

## 현무암 폐석을 이용한 친환경 투수블록의 성능평가

# Performance Evaluation of Eco-friendly Permeable Block Using Basalt Waste Rock

이상수<sup>1</sup> · 권형순<sup>2\*</sup> · 김재환<sup>3</sup>

Sang-Soo Lee<sup>1</sup> · Hyeong-Soon Kwon<sup>2\*</sup> · Jae-Hwan Kim<sup>3</sup>

(Received September 7, 2023 / Revised September 19, 2023 / Accepted October 17 2023)

Environmental pollution problems are occurring due to the negative treatment of basalt waste in Jeju Island. This study identifies the characteristics of permeable block with basalt with physical and chemical adsorption mechanisms and examines their applicability and functionality as building materials. This experiment is basic data for evaluating the functionality of the permeable block by analyzing flexural strength, compressive strength, permeability coefficient, carbon dioxide, and fine dust adsorption rate by producing a permeable block using a basalt waste rock. As the basalt waste stone replacement rate increased, the flexural strength and compressive strength tended to decrease, and as the replacement rate increased, the water permeability coefficient, absorption rate, carbon dioxide, and fine dust adsorption rate tended to increase. Therefore, it is judged that the permeable block using the basalt waste rock is superior to the existing permeable block.

**키워드** : 투수블록, 현무암 폐석, 미세먼지, 이산화탄소, 투수계수

**Keywords** : Permeable block, Basalt waste rock, Fine dust, Carbon dioxide, Permeability coefficient

## 1. 서론

제주도에서 발생하는 건설폐기물의 양은 연간 100만톤 이상이며 대부분 현무암으로 추정된다. 제주도의 대표 암석인 현무암 가공 시 발생하는 폐석의 양은 정확한 집계 어렵다. 제주도 내에서 배출되는 폐석 발생량에 대하여 문헌 조사한 결과, 2005년에는 약 18,000 ton, 2010년에는 84,000~126,000 ton으로 추정하였다. 2010년 이후에 제주도에서 발생하는 현무암 폐석의 양에 대한 연구조사가 이루어지지 않아 조사연구가 필요한 실정이다. 또한 제주지역의 산업 특성상 현무암 폐석의 일부만이 도로포장용 쇄석 골재로 활용되는데 그치고 있다. 이로 인해 산업 폐기물의 증가와 음성적 처리에 따른 환경오염 문제가 발생하고 있으며, 제주도 내 지역적 처리 문제에 어려움을 겪고 있다. 따라서 현무암 가공 시 발생하는 폐석의 문제를 해결하기 위한 다각적인 접근 및 활용방

안에 대한 대책이 필요하다.

지구온난화 문제가 지속되고 있어 원인인 이산화탄소 저감이 대두되고 있는 시점이다. 건설에서 많이 사용하는 시멘트는 생산할 때 우리나라 전체 광물산업의 73.6 %에 해당하는 이산화탄소가 발생하고 있다(Kim 2019). 따라서 지구온난화의 원인인 이산화탄소의 발생을 저감하기위해 시멘트 대체재에 대한 연구가 진행되고 있는 실정이다.

따라서, 본 연구는 물리적 흡착과 화학적 흡착이 모두 가능한 현무암 폐석의 재활용과 시멘트 사용량 저감을 위해 현무암 폐석을 첨가한 투수블록을 제작하여 특성 평가를 통한 현무암 폐석의 건설재료로의 사용가능성을 검토하고자 한다.

\* Corresponding author E-mail: khsoon7152@naver.com

<sup>1</sup>국립한밭대학교 건설환경조경대학 건축공학과 교수 (Department of Architectural Engineering, Hanbat University, Daejeon, 34158, Korea)

<sup>2</sup>국립한밭대학교 건설환경조경대학 건축공학과 석사과정 (Department of Architectural Engineering, Hanbat University, Daejeon, 34158, Korea)

<sup>3</sup>(주)에이엠에스 엔지니어링 대표이사 (AMS Engineering, Daejeon, 34071, Korea)

## 2. 실험 개요

### 2.1 사용재료

#### 2.1.1 시멘트

본 연구에서는 H사의 보통 포틀랜드 시멘트로 밀도 3.15 g/cm<sup>3</sup>, 분말도 3,383 cm<sup>3</sup>/g이다. Table 1은 시멘트의 화학성분표이다.

Table 1. Chemical properties of ordinary portland cement

Density (g/cm <sup>3</sup> )	Chemical component (%)						
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	lg-loss
3.15	20.7	5.9	63.1	3.2	1.6	3.2	1.2

#### 2.1.2 현무암 폐석

현무암 폐석은 평균 밀도 2.2~2.6 g/cm<sup>3</sup>, 평균 공극률 31~49 % 정도이며 본 연구에서 사용한 현무암 폐석은 밀도 2.3 g/cm<sup>3</sup>, 최대 치수 8 mm이고 pre-wetting한 상태로 사용하였다. Table 2는 현무암 폐석의 화학성분표이다.

Table 2. Chemical properties of basalt waste rock

Component	Ratio (%)	Component	Ratio (%)
SiO <sub>2</sub>	52.55	Na <sub>2</sub> O	2.60
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.93	K <sub>2</sub> O	0.81
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.05	TiO <sub>2</sub>	1.86
CaO	8.65	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.22
MgO	7.15	MnO	0.14
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.04	LO	0.01

#### 2.1.3 굵은 골재

본 연구에서는 'KS F 2527'(콘크리트용 골재)에 의거하여 입경 5~10 mm, 흡수율 2.74 %, 절건 밀도 3.65 g/cm<sup>3</sup>인 것을 사용하였다.

#### 2.1.4 고로슬래그

본 연구에서는 M사의 밀도 2.92 g/cm<sup>3</sup>, 분말도 4,640 cm<sup>3</sup>/g인 3종 고로슬래그이고 화학성분은 CaO 62.6 %, SiO<sub>2</sub> 28.7 %로 높은 비율을 나타낸다.

#### 2.1.5 플라이애시

본 연구에서는 밀도 2.62 g/cm<sup>3</sup>, 분말도 4,230 cm<sup>3</sup>/g인 것을 사용하였다. 플라이애시는 입자가 구형이며 유리조직으로 구성되어있다.

## 2.2 실험 계획

### 2.2.1 현무암 폐석 치환율에 따른 시멘트 기반 친환경 투수블록의 성능평가 (Series 1)

본 연구는 시멘트 기반의 실험으로 현무암 폐석 치환율에 따른 투수블록의 특성을 검토한다. Hwang and Lee(2022a)의 연구를 토대로 물-시멘트비는 20 %로 고정하며, 굵은골재 대비 현무암 폐석의 치환율은 0, 20, 40, 60(%) 4가지 수준으로 실험을 진행한다. 시멘트 질량 대비 천연골재 혼입 비율은 1:5로 한다. 실험항목은 휨강도, 압축강도, 투수계수, 흡수율, 밀도, 이산화탄소 저감, 미세먼지 저감 등으로 7가지이며 이에 따른 실험요인 및 수준은 Table 3과 같다.

Table 3. Experimental factor and level

Experimental factor	Experimental level	Remarks
Binder	OPC <sup>1)</sup>	1
Adsorption material	BWR <sup>2)</sup>	1
W/C	20 (%)	1
Mixing conditions (binder : aggregate)	1 : 5	1
Replacement ratio of BWR	0, 20, 40, 60 (wt %)	4
Curing condition	Relative humidity (60 ± 5) %, temperature (20 ± 2) °C	1
Experimental items	Flexural strength, compressive strength, permeability coefficient, density, absorption rate, CO <sub>2</sub> reduction, fine dust reduction	7

1) OPC : Ordinary Portland Cement

2) BWR : Basalt Waste Rock

### 2.2.2 현무암 폐석 치환율에 따른 무시멘트 기반 친환경 투수블록의 성능평가 (Series 2)

본 연구는 무시멘트 기반의 실험으로 현무암 폐석을 치환율에 따른 투수블록의 성능을 검토하고자 한다. Hwang and Lee(2022a)의 연구를 토대로 물-결합재비는 20 %로 고정하며, 굵은골재 대비 현무암 폐석의 치환율은 0, 20, 40, 60(%)로 4가지 수준으로 실험을 진행한다. 결합재 질량 대비 굵은 골재 혼입 비율은 1:5로 하고, 플라이애시 치환율은 고로슬래그 대비 20 %로 한다. 무시멘트 결합재를 활성화하기 위해 사용하는 알칼리 자극제는 6 %를 사용하며 실험항목은 휨강도, 압축강도, 투수계수, 흡수율, 밀도, 이산화탄소 저감, 미세먼지 저감 등으로 7가지이며 이에 따른 실험요인 및 수준은 Table 4와 같다.

Table 4. Experimental factor and level

Experimental factor	Experimental level	Remarks
Binder	BFS <sup>3)</sup> , FA <sup>4)</sup>	2
Replacement ratio of FA	20 (%)	1
Alkaline activator	NaOH	1
Adsorbents	BWR <sup>5)</sup>	1
W/C	20 (%)	1
Mixing conditions (binder : aggregate)	1 : 5	1
Replacement ratio of BWR	0, 20, 40, 60 (wt %)	4
Curing condition	Relative humidity (60 ± 5) %, temperature (20 ± 2) °C	1
Experimental items	Flexural strength, compressive strength, permeability coefficient, density, absorption rate, CO <sub>2</sub> reduction, fine dust reduction	7

- 3) BFS : Blast Furnace Slag
- 4) FA : Fly Ash
- 5) BWR : Basalt Waste Rock

### 3. 실험방법

#### 3.1 힘강도 및 압축강도

힘강도 및 압축강도 시험은 ‘KS L 5105’에 의거하여 시편 40 × 40 × 160 (mm<sup>3</sup>)으로 진행한다. 시험의 오차를 줄이기 위해 9개의 시험체를 제작, 재령 3, 7, 28(일)에 각각 3개의 시편 강도를 측정하여 비교한다.

#### 3.2 투수계수

투수계수 시험방법은 ‘KS F 4419’에 의거하며, 시편 40 × 160 × 160 (mm<sup>3</sup>)을 이용한다. 블록의 두께와 단면적을 버니어 캘리퍼스로 측정 후 거꾸기 내에 블록을 고정시킨다. 이때 블록 이외로 물이 빠지지 않도록 파라핀이나 실링재로 빈틈없이 막아준다. 시험 장치에 물을 채우고 수위를 일정하게 하여 배수량이 일정해지는 것을 기다려 30초 동안의 유출 수량을 메스 실린더로 측정한다. 투수계수는 시료 3개를 1분 이상의 간격을 두고 시험을 하여 각각의 값의 평균으로 한다.

### 3.3 흡수율

흡수율 시험방법은 ‘KS L 4419’에 의거하여 시편 40 × 40 × 160 (mm<sup>3</sup>)를 사용하였다. 흡수율을 측정하기 위해 경화된 시험체를 탈형 후 실온 15 °C에서 25 °C의 맑은 물속에 24시간 침지시킨 후, 즉시 물에서 꺼내어 철망 위에 놓고 1분간 물기를 뺀 후, 젖은 형검으로 표면을 닦아 내고 시험체의 표건 질량(W1)을 측정한다. 다음에 100 °C에서 110 °C의 공기 건조기 안에서 24시간 건조시켜서 시험체의 절건질량(W2)을 측정한다.

### 3.4 밀도

굳은 페이스트의 밀도 측정은 ‘KS F 2459’의 기준에 준하여 재령 28일 경화체의 질량을 측정하였다.

### 3.5 이산화탄소 저감

이산화탄소 저감 시험은 명확한 측정법이 제정되어 있지 않아 본 실험에서는 소형 챔버법을 이용하여 실험하였다. 현무암 폐석을 활용한 투수블록을 밀폐되어 있는 빈 챔버에 팬을 지속적으로 가동시켜 주면서 이산화탄소는 팬의 바람에 의해 대류 이동을 하며 내부 곳곳으로 이동하여 최종적으로 경화체의 표면까지 도달하게 된다. 이때, 기준 이산화탄소 농도를 일정하게 유지 시키고, 경화체를 넣은 후 Fig. 1에 나타난 이산화탄소 농도 측정기(NDIR-G150)를 사용하여 Fig. 2와 같은 방법으로 측정한다. 측정 시간은 3시간으로 하였고 매 10분 간격으로 이산화탄소 농도를 측정한다.



Fig. 1. CO<sub>2</sub> meter

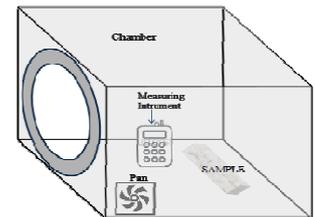


Fig. 2. Adsorption measurement

### 3.6 미세먼지 저감

본 연구의 미세먼지 농도 시험은 명확한 측정법이 제정되지 않아 소형 챔버법을 이용하여 실험한다. Fig. 3과 같은 미세먼지 발생기를 이용하여 PM2.5와 PM10을 챔버에 넣어 측정한다. 챔버 내의

미세먼지는 팬의 바람에 의해 자가 대류 이동을 통해 투수블록의 표면까지 도달하도록 하여 Fig. 4에 나타난 미세먼지 측정기를 사용하여 저감 성능을 측정한다. 측정 시간은 3시간으로 하며 10분 간격으로 측정한다.

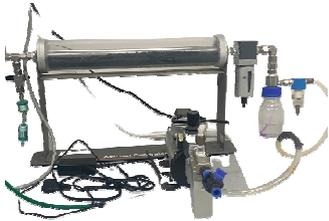


Fig. 3. Find dust generator



Fig. 4. Find dust meter

## 4. 실험 결과 및 분석

### 4.1 현무암 폐석 치환율에 따른 시멘트 기반 투수 블록의 성능평가 (Series 1)

#### 4.1.1 흡수율

Fig. 5는 현무암 폐석의 치환율에 따른 흡수율을 나타낸 것이다. 현무암 폐석의 치환율이 증가함에 따라 흡수율이 증가하는 경향을 볼 수 있다. 일반적인 투수블록의 흡수율은 4 % 내외인데 이것과 비교하면 약 1.6~2.8배 정도의 높은 흡수율을 나타내었으며, 이는 현무암 폐석의 많은 공극들로 인해 물을 잘 흡수하는 성질을 가지고 있어 현무암 폐석 자체가 높은 흡수율에 기인하고 있다고 판단된다.

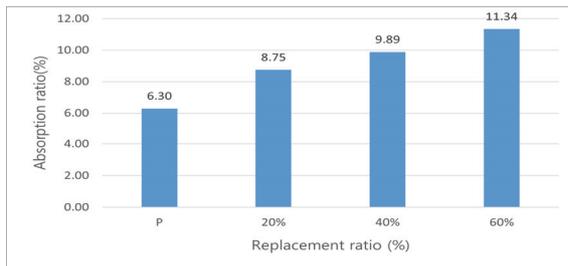


Fig. 5. Absorption ratio

#### 4.1.2 밀도

Fig. 6은 현무암 폐석의 치환율에 따른 밀도를 나타낸 것이다. 현무암 폐석의 치환율이 증가함에 따라 밀도는 감소하는 경향을 볼 수 있다. 이는 현무암 폐석(2.30 g/cm<sup>3</sup>)이 천연 골재(2.65 g/cm<sup>3</sup>)에 비해 밀도가 낮기 때문으로 판단된다.

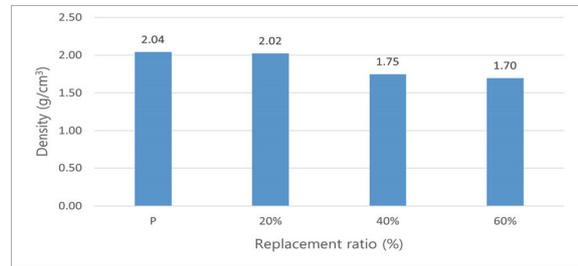


Fig. 6. Density

#### 4.1.3 휨강도

Fig. 7은 현무암 폐석의 치환율에 따른 휨강도를 나타낸 것이다. 현무암 폐석의 치환율이 증가함에 따라 휨강도가 감소하는 경향을 보였다. 이는 현무암폐석의 낮은 밀도로 인해 강도가 감소한 것으로 판단된다. 또한 현무암 폐석 치환율 20 %에서 'KS F 4419'에서 규정하고 있는 투수블록의 최소 휨강도(4.0 MPa)를 만족시킨다.

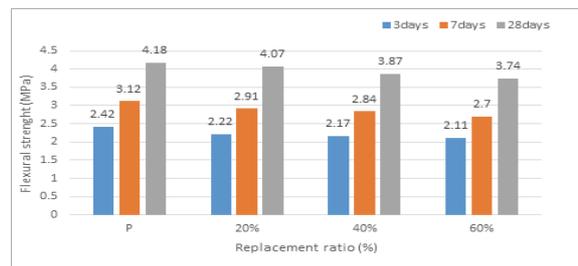


Fig. 7. Flexural strength

#### 4.1.4 압축강도

Fig. 8은 현무암 폐석의 치환율에 따른 압축강도를 나타낸 것이다. 현무암 폐석의 치환율이 증가함에 따라 압축강도는 감소하는 경향을 보였다. 이는 골재의 밀도(2.65 g/cm<sup>3</sup>)와 현무암 폐석(2.30 g/cm<sup>3</sup>)의 밀도차이와 경화체 내부의 많은 공극 발생에 의해 압축강도가 감소된 것으로 판단된다.

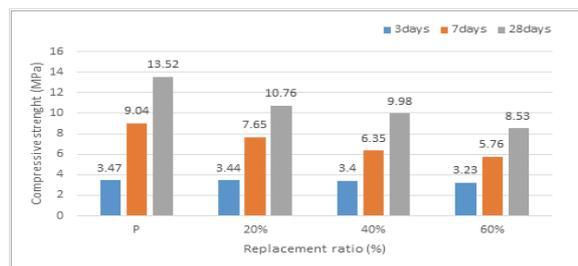


Fig. 8. Compressive strength

### 4.1.5 투수계수

Fig. 9는 현무암 폐석의 치환율에 따른 투수계수를 나타낸 것이다. 현무암 폐석 치환율에 따라 투수계수가 증가하는 경향을 보였고 모든 치환율에서 'KS F 4419'에 의거하여 만족하는 결과를 보였다. 이는 현무암 폐석 치환율에 따라 투수블록 내 많은 공극들이 발생되면서 투수되는 양이 증가한 것으로 판단된다.

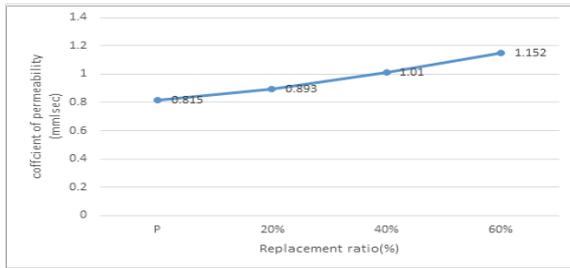


Fig. 9. Permeability coefficient

### 4.1.6 이산화탄소 저감

Fig. 10은 현무암 폐석 치환율에 따른 이산화탄소 저감율을 나타낸 것이다. 빈 챔버 기준 이산화탄소 농도는 100 %로 유지되어 있으며 시간이 지남에 따라 이산화탄소 농도가 감소되는 경향을 보인다. 또한 현무암 폐석 치환율이 증가함에 따라 이산화탄소 농도저감이 증가하는 경향을 보였고 최대 45 %까지 저감되었다. 이는 현무암 폐석의 구성성분인 칼슘과 마그네슘이 이산화탄소와 결합하여 화학적 흡착으로 이산화탄소 농도가 감소한 것으로 판단된다.

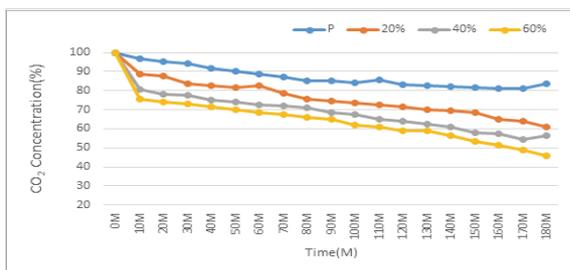


Fig. 10. CO<sub>2</sub> reduction ratio

### 4.1.7 미세먼지 저감

Figs. 11, 12는 현무암 폐석 치환율에 따른 미세먼지 농도를 나타낸 것이다. 현무암 폐석을 치환한 투수블록의 미세먼지 저감율은 일반 투수블록의 1.30~2.96배 정도이며 PM2.5보다 입자가 큰 PM10이 더 큰 저감율을 보였다. 또한 현무암 폐석 치환율이 증가

함에 따라 미세먼지 농도가 감소하는 경향을 보였다. 이는 현무암 폐석의 음이온 방출로 인하여 미세먼지와 결합하여 그 입자들이 경화체 내부에서 발생시킨 미세 공극과 현무암 폐석 자체의 다공성 공극에 흡착 및 축적되어 미세먼지 농도가 감소한 것으로 판단된다.

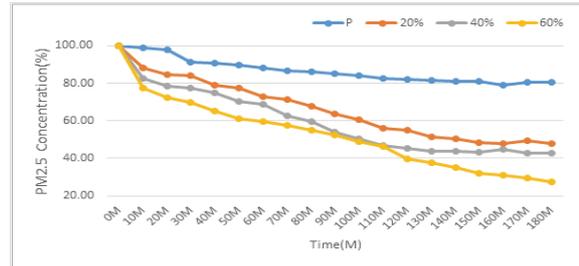


Fig. 11. PM2.5 reduction ratio

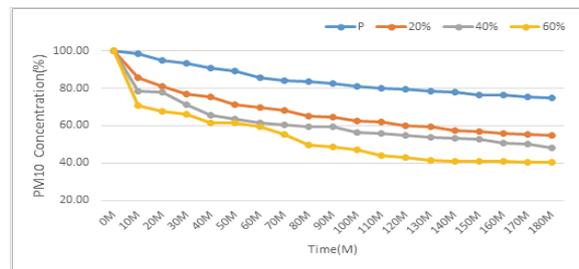


Fig. 12. PM10 reduction ratio

## 4.2 현무암 폐석 치환율에 따른 무시멘트 기반 투수블록의 성능평가 (Series 2)

### 4.2.1 흡수율

Fig. 13은 현무암 폐석의 치환율에 따른 흡수율을 나타낸 것이다. 현무암 폐석의 치환율이 증가함에 따라 흡수율이 증가하는 경향을 보인다. Series 1과 큰 차이는 나타나지 않았다.

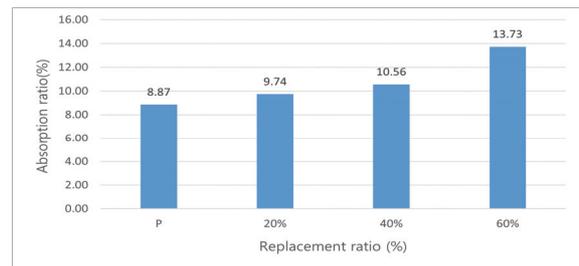


Fig. 13. Absorption ratio

### 4.2.2 밀도

Fig. 14는 현무암 폐석의 치환율에 따른 밀도를 나타낸 것이다. 현무암 폐석의 치환율이 증가함에 따라 밀도는 감소하는 경향을 보인다. 또한 Series1과 비교할 때 밀도가 약간의 작은 경향을 보인다. 이는 시멘트 밀도(3.15 g/cm<sup>3</sup>)보다 고로슬래그 밀도(2.85~2.95 g/cm<sup>3</sup>), 플라이애시 밀도(2.2~2.8 g/cm<sup>3</sup>)가 작아 감소된 것으로 판단된다.

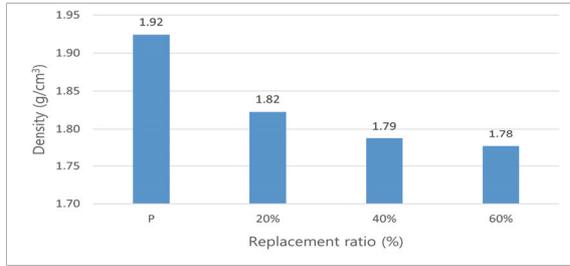


Fig. 14. Density

### 4.2.3 휨강도

Fig. 15는 현무암 폐석의 치환율에 따른 휨강도를 나타낸 것이다. 현무암 폐석의 치환율이 증가함에 따라 휨강도가 감소하는 추세를 보인다. 이는 현무암 폐석 자체의 공극이 많고 투수블록 내의 공극들의 증가로 현무암 폐석 치환율이 높아질수록 휨강도가 낮아지는 것으로 판단된다. 또한 Series 1보다 미세하게 낮은 강도를 보인다.

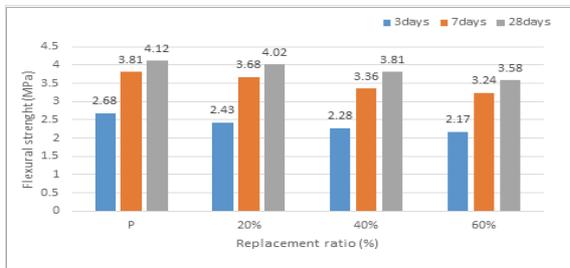


Fig. 15. Flexural strength

### 4.2.4 압축강도

Fig. 16은 현무암 폐석의 치환율에 따른 압축강도를 나타낸 것이다. 현무암 폐석의 치환율이 증가함에 따라 압축강도는 감소하는 경향을 보였다. Series 1과 비교하였을 경우, 같은 치환율에서 압축강도의 값이 증가하였으며, 이는 고로슬래그 및 플라이애시의 장기강도 증진과 알칼리자극제에 의한 잠재수경성 활성화에 따른 것으로 판단된다.

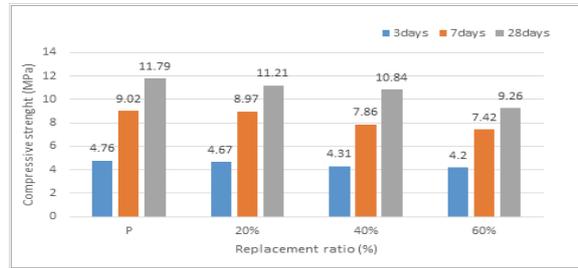


Fig. 16. Compressive strength

### 4.2.5 투수계수

Fig. 17은 현무암 폐석의 치환율에 따른 투수계수를 나타낸 것이다. 현무암 폐석 치환율이 증가함에 따라 투수계수가 증가하는 경향을 보였다. Series 1과 Series 2 모두 치환율이 증가함에 따라 투수계수가 증가하는 경향을 보인다. 이는 현무암 폐석의 다공질 성능으로 인해 투수 블록에 직접적인 영향을 주었다고 판단된다.

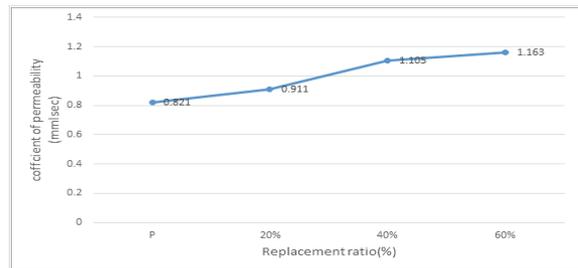


Fig. 17. Permeability coefficient

### 4.2.6 이산화탄소 저감

Fig. 18은 현무암 폐석 치환율에 따른 이산화탄소 저감율을 나타낸 것이다. 빈 챔버 기준 이산화탄소 농도는 100%로 유지되어 있으며 현무암 폐석 치환율이 증가함에 따라 이산화탄소 농도가 감소하는 경향을 보인다. Series 1과 비교하였을 때 큰 차이를 나타내지 않았다.

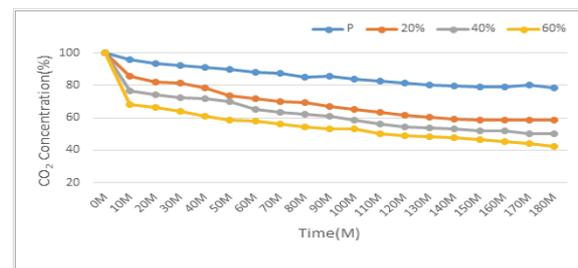


Fig. 18. CO<sub>2</sub> reduction ratio

### 4.2.7 미세먼지 저감

Figs. 19, 20은 현무암 폐석 치환율에 따른 미세먼지 저감율을 나타낸 것이다. 현무암 폐석 치환율이 증가함에 따라 미세먼지 농도가 감소하는 경향을 보였다. Series1과 비교하였을 때 큰 차이를 나타내지 않았다.

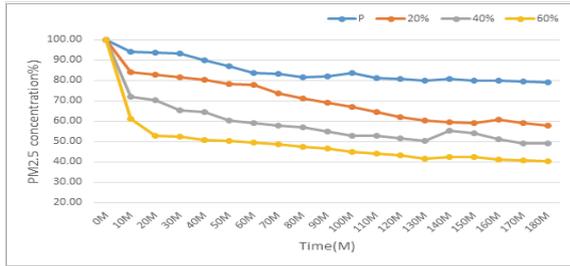


Fig. 19. PM2.5 reduction ratio

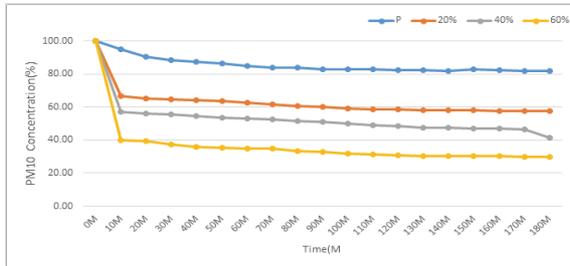


Fig. 20. PM10 reduction ratio

## 5. 결론

본 연구는 현무암 폐석의 치환율에 따른 투수블록의 휨강도, 압축강도, 휨강도, 밀도, 투수계수, 흡수율, 이산화탄소 및 미세먼지 저감율을 분석하여 투수블록의 다양한 성능을 검토하기 위한 기본자료로 그 결과는 다음과 같다.

1. 현무암 폐석 치환율 0, 20, 40, 60(%)로 흡수율을 시험한 결과, Series 1과 Series 2 동일하게 현무암 폐석 치환율이 증가함에 따라 흡수율이 증가하는 경향을 보였다. 이는 현무암 폐석이 다공질로서 물을 잘 흡수하는 성질로 인해 현무암 폐석 자체가 높은 흡수율에 기인하고 있다고 판단된다.
2. 현무암 폐석 치환율 0, 20, 40, 60(%)로 휨강도를 시험한 결과, Series 1과 Series 2 동일하게 현무암 폐석 치환율이 증가함에 따라 휨강도가 감소하는 것으로 나타났다. 이에 따라 투수블록 KS 품질기준에 의거하여 휨강도는 현무암 폐석 치환율 20 %까지가 적절한 것으로 판단된다.

3. 압축강도는 휨강도와 동일하게 재령일이 경과함에 따라 Series 1과 Series 2의 압축강도가 증가하는 경향을 나타냈다. 현무암 폐석의 치환율이 증가할수록 압축강도는 감소하는 경향을 나타냈다. 이는 배합과정 중 현무암 폐석의 낮은 밀도와 현무암 폐석이 수분을 다량 흡수하여 수화에 필요한 배합수가 부족하여 강도가 저하된 것으로 판단된다.
4. 투수계수는 Series 1과 Series 2의 모든 치환율에서 'KS F 4419'에서 규정하고 있는 0.1(mm/sec)를 상회하는 결과를 보였다. 현무암 폐석 치환율이 증가할수록 투수블록 내의 발생하는 공극이 증가함에 따라 물이 투수 되는 양이 증가한 것으로 판단된다.
5. 현무암 폐석 치환율 0, 20, 40, 60(%)로 밀도를 시험한 결과, Series 1과 Series 2 동일하게 현무암 폐석 치환율이 증가함에 따라 밀도가 감소하는 것으로 나타났다. 이는 현무암 폐석의 밀도가 천연골재에 비해 작기 때문에 밀도가 감소된 것으로 판단된다.
6. 현무암 폐석 치환율 0, 20, 40, 60(%)로 이산화탄소 및 미세먼지 저감 시험한 결과 Series 1과 Series 2 모두 현무암 폐석 치환율이 증가할수록 저감율이 증가하는 경향을 나타냈다. Series 2의 경우 현무암 폐석 치환율 60 %에서 이산화탄소 60 % 저감율을 보였으며, 미세먼지는 65 %의 저감한 결과를 나타내었다. 또한, 하이드로볼을 활용한 Hwang et al.(2022a)의 연구결과와 비교할 때 하이드로볼 보다 조금 낮은 저감율을 보이지만 이산화탄소와 미세먼지 모두 60 %이상으로 절반이 넘는 양을 저감했기 때문에 충분히 높은 것으로 판단된다.

따라서 현무암 폐석을 활용한 투수블록은 KS규격에서 제시하고 있는 규정을 만족하며, 공기질 개선 능력도 뛰어나다고 판단된다. 또한, 시멘트 기반 투수블록과 무시멘트 기반 투수블록을 비교하였을 때 큰 차이를 보이지 않고 동일한 경향을 나타낸다. 무시멘트 기반의 경우 시멘트를 사용하지 않아 시멘트를 생산하는데 발생하는 이산화탄소의 양을 저감할 수 있기 때문에 시멘트 기반의 투수블록보다 친환경적이라고 판단되기 때문에 추후 무시멘트 기반 투수블록제품 개발과 상용화에 기본자료로 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

### Conflicts of interest

None.

## 감사의 글

이 논문은 2022학년도 한밭대학교 대학회계 연구비를 지원받아 작성되었습니다.

## References

Hwang, W.J., Lee, C.W., Lee, S.S. (2022a). Performance evaluation of permeable block using hydroball, *Mathematical Statistician and Engineering Applications*, **71(3)**, 590–599.

Hwang, W.J., Lee, C.W., Lee, S.S. (2022b). Noncement-based hydroball evaluation of permeable block strength properties, *Proceedings of The Korea Institute of Building Construction*, **22(2)**, 207–208.

Kim, K.Y., Lee, K.I., Yun, J.M., Song, Y.S., Kim, T.H. (2015). Permeability characteristics of soils mixed with powdered sludge

of basalt, *Journal of the Korean Geosynthetics Society*, **14(2)**, 89–94.

Kim, R.H. (2019). Current state of carbon dioxide emission in cement industry and proposal for the environment load reducing cement used inorganic construction wastes, *Magazine of RCR*, **14(1)**, 22–28.

Ko, D.W., Choi, H.B. (2013). Basic performance evaluation of dry mortar recycled basalt powder sludge, *Journal of the Korea Institute of Building Construction*, **13(2)**, 131–138.

Pyeon, S.J., Gwon, O.H., Kim, T.H., Lee, S.S. (2016). Properties of harmful substances absorption eco-friendly artificial stone containing basalt waste rock, *Journal of the Korean Recycled Construction Resources Institute*, **4(4)**, 431–438.

Sin, B.S., Kim, H.N., Lee, D.H., Kim, T.S., Kim, Y.H., Kang, C.H., Song, K.J., Lee, H.H. (2022). Initial analysis of the underground air among Jeju Lava Forest(Sumgol) and its healing effect on the human body, *Journal of Naturopathy*, **11(1)**, 18–30.

### 현무암 폐석을 이용한 친환경 투수블록의 성능평가

현무암폐석을 활용한 투수블록의 성능을 평가하기 위해 현무암폐석의 치환율을 0, 20, 40, 60 (%) 4가지 수준으로 변화시켜 시멘트 및 무시멘트 기반의 투수블록을 제작하여 휨강도, 압축강도, 투수 계수, 흡수율, 밀도, 이산화탄소 저감, 미세먼지 저감 등에 대하여 평가하였다. 그 결과, 휨강도, 압축강도와 밀도는 현무암 폐석의 치환율이 증가함에 따라 감소하였지만 치환율 20 %에서 휨강도가 KS규격에 만족하는 결과값을 보였다. 흡수율, 투수계수, 이산화탄소 저감, 미세먼지 저감 등은 현무암 폐석의 치환율이 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였으며, 투수계수는 모든 치환율에서 KS규격을 만족하는 결과를 나타내었고 미세먼지, 이산화탄소 저감과 흡수율은 모든 치환율에서 높은 값을 나타냈다. 따라서 시멘트를 사용하지 않아 시멘트 생산과정에서 발생하는 이산화탄소량을 감소시킬 수 있는 무시멘트 기반 투수블록에서 중요한 지표인 투수계수가 KS규격을 만족하였고 공기질 오염물질 저감 성능이 뛰어나기 때문에 휨강도 기준을 만족하는 현무암 폐석 치환율 20 % 내에서 활용한다면 기존의 투수블록이 가지고 있는 문제점을 해결할 수 있는 방안으로 사용할 수 있을 것으로 판단된다.