

조강시멘트와 경화촉진제가 압축강도에 미치는 영향에 대한 실험적 연구

Study on the Strength Development of cement paste using High-Early-Strength Cement and Hardening Accelerator

민 태 범* 조 인 성** 이 한 승***
Min, Tae-Beom Jo, In-Seong Lee, Han-Seung

Abstract

In order to develop concrete generating compressive strength of 15MPa~30MPa aging for 6~12 hours in the room temperature curing, Hardening accelerator containing Ca^{2+} mixed with rapid hardening portland cement containing C_3S in quantity. The result was that the more additive contents of Hardening accelerator is, the more greatly early compressive strength was improved. That's because the composition of $Ca(OH)_2$ was mass-produced at early-ages.

키 워 드 : 경화촉진제, 조강시멘트, 미세분석
Keywords : Hardening accelerator, High early strength cement, Microanalysis

1. 서 론

본 연구에서는 6~12시간내에 상온 양생으로 15~30MPa의 압축강도를 발현하는 초조강 콘크리트를 개발하는 것을 목적으로 C_3S 를 지극하는 경화촉진제의 성능평가 및 미세화학 분석을 통하여 경화촉진제의 압축강도성능을 검증하는 것이 목적이다.

2. 실험개요

본 연구는 초조강 페이스트에 혼입된 경화촉진제 촉진 성능을 고찰하고 이를 바탕으로 촉진제 성능검증을 목적으로 페이스트 시편체를 제작하여 실험을 실시하였다. 또한 경화촉진제의 조강성 성능검증을 위해 시편체의 양생재령은 2, 4, 6, 12시간으로 설정하였으며 시멘트 수화초기에 생성되는 시멘트 수화물을 측정하기위하여 TG/DTA시험기를 이용하여 $Ca(OH)_2$ 의 양을 재령별로 측정하였으며 경화촉진제 사용량에 따라 공극량 측정실험과 미소수화열 실험을 실시하여 압축강도와 비교 실험을 실시하였다.

표 1. 시멘트 페이스트 배합

Specimen	W/C	weight(kg/4L)		AD (C×%)	HA (C×%)
		W	C		
HA-OPC-0	20%	0.8	4	2%	0%
HA-3J-0					0%
HA-3J-1					1%
HA-3J-3					3%

3. 실험결과

그림 1은 W/C비와 경화촉진제 첨가량에 따른 시멘트 페이스트 zero flow 값을 나타낸다. 경화촉진제의 함유량이 증가함에 따라 Zero Flow 값은 증가하는 것을 알 수 있다. 이는 경화촉진제의 성분 중 유동화제 성분이 포함되어 있기 때문으로 사료되며 3종시멘트가 일반

* 한양대학교 건축공학과 박사과정
** (주)케미콘 기술연구소 연구소장
*** 한양대학교 건축학부 교수, 교신저자(ercleehs@hanyang.ac.kr)

1종시멘트보다 유동성이 저하되는 이유는 3종시멘트의 분말도의 증가 때문인 것으로 판단된다. 그림 2는 경화촉진제의 사용량에 따른 응결시간을 나타낸 것이다. 경화촉진제 3%첨가 실험체에서 초결 및 응결시간이 가장 빨랐으며 경화 촉진제가 첨가되지 않은 실험체와는 초결 50분, 종결 125분 차이를 나타낸다. 또한 그림 3은 경화촉진제의 소요량에 따른 압축강도 실험결과를 나타낸 것이다. 실험 결과 경화촉진제의 사용량 및 재령에 따라 압축강도가 높아지는 것으로 나타났으며 경화촉진제의 촉진 성능은 HA-3J-1 및 HA-3J-3 시험체에서 현저하게 나타났다. 이는, 응결실험에서 경화촉진제 사용에 의해 초결 이후 급격하게 수화반응이 일어나는 것과 초기의 수산화칼슘의 생성이 강도에 영향을 미치는 것으로 판단된다.

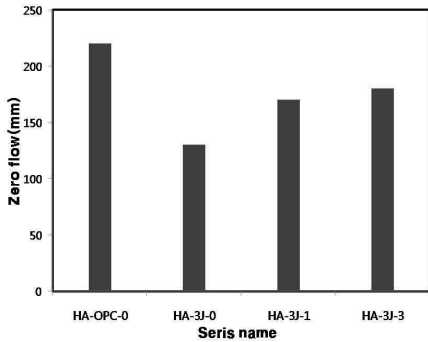


그림 1. W/C비와 촉진제 첨가량에 따른 페이스트 zero flow

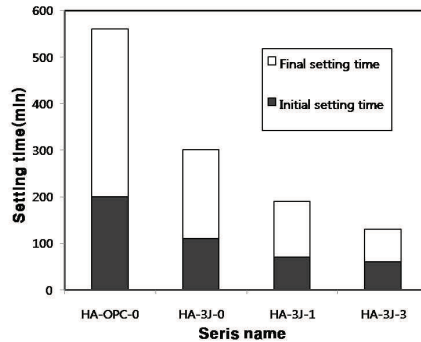


그림 2. 촉진제 첨가량과 응결시간

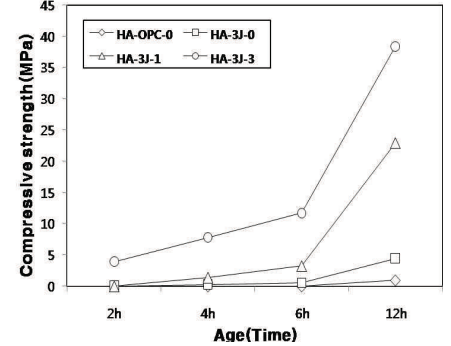


그림 3. 촉진제 첨가량에 따른 압축강도

그림 4는 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 생성량을 평가한 결과이다. 실험결과 경화촉진제 사용량이 증가 할수록 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 생성량이 초기 재령부터 높게 나타나는 것을 알 수 있다. 이는 경화촉진제 첨가량이 증가할수록 Ca이온의 포화도가 증가하기 때문에 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 생성량도 증가하는 것으로 판단된다. 그림5는 촉진제 함유량에 따른 공극size를 나타낸 것이다. 경화촉진제를 사용한 시험체의 공극은 20nm~100nm 사이에 분포하며 이는 주로 모세관 공극으로 사료되며 일반 OPC 공극의 영역대는 180nm~370nm에 존재함으로 일반 기포라고 사료된다. 따라서 경화 촉진제를 사용한 실험체에서는 모세관 공극의 크기가 감소하는 것을 나타내며 이는 C_3S 의 수화 생성물이 C-S-H 생성에 따라 모세관 공극의 크기가 감소하며 강도가 증가하는 것으로 판단된다.

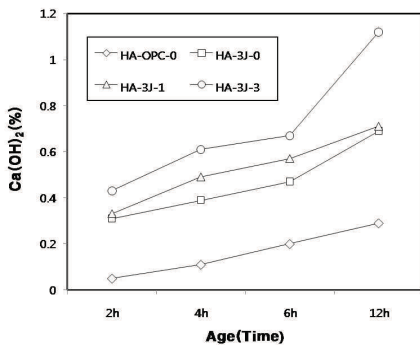


그림 4. 촉진제 첨가량에 따른 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 생성량

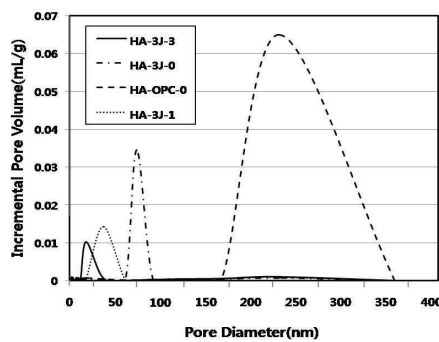


그림 5. 촉진제 첨가량에 따른 공극의 분포

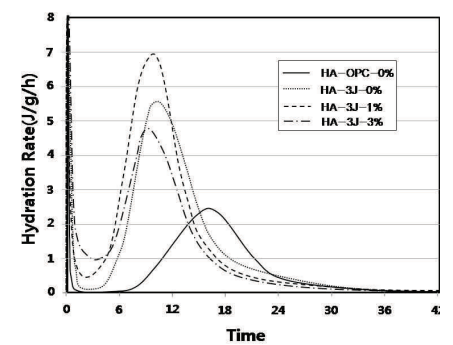


그림 6. 촉진제 첨가량에 따른 미소수화열

그림 6은 촉진제 첨가량에 따라 수화속도를 나타낸 그림이다. 수화속도 실험결과 OPC에 비하여 조강시멘트의 경우 초기 수화속도가 빠르며 특히 C_3S 의 함량과 관계가 있는 두 번째 피크가 빠른 시간에 나타나며 높게 나타나는 것을 알 수가 있다. 이는 조강시멘트가 수화열이 낮은 C_2S 보다 수화열이 높은 C_3S 의 함량이 높기 때문에 이와 같은 결과가 나타난 것으로 판단된다. 촉진제를 1, 3% 혼입하였을 경우에는 조강시멘트에 비해 1차 피크점이 사라지기 전 이미 2차 피크점을 향해 수화속도가 증가하는 것을 알 수 있었다. 이는 촉진제를 첨가함에 따라 C_3S 의 수화속도를 촉진 시킨 결과로 판단 할 수 있다. 따라서 수화속도 측정 실험을 통하여 본 연구의 핵심인 촉진제의 혼입을 통하여 C_3S 의 수화를 촉진시켜 조기에 강도발현을 이끌어내는 효과를 확인하였다.

4. 결 론

연구결과 경화촉진제는 시멘트와의 수화반응시 Ca이온의 포화도를 높여 초기에 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 를 생성하여 초기강도에 영향을 미치며 이러한 경화촉진제는 2시간이후부터 강도발현의 원인이 되는 C_3S 반응을 촉진시키는 것을 미소수화열 측정 실험을 통해 검증하였다. 공극량 실험결과에서는 C_3S 의 수화생성물이 모세관공극을 채워 공극률 또한 빠른 시간내에 감소되는 것을 확인 할 수 있었다. 따라서 본 연구에서 사용된 경화촉진제는 초기강도발현 시키는 것에 대해 효과적인 것으로 판단된다.

Acknowledgement

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

참 고 문 헌

1. 민태범, 증기양생이 필요 없는 프리캐스트 콘크리트 개발에 관한 기초적 연구, 대한건축학회논문집 구조계, 제28권 제12호, pp.61~68, 2012.2