

충간소음을 유발하는 충격원의 진동발생 모델링 및 충격량 측정

Modeling of vibration generation from impact sources and its measurements

류지명* · 박준홍† · 전진용** · 이평직***

Ji Myung Ryu, Junhong Park, Jin Yong Jeon, and Pyoung Jik Lee

1. 서론

최근 삶의 질 향상으로 인해 주거공간에서 발생하는 소음에 대한 관심이 증가하고 있다. 주거공간에서의 소음은 외부에서 유입되는 소음과 실내에서 발생하는 소음으로 크게 구분할 수 있으며, 실내에서 발생하는 소음 가운데 대표적인 것이 아이들이 뛰거나 어른들의 보행으로 발생하는 바닥충격음이다.

바닥충격음의 측정은 실충격원과 유사한 충격특성을 갖는 표준충격원을 이용하여 이루어진다. 국내에서는 국내 규격(KS)에 표준충격원으로 규정되어 있는 뱀머신과 태핑머신이 사용되고 있으나 국제 규격(ISO)에는 뱀머신이 충격력과 기계적 임피던스와 같은 실충격원의 특성을 재현하지 못 하고 있어 이를 대신하여 임팩트볼(heavy/soft impact source)이 표준중량충격원으로 규정되어 있다.⁽¹⁾⁽²⁾ 따라서 최근 국내에서도 임팩트볼을 새로운 표준중량충격원으로 도입하기 위한 검토가 진행되고 있다.

바닥충격음의 예측은 주로 SEA 해석과 FEM 을 이용하여 이루어지며, 일본에서는 임피던스법을 이용한 예측이 활용되고 있다.⁽³⁾ 그러나 이 방법은, point impedance 를 기반으로 하고 있어 바닥판 전체의 거동 특성을 규명하는데 있어 제한적일 수 밖에 없다. 따라서 본 연구에서는 표준충격원 가운데 실충격원의 특성과 가장 유사한 임팩트볼의 충격이 바닥판에 가해졌을 때의 바닥판의 진동 특성을 이론적으로 유도하였다. 또한 임팩트볼의 충격력 특성을 규명하기 위해 실험 장치를 검토 하였다.

2. 임팩트볼과 바닥의 운동방정식

임팩트볼을 바닥판에 떨어뜨렸을 때 충격력의 크기를 알아보기 위하여 아래와 같이 운동방정식을 구

하였다.

실제 공동주택에는 벽이 있어 바닥판에 충격을 가 하면 돌아오는 반사파가 생긴다. 그러나 이 논문에서는 임팩트볼에 의해 발생하는 충격력이 얼마나 전달되는지를 확인하기 위하여 바닥판을 벽면이 없는 무한대로 가정하고 식을 유도하였다. 표면의 특성상 강성과 감쇠를 가진 임팩트볼이 바닥에 충격을 가 할 때의 현상을 그림 1 과 같이 스프링과 댐퍼가 달려 있는 질량에 외력이 가해져서 충격력이 바닥으로 전달되는 시스템으로 간략화 하였다.

그림 1 에서의 S_i 는 임팩트볼의 강성이고 감쇠는 무시하였다. 임팩트볼이 떨어지는 위치를 원점으로 하여 왼쪽으로 전달되는 파동을 w_1 , 오른쪽으로 전달되는 파동을 w_2 로 두었다. 임팩트볼의 질량은 m 으로 두고 임팩트볼의 파동을 u 로, 외력을 F 로 두었다. 그림 1 의 파동방정식은 식 1, 2, 3 과 같고 미지수가 U, B_1, D_1, A_2, C_2 로 w_1 모두 5 개를 가지고 있다.

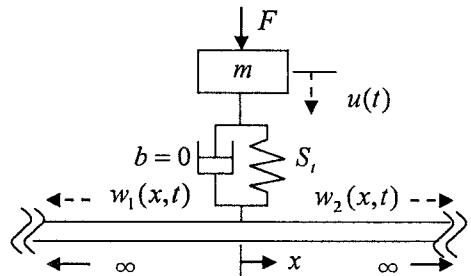


Fig. 1 Free body diagram

$$u(x) = Ue^{j\omega t} \tag{1}$$

$$w_1(x,t) = [B_1 e^{jk_b x} + D_1 e^{-k_b x}] e^{j\omega t} \tag{2}$$

$$w_2(x,t) = [A_2 e^{-jk_b x} + C_2 e^{-k_b x}] e^{j\omega t} \tag{3}$$

정의한 경계조건 5 가지 중 식 5 를 이용하여 관계식 $A_2 = B_2 = jC_2 = jD_2$ 를 얻을 수 있다. 식 6 과 7 을 전개한 식에 식 5 를 대입하면 두 식이 같게 나온다. 결과적으로 식 5 와 식 6 또는 식 7, 그리고 식 8 을 이용하여 미지수를 구할 수 있었고 그 결과

† 교신저자; 한양대학교 기계공학부, 조교수
E-mail : parkj@hanyang.ac.kr
Tel : (02) 2220-0424

* 한양대학교 대학원 기계공학과, 석사과정
.. 한양대학교 건축대학 건축공학부, 부교수
... 한양대학교 대학원 건축환경공학과, 박사과정

가 식 9이다.

$$w_1(0) = w_2(0) \quad (4)$$

$$\frac{\partial w_1}{\partial x_1}(0) = \frac{\partial w_2}{\partial x_2}(0) \quad (5)$$

$$\frac{F}{2} - EI \frac{\partial^3 w_1}{\partial x^3} = 0 \quad (6)$$

$$\frac{F}{2} + EI \frac{\partial^3 w_2}{\partial x^3} = 0 \quad (7)$$

$$m\ddot{u} = F - S_i(u - w(0)) \quad (8)$$

$$\begin{bmatrix} A_2 \\ C_2 \\ U \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{-iS_i F}{S_i m \omega^2 (1+i) + 4EI k_b^3 (S_i - m \omega^2)} \\ \frac{-S_i F}{S_i m \omega^2 (1+i) + 4EI k_b^3 (S_i - m \omega^2)} \\ \frac{-(S_i (1+i) + 4EI k_b^3) F}{S_i m \omega^2 (1+i) + 4EI k_b^3 (S_i - m \omega^2)} \end{bmatrix} \quad (9)$$

3. Impact hammer 와 바닥 충격 실험

앞서 세운 이론 식을 확인하기 위해서 실제 임팩트볼로 실험하기 이전에 impact hammer 를 이용하여 그 가능성을 실험을 하였다.

그림 2 와 같이 바닥판으로 가정할 수 있는 plate 를 두고 그 밑에는 힘을 측정할 수 있는 force transducer 와 가속도계를 설치하여 plate 위에서 충격을 가했을 때 impact hammer 에 의해 가해진 힘과 plate 에 전달된 충격량, 가속도를 측정하였다.

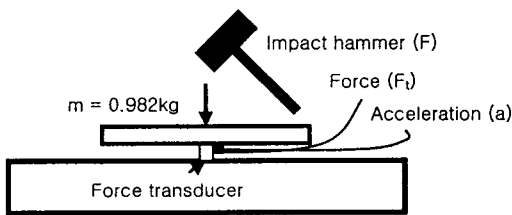


Fig. 2 Impact hammer 와 바닥 충격 실험 장치

Impact hammer 로 주어진 충격량 F 는 plate 로 전달된 힘 Ft 와 plate 질량과 가속도의 곱, 두 항의 합과 같게 되며 식 10 과 같고 그 결과값은 그림 3 과 같다.

$$F = F_t + ma \quad (10)$$

동그라미로 표시한 것이 두 항의 합이고 선이

impact hammer 로 가해진 힘을 표시한 것이다. 시간의 흐름에 따라 전체적으로 큰 오차가 나타나지 않는 것을 확인 할 수 있었다.

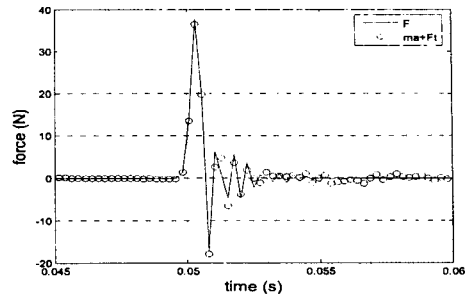


Fig. 3 Impact hammer 와 force transducer, 가속도계를 통해 얻은 실험값

4. 결 론

바닥충격원 중 실충격원과 비슷한 충격원 중 하나인 임팩트볼을 이용하여 바닥에 전달되는 양을 알아보기 전에 진동 발생의 이론적인 식을 유도하였다. 유도된 식을 고찰하기 위하여 임팩트볼을 이용한 실험을 하기 이전에 impact hammer 와 force transducer, 가속도계를 이용하여 실험해 보았다. 그 결과 impact hammer 에서 가해진 힘은 plate 에 잘 전달 되었고 가해진 힘을 측정할 수 없는 impact ball 를 이용하여 충격을 주었을 때 가해진 힘이 얼마인지 수식적으로 확인 가능하게 되었다. 다음 단계로 impact ball 을 이용한 실험을 통해서 유도한 식의 고찰이 필요하다.

후 기

본 연구는 과학기술부 “특정기초사업”(과제번호: R01-2008-000-21001-0)의 지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- (1) Jeon. J. Y, Lee. P. J, Jeong. J. H, Park. J. H., 2006, “Comparison of standard floor impact sources with a human impact source”, Transactional of the Korean Society of Noise and Vibration Engineering, Vol. 16 No. 8, pp. 789~796.
- (2) Jeong. H. J. and Jeon. J. Y., 2005, “Floor impact noise measurement and evaluation method using impact ball”, Transactional of the Korean Society of Noise and Vibration Engineering, Vol. 15 No. 10, pp. 1160~1168.
- (3) S. Kimura, K. Inoue, 1989, “Practical calculation of floor impact sound by impedance method”, Applied acoustics, Vol. 26, pp. 263-292.