PC계 혼화제 사용 콘크리트의 조강특성 및 내구특성에 대한 연구

A Study on the Properties of High Early Strength & Durability of Concrete using PC Admixture

문수동* 이상호**
Moon, Su Dong Lee, Sang Ho

ABSTRACT

This study reports the properties of high early strength & durability of concrete using PC admixture. To apply these data to construction site, we did the lab tests. The target of this study is to accomplish early strength of concrete(5.0 MPa/18 hr), and we did the durability tests such as length change test, chloride ion penetration test, adiabatic test, etc. PC type was more excellent than PNS type admixture. According to these tests, we concluded that we can apply this type of PC admixture to the civil & construction site, and we can reduce the term of works and finally we can accomplish the economical construction.

1. 서론

건축 및 토목구조물 공사에 있어 시공기간의 단축을 위해서는 콘크리트 타설 후의 거푸집 탈형에 필요한 시간을 단축하기 위하여 콘크리트의 조기강도 발현성능을 극대화하는 것이 가장 유효한 방법 가운데 하나이며, 이를 위해서는 콘크리트 제조시 적절한 배합설계의 실시 이외에도 혼화제의 선택이 상당히 중요하다 할 수 있다. 혼화제의 주요 원료중 하나인 나프탈렌계 설폰산염 중합체는 콘크리트에 미치는 조강성능 등의 제반 물성이 큰 차이가 없으나, 폴리카르본산계 원액의 종류는 그 제법 및 물성이 매우 다르며, 특히 콘크리트의 조강성에 미치는 영향은 감수성능 및 유지성능을 고려한 콘크리트에서의 실험을 통한 확인이 필수적이다. 현재 시중에 판매되고 있는 나프탈렌계 혼화제의 경우, 콘크리트의 조강성 개선을 위해서, 혼화제 제조시 시멘트의 수화반응을 촉진하기 위한 무기계 급결제를 일정량 첨가하고 있다. 최근 골재 사정의 악화 등으로 인한 콘크리트의 작업성 악화와 슬럼프 로스 문제의 해결을 위하여 기존의 나프탈렌계 혼화제를 폴리카르본산계 혼화제로 대체하는 경향이 진행되고 있으며, 폴리카르본산계 혼화제의 경우, 사용되는 원액에 따라 조강성의 발현이 매우 다르므로 그 종류 및 선택에 있어 신중을 기해야 한다. 이에 본 실험은 여러 종류의 폴리카르본산계 혼화제를 사용한 콘크리트의 18시간내 5.0 MPa의 조기압축강도 발현시험을 실시하였고, 내구성 관련시험을 병행 실시하였다.

* 정회원. 대림산업(주) 용인기술연구소 차장
** 정회원. 대림산업(주) 용인기술연구소 과장

2. 시험개요

2.1 사용재료

시멘트는 S사의 1종 시멘트(NPC)를 사용하였으며, 이들의 화학성분 및 물리적 성질을 Table 1에 나타내었다. 잔골재는 세척사, 굵은 골재는 최대치수 25mm 쇄석을 사용하였으며. 화학혼화제는 나프탈렌계 일반/고성능 AE감수제 및 PC계 조강혼화제를 사용하였다.

Table 1. Chemical compositions and physical properties

	Composition (%)							specific	Blaine
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	Na_2O+K_2O	gravity	(㎠/g)
NPC	21.95	6.59	2.81	-	60.1	3.32	-	3.15	3,112

2.2 시험내용

조기강도 발현형 고성능 AE감수제를 사용한 조강 콘크리트에 대하여 목표압축강도 5.0MPa을 18시간 이내에 만족시키기 위하여 혼화제 종류에 따른 실내시험을 수행하였으며, 이에 따른 내구성시험도 병행하여 실시하였다. 콘크리트의 규격 및 배합비는 Table 2와 같다.

Table 2. Concrete mix ratio

규 격	W/C	s/a	Unit Weight(kg/m^3)					비 고
	(%)	(%)	W	C	S	G	AD	
25-27-18	42.9	48.0	163	380	853	928	2.85	

(1) 혼화제의 종류에 따른 압축강도

혼화제의 종류에 따른 압축강도의 변화를 확인하기 위하여 국내에서 유통되고 있는 나프탈렌계 일반/고성능 AE감수제 및 PC계 조강혼화제를 사용하여 조기강도의 발현 양상을 살펴보았다. 이 때 공시체의 양생온도는 13℃로 하여 시험을 실시하였고, 시험결과는 다음의 Table 3과 같다.

Table 3. 혼화제 종류에 따른 압축강도 시험결과

혼화제종류	W/C	s/a	C	압축강도(MPa)						비 고
	(%)	(%)	(kg)	18hr	24hr	32hr	3일	7일	28일	
NF	42.9	48.0	380	3.2	4.9	8.8	17.5	26.5	31.6	
PNS				4.1	8.3	10.2	21.5	28.4	32.5	
조강형PC				6.4	10.0	15.0	25.2	30.1	34.4	

※ NF : 나프탈렌계 일반 AE감수제, PNS : 나프탈렌계 고성능 AE감수제

상기의 13℃양생조건에서의 압축강도 시험결과에서 알 수 있듯이, 나프탈렌계 일반/고성능 AE감수제를 사용했을 때보다 조강형 PC계 고성능 AE감수제를 사용했을 때, 전반적으로 조기강도가 증진되는 경향을 확인할 수 있었다. 혼화제의 종류를 달리하여 압축강도 시험을 실시한 결과, 목표로 했던 18시간 이내에 5.0 MPa을 조강형 PC계 혼화제만 만족을 시키는 것으로 나타났다.

(2) 길이변화시험

재령에 따른 콘크리트의 길이변화 시험을 실시하였고, 그 결과는 Fig 1과 같다.

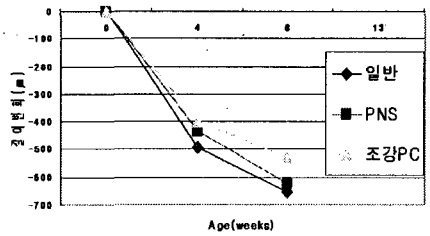
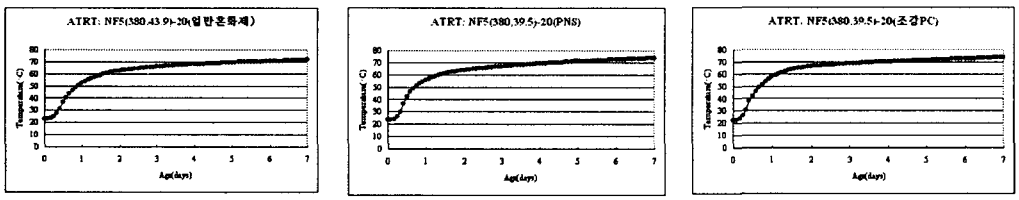


Fig 1. 재령에 따른 콘크리트의 길이변화 시험

길이변화시험을 실시한 결과, 나프탈렌계일반AE감수제 및 고성능AE감수제를 사용했을 때보다 PC계 조강혼화제를 사용하였을 경우 건조수축 길이변화량이 적음을 확인할 수 있었다. 이는 PC계 조강혼화제를 콘크리트에 혼입할 경우 콘크리트의 조직이 다른 혼화제사용 콘크리트에 비해 치밀해져(압축강도 및 SEM사진 참조) 건조수축길이변화에 우수한 저항성을 보이는 것으로 판단된다.

(3) 단열온도상승시험

콘크리트의 수화열 관련 단열온도 상승시험을 실시한 결과는 Fig 2와 같다.



K : 47.5℃, α : 0.862　　K : 48.0℃, α : 0.957　　K : 49.4℃, α : 1.074

Fig 2. 단열온도 상승 시험결과

단열온도 상승식은 $Q = K(1- e^{-\alpha t})$를 사용하였고, 혼화제 종류에 따른 단열온도 상승값들을 살펴본 결과, PC계 조강혼화제를 사용한 콘크리트의 경우 K는 49.4℃, α는 1.074로 나프탈렌계 혼화제에 비해 K(단열온도상승량)값이 약 1.5~2.0℃정도 높게 나타나고, α값은 0.12~0.25정도 높게 나타나 전반적으로 조기강도발현을 위해 초기 수화열 및 온도기울기가 약간 높게 형성되어 있는 것을 알 수 있다.

(4) 염소이온 침투저항성 시험

혼화제 종류에 따른 재령별 염소이온 침투저항성 시험을 ASTM C 1202에 따라 실시하였고, 시험결과는 Fig 3과 같다. PC계 조강혼화제사용 콘크리트가 나프탈렌계 혼화제 사용 콘크리트보다 장기적으로 염소이온 침투저항성이 더 뛰어난 것을 확인할 수 있었다.

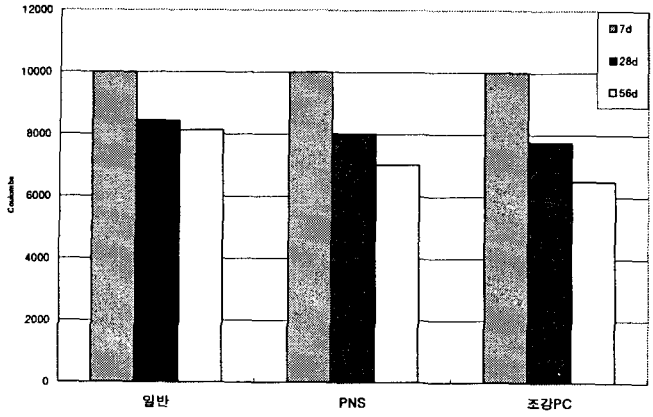
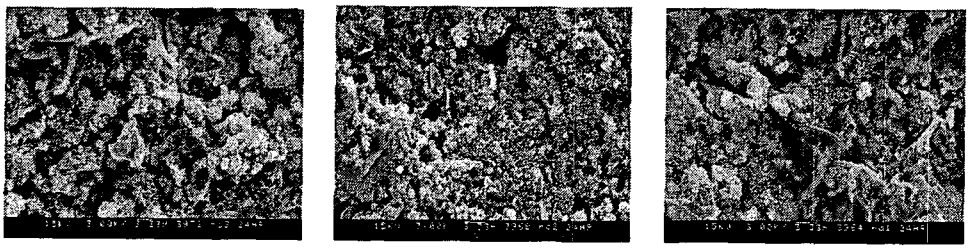


Fig 3. 염소이온 침투저항성 시험결과

(5) SEM 촬영

혼화제 종류에 따른 콘크리트 조기재령(24hr)의 콘크리트의 조직을 살펴보기 위하여 SEM 촬영에 의한 기기분석을 실시하였고(Fig 4), PC계 조강혼화제 사용콘크리트가 조기에 보다 치밀한 구조를 보임을 확인할 수 있었다.



일반 AE감수제 고성능AE감수제 PC계 조강혼화제

Fig 4. SEM 촬영결과(재령24hr)

3. 결론

거푸집 조기탈형에 의한 공기단축을 목적으로 기존에 진행되어진 PNS계의 한계를 극복하기 위하여 PC계 조강형 혼화제를 사용하여 시험을 실시한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 혼화제의 종류에 따른 압축강도 발현양상을 살펴본 결과 PNS에 비해 PC계 조강혼화제를 사용했을 때 조기 및 28일 압축강도가 빨히 발현되는 것을 확인할 수 있었다.

(2) 내구성 시험결과 PC계 조강혼화제 사용 콘크리트의 경우 다른 혼화제사용 콘크리트에 비해, 길이변화, 염소이온침투저항성 등에 뛰어난 성능을 발휘하는 것을 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

1. 황인성, 나운, 이승훈, 류현기, 한천구 : 콘크리트의 초기 강도발현에 미치는 혼화제의 영향, 콘크리트학회 춘계학술발표논문집, 제 15권 1호, pp. 741~744, 2003.5.
2. 윤섭, 황인성, 이승훈, 한천구 : 조기강도발현형 AE감수제를 사용한 콘크리트의 초기강도발현 및 내구특성, 구조물 진단학회 추계학술발표, 제 7권 2호. pp.203~208, 2003.11.