

# 조강시멘트를 사용한 초조강 모르타르 개발에 관한 연구

## Study on the Development of Super-High-Early-Strength Mortar Using the Hardening catalyst and High early strength cement

조인성\*                      허연옥\*\*                      민태범\*\*\*                      이한승\*\*\*\*  
 Cho, In-Sung                      Hur- Yeon-Ok                      Min, Tae-Beom                      Lee, Han-Seung

### Abstract

In this study, the experiment was conducted in the level of mortar as one of the basic studies on pre-cast concrete which acceleration curing is not done. This study has the purpose to develop the strength of mortar into 20MPa within 6 hours in the condition of room temperature using admixtures which can accelerate C3S hydration reaction. In this experiment, W/C was fixed into 20%, PCE which can stimulate C3S was used as an accelerating admixture. From the results of this experiment, maximum content of accelerating admixture was 1%. Also, as more than 20MPa was measured through 6-hour compressive strength, it can be known that strength can be developed without steam-curing.

키워드 : 조강시멘트, 혼화제, 무(無)스팀양생, 초조강 모르타르  
 Keywords : Rapid hardening portland cement, Admixture, Non steam curing, Super-High-Early-Strength Mortar

## 1. 서론

### 1.1 연구의 목적

프리캐스트 콘크리트 부재를 공장에서 생산하는 경우에는 조기에 거푸집을 탈형하기위하여 반드시 증기양생을 실시한다. 그러나, 이러한 양생방법은 막대한 에너지 소비 및 CO<sub>2</sub>를 발생하게 된다. 따라서, 증기양생없이 조기에 콘크리트의 강도를 발현시키는 연구가 필요한 실정이다. 본 연구에서는 콘크리트의 초기강도 콘크리트의 초기강도를 확보하기 위하여 초기강도 발현을 지배하는 C3S가 대량 함유된 조강시멘트와 이의 반응을 촉진시키는 경화촉진제를 사용하여 모르타르 수준에서 조강성능을 실험적으로 평가하였다.

### 1.2 실험개요

본 실험에서 사용된 시멘트는 C<sub>3</sub>S 함유량이 높은 국내A사의 조강시멘트를 사용하였으며 광물조성은 표1과 같다. 또한 잔골재는 ISO 표준사를 사용했으며 혼화제는 수축저감제가 포함되어 있는 고성능 AE감수제를 사용하였으며 폴리카르본산 고성능 감수제를 사용하였다. 또한 경화 촉진제의 특성은 표2에 나타내었다.

표 1. 조강시멘트의 광물 조성

종류	화합물 성분(%)			
	C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF
조강시멘트	58.17	14.71	6.82	10.29

표 2. C<sub>3</sub>S 촉진 경화촉진제 특성

구분	주성분	형태	색상	밀도(g/m <sup>3</sup> )
경화 촉진제	칼슘포메이트	분말	백색	2.15

표 3에 실험인자 및 수준에 따른 실험계획을 나타낸다. 모르타르 배합은 경화촉진제의 성능을 최대화 하기위해 W/C 비를 낮게 설정했다. W/C를 낮게 설정함으로써 시멘트량이 많아지는 경향이 있으나 증기양생시 사용되는 유류량과 증기양생을 실시하는 시간을 줄이므로 낮은 W/C에서도 이점이 있다고 판단하는바 W/C를 20%와 30%로 설정하였다.

표3. 실험인자 및 수준

실험 인자	실험 수준
W/C(%)	20, 30
경화촉진제 사용량(C*%)	0, 1, 1.5, 2

표4. 측정항목

균지않은 모르타르	유동성 측정
경화된 모르타르	압축강도
	SEM(미세구조)
	MIP(공극률측정)

\* (주)케미콘 기술연구소, 연구소장

\*\* (주)케미콘 기술연구소, 선임연구원, 교신저자  
 (yohur@chemicon.co.kr)

\*\*\* 한양대학교 건축환경공학과, 박사과정

\*\*\*\*한양대학교 건축학부, 교수

## 2. 실험 결과 및 분석고찰

### 2.1 경화촉진제 사용량에 따른 유동특성

그림 1은 경화촉진제 사용량에 따른 제로플로우 값을 나타낸 것이다. 경화촉진제 사용량 0.5% 증가에 따라 zero flow값은 8% 저하하는 것을 알 수 있었다. 이는 경화촉진제의 영향으로 촉진제 첨가량이 증가할수록 분체량에 대해 물량이 상대적으로 작아져서 구속물비(분체가 구속하는 물의 양으로써 이보다 많은 물을 부여하지 않을 경우 유동성이 없는 것)에 이르지 못하였을 것으로 판단된다.

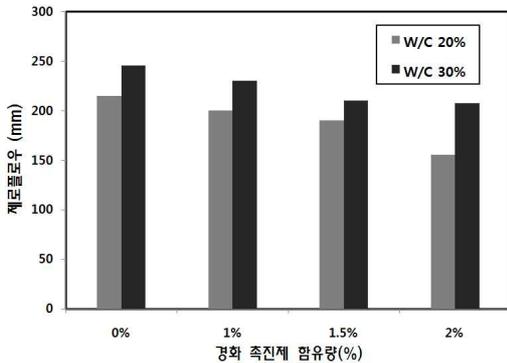


그림 1. 경화촉진제 사용량에 따른 제로플로우

### 2.2 초조강 모르타르 압축강도 발현특성과 공극률의 분포

그림 2는 W/C와 재령에 따른 압축강도 나타낸 것으로 물시멘트비 10%의 차이에 의해 양생재령이 4시간정도 단축하는 것을 알 수 있었다. 이는 W/C가 낮을수록 시멘트량이 많아져 강도가 높아지는 것도 있지만 경화촉진제가 사용되지 않은 모르타르와 비교하였을 때 강도 발현 속도가 매우 빠른 것으로 보아 경화촉진제의 성능이 높다는 것을 알 수 있으며 프리캐스트 콘크리트제작을 위한 경화촉진제의 함유량은 W/C20%는 2%, W/C30%는 1%가 적정 사용량인것으로 사료된다.

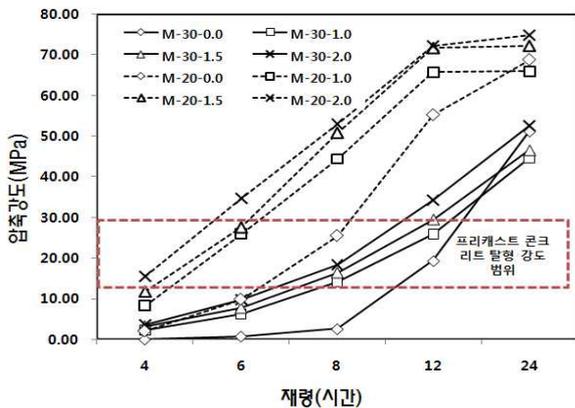


그림 2. 경화촉진제 사용량에 따른 압축강도 발현

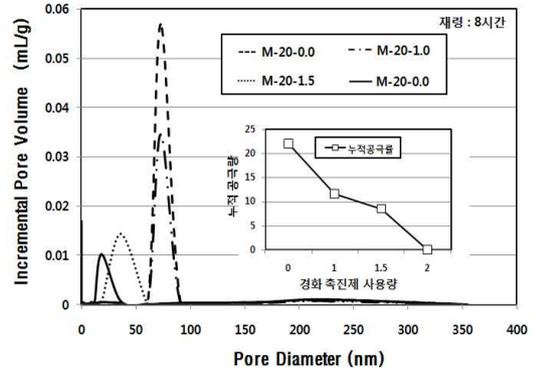


그림 3. 모르타르의 공극분포와 누적 공극량

그림 3은 W/C 20%의 공극의 분포를 나타낸 것으로서 촉진제 첨가량에 따라 강도가 증가 하므로 공극양과 공극의 크기가 줄어든 것을 알 수 있다. 공극 20nm~100nm사이에 분포하며 이는 주로 모세관 공극으로 사료된다. 이는 C-S-H의 양이 촉진제의 함유량에 따라 증가하여 모세관 공극의 크기가 감소하는 것으로 사료된다.

표 4는 물시멘트비 20%, 양생시간 8시간 시험체의 수화생성물 분석을 위한 SEM(10,000배 확대) 사진을 나타낸다. 경화촉진제를 사용하지 않은 시험체의 경우, 시멘트 수화반응 초기의 수화생성물인 Ettringite 결정체와 Ettringite가 결합된 Monosulfate가 나타나 있는 것을 볼 수 있다. 그러나, 경화촉진제를 사용한 시험체에서는 C3S의 수화 생성물인 C-S-H의 수화 결정물들이 대량으로 생성된 것을 확인 할 수 있다. 따라서, 경화촉진제 사용에 따른 시험체의 조기강도 발현은 C3S와 물이 수화반응을 하면서 생성되는 C-S-H의 생성을 촉진시키는 것을 알 수 있었다.

표 4. SEM에 의한 수화생성물 분석 (W/C 20%, 재령8시간)

M-20-0.0	M-20-1.0
M-20-1.5	M-20-2.0

## 5. 결론

경화촉진제의 사용량이 증가하면 재령12시간까지의 조기강도 발현 속도는 높지만 재령 12시간~24시간 까지는 경화촉진제 사용량과 상관없이 비슷한 강도를 나타내었다. 또한 W/C가 낮을수록 시멘트량이 많아져 강도가 높아지는 것도 있지만 경화촉진제

의 작용으로 강도 발현 속도가 빨랐으며 프리캐스트 콘크리트제작을 위한 경화촉진제의 함유량은 W/C20%는 2%, W/C30%는 1%가 적정 사용량인것으로 사료된다.

## 감사의 글

본 연구는 국토해양기술연구개발사업의 일환인 첨단도시개발사업(12첨단도시C19)연구비 지원에 의한 결과의 일부이다.

## 참 고 문 헌

1. Corradi, M., Khurana, R., Magarotto, R., and Torresan, I., "Zero Energy System: An Innovative Approach for Rationalized Precast Concrete Production," Proceedings of the 17th Intl. Congress of Precast Industry, Istanbul, Turkey, May, pp.1~4, 2002.8