

친환경 황토벽체의 차음성능 평가에 관한 연구

The sound insulation performance of eco-friendly loess brick wall

이 태 강*	김 울**	송 국 곤***	김 선 우****
Lee, Tai-Gang	Kim, Yul	Song, Kook -Gon	Kim, Sun-Woo

Abstract

Korean traditional houses have been developed in harmony with natural environment and comfortable indoor condition by using the natural resources including building layout, space composition and materials. Originally Korea traditional architectures have used wood lintel constructions and loess walls through the many years. These loess have many strength such as highly heat capacity, controlling of humidity, a deodorant than any other materials. Nowaday it is recommended to use exterior and interior walls in loess wall to meet the eco-friendly materials to improve our residential environmental.

Thus this study aims to research the sound insulation performance of traditional loess brick wall varied with thickness, thermal insulation materials and cavity wall. The sound insulation performance of these loess walls are compared with other masonry wall's and sound insulation performance of th walls were tested in anechoic laboratory to measure the sound transmission loss of these walls.

The loess brick wall with 75mm thickness of cavity is shown the sound insulation performance with Rw 57 which is nearly same performances of 1B brick wall and cement 8' block wall, The improving effect of insulation materials is shown in the high frequency bandwidth. Especially, there is improving as much as 11 dB using the extruded poly styrene form(75mm) and poly ethylene film(0.7mm).

키워드 : 차음성능, 황토벽체, 조적조 벽체, 단열재, 중공층
 Keywords : Sound Insulation Performance, Loess brick, Masonry wall, Thermal insulation material, Cavity wall.

1. 서론

삶의 용기라 할 수 있는 건축은 끊임없는 건축기술과 재료의 발전으로 인해 고층화된 최첨단의 건축물을 탄생하게 되었으며, 실내 거주 환경 요소인 열, 빛, 음 등의 환경 요소를 인위적인 제어와 조절을 통해 쾌적성을 제공하였다.

그러나, 이러한 조절 방법은 방대한 화석 에너지의 소비, 무분별한 개발로 인한 생태계를 교란 시키고, 실내 환경 조절이 부적합하게 될 경우 거주 성능의 저하 뿐 만 아니라 불쾌감과 새집증후군과 같은 질병을 야기하기도 한다.

우리의 전통 건축은 자연환경에 순응하면서 발전해 왔으며, 건물의 배치, 공간구성, 재료에 이르기까지 주변의 자연 에너지를 적절하게 사용함으로써 쾌적한 실내 환경을 조성하여 왔다. 즉 인위적인 조절방법이 아닌, 지역 환경과 기상, 기후의 계절적 변화에 효율적으로 대처할 수 있는 공간 구성, 축조기법, 재료의 선정을 통해 조절한 것이 특징이라

할 수 있어, 생태 건축과 부합되는 면이 강하다 할 수 있다.

우리의 전통건축은 생태학적으로 유리한 목조의 가구식 뼈대에 자연 친화적인 흙을 심벽 구조로 하는 벽체에 회반죽 내지는 벽지로 마감하고, 창호지를 이용한 채광과 통풍을 위한 많은 개구부를 두기 때문에 음향적인 측면의 잔향 시간은 현대의 콘크리트나 조적식 구조에 비해 잔향시간을 쉽게 조절할 수 있으나, 가구식 구조로 인한 개구부의 면적이 넓고, 창호의 열약한 차음성능으로 실과 실 사이 또는 공간과 공간사이는 청각적인 프라이버시보다는 오히려 시각적 프라이버시를 확보하려는 측면이 훨씬 강하다는 것을 확인할 수 있었다¹⁾²⁾.

이처럼 환경과 생태에 관한 관심의 고조와 더불어 건축계에서도 환경친화적인 목재와 황토를 대상으로 구조·시공 분야의 활용 가능성 뿐만 아니라 열 환경 측면의 환경 조절 능력을 가늠하려는 연구가 꾸준히 진행되어 많은 성과를 거두고 있다.

* 전남대학교 바이오하우징사업단 연구원, 공학박사 (leetaigang@hanmail.net)
 ** 전남대학교 건축공학과 석사과정 (westyull@nate.com)
 *** 전남대학교 건축공학과 박사과정 (purunhanul36@nate.com)
 **** 교신저자, 전남대학교 건축학과 교수, 공학박사 (swk@jnu.ac.kr)

1) 이태강 외 4명, 전통주택의 차음성능 평가에 관한 실험적 연구, 한국소음진동공학회 논문집, 16권 2호, 2006년 2월
 2) 이태강 외 4명, 전남지방 전통주택의 열 환경 및 음 환경 평가에 관한 실험적 연구, 대한 건축학회 논문집(계획계), 22권 2호, 2006년 2월

특히 황토는 지구상에 매장량이 무궁무진하며, 자연소재로서의 가능성이 뛰어나고, 다공성이라는 특성을 지녀 실내 환경 조절 기능이 매우 뛰어난 소재라 할 수 있어, 건축 구조재 뿐만 아니라 고층 건물의 주종을 이루는 현대 건축물의 철골조나 RC조의 내부 조적재, 내외장재로서 연구 뿐만 아니라 개발을 진행하고 있어, 황토를 비롯한 흙 재료는 미래의 건축 재료로 중요한 자리를 차지할 것이 분명하다.

본 연구에서는 환경 친화적인 황토벽체를 대상으로 황토벽체의 두께 변화와 단열재 종류에 따른 차음특성 변화, 그리고 단열 및 차음성능 향상을 위해 이용되고 있는 중공층 시공에 따른 차음특성 변화를 실험실 실험을 통해 파악하고, 기존의 조적구조인 시멘트 벽돌과 시멘트 블록구조, ALC구조와의 차음성능을 비교 분석하여 전통재료인 황토벽체의 활용 방안을 검토하고자 한다.

2. 차음실험 방법

황토벽체의 차음특성 및 차음성능 측정은 ISO 140/3-1998과 ASTM E-90-74, KS F 2808(2001)에 준하여 전남대학교 잔향실험실에서 실시하였다. 전남대학교 잔향실험실은 철근 콘크리트 구조로서 벽, 천정, 바닥의 두께는 각각 300mm이고, 잔향실험실은 각각의 용적이 189m³, 171m³인 음원실과 수음실로 구성되어 있다. 시편은 수음실과 음원실 사이의 개구부에 4.0m× 2.6m 크기로 시편을 조적하여 설치하였다.

측정에 이용된 기기내역은 다음과 같고, 기기 구성도는 그림1과 같다.

- Symphonic Measurement system (01dB)
- Microphone (B&K type 4134)
- Preamplifiers (B&K type 2669)
- Noise Generator (B&K type 1405)
- Sound Power Source (B&K type 4205)
- Speaker (B&K type Hp1001외)
- Notebook computer

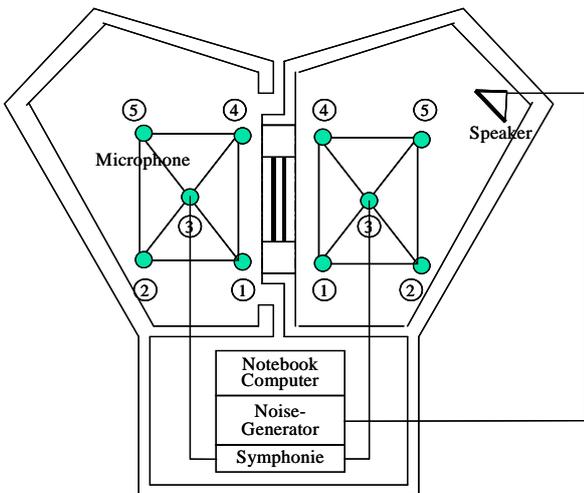


그림 1. 측정기기 구성도

본 연구에 사용된 황토벽돌은 300mm× 190mm× 90mm, 300mm× 130mm× 90mm의 2가지 종류로 두께만 다를 뿐 압축강도(100kgF/cm²)를 비롯한 그 외의 물성치는 같은 특성을 지니고 있다. 또한 황토벽돌의 조적에는 황토벽돌 전용 조적용 모르타르를 이용하였으며, 일반 조적조와 같이 통줄눈이 아닌 막힌 줄눈으로 시공하였으며, 실험에 이용된 황토벽체의 두께 및 구조는 부록 1과 같다.

3. 측정 결과 및 고찰

3.1 황토단일 벽체의 차음특성

황토벽돌의 두께 변화에 따른 차음특성을 파악하기 위해, 두께 190mm, 130mm, 90mm 구조의 투과손실 측정결과는 그림2와 같다.

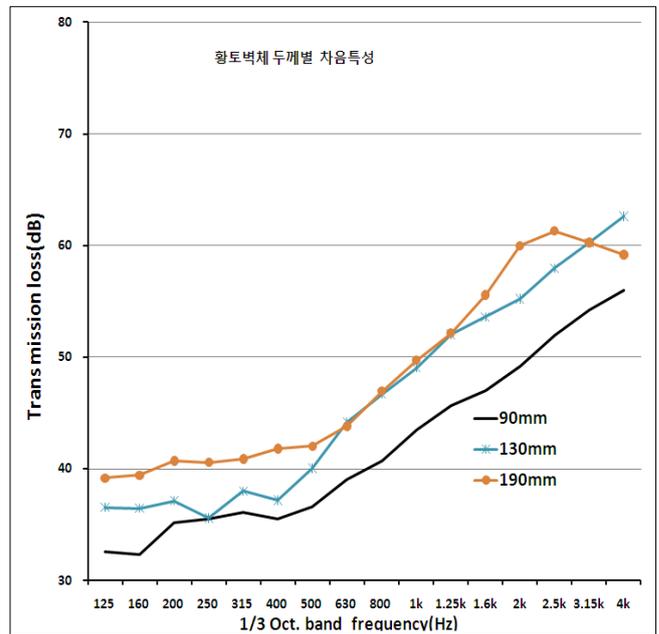


그림 2. 두께별 차음특성 비교

세가지 구조 모두 전체 주파수 대역에 걸쳐 주파수 증가와 더불어 투과손실 값이 높아지고 있고, 일치효과에 의해서 두꺼운 190mm의 값이 4 kHz의 값이 저하되고 있어 이는 두께가 두꺼워 질수록 투과손실 값이 더 높아지는 전형적인 단일벽체 차음특성을 지니고 있음을 알 수 있다.

또한 90mm에 비해서 두께가 훨씬 더 두꺼운 190mm는 두께증가에 따른 차음성능 개선효과를 보여주고 있는데 반하여, 130mm의 차음성능은 주로 고주파수에서 두께 증가에 따른 차음성능 개선 효과가 미약하게 나타나고 있다.

이는 철근 배근을 위한 황토 벽돌 뒷면(凹)의 형상에 의한 일종의 공간층 형성으로 인해 일반적인 두께의 증가에 따른 강성과 면밀도의 증가로 이어지는 차음성능 증가효과가 반영되지 않는 결과로 사료되며, 추후 이에 대한 심도 깊은 검토와 연구가 진행되어야 할 것으로 판단된다.

3.2 황토벽체 단열재 시공에 따른 효과

건축물에 사용되는 단열재는 크게 저항형 단열재와 반사형 단열재로 구분할 수 있다. 실제 현장에는 저항형 단열재인 발포 스티렌폼과 과 알루미늄 포일이 양면에 피복된 반사형 단열재를 주로 사용하고 있어 이 저항형 단열재와 반사형 단열재 차이에 따른 차음특성을 파악하고자 90mm 황토벽체에 반사형 단열재(13T : Al-foil +air bubble+폴리에틸렌+Al-foil), 발포 폴리 스티렌폼(비드법 보온판 1호 75mm)을 시공하여 그 투과손실을 분석하고, 결로 방지를 위해 시공시 많이 이용하고 있는 폴리에틸렌 비닐 0.7mm의 부착에 의한 차음 효과를 비교 분석한 결과는 그림 3과 같다

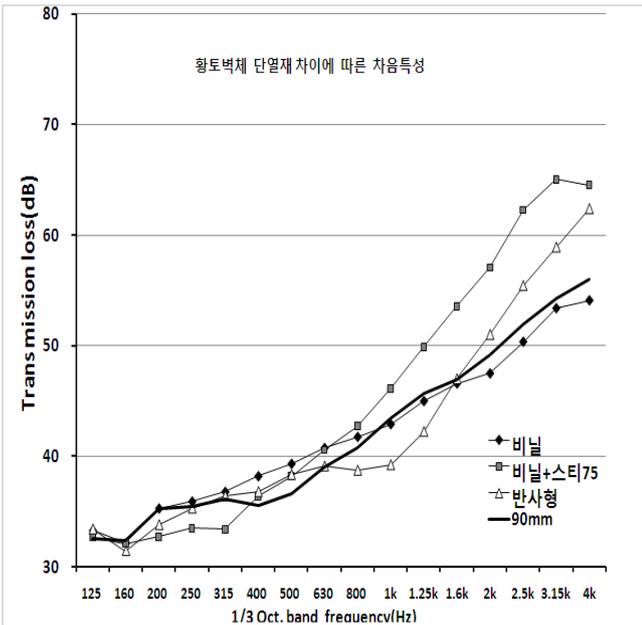


그림 3. 단열재 차이에 따른 차음특성

단열재 시공에 따른 효과는 저주파수 보다는 고주파수 대역에서 효과가 나타나고 있으며, 그 효과 역시 두께 순서대로 비닐과 발포 폴리 스티렌폼을 시공한 경우는 11dB, 반사형 단열재는 6dB까지의 효과가 나타나고 있어 차음성능 면에서 발포 폴리 스티렌폼을 시공한 것이 더 바람직할 것으로 판단된다.

한편 비닐만을 부착한 결과는 두 종류의 단열재의 효과와 달리 1kHz 이상의 고주파수에서는 비닐과 벽돌면과의 표면밀착으로 인한 미세 진동으로 오히려 시공 전보다 저하되는 경향을 보이고 있어 고주파수 차단에는 불리한 것으로 나타나고 있다.

3.3 황토벽체 중공구조의 차음특성 분석 및 비교

중공층은 건축구조물의 단열능성과 차음성능 향상을 위해 벽체에 많이 이용되고 있는 구조 방식이라 할 수 있다. 이러한 중공층은 벽체와 벽체사이의 일정한 공간 확보로 인해 같은 두께의 벽체에 비해 열과 음의 전달을 현저히 차단할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 황토벽체의 중공층 구성에 따른 차음성능 개선 효과와 그 중공층에 단열재 삽

입에 따른 효과를 파악하기 위해 황토벽체 90mm 구조에 단열재인 발포 스티렌폼 75mm를 삽입하여 중공벽체를 완성한 다음 투과손실을 측정하고, 단일벽체인 90mm, 130mm, 190mm 구조와 차음특성을 비교한 결과는 그림 4와 같다.

비교 대상 4가지 구조중에서 90mm 중공 구조가 전체 주파수 대역에서 가장 높은 값을 지니고 있으며, 90mm 단일벽체에 비해 전 대역에 걸쳐 8~20dB까지 차이를 보이고 있다. 통상 두께가 2배 증가되면 6dB 차음성능이 개선되는 질량법칙보다 더 큰 차음효과가 나타나고 있는데, 이는 중공구조의 차음효과와 더불어 그 중공층에 삽입된 단열재에 의한 차단효과가 상승된 결과로 판단된다.

또한 황토벽체 중공구조는 단일벽체인 190mm 보다도 평균 7dB 정도 높게 나타나고 있어 이 중공구조를 외벽체로 사용할 경우에 차음 성능상 큰 문제는 없을 것으로 생각된다.

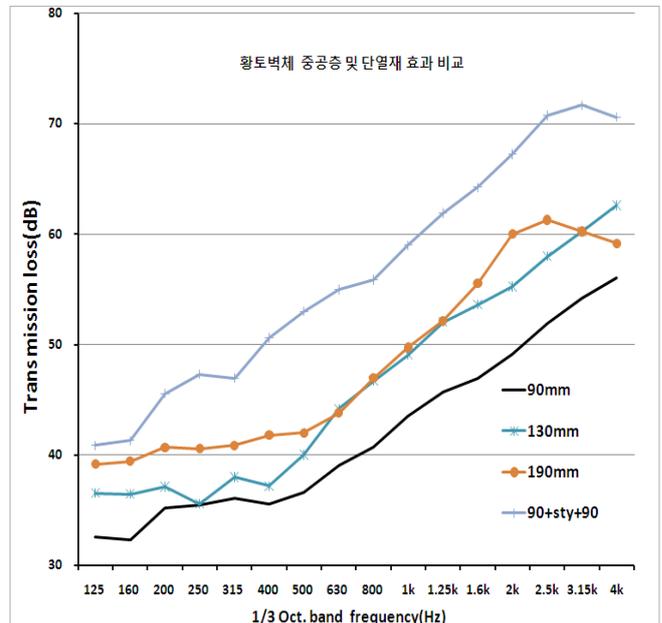


그림 4. 중공층 및 단열재 효과 비교

3.4 기존 조적구조와의 차음특성 비교

황토 벽체 구조와 기존 조적구조인 시멘트 벽돌과 블록 구조와의 차음특성을 비교한 결과는 그림 5와 같다.

기존 조적벽체인 시멘트 벽돌구조와 블록구조는 모두 양면에 20mm 모르타르를 마감한 경우로서 두께가 두꺼운 시멘트 벽돌 1B 구조와 8' 블록의 구조의 투과손실이 0.5B 및 4' 블록에 비해 높게 나타나고 있으며, 단일벽체의 차음특성을 반영하고 있음을 알 수 있다.

이러한 기존 조적벽체와 황토벽체 구조의 투과손실을 비교 하였을 때, 황토벽체 90mm 구조는 기존 조적 구조중에서 가장 낮은 값을 보이는 4' 블록보다 500Hz 이상의 대역에서 약 2dB 정도 낮게 나타나고 있는데 반해, 황토벽체 90mm 중공구조에 단열재를 삽입한 구조는 1.25kHz까지는 거의 유사한 투과손실값을 보이다가 1.6kHz 이상에서는

차이가 크게 나타나는 전체 구조중에서 가장 높은 투과손실값을 지니고 있음을 알 수 있다.

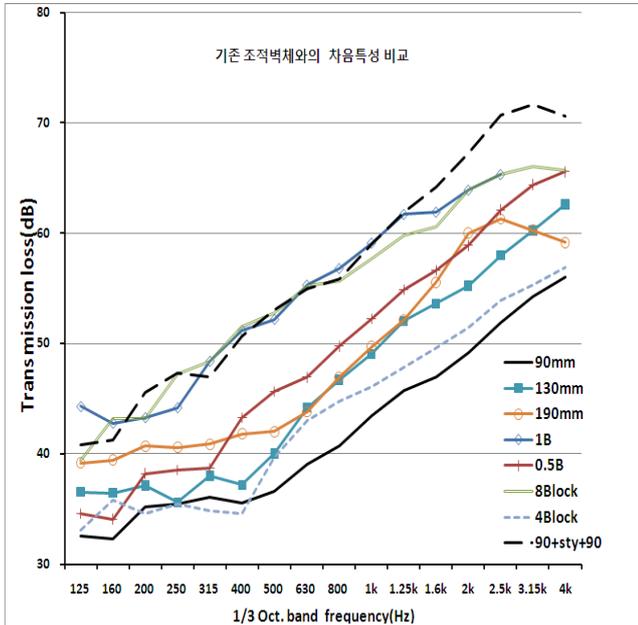


그림 5. 기존 조적벽체와의 비교

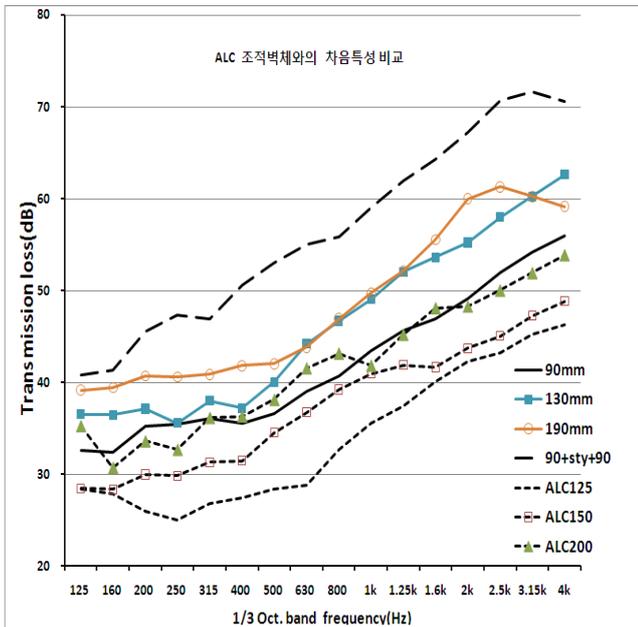


그림 6. ALC 조적벽체와의 비교

또한 190mm구조는 1B와 8' 블록구조에 비해 0.2~12dB 정도 낮지만 전반적으로 4' 블록보다는 높고 0.5B 구조에 상응하는 값을 지니고 있음을 알 수 있어, 추후 황토 벽체의 면밀도 증가방안 또는 형상의 변경이 강구된다면 차음성능은 훨씬 더 개선 될 것으로 예상된다.

한편 건물의 고층화에 따른 건물의 경량화, 실공간의 가변성, 시공의 용이성, 공기의 단축화 등에 적용하기 위해서는 기존 습식 조적조와 같은 간막이 벽체의 개선이나 건식

공법 요구에 부응하기 위해 제안되고 방안으로 제안되고 있는 ALC 조적벽체와의 차음특성을 비교한 결과는 그림 6과 같다.

ALC 조적벽체도 다른 조적벽체의 차음특성과 유사한 두께의 증가가 전체의 면밀도가 증가로 이어져 투과손실이 높아지는 특성을 지니고 있다.

그러나 황토벽체보다 낮은 비중으로 인해 ALC 조적구조는 ALC 200mm 조적벽체를 제외하고는 황토벽체 90mm구조에 비해 매우 열악한 차음성능을 지닌 것으로 평가할 수 있으며, ALC 200mm는 거의 상응하는 차음성능을 지닌 것으로 평가할 수 있다.

3.5 차음성능 평가 및 비교

주거공간의 음환경에 대한 평가는 쾌적한 거주공간의 창출과 프라이버시 확보를 위해 국내 공동주택을 비롯한 주거복합건축물, 숙박시설의 세대간 경계벽에 대한 소음차단 성능은 친환경 건축물 인증기준 및 주택성능 등급표시 제도에 의한 주택 성능 인증 제도에 의해 평가하고 있다.

이러한 친환경건축물 인증기준 및 주택성능 인증제도에 의한 세대간 경계벽의 차단성능 수준은 경계벽의 두께에 의한 평가와 차음성능에 의한 평가지표에 의해 평가하도록 하고 있으며, 그 평가지표 및 등급의 내용은 아래와 같다. 과는 표 3과 같다.

표 1. 경계벽 구조에 의한 평가

- 철근콘크리트조 또는 철골철근콘크리트 (시멘트 모르타르 바른 두께 포함)

구 분	세대간 경계벽체의 두께 (T)
1급	T ≥ 250mm
2급	200mm ≤ T < 250mm
3급	150mm ≤ T < 200mm

- 무근콘크리트, 콘크리트 블록조, 석조(시멘트 모르타르 바른 두께 포함)

구 분	세대간 경계벽체의 두께 (T)
1급	T ≥ 300mm
2급	250mm ≤ T < 300mm
3급	200mm ≤ T < 250mm

표 2. 차음성능에 의한 평가

구 분	공기전달음 차단성능평가치
1급	58dB ≤ R _w +C(또는 D _{nT,w} +C)
2급	53 ≤ R _w +C(또는 D _{nT,w} +C) < 58dB
3급	48 ≤ R _w +C(또는 D _{nT,w} +C) < 53dB

이상의 각 구조별로 차음 수준을 파악하고 요구되는 정도에 대한 적합도라 할 수 있는 차음등급을 평가하기 위해, 각 구조에 대한 투과손실 측정결과를 바탕으로 단일수치 평가량인 R_w (가중 음향감쇠계수)값과 두께에 의한 평가에 의해 주택성능 등급 평가기준에 해당하는 등급을 산출하여 비교한 결과는 표 3과 같다.

표 3. 각 구조의 단일수치 평가량 및 성능등급

구조	구 성	R_w (가중 음향 감쇠계수)	차음성능에 의한 평가	두께에 의한 평가
벽돌	0.5B	49	3급	급외
	1B	57	2급	3급
블럭	4'	45	급외	급외
	8'	57	2급	3급
ALC	200mm	43	급외	해당없음
	150mm	39	급외	해당없음
	125mm	34	급외	해당없음
황토 벽돌	90mm	42	급외	급외
	130mm	47	급외	급외
	190mm	49	3급	급외
	90mm +비닐	42	급외	급외
	90mm +반사형 단열재	43	급외	급외
	90mm +스티로폼	44	급외	급외
	90mm +스티로폼+90mm	57	2급	2급

각 구조는 차음특성 비교 결과와 유사하게 ALC 125mm 구조가 가장 낮은 R_w 34로 가장 낮은 값을 보이고 있으며 차음특성결과에서 가장 높은 투과손실을 나타냈던 황토벽체 중공구조, 벽돌 1B 구조, 블럭 8'의 세가지 구조들이 가장 높은 R_w 57의 차음성능을 지닌 것으로 평가할 수 있다. 또한 황토 벽체인 90mm 단일벽체에 단열재를 부가한 결과도 차음특성 비교 결과와 유사하게 R_w 1~2 정도의 현저한 차이를 보이지 않고 있다.

한편 경계소음에 대한 주택 성능 등급으로 평가한 결과, 황토벽체 중공구조와 1B 시멘트 벽돌구조, 8' 시멘트 블럭 구조는 2급, 황토벽체 190mm 구조는 0.5B 시멘트 벽돌구조와 같은 3급에 해당하는 차음수준으로 평가할 수 있으며, 그 외의 황토벽체 구조는 급외 수준을 지닌 것으로 평가되어, 최저 기준인 3급 이상의 값을 만족하면서 황토벽체의 현장 적용가능성을 높이기 위해서는 기존 조적 벽체와의 비교를 통한 구조적 검토와 더불어 면밀도 증가에 대한 연구가 심도 깊게 진행되어야 할 것으로 판단된다.

각각의 구조를 두께에 의해 평가한 결과 두께가 가장 두꺼운 황토벽체 중공구조는 2급, 벽돌 1B 구조와 8' 블럭 구조는 3급, 그 외의 구조는 3급 이하의 급외 수준을 지닌 것

으로 평가할 수 있으며, 차음성능의 평가등급과 두께에 의한 평가 등급 사이에는 급외 평가 구조를 제외하고는 대체로 이 두께에 의한 등급은 차음성능 평가 등급에 비해 1등급 이하의 하회하는 값을 지닌 것으로 평가할 수 있다.

이상의 결과는 실험조건이 제어된 실험실에서 실시한 차음성능을 바탕으로 비교 분석한 것으로, 실제 현장에서 차음성능 향상을 위한 데이터로 활용 현장실험을 통한 다양한 자료의 구축과 비교 분석이 필요할 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 기존 조적구조에 비해서 환경 친화적인 황토벽체를 대상으로 황토벽체의 두께 변화와 단열재 종류에 따른 차음특성 변화, 그리고 단열 및 차음성능 향상을 위해 이용되고 있는 중공층 시공에 따른 차음특성 변화를 실험실 실험을 통해 파악하고, 차음성능을 비교 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다

1. 황토벽돌의 두께 190mm, 130mm, 90mm 구조의 투과손실 측정결과, 전형적인 단일벽체의 차음특성을 지니고 있으며 90mm에 비해서 190mm는 두께증가에 따른 차음성능 개선효과를 보여주고 있는데 반하여, 130mm의 차음성능은 주로 고주파수에는 두께 증가에 따른 차음성능 개선 효과가 미약한 것으로 나타났다.

2. 황토 벽체 단열재 차이에 따른 차음특성을 파악한 결과, 단열재 시공에 따른 효과는 저주파수 보다는 고주파수 대역에서 효과가 있으며, 폴리 에틸렌 비닐과 발포 폴리 스티렌폼을 시공한 경우는 11dB, 반사형 단열재는 6dB까지의 효과가 나타나고 있었다.

3. 황토벽돌 90mm 단일벽체에 비해 중공층과 스티로폼의 단열재를 부가한 경우는 전대역에 걸쳐 8~20dB까지 향상되었으며, 단일벽체인 190mm 보다도 평균 7dB 정도 향상되어, 외벽체 적용시 차음성능은 큰 문제가 없는 것으로 판단되었다.

4. 황토벽체 구조를 단일수치 평가량인 R_w (가중 음향감쇠계수)와 벽체 두께에 의한 주택성능 등급으로 평가한 결과, 차음성능에 의한 평가는 R_w 34부터 R_w 57의 차음성능을 지닌 것으로 평가할 수 있으며, 경계소음에 대한 주택성능 등급으로 평가한 결과 황토벽체 중공구조 2급, 황토벽체 190mm 구조는 최저 기준인 3급, 그 외의 구조는 급외 수준을 지닌 것으로 평가되었다. 또한 두께에 의한 평가결과 황토벽돌 90mm 단일벽체에 비해 중공층과 스티로폼의 단열재를 부가한 구조는 2급으로, 그 외의 구조는 급외의 성능으로 평가되었다.

이상의 실험 결과는 추후 황토벽체의 차음성능 개선을 위한 기초적 자료로서도 활용될 수 있을 것으로 기대하며, 황토벽체 구조의 면밀도 증가방안이 강구되면 차음성능은 훨씬 더 개선 될 것으로 예상된다.

후 기

이 논문은 2009년도 교육과학기술부(지역거점연구단 육성사업/바이오하우징연구사업단)와 전남대학교 건축과학기술연구소의 지원에 의해 수행된 연구결과임

참고문헌

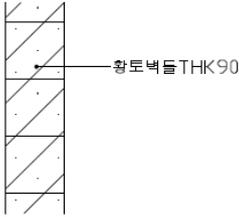
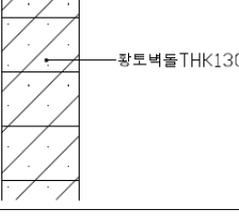
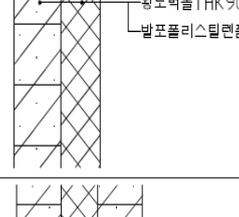
1. 이태강, 송국곤, 김선우, 황토벽체 차음성능에 관한 실험적 연구, 한국생태환경건축학회 추계학술발표대회 논문집 8권 2호, pp.267~270, 2008년11월.
2. 이태강 외 4명, 전통주택의 차음성능 평가에 관한 실험적 연구, 한국소음진동공학회 논문집, 16권 2호, pp. 141~148, 2006년 2월
3. 이태강 외 4명, 전남지방 전통주택의 열 환경 및 음 환경 평가에 관한 실험적 연구, 대한건축학회 논문집(계획계), 22권 2호, pp.209~218, 2006년 2월
4. 김선우, 이태강, 송민정 : “경량벽체의 차음특성에 관한 실험적 연구”, 대한건축학회 논문집, 14권 12호, pp.259~268 .1998.12.
5. 김선우, 이태강, 국찬, 문장수 :“조적조 벽체의 차음특성에 관한 실험적 연구”, 대한건축학회 논문집, 11권 8호, pp.155~167. 1995.
6. 박대훈 외 2명, “공동주택 미기후 조절계획에 관한 연구”, 대한건축학회 추계학술발표대회 논문집(계획계) : 21권 2호, 2001, 10.
7. 이경희, 한국전통건축의 자연환경 조절방법과 그 원리와 현대화, 대한건축학회지 건축, pp.8~16 1993.09.
8. 日本音響材料學會, 遮音材料, 技報堂, 1976. pp.43

투고(접수)일자: 2009년 10월 19일

심사일자: 2009년 10월 22일

게재확정일자: 2009년 12월 23일

부록 1. 황토벽체 구조 및 구성

황토벽체 구조명	구조 내용
90mm	
130mm	
190mm	
90mm+ 비닐	
90mm +반사형 단열재	
90mm +스티로폼	
90mm +스티로폼+90mm	