

分岐器継目部における目違いがレール締結装置の発生応力に及ぼす影響に関する基礎検討

鉄道総合技術研究所 正会員 ○塩田 勝利

1. はじめに

旧国鉄では、分岐器基準線側を 120km/h 以上の速度で高速通過する分岐器において、分岐器の前後端継目等で著大横圧が確認されたため、その対策として継目部の目違い量を 1.0mm 以下に整備することが定められていた¹⁾。現在も一部の鉄道事業者において、高速通過する分岐器のポイント後端継目部等の管理値に本値が準用されているが、この値は旧国鉄において著大横圧対策のために暫定的に設定されたものであり、値自体の妥当性について十分な検証がなされているものではない。また、著大横圧とは一般的に、レール締結装置等の損傷に影響を及ぼす恐れのある荷重といわれている²⁾。そこで、本研究では、過去に設定された値の妥当性に関する検討として、分岐器高速通過時における継目部の目違いがレール締結装置の発生応力に及ぼす影響について、車両走行シミュレーションを用いた評価を実施した。具体的には、継目部の目違い量をパラメータとしたパラメータスタディを実施したので以下に報告する。

2. 解析モデル

検討に用いる走行解析モデルを図 1 に、主な解析諸元を表 1 に示す。車両モデルは、1 個の車体、2 個の台車、4 個の輪軸を剛体でモデル化し、各質点をバネ・ダンパ要素で結合した 1 車両とした。軌道モデルは、10 番片開き分岐器（弾性ポイント）を対象とし、基本となるレール・まくらぎ・下部構造を梁要素とばね要素でモデル化した。また、本検討における対象継目部は分岐器における前端継目とし、図 1(b)に示すように、継目部のレール締結装置の構成部材である座金（以下、「座金」という）を評価対象として、ソリッド要素でモデル化した。また、座金の締結用ボルトおよび継目板ボルトは梁要素とその形状を模擬する剛体要素でモデル化し、各ボルトには、締結トルク相当の軸力を梁要素に設定した。なお、本解析モデルの妥当性については、分岐器前端継目部における現地試験を実施し、現地の継目部の状態、締結間隔、軌道変位等を模擬した解析モデルによる解析結果と試験結果で、座金に発生する応力のピーク値が概ね一致することを確認しているものである（図 2）。

3. 解析条件

妥当性が確認された解析モデルをベースに、目違い量をパラメータとしたパラメータスタディを実施した。なお、軌道変位については設定していない。本検討に用いる解析モデルを図 3 に示す。設定する目違いは、

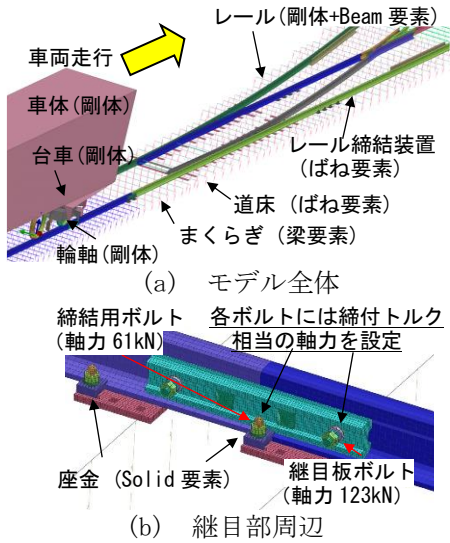


図 1 解析モデルの概略

表 1 解析諸元

項目	諸元
車体質量	28.3t
ばね間質量	2.2t/台車
ばね下質量	1.52t/輪軸
レール種別	50kgN レール
軌間	1067mm
スラック	5mm
軌道鉛直支持ばね剛性	54.5MN/m/締結
軌道左右支持ばね剛性	20.4MN/m/締結

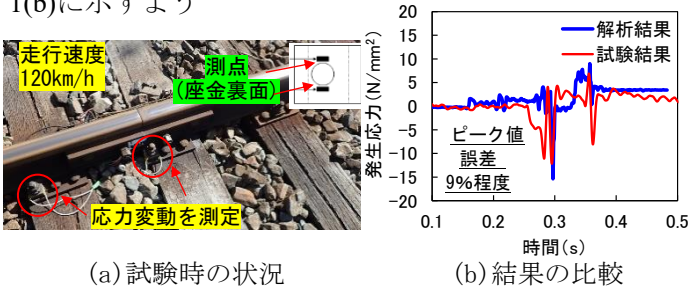


図 2 解析モデルの検証

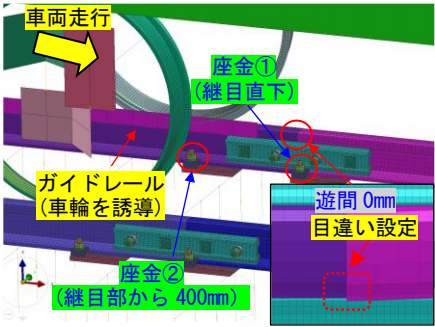


図 3 検討に用いる解析モデル

キーワード 分岐器，継目，目違い，車両走行シミュレーション，発生応力

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38

(公財) 鉄道総合技術研究所 軌道技術研究部 軌道構造 TEL042-573-7275

継目部の進行方向後端側のレールが軌間内側にくるものとし、0～2.5mm まで 0.5mm 刻みでの 6 パターン設定した。また、遊間は 0mm とした。走行速度は分岐器高速通過時を想定し、120km/h とした。なお、継目部の目違い箇所に車輪フランジが接触するように、誘導用のガイドレールを設置した。解析結果については、輪重、横圧および車輪通過時に継目部の軌間内側の座金（図 3 に示す 2 締結）に発生する応力を確認した。結果の各値について、横圧は、設計上、レール締結装置の損傷に影響を及ぼすとされる 60kN²⁾を、座金の応力は鉄道構造物等設計標準（軌道構造）にて示される疲労限度 115N/mm²³⁾を参考値として比較した。なお、横圧は、車上測定における測定周波数が 100Hz であることから解析結果に 100Hz の LPF 処理を施した。座金の発生応力は継目部通過時の衝撃荷重による高周波成分の影響も含むように LPF 処理は 1kHz とした。

4. 解析結果・考察

横圧に関する解析結果を図 4 に示す。結果を確認すると、目違い量が 1.0mm を超えると、横圧が増加する傾向がみられ、目違い量が 2.5mm を超えると参考値の 60kN を超える結果となった。次に、座金の発生応力に関する解析結果を図 5 に示す。結果を確認すると、目違い量が増加するほど発生応力が大きくなり、目違い量が 2.0mm を超えると、継目部直近の座金の発生応力は、参考値の 115N/mm²を超える結果となった。

ここで、目違い量 2.5mm のケースにおける継目部直近の座金に発生する応力の時刻歴波形を図 6 に示す。車輪通過時の応力変動の現象時間は 4.8msec 程度であり、周波数換算すると約 200Hz 程度であった。この時刻歴波形に対して周波数分析を実施した結果を図 7 に示す。最大のパワースペクトル密度（以下、PSD という）が発生しているのは 100Hz 付近であり、300Hz 以降は PSD がほぼ発生していない。高周波領域でわずかに生じている PSD については、検証が必要であるものの、メッシュサイズ等のモデリング方法に起因する可能性が考えられる。そこで、これらの点を踏まえ、高周波成分の影響を除外するため、目違い量をパラメータとした座金の応力変動に関する解析結果について 300Hz の LPF 処理を実施した結果を図 8 に示す。その結果、全ケースにおいて発生する応力変動は参考値を下回るものであった。

以上の結果を踏まえると、本研究において設定した条件下においては、目違い量の増加により、発生する横圧が増大し、座金の応力変動も大きくなるものの、旧国鉄で定められた 1.0mm の値に対しては余裕がある可能性が確認された。また、動的な応答現象を踏まえ、高周波成分の影響を除外した場合には、目違いが座金の発生応力に及ぼす影響は限定的である可能性が示唆された。

5. まとめ

本研究では、車両走行シミュレーションを用いて、分岐器高速通過時における継目部の目違いが座金の発生応力に及ぼす影響を把握した。今後は、高周波成分が座金に及ぼす影響や継目部を構成するその他の部材への影響等についても検討を行い、分岐器における継目部の適切な管理方法の構築に向けた取り組みを深度化する予定である。

参考文献

- 1) 日本鉄道技術協会：高速化のための軌道管理手法の研究報告書，pp.188-197，1985
- 2) 鉄道総合技術研究所編：在来鉄道運転速度向上マニュアル，pp.88-89，1993
- 3) 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），p195，2012

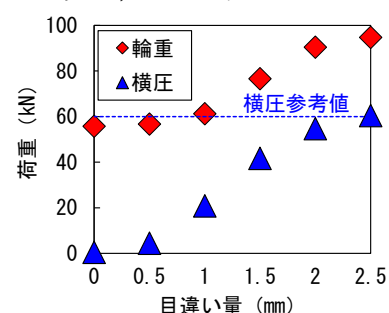


図 4 輪重・横圧の解析結果

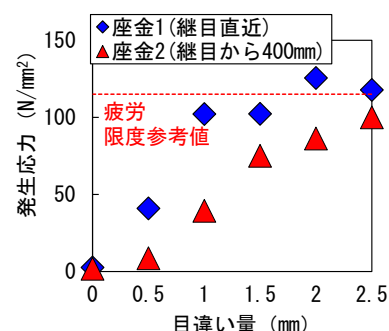


図 5 発生応力の解析結果

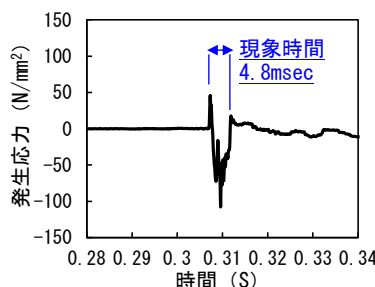


図 6 座金応力の時刻歴波形

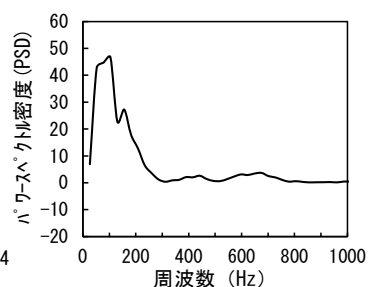


図 7 座金応力の FFT 分析

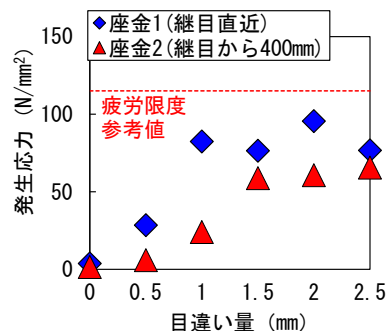


図 8 300HzLPF の実施結果