

열선 매입과 열선 및 버블시트 조합의 개량형 버블시트를 포설한 슬래브 콘크리트의 온도이력 특성

Temperature History of the Slab Concrete applying Revised Bubble Sheet with Heating Cable

정은봉^{*} 안상구^{**} 정상현^{***} 고경택^{****} 한민철^{*****} 한천구^{*****}
 Jung, Eun-Bong Ahn, Sang-Ku Jung, Sang-Hyun Ko, Kyung-Taek Han, Min-Cheol Han, Cheon-Goo

Abstract

In this study, the results are compared with the case of the concrete with embedded heating wire to verify the performance of the IB made in order to improve the workability and affordability, and to determine the effectiveness of early frost damage prevention. The IB was made using the 5W heating wire and layed on the upper surface of the concrete. The temperature was reduced to below 0°C approximately within 24 hours, then approached the external temperature thereafter. On the other hand, when the 20W heating wire was used to make the IB and applied the same way, the temperature remained around -2 to 3°C on the average even through the temperature was reduced to below 0°C, due to the heating wire with relatively large heating capacity. It appeared to reach 85% of the direct heating by embedding the heating wire relatively deeper in the concrete. However, it was determined that using the IB made with the 20W heating wire will prevent the early frost damage to some degree in -10°C.

키 워 드 : 초기동해, 열선 양생, 온도이력

Keywords : Frost damage at early age, Insulated curing with heating cable, Temperature history

1. 서 론

본 연구진에서는 원전 구조물용 콘크리트가 혹한 환경에서 초기동해 피해를 받지 않기 위한 최적의 양생기법을 도출하고자 -10°C 정온조건에서 양생방법을 달리하여 일련의 실험을 진행한 바 있다. 이때 슬래브 부재의 경우, 경제성을 고려하였을 때 버블시트와 열선 조합이 가장 효과적인 방법임을 확인한 바 있고, 추가적으로 시공성과 경제성을 향상시키기 위하여 버블시트와 PE필름 사이에 열선을 매립한 개량형 버블시트(이하 IB(Improved Bubble sheet))를 제작한 바 있다.

따라서, 본 연구에서는 IB의 성능 검증 및 초기동해 방지에 미치는 효과를 확인하고자 열선을 콘크리트 내부에 매립한 경우와 일체형(버블시트+열선+PE필름)으로 제작한 IB 포설에 따른 -10°C 정온 환경에서의 온도이력 특성을 비교·분석하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

본 연구의 실험계획은 표 1과 같다. 먼저, 극저온 환경을 모사하기 위하여 양생챔버의 내부 온도를 -10°C 정온조건으로 유지하였고, 열선 매립은 그림 1과 같이 1100×600×200 mm 크기의 슬래브 부재 가운데 르자형으로 열선을 매립하였고(Type 1), IB는 그

표 1. 실험계획

실험요인		실험수준		
배합 사항	W/B (%)	1	50	
	목표슬럼프 (mm)		150±15	
	목표공기량 (%)		4.5±1.5	
실험 사항	양생 방법	4	· 4중 버블시트+5W열선 - Type 1 · 4중 버블시트+5W열선 - Type 2 · 4중 버블시트+20W열선 - Type 1 · 4중 버블시트+20W열선 - Type 2	
	양생온도		1	· -10°C
	경화콘크리트			· 부위별 내부온도이력

· Type 1) 열선 : 슬래브 콘크리트 내 매립
 · Type 2) 열선 : 버블시트와 PE필름 사이에 매립

* 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

림 2와 같이 제작하여 콘크리트 상부에 포설하는(Type 2) 것으로 실험계획 하였다. 또한, 온도측정을 위한 열전대는 그림 3, 4와 같이 부재 내에 상, 중, 하, 모서리 부위에 T-type 열전대를 매설하여 온도이력을 측정하는 것으로 실험계획 하였다.

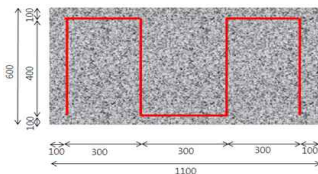


그림 1. 열선매립(매립형)

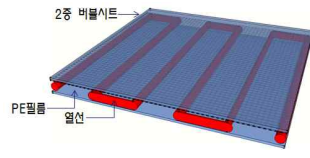


그림 2. 열선매립(적층형)-IB

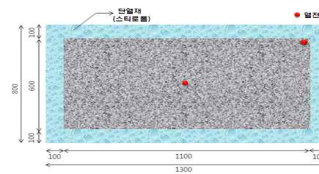


그림 3. 열전대 매설위치(평면)

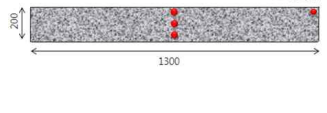


그림 4. 열전대 매설위치(단면)

3. 실험 결과 및 분석

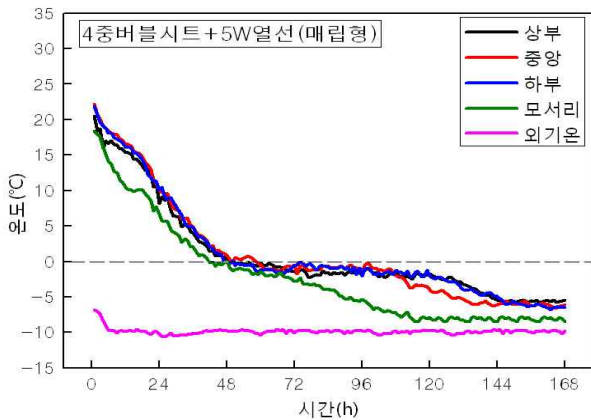


그림 5. 시간경과에 따른 시험체 온도이력(Type 1)

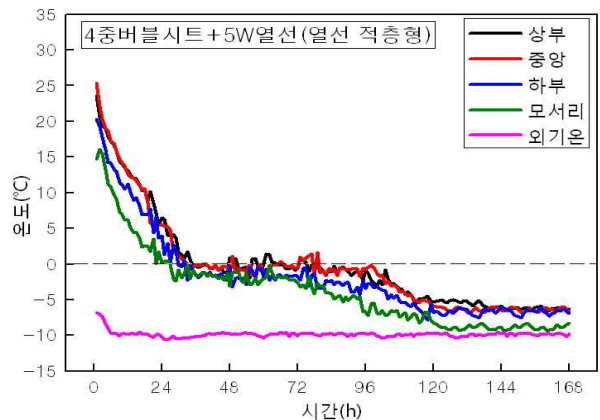


그림 6. 시간경과에 따른 시험체 온도이력(Type 2)

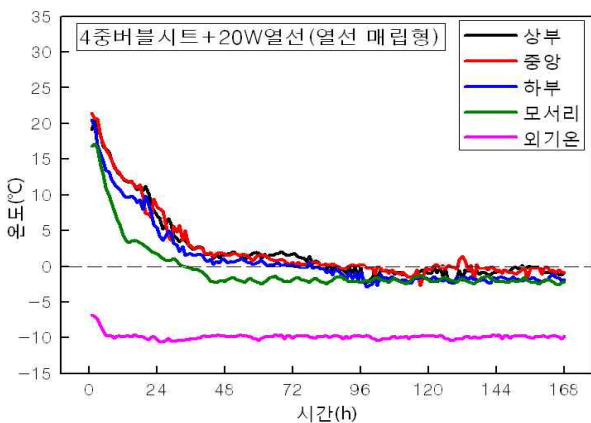


그림 7. 시간경과에 따른 시험체 온도이력(Type 1)

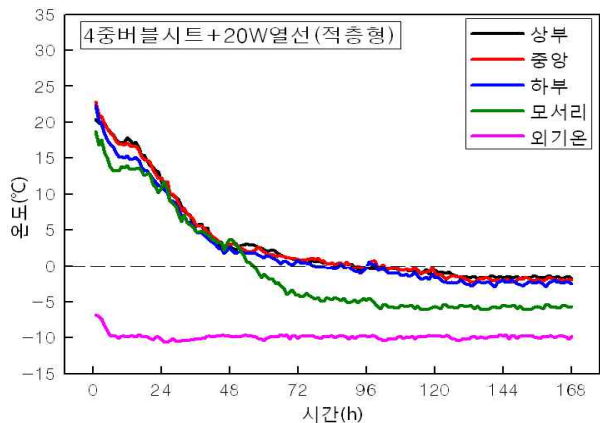


그림 8. 시간경과에 따른 시험체 온도이력(Type 2)

그림 5 및 6은 5W의 열선을 콘크리트 내부에 매립하고, 4중 버블시트를 상부 표면에 포설한 시험체와 5W 열선을 사용하여 제작한 IB를 콘크리트 상부에 포설한 시험체 온도이력을 나타낸 것이다. 먼저, Type 1의 경우, 콘크리트 타설 후 온도가 저하하여 40시간을 기점으로 0°C 이하로 저하한 후 외기온으로 근접하는 것을 확인할 수 있었고, Type 2의 경우는 24시간을 전후로 영하의 온도로 저하한 후 외기온으로 근접하는 것을 확인하였다. 비교적 IB를 적용한 시험체가 열선을 매립한 시험체의 약 85% 수준의 성능을 발휘하는 것으로 나타났다.

그림 7 및 그림 8은 그림 5 및 6과 동일 조건에서 열선의 열용량을 20W로 바꾸어 시험한 시험체의 온도이력을 나타낸 것이다. 먼저, Type 1의 경우 콘크리트 타설 후, 온도가 저하하다가 열선의 열 공급으로 인해 평균온도 0°C를 상회하는 것으로 나타나 극저온 환경인 -10°C에서 적절한 양생 방법임을 확인하였다. 반면, Type 2 시험체의 경우는 극저온 환경에서 비교적 높은 온도를 확보하였으나 96시간을 전후로 평균 -2~3°C로 저하하는 것을 확인할 수 있었는데, 특히 IB를 콘크리트 상부 표면에 포설함으로써 모서리 부위에 열전달이

취약한 것을 확인할 수 있었다. 또한, 20W 열선을 사용한 경우도 5W 열선을 사용한 경우와 마찬가지로 IB 포설에 따른 보온효과는 열선 매립에 비해 약 85 % 수준에 이르는 것으로 나타났다.

4. 결 론

- 1) 열선(5W, 20W)을 콘크리트 내부에 매립하여 직접 가열한 경우, 비교적 높은 온도를 확보하였는데, 특히 20W 열선 을 사용했 을 때, 0℃를 상회하는 것으로 나타났다.
- 2) 열선(5W, 20W)을 표면 가열한 IB의 경우, 직접가열의 경우의 약 85 % 보온효과를 나타냈으나, 20W 열선을 사용했 을 경우, -10℃ 외기온 조건에서도 비교적 높은 온도를 확보하는 것을 확인할 수 있었다. 단, 열선의 재활용성을 고려하 면 IB의 경우가 훨씬 경제적이 됨을 알 수 있었다.

감사의 글

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