

遊間検査の車上化に向けた検討

株式会社レールテック 正会員 ○藤原 武実  
西日本旅客鉄道株式会社 辻野 雅博

1. はじめに

効率的な軌道メンテナンス体制の構築は鉄道事業者にとって喫緊の課題である。JR 西日本では「地上検査の車上化」を推進しており、その取組みの一環として在来線検測車に搭載した線路設備診断システム(以下、「診断システム」という)を活用した遊間検査による生産性向上を目指している。本稿において、新たな遊間管理手法と診断システムによる最適な遊間判定方法を考案しその妥当性について検証したので報告する。

2. 新たな遊間管理手法の検証

(1) 新手法の概要 (座屈側)

現在の遊間管理手法 (以下、「現行法」という) では、レール温度変化量が確保され遊間が拡大・収縮しつつある測定条件を満たす際の修正遊間を 1mm として換算し設定遊間線を算出している。この検査を車上化するにあたり、測定条件の制約を受けない車両運用を可能とするため、既往の研究<sup>1)</sup>において現在の測定条件を満たさない遊間ループ上の継目板拘束力内の領域についても設定遊間線を算出できるよう、図-1 に示すように継目板拘束力を細分化した修正遊間を作用させる新たな手法 (以下、「新手法」という)、及び測定前の最高[最低]レール温度が継目板拘束力内にとどまってしまう場合にも適切に修正遊間を与えることができる仮想最高[最低]レール温度の考え方を考案した。

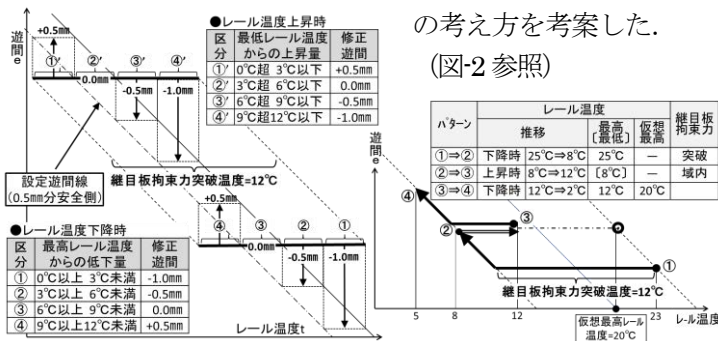


図-1

新手法での修正遊間

図-2

仮想最高レール温度例

(2) レール温度環境を考慮した検証に向けた測定条件

新手法の実用性を検証するため、表-1 に示す様々な季節と時間帯で遊間測定を実施し、遊間判定結果を評価することとした。各測定は軌道延長約 5.7km の同一区間で実施し、JR 西日本で使用している自動遊間測定装置(以下、「自動遊間」とい

い後述する)を使用した。修正遊間は測定時のレール温度が下降時か上昇時かによ

与え方が決定される。この区分はレール温度履歴をモニタリング可能なレール温度計(以下、「固定温度計」という)により判断した。挙動の一例を図-3 に示す。なお、固定温度計はある一定範囲のレール温度を代表して活用するものであり、遊間検査時に測定する現場レール温度とは必ずしも一致しない。

表-1 遊間測定概要

測定年月日	上段: 測定時間 下段: 測定レール温度 ※1, ※2			
	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目
2018. 11. 24 から翌日	14:46~15:08 4~25°C 下 NG	1:36~2:55 0~0°C 下 OK	5:35~5:52 0~2°C 下 OK	10:10~10:30 5~14°C 上 ok
2019. 6. 14 から翌日	12:03~12:20 20~28°C 下 NG	14:36~14:55 4~25°C 下 NG	0:30~0:53 22~25°C 下 OK	8:10~8:35 16~17°C 上 NG
2019. 8. 2 から翌日	12:06~12:33 27~57°C 上 NG	中止	0:30~0:53 22~25°C 下 OK	8:18~8:37 23~35°C 上 NG
2019. 10. 9 から翌日	11:55~12:15 15~41°C 上 NG	14:37~14:57 17~39°C 下 NG	1:21~1:48 6~10°C 下 OK	8:13~8:30 9~19°C 上 ok
2020. 1. 19 から翌日	8:12~8:28 1~2°C 上 NG	11:55~12:11 4~13°C 上 ok	14:36~14:52 4~9°C 下 NG	23:43~0:02 1~3°C 下 OK

※1 測定時レール温度条件: 下=下降時測定、上=上昇時測定  
※2 現行法測定条件: OK=満たす, ok=満たす(止むを得ない場合), NG=満たさない

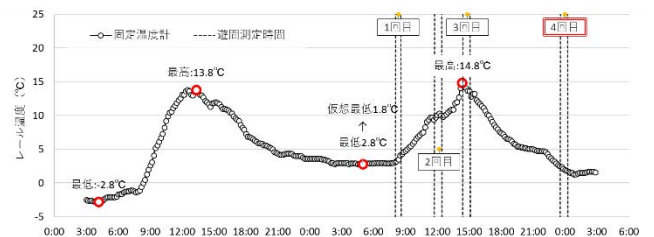


図-3 固定温度計挙動例 (2020. 1. 19 から翌日)

図-3 より 1・2 回目測定はレール温度上昇時、3・4 回目測定は下降時と判断する。なお 2020.1.20 の最低レール温度 2.8°C は、前日の最高レール温度からの下降量が継目板拘束力内にとどまっていることから 1・2 回目の遊間判定には仮想最低レール温度 1.8°C を採用する。

(3) 新手法検証結果

新手法の検証は、各測定日において継目ごとの座屈側安全率を基本となる現行法の判定結果と比較することで実施する。現行法の測定条件を満たす表-1 の二重枠内を基本の測定とし、それ以外の測定について現行法の測定条件を満たさないものは新手法で、満たすものは現行法で、止むを得ない場合で条件を満たすものは新手法と現行法の両方で遊間判定を行う。図-4 に測定レール温度の標準偏差と算出した安全率の相関係数の関係を示す。

新手法については、現行法の遊間測定時間帯である 11:00~翌 6:00 と午前中の 6:00~11:00 までの測定は高い相関が認められる。この相関は現行法の乖離量の範囲に概ね収まっており、新手法が現行法と同程度の精度を有していることが分かる。また、仮想レール温度も有効に機能していることも認められた。一方、11:00~18:00 の時間帯については相関が低くな

キーワード レール遊間, 遊間測定条件, 地上検査の車上化, 線路設備診断システム

連絡先 〒532-0011 大阪市淀川区西中島 5-4-30 中央ビル 株式会社レールテック技術コンサルティング部 TEL 06-6889-2873

る傾向が認められた。これは測定レール温度の標準偏差が大きいことから、日中時間帯で太陽光の影響によりレール温度分布域が広くなり、固定温度計の挙動と整合しない個所が他の時間帯より多く発生し、乖離が大きくなったと考えられる。

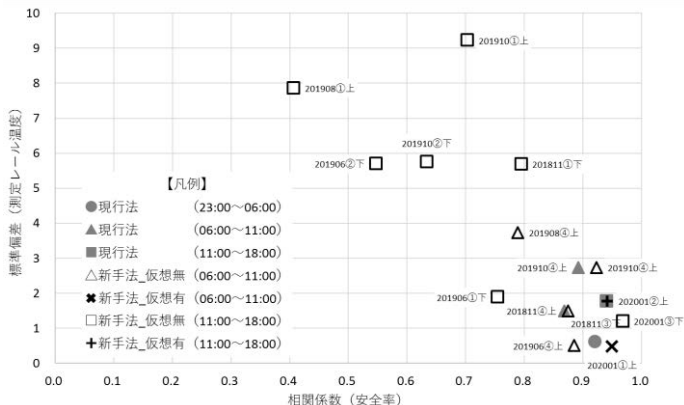


図-4 新手法検証結果

3. 診断システムを活用したレール遊間検査車上化の検討

(1) 診断システムの概要

診断システムによる遊間検査は、軌道の左右内外軌用カメラと非接触レール温度計を有する継目板検査装置(以下、「FPIS」という)により画像とレール温度を取得している。表-2より診断システムは、JR西日本で使用している主要検査装置である自動遊間と同程度の性能を有している。

表-2 遊間測定装置の概要

項目	診断システム(FPIS)	自動遊間
遊間測定精度	±1mm(納入検査実績)	±1mm(各種条件あり)
カメラ数量_解像度	4(左右内外) 0.5mm/pix	2(左右) 0.23mm/pix
カメラ撮影画像	レール頭頂面~頭部側面	レール頭頂面
レール温度計数量_測定範囲	4(左右内外) -20℃~70℃	1(片側) -10℃~65℃
レール温度計精度	±1.0℃~±1.5℃(1σ)	±3.1℃
最高測定速度	100km/h(列車搭載)	25km/h

(2) 診断システムによる最適な遊間検査手法の検討

FPISでは図-5のとおり遊間ごとにレール頭部全周19測点の遊間量を測定する仕様となっている。実際の遊間量は絶縁部での絶縁材の介在やレールフロー、端欠け等の影響を受けることから

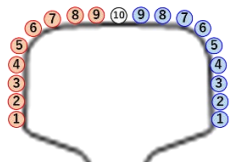


図-5 遊間測定箇所

FPIS測定値の活用方法を検討するため、人力による遊間量測定結果との差(以下、「測定差」という)を診断システムの運用区間において確認した。FPISによる測定遊間量は19測点の平均値とし、その標準偏差σの布域、及び絶縁部別のヒストグラムを図-6に示す。

絶縁継目とσ=0.0mmでは測定差が大きな個所が認められる。それぞれ絶縁材とレール端部の判定誤差、遊間部から外れたレール中間部の測定誤りが高い頻度で発生しており、これが精度の低下に影響している。

それらを除くと、σ≥1.0mmの範囲では測定差が現行のJR西日本での遊間検査精度である±1.0mmを超過するものが一定数存在する。これはレールフロー等によりFPIS測定値のσが

大きくなる個所では、平均値による遊間量評価では精度が十分ではないことを示している。一方、σ<1.0mmの範囲では概ね測定差が±1.0mm以内に収まっていることが確認できた。図-7に0.0mm<σ<1.0mmの範囲に限定し細分化したヒストグラムを示す。結果として測定差が1.0mmを超過する個所が若干認められ、遊間量が2.5mm未満で発生する傾向が確認された。

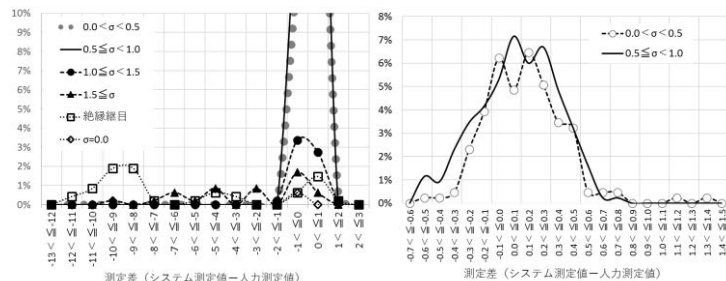


図-6 FPIS測定差

図-7 FPIS測定差 (0<σ<1)

(3) 診断システムによる遊間検査の検証

現行の遊間検査精度である±1.0mmを確保するため、FPIS測定精度が同基準を満たさないものについて人力による再確認・再

表-3 人力確認対象の内訳

種別	全数		人力確認対象	
	σ	数量	数量	考え方
絶縁継目	—	43	43	全数
遊間外れ	=0	4	4	全数
普通継目	0<σ<1	371	12	遊間量<2.5
	1≤σ	56	56	全数
計		474	115	24.3%

測定が必要となる。表-3にこの考え方を前項の測定区間に適用したときの内訳を示す。結果として全体の24.3%が人力確認の対象であり、相当数の遊間についてFPIS測定値をそのまま遊間量として活用できることが分かった。また、座屈側安全率についてFPIS測定値をこの処理により判定したものと自動遊間による現行検査結果によるものを図-8に示す。両者は概ね一致しており相関係数は0.9以上であった。これは図-4で示された現行法の乖離量の範囲内であり、FPIS測定結果を活用した本手法による遊間管理が現在の遊間管理手法と同程度の性能を有していることが確認できた。

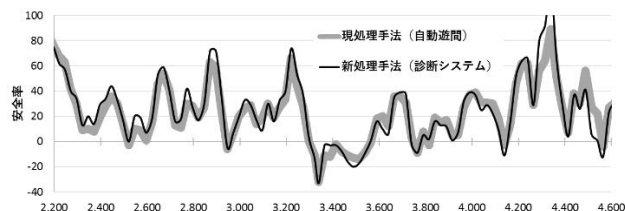


図-8 座屈側安全率の比較

4. まとめ

新手法の実用性を確認した結果、日中時間帯測定データによる判定結果において現行法との乖離が大きく精度に課題が認められた。また、診断システムを活用した遊間検査に当たっての最適な処理手法を検討し、その有効性を確認したものの、さらなる人力確認作業に要する労力の低減が求められる。

今後は新手法の改善や別手法の適用を検討するとともに、測定装置や検測車運用の最適化等も考慮し、業務全体としての生産性向上の実現にむけて検討を進めていく。

参考文献

1) 原田祐樹, 他: 車上化に適した座屈側遊間管理手法の検討, 土木学会第73回年次学術講演会, VI-862, 2018. 8.