

周期的なレール摩耗が車両左右動揺に与える影響に関する解析

J R東日本 正会員 ○小野 重亮

1. はじめに

鉄道車両の左右動揺の原因として、通り変位、水準（平面性）変位¹に加え、左右レール交互についた周期的なレール側摩耗（蛇行摩耗）が指摘されている²。著者は車両運動シミュレーションモデルを用いた解析により、その影響について考察した。

2. 車両運動シミュレーションモデル

今回使用したのは、多自由度剛体運動解析ソフトである。特色は

- ・車体、台車枠、軸バネ、まくらバネ、輪軸など、車両の走行装置を忠実にモデル化する。
- ・車輪とレールの接触面を模擬する。車輪踏面・レール頭頂面形状を考慮し、接触点の変化を模擬できる。
- ・車両運動シミュレーションであるものの、軌道全体を剛体とせず、レール等各部材を弾性支持された剛体として扱い、車両・レール間動的作用力の精度向上をはかった。
- ・アクティブ制御は考慮していない。

車両・軌道条件は、以下の通り。

車両：新幹線車両、ボルスタレス台車、修正円弧踏面、非アクティブ制御

軌道：60kg レール、標準軌、直線

3. 解析条件

周期的なレール摩耗を、左右レールに交互に与えた。レール摩耗形状は曲線区間で実測されたもので、図1に示す。外軌の摩耗量は約3mmで、軽度な摩耗に対応している。

軌道変位と重なった場合の影響を考察するため、正弦波形の通り変位も設定した。ただし原点付近においては、直線と滑らかに取り付くように振幅を漸増させた。本論文では、波長100mおよび50m、波高5mm（全振幅）の場合を代表して示す。

レール摩耗は図2に示すように、通り変位と同期して与えた。

図1の摩耗形状への取り付けは、新品形状からの線型補間によった。

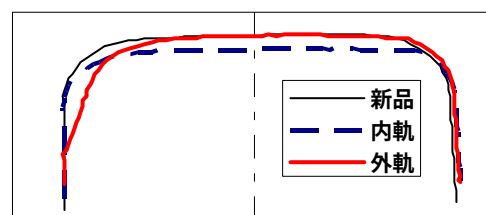


図1 レール摩耗形状

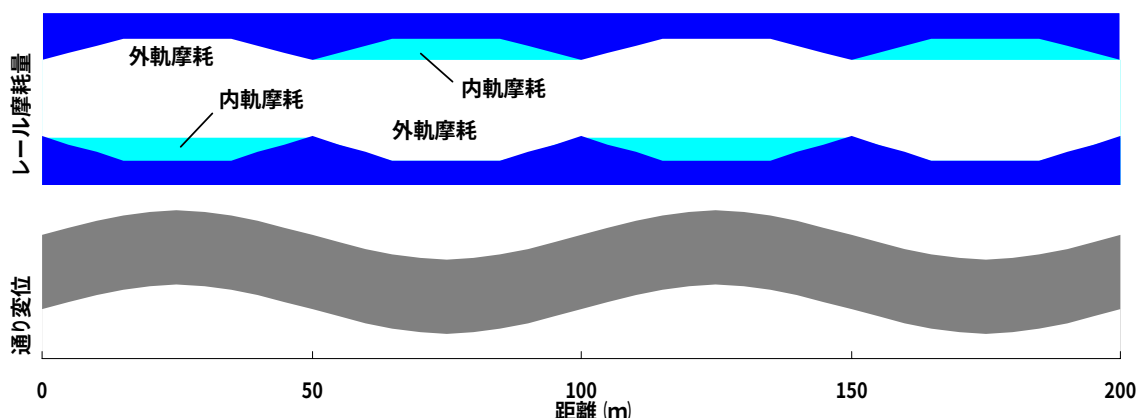


図2 レール摩耗（周期100m）と通り変位（波長100m）

4. 解析結果

走行速度360km/h、軌道変位波長とレール摩耗の周期を共に100m、50m（加振周波数1Hz、2Hz）として解析した。波長100mにおいて、図3に通り変位、図4～6に車体左右振動加速度を示す。図4は通り変位だけの場合、図5はレール摩耗だけの場合、図6は通り変位とレール摩耗が重畳した場合を示す。波長50mにおいても同様に、図7に通り変位、図8～図10に車体左右振動加速度を示す。

キーワード：左右動揺、通り変位、レール側摩耗、蛇行摩耗、車両運動シミュレーションモデル

連絡先：〒331-8513 さいたま市北区日進町2-0 Tel:048-651-2389 Fax:048-651-2289

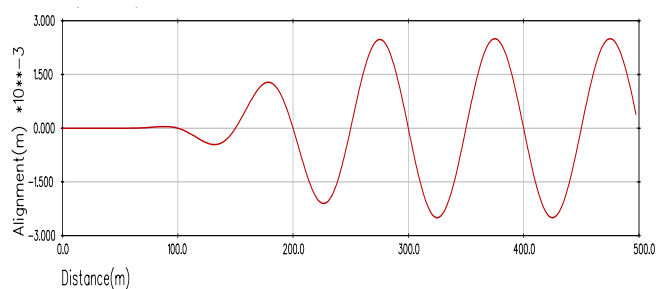


図3 軌道変位（通り）波長 100m

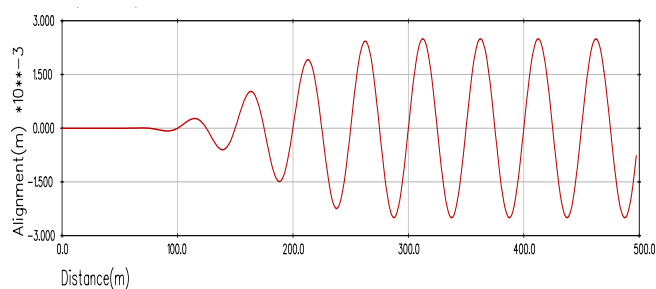


図7 軌道変位（通り）波長 50m

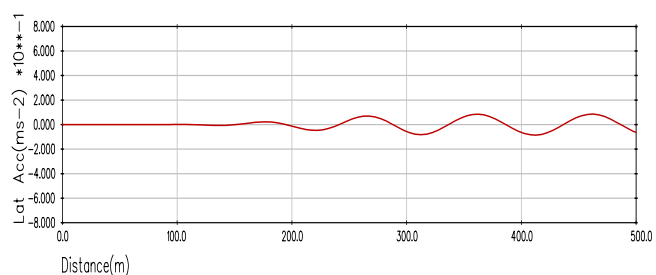


図4 左右加速度（通り変位のみ、摩擦なし）波長 100m

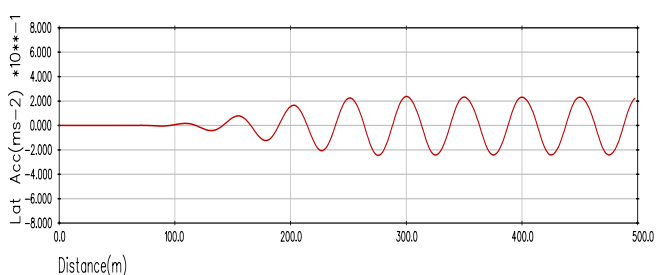


図8 同左 波長 50m

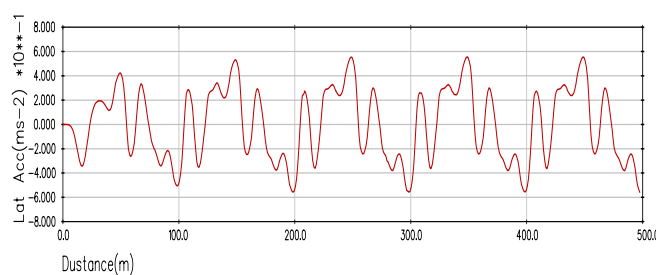


図5 左右加速度（摩擦のみ、通り変位なし）波長 100m

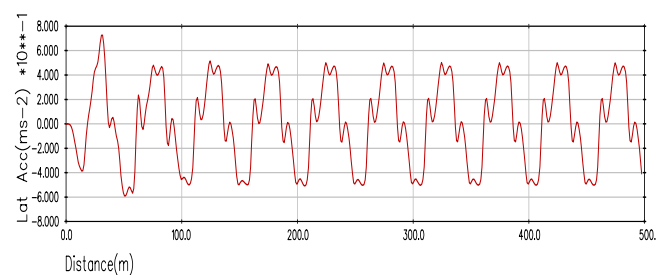


図9 同左 波長 50m

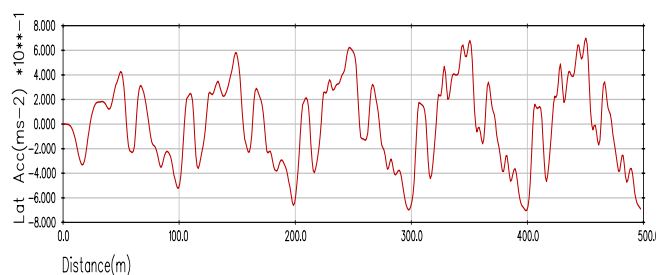


図6 左右加速度（通り変位と摩擦あり）波長 100m

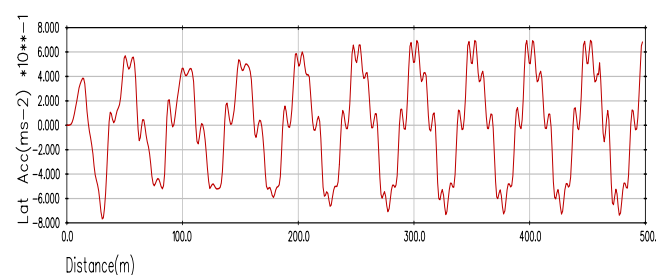


図10 同左 波長 50m

今回の検討条件では、摩擦だけの場合、摩擦と通り変位が重畳した場合、左右振動加速度はピーク～ピーク（全振幅）でおよそ 1.3ms^{-2} ($0.13g$) に達する。通り変位だけではおよそ 0.40ms^{-2} (波長 50m の場合) で、摩擦の影響の方が大きい。

5. 考察

現在速達タイプの列車には左右アクティブ制御が導入されつつあり、今回解析した非アクティブ制御条件のような大きい動揺は生じないと考えられるが、アクティブ制御での乗心地向上にも有効な議論と考えられる。

通り変位や水準（平面性）変位がきわめて小さくても左右動揺が大きい場所については、レール蛇行摩擦に着目すべきことが理論的にも示唆された。

6. まとめ

左右レール相互に周期的に側摩擦が存在する場合、車両左右動揺が発生する可能性を、車両運動シミュレーションにより示した。

参考文献

- 岡戸, 山根, 鈴木: 山陽新幹線におけるスラブ軌道の長波長軌道整備, 新線路, 2003.8, pp.18-21 など
- 矢澤, 森本, 鈴木, 高井: レール頭側面摩擦が車体左右動揺に及ぼす影響の調査, 土木学会第 53 回年次学術講演会, 1998 など