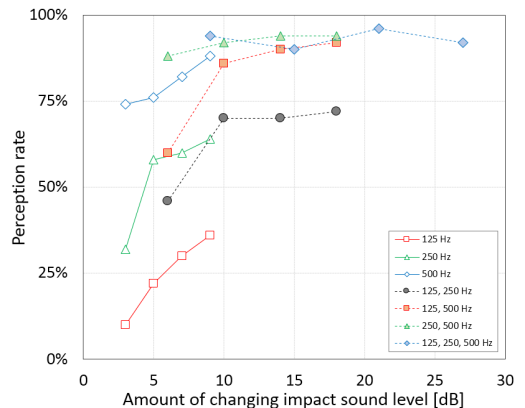


Fig. 4 Perception rate according to the changing frequency band and amount of changing impact sound level (main contribution frequency: 63 Hz)

인지 비율이 다르게 나타났다. 변화주파수 대역이 1개 인 경우 인지 비율은 500 Hz > 250 Hz > 125 Hz 순으로 높았으며 500 Hz에서 5 dB 이상 변화 시 약 75.0% 이상의 높은 인지 비율을 보였다. 반면 125 Hz를 저감할 경우 9 dB를 변화 시 36%의 인지 비율을 보여 변화주파수 대역에 따라 상대적으로 인지 비율의 차이가 나타났다. 변화주파수 대역이 2개인 경우 250 Hz와 500 Hz를 같이 변화시키는 case가 가장 높은 인지 비율을 보였으며 각각 3 dB(총 6 dB)의 변화량 기준으로 인지 비율이 88.0%로 나타났다. 또한 전체 case를 기준으로 각각 5 dB(총 10 dB) 이상 변화 시 최소 70.0% 이상의 인지 비율을 보였다. 3개 변화주파수 대역(125 Hz ~ 250 Hz ~ 500 Hz)을 최소 각각 3 dB(총 9 dB) 변화 시 90.0% 이상의 인지 비율이 나타났다.

전체 결정주파수 대역을 기준으로, 변화주파수 대역에 따른 인지 비율 결과를 주파수 대역 개수별로 분류하여 Fig. 5에 나타내었다. 그래프에서 박스플롯은 각각 중앙값(*m*), 제1사분위수(*Q1*)와 제3사분위수(*Q3*)를 의미하며 극단(최대, 최소) 및 평균을 추가로 나타내었다.

변화주파수 대역 개수가 1개인 경우 주파수 대역은 각각 63 Hz, 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz로 분류된다. 500 Hz 대역에서 변화하였을 때 인지 비율이 평균 74.9%로 가장 높게 나타났으며 변화량 및 결정주파수 대역에 따라 64.0% ~ 88.0%로 분포하였다. 63 Hz에서 변화된 경우가 그 다음으로 인지 비율이 높게 나타났으며 변화량 및 결정주파수 대역에 따라 22.0% ~ 54.7%로 분포하였다. 250 Hz에서 변화되는 경우 평균

인지 비율은 45.3%로 나타났고 125 Hz에서 변화되는 경우 25.5%로 가장 낮은 평균 인지 비율을 보였다.

변화주파수 대역이 2개인 경우 주파수 대역 case는 63 Hz ~ 125 Hz, 63 Hz ~ 250 Hz, 63 Hz ~ 500 Hz, 125 Hz ~ 250 Hz, 125 Hz ~ 500 Hz, 250 Hz ~ 500 Hz, 총 6개 case로 나뉜다. 앞서 단일 변화주파수 대역 결과와 비슷한 경향성을 보였으며, 500 Hz가 포함된 63 Hz ~ 500 Hz, 125 Hz ~ 500 Hz, 250 Hz ~ 500 Hz의 변화주파수 대역 case가 각각 평균 인지 비율 88.5%, 81.3%, 87.5%로 다른 case와 대비해 상대적으로 높게 나타났다. 63 Hz가 포함된 63 Hz ~ 125 Hz, 63 Hz ~ 250 Hz의 case는 77.8%, 78.8%로 나타나 다음으로 높은 평균 인지 비율을 보였으며 125 Hz ~ 500 Hz 변화주파수 대역 case의 경우 가장 낮은 61.0%의 평균 인지 비율이 나타났다.

변화주파수 대역이 3개인 경우 전체적으로 앞서 단일 및 2개 변화주파수 대역에서의 인지 비율보다 평균적으로 높은 인지 비율을 보이는 것으로 분석되었으며 4개 case의 변화주파수 대역에서 모두 평균 80.0% 이상의 인지 비율을 보였다. 125 Hz ~ 250 Hz 대역에서 변화되는 경우 인지 비율이 가장 높게 나타났으며 이때 인지 비율 평균은 약 93.0%로 분석되었다. 63 Hz ~ 125 Hz ~ 250 Hz 주파수 대역이 변화되는 경우 가장 인지 비율이 낮게 나타났으며 평균 약 81.0%로 나타났다.

결과적으로 변화되는 주파수 대역에 따라 충격음 레벨 변화를 인지하는 비율에 차이가 나타났고 특히 500 Hz 대역과 63 Hz 대역에서의 변화에 대한 인지

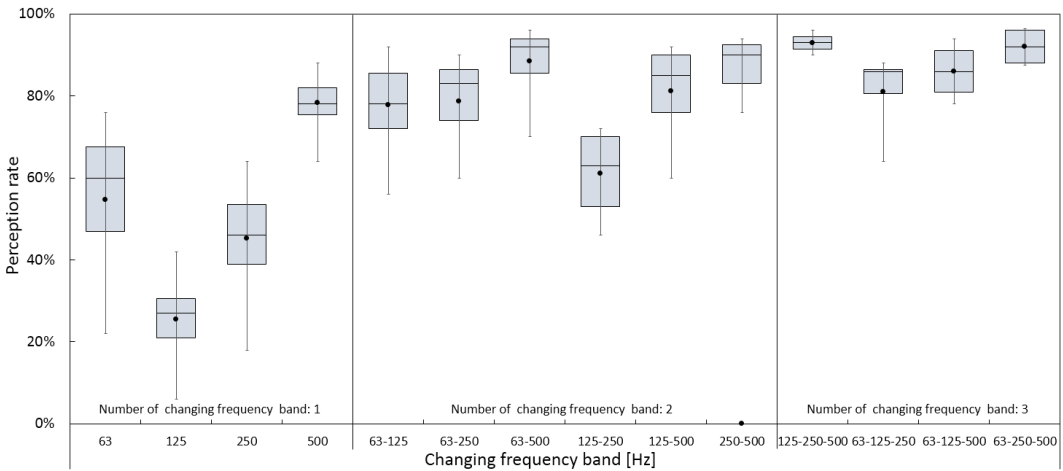


Fig. 5 Perception rate according to the number of changing frequency bands

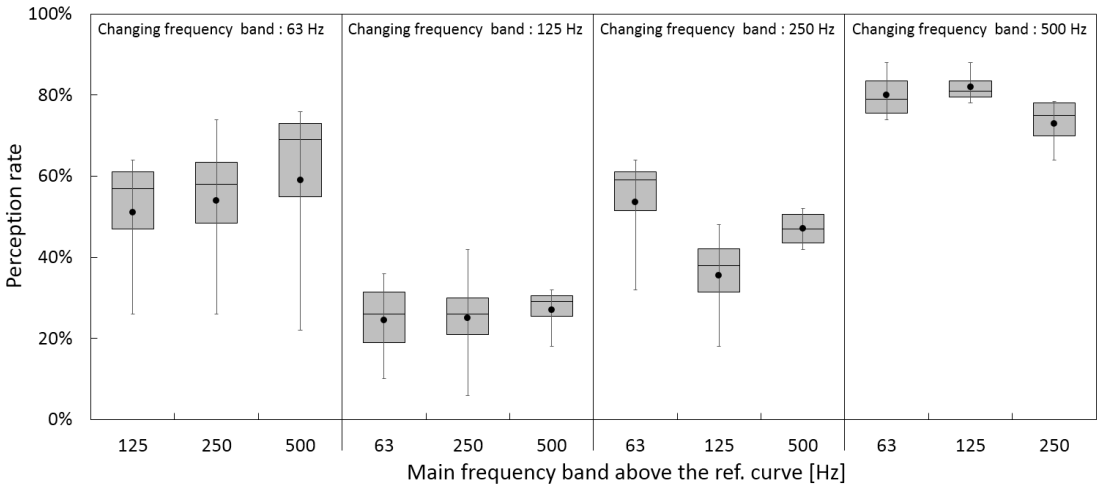


Fig. 6 Perception rate according to the main contribution frequency band

비율이 높게 나타났다. 이는 500 Hz의 경우 실생활에서 가장 빈번하게 들리는 주파수대역이기 때문으로 사료되며 63 Hz는 진동체감이 가장 높게 나타나는 저주파수 대역 범위에 속하기 때문으로 판단된다.

3.3 결정주파수 대역에 따른 인지 비율 변화

결정주파수 대역에 따른 인지 비율 변화를 단일 변화주파수 대역을 기준으로 Fig. 6에 나타내었다. 변화주파수 대역은 63 Hz로 동일하지만 결정주파수 대역(125 Hz, 250 Hz, 500 Hz)이 각각 다른 경우 결정주파수 대역에 따른 인지 비율은 각각 평균 51.0%, 54.0%, 59.0%로 나타났다. 변화주파수 대역이 125 Hz인 경우 결정주파수 대역(63 Hz, 250 Hz, 500 Hz)에 따라 인지 비율이 24.5%, 25.0%, 27.0%로 나타났으며 250 Hz인 경우 53.5%, 35.5%, 47.0%, 500 Hz의 경우 80.0%, 82.0%, 73.0%로 분포하였다. 변화주파수 대역이 250 Hz로 동일한 경우 결정주파수에 따른 인지 비율 차이의 범위가 약 18%로 나타났으나 이를 제외한 63 Hz, 125 Hz, 500 Hz의 변화주파수 대역에서는 결정주파수 대역에 따른 인지 비율 차이의 범위가 약 10% 이내로 나타났다. 결과적으로 결정주파수 대역 변수에 따른 인지 비율 영향은 변화주파수 대역의 변화보다 상대적으로 미미한 것으로 분석되었다.

4. 결 론

동일한 단일수치 평가량을 갖지만 역 A특성 기준곡

선을 결정주파수 대역 외의 주파수 대역에서 차이를 갖는 중량충격음원에 대하여 채실자의 충격음 레벨 변화 인지 여부를 주관적 청감실험을 통해 평가하였다.

연구의 주요 결론은 다음과 같다.

(1) 동일한 단일수치 평가량에서도 결정주파수 대역 이외의 주파수 대역에서 변화가 있는 경우 채실자가 충격음 레벨 차이를 인지하는 것으로 나타났다. 변화량의 총합이 5 dB인 경우 피험자 중 약 50%의 인원이 차이를 인지하였으며 10 dB인 경우 약 75% 이상이 차이를 인지하였다. 이러한 결과는 바닥충격음이 단순한 순음형태가 아닌 다양한 주파수 대역의 충격성 복합소음의 특성을 지니기 때문에 나타난 결과로 사료된다.

(2) 변화되는 주파수 대역에 따라 충격음 레벨 변화를 인지하는 비율에 차이가 나타났고(500 Hz > 63 Hz > 250 Hz > 125 Hz) 특히 500 Hz 대역과 63 Hz 대역에서 민감하게 나타났다.

(3) 결정주파수 대역에 따른 인지 비율 차이는 약 10% 이내로 나타나 변화주파수 대역에 따른 차이보다 상대적으로 영향이 적은 것으로 나타났다.

튼바닥 시공 시 발생하는 바닥충격음 레벨 특성과 천장구조 등의 소수선에 의한 저감 주파수 대역을 고려할 때 63 Hz 대역의 충격음 레벨에 의존적인 현행 평가방법의 개선 방향이 향후 면밀하게 검토될 필요가 있다. 향후 낮은 단일수치를 갖지만 125 Hz 이상의 충격음 레벨은 역 A특성 기준곡선에 가까운 음원과 높은

단일수치를 갖지만 125 Hz 이상의 충격음 레벨은 기준곡선보다 저감된 주파수 특성의 음원간의 추가적인 평가심 비교 청감연구가 필요할 것으로 사료된다.

후 기

이 논문은 2019년도 서울시립대학교 교내학술연구비에 의하여 지원되었음.

References

(1) Shin, H. and Kook, C., 2010, A Study on the Current Status Analysis of Insulation Performance of Heavy-weight Floor Impact Sound based on the Field Test Data in Apartment houses, Journal of the Regional Association of Architectural Institute of Korea, Vol. 12, No. 3, pp. 237~244.

(2) Kang, M. W., Lee, K. W., Song, M. J., Lee, N. S. and Oh, Y. K., 2015, Effects of Specific Frequency Bands of Heavy Weight Floor Impact sound on the Single Number Rating Value, Journal of Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems, Vol. 9, No. 2, pp. 157~162.

(3) Park, H. K., Kim, K. M. and Kim, S. W., 2013, Verification of Effectiveness of the Standard Floor Impact Source by Comparing with Living Impact Sources, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 23, No. 12, pp. 1117~1126.

(4) Kim, K. W. et. al., 2005, Impact Power Characteristics as Behavior of Real Impact Source(Child), Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 15, No. 5, pp. 542~549.

(5) Jung, H. W. et. al., 2002, A Study on the Reduction Characteristics of Floor Impact Sound Insulation Due to the Ceiling Frame Structures in Apartment Houses, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 12, No. 8, pp. 573~580.

(6) Kim, S. T., Cho, H. M. and Kim, M. J., 2019, Study on Improvement of Floor Impact Sound Insulation Performance in Repairing Floor Layers of Aged Apartment, Transactions of the Korean Society for Noise

and Vibration Engineering, Vol. 29, No. 2, pp. 206~215.

(7) Ryu, J., Song, H. and Kim, Y., 2018, Effect of the Suspended Ceiling with Low-frequency Resonant Panel Absorber on Heavyweight Floor Impact Sound in the Building, Building and Environment, Vol. 139, pp. 1~7.

(8) Korean Agency for Technology and Standards, 2017, Rating of Floor Impact Sound Insulation for Impact Source in Buildings and of Buildings Elements - Part 1: Floor Impact Insulation against Standard Light Impact Source, KS F 2863-1.

(9) Korean Agency for Technology and Standards, 2017, Rating of Floor Impact Sound Insulation for Impact Source in Buildings and of Buildings Elements - Part 2: Floor Impact Insulation against Standard Heavy Impact Source. KS F 2863-2.

(10) Song, M. J. Song, H., Lee, T. K., Gi, N. G., Park, H. G. and Kim, S. W., 2004, Survey on the Proper Vocabularies for Evaluating Floor Impact Sound in Apartment Houses, Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design, Vol. 20, No. 5, pp. 179~184.

(11) Yang, W. Y. and Moon, H. J., Combined Effects of Acoustic, Thermal, and Illumination Conditions on the Comfort of Discrete Senses and Overall Indoor Environment, Building and Environment, Vol. 148, pp. 623~633.

(12) Kim, J. H., Ryu, J. K. and Jeon, J. Y., 2013, Effect of Temporal Decay on Perception of Heavy-weight Floor Impact Sounds, The Journal of the Acoustical Society of America, Vol. 134, No. 4, pp. 2730~2738.

(13) Jo, H. I. and Jeon, J. Y., 2019, Downstairs Resident Classification Characteristics for Upstairs Walking Vibration Noise in an Apartment Building under Virtual Reality Environment, Building and Environment, Vol. 150, pp. 21~32.

(14) Jung, J. H. and Lee, S. C., 2017, A Study on the Subjective Loudness Responses on Octave-band Level Varied Floor Impact Sound, Journal of Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems, Vol. 11, No. 2, pp. 107~112.

(15) Jung, J. H., 2017, Comparison between Subjective Evaluation Results of Frequency Component

Varied Rubber Impact Sound and Single Numerical Quantities, *Journal of Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems*, Vol. 11, No. 6, pp. 517~526.

(16) Yeon, J. O., Kim, M. J. and Lee, S. C., 2018, Evaluation Methods of Transmitted Impact Sound Reduction by Floor Covering Materials Using Real Impact Source and Heavy-weight Impact Sound, *Journal of Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems*, Vol. 12, No. 4, pp. 361~372.

(17) Kim, Y. H., 2018, Current Status of Floor Impact Noise for Aged Apartment Houses, *Journal of KSNVE*, Vol. 28, No. 2, pp. 7~10.



Hyun-Min Cho received the B.S., M.S. and Ph.D. in Dept. of architectural engineering from University of Seoul, Seoul, Korea in 2013, 2015, and 2020, respectively. He is currently a postdoctoral researcher in the Dept. of Architectural Engineering at University of Seoul. His research interests are in the area floor impact noise and sound insulation in buildings.



Sin-Tae Kim received M.S. from Dept. of Architectural Engineering, University of Seoul in 2020. He is a Ph.D. student at the Dept. of Architecture Engineering, University of Seoul. His research interests are in the area of acoustic performance in classroom and floor impact sound in buildings.



Myung-Jun Kim received the B.S., M.S. and Ph.D. in Dept. of architectural engineering from Hanyang University, Seoul, Korea in 1987, 1989, and 1999, respectively. He is currently a professor in the Dept. of Architectural Engineering at University of Seoul. His research interests are in the area of architectural acoustics and sound insulation in buildings.