

レール吊り上げ法によるロングレール軸力推定に関する基礎的試験

東日本旅客鉄道(株) 正会員 小関 昌信

1. 目的

ロングレール軸力を直接測定することは保線部門における長年の夢であり、これまでも様々な技術が開発され試行されてきた。しかし、軸力ゼロ時の初期値を必要としたり、極めて局所的な応力は測定できるもののレール各部の残留応力との分離ができないため有効な軸力が評価できない、またはコストが高価などの理由で、実用可能なレベルに至っていない。そこで、現場ニーズを完全に満たせるわけではないが、初期値の把握が不要で、比較的簡便に現地で軸力を推定し得る技術¹⁾として、レールを吊り上げた際に吊り上げ荷重と変位の関係から軸力を推定する手法の基礎的な試験を実施したので、報告する。

2. 簡便な力学モデルの選定

力学的な詳細な検討を過去に佐藤¹⁾が実施しており、境界部の取り扱いに関して留意の必要性を述べている。ここでは、軸力を受けるはりの簡便な力学モデル²⁾を選定して、軸力に応じて、吊り上げ荷重と変位がどのような関係を取り得るのか、事前に検討した。なお、レール締結装置の緩解長は、実軌道における作業性を考慮して、5m程度を想定した。実軌道を図-1、力学モデルを図-2のように想定して試算した。なお、レール締結装置の緩解長は、実軌道における作業性を考慮して、5m程度を想定した。実軌道を図-1、力学モデルを図-2のように想定して試算した。

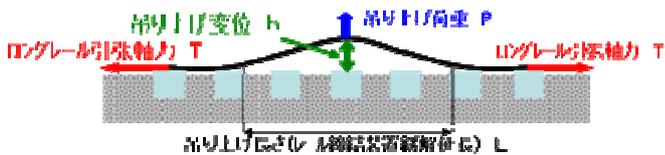
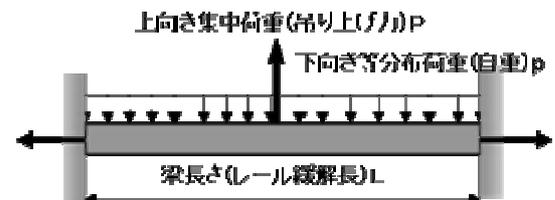


図-1 実軌道における測定方法のイメージ



仮定: ①端部捻みなし、捻み角なし
②端部レール相移動なし
③端部に張力が作用

図-2 想定した力学モデル

計算結果は図-3のようになり、ロングレール引張軸力と吊り上げ荷重・変位比の関係を図-4に整理した。引張軸力は、荷重・変位比と線形な関係があり、緩解長5mであっても実現象において、軸力が高精度で測定可能であろうと推定された。

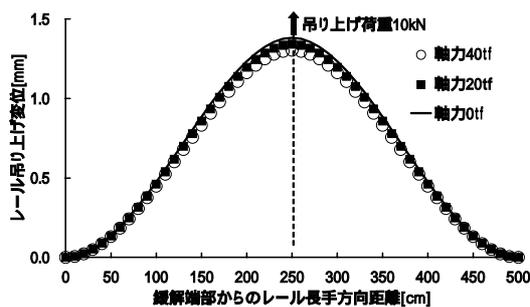


図-3 力学モデルによる計算結果

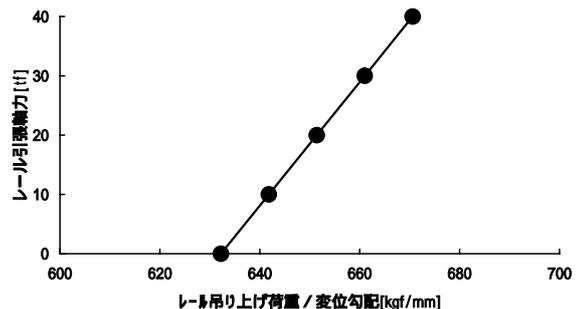


図-4 力学モデルでの軸力と荷重・変位比との関係

3. 軸力測定器の試作

レールの吊り上げ荷重と変位を実軌道において、適切な精度で測定可能な測定器を試作した。試作にあたり、なるべく安価な市販品の中で、高精度を期待できる機種を選定した。表-1、図-5に機器構成を示す。レール吊り上げ器は市販品のままで使用できることを期待したが、荷重計を間に挿入すると、吊り上げ高さが不足するため、改良を加えた。また、変位測定には、デジタルノギスを治具に取り付けた。

キーワード レール軸力、レール吊り上げ、軸力を受ける梁

連絡先 〒331-8513 埼玉県さいたま市北区日進町2-479 JR 東日本研究開発センター テクニカセンター TEL048-651-2389

表-1 軸力測定試作器の仕様

構成機器	仕様
レール吊り上げ器	アルミレール吊上機 1.0t用、 チェーンブロックリフト、レールキャッチ付
荷重計	電子式吊秤(携帯型) 秤量 2000kg, 目量 1kg
変位計	デジタルノギス(分解能 0.01mm) 門型スタンドに固定



図-5 軸力測定機器の構成

表-2 測定試験条件

項目	条件
レール	50N, 44本/25m 配列
まくらぎ	3号PCまくらぎ
レール締結装置	5形改良レール締結装置(110MN/m パッド)
道床	砕石、道床厚 250mm
載荷条件	レール締結装置緩解長 5m, 中央点吊り上げ 荷重 0-15kN, 変位 0-14mm
レール軸力	両端で緊張器により引張軸力載荷, 0-40tf



図-6 測定試験の様子

4. 実軌道における測定試験

測定試験はPCまくらぎを敷設した保守基地線で実施し、レール引張軸力は試験軌道両端にレール緊張器により定量的に付与した。レールには軸方向歪ゲージを貼付して所定の軸力が付与されているか確認しながら載荷した。表-2、図-6に試験条件を示す。図-7に試験結果の生データを示す。引張軸力が大きくなるに従い、吊り上げに際して必要となる荷重が大きくなるのが認められたが、試験当初になじんでいなかったため、軸力ゼロ時とそれ以外の状態と絶対値の大小関係に不一致が生じていた。そこで、絶対値ではなく、吊り上げ載荷途中の荷重・変位比として、図-7中のグラフの傾きを吊り上げ荷重 600-1000kgf 間で算出して図示したものが図-8である。吊り上げ当初は軌きょう自重の影響により、完全に浮き上がるまでは両者に線形性はないものの、十分に吊り上がった状態では、両者間には良好な線形性が認められた。試験中にレール締結装置緩解境界部を観察していたが、わずか5mの緩解長での吊り上げにおいて、吊り上げ変位が10mm以下と些少ならば、締結端部のレールやまくらぎの上下・前後移動はないことを確認した。

5. 考察および今後について

本試験により、ロングレール軸力と吊り上げ荷重・変位比との間には高い線形性があることを確認し、この関係を利用して簡便で高精度な軸力推定が実務上においても可能であると見通しを得たものの、想定した簡便な力学モデルによる計算結果とは6倍近く異なる感度となった。その感度は当初想定したものよりも大幅に高く、測定法として望ましいが、適用する力学モデルを再考する必要がある。今後は、適切な力学モデルを構築するとともに、実軌道での試験実績を蓄積し、誤差の検証や歪みが発生しない温度軸力作用下においても適用し得るのか確認するとともに、測定可能な条件(設定時との温度差、曲線半径、カント、レール摩耗量)作業性、ならびに測定後の軌道への影響を把握することにより、同方法が保線業務に実用可能か検証していく予定である。

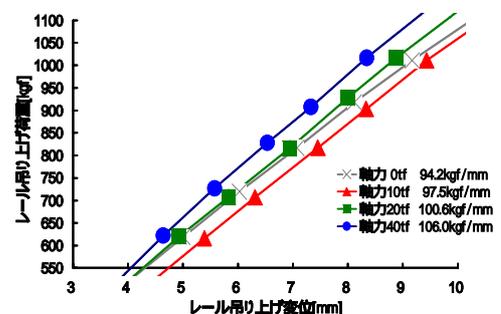


図-7 測定試験結果の生データ

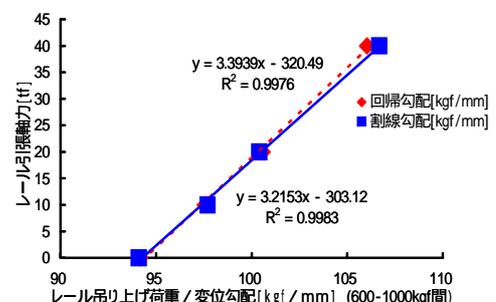


図-8 試験における軸力と荷重・変位比との関係

参考文献

- 1) 佐藤吉彦：向上法によるスラブ軌道レール軸力の測定 平成14年鉄道技術連合シンポジウム (J-RAIL2002), 2002.12, pp47-50.
- 2) 土木学会構造工学委員会編：昭和61年度版 構造力学公式集, 1986.6, pp180-184.