

중량충격원 충격력 특성과 저감재 동특성 차이에 따른 바닥구조의 충격음 저감성능 해석

Analysis of impact sound reduction of the floor structures according to characteristics of impact forces and dynamic characteristics of isolators

유승엽† · 연준오* · 전진용*

Seung Yup Yoo, Jun Oh Yeon, Jin Yong Jeon

1. 서 론

바닥충격음 저감구조의 설계 및 평가는 현장 또는 실험실에서 시험시공을 통해 기존 저감구조에서 사용되는 재료 또는 저감구조의 구성을 변경했을 때, 개발구조의 저감성능을 비교 평가하는 방법이 일반적이다. 최근에는 부재의 통합적 성능향상에 대한 요구와 더불어 관련 기술의 개발기간의 축소를 통한 비울 절감을 위해 전산 해석적 방법을 활용한 해석 및 설계기술도 적극적으로 도입되고 있다.

복합바닥구조의 동적특성에 대한 실험 및 해석적 연구 결과들이 국내에서도 많이 소개되고 있다. 특히, 중량충격음의 해결에 대한 문제가 대두되기 시작함에 따라 유한요소해석방법(FEM)을 활용한 연구들이 진행되었으며 다양한 상용해석패키지들을 사용함으로써 실용적 개발단계에서 활용하기 위한 연구 성과들이 발표되고 있다. 그러나 아직까지 다양한 재료로 구성되어 있는 복합바닥구조의 모델링, 저감재료의 동특성에 따른 충격음 저감성능에 대한 효과, 실내음장의 구형과 같은 부분에 대해 신뢰할 수 있는 해석결과를 제시하지 못하고 있다.

본 연구에서는 저주파에서 충격력이 큰 중량충격원 종류에 따른 바닥충격음 저감효과 및 완충재의 동특성 변화에 따른 바닥판의 충격진동특성에 대해 유한요소 해석을 이용하여 비교 평가하였다.

서 처음으로 개발하여 JIS에서 표준충격원으로 도입하여 사용하고 있는 사용하고 있는 중량충격원이다.

충격력 및 임피던스 특성을 조사한 기존 연구결과를 통해 임팩트볼이 실제 충격원과 비교하여 뱅머신에 비해 보다 유사한 것으로 밝혀졌다. 종래의 뜬바닥구조는 바닥의 공진주파수를 저주파수 대역으로 이동시키는 방법으로 설계가 되기 때문에, 63Hz 이하에서 실제보다 과도한 충격력을 가진 뱅머신으로 저감구조의 차단성능을 평가할 경우, 과도한 설계를 유발할 수 있다는 문제점을 가지고 있었다. 이러한 문제점들로 인해 국내에서도 임팩트볼 도입이 적극적으로 추진될 것으로 예상되고 있다. 그러나 아직까지 새로운 충격원 도입시, 기존 뱅머신을 활용한 측정결과들을 활용하는 방법에 대한 연구가 부족한 상황이다. 이에 본 연구에서는 서로 다른 중량충격원을 적용했을 때, 발생하는 충격진동의 전달특성을 전산해석 방법으로 비교분석하였다.

그림 1은 force transducer 3개로 구성되어 있는 충격력 측정장치로서 충격력 스펙트럼을 교정하여 2종의 중량충격원에 대해 충격력을 평가하였다. 그림 2는 측정장치에 각 가진원을 낙하시켰을 때의 시간에 따른 스펙트럼을 나타내고 있다. 뱅머신의 충격력 레벨은 최대 4200N 이상으로 측정되었으며 충격력 지속시간은 20ms를 넘는 것으로 나타났다. 임팩트볼의 충격력은 최대 1500N 이상으로 나타났다으며 충격력 지속시간은 20ms 이내로 나타났다.

2. 본 론

2.1 중량충격음의 충격력 특성

현재 표준 중량충격원으로는 KS F 2863-2 뱅머신이 일반적으로 사용되고 있다. 그리고 임팩트볼은 고무류의 탄성재로 만들어진 구(球)의 형태를 가진 충격원으로 일본에

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

* 한양대학교 건축공학과

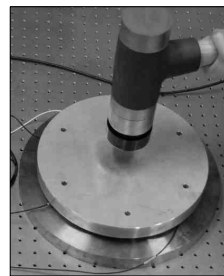


FIG 1. Apparatus for measuring impact force

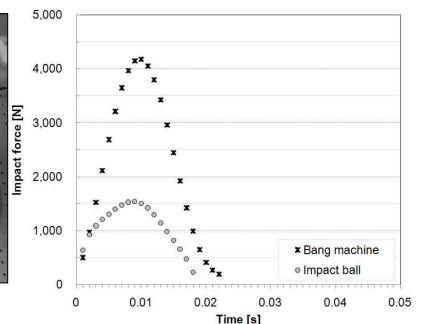


FIG 2. Time spectra of standard heavyweight impact sources

그림 3은 10~500Hz까지의 각 충격원의 주파수 스펙트럼을 나타내고 있다. 125Hz 이하 대역에서의 충격력은 뱅머신이 10dB 이상 크게 나타나는 반면, 125Hz 이상의 주파수 대역에서는 임팩트볼의 충격력이 높게 나타났다.

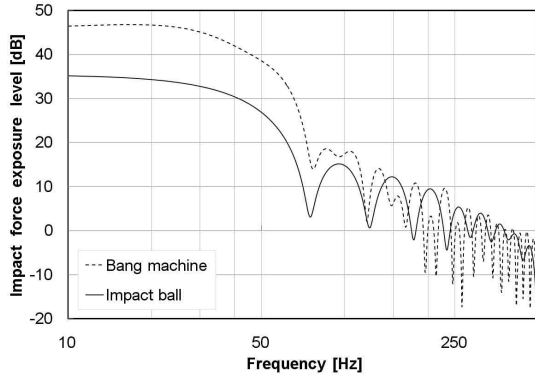


FIG 3. Frequency spectra of standard heavyweight impact sources

위의 충격력 특성을 반영하여, 27평형대 공동주택 거실의 콘크리트 맨슬래브 구조를 대상으로 2가지 종류의 중량충격원을 사용했을 때의 바닥판 진동특성을 과도해석(transient analysis)을 통해 비교하였다. 총 해석시간은 0.5초로 설정하였으며 충격력은 1ms간격으로 입력하였다. 거실 바닥판 중앙부위를 가진 하였을 때, 수음실 천장 중앙부위에서의 진동응답을 살펴보았다. 그림 4는 각 충격원 가진시 바닥판의 진동가속도 응답을 주파수 및 시간 스펙트럼으로 나타내고 있다. 바닥 진동응답의 차원에서 뱅머신으로 바닥판을 가진하였을 때의 진동가속도응답이 임팩트볼에 비해 2배 높게 나타나는 것으로 나타났다. 주파수 응답에 있어서는 바닥판의 공진주파수는 23Hz로 나타나 있으며, 저차모드의 주파수 대역에서는 임팩트볼을 가진하였을 때 뱅머신에 비해 10dB 진동가속도레벨이 더 낮게 나타나는 것으로 나타났다. 그러나 250Hz 대역에서는 임팩트볼의 경우에서 더 높게 나타났다.

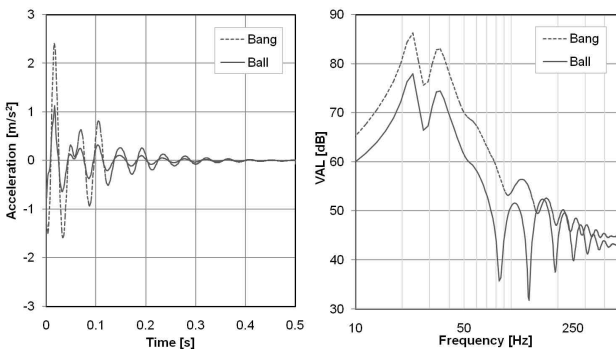


FIG 4. Time(left) and frequency(right) spectra of floor vibration response through transient analysis

2.2 바닥충격을 저감제의 동특성

현재 국내에서는 KS F2868의 뜬바닥 구조에 삽입되는 완충재 물성측정 방법을 통해 완충재의 동특성, 즉 동탄

성계수와 손실계수에 대해 평가하고 있다. 일반적으로 동탄성계수가 작은 저감재를 사용하면 경량충격을 저감에 효과적인 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 이러한 저감재의 동특성 차이에 따라 중량충격원을 사용했을 때의 바닥판 진동응답에 대해서 평가하였다.

표 1은 본 해석모델에서 사용된 표준 바닥구조내 삽입되는 저감재의 물성데이터이다. 재료 1에 비해 재료 2는 동탄성계수는 20배, 감쇠계수는 8배 큰 것으로 나타났다.

Table 1. Dynamic characteristics of applied isolators in composite floor model

	dynamic stiffness	loss factor
Material 1	7.2MN/m ³	0.1
Material 2	150MN/m ³	0.8

철근콘크리트(두께 180mm)에 적용된 저감재(두께 20mm) 위에 마감몰탈 및 경량기포콘크리트(각 두께 40mm)층으로 마감된 슬래브 중앙부위를 뱅머신으로 가진 하였을 때, 수음실 천장에서의 진동응답결과를 계산한 결과는 그림 5와 같다. 재료 2를 사용한 구조가 재료 1에 비해 바닥판의 1차 공진주파수가 고주파수 대역으로 이동하였으며 진동저감효과가 더 우수한 것으로 나타났다. 따라서 동탄성계수 및 손실계수가 높은 저감재가 사용된 바닥구조에서의 중량충격음 저감효과에 대해서도 동탄성계수 및 손실계수가 낮은 저감재를 사용한 바닥구조에 비해 클 것으로 사료된다.

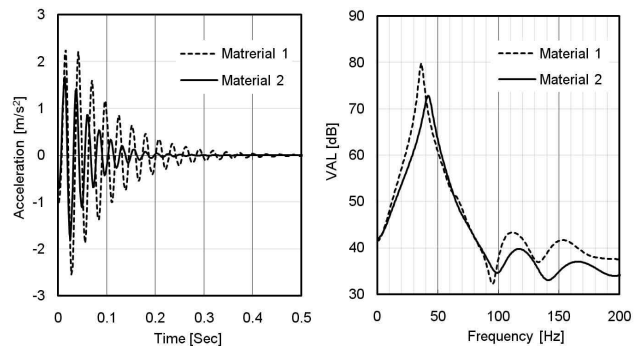


FIG 5. Time(left) and frequency(right) spectra of floor vibration response through transient analysis

3. 결 론

중량충격원 종류 및 저감재 종류에 대한 바닥판의 진동응답을 통해 충격음 저감특성을 해석하기 위한 기초적인 연구를 수행하였다. 임팩트볼에 대한 저감구조의 해석에 있어서는 125Hz 이상의 주파수 대역에 대해 개선하는 것이 효과적일 것으로 사료되며 저감재의 동탄성 계수 및 손실 계수가 증가할수록 중량충격음 저감에 효과적인 것으로 해석되었다. 향후 음장을 고려한 충격음 해석 및 주파수 대역별 동특성을 입력한 모델을 제시함으로써 바닥충격음 해석 모델의 개선에 대한 구체적인 연구가 진행될 필요가 있다.