

緊張器を用いたロングレール敷設直後の中立温度の評価

鉄道総合技術研究所 正会員 ○佐藤 弘規

鉄道総合技術研究所 正会員 西宮 裕騎

鉄道総合技術研究所 正会員 玉川 新悟

1. はじめに

ロングレールの敷設箇所では、予想される最高レール温度と最低レール温度をもとに、夏季の座屈と冬季のレール破断を防止する観点から定めたレール温度を設定温度という。ロングレールは、設定温度でレール軸力が0になるように、設定温度と敷設時のレール温度の差に相当する軸力を緊張器やレール加熱により付加した状態で敷設される。これにより、レール軸力が0となるレール温度（以下、中立温度）が設定温度に等しくなるという前提のもとで、ロングレールを管理している。ただし、このような管理下でも軌道の座屈の発生が確認されており、一要因として、ロングレール敷設直後の中立温度が設定温度と一致しておらず、管理上の想定を上回るレール軸力が発生した可能性が考えられる。そこで本稿では、緊張器を用いたロングレールの部分的なレール交換箇所を対象とし、レール軸力とレール温度の測定結果に基づいて、ロングレール敷設直後の中立温度と設定温度を比較した結果を報告する。

2. 測定試験の概要

図1に測定項目および測点を、表1に測定試験の実施箇所の概要を示す。なお、本稿では各測点の位置を示す便宜上、起点方の伸縮継目（以下、「EJ」という）を0mとし、これを基準として各測点の位置を示している。測定試験の実施箇所は、直線区間のバラスト軌道上のロングレール不動区間であり、踏切や無道床橋りょう等の異種構造物が介在せず、建物の日陰の影響を受けないことを条件として選定した。現地の状況を図2に示す。

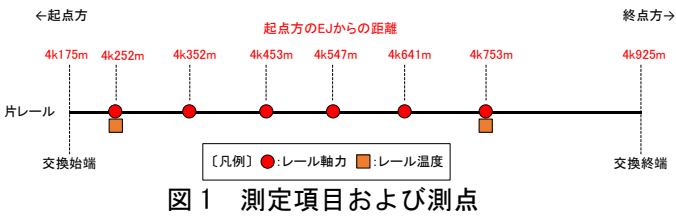


表 1 測定試験の実施箇所

項目	内容
線形・勾配	在来線 一般区間 直線区間・6‰
軌道構造	50kgNレール・ロングレール区間・バラスト軌道 PCまくらぎ3号・5形レール締結装置
ロングレール交換延長	750m（4k175m～4k925m）
EJの位置	ロングレール交換始端から起点方へ4k175m ロングレール交換終端から終点方へ15k以遠
近傍の構造物	なし

3. 測定試験

3. 1 ひずみゲージおよび熱電対の貼付

本試験では、図1に示す箇所に貼付したひずみゲージおよび熱電対（以下、「センサ類」という）を用いてレール軸力（ひずみから算出）およびレール温度を測定した。本試験の目的達成のためには、レール軸力が0となる力学状態におけるひずみとレール温度を把握する必要がある。そこで、ロングレール交換前に7m間隔で設置されたローラー上に仮置きされた全長750mのレール（図3）に対してセンサ類を貼付し、温度変化の小さい夜間に測定を行った。センサ類の貼付状況を図4に示す。本試験では、測定精度が高く、温度補償のある4アクティブゲージ法を用いることとした。ロングレールの軸力を測定する際には、レールの曲げの影響を除去するために2枚のひずみゲージを軌間内側と軌間外側のレール腹部の対称位置に貼付することが望ましいが、本試験においては、センサ類をロングレール交換前に貼付する関係上、レール底部にゲージ線を通すことができないため、ともに軌間内

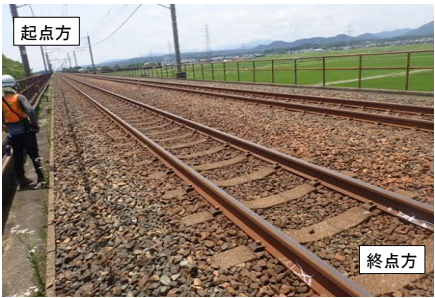


図 2 現地の状況

キーワード 軌道座屈，設定温度，中立温度

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 （公財）鉄道総合技術研究所 軌道構造 TEL042-573-7275

側のレール腹部に貼付することとした。ただし、本試験の場合は、前述の通り実施箇所が直線区間であり、レールの曲げの影響が些少であると考えられるため、十分な測定精度が得られると判断した。センサ類の貼付直後にレール軸力とレール温度の測定を行った。

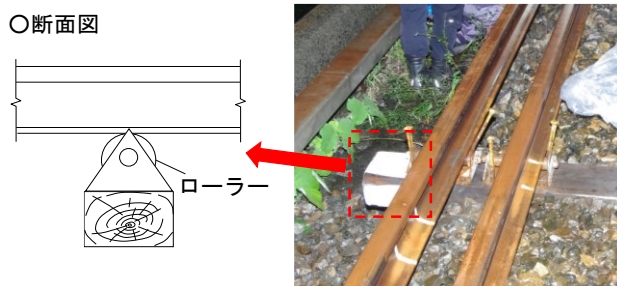


図3 交換前のレールの仮置き状況

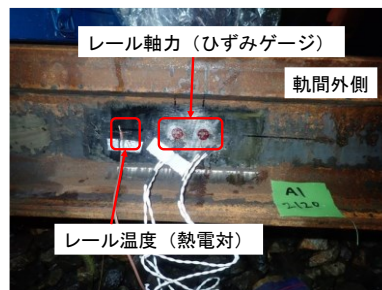


図4 センサ類の貼付状況

3. 2 緊張器を用いたレール交換箇所のロングレール敷設

3.1 節でのセンサ類の貼付から数日後に当該箇所のロングレールを部分交換し、ロングレール敷設直後にレール軸力とレール温度の測定を行った。なお、作業時のレール温度は 15℃、設定温度は 30℃であり、緊張器を用いて両温度の差に相当する緊張力 225kN をかけることで実施した。

4. 測定試験の結果

図 5 に、3.1 節および 3.2 節における測定結果から得られたロングレール敷設直後の中立温度と設定温度との関係を示す。なお、中立温度については式(1)を用いて算出した。

$$T_0 = T_1 + \frac{\Delta \varepsilon \times 0.509}{EA\beta} \cdot \cdot (1)$$

T_0 : 中立温度 (°C), T_1 : センサ類貼付時のレール温度,

$\Delta \varepsilon$: センサ類貼付直後からのひずみの変化,

E : ヤング率 ($2.06 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$), A : 50kgN レールの断面積 (6420 mm^2),

β : レール鋼の線膨張係数 ($1.14 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$)

測定試験の結果、各測点におけるロングレール敷設直後の中立温度と設定温度の差は、最大で 2.4℃であり、設定替や道床整備が必要となる換算負荷温度 3.5℃¹⁾より小さいことを確認した。また、図 6 に最も終点方の測点(4k573m)において 1 週間の間に測定されたレール軸力とレール温度の関係を示す。なお、測定は 1 時間ごとに実施した。レール軸力 P はレール温度 T に対して傾き $EA\beta$ (50kgN レールの場合は 15.1) で比例するが、これは図 6 で示す回帰式の傾きと一致しており、今回の測定が精度よく実施されていることを確認した。

5. まとめ

本稿では、緊張器を用いたロングレールの部分的なレール交換箇所を対象とし、レール軸力とレール温度の測定結果に基づいて、ロングレール敷設直後の中立温度と設定温度を比較した。その結果、中立温度と設定温度の差の最大値は、設定替や道床整備が必要となる換算負荷温度 3.5℃より小さかった。このことから、今回対象としたロングレールの敷設直後においては、管理上の想定を上回るレール軸力が発生する兆候はみられなかった。今後はレール軸力およびレール温度の変化を継続的に測定し、得られたデータをもとにロングレール中立温度の経時変化特性の解明に向けて検討を進めていく予定である。

参考文献

1) 玉川新悟ほか：冬季低温時の道床交換作業が急曲線ロングレールのレール内方変位とレール軸力の変化に及ぼす影響，日本機械学会論文集，Vol.86 No.889，2020

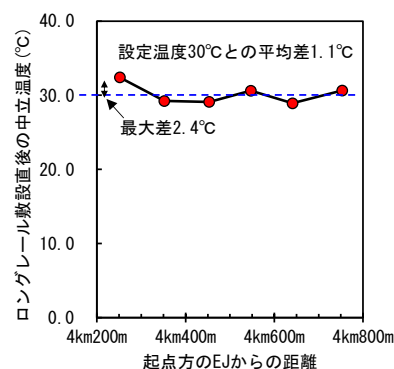


図5 測定試験の結果

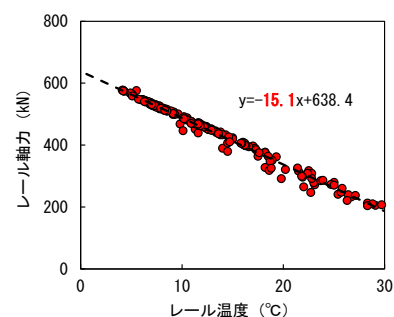


図6 レール軸力とレール温度の関係