

動的軌間・平面性測定装置の試作と軌間測定機能の性能検証

鉄道総合技術研究所 正会員 ○石川 智行
鉄道総合技術研究所 正会員 坪川 洋友

1. はじめに

軌道状態を原因とする脱線事故のうち、軌間変位が大きな場合、車両から横圧が作用した際に、軌間内脱線が発生することがある。また、曲線における平面性変位が大きな場合、台車が3点支持状態となって輪重抜けが occur やすくなり、車両から横圧が作用した際に、乗り上がり脱線が発生することがある。このような脱線を防ぐためには、車両走行時の軌道変位を適切に把握し、必要に応じて保守作業を行う必要がある。車両の荷重が作用した状態での軌道検測(動的検測)のために用いられる軌道検測車は非常に高価であるため、多くの地域鉄道事業者では、手押しの計測器等を用いた軌道変位の測定(静的検測)を行っている。

以上のことから、著者らは営業車または保守用車に搭載可能な小型で安価な動的軌間・平面性測定装置の開発を行っている。本論文では、本装置の軌間測定機能の動的性能検証を行った結果を示す。

2. 軌間・平面性測定装置の概要

図1に本装置による軌間測定の実態を示す。本装置は脱線防止の観点から軌間および平面性変位のみを測定対象としている。軌間測定では、レーザをレールに照射し、光切断法による3次元画像処理方式により、軌間を測定する。軌間の測定位置については、レール頭頂面からの距離として14mmまたは16mmのどちらかを選択できる。また、本装置に用いるセンサ、カメラ等は営業車速度での測定を想定して選定を行っている。

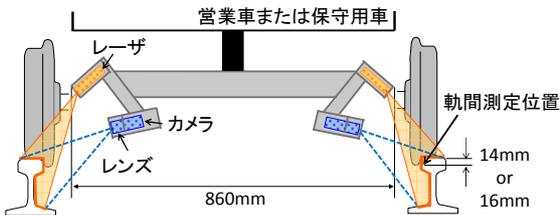


図1 軌間測定の実態

平面性は、軌道面のねじれを表すもので、一定の距離が離れた2点間の水準差から求めることができるため、本装置では水準の測定を行う。図2に本装置による水準測定の実態を示す。本装置では軌間を測定する際にカメラの位置を原点としたレールの相対座標 $(x_{(r,l)}, y_{(r,l)})$ を取得している。ここで、本装置に組み込まれた角度センサにより、装置の寸法および角度センサで測定した装置の姿勢(ロール角 ϕ) から左右のカメラ

の位置の絶対座標 $(x_{(cr,cl)}, y_{(cr,cl)})$ を算出する。これらの座標より左右のレール頭頂面の絶対座標 $((x_{(r,l)}, y_{(r,l)}) = (x_{(r,l)', y_{(r,l)'}) + (x_{(cr,cl)}, y_{(cr,cl)}))$ を算出し、左右のy座標の変位の差 $(y_r - y_l)$ より水準を算出する。

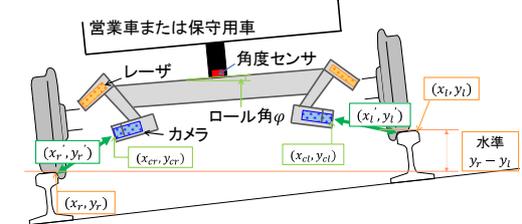


図2 水準測定の実態

3. 軌間測定機能の動的性能検証

3.1 動的軌間測定試験の概要

図3に示すように、本装置をモーターカーに搭載し、動的軌間測定試験を行った。本装置はモーターカーの車軸から1.2m離れた位置に取り付けた。なお、太陽光対策としてセンサユニットにカバーを取り付けた。

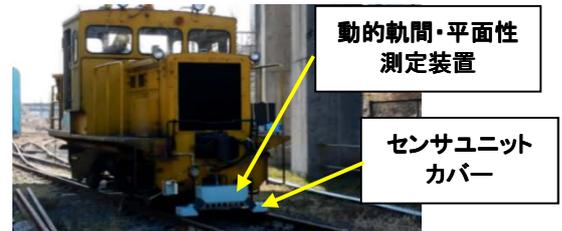


図3 動的軌間測定試験の様子

測定試験は鉄道総合技術研究所日野土木実験場内の軌道(延長約60m、分岐器を含む)で、10試番行った。本装置により動的軌間の測定が精度よく実施できていることを確認するため、半径約400mの曲線中において、地上でモーターカー通過時のレールの左右方向の変位を測定し、本装置で測定した軌間と比較を行った。一部の試番では締結装置を外して締結状態を変化させた。図4にレールの左右方向の変位の測定箇所を示す。締結装置はまくらぎ3,4,5,6の順で外し、最大4本外した状態で測定試験を行った。

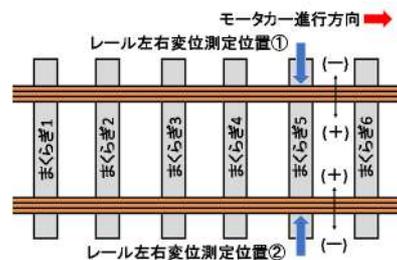


図4 レール左右方向変位の測定箇所

キーワード 軌道変位管理, 軌間内脱線, 乗り上がり脱線, 動的軌道変位検測

連絡先 〒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 TEL: 042-573-7278

表 1 に試番および測定条件を示す。モーターカーの走行速度は 10km/h または 15km/h とした。また、センサユニットカバーを取り外し、太陽光に対するカバーの効果を確認した。

表 1 試番および測定条件

試番	締結装置	モーターカー速度 (km/h)	カバー
1	全締結	10	有
2		15	
3	まくらぎ3締結無し	10	
4		15	
5	まくらぎ3,4締結無し	15	
6	まくらぎ3,4,5締結無し	10	
7		15	
8	まくらぎ3,4,5,6締結無し	10	
9		15	
10		10	

3. 2 測定結果

図 5 に動的軌間測定試験の結果について、モーターカーの速度が 10km/h の 5 試番 (試番 1,3,6,8) を抜粋して示す。軌間の測定結果は継目部、分岐器部でレールを検知できていなかった地点を除いて高い再現性が得られていた。抜粋した 4 試番のレール断面形状を確認した結果、約 9%の地点でレールを検知できず、うち約 58%が継目部、約 42%が分岐器部であった。継目部および分岐器部での測定方法については今後検討する必要がある。なお、モーターカーの速度が 15km/h の試番についても同様の結果が得られていた。

また、センサユニットカバーを外した試番 10 の結果についても図 5 に示す。試番 8 と試番 10 を比較すると、センサユニットカバーの有無によって、測定結果が大きく変化していないことがわかる。試番 10 のレール断面形状を確認した結果、継目部および分岐器部の地点で約 8%の地点でレールを検知できていなかったが、日光の影響によるレールの誤検知は発生していなかった。今回の試験ではセンサユニットに直射日光が当たっていなかったが、直射日光が当たる条件では結果が変化することも予想されるため、測定方法について、今後検証を行う必要がある。

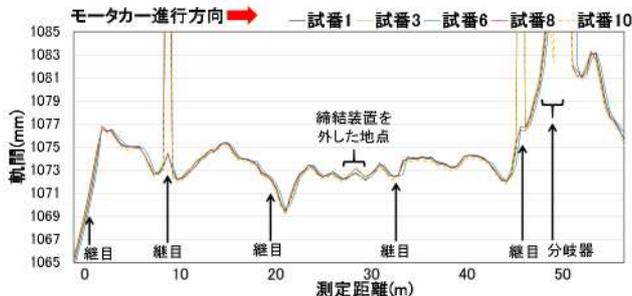


図 5 動的軌間測定結果

次に、図 6 に締結装置を外した地点を拡大した結果を示す。締結装置のうち図 4 のまくらぎ 3,4 の 2 本を

外した試番 3 は、結果が締結装置を 1 本も外していない (全締結) の試番 1 と比較して軌間が大きく増加することはなかったが、まくらぎ 3,4,5 の 3 本を外した試番 6 は試番 1 と比較して 0.09mm、まくらぎ 3,4,5,6 の 4 本を外した試番 8 は試番 1 と比較して 0.49mm、それぞれ軌間が大きくなっていた。

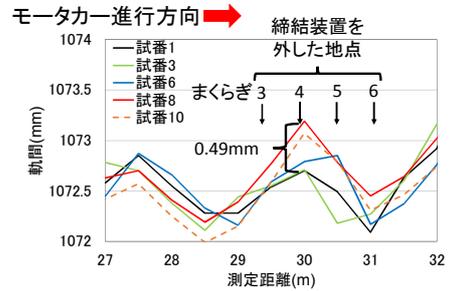


図 6 動的軌間測定結果 (締結装置を外した地点)

図 7 に全締結の試番 1 および締結装置を 4 本外した試番 8 で、モーターカー通過した時のレールの左右方向変位を示す。前述の通り、本装置はモーターカーの車軸から 1.2m 離れた位置に取り付けられており、モーターカーの走行速度が 10km/h の場合、モーターカーの車輪が通過した位置を装置は 0.43 秒後に通過する。レールの左右方向変位の最大値が得られた時間から 0.43 秒後のレールの左右方向変位は試番 1 が 0.15mm、試番 8 が 0.77mm であり、試番 8 では試番 1 よりも 0.62mm 軌間が拡大していたことがわかる。この値は本装置で測定した結果である 0.49mm と近く、本装置により動的軌間の測定が可能であることがわかる。他の試番についても同様に計算を行ったところ、地上で測定したレールの左右方向の変位と、本装置で測定した結果の差は 0.5mm 以下であり、本装置により車両走行時の動的軌間を捉えられていると考えられる。

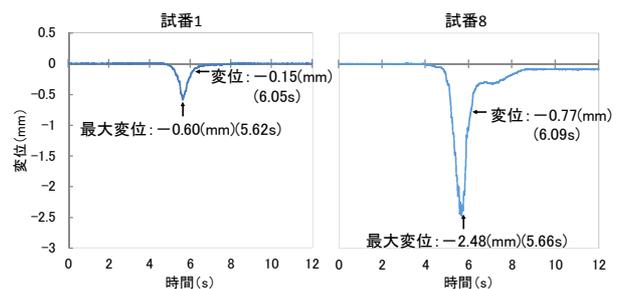


図 7 レールの左右方向変位の測定結果

4. まとめと今後の展望

軌間・平面性測定装置をモーターカーに搭載して動的軌間の測定を行った結果、車両走行時の動的な軌間変位を捉えることが可能であることを確認した。今後は軌道検測車で取得したデータとも比較し、本装置の性能検証を行うことで、実用化を目指す。

参考文献

1)石川智行,坪川洋友: 簡易な動的軌間・平面性測定装置の試作と基本性能検証,第 23 回鉄道技術連合シンポジウム,S2-6-1,pp.103-106,2016