

山陽新幹線におけるレール疲労寿命に関する研究

鉄道総合技術研究所	正会員	高尾 賢一
西日本旅客鉄道(株)	正会員	前田 洋明
鉄道総合技術研究所	正会員	阿部 則次
同 上	正会員	石田 誠
同 上	正会員	長藤 敬晴

1. はじめに

レールの更換基準は、レール溶接部の疲労寿命から定まる通トン基準、シェリングや溶接部等の損傷に関する基準、レールの側摩耗量に関する基準等がある。現在、山陽新幹線では、レールの敷設時期が同一であるため、通トン基準により計画的にレール更換を行っている。このため、レールの疲労寿命の延伸が大きなコスト削減につながると考えられる。

レール溶接部の疲労寿命の推定については、修正マイナー則を用いたシミュレーションが提案されている¹⁾が、本研究では、山陽新幹線の60kgレールに関する実測データを基に、レール溶接部の疲労寿命について検討したので、その結果を報告する。

2. 実測データとシミュレーション計算条件

今回のシミュレーションにおける計算条件等を実測データを踏まえ下記により決定した。

(1) 溶接部の凹凸形状

溶接部の凹凸形状の分布と列車荷重载荷に伴う凹凸進みを把握するため、削正後の通トンごと（削正直後、削正後約 2,000 万トン、約 4,000 万トン、約 6,000 万トン）及び溶接種別毎に 64 点を選定し、凹凸形状を測定した。しかし、溶接の個体差による形状の差が大きく、载荷履歴ごとの凹凸進みを把握することはできず、今後更に継続してデータを収集することとした。

凹凸進みについては山陽新幹線小郡地区で、平成4年9月と平成6年1月に行われた溶接部凹凸追跡調査結果（図-1）及び既往の報告²⁾を参考に、比較的凹凸進みの速い場合を想定し 20cm 弦で 1 億トン当たり 0.2mm とした。

また、凹凸形状の初期値は仕上がり基準の最大値を考慮し 0.3mm とした。

(2) 軌道動的シミュレーションによるレール応力の推定

軌道動的シミュレーションモデル³⁾を用いレール発生応力の推定を行うために、山陽新幹線広島～新岩国間の有道床区間及びスラブ軌道区間の溶接部計 14 点の凹凸形状およびレール応力を測定した。測定データのうち有道床軌道のエンクローズアーク溶接とスラブ区間のガス圧接溶接の測定結果を用いて、レール頭頂面凹凸を入力として、シミュレーションモデルのパラメータの同定を行った。シミュレーション結果と実測データの波形は非常によく一致（図-2）しており使用したモデルの妥当性が検証され

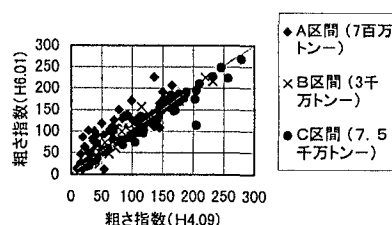


図-1 溶接部凹凸進み
(H4-H6、通トン23百万トン、有道床軌道)

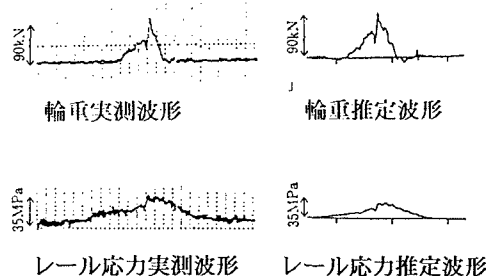


図-2 輪重・レール応力の推定結果の例
(スラブ、ガス圧接溶接)

キーワード : 山陽新幹線、シミュレーション、凹凸形状、現地測定

連絡先 : 国分寺市光町2-8-38

電話 0425-73-7275

FAX 0425-73-7296

た。また、レール曲げ応力も、シミュレーション値が測定値の最大値程度となっており、レール寿命推定に当っては安全側となっている。

本シミュレーションモデルは、溶接部の凹凸形状を入力としてレール応力を推定しているが、寿命推定モデルでは溶接部の凹凸をレール溶接部の1m弦の凹凸と溶接部の局部凹凸の大きさで表現している。このため種々のレール凹凸形状に対して発生する応力を、1m弦の凹凸と溶接部の局部凹凸形状で重回帰分析を行った（表-1）。

発生応力の標準偏差については、現地測定試験がレールと車輪の接触条件、静止輪重等の主に車両の個体差によるものをばらつきを示していると考え実測値の最大標準偏差の4MPa程度、

（同一凹凸パラメータに対する）凹凸形状のばらつきとして、重回帰分析のばらつき分2～3MPaを考慮した。レール曲げ応力を正規分布と仮定し、その分布の標準偏差を5～6MPaとした。

(3) 削正条件

スベノ車の削正パス数ごとの凹凸形状の測定結果から、16頭式スベノ車の20cm弦での削正効果を、6パスで平均0.06mmとした。

(4) その他

レール削正周期は、現行の削正周期を考慮し、通トン6千万トン毎を基本とした。また、山陽新幹線開業以来敷設されているレールについても载荷履歴を4億トンとして溶接部の残存寿命も推定することとした。温度応力については、年間の1/4の期間だけ100MPaの引張応力が働くものとした。

3. 疲労寿命推定結果

前述の基本的な条件での疲労寿命推定結果の例を図-3に示す。この結果、载荷履歴の有無に関わらず累積通トン6千万トン毎に0.06mmの削正を実施すれば、レールの通トン寿命を現行の6億トンから8億トンに延伸できることがわかった。なお、この際の破壊確率0.01%は、削正を行わない際の疲労寿命が現行の通トン基準と概ね一致すること等から妥当であると考えられる。

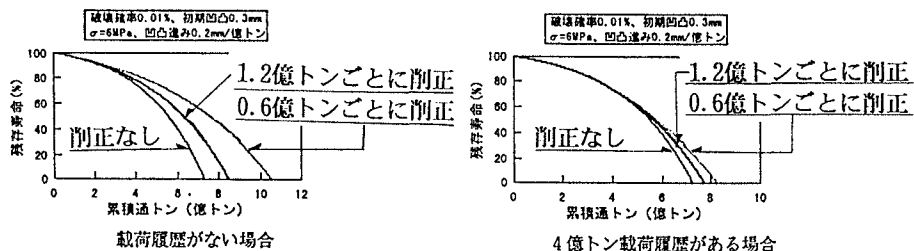


図-3 レール寿命の推定結果の例

4. 今後の課題

レールの通トン基準の延伸を実務に反映するためには、運転保安上の問題を防ぐ諸施策を検討する必要がある。これらは、レール削正の深度化のみならず、例えばフラッシュバット溶接等の導入によるレール溶接の品質向上や、高性能レール探傷車の導入によるレール傷管理の深度化、更には軸箱加速度等による異常凹凸の管理等であり、今後具体的手法を検討する必要がある。

参考文献

- 1) 阿部他；「レール寿命延伸のための溶接部凹凸管理」、鉄道総研報告8-11、1994、11
- 2) 阿部他；「レール溶接部凹凸状態に関する一考察」、鉄道技術研究所速報、No.A-8-49、1984、3
- 3) 石田他；「軌道動的応答モデルとその解析結果」、鉄道総研報告、第11巻第2号、1997、2