

# 완충재 종류에 따른 중량바닥충격음 저감특성 평가

## A Study on the Heavy-weight Floor Impact Sound Reduction Evaluation of Characteristics by Resilient Materials

김 경 우† · 양 관 섭\* · 정 진 연\*\* · 임 정 빈\*\* · 정 갑 철\*\*\*

Kyoung-Woo Kim, Kwan-Seop Yang, Jin-Yeon Chung, Jung-Bin Im, Gab-Cheol, Jeong

**Key Words** : Dynamic Stiffness(동탄성계수), Resilient Material(완충재), Reduction Characteristic(저감특성)

### ABSTRACT

Resilient materials are generally used for the floating floors to reduce the floor impact sound. Dynamic stiffness of resilient material, which has the most to do with the floor impact sound reduction. The resilient materials available in Korea include EPS (Styrofoam), recycled urethane types, EVA (Ethylene Vinylacetate) foam rubber, foam PE (Polyethylene), glass fiber & rock wool, recycled tire, foam polypropylene, compressed polyester, and other synthetic materials. In this study, we tested floor impact sound reduction characteristic to a lot of kinds of resilient material. The result of test showed that the amount of the heavy-weight impact sound reduction appeared by being influenced from this dynamic stiffness of resilient material. The dynamic stiffness looked like between other resilient materials, a similar to the amount of the heavy-weight impact sound reduction was shown.

### 1. 서 론

공동주택 바닥충격음 문제 대두에 따라 건설교통부는 바닥충격음 법기준을 설정(경량충격음: 58dB이하, 중량충격음: 50dB이하)하고 2005년 7월1일부터 중량충격음 기준을 포함하여 시행 중에 있다. 바닥충격음저감을 위하여 슬래브 상부에 완충 재료를 설치하는 방법이 일반적이다. 슬래브 상부에 사용되는 완충재는 온돌 층 상부에서 발생하는 진동을 감쇠시키는 역할과 함께 법적인 열성능을 만족하기 위하여 단열 성능 또한 중요한 항목이 되었다. 건설교통부에서는 공동주택 바닥에 사용되는 완충재의 물리적인 성능에 대한 기준을 제시하고 있는데, 바닥충격음과 관련된 중요한 요소로서 동탄성계수의 기준을 40 MN/m<sup>3</sup> 이하로 규정하고 있다.

국내에서 사용되는 완충재는 발포폴리스티렌, 페

우레탄계열, EVA 발포고무, 발포 PE, 유리섬유 및 락울, 페타이어, 발포 폴리프로필렌, 압축 폴리에스테르, 기타 복합소재 등으로 구성되며, 완충재를 적용한 다양한 구조가 검토되고 있다.

완충재의 동탄성계수는 일반적으로 경량충격음에 밀접한 관계를 가지고 있어, 동탄성계수가 증가함에 따라 경량충격음 저감량도 감소하는 것으로 알려져 있다.<sup>(1)</sup> 국내에서는 경량충격음과 함께 중량충격음도 중요한 평가항목이지만 완충재의 동탄성계수와 중량충격음 저감량과의 관계에 대한 검토는 부족한 실정이다.

본 연구에서는 현재 국내에서 많이 사용되고 있는 완충재를 대상으로 완충재 종류 및 적층방법 등에 따른 중량충격음레벨 저감특성을 분석하고 완충재 동탄성계수와 저감량과의 관계를 살펴보고자 한다.

### 2. 실험 방법 및 대상

#### 2.1 실험방법

본 연구에서는 국내에서 많이 사용되는 완충재를 재질별로 선정하여 완충재 종류와 두께변화, 완충재 적층에 따른 중량충격음 저감특성을 살펴보았다.

실험은 ISO형식의 잔향실험실 상부에 완충재를 설

† 정회원, 한국건설기술연구원

E-mail : kwjmj@kict.re.kr

Tel : (031)910-0356, Fax : (031)910-0361

\* 정회원, 한국건설기술연구원

\*\* 정회원, (주)대우건설 기술연구소

\*\*\*정회원, (주)비아엔지니어링

치하고 미리 제작된 콘크리트 누름판(두께: 50mm)을 호이스트를 사용하여 올려놓은 상태에서 측정을 실시하였다. 실험실은 철근콘크리트 구조로 실크기는 4.54 m×3.78 m×3.0 m(h)이며, 상부 슬래브 두께는 180 mm로 이루어져 있다. 실험은 실험실 맨 슬래브에 대한 중량충격음레벨을 측정하는 다음, 완충재와 누름판이 설치된 상태에서 측정한 중량충격음레벨 차이(저감량,  $\Delta L$ )를 평가하였다.(식1)

$$\Delta L = L_{slab} - L_{resilient} \quad \text{식(1)}$$

$L_{slab}$ : 맨슬래브의 중량충격음레벨(dB)

$L_{resilient}$ : 완충재가 설치된 구조의 중량충격음레벨(dB)

실험은 완충재 종류에 따른 공진주파수를 파악하기 위하여 주파수분석기의 옥타브밴드를 1/12옥타브와 1/3옥타브 밴드로 설정하여 각각 측정하였다. 실험실 내부에는 마이크론을 중앙부와 3개의 모서리부분에 마이크론을 1.2m 높이에 고정하여 설치하였으며, 충격원은 중앙부를 포함하여 4개소에서 가진하였다. 중량충격원의 공기압은 2.4 kgf/cm<sup>2</sup>로 맞춘 후 동일한 공기압 조건에서 측정하였다. 실험에 사용된 장비는 다음과 같다.

- 주파수분석장치 : SA-01, Rion
- 중량충격원 : Bang Machine, 사쓰끼사
- Microphone : G.R.A.S.(Type 40AE)
- Microphone Preamplifier(Type 26CA)



그림1. 측정장면

## 2.2 실험대상

실험에 사용된 완충재 재질은 EPP, EVA, PE, EPS 등을 사용하였으며, 실험전에 실험대상 재료에 대한 동탄성계수를 측정하였다. 실험대상 및 동탄성계수 측정 결과는 표1과 같다.

## 3. 실험결과 및 분석

### 3.1 재질에 의한 영향

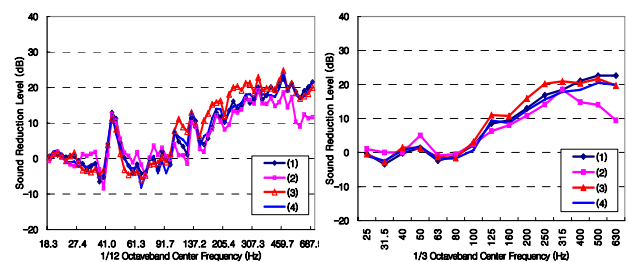
그림2와 그림3은 완충재의 재질이 다르고 두께는 20mm, 30mm 시료에 대한 중량충격음레벨 저감량

표1. 실험대상 완충재 구성

| 구조 | 완충재 구성(mm)                              | 동탄성계수 (MN/m <sup>2</sup> ) | 비고    |
|----|---|----------------------------|-------|
| 1  | EPP (20)                                | 28.6                       | 단일 구성 |
| 2  | EVA 요철 (20)                             | 6.3                        |       |
| 3  | Neopor (20)                             | 8.8                        |       |
| 4  | PE (20)                                 | 23.0                       |       |
| 5  | 연질 EPS (20)                             | 18.8                       |       |
| 6  | EPS 1호 (30)                             | 57.0                       |       |
| 7  | EPS 4호 (20)                             | 49.0                       |       |
| 8  | EPS 1호 (20)                             | 63.0                       |       |
| 9  | 폴리에스터 (20)                              | 1.9                        |       |
| A  | Neopor (20) 2겹 + EPS 1호 (20)            | 4.2                        | 적층 구성 |
| B  | EPS 1호 (20) + Neopor (20) 2겹            | 4.1                        |       |
| C  | PE (20) + PE (20)                       | 11.3                       |       |
| D  | EPS 1호 (20) + EPS 1호 (30)               | 28.7                       |       |
| E  | EPS 1호 (20) + EVA 요철 (20) + EPS 1호 (30) | 6.1                        |       |
| F  | EVA 요철 (20) + 폴리에스터 (20)                | 1.8                        |       |
| G  | EVA 요철 (20) + 폴리에스터 (20) + EPP (20)     | 1.6                        |       |
| H  | 폴리에스터 (20) + EPS 1호 (20)                | 1.9                        |       |
| I  | Neopor (20) + 고무 (1) + Neopor (20)      | 4.5                        |       |

을 나타낸 것으로 그림2의 측정대상 시료는 저주파수 대역의 저감특성은 거의 유사한 형태를 보이고 있었으며, 고주파수로 갈수록 저감량의 차이를 보이고 있었다. 그림3은 EPS 4종과 폴리에스터에 대한 결과로 연질EPS의 저감량이 다른 EPS 재료보다 높은 것으로 나타났으며, 다른 EPS 재료보다 동탄성계수가 낮아서 발생한 결과로 판단된다. 동탄성계수가 가장 낮은(1.9 MN/m<sup>2</sup>) 폴리에스터의 저감량이 다른 재료의 바하여 가장 큰 것으로 나타났다. 1/3옥타브밴드 측정결과에서 80Hz에서 다른 구조에 비하여 10dB 이상 저감량에 차이가 발생하였다.

중량충격음 저감량은 완충재 재질변화에 따른 영향성은 발견하기 어려웠으며, 재질변화 보다는 동탄성계수 변화에 의해 차이가 발생한 것으로 판단된다. 완충재를 제조하는 원료의 차이보다는 동일한 원료에서도 동탄성계수에 영향을 받는 것으로 사료된다.



(a) 1/12옥타브밴드

(b) 1/3옥타브밴드

그림2. 재질에 의한 영향 1

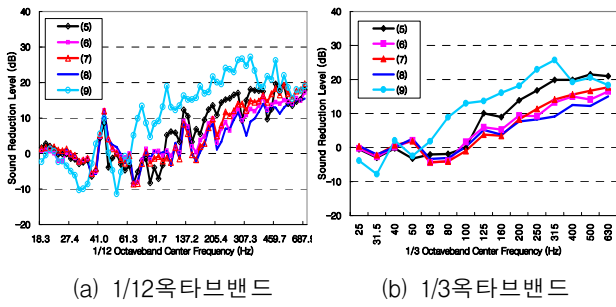


그림3. 재질에 의한 영향 2

### 3.2 두께에 의한 영향

그림4. ~ 그림6.은 완충재 두께변화에 따른 중량충격음 저감량을 나타낸 것으로, 그림4.는 PE 20mm (구조 4)와 PE 20mm 2겹을 적층한 구조 C에 대한 측정결과이다. 상부에 적층된 PE재질의 완충재는 하부의 제품과는 다른 회사 제품으로 구성되었다. 두께가 2배로 증가됨에 따라 완충재의 동탄성계수는 약 50%정도 감소되었으며, 두께가 두꺼운 구조C에서 저감량이 더 큰 것으로 나타났다.

그림5.는 EPS 1호 20mm와 EPS 1호 20mm + EPS 1호 30mm 적층한 구조를 비교한 것으로 그림 3.의 결과와 같이 두께가 두꺼운 구조(D)에서 저감량이 더 큰 것으로 나타났다.

그림6.은 Neopor 20mm와 40mm(구조I)에 대한 측정결과로서 동탄성계수가 두께 증가에 의해 8.8 MN/m<sup>3</sup>에서 4.5 MN/m<sup>3</sup>로 낮아졌으며, 저감량도 증가한 것으로 측정되었다. 1/3옥타브 측정결과에서 동탄성계수가 4.5 MN/m<sup>3</sup>로 낮아짐에 따라 63Hz의 저감량이 -1dB에서 3dB로 증가되었다.

위의 결과에서 알 수 있듯이 완충재를 적층한 구조의 경우 적층하지 않은 구조에 비하여 동탄성계수가 낮아져 중량충격음 저감량이 더 높은 것을 알 수 있었다. 동일한 재질의 완충재의 경우 두께를 증가시키는 것도 중량충격음 저감에 다소 효과가 있을 것으로 판단된다.

### 3.3 적층 위치에 의한 영향

측정대상 A, B는 Neopor과 EPS를 적층한 구조로 완충재를 적층하는 순서를 변경하였을 때의 중량충격음 저감특성을 살펴보았다. 그림7.과 같이 각각의 재료의 적층 순서를 바뀌었을 때 저감량 특성은 완충재의 적층 순서는 관계없이 거의 전 주파수 대역에서 일정한 특성을 보이고 있었다. 30Hz 부근에서 공진이 발생하여 저감량이 낮아지는 동일한 현상을 보이고 있었다. 측정대상 구조는 동탄성계수가 4.2 MN/m<sup>3</sup>와 4.1 MN/m<sup>3</sup>로 거의 동일한 것으로 측정되었다. 적층순서를

변경한 2개 구조는 거의 동일한 동탄성계수와 저감량이 측정된 것으로 보아 동탄성계수가 동일하면 중량충격음 저감량도 거의 유사한 결과를 보일 것으로 판단된다.

### 3.4 동탄성계수에 의한 영향

그림8.은 동탄성계수가 유사한 구조2와 구조E에 대한 측정결과이다. 동탄성계수가 유사함에도 불구하고 측정결과 구조E의 저감량이 더 큰 것으로 나타났는데, 이는 유사한 동탄성계수를 가지고 있다하더라도 재료의 두께가 두꺼운 구조가 저감량이 더 큰 것으로 사료된다. 또한 구조2의 완충재는 하부에 요철이 있는 구조로 요철에 의해 발생하는 공기층에 의한 영향으로 정확한 동탄성계수가 측정되지 못하여 발생하였을 것으로 판단된다.

그림9.는 그림8.과 같이 동탄성계수가 1.6 MN/m<sup>3</sup> ~ 1.9 MN/m<sup>3</sup>에 속하는 4개 구조에 대한 측정결과이다. 동탄성계수는 거의 유사하였으나 중량충격음 저감량은 다소 차이를 보이고 있었는데 그림8.의 결과와 같이 유사한 동탄성계수를 가지고 있다하더라도 구조의 두께에 의한 영향도 받는 것으로 판단된다.

두께가 20mm로 다른 구조에 비하여 얇은 구조9의 저감량이 다른 구조에 비하여 낮으며, 동탄성계수가 낮고 두께가 두꺼운 구조G의 저감량이 가장 큰 것으로 나타났다. 구조9에 비하여 1/3옥타브 측정결과에서 63Hz의 저감량이 8dB 차이를 보이고 있었다.

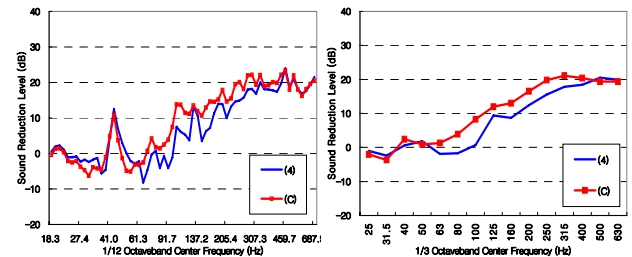


그림4. 두께에 의한 영향 1

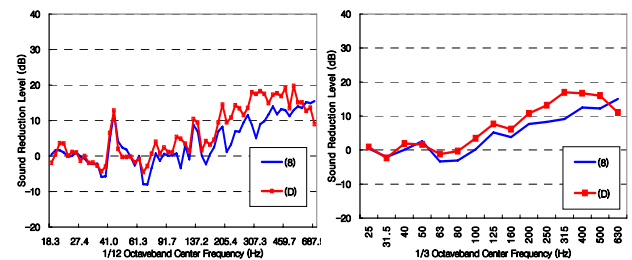
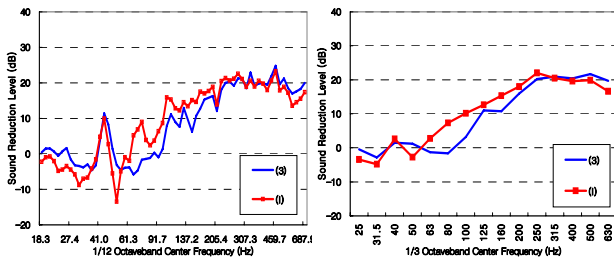
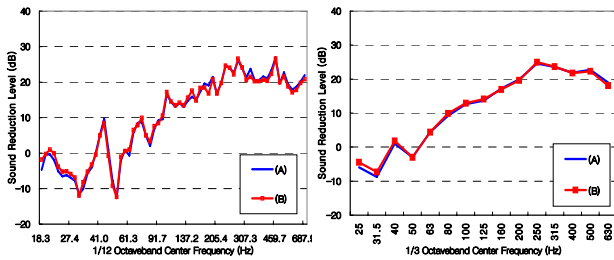


그림5. 두께에 의한 영향 2



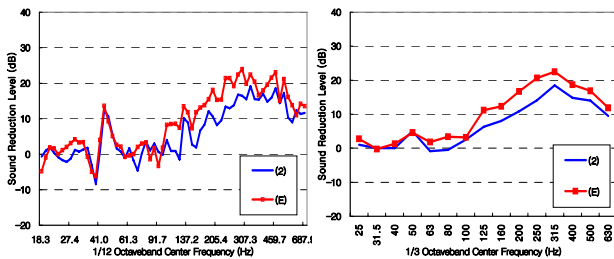
(a) 1/12옥타브밴드 (b) 1/3옥타브밴드

그림6. 두께에 의한 영향 3



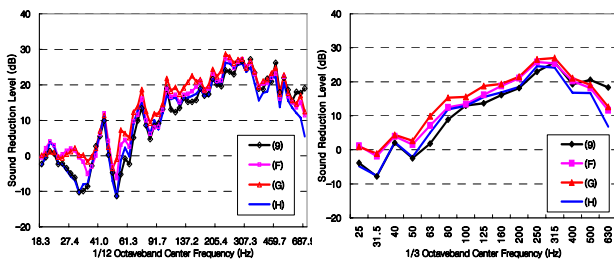
(a) 1/12옥타브밴드 (b) 1/3옥타브밴드

그림7. 적층 위치의 영향



(a) 1/12옥타브밴드 (b) 1/3옥타브밴드

그림8. 동탄성계수의 영향 1



(a) 1/12옥타브밴드 (b) 1/3옥타브밴드

그림9. 동탄성계수의 영향 2

#### 4. 결론

국내에서 완충재로 사용하는 재료를 대상으로 실험실 측정을 통하여 완충재 종류별 중량충격음 저감량을 측정한 결과는 다음과 같다.

1) 다양한 완충재 재질에 의한 중량충격음 저감량의 변화는 완충재 원재료의 특성보다는 물리적인 성질을 좌우하는 동탄성계수에 영향을 받는 것으로 나타났다.

2) 완충재의 두께가 두꺼울수록 동탄성계수가 낮아지며, 두께가 두꺼운 구조에서 저감량이 더 큰 것으로 나타났다.

3) 완충재를 적층하여 설치하는 경우, 적층되는 순서와는 관계없이 거의 동일한 저감량 특성을 보이고 있었다.

4) 동탄성계수가 유사한 구조의 저감량 특성을 거의 유사한 형태를 보이고 있었으며, 동탄성계수가 유사한 경우 재료의 두께가 두꺼운 구조에서 저감량이 더 큰 것으로 나타났다.

완충재의 동탄성계수가 낮은 재료의 중량충격음저감량이 더 큰 것으로 나타나 동탄성계수와 중량충격음저감량과 상관성이 있는 것으로 판단된다. 향후 보다 많은 재료에 대한 저감량 측정을 통하여 동탄성계수와 중량충격음레벨 저감량과의 상관성에 대한 추가적인 검토가 필요할 것으로 판단된다.

#### 참 고 문 헌

- (1) 이주원, 외2명, 2003, “충격음 저감재의 동특성과 실험실 경량충격음레벨 저감량의 상관관계”, 한국소음진동공학회 춘계학술대회논문집, pp. 191~194.
- (2) 정갑철, 외2명, 2001, “공동주택 바닥충격음 완충재료의 물성 권장안”, 한국소음진동공학회 춘계학술대회 논문집, pp. 59~64.
- (3) 김하근 외2명, 2005, “튼 바닥구조용 완충재의 동탄성계수 측정에 관한연구”, 대한건축학회논문집, 계획계 21권 1호, pp. 229~234.
- (4) 이성호 외2명, 2005, “완충재의 동탄성 및 손실계수 측정시 영향인자에 관한 연구”, 한국소음진동공학회 춘계학술대회 논문집, pp. 279~282.
- (5) 김경우 외4명, 2005, “바닥충격음 완충재의 동탄성계수 및 열전도율 특성에 관한 연구”, 대한건축학회 창립60주년기념 학술발표대회논문집, pp. 207~210.
- (6) 김홍식, 외3명, 2005, “바닥충격음 완충재의 재하시간에 따른 동적 특성 연구”, 한국소음진동공학회 춘계학술대회 논문집, pp. 942~945.
- (7) 송민정, 외2명, 2000, “축소실험실을 이용한 바닥완충구조의 경량충격음 차음성능 예측방법에 관한 실험적 연구”, 한국소음진동공학지 제10권 제1호, pp. 82~98.
- (8) 한국산업규격, KS F 2868:2003 거주공간 튼바닥용 재료의 동탄성계수 측정방법