

초고층 건물에 적용 가능한 건식벽체의 차음성능 평가

An Evaluation on the Sound Insulation Performance of Drywall for High-Rise Buildings

이 상 우* 유 호 천** 이 수 열*** 정 갑 철**** 정 영 민*****
Lee, Sang-Woo Yoo, Ho-Chun Lee, Su-Yeal Jung, Gap-Chul Jung, Young-Min

Abstract

Recently, the structural system of public residential buildings has been changed from the reinforced concrete (RC) wall system to the (PC) wall and moment resisting systems. Thus, it is important to develop the suitable wall system in accordance with the trend of the modern structural system. This paper presents the basic study on the suitable boundary wall in high-rise buildings. The research also demonstrates the evaluation results on sound characteristics in the aspect of sound insulation.

The evaluation of sound insulation capability for the commercialized wall structure was conducted based on literature survey while the measurement of sound insulation capability for the light-weight EPP concrete was performed in according to KS F2808 in laboratory. The main objective of this research is to propose the most suitable dry wall system as a sound insulation structure through the comparison and analysis of frequency characteristics and weight-acoustic attenuation.

Keywords : Light-weight EPP concrete panel, Dry wall, Sound insulation structure

1. 서 론

현대는 다양한 사회적 요구가 존재하는 시대이며, 이를 충족하기 위한 빠른 변화의 흐름은 우리의 생활양식 곳곳에 영향을 미치고 있다. 이는 공동주택의 주를 이루고 있는 아파트의 경우도 예외가 아니다. 국내 아파트 구조는 시대의 변화에 따라 다양하게 발전되어 왔는데, 초기에는 조적조에서 시작하여 1960년대부터 1980년대 초까지는 RC라멘조, PC조적조, PC라멘조등이 아파트의 주요 구조 시스템이었다. 이후 1982년 철제 거푸집의 도입으로 벽식 구조 형식이 가능해졌고, 현재까지 시공이 간편하고 공사비가 저렴하다는 장점을 가진 벽식 구조가 주요 구조 시스템으로 자리를 잡았다.

그러나 최근 리모델링이 용이하고, 실내 공간분할의 융통성, 내진설계기준 강화, 주택성능 등급표시제 시행 등에 유리한 가변형 구조인 라멘구조의 요구가 높아져 가고 있다. 이러한 흐름은 최근 건설되어지고 있는 초고층

주상복합 아파트에서부터 나타나고 있으며, 앞으로 아파트의 주구조가 콘크리트 벽식 구조에서 라멘구조로 변화할 것을 암시하고 있다. 이러한 아파트 구조의 추세는 라멘구조에서 적합한 건식벽체 개발의 중요성을 점점 증가시킬 것이 예상되고 있다.

현재 일반적으로 많이 사용되는 건식벽체는 석고보드로서 시공이 비교적 간편하지만 충격에 약하다는 단점이 있다. 반면에 경량 콘크리트 패널은 석고보드의 단점을 개선한 벽체로서 그 모델이 다양하게 제시되고 있으나 초고층 공동주택에 사용된 벽체로 비교된 사례가 없다.

따라서 본 연구에서는 차음 성능상 더욱 우수한 벽체 구조를 제안하기 위해 현재 공동주택에 주로 쓰이고 있는 콘크리트 벽체와 주택건설기준 등에 관한 규정에 의해 세대 간 경계 벽으로 적합하다고 판단되는 건식벽체를 선정하여 차음 특성을 비교 분석하였다.

2. 벽체에 대한 국내 법적 요구 기준 및 현황

2.1 세대 간 경계벽체에 대한 법적 기준

주택법에서 요구하는 공동주택의 세대 간 경계 벽은 주택건설기준등에 관한 규정(제14조 세대 간의 경계 벽 등)에서 시방기준과 성능기준을 다음과 같이 규정하여 시행하고 있다.

* 주저자, 경기대학교 건축학부 교수
** 울산대학교 건축학부 교수
*** E&S 종합건축사/기술사사무소 대표
**** (주)에이스패널 연구소장
***** 교신저자, 경기대학교 건축공학과 석사과정
(ikssaj@hotmail.com)

이 연구는 “건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행한 2003년도 건설핵심기술연구사업(03산C04-01)”에 의한 것임.

그 내용은 ‘철근콘크리트조로서 그 두께가 15cm 이상이거나, 건설교통부장관이 정하여 고시하는 기준에 따라 한국건설기술연구원장이 차음성능을 인정하여 지정하는 구조인 것’으로 규정하고 있다. 또한 차음구조 성능기준은 건설교통부장관이 정하여 고시한 ‘벽체의 차음구조 인정 및 관리기준 (고시 제1999-393호)’에 규정되어 있으며, 그 내용은 표1과 같다.

표 1. 벽체의 차음구조 성능 기준

중심 주파수	음향 투과 손실 (dB)
125	30
500	45
2000	55

주택성능등급 표시제도는 공동주택의 품질 향상을 위하여 세대간 경계벽의 차음성능을 주.

택건설기준등에 관한 규정 제 59조 제 3항에서 규정하고 있으며, 주택성능등급 인정 및 관리기준에 따라 차음성능 등급을 표2와 같이 규정하고 있다.

표 2. 세대 간 경계벽체 차음성능 등급

등급	등급기준(dB)
1	$58 \leq R_w + C$
2	$53 \leq R_w + C < 58$
3	$58 > R_w + C$

2.2 국내 건식 벽체의 현황

현재 국내에서는 건축법시행령 제 53조, 건축물의 피난 방화구조 등의 기준에 관한 규칙 제 19조 제 2장 제 4호 및 주택건설기준 등에 관한 규정 제 14조의 규정에 의해 건축물의 경계 벽 및 칸막이 벽체의 차음구조의 인정과 관리기준을 두고 차음구조를 인정하고 있다.

2006년 10월 현재 국내에서는 44개의 차음인정구조가 있으며, 그 종류별 구분을 간략히 분류하면 석고보드벽체

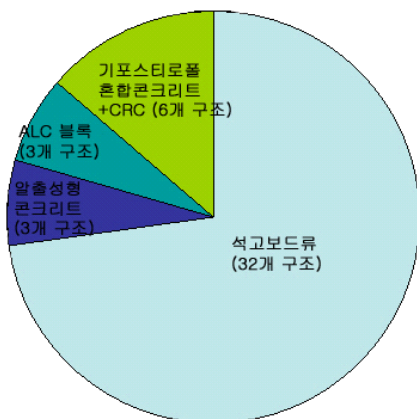


그림 1. 차음구조인정현황(2006년 11월 5일 현재)

32개, CRC벽체 6개, ALC벽체 3개, 압출성형콘크리트벽체 3개 구조이고, 그 내용은 그림1과 같다. 각 구조별로 분류된 이들 벽체는 제조과정 및 벽체가 가지는 장단점과 특성을 정리하였다. 그 내용은 표3과 같다.

표 3. 국내 주요 건식벽체의 종류와 특성

벽체 종류	제조과정	장점	단점
EPC (Expanded Poly styrene light-weight Concrete composite panels)	무석면섬유보강 시멘트보드와 발포폴리스티렌 경량콘크리트를 접착·고온 양생하여 제조한다. 일체식 패널이다.	공정이 단순하고 습기에 강하다. 또한 부착물 고정 상태가 우수하며, 무공해 자재로써 유리한 장점이 있다.	개구부 설치가 곤란하고 리모델링에 불리하다.
ALC (Autoclaved Lightweight Concrete panels)	규사에 시멘트와 기포제를 넣어 다공질화한 혼합물을 고온고압에서 증기 양생시킨 경량기포 콘크리트의 일종이다.	패널 적용시 블록에 비해 크랙적용성이 뛰어나며 현장 내 습식작업이 없으므로 시공성 측면에서도 유리하다. 비교적 경량이며 단열성능도 우수하다.	강도가 비교적 약하며 리모델링에도 불리하다. 흡수율이 높아 습기 많은 곳에 사용이 불가능하다.
ELC (Extrusion Lightweight Concrete panels)	인공경량골재 시멘트, 모래, 물, 기타 무기첨가제를 일정 비율로 혼합하여 압출성형의 공정으로 제조되는 패널이다.	공정이 단순하며 강도 및 내구성이 우수하다. 또한 습기에 강하며 부착물 고정상태도 우수하다.	현장 시공시 설비 및 전기 공사시 취부가 어렵고 접합면의 균열이 발생하기도 한다.
CSG (Complex Structure Gypsum Board)	내화 스틸스터드 구조물에 유리면을 넣고 내화석고보드로 마감한다.	비교적 경량이며 시공이 용이하다. 또한 조립, 해체, 마감성이 우수하다.	강도가 약하고 습기에 약하다.
EPP (Expanded Poly styrene lightweight concrete Panels)	발포 폴리스티렌 경량콘크리트를 양생하여 제조한다.	공정이 단순하고 습기에 강하다. 강도가 높아 부착물 고정이 우수하다.	접합면에 균열이 발생하기도 한다.

3. 측정개요

3.1 측정 및 평가방법

본 연구에서의 측정은 KS F2808(건물 부재의 공기 전달 차단성능 실험실 측정방법)을 이용하여 실험실에서 측정을 하였다.

시료의 크기는 폭 0.6m에 높이 3.0m의 단위 크기 제품을 5매 사용하여 가로 3.5m×높이 3.0m의 공간에 설치한 후 연결 면과 나머지 틈새부분은 밀실처리 하였으며, 측정관련 내용은 표4, 그림2, 3과 같다.

표 4. 측정 장비 제원

장비명	모델명	업체명
Real Time Analyzer	Pulse 9.0	B&K
Microphone	-	Model Shop Inc
Sound Level Calibrator	NC-73	RION
Amplifier	M700	Inter M
Speaker	-	JBL



그림 2. 측정에 사용된 잔향실



그림 3. 시험체 설치

측정 결과에 대한 평가는 KS F2862(건물 및 건물 부재의 공기 전달 차단성능 평가방법)에 의거하여 가중 음향 감쇠계수(Rw)를 산출하고, 스펙트럼 조정항 계산법에 따라 스펙트럼 조정항(C)을 계산하였다. 스펙트럼 조정항(C)은 산출된 가중음향 감쇠계수(Rw)에 보정하고, 그 값은 $Rw+C$ 와 같이 표현하였다.

3.2 벽체 구조별 개요 및 구성

세대 간 경계 벽으로 주로 사용되어진 콘크리트벽체 중에서 그 두께가 150mm인 보통 콘크리트벽체를 기준벽체로 정하였다. 국내의 주요 건식벽체와 비교평가하기 위하여 단면도 및 벽체의 구성재료, 주파수별 차음특성 등을 분석하였고, 가중음향 감쇠계수를 통한 차음등급을 산정하였다. 차음 특성 분석을 위한 벽체 구조 선정은 현재 주택건설기준 등에 관한 규정에 의하여 세대 간 경계 벽으로 인정받은 건식벽체에 한하여 두께가 동일하고, 각 구조별 벽체 중에서 차음성능이 가장 우수하다고 판단되는 벽체구조를 선정하였다. 본 연구에서 선정한 주요벽체 구조의 단면도와 재료구성의 내용은 표 5와 같다.

표 5. 주요벽체 구조의 단면과 재료구성

벽체구조	단면도	재료구성
Con/c		150T 보통콘크리트
EPC		50패널 +50T G/W +50T 패널
		50T 패널 +50T 공기층 +50T G/W +50T 패널
ALC		75T 패널 +50T 공기층 +75T 패널
		10T 석고보드 +75T 패널 +50T G/W +75T 패널 +10T 석고보드
ELC		75T 패널 +15T 석고보드 +25T G/W +10T 공기층 +75T 패널
		9.5T×2 석고보드 +25T G/W +19T 공기층 75T 패널 +19T 공기층 +25T G/W +9.5T×2 석고보드
CSG		15T×2 석고보드 +50T G/W +80T 공기층 +15T×2 석고보드
		15T×2 석고보드 +50T G/W +15T 공기층 +50T G/W +15T×2 석고보드
		15T×2 석고보드 +50T G/W +15T 패널 +65T 공기층 +15T×2 석고보드
EPP		9.5T×2 석고보드 +25T G/W +19T 공기층 75T 패널 +19T 공기층 +25T G/W +9.5T×2 석고보드
		75T 패널 +50T G/W +75T 패널
		75T 패널 +25T 공기층 +50T G/W +75T 패널

4. 벽체 성능의 분석 및 검토

4.1 벽체 구조의 주파수별 특성 분석

4.1.1 콘크리트 벽체

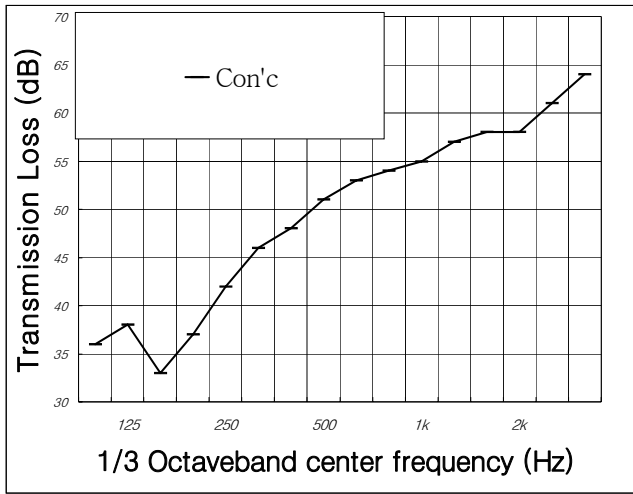


그림 4. 콘크리트벽체 구조의 차음특성

그림 4는 콘크리트벽체의 주파수별 차음특성을 보여주고 있다. 그래프 상에서 보여 지는 콘크리트벽체 구조의 차음특성은 주파수에 따라 일정한 기울기를 가지면서 전형적인 질량법칙에 의한 차음성능 특성을 보이고 있다.

4.1.2 EPC벽체

그림 5는 EPC벽체 구조의 차음특성을 분석한 그래프이다. EPC-1벽체 구조와 EPC-2벽체 구조는 그래프 상에서 일정한 기울기를 가지지만 400~800Hz 대역에서는 일치효과로 인하여 콘크리트벽체 보다 다소 낮은 차음성능을 보이면서 평탄한 차음특성을 나타내고 있다.

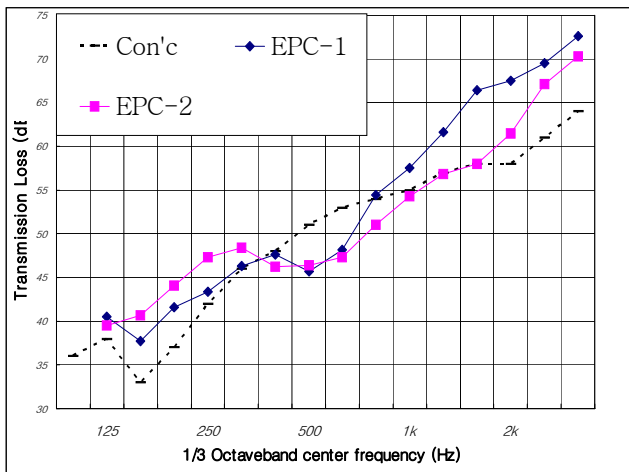


그림 5. EPC벽체 구조의 차음특성

4.1.3 ALC벽체

그림 6은 ALC벽체 구조의 주파수별 차음특성을 분석한 그래프이다. ALC-1벽체 구조는 고주파수 대역에서 차음곡선의 기울기를 일정하게 유지하면서 증가하지만 중

저주파수 대역에서는 차음특성이 증가하지 않고 거의 평탄한 차음성능을 나타냈다.

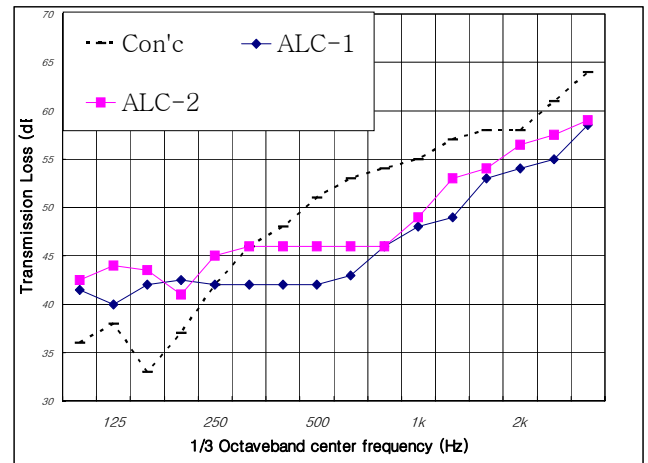


그림 6. ALC벽체 구조의 차음특성

그리고 콘크리트 벽체와 비교해 볼 때 저주파수 대역에서는 차음성능이 우수하지만 중음부 대역과 고주파수 대역에서는 떨어지는 특징을 보였다. ALC-2벽체 구조 역시 ALC-1과 마찬가지로 중저주파수 대역에서는 그래프의 기울기가 증가하지 않으면서 일정한 차음성능을 나타냈다. 다만, 160~250Hz 대역에서 차음성능이 다소 떨어지는 특징을 보였다.

4.1.4 ELC벽체

그림 7은 ELC벽체 구조의 차음특성을 분석한 그래프이다. ELC-1벽체 구조는 콘크리트벽체 구조 보다 중저음부 대역에서 차음성능이 다소 떨어지는 특징을 보이지만 1kHz 이상의 고주파수 대역에서는 콘크리트 벽체 보다 좋은 차음성능을 가지고 있다.

ELC-2는 전 주파수 대역에서 콘크리트 벽체보다 높은 차음성능을 보이고 있으나, 1kHz 주파수 대역을 전후해서 석고보드 층의 일치효과 영향으로 차음성능이 다소 떨어지는 특징을 가지고 있다.

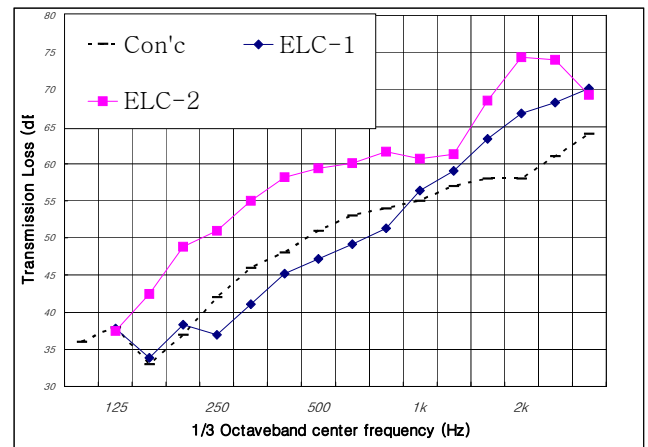


그림 7. ELC벽체 구조의 차음특성

4.1.5 CSG벽체

그림 8은 CSG벽체 구조의 주파수별 차음 특성을 분석한 그래프이다. CSG벽체 구조는 콘크리트벽체 구조보다 차음성능이 우수하지만 특정주파수 대역에서 떨어지는 특징을 보였다.

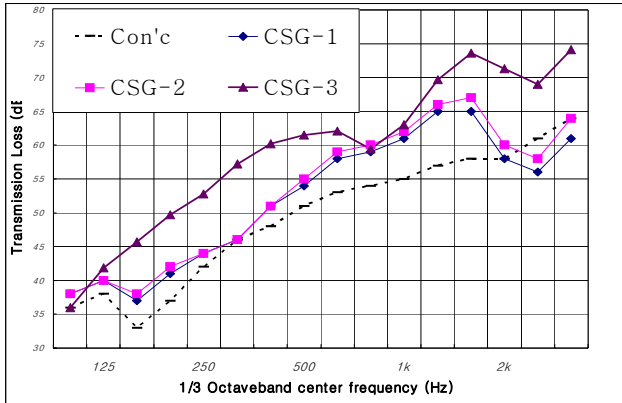


그림 8. CSG벽체 구조의 차음특성

CSG-1과 CSG-2벽체 구조는 125~200Hz대역에서 공진특성으로 차음성능이 다소 떨어졌으며, 1.6kHz 이상의 대역에서는 일치효과에 의해 차음성능이 크게 저하되는 특징을 보였다.

CSG-3벽체 구조는 630~1kHz대역과 1.6kHz 이상의 대역에서 차음성능이 떨어지는 특징을 보였다.

4.1.6 EPP벽체

측정된 EPP벽체 구조는 모두 콘크리트벽체 구조 보다 우수한 차음 성능을 나타내고 있다. 특히 EPP-1벽체 구조는 중음부 대역에서 매우 우수한 차음성능을 보였다. 하지만 100Hz대역에서는 콘크리트벽체 보다 낮은 차음성능을 보였으며, 400~800Hz대역에서는 콘크리트벽체 구조와 비슷한 차음수치를 나타내는 특징을 보였다.

EPP-2벽체 구조와 EPP-3벽체 구조는 매우 흡사한 차음곡선을 보이며, 모든 측정 주파수 범위에서 콘크리트벽체 구조 보다 우수한 차음성능을 보였다. 하지만 160~500Hz대역에서 일치효과에 의해 차음성능이 다소 저하되는 특징을 보였다.

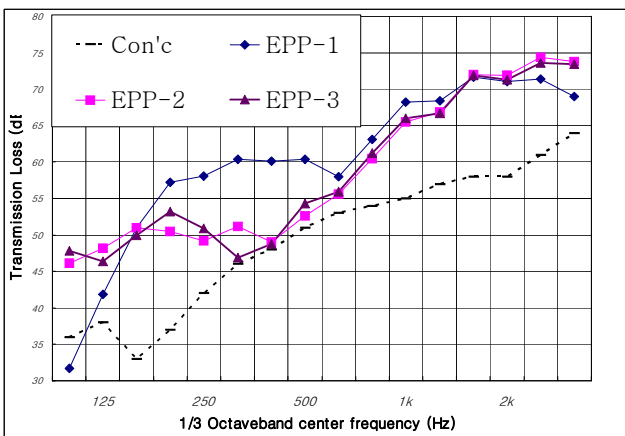


그림 9. EPP벽체 구조의 차음특성

4.2 가중음향감쇠계수(Rw+C) 분석

표 6은 콘크리트벽체와 주요 건식벽체들의 가중음향감쇠계수 및 차음등급을 보여준다.

표 6. 주요벽체 구조의 차음등급

벽체구조		Rw+C	차음등급
Con'c		51	3
EPC	EPC-1	52	3
	EPC-2	52	3
ALC	ALC-1	48	3
	ALC-2	49	3
ELC	ELC-1	49	3
	ELC-2	58	1
CSG	CSG-1	52	3
	CSG-2	57	2
	CSG-3	60	1
EPP	EPP-1	59	1
	EPP-2	58	1
	EPP-3	58	1

선정된 벽체 모두 Rw+C값을 48dB이상 나타냄으로써 최소차음등급을 만족하였다. 그 중에서 차음등급 1등급을 만족한 벽체 구조는 ELC-2, CSG-3 그리고 EPP-1, 2, 3 벽체 구조로 총 5개의 벽체구조가 차음성능 1등급을 만족하였다.

콘크리트벽체와 비교 분석을 통해서 각각의 벽체 구조들 중에서 차음성능이 가장 우수하다고 판단되는 벽체 EPC-1, ALC-2, ELC-2, CSG-3, EPP-1을 선정 하였으며, 각 벽체가 가지는 차음성능 및 주파수 특성을 그림 10에 나타내어 종합적으로 분석하였다.

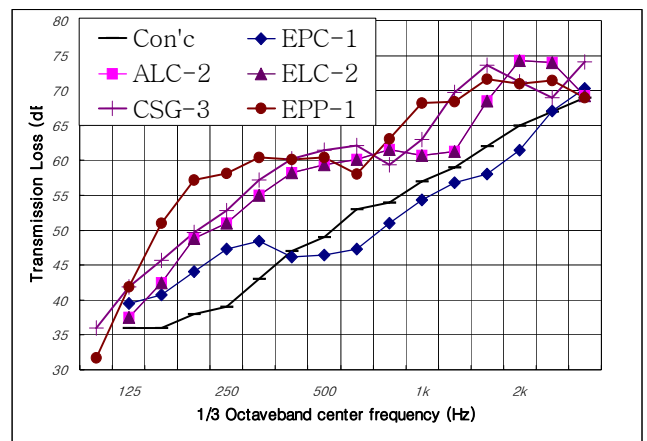


그림 10. 각 벽체 구조별 차음특성 비교

콘크리트벽체의 경우 고주파수 대역으로 갈수록 차음성능이 증가하는 것을 볼 수 있다. 반면에 건식벽체 구조의 경우에는 차음성능이 콘크리트벽체 보다 우수하며, 건식 벽체의 구성 재료에 따라 각기 다른 주파수별 차음특성을 보여주고 있다.

ELC-2벽체 구조는 일반적으로 벽체 내부에 공기층을 두는 것이 아니라 심재 부분에 시멘트 패널을 둬으로써

우수한 차음성능을 보였다. 그리고 건식벽체들에서 나타나는 중음부 대역에서의 차음성능 저하를 보이지 않고 있으며, 고주파수 대역에서도 높은 차음성능을 보이고 있다.

CSG-3벽체 구조는 공기층과 G/W 사이에 15T 패널을 설치함으로써 상당히 우수한 차음성능을 보였다. 그러나 100Hz대역과 800~1kHz대역 그리고 2.5~3.15kHz대역에서는 CSG-3벽체 구조가 가지는 차음성능 패턴 보다 다소 떨어지는 수치를 나타내고 있다.

EPP-1벽체 구조는 비중이 높은 경량 콘크리트 패널을 사용함으로써 면밀도를 높였고, 면밀도를 높임으로써 우수한 차음성능은 보였다. 그러나 저주파수 대역과 630~800Hz대역에서는 EPP-1벽체 구조가 가지고 있는 차음성능 패턴보다 다소 떨어지는 것을 볼 수 있었다.

5. 결론

본 논문에서는 초고층 공동주택에 적용 가능한 세대 간 경계벽으로써의 건식벽체 구조를 차음성능 측면에서 비교 분석하였고, 그 결론은 다음과 같다.

- 1) 본 연구 대상으로 선정된 모든 건식벽체 구조가 현재 공동주택에 주로 쓰이는 콘크리트 벽체보다 동등 이상의 차음성능을 나타냈다.
- 2) 선정된 건식벽체 모두 '주택성능등급 인정 및 관리 기준'에 따라 최소차음등급 3등급 기준인 $Rw+C$ 값 48dB 이상을 만족하였다.
- 3) 선정된 건식벽체는 특정 주파수 대역에서 낮은 면밀도 또는 구조 일치효과로 인하여 차음성능이 저하되는 특징을 보이고 있다.
- 4) 차음성능상 가장 우수하다고 판단되는 벽체구조는 주택성능등급 인정 및 관리기준에서 규정하고 있는 세대 간 경계 벽 차음성능 1등급을 만족한 ELC-2, CSG-3 그리고 EPP패널 구조이다.
- 5) 본 연구를 통해 차음성능이 좀 더 우수한 경량건식벽체의 개발은 높은 비중의 재료 사용을 통한 면밀도의 향상과 벽체 심재 및 공기층의 적절한 조합에 있다고 판단된다.

본 연구에서 평가된 각종 건식벽체들을 차음벽체로써 건물에 적용하기 위해서는 각 벽체들의 주파수별 차음특성과 요구되는 차음수준 외에도 내구성(못이나 벽걸이 등의 하중 포함), 안전성(유해 충전재의 틈새를 통한 누출 여부), 시공성 등을 고려한 종합적인 검토가 이루어져야 된다고 본다. 또한 향후 건식벽체의 지속적인 연구개발뿐 아니라 차음성능 측면에서 취약점으로 파악되는 바닥 천장과 벽체 이음부의 밀실 시공에 대한 세밀한 기술과 경계성 측면에 대한 검토 및 연구가 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 이상우의, 건축환경계획, 태림문화사, 2006. 9
2. 한국건설기술연구원, 건식벽체 요소별 차음성능 영향도 성능평가연구, 2002, 1
3. 대한주택공사, 무량건식벽체(FDW)공법 성과분석 보고서, 2003. 7
4. 양지수, 천영수, 주인돈, 판상형 무량관 아파트 시스템개발 및 적용, 2005. 10
5. 한국복합화건축협회, 가변형 복합주택에 적용 가능한 경량벽체 시스템의 성능 및 개발방향, 2006. 5
6. 日本建築學會, 建物の 遮音設計資料, 技報堂出版, 2001.7