

플라이애쉬와 고로슬래그를 사용한 3성분계 고성능 콘크리트의 강도 및 축진 중성화에 대한 실험적 고찰

An Experimental Study on Compression Strength and Carbonation Resistance for Ternary High-Performance Concrete with fly-ash, granulated blast furnace

권영락* 김홍삼** 이찬영*** 정해문**** 안태송****
Kwon, Youngrak Kim, Hong Sam Lee, Changyoung Cheng, Haimoon Ahn, Taesong

ABSTRACT

It is essential that concrete component is made up with aggregate, cement and water. But today, Public concern is increasing of a variety structure and ocean environmental, resource recycle. Also, According to heat of hydration rising, Concrete is make a causative of concrete-crack. Concrete-crack cause a falling-off in quality of concrete. consequently, High-performance concrete is evaluated by concrete material properties and carbonation resistance with different admixture(fixing fly-ash 20%), granulated blast furnace slag replacement ratio (30%, 45%) different W/B (26%, 30%, 34%) and XRD(X-ray Diffraction) analysis.

요약

콘크리트는 골재, 시멘트와 물이 주 구성성분이지만 현대 구조물의 다양화 및 해양환경 구조물의 증가로 해수에 대한 저항성이 우수한 콘크리트의 개발과 환경적 측면에서의 자원재활용이라는 사회적 관심 또한 증폭되고 있다. 따라서 내구성 향상, 고강도화, 현장에서의 워커빌리티 향상, 운반, 경제성 향상 등의 고성능 콘크리트의 필요성이 요구되어 오고 있다. 또한 고강도 영역의 고성능 콘크리트는 단위결합재량이 많으므로 수화열의 상승으로 콘크리트 균열에 의한 내구성능 저하의 원인이 되어 왔다. 따라서 본 연구에서는 수화열의 억제 목적으로 Plain 실험체와 기본적으로 플라이애쉬 20%, 고로슬래그 미분말 30%, 45% 치환한 조건에서 물-결합재비 26%, 30%, 34%인 실험체를 제작하여 이에 따른 압축강도 및 중성화 특성과 중성화 영역과 미중성화 영역을 대상으로 XRD(X-ray diffraction) 분석을 통하여 혼화재 치환량에 의한 특성을 평가하였다.

*정회원, 한국도로공사 도로교통연구원 연구원
**정회원, 한국도로공사 도로교통연구원 책임연구원
***정회원, 한국도로공사 도로교통연구원 전임연구원
****정회원, 한국도로공사 도로교통연구원 수석연구원

1. 서 론

콘크리트는 골재, 시멘트와 물이 주 구성성분이지만 현대 구조물의 다양화 및 해양환경 구조물의 증가로 해수에 대한 저항성이 우수한 콘크리트의 개발과 환경적 측면에서의 자원재활용이라는 사회적 관심 또한 증폭되고 있다. 따라서 내구성 향상, 고강도화, 현장에서의 워커빌리티 향상, 운반, 경제성 향상 등의 고성능 콘크리트의 필요성이 절실하다. 이를 충족시키기 위해 다양한 시멘트 대체혼화제를 이용한 콘크리트에 대한 연구가 진행되어 오고 있다.

일반강도하에서의 플라이애쉬, 고로 슬래그 미분말 혼화제 사용으로 수화열 감소, 내구성 증대의 효과, 지속적인 포졸란 반응으로 장기강도 발현에 뛰어난 것으로 밝혀지고 있다.

따라서 본 연구에서는 도로구조물용의 60MPa급 이상의 고강도 콘크리트의 압축강도 및 축진중성화 특성을 평가하여 고성능 콘크리트의 최적배합 도출을 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

고강도 영역의 고성능 콘크리트는 단위결합재량이 많으므로 수화열의 억제를 위해 기본적으로 플라이애쉬를 20% 치환하고, 고로슬래그 미분말을 각각 30 및 45% 치환한 조건에서 물-결합재비에 따른 압축강도 및 중성화 특성을 평가 하였다.

이때 유동성은 슬럼프플로우 450±50mm를 만족하도록 단위수량과 고성능 감수제를 사용하여 배합설계하였고, 공기량은 4.0±1.0%를 만족하도록 하였다.

중성화 시험의 경우 시편의 표면에 에폭시처리를 하여 상대습도 60%, 온도 40℃, CO₂농도 5%의 균일한 환경에서 28일, 56일, 56일에서 측정하였다. 한편, 축진재령 84일에서 중성화 및 미중성화영역을 대상으로 XRD 분석을 실시하였다.

3. 3성분계 콘크리트의 압축강도 및 중성화 특성

3.1 콘크리트의 압축강도

본 연구의 3성분계 HPC의 배합은 목표 슬럼프플로우와 목표 공기량을 만족시키기 위하여 고성능감수제와 AE제를 조절하여 배합설계 하였으므로, 본 연구에 사용된 배합 모두 목표 슬럼프플로우 범위인 400~500mm와 목표 공기량인 3.0~5.0%를 만족하게 나타났다.

또한, 보통포틀랜드 시멘트, 플라이애쉬 및 고로슬래그 미분말 혼합의 3성분계 콘크리트의 압축강도는 60MPa~80MPa의 범위를 목표로 설정되었다. 각각의 콘크리트 배합에 대한 재령별 강도 발현 특성을 파악하기 위하여 28일 까지 측정된 결과를 정리한 것이 그림 1이다.

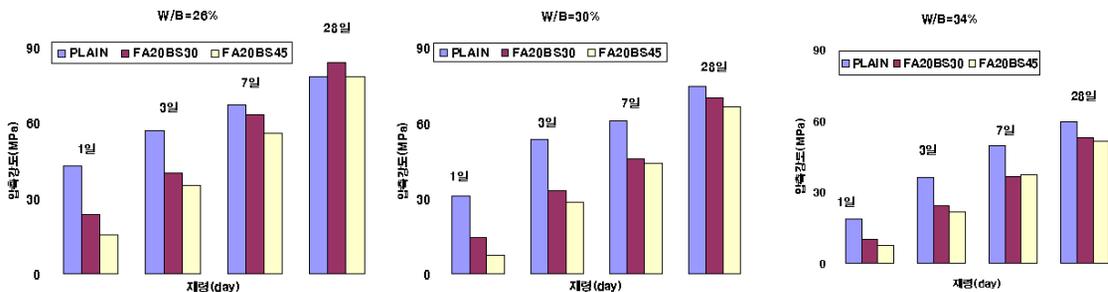


그림 1 재령별 W/B에 따른 압축강도 비교

콘크리트의 압축강도는 FA 20%을 기본으로 BS 30%, 45%의 높은 치환율로 인하여 모든 W/B에서 재령 7일까지는 Plain에 비하여 압축강도가 작게 발현되는 것으로 나타났다. 또한, 재령 28일의 경우 W/B 에 따른 압축강도가 다르게 나타났는데, W/B 26%에서만 높은 단위결합재량과 FA의 포졸란반응과 BS의 잠재수경성 반응으로 인하여 Plain과 동등이상의 강도를 발휘하였지만, W/B 30%와 34%에서는 Plain 보다 압축강도가 낮게 발현됨으로써, BS를 사용한 3성분계 HPC의 경우, 낮은 W/B에서 사용하는 것이 강도증진에 유리한 것으로 판단된다.

3.2 콘크리트의 축진 중성화

플라이애쉬 및 고로슬래그 미분말을 혼입한 고성능 콘크리트의 축진중성화 특성을 파악하기 위하여 상대습도 60%, 온도 40℃, CO₂농도 5%의 축진조건에서 28일, 56일 및 84일에서 측정된 결과를 정리한 것이 표 1 및 그림 2이다.

표 1 물-결합재비별 고로슬래그 미분말 혼입률에 따른 축진 중성화 깊이(mm)

축진재령	콘크리트의 축진 중성화 깊이(mm)								
	W/B=26%			W/B=30%			W/B=34%		
	Plain	FA20BS30	FA20BS45	Plain	FA20BS30	FA20BS45	Plain	FA20BS30	FA20BS45
28일	0	0	0	0	0	4.94	0	4.18	5.64
56일	0	3.21	4.47	0	0	6.07	0	4.27	8.23
84일	0	5.35	4.43	0	0	7.06	1.00	6.21	10.66

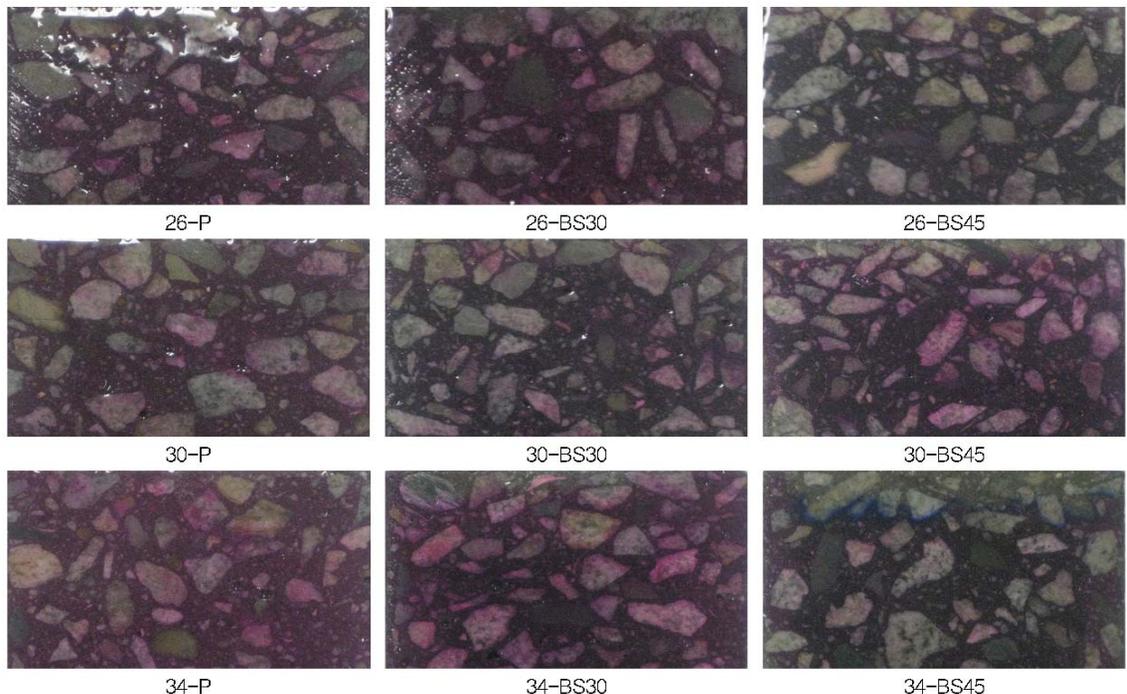


그림 2 물-결합재비 및 고로슬래그 미분말의 혼입률에 따른 축진중성화 시험결과(84일)

축진 중성화 시험 84일 현재 보통포틀랜드 시멘트만을 사용한 Plain 배합의 경우, 물-결합재비에 상관없이 거의 중성화가 진행되지 않았다. 반면, 플라이애쉬 20%를 기본으로 고로슬래그 미분말의 혼입량이 증가할수록 축진 중성화 깊이가 증가하였으며, 물-결합재비가 클수록 중성화 깊이는 크게 나타났다. 중성화 깊이가 가장 큰 배합은 물-결합재비 34%의 FA20BS45 배합이 축진재령 84일에서 10.66mm로 나타났으며, 이는 포졸란 반응 등에 의하여 시멘트 수화시 생성된 포틀랜드아이트의 소모로 상대적으로 크므로 광물질 혼화제의 혼입량 증가에 따른 시멘트량의 감소에 기인한 것으로 판단된다.

한편, 중성화가 가장 큰 물-결합재비 34% FA20BS45 배합을 대상으로 미중성화 영역과 건전부위를 대상으로 XRD 분석을 실시한 결과가 그림 3이다. 이 그림에서 광물질 혼화재료의 치환량이 많아 미중성화 영역에서도 포틀랜드아이트의 피크강도가 작았으며, 중성화 영역의 피크강도는 상대적으로 작음을 알 수 있다.

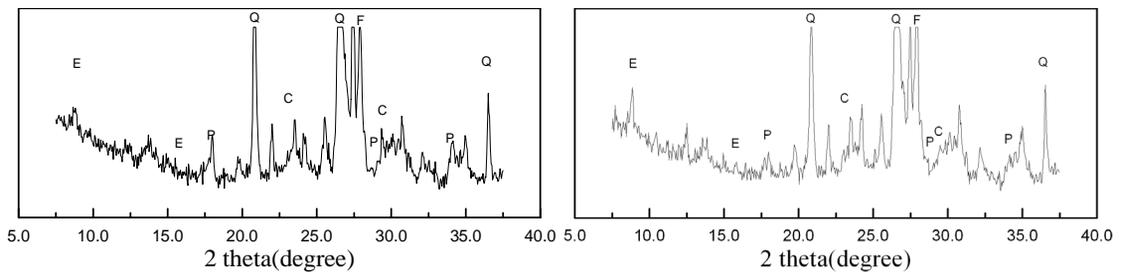


그림 3 고로슬래그 미분말 혼합 콘크리트의 중성화 및 미중성화 영역의 XRD 분석 결과(34-BS60)

4. 결론

- (1) 콘크리트의 압축강도는 FA 20%을 기본으로 BS 30%, 45%의 높은 치환율로 인하여 모든 W/B에서 재령 7일까지는 Plain에 비하여 압축강도가 작았으며, 재령 28일의 경우 W/B에 따른 압축강도의 발현 특성이 상이하였다. 플라이애쉬와 고로슬래그 미분말을 사용한 3성분계 HPC의 경우, 낮은 W/B에서 사용하는 것이 강도증진에 유리한 것으로 판단된다.
- (2) 축진 중성화 시험 결과 보통포틀랜드 시멘트만을 사용한 Plain 배합의 경우, 물-결합재비에 상관없이 거의 중성화가 진행되지 않은 반면, FA20%를 기본으로 고로슬래그 미분말의 혼입량이 증가할수록 축진 중성화 깊이가 증가하였으며, 물-결합재비가 클수록 중성화 깊이는 크게 나타났다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행한 05년도 건설핵심기술연구개발사업(과제번호: 05건설핵심기술D-11)의 연구비지원에 의하여 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. J. Kropp and H. K. Hilsdorf, "Performance Criteria for Concrete Durability, E&FN SPON, 1995.
2. 황인성의 5인, "콘크리트의 초기 강도발현에 미치는 혼화제의 영향", 콘크리트학회보학술발표회 논문집, 제15권 1호, pp. 741~744, 2003.5.