

IV-268 削正によるレールシェリング抑制効果

鉄道総合技術研究所 ○正会員 阿部則次

正会員 石田 誠

正会員 長藤敬晴

正会員 松尾浩一郎

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)が発生しており、その管理とレール交換に多大な保守コストが必要とされている。シェリングは、車輪がレール頭頂面に対し、輪重と接線力を負荷しながら走行することによって発生する転動接触疲労傷である。この再現と対策確立のため大型試験装置^①を使用して室内実験を実施した。ここでは、削正によるシェリングの抑制効果について報告する。



図1 シェリングの外観

2. レール削正効果試験条件

レール削正効果試験は、レールの削正深さ、削正周期および削正形状がシェリングを抑制する効果を確認することを目的として行った。試験装置は、レール・車輪高速接触疲労試験装置を用いて、その概略は図2に示すとおりである。試験条件は、シェリング再現試験に合致させるため、輪重値の設定は、設計輪重の85kNと輪重変動を考慮した127kNの2通りとした。

試験におけるラジアル荷重は、最大ヘルツ接触圧が60kgレールと新幹線車両の車輪の組み合わせにおける設定輪重によるものと等しくなるように設定した。また、新幹線車両が明かり区間を速度200km/hで走行したした場合の接線力係数を参考に接線力係数が0.00～0.02の範囲となる車輪側の試験トルクを求め、全ての試験をトルク制御で行った。試験速度は、新幹線のシェリング対策を目的としているので200km/hを標準とした。また、シェリングの発生・成長に水が支配的な影響を及ぼすことおよび試験片の温度上昇を抑えるため、潤滑条件として水潤滑を標準とした。試験条件を表1に示す。

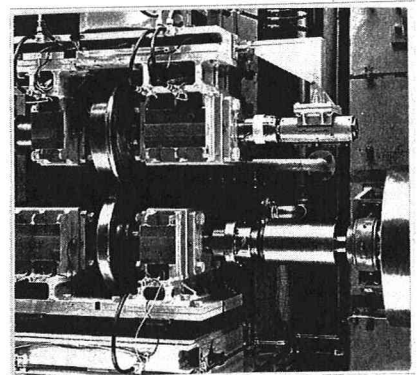


図2 試験装置の概略

表1 試験条件

レール No.	平均輪重 (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
1	15.52	940	28.2	0.114	水潤滑
2	15.52	940	28.2	0.114	水潤滑
3	22.70	1081	45.0	0.130	水潤滑
4	22.70	1081	45.0	0.130	水潤滑
5	22.70	1081	45.0	0.130	水潤滑
6	22.70	1081	45.0	0.130	水潤滑
7	22.70	1081	45.0	0.130	水潤滑

3. レール削正方法

試験に使用した試験片は、再現試験と同様に、レールに相当するレール輪と車輪であり、それぞれ実物と同じ材質である。ただし、実際のレールは圧延により製造しているが、レール輪は鍛造・切削により製作した点が異なっている。レール削正の方法は、レール削正深さおよび削正周期の影響を知るため、回転式カップグラインダーを用いて、削正深さを0.03～0.10mm、削正周期を0.5～0.8億トンとした。また、削正形状は図3に示すように、多角形および円弧とした。多角形の削正形状は、再現試験におけるレール頭部の踏面幅が約20mmであったことによる。

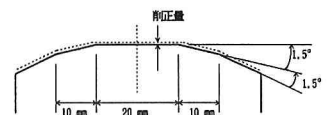


図3 削正形状

4. 試験結果

削正効果試験の結果を表2に示す。レール削正深さが0.03mmおよび0.05mmの場合、それぞれ累積通トンに換算して、約1.5～5.5億トンまでにき裂が発生した。しかし、削正深さ0.1mmの場合、試験を中止した累積通トン3.8、4.5および6.0億トンまで、目視で観察できるようなき裂は発生しなかった。レール削正試験後の試験片のき裂進展の状況を図4に示す。この写真は試験後レール輪の回転方向と平行に転動面から下方に切断した表面の顕微鏡写真である。この図から、深さ0.1mmで削正した場合もレール輪にき裂が発生していたが、き裂の深さは約0.03mm程度であり、次のレール削正（削正：0.10mm）によって除去できる大きさのき裂である。このことは、6億トンまで目視で確認できるシェリングに成長しなかった理由を説明している。

表2 削正試験結果

レール輪	初期削正 (万トン)	削正周期 (万トン)	削正形状	削正量 (mm)	寿命 (億トン)
1	3000	5000	多角形	0.10	3.4 以上
2	5000	5000	多角形	0.10	4.5 以上
3	5000	5000	円弧 R600	0.05	5.5
4	5000	5000	円弧 R600	0.05	4.7
5	5000	5000	円弧 R600	0.03	1.5
6	5000	5000	円弧 R600	0.03	1.5
7	5000	5000	円弧 R600	0.10	6.0 以上

注：寿命の項に「以上」と記したものはその時点で試験を中止した。

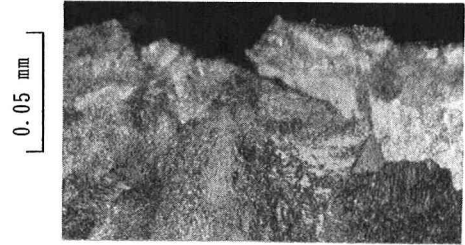


図4 寿命6億トンの試験片の内部き裂

5. 考察

実際のシェリングは、新幹線の場合、累積通トン約1.5億トンから多く発生し始めている。一方、再現試験におけるレール輪のき裂は、実際より早く0.3～1.3億トン程度⁸⁾で発生している。レール削正により6億トンまで寿命が延伸された要因として、削正による疲労層の除去の他に、レール頭頂面の凹凸に対応するレール輪の真円度が改善されたため、削正を行わない場合と比較して、輪重変動が小さく抑えられ、接線力の変動も小さくなり、荷重条件が緩和されたことが推定される。このように、き裂発生抑制という点において、疲労層除去の他に荷重条件の緩和の効果を評価する必要がある。また、き裂あるいは離れと相関の高い⁹⁾接線力とレール輪の回転方向の圧縮残留応力の関係を図5に示す。ただし、レール輪には切削加工後、約50MPaの圧縮残留応力が発生していた。この図において、削正効果により6億トンまでは離れおよびき裂が発生しなかった試験片の圧縮残留応力は、再現試験および削正効果試験においては離れが発生した試験片の圧縮残留応力の分布の範囲内にあるが、このことは、削正により離れの発生に大きな影響を与える圧縮残留応力の蓄積が抑制されている可能性を示している。

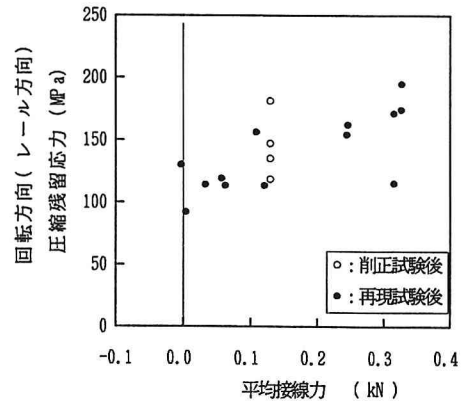


図5 接線力と残留応力の関係

6. まとめ

現在までの試験結果から十分な判断はできないが、0.1mm以上の削正深さを確保できれば、レール削正により、シェリングの成長が抑制できる可能性がきらかになった。今後も、削正試験の深度化を図り、早期に最適レール削正法を確立したいと考えている。

- 文献 1) 石田誠 他：「レール・車輪高速接触疲労試験装置の開発と試験結果」、鉄道総研報告1988年 5月
 2) 石田誠 他：「レールシェリングに関する転動疲労試験結果と予防削正効果」、鉄道総研報告1992年11月