

자극제를 사용한 플라이애쉬 콘크리트의 물리적 특성에 관한 연구

The Study of Physical Properties of Fly Ash Concrete Using Activator

박종호* 김정빈** 원은미*** 박봉순**** 이정아***** 한천구*****
Park, Jong-Ho Kim, Jung-Bin Won, Eun-Mi Park, Bong-Soon Lee, Joung-Ah Han, Cheon-Goo

ABSTRACT

Because of low early compressive strength, the usage of fly ash is subject to restriction in comparison with blast-furnace slag powder. Therefore, high amount of fly ash is reclaimed in landfill in face of better economical efficiency and more production.

In this paper, the primary aim is to determine to what the basic material characteristics of fly ash concrete is affected by activator, the second aim is to check a possibility of increase in fly ash application.

This study show that compared with fly ash concrete using general admixture, fly ash concrete using activator have higher early compressive strength under similar slump, air content, loss. If additional study will inspect performance of activator in various factor, expansion of application of fly ash concrete using activator can be possible.

요약

플라이애쉬는 상대적으로 낮은 초기 강도 발현율에 의해서 고로슬래그 미분말에 비하여 사용이 제한적이다. 따라서 플라이애쉬는 우수한 경제성과 많은 발생량에도 불구하고 많은 양이 활용되지 못하고 매립되고 있다.

본 연구에서는 자극제가 플라이애쉬를 사용한 콘크리트의 성능에 미치는 영향을 확인하고 플라이애쉬의 활용 증대 가능성을 검토하였다. 연구 결과 자극제를 사용한 플라이애쉬 콘크리트가 동일 슬럼프, 공기량 및 로스를 가지면서 일반적인 혼화제를 사용한 콘크리트보다 압축강도가 높게 나타났으며 다양한 요인에서의 자극제의 성능 발현을 검증할 경우 자극제를 사용한 플라이애쉬 콘크리트의 현장 적용 확대가 가능할 것으로 사료된다.

* 정회원, (주) 삼표 기술연구소 선임연구원

** 정회원, (주) 삼표 기술연구소 책임연구원

*** 정회원, 한국동서발전(주) 호남화력발전처

**** 정회원, 한국동서발전(주) 호남화력발전처 환경차장

***** 정회원, 청주 대학교, 건축공학과, 석사과정

***** 정회원, 청주 대학교, 건축공학부 교수, 공학박사

1. 서 론

화력발전소에서 발생하는 플라이애쉬는 포졸란 반응성을 가지는 콘크리트 특성 개선용 혼화제로 현대 콘크리트의 제조에 있어서 광범위하게 사용되고 있다. 그러나 플라이애쉬는 잠재수경성 반응성을 가지는 고로슬래그 미분말에 비하여 강도 증진이 느려 상대적으로 사용이 제한적이었다. 이에 따라 플라이애쉬는 고로슬래그 미분말에 비하여 경제성이 우수하고 발생량이 많음에도 불구하고 많은 양이 활용되지 못하고 매립되고 있는 실정이다.

본 연구에서는 자극제가 플라이애쉬를 사용한 콘크리트의 성능에 미치는 영향을 확인하고 플라이애쉬의 활용 증대 가능성을 검토하였다.

2. 실험 방법 및 사용재료

2.1 실험개요

본 연구의 실험 개요는 표 1과 같다. 시리즈 I에서는 일반적인 혼화제만을 사용한 경우 플라이애쉬에 의한 압축강도 저하율과 자극제에 의한 압축강도 복원율을 확인하고자 하였다. 시리즈 II에서는 단위수량을 증가시키고 고로슬래그 미분말을 15% 치환시켜 자극제가 성능을 발휘하기 어려운 조건을 설정하여 자극제의 실제 적용 가능성을 확인하고자 하였으며 시리즈 III에서는 시리즈 II의 자극제를 개선하여 재검증을 실시하였다.

표 1. 실험 계획

시리즈	구분	자극요인 ³⁾	W/B (%)	단위수량 (kg/m ³)	결합재량 (kg/m ³)	FA 치환율 (%)	BFS 치환율 (%)	목표 슬럼프 (mm)	목표 공기량 (%)	측정항목
I	Plain	-	52.94	180	340	0, 10, 20, 30, 40	0	180 ± 15 ¹⁾	6 ± 1.5	슬럼프 공기량 압축강도
	M0	Type I								
II	Plain	-	62.67	188	300	15	15	210 ± 15	4.5 ± 1.5 ²⁾	슬럼프 슬럼프 로스 공기량 공기량 로스 압축강도
	M0	Type I	61.67	185		25	15			
	M1	Type II	61.67	185		25	15			
III	Plain	-	62.67	188	300	15	15	210 ± 15	4.5 ± 1.5	슬럼프 슬럼프 로스 공기량 공기량 로스 압축강도
	M0-1	M0 개량	62.00	186		25	15			
	M0-2	M0 개량								
	M1-1	M1 개량								

- 1) 플라이애쉬 치환율 0%의 목표 슬럼프
- 2) 경과 시간 1시간 후의 목표 공기량
- 3) Plain의 경우 나프탈렌계감수제를 사용하고 M시리즈는 자극제가 혼합된 PC계 감수제를 사용

2.2 사용 재료 및 실험 방법

본 연구에서 사용된 재료는 표 2와 같다.

표 2. 사용재료

결합재					골재			혼화제	
구분	종류	절건 비중	분말도 (cm ² /cm ³)	강열감량 (%)	구분	비중	조립율	구분	종류
시멘트	1종 보통	3.18	3322	-	부순 모래	2.61	3.1	감수제	나프탈렌계 감수제
FA	당진산	2.25	3924	4.01	세척사	2.59	3.05	M (자극제)	PC계 감수제 베이스의 자극제 혼합물
BFS	일본산	2.90	4592	-	부순 자갈	2.61	-		

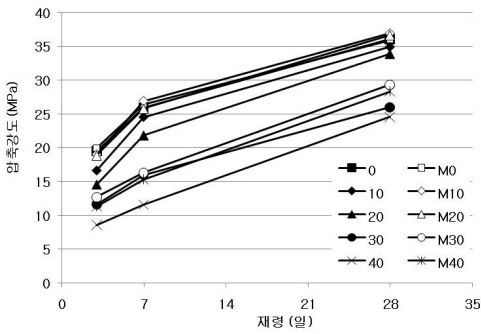


그림 1. FA 치환율에 따른 압축강도의 변화

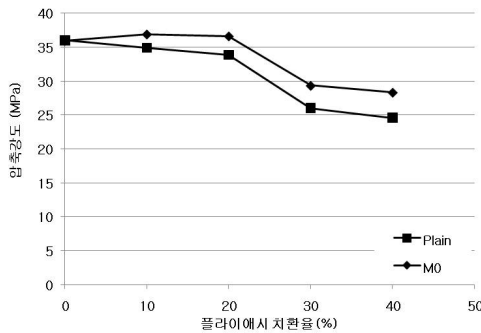


그림 2. FA 치환율에 따른 28일 압축강도의 변화

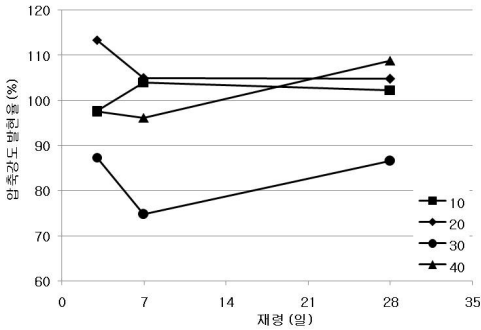


그림 3. FA10% 증가시 자극제에 의한 압축강도 복원율

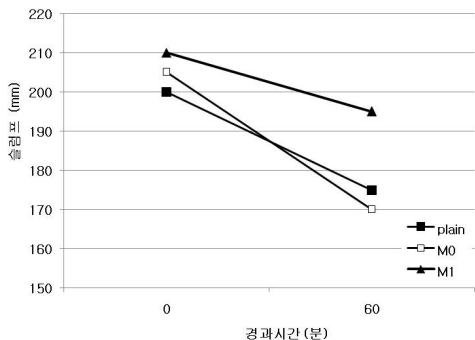


그림 4. 경과시간에 따른 슬럼프의 변화

3. 결과 및 고찰

3.1 시리즈 I

그림 1은 FA 치환율에 따른 압축강도의 변화를 나타낸 것으로 자극제를 사용할 경우 플라이애쉬의 치환율에 관계없이 콘크리트의 압축강도가 동일 치환율의 일반콘크리트에 비하여 개선되었다. 그림 2는 FA 치환율에 따른 압축강도의 변화를 나타낸 것으로 자극제를 사용한 경우에는 플라이애쉬 치환율 20%까지는 플라이애쉬에 의한 강도 저하를 완화시키고 있으며 일반감수제와 자극제 모두 플라이애쉬 치환율 30%부터 압축강도 저하율이 증가하였다.

그림 3은 플라이애쉬의 치환율이 10% 증가할 경우 자극제에 의한 압축강도 복원율을 나타낸 것으로 자극제를 사용할 경우 압축강도 저하율이 큰 20~30% 구간을 제외하고는 플라이애쉬 치환율이 10% 증가하더라도 압축강도는 95~115% 수준의 복원율을 나타내고 있어 자극제의 활용 가능성을 확인할 수 있었다.

3.2 시리즈 II

그림 4와 5는 경과 시간에 따른 슬럼프와 공기량의 변화를 나타낸 것으로 M1은 플레인에 비하여 슬럼프 및 슬럼프 로스가 모두 개선되었으나 M0는 플레인에 비하여 슬럼프로스가 10mm 증가하였다. 공기량의 경우 M0는 플레인에 비하여 공기량 로스가 증가하였으며 M1은 공기량 로스는 플레인과 유사하였다. 그림 6은 자극제 종류에 따른 압축강도의 변화를 나타낸 것으로 M0와 M1 모두 플레인보다 압축강도가 증가하였다.

3.3 시리즈 III

그림 7은 자극제 종류에 따른 슬럼프의 변화로 M0의 개량형인 M0-1, M0-2와 M1의 개량형인 M1-1 모두 플레인과 유사한 수준의 슬럼프 및 슬럼프 로스를 나타내어 시리즈 II에서 문제되었던 슬럼프 로스가 증가되는 문제가 해결되었다. 그림 8은 자극제 종류에 따른 공기량의 변화로 시리즈 II에서 문제가 되었던 M0의 공기량 로스가 개량형 M0-1과 M0-2에서는 개선되었다. 그림 9는 자극제 종류에 따른 압축강도의 변화로 28일 압축강도를 기준으로 M0-1과 M0-2는 플레인 대비 약 112%, M1-1은 약 124%의 압축강도를 발현하였다.

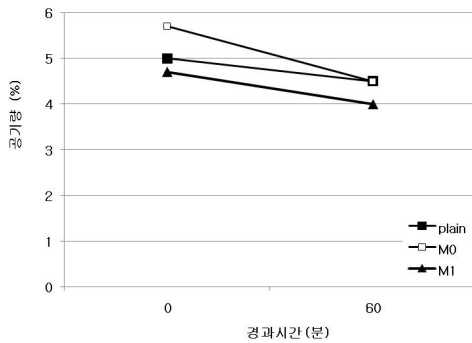


그림 5. 경과시간에 따른 공기량의 변화

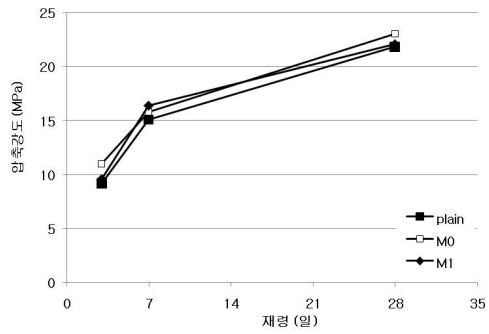


그림 6. 자극제 종류에 따른 압축강도의 변화

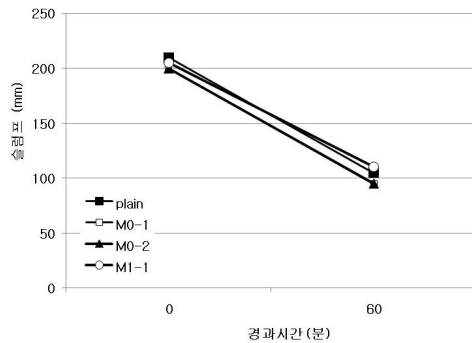


그림 7. 자극제 종류에 따른 슬럼프의 변화

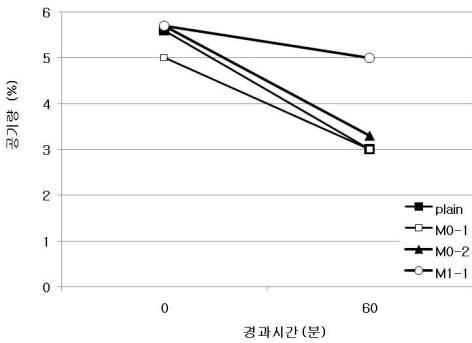


그림 8. 자극제 종류에 따른 공기량의 변화

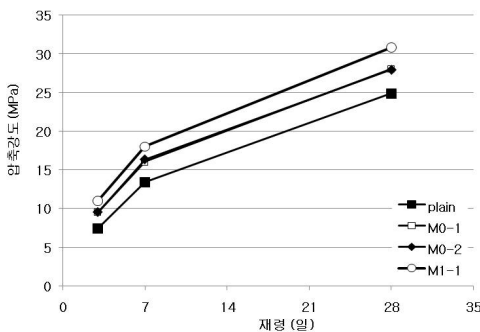


그림 9. 자극제 종류에 따른 압축강도의 변화

4. 결론

자극제를 사용한 플라이애쉬 콘크리트의 물리적 특성에 관한 연구를 수행한 결과는 다음과 같다.

- 1) 자극제를 사용하여 플라이애쉬를 사용한 콘크리트의 압축강도 저하를 개선할 수 있다.
- 2) 자극제를 사용하여 플라이애쉬의 사용량을 10% 증가시키는 경우 슬럼프 및 공기량의 변화없이 강도를 유지할 수 있는 것으로 사료된다.
- 3) 다양한 외부 조건 및 배합 조건에서 자극제의 영향을 검토하여 안정성이 확인될 경우 레미콘 현장에서의 플라이애쉬 활용성을 증가시킬 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 한국동서발전(주) 호남화력발전처에 의해 수행된 과제로서 연구비 지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. 김무한, 권영진, 최세진, 강석표, 심재형, “플라이애쉬 치환방법 및 치환율에 따른 플라이애쉬를 대량 사용한 콘크리트의 특성에 관한 연구”, 대한건축학회 학회지, 제18권2호, pp.123~130. 2002.2
2. 이주선, 배장춘, 류금성, 고경택, 한민철, 한천구, “각종 혼합재료의 첨가에 따른 플라이애쉬 대량 사용 콘크리트의 초기품질 향상”, 한국콘크리트학회 학술발표회 논문집, 제20권 1호, pp737~740, 2008. 4