

レール頭頂面凹み量を用いたシェリング傷管理について

西日本旅客鉄道（株） 正会員 ○庄野 真也

西日本旅客鉄道（株） 非会員 鈴木 常夫

1. はじめに

JR 西日本では、軌道材料の老朽化に伴い、列車走行により接触疲労層が形成されレールシェリング傷による損傷レール交換に多くの修繕費を投入しているのが現状であり、レール折損に至らないためのレール頭頂面の管理手法が重要視されている。

そこで、本研究では、シェリング傷の進行要素として、列車走行時の衝撃を増幅させるレール頭頂面の凹みに注目し、シェリング傷の進行速度との関連性を求め、傷の進行度合いを予測できるか考察し、レール頭頂面の凹みを新たな指標としてシェリング傷管理に用いることができるか検討することを目的とする。

2. シェリング傷の進行速度の求め方について

本研究を進めるに当たり、傷の進行速度とレール頭頂面凹みの2つの材料が必要であるが、この項では、傷の進行速度の求め方について述べる事とする。

傷の進行速度の求め方は、透過法（2個の探触子を超音波の送信と受信に使い分け、傷があれば送信した超音波が傷により遮断され、受信側に到達しない超音波の性質を利用し、遮断割合により傷の深さを求める探傷方法）によるレール横裂測定探傷器を使用することとし、図-1に示した透過法の探傷原理を利用し、超音波の透過割合により求められる（式-1）から横裂深さを求め、同箇所における過去数回の横裂深さの差を、経過日数で割り、一日あたりの進行速度をmm単位で求めることとする。

横裂深さ = 測定時の傷の深さ目盛り (L) + (4.5 - X) ... (式-1)

ここで、X = (傷箇所のエコー高さβ) / (健全部のエコー高さα) × 9

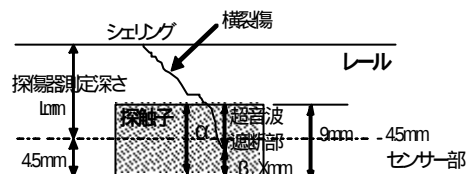


図-1 横裂深さ算出の原理

3. レール頭頂面凹み量の求め方について

レール頭頂面の凹みをストレッチにより採取することは、データ取得が煩雑であることから、軌道検測車（以下、マヤ車）で測定される軸箱加速度で凹量を表す事ができないかと考えた。そこで、シェリング傷箇所の凹量をストレッチにより採取し、軸箱加速度との関係を考察することとした。その結果を用いて推定凹量を算出することとする。

一般的に列車速度の増加に伴い、軸箱加速度の増加が知られているが、マヤ車はダイヤ上の制約等から、各サンプル箇所における走行速度が異なるため、列車速度から軸箱加速度のデータの補正を行う必要がある。そこで、スラブ軌道上に敷設されているIJの軸箱加速度と列車速度の関係を次式のからもとめ、補正に用いる事とした。

各IJの軸箱加速度データを同箇所ですら速度で2回採取する。そこで求めた V_1 、 g_1 、 V_2 、 g_2 から、

$$g_2 = a (V_2 / V_1)^x g_1 \dots (\text{式-2})$$

の関係を求め、 $x (=1, 2, 3, 4 \dots n)$ を乗じて定数 a をそれぞれの箇所で算出し、各 x 時の分散を求めて、分散の最も低い値の定数 a （平均値）と x を用いることとし、次式により補正することとする。

$$g_2 = 0.61 (V_2 / V_1)^{0.859} g_1 \dots (\text{式-3})$$

また、今回は列車速度50km/hで補正した g_2 を用いることとする。

図-2に補正後の軸箱加速度データと1mストレッチで測定した凹量の関係を示す。レール頭頂面と軸箱加速度との間には、正の関係が成り立ち、相関係数においても $R^2=0.77$ の値を示した。そこで、走行速度

キーワード レール頭頂面凹量，透過法探傷器，軸箱加速度，補正

連絡先 〒520-0242 滋賀県大津市本堅田5-16-3 TEL(NTT)077-573-4492 (JR)078-8955

50km/h に換算した回帰直線の数式（式 - 4）を用いて、推定の凹量の算出を行うこととした。

$$\text{凹量(mm)} = 16.12 * (\text{軸箱加速度}) + 0.30 \quad \dots (\text{式 - 4})$$

4．傷の進行速度と凹み量の関係について

2・3 項の関係式から求めた傷の進行速度と凹量の関係図を図 - 3 に示す。図 - 3 から、双方の関係には大きなバラつきが見られ、このバラつき原因として次の事が考えられる。

曲線区間のカント量は営業列車の列車速度で設定されており、マヤ車の速度が営業列車より遅いため、マヤ車走行時には過大カントとなる場合が多い。そのため、営業列車とは逆に、外軌側の輪重が小さく、内軌側の輪重が大きくなる輪重変動が、軸箱データに影響を及ぼしているのではないかと考えられる。

そこで、曲線区間における輪重変動の補正を行うこととし、曲線通過時の輪重の関係式（式—5・6）とマヤ車走行速度を用いて、曲線区間の輪重を直線区間の輪重に換算することとした。補正方法は、（式—5・6）から求められる（式—7・8）を用いて、外軌側、内軌側の補正係数を求め、（式 - 3）で速度補正した軸箱データ g_2 に、外軌側に（式 - 7）内軌側に（式 - 8）を乗じ、（式 - 4）に代入し、推定凹量を算出する。

$$P_0 = W_0 / 2 [(1 + V^2 / gR \cdot C / G) + H_g^* / (G / 2) \cdot C_d / G] \quad \dots (\text{式 - 5})$$

$$P_i = W_0 / 2 [(1 + V^2 / gR \cdot C / G) - H_g^* / (G / 2) \cdot C_d / G] \quad \dots (\text{式 - 6})$$

$$C_d = GV^2 / gR - C$$

ここで、 P_0 ：外軌側輪重 P_i ：内軌側輪重 G ：軌間 R ：曲線半径

C ：カント H_g^* ：車両有効重心高さ C_d ：カント不足量

$$\text{外軌側補正係数} : \alpha = (W / 2) / [a / (1 + a) \times W] \quad \dots (\text{式—7})$$

$$\text{内軌側補正係数} : \beta = (W / 2) / [1 / (1 + a) \times W] \quad \dots (\text{式—8})$$

ここで、 W ：自重 a ：外軌輪重 / 内軌輪重

また、バラつきの原因として、輪重の他に影響していると考えられる「表層面の隔離又は割れ箇所」「傷の連続発生箇所」等のデータを除外し、その関係図を図—4 に示す。図 - 4 から推定凹量と傷の進行速度との間に相関関係がみられることから、軸箱加速度を用いた推定凹量から傷の進行速度を算出し、傷の進みを推測する材料として使用できるのではないかと考えられる。

そこで、過去のデータを用いて、今回求めた回帰直線の数式を用いた推測横裂深さと実測横裂深さを比較すると、推測値と実測値の差は 2mm 未満において 77% の割合を示した(図 - 5)。

5．まとめ

今回の検討から、以下の事について考えることができる。

- ・ 凹量とマヤ車で検測される軸箱加速度との間には相関的な関係がある。
- ・ 凹量が傷の進行速度に関係しており、関係式を用いて推測横裂深さの算出ができると考えられる。

しかしながら、今回の検討内容に考慮していないが、レール温度の変化に伴う軸力の関係も進行速度との間に関わってくると考えられるため、今後、検討要素の一つとして加える必要があると考えられる。

6．おわりに

今後の課題として、通トン・列車速度・軌道構造の補正を効率的に行い、関係式を求める等の課題をクリアし、レール頭頂面の凹量を指標としたレール管理の検討に結び付けられるように考察していく必要がある。

<参考文献> (1)須田征男・長門彰・徳岡研三・三浦重 著 「新しい線路—軌道の構造と管理 - 」 P350

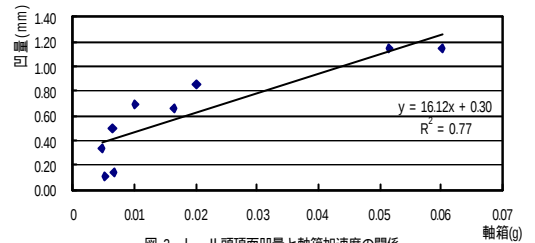


図-2 レール頭頂面凹量と軸箱加速度の関係

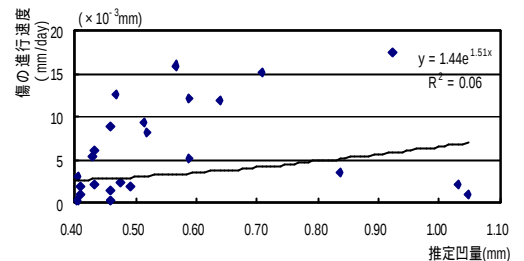


図-3 進展速度と凹量の関係

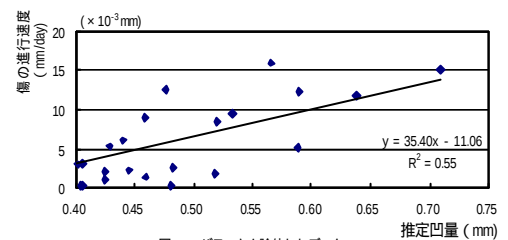


図 - 4 バラつきを除外したデータ

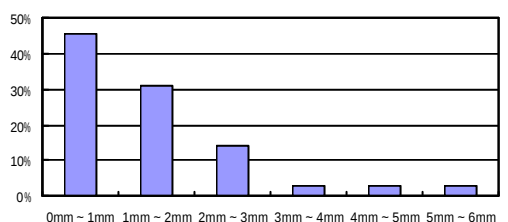


図-5 実測値と推測値の差