

-10℃ 조건에서의 열선 열용량 크기 변화에 따른 슬래브 콘크리트의 온도이력 특성

Characteristics of Temperature History of Slab concrete by the Change of Hot wire Heat Capacity at -10℃

정은 봉*

안 상 구**

정 상 현***

고 경 택****

한 민 철*****

한 천 구*****

Jung, Eun-Bong Ahn, Sang-Ku Jung, Sang-Hyun Koh, Kyung-Taek Han, Min-Cheol Han, Cheon-Goo

Abstract

In this study, the characteristics of temperature history was evaluated for three hot wires with different capacity installed in slab concrete which are relatively thin. Results can be summarized as follows. First, for the case of material using 5W hot wire, all decreased to below zero at or around 24 hours. Similarly, the material using 20W hot wire decreased to 2℃ below zero at or around 80 hours but satisfied the accumulative temperature of 45° D · D at 7 days of material age. On the other hand, the case of 30W hot wire, the biggest capacity, showed the high temperature history of 5℃ in average at all areas except the corners. Thus, the target accumulative temperature was secured at or around the 3 days of material age. Considering the above, the initial damage by freezing can be prevented only if 20W or higher hot wires are used for the slabs at -10℃ of extremely low temperature environment.

키 워 드 : 극저온, 초기동해, 열선 양생

Keywords : Extremely cold condition, Frost damage ar early age, Insulated curing with heated cable

1. 서 론

본 연구진에서는 혹한온도조건에서 원전 구조물용 콘크리트의 최적 양생기법을 도출하고자 일련의 실험을 진행한 바 있는데, -10℃ 조건에서 슬래브 부재의 경우, 버블시트와 열선 조합이 가장 효과적인 양생방법임을 확인한 바 있다.

따라서, 본 연구에서는 -10℃의 극저온 환경에서 열선의 열용량 크기 변화가 콘크리트의 초기동해 방지에 미치는 효과를 확인하고자 슬래브 내부에 열용량이 다른 세 가지의 열선을 매립하여 -10℃의 혹한조건에서 콘크리트의 온도이력 특성을 고찰하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

본 연구의 실험계획은 표 1과 같다. 먼저, 혹한환경을 모사하기 위하여 양생챔버의 온도를 -10℃ 정온조건으로 유지하였고, 그림 1과 같이 1100×600×200 mm 크기의 슬래브 부재 중간에 M자형으로 열선을 매립하였으며, 온도이력 측정을 위한 T-type 열전대는 그림 2와 같이 부재 내 상부, 중앙부, 하부 및 모서리에 매립하여 온도이력을 검토하였다.

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

** POSCO E&C CENTER 기술연구소 수석연구원

*** POSCO E&C CENTER 기술연구소 대리

**** 한국건설기술연구원 연구위원

***** 청주대학교 건축공학과 부교수, 공학박사

***** 청주대학교 건축공학과 교수, 공학박사

표 1. 실험계획

실험요인		실험수준	
배합 사항	W/B (%)	1	50
	목표슬럼프 (mm)		150±15
	목표공기량(%)		4.5±1.5
실험 사항	양생방법 ¹⁾	2	<ul style="list-style-type: none"> • 슬래브(4중 버블시트+5W열선매립) - Type 1 • 슬래브(4중 버블시트+20W열선매립) - Type 2 • 슬래브(4중 버블시트+30W열선매립) - Type 3
	양생온도		-10℃
	굳지않은 콘크리트	2	<ul style="list-style-type: none"> • 슬럼프 • 공기량
	경화 콘크리트	1	• 부위별 내부온도이력

1) 열선 : 슬래브 콘크리트 내 매립

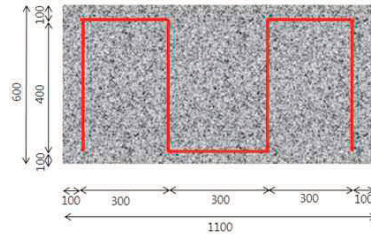
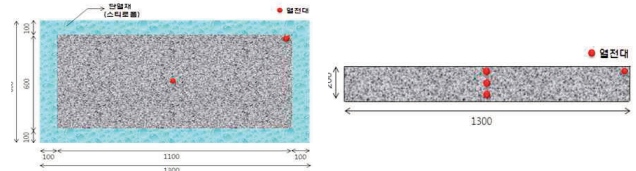


그림 1. 슬래브 콘크리트 내 열선 배치(평면)



a) 평면도 b) 단면도
그림 2. 열전대 매설위치

3. 실험결과 및 분석

3.1 온도이력 특성

그림 3~5는 슬래브 상부표면에 4중 버블시트를 포설하고, 슬래브 콘크리트내 전력용량이 각기 다른 열선을 매립한 경우의 온도이력을 나타낸 것이다. 먼저, 5W의 열선을 사용한 Type 1 시험체의 경우, 콘크리트 타설 후 급격하게 온도가 저하하다가 약 24시간을 기점으로 하여 0℃ 이하로 저하한 후 외기온으로 근접하는 것을 알 수 있었다. 또한, 20W 열선을 매립한 Type 2 시험체의 경우는 비교적 큰 열용량에 기인하여 모서리 부위를 제외한 여타 부위에서 더 오랜시간(약 80시간) 영상의 온도를 확보하는 것을 확인할 수 있었다. 반면, 30W 열선을 사용한 Type 3 시험체의 경우, 열선의 우수한 열공급 의해 평균 5℃ 이상의 상온의 온도를 유지하는 것으로 나타나 슬래브 부재의 온도유지에 비교적 효과가 큰 것을 확인할 수 있었으나, 모서리의 경우는 부재 중 가장 취약한 부분으로써 약 30시간을 전후로 영하의 온도로 저하하여 모서리 부위의 추가적인 보온 조치가 필요할 것으로 판단된다.

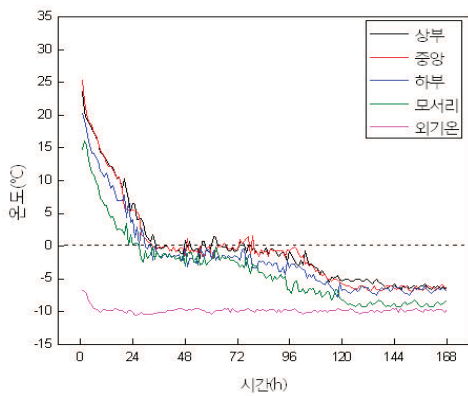


그림 3. Type 1 시험체
온도이력(4중버블시트+5W열선)

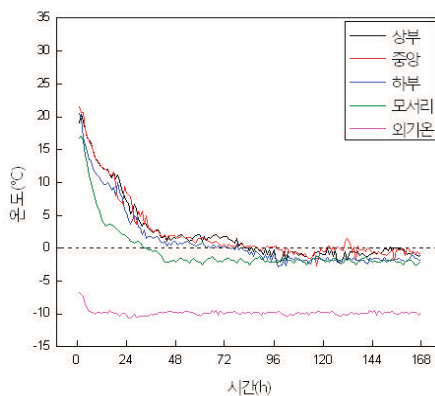


그림 4. Type 2 시험체
온도이력(4중버블시트+20W열선)

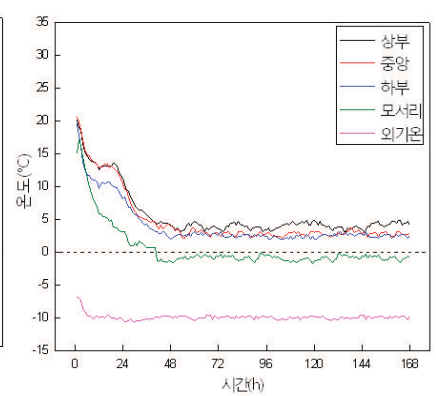


그림 5. Type 3 시험체
온도이력(4중버블시트+30W열선)

3.2 적산온도

그림 6은 열선의 전력용량에 따른 부재별 적산온도를 나타낸 그래프로써 Type 1의 경우 재령 7일에도 목표 적산온도를 만족하지 못하는 것으로 나타났으나, Type 2는 재령 7일을 전후로, Type 3는 재령 3일을 전후로 하여 목표 적산온도 45° D·D를 확보하는 알 수 있었다. 즉, -10℃의 극저온 조건에서 부재두께가 얇은 슬래브 부재의 경우 20W 이상의 열선을 사용해야 초기동해를 방지할 수 있을 것으로 사료된다.

4. 결 론

본 연구는 극한온도 조건인 -10°C 에서의 열선의 열용량 변화에 따른 슬래브 콘크리트의 온도이력을 고찰하였는데, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 5W 및 20W 열선을 매립한 슬래브의 경우, 24~80시간을 전후로 모두 영하의 온도로 저하하였으나, 20W 열선을 사용한 Type 2 시험체는 재령 7일에서 초기동해 방지에 요구되는 적산온도를 만족하였다.
- 2) 4중 버블시트+30W 열선을 사용한 Type 3 시험체의 경우는 모서리 부위를 제외하고 모든 부위에서 5°C 이상의 상온의 온도를 유지함을 알 수 있었고, 재령 3일에서 목표 적산온도를 만족하는 것을 확인하였다.

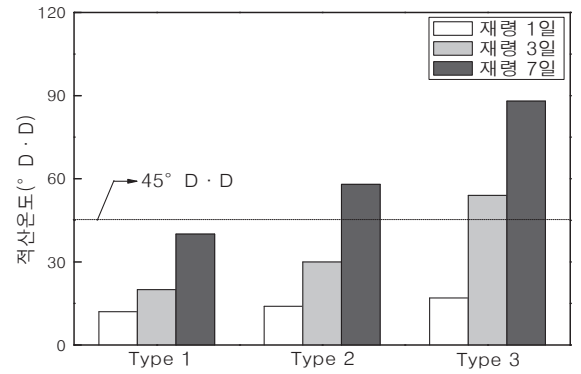


그림 6. 부재별 적산온도

Acknowledgement

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