

고온이력이 콘크리트의 강도발현에 미치는 영향에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Effects of High temperature Hysteresis on Concrete Strength Development

김 학 영* 민 흥 준* 장 형 준* 공 민 호** 안 무 영** 정 상 진***
Kim, Hak Young Min, Hong jun Jang, Hyung Jun Gong, Min ho An, Moo Young Jung, Sang Jin

ABSTRACT

This study is basic experiment for estimating influence of strength by curing temperature of concrete's heat of hydration and estimate relationship of compressive strength development by initial curing temperature factor, and then assume temperature factor which influence compressive strength development and for showing basic document of quality control.

According to the result of managerial test pieces by the curing temperature factor high-curing temperature shows high strength on 3 day compare with low curing-temperature, shows higher strength than the piece of high curing temperature.

1. 서론

도시 유입 인구의 증가로 인하여 대형 철근 콘크리트조 건축물을 건설하는 기회가 증가하고 있다. 이런 대형 구조물을 건설할 때에는 고강도 매스콘크리트를 시공하는 경우가 많다. 매스콘크리트는 부재단면 수치가 크기 때문에, 자체 시멘트 수화열이 부재 내부에 축적 되어 온도의 상승이 발생하고, 콘크리트 타설 직후부터 비정상적인 온도상태를 나타낸다. 이러한 초기재령에서의 비정상적인 온도이력은 콘크리트의 강도발현에 크게 영향을 미치고, 매스콘크리트는 일반 콘크리트와 크게 다른 강도 발현성을 나타내게 된다.^{1) 2)}

따라서 본 연구에서는 매스콘크리트의 시공 시 발생하는 온도균열을 제어하기 위해 초기고온이력과 콘크리트 결합재의 수화발열특성을 파악하여 온도응력에 영향을 미치는 요인을 분석, 규명하려 한다.

먼저, 콘크리트 공시체를 사용하여 초기고온이력에 있어서 여러 가지 요인 및 모든 조건이 콘크리트의 강도발현에 미치는 영향을 상세하게 조사하기 위한 계통적인 실험을 실시하였고, 콘크리트의 초기부터 장기재령에 걸쳐서의 강도발현을 정량적으로 검토하였다.

* 정희원, 단국대학교 대학원 석사과정

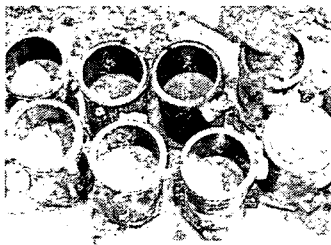
** 정희원, 단국대학교 대학원 박사과정

*** 정희원, 단국대학교 건축대학 건축공학과 교수

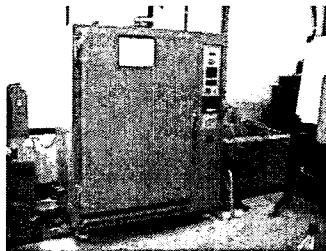
2. 실험 개요

2.1 실험계획 및 시험체 조건

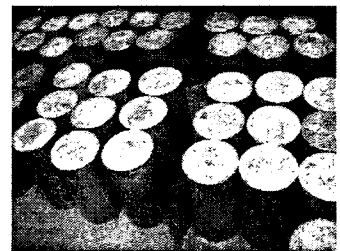
본 실험은 증기양생기를 사용하여 미리 계획한 온도이력조건을 콘크리트공시체에 이력 시키고, 소정재령에서 압축강도시험을 행하여 각각의 강도발현성을 검토하였다. 콘크리트 공시체는 $\varnothing 100 \times 200\text{mm}$ 의 원주형으로 하고 개수는 각 조건과 재령마다 3개씩으로 하였다. 실제의 프리캐스트 콘크리트부재와 매스콘크리트부재에 있어서는 표층부에서의 수분 증발과 내부에서의 수분의 이동이 생기고, 이것들이 강도에 미치는 영향도 적지 않다고 사료된다. 그러나 본 실험에서는 수분의 급격한 증발이 거의 없는 밀봉상태의 콘크리트공시체를 양생하고 온도이력과 강도발현의 관계만을 검토하기로 하였다.



a. 공시체 제작과정



b. 증기양생기



c. 표준밀봉양생

그림 1 온도이력 공시체 제작과정 사진

2.2 사용재료 및 배합계획

본 실험에 사용한 시멘트는 KS L 5201에 규정된 국내산 S사의 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였고, 골재는 KS L 5100에 규정되어 있는 주문진산 표준사를 사용하여 골재의 입도에 의한 실험편차를 줄이도록 하였다. 사용재료의 물리적 성질은 표 과 같다. 또한 콘크리트의 배합에서는 단위수량을 160kg으로 통일시키고 단위시멘트량을 160kg씩 차이를 두어 물시멘트비

25.0%, 33.3%, 50.0%의 세 가지 배합을 계획하였다. 각각의 물시멘트비에서 적정의 슬럼프값과 공기량을 만족하도록 잔골재율과 혼화제량을 조절하였다. 또한 콘크리트의 경화 시 콘크리트내의 공기포가 열팽창 하여 강도에 미치는 영향을 배제하기 위하여 소포제를 사용하여 공기량을 저감시켰다. KS L 8009에 규정된 강제식 혼합믹서를 사용하여 콘크리트를 혼합하여 공시체를 제작하였다. 본 실험의 배합을 표 1에 나타내었다.

W/C(%)	S/a(%)	* AD1 : 고성능AE감수제 AD2 : 소포제 단위재료량 (kg/m ³)					
		W	C	S	G	AD1	AD2
25.0	42.0	160	640	674	948	12.8	-
33.3	44.0	160	480	764	991	7.2	0.48
50.0	46.0	160	320	841	1047	4.8	0.32

표 1 콘크리트 배합표

2.3 실험 방법

먼저 실물 콘크리트부재의 가장 대표적인 온도이력을 모델화하여 PLAIN(SI -2)으로 정하였다. 이것을 기초로 하여 12종류의 온도 이력조건을 계획하고 콘크리트공시체에 적용시켰다. 시험체는 제작 직후 216시간동안 증기양생을 실시하고, 이 후 소정의 재령까지 실온에서 표준밀봉양생을 실시하였다. 계획한 모든 온도이력조건과의 온도차가 $\pm 1.5^\circ\text{C}$ 범위가 되도록 공시체의 온도를 제어하였다.

구분	W/C	재령	온도 인자
인자	25.0%	3일	SI -전치시간 (6, 12, 24h)
		14일	
	33.3%	28일	SII -최고온도 (35, 50, 65, 80°C)
		91일	
50.0%	365일	SIII -타설온도차 (5, 20, 35°C)	
			SIV -일정온도 (20, 30, 40°C)
인자수	3	5	12

표 2 실험인자

온도이력인자는 시리즈 S I에서는 전치시간을, 시리즈 S II에서는 최고온도를 변화시켰다. 시리즈 S III에서는 온도상승량을 45°C로 일정하게 하고 최고온도와 타설온도를 각각 변화시켰다. 또한 시리즈 S IV에서는 각각의 온도를 설정하여 그 값을 일정하게 유지하였다. 위와 같은 온도이력조건은 그림 2와 같다.

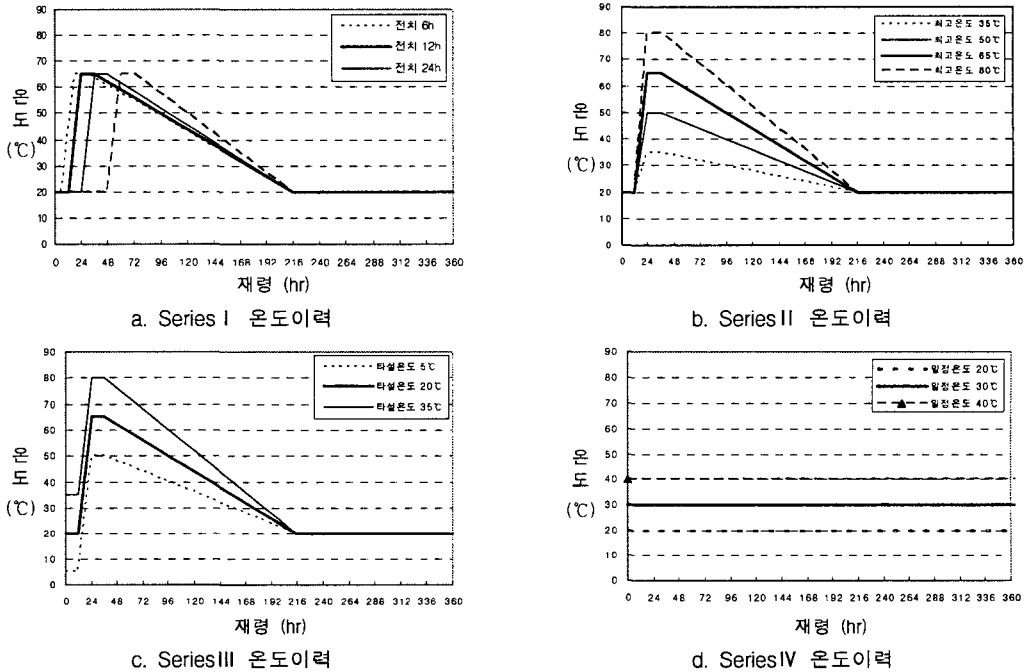


그림 2 온도이력 조건

3. 실험결과 및 고찰

온도이력에 따른 강도발현의 특성은 표 와 같으며 시리즈별 특징은 다음과 같다.

3.1 SERIES I

물시멘트에 관계없이 전치시간이 길어질수록 강도가 증진되는 것을 알 수 있다. 그러나 전치시간에 따른 강도의 차이는 크지 않은 것으로 나타났다.

3.2 SERIES II

최고온도가 낮을수록 강도발현율은 증진되고 있으며 최고온도에 의한 강도의 차이가 발생하는 것으로 나타났다.

3.3 SERIES III

타설온도와 최고온도 변화에 의한 강도의 영향은 다른 시리즈에 비해 강도가 낮은 것을 알 수 있다. 하지만 타설온도와 최고온도의 변화에 따른 영향은 크지 않은 것으로 나타났다.

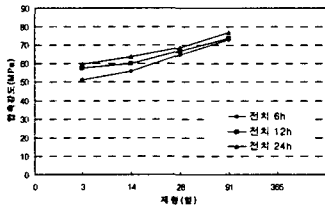
3.4 SERIES IV

일정온도 양생에 의한 압축강도는 표준양생에서 높은 강도를 나타내고 있다. 양생온도가 증가할수록 장기강도의 강도발현율은 낮아지는 것으로 나타났다.

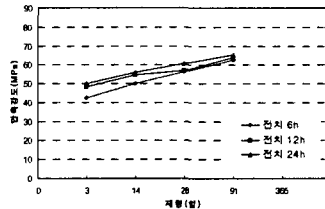
4. 결론

콘크리트의 온도요인별 강도발현의 특성에서 다음과 같은 결론을 얻었다.

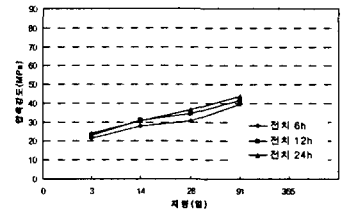
1. 압축강도에 영향을 미치는 요인은 최고온도와 타설온도와 최고온도의 변화로 나타났다.
2. 동일물시멘트비에서 온도요인에 따른 영향은 최고온도에서는 강도발현율의 차이가 큰 것으로 나타났으며 타설온도와 최고온도의 변화에서는 강도가 낮아지는 것으로 나타났다.



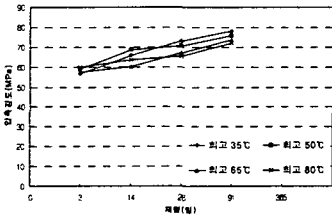
a. Series I - 25%



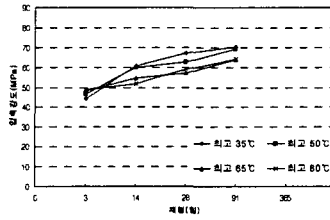
b. Series I - 33%



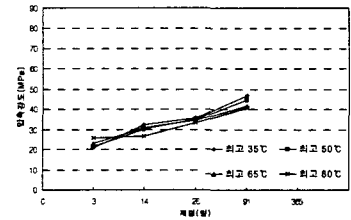
c. Series I - 50%



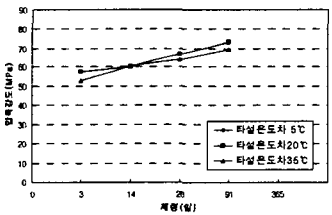
a. Series II - 25%



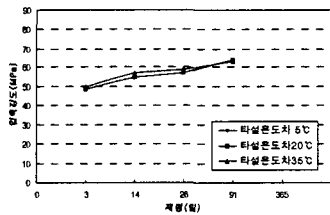
b. Series II - 33%



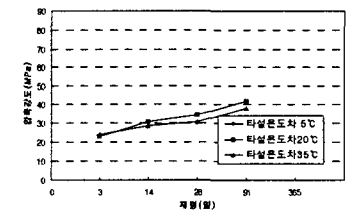
c. Series II - 50%



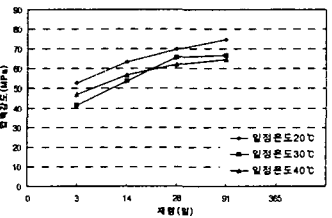
a. Series III - 25%



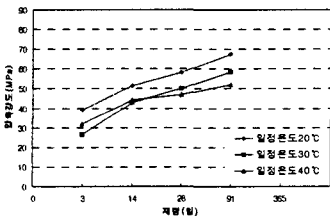
b. Series III - 33%



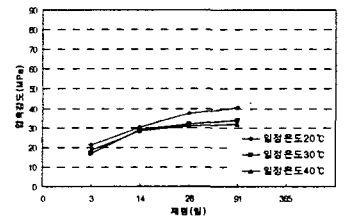
c. Series III - 50%



a. Series IV - 25%



b. Series IV - 33%



c. Series IV - 50%

그림 3 Series별 압축강도

참고문헌

1. 김영주 외 5인, 모르타 압축강도 특성에 영향을 미치는 고온이력에 관한 실험적 연구, 한국콘크리트학회 학술발표회 논문집, Vol.16 No.2, 2004년, pp. 703~706.
2. 김영주 외 5인, 초기 고온이력을 받은 시멘트 모르타르의 강도 특성에 관한 실험적 연구, 한국콘크리트학회 학술발표회 논문집, Vol.17 No.1, 2005년 pp. 517~520.