

탄소계 광발열 소재 혼입 버블시트를 적용한 콘크리트의 양생온도 특성

Curing Temperature of Concrete Using Bubble Sheet with Carbon-based Photothermal Materials

이승민^{1*} · 이현직² · 백성진² · 한준희³ · 김 종⁴ · 한민철⁵

Lee, Seung-Min^{1*} · Lee, Hyeon-Jik² · Baek, Sung-Jin² · Han, Jun-Hui³ · Kim, Jong⁴ · Han, Min-Cheol⁵

Abstract : This study examined the curing temperature of concrete with a photothermal insulation sheet to shorten the curing time of concrete as part of construction cost and period reduction. According to the experiment results, the heating performance effect is confirmed through the temperature difference between photothermal insulation sheet and bubble sheet. And it has a high curing temperature in the order of bubble sheet (photo heating material B) > bubble sheet (photo heating material A) > bubble sheet on same layers.

키워드 : 탄소계 광발열 소재, 양생시트, 양생온도

키워드 : carbon-based photothermal material, curing sheet, curing temperature

1. 서론

최근 수년간 건설자재 및 노임 등 건설원가가 급등하면서 건설현장에서는 건설비용 증가라는 문제를 직면하고 있다. 이는 COVID-19 및 환율 급등과 같은 다양한 영향으로 건설업의 인력난 및 원자재 가격이 크게 상승하여 나타난 현상이다. 이와 같은 문제로 건설 현장에서는 공사비용 절감의 중요성이 더욱 강조되고 있으며, 현장에서는 공사기간을 단축하고자 가열양생을 적용하기도 한다. 그러나, 가열양생의 경우 과도한 열량공급으로 인해 콘크리트의 건조수축 증가 및 장기강도 저하등의 품질 저하가 우려되고, 열풍기, 제트히터의 급유 간격이 약 10시간으로 이를 관리하는 추가인력도 필요하다.

한편, 본 연구팀에서는 콘크리트 양생용 버블시트를 개발하여 한중조건에서 가열이 아닌 단열양생공법으로 폭 넓게 사용되고 있다.

따라서, 본 논문은 기존에 연구개발한 버블시트와 탄소계 광발열 소재를 활용하여 발열효과가 있는 광발열 단열시트를 개발하는 연구의 일환으로 기 개발된 버블시트 종류와 탄소계 광발열 소재를 적용한 시트의 양생온도 및 적산온도를 비교분석하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

실험계획은 표 1과 같고, 레미콘 규격은 25-30-150을 사용하였다. 광원은 자연광(평균 : 25,000Lux)을 사용하였으며, 7시부터 19시까지 1시간 단위로 조도를 측정하였다. 거푸집 규격은 표준바닥구조의 두께인 210 mm을 모사하여 1200×1200×210 mm로 제작하였다.

양생시트 종류는 노출, 1중 버블시트, 2중 버블시트, N사 광발열 소재를 15% 혼입한 1중 및 2중 버블시트, J사 광발열 소재를 5% 혼입한 1중 및 2중 버블시트로 총 7수준이며, 실험사항은 콘크리트 표면 중앙부의 온도 이력을 72시간 동안 60분 간격을 두고 측정하는 것으로 계획하였다.

표 1. 실험계획

실험요인		실험사항		
실험변수	레미콘 규격	1	· 25-30-150	
	광원		· 자연광 (평균조도 약: 25,000Lux)	
	거푸집 규격		· 1200 × 1200 × 210 mm	
	양생시트 종류	3	· 노출	· 1중 버블시트
탄소계 광발열 소재	3	· 미혼입	· A ¹⁾	· B ²⁾
실험사항	경화 콘크리트	1	· 온도이력(72Hr)	

1) N사 착색재 15% 혼입 2) J사 착색재 5% 혼입

1) 청주대학교, 박사과정, 교신저자(lymolo4u@naver.com)

2) 청주대학교, 석사과정

3) 청주대학교, 박사과정

4) 청주대학교, 조교수, 공학박사

5) 청주대학교, 정교수, 공학박사

3. 실험결과 및 분석

그림 1은 경과시간에 따른 양생시트 종류별 온도이력을 나타낸 것이다. 전반적으로, 동일한 레이어층을 가진 버블시트의 경우 광발열 소재B, 광발열 소재A, 일반 버블시트 순의 높은 온도로 나타났다. 1중 버블시트에서 광발열 소재 B는 66.8°C, 광발열 소재 A는 61.6°C, 광발열 소재 미혼입은 61.5°C 순의 최고온도로 나타났으며, 가장 높은 온도를 보인 광발열 소재 B는 광발열 소재 A 대비 8.4%, 광발열 소재 미혼입 대비 8.6%, 노출 대비 35.5% 온도차로 나타났다. 2중 버블시트의 경우 광발열 소재 B는 67.9°C, 광발열 소재 A는 63.5°C, 광발열 소재 미혼입은 63.0°C로 나타났으며, 가장 높은 최고 온도를 보인 광발열 소재 B의 경우 광발열 소재 A 대비 6.9%, 광발열 소재 미혼입 대비 7.8%, 노출 대비 37.7% 높은 온도차로 나타났다.

또한, 타설 후 24시간 이내가 최고온도로 확인되었는데, 이는 콘크리트 타설 후 초기 수화반응에 의한 수화열과 양생시트에 의한 효과로 판단된다.

그림 2는 재령경과에 따른 적산온도를 그래프이다. 기존 연구에 따르면 재령 28일 기준 30MPa의 강도를 발휘하는 콘크리트의 5MPa 도달 시기를 47°D·D로 추정하였다[1]. 이를 기준으로 노출은 약 29시간, 1중 버블시트(광발열 소재 A) 및 1중 버블시트(광발열 소재 미혼입)는 약 22시간 30분, 2중 버블시트 및 2중 버블시트(광발열 소재 A)는 약 22시간, 1중 버블시트(광발열 소재B) 및 2중 버블시트(광발열 소재 B)는 약 21시간 후 5 MPa에 도달한 것으로 추정된다. 1중 버블시트(광발열 소재 A)의 경우는 1중 버블시트(광발열 소재 미혼입)와 동등한 수준으로 47°D·D에 도달하였지만 경과시간이 지날수록 1중 버블시트보다 높은 D·D를 나타냈으며, 이를 제외한 모든 변수의 경우 버블시트(광발열 소재 B) > 버블시트(광발열 소재 A) > 버블시트 순으로 적산온도가 높게 확인되었다.

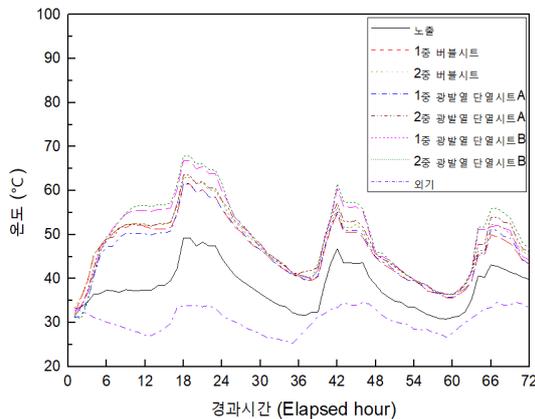


그림 1. 양생시트 종류별 경과시간에 따른 온도이력

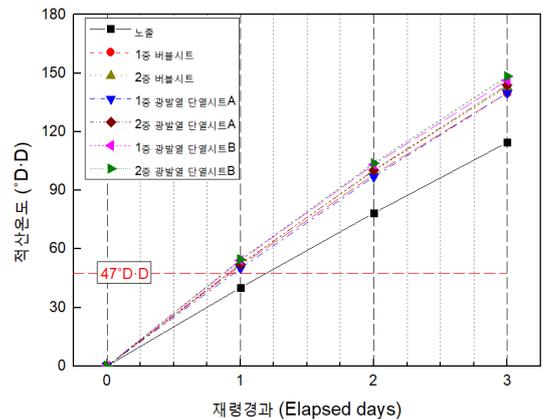


그림 2. 양생시트 종류별 재령경과에 따른 적산온도

4. 결론

본 연구는 건설 비용 및 공기단축을 일환으로 콘크리트 양생시간을 단축하고자 광발열 단열시트를 적용한 콘크리트의 양생온도를 검토하였다. 실험결과 주간에 반복적으로 발생하는 양생시트 종류간 온도차를 통해 발열성능효과를 확인하고, 버블시트가 동일 레이어층을 가질 경우 버블시트(광발열 소재 B) > 버블시트(광발열 소재 A) > 버블시트순으로 높은 양생온도를 나타냈다. 5 MPa 도달 적산온도를 기준으로 최소 양생시간을 추정한 결과 앞선 온도이력 결과와 같은 경향을 나타냈다. 온도이력 및 적산온도 추정을 통한 분석결과 1중 버블시트(광발열 소재 B)가 2중 버블시트(광발열 소재 A)보다 높은 온도를 확인되어 광발열 소재 B가 가장 높은 발열성능을 갖는 것으로 확인했다.

참고문헌

1. 유재강. 적산온도에 의한 현장타설 콘크리트의 거푸집 탈형강도 평가. 한국콘크리트학회 학술대회 논문집. 2018. p. 709-710.
2. 이현직. 광발열 단열시트를 적용한 콘크리트의 특성. 한국건축시공학회 학술발표대회 논문집. 2023. p. 169-170.
3. 김수호. 광발열소재와 버블시트를 조합한 양생시트가 모르타르의 표면온도 이력에 미치는 영향. 한국건축시공학회 봄 학술논문 발표대회 논문집. 2022. p. 160-161.