한국소음진동공학회 2004년도 춘계학술대회논문집, pp. 296~299.

뜬바닥 구조에서 층간차음재의 계면구조 및 단면형상이 충격진동량 저감효과에 미치는 영향

Effect of the Interface Structure and Section Shape of Isolation Material in Floating Floor Impcat Vibration Level Decrease

김범수* · 양수영** · 제현수**

Beom-Su Kim, Soo-Young Yang and Hyun-Su Je

Key Words : Floor Impact Sound(바닥충격음), Section Shape(단면형상), Interface Structure(계면구조)

ABSTRACT

단열 완충재의 하부단면에서 양각 형태가 전체 면적에서 차지하는 비율에 따라 진동 충격음 저감량을 실험하였다. 양각 형태가 차지하는 비율이 높더라도 진동 충격음 저감량에는 큰 성능을 나타내지 않았다. 바닥 구조에서 슬래브와 상판 사이에 단열 완충재를 설치할 경우 중량 충격음이 오히려 증가하는 경향을 보이고 있다. 이것은 뜬 바닥 구조에서 완충재의 설치로 인하여 슬래브와 상판간의 거동이 다르게 발생하기 때문이다.

1. 서 론

상하층 세대간의 바닥충격음 문제를 줄이기 위하여 많은 국내 건설업체들이 충격음 완충재를 공동주택에 적용하고 있다.[1),(2)] 이 분야의 활발한 경쟁으로 인해 현재 시중에 나와 있는 충격음 완충재에는 다양한 단면 형상과 소재가 적용되고 있다. 이 중에서 특히 완충재의 단면 형상은 동일한 소재를 사용한 여러 가지 변화된 형태의 제품이 출시되고 있는데, 각 단면 형상이 소음 저감량에 미치는 정량적 효과에 대해서는 검증이 부족한 실정이었다. 따라서 본 연구에서는 특히 EVA소재를 중심으로 완충재의 단면 형상과 충격음 저감성능의 관련성을 고찰해 보고자 하였다

한편 완충재를 사용한 뜬 바닥 구조에서 중량 충격음 저감성능을 측정할 경우 완충재를 사용하지 않은 기존바닥구조에 비해 오히려 측정값이 높게 나오는 경우가 발생하고 있다. 이 문제의 원인에 대해서는 지금까지 몇 가지 가설들이 있었으나 본 연구에서는 완충재로 인해 발생하는 온돌바닥의 경계면 구조 변화를 중심으로 이 문제의 원인을 고찰해 보고자 한다.

* (주)H-avenue
E-mail : beomsukim@havenue.co.kr
Tel : (02)720-2080, Fax : (02) 720-2787

** 서울산업대학교 산업대학원

2. 시험장치의 구성 및 시험체 설계

지금까지 바닥 충격음 완충재의 성능은 현장에서 경량 또는 중량 충격원을 가하면서, 실의 평균 음압레벨(잔향시간도 고려함)을 구하여 성능을 평가하여 왔다. 그러나 이와 같은 경우에는 벽체면(4개면)을 통하여 전달되는 충격에너지의 복잡한 전달과정 때문에 시료 상호간의 저감특성을 엄밀하게 평가할 수 없는 문제점이 수반된다. 완충재의 성능을 엄밀하게 평가하기 위해서는 충격에너지의 전달방향을 한쪽 방향으로 국한시킨 상태에서 기본 진동모드를 발생시켜 시험하는 것이 필요하다.

본 연구의 시험장치는 Fig. 1과 같이 구성하였다. 그림에서 보듯이 완충재 상부에서 충격원이 가해질 때, 충격원에 의해 콘크리트 슬래브(①)는 굽힘진동을 하게 되므로 시료의 특성 조사가 용이할 것으로 판단된다. 또한 진동센서(⑤)는 그림에서 도시한 것과 같이 슬래브 하부면의 1개소에 장착하였다. 슬래브와 관성블록(베이스②) 사이에는 4개의 방진패드(③)를 설치하였다. 관성블록은 슬래브 무게의 2-3배 이상의 무게를 갖는 것으로 하였다.

경량충격음 시험에서의 에너지 스펙트럼은 125Hz~ 2kHz에 집중되어 있다. 또한 중량충격음 시험에서의 에너지 스펙트럼은 63Hz~250Hz에 집중되어 있다. 따라서 슬래브도 이 진동수 영역에서 응답성이 좋도록 할 필요성이 있으며, 실제 아파트 작은 침실의 장변에 가까운 1m×3m (폭×길이)의 슬래브를 제작하였다. 상판(④)은 경량기포 콘크리트와

모르터를 사용하여 제작하였으며 두께는 각각 50mm와 40mm로 하였다.

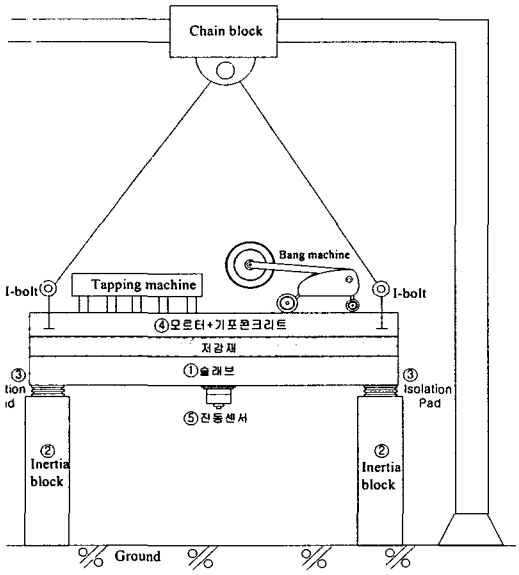


Fig. 1 시험장치의 구성도

상부에서 가진된 충격력이 슬래브를 지지하는 관성블럭으로 전달되는 것을 방지하기 위하여 방진패드를 슬래브와 관성블럭 사이에 설치하였다. 최저 가진 주파수 선정은 옥타브밴드 125Hz 대역의 하한주파수로 하고, 설계 여유를 고려하여 40Hz로 정하였다. 진동 전달율은 T=0.2 일때 80%의 진동을 차단하고, 20%의 진동만을 전달하도록 설계를 하였다. 본 시험장치에서는 마이크로폰을 사용한 소음측정이 용이하지 않기 때문에 진동센서를 이용하여 충격량을 측정하였다.

3. 단면 형상에 따른 진동 충격 저감량 시험

3.1 시험방법

완충재의 밑면에 양각 형태의 돌기가 있는 약 30도 경도의 EVA계 완충재를 선정하여 양각이 전체면적에서 차지하는 비율을 달리하여 중량과 경량 충격원에 대해 측정하였다. 완충재의 크기는 슬래브와 같은 1m×3m (폭×길이)이며, Fig. 2와 같은 크기의 형상이 반복적으로 배열되어 있다. Table 1에 시험에 사용된 하부형상의 조건을 명시 하였다. 완충재 A는 원 제품으로 양각 형태의 돌기가 전체 면적에서 차지하는 비율이 제일 높은 경우이며, B는 가운데 돌기를 제거 했을 경우, C는 3개를 제거했을 경우, D는 5개를 제거했을 경우, E는 돌기가 없는 평판의 경우이다.

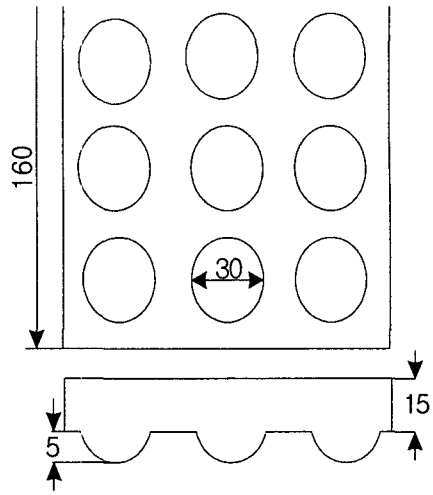


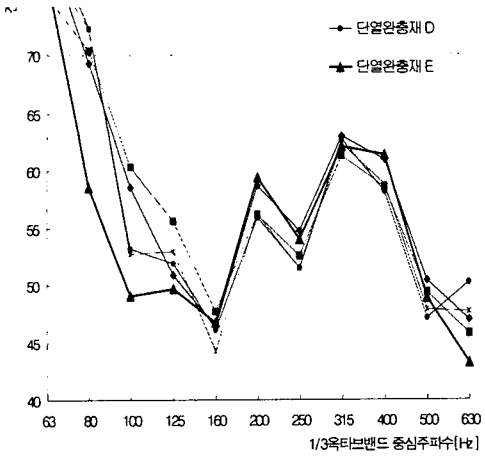
Fig. 2 단열 완충재의 하부 형상

Table 1 양각 개수에 따른 면적비

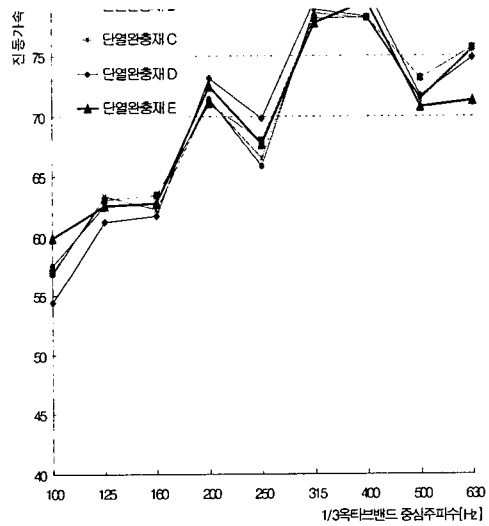
단열 완충재	양각크기	양각개수	전체면적에서 양각이 차지하는 면적비(%)
A	0.000707	1026	24.2%
B		912	21.5%
C		684	16.1%
D		456	10.7%
E		0	0%

3.2 결과 및 고찰

Fig. 2의 (a)는 중량 충격원에 대한 진동가속도레벨을 측정한 결과이다. 그래프에서와 같이 양각 비율이 가장 높은 완충재 A가 다른 완충재에 비교해 효과가 낮음을 보여 주고 있다. 반면에 양각 형태가 없는 평판 완충재 E의 경우가 가장 좋은 결과를 나타내었다. Fig. 2의 (b)는 경량 충격원에 대한 측정 결과이다. 저주파 대역에서는 형상에 따라 약간의 성능차이를 보이지만 고주파 대역에서는 거의 차이가 없는 것을 볼 수가 있다. 이상의 결과에서 볼 때 본 실험에서 사용 것과 같이 동일한 경도의 EVA 제품의 경우, 하부의 양각 형태의 변화는 충격 저감량과 유의한 상관관계가 없는 것으로 판단된다.



(a) 중량 충격원 측정 결과



(b) 경량 충격원 측정 결과

Fig. 2 시료의 단면 형상에 따른 완충재의 진동 측정결과

4. 계면 구조에 따른 진동 충격 저감량 시험

4.1 기존사례

Fig. 3은 P건설사의 실험 사례를 나타낸 것으로써, 잔향실에서 5종류의 단열 완충재에 대해 중량 충격음을 측정한 결과를 1/3옥타브밴드로 나타낸 그래프이다. 그래프에서와 같이 200Hz이하에서 시험에 사용된 5종류의 완충재 모두 완충재를 설치하지 않은 경우보다 측정값이 높게 나오고 있다. 이와 같이 기존 바닥구조에 단열 완충재를 사용하게

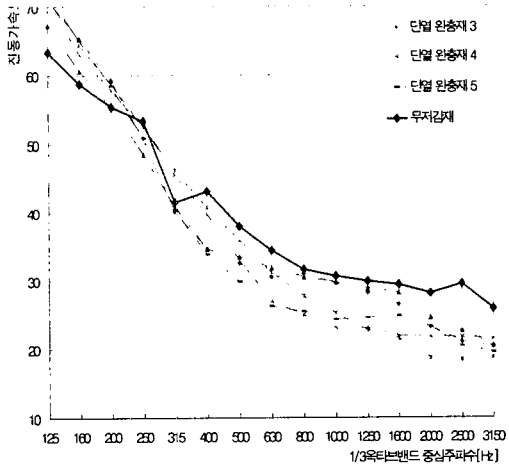


Fig. 3 잔향실에서의 중량 충격음 측정 결과

될 경우 중량충격음이 증가하는 것을 보여주고 있다.

4.2 시험방법

위와 같은 사실의 원인을 추정하기 위해 Fig. 1의 시험장치에서 단열 완충재를 설치하지 않은 상태에서 슬래브 만의 진동 충격량을 측정한 값과, EPP, EVA, EPE, Elasticized EPS 계열의 단열 완충재에서 각각 1종씩 선택, 슬래브와 상판사이에 설치하여 중량 충격원의 진동 저감량을 비교 측정하였다. 중량 충격원으로는 Bang Machine을 사용하였다.

4.3 결과 및 고찰

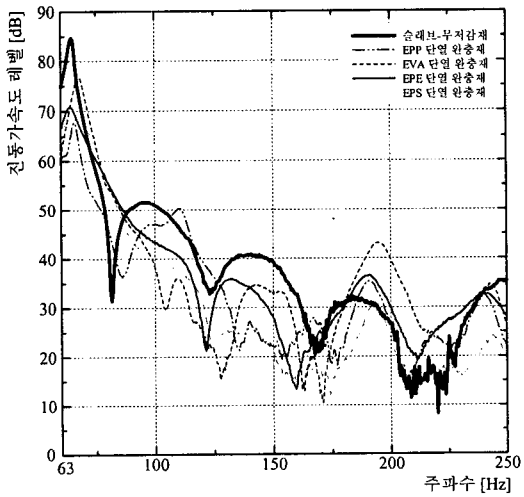
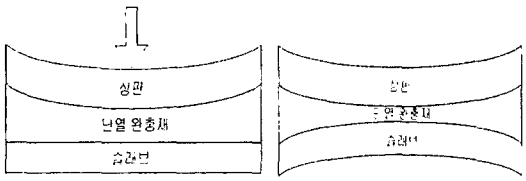


Fig. 4 단열 완충재를 사용한 중량충격원 측정

Table 2 Fig. 4 진동가속도레벨 그래프의 하부 면적

저감재 종류	EVA	EPP	EEPS	EPE	슬래브 (무저감재)
y값의 합	21,175	20,282	19,176	21,154	21,799
백분율	97%	93%	88%	97%	100%

(a) 완충재를 설치하지 않았을 때의 거동형태



(b) Fig4에서 추정한 완충재를 설치했을 때의 거동형태

Fig. 5 완충재 유·무에 따른 바닥면의 거동 형태

Fig. 4는 단열 완충재를 설치한 경우와 슬래브만의 중량충격원에 대한 진동가속도레벨을 측정한 그래프이다. 이 그래프에서 250Hz 이하의 저주파수 영역에서 단열 완충재를 설치하지 않은 슬래브만의 구조는 단열 완충재를 설치한 뜬바닥구조의 진동가속도레벨과 매우 유사한 주파수특성을 보이고 가지고 있음을 알 수 있다. 이러한 사실은 중량충격원에 의해 슬래브가 거동할 때 상부 뜬바닥구조의 존재 유무가 슬래브의 거동에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 해석될 수 있다. 일반적인 슬래브와 기포콘크리트 및 모르터의 계면구조가 Full Contact이라고 볼 경우, 중량충격원에 의해 단열완충재를 설치하지 않은 온돌바닥 구조는 Fig. 5의 (a)와 같이 거동한다고 예측된다. 그러나 Fig. 4로부터 단열완충재에 의해 계면이 분리된 뜬바닥 구조는 Fig 5의 (b)와 같은 형태로 슬래브가 독립적으로 움직일 것이라고 추정해 볼 수 있다.

한편, Fig.4에서 각각의 그래프는 주파수 특성이 유사할 뿐만 아니라 진동가속도레벨 값 또한 각 주파수 별로 큰 차이가 나지 않음을 볼 수 있다. 이를 간단히 검증해보기 위해 Fig. 4에서 각각 그래프의 진동가속도레벨 값(y값)을 x축으로 0.5 단위로 나누어 더한 값과 그 각각의 백분율을 Tabe 2에 표시하였다. 그 결과 각 소재 및 슬래브의 진동가속도레벨 값의 주파수별 누계값이 10% 이내의 차이를 보인다는 것을 알 수 있다. 이러한 사실은 중량충격음원에 의해 발생하는 에너지가 단열완충재에 의한 뜬바닥구조에 의해 감쇄 없이 거의 90% 이상 슬래브에 그대로 전달된다는 것을 의미한다고 판단된다.

이 해석과 슬래브가 상부 뜬바닥 구조와 관계없이 거의 독립적으로 거동한다는 추정으로부터 기존 사례에서 뜬바닥구조 설치시 중량충격음이 증가하는 원인에 대한 유추가 가능하다. 기존의 단열 완충재가 설치되지 않은 구조에서 중량충격원에 의해 발생한 에너지(E)는 슬래브, 기포콘크리트, 모르터의 질량을 합한 mass를 진동시킨다.(1) 그러나 단열 완충재에 의해 계면이 분리된 구조는 슬래브만큼의 질량만을 거동시키는 것으로 판단된다.(2) 한편, 뜬바닥구조를 통과해서 슬래브에 전달되는 에너지는 크게 감쇄되지 않는다.(3)

$$E \propto (\mathrm{mass}_{\text{슬래브}} + \mathrm{mass}_{\text{기포콘크리트}} + \mathrm{mass}_{\text{모르터}}) \quad (1)$$

$$E' \propto (\mathrm{mass}_{\text{슬래브}}) \quad (2)$$

$$E \fallingdotseq E' \quad (3)$$

따라서 전달되는 에너지의 양이 비슷하지만 거동시켜야 할 질량이 줄어들기 때문에 슬래브의 거동 속도가 더욱 커지는 문제가 발생하고 이것이 중량충격음 증가 원인의 하나가 된다고 추정해 볼 수 있다.

5. 맺음말

1. 완충재의 단면 형상에 따른 충격원 진동 저감량 실험결과 평면 형태가 가장 성능이 좋았다. 양각비율이 다르더라도 저감 성능에서는 큰 차이가 없었다. 단면형상은 저주파 대역에서만 저감 성능에 차이가 있으며 고주파 대역에서는 소재가 같은 EVA의 경우 단면 형상은 저감 성능을 결정하는 요인이 되지 못하는 것으로 판단된다.

2. 바닥 충격음을 저감시키기 위하여 단열 완충재를 사용할 경우 중량 충격음에서는 그 값이 오히려 높게 나오고 있다. 이것은 슬래브와 상판 사이에 단열 완충재를 사용함으로써 두 층이 같이 거동하지 못하여 발생하는 결과로 판단된다.

참 고 문 헌

(1) 김선우, 장길수, 송민정 등, 2002, "바닥충격음에 대한 차음성능 측정방법과 평가방법 및 등급화에 관한 연구", 전남대학교 공업기술연구소

(2) 박해동, 김강부, 강현승, 이홍기, 2003, "초고층 빌딩 스포츠센터의 충격성 진동으로 기인하는 소음진동 영향성 평가 및 저감대책", 한국소음진동공학회 춘계학술대회논문집, pp.196~201.

(3) 前川純一, 1989, "건축음향", 기문당, pp.144