

# 숯과 피톤치드를 사용한 시멘트계 복합재의 실내 오염물질 저감에 관한 실험적 연구

## An Experimental Study on Indoor Pollutant Reduction of Cementitious Composite Using Charcoal and Phytoncide

정현우<sup>1</sup> · 정위영<sup>1</sup> · 정용훈<sup>2</sup> · 한송이<sup>3</sup> · 박선규<sup>4\*</sup>

Hyeon-Woo Jeong<sup>1</sup> · We-Young Jeong<sup>1</sup> · Yoong-Hoon Jung<sup>2</sup> · Song-Yi Han<sup>3</sup> · Sun-Gyu Park<sup>4\*</sup>

(Received October 29, 2020 / Revised March 22, 2021 / Accepted March 22, 2021)

In modern society, indoor activities time is increasing due to industrial development. Interest in indoor air quality is increasing as indoor activity time increases. The main causes of indoor air pollution are formaldehyde which a chemical cause, and fungi which a biological cause. Phytoncide effectively reduces Formaldehyde and Fungi. Charcoal which possess porous-structure has a good absorbance of pollutants. In this study, the authors manufactured functional cement matrix using by phytoncide and charcoal to remove formaldehyde and fungi. In this study, Functional cement matrix reduced formaldehyde and Fungi and effectively improve indoor air quality.

**키워드 :** 실내공기질, 오염물질, 포름알데히드, 곰팡이, 피톤치드, 숯, 시멘트 경화체

**Keywords :** Indoor air quality, Pollutant, Formaldehyde, Fungi, Phytoncide, Charcoal, Cement matrix

## 1. 서론

### 1.1 연구배경

현대인은 지속적인 산업발달로 인해 하루의 대부분을 실내에서 활동하고 있으며, 이러한 생활 방식에 의하여 하루 중 약 87% 이상의 시간을 실내에서 활동하고 있다(Environmental Protection Agency 2001). 실내에서 활동하는 시간이 증가함에 따라 실내공기질에 대한 사람들의 관심이 증가하고 있으며, 산업발달로 인해 건물의 신축과 리모델링은 증가하고 있지만(Ministry of Land, Infrastructure and Transport 2017) 현대사회의 건축물은 실내공기질 개선에 대한 문제점보다 기능성을 우선시하고 있다.

즉, 현대 건축물은 건물 자체의 에너지 효율성을 위해 폐쇄적이며 단열 성능을 위해 기밀화를 추구하여 자연적인 실내 환기가

감소 되고 있다. 따라서, 실내의 기능성을 추구하며 또한 실내공기질 향상에 대한 충분한 연구 및 개선이 필요한 실정이다.

실내공기질 오염의 대표적인 원인은 화학적 원인과 생물학적 원인이 있다(Lee 2002). 화학적 원인으로는 포름알데히드, 휘발성 유기화합물(VOCs) 등이 있다. 주로 건물의 신축과 리모델링에서 사용하는 건축 마감재나 시공재에서 발생하며 새집증후군을 야기하는 원인이 된다(Chang and Lee 2005). 또한, 포름알데히드는 합판이나 목재와 같은 자재를 마감할 때 사용하며 목재에 흡착되어 약 2~4년이라는 반감기를 가지고 있다(Lee and Han 2003). 포름알데히드는 0.04ppm일 경우 피부질환, 0.2ppm에서는 안구 질환, 10ppm일 때 정상적인 호흡이 불가능해지며 30ppm을 넘어 갈 경우 급성 중독, 독성 폐기종으로 인해 사망에 이르게 된다(Hong and Kim 2005).

\* Corresponding author E-mail: psg@mokwon.ac.kr

<sup>1</sup>목원대학교 건축공학과 학사과정 (Department of Architectural Engineering, Mokwon University, Daejeon, 35349)

<sup>2</sup>목원대학교 건축공학과 공학석사 (Department of Architectural Engineering, Mokwon University, Daejeon, 35349)

<sup>3</sup>목원대학교 미생물 나노소재학과 교수 (Department of Microbial Nanomaterials, Mokwon University, Daejeon, 35349)

<sup>4</sup>목원대학교 건축공학과 교수 (Department of Architectural Engineering, Mokwon University, Daejeon, 35349)

Copyright © 2021 by Korean Recycled Construction Resources Institute

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited

WHO(World Health Organization)에서는 실내 포름알데히드 농도를 0.08ppm으로 규제하고 있으며 한국에서는 0.08ppm이었던 기준치를 0.64ppm으로 강화하였다(Ministry of Environment 2018).

환경부에서는 실내 포름알데히드 농도를 낮추고자 ‘베이킹 아웃’을 권고하고 있는데(Ministry of Environment 2016), 베이킹 아웃은 실내를 밀폐시킨 후 실내 온도를 높이고 환기를 반복적으로 하는 방식으로 포름알데히드 저감에 있어 가장 보편적으로 사용하는 방법이지만, 베이킹 아웃을 실행하였을 때는 일시적으로 포름알데히드 농도가 낮아지는 반면, 중지하였을 때는 다시 농도가 높아지는 문제점을 지니고 있다. 또한, 포름알데히드의 반감기는 약 2~4년으로, 지속적으로 활용할 수 없는 베이킹아웃의 경우 효과적인 대응 방안으로는 미흡한 실정이다.

생물학적 원인으로는 진균류인 곰팡이가 있다. 곰팡이는 노후화된 건물 등이 주요 원인이며, 헌집증후군의 주요 원인이다. 곰팡이는 건물의 조경을 해치며 아토피, 천식 등 환경성 질환과 인체에 병을 유발하는 원인이 된다. 또한, 곰팡이는 생성 과정에서 대사산물이 발생하며, 이 중 하나로 휘발성 유기화합물인 MVOCs가 발생된다. MVOCs는 미생물에서 주로 발생되며 불쾌한 냄새를 유발하며(Lee 2017), 현기증 등을 유발하고 두통, 안구 자극, 호흡곤란 등의 원인이 된다(Kim 2015). WHO(World Health Organization)에서는 곰팡이의 실내적정지수 500 CFU/m<sup>3</sup>을 기준으로 하였으며, 한국의 환경부에서는 2016년 1월 실내공기질 관리법을 개정하여 실내공기질 오염물질 권고기준항목에 추가하였다(Ministry of Environment 2016).

현재는 천연물질을 이용하여 포름알데히드와 곰팡이 같은 유해물질을 저감시키기 위한 연구가 진행 중에 있는데, ‘피톤치드’와 ‘숯’을 이용한 연구가 가장 대표적이다.

피톤치드는 식물을 뜻하는 피톤(Phyton)과 살균성을 뜻하는 치드(Cide)가 합쳐진 단어로 식물에서 나오는 천연 항균성 물질이며 테르펜이라는 물질로 주로 이루어져 있는 휘발성 유기화합물이며, 테르펜의 경우 소취 작용 및 유해물질 중화작용과 향균 작용을 하는 물질이다. 또한, 피톤치드는 살균, 방충 등 다기능 물질로서 알파-피넨 성분이 GABA A형 수용체를 활성화시켜 진정 및 수면 효과를 유도하며, 스트레스 완화 및 진정작용의 기능을 함유하고 있다. 또한, 피톤치드는 수목에서 해충이나 미생물의 공격을 막고 자신을 보호하기 위해 발산하는 향균 물질로 살균을 지니고 있다(Jung 2018).

목재를 대기 중에서 연소시켜 세포벽이 연소되면서 미세기공이 생겨 만들어지는 다공성 물질인 숯은 연소 중 생긴 기공을 통해 강한 흡착력을 가지고 있으며 유해물질 흡착효과 또한 지니고 있

다. 숯은 내부표면적이 1g당 100~300m<sup>2</sup>으로 미세공성을 가진 다공성 물질이다. 또한 탄화 과정에서 발생한 미세기공으로 인해 유해가스 흡착효과와 제습 및 습도 조절효과를 가지고 있다. 추가적으로 탄화 온도로 인해 알칼리성을 가지고 있어 유해 세균이 서식할 수 없는 환경이며 전자의 환원작용으로 부패 방지효과를 가지고 있다. 숯은 종류에 따라 크게 2가지로 나뉘어지며, 탄화 시킬 때의 온도와 식히는 방식에 따라 달라진다. 흑탄은 400~600°C의 불로 탄화시킨 후 가마 안에서 식혀 제조하지만 백탄의 경우 1,000°C 이상의 온도에서 탄화 시킨 후 흙이나 재 등으로 인위적으로 열을 식히는 방식으로 제조되며, 흡착효과 또한 다르게 나타나고 있다(Kim 2011).

## 1.2 기존 연구의 한계

기존 천연재료를 이용한 포름알데히드 저감 연구에서는 원예식물, 숯 등을 이용해 저감하고자 하였으나(Sung 2007), 원예식물의 경우 좁은 면적을 가진 실내에서는 효과를 보였지만 면적이 큰 실내에서는 국내기준농도 이하의 저감효과를 보이지 않았다. 또한, 원예식물을 이용할 경우 배치할 공간이 필요하며 원예식물의 관리 또한 필요한 단점을 지니고 있다.

숯의 경우 포름알데히드 저감 효과가 나타났으며 종류에 따른 저감성은 큰 차이를 나타내지 않았지만 48시간 이상 숯이 흡착할 경우 숯의 흡착한계로 인해 흡착 후 방출을 하는 단점을 보였다. 숯을 이용한 포름알데히드 흡착한계에 대한 실험 결과 48시간 후 약 15%의 흡착을 한 것으로 나타났으며 참숯과 대숯 등의 종류와 상관없이 포름알데히드의 흡착능력은 차이가 크지 않은 것으로 나타났다. 하지만 숯은 한계까지 흡착을 하였을 시 다시 방출한다는 문제점을 가지고 있어 흡착만이 아닌 제거가 함께 이루어져야 하는 개선점의 필요성을 보였다.

위 내용과 같이 단기간 동안은 포름알데히드 저감성을 확인할 수 있지만 포름알데히드의 반감기가 약 2~4년인 점을 현대인들은 인지하기 어려운 실정이며, 원인은 알지만 적절한 대처 방안이 부족하여 친환경 재료를 이용한 포름알데히드 농도 저감은 근본적인 원인을 제거함에 있어 부족한 방안이다.

기존 곰팡이 저감 연구는 다중이용시설을 중심으로 한 조건에 따른 시설별 농도를 측정하였지만 시설 수가 제한적이다(Ministry of Environment 2017). 해결 방안으로 정부적 차원에서 팜플릿 배포, 업체 기용 등이 있지만, 이는 비용적 측면의 문제점이 있으며 구체적인 방안이 미흡한 실정이다.

2015년 환경부에서는 곰팡이에 대한 문제를 깨닫고 ‘실내 곰팡

이 동정분석 및 농도 실태 조사 연구'를 발표하였는데, 이 또한 직접적인 규제나 가이드라인이 아닌 간접 지표로 활용되고 있으며, 아직까지 국내의 연구자료는 부족한 현실이다. 이는 실내 곰팡이에 대한 경각심이 부족하며 국내 관리기준의 부재 등이 원인으로 판단된다. 또한, 각 시설 별 조사 결과 가을, 여름, 봄, 겨울 순으로 실내 곰팡이 농도가 높은 것으로 확인되었으며 국내를 기준으로 한 특성이 파악되었다. 국외에서는 곰팡이에 대한 심각성을 인지하고 규제를 통하여 대처하고 있는 반면, 현재 국내에서는 곰팡이에 대한 연구가 부족하고 계절별, 습도별로 주거시설 혹은 다중이용시설을 중심으로 농도를 조사하여 실태를 파악하고 있지만 대처 방안이 부족하며 곰팡이에서 발생하는 오염물질을 현대인들이 파악하기에는 부족한 실정이다.

### 1.3 연구목적

기존에는 향균 물질인 피톤치드의 저감성을 이용하여, 시멘트 경화체에 피톤치드를 혼입하여 경화체 내에서 피톤치드를 발산시켜 포름알데히드를 저감시키는 연구가 진행되었다.

본 연구에서는 시멘트에 피톤치드를 혼입한 기능성 시멘트 경화체를 제작하여 포름알데히드를 저감시키는 선행연구에 추가적으로 실내공기질의 생물학적 원인인 곰팡이를 저감하기 위한 실험을 진행하였으며 포름알데히드를 저감하는 능력과 살균성을 가진 피톤치드와 숯의 오염물질 흡착능력을 이용하여 흡착 후 살균의 메커니즘을 토대로 기능성 시멘트 경화체를 제작하였다. 이를 통해 실내공기질의 주요 원인인 포름알데히드와 곰팡이를 저감하고자 하였으며 시공성을 위해 강도 실험을 실시하였다.

## 2. 실험 계획 및 방법

### 2.1 실험계획

본 연구의 실험 계획은 Table 1에 나타난 바와 같다. 본 연구에서 사용한 재료는 입도 400mesh의 참숯 흑탄 분말을 사용하였으며 혼입량은 5, 10, 15%로 구분지어 혼입율에 따른 오염물질 저감도를 확인하고자 하였다. 피톤치드는 편백수 정유 1%를 사용하였으며, 시멘트는 1종 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였다. 시멘트 경화체 제작은 KS L 5109 균지 않은 수경성 시멘트 페이스트 및 모르타르의 혼합 방법에 의거하여 혼입 및 비빔을 진행하였다.

Table 1. Basic experimental factor and level

	Level	
Binder	Cement(C) Charcoal(C · C)	2
W/B	50%	1
Curing condition	Temperature 20±2°C Humidity 100%	2
Addition of phytoncide	1%	1
Addition of charcoal	5%, 10%, 15%	3
Test item	Formaldehyde reduction Fungi reduction Compression strength Flexural strength	4

## 2.2 사용재료

### 2.2.1 숯(Charcoal)

본 실험에 사용된 숯은 일반 시중에서 구할 수 있는 숯을 사용하였으며, 자세한 물리적 특성은 Table 2에 나타난 바와 같다.

Table 2. Material properties of charcoal

	Provision
Product name	Black coal
Type	Powder form
Finesness	400mesh

### 2.2.2 피톤치드(Phytoncide)

본 실험에 사용된 피톤치드는 일반 시중에서 구할 수 있는 피톤치드를 함유한 편백수를 사용하였으며, 자세한 특성은 Table 3에 나타냈었다.

Table 3. Material properties of phytoncide

	Provision
Product name	Cypress
Type	Liquid
Content	1%

## 2.3 실험방법

### 2.3.1 강도실험

본 연구에서 숯과 피톤치드를 혼입한 시멘트 경화체 제작은 40x40x160mm의 몰드를 이용하여 KS L 105 679 시멘트 강도 시

험 방법에 의거하여 측정하였다. 강도측정은 초기 재령 3, 7일에 실시하였다.

### 2.3.2 곰팡이 저항성 실험방법

본 연구에서는 곰팡이 저감 실험에 앞서 KS J 3201 곰팡이 저항성 실험 방법에 의거하여 곰팡이를 PDA 배지에 배양하여 실험하였으며 곰팡이는 *Aspergillus niger*를 사용하였다. 원재료의 성능을 확인하기 위한 실험 방법은 Fig. 1에 나타내었다. PDA 배지에 곰팡이와 디스크 페이퍼를 접종한 후 숯과 시멘트는 멸균 증류수에 혼합하여 피톤치드와 같은 액상형으로 50 $\mu$ l를 첨가하여 28 $^{\circ}$ C의 온도에서 5일간 배양하였으며, 각 재료의 항진균효과를 확인하고자 하였다. 원재료 곰팡이 저항성 실험은 2회 반복하여 진행하였다.

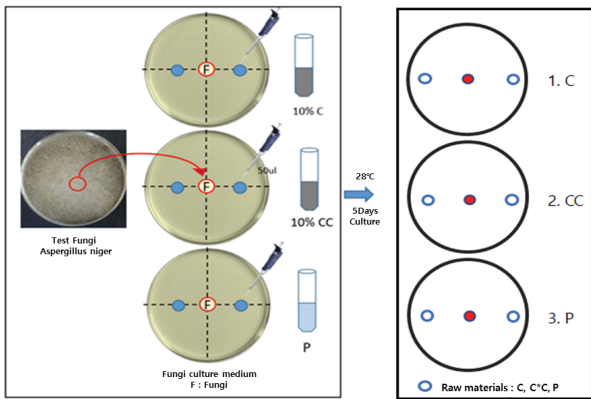


Fig. 1. Raw materials fungi resistance experiment method

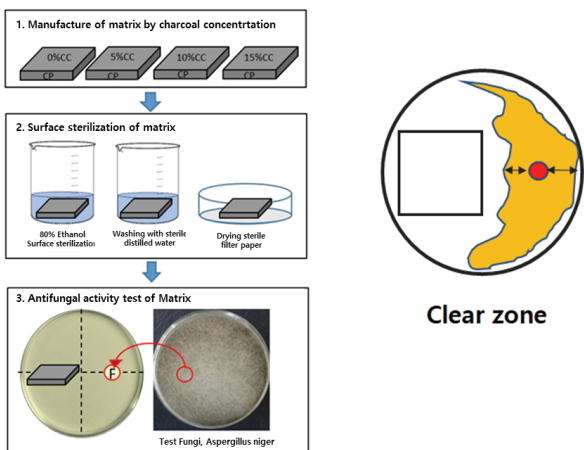


Fig. 2. Functional cement matrix fungi reduction experiment method

### 2.3.3 기능성 시멘트 경화체 곰팡이 저감 실험 방법

본 실험에서는 앞서 말한 숯과 피톤치드를 혼합한 시멘트 경화체를 제작하여 곰팡이 저항성 실험을 진행하였다. 곰팡이는 *Aspergillus niger*를 사용하였으며, Fig. 2는 본 실험을 간단히 도식화한 그림이다.

### 2.3.4 포름알데히드 실험방법

포름알데히드 측정 방법은 KS I ISO 16000-3 실내공기와 시험 챔버 공기 중 포름알데히드와 그 외의 카보닐 화합물 측정 시험 방법에 의거하여 진행하였다. 또한 포름알데히드 측정기의 성능은 Table 4에 나타낸 바와 같다. Fig. 3는 본 실험의 개요를 나타낸 것으로  $\varnothing$ 50x100mm의 숯 혼입량에 차이를 둔 기능성 시멘트 경화체를 제작하여 12L 용기에 포름알데히드 발산 물질인 공업용 본드, 포름알데히드 측정기를 함께 밀폐시킨 후 24시간 동안 1시간마다 포름알데히드 저감률을 측정하였다.

Table 4. Formaldehyde measuring instrument

Product specification	Provision		
	Size	67×53×40mm	
Operating environment	0~50 $^{\circ}$ C < 90%RH		
Power	DC 5V / 1A		
Formaldehyde detection	Detection principle	Electrochemical sensor	
	Sampling time	10 sec under	
	Concentration resolution	1 $\mu$ g/m $^3$	
	Effective range	0-500 $\mu$ g/m $^3$	
	Maximum range	3,000 $\mu$ g/m $^3$	

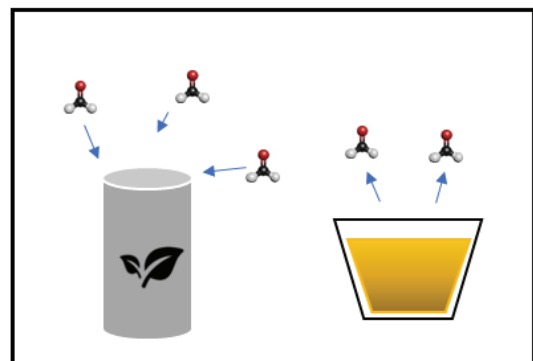


Fig. 3. Formaldehyde reduction experiment method

### 3. 실험 결과

#### 3.1 초기 재령 3, 7일 강도측정 결과

숯과 피톤치드를 혼입한 시멘트 경화체의 압축, 휨강도 측정 결과는 Fig. 4와 Fig. 5에 나타내었다. 숯의 혼입량에 따라 강도가 순차적으로 감소하는 것을 알 수 있다. 숯 혼입률 5%에서는 OPC와 비슷한 강도 발현이 나타났으며 이는 숯의 밀도가 낮고 다공질의 특징으로 인해 시멘트에 혼입하였을 때 경화체의 밀도가 낮아지고 공극이 많아져 강도가 낮아지는 것으로 판단된다. 이에 반해 피톤치드는 강도에 영향을 주지 않는 것을 알 수 있었다.

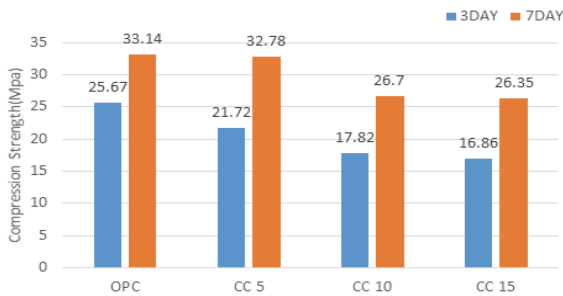


Fig. 4. Compression strength

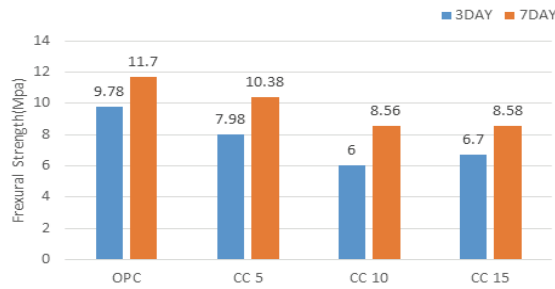


Fig. 5. Flexural strength

#### 3.2 포름알데히드 저감 측정 결과

포름알데히드 저감 실험 결과는 Fig. 6에 나타낸 바와 같다. 기존 연구에서는 실험 시작 5시간부터 저감이 시작되었지만 본 실험에서는 숯을 혼입함에 따라 3시간부터 저감 효과가 나타났으며 숯의 흡착 능력을 확인할 수 있었다. OPC와 비교하여 숯을 혼입하였을 때 혼입률 5%에서는 약 1.3배의 저감률을 보였으며, 혼입률 10%에서는 약 1.8배를 저감하였고, 혼입률 15%에서는 2배 이상의 저감성을 보였다. 따라서 숯의 혼입률이 증가함에 따라 포름알데히드의 저감성이 더 큰 것으로 나타났다. 이는 숯의 혼입량이 증가함에 따라, 피톤치드가 확산할 수 있는 공극량이 증가하였기 때문인 것으로 판단된다.

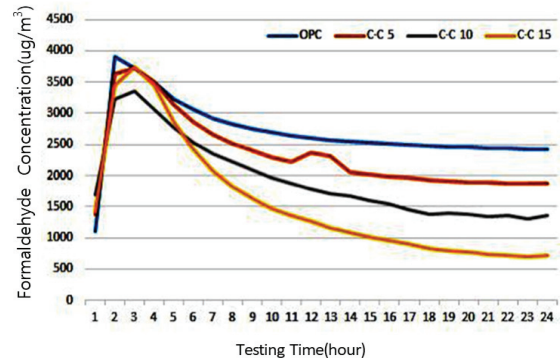
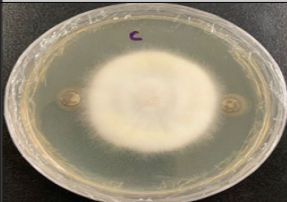

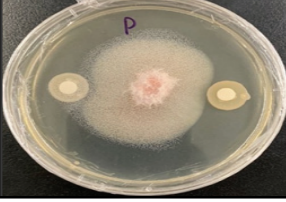


Fig. 6. Formaldehyde reduction measurement result

#### 3.3 원재료 곰팡이 저항성 실험 결과

원재료 곰팡이 저항성 실험 결과는 Table 5에 나타낸 바와 같다. 시멘트는 곰팡이에 대한 항진균효과가 없으며 Table 5와 같이 시멘트까지 곰팡이가 침범하여 배양되었다. 숯은 곰팡이의 포자를 흡착한 것을 확인하였으며, 곰팡이의 균사 및 포자를 흡착하여 곰팡이에 대한 저항성은 없는 것을 알 수 있었다. 피톤치드는 생육지대 형성을 확인하였으며, 곰팡이의 성장을 억제하고 살균하는 것을 확인하였다. 따라서 피톤치드는 항진균효과가 활성화된 것을 확인할 수 있었다.

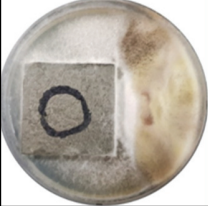
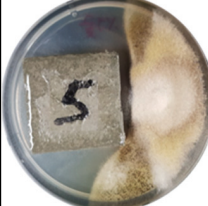
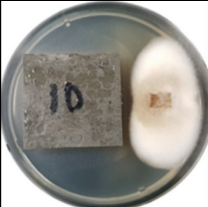

Table 5. Raw materials fungi resistance measurement result

Factor	Raw material	Antifungal activity
Cement		None antifungal effect
Charcoal		Adsorption of spores and fungi
Phytoncide		Formation of fungi resistant area

### 3.4 기능성 시멘트 경화체의 곰팡이 저항성 실험

기능성 시멘트 경화체의 곰팡이 저항성 실험 결과는 Table 6과 같다. OPC는 곰팡이 성장에 대한 영향성을 보이지 않았으며, 경화체 표면에도 곰팡이가 자라난 것을 확인할 수 있었다. 따라서 OPC의 경우 곰팡이 생육저해능이 없는 것으로 확인되었다. 숯 혼입률 5%에서는 생육저해능을 확인하였다. 반면에 숯 혼입률 10%는 가장 큰 생육저해효과인 50%를 확인하였다. 숯 혼입률 15%는 생육저해효과 20%로 나타났으며 이는 숯의 흡착력이 피톤치드의 항균능력 이상으로 나타나 곰팡이의 포자를 흡착하여 다소 낮은 생육저해효과를 나타냈기 때문으로 판단된다.

**Table 6. Functional cement matrix fungi reduction measurement result**

Factor	Matirx	Fungi resistance
OPC		0%
Charcoal 5%		25%
Charcoal 10%		50%
Charcoal 15%		20%

### 4. 결론

천연재료인 피톤치드와 숯을 혼입한 시멘트 경화체의 실내 주요 오염물질인 포름알데히드와 곰팡이의 저감성을 확인한 결과

본 연구의 범위 내에서는 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 숯과 피톤치드를 혼입한 시멘트 경화체의 강도는 숯 혼입률이 높을수록 강도가 저하되고, 피톤치드는 강도에 영향을 주지 않는 것을 판단하였으며, 숯 혼입률 5%에서는 OPC와 비슷한 경향의 강도 발현이 나타났다.
2. 숯과 피톤치드를 혼입한 시멘트 경화체의 포름알데히드 저감 실험 결과에서는 기존 연구에서 실험 시작 약 5시간 후부터 저감이 시작된 것과 비교하여 숯을 혼입하였을 때 저감이 빠르게 시작되었으며 숯의 혼입률이 가장 많은 15%에서 가장 많은 저감효과를 확인하였다.
3. 숯과 피톤치드의 곰팡이 저항성 원재료 실험에서는 시멘트의 곰팡이 항진균효과는 없으며 숯은 곰팡이의 포자와 균사를 흡착하였다. 피톤치드는 곰팡이로부터 생육저지대를 형성하였으며, 곰팡이의 배양을 억제하여 생육저지대를 형성하는 것으로 나타났다.
4. 기능성 시멘트 경화체는 곰팡이 저항성 실험을 통한 생육저해효과를 확인하였고 OPC를 제외한 모든 경화체에서 효과를 나타내었으며 숯 혼입률 10%에서 가장 높은 효과를 나타냈다. 또한, 숯 혼입률 15%에서는 다소 낮은 효과가 나타났는데, 이는 숯의 다공성 특징으로 인해 시멘트에 혼입하였을 때 경화체에 공극이 생겨 흡착력이 높아짐에 따라 피톤치드의 살균력보다 숯의 흡착력이 과다한 결과로 판단되며 기능성 시멘트 경화체의 숯 혼입률에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 확인된다.

따라서, 본 연구를 통한 숯과 피톤치드를 혼입한 시멘트 경화체는 실내공기질 오염의 화학적 원인인 포름알데히드의 시간에 따른 저감 효과가 나타났으며, 숯 혼입률이 높을수록 포름알데히드 저감률이 높아지는 것을 확인하였다. 또한, 곰팡이 저감 실험 결과, 숯과 피톤치드를 혼입한 시험체는 곰팡이 저항 및 살균효과가 있는 것을 알 수 있었으며, 피톤치드의 살균성과 숯의 흡착력을 고려하여 숯의 적절한 혼입이 필요한 것으로 판단된다. 또한, 일반 시멘트 경화체보다 낮은 강도발현을 나타내었지만, 마감재로서 사용이 가능할 것으로 판단된다.

### Conflicts of interest

None.

## References

- Chang, J.H., Lee, H.Y. (2005). Perceived sick building syndrome of residents and their responses in newly built apartments, KIEAE Journal, **4(4)**, 27–34.
- Environmental Protection Agency (2001). National Human Activity Patterns Survey, USA.
- Hong, Y.J., Kim, K.H. (2005). Some considerations for the determination of carbonyl compounds in air : reaction characteristics of formaldehyde with 2,4-DNPH, Analytical Science & Technology, **18(1)**, 43–50.
- Indoor Air Pollution and Management, Yong-In University [in Korean].
- Jung, S.Y. (2018). Phytoncide Emission Trend Analysis—A Focus on Saneum Recreation Forest—, Department of Forest Resources Graduate School, Kookmin University [in Korean].
- Kim, R.N. (2015). Generation Characteristics of Airborne Fungi Inresidential Environments, Dept.of Environmental Engineering Graduate School of Seoul National University of Science and Technology [in Korean].
- Kim, S.H. (2011). Experimental Study on the Ability to Absorb Hazardous Substances and the Recyclability of Charcoals, Dept. of Architectural Engineering Graduate School of Chonbuk National University [In Korean].
- Lee, S.Y. (2017). Characteristics of Airborne Fungi-derived VOCs in Residential Areas, Dept. of Environmental Engineering Graduate School of Seoul National University of Science and Technology [in Korean].
- Lee, T.G. (2002). A Study on the Characterization of
- Lee, Y.G., Han, K.W. (2003). A study on the analysis of characteristic of formaldehyde concentration in apartment houses, Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design, **14(10)**, 153–160.
- Ministry of Environment (2016). Indoor Air Quality Control Act [in Korean].
- Ministry of Environment (2017). A Study on the Management of Fungi indoor [in Korean].
- Ministry of Environment (2018). Indoor Air Quality Control Act [in Korean].
- Ministry of Environment (2016). Ministry of Environment Act [in Korean].
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2017). Housing Supply Ratio.
- Sung, H.M. (2007). A Study on Attribute of Formaldehyde Reduction Density of Newly Constructed Apartment Houses By Garden Plants and Charcoal, Dep. of Architectural Engineering Graduate School, Deagu University [In Korean].

### 숯과 피톤치드를 사용한 시멘트계 복합재의 실내 오염물질 저감에 관한 실험적 연구

현대인들은 지속적인 산업 발전으로 인해 실내 활동 시간이 증가하고 있다. 실내 활동 시간이 늘어남에 따라 실내 공기질에 대한 관심이 또한 높아지고 있지만 현대 건축물들은 기능성을 위해 폐쇄적인 형태를 지니고 있는 실정이다. 실내 대기 오염의 주요 원인은 화학적 원인인 포름알데히드와 생물학적 원인인 곰팡이가 대표적이다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 천연물질을 통한 실내 공기질 개선에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 그 중 천연물질인 피톤치드는 포름알데히드와 곰팡이를 효과적으로 감소시키는 것으로 알려져 있다. 또한, 다공성 구조를 가진 숯은 오염물질에 대한 높은 흡수율을 지니고 있다. 본 연구에서는 실내공기질 오염의 주된 원인인 포름알데히드와 곰팡이를 제거하기 위해 피톤치드와 숯을 혼합하여 기능성 시멘트 경화체를 제작하고 이를 통한 실내 공기질 개선에 대한 연구를 진행하였으며, 실험 결과 피톤치드와 숯을 혼합한 기능성 시멘트 경화체는 포름알데히드와 곰팡이를 저감시키고 실내 공기질을 효과적으로 개선하는 것을 알 수 있었다.