

# 3성분계 시멘트의 단위수량 및 혼합방식에 따른 콘크리트의 기초특성

## Fundamental Characteristics the Concrete According to Mixing Methods and Unit Water Content of Ternary Blended Cement

이 일 선\*

홍 석 민\*

백 대 현\*\*

김 기 훈\*\*\*

한 민 철\*\*\*\*

한 천 구\*\*\*\*\*

Lee, Il-Sun

Hong, Seak-Min

Baek, Dae-Hyun

Kim, Ki-hoon

Han, Min-Cheol

Han, Cheon-Goo

### Abstract

This study analyzes the mixing and basic characteristics of concrete according to the unit quantity and mixing method of ternary blended cement and the results of this study can be summarized as follows. In the case of the premixed cement (hereafter referred as POBF) of POBF135, it satisfies the target level of fluidity and air content in which it shows relatively small bleedings even though it represents the latest initial and final setting. Also, although the POBF135 represents small initial strength, it shows an increase in the strength according to the increase in aging. In addition, it shows the lowest temperature in the POBF135. As a result, it can be seen that the POBF135 indicates the most optimal mixing subject to considering the aspect of fluidity, compressive strength, and heat of hydration in general figures.

키 워 드 : 3성분계, 프리믹스, 단위수량, 수화열

Keywords : Ternary, Pre-Mix, Unit Water Content, Heat of Hydration

## 1. 서 론

최근의 경우 도심부에서는 초고층 건축물의 건설 수요가 증가함에 따라 고성능 콘크리트의 소모량도 비례적으로 증가하는 추세에 있다. 그런데 이와 같은 고성능 콘크리트는 경제성, 시공성, 강도 및 내구성을 향상시킬 수 있는 각종 혼화재의 사용량이 증대되어지고 있다.

하지만, 초미립 혼화재의 경우 분산성이 불량하여 콘크리트 혼합시 콘크리트 중에 뭉침현상이 발생하여 콘크리트 품질을 저하시키는 것으로 알려져 있는데, 이러한 문제점을 해결하기 위하여는 콘크리트를 제조과정 전에 미리 건비빔 형태로 혼합하는 프리믹스 시멘트의 필요성이 부각되고 있지만 프리믹스에 따른 콘크리트의 배합 및 기초특성에 관한 연구는 미비한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 산업부산물의 일종으로서 저렴한 원재료비에 의한 경제적인 측면과 콘크리트의 효율적인 품질향상을 기대할 수 있는 고로슬래그 미분말과 플라이애시를 단위수량 변화 및 혼합방식 변화에 따라 혼합한 후 기초적 특성을 분석하므로써 최

적에 배합을 결정하고자 한다.

## 2. 실험계획 및 방법

### 2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 1과 같고, 배합사항은 표 2와 같다. 실험요인으로 W/B는 40 % 1수준에 대하여 단위수량 165 kg/m<sup>3</sup>와 135 kg/m<sup>3</sup>의 2수준으로 실시하였고, 목표슬럼프 180±25 mm, 공기량 4.5±1.5 %을 만족하도록 배합설계 하였으며, 보통포틀랜드시멘트: 고로슬래그 미분말: 플라이애시를 3:5:2로 혼합시 동시투입하는 혼합 배합(OBS이하)과 3:4:3을 프리믹스 하는 배합으로 실험계획하였다. 실험사항으로는 굳지않은 콘크리트는 슬럼프, 슬럼프플로우, 공기량, 단위용적질량, 응결시간, 블리딩을 측정하는 것으로 하였고, 경화 콘크리트는 계획된 재령에서의 압축강도를 측정하며, 콘크리트에서 간이적인 단열온도상승량도 측정하는 것으로 하였다.

\* 청주대 대학원 석사과정, 정회원

\* 청주대 대학원 석사과정, 정회원

\*\* 청주대 대학원 박사과정, 정회원

\*\*\* 아세아 시멘트(주) 연구개발팀 연구원

\*\*\*\* 청주대 건축공학부 조교수, 공학박사, 정회원

\*\*\*\*\* 청주대 건축공학부 교수, 공학박사, 정회원

표 1. 실험계획

		실험수준	
배합사항	W/B (%)	1	40
	단위수량 <sup>1)</sup> (kg/cm <sup>3</sup> )	2	165, 135
	목표슬럼프 (mm)	1	180±25
	공기량 (%)	1	4.5±1.5
	배합 방식	2	• OBF <sup>2)</sup> • POBF <sup>3)</sup> • 슬럼프 • 슬럼프플로우 • 공기량 • 단위용적질량 • 응결시간 • 블리딩
실험사항	굳지않은 콘크리트	6	• 압축강도(1,3,7,28일) • 단열온도상승량
	경화 콘크리트	2	

- 1) POBS에 한하여 실시  
 2) OBF : OPC(30%), BS(50%), FA(20%)을 개별 혼합  
 3) POBF : OPC(30%), BS(40%), FA(30%)을 프리믹스

표2. 콘크리트의 배합사항

W/B (%)	단위수량 (kg/m <sup>3</sup> )	S/a (%)	질량배합(kg/m <sup>3</sup> )						
			시멘트	FA	BS	잔골재	굵은골재	SP제	AE제
40	165	43	124	83	206	713	963	0.3	0.29
40	165	43	124	124	165	708	957	0.1	0.1
33	135	43	124	124	135	741	1002	0.3	0.1

2.2. 사용재료

본 실험에서 사용한 시멘트는 국내산 A사의 보통 포틀랜드 시멘트, 잔골재는 국내산 세척사, 굵은골재는 국내산 C사의 25 mm와 10 mm 골재를 6:4의 비율로 혼합하여 사용하였다. 또한 혼화재로서 고로슬래그 미분말은 국내산 A사 제품을 사용하였고, 플라이애시는 국내 화력발전소산을 사용하였다. 혼화제로 고성능 감수제는 국내 E사의 폴리칼본산계, AE제는 국내 E사산 빈줄계를 사용하였다. 각재료의 물리적 성질은 표 3~7과 같다.

표3. 시멘트의 물리적 성질

밀도 (g/cm <sup>3</sup> )	분말도 (cm <sup>2</sup> /g)	안정도 (%)	응결시간(분)		압축강도(MPa)		
			초결	종결	1일	3일	7일
3.21	3 176	0.18	275	345	26.3	26.3	38.3

표 4. 고로슬래그 미분말의 물리적 성질

구분	밀도 (g/cm <sup>3</sup> )	분말도 (cm <sup>2</sup> /g)	강열감량 (%)	SiO <sub>2</sub> (%)
CP <sup>1)</sup>	2.77	3 901	0.35	32.96
AP <sup>2)</sup>	2.71	3 268	0.37	33.21

- 1) CP: 개별 혼합  
 2) AP: 프리믹스

표 5. 플라이 애시의 물리적 성질

구분	밀도 (g/cm <sup>3</sup> )	분말도 (cm <sup>2</sup> /g)	강열감량 (%)	SiO <sub>2</sub> (%)
CP	2.20	4 127	6.31	60.02
AP	2.37	2 874	1.03	49.44

표 6. 골재의 물리적 성질

구분	밀도 (g/cm <sup>3</sup> )	조립률 (FM)	흡수율 (%)	단위용적 질량 (kg/m <sup>3</sup> )	0.08 mm체 통과량 (%)
잔골재 (세척사)	2.58	2.85	0.46	1 518	0.30
굵은 골재	2.63	6.55	0.58	1 564	0.40

표 7 혼화제의 물리적 특성

구분	주성분	형태	색상	밀도 (g/cm <sup>3</sup> )
고성능감수제	폴리칼본산계	액상	연갈색	1.05
AE제	빈줄계	액상	미백색	1.04

2.3 실험방법

본 연구의 실험방법으로 콘크리트의 혼합은 강제식 팬타입 믹서를 사용하였다. 굳지 않은 콘크리트의 실험으로 슬럼프는 KS F 2402, 슬럼프플로우는 KS F 2594, 공기량 및 단위용적질량은 KS F 2409, 응결시간은 KS F 2436, 블리딩은 KS F 2414에 의거 실시하였다.

경화 콘크리트의 실험으로 압축강도는 KS F 2405의 규정에 의거 실시하였고, 콘크리트 단열온도 상승량은 직접시험법으로 외부 온도의 영향을 가장 적게 받는 방법으로 실시하였으며, 측정은 24시간까지 실시하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 굳지 않은 콘크리트

그림 1은 단위수량 변화에 따른 굳지 않은 콘크리트의 유동성을 나타낸 그래프이다. 모든 변수에서 슬럼프치는 목표범위인  $180 \pm 25$  mm를 만족하는 것으로 나타났다. 단위수량 변화에 따라서는 SP제량을 변화시켜 배합설계 하였으므로 크게 차이가 나지 않는 것으로 나타났다.

또한, 단위수량이 증가하면 유동성은 증가 하지만, 슬럼프 플로우에서는 같은 단위수량에서는 개별혼합 할때보다 프리믹스를 하였을때 약간 증가하였다. POBF135에서는 낮은 단위수량에도 두 수준과 같은 점도를 갖는 것으로 나타났다.

그림 2는 단위수량 변화에 따른 공기량 및 단위용적질량을 나타낸 것이다.

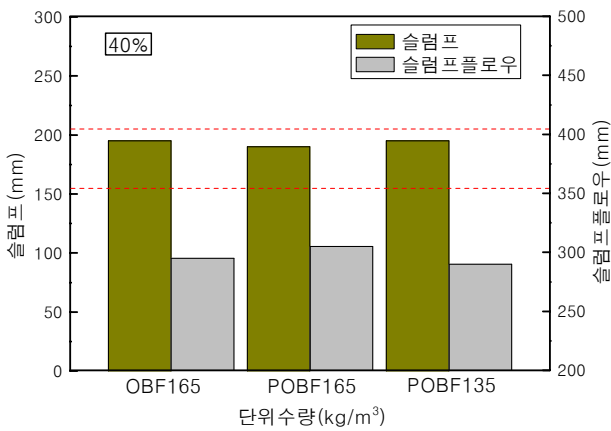


그림 1. 단위수량 변화에 따른 유동성

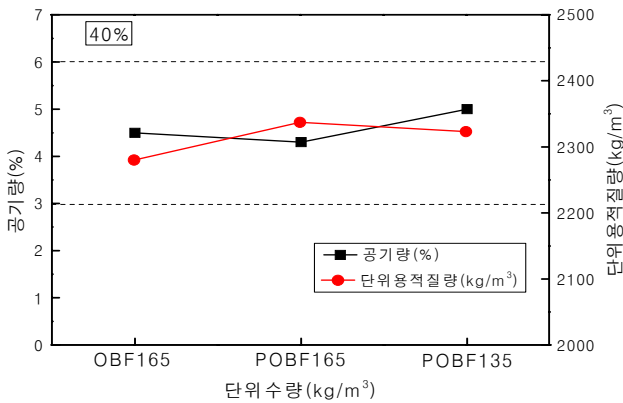


그림 2. 단위수량 변화에 따른 공기량 및 단위용적질량

전반적으로 3 수준 모두 목표범위인  $4.5 \pm 1.5$  %를 만족하는 것으로 나타났다. 단위수량이 같은 배합에서는 POBF의 공기량이 약간 저하는 것으로 나타났는데, 이는 플라이애시중 미연소 탄분에 의한 공기량 흡착작용에 기인 한 것으로 분석된다.

또한, 단위용적질량은 프리믹스로 혼합하였을 경우 공기량 감소 및 분산성이 좋아져 혼화재의 미립자 성분이 결합재의 공극에 채워져 단위용적질량이 높게 나타났다.

그림 3은 배합 변화에 따른 관입저항치로 각각 혼합한 배합에서 초결 6시간과 종결 10시간으로 가장 먼저 경화하였고, 단위수량이 낮은 POBF에서 초결 10시간 종결 13시간으로 가장 늦게 경화하는 것으로 나타났다.

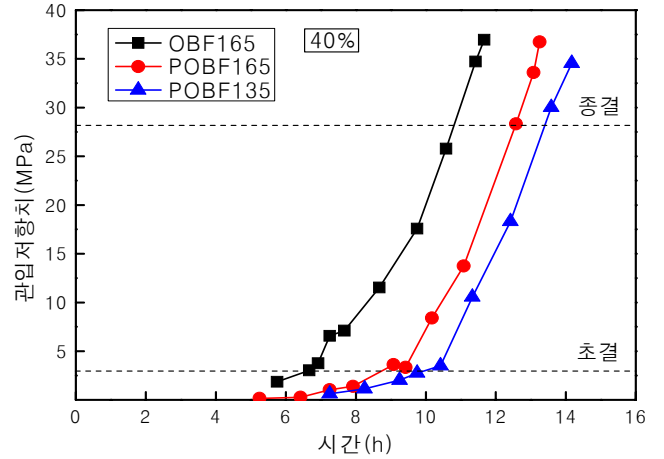


그림 3. 단위수량 변화에 따른 관입저항치

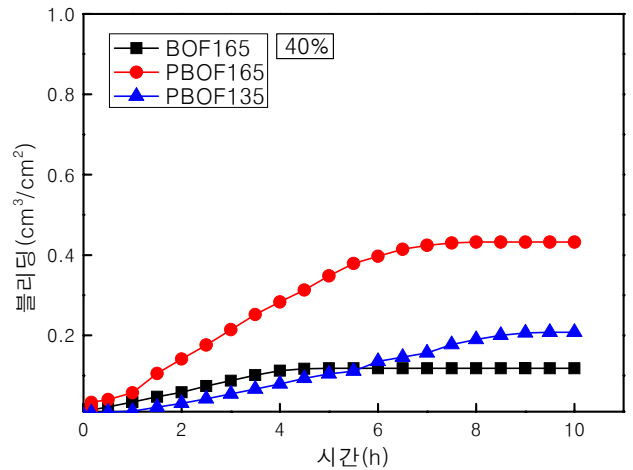


그림 4. 단위수량 변화에 따른 블리딩

그림 4는 배합 변화에 따른 블리딩량을 측정된 그래프이다. 각각 혼합한 배합보다 프리믹스 할 경우 단위수량이 동일한 배합에서는 블리딩량이 증가하였지만, 단위수량이 낮은 배합에는 블리딩이 적게 떠오르는 것으로 나타났다.

그림 5는 배합 변화에 따른 압축강도를 나타낸 그래프이다.

같은 단위수량의 변수에서는 각각 혼합 하였을 경우 초기 강도가 높게 나타났고 재령에 따라 그 폭이 커지는 것을 알 수 있었고, 단위수량을 저감한 배합에서는 각각 혼합한 배합과 같은 경향을 나타내지만, 재령이 경과함에 따라 각각 혼합한 배합보다 증가하는 경향을 보이고 있다.

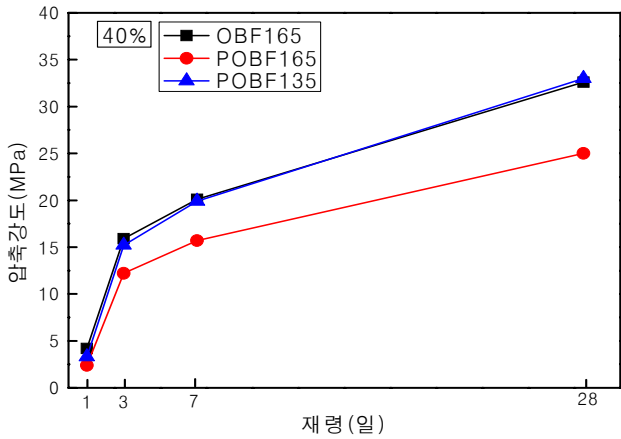


그림5 단위수량 변화에 따른 압축강도

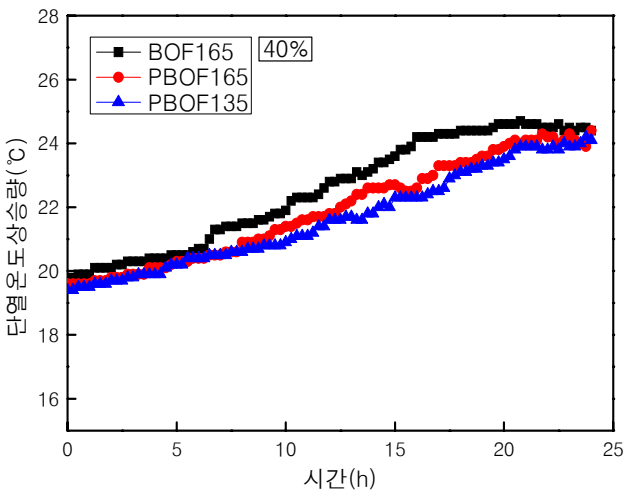


그림 6 단위수량 변화에 따른 단열온도상승률

그림 6은 배합 변화에 따른 단열온도상승률을 나타낸 그래프이다.

혼화재를 각각 혼합한 배합에서는 수화열이 많이 발생하는 것을 알 수 있었고, 프리믹스 배합은 수화열이 적게 발생하는 것을 알 수 있었다. 이는 배합과정 중 프리믹스 배합이 플라이애시를 더욱 많이 치환함에 따라 수화열이 적게 나타난 것으로 판단된다.

#### 4. 결 론

본 연구는 3성분계 시멘트에서 단위수량 및 혼합방식 변화에 따른 콘크리트의 기초특성을 분석한 것으로 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 프리믹스 시멘트 POBF135의 경우 유동성 및 공기량은 목표치를 만족하였고, 초결 및 종결은 가장 늦게 나타났지만, 블리딩은 비교적 적게 떠오르는 것을 알 수 있었다.

2) POBF135의 경우 초기강도는 작게 나타났으나, 재령이 지남에 따라 강도가 증가하는 것으로 나타났다.

3) 온도특성은 POBF135에서 가장 낮은 온도를 나타내었다. 이상의 결과에서 유동성, 블리딩, 압축강도 및 수화열 측면에서 종합 고찰할 때 단위수량을 낮추고 프리믹스한 POBF135가 가장 우수한 최적배합이 됨을 알 수 있었다.

#### 참 고 문 헌

1. (주)건설미디어, 한천구의 콘크리트 실무가이드 100 pp.29~38, 2006
2. 소병헌, 이주나, 박창수, 제지 슬러지 애쉬 고로슬래그 미분말로 혼합 치환한 시멘트가 모르타르에 미치는 영향, 콘크리트학회 가을학술발표대회 논문집, 제14권 제2호, pp.3~9, 2002,10
3. 이창수, 설진성, 윤익석, 박종혁; 플라이애시 고로슬래그 미분말 복합사용한 콘크리트의 내구성능 향상효과, 한국 콘크리트학회 가을 학술발표대회 논문집, 제14권 제2호, pp.23~26, 2002,10.
4. 한국콘크리트학회, 콘크리트 혼화재료, pp.159~233, 1997,3
5. 한천구, 김성수, 이해일, 최성용, 황인성, 실리카폼 종류 변화에 따른 프리믹스 시멘트 페이스트의 유동특성, 대한 건축학회 제1호 pp.277, 10
6. 한천구, 김성수, 황인성, 김기훈; 고강도 콘크리트용 프리믹스 시멘트의 분체조합 변화에 따른 페이스트의 유동특성, 한국콘크리트학회 추계 학술발표대회, 2007