

腐食レールの交換基準と超音波探傷器の有効性に関する一考察

東日本旅客鉄道(株) 正会員 江田 崇泰

1. はじめに

レールは鉄道を構成する部材の中で最も重要な部材の一つであり、損傷による輸送障害は確実に防がなければならない。しかし、電蝕によるレールの腐食に対しては、未だに明確な交換基準が確立されておらず、敷設後の経過年数で交換しているのが実情である。そこで、本研究では腐食レールの断面形状を調査し、曲げ疲労試験の結果から腐食レールの残存寿命を推定するとともに、現場で用いられている超音波探傷器 PRD-100C の有効性について考察することを目的とする。

2. 断面形状調査

一般に、腐食レールは孔食ピット(腐食が局所的に進行している部分)を起点として疲労破壊することが知られている。そこで、腐食レールの形状を調査するため、表面の錆をハンマーとワイヤブラシにて落とした後、母材底面と底部側面の腐食量を測定した。対象としたのは、東京支社管内で敷設後5年が経過したレールの中から電蝕によって底部が腐食しているものを無作為に選び出した。まず、底部中央と底部側面の腐食量との関係について結果を図2に示す。

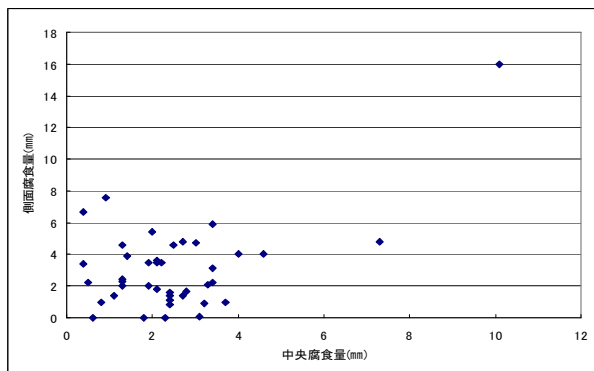


図2、底部中央と底部側面との腐食量の関係

その結果、底部中央と底部側面の腐食量との間には相関性は認められなかった。このことから、これらは個別に管理する必要があると考えられる。次に、底部中央の腐食量と孔食ピットの凹凸量との関係について結果を図3に示す。

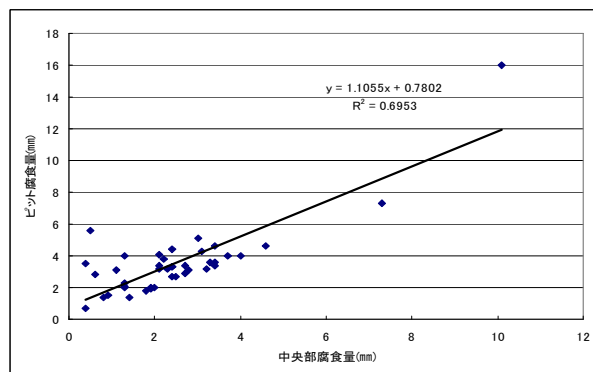


図3、底部中央と孔食ピットとの腐食量の関係

これらの間には一定の相関性が得られ、レール底部中央の腐食量を測定することによって孔食ピットの凹凸量が推定できる可能性を示した。

3. 疲労破壊試験

腐食レールの残存寿命を推定するため、断面形状を調査したレールに対して曲げ疲労試験を実施した。

1) 試験方法

レール頭部を上にした状態で油圧式曲げ疲労試験機に据え付け、3点支持による曲げ疲労試験を実施した。載荷点は断面が最も減少し、応力が集中する軌道パッド端部とし、周波数は3Hzとした。

2) 試験結果

今回の試験によって得られた結果を表1に示す。

表1、曲げ疲労試験結果

	支間長 (mm)	荷重 (kN)	繰返し回数	応力振幅 (MPa)	試験結果
1	1400	160	185,994	198	破断
2	1400	146	2,000,000	180	未破断
3	1400	160	412,948	198	破断
4	1100	160	750,296	155	破断
5	1400	146	333,320	180	破断
6	1400	130	510,554	160	破断

4. 腐食レールの残存寿命推定

試験の結果を、過去に閉門T、新閉門Tで発生した腐食レールに対して行われた研究から得られているS-N曲線上にプロットしたものを図4に示す。

キーワード 底部電蝕, 交換基準, 曲げ疲労試験, 超音波探傷器 PRD-100C

連絡先 〒114-0014 東京都北区田端6丁目2番7号 東日本旅客鉄道(株)上野保線技術センター TEL 03-3822-7828

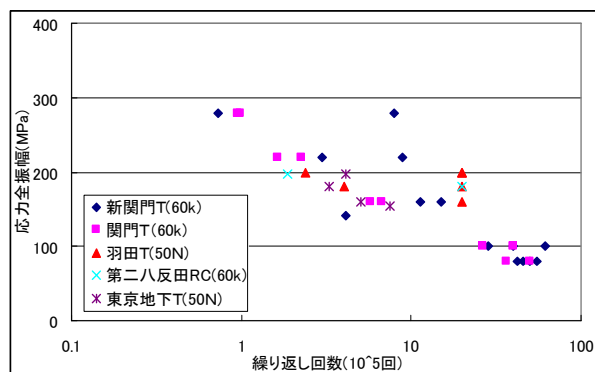


図 4. 試験結果と S-N 曲線

その結果、レール種別や構造による差異は確認できなかった。さらに、品川保線技術センターの協力のもと、載荷点での曲げ応力を求め、残存通トンの推定を行った結果を表 2 に示す。

表 2. 残存通トンの推定結果

	曲げ応力 (MPa)	残存通トン (百万トン)	残存寿命 (年)
1	141.1	4.61	0.13
2	128.7	45.31	1.32
3	204.4	14.86	0.55
4	160.6	21.20	0.79
5	186.5	10.83	0.40
6	166.1	14.91	0.55

求めた残存通トンを各線の年間通トンで除して残存寿命を求めたところ、現行の交換基準を経過しても更に寿命が残っているという結果を得た。

5. 腐食レールの交換基準

電蝕によって腐食したレールの交換基準を敷設後の経過年数によって判断することは難しい。そこで、推定した残存通トンとレール底部の断面減少率に着目し、調査を実施した。結果を図 5 に示す。

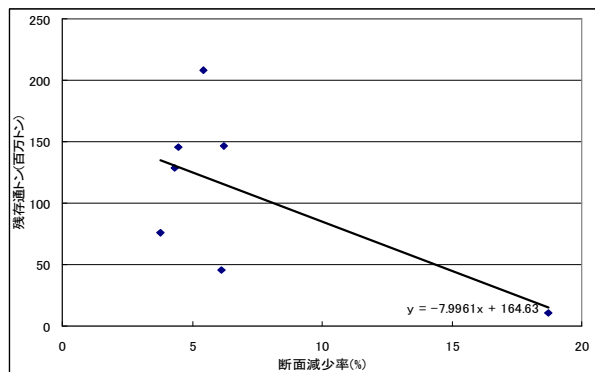


図 5. 残存通トンと断面減少率

サンプル数が少ないため、残存通トンと断面減少率との関係を推定することはできなかった。しかし、得られた近似式から破断時の断面減少率を求めると 20～

21%程度となり、国鉄当時の判定基準である 22%とほぼ一致した。

6. 超音波探傷器 (PRD-100C) の感度分析

現在、東京支社管内で導入されている(株)トキメック レールテクノ社製超音波探傷器 PRD-100C に対して、実際の腐食レールでの感度について検証を行った結果を図 6 に示す。

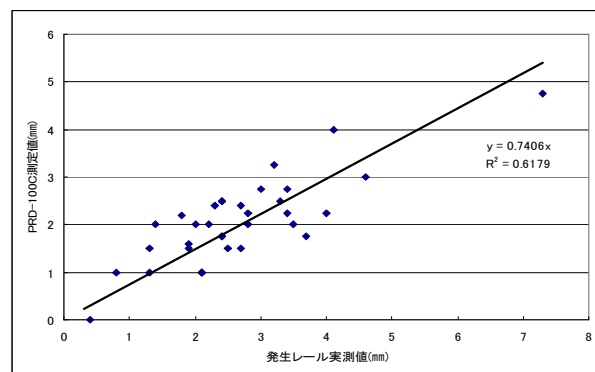


図 6. PRD-100C の結果と底部中央の腐食量

測定誤差によるバラつきあるものの、腐食レール底部中央での腐食量と PRD-100C の測定結果はほぼ一致し、PRD-100C の有効性について確認できた。また、PRD-100C の測定可能な範囲は底部中央から 4～5mm 程度となることが今回の調査によりわかった。

7. まとめ

本研究では、電蝕によって腐食しているレールの交換基準は、腐食量をもとに判断する手法が妥当であることを示した。また、底部の腐食量測定には超音波探傷器 PRD-100C による測定が有効であることを確認した。しかし、レール底部中央と底部側面の腐食量との間には相関性がないことから、現時点で底部側面は目視に頼らざるを得ないと結論付けられた。

8. 反省と今後の課題

本研究により残された課題は以下のとおりである。

- ① 側面の探傷方法について検討が必要である。
- ② 寿命の推定を別のアプローチから行う必要がある。
- ③ 断面減少率と残存通トンの関係に対して、データを更に増やし、確認する必要がある。

参考文献

- ・阿部則次他：レール孔食のメカニズムの解明と孔食量と余寿命の関係の解明、(財)鉄道総合技術研究所、指定課題報告、No.04WZ02039、2004 年 3 月
- ・須田征男他：新しい線路、(社)日本鉄道施設協会、1991 年 3 月、pp.80～82