하이플로 시멘트를 이용한 240MPa 초고강도 콘크리트 물성에 관한 연구

A Study of 240MPa Ultra High Strength Concrete Properties Using High Flow Cement

김 강 민* 유 승 엽* 송 용 순** 구 자 술** 강 석 화*** 전 현 규****
Kim, Kang Min Yoo, Seung Yeup Song, Yong Soon Koo, Ja Sul Kang, Suck Hwa Jeon, Hyun Kyu

ABSTRACT

This research is related to 240MPa ultra-high strength concrete(UHSC) with extremely loss W/B ratio. For this development, High flow cement is mainly used which has a short reaction rate due to the high blaine and high early strength, which can make greater fluidity in case of very low W/C ratio. It made the best mixture using the mineral admixtures silica fume, slag powder and special admixture. For dispersibility and homogeneity of cement binder, cement of premix type is produced using omni-mixer. Moreover, it ensures the fluidity of ultra-high strength concrete(UHSC). For having a good fire performance, we made an experiment special coarse aggregate. As a result, we got 180MPa in case of water curing, 200MPa in case of steam curing and uniform UHSC of 240MPa in case of a special curing method.

요 약

본 연구에서는 극히 낮은 물-결합재비를 갖는 240MPa 초고강도 콘크리트를 개발하고자 분말도가 높아 반응속도가 빠르며, 조기강도가 우수하나 극히 낮은 물-시멘트비에서 더욱 우수한 유동성을 확보할 수 있는 고강도용 '하이플로 시멘트'를 주원료로 하고, 기타 초고강도용 혼합재로 실리카흄, 슬래그 미분말 및 특수 혼합재 등을 사용한 다성분계 시멘트 결합재의 최적조합을 도출하였으며, 시멘트 결합재의 분산성과 균질성을 확보하기 위하여 고효율 초고속전단 옴니믹서를 사용하여 프리믹스 타입의 시멘트를 제조하였다. 또한 고속믹싱방법을 통해 초고강도 콘크리트의 유동성을 확보하였으며, 초고강도용 특수골재를 선정하여 실험을 실시한 결과, 수중양생을 실시한 경우 180MPa이상의 강도를 확보하였으며, 증기양생을 실시한 경우 200MPa이상의 강도를 얻을 수 있었고, 최종적으로 특화된 양생방법을 통해 240MPa이상의 안정된 초고강도 콘크리트 품질을 확보하였다.

* 정회원, 동양메이저(주) 기술연구소 연구원
** 정회원, 동양메이저(주) 기술연구소 책임연구원
*** 정회원, 동양메이저(주) 기술연구소 소장
**** 정회원, GS건설(주) 기술연구소 선임연구원

1. 서론

국내·외적으로 100층 이상 초고층 건축물에 필수적인 요소기술로 인식되고 있는 초고강도 콘크리트를 국내 최초로 자사 '하이플로 시멘트' 및 초고강도용 혼합재를 이용하여 프리믹스 타입 240MPa급 초고강도용 시멘트 결합재 및 콘크리트를 개발하고자 한다.

따라서 국내 최초의 240MPa급 초고강도용 시멘트 및 콘크리트의 핵심기술은 자사에서 기 개발된 고유동, 고강도용 '하이플로 시멘트'를 주원료로 하고, 초고강도용 혼합재 등을 사용한 다성분계 시멘트 결합재의 최적조합이며, 시멘트 결합재의 분산성과 균질성을 확보하기 위하여 고효율 초고속전단 옴니믹서를 사용하여 프리믹스 타입의 시멘트를 제조하고자 한다. 또한 고속믹싱방법을 통해 극히 낮은 물-시멘트비에서 초고강도 콘크리트의 유동성을 확보하며, 초고강도용 특수골재를 선정하여 특화된 양생방법을 통해 240MPa이상의 안정된 초고강도 콘크리트 품질을 확보하고자 한다.

2. 실험개요

2.1 초고강도용 시멘트 결합재

초고강도용 시멘트 결합재는 자사에서 기 개발된 고유동, 고강도용 '하이플로 시멘트'를 주원료로 사용하며, 혼합재는 분말 마이크로 실리카흄, 고로슬래그 미분말 그리고 자사 초고강도용 결합재 ∑1000을 특정 비율로 고효율 초고속전단 옴니믹서를 사용하여 프리믹스 타입으로 제조하고자 한다. 표 1은 하이플로 시멘트의 물리·화학적 특성이며, 표 2는 초고강도용 시멘트 결합재의 화학적 특성이다.

표 1 하이플로 시멘트의 물리·화학적 특성

구분	조성 (%)				성분 (%)		비표면적	밀도
	C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF	SO_3	T.A	(㎠/g)	(g/㎤)
HFC	54.23	19.00	6.86	10.50	2.36	0.64	3,681	3.14

표 2 초고강도용 시멘트 결합재의 물리·화학적 특성

구분	밀도	비표면적	화학적 특성 (%)								
	(g/㎤)	(㎠/g)	Ig-loss	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	K_2O	Na_2O
UHSC	2.92	7,498	1.52	56.85	8.42	5.11	25.57	2.14	-	1.50	0.12

2.2 충진재 및 골재의 선정

잔골재용 충진재로 석영미분말을 사용하며, 골재는 초고강도용 특수골재를 사용한다. 표 3은 선정 골재의 특성이다.

표 3 특수골재의 특성

구 분	G_{max}(mm)	밀도(g/㎤)	흡수율(%)	조립율	산 지
특수골재	5이상	2.79	0.48	4.36	경상북도

2.3 초고성능 감수제의 선정

혼화제는 폴리카본산계 초고성능 감수제로서 고형분 25%인 제품을 사용한다.

2.4 실험방법

하이플로 시멘트 및 초고강도용 결합재(실리카흄, 고로슬래그 미분말, ∑1000)들의 적정 치환율을 결정한 후, 고효율 초고속전단 옴니믹서를 사용하여 프리믹스 타입의 시멘트를 제조하고자 한다. 이에 특수골재를 선정하고, 특화된 양생방법을 통해 240MPa이상의 안정된 초고강도 콘크리트 품질을 확보하고자 한다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 초고강도용 시멘트 결합재의 최적배합 도출

각 광물질 혼화재는 그림 1~3에서와 같이 실리카흄은 3~15%, 고로슬래그 미분말은 15~30%, ∑1000은 고로슬래그 미분말 사용량의 10~30%, 석영미분말은 총 결합재의 5~15%까지 사용하여 실험을 실시하였다. 따라서 유동성 확보 및 강도 측면을 고려하여 초고강도용 시멘트 결합재의 최적 배합을 도출하였다.

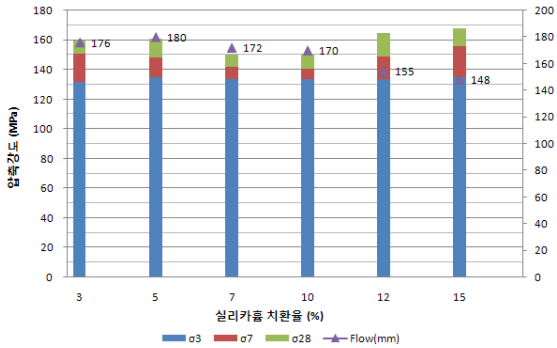

그림 1 실리카흄 치환율에 따른 수중양생 시험체의 압축강도 및 페이스트 플로

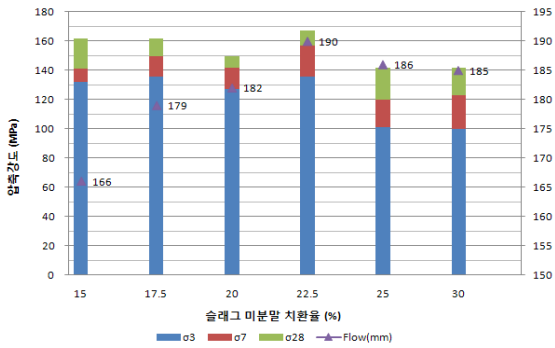

그림 2 슬래그 미분말 치환율에 따른 수중양생 시험체의 압축강도 및 페이스트 플로

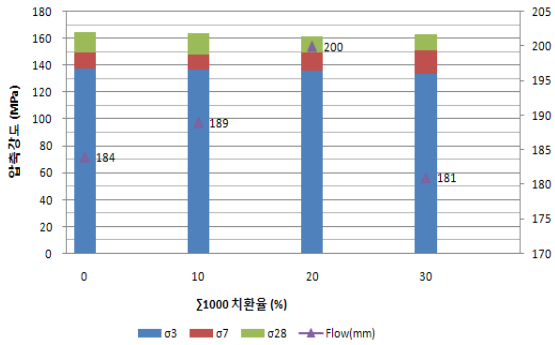

그림 3 ∑1000 치환율에 따른 수중양생 시험체의 압축강도 및 페이스트 플로

3.2 프리믹스 타입 시멘트의 제조

초고강도 콘크리트용 시멘트 결합재는 초고강도 발현과 동시에 유동성 및 시공성의 확보가 중요하나, 실무에서는 레미콘 생산 시 혼화재를 시멘트와 함께 투입하기 때문에 입자의 분산성과 균질성이 충분치 못하여 시공성이

크게 저하되는 문제점과 단순 혼합한 시에도 시공성의 저하가 문제점으로 나타난다. 이에 본 연구에서는 이런 문제점을 해결하고자 고효율 초고속전단 옴니믹서로 미리 혼합하여 상기 조성비의 결합재를 제조하였다. 따라서 초미립자의 분산 및 입자코팅이 이루어져 유동성 및 작업성이 크게 개선되었다.

3.3 양생조건에 따른 강도변화

진동 테이블을 이용하여 다짐을 실시한 굳지 않은 초고강도 콘크리트를 초기 경화를 위해 온도 20±3℃, 습도 95% 습윤양생을 실시한 후 각각의 시험체를 열수(60~80℃), 증기(최고온도 80~90℃), 가열(170℃이상)양생을 실시하였다.

그 결과 그림 4에서 보는 바와 같이 일반 수중양생에 비해 증기양생 및 열수양생을 실시하였을 경우 10~15% 정도의 강도 증진효과를 발휘하여 200MPa의 초고강도 콘크리트를 제작할 수 있으며, 가열양생을 실시하여 20~25% 정도의 강도 증진효과를 발휘하여 240MPa 이상의 초고강도 콘크리트를 제작할 수 있었다.

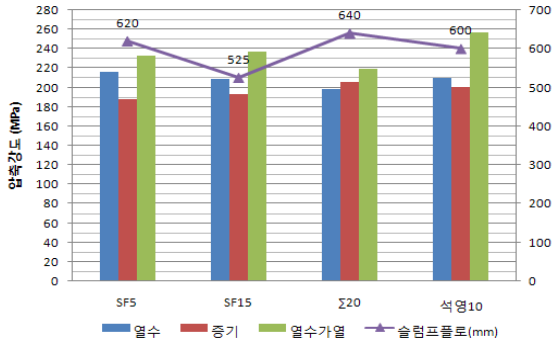

그림 4 양생조건별 재령 7일 압축강도 및 슬럼프 플로

4. 결론

하이플로 시멘트를 이용한 240MPa 초고강도 콘크리트 물성에 대한 실험결과는 다음과 같다.

(1) 각 광물질 혼화재의 치환율을 최적 치환율을 알아보고자 실험을 실시한 결과, 실리카흄은 5~12%, 고로슬래그 분말은 17.5~22.5%, ∑1000은 고로슬래그 미분말 사용량의 10~20%, 석영미분말은 총 결합재의 10%를 사용하는 것이 유동성 및 강도확보 측면에서 시멘트 결합재의 최적비라 판단된다.

(2) 초고강도 콘크리트용 시멘트 결합재는 입자의 분산성과 균질성을 확보하기 위하여 초고속전단 옴니믹서를 사용하여 프리믹스 시멘트를 제조하여 사용하였다.

(3) 초고강도용 특수골재를 사용하여 슬럼프 플로우 600mm로 유동성을 확보할 수 있었으며, 열수(60~80℃)양생을 실시한 후 가열(170℃이상)양생 실시한 결과, 257MPa로 목표강도 이상을 얻었다.

참고문헌

1. 이승훈 외, “설계강도 150MPa 초고강도 콘크리트용 시멘트 결합재의 개발”, 한국콘크리트학회 2006년 봄 학술발표회 논문집 : Vol.18 No.1, pp. 29~32

2. 이주호 외, “결합재 구성에 따른 초고강도(150MPa급) 모르타르의 물리적 성상”, 한국콘크리트학회 2007년 가을 학술발표회 논문집 : Vol.19 No.2, pp. 621~624