

고로슬래그와 폴리실리콘 슬러지의 비율에 따른 무기결합재의 역학적 특성

Dynamic Properties of the Inorganic Binder Based on Blast Furnace Slag and Polysilicon Sludge ratio

임 정 근* 이 지 환** 박 희 곤*** 이 상 수****
Lim, Jeong-Geun Lee, Ji-Hwan Park, Hee-Gon Lee, Sang-Soo

Abstract

The environmental pollution problem the globally related to global warming arises, the demand for the solar power generation increases. But is generated sludge about 2tons in order to produce 1ton in the solar power generation used main material polysilicon. In this way, the arising sludge there is not method recycling and it is all discarded. Therefore, in this research, cement is not used dynamic properties tries to be analyze inorganic binder based on blast furnace slag and polysilicon sludge ratio. The appropriate replacement ratio of the experimental result polysilicon sludge was to be 8%.

키 워 드 : 태양광 발전, 폴리실리콘 슬러지, 고로슬래그, 무기결합재

Keywords : solar power generation, polysilicon sludge, blast furnace slag, inorganic binder

1. 서 론

전 세계적으로 지구온난화와 에너지 고갈로 인해 친환경 에너지를 생산하기 위한 많은 노력들이 이루어지고 있다. 대표적으로 풍력, 조력, 수력, 지열 등의 신재생 에너지 발전이 시행중에 있고, 특히 태양광 발전이 연평균 42%의 고속 성장률을 보이며 신재생 에너지로 각광을 받고 있다. 하지만 태양광 에너지를 사용하기 위해서는 태양열 집열판이라는 기기장치를 사용하는데, 태양광 집열판의 경우 폴리실리콘을 주 원료로 사용하고 있다. 폴리실리콘은 1톤을 생산하기 위해 약 2톤 가량의 슬러지가 발생하게 되는데 이는 친환경 에너지를 생산하기 위해 또 다른 환경파괴를 일으키고 있는 실정이다. 또한, 폴리실리콘 슬러지의 재활용 방안에 대한 연구는 전무하며, 전량 해양 매립처분이 되고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 폴리실리콘 슬러지를 무기결합재로 활용하기 위해 고로슬래그와 폴리실리콘 슬러지를 활용한 무기결합재의 역학적 특성을 분석하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

본 연구에 사용된 재료로는 고로슬래그, 폴리실리콘 슬러지이며, 알칼리 자극제로는 NaOH를 사용하였다. 고로슬래그는 밀도 2.91g/cm^3 , 분말도 $4,460\text{cm}^2/\text{g}$ 인 3종을 사용하였고, 폴리실리콘 슬러지는 국내 O사에서 생산된 것을 사용하였으며, 폴리실리콘 슬러지는 다량의 수분을 함유하고 있는 Cake상태로 발생되기 때문에 건조 후 별도의 분말화 과정을 거쳐 밀도 1.75g/cm^3 , 분말도 $6,490\text{cm}^2/\text{g}$ 인 것을 사용하였다. 알칼리 자극제인 NaOH는 분말형태의 순도 98%, 밀도 2.13g/cm^3 인 것을 사용하였다. W/B는 40%로 고정하였으며, 결합재로는 고로슬래그와 폴리실리콘 슬러지를 사용하였고, 폴리실리콘 슬러지를 고로슬래그에 0, 4, 8, 12, 16, 20 (%) 등 총 6수준으로 치환하였다. NaOH는 질량비로 결합재의 7%를 첨가하였고, 항온항습(온도 $20\pm 2^\circ\text{C}$, 습도 $80\pm 5\%$) 조건에서 양생을 실시하였다. 시험항목으로는 유동성, 응결시간, 휨강도, 압축강도, 자기수축 등을 측정하였으며, 실험 배합은 표 1과 같다.

* 한밭대학교 건설환경조형대학 건축공학과 석사과정

** 두산건설 기술연구소, 대리

*** 두산건설 기술연구소, 차장

**** 한밭대학교 건설환경조형대학 건축공학과 부교수, 공학박사, 교신저자(sslee111@hanbat.ac.kr)

표 1. 실험 배합

구 분	W/B (%)	단위 중량 (g)		
		W	BFS ^{a)}	PS ^{b)}
Plain	40	3,600	9,000	0
PS 4			8,640	360
PS 8			8,280	720
PS 12			7,920	1,080
PS 16			7,560	1,440
PS 20			7,200	1,800
			NaOH	
			630	

주 a) BFS (Blast Furnace Slag) : 고로슬래그, b) PS (Polysilicon Sludge) : 폴리실리콘 슬러지

3. 실험결과 및 분석

그림 1은 압축강도 시험결과를 나타낸 것으로, 폴리실리콘 슬러지의 치환율이 증가함에 따라 치환율 8%까지는 압축강도가 증진되는 경향을 나타내며 재령 28일 35MPa로 가장 높은 강도값을 나타내었고, 폴리실리콘 슬러지의 치환율이 8%를 초과할 경우 강도가 저하되는 경향을 나타내었다. 이는 SiO₂와 CaO가 주성분인 폴리실리콘 슬러지의 치환율이 증가함에 따라 강도가 증진되다 실리콘 옥사이드 형태인 폴리실리콘 슬러지 내부에 일부 포함된 미반응 Si 성분으로 발생된 수소(H₂)기체로 시험체의 팽창 및 내부 공극의 증가로 치환율이 증가함에 따라 강도가 저하된 것이라 판단된다. 그림 2는 자기수축 시험결과를 나타낸 것으로, Plain의 경우 재령이 지남에 따라 수축하는 경향을 나타내는 반면, 폴리실리콘 슬러지의 치환율이 증가함에 따라 재령 1일 이전에 팽창이 과다하게 진행되다 서서히 수축하는 경향을 나타내었으며, 폴리실리콘 슬러지 치환율 8%인 시험체가 팽창의 크기가 가장 적게 나타났다. 이는 압축강도의 결과와 마찬가지로 알칼리 자극제인 NaOH와 폴리실리콘 슬러지 내부에 포함된 미반응 Si 성분과의 반응으로 경화되는 시기인 재령 1일 이전에 수소기체가 급격하게 발생되어 팽창이 급격하게 일어난 것이라 판단된다.

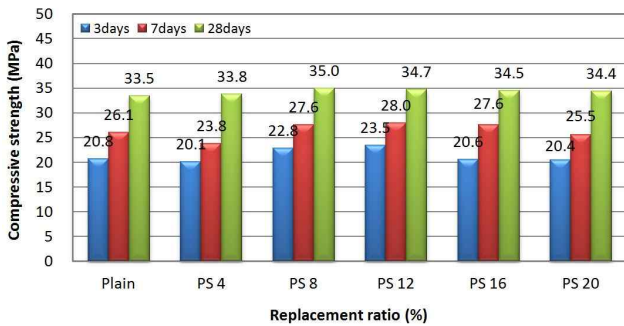


그림 1. 압축강도

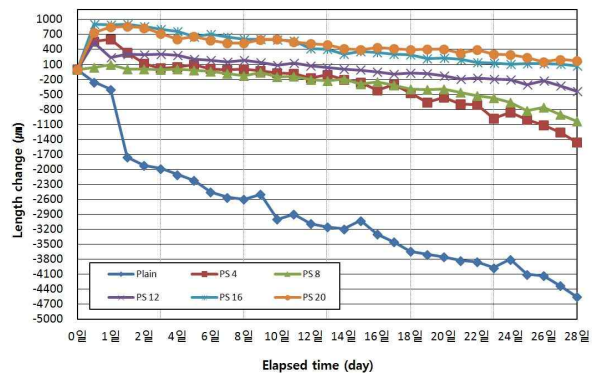


그림 2. 자기수축

4. 결 론

고로슬래그와 폴리실리콘 슬러지의 비율에 따른 역학적 특성을 분석한 결과, 폴리실리콘 슬러지의 치환율이 증가됨에 따라 치환율 8%까지는 압축강도가 증진되는 경향을 나타내다 8%를 초과할 경우 감소하는 경향을 나타내었으며, 자기 수축 시험결과 폴리실리콘 슬러지의 치환율이 증가함에 따라 재령 1일 이전에 팽창하는 경향을 나타내는 반면, 치환율 8%인 시험체의 경우 소폭 팽창하는 경향을 나타내었다. 따라서, 폴리실리콘 슬러지의 적정 치환율은 8%인 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 중소기업청의 기술혁신개발사업의 일환으로 수행하였음. [S2083341, 폴리실리콘 생산 시 발생하는 부산물을 활용한 저탄소 콘크리트 결합재 및 콘크리트 2차 제품 제조기술개발]

참 고 문 헌

1. 문지환, 시멘트 혼화재의 대체재로서 폴리실리콘 슬러지의 활용평가, 석사학위 논문, 2013