

軌道試験車検測装置の精度向上について



東海旅客鉄道(株) 正会員 ○中澤 毅基
東海旅客鉄道(株) 辻 立志
東海旅客鉄道(株) 正会員 井上 陽一

1. はじめに

軌道保守管理強化を目的に当社では様々な取組みを行ってきた。在来線保線業務では、平成8年度の軌道・電気総合試験車(ドクター東海)導入により、安全性の向上、巡回検査の効率化を図った。今回、総合試験車の実績を基に巡回検査業務見直し、引継検査効率化に向け軌道検測に絞った軌道試験車を増備した。その中で、平成17年5月9日～8月10日「軌道試験車(ドクターⅡ)」、及び平成17年12月5日から平成18年3月3日「軌道・電気総合試験車(ドクターⅠ)」の各期間で、試験車に搭載した測定機器精度を確認するため、様々な時刻、天候、速度、軌道条件の下、弊社管内全線の中で、代表的軌道条件下の東海道線・飯田線の一部区間を試験区間として絞り込み走行試験を実施した(表-1)。約6ヶ月の試験は順調に推移し、全試験項目で良好な結果を得た。この結果を受け、平成18年4月より、ドクターⅠ、Ⅱの2編成体制で、各線区2回/月(昼1回、夜1回)の割合で検測している。ここでは従来に比べ精度向上した点、及び走行試験内容を説明する。

表-1 精度確認走行試験概要

	ドクターⅡ	ドクターⅠ
試験期間	平成17年5月9日～平成17年8月10日	平成17年12月5日～平成18年3月3日
検測延長	10,480km	9,489km
検測日数	43日(東海道18日、東海道・飯田21日、紀勢2日、中央2日)	39日(東海道18日、東海道・飯田21日)
走行条件	①速度:試験区間で運転最高速度または低速運転 ②時刻:朝、昼、夕、夜	

2. 試験概要・評価基準

軌道検測装置関係の精度確認事項は下記項目となる。

- ・軌道／画像検測項目データ再現性(Ⅰ、Ⅱ各装置の信頼性)
- ・軌道／画像検測項目データ整合性(Ⅰ、Ⅱデータの同等性)

各項目を検証するに当たり、過去に同様の検証を行った事例が無い場合、如何なる方法を用いて精度を確認すべきか試行錯誤し検討した結果、検測データの再現性、整合性ともに、標準偏差を指標にして、データのばらつきを分析し、適否を判定することとした。高い精度が必要な軌道検測機器は、測定精度±0.5mmを考慮し、これを満たす条件として、軌道狂い生波形の標準偏差σ=0.5以内とした。生波形の標準偏差σ=0.5以上の場合、狂い量(基準線からのズレ)の標準偏差により詳細な検討を行った。

キーワード:軌道試験車、走行試験、2編成体制、再現性、整合性

連絡先:〒453-8520 名古屋市中村区名駅1-3-4 東海旅客鉄道(株) 工務部保線課 TEL【052-564-2383】

3. 試験区間・試験条件の設定

検測データの再現性・整合性を比較、検討するため、勾配、曲線半径、軌道状態等の軌道条件から、軌道関係装置別に試験区間、試験条件を設定した(表-2,3)。

表-2 試験区間

線 別	駅 間	区 間
東海道線(上下)	蒲郡～三河塩津	312K000M～313K000M
東海道線(上下)	三ヶ根～幸田	315K000M～317K000M
東海道線(上下)	幸田～岡崎	321K000M～323K000M
東海道線(上下)	刈谷～逢妻	341K000M～343K000M
東海道線(上下)	逢妻～大府	345K000M～347K000M
飯田線	伊那田島～高遠原	149K000M～151K000M
飯田線	飯島～伊那福岡	160K000M～162K000M
飯田線	小町屋～駒ヶ根	165K000M～166K000M
飯田線	駒ヶ根～宮田	166K500M～168K500M
飯田線	赤木～沢渡	171K500M～173K500M

※カッコ内は一部区間低速走行(東海道線:30km/h、飯田線15km/h)

表-3 試験条件

	高速域の試験	低速域と厳しい軌道環境下の試験
試験区間	東海道本線	飯田線
軌道条件	速度	急勾配 急曲線 速度
気象条件	天候(晴と雨)、温度(昼と夜)	

4. 位置補正方法の検討と位置合せ

検測では、車上で軌道狂い発生箇所処理を行うためリアルタイムでの位置補正が必要となる。以前は、検測データのキロ程補正を行う場合、地上のATSからキロ程情報を取得して補正を行っていたが、敷設間隔が平均約1.6kmと大きい場合、今回データデポと呼ばれる地上子を平均0.5km毎に新設し、補正を行うこととした。但し、工事等によりデポを移動し、「デポ情報」と「車上システム情報」の整合性が保たれていない場合、補正しないようにするため補正方法を新たに構築した。これは、車上システム情報に「ゲート」という定義を導入し、指定したキロ程範囲にデポがあるか、また「車上システム情報」と「デポ情報」が一致するかにより位置補正の判断を行う。正しい位置にデポがあると判断した場合、デポ情報により位置補正する。これにより安定的な位置補正とデータ位置合せの精度向上を実現した。

また、データの整合性確認時、車輪回転数から速度を算出する速度発電機パルスを利用して走行距離を求めるが、過去の車輪削正によりドクターⅠとⅡでは車輪径が異なるため、調整が必要となる。特定のデポ間距離を基本として、その間のパルス数がⅠとⅡで一致するよう補正を行った。

5. 再現性試験結果

試験区間における急曲線(R=140m)、急勾配、温度差

のある区間の試験結果は、特殊な場合を除いて、各項目で標準偏差 $\sigma=0.5$ 以内を満たしており十分な精度が確保されていることを確認した。速度差(高速と低速)設定区間での水準の標準偏差にばらつきがある(生波形 $\sigma=0.8$ 、狂い波形 $\sigma=0.4$)原因としてジャイロのドリフト現象が考えられる。3軸を用いて速度前後方向成分の補正を行い、ドリフト現象を取り除くが、波形が完全に一致しない構造的な問題がある。当該区間で生波形を重ね合せるとドリフト現象による上下波形ズレが生じるが、異常波形が出ていないこと、狂い量比較を行うと標準偏差 $\sigma=0.5$ 以内に収まることの2点から、問題ないと判断した。気象差(晴、雨)が認められた区間の試験結果で、軌間の標準偏差 $\sigma=0.6$ (晴と雨)となった。これは、降雨によりレールが濡れたことにより、軌間測定を行う光式センサの反射率が低下して発生した現象である。その後、反射率の低下を防ぐために、高圧電源の設定値を60Vから各検出器70V~78Vに設定変更した。これにより、雨天時の検出でも反射率を確保することができるようになり、その後、この問題は生じていない。

6. 整合性試験結果

今回の走行試験フローについて確認する。改修前の旧試験車(後のドクターⅠ)に対するドクターⅡの整合性が取れるように調整した後に、ドクターⅡを旧試験車と交代し稼働させた。その後、旧試験車をドクターⅡと同性能に改修し、稼働中のドクターⅡに対する整合性が取れるように調整、確認したドクターⅠを稼働させて、2編成体制となる(図-1)。

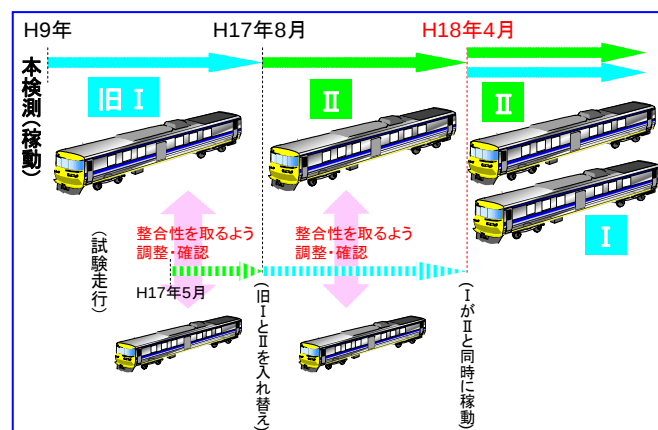


図-1 本検測と走行試験のフロー

ドクターⅡの走行試験時は、ドクターⅠが未改修であったため、旧試験車測定データと比較を行った。高低に比べ、軌間・通り標準偏差にばらつきがあるが、原因は光式センサ受光部幅を精度向上のため60mmから70mmに拡大したからである。旧試験車は、光式センサ受光部が急曲線等で反射した光を捉えられず、光とびの原因となっていた。ドクターⅡでは光式センサ受光部幅を拡大して問題を解決し、

光とびが大幅に減少した。これにより、標準偏差にばらつきが生じたが、精度向上の結果であり、妥当な結果である。

狂い波形の差分標準偏差は、東海道線で0.1mm~0.7mm、飯田線で0.3mm~0.7mmであり、線区、測定項目に関わらず0.7mmを下回っている。0.5mmのばらつきを持つ2つの装置の測定値の差の評価であるため、誤差の伝播分を考慮した許容誤差は標準偏差で0.7mmとなる。従って、両ドクターの検測データは十分な精度で一致しているといえる。

7. 動揺加速度・軸箱加速度の再現性・整合性試験結果

検証区間を100m毎に区切り、この区間の標準偏差を加速度のばらつきを示す代表値とした。比較対象となる2つの走行にて、同一ランカーブで走行する区間の標準偏差の相関で再現性・整合性を検討した。

再現性は、同一日に複数回走行した結果を用いて、各標準偏差を比較し、速度条件が類似した区間について評価を行った。速度類似区間における相関係数は、全ての項目で0.9以上であり、検測の速度に関わらず良好な結果を示した。整合性は、ドクターⅠ、Ⅱが同一時期に検測した結果を用いて、再現性評価と同様に各標準偏差を比較した。相関係数は0.9以上であり、十分な相関があることを確認した。

8. 渦式及び光式センサ測定による軌道狂い精度の検証

渦式センサの精度を確認し、光式と渦式の整合性が低いという認識を覆す結果を示すべく、光式及び渦式により同時に測定された軌道狂い(軌間狂い、通り狂い)の差をとり、その標準偏差を検証した。検証区間を100mごとに区切り、EJ、踏切、分岐器を含む区間を構造物区間として、構造物を含まない区間を一般区間とした。尚、検証には一般区間のみを採用した。東海道線に比べて飯田線の方が両センサの測定値にばらつきがある。原因は、飯田線が主に継目主体のレール構造である点、レール種別が多様である点、急曲線区間が多くレール摩耗が大きい点が挙げられる。しかし、生波形の差分標準偏差は線区、検測方向に関わらず、1.0mm程度以下であり、狂い量の差分標準偏差は0.7mm以下である。両センサの測定精度がいずれも ± 0.5 mmであるため、十分な整合性を確保しているといえる。

9. 結語

ドクターⅠ、Ⅱによる走行試験での測定データの再現性・整合性について、一定の評価基準を満たしており、2編成とも十分な測定精度が確保されていることを立証した。