

점탄성 전단연결재를 이용한 바닥충격음 저감에 관한 연구

The vibration and noise control of slab using a viscoelastic stud system

황재승¹⁾·김재형¹⁾·문대호²⁾·박홍근²⁾

J.S. Hwang, J.H. Kim, D.H. Moon, H.G. Park

1. 서 론

국내 공동주택에 사용되는 바닥구조는 두께 210mm의 콘크리트 슬래브위에 단열성능을 가지는 20mm 이상의 완충재 그리고 각각 40mm 이상의 경량기포콘크리트와 모르타르로 적층된 마감층으로 이루어졌다.

완충재는 슬래브와 마감층의 강도에 비해 매우 작아 슬래브와 마감층을 재료적으로 분리할 뿐만 아니라 역학적으로 격리시킴으로써 상부 마감층에 가해진 힘을 하부 슬래브로의 전달을 일부 차단하는 역할을 한다. 이와 같이 완충재가 가지는 하중차단효과가 하부 슬래브에 발생하는 소음 저감에 가지는 유효성 때문에 그간 효과적인 소음저감을 위하여 완충재에 대한 연구가 보다 광범위하고 체계적으로 이루어진 바가 있다.

차단효과는 마감층에 가해지는 하중과 완충재의 동특성에 많은 영향을 받는다. 상대적으로 고주파영역의 하중은 마감층에 짧은 파장과 높은 파수의 진동을 유발시키고 이 진동은 완충재에 의해 효과적으로 흡수되기 때문에 하부 콘크리트 슬래브에 전달이 작게 되는 반면, 저주파 영역의 하중은 슬래브 크기에 상당하는 파장을 가지면서 마감층과 완충재 및 하부 콘크리트 슬래브가 일체화된 진동을 유발하며 완충재의 동특성에 따라 이들 상호간의 연성효과에 의한 진동이 발생한다. 또한 상대적으로 연결인 완충재에 의해 마감층에 가해진 충격하중이 하부 콘크리트 슬래브로 전달되면서 그 동적특성이 저주파영역으로 편향되면서 그에 따라 슬래브의 진동특성 또한 저주파영역의 특성이 우세하게 된다. 이러한 효과는 충격하중에 의해 맨바닥 슬래브에 발생하는 진동보다 마감층을 포함한 슬래브의 저주파영역 진동을 크게하고 결과적으로 소음 또한 저주파 소음이 우세하게 되어 경우에 따라 맨바닥 슬래브에서의 소음보다 더 큰 소음을 유발하는 경우도 발생하고 있다.

완충재에 의해서 중량충격음이 증폭되는 현상과 이를 해결하기 위한 선행연구들이 진행되어 왔다. 단열과 제진을 목적으로 제진재에 대한 연구 개발이 이루어지고 있으며, 완충재에 의해 마감층과 하부 콘크리트 슬래브의 연성효과를 고려한 해석과 이를 저감하기 위한 연구들이다. 최근의 연구로써는 마감층과 하부 콘크리트를 전단 연결재를 이용하여 연결함으로써 완충재와의 상호작용을 억제하고 마감층과 콘크리트 슬래브를 일체화함으로써 강성을 증가시켜 소음을 저감시키는 노력이 있다. 이들 연구에서는 전단연결재의 강성, 설치 위치 및 바닥판내의 분포에 따라 완충재에 의한 소음증폭을 억제하고 맨바닥 슬래브상태보다 소음을 저감할 수 있는 가능성을 제시하고 있다.

본 연구에서는 기존 전단연결재에 의한 소음 저감연구의 연장선으로 점탄성을 가지는 전단연결재를 개발하여 이를 마감층과 하부 콘크리트 슬래브를 연결했을 때의 소음 저감효과를 수치해석을 통해서 평가하고자 한다. 점탄성 전단연결재는 빔요소로써 압축인장 뿐만아니라 전단거동을 하며 인장, 전단 강성뿐만아니라 인장, 전단방향으로 감쇠효과를 가지는 것을 모델링을 하였으며, 이들 동적 특성이 바닥판의 진동과 소음저감에 미치는 영향을 분석하였다. 또한 인장, 전단방향의 감쇠 중 진동과 소음에 우세한 성분이 추출하고 최적의 값의 존재 유무를 평가하였다.

2. 점탄성 전단연결재의 모델링

기존 공동주택의 바닥구조는 콘크리트 슬래브 상부면에 완충재를 설치하고 그 위에 바닥 마감층(경량 콘크리트와 마감 모르타르)이 순차적으로 적층되는 구조이다. 본 연구에서는 콘크리트 슬래브와 바닥 마감층 사이에 점탄성 전단연결재가 연결되며 전단연결재가 설치되지 않는 부분은 기존의 완충재나 단열재가 적층된다고 가정하였다. 점탄성 전단연결재는 콘크리트 슬래브와 마감층을 견고하게 연결되어 일체화되어 있다고 가정하였다. 기존의 단열재나 완충재는 마감층과 콘크리트 슬래브 사이에 단순 적층되어 있으며 점탄성 전단연결재에 비해 강성이 상대적으로 작고 전단력을 지지할 수 없다고 가정하여 해석 모델링 과정에서 이들의

1) † 교신저자; 전남대학교 건축학부
E-mail : jshwang@jnu.ac.kr
Tel : (062) 530-1641, Fax : (0062) 530-0250
2) 서울대학교 건축학과

영향을 무시하였다.

점탄성 전단연결재의 소음진동 저감효과를 평가하기 위한 대상 구조물은 4번 힌지 지지된 4.5 x 3.9 x 0.15(m)의 평판이며 마감층의 크기는 슬래브와 동일하며 두께는 0.08m, 두 구조체사이의 이격거리는 0.02m로 가정하였다. 전탄성 전단연결재의 거동은 압축인장과 전단거동을 한다고 가정하였으며 마감층과 슬래브와 견고하게 연결되어 있다고 가정한다. 이러한 가정에 의하여 점탄성 전단연결재는 두 구조체사이의 거동에 의하여 영향을 받게 되면 Fig.1과 같이 거동한다.

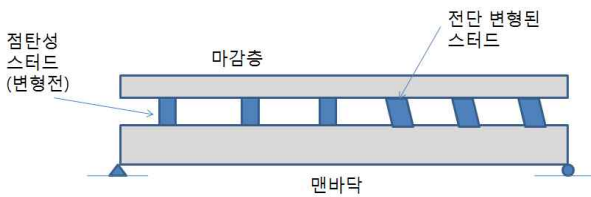


Fig. 1 Displacement of slab system with visco-elastic stud

Fig. 1에서 보는 바와 같이 마감층과 맨바닥 사이에 연결된 연결재는(그림 왼편) 마감층과 맨바닥의 휨변형에 의하여 압축인장과 전단을 변형을 일으키며(그림 오른편) 그 변형에 의하여 점탄성 소재가 에너지를 소산시켜 진동과 소음을 저감시키는 역할을 한다.

3. 점탄성 전단연결재에 의한 소음진동저감효과

점탄성 전단연결재에 의한 소음 진동 저감효과를 평가하기 위하여 수치시뮬레이션을 수행하였다. 기존의 강재 스테드에 의한 소음 진동저감효과와 비교하기 위하여 해석조건 및 스테드의 설치 위치 및 분포는 동일하게 하였다. 점탄성 연결재의 전단 탄성계수는 60MPa 이며 그 크기는 0.1 x 0.1 x 0.02(m)이고 손실계수는 1.0이라고 가정하였다.

강재 스테드는 완충재에 의한 증폭효과를 저감하기 위하여 설치한 것으로 소음이 가장 작아질 때의 설치위치 분포에서 단일 평가 지수는 49dB이었으며 맨바닥일 때 50dB에 비하여 미소하게 저감되는 되나 완충재(이때 완충재의 동탄성계수 10MN/m³)에 의해 증폭되었을 때의 단일 평가 값인 55dB에 비하여 5dB이상 저감되는 것을 알 수 있다. (Fig. 2 참조)

그에 비하여 점탄성 스테드를 사용한 경우에는 소재에 의한 에너지 흡수에 의하여 소음이 전 주파수 영역에서 줄어드는 것을 알 수 있다. 점탄성 스테드의 소음 저감효과에 영향을 미치는 것은 전단거동에 의하여 전단연결재가 변형되는 경우가 인장압축을 받는 경우에 비하여 더 탁월하게 나타나는 것을 알 수 있으며 주 소음 영역외(중심주파수

32 Hz)에서 10dB 이상 저감되는 것으로부터 진동 저감효과 가지는 것을 알 수 있다. 또한 단일 평가법에 의한 소음 값이 45dB로 맨바닥에 비하여 5dB의 저감효과를 가지는 것을 알 수 있다. (Fig. 3 참조)

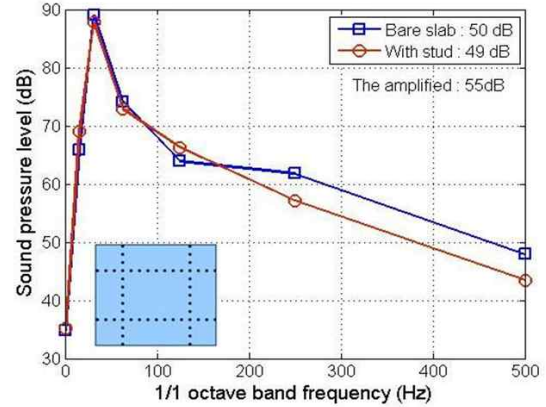


Fig. 2 Sound pressure of slab system with steel stud

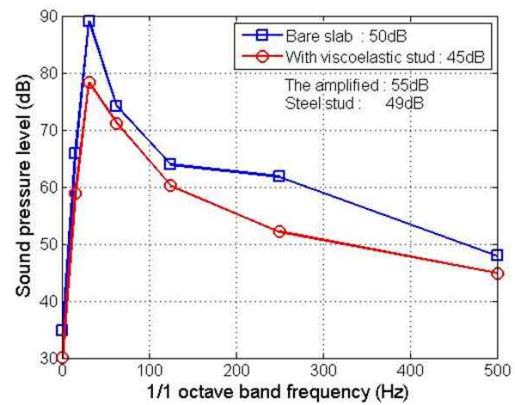


Fig. 3 Sound pressure with viscoelastic stud

4. 결 론

본 연구에서는 점탄성 전단연결재에 의한 바닥판의 진동 소음저감효과를 수치해석을 통해 평가하였다. 수치해석결과 일반 강재 스테드에 비하여 소음과 진동에서 많은 저감효과를 가지는 것으로 나타났으며, 점탄성소재에 의한 에너지 흡수에 의한 영향이 크기 때문인 것을 알 수 있다.

후 기

이 논문은 2010년 교육과학기술부로부터 지원받아 수행된 연구임 (지역거점연구단육성사업/바이오하우징연구사업단)