

# 다양한 층간소음 저감재료의 동특성 평가

## Measuring Dynamic Properties of Floor Impact Isolators

김 재 호†·유 승 업\*·박 준 홍\*\*·전 진 용\*\*\*  
 Jae Ho Kim, Seung Yup Yoo, Jun Hong Park, Jin Yong Jeon

### 1. 서 론

층간소음 저감을 위해서 사용되는 완충재의 물성 중 시공된 바닥구조의 동특성을 결정짓는 가장 중요한 요소는 동탄성계수와 손실계수이다. 현행 ‘공동주택 바닥충격음 차단구조 인정 및 관리기준’에서는 완충재가 동탄성 계수  $40\text{MN/m}^3$ 이하, 손실계수 0.1~0.3를 만족하도록 하고 있다. ISO 9052-1와 KS F2868에 뜬바닥구조에서 사용되는 완충재의 동특성을 평가하기 위한 방법이 기술되어 있다. 이 규격에서는 측정시편을 스프링 요소로만 가정하여 mass-spring형태의 1 자유도계 시스템으로 모델링하였다. 완충재의 동탄성계수는 시험체의 주파수응답함수의 공진주파수로 계산할 수 있으나 시료의 종류와 측정 방법에 따라 측정된 주파수응답결과가 1자유도를 갖지 않는 경우가 많이 있다. 특히, 점성을 가지는 점탄성 재료와 같은 저감재의 경우에는 위의 1자유도 시험체를 구성해서는 동특성을 측정할 수 없다.

이에대래 최근 제안된 beam transfer function method(이하 BTFM)는 파동방정식을 기반으로 한 재료의 동특성을 측정하는 방법으로 종래의 방법들에 비해 비교적 높은 주파수에서 구조물의 동특성을 비교적 손쉽게 측정할 수 있는 방법이다 (Park, 2007). 가청 주파수 범위 내에서 시료의 동특성을 얻어내기에 적합하며 실험 오차에 대한 민감도가 낮아 측정에 사용되는 중심 보의 강성에 따라 다양한 물성을 갖는 저감재료의 동특성 측정에 효과적이다.

본 연구에서는 바닥충격음 저감재의 동탄성 계수 측정에서 BTFM 적용성을 검토하기 위해 다양한 재질을 갖는 저감재의 물성을 측정, 평가하고 이를 기존의 1자유도 측정방법과 비교하였다.

### 2. Beam transfer function method

#### 2.1 보 전달함수법(BTFM)의 적용

본 연구에서 측정하고자 하는 점탄성 재료의 경우, 온도, 가진 주파수와 같은 주변 환경에 따라 그 특성이 달라지기 때문에 이에 대한 분석이 요구된다. 따라서 강성이 비교적 작으며, 자중에 의한 변형 및 부가질량에 의한 물성변화 영향을 최소화할 수 있는 측정시스템을 구현하였고, 이와 같은 시스템의 모델링을 위해서 오일러 빔 방정식을 기반으로한 보 전달함수법을 사용하였다.

#### 2.2 측정 셋업

시료의 동특성을 측정하기 위한 측정 셋업은 그림 1과 같다. Clamp-free상태의 보를 구성하고 임의의 지점에 시료를 설치하는 형태로 시스템을 구성하였다.  $0.9\text{m}(l) \times 0.02\text{m}(w) \times 0.03\text{m}(h)$ 의 세장한 보의 한쪽 끝단을 유압바이스를 이용하여 고정하고 반대쪽 자유단에 진동가진기를 이용하여 가진하였을 때, 2개의 가속도계에서 측정된 신호사이의 전달함수를 측정하였다. 측정된 전달함수에 뉴턴랩슨법을 적용하여 wavenumber를 구하였으며 이를 통해 복수탄성계수를 계산하였다.

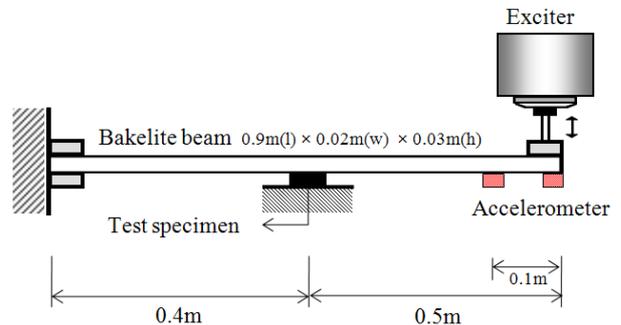


Fig 1. Measurement setup of BTFM

그림 2는 시료를 설치 않은 상태에서 BTFM에 의해 계산된 베이클라이트 보의 동특성을 나타내고 있다. 분석결과, 베이클라이트보의 굽힘 강성과 loss

† 교신저자; 한양대학교 건축환경공학과  
 E-mail : nosaer4@gmail.com  
 Tel : (02) 2220-1795, Fax : (02) 2220-4794

\* (주)건축음향연구소

\*\* 한양대학교 기계공학부 조교수

\*\*\* 한양대학교 건축공학부 교수

factor는 각각  $280\text{Nm}^2$ ,  $0.02$ 로 계산되었다. 이는 측정하려는 시료에 비해 높은 강성을 가지는 것으로 EPS(발포폴리스티렌), EVA(에틸렌비닐아세테이트), EPP(발포폴리프로필렌), 고무, 코르크, 점탄성 제진재 등 총 10여개의 다양한 저감재의 물성을 계산하는데 있어 적합한 재료이다.

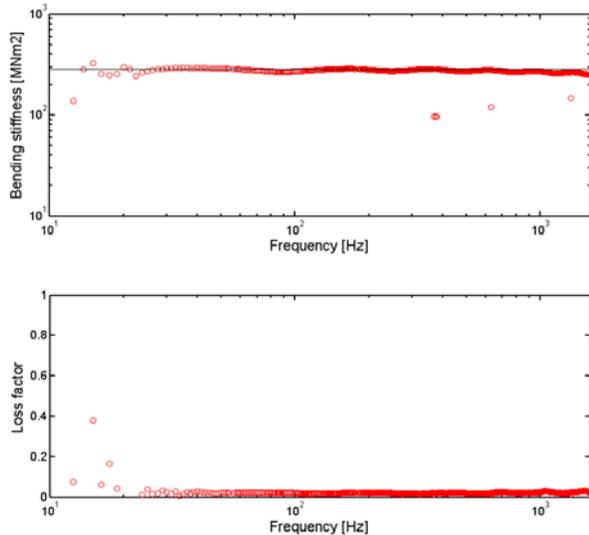


Fig 2. Dynamic properties of bakelite beam

### 3. 저감재의 물성 측정결과

표 1과 그림 3은 측정된 재료의 동특성(동탄성계수와 손실계수)이다. EPS, EPP, EVA와 같은 재료의 바닥충격음 저감재의 동특성은 동탄성계수와 손실계수가 각각  $0.1\sim 8\text{MPa}$ ,  $0.05\sim 0.11$ 의 값을 갖는 것으로 나타났다. 또한 동탄성계수는 KS F2868 및 BTFM 등에 따라 유사한 값이 측정되었지만, 시료 D와 같이 탄성이 큰 재료의 경우에는 5배 이상의 차이가 나타났다.

Table 1. Dynamic properties of various materials

Specimens	KS F2868		BTFM	
	Elastic modulus [MPa]	Loss factor	Elastic modulus [MPa]	Loss factor
A EPS (1)	0.35	0.11	0.78	0.11
B EPS (2)	0.13	0.06	0.13	0.07
C EPS (KS type1)	0.85	0.14	0.25	0.10
D EPS (KS type2)	1.84	0.33	7.54	0.10
E EVA	0.36	0.12	0.24	0.17
F EPP	0.61	0.20	0.76	0.14
G Rubber1	-	-	1.57	0.24
H Rubber2	-	-	5.41	0.33
I Cork	-	-	9.09	0.49
J Viscoelastic damping material	-	-	7.61	1.01

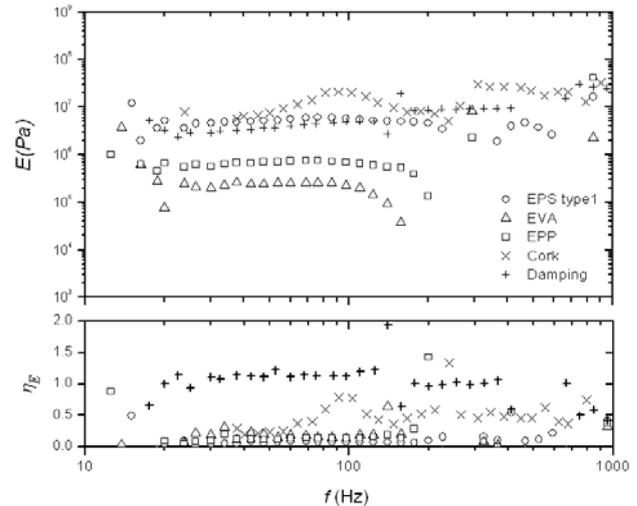


Fig 3. Dynamic properties of various materials

한편, 고무와 코르크 등의 복합재료는 KS 방법으로 측정된 주파수 응답함수에서 2개 이상의 공진이 발생하여 정확한 측정이 되지 않았으나 BTFM를 활용할 경우  $10\sim 1000\text{Hz}$  주파수 대역에서 동탄성계수 및 손실계수를 정확하게 계산할 수 있었다. 점탄성 제진재 또한 BTFM을 활용하여 동탄성 및 손실계수를 측정하였으며, 고무 및 제진재의 경우 각각  $5\sim 12\text{MPa}$ ,  $0.2\sim 1.0$ 로 나타났다.

### 4. 결론

본 연구에서는 BTFM을 활용하여 다양한 재질을 가진 층간소음 저감재들의 동특성을 측정하였다. 측정결과, 10개 저감재의 동탄성계수는  $0.1\sim 12\text{MPa}$ , 손실계수는  $0.05\sim 1.0$ 의 범위를 가지는 것으로 나타났다. KS 측정법에 의한 결과와 비교했을 때, 비교적 낮은 동탄성계수를 가지는 재료에 대해서는 잘 일치하는 것으로 나타났으나, 높은 동탄성계수를 갖는 재료에서는 차이가 큰 것으로 나타났다. 한편, 기존 측정방법(KS)으로 측정이 어려웠던 점탄성 제진재의 경우 BTFM에 의해 측정이 가능하였다.

따라서 BTFM에 의해 측정된 물성데이터는 전산해석에서의 주파수 대역별 특성을 재현을 통한 예측수준 향상 및 재료의 품질관리 측면에서 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

### 후 기

본 연구는 한국연구재단 “기초연구사업” (과제번호: 2009-0083807) 및 중소기업청 “기술혁신개발사업” (과제번호: S1061215)의 지원으로 수행되었습니다.