

많은 양의 플라이애쉬를 혼입한 콘크리트의 굳기전 특성 및 강도 발현

Fresh Properties and Strength Development of High Volume Fly Ash Concrete

이진용* 최수홍** 강석화*** 이광명****
Lee, Chin-Yong Choi, Soo-Hong Kang, Suck-Hwa Lee, Kwang-Myong

ABSTRACT

A study is carried out to investigate the characteristics of concrete containing various level(0~60%) of fly ash. These results indicate that compressive strength of fly ash concrete seems to be slightly higher than that of ordinary concrete between 7 and 28 days, thereafter the strength of fly ash concrete is significantly higher. In fresh properties of the fly ash concrete, the loss of slump and air content with time up to 120 minutes is lower, but the setting time is increased with increasing fly ash content.

1. 서론

국내의 경제여건의 급격한 변화는 산업전반에 많은 변화를 가져오게 되었으며 갈수록 악화되는 경기침체는 모든 산업현장에서 더욱 치열한 경쟁을 유발시킴과 더불어 원가절감 및 생산성 향상을 요구하고 있다. 특히 건설업체의 어려움이 매우 가중되게 됨에 따라 이를 극복하기 위한 많은 노력을 기울이고 있으며 원가절감의 측면에서 플라이애쉬의 사용이 급속하게 증가하고 있는 실정이다.

그러나, 콘크리트 단위 체적당 플라이애쉬의 사용량이 매우 제한적으로 이용되고 있어 경제적인 측면에서 이를 극복하기 위한 노력의 일환으로 다량의 플라이애쉬를 첨가한 콘크리트를 개발하기 위한 연구가 진행되고 있으나, 국내에서는 아직 이에 대한 관심 및 노력이 부족한 실정이다.

* 정회원, 동아건설 기술연구소 책임연구원

** 정회원, 동아건설 기술연구소 연구원

*** 정회원, 동양중앙연구소 건설재료연구실장

**** 정회원, 성균관대학교 토목공학과 부교수

따라서 본 연구에서는 경제적인 효과를 극대화하고 내구성이 우수한 콘크리트를 생산하기 위하여, 기존의 플라이애쉬 첨가량에 비해 다량의 플라이애쉬를 혼입한 콘크리트를 제조하여 콘크리트의 굳기 전 특성 및 강도변화를 알아봄으로써, 현장 실용화에 대한 가능성을 파악하고 현장 적용성을 높일 수 있는 방안에 대하여 모색하였다.

2. 실험 개요

2.1 실험 재료

2.1.1 결합재

결합재는 D사에서 생산된 1종 보통포틀랜드시멘트와 보령화력발전소에서 생산되어 정제 처리한 플라이애쉬를 사용하였으며, 화학적 조성 및 물리적 특성은 표 1과 같다.

표 1 결합재의 화학적 조성 및 물리적 특성

항 목 종 류	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	SO ₃ (%)	Ig.loss (%)	비 중	비표면적 (cm ² /g)
시 멘 트	20.68	5.16	3.02	62.42	4.71	2.42	1.36	3.15	3,450
플라이애쉬	57.09	24.66	10.50	2.58	1.37	0.94	3.02	2.10	4,350

2.1.2 골재

잔골재는 해사를 세척하여 사용하였으며, 굵은 골재는 최대 치수가 25mm인 쇠석골재를 이용하였으며 물리적 특성은 다음과 같다.

표 2 골재의 물리적 특성

종 류	비 중	흡수율 (%)	조립율 (F.M)	단위중량 (kg/cm ³)	마모감량 (%)	안정성 (%)
잔 골재	2.62	1.2	2.73	1,570	-	-
굵은 골재	2.74	0.94	6.70	1,655	32	3.8

2.2 실험 계획

실험을 위한 분체량에 대한 플라이애쉬의 첨가율을 0~60%까지 10% 간격으로 총 7가지 배합을 하였으며, 물·시멘트비와 분체량을 조절하여 28일 설계 강도가 270kg/cm²에 근사하고, 슬럼프 12±2cm,

공기량 4~6%를 만족하는 배합이 되도록 많은 시험 배합을 통하여 최종 배합비를 표 3과 같이 결정하였다.

표 3 콘크리트 배합비

설계기준 강도 (kg/cm ²)	슬럼프 (cm)	물시멘트 비 (%)	단위수량 (kg/m ³)	단위 시멘트량 (kg/m ³)	잔골재율 S/a (%)	단위 잔골재량 (kg/m ³)	단위굵은 골재량 (kg/m ³)
270	12	46	185	400	40	691	1032

2.3 시험 방법

2.2.1 응결시간

플라이애쉬의 첨가량에 따른 응결시간의 차이를 알아보기 위하여 KS F 2436의 관입저항침에 의한 콘크리트 응결시간 시험방법에 준하여 온도 25℃, 습도 65%의 항온항습실에서 응결시간을 측정하였다.

2.2.2 Slump loss 및 공기량

현장 적용성을 고려하여 Slump loss 및 공기량의 변화를 배합후 120분까지 측정하였다. (KS F 2402 및 KS F 2421)

2.2.3 압축강도

수중양생한 Ø10×20cm의 공시체를 이용하여 KS F 2405에 따라 만능 시험기를 사용하여 압축강도 시험을 수행하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 응결시간

그림 1에서 나타낸 것과 같이 플라이애쉬의 첨가량이 증가함에 따라서 응결시간도 늘어나는 것으로 나타났으며, 플라이애쉬 무첨가 콘크리트의 초결은 6시간, 종결은 8시간 에 완료되었으며, 플라이애쉬를 30% 첨가한 경우 초결 8시간 30분, 종결 11시간 30분이었으며, 플라이애쉬를 50% 첨가한 경우는 초결 15시간, 종결 20시간으로 플라이애쉬 무첨가 콘크리트와 비교하여 초결은 9시간, 종결은 12시간의 차이를 나타내었다.

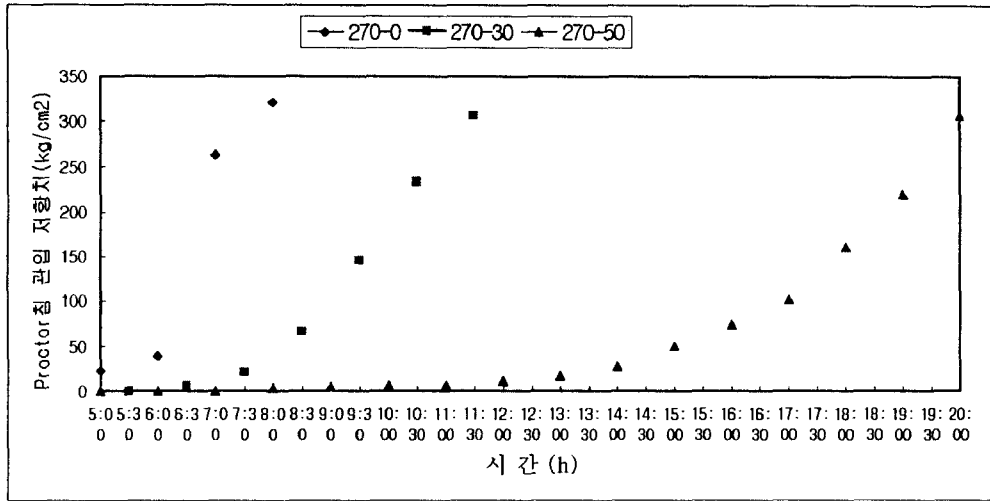


그림 1 플라이애쉬 첨가량에 따른 응결시간 변화

3.2 Slump Loss 및 공기량 변화

표 4는 플라이애쉬 혼합비에 따른 경과시간별 슬럼프 및 공기량 변화를 나타내며, 플라이애쉬 첨가비가 0%의 경우가 플라이애쉬가 첨가된 경우에 비하여 슬럼프 손실이 큰 것으로 나타났으며, 플라이애쉬 첨가비 50% 및 60%의 경우에는 초기에 슬럼프 손실이 다른 경우보다 큰 값을 보이는데, 이는 고성능 감수제의 사용량이 증가되므로써 나타난 현상으로 판단된다. 공기량의 변화를 보면 플라이애쉬의 첨가량이 증가할수록 공기량의 경시변화가 적은 것으로 나타났는데, 이는 플라이애쉬의 첨가량 증가에 따라 작업성 향상을 위하여 AE감수제의 첨가량을 증가시키게 되어 플라이애쉬의 흡착에 따른 공기량의 손실이 크지 않기 때문인 것으로 판단된다.

표 4 Slump Loss 및 공기량 변화

FA 첨가비 (%)	최 초		30분		60분		90분		120분	
	슬럼프 (cm)	공기량 (%)	슬럼프 (cm)	공기량 (%)	슬럼프 (cm)	공기량 (%)	슬럼프 (cm)	공기량 (%)	슬럼프 (cm)	공기량 (%)
0	12.0	5.0	8.0	3.9	4.7	3.4	3.2	2.6	1.8	2.3
20	12.0	5.0	9.2	3.4	5.7	3.2	3.6	3.0	2.2	2.6
30	12.0	5.0	9.0	4.3	6.0	4.1	5.3	3.8	3.8	3.0
40	12.0	5.0	10.0	4.1	6.0	3.3	4.7	3.0	4.0	3.0
50	12.0	5.0	7.7	4.0	5.1	3.8	5.1	3.5	4.3	3.2
60	12.0	5.0	7.7	4.8	5.6	4.4	5.1	4.2	4.3	3.8

3.3 압축강도

플라이애쉬 첨가량에 따른 압축강도 특성은 초기 재령에서는 플라이애쉬의 첨가율이 증가할수록 저하하는 경향을 보이고 있으나, 7일 이후의 강도 변화는 플라이애쉬 첨가율이 60%인 경우를 제외하면 첨가율이 증가할수록 강도발현율이 상승하는 경향을 보이며 재령 90일의 장기간이 되면 플라이애쉬 콘크리트의 압축강도가 전반적으로 보통 콘크리트에 비해 약 30~50kg/cm²의 강도상승을 나타내는데, 이는 시간이 증가할수록 포졸란반응에 의한 강도발현의 증가가 원인인 것으로 판단된다.

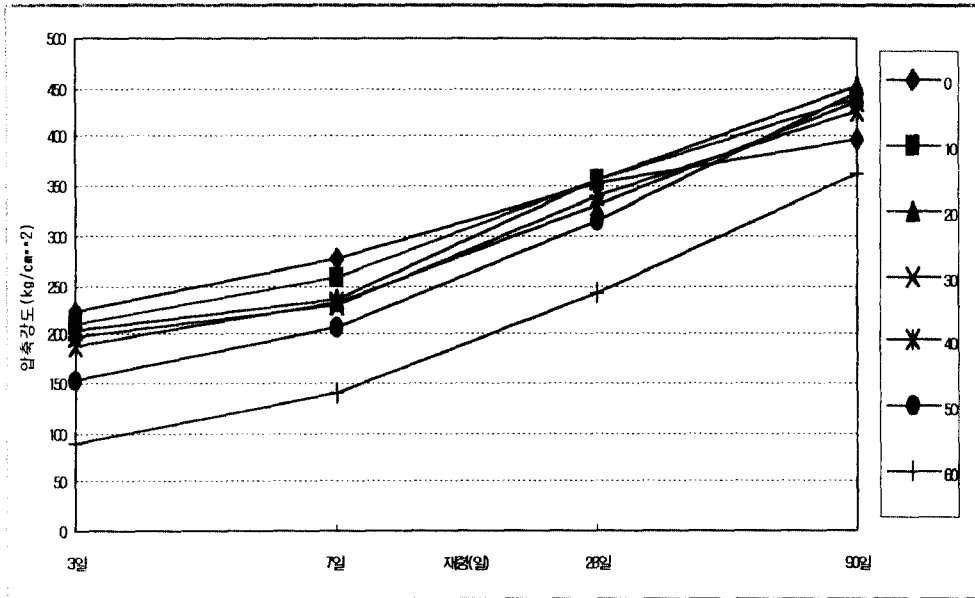


그림 2 재령에 따른 압축강도 변화

4. 결론

많은 양의 플라이애쉬를 혼입한 콘크리트의 굳기전 특성 및 압축강도 시험을 수행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 콘크리트의 응결시간은 플라이애쉬의 첨가량이 증가함에 따라 지연되는 경향을 보이므로 향후 현장에 실용화할 경우에는 기존의 보통 콘크리트보다 거푸집 존치 기간을 연장시킬 필요가 있다.
- 2) 경과 시간에 따른 슬럼프 손실은 보통 콘크리트가 플라이애쉬 첨가 콘크리트보다 큰 것으로 나타났다으며, 공기량의 경시변화는 플라이애쉬의 첨가량이 증가할수록 콘크리트의 공기량의 감소가 적게 된다.
- 3) 플라이애쉬 첨가량이 많을수록 초기 재령에서의 강도발현이 상대적으로 지연되는 경향을 보이지만, 7일 이후의 강도발현율은 오히려 우수한 경향을 보이며 재령 90일이 경과하면 보통 콘크리트에 비해 강도가 우수함을 알 수 있다.

참고문헌

1. 河野 清 外 3人, "ハイボリュームフライアッシュコンクリトの特性" セメント・コン-クリト No. 533. July 1996. pp 10~16.
2. 이진용, 배성용, "플라이애쉬 혼입량 및 양생방법이 콘크리트의 강도 발현에 미치는 영향" 한국콘크리트학회 학술발표집, 제9권 1호, 1997. 5, pp 118~123.
3. Malhotra V.M. and Ramezani pour A.A., "Fly Ash in Concrete" 1994. 9.
4. ACI Committee 226, "Use of Fly Ash in Concrete", Committee Report, 1994.