

플라이애시와 페로니켈슬래그 미분말을 혼입한 알칼리 활성화 복합체의 유동성 및 압축강도 특성

Fluidity and compressive strength characteristics of alkali-activated composites containing fly ash and ferronickel slag powder

○김 채 영* 박 관 홍** 김 관 호* 윤 주 호* 이 재 인*** 최 세 진****
Kim, Chae-Young* Park, Gwan-Hong** Kim, Kwan-Ho* Yoon, Joo-Ho* Lee, Jae-In*** Choi, Se-Jin****

Abstract

In this study, the fluidity and compressive strength of alkali-activated composites containing blast furnace slag powder, fly ash, and ferronickel slag powder as binders were compared and analyzed. For mortar flow, the highest flow was observed for the FA10 mixture with only 10% replacement of fly ash. In the flow after 60 minutes, the FF05 mixture showed the lowest flow loss at about 8.5%, and the FN10 mixture showed the highest flow loss about 12.6%. In terms of compressive strength, the FA10 mixture, which replaced only 10% of fly ash, showed the highest compressive strength at both 7 and 28 days. Afterwards, as the fly ash mixing ratio decreased and the ferronickel slag mixing ratio increased, the compressive strength tended to decrease.

키워드 : 알칼리 활성화 복합체, 플라이애시, 페로니켈슬래그 미분말, 모르타르 플로우, 압축강도

Keywords : Alkali-activated composites, Fly ash, Ferronickel slag powder, Mortar flow, Compressive strength

1. 서론

콘크리트의 경우 시멘트를 기반으로 제작되는 재료로서 전 세계적으로 사용되는 주요 건축 자재이다. 그러나, 시멘트 생산 시 발생하는 이산화탄소는 지구온난화를 일으키는 주요 원인 중 하나로 보고되고 있다[1]. 최근에는 이러한 시멘트 생산 시 발생하는 이산화탄소 배출량을 저감시키기 위하여 결합제로서 시멘트를 사용하지 않고 시멘트의 대체재료를 사용한 알칼리 활성화 복합체에 관한 다양한 연구가 진행되고 있다. 알칼리 활성화 복합체에 사용되는 결합제의 종류는 고로슬래그 미분말 및 플라이애시 등의 산업 부산물이 주로 사용되고 있다. 그러나 고로슬래그 미분말과 플라이애시 등의 경우 자체적인 수경성이 없는 재료로서 반응을 유도하기 위해 알칼리 활성화제가 사용된다. 이때 사용되는 결합제의 종류, 알칼리 활성화제의 종류 및 혼입량 등에 따라 알칼리 활성화 복합체의 성능이 상이하게 나타나기에 적절한 결합제, 알칼리 활성화제의 종류 및 혼

입량을 선정하여야 한다[2].

본 연구에서는 결합제로 고로슬래그 미분말, 플라이애시 및 페로니켈슬래그 미분말을 사용한 알칼리 활성화 복합체의 유동성 및 압축강도 특성을 비교·분석 하였다.

2. 실험방법 및 사용재료

본 연구에 사용된 결합제의 경우 비중 2.93g/cm^3 , 분말도 $4,210\text{cm}^2/\text{g}$ 의 고로슬래그 미분말 3종, 비중 2.21g/cm^3 , 분말도 $3,710\text{cm}^2/\text{g}$ 의 플라이애시 2종 및 비중 3.09g/cm^3 , 분말도 $15,890\text{cm}^2/\text{g}$ 의 페로니켈슬래그 미분말을 사용하였다. 알칼리 활성화제의 경우 결합제 대체제로서 5% 혼입하였으며 사용된 활성화제 종류의 경우 CaO, CaCl₂ 및 NaOH를 사용하였다. 표 1은 본 연구에 사용된 실험 배합표를 나타낸 것으로 물결합제비(W/B)는 40%로 고정하였다. 배합명의 경우 사용된 결합제의 종류에 따라 구분하였으며, 고로슬래그 미분말과 플라이애시를 사용한 FA10배합, 고로슬래그 미분말과 페로니켈슬래그 미분말을 사용한 FN10배합 및 고로슬래그 미분말, 플라이애시 및 페로니켈슬래그 미분말을 사용한 FF05배합으로 구분하였다. 또한 각 배합의 작업성을 확보하기 위하여 폴리카르본산계 고성능 감수제를 결합제 중량에 대하여 약 1.0% 사용하였다. 측정항목의 경우 모르타르 플로우 및 재령 7, 28일의 압축강도를 측정하였다. 시험체는 제작 후 40°C, 100% RH 환경인 증기양생챔버에서 소요의 재령까지 양생을 실시하였다.

* 원광대 대학원 석사과정

** 원광대 건축공학과 학부생

*** 원광대 대학원 박사과정

**** 원광대 건축공학과 교수, 공학박사

(Corresponding author : Department of Architectural Engineering, Wonkwang University, csj2378@wku.ac.kr)

이 연구는 2019년도 한국연구재단 연구비 지원에 의한 결과의 일부임. 과제번호:2019R11A3A01049510

표1. 실험 배합표

Mix.	W/B (%)	Binder (kg/m ³)	BFS (%)	FA (%)	FN (%)	CaO (B*%)	CaCl ₂ (B*%)	NaOH (B*%)	AD (B*%)
FA10	40	400	75	10	-	5	5	5	1.0
FN10				-	10				
FF05				5	5				

3. 실험결과

3.1 모르타르 플로우

그림 1은 모르타르 플로우 변화를 나타낸 것으로 믹싱 직후 유동성의 경우 페로니켈슬래그 미분말을 10% 대체한 FN10배합에서 약 199mm의 플로우로 전체 배합 중 가장 낮은 수준을 나타내었다. 플라이애시만을 10% 대체한 FA10배합의 경우 약 204mm의 플로우로 전체 배합 중 가장 높은 플로우를 나타내었는데, 이러한 경향은 플라이애시의 표면이 둥근 입형을 띄고있어 볼베어링 효과에 기인한 것으로 사료된다. 믹싱 30분 경과 후 측정된 플로우의 경우 FA10배합 및 FF05배합에서 약 186mm의 유사한 수준을 나타내었으며 페로니켈슬래그 미분말을 10% 대체한 FN10배합에서 약 184mm의 가장 낮은 플로우를 나타내었다. 믹싱 60분 경과 후 FA10배합의 플로우의 경우 약 186mm로 30분 경과 후 플로우와 유사한 수준을 나타내었다. FN10배합의 경우 약 174mm의 플로우를 나타내어 약 12.6%의 플로우 로스를 나타내었으며 이는 전체 배합 중 플로우 로스가 가장 높은 수준으로 나타났다. 플라이애시와 페로니켈슬래그 미분말을 5%씩 대체한 FF05배합의 경우 약 8.5%의 플로우 로스를 나타내어 전체 배합 중 가장 낮은 플로우 로스를 나타내었다.

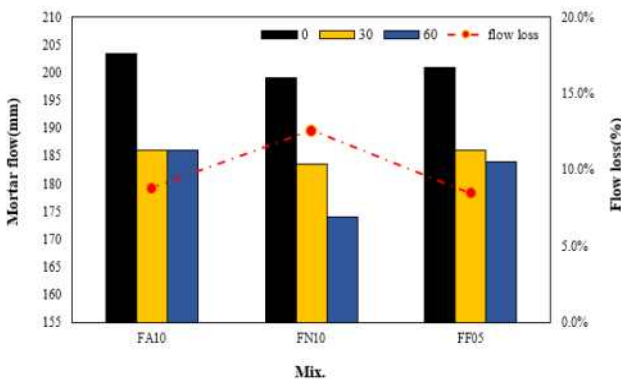


그림 1. 모르타르 플로우

3.2 압축강도

그림 2는 재령별 압축강도를 나타낸 것으로 재령 7일의 경우 플라이애시만을 10% 대체한 FA10배합에서 약 15.2MPa의 가장 높은 압축강도를 발현하였다. 이후 플라이애시 혼입율이 감소하고 페로니켈슬래그 미분말 혼입율이 증가함에 따라 압축강도는 감소하는 경향으로, 페로니

켈슬래그 미분말만을 10% 대체한 FN10배합에서 약 11.5MPa의 가장 낮은 압축강도를 발현하였다. 재령 28일의 경우 재령 7일과 유사한 경향으로 FA10배합에서 약 17.4MPa의 가장 높은 압축강도를 발현하였으며 이후 플라이애시 혼입율이 감소하고 페로니켈슬래그 혼입율이 증가함에 따라 압축강도는 감소하는 경향으로 FN10배합에서 약 13.3MPa의 가장 낮은 압축강도를 발현하였다.

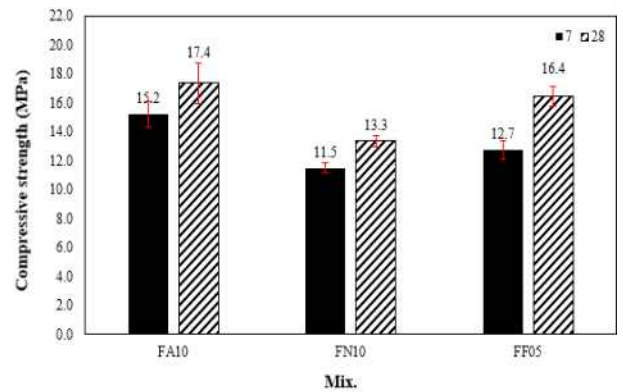


그림 2. 압축강도

4. 결론

본 연구는 결합재로서 고로슬래그 미분말, 플라이애시 및 페로니켈슬래그 미분말을 혼입한 알칼리 활성 복합체의 유동성 및 압축강도를 비교·분석한 것으로 모르타르 플로우의 경우 플라이애시만을 10% 대체한 FA10배합에서 가장 높은 플로우를 나타내었다. 60분 경과 후 플로우의 경우 FF05배합에서 약 8.5%의 가장 낮은 플로우 로스를 나타내었으며 FN10배합의 경우에는 약 12.6%의 가장 높은 플로우 로스를 나타내었다. 압축강도의 경우 재령 7, 28일에서 모두 플라이애시만을 10% 대체한 FA10배합에서 가장 높은 압축강도를 발현하였으며 이후 플라이애시 혼입율이 감소하고 페로니켈슬래그 미분말 혼입율이 증가함에 따라 압축강도는 감소하는 경향을 나타내었다.

참고문헌

- Ahmad L.A., Bassam A.T., Adeyemi A., Haytham F.I. & Abdullah M.Z. (2021). Potential applications of geopolymer concrete in construction: A review, Case Stud. Constr. Mater. 15. e00733.
- Tomasz Z., Blaszczyński & Maciej R.K. (2017). Alkaline Activator Impact on the Geopolymer Binders, IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 245, 2.