

# 어린이 달리기와 뛰어내릴 때의 충격력 특성

## Impact Force Characteristics of Running and Jumping by Child

°김 경우\* · 최 현중\*\* · 정 영선\*\* · 양 관섭\*\*

Kyoung-Woo Kim, Hyun-Jung Choi, Young-Sun Jeong and Kwan-Seop Yang

**Key Words** : Floor impact sound(바닥충격음), Impact Force Characteristics(충격력 특성), Running and Jumping by Child(어린이의 뛰과 뛰어내림)

### ABSTRACT

Impact sounds, such as those created by footsteps, the dropping of an object or the moving of furniture, can be a source of great annoyance in residential buildings. Running and jumping impact sound by child are one of the most irritating noises in an apartment buildings. It's necessary to know that the impact force characteristics of real impact source in an apartment buildings. This study aims to investigate the impact force characteristics and impact force time of running and jumping by child. This study carried out investigation through the 155 children in school. The results of this study is that jumping impact force is greater than running impact force but impact force time is lower than that.

### 1. 서 론

공동주택에서 발생하는 소음은 하나의 벽체나 바닥판을 이웃 세대가 공유하기 때문에 필연적으로 발생하는 문제로 생각할 수 있다. 특히 화장실의 배수소음과 바닥충격음이 주된 소음종의 하나이다. 바닥충격음은 윗세대의 바닥에 충격원이 가진되어 아래세대로 소음이 전달되는 것으로 일반적인 충격원은 어린이의 뛰어다님과 소파나 의자에서 뛰어내림 등을 들 수 있다. 또한 어른의 보행이나 물체의 이동, 물체의 낙하시 발생할 수 있다. 바닥충격음 충격원은 어린이의 행위에 의해 발생하는 것으로 알려져 있으나 실제로 어린이의 행위에 의해 발생하는 충격에 대한 조사 및 분석이 미흡한 실정이다.

본 연구에서는 공동주택에서 발생 가능한 어린

이의 뛰어다닐 때와 뛰어내릴 때의 충격력 특성을 조사하여 실 충격원 특성에 대한 기초 자료를 제공하고자 한다.

### 2. 중량충격음 발생기(Bang machine)의 충격특성

바닥구조에 대한 바닥충격음 차단성능 평가를 위하여 인공적으로 소음을 발생시키기 위하여 표준 충격원으로 경량충격음 발생기(Tapping machine)와 중량충격음 발생기(Bang machine)를 사용하고 있다. 경량충격원은 1932년 독일에서 개발된 것으로 중고주파 대역의 바닥충격음 평가에 사용되어 왔다. 그러나 공동주택의 어린이들이 뛰고 달릴 때 발생하는 충격음이 문제시 되는 경우가 많아 이러한 충격음을 평가하기 위하여 1974년 일본에서는 어린이들이 뛰거나 달릴 때 발생하는 음과 같이 충격력 지속시간이 길고 큰 충격력에 대한 평가를 목적으로 타이어를 이용한 중량충격원이 추가제정되었다. 국내 KS 규격에는 중량충격원의 모양, 충격력, 공기압 등 충격원의 사양이 규정되어 있다.

표준 중량충격원인 타이어의 낙하높이 85cm일

· 정희원, 한국건설기술연구원

E-mail : kwmj@kict.re.kr

Tel : (031)910-0356, Fax : (031)910-0361

.. 정희원, 한국건설기술연구원

때의 충격력은 대략 4200N정도이며 충격시간은  $20 \pm 2\text{ms}$ 의 단봉형 충격력 파형을 갖는다.

■ 표준 중량충격원 사양

- 바닥의 접하는 부분의 곡률반지름 :  $90 \sim 250\text{mm}$ 의 볼록곡면
- 바닥면에서의 접촉면적 :  $250\text{cm}^2$  이하
- 공기압 :  $(2.4 \pm 0.2) \times 10^5 \text{ Pa}$
- 유효질량 :  $7.3 \pm 0.2\text{kg}$
- 반발계수 :  $0.8 \pm 0.1$

표1. 표준 중량충격원의 옥타브밴드 충격력폭로레벨

옥타브밴드 중심주파수(Hz)	옥타브밴드 충격력 폭로레벨(dB)	허용편차(dB)
31.5	47.0	$\pm 1.0$
63	40.0	$\pm 1.5$
125	22.0	$\pm 1.5$
250	11.5	$\pm 2.0$
500	5.5	$\pm 2.0$

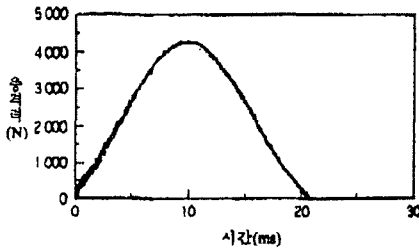


그림1. 표준중량충격원의 충격력 파형(낙하높이85cm)

표2. 실험대상

나이	성별	인원수	체중(kg)	비고
5세	남	5	17~21	유치원생
	여	5	15~19	
6세	남	5	19~21	
	여	5	15~21	
7세	남	9	19~28	
	여	6	19~26	
8세	남	13	18~36	초등학교생
	여	17	20~31	
9세	남	15	21~33	
	여	15	24~33	
10세	남	15	29~50	
	여	15	21~37	
11세	남	17	29~60	
	여	11	27~50	

### 3. 어린이 충격력 특성 조사

#### 3.1 실험대상 및 장비

어린이의 충격력을 조사하기 위하여 유치원생 5세부터 초등학교 4학년까지 155명을 대상으로 달릴 때와 일정 높이(30cm, 50cm)에서 뛰어내릴 때의 충격력을 조사하였다. 충격력 측정에 사용된 장비는 다음과 같다.

- 주파수분석기 : SA-27, RION
- 오실로스코프 : TDS 2012, Tektronix
- 충격력측정센서 : PF-10, RION
- Charge amplifier : UV-06A, RION

#### 3.2 실험방법

피험자로부터 달릴 때와 뛰어내릴 때의 충격을 각각 측정하였다. 달릴 때의 충격력 측정을 위하여 충격력 측정센서와 동일한 높이의 발판(폭:60cm)을 제작하여 피험자가 센서로부터 3m 전에서 뛰어와서 센서를 밟고 지나가도록하였다. 실험전 피험자의 체중을 측정하였다.

뛰어내릴 때의 충격력 실험을 위하여 30cm, 50cm 높이의 발판을 제작하여 발판위에서 측정센서로 두 발로 뛰어내리게 하였다. 실험시 공동주택 내부로 가정하여 신발을 벗고 실시하였다.



그림2. 충격력 측정장면(달리기)

### 4. 실험 결과 및 분석

#### 4.1 달릴 때의 충격력

그림3은 피험자가 달려와서 충격센서를 밟았을 때의 최대 충격력을 연령별로 나타낸 것으로 연령의 증가는 체중이 증가되는 것으로, 체중의 증가로 충격력이 증대되는 경향을 보이고 있다. 그러나 본 실험의 결과에서는 체중과 충격력과의 상관성이 높지 않은 것으로 나타났는데 이는 피험자들의 뛰는 방법의 차이로 볼 수 있다. 뛰는 속도와 센서를

밟는 방법의 차이에 의해 나타난 것으로 판단된다.

보행시의 충격력 특성을 파악한 井上 勝夫<sup>1)</sup>의 연구결과를 살펴보면 실험전 피험자에게 보행의 방법을 교육하고 연습을 한 후에 실험을 하였으며, 보행시 충격력의 최대값과 체중의 상관관계는 매우 높은 것으로 조사되었다.

피험자에게 실험전 달리는 방법과 센서 밟는 방법을 교육하여 모두 동일한 방법으로 실험을 하였다면 본 실험결과에서도 체중과 충격력과의 상관성은 높게 나타났을 것으로 사료된다. 그러나 본 실험에서는 실제 어린이들이 공동주택에서 뛰어다니는 것을 가정하여 여러 뛰는 패턴들에 의해 나타나는 충격력을 파악하고자 하여 실험전에 특별한 교육을 실시하지 않고 개인의 성향에 맞게 달릴 것을 요구하였다. 충격력은 300N~2300N로 나타났으며, 500N~1000N에 주로 분포하였다.

그림4와 그림6은 달릴 때와 30cm 높이에서 떨어 내릴 때의 충격력을 남녀로 구분한 것으로 여학생의 충격력이 남학생에 비하여 다소 낮은 것으로 보이거나 확연히 구분하기는 어려웠다.

그림5와 그림7은 30cm와 50cm 높이에서 뛰어 내렸을 때의 충격력을 나타낸 것으로 달릴 때의 충격력 조사결과와 비슷한 양상을 보이고 있었다. 동일한 체중이라 하더라도 뛰어내릴 때의 충격력의 정도의 차이는 2~4배 정도 차이를 보이고 있는데 이것은 뛰어내리는 동작의 차이에서 발생한 것으로 판단된다. 뛰어내릴 때 체중을 실어 뒤꿈치로 충격을 줄때와 사뿐히 뛰어내릴 때의 충격력 차이에서 오는 결과로 보인다. 뛰어내릴 때의 충격력은 400N~6500N 정도로 조사되었는데 달릴 때의 충격력보다 훨씬 높은 충격력을 가지는 것으로 나타났다.

그림8은 각 조건별 충격시간을 나타낸 것으로 달릴 때 충격시간은 17~162msec(평균 89msec)로 나타났으며, 30cm 높이에서 뛰어내릴 때는 14~93msec(평균 48msec)로 측정되었다. 50cm 높이에서는 14~204msec(평균 48msec)로 측정되어 그림에서처럼 달리 때의 충격시간이 뛰어내릴 때보다 긴 것을 알 수 있었다.

그림9는 체중이 34kg의 3학년 남학생의 각 조건별 충격시간에 대한 충격력 그림으로 달릴 때의 충격력이 뛰어내릴 때보다 낮고 충격시간이 길다는 것을 보여주고 있다. 30cm, 50cm에서 뛰어내리는 충격력과 충격시간 거의 유사한 특성을 보이고 있었다.

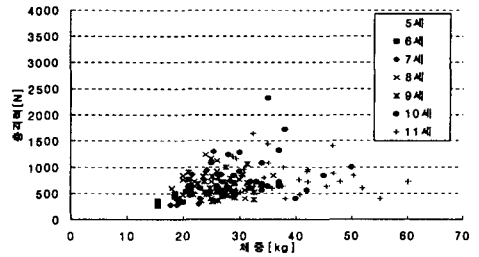


그림3. 달릴 때의 충격력(연령별)

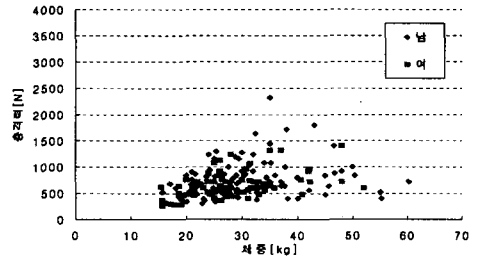


그림4. 달릴 때의 충격력(남여별)

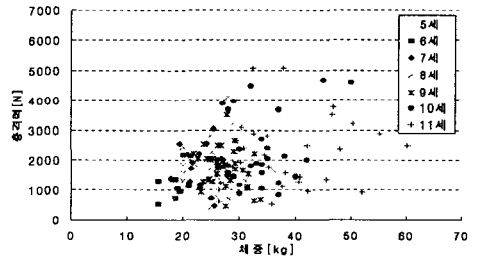


그림5. 뛰어내릴 때의 충격력(30cm, 연령별)

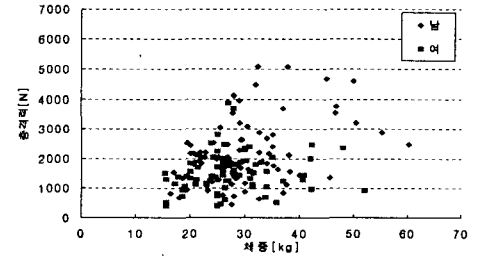


그림6. 뛰어내릴 때의 충격력(30cm, 남여별)

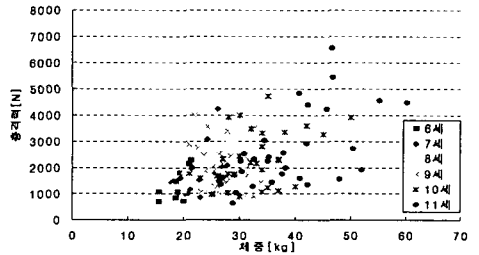


그림7. 뛰어내릴 때의 충격력(50cm, 연령별)

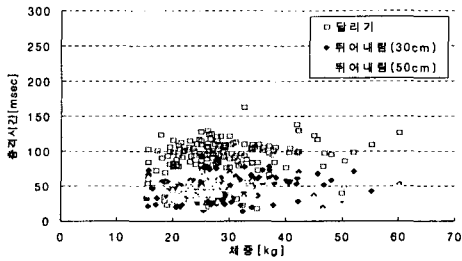


그림8. 충격시간

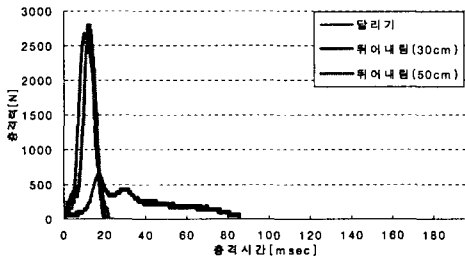


그림9. 충격력 특성비교(3학년, 남, 34kg)

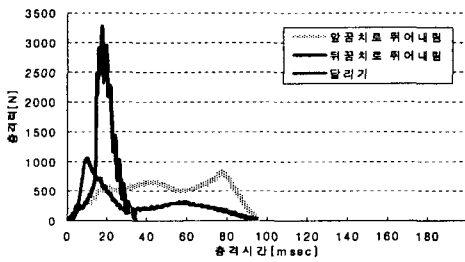


그림10. 충격력 특성비교(남, 58kg)

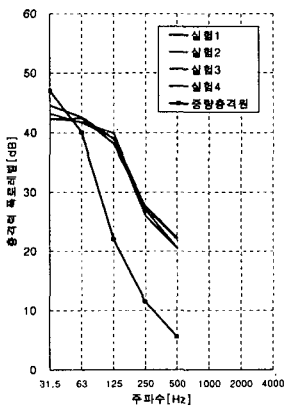


그림11. 충격력 폭로레벨 비교

그림10은 체중 58kg의 성인을 대상으로 달릴 때와 뛰어내리는 방법을 다르게 했을 경우 충격력과 충격시간을 나타낸 것으로 동일한 피험자가 앞꿈치와 뒤꿈치를 사용하여 뛰어내렸을 때, 앞꿈치에 비하여 뒤꿈치로 체중을 실어 뿔 때의 충격력이 3배 이상 높음을 알 수 있었다. 동일인이라 하더라도 뛰는 방법에 따라 충격력의 차이가 발생한다는 것을 보여주었다.

그림11은 중량충격원의 충격력(약 4200N)과 비슷한 충격력을 보인 30cm 높이에서 뛰어내릴 때의 4개 실험결과와 충격력 폭로레벨을 중량충격원의 폭로레벨과 비교한 것으로 저주파수가 높고 고주파수로 갈수록 낮아지는 경향을 보이고 있으나 중량충격원의 폭로레벨 보다는 높은 것으로 나타났다.

## 5. 결론

공동주택에서 발생하는 실 충격원에 대한 충격력 조사를 위하여 초등학생과 유치원생을 대상으로 한 충격력 실험결과를 살펴보면 다음과 같다.

- 1)체중의 증가로 충격력이 증가되는 경향을 보이고 있으나 피험자의 달리기나 뛰는 방법의 개인차에 의해 동일한 체중의 피험자 사이에서도 충격력의 차이가 크게 발생하였다.
- 2)달리기 보다는 뛰어내릴 때의 충격력이 2~3배 높은 것으로 나타났으며, 달릴 때의 충격시간이 뛰어내릴 때 보다 길게 나타났다.
- 3)중량충격원의 충격력과 유사한 충격력을 보인 실험의 충격력 폭로레벨을 비교한 결과 63Hz이상에서 중량충격원 보다 높은 값을 보였다.

## 참 고 문 헌

1. 井上 勝夫, 外4人, 1995, 床歩行時の足裏各部の衝撃力特性, 日本建築學會計劃系論文集 第477号
2. 木村 翔, 外2人, 1989, 重量衝擊源の衝撃力特性に関する研究, 日本建築學會計劃系論文報告集 第398号
3. 한국표준협회, 2001, KS F 2810-2 바닥충격음 차단성능 현장측정방법 제2부 : 표준 중량충격원에 의한 방법
4. JIS A1418-2, 2000, 建築物の床衝擊音遮断性能の測定方法-第2部: 標準重量衝擊源による方法