

# 현무암 폐석을 첨가한 유해물질 흡착 친환경 인조석재의 특성

## Properties of Harmful Substances Absorption Eco-friendly Artificial Stone Containing Basalt Waste Rock

편수정<sup>1</sup> · 권오한<sup>1</sup> · 김태현<sup>1</sup> · 이상수<sup>1\*</sup>

Su-Jeong Pyeon<sup>1</sup> · Oh-Han Gwon<sup>1</sup> · Tae-Hyun Kim<sup>1</sup> · Sang-Soo Lee<sup>1\*</sup>

(Received November 22, 2016 / Revised December 15, 2016 / Accepted December 20, 2016)

Recently, Both rapid economic growth and high-quality native finishing materials demand in buildings such as local infrastructure facilities and cultural facilities have increased along with local quarries. So, increasing local quarries and environmental pollution occurred in quarries get the eyes to damaged area of the surroundings. As an example, carcinogen such as solid formed to fixing asbestos and dust have damaged to local resident. Especially, Radon gas released from asbestos can exist everywhere on earth, released soil and rock as radioactive substances, can be caused lung cancer followed by a smoking. When pollution source to indoor air quality that lacking ventilation rate of the residential building moved in a cycle, human responses such as headache, dizziness, etc. get appear, so on it threatened resident's physical condition. Thus, we need to urgent attention to reduction harmful substance. In the case of radon gas of the pollution source to indoor air quality in housing, it has characteristic that keep on going through half-life released from source, we need to control radon gas source than source removal. We set on vermiculite addition ratio to 10% which has harmful substances adsorption performance, proceed experiment to basalt waste rock addition ratio 50, 60, 70, 80(%). The result of an experiment, based on 'KS F 4035, precast terrazzo', we can be obtainable in the best terrazzo at basalt waste rock addition ratio 70%.

**키워드** : 사소 마그네시아, 플라이애시, 버미큘라이트, 라돈 흡착, 인조석재

**Keywords** : Dead-burned magnesia, Fly ash, Vermiculite, Radon absorption, Artificial stone

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경

최근 급속한 경제 성장에 따른 국내 건축물의 고급화로 천연석을 활용한 실내·외 마감재 수요 증가와 동시에 국내 채석장 수도 증가하고 있다. 하지만 채석장에서 채굴할 수 있는 채석량 수준은 일부에 국한되어 있어 천연석재의 적정 수요를 충족시키기에 어려운 실정이다. 이에 따라 채석장 증가와 함께 채석장에서 발생하는 환경오염으로 인한 주변 지역 피해가 대두되고 있다. 채석장 주변에서 석면이나 분진이 굳어져 생기는 고형시료와 같은 발암물질로부터 지역 주민들이 위협받고 있는데, 이러한 대표적인 유해물질로는 라돈이나 포름알데히드 등이 있다. 토양이나 암석에서

방출되는 라돈은 지구상 어디에나 존재하는 자연방사능 물질로 흡연에 이어 폐암 발병의 주요 원인이다. 기존의 이론에 따르면 (Gwon et al. 2016a; 2016b) 라돈은 석재를 사용한 2차 제품 혹은 건축자재에서도 발생할 수 있으며 실내 마감재에서 발생하는 경우 주택 실내공기질의 오염원이 될 수 있다. 우리나라는 2004년부터 다중이용시설 등에서 실내공기질 관리법이 시행되고 있지만, 국내 라돈가스 조사 및 관리와 라돈 저감화 등에 대한 관심은 미흡하다. 미국환경청(EPA)은 실내공기 오염의 심각성과 인체위해성에 대한 사람들의 무관심을 경고하였고, 시급히 처리해야 할 안건으로 발표하였다. 세계보건기구(WHO)는 대기오염에 의한 사망자 수는 연간 최대 600만 명이며, 실내공기 오염에 의한 사망자는 280만 명에 이르고, 실내 오염물질이 실외 오염물질보다 폐로 전달될 확률은

\* Corresponding author E-mail: [sslee111@hanbat.ac.kr](mailto:sslee111@hanbat.ac.kr)

<sup>1</sup>한밭대학교 건설환경조형대학 건축공학과 (Department of Architectural Engineering, Hanbat National University, Yuseong-Gu, Daejeon, 34158, Korea)

약 1000배 높다고 주장하였다. 또한 라돈가스는 국제 암 연구 위원회(IARC)에서 발암물질로 분류되며 미국에서 라돈가스에 의한 폐암 사망률은 담배에 이어 두 번째로 높은 암 사망 원인으로 보고되었다. 실내의 페인트 벽면, 벽지, 석고보드 등에서 발생하는 유해물질은 실내 환기로 일정 수준의 배출이 가능하지만 환기량이 부족한 상태에서 실내공기 오염물질이 지속적으로 순환되면, 두통, 현기증, 눈의 자극 등의 인체반응이 나타나면서 거주자의 건강을 위협하기 때문에 유해물질 저감이 시급한 실정이다(Gwon et al, 2016a; 2016b).

## 1.2 연구의 목적

본 연구는 1급 발암물질인 라돈가스와 포름알데히드에 의한 실내공기질 오염 물질 저감을 위해 양이온 물질 흡착 메커니즘을 가진 벤토나이트를 첨가한 경화체의 특성을 확인하고자 하며, 현무암 폐석을 첨가한 인조석재를 개발하여 인체가 하루의 1/3 이상 거주하는 실내 환경에서 발생하는 유해물질을 저감할 수 있는 친환경적인 마감재를 개발하고 이에 대한 기초 특성을 연구하고자 한다. 기존의 이론에 따르면(Gwon et al, 2016a; 2016b) Fig. 1은 본 연구의 메커니즘을 나타낸 것으로, 라돈의 흡착 메커니즘은 음이온 효과에 의해 이루어지는데, 몬모릴로나이트계의 점토광물은 대부분 표면이 음전하를 띠고 있고, 실내를 떠도는 유해물질은 양전하를 띠고 있다. 흡착제는 공기 중의 수분을 흡수하면서 전기적 분해를 일으켜 수분을 수소이온과 수산화이온으로 분리한다. 분리된 수소 이온은 음이온에 이끌려 방출되면서 전자와 결합해 중화과정을 거쳐 수소 가스로 증발되고, 수산화이온은 양전하를 띠는 실내의 유해물질과 결합하여 흡착제의 표면에 라돈을 흡착하게 된다(Oh 2016).

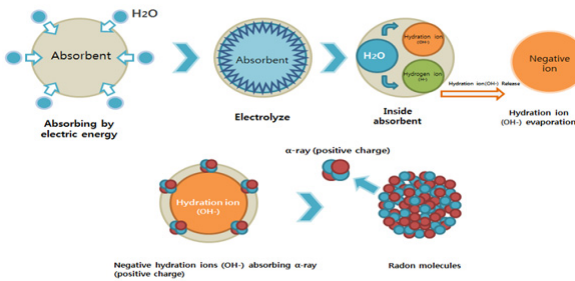


Fig. 1. Absorption mechanism diagram to radon gas

## 2. 선행실험 계획 및 분석

### 2.1 선행실험 계획

본 실험에 대한 선행실험으로 벤토나이트의 첨가율에 따른

결합체의 기초특성을 확인하는 실험을 진행하였다.  $PO_4^{3-}$ 가 칼륨과 결합한 정인산염으로 물과 결합했을 때 빠른 시간 안에 경화하는 속경특성을 가진 MKP는 첨가율을 33%로 고정하고, 인산염 사용으로 발생하는 속경특성을 조절하고 작업성의 향상을 위해 가사 시간과 적정 강도를 고려하여 Borax의 첨가율은 5%로 고정하였다. 벤토나이트 첨가율은 사소 마그네시아 질량에 대한 0, 10, 20%로 총 3가지 수준으로 설정하였다. W/B는 30%로 고정하였고, 시험 항목은 휨강도, 압축강도, 포름알데히드와 라돈 농도를 측정하고, 실험 수준 및 요인은 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Experimental factor and level

Experimental factor	Experimental level	Note
Binder conditions	D-MgO <sup>1)</sup> , FA <sup>2)</sup>	2
Addition ratio of borax <sup>3)</sup>	· 5(%)	1
Addition ratio of MKP <sup>4)</sup>	· 33(%)	1
Addition ratio of vermiculite <sup>5)</sup>	· 0, 10, 20(%)	3
Curing conditions	· Relative humidity (80±5)%, Temperature (20±2)℃	1
W/B	· 30(wt.%)	1
Test items	· Flexural strength · Compressive strength · Formaldehyde concentration · Radon gas concentration	4

- 1) D-MgO: Dead-burned magnesia
- 2) FA: Fly ash
- 3) B: Borax
- 4) MKP: Monobasic potassium phosphate
- 5) VL: Vermiculite

### 2.2 사용재료

사용된 사소 마그네시아의 주성분은  $SiO_2$ ,  $CaO$ ,  $MgO$ ,  $Al_2O_3$ 이며, 밀도는  $3.46g/cm^3$ , 분말도  $3,539cm^2/g$ 인 것을 사용하였다. 플라이애시는 밀도  $2.22g/cm^3$ , 분말도  $4,125cm^2/g$ 인 것을 사용하였다. 플라이애시는 사소 마그네시아와 MKP의 경화반응에서 발생하는 수화열 저감과 유동성 증가, 장기강도 증진을 목적으로 사용하였다. 또한, 본 실험에 사용된 벤토나이트는 마그네슘을 함유하고 있는 층상 규산염이 변질된 천연 광물로 밀도  $0.18g/cm^3$ 로 경량성을 가지고 있으며 단열성능 또한 뛰어나며, 화재와 같은 열처리 시 유해물질이 발생하지 않는 친환경적인 소재이다. 벤토나이트는 높은 양이온 교환용량, 가스 교환 기능과 비표면적을 가

Table 2. Chemical components of using materials

Using materials	Chemical component(%)										
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	Blain(cm <sup>2</sup> /g)	Density(g/cm <sup>3</sup> )
Dead-burned magnesia	3.14	0.52	0.62	2.06	93.30	0.06	-	-	-	3,539	3.50
Fly ash	54.38	21.50	5.16	10.83	1.89	1.29	-	-	0.62	4,125	2.22
Vermiculite	41.00	13.00	9.50	2.80	27.00	-	-	3.00	2.00	-	0.18

져 활성이 높고, 물이 결정층 사이에 흡수되면 원래 부피의 10배까지 팽창하는 팽윤 특성을 가지고 있다. 이러한 버미큘라이트를 첨가하여 첨가율에 따른 실내공기 오염물질을 흡착하는 친환경 경화체의 성능을 확인하고자 한다. SiO<sub>2</sub>와 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>가 주성분이며, MgO, CaO를 함유하고 있다. Table 2는 결합재에 대한 화학적 성분을 나타낸 것이고, Fig. 2는 사용재료들의 SEM 사진을 나타낸 것으로 각 재료들의 공극을 확인하거나 형상을 확인할 수 있다. D-MgO는 다양한 입체 형상을 띄고, 플라이애시는 구형 입자들의 분포를 보인다. 버미큘라이트는 판상형 입자들이 겹쳐져 있는 형상을 보인다.

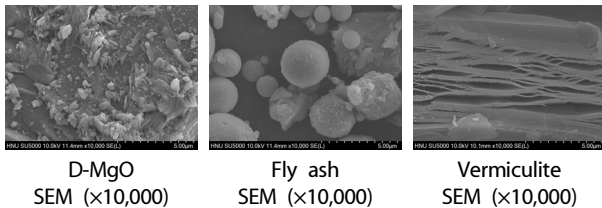


Fig. 2. SEM analysis to confirm materials form

### 2.3 선행실험 결과

#### 2.3.1 휨강도 및 압축강도

Fig. 3은 버미큘라이트의 첨가율에 따른 휨강도에 대한 측정된 결과로 버미큘라이트 첨가율이 증가함에 따라 강도는 감소하는 경향을 보인다. 이러한 강도저하의 원인은 버미큘라이트의 수분 흡수 과정 중 팽윤성질로 인해 부피가 증가하면서 경화체 내·외부에 미세균열이 발생하여 강도에 영향을 미치는 것으로 판단된다. 버미큘라이트는 결정 중간에 수분층이 있기 때문에 열이 가해지면 결정 속에 존재하는 수분의 압력으로 인해 6~30배 정도로 팽창하게 된다. Fig. 4는 버미큘라이트 첨가율에 따른 압축강도 측정결과로 첨가율이 증가함에 따라 강도가 감소하는 경향을 보이고 있다. 이는 버미큘라이트의 높은 흡수율로 인해 경화체에 발생하는 미세균열이 강도저하에 영향을 끼치는 것으로 보인다.

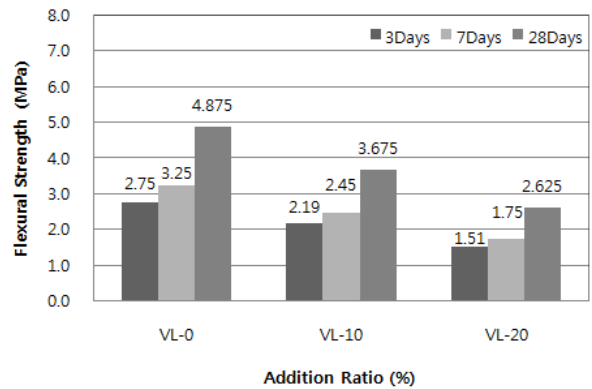


Fig. 3. Flexural strength according to addition ratio of vermiculite

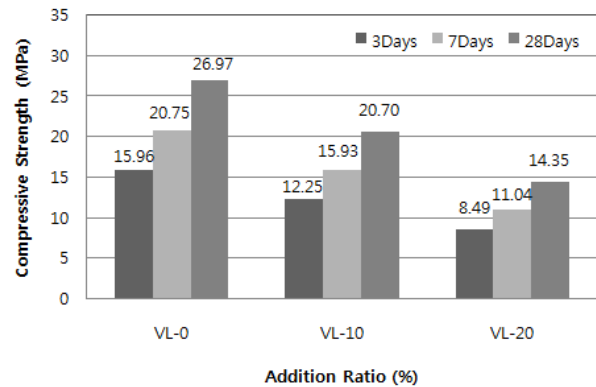


Fig. 4. Compressive strength according to addition ratio of vermiculite

#### 2.3.2 포름알데히드 농도 및 라돈 농도

Fig. 5와 6은 버미큘라이트의 첨가율에 따른 포름알데히드 농도와 라돈 농도 측정 결과를 나타낸 것으로, 버미큘라이트의 첨가율이 증가함에 따라 포름알데히드 농도와 라돈 농도는 감소하는 경향을 보이고 있다. 버미큘라이트는 양이온 교환능력으로 인해 포름알데히드, 라돈과 같은 양이온을 띄고 있는 유해물질을 흡착할 수 있는 능력을 가지고 있다. 따라서 버미큘라이트의 첨가량이 증가할수록 양이온을 띄고 있는 유해물질의 흡착성은 증가한다고 보여진다. 다음 Fig. 7과 8은 포름알데히드와 라돈의 농도 측정 과정을 나타낸 것이다.

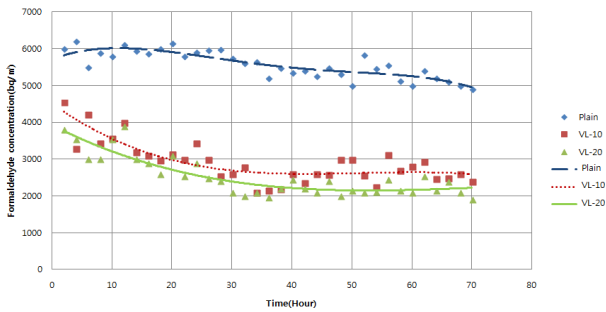


Fig. 5. Formaldehyde concentration according to addition ratio of vermiculite

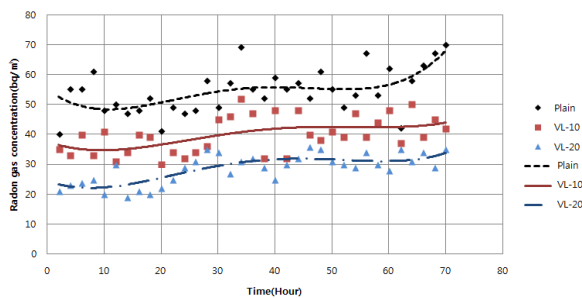


Fig. 6. Radon gas concentration according to addition ratio of vermiculite



Fig. 7. Formaldehyde concentration measurement Fig. 8. Radon gas concentration measurement

### 3. 실험계획

#### 3.1 실험계획

본 실험은 사소마그네시아 기반 현무암 폐석을 활용한 경화체의 특성을 알아보고자 실시한 실험이다. 선행 실험의 결과를 바탕으로 버미큘라이트 첨가율이 증가할수록 유해물질 흡착능력은 증가하나 강도 저하가 발생하였기 때문에 적정 첨가율을 10%로 고정하였다. 현무암 폐석은 50, 60, 70, 80% 등을 첨가하여 시편을 제작하였다. 압축강도와 휨강도를 측정하기 위하여 40×40×160mm 측정 시편과 출석률을 측정하기 위한 300×300×45mm인 측정 시편을 사용

Table 3. Experimental factor and level

Experimental factor	Experimental level	Note
Binder conditions	D-MgO <sup>1)</sup> , FA <sup>2)</sup>	2
Addition ratio of FA <sup>2)</sup>	· 10(%)	1
Addition ratio of borax <sup>3)</sup>	· 5(%)	1
Addition ratio of MKP <sup>4)</sup>	· 33(%)	1
Addition ratio of vermiculite <sup>5)</sup>	· 10(%)	1
Addition ratio of BST <sup>6)</sup>	· 50, 60, 70, 80(%)	4
Curing conditions	· Relative humidity (80±5)%, Temperature (20±2)℃	1
W/B	· 35(wt.%)	1
Test items	· Density · Water absorption · Flexural strength · Compressive strength · Aggregate attendance ratio	5

- 1) D-MgO: Dead-burned magnesnia
- 2) FA: Fly ash
- 3) B: Borax
- 4) MKP: Monobasic potassium phosphate
- 5) VL: Vermiculite
- 6) BST: Basalt waste rock

하였다. 추후 항온항습을 실시하였으며 3, 7, 28일 휨 및 압축강도와 출석률을 측정하였고 W/B는 35%로 고정하였다. 시험 항목은 밀도, 흡수율, 휨강도, 압축강도를 측정하였고, 실험 수준 및 요인은 Table 3에 나타내었고, 배합표는 Table 4에 나타내었다.

#### 3.2 사용재료

본 연구에서 사용된 현무암은 기존 인조석재에 첨가되는 종석 대체재로 SiO<sub>2</sub>, CaO, MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>가 주요 구성 성분이고, 밀도는 2.8g/cm<sup>3</sup>인 것을 사용하였다. 현무암은 일반 콘크리트용 골재와 아스팔트용 골재, 댐 및 방파 건설을 위한 골재로서 널리 활용되고 있다. 현무암 골재는 보통 골재보다 단위 중량과 상대밀도가 크기 때문에 재료분리를 유발시킬 수 있는데 이러한 점을 속경성을 가진 MKP 첨가 결합재를 사용한다면 보완이 가능했다. 또한 현무암에서 방사되는 원적외선으로 인체의 신진대사를 촉진하는 작용을 하며 인체에 유해한 중금속을 분해하여 배출시키는 해독 효과가 있다. 탈취, 정화 효과로 실내 악취를 제거하며, 오염된 공기를 정화시키며 세균과 곰팡이의 서식을 방지하는 성질을 가지고 있다.

Table 4. Experimental fomulation

Condition	W/B (%)	Unit weight(g)						
		D-MgO <sup>1)</sup>	FA <sup>2)</sup>	B <sup>3)</sup>	MKP <sup>4)</sup>	VL <sup>5)</sup>	BST <sup>6)</sup>	W
BST-(50%)	35	10835.9	1083.6	541.8	3575.8	1083.6	5395.9	5992.2
BST-(60%)							6475.0	
BST-(70%)							7554.2	
BST-(80%)							8633.4	

- 1) D-MgO: Dead-burned magnesia
- 2) FA: Fly ash
- 3) B: Borax

- 4) MKP: Monobasic potassium phosphate
- 5) VL: Vermiculite
- 6) BST: Basalt waste rock

다음 Fig. 9는 사용된 현무암 폐석 골재의 외형이고, Fig. 10은 현무암 폐석의 SEM 사진으로 현무암 폐석의 입자는 많은 공극을 가지고 있는 것을 사진 상에서 확인할 수 있다.



Fig. 9. Basalt waste rock

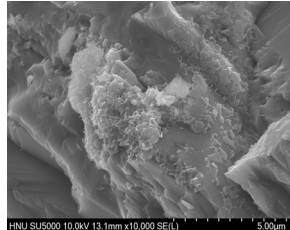
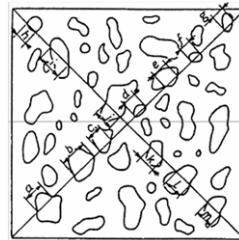


Fig. 10. Basalt waste rock SEM (×10,000)



$$\left( \frac{a+b+c+d+e+\dots}{\text{Diagona Length}} \right) \times 100 \quad (1)$$

Fig. 11. 'KS F 4035, Precast terrazzo'

흡수율은 감소하는 경향을 보인다. 밀도의 경우 현무암 폐석의 높은 밀도로 인해 첨가율이 증가할 때마다 중량이 증가되고 이에 따른 밀도의 증가로 이어진다고 판단된다. 흡수율은 시험체 내에 첨가되는 현무암 폐석의 질량대비 베리큘라이트의 비율이 줄어들어 감소하는 경향을 보인다. 이러한 이유로 베리큘라이트의 높은 흡수율은 경화 후의 흡수율에도 관여하므로 인조석재의 흡수율에 영향을 미친다.

### 3.3 실험방법

본 실험에서 횡강도는 'KS L ISO 679, 시멘트 강도시험'에 의거하여 2등분점 강도시험을 통해 실시하였고, 압축강도 역시 만능재료시험기를 이용하여 압축강도를 측정하였다. 시험체는 40×40×160mm의 직육면체 공시체를 제작하여 3, 7, 28일에 강도를 측정하여 비교하였다. 인조석재의 기준이 되는 출력물은 Fig. 11과 (1)같이 'KS F 4035, 기성 테라조'에 의거하여 인조석재 300×300×45mm의 표면에 2개의 대각선을 그어 그 대각선 길이 합을 구하여 그 직선이 부순 골재 위를 지나가는 부분의 치수를 읽고 계산하여 모두 더한 뒤 다시 대각선 길이의 합으로 나누어 나온 평균값을 계산해 출력물 시험을 진행하였다.

## 4. 실험결과 및 분석

### 4.1 밀도 및 흡수율

Fig. 12는 현무암 폐석의 첨가율에 따른 밀도와 흡수율을 나타낸 것으로, 현무암 폐석이 첨가율이 증가함에 따라 밀도는 증가하고

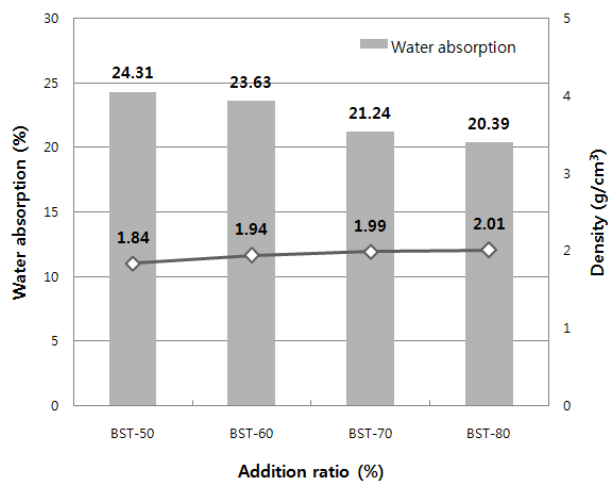


Fig. 12. Water absorption and density according to addition ratio of basalt waste rock

### 4.2 힘강도 및 압축강도

Fig. 13과 Fig. 14는 현무암 폐석의 첨가율에 따른 힘강도와 압축 강도 측정결과를 나타낸 것으로, 현무암 폐석의 첨가율이 증가함에 따라 힘강도는 첨가율 70%까지 증가하고 이후 첨가율 80%는 감소하는 경향을 보인다. 이러한 강도저하의 원인으로는 버미큘라이트의 팽윤특성으로 경화체의 부피가 증가하면서 내·외부에 발생하는 미세균열로 사료된다. 또한 MKP가 첨가된 결합재의 경화 반응에서 발생하는 발열로 인한 수분층에 가해지는 압력으로 인해 경화체 균열이 발생하는 것으로 판단된다. 또한, 현무암 폐석의 첨가율이 증가하면서 결합재 비율이 감소하면서 종석과의 부착력이 저하되면서 강도가 저하되는 것으로 판단된다.

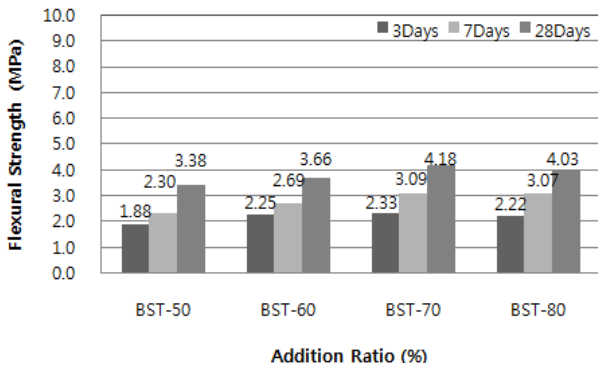


Fig. 13. Flexural strength according to addition ratio of basalt waste rock

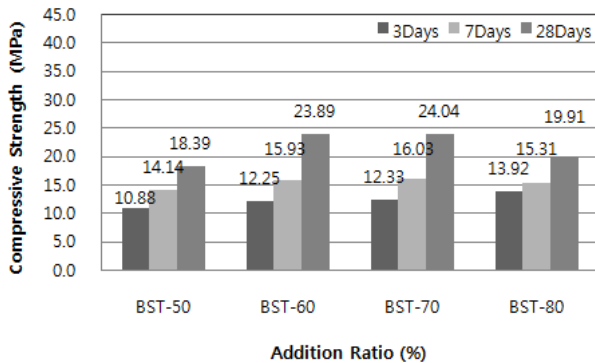


Fig. 14. Compressive strength according to addition ratio of basalt waste rock

### 4.3 포름알데히드 농도

Fig. 15는 현무암 폐석 첨가율에 따른 포름알데히드 농도를 나타낸 것으로, 시험체 내에 현무암 폐석의 첨가율이 증가함에 따라

포름알데히드 흡착성능은 감소하는 것으로 보이며, 이는 시험체 내에 현무암 폐석 첨가율이 증가함에 따라 시험체 내에 차지하는 버미큘라이트 비율이 감소하면서 흡착되는 포름알데히드 흡착성능은 저하된다고 사료된다.

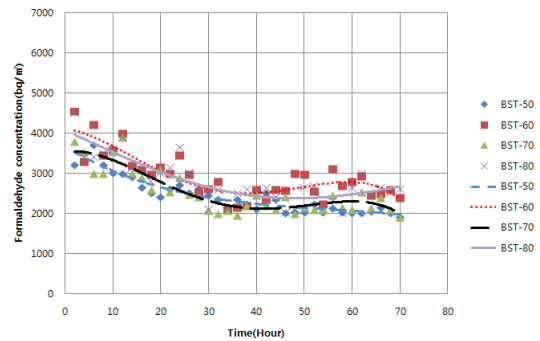


Fig. 15. Formaldehyde concentration according to addition ratio of basalt waste rock

### 4.4 라돈 농도

Fig. 16은 현무암 폐석 첨가율에 따른 라돈 농도를 나타낸 것으로, 시험체 내에 현무암 폐석의 첨가율이 증가함에 따라 라돈 농도는 흡착성능은 감소하는 것으로 보인다. 이는 시험체 내에 현무암 폐석의 첨가율이 증가하면서 결합재 내의 버미큘라이트 비율이 감소하는 만큼 라돈 농도의 흡착 성능은 저하되는 것으로 보인다.

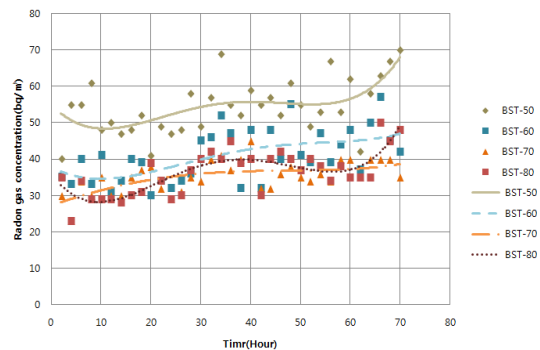


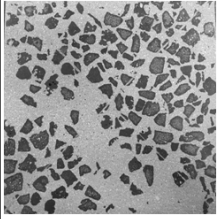
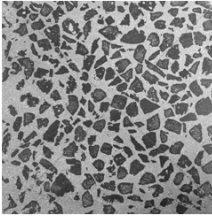
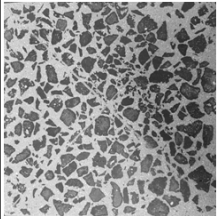
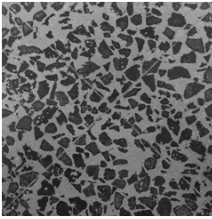
Fig. 16. Radon gas concentration according to addition ratio of basalt waste rock

### 4.5 출석률

출석률은 ‘KS F 4035, 기성 테라조 출석률 기준’에서 인조석재의 출석률 50% 이상을 기준으로 하고 있다. 출석률은 인조석재에 첨가되는 종석의 분포에 따른 미관상 이점으로 평가할 수 있는 항

목이다. Table 5는 인조석재의 출석률 결과를 나타낸 것으로, 첨가율 50%일 때 출석률 29.64%, 60%일 때 출석률 48.45%, 70%일 때 출석률 57.14%, 80%일 때 출석률 49.76%으로 나타났다. 현무암 폐석의 첨가율이 증가할수록 출석률은 증가하는 경향을 보이지만 첨가율 70%를 초과할 경우 출석률이 저하되는 것으로 나타났다.

Table 5. Aggregate attendance ratio

Addition ratio(%)	BST 50%	BST 60%
Surface observation		
Aggregate attendance ratio(%)	29.64	48.45
Addition ratio(%)	BST 70%	BST 80%
Surface observation		
Aggregate attendance ratio(%)	57.14	49.76

## 5. 결론

본 실험은 현무암 폐석을 첨가한 인조석재의 특성을 알아보고자 하는 실험으로 결론은 다음과 같다.

1. 버미큘라이트의 적정 첨가율은 유해물질 흡착성능과 강도저하 측면을 고려하여 첨가율 10%가 적절한 것으로 보인다.
2. 현무암 폐석의 첨가율이 증가함에 따라 밀도는 증가하지만 흡수율은 감소한다.
3. 현무암 폐석의 첨가율이 증가할수록 휨강도와 압축강도는 증가하나 현무암 폐석 첨가율이 70%를 초과할 경우 강도가 저하된다.
4. 현무암 폐석 첨가율이 증가할수록 라돈가스 및 포름알데히드 흡착성능은 감소하는 것으로 나타났다.
5. 현무암 폐석 첨가율이 증가할수록 출석률은 증가하나 일정 첨

가율을 초과할 경우 출석률은 감소한다.

향후 현무암 폐석을 활용한 인조석재의 강도를 보완하고 유해물질 흡착성능을 적극 활용한다면, 기존 시멘트 베이스 테라조와 비교하여 경제적, 친환경적으로 높은 평가를 받을 수 있을 것으로 판단된다.

## References

- Gwon, O.H., Lim, H.Y., Lee, S.S. (2016a). Mechanical properties of magnesium oxide matrix according to addition ratio of absorbent, *Journal of the Korea Institute of Building Construction*, **16(1)** [in Korean].
- Gwon, O.H., Lim, H.Y., Lee, S.S. (2016b). Mechanical properties of magnesium oxide matrix according to w/b ratio and adding ratio of vermiculite, *Journal of the Korea Institute of Building Construction*, **16(1)** [in Korean].
- Kim, B.G. (2016). Physical Properties Evaluation of Flooring Using a Rigid Hardening Magnesia Phosphate Ceramics, Master's Thesis, Hanbat National University, [in Korean].
- Kim, T.H., Lee, S.H., Lee, S.S., Song, H.Y. (2016). Properties of non-cement artificial stone utilizing the waste porcelain and waste glass, *Journal of the Korean Recycled Construction Resource Institute*, **4(2)** [in Korean].
- Kim, T.H., Shin, J.H., Lee, S.S. (2016). Mechanical properties of matrix using dead burn magnesia and phosphate according to addition ratio FA, *Journal of the Korean Concrete Institute*, **28(1)**, 633-634 [in Korean].
- Oh, S.M. (2016). Characteristic of the Environment-friendly Mortar Using the Adsorbent Reducing the Radon Gas, Master's Thesis, Hanbat National University [in Korean].
- Yoo, Y.J. (2015). Property of the Artificial Stone Manufactured by the Magnesia Phosphate Composite (MPC) Using the Waste Resources, Master's Thesis, Hanbat National University [in Korean].
- Yoo, Y.J., Cho, B.N., Lee, S.S., Song, H.Y. (2013). Characteristic of the mixing ratio Magnesia Phosphate Composite (MPC) exterior material artificial stone according to the waste porcelain mixing ratio, *Journal of the Korea Institute of Building Construction*, **13(2)** [in Korean].



#### 현무암 폐석을 첨가한 유해물질 흡착 친환경 인조석재의 특성

최근 급속한 경제 성장과 함께 국내 산업기반 시설과 국민생활기반 시설과 같은 국내 건축물 고급화로 천연석재 마감재 수요 증가와 동시에 국내 채석장 수도 증가하고 있다. 이에 따라 채석장의 증가와 함께 채석장에서 발생하는 환경오염으로 주변 지역 피해가 주목받고 있다. 예를 들자면, 채석장으로부터 흘러나온 석면이나 분진이 응집되어 생기는 고체와 같은 발암물질로부터 지역 주민들은 위협받고 있다. 특히 석면에서 방출되는 라돈가스는 지구상 어디에나 존재하고 토양과 암석에서 방출되는 자연방사능 물질로 흡연에 이어 폐암 발병의 주요 원인이다. 실내 환기량이 부족한 상태에서 실내공기 오염원이 지속적으로 순환될 경우, 두통, 현기증 등의 인체반응이 나타나면서 거주자의 건강을 위협하기 때문에 유해물질 저감이 시급한 실정이다. 주택 실내공기질의 오염원 중 하나인 라돈가스의 경우 방출원에서 반감기를 거쳐 계속해서 방출되는 특성을 가지고 있으므로 완벽한 제거보다 방출원에 대한 제어가 필요하다. 라돈가스와 같은 유해물질 흡착 성능을 가진 버미큘라이트의 첨가율을 10%로 고정하고 현무암 폐석을 50, 60, 70, 80% 첨가하여 실험을 진행하였다. 실험의 결과로 'KS F 4035, 기성 테라조'에 의거하여 종합적으로 고려할 때 현무암 폐석의 첨가율 70%에서 최적의 인조석재를 제조할 수 있는 것으로 판명되었다.