

群発シェリングの原因となる白色層の走行検知について

日本工営(株) 正会員 石田 誠
パルステック工業(株) 丸山洋一

1970年代以降、特に我が国の新幹線でレール保守において大きな問題となったレール転がり接触疲労損傷の一つであるレールシェリングは、そのほとんどがある程度の距離を隔てて発生する単発型と呼ばれるものであった。そのような単発型に対してレール長手方向に連続して発生する群発型と呼ばれるものは、これまではほとんど在来線においてのみ報告されてきた。この群発型これまでの調査から、レール表層に形成された白色層(マルテンサイト)がその発生の主な要因であると考えられている¹⁾。一方、この白色層起点のき裂の発生を抑制するために、現在シェリングを予防するため行われているレール研削により白色層を除去することが考えられる。しかしながら、白色層起点のき裂の成長過程等は検討された経緯はあるが、まだ十分に明らかではないため、白色層を効率良く検知し、速やかに研削することが考えられる。ところが、現時点で白色層を確実に検知することは可能であるが、その作業性等において容易ではない。そこで、白色層はパーライト組織が熱変態してできたマルテンサイト組織であるため、その組織の違いに着目し、X線回折法が有効である可能性が考えられ、そのX線回折法に基づく白色層検知システムの可能性が示された²⁾。本研究では、その白色層検知システムの一つとして、走行検知システムについての検討結果について報告する。

1. 白色層のレールシェリングへの影響

白色層起点のレールシェリング(以降、「シェリング」と略称)の特徴は、車輪とレール間の巨視滑りに代表される大きなすべりにより生じる摩擦熱によりパーライト組織が相変態して形成されるマルテンサイト組織が非常に脆性的であるため、き裂が生じ易くなることで、特に、レール長手方向(車輪の転がりあるいは滑り方向)に群発的にき裂が発生することである。一方、単発型シェリングのき裂は車輪からの繰り返し転がり荷重による疲労により発生すると考えられている。図1に典型的な群発型シェリングおよび図2に単発型シェリングの例を示す。



図1 群発型シェリングの例



図2 単発型シェリングの例

したがって、群発型と単発型はそのき裂の発生原因は異なるが、その後のき裂の成長(伝播)は車輪からの繰り返し転がり荷重によることから、我が国では群発型も転がり接触疲労損傷として分類されている。

2. X線回折法による白色層の検知

白色層起点のき裂の進展によるレール折損を防ぐために、白色層を検知し、き裂の発生を監視することは非常に重要である。現在多くの鉄道事業者では、レールのき裂を検知・監視するために、一般的に超音波探傷が行われている。ただし、超音波探傷では大きさがmm以下のき裂の検知は容易ではなく、き裂を検知した際に

キーワード 白色層, 転がり疲労, 群発シェリング, X線回折法, レール探傷車
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

はすでに数 mm に達している。一方、シェリング対策として、通過トン数 0.5 億トンごとに 0.1mm の深さをめどに、き裂の発生・進展には関係なくレールの予防研削が行われているが、白色層に関してもき裂発生前あるいはすでに発生していても長さ数十 μm までの白色層を検知し、研削により除去することが考えられる。そこで、レール鋼の塑性変形あるいは熱変態組織を確実に効率的に検知可能な X 線回折法の白色層への適用が検討された²⁾。図 3 はパーライト組織、図 4 はマルテンサイト組織である白色層の X 線回折環とその強度を示す。これらの図を比較することにより、大きく塑性変形したパーライト組織か十分厚く熱変態したマルテンサイト組織である白色層とパーライト組織との違いを明らかにすることができる。

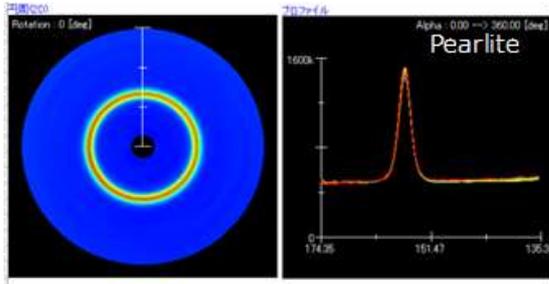


図 3 パーライトの X 線回折環と回折強度

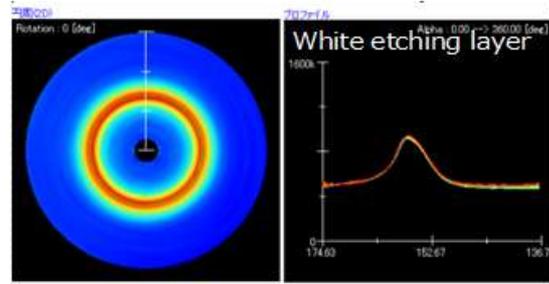


図 4 白色層の X 線回折環と回折強度

3. X 線源の移動速度等のパラメータと回折強度の分解能

レール表面に形成された白色層やレールの母材であるパーライトの静的な測定による X 線回折環は比較的安定しているが、X 線源を移動させながらパーライトと白色層を区別する X 線回折強度の分解能について検討した。差し当たり、X 線源と白色層までの距離を 10mm、X 線の照射幅を 10mm、対象とする白色層の幅を 10mm の条件で、X 線源の移動速度 28.8km/h と 9km/h の場合の X 線回折強度を図 5 および図 6 に示す。図 5 の分解能では、パーライトと白色層の X 線回折強度を明瞭に区別できない。一方、図 6 と同程度の分解能であればパーライトと白色層の X 線回折強度を明瞭に区別できると考えられる。さらに、例えば、X 線源と白色層までの距離を装置の実用化を考えると 10mm から 30mm 程度まで距離を離すことは大変有意義であり、10mm ごとに X 線の強度は 1/2 になることを考えると、30mm まで引き上げると X 線強度は $(1/2)^3=1/8$ になり、また、移動速度は 9km/h から目標の 40km/h まで上げると X 線強度も $9/40=1/4$ になることから、検討で用いた X 線強度を $8 \times 4=32$ 倍にすることで、レール表面から X 線源までの距離を 30mm にとり、走行速度約 40km/h でパーライトと白色層の区別ができる可能性があると考えられる。

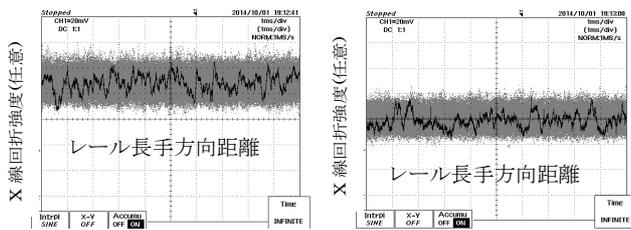


図 5 X 線回折強度(移動速度 28.8km/h)

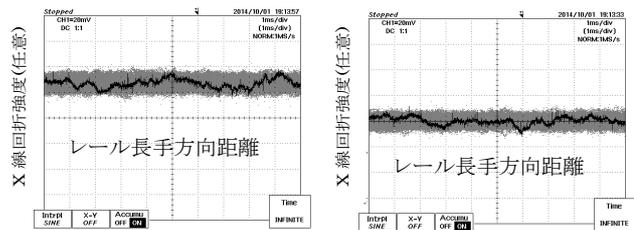


図 6 X 線回折強度(移動速度 9km/h)

4. 結論

以上より、白色層あるいは非常に大きく塑性変形したパーライト組織を 40km/h 程度で走行する探傷車で検知可能な X 線回折装置の実現可能性が示されたため、さらに実用化に向け検討を進めたいと考えている。

参考文献

1) 石田誠, 他: NHHレールの耐シェリング性能, 新線路, 44-12, pp. 23-27, 1990.
 2) 石田誠, 他: レール表面に形成された白色層のX線回折法による検知, 第21回鉄道技術・政策連合シンポジウム (J-RAIL2014) 講演論文集(CD), JSCM-1-1, 2014.