

페로니켈슬래그 미분말 혼입에 따른 고로슬래그 기반 무시멘트 페이스트의 유동성 및 압축강도 특성

A Fluidity and Compressive Strength Properties of Blast Furnace Slag Based Non-Cement Paste Containing Ferronickel Slag Powder

김 영 욱* 이 경 수** 오 태 규** 정 수 빈** 최 세 진***
Kim, Young-Uk Lee, Kyung-Su Oh, Tae-Gue Jeong, Su-Bin Choi, Se-Jin

Abstract

This study investigated the fluidity and compressive strength properties of blast furnace slag based non-cement paste containing ferronickel slag powder to evaluate the possibility of use in for cement replacement materials. As a result, the fluidity of non-cement paste showed a higher flow as the mixing ratio of ferronickel slag powder increased. The compressive strengths similar to those of the non-cement paste using only blast furnace slag powder were obtained when 5 and 10% of ferronickel slag powder were used.

키 워 드 : 무시멘트, 페로니켈 슬래그 미분말, 고로슬래그 미분말, 페이스트, 압축강도
Keywords : non-cement, ferronickel slag powder, blast furnace slag powder, paste, compressive strength

1. 서 론

최근 온실가스 감축을 위한 국제적 추세에 따라 국내에서도 2030년 온실가스 감축목표가 32.5%로 높게 설정되었다. 국내의 경우 포틀랜드 시멘트(OPC) 생산 시 발생하는 온실가스가 국내 전체 온실가스 배출량의 약 6% 정도 차지하고 있는 것으로 알려져 있다.

이에 따라 시멘트를 대체할 수 있는 산업부산물물의 활용이 증가하고 있는 추세이며 시멘트를 사용하지 않고 알칼리활성화제를 첨가한 무시멘트 콘크리트에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 페로니켈 슬래그는 페로니켈 제련공정에서 발생하는 산업부산물로 국내에도 페로니켈 제련소가 설립됨에 따라 연간 200만톤 이상의 페로니켈 슬래그가 발생되고 있는 실정이다. 이러한 페로니켈 슬래그의 처리방법으로는 주로 매립 및 야적에만 의존하고 있어 이에 따른 환경문제가 대두되고 있다. 본 연구는 페로니켈 슬래그의 시멘트 대체 및 무시멘트 배합 적용 가능성을 평가하기 위한 연구의 일환으로 페로니켈 슬래그 미분말 대체에 따른 고로슬래그 미분말 기반 무시멘트 페이스트의 유동성 및 압축강도 특성을 평가하였다.

2. 실험계획

본 연구에 사용된 결합재는 고로슬래그 미분말 3종 및 페로니켈 슬래그 미분말이 사용되었으며 사용된 페로니켈 슬래그 미분말은 국내 P사에서 제조된 수쇄 페로니켈 슬래그 잔골재를 ball-mill을 사용하여 분말도 $3,500\text{cm}^2/\text{g}$ 수준으로 자체 분쇄한 것을 사용하였다.

표 1에 실험에 사용된 고로슬래그 미분말 및 페로니켈 슬래그 미분말의 화학적특성을 나타내었다. 표 2는 본 실험의 요인 및 실험수준을 나타낸 것으로 물결합재비는 0.5로 고정하여 실험을 진행하였으며 고로슬래그 미분말(BFS)에 대해 페로니켈 슬래그 미분말(FN)을 0, 5, 10, 15, 20% 대체하여 실험을 진행하였다. 또한 고로슬래그 미분말 기반 배합에서의 반응성을 유도하기 위하여 사전실험 결과를 토대로 알칼리 활성화제로 액상형의 NaOH 및 Na_2SiO_3 용액을 단위결합재량에 대해 5%씩 혼입하여 실험을 진행하였다. 양생조건은 20°C 수중양생을 진행하였으며 측정항목은 페이스트의 유동성 및 재령 7, 14, 28일 압축강도를 측정하였다.

* 원광대학교 건축공학과 박사과정

** 원광대학교 건축공학과 석사과정

*** 원광대학교 건축공학과 교수·공학박사, 교신저자(csj2378@wku.ac.kr)

표 1. 결합재의 화학적 특성

	Blast furnace slag powder	Ferronickel slag powder
SiO ₂	30.61	48.91
Al ₂ O ₃	13.98	2.08
Fe ₂ O ₃	0.32	11.6
CaO	40.71	0.82
MgO	6.43	32.41
K ₂ O	0.60	0.09

표 2. 실험요인 및 실험수준

실험 요인	실험 수준	비고
W/B	50 (%)	1
결합재	BFS, FN	2
FN치환율	0, 5, 10, 15, 20 (%)	5
알칼리활성화제	NaOH 5% + Na ₂ SiO ₃ 5%	1
양생 조건	20±2℃ 수중양생	1
실험 항목	Flow test, Compressive strength	2

3. 결과 및 고찰

그림 1은 페로니켈 슬래그 미분말 혼입 무시멘트 페이스트의 플로우변화를 나타낸 것으로 페로니켈 슬래그 미분말의 대체율이 증가할수록 상대적으로 높은 플로우값을 나타내었다. 특히 FN15, FN20배합에서 20~24% 정도의 플로우 증진효과를 나타내었는데 이는 수쇄 페로니켈 슬래그 잔골재의 특징 중 하나인 낮은 흡수율로 인하여 배합 초기에 페로니켈 슬래그 미분말의 수분흡수가 적어져 나타난 현상으로 사료된다. 페로니켈 슬래그 미분말 혼입 무시멘트 페이스트의 압축강도 변화는 그림 2에 나타난 바와 같이 재령 7일의 경우 18~21MPa 수준의 압축강도를 나타내었다. 재령 14일의 경우 FN5 및 FN10배합에서 약 24MPa로 Plain배합(23MPa)에 비해 동등이상의 압축강도를 발현하였다. 또한 페로니켈 슬래그 미분말을 15% 이상 혼입한 FN15, FN20배합에서는 Plain배합보다 15~18% 정도 낮은 압축강도를 발현하였으며 재령 7일과 비교할 경우 강도증진이 적게 나타났다. 재령 28일의 경우 모든 재령에서 강도증진이 이루어졌으며 Plain, FN5 및 FN10배합에서 27~28MPa 수준의 유사한 압축강도를 발현하였으며 FN15 및 FN20배합은 재령 14일과 마찬가지로 Plain배합보다 18~19%정도 낮은 압축강도를 나타내었다.

4. 결 론

본 연구는 페로니켈 슬래그의 시멘트 대체 및 무시멘트 배합 적용 가능성을 평가하기 위한 연구의 일환으로 고로슬래그 미분말 기반 무시멘트 페이스트 배합에서 페로니켈 슬래그 미분말 대체에 따른 유동성 및 압축강도 특성을 평가하였다. 실험결과, 페로니켈 슬래그 미분말의 대체율이 증가할수록 높은 페이스트 플로우값을 나타내었으며 압축강도의 경우 페로니켈 슬래그 미분말을 5, 10% 혼입한 배합에서 고로슬래그 미분말만을 사용한 배합과 유사한 압축강도 특성을 나타내었다. 이는 페로니켈 슬래그 미분말을 혼입한 배합에서 낮은 미소수화열량을 나타낸다는 기존연구 결과¹⁾와도 유사한 경향을 나타낸 것으로서 적절한 양의 페로니켈 미분말을 혼입시 압축강도측면과 무시멘트 배합에서의 발열억제 효과를 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

Acknowledgement

본 논문은 미래창조과학부에서 지원하는 2017년도 중견연구과제(과제번호: 2017R1A2B4004053)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

참 고 문 헌

1. 김영옥, 김도빈, 최세진, 페로니켈슬래그 미분말을 사용한 모르타르의 응결시간 및 압축강도특성에 관한 실험적 연구, 한국건축사공학회지, 제18권 제6호, pp.511~8, 2018

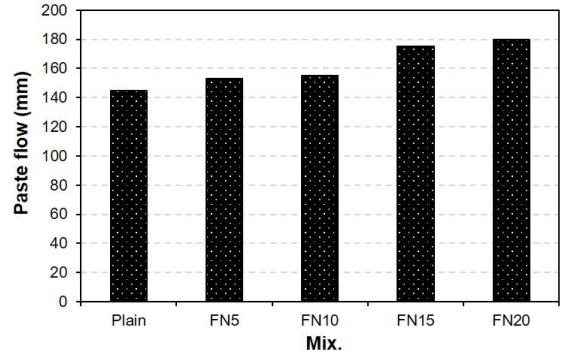


그림 1. 무시멘트 페이스트 플로우 변화

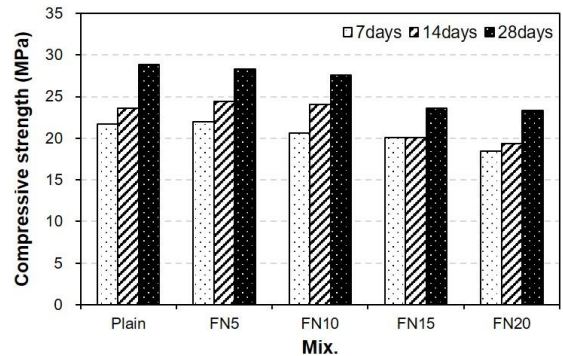


그림 2. 무시멘트 페이스트 압축강도 변화