

건식벽체 차음성능 분석 및 평가

Analysis and evaluation of sound reduction performance of drywall system

백승경†·장천상*·고종철**·이종인**·김현배**

Seung-kyung Baek, Jong-cheol Go, Jong-In Lee, Hyun-bae Kim, Chun-sang Chang

Key Words : Drywall, Sound reduction performance (건식벽체, 차음성능)

ABSTRACT

The objective of this study is to analyze and evaluate design factors relating to sound reduction performance in dry wall system. The main contents of this study are as follows. 1) Analysis and pre-evaluation of sound reduction performance of drywall system ; The sound reduction performance was pre-evaluated by INSUL simulation and these results of analyzing walls were analyzed by screening DOE(design of experiment) for selecting major factors that dominant influence the sound reduction performance. These main factors relating to sound reduction performance can be used for development of 1st grade sound reduction performance drywall system. 2) Design and evaluation of 1st grade sound reduction performance drywall system; The evaluation test of the sound reduction performance gave vaues higher than 1st grade (Rw+ C=64). When campared with existing dry wall system, respectively, the new system shows performance higher than 8 dB.

1. 서론

최근 주상복합 아파트 등 주로 라멘구조 형식의 아파트를 중심으로 건식벽체의 사용이 점차 증가되는 추세에 있다. 건식벽체는 일반적인 실간 간막이벽에서부터 세대간 경계벽, 외벽 등에 이르기까지 적용 범위가 매우 넓다고 할 수 있다. 적용 부위에 따라서 건식벽체는 일정 이상의 성능 확보가 요구되며, 세대간 경계벽의 경우에는 특히 내화성능과 함께 차음구조 인정을 취득하는 것이 필요하다. 차음구조 인정기준은 2008년 8월에 국토해양부 고시 제 2008-428호로서 1등급~3등급 까지 차등화된 성능으로서 평가되는 것으로서 새로이 고시되었다. 이에 본 연구에서는 세대간 경계벽에 사용될 수 있는 건식벽체로서 차음성능 1등급 이상 (Rw+C=58 이상)의 고차음 벽체를 설계, 개발하는 것을 목적으로 다음과 같은 단계로 진행하였다.

- 1) 건식벽체 사례 조사 및 분석
 - 기존 차음인정구조 벽체의 사례 및 차음성능을 조사, 분석
- 2) 건식벽체 차음 설계
 - Screening DOE를 활용한 차음성능 영향요인 우선 순위 분석 및 차음설계

3) 건식벽체 차음성능 평가

- KS F 2808:2001 「건물부채의 공기전달음 차단성능 실험실 측정방법」의거, 개발 벽체의 차음성능 평가

2. 건식벽체 사례조사 및 분석

2.1 건식벽체 사례조사

건식벽체의 종류는 벽체를 이루는 소재 및 구성방법에 따라 스틸스터드-석고보드 건식벽체, 압출성형경량콘크리트 패널 벽체, 경량기포콘크리트복합 패널 벽체 등으로 구분해 볼 수 있다. 이 중 가장 일반적으로 사용되고 있는 종류의 벽체는 스틸스터드-석고보드 벽체로서, 본 연구에서는 이를 대상으로 현황 조사 및 차음벽체의 설계, 개발을 진행하였다.

스틸스터드-석고보드 건식벽체는 1.0mm내외의 박판 경량 C 채널인 스틸스터드를 바탕 구조재로 하고, 이의 외측 양면으로 규격생산된 석고보드를 마감하여 구성된다. 일반적으로 석고보드의 내측, 즉 스틸스터드 사이에는 흡음재를 삽입, 시공한다. 스틸스터드-석고보드 건식벽체는 구성 형식, 즉 스틸스터드의 배열에 따라서 단일구조, 이중구조, 엇갈림구조의 형식으로 구분할 수 있다. 국내의 경우 법규에 따라 석고보드를 생산하는 기업이 차음 및 내화구조의 인정 신청 및 취득 자격이 있으며, 2개 기업에서 현재 총 23개의

† 교신저자; 포항산업과학연구원 강구조연구소
E-mail : baeksk@rist.re.kr
Tel : (031) 370-9572, Fax : (031) 370-9909

* 한국라파즈석고보드

** 포스코건설 기술연구소(차장, 부장, 상무)

차음구조 인정 벽체를 보유하고 있다.

현재의 차음구조 인정 벽체는 신규 고시된 차음성능 등급 기준에 의거하여 평가된 벽체는 없으며, 벽체 폭은 150~180mm, 구성 형식은 이중구조, 엇갈림구조가 가장 많다.

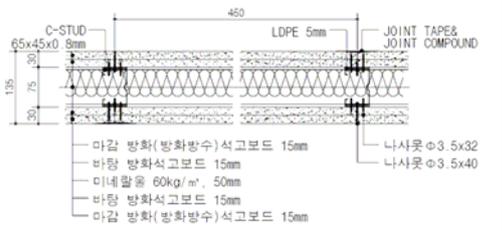


그림 1. 차음인정구조 사례 (단일구조)

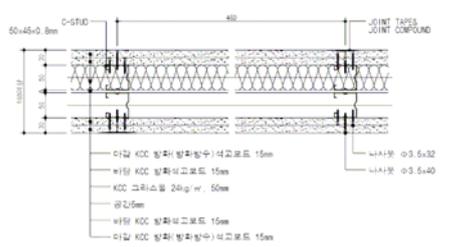


그림 2. 차음인정구조 사례 (이중구조)

2.2 건식벽체 구성요소에 따른 성능 분석

건식벽체의 구성 형식에 따라 성능 차이가 클 것으로 판단되는 단일구조 및 이중, 엇갈림 구조로 구분하여 벽체폭, 차음재(리질리언트채널), 석고보드 두께 등 벽체를 이루고 있는 제반 구성요소간의 차이에 따른 차음성능에의 영향관계를 분석하였다. 구성요소, 즉, 변수의 성격에 따라 Anova, Box plot, 상관분석, 산점도 등의 분석방법을 사용하였다. 통계분석을 위하여 Minitab 프로그램을 이용하였다. 분석결과 단일구조의 경우에는 벽체의 폭과 차음재인 리질리언트채널의 설치 유,무의 요인이 P-value가 0.005 이하로서 유의한 결과를 보였다. 이중구조의 경우에는 통계적으로 유의한 요인은 분석되지 않았다. 상세한 사항은 다음 표 1, 표 2 및 그림 3, 4와 같다.

표 1. 벽체 구성요소 및 차음성능 관계 분석 (단일구조)

층별화 변수명	분석방법	P-value	
차음성능 (Rw+C)	벽체폭	ANOVA, Box plot	0.039
	보드종류	ANOVA, 산점도	0.218
	보드두께	ANOVA, 산점도	0.132
	스터드	ANOVA, 산점도	0.692
	차음재	ANOVA, 산점도	0.007
	중공층	ANOVA, 산점도	0.064

표 2. 벽체 구성요소 및 차음성능 관계 분석 (이중구조)

층별화 변수명	분석방법	P-value	
차음성능 (D, Rw)	벽체폭	ANOVA, Box plot	0.287
	보드두께	ANOVA, Box plot	0.981
	스터드	ANOVA, 산점도	0.253
	차음재	ANOVA, 산점도	0.981
	중공층	ANOVA, 산점도	0.580

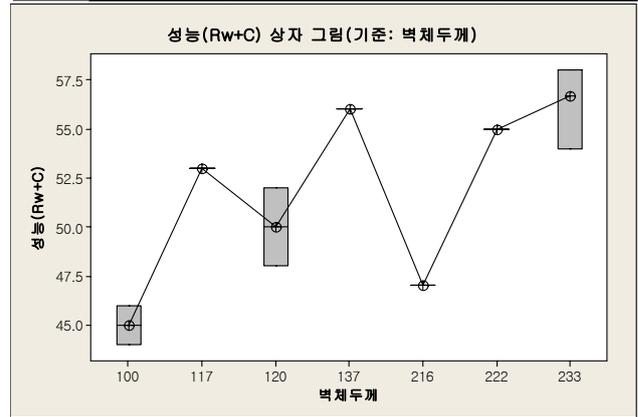


그림 3. 벽체폭 및 차음성능 관계

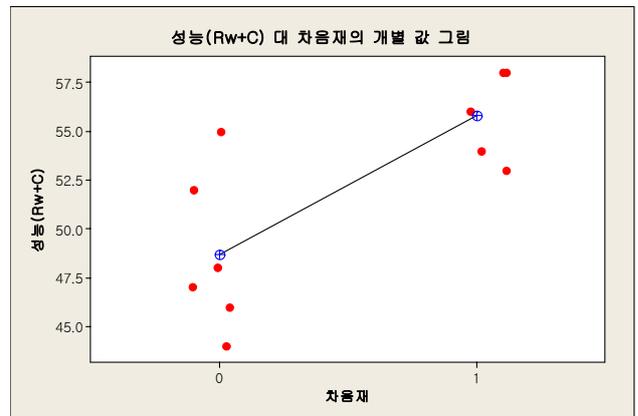


그림 4. 차음재(리질리언트 채널 설치) 및 차음성능 관계

3. 건식벽체 차음설계

3.1 차음성능 설계요인 분석

건식벽체의 차음성능에 영향을 미치는 주요 인자로는 마감재인 보드, 구조재인 스틸스터드, 흡음재, 부가적인 성능 향상 요소로서 차음재 등을 들 수 있다. 일반적으로는 각각의 인자를 변수로 설정하고 이의 조합에 따라 발생하는 경우의 수에 의하여 직접적인 성능평가를 통하여 차음성능에

영향을 미치는 주요 요인의 우선순위를 파악하고 이에 의하여 차음설계를 진행하는 것이 필요하나, 이 경우 시험체 개수가 지나치게 많아지게 되어 비용 및 시간적 제약으로 실제적인 평가는 매우 제한적으로 이루어질 수 밖에 없는 문제가 있다. 따라서 본 연구에서는 이러한 문제를 극복하기 위하여 시험평가의 전 단계로서 Screening DOE(Design of Experiment)를 실시, 시뮬레이션 해석을 통하여 주요원인을 사전에 파악하고, 여기서 도출된 주요인을 중심으로 차음설계를 진행함으로써 성능설계의 객관화 및 시험평가 개수의 합리화를 기할 수 있도록 하였다.

간식벽체의 구성요소에 따른 층별화 분석 결과에 따라 단일구조 및 이중구조로 구분하여 Screening DOE를 진행하였으며, 단일구조의 경우에는 리질리언트 채널을 설치하는 것을 기본적인 사양으로 하였다. 통계적으로 검증하는 요인으로는 보드의 종류, 두께, 흡음재, 스테드 간격, 부가적인 차음성능 향상 요소로서 강판재로 하였으며 단일구조는 웨브폭, 이중구조의 경우에는 스테드 간 중공층 폭을 변수로 하였다. 각각의 요인에 대하여 2수준으로 통계적 분석을 위한 설계를 하였다. 상세한 사항은 다음 표 3, 표 4와 같다.

표 3. 차음성능 영향요인별 설계 (단일구조)

잠재적 근본원인 (X지표)		보드 종류	보드 두께	강판 (개)	웨브폭 (mm)	흡음재 (mm)	스테드간격 (mm)
수준	높음	일반	12.5T	0	50	50	450
	낮음	방화	19T	2	140	100	600
비고			2겹	강판 (0.8T)	단일 구조	유리면 (24K)	리질리언트

표 4. 차음성능 영향요인별 설계 (단일구조)

잠재적 근본원인 (X지표)		보드 종류	보드 두께	강판 (개)	흡음재 (mm)	중공층 (mm)	스테드간격 (mm)
수준	높음	일반	12.5T	0	50	20	450
	낮음	방화	19T	2	100	40	600
비고			2겹	강판 (0.8T)	유리면 (24K)		C형스테드

2수준 6요인 부분배치 설계에 따라 각각 32개의 벽체 사양을 도출하였다. 도출된 각각의 벽체에 대한 차음성능은 Insul 프로그램을 사용하여 예측하였으며, 주 마감자재인 석고보드에 대한 물성치는 한국라파즈석고보드의 데이터를 적용하였다. 한편, Insul 프로그램에 의한 예측 결과는 실제 시험값과 차이가 많으므로 본 연구에서는 동일 사양에 대한 실제 시험값과의 비교를 통하여 회귀식을 도출, 시험값의 근사치로 전환하였다.

표 5. 부분요인 설계 (단일구조)

순번	보드재	보드 두께	강판	흡음재	웨브폭	스테드간격
1	일반	12.5	0	50	100	450
2	방화	12.5	0	50	100	600
3	일반	19	0	50	100	600
4	방화	19	0	50	100	450
5	일반	12.5	2	50	100	600
6	방화	12.5	2	50	100	450
7	일반	19	2	50	100	450
8	방화	19	2	50	100	600
9	일반	12.5	0	100	100	600
10	방화	12.5	0	100	100	450
11	일반	19	0	100	100	450
12	방화	19	0	100	100	600
13	일반	12.5	2	100	100	450
14	방화	12.5	2	100	100	600
15	일반	19	2	100	100	600
16	방화	19	2	100	100	450
17	일반	12.5	0	50	140	600
18	방화	12.5	0	50	140	450
19	일반	19	0	50	140	450
20	방화	19	0	50	140	600
21	일반	12.5	2	50	140	450
22	방화	12.5	2	50	140	600
23	일반	19	2	50	140	600
24	방화	19	2	50	140	450
25	일반	12.5	0	100	140	450
26	방화	12.5	0	100	140	600
27	일반	19	0	100	140	600
28	방화	19	0	100	140	450
29	일반	12.5	2	100	140	600
30	방화	12.5	2	100	140	450
31	일반	19	2	100	140	450
32	방화	19	2	100	140	600

표 6. 부분요인 설계 (이중구조)

순번	보드재	보드 두께	강판	중공층	흡음재	스테드간격
1	일반	12.5	0	20	50	450
2	방화	12.5	0	20	50	600
3	일반	19	0	20	50	600
4	방화	19	0	20	50	450
5	일반	12.5	2	20	50	600
6	방화	12.5	2	20	50	450
7	일반	19	2	20	50	450
8	방화	19	2	20	50	600
9	일반	12.5	0	40	50	600
10	방화	12.5	0	40	50	450
11	일반	19	0	40	50	450
12	방화	19	0	40	50	600
13	일반	12.5	2	40	50	450
14	방화	12.5	2	40	50	600
15	일반	19	2	40	50	600
16	방화	19	2	40	50	450
17	일반	12.5	0	20	100	600
18	방화	12.5	0	20	100	450
19	일반	19	0	20	100	450
20	방화	19	0	20	100	600
21	일반	12.5	2	20	100	450
22	방화	12.5	2	20	100	600
23	일반	19	2	20	100	600
24	방화	19	2	20	100	450
25	일반	12.5	0	40	100	450
26	방화	12.5	0	40	100	600
27	일반	19	0	40	100	600
28	방화	19	0	40	100	450
29	일반	12.5	2	40	100	600
30	방화	12.5	2	40	100	450
31	일반	19	2	40	100	450
32	방화	19	2	40	100	600

회귀식의 산출 및 결과 분석에는 Minitab 프로그램을 사용하였다. 이중 및 단일구조 각각에 대하여 주효과 및 요인별 우선순위를 분석하였다.

단일구조의 분석결과는 다음 그림 5와 같다. 단일구조는 리질리언트 채널이 설치된 것을 기본으로 하였으며, 이 경우 요인별로 차음성능에의 영향 정도를 평가하면, 차음재로서 강판(0.8T, 2겹)의 설치 유,무가 차음성능에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 분석되었으며, 보드두께, 보드재의 종류(일반 또는 방화석고보드) 순으로 영향 정도가 큰 것으로 나타났다.

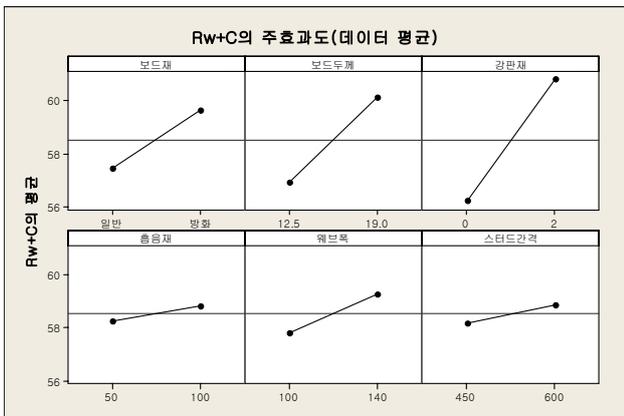


그림 5. 주효과도 분석 : 단일구조

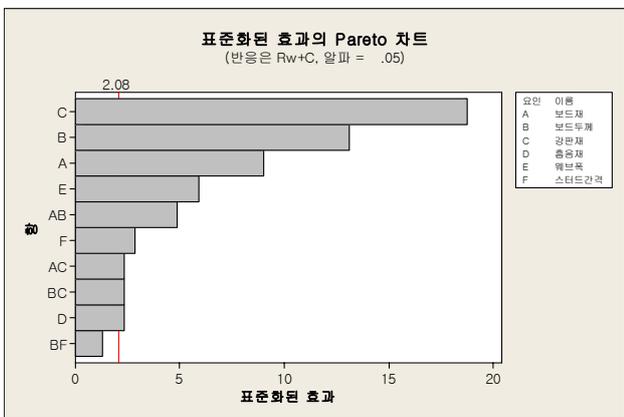


그림 6. Pareto 차트 분석 : 단일구조

이중구조의 분석결과는 다음 그림 7, 8과 같다. 이중구조의 경우 석고보드의 두께가 차음성능에 가장 큰 영향을 주는 것으로 분석되었다. 강판의 설치와 보드재의 종류는 동일한 정도의 효과를 가지는 것으로 나타났다. 이중구조에서 스티드의 간격은 차음성능에 거의 영향을 미치지 못하는 것으로 평가되었다.

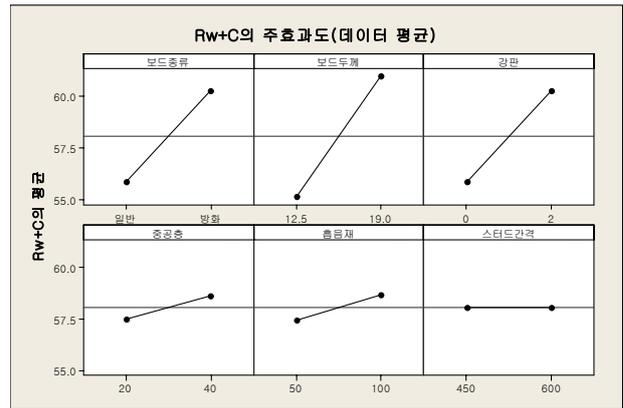


그림 7. 주효과도 분석 : 이중구조

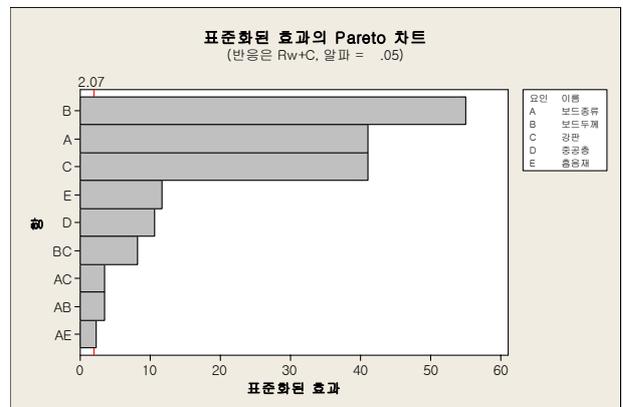


그림 8. Pareto 차트 분석 : 이중구조

이와 같은 평가결과에 따라 차음성능 1등급 이상 (Rw+C=58 이상)을 확보할 수 있으리라 예측되는 벽체사양을 아래 표 7, 8 과 같이 정리하였다. 실제 시험평가시에 시공의 정밀도 등에 따라 다소 성능이 저하될 수 있음을 고려하여 예측값 중 Rw+C=60dB 이상을 나타내는 것으로서 벽체를 선정하였다.

표 7. 고차음벽체 예비사양 (단일구조)

구분	사양						성능(Rw+C)
	보드재	보드두께	강판재	흡음재	웹브록	스티드 간격	
단일 구조	일반	19	2	50	100	450	60
	방화	19	2	50	100	600	63
	방화	12.5	2	100	100	600	60
	일반	19	2	100	100	600	62
	방화	19	2	100	100	450	62
	방화	12.5	2	50	140	600	62
	일반	19	2	50	140	600	63
	방화	19	2	50	140	450	62
	일반	12.5	2	100	140	600	60
	방화	12.5	2	100	140	450	62
	일반	19	2	100	140	450	62
	방화	19	2	100	140	600	63

표 8. 고차음벽체 예비사양 (이중구조)

구분	사양						성능(Rw+C)
	보드종류	보드두께	강판	중공층	흡음재	스터드 간격	
이중구조	방화	19	0	20	50	450	60
	일반	19	2	20	50	450	60
	방화	19	2	20	50	600	63
	방화	19	0	40	50	600	61
	방화	12.5	2	40	50	600	60
	일반	19	2	40	50	600	61
	방화	19	2	40	50	450	64
	방화	19	0	20	100	600	62
	방화	12.5	2	20	100	600	60
	일반	19	2	20	100	600	61
	방화	19	2	20	100	450	65
	방화	19	0	40	100	450	63
	방화	12.5	2	40	100	450	61
	일반	19	2	40	100	450	62
방화	19	2	40	100	600	66	

선정된 벽체는 세대간 경계벽으로서 적용을 목적으로 하고 있으므로 이는 차음성과 함께 내화성능의 확보도 필요로 한다. 따라서 상기 단일 및 이중구조 벽체 중 마감보드를 방화석고보드로 하는 벽체만을 고르면 단일구조 7개, 이중구조 11개 벽체를 고차음벽체의 예비 사양으로서 정리할 수 있다.

3.2 고차음 벽체 설계

상기 차음성능 설계요인 분석 결과에 따라 단일 및 이중구조 벽체에 대하여 고차음 벽체의 설계 사양을 다음 표 9와 같이 제시하였다.

표 9. 고차음벽체 설계 제안

구분	특성
1	기본 이중구조의 스틸 스테드 벽체 외측에 방화석고보드 19T를 2겹 시공한 사양
2	기본+ 강판보강(1~2겹) 이중구조 스틸 스테드 벽체 기본 사양에 강판을 2겹 시공하여 차음성능 및 방화성능을 보완한 사양 공사비 상승 최소화를 위하여 강판은 보드 규격과 동일하게 절단, 반입하여 보드 사이에서 시공함
3	기본+ 강판보강(1~2겹) 부재화 강판을 부재화함으로써 시공성을 높인 사양
4	기본(-형, 15T 마감)+ 강판보강(1겹~2겹) 강판을 보강할 경우 공사비 상승의 최소화를 위하여 외측 석고보드의 두께를 19T에서 15T로 경감한 사양 성능은 기본 사양과 동등 수준을 유지
5	단일구조 기본 단일 스테드 에리질리언트 채널을 시공하고 19T 석고보드 2겹을 마감한 사양
6	단일구조 기본+ 강판보강(1겹~2겹) 리질리언트 채널이 시공된 단일 스테드의 외측에 강판을 1겹~2겹 보강 시공하여 차음성능 및 방화성능을 개선한 사양
7	단일구조 기본+ 강판보강(1겹~2겹) 부재화 강판을 부재화한 스틸 스테드 에리질리언트 채널 및 강판을 보강한 사양 강판 부재화 시 2겹의 강판면 확보가 용이함

고차음 벽체의 폭은 200mm를 기본으로 하였으며, 외측 마감재의 두께 합에 따라 스틸 스테드 사이의 중공층 폭을 조절함으로써 벽체 폭이 200mm가 유지되도록 하였다. 벽체 두께를 증가시킬 경우의 성능차이 발생 여부를 확인하기 위하여 폭 240mm 벽체를 더불어 설계하였다. 석고보드는 방화 석고보드 19T의 2겹 적용을 기본으로 하고, 차음재로서 강판을 적용할 경우 15T로 줄이는 방안도 함께 검토하였으며, 최대 일측면에 3겹을 적용하는 것을 고려하였다. 강판재는 차음성능 영향요소 중 주요인자의 하나로서 차음성능의 향상과 아울러 스틸 스테드-석고보드 건식벽체의 취약점으로 지적되고 있는 방법성 확보의 문제도 어느 정도 보완할 수 있는 주요한 자재로 평가된다. 이에 강판재는 현장에서 일반적으로 사용되고 있는 0.8T의 아연도금강판으로서 판재를 석고보드 사이에 바로 시공하는 경우와, 현장에서의 시공성 확보를 고려하여 부재화 시켜 스테드의 내측에 시공하는 경우의 두 가지를 상정하여 벽체 구성을 제안하였다.

세대간벽으로 적용할 경우 리질리언트 채널이 설치된 단일구조의 경우 보드면의 충격에 의한 떨림 발생, 중간 차폐가 어려우므로 방법성의 문제가 지적될 수 있으므로, 실제적으로 적용을 고려하는 벽체는 이중구조의 벽체로서 한정하였다. 최종적으로 제안된 벽체의 평가 결과는 다음 표 10과 같다. 벽체의 평가 해석은 마찬가지로 Insul 프로그램을 통한 예측 및 회귀식을 사용한 예측값의 보정을 하는 절차로서 진행하였다.

표 10. 고차음벽체 설계안 평가

구분	벽체 두께	차음성능 (Rw+C)	작업성	방법성	
1	기본+ 강판1	200	61.9	△	△
2	기본+ 강판2	200	64.8	×	○
3	기본+ 강판1(두께증가)	240	62.9	△	○
4	기본+ 강판2(두께증가)	240	64.8	×	○
5	기본+ 강판2(부재화)	200	64.8	○	○
6	기본(-, 15T)+ 강판2	200	61.9	×	○
7	기본(-, 15T)+ 강판2 (두께증가)	240	62.9	×	○
8	기본(-)+ 강판2 (부재화)	200	61.9	○	○
9	보드 3겹	240	68.7	△	×

차음성능만을 고려하였을 경우에는 석고보드를 일면에 3겹씩 총 6겹을 시공한 사양이 가장 우수하나, 이 경우 벽체 두께는 200mm를 초과하게 되며, 작업성의 효율성 저하, 방법성 취약의 문제가 있다. 통상적으로 강판 2겹을 시공한 벽체의 경우 Rw+C=64dB 정도를 확보할 수 있는 것으로 나타났으며, 석고보드를 15T로 줄일 경우에도 Rw+C=60 이상을 확보하여 안정적으로 1등급의 차음성능을 확보할 수 있음을 예상할 수 있다.

4. 건식벽체 차음성능 평가

4.1 차음성능 평가

본 연구에서는 상기 결과를 바탕으로 고차음벽체의 성능 확인을 위한 예비 시험평가를 실시하였다. 시험평가는 KS F 2808:2001 「건물 부재의 공기전달음 차단 성능 실험실 측정 방법」 및 KS F 2862:2002 「건물 및 건물 부재의 공기 전달음 차단 성능 평가 방법」에 의거, 한국 조선기자재연구원에서 시행하였다.

① 시험체 사양

- 석고보드 : 방화석고보드 19 T 2겹 (양면)
- 강판+ 스틸스터드 : 0.8T, W:50mm 이중구조 @450mm
* 강판면은 내측으로 2겹 설치
- 흡음재 : 유리면 (24K, 50T), 강판면 외측, 석고보드 내측으로 1겹(양면)
- 벽체 폭 : 200mm

② 시험조건

- 음원 : 1/3 Octave band white noise
- 측정주파수 : 100Hz ~ 5000 Hz(1/3 Octave band 중심주파수)
- 측정점 : 마이크로폰 위치 음원실, 수음실 각각 6개, 음원 위치 2개로 총 24개점 측정
- 시험실 : 직육면체, 음원실 체적 57.8m³, 수음실 체적 51.4m³
- 시료면적 : 10.0m²



그림 9. 차음성능 평가

4.2 평가 결과

고차음 벽체 사양에 대한 예비시험 결과 $Rw+C=64$ 로서 차음구조 인정기준 1등급($Rw+C=58$ 이상) 이상의 매우 우수한 차음성능을 확보할 수 있음을 확인하였다. 해석결과와 비교하여 보면 2000Hz 이상에서 해석 및 실험값이 서로 상이한 결과를 보였다. 상세한 사항은 다음 표 11 및 그림 10과 같다.

표 11. 고차음벽체 차음시험 결과

Freq.	dB
100	37.6
125	46.4
160	52.9
200	58.7
250	61.6
315	65.9
400	70.4
500	74.5
630	76.4
800	77.3
1000	76.9
1250	75.0
1600	70.7
2000	69.4
2500	71.5
3150	69.4
4000	66.4
5000	61.5
Rw	68
C	-4
Ctr	-11

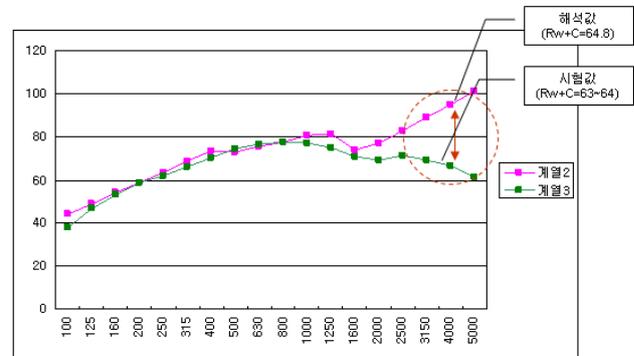


그림 10. 고차음벽체 차음시험 결과 그래프

4. 결 론

본 연구에서는 건식벽체의 차음성능에 영향을 미치는 인자들에 대해서 DOE 기법을 활용하여 주요원인을 영향 순위별로 도출하고 이에 의하여 $Rw+C=58$ dB 이상을 확보할 수 있는 고차음 벽체에 관한 설계를 진행하였다. 예비시험 평가 결과 연구과정에서 예측하였던 바와 같이 $Rw+C=64$ dB의 우수한 차음성능을 확보할 수 있음을 확인하였다. 향후 이를 기반으로 다양한 사양의 벽체에 대한 차음구조 인정 추진이 가능할 것이며, 이를 통하여 현장에서의 활발한 활용이 기대된다.

참 고 문 헌

- (1) 포항산업과학연구원, 두께절감형 건식벽체 차음구조체 기술개발, 포항산업과학연구원, 2002
- (2) Malcolm J. Crocker, Handbook of acoustics, 1998., John Wiley & sons, Inc.