

IV-414

レールシェリング予防削正効果確認追加試験結果

鉄道総合技術研究所 正会員 石田 誠
 鉄道総合技術研究所 正会員 本 卓也

1. はじめに

新幹線および在来線において、図1に示すようなレールシェリング（以下、シェリング）と呼ばれているところが接触疲労損傷が発生し、多大な保守コストが必要とされている。鉄道総研では、シェリングの発生を抑制する対策として、効率的なレール頭頂面の予防削正方法の確立のために、削正量とシェリング発生までの繰返し数（軸重 17 トンを乗じた通トンが通常使われる）の関係を求める転がり疲労試験が行われてきた。これまでにも、得られた試験データの解析結果を報告しているが¹⁾、ここでは引き続き行われた試験により得られたデータを追加して、これまでと同様に重み付きプロビット法²⁾を用いて解析した結果を報告する。

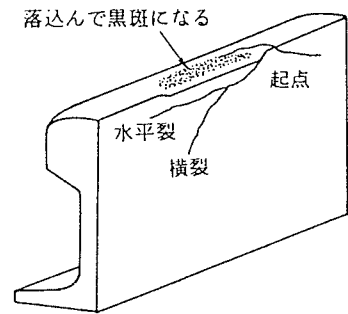


図1 レールシェリングの模式図

2. 削正試験

(1) 荷重条件

これまでと同様に、レール・車輪高速接触疲労試験装置を用いて、水潤滑、試験速度 200km/h を標準に、表1に示す一定の荷重条件の下に転がり疲労試験を行った。輪重相当荷重であるラジアル荷重については、削正による平滑化の効果を考慮して、設計輪重相当値の約 1.5 倍とした。なお、接線力は車輪側のトルクによって制御した。

(2) 削正方法および周期

レール試験輪の削正方法は、回転式カップ型グラインダーを用いて、削正形状は 60 レールの新品断面と同じ曲率半径 600mm とした。また、削正周期もこれまで同様に通トン 5 千万トンに相当する 3×10^6 回と一定とした。

(3) 試験結果

これまでには、10 個の試験データを用いた解析結果が報告されているが、本報告では同じ試験条件で行った 3 個の試験データを追加して解析を行った。これまでに得られたデータを含め試験結果を表2に示す。この表に示すように、11 個のレール試験輪に損傷が発生し、残りのデータで「以上」と表記された 2 個は、損傷が発生する前に試験を終了した中途打ち切りデータである。また、追加された 3 個のレール試験輪に発生した損傷は、シェリング再現試験において発生したものと目視および光学顕微鏡による観察においてよく似ており、試験終了後に測定したレール試験輪のころがり方向残留応力もシェリング再現試験における測定結果と同程度であることから、この削正試験におけるレール試験輪の応力状態も実際のレール／車輪間の応力状態と同程度であったと考え

表1 転がり疲労試験荷重条件

平均ラジアル荷重 (kN)	最大ヘルツ接触圧 (MPa)	平均トルク (N・m)	平均接線力 (kN)	潤滑条件
22.70	1081	45.0	0.18	水潤滑

表2 試験結果および統計解析値

レール輪No	1回の平均削正量* (mm)	き裂発生時の通算回転数 ($\times 10^6$ 回)	き裂発生までの通トン (億トン)	削正量の解析値 (mm)
41	0.100	33	5.610	0.088
42	0.050	9	1.530	0.050
43	0.050	9	1.530	0.050
44	0.045	9	1.530	0.050
45	0.130	36以上	6.120	-
46	0.083	48以上	8.160	0.085
47	0.047	12	2.040	0.051
48	0.088	15	2.550	0.063
49	0.088	33	5.610	0.088
50	0.062	15	2.550	0.063
59**	0.064	23	3.910	0.086
60**	0.000	2.6	0.442	-
61**	0.053	8	1.360	0.053

* 削正周期 3.0×10^6 回(通トン5000万トン相当)

** 今回追加したデータ

キーワード：レール，転がり接触疲労，予防削正，プロビット法

連絡先：東京都分寺市光町2-8-38 電話 042-573-7291 FAX 042-573-7360

られる。ただし、試験環境は水潤滑であることから、通常の状態よりき裂は発生しやすい。

3. 削正効果

削正効果を検討するために、シェリングが発生するまでの繰返し数に対する1回の平均削正量の時間強度分布を正規分布と仮定して、少標本疲労データに適用可能な重み付きプロビット法により、試験結果の解析を行った。本報告ではデータのばらつきを考慮し、削正なしのレール輪 No.60 のデータを統計解析の対象から除外する一方、疲労試験の中途打ち切りデータを考慮する方法を取り入れて解析を行った。その中途打ち切りデータについては、それが解析対象の条件を満足するかどうかを検討し、2個の中途打ち切りデータのうち1個のみを解析対象として採用した。解析においては、時間強度分布の変動係数（標準偏差／平均値）を仮定して解析を進めた。

なお、解析結果の妥当性を検証するためには、削正量に関する試験データと50%推定値との相対削正量の偏差を求めて、多重中途打ち切り順序統計の概念³⁾により変動係数を求め直す必要がある。仮定した値と求め直した値が一致するまでこの過程を繰り返したところ、これまでの10個のデータを用いた解析結果と同様に、変動係数は0.03で一致した。表3に、検証に用いた計算値を示す。

このようにして求めた統計解析値（破壊確率50%）を表2に示す。また、この解析値に直線と曲線をあてはめて求めた回帰線を図3に示す。この図から、これまでに得られた解析結果と同様に、繰返し数 3×10^6 回ごとに平均で0.1mm程度削正した場合、通算繰返し数 50×10^6 回まで平均的にシェリングの発生を抑制できることが確認できた。一方、このデータの範囲では直線回帰も曲線回帰と大きくは異ならないが、曲線回帰から1回の削正量とシェリング発生までの繰返し数の非線型な関係を大まかにみることができる。

4. 結 論

新幹線レールの応力状態を想定して行われてきた削正試験および追加試験結果より、削正周期を 3×10^6 回（通トン5千万トン相当）とした時の1回の削正量が平均で0.1mm程度の場合は、通算繰返し数 50×10^6 回（累積通トン8億トン相当）まで、平均的にシェリングの発生を抑制できる削正効果を確認できた。

今後は粗さ接触理論を用いて、レール/車輪の接触部表層の塑性変形の深さに着目し、転がり疲労を予防する削正深さ（量）を検討し、試験機における成果を実際のレールと車輪接触の場合への適用を図る理論的検討を進める計画である。

文 献

- 1) 石田 誠ほか:レールシェリング予防削正効果に関する実験的研究, 鉄道総研報告, 第9巻第12号, pp.19-24, 1995
- 2) 西島 敏:少標本疲労データの統計解析, 日本機械学会 論文集 A 編, 46, 412(1980)1303
- 3) Johnson, L.G.: "The Statistical Treatment of Fatigue Experiments", Elsevier, 1964, pp.37

表3 検証のために求めた計算値

相対削正量の偏差の順	レール輪No	1回の平均削正量(mm)	き裂発生時の通算繰返し数($\times 10^6$ 回)	相対削正量の偏差*	順位数	累積確率
1	59	0.064	23	0.744	1.000	0.045
2	44	0.045	9	0.900	2.000	0.136
3	47	0.047	12	0.922	3.000	0.227
4	46	0.083	48以上	0.976	—	—
5	50	0.062	15	0.984	4.125	0.330
6	42	0.050	9	1.000	5.250	0.432
7	43	0.050	9	1.000	6.375	0.534
8	49	0.088	33	1.000	7.500	0.636
9	61	0.053	8	1.000	8.625	0.739
10	41	0.100	33	1.136	9.750	0.841
11	48	0.088	15	1.397	10.875	0.943

*: 相対削正量の偏差=1回の平均削正量/削正量の解析値

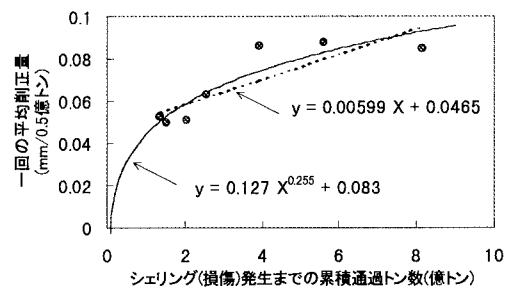


図2 シェリングに対する削正効果