

다수의 어린이 뛰어다님을 재현하는 시뮬레이터의 제작 및 충격음 레벨 특성

Simulator Development for Replicating the Movement of Multiple Children Running and Impact Sound Level Characteristics

송민정[†] · 김수홍^{*} · 류종관^{**} · 박현구^{***}

Minjeong Song[†], Suhong Kim^{*}, Jongkwan Ryu^{**} and Hyeonku Park^{***}

(Received February 8, 2024 ; Revised March 6, 2024 ; Accepted March 27, 2024)

Key Words : Multiple Children Running(어린이 여러명 뛰어다님), Simulator Development(시뮬레이터 제작), Replicating Children Running(어린이 뛰어다님 재현)

ABSTRACT

To replicate scenarios involving multiple children simultaneously running, simulators for one, two, and three individuals were developed. Experiments were conducted under various conditions to examine changes in floor impact noise levels. For a rotating body with a diameter of 80 cm, the levels ranged from 43.3 dB to 38.9 dB. A rotating body with a diameter of 90 cm showed levels ranging from 44.5 dB to approximately 41.7 dB. In the case of a rotating body with a diameter of 100 cm, the levels ranged from 44.3 dB to 40.6 dB. The relationship between the first key variable of rotation speed and the level for each experimental condition showed an R^2 value of at least 0.83, indicating a strong correlation between the rotation speed and simulator level values, thereby establishing rotation speed as a significant variable. Additionally, when a single rotating body was installed in the simulator, the correlation coefficient for level changes based on weight was approximately 0.69. However, with two or three rotating bodies installed, the correlation between level changes and weight diminished. Results from multiple regression analyses revealed that both the rotation speed and weight of the simulator had a P value of less than 0.05, indicating statistically significant conditions affecting floor impact noise levels. Comparing with real-life situations of children jumping, the operation of the simulator may be correlated with the speed and posture of children jumping.

1. 서론

이 연구진은 실제 어린이의 뛰어다님을 모사할 수

있는 시뮬레이터를 개발하였다⁽¹⁾. 이는 어린이 1명의 뛰어다니는 상황에 대한 재현이었다. 그런데 공동주택에서는 어린이 여러명이 동시에 뛰는 상황도 빈번하게 발생한다. 따라서 이와 같은 상황을 재현하는

[†] 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

^{***} Member, Dept. of Architecture Songwon University, Professor

[‡] Recommended by Editor Yong He Kim

© The Korean Society for Noise and Vibration Engineering

방안의 고려도 필요하다고 판단되었다.

이에 이 연구진은 어린이 여러명이 뛰어다니는 상황을 재현할 수 있는 시뮬레이터를 설계 및 제작하였고 이의 충격음 레벨 특성을 파악하였다.

이 연구 결과는 기존의 어린이 1명이 뛰어다니는 것을 포함하여 어린이 여러명이 뛰어다니는 상황을 재현할 수 있다는 점에서 향후 바닥충격음 발생 시연 및 차단 성능 측정 등에 활용될 수 있을 것이다.

2. 시뮬레이터(어린이 2인, 3인용)

2.1 시뮬레이터 회전체의 제작

‘실제 어린이가 땀 분석을 통한 신중량 충격모델 개발’이라는 기존 발표 논문의 실험 결과를 토대로 시뮬레이터의 회전체를 제작하였다. 해당 논문에서 8자형의 원형상으로 뛰어다니는 어린이 32명의 데이터를 근거로 하였다. 그 결과 데이터는 Table 1과 Fig. 1과 같았다⁽²⁾.

나이에 따라 보폭의 분포가 32.9 cm에서 56.1 cm까지를 보이고 있었는데, 모든 경우를 대변할 수는 없으므로 보폭이 40 cm, 45 cm, 50 cm인 세 경우를 가정하여 회전체를 제작하였다. 이는 재현 대상 어린이가 나이 및 신장이 각기 다른 경우를 가정한 것이다.

Table 1 Mean value experimental data(8-shape running)

| Age | N | Step length [cm] | Velocity [m/s] | The number of step per second |
|-----|----|------------------|----------------|-------------------------------|
| 2 | 11 | 32.9 | 1.04 | 3.22 |
| 3 | 11 | 48.9 | 1.55 | 3.23 |
| 4 | 7 | 51.1 | 1.80 | 3.57 |
| 5 | 3 | 56.1 | 1.70 | 3.11 |

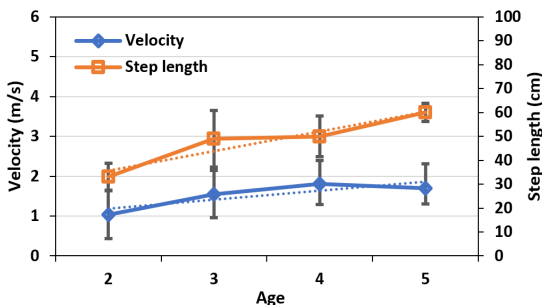


Fig. 1 Relation between children’s age and step length and velocity(8-shape running)

이를 토대로 제작한 회전체는 의족이 각기 6개가 매달려 있는 형태로서 그 무게는 각각 14.2 kg, 15.3 kg, 16.4 kg으로 측정되었다. 위와 같이 제작된 회전체의 실물은 Fig. 2와 같다.

2.2 시뮬레이터 상부 마운트의 제작

시뮬레이터 회전체의 지름이 각기 다르므로 회전체를 본체 중심으로 회전시킬 수 있는 상부 마운트의 제작을 했어야만 했다. 그 개념은 Fig. 3과 같다. 지름

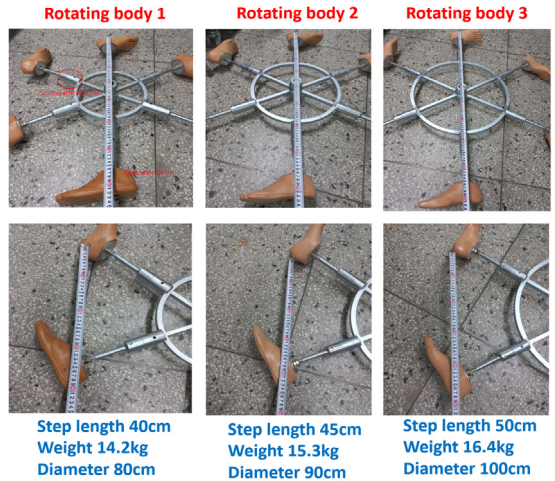


Fig. 2 Specifications for 3 types of simulator rotating body

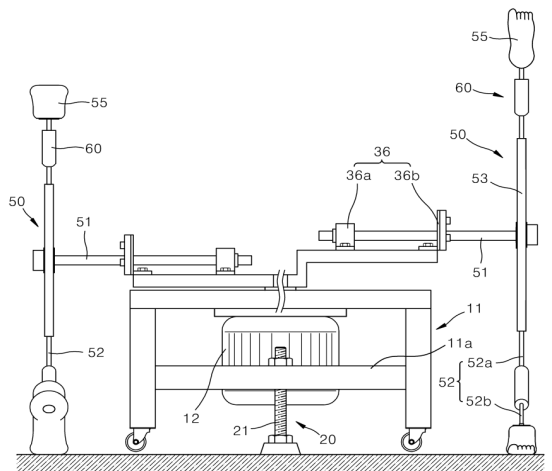


Fig. 3 Conceptual diagram of the upper mount of a simulator allowing for various diameters of rotating body

이 다른 여러 개의 회전체를 하나의 본체에서 회전시키는 고안을 Fig. 3과 같이 하였으며 이를 Fig. 4와 같이 실제로 제작하였다.

Fig. 4(a)는 직경 80 cm 회전체가 결합되는 기존 마운트의 상태이다. Fig. 4(b)는 기존 마운트(80 cm 회전체 체결)에 직경 90 cm 회전체가 체결될 수 있도록 1인용 추가 부속이 결합 된 상태이다. Fig. 4(c)는 기존 마운트(80 cm 회전체 체결)에 90 cm 및 100 cm 회전체 2개가 추가로 결합될 수 있도록 2인용 추가 부속이 결합 된 상태이다. Fig. 4(d)는 직경이 각각 80 cm, 90 cm, 100 cm인 회전체 3개가 기존의 본체와 결합한 모습을 보여준다.

Fig. 4와 같은 장치를 통해, 필요에 따라 어린이 1명 혼자서 뛰는 상황과 어린이 2명 그리고 어린이 3명이 동시에 뛰어다니는 상황도 재현할 수 있도록 하였다. 그리고 시뮬레이터 회전체의 회전속도 및 회전체에 무게 추가 부가 등을 통하여 실제 어린이가 뛰어다니는 경우의 바닥충격음 레벨에 상응하도록 조정하고자 하였다.



(a) 1-person (b) 2-person (c) 3-person



(d) Combined state of 3 rotating bodies - Simulating 3 children running

Fig. 4 Simulator mounts and simulator for simulating multiple children running

3. 실험 결과 및 분석

3.1 실험 개요 및 결과

어린이 1명 및 여러명이 동시에 뛰어다니는 것을 모사하는 시뮬레이터의 실험은 C대학교 잔향실험실에서 행해졌다. 실험의 주요 내용은 다음과 같다.

- 1) 1인 특성 : 80 cm, 90 cm, 100 cm의 개별 회전체의 충격음 특성 실험
- 2) 2인 특성 : 회전체 80 cm + 90 cm 조합의 충격음 특성 실험
- 3) 3인 특성 : 회전체 80 cm + 90 cm + 100 cm 조합의 충격음 특성 실험

각 실험은 3회씩 행해졌으며 실험 결과는 Table 2와 같다. 표의 L_{Aeq} 값 등은 각기 3회 실험한 결과를 평균한 값이다. 참고로 3회 실험 간의 편차는 0.2 dB 내외였음을 밝혀둔다.

실험은 시뮬레이터 회전체의 회전속도를 변화시키며 실시되었다. 시뮬레이터 회전기계의 계기 미터 수치로 21 정도 일 때, 3회전이 걸리는 시간이 8.28초 걸렸다. 이는 기존의 실험에서 실제 어린이가 시뮬레이터와 같은 반경을 3회전 할 때 걸리는 시간(8.24초)과 유사할 수 있도록 정한 것이다(Table 3: 어린이의 뛰어다님 실험결과)⁽³⁾. 점차로 회전 속도를 줄여 기기 미터로는 15.4, 13.3 정도의 속도로 회전시켰다. 이는 어린이가 늦게, 보다 늦게 달린다는 것을 가정하여 상정하였다. 다만, 각 실험별로 회전 속도에 약간의 차이가 있었다. 이는 기기 미터의 노브를 활용하여 수동으로 속도를 조절하다 보니 정밀 조정이 어려워 실험 조건별로 회전 속도에 있어 기기 미터로 0.1 내외의 차이가 발생하였다. 이와 같은 상황에 대하여 차후 기기는 디지털로 고안하여 이에 대한 약간의 오류라도 사전에 차단하여야 한다(Fig. 5 참조).

바닥 타격 횟수는 회전체의 지름에 따라 결정되게 된다. 왜냐하면 시뮬레이터의 회전반경이 0.75 m로 설정되어 있기 때문이다. 따라서 각 조건별로 3회전 시, 80 cm인 경우에는 34회, 90 cm는 30회, 100 cm는 27회의 타격이 이루어지게 된다. 2인, 3인을 설정하여 회전체를 2개, 3개 부가한 경우는 64회(34 + 30), 91회(34 + 30 + 27)와 같다.

실험 결과를 보면 회전체 80 cm인 경우, 43.3 dB에서 38.9 dB 수준의 레벨을 보여준다. 회전체 90 cm인

Table 2 Experiment overview and results

| Experiments | No. | L_{Aeq} [Avg.] | Rotating speed (device meter) | Rotating body weight [kg] | Impact counts/1 s | Time/ 3 turns [s] | Impact counts/ 3 turns | Remarks |
|---|-----|---------------------|-------------------------------------|---------------------------------|----------------------|----------------------|------------------------------|--------------------------------------|
| | | (Y) | (X1) | (X2) | (X3) | (X4) | (X5) | |
| Rotating body 80 cm | 1 | 43.3 | 21.05 | 14.2 | 4.11 | 8.28 | 34 | Measurement 20 s Radius 0.75 m |
| | 2 | 39.0 | 15.40 | | 3.08 | 11.05 | 34 | |
| | 3 | 38.9 | 13.40 | | 2.66 | 12.80 | 34 | |
| Rotating body 90 cm | 4 | 44.5 | 20.08 | 15.3 | 3.62 | 8.28 | 30 | |
| | 5 | 43.4 | 15.40 | | 2.71 | 11.05 | 30 | |
| | 6 | 41.7 | 13.30 | | 2.34 | 12.80 | 30 | |
| Rotating body 100 cm | 7 | 44.3 | 20.90 | 16.4 | 3.26 | 8.28 | 27 | |
| | 8 | 41.7 | 15.43 | | 2.44 | 11.05 | 27 | |
| | 9 | 40.6 | 13.39 | | 2.11 | 12.80 | 27 | |
| Rotating body 80 cm + 90 cm | 10 | 44.6 | 20.08 | 29.5 | 7.73 | 8.28 | 64 | |
| | 11 | 43.5 | 15.43 | | 5.79 | 11.05 | 64 | |
| | 12 | 41.6 | 13.39 | | 5.00 | 12.80 | 64 | |
| Rotating body 80 cm + 90 cm + 100 cm | 13 | 46.2 | 21.02 | 45.9 | 10.99 | 8.28 | 91 | |
| | 14 | 42.6 | 15.43 | | 8.24 | 11.05 | 91 | |
| | 15 | 40.5 | 13.30 | | 7.11 | 12.80 | 91 | |

Table 3 Children running and results

| Details | | | L_{Aeq} | Time/3 turns [s] | Impact counts/3 turns | Impact counts/1 s |
|--------------|-------|------|-----------|------------------|-----------------------|-------------------|
| N | cm | kg | | | | |
| C1 | 131 | 38 | 39.6 | 7.6 | 25.3 | 3.33 |
| C2 | 123 | 22 | 35.9 | 7.0 | 29.3 | 4.19 |
| C3 | 119 | 24 | 30.9 | 8.2 | 33.3 | 4.06 |
| C4 | 118 | 17 | 31.8 | 8.2 | 32.3 | 3.94 |
| C5 | 113 | 16 | 29.7 | 10.0 | 40.0 | 4.00 |
| C6 | 112 | 20 | 28.1 | 7.6 | 30.3 | 3.99 |
| C7 | 108 | 14 | 31.3 | 8.8 | 35.7 | 4.06 |
| C8 | 106 | 18 | 37.4 | 7.1 | 34.3 | 4.83 |
| C9 | 105 | 15 | 32.2 | 8.2 | 35.0 | 4.27 |
| C10 | 103 | 17 | 29.3 | 9.7 | 38.0 | 3.92 |
| Avg. | 113.8 | 20.1 | 32.6 | 8.24 | 33.4 | 4.05 |
| C1, 10 | | | 55 | 40.2 | 8.8 | 7.35 |
| C2, 9 | | | 37 | 38.0 | 7.7 | 8.14 |
| C3, 8 | | | 42 | 38.7 | 6.9 | 8.51 |
| C4, 7 | | | 31 | 35.0 | 7.9 | 8.39 |
| C5, 6 | | | 36 | 35.4 | 9.4 | 7.55 |
| Avg. | | | 40.2 | 37.5 | 8.14 | 7.95 |
| C1, 5, 10 | | | 71 | 39.3 | 9.2 | 10.76 |
| C2, 6, 9 | | | 57 | 37.2 | 7.8 | 11.45 |
| C3, 4, 8 | | | 59 | 38.8 | 7.7 | 10.95 |
| Avg. | | | 62.3 | 38.4 | 8.23 | 11.04 |
| C1, 3, 7, 10 | | | 93 | 42.1 | 8.6 | 13.72 |
| C2, 4, 6, 8 | | | 77 | 39.5 | 7.4 | 15.36 |
| Avg. | | | 85 | 40.8 | 8.00 | 14.49 |

경우에는 44.5 dB에서 41.7 dB 정도이다. 회전체가 100 cm인 경우에는 44.3 dB에서 40.6 dB를 보여주고 있다. 그런데, 회전체의 직경이 늘어남에 따라 레벨이 증가하다가(80 cm → 90 cm 경우) 다시 줄어드는 결과를(90 cm → 100 cm 경우) 볼 수 있다. 회전체 무게의 증가에 따라 충격력이 커지므로 충격음 레벨이 높아지는 것이 타당할 것이다. 하지만 여기에는 초당 타격 횟수라는 변수가 있다. 회전체의 직경이 커질수록 의족의 보폭이 넓어지게 되어 초당 바닥을 타격하는 횟수는 감소하게 되는 결과를 낳게 된다. 따라서 회전체의 직경이 커짐에 따라 단위시간당 타격 횟수의 감소로 이와 같은 결과를 보인 것으로 판단된다.

회전체 80 cm + 90 cm 조합(No. 10, No. 11, No. 12)의 경우를 회전체 90 cm(No. 4, No. 5, No. 6)의 경우와 비교하면, 전체 무게는 14.2 kg이 늘어났고 1초당 바닥 가진 횟수도 회전 속도에 따라 4.11회, 3.08회, 2.66회 늘어났으나 두 경우의 레벨 변화는 크지 않음을 알 수 있다. 기기 미터로 13.39인 경우는 도리어 회전체 90 cm 단독으로 가동했을 때보다 0.1 dB가 낮게 측정되었다. 이는 거의 같은 수준이라고 할 수 있다. 80 cm 회전체의 부가가 거의 의미를 보이지 않고 있다. Table 4에서, 80 cm + 90 cm 조합 회전체를 가동한 결과 (4)가 계산 결과가 회전체 80 cm 단독 가동 및 90 cm 단독 가동 레벨의 데시벨 합을 계산한 결과

(1 + 2)보다 1.2 dB ~ 2.4 dB 작게 측정되었다.

회전체 80 cm + 90 cm + 100 cm 조합의 경우를 회전체 100 cm의 경우와 비교하면, 전체 무게는 29.5 kg이 늘어났고 1초당 바닥 가진 횟수도 4.11회 늘어났으나 역시 두 경우의 레벨 변화는 크지 않음을 알 수 있다. 회전속도가 21내외인 경우, 회전체 3개의 가동 레벨이 100 cm 한 개 가동한 경우보다 1.9 dB 증가한다. 회전속도가 15.43인 경우는 0.9 dB 증가하고 회전속도가 13.3내외인 경우는 거의 같은 레벨 수준을 보인다. 역시 이 조건에서도 Table 4에서와 같이 각 조건별 데시벨 레벨 합(1+2+3)을 계산한 결과와 실제 가동 결과 (5)를 비교해 보면 계산된 값보다 2.6 dB ~ 4.8 dB 작게 측정되었다.

이러한 결과가 발생한 것에 대한 원인 파악 연구가 수반되어야 할 것으로 판단된다. 회전체 1개의 편심 등에 대한 추가 검토가 필요하리라 판단된다. 차후에는 80 cm, 90 cm, 100 cm 회전체를 3개씩 제작하여 편심에 의한 영향을 줄인 후에 실험 등이 실시되어야 할 것으로 판단한다. 다만, 레벨 변화가 크지 않더라도 타격 횟수 등의 증가에 따른 청감상 불쾌감 등의 변화는 나타날 수 있으므로 이에 대한 청감 실험 등이 차후에 동반되어야 할 것으로 판단된다.

각 실험 조건의 제1 주요 변수라 할 수 있는 회전 속도와 레벨과의 관계를 살펴보면 Fig. 6과 같다. 결정



Fig. 5 Simulator gauge meter readings(□) and rotation knob (○)

Table 4 Difference between dB sum calculations and actual impact noise level (L_{Aeq})

| Rotating body 80 cm (1) | Rotating body 90 cm (2) | Rotating body 100 cm (3) |
|--|-------------------------|------------------------------|
| 43.3 | 44.5 | 44.3 |
| 39 | 43.4 | 41.7 |
| 38.9 | 41.7 | 40.6 |
| Rotating body 80 cm + 90 cm (4) | dB Sum (1 + 2) | Difference (1 + 2) - (4) |
| 44.6 | 47.0 | -2.4 |
| 43.5 | 44.7 | -1.2 |
| 41.6 | 43.5 | -1.9 |
| Rotating body 80 cm + 90 cm + 100 cm (5) | dB Sum (1 + 2 + 3) | Difference (1 + 2 + 3) - (5) |
| 46.2 | 48.8 | -2.6 |
| 42.6 | 46.5 | -3.9 |
| 40.5 | 45.3 | -4.8 |

계수 R²값이 최소 0.83이상으로 나타나 주요 변수인 회전속도와 시뮬레이터의 레벨 값의 상관관계가 양호함을 알 수 있다. 이는 속도 조절을 통해 실험자가 원하는 바닥충격을 레벨을 재현할 수 있다는 것을 의미한다고 하겠다. 이는 하나의 회전체로 어린이 뛰어다님 충격음 레벨의 재현이 가능함을 의미한다고 할 수 있다.

Fig. 7은 바닥충격음 레벨의 두 번째 주요 변수라고 할 수 있는 회전체의 무게를 반영한 결과이다. 회전체의 무게 반영은 계기 미터의 속도에 무게를 곱하여 X축의 변인을 삼아보았다. Fig. 7에서, Table 2의 실험 01~09까지의 데이터를 대상으로 분석에서는 R² 값이 0.69로 나타났으나, Table 2의 실험 10~15 및 Table 2의 전체 실험인 01~15의 결과값을 대상으로 한 분석에서는 R²값이 0.39 및 0.30으로 떨어지는 결과를 보인다. 회전체 하나가 단독으로 시뮬레이터에 설치되었을 때는 무게에 따른 충격음 레벨 변화 상관성이 0.69 정도지만, 회전체가 2개 혹은 3개가 설치되면 무게에 따른 레벨 변화의 상관성이 떨어지는 결과를 보인다. 앞서 밝혔듯이 이에 대한 원인 파악이 차후 실험등을 통해 규명되어야 할 것으로 판단된다.

3.2 기존 어린이 뛰어다님 결과와의 비교

Table 3은 동일 실험실(C대학교 잔향실험실)에서 실제 어린이를 대상으로 실시한 기존의 실험 결과이다. 어린이는 시뮬레이터가 작동하는 회전반경과 동일하게 0.75 m 반경을 뛰어다님 결과이다⁽³⁾.

레벨 분포를 살펴보면, 어린이 한명이 뛰었을 경우에는 29.3 dB에서 39.6 dB까지의 분포를 보이고 있다. 반면에 시뮬레이터의 최소레벨은(Table 2) 38.9 dB

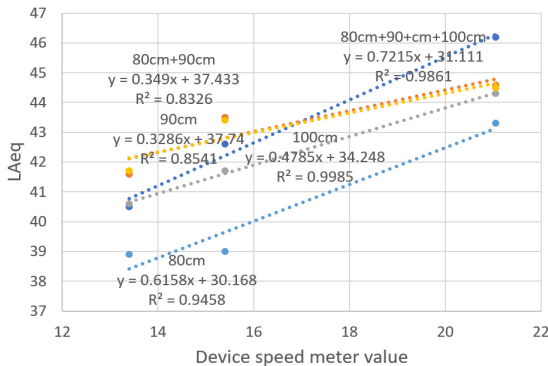


Fig. 6 Relationship between gauge meter speed values and LAeq under different experimental conditions

이다. 시뮬레이터의 최소 무게가 14.2 kg인 것을 감안하면 무게에 비해 시뮬레이터가 발생시키는 바닥충격음 레벨이 큰 것을 알 수 있다. 인체에는 무릎 및 발목 등의 관절이 있어 충격을 흡수 할 수 있는 방안이 있기 때문에 이러한 결과를 보인 것으로 판단된다. 어린이 2명이 뛰었을 때는 평균값이 37.5 dB, 3명은 38.4 dB, 4명은 40.8 dB의 레벨을 보이고 있다. 레벨 측면만 본다면, 80 cm회전체 하나로도 어린이가 뛰어다니는 바닥충격음 레벨을 재현할 수 있음을 알 수 있다.

실제 바닥충격음 실험에서는 차음성능 테스트를 위해 실제보다는 높은 바닥충격음 레벨의 재현이 선호되기에 어린이가 뛰어다니는 속도와 상사하게 시뮬레이터를 가동할 수도 있을 것으로 판단된다. 다만, 이는 차후 실험방법 및 평가방법의 설정과 함께 논의되어야 할 사항이다.

Table 2와 Table 3을 보면, 3회전당 소요시간, 3회전당 가진횟수 및 1초당 바닥타격 횟수를 상호 간 비교하면, 시뮬레이터와 실제 어린이의 뛰어다님 특성이 유사하고 이를 필요에 따라 조절할 수 있어서 시뮬레이터를 활용하여 청감상 유사한 바닥충격음을 재현할 수 있을 것으로 판단된다.

3.3 시뮬레이터 재현 충격음의 다중회귀 분석

Table 2의 15차례의 실험에 대하여, 각변수별로 다중회귀 분석을 하였다. 왜냐하면, 주요변수라 할 수 있는 시뮬레이터의 회전속도와 무게, 바닥가격횟수 등이 영향이 어느 정도인지를 파악할 필요가 있기 때문이다. 종속변수 Y는 바닥충격음 레벨(LAeq)이고 독립변수

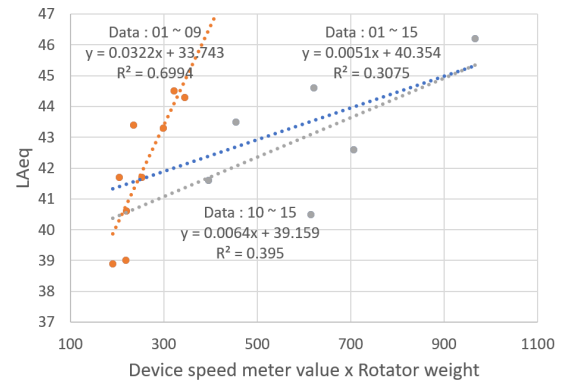


Fig. 7 Relationship between gauge meter speed × rotating body weight values and LAeq under different experimental conditions

Table 5 Multiple regression analysis

| Independent variable | Equation | R, R ² , P value |
|----------------------|---|--|
| X1 | $Y = 0.525 \times X1 + 33.775$ | R = 0.789 R ² = 0.623 P < 0.05 |
| X1, X2 | $Y = 0.524 \times X1 + 0.045 \times X2 + 32.696$ | R = 0.834 R ² = 0.696 P < 0.05 |
| X1, X2, X3 | $Y = 0.541 \times X1 + 0.056 \times X2 + (-0.057) \times X3 + 32.431$ | R = 0.834 R ² = 0.696 P > 0.05 |
| X1, X2, X3, X4 | $Y = 0.080 \times X1 + 0.062 \times X2 + (-0.083) \times X3 + (-0.781) \times X4 + 48.364$ | R = 0.840 R ² = 0.706 P > 0.05 |
| X1, X2, X3, X4, X5 | $Y = (-0.123) \times X1 + 0.210 \times X2 + 0.568 \times X3 + (-0.806) \times X4 + (-0.137) \times X5 + 52.006$ | R = 0.865 R ² = 0.748 P > 0.05 |

수 X1은 시뮬레이터의 회전속도(계기 미터 수치), X2는 회전체의 무게(kg), X3는 1초당 바닥 가격 횟수, X4는 3회전에 걸리는 시간(s), X5는 3회전당 바닥 가격 횟수이다. 이러한 조건에 대한 다중회귀 분석 결과는 Table 5와 같다.

시뮬레이터의 회전속도 및 무게까지는 P값이 0.05 미만으로 분석되었다. 통계적으로 의미가 있는 조건의 바닥충격음 레벨에 대한 주요 변수는 시뮬레이터 회전체의 회전속도와 무게로 판단된다.

독립변수의 범위를 1초당 바닥 가격 횟수나 3회전에 걸리는 시간 및 3회전당 바닥 가격 횟수로 넓히며 P값이 0.05를 초과하게 되어 큰 의미를 둘 수 없는 지경에 이르게 된다.

4. 결 론

어린이 여러명이 동시에 뛰어다니는 상황의 재현을 위해 1인, 2인 및 3인용 시뮬레이터를 제작하였다. 그리고 조건별로 실험을 실시하여 바닥충격음 레벨 변화를 살펴보았다.

회전체 80 cm인 경우, 43.3 dB에서 38.9 dB 수준의 레벨을 보였다. 회전체 90 cm인 경우에는 44.5 dB에서 41.7 dB 정도이다. 회전체가 100 cm인 경우에는 44.3 dB에서 40.6 dB를 보여주고 있다. 회전체의 직경이 커짐에 따라 단위시간당 타격 횟수 감소의 영향도 확인할 수 있었다.

회전체 80 cm + 90 cm 조합(No. 10, No. 11, No. 12)의 경우를 회전체 90 cm(No. 4, No. 5, No. 6)의 경우와 비교하면, 두 경우의 레벨 변화는 크지 않음을 알

수 있었다. 이는 회전체 80 cm + 90 cm + 100 cm 조합의 경우를 회전체 100 cm의 경우와 비교한 결과와도 비슷하다. 이에 대한 추가 검토가 필요하리라 판단된다.

각 실험 조건별의 제1주요 변수라 할 수 있는 회전 속도와 레벨과의 관계는 R²값이 최소 0.83이상으로 나타나 주요 변수인 회전속도와 시뮬레이터의 레벨 값의 상관관계가 양호함을 알 수 있었다. 또한 회전체 하나가 단독으로 시뮬레이터에 설치되었을 때는 무게에 따른 충격음 레벨 변화 상관성이 0.69정도이나, 회전체가 2개 혹은 3개가 설치되면 무게에 따른 레벨 변화의 상관성이 떨어지는 결과를 보인다.

다중회귀 분석을 실시한 결과, 시뮬레이터의 회전속도 및 무게까지는 P값이 0.05 미만으로 분석되었다. 통계적으로 의미가 있는 조건의 바닥충격음 레벨에 대한 주요 변수는 시뮬레이터 회전체의 회전속도와 무게로 판단된다.

실제 어린이가 뛰어다님 상황과 비교한 결과, 어린이가 뛰어다니는 속도 및 양태와 상사하게 시뮬레이터를 가동할 수도 있을 것으로 판단된다.

다만, 이러한 결과는 이 실험에 사용된 특정 시뮬레이터 기기의 특성임을 밝혀둔다.

차후에는 레벨 변화가 크지 않더라도 타격 횟수 등의 증가에 따른 청감상 불쾌감 등의 변화는 나타날 수 있으므로 이에 대한 청감 실험 등이 동반되어야 할 것이다.

후 기

이 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 RS-2002-00144050).

이 논문은 2022년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(NRF-2022R1I1A1A01064067).

References

(1) Song, M.-J., Kim, S. H. and Ryu, J. K., 2022, Characteristics of Trial Continuous Impact Source Product Reproducing a Child's Running Around, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 32, No. 3, pp. 303-311.

(2) 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.

(3) Song, M.-J., Kim, S. H., Ryu, J. K., Han, M. and Park, H. K., 2023, Characteristics of Children's Running Impact for the Application of Continuous Impact Trial Product, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 33, No. 4, pp. 445-454.



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 Ph.D. candidate in the school of architecture at Chonnam National University. His research interests are in the area of architectural acoustics,

acoustics analysis



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



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

acoustic.