

山陽新幹線における急曲線区間の摩耗管理手法について

○JR 西日本 正会員 斎藤 英俊

JR 西日本 正会員 武井 昭洋

JR 西日本 正会員 小西 諒

JR 西日本 正会員 高山 宜久

1. はじめに

山陽新幹線では、摩耗防止対策として急曲線区間に頭部熱処理レール（以下 DHH レールという）を敷設している。しかし、頭部にきしみや剥離傷が発生し、その管理に苦慮してきたことから、現在、部分的に普通レールに交換している。これらの箇所では、当初の予測よりも速く摩耗が進行し、今後、保守経費の増加が懸念される。また、外軌レール頭側部摩耗が周辺部よりも進行する偏摩耗箇所が発生しており、このような偏摩耗箇所を夜間の線路巡回時に発見することは困難となっている。また、曲線全体のレール交換の周期を早める原因ともなっている。これらの背景を踏まえ、本研究では急曲線区間における摩耗、偏摩耗進行の原因を究明し、最適な摩耗管理手法や摩耗抑制方法を提案することを目的とする。

2. 急曲線区間における摩耗進行の現状

図-1 は摩耗の進行速度が早い区間の1つである山陽新幹線博多駅構内、曲線半径が R800m の急曲線区間の摩耗推移を表している。これまでの調査の結果、本区間では約2年2ヶ月で摩耗量が交換基準値である13mmに達することがわかった。図-2 は山陽新幹線小倉保線

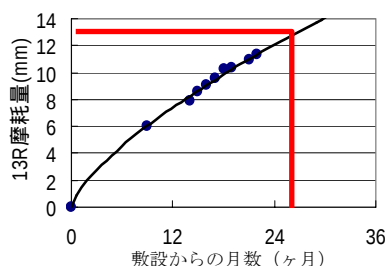


図-1 摩耗の進行(上右 1070k 台 R800)

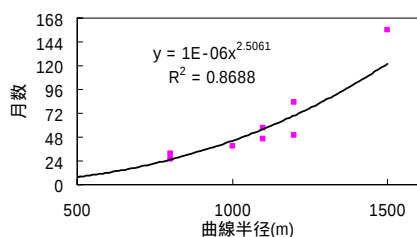


図-2 曲線半径と交換までの月数(普通レール)

センター管内における曲線半径とレール頭側部の摩耗量が、13mmに達するまでの月数の関係を表している。曲線半径が1200m以下の区間では概ね5年以内の交換周期となっている。これによると曲線半径と摩耗量には高い相関性があり、曲線半径毎に摩耗によるレール交換周期を決定できる有効な目安になる。

3. 摩耗原因の推定

過去の研究から、曲線外軌レール頭側部の摩耗は曲線外軌横圧と相関性が高い¹⁾ことが検証されている。外軌に発生する横圧は5-(1)式のように、主に定常横圧及び変動横圧に分けられる。定常横圧は、曲線全体の平均的な摩耗に、変動横圧は曲線の一部に発生する偏摩耗に影響を与えると考えられる。そこで今回、摩耗に対する対策として外軌横圧の定常分、変動分を低減させる対策について検証したので、以下に示す。

4. 急曲線区間における摩耗進行抑制の対策

摩耗進行抑制対策として、定常横圧である内軌側横圧を内外軌車輪の輪径差の確保により減少させる手法に着目した。長年、直線部に敷設されてきたレール断面の特徴²⁾としてゲージコーナー（以下 GC という）側の部分は断面半径が小さく、車輪断面を重ねても輪径差が取れる GC 側では接触しない。つまり再用レールを、そのまま曲線外軌に使用すると図-3 の様にレール中心からフィールドコーナー（以下 FC という）側で車輪と接触し、輪径差が減少するので横圧が増加すると考えられる。そこで GC 側と FC 側を振替えて使用することにより（図-4 参照）GC 側に車輪との接触点を移動させ、輪径差を確保する対策を講じた。博多駅構内、曲線半径 R800m の急曲線区間において H17 年 9 月、摩耗進行の為、外軌レールの交換を行った。レール交換の区間を、過去直線部に敷設されていたレールを再使用した A 区間と、GC 側と FC 側を入れ換えて再使用した B 区間（以下 B 区間のレールを振替レールという）に分け、施工した。

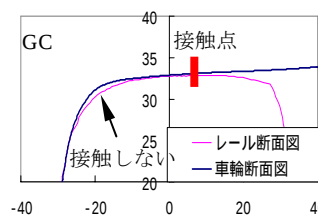


図-3 A 区間の外軌側断面

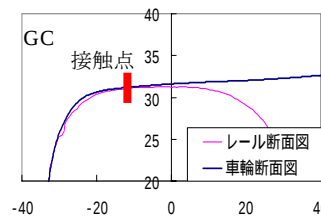


図-4 B 区間の外軌側断面

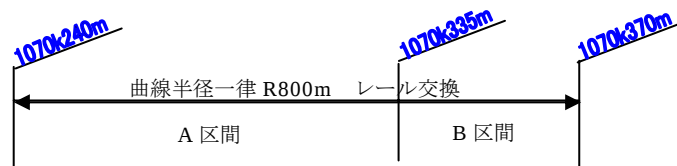


図-5 博多駅構内におけるレール交換略図

キーワード レール摩耗、頭側部摩耗、内軌側横圧、外軌側横圧、車輪径差、横圧推定式

連絡先 〒802-0002 北九州市小倉北区京町 4-7 西日本旅客鉄道（株）福岡支社福岡工務所小倉保線センター小倉保線管理室 093-541-6915

レール交換した区間を 5m 毎にレール測定を行い、車輪とレールの接触点の位置から、輪径差を算出した。A、B 両区間の敷設 3 ヶ月後の代表的なレール断面図を図-3 と図-4 に示す。車輪とレールの接触点の位置は B 区間の方がより GC 側で接触し、A 区間よりも輪径差を確保できていることがわかった。輪径差は振替レールを使用し

(表-1、図-6 参照)

表-1 A,B 両区間の平均値

区間	輪径差(mm)	横圧値(tf)
A	0.582	3.011
B	0.928	2.742

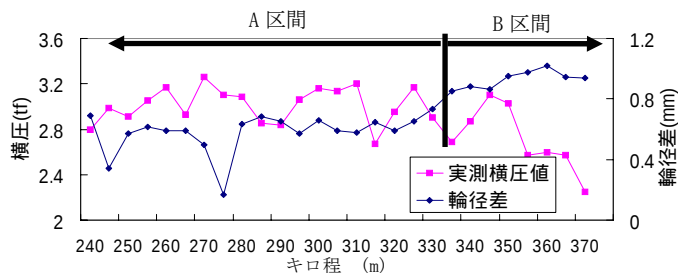


図-6 レール交換区間における輪径差と横圧

曲線半径が R800m の区間において曲線を転向するのに必要な輪径差は計算上 0.72mm である。振替レールを使用したことにより、十分な輪径差を確保することができ、内軌側横圧の減少に結びついたものと考えられる。

5. レール頭側部偏摩耗の管理方法

曲線の一部に発生する偏摩耗の抑制対策及び管理方法について検証を行った。定常分、変動分を含めた横圧を推定する式³⁾として5-(1)式が提案されている。

$$Q_0 = Q_i + \Delta Q$$

$$= \kappa \cdot \frac{W_0}{2} \left[\left(1 + \frac{V^2}{gR} \cdot \frac{C}{G} \right) - \frac{H_G}{G/2} \cdot \frac{C_d}{G} \right] + \frac{2W_0}{g} \cdot \left(\frac{C_d}{G} + 3k_z \cdot \sigma_z \cdot V \right) K_H \cdots 5-(1)$$

ここで、 Q_0 ：外軌側横圧 Q_i ：内軌側横圧（定常分） ΔQ ：変動分
横圧 k ：内軌側横圧/輪重比 k_z ：左右方向の車両動揺係数 σ_z ：通り狂いの標準偏差 K_H ：車体左右方向慣性力の台車前軸負担率
 G ：軌間（軌間狂い量を考慮した実際の軌間） C ：カント（水準狂い量を考慮した実際のカント） H_G ：有効重心高さ C_d ：カント不足量 V ：列車速度 R ：曲線半径（10m 弦通り狂い量を曲線半径に考慮した実際の曲線半径）としている。

この5-(1)式に軌道狂いデータ及び諸元を代入し、推定横圧を算出した。そして、この推定横圧と N700 系走行試験で得られた実測横圧との比較を行った（図-7 参照）。推定横圧と実測横圧値とでは、波長や山谷のピーク等、波形が合い、横圧推定式の信頼性は高いといえる。

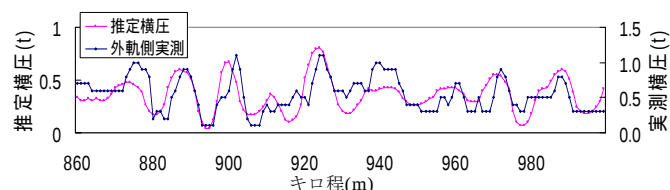


図-7 横圧分布（下左 1062k 台 R4000）

次に小倉駅構内、曲線半径が R1500m の急曲線区間において 1m 毎に 600 箇所の摩耗の調査を実施し、横圧との関係を調査した。実測横圧と摩耗量との関係のうち相関性が認められる区間のグラフを図-8 に示す。これらのことから、推定横圧式を用いることにより、変動横圧を把握し、偏摩耗発生箇所を予測することができると考えられる。

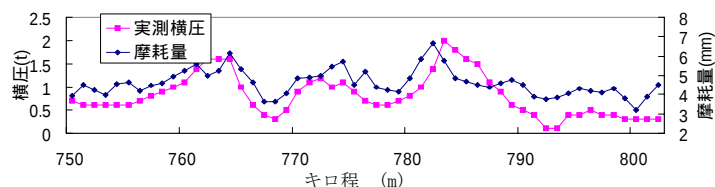


図-8 摩耗量と横圧分布（下 1014k 台敷設 11 年目 DHH R1500）

しかし、調査をした区間の一部においては、摩耗量と横圧の相関性が低い区間もあった。理由として、横圧が大きい箇所では過去にレール交換をした実績があり、摩耗量が極端に少ない。また、敷設 11 年の間に MTT など軌道整備を施した際に軌道狂いが整正され変動横圧が変化し、偏摩耗箇所もそれに伴い変化したものと考えられる。

敷設初期段階、または MTT など軌道整備を施されていない区間では、横圧と摩耗量とに相関性が見られるので、敷設初期段階で将来の偏摩耗箇所を推定できると考えられる。

今回の検証により、偏摩耗を抑制させるためには、局所的軌道狂いの整正が有効であると考えられる。表-2 は横圧が大きな箇所の軌道狂い値であるが、いずれの箇所も軌道狂いの値は小さく、既に仕上がり基準値以内に収まっている。新幹線線路における偏摩耗は、この程度の軌道狂いに起因していると考えられ、コスト等考慮すると、偏摩耗抑制のために軌道狂い補修を実施することは難しいと考えられる。

表-2 横圧値が大きな箇所の軌道狂い値

線別	曲線半径	キロ程	通り狂い(mm)	水準狂い(mm)	軌間狂い(mm)
下	1500m	1014k810m	2.2	2.0	4.0
		1015k010m	1.8	-0.2	3.2
		1015k253m	1.6	1.8	2.9

6. まとめと今後の課題

- 1) 曲線半径が 800m 程度の急曲線区間において、振替レールを使用することにより輪径差を確保し、外軌横圧を減少できることが確かめられた。
- 2) 軌道狂いデータから局所的に発生する変動横圧を推定し、偏摩耗発生箇所を推定出来る可能性が高いことがわかった。今回偏摩耗について検証した曲線は 1 曲線であり、さらにサンプル数を増やして検証したうえで、判断する必要がある。

今回は、山陽新幹線における R1000m 程度の急曲線について検証を行ったが、今後、運転所構内における R200m 程度の最急曲線についても、車輪・レール間の摩擦の改善等も考慮に入れ、検証を進めたい。

<参考文献>

- 1)阿部、杉山：「レール摩耗進行曲線」鉄道技術研究所速報 1984.2
- 2)岡田、武井：「山陽新幹線におけるレール削正作業の検証」第 60 回土木学会
- 3)須田、長門、徳岡、三浦：「新しい線路」—軌道の構造と管理—