

황토를 이용한 친환경 유공 흡음보드의 흡음특성

Absorption Characteristics of Perforated Environment Friendly Sound Absorbing Board using Hwangto

김 선 우* 박 현 구**
Kim, Sun-Woo Park, Hyeon Ku

Abstract

Sound absorbing materials used for lightweight panels and interior material are mainly made of fibroid material such as glass wool or rock wool. However these fiber type sound absorbing materials have some problems such that sound absorption could be decreased as time goes by because of durability. In addition, dust scattering from fiber type material can cause another problem in health. In this point of view, this study aims to develop environment friendly sound absorbing material using Hwangto(so called loess or yellow soil), a traditional housing material. Hwangto is natural housing material in Korea and generally known for improving indoor air quality. Hwangto panel is made to construct on the floor, wall and ceiling, and expected that there is not enough absorption. Present study tried to develop environment friendly sound absorbing material that has high sound absorption performance with good environment performance in terms of air quality. Pore rate was designed to maximize the absorption in the specific frequency bands, and two kinds of backing space were applied in order to see the effect of backing space. As a result peak frequency that has maximum absorption is going high as the pore rate is increased. The backing space provides more absorption and makes the peak frequency down to low.

키워드 : 친환경 흡음재, 황토, 유공율

Keywords : Environment Friendly Sound Absorbing Material, Hwangto, Pore rate

1. 서 론

1992년 리우 유엔 환경개발회의를 통해 온실가스를 배출을 제한하고, 1997년 교토의정서를 통해 온실가스를 감축하고자 하는 움직임이 전세계적으로 일고 있다. 이와 같은 맥락에서 국내에서도 온실가스를 감소시키기 위한 노력이 사회 각 분야에서 이루어지고 있다. 건축 분야에서는 친환경건축물 인증기준¹⁾을 통해 에너지, 재료 및 자원, 생태환경 등 다양한 분야에 대해 평가기준을 수립하여 친환경 성능을 평가하고 있다. 특히 자원재활용 및 유해물질 저함유 자재에 대한 평가를 통해 친환경 재료의 사용을 권장하고 있다.

건축물 내부 벽 및 천장에 사용되는 재료는 일반적으로 화학물질이 많이 사용되고 있으며, 이는 거주자들의 건강 문제에 영향을 미칠 뿐만 아니라 화재 발생시 유독가스를 발생하게 되어 많은 문제점을 가지고 있다. 따라서 실내 공간에 사용되는 재료를 친환경적으로 함으로써 사용자

에 쾌적성과 안전성을 확보해야 할 필요성이 있다.

한편, 실내 공간의 울림 등 음향적 문제를 해결하기 위해 사용되는 흡음재는 얇고 넓은 판으로 이루어진 판상형 재료, 표면의 큰 구멍과 배후 공간으로 이루어진 공명기형 재료 및 재료 내부에 공기층을 많이 포함하고 있는 다공질 재료가 있다. 본 연구는 우리나라에서 목재와 함께 주요 건물 재료로 사용되어 온 황토를 사용한 흡음재의 적용 가능성을 살펴보고자 하였다. 황토는 습도 조절 능력과 항균성능, 탈취성능 등 공기환경적 측면 뿐 아니라 천연 재료로서 재활용할 수 있다는 점에서 실내 공간에 흡음재로서 적용될 수 있다면, 공기환경, 음환경 및 자원재활용 측면에서 매우 바람직한 재료라 할 수 있다. 따라서 황토를 건축재료로 사용하기 위한 많은 연구들이 있으며, 이러한 연구들은 황토가 취약한 강도, 수축 및 균열을 해결하기 위한 것²⁻³⁾과 경량기포콘크리트에 관한 것⁴⁻⁶⁾이 많은 비율을 차지하고 있다.

본 연구는 친환경 재료인 황토로 만든 판상형 재료에 타공을 함으로써 판상형 특성과 공명기형 특성을 갖는 황토판재의 흡음성능을 측정하였으며, 흡음성능에 영향을 미치는 타공율과 배후공기층의 변화를 통해 흡음특성의 변화특성을 분석하고자 하였다.

* 전남대학교 건축학부 교수, 공학박사(swk@jnu.ac.kr)

** 교신저자, 전남대학교 바이오하우징연구사업단, 공학박사
(soundpark@criemail.net)

2. 실험실 실험을 통한 흡음을 측정

2.1 흡음을 측정

본 연구에서는 잔향실험실 실험을 통해 황토판재의 흡음성능을 분석하고, 표면 타공을 변화와 배후공기층 변화를 통해 유공 황토판재의 흡음특성을 비교하고자 하였다. 흡음을 측정은 KS F ISO 11654(건축물용 흡음재의 흡음 성능 평가 방법)에 따라 전남대학교 잔향실험실에서 실시되었다. 스피커 위치는 두 곳에 설치하였으며, 각 스피커에서 음원 발생시 다섯 곳에서 마이크로폰을 통해 동시에 잔향시간을 측정하였다. 각 위치에서 세 번씩 측정하였으며, 전체 30회 측정값을 평균한 값을 사용하여 흡음율을 계산하였다. 잔향실 체적은 171m³ 이며 시험편의 면적은 12m², 시험에 사용한 기기는 다음과 같다.

- Microphones and Pre-amplifiers
- 8ch Signal Analyser (Rion SA-01)
- Personal Computer (LG X-note LW40)
- Speaker (B&K Type 4224)
- Digital 온습도계

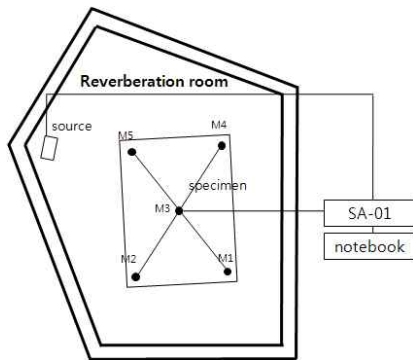


그림 1. 잔향실험실 평면도 및 실험기기 배치



(a) 유공율 0.27%



(b) 유공율 2.61%

사진 1. 유공 황토판재 실험실 설치 장면

2.2 황토 패널

실험에 사용된 황토판재는 황토와 벚짚, 소맥분 등을 혼합하여 뒷면에 종이를 부착해 만든 넓은 판상형 재료이다. 일반적으로 구조재료 등에 사용되는 황토는 활성황토인 반면, 본 실험 대상에 적용된 황토는 생활토를 사용함으로써 활성황토에 비해 황토 고유의 친환경적 특성을 더 잘 보유하고 있다 할 수 있다. 벚짚은 강도를 보강하기 위한 것으로서 균열 억제 효과가 있다³⁾.



사진 2. 황토판재에 사용된 생활토와 벚짚(사진출처: <http://www.on-a.co.kr/>)

2.3 유공면적 결정

유공형 판재의 경우 공명기형 흡음특성인 저주파수 대역에서 높은 흡음력을 나타낼 것으로 보이며, 유공율은 63Hz에서 500Hz 대역의 저주파수 대역에서 최대 흡음력을 갖도록 계획하였다. 배후공기층은 각각 30mm와 60mm로 하였으며, 배후공기층 없이 벽면 위에 그대로 설치될 때의 특성과 비교하였다(그림 2).

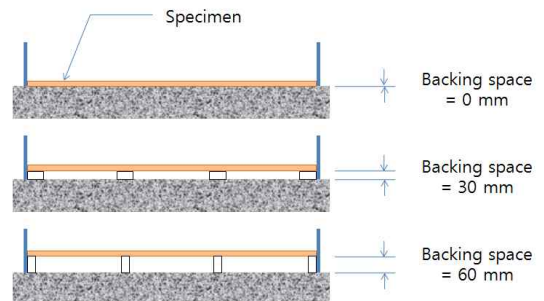


그림 2. 황토판재의 배후공기층 설치

배후공기층과 재료의 두께, 유공율 등을 고려하여 유공판 흡음재의 공진주파수를 계산하기 위한 식은 이 구조의 노멀음향 임피던스식으로부터 유도된 다음 식을 사용하였다⁷⁾.

$$f_o = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{p}{t'L}} \quad \text{식 1.}$$

여기에서, c는 음속(m/sec), p는 유공율로서 유공면적(m²)/전체면적(m²), t' = T + 0.8d, T = 재료의 두께(m), d = 구멍의 직경, L = 배후공기층의 높이(m)이다.

황토판재의 두께가 9.5mm 이고 계획된 배후공기층이 각각 30mm, 60mm 이었으며, 단위크기가 0.6m × 1.2m 이므로, 구멍의 크기 및 배열을 감안하여, 단위크기에 각각 25개, 50개, 250개를 계획하여 해당 유공율에 대한 공진주파수를 산출하였다. 표 1은 유공율에 따른 공진주파수를

나타낸 것으로 63Hz 이상 400Hz 이하의 대역에서 최대 흡음율을 가질 것으로 예상된다.

표 1. 공진주파수에 대응하는 유공면적

단위 패널당 구멍 갯수	유공율 (%)	공진주파수 (Hz)	
		배후공기층 30mm	배후공기층 60mm
25	0.27	123	87
50	0.55	174	123
240	2.61	382	270

실험대상 황토판재의 유공율, 배후공기층의 변화에 따른 흡음특성의 차이를 비교하기 위한 시편의 구성은 표 2와 같다. 황토판재 자체의 흡음특성에 대해 배후공기층 유무에 따른 특성을 측정하였으며, 이에 대한 비교사항으로 공진주파수에 큰 영향을 미치는 유공율과 배후공기층의 변화에 따른 흡음특성을 측정하였다.

표 2. 시험 대상 시편의 구성

구분	구조명	유공율 (%)	배후공기층 (mm)	비고
1	BS_0	0	0	- 두께 : 9.5 mm - 밀도: 741 kg/m ³ - 구멍지름: 10 mm
2	BS_30	0	30	
3	BS_60	0	60	
4	0.3_BS_0	0.27	0	
5	0.3_BS_30	0.27	30	
6	0.3_BS_60	0.27	60	
7	0.6_BS_0	0.55	0	
8	0.6_BS_30	0.55	30	
9	0.65_BS_60	0.55	60	
10	3.0_BS_0	2.61	0	
11	3.0_BS_30	2.61	30	
12	3.0_BS_60	2.61	60	
13	3.0_BS_0+G/W	2.61	0	
14	3.0_BS_30+G/W	2.61	30	
15	3.0_BS_60+G/W	2.61	60	

3. 흡음율 측정결과 분석

3.1 황토판재 자체의 흡음특성

실험대상인 황토판재는 두께가 얇은 판상형 재료이며, 천장 및 벽체에 마감재료로 사용된다. 판진동형 흡음재는

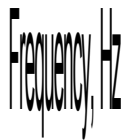
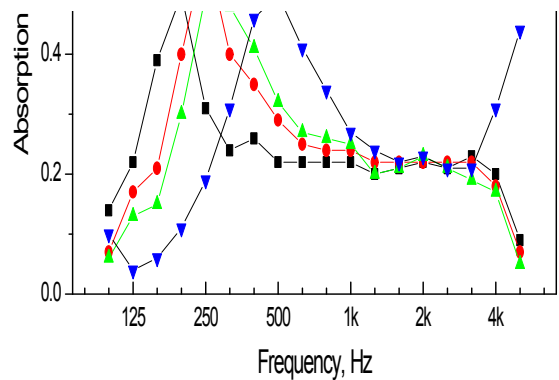


그림 3. 황토판재의 흡음특성

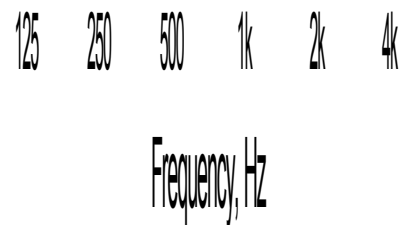
일반적으로 저주파수 대역에서의 흡음율이 높게 나타나는 특징이 있다. 그림 3은 황토판재의 흡음특성을 나타낸 것으로 배후공기층 없이 바닥위에 설치한 구조와 배후공기층이 각각 3cm, 6cm인 구조를 비교한 것이다. 배후공기층이 없는 경우 표면의 흡음력으로 인해 저주파수 대역에서의 흡음성능이 낮고 500Hz 이상의 대역에서 0.2 정도의 흡음율을 나타내고 있다. 그러나 배후공기층의 두께가 증가할수록 흡음율이 최대가 되는 피크주파수가 각각 200Hz, 160Hz의 저주파수 대역으로 내려감을 알 수 있다. 최대흡음율은 약 0.5 정도로서 500Hz 이하의 대역에서만 흡음율이 증가하였다.

3.2 유공율에 따른 흡음특성

유공율은 전체면적에 대한 유공부분의 면적으로 유공율이 증가할수록 최대흡음력을 갖는 공진주파수가 높아지게 된다. 그림 4는 유공율에 따른 유공 황토판재의 흡음성능 변화를 비교한 것이다. (a)는 배후공기층이 30mm인 구조로서 유공율 증가에 따라 공진주파수가 200Hz, 250Hz 및 500Hz로 점점 높아지고 있다. 흡음율은 0.5로서 유공이 없는 패널 자체의 흡음율과 거의 비슷하게 나타나고 있다. (b)는 배후공기층 두께가 60mm로서 앞의 결과와 유사하게 공진주파수는 고주파수 대역으로 높아졌으나, 흡음율은 약 0.1에서 0.2까지 증가하였음을 알 수 있다.



(a) 배후공기층 두께 30mm



(b) 배후공기층 두께 60mm

그림 4. 유공율에 따른 흡음특성 비교

3.3 배후공기층에 따른 흡음특성

배후공기층은 일반적으로 흡음재의 흡음성능을 향상시킨다. 판상형 흡음재나 유공 패널 흡음재의 경우 배후공기층의 두께가 증가할수록 공진주파수가 저주파수 대역으로 낮아지게 된다. 그림 5는 배후공기층에 따른 흡음율 차이를 비교한 것으로서 배후공기층 증가에 따라 공진주파수

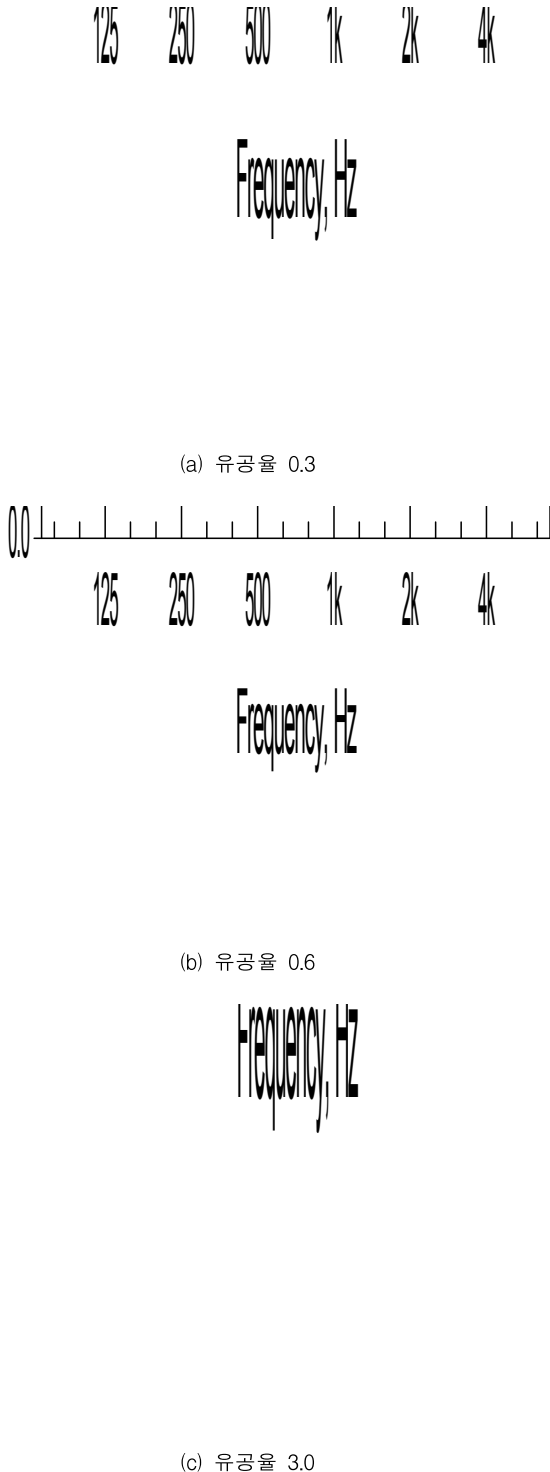


그림 5. 배후공기층에 따른 흡음특성 비교

가 저주파수 대역으로 낮아지고 있음을 알 수 있다. (a)는 유공율 0.3일 때의 흡음특성을 비교한 것으로 배후공기층이 증가함에 따라 공진주파수가 각각 250Hz, 160Hz 대역으로 나타남을 알 수 있으며, 공진주파수에서의 흡음율 또한 높게 나타났다. (b)는 유공율 0.6일 때의 흡음특성으로서 앞의 경우와 유사한 결과를 보이고 있다. (c)는 유공율 3.0에 대한 흡음특성으로서 공진주파수는 500Hz, 315Hz로 나타나고 있으며, 앞의 두 경우와 달리 흡음율 증가는 나타나지 않았다. 특히 유공율이 3.0인 황도판재를 바닥에 공기층 없이 놓을 경우 흡음특성이 바닥위에 놓인 다른 구조와 달리 다르게 나타나고 있는데, 고주파수 대역에서 흡음율이 우수하게 나타남을 알 수 있다. 이러한 점은 재료 표면에 구멍을 뚫음으로써 개구율의 증가 뿐만 아니라 구멍 내부의 황도 부분이 흡음에 유효한 흡음면적으로 되어 흡음율을 향상시킨 것으로 사료된다.

3.4 배후공기층 흡음재 설치에 따른 흡음특성

유공 황도판재의 흡음특성을 보다 다양하게 비교하기 위해 흡음재 뒷 공간인 배후공기층 부분에 다공성 흡음재를 설치함으로써 흡음성능의 변화를 분석하고자 하였다. 그림 6은 실험에 사용된 다공성 흡음재와 흡음재를 배후공기층 부분에 설치하였을 경우 배후공기층 증가에 따른 흡음특성의 변화를 살펴본 것이다. 다공성 흡음재의 흡음특성은 전형적인 사례로 나타나고 있으며, 중고주파수 대역에서 높은 흡음율을 보이고 있다. 1k ~ 2k Hz 대역에서 약 0.5에서 0.6 사이의 흡음율을 나타내고 있으며, 배후공기층의 두께에 따른 큰 차이 없이 유사한 흡음성능을 나타내고 있다. 특히 흡음재가 설치될 경우 유공 황도판재의 흡음특성은 다공성 흡음재 바로 위에 황도판재를 놓았을 경우 피크주파수에서 가장 낮은 흡음율을 보이고 있지만 흡음 범위는 공기층이 있는 경우에 비해 더 넓은 영역으로 나타남을 알 수 있다. 배후공기층의 증가에 따라 흡음면적의 범위는 더 좁게 나타남을 알 수 있다.

그림 7은 배후공기층에 흡음재를 설치한 경우 배후공기층만 있는 구조와 비교한 것이다. 배후공기층이 없는 경우 배후 흡음재가 없는 구조의 최대흡음성능은 고주파수 대역에 있으나, 배후 흡음재가 있는 구조는 피크주파수가 315Hz로 나타나 배후공기층이 없는데도 불구하고 배후공기층이 있는 구조의 흡음특성을 보이고 있다. 이와 같은 결과는 다공성 흡음재가 일종의 공기층 역할을 하는 것으로 볼 수 있으며, 배후공기층 없이 다공성 흡음재가 설치될 경우 유공 황도판재의 흡음특성은 유공판형 흡음특성을 보임을 알 수 있다. 또한 배후 공기층이 60mm인 경우 피크 주파수 대역은 거의 비슷하게 나타나고 있으나 배후에 흡음재를 설치한 경우 피크주파수에서의 흡음율이 0.2 이상 높게 나타나고 있음을 알 수 있다. 따라서 배후 공기층 흡음재를 설치함으로써 매우 유공판형의 자체 특성인 중, 저주파수 대역에서의 흡음성능 뿐만 아니라 흡음력 또한 상승시켜 중, 저주파수 대역에서의 효과적인 흡음구조로 사용할 수 있음을 보여주고 있다.

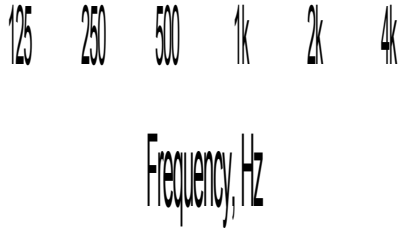


그림 6. 배후공기층 흡음재 설치 후 배후공기층 증가에 따른 흡음특성 변화



그림 7. 배후공기층 흡음재 설치에 따른 흡음특성 비교

4. 결과 및 토의

황토판재는 판상형 흡음특성을 가지고 있으며, 황토판재에 구멍을 뚫음으로써 유공판형 흡음특성을 나타냈다. 판재 자체의 흡음특성을 살펴본 결과 배후공기층이 없을 경우 표면의 특성으로 인한 흡음특성이 500Hz 이상의 고주파수 대역에서 0.2 정도의 흡음율을 나타냈다. 배후공기층이 있을 경우 저주파수의 특정 대역에서 높은 흡음율을 갖는 판상형 흡음재의 특성을 나타내었다.

표면에 구멍을 뚫어 유공 판재를 만들어서 실험한 결과 배후공기층이 없을 경우 타공 부분에서 흡음을 하여 판재 자체의 흡음율에 비해 흡음율이 상승되었다. 배후공기층을 추가한 결과 공진주파수는 저주파수 대역으로 내려가는 반면 흡음율은 향상되었다. 또한 유공율을 변화시킴으로써 유공율 증가에 따라 공진주파수가 고주파수 대역으로 상승하였으나 흡음율의 변화는 크게 나타나지 않았다. 따라서 배후공기층과 유공율은 황토 판재 흡음재에 있어 최대 흡음율을 갖는 공진주파수 대역을 이동시키며, 흡음성능 또한 다소 변화시키게 된다. 특히 유공율은 배후공기층이 30mm 이하일 경우 흡음율에 큰 변화를 주지 않았지만 60mm의 배후공기층에 대해 낮은 유공율일수록 높은 흡음성능을 갖는 것으로 나타났다. 배후공기층은 그 두께가 증

가함에 따라 흡음율이 향상됨을 알 수 있었다. 이는 배후공기층과 유공율을 동시에 고려함으로써 목적으로 하는 주파수 대역에서의 흡음성능 설계를 가능하게 할 것으로 사료된다.

유공 황토판재의 흡음성능 향상을 위해 배후공기층에 다공성 흡음재를 설치하였다. 그 결과 피크주파수 대역은 배후공기층에 따라 차이가 발생하지 않았으며, 최대 흡음율은 배후공기층 유무에 따라 약 0.1정도의 차이가 발생하였다. 최대 흡음율은 중간공기층의 두께가 30mm일 경우 0.81로서 매우 높게 나타났다. 배후공기층에 흡음재를 설치하지 않은 구조와 비교했을 때, 흡음율이 0.2~0.4 정도의 현저한 차이가 발생하여 흡음재 설치를 통해 유공 황토판재의 흡음성능을 극대화할 수 있음을 알 수 있다.

표 3. 구조별 공진주파수와 최대흡음율

구분	구조명	공진주파수 (Hz)	흡음율
1	BS_0	-	-
2	BS_30	200	0.49
3	BS_60	160	0.48
4	0.3_BS_0	500	0.31
5	0.3_BS_30	250	0.58
6	0.3_BS_60	160	0.66
7	0.6_BS_0	630	0.31
8	0.6_BS_30	250	0.50
9	0.65_BS_60	200	0.61
10	3.0_BS_0	1250	0.41
11	3.0_BS_30	500	0.50
12	3.0_BS_60	315	0.53
13	3.0_BS_0+ G/W	250	0.69
14	3.0_BS_30+ G/W	250	0.81
15	3.0_BS_60+ G/W	250	0.75

5. 결론

본 연구는 황토를 사용하여 제작한 황토판재를 대상으로 흡음재로서의 사용가능성을 살펴보기 위해 판재 표면에 구멍을 뚫어 잔향실험실에서 실험을 실시하였으며, 유공율 및 배후공기층의 변화에 따른 흡음율의 차이를 비교하였다.

황토판재는 자체적으로 표면의 흡음율이 500Hz 이상의 대역에서 0.2 정도로 나타났으며, 배후공기층이 있을 경우 저주파수 대역에서 높은 흡음율을 갖는 판상형 흡음재의 특성을 나타내었다. 유공율은 그 비율이 증가할수록 피크주파수가 높아졌으며, 배후공기층은 두께 증가에 따라 피크주파수가 낮아졌다. 유공율에 따른 흡음율 차이는 없었으나 배후공기층에 따라 흡음율이 비례하는 것으로 나타나 실내 흡음재로 사용할 경우 유공율과 배후공기층의 설계를 통해 최적의 실내 음향설계가 가능한 것으로 나타났다. 특히 배후 흡음재를 설치함으로써 흡음성능 향상이 크게 나타나 유공 황토판재와 배후 흡음재의 조합을 통해 흡음재료로서의 사용가능성을 확인할 수 있었다.

황토는 우리나라의 전통 건축재료로 오랫동안 사용되어 왔으며, 천연재료로서 뿐만 아니라 공기질에 좋은 영향을 주는 친환경 재료로서 최근 사용 가능성이 대두되는 재료이다. 황토를 사용하여 제작한 내장재료가 흡음재료로서 사용될 수 있다면 기존의 화학물질로 만들어진 흡음재를 대체함으로써 건물 내에서 친환경 성능을 매우 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

이 논문은 2010년 교육과학기술부(지역거점연구단육성사업/바이오하우징연구사업단)와 바이오하우징연구소로부터 지원받아 수행된 연구임.

참고문헌

1. 국토해양부, 친환경건축물 인증기준, 2009.12.31
2. S. S. Go et. al., Experimental investigation of mortars using activated hwangtoh, *Construction & Building Materials*, 2009, pp.1438-1445
3. 김순철, 양일승, 양해동, 황토의 역학적 특성에 관한 실험적 연구, *한국생태환경건축학회논문집*, Vol.7, No.3, 2007.6
4. 김순호, 김홍룡, 기능성 경량기포콘크리트의 물리적 특성에 관한 실험적 연구, *한국생태환경건축학회논문집*, Vol.7, No.5, 2007.10
5. 김순호, 최희용, 배원태, 황토를 사용한 경량기포콘크리트의 물성 및 흡습성능에 관한 실험적 연구, *대한건축학회논문집구조계*, Vol.18, No.1, 2002.1
6. 홍건호, 서민철, 황토와 고로슬래그를 혼입한 친환경 콘크리트의 부착성능 평가, *대한건축학회논문집구조계*, Vol.26, No.3, 2010.3
7. 일본음향재료협회, 소음진동대책핸드북, 집문사, 1983, pp.260-263

투고(접수)일자: 2010년 12월 2일

심사일자: 2010년 12월 6일

게재확정일자: 2011년 1월 3일