

# 1,200kg/cm<sup>2</sup> 초고강도 콘크리트에 관한 실험적 연구

## - An Experimental Study on the Ultra High Strength Concrete( $F_c=1,200\text{kg/cm}^2$ ) -

○ 소 현 창\*      박 태 규\*\*      김 재 우\*\*      정 병 옥\*\*\*  
So, Hyun Chang      Park, Tae Kyu      Kim, Jai Woo      Jung, Byung Wook

### ABSTRACT

This study is to investigate properties of the ultra high-strength concrete using silica fume and fly ash.

For this purpose, the properties of fresh concrete and hardened concrete are examined with varying water-cement ratio, silica fume and fly ash content and so on.

From these test results, it is possible to manufacture the maximum strength of  $1,200\text{kg/cm}^2$  with cement content  $800\text{kg/m}^3$ , 18% water-cement ratio, 10% silica fume content.

### 1. 서 론

최근 철근콘크리트조 건축물의 고층화에 따라 압축강도  $400\text{kg/cm}^2$  이상되는 고강도 콘크리트의 수요가 증대되고 있으며 향후 압축강도  $1,000 - 1,200\text{kg/cm}^2$  의 초고강도 콘크리트를 사용한 건축물이 건조되어 질것으로 예상되고 있다.

일반적으로 고강도 콘크리트를 제조할 경우 SILICA FUME(이하 SF로 약기) 또는 FLY ASH(이하 FA로 약기)를 콘크리트중에 적절하게 첨가하면 시공연도 개선과 강도의 증진효과를 기대할수 있어<sup>(1)</sup> SF등을 첨가한 초고강도 콘크리트연구가 활발하게 진행되고 있으나 SF등의 혼화효과가 아직은 명확하지 않은 실정이다. 따라서 본 연구는 초고강도 콘크리트(목표강도  $1,200\text{kg/cm}^2$ )의 실용화를 목적으로 SF와 FA를 사용하여 굳지않은 콘크리트 및 경화콘크리트의 성질을 파악하여 보고한 것이다.

\* 정희원, 현대산업개발(주) 기술연구소  
책임연구원, 공학박사

\*\* 정희원, 同 연구원

\*\*\*정희원, 현대산업개발(주)기술연구소장

### 2. 실험개요

#### 2.1 사용재료 및 조합

본 연구에서 사용한 재료는 S사제 보통 포틀랜드시멘트(비중:3.15), 여주산 세골재(조립율:2.7, 비중:2.62)와 조골재(비중:2.60)를 사용하였고 물결합제비에 따른 SF등의 혼입량을 변수로 하였다. 본 실험에서는 세골재율과 고성능감수제의 혼입량을 일정하게 조합설계를 실시하였다.

#### 2.2 실험방법

공시체의 제작은 KS F 2403에 의거  $10\phi \times 20\text{cm}$ 의 공시체 3本을 1조로 하여 그림2.1과 같은 방법으로 60 l 용량의 강제식MIXER를 사용하여 제작하였고 콘크리트제작후 굳지않은 콘크리트의 slump시험 및 소정의 재령(7일, 28일)으로 압축강도 실험을 H사소재 300ton 용량의 만능시험기로 실시하였다. 또한 본 실험에서는 유동성을 확보하기 위하여 멜라민계 고성능감수제인 MELMENT L-10을 사용하였으며, 양생은  $20\pm 2^\circ\text{C}$ 의 항온수조에서 수중양생을 실시하였다. 표2.1에 콘크리트의 조합 및 결과를 나타내었다.

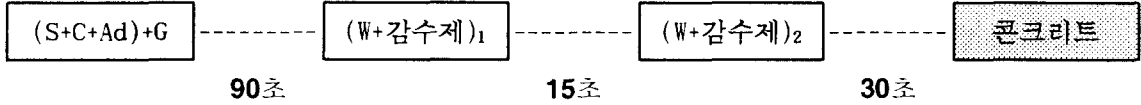


그림 2.1 콘크리트 배합방법

표2.1 콘크리트 조합 및 결과표

No	단위결 합재량	W/결합재 (%)	단 위 중 량(kg/cm <sup>2</sup> )						slump (cm)	중 량 (kg)	압축강도(kg/cm <sup>2</sup> )		인장강도 (kg/cm <sup>2</sup> )
			W	C	SF	FA	S	G			7 일	28 일	
1	700 kg/m <sup>3</sup>	22	154	700	-	-	554	1,020	5.5	3.995	457	616	58
2				630	70	-	542	999	13.5	3.887	585	787	80
3				595	105	-	536	988	13.0	3.878	576	764	72
4				630	-	70	545	1,004	7.0	3.670	448	640	72
5				595	-	105	540	996	4.8	3.585	438	667	78
6				630	35	35	543	1,001	11.7	3.780	450	709	65
7				595	52.5	52.5	538	992	10.3	3.790	526	698	59
8		700	-	-	566	1,044	4.5	3.970	621	862	70		
9		630	70	-	555	1,022	8.5	3.825	808	1,114	100		
10		595	105	-	549	1,012	7.0	3.935	697	1,005	80		
11		630	-	70	558	1,028	6.0	3.710	608	1,010	96		
12		595	-	105	553	1,020	5.3	3.715	601	989	89		
13		630	35	35	556	1,025	5.6	3.795	658	1,001	109		
14		595	52.5	52.5	551	1,016	5.2	3.775	580	920	89		
15		700	-	-	579	1,068	5.0	3.995	587	804	76		
16		630	70	-	568	1,046	8.0	3.893	659	1,045	115		
17		595	105	-	562	1,035	9.2	3.938	748	1,119	105		
18		630	-	70	571	1,051	5.5	3.725	630	960	97		
19		595	-	105	566	1,043	5.1	3.750	580	930	96		
20		630	35	35	569	1,049	5.8	3.755	651	1,023	99		
21		595	52.5	52.5	564	1,039	5.7	3.780	627	995	101		
22	800 kg/m <sup>3</sup>	22	176	800	-	-	504	930	7.3	3.780	490	680	72
23				720	80	-	491	905	13.5	3.990	541	713	67
24				680	120	-	484	892	14.0	3.822	534	769	75
25				720	-	80	494	910	6.0	3.693	460	688	71
26				680	-	120	489	902	4.5	3.654	451	736	69
27				720	40	40	493	908	11.3	3.748	470	719	75
28				680	60	60	487	897	10.0	3.715	486	730	69
29		800	-	-	519	957	4.0	3.785	550	750	81		
30		720	80	-	506	932	9.5	3.878	640	1,043	90		
31		680	120	-	499	920	8.0	3.818	791	930	78		
32		720	-	80	509	938	6.1	3.718	526	786	79		
33		680	-	120	504	929	6.0	3.690	511	799	75		
34		720	40	40	507	935	8.1	3.786	576	920	86		
35		680	60	60	501	924	7.4	3.747	633	955	91		
36		800	-	-	534	984	5.1	3.835	616	815	86		
37		720	80	-	520	959	10.0	3.878	969	1,216	102		
38		680	120	-	514	947	7.0	3.873	801	1,155	110		
39		720	-	80	524	965	8.7	3.760	670	986	91		
40		680	-	120	519	956	5.7	3.780	640	965	99		
41		720	40	40	522	962	9.1	3.780	690	1,117	101		
42		680	60	60	516	951	6.6	3.780	675	1,008	103		

※ SF : 비중 2.0 분말도 200,000cm<sup>2</sup>/g, FA : 비중 2.2 분말도 4,500cm<sup>2</sup>/g  
고성능 감수제 : MELMENT L-10, 비중 1.1

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 굳지않은 콘크리트의 성질

굳지않은 콘크리트의 시험결과(slump값)는 그림3.1과 같은 양상을 나타내고 있다. 즉 혼화재를 첨가하지 않은 표준콘크리트보다 SF를 첨가한 콘크리트의 slump가 높은 값을 나타내고 있으며, (SF+FA), FA를 혼합한 콘크리트순으로 slump값이 형성되고 있다. 이는 SF등이 slump증진에 효과가 있음을 나타내며 특히 SF를 혼합한 콘크리트가 SF자체의 bearing효과와 micro filler효과에 의해 FA와 (SF+FA)를 혼합한 콘크리트보다 부배합인 고강도 콘크리트의 작업성을 더욱더 개선할수 있어 물결합재비가 20%전후 콘크리트의 유동성확보가 가능하다고 판단된다.

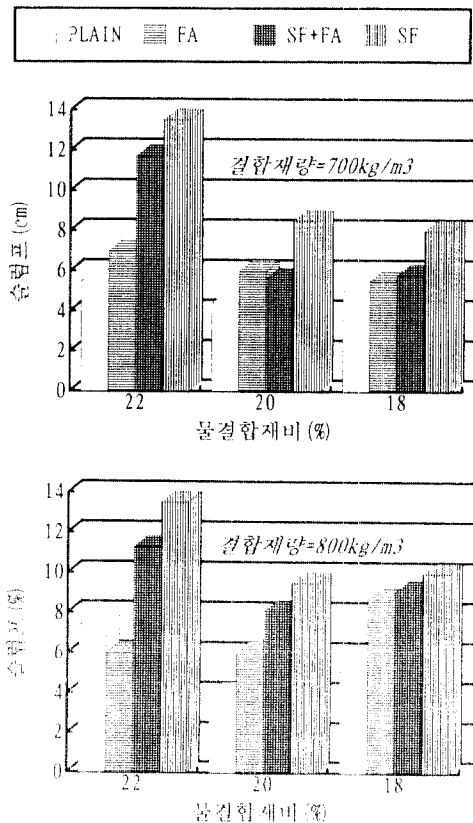


그림3.1 물결합재비와 슬럼프와의 관계

#### 3.2 경화콘크리트의 압축강도

그림3.2(a)에 나타낸 바와 같이 본 실험에서는 SF를 10%혼입한 콘크리트(사진 3.1)의 압축강도는 SF를 혼입하지 않은 콘크리트보다 초기재령(7일)에서 약 25%, 표준재령(28일)에서 약 30%가 증가되었음을 나타내고 있다. SF의 혼입율이 15%인 경우에는 포졸란효과에 의한 강도증진이 있었음에도 불구하고 전반적으로 SF의 혼입율이 10%일때의 압축강도보다 약 3%정도 낮게 나타났다. 한편 본 실험에서 제작한 공시체중에서 단위결합재량이 800kg/m³, 물결합재비 18%, SF혼입율이 10%일때 최대압축강도가 1,216kg/cm²인 콘크리트를 제조할수 있었다. SF는 평균입경이 0.1μm인 구상의 초미립자로 자체충진성과 포졸란작용에 의해 고강도화가 가능한 재료로 3.1에서 나타낸 바와 같이 유동성확보와 함께 물결합재비를 저감시킬수 있으므로 초고강도 콘크리트 제조시에는 필요한 재료라고 할수 있으며, 본 실험에서 나타난 SF의 혼입량은 시멘트중량에 대하여 약 10% 내외가 적정량이라고 판단된다.

한편 FA를 혼입한 경우(그림3.2(b))는 혼입율에 관계없이 7일 재령인 경우 FA를 혼입하지 않은 PLAIN 콘크리트에 비해 약 3% 정도 강도가 저하되었으며, 28일 재령에서는 약간 높은 값을 나타내고 있다. 이는 장기재령인 경우 SF를 혼입한 경우 보다는 강도의 상승율이 작지만 FA도 고

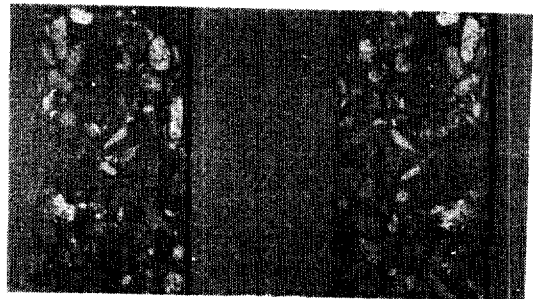
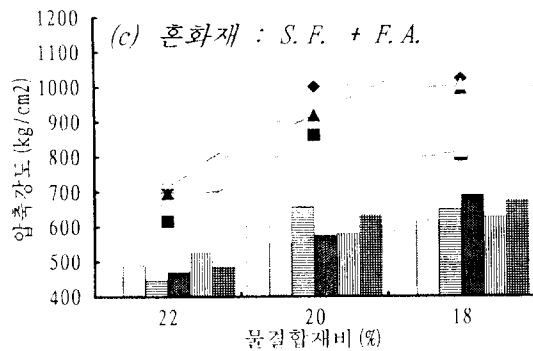
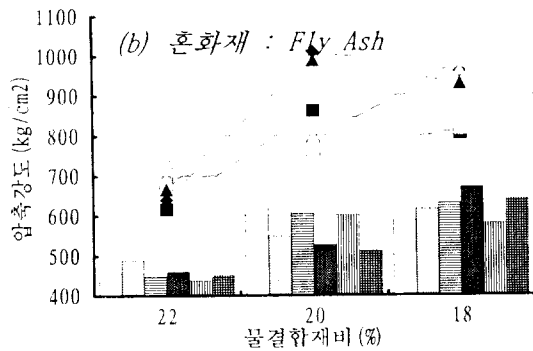
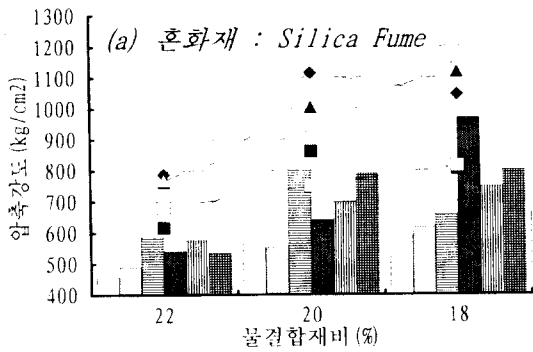


사진3.1 공시체의 내부단면



700- 0%- 7일	■	700- 0%-28일
800- 0%- 7일	□	800- 0%-28일
700-10%- 7일	▨	700-10%-28일
800-10%- 7일	■	800-10%-28일
700-15%- 7일	▨	700-15%-28일
800-15%- 7일	▨	800-15%-28일

그림3.2 압축강도와 물결합재비와의 관계

강도 콘크리트 제조에는 영향을 미친다고 할수 있으며, 본 실험에서는 단위결합재량 700kg/cm<sup>2</sup>, 물결합재비 20%, 혼입율 10% 일때 최대강도가 1,010kg/cm<sup>2</sup>이었으며 시험결과는 전반적으로 SF를 혼입했을때 보다 편차가 많았다.

또한 SF와 FA를 1:1로 혼입했을 경우 (그림3.3(c))에는 일반적으로 SF와 FA만을 혼입했을 때와 비교하여 중간의 강도를 나타내고 있으며 본 실험에서의 최대강도는 단위결합재량 800kg/m<sup>3</sup>, 물결합재비 18%, (SF+FA)를 10% 혼입했을때 1,117kg/cm<sup>2</sup>였다. 이것은 SF만을 혼입했을때와 비교하여 강도발현이 그렇게 크지 않음을 나타낸다. 한편, 인장강도는 본 실험에서 제작한 콘크리트가 일반콘크리트와 거의 비슷한 압축강도의 10%정도를 나타내고 있다.

본 연구는 공시체강도를 중심으로 압축강도를 비교한 것으로 실무재단면에서의 단열온도상승에 의한 강도분포는 현장실험을 계속한 후에 발표할 예정이다.

#### 4. 결론

- ① 물결합재비가 18%, 단위결합재량이 800kg/m<sup>3</sup>, 실리카흄 혼입율이 10%일 때 유동성이 확보된 1,200kg/cm<sup>2</sup>의 초고강도 콘크리트를 제조할수 있었다.
- ② 물결합재비 20%전후의 초고강도 콘크리트의 유동성은 실리카흄, 플라이애쉬의 적정침가로 확보할수 있었다.

#### \*. 참고문헌

- 1.日本建築學會:高強度コンクリートの 技術の現状,1991
- 2.田中 他:高強度コンクリート用の混和劑に関する研究,1992.日本建築學會學術講演集
- 3.三井 他:シリカフェームの物理化學的性質と高強度コンクリートの 特性の 關係に関する研究,1993.日本コンクリート工學年次論文報告集
- 4.溝田 他:フライアッシュ起源融物微粉末のコンクリートへの適用性に関する研究,1992.日本コンクリート工學年次論文報告集