

経年ロングレールの余寿命評価

鉄道総研	正会員	○弟子丸 将
鉄道総研	正会員	△片岡 宏夫
鉄道総研	正会員	×阿部 則次
鉄道総研		○大野 宗伸

1. 目的

現在、各鉄道事業者において、軌道保守に関する省力化およびメンテナンス技術開発等、運営コストの低減への取り組みが進められている。

本研究では、レール関係のメンテナンスコストの低減およびロングレールの交換周期の延伸を目的として、現場に敷設されて相当の累積通過トン数（以下「累積通トン」とする）を経過した経年レール溶接部の曲げ疲労試験を実施し、S - N曲線を作成してその余寿命および全寿命を評価するとともに、通トン交換を延伸するための管理手法について検討した。

2. 経年レール溶接部の曲げ疲労試験

レールの疲労寿命を推定するには、室内試験によりレールに発生する応力と破断に至るまでの繰返し数を把握する必要がある。本研究では、新幹線で平均累積通トン 3.8 億トン、在来線で平均累積通トン 5.4 億トンまで使用された一般区間の経年レール溶接部のレール試験片を収集して曲げ疲労試験を実施した。

その結果、図1に示すように母材部の破断が多く、各溶接種別の試験結果は同程度であった。これは錆による影響が大きいためと考えられる。一方新幹線と在来線では試験結果に差が認められた。そこで溶接種別は分類せず、新幹線と在来線のデータを分類して余寿命算出のための経年レールのS - N曲線を推定することとした。

3. S - N曲線の決定

曲げ疲労試験の結果を用いて、小標本に適用可能な重み付きプロビット法¹⁾により各繰返し数における平均疲労強度を算出した後、平均疲労強度を重み付き最小二乗法で回帰することにより新幹線および在来線の50%破壊確率S - N曲線を推定した。なお、各繰返し数における疲労強度は変動係数（標準偏差 / 平均値）一定の正規分布で、S - N曲線は最小疲労限度の点を必ず通る折れ線であると仮定した。また新幹線の経年レールではフラッシュ溶接、在来線の経年レールではテルミット溶接の静的破断強度に相当するデータを20本分考慮した。

S - N曲線の推定に際して、本試験で得られた疲労試験結果は、試験レールの累積通トンや凹凸状況にばらつきがあるため、

キーワード レール、疲労、溶接、S - N曲線、余寿命

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 （財）鉄道総合技術研究所 軌道構造 TEL 042-573-7275

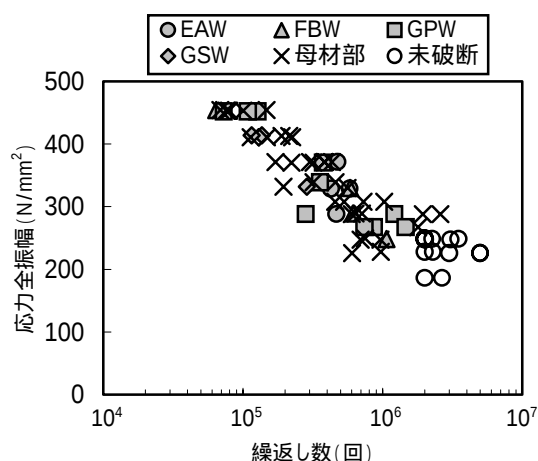


図1 曲げ疲労試験結果（溶接種別毎）

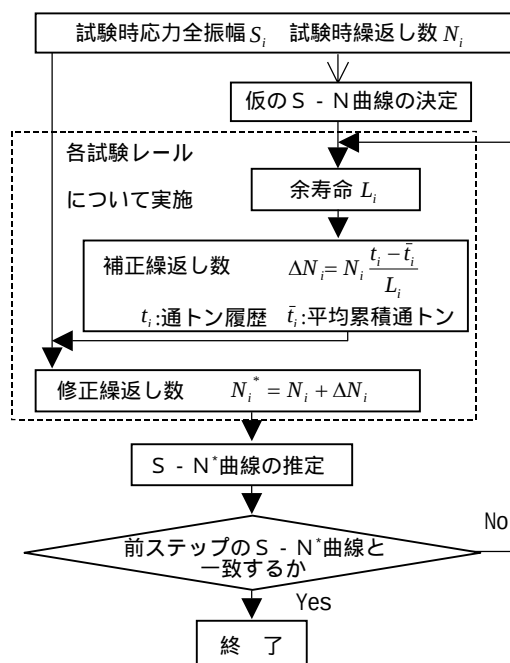


図2 平均累積通トンからの
S - N曲線推定フローチャート

異なる疲労履歴を受けている。そこで、データを同じ累積通トンに揃えるため、図2に示す手順により疲労試験結果を補正し、新幹線と在来線の試験レールの平均累積通トンからの余寿命を表すS-N曲線を推定した。得られた新幹線および在来線の50%破壊確率S-N曲線を図3に示す。

4. レール疲労寿命の推定

3節で得られた経年レールの余寿命の50%破壊確率S-N曲線を用いて、図4のフローチャート²⁾に従って疲労寿命を推定した。

(1) レール疲労寿命の推定方法

疲労寿命を推定する際に必要となる0.1および0.01%破壊確率S-N曲線の算出は、変動係数と標準偏差では標準偏差を一定とした方が安全側の評価となる³⁾ことから、標準偏差を一定として50%破壊確率S-N曲線より求めた。

疲労試験前に測定した在来線の削正履歴のないレールの100mm弦凹凸量と累積通トンの関係を結果を図5に示す。累積通トンは数億トンに達しており、得られる凹凸進み量は信頼性が高い。よって在来線ではエンクローズアーク溶接部の100mm弦の凹凸進みを0.1mm/億トン、それ以外の溶接種別の凹凸進みを0.05mm/億トン程度とした。新幹線では凹凸進みを従来通り0.2mm/億トンとした。

各種の新幹線および在来線の軌道構造条件について、凹凸条件を考慮したレール曲げ応力算定式¹⁾を用いてレール溶接部の疲労被害を算定した。その際、溶接部の凹凸量は列車荷重の累積に比例して増加し、レール削正によって減少するものとした。

(2) 推定結果

推定した在来線のレール疲労全寿命の例を図6に示す。なお軌道構造条件は、新幹線がバラストマット有りの有道床軌道、在来線がエンクローズアーク溶接の凹凸進みを想定した浮きまくらぎ有りの有道床軌道である。この結果より、0.1mm/億トンの削正を行うことにより削正なしの場合と比較して3億トン程度の寿命延伸の可能性が認められた。

5. まとめ

本研究では経年レールの疲労試験結果から平均累積通トンからの余寿命を表すS-N曲線を推定し、経年レールの全寿命を推定した。なお、疲労寿命推定法は中間マイナー則などの仮定に基づいており、更新周期の延伸に際しては慎重に進めていく必要がある。

参考文献

- 1) 西島敏：少標本疲労データの統計解析，日本機械学会論文集A編，46巻412号，1980年，pp.1303～1313
- 2) 阿部則次他：レールの寿命延伸法の開発，（財）鉄道総合技術研究所，研究開発テーマ報告，No. V35007Q，1998年6月
- 3) 阿部則次他：レール継目部，溶接部の疲労限度値と軸重，速度との関係の研究，（財）鉄道総合技術研究所，研究開発テーマ報告，No. V35007Q，1998年6月

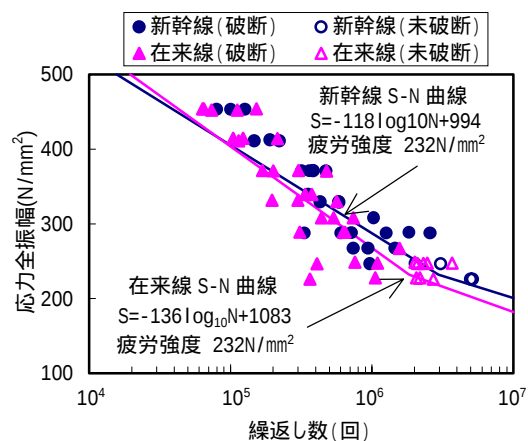


図3 経年レールの余寿命の50%破壊確率S-N曲線

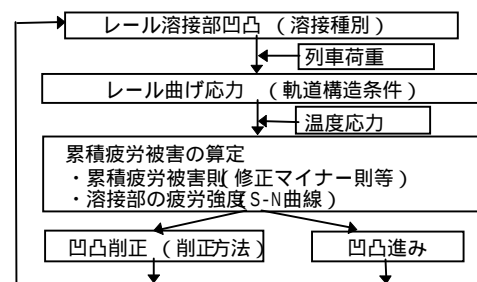


図4 疲労寿命予測のフローチャート

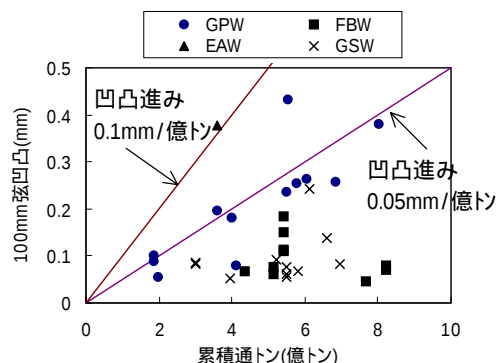


図5 累積通トンと100m弦凹凸量

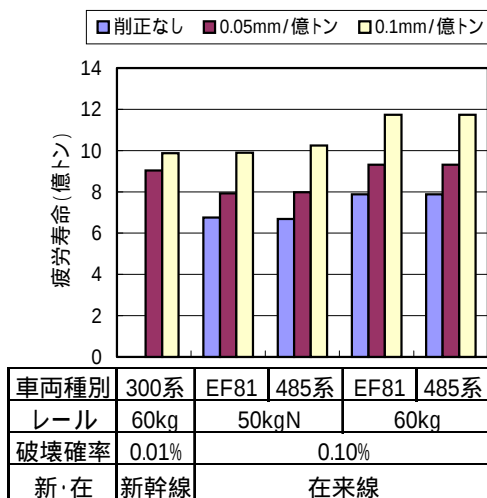


図6 疲労全寿命推定結果の例