

分岐器ポイント部構造解析の基礎研究

（財）鉄道総合技術研究所 正会員 吉田 眞

（財）鉄道総合技術研究所 鬼 憲治

1. はじめに

分岐器ポイント部は、一般軌道と異なり基本レールに長さ方向に断面形状の異なるトングレールの底部および頭部の一部が接する複雑な構造である。このポイント部の細部挙動および発生応力等の解析を行うため、第一段階として有限要素解析を用いて、在来線用 50N レール用 8 番片開き分岐器ポイント部に使用されている直線側のトングレールの構造解析を行い、解析モデルの妥当性を検証した。

2. 試験用レールの載荷試験

トングレールの構造解析の前に、解析モデルの基礎的な部分の検証を目的として、トングレールの一部を模擬した試験用レールを試作し、載荷試験を行った。

試験用レールは、70 S レールを元に 70 S レール全断面形状のもの、頭部幅および底部の一部を切削加工したものおよび頭部幅を長さ方向に変化させ底部の一部を切削加工した 3 種類とした。試験方法は、万能材料試験機を使用して図 1 に示すように、各試験用レールの中央に載荷する 3 点曲げとし、試験回数は試験用レールを縦に設置し頭頂面に載荷した縦曲げと横に設置し頭部側面に載荷した横曲げをそれぞれ 3 回行った。載荷荷重は、縦曲げについては 0kN ～ 40kN まで、横曲げについては 0kN ～ 30kN までそれぞれ 5kN 毎に荷重を増加させて試験を行った。各試験用レールに貼り付けた歪みゲージ位置を図 2 に示す。

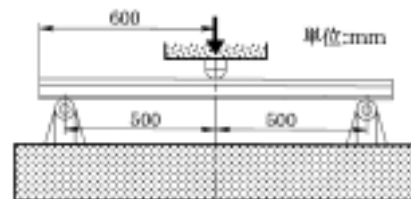
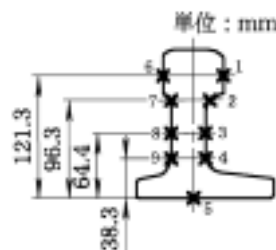
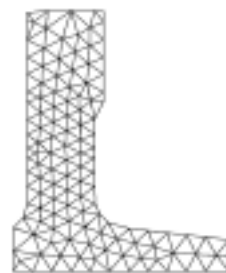


図 1 載荷試験方法

図 2 ひずみゲージ
張付位置

3. 試験用レールの解析

試験用レールの有限要素解析を行い、載荷試験との比較を行った。試験用レールの解析モデルは、全て 4 面体要素で構成し、図 3 に示すように断面内では要素の一辺の大きさを約 10mm とした。また、載荷位置の前後 275mm の範囲については要素の長さ方向の大きさをそれぞれ約 15mm、10mm、5 mm および 2 mm とした 4 種類の解析モデルを作成し、要素の大きさによる比較も同時に行った。解析モデルのヤング率は 206000 N/mm²、ポアソン比は 0.3 として支点の一方を固定、もう一方を長さ方向に移動可能とした。載荷試験結果と解析結果より、例として 70 S 全断面の試験レールの載荷断面測点における最大主応力の比較を図 4 に示す。縦曲げおよび横曲げとも最大主応力の発生傾向は類似しており、縦曲げの場合は長さ方向の要素の大きさによる顕著な相違は認められず、横曲げの場合は長さ方向の要素の大きさが 10mm および 5mm の解析結果が試験結果に最も近い値となった。よって、トングレールの解析モデルは 4 面体要素で構成し、要素の均質性および解析効率の向上を考慮して、一辺の大きさを約 10mm を基本として作成すれば実用上問題のない結果が得られると考えられる。

図 3 断面内の
要素メッシュ

4. 試験用トングレールの載荷試験

トングレールの解析に供する各部の変位および主応力の取得を行うため、在来線用 50N レール用 8 番片開き分岐器ポイント部に使用されている直線側のトングレール（図面番号 PD_{50N}101）の載荷試験を行った。試験用のトングレールはヒール部の継目を有し、50N レール底部を溶接した試験用床板上に乗ることにより

キーワード：分岐器、ポイント部、有限要素解析

連絡先：〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 TEL 042-573-7275 FAX 042-573-7432

トングレールが自立するようにした。試験方法は、レール締結装置用3軸疲労試験機を使用して図5に示す各载荷断面のトングレール頭頂面にそれぞれ垂直荷重を0kN～100kNまで10kN毎に荷重を増加させて3回行った。その際に载荷断面の各部の歪みおよびまくらぎ毎のトングレール上下・左右方向変位の測定を行った。

5. トングレールの構造解析

トングレールの解析モデルは4面体要素で構成し、要素の一辺の大きさを約10mmとすることを基本として作成した。また、トングレールの切削開始箇所や曲げ点等の断面形状が変化する位置の間を200mm前後の値となるように等分して、各々のトングレール断面形状を直線で結ぶようにして全体を作成し、解析上重要な断面および節点を作成するように解析モデルの細部を作成した。トングレールの解析モデルの特徴として、試験用床板と接するトングレール底部には非線形要素のギャップ要素を用いた。

図6にB断面载荷時におけるトングレール左右変位と载荷断面における各部の最大主応力の比較を示す。左右変位および最大主応力とも発生

傾向は類似している。また、双方とも解析結果と比較して载荷試験結果が大きい傾向にあるが、測定誤差および試験用トングレールおよび試験用床板の製作誤差等を考慮して実用上問題のない解析結果であると考えられる。最大主応力の差については、载荷試験時にトングレールの製作誤差等により試験用床板との間に隙間が生じていたこと、試験用床板の変形により局部的にまくらぎを圧縮する部分が生じたためにまくらぎの圧縮剛性が見かけ上小さくなったことが影響したのと考えられ、解析モデルではトングレールの拘束条件を理想化して構築しているために差が生じたと考えられる。解析結果と载荷試験結果との差については、得られた解析結果に対し安全率等の割り増し方法を考慮することが実用的である。

6. まとめ

本研究では、分岐器ポイント部の構造解析として、垂直荷重に対してトングレール単体の変形状態、各部に発生する主応力の検討を行うにあたり実用上問題はない有限要素解析モデルが得られた。今後は、トングレール・基本レール・床板の接触部分の拘束条件を精査し、基本レールも含めたポイント部の構造解析を進めていく予定である。

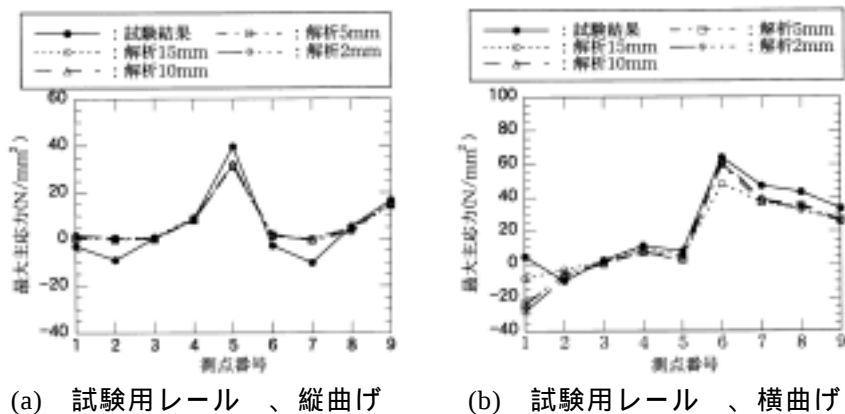


図4 载荷試験結果と要素の大きさ別解析結果の比較

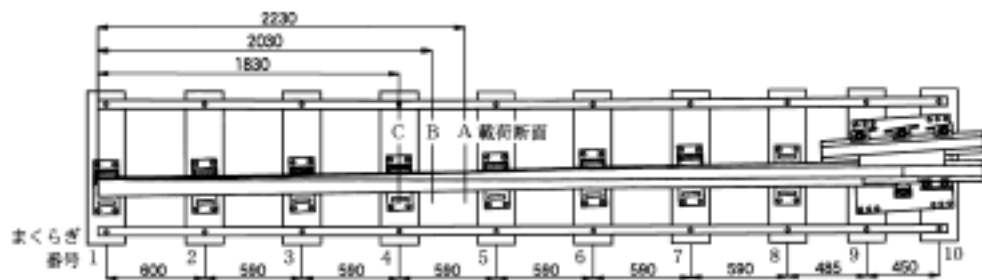


図5 試験用トングレール概略および载荷断面位置

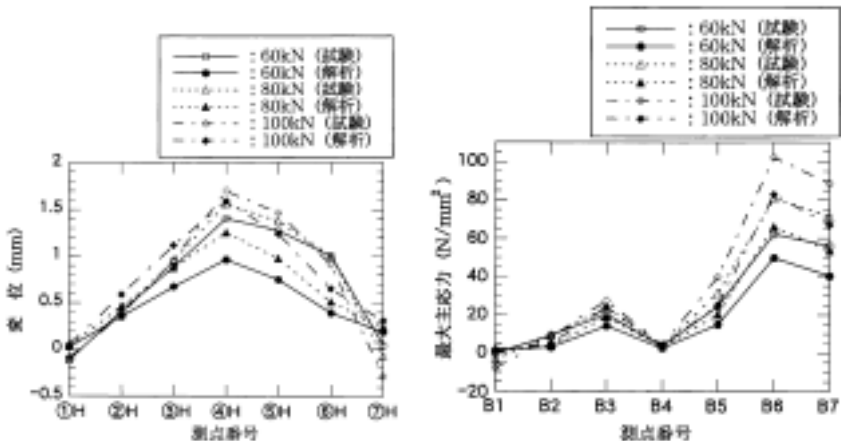


図6 トングレール解析結果と载荷試験結果の比較