

하절기 장대레일 온도저감을 위한 차열성 도료의 현장적용성 평가

Evaluation on Field Applicability of Isolation-heat Paint for Temperature reduction of CWR in Summer Period

백인철*[†], 박성백*, 김영철*, 권세곤*

Back-In Chul*[†], Seong-Baek Park*, Young-Chul Kim*, Se-Gon Kwon*

Abstract The advantages of CWR are improvement of ride comfort, reduction of maintenance costs, however there can be occurred the breakage of railway in winter and the buckling in summer by the axial force. Recently, safety assurance of the buckling of CWR came to the fore because of abnormal climate and heat wave. In this study, the basic reflection performance is verified through measuring solar reflectance about three types of white paint, and temperature reduction effect is analyzed as applying it directly to the mainline for a certain period. Solar reflectance of each sample was measured between 5 and 15 percent differential. But temperature reduction effect was slight by result of field tests. The temperature reduction effect is measured 4 or 5°C in the early days of application, however its effect is gradually reduced because of the dust at the time of train passage and the contamination by rainfall. Work period should be closely determined when the isolation-heat paint is applied to rail owing to persistence of temperature reduction effect.

Keywords : isolation-heat paint, CWR, rail Temperature

초 록 장대레일은 승차감 향상, 유지보수 비용절감 등과 같은 장점이 있으나, 내부 축력에 의한 동절기 절손 및 하절기 좌굴과 같은 문제점이 발생할 수 있다. 최근 이상 기후 및 폭염으로 장대레일 좌굴에 대한 안전성 확보가 대두되고 있는 실정이다. 본 연구에서는 백색 페인트 3종을 선정하여 일사반사율 측정을 통해 기본 반사 성능을 검증하였고, 본선에 직접 도포 하여 일정기간 동안 온도저감 효과를 분석하였다. 시료별 일사반사율은 5~15%차이가 나는 것으로 측정되었다. 그러나 현장시험 결과 온도저감 효과 차이는 미미하였다. 도포 초기에는 4~5°C의 온도저감 효과가 측정되었으나, 열차통과시 발생하는 분진 및 강우로 인한 오염으로 인하여 점차 온도저감 효과가 저감되는 것으로 나타났다. 차열성 도료를 레일에 도포할 경우 한시적인 온도저감 효과는 발현되나 지속성에 문제가 있어 현장에 적용할 경우 작업시기를 면밀하게 결정해야 할 것으로 판단된다.

주요어 : 차열성도료, 장대레일, 레일온도

1. 서 론

장대레일은 승차감 향상, 유지보수 비용절감 등과 같은 장점이 있으나, 내부 축력에 의한 동절기 절손 및 하절기 좌굴과 같은 문제점이 발생할 수 있다. 최근 이상 기후 및 폭염으로 장대레일 좌굴에 대한 안전성 확보가 대두되고 있는 실정이다.

[†] 교신저자: 한국철도공사 연구원(icback@korail.com)

* 한국철도공사 연구원

현재 하절기 폭염시 장대레일 관리를 위해 선로 순회, 감시원 배치, 살수, 열차서행 등 다양한 방법을 동원하고 있으며, 장대레일 축력교란 발생시(레일, 침목교환, 2중기계작업 등) 즉시 장대레일 재설정을 즉시 시행하여 장대레일 안전관리를 하고 있다.

본 연구에서는 장대레일구간 중 급곡선, 통풍불량개소를 선정하여 차열성 도료를 도포 후 온도저감 효과를 분석하였으며, 주기적인 온도 계측을 통해 효과지속성을 분석하였다.

2. 본 론

2.1 시료선정 및 실내시험

선행연구 분석 결과 백색이 효과가 가장 큰 것으로 나타나 본 연구에서는 백색 도료3종을 시료로 선정하였다.

표 1 시험도료 내역

제작사	색상	특 징
D사	백색	<ul style="list-style-type: none"> • 국내 시판중인 차열도료 - 일본Admatech社가 연구한 특허소재(특수 세라믹)를 도료에 응용하여 개발
N사		<ul style="list-style-type: none"> • 합성수지 도료(유성, 유광) • 희석재 사용(신너)
N사		<ul style="list-style-type: none"> • 합성수지 도료(유성, 무광) • 희석재 사용(신너)

선정된 시료의 반사특성 분석을 위해 일사반사율 시험을 시행하였다. 차열성 도료의 일사 반사율 측정에 대한 규격이 국내에 제정되어 있지 않아 일본의 JIS K 5602:2008의 규정을 적용하여 시험을 실시하였다.

일사반사율이란 규정된 파장영역(780~2500nm)에서 측정된 분광반사율로부터 산출 하는 것으로써, 시편 표면에 입사하는 전천일사(대기권을 통과하면서 분산, 반사 또는 재방사되어 지상에 직접 도달하는 일사)에 대한 시편의 반사율을 의미한다.

다음 식은 일사반사율을 구하기 위한 식으로 측정된 각 파장의 분광반사율에 규격에서 제시한 기준 태양 분광방사 조도의 분포를 나타내는 중과 계수를 곱하고, 가중평균을 구하는 것을 의미 한다.

$$P_{\epsilon} = \frac{\sum_{\lambda} [(E_{\lambda} \times \Delta\lambda) \times P(\lambda)]}{\sum_{\lambda} (E_{\lambda} \times \Delta\lambda)}$$

P_{ϵ} : 일사반사율(%)



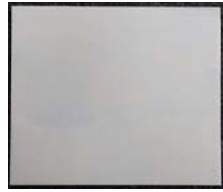
$P(\lambda)$: 분광반사율(%)

$E_{\lambda} \times \Delta\lambda$: 기준 태양광의 중과계수

λ : 파장(nm)

일사반사율 시험결과는 표2와 같이 나타났으며, 반사율은 유광 페인트 > 차열도료 > 무광 페인트 순으로 나타났다. 차열도료의 경우 시편 표면의 녹이 표출되는 현상이 발생되어 반사율에 영향을 끼친 것으로 판단된다.

표2 일사반사율 시험결과



	차열성도료(시료A)	무광백색페인트(시료B)	유광백색페인트(시료C)
일사반사율(%)	86.5	77.4	92.2
시편사진			

2.1 현장시험

2.1.1 현장시험 구간 개요 및 도포구간

열차운행선 상에서의 차열성도료의 온도저감 효과 및 지속기간 분석을 위해 장대레일부설 구간 중 좌굴발생 인자인 레일온도와 곡선반경을 고려하여 표3과 같이 선정하였다.

표3 현장시험 대상개소

Test bed	현장개요	현장사진
A	<ul style="list-style-type: none"> - 단선 - 레일 : 50kg - R : 400,500(복심곡선) - 부동구간 	
B	<ul style="list-style-type: none"> - 복선 - 레일 : 60kg - R : 직선 - 부동구간 - 방음벽 으로 인한 통풍 불량 	

2.1.2 현장시험 구간 개요 및 도포구간

각 시료별 100m씩 도포를 시행하였으며 레일 복부 및 저부에 시료를 도포하였다. 열차운행시 차륜에 시료가 접촉되는 것을 방지하기 위해 레일 두부는 도포범위에서 제외하였다.

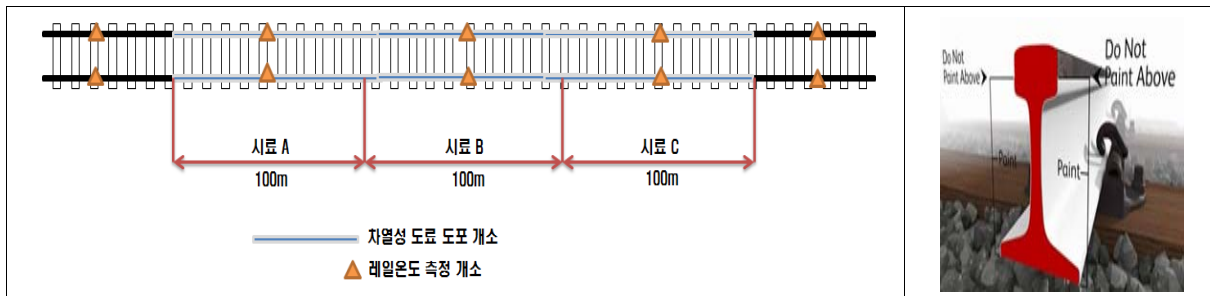


그림1 현장도포 구간 및 범위

레일온도 측정은 차열성도료 도포 후 주1회 시행하였으며, 그림 1에 표시된 지점에서 이루어졌다. 레일 복부 및 레일 두부 측면을 비접촉식 온도계를 사용하여 계측하였다.

2.3 측정결과

2.3.1 차열성도료 도포구간 온도변화

그림 1은 대기온도와 레일온도(차열성도료 도포, 미도포)의 연속적인 변화 값을 그래프로 나타낸 것이다. 사용된 도료는 유성페인트이며, 측정 기간은 8월11일부터 13일까지 3일간 측정하였다. 대기온도의 변화에 따라 레일 온도는 같은 추이를 보이고 있으며, 차열성 도료를 도포한 레일온도는 최대 미도포 레일온도와 최대 4~5℃차이를 보이고 있다. 온도 변화 추이를 살펴보면 12시부터 18시까지는 레일온도 차이가 발생하나 그 외에는 도포구간과 미도포 구간의 레일온도가 유사함을 보여주고 있다. 이는 차열성 도료가 직사광선 흡수를 억제하는 특성이 발현되어 직사광선이 강한 시간에 온도 차가 나타나는 것으로 판단된다.

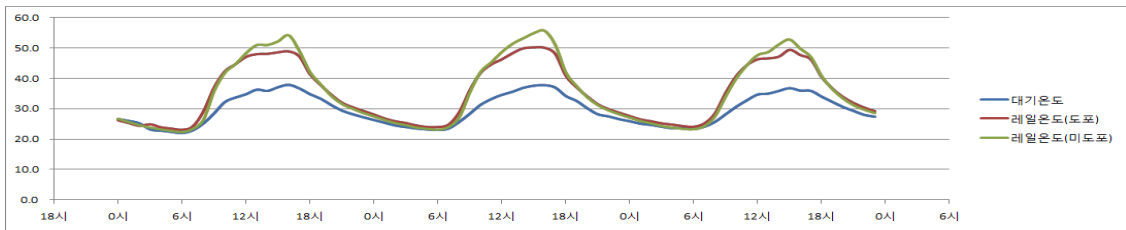


그림2 시간대별 온도변화 추이

2.3.2 시료별 성능 비교

차열성 도료 도포 후 2달간 온도 검측을 통해 시료별 온도저감 효과를 그림 3과 같이 평균값을 통해 분석하였다. 모든 시료에서 온도저감 효과가 나타났으며 그 범위는 3~5℃로 분석되었다. 시료별 온도저감 효과는 1℃ 내외로 나타나 성능 차이가 없는 것으로 나타났다. 일사반사율 시험결과와 비교해 보면 A구간의 경우 일사반사율이 높은 시료에서 근소하게 더 좋은 효과가 나타났으나, B구간의 경우에는 일사반사율 시험 값과 다른 결과가 발생하였다.

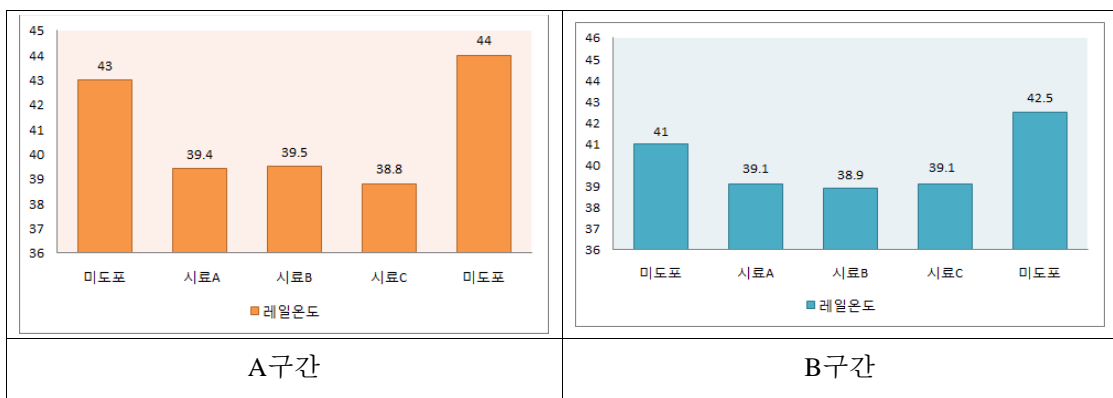


그림 3 온도저감 효과 분석

2.3.3 차열성 도료의 지속성 분석

차열성 도료의 효과 지속성을 파악하기 위해 본 연구에서는 온도 검측을 주1회 간격으로 시행하였다. 그림 4는 시료별 온도저감 효과를 날짜별로 나타낸 것으로 도색 초기의 온도저감 효과는 약 5°C 내외였으나 그 효과가 점차적으로 줄어들고 있는 것을 확인할 수 있다. 이는 열차 운행에 따른 분진 및 우천시 레일 두부에서 녹이 흘러내려 발생된 오염이 반사율 감소로 직결된 것으로 판단된다.

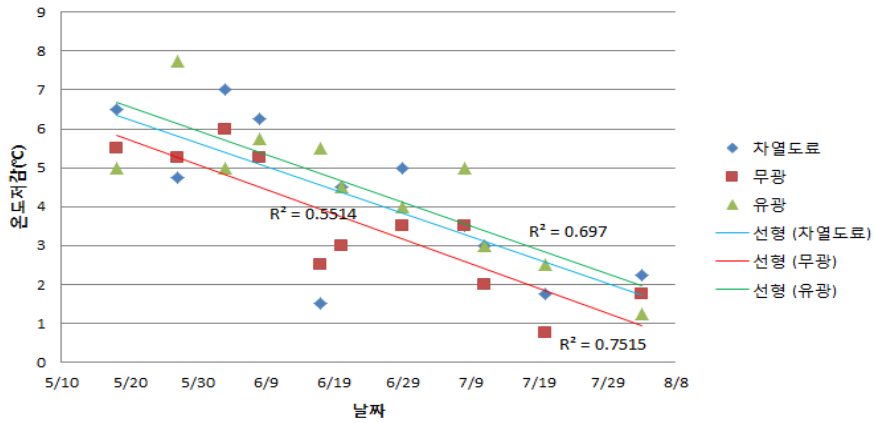


그림 4 온도저감 효과 추이

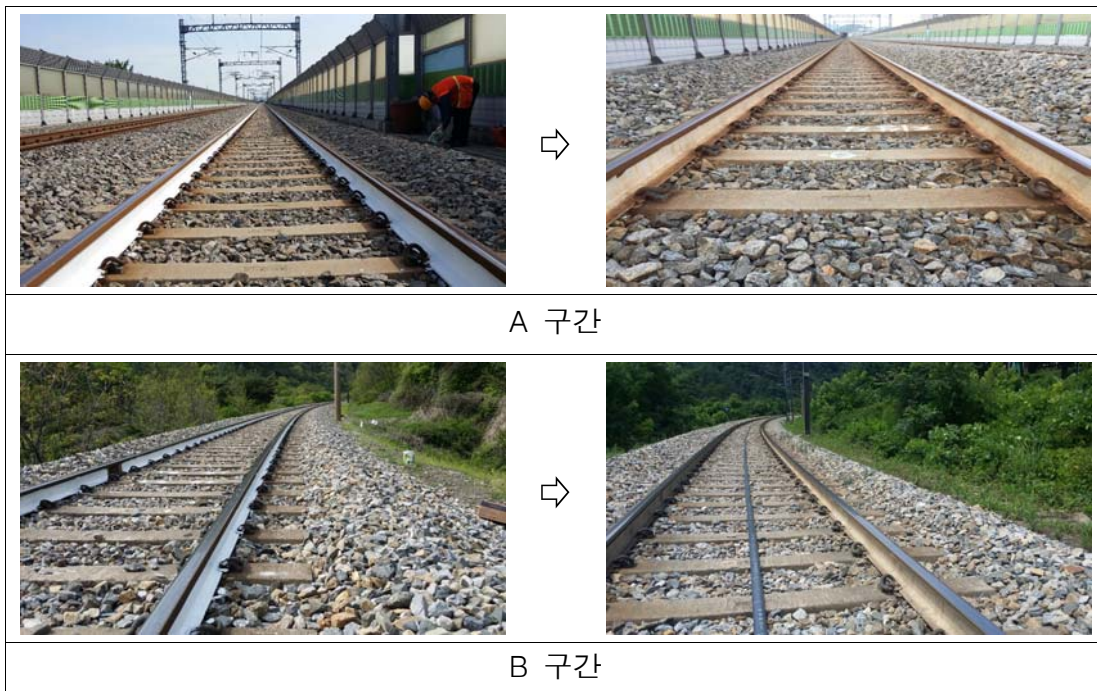


그림 5 차열성 도료 도포구간 오염사진

3. 결론

차열성 도료를 이용하여 하절기 장대레일 온도저감 효과를 분석하기 위해 국내 시판중인 차열도료, 유성페인트에 대하여 실내 및 현장시험을 시행하였다. 실내 시험(일사반사율) 결과 백색 유성페인트(유광)>백색 차열도료>백색 유성페인트(무광) 순으로 나타났다.

장대레일 구간 중 급곡선 개소와 통풍 불량개소 2곳을 선정하여 3가지 시료를 도포한 결과 4~5℃ 온도저감 효과가 나타났으며, 시료간 온도저감 효과 차이는 1℃ 이내로 미미한 것으로 분석되어 현장 적용시 백색페인트를 사용할 경우 종류는 무관할 것으로 판단된다. 또한 현장의 열차통과 시 발생하는 분진 및 우천시 레일 두부에서 녹이 흘러내려 도포부위에 오염이 발생하였으며, 이로 인해 온도저감 효과가 반감되는 것으로 나타났다.

차열성 도료의 현장적용 시험 결과 단기간 온도저감 효과는 있으나 그 지속기간이 약 60일 정도로 예상되어 현장 적용시 도포 시기를 면밀하게 검토 후 진행해야 할 것으로 제시한다.

참고문헌

- [1] 성덕용 외(2012) 하절기 장대레일 온도제어를 위한 차열성 도료의 적용, 한국철도학회
- [2] 소경락 (2010) 아크릴 수지를 이용한 차열성포장의 성능평가, 세종대학교 토목환경 공학과 석사학위논문
- [3] 홍창우(2012), 차열성 포장에서 아크릴 반사도료의 영향인자에 관한 연구, 충주대학교 토목공학과