

## IV-267 レール溶接部曲げ疲労に与える軸力の影響

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 高尾賢一  
 鉄道総合技術研究所 正会員 長藤敬晴

### 1. はじめに

現在、ロングレールの疲労寿命を決めている主な要因は、レールシェリング等のころがり接触疲労とレール溶接部の曲げ疲労であり、このうち、レール溶接部の曲げ疲労はレール頭頂面凹凸によって発生する輪重変動の影響が大きく、ロングレールの経年交換の標準はこの面から検討された。ここでは、これまでに構築してきたレール曲げ疲労寿命推定法に温度応力等による軸力を考慮できる機能の付加と、その軸力の影響について述べる。

### 2. 寿命推定法

#### 2. 1 レールに発生する曲げ応力

これまでの寿命推定法<sup>1,2)</sup>においては、疲労強度を評価する平均応力と変動応力のうち、平均応力を特に評価せずに疲労試験で求めたS-N曲線と変動応力にあたる列車荷重によるレール曲げ応力を用い、マイナー則等の疲労被害則により寿命を推定してきた。レール曲げ応力については、在来線の実軌道に凹凸を人工的に設定し、実車走行により測定した結果を図1に示す。ここでは、一つの凹凸形状における一つひとつの車輪とレールの接触条件等の違いが主な原因であるレール曲げ応力のバラツキを正規分布と仮定した。また、凹凸進みについてはこれまでの調査結果から通トン1億トンあたり0.1mm程度と見積もっているが、さらに調査を継続し精度向上を図っている。

#### 2. 2 S-N曲線

##### (1) 実験により求めたS-N曲線

図2にゴールドサミット溶接部のS-N曲線を示す。求めた図の試験条件は、最小応力を30MPaとした片振りで、図は変動応力の全振幅と破断までの繰返し数の関係を示している。ここで、試験条件の最小応力は実軌道においては軸力により発生している応力と見なすことができることから、軸力を考慮するためには、この最小応力を想定する軸力による応力に修正したS-N曲線を求める必要がある。

##### (2) 軸力を考慮するための修正

以下に、軸力を考慮するためのS-N曲線の修正について述べる。

実験における最小応力を $\sigma_{\min}$ 、応力全振幅をSおよび破断に至る繰返し数をNとした時のS-N曲線を

$$S = a - b \log_{10} N \cdots (1)$$

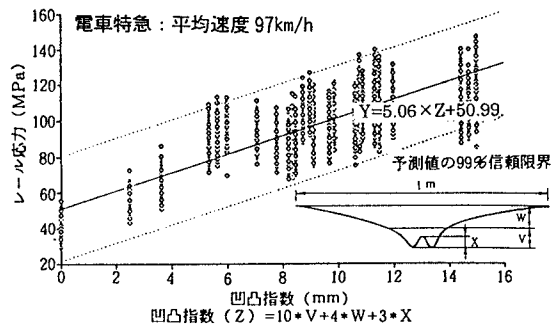


図1 レールに発生する曲げ応力

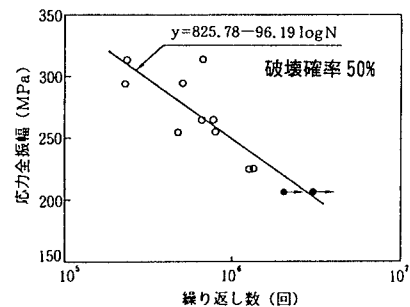


図2 ゴールドサミット溶接部S-N曲線

とする。

ただし、 $a$ 、 $b$ は実験によって求められる係数。

同様に、軸力による応力 $\sigma_I$ 、応力全振幅を $S'$ および破断に至る繰返し数を $N$ とした時の $S-N$ 曲線を

$$S' = a' - b' \log_{10} N \cdots (2)$$

と仮定する。

ただし、 $a'$ 、 $b'$ は仮定した係数。

そこで、これらの関係は図3に示す耐久限度線図 $\sigma_a - \sigma_T$ 線図において、繰返し数 $N$ の時の時間強度を $\sigma_{WN}$ 、真破断強度を $\sigma_T$ とすると次式が成立する。

$$\frac{S/2}{\sigma_{WN}} = 1 - \frac{\sigma_{tmin} + S/2}{\sigma_T} \cdots (3)$$

$$\frac{S'/2}{\sigma_{WN}} = 1 - \frac{\sigma_I + S'/2}{\sigma_T} \cdots (4)$$

(1)、(3)および(4)式より、(2)式は

$$S' = \frac{\sigma_T - \sigma_I}{\sigma_T - \sigma_{tmin}} (a - b \log_{10} N) \cdots (5)$$

となる。

### 3. 計算結果

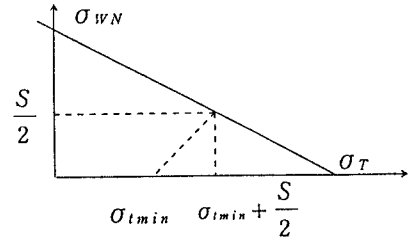
(5)式を用いて軸力を考慮した $S-N$ 曲線を求め、それを用いて軸力の影響を検討した結果を図4に示す。図より、60レール、列車速度110km/hおよび破壊確率1%の場合においては、引張側の軸応力の値が大きくなると、疲労寿命はほぼ比例して短くなることが明らかになった。ただし、ここでは温度応力による軸力としての年変化は考慮されていない。

### 4. まとめ

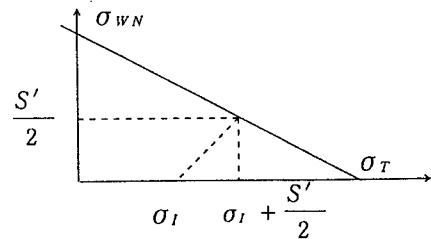
レール曲げ疲労寿命の推定について軸力が考慮できる機能等が付加され、推定精度の向上が図られているが、さらに温度応力の年変化および軸力と同様な平均応力として作用するとされる残留応力等を考慮することを検討している。

### 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) 阿部則次ほか: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



(1) 最小応力 $\sigma_{tmin}$ の場合



(2) 軸応力 $\sigma_I$ のを仮定した場合

図3  $\sigma_a - \sigma_T$ 線図

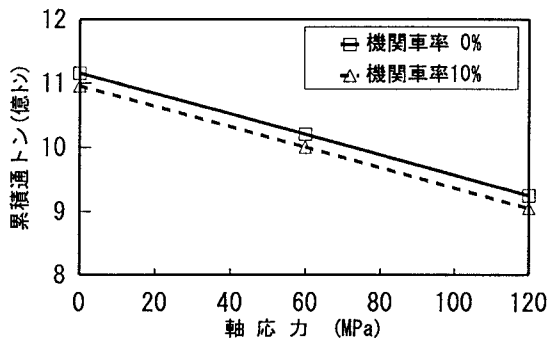


図4 溶接部曲げ疲労に与える軸力の影響

(60レール, 列車速度110km/h, 破壊確率1%)