

칼슘계 경화촉진제를 사용한 프리캐스트 콘크리트의 수축특성에 관한 연구

A study on the Shrinkage Properties of precast concrete using Calcium hardening accelerator

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

Abstract

On this study, initial crack index was evaluated by performing FEM analysis to crack propagation from hydration heat for development of precast concrete. On the result, as increased the usage of hardening accelerator, initial compressive strength were improved and setting time also was shortened. Additionally, central temperature of concrete was increased, the reaching time for the highest temperature could be shortened. By the result to assess crack index, there was no problem about crack despite of growth of initial high hydration heating. This result guessed because of small size element when analyzed trough FEM, realization for mass concrete's crack index should be performed.

키 워 드 : 초조강 콘크리트, 경화촉진제, 건조수축, 자기수축
 Keywords : Super high early strength concrete, Hardening accelerator, Drying shrinkage, Self shrinkage

1. 서 론

본 연구는 증기양생 없이 상온양생(20±2℃)에서 재령 6시간 이내 프리캐스트 콘크리트 거푸집 탈형강도인 10MPa 이상의 강도를 발현하는 프리캐스트 콘크리트개발을 위한 실험으로서, 경화촉진제 사용량에 따라 콘크리트의 물성 및 건조수축 및 자기수축평가를 통해 수축에 의한 균열에 대해 평가하였다.

2. 실험개요

콘크리트 배합은 표 1과 같으며 경화촉진제 사용량에 따른 콘크리트 특성을 평가하기 위하여 슬럼프 플로우 실험과 공기량 실험을 실시하였으며 촉진제의 혼입량에 따라 관입저항 시험을 통해 응결시간을 측정 하였다. 또한 단열온도 상승시험을 통하여 촉진제의 사용량에 따른 수화열 측정을 하였으며 건조수축 실험과 자기수축 실험을 통하여 수축 균열에 대하여 실험을 실시 하였다.

표 1. 실험 배합표

Specimen	W/C (%)	Unit weight(kg/m ³)				AD (C×%)	HA (C×%)
		W	C	S	G		
HA-0							0
HA-1.2	30	150	500	782	964	1.0	1.2
HA-1.6							1.6
HA-2.0							2.0

3. 실험결과

Figure 1은 경화촉진제 첨가량에 따른 Slump Flow 값과 Air content 결과를 나타낸 그래프이다. Slump Flow 실험 결과 고유동 콘크리트의 기준인 600±50의 범위에 만족하는 것으로 나타났다. 또한 경화촉진제의 사용량이 증가함에 따라 Slump Flow 값은 증가하는 것을 알 수 있다. 이는 경화촉진제의 성분 중 유동성을 증가시키는 Polycarboxylate 성분이 포함되어 있으므로 유동성이 증가하는 것으로 판단된다. 공기량 실험 결과 프리캐스트 콘크리트 생산시 기준으로 설정고 있는 3.0% 이하의 범위를 만족하는 것으로 나타났다. 이는 콘크리트 배합에서의 시멘트사용량이 높고 고강도·고유동인점을 감안하였을 때 일반 고강도 콘크리트와 유사한 공기량을 나타내는 것으로 사료된다. Figure 2는 경화촉진제의 사용량에 따른 응결시간을 나타낸 그림이다. 실험결과 경화촉진제 사용량이 증가할수록 초결과 종결시간이 감소하는 것으로 나타났다. 이는 앞선 선행연구[1]에 분석되어있는 Ca(OH)₂의 정량분석 실험결과와 본 실험을 비교 하였을 때 경화촉진제의 주성분인 칼슘이온의

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

수화반응 인해 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 의 급격한 증가로 응결시간이 단축되는 것으로 판단된다. Figure 3은 재령별 축진제 함유량에 따른 압축강도의 실험결과를 나타낸 것이다. 실험결과 축진제의 사용량이 시멘트 사용량대비 1.6%이상에서재령6시간이내 압축강도 10MPa를 나타내었으며 재령 1일 이후부터는 축진제의 사용유무에 상관없이 유사한 압축강도를 나타내었다.

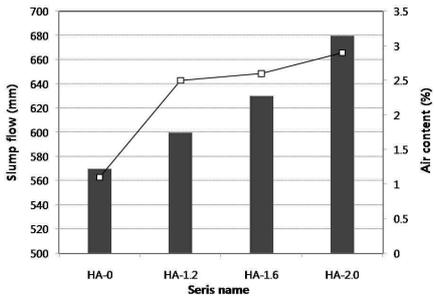


그림 1. 축진제 첨가량에 따른 유동성

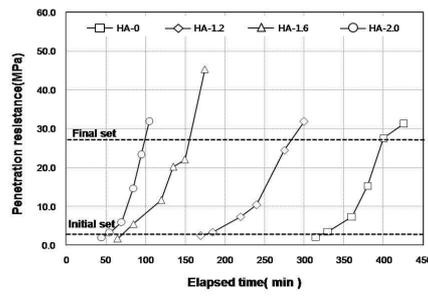


그림 2. 축진제 첨가량과 응결시간

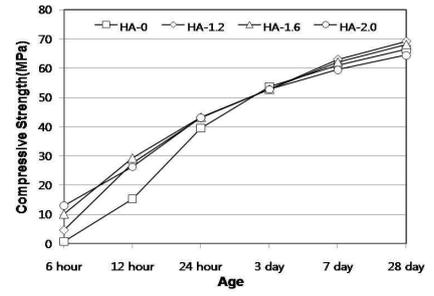


그림 3. 축진제 첨가량에 따른 압축강도 발전

그림4는 콘크리트의 간이단열온도상승 시험결과를 나타낸 것이다. 실험결과 경화축진제 사용량이 증가함에 따라 HA-0대비 최고온도를 나타내는 시간은 3~7시간 단축되며 10°C이상의 높은 수화열을 발생시키는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 경화축진제의 사용량이 증가할수록 수화 발열량과 수화속도는 증가함으로 응결시험의 초결 및 종결시간을 단축시키는 것으로 판단된다.

그림5와 그림6은 콘크리트의 건조수축과 자기수축의 길이변화 실험결과를 나타낸 것이다. 건조수축의 길이변화 시험결과, HA-A0의 최대 수축량은(-210×10⁻⁶)이며 경화축진제 사용량이 증가 할수록 수축량은 (-300×10⁻⁶) ~(-320×10⁻⁶)으로 증가하는 것으로 나타났다. 자기수축의 길이변화 시험결과는 경화축진제의 혼입량이 증가함에 따라 초기재령에서 급격한 수축을 나타냈다. C-A0의 최대 수축량은 약 (-386×10⁻⁶)으로 나타났으며 경화축진제의 사용량에 따라 HA-0대비 (-416×10⁻⁶)~(-445×10⁻⁶)의 범위에서 자기수축량을 나타내었다. 이는 경화축진제와 조강시멘트의 성분중 C3S 급격한 반응으로 인하여 나타나는 결과로 사료된다. 본 실험에서 실시한 건조수축 및 자기수축의 최대 수축량의 합은 (-595.7×10⁻⁶)~(-754.5×10⁻⁶)의 범위로 일본 건축학회 JASS 5에서 제시하는 수축균열 저감치(-800×10⁻⁶)보다 이하로 나타났기 때문에 수축균열 저감 목표치를 만족하였으므로 경화축진제의 혼입에 따라 수축 균열로 인한 내구성 문제는 발생하지 않을 것으로 사료된다.

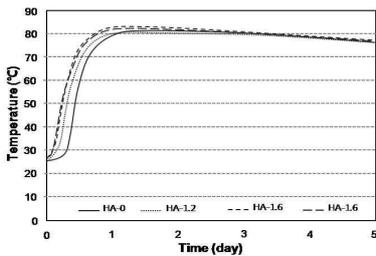


그림 4. 축진제 첨가량에 단열온도 상승시험결과

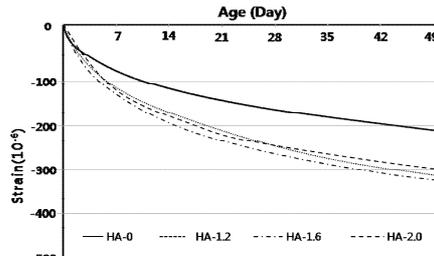


그림 5. 축진제 첨가량에 따른 건조수축 곡선

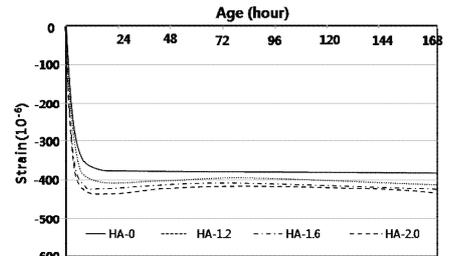


그림 6. 축진제 첨가량에 따른 자기수축 곡선

4. 결 론

갈수록 경화축진제의 사용량이 증가 할수록 응결시간이 빨라지며 수화열 발생이 높게 발생하는 것으로 나타났다. 따라서 건조수축 및 자기수축 실험을 실시한 결과 일본 건축학회 JASS 5에서 제시하는 수축균열 저감치(-800×10⁻⁶)보다 이하로 나타났기 때문에 수축균열 저감 목표치를 만족하였으므로 경화축진제의 혼입에 따라 수축 균열로 인한 내구성 문제는 발생하지 않을 것으로 판단된다.

감사의 글

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