

損傷レール交換による左右動揺の低減方法に関する研究

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○築瀬 和清
 東日本旅客鉄道株式会社 百谷野 晃大
 東日本旅客鉄道株式会社 島谷 任克

1.はじめに

新幹線では乗り心地を考慮した 40m 弦整備を中心に長波長軌道整備を実施している。軌道整備の実施については、10 日に 1 回走行する East-i の検測結果をもとに優先順位をつけて行っているが、その中には軌道変位によらず大きな動揺が生じている箇所が存在する。そのような箇所は軌道変位が目標値未満であるため原因の特定が難しく、適切な補修方法の検討に苦慮している。そこで今回、新幹線のさらなる乗り心地向上を目的として、軌道変位によらず動揺が発生している箇所の要因特定と対策の実施に取り組み、良好な結果を得られたので報告する。

2.現状把握

軌道変位によらず動揺が発生している箇所は、レール交換を実施した箇所であることが多い。図-1 に当保線技術センター管内における最近 3 年間のレール交換件数を示す。その中でもレール探傷車 RIC 走行に伴う損傷レール交換の件数は、最近 3 年間で 48 件と全体の約 39% を占めている。また、レール交換後に動揺が生じた 9 件のうち 7 件が損傷レール交換（そのうち 6 件が摩耗中継レールを使用）であることから（図-2）、RIC 走行に伴う損傷レール交換について調査することとした。本研究は其中で、上越新幹線上り 9k136.5m～9k149m（弾性直結軌道、R=4000、C=155）を一例として取り上げる。ここは損傷レール交換（右）（頭面 4mm、側面 3mm の摩耗中継レール（てい減なし）使用）を H28 年 2 月 4 日に実施後、列車巡視にて動揺体感があった箇所である。レール交換前後で East-i の検測結果を比較すると、左右動揺が 0.10g 増加（0.04g→0.14g）している。なお、これまでに一頭式レール削正や通り整正を実施しているが、左右動揺の解消には至らなかった。

3.現場調査

左右動揺に起因する要因として軌道変位や新旧レールの摩耗差などが挙げられる。以下に、現場調査結果を示す。

3-1.軌道状態—静的変位、動の変位ともに整備目標値以内に収まっている。

3-2.レール照り面—図-3（青塗部分）より、進入側溶接部を起点に照り面が二つに分岐しており、交換レール上は車輪とレールの接触が不安定な状態にあると考えられる。

3-3.レール断面（図-4（青線））—レール頭頂面曲率半径（以下、クラウン半径と称す）について①60kg レールのクラウン半径は R=600mm と定められているが、9k138m 付近で約 3000mm を示しており、新旧レール間のクラウン半径にばらつきがある。摩耗値 45° について②進入側溶接部から新レール側に 4m 進行する間に摩耗値が 2mm 程度減少しており、新旧レール間の 13R 部において摩耗差が生じている。①と②、そして摩耗中継レールの特徴を加味すると、左右動揺はクラウン半径と摩耗値 45° の局所的な変化によるレールと車輪の接触状況に起因していると考えられる。

4.対策の検討と実施

前述の通り軌道変位は良好であるため、本研究では軌道整備以外の対策として、6 頭式レール削正による左右動揺の低減に取り組むこととした。

4-1.通トン対策による 48 頭式レール削正—本施工に入る前に、48 頭式レール削正車による計画的なレール削正が実施されたので、その結果を図-4（赤線）に示す。通トン対策のレール削正では、レール頭頂面しか削正しないため摩耗値 45° に変化はないが、クラウン半径については最大でも 710mm 程度となり改善が見られた。しかしながら、左右動揺の低減は見られない結果となった。

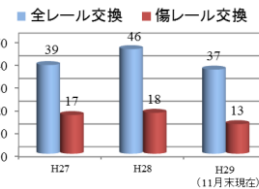
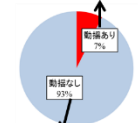


図-1 レール交換件数

使用レール	
摩耗中継レール	67%
60kgレール	33%
施工事由	
傷レール交換	78%
通トン交換	22%



使用レール	
摩耗中継レール	32%
60kgレール	68%
施工事由	
傷レール交換	36%
通トン交換	41%
その他	23%

図-2 レール交換後の動揺の有無と内訳

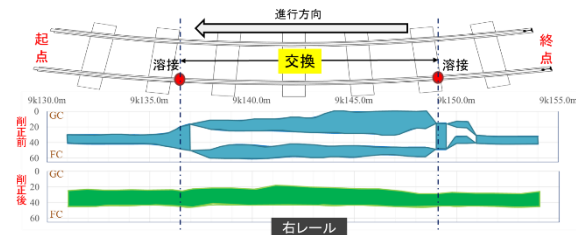


図-3 レール照り面（右レール 真上から）

（上（青）：削正前、下（緑）：6 頭式削正後）

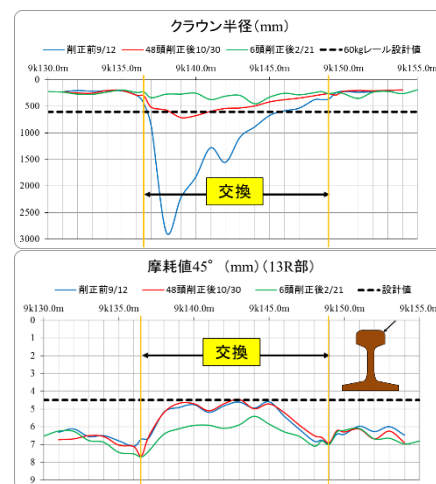


図-4 クラウン半径と摩耗値 45°

キーワード 動揺低減 レール削正 クラウン半径

連絡先 〒330-0852 埼玉県さいたま市大宮区大成町 3-125 大宮新幹線保線技術センター TEL048-664-0160

4-2. 6 頭式レール削正（本施工）－4-1 を踏まえて、以下の二点を達成できる削正パターンを設定した。

- ①クラウン半径を整える（新レールのクラウン半径を旧レールの半径に近づける）。
- ②両側溶接部前後の断面差（摩耗差）を可能な限り小さくする。

削正方法としては、図-5 に示す通り（1） 9k135m～9k139m の右レールゲージコーナー（GC）部のみのスポット削正を同一方向で実施（往復で削正すると摩耗の進んでいる箇所も削正してしまう恐れがあるため）、（2） 9k130m～9k155m 付近までの右レールのみ GC 部を含めたレール頭頂面全体の削正を行う、となっている。なお、事前に保守基地で試験削正を行うことで砥石角度と圧力の確認および安全性の確認を実施した。

5. 施工結果

5-1. 左右動揺（図-6）－East-i の検測結果を削正前後で比較すると 0.20g→0.10g に低減され、目標値の解消が達成された。動揺体感も以前と比べると軽減されている。

5-2. レール照り面（図-3（緑塗部分））－進入側溶接部を起点とした照り面変化がなくなり、照り面が直線的になっている、すなわち列車走行が安定していることがわかる。

5-3. レール断面（図-4（緑線））－クラウン半径については旧レールの半径とほぼ同一となり、最大でも 450mm 程度とさらなる改善が見られた。摩耗値 45° については両側溶接部における急激な変化が抑えられた。また、削正後の現場調査にて新旧レールの境界部が削正前より滑らかに取り付けられていることがわかった。また、図-7 には、6 頭式レール削正前後におけるレールと車輪の接触面を示す。9k143m では GC 側までレールと車輪が接していたが、削正によりレール中心側へと移行している。図-3 と合わせてみると、全体の傾向としてレール中心から若干 FC 寄りに照り面が分布し、おおむね同一幅で推移していることから、レールと車輪の接触状況は良化したといえる。

5-4. 周波数分析（図-8）－9k060m～9k180m において周波数分析を行ったところ、削正前では 4.5Hz、43.5Hz 付近（①13.6m、②1.4m の波長）が卓越していたが、削正後はこれらの周波数帯を低減させることができた。このことに関して、①は交換した摩耗中継レールの延長（≒ 13m）に相当し、②は列車巡視での短波長の動揺体感に相当すると考えられる。

6. まとめ

本研究では、軌道変位によらず左右動揺が発生している箇所について、レールと車輪の接触面やレール断面形状に着目し、クラウン半径の整正と摩耗差の低減を目的にレール削正を実施することで、左右動揺を低減させることができた。

事後対応でレール削正を実施すれば課題を解決できることは明らかになったが、今後は未然防止の観点でレール交換後にそもそも動揺が発生しないようにレール交換の仕組みやルールを変えていく必要がある。現在の摩耗中継レールの頭頂面は設計上フラット（クラウン半径が ∞ （無限大））であり、60kg レールのクラウン半径（ $R=600\text{mm}$ ）と乖離があるため、製造過程において例えば 600mm のクラウン半径を付与することが望ましいと考える。対象箇所と同様の現象が他箇所でも発生しているので、その箇所についてもレール削正による動揺低減に取り組み、定量的な評価を重ねることで、新幹線におけるレール交換後の乗り心地向上に貢献していきたい。

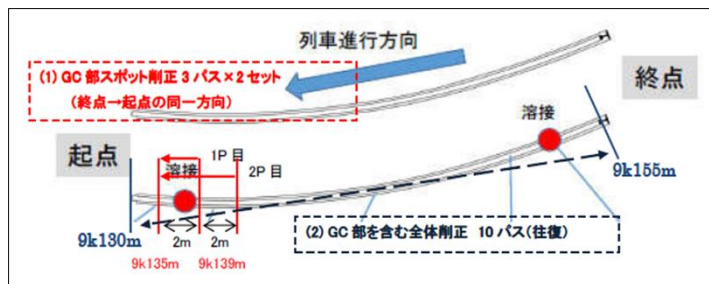


図-5 削正方法（イメージ）

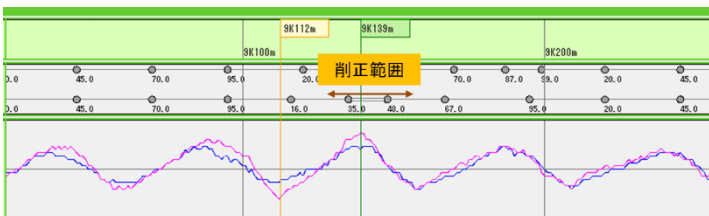


図-6 左右動揺（赤：削正前、青：削正後）

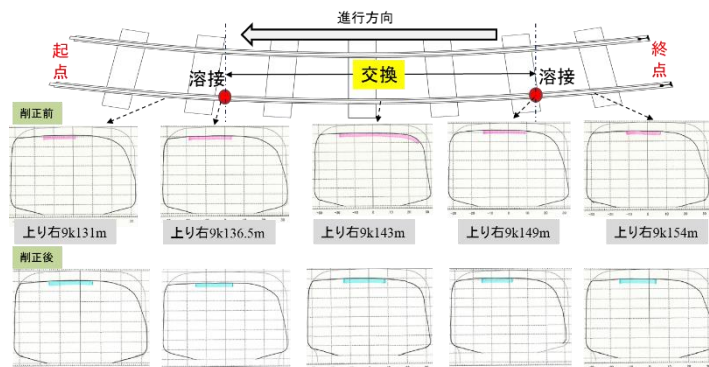


図-7 レールと車輪の接触面（上：削正前、下：削正後）

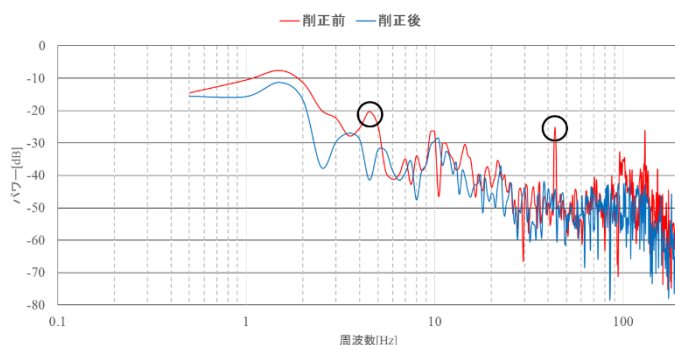


図-8 周波数分析（赤：削正前、青：削正後）