

광발열 소재를 활용한 1중 버블시트의 발열성능 검토

A Study on the Heat Performance of Single Layered Bubble Sheet Using Photothermal Materials

이현직^{1*} · 후원야오² · 이승민³ · 한준희³ · 김 종⁴ · 한민철⁵

Lee, Hyeon-Jik^{1*} · Hu, Yun-Yao² · Lee, Seung-Min³ · Han, Jun-Hui³ · Kin, Jong⁴ · Han, Min-Cheol⁵

Abstract : This study compared the curing temperature of the bubble sheet and the photothermal insulation sheet incorporating carbon-based photothermal materials to reduce concrete curing time as a part of shortening construction period. As a result of the experiment, bubble sheet with photothermal material B is judged to be effective in shortening the curing time under hot environment.

키워드 : 버블시트, 탄소계 착색제, 광발열 단열시트, 서중환경, 양생온도

Keywords : bubble sheet, carbon-based photothermal materials, photothermal insulation sheet, hot weather, curing temperature

1. 서론

건설공사에 있어 건축물의 품질 및 안전은 필수요건이며, 콘크리트의 강도확보는 이를 충족하기 위해 중요한 요인중 하나이다. 강도 확보를 위하여 콘크리트의 타설 후 충분한 양생온도를 공급할 경우 콘크리트의 강도는 증진 및 촉진된다. 이에 초고층 건축물 및 공기단축이 필요한 실무현장에서는 한중, 한랭기를 포함한 서중환경에서도 콘크리트 타설 후 가열양생을 적용하여 양생시간을 단축시키는 경우도 있다. 하지만 가열양생은 과도한 열량공급과 열의 집중으로 인해 건조수축 균열 및 장기강도 저하 등의 품질저하를 일으킬 수 있으므로 주의해야 한다. 그러나, 실무현장에서 사용되는 콘크리트 양생용 버블시트는 콘크리트의 수화열을 단열보온하고, 내부 수분 증발을 방지함으로 외부환경 대응에 적합한 단열보온양생재이다.

따라서, 본 연구에서는 서중환경조건에 적용할 수 있는 콘크리트 양생용 버블시트에 탄소계열 광발열 소재를 혼입한 광발열 단열시트의 콘크리트 양생효과를 검토하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

실험계획은 표 1과 같다. 레미콘 규격은 25-30-150이고, 광원은 자연광(7~19시 평균 25,000l Lux)으로 1시간 단위로 측정하였다. 거푸집 규격으로는 1200×1200×210mm로 표준 바닥구조의 두께인 210 mm를 적용하여 제작하였다. 양생시트 변수는 노출, 비닐, 1중 버블시트(이하 버블시트), N사 광발열 소재를 15% 혼입한 1중 버블시트(이하 버블시트(A)), J사 광발열 소재를 5% 혼입한 1중 버블시트(이하 버블시트(B))로 총 5수준이고, 실험사항은 시트별 콘크리트 표면 중앙부 온도이력을 72간 측정하는 것으로 계획하였다.

본 연구에 사용된 광발열 단열시트는 버블시트 생산에 사용되는 PE원료에 탄소계 광발열 소재를 혼입하여 생산하였다. 광발열 단열시트의 레이어 구성은 그림 1과 같이 상부에 버블시트, 하부에 발열시트를 배열하여 제작했다. 이는 기존 연구에서 최적의 발열성능을 위해 도출해낸 레이어 구성이다[1].

표 1. 실험계획

실험요인		실험사항	
실험변수	레미콘 규격	1	25-30-150
	광원	2	자연광 (평균조도 약: 25,000Lux)
	거푸집 규격		1200 × 1200 × 210 mm
	양생시트 종류	5	-노출 -비닐 -1중 버블시트 -1중 광발열 단열시트 A1 -1중 광발열 단열시트 B2
실험사항	경화 콘크리트	1	-온도이력(72Hr)

1) N사 착색제 15% 혼입

2) J사 착색제 5% 혼입

1) 청주대학교, 석사과정, 교신저자(guswlr1421@naver.com)

2) 청주대학교, 석사과정

3) 청주대학교, 박사과정

4) 청주대학교, 조교수, 공학박사

5) 청주대학교, 정교수, 공학박사

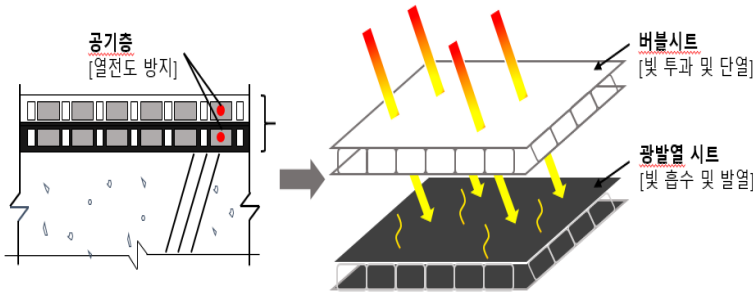


그림 1. 광발열 단열시트의 단면 및 원리

3. 실험결과 및 분석

그림 2는 경과시간에 따른 양생시트 종류별 콘크리트의 온도이력을 나타낸 그래프이고, 양생시트 종류별 최고온도의 경우 노출 49.3°C, 비닐 56.6°C, 버블시트 61.5°C, 버블시트(A) 61.6°C, 버블시트(B) 66.8°C로 나타났고, 버블시트(A)는 버블시트 대비 0.1°C 높은 온도를 보였고, 노출 대비 12.3°C인 19.9% 상승했다. 버블시트(B)의 경우 1중 버블시트 대비 5.3°C 높은 온도를 보였으며, 노출 대비 17.5°C인 35.5% 상승하였다.

최고온도는 주간에 발생하였고, 광발열 소재를 첨가한 버블시트는 버블시트 비교시 야간에는 동등한 양생온도를 보였으나 주간에는 반복적으로 높은 양생온도를 나타내어 빛에 의한 발열효과를 확인 할 수 있었다.

그림 3은 재령경과일에 따른 적산온도를 나타낸 그래프이다. 적산온도를 활용한 기존 연구에 의하면 재령 28일에 30MPa를 갖는 콘크리트가 5 MPa에 도달하여 측면 거푸집 해체 가능한 시기를 47 °D·D로 추정하였고, 이에 본 연구는 47 °D·D를 목표 기준치로 정했다[2].

적산온도를 통한 추정결과 노출 약 29시간, 비닐 약 24시간, 버블시트(A), 버블시트 약 23시간, 버블시트(B) 약 21시간 30분 후 도달하였다. 노출에 비닐을 덮는 것만으로도 약 5시간의 양생시간이 단축가능하였고, 버블시트와 버블시트(A)는 동등한 시간을 소요하였다. 가장 좋은 성능을 보인 버블시트(B)의 경우 21시간 30분이 소요되어 노출대비 8시간 30분, 버블시트(A) 및 버블시트 대비 1시간 30분 이상의 차이를 나타냈다.

4. 결론

본 연구는 건설공사에 있어 공기단축의 일환으로 콘크리트의 강도 축진을 통한 콘크리트 양생시간 단축 및 품질을 확보하고자 서중환경에 적합한 콘크리트 양생용 버블시트와 버블시트에 탄소계열 광발열 소재를 혼입한 광발열 단열시트의 양생온도를 비교하였다. 실험결과, 광발열 단열시트와 버블시트의 주간에 발생하는 온도차를 통해 발열성능을 확인하였고, 광발열 소재를 혼입한 광발열 단열시트의 경우 노출과 8시간 30분, 버블시트(A) 및 버블시트와 1시간 30분의 온도차를 보여 서중환경에서 활용시 양생시간 단축에 효과적인 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 김수호. 광발열소재와 버블시트를 조합한 양생시트가 모르타르의 표면온도 이력에 미치는 영향. 한국건축시공학회 봄 학술논문 발표대회 논문집. 2022. p. 160-161.
2. 유재강. 적산온도에 의한 현장타설 콘크리트의 거푸집 탈형강도 평가, 한국콘크리트학회 학술대회 논문집. 2018. p.709-710.
3. 이현직. 광발열 단열시트를 적용한콘크리트의 특성. 한국건축시공학회 학술발표대회 논문집. 2023. p. 169-170.
4. 이현직. 1중 광발열 단열시트를 사용한 콘크리트의 양생온도 상승특성. 대한건축학회 춘계학술발표대회논문집. 2023. 제44권 1호. p. 637-638.

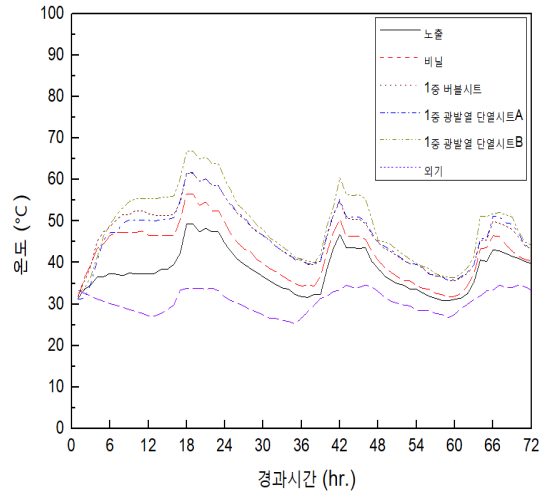


그림 2. 경과시간에 따른 온도이력

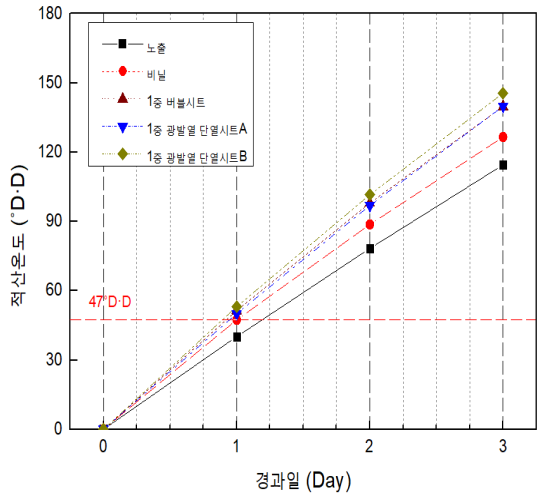


그림 3. 경과일에 따른 적산온도