

플라이애시를 다량 치환한 콘크리트의 품질향상에 관한 연구

A Study for the Quality Improvement of Concrete Using Fly-Ash High Volume

이 정 아* 박 종 호** 정 용*** 박 봉 순**** 한 민 철***** 한 천 구*****

Lee, Jung-Ah Park, Jong-Ho Chung, Yoong Park, Bong-Soon Han, Min-Cheol Han, Cheon-Goo

ABSTRACT

This study as using admixture (G), high early strength agent, calcium hydroxide $\{Ca(OH)_2\}$ and fine particle cement, etc which have been newly developed for the purpose of quality improvements like the improvement of early strength of concrete that the FA was substituted by 20%, etc, reviewed the possibility of the utilization in the great quantity and the results are summarized as the followings. Slump loss by the kind of mixing material of high early strength agent and $Ca(OH)_2$ showed the smaller width of decrease than that of plain to appear the improved results and fine particle cement and G admixture showed the large slump loss. Air contents were appeared to satisfy the target air contents at all mixing materials. Regarding the compressive strength of the concrete by the kind of mixing material, G admixture was appeared to be highest all on aging 3 days, 7days and 28days at the initial strength. And fine particle cement and high early strength agent showed higher strength increase rate on aging 3days than plain but showed that the increase of strength becomes gradually dulled as aging is increased. And $Ca(OH)_2$ had almost no effect.

요 약

본 연구에서는 FA의 치환율을 20 % 까지 증가시킨 콘크리트의 초기강도 증진 등 품질향상을 목적으로 새롭게 개발한 혼화제(이하 개발혼화제: 기호 G), 조강제, 수산화칼슘 $\{Ca(OH)_2\}$ 및 미분시멘트 등을 사용하여 그 다량활용 가능성을 검토하였는데, 그 결과를 요약하면 다음과 같다. 혼합재료 종류별 슬럼프 로스는 Plain보다 조강제 및 $Ca(OH)_2$ 가 감소폭이 작게 나타나 개선된 결과치를 나타내었고, 미분시멘트와 G 혼화제는 슬럼프 로스가 크게 나타났다. 공기량은 모든 혼합재료에서 모두 목표공기량을 만족하는 것으로 나타났다. 혼합재료 종류별 콘크리트의 압축강도는 초기 강도에서 G 혼화제가 재령 3일, 7일, 28일 모두 가장 크게 나타났고, 미분시멘트 및 조강제는 재령 3일 강도가 Plain보다 높은 강도증가율을 보였지만 재령이 증가하면 강도증가는 점차 둔화되는 것으로 나타났으며, $Ca(OH)_2$ 는 거의 효과가 없었다.

- * 정회원, 청주 대학교, 건축공학과, 석사과정
- ** 정회원, (주)삼 표, 선임연구원
- *** 정회원, (주)삼 표, 선임연구원
- **** 비회원, 한국동서발전(주), 호남 화력발전
- ***** 정회원, 청주 대학교, 건축공학부 전임강사, 공학박사
- ***** 정회원, 청주 대학교, 건축공학부 교수, 공학박사

1. 서 론

화력발전소에서 발생하는 플라이 애시(이하 FA)는 콘크리트용 혼화재료로 이용할 경우 포졸란 반응성을 갖는 강도증진 물질로써 오래전부터 사용되어져 왔다. 그러나 20세기 후반 두 차례의 오일쇼크를 거치면서 석탄화력 발전소가 점차 증설되어 다량의 FA가 발생하고 있음에도 불구하고, 다량치환에서는 초기강도 저하 등의 문제점인데 소비량은 그에 비례하여 증가하지 않음에 따라 겨울철 등 특별한 상황에서는 효과적으로 활용방안을 찾지 못하고 매립 처분되고 있는 것이 현실이다.

그러므로 본 연구에서는 FA의 치환율을 20 % 까지 증가시킨 콘크리트의 초기강도 증진 등 품질향상을 목적으로 새롭게 개발한 혼화제(이하 개발혼화제: 기호 G), 조강제, 수산화칼슘 $\{Ca(OH)_2\}$ 및 미분시멘트 등을 사용하여 그 다량활용 가능성을 검토하고자 한다.

2. 실험 계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 1과 같다. 즉, 배합사항으로는 W/B는 55 % 1수준에 대하여, 보통 포틀랜드 시멘트(이하 OPC)에 대한 질량비로 플라이애시(이하 FA) 20 %를 치환한 것을 Plain배합으로 목표슬럼프 200±10 mm, 목표공기량 4.5±1 %로 하여 품질향상용 혼합 재료를 4종류로 변화시켜 총 5수준을 실험계획 하였다. 실험사항으로 굳지 않은 콘크리트에서는 슬럼프 및 공기량을 측정하는 것으로 하고, 경화 콘크리트에서는 재령에 따른 압축강도를 측정하는 것으로 하였다. 콘크리트 배합사항으로는 표 2와 같다.

표1. 실험 계획

실험요인	실험수준		
	W/B (%)	1	55
슬럼프(mm)	1	200±10	
공기량 (%)	1	4.5±1.5	
배합사항	혼합 재료 종류 치환	4	· G ¹⁾ · 조강제 · Ca(OH) ₂ · 미분시멘트
실험사항	굳지 않은 콘크리트	2	· 슬럼프 · 공기량
	경화 콘크리트	1	· 압축강도 (3일, 7일, 28일)

1) 개발혼화제

2.2 사용재료

본 실험에 사용한 재료로써 시멘트는 국내산 A사 보통포틀랜드 시멘트를 사용하였고, 혼화제로서 FA(분말도: 3 964 cm²/g, 밀도: 2.25 g/cm³)은 충남 당진산을 사용하였으며, 혼화제로서 고성능감수제는 국내 D사산 나프탈렌계, AE제는 국내산 D사산을 사용하였다.

표2. 콘크리트의 배합표

또한 골재로서 굵은 골재(조립률: 6.50 밀도: 2.65 g/cm³) 및 잔골재 {부순모래(조립률: 3.1, 밀도: 2.63 g/cm³)와 바다모래(조립률: 3.05 밀도: 2.61 g/cm³)} 3:7 혼합한 것으로 국내산을 사용하였고, 혼화재료로서 G(G사에서개발), 조강제, Ca(OH)₂, 미분시멘트(분말도 6 000~7 000 cm²/g)는 모두 국내제조품을 사용하였다.

W/B (%)	FA 치환율 (%)	W (kg/m ³)	혼합재료	단위중량(kg/m ³)				
				C	FA	NS ³⁾	CS ⁴⁾	G
55	20	178	P	260	65	588	263	910
			G ¹⁾	260				
			조강제	260				
			Ca(OH) ₂	260				
			미분시멘트	163				

1) 개발혼화제, 3) 바다모래, 4)부순모래

2.3 실험방법

본 연구의 실험방법으로 콘크리트의 혼합은 펜 타입 믹서를 사용하였고, 굳지 않은 콘크리트 실험으로 슬럼프는 KS F 2402, 공기량은 KS F 2421 규정에 따라 실시하였다. 경화 콘크리트 실험으로 압축강도 시험은 KS F 2405 규정에 의거하여 실시하였다.

3. 실험 결과 및 분석

3.1 굳지 않은 콘크리트의 특성

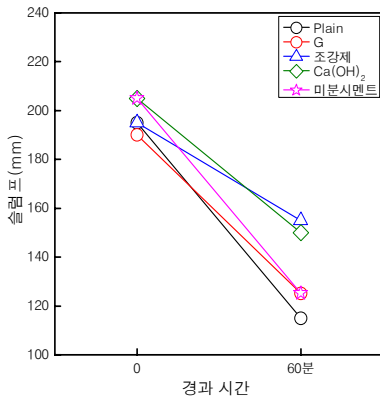


그림1. 경시변화에 따른 슬럼프

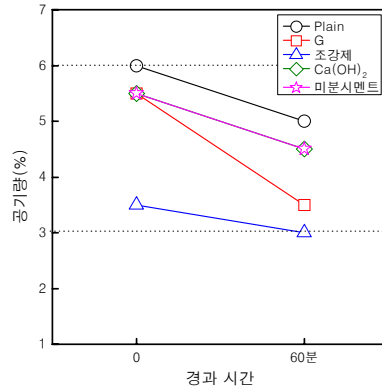


그림2. 경시변화에 따른 공기량

그림 1은 경시변화에 따른 슬럼프를 나타낸 그래프이다. 시간 경과에 따라 Plain배합과 미분시멘트를 치환한 경우 슬럼프 로스가 가장 크게 나타났다. 미분 시멘트의 경우는 비표면적이 큰 미세립자에 의한 수분 흡착량의 증가에 기인하여 슬럼프 로스가 크게 나타난 것으로 판단된다. 품질 항상 혼합재료를 첨가 시 Plain과 비교하여 조강제와 Ca(OH)₂의 경우는 슬럼프 감소폭이 작게 나타나 슬럼프 로스가 개선된 결과치로 나타났다.

그림 2는 경시변화에 따른 공기량을 나타낸 그래프이다.

전반적으로 공기량은 Plain을 포함한 모든 수준에서 목표 (4.5±1.5 %) 공기량을 만족하는 것으로 나타났다. 또한, G 혼화제를 사용할 경우는 공기량 감소가 가장 크게 나타나 공기량 감소에 따르는 대책이 필요한 것으로 사료된다.

3.2 경화 콘크리트

그림 3은 재령경과에 따른 압축강도를 나타낸 그래프이고, 그림 4는 혼합재료 종류별 압축강도의 발현 비율을 나타낸 그래프이다. 재령 3일 강도에서는 G혼화제, 조강제, 미분시멘트, Ca(OH)₂ 순으로 나타났다. G혼화제 및 조강제는 시멘트의 수화반응과정에서 C₃S, C₃A의 화합물의 수화를 촉진하여 C-S-H 수화물의 석출을 촉진시킨 것으로 판단된다. Ca(OH)₂은 재령 3일, 7일에 각각 13.0, 18.4 MPa로 Plain에 비해 약 14.5 %, 8.3 % 작은 수준을 발현하여 조기강도가 다소 작은 경향을 나타냈지만 재령 28일 강도에서는 Plain과 대등한 수준으로 발현하였다. 이는 초기재령에 있어서 포졸란 반응 활성에 의한 에트링가이트 수화물의 생성이 불안정한 상태로 인한 강도발현을 저해한 것으로 생각된다.

미분시멘트는 재령 3일 강도에서 12.8 MPa로 Plain보다 높은 강도 증가율을 보이지만 재령이 증가하면서 강도가 저하하는 것으로 나타났는데, 이는 미분 시멘트의 고분말도로 인해 혼합수와의 접촉 면적이 증가하여 수화가 촉진되고, 조기에 활발한 반응을 일으키지만, 수화 반응에 이용되는 시멘트의 절대량 및 화학적 성분은 OPC와 거의 동일하므로 시멘트 절대량에 따른 수화작용의 총량은 결국 같아 더 이상의 활발한 수화가 이루어지지 못해 강도증진 성능이 감소하게 된 것으로 사료된다.

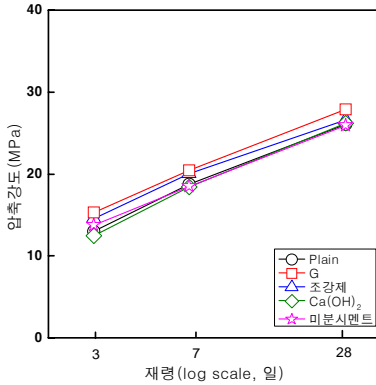


그림3. 재령에 따른 압축강도

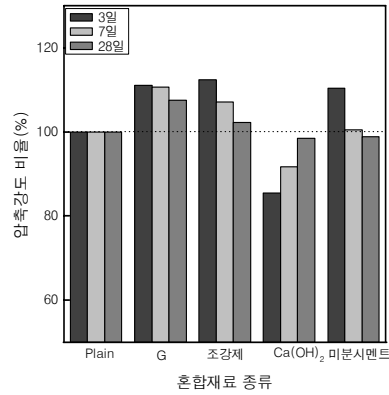


그림4. 혼합재료 종류에 따른 압축강도 비율 (%)

4. 결론

본 연구는 플라이애시를 다량 치환한 콘크리트의 품질 향상을 실험·실증적으로 검토한 결과, 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

- 1) 혼합재료 종류별 슬럼프 로스는 Plain보다 조강제 및 Ca(OH)₂가 감소폭이 작게 나타나 개선된 결과를 나타내었고, 미분시멘트와 G 혼화제는 슬럼프 로스가 크게 나타났다. 공기량은 모든 혼합재료에서 모두 목표공기량을 만족하는 것으로 나타났다.
- 2) 혼합재료 종류별 콘크리트의 압축강도는 초기 강도에서 G 혼화제가 재령 3일, 7일, 28일 모두 가장 크게 나타났고, 미분시멘트 및 조강제는 재령 3일 강도가 Plain보다 높은 강도증가율을 보였지만 재령이 증가하면 강도증가는 점차 둔화되는 것으로 나타났으며, Ca(OH)₂는 거의 효과가 없었다.

감사의 글

본 연구는 한국동서발전(주) 호남화력 발전 처에 의해 수행된 과제으로써 연구비 지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. 이주선, 배장춘, 류금성, 고경택, 한민철, 한천구, “각종 혼합재료의 첨가에 따른 플라이애시 다량 사용 콘크리트의 초기품질 향상”, 한국콘크리트학회 학술발표회 논문집, 제20권 1호, pp737~740, 2008. 4
2. 이재승, 최성용, “입도분급 미분 시멘트를 이용한 조강형 콘크리트의 현장실용화에 관한 연구”, 한국건축시공학회 학술.기술논문발표회 논문집, v.8 n.1. 2008.05