

レール溶接部の頭頂面凹凸量の実態調査と列車走行時に発生する曲げ応力

鉄道総合技術研究所 正会員 ○細田 充
 鉄道総合技術研究所 正会員 水谷 淳
 鉄道総合技術研究所 正会員 山本隆一

1. はじめに

経年レールの疲労寿命による累積通過トン数交換周期を決めるには、輪重変動に影響するレール溶接部の凹凸量が重要となる。過去に新幹線軌道の寿命評価をした際には、レール溶接部の凹凸進みを100mm弦で0.2mm/億トンとしている。しかし、近年、レール削正車の増備や溶接金属の耐摩耗性が向上していることから、凹凸進みが改善されていることが想定される。そこで、新幹線における溶接部のレール凹凸量の測定を行い、凹凸量およびその進みの実態を把握することとした。さらには、測定されたレール凹凸進みを参考に、輪重変動解析を行い、発生するレール曲げ応力の推定を行った。

2. 新幹線の営業線におけるレール溶接部の凹凸測定

調査は、様々な累積通過トン履歴のあるレール溶接部の中でもレール削正前後や、最大で前回削正から3年程度の期間を経たレール（前回削正から最大6000万トン程度の通過トン数）等を対象に実施した。調査の概要を表1に示す。凹凸削正は基本的に6000万トン毎に削正が行われている。さらに都市近郊のレールに対しては、騒音対策の観点からより早い周期での削正も実施されている。測定にはデジタル凹凸測定器を用いて、1m弦の凹凸の測定を行った。凹凸形状のイメージを図1に示す。測定の結果レール溶接部の凹凸形状のパターンとして以下の2つがあった。

- ・形状a：下方方向に1m弦の凸および下側に100mm程度の弦の凸があるもの。
- ・形状b：上方方向に1m弦の凸および下側に100mm程度の弦の凸があるもの。

過去の調査では特に100mm弦で測定される凹凸量が列車通過時の発生応力に影響するとされており、まずは、本測定でもその値に着目して整理を行った。図2に各レール溶接部の累積通過トン数と100mm弦凹凸量の関係を示す。今回の測定結果では累積通過トン数に関わらず100mm弦凹凸量の最大値は約0.15mmであった。また、敷設直後のレールでは最大で0.07mm程度の凹凸量であった。初期の凹凸量にはばらつきがあるものの、初期の凹凸量を0mmと考え、図2に示すように、0.05、0.10および0.20mm/億トンで設定した直線と測定値との関係を調べたところ、削正を含んでいるものの0.05mm/億トンの凹凸進みの結果に

表1 調査したレール頭頂面凹凸部の概要

No	測定数	前回削正からの通過トン数(万トン)	累積通過トン数(万トン)
1	54	0~4350	600~28800
2	31	5185~6460	41700~
3	63	0~351	61174
4	32	5200~6125	15000~54200

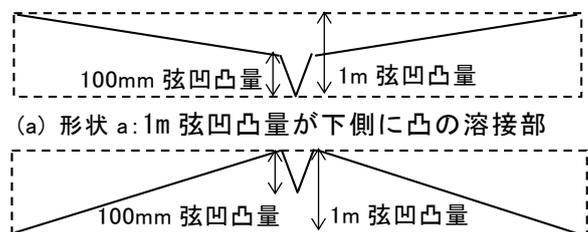


図1 測定された溶接部の凹凸形状のパターン

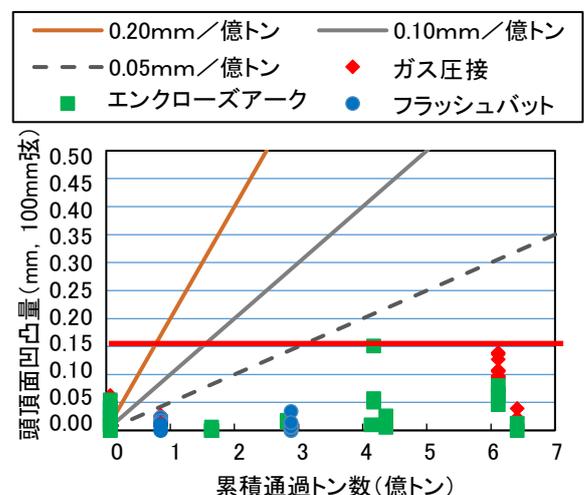


図2 累積通過トン数と凹凸量の関係

キーワード レール溶接部、輪重変動、レール曲げ応力

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 TEL 042-573-7272

全てのデータが収まっていることがわかる。すなわち、今回調査した溶接部では、0.05mm/億トン以上の凹凸進みとなるケースはなく、かつ、それより相当小さい値で管理されていることがわかる。さらに、形状 a および形状 b それぞれにおいて、1m 弦凹凸量と 100mm 弦凹凸量との関係を整理した。全溶接部における 1m 弦凹凸量および 100mm 弦凹凸量との関係を図 3 に示す。今回調査した 179 の溶接部の中で、各形状を分類した結果、形状 a, b の割合は、それぞれ約 1 : 2 であった。1m 弦の凹凸量が下側に凸の場合、1m 弦および 100mm 弦凹凸量でそれぞれ最大 0.27mm および 0.14mm となっている。一方で上側に凸の場合、1m 弦および 100mm 弦凹凸量でそれぞれ最大 0.45mm および 0.12mm となっている。1m 弦では上側の凹凸量の方が最大値としては大きくなっている。新幹線軌道の場合、溶接した際の仕上りの基準として、1m 弦の上側に 0.3mm および下側に 0.1mm 内に収めるため、その基準も形状に影響していることが考えられる。

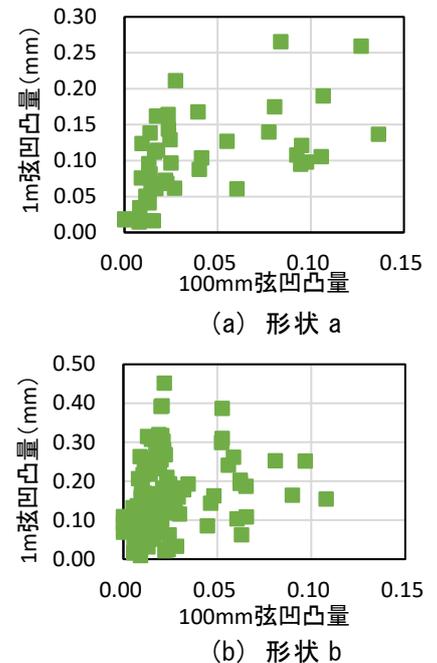


図 3 全溶接部の凹凸データ

3. レール溶接部の輪重変動解析および発生する曲げ応力

測定した 179 の溶接部の凹凸形状を解析条件として輪重変動解析²⁾を実施し、レール曲げ応力と凹凸量との関係を検討することとした。表 2 に解析条件および図 4 に 1m 弦および 100mm 弦凹凸量と解析から算出されるレール曲げ応力の関係を示す。過去の検討でも、形状 a においては、下側の凹凸量が大きくなれば、レール曲げ応力も増大することが認められているように、これらの図でもその傾向が認められる。一方、1m 弦の上側に凸の場合にも、下側の凸と同様に凹凸量が大きくなるに伴い、レール曲げ応力も増大している。また、形状 b では、凹凸量の応力に対する影響は、100mm 弦の凹凸量よりも 1m 弦の凹凸量の相関が高い傾向となる結果となった。今回の解析結果では、いずれの凹凸形状および凹凸量の範囲において、50MPa 以下の応力にとどまっており、明かり区間の実レールの疲労限度 220~240MPa と比較して非常に小さいことがわかる。新幹線では疲労寿命を考慮した定期交換が行われているが、この程度の凹凸量で頭頂面を管理することができれば、底部腐食を管理する必要はありつつも、曲げ疲労によるレール破断が発生する可能性は低いと考えらる。

表 2 解析条件

車両条件	N700 系
列車速度	260km/h
静止輪重	55kN
レール	60kg
軌道構造	スラブ軌道

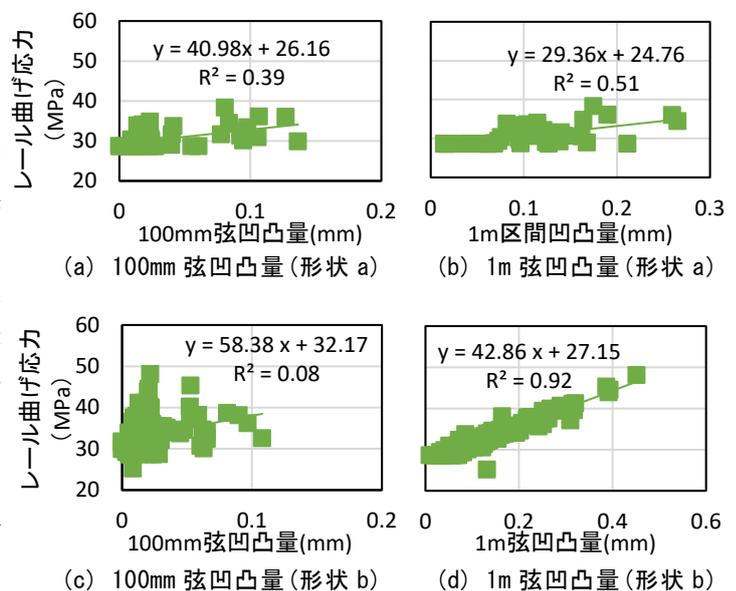


図 4 レール曲げ応力と凹凸量の関係

4. まとめ

新幹線におけるレール溶接部の頭頂面凹凸量の調査およびそれらを考慮した輪重変動解析で列車通過時のレール曲げ応力を推定し、対象とした条件では、小さいレール曲げ応力で管理されていることが分かった。

参考文献

- 1) 弟子丸ら：経年ロングレールの疲労寿命推定，鉄道総研報告，Vol.20，No.4，2006
- 2) 石田ら：軌道動的モデルとその解析結果，鉄道総研報告，Vol.11，No.2，1997