

## 画像計測手法を用いた継目部の効果的な対策工法の検討

JR九州 ○宮下 喬弥 JR九州 田口 克也  
 鉄道総研 箕浦 慎太郎 JR九州 深田 颯平

## 1. 背景および目的

ローカル線区での乗り心地の悪化は、継目部での軌道の落ち込み（継目落ち）が主な原因である。JR九州における継目落ちの補修方法としては、道床の総つき固めが一般的であるが、保守周期延伸のため、継目落ち整正器や簡易弾性化シート工法と呼ばれる工法による補修を行うことがある。しかし、それらの工法の施工結果や効果の持続性を詳細に比較・検討した事例は少ない。現在JR九州では、高速軌道検測車による動的軌道変位測定を実施しており、対策工法の検討の際には、この結果を用いることが多い。この測定手法では列車荷重を考慮した軌道変位を得ることができるものの、10m弦正矢法による測定のため測定値が前後の軌道状態に影響される。また測定ピッチが0.25mであるため測定対象位置付近の詳細な測定が難しい。さらに検測周期が原則四半期ごとであり、任意の時期の軌道変位を取得できない。そのため、継目落ち対策工法の効果を詳細に比較、検討するためには、任意の場所・時期に列車荷重の影響も考慮した軌道状態を把握できる測定手法が必要である。そこで本研究では継目部の効果的な対策工法の提案を行うために、任意の場所、時期に動的な変位測定が可能な画像解析手法を用いて複数の継目落ち対策工法の効果を比較、検討した。

## 2. 実施内容と測定結果

## 2.1. 施工箇所及び工法

図1に対象箇所で各種対策工法の施工前における高速軌道検測車による内軌側の10m弦高低変位（以下、高低変位動的値）を、表1に施工箇所の線形と諸元を示す。本検討では、1)総つき固めのみ(図1中の①の継目)、2)簡易弾性化シート工法(図1中の②の継目)、3)継目落ち整正器(図1中の③の継目)の3種類の対策工法を施工した。施工前の高低変位動的値はいずれの継目も約-9mm～約-13mmであり軌道状態はほぼ同じであった。

図2に簡易弾性化シート工法の施工状況を示す。簡易弾性化シート工法とはまくらぎ下面に樹脂を注入し、まくらぎとバラストを一体化させて列車からの荷重を分散させる工法であり、過去の研究結果より本工法は支持剛性を大幅に向上させる効果があることが確認されている。

図3に継目落ち整正器の施工状況を示す。継目落ち整正器とはレールくせがついた継目部を修繕する機械である<sup>2)</sup>。

## 2.2. 評価方法

図4に現場での測定状況、表2に測定に使用したカメラの性能を示す。対策効果の評価方法は手検測による10m弦静的軌道変

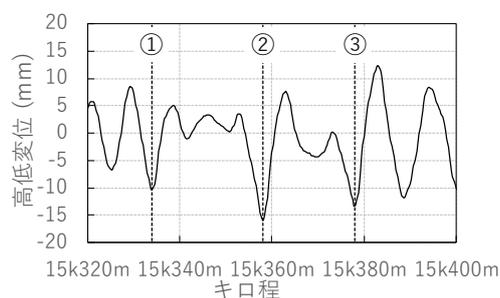


図1 高低変位動的値(内軌側)

表1 施工箇所の線形と諸元

レール種別	曲線半径	スラック	カント	通トン(百万t/年)	道床状態
50N	800	0	25	3.3	細粒化有

表2 測定で使用したカメラの性能

型番	有効画素数	フレームレート
DMC-FZH1	200万画素 (1920×1080)	60fps



図2 簡易弾性化シート工法施工状況

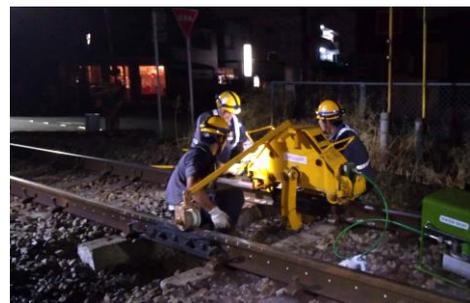


図3 継目落ち整正器の施工状況

キーワード 継目落ち、簡易弾性化シート工法、継目落ち整正器、デジタル画像関連法

連絡先 〒813-0013 福岡県福岡市東区香椎駅前 1-23-1 JR九州 博多保線区 TEL092-681-5104

位測定及び、画像測定システムによる列車通過時の継目部における動的応答変位測定によって行った。画像測定システムとは、列車通過時に測定対象の動画を撮影し、デジタル画像相関法を用いてその画像を解析することで、画像中の任意の点の変位を測定可能なシステムである<sup>3)</sup>。本システムは市販のカメラ1台で列車通過時の動的変位の多点同時測定が可能であり、また原則としてターゲットの設置も不要であるため、従来の手法より簡易に測定ができる。画像測定システムによる測定方法は、まぐらぎ端部より約2m離れた位置に測定対象と正対するように三脚で固定したカメラを設置し、撮影の設定(フレームレート、シャッタースピード等)を行う。その後、列車通過時に測定対象の動画を撮影する。またセッティング終了後にコンベックス等の長さが明確に分かるものを撮影することでキャリブレーション用の画像を取得する。撮影終了以降に撮影した画像を解析することにより動的な変位を算出する。なお、本システムで取得できる値は、従来の高速軌道検測車等により得られる軌道変位の動的値とは異なり、軌道の動的応答変位(ばたつきやおおり)であることに留意する必要がある。

### 2.3. 検討結果

図5に継目部に施工した3種類の対策工法の半年後の経過を示す。ここで用いた値は画像測定システムによる動的応答変位の最大値に、手検測による10m弦静的高低変位の値を加算したものである。この図より初期沈下は総つき固めと継目落ち整正器が大きく、約半年経過後での継目落ち抑制効果は簡易弾性化シート工法が最も高かった。また初期沈下後は3工法とも同様に緩やかに低下した。

図6に画像測定システムにより算出した、簡易弾性化シート工法施工箇所における列車通過時の動的応答変位を示す。継目部に着目すると、施工後には動的応答変位が約4mm低減したことが確認された。一方で、点線の枠で示す継目前後の応答変位は施工前と大きくは変わらず、簡易弾性化シート工法では継目部直下の動的応答変位は抑えられるものの、その前後で浮きが生じやすいことが確認された。そのため、継目部が列車荷重を大きく負担する構造となりやすいため、注入した樹脂の状態や、軌道変位の進行に注意が必要である。

### 3. 結論

本研究では継目部の効果的な対策工法の提案を目的とし、複数の対策工法を施工し、その効果を画像解析手法を用いて比較、検討した。得られた知見を以下に示す。1)画像解析手法を用いることにより、任意のタイミングで列車荷重を考慮した各種対策工法の比較、検討を詳細かつ定量的に行うことができた。2)今回検討した対策工法の中では、簡易弾性化シート工法は初期沈下が小さく、継目落ちの抑制効果が最も高かったが、継目前後に浮きが生じやすいことが分かった。

参考文献 1)大久保健吾, 山縣幸紀恵: 簡易弾性化シート工法による多頻度補修箇所(継目落ち)の解消, 日本鉄道施設協会誌, No.7, pp. 52-54, 2018. 2)池田一平, レール継目落ち整正器による継目落ち対策の検証, 新線路, No.3, pp. 21-23, 2016. 3)松岡弘大, 渡辺勉, 箕浦慎太郎, 上半文昭: ノンターゲット画像測定によるレール・まぐらぎ動的応答測定, 鉄道工学シンポジウム論文集, Vol. 23, pp. 105-112, 2019.



図4 現場での測定状況

表2 測定で使用したカメラの性能

型番	有効画素数	フレームレート
DMC-FZH1	200万画素 (1920×1080)	60fps

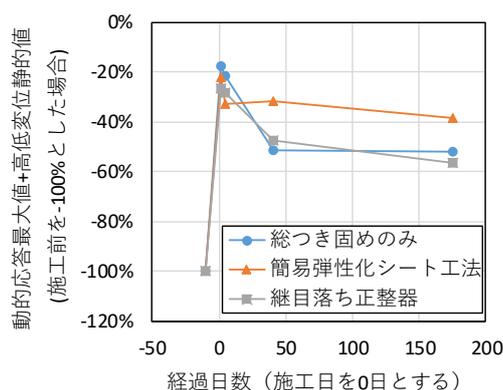


図5 画像解析による測定結果

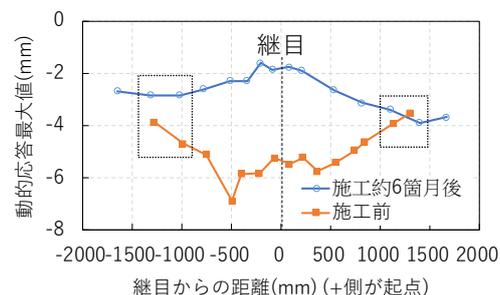


図6 画像解析システムによる  
継目前後の計測結果例(簡易弾性化)