

폴리실리콘 슬러지를 사용한 저탄소 무기복합재의 Si/Al별 유동 및 강도특성

Flowing and Strength Properties of Low Carbon Inorganic Composites Using Polysilicon Sludge by Si/Al Ratio

문지환* 박종필* 이윤성* 이강필* 이상수** 송하영***
 Moon, Ji-Hwan Park, Jong-Pil Lee, Yun-Seong Lee, Kang-Pil Lee, Sang-Soo Song, Ha-Young

Abstract

According to Bali Roadmap, Korea is also included in nations with a duty to reduce greenhouse gas. This study aims to draw proper Si/Al ratio by analyzing flowing and strength properties as the 4-component low carbon inorganic composite to reduce the use of cement and discarded polysilicon sludge. As the result, when Si/Al ratio is 4, the highest strength was found.

키워드 : 발리로드맵, 무기결합재, Si/Al 비율, 저탄소
 Keywords : bali roadmap, Inorganic composite, si/al ratio, low carbon

1. 서론

2007년 12월 인도네시아 발리에서 열린 제 13차 유엔 기후변화협약 당사국 총회에서 '발리 로드맵' 이 채택되어 선진국의 온실가스 감축국에 한국도 포함되어 있다. 따라서, 이산화탄소로 인한 온실화 방지를 위해 친환경 에너지 개발에 힘쓰고 있는 현재 대체 에너지로서 태양광발전의 증가율이 가장 크게 나타나고 있다. 태양광 발전에 사용되는 집열판의 주 원료로 사용되고 있는 폴리실리콘의 생산 또한 급격한 증가추세를 보이고 있으며, 이로 인한 산업부산물 발생하고 있다. 폴리실리콘 1톤을 생산할 때 2톤의 슬러지가 발생되고 있지만 재활용 기술이 미비하여 전량 폐기물로 처리되고 있는 실정이다. 이로 인한 산업폐기물의 발생은 친환경적인 에너지 개발 및 생산의 취지에서 벗어나 환경오염을 초래하고 있다.

따라서 본 연구에서는 폴리실리콘 슬러지(PSS), 고로슬래그(BFS), 레드머드(RM), 플라이애시(FA) 등을 사용한 4성분계 무기복합재로서 시멘트 대체제로 산업부산물의 단점을 상호 보완하여 알칼리 자극제만으로 고온의 소성과정 없이 상온에서 제조가 가능한 저탄소 친환경 무기복합재를 제조하고자 하였으며, Si/Al 비율에 따른 무기복합재의 강도특성의 변화를 검토하고자 하였다.

2. 실험계획 및 방법

본 연구는 PSS를 혼입한 저탄소 무기결합재의 강도특성을 검토하기 위한 것으로 실험계획 및 방법은 표 1과 같다.

표 1. 적정 배합 선정에 따른 실험계획 및 방법

실험요인	실험수준		
무기결합재 조건	Si/Al 2, 3, 4, 5 ^{a)}		4
알칼리 자극제 비율	NaOH	10%	1
양생조건	상대습도(60±5)% 온도(20±2)°C ^{c)}		1
시험항목	압축강도, 휨강도, Table con flow		3

a) Si/Al : SiO₂(분자량)/Al₂O₃(분자량)
 b) 선행연구를 통한 알칼리 자극제 비율 고정
 c) 무기결합재의 무균열을 위한 적정 온도 선정

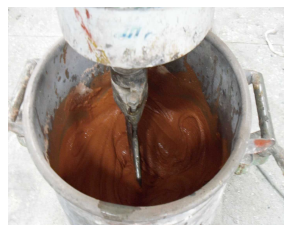


사진 1. 무기결합재 혼합

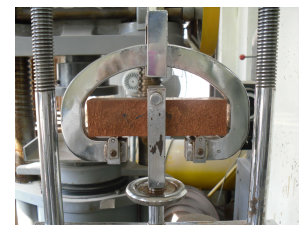


사진 2. 강도 측정

* 한밭대학교 대학원 석사과정
 ** 한밭대학교 건축공학과 부교수, 공학박사, 교신저자 (sslee111@hanbat.ac.kr)
 *** 한밭대학교 건축공학과 교수, 공학박사

3. 실험결과 및 분석

3.1 저탄소 무기결합재의 유동 및 압축강도 특성

그림 1은 Si/Al 비율에 따른 유동특성을 나타낸 것으로서, Si/Al 비율이 4일 때 가장 높은 유동성능을 나타내었다. 이는 Si/Al 4일 때 Slag양이 증가하여 상대적으로 구속수비가 적어졌기 때문인 것으로 판단된다.

그림 2은 Si/Al 비율에 따른 저탄소 무기결합재의 압축강도 시험결과를 나타낸 것으로서, 초기에는 Si/Al 5일 때 7일 까지는 높은 pH 함유량으로 인하여 초기강도가 높게 나타 났으나, 28일의 경우에는 pH로 인한 초기반응 촉진 현상으로 장기강도에는 불리한 것으로 판단되어 지며, 28일의 경우는 Si/Al 4일때 36.8MPa를 나타내고 있어 Si/Al 2보다 144%의 강도증진 효과를 나타내고 있다. Si/Al 4의 경우에는 적정 pH값으로서 초기강도 발현에는 다른 요인과 비슷한 결과가 나타났지만, 장기강도에서 높은 수준을 나타내었다. 이로서 PSS를 함유한 저탄소 무기복합재의 최적 Si/Al의 비율은 4인 것으로 판단되어진다.

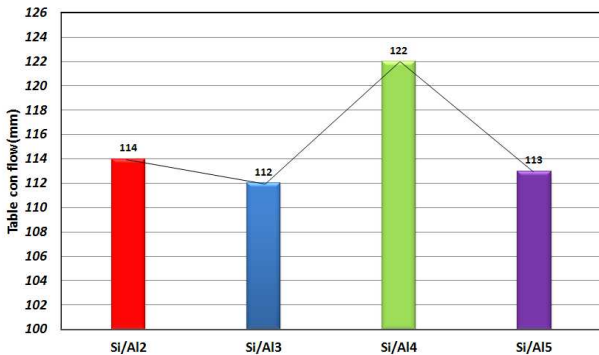


그림 1. 저탄소 무기결합재의 유동특성

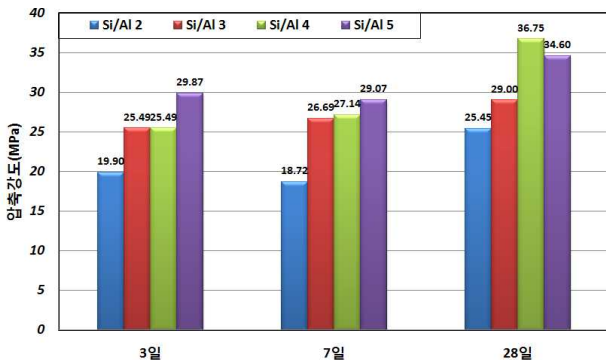


그림 2. 저탄소 무기결합재의 압축강도

3.2 저탄소 무기결합재의 휨강도

그림 3의 경우에는 Si/Al비율에 따른 휨강도 특성을 나타낸 결과로서 압축강도와는 달리 Si/Al 4일 경우에 초기강도부터 높은 강도 발현을 나타내었다. 이는 Si/Al 5의 경우에는 경화 촉진으로

인한 내부의 열로 인해 미세균열에 의한 결과로 판단되어진다.

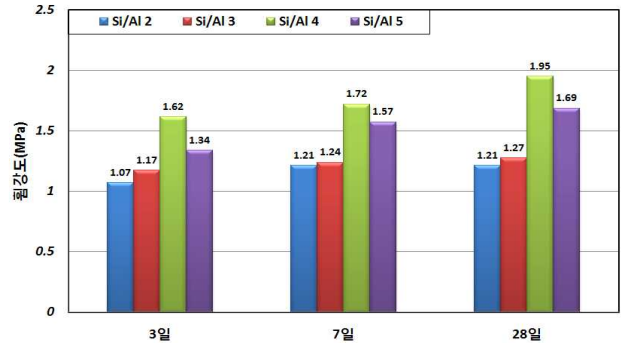


그림 3. 저탄소 무기결합재의 휨강도

4. 결 론

본 연구에서는 시멘트대체재로서 산업부산물인 PSS, BFS, RM, FA 등을 사용하여 시멘트가 사용되지 않은 저탄소 친환경 무기결합재의 PSS의 함유로 인한 Si/Al 비율별 유동성 및 강도변화에 대한 실험결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 저탄소 무기결합재의 유동성의 경우에는 Si/Al 비율이 4 일 때 가장 높은 유동성을 나타내었는데, 이는 구속수비가 적어서 유동성에 기인한 것으로 판단된다.
- 2) 압축강도의 경우 3일과 7일에서는 Si/Al 5가 강도발현이 우수하였지만 28일의 경우 Si/Al 4일 때 가장 높은 압축강도 성상을 나타내었다.
- 3) 휨강도의 경우 압축강도 성상과는 다르게 Si/Al 5보다 초기 강도 발현부터 Si/Al 4 일 때가 강도발현이 우수하게 나타났다.

또한 폴리실리콘 슬러지, 고로슬래그, 플라이애쉬, 레드머드 등의 산업부산물 사용으로 인한 시멘트 사용저감으로 CO₂가스의 배출저감 및 활용이 가능할 것으로 판단된다.

감 사 의 글

이 논문은 한국연구재단에서 지원하는 2011년도 기초연구사업 [과제명 : 저탄소무기결합재를 활용한 친환경 내외장재 인조석재 개발에 관한 연구의 일환으로 수행되었기에 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 이남근, 이행기, 알칼리 활성화된 플라이애쉬 지오폴리머의 역학적 특성. 콘크리트학회 2010 가을 학술대회 논문집, 2010.10