

# 초고강도 콘크리트의 기초물성에 관한 실험적 연구

## An Experimental Study for Basic Property of Ultra High-strength Concrete

김지만\*      임명관\*      김광기\*\*      양동일\*\*      송인명\*\*      정상진\*\*\*  
 Kim, Ji-Man    Im, Myung-Kwan    Kim, Kwang-Ki    Yang, Dong-Il    Song, In-Myung    Jung, Sang-Jin

### ABSTRACT

In these days, as building structures are getting taller, larger, and more diversified, structural systems with more economy and more efficiency are being required and so are more efficient building materials. this study conducted a basic experiment to conclude an adequate selection of materials and to calculate an optimal mixing proportion of those materials to produce High-strength concrete in a 130MPa of specified concrete strength. And also we conducted an experiment to find out basic properties of this concrete such as slump-flow, strength.

### 1. 서론

최근 건축구조물이 초고층화, 대형화, 다양화 되어감에 따라 합리적이며 경제적인 구조시스템이 요구되고 있어 보다 효율이 높은 건설재료를 필요로 하게 되었다. 즉, 구조물의 자중경감이나 부재단면 축소에 따른 유효공간의 확보와 경제적인 구조물을 축조하기 위한 방안의 일환으로 가장 보편적인 건설재료인 콘크리트의 고품질화가 적극적으로 추진되고 있으며, 특히 고강도콘크리트에 대한 연구가 최근 활발히 진행되고 있다. 따라서 본 연구에서는 고강도 콘크리트에 혼화재료를 사용함으로써 장기적 물성에 어떠한 성상을 보이는지에 대한 실험을 함으로써 향후 고강도 콘크리트의 장기적 성상을 파악하여 건설현장에 도움이 될 수 있는 자료를 제시하고자 한다.

### 2. 실험개요

#### 2.1 사용재료

본 실험에서 사용한 시멘트는 비표면적이 3,200cm<sup>2</sup>/g인 국내 S사 보통포틀랜드 시멘트를 사용하였으며, 잔골재는 인천산 해사, 굵은 골재는 강원도 원주산 쇄석 최대치수 13mm를 사용하였다. 혼화제는 유동성 확보를 위해 폴리카본산계 고성능감수제를 사용하였으며, 플라이애쉬는 보령산으로 KS L 5405 규정에 적합한 것이며, 실리카폼은 노르웨이산을 사용하였다. 사용 재료들의 품질은 표 1과 같다.

표 1 사용재료 품질

시멘트 (C)	보통포틀랜드시멘트 밀도 : 3.15	실리카폼 (SF)	노르웨이산 (Undensified) 밀도 : 2.11, SiO <sub>2</sub> : 94%
잔골재 (S)	인천산 해사, 밀도 : 2.60 흡수율 : 1.0%, 조립률 : 2.84	플라이애쉬 (FA)	보령산, 밀도 : 2.20 SiO <sub>2</sub> : 45.4%
굵은골재 (G)	강원도 원주산 쇄석 밀도 : 2.71 흡수율 : 0.7%, 실적률 : 61%	무수석고 (GS)	밀도 : 2.93 SiO <sub>2</sub> : 0.76%
		혼화제 (SP)	고성능감수제 (폴리카본산계) 밀도 : 1.07

\* 정회원, 단국대학교 대학원 석사과정

\*\* 정회원, 단국대학교 대학원 박사과정

\*\*\* 정회원, 단국대학교 건축대학 건축공학과 교수

## 2.2 실험배합

본 연구에서의 배합은 시리즈를 4종류로 구분하여 계획하였다. 시리즈 I 은 물결합재비, 단위수량 및 실리카폼 치환량 변화이며, 시리즈 II 는 단위수량 155kg/m<sup>3</sup>, 물결합재비 16.7%에 실리카폼 10, 15%치환이며, 시리즈 III 은 삼성분계인 실리카폼 10, 15%치환에 무수석고 10, 20 % 치환, 시리즈 IV 는 실리카폼 10, 15%치환에 플라이애쉬 10, 20% 를 치환을 하였다. 시리즈별 배합은 표 2와 같다.

표 2 시리즈별 배합

시리즈	구 분	B/W	W/B (%)	S/a (%)	Air (%)	단위 재료량 (kg/m <sup>3</sup> )						SP (B <sub>w</sub> *%)			
						W	Binder				S		G		
							C	SF	GS	FA					
I	W150 SF10	5	20.0	44.6	0.3	150	675	75	-	-	708	880	3.00%		
		6	16.7	39.7			808	90			580		3.40%		
		7	14.3	33.8			944	105			449		4.20%		
	W150 SF15	5	20.0	44.1			638	113	-	-	693		3.00%		
		6	16.7	32.7			763	135			562		3.50%		
		7	14.3	30.4			892	157			428		4.20%		
	W155 SF15	5	20.0	42.8		659	116	-	-	658	2.10%				
		6	16.7	37.2		789	139			522	2.70%				
		7	14.3	30.4		921	163			384	3.50%				
	W160 SF10	5	20.0	40.7		720	80	-	-	618	2.50%				
		6	16.7	34.8		862	96			481	3.00%				
		7	14.3	27.5		1006	112			342	3.70%				
	II	SF10	6	16.7		37.6	0.3	155	835	93	-	-	538	880	3.50%
		SF15				37.2			789	139			522		2.70%
III	SF10 GS10	6	16.7	37.6	0.3	155	742	93	93	-	530	880	2.75%		
	SF10 GS20			37.3			649	93	186		523		2.50%		
	SF15 GS10			34.9			696	139	93		511		3.00%		
	SF15 GS20			36.5			603	139	186		505		3.00%		
IV	SF10 FA10	6	16.7	37.6	0.3	155	742	93	-	93	530	880	2.75%		
	SF10 FA20			37.3			649	93		186	523		2.75%		
	SF15 FA10			34.9			696	139		93	511		3.10%		
	SF15 FA20			36.5			603	139		186	505		3.00%		

\* SF : 실리카폼, GS : 무수석고, FA : 플라이애쉬

## 2.3 실험방법

### (1) 유동특성

굳지 않은 콘크리트의 유동특성을 평가하기 위하여 공기량, 슬럼프플로우에 대한 시험을 각각 실시하였다. 공기량 시험은 KS F 2421(굳지않은 콘크리트의 압력법에 의한 공기 함유량 시험방법)에 의한 방법으로 측정하였다. 슬럼프 시험은 KS F 2402(포틀랜드 시멘트 콘크리트의 슬럼프시험방법)에 의하여 실시하였으며, 슬럼프플로우는 슬럼프 시험 후 내려앉은 콘크리트의 최대 지름과 직교하는 두 지점의 지름을 측정하여 그 두 값의 평균으로 구하였다.

### (2) 강도특성

압축강도는 KS F 2405(콘크리트의 압축강도 시험방법)의 시험방법에 따라 측정하였다. 압축강도는 콘크리트공시체 연마기를 이용하여 공시체를 연마한 후, 300tf 용량의 U.T.M(만능시험기)을 이용하여 측정하였으며, 3개 공시체의 평균을 시험결과로 채택하였다.

압축강도 공시체는 Ø10× 20cm의 원형몰드를 사용하였다. 시험체의 제작은 KS F 2403(콘크리트의 강도 시험용 공시체 제작방법)에 따른 방법에 의해 각각의 공시체를 2단으로 채워넣고 다짐봉을 이용한 다짐을 실시하여 제작하였다. 이들 공시체의 양생은 20±3℃의 수조에서 표준양생을 하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 유동특성 결과

시리즈 I의 경우 단위수량 및 실리카폼 치환율의 변화는 단위수량이 증가함에 따라 고성능감수제의 사용량이 줄어드는 경향을 나타내고 있으며 혼화제의 치환율의 증가에 따른 고성능감수제의 사용량은 미미한 것으로 나타났다. 공기량의 경우  $1.0 \pm 0.5$ 를 만족하고 있다.

시리즈 II의 경우 동일 단위수량에서는 실리카폼 치환율의 증가에 따라 고성능감수제의 사용량이 줄어드는 경향을 나타내고 있다.

시리즈 III의 경우 실리카폼의 치환율이 증가함에 따라 고성능감수제의 사용량도 증가하는 경향을 나타내고 있다.

시리즈 IV의 경우 시리즈 III과 같은 경향을 나타내며 실리카폼의 치환율이 증가함에 따라 고성능감수제도 사용량이 증가하는 경향을 나타내고 있다.

#### 3.2 강도특성 결과

시리즈 I에서는 물결합재비, 단위수량 및 실리카폼의 치환율의 차이에 따른 강도 차이는 크지 않았으나 단위수량  $155 \text{kg/m}^3$ , 물결합재비 16.7%에서 가장 높은 강도를 나타내었다.

시리즈 II에서는 동일한 단위수량에서 실리카폼의 치환율 증가에 따른 강도차이는 거의 미미한 것으로 나타났다.

시리즈 III에서는 삼성분계 혼화제로 실리카폼과 무수석고를 사용하였는데 치환율에 상관없이 유사한 강도를 나타냈으며, 이성분계의 배합보다 낮은 강도를 나타내었다.

시리즈 IV에서는 삼성분계 혼화제로 실리카폼과 플라이애쉬를 사용하였는데 무수석고를 치환한 시리즈 III보다 높은 강도를 나타내었다.

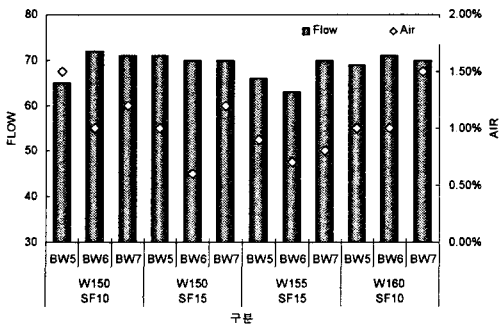


그림 1 시리즈 I - 플로우 및 공기량

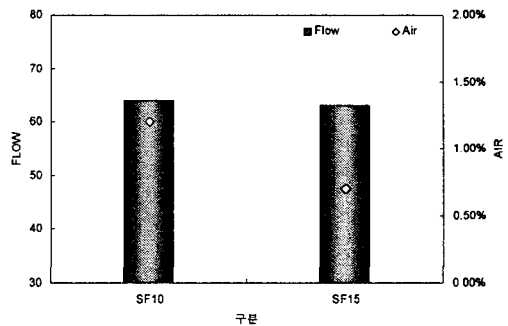


그림 2 시리즈 II - 플로우 및 공기량

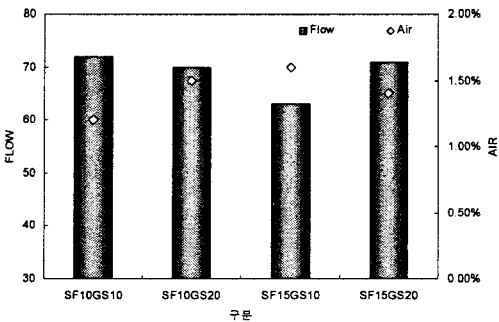


그림 3 시리즈 III - 플로우 및 공기량

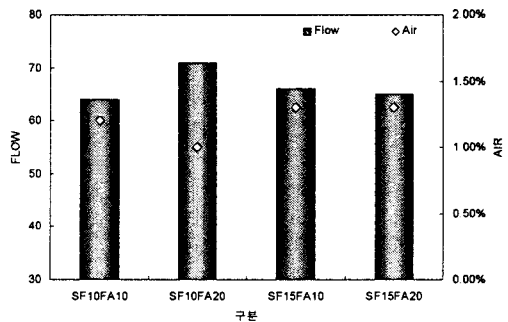
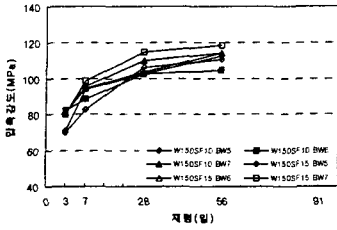
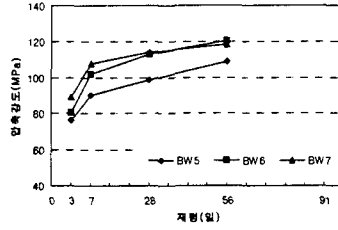


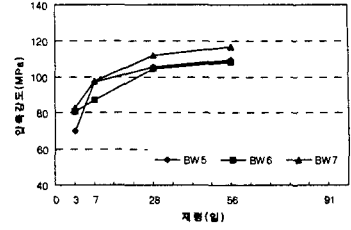
그림 4 시리즈 IV - 플로우 및 공기량



a. W150 SF10 / SF15 압축강도



b. W155 SF15 압축강도



c. W160 SF10 압축 강도

그림 5 시리즈 I 압축강도

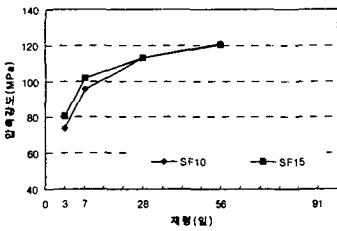


그림 6 시리즈II 압축강도

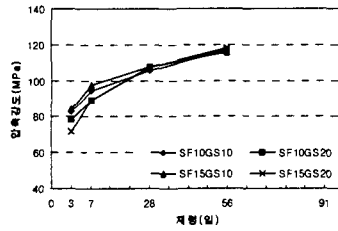


그림 7 시리즈III 압축강도

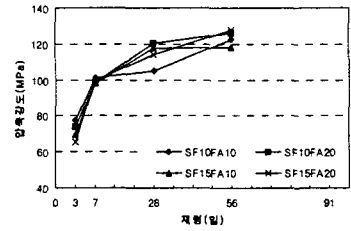


그림 8 시리즈IV 압축강도

#### 4. 결론

본 연구로부터 얻은 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 단위수량을 높이면 고성능감수제의 사용량을 줄일 수 있으나 강도의 증진은 크지 않은 것으로 나타났다.
- (2) 물결합재비의 따른 강도증진은 16.7%가 한계인 것을 알 수 있었다.
- (3) 실리카폼의 치환량 증가에 따른 강도증진은 크지 않았다. 따라서, 경제적 측면에서 실리카폼 10% 치환이 효율적이라는 것을 알 수 있다.
- (4) 초고강도콘크리트의 삼성분계시 실리카폼과 함께 무수석고보다는 플라이애쉬를 치환하는 것이 강도가 큰 것을 알 수 있었다.

#### 참고문헌

1. 정상진 외, '건축재료학', 보성각, 1999
2. 한국콘크리트학회, '최신콘크리트공학', 1992
3. 신성우 외 2인, 초고강도콘크리트의 강도발현에 미치는 배합요인에 관한 연구, 대한건축학회 논문집 12권 5호, 1996
4. 한국콘크리트학회, 콘크리트공사표준시방서해설, 2000
5. 日本建築學會, 高強度コンクリートの技術の現状, 1991
6. 한국콘크리트학회, 고강도콘크리트 실용화 연구, KCI Report No.91-01, 1991