

絶対線形計測装置 IMS3000 を活用した軌道整備計画の策定

東日本旅客鉄道株式会社 正〇石見 涼
 東日本旅客鉄道株式会社 非 齊藤 俊明
 東日本旅客鉄道株式会社 非 齋藤 俊祐
 東日本旅客鉄道株式会社 正 松田 博之

1. 背景と目的

現在、上越新幹線の 245km/h から 275km/h への高速化が検討されるなか、新潟新幹線保線技術センター管内には震災の影響等により線形が崩れたため、調整幅の大きい通信用タイプレートをを用いて補修した箇所が多数存在している(図 1)。加えて、通信用タイプレート敷設箇所には、地震時の車両逸脱防止のためのスラブ軌道用レール転倒防止装置が設置できない(図 2)。また、これらのうち高架橋の桁ずれが大きい箇所は、元の線形に戻すことが困難だけでなく、軌道変位の目標値超過箇所や列車動揺が発生している。列車の更なる安全運行や快適な乗り心地を支えるためには、これらタイプレートの撤去および目標値超過箇所の解消が不可欠となっている。

そこで、IMU(慣性測量装置)を搭載した絶対線形計測装置 IMS3000 (AMBERG 社製)により軌道上の座標と軌道変位データを取得し、線形把握・軌道整備計画の検討を行い、通信用タイプレートの撤去、目標値超過箇所の解消および現状線形の改善に取り組んだ。

2. 絶対線形計測装置 IMS3000 の概要

IMS3000 は手押し式のトータルステーションであり、IMU により軌道上を移動しながら軌道の線形を絶対座標で連続的に計測できる装置である(図 3)。測点間隔は 10 測点/秒で、左右方向と上下方向の測定誤差は 1.0mm と 0.5mm であり、高精度の座標データを取得することができる。測定した座標をもとに任意の弦長の正矢計算を行え、通りと高低の 40m 弦値誤差は 0.3mm と 0.2mm である。

IMS3000 を用いる利点をまとめると、以下の 3 点となる。

- 1) 倍長演算が不要で、絶対線形をもとに正矢計算を行うため波長の違いによる精度低下が少なく、長波長計測に優れている。
- 2) 装置の盛替えが不要であり、一度に長い延長の計測ができる。従来の軌道整備計画(移動量)算出ツールに比べて長い延長の整備計画を策定できるため、整備対象区間全体を俯瞰した最適な計画を策定できる。
- 3) 座標データを基に、軌道整備後の線形や任意の弦長の軌道変位を予測できる。

3. 調査対象

調査対象は、震災の影響により線形が崩れ、通信用タイプレートが 800m 断続的に敷設されている長岡～燕三条間の下り線 215k700m～216k900m とした。当該区間には 40m 弦通り変位の目標値(±5mm)超過箇所があり、列車動揺も発生している。そこで、従来の移動量算出ツールを用いた部分的な軌道整備ではなく、IMS3000 を用いて対象区間全体の現状線形の把握を行い、長波長の軌道変位や線形改善を考慮した整備計画を検討した。

キーワード 絶対線形、IMS3000、IMU(慣性測量装置)、軌道整備、スラブ横移動

連絡先 新潟新幹線保線技術センター 〒950-0905 新潟市中央区天神尾 1 丁目 45-2 TEL 025-248-5253



図 1. 新潟県中越地震の影響

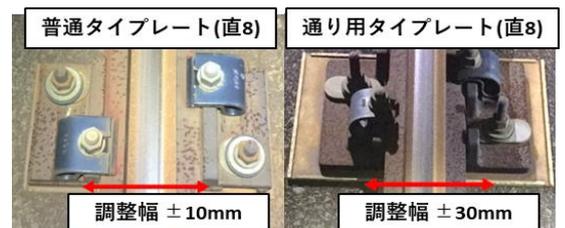


図 2. 普通タイプレートと通信用タイプレート



図 3. IMS3000

4. 調査結果と移動可能範囲

IMS3000 による計測結果を図 4 に示す。当該区間の線路諸元は直線にも関わらず、測定始終点を直線で結ぶと緩やかな左曲線が入っており、直線から約 250mm の乖離があることがわかった。

特に曲率の大きな 216k000m~800m の 40m 弦通り変位とタイプレート敷設状況をまとめたのが図 5 である。同区間内には 40m 弦通り変位の目標値超過箇所が 4 箇所存在する。また、タイプレートの敷設位置を調査した結果、通り用タイプレートの調整幅±30mm(青点が実測値)の限界まで達している箇所が多数存在していることがわかった。したがって、目標値超過箇所を解消し、現状線形を改善するにはスラブ横移動による抜本的な軌道整備が必要となる。

建設当初の設計によれば、スラブ突起部の最低樹脂厚さを 40mm(ゴムマット 20mm+樹脂 20mm)以上確保することとなっている。対象区間における突起部の樹脂厚さの調査結果に基づき、現状線形からの移動可能範囲を示したのが図 6 の緑線の領域である。

5. 軌道整備計画の策定

通り用タイプレートの撤去、40m 弦通り変位目標値超過箇所の解消および現状線形を直線に近付ける線形を次のように計画した。

- 1) 現状線形上の任意の 2 点間において移動可能範囲内で最小二乗法により直線を算出する(図 7 上黒線)
- 2) 隣り合う直線の傾きから交点における角度 θ を算出する。角度 θ が 180° に近いほど交点前後の直線が滑らかに繋がる。このため 40m 弦通り変位が 5.0mm となる角度 $\theta = 179.97^\circ$ 以上を最低条件とし、この角度にならなければ交点に新たに最小二乗法による直線(図 7 上赤線)を挿入し、角度 θ_1 や θ_2 が条件を満たすまで計算を継続する。

上記の手順により、移動可能範囲内で軌道整備後の 10m 弦、40m 弦、100m 弦の波形(予測)がより滑らかになるように計画線形を求めた(図 7 下)。整備後の 40m 弦の通り変位(予測)を図 8 に示す。得られた計画線形にむけて通り整正やスラブ横移動を行うことで、通り用タイプレートの撤去や目標値超過箇所の解消が可能となる。

6. まとめ

震災の影響により線形が崩れ、通り用タイプレートが 800m 断続的に敷設されている区間(延長 1.2 km)を対象に、IMS3000 を用いて絶対線形を計測し、スラブ横方向の移動量の制約を踏まえて可能な限り現状線形を緒元に近づけ、通り用タイプレートを撤去する計画線形を策定した。線形の検討にあたっては、従来の 10m 弦や 40m 弦だけでなく長波長の整備後波形を考慮するとともに、対象区間全体を俯瞰した整備計画を策定することができた。今後は、計画線形を基に、図 7 下の青円の目標値超過箇所から順次(2019 年 4 月以降)スラブ横移動等の施工を実施する予定である。

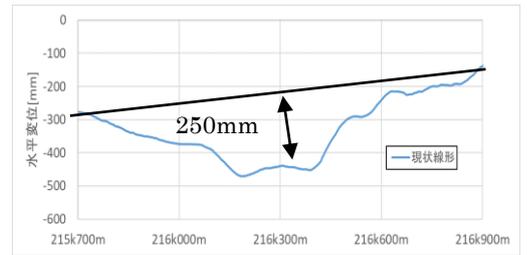


図 4. IMS3000 による計測結果

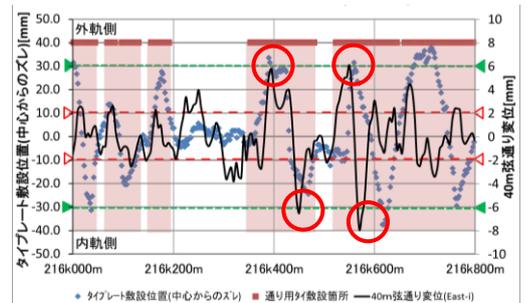


図 5. 下り線 216k400m 付近の軌道状態

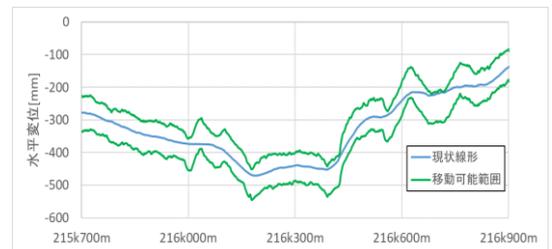


図 6. 現状線形と移動可能範囲

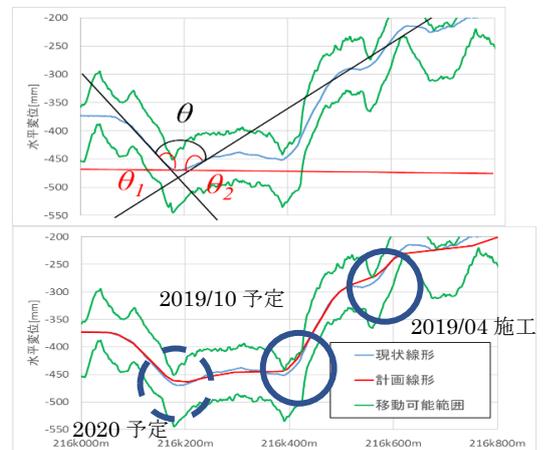


図 7. 計画線形の作り方(上図)
計画線形策定結果(下図)

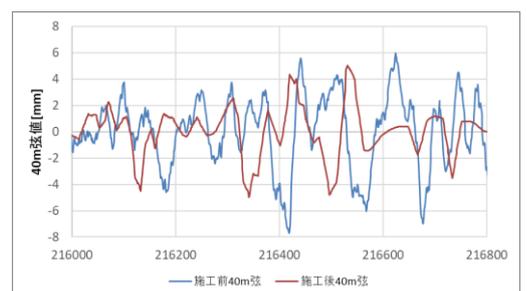


図 8. 整備前後の 40m 弦通り変位(予測)