Transactions of the KSNVE, 23(12) : 1117~1126, 2013
http://dx.doi.org/10.5050/KSNVE.2013.23.12.1117

한국소음진동공학회논문집 제23권 제12호, pp. 1117~1126, 2013
ISSN 1598-2785(Print), ISSN 2287-5476(Online)

실생활 충격소음을 통한 표준 바닥충격원의 실효성 검증

Verification of Effectiveness of the Standard Floor Impact Source by Comparing with Living Impact Sources

박 현 구† · 김 경 모* · 김 선 우**

Hyeon Ku Park, Kyeong Mo Kim and Sun-Woo Kim

(Received November 13, 2013 ; Revised December 11, 2013 ; Accepted December 11, 2013)

Key Words : Standard Floor Impact Source(표준 바닥충격원), Living Impact Source(실생활 충격소음), Floor Impact Sound(바닥충격원)

ABSTRACT

The standard impact sources, standardized to rate the sound insulation performance of floor structure, should simulate well the real floor impact sources, which is very important to grade the floor structure then to establish counter plan to improve the performance of floor. Recently the tire, the standard heavyweight impact source, has been discussed that the impact force is too big to represent the real impact force. And researches have been carried on the applicability as a substitute or a supplementary. In addition, tapping machine, the standard lightweight impact source, is also questionable if it is representative of real lightweight impact source. This study aims to examine the similarity of standard impact sources with living impact sources, comparing the physical characteristics such as impact force, frequency contents and sound level. The result showed that the physical characteristics of standard impact sounds were somewhat different with that of living impact sounds, and the standard sources couldn't be verified from this result. Later subjective evaluation should be followed to compare how the physical differences make relationship with the subjective differences.

1. 서 론

건물의 음향성능을 객관적 방법으로 측정하고, 그 결과를 평가하는 것은 매우 중요한 일이다. 이는 바닥 구조의 성능 확보와 향상을 위해서 필수적 사항이라 할 수 있다. 따라서 표준 방법을 약속하기 위해 국제 및 국가 규격이 제정되어 활용되고 있다. 우리나라의 경우 한국산업규격(KS)을 통해, 국제적으로는 ISO에 규정되어 있다. 바닥충격음을 평가하기 위해 서양에서는 해머를 자유낙하하는 태핑머신(tapping machine)을 표준 경량충격원으로 사용해 왔으며, 기존 연구를 통해 실제 충격원으로 고려되는 여성의 하이힐 등과 같은 소리와 다른 특성을 가지는 것으로 나타나고 있다[1].

우리나라와 일본은 서양의 생활과 달라 신발을 실내에서 신지 않음으로 인해 실내보행음 등을 재현한 타이어를 표준 중량충격원으로 사용해 왔다. 한편, 일본에서는 타이어의 저주파수 대역 충격력이 실제 소음원보다 높음으로 인해 임팩트 볼(impact

† Corresponding Author ; Member, Chonnam National University.
E-mail : soundpark@cricmail.net
Tel : +82-62-530-1914, Fax : +82-62-530-0915
* Graduate School of Chonnam National University
** Member, School of Architecture, Chonnam National University

‡ Recommended by Editor SungSoo Na

ball)이라고 불리는 중량 2.5 kg의 실리콘 고무로 만들어진 구형 충격원이 개발되었으며[2] 일본 표준인 JIS A 1418-2에서 사용되고 있다[3]. 또한 ISO 140-11에서 이 충격원을 규정하여 중량충격음을 평가하는데 사용하도록 하고 있다[4].

그러나 지속적으로 표준 충격원의 적절성에 대해 꾸준히 제기 되고 있으며, 태핑머신이 실제 충격원과 다르다거나[1,5~7], 임팩트 볼은 타이어에 비해 충격력 및 임피던스 특성이 실충격원과 유사하다는 결과 등이 나타났다[8]. 임팩트 볼은 타이어에 비해 구조적인 손상이 적고, 유지관리 비용이 적어 타이어의 대체 충격원으로 제기되었지만 여전히 이에 따른 이론적 뒷받침이 충분하지 않은 것으로 판단된다. 특히 충격원에 의한 차음성능을 평가하기 위해서는 표준 충격원에 의해 발생되는 바닥충격음과 실제 생활 속에서 발생되는 충격음의 유사성이 가장 중요한 사항이다. 바닥구조의 차음성능 평가방법은 실제 충격원의 특성을 잘 반영할 수 있는 표준 충격원에 대하여 만들어져야 하고, 이를 바탕으로 바닥구조의 충격음 저감기술의 개발이 효율적으로 이루어질 수 있다[9]. 표준 충격원의 실효성을 검증하는 것은 생활 특성을 반영하여 평가방법을 개발하고, 충격음 저감기술을 향상시키기 위해 필수적 과정이라 할 수 있다.

이 연구는 바닥충격음 차단성능 측정 및 평가에 사용되는 ISO, KS및 JIS에 규정된 표준 중량충격원(타이어, 임팩트 볼) 및 표준 경량충격원(태핑머신)을 실제 거주 공간에서 발생되는 충격원의 물리적 특성과 비교, 분석함으로써 표준 충격원의 타당성을 검증하고자 하였다. 이와 같은 결과는 실제 충격원과 표준 충격원에 대한 주관반응 평가를 통해 평가방법의 검증에도 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

2. 음원 선정 및 충격원 특성의 측정

2.1 실험 대상 음원의 선정

표준 충격원과의 유사성 비교를 위해 실제 생활에서 발생하는 소리의 종류를 문헌과 관찰을 통해 조사하였다[10,11]. 최초 30여개의 다양한 충격원을 선정하였고, 조사된 음원은 재질이 비슷한 음원을 동일 항목으로 묶어 보다 대표적인 음원으로 통합하였다. 또한 음원의 발생 빈도가 현저하게 낮다고 생각되는 음원들을 제외한 후 최종적으로 실험에 사용할 음원을 결정하였다. Table 1은 실제로 발생되는 음원들 중 실험에 사용된 9개의 실생활 충격원과 임팩트 볼을 포함한 표준 충격음원 3개로 모두 12개의 음원과 세부 사항에 관하여 정리한 것이다.

Table 1 Impact sources and physical properties

	No	Impact source	Height	Weight
Living floor impact sound	1	Dry cell	20, 40, 60, 80, 100 cm	23.8 g
	2	Baseball		132.1 g
	3	Golf ball		45.85 g
	4	Child running	10 yrs.	31 kg
	5	Child running in place	10 yrs.	31 kg
	6	Adult walking (male)	30 yrs.	68 kg
	7	Adult walking (female)	32 yrs.	52 kg
	8	Child jumping	20, 40 cm	31 kg
	9	Adult jumping		68 kg
Standard floor impact sound	10	Tapping Machine	-	-
	11	Bang Machine	85 cm	-
	12	Ball	100 cm	-

대상 충격원의 충격력 크기 및 시간적 특성을 분석하기 위해 로드셀(loadcell)을 사용하여 측정하였으며, 주파수 특성을 분석하기 위해 잔향실험실과 공동주택에서 측정을 실시하였다. 로드셀을 통한 충격력 측정시 낙하 높이에 따른 데이터를 얻기 위한 목적으로 물건의 낙하에 따른 충격음 발생시 낙하 높이를 20 cm부터 100 cm까지 각각 20 cm 간격으로 낙하시켰으며, 어린이 및 성인 점프(jump)의 경우 실제 상황을 감안하여 각각 20 cm, 40 cm로 하였다. 태핑머신과 걷기, 어린이 달리기는 한 종류의 조건만을 대상으로 하였고, 타이어와 임팩트볼은 각각 표준 규격에서 제시하는 방법인 85 cm, 100 cm 위치에서 낙하시켰다.

2.2 충격력 및 음원 특성의 측정

대상 충격원들의 충격에 대한 크기 및 시간적 특성을 나타내기 위해 로드셀을 이용하였으며, 측정 방법에 대한 세부사항은 Fig. 1과 같다. 로드셀에 대상음원을 낙하시켜 충격력을 입력신호로 받은 후 증폭기

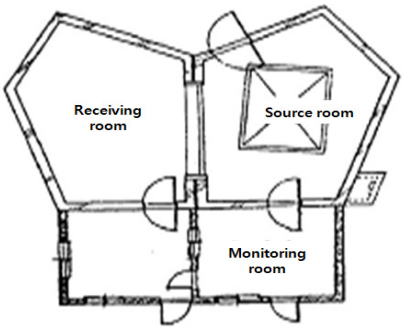
Fig. 1 Measurement of impact force

(amplifier)를 통해 그 신호를 증가시켜 결과를 출력하였다. 사용된 로드셀 및 기기의 세부사항은 다음과 같다.

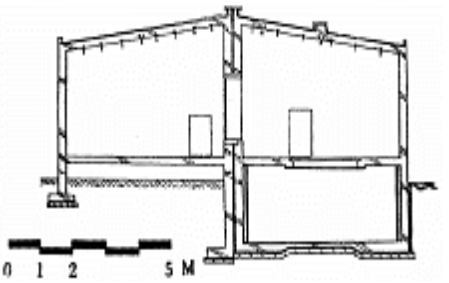
- Amplifier Module
- Analog Input Board
- Dynamic Loadcell Parts
  - Max, Capacity : 7,500 N
  - Accuracy : 0.05 %
  - Rated output : 2.0 mV/V
  - Loadcell 3 Point

2.3 실험실 실험

표준 충격원과 실제 충격원의 주파수 특성을 비교하기 위해 실험실 실험을 실시하였으며, 외부 소음과 차단되어 있으며, 바닥 완충구조가 시공되지 않은 맨 바닥(bare slab) 위에서 충격원을 낙하, 측정을 실시하였다. 실험은 전남대학교 잔향실험실에서 실시하였으며, 실험실의 평면 및 단면은 Fig. 2와 같다. 실험실은 음원실과 하부의 수음실로 나뉘어 있으며, 슬래브 두께는 180 mm이다. 수음실은 바닥을 제외한 벽면이 전부 흡음재가 시공된 반 무향실 공간이다.



(a) 1st floor plan



(b) Section

Fig. 2 Floor plan and section of reverberation chamber

2.4 현장 실험

현장실험을 위한 대상 현장은 공동주택 2개(GA, HU)에서 각각 2세대(GA-1, GA-2, HU-1, HU-2), 대학교 기숙사 1세대(GI)를 대상으로 하였다. 현장 측정은 배경소음이 낮은 야간에 실시하였으며, 상부층 거실의 중앙에서 가진하여 KS F2810에 따라 하부층의 5지점에서 microphone을 이용하여 음원을 측정하였다. 실험 데이터의 신뢰성 확보를 위해 음원마다 각각 3회 이상씩 낙하시켜 정상적으로 발생하는 소리만을 분석대상으로 하였으며, 사람에 의해 발생되는 소리는 다수 반복측정을 실시하여 평균적인 데이터를 비교하였다.

3. 충격원 특성의 측정 결과

3.1 충격력 측정 결과

Fig. 3은 로드셀에 의해 측정된 충격원의 충격력과 시간적 특성을 나타낸 것이다. 가로축은 시간, 세로축은 충격력(N)이다. 경량충격원으로 분류되는 야구공과 골프공의 단일 충격력 특성은 그 절대적인

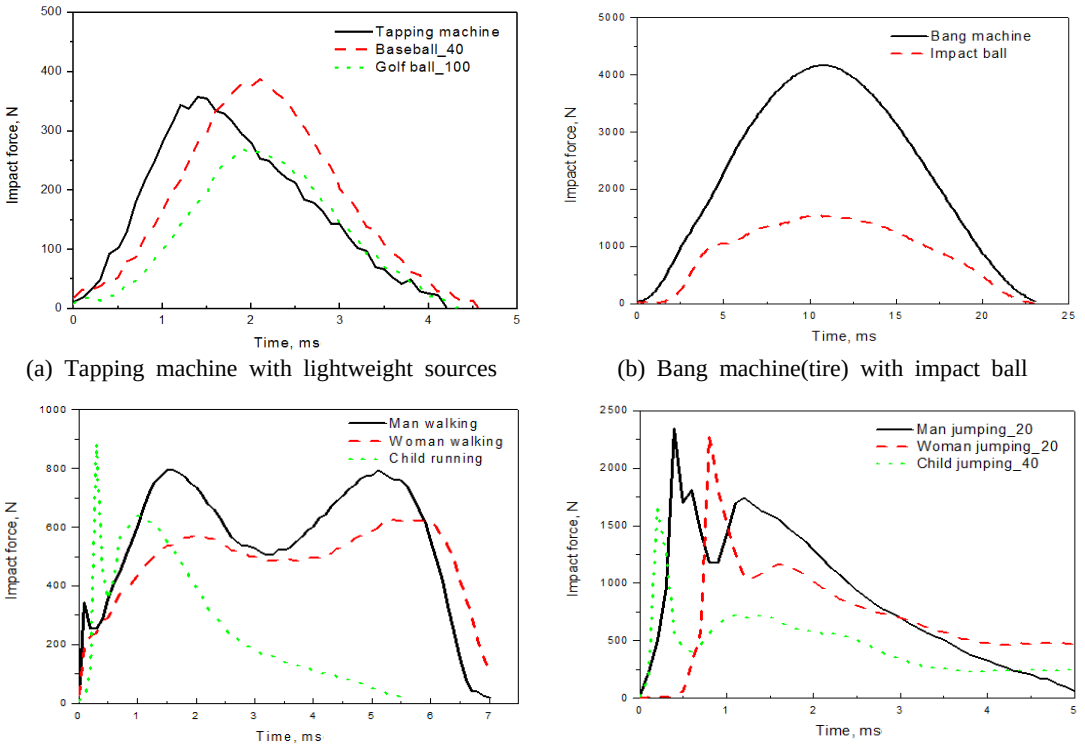
크기만 다를 뿐 유사한 특성을 보이고 있다. 표준 경량충격원인 태핑머신의 해머 낙하시 단일 충격력의 경우 경량충격원과 유사하지만 충격력의 최대값에 도달하는 시간이 보다 빠르게 나타나는 특성을 보이고 있으며, 그 크기는 40 cm 높이에서 낙하한 야구공과 100 cm 높이에서 낙하한 골프공과 유사한 정도를 보인다.

표준 중량충격원인 타이어와 임팩트 볼의 경우 각각 표준 사양인 4200 N과 1500 N을 보이고 있으며 충격력의 지속시간은 20 ms 남짓으로 나타난다. 성인 남녀 보행시 충격력 특성은 물건의 낙하에 따른 충격력의 특성과는 다르게 나타나는데, 충격력의 최대값이 2회 나타나는 것이 특징이라 할 수 있다. 어린이가 제자리에서 달릴 경우 특성은 보행과는 매우 달리 충격력의 최대값이 빠르게 상승한 후 서서히 저감하는 형태로 나타나고 있다. 성인 남녀와 어린이의 점핑에 대해 충격력은 유사하게 나타나고 있으며, 어린이가 제자리에서 달리기를 할 때의 특성과도 유사하게 나타났다. 충격력의 크기는 몸무게에 따라 차이가 발생하는 것으로 보이며, 점핑 후 바닥에 발이 닿을 때의 상태와도 밀접하게 관련이 있어 충격력의 차이는 상황에 따라 다르게 나타나지만, 시간에 따른 충격력의 특성은 유사하게 나타나는 것으로 판단된다. 실제 충격원 중 점핑에 의한 충격력은 임팩트 볼보다 약간 높게 나타났으나 타이어에 비해서는 매우 낮게 나타났다. 시간적 특성은 점핑이나 보행, 달리기 등과 매우 다른 특성을 나타냈다. 추후 이러한 특성이 주관반응에 미치는 영향을 병행해 비교해 봐야 할 것으로 생각된다.

3.2 잔향실험실 측정 결과

(1) 경량충격원

실험실에서의 실험조건은 현장과는 달리 바닥 구조가 완충층이 없는 맨슬래브였으며, 지지구조 또한 공동주택의 벽식 구조와는 달리 실험용 바닥판만 절연되어 있는 독립된 구조이다. 따라서 슬래브를 가진한 충격원 자체의 스펙트럼을 분석하기에 용이할 것으로 사료된다.



(a) Tapping machine with lightweight sources

(b) Bang machine(tire) with impact ball

(c) Walking and running

(d) Jumping

Fig. 3 Comparison of Impact force characteristics by time

경량충격원으로써 야구공, 골프공 및 건전지를 대상으로 하였으며, 표준 경량충격원인 태핑머신과의 주파수 특성을 비교하였다(Fig. 4) 태핑머신은 측정 시 등가소음레벨(Leq)로 하지만 주파수 특성의 비교를 위해 등가소음과 병행하여 최대 소음레벨(Lmax)을 비교하였다. 실제로 거주 공간에서 발생하는 경량충격원이 태핑머신과 같이 계속적으로 발생하는 것이 아니라 단발성으로 발생하기 때문에 최대 소음레벨을 사용하는 것이 타당할 것으로 사료되며, 태핑머신과 같이 동일한 충격이 연속적으로 발생하는 경우 최대소음레벨과 등가소음레벨의 상관성이 매우 높을 것으로 예상되는 바, 실제 충격원과 같이 최대 소음레벨을 사용하는 것이 별다른 문제의 소지가 없는 것으로 판단된다.

100 cm 높이에서 낙하한 골프공, 건전지 및 40 cm 높이에서 낙하한 야구공의 충격력과 비교할 때 태핑머신의 충격력이 가장 크게 나타났으며, 500 Hz 이하의 대역에서는 스펙트럼 특성이 유사하게 나타났다. 그러나 그 이상의 주파수 대역에서는 건전지의 특성이 유사한 패턴으로 나타날 뿐 야구공 및 골프공은 충격력이 저감하는 정도가 크게 나타났다. 건전지의 경우 야구공이나 골프공에 비해 딱딱하며, 태핑머신과 물리적 특성이 비슷하여 스펙트럼이 보다 유사하게 나타난 것으로 사료된다. 등가소음레벨과 최대 소음레벨은 크기의 차이가 있을 뿐 매우 유사한 것을 알 수 있다.

(2) 중량충격원

중량충격원은 물건 낙하로 인해 발생되는 경량충격원과는 달리 사람의 보행이나 달리기, 점핑에 의해 발생되는 소음으로 분류되며, 표준 중량충격원인 타이어와 임팩트 볼의 낙하에 따른 특성을 비교하였다(Fig. 5).

전반적으로 중량충격원은 저주파수 성분이 많고 고주파수로 갈수록 충격력이 저하하는 특성을 보이고 있다. 타이어와 임팩트 볼은 유사하면서도 세부적으로는 약간의 차이를 가지고 있다. 63 Hz 및 500 Hz 이후의 대역에서는 뱅머신의 크기가 크기만 250 Hz 전후의 대역에서는 반대로 임팩트볼의 크기가 크게 나타났다[12]. 충격력의 크기는 40 cm 높이에서 어린이 점핑이 가장 크게 나타났지만 이는 낙하 높이나 충격의 방법에 따라 달라질 수 있는 것이다. 20 cm 높이에서 성인 남녀의 점핑은 고주파수 대역으로 갈수록 다른 충격원에 비해 더 많이 낮아지고 있으나, 63 Hz 부근의 저주파수 대역에서는 40 cm 높이의 어린이 점핑과 유사한 크기로 나타남을 알 수 있다. 이와 같은 특성은 점핑 음원의 경우 표준 충격원에 비해 저주파수 대역에서는 높으나 고주파수 대역에서는 낮은 특성이 있다고 판단할 수 있다. 어린이 달리기는 대상 충격원 중 가장 낮은 크기로 나타나고 있다.

3.3 현장실험 결과

(1) 경량충격원

실험실에서 측정한 충격원의 특성은 맨바닥의 격리된 바닥구조에서 이루어진 것으로, 변수가 제어된 상태에서의 충격원에 따른 특성을 비교할 수 있었다. 실제 공동주택은 바닥 슬래브 위에 완충층이

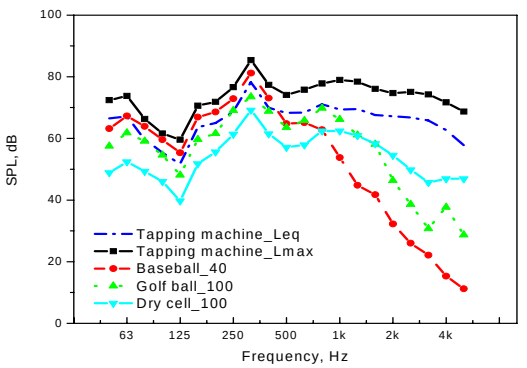


Fig. 4 Spectrum of lightweight impact sources measured in lab

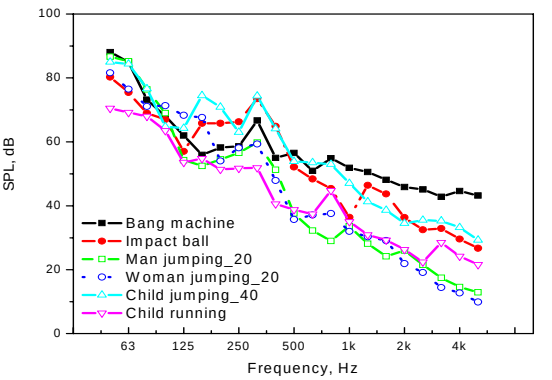


Fig. 5 Spectrum of heavyweight impact sources measured in lab

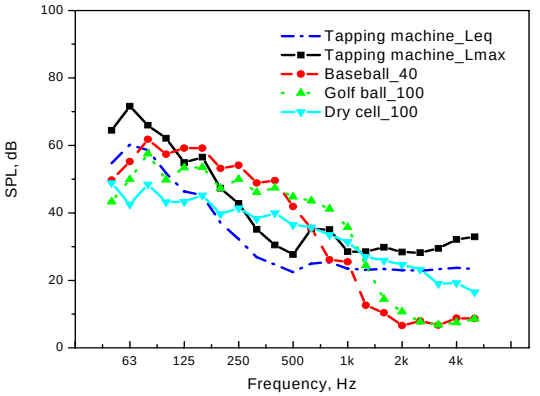


Fig. 6 Spectrum of lightweight impact sources measured in field

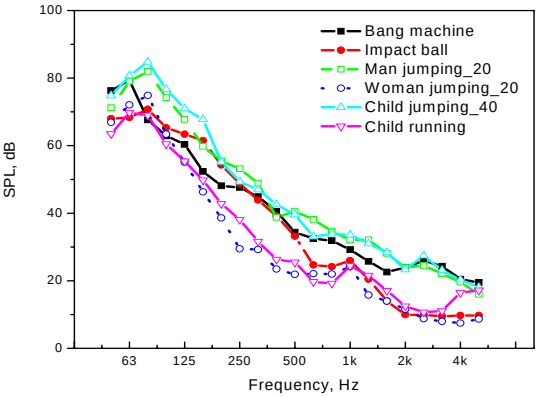


Fig. 7 Spectrum of heavyweight impact sources measured in field

구성되어 있고, 벽식 구조로 되어 있어서 슬래브뿐만 아니라 벽을 통해 전달되기 때문에 특성이 다르게 나타날 수도 있다.

Fig. 6은 공동주택 거실에서 측정한 경량충격원의 특성을 비교한 것이다. 로드셀로 측정한 결과에서 충격력이 유사하게 나타났던 야구공(40 cm)과 골프공(100 cm)은 스펙트럼이 비슷하게 나타나고 있다. 태핑머신은 이들 충격원보다 저주파수 및 고주파수 대역에서 충격력이 크게 나타나며, 건전지는 고주파수 대역에서의 충격력이 야구공 및 골프공보다 높게 나타나고 있다. 이상의 결과만을 보면 500 Hz 전후의 대역에서 실제 충격원에 비해 표준 충격원의 레벨이 낮아 실제 적용시 과소평가될 가능성이 있다.

(2) 중량충격원

중량충격원은 Fig. 7과 같이 전체적인 패턴이 매우 유사한 것으로 볼 수 있으며, 특히 실제 충격원인 성인 남녀 및 어린이 점핑과 어린이 달리기는 크기에 차이가 있을 뿐 주파수별 성분은 매우 가깝게 보인다. 그러나 표준 충격원인 타이어(bang machine)와 임팩트 볼은 실제 충격원에 비해 저주파수 대역 성분이 적고, 고주파수 대역에서는 많은 것으로 나타나 약간은 다른 패턴임을 알 수 있다. 실험실 측정 결과와 유사하게 63 Hz 부근의 저주파수 대역과 500 Hz 이상의 고주파수 대역에서 타이어의 충격력이 크지만, 160 Hz 전후의 대역에서는 임팩트 볼의 크기가 높게 나타나고 있다.

4. 결과 분석 및 토의

4.1 충격원의 레벨 분석

충격원의 충격력 및 시간적 특성을 살펴본 결과 경량충격원은 단발 충격에 대한 특성이 유사한 반면 중량 충격원은 충격력 및 시간적 특성이 다르게 나타났다. 특히 표준 경량충격원인 태핑머신은 연속하여 발생하는 음원으로 실제 생활에서 발생하는 물건의 일회성 낙하로 인해 발생되는 충격원과는 근본적으로 다른 특성을 가지고 있다.

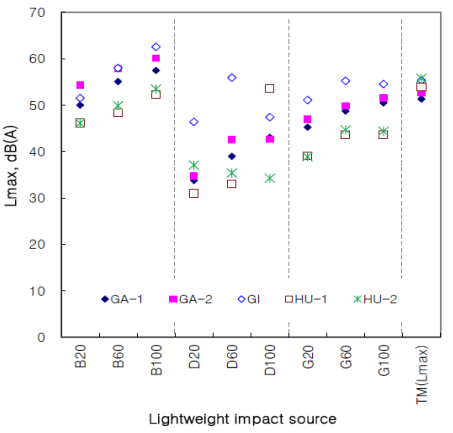
충격력의 차이와 병행하여 스펙트럼 특성을 비교하기 위해 실험실 및 공동주택에서 실험을 실시한 결과 실제 충격원과 표준 충격원의 차이를 발견할 수 있었다. 실험실 측정시 태핑머신은 실제 충격원에 비해 가장 큰 것으로 측정되었으며, 특히 500 Hz 이상의 대역에서 주파수 성분이 매우 큰 것으로 나타났다. 중량충격원은 기존 연구에서 나타난 바와 같이 타이어와 임팩트 볼의 주파수 특성이 차이를 보였으며, 실제 충격원 중 점핑에 의한 특성과 유사하게 나타났다[8].

맨바닥 위에서의 실험과 달리 공동주택에서의 실험은 슬래브와 완충구조가 시공된 상태에서 충격원의 특성을 측정, 비교하였으며, 실험실의 결과와는 다소 다르게 나타남을 확인하였다. 태핑머신은 실험실과 달리 500 Hz 전후의 대역에서 실제 충격원에 비해 낮은 값을 나타내어 실제 적용시 과소 평가될 가능성이 있음을 확인하였다. 표준 중량충격원은 실

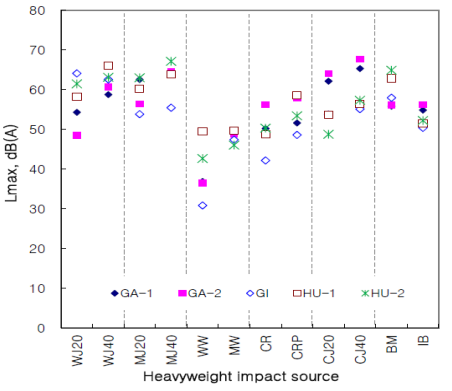
제 충격원에 비해 저주파수 대역에서의 성분이 적고, 고주파수 대역에서는 많음을 확인하였다. 중량충격음에 대한 평가방법 적용시 바닥 구조의 평가량이 주로 저주파수 대역에서 결정된다는 점을 감안하면, 저주파수 대역에서의 성분 분포의 차이가 실제 청감반응 및 바닥구조의 성능 평가에 미치는 영향은 추후 분석되어져야 할 것으로 판단된다.

Fig. 8은 몇 개의 공동주택 현장을 대상으로 충격원에 대한 음레벨을 비교한 것이다. 모든 값은 최대소음레벨(Lmax, dB(A))을 사용하여 비교하였다. 경량충격원에 대한 레벨은 야구공의 높이에 따른 충격음이 가장 큰 것으로 보이며, 충격원의 높이에 따라 레벨의 차이가 명확하게 나타난다. 각 충격원에 대한 레벨은 대상 현장에 따라 바닥 구조의 성능이 다르기 때문에 각각 다른 값을 보임을 알 수 있다. 건전지(D) 낙하의 경우 값의 분포가 유난히 크게 나타나는데 그 이유는 건전지의 낙하시 바닥에 충격되는 면의 위치에 따라 충격력의 크기가 다르기 때문인 것으로 사료된다. 태핑머신의 레벨은 대상 현장에 따른 차이가 실제 충격원의 레벨에 비해 매우 작게 나타남을 알 수 있다. 이와 같은 결과는 실제 충격원의 경우 바닥구조의 성능에 따라 차이가 크게 나타나지만, 표준 충격원은 실제 충격원에 대응할 정도의 차이를 보이지 않고 있어 바닥구조의 성능에 대한 평가가 적절하게 이루어질 수 있는지 의문을 갖게 한다. 충격원에 따라 레벨 차이는 주관반응의 차이와 연결하여 심도있게 분석되어져야 할 것으로 판단된다.

중량충격원 또한 경량충격원의 결과와 유사하게 대상 현장에 따라 충격원별 레벨이 다르게 나타난다. 보행의 레벨이 가장 낮게 나타나며, 점핑에 대한 레벨이 크게 나타남을 알 수 있다. 표준 충격원인 타이어의 레벨은 점핑에 대한 값과 유사한 것으로 나타나며, 임팩트 볼은 타이어에 비해 낮게 나타난다. 특히 주목할 점은 경량충격원과 달리 중량충격원의 충격원별 레벨이 대상현장에 따라 일관적인 순서로 나타나지 않음을 알 수 있다. 물론 충격원의 낙하 방식에 따라 다소 달라질 수 있는 가능성은 생각해 볼 수 있으나, 표준 충격원인 타이어와 임팩트 볼의 레벨 또한 다른 순서로 나타나는 점은 중량충격원에 대한 평가에 대한 방안을 제시할 수 있을 것으로 판단된다. 표준 방법에 의해 바닥충격음 레벨을 평가하더라도 충격원의 상황 또는 기타 환경 차이에 따라 성능의 변화가 발생할 가능성이 있음을 보여준다.



(a) Lightweight impact source



(b) Heavyweight impact source

Fig. 8 Comparison of SPL(dB(A)) by types of impact sources

4.2 충격원의 유사성 분석

여러 곳의 현장을 대상으로 충격원에 따른 레벨을 비교한 결과 표준 충격원과 실제 충격원 사이에는 차이가 있음을 알 수 있었다. 이에 보다 통계적인 방법에 의해 실제 충격원에 대한 표준 충격원의 유사성을 평가하고자 하였으며, Table 2는 표준 충격원과 측정된 실제 충격원의 주파수 특성의 상관관계를 분석한 것이다. 사용된 데이터는 GA-1 현장에서 측정된 값을 사용하였으며, 분석 대상 주파수 대역은 50~5,000 Hz 사이의 1/3 옥타브 대역 값을 사용하였다.

표준 경량충격원인 태핑머신은 실제 충격원과의 상관관계수가 0.8 이하로 매우 낮게 나타났다. 반면 표준 중량충격원인 타이어와 임팩트 볼은 여성 보행(WW)을 제외한 모든 대상 충격원과 0.9 이상의 높은 상관계수를 나타냈다. 임팩트 볼의 상관계수가 타이어의 값에 비해 다소 높게 나타나고 있으나 그 차이는 미소한 것으로 보인다. 실제 충격원 중 점핑과 가장 높은 상관성을 보이며, 타이어와 임팩트 볼의 상관성보다 더 높게 나타나고 있다.

4.3 충격원 사용의 적절성

측정결과의 분석을 통해 볼 때, 경량충격원인 태핑머신은 근본적인 발생특성 뿐만 아니라 현장에 따른 차이가 크게 나타나지 않아 실제 충격원의 특성과는 매우 다르게 나타났다. 따라서 태핑머신의 표준 충격원으로서의 적절성이 의심되며, 주관반응의 평가를 통해 적절성에 대한 판단을 내려야 할 것으로 생각된다.

중량충격원은 타이어와 임팩트 볼 사이의 상관성이 실제 충격원과의 관계에 비해 낮은 점을 감안하면, 두 개의 충격원을 동시에 사용할 경우 바닥구조의 성능 평가에 차이가 발생할 가능성을 보여준다. 표준 충격원의 주파수 성분은 실제 충격원과 비교하여 저주파수 대역에서 적고, 고주파수 대역에서는 많은 것으로 나타났다. 특히 바닥구조의 성능을 결정짓는 저주파수 대역에서의 성분이 적다는 것은 실제 충격원 보다 과소 평가될 가능성을 보여주는 것이다. 특히 현장에 따른 타이어와 임팩트 볼의 음압레벨 순서가 다르게 나타난 점은 바닥구조의 성능평가에 있어 두 개의 음원이 다른 결과를 나타낼 수 있음을 보여주는 것이다.

이상과 같이 물리적 특성을 비교, 분석한 결과 바닥충격음에 대한 표준 충격원이 실제 충격원을 대별한다 하기에는 문제가 있는 것으로 판단된다. 물론 표준 충격원이 실제 충격원을 100 % 대별할 수는 없을지라도 가능한 한 높은 대별성을 가져야 한다. 따라서 물리적 특성과 병행하여 주관반응 평가를 통해 물리적 차이가 주관반응에 미치는 영향을 분석함

Table 2 Correlation analysis on the frequency characteristics between living impact sources and standard impact sources(Alphabet and number such as D20 specifies impact source and dropping height in cm)

Lightweight impact source		D20	D60	D100	G20	G60	G100	B20	B60	B100	TM_L max	TM_Le q	
TM_Lmax	R (pearson)	.796	.681	.767	.676	.667	.651	.790	.747	.739	1	.992	
	p-value (both)	.000	.001	.000	.001	.001	.001	.000	.000	.000		.000	
	N	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	
TM_Leq	R (pearson)	.789	.675	.769	.663	.654	.638	.782	.735	.726	.992	1	
	p-value (both)	.000	.001	.000	.001	.001	.002	.000	.000	.000	.000		
	N	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	
Heavyweight impact source		CJ20	CJ40	CR	CRP	WJ20	WJ40	MJ20	MJ40	MW	WW	BM	IB
BM	R (pearson)	.963	.973	.971	.961	.973	.973	.972	.959	.963	.836	1	.962
	p-value (both)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000
	N	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
IB	R (pearson)	.957	.981	.966	.953	.980	.984	.952	.951	.917	.736	.962	1
	p-value (both)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	
	N	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21

으로써 표준 충격원의 사용가능성에 대한 해답을 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

5. 결 론

바닥충격음을 측정하고 바닥구조의 성능을 평가하는데 있어 가장 중요한 것은 표준 충격원이다. 표준 충격원이 실제 충격원을 잘 대변할 때, 바닥구조의 성능평가는 물론 바닥구조의 소음저감기술의 효과를 정확하게 판단할 수 있게 된다. 최근 국제규격 제정에 임팩트 볼의 사용을 추가하려 하며, 이에 따라 기존 표준 충격원인 타이어와의 충격력의 크기, 주파수 특성 뿐만 아니라 성능 평가의 문제까지 관련성을 명확히 해야 할 필요성이 있다. 따라서 이 연구는 실생활에서 발생하는 충격원을 사용함으로써 표준 충격원과의 특성을 비교함으로써 유사성을 판단함과 더불어 표준 충격원으로서의 적절성을 검증하고자 하였다.

충격원에 대한 충격력 측정, 실험실 및 현장에서의 주파수 특성 분석 결과 표준 충격원과 실제충격원은 물리적 특성의 차이가 존재하며, 표준 충격원으로서의 타당성이 낮은 것으로 판단된다. 표준 경량 충격원인 태핑머신은 실제 충격원의 특성을 적절하게 반영하지 못하는 것으로 판단된다. 표준 중량 충격원인 타이어와 볼은 점프의 특성을 가장 잘 반영하는 것으로 나타났으나 충격력의 범위는 실제 충격원에 비해 적게 나타났다. 이는 바닥구조의 성능을 평가하는 데 매우 중요한 요소이며, 성능의 차이를 정확하게 구별하고 있는지 검증이 추가적으로 필요하다. 특히 타이어와 볼은 충격력의 크기가 달라 실제 충격원과의 관계에 대해 주관반응 평가를 통해 분석할 필요가 있다. 추후 연구에서는 주관반응 평가를 통해 음원의 충격력에 대한 물리적 특성의 범위가 주관반응의 범위를 적절하게 반영하는지 분석이 필요한 것으로 사료된다.

후 기

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2012-006695).

References

(1) Watters, B. G., 1965, Impact-noise Characteristics of Female Hard-heeled Foot Traffic, The Journal of the Acoustical Society of America, Vol. 37, No. 4, pp. 619~630.

(2) Tachibana, H., Tanka, H., Yasulka, M. and Kimura, S., 1998, Development of New Heavy and Soft Impact Sound Insulation of Buildings, Proc of Inter-noise 98.

(3) JIS A 1418-2:2000, Acoustic-Measurement of Floor Impact Sound Insulation of Buildings - Part 2:Method Using Standard Heavy Impact Source.

(4) ISO 140-11, Acoustics-Measurement of Sound Insulation in Buildings and of Building Elements - Part 11: Laboratory Measurements of the Reduction of Transmitted Impact Sound by Floor Coverings on Lightweight Reference Floors.

(5) Shi, W., Johansson, C. and Sundback, U., 1997, An Investigation of the Characteristics of Impact Sound Sources for Impact Sound Insulation Measurement, Applied Acoustics, Vol. 51, No. 1, pp. 85~108.

(6) Olynyk, D. and Northwood, T. D., 1965, Subjective Judgments of Footstep-noise Transmission Through Floors, J. Acoust. Soc. Am., Vol. 38, pp. 1035~1039.

(7) Belmondo, V. E., Heebink, T. B., Brittain, F. H., Ranking the Impact Transmission of Wood-framed Floor-ceiling Assemblies, J. Acoust. Soc. Am., Vol. 54, pp. 1433~1441.

(8) Jeon, J. Y., Jeong, J. H. and Ando, Y., 2002, Objective and Subjective Evaluation of Floor Impact Noise, J. of Temporal Design in Architectural and the Environment, Vol. 2, No. 1, pp. 20~28.

(9) Warnock, A. C. C., 2004, Impact Sound Ratings: ASTM versus ISO, Proceedings 33rd International Congress and Exposition on Noise Control Engineering.

(10) Kim, K.-W., Choi, G.-S., Jeong, Y.-S. and Yang, K.-S., 2005, Impact Power Characteristics as Behavior of Real Impact Souce(Child), Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 15, No. 5, pp. 542~549.

(11) Jeon, J. Y., Lee, P. J., Jeong, J. H. and Park, J.

H., 2006, Comparison of Standard Floor Impact Sources with a Human Impact Source, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 16, No. 8, pp. 789~796.

(12) Ryu, J. K. et. al., 2006, Evaluations on Isolation Method of Floor Impact Sounds by Real Impact Source, Proceedings of the KSNVE Annual Autumn Conference, pp. 366~370.

Hyeon Ku Park received Ph.D. in Dept. of architectural engineering from Chonnam University, Gwangju, Korea in 2004. He is currently a Research Professor at Biohousing Research Center of Chonnam National University. His research interests are the area of subjective evaluation of building acoustic.

Kyoung Mo Kim received M.S. in Dept. of architectural engineering from Chonnam University, Gwangju, Korea in 2005. He is currently a Manager at Kimdaejung Convention Center. His research interests are the area of subjective evaluation of building acoustic.

Sun-Woo Kim received Ph.D. in Dept. of architectural engineering from Seoul National University, Korea in 1989. He is currently a professor in the School of architecture at Chonnam University. His research interests are the area of architectural acoustics and sound insulation in buildings.