

分岐器介在ロングレールの横方向安定性評価法の高精度化

軌道技術研究部 軌道構造研究室
主任研究員 片岡 宏夫

1. はじめに

ロングレールは、騒音や振動の低減などの環境対策、軌道保守量の軽減および乗り心地の向上に大きな効果がある。過去の研究成果より、分岐器が介在するロングレールについては、バラスト軌道の一般区間の場合や、まくらぎ直結構造の分岐器（以下、まくらぎ直結分岐器と称する）を高架橋上でロングレール化する場合等、様々な条件に対する評価が可能となっている。しかし、バラスト軌道の分岐器については、分岐器の組み合わせや振分け等の分岐器に対する敷設条件の明確化が求められている。また、まくらぎ直結分岐器については、構造物の挙動も踏まえたレール軸力解析の精度向上が求められている。そこで、本研究では分岐器内のレール締結装置の回転抵抗特性を測定し、バラスト軌道の各種の分岐器配置や種類に応じた敷設条件を明らかにした。また、まくらぎ直結分岐器に発生するレール軸力を把握するため約2年間にわたる現地測定を実施し、レール軸力解析モデルの検証を行った。

2. レール締結装置の回転抵抗試験

2.1 試験概要

レール締結装置の回転抵抗特性を把握するため、表1に示すレール締結装置の回転抵抗試験を実施した。分岐器部のレール締結装置としては、新幹線用分岐器(T60片18-501)、在来線用分岐器(T50片12-301)の部材を対象とした。

回転抵抗試験は、図1に示すように、試験用ベッド上にPCまくらぎまたは床板を固定し、短尺レール、レール締結装置で構成された供試体に対し、締結中心から300mm離れたレール底部側面に油圧ジャッキを用いて載荷することにより試験を行った。

2.2 試験結果

試験から得られた各レール締結装置の回転抵抗を図2に示す。この結果より、分岐器部のレール締結装置は、在来線一般部の5形締結装置よりロングレール化に必要な道床横抵抗力を大幅に減少できる見通しを得た。一般的に、分岐器介在ロングレールでは、ヒー

表1 レール締結装置の回転抵抗試験のケース

幹/在	区分	形式
新幹線	一般部	高速形レール締結装置*
	分岐器部	リード部用座金形
		ポイント部用プレス形
在来線	分岐器部	ポイント部用座金形
		リード部用座金形
		ポイント部用プレス形

*一般部と分岐器部の比較として参考に実施

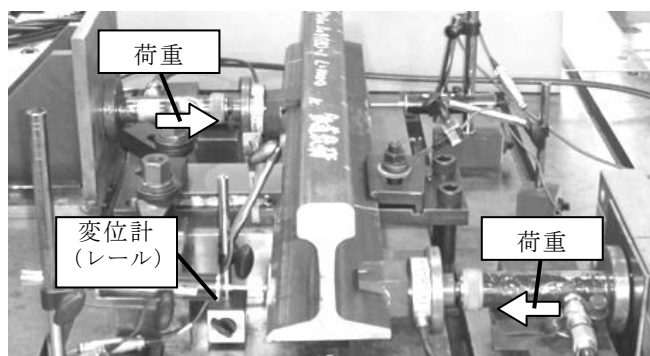
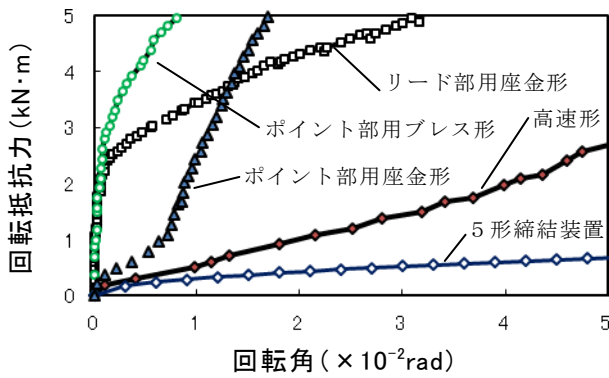
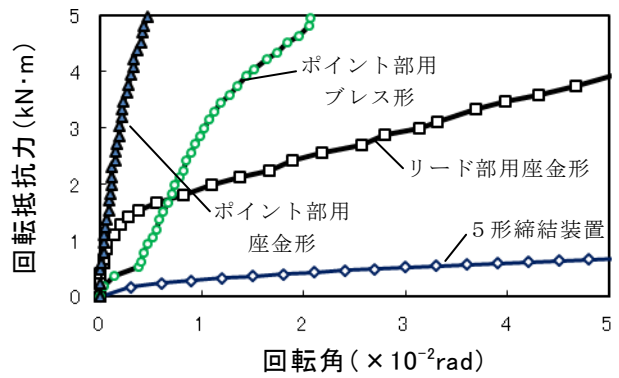


図1 回転抵抗測定試験状況



(a) 新幹線用



(b) 在来線用

図2 レール締結装置の回転抵抗測定試験結果

ル部の軸力が大きくなる傾向があるが、ヒール部近傍のレール締結装置のうち、回転抵抗力が小さいものを座屈安定性評価に用いることで、安全側の評価となる。そこで、以下の在来線分岐器の評価に際してはリード部用座金形の回転抵抗力の値を用いることとした。

3. 在来線用突き合せ分岐器各種パターンの介在ロングレール化の検討

3.1 レール軸力解析の概要

2 台の分岐器が、ロングレールの不動区間に敷設されている場合のレール軸力解析を行い、分岐器間距離の影響を調べた。ロングレール化は基準線側のみとし、分岐器前後の一般区間について、道床縦抵抗力は7.8kN/m/レールとした。

解析ケースとしては、分岐器の番数を8、10、12、16番の片開き分岐器、分岐器の配置パターンを図3(a)~(d)に示す4通りとし、同じ番数の組み合わせとする。また、分岐器間距離は5、10、15、20mの4通りとした。

3.2 レール軸力解析結果

分岐器の配置パターン毎の最大レール軸力を比較すると、パターン1、4で大きく、パターン2、3で小さい傾向になっている(図3)。分岐器間距離の増加に伴って減少し、全ての番数・配置パターンにおいて、分岐器間距離を20m以上確保した場合、分岐器単体と算出したものと比べて2%以内の差に収まっており、分岐器単体と同等とみなしてよい。

35°Cの温度上昇量に対する各配置パターンの最大レール軸力から求めた必要道床横抵抗力の例を図4に示す。ここで最低座屈強さの算定には、エネルギー法を拡張した座屈安定

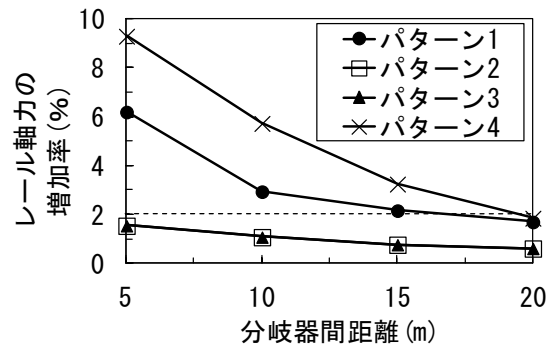
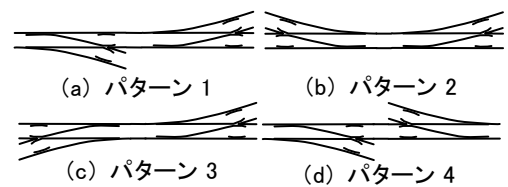


図3 分岐器単体に対する最大レール軸力の増加率(%) (16番分岐器の解析例)

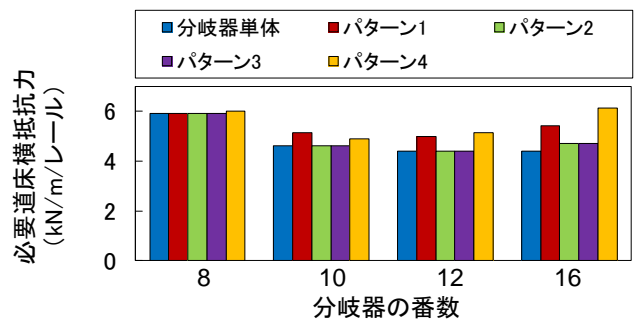


図4 分岐器間距離5mの場合の必要道床横抵抗力

性解析法を用いた。レール締結装置の回転抵抗力は2章で得られた特性曲線を用いた。また、解析対象である分岐器の線形は、基準線側が直線、分岐線側が曲線で構成されていることから、直線と曲線のエネルギー変化量を加算することにより最低座屈強さを求めた。

4. 在来線用両開き・振分け分岐器の介在ロングレール化の検討

分岐器介在ロングレールのレール軸力特性は主にレール長さ方向の相対変位量に依存するため、ここでは両開き、振分け、内方および外方分岐器に生じる最大レール軸力を同番数の片開きの場合と同等とみなした。

10番分岐器、温度上昇量35°Cの場合の必要道床横抵抗力について図5に示す。振分け分岐器、外方分岐器では、片開き分岐器の必要道床横抵抗力と比較して小さいことから、片開き分岐器と同じ道床横抵抗力を確保すれば安全側となる。特に振分け分岐器については、振分け率が均衡する側になると必要道床横抵抗力が減少し、振分率1:1である両開き分岐器については、座屈を生じない計算結果を得た。一方、内方分岐器の必要道床横抵抗力は片開き分岐器に対して3割程度の割増を考慮の必要がある。8番および12番分岐器に対しても同様の傾向が得られた。

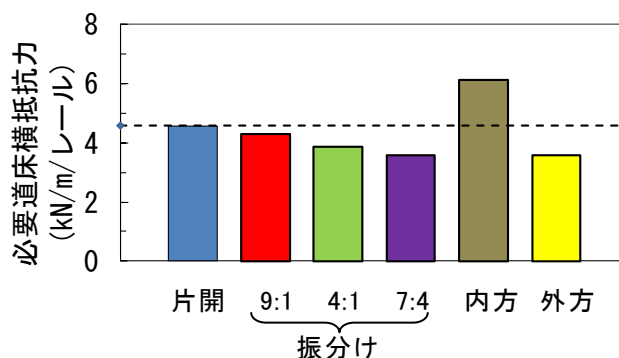


図5 各種分岐器に対する必要道床横抵抗力 (10番分岐器の解析例)

5. まくらぎ直結分岐器区間の現地測定試験

5.1 試験概要

まくらぎ直結分岐器を連続してロングレール化する場合のレール軸力および伸縮量の特徴を明らかにするため、新幹線軌道の60kgレール用18番片開き分岐器および16番シーサースクロッシングが連続して介在する区間において現地測定試験を実施した。

測定項目はレール軸力(測定開始時からの相対変化量)、レール温度、路盤コンクリート上からのレールふく進量および高架橋の目地部の相対変位とし、約2年間、毎日1時間毎にデータの記録を行った。図6に概要と測点配置図を示す。

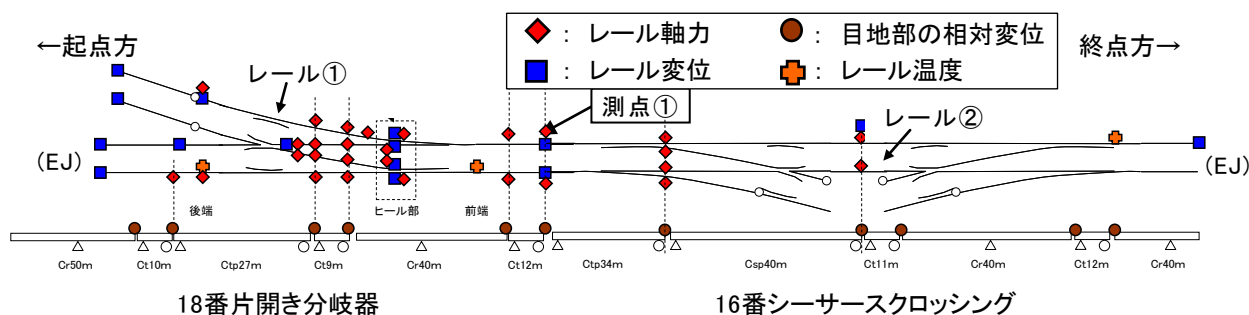


図6 現地測定の概要と測点配置図

5.2 試験結果

レール軸力の季節変化は、図7に示すようなヒステリシスを繰り返しながら、ほぼ線形に変化していた。また、現行の構造物の設計標準で想定している最大レール軸力980kN/レールを超える箇所

も確認された。さらに、図8の目地部の相対変位の測定から、橋桁が温度伸縮していることを確認した。

高架橋相対変位の各測点の実測値と、橋桁がレールと同じ温度変化量により自由伸縮すると仮定して求めた伸縮量の理論値を比較したものを図9に示す。理論値の試算にあたり、橋桁の線膨張係数は $1.0 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ で、固定端を基準に伸縮することとした。

実測値と理論値の比較に関しては、橋桁全体の移動の影響が入っている可能性があるため、本研究では各測点の温度伸縮量の実測値と理論値のそれぞれの総和を比較した。その結果、実レール温度変化量から算出される伸縮量の実測値は、理論値の $0.55 \sim 0.6$ 倍程度であった。

この橋桁の伸縮の傾向を取り入れて求めたレール軸力解析結果と現地測定試験結果を比較したところ、実測値における最大レール軸力箇所についても解析値と実測値は概ね一致していた(図10)。このことから、座屈安定性評価において用いる最大レール軸力について、橋桁の温度伸縮を考慮した本研究の解析手法の妥当性を確認した。ただし、シーサスクロッシングの基準側リード部では乖離がみられ、補正の必要があることがわかった。

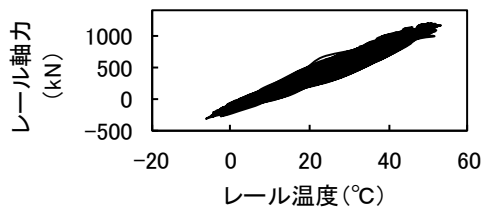


図7 測点①のレール温度と軸力関係

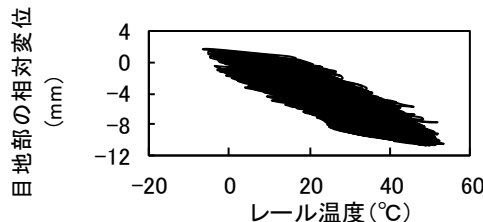


図8 高架橋調整桁端部の相対変位

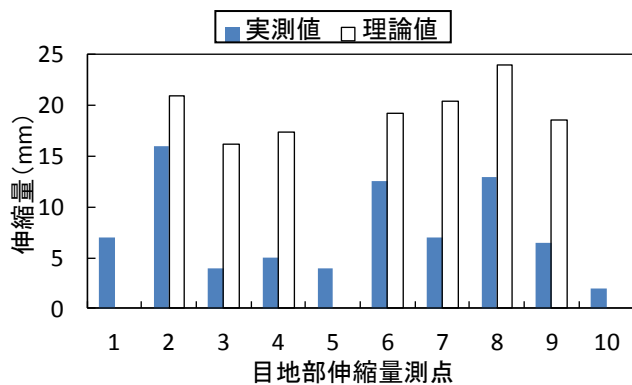


図9 各目地部の温度伸縮量

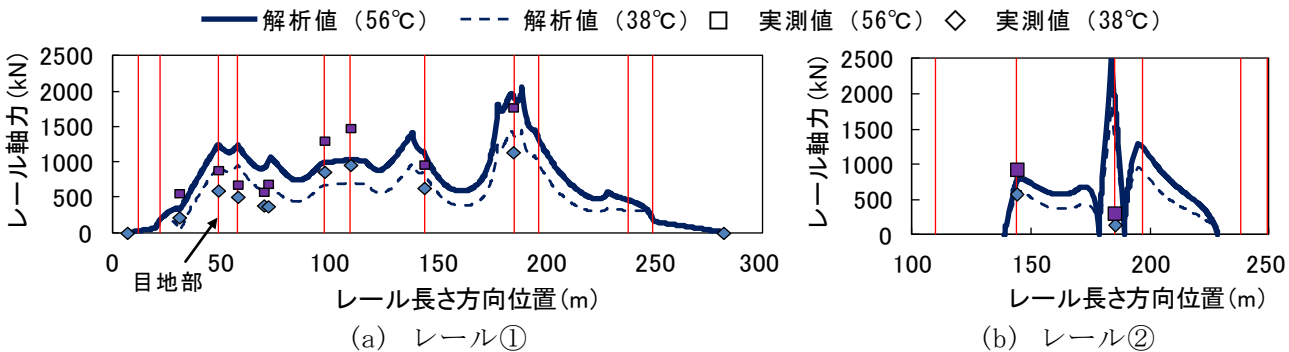


図10 レール軸力解析結果

5. おわりに

解析のための諸条件を整理して、各種の分岐器介在ロングレールの検討を行った。本成果を活用することにより、個々のケースについて敷設条件や対応策についての検討が可能となった。なお、現地測定試験の実施にあたり、ご協力を頂いた独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構、九州旅客鉄道株式会社の関係者に謝意を表す。