

N-31 レールの応力と耐久性

国鉄 鉄道技術研究所 正員 工博 佐藤 裕, 正員 O 佐藤 嘉晃

レールのき損で重要なものに継目ボルト孔からレール長さ方向に平行またはこれと45°の傾きでき裂が生ずる破端がある。昭和37年度き損統計(本線)をみると、原因別き損割合で破端は全体の58%、後天的原因だけでは80%をしめている。また、すい道内のき損率は一般道床にくらべて約5倍と著しく高く、その原因別き損割合では実に88%が破端である。破端の原因として腹部のパイフあるいは偏析、機械加工によるボルト孔内面の荒れ、継目の保守不良によるボルト孔周辺の異常な高応力、腐食などが考えられるが、ここでは高応力によるレールの疲労について考え、その寿命の算定を行った。

1. レールの疲労強度 レールの寿命を考えるのに一般道床レールとすい道内レールについて図1のSN曲線を用いた。乾燥疲労下限とは乾燥疲労限度のバラツキが普通 $\pm 25\%$ といわれており、これを2 σ と考えた時の3 σ に相当する限度で、これを一般レールの下限としたが、これはレール1000本につき1~2本が折れる疲労限度である。すい道内レールについては普通の腐食環境ではpH3.5、悪いところではpH2.2のSN曲線を用いた。腐食疲労の実験結果でNが小さいとき乾燥疲労の実験結果を上廻っているが、腐食疲労の実験では常時散水しているため冷却効果によったものと考えられ、実際はこれよりも下廻ると思われるのですい道内レールのSN曲線として普通の腐食環境には腐食疲労(pH3.5)と乾燥疲労(錆肌)、悪いところでは腐食疲労(pH2.2)と乾燥疲労(錆肌)のそれぞれ低いところを用いることにした。

2. レールに生ずる応力が正規分布をすると考えた時の疲労寿命 このような応力に対して図1を用いてレールが疲労破壊を生ずるまでの軸数を求めた。この求め方は図2のようなSN曲線と応力の分布を考え、応力 $S_1, S_2, S_3, \dots$ に対する時間強度を $N_1, N_2, N_3, \dots$ とし、 $S_1, S_2, S_3, \dots$ の存在割合を $n_1, n_2, n_3, \dots$ とする(但し全体を1とする)と、マイナーの重複荷重繰返し比の法則から $L(\frac{n_1}{N_1} + \frac{n_2}{N_2} + \frac{n_3}{N_3} + \dots) = 1$ となる軸数 L が得られた時レールは疲労破壊を生ずるとした。ここでいう応力は応力振幅の半振幅で $S_1 = \frac{S_1' + S_1''}{2}, S_2 = \frac{S_2' + S_2''}{2}, S_3 = \frac{S_3' + S_3''}{2}, \dots$ で、 $S_0', S_0'', S_1', S_1'', S_2', S_2'', S_3', S_3'', \dots$ は 2 kg/mm^2 きざみとした。これより応力振幅(半振幅)の平均値 S_m が $6 \sim 20 \text{ kg/mm}^2$ その標準偏差 $\sigma = (0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6) S_m$ なる応力分布に対する各環境の疲労寿命を図3に示す。

3. 継目部応力の現場測定 レールの寿命を推定するため、レール継目孔附近の応力測定を昭和38年3月20~23日に東海道本線高槻駅構内において行った。軌道状態はレールPS50、道床砕石250mm、A型タイプレートばねくぎどめであり、継目の段違い、継目板の新旧、継目ボルトの緊締力の有無による各状態につきボルト孔局部応力を60~120 km/h の速度について測定した。試験列車はEF61, C59, 試験車の1編成、80系、153系の電車各1編成であり、その他営業列車についても測定した。この結果をみると、摩耗継目板でボルト緊締力0の場合に全振幅で引張り $4.2 \sim 28.1 \text{ kg/mm}^2$ 、圧縮 $5.7 \sim 32.0 \text{ kg/mm}^2$ と非常に高い応力を生じ、普通の継目状態の引張り $1.5 \sim 5.5 \text{ kg/mm}^2$ 、圧縮 $5.0 \sim 12.0 \text{ kg/mm}^2$ にくらべて3倍以上で特に引張り応力が高くなっている。新品継目板で緊締力0の場合と、摩耗継目板で所定緊締力の場合には、普

通よりやや大きい程度であるが、腐食環境により疲労限以下となる応力も生じている。新吊継目板で所定緊締力の場合応力は非常に小さい。上り段違い、下り段違いともに応力は普通の継目応力と同程度である。レール応力への速度の影響は上り段違い、列車が対向の場合に速度とともに応力は増加し、下り段違い、列車が対向の場合は減少するが、それ以外は速度の影響が明らかでない。これよりボルト孔局部応力に大きな影響を与えるものはボルト緊締力で、継目板の摩耗状態も影響しているが、段違いの影響は小さいと考えられる。ただ継目がゆるんでさらに上り段違いがあると速度が高くなるにしたがい非常に大きな応力が生じてくると考えられる。営業列車による応力の状態は正規分布に近く、数多くのデータをとるとさらに正規分布に近づくと考えられる。以上から各環境、各継目状態につき、レールの寿命が推定されるが、さらに正確な寿命を算定するにはレールの摩耗量と応力の関係、レールの摩耗進行速度などが必要であるが、これについては現在検討中である。レールのき損を少なくするには、ロングレール化により継目をへらし破端をなくするのがよいが、現段階において、すこしでも破端を減らすには、常にボルト緊締力を正常に保ち、継目板の摩耗を防ぎ、腐食環境をよくすることが必要である。

図1 レールのSN曲線

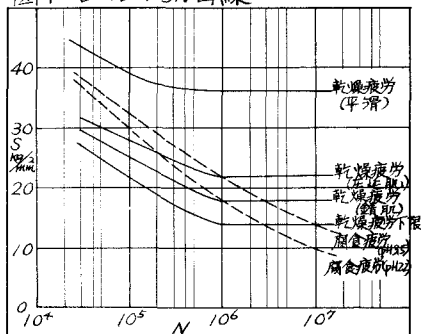


図2 応力が正規分布をするときの寿命を求める方法

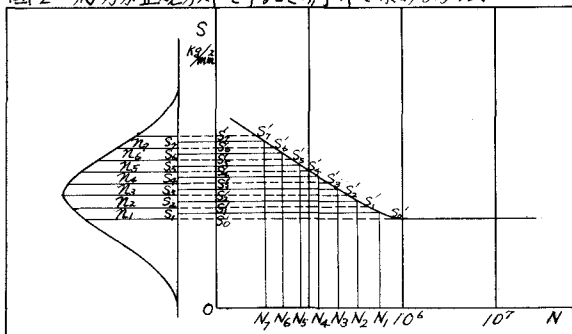


図3-1 一般レール(下限を考慮した場合)

