

山陽新幹線における新型レール凹凸測定器導入について

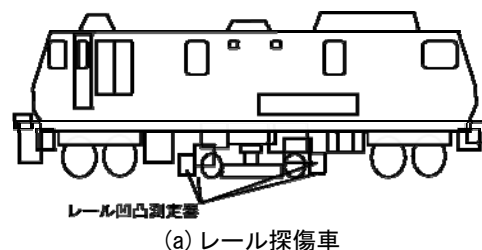
西日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○重永 三郎
 西日本旅客鉄道株式会社 正会員 金岡 裕之
 西日本旅客鉄道株式会社 田原 興太

1. はじめに

現在、山陽新幹線におけるレール溶接部のレール頭頂面凹凸（以下、レール凹凸）管理は、電気軌道総合試験車で出力される軸箱加速度の基準値を超過した箇所に対し、レール踏面測定器（以下2m ストレッチ）を用いて全て人力で測定している。対象箇所は山陽新幹線全線において年間約150箇所程度あり、全て測定しなければならないというのに、レール凹凸以外の要因によるものなど、人力でのレール凹凸測定が非効率となる場合もある。一方、山陽新幹線では、現在レール凹凸測定器をレール探傷車に搭載し山陽新幹線全線において連続的にレール凹凸の測定が可能となった。レール探傷車に搭載され、これまで非常に労力を要したレール凹凸測定の省力化が期待されている。そこで、本論文ではレール凹凸測定器の概要と測定原理を紹介すると共に、2m ストレッチとの整合性評価を実施することで、現状の凹凸検査方法の変更の可否を検討する。

2. レール凹凸測定器について

山陽新幹線では、年2回全線を運行しているレール探傷車にレール凹凸測定器を搭載している。図-1にレール凹凸測定器の外観を示す。レール凹凸センサ測定部(図-1(b))は測定台車の左前、左後、右前、右後の4箇所装備しており、測定方向にあわせて、前側、後側かを選択して測定する。また、測定台車の振動の影響を除くため、凹凸センサ測定部内には2個のレーザー変位計を搭載しており(図-1(c))、その差分値を記録することで、車体振動の影響を排除することができる。表-1に本レール凹凸測定器の仕様をまとめる。



(b) レール凹凸センサ測定部 (c) レーザー照射部
 図-1 レール凹凸測定器概要

表-1 レール凹凸測定器仕様

レール種別	JIS 60 50N
測定分解能	±0.1mm以下
測定項目	長手方向の1m弦及び20cm弦の凹凸量
測定サンプリング間隔	1mm毎
測定速度	40km/h以下
測定方向	進行方向の制約なし

3. 地上局解析手法
 レール探傷車車上では、2章で述べた差分値を記録し、1m弦凹凸量をリアルタイム表示することができる。しかしながら、簡易的な差分積分法による計算のため、レール凹凸量の算出については、別途地上局においてソフトウェア上での解析を行うこととした。過去様々な処理方法が検討されているが¹⁾、地上局での解析は、フーリエ解析を用いた波形復元を実施することとした(以下、フーリエ方式)。

その方法を以下に示す。2つのレーザー変位計の高低差分値(間隔 $l = 25\text{mm}$) $S(x)$ を展開する(式(1))。

$$S(x) = A_0 + \sum_{k=1}^n A_k \sin \theta_k \quad (1)$$

ここで、 A_k :波長 λ_k 成分の振幅(A_0 は直流分)、 θ_k :波長 λ_k 成分の位相、また $\lambda_k = \lambda_1 / k$ ($\lambda_1 = 1024$) である。

キーワード レール頭頂面凹凸、レール凹凸測定器、復元波形、フーリエ解析

連絡先 〒720-0066 広島県福山市三之丸町30番2号 福山新幹線保線区 福山管理室 NTT:084-921-2374 JR:084-5205

復元波形を $y(x)$ とすると, $S(x)$ は $y(x)$ に対し, 検測倍率は $2\sin(\pi \cdot l / \lambda_k)$, 位相差は $\pi \cdot l / \lambda_k + \pi / 2$ という特性を有することとなる. $S(x)$ の $y(x)$ に対する検測倍率と位相差分を補正した後, 逆フーリエ変換により復元波形 $y(x)$ を求める. これを, 擬似原波形に対し車上計算と同様の差分積分を行うことにより適切な次数を定めた. その結果, (1)式における n を 146, つまり $\lambda = 7\text{mm}$ 以上の凹凸を再現することとした場合に, 良好な結果を得ることができた (図-3).

溶接部の検査ではレール凹凸の立上り・立下り箇所の再現は, 20cm 弦の評価に影響するため非常に重要である. 差分積分法では, レール凹凸の立上り・立下りが正確に再現できていないが, フーリエ解析による手法では, 立上り・立下り点も再現できており, 正確にレール凹凸を再現できていることが確認できた.

4. 2m ストレッチとの整合性評価

本章では, レール凹凸測定器と従来の 2m ストレッチとの凹凸チャートの重ね合わせを実施することで, 整合性を評価しレール凹凸検査方法の置き換えの可否を検討する. 今回, 使用した 2m ストレッチの人力測定による測定誤差は $\pm 0.05\text{mm}$ であるため, 評価基準を誤差 0.05mm 以内とした. 例として図-4 に上り線 734k284m 右レールの重ね合わせ結果を示す. 20cm 弦の凹凸の誤差は 0.047mm であり, 重ね合わせの誤差でも 0.041mm と評価基準を下回る結果となった. また, その他の箇所においても誤差 0.05mm を上回ることは無く (表-2), 2m ストレッチと同等の測定結果を得ることができると考えられる. また図-5 に探傷車 2 回走行分の再現性を確認する. 一例として下り線 750k251m 右レールの結果を示す. 各点の平均誤差は 0.0052mm であり, 非常に再現性の高い結果が得られた.

5. おわりに

探傷車のレール凹凸は測定精度及び再現性からみて現在の測定方法との置換えが可能であり, また, 定期的に全線を測定できることから今後の検査に実用化できる. 今後の課題として定期的に測定できることを生かし, 時系列を考慮したレール凹凸-軌道状態-軸箱加速度の関係性を見出すことにより, これらの相互作用を考慮した作業方法および, 作業投入時期の検討を実施したい.

参考文献

- 1) 黒田祐介, 竹下邦夫: 東海道新幹線レール頭頂面凹凸検査の省力化, 土木学会第 52 回年次学術講演会, 1997. 9

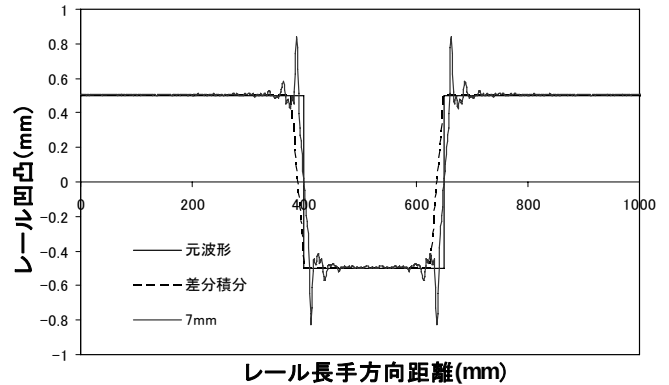


図-3 擬似原波形復元による比較

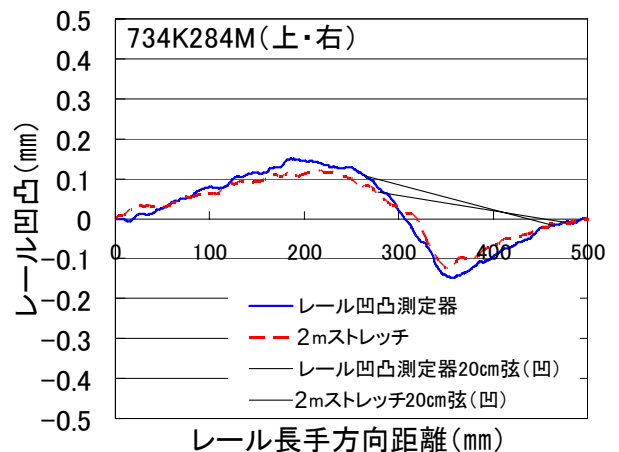


図-4 734k284m(上・右) 整合性評価

表-2 整合性評価まとめ

キロ程	線別	左右	レール凹凸測定器20cm弦(凹)(mm)	1mストレッチ20cm弦(凹)(mm)	20cm弦誤差(mm)	最大重ね合わせ誤差(mm)
732.508	上	左	0.199	0.170	0.029	0.021
733.012	下1#	左	0.178	0.164	0.014	0.034
734.284	上	右	0.199	0.170	0.047	0.041
735.498	上	右	0.279	0.300	0.022	0.029
750.251	下	右	0.092	0.057	0.035	0.049
750.908	下	左	0.078	0.062	0.016	0.008

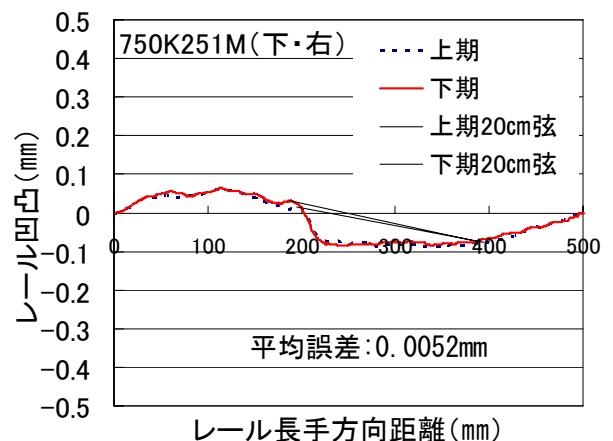


図-5 750k251m(下・右) 再現性評価