

실제 어린이 뽀 분석을 통한 신중량 충격모델 개발

The Development of New Heavy-weighted Impact Source by Analysis of Children's Running in Dwelling

김수홍* · 송민정† · 류종관**
Suhong Kim*, Minjeong Song† and Jongkwan Ryu**

(Received May 21, 2021 ; Revised July 8, 2021 ; Accepted August 6, 2021)

Key Words : Children Running(어린이 뽀), New Continuous Impact Source(신중량 충격원)

ABSTRACT

The quietness of a living space greatly affects the quality of life of its residents. To maintain the quietness of an indoor space, a solution is required for the floor impact sounds that have over the years generated several civil complaints to the National Noise Information System. Accurate measurement and evaluation of the floor structure are important factors for solving the floor impact sounds. To reproduce the sound effect of children running on the floors accurately, a new impact source is designed that complements the current standard impact sources. Prior to the designing, the important factors were investigated via a questionnaire answered by experts. The experts' opinions reflected that further information was required about the step length and velocity of children running. Experiments were conducted to collect this data. The results showed that the factors showing positive correlation with the step length and velocity were age, height, and weight. The gender of a child was not related to the step length and velocity. To depict the step length and velocity based on the investigated data, the radius and angular velocity of the impact parts of the new impact source was calculated.

1. 서론

주거지의 정온한 환경은 주거자의 삶의 질적 요소로 중요하다. 하지만 층간소음 이웃사이센터 보고 자료에 따르면 공동주택 층간소음관련 민원이 해마다 증가하고 있어 문제가 되고 있다.

이러한 층간소음의 해결을 위해서는 구조적인 해결법 외에도 실제 실내에서 발생하는 소음원에 대한

바닥구조에 대한 정확한 측정과 평가가 중요한 요소라 할 수 있다. 전문가 대상 설문조사⁽¹⁾에서 바닥구조에 가진을 하는 충격원을 개발한다면 재현할 점에 있어 어린이가 위치를 움직이며 뛰는 것을 반영하는 것이 필요한 것으로 밝혀졌다. 하지만 현재 표준충격원으로 사용하고 있는 고무공은 충격력과 주파수 관점에서 어린이의 뽀와 비슷하나, 측정 시 한 지점에서 가진하여 측정하고 평가하고 있다. 실제 어린이가 달리는 모습을 관찰하면 연속적이면서 가진점이 이동을

† Corresponding Author; Member, Chonnam National University, Research Professor

E-mail : minjeongsong@hanmail.net

* Member, Graduate School of Chonnam National University, Student

** Member, School of Architecture Chonnam National University, Professor

A part of this paper was presented at the KSNVE 2021 Annual Spring Conference

‡ Recommended by Editor Byung Kwon Lee

© The Korean Society for Noise and Vibration Engineering

하는 형태이다. 따라서 이러한 어린이의 뒹을 반영한 충격원을 개발하면 현재의 충격원을 보완하여 보다 정확한 평가가 가능할 수 있다.

실제 충격원 및 표준충격원 대한 물리적 특성에 관한 연구 중 Kim 등⁽²⁾의 연구에서는 어린이의 충격력의 경우 체중과는 비례하나 그 경향성은 찾기 어려웠다. Park 등⁽³⁾의 연구에서도 실제 충격원과 표준 충격원 간의 물리적 특성의 차이가 있는 것으로 분석되었다. Jeong⁽⁴⁾의 연구에서 고무공이 어린이의 뒹과 주파수 측면에서 유사한 표준충격원으로 나타났다. 하지만 Lee 등⁽⁵⁾의 연구에서는 표준충격원 비교에서 고무공이 어린이 뒹과 가장 유사하나 임피던스나 충격력에 있어 차이가 나타났다. 또 Park 등⁽⁶⁾의 연구에서는 보행의 경우 표준 충격원보다 충격력과 주파수 스펙트럼이 낮게 나타났고, 고무공의 경우, 63 Hz, 80 Hz, 100 Hz의 중심주파수 영역에서 보행의 충격력이 더 높게 나타났다. 이러한 연구들을 통해 기존의 충격원 중에서 물리적 특성이 어린이의 뒹과 가장 유사한 것은 고무공으로 나타났지만 이러한 유사성에도 어린이의 뒹과는 차이가 있었다.

충격원에 있어 물리적 특성과 함께 청감적인 부분도 중요하다. 청감적 반응에 대한 심리음향학적 연구로는 Jeon 등⁽⁷⁾의 연구에서 표준충격원(뱅머신, 고무공, 태핑머신)의 주관적 반응을 통해 고무공이 어린이의 뒹과 가장 유사한 반응을 보이는 것으로 나타났다. Jeong⁽⁴⁾에서도 고무공이 실제 충격음을 잘 재현하는 것으로 나타났다. 하지만 Park 등⁽⁶⁾에서 고무공의 유사성에도 불구하고 정확한 보행의 재현에 있어 차이가 있는 것으로 나타났다. 그러므로 어린이의 뒹을 보행의 관점에서 정확히 모사하며, 이와 더불어 연속적이고 이동이 가능한 가진점을 갖는 충격원을 고안한다면 더 나은 평가가 가능할 것으로 판단된다. 이를 위해서 어린이 뒹의 속도와 보폭에 대한 정보가 필요하나 이러한 데이터가 부족한 실정이었다.

따라서 이 연구에서는 어린이 뒹의 보폭과 속도 데이터를 얻기 위해 실제 어린이의 뒹을 동영상으로 촬영하고, 이를 분석하였다. 어린이는 실내에서 달릴 수 있는 여러 형태를 재현하기 위해 직선과 8자형 두 가지에 대해 실험을 실시하였다. 분석은 어린이의 뒹에 영향을 미칠 수 있다고 예상되는 연령, 키, 몸무게, 성별에 따라 하였다. 이 분석을 바탕으로 신중량 충격모델의 속도, 보폭을 제안하고자 한다.

2. 어린이 뒹 실험

2.1 실험 방법

어린이가 뒹의 속도와 보폭의 데이터를 얻기 위해 광주광역시 북구에 위치한 어린이집을 섭외했다. 실험은 직선경로와 8자경로 두 가지를 촬영하기 위해 2차로 나눠 진행하였다. 여기서 8자형은 다양한 형태의 움직임을 나타내고자 실시했다. 실의 크기는 바닥면적이 24 m²였다. 어린이의 연령은 일반적으로 2~9세까지의 아동이 주요 원인이지만 섭외상의 이유와 Lee 등⁽⁸⁾에서 대뇌의 성숙을 통해 상황인지능력이 확보되는 초등학생과는 달리 미성숙한 대뇌의 성숙으로 인해 추상적 사고가 불완전하고, 대뇌성장발달에 뛰어노는 것이 주요하다는 사실을 근거로 6세까지의 아동을 대상으로 하였다. 1차 실험은 2~6세 어린이 45명을 대상으로 직선경로에 대해, 2차는 2~5세 어린이 32명을 대상으로 8자형 경로에 대해 진행하였다. 실험 장소는 Fig. 1과 같다. 실험은 다음과 같은 순서로 진행하였다. 경로의 길이는 84 m² 타입의 아파트의 거실



Fig. 1 View of children's running experiment (straight line)



Fig. 2 View of children's running experiment (an eight shape)

을 기준으로 설정하였다.

- 1) 어린이집 한 교실의 바닥에 경로를 표시한다.(1차의 경우 4.5 m, 2차의 경우 반지름 1m인 원형 2개)
- 2) 도착선에서 2 m 떨어진 위치에 1.5m 높이로 카메라를 설치한다.
- 3) 어린이들을 출발선에서 출발하여 도착선까지 달리도록 한다(Fig. 2 참조).
- 4) 촬영한 동영상을 통해 보폭과 속도를 계산한다.
보폭은 출발선에서 도착선까지의 발걸음 수로 경로상 길이를 나눈 수치로 했고, 속도는 출발선에서 도착선까지 걸린 시간으로 경로상 길이를 나눠서 얻은 수치로 하였다.

2.2 실험 결과

(1) 직선경로 실험 결과

직선상 뒀에 따른 45명의 어린이의 연령별 수와 보폭, 속도에 대한 데이터는 Table 1과 같다.

가. 나이에 따른 보폭과 속도 분석

보폭과 속도에 대한 나이의 영향을 알아보기 위한

Table 1 Mean value of experimental data (straight line)

Age	N	Step length [cm]	Velocity [m/s] (Hz)	The number of step per second
2	8	45.2	1.56 (3.45)	3.51
3	9	58.1	1.94 (3.34)	3.45
4	11	66.6	2.28 (3.40)	3.47
5	5	77.7	2.54 (3.25)	3.27
6	12	81.8	2.68 (3.27)	3.32

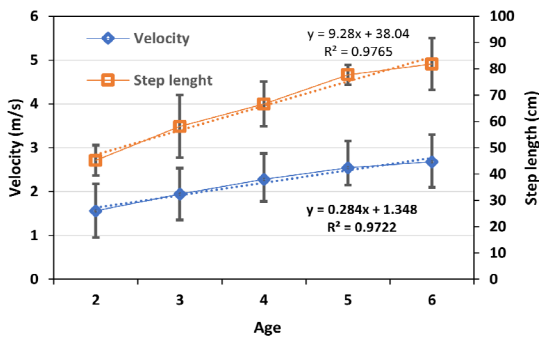


Fig. 3 Relation between children's age and step length and velocity

실험의 결과는 Fig. 3과 같다. 나이와 보폭은 나이가 증가함에 따라 보폭이 증가하는 경향을 보였다. 상관계수는 0.98(p<0.05)로 높은 상관성을 보였다. 나이와 속도에서 나이가 증가함에 따라 속도도 증가하는 경향을 보였고, 상관계수는 0.98(p<0.05)로 나타났다.

나. 키에 따른 보폭과 속도 분석

보폭과 속도에 대한 키의 영향 분석은 Fig. 4와 Fig. 5와 같다. 키가 증가할수록 보폭은 증가하는 경향을 보였고, 상관계수는 0.84(p<0.05)로 나타났다. 속도 또한 보폭과 마찬가지로 키가 증가할수록 보폭이 증가하는 경향을 보였다. 속도와 키의 상관계수는 0.63(p<0.05)로 나타났다.

다. 몸무게에 따른 보폭과 속도 분석

보폭과 속도를 몸무게에 따라 분석한 결과는 Fig. 6과 Fig. 7과 같다. 몸무게가 증가함에 따라 보폭과 속도는 증가하는 경향을 보였고 상관계수는 각각 0.62 (p<0.05), 0.40(p<0.05)로 나타났다. 연령과 키에 비해

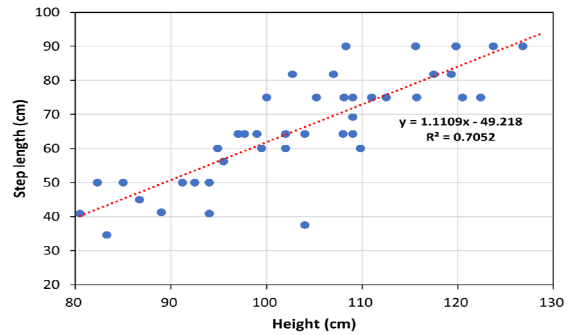


Fig. 4 Relation between children's height and step length

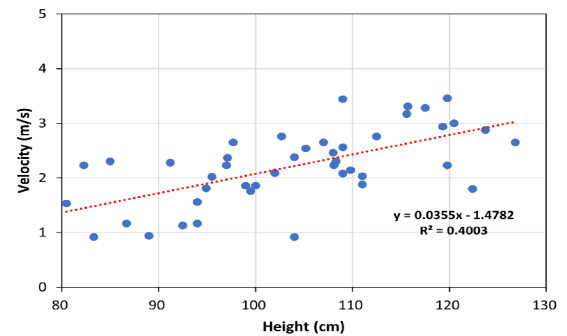


Fig. 5 Relation between children's height and velocity

서 추세선을 기준으로 낮은 기울기를 보이는 이유는 데이터 중에서 특이한 분포를 지닌 데이터가 존재하기 때문인 것으로 분석되었다. 추세에서 크게 벗어난 4개의 데이터를 삭제하고 재분석한 결과, Fig. 8과 Fig. 9의 그래프처럼 우상향 그래프 기울기가 증가하였고, 상관계수는 각각 0.80($p < 0.05$), 0.70($p < 0.05$)로 나타났다.

라. 성별에 따른 보폭과 속도 분석

성별에 따른 영향을 알아보기 위해 집단의 평균치를 t검정을 통해 분석했다. 분석한 결과는 보폭과 속도 모두 집단간 차이가 없는 것으로 나타났다. 수치적으로는 여아가 더 크게 나와 연관성이 있다고 생각했으나 분석결과 그렇지않은 것으로 나타났다. 수치차이는 6~7세의 경우 남아가 6명, 여아가 9명으로 여아가 더 많았고, 이 나이에서 키의 차이가 평균적으로 2.08 cm정도 여아가 크기 때문인 것으로 판단된다. 추가적으로 회귀분석에서는 Fig. 10과 같이 나타났다. 두 그래프의 경향은 유사하게 나타났다.

마. 걸음 수 분석

추가적으로 시뮬레이터 반응을 위한 자료로 초 당 걸음수를 연령에 따라 분석해 보았다. 결과는 Fig. 11

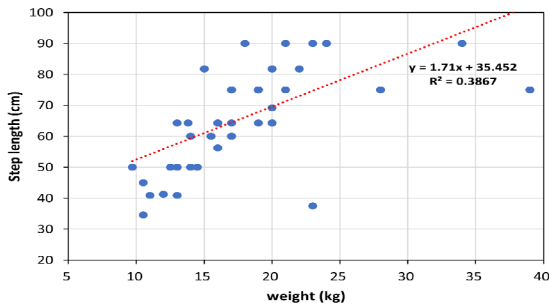


Fig. 6 Relation between children's weight and step length

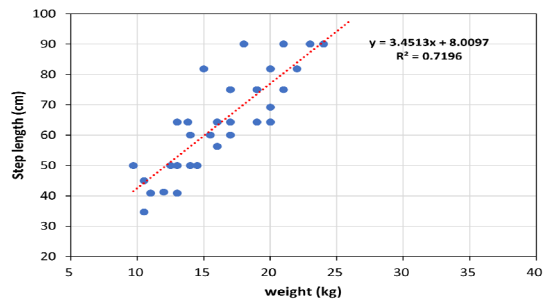


Fig. 7 Relation between children's weight and velocity

과 같다. 걸음 수는 연령에 따라 감소하는 경향을 보였다. 키와 몸무게와도 반비례 경향을 보였으며 성별에 있어서는 경향성을 보이지 않았다.

(2) 8자경로 실험 결과

원형상으로 똬 32명의 어린이의 연령별 수와 보폭, 속도에 대한 데이터는 Table 2와 같다.

가. 나이에 따른 보폭과 속도분석

보폭과 속도에 대한 나이의 영향에 대한 결과는 Fig. 12와 같다. 나이와 보폭은 나이가 증가함에 따라 보폭이 증가하는 경향을 보였다. 상관계수는 0.90 ($p < 0.05$)로 높은 상관성을 보였다. 나이와 속도에서는 4세까지는 비례하나 5세에서는 오히려 감소했다. 이 실험에서는 5세 어린이들이 천천히 달리는 경향을 보였기 때문에 분석된다.

나. 키에 따른 보폭과 속도 분석

보폭과 속도에 대한 키의 영향 분석은 Fig. 13과 Fig. 14와 같다. 키가 증가할수록 보폭은 증가하는 경향을 보였고, 상관계수는 0.53($p < 0.05$)로 나타났다.

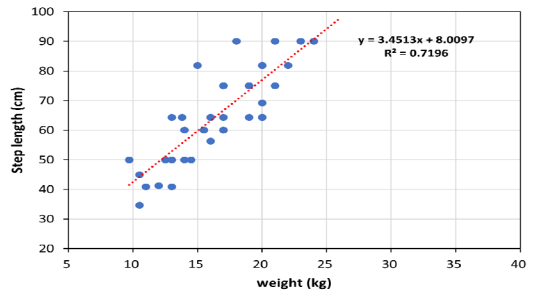


Fig. 8 Relation between children's weight and step length (delete abnormal data)

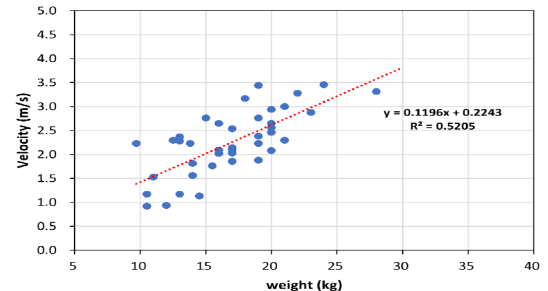


Fig. 9 Relation between children's weight and velocity (delete abnormal data)

속도 또한 보폭과 마찬가지로 키가 증가할수록 보폭이 증가하는 경향을 보였지만 상관계수는 0.38(p<0.05)로 나타났다. 전체적인 응답은 직선에 비해 하향인 경향을 보였는데, 이는 직선과는 다르게 곡선에서의 움

직임이 반영된 결과인 것으로 판단된다.

다. 몸무게에 따른 보폭과 속도 분석

보폭과 속도를 몸무게에 따라 분석한 결과는 Fig. 15, Fig. 16과 같다. 몸무게가 증가함에 따라 보폭과속도는 증가하는 경향을 보였지만 상관계수는 각각 0.25 (p<0.05), 0.39(p<0.05)로 직선경로에 비해서 낮게 나타났다.

라. 성별에 따른 보폭과 속도 분석

남아 16명과 여아 15명에 대해 성별에 따른 보폭과 속

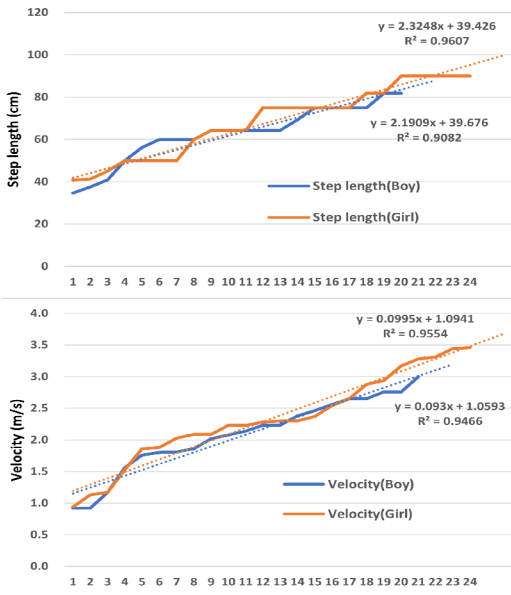


Fig. 10 The regression analysis on children's running by gender (abscissa means respective number of children)

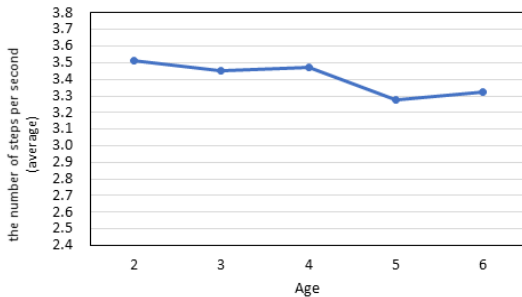


Fig. 11 The number of steps per second by age

Table 2 Mean value of second experimental data (An eight-shape)

Age	N	Step length [cm]	Velocity [m/s] (Hz)	The number of step per second
2	11	32.9	1.04 (3.15)	3.22
3	11	48.9	1.55 (3.16)	3.23
4	7	51.1	1.80 (3.52)	3.57
5	3	56.1	1.70 (3.03)	3.11

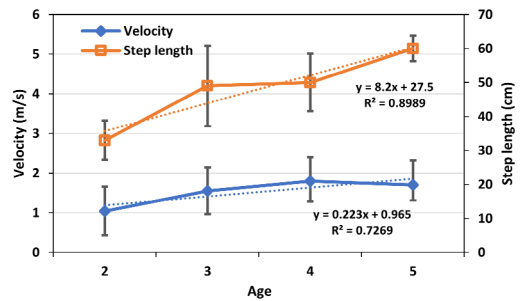


Fig. 12 Relation between children's age and step length and velocity (an eight-shape)

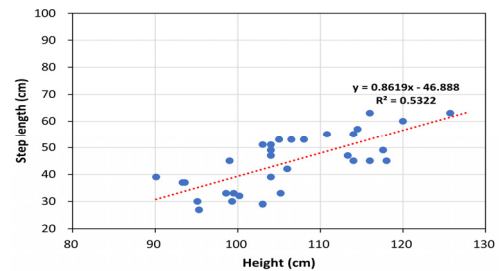


Fig. 13 Relation between children's height and step length (an eight-shape)

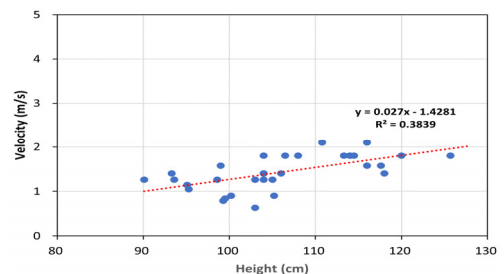


Fig. 14 Relation between children's height and velocity (an eight-shape)

도의 영향을 분석했다. 먼저 회귀분석의 결과는 Fig. 17과 같았다. 두 집단은 회귀분석 상에서 비슷한 경향을 보였다. 하지만 t검정을 통한 집단간 분석에서 보폭과 속도 모두 집단 간 차이가 유의하지 않은 것으로 나타났다. 보폭의 평균은 남아가 45.9 cm였고, 여아는 43.1 cm이었다. 속도에 있어서 남아는 1.53 m/s, 여아는 1.33 m/s였다. 이러한 수치적 차이는 유의하지 않으므로 성별은 영향인자가 아닌 것으로 판단된다.

마. 걸음 수 분석

걸음 수를 연령에 따라 분석한 결과는 Fig. 18과 같다. 연령에 따른 비교에서는 4세를 제외하고는 비슷한 수치를 보였다. 이는 나이에 따른 영향보다는 해당 집단의 편차가 보이는 것으로 나타났다. 키나 몸무게, 성별에 있어서도 차이를 보이지 않았다.

2.3 결과 분석

실험의 결과 먼저, 직선경로의 경우 나이와 키, 몸무게는 보폭, 속도와 양의 상관관계를 보이는 것으로 나타났다. 이는 나이와 키, 몸무게가 신체의 성장

을 나타내는 지표이기 때문인 것으로 분석된다. 다만 몸무게의 경우 상관성이 나이나 키에 비해 낮게 나타나는데, 이는 키나 나이에 비해 몸무게가 많이 나가는 경우 보폭과 속도가 낮은 수치를 보일 수 있기 때문인 것으로 분석된다. 성별의 경우 남아와 여아간의 수치적 차이는 존재했으나 이 차이는 유의하지 않은 것으로 나타났다. 성별은 어린이의 땀에 있어 보폭과 속도에 큰 영향을 미치는 요소가 아닌 것으로 분석된다.

다음으로 8자경로의 결과는 수치적으로 직선경로에 비해 낮은 경향을 보이는데 이는 원형의 경로를 따라 뛰어야 하기 때문에 잔걸음을 보이고, 속

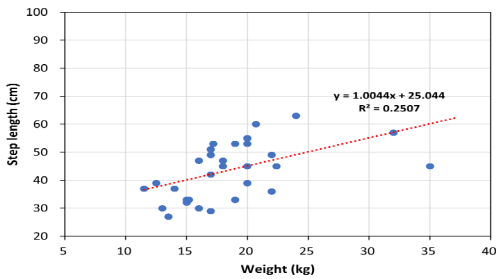


Fig. 15 Relation between children's weight and step length (an eight-shape)

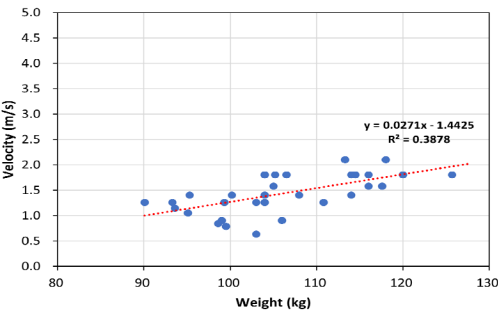


Fig. 16 Relation between children's weight and velocity (an eight-shape)

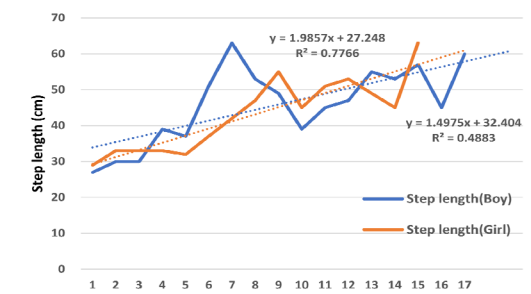
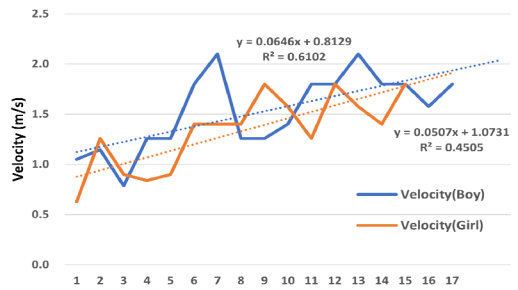


Fig. 17 The regression analysis on children's running by gender (an eight-shape, abscissa means respective number of children)

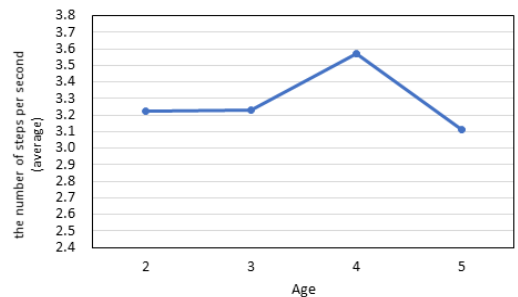


Fig. 18 The number of steps per second by ages (an eight-shape)

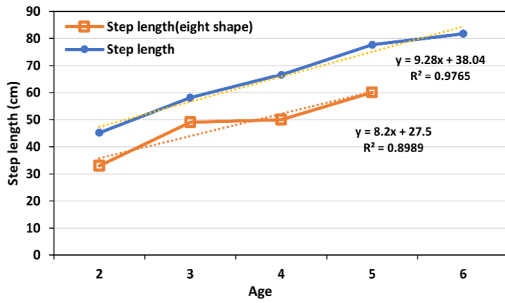


Fig. 19 Difference of step length by two running types

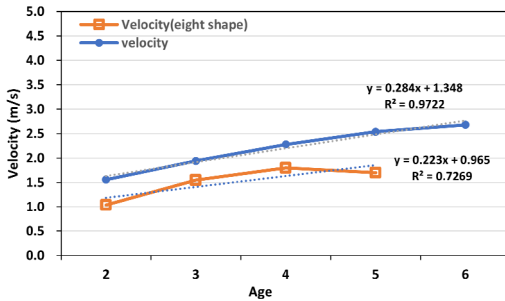


Fig. 20 Difference of velocity by two running types

도 또한 줄어들기 때문인 것으로 판단된다. 보폭은 나이, 키, 몸무게와 양의 상관관계를 보였지만 전체적으로 직선경로에 비해 수치가 낮았다. 속도는 키와 몸무게에 있어서만 양의 상관관계는 보였고 직선경로에 비해서는 상관관계가 낮았다. 성별은 직선경로와 마찬가지로 보폭과 속도에 영향을 미치지 않았다.

두 경로에 따른 데이터를 보폭과 속도에 대해 각각 비교한 결과는 Fig. 19와 Fig. 20과 같다. 보폭과 속도 모두 직선에서의 수치가 높았고, 결정계수(R^2) 또한 직선경로에서 높게 나타났다. 이는 8자의 경우 원형의 경로를 따라 이동하게 되어 잔걸음 형태를 보이며, 속도 또한 줄어들기 때문인 것으로 분석된다.

3. 신중량 충격음원모델 가진부 제안

어린이의 뒹 동영상 분석데이터를 토대로 신중량 충격음원모델의 가진부 형태를 제안하려고 한다. 신중량 충격음원모델의 중요 반영 인자로는 보폭과 속도였고 보폭은 가진부의 반지름을 통해, 속도는 가진부의 회전속도를 통해 반영할 수 있어야 한다. 이러한 요소를 반영한 가진부의 예시는 Fig. 21과 같다.

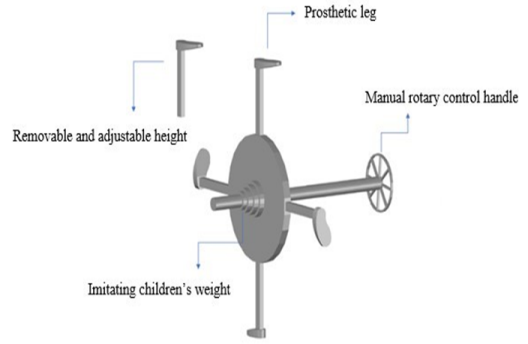


Fig. 21 The prototype model of the new heavy-weighted impact source

Table 3 Radius and rotational velocity of simulator calculated by children's running data

Type	Radius [cm]	Period [s]	Rotational velocity [deg/s]
Straight line	49.5	0.2	290.0
Eight-shape	32.5	0.2	208.3
Mean	41.0	0.2	251.2

중앙부의 핸들을 통해 가진부의 회전 뿐만 아니라 가진부 자체도 핸들을 중심으로 하는 원궤도를 따라 회전을 하여 이동가능한 가진점을 재현할 수 있도록 하였다. 가진부는 발모양의 외측 모양의 가진점을 만들어 실제 발과 유사한 충격과 파형을 얻을 수 있도록 할 예정이다. 보폭과 속도는 두 데이터에서 만 5세를 기준으로 계산하였다. 또 두 형태의 평균치 데이터로도 계산해보았다.

보폭은 원궤도를 따라 운동한다는 가정을 하여 다음의 식 (1)으로부터 결정하였다.

$$s = r\theta \quad (r = \text{radius}, \theta = \frac{\pi}{2}, s = \text{step}) \quad (1)$$

회전속도는 반지름을 r , 회전체 가장자리의 속도를 v 라고 하면 시간 t 동안 이동한 거리를 L 이라 하면 $L = v \times t$ 이고 시간 t 동안 회전한 각도라고 하면 $\theta = (360 \times L) / 2 = (360 \times v \times t) / 2$ 가 된다.

회전하는 물체의 각속도를 ω 라고 하면 $\omega = \theta / t = (360 \times v) / 2\pi v$ 에서 v 를 구한다.

이러한 방식으로 8자와 두 방식의 평균에 대해 계산한 결과는 Table 3과 같다. 표에는 걸음 수를 나타낼 수 있는 값으로 주기를 추가하여 나타냈다. 주기

의 경우 5세를 기준으로 계산하면, 3가지 값들에서 차이를 보이지 않았다. Table 3에서 평균치를 제시한 것은 실제 주거지에서 어린이의 뒹은 직선과 곡선 경로가 혼재되어 나타나게 되는데, 이를 반영한 경우를 나타내기 위한 수치로 활용하기 위함이다.

시뮬레이터의 가진부가 어린이의 뒹을 포괄적으로 모사하기 위해서는 단순히 직선경로나 곡선경로만을 고려하기 보다는 두 가지 형태 모두를 반영한 값이 필요하다. 이를 위해 신중량음원모델의 가진부는 두 경로의 평균 수치를 반영하여 제작하는 것이 효과적이라고 판단하였다.

4. 결 론

신중량 충격원 개발을 위해 필요한 보폭과 속도의 데이터를 얻기 위해 어린이의 뒹 실험을 실시하였다. 실험의 결과는 직선경로에서는 보폭과 속도에 영향을 미치는 영향인자는 나이, 키 그리고 몸무게로 나타났다. 나이와 키, 몸무게는 보폭과 속도에 양의 상관관계를 보이는 것으로 나타났다. 보폭과 나이, 키, 몸무게의 상관성은 각각 0.98($p<0.05$), 0.84($p<0.05$), 0.62($p<0.05$)로 나타났다. 속도와 나이, 키, 몸무게의 상관성은 각각 0.98, 0.63, 0.40($p<0.05$)으로 나타났다. 나이와 키, 몸무게는 신체적 성장지표를 나타내는 요소이기 때문에 이러한 상관관계가 나타나는 것으로 보인다. 같은 성장 지표이지만 몸무게의 경우에는 비만과 같이 키나 나이에 비해 몸무게가 많이 나가는 경우가 있고 이로 인해 속도나 보폭이 작은 값이 나올 수 있기에 상관성이 나이나 키에 비해 낮은 것으로 분석된다. 이를 확인하기 위해서, 추세선에서 크게 벗어나는 4개의 데이터를 제외하고 분석한 결과 상관계수가 보폭과 속도에서 각각 0.62에서 0.8($p<0.05$)로, 0.4에서 0.7($p<0.05$)로 각각 증가하는 것으로 나타났다. 성별은 보폭, 속도와 상관성이 없는 것으로 나타났다. 8자경로에서는 보폭의 경우 나이, 키, 몸무게와 비례하는 경향을 보였으나 그 상관관계 전체적으로 직선 경로에 비해 낮았다. 속도는 나이에서 3세~5세까지는 양의 상관관계를 보였으나 6세에서는 음의 상관관계를 보였다. 키, 몸무게는 속도와 양의 상관관계를 보이거나 직선경로의 수치에 비해 낮았다. 걸음 수는 나이, 키, 몸무게가 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였다. 같은 경로라도 신체적으로 성장함에 따라 보폭이나 속도

가 커지면서 이러한 결과를 보이는 것으로 해석된다.

이 데이터를 활용해 신중량 충격모델의 가진부를 설계해 보았다. 보폭과 속도를 효과적으로 반영하기 위해 가진부는 원형의 중심부에 90도 간격으로 인체의 발모양을 설치하여 회전시키는 방향으로 설계하였다. 또 가진부 자체도 핸들을 중심으로 하는 원궤도를 따라 이동할 수 있도록 하여 어린이가 가진하는 방식을 재현하도록 했다. 만 5세 어린이를 기준으로 직선, 8자형 경로와 둘의 평균 수치에 대해 계산해 보았다. 결과는 Table 3과 같았다. 시뮬레이터 제작에는 이 수치들 중에서 평균치를 활용하기로 하였다.

추후, 속도와 보폭만 고려한 데이터의 보완을 위해 어린이 뒹의 충격력 레벨과 주파수를 측정하여 속도와 보폭과의 관계성이 있는지 여부를 밝히고 이를 적용하는 것이 필요하다.

후 기

이 논문은 2019년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(NRF-2019R1I1A1A01054176).

References

- (1) 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.
- (2) 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.
- (3) Park, H. K., Kim, K., M. and Kim, S. W., 2013, Verification of Effectiveness of the Standard Floor Impact Source by Comparing with Living Impact Sources, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 23, No. 12, pp. 1117~1126.
- (4) Jeong, J. H., 2019, Review and Perspective on the Researches of Floor Impact Sound, Transactions of

the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 29, No. 4, pp. 477-487.

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

(6) Park, H. G. and Mun, D. H., 2014, Characteristics of Impact Force and Floor Impact Noise for Man Walking and Standard Impact Sources, Proceedings of the KSNVE Annual Autumn Conference, pp. 216-224.

(7) 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 United with Acustica, Vol. 92, No. 5, pp. 777-786.

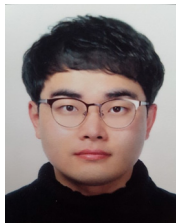
(8) Lee, J. G., Jeon, Y. H. and Park, J. C., 2015, A Study on the Double Layer Structure to Reduce of Noisy through Floor in Apartment Units, Journal of the Korean Society of Living Environmental System, Vol. 22, No. 2, pp. 305-310.



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.



Jongkwan Ryu received his Ph.D. in Dept. of Architectural Engineering from Hanyang University, Seoul. He is currently as a 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.



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.

architectural acoustics, psycho-acoustics.