

レール削正(研削)に関する一考察

日本工営(株) 正会員 石田 誠

1. はじめに

レール削正という言葉は、現在では保線担当にとって最も身近な言葉の一つであると思われるが正確な意味は意外と理解されていない。表題には削正(研削)と表記したが、それは削正という言葉が今に至るまで研削(grinding)という言葉と同意で用いられてきたことと、レールを削る方法がほとんどの場合、研削によっていたという事情からである。一方、削正とは正に「削って正しい形に整える」という意味であり、よく何が正しい形なのかという専門家からすると極めて困難な課題が含まれており、「削正」という言葉ははなかなか使いにくい言葉である。つまり、削正は正しい形に削るという目標も含まれ、研削は単に削る方法を示すため、研削の方が使いやすい。また、最近では研削ではなくミリング(milling)という英語読みをそのまま用いた(あえて和訳すると切削が最も相応しいか)方法でもレールが削られているが、正しい形に整えるのを目的とするのであればミリングも削正と言える。一方、レールを削る分野ではレールを元の形状に戻すことがよく行われるが、その場合に reprofiling(直訳としての再整形という意味では元の形状のみならず整形する)という言葉が使われるが、この言葉が最も削正に近いと言える。このあたりの事情を理解した上で、レール削正(研削)に関して、我が国に限らず海外も含めたこれまでの取り組みに関して改めて考察する。

2. レール削正(研削)の種類とその効果

我が国においては、転がり接触疲労損傷の予防を目的とする定期的なレール研削は、1990年代の半ばより本格的に実施されている。一方、北米、豪州等の重輸送鉄道(Heavy Haul Railway と呼ばれる貨物鉄道)においても我が国と同様な予防あるいはすでに発生した損傷の除去等を目的としたレール研削が1980年代から本格的に実施されてきた。また、欧州においても、波状摩耗やレール敷設直後にレール製造時のダメージ等の除去を目的としたレール研削が行なわれている。一般的に、レール研削は敷設直後に実施する予備研削(preparative)、特定の損傷の予防あるいは発生を抑制する予防研削(preventive)およびすでに発生した損傷を除去する修繕研削(curative or corrective)の3種類に大別される。

(a) 予備研削

現在の製鋼技術においては問題ないが、過去の経験から製造時にレール表層に生成された脱炭層および製造過程である圧延時の圧延ロールによるレール表層に与えられる様々なダメージの除去、さらにはレールの軌道への敷設時にレール長手方向の平滑度(これまでは主に溶接部の凹凸除去)を確保するために、レール敷設直後に行われる研削を予備研削と呼ぶ。したがって、目的としては将来損傷に発展する可能性を予防することと、溶接部等の凹凸を平滑にする修繕を目的とするが、研削の時期が敷設直後(使用開始前が一般的)と早期であることから予備と呼ばれている。Kalousek ら¹⁾は、敷設される軌道の線形にあわせて、車両の転向性能とレールの接触疲労を考慮したいくつかのレール断面形状を提案し、敷設時にそのレール断面形状に予備研削することを提案している。この研削は、溶接部の凹凸を除去するなど、レールの平滑度を改善し、騒音・振動の抑制効果は明らかであるが、損傷の予防効果は明らかではない。

(b) 予防研削

車輪からの走行荷重を受けてレール表層に生成される転がり疲労と称されるダメージ層を除去し、そのダメージ層からの疲労き裂の発生・成長を予防する研削を予防研削と呼ぶ。現在、我が国では筆者ら²⁾が室内試験結果を基本に提案した通トン 5000 万トン(通過軸数×軸重)周期で研削深さ 0.1mm という予防研削が行われ

キーワード レール削正, レール研削, 予備研削, 予防研削, 修繕研削, 削正痕

連絡先 〒102-8539 東京都千代田区九段北 1-14-6 日本工営(株)鉄道事業部 鉄道技術部 TEL 03-5276-2561

ているが、ここで予防と言っているのはどのサイズのき裂までのことかいうと、例えばレール表面には無数の μm 単位あるいはそれ以下のき裂が存在するため、目視確認ができる mm 単位のき裂を対象としている。なぜなら、基本となった室内試験でき裂の有無を目視で行ったことと破壊力学が対象とできるサイズをイメージしている。レール研削としては他に先駆けて取り組まれた重輸送鉄道においても、Kalousek ら^{1,3)}によると、レール頭頂面に発生した初期き裂を研削するには、 $0.05\sim 0.075\text{mm}$ 程度、曲線外軌のゲージコーナと同内軌のフィールド側を研削するのは $0.1\sim 0.15\text{mm}$ の研削量が必要であり、研削周期あるいは頻度については、 3° (曲線半径約 580m に相当する) より厳しい曲線では通トン $5\sim 800$ 万トン、 3° あるいはそれより緩やかな曲線では通トン $1000\sim 1600$ 万トンおよび直線では $1500\sim 2400$ 万トンが提案されている。しかしながら、これらの提案も、現地試験等の実務に基づいたものであり、他の北米や豪州の重輸送鉄道では別の要領で予防研削が行なわれている。確かに様々な固有の条件が異なる場合は限定的な実務に基づくことが優先されるため、科学的で合理的なデータはなかなか取得は容易ではない。

(c) 修繕研削

修繕研削についても、Kalousek ら¹⁾が北米の重輸送鉄道における波状摩耗の研削に関して、通トン $2500\sim 3000$ 万トン周期に $2\sim 3\text{mm}$ の研削深さの研削効果について述べているが、一方で、レール鋼の品質向上と研削車の機能向上により、それらの値が変化し得ること、特に研削周期については、その線路の環境により異なることを指摘している。このように、すでに発生したき裂や損傷あるいは波状摩耗や凹凸を修繕研削する場合は上記に示すように研削深さが予防研削に比較すると桁違いに深くなる。この場合は研削ではなく削り取る能力が大きいミリング(切削)による平滑化や損傷の除去が有効であると考えられる。

3. 削正(研削)直後のレール表面粗さの転がり接触疲労への影響⁴⁾

筆者らが提案した予防研削法においても、レール表面と車輪表面の粗さ接触面同士の接触応力が平滑面同士の場合より数倍から 10 数倍になることから、表層のダメージが内部より相当大きくなり、き裂は表面あるいはごく表層からの発生をしてきしているが、では、研削により表面粗さが格段に大きくなった場合は、接触応力が研削前より大きくなり、損傷が発生する可能性が以前よりむしろ高まり、研削そのものの効果(意味)がなくなるのではないかという疑問が生じる。そこで、室内試験により、初期粗さを変えて転がり接触を繰り返すことによりその粗さの変化と、疲労を直接説明するパラメータはまだないものの、強い加工で結晶がある特定の方向性を示す集合組織に着目し、集合組織の発達程度で疲労ダメージを評価することが考えられている。そこで、その集合組織の発達程度に着目して、初期粗さの疲労への影響を評価したところ、繰り返し接触の比較的初期に表面粗さが急激に小さくなり、ほぼ一定の表面粗さに落ち着くことが明らかになった。つまり、ほぼ一定の表面粗さに落ち着いてからの繰り返し接触によりダメージ(疲労)が蓄積していくと考えられる結果が得られた。したがって、研削による表面粗さの転がり疲労への影響は極めて小さいと考えられる。

4. おわりに

レール削正(研削)に関して、より効果的で効率的な方法を追求する場合、予備(レール使用開始前)研削、予防研削および修繕研削(ミリングによる場合は切削)の効果に削る際の形状も含めて(削正、本来の目的である形状に着目した削り)評価することが重要である。さらに削り方に依存する削正(研削)後の表面粗さである削正(研削あるいは切削)痕の転がり接触疲労の影響について、これまでの知見と最新の動向を常に注視するとともに表面粗さの変化と転がり接触疲労に限らず損傷への影響を実務的に検討することは有意義である。

参考文献

- 1) Kalousek, et.al.: Proc. of the 4th Int. Heavy Haul Railway Conference, Brisbane, pp.193-204, Sept. 1989.
- 2) 石田誠: レールシェリング対策, RRR, 70-11, pp.30-33, 2013.
- 3) Linn, S., et.al.: Proc. of the 5th International Heavy Haul Railway Conference, Beijing, pp.316-323, June 1993.
- 4) 陳樺, 石田誠: レール削正痕の転がり接触疲労への影響, 鉄道総研報告, 20-4, pp.53-58, 2006.