

トラックマスターによる 40m 弦通り変位測定方法に関する一考察

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 久慈 聡
 東日本旅客鉄道株式会社 正会員 田淵広嗣
 株式会社カネコ 非会員 鹿島孝洋

1. はじめに

新幹線では、乗り心地を改善するため、East-i（高速電気軌道検測定車）による 40m 弦軌道変位を中心に整備が行われている。しかし、整備当日の仕上り検査は、10m 弦間送りによる手検測で行うため、施工現場で 40m 弦の残留変位が確認できないことが問題となっている。そこで当社では、トラックマスター（以下トラマス）を活用した仕上り確認方法が導入されたが、East-i との整合性が十分に検証されておらず、活用されていないのが現状である。

そこで今回、トラマスと East-i による 40m 弦軌道変位の関係について調査したところ、レール摩耗と 40m 弦通り誤差に関連性がみられたので報告する。

2. トラマスの再現性

今回使用したトラマスは、新幹線仕上り検査用トラックマスター（KS573 1 A）に、強化ステイの追加、可動軸の強化等を施したものである。本線スラブ区間（直線・曲線の 2 ケース）でトラマスによる繰返し測定を行い、再現性の確認をした（図 1）。その結果、バラつきが最も大きかったのは直線区間の 40m 弦通り変位で ± 0.32 であったが（図 1）、これは繰返し測定による最大誤差が 1mm 未満であることを示す。よって再現性は、直線・曲線とも許容範囲内といえる。

表-1 トラマスの繰返し誤差（標準偏差：mm）

	10m弦		40m弦		軌間	水準
	高低	通り	高低	通り		
直線	0.06	0.06	0.25	0.32	0.05	0.18
曲線	0.08	0.08	0.21	0.30	0.07	0.29

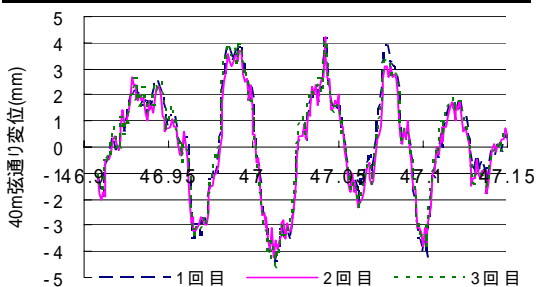


図-1 トラマスの再現性（40m弦通り）

3. East-i とトラマスの誤差

上記 2 項と同一区間において、East-i とトラマスの誤差を確認した（表 2）。直線・曲線を比べると、10m 弦は曲線区間の方が動的との誤差が大きい、40m 弦では逆に直線区間の誤差が大きい結果とな

った。整合性の低い直線区間における East-i とトラマスの 40m 弦軌道変位を重ね合わせると（図 2）、高低は両者の波形が概ね一致しているのに対し、通りは両者の波長・振幅とも大きく異なる結果となった（図 3）。

表-2 East-i とトラマスの誤差（標準偏差：mm）

	10m弦		40m弦		軌間	水準
	高低	通り	高低	通り		
直線	0.25	0.43	1.04	2.2	0.24	0.49
曲線	0.44	0.59	0.89	1.38	0.51	1.29

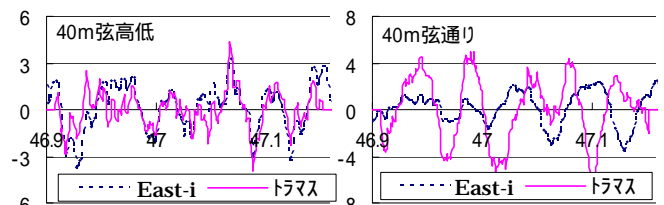


図-2 East-i とトラマスの整合性（直線区間）

4. 周波数分析

East-i とトラマスが捉える波長帯の差異を明らかにするため、高低・通り変位の周波数分析を行った（図-3）。その結果、高低のパワースペクトルはほぼ一致するのに対し、通りは 10m 以上の波長帯でトラマスが卓越している。これよりトラマスは、上記波長帯において East-i と異なる波形を捉えていると考えられる。

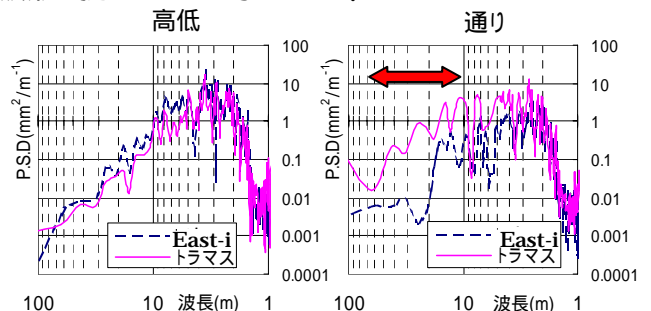


図-3 高低・通りのパワースペクトル

5. レール側面摩耗調査

トラマスと East-i の 40m 弦通り変位に大きな差異が生じる原因を確認するため、通り測定位置（レール頭面下 16 mm）におけるレール状態を確認したところ、10～50m



写真 通り測定位置におけるレール側面摩耗

キーワード トラックマスター 40m 弦軌道変位 仕上り確認

連絡先 〒331-0043 埼玉県さいたま市大宮区大成町 3-125 JR 東日本 大宮新幹線保線技術センター Tel (048)666-1449

の周期で照面が上下していることがわかった(写真)。これより、East-i とトラマスの通りパワースペクトルの違いは、側面摩耗の影響によるものと推察される。

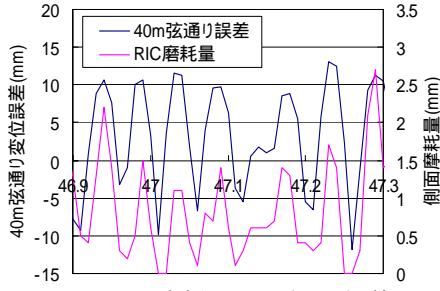


図-4 RIC 摩耗と 40m 弦通り誤差

そこで、RIC(レール探傷車)による側面摩耗データ(10m 代表値)とトラマス-East-i 間の 40m 弦通り変位誤差(10m 代表値)を比較したところ、両者の周期が一致することが分かった(図 4)。以上の結果より、通り誤差の原因として、側面摩耗の影響が大きいと考えられる。

6 . 側面摩耗の影響

レール側面の摩耗量が 40m 弦通り誤差に与える影響を定量的に把握するため、両者の相関を確認した。その結果、両者の単純相関は高くないことがわかった($R^2=0.29$; 図 5)。

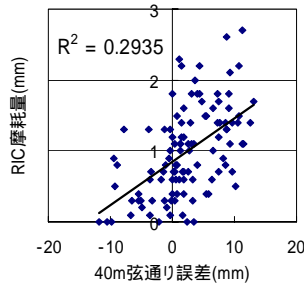


図 5 摩耗と通り誤差の関係

そこで、40m 弦への倍長演算の影響を受ける範囲での摩耗変化量に着目したところ、30m 間での摩耗変化量と East-i・トラマス間の 40m 弦通り誤差に比較的高い相関($R^2=0.48$; 図 6)がみられた。これは、40m 弦変位の算出に際し、当該キロ程前後 30m 間の 10m 弦データが使われる影響と考えられる。つまり、トラマスの 2m 弦データに含まれる側面摩耗による通り変位は、40m 弦まで倍長演算する際に拡大され、East-i との誤差を生んでいると考えられる。

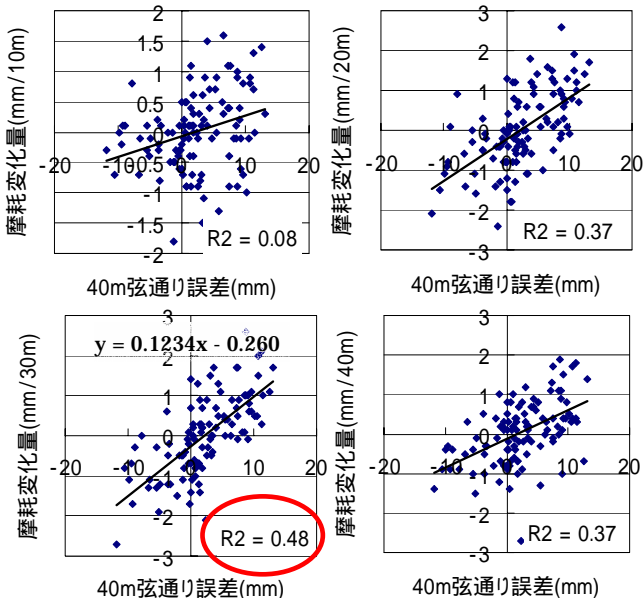


図 6 摩耗変化量と通り誤差の関係

7 . 対策案1 ~ 摩耗量を用いた誤差補正の検討

相関が最も高かった 30m 間の摩耗変化量と 40m 弦通り誤差の関係 ($y=0.1234x-0.2603$) を用いて、East-i とトラマス間の 40m 弦通り誤差補正を試みた。その結果、全体的にピーク値が近づくことが確認できたが、数ミリ単位でのズレが多数見られる(図 7)。これは RIC の摩耗データが 10m 代表値であることが一因と考えられる。このことより、RIC 摩耗量を用いて正確に誤差を換算することは困難と判断した。

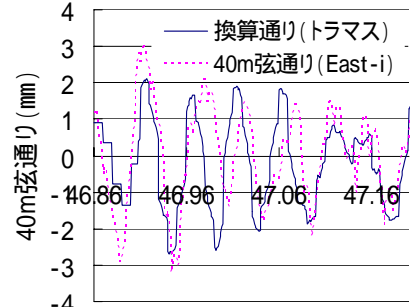


図-7 摩耗量による誤差補正

8 . 対策案2 ~ トラックマスターの改良案

今後の取り組みとして、摩耗の影響を受けない位置でトラマスの通り測定を行う事を検討している。RIC の側面摩耗データを見ると、レール頭面下 20mm 位置では摩耗量が小さいことがわかる(図 8)。また、試験区間のレール状態を確認したところ、レール頭面下 25 mm の位置では、側面摩耗が見られないこと確認した。そこで、トラマスの通りセンサー位置を、レール頭面下 16mm から 20mm 及び 25mm へ変更可能な試作器を作成し、今後その効果を検証していく予定である。

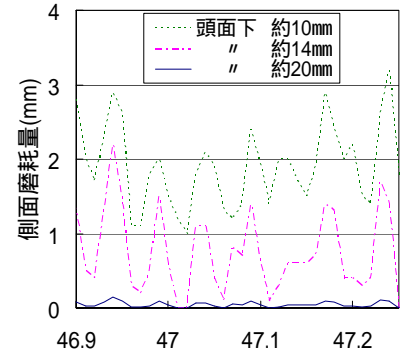


図-8 側面摩耗データ

9 . まとめ

- ・ トラマスは高い再現性を有しており、40m 弦高低は直線区間・曲線区間とも East-i と比較的近い値を得られることが確認できた。
- ・ トラマスの 40m 弦通り変位は、倍長演算の過程で側面磨耗量が拡大されるため、East-i との誤差が大きくなると考えられる。

10 . おわりに

最後に、トラックマスターの改良案を初め、現地調査や測定データの採取に至るまで、今回の内容は株式会社カネコの多大なるご協力に支えられました。この場を借りて、厚く御礼申し上げます。