

波状摩耗の進行とレール削正効果を考慮した削正周期と削正量の算定法

鉄道総合技術研究所 正会員 ○須田 正規
鉄道総合技術研究所 正会員 田中 博文

1. はじめに

急曲線において、列車の繰り返し走行により、内軌頭頂面に波状摩耗と呼ばれる周期的な凹凸が発生・成長し、騒音・振動、締結装置の破損、軌道変位進みなどに影響する。これに対し、鉄道事業者では、凹凸の大きな箇所に対し、レール削正またはレール交換を行っている。この場合の在来線における削正箇所やパス数、削正圧力の設定は、施工技術者の経験的判断に頼ることが多いのが実情である。

本稿では、様々な条件下にある波状摩耗の進行状況およびレール削正の実施結果から、経済的なレール削正のための施工周期と削正パス数の算定法の検討を行った。以下、その結果を紹介する。

2. 波状摩耗の凹凸経時変化の算定

既往の研究¹⁾より、レール凹凸による高周波の輪重変動は軸箱加速度と相関があることがわかっている。凹凸が成長すると輪重変動が大きくなり、さらに凹凸の成長を促すと考えられることから、両者の関係を式(1)に示す時間(≒通過トン数)の指数関数で表すこととする。

$$\bar{\alpha}_z = \alpha_0 \cdot e^{\beta_0 t} \quad (1)$$

ここで、 $\bar{\alpha}_z$: 初期値から t トン経過時の凹凸(mm)

t : 凹凸の初期値からの累積通トン(百万トン)

α_0 : 凹凸の初期値(mm)

β_0 : 凹凸の進みを表す係数(>0)

図1に、上述の回帰式を用いて推定した凹凸の標準偏差と予測値の標準偏差の関係を示す。なお、加速度は変位の2階微分であるという力学の基本原理を利用し、軸箱加速度を2回積分して凹凸を求めた。同図より、凹凸の標準偏差が小さい場合、予測値は実測値よりも小さくなることがあるが、標準偏差が0.1(mm)を越える場合は、その差は小さくなること

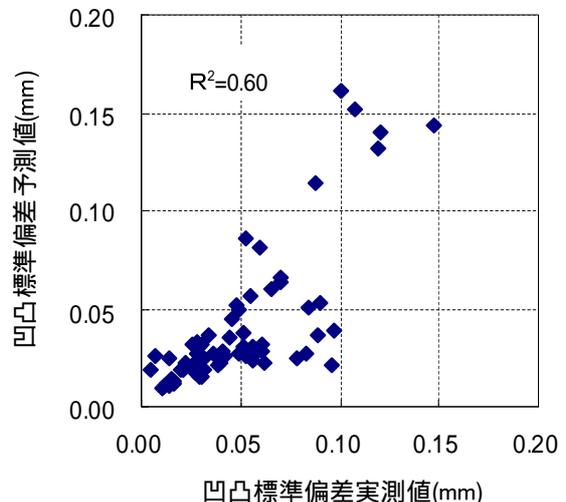


図1 実測値と予測値の関係

わかる。決定係数は0.60であり、ばらつきはあるものの式(1)によって概ね凹凸の成長が推定できるといえる。

3. 施工パス数との凹凸残存量の関係

削正前の凹凸の大きさと削正効果の影響を把握するため、様々な箇所においてレール削正途中の凹凸を測定した。本稿で分析したデータは、総施工パス数は20パスとし、削正パターンは8パスで概ねレール頭頂面全体を1回、14パスで2回、20パスで3回削正できるような組み合わせとし、削正圧力は17Aから20Aとした。ここで、本稿では頭頂面削正回数[set]という単位を定義し、第1から第8パスまでを1set、第9から第14パスまでを2set、第15から第20パスまでを3setとする。

図2に、削正による凹凸残存率と頭頂面削正回数との関係の一例を示す。同図に示すように、凹凸残存率と削正パス数は比例しておらず、凹凸が大きいほど削正による除去量が大きく、削正により頭頂面の凹凸が小さくなると除去量も小さくなる傾向にある。これは、削正砥石はまず波状摩耗の凸部を削り始めるため、振幅の大きい凸部は波高が速やかに減少し、

キーワード レール削正, 波状摩耗, レール凹凸, 削正車, 軸箱加速度

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (財) 鉄道総合技術研究所 軌道技術研究部(軌道管理) TEL 042-573-7278

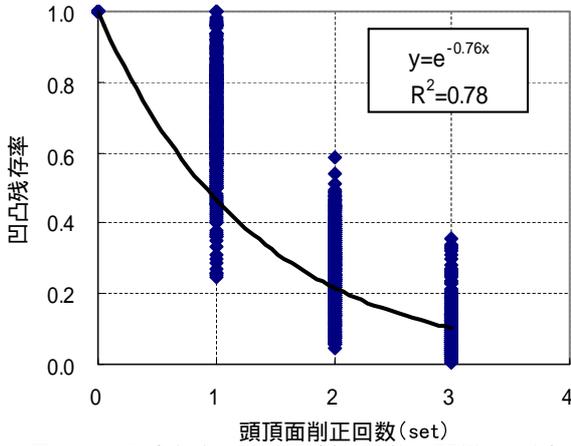


図2 凹凸残存率と頭頂面削正回数(1set)の関係の一例

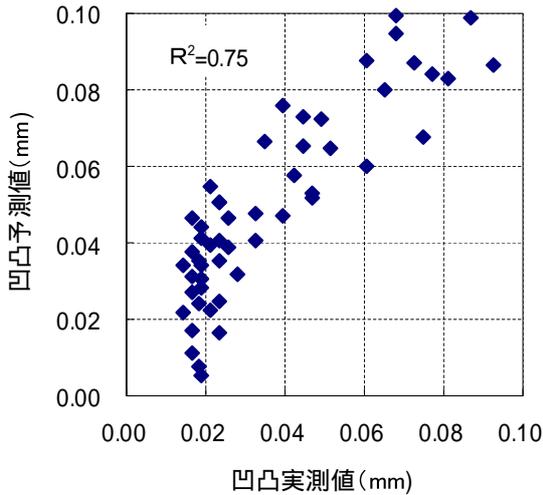


図3 削正後の凹凸の実測値と予測値

波高減少に伴って砥石とレールの接触面積が大きくなると、レール長手方向へ連続的に金属を除去し、波高の減り方が小さくなるものと解釈できる。

このとき、残存凹凸量と頭頂面削正回数は、式(2)に示す下に凸な指数関数で近似できる。

$$\alpha(x) = \alpha_1 \cdot e^{-\beta_1 x} \quad (2)$$

ここで、 $\alpha(x)$: x 回削正後の凹凸状態

x : レール頭頂面削正回数(set)

α_1 : 削正前の凹凸(mm)

β_1 : 削正による凹凸除去を表す係数(>0)

図3に、図2に基づき係数 $\beta_1 = 0.76$ とした場合の凹凸減少量の予測値と実測値との関係を示す。同図より、決定係数は0.75であり、予測値と実測値との間には相関が見られる。したがって、式(2)を用いた、削正によるモデルは妥当であるといえる。

4. 波状摩耗の進行状況を考慮した削正周期と削正パス数の検討

凹凸経時変化モデルおよび凹凸残存量予測モデルを用いて、削正周期・削正パス数の関係について検討する。ここでは、1回の削正パス数を多くして削正

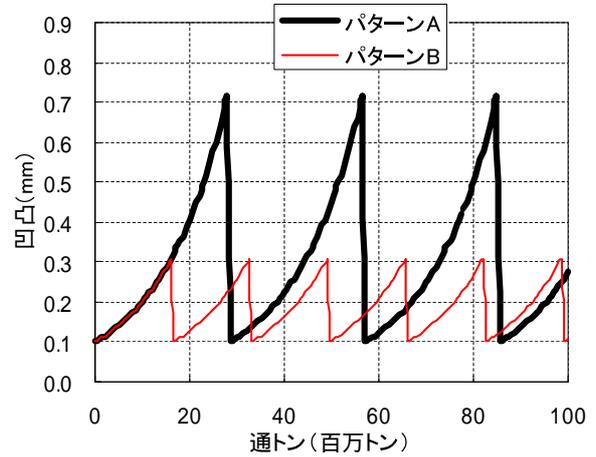


図4 施工条件と凹凸経時変化推定例

周期を延伸した場合(パターンA)と、1回の削正パス数を少なくして頻りに削正した場合(パターンB)の2つについて比較する。

各パターンの条件は、
初期凹凸 α_0 : 0.1mm, 係数 β_0 : 0.07
係数 β_1 : 0.76, 仕上がり基準値 : 0.1mm 以下
削正投入の目安値 : (パターンA : 0.7mm),
(パターンB : 0.3mm)

図4に、パターンA、Bにおいて1億トン経過までの凹凸と通トンの関係を示す。パターンAについては、0.1mmから0.7mmまで凹凸が成長する間の通トンは2,800万トンであるため、これが施工周期となる。また、0.7mmから0.1mm以下まで凹凸を除去するために必要な削正回数は3setである。パターンBでは、1,600万トンが施工周期となり、必要な削正回数は2setである。パターンAは、パターンBよりも施工回数は半分であり、総削正回数(set)も3/4となる。

このように、本稿で提案したモデルを用いれば、初期凹凸量、凹凸成長の速さ、凹凸除去の効率、凹凸の仕上がり基準値、削正投入の凹凸目安値の組み合わせから削正周期と削正回数を算定できる。

5. まとめ

- (1) 波状摩耗の振幅と通トンとの関係から、波状摩耗の振幅を通トンの指数関数でモデル化した。
- (2) 削正パス数と凹凸残存量との関係を、下に凸な指数関数でモデル化した。
- (3) (1), (2)で求めたモデルを用いて、削正周期と必要パス数の算定法を提案した。

参考文献

1) 須永陽一, 佐野功, 井出寅三郎: 高速新幹線における短波長軌道狂いの検出法, 鉄道総研報告, Vol.13, No.5, pp.11-16, 1999