

曲線外軌レール側頭部の偏摩耗について

JR 西日本 正会員 ○杉ノ上大我

JR 西日本 非会員 植村 宏二

1. はじめに

曲線区間において、外軌レール側頭部の摩耗が周辺部より局部的に著しく進行する偏摩耗を生じている箇所が存在する。このような局所的な偏摩耗は、曲線全体のレール交換周期を早め、コスト増につながるとともに、その管理が難しい。本研究では偏摩耗発生箇所の調査を行い、偏摩耗の発生傾向を把握し、適切な管理を行うための手法について検討したので報告する。

2. 偏摩耗の実態

山陽本線三原～白市間 232k000m～262k700m(0.2 億 t/年)において、これまでの検査で明らかになっている偏摩耗箇所について、最大摩耗箇所を中心に 1m 間隔でゲージコーナー摩耗分布を調査した。調査結果の一例を図 1～3 に示す。偏摩耗箇所のピークは曲線全体の平均的な摩耗量と比較すると、約 1.6～2.4 倍程度進行しており、その波長は約 10m 以下程度と短いのが確認できる。現行の曲線摩耗管理は、レール探傷車により測定される摩耗データを基に管理されているが、この測定は 10m 間隔で行われるため、図 1～3 に示すように波長の短い偏摩耗のピークが正確に把握されない場合がある。現在管理している偏摩耗発生箇所は、摩耗がかなり進行したものも多く、これらの対策はレール交換しかない。摩耗量の小さな早期段階でこのような箇所を把握し、対策を講じる必要がある。しかし、このような早期段階における偏摩耗発生箇所を、目視等の検査により特定するのは非常に難しいことから、偏摩耗を早期に発見することを目的にさらに分析を行った。

3. 偏摩耗発生要因

現場調査により偏摩耗発生箇所の状況を調べてみると、偏摩耗はレール継目直後(図 1)、踏切や橋梁などの構造物付近(図 1, 2)で多く発生している傾向がみられるが、継目や構造物の無いロングレール区間中에서도生じている場合がある(図 3)。継目については、継目通過時の衝撃や継目付近の局所的な線形の狂いが、レール側頭部に大きな横圧を生じさせ、その結果継目直後の摩

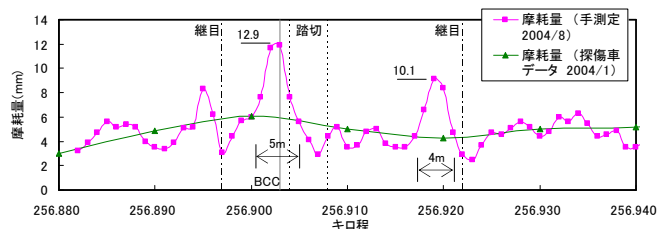


図 1 摩耗分布(上り 50N 定尺 R=400 1994/10 敷設)

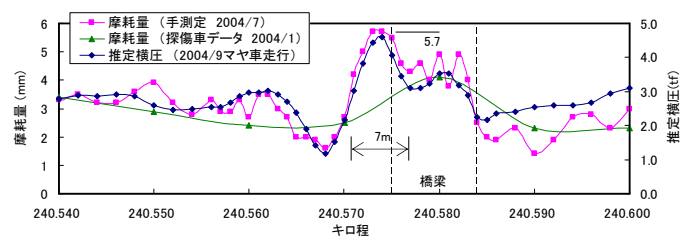


図 2 摩耗分布(上り 60k ロング R=600 1996/9 敷設)

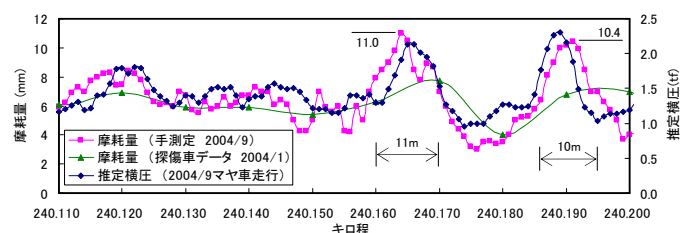


図 3 摩耗分布(上り 60k ロング R=1200 1978/11 敷設)

耗を進行させているのではないかと考えられる。構造物のある箇所については、軌道構造が橋マクラギ、並マクラギから PC マクラギへと軌道構造が変化するため、軌道狂いが生じやすい箇所であり、軌道狂いが偏摩耗の発生に影響しているものと推定される。曲線線形の変化がレール側頭部に過度な横圧を生じさせ、結果的に摩耗の進行を早めているのではないかと考えられる。継目や構造物のない箇所の偏摩耗についても、構造物のある箇所と同様に軌道狂いによる線形の変化が偏摩耗を生じさせているのではないかと考えられる。

図 4 に今回調査した偏摩耗ピーク箇所における各軌道狂い量(2004/9 マヤデータ)を示す。しかし、これらの箇所のそれぞれの単独の軌道狂い量は小さな値で、バラ

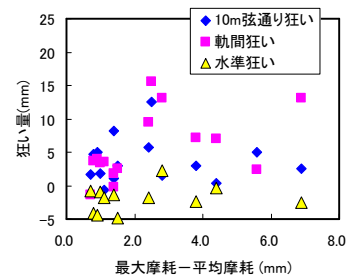


図 4 軌道狂いと偏摩耗

キーワード 偏摩耗, 横圧, 横圧推定式

連絡先 〒723-0014 広島県三原市城町 1-1-30 JR 西日本 広島支社 三原施設管理室 TEL 0848-62-6019

ツキもあり特に顕著な傾向を示していない。

4. 摩耗分布と推定横圧分布の比較

レール側頭部の摩耗という現象を考えた場合、その発生に最も関わるとされる直接の原因は、車輪のフランジがレール側頭部に及ぼす横圧であると考えられる。そこで、レール側頭部に生じる横圧の既存の推定式¹⁾に、独自に軌道狂いの影響を変数として取り入れ、各軌道狂いの組合わせの影響による曲線線形の変化を考慮した推定横圧分布と、摩耗分布形状とを比較してみた。変数の軌道狂い量は軌間狂い、外軌通り狂い、水準狂いを labocs により 1m 間隔で出力して用いた。横圧推定式は以下に示すとおりである。

$$Q_0 = Q_i + \Delta Q$$

$$= \kappa \cdot P_i + \frac{2W_0}{g} \cdot \alpha_H \cdot K_H + S$$

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

ここに、 Q_0 : 外軌側横圧, Q_i : 内軌側横圧(横圧定常分), ΔQ : 横圧変動分, κ : 内軌側横圧/輪重比=175/R, P_i : 内軌側輪重, W_0 : 軸重=一定, α_H : 車体左右動= $\overline{\alpha_H} + \Delta\alpha_H$ =(車体左右動定常分)+(車体左右動変動分), V : 列車速度=一定(設定曲線半径ごとに設定), g : 重力加速度, R : 曲線半径(設定半径から外軌通り狂い量分を 10m 弦正矢量で補正して求めた局所的な実半径), C : カント(水準狂い量で補正した実カント), G : 軌間(軌間狂い量で補正した実際の軌間), H_G^* : 有効重心高さ=一定, C_d : カント不足量= $GV^2/gR - C$, 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= $0.6 + 80/R$, S : 継目部の衝撃的横圧。なお、車体左右動変動分、継目の衝撃的横圧は軌道狂いの影響が考慮されないため、推定横圧を求める際に省略し、ロングレール区間についてのみ検討した。

図2, 3の第2縦軸に推定横圧を示す。摩耗形状と横圧分布を比較すると、両者の形状はほぼ一致し、良好な相関関係を示すことがわかった。したがって、これらの相関関係が妥当であれば、labocs による軌道狂いデータから横圧を推定し、その推定横圧の分布形状から、偏摩耗発生箇所をある程度推定することができる可能性がある。そこで、実際に当区間におけるロングレール曲線区間の横圧分布を求め、曲線諸元により求まる理想横圧からかけ離れた著大値を示す箇所から偏摩耗発生箇所を予測し、現場の実際の摩耗分布を測定し、その形状を比較してみた。結果の一例を図5, 6に示す。

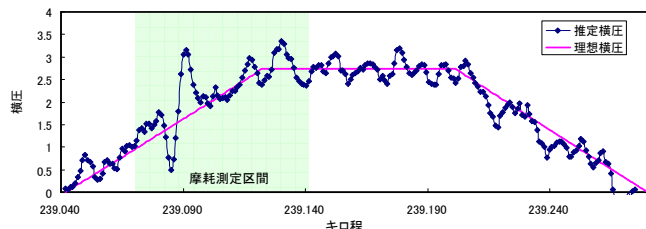


図5 同一曲線の横圧分布 (上り R=600 2002/7 敷設)

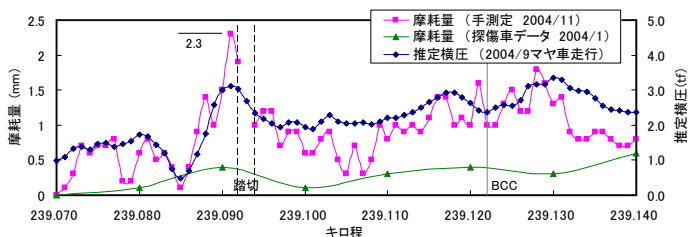


図6 摩耗と横圧分布の比較 (上り R=600 2002/7 敷設)

図5において理想的な横圧から約1.8倍の異常値を示す239k090m付近について、実際に図6のように摩耗分布を調査したところ、偏摩耗箇所を発見するとともに、両者の分布形状がある程度一致した。このように摩耗分布と横圧分布を全10区間で比較した結果、8区間で両者の波形が一致し、良好な相関関係を示すことがわかった。したがって、軌道狂いによる線形狂いが横圧分布の変化を生じさせ、同一曲線内の摩耗分布に影響を与えていると考えられる。形状が一致しなかった区間については、マヤ車走行以前にMTTなどによる軌道修正が行われており、軌道狂い量を変数とする推定横圧と摩耗分布の間に一致がみられないのではないかとと思われる。一致した区間については過去の軌道狂い変動が小さいこともわかった。したがって、ロングレール区間では、敷設年数の新しい区間、保守投入による軌道整備があまり行われていない区間において、軌道狂い量から横圧を推定し、その著大な値を示す箇所から偏摩耗発生箇所を予測することができる可能性が高い。特に図6の敷設2年後のデータのように、レール敷設早期段階に目視では認識しづらい小さな摩耗段階から、偏摩耗発生箇所を特定するのに有効となる。

5. まとめ

- ・レール側頭部偏摩耗発生の要因として軌道線形の狂いによる横圧変動の影響があることがわかった。
- ・レール側頭部の摩耗形状と軌道狂い量を変数とした推定横圧の分布との間には良好な相関関係が見られ、推定横圧の著大箇所から偏摩耗発生箇所を予測できる可能性が高い。

参考文献

- 1) 徳岡研三他, 「新しい線路」, (社)日本鉄道施設協会, 1997