

東北新幹線の乗り心地向上に関する研究

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○丸山 淳也
東日本旅客鉄道株式会社 正会員 片岡 慶太

1. 目的

JR 東日本の新幹線部門では、これまで長波長軌道変位管理と列車動揺管理を中心に軌道整備に注力してきた結果、整備目標値超過箇所数は減少傾向にある。しかしながら、お客さまや乗務員からの動揺感知通告は未だに無くなっておらず、さらなる乗り心地の向上が求められている。当社では乗り心地レベルによる軌道管理を導入しており、営業列車に搭載した新幹線自動動揺検測システムにより、乗り心地レベルを算出している。乗り心地レベル(上下動)について、近年では乗り心地向上の研究が進んでおり、一定の効果をj確認していることから、引き続き対策を着実に進めていく。

一方、乗り心地レベル(左右動)については、軌道変位との相関が低いことにより、悪い原因が特定しづらい箇所がある。東北新幹線の320km/h 区間(宇都宮～盛岡)において、乗り心地レベル(左右動)の悪い箇所が発生しているが、軌道変位が小さいこともあり、軌道整備の優先順位が低くなり、乗り心地レベル(左右動)が悪いままとってしまうことがある。本研究では乗心地レベル(左右動)不良箇所の乗心地レベルを着実に低減する軌道整備方法を提言することを目的とする。

2. 乗心地レベル(左右動)ワースト 10 の現状

原因を特定するために、乗り心地レベルの悪い 10 箇所をワースト 10 として抽出した(表 1)。一部 40m 弦通り目標値(5 mm)を超過しているが、半数以上が目標値未満である。そこで線形が同等で、乗り心地レベルの悪い箇所 No1(93.7dB)と良い箇所 No11(86.6dB)を比較し分析することにした。

表 1 乗り心地レベル (左右動) ワースト 10

No	線別	から	まで	延長(m)	乗り心地レベル(dB)	40m弦通り	トンネル	曲線
1	上り	389k300m	390k200m	900	93.7	5.9mm		曲線
2	下り	389k300m	390k300m	1000	93.0	6.6mm		曲線
3	上り	244k400m	244k700m	300	91.6	3.1mm	トンネル	曲線
4	下り	256k500m	256k600m	100	90.7	3.0mm		曲線
5	上り	420k700m	420k800m	100	90.4	6.5mm	トンネル	
6	上り	301k200m	301k300m	100	90.0	6.0mm	トンネル	
7	下り	361k100m	361k200m	100	90.0	3.9mm		曲線
8	上り	257k200m	257k300m	100	89.9	3.4mm	トンネル	曲線
9	上り	280k400m	280k500m	100	89.9	2.1mm	トンネル	
10	下り	244k700m	244k800m	100	89.9	3.3mm	トンネル	曲線
11*	下り	264k500m	264k600m	100	86.6	3.5mm	トンネル	曲線

※No11 は (No1 と線形が同等(曲線半径 6000m、カント 100mm)で乗り心地レベルの良い箇所

当社の新幹線自動動揺検測システムにより営業運転列車の動揺加速度(左右)を確認したところ、最大動揺加速度は、悪い箇所 No1 において-0.111g (片振幅)であったが、グラグラと横に振られる体感動揺があった。一方、良い箇所 No11 は-0.059g (片振幅)で良好であった。

パワースペクトル密度(以下 PSD)は、No1(図 1)が最大値 1Hz(体感影響大)で、低周波数領域(0.5～2.0Hz)の区間成分比率は 15.2%であった。No11(図 2)は最大値が 31Hz(体感影響小)で、低周波数領域の区間成分比率は 3.3%であった。この違いから乗心地の悪い原因を、長波長軌道変位に起因する低周波加振であると仮定した。

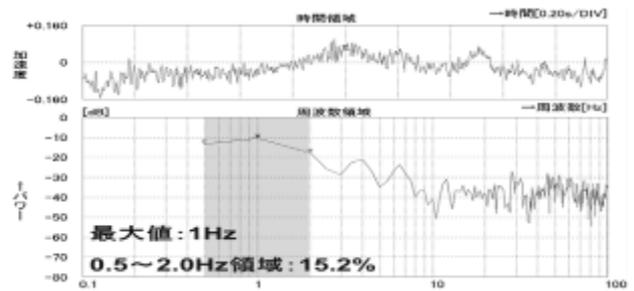


図 1 動揺加速度(左右)の PSD (No1)

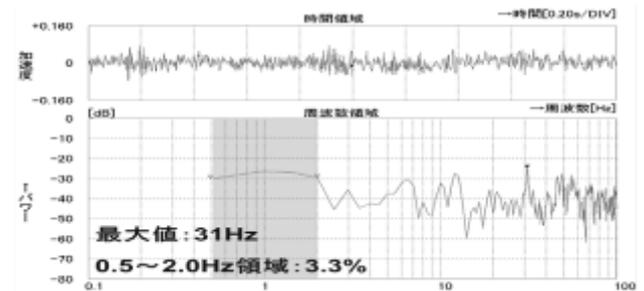


図 2 動揺加速度(左右)の PSD (No11)

3. 長波長軌道変位の影響

当社の保線設備管理システム(以下、TRAMS)では、East-i 車上データ(生データ)から曲線諸元成分を除去した波形(以下、曲線成分除去波形)に対して、移動平均処理により基本線形(長波長軌道変位成分やドリフト成分含む)を算出し、この基本線形と曲線成分除去波形の差を軌道変位(以下、TRAMS 処理波形)として算出している。長波長軌道変位が TRAMS 処理波形に現れない原因は、基本線形を算出する移動平均処理により、軌道変位の長波長成分が除去さ

キーワード 新幹線, 乗り心地レベル, 長波長軌道変位, 復元波形

連絡先 〒380-0927 長野県長野市栗田源田窪 992-6 東日本旅客鉄道(株)長野支社設備部 TEL026-224-5317

れていると考えた。

長波長軌道変位を考慮し移動平均処理前の 40m 弦通り変位を確認するため、East-i 車上データを分析した(図 3)。悪い箇所 No1 の TRAMS 処理波形は最大 5.9 mmであったが、曲線成分除去波形は最大 11.3 mm であり大きく異なる値となった。またチャートから 200m 程度の長波長軌道変位が確認された。

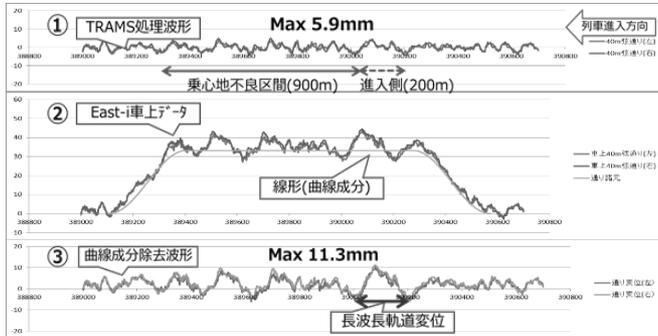


図 3 TRAMS 処理波形と East-i 車上データ (No1)

悪い箇所 No1 と良い箇所 No11 の PSD の比較では、悪い箇所 No1 は 166~200m の波長域が卓越していることがわかった(図 4)。このことから速度 320km/h で列車が走行した場合には、166m~200m の軌道変位により発生する 0.44~0.54Hz 帯の振動が、乗り心地の体感に高い影響を及ぼす。またワースト 10 の No1 以外の箇所においても、100m を超える長波長軌道変位が確認されたことから、乗り心地レベルの悪さは長波長軌道変位に起因していると考えた。

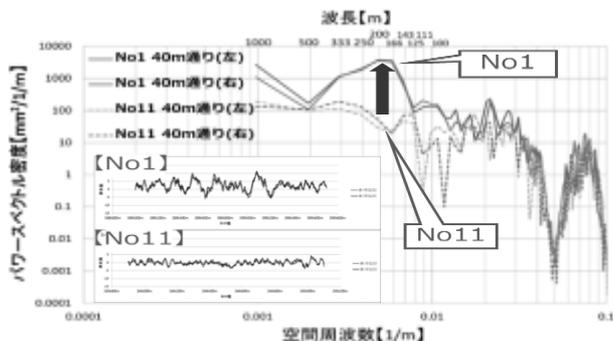


図 4 No1 と No11 の PSD

4. 軌道整備の検討

TRAMS の補修量計算システム(以下、NTIE)では、復元波形により最大 120m の波長まで移動量が算出できる。NTIE と同等の復元波長帯域により整正を計画した場合に、どのくらい軌道変位が解消されるかを確認するため、曲線成分除去波形を用いて移動量を算出した。整正後の軌道変位予測を行ったところ、最大移動量 4.4mm で 120m 以下の軌道変位が整正された。

そこで 120m を超える長波長を整正するため、新たな復元波形を作成することにした。長波長の復元波形を作成するためには、誤差の小さい軌道変位データを用いて精度を高める必要があることから、

East-i のリプレイデータ(演算処理前のセンサ入力値)を使用することとした。リプレイデータを 10m 弦軌道変位に変換し、作成した復元波形から整正後の軌道変位予測と 40m 弦通り変位の PSD 解析を行った(図 5)。復元帯域 200m では最大移動量が 6.6mm で、ターゲットとした波長が整正された。PSD では 250m の波長域が卓越しているが、320km/h の運転速度においては、加振周波数が 0.36Hz となり、体感に影響の低い領域となるため乗り心地レベルに影響を及ぼす波長ではないと考える。次に復元帯域 300m では最大移動量 8.4mm で、最も諸元に近い形状に整正できることがわかった。また復元帯域 500m では最大移動量 9.3mm で、ノイズの影響により線形の崩れが大きいことがわかった。

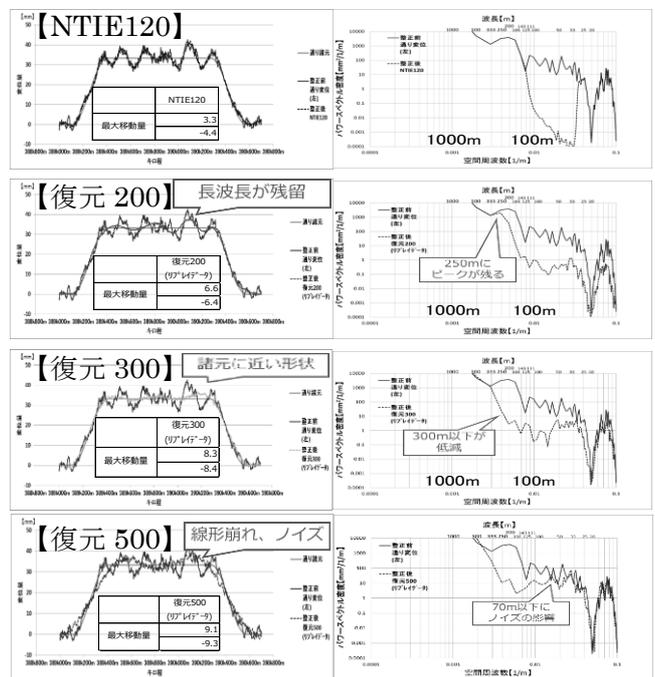


図 5 新たな復元波形による軌道変位予測と PSD

5. まとめ

乗り心地レベル(左右動)ワースト10の乗り心地の悪い原因は、120m を超える長波長軌道変位であり、320km/h 走行により体感での影響が大きくなることがわかった。今回作成した新たな復元波形により 120m~300m の波長の軌道変位を整正できる可能性が高く、仕上がりの目標に応じてターゲットとする波長域を変えることで、効率的な整備が可能である。

【参考文献】

- 1) 公益財団法人鉄道総合技術研究所「軌道変位管理の理論」JR 東日本技術アカデミー講義資料(2014. 4)
- 2) 中川千鶴「高周波振動の影響を考慮した乗り心地評価法」RRR Vol. 70 No. 6 (2013. 6)
- 3) 三村大輔「JR 東日本における MTT による軌道状態向上に向けた取り組み」新線路 2015 年 3 月