

# 열선 전력 용량에 따른 극한온도 조건에서의 콘크리트 온도이력 특성

## Temperature History of Concrete exposed to Extremely Cold Weather with the Variation of Capacity of Heating Coil

정은봉\*    정상현\*\*    안상구\*\*\*    고경택\*\*\*\*    한민철\*\*\*\*\*    한천구\*\*\*\*\*

Jung, Eun-Bong    Jung, Sang-Hyeon    Ahn, Sang-Ku    Ko, Gyeong-Taek    Han, Min-Cheol    Han, Cheon-Goo

### Abstract

This paper is to report the results of mock-up test for concrete during severe cold weather. The temperature is fixed at  $-20^{\circ}\text{C}$ . The mock-up specimens were fabricated simulating slab, wall and column. Heating coil with different heat capacity with 5 W and 15 W were embedded at slab specimen. Test results revealed that at  $-20^{\circ}\text{C}$ , temperature dropped below  $0^{\circ}\text{C}$  since around 70 hours. It takes 7 days to gain  $45^{\circ}\text{D}\cdot\text{D}$  of maturity for avoiding frost damage at early age.

키 워 드 : 한중콘크리트, 초기동해, 온도이력

Keywords : Cold Weather concrete, Frost damage at early age, Temperature History

## 1. 서 론

최근 건축물이 고층화·대형화 되는 가운데 특히, 원전 구조물의 경우 연중시공이 요구되어 한중 콘크리트의 필요성이 크게 부각되고 있는 현실이다. 즉, 겨울철 국내의 대부분의 건설공사의 양생방법은 가열 설비 등을 이용한 가열보온양생을 실시하는데, 이는 국부적인 열원 집중현상에 의해 요구되어 지는 콘크리트의 강도를 확보하기가 어려운 실정으므로, 이에 대처할 수 있는 효율적인 보온양생 공법의 개발이 필요하다고 판단된다.

따라서, 본 연구에서는 열선의 전력 용량 변화가 콘크리트의 초기동해 방지에 미치는 영향을 분석하고자 일련의 Mock-up Test로써 슬래브, 벽체, 기둥을 일체화시킨 Mock-up 부재를 제작한 후 각각의 부재에 따른 부위별 온도이력 및 극저온에서의 압축강도 발현 정도를 확인하고자 한다.

## 2. 실험계획 및 방법

본 연구의 실험 계획 및 양생방법은 표 1 및 2와 같고, 양생온도는 극저온 환경을 모사하기 위하여  $-20^{\circ}\text{C}$  조건으로 양생챔버

에서 실시하였으며, 7일간 초기양생을 실시하였다.

표 1. 실험 계획

실험요인		실험수준	
배합 사항	W/B(%)	50	
	목표슬럼프 (mm)	1	$150\pm 15$
	목표공기량 (%)	$4.5\pm 1.5$	
실험 변수	양생방법	2	· 슬래브(4중버블시트+열선)+벽체(단열재)+기둥(단열재) <sup>1)</sup> · 슬래브(4중버블시트+열선)+벽체(단열재)+기둥(단열재) <sup>2)</sup>
	양생온도	$-20^{\circ}\text{C}$	
실험 사항	굳지않은 콘크리트	2	· 슬럼프 · 공기량
	경화 콘크리트	1	· 부위별 온도이력(7일)

1) 5w의 열선용량을 가진 열선 사용 - Type 10이라 칭함.

2) 15w의 열선용량을 가진 열선 사용 - Type 2라 칭함.

\* 열선의 경우 4중 버블시트와 PE필름 사이에 적층하여 적용.

표 2. 양생 방법

	양생 방법	부 재	양생방법	온도( $^{\circ}\text{C}$ )		기간(일)
				가열온도	외기온도	
초기 양생	단열+ 열선 <sup>1)</sup>	슬래브	4중+열선 (적층형)	$35^{\circ}\text{C}$	$-20^{\circ}\text{C}$	7
		벽체	단열재			
		기둥	단열재			
	단열+ 열선 <sup>2)</sup>	슬래브	4중+열선 (적층형)	$65^{\circ}\text{C}$		
		벽체	단열재			
		기둥	단열재			

\* 청주대학교 건축공학과 석사과정, 교신저자  
(flykorea8@nate.com)

\*\* POSCO 건설 토목연구그룹 대리

\*\*\* POSCO 건설 토목연구그룹 수석연구원

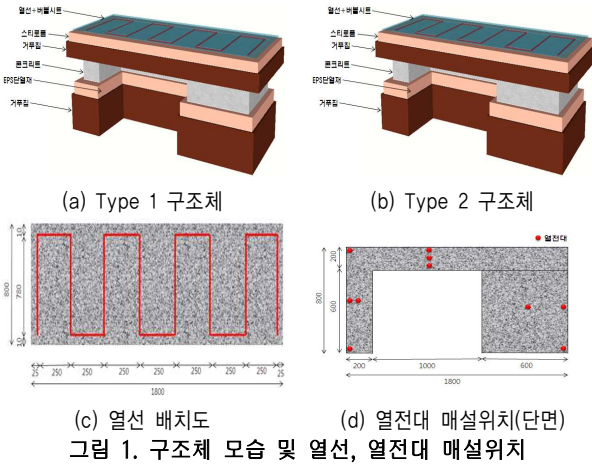
\*\*\*\* 건설기술연구원 연구위원

\*\*\*\*\* 청주대학교 건축공학과 부교수, 공학박사

\*\*\*\*\* 청주대학교 건축공학과 교수, 공학박사

또한, 5, 15W의 전력 용량을 가진 열선을 사용하였으며, 각각 열선의 목표 가열온도는 35, 65℃로 계획하였다.

그림 1은 본 실험의 구조체, 열선 및 열전대 매설 위치를 나타낸 것이다. Mock-up 부재는 (a),(b)와 같이 슬래브, 벽체 및 기둥을 일체화 하여 실험을 실시하였고, 열선 배치는 (c)와 같이 25 cm 간격으로 배치하여 실시하였다. 또한, 열전대는 (d)와 같이 각 부재별 상부, 중앙부, 하부, 모서리 부분에 열전대를 매립하여 온도이력을 측정하였다.



### 3. 실험결과 및 분석

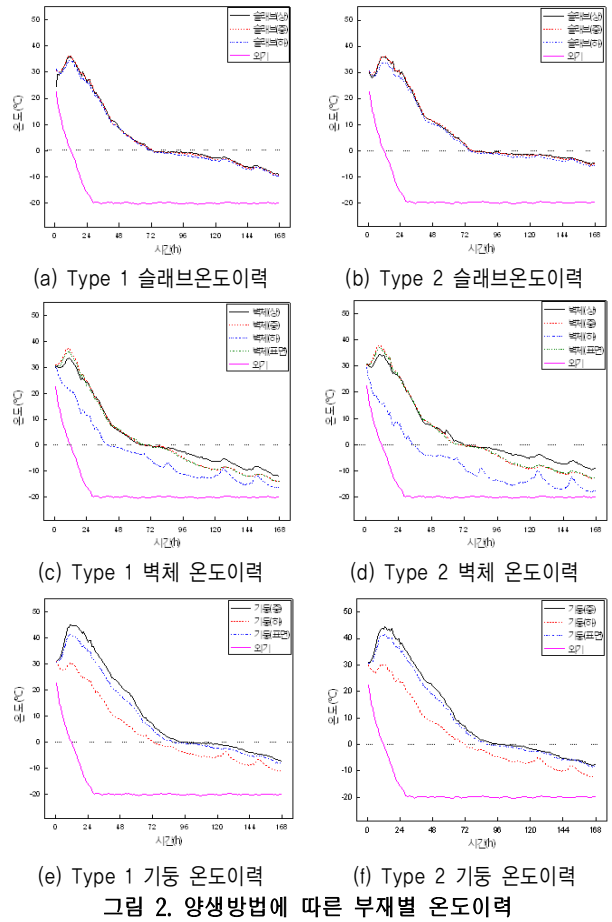
그림 2는 양생방법에 따른 Type 1, 2 Mock up 부재의 시간경과별 온도이력을 나타낸 것이다.

먼저 슬래브(그림 2a, 2b)의 경우, 콘크리트 타설 후 수화 반응에 의해 약간의 온도상승 후 온도가 점차 저하하다가 약 72시간을 전후로 하여 두 시험체 모두 영하의 온도로 저하하는 것을 알 수 있었다. 또한, 시간이 경과함에 따라 비교적 발열온도가 높은 열선을 사용한 Type 2 시험체가 약 5℃ 정도 높은 온도이력을 나타냈으나, 이도 역시 72시간을 전후로 영하로 저하하였다.

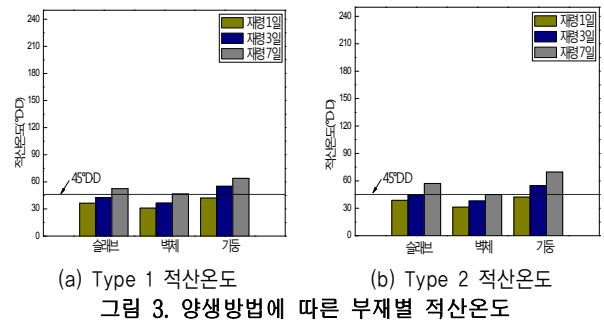
또한, 벽체(그림 2c, 2d)의 경우도 마찬가지로 타설 후에 약간의 온도 상승 후 점차 온도가 저하하다가 약 60시간을 전후로 하여 영하의 온도를 기록하였으며, 특히 벽체 모서리의 경우는 Type 1은 30시간, Type 2 시험체는 24시간을 전후로 하여 영하의 온도로 근접하는 것을 확인하였다. 즉, 모서리 부위의 경우는 타 부위에 비해 취약하여 별도의 보온양생조치가 필요하다고 판단된다.

기둥(그림 2e, 2f)의 경우는 슬래브, 벽체에 비해 비교적 높은 온도이력을 나타냈으나, 이도 마찬가지로 시간이 경과함에 따라 영하의 온도로 근접하는 것을 확인할 수 있었다. 즉, 약 80시간을 전후로 하여 영하의 온도로 저하하였고, Type 1 시험체는 평균 -5℃, Type 2 시험체는 -7℃의 온도이력을 나타냈다. 반면, 기둥 모서리 부위는 타 부위에 비해 낮은 온도이력을 나타내 벽체

모서리 부위와 마찬가지로 모서리 부위의 보온에 보다 충실한 관리가 필요할 것으로 사료된다.



한편, 그림 3은 각 부재별 7일 재령까지의 적산온도를 나타낸 것으로 기둥부재의 경우 3일 전후, 슬래브 및 벽체는 7일 전후에서 초기동해 방지에 필요한 최소의 적산온도인 45 ° D·D를 만족하여 -20℃의 극저온에서 초기동해를 방지하기 위해서는 재령 3~7일간의 초기양생기간이 필요한 것으로 나타났다.



### 4. 결 론

본 연구에서는 열선의 전력 용량에 따른 Mock-up부재별 온도

이력을 검토하였는데, 연구결과 5, 15 W의 열선을 4중 버블시트에 적층하여 사용했을 때 전력용량이 큰 15 W열선을 사용한 경우가 높은 급열온도로 인해 적산온도가 높게 나타났고, 재령 3일에서 초기동해를 면할 수 있는 것으로 나타난 반면 5 W의 열선은 초기동해 방지에 7일 정도 소요되는 것으로 나타났다.

### 감사의 글

본 연구는 2010년 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제(2010121010004J)입니다.

### 참 고 문 헌

1. 한천구 외,  $-20^{\circ}\text{C}$ 조건에서의 보온양생방법 변화에 따른 슬래브 콘크리트의 온도이력 특성, 건축학회논문집, 제31권 제2호, 2011.10