아크방전을 이용한 표면개질 플라이애시의 특성

Properties of Surface treatment Fly ash by Arc-discharge

김 선 아*, 박 선 규*
목원대학교*

Kim Sun-A*, Park Sun-Gyu*
Mokwon Univ.*

요약

미연탄소의 함유량이 많은 플라이애시를 사용한 시멘트의 경우 공기량이 저하되며, 슬럼프의 확보를 위해 AE제와 같은 혼화제의 사용을 요구한다. 이러한 미연탄소를 제거하기 위해 저온 플라즈마를 이용한 표면 개질에 관한 연구가 진행되었으나, O_2를 사용하는 플라즈마의 경우 O_3를 생성하는 문제가 발생한다. 따라서 본 연구에서는 플라즈마를 대신에 아크방전을 이용하여 플라이애시 내의 미연탄소를 제거해 표면을 개질하는 기술에 관한 기초적 연구를 진행하였다. 그 결과, 아크방전을 통해 플라이애시의 표면을 개질할 시 플라이애시의 물리적 특성이 개선되며, 이를 이용한 시멘트경화체의 강도도 향상되는 것을 알 수 있었다.

I. 서론

1. 연구 목적

최근, CO_2의 발생량을 저감시키고자 시멘트의 사용량을 줄이기 위한 연구의 일환으로 플라이애시와 같은 광물질 혼화재료를 다량 치환하는 하이볼륨 시멘트에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다[1]. 플라이애시는 유동성 및 충진성을 좋게 해주며, 재료분리를 방지해주는 특징이 있다.

하지만 플라이애시 내의 미연탄소는 다량의 기공을 가진 부정형의 형태를 띄고 있기 때문에, 미연탄소의 양이 많은 플라이애시를 사용한 시멘트 일 수 록 공기량이 저하되며, 동일한 슬럼프의 확보를 위해 AE제와 같은 혼화제의 사용이 필수적이다. 이러한 문제를 해결하기 위해 저온 플라즈마를 이용해 플라이애시 내의 미연탄소를 제거하기 위한 연구가 활발히 진행되어 왔으나[2][3][4], O_2 가스를 이용하는 플라즈마의 경우, 미연탄소 제거 처리 과정에 있어 O_3가 생성되는 문제가 발생한다.

따라서 본 연구에서는 플라즈마 대신에 아크방전을 이용하여 플라이애시 내의 미연탄소를 제거해 표면을 개질하는 기술에 관한 기초적 연구를 수행하였다.

Ⅱ. 실험 계획

2.1 실험 개요

본 연구에서는 플라이애시의 표면을 개질하기 위하여 자체 제작한 아크방전 장비를 이용하였다. 또한 표면 개질된 플라이애데 대하여 강열감량 측정으로 플라이애시 내의 미분탄소량의 변화를 확인하였다. 또한 W/B를 40, 50%로 설정하여 일반적인 플라이애시 및 표면개질 된 플라이애시를 각 50% 치환한 시멘트 페이스트를 제작하였다. 유동성 평가를 위한 비빔 직후의 슬럼프 플로우 측정 및 압축강도 시험을 통해 굳지 않은 상태 및 경화상태의 물리적 특성을 판단하였다. 그 실험 계획은 다음 Table 1에 나타낸 바와 같다.

Table 1. Experimental plan

Experimental factors	Experimental levels
Binders	· arc-discharged Fly ash · Normal Fly ash
Addition ratios of binder	· 50 (%)
W/B	· 0.40, 0.50
Curing conditions	· Relative humidity (80±5)% · Temperature (20±2)℃
Test items	· Loss ignition (KS L 5405) · Blaine test · Slump-flow test · Compressive test

2.2 사용 재료

본 실험에서 사용한 시멘트는 국내 D사의 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였으며, 플라이애시는 시중에 유통되고 있는 강열감량 4.0%의 플라이애시를 사용하였다. 그 물리·화학적 특성은 Table 2 및 Table 3에 나타낸 바와 같다.

Table 2. Physical properties of Fly ash

	비중	분말도 (㎠/g)	강열 감량 (%)	습분 (%)	단위 수량 비 (%)	SiO_2 (%)
FA*	2.22	2,976	4.0	0.1	97	53.20

* FA : Fly ash

Table 3. Chemical properties of Fly ash

	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	TiO_2
FA*	50.81	21.52	5.16	10.8	1.89	1.29	0.62

2.3 시험방법

(1) 혼합방법

시멘트와 플라이애시의 혼합은 국산 몰탈 혼합기를 이용하여 실시하였다. 먼저 용기에 OPC와 플라이애시를 투입하고 30초간 건비빔을 실시하였으며, 건비빔 후 물을 투입하고 30초간 비빈 후 90초간 휴지시켰다. 이 때 혼합용기의 벽면에 묻은 모르타르를 스크래퍼를 이용해 긁어내며, 방치 후 60초간 비빔으로 모르타르 혼합을 종료하였다.

(2) 시험체 제작 방법

압축강도 측정용 시험체 틀은 단면이 40mmX40mm이고 길이가 160mm의 3개의 각주형 공시체를 동시에 성형할 수 있도록 3개를 준비하였다. 이때 압축강도 제작용 시험체 틀은 10mm인 강제로 만들어져 있으며, 공시체에 상처가 나지 않고 쉽게 탈형할 수 있는 구조로 하였다. 또한 조립할 때의 틀은 정확한 형태를 유지하도록 하였으며, 밑판에 고정시켜 비틀림이나 누출이 발생하지 않도록 하였다. 틀에 다진 공시체는 24시간 습윤 양생한 후 탈형하여 강도 측정 시험을 할 때까지 상대습도 80±5%, 온도±2℃의 조건에서 수중양생을 실시하였다.

(3) 시험방법 제작

압축강도 시험은 단면이 40mmX40mm이고 길이가 160mm의 3개의 각형 공시체에 대하여 KS L ISO 679(시멘트 강도의 강도 시험방법)에 준하여 실시하였다. 즉 측정 재령에 이르렀을 때 시험체를 수중 양생조로부터 꺼내어 휨 강도를 측정한 후 깨어진 시편을 압축 강도 시험을 실시하였다.

Ⅲ. 결론

아크방전을 이용해 표면 개질 한 플라이애시의 특성에 대한 실험적 연구 결과, 본 연구에서는 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 아크방전 처리를 한 플라이애시의 경우 강열감량이 다소 감소하는 것을 확인할 수 있었다.

2) 아크방전을 이용해 표면 개질 된 플라이애시가 일반적인 플라이애시에 비해 유동성이 증가하는 경향을 나타냈다. 이는 아크방전 처리 과정에서 플라이애시 내의 미연탄소가 어느 정도 제거되었기 때문으로 판단된다.

3) 압축강도 측정 결과 아크방전 처리 된 플라이애시를 사용한 경화체의 경우, 아크방전 표면개질을 하지 않은 플라이애시를 사용한 경화체에 비해 강도가 다소 높게 발현되는 경향을 나타내었다.

감사의 글

이 논문은 한국연구재단에서 지원하는 개인 기초연구지원사업 (지역, 과제번호 : NRF-2016R1D1A3B03931339)으로 이루어졌음을 밝히고 이에 감사드립니다.

■ 참 고 문 헌 ■

[1] 권용훈, 권영호, 이동규, “산업부산물을 사용한 알칼리 활성 무시멘트 모르타르의 품질 특성에 관한 연구”, 한국건설순환자원학회 논문집, 제 1권, 제 1호, pp.58-66, 2013.

[2] 이승헌, 임영진, 조운진, 김미라, “미연탄소 제거 플라이애시의 특성”, 한국콘크리트학회 논문집, 제 25권, 제 1호, pp.157-158, 2013.

[3] 임영진, 이승헌, 이세진, 임두섭, 이정인, “플라즈마에 의한 플라이애시의 미연탄소 제거 기술”, 한국콘크리트학회 논문집, 제 24호, 제1권, pp.205-206, 2012.

[4] 조운진, 권성구, 이승헌, “저온 플라즈마로 미연탄소를 제거한 플라이애시의 유동 특성”, 한국건설순환자원학회 논문집, 제 14권, 제 2호, pp.57-59, 2014.