

# PCM 혼합 조경 포장콘크리트의 동절기 표면온도 변화

박세영\*, 이기열\*\*, 나희홍\*\*\*

\*전남대학교 조경학과 석사과정, \*\*전남대학교 조경학과 부교수, \*\*\*전남대학교 조경학과 학부생

## 1. 서론

최근 지구온난화에 기인한 기후변화의 영향으로 겨울철 폭설과 한파가 빈번하게 발생하고 있다. 이에 따른 적설 또는 보도 표면에 형성된 블랙아이스는 보행자의 낙상사고로 인한 안전을 위협하고 있다. 안전사고를 예방하기 위한 제설 방법으로는 주로 염화칼슘과 염화나트륨을 사용하는 제설제 살포 방법을 사용하고 있으며 또한 추가적으로 열선과 탄소나노튜브를 활용한 연구들이 진행되고 있다. 하지만 제설을 위한 제설제 사용량이 증가할수록 포장콘크리트의 공용수명이 감소하는 것이 조사되었다(김찬우, 2015).

본 연구는 제설제 및 열선으로 인한 제설의 대안으로 특정온도에서 상변화를 일으켜 열에너지를 축적하거나 저장된 열에너지를 방출하는 상변화물질(phase change material, PCM)을 조경 포장콘크리트에 적용하여 겨울철 표면온도 상승을 확인하고 보도결빙 방지 가능성을 알기위한 기초 연구이다.

## 2. 재료 및 실험방법

### 2.1 배합 및 사용재료

시멘트는 국내 S사의 비중 3.15인 보통포틀랜드시멘트, 골재는 최대치수( $G_{max}$ ) 30mm, 조립율(FM) 2.75의 쇄석 굵은골재와 조립율 2.58의 보통 잔골재를 사용하였다. 각 배합별 잔골재율(S/a)은 46%로 일정하게 유지하였다. PCM은 국내 E사의 용융점 5-6°C, 열량 250kJ/kg이며, 슬러리형과 분말형을 사용하였다.

PCM 혼합 포장콘크리트는 국토해양부에서 규정하는 포장콘크리트 배합설계지침을 참고하여 Table 1 및 Table 2와 같은 배합설계를 적용했다. 슬러리형 PCM 혼합량은 단위 시멘트량의 0%에서 20%까지 10%씩 증가하였고, 분말형 PCM 혼합량은 단위 시멘트량의 0%에서 30%까지 10%씩 증가하였다.

Table 1. 슬러리형 PCM 혼합 포장콘크리트 배합설계

실험체	단위량(kg/m <sup>3</sup> )					
	물	시멘트	잔골재	굵은골재	감수제	PCM
SP0	5.83	12.95	29.49	46.74	0.03874	0.00
SP10	4.97					2.16
SP20	4.10					4.32

Table 2. 분말형 PCM 혼합 포장콘크리트 배합설계

실험체	단위량(kg/m <sup>3</sup> )					
	물	시멘트	잔골재	굵은골재	감수제	PCM
GP0	5.83	12.95	29.49	46.74	0.03874	0.00
GP10						1.30
GP20						2.59
GP30						3.89

### 2.1.1 PCM의 온도저하 방지 효과

PCM의 온도저하 방지효과를 확인하기 위하여 -5°C 온도 설정이 가능한 냉장고를 이용하였다. 냉장고 내부에는 DAQ를 이용하여 온도 측정이 가능한 열전대 센서를 부착하였고, 시약병 3개에 각각 물, 슬러리형 PCM, 분말형 PCM을 채워 넣은 후 열전대 센서를 삽입하여 Figure 1과 같이 온도를 측정하였다.

열전대 센서를 통해 측정된 온도를 정리한 Figure 2를 살펴보면, 냉장고 내부온도는 설정온도인 -5°C를 유지하고 있으며, 물은 초기 1시간 동안 하강한 후 냉장고 내부온도와 감소율이 비슷해졌다. 슬러리형 PCM과 분말형 PCM은 냉장고 내부온도가 상변화 온도 5-6°C에 도달한 이후에도 하강하지 않았다. 온도 하강이 3.5시간이 지난 후 물과 비교하여 약 9.4°C의 온도 차이가 나타났다. 이 결과에 따르면 PCM이 5-6°C에서 상변화를 일으키며 저장된

열을 방출한다는 것을 확인할 수 있다.

## 2.2 실험체 제작 및 실험방법

PCM 혼입 조정용 포장콘크리트의 동절기 표면온도 변화를 알아보기 위하여 Table 1과 Table 2의 배합설계를 적용하여 200×400×50mm의 재원을 갖는 포장콘크리트 모형 실험체를 제작하였다. 각 실험체를 -5°C로 설정된 냉장고에 넣어 PCM 혼입 포장콘크리트의 표면온도 변화를 Figure 3과 같이 열화상 카메라를 이용하여 측정하였다.



Figure 1. PCM의 온도저하 방지효과 실험

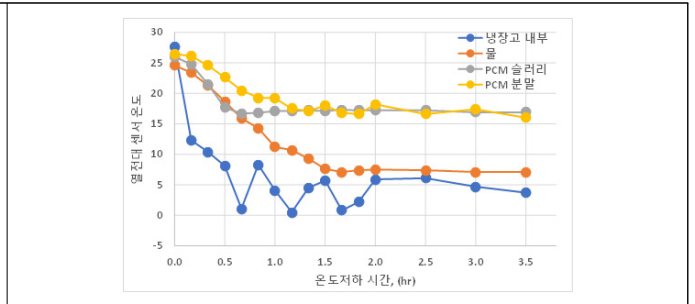


Figure 2. PCM의 온도저하 방지효과

## 3. 실험결과

### 3.1 슬러리형 PCM 표면온도 특성

슬러리형 PCM 혼입에 따른 포장콘크리트 표면온도를 정리한 Figure 4를 보면 표면온도 기준 약 5°C에서 PCM 혼입량에 따라 온도 차이가 발생하였다. PCM을 혼입하지 않은 SP-0은 180분 동안 표면온도가 계속 하강하였고, 초기온도 대비 약 16.5°C 감소하였다. PCM을 혼입한 SP-10과 SP-20은 70분 동안 표면온도가 하강하였고, 기준온도 약 5°C가 되는 시간인 90분부터 약 30분 동안 온도저하가 발생하지 않았다. SP-10은 초기온도 대비 약 13.4°C 감소하였고, SP-20은 초기온도 대비 약 10.9°C 감소하였다. PCM 혼입을 유·무에 따라 최대 약 6.5°C 차이가 발생하였으며, 혼입율에 따라 SP-0 대비 SP-10은 약 3.7°C 증가하였고, SP-10 대비 SP-20은 약 2.8°C 증가를 확인할 수 있다.

### 3.2 분말 PCM 표면온도 특성

분말형 PCM 혼입에 따른 시간별 표면온도를 정리한 Figure 5를 보면 표면 온도 기준 약 2°C 이하에서 PCM 혼입량에 따라 온도 차이가 발생하였다. PCM을 혼입하지 않은 GP-0은 180분 동안 표면온도가 계속 하강하였다. PCM을 혼입한 GP-10은 110분 동안 표면온도가 하강한 후 약 10분 동안 표면온도가 유지되었고, 이후 온도가 감소하였다. GP-20은 240분 동안 표면온도가 하강하였지만 평균적으로 GP-10 대비 약 0.2~0.3°C 높은 온도를 유지하였다. GP-30은 120분 동안 표면온도가 하강하였고, 이후 30분간 온도가 약 0.3°C 상승하였다. 4개 실험체의 가장 큰 온도 차이를 보인 구간인 150분 기준으로 PCM 혼입을 유·무에 따라 최대 약 3°C 차이가 발생하였다. 또한 혼입율에 따라 GP-0 대비 GP-10은 약 1.8°C 증가하였고, GP-10 대비 GP-20은 약 0.6°C, GP-20 대비 GP-30은 약 0.6°C 증가를 확인할 수 있다.

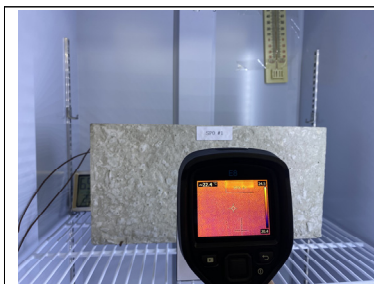


Figure 3. 열화상 온도계 표면 측정

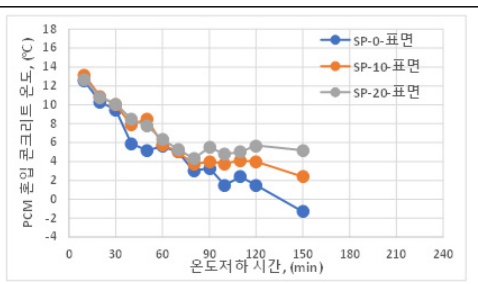


Figure 4. 슬러리형 PCM 혼입 콘크리트 표면온도

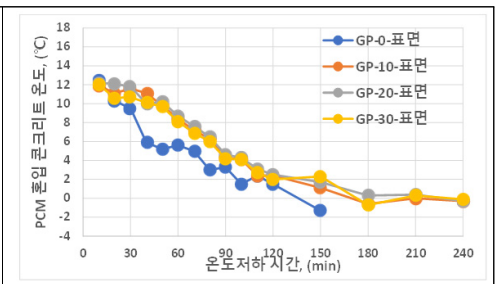


Figure 5. 분말형 PCM 혼입 콘크리트 표면온도

## 4. 결론

보통 포장콘크리트와 비교하여 블랙이스가 생성되는 온도인 약 5°C를 기준으로 슬러리형 PCM을 혼입한 조경 포장콘크리트는 약 6.5°C, 분말형 PCM을 혼입한 조경 포장콘크리트는 약 3°C 온도 차이가 발생하였다. 슬러리형 PCM의 경우 혼입율의 증가에 비례하여 온도저하가 감소되지만 분말형 PCM의 경우 혼입율을 증가시켜도 온도저하 감소가 슬러리형 PCM에 비하여 크게 증가하지 않는 것을 확인할 수 있다. 이상과 같은 결과를 종합하면 조경 포장콘크리트에 PCM을 혼입할 경우 슬러리 PCM을 혼입한 조경 포장콘크리트가 동절기 온도저하 방지에 우수하다고 판단된다.

### 참고문헌

1. 국토해양부. 시멘트 콘크리트 포장 배합설계지침. 국토해양부, 2011, pp. 103-117.
2. 김찬우(2015) 교통량 및 제설제 사용량에 따른 고속도로 포장의 공용수명 분석. 한국도로학회 논문집, 제 17권, 제 1호, pp. 25-33.