

순환골재를 이용한 보투수성 알칼리 결합재 블록의 성능평가

Evaluation of Absorbent-Pervious Alkali-Activated Block Using Recycled Aggregate

박광민^{1*} · 김형석² · 조영근³Kwang-Min Park^{1*} · Hyung-Suk Kim² · Young-Keun Cho³

(Received May 4, 2017 / Revised May 15, 2017 / Accepted May 19, 2017)

The purpose of this study is to identify the possibility of developing the 100% Recycled-resources Absorbent-Pervious Alkali-activated Blocks using both the alkali-binder and the recycled aggregate. In addition, It established a test method such as Void ratio, compressive strength, coefficient permeability, absorption, and evaporation. As a result, an alkali-activated using recycled aggregate block was able to manufacture an 24 MPa class absorbent-pervious blocks with a liquid type sodium silicate and early high temperature curing. In this case, water-holding capacity, absorption and relative absorption were more effective than the natural aggregates. In conclusion, Absorbent-pervious alkali-activated Block Using recycled aggregate has a surface temperature reducing effect of approximately 10 % compared to ordinary concrete block.

키워드 : 보투수 블록, 순환골재, 알칼리 결합재, 투수계수, 보수성

Keywords : Absorbent-pervious block, Recycled aggregate, Alkali-activated materials, Permeability coefficient, Water retention

1. 서론

포라스 형식의 투수 콘크리트는 보통 콘크리트와 달리 연속된 공극을 함유하고 있어서 높은 투수성을 보유한 특수 콘크리트이다. 또한 수질 정화, 차음 효과 및 보온 효과 등의 부가적인 효과로서 다기능성 환경 친화적인 건축 재료로 개발되고 있다. American Concrete Institute에 의하면 일반적으로 투수 콘크리트는 굵은골재(직경 2mm~10mm), 시멘트, 배합수 및 자극제로 구성되며, 공극률이 15%~35%이고 압축강도는 2.8MPa~28.0MPa로 보고되고 있다(ACI committee 522, 2010).

한편, Ali, M.B. et al.(2011)에 의하면 시멘트 산업은 총 이산화탄소 배출량의 약 7%를 차지하고 있으며, 이산화탄소 억제를 위해서 시멘트 대체재 개발이 필요하다고 언급하고 있다. 또한 Ministry of Environment(2016)에 의하면 국내 건설폐기물 총 발생량은 70 580천톤/년(이중 폐콘크리트 발생량은 45 424천톤/년)이 발생하

고 있으나 재생설비 부족 및 품질확보의 미흡 등으로 90% 이상이 노반재 등에 이용되고 있다고 보고하고 있다. 사회적 요구에 따라 시멘트 대체재 및 순환골재에 대한 연구개발이 이루어지고 있으나 주로 일반 콘크리트에 적용하는 것에 제한적이다.

최근에는 투수 콘크리트의 친환경성을 극대화하기 위하여 순환골재 및 시멘트 대체재를 활용한 투수 콘크리트의 개발도 진행되고 있으나, 전세계적으로 초기 단계에 불과한 실정이다(Vanchai, Sata, et al, 2013).

따라서 본 연구에서는 알칼리 활성화 결합재 및 순환골재를 동시에 활용한 보투수성 알칼리 결합재 블록의 공극률, 압축강도, 투수계수, 보수량, 흡수율 및 증발성 등의 실험을 통하여 100% 순환자원을 활용하고, 보수성과 투수성을 동시에 갖는 제품의 특성을 평가하였다.

* Corresponding author E-mail: kmpark@kcl.re.kr

¹한국건설생활환경시험연구원 주임연구원 (High-Tech Construction Materials Center, Korea Conformity Laboratories, Seoul, 08503, Korea)

²한국건설생활환경시험연구원 연구원 (High-Tech Construction Materials Center, Korea Conformity Laboratories, Seoul, 08503, Korea)

³한국건설생활환경시험연구원 선임연구원 (High-Tech Construction Materials Center, Korea Conformity Laboratories, Seoul, 08503, Korea)

2. 보투수성 성능평가를 위한 실험 절차

2.1 사용재료

2.1.1 알칼리 활성화 결합재

KS L 5405 2종 플라이애시(FA) 및 KS F 2563 3종 고로슬래그 미분말(GGBFS)을 사용하였으며, 본 실험에 사용한 FA 및 GGBFS의 물리적 성질 및 화학성분은 Table 1과 같다.

2.1.2 알칼리 활성화제

순도 $\geq 98\%$ 수산화나트륨(sodium hydroxide, NaOH), 분말 규산나트륨(SiO_2 50.0%~55.5%, Na_2O 23.0%~27.0% sodium silicate powder, Na_2SiO_3) 및 액상 규산나트륨(SiO_2 28.2%, Na_2O 9.3%, H_2O 65.5% sodium silicate solution, Na_2SiO_3)을 사용하였다.

2.1.3 골재

입도 5mm~16mm(G_{max} 16)의 천연 및 순환골재를 사용하였으며 물리적 성질은 Table 2와 같다.

2.1.4 고흡수성수지

보투수성 개선을 위하여 고흡수성수지(Super Absorbent Polymer, SAP)를 사용하였으며, 국내 G사에서 제조 및 판매되는 제품으로 겔 중합법(gel polymerization)에 의해 덩어리로 만들어진 후 적당한 크기로 잘려진 제품을 선정하였다. 본 연구에 사용된 SAP는 크

기 0.075mm, 흡수율은 300g/g~500g/g인 SAP를 사용하였다.

Table 1. Physical properties and chemical components of binder

Physical properties		
	FA	GGBFS
Type	II	III
Density(g/cm^3)	2.32	2.89
Blaine(cm^2/g)	3 680	4 280
Ig.loss(%)	3.36	0.01
Chemical components(%)		
	FA	GGBFS
SiO_2	52.3	34.3
Al_2O_3	21.8	14.2
Fe_2O_3	8.26	0.47
CaO	6.87	43.0
MgO	1.87	2.71
K_2O	1.03	0.50
Na_2O	1.46	0.20
SO_3	0.59	3.64

Table 2. Physical properties of aggregate

Type	Gradation(mm)	Density(g/cm^3)	Absorption(%)
Crushed	5~16	2.65	2.17
Recycled		2.53	4.08

Table 3. Mixture proportions of absorbent-pervious alkali-activated blocks

Mix No.	W/B (%)	S/a (%)	Aggregate type	PS (B wt.%)	SAP (B wt.%)	Ms	Initial curing temp. ($^{\circ}\text{C}$)	Unit weight(kg/m^3)						SP (B wt.%)	
								W	FA	GGBFS	S	G	Sodium silicate (type)		NaOH
A-1	30	10	Crushed	-	-	1.5	23	105	175	175	174.49	1633.27	38.78(P)	5.56	1.0
A-2				-	-		55				174.49	1633.27	38.78(P)	5.56	
A-3				-	-		55				168.02	1572.63	72.20(L)	9.40	
B-1			Recycled	-	-		23				174.49	1633.27	38.78(P)	5.56	
B-2				1.5	-		23				174.49	1633.27	38.78(P)	5.56	
C-1				-	0.002		23				174.49	1633.27	38.78(P)	5.56	
C-2				-	0.004		23				174.49	1633.27	38.78(P)	5.56	
D-1				-	-		55				174.49	1633.27	38.78(P)	5.56	
D-2				1.5	-		77				168.02	1572.63	72.20(L)	9.40	
D-3				-	-		77				164.01	1535.17	96.26(L)	6.52	

PS = Polymer solution, SAP = Super absorbent polymer, Ms = Molar ratio, FA = Fly ash, GGBFS = Ground granulated blast furnace slag, SP = Super plasticizer, P: Powder type sodium silicate, L: Liquid type sodium silicate

2.1.5 액상폴리머

보수성, 보수지속성 및 발수지속성을 개선할 목적으로 혼화제용 폴리머 수용액(Polymer Solution, PS)을 사용하였다.

2.2 배합설계

보투수성 블록의 배합 인자 및 수준은 Table 3과 같다. 모든 조건에서 W/B 30%, S/a 10%, 단위 결합재량 350kg/m³ 및 FA:GGBFS = 1:1로 선정하였으며, 공극률은 약 10%를 확보할 수 있도록 계획하였다.

배합설계는 천연골재를 활용하여 초기양생온도 및 액상/분말 규산나트륨에 의한 3수준(A-1, 2, 3), 순환골재를 활용하여 PS에 의한 2수준(B-1, 2), SAP에 의한 개선효과를 2수준(C-1, 2)으로 하였다. 여기서 SAP의 흡수력을 고려하여 SAP질량의 20배의 추가배합수를 첨가하였다. PS, Ms비 및 초기양생조건에 따른 개선효과를 확인하기 위하여 D-1, 2, 3 배합을 설계하였다.

2.3 실험방법

2.3.1 공극률

공극률은 일본 JCI의 ECO콘크리트 연구위원회의 『포러스 콘크리트의 공극률시험방법(안)』을 참고하여 식 (1)에 의해서 구하였다.

$$A = 1 - \frac{m_h + m_w}{V} \times 100 \quad (1)$$

여기서, A 는 공극률(%)이며, m_h 는 공시체의 수중질량(g), m_w 는 공시체를 24시간 침치시킨 후, 즉시 물에서 꺼내서 철망 위에 놓고 1분간 물기를 뺀 후, 젖은 형검으로 표면을 닦아 낸 표면 건조 포화 상태의 공시체의 질량(g), V 은 공시체의 부피(cm³)이다.

2.3.2 압축강도

압축강도는 $\phi 100 \times 200$ mm 공시체를 제작하여 Table 3에 따라 24시간 초기양생 후, 온도 (20±3)°C, 상대습도 (60±5)%의 항온항습실에서 양생한 다음, 재령 3일에 KS F 2405 『콘크리트의 압축강도 시험 방법』에 따라서 구했다.

2.3.3 투수계수

투수계수는 KS F 4419 『보차도용 콘크리트 인터로킹 블록』에 준하여 Fig. 1과 같은 실험 장치를 제작하여 측정하였으며, Darcy

의 법칙에 근거하여 식 (2)에 의해 투수계수를 구하였다.

$$K = \frac{d}{h} \times \frac{Q}{A \times 30s} \quad (2)$$

여기서, K 는 투수계수(mm/s)이며, Q 는 배수되는 유출수량(mm³), d 는 블록의 두께(mm), h 는 수위차(mm), A 는 블록의 단면적(mm²), $30s$ 는 측정시간이다.

2.3.4 보수량

보수량은 일본 JIS A 5371 『프리캐스트 무근 콘크리트 제품』 부속서 B.5.4.1 보수성시험에 준하여 식 (3)에 의해서 구하였다.

$$W_h = \frac{m_w - m_d}{V} \quad (3)$$

여기서, W_h 는 보수량(g/cm³)이며, m_d 는 100°C에서 24시간 건조하고 실온에서 자연 냉각한 공시체의 건조질량(g)이다.

2.3.5 흡수율 및 상대흡수율

흡수율은 KS F 4419 『보차도용 콘크리트 인터로킹 블록』에 준하여 식 (4)에 의해 구하였다. 상대흡수율은 Fig. 2와 같이 공시체

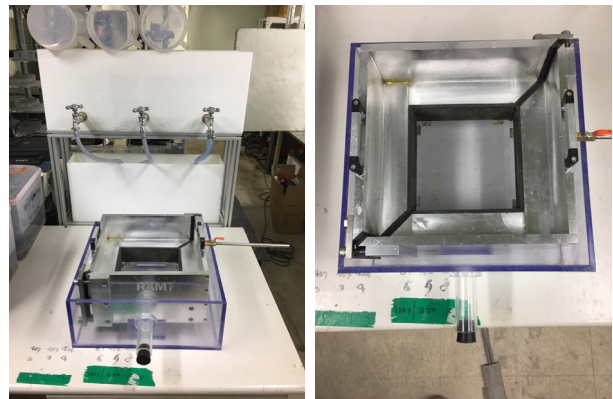


Fig. 1. Measurement of water permeability

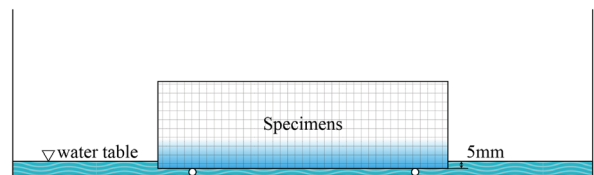


Fig. 2. Measurement of relative absorbent

가 바닥에서 물을 흡수하는 량을 구하기 위하여 일본 JIS A 5371 『프리캐스트 무근 콘크리트 제품』 부속서 B.5.4.2 흡수성시험에 준하여 식 (5)에 의해 구하였다.

$$W_a = \frac{m_w - m_d}{m_d} \times 100 \quad (4)$$

$$W_{ra} = \frac{m_a - m_d}{m_w - m_d} \times 100 \quad (5)$$

여기서, W_a 는 흡수율(%)이며, W_{ra} 는 상대흡수율(%)이다. m_a 는 건조시킨 공시체를 Fig. 2와 같은 실험 장치에서 공시체의 밑면에서 5mm 높이까지 수조에 물을 넣고 30분간 물을 흡수한 후, 1분간 물기를 뺀 후, 젖은 형검으로 표면을 닦아낸 공시체의 질량(g)이다.

2.3.6 증발성

보투수 블록의 온도저감 성능을 평가하기 위해 Fig. 3과 같은 증발성시험 장치를 제작하여 측정하였다. 증발성시험 장치는 온도 (20±3)℃, 상대습도(60±5)%의 항온항습실에서 수행하였다. 실험은 다음의 절차에 따라 수행하였다.

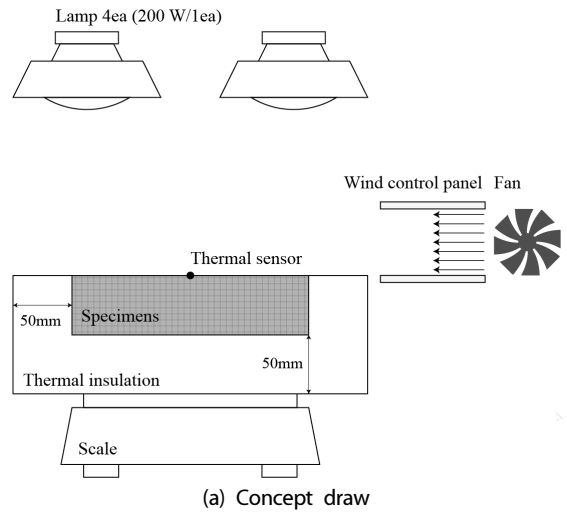
- 1) 표준 공시체(콘크리트 인터로킹 블록)를 사용하여 램프 조사 개시 후 3±1 시간에 공시체 표면 온도가 60℃가 되도록 램프 높이를 조절한다.
- 2) 표면 온도가 60℃가 되는 시간(t_s)을 기록한다.
- 3) 대상 공시체를 24시간 수중 침지한 후 조절 높이에서 램프를 조사하여 시간(t_s)에서의 표면 온도(T_s)를 측정한다.
- 4) 표면온도 저감율($e_s = (60^\circ\text{C} - T_s) / 60^\circ\text{C} \times 100$)을 기록한다.
- 5) 측정 대상 공시체에 대해 3)~4)를 반복한다.

위 과정에서 데이터로거를 활용하여 1분 간격으로 데이터를 기록하였다.

상기 실험방법과 더불어 일본 JSTM H 1001 『건축재료의 보수성, 흡수성 및 증발성 시험방법』에 준하여 식 (6)에 따라서 용적기 준용적함수율(m^3/m^3)을 구하였다.

$$\varphi = \frac{m_n - m_d}{m_d} \times \frac{\rho_d}{\rho_w} \quad (6)$$

여기서, m_n 는 n시점에서의 공시체 질량(kg), ρ_d 는 공시체의 건조 밀도(kg/m^3), ρ_w 는 물의 밀도(kg/m^3)이다.



(a) Concept draw



(b) Test device

Fig. 3. Measurement of evaporation

3. 실험결과 및 고찰

3.1 공극률

본 실험결과를 Table 4에 나타냈다. Fig. 4와 같이 모든 공시체의 공극률은 7.26%~11.79%로 나타나 목표값이 10.0%를 만족하고 있는 수준이다. 단 SAP를 첨가한 C-1, 2는 18.99% 및 18.79%를 나타내고 있다. 이것은 SAP를 첨가한 경우에는 SAP의 초기 흡수력에 따라 결합재와 결합수간의 반응이 원활하지 못한 것에 기인하고 있으며, 그에 따라 Fig. 5와 같이 골재가 탈락되어 공극률이 증가하는 결과로 이어진 것으로 보인다.

반면, A, B 및 D 시리즈의 결과를 보면, PS, 규산나트륨의 분말/액상 형태 및 초기양생온도에 따른 공극률의 변화는 뚜렷한 경향을 보이지 않는 것으로 나타났다.

3.2 압축강도

Fig. 4와 같이 A-1, 2 및 3의 재령 28일의 압축강도는 8.00MPa, 15.41MPa 및 20.79MPa로 양생온도가 높을수록 강도발현이 우수하였고, 분말보다는 액상 형태의 규산나트륨을 자극제로 첨가한

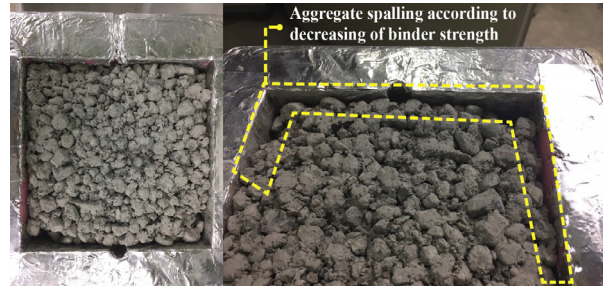


Fig. 5. Block using SAP

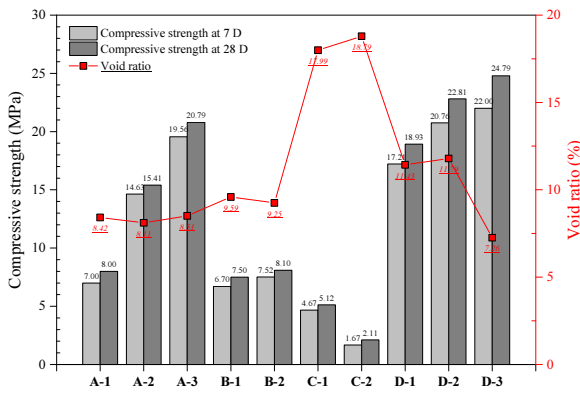


Fig. 4. Compressive strength and void ratio of blocks

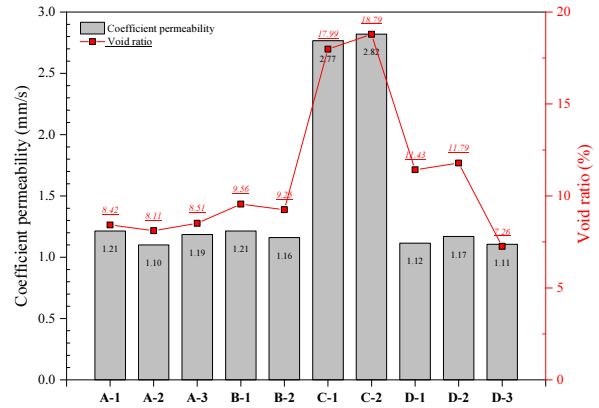


Fig. 6. Coefficient permeability and void ratio of blocks

Table 4. Test results

Mix No.	Void ratio(%)	Compressive strength(MPa)		Coefficient permeability (mm/s)	Water-holding capacity (g/cm ³)	Absorption(%)	Relative absorption(%)	Surface temperature reducing effect(%)
		7days	28days					
A-1	8.42	7.00	8.00	0.44	0.114	5.58	16.66	3.32
A-2	8.11	14.63	15.41	0.52	0.119	6.01	15.37	3.32
A-3	8.51	19.56	20.79	1.19	0.110	5.43	20.70	-0.34
B-1	9.56	6.70	7.50	0.86	0.134	7.05	19.07	5.88
B-2	9.25	7.52	8.10	1.16	0.150	8.04	39.00	10.04
C-1	17.99	4.67	5.12	2.77	0.153	9.41	11.66	7.47
C-2	18.79	1.67	2.11	2.82	0.167	10.56	45.64	7.47
D-1	11.43	17.21	18.93	1.07	0.159	8.51	35.57	9.97
D-2	11.79	20.76	22.81	1.68	0.160	8.92	35.59	9.14
D-3	7.26	22.00	24.79	1.40	0.156	8.43	35.56	10.26

경우에 압축강도가 증가하였다. 또한, A-1 및 B-1의 재령 28일의 압축강도는 8.00MPa 및 7.50MPa로서 천연골재 및 순환골재에 따른 압축강도 저하는 0.50MPa 수준으로 급격한 강도저하는 확인되지 않아서 순환골재를 활용한 보투수 블록의 제조는 충분히 가능성이 있다고 판단된다.

B-1, 2는 PS 첨가에 따른 압축강도를 나타낸다. 재령 28일의 압축강도는 7.50MPa 및 8.10MPa로서 PS 첨가가 압축강도에 미치는 영향은 없는 것으로 확인되었다.

C-1, 2는 SAP 첨가에 따른 압축강도를 나타낸다. 재령 28일의 압축강도는 5.12MPa 및 2.11MPa이었다. 이는 앞에서 언급한 것과 같이 SAP의 초기 흡수력에 따른 결합재 및 알칼리 활성화제의 반응이 원활하지 못한 것에 기인하는 것으로 판단된다.

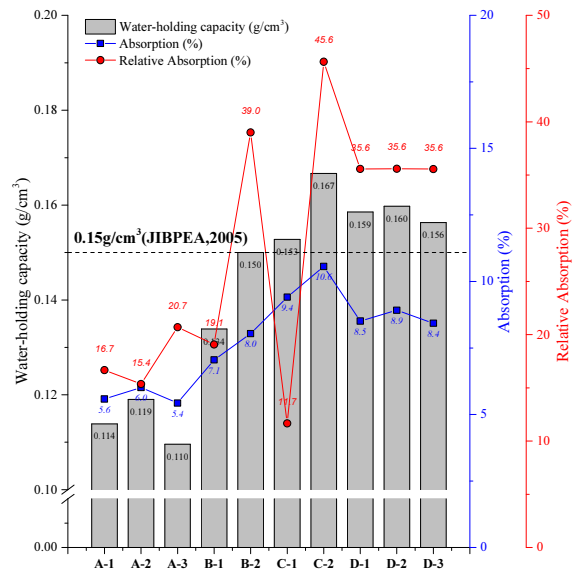
D-1, 2 및 3의 재령 28일의 압축강도는 18.93MPa, 22.81MPa 및 24.79MPa로 양생온도가 높고, 액상 규산나트륨의 경우에 압축강도의 발현이 우수하였다. 또한 Ms비를 2.0으로 할 경우에 압축강도가 증가하는 경향을 확인하였다.

3.3 투수계수

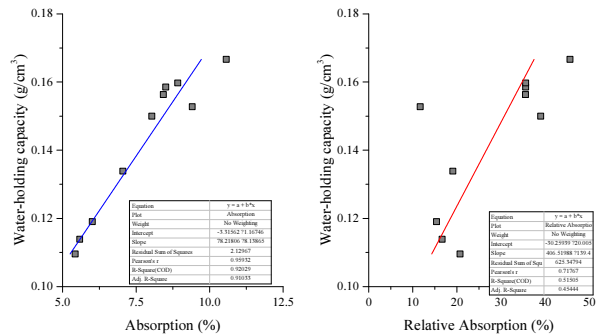
투수계수 범위는 Fig. 6과 같이 SAP를 첨가한 경우를 제외하고 1.10mm/s~1.21mm/s이다. SAP를 첨가한 경우에는 골재가 탈락됨에 따라 투수계수가 커진 것으로 판단된다. PS, 규산나트륨 형태 및 양생온도에 따른 투수계수의 변화는 없는 것으로 보인다. 모든 공시체에서 KS F 4419에서 규정하고 있는 0.1mm/s를 크게 상회하는 결과를 나타내고 있다.

3.4 보수량

보수량에 대한 실험결과를 Fig. 7에 나타냈다. 순환골재를 사용한 경우의 보수량은 0.134g/cm³~0.167g/cm³으로 천연골재를 사용한 경우의 0.110g/cm³~0.119g/cm³와 비교하여 0.024g/cm³~0.048g/cm³ 높은 보수량이 나타났다. 이는 Table 2와 같이 골재 자체의 흡수율 차이에 기인하고 있다고 판단된다. 또한 PS 첨가에 따른 효과를 확인하기 위하여 B-1 및 B-2의 보수량을 보면 0.134g/cm³ 및 0.150g/cm³로 증가하는 결과가 나타났다. 따라서 보수성 증진을 위해 PS 첨가는 효과적으로 판단되며, 규산나트륨 형태 및 초기고온양생의 경우에도 PS 첨가는 효과적인 결과가 나타났다. 결론적으로, PS 및 SAP를 첨가한 모든 배합에서 일본 보수성 포장의 보수량 기준인 0.15g/cm³(JIBPEA, 2005)을 만족하는 것을 확인할 수 있다.



(a) Water-holding capacity, absorption and relative absorption



(b) Relationship with water-holding capacity and absorption (c) Relationship with water-holding capacity and relative absorption

Fig. 7. Water-holding capacity, absorption and relative absorption of blocks

3.5 흡수율 및 상대흡수율

흡수율 및 상대흡수율도 보수량과 마찬가지로 천연골재보다 순환골재를 사용한 경우가 더 높은 경향이 나타났다. 순환골재를 사용한 경우 흡수율은 7.05%~10.28%(SAP 제외)이며, 상대흡수율은 19.07%~43.41%(SAP 제외)로 나타났다. 또한 Fig. 7(b), (c)와 같이 보수량과 흡수율 및 상대흡수율은 결정계수 R²=0.92 및 0.75(SAP제외)의 높은 상관관계를 보이는 것으로 나타났다.

3.6 증발성

일반 콘크리트 인터로킹 블록의 경우 램프 조사 개시 후 137분에서 표면 온도가 60.0℃에 도달하였고 그때의 램프 높이는 278mm였다. 따라서 시험 대상 공시체를 24시간 수중 침지한 후

높이 278mm에서 램프를 조사하여 137분에서의 표면온도를 측정하였다. Fig. 8과 같이 137분에서의 표면온도는 A-1(58.1°C), A-2(58.1°C), A-3(60.2°C), B-1(56.5°C), B-2(54.0°C), C-1(55.6°C), C-2(55.6°C), D-1(54.1°C), D-2(54.6°C) 및 D-3(53.9°C)로 측정되었다.

Fig. 9와 같이 천연골재를 사용한 A-1, 2 및 3의 온도저감율은 3.32%, 3.32% 및 -0.34%로 나타난 것과 비교해, 순환골재를 사용한 B-1의 경우에는 5.88%로 표면온도 저감효과에 우수한 효과가 있는 것으로 나타났다. 이것은 앞에서 기술한 것과 같이 순환골재 자체의 흡수율에 따른 보수성에 기인한 결과로 판단된다. 또한 PS를 첨가한 B-2, D-1, 2 및 3의 경우 10.04%, 9.97%, 9.14% 10.26%로 표면온도 저감효과에 PS첨가는 유효한 효과가 있는 것으로 나타났으며, SAP를 첨가한 경우는 C-1, 2 모두 7.47%의 효과가 나타났다.

Fig. 10은 각 공시체의 표면온도에 따른 용적기준 용적함수율의 변화를 나타내고 있다. 일반 콘크리트 인터로킹 블록의 경우 온도에 증가함에 따라 용적기준 용적함수율이 낮아지면서 60.0°C에서 0m³/m³에 수렴하는 결과가 나타났다. 본 실험에서는 3시간까지를 측정범위로 설정하여서 공시체 표면온도가 60.0°C에 도달하지 못

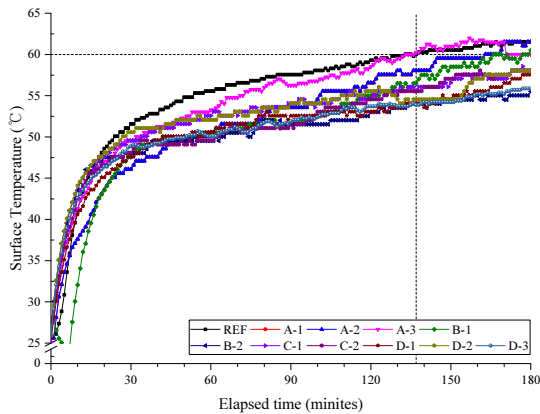


Fig. 8. Elapsed time of surface temperature

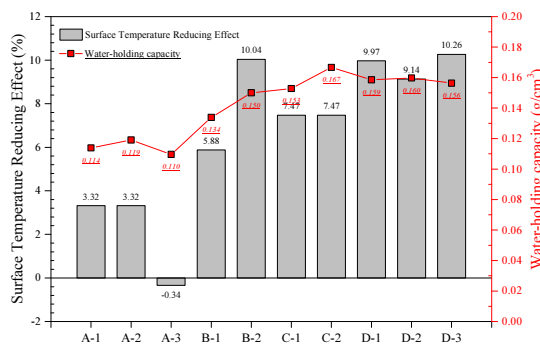


Fig. 9. Surface temperature reducing effect

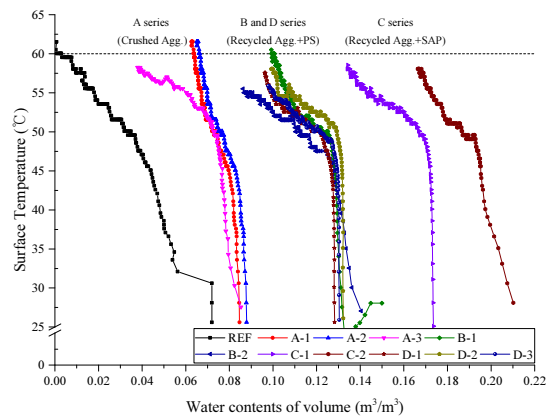


Fig. 10. Water contents of volume

하였다. 따라서 55.0°C부근에서의 공시체의 용적기준 용적함수율을 보면, REF(0.034m³/m³), A-1(0.067 0.070m³/m³), A-2(0.060m³/m³), A-3(0.060m³/m³), B-1(0.108m³/m³), B-2(0.088m³/m³), C-1(0.142m³/m³), C-2(0.173m³/m³), D-1(0.100m³/m³), D-2(0.102m³/m³) 및 D-3(0.100m³/m³)로 측정되었다. 즉, 천연골재 < 순환골재+PS < 순환골재+SAP 순으로 잔여 용적함수율이 높은 것을 알 수 있다. 결론적으로, 사용골재 및 첨가제에 따라서 60.0°C 이상에서의 보수지속력 및 최대 표면온도가 상이할 것으로 예상된다.

그러나 본 실험에서는 램프 조사 후 3시간까지를 측정하였으며, 향후 3시간 이후의 측정 데이터를 확보하여 보수지속력 등의 복합적인 검토가 필요할 것으로 판단된다. 또한 표준 공시체의 표면온도 설정을 60.0°C 이상으로 설정하였을 경우의 표면온도 저감효과 등 다양한 접근 분석이 필요할 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 알칼리 활성화 결합재 및 순환골재를 동시에 활용한 보투수성 알칼리 결합재 블록의 실험적 연구를 통하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1. 알칼리 활성화 결합재를 기반으로 천연골재 및 순환골재를 사용한 공시체의 재령 28일 압축강도는 8,00MPa 및 7,50MPa로서 압축강도에 미치는 골재의 영향은 미비한 수준이다. 따라서 순환골재 적용 가능성은 높은 것으로 판단된다.
2. 알칼리 활성화 결합제로서 분말 및 액상 규산나트륨을 사용한 공시체의 재령 28일 압축강도는 8,00MPa 및 15,41MPa로서 액상 규산나트륨을 적용할 경우의 압축강도 발현이 우수하였다. 또한 초기 고온양생을 실시할 경우 20,79MPa로 강도발현에 효

과적이었다. 즉, 적절한 강도발현을 적용할 경우 알칼리 활성화 결합재 기반 보투수 블록의 제조가 가능할 것으로 판단된다.

3. 순환골재를 사용한 경우의 보수량은 $0.134\text{g}/\text{cm}^3 \sim 0.167\text{g}/\text{cm}^3$ 으로 천연골재를 사용한 경우의 $0.110\text{g}/\text{cm}^3 \sim 0.119\text{g}/\text{cm}^3$ 와 비교하여 $0.024\text{g}/\text{cm}^3 \sim 0.048\text{g}/\text{cm}^3$ 높은 보수량이 나타났다. 이는 순환골재 자체의 높은 흡수율에 기인하고 있다고 판단된다.
4. 순환골재 및 액상폴리머 사용이 압축강도, 공극률 및 투수계수에 미치는 영향은 미비한 수준인 것에 반해, 보수성, 흡수율 및 상대흡수율 증진에 효과적이다. 액상폴리머를 첨가한 공시체의 보수량은 $0.15\text{g}/\text{cm}^3$ 을 만족하는 보수기능이 발현되었다.
5. 일반 콘크리트 인터로킹 블록과 비교해 순환골재 및 액상폴리머를 병행한 보투수성 블록의 표면온도 저감효과가 9.14%~10.26% 향상되었다.

감사의 글

본 논문은 2014 환경산업선진화기술개발사업의 지원을 받아 수행한 연구 과제(2014000150002)입니다. 이에 감사드립니다.

References

- ACI Committee 522. (2010). Pervious Concrete, Report no. 522R-10, American Concrete Institute, Detroit, USA.
- Ali, M.B., Saidur, R., Hossain, M.S. (2011). A review on emission analysis in cement industries, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **15(5)**, 2252-61.
- Ministry of Environment. (2016). Status of Waste Generation and Treatment, Korea.
- The Quality Standard and Test Method of Water-Retentive Concrete Block Pavement, (2005). Japan Interlocking Block Pavement Engineering Association, Japan.
- Vanchai, Sata., Ampol, Wongsaa., Prinya, Chindapasirt. (2013). Properties of pervious geopolymer concrete using recycled aggregates. *Construction and Building Materials*, **42**, 33-39.

순환골재를 이용한 보투수성 알칼리 결합재 블록의 성능평가

본 연구에서는 알칼리 활성화 결합재 및 순환골재를 동시에 활용한 100% 순환자원 보투수성 알칼리 결합재 블록의 개발 가능성을 확인하고자 한다. 또한, 공극률, 압축강도, 투수계수, 보수량, 흡수율 및 증발성 등의 특성 시험 방법을 정립하여 표준화의 기초단계를 확보하였다. 그 결과, 순환골재를 이용한 알칼리 활성화 결합재 블록은 액상 규산나트륨 및 초기고온양생을 통해 24MPa급의 보투수성 블록을 제조할 수 있었다. 또한 순환골재를 적용한 경우 천연골재보다 보투수 블록의 보수량, 흡수율 및 상대흡수율에서 효과적인 결과가 나타났다. 종합적으로, 알칼리 활성화 결합재를 기반으로 순환골재 및 액상폴리머를 사용할 경우 보수량, 흡수율 및 상대흡수율 증진이 가능하고 일반 콘크리트 인터로킹 블록과 비교해 약 10% 수준의 표면온도 저감효과를 가진 보투수성 블록의 제조를 기대할 수 있다.