

소형 경량패널을 이용한 차음성능 영향요인별 음향감쇠계수 분석

Characteristics of Sound Reduction Index through Small Sized Lightweight Panel

양 홍 석* · 김 명 준† · 정 갑 철**

Hong-seok Yang, Myung-jun Kim and Gab-chul Jeong

(2007년 9월 27일 접수 ; 2007년 11월 5일 심사완료)

Key Words : Sound Reduction Index(음향감쇠계수), Sound Insulation(차음), Small Sized(소형), Lightweight Panel(경량패널)

ABSTRACT

Recently, framed structure is increasingly being used as apartment structure due to the advantages during remodeling. Therefore, the use of lightweight panel as separating wall is increasing. To construct lightweight panel structures with sound insulation performance appropriate to the conditions of each field, measurement of sound reduction index(SRI) through panel structures should be performed. In this study, measurement of SRI through 46 kinds of panel structures was performed in the condition of various factors such as surface density, air space and absorber. The result showed that SRI of panel structures was generally higher by increasing of surface density. In the case of double panel with no absorber, SRI at below critical frequency was gradually increased according to rise of air space. Double panel with absorber make remarkable improvement in SRI at low frequency, but there is a little difference compared with SRI of double panel with no absorber over critical frequency.

1. 서 론

공동주택 거주자의 정온한 주거환경에 대한 요구 수준이 점차 높아짐에 따라 건설교통부에서는 2006년 1월 9일부터 소음, 구조, 환경, 생활환경, 화재·소방 5개 분야에 대해 주택성능등급표시를 의무화하도록 실행하였다.

소음관련항목은 경량충격음, 중량충격음, 화장실소음, 경계소음으로 구분하며, 경계소음은 세대간 경계벽의 공기전달음 차음성능을 평가하기 위한 항목으로 3등급으로 평가되어, 각 등급별 벽체구조개발이

필요한 실정이다.

현재 국내에서 건설되고 있는 대다수 아파트 건물의 세대간 경계벽은 벽체두께 180~200mm 전후의 철근콘크리트 벽식구조로 구성되어 비교적 높은 차음성능을 지니고 있다. 그러나 최근 리모델링 시 해체·조립의 용이성 및 가변성이 우수하다는 장점으로 인해 아파트 구조가 라멘구조로 점차 바뀌는 추세이며, 이에 따라 건식공법이 가능한 경량벽체 사용이 증가하고 있어, 기존 철근콘크리트 벽식구조 이상의 차음성능을 가지면서 상대적으로 하중이 적은 경량패널을 이용한 벽체구조 개발이 필요하게 되었다.

고차음 경량패널구조는 일반적으로 공기층 및 흡음재를 경량패널 사이에 설치한 이중벽체가 사용되고 있다. 이중벽체를 적용하여 공간조건에 적합한 차음성능을 만족하는 벽체구조를 설치하기 위해서는 면밀도, 공기층 두께, 흡음재 두께 등의 영향요

† 교신저자: 정회원, 서울시립대학교 건축학부

E-mail : mjunkim@uos.ac.kr

Tel : (02)2210-5639, Fax : (02)2248-0382

* 정회원, 서울시립대학교 건축공학과 대학원

** 정회원, (주)비아엔지니어링

소 변화에 따른 음향감쇠계수 특성에 대한 고찰이 필요하다.

영향요소 변화에 따른 음향감쇠계수 특성을 고찰하기 위해서는 각 벽체구조에 대한 차음실험이 규격에 따라 진행되어야 한다. KS F 2860에서는 벽체의 음향감쇠계수가 평가주파수 대역에서 신뢰성을 갖기 위한 조건으로 10m² 이상의 크기를 갖는 시험체를 설치하도록 규정하고 있다⁽¹⁾. 그러나 10m² 이상의 대형 시험체는 실험시간 및 설치비용 등의 측면에서 다양한 실험을 진행하는데 제약조건으로 작용하고 있어, 차음성능이 신뢰성을 갖는 범위내에서 시험체의 크기를 소형화하여 실험하는 연구가 필요하다.

이 연구에서는 2.7m² 크기의 소형 개구부에 3종의 경량패널구조를 설치하여 측정된 음향감쇠계수와 동일한 구조에 대해 한국산업규격에서 규정하고 있는 10.5m² 크기의 시험체를 이용하여 측정된 음향감쇠계수를 비교·분석함으로써 1차적으로 소형 경량패널의 차음특성을 검토하고자 한다. 이를 토대로, 소형 경량패널을 기본구성재로 이용하여 구성된 46종의 벽체구조에 대한 차음실험을 실시하여 소형 경량패널의 영향요인별 음향감쇠계수 특성 및 주벽성능등급제도의 평가기준인 단일수치평가량+스펙트럼조정항(Rw+C)을 분석·고찰하고자 한다.

2. 실험개요

2.1 소형 개구부 및 채움벽체 설치조건

KS F 2860에서는 소형 시험체를 이용하여 음향감쇠계수 측정시 유리 측정용 개구부 조건을 사용하도록 권장하고 있다. 이 조건은 1,250mm×1,500mm(1.88m²) 크기의 소형 시험체 개구부 양 측면과 윗면에 약 60mm 정도의 턱을 설치하도록 규정하고 있으며, 채움벽체의 차음량은 평가 주파수대역에서 소형 시험체보다 15dB 이상 높게 설치하도록 권장하고 있다⁽¹⁾.

유리 측정용 개구부에 차음성능이 낮은 단일 석고보드나 유리를 설치하여 음향감쇠계수 측정시 대부분의 음에너지가 소형 시험체로 투과되어 큰 문제점이 없으나 상대적으로 차음성능이 높은 다중벽체의 경우 60mm의 턱 부분 및 개구부에 비해 상대적으로 면적이 넓은 채움벽체 부위를 통해서 많은 양의 음에너지가 투과되는 현상이 발생하여, 개구부 형상

및 채움벽체구조에 대한 상세한 검토가 필요하다⁽²⁾.

이 연구에서는 공기층 및 흡음재의 다양한 두께별 음향감쇠계수 측정 및 소형 개구부 주위의 턱 부분으로 투과되는 음에너지의 최소화를 목적으로 D사의 음향실험동(잔향실)에 설치된 약 400mm 두께의 벽체설치 카세트 내부에 1,800mm×1,500mm(2.7m²) 크기의 턱이 없는 개구부를 설치하였다. 개구부 주위 채움벽체는 기존 3,500mm×3,000mm(10.5m²) 크기의 시험체로 구성된 이중 경량패널구조가 단일

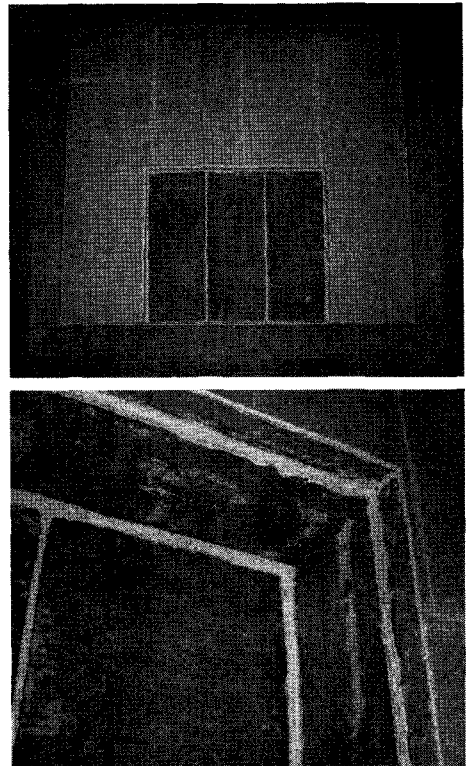


Fig. 1 View of the test set-up

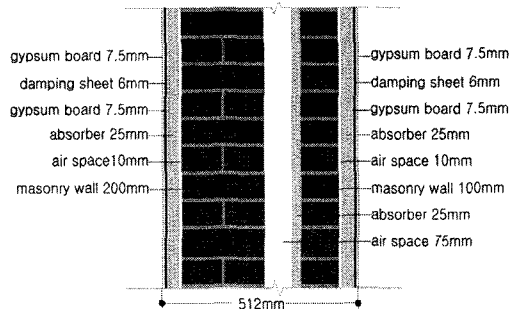


Fig. 2 Cross section of the filler element

Table 1 Single panel(7 types)

No.	Panel thickness [mm] (density [ton/m ³])
1	50(1.1)
2~4	75(0.7, 0.9, 1.1)
5~7	100(0.7, 0.9, 1.1)

Table 2 Double panel with no absorber(16 types)

No.	Panel thickness [mm] (density [ton/m ³])	Air space [mm]
8~9	50(1.1)	25, 50
10~11	75(0.7)	25, 50
12~18	75(0.9)	10, 25, 50, 75, 100, 150, 250
19~20	75(1.1)	25, 50
21	100(0.7)	25
22	100(0.9)	25
23	100(1.1)	25

수치(Rw+C) 60 dB에 가까운 차음성능을 지니고 있어, 조적조와 흡음재 등으로 구성된 두께 400mm 채움벽체 양면에 석고보드 등으로 구성된 독립구조 벽체를 설치하였다. 다음 Fig. 1은 소형 경량패널 설치장면이며, Fig. 2는 채움벽체 단면도를 보여준다.

2.2 측정대상

이 연구에서는 경량패널을 기본구성재로 이용하여 면밀도, 공기층 두께, 흡음재(유리섬유 밀도 24 kg/m³) 두께 등의 영향요인을 변화시켜 46종의 벽체구조에 대해 실험하였다. 패널두께는 50, 75, 100mm, 밀도는 0.7, 0.9, 1.1 ton/m³으로 총 7종의 단일패널을 기본구성재로 적용하였다. 이 중 50mm 경량패널 내부에는 와이어메쉬를 설치하여 내구성을 보강하였다.

이중패널구조 설정 시 서로 다른 면밀도를 가진 단일패널을 사용하여 이중패널을 구성할 경우 총 면밀도 합이 동일한 면밀도를 가진 단일패널을 이용하여 이중패널을 구성한 경우보다 더 낮은 값을 나타내는 점을 고려하여 동일한 패널을 이용하여 이중패널을 구성하였다⁽³⁾. 공기층 두께는 소형 개구부 두께가 400mm인 점을 감안하여 10~250mm 범위로 설정하였으며, 흡음재 두께는 25, 50, 75mm 3종으로 설정하여 이중패널을 구성하였다. 다음 Table 1,

Table 3 Double panel with absorber(23 types)

No.	Panel thickness [mm] (density [ton/m ³])	Absorber [mm]	Air space [mm]
24~26	50(1.1)	25	0, 25
		50	0
27~29	75(0.7)	25	0, 25
		50	0
30~40	75(0.9)	25	0, 25, 50, 75, 100, 150, 225
		50	0, 25, 50
		75	0
41~43	75(1.1)	25	0, 25
		50	0
44	100(0.7)	25	0
45	100(0.9)	25	0
46	100(1.1)	25	0

Table 2, Table 3은 벽체구조별 시험체 구성조건을 나타낸다.

2.3 소형 경량패널 설치조건

소형 경량패널구조의 차음실험은 잔향실 사이에 설치된 1,800mm×1,500mm(2.7m²) 크기의 소형 개구부에 600mm×1,500mm 크기 단위제품 3매를 사용하여 설치한 후 나무췌기를 이용하여 고정하였으며, 연결부위는 찰흙과 실리콘으로 기밀처리하여 측정하였다.

2.4 측정 및 평가방법

소형 경량패널구조의 음향감쇠계수 측정방법은 『KS F 2808(2001): 건물부재의 공기전달음 차단 성능 실험실 측정방법』에 준하여 실시하였고, 평가는 『KS F 2862(2002): 건물 및 건물부재의 공기전달음 차단성능 평가방법』에서 규정하고 있는 단일수치+스펙트럼조정항(Rw+C)을 적용하여 평가하였다^{(4),(5)}.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 소형 경량패널의 유용성 검토

실험 반복성 및 설치비용 등의 측면에서 유리한 측면이 있는 소형 경량패널을 이용한 차음실험의 유용성 검토를 위해, KS에서 규정하고 있는 10.5m²

크기의 개구부에 두께 75 mm(0.9 ton/m³) 시험체를 이용하여 구성된 3종의 경량패널구조와 동일한 소형 경량패널구조에 대한 음향감쇠계수를 측정하였다⁽⁶⁾. 단, 10.5 m² 크기 시험체를 이용하여 구성된 이중패널 공기층 구조의 경우, 두께 75 mm(0.8 ton/m³) 경량패널의 음향감쇠계수를 이용하여 소형 시험체와 비교하였다. 소형 시험체의 크기는 단일 경량패널의 물성치⁽⁷⁾ 및 크기에 의해 결정되는 1차 공진주파수를 기존 이론식으로 계산하여 차음성능평가 최저주파수인 100 Hz에 근접하는 1,800 mm×1,500 mm (2.7 m²) 크기로 설정하였다⁽⁸⁾. 1차 공진주파수(f_b)는

단일패널의 가로길이가 a (m), 세로길이가 b (m), 굽힘탄성(N·m)이 B 인 경우, 식 (1)에 의해 계산되어지며, Table 4는 시험체 크기에 따른 비교조건을 나타낸다.

$$f_b = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{B}{m}} \left[\frac{1}{a^2} + \frac{1}{b^2} \right] \text{Hz} \quad (1)$$

3종의 경량패널구조에 대한 패널크기별 음향감쇠계수를 비교하면 Fig. 3과 같으며, Table 5는 소형 시험체와 규격 시험체의 단일수치(Rw+C)평가량을 나타낸다.

단일패널(1-1)의 음향감쇠계수는 전반적으로 유사한 경향을 보이고 있다. 공기 중의 음속도와 경량패널의 굽힘파(bending wave) 속도가 일치할 때 발생하는 f_{cr} (critical frequency: 임계주파수)이 400~500 Hz 영역에서 발생함을 알 수 있으며 경량패널의 내부손실계수에 의해 결정되는 일치효과의 영향으로 음향감쇠계수가 저하됨을 알 수 있다⁽⁹⁾. 또한, 소형 경량패널에서 발생하는 2차 공진모드의 영향으로 인해 100, 125 Hz에서의 음향감쇠계수 변동이 심하며, 단일수치(Rw+C)평가량 차이는 0 dB로 동일하게 평가되었다.

이중패널 공기층 구조(1-2)의 경우, 10.5 m² 크기 규격 시험체의 밀도(0.8 ton/m³)가 소형 시험체의 밀도(0.9 ton/m³)에 비해 0.1 ton/m³ 낮고, 소형 시험체가 계산무게에 비해 약 5 kg 무겁게 제작되어 소형 시험체의 음향감쇠계수가 규격 시험체의 음향감쇠계수에 비해 전반적으로 높은 결과를 보이고 있다. 단일수치(Rw+C)평가량 오차는 5 dB로 상대적으로 높지만, 동일한 밀도의 경량패널로 설치하여 측정할 경우, 오차가 줄어들 것으로 판단된다.

이중패널 흡음재 구조(1-3)의 경우, 2,000 Hz 이상의 주파수영역에서 소형 시험체의 음향감쇠계수가 상대적으로 낮게 측정되었으며, 이는 채움벽체 접합부로 고주파수영역의 음에너지가 일정량 투과된 것이 원인인 것으로 사료된다. 단일수치(Rw+C)평가량은 일치하여, 단일수치(Rw+C)평가량 59 dB의 상대적으로 높은 차음성능을 지니는 패널구조에 대한 소형 시험체 적용이 매우 유용함을 알 수 있다.

Table 4 Comparative condition according to panel size(3 types)

No.	Panel thickness [mm] (density [ton/m ³])	Absorber [mm]	Air space [mm]	Panel structure
1-1	75(0.9)	×	×	Single panel
1-2	75(0.9) - 2.7 m ² 75(0.8) - 10.5 m ²	×	50	Double panel (with no absorber)
1-3	75(0.9)	25	25	Double panel (with absorber)

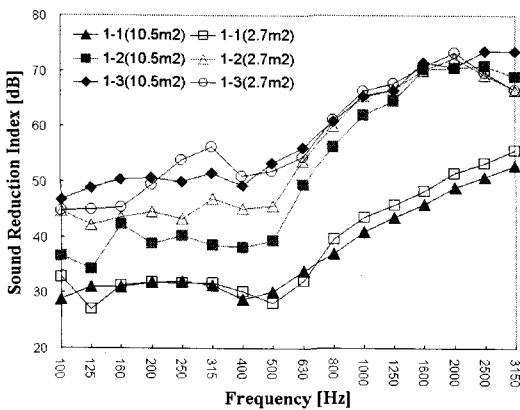


Fig. 3 Comparison of sound reduction index between 10.5 m² and 2.7 m² panel size

Table 5 Single number quantity(Rw+C) of 10.5 m² and 2.7 m² panel size Unit: dB

No.	10.5 m ²	2.7 m ²	Absolute deviation
1-1	37	37	0
1-2	48	53	5
1-3	59	59	0

3.2 틈새처리조건에 따른 음향감쇠계수

차음실험 시 시험체 접합부의 틈새처리여부는 차

음성능을 결정하는 중요한 영향요인으로 작용한다. 이 연구에서는 틈새처리여부에 따른 음향감쇠계수 변화특성을 분석하기 위해 두께 75 mm(0.9 ton/m³)의 단일패널을 대상으로 소형 경량패널 접합부의 실리콘 처리 전·후 음향감쇠계수를 측정하였다. Fig. 4는 경량패널 접합부 형상이며, Fig. 5는 접합부 부위의 실리콘 처리 전·후 음향감쇠계수를 나타낸다.

틈새처리조건에 따른 음향감쇠계수 측정결과, 630 Hz 이하의 주파수영역에서는 틈새처리 전·후의 음향감쇠계수 차이가 거의 없으며, 800 Hz 이상의 주파수영역에서는 음향감쇠계수 차이가 점차 높아지는 것을 알 수 있다. 단일수치(Rw+C)평가량은 틈새처리 전·후에 37 dB로 동일한 결과가 나왔으며, 그 이유는 기준곡선을 하회하는 측정값의 대부분이 일치효과(coincidence effect)⁽¹⁰⁾가 나타나는 315~800 Hz

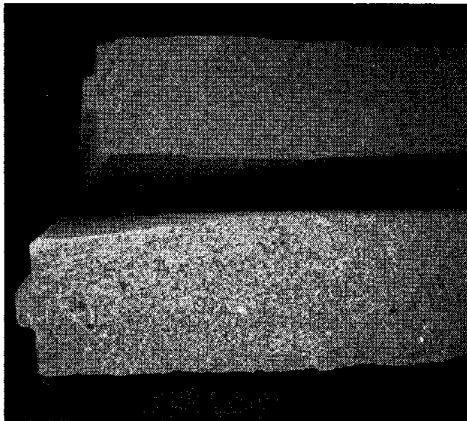


Fig. 4 Shape of connection part

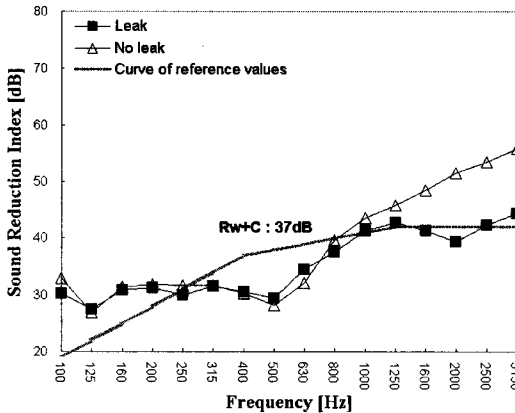


Fig. 5 Sound reduction index according to leak condition of connection part

사이에서 발생하여 고주파수영역의 음향감쇠계수 저하가 단일수치(Rw+C)평가에 크게 영향을 미치지 않았기 때문이다. 그러나 차음성능이 높은 벽체구조의 틈새를 처리하지 않을 경우, 일치효과영역의 음향감쇠계수가 고주파수영역의 음향감쇠계수에 비해 높아질 가능성이 있어, 접합부의 틈새를 실리콘 등으로 반드시 처리해야 할 것으로 사료된다.

3.3 단일 경량패널의 음향감쇠계수

이 연구에서는 7종의 단일패널을 소형 개구부의 중앙에 설치하여 음향감쇠계수를 측정하였으며, Table 6은 소형 단일패널의 시험체 구성을 나타낸다.

Fig. 6과 Fig. 7은 단일 경량패널의 음향감쇠계수를 측정한 결과이며, Fig. 8은 단일수치(Rw+C)평가량을 보여준다.

측정결과, 두께 50 mm 경량패널의 f_{cr}이 630 Hz 영역에서 나타나고 있으며, 저주파수영역에서 면밀도가 더 높은 75 mm 경량패널에 비해 높은 음향감

Table 6 Single panel(7 types)

Symbol No.	Panel thickness [mm] (density [ton/m ³])	Symbol No.	Panel thickness [mm] (density [ton/m ³])
S-1	50(1.1)	S-5	100(0.7)
S-2	75(0.7)	S-6	100(0.9)
S-3	75(0.9)	S-7	100(1.1)
S-4	75(1.1)		

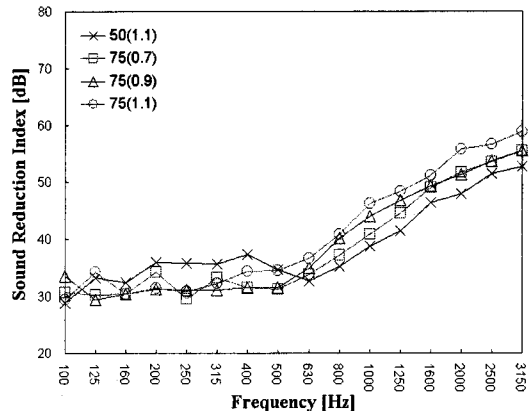


Fig. 6 Sound reduction index of single panels(50, 75 mm)

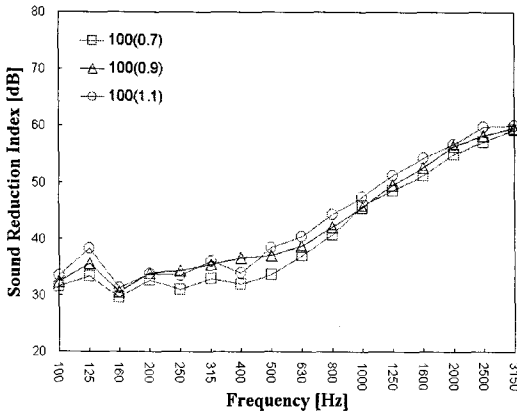


Fig. 7 Sound reduction index of single panels (100 mm)

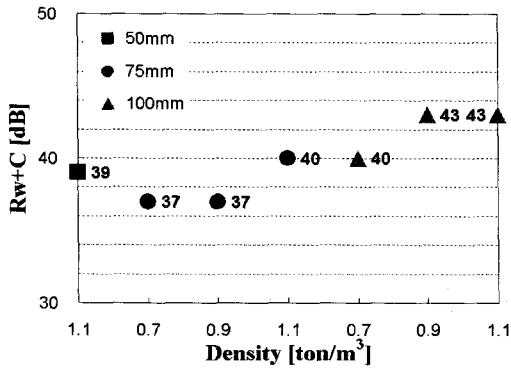


Fig. 8 Single number quantity(Rw+C) of single panels

쇠계수를 보이고 있다. 원인은 경량패널의 고정 및 접합부 처리시의 시공편차 가능성이나 와이어메쉬 설치로 인한 강성 등의 물성치 변화가 원인인 것으로 판단되며, 향후 상세한 검토가 필요하다고 사료된다.

두께 75, 100 mm 경량패널의 경우, f_{cr} 이상의 주파수영역에서 밀도가 높아질수록 음향감쇠계수가 높아지는 경향을 나타내고 있다. 그러나 주파수가 2배 증가시 음향감쇠계수가 6 dB씩 높아지는 질량법칙이 적용되는 $0.5 f_{cr}$ 이하의 주파수영역⁽¹¹⁾에서는 면적변화로 인한 음향방사계수 및 판의 진동특성 변화^{(12),(13)}, 경계조건⁽¹⁴⁾ 등의 영향으로 일정한 경향이 나타나지 않음을 알 수 있다. 단일패널의 단일수치(Rw+C)평가량은 37~43 dB의 결과를 나타냈으며, 면밀도가 증가할수록 전반적으로 단일수치(Rw+C)가 높아지는 경향을 나타냈다.

Table 7 Double panel with no absorber(16 types)

Symbol No.	Panel thickness [mm] (density [ton/m ³])	Air space [mm]	Total thickness [mm]
D-1	50(1.1)	25	125
D-2		50	150
D-3		25	175
D-4	75(0.7)	50	200
D-5		10	160
D-6		25	175
D-7	75(0.9)	50	200
D-8		75	225
D-9		100	250
D-10		150	300
D-11	75(1.1)	250	400
D-12		25	175
D-13		50	200
D-14	100(0.7)	25	225
D-15	100(0.9)	25	225
D-16	100(1.1)	25	225

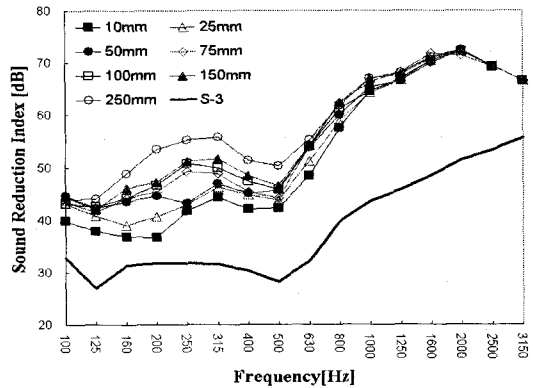


Fig. 9 Sound reduction index of double panels with no absorber according to variation of air space

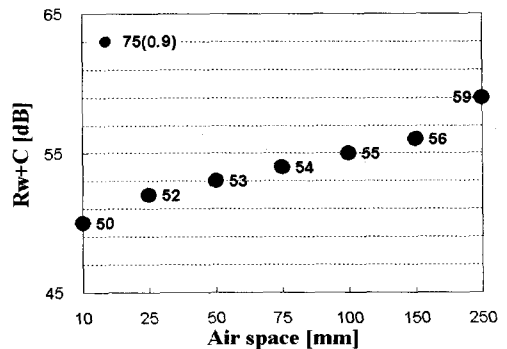


Fig. 10 Single number quantity(Rw+C) of double panels with no absorber according to variation of air space

3.4 이중 경량패널(공기층구조)의 음향감쇠계수 이 연구에서는 경량패널의 공기층 두께변화에 따른 음향감쇠계수 변화특성을 고찰하기 위해 공기층 두께를 10~250 mm 범위에서 변화하여 16종의 이중패널을 구성하였으며, Table 7은 이중패널 공기층 구조 시험체 구성내용이다.

75 mm(0.9 ton/m^3) 경량패널을 기본구성재로 이용하여 구성된 이중패널구조의 공기층 두께변화에 따른 음향감쇠계수를 측정된 결과는 Fig. 9와 같으며, Fig. 10은 단일수치($Rw+C$)평가량을 보여준다.

공기층 두께변화에 따른 음향감쇠계수 측정결과, 약 500 Hz 영역에서 발생하는 f_{cr} 이하의 주파수영역에서는 공기층이 두꺼워짐에 따라 음향감쇠계수가 높아지는 것을 알 수 있으며, f_{cr} 이상의 주파수영역에서는 공기층 두께변화에 따른 음향감쇠계수 변화가 낮음을 알 수 있다. 또한, 75 mm(0.9 ton/m^3) 단일패널의 음향감쇠계수와 비교하여 이중패널 공기층 구조의 음향감쇠계수가 크게 향상되었음을 알 수 있다. 단일수치($Rw+C$)는 50~59 dB로 평가되었으며, 공기층 두께가 두꺼워짐에 따라 단일수치($Rw+C$)가 점차 높아지는 것을 알 수 있다.

공기층 두께가 일정한 경우, 면밀도 변화에 따른 음향감쇠계수 변화특성을 분석하기 위해 단일경량패널+공기층 25, 50 mm+단일경량패널의 이중패널 공기층 구조에 대한 음향감쇠계수를 측정하였다. 다음 Fig. 11, Fig. 12는 공기층 25 mm 설치 시 음향감쇠계수와 단일수치($Rw+C$)평가량을 보여주며, Fig. 13, Fig. 14는 공기층 50 mm 설치 시 음향감쇠

계수와 단일수치($Rw+C$)평가량을 나타낸다.

공기층 25, 50 mm 구조의 경우, 630 Hz 이상의

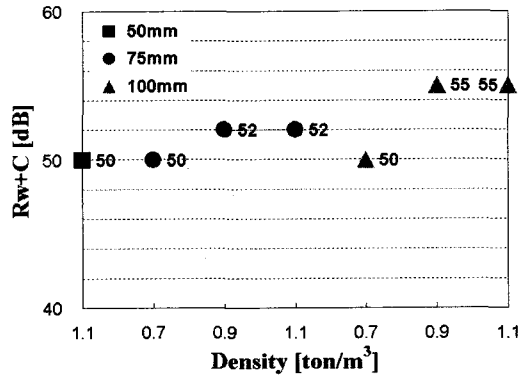


Fig. 12 Single number quantity($Rw+C$) of double panels with 25 mm air space

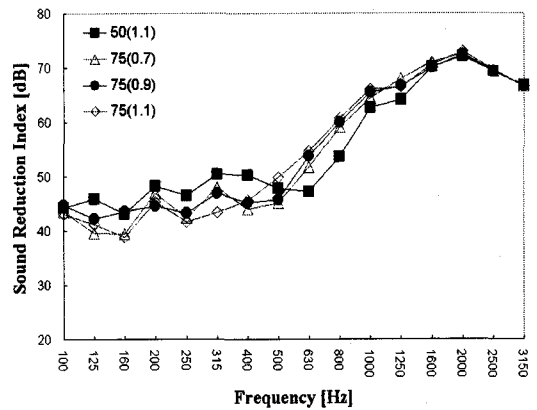


Fig. 13 Sound reduction index of double panels with 50 mm air space

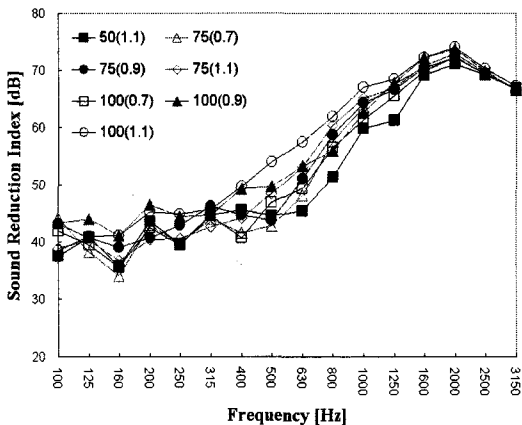


Fig. 11 Sound reduction index of double panels with 25 mm air space

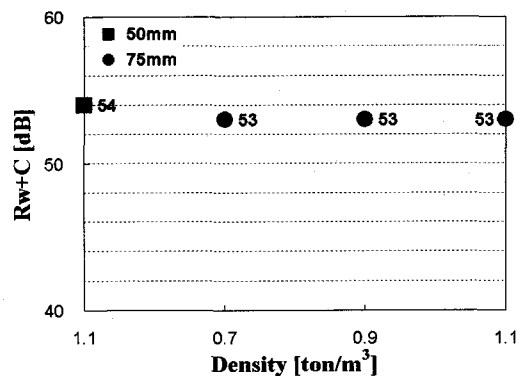


Fig. 14 Single number quantity($Rw+C$) of double panels with 50 mm air space

주파수영역에서 면밀도가 높아질수록 음향감쇠계수가 높아지는 경향을 나타내고 있으나, 500 Hz 이하의 주파수영역에서는 일정한 경향이 나타나지 않았다. 공기층 25 mm 구조의 단일수치(Rw+C)평가량은 면밀도가 높아질수록 전반적으로 높아지고 있으나, 100 mm(0.7 ton/m³: D-14)의 경우, 시험체 설치 시 시공오차 등의 원인으로 2~3 dB 낮게 평가되었다고 추정된다.

공기층 두께 50 mm의 패널두께 50 mm(D-2)구조는 단일패널에서 언급한 원인 등으로 인해 500 Hz 이하의 주파수영역에서 면밀도가 더 높은 두께 75 mm 구조의 음향감쇠계수에 비해 더 높은 결과를 나타내고 있다. 2개의 단일패널 사이에 공기층 50 mm를 설치한 이중패널구조의 단일수치(Rw+C)는 53~54 dB로 평가되었으며, 3종의 두께 75 mm 구조에서는 밀도가 증가하여도 단일수치(Rw+C)의 변화가

없음을 알 수 있다.

3.5 이중 경량패널(흡음재구조)의 음향감쇠계수

흡음재(유리섬유 밀도 24 kg/m³)가 설치된 이중패널구조에서 공기층 두께 및 흡음재 두께변화에 따른 음향감쇠계수 변화특성을 분석하기 위해, Table 8과 같은 23종의 시험체를 구성하여 음향감쇠계수를 측정하였다.

흡음재 25 mm 설치 시 75 mm(0.9ton/m³) 경량패널을 기본구성재로 이용하여 구성한 이중패널구조의 공기층 두께변화에 따른 음향감쇠계수를 측정한 결과는 Fig. 15와 같으며, Fig. 16은 단일수치(Rw+C) 평가량을 보여준다.

Table 8 Double panel with absorber(23 types)

Symbol No.	Panel thickness [mm] (density [ton/m ³])	Absorber [mm]	Air space [mm]	Total thickness [mm]
DA-1	50(1.1)	25	0	125
DA-2			25	150
DA-3		50	0	150
DA-4	75(0.7)	25	0	175
DA-5			25	200
DA-6		50	0	200
DA-7	75(0.9)	25	0	175
DA-8			25	200
DA-9			50	225
DA-10			75	250
DA-11			100	275
DA-12			150	325
DA-13			225	400
DA-14		50	0	200
DA-15		75	25	225
DA-16		50	50	250
DA-17		75	0	225
DA-18	75(1.1)	25	0	175
DA-19			25	200
DA-20		50	0	200
DA-21	100(0.7)	25	0	225
DA-22	100(0.9)	25	0	225
DA-23	100(1.1)	25	0	225

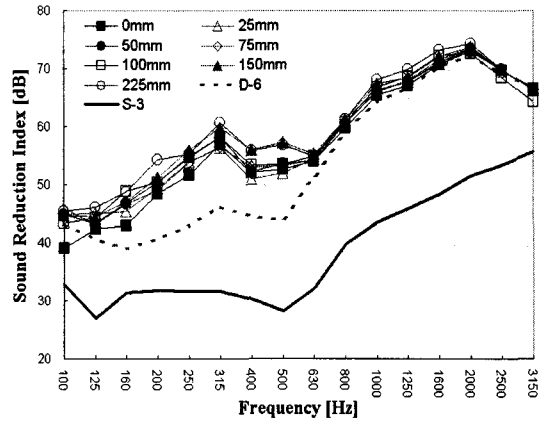


Fig. 15 Sound reduction index of double panels with 25 mm absorber according to variation of air space

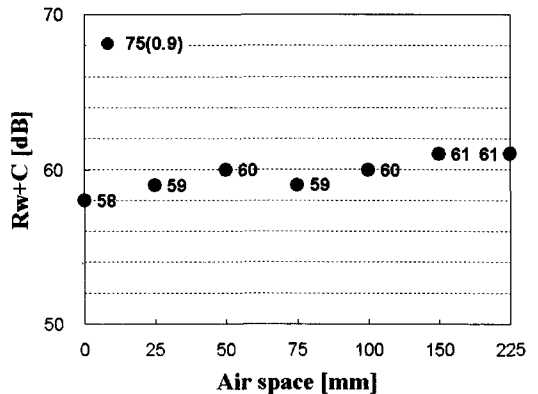


Fig. 16 Single number quantity(Rw+C) of double panels with 25 mm absorber according to variation of air space

흡음재가 설치된 이중패널구조의 경우, 흡음재 없이 공기층이 설치된 이중패널구조(D-6)의 음향감쇠계수와 비교하여 630 Hz 이하의 저주파수영역에서 음향감쇠계수가 향상되었으며, 그 이상의 주파수영역에서는 차이가 거의 없었다. 흡음재 설치 시 공기층 두께변화에 따른 음향감쇠계수는 630 Hz 이하의 주파수영역에서 공기층 두께가 증가함에 따라 점차 높아지는 것을 알 수 있으며, 그 이상의 주파수영역에서는 변화가 거의 없어, 저주파수영역의 음향감쇠계수 개선에 효과적임을 알 수 있다.

흡음재 25 mm 설치 시 공기층 두께변화에 따른 단일수치(Rw+C)는 58~61 dB로 평가되었으며, 공기층 두께증가에 따라 점차 높아지는 것을 알 수 있으나, 공기층 두께 50 mm 이상에서는 단일수치(Rw+C)

증가경향이 저하되어 공기층 두께증가에 따른 차음 성능 개선효과가 높지 않음을 알 수 있다.

흡음재 50 mm 설치 시 3종의 공기층 두께변화에 따른 음향감쇠계수는 Fig. 17과 같으며, Fig. 18은 단일수치(Rw+C) 평가량을 보여준다.

측정결과, 50 mm 흡음재 설치 시 공기층 두께증가에 따른 음향감쇠계수와 단일수치(Rw+C)평가량에는 변화가 거의 없어, 차음성능 개선효과가 낮음을 알 수 있다.

다음 Fig. 19는 흡음재 두께변화에 따른 음향감쇠계수 변화를 나타내고 있으며, Fig. 20은 흡음재 두께별 단일수치(Rw+C)평가량을 보여준다.

흡음재 두께가 증가되는 경우, 315 Hz 이하의 저주파수영역에서 음향감쇠계수가 향상되었으나, 그

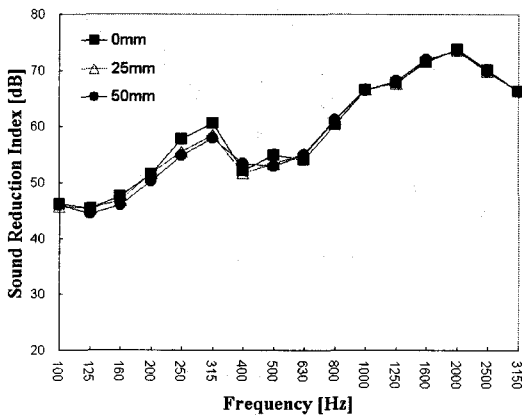


Fig. 17 Sound reduction index of double panels with 50 mm absorber according to variation of air space

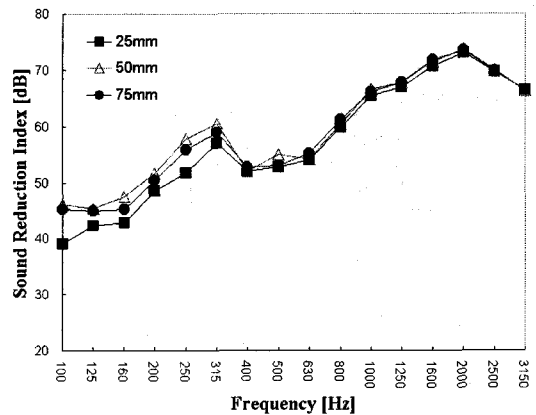


Fig. 19 Sound reduction index of double panels with absorber according to variation of absorber thickness

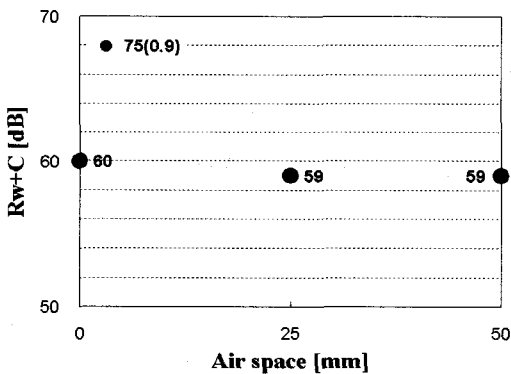


Fig. 18 Single number quantity(Rw+C) of double panels with 50 mm absorber according to variation of air space

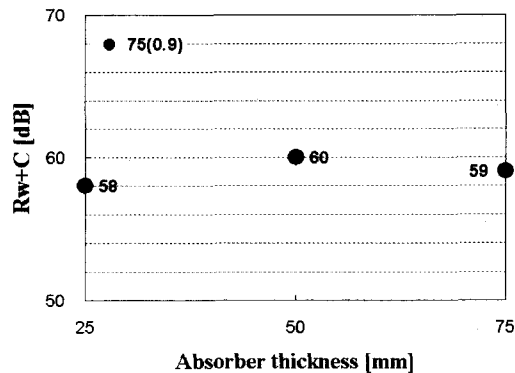


Fig. 20 Single number quantity(Rw+C) of double panels with absorber according to variation of absorber thickness

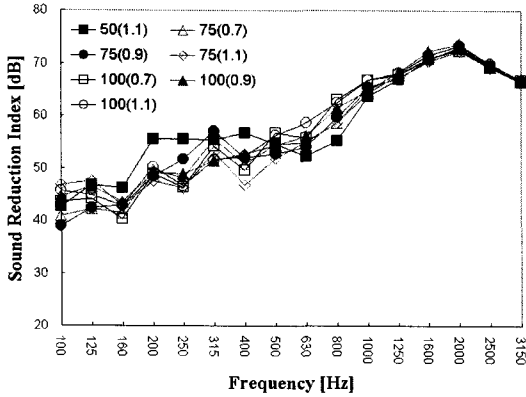


Fig. 21 Sound reduction index of double panels with 25 mm absorber

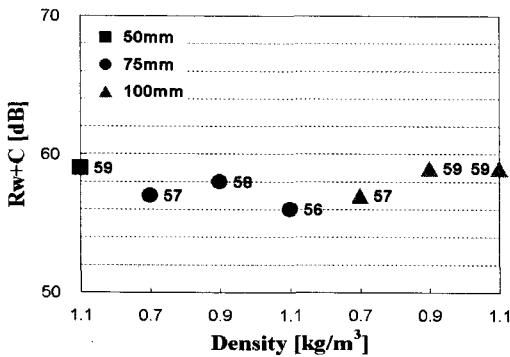


Fig. 22 Single number quantity(Rw+C) of double panels with 25 mm absorber

이상의 주파수영역에서는 거의 변화가 없어, 흡음재 두께증가에 따른 차음성능 개선효과가 크지 않음을 알 수 있다. 단일수치(Rw+C)는 58~60 dB로 평가 되었으며, 흡음재 50mm구조의 경우, 시공오차 등의 원인으로 1~2 dB 높게 평가되었다고 추정된다.

흡음재와 공기층 두께가 동일한 경우, 면밀도 변화에 따른 음향감쇠계수 변화를 분석하기 위해 흡음재 두께를 25 mm로 고정하여 7종의 이중패널구조에 대한 음향감쇠계수를 측정 한 결과는 Fig. 21과 같으며, Fig. 22는 단일수치(Rw+C)평가량을 나타낸다.

측정결과, 630 Hz 이상의 주파수영역에서는 면밀도가 높아질수록 음향감쇠계수가 높아지는 경향을 나타내고 있으나, 저주파수영역에서는 일정한 경향이 나타나지 않고 있다. 단일수치(Rw+C) 평가량은 면밀도가 높아질수록 전반적으로 높아지고 있으나, 두께 75 mm(1.1 ton/m³)와 두께 100 mm(0.7 ton/m³)의 경우, 시공오차 등의 원인으로 1~2 dB 낮게 평

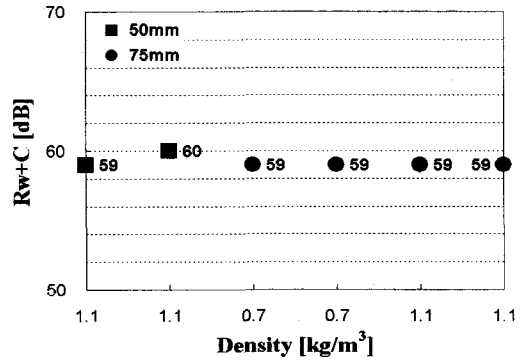


Fig. 23 Single number quantity(Rw+C) of double panels with absorber

가되었다고 추정된다.

기타 흡음재가 설치된 이중패널구조의 단일수치(Rw+C)평가량을 나타내면 Fig. 23과 같다.

4. 결 론

이 연구에서는 소형 시험체를 이용한 차음실험의 유용성 및 차음성능 영향요인별 음향감쇠계수 특성을 분석·고찰하기 위해 경량패널을 기본구성재로 이용하여 면밀도, 공기층 두께, 흡음재 두께 등의 영향요인을 변화시켜 46종의 패널구조에 대한 차음실험을 실시하였다. 이 연구의 주요 연구결과를 정리하면 다음과 같다.

(1) 3종의 경량패널구조에 대해 1차 공진주파수가 100 Hz 이하인 2.7 m² 크기의 소형 시험체와 10.5 m² 크기의 규격 시험체를 이용하여 음향감쇠계수를 측정 한 결과, 평가주파수 대역에서 전반적으로 주파수별 음향감쇠계수 및 단일수치(Rw+C)평가량이 유사하여, 소형 시험체를 이용한 차음실험이 유용함을 알 수 있었다.

(2) 틈새처리 전·후의 음향감쇠계수 측정결과, 저주파수영역에서는 틈새처리 전·후의 음향감쇠계수 차이가 거의 없었으며, 고주파수영역에서는 음향감쇠계수 차이가 점차 높아지는 것을 알 수 있었다. 이에 따라, 저주파수영역에서 음향감쇠계수가 상대적으로 높은 벽체구조의 틈새를 처리하지 않을 경우, 단일수치(Rw+C)평가량이 저하될 가능성이 있어, 접합부의 틈새를 실리콘 등으로 반드시 처리해야 할 것으로 사료된다.

(3) 7종의 단일패널에 대한 음향감쇠계수 측정결

과, f_{cr} 이상의 주파수영역에서는 면밀도가 높아질수록 음향감쇠계수가 높아지는 경향을 보였다. 질량법칙이 적용되는 $0.5 f_{cr}$ 이하의 주파수영역에서는 음향방사계수 및 판의 진동특성 변화, 경계조건 등의 영향으로 일정한 경향이 나타나지 않음을 알 수 있었다.

(4) 이중패널 공기층 구조의 경우, 공기층 두께가 두꺼워짐에 따라 f_{cr} 이상의 주파수영역에서는 음향감쇠계수 변화가 높지 않은 반면, f_{cr} 이하의 저주파수영역에서 음향감쇠계수가 높아져, 공기층 두께증가는 상대적으로 저주파수영역의 차음성능 개선에 효과적임을 알 수 있었다. 또한, 공기층 두께가 일정한 경우, 800 Hz 이상의 주파수영역에서는 면밀도가 증가함에 따라 음향감쇠계수가 전반적으로 높아지는 경향을 나타내고 있으나, 그 이하의 주파수영역에서는 일정한 경향이 나타나지 않았다.

(5) 이중패널 사이에 흡음재가 설치된 경우, 흡음재가 없는 경우에 비해, 저주파수영역에서 음향감쇠계수 개선효과가 높은 것으로 나타났다. 또한, 흡음재가 설치된 이중패널구조에서 공기층 두께증가에 따른 개선효과는 흡음재가 없는 경우에 비해 상대적으로 크지 않는 것으로 평가되었다.

향후, 소형 시험체를 이용한 차음성능 측정 시 관찰되는 음향방사계수, 시험체 진동특성, 경계조건 등의 물리적 변화 현상에 대한 심도 있는 이론적 고찰을 통해, 소형 시험체의 음향감쇠계수 예측에 관한 연구를 진행하고자 한다.

후 기

이 연구는 환경부 “차세대 핵심환경기술개발사업”으로 지원받은 과제임.

참 고 문 헌

(1) KS F 2860, 2001, “Measurement of Sound Insulation in Buildings and of Building Elements—Requirements for Laboratory Test Facilities with Suppressed Flanking Transmission”, (ISO 140-1 : 1997).

(2) Yang, H. S., Kim, M. J., Han, H. K. and Jeong, G. C., 2007, “Sound Reduction Index of Small Sized Specimen According to Setup Conditions”, Pro-

ceeding of Korean Institute of Architecture Environment and Building Systems Annual Autumn Conference, pp. 227~230.

(3) Marshall Long, 2007, Chap. 9 in Architectural Acoustics, Academic Press.

(4) KS F 2808, 2001, “Laboratory Measurements of Airborne Sound Insulation of Building Elements”, (ISO 140-3 : 1995).

(5) KS F 2862, 2002, “Rating of Airborne Sound Insulation in Buildings and of Building Elements”, (ISO 717-1 : 1996).

(6) Jeong, G. C. and Chung, J. Y., 2007, “A Study on the Acoustic Characteristic of the Light Weight Concrete Panel Using Bottom Ash”, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 17, No. 2, pp. 149~154.

(7) Yang, H. S., Kim, N. W., Lee, J. W. and Kim, M. J., 2007, “Prediction of Sound Transmission through Single Lightweight Concrete Panel”, Inter-Noise.

(8) David A. Bies and Colin H. Hansen, 2003, Engineering Noise Control, Spon Press.

(9) Frank Fahy and Paolo Gardonio, 2007, Chap. 5 in Sound and Structural Vibration, Academic Press.

(10) Cremer, L., 1942, “Theorie der Schall-dämmung Dünner Wände bei Schrägen Einfall”, Akustische Zeitung 7, 81.

(11) Sharp, B. H., 1978, “Prediction Methods for the Sound Transmission of Building Elements”, Noise Control Engineering, pp. 53~63.

(12) Sewell, E. C., 1970, “Transmission of Reverberant Sound through a Single-leaf Partition Surrounded by an Infinite Rigid Baffle”, Journal of Sound and Vibration Vol. 12, No. 1, pp. 21~32.

(13) Cremer, L., Heckl, M. and Petersson, B. A. T., 2005, Chap. 7 in Structure-borne Sound : Structural Vibrations and Sound Radiation at Audio Frequencies, 3rd edition, Springer.

(14) Utley, W. A. and Fletcher, B. L., “Influence of Edge Conditions on the Sound Insulation of Windows”, Applied Acoustics, Vol. 2, No. 2, pp. 131~136.