

완충재 동탄성계수와 경량바닥충격음 저감량의 상관성

Correlation Between Dynamic Stiffness of Resilient Materials and Lightweight Floor Impact Sound Reduction Level

김 경 우† · 정 갑 철* · 손 장 열**

Kyoungh-Woo Kim, Gab-Cheol Jeong and Jang-yeul Sohn

(2008년 6월 16일 접수 ; 2008년 7월 25일 심사완료)

Key Words : Dynamic Stiffness(동탄성계수), Resilient Material(완충재), Lightweight Impact Sound(경량충격음)

ABSTRACT

Resilient materials are generally used for the floating floors to reduce the floor impact sound. Dynamic stiffness of resilient material have a close relation with the floor impact sound reduction. In this study, to examine the relationship between dynamic stiffness and lightweight impact sound level, the dynamic stiffness and floor impact sound level of 51 resilient materials were measured. The impact sound level of each of these resilient materials, whose dynamic stiffness was measured, was measured before and after installation, and the level difference (ΔL) was analyzed. The result of test showed that the dynamic stiffness of resilient materials decreased, the lightweight impact sound level also decreased, and there was a correlation between the dynamic stiffness and the lightweight impact sound, especially in the low frequency domain.

1. 서 론

공동주택의 바닥충격음 감소를 위하여 슬래브 상부에 완충재를 설치하는 공법이 일반적으로 사용되고 있으며, 사용되는 완충재는 물리적인 판단 요소인 동탄성계수를 기준으로 40 MN/m^3 이하인 제품을 사용하도록 하고 있다⁽¹⁾. 국내에서 사용되는 완충재는 발포폴리스티렌, 페우레탄계열, EVA 발포고무, 발포 PE, 유리섬유 및 락울, 페타이어, 발포 폴리프로필렌, 압축 폴리에스테르, 기타 복합소재 등으로 구성되어 두께가 약 20~40 mm의 제품이 사용되고 있다. 단일 재질의 완충재를 여러겹 적층하여 60~80 mm의 두께로 구성된 제품들도 있다.

완충재의 동탄성계수는 일반적으로 경량충격음과 밀접한 관계를 가지고 있어, 동탄성계수가 증가함에 따라 경량충격음 저감량도 감소하는 것으로 알려져 있다⁽²⁾. 또한 동탄성계수 측정방법인 KS F 2868⁽³⁾에서도 동탄성계수가 증가하게 되면 경량충격음 저감량이 저하되는 것을 언급하고 있다. 그러나 20 MN/m^3 이상의 제품에 대한 검토결과로서 20 MN/m^3 이하의 제품에 대한 검토가 부족한 실정이다. 완충재의 동탄성계수와 중량충격음 저감량과의 상관성에 대해서 검토한 연구⁽⁴⁾에서도 상관성이 있는 것으로 나타나 경량충격음 및 중량충격음 모두 완충재의 동탄성계수에 따라 영향을 받고 있다.

이 연구에서는 동탄성계수가 20 MN/m^3 이하의 제품을 주로 선정하여 동탄성계수와 경량충격음 저감량과의 상관성을 검토하고자 하였다. 이를 위하여 완충재의 재질, 두께, 하부 요철, 단일구성 및 여러 완충재를 적층한 구성의 다양한 변수에 대하여 실험하고 분석하였다.

† 교신저자 : 정희원, 한양대학교 대학원 건축공학과
E-mail : kwj@kict.re.kr

Tel : (031)910-0356, Fax : (031)910-0361

* 정희원, (주)비아엔지니어링

** 정희원, 한양대학교 건축대학 건축공학부

2. 기본 이론

2.1 동탄성계수

동탄성계수(s')는 동적 하중에 대한 동적 변위의 비로 정의하며 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$s' = \frac{F/S}{\Delta d} \quad (\text{N/m}^3) \quad (1)$$

여기에서 S 는 시험편의 면적(m^2), F 는 시험편에 수직으로 가한 동적 하중(N), Δd 는 시험편 두께의 동적 변화값(m)을 의미한다.

동탄성계수의 측정방법은 정현파가진법과 펄스가진법으로 구분되며, 펄스가진법은 단위면적당 동탄성계수의 산출을 감쇠진동파형에서 자유진동 부분의 파형으로부터 스펙트럼해석법과 시계열해석법 두 가지 방법 중 하나의 방법으로 가능하다. 시계열해석법을 통하여 식 (2)와 같이 고유주파수를 계산하여 식 (3)과 같이 동탄성계수를 산출할 수 있다. 본 연구에서는 펄스가진을 통하여 시계열해석법으로 동탄성계수를 계산하였다.

$$f_0 = \frac{1}{T_0} \quad (2)$$

T_0 : 고유주기의 평균값 [sec]

$$S'_t = (2\pi f_0)^2 \cdot m \quad (3)$$

S'_t : 단위면적당의 겹보기 동탄성계수 [MN/m^3]

f_0 : 진동계의 고유 진동수 [Hz]

m : 하중판의 단위면적당 질량 [kg/m^2]

2.2 경량충격음 저감량(ΔL)

경량충격음 저감량은 주파수가 증가할수록 저감량도 상승하는 것으로 알려져 있으며, 식 (4)와 같이 30 dB/decade 기울기를 가지는 것으로 알려져 있다⁽⁵⁾.

$$\Delta L = 30 \log \frac{f}{f_0} \quad (4)$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{s'}{m'}} \quad (5)$$

f_0 : 공진주파수 [Hz], s' : 동탄성계수 [N/m^3]

m' : 단위면적당중량 [kg/m^2]

Schiavi의 연구⁽⁶⁾에서는 동탄성계수 측정방법에 대한 검토를 통하여 식 (6)과 같이 저감량 곡선 기울기를 조정한 연구결과를 발표하였다.

$$\Delta L = 32.7 \log \frac{f}{f_0} \quad (6)$$

상기 연구내용에서 알 수 있듯이 동탄성계수에 따라 경량충격음 저감량도 변화되는 것을 알 수 있다.

3. 실험 방법 및 대상

3.1 실험방법

완충재에 대한 동탄성계수는 KS F 2868⁽³⁾에 따라 각각의 구성에 대하여 측정하였다.

경량충격음 저감량 실험은 실험은 ISO형식의 차음실험실로서 실험실 상부 바닥판에 여러 종류의 완충재를 설치하고 완충재 상부에 콘크리트 누름판(두께: 50 mm)을 설치하였다. 일반적으로 국내 온돌구조에서는 완충재 상부에 기포콘크리트와 마감 모르타가 시공되나 이 연구에서는 기포콘크리트가 삭제되고 마감 모르타만 설치된 것을 가정하여 콘크리트 누름판을 미리 제작하여 실험시에 호이스트를 사용하여 올려놓은 상태에서 실험을 실시하였다. 누름판은 실험실 바닥면적보다 약 10 cm 정도 작게 제작하여 완충재 상부에 올려놓은 상태로 벽체부분과 접합되지 않게 하였다. 실험실은 철근콘크리트 벽식 구조로 실험실 크기는 4.54 m × 3.78 m × 3.0 m(h)이며, 상부 바닥판의 두께는 180 mm로 이루어져 있다. 실험실 벽체는 300 mm로 시공되어 있다. 경량충격음레벨 저감량 측정을 위한 실험은 실험실 상부 바닥판을 대상으로 경량충격음레벨을 측정하는 다음, 완충재와 누름판이 설치된 상태에서 경량충격음레벨을 측정하여 충격음레벨 차이(저감량, ΔL)를 식 (7)과 같이 평가하였다.

$$\Delta L = L_{slab} - L_{resilient} \quad (7)$$

L_{slab} : 맨슬래브의 경량충격음레벨 (dB)

$L_{resilient}$: 완충재가 설치된 구조의 경량충격음레벨 (dB)

실험은 1/3옥타브 밴드로 설정하여 측정하였으며, 실험실 내부에는 마이크로폰을 중앙부와 3개의 모서리부분에 바닥으로부터 1.2 m 높이에 고정하여 설치

하였으며, 충격원은 중앙부를 포함하여 4개소에서 가진하였다. 실험에 사용된 장비는 Table 1과 같다.

3.2 실험대상

실험에 사용된 완충재 재질은 EPP(expanded polypropylene), EVA(ethylene vinyl acetate), EPE(expanded polyethylene), EPS(expanded polystyrene), polyester, EPO(expanded polyolefin)를 사용하였으며, 실험전에 실험대상 재료에 대한 동탄성계수를 측정하였다. 단일구성의 실험대상 및 동탄성계수 측정 결과는 Table 2와 같다. 실험대상 완충

재는 20 ~ 30 mm의 두께였으며, 동탄성계수는 2.0 ~ 63 MN/m³ 범위에 속하고 있었다.

Table 3은 단일구성의 완충재가 적층된 구조에 대한 구성과 동탄성계수 측정결과를 나타낸다. 단일구성의 완충재를 적층하여 31 ~ 101 mm 두께로 구성하였으며, 적층된 구조의 동탄성계수는 0.3 ~ 31 MN/m³로 측정되어 낮은 부류가 주류를 이루었다. 완충재를 적층할 경우에는 접착제 등을 사용하지 않고 단순히 올려놓은 상태에서 경량충격을 저감량을 측정하였다.

4. 실험결과 및 분석

4.1 재질에 의한 영향

Fig. 1은 단일구성에 대한 경량충격음 저감량을 완충재 재질별로 나타낸 것이다. 주파수가 증가할수록 경량충격음 저감량도 증가하는 일반적인 특성을 보였으며, 동탄성계수가 가장 높은 Type13의 저감량이 가장 낮게 측정되었다. 여러 재질에 따른 저감 특성에는 이러한 경향을 찾을 수 없었으며, 동탄성계수가 낮은 구조에서 저감량이 높은 특성을 보였다. Type5는 요철이 있는 구조로서 하부의 공기층을 고려하지 않은 동탄성계수가 5.4 MN/m³로 측정되었으나 Type8(28.6 MN/m³), Type10(23 MN/m³)과 유사한 저감특성을 보였다. Type5가 다른 구조에 비하여 저감량이 높지 않은 것으로 나타났는데 이와 같은 원인은 하부 공기층의 영향을 고려하지 않아 동탄성계수가 낮게 평가된 것으로 볼 수 있다. 측정대상 구조별로 저감량 차이를 보이고 있는데 이는 재질의 영향보다는 동탄성계수에 의한 영향으로 판단된다.

Table 1 Test equipments

Equipment	Model & maker
Lightweight impact source	Tapping machine, Rion
Frequency analyzer	SA-01, RION
Microphone	UC-53A, RION
Microphone Pre-amplifier	NH-22, RION
Accelerometer	PV-41, RION
Impact hammer	086C02, PCB

Table 2 Types of measured resilient materials and dynamic stiffness (single-layer)

Type	Resilient material	Thickness (mm)	Dynamic stiffness (MN/m ³)
1	Polyester	20	2.0
2	EPS I (20 mm)	20	4.7
3	EPS II (20 mm)	20	8.8
4	EPS I (30 mm)	30	3.6
5	EVA(uneven) I (20 mm)	20	5.4
6	EVA(uneven) II (20 mm)	20	6.3
7	EVA(uneven) I *(20 mm)	20	10.1
8	EPP (20 mm)	20	28.6
9	EPP(uneven)(20 mm)	20	9.8
10	EPE I (20 mm)	20	23
11	EPE II (20 mm)	20	23
12	EPS III(20 mm)	20	18.8
13	EPS No.1(20 mm)	20	63
14	EPS No.1(30 mm)	30	57
15	EPS No.4(30 mm)	30	49
16	EPO(20 mm)	20	10.1

주) *은 Type 5의 완충재를 상부와 하부를 얇은 비닐을 설치하여 요철에 의한 공기층 발생을 억제

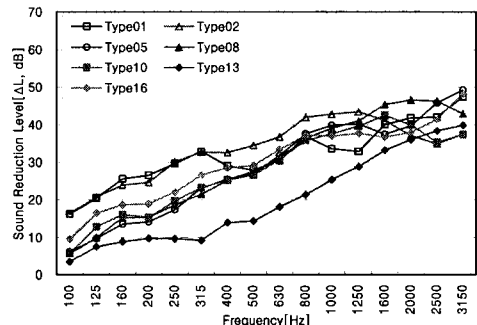


Fig. 1 Influence of the materials

Table 3 Types of measured resilient materials and dynamic stiffness(multi-layered)

Type	Resilient materials	Thickness (mm)	Dynamic stiffness (MN/m ²)	Type	Resilient materials	Thickness (mm)	Dynamic stiffness (MN/m ²)
17	EPS I (20 mm) + EPS I (20 mm)	40	2.4	35	Polyester(20 mm) + EPS No.1(20 mm)	40	2.0
18	EPS I (20 mm) + Rubber(1 mm) + EPS I (20 mm)	41	2.4	36	Polyester(20 mm) + EPP No.1(20 mm) + Polyester(20 mm)	60	1.0
19	EPS I (20 mm)+ EPS I (20 mm)+ EPS I (20 mm)	60	1.6	37	Polyester(20 mm) + EPP No.1(20 mm) + Polyester(20 mm) + EPP(20 mm)	80	1.0
20	EPS I (20 mm)+ Rubber(1 mm) + EPS I (20 mm) + Rubber(1 mm) + EPS I (20 mm)	62	1.5	38	Polyester(20 mm)+ EPP(20 mm) + Polyester(20 mm)	60	1.0
21	EPS I (30 mm)+ Rubber(1 mm)	31	4.8	39	Polyester(20 mm) + EVA I (20 mm) + EPS III(20 mm) + EPS No.1(20 mm)	80	1.0
22	EPS I (30 mm) + EPS I (30 mm)	60	1.5	40	Polyester(50 mm) + Rubber(1 mm)	51	0.7
23	EPS I (30 mm) + Rubber(1 mm) + EPS I (30 mm)	61	1.6	41	Polyester(50 mm) + Rubber(1 mm) + Polyester(50 mm)	101	0.3
24	EPS I (30 mm)+ Rubber(1 mm) + EPS I (30 mm) + Rubber(1 mm)	62	1.6	42	EPE I (20 mm) + EPS I (20 mm)	40	4.0
25	EPS I (30 mm) + EPS I (20 mm)	50	1.9	43	EPE II(20 mm)+ EPE I (20 mm)	40	12.0
26	EPS I (20 mm)+ EPE I (20 mm)	40	3.0	44	EVA(uneven) I (20 mm) + Polyester(20 mm)	40	2.0
27	EPS I (30 mm) + EPS II(20 mm)	50	2.2	45	EVA(uneven) I (20 mm) + Polyester(20 mm) + EPP(20 mm)	60	1.5
28	EPS II (20 mm) + EPS II (20 mm)	40	4.5	46	EPP(uneven)(20 mm) + EVA(uneven) I (20 mm)	40	3.8
29	EPS II (20 mm) + Rubber(1 mm) + EPS II (20 mm)	41	4.5	47	EPP(uneven)(20 mm) + EPS No.1(20 mm) + EVA(uneven) I (20 mm)	60	3.6
30	EPS II (20 mm)+ Rubber(1 mm) + EPS II (20 mm) + Rubber(1 mm) + EPS II (20 mm)	62	3.4	48	EPP(20 mm)+ Polyester(20 mm) + EPS No.1(20 mm)	60	1.9
31	EPS II (20 mm) + EPS II (20 mm) + EPS II (20 mm)	60	3.4	49	EPS No.1(20 mm) + EPS No.1(30 mm)	50	31.0
32	EPS II (20 mm) + EPS II (20 mm) + EPS No.1(20 mm)	60	4.4	50	EPS No.1(20 mm) + EVA(uneven) I (20 mm) + EPS No.1(30 mm)	70	5.2
33	Polyester(20 mm) + Polyester(20 mm)	40	1.0	51	EPS No.1(20 mm) + EPS II (20 mm) + EPS II (20 mm)	60	4.4
34	Polyester(20 mm)+ Polyester (20 mm)+ Polyester(20 mm)	60	0.6				

4.2 적층 순서에 의한 영향

Fig. 2와 Fig. 3은 실험실 상부 바닥슬래브에 설치되는 완충재의 설치 순서를 변경한 구조에 대한 측정결과이다. 측정결과 경량충격음 저감량이 완충재 적층순서에 관계없이 전 주파수 대역에서 거의 일정한 결과를 보이고 있었다. Fig. 2의 구조는 적층순서를 변경하여도 동탄성계수는 3.0 MN/m³과 4.0 MN/m³으로 거의 일치하는 것으로 측정되었으며, Fig. 3과 같이 3개 층으로 구성될 때에도 동탄성계수가 4.4 MN/m³로 동일하게 측정되었다. 완충재의 동탄성계수가 동일하게 되면 경량충격음 저감량도 거의 동일할 것으로 판단된다.

4.3 요철에 의한 영향

Fig. 4는 완충재 하부에 요철이 있는 Type5~7과 EPE 1종류에 대한 저감량을 나타낸다. 요철이 있는 완충재도 요철이 없는 완충재와 같은 방법으로 동탄성계수를 측정하였다.

하부에 요철이 있는 Type5~7의 동탄성계수는

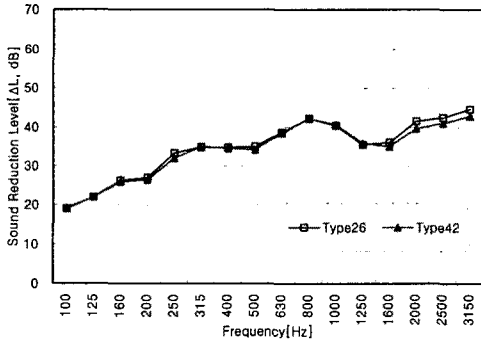


Fig. 2 Influence of layering sequence I

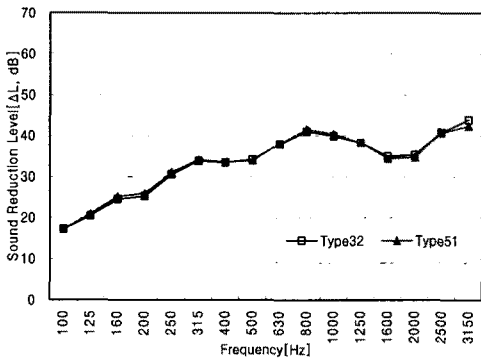


Fig. 3 Influence of layering sequence II

5.4~10.1 MN/m³로 요철이 없는 EPE I (Type10)의 23 MN/m³과 차이를 보이고 있으나 저감량은 유사한 것으로 나타났다. 이와 같은 원인은 요철에 의한 하부공기층의 영향을 고려하지 않은 동탄성계수 측정 결과에 기인한 것으로 Type5에 얇은 비닐을 에워싸서 하부 공기층의 유동을 방지한 Type7은 동탄성계수가 10.1 MN/m³으로 증가되게 측정되었다. Type5와 Type7의 경량충격음 저감량도 거의 일치하는 것으로 나타났다.

동탄성계수 측정시 공기층의 영향을 고려한 수치는 ISO⁽⁷⁾ 규격에 준하여 시료의 흐름저항(r , airflow resistivity)에 따라 변화하게 된다. 흐름저항이 10~100 kPa·s/m²일 때는 동탄성계수(S')는 식 (8)에 따라 계산할 수 있다.

$$S' = S'_t + S'_a \quad (8)$$

S'_t : 겉보기 동탄성계수

S'_a : 내부 공기의 동탄성계수

S'_a 는 대기압이 0.1 Mpa이고 공극률이 0.9일 때 식 (9)와 같이 간략히 계산할 수 있다.

$$S'_a = \frac{111}{d} \quad (9)$$

d : 하중판 하부의 시료 두께 (mm)

Type 5의 완충재 하부의 공기층 두께는 8 mm로 식 (8)에 따라 시료자체의 공극률은 무시하고 하부의 공기층의 영향을 추가하여 계산해보면 19.3 MN/m³이 된다. 공기층의 영향으로 동탄성계수가 증가하는 것으로 나타났다. 하부 공기층의 영향을 고려하게

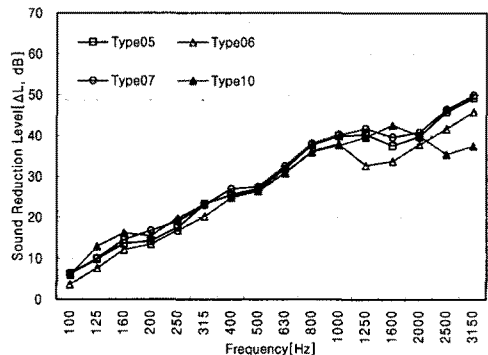


Fig. 4 Influence of unevenness

되면 동탄성계수가 증가하게 되기 때문에 Type10과 같이 동탄성계수가 23 MN/m³인 구조와 비슷한 저감 특성을 보인 것으로 판단된다.

4.4 두께에 의한 영향

Fig. 5는 EPS I 완충재의 두께를 20 mm에서 60 mm로 증가시킨 구조에 대한 측정결과이다. 동탄성계수는 완충재의 두께가 두꺼워질수록 4.7 MN/m³에서 2.4 MN/m³, 1.6 MN/m³으로 낮아졌으며 두께가 2배가 됨에 따라 동탄성계수는 약 50% 낮아졌다. 경량충격음 저감량은 400 Hz까지는 동탄성계수가 가장 낮은 Type19가 가장 높게 나타났으며, 동탄성계수가 높은 Type2의 저감량이 가장 낮게 나타났다. 500 Hz 이상 주파수대역에서는 동탄성계수와 저감량과의 상관성을 파악하기는 어려웠다. 동탄성계수는 완충재의 두께 증가를 통하여 낮아졌으나 측정된 3개 구조의 동탄성계수가 5.0 MN/m³ 이하로 낮고 그 차이가 크지 않은 값을 보이고 있어 동탄성계수 변화에 따른 저감량의 차이는 크지 않은 것으로 판단된다.

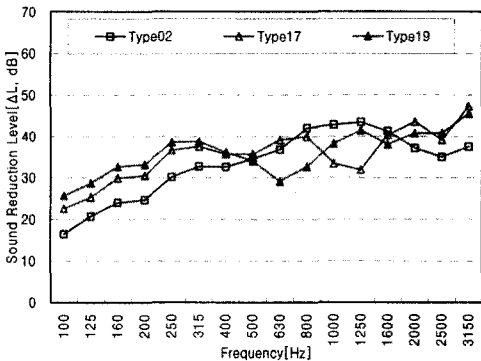


Fig. 5 Influence of thickness I

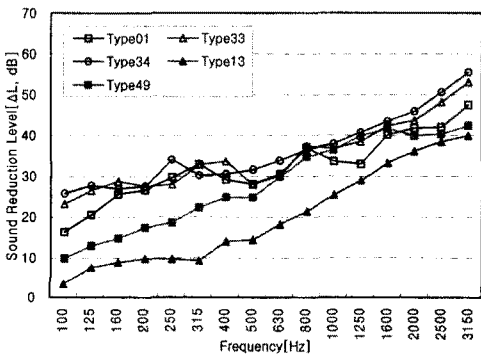


Fig. 6 Influence of thickness II

로 판단된다.

Fig. 6은 Polyester 완충재의 두께를 20 mm에서 60 mm로 증가시킨 구조와(Type1, Type33, Type 34) EPS No.1의 두께를 증가시킨 구조(Type13, Type49)의 측정결과이다. Fig. 5의 결과와 유사하게 polyester의 두께를 증가시킨 구조의 동탄성계수는 2.0 MN/m³에서 1.0 MN/m² 및 0.6 MN/m³으로 그 차이가 크지 않아 경량충격음 저감량도 거의 유사한 결과를 보이고 있었다. 그러나 Type13과 Type49와 같이 두께 증가를 통하여 동탄성계수가 63 MN/m³에서 31 MN/m³로 큰 폭으로 저감된 경우에는 경량충격음 저감량의 차이도 분명히 나타나는 것을 알 수 있었다.

4.5 동탄성계수에 의한 영향

Fig. 7은 polyester 20 mm(Type1)와 polyester 상부에 EPS No.1 20 mm를 설치한 구조(Type35)에 대한 측정결과이다. Polyester 20 mm의 동탄성계수는 2.0 MN/m³으로 측정되었으며, Polyester상부에 동탄성계수가 63 MN/m³인 EPS를 설치한 구조도 동탄성계수가 동일한 2.0 MN/m³으로 측정되었다. 동탄성계수가 낮은 재료와 높은 재료가 조합되면 동탄성계수가 낮은 재료의 동탄성계수와 유사한 수치를 나타내고 있었다. 경량충격음 저감량은 동탄성계수가 동일한 구조임에도 불구하고 두께가 더 두꺼운 Type35에서 더 높게 측정되었다. 주파수별 저감특성도 거의 유사한 형태를 보였다.

Fig. 8은 동탄성계수가 1.0 MN/m³로 동일한 Type 36, Type37, Type38의 경량충격음 저감량 측정결과이다. 전 주파수 대역에서 저감량이 거의 유사하

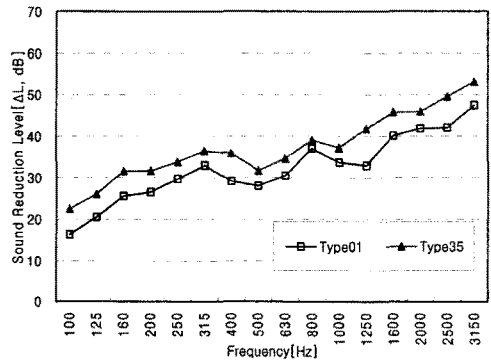


Fig. 7 Influence of dynamic stiffness I

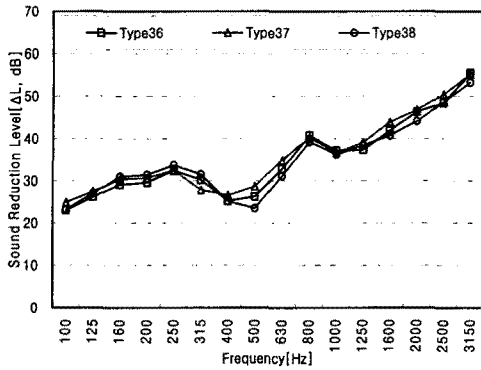


Fig. 8 Influence of dynamic stiffness II

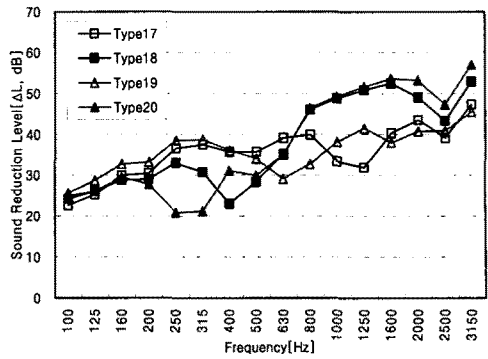


Fig. 10 Influence of rubber sheet I

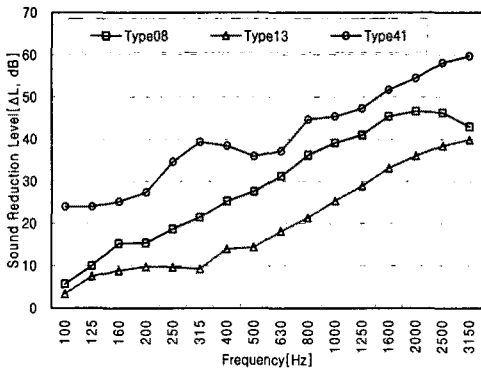


Fig. 9 Influence of dynamic stiffness III

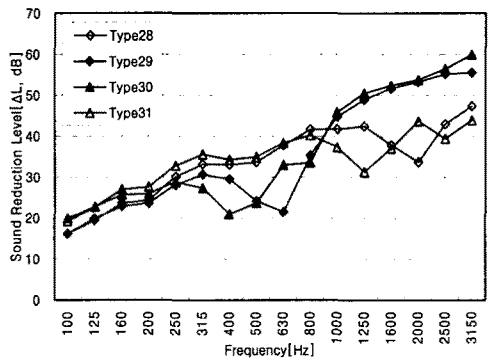


Fig. 11 Influence of rubber sheet II

게 측정되어 동탄성계수가 동일하게 되면 저감량도 거의 동일한 것으로 판단된다. 두께가 80 mm로 다른 구조에 비하여 두꺼운 Type37 구조는 다른 구조에 비하여 400 Hz 이상에서 저감량이 다소 높은 것으로 나타났으나 그 차이는 크지 않았다.

측정대상구조 중에서 동탄성계수가 가장 높은 구조와(Type13, 63 MN/m³) 가장 낮은 구조(Type41, 0.3 MN/m³) 및 중간 정도의 수치를 나타낸 구조(Type8, 28.6 MN/m³)의 저감량 측정결과는 Fig. 9 와 같다.

동탄성계수 차이에 의하여 경량충격음 저감량 차이도 분명히 나타났으며, 동탄성계수가 낮은 구조의 저감량이 전 주파수 대역에서 높게 나타났다.

4.6 고무판의 영향

Fig. 10과 Fig. 11은 완충재를 적층하는 구조에서 완충재와 완충재 사이에 밀도(1800 kg/m³)가 높은 고무판을 설치한 구조의 경량충격음 저감량 측정결과이다. 고무판의 동탄성계수는 측정하지 못하였으

나 밀도가 높은 재료이기 때문에 동탄성계수가 높을 것으로 판단된다. 적층된 구조에서의 동탄성계수는 동탄성계수가 낮은 재료에 영향을 더 받기 때문에 고무판을 추가하여도 동탄성계수는 큰 변화가 없을 것으로 판단하였다. 동탄성계수가 낮은 완충재를 여러겹 적층하면 동탄성계수는 낮아지지만 동탄성계수가 10 MN/m³ 이하가 되면 완충재 상부 구조물에 크랙이 발생할 가능성이 높다고 언급하고 있다⁽³⁾. 완충재 상부구조에 크랙을 방지하려는 목적으로 완충재 사이에 밀도가 높은 고무판을 설치하는 경우에 대하여 경량충격음 저감량변화를 살펴보았다.

Fig. 10은 EPS I 20 mm를 2겹과 3겹으로 적층하고 완충재 사이에 고무판 설치유무에 따른 경량충격음 저감량을 나타낸다. 고무판 설치를 통하여 250 ~500 Hz 사이에서 저감량이 감소되는 현상이 나타났으며, 800 Hz 이상의 고주파수 영역에서는 오히려 저감량이 증가하는 현상을 보였다.

두께 40 mm 구조에 1장의 고무판이 완충재 사이에 설치된 구조(Type18)에서 경량충격음 저감량이

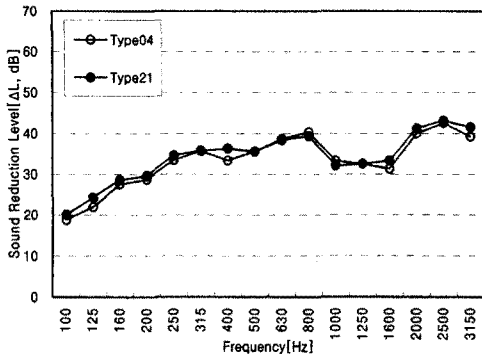


Fig. 12 Influence of rubber sheet III

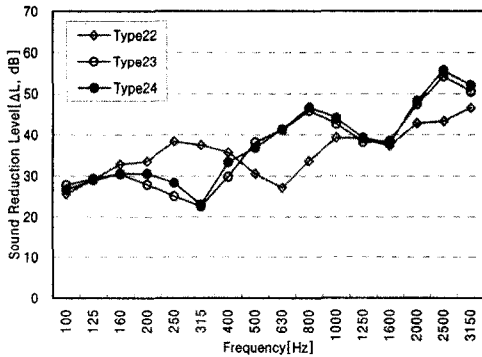
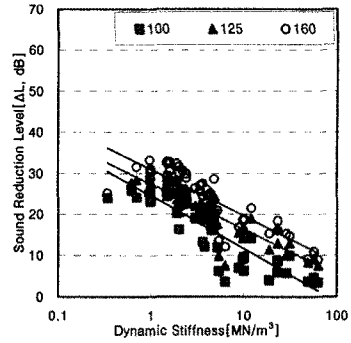


Fig. 13 Influence of rubber sheet IV

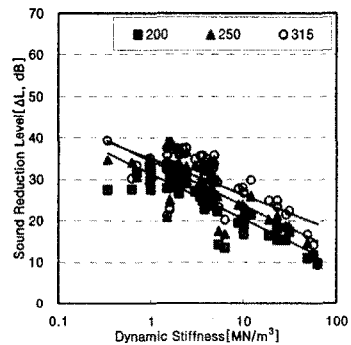
가장 많이 저하되는 대역은 400 Hz로 나타났으나, 두께 60 mm 구조에 2장의 고무판이 설치된 구조 (Type20)에서는 저감량 저하현상이 발생하는 대역은 250 Hz로 낮아졌다.

이러한 현상은 Fig. 11의 결과에서도 동일하게 나타났다. 중음역에서는 고무판 설치를 통하여 저감량이 그렇지 않은 구조에 비하여 낮아졌으며, 고주파수 영역에서는 증가하는 것으로 나타났다. 고무판 설치 유무에 따라 동탄성계수의 변화는 없었으나 저감량의 특성은 다르게 나타나 이와 같은 현상에 대한 추가적인 검토가 필요할 것으로 판단된다.

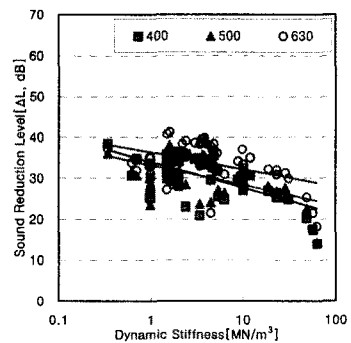
Fig. 12는 완충재 1겹 상부에 고무판만을 설치한 경우의 경량충격음 저감량 측정결과이다. 고무판이 설치되더라도 경량충격음 저감량은 큰 변화를 보이지 않고 거의 동일한 저감량을 나타내었다. 이러한 현상은 Fig. 13의 결과에서도 나타났다. 고무판이 완충재와 완충재 사이에 설치되게 되면 고무판이 설치되지 않고 완충재만 적층된 구조와는 다른 저감특성을 보였으나, 완충재 상부에 고무판만을 추가로 설



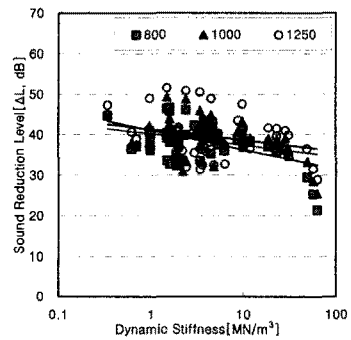
(a) 100~160 Hz



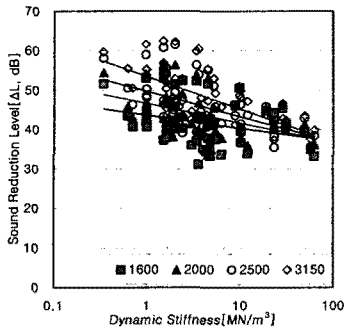
(b) 200~315 Hz



(c) 400~630 Hz



(d) 800~1250 Hz



(e) 1600~3150 Hz

Fig. 14 Correlation between the dynamic stiffness and lightweight impact sound reduction level(1/3 Octave band)

Table 4 Correlation expression involving the dynamic stiffness and lightweight impact sound reduction level (1/3 Octave band)

Frequency [Hz]	Correlation expression	Determination coefficient [R ²]
100	$y = -5.5655\text{Ln}(x) + 24.455$	0.7802
125	$y = -4.7798\text{Ln}(x) + 27.353$	0.7577
160	$y = -4.9095\text{Ln}(x) + 30.893$	0.7455
200	$y = -4.7068\text{Ln}(x) + 31.188$	0.7513
250	$y = -4.6444\text{Ln}(x) + 34.305$	0.6303
315	$y = -3.7977\text{Ln}(x) + 34.916$	0.4726
400	$y = -2.7382\text{Ln}(x) + 33.956$	0.3904
500	$y = -2.1111\text{Ln}(x) + 33.151$	0.2687
630	$y = -1.7992\text{Ln}(x) + 36.284$	0.1876
800	$y = -2.0802\text{Ln}(x) + 41.13$	0.2714
1000	$y = -1.1969\text{Ln}(x) + 40.193$	0.0985
1250	$y = -1.1577\text{Ln}(x) + 41.354$	0.0702
1600	$y = -1.4485\text{Ln}(x) + 43.674$	0.0818
2000	$y = -2.152\text{Ln}(x) + 46.63$	0.1965
2500	$y = -2.8047\text{Ln}(x) + 49.75$	0.2682
3150	$y = -3.6025\text{Ln}(x) + 53.51$	0.4120

차하게 되면 고무판 없이 완충재만 있는 구조와 같이 경량충격음 저감특성은 유사한 것으로 나타났다.

4.7 동탄성계수와 경량충격음 저감량 상관성 측정된 51개 구조에 대하여 동탄성계수와 경량충

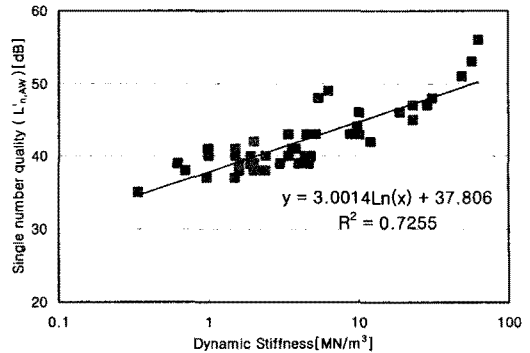


Fig. 15 Correlation between the dynamic stiffness and single number quality

격을 저감량과의 상관성을 Fig. 14와 Table 4에 나타내었다.

동탄성계수가 증가할수록 경량충격음 저감량이 감소되는 경향이 나타났으며, 주파수가 증가할수록 결정계수(R²)도 낮아지는 것으로 나타났다. 100 Hz에서 결정계수가 0.7802로 가장 높게 나타났으며, 1250 Hz에서 가장 낮게 평가되었다. 동탄성계수와 경량충격음 저감량의 상관성은 주파수별로 차이를 보이고 있으며, 고주파수에서 상관성이 낮게 나타났다. 고주파수에서 상관성이 낮은 원인은 실험의 한계에서 찾을 수 있을 것이다.

측정 시 완충재 상부에 설치되는 콘크리트 하중판은 실제 현장의 시공 상태와는 다르게 완충재와 일체화되지 못한다. 하중판 상부에서 경량충격원이 모서리 부분을 가진하는 경우에 발생하는 완충재와 하중판이 들뜨는 현상으로 인하여 고주파수에 측정값에 오차를 포함시킨 것으로 판단된다. 경량충격음 저감량은 주파수가 증가할수록 증가되는 것이 일반적인 현상이지만 실험조건 한계로 인하여 고주파수 영역에서 저감량의 변동이 발생한 것으로 판단된다. 이러한 현상에도 불구하고 동탄성계수가 20 MN/m³ 이하의 낮은 완충재에서도 경량충격음과 상관성이 있는 것으로 나타났다.

Fig. 15는 측정대상 구조에 대한 단일수치 평가량과 동탄성계수와의 상관성을 나타낸 것이다. 주파수별 상관성은 대상 주파수 영역에 따라 상이한 결정계수를 나타내어 결정계수의 차이가 크게 나타났다. 단일수치 평가량에서는 결정계수가 0.7255로 나타나 경량충격음과의 동탄성계수와의 상관성이 있는 것으로 나타났다.

5. 결 론

국내에서 완충재로 사용하는 재료를 대상으로 실험실 측정을 통하여 완충재 종류별 경량충격음 저감량을 측정된 결과는 다음과 같다.

(1) 완충재 재질에 의한 경량충격음 저감량의 특이점은 나타나지 않았다.

(2) 완충재가 여러겹 적층될 경우에는 적층되는 순서에는 관계없이 거의 일정한 동탄성계수와 경량충격음 저감량이 나타났다. 완충재의 두께가 증가할수록 동탄성계수가 낮아져 경량충격음 저감량도 증가하였다. 동탄성계수가 유사할 경우에는 경량충격음 저감량도 유사하게 나타났다.

(3) 요철이 있는 완충재는 하부 공기층의 동탄성계수를 고려할 경우, 동탄성계수는 증가하게 되므로 측정시에 하부 공기층의 영향을 고려하여야 한다.

(4) 완충재 사이에 고무판이 설치되면 고무판 없이 완충재만 적층된 구조에 비하여 중음역 대역에서 경량충격음 저감량이 감소되었으며, 고주파수에서는 저감량이 증가하는 현상이 나타났다.

(5) 동탄성계수가 낮아질수록 경량충격음 저감량은 증가되는 경향이 있으며, 20 MN/m^3 이하의 완충재에서도 상관성은 뚜렷이 나타났다. 단일수치 평가량에 대한 상관성은 0.7255의 결정계수를 보였다.

후 기

완충재의 동탄성계수와 경량충격음 저감량과의 상관성을 실험실 실험을 통하여 살펴보았다. 완충재 사이에 설치되는 고무판의 유무에 따라 경량충격음 저감특성이 차이를 보이는 것으로 나타나 이와 같은 원인에 대한 추가적인 검토가 필요하며, 실제 공동주택에서의 저감특성 파악이 필요할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

(1) Ministry of Construction and Transportation Notification No. 2006-435, "Apartment Housing Floor Impact Sound Insulation Structure Confirmation and Management Standard".

(2) Lee, J. W., Jeong, G. C. and Kwon, Y. P., 2003, "Correlation between Dynamic Characteristics of Isolation Material and Impact Noise Reduction of Light-weight Impact Source", Proceedings of the KSNVE Annual Spring Conference, pp. 191~195.

(3) Korean Standard, 2003, KS F 2868 Determination of Dynamic Stiffness of Materials used Under Floating Floors in Dwellings.

(4) Kim, K. W., Jeong, G. C. and Sohn, J. Y., "Evaluation of the Dynamic Stiffness and Heavy-weight Floor Impact Sound Reduction by Composition of Resilient Materials", Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration of Engineering, Vol. 18, No. 2, pp. 247~254.

(5) Cremer, L., Heckel, M. and Petersson, B. A. T., 2005, "Structure-borne Sound", Springer-Verlag Berlin.

(6) Alessandro, S., Andrea, P. B. and Francesco, R., "Dynamic Stiffness Measurement an Empirical Model to Estimate the Reduction in Impact Sound Pressure Level and Its Relative Improvement Curve", ICA 2004 ; 3401-3404.

(7) International Organization for Standardization, 1989, ISO 9052-1 Acoustics - Determination of Dynamic Stiffness-Part 1: Materials used Under Floating Floors in Dwellings.