

腐食および電食レールの余寿命と腐食量の研究

鉄道総合技術研究所 正会員 ○弟子丸 将
 鉄道総合技術研究所 正会員 片岡 宏夫

1. 目的

腐食および電食レールについては、敷設された場所によって腐食環境が様々であり保守管理が非常に困難であるのが現状である。本研究では、腐食および電食レールを収集して曲げ疲労試験を実施し、腐食量と曲げ疲労試験結果の関係について考察するとともに、S-N 曲線を仮定して余寿命を推定した。

2. 腐食および電食レールの曲げ疲労試験

腐食および電食レールの S-N 曲線を推定するため、踏切道内より腐食レールを、腐食環境の著しいトンネル内から電食レールを収集し、曲げ疲労試験を実施して応力全振幅に対する破断に至るまでの繰返し回数の関係を把握した。レールはいずれも 50kgN レールであった。曲げ疲労試験は支点間のスパンを 1300mm、荷点間隔を 150mm の 4 点曲げとした。表 1 と表 2 に曲げ疲労試験の結果を示す。破断位置に着目すると荷点直下の中間位置で破断したレールはわずかであり、いわゆる軌道パッドとの接触位置である締結位置で破断したものがほとんどであることがわかる。

3. 腐食および電食レールの腐食量測定

腐食レールの試験結果は全て過去の研究で実施した在来線の経年レールの S-N 曲線 (S_A -N 曲線と称す。)と海底トンネルに敷設されていた塩害環境下の腐食レールの S-N 曲線 (S_C -N 曲線と称す。)に挟まれた領域にあり、これらの S-N 曲線と同程度の傾きを持つ直線上にばらつきを持って分布しているとみなすことができる(図 1, 図 2)。一方、電食レールは試験本数が少なく、明確な傾向が認められなかった。

試験後、レール表面に付着した錆を除去し、各レールの腐食量(断面減少率、底部厚減少量、底側部腐食量、レール頭側部粗さ)を測定した。図 1 の各試験結果の括弧内に底部厚減少量を示す。腐食レールについては S_A -N 曲線に近い領域に分布しているデータと比較して、 S_C -N 曲線に近いデータの減少量が大きい傾向がみられた。電食レールについては S_C -N 曲線に近い領域に分布した腐食レールの試験結果と同程度の減少量となった。図 2 の各試験結果の括弧内に底側部腐食量を示す。腐食レールについては S_A -N 曲線に近いデータの底側部腐食量が 1.7~3.1mm であったのに対し、 S_C -N 曲線に近いデータの底側部腐食量が 4.3~6.9mm であった。このように、試験結果は底側部腐食量によって 2 つの群に分

表 1 腐食レールの疲労試験結果

応力全振幅 (N/mm ²)	繰返し数 (万回)	破断 未破断	破断位置
286	36.2	破 断	中間位置
224	129.0	破 断	中間位置
163	500.0	未破断	
287	9.9	破 断	締結位置
167	166.8	破 断	締結位置
347	5.5	破 断	締結位置
286	21.6	破 断	締結位置
224	27.2	破 断	締結位置

※ 応力全振幅は、換算後および補正後の値を示す。

表 2 電食レールの疲労試験結果

応力全振幅 (N/mm ²)	繰返し数 (回)	破断 未破断	破断位置
204	7.2	破 断	締結位置
153	4.8	破 断	締結位置
102	500.0	未破断	
179	11.2	破 断	締結位置
122	500.0	未破断	

※ 応力全振幅は、換算後および補正後の値を示す。

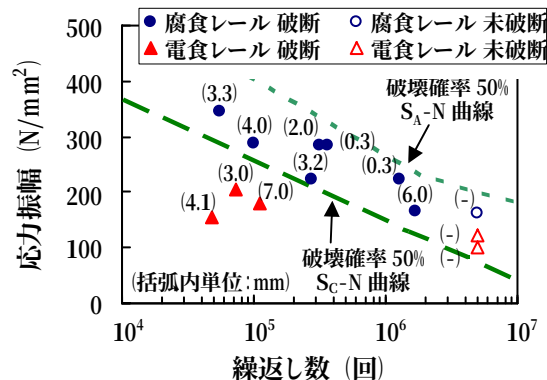


図 1 疲労試験結果と底部厚減少量

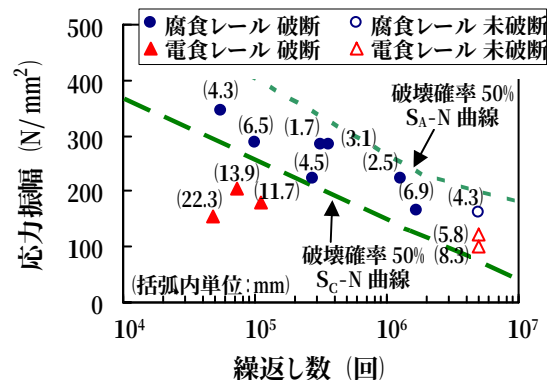


図 2 疲労試験結果と底側部腐食量

キーワード 腐食, 電食, 曲げ疲労試験, 疲労寿命, S-N 曲線, 腐食量

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

類することができ、それぞれの群が S_C -N 曲線とほぼ同じ傾きを有する直線上にばらつきをもって分布しているとみることができる。一方、電食レールについては底側部腐食量が 11.7～22.3mm と腐食レールと比較して大きいことがわかった。底部厚減少量、底側部腐食量ともに疲労試験の結果と相関があるものの、電食レールについては底側部腐食量の影響が支配的であった。なお、断面減少率およびレール頭側部粗さは試験結果との間に明確な相関が認められなかった。

4. 腐食および電食レールの S-N 曲線

底側部腐食量と試験結果との間に相関が認められたことから、本研究では腐食レールの試験結果を底側部腐食量により 2 つの群に分類することとした。腐食および電食レールともに試験本数が少数であることから、プロビット法を適用して S-N 曲線を推定するのは適切とはいえない。そこで、S-N 曲線を図 3 に示すように S_A -N 曲線と S_C -N 曲線に挟まれた領域に位置し、 S_C -N 曲線と同じ傾きを有し、かつそれぞれの群の試験結果より最小二乗法で得た切片を有する直線であると仮定した。一方、電食レールの S-N 曲線については前述の S_C -N 曲線と同じ傾きを有し、さらに底側部腐食量が進展したものと仮定した。

5. 疲労寿命推定結果と腐食量の関係

4 章に示した S-N 曲線を用いて腐食および電食レールの余寿命推定を実施した。腐食レールについては、経過年数および累積通過トン数の増加に伴い底側部腐食量が一定の速度で増加し、それに伴い S-N 曲線も傾きを維持しながら切片が一定速度で低下すると仮定した。また、電食レールについては、底側部腐食量が破断レールの平均で 16mm と十分に大きく、腐食レールと比較して余寿命が小さいことが予想されることから、底側部腐食量の増加を考慮しなかった。余寿命推定に際し、溶接部のレール頭頂面凹凸に応じて発生するレール底部曲げ応力を車両条件および軌道構造条件毎に推定した。図 4 と図 5 に条件毎の余寿命推定結果の例を示す。底側部腐食量が余寿命に及ぼす影響を確認した。

腐食レールについては、減肉の状況が様々であることから、経験に基づく敷設からの年数による交換を推奨しているが、腐食量による管理も実務上一定の有用性があると考えられる。本推定結果は踏切道内で締結位置が減肉する腐食レールについて一つの目安を与えるもので、腐食量による管理を取り入れる場合には実際のレールの腐食状況を確認しつつ経年も考慮することが望ましい。一方、電食レールの余寿命は仮定した条件で全て 1 年を下回った。

6. まとめ

本研究では腐食および電食レールの疲労試験結果と腐食量の測定結果を検討し、その関係を踏まえて余寿命を試算した。今後はさらに試験本数を増やし、余寿命の推定精度を向上することが必要である。

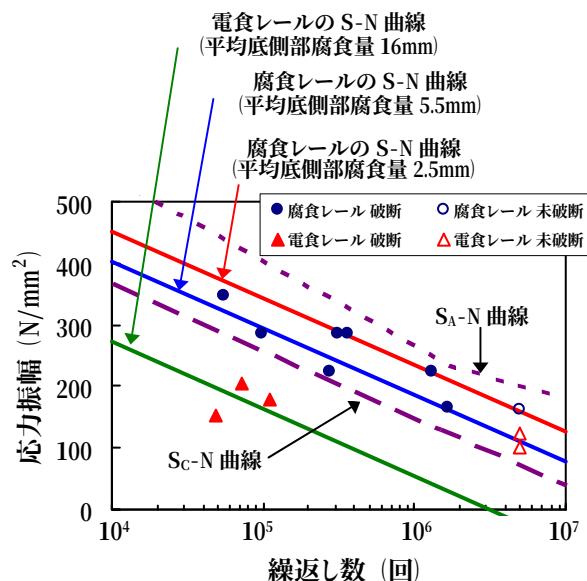
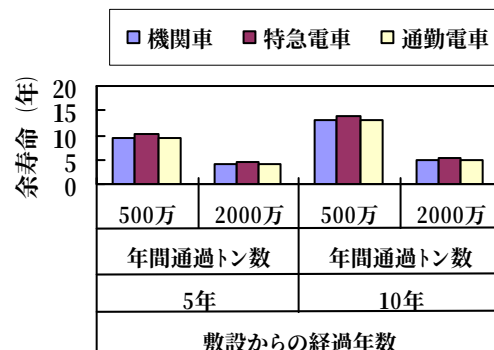
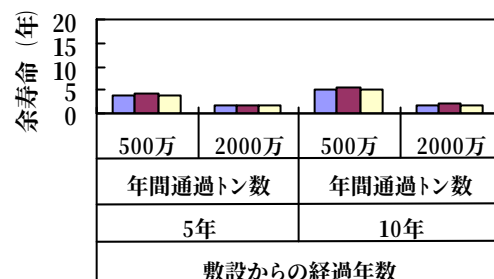


図 3 腐食および電食レールの 50%破壊確率 S-N 曲線



(a) 底側部腐食量 2.5mm



(b) 底側部腐食量 5.5mm

図 4 腐食レールの余寿命 (推定破壊確率 1%)

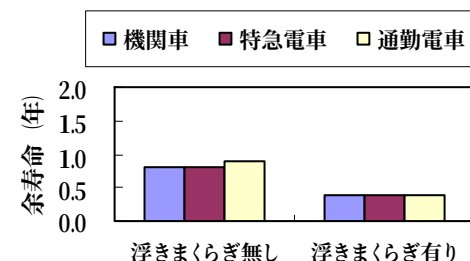


図 5 電食レールの余寿命 (推定破壊確率 1%)