

응결조절제를 첨가한 초속경 시멘트 페이스트의 유동 특성

Rheological Properties of Super Early Hardening Cement Paste Using Set Controlling Agent

양승규* 엄태선** 이종열***
Seung-Kyu Yang Tai-Sun Um Jong-Ryul Lee

ABSTRACT

The super early hardening cement is widely used for reducing construction period. But there are some problems with handling the cement because the loss of workability is so big to control.

In this study, the fluidity properties of super early hardening cement paste was evaluated at early age of hydration by using gel-time determination method. 4 types of set controlling agent were selected and combinations of them were used for gel-time test.

As a result, the gel-time of super early hardening cement paste was extended up to 20 minutes by using the combinations of several types set controlling agent.

1. 서론

초속경 시멘트는 긴급 공사, 보수공사, 2차 제품의 조기 탈형 등 공기단축을 요하는 곳에 유용하게 사용되고 있다. 그러나 초속경 시멘트는 성형 혹은 타설 등의 작업을 할 경우에는 칼슘 알루미늄 에트리팅이트 결정 생성에 따라 급결성 또는 순결성을 나타내어, 유동성이 급격히 저하하여 현장에서 작업시간의 확보에 어려움이 있다. 석고 등에 의해 응결 시간을 지연시키는 방법이 있으나, 이때의 지연 시간은 수분정도로 작업 시간을 확보하기에는 충분하지 못하다.

이러한 결점을 해결하기 위해서 석고 외에 옥시카르본산 혹은 이들 염 등의 각종 유기산(염)을 사용하는 방법이 제안되고 있으나, 이들 조절제는 응결시간을 수십 분에서 1시간 이상 지연시키기 위해서는 다량의 사용이 불가피하다. 이와 같이 응결조절제를 다량 사용할 경우 페이스트의 점성 증가 등의 이상 현상이 일어날 가능성이 있고, 응결시간은 지연시킬 수 있다고 하더라도 2시간, 6시간, 1일에서의 강도 발현이 저하하는 단점과 함께 응결시간 지연의 재현성에도 문제가 있는 것이 현실이다.

이러한 응결 지연 방법은 단순히 초속경 시멘트의 응결을 지연시키는 것으로 응결이 지연되는 과정에서 페이스트의 유동 특성 및 점성은 그 특성을 잃어버린다.

* 정회원, 쌍용양회공업(주) 기술연구소 콘크리트연구실 주임연구원

** 정회원, 쌍용양회공업(주) 기술연구소 콘크리트연구실 실장, 공학박사

*** 정회원, 쌍용양회공업(주) 기술연구소 소장

따라서 초속경 시멘트 및 콘크리트의 성형 및 타설시 응결시간을 조절하는 방법에는 제한적 요소가 있어 시공 범위의 확대가 곤란하다는 문제점이 있다. 특히 프리팩트 콘크리트에의 적용은 고유동성 뿐만 아니라, 가사시간이 확보되어 부재의 구석까지 스며들어야 한다.

본 연구는 상기와 같은 문제점을 해소하기 위하여 기존의 응결지연 방법을 개선함으로써, 프리팩트 콘크리트에 적용시 가사시간을 확보하여, 안전하고 효율성 있는 타설 작업이 이루어지도록 20분 이상 유동성 유지가 가능한 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

2. 실험개요

응결조절제는 예비실험을 통해 최종적으로 4종류(RBM-1~RBM-4)를 선정하였으며, 단독 혹은 조합하여 유동성 유지 성능을 평가하였다. 시멘트 페이스트는 경화되기 전까지 gel상태로 존재하는데, gel상태로 존재하는 시간(gel-time)을 측정하여 응결조절제의 성능을 평가·분석하였다.

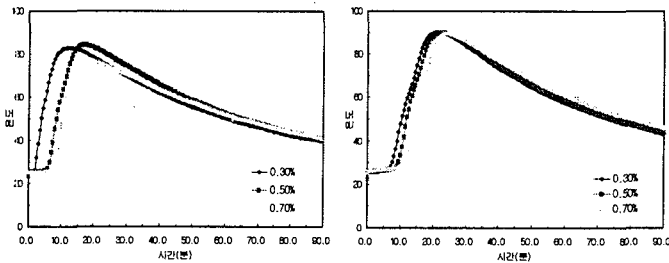
또한 gel-time을 통하여 최적의 재료로 선정된 응결조절제의 유동성 유지성능을 평가하기 위하여 점도 및 유동 특성을 측정하는 장치인 레오메타를 이용하여 소성점도를 측정하였다.

초속경 시멘트페이스트는 물-시멘트비 45%, 나프탈렌계 고성능감수제를 시멘트 대비 0.5%를 첨가하여 혼합하였다.

3. 결과 및 고찰

<그림 1>은 RBM-1+RBM-2를 첨가량별로 1:1 및 2:1로 배합하여 측정한 결과이다. 최고온도 도달 시간 측면에서는 양호한 결과를 보이나, 첨가량에 따른 gel-time의 시간에 차이가 없고, 약 10분 정도의 가사시간 확보가 가능한 것으로 나타났다.

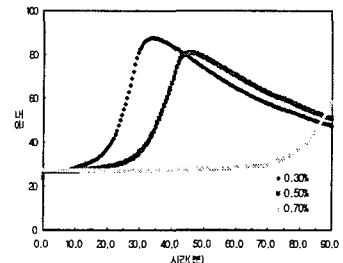
<그림 2>는 RBM-3+RBM-2의 2:1 배합을 첨가량별로 측정한 결과이다. 가사시간은 만족하나, 첨가량의 변화에 따라 큰 차이를 보이고 있어, 과다 지연 및 강도 저하의 가능성이 내재한다.



(a) 1:1

(b) 2:1

<그림 1> RBM-1과 RBM-2 조합



1:2

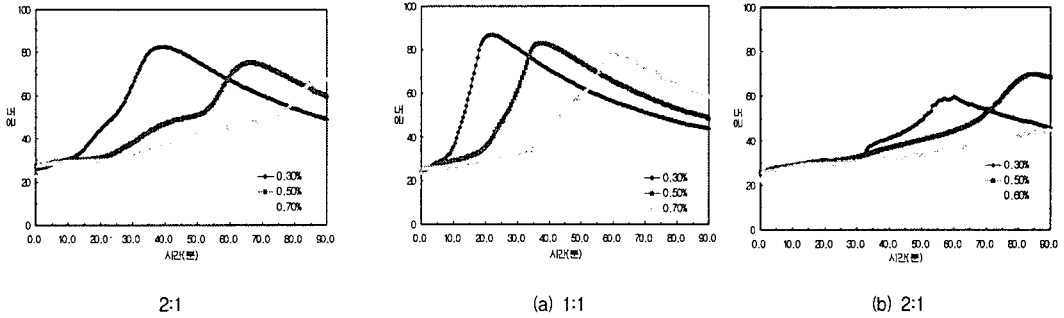
<그림 2> RBM-2와 RBM-3 조합

<그림 3>은 RBM-1과 RBM-3를 2:1로 배합 각 첨가량별 gel-time을 측정한 결과이다. 이 조합은 첨가량별 최고온도 도달 시간 및 작업성 확보에 필요한 gel-time 모두 목표값에 미달하는 결과로 나타났다.

<그림 4>는 RBM-3+RBM-4를 1:1 및 2:1로 배합하여 첨가량별 측정 결과이다. 1:1 배합의 경우, 작업성 확보측면의 gel-time은 어느 정도 만족하나, 최고온도 도달 시간이 늦어 강도 저하가 발생할 가능성이 있다. 2:1 배합의 경우는 첨가량이 낮은 0.3%의 경우에도 최고온도 및 도달 시간이 늦어 응결지연 및 강도저하가 예상된다.

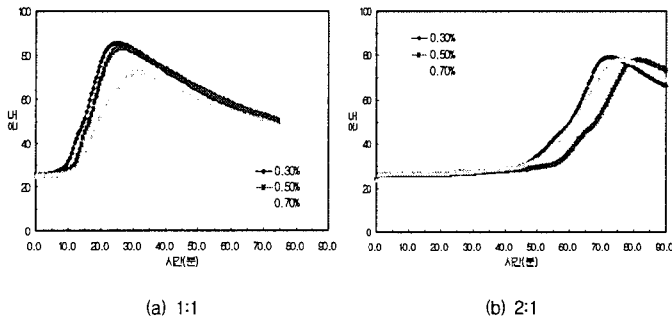
<그림 5>는 RBM-1과 RBM-4를 1:1, 2:1로 배합하여 각 첨가별로 gel-time을 측정한 결과이다.

RBM-1과 RBM-4의 배합은 배합비 및 첨가량에 관계없이 gel-time이 10분에서 40분까지 측정되고, 최고온도 도달시간도 짧아 응결지연 및 압축강도에 미치는 영향도 적을 것으로 판단된다. 따라서 점성을 측정하기 위한 응결조절제로 RBM-1과 RBM-4(1:1) 배합을 선정하여 실험하였다.



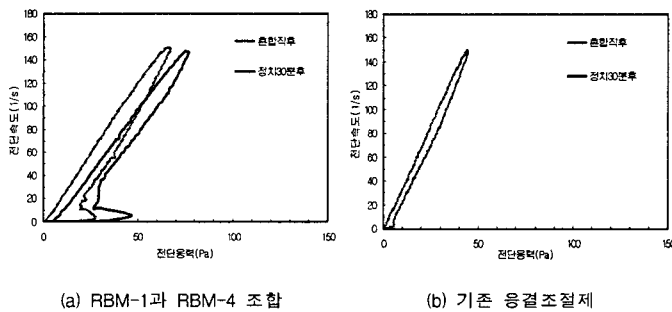
<그림 3> RBM-1과 RBM-3 조합

<그림 4> RBM-3와 RBM-4 조합



<그림 5> RBM-1과 RBM-4 조합

RBM-1과 RBM-4(1:1) 배합과 기존에 가장 널리 사용되고 있는 응결조절제를 선택하여 각각의 유동특성과 소성점도를 측정하였으며, 그 결과를 <그림 6> 및 <표 1>에 나타내었다.



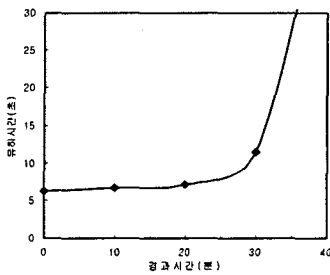
<그림 6> 응결조절제를 첨가한 초속경 시멘트페이스트의 유동특성

<표 1> 소성점도 측정결과

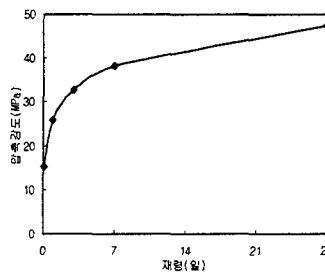
구 분	소성점도(Pa·s)				
	5분	10분	15분	20분	30분
기존 응결조절제	3.6	4.2	-	-	-
RBM-1과 RBM-4조합	3.0	3.5	3.6	3.9	5.3

유동특성 결과인 <그림 6>에서 알 수 있듯이 유동특성이 본 실험에 사용한 응결조절제는 약 30분 후에도 혼합 직후 측정된 특성과 유사하게 나타났으나, 기존 응결조절제는 30분에는 측정이 불가능할 정도로 유동 특성을 잃어버렸다. 소성점도 측정 결과, 기존 응결조절제를 사용하면 약 10분 후에는 측정 불가능할 정도로 경화되었고, 본 실험에서 RBM-1과 RBM-4 조합은 약 30분까지 점도가 유지되는 것을 알 수 있었다. 이 결과는 gel-time 측정 결과와도 일치한다.

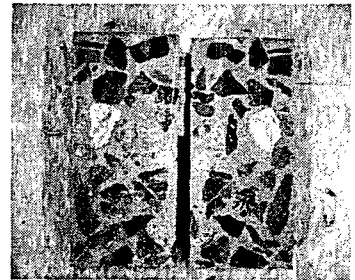
프리팩트 콘크리트 제조를 위한 모르타르 배합을 선정하여 유동성을 평가하였으며, 주입 후 프리팩트 콘크리트의 압축강도를 측정하였다. 모르타르의 유동성은 혼합 후 20분까지 양호한 유동성 유지성을 보였으며, 콘크리트의 압축강도는 2시간에 15MPa의 양호한 결과를 얻을 수 있었다. <그림 9>는 모르타르의 주입 후 콘크리트 시편의 파단면 사진으로 양호한 충전특성을 보였다.



<그림 7> 모르타르 유동성



<그림 8> 콘크리트 압축강도



<그림 9> 모르타르 충전상태

4. 결론

- 1) 응결조절제의 조합을 통하여 초속경 시멘트페이스트의 gel-time을 20분 이상 유지할 수 있었다.
- 2) 응결조절제 및 초속경 시멘트를 적용한 모르타르의 유동성은 loss 없이 약 20분을 유지하였다.
- 3) 모르타르를 주입하여 프리팩트 콘크리트를 제조하였으며, 매우 양호한 주입성을 확인할 수 있었다.

참고문헌

1. 原田日秋, “セメントの凝結時間の制御に関する研究”, セメント・コンクリート, No. 626, 1999, pp. 52~57.
2. 三宅信雄, 中川光次, 幾貝 純, “カルシウム-アルミニウムセメント混和材の基礎性狀”, セメント技術年報, Vol.29, 1975, pp. 121~126.
3. 양승규, 이웅중, 정연식, 이순기, 이종열, “혼화 재료가 첨가된 초미립자 시멘트의 레올로지 특성 연구”, 한국콘크리트학회 학술발표회 논문집, Vol 13, No 1, 2001, pp. 301~306.
4. 정연식, “시멘트 콘크리트의 충전 특성과 Rheology”, 콘크리트학회지, Vol 9, No 2, 1997, pp. 55~61.
5. R. HOGG, “Flocculation phenomena in fine particle dispersions”, Advance in Ceramics, Vol 21, 1987, pp. 467~481.