

가

Prediction of slab acceleration and sound pressure level in the living room using frequency response function

문대호† · 박홍근* · 황재승**

Dae-Ho, Mun, Hong-Gun, Park, Jae-Seung, Hwang

1. 서론

국내에서 바닥충격음 발생은 충격력의 파형과 스펙트럼이 동일한 표준충격원을 사용하여 고주파소음인 경량충격음은 태핑머신, 저주파 소음인 중량충격음은 뱅머신을 사용하고 있다.

이러한 표준충격원은 물리적으로 충격력의 크기와 가진 시간이 다른 특성이 있다. 뱅머신은 충격력의 크기가 크고 충격력 지속시간이 약 20ms로 비교적 길기 때문에 100Hz 이하의 저주파 대역만을 가진 시키며, 태핑머신은 충격력의 크기는 작지만 충격력 지속시간이 짧아 사람의 최소 가청주파수인 20Hz 부터 1kHz 이상까지 넓은 주파수대역으로 바닥을 가진 시킬 수 있다.

이러한 표준충격원의 충격력특성은 실제 사람이 거주하면서 발생시키는 바닥충격력과 특성이 다르기 때문에 표준 바닥충격음과 생활에서 발생하는 바닥충격음은 소음 특성이 다르게 나타난다.

실제 생활에서 발생하는 다양한 충격에 대한 바닥충격음을 고려하기 위해서는 충격력 특성을 배제할 수 있는 표준화된 측정단위가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 임펄스 해머를 사용하여 바닥을 가진하고 이에 대한 슬래브의 가속도 응답과 거실에서의 음압을 측정하여 단위 힘에 대한 가속도 또는 음압의 주파수응답함수(FRF, frequency response function)를 구하였으며, 이 결과를 이용하여 뱅머신 가진에 대한 슬래브의 가속도 응답과 거실에서의 음압을 예측하였다.

2. 주파수응답함수(FRF) 측정

2.1 측정조건

바닥충격음 측정은 표준바닥구조의 마감몰탈시공

† 교신저자; 서울대학교 건축학과

E-mail : mundaeho@gmail.com

Tel : (02) 880-7053, Fax : (02) 882-7053

* 서울대학교 건축학과

** 전남대학교 건축공학과

완료 후 18 일이 경과된 공동주택의 거실에서 측정하였다. 가진은 임펄스해머와 뱅머신으로 거실의 중앙을 가진하였으며, 이에 대한 콘크리트 슬래브의 가속도 응답은 슬래브 하부 중앙에 가속도계를 부착하여 계측하였다. 음압은 바닥에서 1.2m 높이의 거실 중앙에서 측정하였다. Fig.1 은 실험된 거실의 구조평면도를 나타내며 가진점과 수음점의 위치를 표시하였다. 측정에 사용된 장비와 FFT 분석장비 설정 조건을 Table 1 에 나타내었다.

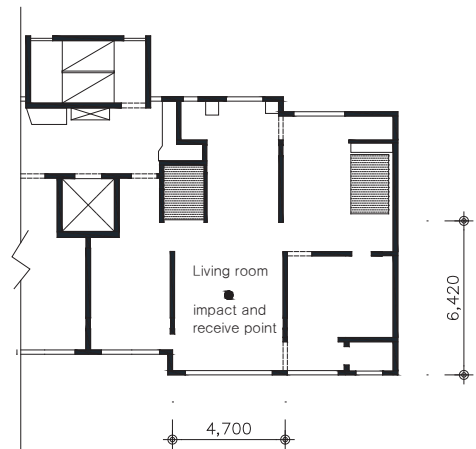


Fig. 1 Structural plan

Table 1 Measuring equipment and FFT analyzer setting

Impulse hammer	PCB 086D20
Accelerometer	NP-3131(ONO SOKKI)
Microphone	40AE(GRAS)
FFT analyzer	CF-3600A(ONO SOKKI)
Length of signal	4096
Frequency range	800Hz
Time window	Rectangular(no weighting)
Average	5 Summation averaging

2.2 주파수응답함수 측정

주파수응답함수는 거실의 바닥을 임펄스해머로 가진하고 이에 대한 슬래브의 가속도와 거실에서의 음압을 계측하여 측정하였다. 임펄스해머의 팀은

800Hz 까지 가진 시킬 수 있는 단단한 톱을 사용하였다. Fig.2 에 뱅머신의 충격력 스펙트럼과 임펄스해머의 충격력 스펙트럼을 비교하여 나타내었다. 뱅머신의 충격력 성분은 100Hz 이하에 집중되어 있고 임펄스해머의 충격력 스펙트럼은 크기는 작지만 전 주파수대역에 걸쳐 평탄한 특성을 나타내고 있다.

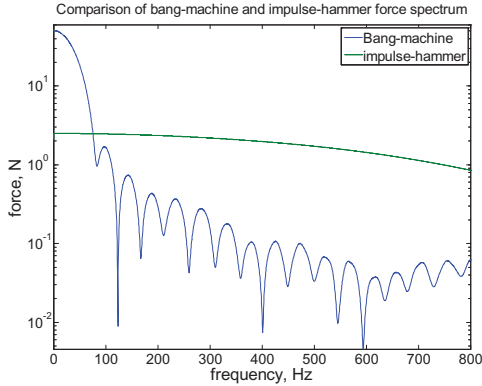


Fig. 2 Comparison of bang-machine and impulse-hammer force spectrum

임펄스 해머로 가진하여 측정한 가속도와 음압의 주파수응답함수 크기를 Fig.3 에 나타내었다. 가속도와 음압의 단위는 각각 ms^{-2}/N , Pa/N 이며, 그래프를 통해 슬래브 고유진동수와 음향모드 고유진동수를 파악할 수 있다. 가속도응답과 음압이 가장 크게 나타나는 주파수는 슬래브의 1 차모드 고유진동수인 25Hz 이다.

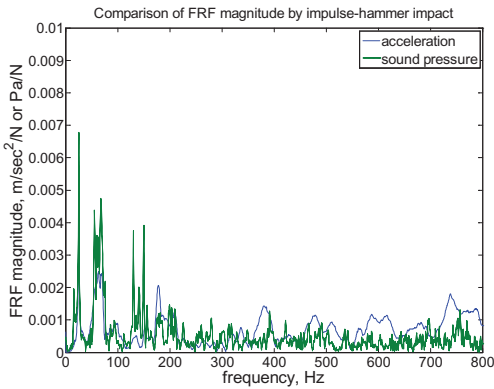


Fig. 3 Comparison of acceleration and acoustic pressure FRF magnitude by impulse-hammer impact

3. 뱅머신 가진에 대한 가속도 및 음압 해석

임펄스해머 가진에 대한 가속도와 음압의 주파수응답함수는 단위 힘(N)에 대한 측정단위로 나타내어진다. 구조체의 진동과 공기매질은 선형시스템으로

생각할 수 있기 때문에 다른 충격력에 대한 구조체의 진동과 음압의 응답은 식(1)과 같이 주파수도메인에서 주파수응답함수와 충격력의 곱으로 계산할 수 있다.

$$\text{Response} = \text{FRF} \times \text{Force} \quad (1)$$

식(1)을 이용하여 뱅머신 가진에 대한 슬래브의 가속도레벨과 거실에서 음압레벨을 계산하였으며, Fig.4 와 Fig.5 에 각각 가속도레벨과 음압레벨의 계산결과와 측정결과를 비교하여 나타내었다. 계산결과와 측정결과는 비교적 유사한 것으로 나타났으며, 특히 100Hz 이하에서는 매우 유사한 결과를 보이고 있다.

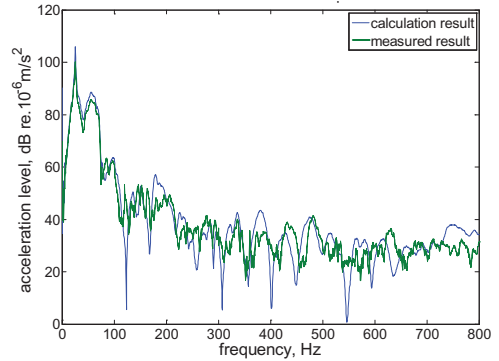


Fig. 4 Comparison of calculation result and measured result for the slab acceleration response

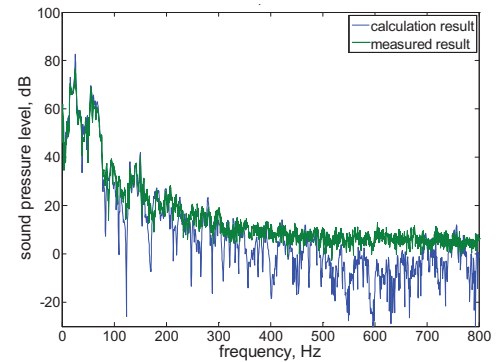


Fig. 5 Comparison of calculation result and measured result for sound pressure level

4. 결론

바닥충격음에 관련하여 임펄스해머 가진에 대한 슬래브 가속도와 거실에서 음압의 주파수응답함수는 구조체의 진동특성과 실의 음향특성을 파악할 수 있다. 또한 이 주파수응답함수를 이용하여 다양한 충격력에 대해 구조체의 진동과 음압을 예측이 가능한 것으로 나타났다.