

아크방전을 이용해 표면개질 된 플라이애시의 특성에 관한 연구

Study on the Properties of Surface Treated Fly Ash using Arc Discharge

박 선 규*, 김 선 아*, 김 현 성*
목원대학교*

Park sun-gyu*, Kim sun-a*, Kim hyeon-sung*
Mokwon Univ.*

요약

플라이애시를 콘크리트의 혼화재로서 사용하기 위해서는 미연탄소 제거 및 알칼리 자극제의 첨가가 요구된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 현재까지 플라즈마를 이용한 플라이애시의 표면개질에 관한 연구가 진행되었으나, 플라즈마는 오존을 생성하는 문제점을 지니고 있다. 따라서 본 연구에서는 이와 같은 문제점을 해결하고자 아크방전을 이용해 플라이애시의 표면을 개질하는 연구를 진행하였다.

I. 서론

콘크리트의 혼화재로서 흔히 사용되고 있는 플라이애시는 크게 두 가지 문제점이 지적되고 있다. 첫 번째로 플라이애시 내부에 함유된 미연탄소를 들 수 있다. 미연탄소란 화력발전소의 보일러 내부에서 완전히 타지 않고 남은 원탄의 입자를 말한다. 이러한 미연탄소가 다량으로 함유된 플라이애시를 콘크리트의 혼화재로서 사용할 경우 AE제 흡착 현상으로 인해 동일 슬럼프 확보에 있어서 다량의 AE제 첨가가 요구된다.[1]

다음으로 플라이애시 표면의 유리질 박막을 들 수 있다. 플라이애시는 집진 과정에 있어 급냉처리 되기 때문에 표면에 유리질의 박막이 형성된다. 이와 같은 유리질 박막은 플라이애시 입자가 물과 직접적으로 반응하지 못하도록 작용하며 이를 잠재 수경성이라 칭하고 있다. 이러한 잠재 수경성의 물질은 알칼리 환경에 노출될 경우 표면의 유리질 박막이 파괴되며 수화반응을 하는 성질을 지녔기 때문에, 플라이애시를 혼화재로서 사용할 경우 알칼리 자극제의 첨가가 필수적으로 요구된다.[2]

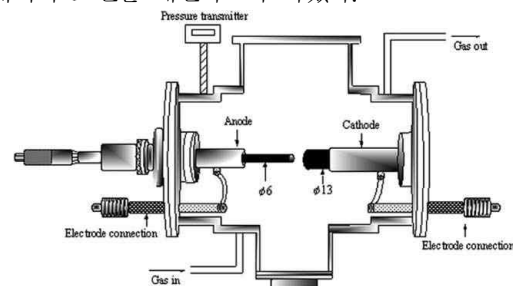
현재까지 이러한 문제점을 해결하기 위해 플라즈마를 이용하여 플라이애시의 표면을 개질해 내부의 미연탄소를 제거하고 표면의 유리질 박막을 제거하는 방안에 관한 연구가 진행되었다.[3] 건설 산업에서 일반적으로 이용되고 있는 플라즈마는 CCP 타입의 O₂ 플라즈마이다. 하지만 O₂ 플라즈마의 경우 산소의 재결합 현상에 의해 O₃가 생성된다. O₃는 주변 물질을 쉽게 산화시키는 성질을 지녀, 실험자의 인체에 악영향을 미치게 된다. 이와 같은 문제점으로 인해 플라즈마는 건설 현장에 폭넓게 적용되기에는 어려움이 따르고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하고자, 아크방전을 이용하여 플라이애시의 표면을 개질하고 미연탄소를 제거하며, 표면의 유리질 박막을 제거하는 방안에 관한 연구를 진행하도록 하였다.

II. 아크방전의 정의 및 아크방전 기계

1. 아크방전의 정의

아크방전이란 양극과 음극을 대립시킬 경우 양 전극 사이의 전위차에 의해 발생하는 방전 현상을 말한다. 아크방전이 발생할 경우 양 전극의 사이에는 고온의 불꽃이 생성되며 그 불꽃의 온도는 약 3,000~6,000℃에 달한다. 본 연구에서는 이와 같은 고온의 불꽃을 이용해 플라이애시의 표면을 개질하도록 하였다.

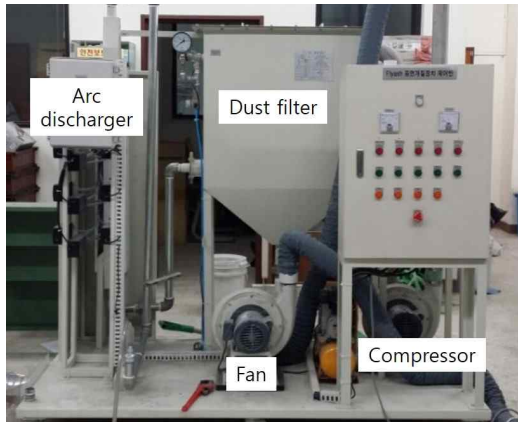


▶▶ 그림 1. 아크방전 영역의 구성

2. 아크방전 기계

그림 2는 연구의 진행을 위해 본 연구팀이 자체적으로 설계 및 제작한 아크방전 기계를 나타낸 것이다.

아크방전 기계를 이용한 플라이애시의 표면개질 과정은 다음과 같다. 흡입구를 통해 플라이애시를 소량씩 주입할 경우 플라이애시는 총 4단계로 이루어진 아크방전 영역으로 이동하게 된다. 이 때 아크방전 영역 내에서 발생한 고온의 불꽃과 플라이애시가 접촉하게 되며 표면이 개질되는 것이다. 표면개질이 완료된 플라이애시는 집진기로 이동하여 토출된다. 본 연구에서는 효과적인 표면개질 처리를 진행하기 위해 위와 같은 과정을 2회 반복하였다.



▶▶ 그림 2. 아크방전 기계

Ⅲ. 실험 계획

1. 사용 재료

본 연구에서는 일반적으로 시중에 유통되고 있는 1종 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였으며, 혼화재로서는 일반적인 플라이애시(이하 FA) 및 아크방전에 의해 표면개질된 플라이애시(이하 TFA)를 사용하였다. FA의 물리적 특성은 표 1에 나타낸 바와 같다.

표 1. FA의 물리적 특성

	Density	Fineness	Ignition loss
FA	2.24 g/cm ³	4,302 cm ² /g	9.0 %

2. 실험 방법

실험 계획은 표 2에 나타낸 바와 같다. 아크방전에 의한 플라이애시의 물리적 특성 변화를 확인하기 위하여 FA 및 TFA의 강열감량, 분말도, 비중을 측정하였다. 또한 그에 따른 수화 특성을 확인하기 위해 W/B를 50%로 고정 한 후, FA 및 TFA를 각 60% 대체한 시멘트 경화체를 제작해 재령 3, 7일의 압축강도를 측정해 비교분석 하였다.

표 2. 실험 계획

Physical properties		Cement matrix	
Materials	FA*, TFA**	Binders	FA, TFA
Test items	Ignition loss Fineness Density	Replacement ratio	60 %
		W/B	50 %
		Test items	Compressive strength (3, 7days)

* FA : Fly Ash

** TFA : Treatment Fly Ash

Ⅳ. 실험 결과 및 분석

1. 물리적 특성 측정 결과[4]

강열감량의 경우 약 2% 감소하여 7%의 수치를 나타내었다. 이는 고온의 아크 불꽃에 의해 플라이애시 내에 함유되어 있던 미연탄소가 제거된 결과로 판단된다. 비중의 경우 다소 감소하였으나 그 차이가 크지 않았으므로, 아크방전은 플라이애시의 비중에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 보여진다.

반면 분말도의 경우 증가하는 경향을 나타내었으며, 이는 아크방전 불꽃과 플라이애시가 접촉함에 따라 플라이애시 입자의 일부가 파괴되어 입자의 크기가 감소해 얻어진 결과로 판단된다.

2. 압축강도 측정 결과 (재령 3, 7일)

FA 및 TFA를 이용해 제작한 시멘트 경화체의 재령 3, 7일의 압축강도 측정 결과, TFA를 이용한 시멘트 경화체의 경우 FA를 이용했을 때에 비해 더욱 양호한 압축강도 발현 성상을 보이는 것으로 나타났다. 이는 고온의 아크 불꽃과 플라이애시가 접촉할 때 표면의 유리질 박막이 일부 제거되어, 플라이애시 내부에 함유되어 있던 반응성 성분이 용출되어 수화물이 다량 생성돼 얻어진 결과로 판단된다.

V. 결론

실험 결과 강열감량은 감소하였으며 분말도는 증가하였다. 이는 아크방전 불꽃에 의해 미연탄소가 제거되고 유리질의 박막이 파괴되어 얻어진 결과로 판단된다. 따라서 아크방전은 플라이애시의 표면개질에 효과가 있는 것으로 판단된다. 단, 본 연구는 기초적 연구에 그친 것으로 향후 아크방전 횟수 및 TFA의 대체율 등에 따른 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 논문은 한국연구재단에서 지원하는 개인기초연구지원사업 (지역, 과제번호 : NRF-2016R1D1A3B03931339)으로 이루어졌음을 밝히고 이에 감사드립니다.

■ 참고 문헌 ■

- [1] 안양규, "비산회에 함유된 미연탄소분의 특성", 정창보 총, 제 6권, pp.25-36, 1998.
- [2] 조현대, 정재동, "미분쇄한 플라이애시 모르타르의 강도 증진 방안에 관한 연구", 한국건축시공학회 논문집, 제 10권, 제 1호, pp. 39-47, 2010.
- [3] 조운진, 권성구, 이승현, "저온 플라즈마를 사용한 플라이애시에 미연탄소의 제거 메커니즘", 한국콘크리트학회 가을학술대회 논문집, 제2012권, 제 11호, pp 147-148, 2012.
- [4] 김선아, 박선규, "아크방전을 이용한 플라이애시의 미연탄소 제거 및 표면개질 효과", 한국콘크리트학회논문집, 제 30권, 제 1호, pp.83-89, 2018.