

在来線における線形を考慮した長波長軌道整備

日本機械保線㈱ 正会員 ○栗山 祐典

はじめに

当社が受け持つ在来線マルチ施工では、JR 東海が管理する軌道狂い除去を主体としてきた。一般軌道整備を受注した平成18年から軌道狂いを含む短波長帯域は改善してきたが、長波長帯域には変化が見られない傾向に着目した。

本稿では、長波長帯域の改善が必要となった背景として、等感覚フィルタを参考に不快な揺れに該当する波長成分調査のまとめ、長波長帯域の改善を図る為に考案した、波形処理フィルタ法を用いた長波長軌道整備について報告する。

1. 長波長帯域の改善

(1)新たに改善する波長帯域

東海道本線(JR 東海管内)の波長パワースペクトル密度を調査したところ、H18年とH28年では、軌道狂いを含む波長35m以下の短波長帯域には改善が確認出来たが、波長50m以上の長波長帯域の成分には変化が見られない。(図-1) 変化の無い長波長帯域の成分に着目し、この成分が乗り心地に及ぼす影響を調査した。

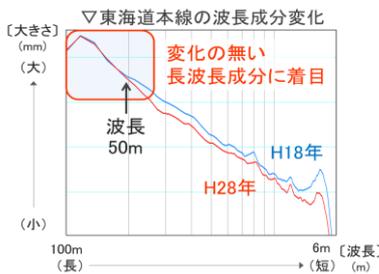


図-1 波長パワースペクトル密度

(2)不快と感じる波長帯域

長波長帯に着目した背景の前置きに、左右動揺が及ぼす不快感について述べる。JR 東海の乗り心地レベル算出に使用されている、揺れの周期と不快倍率の相関を表す等感覚フィルタを図-2に示す。周波数0.5Hzの揺れは人間が最も不快と感じる左右動揺であることが分かっている。

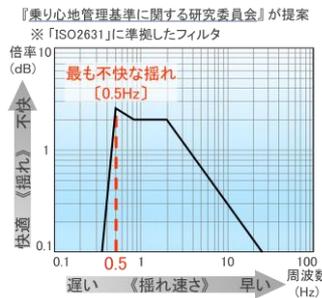


図-2 等感覚フィルタ(左右動揺)

0.5Hzは2秒で1往復を表しており、東海道本線120km/h走行時の2秒間の走行距離へ換算すると66.6mになり、約70m周期の長い波長成分が該当する。

波長70m成分を含む軌道状態について過去のマルチ投入前後チャートを図-3に示す。復元原波形(短波長帯域)では施工後1mm以下と非常に良い評価となるが、長波長帯域が含まれる軌道狂い算出の基準となる中心線(以下、中心線と表記する)では、70m周期の長い変

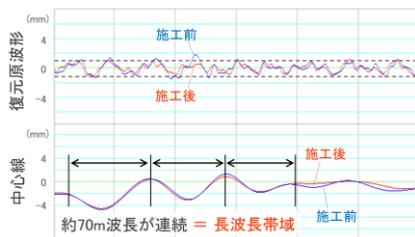


図-3 マルチ施工前後チャート

位が連続している。このような区間についてJR 東海社員を含めて兼ねてより不快な揺れを言及していた。

これを踏まえ、0.5Hzに該当する70m成分を含む長波長帯域の整正に向けて取組みを実施した。

(3)長波長帯域を改善する延伸処理

0.5Hzの揺れに該当する、波長70m成分を整正範囲に含める為、移動量としている復元原波形の復元帯域を延伸する必要がある。既存の復元帯域はJR 東海で定められた35m~6mに対し、本研究では波長70m~6mの復元帯域まで延伸することで、70m成分を整正可能と考え検討した。(図-4)

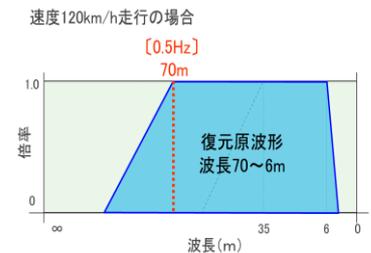


図-4 復元フィルタの延伸

2. 曲線区間における延伸処理の問題点

曲線区間において延伸処理を施した各軌道波形を図-5に示す。復元原波形の移動量は、延伸前の波形に対し、延伸後の波形では移動量が著大になり、中心線がゆるやかに変化する形となった。

この延伸処理波形から考える問題点として、

- 現状の曲線を崩すことで通減を損なう
- 構造物等不動点への取付けが困難
- 複線区間における軌道中心間隔、架線設備支障の恐れ

この3点が推測され、施工困難であることから、延伸処理を施しつつ現状の曲線線形を大きく損なわない手法を再検討した。(図-5)

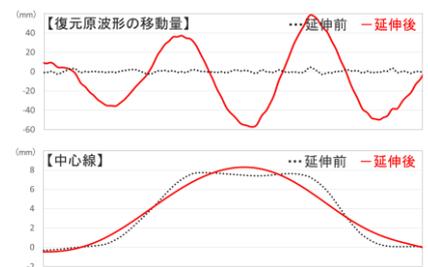


図-5 延伸処理後の軌道波形

キーワード マルタイ、軌道整備、長波長、復元原波形、曲線、乗り心地

連絡先 〒454-0819 愛知県名古屋市中川区烏森町字四反畑 111-2 日本機械保線㈱東海技術部

TEL 052-388-7719 FAX 052-363-6004

3. 曲線線形を維持した長波長帯域の改善

(1) 曲線保持フィルタ法の考案

- 復元帯域は波長 70m 成分を修正範囲に含めて延伸
- 現状の曲線線形を崩さないものとする

この点を踏まえ考案した「曲線保持フィルタ法」を紹介する。

[手順-1] 10m 弦波形から、現状の曲線線形値を一時的に抜き取り保持する。曲線線形を抜いた波形を「曲線除去10m弦波形」とする。(図-6-A)

[手順-2] 「曲線除去10m弦波形」に延伸デジタルフィルタ処理(70-6m)を施す。修正範囲より長い波長70m以上の成分を、長波長中心線として算出する。(図-6-B)

[手順-3] 「曲線除去10m弦波形」に、10m弦逆フィルタ処理により「長波長復元原波形」(70-6m)を算出する。長波長帯域を修正する為の移動量にあたる。(図-6-C)

[手順-4] 最後に中心線の算出手順では、手順-1で保持した曲線線形と、手順-2で算出した長波長中心線を足し合わせ「曲線保持中心線」とする。曲線保持中心線はマルチ施工において、仕上り線形として残す成分であり、マルチが線形認識する為の補正值となる。(図-6-D)

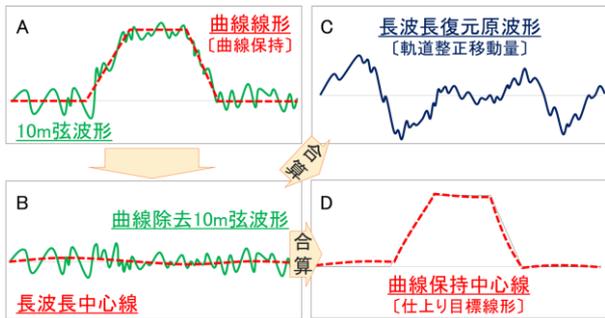


図-6 曲線保持フィルタ法 処理手順

(2) 曲線保持フィルタ法を活用した施工事例結果

本稿では平成28年11月に武豊線にて、曲線保持フィルタ法を用いて施工を実施した結果を紹介する。

(2)-1 長波長復元波形の改善

施工前後チャートから、EJ付近で施工前18mmから3mmに改善。長波長帯域を含んだ軌道整備が行えた。(図-7)

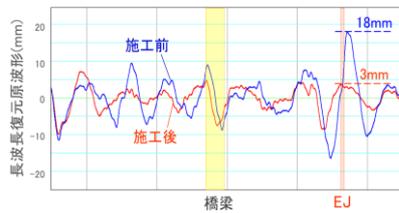


図-7 長波長復元原波形

(2)-2 中心線の改善

不動点箇所を除き、中心線の振幅を改善した。施工後が曲線保持中心線に沿っていることから、計画通り施工を行えたと言える。(図-8)

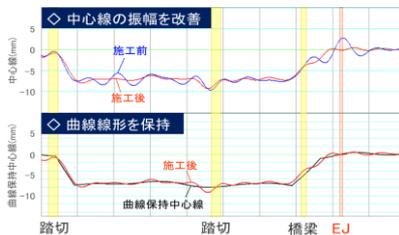


図-8 中心線

(2)-3 波長パワースペクトル密度

本研究対象である0.5Hzに該当する波長70m成分の減衰が見られた。また軌道整正域である波長70~6mの長波長から短波長帯域の全帯域で良好な改善結果が得られた。(図-9)

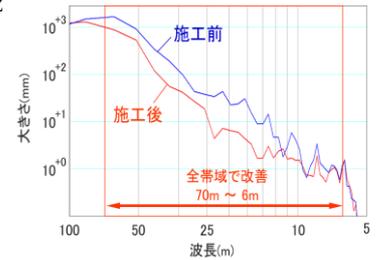


図-9 波長パワースペクトル密度

4. 研究の施工結果

研究を通して曲線保持フィルタ法を活用した施工を重ねてきた。高速・低速線区を合せて、軌道狂い標準偏差及び乗り心地レベルの集計結果を報告する。

(1) 軌道狂い標準偏差

本来修正対象の軌道狂い(短波長帯域)の施工前後標準偏差を図-10に示す。施工前平均1.2mmから施工後0.8mm、改善率31.5%と高い改善結果が得られた。JR東海の求める保守管理上の施工品質を十分に確保することができた。

施工箇所	東海線1	東海線2	東海線3	東海線4	中央1	中央2	関西	武豊1	武豊2	垂井	平均
施工前 (mm)	1.0	0.8	1.2	0.9	0.8	1.5	2.0	1.5	1.4	1.0	1.2
施工後 (mm)	0.6	0.6	0.9	0.7	0.6	0.9	1.5	1.2	0.8	0.5	0.8
改善率 (%)	40%	25%	25%	22%	25%	40%	25%	20%	43%	50%	31.5%

図-10 軌道狂い標準偏差

(2) 乗り心地レベル(dB)

施工前後乗り心地レベル評価では、全施工で乗り心地評価をランクアップした。施工前平均89.4dBから施工後83.5dB、平均5.9dBの改善結果が得られた。乗り心地管理評価としても本研究の施工方法は効果的と言える。(図-11)

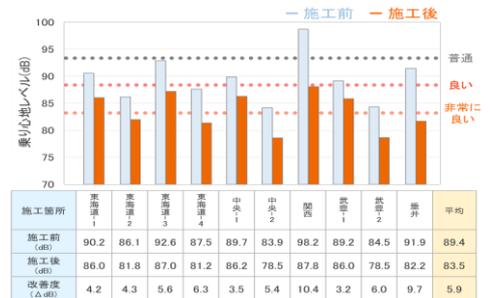


図-11 乗り心地レベル(dB)

5. まとめ

乗車時に不快と感じる要素は0.5Hzに該当する長波長成分が原因であることに着目し、長波長帯域の改善に取り組んだ。復元範囲を延伸する際の問題点をクリアする為に、曲線保持フィルタ法を考案。実施工では延伸した長波長帯域の波長70mから従来の35m以下の全帯域で良好な改善結果となり、曲線線形を維持した状態で長波長帯域を対象とした軌道整備手法が有効であることを立証することができた。

今後は軌道整備の幅を広げ、その時々ニーズに沿った施工実施に努めていく。