

중량 바닥충격음의 옥타브밴드 스펙트럼이 어노이언스에 미치는 영향

Effect of octave-band spectrum of heavy-weight floor impact sound on annoyance

류종관†·히로시 사토*·쿠라카타 켄지*, 전진용**

Jongkwan RYU, Hiroshi SATO, Kenji KURAKATA, and Jin Yong Jeon

1. 서 론

중량 바닥충격음(이하 중량충격음)의 음압레벨은 층격원과 바닥 등의 건축요소들의 영향으로 100 Hz 미만의 저주파 대역에서 높게 나타난다. 따라서, 많은 중량충격음 저감 기술은 통상 저주파대역의 음압레벨 저감에 집중되어 있다. 그러나, 청감적인 측면에서 유효한 주파수대역을 살펴보면 저주파 뿐만 아니라 중, 고주파 대역에서의 음압레벨 저감이 어느 정도 영향을 미치는지는 알려진 바가 없다. 중량충격음의 저감기술은 저감재료 및 구조체 등에 따라 중, 고주파 대역에서도 충분히 가능하다. 따라서, 저주파 대역 음압레벨이 도미넌트 한 중량충격음에서 어느 주파수 대역의 저감이 청감적으로 효과가 있는지 살펴보는 것은 실제적인 중량충격음 저감기술 설계에 유용하다고 할 수 있다.

한편, 중량충격음 단일 수치 평가지수는 일본과 한국에서 표준화되어 있으나 국제적으로는 규정되지 않은 상황이다. 따라서, 현재 활용되고 있는 평가지수의 검증이 필요하며 합리적인 평가지수가 국제표준으로 제안되어야 할 것이다. 또한, 선정 될 평가지수는 평가지수의 중요한 요소 중의 하나인 주관적 반응과의 대응이 양호해야 할 것이다.

본 연구에서는 중량충격음의 기준음원에서 각 주파수 대역의 음압레벨을 감소시킨 음원에 대한 청감실험을 실시하였다. 일본 목조주택에서 중량충격음의 전형적인 옥타브밴드 스펙트럼을 조사하였고 그 전형적인 옥타브밴드 스펙트럼을 갖는 음원을 기준음원으로 하였다. 실험음원은 기준음원에서 각 옥타브밴드 레벨을 감소시킨 음원이었다. 어노이언스(annoyance) 감소에 유효한 중량충격음의 주파수 대역을 조사하였으며, 중량충격음의 다양한 주파수 특성과 세밀한 음압레벨 변화에 따른 어노이언스 변화를 측정하여 그 어노이언스 변화를 가장 잘 표현하는 평가지수를 조사하였다.

2. 청감실험

2.1 음원

목조주택 중량충격음의 전형적인 옥타브밴드 스펙트럼을 조사하기 위해 26개 목조 바닥에서 바닥충격음 측정을 실시하였다. 분석결과, 목조주택 중량충격음의 옥타브밴드 스펙트럼은 두 개의 전형적인 스펙트럼으로 분류되는 것으로 나타났다. 이 두 개의 스펙트럼 중 하나의 스펙트럼을 갖는 음원을 기준 음원으로 하였고 그 음원을 바탕으로 실험음원을 제작하였다. 실험음원은 그림 1과 같이 각 주파수 대역을 기준으로 저주파 대역(그룹 A) 혹은 고주파 대역(그룹 B)을 10 dB 씩 저감시킨 음원이었다. 각각의 음원은 0.6초의 단발 충격음으로 하였다.

2.2 실험절차(피험자, 방법, 장치)

20 대 총 31명의 피험자가 실험에 참가하였다. 피험자는 '저녁에 조용히 거실에서 책을 읽고 있을 때 윗집에서 아이들이 뛰는 소음이 들리고 있는 상황'을 상상하며 실험에 임할 것을 요구하였다. 피험자는 한 쌍으로 이루어진 기준음원과 실험음원을 듣고 기준음원에 비해 실험음원이 얼마나 신경이 쓰이는지 평정척도(-3,-2,-1,0,+1,+2,+3)를 이용하여 평가하였다.

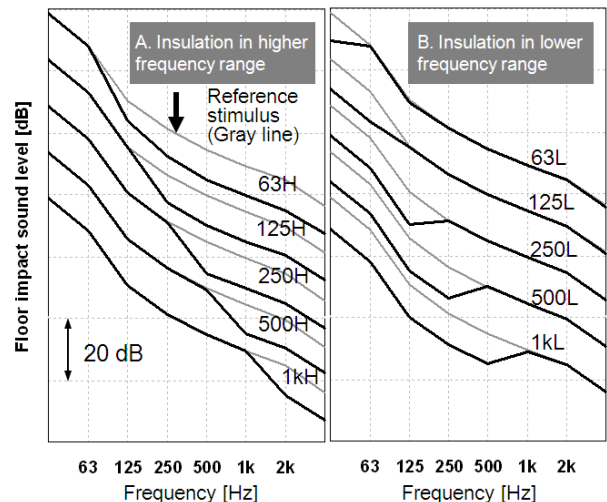


Fig.1 Spectra of test stimuli modified from a reference stimulus

† 교신저자; 한양대학교 건축공학과
E-mail : mr1ryu@hanmail.net
Tel : (02) 2220-4797, Fax : (02) 2220-4796

* 일본 산업기술종합연구소(AIST)

** 한양대학교 건축공학과

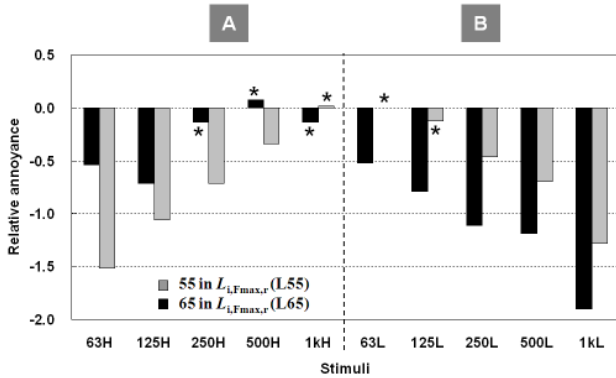


Fig. 2. Relative annoyance of each test stimulus to a reference stimulus at two sound levels (* $p > 0.05$).

척도상의 -3, +3 그리고 0에는 각각 ‘신경 쓰이지 않는다’, ‘신경 쓰인다’ 그리고 ‘동일하다’라는 표현을 표기하였다. 기준음원 후 1초 후에 실험음원이 제시되었으며 모든 음원이 제시된 후에 휴식 후 기준음원과 실험음원을 순서를 바꾸어 실험을 반복하였다. 기준음원의 제시레벨은 $L_{i,Fmax,r}$ (L지수)기준으로 두 개의 레벨(L55, L65)에서 진행되었다. 음원의 제시는 100 Hz 이상 대역을 담당하는 스피커 (TANNOY SYSTEM 600, 피험자 상부위치) 1개와 100 Hz 이하 대역을 담당하는 4개의 스피커(BOSE SW-4, 피험자 귀 기준 30 cm 아래 옆 90도 간격으로 배치)로 부터 제시되었다.

3. 결과

3.1 각 주파수 대역 저감음원들의 어노이언스

그림 2는 각 실험음원의 기준음원 대비 상대적 어노이언스 값을 보여주고 있다. 대부분의 실험음원은 기준음원 대비 어노이언스가 유의하게 감소하는 것으로 나타났으나 음압레벨이 저감된 주파수 대역이 상대적으로 적은 음원은 기준음원과의 어노이언스차이가 유의하지 않은 것으로 나타났다($p > 0.05$). 그러나, 이러한 경향은 제시레벨에 따라 다른 양상을 나타냈다.

또한, 제시레벨에 따라 음원별 또는 그룹별(그룹A-고주파 대역 감소, 그룹B-저주파 대역 감소) 어노이언스의 경향은 다른 것으로 나타났다. 제시레벨이 큰 경우(L65), 그룹 B의 250L, 500L과 1kL의 음원이 작은 어노이언스 값을 나타내고 있으나 제시레벨이 상대적으로 작은 L55레벨에서는 그룹A(고주파 대역 감소)의 음원 63H, 125H, 250 H도 작은 어노이언스 값을 나타내고 있다.

Table 1. Correlation coefficients between single-number quantities and relative annoyance of each test stimulus to a reference stimulus (* $p < 0.01$).

Reference stimulus	Single-number quantity				
	$L_{i,Fmax,r}$	$L_{iA,Fmax}$	$L_{i,Fmax,Aw}$	$L_{iFavg,Fmax}$	Loudness (N_5)
L55 (low)	0.39	0.48	0.54	0.84*	0.74*
L65 (high)	0.87*	0.93*	0.92*	0.81*	0.91*

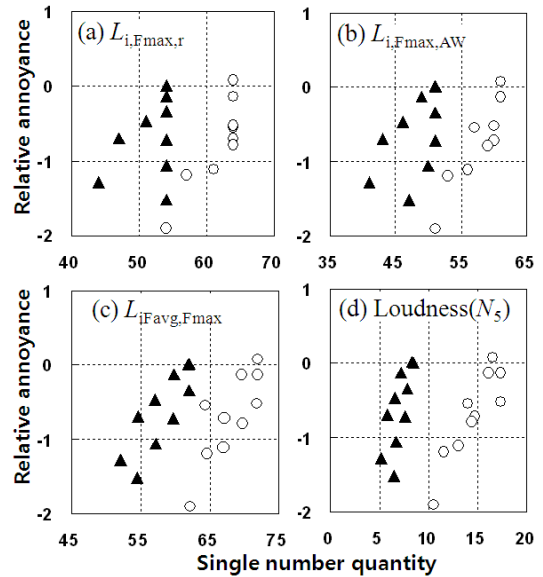


Fig. 3. Relation between single-number quantities and annoyance (○ for L65, ▲ for L55).

3.2 단일 평가지수와 어노이언스와의 관계

그림 3과 표1은 각각 실험음원의 중량충격음 단일평가지수와 어노이언스와의 관계와 상관계수를 나타내고 있다. 높은 제시레벨(L65)에서는 모든 평가지수 값이 어노이언스와 좋은 상관을 보이고 있으나, 낮은 제시레벨(L55)에서는 $L_{i,Fmax,r}$ (L지수), $L_{i,Fmax,Aw}$ (역A 바닥충격음 레벨)의 경우 상관정도가 유의하지 않았다. 반면, $L_{iFavg,Fmax}$ (63-500, 옥타브밴드 레벨의 평균치)와 N_5 (Zwicker loudness, 매 2 ms 마다 얻어진 loudness 값들 중 상위 5%에 해당되는 값)은 제시레벨과 관계없이 어노이언스와 높은 상관정도를 나타내었다.

4. 결론

청감실험 결과, 저주파대역 뿐만 아니라 중고주파 대역의 음압레벨 감소도 어노이언스를 저감시키는 효과가 있는 것으로 나타났다. 각 옥타브밴드 대역의 저감에 따른 효과는 음원제시레벨에 따라 차이가 있는 것으로 나타났다. $L_{iFavg,Fmax}$ 와 N_5 가 음원제시레벨과 상관없이 각 주파수 대역에서의 음압레벨 변화에 대한 어노이언스의 변화를 잘 표현하는 것으로 나타났다.