

新幹線における動揺シミュレーションを活用した最適な縦曲線整備の検討

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○西山 晃平

1. はじめに

東北新幹線は平成25年3月に、宇都宮から盛岡間において営業列車では国内最高速度の320km/h運転になった。その中で北上新幹線保線技術センターは一ノ関から盛岡間を保守管理しており、安全・安定輸送の確保とともに、さらなる乗心地の向上が求められている。現在の新幹線の乗心地管理は40m弦目標値整備（高低 $\pm 7\text{mm}$ 、通り $\pm 5\text{mm}$ ）が主体となっているが、軌道変位は整備目標値以下であっても動揺が発生する箇所は存在している。そこで、本研究は動揺発生要因を特定し、効果的な対策施工の実施を目指すこととした。

2. 現状の把握

図-1は320km/hに速度向上した後の当技術センター管内における動揺箇所の内訳（上下0.18g、左右0.15g）を示している。これより上下動揺の発生が顕著であり、その内訳の大部分が縦曲線であることがわかる。一方、左右動揺は1箇所のみの発生であるが、これはフルアクティブサスペンションや車体傾斜装置といった車両側の対策効果によるものと考えられる。よって、

320km/h 走行時の乗り心地を向上させるためには、縦曲線整備が最重要課題といえる。

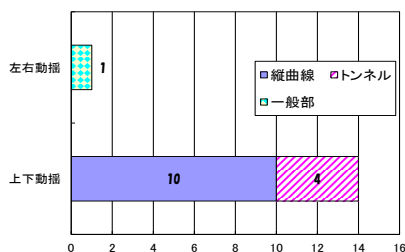


図-1 動揺箇所内訳

3. 対策施工の検討

縦曲線部は必ず上下定常加速度が存在するため、通常の軌道整備だけでは、十分な動揺低減を得られない場合がある。そのため、当技術センターはこれまで縦曲線半径を拡大することにより上下定常加速度を低減させ、乗心地を向上させてきた¹⁾。しかし、凸型縦曲線は通常の施工方法であれば図-2に示すようにレール面を低下させることで半径拡大を行うため、低下量に制限のあるスラブ軌道では施工に苦

慮してきた。

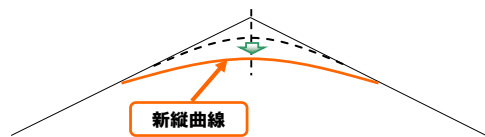


図-2 凸型縦曲線の整備イメージ図(通常施工)

そこで、この問題を解決する方法として図-3に示すように新縦曲線全体をこう上し、勾配区間へ取付ける方法を考案した。しかし、この施工方法は、縦曲線の始終点からすぐに取付けを始めると、縦曲線の始終点に軌道変位が発生させることになるため、取付け方法の検討が必要である。

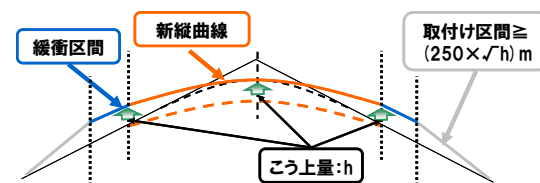


図-3 凸型縦曲線の整備イメージ図(こう上法)

よって、本研究では、平成24年度より当技術センターに試験導入された施工後の上下動揺を予測することのできる動揺シミュレーションを活用して動揺低減量を予測した上で、動揺低減量が最大となる最適な取付け延長を算出することにより、効率的に縦曲線で発生する動揺を整備できると考えた。

4. 動揺シミュレーションの概要

動揺シミュレーションは統計モデルによる車両上下動揺予測²⁾の手法を用いて作成された、上下動揺に対する軌道整備支援ツールである。図-4に予測動揺の算出イメージを示す。本ツールは新幹線電気軌道総合検測車(East i)で検測した10m弦高低変位を入力し動揺予測フィルタに通すことで、軌道変位に起因する上下動揺加速度が出力される。つまり、営業列車が現場線形を走行した場合にどのような動揺が発生するのか予測することが可能となる。また、動揺発生箇所の現場線形のうち、どの箇所を整備すれば動揺がどの程度低減するのか等、シミュレーションを実施することができる。

キーワード：上下動揺 縦曲線 動揺シミュレーション

連絡先：〒020-0861 岩手県盛岡市盛岡駅前通1-41 JR 東日本 盛岡支社設備部保線課 TEL019-625-4063

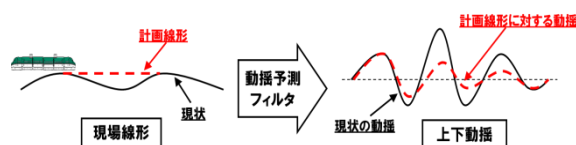


図-4 予測動揺算出イメージ

5. 計画動揺の対策施工の実施

(1) 対象箇所を選定

対象箇所は現場調査の結果から、レール面を現状より低下できない箇所とした。箇所の概要は図-5に示す。

現場線形	現場状況	施工方法
	(下)434k428m付近 水沢江刺～北上間 高架橋上(明かり) 曲線 R=4,000m・ 直 8スラブ	レール面整正 (下部調整鉄板) 縦曲線半径変更 (R=15000→25000)

図-5 施工箇所の概要

(2) 縦曲線半径、緩衝区間、取付け倍率の検討

勾配変化 2‰の縦曲線の場合、R=15,000m から R=25,000m に半径を拡大するために、通常施工であれば勾配変更点で最大 5mm のレール面低下となる。しかし、現場調査の結果から下げ施工が不可能と判断した場合は、縦曲線全体を 5mm こう上させなければならない。縦曲線半径拡大施工のイメージは図-3の通りであるが、今回は緩衝区間を 0～60m まで 10m 置きに設定し、取付け倍率はこう上量 5mm に対して 2,000～10,000 倍(取付延長 10～50m)にして動揺予測を行った。シミュレーション結果を図-6に示す。これより、緩衝区間 20m に対して取付け倍率 6,000 倍(取付延長 30m)の組合せが最も動揺低減効果が大きくなることがわかった。

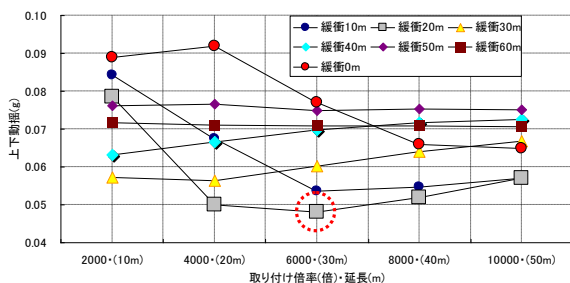


図-6 緩衝区間、取付け区間延長の検討

(3) 施工の実施と結果

上記の検討結果より、緩衝区間は 20m、取付け倍率は 6,000 倍(取付延長 30m)に設定し、図-7に示すこう上量にて縦曲線半径を R=25,000m に半径

拡大施工を行った。施工結果を図-8に示す。これより、動揺シミュレーションでは 0.07g の動揺低減量を予測していたのに対し、営業列車による実測の動揺低減量は 0.08g であるため、ほぼ計画通りに施工できたことを確認した。

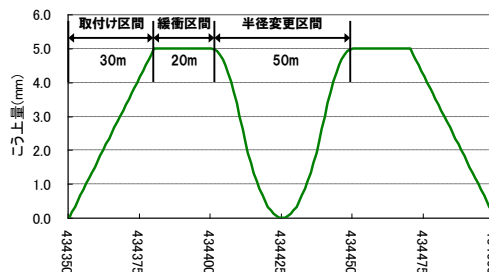


図-7 施工箇所のかう上量

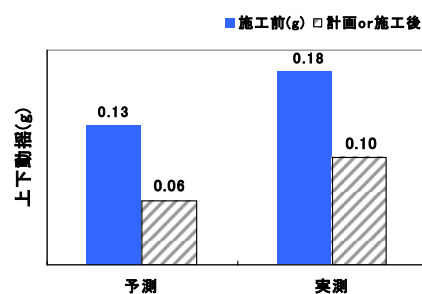


図-8 施工前後の動揺値の比較

6. まとめ

本研究は上下動揺の発生箇所となっている縦曲線部を対象に、動揺シミュレーションを活用した縦曲線半径変更施工を実施した。その結果、凸型縦曲線の半径拡大をこう上のみで施工しても、期待する動揺低減効果が得られることを実証できた。また、動揺シミュレーションで予測した動揺低減量は実測値とほぼ一致することを確認した。

7. おわりに

本研究の成果を基に縦曲線部の乗り心地を向上させ、国内最高速度 320km/h の東北新幹線を保守管理する当社として、さらなる安全の追及、乗り心地の向上に向けてより一層取り組んでいく。

【参考文献】

- 1) 古川敦、吉村彰芳：統計モデルによる車両上下動揺の予測と軌道管理への適用、鉄道総研報告、No. 2、2003
- 2) 平賀有輝：動揺箇所の影響要因分析による効果的な整備の検証、日本鉄道施設協会誌、49(1)、82-85、2011. 01