

복합구조의 유한요소 모델링을 위한 충격저감재의 특성 분석

Analysis of the dynamic characteristics of vibration reducing material for FEM modeling of complex layered structure

김재호†·유승엽*·진진용**

Jae Ho Kim, Seung Yup Yoo and Jin Yong Jeon

1. 서 론

공동주택에서 발생하는 층간소음은 콘크리트 슬래브에 가해지는 충격에 의해 발생하는 것으로, 복합구조체인 공동주택의 바닥판에서의 충격 전달 양상 예측을 위해서는 그 전달 메카니즘과 모달 특성을 이해하는 것이 필요하다.(1) 특히 일반적인 강성 부재와 다른 진동전달 양상을 갖는 저감재가 복합구조 내에서 어떤 진동전달 특성을 갖고 저감재가 삽입된 복합구조가 충격에 대해 어떻게 거동하는지 이해하는 것이 중요하다.

본 연구에서는 콘크리트와 유사한 손실계수와 탄성계수를 갖는 베크라이트 보와 중량충격음 저감재를 이용하여 1차원의 방향성을 갖는 복합구조를 제작하여 core로 사용된 저감재의 종류에 따른 진동응답변화를 측정하였다. 향 후 본 측정결과를 FEM 모델링 및 진동응답해석에 적용하여, 저감재를 모델링 하는데 효과적인 방법을 찾고 이를 실제 바닥구조 모델링에 적용하고자 한다.

2. 복합구조 구성 재료의 물성측정

2.1 강성 보(베크라이트)의 물성

복합구조에는 높이 30.0 mm, 너비 30.0 mm, 길이 1.00 m, 밀도 1.44E3 kg/m³의 강성 보(베크라이트)가 사용되었다. 단일 베크라이트 보의 동적특성은 단일 베크라이트 보를 낚시줄로 매달아 보의 양 끝단을 자유단상태로 두고 진행되었으며, 전달함수법(1,2)을 이용하여 굽힘강성과 손실계수를 도출하였다. 측정치는 약 50 Hz 이상에서 유효한 값을 나타내었으며, 영계수는 1.26 E¹⁰ Pa, 굽힘강성은 평균 855.65 Nm², 손실계수는 0.026의 값을 갖는 것으로 나타났다.

2.2 완충재의 물성

복합구조의 코어에 해당하는 재료는 바닥충격음 저감재로 사용되는 완충재와 제진재가 사용되었다. 완충재의 물성은 KS F 2868에 준하여 동탄성 계수와 손실계수를 측정하였다. 실험에 사용된 완충재는 EVA 소재의 완충재 1종류와 EPS 소재의 완충재 2종류로 총 3가지이며, 측정결과 표 1과 같이 EVA와 EPS 완충재는 공진주파수와 동탄성 계수에서 큰 차이를 보였다.

Table 1. Physical and mechanical properties of resilient isolator

재료	질량 (kg)	두께 (mm)	공진주파수 (Hz)	동탄성계수 (MN/m ²)	손실계수
EVA 20	0.07	0.20	32.50	22.03	0.17
EPS 10	0.01	0.10	77.14	47.31	0.20
EPS 20	0.01	0.20	74.83	43.11	0.19

2.3 제진재의 물성

제진재의 물성은 복소탄성 해석법을 사용하여 탄성계수와 손실계수를 도출하였다. 측정결과 본 연구에 사용된 제진재는 30 Hz~1 kHz 평균 10E⁷ Pa의 동탄성계수, 0.83 정도의 높은 손실계수를 갖는 것으로 나타났다.

3. 복합구조의 진동응답 특성조사

2개의 베크라이트 보 사이에 완충재 및 제진재 등의 저감재를 삽입한 복합구조를 구성하여 진동응답 특성을 비교하였다. 측정은 다음 그림 1과 같이 자유단 상태에서 보의 한쪽 끝단을 임팩트 해머로 가진하고 그에 따른 진동가속도를 10 cm 간격으로 총 22점에서 측정하였다. 측정결과는 가진점 반대편의 끝단에서의 측정결과를 전체 측정점으로 보정한 FRF를 이용하여 비교하였다.

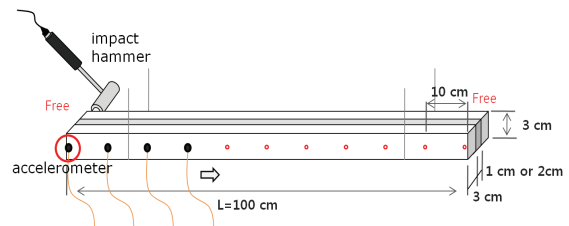


Figure 1. Measurement setup

† 교신저자; 한양대학교 건축환경공학과
E-mail : nosaer4@gmail.com
Tel : (02) 2220-1795, Fax : (02) 2220-4794
* 한양대학교 건축환경공학과
** 한양대학교 건축공학부

(1) 완충재 삽입보의 진동응답특성

그림 2와 표 2는 완충재를 삽입한 보의 진동응답 특성을 나타내고 있다. 측정결과 EVA 완충재가 삽입된 복합구조는 1차 공진모드가 102 Hz 대역에서 관측되어EPS 완충재가 삽입된 완충재에 비해 1차 공진주파수가 좀 더 낮은 주파수에서 측정되었으나, 2차 및 3차 공진주파수의 경우 서로 큰 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다. 동일한 EPS 재질이지만 core 의 두께가 서로 다른 경우에도 거의 동일한 주파수 대역에서 공진모드가 관측되었다. 각 공진모드에서의 손실계수 또한 2차 모드에서 EVA 완충재를 삽입한 복합구조가 0.13 의 비교적 높은 손실계수 값을 나타낸 것을 제외 하면 완충재를 core 로 구성된 복합보들은 서로 유사한 특성을 나타내었다.

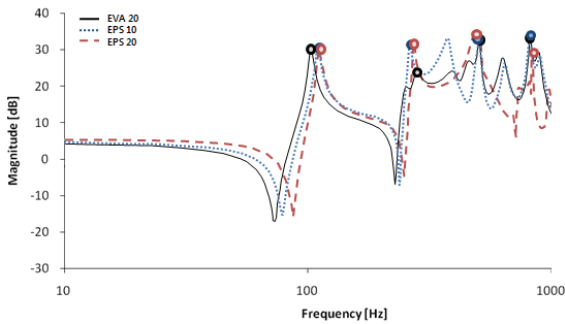


Figure 2. Frequency response function: resilient isolator

Table 2. Mode frequency & loss factor: resilient isolator

Mode	Core	Frequency [Hz]	Loss factor
1st	EVA 20	102	0.04
	EPS 10	111.5	0.04
	EPS 20	110	0.04
2nd	EVA 20	277.5	0.13
	EPS 10	270	0.03
	EPS 20	263.5	0.03
3rd	EVA 20	500.5	0.03
	EPS 10	511.5	0.03
	EPS 20	509	0.02
4th	EVA 20	811.5	0.03
	EPS 10	825.5	0.02
	EPS 20	821	0.02

(2) 제진재 삽입보의 진동응답 특성

2개의 베크라이트 보 사이에 점탄성 제진재 10 mm 를 삽입한 복합구조의 주파수응답함수와 공진모드 위치를 각각 그림 3, 표 3에 나타내었다. 측정결과는 전 절의 완충재 10 mm 를 삽입한 복합구조 실험결과와 비교하여 플로팅 하였다. 측정결과 제진재를 삽입한 복합구조는 완충재를 삽입한 구조에 비해 낮은 FRF 레벨을 나타내었다. 1차 모드의 경우 제진재 복합구조가 완충재 복합구조에 비해 10 Hz 정도 높은 122 Hz 대역에서 나타났으며, 각 모드에서의 손실계수 값은 제진재삽입구조가 완충재삽입구조의 약 10배 정도로 1차모드에서 0.47, 2차모드에서 0.30 등으로 특히 저 주파 대역에서 큰 값을 갖는 것으로 나타났다.

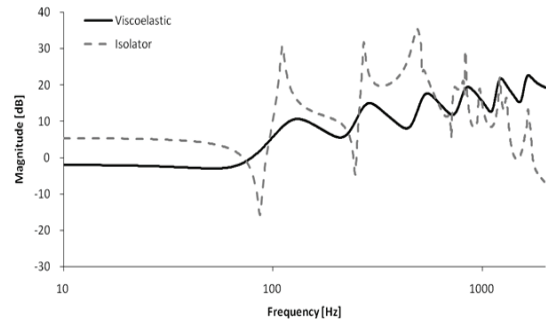


Figure 3. Frequency response function: viscoelastic damping material and resilient isolator

Table 3. Mode frequency & loss factor: damping material

Mode	Core	Frequency [Hz]	Loss factor
1st	Damp 10	122	0.47
	EPS 10	111.5	0.04
2nd	Damp 10	277	0.30
	EPS 10	270	0.03
3rd	Damp 10	525	0.21
	EPS 10	511.5	0.03
4th	Damp 10	822	0.17
	EPS 10	825.5	0.02
5th	Damp 10	1191	0.13
	EPS 10	825.5	0.02

4. 결론 및 향후 계획

본 연구에서는 베크라이트 보와 완충재 및 제진재를 이용하여 복합구조를 구성하였고 각 복합구조의 진동응답 특성을 조사하였다. 측정결과 완충재 종류에 따른 진동응답특성차이는 크지 않은 것으로 나타났다. 반면 제진재 복합구조는 완충재 복합구조에 비해 높은 주파수 대역에서 1차모드가 나타나며, 각 모드에서 약 10배 정도의 손실계수를 갖는 것으로 나타났다. 향후 본 측정결과를 반영하는 복합보의 FEM 모델링 및 진동응답 특성 해석이 진행 될 것이며, 동일한 방법을 실제 바닥구조 모델링에 적용하여 실제 측정결과와 비교할 것이다.

참고문헌

- (1) J. Park, "Transfer function methods to measure dynamic mechanical properties of complex structures." J. Sound Vib. 288, 57-79 (2005)
- (2) 김승준, 박준홍, 유승엽, 정영, 전진용, "보 전달 함수법을 이용한 콘크리트 구조물의 동특성 측정", 2006 추계학술대회논문집, 한국소음진동공학회, CD-ROM

후 기

본 연구는 한국과학재단 "특정기초연구" (과제번호: R01-2008-000-21001-0)의 지원으로 수행되었습니다.