

완충재 모델링을 통한 중량충격음 소음해석 해석

The numerical analysis of heavy weight floor impact noise considering resilient material

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

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

1. 서론

공동주택의 중량충격음 예측은 외부에서 소음이 유입되지 않는 이상 구조체의 진동에 의해 발생하는 소음이기 때문에 수치해석적으로 가능하다. 신뢰성 있는 중량충격음 예측을 위해서는 아직도 많은 변수에 대해서 연구가 필요하다. 그 중의 일환으로 표준바닥구조에 사용되는 완충재가 설치된 바닥구조에 대한 중량충격음 소음해석 모델에 대하여 연구하여 보았다.

2. 해석모델

2.1 완충층 모델

완충재는 상부층의 충격력을 완화시켜 바닥 콘크리트 슬래브에 전달한다. 완충재는 완충효과를 크게 하기 위해 EPA, 발포 PE 등 소프트한 재질을 사용하게 된다. 이러한 소프트한 재질은 비선형 변형을 일으키기 때문에 해석에 이러한 영향을 고려하기에는 어려움이 있다. 이로 인해 완충재 물성을 정의하기 위해 ‘KSF2868 거주공간 뜬바닥용 재료의 동탄성계수 측정방법’을 제정하여 상하진동에 대한 완충재의 탄성적인 특성인 동탄성계수를 측정하여 사용하고 있다. 따라서 해석은 탄성 변형 영역에서 진동하는 마감층과 콘크리트 슬래브 사이에서는 바닥진동시 마감물탈층과 콘크리트 슬래브를 연결하는 스프링과 같은 탄성 거동한다고 가정하였다.

완충층 모델은 마감층과 콘크리트 슬래브를 연결하는 스프링으로 진동해석 모델을 만들 수 있으며 이 스프링의 탄성계수는 완충재의 동탄성 계

수를 사용하였다. 해석에 사용된 완충재의 동탄성 계수는 10, 20, 30, 40MN/m³의 총 4 가지 이다.

2.2 진동해석모델

진동해석에 구조물의 모드해석을 통해 충격력 스펙트럼을 가진하여 모달하모닉해석을 통해 주파수도메인에서의 진동응답을 얻었다. 충격력 스펙트럼은 표준과학기술 연구원의 교정된 뱀머신의 15 개의 충격력 데이터의 평균값을 FFT 를 통해 얻었다.

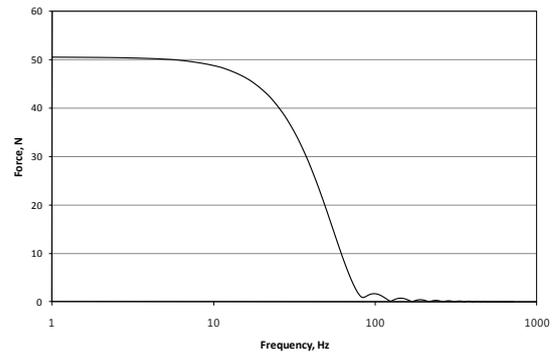


Fig. 1 Force spectrum, Hz

콘크리트 슬래브와 벽체, 그리고 마감물탈은 쉘 요소를 사용하여 모델링 하였으며 벽체의 두께는 180mm, 슬래브 두께는 150mm, 마감물탈의 두께는 기포콘크리트의 두께를 고려하여 80mm 를 사용하였다. 재료는 진동해석에 사용된 물성치는 탄성계수 $E_c = \sqrt{f'_c}$, $f'_c = 24 \text{ MPa}$, 질량밀도 $\rho = 2400 \text{ kg/m}^3$, 프아송비 $\nu = 0.167$ 의 콘크리트 물성치를 동일하게 적용하였다. 감쇠비 $\xi = 5\%$ 를 사용하였다.

실의 크기는 3.3m×2.7m 크기를 갖는 높이 2.7m의 벽식구조 모델을 사용하였다. 슬래브의 지지조건은 2 가지 경우를 고려하였다. 슬래브가 벽체와 태두리보로 4 번이 지지된 경우와 태두리보가 없이 벽체에 의해서만 3 번이 지지된 경우이다.

2.3 소음해석모델

소음해석은 FEM 을 사용하였으며 실의 내부는 Solid 요소를 사용하여 모델링 하였다. 요소의 최소 길이는 300mm 이다. 음속의 허수부 값 li

† 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

(m/sec)를 사용하여 공기중의 음의 감쇠를 통해 흡음의 영향을 고려하였다.

3. 해석결과

3.1 모드해석

모드해석결과 맨바닥콘크리트 슬래브의 고유진동수가 마감층+완충재+콘크리트 슬래브보다 높게 나타났다. 이는 마감층과 콘크리트 슬래브의 상호작용에 의해 고유진동모드가 변화되었기 때문이다. 이로 인해 완충재의 동탄성계수가 낮을수록 고유진동수가 낮아지는 결과를 나타내었다.

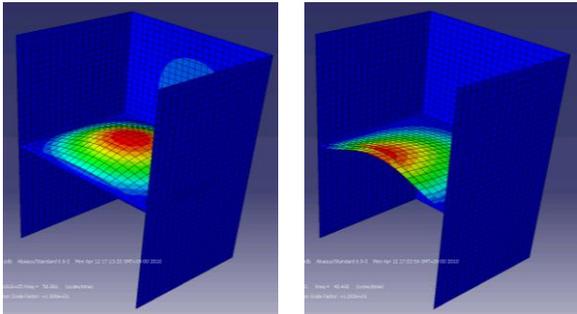


Fig. 2 Modal analysis result, Left : Supported 4 sides, Right : supported 3 sides

3.2 소음해석결과

4 변지지된 슬래브와 3 변지지된 슬래브에 대한 중량충격음 해석결과를 Fig.3, Fig 4 에 나타내었다.

4 변지지된 맨바닥슬래브의 1 차모드 고유진동수는 64Hz 로 중량충격음에 가장 좋지 못한 고유진동수를 갖고 있기 때문에 63Hz 소음이 크게 나타났다. 완충재 설치로 인해 31.5Hz 대역의 소음은 다소 증가되었지만 그 이상의 주파수대역의 소음은 대부분 크게 줄어 완충재 설치로 인해 중량충격음 저감성능이 좋아지게 되었다.

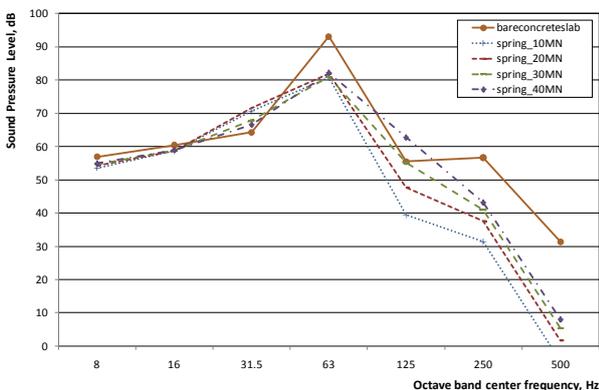


Fig. 3 Analysis result of supported 4 sides

3 변 지지된 맨바닥슬래브의 1 차모드 고유진동수는 45Hz 로 4 변지지 맨바닥슬래브보다 낮다. 완충재 설치후 125Hz 대역 이상의 소음은 크게 줄

었지만 63Hz 대역 이하의 소음이 증폭되어 중량충격음에 좋지 못한 영향을 주고 있는 것으로 나타났다.

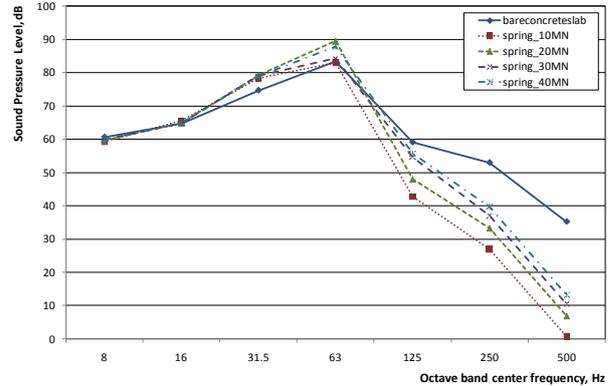


Fig. 4 Analysis result of supported 3 sides

이러한 결과를 단일평가지수로 비교해보면 아래 그림과 같은 결과를 얻을 수 있다. 4 변지지된 슬래브와 같이 완충재 설치로 중량충격음 저감에 좋은 성과를 얻을 수 있는 경우가 있는가 하면 완충재가 소음을 증폭시켜 맨바닥슬래브보다 오히려 좋지 못한 중량충격음 저감성능을 보이는 경우도 발생되었다.

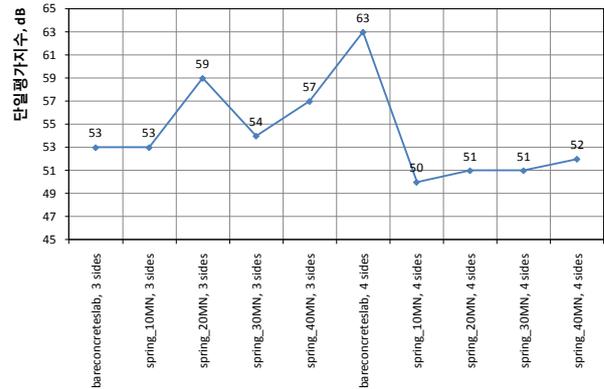


Fig. 5 단일평가지수 비교

4. 고찰

해석결과 낮은 완충재의 탄성계수로 인해 고주파 영역의 소음이 감소되고 저주파 대역의 소음이 증가되는 결과를 보였다. 표준바닥구조의 소음해석을 위해 해석을 위한 완충재의 물성값 연구가 필요하다.

후기

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