

50N レールと 60kg レールの電食折損に対する有効性の比較

東京地下鉄(株) 正会員 ○星 幸江
 東京地下鉄(株) 渡邊 真一
 (株)日本線路技術 正会員 葛西 亮平

1. はじめに

東京メトロの路線は約 85%がトンネル区間であり、河川下を通る区間では漏水が発生し、トンネル内が常に湿潤状態となっている。そういった環境下ではレール電食が発生しやすく、現場における保守管理上の課題とされている。そのため過去に様々な対策を講じてきたが、電食の発生を防ぐ対策は確立されておらず、断面減少箇所を起点とした亀裂や折損が発生している(写真1)。そこで今回、50N レールと 60kg レールの曲げ剛性の違いに着目し、電食により発生する折損に対しての有効性を比較した。



写真1 底部電食による折損

2. 物理的条件による比較

50N レールと 60kg レールの断面形状を図1、諸元を表1に示す。電食が発生する底部について比較すると、底部断面積と底部上面の傾斜の違いが挙げられる。そのため50N レールと 60kg レールでは、重量が約 1.2 倍になるのに対し、断面 2 次モーメントは約 1.6 倍になっており、重量の増加以上に曲げ剛性が増加していることが分かる。

さらに、底部断面が欠損した状態における 50N レールと 60kg レールの断面 2 次モーメントを計算し比較した(図2)。底部から欠損が深くなるにつれて倍率は高くなり、欠損深さ 15mm で約 1.8 倍となる。レール底部上面の傾斜の違いから、60kg レールの方が面積の減少率が小さく有利になる。50N レールと 60kg レールで断面 2 次モーメントが同じになる欠損深さを比較すると、60kg レールの方が 10mm から 15mm 深くなる。したがって、曲げ剛性の観点から、60kg レールは 50N レールに比べ底部電食による折損に対して有効であることが言える。

3. 電気的条件による比較

電食を防ぐためには漏れ電流を減少させることが重要であり、漏れ電流を少なくするためにはレールの電気抵抗が小さいことが有効である。一般的に簡略化された電気抵抗(R)を算出する式(式1)は、

$$R = \frac{1500}{W} [\mu\Omega/m] \text{ (式1)}$$

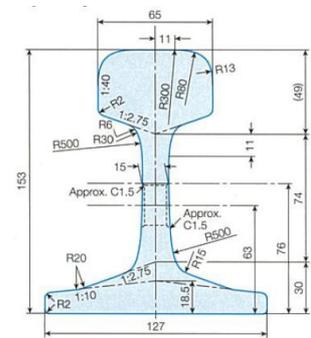
重量(W)によって表わされるため、60kg レールは 50N レールの約 8 割の電気抵抗になり、電食自体の発生についても有利である。

4. 曲げ破断試験による比較

実際に 50N レールと 60kg レールに電食を模擬した

キーワード 電食, レール折損, 曲げ剛性, 曲げ破断試験, 疲労寿命

連絡先 〒110-0015 東京都台東区東上野 5-6-6 東京地下鉄(株) 軌道工事所 TEL 03-3837-7212



50N レールの断面形状

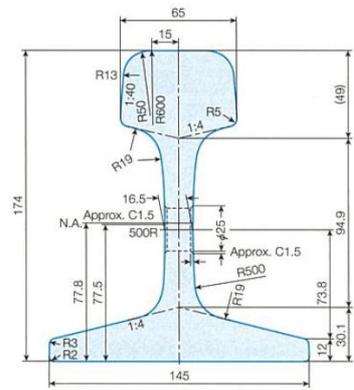


図1 60kg レールの断面形状

表1 50N レールと 60kg レールの諸元

諸元	質量 (kg/m)	断面2次モーメント Ix (cm ⁴)	レール高さ (mm)	底部断面積 (cm ²)	底部上面の傾斜
50Nレール	50.4	1960	153	24.9	2段勾配
60kgレール	60.8	3090	174	30.4	単一勾配

加工をし、3点曲げ破断試験を実施した。供試体として用いたレールは表2の通りであり、供試体には過去の電食により折損したレールの形状を参考とし、三角形の人工傷を加工した。また、蓄積された疲労による違いを検証するために経年および摩耗で交換したレールも用いた。

破断後の供試体を写真2に示す。いずれも破断面は垂直に立ち上がり均一であることから、脆性破壊であることがわかる。人工傷深さと破断荷重の関係を図3に示す。新品および発生レールいずれも60kgレールの方が破断荷重は大きく、傷深さ20mmで約1.7倍である。50N発生レールは疲労が蓄積された影響で破断荷重が最も小さい。人工傷25mm程度では50Nレールと60kgレールの差がなくなるが、これは引張強度を負担する部分がほぼなくなるためであり、逆に20mm程度までは60kgレールの方が有利となり、計算と同様の傾向が確認できた。

5. 試験結果に基づく疲労寿命の推定

破断試験結果と過去の研究で導かれたS-N曲線¹⁾を用いてレールの疲労寿命を試算した。その際、実際の敷設環境を想定し、通過車両数、速度衝撃率、温度応力、横圧等の条件を考慮して応力全振幅(S)を算出した。なお、余寿命期間中の電食深さの増加は考慮していない。その結果、電食が10mm発生している状態の50Nレールと60kgレールの余寿命は約1.2倍、60kgレールの方が長くなった。同様に電食が20mm発生している状態では約1.5倍となった。一般環境で電食が無い場合と比較し、電食深さが増えるとともに50Nレールと60kgレールの余寿命の倍率は大きくなった。しかし、サンプル数が少ないことおよび換算値であることから参考値とする。

6. まとめ

50Nレールと60kgレールの電食による折損に対する有効性を物理的条件、曲げ破断試験により比較した。その結果、とくに電食が進んだ状態での60kgレールの有効性が確認できた。しかし、費用対効果や施工方法等の検討と合わせて引き続き検証が必要である。

参考文献

1) 細田充：踏切部における腐食レールの余寿命評価，鉄道総研月例発表会，平成23年12月。

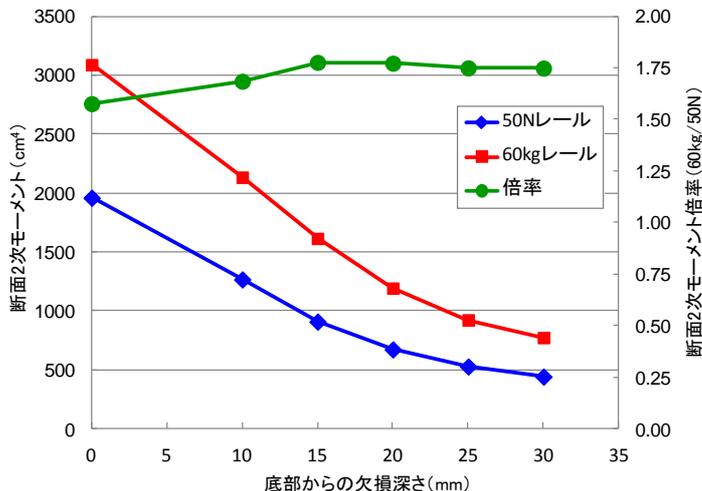


図2 レール底部欠損深さと断面2次モーメントの関係

表2 供試体一覧

レール種別	状態 (交換種別)	傷	
		種別	深さ(mm)
50N	新品	人工	13、20、25
50N	発生(経年)	人工	13、15、20、25
50N	発生(電食)	電食	3、4
60kg	新品	人工	18、20、25
60kg	発生(摩耗)	人工	15、18、20、25
60kg	発生(電食)	電食	7、8、12

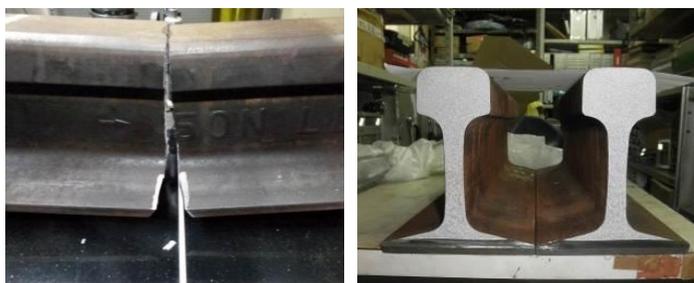


写真2 破断後の供試体

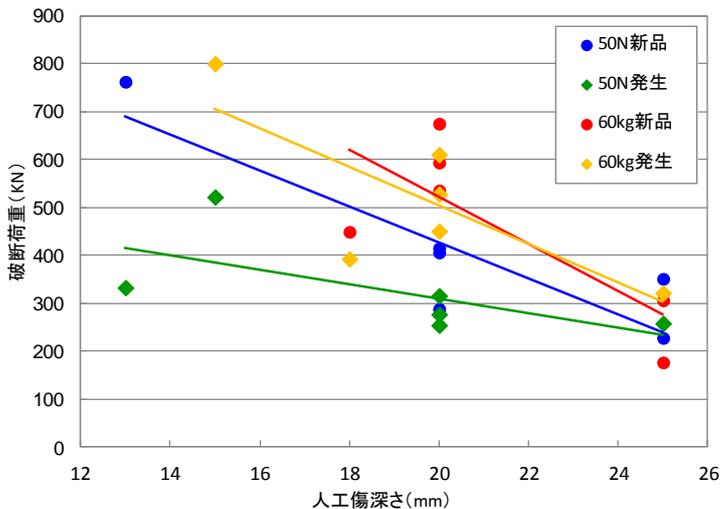


図3 人工傷深さと破断荷重の関係