

# 어린이의 뛰어다님을 재현하는 연속성 충격원 시작품의 충격음 특성

## Characteristics of Trial Continuous Impact Source Product Reproducing a Child's Running Around

송민정<sup>†</sup> · 김수홍<sup>\*</sup> · 류종관<sup>\*\*</sup>

Minjeong Song<sup>†</sup>, Suhong Kim<sup>\*</sup> and Jongkwan Ryu<sup>\*\*</sup>

(Received April 27, 2022 ; Revised May 18, 2022 ; Accepted May 23, 2022)

**Key Words :** Trial Product(시작품), Reproducing Child's Running(어린이 뛰 재현), Heavy-weight Impact Sound(중량충격음), Impact Source(충격원)

### ABSTRACT

Bang machines and rubber balls, which are currently used as heavy-weight impact sources for floor impact sound measurement, have characteristics that differ from the actual impact patterns of children. This is because the current impact source is larger than the actual impact force of the child, and there is a single impact pattern, so a child's continuous impact is not reproduced. This study develops a trial product that can simulate and reproduce a child's running motion. It is necessary to develop an impact source that can reproduce the actual running pattern of children because it is an important factor in the development of floor structures and resilient layers corresponding to the characteristics of real impact sources. In addition, a device that can consistently reproduce a child's running pattern can be used to evaluate the performance of children's indoor shoes and floor finish materials to reduce floor impact sounds; it is expected to be useful when demonstrating children's running motions. This paper presents the manufacturing progress of the proposed prototype, and the floor impact sound characteristics of the prototype are compared with an actual child's running pattern using laboratory experiments. The results showed that the trial product was consistent in terms of reproducing the floor impact sound, and the impact sound spectrum characteristics were similar to those of an actual child, so it can be used as a floor impact source.

### 1. 서 론

국내 공동주택 바닥충격음에 있어, 어린이의 뛰어다님은 매우 주요한 소음원이다. 그런데 현재 바닥충격

음 측정에 중량 충격원으로써 사용되고 있는 뱅머신 및 고무공은 실제 어린이의 충격 양상과는 그 특성이 매우 다르다. 왜냐하면, 현행 충격원은 실제 어린이의 충격력에 비해 그 크기도 클뿐더러 충격 양태가 단발로서 실제로 “다다다닥” 뛰어다니는 어린이의 연발성

<sup>†</sup> Corresponding Author ; Member, Chonnam National University, Senior Researcher  
E-mail : minjeongsong@hanmail.net

<sup>\*</sup> Member, Graduate School of Chonnam National University, Student  
<sup>\*\*</sup> Member, School of Architecture Chonnam National University, Professor

# A part of this paper is presented at the KSNVE 2021 Annual Autumn Conference

‡ Recommended by Editor Deuk Sung Kim

© The Korean Society for Noise and Vibration Engineering

충격은 재현하고 있지 못하고 있기 때문이다<sup>(1)</sup>.

저자는 여기에 착안하여 어린이의 뛰어다님을 모사하여 재현할 수 있는 시작품을 제작하였다. 즉, 어린이가 방안을 이리저리 뛰어다니는 상황을 재현할 수 있는 시작품을 고안 및 제작하여 보았다.

실제 어린이의 뛰어다님을 재현할 수 있는 충격원의 개발이 필요한 주요한 이유는 충격원의 특성에 대응하는 바닥구조 및 완충재의 개발에 매우 중요한 요소로 작용하기 때문이다. 즉, 소음원의 특성에 잘 대처하는 자재 및 구조를 개발하려면, 실제 소음원을 재현할 수 있는 기기 장치의 존재 여부는 기본사항이라고 할 수 있기 때문이다. 그리고 어린이의 뛰어다님을 일관적으로 재현할 수 있는 기기는 어린이의 실내화 및 바닥충격음 저감용 바닥마감재 등의 성능 평가 등에도 활용될 수 있으며, 어린이가 뛰는 것을 대신하여 시연하는 등의 효용이 있을 것으로 예상된다.

이 논문에서는 해당 시작품의 제작 경과를 밝혔고 시작품에 대한 바닥충격음 특성을 실험실 실험을 통해 실제 어린이의 뛰어다님과 비교하여 보았다.

2. 기존 연구 및 시작품 제작

Song 등<sup>(2)</sup>은 어린이가 방안을 이리저리 뛰어다니는 상황을 재현할 수 있는 장치에 관한 특허(바닥 충격 실험 장치)를 출원 및 등록(2011.12.)하였다. 이 고안은 건축물에서 실제로 발생하는 중간 바닥 충격을 기계적 장치를 통하여 실제 바닥 충격과 유사한 형태로 재현하는 장치에 관한 것이다. 생활 중에 발생하는 어른이나 아이의 착화 또는 맨발 상태에서 공간적 이동이 있는

걸음과 뒹에 대한 충격을 재현할 수 있는 바닥 충격 발생장치이다. 이 연구 시작품의 모태가 되는 고안이라고 할 수 있다(Fig. 1).

이후, Song 등<sup>(3)</sup>은 먼저 “기존 표준충격원의 개선 필요성 및 신 연발성 충격원 개발 방향에 대한 전문가 설문조사(2020.08.)”를 통하여 새로운 충격원 개발의 필요성 측면에서는 전문가들 대부분 개발의 필요성에 공감하고 있음을 밝혔다. 그리고 “실제 어린이 뒹 분석을 통한 신중량 충격모델 개발”이라는 논문을 통하여 어린이의 뛰어다님 속도와 보폭 그리고 초당 바닥 가진 횟수 등의 데이터를 확보하였다<sup>(4)</sup>. 이러한 결과는 본 시작품의 제작 사양에 적용하였다.

논문 등으로 보고는 되지 않았으나 Song 등은 간이 시뮬레이터를 제작하여 수동으로 구동하여 바닥충격음 측정을 해 보았지만, 일관성 확보에 실패하였다. 이를 통해 인력에 의한 수동 구동의 한계를 파악하였다. 따라서 전동 모터에 의한 기계식 작동 충격원의 개발이 필요함을 인지하였다.

이웃 나라 일본에서도 Nakamori 등<sup>(5)</sup>이 “중종걸음 소리 평가에 활용되는 모의 충격원의 개발(2015.11.)”이라는 연구에서 연발 충격이 가능한 모의 충격 음원을 개발하였고 그에 대한 특성을 밝혔다(Fig. 2). 다만, 이 충격원은 두 개의 고무망치가 바닥을 가진하며 회전하는 형태로 구성되어 있어 국내 연구자와는 연구내용과는 차이가 있다고 할 수 있다.

이 연구진은 이와 같은 기존 연구 결과를 고려하여, 국내 특허(바닥 충격 실험 장치)를 기반으로 모터에 의해 전동으로 구동되는 바닥충격 시뮬레이터 시작품을 제작하였다. 앞서도 밝혔듯이 기존 연구로 도출된 어린이의 뛰어다님 속도와 보폭 그리고 초당 가진 수 등이 반영될 수 있도록 하였다. 모터로 작동되는 전동 시뮬레이터 제작시 요구사항은 다음과 같다.

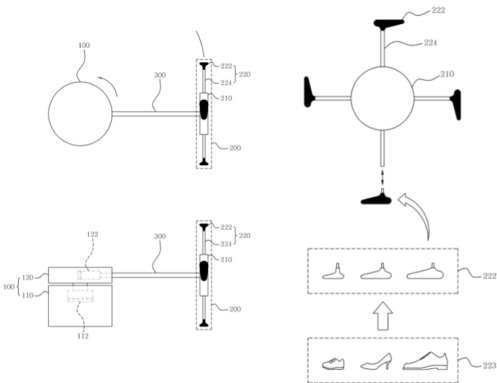


Fig. 1 Patent schematic for floor impact devices

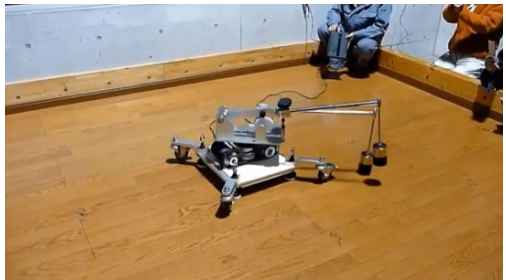


Fig. 2 The simulator of Nakamori

다음 “가진발(의족) 원형틀” 등의 용어는 Fig. 3을 참조하면 된다.

- 다 음 -

- (1) “가진발(의족) 원형틀”이 바닥을 가진하며 “기기 본체”를 중심으로 원형상으로 회전하며 움직일 수 있도록 한다.
- (2) “가진발(의족) 원형틀”의 바닥 가진에 따라 “가진발(의족) 원형틀 회전축”의 상하 이동이 자연스럽게 이루어질 수 있도록 한다.
- (3) “가진발(의족) 원형틀”의 “바닥 가진발(의족)”의 바닥 가진 시, 가진발이 회전 방향 선상 좌우로의 뒤틀림이 없게 하며 상하로만 움직일 수 있도록 한다.
- (4) “바닥 가진발(의족)”의 바닥 가진 시, 실제 어린이가 발목과 무릎 관절에서의 완충 효과가 있는 뽕을 반영하는 스프링 작용이 가능하게 한다.
- (5) 어린이의 몸무게 증가를 반영할 수 있는 가진 무게 추가 기능이 가능하게 한다.
- (6) 가진 반경의 조절이 가능하게 한다.
- (7) 가진 속도의 조절이 가능하게 한다.

Fig. 3은 연구진이 설정한 제작 요구사항 및 기준 연구내용을 토대로 제작된 시작품을 보여준다. “가진

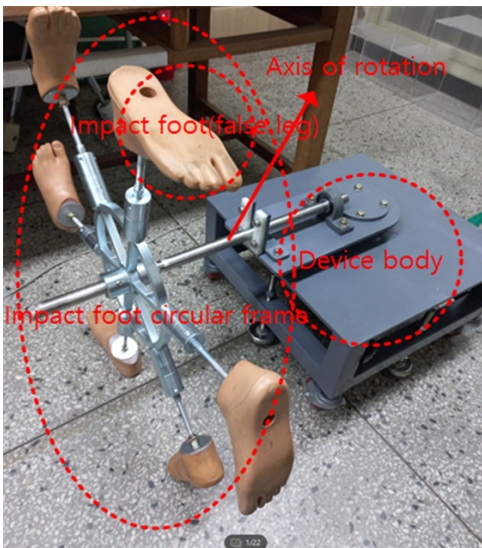


Fig. 3 Name of each part of the simulator

발(의족) 원형틀”과 “가진발(의족) 원형틀 회전축”을 합한 무게는 14.7 kg이고 의족의 수는 6개이며 “가진발(의족) 원형틀”의 지름은 800 mm로 제작하였다. 14.7 kg은 어린이 몸무게에 미치지 못하나 덤벨 등을 이용하여 무게 추가가 가능하기에 이 정도의 무게도 무리가 없을 것으로 판단하였다. 또한 원형틀의 지름 800 mm도 어린이의 보폭과 원형틀 회전의 용이함을 고려하여 6개의 “바닥가진발(의족)”에 지름 800 mm로 설계하여 제작하였다. 이는 하나의 시작품 사양으로서, 차후 보완 실험을 통해 이 수치는 변경될 수 있을 것이다.

바닥 가진 작동 과정은 다음에 설명하는 바와 같다. 먼저, 기기 본체의 모터가 시계방향으로 구동되면 기기 본체에 붙어있는 “가진발 원형틀 회전축”을 시계방향으로 이동시키게 된다. 이 이동에 따라 “가진발 원형틀”이 자연스럽게 회전하게 되는 것이다. 다시 이 “가진발 원형틀”의 회전 때문에 “가진발 원형틀 회전축”은 회전 구동하게 된다.

제작 후 가동하여 작동상태를 확인해 본 결과, 기기는 안정적으로 작동하여 정상 상태의 충격 상황을 재현할 수 있을 것으로 판단하였다.

### 3. 어린이 및 시작품의 충격음 특성 시험

이 연구에서는 제작된 시작품의 충격 특성 시험은 일단 바닥충격음만을 대상으로 하였다. 이를 위하여 어린이 및 시작품을 대상으로 C대 바닥충격음 실험이 가능한 잔향실험실에서 실험을 실시하였다. 본 실험의 목적은 실제 어린이와의 충격음과 시작품의 충격음 특성 비교를 위한 것이다. 충격력 비교 등은 차후 해당 장비가 구비되는 대로 실시할 예정이다.

#### 3.1 어린이의 뛰어다님 실험 결과 및 분석

이 실험에 참여한 어린이의 나이 및 신체 제원은 Table 1과 같다. 만 5세부터 8세의 아이들로서 실제

Table 1 Child birth, body information(2021.10.20.)

No.	Birth	Age/month	Height (cm)	Weight (kg)
Child 1	2013.11.08	8 / 96	140	26.5
Child 2	2015.06.04	6 / 77	123	25.0
Child 3	2015.06.04	6 / 77	123.8	23.0
Child 4	2016.06.21	5 / 65	112	20.0

로 주먹에서 잘 뛰어나는 것으로 추정되는 나이대의 아이들을 대상으로 하였다.

이들 어린이들이 수행한 실험내역은 Table 2와 같다. 각 측정은 15초 동안 이루어졌으며 “천천히” 그리고 “빠르게” 마지막에는 “자유롭게” 뛸 수 있도록 주문하였다. 어린이들은 교대로 “천천히” 및 “빠르게”를

시차를 두어 3번씩 뛰게 하였다. 이는 어린이가 뛰어나님의 일관성을 파악해보고자 하였기 때문이다. 즉, 매번 뛰어나닐 때마다 충격음을 변화 정도를 파악해보고자 함이다.

실험실 바닥을 3회전 하였을 때를 기준으로 “천천히”는 평균 15초 걸렸으며 바닥 가진 41.7회로 측정되었다. “빠르게”는 3회전에 평균 9.4초 걸렸으며 바닥 가진 33.3회로 나타났다. 2명, 3명, 4명씩 “자유롭게” 뛰게한 경우 3회전에 8.4초로 “빠르게”보다 더 짧았다. 이는 2명 이상 회전시 상황을 관찰해본 결과, 서로를 쫓아다니며 회전 반경이 짧아진 탓이다. 1명이 추가될 때마다 약 30회의 바닥 가진 횟수가 증가하고 있음을 알 수 있다.

참고로 충격음 수음실은 반무향실 조건으로서 배경소음 레벨이 20 dB 정도를 유지하였다(Fig. 4).

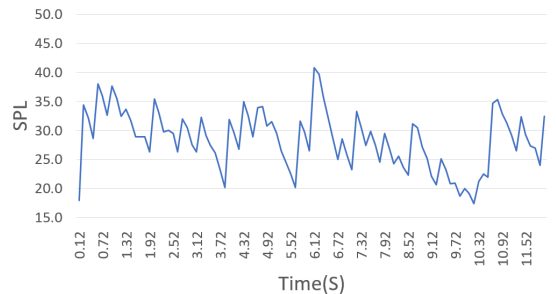
Fig. 5는 어린이가 3이 천천히 뛰어나닐 때의 시간에 따른 바닥충격음 레벨 변화이다. 그림에서 보듯이, 어린이가 3의 뛰어나닐의 충격음은 매 충격시 마다 그 레벨의 편차가 심하게 나타나고 있음을 알 수 있다. 이와 같은 결과는 실제 어린이의 충격력은 일관성 확보가 현실적으로 불가능하기 때문에 표준 충격원

**Table 2** Children's experiment details

No.	Details	Time/ 3turns (sec)	Impact num./ 3turns	Requested speed
C1	Child 1 running	15	42	Slow
C2	Child 2 running	15	37	
C3	Child 3 running	14	37	
C4	Child 4 running	18	59	
C5	Child 1 running	16	42	
C6	Child 2 running	14	34	
C7	Child 3 running	12	32	
C8	Child 4 running	17	55	
C9	Child 1 running	15	44	
C10	Child 2 running	15	36	
C11	Child 3 running	15	35	
C12	Child 4 running	14	47	
C13	Child 1 running	10	37	Fast
C14	Child 2 running	10	29	
C15	Child 3 running	10	35	
C16	Child 4 running	10	38	
C17	Child 1 running	09	33	
C18	Child 2 running	10	30	
C19	Child 3 running	09	33	
C20	Child 4 running	10	37	
C21	Child 1 running	09	35	
C22	Child 2 running	09	31	
C23	Child 3 running	08	31	Free
C24	Child 4 running	09	31	
C25	Child 1, 2 running	09	62	
C26	Child 1, 2, 3 running	08	94	
C27	Child 1, 2, 3, 4 running	09	116	
C28	Child 1, 2 running	08	53	
C29	Child 1, 2, 3 running	09	86	
C30	Child 1, 2, 3, 4 running	09	121	
C31	Child 1, 2 running	07	53	
C32	Child 1, 2, 3 running	09	83	
C33	Child 1, 2, 3, 4 running	08	111	



**Fig. 4** View of children's running-laboratory



**Fig. 5** Floor impact sound level change-child 3

으로서 실험 등에 참여할 수 없음을 시사한다고 할 수 있다.

Table 3은 어린이의 실험내역별 측정결과를 정리한 것이다. 각 어린이가 20초 내외로 뛰게 하여 안정적으로 뛰어다닐이 발생하였던 15초를 대상으로  $L_{Aeq}$ 를 산출하였다. 측정기기는 SYNUS 4Ch. 분석기를 사용하였다. 실제 어린이의 매 뛰어다닐 결과를 보면, 동

일한 충격음 레벨을 일정하게 재현하지 못하고 있음을 알 수 있다. 표준편차가 1 이상이 6번 측정되었으며(어린이 3의 경우 최대 3.1), 천천히 뛰었을 때와 빠르게 뛰었을 때 충격음의 변화가 어린이별로 일관적이지도 않다. 따라서 일관성의 확보 측면에서 실제 어린이가 참여하여 실제 바닥충격음 차단성능 실험을 실시할 수는 없을 것으로 판단된다. 참고로 어린이 4가 천천히 뛰었을 때 24.5 dB부터 어린이 2가 천천히 뛰었을 때의 40.7 dB까지 약 16 dB 정도의 레벨 분포를 보이고 있음을 알 수 있다. 어린이 여러 명이 자유롭게 뛰어다닐 때의 충격음은 42.9 dB 정도에 이르고 있다.

**Table 3** Results of children's experiments

Division		$L_{Aeq}$	Standard deviation	Avg.	
Slow	Child 1	C1	33.5	0.74	33.7
		C5	34.7		
		C9	33.0		
	Child 2	C2	40.3	0.67	40.9
		C6	41.8		
		C10	41.5		
	Child 3	C3	29.4	3.10	33.7
		C7	35.1		
		C11	36.7		
	Child 4	C4	25.7	1.20	24.5
		C8	22.9		
		C12	24.9		
Fast	Child 1	C13	37.7	0.87	37.4
		C17	38.4		
		C21	36.3		
	Child 2	C14	41.8	1.92	40.7
		C18	42.2		
		C22	38.0		
	Child 3	C15	31.7	1.56	33.4
		C19	35.5		
		C23	33.1		
	Child 4	C16	32.9	0.24	33.2
		C20	33.1		
		C24	33.5		
Free	Child 1, 2	C25	42.0	1.68	39.7
		C28	38.0		
		C31	39.2		
	Child 1, 2, 3	C26	40.3	1.01	38.9
		C29	38.6		
		C32	37.9		
	Child 1, 2, 3, 4	C27	42.3	0.86	42.9
		C30	44.1		
		C33	42.2		

**3.2 시작품의 성능 실험 결과 및 분석**

제작된 시작품을 대상으로 실시한 실험내역은 Table 4와

**Table 4** Simulator experiment details

No.	Details	Time/ 3turns (sec)	Impact num./ 3turns	Speed	Remarks
M1	Simulator 1	15	47	Speed 1 (10.03)	Simulator excitation weight 14.7 kg  Additional weight 3 kg  Turning radius 0.75 m
M2	Simulator 1				
M3	Simulator 1				
M4	Simulator 1 + 3 kg				
M5	Simulator 1 + 3 kg				
M6	Simulator 1 + 3 kg				
M7	Simulator 2	11	48	Speed 2 (15.10)	
M8	Simulator 2				
M9	Simulator 2				
M10	Simulator 2 + 3 kg				
M11	Simulator 2 + 3 kg				
M12	Simulator 2 + 3 kg				
M13	Simulator 3	9	48	Speed 3 (18.20)	
M14	Simulator 3				
M15	Simulator 3				
M16	Simulator 3 + 3 kg				
M17	Simulator 3 + 3 kg				
M18	Simulator 3 + 3 kg				
M19	Simulator 2	11	57	Speed 2 (15.16)	Turning radius 1.00 m
M20	Simulator 2				
M21	Simulator 2				
M22	Simulator 2 + 3 kg				
M23	Simulator 2 + 3 kg				
M24	Simulator 2 + 3 kg				



같다. 어린이의 경우와 동일하게 15초 측정하였고 회전속도는 어린이가 “천천히” 그리고 “빠르게” 뛰는 속도와 비슷하게 맞추어 조정하였다(Table 4 안의 3회전당 시간 항목 참조).

Table 4에서 보면, 시작품의 3회전당 가진 횡수는 48회 정도로 동일하는데, 이는 시작품의 가진 보폭은 고정되어 있기 때문에 회전당 바닥가진 횡수가 동일하게 측정된 것이다. 참고로 어린이의 경우 빠르게 뛰면 보폭이 커지게 된다. 회전 반경에 따른 변화를 살펴보기 위해 0.75 m인 경우와 1 m인 경우에 대하여 실험을 실시하였고 어린이 체중 증가에 따른 영향을 살펴보기 위해 시플레이터에 중량 추가는 3 kg을 하여 실험을 실시해 보았다(Fig. 6).

Fig. 7은 측정번호 M2의 바닥충격음 레벨의 시간 이력이다. 그림에서 보면, 충격음 변화 폭이 어린이가 뛰어다니는 경우에 비하면 크지 않으며, 바닥충격시의 레벨 상윳값들은 40 dB 정도로 거의 균질하게 유지되고 있음을 알 수 있다. 이를 통해 어린이에 비하여 상대적으로 안정적으로 바닥을 일정하게 가진하고 있음을 알 수 있다. 다만, 완전한 sine 곡선의 형태를 보이지는 않고 있다. 이는 시작품이 회전하면서 바닥



Fig. 6 View of simulator's running-laboratory

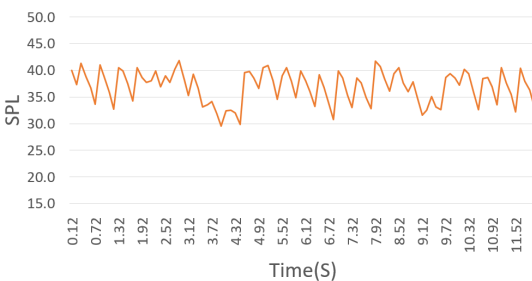


Fig. 7 Floor impact sound level change-M2

을 가진하게 때문에 매 타격별로 가진 위치가 다르기 때문에 나타난 결과로 판단된다. 즉, 바닥에 대한 시제품의 가진 위치별 충격 특성이 모두 같을 수는 없기 때문에 수음실 충격음 레벨이 일정할 수는 없으므로 이러한 결과가 나타난 것으로 판단된다.

Table 5는 시작품에 대한 바닥충격음 측정 결과를 정리한 것이다. 같은 조건의 실험별로 표준편차가 모 든 경우에 0.5 이하로 평가되어 시작품이 매 실험마다 안정적으로 바닥을 가진하고 있음을 알 수 있다. 따라서 바닥충격음 차단 성능 측정에도 활용할 가능성이 크다고 할 수 있다. 다만, 앞서 밝혔듯이 매 타

Table 5 Results of children's experiments

Division		L <sub>Aeq</sub>	Standard deviation	Avg.
Speed 1	M1	36.0	0.24	36.0
	M2	36.3		
	M3	35.8		
Speed 1 + 3 kg	M4	36.2	0.42	36.6
	M5	36.3		
	M6	37.2		
Speed 2	M7	39.4	0.15	39.3
	M8	39.5		
	M9	39.1		
Speed 2 + 3 kg	M10	40.8	0.02	40.8
	M11	40.8		
	M12	40.8		
Speed 3	M13	42.8	0.22	42.7
	M14	42.4		
	M15	42.9		
Speed 3 + 3 kg	M16	43.1	0.09	43.1
	M17	43.2		
	M18	43.0		
Speed 2, turning radius 1.00 m	M19	44.3	0.43	44.4
	M20	45.0		
Speed 2 + 3 kg turning radius 1.00 m	M21	44.0	0.23	45.4
	M22	45.1		
	M23	45.6		
	M24	45.6		

격마다의 타격 위치가 다르기 때문에 각 실험별로 동일한 타격 위치를 담보할 수 없기 때문에 이 정도의 측정 편차는 생긴 것으로 사료된다.

### 3.3 어린이 및 시작품간 충격음 특성 비교

여기에서는 시작품의 바닥충격음 실험 활용성을 타진해 보조가 실제 어린이와 제작 시작품간의 충격음 특성을 비교해보고자 하였다.

#### (1) 시간 이력별 충격음 레벨 변화 특성

먼저, Fig. 8은 시작품은 속도 1(M2)로, 어린이 3이 천천히 뛰어다니는 상황의 충격음 레벨 시간 이력을 보여주고 있다. 앞서 밝혔듯이 어린이의 충격음 레벨 변화가 시작품의 경우에 비해 크게 나타나고 있음을 알 수 있다. 그리고 어린이 3은 몸무게가 23 kg이고 가진체의 무게가 14 kg ~ 15 kg 정도로 실험에 참여한 어린이의 체중에 비하여 무게가 나가지 않지만, 어린이의 충격음 레벨보다는 큰 36 dB ~ 45 dB 내외

의 측정값을 보이고 있다. 이는 어린이의 경우 발목, 무릎 등에서 충격 흡수를 하기 때문에 체중에 비하여 낮은 충격음 레벨을 보인 것으로 사료된다.

시작품의 경우에도 스프링 장치를 통하여 충격 흡수를 하였으나 실제 사람의 관절만큼은 충격력 저감을 시키지 못한 것으로 판단된다. 이러한 결과에서 시작품은 실제 어린이의 몸무게 보다 적은 중량으로도 어린이 보다 큰 충격음을 발생시킬 수 있음을 알 수 있다.

앞서 밝혔듯이, 충격음의 균질성 측면에서는 시작품의 경우가 어린이의 경우에 비하여 매우 균질하기 때문에 차후 충격원으로 바닥충격음 실험에 활용할 수 있는 여지는 충분하다고 할 수 있다.

#### (2) 충격음 스펙트럼 특성 비교

Fig. 9는 어린이 4명이 “천천히” 뛰어다닐 경우의 평균값(C(AVG.1,2,3,4 - Table 2에서 어린이 뛰어다님 1, 2, 3, 4의 평균값))과 시작품이 속도 1로 바닥을 충격할 때의 평균값(M(AVG.1,2,3 - Table 4에서 시작품 1,2,3의 평균값))과 속도 1에 무게 증가한 경우의 평균값(M(AVG.4,5,6)) 및 어린이 2가 “천천히” 뛰어다닐 때의 충격음 스펙트럼이다. 다만, 이 스펙트럼은 충격음 레벨이 비슷한 상태를 상황의 해당 음을 대상으로 비교 분석해 본 것이다.  $L_{Fmax}$ 의 조건이다.

Fig. 9를 보면, 상호간에 레벨 차는 있으나 충격음 스펙트럼의 형태가 주파수 대역별로 유사하게 나타나고 있음을 알 수 있다. C(AVG.1,2,3,4)과 M(AVG.1,2,3) 및 M(AVG.4,5,6) 비교시, 서로 매우 스펙트럼이 닮아있음을 알 수 있다. 특히, 어린이 2의 충격 스펙트럼은 M(AVG.1,2,3)과 레벨도 비슷한 충격음 스펙트럼을 보여주고 있어 기계장치인 이 시작품을 통하여

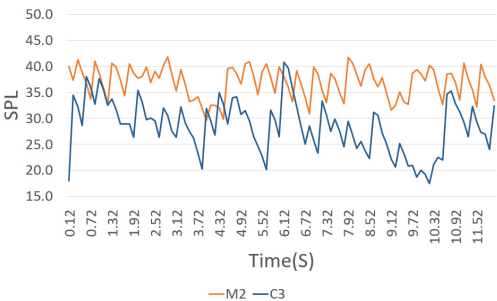


Fig. 8 Comparison of floor impact sound characteristic level changes in child (C3 in Table 2) and simulator (M2 in Table 4)

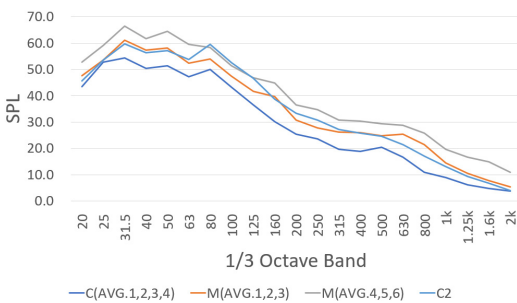


Fig. 9 Comparison of floor impact sound spectrum characteristics in children and simulators (slow condition)

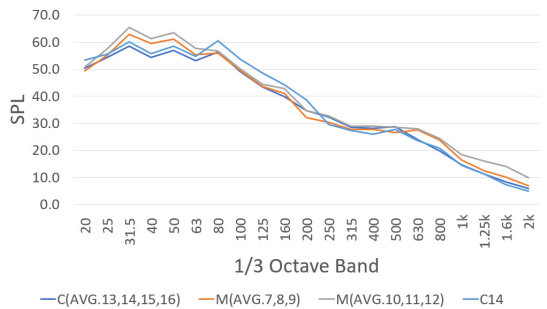


Fig. 10 Comparison of floor impact sound spectrum characteristics in children and simulators (fast condition)

어린이가 뛸 때와 비슷한 청감을 재현하는 바닥충격음을 제공할 수 있음을 알 수 있다.

Fig. 10은 어린이 4명이 “빠르게” 뛰어다닐 경우의 평균값(C(AVG.13,14,15,16 - Table 2에서 어린이 뛰어다님 13,14,15,16의 평균값))과 시작품이 속도 2으로 바닥을 충격할 때의 평균값(M(AVG.7,8,9 - Table 4에서 시작품 7,8,9의 평균값))과 속도 2에 무게를 증가한 경우의 평균값(M(AVG.10, 11,12)) 및 어린이 2가 “빠르게” 뛰어다닐 때의 충격음 스펙트럼이다. 이 스펙트럼도 충격음 레벨이 비슷한 상태를 상황의 해당음을 대상으로 하여 비교 분석한 것임을 밝혀둔다.

Fig. 10에서 보면, 저음역에서 약간의 차이가 있으나 그 외의 대역에서는 상호간 매우 유사한 형태를 보이고 있음을 알 수 있다. 어린이가 빠르게 뛰어다님(C14)의 경우는 시작품의 충격음 스펙트럼과 매우 유사하게 나타나고 있음을 알 수 있다. 이런 결과에서 시작품의 바닥충격음의 청감상 특성이 실제 어린이의 충격음 특성과 비슷하게 나타남을 짐작할 수 있어 차후 시작품의 충격원으로서 활용성이 기대된다고 할 수 있다. 다만, 이를 위해서는 청감 실험 등을 통하여 상호간 유사성을 확인하는 과정이 필수적이라고 할 수 있다.

이와 같이 시작품에 사용된 의족이 실제 어린이의 발과 유사한 충격음 스펙트럼을 보이고 있는데, 이는 차후 충격력 등의 측정 및 평가를 통해 더 세밀히 규명되어야 할 사항으로 판단된다.

### (3) 충격 재현성능 비교

어린이 및 시작품의 각 실험 내역별로 측정 결과를 정리한 앞의 Table 3과 Table 5를 비교해보면, 어린이의 측정 표준편차가 최대 3.1에 이르고 있음을 알 수 있다. 이는 실제 어린이는 충격성능의 일관성을 담보하기가 어렵다는 것을 방증한다고 할 수 있다. 반면, 시작품의 경우는 실험 내역 중에서 최대 측정 표준편차가 0.43 정도에 그치고 있음을 알 수 있다. 가장 작은 경우는 0.02인 경우도 있어 일관성 있게 충격 재현이 가능함을 알 수 있다. 따라서 차후 바닥충격음 차단 성능 실험 등에 활용할 여지가 충분하다고 할 수 있다.

## 4. 결 론

현행 표준 충격원이 실제 어린이의 바닥충격음 발

생 양태와 다르다는 그것에 착안하여 어린이의 뛰어다님을 모사하는 시작품을 제작하였다. 이후, 실제 어린이와 제작 시제품의 바닥충격음 비교 실험을 통하여 이 시작품의 음향적 특성을 밝혔다. 이러한 결과에서 시작품은 바닥충격음 재현에 일관성이 있으며 충격음 스펙트럼 특성도 실제 어린이와 유사하여 충격원으로서의 활용 가능성이 있음을 파악하였다.

앞으로 충격원으로서의 완결성을 위해서는 추가적으로는 충격력 특성에 관한 보완 연구가 수반되어야 하며 청감 실험을 통해 실제 피험자가 어린이 및 시작품의 충격음 비교평가가 이루어져야 할 것이다.

또한, 본문에서 살펴보았듯이 어린이의 충격음 패턴은 불균질한데 이러한 불균질한 충격 상황을 고려하여 재현할 수 있는 충격원에 관한 연구도 의미가 있을 것으로 판단된다. 이는 이 시작품의 가진발 제원 특성을 각기 달리하는 등의 방법을 통해 달성할 수도 있을 것으로 판단한다.

## 후 기

이 논문은 2019년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(NRF-2019R111A1A01054176).

## References

- (1) Song, M. J., 2018, A Think of a New Standard Shock Source for Floor Impact Sound Measurement (Korean, authors' translation), Journal of Korea Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 28, No. 2, pp. 36~38.
- (2) Song, M. J., Kook, C., Jang, G. S., Shin, H. and Park, H. G., 2011, Simulator for Test of Floor Impact, Korean Patent 10-1097451.
- (3) Kim, S. H., Song, M. J. and Ryu, J. K., 2020, A Survey of Experts on the Need To Improve Existing Standard Heavy-weight Impact Source and the Development Direction of New Continuous Heavy-weight Impact Source, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 30, No. 4, pp. 340~347.
- (4) Kim, S. H., Song, M. J. and Ryu, J. K., 2021, The Development of New Heavy-weighted Impact Source by Analysis of Children's Running in Dwelling,

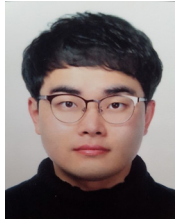


Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 31, No. 5, pp. 486-494.

(5) Nakamori, S. and Yoshimura, J., 2015, Development of Footstep Impact Noise Simulator for Evaluation of Human Trotting Impact Noise, Journal of Environmental Engineering, Vol. 80, No. 717, pp. 1021-1028.



**Minjeong Song** received his Ph.D. in Architectural Engineering from Chonnam National University. Currently, he is working as a Research Professor at Chonnam National University's Bio-Housing Research Center. and has been conducting various researches on noise and floor impact sound.



**Suhong Kim** graduated from Chonnam National University, Gwangju, Korea in 2020. He is currently a M.S. candidate in the school of architecture at Chonnam National University. His research interests are in the area of architectural acoustics, psycho-acoustics.



**Jongkwan Ryu** received his Ph.D. in Dept. of Architectural Engineering from Hanyang University, Seoul. He is currently as a associate professor in the school of architecture at Chonnam National University. His research interests are in the area of architectural acoustics, psycho-acoustics, and acoustic barrier-free.