

저온환경에서의 양생시트 변화에 따른 콘크리트의 온도이력 특성

Temperature History of the Concrete Corresponding to Various Curing Sheets in the Low Temperature

백 대 현* 홍 석 민 ** 한 민 철*** 한 천 구****
Baek Dae-Hyun Hong, Seak-Min Han Min-Cheol Han, Cheon-Goo

ABSTRACT

In this paper, insulating effect and strength development of concrete under low temperature are reported varying curing sheets. According to test results, in temperature -5°C concrete subject to exposure and air cap condition, result in a frost damage at early age by a fall of below zero temperature. Mean while, the combination of PE film and non-woven fabric maintained around 3°C within first 24 hours since placement. For double bubble sheets, concrete temperature maintained above 7°C due to its excellent heat insulating capability. As a result of core strength test, strength of specimens cured with viny + non-woven fabric and double bubble sheets had higher strength than strength of other specimens due to good heat insulation effect at early age.

요 약

본 연구에서는 저온 환경에서 단열양생시트 변화에 따른 콘크리트의 온도이력 및 강도특성을 검토하였다. 실험결과 -5°C 에서 노출과 air cap포장지의 경우 초기 24시간 이내로 콘크리트의 온도가 영하의 온도로 저하되어 초기동해가 발생되었다. 반면, 비닐+부직포의 경우 초기 24시간이내의 최저온도가 약 3°C 로 영상의 온도를 유지하였고 이중버블시트의 경우 약 7°C 로 나타나 양호한 단열 보온 성능을 나타내었다. 코어압축강도를 측정된 결과 비닐+부직포와 이중버블시트로 양생한 시험체의 압축강도가 양생초기의 우수한 단열효과로 인해 다른 시험체의 압축강도보다 높게 나타났다.

*정회원, 청주대학교 대학원 박사과정
**정회원, 청주대학교 대학원 석사과정
***정회원, 청주대학교 건축공학부 전임강사, 공학박사
****정회원, 청주대학교 건축공학부 교수, 공학박사

1. 서론

국내 건설공사 현장에서는 한중콘크리트 타설시 주로 가열설비를 이용한 보온양생방법을 활용하고 있다. 그러나 우리나라의 한중환경조건은 서울의 경우로 예를 들면 일평균 최저기온 -4.9°C (1월14일)로서, 콘크리트의 동결온도 -1.5°C 를 고려하면 $-3^{\circ}\text{C} \sim -4^{\circ}\text{C}$ 정도의 저온대책이면 충분할 수 있음에도 불구하고 막대한 가설설비 및 난방비에 환경과피까지 초래하면서, 불균일한 온도분포로 콘크리트의 균열 등 품질에까지도 악영향을 미치고 있다.

따라서 본 연구는 한중시공시 이와 같은 가열보온 양생의 문제점을 해결할 수 있는 단열보온양생에 관한 일련의 연구로서, 특히 단열양생방법별 정온조건에서 양생온도변화에 따른 콘크리트의 온도이력 특성을 분석함으로써 한중시공시 2중 버블시트의 효용성에 대하여 입증하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 1과 같다.

먼저 실험요인으로 W/C 50 % 1수준에 대하여, 목표슬럼프 150 ± 15 mm, 목표공기량 4.5 ± 1.5 %를 만족하도록 배합설계 하였다.

양생온도는 -5°C , -15°C 의 2수준으로 계획하고, 단열양생재의 종류로는 노출, 비닐+부직포, 에어캡, 2중 버블시트의 4수준으로 실험계획 하였다.

실험사항으로 굳지않은 콘크리트에서는 슬럼프, 공기량을 측정하고 경화 콘크리트에서는 온도이력과, 계획된 재령에서 코어 공시체를 채취하여 압축강도를 측정하는 것으로 하였다.

2.2 실험계획 및 방법

본 연구의 실험방법으로 굳지않은 콘크리트 슬럼프 KS F 2402, 공기량은 KS F 2421 경화 콘크리트 압축강도 시험은 KS F 2405, 코어공시체 압축강도 KS F 2422에 의거하여 실시하였다.

양생온도 및 단열양생방법 종류별 내부 온도 이력은 그림 1 및 2과 같이 연속된 슬래브로 가정 한 시험체의 내부에 온도 측정용 열전대를 매립 한 후 온도 이력계를 이용하여 측정하였다.

이때 각 시험체는 2수준의 양생온도에 7일간 양생한 다음, 이후 $20 \pm 3^{\circ}\text{C}$ 의 기중에서 21일간 양생한다. 이는 7일간의 양생조건이면 초기동해 피해의 최악의 설정 조건을 만족하고, 이후 정상적인 양생조건을 가정하여 피해를 검토하는 것으로 계획한다.

표 1. 실험계획

실험요인		실험수준	
배합요인	W/C(%)	1	50
	목표슬럼프 (mm)	1	150 ± 15
	목표공기량(%)	1	4.5 ± 1.5
	양생온도($^{\circ}\text{C}$)	2	-5, -15
단열양생요인	단열양생 방법	4	<ul style="list-style-type: none"> 노출 비닐+부직포 Air cap 포장지 2중버블시트
	굳지않은 콘크리트	2	<ul style="list-style-type: none"> 슬럼프 공기량
실험사항	경화 콘크리트	3	<ul style="list-style-type: none"> 온도이력 표준양생공시체 압축강도 (7, 14, 28일) 코어공시체 압축강도 (7, 14, 28일)

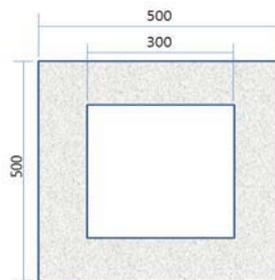
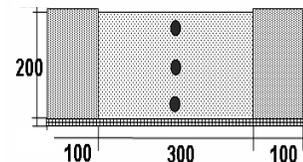


그림 1. 시험체 평면도



● 열전대 매립위치
그림 2. 시험체 단면도

3. 실험결과 및 분석

3.1 굳지않은 콘크리트의 특성

굳지않은 콘크리트의 특성으로써, 슬럼프, 공기량은 모두 목표치를 만족하는 것으로 나타났다.

3.2 온도이력 특성

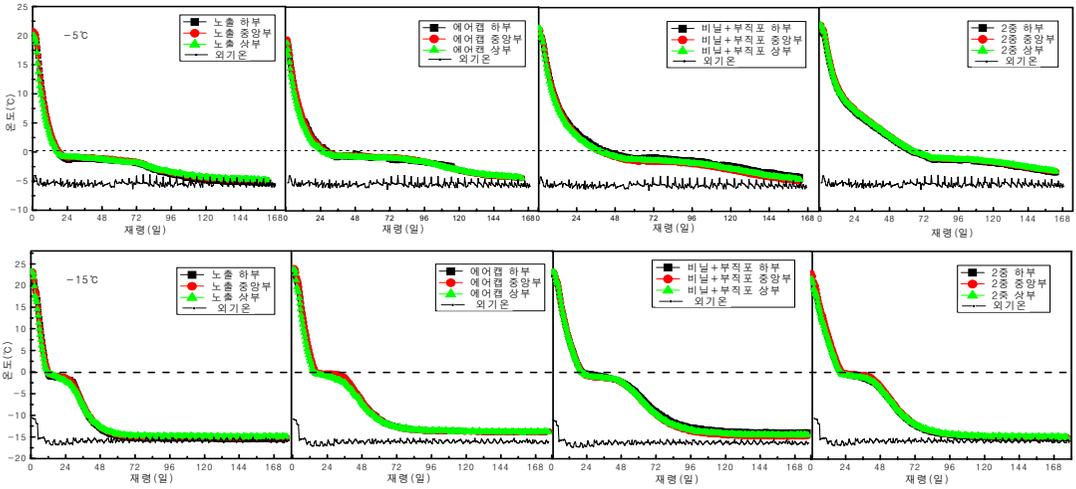


그림 3. 양생온도 및 양생시트 변화에 따른 온도이력

그림 3은 양생온도 및 양생시트 변화에 따른 재령 7일간의 시간 경과에 따른 표면 중심부 및 하부의 콘크리트 온도이력을 나타낸 것이다.

온도이력 측정결과, 각 표면 단열 양생시트 변화별 표면, 중심부 및 하부간의 온도차가 거의 없는 것을 확인할 수 있었는데, 이는 부재가 얇은 슬래브 두께로 가정하였기 때문이라고 분석된다.

-5°C 일정한 온도 조건에서 양생시트 변화에 따른 온도이력으로써, 노출 양생한 경우는 타설 후 16시간 이후부터 콘크리트 온도가 0°C로 저하되어 노출된 표면은 경우는 초기 24시간 이전에 -1.4°C까지 저하하여 급격한 온도저하로 인한 초기동해의 피해가 발생한 것으로 사료된다.

한편, 에어캡 포장지의 경우 타설 후 약 24시간 후에 콘크리트의 온도가 0°C로 저하되어 노출조건에 비해 8시간정도의 단열효과를 보였으나 이후 외기온도 저하에 따라 콘크리트 온도가 0°C이하로 저하

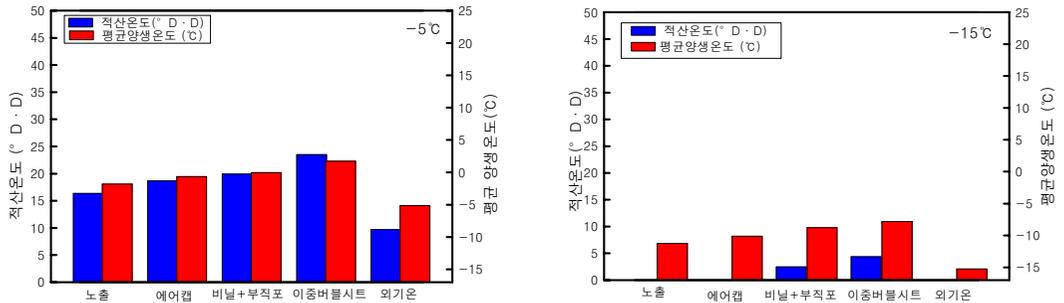


그림 4. 양생온도 및 양생시트 변화에 따른 평균 양생온도와 적산온도

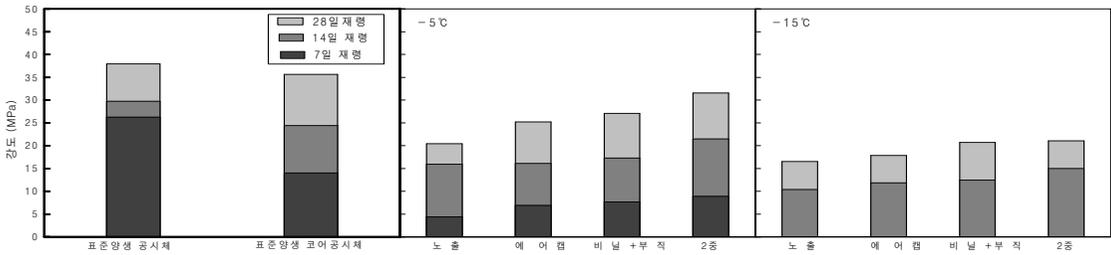


그림 5. 양생온도 및 양생시트 변화에 따른 압축강도

하여 에어캡 포장지의 경우도 초기동해의 피해가 발생된 것으로 사료된다.

비닐+부직포 조합으로 양생한 경우 약 36시간 후에 콘크리트의 온도가 0°C이하로 저하되는 것을 알 수 있었고, 이중버블시트로 양생한 경우는 타설 후 60시간이 지난 후에 콘크리트의 온도가 0°C미만으로 저하되어 초기동해가 방지됨을 확인할 수 있었다.

한편, 적산온도 및 평균양생 온도에서 이중버블시트의 경우 다른 양생시트와 비교하여 높은 적산온도와 평균양생온도 확보하여 이중버블시트의 우수한 단열효과를 확인할 수 있었다.

반면에, -15°C 일정온도 조건 양생한 경우에는 양생조합에 관계없이 모두 24시간 이전에 콘크리트 온도가 0°C이하로 저하되어 단열보온 양생에 대한 주의가 요구된다.

3.3 경화 콘크리트의 특성

그림 5는 양생온도 및 양생시트 변화에 따른 재령별 코어공시체의 압축강도를 나타낸 것이다.

각 시험체는 2수준의 양생온도에서 7일간 양생한 다음, 이후 20±3°C의 기중에서 21일간 양생하여 재령별로 코어를 채취해 압축강도를 측정하였다.

코어압축강도 측정결과 -5°C 일정온도 조건에서 노출의 경우 다른 양생시트로 보양한 경우와 비교하여 강도 값이 크게 저하하는 것을 확인할 수 있었는데 이는 콘크리트 타설 후 초기 24시간 이전에 저온의 영향으로 초기동해의 피해를 입었기 때문으로 사료된다.

양생시트로 보양한 경우 에어캡 포장지, 비닐+부직포, 2중 버블시트 순으로 강도 값이 크게 나왔는데, 각 양생시트의 열전도율에 따라 양생온도에 따른 적산온도의 차이에 기인한 것이라고 사료된다.

한편, -15°C 일정온도 조건의 경우 초기 24시간 이전에 콘크리트의 온도가 모두 0°C이하로 저하되어 초기동해의 피해를 입어 재령 7일 코어압축강도 측정은 불가 하였으며, 20±3°C의 온도에서 기중양생 한 강도값에서도 -5°C 일정온도 조건과 비교하여 차이를 나타냈다.

4. 결론

본 연구는 저온환경에서의 양생시트 변화에 따른 콘크리트의 온도이력 특성에 관한 분석으로써 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 표면 양생시트 변화에 따른 콘크리트의 내부 온도이력을 측정된 결과 -5°C 일정온도 조건의 경우 노출과 에어캡 포장지의 경우 초기 24시간 이전에 콘크리트의 온도가 0°C이하로 저하 하였고, 비닐+부직포와 이중버블시트의 경우 각각 36시간과 60시간 후에 0°C이하로 저하되어 이중버블시트의 우수한 단열성능을 확인할 수 있었다.

(2) 코어 압축강도 측정결과 -5°C 일정온도 조건의 경우 노출의 다른 양생시트와 비교 강도 값이 가장 크게 저하하여 초기동해의 피해를 입은 것으로 사료되며, 양생시트로 보양한 경우 에어캡 포장지, 비닐+부직포, 이중버블시트의 순으로 강도 값이 크게 나왔는데 각 양생시트의 열전도율에 따라 양생온도에 따른 적산온도 차이에 따른 것이라고 사료된다.