

석분슬러지와 광촉매제를 사용한 콘크리트 보도블록의 특성

정용욱¹, 이승한^{2*}, 최종오¹

¹계명대학교 첨단건설재료실험센터, ²계명대학교 토목공학과

Characteristics of Concrete Sidewalk Block Manufactured Using Stone Powder Sludge and photocatalytic agent

Yong-Wook Jung¹, Seung-Han Lee^{2*}, Jong-Oh Choi¹

¹Advanced Construction Materials Testing Center, Keimyung University

²Department of Civil Engineering, Keimyung University

요약 본 연구는 보도블록 제조시 표면 연마 과정에서 발생하는 석분슬러지의 재활용 및 광촉매제를 사용하여 콘크리트 보도블록의 백화 특성을 검토한 것으로 석분슬러지 사용량에 따른 보도블록의 품질특성과 광촉매제의 혼입률 및 도포횟수 등에 따른 보도블록의 백화, 대기정화 등의 특성을 평가하였다.

실험결과, 석분슬러지를 재활용한 콘크리트 보도블록은 납, 6가크롬, 카드뮴, 수은 등의 중금속이 불검출 되어 재활용이 가능하며, 콘크리트 보도블록에 혼입사용 할 경우 흡수율 및 휨강도 등 KS 기준 값을 충족시킬 수 있는 혼입량은 20%가 최적임을 나타내었다. 석분슬러지 및 광촉매제를 적용한 콘크리트 보도블록은 흡수율 5.4%, 휨강도 5.2MPa로 품질기준을 만족하였다. 또한 광촉매제의 사용은 -5°C의 저온환경 조건에서도 백화가 발생되지 않았으며, 대기정화 성능 70%, 촉진내후성 시험 후 대기정화 성능시험 68%의 기능성을 나타내었다.

Abstract This study examined the efflorescence characteristics of a concrete sidewalk block manufactured using recycled stone powder sludge and photocatalytic generated by surface polishing during the sidewalk block manufacturing process. The study evaluated the characteristics of the sidewalk block in terms of its quality, based on the amount of stone powder sludge used, efflorescence, and further based on the mixing ratio and number of applications of the photocatalytic.

The experimental results indicated that heavy metals such as lead, hexavalent chrome, cadmium, and mercury were not present in the concrete sidewalk block, thereby confirming the effectiveness of the recycled stone powder sludge. The optimum mixing ratio of used in the concrete sidewalk block (for satisfying KS standard values such as water absorption ratio and flexural strength) was found to be 20%. The concrete sidewalk block incorporating the stone powder sludge and photocatalytic exhibited a water absorption ratio of 5.4% and flexural strength of 5.2 MPa, thereby satisfying the quality standards. Additionally, when the photocatalytic was used, efflorescence did not occur even at the low temperature of -5 °C, and the by the sidewalk block was found to be 70% under normal conditions and 68% when subjected to an accelerated weathering test.

Key Words : Efflorescence, Photocatalytic, Purify polluted air, Sidewalk block, Stone powder sludge

1. 서론

최근 천연잔물개의 부족 등으로 1990년대 중반까지

는 사용되지 않던 부순 모래의 사용량이 급증하고 있는 실정이다. 부순 모래를 만드는 과정에서는 암질에 따라 다소 차이는 있으나 대략 부순 모래의 43%에 이르는 석

*Corresponding Author : Seung-Han Lee(Keimyung Univ.)

Tel: +82-53-580-5296 email: lsh@kmu.ac.kr

Received May 4, 2015

Revised June 8, 2015

Accepted June 11, 2015

Published June 30, 2015

분슬러지가 발생되며, 국내에서는 연간 250만톤 이상의 석분슬러지가 발생되는 것으로 추정되고 있다[1]. 석분슬러지는 석산뿐만 아니라 석재 가공업체에서 원석을 채굴, 가공하는 과정에서도 발생하는 미분으로 현행법상 폐기물로 지정되어 있어 처리절차가 까다롭고 비용 부담이 높아 일부 업체에서는 사업장내 방치하거나 불법으로 매립하고 있는 실정이다[2]. 사업장 내 방치 및 매립된 석분슬러지는 우수 시 주변 토양 및 지하수를 오염시켜 환경파괴의 주범으로 지적되고 있으며 이의 처리를 위해서 소요되는 비용만 연간 118.2억원에 이르고 있다[3]. 따라서 환경문제 해결 및 자원 재활용이라는 사회적 요구를 충족할 수 있는 석분슬러지 재활용 기술 개발이 요구되고 있다. 석분슬러지의 재활용을 위하여 많은 연구가 이루어 졌지만, 석분슬러지의 경제적인 재활용 공정은 아직 개발되지 않고 있으며, 석분슬러지가 점토 덩어리의 특성과 유사하여 수분을 접촉하면 점성이 높아지고 건조하면 비교적 단단하게 고결될 뿐만 아니라 수용액 중에 분산시키는 것이 어렵기 때문에 재활용을 어렵게 하는 중요한 요인으로 작용하고 있다[4]. 따라서 지금까지의 석분슬러지의 재활용 연구는 아스팔트 콘크리트의 채움재로 사용하거나 폐기물 매립지의 차수재, 토지개량재, 비닐하우스 종묘재배용 등으로 재활용한 연구사례가 있으나 재활용 활성화를 기하기에는 어려운 실정이다 [5]. 이에 본 연구에서는 석분슬러지를 콘크리트 보도블록 제조시 유효자원으로 재이용하고자 하였다. 한편 콘크리트 보도블록은 제품 완성 후 야적기간을 거치며, 야적기간 동안의 환경조건 등에 의해 블록표면에 백화현상이 발생되고 있다. 백화현상은 건조된 경화체에 물이 침투하고, 가용성분을 포함한 물이 블록 표면으로 흘러나온 후 증발 건조 시 백화성분이 표면에 남게 되는 것으로 시공사에서도 백화발생 제품의 사용을 꺼려하고 있으며, 현장 시공 후에도 미관상 등의 문제를 야기 시키고 있다[6]. 보도블록의 백화현상은 미관 등의 문제로 백화 제거 작업 등 추가 작업이 이루어지고 있는 실정이며, 백화 제거 작업은 염산화액 등으로 블록 표면 물 분사에 의한 세척이 주로 이루어지고 있어 2차 환경오염 등 많은 문제를 야기 시키고 있다. 이에 본 연구에서는 광촉매제(TiO₂)를 이용하여 보도블록의 백화를 방지하고자 하였다[7,8].

이와 같이 본 연구는 환경오염방지과 유효자원의 재활용 측면에서 폐기되고 있는 석분슬러지를 콘크리트 보

도블록 제조시 혼입사용을 검토하였다. 이를 위하여 석분슬러지의 화학성분 및 중금속용출 등의 화학적 특성 분석을 실시하였으며, KS 품질기준을 만족하는 최적 석분슬러지 사용량 결정을 위하여 혼입률 변화에 따른 콘크리트 보도블록의 흡수율 및 휨강도 특성을 검토하였다. 또한 콘크리트 보도블록의 백화현상 방지를 위하여 광촉매제의 도포 및 혼합에 따른 대기정화특성과 촉진내후성시험 후 아세트알데히드(CH₃CHO) 제거율을 검토함으로써 백화방지 및 배기가스 정화기능을 갖는 친환경 기능성 콘크리트 보도블록을 제조하고 그 특성을 검토하였다.

2. 실험개요

2.1 사용재료

2.1.1 시멘트 및 석분슬러지

콘크리트 보도블록 제조에 사용된 재료는 A사의 보통포틀랜드 시멘트와 5mm 이하 동 슬래그, 8mm이하 스크링스를 사용하였으며, 석분슬러지는 콘크리트 보도블록 제조시 표면강도 및 질감 향상을 위한 Brush가공 공정에서 발생하는 것을 사용하였다. 콘크리트 보도블록의 제조는 Fig. 1과 같이 블록 시편제작 장치를 이용하여 규격 제품으로 제조하였다.



Fig. 1. Concrete block making equipment

2.1.2 광촉매제

백화방지를 위한 광촉매제는 Fig. 2와 같이 B사의 분말형 NP-400D와 액상형 NT-1을 사용하였으며, 분말형은 보도블록 제조 시 혼입용으로 액상형은 보도블록 제조 후 표면 도포용으로 사용하였다.

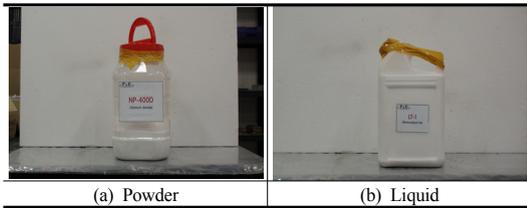


Fig. 2. Photocatalyst agent

2.2 실험계획 및 방법

2.2.1 실험계획

본 연구에서는 석분슬러지를 콘크리트 보도블록에 제 활용하고, 광촉매제를 이용하여 보도블록의 백화방지뿐만 아니라 배기가스 정화기능을 갖는 친환경 기능성 콘크리트 보도블록을 제조하고자 하였다. 콘크리트 보도블록의 성능은 평가항목별 Table 1과 같이 목표 값을 설정하였다.

Table 1. Target value of concrete sidewalk block

Item	Target value	Evaluation methods
Water absorption ratio	7 %	KS F 4419
Flexural strength	5 MPa	KS F 4419
Performance of purify polluted air	60 %	CH ₃ CHO removal rate
Purify polluted air after accelerated weathering test	50 %	CH ₃ CHO removal rate after UV Ramp
Efflorescence rate	5 %	Low temperature(- 5℃), Visually evaluated
Heavy metal detection	Below	Waste processing test (Pb, Hg, Cd, Cr ⁶⁺)

콘크리트 보도블록의 성능 목표 달성을 위한 실험계획은 Table 2와 같이 석분슬러지를 사용한 콘크리트 보도블록의 특성과 광촉매 혼입량 및 도포회수에 따른 백화 및 대기정화 특성으로 구분된다. 석분슬러지의 콘크리트 보도블록 적용을 위하여 석분슬러지 내의 화학성분 분석 및 중금속용출 시험을 실시하였으며, 석분슬러지 치환율을 0%, 10%, 20%, 30%로 변화시켜 KS F 4419 「보차도용 콘크리트 인터로킹 블록」의 품질기준 흡수율을 7%이하, 휨강도 5.0 MPa이상을 만족하는 최적 석분슬러지 사용량을 산정하고자 하였다. 또한 콘크리트 보도블록의 백화현상 방지를 위한 광촉매제는 혼입율을 시멘트량에 0, 2.5, 5, 0, 10%로 변화시켰으며, 광촉매제의 표면 도포는 도포횟수 1회, 2회, 3회로 하여 광촉매제의 혼입량 및 도포횟수에 따른 백화 및 대기정화 특성을 측정하였다.

Table 2. Experimental plan

Series		Measurement item
characteristics of concrete sidewalk block that using stone powder sludge	Stone powder sludge mixing ratio (C x %)	0
		10
		20
		30
characteristics of concrete sidewalk block that using photocatalyst agent	mixing (C×%)	0
		2.5
		5
		10
	Coating (count)	1
		2
		3

2.2.2 실험방법

(1) 석분슬러지 화학성분

석분슬러지의 화학성분 및 중금속 함유량 분석은 KEONET망으로 연결된 Shimadzu의 X.R.F 장비를 사용하였으며, Fig. 3과 같이 석분슬러지를 100±5℃로 건조, 분쇄 등의 전처리 후 성분분석을 실시하였다.

(2) 콘크리트 보도블록의 휨 강도

휨 강도 측정은 KS F 4419 「보차도용 콘크리트 인터로킹 블록」에 준하여 실시하였으며, Fig. 4와 같이 제작된 공시체를 시험기에 거치한 후 파괴에 이를 때까지 0.16MPa(=N/mm²)/s 속도로 재하 하여 다음 식을 이용하여 휨강도를 계산하였다.

$$Bending\ Strength(MPa) = \frac{3Pl}{2bd^2}$$

- P : Force(N)
- l : Point-to-point length(mm)
- b : Width(mm)
- d : Thickness(mm)

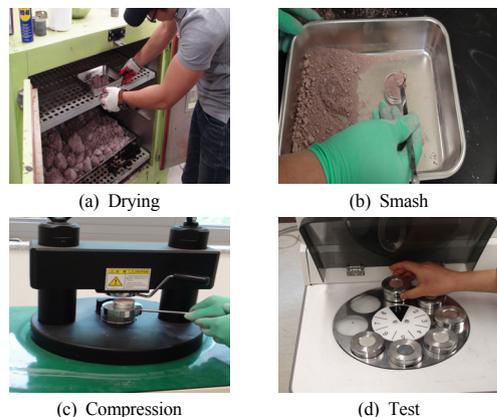


Fig. 3. Component analysis test procedure

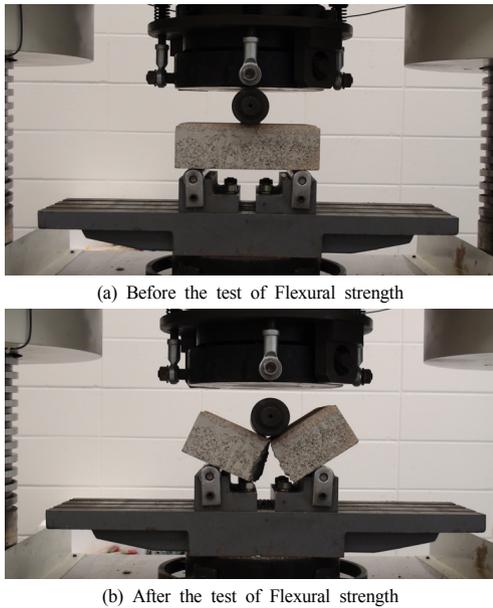


Fig. 4. Flexural testing of sidewalk block

(3) 콘크리트 보도블록의 흡수율

콘크리트 보도블록의 흡수율은 휨강도 시험이 끝난 후 1개 시료에서 2개의 시험편을 취하여 KS F 4419 「보차도용 콘크리트 인터로킹 블록」에 준하여 측정하였으며, 다음 식을 이용하여 흡수율을 계산하였다.

$$\text{Water absorption ratio}(\%) = \frac{m_0 - m_1}{m_1} \times 100$$

m_0 : Surface dry mass(g)
 m_1 : Absolute dry mass(g)

(4) 대기정화

콘크리트 보도블록의 대기정화 성능 평가는 AKP 「광촉매성능평가시험법Ⅱb」에 준하여 아세트알데히드(CH₃CHO) 제거율을 측정하였다. 또한 광촉매제의 혼합 및 도포시 시간경과에 따른 대기정화 성능 효율 검토를 위하여 촉진내후성 시험 후 대기정화 성능을 평가하였다. 촉진내후성 시험은 Fig. 5와 같이 상온 15℃가 유지되는 항온항습실에 UV램프 이외의 광원을 완전히 배제시킨 후 타이머 조작이 가능한 UV램프를 설치하고 24시간 반복을 1 Cycle로 하여 Cycle 반복에 따른 촉진내후성을 측정하였다.

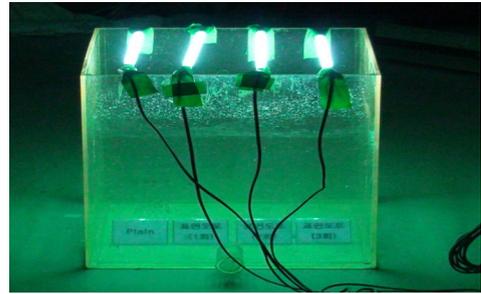


Fig. 5. Accelerated weathering test by UV exposure

(5) 콘크리트 보도블록의 백화

콘크리트의 백화발생은 시멘트 경화체 표면의 수분증발에 기인하기 때문에 표면 건조가 일어나는 조건에서 물의 증발이 이루어질 경우 많이 발생되며, 기온이 낮고, 비교적 습도가 높은 경우 등 이러한 조건에서 백화 발생은 더욱 촉진된다. 따라서 본 연구에서는 백화 발생 환경 조건인 -5℃의 저온환경에서 5주간 정치시켜 콘크리트 보도블록의 백화발생 유무를 육안 평가하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 석분슬러지를 사용한 보도블록의 특성

산업폐기물로 분류되고 있는 석분슬러지의 재활용을 위하여 석분슬러지 내의 화학성분 분석 및 중금속용출 실험을 실시하였으며, 콘크리트 보도블록의 석분슬러지 적용을 위해 혼입율 0%, 10%, 20%, 30% 변화에 따른 KS 기준 흡수율 7%이하, 휨강도 5.0MPa 이상의 만족여부를 검토하였다.

3.1.1 석분슬러지의 화학성분 및 중금속 용출

석분슬러지의 화학성분 및 중금속용출 측정결과를 Table 3에 나타내었다.

Table 3. Chemical composition of stone powder sludge

Type	Chemical composition					
	CaO	MgO	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	SO ₃
Content (%)	49.1	21.9	17.5	5.0	4.1	1.4
Heavy metal detection	Pb, Cr ⁶⁺ , Cd, Hg				Not detected	

석분슬러지의 화학성분 분석결과 CaO 49.1%, MgO 21.9%, SiO₂ 17.5%, Fe₂O₃ 5.0% 순으로 나타났으며, CaO성분이 가장 많이 나타난 것은 보도블록의 Brush가

공 공정에서 발생하는 석분슬러지의 사용으로 일부 시멘트 성분이 함유되었기 때문으로 사료된다. 또한 석분슬러지의 중금속용출 측정결과 납(정량한계 0.04 mg/L), 6가크롬(정량한계 0.007 mg/L), 카드뮴(정량한계 0.002 mg/L), 수은(정량한계 0.0005 mg/L) 등이 모두 불검출되어 폐기물공정시험기준을 모두 만족하는 것으로 나타났다.

3.1.2 콘크리트 보도블록의 흡수율

석분슬러지 혼입율 0%, 10%, 20%, 30%에 따른 콘크리트 보도블록의 흡수율 측정결과를 Fig. 6에 나타내었다. 석분슬러지 혼입율에 따른 콘크리트 보도블록의 흡수율은 혼입율 0%, 10%, 20%, 30%의 경우 각각 5%, 6%, 6%, 7%로 석분슬러지 혼입율이 증가할수록 흡수율도 증가하는 것으로 나타났으나, 최대 혼입율 30%에서도 KS 흡수율 품질기준 7%이하를 만족하였다.

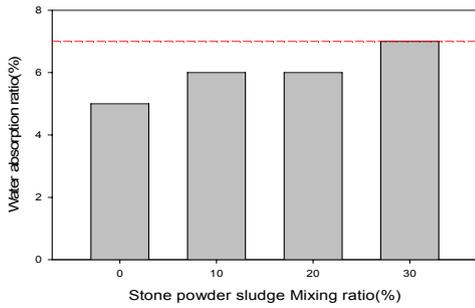


Fig. 6. Water absorption ratio

3.1.3 콘크리트 보도블록의 휨 강도

석분슬러지 혼입율 0%, 10%, 20%, 30%에 따른 콘크리트 보도블록의 휨 강도는 KS 기준 5.0 MPa 이상을 목표로 하였으며, 측정결과를 Fig. 7에 나타내었다.

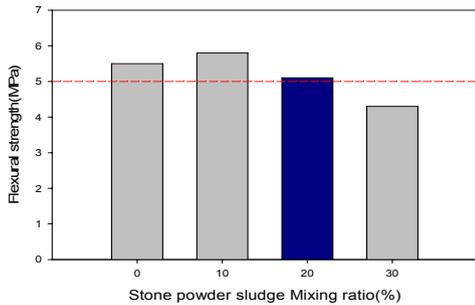


Fig. 7. Flexural strength according to stone powder sludge mixing ratio

석분슬러지 혼입율에 따른 휨강도 특성은 혼입율 0%, 10%, 20%의 경우 각각 5.4MPa, 5.8MPa과 5.1MPa로 나타나 목표기준치 5.0MPa 이상을 만족하는 것으로 나타났다. 또한, 석분슬러지 10% 혼입시에는 무치환시에 비해 약 0.4MPa 높은 휨강도 값을 나타내었다. 이것은 석분슬러지의 분말도가 약 5,500cm²/g로 고분말 영향으로 내부 공극을 밀실하게 채우는 필터 효과에 기인한 것으로 판단된다. 반면 석분슬러지 혼입율 30%에서는 휨강도가 4.3MPa로 목표기준치를 만족하지 못하는 것으로 나타났다.

이러한 결과는 석분슬러지를 콘크리트 보도블록에 경우 KS 휨강도 기준을 만족시킬 수 있는 최적 혼입량은 30%이하로 판단할 수 있으며, 흡수율 및 휨강도 특성을 고려한 최적 석분슬러지 혼입량은 20%인 것으로 판단된다.

3.2 광촉매제를 사용한 보도블록의 특성

콘크리트 보도블록의 문제점인 백화현상 방지를 위하여 광촉매제의 혼입 및 도포방법에 따른 휨강도, 대기정화 및 백화특성을 측정하였으며, 시험결과를 Table 4에 나타내었다.

Table 4. Testing results

Type	Flexural strength (MPa)	Clean air (%)	Efflorescence occurs
Plain	5.5	5	Appears after 5 weeks
Mixing (C×%)	2.5	5.4	21
	5	5.1	30
	10	4.8	57
Coating (count)	1	5.4	52
	2	5.4	70
	3	5.5	77

3.2.1 광촉매제를 사용한 보도블록의 휨강도

Fig. 8에 광촉매제의 혼입, 도포에 따른 적용방법과 혼입량 및 도포횟수에 따른 콘크리트 보도블록의 휨강도 특성을 나타내었다.

광촉매제 혼입량 및 도포횟수에 따른 휨 강도 특성은 광촉매제를 사용하지 않은 기준 보도블록의 경우 5.5MPa로 나타났으며, 광촉매제 혼입율이 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었다. 그러나 광촉매제 혼입율 2.5%와 5%에서도 휨강도는 5.4MPa, 5.1MPa로 나타나 보도블록의 휨강도 품질기준을 만족하는 것으로 나타났다.

다. 반면, 광촉매 혼입을 10%의 경우 4.8MPa로 목표기 준치를 만족하지 못하는 것으로 나타났다.

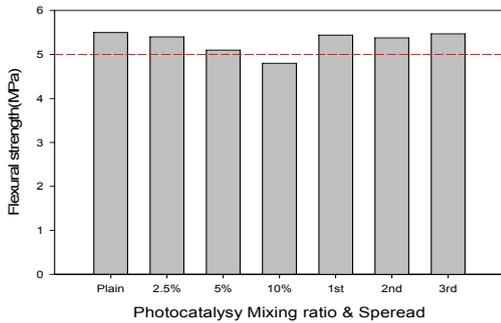


Fig. 8. Flexural strength according to photocatalytic agent mixing and coating

Fig. 8에서 광촉매 도포횟수에 따른 휨강도는 1회 도포시 5.4MPa, 2회와 3회의 경우 각각 5.4MPa과 5.5 MPa로 나타나 휨강도 목표기준치 5.0 MPa을 모두 만족하는 것으로 나타났으며, 도포횟수 증가는 휨강도에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

3.2.2 광촉매 사용 보도블록의 대기정화 특성

광촉매제 혼입량 및 도포횟수에 따른 콘크리트 보도블록의 대기정화 특성을 Fig. 9에 나타내었다.

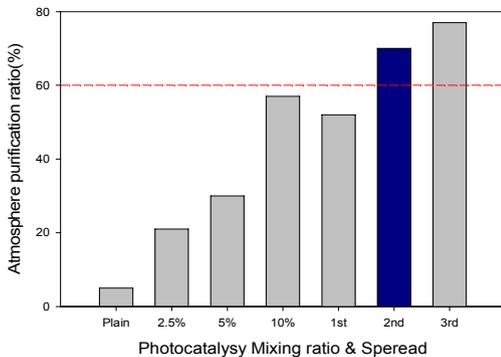


Fig. 9. Purify polluted air according to photocatalytic agent mixing and coating

Fig. 9에서 광촉매제의 혼입량에 따른 아세트알데히드 제거 특성은 광촉매 혼입을 2.5%에서 21%, 5%에서 30%, 10%에서 57%의 제거 특성을 나타내어 목표기준치 60% 이상을 만족하지 못하는 것으로 나타났다. 이것

은 광촉매제 혼입의 영향으로 광촉매가 자외선 조사 하에서 성능을 발휘하기 때문인 것으로 판단된다.

반면, 광촉매 표면 도포횟수에 따른 아세트알데히드 제거 특성은 표면도포 1회에서 52%로 목표기준치를 만족하지 못하는 것으로 나타났으나, 2회에서 70%, 3회에서 77%의 제거성능을 나타내었다. 도포횟수에 따른 아세트알데히드 제거율은 2회 도포시 1회와 비교하여 약 18%의 제거율을 향상시켰으나, 3회 도포시 제거율 증진은 2회 도포시와 비교하여 증가폭이 7%로 높지 않아 경제성 등을 고려한 광촉매제의 도포횟수는 2회가 최적인 것으로 판단된다.

3.2.3 광촉매를 사용한 보도블록의 축진내후성

시험 후 대기정화 특성

광촉매제 혼입 및 도포시 콘크리트 보도블록의 시간 경과에 따른 대기정화 특성을 평가하기 위하여 축진내후성 시험 후 시험 전후의 아세트알데히드(CH₃CHO) 제거율로 평가하였으며, 성능평가 결과를 Fig. 10에 나타내었다.

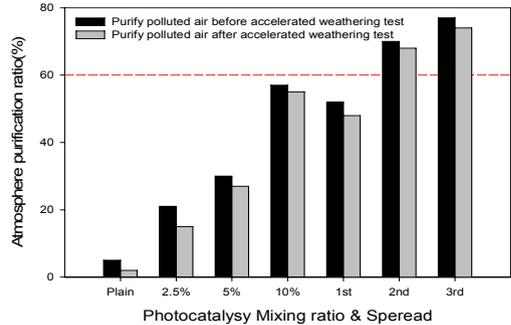


Fig. 10. Purify polluted air after accelerated weathering test

Fig. 10에서 축진내후성 시험 후 콘크리트 보도블록의 아세트알데히드(CH₃CHO) 제거율은 축진내후성 시험전과 비교하여 혼입을 2.5%에서 6%, 5%에서 3%, 10%에서 2% 감소하였다. 이와 같이 축진내후성 시험 후에도 광촉매제의 성능감소는 높지 않은 것으로 나타났다. 또한 광촉매 표면 도포횟수에 따른 축진내후성 전후 아세트알데히드(CH₃CHO) 제거율은 2회에서 2% 감소한 68%, 3회에서는 3% 감소한 74%의 제거율을 나타내어 축진내후성 이후에도 목표성능을 발휘하고 있는 것을 알 수 있었다.

3.2.4 광촉매제를 사용한 보도블록의 백화특성

광촉매제 혼입 및 도포에 따른 콘크리트 보도블록의 백화 특성의 평가는 백화발생 환경조건인 -5℃에서 5주간 정치시켜 백화발생 유무를 육안 평가하였으며, 시험 결과는 Table 5와 같다.

Table 5. Test results of efflorescence

Week	Low temperature(-5℃)	
	Coating	Mixing
1		
3		
5		

Table 5와 같이 저온환경 -5℃에서 콘크리트 보도블록의 백화발생은 광촉매제를 혼입 또는 도포하지 않은 경우 재령 5주에서 보도블록의 표면에 백화가 발생하였다. 반면 광촉매 도포 1회, 2회, 3회와 혼입율 2.5%, 5%, 10%의 경우 모든 조건에서 재령 5주 이후에도 백화는 발생하지 않았다. 이는 광촉매제의 방오기능으로 인하여 수분 유입이 차단되었기 때문인 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구는 폐기물로 취급되고 있는 석분슬러지와 광촉매제를 사용하여 친환경 기능성 콘크리트 보도블록을 제조하고 특성을 검토한 것으로 결론은 다음과 같다.

1. 콘크리트 보도블록의 Brush가공 공정에서 발생되는 석분슬러지의 화학성분은 CaO 49.1%, MgO 21.9%, SiO₂ 17.5%, Fe₂O₃ 5.0% 순으로 시멘트와 유사한 화학성분을 나타내었으며, 중금속 분석결과 납, 6가크롬, 카드뮴 및 수은 등의 중금속이 불

2. 석분슬러지 혼입율에 따른 콘크리트 보도블록의 흡수율은 최대 혼입율 30%에서도 흡수율 품질기준 7%이하를 만족하였으며, 석분슬러지 혼입율에 따른 휨강도는 혼입율 20%까지는 품질기준 5.0MPa 이상을 만족하였다.
3. 광촉매 혼입 및 표면도포에 따른 휨강도는 광촉매 혼입의 경우 혼입율이 증가할수록 약 3MPa씩 휨강도를 감소시켰으나, 표면 도포의 경우 도포횟수에 관계없이 5.4~5.5MPa로 비슷한 휨강도 값을 나타내었으며, 아세트알데히드 제거율은 광촉매 혼입율 10%에서도 57%의 제거율을 나타내었으나, 표면 도포의 경우 도포횟수 2회 이상에서 70% 이상의 제거성능을 나타내었다.
4. 촉진내후성 시험 후 콘크리트 보도블록의 아세트알데히드 제거율은 광촉매 혼입과 표면 도포에 관계없이 약 3% 정도 감소하는 것으로 나타났으며, 표면 도포 2회와 3회의 경우 각각 68%와 74%의 제거율을 나타내어 촉진내후성 이후에도 목표성능을 발휘하고 있는 것을 알 수 있었다.
5. 저온환경 -5℃에서 콘크리트 보도블록의 백화발생은 광촉매 혼입 또는 도포하지 않은 경우 재령 5주에서 표면백화가 발생되었으나, 광촉매 혼입 및 도포의 경우 광촉매제의 방오 기능으로 인한 수분 차단에 의해 혼입율과 도포횟수에 관계없이 재령 5주 이후에도 백화는 발생하지 않았다.

References

- [1] J.H. Song, S.Y. Lim, J.D. Jaung, A Study on the Properties of Mortar Flowability and Strength Development Using Sludge of Crushed Stone, Journal of The Architectural Institute of Korea, Vol. 26, No. 1, pp.405-408, 2006.
- [2] J.S. Jeong, G.Y. Song, J.H. Ahn, T.H. Kim, Utilization of Stone Sludges Produced by Stone Manufacturing Process as Asphalt Concrete Filler, Journal of Korean Society of Civil Engineers, Vol. 27, No. 4, pp.457-464, 2007.
- [3] S.Y. Lim, J.H. Song, J.D. Jaung, A Study on Properties of General Strength-High Flow Concrete using Sludge of Crushed Stone, Journal of The Architectural Institute of

Korea, Vol. 26, No. 1, pp.409-412, 2006.

- [4] K.N. Hong, J.H. Lee, S.H. Han, J.K. Park, Mechanical properties of Concrete Using Crushed Stone Sludge as Substitutes, Journal of the Institute of Constructional Technology, Vol. 31, No. 2, pp.79-84, 2012.
- [5] Kim Sang Sub, The Study on Plan to Recycle Dehydrated Stone Powder Sludge, Master's Thesis, Keimyung University, 2009.
- [6] Ryu Se Ah, A study on the development of the environment-friendly paving block : focused on low-toxicity paving materials development, Master's Thesis, Hanyang University, 2009.
- [7] H.K. Joo, J.W. Ha, D.H. Cho, Standard test method for photocatalytic activity with optical fiber, Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 2005, No. 1, pp.312-314, 2005.
- [8] S.A. Park, Y.W. Do, J.W. Ha, Photoactivity of TiO₂-coated Bead for Organic Contaminants in Photocatalytic System, Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 8, No. 6, pp.1579-1582, 2007.
- [9] S. H. Lee, Y. W. Jung, Properties of the Super Flowing Concrete Using Crushed Stone Fines, Journal of Korea Concrete Institute, Vol. 13, No. 5, pp.476-483, 2001.

정 용 욱(Yong-Wook Jung)

[정회원]



- 1999년 2월 : 계명대학교 토목공학과 (공학석사)
- 2004년 8월 : 계명대학교 토목공학과 (공학박사)
- 2004년 12월 ~ 2011년 8월 : 계명대학교 첨단건설재료실험센터 책임연구원
- 2011년 9월 ~ 현재 : 계명대학교 첨단건설재료실험센터 조교수

<관심분야>

콘크리트 구조, 건설재료

이 승 한(Seung-Han Lee)

[정회원]



- 1985년 2월 : 日本 Tokyo工業大學 토목공학과 (공학석사)
- 1988년 2월 : 日本 Tokyo工業大學 토목공학과 (공학박사)
- 2004년 12월 ~ 2012년 2월 : 계명대학교 첨단건설재료실험센터 센터장
- 1988년 3월 ~ 현재 : 계명대학교 토목공학과 교수

<관심분야>

콘크리트, 친환경 건설재료

최 종 오(Jong-Oh Choi)

[정회원]



- 2011년 8월 : 계명대학교 토목공학과 (공학석사)
- 2011년 9월 ~ 현재 : 계명대학교 토목공학과 박사과정 재학
- 2011년 9월 ~ 현재 : 계명대학교 첨단건설재료실험센터 연구원

<관심분야>

콘크리트, 친환경 건설재료