

Ⅳ-396

レール曲げ応力に与える軌道支持剛性の影響

鉄道総合技術研究所 正会員 石田 誠

鉄道総合技術研究所 正会員 河野昭子

鉄道総合技術研究所 正会員 三浦 重

1. 背景

従来からロングレールの交換周期の延伸を念頭に置き、レール溶接部の曲げ疲労寿命に対するレール削正効果を評価する寿命予測法が開発されてきた^{1,2)}。差し当たり、50Nレールについて検討するために、在来線において人工的に溶接部のレール頭頂面に凹凸を設定し、そこに発生する曲げ応力の測定結果から曲げ応力分布が求められた。一方、疲労試験により寿命予測の対象とする溶接部の疲労強度特性を求め、温度応力等による軸力の影響も考慮した疲労被害を計算する寿命予測法が提案されている。

しかしながら、従来の寿命予測法は、レール曲げ応力を求めた測定試験の条件が検討対象とする軌道構造あるいは車両種別とその走行速度等が大きく異なる条件には適用が困難であった。そこで最近、十分な精度で軌道の動特性を予測可能な軌道動的応答モデルが開発されたため、これを用いて寿命予測のために様々な条件に応じたレール曲げ応力分布が求めることが可能になった。ここでは、その軌道動的応答モデルを用いて、レール曲げ応力に与える軌道の支持剛性の影響について検討した結果を報告する。

2. 軌道動的応答モデルの検証

本研究で用いた軌道動的応答モデルは、レールをティモシェンコ梁とする連続梁をまくらぎ等の支承体により有限間隔支持し、その支承体を3層に層分けした道床で支持されたものを基本にしている^{3,4)}。

このモデルを検証するために、JR西日本の協力を得て実軌道で測定試験が行われた。有道床およびスラブ軌道における測定箇所の溶接部頭頂面凹凸の形状、動的輪重およびレール底部曲げ応力の実測波形とシミュレーション波形を図1および2に示す。図より、動的輪重およびレール曲げ応力の両方ともシミュレーション波形がかなり精度よく実測波形と一致していることがわかる。また、現在、レールと車輪の間に作用する輪重は、地上測定においてはレールのせん断ひずみを用いて測定されているため、レールの曲げ剛性により周波数の高い成分が十分に測定できない状況にあり、周波数の高い現象においては正確な作用力は測定ができず、レールの曲げ変形に応じた見かけの輪重しか測定できない。ところが、このモデルが測定系と同じもので検証されれば、レールの曲げ変形に影響を受けないレールと車輪間に作用する真の輪重が予測可能になり、レール頭頂面損傷等の重要な要因である作用力の評価が可能になる。

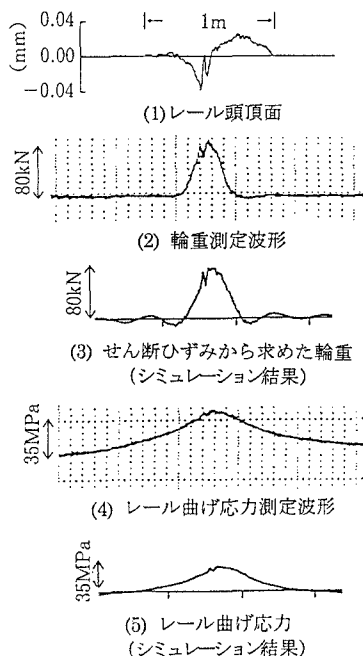


図1 実測データとシミュレーション結果
(有道床)

3. レール曲げ応力と軌道支持剛性の関係

キーワード : 軌道動的応答、レール曲げ応力、軌道支持剛性

連絡先 : 国分寺市光町2-8-38 電話 0425-73-7291 FAX 0425-73-7291

本研究では、軌道動的応答モデルにおいて、高架橋上の有道床軌道にバラストマットおよび有道床弾性まくらぎを用いて、支持剛性の異なる4種の軌道上に図3に示す波高を波長の1/1000とする単独正弦波を設定し、新型新幹線車両が速度270km/hで走行した場合を想定した。求めた動的輪重とレール曲げ応力を図4および5に示す。

図4および5より、バラストマット（ばね係数 $5.0 \times 10^4 \text{ kN/m}$ ）および有道床弾性まくらぎ（ばね係数 $3.0 \times 10^4 \text{ kN/m}$ ）を用いることによるレール曲げ応力における軌道の支持剛性の影響が明らかである。これによると、動的輪重については周波数の高い（凹凸波長の短い）領域ではほとんど変わらないが、周波数の低い（凹凸波長の長い）領域ではばね係数の小さい（柔らかい）順に小さくなっている。レール曲げ応力については、動的輪重とは逆に周波数の高い領域ではばね係数の小さい順に大きくなっている。これは、溶接部に見られる0.1~0.2mの波長の凹凸において、動的輪重の大きさはレール有効質量とレール/車輪の接触ばねの影響が大きく、軌道の剛性にはほとんど影響を受けないため軌道の剛性によらず同程度であるが、支持剛性が小さいとレールのたわみが大きくなり、その結果レール曲げ応力は大きくなるためである。一方、1m程度の波長の凹凸において、動的輪重の大きさは軌道の剛性と車両のばね下質量の影響が大きく、支持剛性が大きいと動的輪重すなわち外力が大きくなり、その結果レール曲げ応力も大きくなる。全体としては、軌道の支持剛性が小さいと動的輪重が小さく、道床バラストの保守等の面からは有利になると考えられるが、レールの曲げ疲労の面からは不利になる。ただし、実在する凹凸はいくつかの波長が混在するため、実際の波長を含めた形状を把握し、実在する凹凸のレール曲げ応力への影響を検討することが重要である。

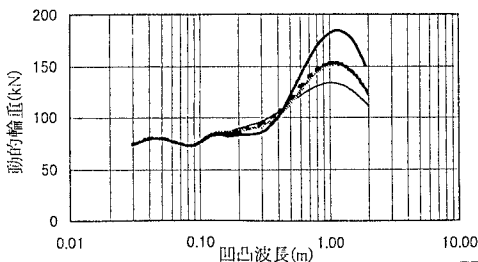


図4 軌道の支持剛性と動的輪重の関係

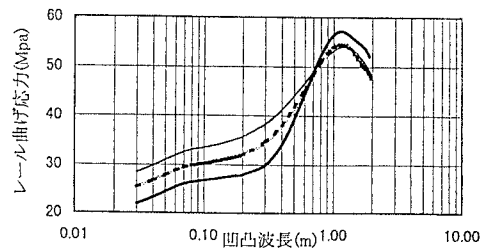


図5 軌道の支持剛性とレール底部曲げ応力の関係

参考文献

- 1) 石田誠, 阿部則次: レール頭頂面凹凸と溶接部曲げ疲労の関係, 鉄道総研報告 4-7, 1990.7
- 2) 石田誠, 高尾賢一, 長藤敬晴: レール溶接部曲げ疲労に与える軸力の影響, 土木学会第51回講演概要集 1996
- 3) 三浦 重: 軌道構造の動特性モデルの構築, 鉄道総研報告, 9-12, 1995.12
- 4) 石田誠, 三浦 重, 河野昭子: 軌道動的応答モデルとその解析結果, 鉄道総研報告 11-2, 1997.2

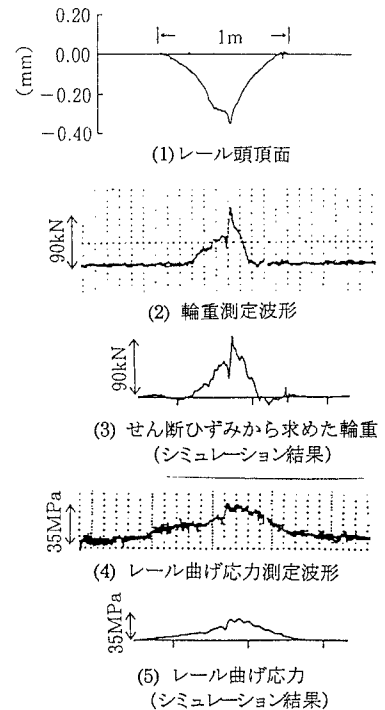


図2 実測データとシミュレーション結果（スラブ）

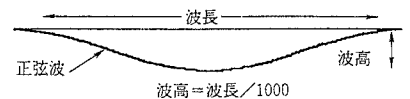


図3 凹凸波形