

경량간막이 벽체의 차음특성에 관한 실험적 연구

김 선 우* 0 이 태 강** 유 창 남***

An Experimental Study on the Sound Insulation Characteristics of Partition Walls

Kim Sun Woo, Lee Tai Kang, You Chang Nam

Abstract

This paper aims to investigate the characteristics of partition walls which are lightweighted, such as dry walls of gypsum boards. These partition walls are prospected to be new ones to cope with M.C.(Modular Coordination), flexibility, non-bearing system, substitution to masonryworks.

Ten kinds of partition walls are varied with core materials and depth, constructions. Acoustic characteristics of these partitions, transmisson loss, are tested in reverberation chambers.

1. 서론

건축물의 고층화 및 실 공간의 가변성에 대응하기 위한 조립식 공법과 부재의 경량화·MC 방안이 점차 중시되고 있는 실정이다. 건물의 고층화에 따른 건물의 경량화, 실공간의 가변성, 시공의 용이성, 공기의 단축화 등에 적용하기 위해서는 기존의 조적조와 같은 간막이 벽체의 개선이나 건식공법과 같은 새로운 공법의 개발이 요구된다고 할 수 있다. 이런 취지에서 실내공간 뿐만 아니라 실 사이의 공간 분할, 융통성 확보라는 측면에서 시공성이 우수하다 할 수 있는 석고판과 아연도 강판을 이용한 조립식 구조는 앞으로 그 활용이 기대되는 구조라 할 수 있다.

본 연구에서는 경량화 및 규격화가 가능하고, 현장에서의 시공성이 우수하여 그 활용도가 높을 것으로 예상되는 석고판을 이용한 조립식 경량간막이 구조를 대상으로 구성재료 및 설치공법의 변화에 차음특성을 실험실 실험을 통해 비교분석하여 차음성능 개선을 위한 기초적 자료로 제시하며 차음성능 향상방안에 대해 검토코저 한다.

2. 벽체 차음성능 측정 및 평가방법

2.1 측정방법

벽체의 차음성능 측정은 국제기준인 ISO 140/3 을 비롯하여 미국의 ASTM E 90-75, 일본의 JIS A 1416, 우리나라의 KS F 2808과 같은 기준에 의해 측정하도록 되어 있다. 실험실에서의 차음성능 측정방법은 음원실과 수음실을 잔향음장이 되게 한 다음 두 실 사이의 인접부를 관통시킨 개구부를 설치하고 규격에 맞게 개구부에 벽체를 설치하여 음원실 중앙에서 소음을 발생시켜 두 실 사이의 음압레벨차를 측정하여 수음실의 흡음력을 보정한 값으로 차음성능을 표시하고 있다.

$$\text{즉 } TL = D + 10 \log_{10}(S/A) \dots\dots\dots (2.1)$$

$$D = L_1 - L_2 \dots\dots\dots (2.2)$$

여기서 TL:음향투과손실(dB),

D : 실간음압레벨차(dB)

S : 시편의 면적(m²) A :수음실의 흡음력(m²)

L₁ : 음원실의 평균음압레벨(dB)

L₂ : 수음실의 평균음압레벨(dB)

2.2 평가방법

국내에서는 차음성능을 평가할 수 있는 차음등급에 관한 기준은 아직 설정되어 있지 않은 실정이다. 단지 주파수 및 정량적인 제한 기준이라 할

* 전남대학교 건축학과 교수, 공학박사
** 한려산업대학교 건축공학과 전임강사, 공학박사
***전남대학교 대학원
※ 본 연구는 한국학술진흥재단 1995년도 자유공모과제 연구비 지원에 의한 연구결과의 일부임

수 있는 건설부 고시 341호(1990.6) 『벽체의 차음구조의 지정기준』이 고시되어 벽체의 차음구조는 중심주파수 125Hz, 500Hz, 2000Hz에 대한 투과손실을 각각 30dB, 45dB, 55dB 이상의 차음성능을 지니도록 하고 있다. 또한 조립식 공법에 의한 공동주택 경계벽의 차음성능 기준을 건설부 고시 341호에 근거로한 『공업화 주택 성능 인정제도』에서는 <표 2.1>와 같이 3등급으로 설정 제안되어 향후 시행예정이다.

<표 2.1> 공업화 주택 성능인정제도 차음성능 기준

등급	주파수(Hz)		
	125	500	2000
1급	40이상	55이상	65이상
2급	40미만	55미만	65미만
	35이상	50이상	60이상
3급	35미만	50미만	60미만
	30이상	45이상	55이상

국내의 실정과 비슷하고 국내 차음성능 측정방법과 동일한 일본의 경우에, 그 평가방법은 1/1 옥타브대역 중심주파수 125~4,000Hz에 실간 음압레벨차의 주파수별 측정값을 125~500Hz까지는 옥타브당 7.5dB, 500~2000Hz사이에는 옥타브당 5dB, 2000~4000Hz는 평탄한 구배특성을 지니면서 5dB 간격으로 평행하게 배열된 기준곡선에 plotting할 때, 모든 주파수 대역에 걸쳐 기준곡선을 상회하는 최대의 기준곡선의 값이 차음등급으로 표시된다. 또한 이 차음등급은 기준곡선의 500Hz에서의 값을 D값으로 호칭하도록 되어 있고 차음등급과 적용등급(일본건축학회)은 <표 2.2>와 같다.

<표 2.2> 실간음압레벨차의 차음등급과 적용등급(일본건축학회)

실용도	부위	적용등급			
		특급(특별시방)	1급(표준)	2급(허용)	3급(최저한도)
거실(공동주택)	세간경계벽	D-55	D-50	D-45	D-40
사무실	실간경계벽	D-50	D-45	D-40	D-35

3. 차음실험 내용 및 방법

3.1 실험대상구조

실험대상 구조는 시공방법이 다른 석고판 10개를 선정하였으며, 이들 구조와 차음성능의 수준을 비교하기 위해 기존의 대표적 간막이 벽이라 할수 있는 벽돌 0.5B 쌓기 구조를 포함한 11개 구조의 내용은 <표 3.1>과 같다.

<표 3.1> 측정대상 구조

분류	구조번호	구조내용	비고	
석고판구조	A	석고판9mm두겹+스터드65(공기층65mm)+석고판 9mm 두겹	중공구조 (표면재 두께 변화)	
	B	석고판12mm두겹+스터드65(공기층65mm)+석고판12mm두겹		
	C	석고판15mm두겹+스터드65(공기층65mm)+석고판 15mm 두겹		
	D	석고판12mm두겹+스터드65(암면성형판50mm)+석고판 12mm 두겹	중공층 심재변화	
	E	석고판12mm두겹+스터드65(암면성형판12mm)+공기층8mm+암면25mm(50k)+암면성형판12mm)+석고판 12mm 두겹		
	F	석고판12mm두겹+스터드65(유리면50mm(24k))+석고판 12mm 두겹		
	G	석고판15mm두겹+스터드65(유리면50mm(24k))+석고판 15mm 두겹	두께 변화	
	H	석고판15mm+스터드65(유리면50mm(24k))+석고판 15mm		
	조적	I	석고판12mm두겹+수직채널65mm+석고판12mm+차음시트2mm+수평채널65mm+석고판12mm	두께 및 심재변화
		J	석고판12mm+차음시트2mm+석고보드12mm+수직채널65mm+유리면50mm(24k)+차음시트 2mm+수평채널 12mm+석고판 15mm 두겹	
조적	K	시멘트 벽돌 0.5B + 양면 마감 모르타르 18mm (KS 1급 시멘트 벽돌)	습식구조	

한편 석고판의 규격은 KS F 3504에 규정되어 있으며, 본 연구에 사용된 석고판의 규격내용은 <표 3.2>와 같다.

<표 3.2> 석고판의 규격

두께	폭	길이	중량(kg/m ²)	방화성능
9mm	910mm	1820mm	6.3~7.2	난연 2급
			7.8~9.0	난연 2급
12mm	1210mm	2420mm	9.6~11.4	난연 1급
			10.5~12.0	난연 1급

3.2 실험방법 및 측정기기

측정은 ISO140/3-1978(Laboratory measurements of airborne sound insulation of building

elements)와 ASTM E-90-74(Standard method for laboratory measurement of airborne sound transmission loss of building partitions), KS F 2808(실험실에서의 음향투과손실 측정방법)에 준하여 실시하였다.

한편 측정에 이용된 기기의 내역은 다음과 같고 그 구성도는 [그림 3.1]과 같다.

Sound Intensity Analyzing System (B&K Type 3360)

Digital Cassette Recorder (B&K Type 7400)

Graphic Recorder (B&K Type 2313)

Building Acoustic Analyzer (B&K Type 4418)

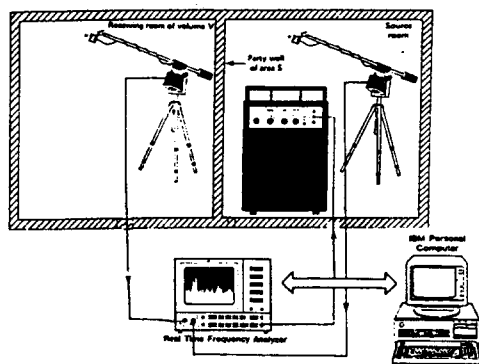
Rotating Microphone Boom (B&K Type 3923)

Sound Source (B&K Type 4224)

Sound Power Source(B&K Type 4205)

Microphones 및 Preamplifiers (B&K type 4134)

Tripod 및 Door screen



[그림 3.1] 측정기기의 구성도

시편은 음원실과 수음실 사이의 개구부에 축조하였다. 또한 시편 크기는 KS 및 ASTM 규정에 적합하도록 4.0m×2.6m로 하였으며, 축조된 시편 주위를 완전히 밀폐시킨 후 음원실에서 음을 발생시켜 음원실에서 음압레벨과 수음실에서 음압레벨 및 잔향시간을 측정하여 각 구조에 따른 투과손실을 산출하였다. 측정주파수 대역은 ISO 규정에 의하면 100Hz~3150Hz까지 1/3 Octave band로 측정하게 되어 있고, KS F 2808에 125Hz~4000Hz까지

1/3 Octave band를 측정하도록 되어 있으나, 본 실험에서는 100Hz~5000Hz까지 1/3 Octave band로 측정하였다.

4. 실험결과 분석 및 고찰

4.1 석고판 중공간막이벽의 표면재 두께 변화
 석고판 중공간막이 구조의 표면재 두께를 변화시킨 경우에 그 두께차이에 따른 차음특성의 변화를 파악코저 그 중공층의 크기와 재질을 그대로 유지하면서 표면재의 두께만을 각각 9 mm 두장, 12mm 두장, 15mm 두장으로 변화시킨 구조의 차음특성을 비교한 결과는 [그림 4.1]과 같다.

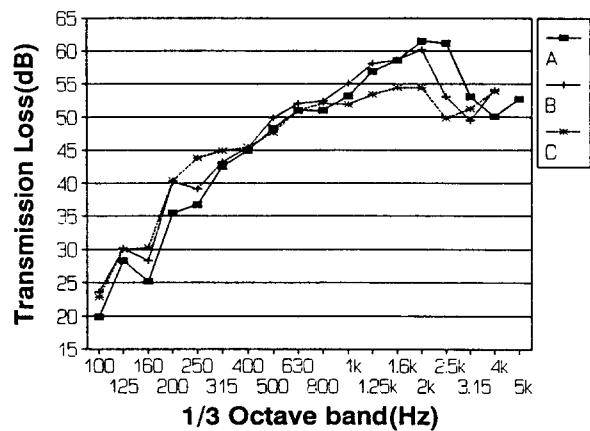


그림 4.1 석고판 중공구조의 표면재의 두께차이에 따른 차음특성 변화

전반적으로 세가지 구조는 공명효과에 의한 저음역의 투과손실 저하, 일치효과에 의한 고음역에서의 투과손실 저하등이 거의 유사하게 나타나고 있음을 알 수 있다.

각 구조별 차음특성을 살펴보면 세가지 구조들 사이에는 전 주파수 대역에 걸쳐 현저한 차이는 보이지 않고 있지만, 1kHz이하에서는 두께가 두꺼운 B, C구조가 높게 나타나고 있는데 반해, 1k Hz이상에서는 C구조가 가장 낮게, A 구조가 가장 높게 나타나는 현상도 나타나고 있다. 이러한 현상은 구조체가 지닌 고유의 일치효과 주파수대역이 차음특성에 영향을 미친 것이라 생각된다.

결국 석고판 경량 간막이 중공구조에서 두겹의 표면재 두께를 증가시킨 경우 저음역에서는 약간

의 투과손실의 증가가 있으나 오히려 고음역에서는 투과손실의 저하로 인해 그 효과는 그다지 크지 않다고 말할 수 있다.

석고판 경량간막이 중공구조의 차음성능을 D값과 공업화 주택성능인정제도의 기준으로 평가한 결과는 <표 4.1>과 같다.

<표 4.1> 석고판 경량간막이 중공구조의 차음성능 평가

구조 \ 차음성능	D 값	공업화 주택성능 차음기준
A	D-40	급외
B	D-45	급외
C	D-45	급외

일본 기준인 D값에 의해 평가한 경우에 아파트와 같은 공동주택에 적용했을 때, A, B, C 세구조 모두 최저한도인 D-40을 상회하고 있으며, 특히 B, C구조는 허용한도를 만족하고 있다. 그리고 사무실과 호텔의 객실, 병실의 간막이 벽체로 적용한 경우 한등급씩이 상승한 허용과 표준의 수준을 만족하고 있다.

한편 국내의 공업화 주택성능 차음기준에는 모두 미치지 못하는 3급이하로 평가되었다. 이는 D값에 의한 평가법과 우리나라의 공업화주택성능 차음기준의 평가기준이 서로 상이하기 때문으로, 이와 같은 평가방법의 상이로 인해 품질의 개선과 성능의 확보 측면에서도 혼선이 야기될 소지가 있기 때문에 우리 실정에 맞는 적절한 평가방법에 대한 연구검토가 반드시 필요하다고 사료된다.

4.2 심재의 삽입과 심재의 변화에 따른 차음특성 변화

석고판 경량 간막이 구조에 사용되는 심재는 중공구조에서 나타나는 공명주파수 대역을 이동시켜 저주파수 대역의 차음저하를 방지하며, 투과음을 흡음시키는 아주 중요한 역할을 할 뿐만 아니라 방화 및 간막이 벽으로서의 단열성도 구비해야 하기 때문에 이러한 심재의 선택은 상당히 중요한 관건이라 할 수 있어 본 연구에서는 심재 삽입에 대한 차음성능의 효과를 확인하고 심재의 재료변화에 대한 차음성능 변화추이를 관찰코저 한다.

중공구조 B, C와 그 중공구조에 심재인 유리면을 삽입한 구조 F의 차음성능을 비교한 결과는 [그림

4.2]와 같다.

12mm 중공구조인 B구조에 심재인 유리면을 삽입한 구조 F는 전체 주파수 대역에 걸쳐 투과손실이 높게 나타나 차음성능이 개선됨을 알 수 있다. 또한 저음역의 공명효과와 고음역의 일치효과에 의한 차음결손이 크게 완화되면서 중공구조일 때의 차음특성과 유사하게 변화되고 있음을 알 수 있다.

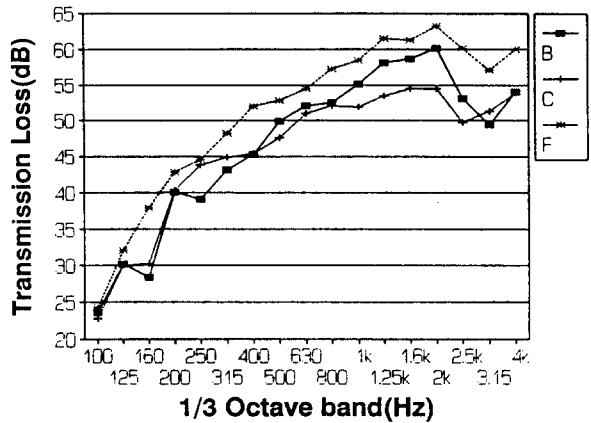


그림 4.2 심재삽입에 따른 차음특성변화

한편 15mm 중공구조 C에 심재인 유리면을 삽입한 구조 G와 석고판 15mm 한 장의 중공구조에 같은 유리면을 삽입한 H구조의 차음특성을 비교한 결과는 [그림 4.3]과 같다.

15mm 중공구조에 중공층에 심재를 삽입한 경우 경우에는 1.6kHz 이하에서는 차음성능이 크게 개선되고 있는 반면에 일치효과주파수 대역에는 오히려 저하되고 있다. 일반적으로 유리면과 같은 기포형 흡음재는 주로 고음역의 효과가 훨씬 더 크게 나타나야 함에도 불구하고 저하되고 있다. 또한 심재로 사용한 유리면의 물성치는 똑 같고 표면재의 두께만이 두장인 G구조와 한 장인 H구조를 비교했을 때에도 2kHz 대역을 제외하면 G구조가 전체적으로 훨씬 높게 나타나고 있어, 중공구조에 심재인 유리면을 삽입한 구조 G구조의 차음성능 저하 원인은 구조체 자체의 흡음특성에 기인한다기 보다는 흡음재 설치시 시공상의 결함이라 추측되며, 추후 검토되어야 할 것으로 생각된다.

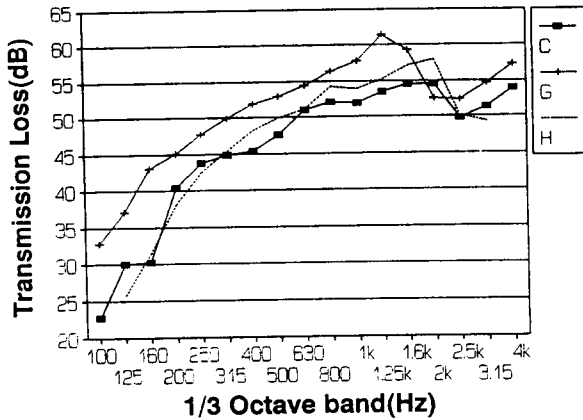


그림 4.3 유리면 삽입에 따른 차음특성변화

한편 중공층에 삽입하는 심재의 변화에 따른 차음특성을 비교한 결과는 [그림 4.4]와 같다.

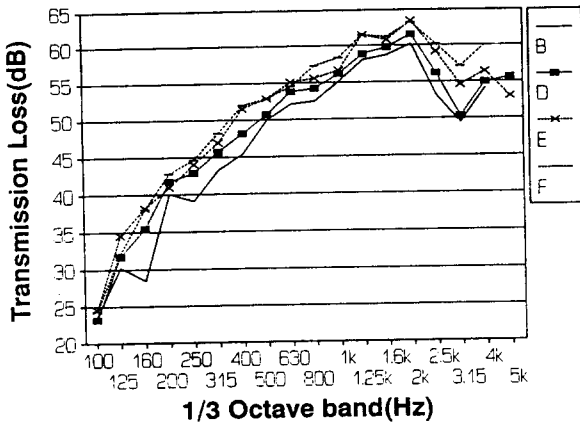


그림 4.4 심재에 따른 차음특성변화

12mm 중공구조인 B에 각각 다공질성의 압면성형판, 압면성형판과 압면, 그리고 유리면을 삽입하면, 전반적으로 차음성능이 개선되고 있음을 알 수 있다. 심재를 삽입한 세가지 구조는 차음특성의 패턴이 거의 유사하며, 특히 일치효과 발생주파수 대역도 거의 유사함을 알 수 있다. 이러한 심재 삽입에 대한 효과를 정량적으로 분석한 결과는 [그림 4.5]와 같다.

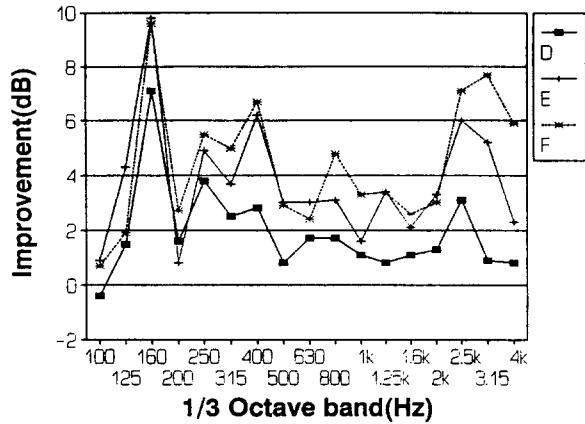


그림 4.5 심재삽입에 따른 투과손실 개선량의 비교

세가지 구조는 주파수에 따라 차이는 있지만 개선되는 패턴은 비슷하게 전체 주파수대역에서 개선되고 있다. 특히 160Hz의 공명주파수에서는 약 7~10dB에 가까운 가장 큰 개선효과를 보이고 있어 심재 삽입에 따른 공명주파수대역의 차음결손의 저하를 다시 확인할 수 있다.

개선된 투과손실량은 F, E, D의 순서이며, 평균치도 각각 4.4dB, 3.7dB, 1.8dB로 나타나, 세가지 구조 가운데 유리면을 사용한 구조가 가장 효과가 있음을 알 수 있다.

석고판 중공구조에 심재를 삽입한 D, E, F, G, H구조의 차음성능을 평가한 결과는 <표 4.2>와 같다.

<표 4.2> 석고판중공구조의 심재삽입에 따른 차음성능 평가

차음성능 구조	D 값	공업화 주택성능 차음기준
D	D-45	3급
E	D-50	3급
F	D-45	3급
G	D-40	급외
H	D-40	급외

심재를 삽입한 경우 D-40~D-50의 값을 보이고 있어 G를 제외하고는 중공구조 차음성능 이상으로 나타나고 있고, 공업화 주택성능 차음기준상에

서도 3급으로 한등급이 높은 차음성능을 지닌 구조로 평가할 수 있다.

4.3 다중구조의 차음특성 변화

석고판 중공구조의 중공층에 하나 이상의 중공층을 더 설치하여 구조형태를 달리한 다중구조인 I, J구조와 중공구조인 B구조의 차음특성을 비교한 결과는 [그림 4.6]과 같다.

J구조는 하나의 중공층에 심재인 유리면을 삽입했음에도 불구하고, 저음역에서 J 구조가 I 구조에 비해 현저히 높게 나타나고 있는데 반해 고음역에서는 두 구조가 거의 비슷한 값은 보이고 있다. 또한 다중구조 I 와 중공구조 B를 비교했을 때는 저음역의 125 ~ 315Hz 대역에서 B가 높게 나타나다가 고음역에서는 다중구조 I의 투과손실이 높게 나타나고 있는데, 이러한 현상은 I, J 구조 자체의 특성으로 인해 중공층을 구성하는 벽체의 두께 및 공기층의 두께가 작아 벽체의 진동이 독립적으로 작용되지 않아 스티드 등의 바탕재를 통한 음교현상으로 인한 것이라 사료되며, 이에 대한 세심한 주의를 기울려야 할 것으로 생각된다.

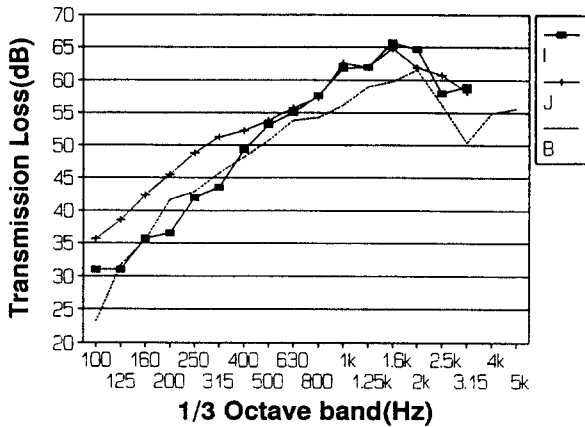


그림 4.6 중공구조와 다중구조의 비교

한편 다중구조의 차음성능을 평가한 결과는 <표 4.3>과 같다.

I, J구조의 차음성능은 D 값에 의한 평가시 각각 D-45, D-50으로 중공구조인 B구조의 D-45에 비해 같거나 한등급이 개선된 차음성능으로 나타나고 있으며, 국내의 공업화 주택성능 차음기준의

평가로는 2급과 3급으로 나타나 석고판을 이용한 경량 간막이 벽체중에서 가장 양호한 차음성능을 지닌 것으로 평가 할 수 있다.

<표 4.3> 석고판 다중구조의 따른 차음성능 평가

차음성능 구조	D 값	공업화 주택성능 차음기준
I	D-45	3급
J	D-50	2급

4.4 습식구조 0.5B 벽돌구조와의 비교

석고판을 이용한 경량 간막이의 대표적 구조유형이라 할 수 있는 F, J구조의 간막이 벽체로서의 적용 가능성을 파악키 위해 기존의 대표적인 간막이 구조라 할 수 있는 0.5B 벽돌구조의 투과손실을 비교한 결과는 [그림 4.7]과 같다.

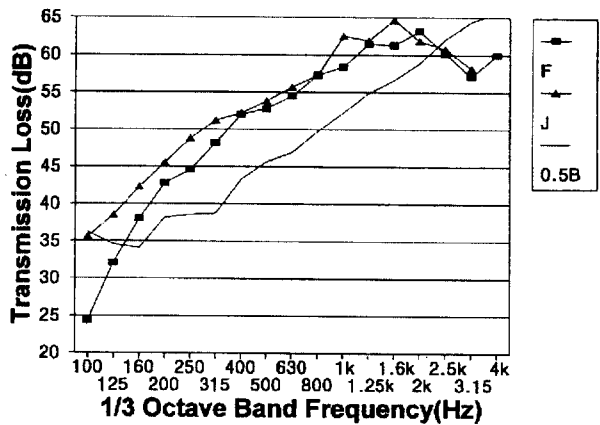


그림 4.7 0.5B 시멘트 벽돌구조와의 차음특성 비교

그림에서와 같이 저주파대역에서는 강성이 높은 0.5B 벽돌벽의 차음성능이 우수하나, 160Hz 이상의 대역에서는 중공층에 흡음재를 삽입한 F, J 구조의 투과손실이 보다 높음을 알 수 있다. 그러나 차음성능 하나만을 가지고 비교 검토한 결과로서는 석고판을 이용한 경량 간막이 구조의 습식공법 대체 일환으로서의 적용 가능성은 상당히 높다 할 수 있으나, 기존의 간막이 벽체와의 경제성 검토 및 현장시공시의 접합부위 처리와 같은 시공성

향상에 대한 연구도 더불어 병행되어야 할 것으로 생각된다.

5. 결론

본 연구에서는 석고판을 이용한 조립식 경량간막이 구조를 대상으로 구성 재료 및 설치 공법의 변화에 따른 차음특성을 실험실 실험을 통해 파악하고, 습식공법의 대표적 간막이 구조라 할 수 있는 시멘트 벽돌 0.5B 구조와의 차음수준을 비교 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 석고판 경량 간막이 중공구조에서 두겹으로 된 표면재 두께가 9mm, 12mm, 15mm인 구조의 차음특성을 파악한 결과, 표면재 두께가 두꺼운 구조에서의 저음역에서는 약간의 투과손실의 증가가 있으나 고음역에서는 그 효과가 크게 나타나지 않음을 알 수 있었다.

2. 12mm 중공구조인 구조와 그 구조에 심재인 유리면을 삽입한 구조의 차음특성을 비교한 결과 심재인 유리면을 삽입한 구조가 전체 주파수 대역에 걸쳐 투과손실이 높게 나타나 차음성능이 개선되었고, 저음역의 공명효과와 고음역의 일치효과에 의한 차음결손이 크게 완화되면서 중공구조일 때의 차음특성과 유사하게 변화되고 있음을 알 수 있다.

3. 12mm 중공구조인 심재인 다공질성의 암면성형판, 암면성형판과 암면, 그리고 유리면을 삽입한 결과 차음특성 패턴은 전체 주파수대역에서 세가지 구조가 비슷하게 나타났으며, 중공구조와 비교한 결과 160Hz의 공명주파수에서는 약 7~10dB에 가까운 개선효과를 나타냈다.

또한 전체 주파수 대역에 걸쳐 투과손실의 증가량을 산출한 결과 각각 4.4dB, 3.7dB, 1.8dB로 나타나, 세가지 구조 가운데 유리면을 심재로 사용한 구조가 가장 효과가 있음을 알 수 있었다.

4. 석고판을 이용한 간막이 구조와 기존의 대표적인 간막이 구조이며 습식구조인 0.5B 시멘트 벽돌 양면에 모르타르 18mm로 마감한 구조의 차음특성을 비교한 결과, 차음성능면에서는 석고판을 이용한 경량간막이 구조의 적용 가능성은 높을 것

으로 기대되며, 차음성능은 일본의 평가방법과 국내의 공업화 주택 성능인정기준으로 평가한 결과 D-40 ~ D-50, 2급 ~ 급외의 차음수준으로 나타나 0.5B벽돌 구조의 차음성능 수준 이상을 지닌 것으로 평가할 수 있었다.

참고문헌

1. 김선우, 이태강, 국찬, 문장수 : "조적조 벽체의 차음특성에 관한 실험적 연구", 대한건축학회 논문집, 11권 8호, pp.155~167, 1995. 8.
2. 이태강, 정광용, 국찬, 김선우 : "조적조 및 ALC 벽체의 차음특성에 관한 연구", 한국음향학회 학술발표대회 논문집, 13권 1호, pp.52~56, 1994.3.
3. 김선우, 송민정, 이태강, 유창남: "건축용 벽판(철강재)의 차음특성에 관한 실험적 연구", 한국소음진동공학회 춘계학술발표대회 논문집, pp.13~17, 1995. 5.
4. 이태강 : "청감실험에 의한 벽체 차음성능 평가에 관한 연구", 전남대 박사학위 논문, 1993. 8.
5. 선병택 역 : 소음진동대책 핸드북, 집문사, 1983.
6. 日本建築學會 : 建築物の遮音性能基準と設計指針, 技報堂, 1979.
7. 日本音響材料協會 : 騒音對策ハンドブック, 技報堂, 1983.
8. 日本建築學會 : 實務的騒音對策指針, 技報堂, 1982.
9. David W. Green : " Sound transmission loss of gypsum wallboard partition report #1. Unfilled steel stud partitions", J.A.S.A. 71(1), 1982.
10. M. Heckl : " The Tenth Sir Richard Fairey Memorial Lecture : Sound Transmission in Buildings", J.S.V., 77(2), 1981.