

콘크리트 타설 초기온도가 압축강도에 미치는 영향

An Effect on Early Temperature of Placing Concrete Affecting Compressive Strength of Concrete

박 대 오* 박 영 신** 박 재 명*** 강연우**** 전병채*****
Park, Dae Oh Park, Young Shin Park, Jae Myung Gang, Yeon Woo Jun, Byung chea

ABSTRACT

The strength of concrete is developed by cement hydration reaction influenced by the circumferential temperatures. In this study, therefore, the experiments are conducted and evaluated about the characteristics as changes of early concrete placing temperature and curing temperature to understand the effects of the temperature which influences concrete properties. The results of the experiments changing the early concrete placing temperature in 5°C and 10°C are followed.

In case of conducting standard concrete curing, early compressive strength development rate of the concrete which had low placing temperature was low, but it was shown that early compressive strength development rate was not affected by low placing temperature in age 28 days of concrete.

In case of conducting outdoor curing in winter, early compressive strength development rate of the concrete which had high placing temperature was high in all test specimens.

As a results, early compressive strength development of concrete was influenced by temperature of early concrete, but after aging 28 days of concrete, it was influenced by curing temperature rather than temperature of early concrete.

요 약

콘크리트의 압축강도는 시멘트 수화반응에 의하여 발현되는 것으로, 이러한 수화반응은 온도에 민감한 영향을 받게 된다. 이에 본 연구에서는 온도에 의한 콘크리트의 영향을 확인하고자 콘크리트의 타설 초기온도 변화 및 양생 조건의 변화에 따른 특성을 실험적으로 평가하였다.

콘크리트의 타설 초기온도를 5°C, 20°C로 변화시켜 실험한 결과, 표준양생을 실시한 경우 타설 온도가 낮은 배합에서 재령 3일 이전까지 강도가 낮았으나, 재령 7일 이후에서는 강도가 높아지는 현상이 확인 되었다. 그러나 재령 28일에서는 두 배합의 압축강도 차가 미미하여 온도에 따른 영향이 크지 않은 것으로 확인 되었다. 기건양생을 실시한 경우는 모든 시험체에서 타설 초기온도가 높은 배합이 높은 강도를 나타내었다. 이러한 콘크리트의 타설 초기온도에 따른 압축강도 특성은 SEM관찰 결과 미세구조의 수화양상을 통하여 그 특성을 확인할 수 있었다.

* 정회원, 한라콘크리트(주) 기술지원팀
** 정회원, 한라콘크리트(주) 기술지원팀 팀장
*** 정회원, 한라콘크리트(주) 사업지원 상무
**** 정회원, 대우자동차판매(주)건설부문 과장
***** 정회원, (주)가람건축 상무, 공학박사

1. 서론

콘크리트의 압축강도는 시멘트의 수화반응에 의하여 발현되며 이러한 수화반응은 온도에 민감한 영향을 받게 된다. 특히 저온환경조건에서는 초기 강도 발현이 매우 중요하며, 이를 위해 원부재료의 보관, 콘크리트 생산, 타설 및 양생조건 등의 품질관리가 철저히 이루어져야 한다. 국내 레미콘사에서는 품질관리 방법중의 하나로, 온수를 사용하여 콘크리트 온도를 상승시켜 초기 압축강도 관리를 실시하고 있다. 그러나 이러한 방법에 의한 콘크리트의 초기온도상승이 콘크리트에 미치는 영향에 대한 연구는 미흡한 실정이며, 지금까지의 연구는 양생시 온도에 의한 콘크리트 특성에만 초점을 맞추어 진행되었다. 이에 본 연구에서는 콘크리트의 타설 초기온도를 달리하여 재령에 따른 콘크리트의 압축강도 및 SEM관찰을 통하여 타설 초기온도에 따른 콘크리트 특성에 대한 품질관리의 기초적 자료로 제시하고자 한다.

2. 실험개요

2.1 실험 및 배합계획

본 연구의 실험계획을 표 1에, 콘크리트 기준배합을 표 2에 나타내었다. 물-결합재비(W/B) 50.7%, 잔골재율(S/a) 47%, 단위수량 175kg/m³으로 설정하였다. 콘크리트의 타설 초기온도에 따른 2수준을 양생 온도 변화, 고로슬래그 미분말 및 혼화제 사용 유무에 따라 콘크리트의 특성을 검토하였다.

2.2 사용재료

본 실험에 사용한 시멘트는 S사의 보통 포틀랜드 시멘트, 고로슬래그 미분말은 B사의 3종 제품을 사용하였으며, 잔골재는 충남 태안산 세척사, 굵은골재는 충남 당진산 쇄석, 혼화제는 G사의 표준형 AE 감수제를 사용하였다

2.3 실험방법

콘크리트 배합시 5℃의 콘크리트를 제조하기 위하여 재료를 냉장보관 하였으며, 20℃의 콘크리트를 제조하기 위하여 일정 온도의 온수를 사용하였다. 콘크리트의 양생은 표준양생(수중 20±2℃)과 기건양생(대기온도 -2~10℃)을 실시하였다. 실험방법은 KS에 의거하여 실시하였으며, 굳지 않은 콘크리트에서는 슬럼프, 공기량 및 응결시험을, 굳은 콘크리트에서는 타설 초기온도 및 양생온도에 따른 압축강도를 재령 1, 2, 3, 7, 14, 28일에 측정하였다. 또한 재령 2일과 7일에 각각 SEM을 이용하여 콘크리트의 타설 초기온도에 따른 수화양상을 관찰 하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 슬럼프 및 공기량

콘크리트의 타설 초기온도에 따른 슬럼프 및 공기량을 측정한 결과 슬럼프는 5℃인 배합이 20℃인 배합보다 약 6~20% 증가하는 것으로 나타났다. 이는 온도가 높을수록 수화반응 속도가 증가하여 유동성에 기인하는 배합수의 양이 상대적으로 감소하였기 때문으로 사료된다. 그러나 공기량은 콘크리트 타설 초기온도에 따른 차이가 없는 것으로 확인되었다.

표 1. 실험계획

실험요인		수준		기호	
배합요인	콘크리트 초기온도(℃)	5, 20	2	5 20	
	양생 조건	표준 기건	2	W, A	
	혼화 재료	결합재	OPC, OPC+BS(30%)	2	O B
		혼화제	0%, 0.6%	2	
실험 항목	굳지않은 성상	슬럼프, 공기량, 응결		-	
	경화 성상	압축강도 (재령 3,7,14,28 일)		-	

표 2 콘크리트 기준배합

기준배합				
W/B(%)	S/a(%)	W(kg)	B	Ad
50.7	47.0	175	345	- B×0.6%

3 실험결과

시험체 번호	양생 조건	Con°C 온도(°C)	결합재	혼화제 투입량(%)	슬럼프 (mm)	공기량 (%)	응결시간		압축강도					
							초결	종결	1일	2일	3일	7일	14일	28일
5WO	표준양생	5.7	OPC	-	100	2.2	9:55	13:10	5.1	12.7	21.6	38.5	41.6	45.4
20WO		21.1			80	2.4	9:25	12:40	5.3	13.0	20.8	35.8	39.0	44.0
5WO6		6.1			190	3.0	10:30	14:00	4.3	12.9	24.0	36.5	39.5	44.7
20WO6		20.8	OPC+BS	0.6%	180	2.2	10:30	13:40	5.9	13.1	22.4	33.0	37.9	43.0
5WB		4.8			130	2.2	10:40	13:50	2.2	8.0	16.0	31.6	40.6	46.2
20WB		20.4			100	1.9	10:15	13:35	2.6	8.7	16.0	30.6	38.6	45.1
5WB6	5.8	0.6%	205	2.8	11:35	14:55	2.7	9.4	18.6	33.0	42.8	47.2		
20WB6	20.4		190	3.1	11:15	14:20	3.6	10.5	17.7	31.0	41.2	44.7		
5AO	기건양생	5.7	OPC	-	100	2.2	-	-	0.9	4.1	6.1	16.0	28.8	34.6
20AO		21.1			80	2.4	-	-	1.3	5.2	9.2	21.8	33.5	38.5
5AO6		6.1			190	3.0	-	-	0.7	4.7	6.8	18.5	27.8	35.9
20AO6		20.8	180	2.2	-	-	1.6	3.1	8.8	20.1	30.3	37.3		
5AB		4.8	OPC+BS	-	130	2.2	-	-	0.6	1.4	4.7	12.2	19.4	23.4
20AB		20.4			100	1.9	-	-	0.6	1.3	5.8	14.5	23.8	30.7
5AB6		5.8			205	2.8	-	-	0.4	2.4	4.9	12.3	19.5	27.8
20AB6		20.4	0.6%	190	3.1	-	-	0.5	2.7	5.5	14.6	25	31.4	

3.2 콘크리트의 타설 초기온도에 따른 압축강도

콘크리트의 타설 초기온도에 따른 압축강도 특성은 그림 1, 2 와 같다.

그림 1에서 보면 타설 초기온도가 5°C인 콘크리트와 20°C인 콘크리트의 강도를 상호 비교한 것으로 기준선의 위쪽은 5°C인 콘크리트의 압축강도가 20°C인 콘크리트의 압축강도보다 높은 것을 나타내며, 기준선 아래쪽은 20°C인 콘크리트의 압축강도가 높은 것을 나타낸다.

타설 초기온도에 따른 콘크리트의 압축강도는 표준양생시 재령 3일 이전까지는 5°C인 콘크리트가 20°C인 콘크리트보다 낮은 압축강도를 나타내고 있으나, 재령 7일 에서는 5°C인 콘크리트가 20°C인 콘크리트보다 높은 압축강도를 나타내고 있다. 이는 5°C인 콘크리트가 재령 3일 이전까지는 수화반응이 원활하지 않았지만, 표준양생을 실시한 후에는 수화반응이 20°C인 콘크리트 보다 활발히 진행되었기 때문에 사료된다. 응결 실험을 통하여 5°C인 콘크리트가 20°C인 콘크리트보다 초결은 약 25~55분, 종결은 15~35분 지연되는 것으로 초기 타설온도에 따른 수화반응 특성을 확인 할 수 있었다. 그러나 재령 28일에서의 압축강도 범위는 콘크리트 타설 초기온도가 5°C일때 44.7~47.2MPa, 20°C일때 43.0~45.2MPa로 나타나 타설 초기온도에 따른 압축강도의 차가 크지 않는 것으로 나타났다.

기건 양생의 경우 재령 2일 이후부터 5°C인 콘크리트가 20°C인 콘크리트의 압축강도보다 감소하는 일반적인 현상이 나타났다. 또한 콘크리트의 타설 초기온도에 의한 BS의 혼입 및 혼화제의 사용에 따른 강도 차이는 없는 것으로 나타났다.

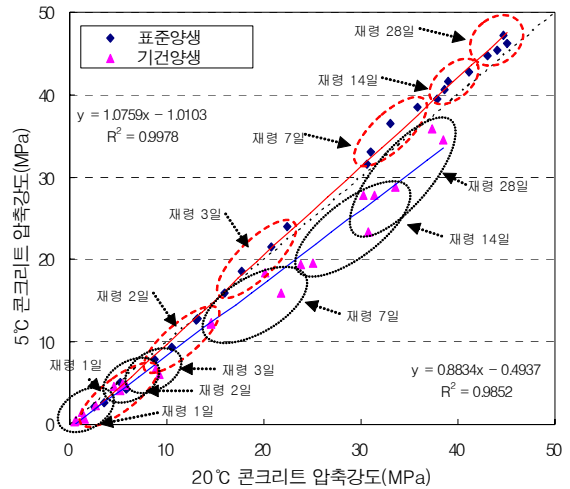


그림 1 타설 초기온도 및 재령에 따른 압축강도 비교

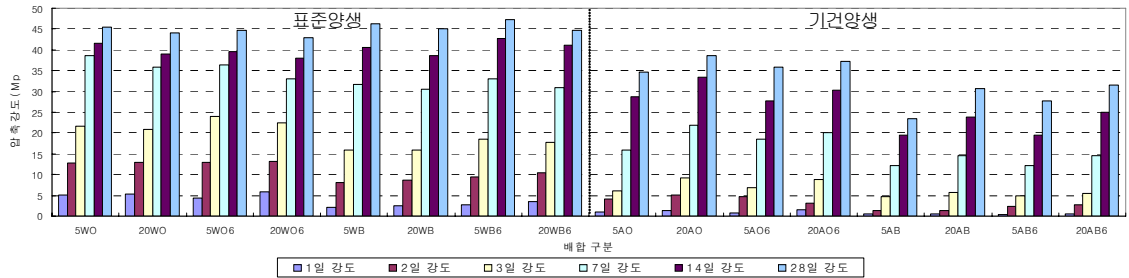


그림 2 초기 콘크리트 온도에 따른 압축강도

3.4 SEM 관찰 결과

SEM(Scanning Electron Microscope) 관찰결과 수화 생성물들을 살펴보면, 재령 2일에서 콘크리트의 타설 초기 온도가 낮은 배합이 타설 초기 온도가 높은 배합보다 수화 생성물의 양이 다소 적으며 분산되어 있는 것으로 확인되었으나, 재령 7일에서는 타설 초기 온도가 낮은 배합이 높은 배합보다 수화 생성물들의 양이 많고 분포가 치밀해져 있는 것으로 확인되었다.

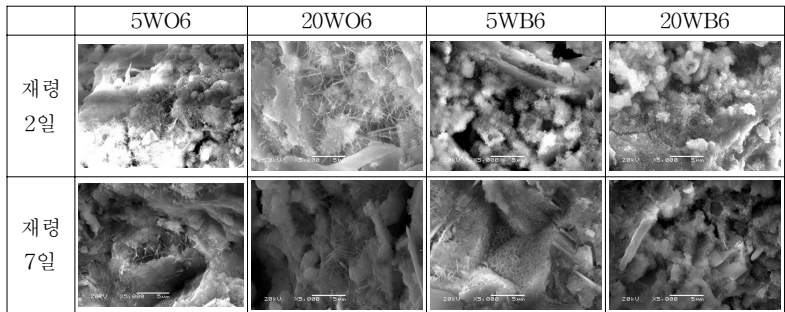


그림 3 재령에 따른 콘크리트의 미세구조

이러한 수화 생성물들의 분포 및 양에 의해 콘크리트 타설 초기 온도에 따른 압축강도 특성을 확인할 수 있었다.

5. 결론

콘크리트의 초기 온도에 따른 압축강도 특성을 확인하고자 슬럼프, 압축강도 및 미세구조 관찰하여 콘크리트의 초기 온도가 강도변화에 미치는 영향을 확인하고자 하였다. 본 연구에 의해 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

1. 표준 양생시 재령 3일 이전에는 콘크리트의 타설 초기 온도가 높은 배합의 압축강도가 높게 나타났으며, 재령 3일에서 14일까지는 콘크리트의 온도가 낮은 배합의 압축강도가 높게 나타났다. 재령 28일에서는 타설 초기 온도에 따른 압축강도의 차가 미미한 것으로 나타나 양호한 양생 조건에서는 타설시의 온도에 의한 영향이 작은 것으로 확인 되었다. 그러나 기건 양생시에는 모든 재령에서 콘크리트의 타설 초기 온도가 5°C인 배합 보다 20°C인 배합이 높은 강도를 나타내 타설시의 온도에 의한 영향이 큰 것으로 확인 되었다.

2. SEM 관찰결과 콘크리트의 타설 초기 온도가 낮은 배합이 3일에서는 수화상들이 다소 적었으나, 7일 이후에서는 초기 콘크리트 온도가 높은 배합보다 다량 분포하는 것을 확인할 수 있었으며, 28일 이후에서는 초기콘크리트의 온도에 따른 수화상들의 양에 큰 차이가 없는 것으로 확인되었다.

참고문헌

1. 한국콘크리트학회 : 최신콘크리트 공학 2005
2. 극저온에서의 콘크리트의 거동, 콘크리트 학회지 제9권 4호, 1997.8