

East-i 検測データを用いた上下方向の軌道絶対線形の復元と活用について

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○中村 俊敬
 東日本旅客鉄道株式会社 柴田 満広
 東日本旅客鉄道株式会社 篠原 良

1. 背景

線路の保守管理には主に弦波形が活用されているが、近年 AMBERG 社の IMS3000¹⁾等の軌道計測器により軌道原波形の把握が容易になり、これを線形整備に用いる取り組みが進んでいる。これまで当社における新幹線軌道の保守管理では 10 m 弦正矢から復元する 200 m 半絶対線形と呼ばれる波形を使用してきたが、長波長域の検測倍率が低いことから算出される波形では実線形を把握できないことが課題であった。

一方で軌道計測器を用いた測定は人的、時間的コストがかかるほか、適宜メンテナンスが必要である。そこで本研究では軌道計測器を用いない手法として新幹線電気軌道総合試験車（以下、East-i）の測定データから上下方向の軌道絶対線形の復元を行い、軌道整備に活用した。

2. 長波長高低を活用した絶対線形の復元

本研究では East-i で測定している長波長高低を活用する。長波長高低とは East-i の高低用変換器とリングレーザージャイロ装置を使用して測定しているもので、原理的に軌道原波形の一階差分を測定している²⁾。図 1 より長波長高低の検測特性は 10 m 弦正矢と比較して長波長域の検測倍率が大きいことから、線形復元に有効であると考えられる。

復元には 200 m 半絶対線形の手法を応用する。200 m 半絶対線形では 10 m 弦正矢 $v(x)$ を二回積分することによって線形データを算出し、二回積分の安定化のため 200 m 間で直線補正を行っている。積分は弦長を l とすると以下の式となる。

$$g(x) \cong -\frac{8}{l^2} \iint v(x) dx^2 \quad \dots \text{式(1)}$$

これは 10 m 弦正矢が軌道実形状 $g(x)$ の二階差分を測定していることによる。これを長波長高低測定データ $w(x)$ に応用すると以下の式を得る。

$$g(x) \cong -\frac{1}{l} \int w(x) dx \quad \dots \text{式(2)}$$

East-i においては $l=16.4(\text{m})$ である。ただし長波長高低には短波長域に測定できない波長があるため、式(1)を $5 < \lambda_1 < 32$ 、式(2)を $32 \leq \lambda_2$ の波長帯の復元に用い、これを足し合わせることで算出した。

図 2 に IMS3000 の測定データと復元した絶対線形の比較を示す。前者は静的波形、後者は動的波形のため

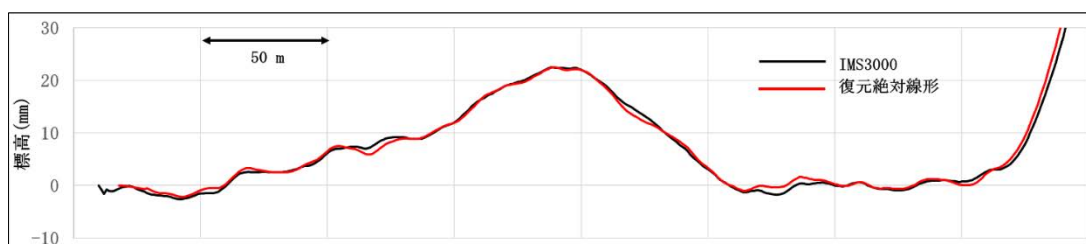


図 1 各測定方法の検測特性

図 2 復元した絶対線形と IMS3000 測定波形との比較

キーワード 軌道絶対線形, IMS3000, East-i, 長波長高低, 10 m 弦正矢,

連絡先 〒330-0852 埼玉県さいたま市大宮区大成町 3-125

東日本旅客鉄道株式会社 大宮新幹線保線技術センター TEL048-664-0160

完全には一致しないが、線形が高い精度で復元されている。

3. 再現性の確認

実導入にあたり復元される絶対線形の再現性を確認した。これは East-i の同区間を検測した三回の検測データから復元した絶対線形をもとに弦変位を算出し、その σ 値の差で検討した。表 1 より各弦の σ 値の差は小さく、500 m 弦でも最大で 2 mm 程度であることから実導入に十分であると判断した。

4. 復元した絶対線形を活用した施工事例

前項までに述べた手法により弦変位では現場線形の把握が難しいと考えられる箇所について、復元絶対線形を活用した施工事例について述べる。

(1) 諸元からの乖離が見られる縦曲線区間の解消 (図 3)

動揺値が大きかった縦曲線区間において復元絶対線形を確認したところ、諸元との乖離がみられた。そこで設計線形との差からこう上量を計算し元の諸元に戻す施工を行った。これにより動揺値が 0.16 g から 0.05 g へ改善され、乗り心地の向上に繋がった。

(2) マルチプルタイタンパー (MTT) による長波長落ち込み箇所の解消 (図 4, 図 5)

これまで 200m 半絶対線形によって計算されるこう上量では施工品質に限界があったが、算出される絶対線形により現場線形に即した計画線を引くことが可能になった。そのため従来と比べて施工品質が大幅に向上し、繰り返し補修箇所の改善が実現した。

表 1 再現性の確認

弦長	σ 値の差 最大値
10 m	0.150
40 m	0.388
100 m	0.634
200m	0.825
500m	2.101

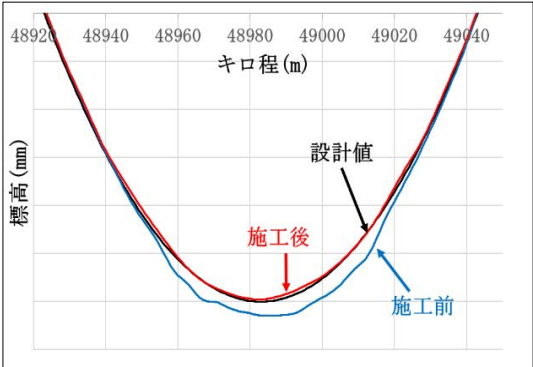


図 3 施工前後の縦曲線線形比較

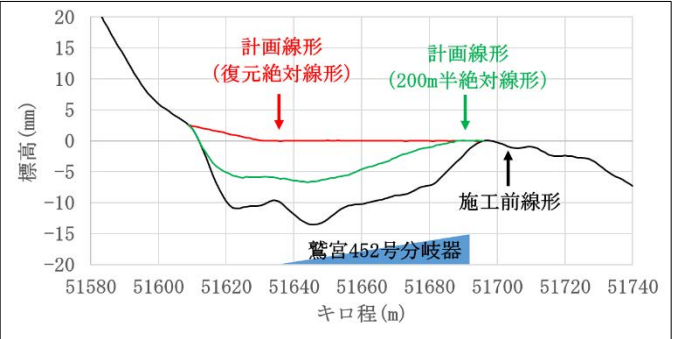


図 4 MTT 施工計画線例

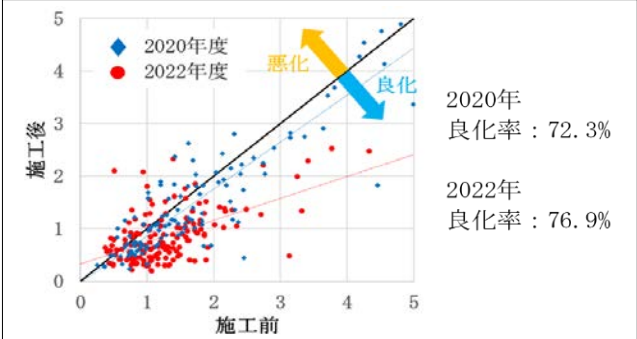


図 5 施工前後 40m 弦高低 σ 値 (20 m ピッチ)

5. 今後の方針

以上の取り組みにより長波長高低データを有効活用することで IMS3000 と同等の線形復元手法を確立した。これによる軌道整備も多数実施しており、いずれも 200 m 半絶対線形より良好な結果を得ている。当社管内他のエリアにおいても IMS3000 の測定データと高い精度で一致していることを確認している。

今後引き続き保守困難箇所や繰り返し補修箇所に手法を適用し、施工実績を積み重ねるとともに新たな活用方法を検討していく。

参考文献

- 1) IMS3000 システム : (株) ネプロホームページ http://nepro-tec.co.jp/product/ims1000_ims3000/
- 2) 吉村彰芳 : 軌道狂い原波形の復元に関する理論的基礎の検討とその適用, 土木学会論文集第 377 号, IV-6, 1987.1