

『シェリング傷の発生と効率的保守管理に関する研究』

J R西日本 正会員 西 亮樹

1. はじめに

近年の列車の高速化と高密度化に伴い、在来線でもシェリング傷と呼ばれるレールの転がり接触疲労に起因して生じるレール損傷が顕著になってきた。当社管内においては、特に高速線区かつ寒冷地（降雪地）における傷数が膨大であることが経験的に分かっている。

一方、シェリング傷の発生・進行のメカニズムは、様々な因子に起因すると言われているが、その原因が明確でないゆえに、これらの因子が保守管理にほとんど反映されていないのが現状である。

2. 本研究の目的

現段階ではシェリング傷の発生メカニズムは解明されていないが、本研究を通して現在ある膨大な検査データからシェリング傷発生の傾向と特性に関する分析を行い、得られた分析結果を保守管理指標に適用して提案することを研究の目的とする。

3. 新規発生傷

3-1 傷総数と新規発生傷

本研究では、発生している傷すべてに着目するのではなく、毎年新規に発生するシェリング傷に着目して研究を進めた。分析には北陸本線の金沢保線区管内(米原起点 134 k 010m～205 k 370m)の総軌道延長 142 k 720m、年間通トン 1,500 万 t、最高列車速度 130km/h)のデータを利用した。

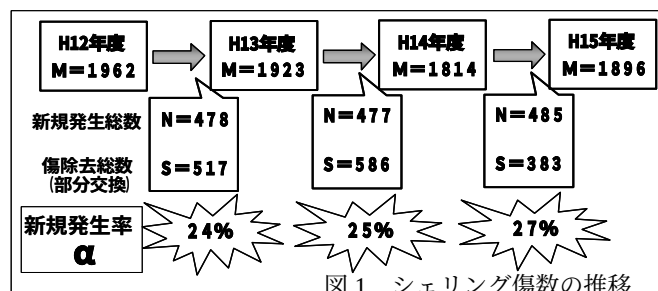


図1 シェリング傷数の推移

図1にH12～H15年度の間の傷数推移を示す。ここで、今年度の傷総数 M' 、前年度の傷総数 M 、新規発生傷数 N 、傷除去数 S （部分交換による）とすると、

$$M' = M + N - S$$

今年の総数
前年の総数
+
新規発生傷数
-
部分交換除去数

の関係が成り立つ。また、新規発生率 $\alpha = N/M$ と表すとき、この α がほぼ毎年等しいことから新規発生傷数は前年度の傷総数に関係が深いものと思われる。す

なわち、既存の傷周辺には同等の疲労層が形成されている可能性が高く、新たに傷を発生させやすい状況となっているからではないかと考えられる。

3-2 新規発生傷の特性

新規にシェリングを発生させる主たるパラメーターとして通トン、レール種別、線形を選定し、新規発生率（個/km）を比較したグラフを図2に示す。これより、50N・60K レールともに2.0億tあたりからその発生が顕著になっていることがわかる。また、4.0億tあたりから再び発生率が上昇するといえる。

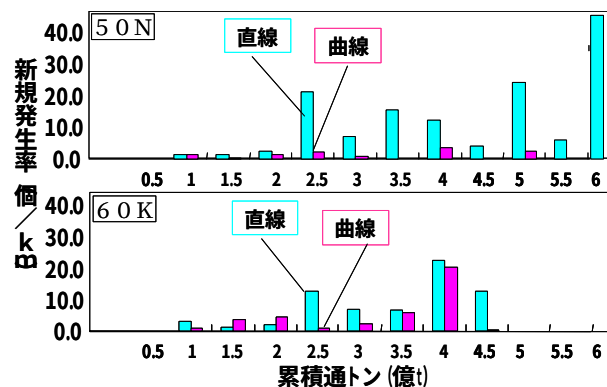


図2 累積通トン別新規発生率

4. 保守管理への反映

4-1 保守管理の考え方

シェリング傷は疲労層の形成・発展により発生することが知られている。また、前項で累積通トン2億tを境に傷の発生が顕著になることがわかった。これらを合わせて考えると、疲労層が形成・発展するレール敷設から2億tまではレール削正により予防的な保守を行い、これを超えた累積通トンに対しては付近の傷発生状況を勘案してレール部分交換により保守することが望ましいものと考えられる。

4-2 レール削正時期とその効果の検証

分析対象区間において、レール削正車が投入され始めたのはH11年度からであり、現在の削正は4～6パス/億t（約0.04～0.06mm/億t）の削正である。削正を行うことで、疲労層および頭頂面凹凸の除去が行えることから、傷発生および傷進行に対して何らかの抑止効果を持つものと考えられる。そこで、現在の削正によりどの程度の効果がみられるかに関して分析を行

キーワード：シェリング傷、新規発生傷、累積通トン、レール削正、レール交換延長

連絡先：〒920-0035 石川県金沢市中橋町 30-20 Tel 076-261-1728(Fax 兼)

った。図3はレール削正を行った場所とそれ以外の場所に関して、それぞれ新規発生率を累積トン別に比較した図であり、表1に発生率および進行率の結果を示す。この結果、削正箇所の発生率は全延長に対するそれに比べて、平均的には抑止効果を持つことが分かった。ただし、既設レールの累積トン交換延伸条件である4～5億t付近では削正効果がほとんどないといえる。逆に、累積トンの小さいレール敷設初期段階（～1.5億t）では非常に高い削正効果が得られるといえる。（発生率0.90→0.34）したがって、敷設初期段階で削正車を投入することが効果的ではないかと考えられる。また、傷のランク進行率に対しても低減効果がみられた。これは、傷表層部の凹凸を除去することで車輪衝撃が緩和され、結果的に傷の進行を遅らせることができたからではないかと考えられる。

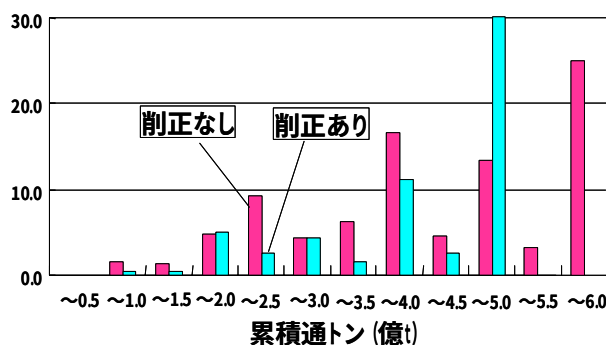


図3 削正の有無による傷発生率の比較

	削正なし	削正あり
敷設延長(km)	122.8	39.3
新規発生傷数(個)	614	148
新規発生率(個/km)	5.00	3.76
傷ランク進行率(個/km)	1.35	0.84

表1 傷発生率および傷ランク進行率の比較

4-3 レール部分交換延長の最適化

既存の傷数および傷の判定ランクとレール交換延長に関する適切な指標がないため、保守コスト的に最も有利と考えられる傷発生状況と最適交換延長の関係を現場データに基づくシミュレーションにより求めた。

＜パターン1＞ B判定(箇所を含む交換対象箇所)
 ＜パターン2＞ 傷が群発発生している箇所

当社におけるシェリング傷の横裂深さと傷ランクの関係

A1: 10mm 未満（検査周期1回/年）

A2: 10mm 以上 15mm 未満（検査周期3回/年）

B: 15mm 以上 30mm 未満（検査周期3回/年）

交換対象箇所としては、以上の2パターンを考えた。シミュレーションの前提条件として、データ分析により得られた過去の平均傷ランク進行率 A1→A2: 11%、A2→B: 12%を用いた。また検査に要する1人工あたりの単価を40,000円/人とし、傷1箇所あたりの検査費を年間検査人工、傷総数からA1=12,300円/個、A2・B=36,800円/個とする。（A2、Bは年3回検査より、A1の3倍の検査費とした）

＜パターン1＞ B判定箇所を含む交換対象箇所

①B判定箇所のみを6m交換する場合は、付近に残るA1の個数を a_1 、A2の個数を a_2 、計画年数 n とするとコスト M は

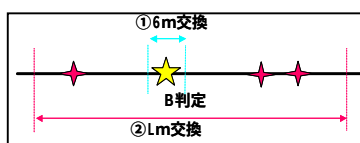
$$M = 650,000 + \Sigma \{ (12,300a_1 + 36,800a_2) + (36,800a_1 \times 0.11) + 650,000(0.12 \times a_2 + 0.12 \times 0.11 \times a_1) \}$$

6m交換のコスト 現在の検査費 傷進行による検査費 B判定になった場合の増分

と表すことができる。

②一方、B判定箇所付近の傷を含めて $L(m)$ で交換するコストを $L=25m \cdots 900,000$ $L=50m \cdots 1,500,000$ とする。

①②において、計画年数を累積トンが約1億t増加する7年として設定すると、以下の条件において② $L(m)$ 一斉交換が有利となる。



パターン1の境界条件

	(i)	(ii)
L=25	A1=2	A2=1
L=50	A1=5	A2=1, A1=1

＜パターン2＞ 傷が群発発生している箇所

①交換せずに検査しつづける場合、シェリング傷が群発発生している箇所は、連鎖発生率として平均的に $\alpha = 0.26$ （分析データより得られた値）であることを考慮すると、

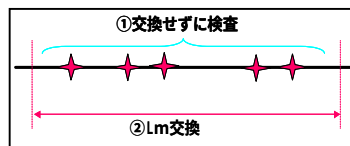
$$M = \Sigma \{ (12,300a_1 + 36,800a_2) + (36,800a_1 \times 0.11) + 650,000(0.12 \times a_2 + 0.12 \times 0.11 \times a_1) \} + 12,300(a_1 + a_2)((1 + \alpha)^{n-1} - 1)$$

現在の検査費 傷進行による検査費 B判定になった場合の増分 新規発生傷の検査費

となる。

②一方、群発箇所を $L(m)$ で一斉に交換するコストを $L=100m \cdots 2,500,000$ $L=150m \cdots 3,300,000$ $L=200m \cdots 4,000,000$ とする。

①②において、同様に計画年数7年として設定すると、以下の条件において② $L(m)$ 一斉交換が有利となる。



パターン2の境界条件

	(i)	(ii)	(iii)
L=100	A1=12	A2=1, A1=8	A2=2, A1=4
L=150	A1=16	A2=1, A1=12	A2=2, A1=8
L=200	A1=19	A2=1, A1=15	A2=2, A1=11

5. 本研究の結論

- ・ 新規に発生するシェリング傷はレール種別を問わず、累積トン2億tを境に急激に増加する。
- ・ 現行の4～6パス/億tのレール削正により、平均的に25%程度のシェリング傷発生を抑止効果が望める。特に、敷設初期段階での削正効果が高いといえる。また、傷進行に関しても抑止効果が望めると考えられる。
- ・ 傷の発生状況別最適レール交換延長に関する提案を示すことができた。

《参考文献》1) (社)日本鉄道施設協会；『新しい線路』p78 1997.3