

완충재의 동특성에 따른 중량충격음 증폭에 관한 해석적 연구

The effect of dynamic property of absorbing sheet on the amplification of heavy weight floor impact noise

황재승¹⁾·문대호¹⁾·박홍근¹⁾·홍성걸¹⁾·홍건호²⁾·임주혁³⁾·김용남³⁾

J.S. Hwang, D.H. Moon, H.G. Park, S.G. Hong, J. H. Lim, Y.N. Kim

Abstract

Previous experimental results performed by many researchers for a couple of decades in South Korea have shown that an absorbing sheet inserted in a conventional floating slab system for thermal insulation or vibration absorption may amplify the vibration of the slab system at specific frequency ranges depending on the material properties of the sheet. The amplified vibration, consequently, results in the heavy weight floor impact noise exceeding the sound level limit for an apartment house, 50dB. In this study, the amplification mechanism is examined through numerical analysis and a new slab system is proposed to reduce the amplification and control the noise. The new slab system consists of studs connecting the base slab and upper concrete finishing yielding the dramatically increased stiffness of the slab. The numerical simulation is performed to investigate the effect of the slab system with studs on the vibration and noise control. The results show that the performance of the slab is sensitive to the number and location of studs, and the heavy weight floor impact noise can be reduced up to 6-7dB compared to the conventional slab system at the optimal stud location.

1. 서론

국내 공동주택 바닥충격음을 저감하기 위한 연구의 주된 흐름을 보면 슬래브의 두께를 증가시키거나 뜬바닥 구조에 의해 충격하중을 완화시키려는 방향으로 전개되어 온 것을 알 수 있다. 바닥충격음이 사회적 이슈로 등장하면서 120-150mm이었던 벽식 구조 슬래브의 두께가 180mm로 증가되었다가 “공동주택 바닥충격음 차단구조 인정 및 관리기준(2005)”의 표준바닥구조에서는 210mm 이상으로 설정되어 현재 대부분의 공동주택에 적용되고 있다. 뜬바닥구조는 바닥충격음의 저감을 위하여 바닥마감층(상부온돌구형층)을 콘크리트 슬래브로부터 탄성지지물(완충재)에 의해 격리시킨 시스템으로 바닥에 작용하는 충격하중이 지지층의 완충작용에 의해 슬래브에 전달되는 것을 차단함으로써 슬래브의 진동과 이로부터 기인하는 소음을 저감시킨다. 완충재의 동탄성계수(스프링상수)가 작고 적절한 손실계수를 보유해야 충격하중 차단효과를 가지기 때문에 기준에서는 측면 완충재의 동탄성계수는 150MN/m³ 이하, 콘크리트 슬래브 완충재의 동탄성계수는 40MN/m³ 이

하이며 손실계수 0.1-0.3 범위의 값을 갖도록 규정하고 있다.

새로운 소재와 다양한 형상을 가지며 품질기준과 단열성능을 만족하는 다수의 완충재가 개발되어 바닥판의 진동 및 소음저감에 활용되고 있다. 그러나 이들 대부분의 완충재는 고주파영역에서 발생하는 경량충격음의 저감에는 매우 효과적인 것으로 나타나고 있으나 저주파영역에서 발생하는 중량충격음에 대해서는 저감효율이 미미한 것으로 알려져 있으며, 그간 많은 실험연구와 현장적용과정에서 완충재 설치 후의 중량충격음이 맨바닥에서의 중량충격음에 비해 오히려 증폭되는 현상이 나타나 차단기준 50dB을 초과하는 경우가 있는 것으로 보고되고 있다.

이러한 증폭현상이 완충재의 동적특성, 마감층 및 콘크리트 슬래브의 거동특성과 관련된 상호작용에 의하여 나타나는 현상으로 이해되고 있지만 아직 이에 대한 명확한 발생원인과 그에 대한 해결방안이 제시된 게 없는 실정이다.

본 연구에서는 완충재의 동적 특성이 중량충격음의 증폭에 미치는 영향을 수치해석을 통하여 분석함으로써 완충재에 의한 증폭메커니즘을 파악하고 중량 충격음의 증폭을 저감하기 위해 저자들에 의해 개발된 소음저감 시스템의 성능을 평가하고 최적의 소음저감을 구현하기 위한 시스템의 설계방법을 제안하고자 한다.

2. 중량충격음 증폭메커니즘

† 교신저자; 전남대학교 건축학부

E-mail : jshwang@jnu.ac.kr

Tel: (062) 530-1641, Fax: (062) 530-0250

1) 서울대학교 건축학과

2) 호서대학교 건축공학과

3) 삼성물산 건설부문

공동주택 바닥구조는 콘크리트 슬래브 상부면에 완충재를 설치하고 그 위에 바닥 마감층(경량 콘크리트와 마감 모르타르)이 순차적으로 적층되는 구조이다. 콘크리트 슬래브와 바닥 마감층은 강성이 상대적으로 작은 완충재에 의해 독립적으로 거동한다고 가정할 수 있다. 완충재의 동탄성계수와 손실계수는 스프링과 대쉬포트로 단순하게 모델링을 할 수 있으며 콘크리트 슬래브와 바닥 마감층을 연결하게 된다. 이러한 해석모형을 표현한 것이 Fig.1에 나타나 있다. 그림에서 u, v 는 각각 슬래브와 마감층의 z 방향으로의 변위를 나타내며 k_v, c_v 는 완충재의 스프링계수와 감쇠계수를 나타내는 것이다.

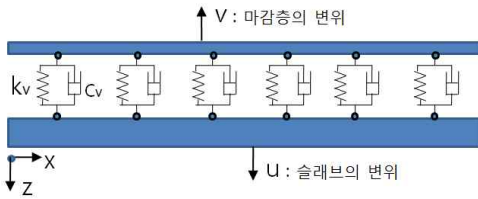


Fig. 1 Modelling of slab system

완충재의 동적 특성에 따른 중량 충격음의 증폭현상을 수치해석을 통하여 검토하였다. 직사각형 형상을 가지는 단순 평판이며 슬래브의 두께 210mm로 하였으며 마감층의 두께는 경량기포 콘크리트와 마감 모르타르를 포함하여 80mm 이나 슬래브보다 강도가 작고 미세 균열에 의해 강성이 작아지는 효과를 반영하기 위하여 50mm로 유효두께를 사용하였다. Fig. 2는 각각 동탄성 계수가 10, 2MN/m³ 일때의 1/1 옥타브 밴드의 소음해석결과를 나타내는 것으로 나슬래브 상태의 소음보다 더욱 커지는 것을 알 수 있다. 그림에서 직사각형은 나슬래브, 원형은 완충재 설치시 소음이다. 그에 비하여 동탄성 계수가 2 MN/m³ 로 아주 작은 경우에는 완충재의 충격하중 격리 효과에 의하여 나슬래브 상태의 소음보다 모드 주파수 영역에서 줄어드는 것을 알 수 있다.

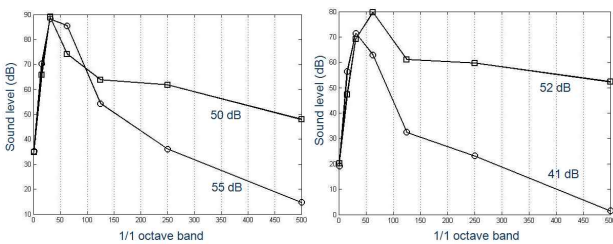


Fig.2 Sound pressure (10 MN/m³ / 2MN/m³)

3. 증폭 저감 시스템

증폭을 저감하기 위하여 전단연결재를 이용하여 슬래브와 마감층을 적절히 구속하는 새로운 시스템을 개발하였다. 전

단 연결재가 완충재를 관통하여 슬래브와 마감층을 구속하는 형상이 Fig. 3에 나타나 있다. 전단연결재의 일부는 콘크리트 슬래브에 고정되고 완충재를 관통하여 마감층 콘크리트와 접합되어 강한 구속력에 의해 완충재의 증폭을 저감하는 것이다.

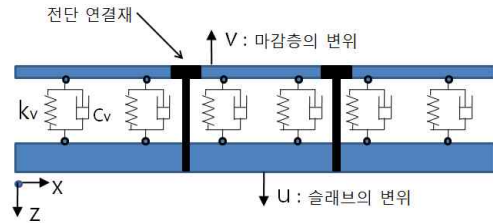


Fig. 3 Modelling of slab system with stud

단 연결재의 위치에 따른 중량충격음의 증폭저감효과를 고찰하기 위하여 수치해석을 수행하였다. 전단연결재의 위치를 슬래브 중심으로 이동시키면서 그에 따른 증폭저감효과를 분석하였다. 다음 그림은 전단연결재가 슬래브의 1/4 지점에 위치했을 때의 소음해석결과를 나타내는 것으로 증폭된 경우보다 6dB 맨바닥에 비해 1dB 소음레벨이 줄어든 것을 볼 수 있다.

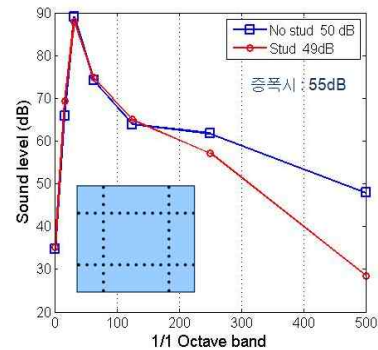


Fig. 4 Sound pressure of slab system with a # shape stud location

4. 결 론

본 연구에서는 완충재의 동탄성계수에 따른 중량충격음의 증폭효과를 고찰하고 증폭효과를 저감시키기 위해 개발된 전단연결재의 성능을 수치해석을 통하여 평가하였다.

- 1) 완충재의 동탄성계수에 따라 슬래브 시스템의 고유진동수에 변화가 발생하며 고유진동수의 주파수대역 분포에 따라 증폭효과가 달라지는 것을 알 수 있다.
- 2) 전단연결재는 슬래브와 마감층을 연결함으로써 슬래브 시스템 전체 강성을 증가시키는 효과를 가지며 완충재의 증폭효과를 저감하는 것으로 나타났으나 연결재의 설치개수 및 설치 위치에 따라 증폭저감효과가 달라지기 때문에 전단연결재의 최적위치를 선정하여야 한다.