

High Volume 플라이애쉬 콘크리트의 내구적 특성 연구

A Study on the Properties of High Volume FlyAsh Concrete

이진용^{*} 손해원^{*} 최수홍^{**} 정은경^{**} 조현수^{***}
Lee, Chin Yong Sohn, Hai Won Choi, Soo Hong Jeong, Eun Kyoung Cho, Hyun Su

ABSTRACT

An experimental study is carried out to investigate the characteristics of concrete containing high volume fly ash. The compressive and tensile strength of fly ash concrete is slightly lower than those of ordinary concrete between 7 and 28 days, however, the long-term compressive strength is significantly higher at 180 days.

In durability, the high volume fly ash concretes are generally higher resistance of freeze and thaw and low chloride penetration, however, the depth of carbonation is increased with increasing fly ash content.

1. 서론

최근 플라이애쉬의 장점이 연구를 통해 알려지면서 건설현장에서 사용량이 증가되고 있지만, 아직은 선진국에 비하여 국내의 플라이애쉬 소비량이 매우 적은 실정이다. 플라이애쉬 소비증대를 위해서는 많은 양의 플라이애쉬가 사용될 수 있는 신기술개발 및 품질의 확보가 필요하다.

본 연구는 이러한 플라이애쉬의 사용량 및 활용도를 극대화함으로써, 보다 경제적이고 내구성이 우수한 콘크리트를 생산하기 위하여, 기존의 플라이애쉬 첨가량(10% 이내)에 비하여 다량(30%-50%)의 플라이애쉬를 혼입한 콘크리트를 제조하여 역학적 특성 및 내구적 특성을 실험을 통해 규명함으로써, 현장 실용성 및 구조용 콘크리트 재료로 사용 가능성을 판단하는 것이 본 연구의 목적이다.

2. 실험 개요

2.1 사용재료

* 정회원, 동아건설 기술연구원 수석연구원

** 정회원, 동아건설 기술연구원 주임연구원

*** 정회원, 동아건설 기술연구원 연구원

2.1.1 결합재

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

2.1.2 골재

잔 골재는 해사를 세척하여 사용하였으며, 굵은 골재는 최대 치수가 25 mm인 쇄석골재를 이용하였고 물리적 특성은 표 2와 같다.

표 1 시멘트 및 플라이애쉬의 물리·화학적 특성

Item Sort	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	SO ₃ (%)	Ig.loss (%)	비중	비표면적 (cm ² /g)
Cement	20.68	5.16	3.02	62.42	4.71	2.42	1.36	3.15	3,450
Fly ash	57.09	24.66	10.50	2.58	1.37	0.94	3.02	2.10	4,350

표 2 골재의 특성

Sort	Specific gravity	absorption (%)	Fineness modulus (F.M)	Unit weight (kg/m ³)	Abration (%)	Stability (%)
Fine aggregate	2.62	1.2	2.73	1,570	-	-
Coarse aggregate	2.74	0.94	6.70	1,655	32	3.8

2.2 실험 계획

실험을 위해 설계강도 270kg/cm²의 콘크리트에 플라이애쉬 첨가율을 0~50%까지 변화시킨 6종류의 배합을 선정하였으며, 슬럼프 12±2cm, 공기량 3~5%를 만족하는 배합이 되도록 하였다.

2.3 시험 방법

2.3.1 강도 및 탄성계수

수중 양생한 Ø10×20cm의 공시체의 압축강도, 할렬 인장강도, 휨 인장강도와 탄성계수를 각각의 KS 규정에 따라 만능 시험기를 사용하여 측정하였다.

2.3.2 동결융해

콘크리트의 동결융해 작용에 의한 성능저하 및 내구성을 측정하기 위하여 10×10×40cm의 각주형 공시체를 28일간 25℃ 수중양생하여, KS F 2456(급속동결융해법)에 따라 측정하였다.

2.3.3 내투수성

본 연구에서는 염소이온의 투과를 전압차에 의하여 촉진하는 염소이온 투과시험을 ASTM C1202-91의 방법에 따라, 28일 수중양생한 직경 10cm의 콘크리트 시편을 5cm길이로 절단하여 시험을 수행하였다.

2.3.4 중성화

중성화 시험은 중성화촉진 시험장치(日本 MARU社)를 이용하였으며, 시험장치 내부를 온도 25℃, 습도 60%로 항온항습을 유지시키며 CO₂ 농도 10%의 조건에서 촉진 중성화하여, 1% 페놀프탈레인 용액으로 중성화 침투 깊이를 측정하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 플라이애쉬 콘크리트의 역학적 특성

보통콘크리트의 압축강도와 비교하여 플라이애쉬를 30% 첨가한 270-FA30의 압축강도는 증가하였으나, 플라이애쉬를 50% 첨가한 270-FA50의 압축강도는 재령 7일에서는 55kg/cm², 재령 28일에는 11kg/cm² 낮았다. 콘크리트의 양생기간이 길어짐에 따라 많은 양의 플라이애쉬를 함유한 콘크리트의 압축강도 발현은 보통콘크리트에 비하여 재령 90일에는 89-133 kg/cm², 180일에는 152-175 kg/cm²의 압축강도가 증가하였다. 압축강도와 휨강도의 특성 비교에서 보통콘크리트의 28일 휨강도는 압축강도의 약 12%이고, 많은 양의 플라이애쉬를 함유한 콘크리트는 약 9-10%로 보통콘크리트에 비하여 낮았다. 휨강도 시험 결과에 의하면, 모든 플라이애쉬 콘크리트가 35kg/cm² 이상으로 도로교 표준시방서 규정을 만족하고 있으나, 초기(7일)강도가 보통콘크리트와 비교하여 낮았다. 탄성계수 시험에서는 많은 양을 함유한 플라이애쉬 콘크리트가 7일, 28일 모두 높은 것을 보여주고 있으나, 그 차이는 적은 편이다. 따라서 많은 양의 플라이애쉬를 함유한 콘크리트를 구조물 공사에 적용시 설계에 반영되는 탄성계수는 기존에 사용되는 보통콘크리트 산출식이 사용 가능한 것으로 판단된다.

표 3 플라이애쉬 콘크리트의 역학적 특성

Concrete mix	Compressive strength (kg/cm ²)				Split tensile strength (kg/cm ²)		Flexural strength (kg/cm ²)		Static modulus of Elasticity (kg/cm ²)		Dynamic modulus of elasticity (kg/cm ²)
	7day	28day	90day	180day	7day	28day	7day	28day	7day	28day	28day
270-FA0	276	352	397	431	21	30	35	42	2.7×10 ⁹	3.1×10 ⁹	4.3×10 ⁹
270-FA30	280	406	530	606	17	28	29	36	2.8×10 ⁹	3.4×10 ⁹	4.4×10 ⁹
270-FA50	221	343	486	583	14	31	21	35	2.9×10 ⁹	3.2×10 ⁹	4.3×10 ⁹

3.2 내구적 특성

3.2.1 동결융해

본 실험에서는 초음파속도법에 의한 상대동탄성계수 측정법으로 측정하였으며, 각 배합별 동결융해 시험 결과는 그림 1과 같다. 플라이애쉬 첨가량별 동결융해 저항성은 플라이애쉬 무첨가 및 50% 첨가 시에 동결융해사이클 200회 이후에 상대동탄성 계수가 급격히 저하하였다.

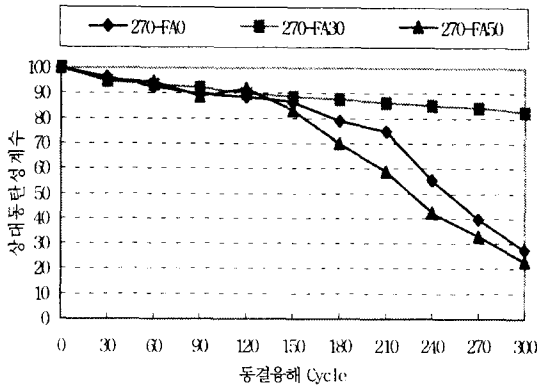


그림 1 동결융해 실험 결과

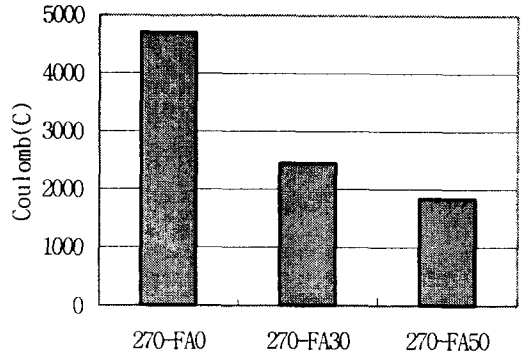


그림 2 내투수성 실험 결과

3.2.2 내투수성

내투수성 실험 결과(그림 2)에서 보는 바와 같이 플라이애쉬의 첨가량이 증가함에 따라 투수저항성이 증가함을 알 수 있다.

3.2.3 중성화

그림 3에서 보는 바와 같이 중성화 실험 결과는 플라이애쉬 첨가량이 증가하고 시간이 경과함에 따라 중성화 깊이가 증가하였다.

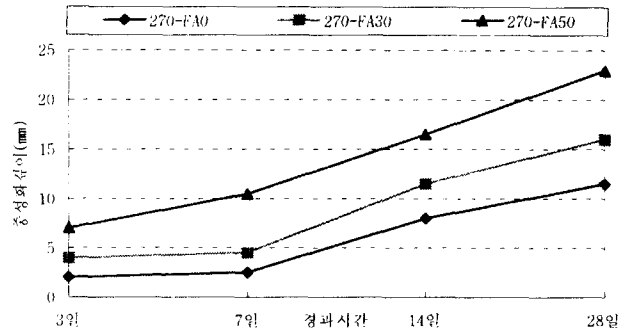


그림 3 중성화 실험 결과

4. 결론

- (1) 플라이애쉬 첨가량이 많으면 초기 압축 및 인장강도가 감소하였다. 그러나 28일 이후에는 압축강도발현이 오히려 매우 우수하였다. 그리고 재령 7일 및 28일 탄성계수는 서로 비슷한 경향을 보였다.
- (2) 일반적으로 많은 양의 플라이애쉬를 포함한 콘크리트는 비교적 높은 동결융해저항성 및 투수저항성을 보였다.
- (3) 플라이애쉬 첨가량이 증가하고, 시험시간이 길어질수록 중성화 속도는 빠르게 진행되었다.

참고문헌

- 1) 한국전력공사 (재)한국계면공학연구소. "석탄회 활용 국제워크숍". 한국전력공사, 1996. 8
- 2) Malhotra V.M. and Ramezani-pour A.A., "Fly Ash in Concrete" CANMET, 1994. 9.