

# 잔골재 종류 및 치환율에 따른 저탄소 무기결합재의 유동 및 강도특성

## Flowing and Strength Properties of Low Carbon Inorganic Composite Depending to Fine Aggregate Types and Replacement Ratio

박종필\*    배상우\*    이윤성\*    이강필\*    이상수\*\*    송하영\*\*\*  
Park, Jong-Pil    Bae, Sang-Woo    Lee, Yun-Seong    Lee, Kang-Pil    Lee, Sang-Soo    Song, Ha-Young

### Abstract

This study analyzed flowing and strength properties of mortar depending to fine aggregate types and replacement ratio by using blast furnace slag, red mud, and silica fume that are industrial by products. The findings showed that higher replacement level of fine aggregate increased air content while decreased table flow. In addition, compressive strength showed that the higher replacement level was regardless of fine aggregate types, the lower strength became. Mortar substituted by the dredged sand showed high strength.

키워드 : 무기결합재, 알칼리 자극제, 천연모래, 준설토, 순환모래  
Keywords : Inorganic composite, alkali accelerator, natural sand, dredged sand, recycled sand

## 1. 서론

최근, 전세계에서 CO<sub>2</sub> 저감연구개발 중요성을 지적하고 있으며 이에 따라 우리나라도 2010년도 4월에 발표된 “저탄소 녹색성장”에 의거하여 CO<sub>2</sub> 저감에 관한 연구를 모든 학문 및 건설 산업분야에서 범 정부적으로 추진하고 있는 실정이다. 따라서 CO<sub>2</sub> 저감 및 부존자원의 고갈 문제를 해결하기 위하여 산업부산물인 슬래그 미분말과 자극제를 사용한 지오폴리머 연구가 진행되고 있는 실정이다.<sup>2)</sup>

따라서 본 연구에서는 시멘트 대체재로서 고로슬래그, 레드머드, 실리카 흙 등의 단점을 상호 보완하여 알칼리 자극제를 사용하여 고온의 소성과정 없이 상온에서 제조가능한 저탄소 무기결합재를 제조하기 위한 것으로, 잔골재 종류 및 치환율에 따른 유동 및 강도특성에 대해 파악하고자 한다.

## 2. 실험계획 및 방법

### 2.1 선행연구 계획 및 분석

본 선행연구는 산업부산물에 알칼리 자극제를 사용하여 경화성을 확인하였으며, 무기결합재의 CaO 함유량 및 Si/Al 변화율

에 따른 공시체의 강도 특성을 검토한 후 알칼리 자극제 비율 및 양 변화에 따른 실험을 진행하였다.

따라서 산업부산물인 고로슬래그, 레드머드, 실리카 흙 등을 사용하여 도출된 저탄소 무기결합재의 최적배합은 표 1과 같다.

표 1. 무기결합재 최적배합

W/B (%)	W (g)	알칼리자극제(g)		실험수준	무기결합재 화학성분		
		NaOH	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>		CaO	SiO <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
31	60	50	50	CaO 30% Si/Al <sup>a)</sup> 4	29.6	33.5	16.3

주 a) Si/Al : SiO<sub>2</sub>(분자량)/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(분자량)

### 2.2 본 실험계획

본 연구는 선행실험의 최적배합을 이용하여 BFS, RM, SF 등을 결합한 무기결합재에 NaOH과 Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>를 결합한 액상의 알칼리 자극제를 사용한 실험으로 잔골재 종류 및 치환율에 따른 유동 및 강도특성을 검토하기 위한 실험계획은 표 2와 같다.

무기결합재의 CaO 함유량을 30%, Si/Al 4, 알칼리 자극제 비율(NaOH:Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>)을 50:50으로 고정한 후 잔골재 종류인 천연모래, 준설토, 순환모래 등을 15, 30, 50(%) 3수준으로 치환하여 실험을 진행하였다.

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

표 2. 본 실험계획

실험요인	실험수준		
무기결합재	고로슬래그 <sup>b)</sup> , 레드머드 <sup>c)</sup> , 실리카 흄 <sup>d)</sup>		3
무기결합재 조건	CaO 함유량 30%, Si/Al <sup>d)</sup> 변화율 4		1
알칼리자극제	비율 NaOH : Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	50 : 50	1
	양 NaOH(g) + Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> (g)	100	1
잔골재 종류	천연모래, 준설편모래, 순환모래		3
잔골재 치환율 <sup>e)</sup>	A(15%), B(30%), C(50%)		3
양생조건	상대습도(60±5)%, 온도(20±2)°C		1
시험항목	테이블 플로우, 공기량, 압축강도		3

주 b) 고로슬래그(Blast Furnace Slag) : BFS  
 c) 레드머드(Red Mud) : RM  
 d) 실리카 흄(Silica Fume) : SF  
 e) 무기결합재 양이 1000g일 때의 잔골재 치환율  
 A(B850 : S150), B(B700 : S300), C(B500 : S500)

### 3. 실험결과 및 분석

#### 3.1 공기량 및 테이블 플로우

그림 1은 저탄소 무기결합재의 잔골재 종류 및 치환율별 공기량 및 테이블 플로우 시험결과를 나타낸 것으로, 잔골재 치환율이 증가할수록 공기량은 증가하였고, 테이블 플로우는 감소하는 경향을 나타내었다. 또한, 천연 및 준설편모래를 사용한 모르타르의 유동성은 순환모래에 비해 우수하였다. 이는 강이나 하천에서 채취한 천연 및 준설편모래 입형이 구형으로 매트릭스와의 마찰작용을 완화시킴으로서 유동성이 증가하는 것으로 판단된다.

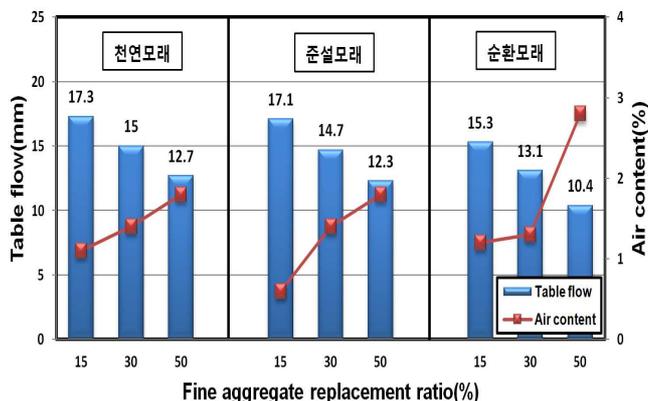


그림 1. 잔골재 종류 및 치환율별 유동성

#### 3.2 압축강도

그림 2는 저탄소 무기결합재의 잔골재 종류 및 치환율별 압축강도 시험 결과를 나타낸 것으로서, 잔골재의 치환율이 증가할수록

압축강도가 낮아지는 경향을 나타냈다. 천연모래, 준설편모래, 순환모래 등의 재령 1, 3일 압축강도는 유사한 경향을 나타내었다. 또한, 준설편모래의 경우 재령 7, 28일 우수한 강도발현을 하였으나 순환모래의 경우 재령 7, 28일에서 낮은 강도 발현을 나타내었다. 이는 순환 모래의 표면에 부착되어 있던 모르타르 및 페이스트와 각 종 이물질 등이 순환모래를 사용한 모르타르의 압축강도 저해 요인으로 판단된다.<sup>1)</sup>

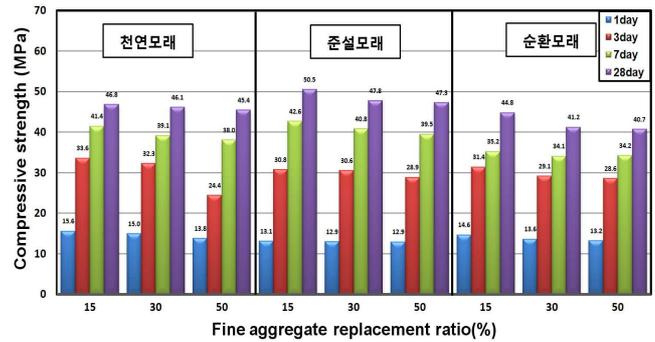


그림 2. 잔골재 종류 및 치환율별 압축강도

### 4. 결론

본 연구는 시멘트 대체재로서 산업부산물물을 사용하여 잔골재 종류 및 치환율에 따른 모르타르 유동 및 강도특성에 관한 실험결과, 잔골재 치환율이 증가할수록 테이블 플로우는 감소하고 공기량은 증가하는 것으로 나타났다. 또한 압축강도의 경우 잔골재 치환율이 증가할수록 강도가 낮아지는 경향을 나타내었으며, 준설편모래를 치환한 모르타르가 우수한 강도 발현을 나타내었다.

따라서 본 연구를 통해 잔골재의 적정 치환율과 저탄소 무기결합재를 시멘트 대체재로서 사용이 가능할 것으로 보인다.

### 감사의 글

이 논문은 한국연구재단에서 지원하는 2011년도 일반연구자 지원 사업 (과제명 : 저탄소형 비소성 카울린을 사용하는 무시멘트계 친환경 무기패널의 제조기법 연구) 의 일환으로 수행되었기에 이에 감사드립니다.

### 참고 문헌

- 이상수의, 세척선별시스템에서 생산된 준설편모래의 품질성능 및 모르타르의 역학특성에 관한 연구. 대한건축학회 논문집, pp.131~138, 2011.8
- 이상수의, 고로슬래그와 레드머드를 사용한 무시멘트계 복합체의 유동 및 강도특성에 관한 연구. 한국건축시공학회 추계학술발표대회 논문집, pp.91~94, 2010.11