

# 온도변화에 따른 바닥충격음 완충재의 동탄성계수 변화

## The dynamic stiffness of resilient materials for floor impact sound according to temperature change

연준오,<sup>1,2</sup> 구희모,<sup>2</sup> 이성찬<sup>3†</sup>

(Junoh Yeon,<sup>1,2</sup> Heemo Goo,<sup>2</sup> and Sungchan Lee<sup>3†</sup>)

<sup>1</sup>서울시립대학교 건축공학과, <sup>2</sup>한국조선해양기자재연구원, <sup>3</sup>영산대학교 건축플랜트학과

(Received July 24, 2018; accepted September 17, 2018)

**초 록:** 상하층 간 공동주택의 바닥충격음 문제를 해결하기 위해 국토교통부에서는 바닥충격음 레벨에 영향을 미치는 완충재에 대한 물성 기준도 함께 고시하고 있다. 완충재에 대한 물성 기준중 가열전후 동탄성계수, 손실계수는 특히 바닥충격음과 가장 연관되어 있다. 따라서 본 연구에서는 기준에서 명시하고 있는 70 °C의 온도 조건을 기준으로 10 °C씩 증가시키고 10 °C씩 저감시켜 온도변화에 따른 동탄성계수 및 손실계수에 대하여 변화율을 검토하였다. 총 8가지 종류의 시료에 대하여 동탄성계수 및 손실계수 측정 방법은 펄스 가진법으로 수행되었으며 결과 산출방법은 감쇠 진동 파형을 이용한 시계열 해석법으로 산출하였다.

**핵심용어:** 완충재, 동탄성계수, 손실계수, 고유진동수

**ABSTRACT:** In order to solve the floor impact sound problem in the upper and lower floors, the Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs also notifies the physical properties of the resilient material affecting the floor impact sound level. The dynamic modulus of elasticity and the loss factor before and after heating are most related to the floor impact noise, especially for the cushioning material. Therefore, in this study, the rate of change with respect to the dynamic modulus and loss factor with temperature change was examined by increasing 10 °C by 10 °C from the temperature condition of 70 °C specified in the standard. The dynamic modulus of elasticity and the loss modulus were measured by using the pulse excitation method for eight kinds of samples. The calculation method was calculated by the time series analysis method using the damped vibration waveform.

**Keywords:** Resilient material, Dynamic stiffness, Loss factor, Nature frequency

**PACS numbers:** 43.50.Pn, 43.55.Ti

### 1. 서 론

최근 공동주택의 신축 및 재개발 사업이 지속적으로 진행됨에 따라 공동주택에서 생활하고 거주 비율은 57%<sup>[1]</sup>로 우리의 생활과 문화에 많은 영향을 미치고 있다. 공동주택은 상하층 바닥을 공유하고 있는 특수성을 가지고 있기 때문에 생활에 있어서 주의하지 않으면 거주자에게 매우 큰 불만의 대상이 되기도 한다. 특히, 상하층 간 층간소음 문제가 대표적인

사례이며 이에 의해 주민들 간 또는 입주민과 건설사 간에 분쟁조정이나 민사소송이 빈번하게 발생한다.

이러한 공동주택의 바닥충격음 문제를 해결하기 위해 국토교통부에서는 바닥충격음에 대한 기준(경량충격음: 58dB 이하, 중량충격음: 50dB 이하)을 규정하고 있으며 바닥충격음 레벨에 영향을 미치는 완충재에 대한 물성 기준도 함께 고시하고 있다. 완충재에 대한 물성 기준에는 가열전후 동탄성계수,<sup>[2]</sup> 손실계수,<sup>[3]</sup> 흡수량,<sup>[4]</sup> 가열 전후 치수안정성<sup>[5]</sup> 등 중 여러 항목들이 있으며 특히 바닥충격음과 가장 연관되어 있는 동탄성계수는 40 MN/m<sup>3</sup> 이하, 손실계수는

†Corresponding author: Sungchan Lee (slee@ysu.ac.kr)  
Department of Architecture and Plant, Youngsan University, 288  
Junam-ro, Yangsan, Gyeongnam 50510, Republic of Korea  
(Tel: 82-55-380-9493, Fax: 82-55-380-9249)

0.1~0.3내로 규정하고 있다. 또한 가열 후 동탄성계수는 가열 전 동탄성계수 결과의 20%를 초과하면 안된다는 기준도 함께 명시하고 있다. 이때 가열조건은 8 kg 정반을 완충재 상부에 올려 놓고 70 °C의 온도에서 48시간 가열 후 동탄성계수를 측정하도록 명시하고 있으며, 이는 바닥 내부를 통과하는 온수 배관, 상부의 기포 및 콘크리트 층 등에 대한 하중 조건을 고려하여 발생 가능한 가장 취약한 조건으로 정립한 것으로 판단된다. 그러나 다양한 바닥충격음 완충재가 바닥구조에 삽입될 경우 70 °C가 아닌 다양한 온도에서 충격음을 저감역할을 하는 경우가 대부분일 것이다. 또한 다양한 완충재는 화학제품을 활용하여 제작되어 지기 때문에 온도의 변화에 민감할 것으로 판단된다. 이러한 변화는 바닥충격음 저감 역할에 영향을 미칠 것으로 사료된다. 따라서 본 연구에서는 완충재의 종류별로 온도가 변화함에 따라 동탄성계수 및 손실계수가 어떻게 변화하는지에 대하여 알아보았다.

## II. 측정개요

동탄성계수 및 손실계수 측정 방법은 KS F 2868<sup>[6]</sup> 거주 공간 뜬바닥용 재료의 동탄성 계수 측정방법에



Fig. 1. Incidence of a plane wave onto the double plates in a rigid duct.

Table 1. Measurement instruction.

Type	Description
Frequency analyzer	dB4 (Areva)
Impact hammer	086C03 (PCB)
Accelerometer	KD41V
Drying Oven	DS-520L

따라 Fig. 1과 같이 펄스 가진법으로 수행되었으며 결과 산출방법은 감쇠 진동 파형을 이용한 시계열 해석법으로 산출하였다.

사용된 장비는 Table 1과 같이 신호분석기는 Areva사의 dB4를 사용하여 sampling rate은 52 kHz이상으로 설정하여 분석하였다. 임팩트해머는 PCB사의 086C03모델을 사용하였으며 Measure range는 ±2200 Npk였다.

하중판은 시료의 크기와 같은 가로, 세로의 길이가 각각 200 mm의 크기며 가해지는 하중은 8 kg(200 kgf/m<sup>2</sup>)이다. 측정 값은 총 3번 가진하여 산술평균 값을 대표값으로 하였다.

고시에서 명시하고 있는 70 °C의 온도, 하중재하 조건을 기준으로 10 °C씩 변화시키면서 발생 가능한 바닥의 온도 조건 범위를 넓혀 가열 후 동탄성계수 및 손실계수에 대하여 변화율을 검토하였다. 또

Table 2. Test specimen.

Specimen	Material	Type	Depth	Density
1	EPS	Uneven	30 mm	15 K
2	EPS	Uneven	30 mm	16 K
3	EPS	Uneven	36 mm	26 K
4	Urethane	Flat	27 mm	68 K
5	PE	Flat	10 mm	27 K
6	EVA	Uneven	30 mm	61 K
7	EVA	Uneven	30 mm	68 K
8	Rock wool	Flat	25 mm	91 K

한 변화율 검토는 가열챔버에서 시료를 꺼낸 후 2시간 이내에 측정을 진행하였다. 측정 시료는 가로, 세로의 길이가 각각 200 mm 완충재로 현재 국내에서 주로 사용되고 있는 발포폴리스티렌(Expanded Polystyrene, EPS), 에틸렌 비닐아세테이트(Ethylene Vinyl Acetate, EVA), 폴리에틸렌(Polyethylene, PE), 우레탄 폼, 락올 등이며 형상은 평판과 완충재 하부에 요철이 있는 제품으로 구성하였다. 시료두께는 10 mm에서 36 mm까지 다양하였으며 온도변화에 따른 시료는 각각 준비하여 활용하였다. 8가지 종류의 시료에 대하여 평가를 수행하였으며 각각의 시료에 대한 자세한 내용은 Table 2와 같다.

### III. 측정결과

완충재의 온도를 -10 °C에서 90 °C까지 10 °C간격

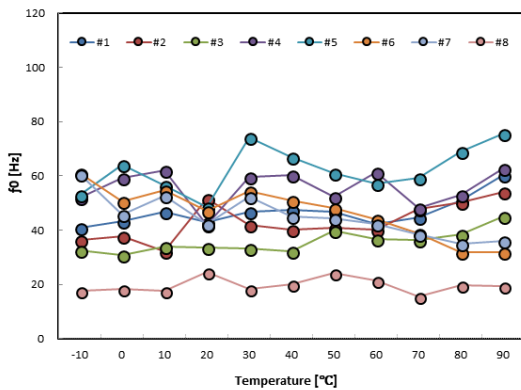


Fig. 2. Natural frequency of 8 specimens according to temperature difference.

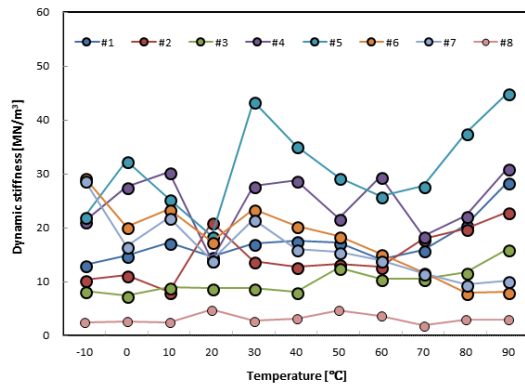


Fig. 3. Dynamic stiffness of 8 specimens according to temperature difference.

으로 변화시키면서 완충재의 고유진동수를 측정하였으며 Fig. 2는 온도변화에 따른 8개 시료에 대한 고유진동수를 측정한 결과이다. 8개 시료 모두 DIN 18164<sup>[7,8]}</sup>에서 권장하고 있는 뜬바닥 구조의 고유진동수 100 Hz 이하를 만족하고 있는 것으로 나타났다. 시료8은 락올로서 온도 민감성이 낮기 때문에 온도 변화에 따른 편차는 크지 않은 것으로 나타났다. 시료 5의 경우 온도변화에 따른 편차가 발생하였으며 특히 20 °C에서 30 °C 구간에서 많은 편차가 발생하였다. 대부분의 시료의 고유주파수는 30 Hz ~ 60 Hz 범위에서 나타났으며 시료의 기본물성에 따라 온도 변화에 따른 편차는 상이하였다.

고유진동수 측정결과를 바탕으로 8개 시료에 대한 동탄성계수를 계산하였으며 그 계산결과는 Fig. 3과 같다. 동탄성계수의 경우 값이 작을수록 바닥충격을 차단하는 성능은 증가하지만 흔들림이 발생할 수 있어 DIN 18164에서는 30 MN/m<sup>3</sup> 이하를 권장하고 있다. 시료8개의 고유진동수 측정결과는 측정 기준인 70 °C에서 모두 만족하였으나 동탄성계수의 경우 시료 4와 5의 일부 온도 구간에서 30 MN/m<sup>3</sup>을 초과하는 값이 계산되었다. 특히 시료 5의 경우 가열 후 동탄성계수의 측정을 위한 온도 범위인 상온상태 20 °C와 70 °C에서는 30 MN/m<sup>3</sup> 이하의 값이 측정되었으나 나머지 대부분의 구간에서는 30 MN/m<sup>3</sup>를 초과하는 결과값이 나타났다.

손실계수의 경우 Fig. 4에서 볼 수 있듯이 0.1 ~ 0.3의 범위의 값이 측정되어야 하며 측정결과 8가지의 시료중 시료 5와 시료 8을 제외한 대부분의 시료들

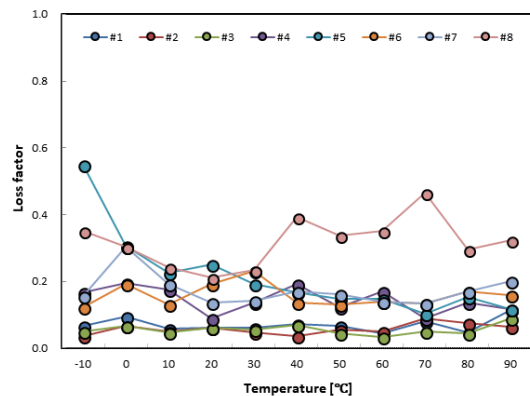


Fig. 4. Loss coefficient of 8 specimens according to temperature difference.

이 권장범위를 만족하였다.

시료 5의 경우 0 °C 이하에서만 권장범위를 벗어났으며 시료 8의 경우 10 °C~30 °C범위를 제외한 온도 범위에서 권장범위를 벗어나는 것으로 나타났다.

따라서 시료 5의 경우에는 온도변화에 따른 편차가 너무 크게 발생하고 시료 8의 경우 너무 낮은 고유진동수와 동탄성계수가 측정되었고 대부분의 온도에서 손실계수가 0.3 이상으로 측정되어 바닥완충재로서의 기능을 하기에는 어려울 것으로 사료된다.

#### IV. 분석 및 토의

본 연구의 측정대상인 8가지의 시료를 하부요철이 있는 경우와 평판인 경우, 그리고 재료의 종류에 따라 분류하여 동탄성계수값을 비교분석하였다. 시료 1, 시료 2, 시료 3, 시료 6, 시료 7의 경우 하부에 요철이 있는 시료이며 측정결과는 Fig. 5와 같으며 평판형 바닥완충재는 시료 4, 시료 5, 시료 8이었으며 측정결과는 Fig. 6과 같다.

같은 요철형 바닥충격음 완충재라도 완충재의 재질에 따라 특정한 온도구간에서는 30 MN/m<sup>3</sup> 가까이 편차가 발생하는 것으로 나타났다. 50 °C~60 °C 구간에서는 완충재의 재질에 따른 동탄성계수의 편차가 크게 발생하지 않았다. 그러나 0 °C 이하 및 80 °C 이상의 구간에서는 완충재의 재질에 따른 동탄성계수의 편차가 크게 발생하는 것으로 나타났다. 바닥충격음 완충재의 대표적인 재료인 EPS와 EVA 재질로 구분하여 측정결과를 분석하였다. 시료 1, 시료 2, 시료 3의 경우 시료의 재질이 EPS이었으며 측정결과는 Fig. 7과 같다. 시료 6, 시료 7이 EVA 재질의 바닥충격음 완충재였으며 동탄성계수의 측정결과는 Fig. 8과 같다.

EPS재질의 바닥충격음 완충재의 경우 시료 2의 측정결과에서 20 °C의 구간에서 동탄성계수가 높아졌다가 30 °C구간에서는 다시 낮아지는 특성을 보였다. 그러나 나머지 재질의 대부분의 구간에서 온도증가에 따라 동탄성계수도 증가하는 경향을 보였다. EVA 재질의 바닥충격음 완충재의 경우 EPS와

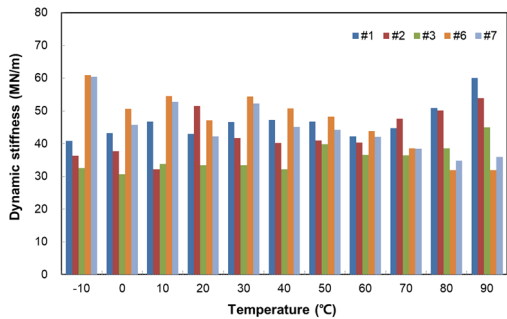


Fig. 5. Comparison of the dynamic stiffness test results of uneven type specimens.

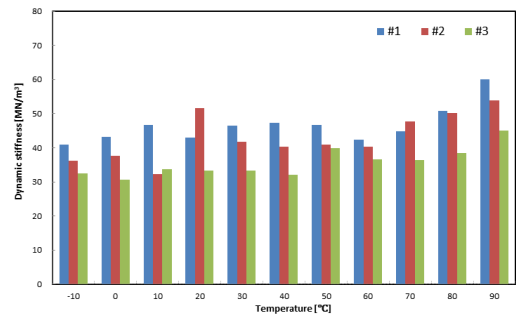


Fig. 7. Comparison of the dynamic stiffness test results of EPS type specimens.

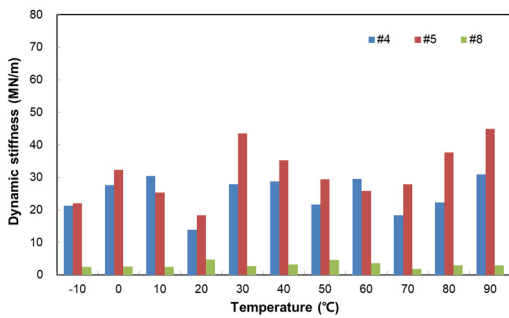


Fig. 6. Comparison of the dynamic stiffness test results of flat type specimens.

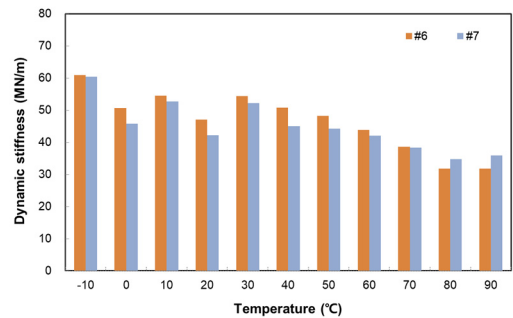


Fig. 8. Comparison of the dynamic stiffness test results of EVA type specimens.

는 반대로 온도가 증가할수록 동탄성 계수가 감소하는 경향을 보이고 있는 것을 알 수 있다.

## V. 결 론

본 연구에서는 온도의 변화에 따른 동탄성계수 및 손실계수의 변화를 알아보았다. PE 구조의 경우 온도변화에 따라서 고시에서 제시하고 있는 동탄성계수 상한 값을 초과하는 것으로 나타났으며 락울의 경우에는 온도 변화에 따른 영향이 없는 것으로 나타났다. 하부 모양이 요철형으로 구성된 EPS와 EVA의 경우 각각 시료에서 온도변화에 따른 패턴이 상이하게 나타났으며 EPS의 경우에는 가열 온도가 증가할수록 동탄성계수 결과가 증가되는 것으로 나타났으나 EVA 시료는 온도가 증가될수록 동탄성계수 결과가 낮아지는 것으로 나타났다. 바닥구조의 내부의 온도가 영하 10 °C 이하를 포함하여 온도변화에 따라서 완충재의 동탄성계수 값(40 MN/m<sup>3</sup>)을 충족하지는 않지만 몇몇 시료는 가열전 동탄성계수 보다 20%를 초과(온도 변화)하는 것으로 나타났다. 향후, 온도변화를 기준으로 완충재를 구성하는 복합구조 및 화학적 성능 등에 따른 동탄성계수 변화에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## References

1. S. G. Cha, "The Management system and effect of floor noise at apartment houses," Proc. the KSNVE Annual Autumn Conference, 693-697 (2014).
2. K. W. Kim, G. C. Jeong, and J. Y. Sohn, "Correlation between dynamic stiffness of resilient materials and lightweight floor impact sound reduction level," KSNVE, **18**, 886-895 (2008).
3. K. W. Kim, H. J. Choi, J. S. Kang, and K. S. Yang, "A study on the property and influence factor in measuring of the dynamic stiffness of damping materials," Proc. the KSNVE Annual Spring Conference, 1124-1127 (2006).
4. D. Choi, H. Kim, J. O. Yeon, and S. S. Moon, "A study on evaluation of physical properties according to construction & quality of floor impact noise insulators in apartment house," Proc. the KSNVE Annual Spring Conference, 90 (2018).
5. G. G. Song, Y. H. Kim, and J. H. Park, "Method for

dimensional stability measurement of resilient materials used under floating floors," Proc. the KSNVE Annual Spring Conference, 239 (2018).

6. KS F 2868: Determination of dynamic stiffness of materials used under floating floors in dwellings (2003).
7. DIN 18164-1: Schaumkunststoffe als Dämmstoffe für das Bauwesen (2013).
8. DIN 18164-2: Schaumkunststoffe als Dämmstoffe für das Bauwesen - Teil 2: Dämmstoffe für die Trittschall-dämmung aus expandiertem Polystyrol-Hartschaum (2001).

## 저자 약력

### ▶ 연 준 오 (Junoh Yeon)



2007년 2월: 한국교통대학교 건축공학과 (공학사)  
2010년 8월: 한양대학교 건축공학과 (공학석사)  
2016년 2월: 서울시립대학교 건축공학과 (공학박사 수료)  
2016년 4월: 한국건설기술연구원  
2016년 4월 ~ 현재: 한국조선해양기자재연구원 선임연구원

### ▶ 구 희 모 (Heemo Goo)



2007년 2월: 한국해양대학교 기계공학과 (공학사)  
2014년 6월: 한국해양대학교 기계공학과 (공학석사)  
2006년 12월 ~ 현재: (재)한국조선해양기자재연구원 선임연구원

### ▶ 이 성 찬 (Sungchan Lee)



2002년 2월: 한양대학교 물리학과(이학사), 건축공학(공학사)  
2004년 2월: 한양대학교 건축공학과(공학석사)  
2016년 2월: 한양대학교 건축공학과(공학박사)  
2004년 10월: 한국라파즈석고보드  
2009년 9월: 대우건설 기술연구원  
2016년 3월 ~ 현재: 영산대학교 조교수