

レール継目部の動的応力解析に関する基礎的検討

○鉄道総合技術研究所 正会員 片岡宏夫
 鉄道総合技術研究所 正会員 阿部則次
 鉄道総合技術研究所 若月 修
 鉄道総合技術研究所 正会員 及川祐也

1. はじめに

定尺レールの疲労寿命を推定するためには、列車条件、軌道条件に応じて発生するレール継目部応力を明らかにする必要がある。著者らは既にレール継目部の静的载荷試験、現地試験および静解析を実施し、それらの結果よりレール継目部の寿命推定法を提案した⁽¹⁾。さらに各種条件下における定尺レールの疲労寿命推定精度を向上させるために、レール継目部周辺の動的応力解析法の構築を行った。作成した輪重変動を計算する梁モデルについて、静的载荷試験および動的载荷試験の結果を用いてその妥当性を検討した。

2. レール継目部のモデル化

動的応力解析モデルは、有限要素梁モデルを用いて輪重変動を計算し、ソリッドモデルにその荷重履歴を与えて応力変動を求める構成とした。解析モデルを図1に示す。

梁モデルについては、レールを Euler 梁、まくらぎを質点とし、レール／まくらぎ間とまくらぎ／固定点間をばねーダンパで結合した。レールを梁でモデル化した場合に、レールと継目板の組立部材である継目部についてのモデル化が問題となるが、ここでは継目板を Euler 梁とし、レールとばねで結合するモデルとした。このモデルは、レール継目部におけるレールの不連続性を表現することができる。また、試験結果との比較のために、レール一般部の梁モデルも作成した。

3. 静的载荷試験結果との比較

図1の梁モデルについて妥当性を検討し、レール／継目板間のばね定数を求めるために、以前に実施したレール一般部と継目部の静的载荷試験結果⁽¹⁾との比較を行った。試験軌きょうの諸元を表1に示す。各まくらぎはバラストマットを介して固定台に設置されている。試験における垂直荷重は 100kN である。レール変位とレール底部曲げ応力について、以下の手順に従い検証した。

(1) レール一般部のレール変位の試験値と解析値を比較してレール

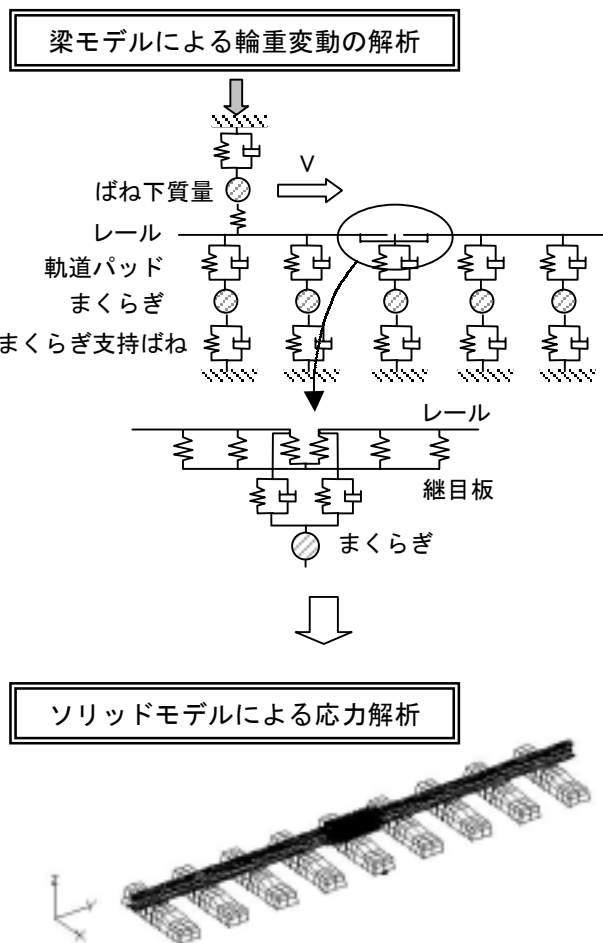


図1 解析モデル図

表1 試験軌きょうの諸元

項目	値
レール種別	50 kgN レール
締結装置	一般部 9 形(50N 用)
	継目部 継目用締結装置 (50N 用)
軌道パッドばね定数	110 MN/m
まくらぎ種別	一般部 PC まくらぎ 6 号
	継目部 大判木まくらぎ
まくらぎ本数	9 本
締結間隔	600 mm
まくらぎの支持ばね定数	58 MN/m
継目ボルト緊締トルク	500 N・m

キーワード：レール継目部、レール応力、梁モデル、载荷試験

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

支持ばね定数を求めた。

(2) (1)より得られたレール支持ばね定数を用い、レール／継目板間のばね定数をパラメータとしてレール継目部の静解析を行い、試験値と比較した。その結果より、レール／継目板間のばね定数を求めた。

レール端部からレール長手方向に 30mm および 280mm の位置に载荷した場合のレール継目部の解析値と試験値を図 2 に示す。継目板を 8 要素に分割したときのレール／継目板間のばね定数が 10GN/m のときに、载荷点近傍である 280mm 位置の曲げ応力の解析値は試験値と比較し 12%程度の誤差内に収まっていた。

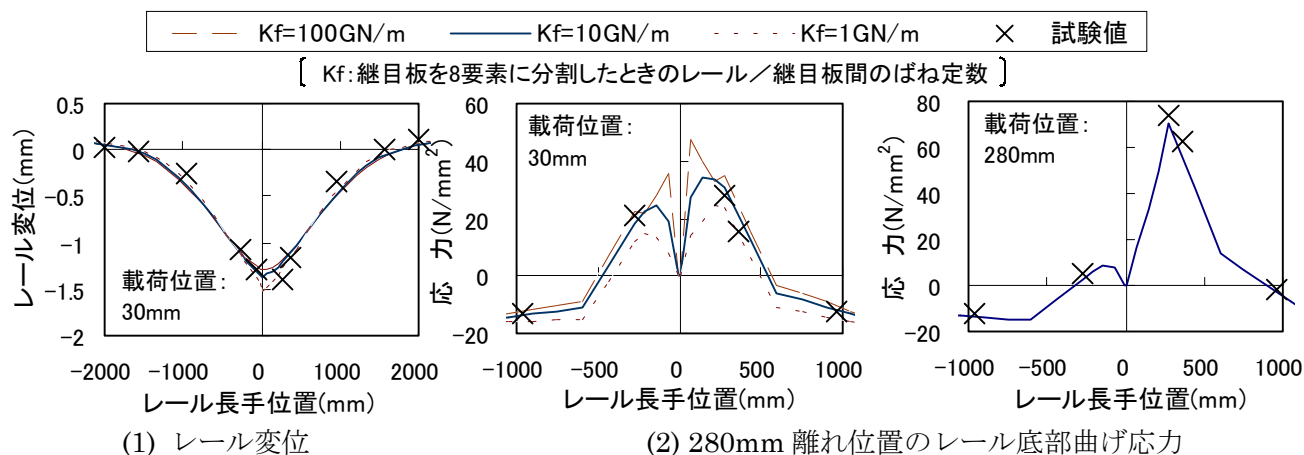


図 2 レール継目部の静的载荷試験結果と解析値の比較

4. 動的载荷試験結果との比較

表 1 の試験軌きょうに対して油圧装置を用いて正弦波と矩形波の加振を実施し、梁モデルの動的な検証を行った。試験条件を表 2 に示す。矩形波は完全な矩形ではなく、図 3 に示すような変動を生じた。

3 章で求めたばね定数を用い、まくらぎ支持部の減衰係数をパラメータとして動的解析を行った。軌道パッドの減衰係数は $0.098 \text{ MN} \cdot \text{s/m}$ とした。レール一般部の正弦波の試験値と解析値を比較した結果、まくらぎ支持部の減衰係数は $0.1 \text{ MN} \cdot \text{s/m}$ 程度が妥当な値であった。その値を用いて矩形波に対する解析を行った結果、図 4 に示すように曲げ応力はピーク値で 7%の誤差があり、波形に関しては概ね一致した。

表 2 動的载荷の試験条件

項 目		値
正弦波	荷 重	$60 \pm 40 \text{ kN}$
	周波数	40 Hz
矩形波	荷 重	$40 \pm 30 \text{ kN}$
	周波数	0.1 Hz
载荷位置		レール端部から レール長手方向に 30 mm

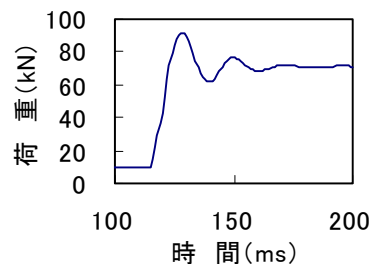


図 3 矩形波荷重履歴

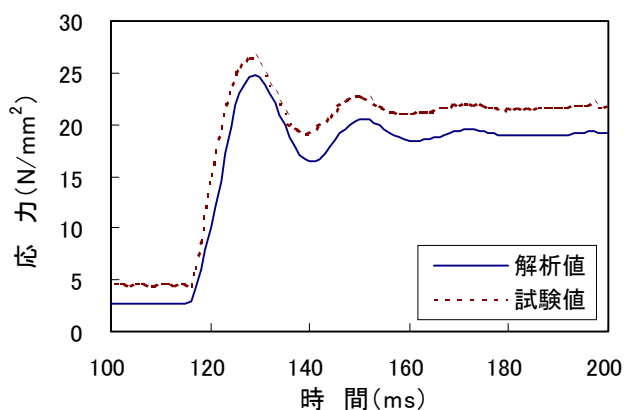


図 4 矩形波による 280mm 離れ位置の底部曲げ応力（レール継目部）

5. まとめ

レール継目部の動的応力解析モデルを構築し、梁モデルの解析値を静的および動的载荷試験結果と比較してその有効性を確認した。今後は、ソリッドモデルのボルト穴周辺応力の検証を行い、現地試験の結果を用いてモデルの定量化を進める予定である。

[参考文献]

1) 片岡宏夫他：レール継目部の発生応力と疲労寿命推定，鉄道総研報告，Vol.15，No.4，2001.4