

# 실리카흙 및 플라이애쉬의 置換率 變化에 따른 超高强度 콘크리트의 特性에 관한 實驗的 研究

An Experimental Study on the Properties of Ultra High Strength Concrete  
for Replacement of Silica Fume & Fly Ash

○尹 起 源<sup>1)</sup> 趙 炳 英<sup>2)</sup> 韓 千 求<sup>3)</sup> 潘 好 鎔<sup>3)</sup>  
Yoon, Gi Won Cho, Byeong Young Han, Cheon Goo Bahn, Ho Yong

## ABSTRACT

Recently, many studies on the ultra high strength concrete are performed in our country. So, this study is aimed for analyzing the effects for replacement of silica fume and fly ash. As results, slump, slump flow and compressive strength is showed the high values in replacement silica fume. Tensile strength ratio is 1/17 and bending strength ratio is 1/6 for compressive, these are results of the test.

## I. 序 論

기존의 많은 연구에서 高强度 콘크리트는 보통포틀랜드 시멘트보다 비표면적이 약 50~100배 큰 실리카흙이나, 보통포틀랜드 시멘트와 비표면적이 비슷한 플라이애쉬를 시멘트의 일부량으로 치환 混入하여 제조하는 것이 양호한 結果로 나타난다고 보고되어 있다.

그러므로 本 研究에서는 기존의 研究 경향을 참조하여 레미콘 壼동조합에서 요구하는 설계기준강도 800kg/cm<sup>2</sup> 이상의 초고강도 콘크리트를 생산하기 위한 목표의 基礎的인 研究로써 실리카흙 및 플라이애쉬의 상호간 置換率 變化에 따른 아직 굳지않은 상태 및 경화상태에서의 物理, 力學的 特性을 分析하므로써 超高强度 콘크리트의 實務適用에 한 參考資料를 제시하는데 本 研究의 目的이 있다.

(C:F:A:S,F)을 100:0:0, 85:15:0, 85:10:5, 85:5:10, 85:0:15로 變化시켜 아직 굳지않은 상태 및 경화상태에서의 제반 特性을 分析하도록 實驗計劃하였다.

表 1. 實驗計劃

配合事項					實驗事項	
W/C (%)	W (kg/m <sup>3</sup> )	S/A (%)	SP/C (%)	C:F:A:S,F (%)	굳지 않은 상태	경화 상태
20	185	33	3.5	100:0:0	단위용 적중량, 슬럼프, 슬럼프 플로우	1,3,7,28일 압축강도, 28일인장강도, 28일휨강도, 28일반발도, 28일초음파 전파속도, 1,3,7,14,28,56일 길이변화
				85:15:0		
				85:10:5		
				85:5:10		
				85:0:15		
30	175	38	1.7	100:0:0		
				85:15:0		
				85:10:5		
				85:5:10		
				85:0:15		

## II. 實驗計劃 및 方法

### 2.1 實驗計劃

本 研究의 實驗計劃은 表 1과 같다. 먼저 배합으로는 W/C 20%와 30%의 2개 수준에 대하여 플라이애쉬 및 실리카흙의 置換率

### 2.2 使用材料

本 實驗에 使用한 材料로 먼저 시멘트는 국내 아세아 시멘트(주)의 1종 보통포틀랜드 시멘트로 이때 시멘트의 物理的 性質은 表 2와 같다.

骨材로써 잔골재는 충북 청원군산 천연사를 사용하였으며, 굵은 골재는 충북 괴산군산 화강암 쇄석을 사용하였고, 이때 잔·굵은骨材의 物理的 性質은 表 3과 같으며, 粒度曲線은 그림 1과 같다.

- 1)正會員, 淸州大 大學院 博士課程
- 2)正會員, 淸州大 大學院 碩士課程
- 3)正會員, 淸州大 教授 工博

表 2. 시멘트의 物理的 性質

比重	粉末度 (cm/g)	凝結時間 (分)		壓縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )			
		초결	종결	1日	3日	7日	28日
3.15	3,243	250	360	90	210	290	370

表 3. 잔·굵은 골材의 物理的 性質

區分	比重	吸水率 (%)	粗粒率 (FM)	단위용 적중량 (kg/m <sup>3</sup> )	공극율 (%)	입형관정 실적율 (%)
천연사	2.55	2.46	2.59	1,584	38.6	56
굵은 골재	2.76	0.60	7.7	1,569	42.7	55

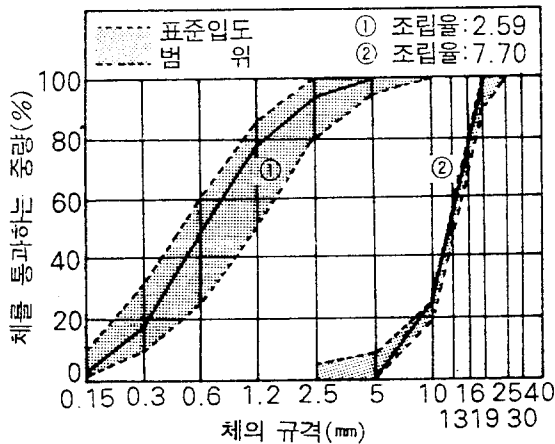


그림 1. 잔·굵은 골재의 입도곡선

表 4. 고성능 감수제의 物理的 性質

성분	외관	PH	비중 (20°C)	알카 리량 (%)	염화물 이온량 (%)
폴리칼본산계 고분자 계면활성제	담갈색 액체	7±2	1.06±0.02	0.5 이하	0.01 이하

表 5. 실리카흙의 物理的 性質

比重	표면적 (m <sup>2</sup> /g)	單位容 積重量 (kg/m <sup>3</sup> )	지름 ( $\mu$ m)	45 $\mu$ m 체 통과율 (%)	形態	組織
2.2	18~20	250~300	0.1~0.2	95~100	구상	비결정

表 6. 플라이애쉬의 化學 成分 및 物理的 性質

SiO <sub>2</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	CaO (%)	MgO (%)	K <sub>2</sub> O (%)	Na <sub>2</sub> O (%)	감열 감량 (%)	비중
71.9	17.50	2.42	1.77	0.48	0.69	0.64	2.48	2.10

또한 혼화제로써 고성능 감수제는 국내 동양MK社의 Mighty-2000WHZ을 사용하였고, 실리카흙은 캐나다산을 사용하였으며, 플라이애쉬는 국내 충남 보령산을 사용하였는데, 각 혼화재료의 物理的 性質은 表 4~6과 같다. 물은 음료가능한 청주시 상수도를 사용하였다.

### 2.3 實驗方法

本 研究의 實驗方法으로 먼저, 콘크리트의 배합은 실험실용 강제팬 믹서를 이용하여 잔골재, 시멘트, 플라이애쉬, 실리카흙, 굵은 골材 순서로 투입하여 저속으로 1분간 건비빔한 후 물을 넣고 중속으로 1분간 혼합한뒤 고성능감수제를 투입하고 중속으로 1분, 고속으로 2분간 비빔으로써 혼합을 완료하였으며, 굳지 않은 상태의 실험으로 공시체 제작, 양생과 경화상태에서의 압축, 인장, 휨강도 시험, 비파괴 시험, 건조수축에 의한 길이변화 시험 등은 KS 규격에 의한 표준적인 방법으로 실시하였다.

## III. 實驗結果 및 分析

### 3.1 굳지 않은 상태의 콘크리트

그림 2는 플라이애쉬 및 실리카흙 置換 變化에 따른 슬럼프, 슬럼프 플로우 및 單位容積重量을 나타낸 것이다. 먼저 슬럼프는 W/C 30%의 경우 혼화제가 치환되지 않은 경우와 치환된 경우 거의 유사한 것으로 나타나고 있어, 혼화제의 치환변화에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났으나 W/C 20%의 경우에서 특히 실리카흙의 슬럼프 증진효과가 큰 것으로 나타났는데, 유동성 및 경제성 측면에서 고려할때 본 연구의 조건에서 C:F:A:S:F의 치환율은 85:10:5의 경우가 가장 양호한 수준으로 분석되었다.

슬럼프 플로우치는 W/C 30%에서 플라이애쉬를 15% 치환한 경우 슬럼프 플로우치가 큰 것을 제외하고는 슬럼프치와 유사한 경향으로 나타났다. 한편, 單位容積重量은 W/C 20% 및 30% 공히 혼화제를 치환하지 않은 경우보다 비중이 작은 혼화제를 치환할 경우 單位容積重量은 작아지는 것으로 나타났다.

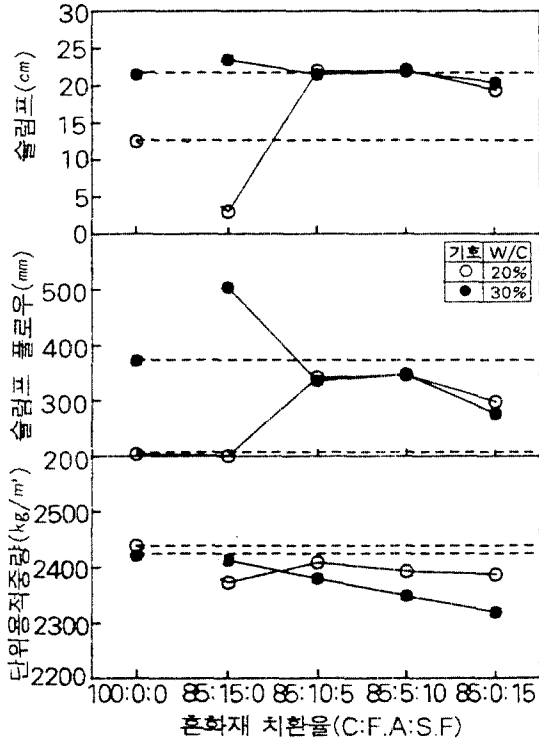


그림 2. 혼화재 치환변화에 따른 굳지 않은 상태의 특성

### 3.3 경화 상태의 콘크리트

#### 1) 强度 特性

그림 3은 材齡經過에 따른 혼화재 치환별 壓縮强度 增進推移를 나타낸 것으로, 당연한 結果이겠지만 材齡이 경과할수록 壓縮强度가 증가하는 傾向으로 나타났는데, 그 增進推移는 W/C 20%의 경우 28일 材齡을 기준으로 할때

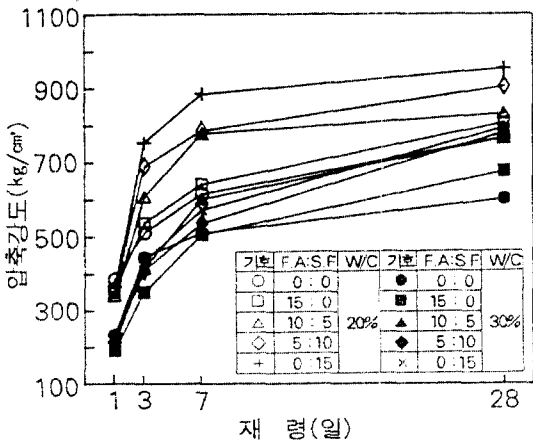


그림 3. 재령경과에 따른 압축강도 증진추이

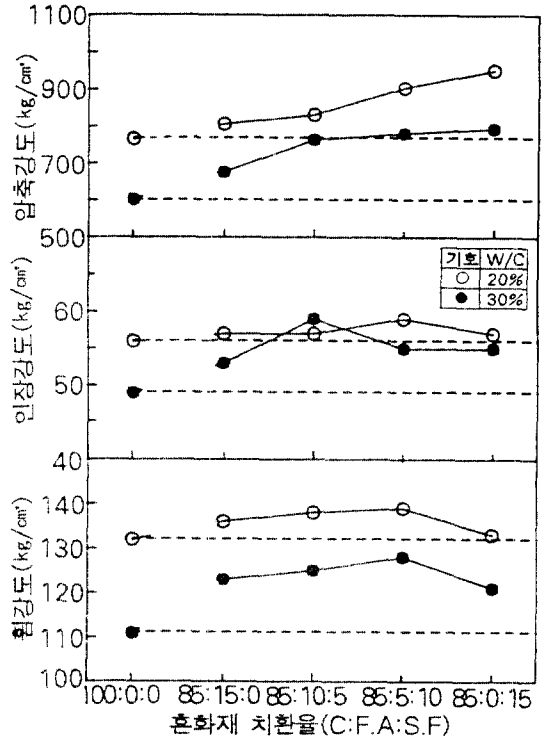


그림 4. 혼화재 치환변화에 따른 28일 제강도

7日 材齡의 壓縮强度 발현율은 약 87%, W/C 30%는 약 80%로 초기재령에서 큰 발현율을 나타내고 있어 역시 고강도화 할수록 초기 재령에서 강도 발현이 큰 것으로 나타났다.

그림 4는 혼화재 치환 變化에 따른 28일 壓縮, 引張, 휨强度를 나타낸 것으로, 기존의 이론에서와 같이 실리카흙 치환율이 증가할수록 강도는 커지는 것으로 나타났다. 壓縮强度에 대하여 引張强度의 비율은 약 1/17, 휨强度는 중앙점 하중법으로 약 1/6 정도로 나타나 고강도화 할수록 취성이 커지는 것을 알 수 있었다.

#### 2) 비파괴시험

그림 5 및 6은 28일 재령에서 반발도 및 초음파 전파속도와 壓縮强度간의 相關關係를 산점도로 나타낸 것으로, 이때 반발도에서 推定하는 28日 壓縮强度의 회귀식은 그림에 제시된 바와 같고, 相關係數는 0.56으로 나타났다으며, 또한 초음파 전파속도에서 推定할수 있는 壓縮强度의 회귀식은 부상관 관계로 그

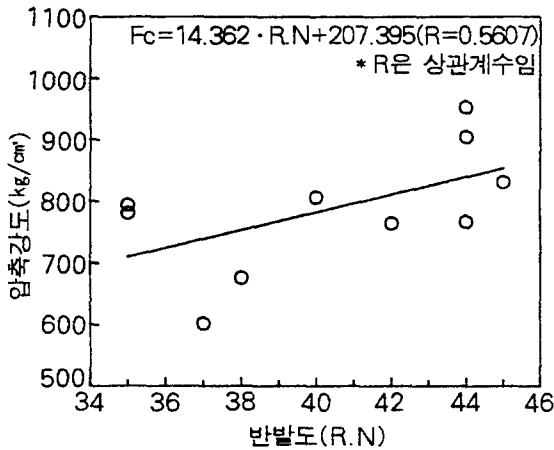


그림 5. 반발도와 28일 압축강도 관계

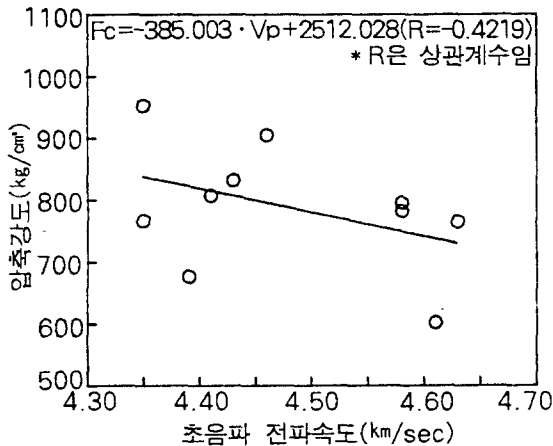


그림 6. 초음파 전파속도와 28일 압축강도 관계

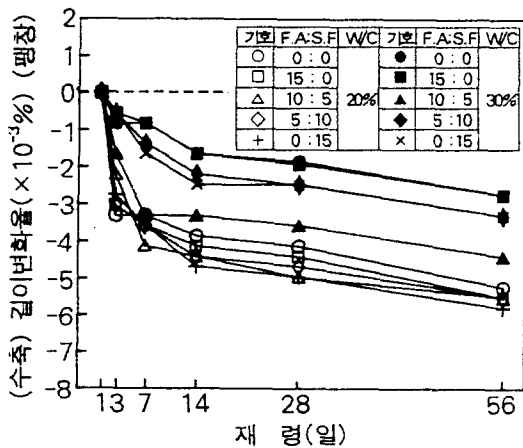


그림 7. 재령경과에 따른 혼화제 치환별 길이변화 량에 제시된 바와 같고, 相關係數는 0.42로 나타나 본 연구에서는 초음파 전파속도에 의

한 壓縮強度의 推定은 곤란한 것으로 분석되 어진다.

### 3) 길이변화 特性

그림 7은 材齡經過에 따른 혼화제 치환별 건조수축에 의한 길이변화를 나타낸 것이다.

전반적인 경향으로 낮은 W/C 20%에서 건조수축이 크게 나타났고, 또한 초기재령에서 건조수축이 크게 나타났는데, 이는 기존의 이론에서와 같이 W/C가 감소함에 따라 단위 시멘트량이 증가하여 나타난 것으로 분석되 어진다. 또한, 혼화제를 치환한 경우는 시멘 트만을 사용했을 경우 보다도 건조수축이 큰 것으로 나타났다.

## IV. 結 論

실리카흙 및 플라이애쉬의 치환을 변화에 따른 超高强度 콘크리트의 特性에 미치는 影響을 究明하고자 目的한 研究 結果를 要約하 면 다음과 같다.

1) 아직 굳지 않은 상태에서의 유동성은 W/C 30%에서 혼화제가 치환되지 않은 경우 와 거의 유사한 것으로 나타났으나, W/C 20%에서는 실리카흙이 치환되는 경우 큰 것 을 알수 있는데, 특히 시멘트, 플라이애쉬, 실리카흙을 85:10:5인 조건에서 가장 양호한 結果 이었다.

2) 壓縮強度 발현율은 초기 材齡에서 크게 나타났고, 혼화제 치환별로는 실리카흙 치환 율이 증가할수록 커지는 것으로 나타났으며, 壓縮強度에 대한 引張強度의 比는 1/17, 韌強度 比는 1/6로 나타났다.

3) 비파괴 시험으로 반발도에 의한 壓縮強度 推定에 대한 相關係數는 0.56, 초음파 전파속 도법에 의한 것은 -0.42로 특히 초음파 속도 는 상관계수가 불량한 것으로 나타났다.

4) 건조수축에 의한 길이변화는 W/C가 작을 수록 크고 시멘트만을 사용한 것보다 혼화제 를 치환한 경우에 크게 나타났다.

끝으로 本研究는 韓國科學財團과 韓國레미 콘 工業協同組合의 協力 研究의 일환으로 研究 되었음에 위 두기관에 感謝한다.