

# 바닥충격음 완충재의 동적특성에 영향을 미치는 요인 분석

## Analysis of Influence Factors on Dynamic Properties of Floor Impact Noise Insulation Materials

김홍식\*      주시웅\*\*      김대준\*\*\*      김병진\*\*\*

Kim, Heung-sik    Joo, Si-Woong    Kim, Dae-Jun    Kim, Byeung-Jin

**Key Words** : Floor Impact Noise(바닥충격음), Sound Insulation Material(완충재), Dynamic Stiffness(동탄성계수), Loss Factor(손실계수)

### ABSTRACT

In this paper, influence factors on dynamic properties of floor impact noise insulation materials are suggested. For this purpose measurements on the dynamic stiffness and the loss factor of resilient materials are carried out by Korea standard (KS F 2868) according to the change of density, thickness, design pattern, and composition of materials. As a result the values of dynamic stiffness was decreased at high density and thick thickness, and that of loss factor was increased at low density. For dynamic properties, the pattern of lattice and waffle type material is better than that of plat type, and the mixed composition of materials is better than the composition of double layer materials at same thickness.

### 1. 서론

바닥충격음 저감을 위한 많은 방법과 기준들이 제시되고 있는 가운데 사전 테스트가 가능하고 경량충격음에 효과적으로 알려진 완충재를 이용한 저감방법에 관한 연구가 증가하고 있다. 하지만 완충재가 실제 현장에 적용될 때 원래의 성능을 발휘하지 못하여 문제가 발생하는 경우가 나타나고 있으며, 이는 완충재의 기본 물성치에 따른 동적 특성변화에 관한 분석이 미비하기 때문인 것으로 사료된다.

본 연구에서는 거주 공간 뜬바닥용 재료의 동탄성계수 측정방법(KS F 2868)에 의거하여 국내에서 주로 사용되는 완충재의 밀도, 두께, 바닥면의 형태, 재료의 구성 상태에 따른 변화를 측정하였고 이러한 요소들이 완충재의 동적특성 변화에 어떠한 영향을 미치는지에 관한 기본 자료를 제시하고자 한다.

### 2. 동특성계수 산출 및 실험방법

#### 2.1 동특성계수 산출방법

본 연구에서는 한국산업규격(KS F 2868)에서 정의하고 있는 동탄성계수 및 손실계수 측정 방법을 이용하였으며 관련 식은 (1), (2)와 같다.

#### (1) 동탄성계수

펄스가진법의 스펙트럼 해석법을 사용하여 구한 고유진동수 ( $f_0$ )로부터 식(1)에 의하여 동탄성계수를 구하였다.

$$S'_t = (2\pi f_0)^2 \times m_t \quad (1)$$

여기서  $S'_t$  : 단위면적당 겉보기 동탄성계수 [N/m<sup>2</sup>]

$f_0$  : 진동계의 고유진동수 [Hz]

$m_t$  : 하중판의 단위면적당 질량 [kg/m<sup>2</sup>]

#### (2) 손실계수

펄스가진법의 스펙트럼 해석법을 사용하여 구한 고유진동수 ( $f_0$ )의 피크 레벨로부터 3dB 떨어지는 주파수  $f_1$ ,  $f_2$ 를 취하고, 식(2)로부터 손실계수  $\eta$ 를 산출하였다.

\* 호남대학교 건축학과 조교수

E-mail : hsk@honam.ac.kr

Tel : (016) 622-3874, Fax : (062) 940-5455

\*\* 호남대학교 건축학과 대학원 석사과정

\*\*\* 호남대학교 건축학과 학사과정

$$\eta = \frac{f_1 - f_2}{f_0} \quad (2)$$

여기서  $\eta$  : 손실계수

$f_1$  : 고유진동수의 우변으로 3dB 감쇠한 곳의 주파수 [Hz]

$f_2$  : 고유진동수의 좌변으로 3dB 감쇠한 곳의 주파수 [Hz]

## 2.2 실험방법

본 연구에서는 동탄성계수 측정을 위해 한국산업규격 규정에 따라 바닷살래브를 구성하는 콘크리트 시험체 (900×900 mm), 시료(200×200mm 등), 강제하중판 (200×200mm)을 준비하였으며, 임팩트 해머를 이용한 펄스가진법으로 측정을 실시하였다. 이러한 실험을 위해 사용한 측정기기 및 구성도는 다음과 같다.

- RION SA-78 2Channel FFT Analyzer
- RION PV-41 Accelerometer
- RION VE-10 Vibration Calibrator
- PCB 086C04 Impact Hammer

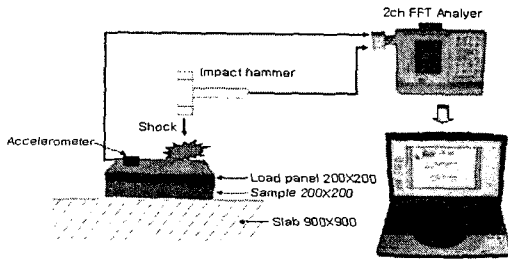


그림 1. 측정기기 구성도

연구에서는 완충재의 밀도별, 두께별, 바닥면의 형태별, 재료의 구성 상태별로 각 조건에 따른 동탄성계수의 변화를 분석하였다. 실험에는 발포폴리스틸렌계, 폴리에틸렌계, 폴리에스테르계, 고무질계, 폴리에틸렌 복합재료 등이 사용되었으며 각 종류별로 동일재료를 3개씩 측정하여 평균을 구하였다. 실험에 사용된 재료의 분류는 표 1~표4와 같다.

표 1. 밀도의 변화에 따른 시험체 종류

구분	재료의 구성(mm)	종 구분
A-1	KS 4호 발포폴리스틸렌 15K (20)	발포폴리스틸렌
A-2	KS 3호 발포폴리스틸렌 20K (20)	발포폴리스틸렌
A-3	KS 2호 발포폴리스틸렌 25K (20)	발포폴리스틸렌
A-4	KS 1호 발포폴리스틸렌 30K (20)	발포폴리스틸렌
B-1	KS 3호 압출 발포폴리스틸렌 20K (20)	압출발포폴리스틸렌
B-2	KS 2호 압출 발포폴리스틸렌 25K (20)	압출발포폴리스틸렌
B-3	KS 1호 압출 발포폴리스틸렌 30K (20)	압출발포폴리스틸렌

B-4	KS 특호 압출 발포폴리스틸렌 35K (20)	압출발포폴리스틸렌
C-1	폴리에스테르 60K (10)	폴리에스테르
C-2	폴리에스테르 80K (10)	폴리에스테르
C-3	폴리에스테르 100K (10)	폴리에스테르
C-4	폴리에스테르 120K (10)	폴리에스테르

표 2. 두께의 변화에 따른 시험체 종류

구분	재료의 구성(mm)	종 구분
D-1	KS 3호 발포폴리스틸렌 (20)	발포폴리스틸렌
D-2	KS 3호 발포폴리스틸렌 (30)	발포폴리스틸렌
D-3	KS 3호 발포폴리스틸렌 (40)	발포폴리스틸렌
E-1	KS 특호 압출 발포폴리스틸렌 (20)	압출발포폴리스틸렌
E-2	KS 특호 압출 발포폴리스틸렌 (30)	압출발포폴리스틸렌
E-3	KS 특호 압출 발포폴리스틸렌 (40)	압출발포폴리스틸렌
F-1	폴리에틸렌 A (10)	폴리에틸렌
F-2	폴리에틸렌 A (20)	폴리에틸렌
F-3	폴리에틸렌 A (40)	폴리에틸렌
G-1	폴리에틸렌 B (10)	폴리에틸렌
G-2	폴리에틸렌 B (20)	폴리에틸렌
G-3	폴리에틸렌 B (40)	폴리에틸렌

표 3. 형태의 변화에 따른 시험체 종류

구분	재료의 구성(mm)	종 구분
H-1	D고무 TYPE A (10)	고무질계
H-2	D고무 TYPE B (10)	고무질계
H-3	D고무 TYPE C (10)	고무질계

표 4. 재료의 구성 변화에 따른 시험체의 종류

구분	재료의 구성(mm)	종 구분
I-1	폴리에틸렌 (20)	폴리에틸렌
I-2	폴리에틸렌(20)+제진재(2)	폴리에틸렌 복합재료
I-3	폴리에틸렌(10)+제진재(2)+폴리에틸렌(10)	폴리에틸렌 복합재료
I-4	폴리에틸렌(10)+폴리에스테르(10)	폴리에틸렌 복합재료
I-5	폴리에틸렌(10)+제진재(2)+폴리에스테르(10)	폴리에틸렌 복합재료
I-6	폴리에틸렌(10)+폴리에스테르(10)+제진재(2)	폴리에틸렌 복합재료

## 3. 실험결과 및 분석

### 3.1 밀도에 따른 동적특성 변화

밀도에 따른 동탄성계수의 변화는 그림 2와 표 5에 나타난 바와 같이 대체적으로 밀도가 낮을수록 동탄성계수는 감소하였으며, 그림 3의 B재료와 비슷한 양상으로 스펙트럼 변화가

나타났다. 손실계수의 경우에는 동탄성계수와는 반대로 밀도가 커질수록 작아지는 경향을 보이고 있었다.

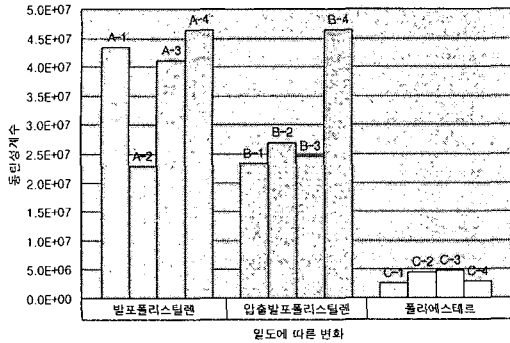


그림 2. 밀도에 따른 동탄성계수의 변화

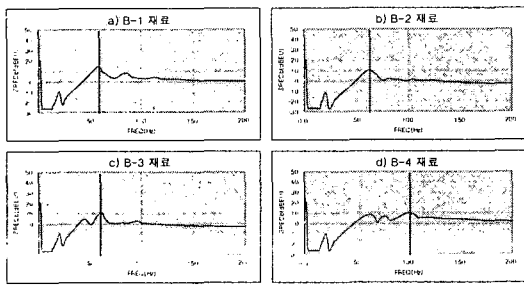


그림 3. B재료의 충격 가진시 스펙트럼 형태

표 5. 밀도에 따른 동탄성계수와 손실계수 변화

구분	밀도	동탄성계수	손실계수
A-1	15 K	4.3E+07	0.146
A-2	20 K	2.3E+07	0.137
A-3	25 K	4.1E+07	0.082
A-4	30 K	4.6E+07	0.084
B-1	20 K	2.3E+07	0.118
B-2	25 K	2.7E+07	0.17
B-3	30 K	2.5E+07	0.097
B-4	35 K	4.6E+07	0.084
C-1	60 K	2.9E+06	0.282
C-2	80 K	4.8E+06	0.18
C-3	100 K	4.5E+06	0.166
C-4	120 K	2.6E+06	0.162

### 3.2 두께에 따른 동적특성 변화

두께에 따른 동탄성계수의 변화는 그림 4와 표 6에 나타난 바와 같으며, 재료의 대부분이 두께가 증가할수록 동탄성계수가 낮아졌으며, 그림 5의 F재료와 비슷한 양상으로 스펙트럼 변화가 나타났다. 손실계수는 두께와 관계없이 불규칙하게 나타났다.

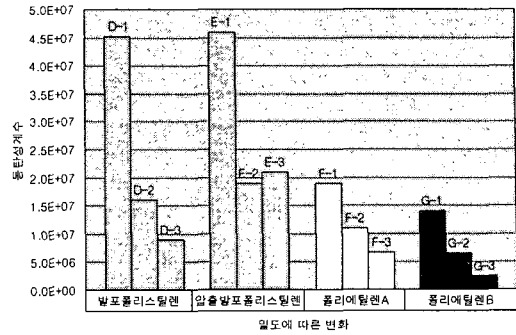


그림 4. 두께에 따른 동탄성계수의 변화

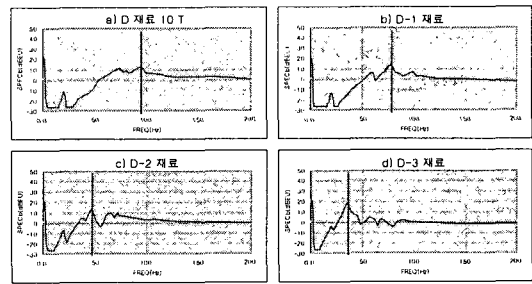


그림 5. F재료의 충격 가진시 스펙트럼 형태

표 6. 두께에 따른 동탄성계수와 손실계수 변화

구분	두께	동탄성계수	손실계수
D-1	20 T	4.5E+07	0.078
D-2	30 T	1.6E+07	0.086
D-3	40 T	8.9E+06	0.088
E-1	20 T	4.6E+07	0.084
E-2	30 T	1.9E+07	0.22
E-3	40 T	2.1E+07	0.117
F-1	10 T	1.9E+07	0.163
F-2	20 T	1.1E+07	0.129
F-3	40 T	6.5E+06	0.121
G-4	10 T	1.4E+07	0.177
G-5	20 T	6.5E+06	0.244
G-6	40 T	2.5E+06	0.222

### 3.3 형태에 따른 동적특성 변화

형태에 따른 동탄성계수의 변화는 그림 6과 표 7에 나타난 바와 같이 민무늬형태의 재료가 높게, 격자형태의 재료가 낮게 나타났다. 하지만 일정시간 재하 후에는 외플형태의 재료가 격자형태의 재료보다 동탄성계수가 낮게 나타나고 있었다. 손실계수의 경우 민무늬 형태와 외플형태의 시료가 한국산업규격(KS F 2868)에서 권장하는 손실계수 범위를 초과하는 것으로 나타났다.

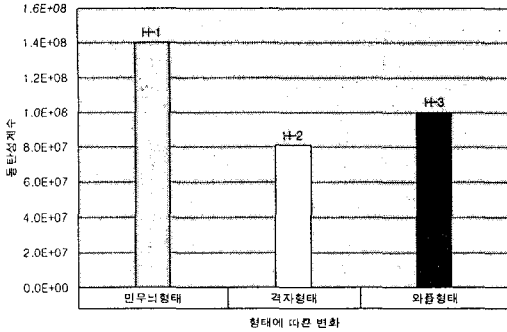


그림 6. 형태에 따른 동탄성계수의 변화

표 7. 형태에 따른 동탄성계수와 손실계수 변화

구분	형태	동탄성계수	손실계수
H-1	민무늬형	1.4E+08	0.378
H-2	격자형	8.1E+07	0.278
H-3	와플형	1.0E+08	0.382

### 3.4 재료의 구성에 따른 동적특성 변화

재료의 구성에 따른 동탄성계수의 변화를 측정하기 위해 사용된 폴리에틸렌, 제진재, 폴리에스테르는 모두 동일한 재료를 사용하였다. 측정결과는 그림 6 및 표 8과 같으며 D-6과 같은 재료의 구성이 동탄성계수에 유리한 것으로 나타났다. 손실계수는 재료의 구성에 따른 동탄성계수가 증가할수록 낮아지는 경향을 보였다.

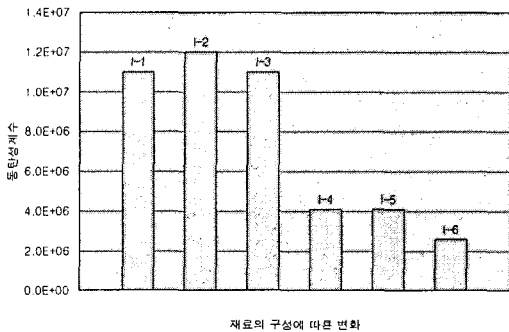


그림 6. 재료의 구성에 따른 동탄성계수의 변화

표 8. 재료의 구성에 따른 동탄성계수와 손실계수 변화

구분	재료의 구성	동탄성계수	손실계수
I-1	폴리에틸렌	1.1E+07	0.129
I-2	폴리에틸렌+제진재+폴리에스테르	1.2E+07	0.167
I-3	폴리에틸렌+폴리에틸렌+제진재	1.1E+07	0.129
I-4	폴리에틸렌+폴리에스테르	4.1E+06	0.174
I-5	폴리에틸렌+제진재+폴리에스테르	4.1E+06	0.174
I-6	폴리에틸렌+폴리에스테르+제진재	2.6E+06	0.189

## 4. 결론

국내 공동주택의 바닥충격음 완충재로 많이 쓰이고 있는 재료인 발포폴리스틸렌계, 폴리에틸렌계, 폴리에스테르계, 고무질계, 폴리에틸렌 복합재료의 각 조건별 측정결과는 다음과 같다.

1) 발포폴리스틸렌, 압출발포폴리스틸렌, 폴리에스테르 재료의 밀도에 따른 동적 특성 변화는 대체적으로 밀도가 증가할수록 동탄성계수와 손실계수가 낮아지고 있었다. 발포폴리스틸렌계 재료의 경우 크기를 달리하여 2~3회 재 측정하였으나 측정시마다 고유진동수가 큰 폭으로 변화하였고 재료의 앞, 뒷면의 고유진동수 또한 다르게 나타났다.

2) 두께에 따른 동적 특성 변화에서 동탄성계수는 대부분 두께가 증가할수록 낮아지는 경향을 보였으나 손실계수는 두께와 관계없이 불규칙한 증감을 보였다.

3) 고무질 재료의 형태에 따른 동적 특성 변화는 격자형태의 재료가 가장 유리한 것으로 나타났으나 재하시간에 따른 분석결과 와플형태의 재료가 동탄성계수가 가장 낮게 측정되었다. 이는 격자형태의 재료에서 하중에 의한 휨변형이 일어났기 때문으로 사료된다.

4) 폴리에틸렌 재료의 구성에 따른 동적특성 변화를 분석해 본 결과 단일재료의 중복 사용보다는 다른 종의 재료를 혼합하여 사용하는 것이 동탄성계수에 유리하게 작용할 것으로 판단되었으며, 구성 재료의 위치에 따라서도 동탄성계수가 크게 변화하는 것으로 나타났다. 손실계수의 경우 재료의 구성에 따른 동탄성계수가 감소할수록 증가하는 경향을 보였다.

## 참고 문헌

- (1) 한국산업규격 KS F 2868, 2003, 「거주공간 뜬바닥용 재료의 동탄성계수 측정방법」
- (2) 김하근 외2인, 2005, 「뜬 바닥구조용 완충재의 동탄성계수 측정에 관한 연구」, 한국건축학회논문집 21권 1호
- (3) 이종균, 2003, 「공동주택의 바닥충격음 저감성능에 관한 연구」, 한국생태환경건축학회 논문집, VOL. 3, NO. 3
- (4) 정갑철 외2인, 2002, 「동탄성계수 결정의 KS 규격화에 관한 연구」, 한국 소음진동공학회 춘계학술대회 논문집 pp.1116-1119
- (5) 한국 소음진동공학회, 1995, 「소음·진동편람」
- (6) 한국과학재단, 2003, 「공동주택 층간소음 예측기법 개발」