

# 프리믹스 시멘트를 사용한 모르터의 기초적 특성 분석

## Analysis on Basic Characteristics of Mortar with Pre-Mix Cement

김 성 일\*      장 기 현\*      이 충 섭\*      한 동 엽\*\*      김 기 훈\*\*\*      한 천 구\*\*\*\*  
 Jin, Cheng-Ri      Jang, Ki-Hyun      Lee, Chung-Sub      Han, Dong-Yeop      Kim, Ki-Hoon      Han, Cheon-Goo

### Abstract

The study analyzed on each kind of basic characteristics in mortar to prove an effect of pre-mix cement, ultra high strength binder. The results were as follows, in characteristics of not set mortar, fluidity time was the quickest at the time of using POBSA and was more delayed at the time of using Fly Ash than at the time of using Blast Furnace Slag as a binder. Mortar ring flow and flow con flow got smaller as fluidity time got longer, on the contrary to fluidity time. Unit capacity mass was smaller at the time of using Fly Ash than at the time of using Blast Furnace Slag. According to pre-mix, it was difficult to discover a regular tendency. In characteristics of hardening mortar, the 28th day compressive strength was better than thing mixed after measuring separately in pre-mix. According to a binder's kind, Silica Fume B, C was better than Silica Fume A.

키 워 드 : 초고강도 콘크리트, 프리믹스 시멘트, 플라이애시, 고로슬래그 미분말, 실리카폼  
 Keyword : Ultra High Strength Concrete, Pre-Mix Cement, Fly Ash, Blast Furnace Slag Powder, Silica Fume

## 1. 서 론

최근 우리나라에서는 건축구조물의 초고층화 및 대형화함에 따라 초고강도 콘크리트에 대한 연구가 점차 증가하는 추세에 있다. 콘크리트를 초고강도화 하는 방법으로는 양호한 골재를 선별하여 사용하거나 결합재의 강도를 증가시키는 것이 무엇보다 중요한데, 특히, 결합재의 강도를 증가시키는 방법에는 고성능감수제 등을 사용하여 W/B를 저감시키는 방법과 실리카폼 등 혼화재를 사용하여 수화물 양을 증가시키는 방법 등이 중요한 수단이 될 수 있다<sup>1)</sup>.

특히, 100 MPa 이상의 초고강도 콘크리트에서는 실리카폼과 고미분말 결합재의 분산 및 혼합과 관련한 영향이 중요하여 그에 대한 대책이 필요하지만 국내에서는 이에 대한 검토가 미흡한 실정이다.

그러므로 본 연구에서는 초고강도용 결합재인 프리믹스 시멘트의 효과를 입증하기 위하여 먼저 프리믹스 시멘트를 사용한 모르터와 보통 포틀랜드 시멘트 및 혼화재를 별도계량 혼합한 모르터 상태에서의 유동성, 강도 등 각종 기초적 특성을 분석하므로써 초고강도용 프리믹스 된 결합재 개발에 기초적인 자료로 활용하고자 한다.

## 2. 실험계획 및 방법

### 2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 1과 같다.

즉, 실험요인으로 W/B 25% 1수준, C:S는 1:1 1수준에 대하여, 결합재 조합으로는 100% 보통 포틀랜드시멘트를 사용한 배합(이하 OPC), 보통 포틀랜드시멘트 : 플라이애시 : 실리카폼을 7 : 2 : 1로 프리믹스한 배합(이하 POFs) 및 각각 혼합한 배합(이하 OFs), 보통 포틀랜드시멘트 : 고로슬래그 미분말 : 실리카폼을 7 : 2 : 1로 프리믹스한 배합(이하 POBS) 및 각각 혼합한 배합(이하 OBS)의 5수준과 실리카폼 종류로는 국내 A, B, C사의 수입 실리카폼(이하 A, B, C) 3수준, 프리믹스시간은 180초 1수준으로 변화시켜 총 13배치를 실험계획 하였다.

이때 배합사항으로는 Plain의 목표 링플로우 200±15mm를 만족하도록 배합설계한 후, 실험변수별 동일한 배합조건을 적용하는 것으로 하였다.

실험사항으로는 굳지않은 모르터에서 링플로우, 플로우콘 플로우 및 단위용적질량을 측정하는 것으로 하였고, 경화 모르터에서는 계획된 재령에서 압축강도 및 휨강도를 측정하는 것으로 하였다.

\* 청주대 대학원 석사과정, 정회원  
 \*\* 서울대 대학원 공학석사, 정회원  
 \*\*\* 아세아시멘트(주) 연구개발팀 연구원, 정회원  
 \*\*\*\* 청주대 건축공학부 교수, 정회원

표 1. 실험계획

실험요인		실험수준	
실험요인	W/B(%)	1	25
	C : S	1	1 : 1
	목표 링플로우 (mm)	1	200±15
	결합재 조합	5	• OPC <sup>1)</sup> • POFsX <sup>2)</sup> • OFsX <sup>3)</sup> • POBSx <sup>4)</sup> • OBSx <sup>5)</sup> (Plain)
	실리카폼 종류	3	• A • B • C
	믹싱 시간 (초)	1	• 180
실험사항	굳지않은 모르터	4	• 유동화시간 • 링플로우 • 플로우콘 • 단위용적질량
	경화 모르터 특성	2	• 압축강도 (1, 3, 7, 28) • 휨강도 (1, 3, 7, 28)

- 1) OPC : 보통포틀랜드 시멘트 100% 사용
- 2) POFsX: OPC(70%), FA(20%), SF(10%)을 동시에 프리믹싱
- 3) OFsX : OPC(70%), FA(20%), SF(10%)을 각각 혼합
- 4) POBSx: OPC(70%), BS(20%), SF(10%)을 동시에 프리믹싱
- 5) OBSx : OPC(70%), BS(20%), SF(10%)을 각각 혼합
- 6) 아래첨자 X는 실리카폼 종류 A, B, C를 나타냄

2.2 사용재료

본 실험에 사용한 시멘트는 국내산 보통 포틀랜드시멘트이고, 그 물리적 성질은 표 2와 같다. 혼화제로서 플라이애시, 고로슬래그 미분말, 실리카폼은 모두 국내에서 유통되는 것을 사용하였는데, 그 물리화학적 성질은 표 3~5와 같다. 혼화제로서 고성능감수제는 국내산을 사용하였는데, 그 물리적 성질은 표 6과 같다. 잔골재는 국내산을 사용하였는데 그 물리적 성질은 표 7과 같다.

표 2. 시멘트의 물리적 성질

밀도 (g/cm <sup>3</sup> )	분말도 (cm <sup>2</sup> /g)	안정도 (%)	응결시간(분)		압축강도(MPa)		
			초결	종결	3일	7일	28일
3.15	3,144	0.18	230	375	20.9	28.4	38.9

표 3. 플라이 애시의 물리적 성질

밀도 (g/cm <sup>3</sup> )	분말도 (cm <sup>2</sup> /g)	강열감량 (%)	습분 (%)	SiO <sub>2</sub> (%)	압축강도 비(%)	단위수량 비 (%)
2.21	3,520	3.7	0.1	46.8	93	99

표 4. 고로슬래그 미분말의 물리적 성질

밀도 (g/cm <sup>3</sup> )	분말도 (cm <sup>2</sup> /g)	염기도	MgO (%)	SO <sub>3</sub> (%)	Cl (%)	강열감량 (%)
2.92	4,323	1.82	6.25	1.84	0.01	0.09

표 5. 실리카폼의 물리적 성질

실리카폼 종류	밀도 (g/cm <sup>3</sup> )	화합성분(%)							
		LOI	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O
A	2.21	0.99	96.25	1.92	0	0	0	0.35	0.49
B	2.21	1.38	96.65	1.87	0.03	0	0.19	0.32	0.56
C	2.26	2.34	93.45	2.07	0.03	0	0.42	0.38	1.32

표 6. 고성능감수제의 물리적 성질

구분	형태	색상	밀도 (g/cm <sup>3</sup> )	주성분
고성능감수제	액상	미백색	1.04	폴리칼본산계

표 7. 골재의 물리적 성질

구분	밀도 (g/cm <sup>3</sup> )	조립률	흡수율 (%)	단위용적질량 (kg/m <sup>3</sup> )	0.08mm체 통과량(%)
잔골재	2.59	2.92	1.12	1,694	1.15

2.3 실험방법

굳지않은 모르터의 실험으로 모르터의 혼합은 KS L 5190, 링 플로우 시험은 JASS 15M-103, 플로우콘 플로우 시험은 KS L 5111, 단위용적질량 시험은 KS F 2409의 규정에 의거 실시하였다.

경화 모르터의 실험으로 압축강도 및 휨강도 시험은 ASTM C 348에 의거하여 4×4×16cm의 공시체를 제작하여 단순보 중앙점 하중법에 따라 휨강도를 측정한 후 그 파괴된 시편으로 압축강도를 측정하는 것으로 하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 굳지않은 모르터의 특성

그림 1은 결합재 종류변화에 따른 굳지않은 모르터의 유동화 시간을 나타낸 것이다.

전반적으로, OPC만을 사용한 경우는 약 70초전후에 유동성이 개시되는 것으로 나타났고, 결합재로서 플라이애시 및 고로슬래그 미분말과 실리카폼을 OPC에 프리믹스하여 사용한 경우는 유동화 시간이 촉진되는 것으로 나타났다. 실리카폼 종류변화에 따라서는 A가 가장 빠르게 나타났고, 그 다음으로 B, C의 순이었다. 특히, OFs의 경우 C는 OPC보다도 프리믹스한 경우라도 지연되었는데, 이는 실리카폼의 강열감량이 증가함에 따라 비례하여 증가한 경향과 상관성이 있음을 알 수 있었다.

그림 2는 결합재 종류변화에 따른 모르터의 링 플로우를

나타낸 것이다.

전반적으로, OPC를 사용한 배합은 플로우가 233mm로 가장 크게 나타났고, 혼화재의 사용에 따라서는 유동성이 저하되는 것으로 나타났다.

먼저, 결합재로서 플라이애시를 사용한 POFS의 경우, OFS에 비해 유동성이 감소되는 것으로 나타났고, 실리카폼 종류변화에 따라서는 B가 가장 크게 나타났으며, 그 다음으로 A, C의 순이었다. 즉, B, A, C 실리카폼 사용에 따른 플로우는

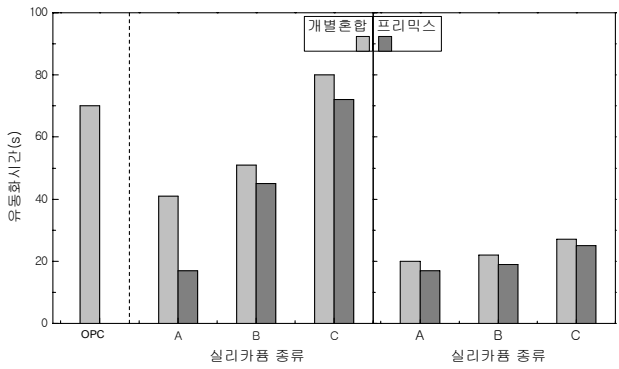


그림 1. 결합재 종류 변화에 따른 유동화 시간

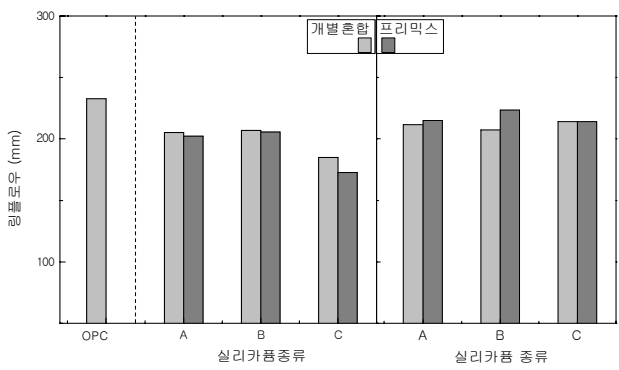


그림 2. 결합재 종류 변화에 따른 링 플로우

프리믹스후와 비교하여 각각 2%, 1%, 7% 크게 나타났고, OPC를 사용한 배합의 89%, 88%, 73% 수준을 나타내었다. 또한, 결합재로서 고로슬래그 미분말을 사용한 POBS의 경우, OBS에 비해 플로우가 증가되는 것으로 나타났는데, 즉 B, A, C 실리카폼 사용에 따른 플로우치는 프리믹스전과 비교하여 각각 2%, 8%, 0%로 증가되었고, OPC의 92%, 92%, 88% 수준을 나타내었다.

그림 3은 실리카폼 종류에 따른 모르터의 플로우콘 플로우를 나타낸 것인데 역시 링 플로우와 유사한 경향을 나타내었다.

그림 4는 결합재 종류변화에 따른 모르터의 단위용적질량을 나타낸 것이다.

전반적으로, OPC를 사용한 배합은 단위용적질량이 가장

크게 나타났고, 혼화재의 사용에 따라서는 단위용적질량이 약간 저하하는 것으로 나타났는데, 결합재로서 플라이애시를 사용한 배합의 경우 고로슬래그를 사용한 배합에 비해 단위용적질량이 작게 나타났다. 이는 혼화재의 밀도 차이에 기인하는 것으로 분석되나, 큰 차이는 아닌 것으로 사료된다. 또한, 프리믹스 여부에 따라서는 경우에 따라 증감이 교차되어 일정한 경향을 찾기가 곤란하였다.

### 3.2 경화 모르터의 특성

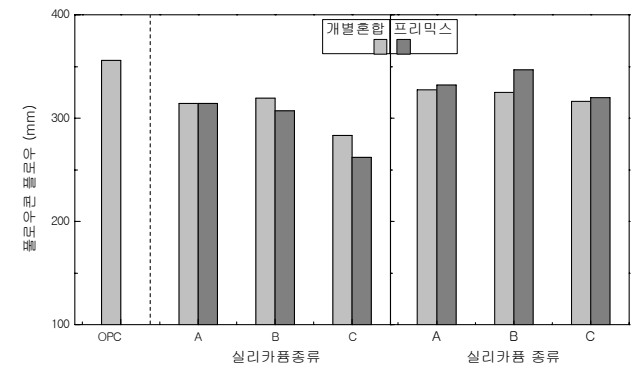


그림 3. 결합재 종류 변화에 따른 플로우콘 플로우

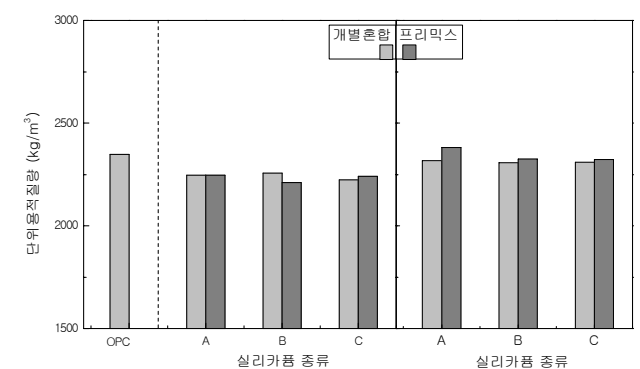


그림 4. 결합재 종류 변화에 따른 단위용적질량

#### 3.2.1 압축강도 및 휨강도

그림 5는 결합재 종류변화에 따른 경화 모르터의 압축강도를 나타낸 것이다.

전반적으로, OPC를 사용한 경우 28일 압축강도는 60 MPa를 나타내었는데, 결합재 요인변화에 따라서는 재령 1일 및 3일 압축강도는 OPC보다 낮지만 7일 이후에는 OPC 이상으로 발현되는 것으로 나타났다. 혼합방법변화에 따라서는 프리믹스한 것이 개별혼합 한 것보다 양호한 것으로 나타났다.

즉, 결합재로서 플라이애시를 사용한 경우 실리카폼 종류변화에 따른 압축강도는 B를 사용한 경우 가장 크게 나타났고,

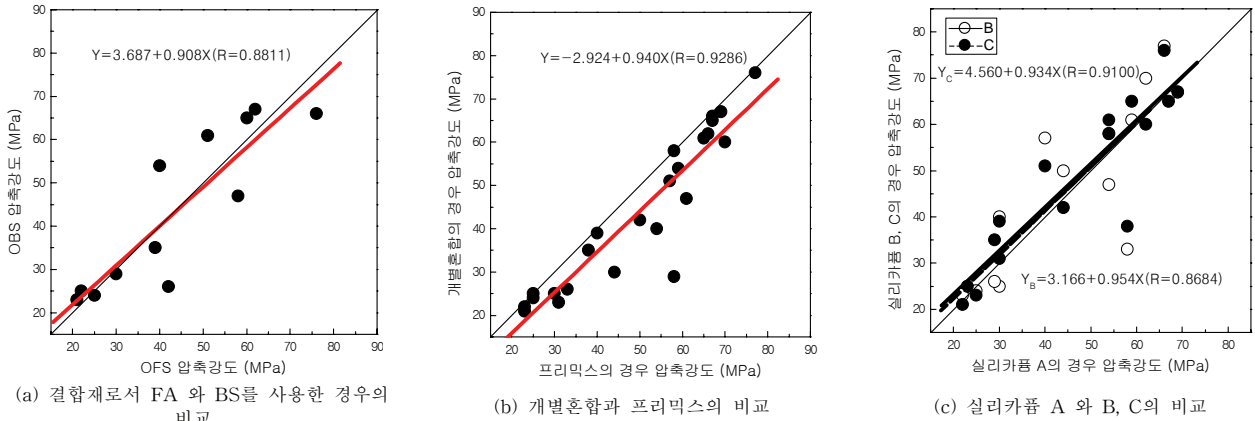


그림 6. 모르터의 압축강도 비교

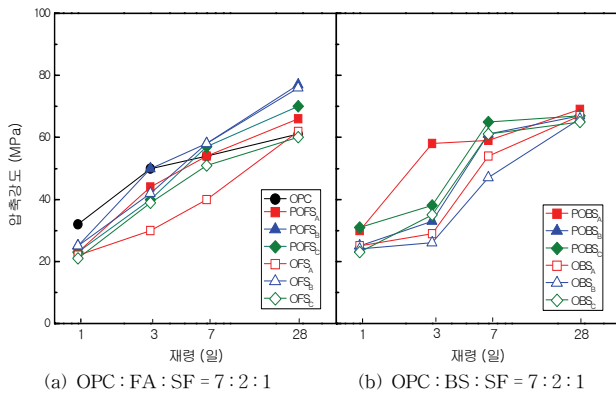


그림 5. 결합재 종류 변화에 따른 압축강도

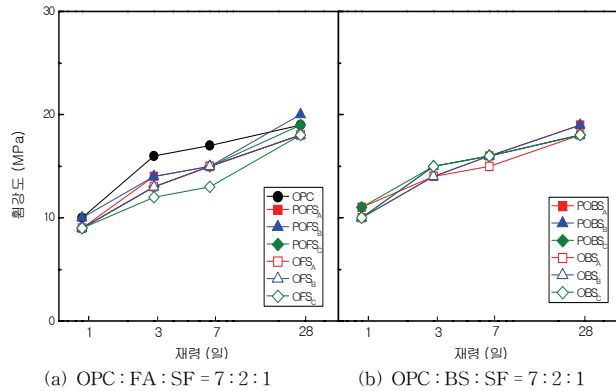


그림 7. 결합재 종류 변화에 따른 휨강도

그 다음으로 C, A의 순이었는데, 즉, 재령 28일에서 실리카 폼 B, C, A는 각각 프리믹스전과 비교하여 1.3%, 33.3%, 6.5% 증가하는 것으로 나타났다. 결합재로서 고로슬래그를 사용한 경우 결합재 종류변화에 따른 압축강도는 A를 사용한 경우 가장 크게 나타났고, 그 다음으로 B, C의 순으로 유사하게 나타났는데, 재령 28일에서 실리카폼 A, B, C는 프리믹스 전과 비교하여 각각 3.0%, 5.0%, 3.1% 증가하는 것으로 나타났다.

그림 6의 a, b, c는 각각 결합재 종류, 프리믹스 여부 및 혼합방법별 실리카폼 종류 변화에 따른 압축강도를 비교 한 것이다.

전반적으로, 결합재 종류변화 및 혼합방법변화에 따른 상관 계수는 각각 0.8811, 0.9286으로 나타났고, 실리카폼 종류변화에 따라서 실리카폼B, C는 A와 비교하여 약간 큰 경향인데 상관관계수가 각각 0.8684, 0.9100로 나타나 높은 상관성을 나타내었다. 한편, 결합재 종류변화에 따른 압축강도는 플라이애시를 사용한 경우와 고로슬래그 미분말을 사용한 경우 큰 차이없이 유사하였고, 혼합방법 변화에 따라서는 프리믹스한 경우가 개별혼합한 것보다 양호하였으며, 실리카폼 종류변화에 따른 압축강도는 B, C를 사용한 경우 비교적 양호한 것으로 나타내었다.

그림 7은 결합재 종류변화에 따른 경화 모르터의 휨강도를 나타낸 것인데, 휨강도는 압축강도 증가 또는 감소와 유사한 경향을 나타내었다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 초고강도용 결합재인 프리믹스 시멘트의 효과를 입증하기 위하여 결합재 종류, 프리믹스 시멘트 여부 및 실리카폼 종류변화를 변수로 한 모르터의 기초적 특성을 분석하였는데, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 굳지않은 모르터의 특성으로 유동화시간은 POBSA를 사용한 경우가 가장 빠르게 나타났는데, 결합재로서 플라이애시를 사용한 경우가 고로슬래그 미분말을 사용한 경우보다 지연되는 것으로 나타났다.
- 2) 모르터의 링 플로우, 플로우온 플로우는 유동화시간과 반대로, 유동화시간이 길수록 작아지는 경향으로 나타났는데, 결합재 종류변화에 따라서는 플라이애시보다

고로슬래그를 사용한 경우, 실리카폼의 종류는 B 및 A가 C 보다 양호하게 나타났다.

- 3) 결합재 종류에 따른 단위용적질량은 플라이애시를 사용한 경우 고로슬래그를 사용한 경우보다 약간 작게 나타났는데, 큰 차이는 아닌 것으로 사료되고, 프리믹스 여부에 따라서는 증감이 교차되어 일정한 경향을 찾기가 곤란하였다. 실리카폼 종류에 따라서는 약간의 변동이 존재하지만 큰 차이 없이 유사한 경향을 나타내었다.
- 4) 경화 모르타의 특성으로, 혼합방법변화에 따른 28일 압축강도는 프리믹스한 경우 별도 계량하여 혼합한 것에 비해 양호한 것으로 나타났고, 결합재 종류에 따라서는 실리카폼 B, C를 사용한 경우 실리카폼 A에 비해 양호하게 나타났다.

이상을 종합하면 별도계량하여 혼합한 것보다 프리믹스한 경우에 유동성, 역학적 특성 등 품질특성이 양호하게 나타났고, 플라이애시보다 고로슬래그 미분말이, 실리카폼 종류에 따라서는 실리카폼 A, B를 이용 할 때 비교적 양호한 품질특성이 발휘되는 것을 알 수 있었다.

#### 참 고 문 헌

1. 김기훈, 황인성, 김성수, 최성용, 한민철, 한천구 ; 초고강도용 시멘트 결합재의 물성에 미치는 실리카폼 종류의 영향, 한국건축시공학회 학술기술 논문발표회 논문집, 제17권 1호, 2007.