

レール波状摩耗が軌道狂い進みに与える影響

(財)鉄道総合技術研究所 正員 小野 重亮
 正員 石田 誠
 正員 内田 雅夫

1. はじめに

在来鉄道の急曲線区間の内側レール(以下「内軌」)に発生する波状摩耗が、上下方向の軌道狂い(以下「高低狂い」)進みに与える影響を評価するため、軌道動的応答モデルによりまくらぎ・道床間作用力を計算し、道床沈下則と組み合わせて軌道狂いの経時変化を予測した。また、高低狂いの保守周期における軌道狂い進みを目標値におさえるための、レール削正の管理値の定め方を提示した。

2. 軌道狂い経時変化モデル

本論文において軌道動的応答を解析するモデルは、図1に示すように、レールをティモシェンコ梁とし、まくらぎと道床を質点としてばねとダンパで縦に接続することを特色とする¹⁾。

道床沈下則は、まくらぎ・道床間作用力と、道床の沈下量を関連づけるもので、実験に基づく文献²⁾の式を用いた。

$$b_{by} = a \cdot (P_t - b)^2 \cdot \ddot{y}$$

b_{by} : 道床沈下量 (mm/軸)

P_t : まくらぎ下面圧力 (kPa)

a : 係数 (2.7×10^{-10})

b : 係数 (39.6) (道床厚 250mm)

\ddot{y} : 道床振動加速度係数

道床振動加速度係数 \ddot{y} は、路盤の剛性が低いほど、道床振動が増大し、粒子間の摩擦抵抗力の減少などによって道床沈下量が増大する作用をあらわす係数である。今回は路盤剛性が十分に大きい場合を考える。この場合、 \ddot{y} は 1.00 となる。

3. 軌道の動的応答解析結果

軌道構造は、50N レール有道床軌道(道床厚さ 250mm)とした。波状摩耗は、表1に示す波長および波高の正弦波を、曲線内軌に連続50波設定した。車両については、表2に示す2車種について、車種Aを中心に検討した。

図2に、まくらぎ・道床間作用力の時間変化を示す。輪軸通過に対応する変動に、波状摩耗に対応する変動が重畳している。

列車速度等がまくらぎ・道床間作用力の最大値に与える影響は、以下のような傾向を示した。

列車速度：列車速度とともに増大した。

車両諸元：波状摩耗のない区間では静止輪重とほぼ比例し、

波状摩耗区間における変動分は車種によらなかった。

波状摩耗の波高：波高が大きいほど、直線的に増大した。

キーワード：レール波状摩耗、急曲線区間、軌道狂い進み、軌道動的応答モデル、レール削正

連絡先：〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 TEL 042-573-7291 FAX 042-573-7360

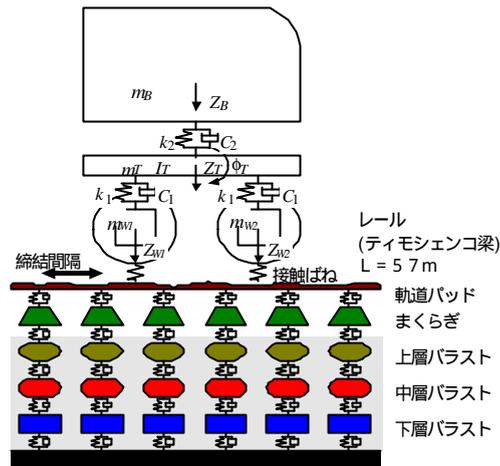


図1 軌道動的応答モデル

表1 検討した波状摩耗形状

波長(mm)	80, 100, 120, 140
波高(mm)	0.1 ~ 0.4

表2 検討した車両諸元

車種	静止輪重 (kN)	ばね下質量 (片側) (kg)
A	48.0	600
B	78.0	1000

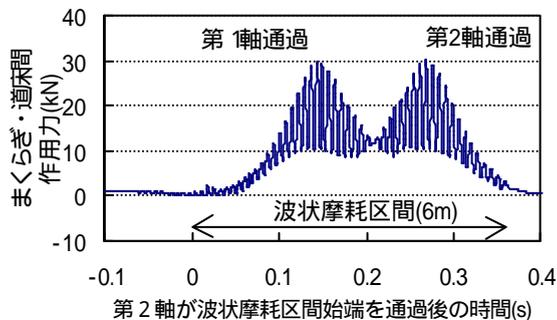


図2 まくらぎ・道床間作用力

(車種A、60km/h 波長 120mm 波高 0.2mm)

波状摩耗の波長：波長が大きいほど、減少した。

車両からみた波状摩耗の周波数（＝波長／列車速度）の関数であり、周波数一定では波長等にほとんど依存しなかった。

4．軌道狂いの経時変化予測

各まくらぎについて求めた道床沈下量から、新たな軌道狂いを計算し、これをもとに軌道の動的解析を行い、まくらぎ・道床間作用力を求める。このステップを繰り返すことにより、軌道狂い進みを予測した^{1,3)}。通過トン数の累積による、波状摩耗の進行も考慮した。以下の検討では、波状摩耗の進み速度を

5×10⁷ トンにつき 1mm とし、波長 120mm の区間を車種 A が 60km/h で走行する場合を考える。

高低直し作業のためマルタイを投入したときに波状摩耗の波高が 0.1mm あったとして、軌道狂い進み予測を図 3 に示す。通過軸数 1.5×10⁶ 軸は、通過トン数 1.47×10⁷ トンに相当する。図より、道床沈下速度は次第に増大している。これは波状摩耗が進行してまくらぎ・道床間作用力が増大することによるものである。軌道狂いが惹起する動的応答の影響は、波状摩耗区間の始終端に若干見られる程度である。

5．波状摩耗の削正管理

マルタイ投入周期に対応した軌道狂い進みを目標値以内におさめるための、レール削正管理値について検討した。波状摩耗の削正とマルタイ投入が別の周期で実施されているとする。この 2 つの作業の時期と、軌道狂いの関係を、模式的に図 4 に示す。マルタイ投入と波状摩耗削正の時期が重なるときに、マルタイ投入の間の軌道狂い進みは最大となる。このような場合であっても軌道狂い進みが目標値以内におさまるように、波状摩耗の管理値を求めた。

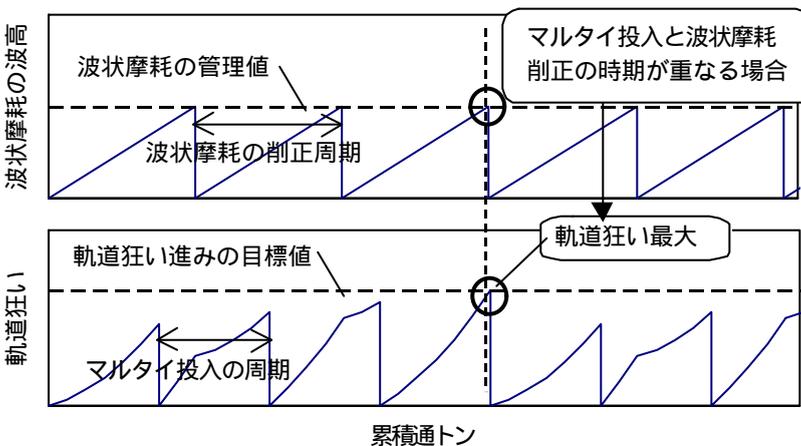


図 4 波状摩耗削正、マルタイ投入の時期と軌道狂い進みの関係

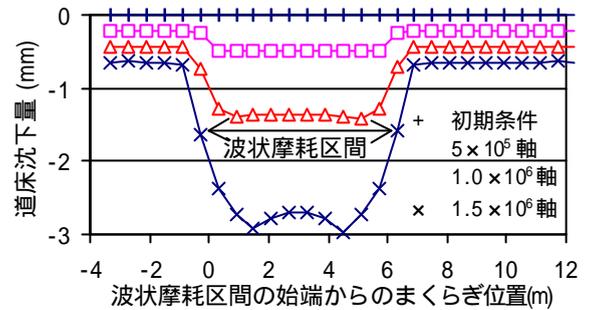


図 3 波状摩耗による軌道狂い進み

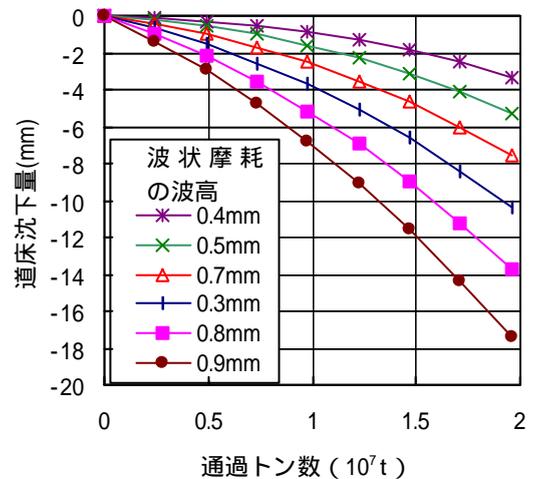


図 5 波状摩耗による軌道狂い進みと通過トン数

マルタイ投入と波状摩耗削正の時期が重なるときの、波状摩耗の波高をパラメータとして、4．の条件における通過トン数と軌道狂い進みとの関係を図 5 に示す。たとえば、通過トン数 2×10⁷ トンごとにマルタイを投入し、この間の道床沈下量を 10mm 以下とすることを目標にする場合、マルタイ投入時の波状摩耗を 0.7mm 以内とする必要がある。この値が、波状摩耗の削正管理値と考えられる。

参考文献：

- 1) 石田誠,内田雅夫,小野重亮：軌道動的モデルによる軌道狂い経時変化予測，鉄道力学論文集，第 4 号，pp.13-18,2000
- 2) 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説 軌道構造[有道床軌道](案)，鉄道総合技術研究所，1997
- 3) 小野重亮,石田誠，内田雅夫：軌道動的応答解析による軌道狂い進みのモデル化,鉄道技術連合シンポジウム(J-Rail)講演論文集，pp.175-178,2000