

완충재 잔류변형과 동탄성계수

Compressibility and Dynamic Stiffness for Floating-Floor Insulating Products

김경우†·최현중*·연준오*·양관섭*

Kyoung-woo KIM, Hyun-jung CHOI, Jun-ho YEON and Kwan-seop YANG

1. 서 론

완충재의 동탄성계수는 바닥충격을 차단성능에 영향을 미치는 주요항목으로 특히, 경량충격을 저감성능과 밀접한 관계를 가지고 있다. 완충재는 공동주택이 국내 주거형태의 60%이상을 차지하는 국내에서 거의 모든 공동주택에 적용되고 있으며, 관련 기술개발을 위하여 다양한 제품이 생산되고 있다. 최근 완충재는 바닥충격음 차단성능 향상을 위하여 재료의 단가를 저감하기 위하여 밀도가 낮고 동탄성계수가 낮은(10MN/m³이하) 제품들이 많이 생산되고 있다.

이러한 낮은 동탄성계수의 완충재는 바닥충격음 차단성능 향상에는 유리할 수 있으나, 완충재 상부 온돌층의 구조적 안정성에 우려를 제기하고 있는 실정이다. 온돌층 하부에 연질의 완충재로 인하여 모르타의 균열이나 처짐이 발생할 수 있기 때문에 완충재가 가져야 하는 기본물성으로 잔류변형(단기적 구조안정성)에 대한 검토가 진행 중에 있다⁽¹⁾⁽²⁾.

완충재 동탄성계수 변화 정도와 정확한 수치의 확인은 바닥충격음 저감성능을 예측할 수 있는 중요한 항목이라 할 수 있다. 잔류변형은 일정한 하중을 일정시간동안 부여한 후에 하중을 제거하여, 하중제하 전과 후의 완충재 두께변화를 살펴보는 것이기 때문에 하중을 받은 완충재는 내부 셀 구조의 변화를 가져올 것이고 이에 따라 동탄성계수에도 영향을 미칠 것으로 판단되어, 잔류변형과 동탄성계수의 관계를 본 연구에서 검토하고자 한다.

2. 잔류변형 측정방법

† 교신저자; 정회원, 한국건설기술연구원
E-mail : kwj@kict.re.kr
Tel : 031-910-0356, Fax : 031-910-0361
* 정회원, 한국건설기술연구원

잔류변형 측정방법은 독일의 DIN규격⁽³⁾에서 확인할 수 있으며, DIN규격이 ISO규격⁽⁴⁾로 도입되어진 상태이다. 유럽은 완충재 잔류변형 검토가 많이 이루어져 왔으며, 측정결과를 생산제품 카다록에 표현하고 있다. DIN의 시험방법은 다음과 같다.

- 시료 : (200±1)mm, 10개, (23±5)°C에서 6시간 보관 및 시험
- 시험순서
 - 250Pa(1kg)의 압력 부여, 2분후 두께 측정(d_L)
 - 2kPa(8kg)의 압력 부여, 2분후 두께 측정(d_F)
 - 48kPa(192kg) 추가압력 2분간 부여
 - 추가압력 제거 후 2분 or 5분후의 높이 측정(d_B)

독일은 DIN 규격을 통하여 완충재에 일정한 하중을 부여한 후에 하중부여 전·후의 두께차이(d_L-d_B)를 잔류변형(Compressibility, c)으로 나타내고 있다.

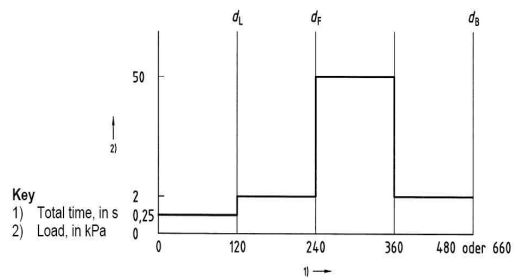


Fig.1 시간과 하중에 대한 두께 표현(DIN)

국내에서 생산되는 완충재를 대상으로 잔류변형 현황을 기존 연구⁽¹⁾에서 살펴본 결과, 그림2와 같이 동일한 채질에서도 편차가 크게 발생하고 있는 것으로 나타났다.

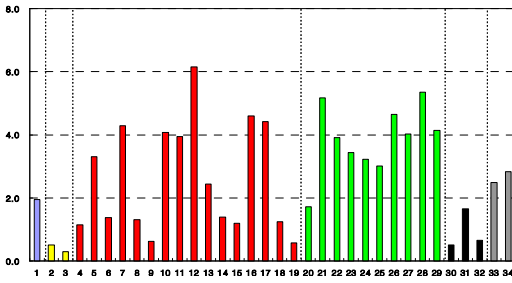


Fig.2 DIN 시험방법에 따른 잔류변형 측정결과

3. 측정개요

잔류변형과 완충재의 관계를 살펴보기 위하여 8개 시료[단일재료 5개(EPS, EPP, PE, EPS_요철, EVA_요철), 복합재료 3개(PE+EPP+PE, PE복합, PE+ 허니콤)]를 준비하여, 잔류변형 측정전과 후의 동탄성계수변화를 살펴보았다. 잔류변형 측정 후 일정한 시간간격(잔류변형 직후, 0.5h, 1h, 1.5h, 2h, 3h, 4h)을 두고 동탄성계수를 측정하였다.

잔류변형시험은 UTM을 사용하여 하중을 재하하였고, 동탄성계수는 펄스가진법을 사용한 시계열해석법으로 계산하였다.

측정된 동탄성계수를 바탕으로 경량충격을 저감량 예측식(식1~식2)⁽⁵⁾과 기존 연구에서 수행한 중량충격 예측식⁽⁶⁾을 사용하여 저감량 정도를 계산하였다.

$$\Delta L = 30 \log \frac{f}{f_{res}} \quad (\text{식1})$$

$$f_{res} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{s'}{m}} \quad (\text{식2})$$

Table 1 중량충격음 저감량 예측식⁽⁶⁾

주파수[Hz]	상관식	결정계수[R ²]
63	$y = -3.0198 \ln(x) + 5.6396$	0.70
125	$y = -4.4421 \ln(x) + 19.316$	0.82
250	$y = -3.4045 \ln(x) + 24.563$	0.83
500	$y = -0.7348 \ln(x) + 21.016$	0.09

4. 측정결과

그림3, 그림4, 표2는 잔류변형 측정결과 및 잔류변형 시험 전과 후의 동탄성계수 변화를 나타낸다.

그림3은 단일재료로 구성된 시료의 측정결과로서 EPS와 EPP 재료의 완충재에서 잔류변형시험 전에 비하여 동탄성계수가 변화된 것으로 나타났다. 그러나 PE, EPS_요철, EVA는 변화가 거의 나타나지 않았다. EPS의 경우, 잔류변형 시험 후 시간이 경과될수록 동탄성계수가 증가되는 것으로 나타나 외부 하중에 의한 변형이 서서히 진행된 것으로 판단된다. EPP는 잔류변형 직후 동탄성계수가 초기값에 비하여 56% 증가되어 4시간 경과 후에 초기값에 근접한

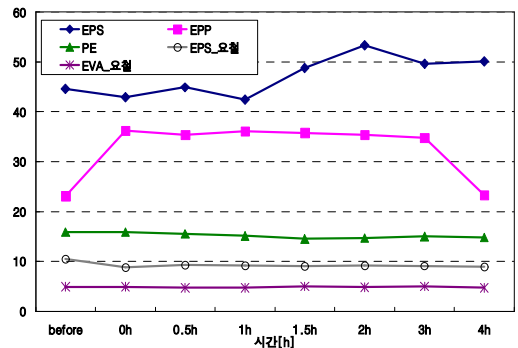


Fig.3 동탄성계수변화(단일재료)

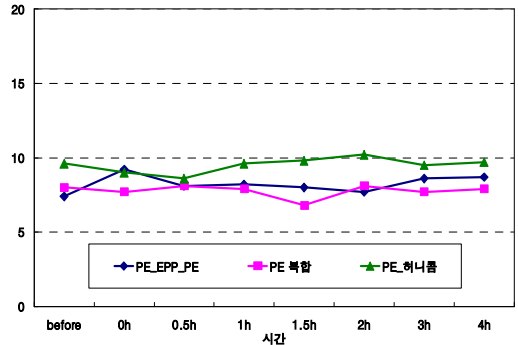


Fig.4 동탄성계수변화(복합재료)

Table 2 측정시료별 잔류변형 및 공진주파수

시료명	잔류변형 mm	공진주파수[Hz]			비고
		잔류변형 직후	0h 이후	4h 이후	
EPS	0.18	75.2	73.7	79.6	단일재료
EPP	0.90	54.0	67.7	54.3	
PE	0.96	44.8	44.9	43.4	
EPS_요철	3.33	36.5	33.4	33.5	
EVA_요철	3.42	24.8	24.8	24.4	
PE_EPP_PE	2.14	30.7	34.1	33.2	복합재료
PE 복합	0.65	31.9	31.2	31.7	
PE_허니콤	2.44	34.9	33.8	35.1	

수치로 회복되었다.

그림4는 복합재료로 구성된 완충재의 동탄성계수 변화를 나타낸 것으로, PE로 구성된 복합 완충재는 잔류변형 전과 후의 동탄성계수는 시료별로 다소 차이가 있으나 큰 변화는 나타나지 않았다.

표2의 잔류변형 측정결과와 같이 잔류변형이 직접적으로 동탄성계수 변화와 관계가 있다고 언급하기는 어렵다.

잔류변형 시험은 시료(200mm×200mm)에 192kg의 하중을 2분 동안 부여하는 것으로, 부여된 하중에 의하여 완충재 시료의 변형이 발생되고, 시료의 변형은 바닥충격음 차단능(동탄성계수) 변화를 유발시키는 것이 아닌가를 살펴보았다. 초기 연구진행 전의 가설은 하중으로 인해 완충재 내부 셀의 변형이 발생되어 동탄성계수도 변화될 것으로 예상하였다. 또한 하중 재하 후에 일정시간 동안 동탄성계수를 측정하는 것은 변형된 셀이 다시 복원되지 않을까 하는 의문에서 시작되었다. 그러나 일부 시료에서 잔류변형 시험으로 동탄성계수가 변화된 예가 나타났으나, 대부분 시료는 변화가 거의 없었다.

보다 많은 시료를 대상으로 하중재하가 동탄성계수에 미치는 영향에 대한 검토가 지속적으로 필요하다.

그림5~그림7은 잔류변형 시험전의 동탄성계수를 토대로 바닥충격음 저감량을 예측식을 통하여 계산한 것으로, 동탄성계수가 낮아질수록 저감량도 증가하는 결과를 볼 수 있다. 이러한 결과는 동탄성계수가 저감량을 결정짓는 주요 변수로 고려한 경우의 계산결과로서 당연한 결과라 할 수 있다. 향후 실제 바닥충격음 측정결과를 바탕으로 예측식의 타당성을 검토하는 연구가 필요할 것으로 판단된다.

5. 결 론

완충재 잔류변형은 최근 상부온돌층 구조의 안정성 평가를 위해 검토되는 방법이다. 이러한 잔류변형이 완충재 동탄성계수에 미치는 영향을 살펴보았다.

측정결과 잔류변형 시험으로 하중을 받은 완충재는 일부 시료에서 동탄성계수가 변화되는 것으로 나타났으나, 대부분 시료는 동탄성계수 변화가 안정적으로 나타났다. 이러한 결과는 측정시료의 개수가 제한된 측정결과로서 일반적으로 모든 시료의 동탄성

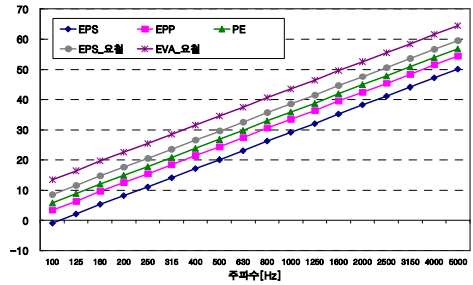


Fig.5 시료별 경량충격음 저감량(단일재료)

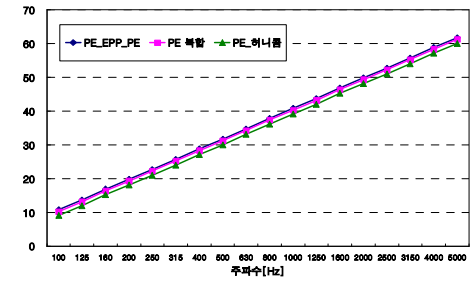


Fig.6 시료별 경량충격음 저감량(복합재료)

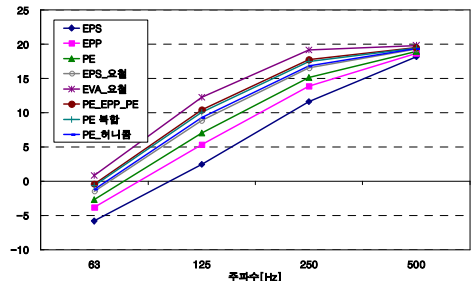


Fig.7 시료별 중량충격음 저감량

계수 변화 특성을 대변할 수는 없을 것이다. 향후 보다 많은 시료를 대상으로 검토를 확대해야 할 것이다.

동탄성계수는 하중이 장기적으로 부여될 때 지속적으로 변화되는 것으로 알려져 있다⁽⁷⁾. 동탄성계수는 바닥충격음 저감능을 결정짓는 중요한 항목이기 때문에 시료의 정확한 동탄성계수 파악과 변화 추이를 파악하는 것이 필요하다.

후 기

본 연구는 지식경제부 표준기술력향상사업의 연구비 지원(과제번호:B0011687)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- (1) 김경우, 최현중, 양관섭, 2010, 완충재 잔류변형 시험방법 마련을 위한 검토 I -현황분석- 한국음향학회 추계학술발표대회 논문집, 제29권 제2(s)호, pp.69~71.
- (2) 최현중, 김경우, 양관섭, 2010, 완충재 잔류변형 시험방법 마련을 위한 검토 II -시험조건 변경에 따른 영향 분석- 한국음향학회 추계학술발표대회 논문집, 제29권 제2(s)호, pp.72~74.
- (3) DIN EN 12431, 2007, Thermal insulating products for building applications-Determination of thickness for floating floor insulating products
- (4) ISO 29770, 2008, Thermal insulating products for building applications - Determination of thickness for floating-floor insulating products
- (5) L. Cremer, M. Heckel, E.E. Ungar, 1988, Structure-Borne Sound, 2nd. Ed. Springer-Verlag, Berlin.
- (6) Kyoung-Woo Kim, Gab-Cheol Jeong, Kwan-Seop Yang, Jang-yeul Sohn, 2009, Correlation between dynamic stiffness of resilient materials and heavyweight impact sound reduction level, Building and Environment vol.44, pp.1589~1600
- (7) Kyoung-Woo Kim, Hyun-jung Choi, Kwan-seop Yang, Jang-yeul Sohn, 2008, A Study on the Change in Dynamic Stiffness of Resilient Materials According to the Load Duration, The First International Conference on Building Energy and Environment.
- (8) Vidmantas DIKAVICIUS, Kestutis MISKINIS, 2009, Change of dynamic stiffness of open and closed cell resilient materials after compressibility test, Materials science, Vol.15, No.4, pp.368~371.
- (9) Schiavi Alessandro, Belli Andrea Pavoni, Francesco Russo, 2005, Estimation of acoustical performance of floating floors from dynamic stiffness of resilient layers, Building Acoustics, vol.12, No.2, pp.99~113.