

바닥충격음 측정용 표준충격원과 실충격원의 특성 비교

Comparison of Standard Floor Impact Sources with a Human Impact Source

전진용† · 이평직* · 정정호** · 박준홍***

Jin Yong Jeon, Pyoung Jik Lee, Jeong Ho Jeong and Junhong Park

(2006년 2월 15일 접수 ; 2006년 7월 7일 심사완료)

Key Words : Floor Impact Source(바닥충격원), Mechanical Impedance(기계적 임피던스), Impact Force(충격력)

ABSTRACT

The characteristics of the four standard floor impact sources (impact ball, bang machine, tapping machine, modified tapping machine) and a human impact source (jumping children) were investigated. First, the mechanical impedance of each source were evaluated. Then, the impact force exposure level of each source were measured. The results showed that fundamental frequency and impedance produced by the impact ball are the most similar to those of the human impact source. The frequency characteristics of the impact ball were most similar to those of jumping children. Consequently, the impact ball more accurately reproduces human impact compared to the other standard impact sources. Therefore, the impact ball should be considered as the reliable impactor in evaluating floor impact noise.

1. 서 론

현재 국내에서 바닥충격음 차단성능 평가를 위해 KS에 표준충격원으로 규정되어 있는 충격원에는 경량충격음 평가를 위한 태핑머신과 중량충격음 평가를 위한 뱅머신이 있다. 태핑머신은 여성의 하이힐 소리를, 뱅머신은 어린이의 달리기와 의자나 쇼파에서 뛰어내리는 충격소음을 재현하기 위하여 고안되었으며 각각 ISO와 JIS에 표준충격원으로 규정되어 활용되고 있다.

그러나 뱅머신은 실충격원에 대한 재현성과 63

Hz 이하 대역에서 과도한 충격력으로 인해 125 Hz 대역을 주된 소음레벨로 갖는 실충격원과 차이를 보이는 등의 문제점들이 제기됨에 따라 표준충격원으로서의 뱅머신에 대한 추가적인 검토와 이를 보완하기 위한 노력들이 지속적으로 이루어져 왔다. 그 결과 일본에서는 이미 2000년에 임팩트 볼이 JIS A 1418-2에 새로운 표준충격원으로 추가되었으며, 최근에는 JIS 및 각종 규제에서 임팩트 볼의 사용이 강하게 대두되고 있다⁽⁵⁾. 임팩트 볼은 2005년 ISO 140-11에 경량구조체(lightweight floor)의 바닥충격음 측정을 위한 표준충격원으로 규정되었다. 또한 유럽을 중심으로 한 연구자들은 태핑머신의 공이에 완충제를 부착하는 방식으로 그 특성을 개선한 개량 태핑머신(modified tapping machine)을 제안하였으며, 이 또한 2005년 ISO 140-11에 표준충격원으로 규정되었다.

† 책임저자; 정회원, 한양대학교 건축대학 건축공학부

E-mail : jyjeon@hanyang.ac.kr

Tel : (02) 2220-1795, Fax : (02) 2291-1793

* 정회원, 한양대학교 대학원 건축환경공학과

** 정회원, 한양대학교 건설연구소

*** 정회원, 한양대학교 기계공학부

앞서 열거한 표준충격원들이 바닥충격을 차단 성능 평가에 있어 실충격원을 대신하기 위해서는 기본적으로 바닥구조의 차단성능 평가 결과가 동일해야 한다. 이를 위해 각 표준충격원은 실충격원과 유사한 충격력 특성을 갖도록 설계되었다. 이에 대한 검증을 위해 Tachibana 등⁽⁶⁾은 뱀머신과 임팩트 볼의 충격력을 비교하였으며, 김경우 외⁽⁷⁾는 어린이의 충격력 특성을 측정하였다. 그러나 국내에서도 태핑머신 및 개량 태핑머신의 충격력에 대한 검토가 추가적으로 필요한 것으로 사료된다.

또한 표준충격원이 실충격원의 충격력을 재현한다 하더라도 충격원의 기계적 임피던스 차이로 인해 구조체에 작용하는 가진력이 달라질 수 있다. 따라서 실충격원의 충격력 레벨과 특성을 재현하기 위해서는 실충격원과 표준충격원의 임피던스에 대한 검토가 선행되어야 한다. 이에 대한 연구로 Scholl⁽¹⁾은 성인 보행의 기계적 임피던스를 측정하여 태핑머신 및 개량 태핑머신의 측정치와 비교하였다. 그러나 임피던스 측정시 충격원이 진동 exciter에 고정되지 않아 가진 방향 이외의 영향 요소들이 포함되고, 31.5 Hz 이하 대역의 결과는 확인할 수 없었다.

따라서 이 연구에서는 국내외에서 사용되는 네 가지 표준충격원과 중량충격원의 특성을 나타내는 실충격원(어린이)의 달리기와 뛰어내리는 행동을 대상으로 각각 충격력과 기계적 임피던스를 측정하였으며, 이를 통해 실충격원의 특성과 가장 유사한 표준충격원을 조사하였다.

2. 기계적 임피던스 (Mechanical Impedance)

임피던스는 단위 속도(v)당 힘(F)으로 정의되며, 가진력과 그에 의한 속도의 크기비와 위상 차이를 나타낸다. 또한 계 고유의 주파수 특성을 잘 나타내 주고 있으므로 구조체의 거동에 대한 해석분야에 많이 이용되고 있다. 즉 임피던스를 파악함으로써 임의의 외력이 주어졌을 경우 계의 전체적인 거동을 예측할 수 있으며, 반대로 진동특성을 이용하여 외력을 알아낼 수 있기 때문이다.

표준충격원의 선정시 충격원의 기계적 임피던스는 충격력과 함께 우선적으로 고려되어야 한다. 이는

충격원과 바닥 구조체 모두 기계적 임피던스를 갖고 있고, 구조체에 작용하는 가진력은 충격원의 세기(strength)뿐만 아니라 충격원과 구조체의 임피던스 비에 큰 영향을 받기 때문이다⁽¹⁾. 따라서 이 연구에서는 표준충격원과 실충격원의 특성을 상호 비교하기 위하여 먼저 각 충격원에 대한 임피던스를 측정하였다.

2.1 수학적 모델

충격원의 임피던스는 Fig. 1과 같이 mass-spring-mass 형태를 갖는 수학적 모델에서 구할 수 있다. 여기서 M 은 임피던스 측정을 위해 충격원에 부착된 구조물의 질량이다.

Fig. 1 모델에 외력이 가해졌을 때의 운동방정식은 다음과 같이 표현된다.

$$m\ddot{x} + kx = ky \tag{1a}$$

$$F = k(y - x) + M\ddot{y} \tag{1b}$$

여기서 M 은 고정판의 질량, m 과 k 는 충격원의 질량 및 강성이며 ω 는 주파수이다.

이때 기계적 임피던스는 임피던스의 정의에 의해 다음과 같이 나타낼 수 있으며

$$Z = \frac{F}{v} = \frac{F}{\dot{y}} = \frac{F}{j\omega y} \tag{2}$$

여기서 운동방정식에서 도출된 외력에 관한 식 (1b)을 대입하면 임피던스는 다음과 같이 계산된다.

$$Z = \frac{k(y - x) - \omega^2 My}{j\omega y} \tag{3}$$

최종적으로 식 (3)에 식 (1a)을 대입하면 이 시스템

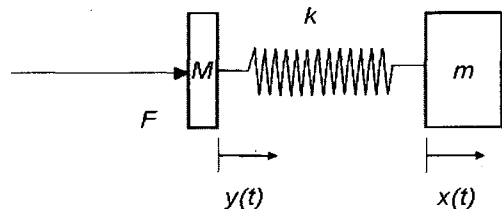


Fig. 1 Numerical model

의 기계적 임피던스는 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$Z = j\omega \left(\frac{km}{-m\omega^2 + k} + M \right) \quad (4)$$

2.2 측정 방법

Fig. 2는 임피던스의 측정을 도식적으로 나타낸 그림이다. 측정대상은 대부분 연속계에 해당하며 이 연속계에 힘을 가해서 진동을 유발시킬 경우 진동특성은 모드해석을 통해 여러 개의 단자유도계 시스템으로 분석할 수 있다. 이때 측정되는 기계적 임피던스는 이러한 단자유도계 시스템의 직렬 조합이다. 공진주파수가 서로 크게 다를 경우 임피던스의 값은 특정 주파수 영역에서는 여러 개의 단자유도계 중 단 하나의 단자유도계에 의해 결정된다. 특히 첫 번째 공진주파수 근처에서의 연속계의 임피던스는 공진주파수가 $\omega_1 = \sqrt{k_1/m_1}$ (fundamental frequency) 인 단자유도계에 의해 동적특성이 가장 큰 영향을 받는다. 그러나 Fig. 2와 같이 연속계를 가진하기 위해 외부 힘을 바로 연속계에 직접 가하면 힘이 가해지는 부분에서 연속계가 움푹 들어가는 현상에 의해 국부적인 변형이 발생하는데, 이 경우 측정되는 임피던스는 이러한 국부적인 변형에 의해 크게 영향을 받는다. 따라서 이러한 단점을 극복하기 위해 강성이 큰 알루미늄 판을 대상에 부착한 후 알루미늄 판에 외부 힘을 가하도록 하였다. 알루미늄 판은 충격원을 고정하는 데에도 필요하며, 이 알루미늄 판의 질량이 M 이다.

Fig. 3과 같이 vibration exciter(B&K, Type 4809)를 이용하여 random signal을 가진하였으며, force transducer (PCB, 208-C02)와 가속도계(Endeco, 751-10)를 이용하여 가진력과 가속도값

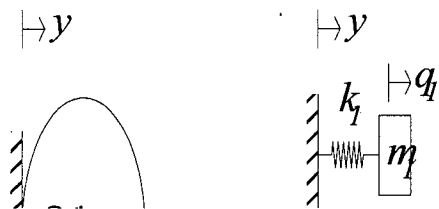


Fig. 2 Schematic of impedance measurements of continuous system

을 측정하였다. 수학적 모델에서 설정한 단자유도계를 만족시키기 위하여 각 충격원을 프레임에 매달 후 에폭시 본드를 이용하여 알루미늄 판에 고정시켰다. 성인 발의 경우도 이와 동일하게 피험자의 몸을 프레임에 매달아 다리를 곧게 펴고 누운 상태에서 한쪽 발바닥을 알루미늄 판에 고정시킨 후 임피던스를 측정하였다.

표준충격원의 측정은 임팩트 볼, 뱀머신 타이어, 태핑머신 및 개량 tapping machine을 구성하는 공이를 대상으로 실시되었으며, 실충격원은 성인의 맨발바닥을 대상으로 실시하였다. Modified tapping machine은 ISO 140-11에 규정된 “Elastic layer under the hammers laid on the test floor”의 세부기준(dynamic stiffness : $34 \text{ MN/m}^3 \pm 10\%$, loss factor : 0.2)을 만족시키기 위하여 EPS 계열의 완충재(dynamic stiffness : 35.2 MN/m^3 , loss factor : 0.22, 두께 : 18 mm)를 적용하였다.

2.3 측정결과

Fig. 4는 알루미늄 사각판에 충격원을 고정한 후 vibration exciter로 가진했을 때 force transducer와 가속도계로부터 얻어진 값을 통해 계산된 임피던스이다. 이 경우 임피던스는 알루미늄 판과 충격원 임피던스의 병렬 합이다. 따라서 각각의 임피던스 중 큰 값에 의해 전체 임피던스가 크게 영향을 받는다. 측정된 임피던스는 대부분 주파수와 함께 증가하다가 최대값을 나타낸 후 감소하고, 다시 최소값을 보인 후 증가한다. 첫 번째 최대값은 충격원의 임피던스가 알루미늄판의 임피던스보다 크기 때문에 나타나는 각 충격원 임피던스의 고유값이다. 그러나 첫 번째 최소값 뒤에 나타나는 값들은 알루미늄 판

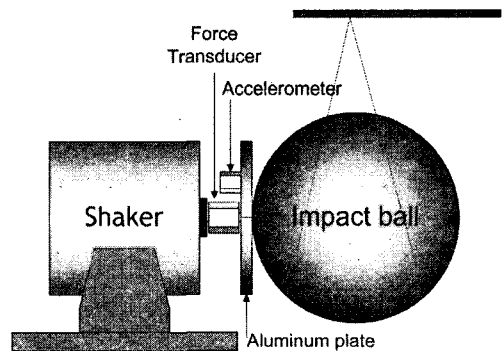


Fig. 3 Impedance measurement of impact ball

의 임피던스가 각 충격원의 임피던스보다 큰 값을 가짐에 따라 알루미늄 판 임피던스의 영향을 받은 값들이다. 따라서 충격원 자체의 임피던스 값을 얻기 위해서는 식 (4)를 통해 측정된 임피던스로부터 알루미늄 판의 임피던스, 즉 $Z_A = j\omega M$ 를 감하여야

한다. 이러한 과정을 통해 얻어진 충격원 자체의 임피던스는 Fig. 5와 같다.

성인 발의 기계적 임피던스 측정결과 Fig. 5에서와 같이 약 4 Hz에서 첫 번째 공진주파수를 갖는 것으로 나타나 20 ~ 50 Hz에서 첫 번째 공진주파수를 갖는 것으로 밝혀진 Scholl의 연구결과⁽¹⁾와 큰 차이를 보였다. 그러나 Griffin⁽²⁾과 Matsumoto 등⁽³⁾의 human vibration 관련 연구 결과에서는 앉아있는 상태에서의 인간의 다리는 평균적으로 약 5 Hz의 고유주파수를 나타내며, 다리를 뻗을 때의 결과 또한 앉아있을 때의 결과와 거의 유사한 것으로 밝혀졌다. 따라서 약 4 Hz의 공진주파수를 갖는 것으로 나타난 이 연구의 측정 방법 및 결과는 타당한 것으로 판단된다.

Table 1과 같이 임팩트 볼은 약 17 Hz, 뱀머신 타이어는 약 20 Hz 그리고 modified tapping machine은 40 Hz의 공진주파수를 나타냈으며 태핑머신은 강성이 커서 강제와 같은 특성을 보이며 공진형상은 관찰되지 않았다. 이를 통해 각 표준충격원의 임피던스는 성인 발의 결과와 다소 차이를 나타내나, 임팩트 볼의 공진주파수와 임피던스 레벨이 다른 표준충격원에 비해 성인 발의 특성과 보다 유사하다는 사실을 알 수 있었다.

임팩트 볼과 뱀머신의 경우 두 번째 및 세 번째, 네 번째 모드에 의한 임피던스가 각각 측정되었다. 예를 들어 임팩트 볼의 경우 두 번째 공진모드는 80 Hz에서 나타났으나 첫 번째 공진주파수에 비해 크기가 훨씬 작은 것을 확인할 수 있다. 이를 통해 임팩트 볼이나 뱀머신이 바닥에 가진될 경우 바닥진동 및 바닥충격음의 유발은 첫 번째 공진모드에 의해 크게 영향을 받을 것이라는 점을 유추할 수 있다.

3. 충격력 특성

이전 연구 결과⁽⁸⁾ 국내 공동주택에서 발생하는 주된 충격음은 6~9세 어린이의 뛰어내리고 달리는 형태로 나타났다. 따라서 이 연구에서는 6~9세 어린이의 평균 몸무게 25 kg을 갖는 초등학교 1학년 학생 100여명을 대상으로 달리기와 의자에서 뛰어내리는 행동으로 대표되는 실충격원의 충격음 특성을 살펴보고 표준충격원의 충격음 레벨 및 특성을 이와 비교하였다.

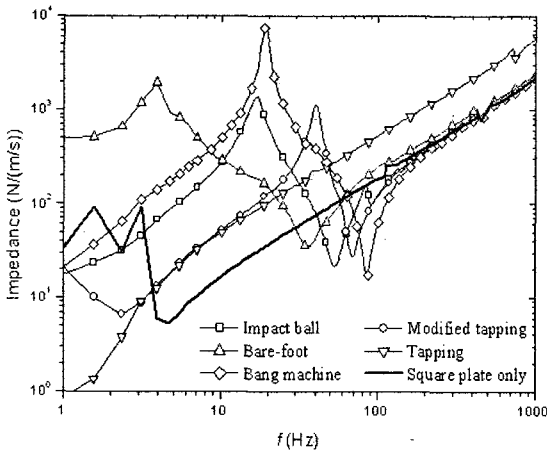


Fig. 4 Mechanical impedances including the impedance of aluminum plate

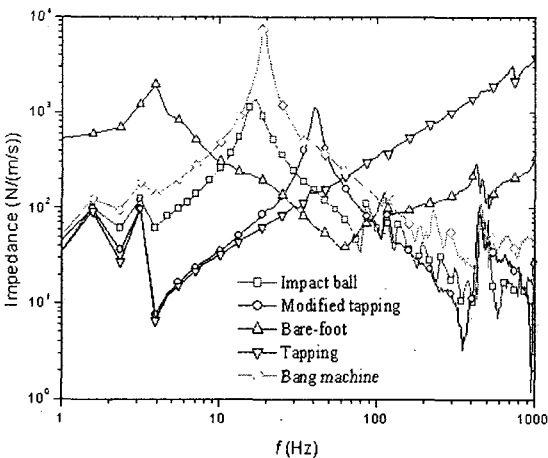


Fig. 5 Mechanical impedances excluding the impedance of aluminum plate

Table 1 First resonance frequency of impact sources [Hz]

Bang machine	Impact ball	Tapping machine	Modified tapping machine	Bare-foot
20	17	-	40	4

3.1 측정 방법 및 대상

충격력 측정에는 충격력 센서 3개로 구성된 PF-10, 신호증폭기(RION, UA-06A) 및 주파수 분석기(B&K, Type 3560C)가 사용되었다.

표준충격원은 뱅머신, 임팩트 볼 뿐만 아니라 이전연구⁽⁷⁾에서 검토되지 않은 태핑머신과 개량 태핑머신까지 측정대상으로 하였으며, 실제충격원은 어린이가 30 cm 높이의 의자에서 뛰어내릴 때와 달릴 때를 대상으로 하였다. 이때 표준충격원의 충격력은 10 회, 실충격원의 충격력은 3회 측정 후 평균하였다.

충격력 측정은 현지 초등학교 사정으로 인해 교실 나무바닥에서 진행되었으며, 교실 바닥은 마감물탈과 장선 위에 25 mm 두께의 플로어링이 설치되어 있었다. 충격원의 가진 위치에 따라 충격력 특성이 달라질 수 있기 때문에 충격력 센서는 뱅머신의 충격력 결과의 조사를 통해 교실 바닥 중에서 상대적으로 강성이 높은 부분에 설치되었다. 측정결과 Table 2에 나타난 바와 같이 뱅머신의 충격력은 63 ~ 250 Hz 대역에서는 KS에 명시된 오차범위 내에 분포하였으나 500 Hz 대역에서는 오차범위를 벗어났다. 그러나 측정에 사용된 충격원의 충격력이 대부분 63 Hz 이하 대역에 분포하기 때문에 나무바닥

에서의 측정은 실충격원의 측정치에 큰 영향을 끼치지 않을 것으로 사료된다.

Table 3에 정리된 바와 같이 초등학교 1학년 남학생 57명, 여학생 40명 등 총 97명이 참여하였으며, 참여 어린이의 평균 몸무게는 26.4 kg으로 공동주택의 주된 충격원으로 알려진 6 ~ 9세 어린이의 평균 몸무게와 거의 유사하다. 어린이들의 몸무게는 19 ~ 40 kg의 분포를 보였으며, 몸무게가 25 ~ 30 kg에 해당하는 어린이가 전체의 약 43%에 해당되었다.

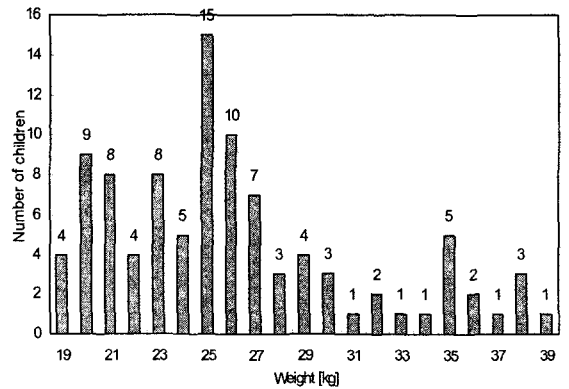


Fig. 7 The number of subjects by weight

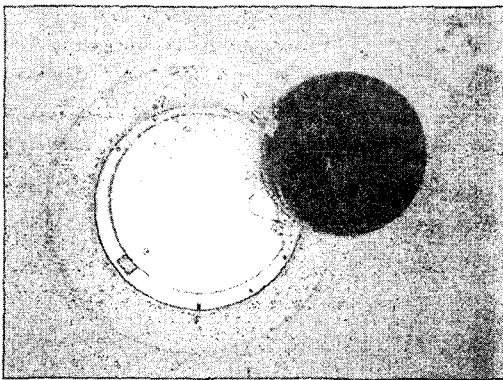


Fig. 6 Measurement set-up

Table 2. Impact force of bang machine [dB]

Hz	31.5	63	125	250	500
Classroom	46.01	38.62	21.26	9.57	1.26
KS	47.0	40.0	20.0	11.5	5.5
Allowable error	±1.0	±1.5	±1.5	±2.0	±2.0

Table 3 Test subjects

Age	Sex	Number	Weight (kg)
7-8	Male	57	19~40
	Female	40	19~39

3.2 측정결과

Fig. 8과 Fig. 9는 어린이가 의자에서 뛰어내릴 때와 달릴 때의 충격력 분포를 나타낸 도표이다. 3회 측정결과의 편차가 큰 어린이의 결과는 분석에서 제외하였다.

Fig. 8과 Fig. 9에 나타난 바와 같이 어린이의 충격력과 몸무게는 상관관계가 없는 것으로 나타났다. 이는 이전연구⁽⁷⁾의 실험조건과 동일하게 어린이들에게 특별한 사전교육이나 주문 없이 개인의 평소 행동대로 실험에 임할 것을 요구했기 때문으로 사료된다. 따라서 동일한 몸무게라 할지라도 편차가 크게 발생하였으며, 충격력 센서를 어떻게 밟느냐에 따라 충격력 크기가 다르게 나타났다. 어린이가 의자에서 뛰어내릴 경우는 최대 5600 N 그리고 달릴 때에는

2600 N의 충격력을 보였으며 어린이의 충격력에 대한 평균값은 각각 약 1600 N과 900 N이었다.

Fig. 10에 나타난 바와 같이 의자에서 뛰어내릴 때의 충격력은 1000 ~ 2500 N의 범위에 가장 많이 분포되었다. 이러한 결과는 어린이가 뛰어내릴 때의 충격력이 2000 ~ 3000 N 범위에 가장 많이 분포하는 것으로 나타난 김경우 등⁽⁷⁾의 연구결과와 다소 차이를 나타낸다. 이는 김경우 등⁽⁷⁾의 연구에서는 30 kg 이상의 어린이가 참여 인원의 약 35 % 이상을 차지하였으나 이 연구에서는 20 % (17명) 이하이므로 몸무게 분포가 상이하여 이 실험 결과보다 충격력이 보다 높게 측정되었기 때문으로 사료된다.

또한 의자에서 뛰어내렸을 경우 어린이 충격력의 60%가 임팩트 볼의 충격력에 해당하는 1500 N 이하에 분포하였다. 이와 달리 뱅머신의 충격력, 즉 4500 N 이하에는 임팩트 볼의 경우보다 많은 약

97%의 어린이 충격력이 분포하였으나 평균 충격력과는 큰 차이를 나타냈다. 따라서 공동주택 바닥충격음의 주된 충격원인 어린이 충격력의 재현성 측면에서 살펴보면 뱅머신의 충격력은 실충격원의 충격력보다 과도하게 설정된 것으로 판단된다. 이는 어린이가 달릴 때의 충격력 분포 특성에서도 확인할 수 있다. 어린이가 달리는 경우의 충격력은 대부분 600 ~ 1000 N의 범위에 분포하지만, 뱅머신의 충격력은 4500 N으로 실충격원의 분포 범위에서 크게 벗어나있기 때문이다. 따라서 뱅머신을 통한 어린이의 달리는 행위에 대한 재현 및 바닥충격음 평가는 적절치 않은 것으로 판단된다.

표준충격원과 어린이 충격력 폭로레벨을 옥타브 밴드로 분석한 결과는 Fig. 12와 같다. 표준충격원의 충격력 폭로레벨 측정시 각 표준충격원은 KS, JIS,

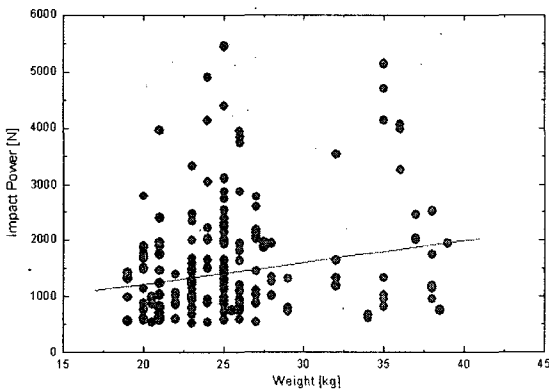


Fig. 8 Impact force caused by jumping

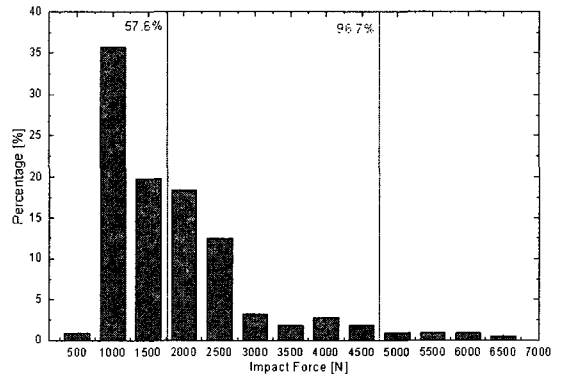


Fig. 10 Distribution of impact force caused by jumping

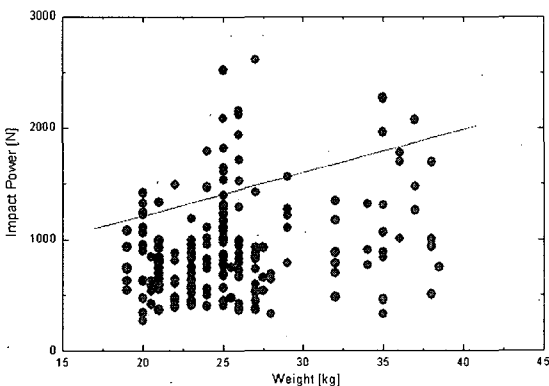


Fig. 9 Impact force caused by running

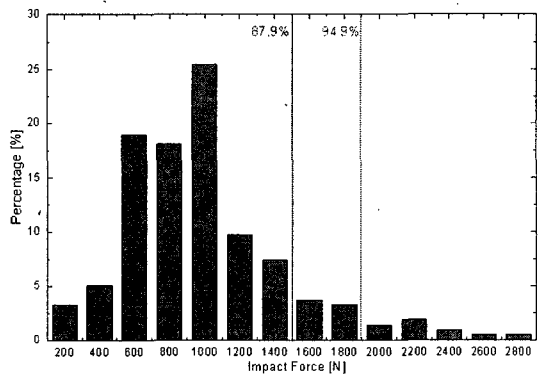


Fig. 11 Distribution of impact force caused by running

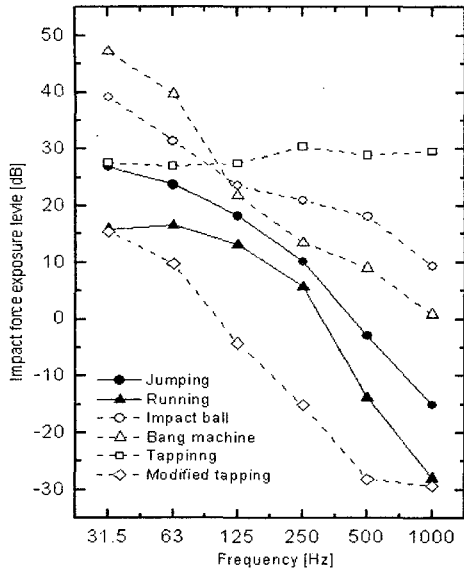


Fig. 12 Impact force exposure level

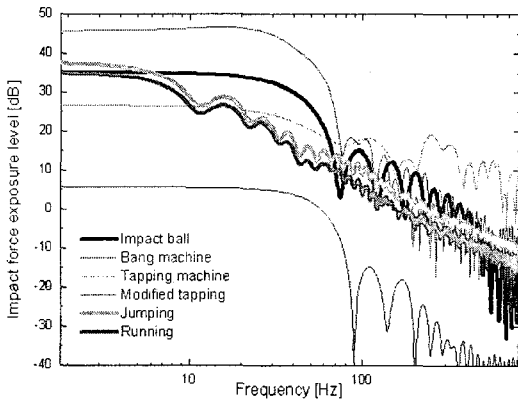


Fig. 13 Impact force spectrum

ISO에 명시된 바와 같이 뱅머신은 85 cm, 임팩트볼은 100 cm, 태핑머신과 개량 태핑머신은 4 cm 높이에서 낙하되었으며, 실충격원의 충격력 폭로레벨은 100여명 초등학생의 평균값을 사용하였다. 뱅머신은 바다충격음의 주관적 반응에 영향을 미치는 주요 대역 31 Hz와 63 Hz에서 가장 높은 충격력을 갖는 것으로 나타났다.

뱅머신의 이러한 특성은 Fig. 13에 나타난 충격력 폭로레벨 스펙트럼에서도 동일하게 나타난다. 뱅머신의 충격력 폭로레벨은 100 Hz 이하 대역에서 실충격원보다 최대 20 dB 높은 충격력을 갖는 것으로 측정되었다. 임팩트 볼의 경우도 뱅머신보다는 낮은

충격을 보이지만 전 주파수 대역에서 실충격원보다 높은 충격력 폭로레벨을 나타냈다. 또한 태핑머신의 충격력 폭로레벨은 전 주파수 대역에서 유사한 값을 나타냈으며, 개량 태핑머신의 경우 주파수 특성은 실충격원과 유사한 것으로 나타났으나 충격력 폭로레벨은 어린이의 달리기에 미치지 못했다.

임팩트 볼의 충격력은 전 주파수 영역에서 실충격원의 충격력을 상회하지만 63 Hz 이하 대역에서 과도한 충격력을 나타내는 뱅머신이나 어린이의 달리기 충격력에도 미치지 못 하는 개량 태핑머신과 비교하여 볼 때 실충격원의 충격력 레벨과 가장 유사했다. 임팩트 볼의 충격력 폭로레벨 주파수 특성 또한 뱅머신보다 유사한 것으로 나타났다. 따라서 임팩트 볼은 완벽하지는 않지만 현재 사용되고 있는 표준충격원 중에서는 실충격원의 충격력 특성과 가장 유사한 충격원으로 판단된다.

또한 임팩트 볼의 충격력은 63 Hz 이하 대역을 제외한 주파수 영역에서 뱅머신의 충격력을 상회하는 것으로 나타나 배경소음의 크기에 따른 소음대 잡음비(S/N)의 영향을 최소화하여 경량구조체 뿐만 아니라 향후 콘크리트 슬라브 바닥구조체에서의 현장측정에도 적용이 가능할 것으로 판단된다.

4. 결론 및 향후과제

현재 국내외에서 바다충격음 차단성능 평가를 위해 사용되는 표준충격원이 실충격원의 특성을 얼마나 잘 재현하고 있는지를 조사하기 위해 각 충격원의 기계적 임피던스와 충격력을 측정하였다. 이를 위해 표준충격원은 뱅머신, 임팩트 볼, 태핑머신과 개량 태핑머신을 대상으로 하였으며, 실제충격원은 어린이가 의자에서 뛰어내릴 때와 거실에서 달릴 때를 대상으로 하였다.

임피던스 측정 결과 각 표준충격원의 임피던스는 실충격원의 결과와 다소 차이를 보이는 것으로 나타났다. 표준충격원의 경우 뱅머신 타이어는 약 20 Hz, 임팩트 볼은 약 17 Hz 그리고 개량 태핑머신은 40 Hz의 공진주파수를 나타냈다. 따라서 임팩트 볼의 공진주파수와 임피던스 레벨이 다른 표준충격원에 비해 실충격원의 특성과 가장 유사한 것으로 나타났다. 향후 연구에서는 각 충격원의 임피던스 차이 및 충격원과 바닥구조체 임피던스간의 관계가 진

동 및 소음 유발에 미치는 영향이 추가적으로 조사되어야 할 것이다.

또한 충격력 측정 결과 공동주택의 주된 바닥충격원으로 조사된 25kg의 몸무게를 갖는 어린이가 약 30cm의 높이에서 뛰어내릴 때의 충격력은 평균 1600N, 거실에서 달릴 때의 충격력은 평균 900N으로 나타났다. 반면 KS에 표준 중량충격원으로 규정된 뱅머신의 충격력은 4500N으로 나타나 실충격원의 결과와 큰 차이를 나타냈다. 이에 반해 JIS와 ISO에 새로운 표준 중량충격원으로 규정된 임팩트 볼은 1500N의 충격력을 갖으며, 충격력 폭로레벨의 주파수 특성도 실충격원과 가장 유사한 것으로 나타났다. 그러나 임팩트 볼의 경우에도 실충격원의 충격력 폭로레벨 및 주파수 특성을 완벽하게 재현하지 못함에 따라 이를 보완하기 위한 연구들이 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

후 기

이 연구는 산업자원부 “표준화 기술개발사업” (과제번호 : 10023489)의 지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

(1) Scholl, W., 2001, “Impact Sound Insulation: The Standard Tapping Machine Shall Learn to Walk”, *Building Acoustics*, Vol 8, pp. 245 ~ 256.

(2) Griffin, M. J., 1996, “Handbook of human Vibration”, Academic Press.

(3) Matsumoto, Y., Griffin, M. J., 1998, “Dynamic Response of the Standing Human Body Vibration Magnitude”, *Journal of Sound and Vibration*, Vol. 212, pp. 85 ~ 107.

(4) Jeon, J. Y., Ryu, J. K., Jeong, J. H. and Tachibana, H., 2006, “Review of the Impact Ball in Evaluating Floor Impact Sound”, *Acta Acustica*, Accepted for publication.

(5) 日本建築學會, 2005, “Symposium of the Floor Impact Sound Studies”, *Kenchiku Kaikan*.

(6) Tachibana, H., Tanaka, H., Yasuoka, M. and Kimura, S., 1998, “Development of New Heavy and Soft Impact Source for the Assessment of Floor Impact Sound Insulation of Buildings”, *Proc of Inter-noise 98*.

(7) Kim, K. W., Choi, G. S., Jeong, Y. S. and Yang, K. S., 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.

(8) Kim, K. H., Jeon, J. Y., 2002, “The Analysis of Perceptual Levels for Floor Impact Noise in Apartments”, *Journal of the Korean Society of Living Environmental System*, Vol. 9, No. 2, pp. 160 ~ 165.

(9) Jeong, J. H., Jeon, J. Y., 2005, “Floor Impact Noise Measurement and Evaluation Method Using Impact Ball”, *Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering*, Vol. 15, No. 10, pp. 1160 ~ 1168.

(10) Jeon, J. Y. and Jeong, J. H., 2003, “Use of Rubber Ball Impactor for Floor Impact Noise Evaluation”, *Proc of WESPAC 8*, CD-Rom.

(11) Jeon, J. Y. and Jeong, J. H., 2004, “The Use of Impact Ball in Evaluating Floor Impact Sound”, *Proceedings of Inter-noise 2004*, CD-Rom.

(12) ISO 140-2005, “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”

(13) Korean Standards Association, 2001, KS F 2810-2 Field Measurements of Impact Sound Insulation of Floors—Part 2: Method Using Standard Heavy Impact Sources.