

바닥충격음 완충재의 재하시간에 따른 동적 특성 연구

A Study on the Dynamic Properties by Loading Time of
Floor Impact Noise Insulation Materials

김홍식*

진필화**

주시웅**

정성원***

Kim, Heung-sik Jin, Pil-Hwa Joo, Si-Woong Jung sung-won

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

ABSTRACT

The purpose of this study is to suggest a fundamental data for change of dynamic properties according to the loading time of resilient materials. 18 kinds of resilient materials included 4 representative types were measured at the load time of 24hours and 2hours by the method of Korea standard (KS F 2868) measuring the dynamic stiffness and the loss factor of materials under floating floors. As a result, the dynamic stiffness was increased rapidly in case of expandable polystyrene and rubber materials according to the load time, especially before 2 hours. The loss factor was represented that rubber materials with high elasticity are high, and expandable polystyrene, poly ethylene materials with low elasticity are low.

1. 서 론

바닥충격음은 바닥구조의 형식과 바닥슬래브의 두께, 마감재의 종류 등 여러 가지 요소들에 의해 좌우되는데 경량충격음의 경우 완충재를 이용한 저감방법, 중량충격음의 경우 바닥슬래브의 두께를 증가시키는 방법이 가장 효과적으로 알려져 있다. 이 중 바닥슬래브의 두께 증가는 한계를 가지고 있기 때문에 완충재를 이용한 저감방법의 사용이 증가되고 있다. 국내에서도 이와 같은 많은 연구가 이루어졌으나 완충재의 재하시간에 따른 특성변화 분석은 미비한 실정이다.

본 연구에서는 대표적으로 많이 사용되고 있는 완충재를 발표폴리스틸렌계, 폴리에틸렌계, 폴리에스테르계, 고무질계로 분류하여 재하시간에 따른 변화를 측정하고, 바닥충격음 저감특성을 결정짓는 중요한 요소인 동탄성계수와 손실계수에 대한 분석을 실시하였다. 이 결과를 토대로 재하시간에 따른 완충재의 동적 특성 변화에 대한 기초 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^2]

f_0 : 진동계의 고유진동수 [Hz]

m_t : 하중판의 단위면적당 질량 [kg/m^2]

(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 η 를 산출하였다.

* 호남대학교 건축학과 조교수

E-mail : hsk@honam.ac.kr

Tel : (016) 602-3874, Fax : (062) 940-5455

** 호남대학교 건축학과 대학원 석사과정

*** 호남대학교 건축학과 학사과정

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

여기서 η : 손실계수

f_1 : 고유진동수의 우변으로 3dB 감쇠한 곳의 주파수 [Hz]

f_2 : 고유진동수의 좌변으로 3dB 감쇠한 곳의 주파수 [Hz]

2.2 실험 방법

본 연구에서는 동탄성계수 측정을 위해 한국산업규격 규정에 따라 바닥슬래브를 구성하는 콘크리트 시험체 ($900 \times 900 \text{mm}$, 시료($200 \times 200 \text{mm}$ 등), 강재하중판 ($200 \times 200 \text{mm}$)을 준비하였으며, 임팩트 헤머를 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

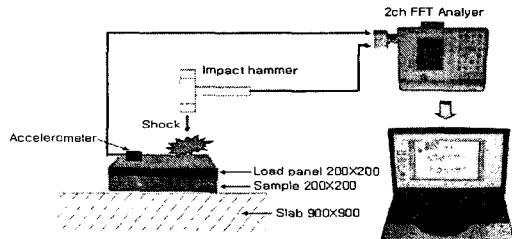


그림 1. 측정기기 구성도

아울러 현장의 바닥슬래브와 같은 조건으로 시공된 깔판을 사용하여 실제 재료가 시공될 때 재하시간에 따른 동탄성계수의 변화를 분석하였다. 실험에 사용된 재료는 발포폴리스틸렌 4종, 폴리에틸렌 4종, 폴리에스테르 5종, 고무질계 5종이며 각 종류별로 동일재료를 3개씩 측정하여 평균을 구하였다. 실험에 사용된 재료는 표 1과 같다.

표 1. 실험에 사용된 재료

구분	재료의 구성(mm)	종 구분
A-1	KS 1호 발포폴리스틸렌(20)	발포폴리스틸렌
A-2	KS 2호 발포폴리스틸렌(20)	발포폴리스틸렌
A-3	KS 3호 발포폴리스틸렌(20)	발포폴리스틸렌
A-4	KS 4호 발포폴리스틸렌(20)	발포폴리스틸렌
B-1	폴리에틸렌 A(20)	폴리에틸렌
B-2	폴리에틸렌 B(20)	폴리에틸렌
B-3	폴리에틸렌 C(20)	폴리에틸렌
B-4	폴리에틸렌 D(20)	폴리에틸렌
C-1	폴리에스테르 A(25)	폴리에스테르
C-2	폴리에스테르 B(10)	폴리에스테르
C-3	폴리에스테르 C(10)	폴리에스테르
C-4	폴리에스테르 D(10)	폴리에스테르

C-5	폴리에스테르 E(10)	폴리에스테르
D-1	E고무(4)	고무질계
D-2	D고무(4)	고무질계
D-3	D고무(10)	고무질계
D-4	D고무 TYPE 1(10)	고무질계
D-5	D고무 TYPE 2(10)	고무질계

1차 실험은 표 1의 재료 중 대표재료 4종을 선정하여 24시간 재하에 따른 변화를 분석하였고 2차 실험은 1차 실험 결과를 토대로 2시간 재하에 따른 동탄성계수 및 손실계수의 변화를 분석하였다. 1, 2차 실험에 사용된 재료의 구분은 표 2와 같다.

표 2. 실험재료의 재하시간

구분	측정재료	재하시간
1차 실험	A-4, B-4, C-5, D-5 (4종)	24시간
2차 실험	모든 재료 (18종)	2시간

3. 실험 결과 및 분석

3.1 24시간 재하에 따른 동특성 변화

그림 2에 나타난 것과 같이 각 재료별 24시간 재하 충격 가진 시 스펙트럼의 형태는 B-4와 C-5의 경우 고유진동수가 급격히 증가하였고, A-4와 D-5는 비교적 완만한 증가를 보였으며, A-4에서 약간의 요철이 나타났다. 24시간 재하에 따른 동탄성계수의 변화는 그림 3과 같이 대표재료 모두 재하시간이 증가함에 따라 동탄성계수도 증가하였다. 또한 동탄성계수와 손실계수의 급격한 변화는 그림3, 그림4와 같이 2시간 이전에 나타나고 있었다.

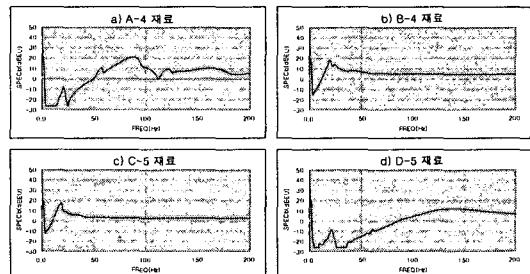


그림 2. 24시간 재하 충격 가진 시 스펙트럼 형태

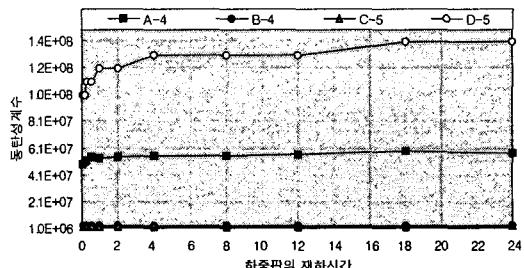


그림 3. 24시간 재하에 따른 동탄성계수의 변화

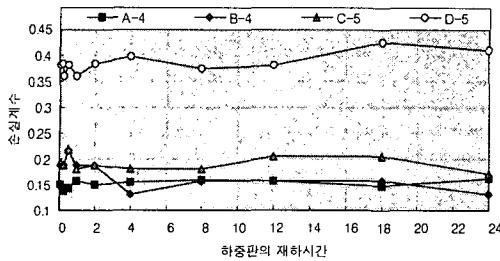


그림 4. 24시간 재하에 따른 손실계수의 변화

측정결과, 동탄성계수는 2시간 이후부터 완만하게 증가함을 알 수 있었다. 이 결과를 토대로 2차 실험에서는 2시간 재하에 따른 동탄성계수 및 손실계수의 변화를 분석하였다.

3.2 2시간 재하에 따른 동특성 변화

(1) 밸포폴리스틸렌계

밸포폴리스틸렌계 재료의 동탄성계수 변화를 2시간동안 측정한 결과는 그림 5와 같으며 각 재료별로 $0.2E+07\sim0.5E+07$ 의 증가를 보였다. 손실계수는 그림 6과 같이 15분 이전에 많은 변화를 보였으나 점차 안정화되었다.

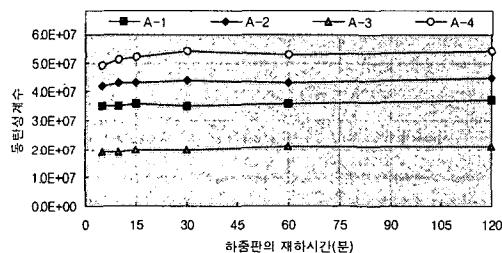


그림 5. A재료의 재하시간에 따른 동탄성계수의 변화

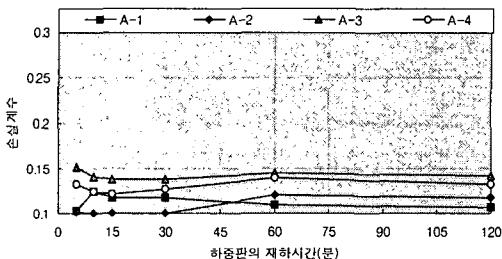


그림 6. A재료의 재하시간에 따른 손실계수의 변화

(2) 폴리에틸렌계

폴리에틸렌계 재료의 동탄성계수를 2시간동안 측정한 결과는 그림 7과 같으며 B-4를 제외한 나머지 재료는 $0.1E+07\sim0.7E+07$ 의 증가를 보였다. 손실계수는 그림 8과 같이 60분 이전에 많은 변화를 보이나 60분 이후부터 점차 안정화 되었다.

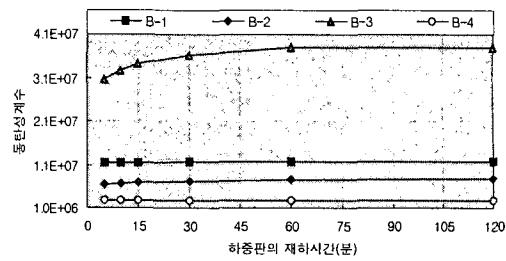


그림 7. B재료의 재하시간에 따른 동탄성계수의 변화

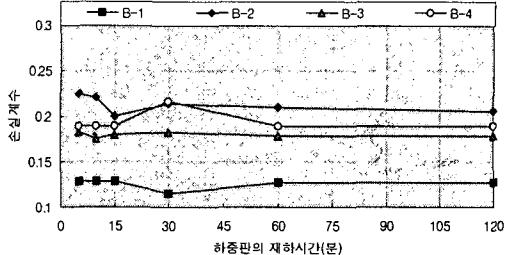


그림 8. B재료의 재하시간에 따른 손실계수의 변화

(3) 폴리에스테르계

폴리에스테르계 재료를 2시간동안 측정한 결과는 그림 9와 같으며 C-3재료의 $0.2E+06$ 증가, C-5재료의 $0.1E+06$ 증기를 제외한 나머지 재료들에서는 변화가 나타나지 않았다. 손실계수는 그림 10과 같으며 C-4를 제외한 모든 재료들이 60분 이전에 폴리에틸렌계 재료와 비슷한 양상을 보이다가 점차 감소되었다.

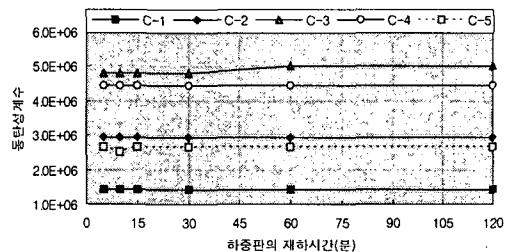


그림 9. C재료의 재하시간에 따른 동탄성계수의 변화

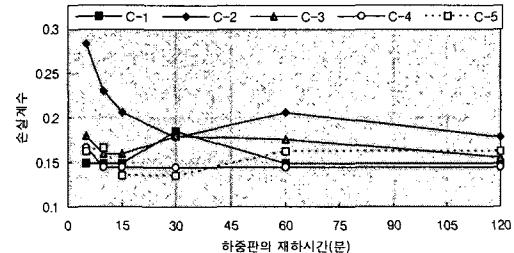


그림 10. C재료의 재하시간에 따른 손실계수의 변화

(4) 고무질계

고무질계 재료를 2시간동안 측정한 결과는 그림 11과 같으며 D-1의 경우를 제외한 나머지 재료들에서 $0.1E+08 \sim 0.6E+08$ 의 증가가 나타났다. D-1은 $1.6E+07$ 의 감소를 보인 후 10분부터 일정한 증가를 보였다. 손실계수는 그림 12와 같으며 D-2, D-4를 제외한 모든 재료들이 60분 이후 안정화되었다.

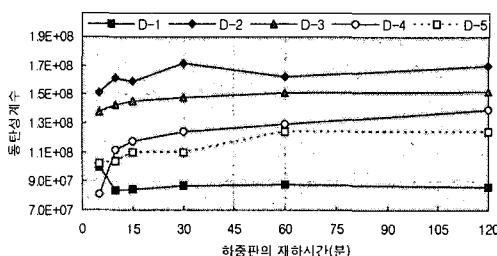


그림 11. D재료의 재하시간에 따른 동탄성계수 변화

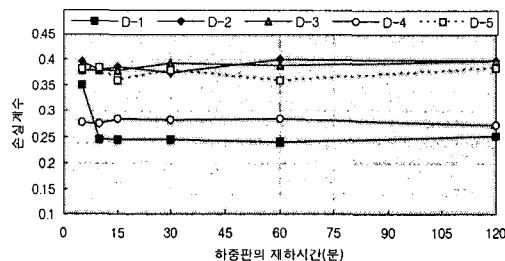


그림 12. D재료의 재하시간에 따른 손실계수 변화

측정결과, 발포폴리스틸렌계통이나 고무질계통과 같이 강성이 높은 재료들은 재하시간에 따른 동탄성계수와 그 변화폭이 높게 나타났다. 반면에 폴리에틸렌계 복합재료나 폴리에스테르와 같이 강성이 낮은 재료들은 고유진동수의 변화가 미미했으며 그로인해 동탄성계수의 변화폭 또한 낮게 나타났다. 손실계수는 탄성이 높은 고무질계통의 재료가 높게 나타났고, 고무질계통에 비해 비교적 탄성이 적은 발포폴리스틸렌, 폴리에틸렌, 폴리에스테르계통의 재료가 낮게 나타남을 알 수 있다.

4. 결 론

국내 공동주택의 바닥충격음 완충재로 많이 쓰이고 있는 재료인 발포폴리스틸렌계, 폴리에틸렌계, 폴리에스테르계, 고무질계의 동탄성계수, 손실계수 측정을 통하여 얻은 결론은 다음과 같다.

1) 24시간 재하 충격 가진시 스펙트럼 형태를 살펴보면 고무질계 재료의 경우 다른 재료에 비해 고유진동수가 높게 나타났고 손실계수의 범위 또한 넓게 나타나고 있음을 알

수 있었다. 24시간 재하에 따른 동탄성계수의 변화 또한 폴리에스테르계 재료들이 가장 낮고, 고무질계 재료들이 가장 높게 나타났으며 손실계수는 발포폴리 스틸렌계 재료가 가장 낮고, 고무질계 재료가 가장 높게 나타났다.

2) 폴리에틸렌계와 폴리에스테르계의 재료들은 일반적으로 재하시간에 따른 동탄성계수와 그 변화폭이 낮게 나타났다. 이는 폴리에틸렌계 재료나 폴리에스테르계 재료들이 낮은 강성을 가지고 있으며 재하시간의 증가에도 일정한 고유특성을 유지하기 때문인 것으로 사료된다.

3) 발포폴리스틸렌계나 고무질계와 같이 강성이 높은 재료들은 재하시간에 따른 동탄성계수와 그 변화폭이 높게 나타났다. 특히 발포폴리스틸렌계 재료의 경우 매 측정시마다 동탄성계수가 크게 변화하였는데 이는 발포폴리스틸렌계 재료의 탄성이 비교적 낮기 때문에 일정한 하중량이나 하중시간이 경과할 경우 재료의 변형이 쉽게 나타나 고유특성에 변화가 생기기 때문인 것으로 사료된다.

4) 손실계수는 일부 고무질계 재료가 한국산업규격(KS F 2868)에서 규정하고 있는 손실계수의 범위 ($0.1 \sim 0.3$)를 초과하는 것으로 나타났고, 발포폴리스틸렌계 재료들의 경우 낮게 나타났다. 이러한 결과 또한 발포폴리스틸렌계 재료가 고무질계 재료와는 달리 탄성이 비교적 낮기 때문인 것으로 사료된다.

후 기

향후 바닥충격음 완충재의 동적특성변화에 영향을 미치는 요인을 분석하기 위하여 바닥슬래브 및 완충재의 형태, 밀도, 두께 등의 영향에 관한 체계적인 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- (1) 한국산업규격 KS F 2868, 2003, 「거주공간 뜯바닥용 재료의 동탄성계수 측정방법」
- (2) 김하근 외2인, 2005, 「뜬 바닥구조용 완충재의 동탄성 계수 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」
- (7) 양관섭, 2001, 「바닥충격음 저감용 완충재의 성능평가 항목 설정」 한국건설기술연구원