

長波長復元波形を活用した乗り心地管理の取り組み

東海旅客鉄道株式会社 正会員 ○木村 瞭太
 東海旅客鉄道株式会社 正会員 小久保 将寿
 東海旅客鉄道株式会社 正会員 北田 悟
 東海旅客鉄道株式会社 正会員 礪田 聡史

1. はじめに

当社の在来線では、乗り心地管理指標として軌道試験車にて測定した列車動揺値及び乗り心地レベルを使用しているが、これらの指標と車上で感じる乗り心地（以下、体感）が必ずしも一致しないことがある。これは、図-1のように列車動揺値（左右加速度）が軌道試験車の走行速度に依存すること、および乗り心地レベルを算出する際に使用している列車動揺値（左右加速度）が車両特性フィルタを介して復元波形から推定されている点によるところが大きい。そこで、計画的に体感で乗り心地が悪い箇所を整備するため、長波長帯域まで復元した波形（以下、長波長復元波形）を活用した乗り心地管理に取り組んだので紹介する。

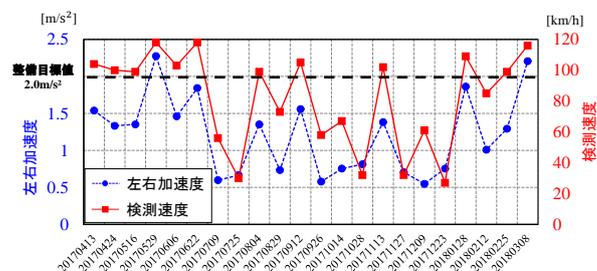


図-1 左右加速度と検出速度の推移

2. 長波長軌道整備の必要性

(1) 復元帯域の検討

ISO2631 に示されている周波数補正曲線¹⁾では、周波数 0.5Hz～2.0Hz の左右方向の揺れは、人間が最も不快に感じる動揺であるとされている。本稿で検討を行った東海道本線の最高速度は 120km/h であり、周波数 0.5Hz～2.0Hz の動揺の波長は 16.7m～66.6m に相当し、この波長域の軌道狂いが体感に影響を与えている可能性が高い。そこで、この波長域を含んだ復元帯域 5m-6m-70m-105m の長波長復元波形を軌道整備に活用することとした。

(2) 現状の車両動揺特性

当社の主要線区である東海道本線（豊橋～大垣）において、主要車種である 313 系の先頭運転室中央で左右加速度を測定し、パワースペクトル密度を算出した結果を図-2 に示す。左右加速度の波長 30m 及び 70m 付近が卓越していることがわかる。

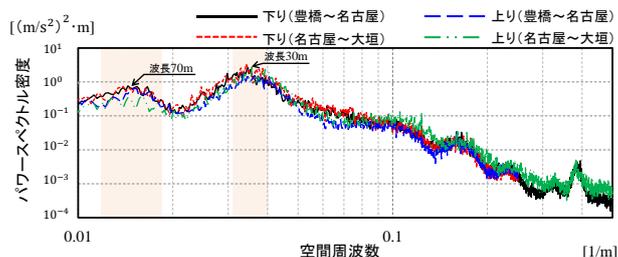


図-2 左右加速度のパワースペクトル密度

次に、東海道本線における左右加速度と長波長復元波形のコヒーレンスを図-3 に示す。コヒーレンスは、値が 1 に近いほど両者の相関が高いことを意味する。図-3 より波長 60m 付近で左右加速度と長波長復元波形の相関が高いことがわかる。これをもとに、長波長復元波形を活用した軌道整備の実施により、波長 16.7m～66.6m の軌道狂いに起因して発生する左右動揺を改善できると考えた。

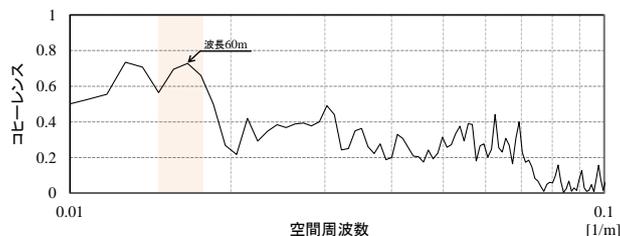


図-3 長波長復元波形と左右加速度のコヒーレンス

3. 乗り心地管理手法の策定

計画的に体感が悪い箇所を整備するためには、施工対象箇所に優先順位をつける必要がある。本稿では現業区で日々活用しているデータから決定することを前提に、長波長復元波形のピーク値と変化率に着目した。

キーワード 長波長復元波形、左右加速度、乗り心地

連絡先 〒492-8141 愛知県稲沢市長野町西小井戸 名古屋保線区稲沢保線支区

(1) 長波長復元波形のピーク値および変化率

一般に、復元波形（通り）（以下、復元通り）の振幅が大きくなれば、そこを通過する列車に生じる左右加速度も大きくなる。また、同じ振幅であっても、復元通りの変化率が大きい方が、左右加速度が大きくなると推定できる。これらの関係を用いれば、長波長復元波形においても左右加速度が大きい箇所を抽出できると考えた。

長波長復元波形のピーク値は、100mロットにおける片振幅の最大値とし、変化率は、100mロットにおけるピーク値を含んだ1波長の中で、最も波形の傾きが大きい点の値とした（図-4）。

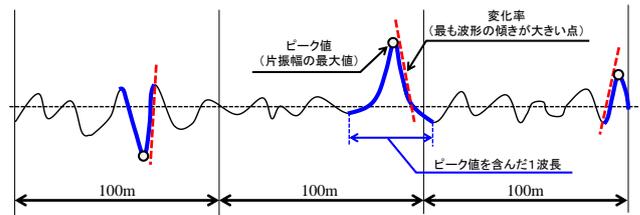


図-4 ピーク値及び変化率の算出方法

(2) 長波長軌道整備の投入基準

東海道本線（名古屋～岐阜）の区間における長波長復元波形について、2. (1)の手法でピーク値と変化率を抽出した結果を図-5に示す。このとき、それぞれの箇所を最高速度 120 km/h に近い速度で通過した際の左右加速度を調べると、列車動揺に関する整備目標値である 2.0m/s^2 以上の箇所がグラフの左上に集まる結果となった。このことから、長波長復元波形のピーク値および変化率が大きい箇所は、左右加速度が大きい、すなわち体感が悪い箇所であるといえる。

図-5 において左右加速度 2.0m/s^2 以上の点が集まったエリア（ピーク値 10mm 以上かつ変化率 $1/500$ 以上）を閾値に優先度を決め、長波長軌道整備を実施した事例を次に示す。

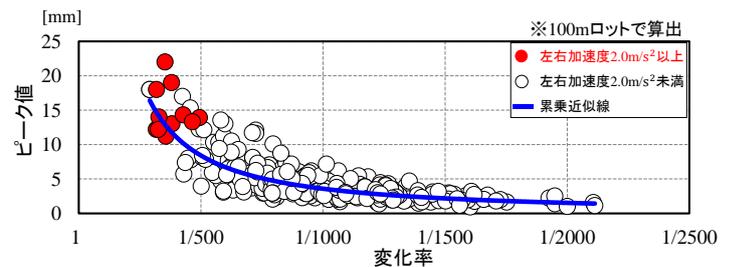


図-5 ピーク値と変化率の関係

4. 乗り心地改善事例

東海道本線、尾張一宮構内の直線区間における乗り心地改善事例を紹介する。当該箇所は、長波長復元波形のピーク値が 17mm、変化率が $1/319$ であり、体感が悪く長波長軌道整備の優先順位が兼ねてから高い箇所であった。施工後は、長波長復元波形のピーク値が 4mm となり（図-6）、左右加速度が 2.1m/s^2 から 0.8m/s^2 に改善された（図-7）。また、体感の乗り心地も大幅に改善した。

このほか、曲線区間においても従来から提案されている長波長軌道整備手法^{2),3)}を用いて乗り心地改善を実施し、線区の乗り心地改善の取組を進めた。

5. おわりに

本稿では、長波長復元波形と左右加速度の関係性から策定した乗り心地管理手法について紹介した。今後は、今回得られた知見をもとに長波長帯域を考慮した乗り心地レベルを導入するなど、さらに効果的な乗り心地管理の実現を目指していきたい。

<参考文献>

- 1) 横田明則:環境振動評価に関する国際規格, 騒音制御, Vol.24, No.6, 2000.12.
- 2) 磯田聡史:乗り心地改善を目指したマルチ施工, 新線路, 2018.3
- 3) 栗山祐典:在来線における線形を考慮した長波長軌道整備, 土木学会第73回年次講演会, VI-879, 2018.8

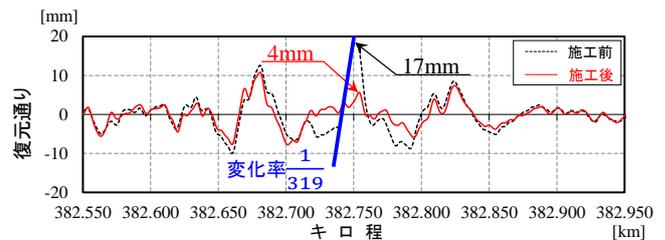


図-6 施工前後の長波長復元波形の比較

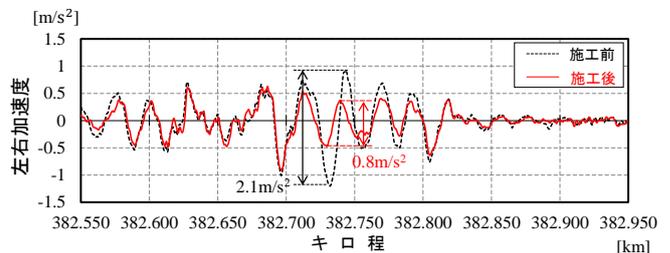


図-7 施工前後の左右加速度の比較（検測速度 116km/h）