

표준바닥구조의 완충재로 인한 뱅머신의 충격력 변화

Variation of Force Spectrum of Bang-machine due to resilient material of Standard Floating Floor

문대호† · 황재승* · 박홍근** · 홍건호*** · 김용남 ****

Dae-Ho, Mun, Jae-Seung, Hwang, Hong-Gun, Park, Geon-Ho, Hong, and Young-nam, Kim

1. 서론

표준바닥구조는 완충재의 충격완충효과를 이용하여 바닥충격음을 저감시킨 바닥구조시스템이다. 완충재의 물성에 따라 바닥충격음 발생 특성이 변화되며, 특히 동탄성계수가 낮은 완충재를 사용할수록 경량충격음 저감성능은 크게 좋아진다. 반면 완충재를 사용한 표준바닥구조의 중량충격음은 나슬래브의 중량충격음보다 큰 경우가 자주 발생되고 있다. 그 첫번째 이유는 표준바닥구조 시공으로 인하여 콘크리트 슬래브의 진동특성이 변하기 때문이며, 두번째 이유로 뱅머신의 충격력특성이 완충재로 인하여 바뀌기 때문이다.

본 연구는 표준바닥구조의 완충재로 인한 충격력 변화를 살펴 보기 위하여, 나슬래브와 표준바닥구조의 충격력 변화를 실험을 통해 계측하여 보았다.

2. 충격력 역해석

표준바닥구조 사용시 콘크리트 슬래브에 전달되는 충격력을 측정하기 위해 뱅머신의 가속도 응답과 슬래브의 주파수응답함수(FRF)를 이용하여 충격력을 계산하는 역해석 방법을 사용하였다.

충격력의 역해석은 충격력을 직접 측정하지 않고 입력신호와 출력신호의 관계를 나타내는 FRF(H_1)와 시스템 해석의 출력신호를 의미하는 뱅머신의 가속도응답신호의 자기스펙트럼(Auto-spectrum) G_{BB} 를 측정하여 간접적인 방법으로 입

력신호를 의미하는 뱅머신의 자기스펙트럼 G_{BB} 를 계산하는 방법이다. 이들의 관계를 식(1)과 식(2)에 나타내었다.

식(1)의 FRF(H_1)는 임펄스 해머로 슬래브의 중앙점을 가진하여 측정하였으며, 식(2)의 G'_{AA} 는 같은 위치에서 뱅머신에 대한 가속도응답을 통해 구하였다.

$$H_1 = \frac{G_{AB}}{G_{AA}} \quad (1)$$

여기서, G_{AB} 는 임펄스해머 신호와 이에 대한 가속도 응답신호의 상호스펙트럼(Cross Spectrum), G_{AA} 는 임펄스해머 신호의 자기스펙트럼(Auto-Spectrum)을 의미한다.

$$|H_1|^2 = \frac{G_{BB}}{G'_{AA}} \quad (2)$$

여기서, G_{BB} 는 뱅머신 충격력의 자기스펙트럼, G'_{AA} 는 뱅머신에 대한 슬래브의 가속도 응답신호의 자기스펙트럼을 의미한다.

궁극적으로 알고자 하는 충격력의 푸리에 스펙트럼(Fourier spectrum) $B(f)$ 는 식(3)을 통해 충격력의 오토스펙트럼 G_{BB} 만으로 계산될 수 있다.

$$G_{BB} = B(f)^* \cdot B(f) \quad (3)$$

3. A 공동주택 거실을 이용한 충격력 역해석

3.1 일반사항

충격력 역해석 실험은 A 공동주택 거실의 바닥 충격음 실험과 연계하여 실시되었으며, 뱅머신의 각 가진위치에 대한 거실 중앙에서의 가속도응답과 중앙점에서의 FRF 계측결과를 통해 나슬래브

† 교신저자; 서울대학교 건축학과

E-mail : anseogh@snu.ac.kr

Tel : (02) 880-7053, Fax : (02) 871-5512

* 전남대학교 건축공학과 교수

** 서울대학교 건축학과 교수

*** 호서대학교 건축공학과 교수

**** 삼성물산 건설부문

와 표준바닥구조의 콘크리트 슬래브에 가진되는 충격력을 역해석하였다.

A 공동주택의 거실은 벽식구조 확장형세대이며, 슬래브의 두께는 210mm 이다. 표준바닥구조는 콘크리트 슬래브 210mm+완충재 20mm+기포콘크리트 40mm+마감물탈 40mm 로 되어있으며, 완충재의 동탄성계수는 18.5MN/m³, 손실계수는 0.2 이다.

Fig.1 에 A 공동주택의 구조평면도를 나타내었다. 가진위치와 가속도계측위치는 바닥충격음 측정을 위한 5 개의 가진위치중 중앙인 Fig.1 의 1번위치이다.

나슬래브에 대한 진동실험은 신호분석기로 B&K Portable PULSE 3560B 를 사용하였으며, 가속도계는 B&K 8340 을 사용하였다. 신호분석은 약 1 분간 레코딩한 가속도신호를 분석하여 사용하였으며, FFT Analyzer 는 1600Line 에 800Hz Span, 9 개의 Linear Average 을 사용하였다. 측정방법은 콘크리트 슬래브상부를 가진하고 슬래브 상부에 설치한 가속도계의 신호를 계측하였다.

표준바닥구조에 대한 진동실험은 신호분석기로 OROS OR34Compact Analyze 를 사용하였으며, 가속도계는 ONO SOKKI NP-3130 를 사용하였다. FFT Analyzer 는 1600Line 에 1000Hz Span, 9 개의 Linear Average 를 사용하였다. 가속도계는 콘크리트 슬래브의 진동을 계측하기 위하여 콘크리트 슬래브 하부에 설치하였으며, 표준바닥구조에 대한 FRF 측정은 마감물탈 상부를 가진 할 경우 완충재로 인하여 고주파대역 충격력이 가진되지 않을 수 있기 때문에 콘크리트 슬래브의 하부를 가진하여 측정하였다.

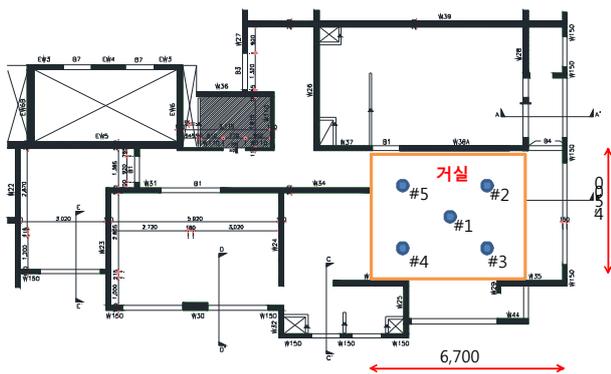


Fig. 1 Structural plan of A residential building

3.2 실험결과 비교

Fig. 2~Fig. 4은 나슬래브와 표준바닥구조의 뱁머신에 대한 가속도응답, FRF, 충격력의 크기를 x, y 축을 로그스케일로 하여 비교한 그래프이다.

Fig. 2의 가속도응답은 100Hz 이하에서 표준바닥구조의 가속도응답의 크기가 나슬래브 보다 큰 것으로 나타나며, 고주파대역의 가속도응답크기는 나슬래브에 비해 크게 감소되었다.

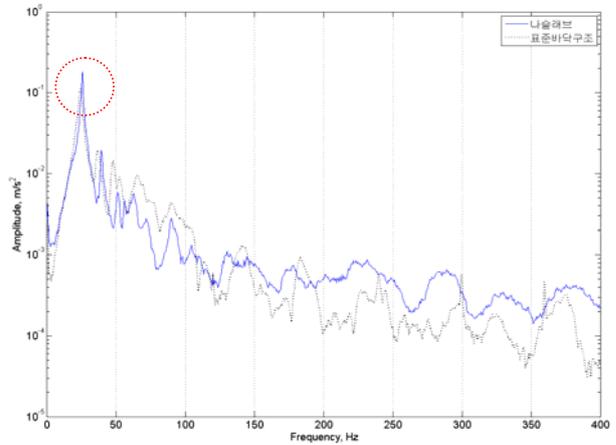


Fig. 2 Comparison Acceleration amplitude

Fig. 3의 FRF 결과가 다르게 나타남은 표준바닥구조 설치로 인하여 구조물의 진동특성이 변화됨을 의미하며, 그림에 표시한 것처럼 응답이 가장 나타난 1 차모드 고유진동수는 나슬래브의 26Hz 에서 24.38Hz 로 감소하였다.

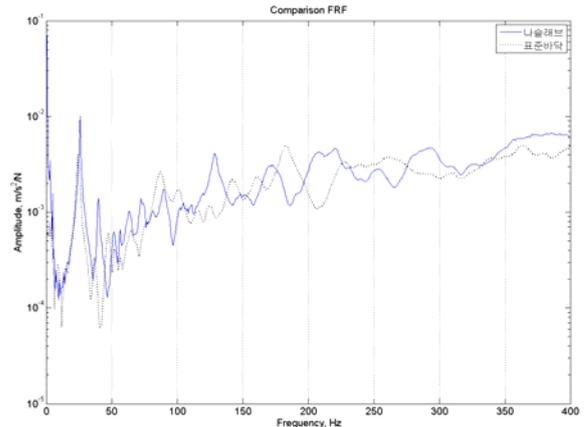


Fig. 3 Comparison FRF amplitude

위 측정결과를 이용하여 Fig. 4에 역해석한 충격력을 비교하여 나타내었다. 충격력 역해석방법에 대한 신뢰성을 검증하기 위해 하중센서를 이용하여 측정된 뱁머신의 충격력과 나슬래브에서 측정된 뱁머신의 역해석-충격력을 비교하여 나타내었다. 비교적 유사한 결과를 나타내었다.

충격력변화특성은 가속도응답변화특성이 크게 반영되어 표준바닥구조 100Hz 이하의 저주파대역의 충격력이 증폭되었으며, 고주파대역의 충격력은 감소되어 나타났다.

Fig. 5은 거실의 나슬래브와 표준바닥구조의 중량충격음을 비교하여 1/3 Octave band 로 나타낸 그림이며, 소음변화특성 역시 이러한 진동응답변화 특성을 반영하여 표준바닥구조를 사용한 경우 저주파대역 소음이 증가하고 고주파대역 소음이 감소된 것으로 나타났다.

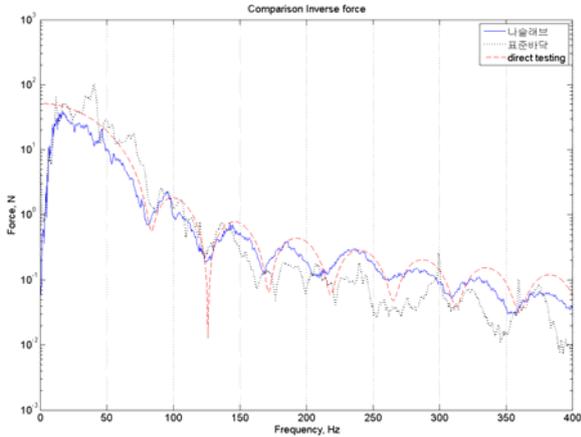


Fig. 4 Comparison Force amplitude

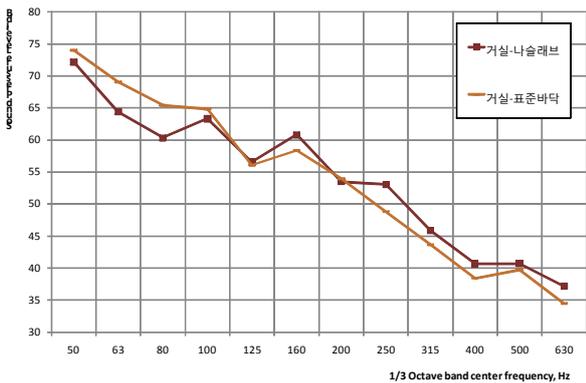


Fig. 5 Sound Pressure Level

4. 고찰

본 연구를 통해 구조물의 진동응답특성과 중량충격음의 발생특성에 대한 상관관계를 파악할 수 있었다.

표준바닥구조는 콘크리트 슬래브 상부에 완충재와 기포콘크리트 마감물탈 등을 설치하기 때문에 이들 상하부 구조의 상호작용에 의해 진동특성이 변하며, 질량을 증가되기 때문에 고유진동수가 감소된다. 하지만 본 실험 결과 충격력 변화 특성이 가속도응답특성과 소음발생특성과 매우 유사하게 나타난 것으로 보면, 중량충격음 변화는 이러한 진동특성변화보다 완충재 설치로 인한 콘크리트 슬래브에 전달되는 충격력변화가 보다 중요한 요인으로 작용된 것으로 보인다.

5. 결론

충격력 역해석 방법을 이용하여 콘크리트 슬래브에 전달되는 뱀머신의 충격력 변화를 A 공동주택 거실의 바닥충격음실험과 진동응답의 연계 실험을 통해 알아 보았다.

표준바닥구조의 완충재는 콘크리트 슬래브에 전달되는 저주파대역의 충격력을 증가시키고 고주파대역의 충격력을 감소시키는 것으로 나타났다. 이러한 영향으로 인하여 진동응답특성과 중량충격음 발생특성도 변하여 저주파대역 진동응답과 소음은 증가하고 고주파대역 진동응답과 소음은 감소되어 나타났다.

표준바닥구조 설치시 콘크리트 슬래브의 진동특성이 변화하여 1 차모드 고유진동수는 약 1.6Hz 감소되는 것으로 계측되었으며, 고주파대역에서의 고유진동수 변화는 이보다 더 클 것으로 예상된다.

본 연구에 사용된 충격력 역해석법은 마감물탈의 휨강성 및 질량이 고려되어 콘크리트 슬래브에 전달되는 충격력을 간접적인 방법으로 계측이 가능하다. 이를 이용하면 진동응답계측과 FRF 측정만으로 어떠한 원인에 의한 바닥충격음 변화를 충격력변화, 가속도응답변화, 진동특성 등에 대해 다방면으로 분석할 수 있다.

본 실험과 같은 진동실험과 바닥충격음 연계실험은 바닥충격음과 진동응답을 주파수도메인에 대해 비교/분석할 수 있기 때문에 특정주파수에 대한 바닥충격음 발생원인을 보다 쉽게 파악할 수 있다.

후 기

이 논문은 삼성물산 건설부분 기술과제(공동주택 바닥슬래브의 충격음 저감을 위한 구조시스템 개발)의 연구비 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- (1) Julius S. Bendat and Allan G. Piersol, "Random Data-Analysis and measurement procedures", John Wiley & Sons, Inc.
- (2) 브뤼엘 앤드 케아 코리아, "소음진동 분석실무 교육자료", 2009