

조기강도 발현을 위한 혼화제별 시멘트 콘크리트의 특성 연구

A Study on the Characteristics of Cement, Concrete from kinds of Admixture for Rapid Hardening.

이원암* 엄태선** 이종열***
Lee, Won-Am Um, Tai-Sun Lee, Jong-Ryul

ABSTRACT

The use of admixture(PNS type & PC type) played a important role in the development of rapid hardening concrete.

This paper presents an experimental study on the effect of a kinds of admixture on hydration characteristics, mini slump, apparent viscosity of fresh cement pastes and workability, compressive strength properties of hardened concrete for rapid hardening.

Measurements have showed that their characteristics depends on the type of the admixture.

As a result, the excellent quality was obtained, also being widely used for the construction field is expected.

1. 서론

콘크리트는 골재를 시멘트 및 물에 의하여 결합시킨 재료이다. 이러한 구성재료중 강도발현에 가장 영향을 미치는 물-시멘트비를 고려하여 건설사에서는 요구되는 성능에 알맞게 배합설계를 적용하고 있다. 최근, 콘크리트의 조기 강도화에 대한 관심이 고조되고 있는데, 이에 영향을 미치는 재료적 요소로는 골재, 시멘트, 혼화제 및 혼화제를 꼽을 수 있으며 이중, 특히 혼화제에 대한 시멘트와의 기초물성 검토가 필요하다.

한편, 건설현장에서는 조기강도 발현을 위해서 결합재량을 증가하거나 양생을 특수하게 하는 경우는 있으나 작업성 및 경제성 저하의 이유로 기피하고 있다. 일반적으로 건설사에서는 단가 상승을 최소한으로 한 조기강도 발현형 혼화제를 특제품으로 제작하여 조기 강도화를 실현하고 있다.

따라서, 본 논문에서는 현재 널리 사용되고 있는 나프탈렌계(이하 PNS계라 칭함)와 향후, 사용량이 증가될 것으로 예상되는 폴리카본산계(이하 PC계라 칭함) 혼화제에 대하여 비교실험을 실시하였다.

PNS계 및 PC계 혼화제 사용에 따른 시멘트의 수화특성 및 유동성과 콘크리트의 작업성 및 압축강도 특성을 비교검토함으로써 조기강도 발현을 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

* 정희원, 쌍용양회공업(주) 기술연구소 콘크리트연구실 주임연구원

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

*** 정희원, 쌍용양회공업(주) 기술연구소 소장

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 우선적으로, 조기강도 발현성을 가진 혼화제의 종류(PNS계 및 PC계)에 따른 시멘트의 수화특성을 전자현미경 관찰 및 미소수화열 분석으로 실시하였고, 유동성 분석을 위하여 Mini slump 및 걸보기 점도를 측정하였다.

콘크리트 특성평가에서는 굳지 않은 콘크리트에서, 슬럼프 및 공기량 경시변화를 살펴보고, 경화 콘크리트에서는 압축강도를 측정하여 시멘트-물비와의 상관성을 도출하였다.

2.2 사용재료

본 실험에 사용된 시멘트는 국내산 S사의 보통 포틀랜드시멘트(밀도: 3.15g/cm³)를 사용하였고, 골재로서 잔골재는 웅진산 바다모래(표건밀도: 2.60g/cm³), 굵은 골재는 공주산 25mm 쇄석(표건밀도: 2.65g/cm³)를 사용하였다. 또한, 혼화제로서 D사, K사의 나프탈렌계(PNS계) AE감수제 및 D사, T사의 폴리카본산계(PC계) 고성능AE감수제를 사용하였다.

2.3 실험방법

2.3.1 수화특성

전자현미경(SEM) 관찰을 위한 시멘트 페이스트 제작은 W/C = 0.4로 고정하였다.

혼화제를 사용하지 않은 기준 시편(이하 plain이라 함)과 입수된 혼화제(PNS계 및 PC계)에 시멘트 중량 대비 1%를 사용하여 비교, 평가하였다. 시편은 일정 크기로 분쇄한 다음 수화정지 시킨후 수화생성물(에트링자이트 외)을 관찰하였다.

미소수화열은 미소수화열량계를 사용하여 혼화제(PNS계 및 PC계)별 온도상승량을 측정하였다.

2.3.2 유동성

Mini slump를 측정하기 위한 시료는 W/C = 0.4, 혼화제는 시멘트 중량 대비 1%를 사용하였다. 믹서기를 사용하여 2분 믹싱→ 1분 정지→ 2분 믹싱후 미니슬럼프 콘(내경 50mm)에 페이스트를 넣고 콘을 제거한후 유동성이 상실되었을 때 2방향의 평균직경값을 구하였다.

걸보기 점도는 믹서기를 이용하여 충분히 혼합한후 점도가 비교적 안정화되는 시점인 혼합후 30초 경과시에 점도측정기(Brookfield LVF, U.S.A)를 이용하여 걸보기 점도를 측정하였다. 점도측정에는 #3 spindle을 사용하여 12rpm의 회전속도 조건에서 실시하였다.

2.3.3 콘크리트 특성

굳지 않은 콘크리트의 실험으로는 슬럼프는 KS F 2402, 공기량은 KS F 2421의 규정에 의거 실시하였다. 또한, 경화 콘크리트의 실험으로 압축강도는 Ø10×20cm 공시체를 각 재령별로 제작하여 계획된 재령에서 KS F 2405 규정에 의거 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 수화물 관찰 및 미소수화열 분석

전자현미경(SEM) 관찰은 전체적으로, plain 대비 혼화제를 사용한 시편의 초기 수화생성물의 크기

가 미세하고 균일하게 분포된 것이 관찰되었다.

plain 시편에서는 침상의 에트링자이트가 잘 발달되어 있고, 거대 수화물이 주로 관찰되었다.

혼화제 사용 시편에서는 혼화제에 의한 분산성 향상으로 시멘트 입자가 고르게 분포되어 반응이 진행된 것을 확인할 수 있었다.

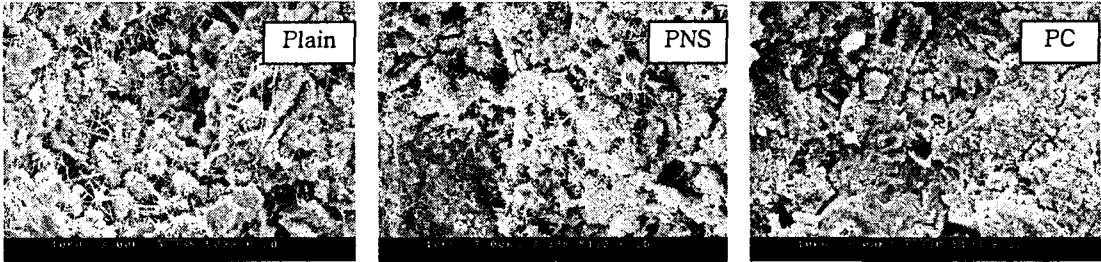


사진 1 혼화제별 전자현미경(SEM) 관찰

에트링자이트 결정형태는 Plain<PNS<PC 순으로 미세하게 발달하였다.

오른쪽 그림 1은 혼화제별 미소수화열을 평가한 결과로서, PC계 혼화제의 경우, 수화지연성이 다소 크게 나타났으나, 비교적 PNS계와 유사한 조기 수화발열 특성을 나타내고 있었다. 시멘트 페이스트의 수화특성으로 제한하여 살펴본다면 PNS계가 PC계보다 조기 강도 발현(재령 1일)에는 유리한 성질을 지닌 것으로 판단된다. 그러나, 일반적인 양생온도 20℃이상에서의 조기강도 발현은 수화발열속도보다 시멘트의 고른 분산에 의하여 영향을 미치는 것을 콘크리트 특성평가에서 확인할 수 있었다.

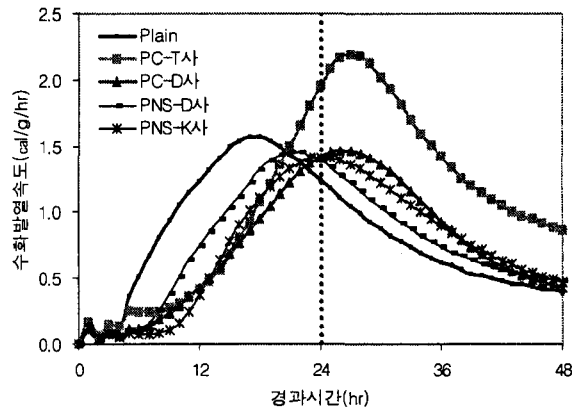


그림 1 혼화제별 미소수화발열속도

3.2 유동성 경시변화

Mini slump와 걸보기 점도 결과를 다음 표 1에 나타내었다.

표 1 혼화제별 유동성

구분	Mini slump (mm)		걸보기 점도 (cPs)		비고
	초기	30분	초기	30분	
Plain	108	97	2200	1600	-
PC계	242	233	730	510	PC-T사
	237	282	510	310	PC-D사
PNS계	233	183	510	620	PNS-D사
	177	158	730	560	PNS-K사

주로 정전기적 반발력에 의한 PNS계의 초기 유동성은 수화의 진행에 따라 저하되는 반면, PC계는 시멘트 입자의 2차 응집현상을 입체적 방해하고, 수화생성물에도 혼화제가 둘러쌓여 높은 분산효과를 나타내기 때문에 슬럼프 유지성능이 우수한 것으로 나타났다. 겔보기 점도에서는 Mini slump 결과와 대조적으로 슬럼프 손실에 반비례적인 점성 현상을 확인하였다.

3.3 콘크리트 작업성 및 압축강도 특성

콘크리트 작업성 평가결과, PNS계의 경우 상당한 슬럼프 손실율이 발생하였다. 그러나, PC계의 슬럼프 손실율은 거의 없는 반면, 30분 경과시 다소 공기량값이 증가되는 것을 관찰하였다.

PNS계 대비, PC계 사용 콘크리트의 조기강도 발현특성 평가결과, 시멘트량을 10% 절감하여 동일한 압축강도값을 달성되는 결과를 얻었다. 초기재령에서의 강도특성 분석결과, 다음 그림 2의 오른쪽에서와 같이 회귀식을 이용한 시멘트-물비와 압축강도와의 상관성을 도출하였다.

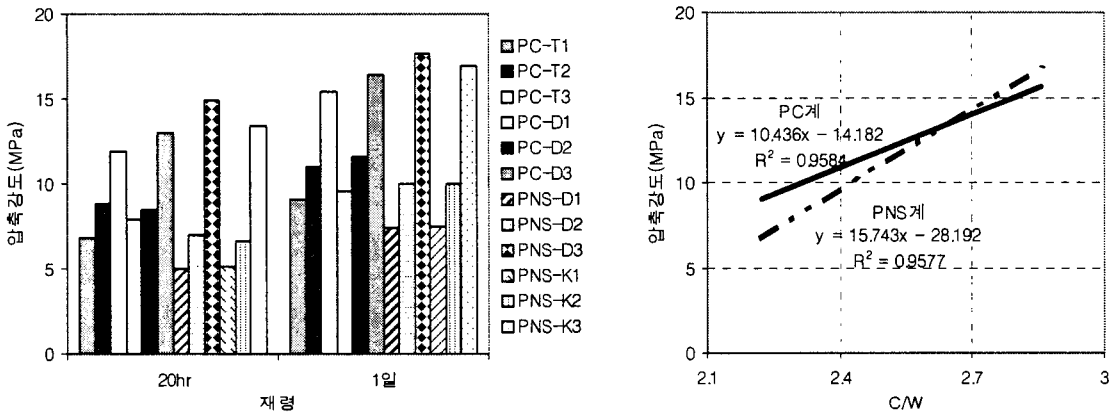


그림 2 콘크리트 조기강도 특성 및 C/W- f_c 상관성 도출

4. 결론

본 연구를 통하여 얻은 결론은 다음과 같다.

- 1) 수화물 관찰 및 미소수화열 분석결과, 혼화제 특성에 따른 수화물 생성차이를 확인하였다.
- 2) 유동성 경시변화에서는 PC계의 입체장애효과에 의한 우수한 슬럼프 유지성능을 확인하였다.
- 3) 콘크리트 특성으로 작업성 평가결과, PNS계의 높은 슬럼프 손실율을 확인하였고, PC계의 경우, 조기강도 발현 특성을 확인하였다. 시멘트-물비와 압축강도와의 상관성을 도출하여 초기재령에서의 강도특성을 분석하였다.

참고문헌

1. 박승범, 정상진, “혼화제의 사용현황 및 전망”, 한국콘크리트학회지, Vol.8, No.2, 1996.
2. I.Papayianni, G.Tsohos, N. Oikonomou, P. Mavria, “Influence of superplasticizer type and mix design parameters on the performance of them in concrete mixture”, Cement & Concrete Composites, Vol.27, 2005.