

現行検測法の検測特性に関わる列車動揺の原因追求とその対処について

西日本旅客鉄道(株) 正会員 宮崎 祐丞  
 西日本旅客鉄道(株) 江原 学

1.はじめに

山陽新幹線では、理論と実績や経験により、短波長に対しては1m・2mストレッチ波形、中波長に対しては10m弦波形、長波長に対しては40m弦波形を用いて軌道に存在する様々な軌道狂いを見つけ軌道を保守してきた。しかしながら、ロングレール交換の三次溶接部に起因した著大左右動揺のように、現行の検測方法では抽出が困難で、これらの波長帯域での整備では対応できないものが発生している。そこで本研究では、図1に示すような現行検測法の持つ検測特性を紐解くことで現行検測法の不感知領域の存在に着目し、不感知領域での狂いが各種事象に影響を与えているのではないかと仮説のもと、検証を行ったので報告する。

2.ロングレール交換後の左右動揺に対する検証

まず、ロングレール交換後の三次溶接箇所における左右動揺の発生原因について検証していくこととする。図2にロングレール交換箇所の線形条件を示す。図2のようにR=4,000の曲線区間で事前調査の結果から、最大で6.5mmの摩耗があることがわかっており、付帯レールを敷設することで摩耗差を解消する動揺対策を講じた。しかしながら、ロングレール交換施工後に三次溶接箇所において著大な左右動揺が発生した。

2.1 従来の動揺対策

はじめにレール断面形状の摩耗差が原因の一つと推測した。そこでロングレール施工前後の断面形状の比較を行った。その結果、13Rで最大で4mmの摩耗差があることがわかった。これより動揺の原因として、曲線部において側摩耗がある箇所でレール交換をした場合、溶接部の13Rにおいて断面形状の差が生じ、交換レール側に取付けのための勾配が発生して、乗り移りの際に動揺が生じると推測した。そこで断面形状の変化に対して、従来からの対処法である軌間整正、また人力による削正及び六頭による頭部、13Rのレール削正を実施した。1mストレッチによる仕上りも基準内におさまっていたが、図3に示すように動揺波形の変化は見られなかった。

2.2 不感知領域の影響

2.1のような従来からの対処法や10・20・40m弦の通り狂いが基準値内に収まっているにもかかわらず、施工前後の動揺波形に変化が認められないことから、専ら使用する10・40m弦の検測特性の不感知領域から影響を受けていることが考えられる。そこで、10・40m弦の不感知領域(7m波長程度)に高い検測特性を持つ20m弦波形に着目した。図4に示すように、20m弦通り狂いに不自然な波形があることが見受けられたことから、現場の実線形を測定し不感知領域の狂いを抽出することとした。

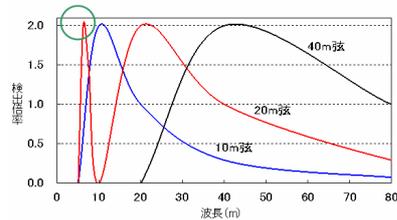


図1: 正矢法による検測特性

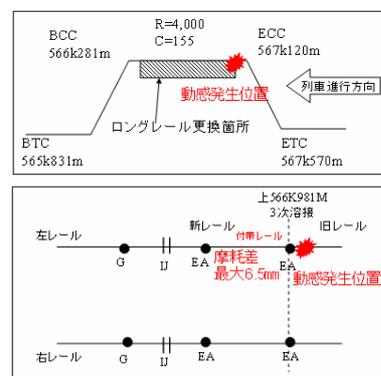


図2: 現場緒元

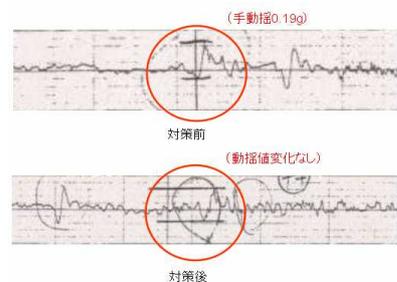


図3: 従来対策前後の動揺波形

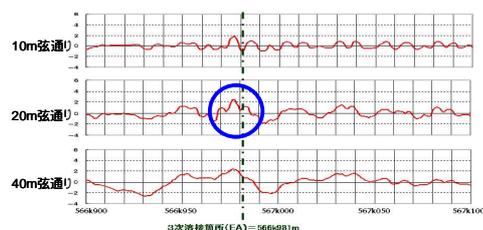


図4: 10・20・40m弦通り軌道狂い

キーワード 列車動揺 ロングレール交換 正矢法 検測特性 不感知領域

連絡先 〒532-0011 大阪市淀川区西中島5丁目5番15号 新大阪セントラルタワー 8F

西日本旅客鉄道(株) 新幹線管理本部 施設課 06-4805-7084

### 3. 不感知領域の通り狂いに対する対策工とその効果

今回考案した対策の流れとして、7m 程度の波長の狂いを捕捉できるように糸張りによる偏心矢データの合成から 50m 区間の復元原波形を作成した。図 5 に示すのが 50m 区間の復元原波形である。この 50m 間の復元原波形から三次溶接位置付近に概ね 7m 程度の波長と思われる周囲からは卓越した通り線形狂いを確認できた。検測区間の実態正矢から算出した線形整備のための計画線に対しては、最大 4 mm 程度の移動量で修正することが可能なため、人力による通り修正を実施した(図 6)。その結果、自動動揺で左右動揺 0.15g 未満に、手動揺においては当初の 0.19g から 0.075g まで動揺を軽減することができ、図 7 に示すように動揺波形に明らかな変化が認められることから、不感知領域が列車動揺に影響を与えていたことを確認できた。

### 4. ロングレール交換施工時における予防措置

今回は工事後のトラブルが発生してからの対処をしたが、本来ならば工事直後に動揺の発生原因の残留の有無を確認しトラブルを未然に防ぐべきである。施工後の確認項目は 10m 弦の高低・通り・軌間・水準と頭頂面管理に重点が置かれている。レール交換後の動揺の原因の多くが今回の事例と共通するならば、現在の管理ツールでは把握の難しい波長帯の確認も導入すべきと考える。その方法として、3. の偏心矢測定からの原波形の復元が確実である。しかし現場では簡便な方法が必要なため、より簡便な 5m 弦の糸張り測定により不感知領域の小通り狂いを捕捉することを試みた。その結果、通り修正前後の原波形の 5m 弦軌道狂いを算出したところ、3 次溶接後に溶接箇所を中心とした 15m 程度の短い延長の検測で十分に今回の小通り狂いを検出することが可能であることを確認した(図 8)。この結果から、施工管理基準の可能性として、5m 弦正矢(静的)の 20m 間の測定値が 1.5mm 以内であることが施工品質の目安であると思われる。

### 5. まとめ

今回、ロングレール交換後の溶接箇所付近で発生した著大な左右動揺を受けて、原因追究を行った結果、通常使用する 10、40m 弦正矢では検測特性上不感知となる領域の波長(約 7m)の軌道狂いを修正することにより、動揺の改善が図られた。これより、

- ・ 保守上考慮しなかった 10m 弦未満の短波長の軌道狂いが新幹線の動揺の発生に影響を与える可能性があること
- ・ このような波長の軌道狂いが三次溶接箇所にて特有である可能性があることがわかった。

今後に向けて検討することとしては、ロングレール交換後の著大動揺防止のため、不感知領域の軌道狂いをカバーする簡便な手法の取組の定着化を検討している。

また、更なる課題としては、

- ・ 動揺事例のサンプルが少ないため、著大動揺発生時のデータを積み上げ、検討している仕上がり基準値の精査
- ・ ロングレール交換時の工程に 5m 弦検測を導入するための工程の工夫
- ・ 高速軌道検測車の偏心矢で 10、40m 弦正矢の不感知領域の軌道狂いの抽出の検討等が残っている。

後はこれらの課題を解決し今回提案した手法を実際の業務に導入できないか検討するとともに、軌道状態の良化と相反して顕在化してくる新たな技術課題にも鋭意取り組んでいきたい。

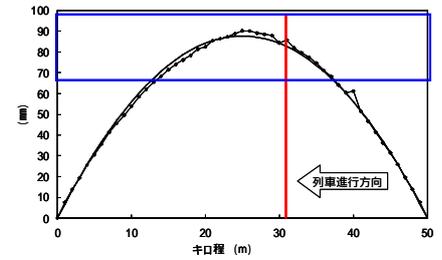


図 5: 通り修正前復元原波形

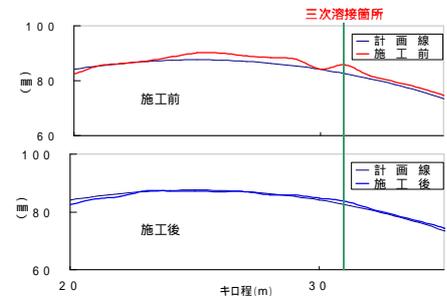


図 6: 通り修正後復元原波形

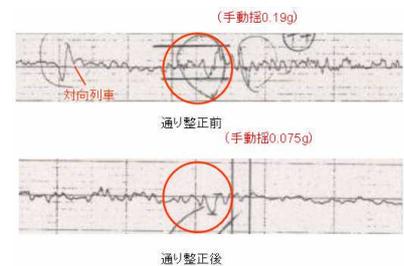


図 7: 通り修正前後の動揺波形

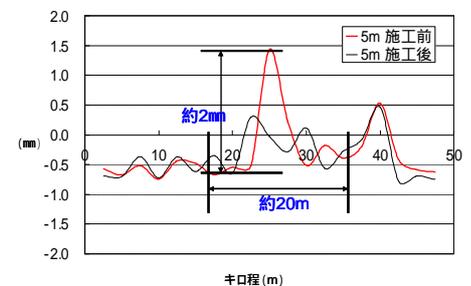


図 8: 5m 弦通り修正前後波形