

第 94 回 碩士學位論文
指導教授 李 彦 求

철골조 공동주택 경량벽체의
차음성능에 관한 연구

A Study on Airborne Sound Isolation Performance
of Lightweight Walls in Steel-frame Apartment Houses

中央大學校 大學院
建築學科 建築計劃 및 環境 專攻
金 聖 峻
2000年 12月

철골조 공동주택 경량벽체의
차음성능에 관한 연구

A Study on Airborne Sound Isolation Performance
of Lightweight Walls in Steel-frame Apartment Houses

이 論文을 碩士學位 論文으로 提出함

2000年 12月

中央大學校 大學院

建築學科 建築計劃 및 環境 專攻

金 聖 峻

金 聖 峻의 碩士學位 論文을 認定함.

審査 委員長 _____ (印)

審 査 委 員 _____ (印)

審 査 委 員 _____ (印)

中央大學校 大學院

建築學科 建築計劃 및 環境 專攻

金 聖 峻

2000年 12月

국 문 초 록

본 연구에서는 철골조 아파트의 세대내 칸막이벽으로 적용되는 건식 경량벽체의 문제점을 고찰하고 차음성능을 측정·분석하여 기존 연구 결과 및 국내기준과 비교·평가함으로써 철골조 아파트 대상으로 세대내 칸막이벽 및 세대간 경계벽의 차음성능을 고려한 설계기초자료 및 경량벽체 차음성능 향상 방안을 제안하였다.

연구 방법은 현재 시공중인 철골조 아파트를 대상으로 현장실측을 실시하여 경량벽체의 차음수준을 확인하고, 다양한 벽체의 잔향실 실험을 통해 정확한 차음성능을 측정·분석하였다.

본 연구의 결과는 다음과 같다.

먼저 현장 실측의 결과를 보면,

1) 철골조 공동주택의 세대내 칸막이벽으로 사용되는 경량벽체는 중주파수와 저주파수 대역에서 차음저하 현상을 보였는데, 이는 이중벽에서 나타나는 공진현상에 의한 것으로 판단된다. 그러나 기존 연구 및 국내기준과 비교할 때 비교적 만족할만한 수준으로 나타나 철골조 아파트의 세대내 칸막이벽으로 적용에 큰 문제가 없는 것으로 나타났다.

2) 같은 구성의 경량벽체지만 차음성능 결과가 다른 것은 실험환경, 실 평면, 우회 전달음, 틈, 벽체 면적, 암소음 등의 여러 요인에 의한 것으로 판단된다. 즉, 같은 차음성능을 가진 경량벽체라도 시공 및 계획상의 다양한 변수에 크게 영향을 받는다. 따라서 설계를 위해서는 사용하고자 하는 경량벽체의 차음실험 값 뿐 아니라 계획·시공상의 여러 요인에 대해서 복합적인 고려가 필요함을 알 수 있다.

3) 기존 철골조 아파트의 경우, 설비소음으로 문제가 되는 욕실과 거실 부분 칸막이

벽은 중공층 부분이 조적조로 구성되어 시공되는데, 측정 결과 경량벽체 보다 비교적 좋은 차음성능을 보였다.

4) 조적조로 구성된 세대간 경계벽의 경우는 고주파수 대역에서 차음성능이 약한 것으로 나타났으며, 기존 연구 및 국내 기준에도 미달되는 수준으로 차음성능 보강이 필요한 것으로 평가되었다.

이상의 실측결과를 바탕으로 철골조 아파트에 적용 가능한 경량벽체 중에 차음성능을 고려하여 제작되고 있는 다양한 구성의 벽체를 제작하여 잔향실 실험을 실시한 결과는 다음과 같다.

1) 건식 경량벽체의 차음성능 수준은 국내기준과 비교해 볼 때, 철골조 공동주택의 세대내 칸막이벽으로 적정한 수준으로 나타났다. 그러나, 저주파수 대역 및 고주파수 대역에서 차음저하 현상을 보여 특정주파수 대역(특히 저주파수 대역)의 차음성능을 보강해야 할 것으로 판단된다.

2) 벽체 구성별로 차음성능을 비교해 보면, 적절한 중공층의 적용 여부에 따라 차음성능을 향상시킬 수 있는 것으로 판단되며, 구성부재의 연결 및 이음부분의 시공여부에 따라서도 차음성능의 차이가 나타났다. 즉, 벽체설계시 중공층 및 연결·이음부분 등을 고려한다면 차음성능 향상에 도움이 될 것으로 판단된다.

3) 습식 경량벽체의 경우에서, 단위 두께당 차음성능은 건식 경량벽체보다 조금 더 높은 것으로 나타나 벽체 구성요소가 보강된다면 기존 조적조 벽체의 두께 및 자중과 비교해 벽체의 경량화가 요구되는 철골조의 세대간 경계벽으로 충분히 적용 가능할 것으로 판단된다.

따라서, 국내기준 및 기존연구 결과와 비교할 때, 실험 대상 건식 경량벽체는 철골조 세대내 칸막이벽으로 충분히 적용이 가능하다. 그러나, 차음저하 현상을 보이는 저주파수 대역과 고주파수 대역의 차음성능 보강을 위해 합판, 섬유판, 플라스틱 판, 유리섬

유, 압면 등의 흡음재료나 골재나 얇은 석판과 같은 밀도가 큰 재료를 중공층에 적절히 배치한다면 더 좋은 차음성능을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

특히, 프라이버시가 많이 요구되는 세대간 경계벽에서 자중이 크고 차음성능이 떨어지는 조적조 벽체가 아닌 철골조의 경량화에 알맞은 우수한 경량벽체가 필요하며 습식 경량벽체의 적용이 가능할 것으로 보인다.

본 연구에서는 철골조 아파트에 사용되는 세대내 칸막이벽 및 세대간 경계벽의 차음성능 향상 및 적용 가능성을 위한 기초 연구자료를 제시하고자 하였다. 그러나 대상 공동 주택이 한정되고, 실험 벽체의 구성 또한 한정적이었기 때문에 앞으로 경량벽체의 설계시 특정 주파수 대역의 차음저하 현상을 막기 위한 벽체구성에 관한 다양한 실험과 중공층의 크기, 부재의 연결방법, 석고보드 자체의 차음성능 향상 방안 등에 대한 후속연구가 요구된다.

<목 차>

제 1 장 서 론	1
1.1 연구의 목적	1
1.2 연구 내용	3
제 2 장 철골조 공동주택 경량벽체의 이론적 고찰	5
2.1 철골조 공동주택의 일반적 고찰	5
2.1.1 철골조 공동주택의 일반현황	5
2.1.2 철골조 공동주택의 장·단점	5
2.2 경량벽체에 관한 일반적 고찰	7
2.2.1 국내연구현황	7
2.2.2 경량벽체의 사용현황 및 특성	9
제 3 장 차음성능 이론	12
3.1 차음이론	12
3.1.1 투과율	12
3.1.2 음향투과손실	12
3.1.3 차음과 흡음	13
3.1.4 평균 음압레벨 차	14
3.1.5 종합투과손실	15
3.1.6 창을 통한 측로전파	15
3.1.7 틈의 영향	17
3.1.8 단층벽의 투과손실	18
3.1.9 이중벽의 투과손실	21
3.2 실내소음의 평가기준	25
3.2.1 한국	26
3.2.2 일본	28
3.2.3 국제표준화기구(ISO : International Organization for Standardization)	33
3.2.4 미국	35
3.2.5 영국	39

3.3 차음 성능 측정 방법	40
3.3.1 한국	41
3.3.2 일본	48
3.3.3 ISO(International Standard Organization)	50
3.3.4 미국	51
제 4 장 차음성능 현장실측	53
4.1 측정개요	53
4.1.1 대상 공동주택	53
4.1.2 측정장치	55
4.1.3 측정 방법	57
4.2 측정결과	57
4.2.1 현장 실측	57
4.2.2 기존 연구결과와의 비교	60
4.3 소결	61
제 5 장 구조체의 차음성능 잔향실 실험	63
5.1 측정개요	63
5.1.1 측정실 및 장비	66
5.1.2 측정 방법	67
5.2 측정결과	71
5.3 실험벽체 차음성능의 평가	73
5.4 소결	77
제 6 장 결 론	79
참 고 문 헌	82
ABSTRACT	85

<표 목 차>

<표 2.1> 국내 내벽용 부재	10
<표 2.2> 국내 내벽용 부재	11
<표 3.1> 벽의 차음구조	26
<표 3.2> 조립용 콘크리트 벽판의 차음기준 (KS F 4722)	27
<표 3.3> 공동주택의 적정 실내소음도 (대한주택공사, 1986)	27
<표 3.4> 실간 평균음압 레벨차에 관한 적용등급	28
<표 3.5> 청감보정 특성 및 용도	30
<표 3.6> 공동주택의 실내소음에 관한 적용등급 (일본건축학회)	31
<표 3.7> 공동주택 경계벽의 차음기준(일본 건축기준법 시행령)	32
<표 3.8> 차음등급의 급별(JIS A 1419)	32
<표 3.9> 공동주택의 실간 차음등급과 적용등급(일본건축학회)	33
<표 3.10> 주택도시 정비공단과 C. H. S의 차음성능 및 실내허용소음기준	33
<표 3.11> 실내의 권장 NR 값	34
<표 3.12> 실용도별 NC 권장치	36
<표 3.13> NC값에 의한 실내소음의 평가기준	37
<표 3.14> 실용도별 허용소음레벨 (Beranek)	37
<표 3.15> 적용등급	39
<표 3.16> 공동주택 경계벽의 차음기준(HUD)	39
<표 3.17> 중심주파수별 측정점	43
<표 3.18> 암소음 영향 보정	47
<표 3.19> 각국의 기준별 측정방법의 차이(세대간 경계벽)	52
<표 4.1> 벽체구조의 구성부재	54
<표 4.2> 실간 평균 음압 레벨차	58
<표 4.3> 실간 벽체의 차음성능에 대한 비교 및 평가	60
<표 5.1> 차음성능 측정대상 구조체의 개요	65
<표 5.2> 차음성능평가실험 대상 구조체의 차음성능평가결과	76

<그 립 목 차>

(그림 1.1) 연구 흐름도	4
(그림 3.1) 2실 사이음의 투과	13
(그림 3.2) 입사음, 반사음, 투과음의 관계	14
(그림 3.3) 측로 전파음	15
(그림 3.4) 각종 재료의 두께와 한계주파수 f_c 의 관계	20
(그림 3.5) 이중벽	21
(그림 3.6) 중공이중벽의 투과손실	23
(그림 3.7) 샌드위치 패널의 투과손실	25
(그림 3.8) D 곡선	29
(그림 3.9) 청감보정회로의 특성곡선	30
(그림 3.10) N 곡선과 NC 곡선의 비교	31
(그림 3.11) NR 곡선	34
(그림 3.12) NC 곡선	36
(그림 3.13) 세대간 경계벽, 경계바닥의 공기 전달음에 대한	38
(그림 3.14) 공기 전달음에 관한 차음성능 기준(영국)	40
(그림 3.15) 측정장치 계통도	41
(그림 3.16) 정면 감도 주파수 특성 허용 범위	42
(그림 3.17) 1/1 옥타브 대역 필터의 감쇠특성	43
(그림 3.18) 1/3 옥타브 대역 필터의 감쇠특성	43
(그림 3.19) 측정장치 계통도	45
(그림 3.20) 1/1 옥타브 대역 필터의 감쇠특성	46
(그림 4.1) 실간 벽체 차음성능 측정부위	54
(그림 4.2) 세대내 경량 칸막이벽 단면도	55
(그림 4.3) 욕실 벽체 단면도	55
(그림 4.4) 세대간 경계벽 단면도	55
(그림 4.5) 세대내 칸막이벽의 차음성능	59
(그림 4.6) 세대간 경계벽의 측정결과	59
(그림 5.1) A 100mm벽체 단면도	63

(그림 5.2) B 115mm 벽체 단면도	63
(그림 5.3) C 97mm 벽체 단면도	64
(그림 5.4) D 115mm 벽체 단면도	64
(그림 5.5) E 100mm 벽체 단면도	64
(그림 5.6) F 100mm 벽체 단면도	64
(그림 5.7) 잔향실내 마이크로폰 및 음원의 위치(제 1잔향실)	66
(그림 5.8) 잔향실내 마이크로폰 및 음원의 위치(제 2잔향실)	66
(그림 5.9) 대상 구조체별 칸막이벽의 투과손실 특성	72
(그림 5.10) A와 B벽체의 차음성능(건식)	73
(그림 5.11) C와 D벽체의 차음성능(건식)	74
(그림 5.12) E와 F벽체의 차음성능(습식)	74
(그림 5.13) 스테드 종류에 따른 건식벽체 단면도	75

제 1 장 서 론

1.1 연구의 목적

지금까지 우리 나라에 공동주택은 대부분이 철근콘크리트 구조방식으로 시공되었으나 최근의 건축물들은 생활 패턴의 변화에 따른 도시지역의 많은 문제점들과 새로운 건축기술에 대한 연구와 재료의 개발로 인해 변화해 가고 있다. 또한, 철골조 공동주택은 거주자들의 개성에 따라 변화를 줄 수 있는 평면의 변경이 비교적 자유롭고, 건식 벽체를 사용하기 때문에 기존의 벽체보다 실내공간의 증대효과를 가져올 수도 있다. 그리고, 부재가 가지는 반영구적인 수명, 건식화·경량화에 따른 공사기간단축, 건물 철거시에 재료의 분리가 가능하여 부재를 재활용할 수 있다는 것 등 환경친화적인 부분까지 충족시켜주는 많은 장점을 가지고 있다. 이에 따라 일반사무소 건물이나 오피스텔 등에 사용되던 철골구조 시스템이 이제는 공동주택에도 확대되었으며 앞으로 더욱 확대될 전망이다.

그러나, 기존의 철근 콘크리트 공동주택에 있어서 가장 큰 불만요인으로 지적되고 있는 소음문제는 실내 벽체들이 경량화·건식화에 따라 비내력벽으로 설계되어지는 철골조 공동주택에서도 문제가 될 수 있다. 특히, 비내력벽체들은 두께가 얇아지고 가벼워지며 구조설계에 있어서도 취약해 차음성능이 저하된다. 또한 부재의 설치에 따른 조립 및 이음부위와 각종 개구부 설치에 따른 개구부와 부재 사이의 접합 및 이음부위 등이 차음성능 확보면에서 취약한 부분이 될 수 있다.

기존 연구들을 살펴보면 공동주택의 소음문제에 대해 외부교통소음의 방지대책, 세대간 경계벽의 차음성능 향상, 바닥충격음 및 급배수 설비 소음의 저감방안, 소음기준설정 등에 관한 연구 등이 이루어지고 있으나 대부분이 철근콘크리트구조가 대상이다. 또한 철골조의 소음문제에 관한 연구는 대부분 현장 측정 결과로 이루어져 있어 정확한 차음성능 평가가 어려운 실정이다.

따라서 본 연구에서는 현재 시공중인 철골조 아파트의 차음성능을 알아보고 기존 철근콘크리트 구조의 차음수준과 비교해 보기 위하여 현장측정을 실시하였고, 철골조 아

파트 내부 칸막이 벽체로 쓰이는 다양한 벽체 중 최근 차음성능을 고려하여 제작되고 있는 벽체를 선정하여 잔향실 실험을 실시하였다. 이 결과로 경량벽체에 대한 정확한 차음성능을 평가, 분석하여 설계기초자료로 활용할 수 있도록 하는 것을 연구의 목적으로 한다.

1.2 연구 내용

본 연구에서는 철골조 공동주택에서 발생할 수 있는 실간 소음문제에 대한 실태와 차음수준을 알아보기 위해 철골조 아파트를 대상으로 현장실측을 통해 기존 철근콘크리트 구조와 차음성능을 비교하고, 부재의 정확한 차음성능을 알아보기 위하여 다양한 경량벽체의 차음성능을 잔향실 실험을 통해 측정하였다.

본 연구의 내용을 요약하면 다음과 같다.

1. 문헌조사

- (1) 철골조 아파트의 현황을 파악하고 문제점을 고찰한다.
- (2) 경량벽체의 특성 및 문제점을 파악한다.
- (3) 차음성능 이론, 평가방법 및 차음성능 기준, 측정방법에 대한 국내외 자료를 정리한다.

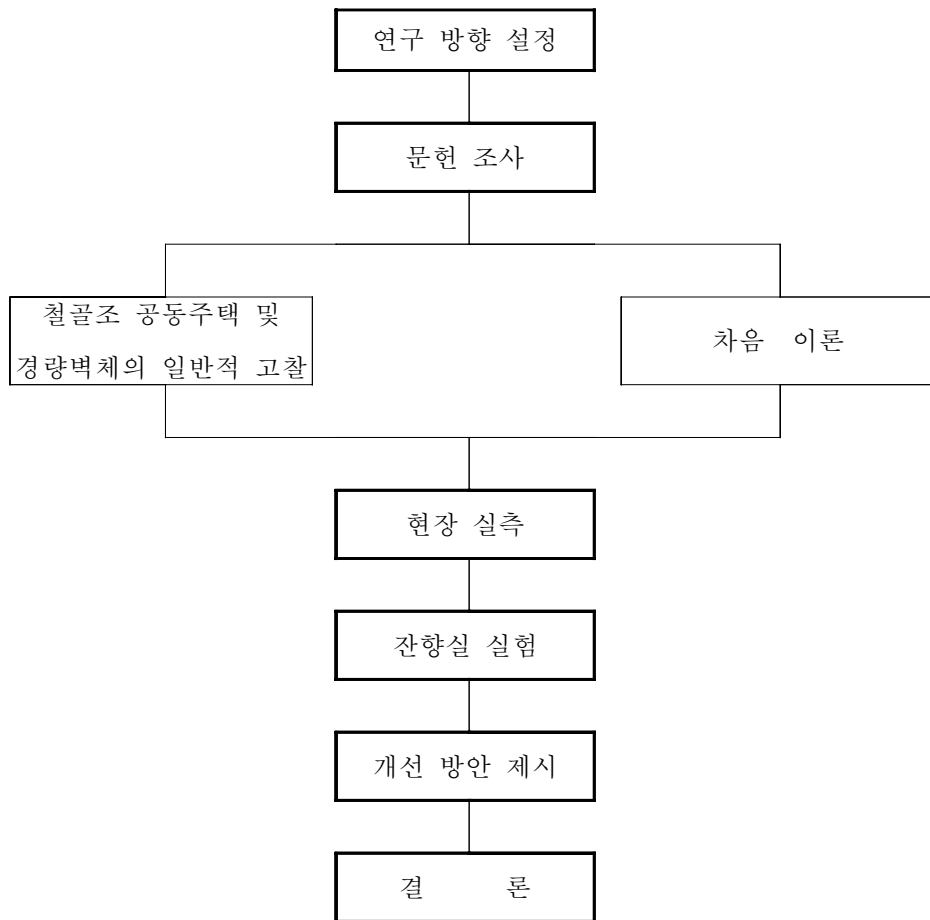
2. 철골조 아파트의 현장실측

현재 건설중인 철골조 아파트의 차음성능을 현장에서 실측, 분석하고 기존의 철근콘크리트 구조와 비교하여 철골조 아파트 차음성능의 문제점을 파악한다.

3. 경량벽체의 잔향실 실험

국내 업체에서 생산되는 차음성능이 보강된 경량벽체를 대상으로 잔향실 실험을 실시하여 차음성능의 수준을 알아보고 그에 따른 차음성능 개선을 위한 대안을 제시한다.

(그림 1.1)은 연구의 흐름을 보여준다.



(그림 1.1) 연구 흐름도

제 2 장 철골조 공동주택 경량벽체의 이론적 고찰

2.1 철골조 공동주택의 일반적 고찰

2.1.1 철골조 공동주택의 일반현황

지금까지 우리 나라의 공동주택 건축은 철근콘크리트 구조방식의 공동주택건설이 대부분이었다. 그러나, 재료의 친환경성, 경제성, 시공성, 공기단축, 공간이용 효율성 등의 많은 장점을 가진 철골조 아파트가 분양되기 시작한 것은 97년 6월부터 철골조 아파트의 분양가 자율화 이후부터이다.¹⁾ 또한 건축법 규정의 변화, 구조적 기술의 발전, 신 재료의 연구, 사회적 요인 등 많은 변화로 인해 20층 이상의 철골조 아파트가 건설되고 있는 실정이다.

2.1.2 철골조 공동주택의 장·단점

철골조 공동주택은 구조방식의 차이 외에 주거환경 및 시공 등에 있어서도 철근콘크리트 구조와는 다른 특성을 나타내고 있다.

일반적으로 철골조 공동주택이 철근콘크리트 구조와 비교해 가지고있는 장점 및 단점은 다음과 같다.

1. 철골조 공동주택의 장점

(1) 친환경성

분리가 불가능한 철근콘크리트 자재와 비교해서 철골조는 반영구적인 수명을 가지며, 건물 철거시 폐자재의 분리 및 재활용이 가능하다.

1) 포항산업과학연구원 철강엔지니어링 센터 강재이용기술부문, 철골조 고층아파트, 철강보, 1997

(2) 경제성

철골조 공동주택이 많은 초기비용이 투자되어야 하지만 해체비용과 건설폐자재의 재활용 측면에서 보면 기존 철근콘크리트구조의 공동주택보다 경제성이 있다.

(3) 평면변경의 다양성

철근콘크리트 구조의 내력벽은 구조체인 동시에 세대내·세대간 경계벽 역할을 하기 때문에 거주자의 개성이나 생활방식에 따른 평면변경이나 증·개축 등이 어렵다. 그러나 철골조에서는 H형강이 하중을 담당하고 실내 벽체는 비내력벽인 건식 조립벽체로 설계되기 때문에 평면변경이 가능하다.

(4) 실내 공간의 증가

철골조에서 사용되는 건식벽체를 기존 철근콘크리트 구조의 벽체와 비교해 보면, 두께가 얇으면서도 차음성능, 내화성능 등 벽체의 용도에 따라 요구되는 기준에 만족하기 때문에 실제 사용할 수 있는 실내 공간 증가효과를 얻을 수 있다.

(5) 품질향상²⁾

철근콘크리트 구조의 경우, 공사 중 많은 공정을 현장에서 직접 제작하여야 한다. 즉, 현장여건, 현장인력, 기상 등 많은 요인들의 영향을 받는다. 그러나 철골조의 경우, 대부분의 부재를 공장에서 일률적으로 생산하여 공급하기 때문에 균일한 품질 수준의 자재를 사용하므로 건물전체의 품질을 향상시킨다.

(6) 지하공간 활용성³⁾

철근콘크리트 구조는 지하층에 있어서 구조적 하중 때문에 벽체가 두꺼워지고, 기둥이 좁은 간격으로 불규칙하게 배열되어 있어 제한된 용도로 사용되었다. 반면 철골조

2) 변현갑, 철골조 공동주택 석고보드 내부 칸막이의 차음성능 및 시공에 관한 연구, 연세대 산업대학원 석사논문, 1996

3) 배향임, 철골조 공동주택 단위평면의 가변적 실내디자인에 관한 연구, 홍익대 건축도시대학원 석사논문, 1998

아파트의 경우는 지하공간의 제약요소로 기둥만이 존재하기 때문에 그 활용면에 있어서 넓은 융통성을 가질 수 있다.

(7) 공기단축

건식자재와 철골 부재는 현장에 도착하기 이전에 이미 완성된 형태로 공급되기 때문에 철근콘크리트 구조의 공동주택과 비교해 공기를 단축할 수 있다.

2. 철골조 고층 공동주택의 단점

철골조 공동주택은 다음과 같은 몇 가지 단점이 있다.

(1) 소음문제

바닥재와 벽체에 경량 구조재와 건식 벽체가 사용되므로 이웃간·층간 소음문제가 발생할 수 있다. 또한 세대내 보다는 세대간의 소음과 설비소음 등이 문제가 크다.

(2) 높은 초기 공사비용

구조재로 철골을 사용한 철골조 공동주택의 경우, 일반적으로 경제성이 높다고 알려진 기존 공동주택에 비해 초기투자비용이 16%정도 증가된다.⁴⁾ 또한, 철골조 아파트의 층고가 기존 벽식구조 철근콘크리트조에 비해 크기 때문에 높은 공사비의 요인이 되고 있다.

2.2 경량벽체에 관한 일반적 고찰

2.2.1 국내연구현황

세대내·세대간 경계벽의 차음성능에 관한 연구는 철근콘크리트 구조의 조적조 벽체

4) 포항산업과학연구원 철강엔지니어링 센터 강재이용기술부문, 철골조 고층아파트, 철강보, 1997

에 대한 연구가 대부분이었다. 그러나 최근 공동주택에서 철골조의 사용이 높아짐에 따라 세대내·세대간 경계벽으로 사용되어지거나 사용될 수 있는 경량벽체에 대한 연구가 진행되고 있다.

김충원⁵⁾은 간이칸향실을 설치하여 먼저 칸향실에 대한 음압레벨 및 칸향시간을 측정하여 간이 칸향실의 사용가능성에 대하여 검증하였고, 경량칸막이벽 시험체와 조적벽 시험체를 선정하여 차음성능을 측정하였다. 또한 경량 칸막이벽의 구조에 따른 차음성능 변화를 비교 분석하기 위해 간주형식에 의한 영향을 검토하여 칸막이벽의 차음성능에 대한 기초자료를 제시하였다.

장영휴⁶⁾은 경량칸막이벽의 차음성능에 관한 실험적 연구에서 질량의 변화에 따른 경량칸막이벽의 차음성능을 비교하였고, 중공층에 유리섬유를 넣어 차음성능을 보강하였을 때와 없을 때의 차음성능에 대한 비교를 하였다. 그리고 벽체의 질량변화에 따른 차음성능에 대해 비교하는 등 각 구조벽 차음 특성에 대해 파악하여 차음성능 기준설정을 위한 기초적인 자료를 제시하였다.

대한주택공사⁷⁾⁸⁾에서는 기존의 기준과 비교하여 세대간 경계벽에 대하여 층간변위 추종성, 방내화성능, 내충격성능, 차음성능에 대하여 요구 성능기준과 평가방법을 설정, 제시하였다. 또한 견식 경량벽체와 급배수 및 엘리베이터 등의 소음, 진동제어 방법에 대한 제안이 이루어졌다.

변현갑⁹⁾은 세대간 경계벽 및 세대내 칸막이벽으로 사용가능 하거나 사용되고 있는 석고보드, ALC, PALC 등의 재료별 특성을 검토하였다. 그리고 석고보드를 이용한 경량 칸막이벽체와 ALC블럭 칸막이와의 차음성능에 대한 측정실험을 통해 재료간의 차음성능을 비교, 분석하고, 석고보드 칸막이벽 시공상의 문제점을 찾아 대안을 제시하였다.

5) 김충원, 건축물에서 경량칸막이벽의 차음성능에 관한 연구, 한양대 산업대학원 석사논문, 1989

6) 장영휴, 경량 칸막이벽의 차음성능에 관한 실험적 연구, 전남대 산업대학원 석사논문, 1991

7) 철골조 초고층 아파트 시스템 개발(Ⅰ), 대한주택공사, 1995

8) 철골조 초고층 아파트 시스템 개발(Ⅲ), 대한주택공사, 1996

9) 변현갑, 철골조 공동주택 석고보드 내부 칸막이의 차음성능 및 시공에 관한 연구, 연세대 산업대학원 석사논문, 1996

대한주택공사¹⁰⁾는 경량벽체를 선정하여 부재의 물성 개선실험 및 벽체구성 접합방법을 검토하였고, 벽체구성 방법에 따른 성능 평가 실험을 실시하였다. 또한 선정된 경량 벽체 시스템에 대한 시공성 분석과 경제성을 평가하여 철골조 고층·초고층 공동주택의 세대간 경계벽에 적합한 경량벽체 구조를 제시하였다.

이상과 같이, 철골조 공동주택에 사용되는 경량벽체의 차음성능에 관한 국내 연구는 간이잔향실 실험이나 현장실측에 의하여 대부분 이루어지고 있다.

2.2.2 경량벽체의 사용현황 및 특성

지금까지 내벽의 경우, ALC패널이 대부분이었다. 그러나 철골조 공동주택의 건식화·경량화에 의해 내벽체의 종류도 변화하고 있다. 특히 실내 칸막이벽으로 석고보드 사용이 증가추세이며 세대간 경계벽으로도 경량벽체의 개발의 위한 연구가 되고 있다.

철골조 공동주택에서 석고보드가 ALC패널보다 많이 쓰이는 장점은 먼저 같은 두께의 벽체를 구성했을 때 경량화에 알맞게 벽체의 자중을 줄일 수 있다. 시공성에서도 건식화가 이루어지기 때문에 좋으며, 접합부의 균열로 발생하는 차음성능저하 현상도 줄일 수 있다. 그리고 거주자의 개성이나 생활방식에 맞는 평면의 변형을 가능하게 하는 등 많은 장점을 가지고 있어 앞으로 더 사용이 증가할 것으로 보인다. 또한 철골조 공동주택의 세대간 경계벽에서도 차음성능을 위해 기존의 조적조 벽체나 중량이 큰 벽체를 사용하는 것이 아니라 경량벽체 사용을 위한 대안이 제안되고 있다.

현재 국내에서 사용되고 있는 실내 벽체용 경량벽체의 종류와 성능을 조사한 자료는 <표.2.1>과 <표.2.2>와 같다.¹¹⁾

10) 김하근, 최수경, 철골조 아파트의 세대간 경계벽 모델 제안, 대한건축학회 논문집 13권 11호 (통권 109호), 1997

11) 철골조 초고층 아파트 시스템 개발(I), 대한주택공사, 1995

<표 2.1> 국내 내벽용 부재

성능		제품명	MASTER PANEL	INSU PANEL	석고보드패널	스티이로콘 월	ISO 판넬	아코텍판넬	아코텍 판넬
주요재질 및 판재구성			-냉간압연강판 -아연도 강판 -표면마감(분체, 액체도장) -중공 또는 허니콤 충을 둠	-강판, 석고보드, 유리섬유 등으로 구성 -구성재의 종류에 따라 SC, ST,UC,TU, GC,GT등이 있다. -마감재 P.V.C. 라미네이팅 기능		-내벽용: 스티이로콘 라이트코아 드라이콘	-샌드위치 판넬 -표면재(아연도강판) -단일재(폴리스틸렌, 우레탄폼, GLASS WOLL) -구성방법에 따라 FF, BB,FFH,BBH,DBH등이 있음.	100mm	-경량골재, 시멘트, 모래 -두께 75.1mm 기준
물성	비중	-	-	-	-	-	-	1.41	1.2
	중량	13 ~ 30kg/m ²	11.75 ~ 17.95kg/m ²	5.3 ~ 12.0kg/m ²	-	10.9 ~ 14.9kg/m ²	100kg/m ²	90kg/m ²	
	압축강도 (kgf/cm ²)	-	7100	-	7100	8,000	약 100	-	
	충격강도 (kg · m)	-	500이상	-	-	200g철공 1m높이에서 낙하분리 균열 없음	외부충격에 대한 충분한 내력 유지	30	
	단순휨 (kgf/cm ²)	-	-	40 ~ 70	-	-	약 20	25	
	열전도율 (kcal/mh. C)	0.343	0.91	12.5	0.91	0.034 (내장단열재)	0.65	0.25	
	기타강도	-	-	-	-	-	-	-	
방화성능 내화성능		12mm석고보드 난연 1시간 내화	50mm/1시간 내화 기타 2시간 내화	2시간 내화	1 ~ 2시간	-	2시간 내화기준 적합	106분 내화	
차음성능 500Hz 기준		50.6dB	30 ~ 45dB	-	30 ~ 45dB	-	33.1dB	28.8dB	
흡수율/vol		-	-	3%이하/vol		-	15.4%/vol	14.4	

<표 2.2> 국내 내벽용 부재

성능		제품명	ALC	ALC(2)	ALC(3)	ALC(4)	ALC(5)
주요제질 및 판재구성			ALC -두께 100mm기준	ALC -두께 100mm기준	ALC -두께 100mm기준	ALC -두께 100mm기준	ALC -두께 100mm
물 성	비중		절건 0.45 ~ 0.55 기건 0.50 ~ 0.60	절건 0.45 ~ 0.55 기건 0.50 ~ 0.60	절건 0.5 기건 0.55	절건 0.50 기건 0.52	절건 0.50 기건 0.55
	중량		구조계산용 650kg/m ²	구조계산용 650kg/m ²	구조계산용 650kg/m ²	구조계산용 650kg/m ²	구조계산용 650kg/m ²
	압축강도 (kgf/cm ²)		30	30	30 ~ 40	40	40
	충격강도 (kg · m)		-	-	-	-	-
	단순휨 (kgf/cm ²)		8 ~ 12	10이상	10	10	10
	열전도율 (kcal/mh. C)		0.10 ~ 0.16	0.09 ~ 0.12	0.11	0.09 ~ 0.11	0.105
	기타강도		-전단 4 ~ 9kg/cm ² -인장 4 ~ 6kg/cm ² -탄성계수 1.75×10 ⁴	-전단 6kg/cm ² -인장 5kg/cm ² -탄성계수 1.75×10 ⁴	-전단 5kg/cm ² -인장 5kg/cm ² -탄성계수 1.75×10 ⁴	-전단 5kg/cm ² -인장 5kg/cm ² -부하강도 20kg/cm ²	-전단 5kg/c -인장 5kg/c -부하강도 20k
방화성능 내화성능			3시간 내화구조	3시간 내화구조	2시간 내화	2시간 내화구조	2시간 내화구
차음성능 500Hz 기준			40dB	36.8dB	28dB	41dB	29dB
흡수율/vol			-	전면 33%/vol 부분 12%/vol	전면 28%/vol 부분 20%/vol	전면 36%/vol 부분 22%/vol	전면 70%/v 부분 40%/v

제 3 장 차음성능 이론

3.1 차음이론

3.1.1 투과율

벽면이나 건축재료로 차음성능을 나타내는 것으로 투과율이 이용된다. 투과율은 벽면에 입사하는 음의 세기를 I_i 로 하고 벽면을 투과하는 벽의 반대측에 방사되는 음의 세기를 I_t 라고 하면, 투과율 τ 는 식(3.1)과 같이 나타낼 수 있다.¹²⁾

$$\tau = \frac{I_t}{I_i} \quad (3.1)$$

3.1.2 음향투과손실

음향투과손실(투과손실) TL은 식에서 주어진 투과율 τ 를 사용하여 식 (3.2)과 같이 정의된다.¹³⁾

$$TL = 10 \log \left(\frac{1}{\tau} \right) (\text{dB}) \quad (3.2)$$

이 식에서 투과율 τ 가 각각 0.1, 0.01의 경우에 투과손실 TL을 구하면 10dB 및 20dB가 되며 투과율이 1/10이 되면 투과손실은 10dB 증가하는 것을 알 수 있다. (그림 3.1)과 같이 하나의 벽면을 가진 두 개의 실이 있고 그 벽면 이외에서는 음의 투과가 없는 경우, 그 벽면의 투과손실 TL은 식 (3.3)과 같다.

$$TL = L_1 - L_2 + 10 \log (s/A) (\text{dB}) \quad (3.3)$$

12) 이경희 외, 건축환경계획, 문운당, 1997

13) 이채봉 외2명, 소음·진동, 형설출판사, 1999

단, L_1 은 음원측의 실내 평균 음압레벨 [dB]이며, L_2 는 수음측의 실내평균 음압레벨 [dB], s 는 투과벽의 면적 [m^2], A 는 수음실측의 흡음력 ($= \alpha S$ [m^2], α 는평균흡음률, S 는수음실측의전체면적 [m^2])이다.



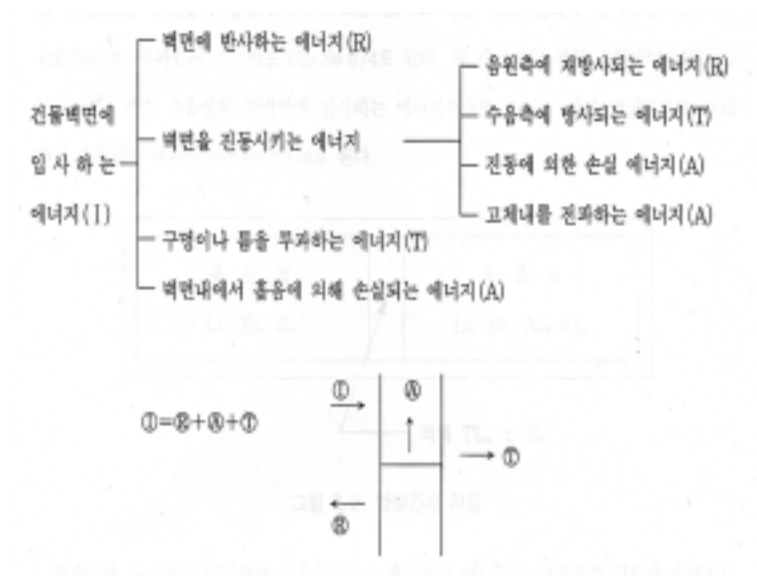
(그림 3.1) 2실 사이의 투과

3.1.3 차음과 흡음

차음성능을 높이기 위해서는 투과음 에너지를 되도록 적게 하는 것이 필요하며, 벽면에 입사한 음에너지(I)는 (그림 3.2)처럼 반사음 에너지(R), 흡음에 의한 손실에너지(A), 투과음에너지(T)로 대별된다. 투과음에너지(T)를 작게 하기 위해서는 (R)과 (A)를 크게 하면 좋으나, 보통 벽두께는 10~30cm정도이기 때문에 그 두께만으로서 흡음에 의해 감쇄되는 에너지는 한계가 있고, 입사음에너지 대부분을 입사측에 반사해 버리는 것이 차음을 높이는 가장 효과적인 방법이다.¹⁴⁾

즉, 벽의 질량을 높이는 것, 틈새를 막는 것 등으로 (T)를 작게 하는 것이 차음성능을 높이기 위해 필요하다.

14) 건설교통부 국립건설시험소, 건축물의 경량칸막이 벽체구조에 대한 음향성능 연구시험, 1995



(그림 3.2) 입사음, 반사음, 투과음의 관계

3.1.4 평균 음압레벨 차

투과손실은 수음실의 흡음력이나 벽면적 등의 함수이나 실용적으로 벽의 차음능력을 나타내는 것은 실 외부의 소음의 음압레벨에 대한 실내에 침입된 소음의 음압레벨 차로 충분하다. 평균 음압레벨 차로는 D(혹은 차음도NIF)가 있으며, 이 D는 식 (3.4)과 같이 실내외의 음압레벨 차 $L_1 - L_2$ 로 나타내어진다.¹⁵⁾

$$D = L_1 - L_2 \text{ (dB)} \quad (3.4)$$

D는 투과율 τ , 수음실측의 흡음력 $A \text{ [m}^2\text{]}$, 투과벽의 면적 $s \text{ [m}^2\text{]}$ 은 다음 관계가 있다.

$$D = 10 \log \frac{A}{\tau s} \text{ (dB)} \quad (3.5)$$

15) 한국건축음향연구회, 건축환경음향학, 공간출판사, 1999

3.1.5 종합투과손실

어떤 벽면이 투과손실이 각기 다른 부분으로 구성되고 있을 때, 그 벽면 전체의 종합투과손실은 식 (3.6)으로 구할 수 있다.¹⁶⁾

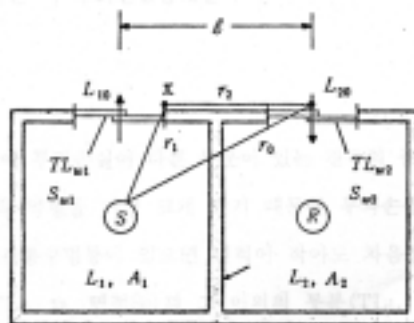
$$\overline{TL} = 10 \log \frac{1}{\tau} = 10 \log \frac{S\omega}{\sum_i \tau_i S_i} \text{ (dB)} \quad (3.6)$$

$$\tau = \frac{\tau_1 S_1 + \tau_2 S_2 + \tau_3 S_3 + \dots}{S_1 + S_2 + S_3 + \dots} = \frac{\sum_i \tau_i S_i}{S\omega}$$

전체의 $\overline{TL}$ 을 크게하기 위해서는 τS 가 큰 것부터 점차 개량해 가는 것이 필요하며 일반적으로 투과손실의 차가 큰 부분이 있으면, 차음성능이 약한 부분의 면적이 작더라도 종합투과손실은 크게 저하하게 된다.

3.1.6 창을 통한 측로전파

벽으로 나누어지는 2실의 창 또는 개구부가 (그림 3.3)과 같이 옥외로 향해 놓여있는 경우에는 음원실에서 창→외부→창→수음실의 경로와 같은 측로전파음의 영향을 검토해야 한다.



(그림 3.3) 측로 전파음

16) 건설교통부 국립건설시험소, 건축물의 경량칸막이 벽체구조에 대한 음향성능 연구시험, 1995

양쪽 실내를 확산음장이라 가정하면, 음원실 창밖의 음압레벨 L_{10} 은

$$L_{10} = L_1 - TL_{\omega_1} - 6 \text{ (dB)} \quad (3.7)$$

L_1 : 음원실내의 평균음압 레벨

TL_{ω_1} : 음원실 창의 투과손실

수음실 창밖의 음압레벨 L_{20} 은 실무적인 약산법으로서 창 중심사이의 거리를 ℓ 로 했을 때의 거리 감쇄량과 음원실 중심과 음원실 창의 끝(X), 수음실 창의 중심을 직선 연결한 것으로부터 우회거리(r_1+r_2)에 대한 X점의 회절 감쇄치에서

$$L_{20} = L_{10} + 10 \log_{10} S_{\omega_1} - 20 \log_{10} \ell - 8 - \Delta SPL_f \quad (3.8)$$

S_{ω_1} : 음원실 창의 면적

ΔSPL_f : 전파경로차 $\delta = r_1 + r_2 + r_0$ 에 의해 그림을 이용해 구한 회절감쇄치

단, 창의 전방에는 반사벽이 없는 것으로 한다.

창을 통한 측로 전파음에 대한 수음실내의 평균음압레벨 L_2' 는 식 (3.9)과 같다.

$$L_2' = L_{20} = L_{10} + 10 \log_{10} S_{\omega_2} - TL_{\omega_2} + 10 \log_{10} \frac{4}{A_2} \quad (3.9)$$

따라서 이 경우의 실간 음압레벨 차는

$$L_1 - L_2' = TL_{\omega_1} + TL_{\omega_2} + 10 \log_{10} \frac{A_2}{S_{\omega_1} S_{\omega_2}} + 20 \log_{10} \ell + 8 + \Delta SPL_f$$

수음실내의 음압레벨은 이 우회 전달음 레벨과 간벽에서의 투과음 레벨을 합성하는 것^(3.10)에 의해 구해진다.

3.1.7 틈의 영향¹⁷⁾

하나의 벽면에 투과손실이 다른 부분이 있는 경우의 종합투과손실은 투과율과 면적의 τS 가 큰 부분의 영향을 가장 크게 받기 때문에 투과손실이 0dB(투과율 τ 가 1)로 보이는 개구부와 틈, 관통구멍 등이 있으면 면적이 작아도 차음성능은 저하된다. 예를 들어 벽면이 틈(TL_2, τ_2 , 면적 S_2)과 그 이외의 부분(TL_1, τ_1 , 면적 S_1)으로 이루어져 있다면 종합투과손실은

$$\begin{aligned}\overline{TL} &= 10 \log_{10} \frac{S_1 + S_2}{\tau_1 S_1 + \tau_2 S_2} \\ &= TL_1 + 10 \log_{10} \frac{1 + \frac{S_2}{S_1}}{1 + \frac{\tau_2 S_2}{\tau_1 S_1}} \\ TL_1 - \overline{TL} &= 10 \log_{10} \frac{1 + \frac{\tau_2 S_2}{\tau_1 S_1}}{1 + \frac{S_2}{S_1}}\end{aligned}\tag{3.11}$$

틈에 의한 투과손실의 저하($TL_1 - \overline{TL}$)를 1dB 이내로 억제하기 위해서는

$$\frac{1 + \frac{\tau_2}{\tau_1} \left(\frac{S_2}{S_1} \right)}{1 + \left(\frac{S_2}{S_1} \right)} < 1.25\tag{3.12}$$

틈의 면적율은

$$\left(\frac{S_2}{S_1} \right) < \frac{0.25}{\left(\frac{\tau_1}{\tau_2} \right) - 1.25}\tag{3.13}$$

단, $\tau_2 / \tau_1 > 1.25$ ($TL_1 - TL_2 > 1$)

17) 건설교통부 국립건설시험소, 건축물의 경량칸막이 벽체구조에 대한 음향성능 연구시험, 1995

$TL_1 - \overline{TL} < 5\text{dB}$ 로 하기 위해서는

$$\left(\frac{S_2}{S_1}\right) < \frac{2.2}{\left(\frac{\tau_2}{\tau_1}\right) - 3.2} \quad (3.14)$$

단, $\tau_2 / \tau_1 > 3.2$ ($TL_1 - TL_2 > 5$)로 된다.

3.1.8 단층벽의 투과손실

차음구조체로 이용되는 재료에는 단층의 판재료가 있다. 이와 같은 판재료의 투과손실은 질량법칙이라 불리는 법칙에 따라 판의 무게가 배로 되면 투과손실이 6dB 증가되는 성질을 나타낸다.¹⁸⁾

1. 질량법칙

균질인 얇은 판재료로 무한히 넓은 벽을 가정하고 이 벽면에 평면파가 각도 θ 로 입사한다고 생각해 보자. 벽내에서의 음의 감쇠나 위상변화를 무시하면 각도 θ 에 대한 벽의 투과손실 TL_θ 은 식 (3.15)로 계산된다.

$$TL_\theta = 10 \log \left[1 + \left(\frac{\omega m \cos \theta}{2\rho c} \right)^2 \right] (\text{dB}) \quad (3.15)$$

단, m 은 단위면적당 질량(kg/m^2), $\omega = 2\pi f$, f 는 주파수, ρ 는 공기밀도(kg/m^3), c 는 음속(m/s)이다.

일반적으로 $\omega m \gg 2\rho c$ 이면 수직입사에 대한 투과손실 TL_0 은 식 (3.16)에서

18) 이채봉 외2명, 소음·진동, 형설출판사, 1999

$$TL_0 = 20 \log \left(\frac{\omega m}{2\rho c} \right) (\text{dB}) \quad (3.16)$$

이 된다. 이 식은 투과손실이 벽의 단위 면적당 질량과 음의 주파수와 곱의 대수에 비례하는 것을 의미하고 있다. 이것을 질량법칙이라 하고 이것에 의하면 수직입사의 투과손실은 주파수에 대하여 옥타브 6dB의 경사로 증가한다.

확산음장의 경우, 투과손실 TL은

$$TL \approx TL_0 - 10 \log (0.23 TL_0) (\text{dB}) \quad (3.17)$$

로 주어지며 주파수에 대하여 거의 옥타브 5dB의 경사로 증가한다.

질량법칙을 유도하는 경우의 가정은, 일반의 재료에 대해서는 완전히 만족되지 않으나 재료의 면밀도를 알면 대개 그 투과손실을 알 수 있는 중요한 법칙이다. 이 질량법칙을 만족하는 재료는 점성이 큰 고무나 납, 휨 강성이 작은 얇은 강판 등이 있다.

2. 일치효과

단층벽의 투과손실은 일반적으로 중·고음역에서 곡이 생겨 질량법칙에 일치하지 않는다. 이러한 현상을 일치효과라고 한다. 이 현상은 공기 중에서 입사된 음파에 의한 진동과 강성을 가진 재료면을 전달하는 횡파가 일종의 공진을 발생시켜 효율적으로 음을 방사하는 것을 말한다.

일치를 나타내는 최저의 주파수 f_c 는 판재료의 휨 강성을 B , 면밀도를 M , 음속을 c 라고 하면

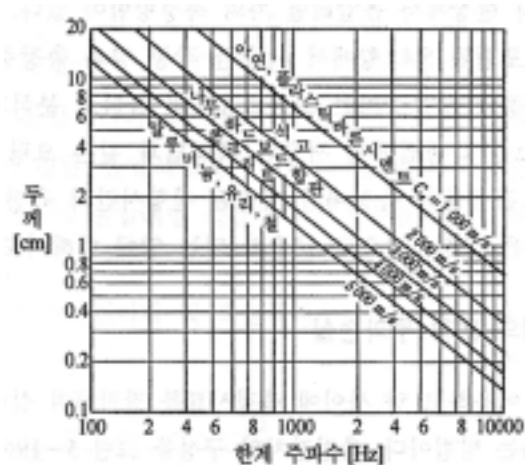
$$f_c = \frac{c^2}{2\pi} \sqrt{\frac{M}{B}} \quad (3.18)$$

이 된다.

또 벽의 재질 중에 종파의 전달속도를 c , 벽의 두께를 t 라고 하면 식(3.19)로 주어진다.

$$f_c \doteq \frac{c^2}{2 c_\ell t} \quad (3.19)$$

즉, 벽의 두께가 얇을수록 일치가 되는 주파수는 높게 된다. (그림 3.4)는 각종 재료의 두께와 f_c 의 관계를 나타낸다. 차음재료로는 면밀도가 큰 것이 필요하나 일치에 따른 투과손실의 저하가 작은 것 역시 중요하다. 일반적으로 부드러운 즉, 영률이 작은 재료의 경우는 f_c 가 높은 주파수에 옮겨져 투과손실의 저하가 그다지 나타나지 않는다. 또 저항이 큰 재료의 경우는 일치에 의한 투과손실의 저하가 작은 성질이 있으므로 이와 같은 재료는 차음재료로 적합하다고 말할 수 있다.



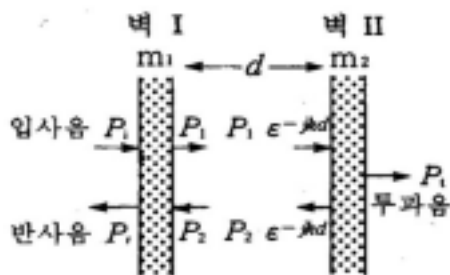
(그림 3.4) 각종 재료의 두께와 한계주파수 f_c 의 관계

3.1.9 이중벽의 투과손실¹⁹⁾

1. 투과손실 이론

단층벽에서 얻어진 투과손실은 최대 50dB로, 그 이상의 투과손실을 얻고자 하는 경우는 이중벽으로 사용하면 된다. 이중벽의 경우는 각각의 벽이 독립으로 지지되어 있고 사이의 공기층이 큰 경우는 상당한 효과가 있다. 원리적으로 공기층의 두께가 음의 파장에 비하여 작은 저음역에서는 벽 전체의 두께에서 산출된 단층벽의 투과손실이 공기층의 두께가 음의 파장에 비하여 큰 고음역에서는 각각의 벽의 투과손실의 합에 가까운 값으로 투과손실이 주어진다고 말할 수 있다. 따라서 구조에 따라 다르나 고음역에서는 주파수에 대하여 옥타브 10dB의 경사로 투과손실이 증가하는 경우가 있다.

질량법칙으로 말하자면 벽체의 두께를 2배로 하여도 투과손실은 5~6dB밖에 증가하지 않으며, 일치주파수는 두께의 증가에 따라 저음역으로 이동하게 되어 위험부담은 오히려 커진다. 이에 비해 완전히 독립된 벽체를 이중으로 설치하면 첫 번째 벽에서 차음된 음이 다시 다음 벽에서 차음되어 전체 투과손실은 각 벽체의 투과손실을 합한 값이 된다. (그림 3.5)와 같이 이중벽이 간격 d 를 두고 평행하게 설치되어 있다면



(그림 3.5) 이중벽

19) 정일록, 소음·진동학, 신광출판사, 1999

• 벽 I 에서

$$(P_i + P_r) - (P_1 + P_2) = j\omega m_1 [(P_i - P_r)/\rho C] \quad (3.20)$$

$$P_i + P_r = P_1 + P_2$$

• 벽 II 에서

$$(P_1 \epsilon^{-jkd} + P_2 \epsilon^{jkd}) - P_t = j\omega m_2 (P_t/\rho C) \quad (3.21)$$

$$P_1 \epsilon^{-jkd} + P_2 \epsilon^{jkd} = P_t$$

여기서 $k = \omega/C = 2\pi f/C$ 이다.

식 (3.20)과 식 (3.21)을 연립방정식으로 풀면

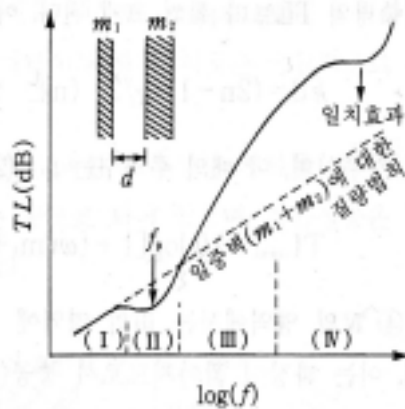
$$\frac{P_i}{P_t} = \left[1 + j \frac{\omega(m_1 + m_2)}{2\rho C} \right] \cos kd + \frac{j}{2} \left[2 + j \frac{\omega(m_1 + m_2)}{\rho C} - \frac{\omega^2(m_1 m_2)}{\rho^2 C^2} \right] \cdot \sin kd$$

위 식을 간단히 정리하기 위해 $m_1 = m_2 = m$ 이라 하면 이중벽의 TL은 식 (3.23)과 같다. (3.22)

$$TL = 10 \log \left| \frac{P_i}{P_t} \right|^2 = 10 \log \left[1 + \left(\frac{\omega m}{\rho C} \right)^2 (\cos kd - \frac{1}{2} \frac{\omega m}{\rho C} \sin kd)^2 \right] \text{dB} \quad (3.23)$$

2. 차음특성

(그림 3.6)은 중공 이중벽의 일반적인 차음특성을 보인 것으로, I ~ IV의 영역으로 나누어진다.



(그림 3.6) 중공이중벽의 투과손실

(1) I 영역은 2개의 벽체가 일치로 되어 진동하는 범위로, 면밀도가 (m_1+m_2) 인 단일벽에 대한 질량법칙으로 계산되는 투과손실 값과 비슷하다.

(2) II영역에서 투과손실이 저하됨을 볼 수 있는데, 이 부분에서 공기의 공진현상이 일어난다. 즉 이런 현상을 공명투과라 하며 이중벽에서 일어나는 현상이다. 실제 설계 시에는 이것이 일어나는 주파수가 차음상 문제가 없는 저음역이 되도록 설계해야한다.

(3) III영역에서는 주파수에 따라 투과손실이 급속히 증대되어 면밀도가 (m_1+m_2) 인 단일벽의 투과손실보다 훨씬 크게된다. 이중벽의 투과 손실이 최대로 될 때는

$$kd = (2n - 1) \cdot \pi/2 \quad (3.24)$$

n : 정수

일 경우이며, 이때의 주파수는 $f_p = (2n - 1) \cdot C/4d$ 이다 그리고 TL_{max} 는

$$TL_{max} = 10 \log [1 + \{ \omega (m_1 + m_2) / 2\rho C \}^4 / 4] (\text{dB}) \quad (3.25)$$

이다.

(4) IV의 영역에서는 III영역에 비해 주파수에 따른 투과손실의 증가가 완만하게 되는데, 이는 파장이 짧아져 중공 내에 정재파가 발생되기 때문이다. 이와 같은 고음역

에서 투과손실이 최소가 되는 주파수는 식 (3.26)의

$$kd = \omega d / C = 2\pi d / \lambda \doteq 0 \quad (3.26)$$

$$kd = n\pi \quad (n \text{은 정수}) \quad (3.27)$$

일 때이며, 그 주파수를 식 (3.27)으로부터 유도하면 $f_p = nC/2d$ 가 된다. 이때의 투과손실을 구하기 위해 식 (3.27)을 식 (3.23)에 대입하면

$$TL_{max} = 10 \log [1 + \{ \omega (m_1 + m_2) / 2\rho C \}^2] \text{dB} \quad (3.28)$$

이 된다.

즉, 두 벽의 면밀도를 합한 단일벽의 투과손실로 나타남을 알 수 있다. 또 이 영역에서는 각 벽체에서의 일치효과도 나타나므로 투과손실은 더욱 감소한다. 이러한 현상은 같은 재료로 이중벽을 설계할 경우에 더욱 나타난다.

3. 내부충진 이중벽

(1) 흡음재 투입의 경우

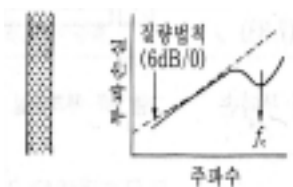
내부에 유리섬유나 rock wool을 넣어주면 고주파수 대역에서 차음효과가 크다.

(2) 강성재 충전의 경우

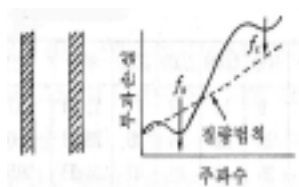
샌드위치 패널이란 이중벽의 응용으로 중공층 대신 다른 재료를 넣어서 차음성 뿐만 아니라 단열성 등을 향상시키려한 것이다. 하지만 중공층 대신 다른 재료를 넣는다해서 모두 성능이 향상되는 것은 아니다. 재료의 성질에 따라 유리섬유와 같이 저항체로서 작용하는 재료는 차음성능을 좋게 하지만, 스펀지나 플라스틱등 탄성체의 경우는 투과손실 주파수특성에 요철이 생기며 차음성능이 떨어지는 경우가 있어 실측하여 확인할 필요가 있다.²⁰⁾

20) 한국건축음향연구회, 건축환경음향학, 공간출판사, 1999

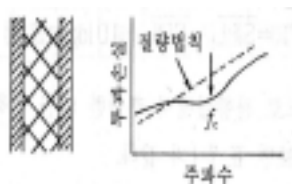
예를 들면, 이중벽 내부에 강성재를 접착하면 저주파수 대역에서 좋은 차음효과를 얻을 수 있다. 하지만 차음성능이 크게 좋아지지는 않는다.



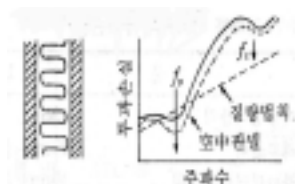
(a) 일체진동 패널



(b) 중공패널



(c) 강성재 샌드위치 구조



(d) 다공재 샌드위치 구조

(그림 3.7) 샌드위치 패널의 투과손실

3.2 실내소음의 평가기준

실내소음을 평가하는 기준으로는 일본공업규격(JIS A 1419) 및 일본건축학회에서 제안한 D곡선과 dB(A), 일본 건축학회의 권장기준인 N곡선, 국제표준화기구(ISO : International Organization for Standardization)에서 제안하고 있는 소음평가지수(NRN : Noise Rating Number)값, 구미에서 사용하고 있는 NC(Noise Criteria)값 등을 이용하여 평가하고 있다. 하지만 현재 우리 나라에서는 아직 정확한 평가기준이 없어 외국의 평가방법을 사용하고 있다.

또한, 각국의 기준치는 생활방식과 내부소음의 특성, 경제 및 사회여건 등이 서로 다르기 때문에 차이가 있다. 다음은 공동주택의 벽체구조를 중심으로 한 각 국의 차음성능 기준이다.

3.2.1 한국

1. 차음성능 평가기준

현재 우리 나라에는 정확한 평가기준이 마련되지 않은 실정이기 때문에 외국의 평가 기준을 사용하고 있다. 하지만 현재 각 기관에서 평가기준 마련을 위한 작업을 진행중에 있다.

2. 차음성능 기준

국내의 차음기준에 관한 내용은 건축법시행령 제20조와 건축법 시행규칙 제 16조, 주택건설에 관한 규칙 제 7조에 경계벽 및 칸막이 벽체 등의 차음구조에 관하여 규정하고 있으며 (<표 3.1>²¹⁾²²⁾참조), 조립용 콘크리트 벽판의 차음 기준을 한국공업규격 KS F 4722(<표 3.2>²³⁾참조)에 규정하고 있다. 또한 공동주택의 내부소음에 관한 기준은 법으로 규정된 사항은 없으나 공동주택 적정 실내소음도에 대해 1986년 대한주택공사에서 기준안으로 건설부에 제안한 예가 있다.

<표 3.1> 벽의 차음구조

구분 벽체 구조	공동주택의 세대간 경계벽	칸막이벽
벽체구조	50dB 이상의 차음성능	-
① 철근 콘크리트, 철골철근콘크리트조	두께 15cm이상 (바름두께 포함)	두께 10cm이상
② 블록조, 벽돌조, 무근콘크리트조	두께 22cm이상 (바름두께 포함)	두께 10cm이상 (바름두께 포함)
③ P.C. 판	두께 12cm이상	-
④ 기타구조(건설 부장관이 인정)	①②③등과 동등이상의 차음효과 주택건설 기준에 관한 규칙 제7조	①②와 동등이상의 차음효과
비 고		건축법 시행규칙 제 16조

21) 건축법 시행규칙 제31조, 경계벽 및 칸막이벽의 차음구조

22) 주택건설 기준 등에 관한 규정 제14조, 세대간 경계벽 등

23) 한국공업규격(KS F 4722), 조립용 콘크리트 벽판의 차음기준

<표 3.2> 조립용 콘크리트 벽판의 차음기준

차음성에 따른 구분	20(10)	36	44	52
투과손실 (평균 dB)	20 이상 36 미만	36 이상 44 미만	44 이상 52 미만	52 이상

1986년 대한주택공사에서 설정한 공동주택 내부소음의 적정소음도는 외부 소음평가값 60dB(A)에서 창호의 차음성능을 고려한 실내외 소음차이에 관한 보정을 20dB(A)하여 40dB(A)를 제안하고 있으며 외국의 기준과 비교하여 나타내면 <표 3.3>²⁴⁾와 같다.

<표 3.3> 공동주택의 적정 실내소음도

구분			소음도 [dB(A)]	비고
대한주택공사 (외부소음평가값- 실내외 소음도차 보정값)			40	주민생활에 대한 방해호소율 20% 이하
외 국 기 준	미국 ASHRAE (냉난방공조학회) HUD(주택도시개발국)		35~45	낮은 목소리로 2m 이하 거리에서 양호한 대화가능
	일본건 축학회	특급(특별)	30	차음성능이 매우 양호함
		1급(표준)	35	차음성능 양호
		2급(허용)	40	차음성능 거의 만족

이상과 같이 차음기준과 공동주택의 적정 실내소음도에 관한 규정 및 제안이 있지만 보다 정확한 기준을 위해서 실제 건물의 차음실태, 거주자의 민원상황, 청감 실험 및 전문가의 경험과 지식을 기초로 하여 보다 체계적인 검토에 의한 수정보완이 필요하다고 판단된다.

24) 공동주택 내부소음 기준설계에 관한 연구, 대한주택공사, 1986

3.2.2 일본

1. 차음성능 평가기준

(1) D곡선

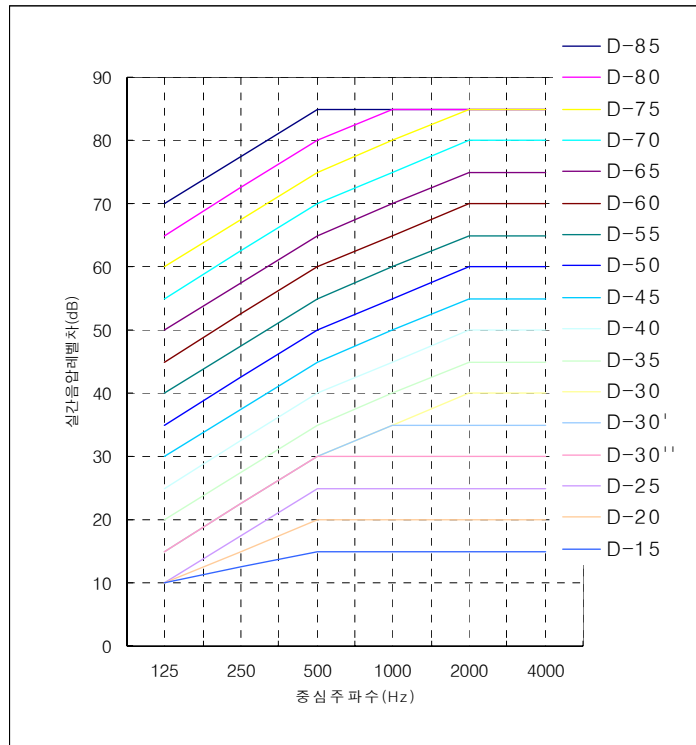
일본 공업규격(JIS A 1419) 및 일본건축학회에서 제안한 「건축물 차음성능 기준과 설계지침」에 근거하여 나타낸 값이다.

차음 및 적용 등급은 <표 3.4>과 (그림 3.8)과 같다.²⁵⁾

<표 3.4> 실간 평균음압 레벨차에 관한 적용등급

건물별	실용도	부위	적용등급			
			특급	1급 (표준)	2급 (허용)	3급 (최저)
집합주택	거실	인동간 경계벽 인동간 슬래브	D-55	D-50	D-45	D-40
주택	프라이버시가 필요한 침실	칸막이 마감벽	D-45	D-40	D-35	D-30

25) 일본공업규격(JIS A 1419), 건축물의 차음등급



(그림 3.8) D 곡선

(2) dB(A)

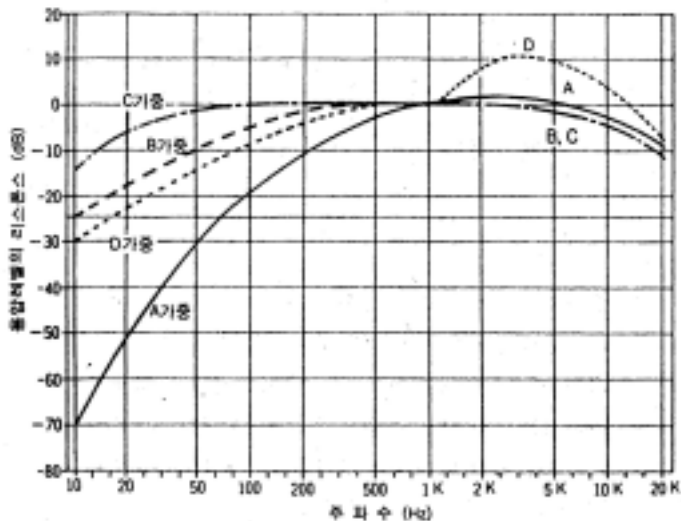
소음에 대한 사람 귀의 반응은 저주파수 대역에서 떨어지는 특성이 있다. 그래서 소음계에 국제적으로 규격화된 A특성(A-Weighted Network)을 가진 청감보정회로를 넣어 측정한 음압레벨을 dB(A)라 한다.

<표 3.5>는 청감보정 특성 및 용도를 (그림 3.9)는 청감 보정회로의 특성곡선이다.²⁶⁾

26) 공동주택 내부소음 기준설정 연구(Ⅱ), 대한주택공사, 1991

<표 3.5> 청감보정 특성 및 용도

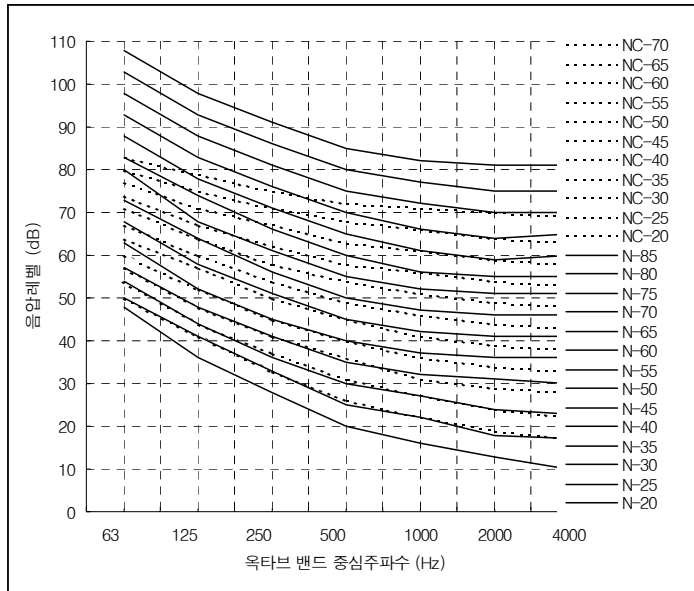
비고	내용	신호보정	용도	비고
보정	A 특성	낮은 음압대	일반적으로 많이 사용	인간의 귀의 특성과 밀접
	B 특성	중간 음압대	거의 사용하지 않음	
	C 특성	높은 음압대	소음등급 평가, 물리적 특성 파악시 사용	전주파수에서 평탄
	D 특성	높은 음압대	항공기 소음 평가용	
무보정	Linear	없음	물리적 특성 파악	



(그림 3.9) 청감보정회로의 특성곡선

(3) N값

N값은 일본건축학회에서 급·배수소음 및 공조설비소음 등 건축물에 부착된 설비 기기에서 발생하는 실내소음에 대한 평가방법으로 이용하고 있는 것으로서 소음 크기의 감각량과 대응이 비교적 좋은 dB(A)에 의한 평가를 기본으로 하여 역 A특성을 소음등급의 기준곡선으로 나타낸 것이다.



(그림 3.10) N 곡선과 NC 곡선의 비교

N곡선은 (그림 3.10)에서와 같이 NC곡선에 비해 전주파수 대역에서 더 엄격하게 소음레벨을 규정하고 있고, NC값과 동일하게 N값이 작을수록 조용한 실내 음향환경을 의미한다.

<표 3.6>은 일본건축학회에서 제정한 실내소음의 등급을 나타낸 것이다.

<표 3.6> 공동주택의 실내소음에 관한 적용등급

실용도	소음등급			소음레벨 (dB(A))		
	특 급	1 급	2 급	특 급	1 급	2 급
거 실	N-25	N-30	N-35	30	35	40

2. 차음성능 기준

일본에서는 1970년에 이미 건축기준법에서 공동주택의 경계벽에 대한 차음기준을 <표 3.7>과 같이 규정하고 있으나 이 규정은 최저한의 규제값 일 뿐 실제 건축물의 설

계기준으로는 일본공업규격(JIS A1419)과 건축학회 기준안 등을 활용하고 있다.

<표 3.7> 공동주택 경계벽의 차음기준(일본 건축기준법 시행령)

주파수(Hz)	125	500	2000
투과손실(dB)	25	40	50

일본 공업규격은 주파수별로 부여된 수치를 기준곡선에 따라 5dB 간격으로 6단계 척도로 구분한 차음등급으로서 <표 3.8>²⁷⁾과 같다.

<표 3.8> 차음등급의 급별

일본공업규격 급별	차음등급	
	실간평균 음압 레벨	바닥 충격음 레벨
1호	D-55	L-40
2호	D-50	L-45
3호	D-45	L-50
4호	D-40	L-55
5호	D-35	L-60
6호	D-30	L-65

창을 포함한 외벽에는 틈과 코인시덴스(coincidence) 영향으로 고음역의 차음성이 저하되기 때문에 일본학회 기준안에서는 외부소음의 주파수 특성과 창 차음성능과의 관계를 검토하여 일본공업규격(JIS A 1419)의 곡선을 약간 수정한 D-30이하의 차음등급곡선을 제시하고 있다. 또 일본건축학회 기준안은 JIS A 1419에서 삭제된 주요 실간의 차음등급과 적용등급에 관한 건축물의 용도별, 부위별, 차음성능 기준으로 종합적인 수정 및 보완이 되어진 등급(표 3.9)이다.

27) 일본공업규격(JIS A 1419)

<표 3.9> 공동주택의 실간 차음등급과 적용등급

구분	건물종류	부위	적용등급			
			특급	1 급	2 급	3 급
공기 전파음	단독주택 공동주택	칸막이벽	D-45	D-40	D-35	D-30

적용등급의 의미			
특급(특별)	학회특별시방	차음성능상 매우 우수	특별한 차음성능이 요구되는 경우에 적용함
1급(표준)	학회권장표준	차음성능상 바람직함	보통 사용자로부터 지적이 거의 없으 며 차음성능상 지장 없음
2급(허용)	학회허용기준	차음성능상 거의 만족	차음성능상 지장이 있지만 거의 만족함
3급(최저)	-	법규상의 최저 한도	사용자로부터 괴로움의 호소가 나올 확률이 높기 때문에 학회에서는 권장 치 않음

한편 일본에서는 이상의 건축기준법과 건축학회 기준안 이외에도 주택도시 정비공단
과 C. H. S(Century Housing System)에서 각각 규정하고 있는 차음성능과 실내소음
허용치가 있으며 그 내용은 <표 3.10>과 같다.

<표 3.10> 주택도시 정비공단과 C.H.S의 차음성능 및 실내허용소음기준

구분	세대간 경계벽	실내허용소음
주택도시 정비공단	D-50(벽식) D-45(기타)	-
C. H. S (Century Housing System)	D-45	30 dB(A)

3.2.3 국제표준화기구(ISO : International Organization for Standardization)

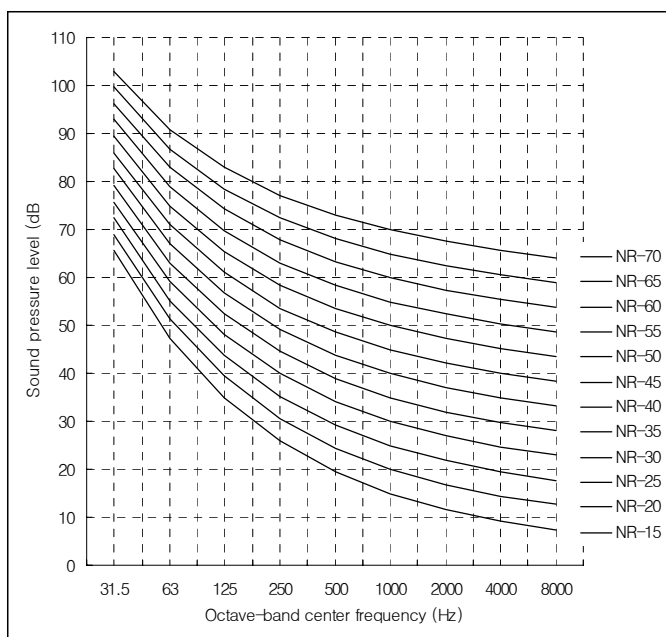
1. 차음성능 평가기준

(1) 소음평가지수(NRN : Noise Rating Number) 값

소음을 청력장애, 회화방해, 시끄러움의 3가지 관점으로부터 평가하는 방법으로서, 소음을 1/1 옥타브대역 중심주파수별로 분석한 후 (그림 3.11)의 NR곡선에 각 밴드레벨을 기입하여 최대 NR값을 구함으로써 실내소음을 평가한다. NR값은 특정공간의 허용소음레벨을 결정하는 기준으로 사용할 수 있으며, 실용도에 따른 권장기준은 <표 3.11>과 같다.

<표 3.11> 실내의 권장 NR 값

NRN	실 의 종 류
20 ~ 30	침실, 거실, 병실, 교실, 강의실, 독서실, 교회, 회의실, 극장, 영화관, 콘서트홀, T.V Studio, 소형 사무실
30 ~ 40	대형 사무실, 응접실, 조용한 식당, 상점, 백화점
40 ~ 50	대형식당, (타자기 설치) 비서실, 체육관
50 ~ 60	대형 타자실
60 ~ 70	공장



(그림 3.11) NR 곡선

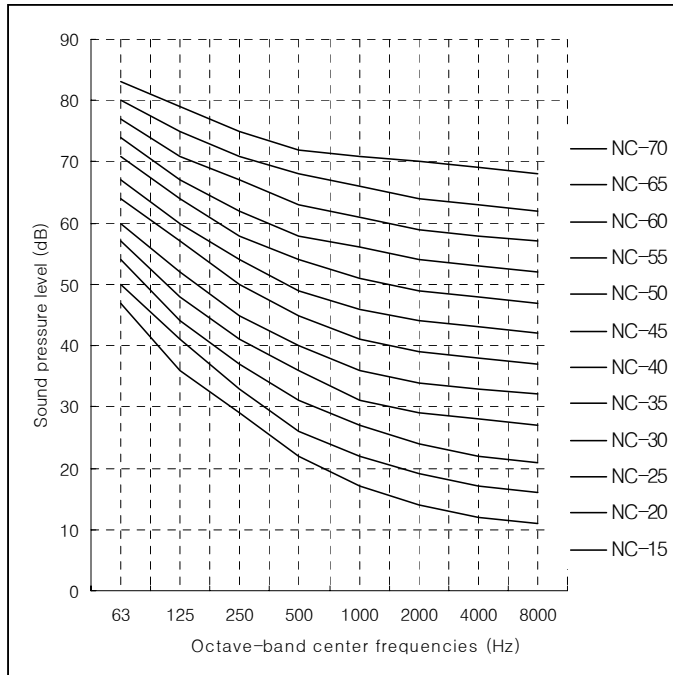
3.2.4 미국

1. 차음성능 평가기준

(1) NC(Noise Criteria) 값

건축에 있어서 실내의 소음기준으로 NR곡선을 사용하기 전에 Beranek는 회화의 양호한 전달을 위해서는 중·고음 성분의 암소음을 충분히 작게해야 된다는 것을 고려한 NC곡선을 1957년에 제안(T.S, Schultz에 의해 수정됨)하였다.

NC값은 소음을 1/1옥타브밴드로 분석한 결과에 의해 실내소음을 평가하는 방법으로, 건물의 용도별로 어느 정도 소음의 크기가 그 실의 기능에 지장을 주지 않는가에 대해 소음의 변동정도, 노출시간대 및 주파수별로 소음을 느끼는 정도 등의 주파수별 청감을 고려한 것이다. 예를 들어 (그림 3.12)에서 실내소음 권장치가 NC 40이라면 실내소음의 각 대역별 1/1옥타브밴드 음압레벨이 NC 40 곡선 이하가 되어야 하는 것을 의미한다. <표 3.12>은 실용도별 NC 권장치, <표 3.13>은 NC값에 의한 실내소음의 평가기준을 나타낸다.



(그림 3.12) NC 곡선

<표 3.12> 실용도별 NC 권장치

실용도	NC 값
방송 스튜디오, 음악실	NC 15~20
극장 (500석, 확성장치 없음)	NC 20~25
음악실, 교실 (확성장치 없음), TV 스튜디오	NC 25
아파트, 호텔 회의장 (확성장치 설치), 주택 (침실)	NC 25~30
영화관, 병원, 교회, 재판소	NC 30
음식점	NC 45
운동 경기장 (확성장치 설치)	NC 50

<표 3.13> NC값에 의한 실내소음의 평가기준

NC곡선	소음의 상태	적용 예
20~30	아주 조용함, 전화에 지장 없음, 대규모회의 가능	중역실, 대회의실, 침실, 호텔, 병원
30~35	조용함, 5m의 테이블에서 회의 가능, 3~10m 떨어져서 보통소리의 회화가능	사무실, 응접실, 소회의실
35~40	2~4m 테이블에서 회의 가능, 전화지장 없음, 2~4m 떨어져서 보통소리의 회의 가능	중사무실, 공장사무실
40~50	1.5~2m 테이블에서 회의가능, 전화 약간 곤란, 보통소리로 1~2m, 약간 큰 소리로 2~4m 떨어져서 회의 가능	큰 기사실, 제도실
50~55	2~3명 이상의 회의는 불가능, 전화 약간 곤란, 좀 큰소리로 1~2m 떨어져서 대화할 수 있음	타이프실, 작업실, 컴퓨터실
55이상	대단히 시끄러움, 전화사용 곤란	적용 없음

<표 3.14> 실용도별 허용소음레벨 (Beranek)

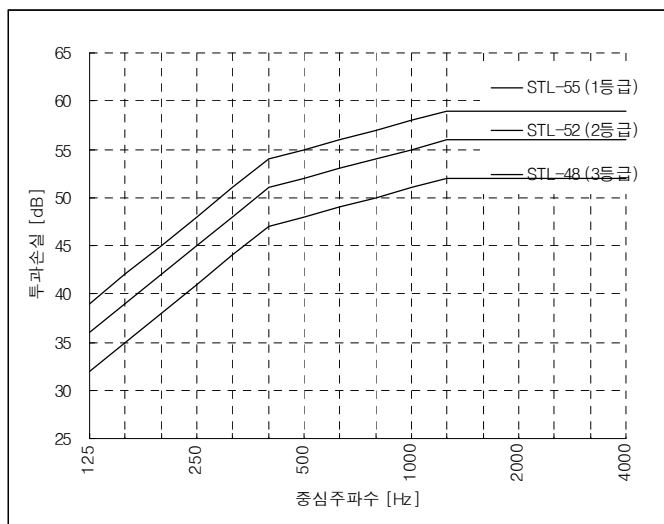
실용도	NC 값	dB(A)
음향 스튜디오	15~25	25~34
라디오, TV 스튜디오	20~30	30~38
콘서트홀, 리사이트홀, 오페라하우스	15~25	25~34
대형 오디토리엄, 드라마극장, 교회	< 25	< 34
소형 오디토리엄, 극장, 교회	< 35	< 44
침실, 병원, 호텔, 모텔, 아파트	25~40	34~47
강당, 회의장	< 30	< 38
교실, 세미나실, 독서실, 실험실	30~40	38~47
개인사무실, 소회의실 등	30~40	38~47
대규모 사무실,接客실, 상점, 레스토랑 등	35~45	42~52
로비, 복도, 작업실, 설계실, 비서실	40~50	47~56
소규모 정비실, 사무실, 컴퓨터실 등	45~55	52~61
상점, 차고, 발전소통제실, 스타디움, 공항, 철도역	50~60	56~66
공장, 작업공간	60~75	66~80

<표 3.14>은 실의 사용목적에 따른 허용소음레벨(NC 값 또는 dB(A))을 보여준다. 이 표에서 NC 값의 범위 중 낮은 값은 보다 높은 환경수준이 요구될 때의 실내 권장 값이며, 높은 값은 경제적 또는 기타 여러 조건상의 제약으로 적용이 가능한 최대 허용 값이라 볼 수 있다.

2. 차음성능 기준

공동주택의 벽체에 대한 차음등급 기준치는 미연방 주택국(FHA : Federal Housing Administration)에서 처음으로 제시하였으며, 1968년 주택도시 개발국(HUD : Department of Housing and Urban Development)은 도시개발, 지리적 위치, 경제조건 등 폭넓은 범위를 적절히 고려한 3가지의 등급으로 구분하여 보다 자세하고 엄격한 내용의 권장치를 채택하였다.

(그림 3.13)은 미연방 주택국(FHA)이 사용을 권장하고 있는 공기전달음에 대한 3개의 기준곡선이다. 또한 <표 3.15>와 <표 3.16>는 미연방 주택국(FHA)과 주택도시개발국(HUD)²⁸⁾에서 정하고 있는 3개의 적용등급과 공동주택의 경계벽의 차음성능 기준을 나타낸 것이다.



(그림 3.13) 세대간 경계벽, 경계바닥의 공기 전달음에 대한 차음기준(STC곡선)

28) U.S. Department of Housing and Urban Development, "The Noise Guidebook", 1985

<표 3.15> 적용등급

등급	기준	적용대상
1등급	권장값	고급건축물 또는 야간의 외부소음레벨이 35~40dB(A) (NC 20~25)인 조용한 환경에 있는 주택
2등급	표준값	40~45dB(A) (NC25~30)의 일반적인 소음환경에 있는 주거지역
3등급	최저값	최저한의 건축 또는 외부소음레벨이 55dB(A)이상 (NC35 이상)의 시끄러운 도시지역

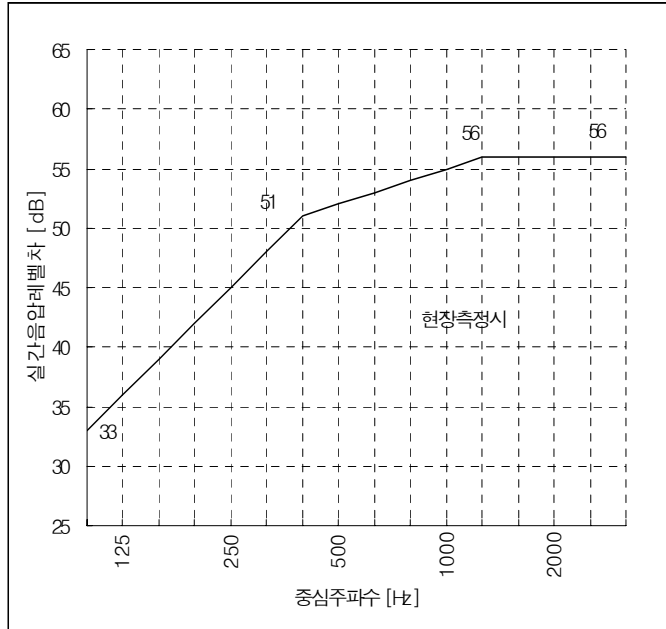
<표 3.16> 공동주택 경계벽의 차음기준(HUD)

인접세대간 실용도		공기전달음(STC)		
A세대	B세대	1등급	2등급	3등급
침실	침실	55	52	48
거실		57	54	50
부엌		58	55	52
욕실		59	56	52
복도		55	52	48
거실	거실	55	52	48
부엌		55	52	48
욕실		57	54	50
복도		55	52	48
부엌	부엌	52	50	46
욕실		55	52	48
복도		55	52	48
욕실	욕실	52	50	46
복도		50	48	46

3.2.5 영국

1. 차음성능 기준

영국에서는 영국 표준규격(British Standard)에 주택의 음향적 상태 등을 상세히 설명하고 있으며 (그림 3.14)은 영국표준규격 BS 5821의 공기전달음에 관한 차음성능의 기준을 나타낸 것이다.



(그림 3.14) 공기전달음에 관한 차음성능 기준(영국)

이상과 같이 각국의 차음성능 기준 및 평가 방법에 대하여 고찰해 보았다. 아직까지 우리 나라에는 정확한 차음성능 기준 및 평가방법이 없기 때문에 본 연구에서는 일본 공업규격(JIS A 1419) 및 일본 건축학회의 D곡선 및 기준안을 기준으로하여 현장 실측 및 잔향실 실험 결과를 평가 및 분석하였다.

3.3 차음 성능 측정 방법

벽체 차음성능을 실험실에서 측정하기 위해서는 첫째로 그 측정정도를 높이기 위해 실험실, 측정장비, 측정시료의 치수와 설치 조건 등이 일정한 수준이 되어야 한다.

실험실 측정법의 종류로는 음원실과 수음실이 모두 잔향실을 이용하는 방법과 음원실은 잔향실, 수음실은 무향실을 사용하는 방법이 있다. ISO 및 구미 각국, 일본, 우리나라에서는 잔향실-잔향실법을 사용하고 있다.

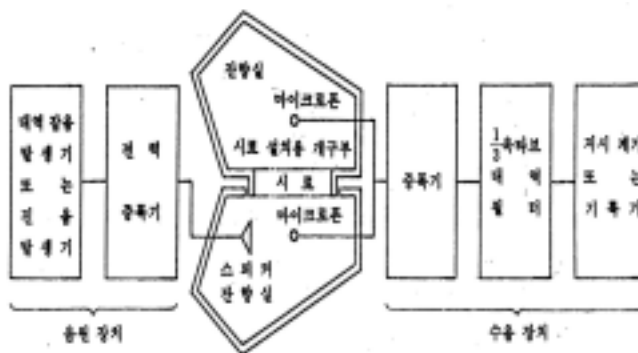
3.3.1 한국

1. KS F 2808(실험실에서의 음향투과손실 측정 방법)²⁹⁾

우리 나라의 KS F 2808(실험실에서의 음향투과손실 측정 방법)에서는 실험실에서 벽, 바닥 등의 재료와 구조의 음향 투과 손실을 측정하는 방법에 대하여 규정하고 있다.

(1) 측정장치

측정장치는 시료 설치용 개구부를 사이에 두고, 양쪽에 2개의 잔향실, 음원장치, 수음장치로 구성되며, (그림 3.15)와 같이 조합시킨다.



(그림 3.15) 측정장치 계통도

1) 잔향실

- 음원용 잔향실, 수음용 잔향실의 용적은 각각 100m³ 이상으로 한다.
- 음원용 잔향실과 수음용 잔향실은 인접하여 만들고, 인접 벽면에 양 실에 관통되는 시료 설치용 개구부를 만든다.
- 개구 면적은 10m²를 원칙으로 하고, 한 변이 2.5m 이상 4.0m 이하인 직사각형 모양으로 한다.
- 음원용 잔향실과 수음용 잔향실은 시료 이외로부터의 측정상 해로운 전파음을 피

29) 한국공업규격(KS F 2808), 실험실에서의 음향투과손실 측정방법

하도록 만들어져야 한다.

2) 음원장치

- 음원장치는 대역 잡음 발생기 또는 진음 발진기와 전력증폭기 및 스피커로 구성된다.

- 대역잡음은 그림에 표시하는 측정 주파수를 중심 주파수로 하는 1/3 내지 1/1옥타브 폭을 갖게 한다.

- 음원장치는 측정 주파수 대역 내에서 안정된 출력과 양호한 주파수 특성을 갖는 것으로 한다.

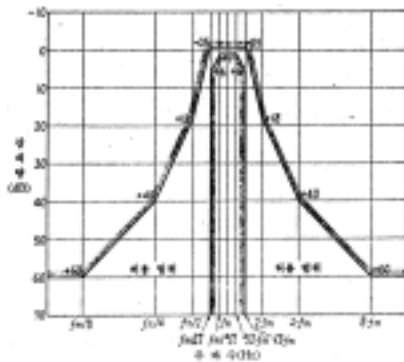
3) 수음장치

- 수음장치는 마이크로폰, 증폭기, 1/3옥타브의 대역 필터와 지시계시 또는 기록기로 구성되며 마이크로폰은 KS C 5502에 규정하는 정면 감도 주파수 특성 A1에 적합한 무지향성의 것으로 한다.

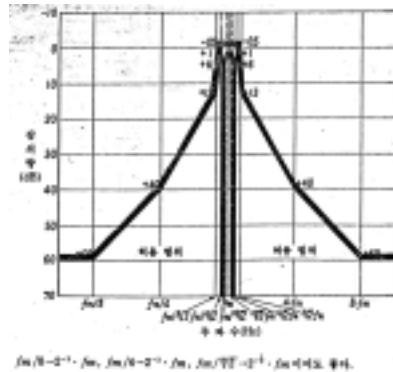


(그림 3.16) 정면 감도 주파수 특성 허용 범위

- 1/3옥타브 대역 필터의 감쇠 특성은 (그림 3.17), (그림 3.18)에 따르는 것으로 한다.



(그림 3.17) 1/1 옥타브 대역 필터의 감쇠특성



(그림 3.18) 1/3 옥타브 대역 필터의 감쇠특성

(2) 측정조건

· 측정 시료는 가능한 실제로 사용하는 상태에 맞추어 시공하며 시료의 치수가 작은 경우는 남은 부분을 측정할 때 지장이 없도록 음향투과 손실이 큰 재료로 막아야한다.

· 측정 주파수는

125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150, 4000Hz 이다.

(3) 측정방법

1) 평균 음압 레벨의 측정

· 평균 음압 레벨의 측정을 위한 마이크로폰의 위치는 음원용 잔향실과 수음용 잔향실에서 각각 <표 3.17>에 나타내는 수 이상의 것을 선택하는 것으로 한다.

<표 3.17> 중심주파수별 측정점

중심주파수(Hz)	125~160	200~400	500이상
측정점 수(위치)	5	4	3

· 음압 레벨을 읽을 때는, 마이크로폰의 각각의 위치에서 각 주파수마다 음원에서 음을 발생시킬 때와 평지 상태에서 지시하는 값의 차가 10dB이상인 것을 미리 확인하여 놓아야 하며, 음원을 발생시키는 상태에서 지시 계기의 바늘의 유동을 충분한 시간 관측하고, 그 진폭의 중심 값을 1dB 단위로 읽어야한다. 또한 기록기를 사용하는 경우도 이에 준한다.

2) 수음용 잔향실의 흡음력 측정

· 수음용 잔향실의 흡음력은 측정한 잔향 시간의 평균값에서 식 (3.29)에 따라 산출된다. 잔향시간의 측정은 원칙적으로 KS F 2805의 규정하는 방법에 따른다.

$$A = (55.3/c) V / T \quad (3.29)$$

T : 수음용 잔향실의 잔향시간(sec)

V : 수음용 잔향실의 용적(m³)

c : 공기중의 음속(m/sec)

c = 331.5 + 0.61(t)

t : 공기의 온도(°C)

3) 음향 투과 손실의 산출

시료의 음향 투과 손실은 음원용 잔향실과 수음용 잔향실의 각각의 평균 음압레벨 및 수음용 잔향실의 흡음력을 측정하여 식 (3.30)에 따라 산출한다. 또한 투과 손실의 계산값은 정수 자리까지 구한다.

$$TL = D + 10 \log_{10} (S/A) \quad (3.30)$$

TL : 음향투과손실(dB)

D : 실간 음압레벨차(dB)

S : 시료의 면적(m²)

A : 수음용 잔향실 흡음력(m²)

L1 : 음원용 잔향실 평균 음압레벨(dB)

L2 : 수음용 잔향실 평균 음압레벨(dB)

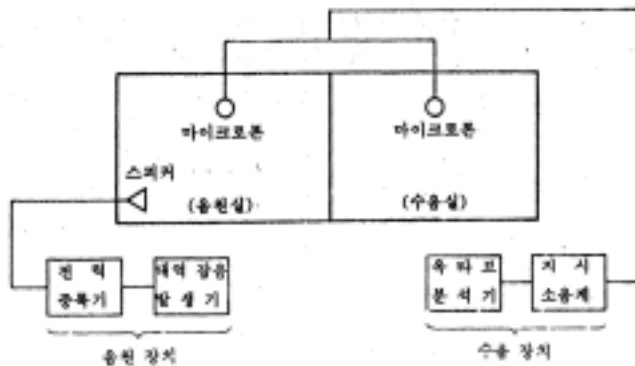
2. KS F 2809(건축물의 현장에 있어서 음압레벨차의 측정 방법)³⁰⁾

건축물의 현장에 있어서 음압레벨차의 측정 방법(KS F 2809)은 각종 건물 내의 2실 사이 및 복도와 방 사이 등의 공기음에 대한 차음 성능을 나타내는 실간 평균 음압레벨차와 특정 장소간의 음압레벨차의 측정 방법에 대하여 규정하고 있다.

(1) 측정장치

1) 측정장치의 구성

측정장치는 음원 장치, 수음 장치로 구성되고, (그림 3.19)과 같이 조합하여 사용한다.



(그림 3.19) 측정장치 계통도

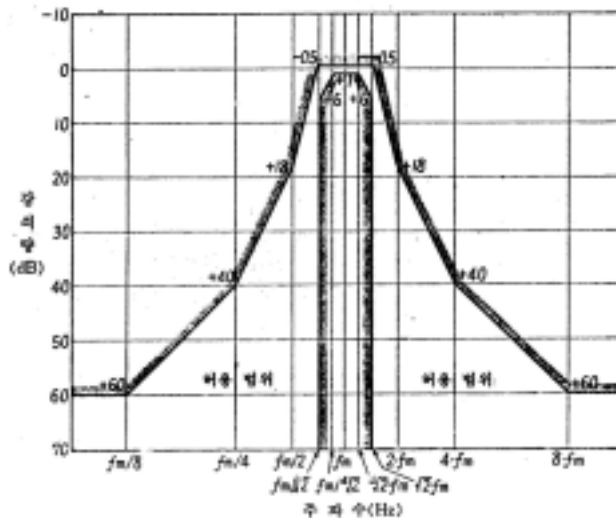
2) 음원장치

- 음원장치는 대역 잡음 발생기, 전력 증폭기 및 스피커로 되어 있다.
- 대역 잡음 발생기는 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000Hz의 측정 주파수를 중심 주파수로 하는 1옥타브 폭을 갖는 것으로 하고, 전원 투입 후 10분 이내에 안정된 레벨에 도달하는 것으로 한다.
- 전력증폭기 및 스피커는 모든 측정 주파수 대역 내에서 안정되고, 충분한 출력과 양호한 주파수 특성을 갖는 것으로 한다.

30) 한국공업규격(KS F 2809), 건축물의 현장에 있어서 음압레벨차의 측정방법

3) 수음장치

- 수음장치는 KS C 1502에 규정하는 지시 소음계 및 옥타브 분석기로 되어 있다.
- 옥타브 분석기는 1/1옥타브 대역에 규정하는 중심 주파수와 (그림 3.20)에 나타난 특성을 갖는 것으로 한다.



(그림 3.20) 1/1 옥타브 대역 필터의 감쇠특성

(2) 측정 조건

- 측정에 사용하는 대역 잡음의 중심 주파수는 원칙적으로 다음의 6가지 주파수로 한다.

125, 250, 500, 1000, 2000, 4000Hz

(3) 측정방법

1) 실간 평균 음압 레벨차의 측정

- 음원실, 수음실의 설정은 측정 현장의 요구에 따라 정한다.
- 음원 스피커는 음원실 내에서 균일한 음압 분포가 얻어질 수 있도록, 수음실의 음 투과면에 음원 스피커로부터 직접 음이 입사하지 않도록 배려하고, 원칙적으로 실내의 구석에 놓고, 구석 방향으로 향하게 한다.

- 4의 중심 주파수를 갖는 옥타브 대역 노이즈를 발생시킨다. 또한 수음실에서 암소음의 영향을 검출하기 위해 단속음을 사용한다. 시험음의 레벨은 음원 단속시의 수음실 내 음압 레벨의 변화가 10dB이상이 되도록 하는 것이 좋다.

2) 음압 레벨 측정 위치의 설정

- 음원실 및 수음실 내에 골고루 분포한 5개씩의 측정점을 잡는다. 또한 마이크로폰의 높이는 바닥 위 1.2~1.5m로 하고, 방향은 원칙적으로 위로 향하게 한다.
- 음원 스피커, 벽, 창, 문, 개구부 등에 아주 가까운 곳은 특별한 위치로서 실내 평균 음압 레벨의 측정점에서 제외한다.

3) 음압 레벨의 측정

- 음압 레벨은 음원실 및 수음실의 각 측정점에서 측정한다. 또한 2조 이상의 수음장치를 사용할 경우에는, 각 옥타브 대역별로 잔향실을 사용하여 측정치를 비교하고, 각각의 감도차의 보정을 하여야 한다.

· 암소음의 영향 보정

음압 레벨의 측정에서는 시험음의 단속에 따른 지시값 변동에 주목하고, 시험음의 음압 레벨 측정값에 <표3.18>로 보정한다.

<표 3.18> 암소음 영향 보정

단위:dB

단속에 따르는 지시의 차	3미만	3	4	5	6	7	8	9	10이상
보 정 값	측정불능	-3	-2		-1				0

4) 실간 평균 음압 레벨차

- 실간 평균 음압 레벨차는 식 (3.31)에 따라 산출한다.

$$\overline{D} = \overline{L}_1 - \overline{L}_2 \quad (3.31)$$

$\overline{D}$: 실간 평균 음압 레벨차(dB)

$\overline{L}_1$: 음원실 내의 평균 음압 레벨(dB)

$\overline{L}_2$: 수음실 내의 평균 음압 레벨(dB)

- 실내 각 측정점에서의 측정값의 최대와 최소의 차가 5dB을 넘어 10dB이내인 경우는 식 (3.32)을 이용하여 실내 평균 음압 레벨을 구한다.

$$\overline{L} = 10 \log_{10} \frac{\overline{P}^2}{P_0^2} \quad (3.32)$$

$$\overline{P}^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1} P_i^2$$

$$P_i^2 = P_0^2 \log_{10}^{-1} \frac{L_i}{10}$$

$$P_0 : \text{기준 음압 } 2 \times 10^{-5} \text{Pa}$$

$$P_i : \text{측정점 I에서의 음압 실효값}$$

$$\overline{P} : \text{평균 음압}$$

- 실내의 각 측정점에서 측정값의 최대와 최소의 차가 10dB을 초과할 경우에는, 실내 평균 음압 레벨은 산출하지 않는 것으로 한다.
- 평균 음압 레벨의 측정 결과나 평균값의 계산 결과는 정수 자리까지 구한다.

3.3.2 일본

일본의 경우 실험실에서의 차음성능 실험방법에 관한 기준은 JIS A 1416(실험실에 있어서 음향투과손실의 측정방법)³¹⁾³²⁾³³⁾에 규정되어 있다.

JIS A 1416규준에 의하면 측정 주파수대역은 125~4000Hz의 1/3옥타브 밴드 중심주파수 대역에 걸쳐 측정을 하도록 하고 있고, 측정결과 타당성을 향상시키기 위해 주파수 대역 별로 측정 횟수를 다르게 하고 있다.

또한 차음성능은 실간 음압레벨차의 표기와 흡음력 보정을 하는 과정이 조금 다를 뿐, ISO의 규준과 같이 실간 음압레벨차에 흡음력을 보정한 값으로 차음성능을 표시하고 있다.

$$TL = D + 10 \log_{10} (S/A) \quad (3.33)$$

TL : 음향투과손실(dB)

D : 실간 음압레벨차(dB)

S : 시료의 면적(m²)

A : 수음용 잔향실 흡음력(m²)

L1 : 음원용 잔향실 평균 음압레벨(dB)

L2 : 수음용 잔향실 평균 음압레벨(dB)

$$\text{단, } A = (55.3/c) V/T \quad (3.34)$$

T : 수음용 잔향실의 잔향시간(sec)

V : 수음용 잔향실의 용적(m³)

c : 공기중의 음속(m/sec)

c = 331.5 + 0.61(t)

t : 공기의 온도(℃)

31) 일본공업규격(JIS A 1416), 실험실에 있어서 음향투과손실의 측정방법

32) 일본공업규격(JIS A 1416), 실험실에 있어서 투과손실의 측정장치와 측정방법에 관한 해설

33) 일본공업규격(JIS A 1416), 실험실에 있어서 잔향실과 잔향실 법에 의한 투과손실의 측정방법에 관한 해설(Ⅱ)

3.3.3 ISO(International Standard Organization)

국제 규격인 ISO기준은 각국이 기준을 설정하는데 기본적인 자료로 이용하고 있고, ISO 140/4³⁴⁾는 현장에서 차음성능 시험시 측정방법 및 절차를 나타내고 있고, ISO 140/3³⁵⁾에서 벽, 바닥, 문, 창문 등과 같은 건축물 부재의 공기전달음에 대한 시험실에서 차음성능 측정방법 및 절차에 관해 규정하고있다. 측정주파수 대역은 100~3150 Hz까지의 1/3 옥타브밴드 중심 주파수로 측정하도록 하고 있으며, 각 주파수 대역별로 2개의 잔향실 내 평균 음압 레벨을 구한 다음 수음실에서의 잔향시간을 측정해서 흡음력 보정을 한 값으로 그 차음성능을 표시하고 있다.

$$R = L_1 - L_2 + 10 \log_{10} (S/A) \text{dB} \quad (3.35)$$

R : 음감소지수

L1 : 음원실의 평균음압레벨(dB)

L2 : 수음실의 평균음압레벨(dB)

S : 시료의 면적(m²)

A : 등가흡음면적(m²)

$$\text{단, } A = 0.163 V / T \quad (3.36)$$

V : 수음실의 용적(m³)

T : 각 주파수별 잔향시간(sec)

34) ISO 140/4, PART4, Field Measurements of Airborne Sound Insulation of Building Rooms

35) ISO 140/3, PART3, Laboratory Measurements of Airborne Sound Insulation of Buildings Elements

3.3.4 미국

미국에서는 건물 칸막이 벽의 공기전달음 투과손실에 대한 표준 측정방법인 ASTM E 90-75³⁶⁾이 제정되어 건물부재를 제어된 실험실 조건에서 독립된 칸막이의 성능 측정에 대한 방법을 규정하고 있다.

다른 기준들과 유사하나 측정 주파수 대역은 125~4000Hz까지의 1/3옥타브밴드 중심 주파수대역에 걸쳐 측정하도록 하고 있으며, 음원실과 수음실의 평균음압레벨차인 소음 감소량(Noise Reduction)에 수음실의 흡음력을 보정한 값이 투과손실로 그 차음성능을 표시하고 있다.

$$TL = NR + 10 \log_{10} (S/A) \quad (3.37)$$

TL : 투과손실(dB)

NR : L1-L2

NR : 소음감소량

S : 시료의 면적(m²)

A : 수음용 잔향실 흡음력(m²)

L1 : 음원용 잔향실 평균 음압레벨

L2 : 수음용 잔향실 평균 음압레벨

$$\text{단, } A = (0.9210 Vd)/C \quad (3.38)$$

V : 수음실 잔향실의 체적(m³)

d : 수음실 잔향실의 잔향음 감쇄율(dB/s)

C : 음속(m/s)

위에서 언급한 각국의 기준별 측정방법의 차이는 <표 3.19>와 같다.

36) ASTM E90-75, Laboratory Measurement of Airborne Sound Transmission Loss of Building Partitions

<표 3.19> 각국의 기준별 측정방법의 차이(세대간 경계벽)

	KS	JIS	ISO(국제규격)	ASTM(미국)
측정 주파수대역	125~3150Hz	125~3150Hz	100~3150Hz	125~4000Hz
측정 주파수	1/3옥타브밴드 중심주파수	1/3옥타브밴드 중심주파수	1/3옥타브밴드 중심주파수	1/3옥타브밴드 중심주파수
측정점 개수 (측정횟수)	125~160Hz 5개소 200~400Hz 4개소 500Hz이상 3개소	125~160Hz 5개소 200~400Hz 4개소 500Hz이상 3개소		
흡음력 보정 (수음실)	$A = (55.3/c)V/T$	$A = (55.3/c)V/T$	$A=0.163V/T$	$A=(0.9210Vd)/C$
결과 표시	감소지수 R	감소지수 R	감소지수 R	투과손실 TL

제 4 장 차음성능 현장실측

4.1 측정개요

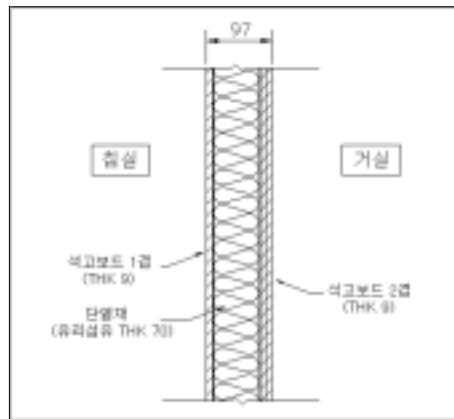
본 실험은 철골조 공동주택에서 발생할 수 있는 실간 소음문제에 대한 실태를 파악하기 위하여 기존에 건설된 철골조 공동주택을 대상으로 현장실측을 실시하였다.

실측대상은 세대내 경량 칸막이벽과 세대간 경계벽이며, 실측 결과는 기존의 철근콘크리트구조 아파트 벽체의 차음성능과 비교, 분석하였다.

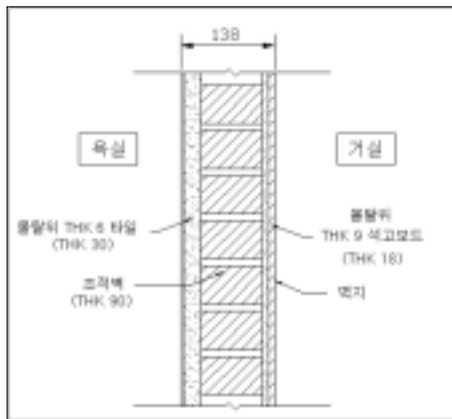
4.1.1 대상 공동주택

현장 실측은 용인의 H아파트를 대상으로 실시하였으며 측정 시간은 주변소음이 비교적 적은 시간대인 20~익일02시를 택하여 실험하였다.

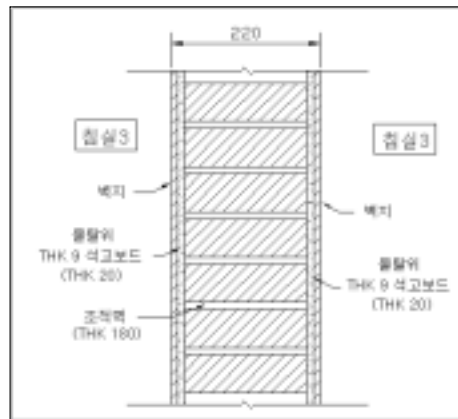
측정대상 아파트의 평면도 및 측정위치는 (그림 4.1)과 같다. 먼저 세대내 칸막이벽의 차음성능 실측은 거실과 안방, 침실2와 침실3 그리고 욕실과 거실에서 실시하였다. 거실과 안방 및 침실2와 침실3사이의 칸막이벽은 경량칸막이 벽체를 사용하고 있으며, 일반적으로 가장 큰 소음원으로 지적되고 있는 욕실과 거실 칸막이벽의 경우는 철골조 건물에서도 조적식을 적용하고 있다. 그리고 세대간 경계벽의 차음성능은 세대간의 인접실인 침실3에서 측정하였다.



(그림 4.2) 세대내 경량 칸막이벽 단면도



(그림 4.3) 욕실 벽체 단면도



(그림 4.4) 세대간 경계벽 단면도

4.1.2 측정장치

차음성능 측정시스템은 소음발생부분(Sound Power Source, speaker), 감지부분(Microphone, Preamplifier), 증폭 및 분석부분(증폭기, Filter, Analyzer), 지시 및 기록부분(Alphanumeric Printer)으로 구성되며, 측정된 자료는 Computer를 이용하여 정리,

평가하였다.

측정 및 분석에 사용된 기자재는 다음과 같다.

○ 1/3 Octave Band Real-Time Analyzer	SA-27	RION
○ Random Noise Generator	SF-05	RION
○ Speaker	SS-02	RION
○ Microphone Preamplifier	NH-1	RION
○ Microphone	UC-53	RION
○ Rotating Microphone Boom	TYPE-3923	B&K
○ 기타 Accessories		

(사진 4.1)과 (사진 4.2)는 측정기자재의 설치 모습을 보여준다.



(사진 4.1) 벽체의 차음성능 측정 전경



(사진 4.2) 분석기와 음원발생기 설치 전경

4.1.3 측정 방법

측정방법은 현재 우리 나라의 한국공업규격(KS F 2809)의 『건축물의 현장에 있어서 음압레벨차의 측정방법』 및 일본공업규격(JIS A 1417)에 준하여 실시하였다. 한국공업규격(KS F 2809)에서는 측정주파수를 125Hz~4000Hz까지 1/1옥타브대역의 6개 주파수로 정하고 있으나 본 실험에서는 일본공업규격(JIS A 1417)에 준하여 1/3옥타브대역의 16개 주파수로 측정을 실시하였다. 측정점은 음원실 및 수음실내에 골고루 분포한 5지점씩 선정하였다. 측정의 신뢰도를 높이기 위하여 5회 이상씩 측정하여 유효한 결과를 취하고, 암소음도를 측정하여 측정결과의 영향정도에 따라 보정하여 분석하였으며, Rotating Microphone Boom(B&K TYPE-3923)을 사용하여 실내의 평균 음압레벨을 구하였다. 그리고 1/3 옥타브대역으로 측정하여 D값 및 dB(A)로 나타난 차음지수값은 1/1 옥타브 대역으로 보정·환산하여 평가한 결과를 사용하였다.

4.2 측정결과

4.2.1 현장 실측

아직까지 우리 나라에는 차음성능에 대한 평가방법이 규정되어있지 않기 때문에 일

본건축학회에서 제안하고 있는 D값과 dB(A), ISO 및 미국 STC, 그리고 유럽의 평가 방법으로 차음성능을 비교·평가하고 있다. 본 연구에서는 기존 연구에서 일반적으로 사용되어진 D값을 평가 기준으로 선택하여 철근콘크리트구조의 차음성능 결과와도 비교할 수 있도록 하였다.

(그림 4.1)에서와 같이 세대내 칸막이벽의 차음성능 측정장소는 거실과 안방, 침실2와 침실3, 욕실과 거실이며, 세대간 경계벽의 차음성능 측정장소는 두 세대가 접하고 있는 침실3사이이다.

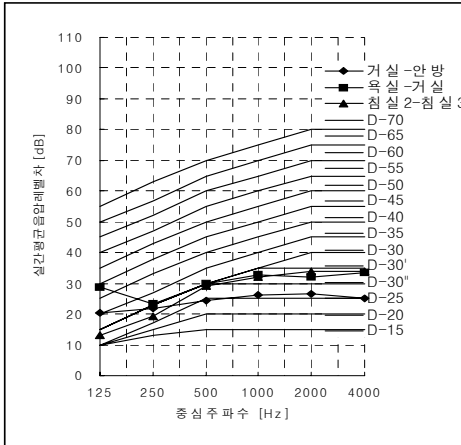
<표 4.2>와 (그림 4.5), (그림 4.6)은 측정결과를 요약하여 보여준다.

<표 4.2> 실간 평균 음압 레벨차

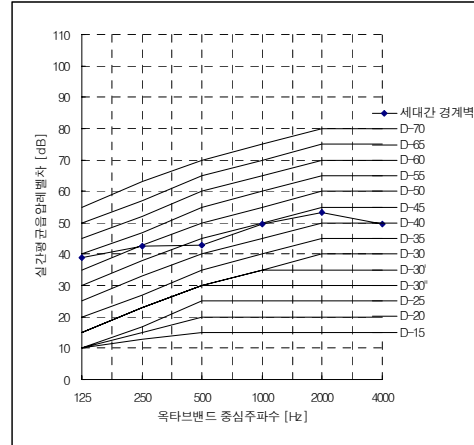
단위 : dB

주파수[Hz] 측정대상	125	250	500	1000	2000	4000	D-Value
거실 - 안방	20	22	24	26	27	25	D-24
침실2-침실3	13	19	29	32	34	34	D-27
욕실 - 거실	29	23	30	33	32	34	D-30"
세대간 경계벽	39	43	43	50	53	50	D-40

<표 4.2>에서 볼 수 있듯이, 경량벽체를 칸막이벽으로 사용한 거실과 안방 및 침실2와 침실3의 평균 음압레벨차는 주파수별로 13~34dB까지 차이를 보이고 있으며 D값으로 평가하면 D-24~D-27로 나타났다. 또한, 일반적으로 가장 큰 실내소음원으로 지적되어 조적조로 계획되는 욕실과 거실사이의 벽체, 세대간 경계벽의 차음성능은 평균 음압레벨차가 각각 24~34dB과 39~50dB로 측정되었으며, D값으로 평가한 값은 각각 D-30", D-40으로 나타났다.



(그림 4.5) 세대내 칸막이벽의 차음성능



(그림 4.6) 세대간 경계벽의 측정결과

(그림 4.5)에서 볼 수 있듯이, 세대내 건식 경량 칸막이 벽체(석고보드1겹(9mm)+단열재(유리섬유 70mm) + 석고보드2겹(9mm))의 차음지수 결정 주파수는 거실과 안방은 500Hz, 침실2와 침실3사이는 250Hz를 기록해 중주파수와 저주파수 대역에서 차음성능이 떨어지는 것으로 나타났다. 이는 공진 현상에 의한 이중벽의 차음저하 현상 때문인 것으로 생각되며, 저주파수 대역에서 크게 차음저하 현상이 나타난 것은 건식 경량벽체가 저주파수 대역에서 약한 차음성능을 보이는 것이 두드러졌기 때문인 것으로 보인다. 그리고, 거실과 안방 및 침실2와 침실3사이 칸막이벽의 경우, 같은 구성요소를 가진 경량 칸막이벽체지만 현장의 환경이나 실평면 및 체적, 칸막이벽체의 면적, 우회전달, 개구부 면적, 암소음 등 여러 요인이 복합적으로 작용하여 생겨난 차이라고 생각된다.

반면에 중공층 부분이 조적식으로 된 욕실과 거실 사이 칸막이벽(몰탈 위 T6타일 (30mm) + 0.5B + 몰탈 위 석고보드(18mm) + 벽지)은 중주파수 대역(500Hz)에서 차음지수 결정 주파수가 나타났다.

이상과 같이 실내 칸막이 경량벽체의 차음지수는 D-24~D-27정도로 중공층이 조적식으로 된 욕실과 거실의 칸막이벽(D-30")과 비교할 때 차음지수는 3~6정도 떨어지며 특히 저주파수 대역의 차음성능이 떨어지는 것으로 나타났다.

세대간 경계벽에 대한 분석결과는 (그림 4.6)에서처럼, 차음성능 결정 주파수가 고주파수 대역(4000Hz)으로 나타나 세대간 경계벽에서는 일치효과에 의해 차음저하 현상이 나타난 것으로 보인다.

세대내에서 발생하는 소음에 대해서는 욕실을 제외하고 큰불만을 표시하지 않는 반면 차음성능이 비교적 크게 요구되는 세대간에서 들리는 소음에 많은 불만을 표시하는 기존연구 결과를 참고할 때, 세대간 경계벽의 차음성능에 더욱 주의해야 한다.³⁷⁾ 특히 세대간 경계벽에서도 철골조의 경량화에 적합한 경량벽체 대안이 필요할 것으로 생각된다.

4.2.2 기존 연구결과와의 비교

<표 4.3> 실간 벽체의 차음성능에 대한 비교 및 평가

구 분		현장 측정 결과	기존 연구 결과	국내기준
세대내	거실 - 안방	D-24 (24 dB)	D-23 (D-22~D-25)	20dB이상 ~36dB미만
	침실2-침실3	D-27 (27 dB)	-	상 동
	욕실 - 거실	D-30" (30 dB)	D-25	상 동
세대간 경계벽		D-40 (46 dB)	D-45	D-45 (50 dB)

<표 4.3>은 현장 측정 결과를 기존연구 결과 및 국내기준과 비교하여 보여준다. 대상 철골조 아파트의 세대내 경량벽체(D-24(24dB))³⁸⁾의 차음성능은 기존 철근콘크리트 구조(D-23(D-22~D-25))³⁹⁾와 비교해 볼 때, 비슷한 수준의 결과를 나타냈다. 또한 국내기준(“조립용 콘크리트 벽판(KS F 4722)”의 ‘개구부가 있는 판의 기준과 벽체의 차음

37) 공동주택 내부소음 기준성정에 관한 연구(Ⅱ), 대한주택공사, 1991

38) 주파수별 투과손실의 평균값

39) 공동주택 내부소음 기준설정 연구(Ⅱ) - 급배수 설비소음 및 실간 차음성능 기준, 대한주택공사, 1991

구조 지정 기준(건설부고시 341호, 1990.6)'과 비교한 결과도 기준(20dB이상~36dB미만)⁴⁰⁾에 만족하는 수준임을 나타냈다. 이상과 같이 철골조 아파트에서 세대내 칸막이 벽으로 기존에 사용되는 경량벽체의 차음성능은 큰 문제가 없는 것으로 나타났다.

한편 세대간 경계벽의 차음성능 비교에서는 기존의 벽식구조(D-45)⁴¹⁾에 비해 비슷하거나 차음지수가 5정도까지 떨어지는 수준을 보였다. 그리고 국내기준('조립용 콘크리트 벽판(KS F 4722)'의 개구부가 있는 판의 기준과 벽체의 차음구조 지정 기준(건설부고시 341호, 1990.6)과 비교할 때도 떨어지는 수준으로 나타났다. 이것은 철골조 건물에서 세대간 경계벽의 차음성능을 고려하여 건식벽체가 아닌 조적조로 구성함에도 불구하고 차음성능이 기존의 연구결과나 국내에 제안된 기준보다도 떨어지는 수준으로 나타난 것이다. 따라서 세대간 경계벽에서도 철골조의 경량화에 적합한 경량벽체 대안이 필요할 것으로 생각된다.

4.3 소결

철골조 아파트의 현장실험에 대한 결과는 다음과 같다.

1. 세대내 경량칸막이 벽체의 경우, 차음지수는 D-24~D-27 수준으로 기존연구결과 및 국내 기준에 만족하는 수준으로 나타나 경량벽체가 철골조 아파트의 세대내 칸막이 벽으로 적용되는데 큰 문제가 없는 것으로 나타났다.

2. 세대내 경량칸막이 벽체는 중주파수와 저주파수 대역에서 차음저하 현상을 보였다. 이는 이중벽체에서 나타나는 공진현상에 의한 것으로 보이며 경량벽체의 경우 저주파수 대역에서 약한 차음성능을 보이는 것을 알 수 있었다. 하지만 경량벽체의 적용시 특정 주파수 대역(특히 저주파수 대역)에서 차음성능이 보장된다면 좀 더 높은 차음수준을 유지할 수 있을 것으로 생각된다.

40) 한국 KS F 4722 '조립용 콘크리트 벽판'의 개구부가 있는 판의 기준

41) 도시 주거 건물의 차음성능 평가에 관한 기준연구, 한국 과학 재단, 1987

3. 석고보드와 유리섬유 대신 조적식으로 된 욕실과 거실사이 칸막이벽은 차음지수 D-30 " 수준으로 중주파수 대역(500Hz)에서 결정 주파수가 나타났으며 세대내 경량 칸막이 벽체 보다는 비교적 좋은 차음성능을 나타내었다. 그러나 세대내 소음 중 가장 큰 불만요인으로 지적되고 있는 욕실 설비 소음을 제어하기 위해서는 침실이나 거실 칸막이벽 보다 좀더 충분한 차음성능이 확보되어야 할 것으로 보인다.

4. 세대간 경계벽의 경우, 중주파수 및 고주파수 대역에서 차음성능이 D-40으로 약할 뿐 아니라 기존 연구 및 국내기준(D-45)과의 비교에서도 차음성능이 떨어지는 것으로 나타나 세대내 경계벽으로 부족한 것으로 생각된다. 특히, 차음성능 향상 뿐 아니라 추후 철골조 건물의 경량화 요구에 적합한 경량벽체로 경계벽을 대체할 수 있는 대안이 필요할 것으로 생각된다.

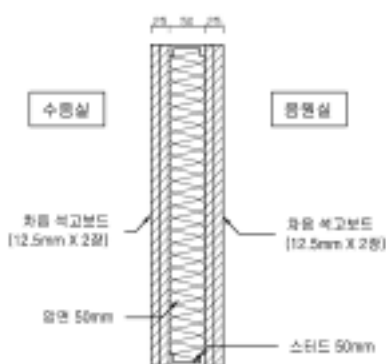
제 5 장 구조체의 차음성능 잔향실 실험

5.1 측정개요

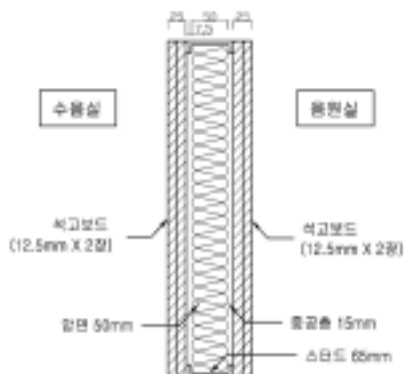
본 연구에서는 철골조 공동주택에 적용이 가능한 다양한 경량벽체 중에서 최근 차음성능을 고려하여 제작되고 있는 경량 칸막이 벽체를 몇 가지 선정하여 잔향실에서 차음성능을 측정해 보았다. 이 실험은 현장실험에서 생겨날 수 있는 우회 전달음, 주위 배경소음 등의 외부적 요소를 배제하고 구조체의 정확한 차음성능을 알아보기 위해서 실시하였다. 측정 결과를 토대로 각 경량벽체 별로 차음성능을 비교·분석하여 철골조 공동주택에서의 차음계획을 위한 기본데이터를 제공하고자 하였다.

잔향실 실험은 수원 소재 D건설기술연구소의 음향실험실에서 실시하였다. 측정은 건식 경량벽체 4가지와 습식 경량벽체 2가지 모델 등 총 6가지의 벽체모델을 대상으로 실험을 실시하였다.

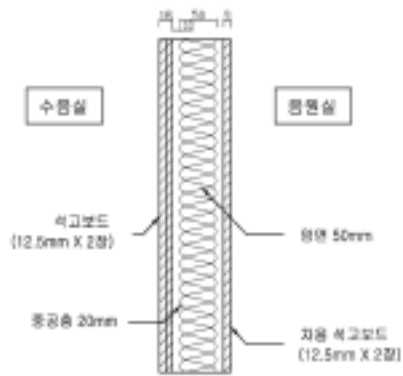
(그림 5.1)~(그림 5.6)은 각 벽체구조의 단면도를 보여주며, <표 5.1>은 실험 벽체구조의 구성부재를 나타낸다.



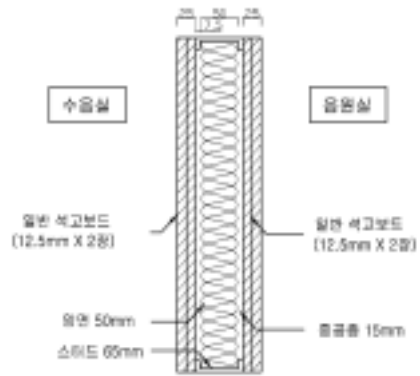
(그림 5.1) A 100mm 벽체 단면도



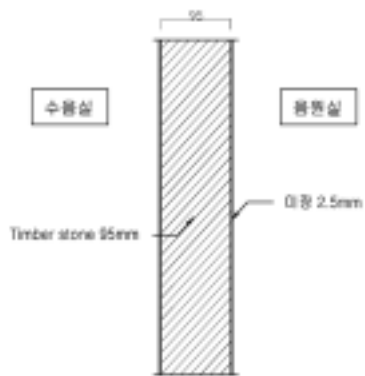
(그림 5.2) B 115mm 벽체 단면도



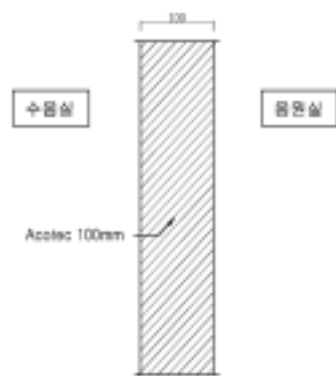
(그림 5.3) C 97mm 벽체 단면도



(그림 5.4) D 115mm 벽체 단면도



(그림 5.5) E 100mm 벽체 단면도



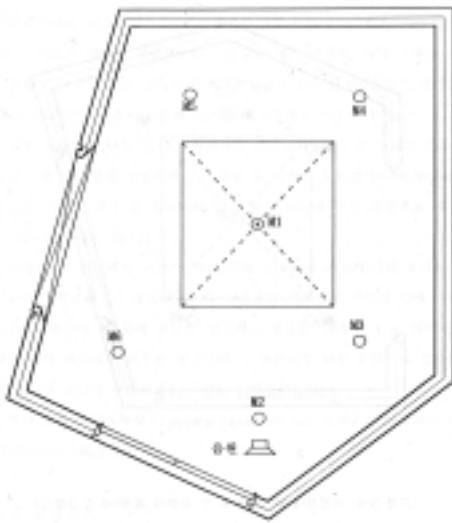
(그림 5.6) F 100mm 벽체 단면도

<표 5.1> 차음성능 측정대상 구조체의 개요

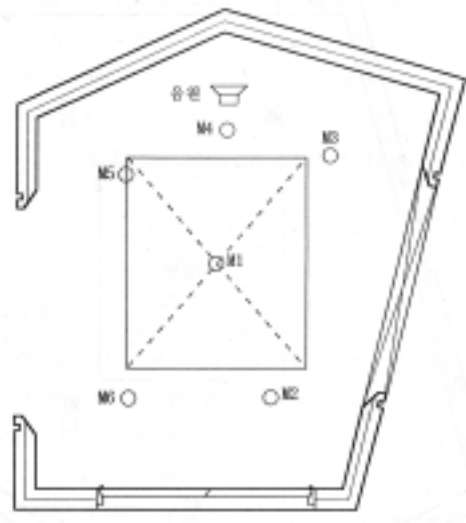
구분	구조체	벽체구성	총두께
건식구조	A (사진 5.7)	차음석고보드25mm (12.5mm×2장) +스터드50mm/암면 50mm +차음석고보드25mm(12.5mm×2장)	100mm
	B (사진 5.8)	일반석고보드25mm (12.5mm×2장) +스터드50mm/암면50mm +공기층15mm+일반석고보드25mm (12.5mm×2장)	115mm
	C (사진 5.9, 5.10)	암면70mm + 목상 (석고 보드 27mm (9mm×3 장))	97mm
	D (사진 5.11)	암면50mm+스터드 65mm (석고보드12.5 mm×4장)	115mm
습식구조	E (사진 5.12)	Timber Stone size; 500 ×300mm 95mm + 미장 5mm	100mm
	F (사진 5.13)	Acotec 100mm	100mm

5.1.1 측정실 및 장비

(그림 5.7)과 (그림 5.8)은 각각 음원실과 수음실을 보여준다. 먼저 음원실로 이용된 제2 잔향실(그림 5.8)의 체적은 249m^3 , 실표면적은 241m^2 , 바닥면적은 43.7m^2 이며, 수음실로 이용된 제 1잔향실(그림 5.7)의 체적은 325m^3 , 실표면적은 291.8m^2 , 바닥면적은 64.2m^2 이다. 구조체의 차음성능을 실험하기 위해서 제 1잔향실과 제 2잔향실은 개구부로 연결되어 있으며 개구부 크기는 $3.5\times 3.0\text{m}$ 이다.⁴²⁾ 실험을 위해 백색잡음이 음원으로 사용되었다.



(그림 5.7) 잔향실내 마이크로폰 및 음원의 위치(제 1잔향실)



(그림 5.8) 잔향실내 마이크로폰 및 음원의 위치(제 2잔향실)

측정 장비는 다음과 같다.

○ Real time analyzer	SA-28	RION
○ 10 Microphones		Model Shop Inc.
○ Signal Conditioner Amplifier		PCB.
○ Sound Source	GDB95-01dB	RION

42) 무향실 및 잔향실의 음향특성 평가 보고서(대우건설기술연구소), 한국표준과학연구원, 1998

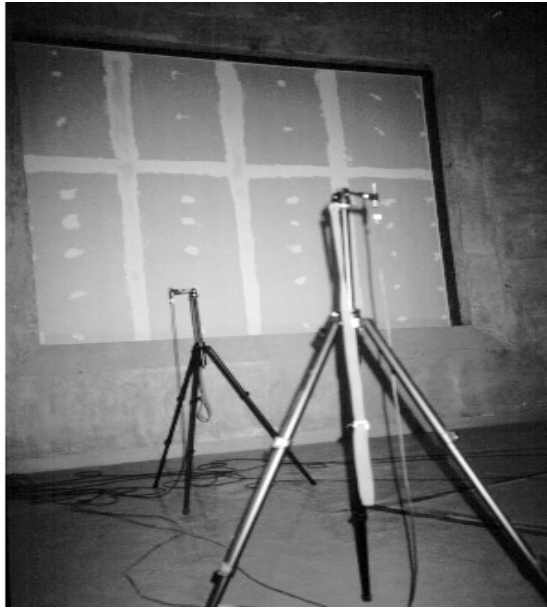
5.1.2 측정 방법

차음성능 측정 방법은 한국공업규격(KS F 2808) 「실험실에서의 음향투과손실 측정 방법」으로 제 1잔향실과 제 2잔향실 사이의 개구부(10.5m²)에 구조체를 설치하고 실의 평균 음압레벨과 제 1잔향실의 흡음력을 측정하여 구조체의 음향투과손실을 계산하였다. 음원은 백색잡음(White Noise)를 이용하였으며 측정 주파수는 125~4000Hz까지의 1/3옥타브대역의 16개 주파수에 걸쳐서 측정하였다.

(사진 5.1)과 (사진 5.2)는 실측을 위해 각 시료를 설치한 모습을 보여준다.



(사진 5.1) 잔향실내 마이크로폰의 설치

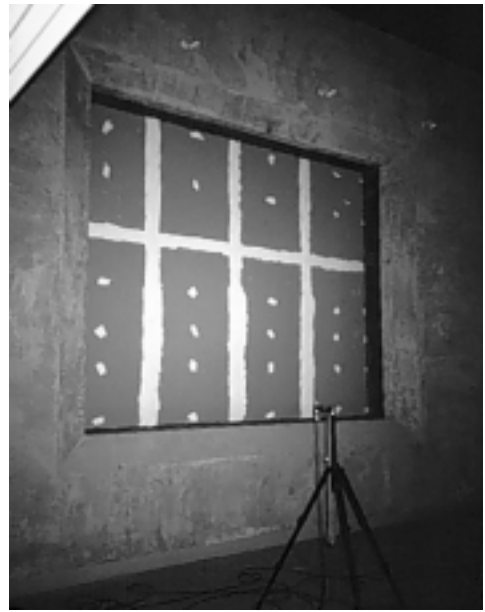


(사진 5.2) 잔향실내 시료의 설치

측정 벽체구조는 건식벽체 4개, 습식벽체 2개를 대상으로 하였고, <사진 5.3>~<사진 5.8>는 각 벽체의 실험모습을 보여준다.



(사진 5.3) A 100mm(건식)



(사진 5.4) B 115mm(건식)



(사진 5.5) C 97mm(목상제품 건식)



(사진 5.6) D 115mm(건식)



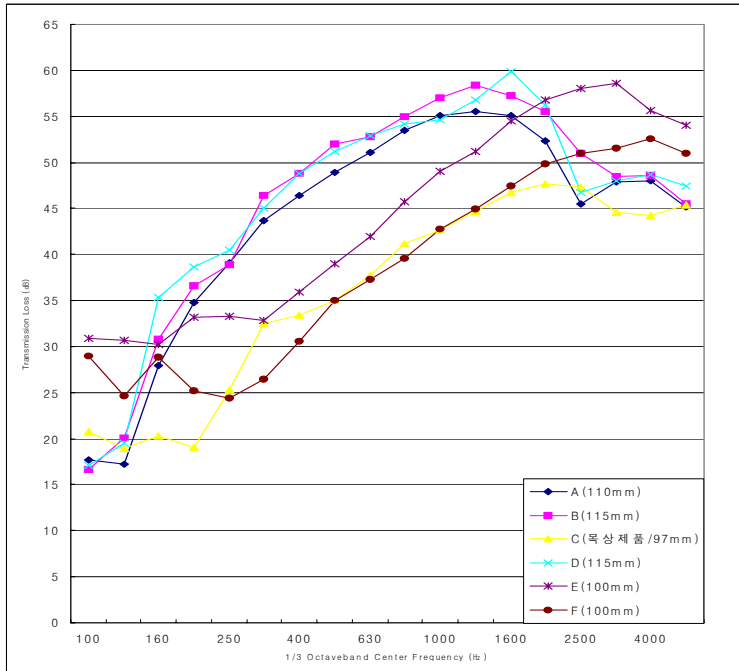
(사진 5.7) E 100mm(습식)



(사진 5.8) F 100mm(습식)

5.2 측정결과

각 경량벽체별로 측정된 투과손실 값을 1/3옥타브 대역별로 분석하여 나타내면 (그림 5.9)와 같다.



(그림 5.9) 대상 구조체별 칸막이벽의 투과손실 특성

(그림 5.9)에서 볼 수 있듯이 건식 경량벽체의 경우, C벽체 (목상제품(250Hz))를 제외하고 차음지수 결정 주파수는 125Hz로 저주파수 대역에서 나타났다. 이 결과는 현장실측의 경우와 같아 건식 경량벽체가 저주파수 대역에서 차음성능이 약한 것으로 보인다.

또한 주파수별로 투과손실 값을 살펴보면 건식벽체는 중간주파수 대역인 315~2000 Hz에서 높은 차음성능을 보인 반면, 고주파수 대역(2000Hz이상)과 저주파수 대역에서 (315Hz이하) 차음저하 현상을 보였다. 이것은 이중벽 구조에서 나타나는 특성으로 고주파수 대역의 저하는 일치효과, 저주파수 대역의 저하는 공진현상 때문인 것으로 보인다.

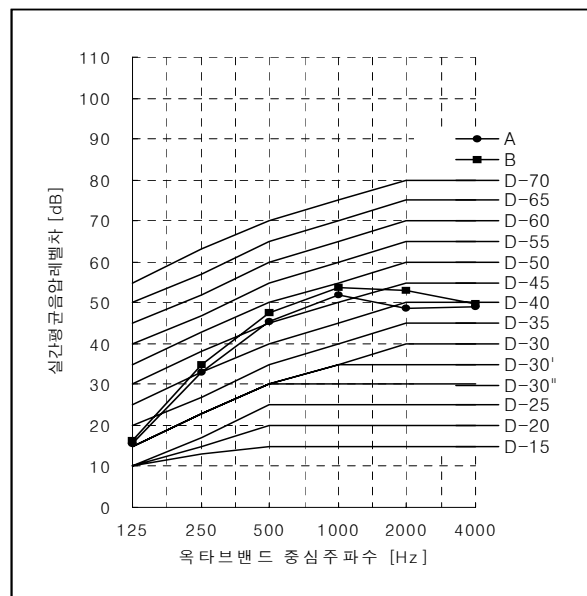
특히, C벽체 (목상제품 97mm)에서는 다른 건식 경량벽체와 비교해서 차음성능이 전체적으로 떨어지는 것으로 나타나는데, 이것은 스티드와 석고보드의 접합방법 차이와 중공층의 두께 차이 때문으로 보인다.

철골조 세대간 경계벽 및 욕실 벽체로의 적용가능성을 알아보기 위해 실험한 습식 경량벽체는 비교적 높은 차음성능을 보였다. 그러나 건식 경량벽체와 마찬가지로 습식 경량벽체에서도 공통적으로 저주파수 대역의 차음성능이 저하되는 것으로 나타났다.

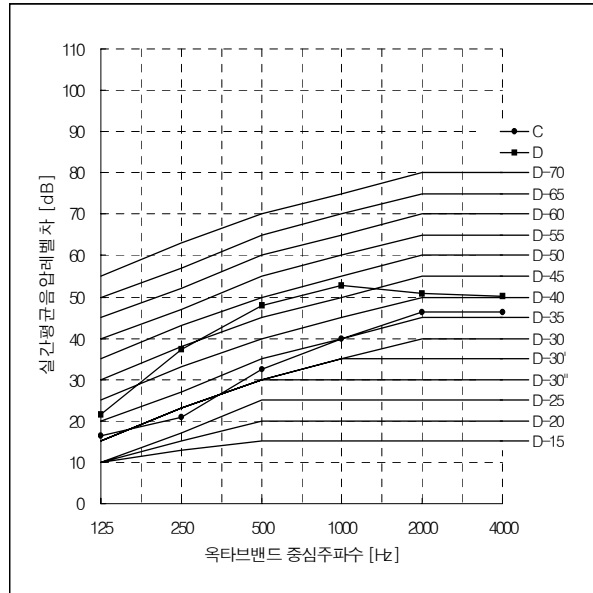
5.3 실험벽체 차음성능의 평가

아직까지 우리 나라에는 평가기준이나 방법이 없기 때문에 각 실험 벽체의 측정 결과를 일본공업규격의 평가곡선(D-곡선)을 이용하여 평가하였다. 평가를 위해 1/3옥타브 대역으로 측정된 값들을 1/1옥타브대역 값으로 환산, 보정하였다.

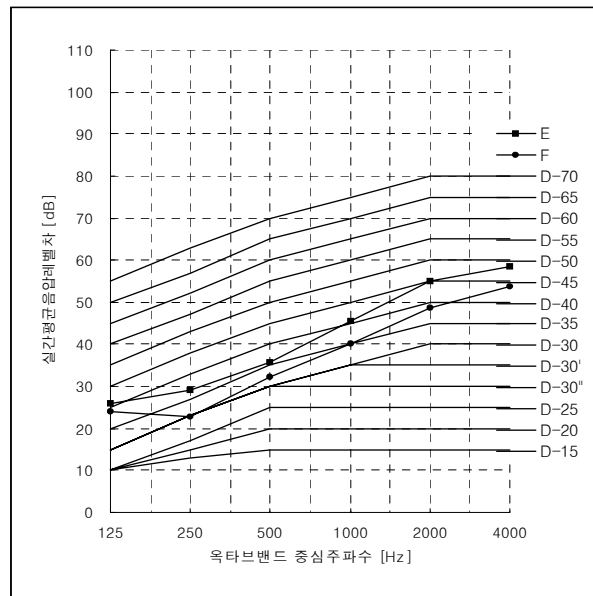
(그림 5.10)~(그림 5.12)은 각 실험벽체의 차음성능을 D-곡선으로 평가한 것이다.



(그림 5.10) A와 B벽체의 차음성능(건식)



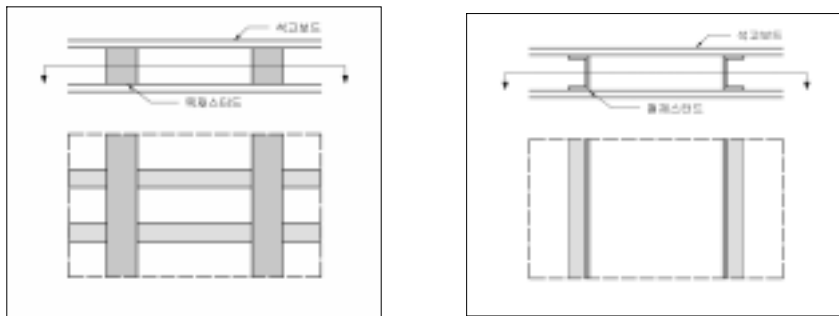
(그림 5.11) C와 D벽체의 차음성능(건식)



(그림 5.12) E와 F벽체의 차음성능(습식)

(그림 5.10)에서는 벽체 구성에 따른 차음성능 특성을 보여준다. 여기서 알 수 있듯이 B벽체(일반보드115mm)의 차음성능은 D-32, A벽체(차음보드110mm)는 D-31로서 차음성능에는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 즉, 일반보드와 차음보드의 차음성능 차이가 일반보드에 더해진 중공층(15mm)에 의해 유사해진 것으로 보인다.

(그림 5.11)에서는 스테르드의 재료에 따른 차음성능 특성을 보여준다. D벽체(철제 스테르드(115mm))를 사용하는 것이 C벽체(목재 스테르드(97mm))를 사용하는 것보다 우수한 차음성능을 보이는 것으로 나타났다. 이는 스테르드 종류에 따른 접합면의 시공 방법 차이 및 중공층의 차이로 인한 것으로 철제 스테르드를 사용하면 석고보드와 직접 맞닿는 면이 작아져 진동에 의한 소음전달이 목재에 비해 작고, 중공층의 크기가 커서 소음 감쇠가 일어나기 때문인 것으로 보인다. (그림 5.13)에서는 스테르드 종류에 따른 건식벽체 단면도를 보여준다.



(그림 5.13) 스테르드 종류에 따른 건식벽체 단면도

(그림 5.12)에서는 차음성능을 보강한 습식 경량벽체를 비교하여 보여준다. E벽체(100mm)는 500×300크기의 Timber stone패널을 모르타르로 접착하여 쌓는 방식이며, F벽체(100mm)는 600×(2400~3300)의 Acotec패널을 크기에 맞게 절단하여 모르타르로 접착하는 습식벽체이다. 여기서 E벽체의 차음지수는 D-36을 나타내었고, F벽체는 D-30으로 나타나 같은 두께에서 E벽체의 차음성능이 약간 뛰어난 것으로 분석되었다. 또한 두 실험 벽체 모두, 저주파수 대역과 고주파 대역에서 약간의 차음저하 현상을 보였지만 건식벽체에 비해 주파수별 차음성능이 비교적 평탄한 것으로 나타났다.

<표 5.2> 차음성능평가실험 대상 구조체의 차음성능평가결과

구 분	실험체 종류 및 두께	차음 지수	평균투과 손실(dB)	결정 주파수	차음등급 (일본기준)
건 식	A 100mm	D-31	41	125 Hz	D-30
	B 115mm	D-32	43	125 Hz	D-30
	C 97mm	D-29	34	250 Hz	D-30
	D 115mm	D-37	43	125 Hz	D-30
습 식	E 100mm	D-36	42	500 Hz	D-40
	F 100mm	D-30	37	250 Hz	D-40

<표 5.2>는 각 실험 구조체의 차음성능 평가결과를 차음등급과 비교하여 보여준다. 대상 구조체의 차음지수는 C벽체 (목상제품 97mm)를 제외하고 D-31~D-37정도로 기존 철근콘크리트 구조나 현장실측 결과와 비교할 때 만족할만한 차음성능을 보이고 있다.

C벽체 (목상제품 97mm)는 본 연구에서 현장 실측한 철골조 아파트의 세대내 칸막이 벽과 같은 구조로서 잔향실 실험에서의 차음성능 결과가 현장 실측값보다 D-2정도 좋은 것으로 나타났다.

습식 경량벽체는 100mm단판의 차음지수가 D-30~D-36수준으로 경계벽 차음기준 (D-45)에 미달되고 있다. 즉, 단판으로는 세대간 경계벽으로 적용이 힘들 것으로 생각된다. 현장 실측한 세대간 경계벽 (220mm)의 조적식 벽체보다 차음성능이 D-4~D-10정도 떨어지지만 두께를 비교해 볼 때, 앞으로 철골조 아파트의 세대간 경계벽에도 경량벽체의 적용이 가능하다고 생각된다.

5.4 소결

1. 건식 경량벽체의 차음지수 결정 주파수는 125~250Hz로 저주파수 대역에서 결정되었으며, 차음지수는 D-29~D-37이었다. 실측결과나 차음기준과 비교할 때 철골조 아파트 칸막이벽으로 충분히 적용할 수 있는 수준이지만 특히 저주파수 대역이 보장된다면 더 좋은 차음효과를 얻을 수 있을 것으로 보인다.

2. 건식 경량벽체의 경우, 전체 주파수 대역 중 중주파수대역에서는 비교적 우수한 차음성능을 보였지만, 저주파수(315Hz 이하) 및 고주파수(2000Hz 이상)대역에서는 차음저하 현상이 나타났다. 이러한 고주파수 대역과 저주파수 대역의 차음저하 현상은 각각 일치효과와 공진현상 때문인 것으로 보인다.

3. 일반보드와 차음보드에 따른 경량벽체의 차음성능을 비교해보면, 차음지수 값이 유사하게 나타났는데 이는 각 보드의 차음성능 차이를 중공층이 보완하여 차음성능 향상에 영향을 주는 것으로 보인다. 즉, 경량벽체 설계시 중공층에 대한 주의가 필요한 것으로 보인다.

4. 기존의 목재 스테드 보다는 철제 스테드가 더 효과적인 차음성능을 나타냈다. 이것은 석고보드와 스테드와의 접촉면이 작아 진동의 전달이 작을 뿐만 아니라 시공방법의 차이로 중공층이 크기 때문에 차음성능이 커진 것으로 보인다.

5. 습식 경량벽체 실험에서는 차음지수 결정 주파수는 250~500Hz로 나타났으며, 차음지수는 D-30~D-36으로 건식 경량벽체와 비교하여 비슷한 것으로 나타났다. 하지만 철근콘크리트 구조의 세대간 경계벽에 대한 기존 연구결과와 국내 기준인 D-45와 비교해 볼 때 차음성능이 미달되는 것으로 나타나 100mm단판으로는 경계벽으로 적용이 어려운 것으로 생각된다.

실험결과 건식 경량벽체의 차음성능은 철골조 공동주택의 세대내 칸막이벽으로 충분

히 적용이 가능한 수준으로 평가되지만 저주파수 대역과 고주파수 대역의 차음저하 현상에 대한 보완이 필요할 것으로 보인다. 그러나 습식 경량벽체와의 비교에서 알 수 있듯이, 건식 경량벽체에서 저주파 및 고주파 대역의 차음성능 저하를 일으키는 일치효과와 공진현상을 감소시키기 위해서는 벽체구성 중에 골재나 얇은 석판과 같은 밀도가 큰 재료를 삽입하는 것도 한가지 대안이 될 수 있다. 또한 칸막이벽의 설계시 구조체의 구성요소, 공기층의 두께, 실의 형태, 경제성 등 여러 가지 복합적인 요소들을 고려하여 설계한다면 더 좋은 차음성능을 가질 수 있을 뿐만 아니라 주파수별 차음성능 저하가 비교적 작아질 것이다.

습식 경량벽체의 경우는 건식벽체와 비슷한 차음수준을 보여 세대내 칸막이벽으로 충분히 적용 가능하지만 시공방법에 따른 공기, 중량, 인건비, 경제성 등의 측면에서 보다 취약하기 때문에 세대내 칸막이벽으로 이용하기는 어려울 것으로 보인다. 그러나 욕실과 거실사이의 세대간 경계벽으로 사용되는 기존의 조적식벽(220mm)과 비교해 볼 때, 실험 벽체를 보강하면 중량 및 차음성능 면에서 우수한 벽체가 될 수 있으므로 경쟁력이 있다고 판단된다. 즉, 경제성 및 시공성에 대한 충분한 고려와 이에 따른 대안연구가 계속된다면 추후 철골조 아파트의 경계벽으로도 우수한 차음성능을 가진 경량벽체가 사용될 수 있을 것으로 보인다.

제 6 장 결 론

본 연구에서는 철골조 아파트의 세대내 칸막이벽으로 적용되는 건식 경량벽체의 문제점을 고찰하고 차음성능을 측정·분석하여 기존 연구 결과 및 국내기준과 비교·평가함으로써 철골조 아파트 대상으로 세대내 칸막이벽 및 세대간 경계벽의 차음성능을 고려한 설계기초자료 및 경량벽체 차음성능 향상 방안을 제안하였다.

연구 방법은 현재 시공중인 철골조 아파트를 대상으로 현장실측을 실시하여 경량벽체의 차음수준을 확인하고, 다양한 벽체의 잔향실 실험을 통해 정확한 차음성능을 측정·분석하였다.

본 연구의 결과는 다음과 같다.

먼저 현장 실측의 결과를 보면,

1) 철골조 공동주택의 세대내 칸막이벽으로 사용되는 경량벽체는 중주파수와 저주파수 대역에서 차음저하 현상을 보였는데, 이는 이중벽에서 나타나는 공진현상에 의한 것으로 판단된다. 그러나 기존 연구 및 국내기준과 비교할 때 비교적 만족할만한 수준으로 나타나 철골조 아파트의 세대내 칸막이벽으로 적용에 큰 문제가 없는 것으로 나타났다.

2) 같은 구성의 경량벽체지만 차음성능 결과가 다른 것은 실험환경, 실 평면, 우회 전달음, 틈, 벽체 면적, 압소음 등의 여러 요인에 의한 것으로 판단된다. 즉, 같은 차음성능을 가진 경량벽체라도 시공 및 계획상의 다양한 변수에 크게 영향을 받는다. 따라서 설계를 위해서는 사용하고자 하는 경량벽체의 차음실험 값 뿐 아니라 계획·시공상의 여러 요인에 대해서 복합적인 고려가 필요함을 알 수 있다.

3) 기존 철골조 아파트의 경우, 설비소음으로 문제가 되는 욕실과 거실 부분 칸막이벽은 중공층 부분이 조적조로 구성되어 시공되는데, 측정 결과 경량벽체 보다 비교적

좋은 차음성능을 보였다.

4) 조적조로 구성된 세대간 경계벽의 경우는 고주파수 대역에서 차음성능이 약한 것으로 나타났으며, 기존 연구 및 국내 기준에도 미달되는 수준으로 차음성능 보강이 필요한 것으로 평가되었다.

이상의 실험결과를 바탕으로 철골조 아파트에 적용 가능한 경량벽체 중에 차음성능을 고려하여 제작되고 있는 다양한 구성의 벽체를 제작하여 잔향실 실험을 실시한 결과는 다음과 같다.

1) 건식 경량벽체의 차음성능 수준은 국내기준과 비교해 볼 때, 철골조 공동주택의 세대내 칸막이벽으로 적정한 수준으로 나타났다. 그러나, 저주파수 대역 및 고주파수 대역에서 차음저하 현상을 보여 특정주파수 대역(특히 저주파수 대역)의 차음성능을 보강해야 할 것으로 판단된다.

2) 벽체 구성별로 차음성능을 비교해 보면, 적절한 중공층의 적용 여부에 따라 차음성능을 향상시킬 수 있는 것으로 판단되며, 구성부재의 연결 및 이음부분의 시공여부에 따라서도 차음성능의 차이가 나타났다. 즉, 벽체설계시 중공층 및 연결·이음부분 등을 고려한다면 차음성능 향상에 도움이 될 것으로 판단된다.

3) 습식 경량벽체의 경우에서, 단위 두께당 차음성능은 건식 경량벽체보다 조금 더 높은 것으로 나타나 벽체 구성요소가 보강된다면 기존 조적조 벽체의 두께 및 자중과 비교해 벽체의 경량화가 요구되는 철골조의 세대간 경계벽으로 충분히 적용 가능할 것으로 판단된다.

따라서, 국내기준 및 기존연구 결과와 비교할 때, 실험 대상 건식 경량벽체는 철골조 세대내 칸막이벽으로 충분히 적용이 가능하다. 그러나, 차음저하 현상을 보이는 저주파수 대역과 고주파수 대역의 차음성능 보강을 위해 합판, 섬유판, 플라스틱 판, 유리섬유, 압면 등의 흡음재료나 골재나 얇은 석판과 같은 밀도가 큰 재료를 중공층에 적절히

배치한다면 더 좋은 차음성능을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

특히, 프라이버시가 많이 요구되는 세대간 경계벽에서 자중이 크고 차음성능이 떨어지는 조적조 벽체가 아닌 철골조의 경량화에 알맞은 우수한 경량벽체가 필요하며 습식 경량벽체의 적용이 가능할 것으로 보인다.

본 연구에서는 철골조 아파트에 사용되는 세대내 칸막이벽 및 세대간 경계벽의 차음성능 향상 및 적용 가능성을 위한 기초 연구자료를 제시하고자 하였다. 그러나 대상 공동 주택이 한정되고, 실험 벽체의 구성 또한 한정적이었기 때문에 앞으로 경량벽체의 설계시 특정 주파수 대역의 차음저하 현상을 막기 위한 벽체구성에 관한 다양한 실험과 중공층의 크기, 부재의 연결방법, 석고보드 자체의 차음성능 향상 방안 등에 대한 후속연구가 요구된다.

참 고 문 헌

1. 국내 · 외 참고문헌

- 1) 정일록, 소음, 진동 이론과 실무, 녹원출판사, 1986
- 2) 대한건축학회, 건축환경계획, 기문당, 1997
- 3) 이경희 외, 건축환경계획, 문운당, 1997
- 4) 이연구, 김광우 共譯, 건축환경과학, 태림문화사, 1997
- 5) 이채봉 외2명, 소음 · 진동, 형설출판사, 1999
- 6) 정일록, 소음 · 진동학, 신광출판사, 1999
- 7) 한국건축음향연구회, 건축환경음향학, 공간출판사, 1999
- 8) 이홍순, 아파트건물의 차음계획에 관한 연구, 홍익대학교 대학원, 1985
- 9) 김창원, 건축물에서 경량칸막이벽의 차음성능에 관한 연구, 한양대 산업대학원 석사논문, 1989
- 10) 장영휴, 경량 칸막이벽의 차음성능에 관한 실험적 연구, 전남대 산업대학원 석사논문, 1991
- 11) 김성식, 철골조 초고층 집합주택에 관한 연구, 영남대 환경대학원 석사논문, 1996
- 12) 변현갑, 철골조 공동주택 석고보드 내부 칸막이의 차음성능 및 시공에 관한 연구, 연세대 산업대학원 석사논문, 1996
- 13) 배향임, 철골조 공동주택 단위평면의 가변적 실내디자인에 관한 연구, 홍익대 건축도시대학원 석사논문, 1998
- 14) 공동주택 내부소음 기준설정 연구(Ⅱ) - 급배수 설비소음 및 실간 차음성능 기준, 대한주택공사, 1991
- 15) 김하근, 최수경, 철골조 아파트의 세대간 경계벽 모델 제안, 대한건축학회 논문집 13권 11호(통권 109호), 1997
- 16) 정하선, 철골조 초고층 아파트 시스템 개발, 주택기술정보 78, 1997

- 17) 포항산업과학연구원 철강엔지니어링 센터 강재이용기술부문, 철골조 고층아파트, 철강보268, 1997
- 18) 이연구, 나수연 외, 철골조 아파트의 차음성능에 관한 연구, 대한 건축학회논문집 20권 1호, 2000
- 19) 공동주택 내부소음 기준설계에 관한 연구, 대한주택공사, 1986
- 20) 도시 주거 건물의 차음성능 평가에 관한 기준연구, 한국 과학 재단, 1987
- 21) 공동주택 내부소음 기준설정 연구(Ⅱ) - 급배수 설비소음 및 실간 차음성능 기준, 대한주택공사, 1991
- 22) 건설교통부 국립건설시험소, 건축물의 경량칸막이 벽체구조에 대한 음향성능 연구시험, 1995
- 23) 철골조 아파트 설계사례(Ⅲ), POSCO, 1995
- 24) 철골조 초고층 아파트 시스템 개발(Ⅰ), 대한주택공사, 1995
- 25) 철골조 초고층 아파트 시스템 개발(Ⅱ), 대한주택공사, 1996
- 26) 철골조 초고층 아파트 시스템 개발(Ⅲ), 대한주택공사, 1996
- 27) 공동주택 세대간의 차음성능 평가에 관한 연구, 한국건설기술 연구소, 1988
- 28) 무향실 및 잔향실의 음향특성 평가 보고서(대우건설기술연구소), 한국표준과학연구원, 1998
- 29) 삼성동 철골조 고층아파트의 차음성능 평가 및 저감방안, 생산공학연구소, 중앙대학교, 2000
- 30) Evans, E. J., and E. N. Bazley, Sound Absorbing Material, H. M. Stationery Office, London, 1964
- 31) M. Barron, "Proceedings of Institute of Acoustics", Martin Center Cambridge CB2 2EB, Vol 7, 1985
- 32) U.S. Department of Housing and Urban Development, "The Noise Guidebook", 1985
- 33) Stein, Reynolds, McGuinness, Mechanical and Electrical Equipement for Buildings VOL. II, John Wiley & Sons, INC., 1986
- 34) M. David Egan, Architectural Acoustics, McGraw-Hill Book Company, 1988

- 35) 日本建築學會, 騒音の評價法, 彰國社(昭和55)
- 36) 日本建築學, 建築物の遮音性能 基準と設計指針, 技報堂, 1979
- 37) 日本音響材料協會, 騒音・振動對策ハンドブック, 集文堂, 1983
- 38) 日本建築學會, 實務的騒音對策指針, 技報堂, 1988

2. 각국의 규격

- 39) 한국공업규격(KS F 2808), 실험실에서 음향투과손실 측정방법
- 40) 한국공업규격(KS F 2809), 건축물의 현장에 있어서 음압레벨차의 측정방법
- 41) 한국공업규격(KS F 4722), 조립용 콘크리트 벽판의 개구부가 있는 판의 기준
- 42) 일본공업규격(JIS A 1416), 실험실에 있어서 음향투과손실의 측정방법
- 43) 일본공업규격(JIS A 1416), 실험실에 있어서 투과손실의 측정장치와 측정방법에 관한 해설
- 44) 일본공업규격(JIS A 1416), 실험실에 있어서 잔향실과 잔향실 법에 의한 투과손실의 측정방법에 관한 해설(Ⅱ)
- 45) 일본공업규격(JIS A 1419), 건축물의 차음등급
- 46) ASTM E90-75, Laboratory Measurement of Airborne Sound Transmission Loss of Building Partitions
- 47) ISO 140/3, PART3, Laboratory Measurements of Airborne Sound Insulation of Buildings Elements
- 48) ISO 140/4, PART4, Field Measurements of Airborne Sound Insulation of Building Rooms

A B S T R A C T

A Study on Airborne Sound Isolation Performance of Lightweight Walls in Steel-frame Apartment Houses

Kim, Sung-Jun

Dept. of Architecture

The Graduate School in

Chung-Ang University

Advised by prof. Rhee, Eon-Ku, Ph. D.

This study aims to provide the basic data for the noise control design of steel-frame apartment houses.

For this, Airborne sound isolation performance by spot measuring of steel-frame apartments is surveyed and compared with that of existing reinforced concrete structures and domestic standards. Then, the various walls being manufactured in consideration of airborne sound isolation performance for internal compartment of steel-frame apartments and performed reverberation experiments.

The results of the study can be summerized as follows;

- 1) The lightweight partition walls of steel-frame apartment houses shows decreased noiseproof in middle and low frequency band; It is relatively satisfactory compared to existing studies and domestic standards.
- 2) The lightweight wall with the same airborne sound isolation performance can be affected by various factiors in the operation and planning phases. Therefore, in the

beginning of planning, various design factors and values from airborne sound isolation performance of the lightweight wall should be considered.

3) The partition wall of bathroom and living room, which is consisted of masonry layers, shows better airborne sound isolation performance than the lightweight wall.

4) For the partition wall between unit dwellings, shows low airborne sound isolation performance in high frequency band and under the standard of existing studies.

The results of the sound isolation performance measurement for the lightweight walls in the laboratory are as follows;

1) The airborne sound isolation performance for the dry lightweight wall was proper for the steel-frame apartment house compared to domestic standards. Decreased sound isolation performance in low and high frequency band is shown. Reinforcement of airborne sound isolation performance in the specific frequency band (especially, in low frequency band) is needed.

2) The airborne sound isolation performance may be improved when proper hollow layer is applied. It is various according to construction quality of connection and join. When the connection and join in the lightweight a wall, the airborne sound isolation performance may be improved.

3) The airborne sound isolation performance of lightweight wall like as acotec and timber stone are higher than other lightweight dry walls.

Compared to domestic standards and results of existing studies, the sound isolation performance of the lightweight wall under the laboratory experiment is

enough applicable to steel-frame apartment. A panel sound absorber such as the plywoods, the fiber plates, and plastic plates or the porous materials can be added to reinforce the airborne sound isolation performance in low and high frequency band.

For the partition wall between unit dwellings requiring much more privacy, the some of lightweight walls can be applied to steel frame apartment houses instead of the wall of masonry construction with heavy weight and low airborne sound isolation performance.

감사의 글

시작할 때 길게만 느껴졌던 2년이란 시간이 이제는 저에게 아쉬움으로 변해갑니다. 열심히 준비하고 달려왔지만 아직도 부족함이 많기에 지난 시간이 더욱 안타깝고 소중한 하게 느껴집니다. 작은 저의 논문이 나오기까지 격려를 아끼지 않으시고 많은 사랑을 베풀어주신 모든 분들께 감사드립니다.

제게 항상 바른길을 보여주셨고, 많이 부족하고 모자란 저를 인자하심으로 가르쳐주시고 감사해주신 이연구 교수님께 진심으로 감사드립니다.

항상 좋으신 모습으로 학문하는 사람의 길과 많은 가르침을 보여주신 이명호 교수님, 세심한 지적과 관심을 아끼진 않으신 이현호 교수님, 그리고 최윤경 교수님, 박찬식 교수님, 이정형 교수님, 이상우 교수님, 조균형 교수님, 정대업 교수님, 김홍식 교수님께도 감사드립니다.

항상 관심어린 눈으로 따뜻하게 후배들을 이끌어주신 송국섭 교수님, 박진철 교수님, 권영철 교수님께 감사드립니다. 그리고 힘이 되는 한마디와 격려를 아끼지 않으신 김남규 교수님, 김세훈 교수님, 이동주 교수님, 이성환 선배님과 자료 찾는데 많은 힘이 되어주신 전주영 선배님께도 감사드립니다.

연구실에서 함께 생활하며 도와주신 이관호 선배님, 전성원 선배님, 김기훈 선배님께 감사드리며, 힘들고 귀찮은 일도 마다하지 않고 도와준 유형규 선배, 동기 윤일리와 근영이, 홍석이, 미경이, 치용이, 수진이, 경애 그리고 소연 후배님께도 감사드립니다.

어려울 때 자신의 논문처럼 고생하시고 많은 도움주신 나수연 선배님께 감사드리며, 또한 실험하는데 고생하시며 많은 도움을 주신분들과 이수열 소장님께 감사드립니다.

그리고 힘들 때, 피곤할 때 항상 따뜻한 마음으로 곁에서 기도해 준 주영이에게 감사의 마음을 전합니다.

무엇보다도 지금의 제가 있기까지 항상 기도해주시고, 걱정해주시고, 한없는 사랑을 더하여 주신 아버지, 어머니 그리고 동생 나영이에게도 깊은 감사를 드리며 소중한 아버지, 어머니께 이 논문을 바칩니다.

2000년 12월 김성준