

慣性正矢軌道検測装置の2軸レール変位検出装置の改良と効果分析

鉄道総合技術研究所 正会員 ○大島 崇史
 鉄道総合技術研究所 正会員 坪川 洋友
 鉄道総合技術研究所 正会員 石川 智行
 東日本旅客鉄道株式会社 非会員 菊池 健司

1. はじめに

近年、動的な軌道検測装置として慣性正矢軌道検測装置(図1)を導入する事業者が増えつつある。この装置では、測定した加速度を2回積分することで求める「装置自身の軌跡」と、2軸レール変位検出装置で測定した「装置とレールとの相対変位」から、軌道変位を算出している。従来の軌道検測車の多くが、高さ方向の変位を車輪の位置により直接的に測定するのに対して、慣性正矢軌道検測装置ではレーザ変位計で測定することから、正しくレールを検知できない状態(光とび)が発生することがある。

このような検測機構の違いによると考えられる光とびや軌道変位の波形の乱れは、特にEJ(伸縮継目)で多く認められており、その改善が求められているため、対策を検討しその効果を分析した。

2. ロガーデータ分析

一般に軌道検測車の検測データは、0.25mの距離サンプルデータとして収録されており、光とびが発生した際の2軸レール変位検出装置の詳細な挙動は分からない。そこで、JR東日本の新幹線車両E5系に搭載された慣性正矢軌道検測装置にデータロガーを取り付けて、2軸レール変位検出装置のセンサデータを高サンプリングで取得し、光とびや波形の乱れが生じた箇所における2軸レール変位検出装置の詳細な挙動を分析した。その結果、光とびや波形の乱れの要因となる3つの現象が確認された。

現象a: 断面形状の変化箇所をホールド

本装置では、一時的な光とびの場合、光とび発生点以前の正常な検測データを、光とび発生点のデータに置き換える処理によって、不良データの補完を行っている(以下、この処理が行われている状態を「ホールド」とよぶ)。しかしながら、EJのトングレーと受

キーワード 慣性正矢軌道検測装置, 2軸レール変位検出装置, 光とび, 異常値

勤務先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 鉄道総合技術研究所(軌道管理) 042-573-7277

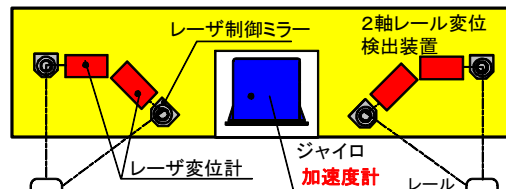


図1 慣性正矢軌道検測装置の概略図

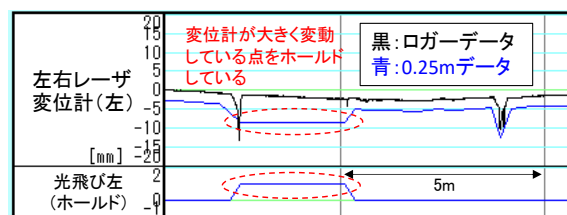


図2 EJの断面形状の変化箇所をホールドした例

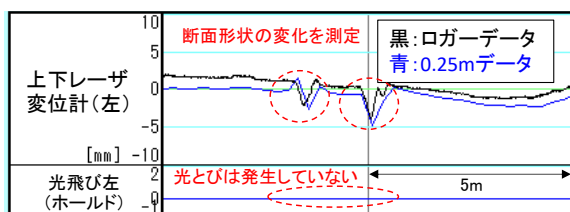


図3 EJの断面形状の変化箇所を測定した例

けレールの乗り移りに際して光とびが発生した場合、図2に示すように断面形状の変化箇所の値をホールドする現象が確認された。これは、一般の軌道変位管理においては不要なEJの断面形状の変化をレーザが追従するためと考えられる。さらに、EJの断面形状の変化は、通常のレールの曲がりと比較して急激であるため、軌道変位波形に乱れが生じてしまう。なお、光とびが解消しないまま、ホールド状態が一定時間経過した場合、それ以降に測定された値は完全に不良データとなる(以下、この状態を「スキャン」とよぶ)。

現象b: 断面形状の変化を変位として測定

図3に示すように、EJの断面形状の変化をレーザが追従するが、光とびは発生せずに、変位として測定することによって、波形が乱れる現象が確認された。

現象c: ミラーの固定により解消しない光とび

雑草等の介在物が瞬間的にレーザ変位計の光路を塞

ぐことによって生じる光とびの場合、レーザの照射位置を制御するミラーを、光とび発生直前の状態に固定することで、介在物が抜けた瞬間にレーザが正常な位置を照射でき、早期に光とびが解消されると考えられる。そのため、本装置ではホールド中にレーザ制御ミラーを光とび発生直前の状態に固定している。

実際の検測データでも、ミラー固定の効果と考えられる早期の光とび解消が一定数確認された一方で、ミラー固定では光とびが解消されず、スキャンにてミラーを動かすことで光とびが解消される現象も一定数確認された。つまり、ミラーの固定による光とび解消の効果は、光とび発生直後に限定され、その後はミラーを動かさなければ光とびは解消しないと考えられる。

3. 対策とその効果

2章で確認されたa～cの現象に対応した3つの対策を考案した。現在、JR東日本の新幹線・在来線の装置に対して、この対策の実装を進めている。既に対策の実装が完了し、日々検測データが得られている在来線の検測データを用いて対策の効果を確認した。

対策a：断面形状の変化箇所外をホールド

光とび発生時にホールドするレーザ変位計の測定値が、光とび発生地点から近過ぎるため、現象aが発生していると考えられる。そこで、EJの断面形状の変化延長を考慮して、断面形状の変化箇所外の測定値をホールドするように仕様を変更した。

本現象が発生していると考えられるEJにおける、対策前と対策後の軌間（5回分の検測データの重ね合わせ）を図4に示す。対策前はホールド時に波形が大きく乱れているのに対して、対策後は波形の乱れがほとんどなく、本対策が有効であることが分かる。

対策b：7次のメディアンフィルタ

現象bについては、EJの断面形状の変化延長を考慮して、0.25mの距離サンプルのデータに対して、7次のメディアンフィルタを適用することとした。

現象bが発生していると考えられるEJにおいて、7次メディアンフィルタ適用の有無で10m弦高低変位を比較した結果を図5に示す。本対策により、尖ったような不自然な波形が解消されていることが分かる。

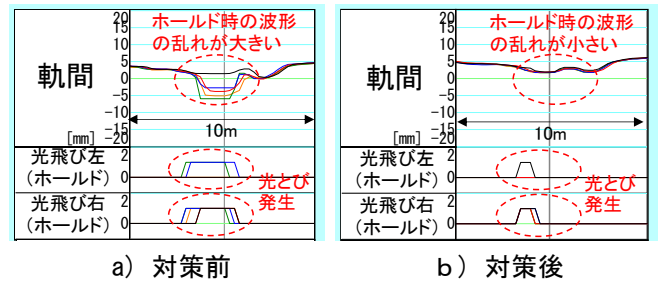


図4 EJにおけるホールド時の波形の乱れ（5回検測）

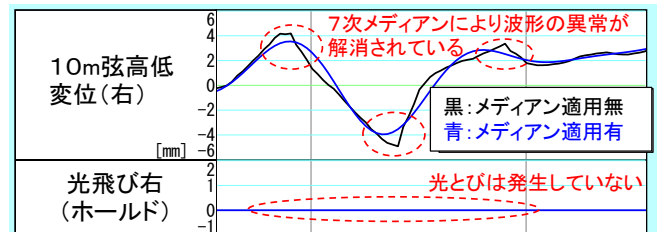


図5 断面形状の変化箇所を測定した際の波形

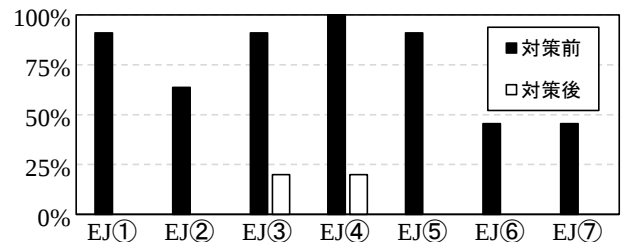


図6 対策前後のEJにおける光とび(スキャン)割合

対策c：ホールド中にミラーを動作

ホールド処理中に光とびが解消されるケースの殆どが、ホールド処理開始から数十cm程度の短い区間内で光とびが解消されていた。そこで、この区間分のミラーの固定時間を考慮して、従来のホールド処理時間の内、前半半分はミラーを固定し、その後はミラーを動作して正しいレールの位置を探索するようにした。

対策前に比較的高い割合で光とび（スキャン）が発生していた7箇所EJにおいて、光とび（スキャン）発生割合（対策前：11回の検測、対策後：5回の検測）を、対策前後で比較した結果を図6に示す。本対策により、EJでの光とび（スキャン）の発生割合がほぼ0%に抑制されていることが確認された。

4. おわりに

慣性正矢軌道検測装置のEJにおける光とびや軌道変位波形の乱れについて、ロガーで取得した高サンプリングデータの分析結果に基づいて対策を実施した。その結果、今回分析の対象としたEJでは、光とび（スキャン）の発生割合がほぼ0%に抑制されるとともに、波形の大きな乱れが解消され、本対策の有効性が認められた。