

現場 聽感實驗에 의한 바닥衝擊音 遮音性能 評價

○기 노 갑*, 장 길 수**, 송 민 정***, 김 준 엽*, 김 선 우****

The Evaluation of Floor Impact Sound Insulation in Apartment House by Psycho-acoustic Method

No-Gab Gi, Gil-Soo Jang, Min-Jeong Song, Jun-Yup Kim, Sun-Woo Kim

Abstract

Recently the impact sound insulation performance is regarded as one of the most important factor in determining the quality of apartment house. So many studies were carried out to improve these performance and to propose an appropriate evaluation method and standard of floor impact sound insulation for apartment house by psycho-acoustic method in the laboratory.

This study was carried out the field psycho-acoustic test to find a correlation between physically measured values and psychological response in apartment house, and the results will be used to establish the appropriate evaluation method and standard of floor impact sound insulation

1. 서론

현재 국내의 바닥충격음 기준치 설정의 선결과제인 평가등급곡선을 제안하기 위한 많은 연구가 진행되고 있다. 일반적으로 이러한 연구들은 공동주택의 바닥구조를 대상으로 물리적인 충격음레벨을 측정하는 한편 현장에서 녹음된 충격음을 청감실험용 음원으로 재구성하여 이를 기준음원으로 한 실험실 청감실험을 실시함으로써 물리적 평가지수와 청감반응과의 대응관계를 파악하고 이를

바탕으로 새로운 바닥충격음 평가등급곡선 및 평가방법을 제안하였다.

그러나 실험실에서 실시되는 청감실험은 실험을 위한 제반 비음향적 요소가 사람의 반응에 미치는 영향을 최소화 할 수 있다는 장점이 있으나 현장과 동일한 음장을 재현할 수 없을 뿐만 아니라 피험자가 느낄 수 있는 현장감과 공간감이 절대적으로 결여되어 충격음에 의한 피험자의 반응이 왜곡될 수 있다는 단점을 가지고 있다.

이러한 관점에서 본 연구는 공동주택 바닥충격음의 물리적 평가치와 이에 대한 심리적 반응치의 상관관계를 보다 정확히 파악하기 위하여 현장에서 충격원에 의한 바닥충격음레벨을 측정함과 동시에 피험자가 충격음을 직접 듣고 반응하여 이의 양부를 판단하는 현장 청감실험을 실시하였다.

* 정희원, 전남대 석사과정
** 정희원, 동신대 건축학과 교수, 공학박사
*** 정희원, 전남대 특별연구원, 공학박사
**** 정희원, 전남대 건축학과 교수, 공학박사
본 연구는 1999년도 건교부 건설기술연구개발사업 연구결과의 일부임

2. 실험내용 및 방법

본 연구의 실험은 다음과 같은 세가지 부분으로 나누어 진행하였다.

첫째, 공동주택에서 발생하는 일반적인 내부 소음원을 조사하여 주요 바닥충격 소음원을 추출하고 이 충격소음원을 실험대상 바닥구조에서 발생시킨 뒤 직하실에서 그 충격음레벨을 측정하였다.

둘째, 윗층에서의 발생하는 충격소음원에 대하여 직하실에서 그 충격소음레벨을 측정함과 동시에 각각의 발생소음원에 대한 피험자의 청감반응 정도를 확인하는 현장 청감실험을 실시하였다.

셋째, 본 연구에서 실시되는 현장 청감실험과 향후 동일 음원에 대한 실험실 청감실험과의 결과를 비교 분석하기 위하여 윗층에서 발생하는 각종 충격음원을 음향프로그램(Coll-Edit Program)을 이용하여 컴퓨터에 직접 녹음하였으며 DAT(Digital Audio Tape Recorder)를 이용한 녹음도 병행하였다.

실험은 현장성을 극대화하기 위하여 분양이 완료되어 주민이 거주하고 있는 아파트 단지중 미입주 세대의 상하층을 대상으로 충격소음레벨측정 및 청감반응실험을 실시 하였다.

2.1 음원의 선정

표준충격원과 실생활에서 발생하는 충격원의 충격음스펙트럼 분석결과, 중량표준충격원은 어린이의 뒹, 걸어 다니는 행위와, 경량표준충격원은 물건 낙하시와 충격음 스펙트럼의 유형이 유사한 것으로 나타났다. 따라서 본 실험에는 중량표준 충격원을 기준음원으로 하여 공동주택의 실 생활에서 발생할 수 있는 어린이와 성인의 보행음, 일정높이에서 물건을 떨어뜨리는 행위 및 어린이가 의자에서 뛰어내리는 소리등을 음원으로 사용하였다. 음원의 종류 및 낙하높이는 다음과 같다.

Table 1 음원의 종류 및 내역

음원의 종류	낙하높이(cm)	비고
타이어	90	중량표준충격원
Rubber ball	45, 30	D:183mm, 2.5Kg
펜치낙하	50	
수저낙하	90	
긴전지낙하	90	
어린이 뛰어내림	45	12세 여자어린이
어린이보행		12세 여자어린이
성인보행		43세 성인남자
어린이뛰어다님		12세 여자어린이

2.2 바닥구조 내역

국내 공동주택 바닥구조에 대한 차음성능 실태 조사결과, 직하층의 바닥충격음레벨은 완충재의 종류에 따라 좌우되었던 바, 본 연구에서는 국내 공동주택 바닥구조의 완충재로 가장 많이 사용하고 있는 경량기포콘크리트와 발포폴리스틸렌폼을 사용한 구조를 선정하여 실험을 실시하였다.

또한 동일한 바닥구조에서, 동일한 충격원에 대하여 측정실의 규모에 따른 충격소음레벨 및 이의 청감반응 정도를 비교할 목적으로 공동주택의 실내 규모를 다양하게 선정하였다.

Table 2 실험대상 바닥구조의 내역

구조	대상구조내역(mm)	slab 두께 (mm)	완충층 두께 (mm)	청장유무
A	발포폴리스틸렌폼20+ 쇄석60+마감모르터30+ 바닥마감재	135	110	무
B	발포폴리스틸렌폼20+ 쇄석60+마감모르터30+ 바닥마감재	150	110	무
C	경량기포콘크리트80+ 마감모르터40+바닥마 감재	150	120	유
D	경량기포콘크리트50+ 누름모르터20+마감모 르터30+바닥마감재	160	100	유

2.3 충격소음레벨 측정

KS F 2810(건축물의 현장에 있어서의 바닥충격음 측정방법 : JIS A 1418과 동일)에 의하여 측정을 실시하였다. 측정위치는 음원실과 수음실에 대해 대각선 중앙을 선정하여 타격점과 수음점으로 하였다. 수음실의 마이크로폰 위치는 바닥위 1.5m로 하였다. 측정시에는 측정값의 변동폭이 큰 주파수대역(63Hz, 125Hz)의 측정에 유의하였고 주변의 압소음에 대한 영향을 파악하기 위해 측정전에는 반드시 주위의 압소음레벨을 측정하였으며 그 차이가 10dB 이하일 경우에는 측정을 중지하였다. 측정 주파수 대역은 50Hz-5000Hz 범위로서 1/3 Octave band 중심주파수로 측정하였으며, JIS A 1419의 평가방법 적용시에는 이를 1/1 Octave-band 중심주파수로 계산하였다.

한편 기존의 공동주택 바닥충격음 차음성능 측

정공간의 대부분이 그 공간이 밀폐되었고 규격이 정형화된 침실에서 이뤄졌으나 생활양식의 변화에 따라 거실위주의 생활문화로 바뀌면서 거실에서 발생하는 소음에 대한 평가의 필요성이 대두되었다.

따라서 본 연구에서는 그 공간이 개방적이고 규격이 부정형인 거실에서도 충격음레벨에 대한 청감의 반응을 파악하기 위해 침실에서와 동일한 방법으로 충격음레벨을 측정하였다.

본 실험에 사용된 측정기기의 내역은 다음과 같으며 대표적인 측정위치의 예는 Fig.1 과 같고 또한 중량표준충격원에 대한 측정대상 바닥구조별 차음성능 평가등급곡선은 Fig.2 와 같다.

- 2ch 1/3 Octave Band Real-Time Analyzer (RION, SA-30)
- Microphone & Preamplifier (RION)
- Notebook Computer (IBM)
- Digital Audio Tape Recorder (SONY)
- Precision Integrating Sound Level Meter (B & K, Type 2236)
- Tripod

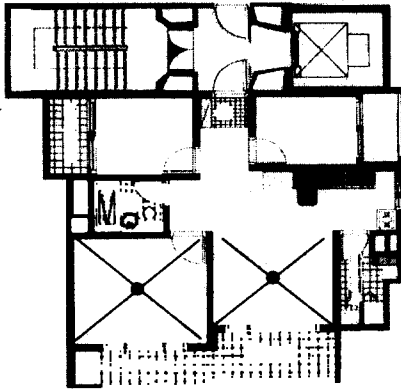


Fig. 1 측정현장의 가진점 및 수음점의 위치 (C현장 평면도)

2.4 현장 청감실험

청감실험에 참여한 인원은 89명으로 각 피험자는 모두 정상 청력을 지닌 20-34세사이의 남녀로 구성되어 있다.

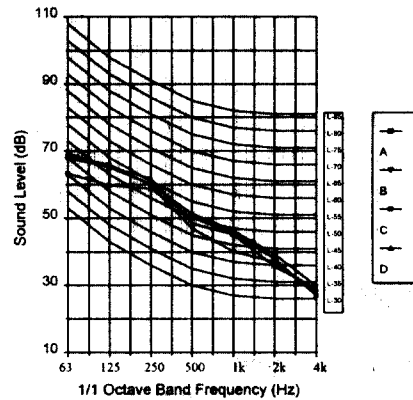


Fig. 2 구조별 중량표준충격원에 대한 차음특성

이들 피험자중 남자는 62명 여자는 27명으로 남자가 여자보다 많은 비율을 차지하고 있으며 특히 피험자 전원을 아파트에 거주하는 사람으로 선발함으로써 피험자가 실생활에서 경험하였던 소음에 대한 반응과 관련하여 본 실험의 청감반응에 대한 사실성과 정확성을 최대화 하도록 하였다.

청감실험을 실시하는 방법은 모든 현장에서 동일하게 실시하였다.

실험당시 피험자는 실제 실내에서 편히 쉬고 있는 상태를 가상하여 평가에 임하도록 하였으며 충분한 간격으로 충격원을 낚하시킴으로서 피험자가 충격원을 구분하기 용이하게 하였고 피험자의 심리적 작용으로 인한 반응의 이월효과 및 소음에 대한 심리적 잔류감으로 인하여 발생할 수 있는 반응의 과대,과소 평가를 방지하였다.

본 실험을 수행할 때의 암소음레벨은 현장별로 23~28dB(A)로 청감실험의 수행에 있어 암소음의 영향은 무시할 수 있었다.

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

소음에 대한 평가의 어휘는 Loudness평가의 경우 매우크게 들린다(7)~전혀 들리지 않는다(1)를, Noisiness 평가의 경우 매우 시끄럽다(7)~전혀 시끄럽지 않다(1) 그리고 Annoyance 평가의 경우 매우 신경쓰인다(7)~전혀 신경쓰이지 않는다(1)를 사용하였다

한편, 청감실험의 평가 항목중 Noisiness 및

Annoyance는 측정현장 주변의 물리적 상황과 피험자의 개인적 변수 즉 심리적 상황에 크게 좌우될 수 있는 바, 이를 극복하기 위해서는 현장에서 청감실험을 실시하기 직전에 피험자를 대상으로 피험자의 심리상태 파악과 관련된 다양한 항목의 설문조사를 통해서 가능해지는데 본 연구에서는 단지 평가를 위한 어휘로 사용하였다.

3. 결과 및 분석

3.1 분석을 위한 평가방법

청감실험을 통해 각종 충격음의 물리적 평가치와 반응치 사이의 상관관계를 파악함으로써 적절한 평가방안을 분석해 보았다.

현행 국내의 측정방법과 동일한 JIS A 1419의 국내적용 가능성을 가늠하는 의미에서 JIS의 평가방법을 포함하고, 공동주택 바닥충격음 차음성능 평가시 적절한 평가방안으로 판단된 주파수 대역별 레벨의 단순 산술평균법을 중심으로 평가치수와 주관적 반응치와의 관계를 파악하였다.

따라서 청감실험에 사용된 음원의 물리적 상대순위를 부여하고 주관적 반응치와의 상관성을 분석하기 위하여 다음과 같은 평가방법을 사용하였다.

- L 지수에 의한 평가방법
- 주파수 대역별 산술평균치(63~1kHz, 63~2kHz, 63~4kHz)

JIS A 1419의 평가법을 근거로 한 L 지수는 점선법에 의한 500Hz대역의 레벨값으로 산출되며(1dB 단위), 상대적 가치판단의 순위를 부여한다는 측면에서 순위적으로 간주할 수 있다.

또한 주파수대역별 충격음레벨의 산술평균치를 도입한 근거는 차음성능 평가시 가장 단순 명료한 평가방법이기 때문이다.

측정주파수를 3가지 종류로 평가한 이유는 63Hz~4kHz는 현행 측정주파수 대역이며, 2kHz이상과 4kHz를 제외함은 측정시 주위환경 배경소음레벨에 영향을 받을 수 있는 중량표준충격음의 특성을 고려함이었다.

주관적 반응치를 평가하는 방법으로는, 사람의 감정이나 태도를 통계적으로 평가하기 위하여 수치로 표현한 양적 용어의 의미를 가지며 어떤 변수의 상대치를 구하는 방법의 하나인 평정척도법

을 이용하였다.

충격음의 물리적 반응치와 이에 대응하는 충격음에 대한 주관적 반응치는 SD척도값에 해당하는 수치를 부여하고 이를 순위척도로 간주하여 전체 피험자 반응의 대표치로서, 피험자 반응의 극단치를 제거하는 효과를 갖는 중앙값(median)을 채택하였다.

3.2 물리적 평가치와 심리반응치의 관계

각 평가방안에 의하여 산출된 물리적 평가치수와 청감실험에 의하여 얻어진 반응치와의 상관계수는 통계프로그램인 SPSS, PC를 이용한 Pearson 적률상관계수를 통하여 분석하였다.

피험자의 주관적 반응치와 각 평가치수간의 상관관계를 도표로 나타내면 Table 3과 같다.

Table 3 평가방안별 지수와 반응치의 상관계수

구분 \ 방안	L 지수	평균 (63~1 kHz)	평균 (63~2 kHz)	평균 (63~4 kHz)
음의크기	0.825	0.875	0.853	0.837
시끄러움	0.811	0.881	0.885	0.890
신경쓰임	0.817	0.879	0.889	0.891

이상의 표에서 알수 있듯이 대부분의 평가방안이 주관적 반응치와 높은 상관성을 보이고 있으며 다소 일관된 차이점이 관찰된다.

L지수에 의한 평가방법보다 주파수 레벨을 단순히 산술평균한 방법이 훨씬 청감반응과의 상관관계가 양호함을 보여주고 있다. 이는 선행연구에서도 나타나듯이 평가의 단순성 및 경량과 중량성 충격원에 대한 적합한 평가방법임을 감안해 볼때 이를 토대로 차음성능 등급과 기준을 설정하는 문제가 적극 검토될 수 있을 것이다.

한편, 음의 크기를 나타내는 Loudness적 표현은 63Hz~1kHz범위의 충격음레벨을 단순 산술평균하여 평가하는 방안이 2kHz 및 4kHz대역의 고주파영역을 포함하여 평가하는 방안보다 청감반응과의 상관관계가 보다 높게 나타나고 있는바 음의 크기를 판단하는 부분에서는 충격소음의 저주파성분이

청감반응에 큰 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

이와는 반대로 '시끄러움'과 '신경쓰임'을 나타내는 Noisiness와 Annoyance적 표현은 고주파대역을 포함할수록 청감반응과의 상관관계가 높아짐을 알 수 있다. 이는 음의 크기를 판단하는 과정과는 달리 충격음의 고주파성분이 시끄러움과 신경쓰임에 많은 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

3.3 물리적 평가치에 의한 심리반응치의 예측

평가방법별 지수와 반응치의 상관관계로부터 알 수 있듯이 충격소음에 대한 주관적인 평가척도로 사용된 어휘 가운데 충격음의 속성을 크거나 시끄러움으로 나타내기 보다는 '신경쓰인다'라고 하는 Annoyance적 표현이 각각의 평가방안에서 고른 상관관계를 나타내 보이고 있는바 충격소음을 평가하는 어휘로서 적절하게 이용될 수 있는 가능성을 보여주고 있다.

따라서 충격원에 대한 각 평가지수와 반응치의 관계는 각각의 척도를 등간척도로 간주하여 회귀 분석 기법을 이용한 결과 다음의 선형관계식으로 나타낼 수 있다.

- ① 평가지수 : L 지수
Annoyance = 0.119(L지수)-1.814 ($R^2=0.79$)
- ② 평가지수 : 63Hz-1kHz의 산술평균치
Annoyance = 0.135(AVG)-2.468 ($R^2=0.82$)
- ③ 평가지수 : 63Hz-2kHz의 산술평균치
Annoyance = 0.168(AVG)-3.376 ($R^2=0.80$)
- ④ 평가지수 : 63Hz-4kHz의 산술평균치
Annoyance = 0.152(AVG)-3.152 ($R^2=0.81$)

주관적 심리반응치를 1~7의 SD척도로 표현하여 수치화한 것이므로 각 척도에 대응하는 물리적 평가지수를 산출해보면 Table 4 와 같다.

한편, 각 평가지수에 대응하는 SD척도는 피험자 전체의 중앙값을 취한 것이므로 피험자중 50%정도가 동일하게 느끼는 반응이라고 볼 수 있으며 특히 (3),(4),(5)등은 향후 국내 공동주택 바닥충격음 차음기준 설정시 감안될 수 있는 부분이라 판단할 수 있다.

Table 4 SD척도에 대응하는 물리적 평가지수

평가 방법	SD 척도	전혀	거의	그다	약간	신경 쓰임	상당	매우
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	
L지수		23.6	32.0	40.4	48.8	57.2	65.6	74.0
AVG. 63~1kHz		27.0	34.4	41.8	49.2	56.6	64.0	71.4
AVG. 63~2kHz		26.0	32.0	37.9	43.9	49.8	55.8	61.7
AVG. 63~4kHz		27.3	33.8	40.4	47.0	53.6	60.2	66.7

또한 본 연구에서 실시한 현장청감실험에서는 현행 JIS의 평가방법에 의한 차음성능 평가지수인 L지수와 단순히 주파수대역별 충격음레벨을 산술 평균한 평가지수를 주관적 평가지수인 SD척도의 중앙값과 대응시켜 보았다. 이들사이의 상관관계는 양호한 것으로 밝혀진바 위의 표와같이 충격음레벨의 특성에 따라 주관적으로 느낄 수 있는 심리적 반응치를 예측할 수 있다고 판단된다.

단, 상층에서 발생하는 바닥충격음을 어느 정도까지 허용할 것인가 하는 기준치를 설정함에 있어서 심리적 반응치를 어떤 수준에서 결정해야하며 이를 현실적으로 채택할 수 있는지의 여부도 함께 고려 되어야 할 것이다.

4. 결론

본 연구는 공동주택 바닥충격음의 물리적 평가치와 이에 대한 심리적 반응치의 상관관계를 보다 정확히 파악하기 위하여 현장에서 충격원에 의한 바닥충격음레벨을 측정함과 동시에 피험자가 충격음을 직접 듣고 반응하여 이의 양부를 판단하는 현장 청감실험을 실시하였다.

본 연구를 통하여 얻은 결과를 정리하면 다음과 같다.

1. 바닥충격음의 물리적 평가방법중 L지수에 의한 평가방법보다 충격음의 주파수대역별 레벨을 단순 산술평균한 방법이 청감반응과 우수한 상관성을 보이고 있다.

2. 음의 크기를 판단하는 Loudness적 반응은 충격 소음의 저주파성분에 많이 좌우되어 고주파대역(2kHz, 4kHz)을 포함하여 평가하는 방안보다 63Hz~1kHz범위의 레벨을 산술평균하는 방안이 청감반응과의 상관성에서 보다 우수하게 나타나고 있다.
3. '시끄러움'과 '신경쓰임'을 판단하는 Noisiness와 Annoyance적 반응은 음의 크기의 반응과 달리 고주파대역을 포함할수록 상관계수가 높아져 충격음의 고주파성분에 많은 영향을 받는 것을 알 수 있다.
4. 충격음레벨의 정도에 따라 주관적으로 느낄 수 있는 심리적 반응치를 예측할 수 있고, 특히 '신경쓰임'은 충격음원에 대한 불만족을 나타내는 척도에 해당되어 향후 바닥충격음 차음기준 설정시 근거가 될 수 있으며 이때의 L 곡선에 의한 차음지수는 48.8로서 이 영역이 기준설정시 최저한의 기준이 될 수 있으리라 판단된다.

참 고 문 헌

1. 김선우, 손철봉, 송용식, 장길수, 국찬, 김재수, "바닥충격음 차음성능 기준 및 등급화에 관한 연구(I)", 대한건축학회논문집 6권 2호, 1990. 4
2. 김선우, 손철봉, 송용식, 장길수, 이태강, 국찬, 김재수, 한명호, "바닥충격음 차음성능기준 및 등급화에 관한 연구(II)", 한국음향학회지 9권 4호, 1990. 8
3. 김선우, 공동주택 바닥충격음 차음성능 평가에 관한 연구, 서울대학교 박사학위논문, 1989.8
4. 장길수, 청감실험에 의한 공동주택 바닥충격음 차음성능 평가방법 연구, 전남대학교 박사학위논문, 1991. 8
5. 김선우, 손철봉, 장길수, 김재수, 한명호, "청감실험에 의한 바닥충격음 차음성능 평가방법 및 기준고찰", 대한건축학회논문집 9권 6호 통권56호, 1993. 6
6. Fred N. Kerlinger(저) 고희화 외2인(역), 사회 행동과학 연구방법의 기초, 성원사, 1992. 2
7. 박광배, 변량분석과 회귀분석, 학지사, 1999. 6
8. 床衝擊音の聽感評價研究委員會, "床衝擊音遮音性能の聽感に關する評價", 財團法人 新住宅普及會, 住宅建築研究所報, 1988
9. 佐藤哲身, 泉清人, 竹内博幸, "聽感實驗室と騒音現場における不快感評定の比較(I)", 日本建築學會大會學術講演梗概集, 1981. 9
10. S. Kuwano, S. Namba, "On the Judgement of Loudness, Noisiness and Annoyance with Actual and Artificial Noises", J.S.V, 127(3), 1988