

# 물 결합재비 변화에 따른 프리믹스 시멘트를 사용한 고강도 콘크리트의 기초적 특성

## The Fundamental Properties of High-Strength Concrete Using Pre-mixed Cement Corresponding to Water Binder Ratio

김 성 일\*      한 동 엽\*\*      김 기 훈\*\*\*      황 인 성\*\*\*\*      김 성 수\*\*\*\*\*      한 천 구\*\*\*\*\*  
Jin, Cheng-Ri    Han, Dong-Yeop    Kim, Ki-Hoon    Hwang, Yin-Seong    Kim, Sung-Su    Han, Cheon-Goo

### ABSTRACT

This study analysis fundamental properties of high-strength concrete corresponding to W/B ratio for suggested table of high strength concrete, mixed with premixed cement. As a result of this study, the amount of using air entraining and high-range water reducing agent for intended slump flow and air content decreased as W/B increased, and the setting time corresponding to the W/B ratio delayed as W/B ratio increased except 20% W/B ratio. The compressive strength according to W/B ratio decreased as W/B ratio increased, and there was no great deferent as the intended slump flow. Also it could possible to use this study at work as the correlation coefficient is high enough as 0.9646 substituting B/W and compressive strength for the regression formula.

### 요 약

본 연구는 프리믹스 시멘트를 사용한 고강도 콘크리트의 참고배합 제안에 관련한 것으로서 W/B 변화에 따른 고강도 콘크리트의 기초적 특성을 분석하였다. 실험결과 목표 슬럼프 플로우 및 목표 공기량 확보를 위한 고성능감수제 및 AE제의 사용량은 W/B가 증가할수록 감소하는 것으로 나타났고, W/B 변화에 따른 응결시간은 W/B 20%를 제외한 여타의 배합의 경우 W/B가 커질 수록 지연되는 것으로 나타났다. W/B 변화에 따른 압축강도는 W/B가 증가할 수록 저하하였고, 목표 슬럼프플로우 변화에 따라서는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 한편, B/W와 압축강도의 관계를 회귀식으로 나타낸 결과 상관계수 0.9646으로 높게 나타나 실제 실무 활용이 가능할 것으로 판단된다.

---

\* 정회원, 청주대학교 대학원 석사과정  
\*\* 정회원, 서울대학교 대학원 석사  
\*\*\* 정회원, 아세아시멘트(주) 연구개발팀 연구원  
\*\*\*\* 정회원, 아세아시멘트(주) 연구개발팀 선임연구원  
\*\*\*\*\* 정회원, 아세아시멘트(주) 연구개발팀장  
\*\*\*\*\* 정회원, 청주대학교 건축공학부 교수, 공학박사

## 1. 서론

최근 콘크리트산업은 고강도 콘크리트의 경제성, 시공성, 강도 및 내구성을 향상시키는 각종 혼화제의 사용이 증대되면서 충분한 품질의 보장과 콘크리트제조시간을 단축할 수 있는 프리믹스 시멘트의 필요성이 부각되고 있다.

또한, 콘크리트를 고강도화하는 방법으로는 양호한 골재를 선별하고, 결합재의 강도를 증가시키는 것이 있는데, 이중 결합재의 강도를 증가시키는 방법에는 고성능감수제 등을 사용하여 W/B를 저감시키는 방법과 실리카폼과 같은 혼화제를 사용하여 수화물량을 증가시키는 방법으로 분류할 수 있다.

이와 관련하여 본 연구팀에서는 고로슬래그 미분말과 실리카폼을 OPC에 일정 비율 치환하는 프리믹스 시멘트를 제조하여 고유동·고강도·고내구성의 고성능 콘크리트에 대하여 검토한바 있는데, 본 연구에서는 물결합재비(W/B) 및 목표 슬럼프플로우 변화에 따른 각종 공학적 특성 및 압축강도시험 등을 실시하여 통계분석하므로써 각 레미콘공장에서 배합설계에 참고할 수 있는 기초자료를 제시하고자 한다.

## 2. 실험계획 및 방법

### 2.1. 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 1과 같다.

먼저, 실험요인으로 W/B는 20, 25, 30, 35%의 4수준에 대하여 보통 포틀랜드시멘트:고로슬래그 미분말:실리카폼을 7:2:1로 프리믹스한 배합 1수준으로, 목표 슬럼프플로우 500±50, 600±50, 700±50mm 3수준, 목표 공기량 3.0±1.0를 만족하도록 배합설계하여 총 12배치를 실험계획 하였다. 실험사항으로 굳지않은 콘크리트는 슬럼프 플로우, 공기량, 응결시간을 측정하는 것으로 하였고, 경화 콘크리트는 계획된 재령에서의 압축강도를 측정하는 것으로 하였다.

### 2.2. 사용재료

본 실험에서 사용한 시멘트는 국내산 A사의 보통포틀랜드시멘트(밀도: 3.15g/cm<sup>3</sup>, 분말도: 3,144cm<sup>2</sup>/g)를 사용하였고, 골재로서 잔골재(밀도: 2.58g/cm<sup>3</sup>, 조립률: 2.70, 흡수율: 1.13%)는 국내산 B사의 강모래와 부순 모래를 50:50으로 혼합 사용하였으며, 굵은골재(밀도: 2.70g/cm<sup>3</sup>, 조립률: 6.93, 흡수율: 1.20%)는 국내산 C사의 20mm와 10mm를 60:40으로 혼합 사용하였다. 또한, 혼화제로써 고로슬래그 미분말(밀도: 2.92g/cm<sup>3</sup>, 분말도: 4,323cm<sup>2</sup>/g)은 국내산 A사의 제품을 사용하였고, 실리카폼은 국내산 A사의 보급품(밀도: 2.21g/cm<sup>3</sup>, 분말도: 200,000cm<sup>2</sup>/g)을 사용하였다. 혼화제로 고성능 감수제는 국내산 E사의 폴리카분산계를 사용하였으며, AE제는 국내산 E사의 음이온계를 사용하였다.

표 1. 실험계획

실험요인		실험수준	
W/B (%)		4	20, 25, 30, 35
목표 슬럼프플로우 (mm)		3	• 500±50 • 600±50 • 700±50
목표 공기량(%)		1	• 3.0±1.0
혼화제 종류		1	• OPC(70%)+BS(20%)+SF(10%)
실험사항	굳지않은 콘크리트	3	• 슬럼프플로우 • 공기량 • 응결시간
	경화 콘크리트	1	• 압축강도 (1, 3, 7, 28일)

### 2.3. 실험방법

본 연구의 실험방법으로 콘크리트의 혼합은 강제식 팬타입 믹서를 사용하여 실시하였다.

굳지않은 콘크리트의 실험으로 슬럼프 플로우는 KS F 2594, 공기량은 KS F 2421, 응결시간은 KS F 2436의 규정에 의거 실시하였고, 경화 콘크리트의 실험으로 압축강도는 KS F 2405의 규정에 의거 실시하였다.

## 3. 실험결과 및 분석

### 3.1 굳지 않은 콘크리트의 특성

표 2는 굳지않은 콘크리트의 기초적 특성을 나타낸 것이다.

전반적으로 모든 수준에서 슬럼프플로우 및

공기량은 배합설계를 실시하여 모두 목표 값을 만족시키는 것으로 나타났다. 단, 이는 배합설계에 의한 것으로 W/B변화에 따른 유동성 및 공기량의 변동에 대한 영향을 검토하기 위해 W/B별 단위수량, 잔골재율 및 혼화제 사용량을 분석하였다.

즉, 목표 슬럼프플로우 및 공기량을 확보하기 위해 단위수량, 잔골재율은 W/B가 커질수록 점차 커지는 것으로 나타났고, SP제 사용량은 W/B가 커질수록 감소하는 것으로 나타났는데, 이는 W/B가 커질수록 분체량의 감소하여 목표 유동성 및 공기량을 만족하기 위한 배합특성 조정에 기인한 결과이었다.

그림 1은 W/B 변화에 따른 응결시간을 나타낸 것으로, 응결시간은 W/B 20%를 제외한 여타의 배합의 경우 W/B가 커질수록 응결시간이 지연되는 것으로 나타났다. 이는 W/B 20%의 경우 여타의 배합에 비해 SP제가 약 30%전후 많이 혼입되어 혼화제에 의한 응결시간 지연으로 분석되고, W/B 25%이상의 경우는 SP제의 혼입량은 큰 차이가 없지만 단위수량의 증대와 분체량의 상대적인 감소에 기인하여 응결시간이 지연되는 것으로 나타났다.

### 3.2 경화 콘크리트의 특성

그림 2는 W/B 및 슬럼프플로우별 재령경과에 따른 압축강도를 log scale로 나타낸 것이다.

당연한 결과이겠지만 W/B가 작아질 수록 압축강도는 증가하는 것으로 나타났고, 슬럼프플로우 변화에 따른 압축강도는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

그림 3은 슬럼프플로우별간의 압축강도를 비교한 그래프이다. 전반적으로 슬럼프플로우별간의 압축강도는 상관계수 0.9972이상으로 높은 상관관계를 나타내어 슬럼프플로우 변화에 따른 압축강도는 큰 차이가 없었다. 따라서 슬럼프플로우 500mm, 600mm, 700mm에 따른 압축강도를 하나로 합쳐 그림 4와 같이 슬럼프플로우별 B/W와 압축강도의 관계를 얻을 수 있다.

즉, B/W의 증가에 따라 압축강도는 증가하는 것으로 나타났고, 슬럼프플로우 증가에 따라서는 유사한 경향을 나타내었다. 이들 시험결과를 토대로 B/W와 재령 28일 압축강도와의 관계를 회귀식으로 나타내면 다음과 같다.

$$\sigma_{28} = 36.583 + 12.083 \times B/W (R = 0.9646) \dots\dots\dots (식 ①)$$

따라서 목표 슬럼프플로우 500mm, 600mm, 700mm의 경우 B/W와 압축강도는 상관계수가 0.9646로 높게 나타나 실용상 큰 문제는 없는 것으로 판단된다. 단, 배합설계의 적용에 앞서 KS F 4009, 건축공사표준시방

표 2. 굳지않은 콘크리트의 기초물성

구분	W/B (%)	목표 슬럼프플로우(mm)	슬럼프플로우 (mm)	공기량 (%)	단위용적질량 (kg/m <sup>3</sup> )
W20a	20	500±50	536	2.1	2442
W20b		600±50	607	2.2	2436
W20c		700±50	659	2.2	2438
W25a	25	500±50	458	3.2	2382
W25b		600±50	605	2.6	2396
W25c		700±50	743	2.4	2413
W30a	30	500±50	450	3.5	2363
W30b		600±50	579	3.1	2365
W30c		700±50	654	2.6	2403
W35a	35	500±50	528	3.7	2344
W35b		600±50	643	3.0	2384
W35c		700±50	679	2.6	2375

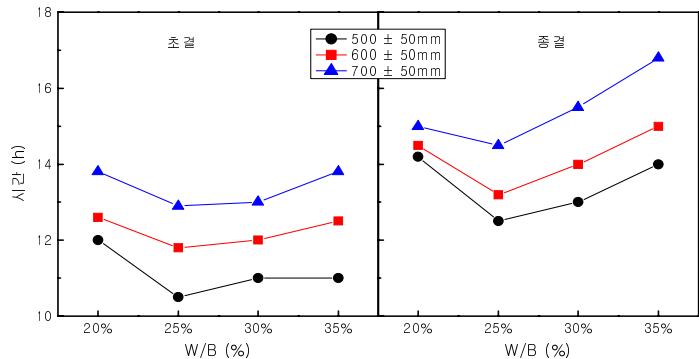


그림 1. W/B 변화에 따른 응결시간

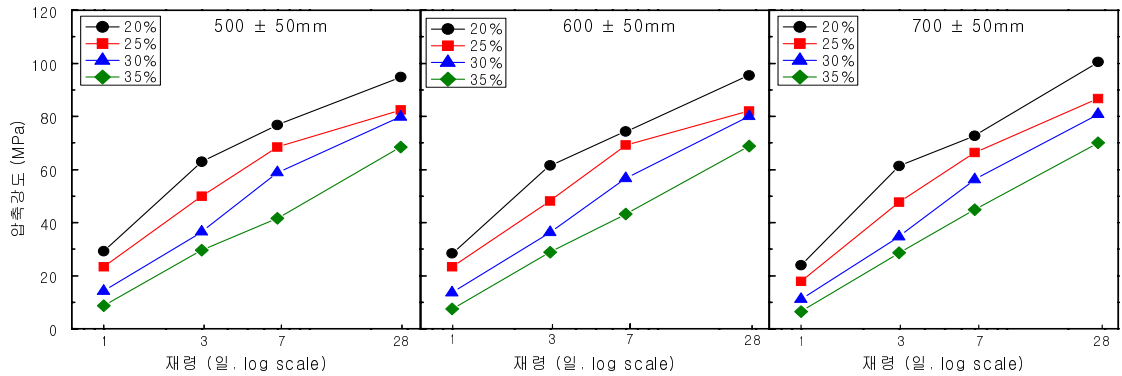


그림 2. W/B 및 슬럼프플로우별 재령경과에 따른 압축강도

서, 콘크리트표준시방서 등 콘크리트 관련 규준에 의하여 압축강도의 표준편차 및 기온에 의한 보정강도 등을 고려하면 호칭강도에 합당한 배합설계에 참고 자료로 활용할 수 있을 것이다.

#### 4. 결론

본 연구는 프리믹스 시멘트를 사용한 고강도 콘크리트의 참고배합 제안에 관한 것으로서 W/B 변화에 따른 고강도 콘크리트의 기초적 특성 실험결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 목표 슬럼프 플로우 및 목표 공기량을 확보하기 위한 고성능감수제 및 AE제의 사용량은 W/B가 증가할수록 감소하는 것으로 나타났다.
- 2) W/B 변화에 따른 응결시간은 W/B 20%를 제외한 여타의 배합의 경우 W/B가 커질 수록 지연되는 경향 이었다.
- 3) W/B 변화에 따른 압축강도는 W/B가 증가할 수록 저하하였고, 슬럼프 플로우 변화에 따라서는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 한편, B/W와 압축강도의 관계를 상관식으로 나타낸 결과 재령별 상관계수 0.9646으로 높게 나타나 실제 실무활용이 가능할 것으로 판단된다.

#### 참고문헌

1. 今橋太 ; シリカフェュームの分散性と超高強度コンクリートの流動性, 無機マテリアル, Vol. 5, 1998. 1, PP. 54~59.

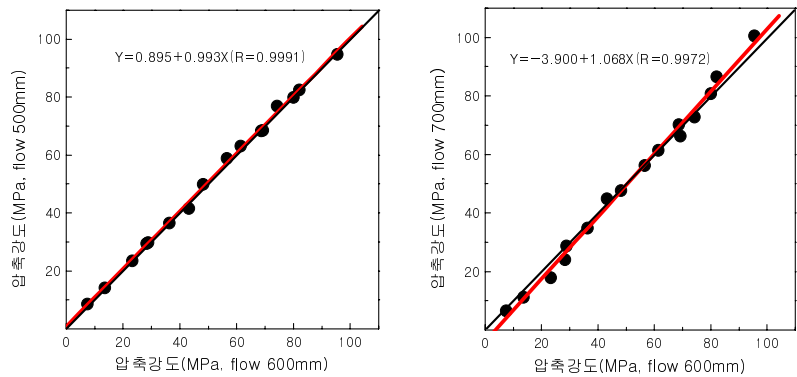


그림 3. 슬럼프 플로우별 간의 압축강도의 비교

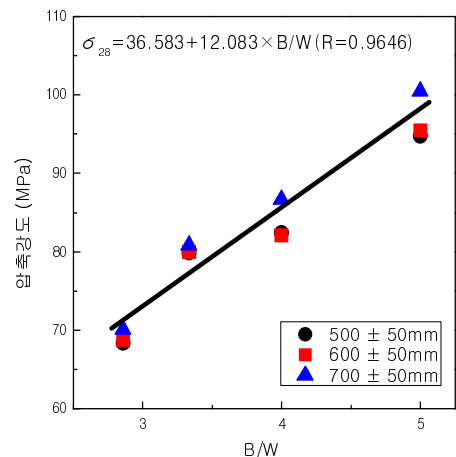


그림 4. 슬럼프플로우별 B/W와 압축강도(28일)