

조강포틀랜드시멘트를 사용한 한중콘크리트의 현장품질 특성

The On-site Quality Characteristics of the Cold Weather Concrete using High Early Strength Portland Cement

이 원 암* 엄 태 선** 유 재 상*** 이 증 열**** 강 지 훈*****
Lee, Won Am Um, Tae Sun Ryu, Jae Sang Lee, Jong Ryul Kang, Ji Hun

ABSTRACT

The cement can be influenced by the temperature. Especially, when it is cold weather, it causes some problems in such properties as mixing, placing and curing of concrete. According to the Concrete Standard Specification(2003), in case of the average daily outdoor temperature below 4°C, it recommends to use the cold weather concrete.

In this research, the on-site quality characteristics of the cold weather concrete using high early strength portland cement(Type III cement) were studied.

As a result, the cold weather concrete using high early strength portland cement can obtain its excellent properties and benefit the cost of construction.

1. 서론

한중콘크리트는 콘크리트 시공법의 하나로써, 특히 저온의 환경하에 시공하는 콘크리트를 말한다. 시멘트를 표준 온도에 가까운 시기에 시공하는 것이 바람직하지만, 표준 온도보다 낮은 온도에서 사용할 경우에는 시멘트에 대한 저온의 영향을 파악하여 대처하는 방법이 필요하다.

한중콘크리트에 있어서 소요의 압축강도를 얻기까지 초기동해를 받지 않도록 초기양생이 매우 중요 한데, 왜냐하면 콘크리트가 초기동해를 받으면 그 후 양생을 계속하더라도 강도의 증진 및 내구성이 떨어지기 때문이다.

콘크리트표준시방서(2003)에는 “하루의 평균기온이 4°C 이하가 되는 기상조건 하에서는 응결경화반 응이 몹시 지연되어, 밤중이나 새벽뿐만 아니라 낮에도 콘크리트가 동결할 염려가 있으므로 한중콘크 리트로서 시공해야 한다.”라고 규정되어 있다.

본 발표내용은 대전 T-아파트 시공현장에 조강포틀랜드시멘트 및 AE콘크리트를 사용한 한중콘크 리트의 현장적용 품질 특성을 도출한 결과이다.

이를 위하여 현장적용한 후 재령별 압축강도 및 적산온도의 모니터링을 통하여 거푸집 해체시기를 확인하고자 하였다. 또한, 적산온도 및 양생방법별 압축강도와의 상관성을 구하여 향후 한중콘크리트 의 현장품질관리 자료로 활용하고자 한다.

* 정회원, 쌍용양회공업(주)기술연구소 콘크리트연구실 주임연구원

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

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

**** 정회원, 쌍용양회공업(주)기술연구소 소장

***** 정회원, 쌍용건설(주)기술개발부 기술팀 대리

2. 실험계획 및 방법

2.1 현장적용 개요

한중콘크리트 현장적용 품질특성을 평가하기 위하여 보통포틀랜드시멘트(1종)와 조강포틀랜드시멘트(3종)를 사용하였다. 본 현장에는 설계기준강도 27MPa를 적용하였으며 현장적용 추진현황을 요약하면 다음표와 같다.

표 1 현장적용 추진현황 요약

구분	타설일	외기 (최고/최저/평균)	시멘트 종류	위치	소요량 (m ³)	타설시간	총소요시간 (h)
1차	2/10	6.6/-7.1/-0.4	1종	405-1	339	07:00~15:00	8
			3종	406-2	129	15:00~19:00	4
2차	3/9	14.1/-1.1/6.2	3종	409-4	110	14:00~17:00	3

2.2 시험 방법

동절기 한중콘크리트의 품질특성을 살펴보고자 S건설이 시공중인 대덕 T-아파트현장의 실제 구조물에 적용하였다.

현장적용은 저온도하에서의 시공으로 인한 초기동해방지를 위한 압축강도 5MPa 발현 및 측면거푸집 해체시기의 단축을 목적으로 실시하였으며, 이에 대한 모니터링실시방법은 현장에서 공시체를 채취한후 재령별, 양생별로 압축강도를 확인하고, 동시에 적산온도(maturity)를 구하여 압축강도와외 상관성을 도출하고자 하였다.

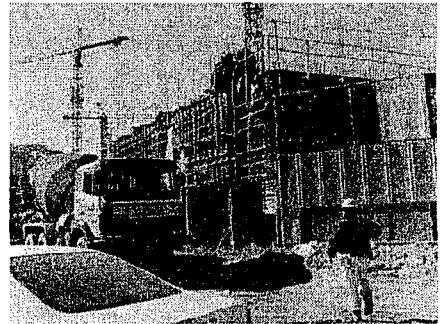


그림 1 현장적용 전경

3. 실험결과 및 고찰

3.1 시멘트 종류에 따른 강도발현 특성

시멘트 각각에 대하여 공시체를 2회 채취하였으며 표준양생을 위하여 공시체를 양생실로 운반하여 재령별 압축강도를 측정하였다.

오른쪽 그림에서와 같이, 타설후 3일간은 하루의 평균기온이 4℃이하로 열악한 상황이었으므로 열풍기를 사용하여 급열양생하고 양생포를 덮어서 양생을 실시하였으며, 2일후에는 양생포를 제거하였고 3일후에는 현장 콘크리트 품질검사를 실시한 후 거푸집을 해체하였다.

현장양생조건임에도 불구하고, 조강포틀랜드시멘트(3종)가 재령 3일 강도에서 5MPa 이상을 나타내었으며 보통포틀랜드시멘트(1종) 대비 1일 이상 거푸집 해체시기를 단축할 수 있는 가능성을 확인하였다.

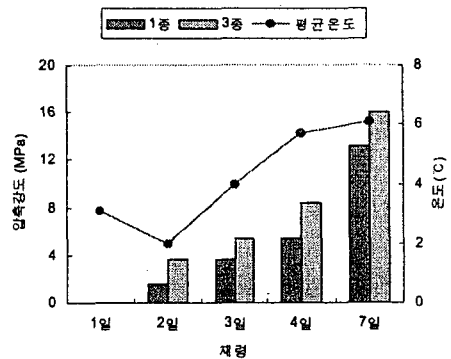


그림 2 1차 현장적용 압축강도(MPa) (현장양생) 및 평균온도(°C)

3.2 조강포틀랜드시멘트의 외기온도차에 의한 초기강도 특성

1차 현장적용시는 하루 평균기온이 -0.4°C 로 낮은 기온하에서 실시하였으며, 한달 후 2차 현장적용시는 하루 평균기온이 매우 높아진 상태에서 실시하였다. 이에 대한 외기온도, 현장양생조건 및 시험결과는 다음표와 같으며 제작된 공시체는 표준양생과 현장양생을 실시하였다.

표 2 외기온도차에 의한 조강포틀랜드시멘트의 압축강도 특성

구분	외기온 (평균)	현장 양생	거푸집 해체	양생 조건	압축강도(MPa)			
					1일	2일	3일	7일
1차 (2/10)	-0.4°C	양생포, 열풍기	3일	표준	5.3	12.7	17.3	23.5
				현장 측불	3.7	5.4	16.0	
2차 (3/9)	6.2°C	외기 노출	2일	표준	6.8	10.1	12.3	16.2
				현장 측불	4.5	6.6	14.2	

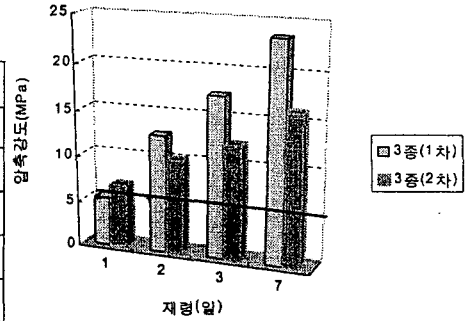


그림 3 외기온도차에 의한 강도특성(표준양생)

2차 현장적용시 외기노출에 의한 현장양생임에도 불구하고 높은 외기온도의 영향으로 실제 현장에서 거푸집 해체를 1일 더 빠르게 실시하였다.

또한, 표준양생을 기준으로 압축강도를 판단하였을 경우, 외기온도에 상관없이 조강포틀랜드시멘트는 1일에 평균값 5MPa 이상이 발현되는 우수한 결과를 나타내었다.

3.3 압축강도 및 maturity 의 상관성 분석

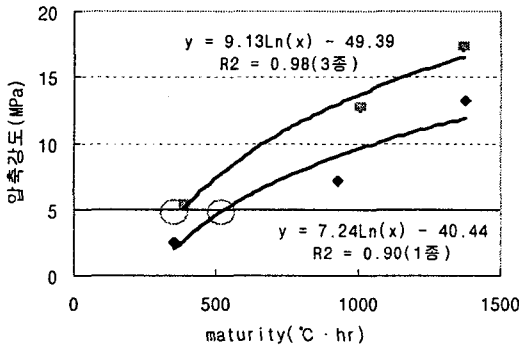


그림 4 시멘트별 압축강도 및 maturity 추세(표준양생)

그림에서 확인한 바와 같이 표에서도 조강포틀랜드시멘트는 보통포틀랜드시멘트에 비해 동일 강도 발현 시점에서 적산온도(maturity)가 빠르게 나타나고 있어서 동절기 공사시 거푸집 해체시기를 단축할 수 있을것으로 판단된다.

본 현장적용시는 낮은 외기온도 때문에 콘크리트 타설후 급열양생(열풍기 사용) 및 양생포를 사용한 양생을 실시하였으며, 내부온도를 측정하여 적산온도(maturity)값을 구하였다.

조강포틀랜드시멘트(3종)의 초기 수화열이 높아서 보통포틀랜드시멘트(1종) 대비 동일강도에서 빠른 적산온도값을 나타내고 있는데, 재령이 증가할수록 적산온도값 차이는 줄어들었다.

특히, 조강포틀랜드시멘트의 경우가 현장콘크리트 품질관리 요소인 초기동해를 방지하는 5MPa 강도의 발현이 빠르게 나타나서 한중콘크리트 적용에 유리했던 것으로 판단된다.

표 3 압축강도 5MPa의 발현(표준양생)

구분	시멘트 종류	5MPa 발현	
		maturity ($^{\circ}\text{C} \cdot \text{hr}$)	거푸집 해체시기 (일)
표준양생 (20°C)	1종	532	2
	3종	387	1

3.4 수화열 해석에 의한 강도추정

조기강도 발현을 통한 양생기간 단축을 해석적인 측면에서 입증하기 위하여 유한요소법을 이용한 수화열 해석을 실시하여 압축강도, 인장강도, 탄성계수 등을 얻었다. 양생 과정에서 발생하는 재질특성의 변화는 온도와 시간의 함수 형태로 나타난 것을 반영하기 위하여 등가재령 개념을 사용하였다.

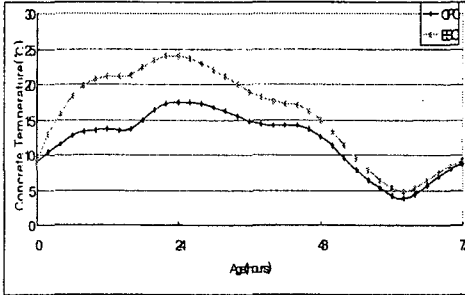


그림 5 수화열 해석 결과

표 4 수화열 해석결과

평가 항목	배합 종류(시멘트 종류)	
	1종 시멘트	3종 시멘트
중심부 최대 온도	17.5°C	24.0°C
타설 3일 후 압축강도	104kgf/cm ²	137kgf/cm ²
타설 3일 후 인장강도	14kgf/cm ²	16kgf/cm ²
타설 3일 후 탄성계수	41,357kgf/cm ²	44,335kgf/cm ²

이상의 해석 결과에서 나타난 바와 같이 동일 재령 3일에서 조강포틀랜드시멘트를 적용한 한중콘크리트가 보통포틀랜드시멘트에 비해 압축강도가 우수함을 추정할 수 있었다.

4. 결론 및 향후계획

조강포틀랜드시멘트를 사용한 한중콘크리트의 현장품질 특성을 검토한 결과는 다음과 같다.

- 1) 현장적용시 초기동해를 방지하고 측면 거푸집 탈형을 위한 5MPa의 조기발현을 목적으로서 조강포틀랜드시멘트를 사용하여 표준양생조건에서 재령 1일 이전에 목표강도를 발현하였다. 현장양생조건의 경우, 1차 적용시는 3일, 2차 적용은 2일에 목표강도가 발현되었다.
- 2) 압축강도 및 적산온도(maturity)의 상관성 검토 결과, 조강포틀랜드시멘트가 보통포틀랜드시멘트 대비 초기재령에서 우수한 강도발현과 적산온도값을 나타내었다. 표준양생조건에서의 5MPa 발현을 통해 조강포틀랜드시멘트가 거푸집 해체시기 단축 가능성을 확인할 수 있었다.

이상의 결과로서 조강포틀랜드시멘트를 사용한 한중콘크리트의 현장적용 품질특성이 우수함을 확인하였으며, 동절기 공사시 한중콘크리트의 적용은 거푸집 해체시기를 앞당겨 공기를 단축할 수 있고, 연료비 절감 등 경제성에서도 유리한 결과가 도출되어 향후 수요확대가 기대된다.

감사의 글

본 연구는 대전 대덕T-아파트 시공현장에 적용하여 얻은 결과로서 많은 도움을 주신 S건설 관계자 여러분께 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

1. ACI Committee 306, 'Cold Weather Concreting', ACI 306R-88, Reapproved 1977.
2. 鎌田英治 外, '寒中コンクリート', 技術書院, 2000.
3. 건설교통부: '콘크리트표준시방서- 제8장 한중콘크리트', (사)한국콘크리트학회, 2003.