

# 벨라이트시멘트를 사용한 콘크리트의 강도특성에 대한 실험적 연구

## An Experimental Study on the Strength of Concrete Using the Belite Cement

문 한 영\*      문 대 중\*\*      하 상 욱\*\*\*      김 기 수\*\*\*\*  
Moon, Han-Young   Moon, Dae-Joong   Ha, Sang-Wook   Kim, Ki-Soo

---

### ABSTRACT

As construction technology advances, most of concrete structures are becoming larger and taller. Therefore, high strength and quality concrete is necessary for them. So, the proposal of using belite cement is investigated to satisfy high flowing, low heat, and high strength.

In this study, the compressive strength, tensile strength, and modulus of elasticity of concrete using belite cement was considered according to the mix proportion condition as a water-cement ratio, unit cement content, and sand percentage.

---

### 1. 서 론

최근 건설기술이 고도화됨에 따라 토목, 건축 콘크리트 구조물이 대형화, 고층화, 및 경량화 추세 이므로 콘크리트의 고품질, 고강도, 고성능화가 요구되고 있다.

한편 벨라이트시멘트는 보통포틀랜드시멘트에 비하여 벨라이트( $C_2S$ )성분이 많기 때문에 초기 수화 열에 의한 콘크리트의 온도상승을 저감시키며, 화학 혼화제의 분산효과가 좋아 유동성을 증진 시킬 뿐만 아니라, 장기재령에서의 강도증진이 크게 발현되는 장점이 있어, 근년 벨라이트시멘트를 사용한 저발열, 고유동, 고강도 콘크리트에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

본 연구에서는 국내에서 생산되는 벨라이트시멘트와 고성능 AE감수제를 사용하여 제조한 콘크리트의 강도의 특성을 알아보기 위한 연구의 일환으로 단위시멘트량, 물-시멘트비 및 잔골재율을 각각 변화시켜 압축강도와 인장강도 및 탄성계수에 대하여 고찰하였다

---

\* 정회원, 한양대학교 공과대학 토목공학과 교수

\*\* 정회원, 한양대학교 대학원 토목공학과 박사과정

\*\*\* 정회원, 한양대학교 대학원 토목공학과 석사과정

\*\*\*\* 정회원, 쌍용중앙연구소 콘크리트연구실 실장

## 2. 실험 개요

### 2.1 사용재료

- (1) 시멘트 : 보통포틀랜드시멘트(이하 OPC로 약함)와 S사의 벨라이트시멘트(이하 BRC로 약함)를 사용하였으며, 시멘트 종류별 조성광물과 모르타의 압축강도를 나타낸 것이 표 1이다.

표 1. 시멘트의 조성광물 및 모르타의 압축강도

항 목	조성광물(%)				압축강도(kg/cm <sup>2</sup> )				
	C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF	3일	7일	28일	56일	91일
OPC	50	21	10	10	228	353	437	519	533
BRC	37	45	3	9	191	292	479	711	758

- (2) 골재 : 잔골재는 비중 2.61인 강모래를 사용하였으며, 굵은골재는 최대치수 20mm, 비중 2.63인 부순돌을 사용하였다.
- (3) 화학 혼화제 : 폴리카복실에테르 고축합물이 주성분이며, 비중이 1.05±0.01인 고성능 AE감수제를 사용하였다.

### 2.2 실험 방법

#### (1) 콘크리트 제조 방법

용량 50ℓ의 강제식 믹서에 시멘트와 잔골재를 투입하여 15초 동안 건조상태로 믹싱한 후, 고성능 AE감수제와 혼합수를 넣고 1분 동안 믹싱한 후, 굵은골재를 투입하여 1분 동안 믹싱하여 콘크리트를 제조하였다.

#### (2) 강도 시험

Ø 10×20cm 원주형 공시체를 제조한 후, 20±1℃의 수중에서 양생하여 재령 3, 7, 28, 56 및 91일의 압축강도를 KS F 2405에 의하여 측정하였으며, 재령 28일의 인장강도 및 탄성계수를 각각 KS F 2423, 2438에 의하여 측정하였다

### 2.3 콘크리트의 배합

단위시멘트량 300, 400, 500, 및 600kg/m<sup>3</sup>으로 정하고 각각의 단위시멘트량에 물-시멘트비를 변화시킨 17배합, 단위수량이 170kg/m<sup>3</sup>일때 물-시멘트비를 24, 28, 32, 및 36%로 변화시킨 4배합, 잔골재율은 40, 44, 47, 50, 및 52%로 변화시킨 5배합으로 총26배합을 정하였다. 이 때 공기량 4±0.5%, 목표 슬럼프는 OPC의 경우 18±1.5cm이고, BRC의 경우에는 50~60cm의 슬럼프 플로우값이 되도록 정하였다.

## 3. 실험결과에 대한 고찰

### 3.1 단위시멘트량에 따른 압축강도

벨라이트시멘트는 보통포틀랜드시멘트보다 C<sub>2</sub>S 성분이 많기 때문에 수화열이 적고 초기재령에서 강도는 작으나, 장기재령에서 강도가 크게 증진되는 장점이 있다.

그래서 벨라이트시멘트의 압축강도 발현정도를 알아보기 위하여 단위시멘트량을 4단계로 변화시켜 제조한 콘크리트의 압축강도를 보통포틀랜드시멘트를 사용한 콘크리트와 비교하여 정리한 것이 그림 1이다. 이 그림에서 단위시멘트량이 증가함에 따라 강도는 거의 직선적으로 증가하였으며, 벨라이트시

멘트를 사용한 경우 재령 3일에서는 보통콘크리트에 비해 압축강도가 약간 작음을 알 수 있었다. 그러나 재령 28일에서는 오히려 강도가 반전되어 평균적으로 벨라이트시멘트 콘크리트의 압축강도가 보통콘크리트보다 100 kg/cm<sup>2</sup> 이상의 큰 값을 나타내었으며 단위시멘트량 600 kg/m<sup>3</sup>에서는 683kg/cm<sup>2</sup>의 큰 압축강도를 나타내었다.

### 3.2 물-시멘트비에 따른 압축강도

단위시멘트량과 물-시멘트비를 변화시킨 벨라이트시멘트 콘크리트의 재령 28일까지의 압축강도를 정리한 것이 그림 2이다. 이 그림에서 물-시멘트비가 작을수록 단위시멘트량과 재령에 관계없이 압축강도가 비례하여 증가함을 알 수 있다. 그래서 벨라이트시멘트 콘크리트의 물-시멘트의 역수인 시멘트-물비와 재령 28일 압축강도와의 관계로 정리한 것이 표 2이다. 이 표에서 각 단위시멘트량에 대한 압축강도와 시멘트-물비와의 사이에는 좋은 상관관계가 있었음을 알 수 있다.

표 2. 압축강도와 시멘트-물비의 관계식

단위시멘트량 (kg/m <sup>3</sup> )	관계식	r <sup>2</sup>
300	$\sigma_c = 323 \cdot C/W - 223$	0.99
400	$\sigma_c = 233 \cdot C/W - 71$	0.92
500	$\sigma_c = 137 \cdot C/W + 223$	0.96
600	$\sigma_c = 61 \cdot C/W + 478$	0.94

벨라이트시멘트 콘크리트의 유동성 실험 결과로부터 얻어진 단위수량 170kg/m<sup>3</sup>, 잔골재율 50%에 대해서 물-시멘트비를 4단계로 변화시킨 콘크리트의 재령 91일까지의 압축강도를 정리한 것이 그림 3으로서, 재령이 증가함에 따라 압축강도가 크게 증진되어 물-시멘트비 24%, 재령 91일에서의 압축강도가 1008kg/cm<sup>2</sup>에 달하는 고강도를 얻을 수 있었다.

### 3.3 잔골재율에 따른 압축강도

벨라이트시멘트 사용 균지않은 콘크리트의 유동성 실험 결과 잔골재율에 의한 영향이 매우 크게 나타나는 경향이 있었다. 그래서 잔골재율에 따른 강도변화를 알아보기 위해 단위수량과 물-시멘트비를 170kg/m<sup>3</sup>, 32%로 정하고 잔골재율을 5단계로 변화시킨 벨라이트시멘트 콘크리트의 재령 56일까지의 압축강도를 정리한 것이 그림 4로서, 본 실험의 잔골재율 범위에서는 압축강도의 변화는 거의 없었다.

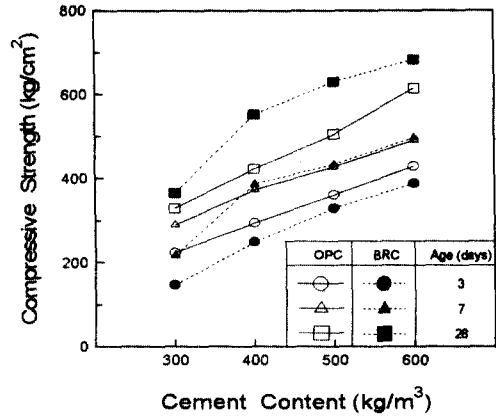


그림 1. 단위시멘트량에 따른 압축강도

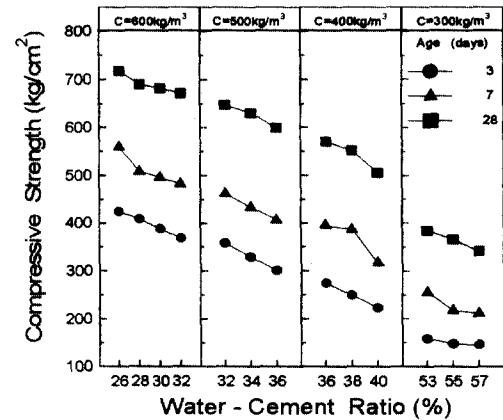


그림 2. 물-시멘트비에 따른 압축강도

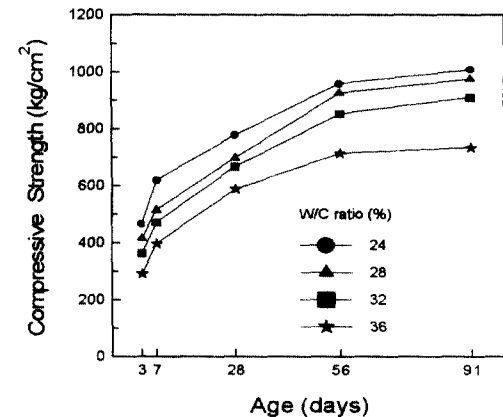


그림 3. 물-시멘트비에 따른 재령별 압축강도

### 3.4 벨라이트시멘트 콘크리트의 강도특성

벨라이트시멘트를 사용한 콘크리트의 재령 28일의 인장강도와 탄성계수를 측정하여 보통콘크리트와 각각 비교 정리한 것이 그림 5 및 그림 6이다. 그림 5에서 벨라이트시멘트 콘크리트의 압축강도와 인장강도 사이에는 보통콘크리트와 매우 유사한 상관관계가 있었으며, 압축강도와 인장강도의 비는 10~13 범위임을 알 수 있다. 이번에는 벨라이트시멘트 콘크리트의 압축강도와 탄성계수의 관계를 정리한 것이 그림 6으로서 그림 속의 굵은 실선은 콘크리트 표준시방서에서 제안한 식에 의해 구하였으며, 본 실험 결과와는 약간 차이가 있음을 알 수 있다. 그러나 벨라이트시멘트 콘크리트의 압축강도와 탄성계수와의 사이에는 보통콘크리트와 거의 유사한 상관관계를 나타내었다.

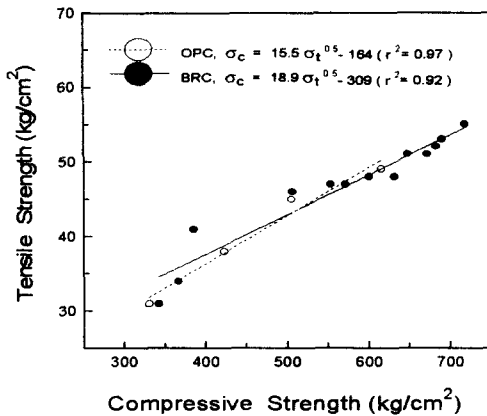


그림 5. 압축강도와 인장강도와의 관계

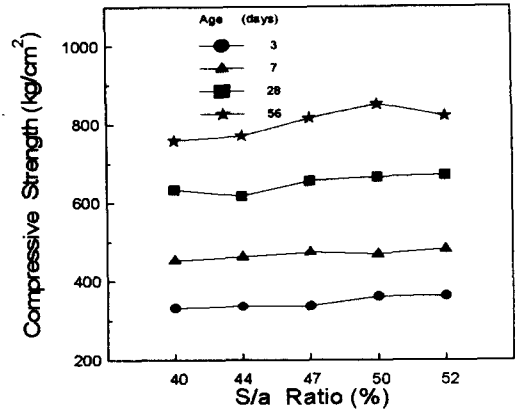


그림 4. 잔골재율에 따른 압축강도

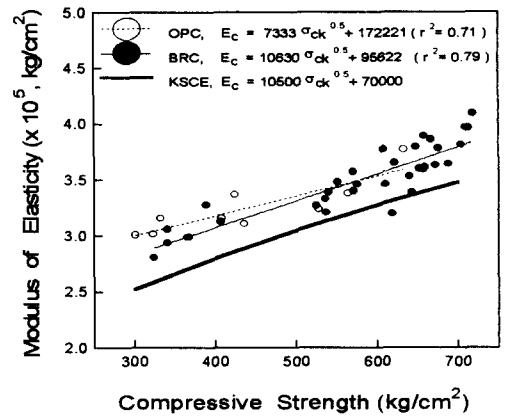


그림 6. 압축강도와 탄성계수와의 관계

## 4. 결 론

- (1) 벨라이트시멘트 콘크리트의 압축강도는 단위시멘트량이 클수록 크게 증가하며, 단위시멘트량  $600\text{kg/m}^3$ , 재령 28일의 압축강도는  $683\text{kg/cm}^2$ 로서 보통콘크리트의 압축강도보다 약 11% 정도 증가되는 효과가 있었다.
- (2) 벨라이트시멘트 콘크리트의 물-시멘트비에 따른 압축강도를 고찰한 결과, 단위시멘트량에 관계없이 물-시멘트비에 따른 압축강도 증진율은 유사하였으며, 한편 압축강도와 시멘트-물비의 사이에는 좋은 상관관계가 있었다.
- (3) 벨라이트시멘트 콘크리트의 유동성 실험 결과로부터 물-시멘트비와 잔골재율을 정하여 압축강도를 측정된 결과, 물-시멘트비 24%, 재령 91일의 압축강도가  $1008\text{kg/cm}^2$ 의 고강도를 얻었다. 그러나 잔골재율의 변화에 따른 압축강도의 차이는 거의 없었다.
- (4) 벨라이트시멘트 콘크리트의 압축강도와 인장강도 및 탄성계수와의 사이에는 유사한 상관관계가 있었으며, 압축강도와 인장강도와의 비는 보통콘크리트와 같은 10~13 범위에 있었다.