

친환경 건축재료로서의 흙벽돌과 흙미장의 흡음 특성에 관한 연구

A Study on the Absorption Characteristics of Soil Block and Soil Plaster as Eco-Friendly Building Materials

황 성 일* 주 문 기** 황 혜 주*** 오 양 기****
Hwang, Seong Il Chu, Mun Ki Hwang, hey joo Oh, yang ki

Abstract

Most of current building materials are made of organic compounds or at least made with chemical treatments. Though easy to use and comparatively pay less, those materials are generally not environmentally sound. VOC is one of harmful effects. On contrary, natural materials such as soil are usually eco-friendly, and environmentally sustainable as well if not treated in autoclaves. Acoustica materials made of such environmentally sound and sustainable could be widely used. It is aimed to prove that soil based materials could be effectively used in acoustical fields rather than the other usual materials. Experiments with various types of soil blocks and soil plaster were performed. It is proved that the soil plaster has better absorption features than cement plaster. Soil blocks have higher absorption coefficients than soil plaster, due to the thickness, and the absorption characteristics can be controlled by the design of the blocks.

키워드 : 국문키워드(keywords) 흙벽돌, 흙미장, 흡음률

1. 서 론

1.1 연구목적

화학제품 등 건축 자재의 안정 기간 중 발생하는 휘발성 유기화합물은 거주자들의 건강에 심각한 영향을 미칠 수 있는 잠재적 위험 요인이다. 2000년대 들어 환경문제가 주거 환경의 쟁점이 되면서 친환경 소재를 이용한 주거건축이 지속적인 증가 추세를 보이는 가운데 이들에 대한 관심이 고조되고 있다¹⁾. 인공적인 화합물이 사용되

기 전의 주택은 화학적으로 가공을 하지 않은 흙과 나무 위주의 자연적 재료를 주로 이용하였고, 벽지를 바를 때에도 접착제 대신 밀가루 풀을 쑤어서 사용했다. 국내에서는 경제적이고 품질이 우수하며 미적인 측면에서도 장점이 있는 천연자재 및 친환경 건축방법에 대한 연구가 진행되고 있다. 또한 건설업계에서는 오염물질이 적게 방출되는 건축자재 선택에 고심하고 있다. 이중 전통적으로 사용되고 있는 흙재료에 의한 주거는 새집증후군의 원인 물질이 발생되지 않는 친환경 건축의 대안 중 하나이다. 흙재료는 습도 조절 능력, 탈취 성능, 통기성, 항균성, 원적외선 효과 등 건강에 대한 긍정적인 측면이 부각되고 있다.²⁾ 특히 황토는 우리나라 지표면의 10%이상을 차지하고 있는 풍부한 재료로 인체에 무해하며 건강에도 유익하므로 건축 재료로의 활용 방안이 주요 관심사 이다. 본 연구에서는 화학적으로 무해하고 생태적 특성이 우수한 황토를 활용한 흙벽돌과 흙미장의 흡음 특성을 부각 시킴으로써 음향적인 측면에서의 활용 방법을 모색하고자 하는데 목적이 있다.

* 주저자, 목포대학교 대학원 건축학과 석사과정 (lastmercy@naver.com)

** 목포대학교 친환경건축연구소, 공학박사

*** 목포대학교 건축학과 교수, 공학박사

**** 교신저자, 목포대학교 건축학과 교수, 공학박사 (oh@mokpo.ac.kr)

2007 국립문화재연구소 전통과학기술 실용화 연구 개발사업 연구 결과의 일부입니다

1) 박정식 외 흙건축의 생태적 의미와 현대적 이용에 관한 연구, 대한건축학회 학술발표논문집 20권. 2호, 2000. 10. 황혜주, 흙건축의 동향과전.망, 건축, 대한건축학회, 2003. 5, 차정만, 지속가능한 건축재료의 개발과 흙, 건축. v.47 n.12, 2003.12, 김병선, 국내외 친환경 인증제도의 발전과정 및 사례 비교분석, 대한건축학회 친환경 건축인증. 워크샵, 2005. 2

2) 이경희, 흙과 인간환경, 건축, 대한건축학회, 1992. 2. 황혜주, 흙건축의 동향과 전망, 건축, 대한건축학회, 2003. 5.

2. 흙건축 공법의 종류 및 선정이유

2.1 흙건축 공법의 종류

흙건축 공법은 흙을 일정한 크기의 단위개체로 만들어 쌓는 방식인 단위개체식, 일체로 만드는 일체식, 다른 벽체나 틀에 바르거나 붙이는 덧붙임식으로 나눌 수 있다. 이러한 흙건축 공법을 정리하면 다음 그림1과 같다.³⁾

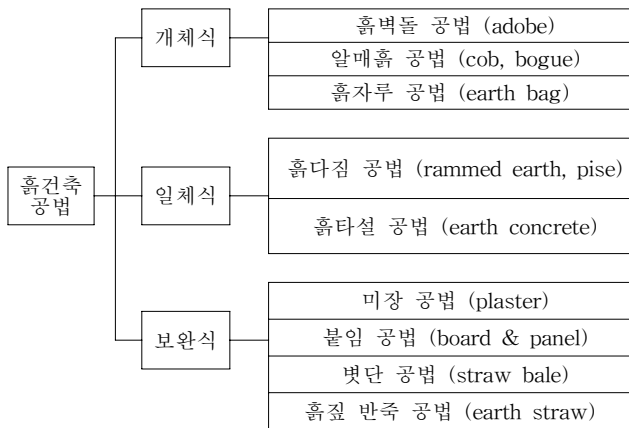


그림 1. 흙건축 공법의 분류

2.2 흙벽돌과 흙미장의 선정 이유

친환경건축에 대한 관심이 나타나기 시작한 90년대 중반 이후에 건축된 흙주거의 건축현황을 집주인의 거주를 목적으로 하는 흙주택과 일반인의 이용과 숙박을 위한 흙펜션으로 구분하여 전국적인 분포를 살펴보면, 흙주택은 수도권 특히 경기도 일원에 집중 분포되어 있으며 흙펜션은 산, 강, 바다 등에 근접한 관광지를 중심으로 분포하고 있다.

황토를 생산하는 광산의 소재지와 수를 조사⁴⁾하여 흙주거 분포와의 상관성을 분석하였으나, 황토의 생산지와 흙주거가 건축된 지역 사이의 직접적인 연계성은 작은 것으로 판단되며, 오히려 사회경제적인 요인이 흙주거의 분포에 크게 작용하였을 것으로 추론할 수 있다.⁵⁾

표 1. 황토를 생산하는 광산의 지역적 분포(2005년)

지역	서울시	인천시	울산시	광주시	경기도	강원도	충청북도	충청남도	전라북도	전라남도	경상북도	경상남도
광산수	1	1	3	4	29	20	13	36	25	24	60	114

3) 이상혁, 벽체를 형성하는 흙건축 구성재 이미지에 관한 연구, 2007. 2.

4) <http://apec.kigam.re.kr>, <http://www.geo4u.info> 등을 참조함

5) 김정규, 정주성, 흙주거의 건축적 특성 및 이용현황 분석, 한국주거학회논문집,12(1), 2006. 02

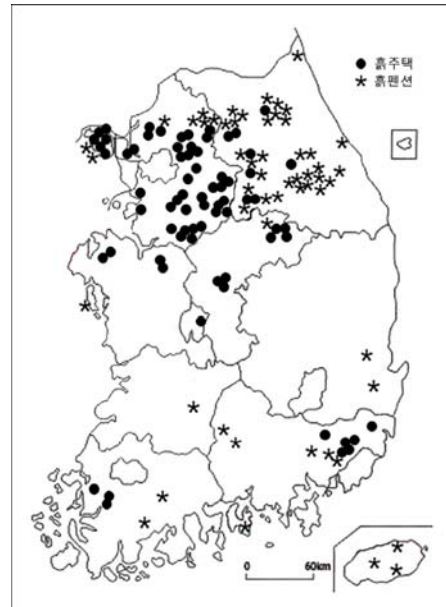


그림 2. 황토를 생산하는 광산의 지역적 분포(2005년)

유형별 흙건축 재료 현황을 보면 현재 주로 사용되거나 개발되고 있는 흙 건축재료들은 공법별로 유형을 분류하면 표 2와 같다.

표 2. 흙을 활용한 건축재료의 유형

공법	재료	적용부위
조적	· 흙벽돌, 흙블록	구조체, 외장
다짐, 타설	· 현장형성 흙 건축재료	구조체
바름	· 흙미장재	외장,내장
	· 흙도장재	
부착	· 흙 보드 및 몰딩 · 흙 벽지 및 장판	내장

조적에 의해 시공하는 흙벽돌, 흙블록 등의 경우 구조체 혹은 외장용으로 적용되며 다양한 크기 및 용도의 제품이 생산되고 있다. 구조체에 주로 적용하는 현장형성 흙 건축재료는 콘크리트의 경우와 유사하게 거추잡 내에 채워넣은 후 다지거나 혹은 타설(유동성을 좋게 하여 부어 넣음)하여 시공하게 된다. 흙미장재 및 도장재는 분말을 물과 혼합하거나 액상제품을 발라서 시공하게 된다. 흙보드 및 몰딩, 흙벽지 및 장판 등은 접착매체 등을 이용하여 부착하는 방식으로 시공된다.

흙집 시공 현황을 살펴보면 흙집에 가장 많이 적용되고 있는 대표적 흙 건축재료는 흙벽돌, 현장형성 흙 건축재료, 흙미장재라고 할 수 있다. 기존 연구⁶⁾에 따르면 국내 흙집 중 흙벽돌을 사용한 경우가 77.1%에 해당되는 것으

6) 김정규, 정주성, 흙주거의 건축적 특성 및 이용현황 분석, 한국주거학회논문집,12(1), 2006. 02.

로 나타났다. 한편 흡집에서의 내부 마감은 흙미장 (27.1% 또는 흙미장+벽지(62.7%)를 사용한 경우가 가장 많은 것으로 나타났다.⁸⁾ 이처럼 흡건축 공법에서 가장 많이 사용되는 개체식의 한 종류인 흙벽돌과 보완식의 한 종류인 흙미장을 선정하여 흡음률을 측정하였다.

3. 실험 측정 및 방법

3.1 잔향실법 흡음률

재료의 흡음률은 음의 입사각도에 따라 달라진다. 실내에서는 음이 여러 각도에서 벽면에 입사되기 때문에 랜덤입사에 대한 흡음률을 구해야 한다. 이러한 랜덤입사는 완전 확산상태인 경우이고 실제로는 잔향시간이 인위적으로 길게 만들어진 잔향실에서 측정된 흡음률을 잔향실법 흡음률이라 한다.

$$\alpha = \frac{55.3V}{cS} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$$

- α : 잔향실법 흡음률
- V : 잔향실의 체적 [m³]
- S : 시료의 면적 [m²]
- T₁ : 시료를 넣은 후의 잔향시간 [sec]
- T₂ : 시료를 넣기 전의 잔향시간 [sec]
- c : 공기중의 음속(m/s)
c = 331.5 + 0.61t
- t : 공기중의 온도(°C)

3.2 측정방법 및 측정기기

측정은 KS F 2805 (잔향실법 흡음률 측정방법:2004)에 준하여 목포대학교 잔향실에서 실시하였으며, 측정에 사용된 기기는 다음과 같다.

표 3. 측정기기

번호	용도	측정기기	제조사	모델 번호
1	Analyzer System	Symphony	01dB	dB BATI 32
2		Notebook computer	LG IBM	
3	Recording 장치	Condenser Microphone	GRAS	GRAS 40AP
4		Microphone Pre amplifier	GRAS	GRAS 26AF
5	Speaker	loud speaker	Norsonic	NOR229
6		Power Amplifier	Norsonic	NOR260

7) 거실 80.6%, 방 89.2%에 한지벽지 사용
8) 송설영 외 흙 건축재료의 열 물성 평가 및 실험을 통한 홀 구조체의 하계온도 조절 기능분석. 대한 건축학회논문집 제22권 12호 2006.12.

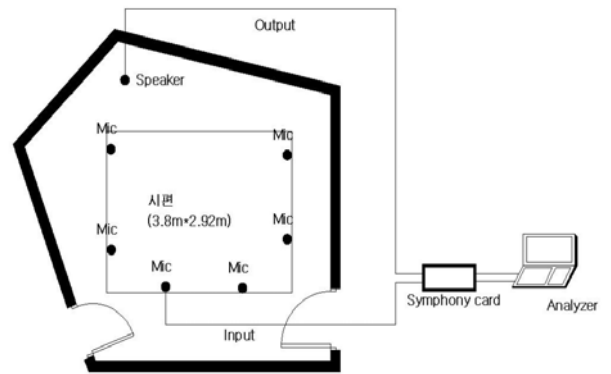


그림 3. 측정연결 시스템

측정 시료는 11.1m²까지의 면적으로 3.8×2.82m의 장방형으로 하고 실내의 일면의 중앙부에 집중 배치하였으며 공기층은 두지 않고 측면처리방법으로는 강제로 옆면을 막고 실험을 실시하였다. 측정 주파수는 100~5000Hz에 대하여 실시하였고 잔향시간의 측정을 잔향실 내의 음원 2점, 수음점을 6점 이상을 선택하여 최소 12점 이상 시행하였다. 흙미장의 경우 음향실 바닥에 3.8×2.82m의 장방형으로 미장을 하여 실험을 실시하였다.

3.3 측정잔향실험실의 제원

목포대학교 공장동내에 있으며 KS F 2805기준을 만족하며 제원은 아래 표와 같다.

표 4. 목포대학교 잔향실험실의 제원

시료설치면적	11.1m ²
용적	209.6m ³
대각선의 길이비	1.55
내부면적	200.9m ²
평면형상	부정형5다각형
단면형상	부정형사다리꼴
바닥면적	32.75m ²

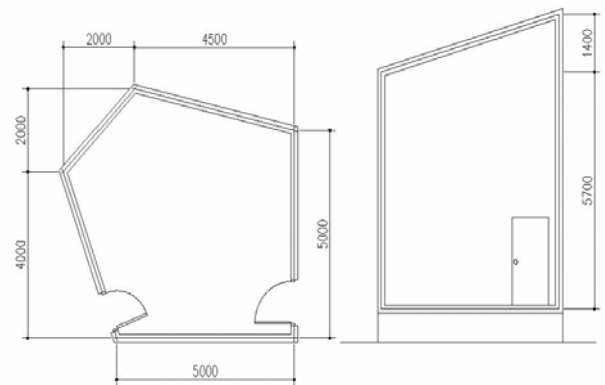


그림 4. 목포대학교 잔향실의 형태

3.4 측정대상

흙건축 공법에서 가장 많이 사용되는 개체식의 한 종류인 흙벽돌과 보완식의 한 종류인 흙미장을 선정하여 흡음률을 측정하였다.

표 5. 측정대상구조

품목	규격	압축강도	흡수율	비 고
생태흡음블럭 (바닥용) A	250*125*65	21 Mpa 이상	7%이하 10%이하	입도(2~5mm)
생태흡음블럭 (조적용) B	290*90*90			입도(2~5mm)
생태흡음블럭 (조적용) C	290*90*90			입도(5~8mm)
흙미장	3980*2800			



그림 5. 흙벽돌



그림 6. 흙미장



그림 7. 흙벽돌 실험 사진



그림 8. 흙미장 실험 사진

4. 측정결과

본 연구에서는 기존의 콘크리트 제품과는 다른 화학적으로 무해하고 친환경재료인 흙벽돌과 흙미장의 흡음특성을 분석하여 흙건축의 합리적인 활용방안으로 적용 가능성을 검토해 보고자 실험을 실시하였다. 실험은 흙벽돌과 흙미장의 두가지 활용 패턴에 대하여 수행하였다.

첫째, 흙벽돌을 사용했을 때와 다른 재료와의 흡음특성을 비교하고 흙벽돌의 입자의 크기의 변화에 따라 흡음특성이 어떻게 달라지는 지 실험하였다.

둘째, 흙미장으로 마감할 때와 다른재료로 마감하였을 때 흡음특성이 어떻게 달라지는 지에 대하여 평가하였다. 설치 방법으로는 간향실험실 바닥에 3.8×2.82m의 흙미장을 직접 시공하였다.

4.1 흙벽돌의 흡음 특성

그림 9의 측정 결과에서 확인할 수 있듯이 흙벽돌은 저주파대역에서 흡음률이 다소 낮은 점이 있으나 중고주파대역에서의 흡음률은 상당히 높게 나타나고 있다. 일반적인 다공질 재료의 주파수별 흡음성능은 중고음역의 흡음성이 높고 저음부에서 흡음성능은 매우 낮다⁹⁾. 또한 다공질형 흡음재의 종류¹⁰⁾와 비교했을 때 측정값이 비슷한 양상을 나타내고 있다. 그러므로 흙벽돌의 경우 차량소음 등의 중고주파대역의 흡음재료로서 유리면, 암면과 달리 인체에 무해하고, 내화성이 우수하며, 강체형이라는 장점이 있을 뿐 아니라 흡음률도 일반흡음재와 유사하였다. 따라서 기존의 섬유상흡음재(유리면, 암면)의 대체재로써 사용시 효과를 볼 수 있을 것으로 사료된다.

표 6. 흙벽돌의 측정값

주파수 대역	생태흡음블럭 (바닥용) 입도 (2~5mm) A	생태흡음블럭 (조적용) 입도 (2~5mm) B	셀스톤 (cellstone:50mm+primer)	텍텀 (25mm)
125	0.09	0.07	0.22	0.48
250	0.18	0.15	0.60	0.46
500	0.66	0.54	0.91	0.36
1k	0.56	0.59	0.82	0.55
2k	0.54	0.64	0.82	0.74
4k	0.61	0.73	0.79	0.79

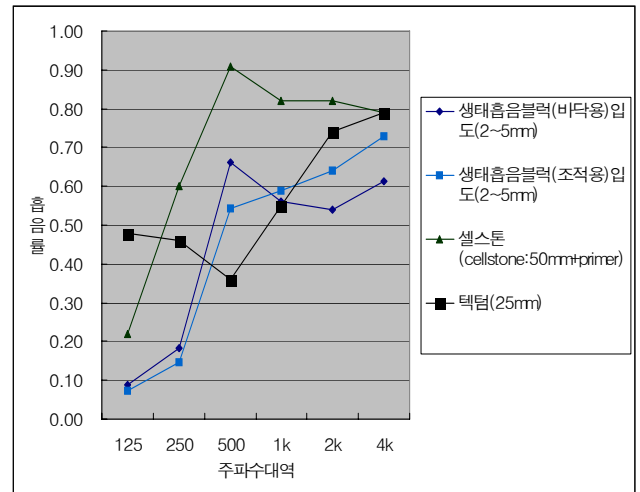


그림 9. 흙벽돌과 다공질형 흡음재와 비교

바닥용 혹은 조적용 흙벽돌의 입도에 따른 차이는 그림 10에서 나타내고 있다. 음이 재료내로 흡수되면서 미세한 기공까지 음압변동이 전달되어 공기의 점성마찰이

9) 한국소음진동학회 저 「소음·진동 편람」 p.93, 1995

10) 김재수 건축음향설계, 세진사. 재료의 흡음률. 2003

생거나 음에너지의 일부가 열에너지로 바뀌면서 흡음작용을 하는 것이 일반적인 다공질 재료의 흡음기구¹¹⁾이다. 입자의 크기가 커짐에 따라 공극율이 늘어나므로 인해 입사되는 음에너지가 마찰로 인하여 열에너지로 바뀌어 소모되는 양이 많아지므로 입도가 가장 큰 C(5~8mm) 블록이 중고주파대역에서 가장 좋은 흡음 성능을 나타내고 있다. 다만 다공질 흡음재의 일반적인 흡음 특성과도 같이 125Hz 및 250Hz 주파수 대역의 저음에서는 이러한 차이를 현저하게 볼 수 없으며, 500Hz 대역 이상에서 고주파로 갈수록 흡음률의 차이를 분명히 확인할 수 있다.

표 7. 흙벽돌의 입도에 따른 변화값

주파수 대역	생태흡음블럭 (바닥용)입도 (2~5mm)A	생태흡음블럭 (조적용)입도 (2~5mm)B	생태흡음블럭 (조적용)입도 (5~8mm)C
125	0.09	0.07	0.07
250	0.18	0.15	0.16
500	0.66	0.54	0.65
1k	0.56	0.59	0.62
2k	0.54	0.64	0.70
4k	0.61	0.73	0.77

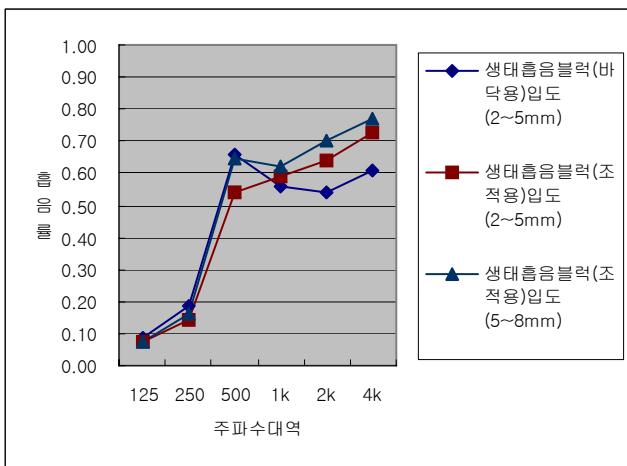


그림 10. 흙재료의 입도에 따른 변화

그림 11에서 볼 수 있는 흙벽돌의 구멍 방향¹²⁾과 공극면 방향의 노출면 차이에 의한 흡음특성의 변화는 흙벽돌을 활용한 흡음재료의 다양한 가능성을 시사한다. 즉 저주파의 흡음이 더욱 필요한 상황에서는 흙벽돌 구멍의 디자인을 다양하게 변화시키면서 공명에 의한 흡음력을 조절할 수 있다. 저음보다는 중·고음의 흡음이 필요한 경우는 구멍보다는 흙벽돌 입자 사이의 다공성에 의한 흡음을 더욱 강조하여야 한다.

11) 전남대학교 공업기술연구소, “쌍용 초경량콘크리트 흡음재의 흡음성능평가” p.13 1995

12) 구멍이 뚫린 방향을 상부로 노출시킴, 그림 3 참조

표 8. 흙벽돌의 구멍이나 공극에 따른 변화값

주파수 대역	생태흡음블럭 (조적용) 입도 (2~5mm)B	생태흡음블럭 (조적용) 입도 (2~5mm) 구멍방향 B	생태흡음블럭 (조적용) 입도 (5~8mm)C	생태흡음블럭 (조적용) 입도 (5~8mm) 구멍방향 C
125	0.07	0.12	0.07	0.12
250	0.15	0.37	0.16	0.34
500	0.54	0.74	0.65	0.79
1k	0.59	0.47	0.62	0.46
2k	0.64	0.52	0.70	0.51
4k	0.73	0.71	0.77	0.74

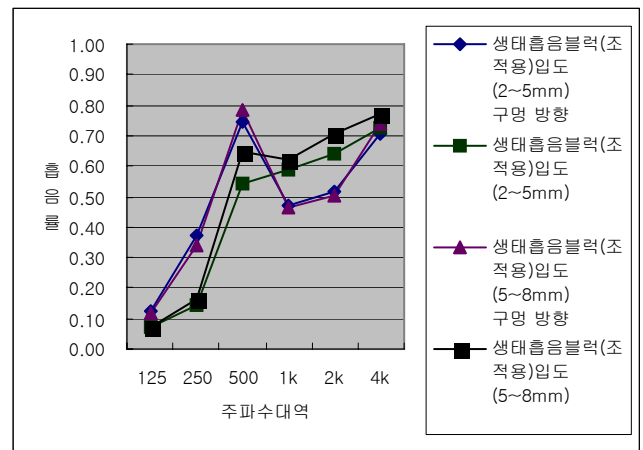


그림 11. 구멍이나 공극에 의한 영향

4.2 흙미장의 흡음 특성

흡음 사용한 마감의 한 형태로 흙미장의 흡음 특성을 조사하였다. 합판 등의 패널 마감이나 시멘트플라스터 등의 일반 세라믹 마감재료와 달리 흙미장은 다공질흡음재로서의 기본 흡음 특성을 그대로 보여주고 있다. 대부분의 다공질흡음재는 충격이나 접촉 등에 취약한 화학제품으로 구성되어 있어 실내에서의 사용에 별도의 표면마감재를 사용하여야 하는 반면, 흙미장은 세라믹 재질로서 별도의 마감재 없이 흡음재로 표면에 사용 가능하다. 시공 후의 양생 등에 많은 시간이 걸리는 관계로 두께에 따른 다양한 실험을 수행하지는 못하였으나 조적용 흙벽돌의 측정 결과를 감안한다면 두께를 90mm 까지 증가시킬 경우 중, 고주파에서 0.7 이상의 높은 흡음률을 갖는 본격적인 흡음용 마감으로 활용도 가능하리라 판단된다. 현재 충격에 강하고 잘 마모되지 않는 표면재로서의 다공질흡음재가 거의 없는 상황을 감안한다면, 흙미장 마감은 저에너지 건축자재로서나 휘발성 유기화합물 등의 친환경성에서 뿐 아니라 기능성 마감재료로서의 활용 가능성까지 장점으로 활용할 수 있다.

표 8. 흙미장과 비교대상의 흡음특성

주파수 대역	흙미장	매끄러운 콘크리트면 (마감안됨)	석회시멘트 플라스터	합판
125	0.08	0.01	0.02	0.28
250	0.12	0.01	0.02	0.22
500	0.21	0.02	0.03	0.17
1k	0.32	0.02	0.04	0.09
2k	0.39	0.02	0.05	0.1
4k	0.34	0.05	0.05	0.11

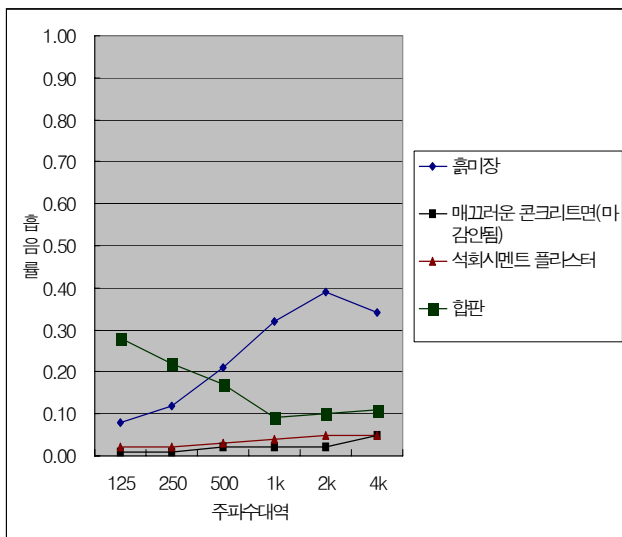


그림 12. 흙미장의 흡음 특성

5. 결론

산업문명이 발달되고 도시화되면서 많은 도시의 건축물들이 콘크리트와 철재로 건설되고 있으며, 주택 또한 이 콘크리트와 철재로 건설되는 콘크리트문화를 이루고 있다. 이러한 콘크리트와 철재들은 독성을 가지고 있어, 이러한 독성은 동, 식물뿐만 아니라 특히 콘크리트 건축물 내에서 주로 생활할 수밖에 없는 인간의 주거환경 속에서 인체의 건강에 지대한 문제를 야기시킬 수 있다. 이에 독성이 없으면서도 인간의 건강을 증진시킬 수 있는 건축재료로서 황토에 관한 관심이 증대되고 있는 것이 현실이다. 이에 본 연구에서는 기존의 제품과는 다른 화학적으로 무해하고 생태적 특성을 지니고 있는 흙건축 공법 중 우리나라에서 가장 많이 사용되고 있는 흙벽돌과 흙미장에 따라 흡음특성이 어떻게 달라지는 지 KS 규격에 의한 실험으로 비교하고 그에 따른 합리적인 이용 방법을 모색하고자 하였다.

첫째, 생태흡음벽돌은 저주파대역에서 흡음률이 다소 낮은 점이 있으나 중고주파대역에서의 흡음률은 큰 차이를 보이고 있다. 그러므로 생태흡음벽돌의 경우 차량소음 등

의 중고주파대역의 흡음재료로서 유리면, 압면과 달리 인체에 무해하고, 내화성이 우수하며, 강체형이라는 장점이 있을 뿐 아니라 흡음률도 일반흡음재와 유사하였다. 따라서 기존의 섬유상흡음재(유리면, 압면)의 대체재로서 사용시 효과를 볼 수 있을 것으로 사료된다.

둘째, 입자의 크기가 커짐에 따라 공극율이 늘어나므로 인해 입사되는 음에너지가 마찰로 인하여 열에너지로 바뀌어 소모되는 양이 많아진다. 따라서 입도가 가장 큰 C(5-8mm) 블록이 중고주파대역에서 가장 좋은 흡음 성능을 나타내고 있는 것으로 사료된다. 또한 블록의 천공 유무에 따라 저주파 대역(500Hz)이하에서 흡음률 차이를 보이고 있는 것은 개구부가 없을 때는 저주파수의 흡음률이 높지만 개구율이 많아질수록 고주파수에서 흡음률이 높음을 알 수 있다. 이것은 천공부분에서의 공명흡음에 따른 저주파 흡음으로 사료된다. 또한 500Hz 이상의 중고주파대역에서는 흡음면적의 손실로 인하여 흡음률이 감소된 것으로 사료된다.

셋째, 황토미장의 경우 건물 내부를 마감할 때 사용하는 다른 재료인 시멘트나 콘크리트로 마감했을 때 보다 어느 정도의 흡음 성능이 더 좋은 것으로 나타났다. 특히 충격에 강하고 잘 마모되지 않는 표면재로서의 다공질흡음재가 거의 없는 상황을 감안한다면, 흙미장 마감은 친환경성에서 뿐 아니라 기능성 마감재료로서의 활용 가능성이 매우 높다고 평가할 수 있다

참고문헌

1. 박정식 외 흙건축의 생태적 의미와 현대적 이용에 관한 연구, 대한건축학회 학술발표논문집 20권. 2호, 2000. 10.
2. 황혜주, 흙건축의 동향과전.망, 건축, 대한건축학회, 2003. 5,
3. 차정만, 지속가능한 건축재료의 개발과 흡, 건축. v.47 n.12, 2003.12,
4. 김병선, 국내외 친환경 인증제도의 발전과정 및 사례 비교분석, 대한건축학회 친환경 건축인증. 워크샵, 2005. 2
5. 이경희, 흙과 인간환경, 건축, 대한건축학회, 1992. 2. 황혜주, 흙건축의 동향과 전망, 건축, 대한건축학회, 2003. 5.
6. 이장혁, 벽체를 형성하는 흙건축 구성재 이미지에 관한 연구, 2007. 2.
7. 김정규, 정주성, 흙주거의 건축적 특성 및 이용현황 분석, 한국주거학회논문집,12(1), 2006. 02
8. 송설영 외 흙 건축재료의 열 물성 평가 및 실험을 통한 흙 구조체의 하계온도 조절 기능분석. 대한 건축학회논문집 제22권 12호 2006.12
9. 한국소음진동학회 저 「소음·진동 편람」 p.93, 1995
10. 전남대학교 공업기술연구소, “쌍용초경량콘크리트 흡음재의 흡음성능평가” p.13 1995
11. 김태현 외 강체흡음재의 흡음 성능에 관한 연구 시멘트 심포지엄 논문집 p.178~181 1997.
12. 황토를 이용한 전자제 제조장치 및 제조방법에 관한 핵심기술 진단결과 보고서 " 2002.09.24