

콘크리트의 공학적 특성에 미치는 플라이애시 품질 변화의 영향

Influence of FA quality changes that effect the engineering properties of concrete

문 병 룡* 이 재 진* 김 민 상* 송 흥 호** 한 민 철*** 한 천 구****
Moon, Byeong-Yong Lee, Jae-Jin Kim, Min-Sang Song, Heung-Ho Han, Min-Cheol Han, Cheon-Goo

Abstract

Recently there have been media reports of some domestic FA refinement factories that omit the refinement process and ship raw material directly, for production time and cost reduction purposes, resulting in a negative effect on concrete quality. Accordingly, it's expected to have a negative effect on concrete quality. So this study seeks to clarify the impact that FA quality has on concrete's engineering characteristics, using various FA from refined FA being circulated in the nation to reject ash discarded during the refinement process. The results showed that when FA is used, liquidity is enhanced than when only OPC is used in the combination, and when refined FA is used air quantity and intensity increases as well.

키 워 드 : 플라이애시, 공학적 특성, 모르타르
Keywords : fly ash, engineering properties, concrete

1. 서 론

최근 전 세계적으로 지구온난화 문제가 크게 부각되면서 시멘트 산업에서는 CO₂ 저감을 위해 플라이애시(이하 FA)등을 시멘트 대체 결합재로 다량 사용하는 방안에 대해 연구하고 있다. 그런데 국내 일부 FA 정제 공장에서는 생산시간의 단축과 원가 절감 등의 이유로 정제과정을 생략하고 원료 그대로 제품으로 출하한 사례가 언론에 보도된바 있는데, 이와 같은 경우는 콘크리트 품질에 악영향을 미칠 것으로 예상된다.

그러므로 본 연구에서는 국내에서 유통 가능한 정제된 FA부터 정제과정중 버려지는 Reject Ash 까지 다양한 품질의 FA를 사용하여 콘크리트의 공학적 특성을 분석함으로써 FA의 품질이 콘크리트의 공학적 특성에 미치는 영향을 규명하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

본 연구의 실험계획은 표1과 같다. 실험에 사용한 재료는 국내의 일반적인 것을 사용하였다. 단, FA는 국내 FA 정제공장에서 특별히 채취된 것을 사용하였는데, FA의 물리적 성질은 표 2와 같다. 실험 방법은 KS 규격의 표준적인 방법에 의거하여 실험을 진행하였다.

표 1. 실험 계획

구분	실험요인	실험수준
배합사항	단위수량 (kg/m ³)	·185
	W/B (%)	1 ·40
	s/a (%)	·45
	결합재 조성비	2 ·OPC : FA = 10 : 0 ¹⁾ ·OPC : FA = 7 : 3
	목표 슬럼프	1 ·180 ± 15
	목표 공기량 (%)	·4.5 ± 1.5
재료요인	FA 종류	5 ·정분 (Refine → Rf) ·정분 + 원분 (Refins+Raw → Rfa) ·원분 (Raw → Ra) ·원분 + Reject (Raw+Reject → Raj) ·Reject (Reject → Rj)
실험사항	굳지 않은 모르타르	2 ·슬럼프 ·공기량
	경화 모르타르	1 ·압축강도 (3, 7, 28 일)

1) Plain

* 청주대학교 건축공학과 석사과정, 교신저자(mby4177@naver.com)
** 청주대학교 건축공학과 박사과정
*** 청주대학교 건축공학과 부교수, 공학박사
**** 청주대학교 건축공학과 교수, 공학박사

표 2. 플라이 애시의 물리적 성질

구분	밀도(g/cm ³)	분말도(cm ² /g)	강열감량(%)
정분	2.18	3 800	3.5
정분+원분	2.19	3 650	4.5
원분	2.20	3 500	5.5
원분+Re	2.25	3 200	7.3
Reject	2.30	2 900	9.0

3. 실험결과 및 분석

3.1 굳지 않은 모르타르의 특성

그림 1은 FA 종류 변화에 따른 슬럼프를 나타낸 그래프이다. 전반적으로 FA를 사용 배합이 OPC 보다 높은 유동성을 보였는데, 이는 구상의 미립자인 FA가 불베어링 작용을 하여 워커빌리티가 개선된 것으로 분석된다. 단, Rj의 경우 가장 낮은 유동성을 예상 하였으나 역으로 슬럼프가 OPC 보다 높았는데, 이는 굵은 입자의 Rj가 OPC와 연속입도를 이루어 유동성이 증가된 것으로 사료된다.

그림 2는 FA 종류 변화에 따른 공기량을 나타낸 것이다. 먼저 OPC를 포함 해 Rf, Rj 사용 배합만 목표 공기량에 만족하였다. 단, Ra는 FA 내부의 미연 소 탄분에 의한 AE제의 흡착작용에 기인하여 가장 낮은 공기량을 나타내었다. 또한 Rj의 경우는 Rf, Ra 사용 배합에 비해 공기량이 약 5%, 58% 증가 하였는데, 이는 Rj 내부에 갇힌 공기포의 영향으로 분석된다.

3.2 경화 모르타르의 특성

그림 3은 FA 종류변화에 따른 재령별 압축강도를 나타낸 그래프이다. 먼저 3일과 7일 같은 조기재령에서는 FA 사용 콘크리트가 Plain인 OPC 보다 약 8%, 11% 강도가 저하되는 것으로 나타났다. 이는 FA가 포졸란 반응물질로서 물과 직접 수화반응을 일으킨 OPC에 비해 초기강도 발현이 늦어짐에 기인하여 나타난 결과로 분석된다. 또한 재령 28일에서는 OPC 보다 Rf 사용 배합이 약 1% 높은 강도를 나타내었다. 이는 양질의 FA 사용 시 포졸란 반응으로 인한 콘크리트의 강도 증진효과에 기인한 것으로 판단된다. 또한 Rf 사용 시 Ra, Rj 사용배합에 비해 약 6%, 15% 강도가 증가하는 것으로 나타났는데, 이는 정제과정을 거치면서 미연소 탄분 및 기타 이물질 등이 제거됨에 기인한 것으로 사료된다.

4. 결 론

본 연구에서는 FA의 극단적인 품질변화에 따른 콘크리트의 공학적 특성에 미치는 영향을 분석하고자 하였는데, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) FA 사용 시 Plain인 OPC 보다 높은 유동성을 보였다. 단, 예상과 다르게 Rj의 경우는 가장 낮은 유동성을 예상하였으나, 원분인 Ra 보다 약 5% 슬럼프치가 증가하였다.
- 2) 정제된 FA 사용 시 목표 공기량에 만족하였다. 또한, Rj의 경우도 Rf 보다 약 5% 공기량이 증가하였지만 목표 범위에 만족하였다.
- 3) 정제된 FA 사용 시 조기재령에는 낮은 강도를 보였으나, 재령 28일에서는 OPC 보다 강도가 증가하였다.

참 고 문 헌

1. 백철우외3명, 리젝트애쉬를 사용한 콘크리트 특성, 한국콘크리트학회 봄 학술발표대회 논문집, pp.481~484, 2006.5

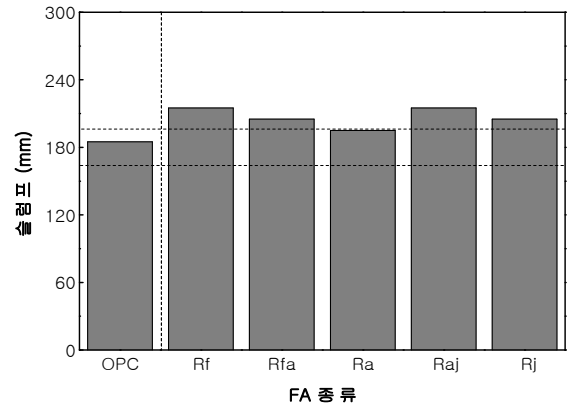


그림 1. FA 종류 변화에 따른 슬럼프

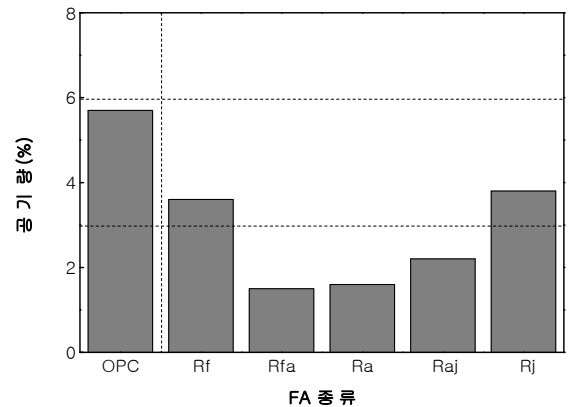


그림 2. FA 종류 변화에 따른 공기량

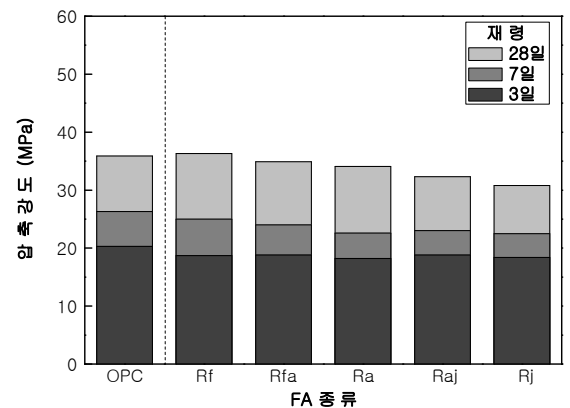


그림 3. FA 종류 변화에 따른 압축강도