

경량충격음 성능 평가를 위한 실험실용 시험장치 개발

Development of a Laboratory Test Device for the Performance Evaluation of Light-weight Impact Sound

양수영* · 홍병국** · 송화영** · 김범수*** · 이동훈****

Soo-Young Yang, Byung-Kuk Hong, Hwa-Young Song, Beom-Su Kim and Dong-Hoon Lee

Key Words : Floor Impact Sound(바닥충격음), Impact Noise Isolation Material(충격음 저감재), Vibration Acceleration Level(진동 가속도레벨)

ABSTRACT

단열완충재 제품간의 경량충격원 저감성능 평가를 객관적이고 신속하게 판별하기 위하여 실험실용 시험장치를 개발하였다. EVA계열 및 EPP·EPS계열의 단열완충재들에 대한 경량충격원 시험에서 제품간의 성능비교가 가능하였으며, 동탄성계수 및 손실계수 측정과 병행함으로써 제품들간의 우열성을 보다 정밀하게 평가할 수 있었다.

1. 서 론

올해 4월부터 법적 규제치가 적용되는 상하층 세대간의 바닥충격음 문제를 저감시키기 위해 국내 모든 건설업체에서는 공동주택 바닥에 단열완충재를 적용하고 있다. 현재 단열완충재 종류가 일백 여종 이상되는 만큼 제품간의 변별력을 판단하는 것은 중요한 사항이 아닐 수 없다. 단열완충재의 음향성능이 어느 정도인지를 평가하기 위해서 원칙적으로는 현장 시공 후 현장 시험평가를 통해서 판단을 하여야 한다. 그러나, 이러한 방법은 시간적, 경제적 비용이 뒤따르고 제품 개발 단계에서는 매번 현장시험을 수행하는 것이 불가능하므로 실험실에서 축소 모델시험을 통해서 성능을 평가하는 것이 필요하다.⁽¹⁾

또한, 현장 시험의 경우 단열완충재의 음향성능 평가의 도와는 어긋나게 현장 시공상의 문제점, 시험 환경조건상의 문제점 등으로 인해 목적하는 결과값을 얻는 것이 쉽지가 않다.⁽⁷⁾ 단적인 예로, 동일한 제품을 같은 평형 여러 세대에 시공하고 시험하는 경우 세대마다 크기는 6-7dB 이상 발생하는 예를 쉽게 볼 수 있다.^{(2),(4)}

따라서, 시공 조건들의 영향을 배제하고 단열완충재 자체만의 성능을 평가하기 위한 시험 시스템을 구축하는 것이 본 연구의 목적이며, 이 시험 시스템에서는 충격 진동량의 전달 특성을 평가하여 단열완충재 상호간의 성능을 비교하였다.^{(5),(6)}

2. 시험 시스템의 구성

현장 시험방법은 벽체면으로 전달되는 충격 진동에너지가 존재하기 때문에 단열완충재만의 음향성능을 엄밀하게 평가하기 위해서는 충격 진동에너지의 전달방향을 바닥 방향으로만 국한시키는 것이 필요하다. 이러한 기본 개념을 기초로 Fig.1 과 같이 시험 시스템을 구성하였다. 완충재 상부에서 충격원이 가해질 때 충격원에 의해 콘크리트 슬래브(①)는 굽힘진동을 하게 되므로 시료의 특성 조사가 용이할 것으로 판단된다. 또한, 진동센서(⑥)는 슬래브 하부면 중앙 1개소에 장착하였다. 슬래브와 관성블록(베이스②) 사이에는 4개의 방진패드(③)를 설치하였는데, 관성블록은 슬래브 무게의 2-3배 이상의 무게를 갖는 것으로 하였다.

경량충격음 시험에서의 에너지 스펙트럼은 125Hz~2kHz에 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(⑤)은 경량기포 콘크리트와 몰타르를 사용하여 제작하였으며 두께는 각각 50mm와 40mm로 하였다.

* 서울산업대학교 산업대학원
E-mail : ldh@snut.ac.kr, Tel : (02) 979-7331

** 서울산업대학교 에너지환경 대학원

*** (주)H-avenue

**** 서울산업대학교 기계공학과

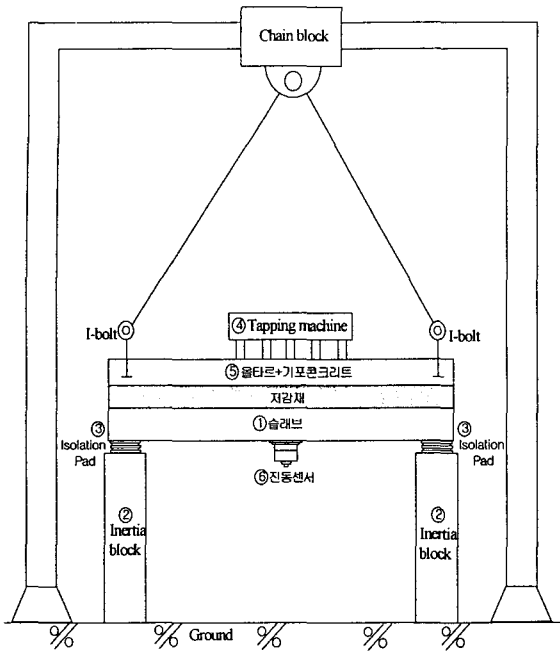


Fig. 1 시험 시스템의 구성도

상부에서 가진된 충격력이 슬래브를 지지하는 관성블럭으로 전달되는 것을 방지하기 위하여 방진패드를 슬래브와 관성블럭 사이에 설치하였다. 최저 가진 주파수 선정은 옥타브밴드 125Hz 내역의 하한주파수로 하고, 설계 여유를 고려하여 40Hz로 정하였으며, 진동 차단율은 80% 이상이 되도록 설계하였다.

3. 측정결과 및 분석

본 시험 시스템의 적합성을 검토하고자 몇 개의 시료를 대상으로 시험 시스템에서 측정된 진동가속도레벨(VAL)과 잔향실에서 측정된 음압레벨(SPL)을 비교한 시험결과를 Fig. 2에 이중축 그래프로 도시하였다. 단일완충재가 삽입된 구조와 없는 구조간의 저감량을 종축으로 나타내었는데, 왼쪽의 종축은 진동가속도레벨 저감량을 오른쪽의 종축은 음압레벨 저감량을 각각 나타낸 것이다. 결과를 보면 잔향실에서 측정된 음압레벨과 실험 장치에서 측정된 진동가속도레벨이 유사한 경향을 나타내는 것을 알 수 있다. 주파수별 특성에서는 250Hz 대역과 400Hz 대역에서 단일완충재의 효과가 현저히 나타남을 볼 수 있으며, 이 그래프를 통해서 본 시험 시스템이 평가목적에 타당함을 확보하였다.

Fig. 3은 단일완충재 유무에 의한 진동가속도 스펙트럼을 도시한 것이다. 종축은 대수값이 아닌 진동가속도 값이다. 단일완충재를 미적용한 기본 바닥구조에서는 366Hz, 572Hz, 700Hz 등에서 고유모드가 존재하여 진동가속도가

증폭되고 있으나, 단일완충재를 적용할 경우(시료간의 성능 대비는 배제) 기본 바닥구조에서 검출되었던 고유모드의 진폭이 상당량 감쇠되었음을 알 수 있으며, 고주파수로 갈수록 그 진폭은 무시할 수 있을 만큼 작아진다. 이는 진동 전달을 이론식에서도 확인할 수 있는 사항이며, 따라서 1kHz 이하에서만 스펙트럼 분포를 검토하고자 한다.

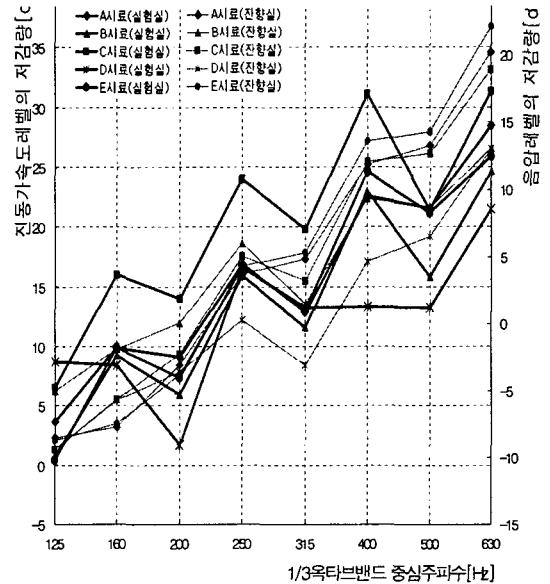


Fig. 2 잔향실 측정값과 실험실 측정값의 상호비교

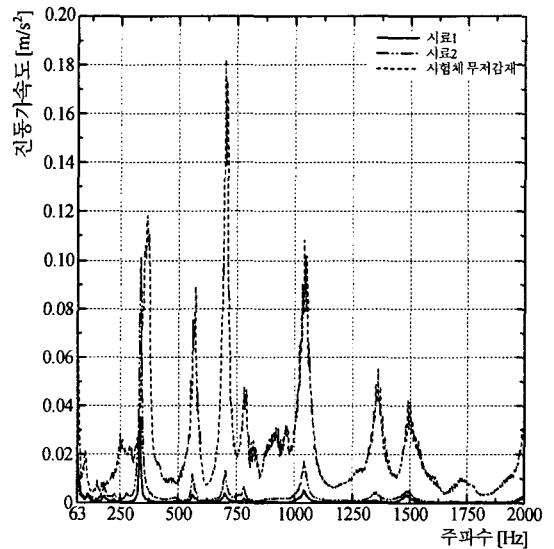


Fig. 3 완충재 유무에 따른 저감량 비교

Fig. 4는 EVA(Ethylene Vinyl Acetate)계열 단일완충재의 시험결과를 나타낸 것이다. EVA 시료는 두께가 20mm

인 시편들을 사용하였다. 시료 1, 시료 2는 하부의 형상에 양각 모양의 형상을 하고 있으며, 시료 4는 하부의 형상이 음각 형상을 하고 있다. 또한, 시료 3은 평판 형태이며, 10mm 2장을 겹친 구조로 되어 있다. 시료 상호간의 충격 진동량 저감성능을 비교해 보았을 때, 시료 4, 시료 3, 시료 2 순으로 성능이 우수함을 나타내고 있다.

Fig. 5는 EVA계열 단일완충재의 성능을 보다 쉽게 구분할 수 있도록 1/3옥타브밴드로 분석한 결과이다.

Table 1은 EVA계열 단일완충재의 동탄성계수 및 손실계수를 KS F 2868에서⁽³⁾ 정한 펄스 가진법을 이용하여 측정 한 값이다. 시료 4가 동탄성계수가 가장 낮은 수치를 보임과 동시에 Fig. 5 그래프에서도 가장 좋은 성능을 나타냄을 확인할 수 있다. 시료 2의 경우는 하부 형상이 불균일하여 시료간의 편차가 심한 이유로 이 결과만으로는 평가하기가 곤란하다.

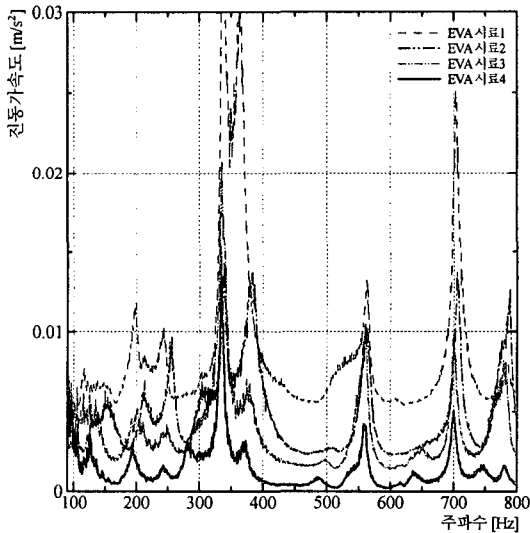


Fig. 4 EVA계열 단일완충재의 시험 결과

Table 1 EVA계열 단일완충재의 동탄성계수 및 손실계수

시료명	동탄성계수 (MN/m ³)	손실계수
EVA시료1	15~20	0.15~0.20
EVA시료2	30~35	0.25~0.30
EVA시료3	20~25	0.1~0.15
EVA시료4	10~15	0.1~0.15

Fig. 6은 EPP와 EPS 단일완충재의 시험결과를 나타낸 것이다. 일반적으로 폴리스티렌수지에 펜탄이나 부탄과 같은

발포제를 첨가시켜 가열 경화와 동시에 기포를 발생시켜 발포수지로 만든 것이 EPS(Expandable Polystyrene)이다.

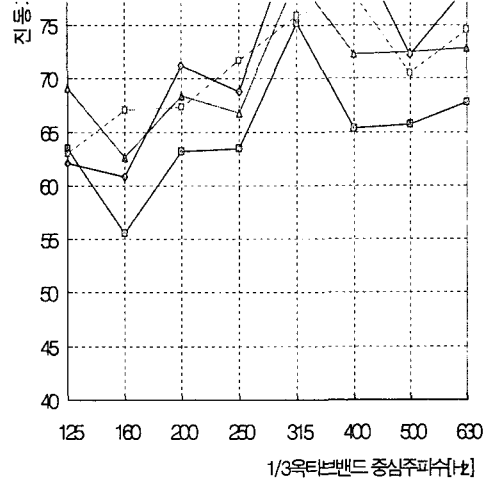


Fig. 5 EVA 단일완충재의 1/3옥타브밴드 결과

반면에 범용 플라스틱인 폴리프로필렌을 화학적 발포제를 사용하지 않고 물리적으로 발포한 구 형태로 만든 것이 EPP(Expanded Polypropylene)이다. 시료 3은 하부 형상이 일정한 굴곡형태를 띄고 있으며 나머지 시료는 하부 형상이 균일한 평판으로 되어 있다. EPP·EPS 단일완충재는 전체적인 충격진동에 대한 저감량이 EVA계열 단일 완충재와 비교했을 때 보다 더 좋은 성능을 보여주고 있다.

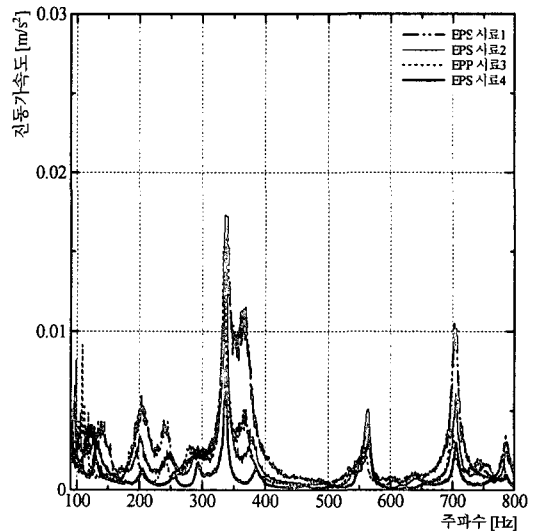


Fig. 6 EPP·EPS 단일 완충재의 시험결과

EPP·EPS 단일완충재를 1/3옥타브밴드로 분석한 결과가

Fig. 7인데, EVA계열 단열완충재들에 비해 대체적으로 하부 형상이 균일하고 시료간의 편차가 작아 보다 정확하고 분명한 성능비교가 가능하다. 전주파수 대역에서 확인한 성능대비를 보여주며, 시료 4가 가장 좋은 성능을 나타내고 있다. 반면, 시료 1은 전주파수 대역에서 5dB 이상씩 성능이 떨어짐을 알 수 있다.

Table 2는 앞서 제시한 Table 1에서와 동일한 방법으로 EPP·EPS 단열완충재의 동탄성계수 및 손실계수를 측정하였다. Fig. 7의 주파수별 성능비교와 Table 2의 동탄성계수, 손실계수 결과를 비교해보면 성능효과의 우선순위가 일치함을 알 수 있으며, 제품간의 성능비교도 쉽게 가능하다.

이상과 같이 EVA계열, EPP·EPS 계열의 단열완충재들에 대해서 본 시험장치에서 경량충격원에 대한 진동량 시험을 수행해 본 결과, 현장 시험결과에서의 미비점을 보완해 줄 수 있다는 것을 확인할 수 있었다. 음압레벨의 비교가 역A곡선 단일 수치로는 상호 평가가 가능하나, 주파수별 그래프 비교는 변별력이 떨어지는 것이 보통으로, 이는 시험 환경 조건의 영향을 받는 것으로 사료되며, 이를 극복하고자 본 시험장치에서와 같이 충격진동량 비교를 시도하였다.

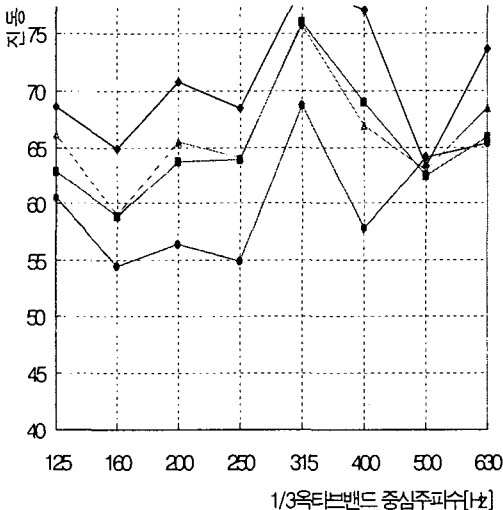


Fig. 7 EPP·EPS 단열완충재의 1/3옥타브밴드 결과

Table 2 EPP·EPS 단열완충재의 동탄성계수 및 손실계수

시료명	동탄성계수 (MN/m ³)	손실계수
EPS 시료1	50~55	0.15~0.20
EPS 시료2	15~20	0.05~0.10
EPP 시료3	10~15	0.10~0.15
EPS 시료4	10~15	0.15~0.20

5. 맺음말

단열완충재 상호간의 경량충격을 저감성능의 비교 평가를 위해 실험실용 시험장치를 개발하였으며, 시험결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 본 시험 장치에서의 진동량 측정결과와 잔향실에서의 음압레벨 측정결과에서 상호 유사한 경향을 확인할 수 있었다.
- 2) EVA계열 및 EPP·EPS계열의 단열완충재들에 대한 경량충격원 시험에서 제품 상호간의 성능비교가 가능하였으며, 이러한 결과는 동탄성계수 및 손실계수 측정과도 잘 부합하였다.

참고 문헌

- (1) 이동훈, 황윤, 강문, 2000, “바닥충격을 방지재의 재료강성 효과”, 한국소음진동공학회 추계학술대회 논문집, pp.425~430.
- (2) 이주원, 정갑철, 권영필, 2003, “충격을 저감재의 동특성과 실험실 경량충격음레벨 저감량의 상관관계”, 한국소음진동공학회 춘계학술대회 논문집, pp.191~195.
- (3) KS F 2868 “거주 공간 뜬바닥용 재료의 동탄성계수 측정 방법”
- (4) 이성호, 정갑철, 2003, “바닥충격음 예측법에 관한 연구”, 한국소음진동공학회 춘계학술대회논문집, pp.184~190.
- (5) 김선우, 장길수, 송민정 등, 2002, “바닥충격음에 대한 차음성능 측정방법과 평가방법 및 등급화에 관한 연구”, 전남대학교 공업기술연구소
- (6) 김홍식, 김하근, 김명준, 조창근, 2001, “공동주택 바닥충격음 차단성능 기준설정 연구” 대한주택공사 주택도시연구원.
- (7) 김현실, 김재승, 강현주, 김봉기, 김상렬, 2002, “바닥충격음 해석에 관한 연구”, 한국음향학회 학술발표대회 논문집 제21권 제1(s)호