

성인 보행에 따른 충격력 특성에 관한 연구

Impact Power Characteristics by Walking for Adults

김 경 우[†] · 최 현 중^{*} · 최 경 석^{*} · 강 재 식^{*} 양 관섭^{**}

Kyoung-Woo Kim, Hyoun-Jung Choi, Gyoung-Seok Choi, Jae-Sik Kang and Kwan-Seop Yang

Key Words : Floor impact sound(바닥충격음), Impact Power Characteristics(충격력 특성), Walking by Adult(성인 보행)

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 and walking by adult are one of the most irritating noises in an apartment buildings. It's necessary to know that the impact power characteristics of real impact source in an apartment buildings. This study aims to investigate the impact power and impact time of normal walking and fast walking for 62 adults. It is shown that when the weight of the person increase, the maximum impact power increases. The impact power waveform for the adults walking varies for subjects walking types. The normal walking impact power lower than that of fast walking and impact time is higher than that of fast walking. The range of the impact power generated by adults walking is less than 1000 N.

1. 서 론

건설교통부 보도 자료에 의하면 2003.12.31 기준으로 전국의 20호 이상의 공동주택이 전국 총 주택 수의 52 %에 달하는 총 645만 호에 이르는 것으로 나타나 주택의 일반적인 형태는 공동 주택임을 알 수 있다. 공동주택은 토지의 효율적인 이용 측면에서 장점을 가지고 있으나 하나의 바닥 판 및 벽으로 인접세대를 구분하기 때문에 소음에 취약한 단점을 가지고 있다. 환경부 자료⁸⁾에 의하면 16개 시·도의 2004년도 소음·진동관리시책을 평가한 결과, 최근 국민이 정온한 생활의 욕구 증가로 소음·진동민원이 1999년부터 큰 폭으로 증가하고 있으며, 전체 환경관련 민원 중 소음·진동관련 민원이 20.1 %를 차지하고 있다. 소음·진동민

원은 2003년에 비해 13.2 % 증가하였으며, 지난 6년 동안 6배 (99년 5,102건→04년 29,576건) 증가한 것으로 나타났다. 민원이 급격하게 늘어난 이유는 생활소음 민원의 증가로 보고 있으며, 주거 지역에서 발생하는 생활소음이 소음·진동 전체민원의 95.5 % 차지하였다. 공동주택 내부에서 발생하는 소음은 특히 화장실 급·배수소음과 바닥충격음이 주된 소음종의 하나로 볼 수 있으며, 엘리베이터 및 계단보행소음도 문제를 야기하고 있다. 바닥 충격음은 윗세대의 바닥에 충격이 가진되어 아래 세대로 소음이 전달되는 고체전달음으로 일반적인 실생활 충격원은 어린이 행위에 의해 발생되며 실내의 보행음에 대한 불쾌감도 지적되고 있다.¹⁾

앞선 연구²⁾에서는 공동주택에서 발생 가능한 어린이 행위(달리기, 30cm와 50cm에서 뛰어내리기)에 대한 충격력 특성을 조사 및 분석하였으며, 본 연구에서는 공동주택 내부에서 발생될 수 있는 실충격원인 성인을 대상으로 보행에 따른 충격특성을 조사하여 실충격원의 충격력에 대한 기초 자료를 제공하고자 한다.

[†] 책임저자 ; 정희원, 한국건설기술연구원

E-mail : kwmj@kict.re.kr

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

* 한국건설기술연구원

** 정희원, 한국건설기술연구원

2. 표준 중량충격원의 특성

바닥구조에 대한 충격음 차단성능평가를 위하여 사용하는 표준충격원은 경량충격원과 중량충격원(Bang machine)으로 어린이와 어른 행위에 의해 발생되는 충격은 중량충격음에 해당된다고 볼 수 있다. 현재 국내 KS규격에서 규정하는 중량충격원은 공동주택에서 어린이들이 뛰고 달릴 때 발생하는 충격음을 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 추가 제정되었다. 국내 KS규격⁷⁾에는 중량충격원의 모양, 충격력, 공기압 등 충격원의 사양이 규정되어 있으며, 표준 중량충격원인 타이어의 낙하높이가 85 cm일 때의 충격력은 대략 4200 N정도이며 충격시간은 20±2 ms의 단봉형 충격력 파형을 갖는다. 또한 옥타브밴드별 충격력폭로레벨을 규정하고 있는데 31.5 Hz에서 47 dB, 500 Hz에서 5.5 dB로 주파수가 증가함에 따라 충격력폭로레벨도 감소하는 형태로 규정하고 있다. 폭로레벨은 충격원에 의한 충격력의 제곱의 전 시간에 걸친 적분값을 기준 힘의 제곱으로 나눈 값의 상용대수의 10배로 식(1)에 의해 구한다.

$$L_{FE} = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{T_0} \int_{t_1}^{t_2} \frac{F^2(t)}{F_0^2} dt \right) \dots \dots \dots \text{(식1)}$$

L_{FE} : 충격력 폭로레벨(dB)

$F(t)$: 충격력(N), F_0 : 기준힘(1 N)

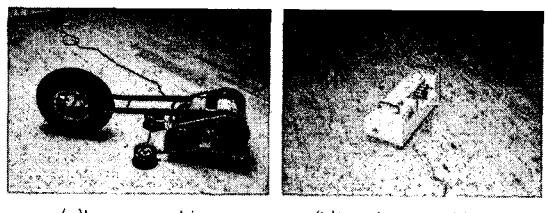
t_2-t_1 : 충격원에 의한 충격시간을 포함하는 시간(s)

T_0 : 기준시간(1 s)

규격에서 정하는 중량충격원 사양은 다음과 같다.

■ 표준 중량충격원 사양

- 바닥의 접하는 부분의 곡률반지름 : 90~250 mm의 불록 곡면
- 낙하높이 : 0.85 m
- 바닥면의 접촉면적 : 250 cm² 이하
- 공기압 : (2.4±0.2)×10⁵ Pa
- 유효질량 : 7.3±0.2 kg
- 반발계수 : 0.8±0.1
- 충격시간 : 20±2 ms
- 충격력 : 약 4200 N



(a)bang machine (b)tapping machine

Fig. 1 Standard impact sources

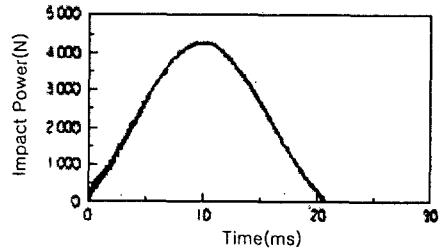


Fig. 2 Impact power graph of bang machine
(dropping height: 85 cm)

Table 1 Impact power exposure level(Bang machine)

octave band center frequency(Hz)	octave band impact power exposure level(dB)	variation(dB)
31.5	47.0	±1.0
63	40.0	±1.5
125	22.0	±1.5
250	11.5	±2.0
500	5.5	±2.0

3. 성인 보행에 따른 충격력 특성 조사

3.1 실험대상 및 장비

공동주택에서 발생하는 실충격원의 하나인 보행에 따른 충격특성을 살펴보기 위하여 20대부터 60대 성인 62명을 대상으로 평상시 편안한 걸음걸이 속도인 보통보행과 보통보행보다 다소 빠르게 걷는 빠른 보행에 대한 충격력을 측정하였다. 측정에 참가한 성인은 남성이 46명(74 %), 여성이 16명(26 %)으로 주로 30대(51 %) 연령층이 가장 많았다. 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

성인의 보행에 따른 충격력을 조사하기 위하여 충격력 측정센서와 동일한 높이의 발판(폭:60 cm)을 제작하여 성인이 센서로부터 3 m 전에서 보행하여 센서를 밟고 지나가도록 하였다. 보행에 대한 속도나 센서 밟는 방법에 대한 사전 교육은 없었으며 개인적인 성향에 맞게 각자가 자유롭게 공동주택 거실에서 보행하는 것을 가정하여 측정에 임하도록 하였다. 실험전 성인의 체중을 측정하여 체중과 충격력과의 상관성을 파악하고자 하였다. 측정은 평상시 거실에서 보행하는 속도와 이보다 다소 빠르게 보행하였을 경우에 대하여 충격력과 충격시간을 측정하였다. 실험시 공동주택 실내를 가정하여 신발을 벗고 실시하였다.

4. 실험 결과 및 분석

그림3과 그림4는 거실에서 편하게 보행하는 보통 보행시 발생하는 최대충격력을 연령대와 성별로 구분하여 나타낸 것으로 체중의 증가를 통하여 충격력도 증가되는 경향을 보이고 있다. Wanqing shi⁴⁾의 연구에서도 체중과 최대충격력과의 상관성이 높음을 지적하고 있다.

보통 보행시 최대충격력은 370 N~800 N 범위에 분포하고 있었으며, 연령대 별 충격력 변화 경향은 찾아 볼 수 없었다. 여성의 체중이 남성보다 낮기 때문에 충격력도 낮은 부분에 분포하고 있었다. 동일한 체중에서도 최대충격력은 차이를 보였는데 보행의 속도와 센서 밟는 방법의 차이에서 발생하는 것으로 판단된다.

그림5와 그림6은 보통 보행보다 다소 빠르게 걸었을 때 최대충격력으로 보통 보행보다 최대충격력이 다소 높아졌으며, 420 N~1000 N 범위에 분포하였다. 연령대에 따른 경향은 찾기 어려웠으며, 체중 증가를 통하여 최대충격력도 증가하는 경향을 보이고 있었다.

동일한 시간동안 보행의 속도가 빠르게 되면, 즉 단위시간 동안의 보행수가 증가하게 되면 충격시간이 짧아지는 경향이 있음을 井上 勝夫³⁾의 연구에서 소개한 바 있다. 본 연구에서도 그림8과 같이 빠른 보행이 보통 보행에 비하여 충격력은 높으며, 충격시간은 짧은 것으로 조사되었다. 보통 보행시 충격시간은 320 ms~900 ms, 빠른 보행은 200 ms~700 ms의 범위에 분포하였다. 충격시간은 빠른 보행이

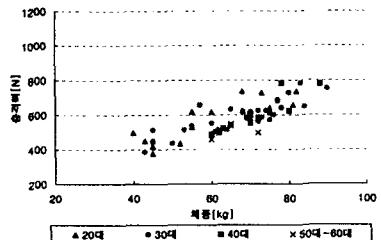


Fig. 3 Impact power caused by normal walking(by age)

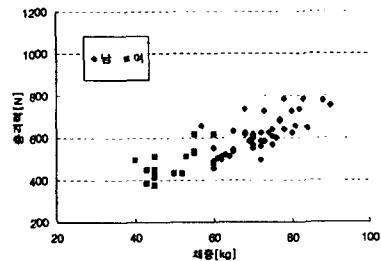


Fig. 4 Impact power caused by normal walking(by sex)

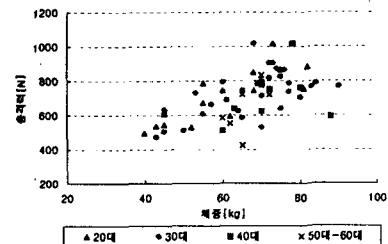


Fig. 5 Impact power caused by fast walking(by age)

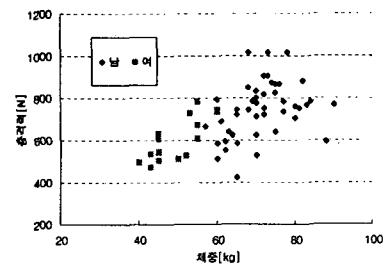


Fig. 6 Impact power caused by fast walking(by sex)

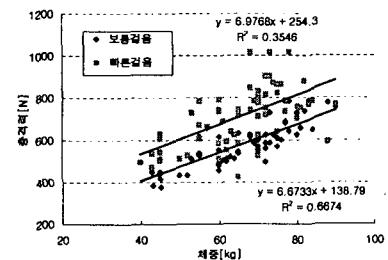


Fig. 7 Impact power caused by adult walking

보통 보행에 비하여 개인 차이에 의해서 30 ms에서 400 ms 빠른 것으로 나타났는데 개인별 시간차이가 많이 발생한 것은 보행시 보행방법을 정하여 실험한 것이 아니라 개인의 성향에 맞게 걸었기 때문에 편차가 크게 발생한 것으로 판단된다.

일반적으로 보행시 바닥에 가장 먼저 닿는 부분은 발뒤꿈치 부분으로 뒤꿈치에서 앞꿈치로 체중이 이동하여 바닥에 충격을 가하게 된다. 그럼 9.의 보행시 발생하는 충격력 과정을 살펴보면 두 번에 걸쳐 피크치가 발생되고 있으며, 井上 勝夫³⁾의 연구에서처럼 발뒤꿈치에 의해 1차 피크가 발생하고 발의 중앙부분을 거쳐 앞꿈치로 체중이 이동하면서 2차 피크가 발생하였다. 그래프에서 나타난 것처럼 보행시 2개의 산봉우리가 발생하게 되며 보행 특성에 따라 2차 피크가 발생하는 시간과 높이의 차이가 발생하고 있으며, 1차 피크와 2차 피크 사이의 골이 깊은 것은 체중의 중심이동이 보다 정확하게 나타난 것을 의미한다. 빠른 보행이 보통 보행보다 충격시간이 짧으며, 최대 충격력도 높은 경우가 많았다.

5. 결 론

공동주택의 실충격원의 하나인 성인 보행에 대한 충격특성을 조사한 결과는 다음과 같다.

- 1) 보행을 통해 발생하는 최대충격력은 피실험자의 체중과 상관성이 있으며, 체중이 높을수록 충격력도 커지는 경향을 보였으나 동일한 체중이라도 충격력의 편차가 발생하였는데 개인별 보행 형태에 기인한 것으로 판단된다. 보행을 통한 최대충격력은 개인별 차이를 보였으나 1000 N 이하에 분포하고 있었다.
- 2) 보통 보행과 빠른 보행시 발생하는 최대충격력은 보통 보행보다 빠른 보행의 충격력이 높게 나타났으며, 충격시간은 빠른 보행이 보통 보행에 비하여 30 ms~400 ms 빠른 것으로 나타났다.
- 3) 바닥에 전달되는 충격력은 1차, 2차 충격으로 구분되며, 뒤꿈치에 의해 최대충격이 발생하고 앞꿈치에 의해 2차 충격이 가해진다. 1차, 2차 충격의 크기와 형태는 보행의 특성에 따라 상이하게 나타났다.

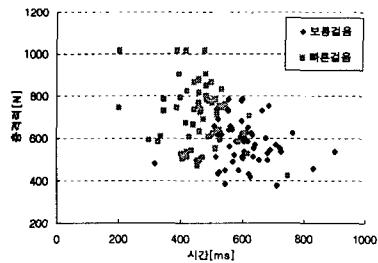


Fig. 8 Impact power and time caused by adult walking

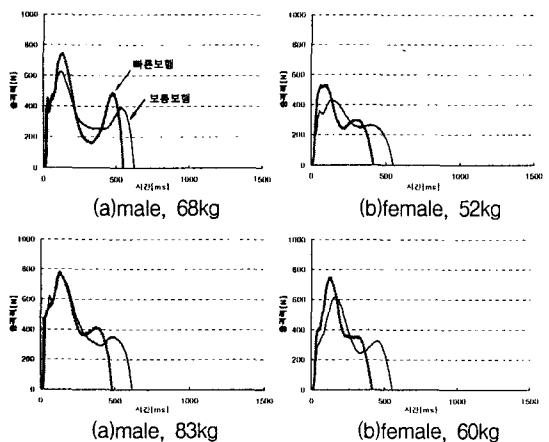


Fig. 9 Impact power caused by adult walking

참 고 문 헌

- (1) 대한주택공사, 1990, 공동주택 내부소음 기준설정 연구(I) -바닥충격음의 차음성능기준-
- (2) 김경우, 외3인, 2005, 실충격원(여린이)의 충격 발생 행위에 따른 충격력 특성에 관한 연구, 한국소음진공학회 논문집 제15권, 제5호, pp. 542~549
- (3) 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
- (4) 松本 俗昭, 外3人, 2000, 成人と高齢者の平坦路歩行時の衝撃力特性, 日本建築學會大會學術講演梗概集
- (5) Wangqing Shi, Carin Johansson and Ulrik Sundback, 1997, An Investigation of the Characteristics of Impact Sound Sources for Impact Sound Insulation Measurement, Applied Acoustics, Vol. 51, No. 1, pp. 85~108.
- (6) 木村 翔, 外2人, 1989, 重量衝撃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
- (7) 한국표준협회, 2001, KS F 2810-2 바닥충격음 차단성능 현장측정방법 제2부 : 표준 중량충격원에 의한 방법
- (8) 환경부, 2005, 2004년 소음·진동 관리시책 -시·도별 추진실적 평가-