

바닥구조 저감재에 따른 충격음 특성 해석

Analysis of impact sound characteristics of the floor structures using isolators

유승엽† · 진진용*

Seung Yup Yoo, Jin Yong Jeon

1. 서 론

국내에서 바닥충격음 저감을 위한 바닥구조는 복사난방 형태인 온돌바닥구조의 습식시공으로 바닥층 내부에 소음전달을 방지하는 재료를 삽입하거나 건식, 반건식 구조들이 사용되고 있다. 고성능의 차음성능을 가진 바닥충격음 저감구조를 개발하기 위해 다층의 복합재로 구성된 바닥구조들도 개발되고 있다.

새로운 저감구조의 적용 및 성능 평가에 이르는 시간을 단축하기 위해 실제 시공 환경이 반영된 표준 실험동이 인정평가에 대한 업무와 더불어 활용되고 있으나, 설계 단계에서 이를 모델링하고 예측할 수 있는 해석기술의 도움이 개발 효율성 증대를 위해 보다 요구되고 있다. 이러한 요구에 의해서 고체 전달음에 기인한 층간소음 예측연구들이 다양하게 진행되고 있다. 유한요소해석법(FEA) 또는 통계적 에너지해석법(SEA) 및 임피던스 해석방법에 의한 바닥충격음 예측에 대한 연구들이 선행되어 왔다.

바닥충격음 저감구조의 해석모델 구축에서는 각 구성층의 물성, 접촉면에 대한 조건설정 및 구조체 모델링 등에 대한 고려가 필요하다. 본 연구에서는 유한요소 해석 프로그램인 ANSYS를 기반으로 하고 위와 같은 차원에서 각각의 영향을 검토하여 연구개발 단계에서 활용 가능한 다층 바닥구조 해석방법을 제안하고자 한다.

2. 본 론

2.1 복합 바닥구조의 진동해석

일반적으로 복합 구조 내에서 점탄성 제진재 또는 완충 탄성재등 저감재료에 따른 각 구조간의 거동특성 차이는 상, 하부 층간의 일체화 여부에 따라 다르게 나타난다. 이에 대해서는 제진재와 완충재의 밀도 차이의 영향도 있으므로, 본 연구에서는 벽식구조의 경계조건하에 복합층을

가지는 바닥구조를 모델링하고 이에 따른 진동특성을 분석하여 각 재료의 삽입에 따른 특성을 예측하였다.

ANSYS 해석패키지를 이용해 바닥판을 유한요소 모델링하고 이를 해석하였다. 벽식구조의 경우, 슬래브 평판의 끝단에서 내력벽체와 고정단으로 경계조건을 설정하였다. 해석시 3-D 솔리드 요소를 사용하였고, 입력한 각 바닥구조 층의 물성은 Table 3과 같다.

Table 1. Material properties of each layer in the finite element model

	입력된 재료의 물성				
	층두께 [mm]	밀도 [kg/m ³]	탄성계수 [Pa]	포아송비	감쇠계수
철근콘크리트 슬래브	180	2400	2.25×E ¹⁰	0.17	0.006
경량기포 콘크리트	40	500	1.75×E ⁸	0.17	0.010
마감 모르타르	40	1800	2.00×E ¹⁰	0.17	0.008
완충재 (PE계)	20	115	7.20×E ⁶	0.37	0.100
제진재 (아스팔트 고무계)	20	1600	1.50×E ⁸	0.40	0.400

150mm의 콘크리트 맨슬래브에 대한 삽입재료(완충재, 제진재)의 물성 및 거동특성에 따라 총 3가지 케이스로 분류하고, 상하층간의 절점 연결여부에 따른 층 분리효과를 모사하였다. 구조물의 동적해석은 모드해석과 더불어 및 그림 1과 같이 실제 뱀머신의 충격력을 바닥판 중앙에 가하였을 때 바닥판의 과도응답(transient response)을 분석하였다. 그림 1의 충격력 폭로레벨은 기준값을 1N으로 하였을 때의 상대적 레벨을 나타낸다.

† 한양대학교 건축환경공학과
syrus81@hanyang.ac.kr
Tel: (02)2220-1795, Fax: (02)2220-4794

* 한양대학교 건축공학과

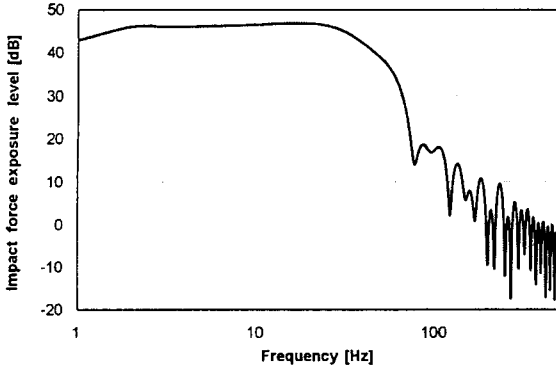


FIG 1. Impact force level of the source in this analysis (Bang machine)

각 케이스 별 해석결과는 그림 2와 같다. 삽입재를 설치하였을 때 콘크리트 맨슬래브에 비해 고유진동수와 진동량에 차이가 나타나고 있다. 그림 2(a)의 모드해석 결과, 수직방향 1차 모드에서 굽힘 진동이 저주파수 대역이 중심인 중량충격음 레벨에 주요하게 나타나고 있다. 그림 2(b)의 과도해석 결과, 완충재를 적용한 뜬 바닥구조의 경우, 맨 슬래브에 비해 저주파수 대역으로, 일체화된 제진재 구조의 경우, 고주파수 대역으로 고유주파수가 이동한다. 한편, 1차 고유진동수에서의 진동가속도 레벨의 경우, 맨슬래브에서 제진재 적용구조 그리고 완충재 적용구조 순으로 저감되어 제진재의 저감레벨이 5dB 이상 완충재에 비해 크게 나타났다. 또한 63Hz 대역에서도 유사한 레벨차를 나타나고 있으므로 벽식구조 공동주택 거실의 공진주파수 대역과 유사한 40Hz대역에서 중량충격음을 저감하기 위해서는 상하층이 일체화된 제진구조를 적용하는 것이 보다 효과적이다.

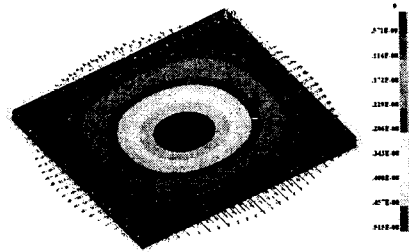
2.2 가진된 바닥판에서 방사되는 음향 해석

상용 음향해석 프로그램인 SYSNOISE에 의해 바닥판의 충격진동에 의해 발생하는 음장을 해석하였다. 먼저, ANSYS에서 각 주파수에 대하여 실충격원(Bang machine)에 의한 충격력을 입력하였을 때, 20~360Hz까지의 구조진동에 대한 조화진동 해석결과를 바탕으로 진동모델을 해석, 이를 통해 음향해석을 수행하였다. 그림3은 표준 시험동을 대상으로 맨슬래브에 대한 수음실에서의 중량충격음 압레벨 분포를 나타낸다.

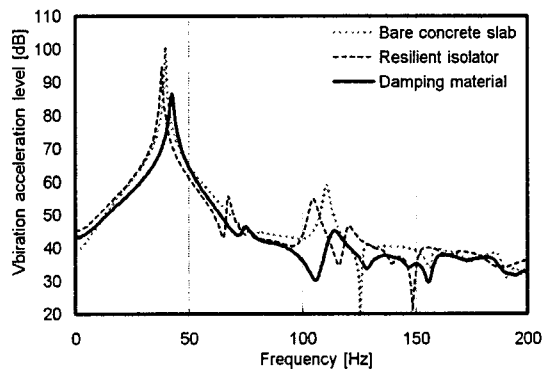
3. 결론

본 연구에서는 바닥판의 소음, 진동해석에서 제진재와 완충재라는 저감재료의 입력 물성차이에 따른 중량충격음에 대한 레벨차이를 검토해보았다. 이를 통해서 제진재가 중량충격음에서 효과적인 것으로 나타났다. 향후 다양한 감

쇠계수, 경계조건 및 탄성계수의 입력범위에 따른 바닥진동의 저감성능과 이에 따른 충격음의 음압레벨 저감을 살펴볼 필요가 있다.

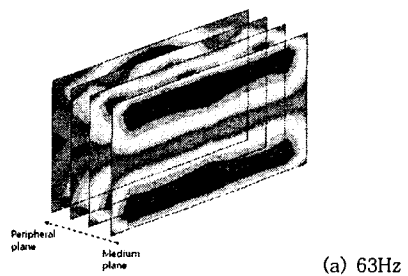


(a) Boundary conditions and 1st mode shape

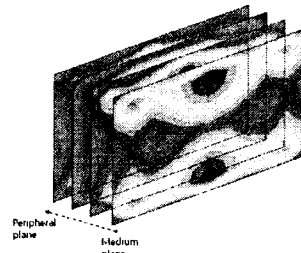


(b) Transient analysis result

FIG 2. Comparison of the calculated vibration acceleration levels of the composite slabs using resilient isolators and damping materials



(a) 63Hz



(b) 125Hz

FIG 3. Analysis of sound field through the acoustic analysis