

고로슬래그 미분말 및 플라이애시를 복합사용한 고성능 콘크리트의 기초 및 크리프 특성

Basic and Creepy Characteristics of High Performance Concrete Complexly Using Blast Furnace Slag Powder and Fly ash

박 병 관* 배 장 춘** 김 수 영*** 김 복 규**** 한 민 철***** 한 천 구*****
Park, Byung Kwan Pei, Chang Chun Kim, Soo Yung Kim, Bok Kyu Han, Min Cheol Han, Cheon Goo

ABSTRACT

This study analyzed the basic characteristics and the characteristic of drying shrinkage and creep of high performance concrete complexly metathesized by BS and FA and the results are summarized as the followings. Regarding to the compressive strengths according to the passage of aging, OPC was appeared to be larger than B2F1 at the initial aging but B2F1 was appeared to be higher than OPC at aging 28days. Regarding to the changing rate of drying shrinkage according to the passage of aging, both OPC and B2F1 were appeared to be increased and, at aging 60days, B2F1 was appeared to be largely increased by about 42% as -21×10^{-6} 및 -51×10^{-6} as compared to OPC. The transforming rate of creep was appeared to have been largely increased at the initial aging and then be smoothly increased somewhat as the aging was passed. And regardign to the transforming rate of creep after 60 days had been passed, B2F1 was appeared to be largely increased by about 13% as compared to OPC.

요약

본 연구는 BS 및 FA를 복합치환한 고성능 콘크리트의 기초적 특성, 건조수축 및 크리프 특성을 분석하였는데, 그 결과를 요약하면 다음과 같다. 재령경과에 따른 압축강도는 초기재령에서 OPC의 경우 B2F1보다 크게 나타났으나, 재령 28일에서는 B2F1의 경우 OPC에 비해 크게 나타났다. 재령경과에 따른 건조수축변형율은 OPC B2F1 모두 재령이 경과됨에 재령 60일에서는 B2F1가 -21×10^{-6} 및 -51×10^{-6} 로서 OPC보다 약 42 % 정도 크게 증가하는 것으로 나타났다. 크리프 변형율은 초기재령에서는 크게 증가하다가 재령이 경과함에 따라 비교적 완만하게 증가하는 것으로 나타났는데, 60일 경과 후의 크리프 변형율은 B2F1의 경우 OPC보다 약 13 % 정도 크게 증가하는 것으로 나타났다.

* 정회원, 청주대학교 건축공학과 대학원 석사과정

** 정회원, 청주대학교 건축공학과 대학원 박사과정

*** 정회원, (주)풍림산업 기술연구소 과장

**** 정회원, (주)풍림산업 기술연구소 소장

***** 정회원, 청주대학교 건축공학과 전임강사, 공학박사

***** 정회원, 청주대학교 건축공학과 교수, 공학박사

1. 서 론

최근에는 고성능 콘크리트의 품질을 향상시키면서 원가를 절감할 수 있는 플라이애시(이하 FA)와 고로슬래그 미분말(이하 BS)과 같은 혼화제의 사용량이 증가하고 있다. 그러나 이러한 혼화제를 치환한 고성능 콘크리트는 건조수축 및 크리프의 증대 등과 같은 내구적 문제점을 가지고 있어 장기간에 걸쳐 하중을 받는 기둥과 같은 수직 부재에 수축변형을 유발시켜 콘크리트에 균열 발생, 내구성 저하 등 구조물의 내구성능을 저하를 일으킬 수도 있다.

그러므로, 본 연구에서는 BS 및 FA를 복합치환한 고성능 콘크리트의 기초적 특성, 건조수축 및 크리프 등 내구특성을 분석하여 콘크리트의 크리프에 미치는 혼화제의 영향에 대하여 검토하고자 한다.

표 1 실험계획

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 1과 같고, 배합사항은 표 2와 같다

2.2 사용재료

본 실험에 사용한 시멘트는 국내산 보통포틀랜드 시멘트(밀도: 3.15 g/cm³, 분말도: 3360 cm²/g)이고, 골재로서 잔골재는 국내산 P사의 해사와 부순모래를 70:30으로 혼합한 혼합사(밀도: 2.60 g/cm³, 조립율: 2.70)를 사용하였고, 굵은골재는 국내P 사산 부순자갈(밀도: 2.66 g/cm³, 조립율: 6.56)을 사용하였다. 혼화제로 BS(밀도: 2.90 g/cm³, 분말도: 4324 cm²/g)과 FA(밀도: 2.24 g/cm³, 분말도: 3404 cm²/g)는 국내산을 사용하였고, 유기섬유는 국내산 S사의 PP섬유(길이: 19 mm, 직경: 0.04 mm, 밀도: 0.91 g/cm³)와 NY섬유(직경: 0.012 mm, 밀도: 1.15 g/cm³)를 1:1로 혼합하여 사용하였다. 혼화제로 고성능 감수제는 폴리칼본산계(밀도: 1.04 g/cm³)를 사용하였으며, AE제는 고급 알콜계(밀도: 1.01 g/cm³)인 국내산을 사용하였다.

2.3 실험방법

실험방법으로 콘크리트의 혼합은 강제식 팬타입 믹서를 사용하여 혼합하였다. 균지않은 콘크리트의 실험으로, 슬럼프 플로우는 KS F 2594, 공기량은 KS F 2421, 단위용적질량은 KS F 2409에 의거 실시하였다.

실험요인		시험수준	
배합사항	W/B(%)	1	30
	목표 슬럼프 플로우(mm)	1	600±50
	목표 공기량 (%)	1	3.0±1.0
	혼화제 치환율 (%)	2	<ul style="list-style-type: none"> • OPC • BS 20 %+FA 10 %
	유기섬유 혼입율 (%)	1	<ul style="list-style-type: none"> • PP 0.025 % + NY 0.025 %
실험사항	균지않은 콘크리트	3	<ul style="list-style-type: none"> • 슬럼프플로우 • 공기량 • 단위용적질량
	경화 콘크리트	3	<ul style="list-style-type: none"> • 압축강도 (3, 7, 28일) • 건조수축 길이변화율 • 크리프

표 2. 콘크리트의 배합표

W/B (%)	W (kg/m ³)	S/a (%)	AE제 (%)	SP제 (%)	단위질량(kg/m ³)				
					C	BS	FA	S	G
30	165	43	0.017	0.88	385	110	55	693	941



a) 스트레인 게이지 부착
b) 하중재하 및 스트레인 측정

사진 1. 크리프 시험

경화 콘크리트의 압축강도시험은 KS F 2405, 건조수축 길이변화율은 KS F 2595에 의거 실시하였다. 크립 시험은 KS F 2453에 의거하여 Ø150×300 mm의 공시체를 제작 후 재령 7일까지 20±2℃로 수중양생한 이후 시험이 끝날 때까지 온도 20±2℃, 상대습도 50±4 %에서 양생하는 것으로 하였다. 시험은 사진 1-a와 같이 공시체에 스트레인게이지를 붙이고, 지속적인 하중 재하가 가능 하도록 유압 로드셀이 부착된 스프링 프레임을 사용하여 재령 28일 압축강도의 40 % 전후의 하중을 지속적으로 가하는 것으로 하였다.

3. 실험결과 및 분석

표 3 굳지않은 콘크리트 실험결과

종 류	슬럼프플로우 (mm)	공기량 (%)	단위용적질량 (kg/m ³)
OPC	595	2.2	2 416
B2F1	570	2.5	2 372

3.1 굳지않은 콘크리트 특성

표 3은 굳지않은 상태의 실험결과를 나타낸 것이다. OPC, B2F1은 배합설계에 의하였으므로 모두 목표 슬럼프플로우 및 목표 공기량 범위를 만족하는 것으로 나타났다.

3.2 경화콘크리트 특성

3.2.1 압축강도

그림 1은 재령경과에 따른 압축강도를 나타낸 것이다.

재령경과에 따른 압축강도는 기존의 연구와 유사하게 초기재령에서 혼화재를 치환하지 않은 OPC의 경우가 B2F1보다 크게 나타났고, 재령 28일에서는 B2F1의 경우 OPC에 비해 오히려 크게 나타났는데, 이는 BS의 잠재수경성 반응 과 FA의 포졸란반응에 기인한 것으로 분석된다.

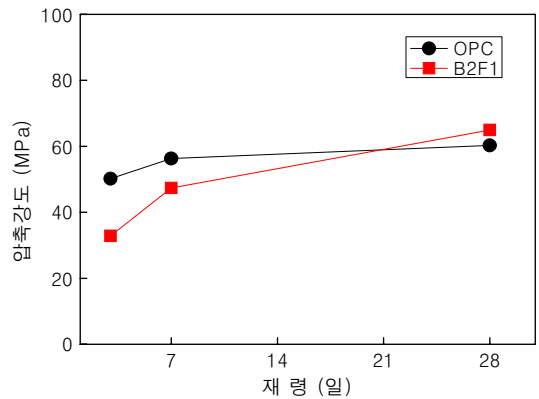


그림 1. 재령경과에 따른 압축강도

3.2.2 건조수축 길이변화율

그림 2는 재령 28일 후 약 2개월간의 경시변화에 따른 건조수축 길이변화율을 나타낸 것이다.

전반적으로 재령경과에 따른 건조수축 길이변화율은 OPC와 B2F1 모두 재령이 경과됨에 따라 완만하게 수축하는 것으로 나타났다.

한편, 재령 60일에서의 건조수축 길이변화율은 OPC의 경우 -21×10^{-6} , B2F1의 경우 -51×10^{-6} 으로 나타나, 후기재령으로 갈수록 혼화재가 치환된 콘크리트가 혼화재를 치환하지 않은 콘크리트에 비해 건조수축 길이변화율이 크게 나타나는 것을 알 수 있었다.

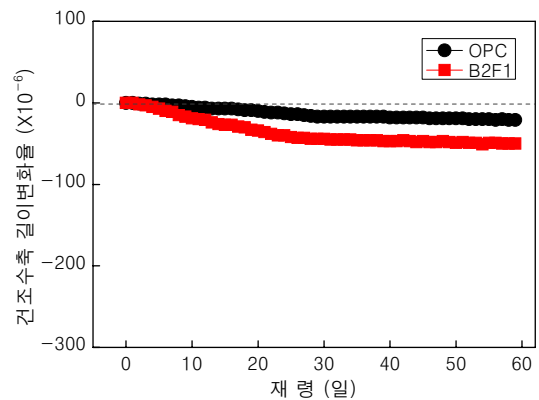


그림 2. 재령경과에 따른 건조수축 길이변화율

3.2.3 크리프

그림 3은 재령 28일 후 약 2개월간의 경과시간에 따른 크리프 변형율과 건조수축 길이변화율을 함께 나타낸 그래프이고, 그림 4는 그림 3에서 건조수축을 공제한 순수 크리프 변형율을 나타낸 그래프이다.

전반적으로, 크리프 변형율은 초기재령에서 크게 증가하는 것으로 나타났고, 재령이 경과함에 따라 완만한 경향으로 나타났다.

재령 60일의 건조수축 길이변화율과 크리프 변형율을 함께 측정 시 -209×10^{-6} , -267×10^{-6} 까지 변형이 발생하는 것을 확인할 수 있었다.

또한, 재령 60일의 크리프 변형율은 OPC의 경우 -188×10^{-6} , B2F1의 경우 217×10^{-6} 으로 나타나, 혼화재를 치환한 콘크리트가 혼화재를 치환하지 않은 콘크리트 보다 13 % 크게 나타난 것을 알 수 있는데, 이는 B2F1의 경우 혼화재의 치환으로 인한 C_3S 의 양이 감소되어 크리프 변형율이 증가된 것으로 분석된다.

4. 결론

본 연구는 BS 및 FA를 복합치환한 고성능 콘크리트의 기초적 특성, 건조수축 및 크리프 특성을 분석하였는데, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 재령경과에 따른 압축강도는 초기재령에서 OPC의 경우 B2F1보다 크게 나타났으나, 재령 28일에서는 B2F1의 경우 OPC에 비해 크게 나타났다.
- 2) 재령경과에 따른 건조수축변화율은 OPC B2F1 모두 재령이 경과됨에 재령 60일에서는 B2F1가 -21×10^{-6} 및 -51×10^{-6} 로서 OPC보다 42 % 크게 증가하는 것으로 나타났다.
- 3) 크리프 변형율은 초기재령에서는 크게 증가하다가 재령이 경과함에 따라 비교적 완만하게 증가하는 것으로 나타났는데, 60일 경과 후의 크리프 변형율은 B2F1의 경우 OPC보다 13 % 정도 크게 증가하는 것으로 나타났다.

참고문헌

1. 최신콘크리트공학, 한국콘크리트학회, 2005.
2. 한천구 ;레미콘품질관리, 기문당, 2002
3. 이진우, 박희곤, 김우재, 배연기, 이형우, 이재삼 ; 고강도 예코인공경광골재콘크리트의 건조수축 및 크리프에 관한 실험적 연구, 한국콘크리트학회 2008년도 봄 학술발표회 논문집 : Vol.20 No.1, pp. 425~428

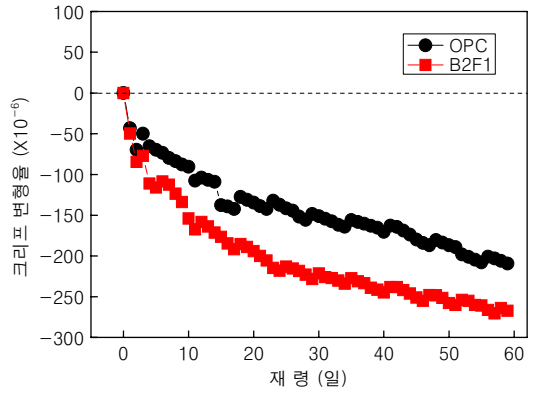


그림 3. 경과시간에 따른 건조수축+크리프 변형율

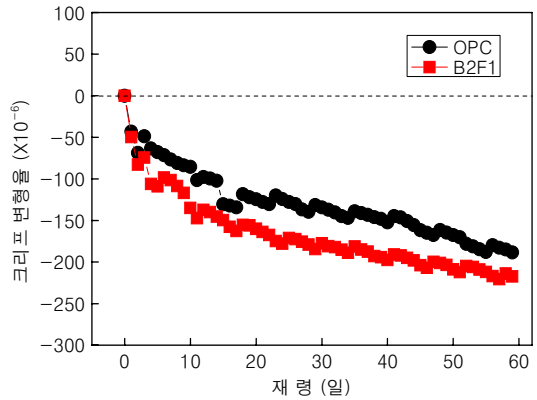


그림 4. 경과시간에 따른 순수 크리프 변형율