

軌道レール温度上昇抑制工法の開発と実施例

相田 尚・片岡 直之

夏季の猛暑は、鉄道のレール張り出し現象を発生させる要因であり、点検、保線作業を急増させ通常業務の逼迫、保線費用の増加にも繋がる。

筆者らは、遮熱性塗料をレール側面に塗布することでレールの温度上昇を抑制する工法として、専用塗料と塗布機を新たに開発し実用化した。実軌道で7～10℃程度のレール温度低減効果を確認し、供用によって塗料面に付着する汚れは除去することで効果の維持・回復が可能である。本文では、その開発概要と実施例について報告する。

キーワード：鉄道、軌道、レール、張り出し、温度上昇抑制、遮熱性塗料

1. はじめに

近年の異常気象による夏季の猛暑は、熱中症など人体への直接的影響だけでなく、作物等の不作による食糧問題といった間接的な問題の原因ともなっている。またこの猛暑により、重要な交通機関のひとつである鉄道でも、列車の遅れや運休といったニュースや報道が散見されるようになった。

鉄道のレールは、温度の影響を受け伸縮するが、通常はこの伸縮を許容できる構造となっている。しかし、近年の猛暑で許容量を大幅に超える場合があり、これによりレールの張り出しなどが発生し、安全・安心・快適輸送に支障をきたす原因となっている。従って、レールの温度上昇を抑制することは喫緊の課題の一つとなっている。

一方、太陽光の赤外線域を効率的に反射する塗料が開発され（図-1）、これを建物の屋根等に塗布することで建物の温度上昇を抑制する遮熱技術として活用されている。道路分野では、都市部のヒートアイランド対策として専用の遮熱塗料を舗装面に塗布する遮熱性舗装として普及展開している。

この技術を軌道レールに応用すべく、専用の遮熱性塗料と塗布機を開発し、実軌道での供用試験を経て軌道レール温度上昇抑制工法として実用化に至った（写真-1）。

本文では、開発の経緯とその実施例を紹介する。

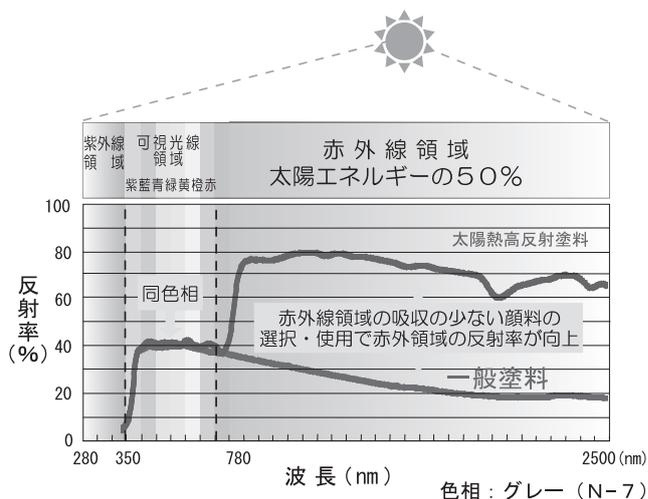


写真-1 実施例

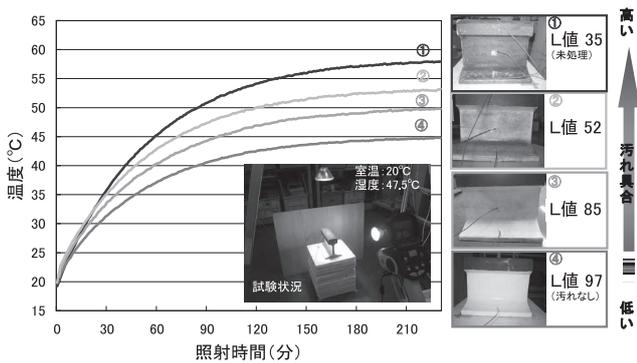
2. 基礎試験による問題点の抽出

(1) 汚れの影響

当該工法の開発にあたり、他の分野で実績のある水性遮熱性塗料を用いて室内および実軌道で基礎的な試験を行った結果、温度上昇抑制効果については一定の効果はあるものの、塗料に関してはレール特有の錆やオイル、金属摩耗粉などの汚れ²⁾が塗料面に付着することによって温度上昇抑制効果が低下することや、その汚れが除去できないといった点が課題となった。

そこで、塗料表面が汚れることで、どの程度レール温度上昇抑制効果が低減するかを、切り取りレール供試体を用いたランプ照射試験を行い確認した(図一2)。汚れの再現は、ラッカースプレーを段階的に塗り重ねることとし、その都度色差計にて明度(L値)を測定し汚れの指標とした。

これにより、温度上昇抑制効果が汚れにより低下することが確認できた。



図一2 汚れ(L値)毎の温度低減効果比較

(2) 施工性の問題

基礎試験では、スプレーガンによる人力塗布を行ったが、低い位置での塗布作業となるため苦渋であるうえ施工効率も悪いことがわかった(写真一2)。



写真一2 人力による塗布施工例

基本的には路線営業時間外での夜間作業となることから、限られた時間内で安全かつ効率的に施工できる機械が必要であると考えた。

3. 軌道レール温度上昇抑制工法の開発

(1) 専用塗料の開発

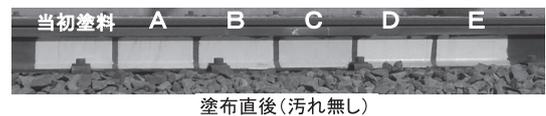
レール特有の汚れに対する洗浄性を高めるために適切な塗膜表面の硬度や平滑性を有し、下地の影響を最小限にすることでレールとの密着性が確保できる専用の遮熱塗料をペイントメーカーと共同開発した。

(a) 洗浄性

洗浄性の向上には、汚れの種類や状態等によって自浄作用、親水性などといった機能を付加する手法がある。5種類の試作塗料(表一1)を用いて実軌道にて洗浄性の試験を行った結果、塗料面の硬度を調整する手法が高い洗浄性を示した(写真一3)。

表一1 試作塗料の効果

| 試作塗料 | 効果の概要 |
|------|----------------------------|
| A | 従来の遮熱性塗料を透明の高親水層で覆う2層仕上げ |
| B | 光触媒活性機能により塗膜表面を分解し汚れを除去する |
| C | 特殊機能により汚れに因らず温度上昇抑制効果を維持する |
| D | フッ素樹脂を配合した表面の硬度、平滑性が高い塗料 |
| E | 親水性を高め雨水により汚れを除去する |



塗布直後(汚れ無し)



汚れ拭き取り後の状況(4ヶ月経過)

写真一3 洗浄性試験結果例

また、硬度を高めるにつれ洗浄性の向上も期待できるものの、ひび割れの発生が懸念された。従って、レールの伸縮にも追従可能な適度な伸縮性も必要であり、硬度とのバランスのとれた配合について種々の検討を行い選定した。

(b) 密着性

既設レールの表面には、錆、オイルおよび金属摩耗粉などの汚れが付着しており、通常の塗装工程であれば、下地処理としてこれらを除去する必要がある。しかし、施工時間の制約が厳しいため、工種の追加は施

工量の低下につながり、コストアップの要因ともなりえる。

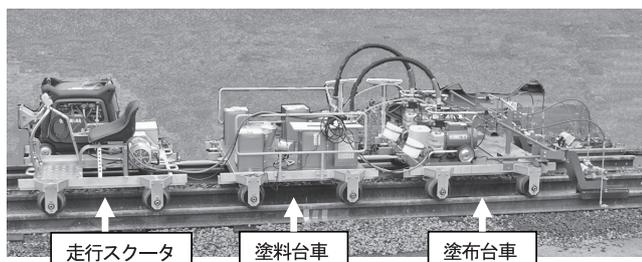
そこで、下地からの影響を最小限にするために、汚れ等による物理的、化学的な影響を配慮し、ぬれ性や表面張力などを調整し、密着性の向上を図った。

(2) 専用塗布機の開発

レールの側面に塗料を塗布する専用の塗布機械の開発にあたっては以下の3点をコンセプトとした。

- ①軌道上での作業であり、簡単に搬入、搬出が可能であること
- ②レール側面にワンパスでムラ無く塗布できること
- ③3軌間に対応できること

夜間作業における安全な施工速度とノズルからの吐出量等の試験施工を行い、完成した専用塗布機を写真一4に示す。



写真一4 開発した専用塗布機

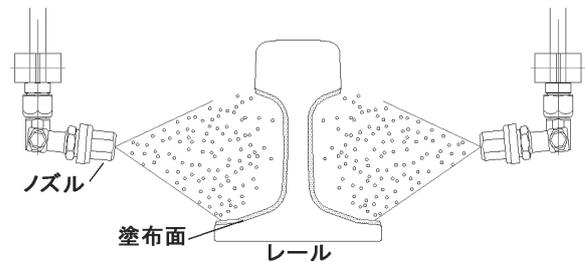
専用塗布機は、走行スクータ、塗料台車、塗布台車の3台の連結により構成され、それぞれが人力によって搬出・入が可能である。

また、3軌間に対応できるように、スペーサの脱着で車輪位置が可変できるようになっている(写真一5)。

専用塗布機の主要諸元を表一2に、レール塗布の概略図を図一3に示す。車輪を受けるレール頭部は除きレールの側面が塗布範囲となる。

表一2 開発機の主要諸元

| | |
|---------|------------------------|
| 全台車荷台寸法 | 1,322 mm × 1,200 mm |
| 速度 | 0 ~ 100 m/min |
| 作業速度 | 10 ~ 20 m/min |
| 動力 | 発電機 EF5500iSDE |
| | 騒音レベル (58 ~ 64 dB) 7 m |
| 軌間距離 | 1067,1372,1435 mm 可変式 |



図一3 レール塗布概略図

(3) 特長

以上を踏まえた本工法の特長は以下のとおりである。

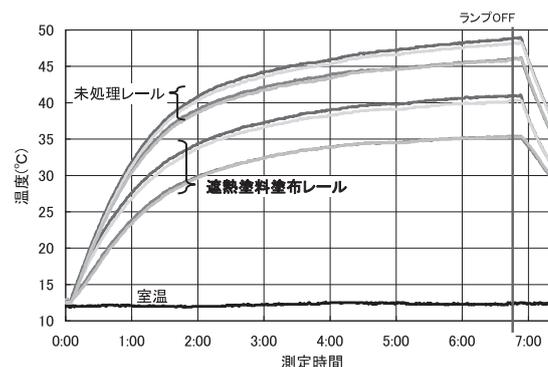
(a) レール温度上昇抑制効果

レール温度上昇抑制効果を確認するために、切り取りレールの照射試験(写真一6)を行い、表面および内部温度を測定した(図一4)。その結果から、レールの内部温度も表面と同様に10℃程度低減できることを確認した。

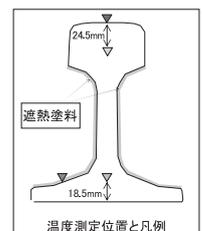


写真一6 室内照射試験

【ビームランプによるレール照射加熱時の表面・内部温度測定結果】



図一4 温度測定結果例



写真一5 3軌間対応車軸

(b) 保線作業の軽減

保線作業の実施に係る一つの指標として営業路線のレール温度が測定・管理されており、鉄道事業者により基準は異なるが、レール温度が45℃あるいは50℃となった段階で緊急の保線点検を実施するが多い。特に夏季においては近年の異常気象も相まって、通常の一般業務を逼迫するほど点検回数が著しく増加する場合があります、レール温度を下げることで緊急の保線点検回数の低減が期待できるものと考えられる。

(c) 効率的な施工

専用塗布機を適用することで均一かつ効率的に塗布可能である。

(d) 洗浄性に優れる

レール専用の遮熱塗料により、供用によって付着する汚れが除去しやすい。また、汚れによる塗料の腐食等は現段階では確認されておらず、塗料面も良好な状態が維持されている。

(4) 適用箇所

レールの温度は、日照条件、敷設方向およびロングレール区間などといった軌道・周辺環境にも影響を受ける。従って本工法は、以下のような箇所を抽出し適用することが有効と考えられる。

- ①張り出し事故の多い区間
- ②保線点検回数が多い区間

4. 実施例

平成 21, 22 年度に実軌道において 5 箇所の試験施工を実施し（写真一7）、各現場条件において当該工法の検証を行った。

塗布機に関しては、組立、撤去とも人力にて簡便に行え、約 20 m/min で一定量の連続塗布ができることを確認した。

平成 22 年度 9 月 9 日、南海電気鉄道(株)高師浜線にて、延長約 50 m の区間で試験施工を行い、レール温度の

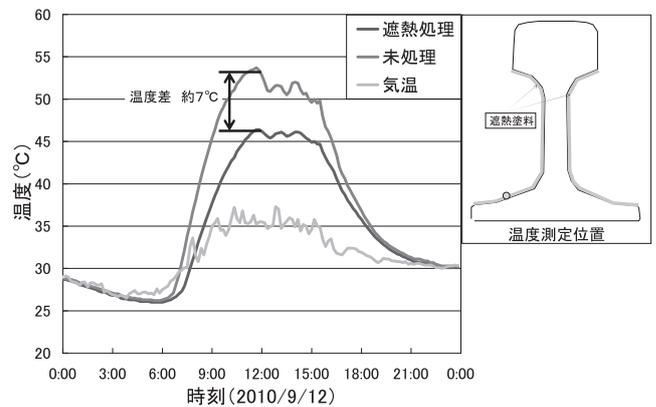


写真一7 施工状況

継続的な測定と、汚れの洗浄に関する追跡調査を実施した。その概要は以下のとおりである。

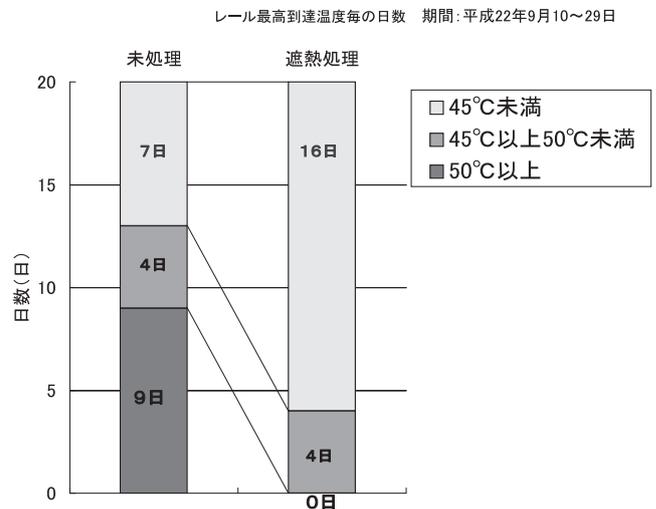
(1) レール温度上昇抑制効果

レール温度の測定結果の一例を図一5に示す。この結果から約7~10℃程度の温度低減効果が確認できた。



図一5 実軌道レール温度測定例

さらに、平成 22 年 9 月 10 ~ 29 日までの期間で、レール最高温度の日数を比較した結果を図一6に示す。これより、45℃以上の日数が13日→4日と大幅に低減されていることが確認できた。



図一6 実軌道でのレール温度毎の日数比較

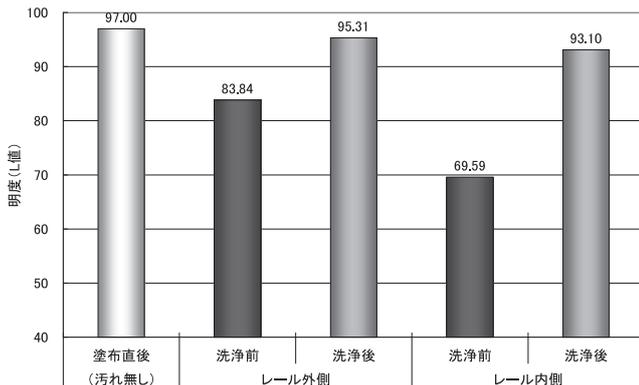
(2) 洗浄性の確認

当該現場は、塗料の洗浄性を確認するためにあえてレール内側にオイルが噴霧される区間を選定し、一定期間供用後に汚れを拭き取り効果の確認を行った（写真一8）。

図一7は、塗料面の洗浄前後の明度（L値）を比較したもので、4ヶ月間洗浄しない状態でも一回の洗浄でほぼ初期の汚れてない状態まで回復することが確認できた。



写真一八 洗浄性の確認



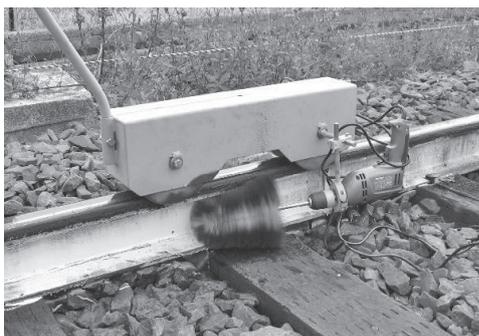
図一七 4ヶ月供用後のレールの明度測定結果

5. 洗浄システムの開発

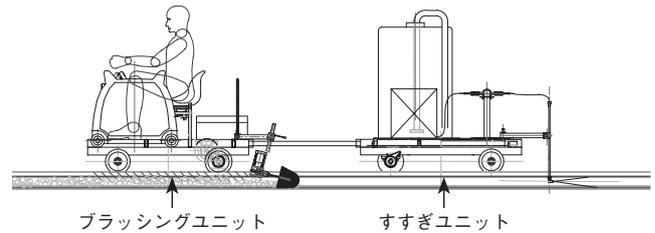
実軌道試験を経て、連続的に塗布済みレールの汚れを洗浄するシステムを開発した。

洗浄方法は、試作機による洗浄試験結果から、レール側面に特殊形状のブラシをモータで回転させて汚れを掻き出す方法とした（写真一九）。

洗浄システムは、前述の専用塗布機に洗浄ユニットを載せ替えた搭乗式とし、塗料面のブラッシングとすすぎを連続的に行うことが可能である。また、特に汚れ具合が進んでいる場合には洗剤の併用が有効であり、洗剤発泡ユニットを前方に配置し、事前に洗剤を散布する。実軌道での使用は現時点では無いが、1時間あたり約200m以上の連続洗浄が可能である。洗浄イメージを図一八に示す。



写真一九 試作機による洗浄試験



図一八 洗浄システムイメージ

清掃の頻度としては、温度上昇を抑制したい時期の直前に1回、場合によっては汚れの進度により期間中に1回程度を想定しており、現在実軌道において効果の回復・維持に関して検証を続けている。

6. おわりに

世界有数の鉄道システムを有する我が国は、今後も継続的な成長が期待できる海外鉄道市場をターゲットとして官民連携により海外展開を戦略的に進めている。その一端として昨年開催された第一回鉄道技術展に本工法を出展し、そこで得られた多くの意見や要望等も織り込み、「パーフェクトクール・レール」という名称で実用化し営業展開を始めた。効果や耐久性などについて継続して調査を行うなど万全のフォロー体制で今後の展開をバックアップし、工法の改良改善に務めたい。

本工法が、保線作業の低減や安全・安心・快適な鉄道運行の一助となれば幸いである。

最後に実軌道での試験施工および追跡調査に御協力頂いた鉄道事業者および遮熱塗料を共同開発した日本ペイント(株)の皆様に誌面を借りてお礼を申し上げます。

JICMA

《参考文献》

- 1) 日本ペイント(株) HP
<http://www.nipponpaint.co.jp/>
- 2) 伴巧：車輪とレールの間に介在する物質が起す現象，RRR，p10～p13，2008年8月

【筆者紹介】



相田 尚 (あいた ひさし)
 (株) NIPPO
 研究開発本部 技術開発部
 技術開発第一グループ
 機械開発担当課長



片岡 直之 (かたおか なおゆき)
 (株) NIPPO
 研究開発本部 技術開発部
 技術開発第一グループ
 係長