

新幹線締結装置状態監視装置の開発

西日本旅客鉄道（株） 正会員 ○下野 勇希
西日本旅客鉄道（株） 正会員 山口 義信

1. 開発の目的

新幹線の保守作業後の更なる安全性向上と日常保守管理の品質向上を目指して新幹線確認車にレール締結装置の緩み等を確認することを考えている。

そこで、新たに「締結装置状態監視装置（以下、新装置）」を開発してきており、その概要を紹介する。

2. 現状の課題の把握と新装置の仕様の検討

レール締結装置の緩みや脱落を検知するには、次の項目について、予め検討しておく必要がある。

- ・異種の締結装置が敷設されていること（図-1）
- ・各締結装置に左右調整代を有していること（表-1）
- ・車両の左右変位があること
- ・締結装置種別毎にボルト頭部位置に違いがあること

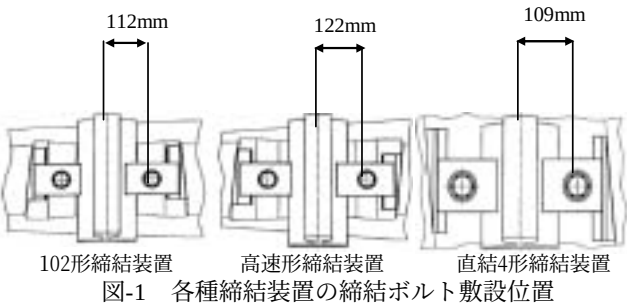


表-1 各種締結装置の締結ボルト左右調整量

締結種別	レール中心から締結ボルト中心までの距離（基準値）	左右調整量
102形	112mm	-7.7～5.7mm
高速形	122mm	-7.7～5.7mm
直結4形	109mm	±10.9mm

このことから、1つのレーザースポットを用いて同時に全てのレール締結装置を照射することは難しい。

特に、各締結装置の締結ボルトは、左右の調整代を有している（表-1）ため、レール締結装置の検知範囲としてはこれらの範囲内で締結ボルトが移動するということを考慮する必要がある。

高速確認車走行時の車体左右変位量は、高速確認車の車体揺れの測定を実施し求めることとした。

キーワード レール締結装置、ラインセンサカメラ、レーザー投光器、高速確認車
連絡先 〒530-8341 大阪市北区芝田二丁目4番24号 TEL06-6376-8136

その結果（図-2）から、以下の事項が判明した。

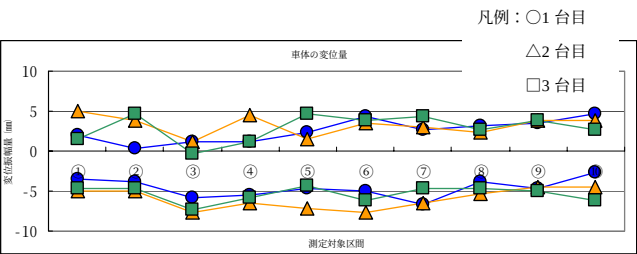


図-2 車体の変位測定結果

表-2 測定対象区間

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
直/曲別	直	曲	直	曲	直	曲	曲	曲	曲	曲

- ・車両数3台、走行距離42kmに対する左右変位最大値は、+8mm、-7mm、平均±4mm、標準偏差1.8mmであった。
- ・車両の個体差はあるものの、変位の最大値は同程度であることが確認できた。
- ・直線、曲線の違いによる変位の差は見受けられない。

3. 新装置の測定機構

今回の新装置は、要求仕様、実現可能性の高いもの、導入コスト等を勘案した結果、ラインセンサカメラとレーザー投光器による手法（図-3）により、装置化を行うこととした。

特に、レール締結装置の左右変位及び測定車両の変位を加味し、複数のレーザー投光器を採用している。このラインセンサカメラとレーザー投光器の測定原理は、レール直角方向一列に複数個数設置されたレーザー投光器からレーザー光をレール頭部及び締結ボルト頭部に斜めに照射させ、ラインセンサカメラで撮影するもので、ボルトが緩むとレーザースポットのズレから三角測量の原理で測距する機構としている。

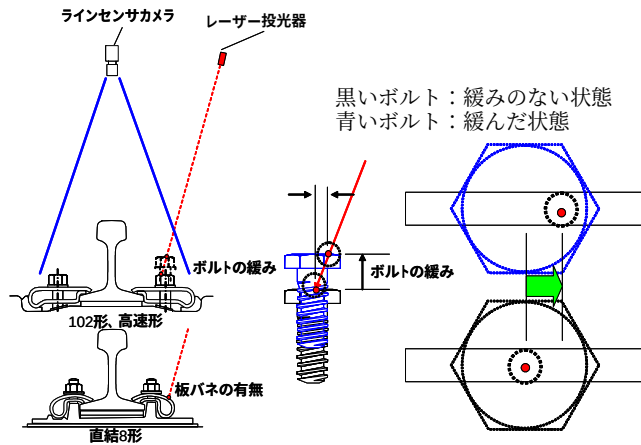


図-3 新装置の測定原理

4. 新装置の要素試験

新装置の基本性能を明らかにするため、室内での各種要素試験を行った。

4.1. センサーの動作確認

120km/h 程度の速度に対して仕様を満たすデータ取得が可能であるか確認することを目的として、回転試験機を用いて動作確認を行った。結果、120km/h 走行下においても走行方向での分解能 1mm でデータ取得が可能であることを確認した。

表-3 動作確認計測結果

サンプリング周期	計測時間	データ数
33kHz	10sec	330,000 個

4.2. 緩み検知の適用可能性確認

締結ボルト高さ方向の測定精度の確認を目的として、任意に締結ボルトの緩み量及び左右変位量を模擬した状態でデータの取得を行った。結果、0.5mm 以内の精度でデータが取得できることを確認した。

表-4 締結装置ボルト緩み量計測結果 (抜粋)

締結種別	条件設定	基準値	計測値
102 形	ボルト緩み: 10mm 左右変位: -20mm	10.0mm	9.6mm
高速形	ボルト緩み: 5mm 左右変位: +20mm	5.0mm	5.3mm
直結 4 形	ボルト緩み: 0mm 左右変位: -10mm	0.0mm	-0.1mm

5. 本線上での走行試験

要素試験の結果から、所要の機能を有していることを確認したため、試作機を製作し走行試験を実施した。

5.1. 試作機で用いたアルゴリズム

今回の試験機で用いたアルゴリズムを表-5 に示す。

本線走行試験を行うにあたり、このアルゴリズムの妥当性及び検知性能について検証を行った。

表-5 測定アルゴリズム

項目	アルゴリズム
ボルトの認識方法	・定められている締結装置間隔でマスクエリアを設定し、その間でボルトを抽出する
ボルト高さの認識方法	・レール上面からボルトの頭部もしくはナットの上面の距離の差を求め、一定値以上の場合に緩み量とする

5.2. 本線走行試験

本線走行試験は、試作機及びアルゴリズムの機能を確認するために行った。評価項目として、

- ・締結ボルトの認識確認 (検知ミス)
- ・締結ボルト高さ計測の繰返し精度 (偏差異常)

以上の項目について評価を行った。

(1) 締結ボルトの認識確認

締結ボルトが検出できなかった場合を「検知ミス」として定義し、本線走行におけるその発生件数と発生率を集計した結果は、延べ 30.7km で 132 件、0.43% となった。

検知ミスの発生事象として、以下のことが判明した。

- ・締結ボルト以外のものを締結ボルトと認識する。
- ・レーザーは締結ボルトに当たっているが、ケーブル等の影響で締結ボルトと認識しない。

これらの事象については、今回用いたアルゴリズムを改善することで対処する予定としている。

(2) 締結ボルト高さの計測

検出できたボルトを対象とし、6 走行におけるボルト高さの平均値と、個々の測定値との差が $\pm 0.5\text{mm}$ を上回った場合を「偏差異常」と定義し、評価した。

結果は、延べ 30.7km で 28 件、0.22% であった。この結果から、発生率は非常に低いものとなっており、データのバラつきを確認すると 2mm 以内に収まっていることから、運用レベルでは問題ないと評価した。

6. まとめ

試作機での走行試験において、解消すべき課題を明確にし、その効果の確認をプロト機を用いて試験を実施中である。この新装置は今回の試験結果から実用化の可能性が高くなってきていることから、今後さらに実用化に向けた開発を進めていく。