1210 レール白層周辺傷のパーライト部への影響

Influence of cracks around rail white layer on pearlite part

○辻江 正裕 ((財) 鉄道総合技術研究所)
金 鷹 ((財) 鉄道総合技術研究所)

中村 崇 ((財) 鉄道総合技術研究所)
名村 明 ((財) 鉄道総合技術研究所)

Masahiro Tsujie, Takashi Nakamura, Jin Ying, Akira Namura
Railway Technical Research Institute 2-8-38 Hikaricho, Kokubunji-shi, Tokyo

It is confirmed the stiffening layer that is called a white etching layer or white layer is generated on the rail. Moreover, it is reported that the generation of a similar stiffening layer occurs on the bearing and the brake disc. A micro crack that occurs on the rail white layer is a starting point of the crack that progresses on the rail and it grows up to the rail squats. A concrete finding has not been obtained yet though, the generation of a rail white layer is known conceptual. In this paper, we report the relation between the rail white layer and the micro crack that occurs on the laid rails.

Key Words: White layer, White etching layer, Squats, Rail crack, Rail steel

1. はじめに

近年、鉄道用レールに発生する様々な損傷例が体系化され分類されている。このなかでも「レール白層」や「レール白色層」と呼ばれる硬化層の発生が概念的には知られており、このレール白層に発生する微小き裂を起点とするき裂が進展して、レールシェリングへと成長することが確認されている。しかしこの白層の厚さと微小き裂の関係など実際の測定結果は非常に乏しく、あまり知見が得られていないのが現状である。

また鉄道用レール以外でも、ブレーキディスクや転がり軸受けにおいて、レール白層と同様の白色層や白色組織の観察が確認されている^{1,2)}。

本研究では、白層の発生が確認された実使用レールを用いて組織観察を行い、白層厚さと微小き裂の発生状況との関係について調査した。

2. 調査概要

本研究では、以下の手順で調査をおこなった。

2-1 供試レール

本研究では、現場で実際に敷設されていたレールを供試体とした。なおレールはビッカース硬さが245HVの普通レールである。ただし白層上では約800HVの硬さが計測されており、通常のパーライト層とは明らかに硬さが異なった結果となっている。

また、敷設されている間に通過した車両の総重量（以下、累積通過トン数と呼ぶ）は2億3000万トン程度である。

図1は供試レールが敷設されていた近傍のレールである。右側半分に3%のニタール溶液をかけ、腐食させている。このレールでは、レールが車輪と接する面（以下、レール頭頂面と呼ぶ）の幅広い領域において帯状に白層が発生していることが確認できる。

2-2 探傷

レール頭頂面に発生している傷の分布を調べるため、浸透探傷と磁粉探傷をおこなった。

浸透探傷はレール頭頂面の微細な傷に薬液を浸透させ、それを現像することで探傷するものであり、100 μm 以上の大きさの傷に対して有効である。また磁粉探傷は強磁性体の試験体を磁化し、磁粉を試験体の表面に散布させ、傷の箇所に吸着されてきた磁粉模様を評価することで探傷するものであり、10 μm 以上の傷に対して有効である。

図1 レール白層発生状況

2-3 組織観察

次にレール頭頂面に発生している白層と傷を調査するために、レール断面の金属組織を観察した。手順は以下の通りである。

はじめにレール頭部から、レール頭頂面に白層が出ている箇所を、レール長さ方向に平行でレール頭頂面を含む垂直断面を切り出した（図2）。そして次にこれらの切断によってできた断面をバフ研磨し、3%ニタール腐食液を用いてエッチングをおこない、光学顕微鏡（400倍）によって観察した。

図2 組織観察面の位置

3. 探傷結果

レール白層とその周辺における微小き裂の発生状況を調べるため、レール頭頂面を探傷した。浸透探傷結果を図3

(a)に、磁粉探傷観察結果を図3(b)に示す。(a)は浸透液を現像させたものを、(b)は探傷磁粉を散布したレールにブラックライトを照射させたものを、それぞれレール上部から見た様子である。このうち太線で囲まれた領域は、磁粉探傷でのみ傷が見られたもので、 $10\sim 100\mu\text{m}$ の微小き裂が存在していることがわかる。なおこの微小き裂はレール白層上よりも、その周辺に多く発生していることが確認された。

(a) 浸透探傷

(b) 磁粉探傷

図3 探傷結果例

4. 組織観察結果

次に、レール頭頂部に発生している白層と白層上に発生している微小き裂を、光学顕微鏡で観察した例を示す。図4に示す断面には、白層内部において微小き裂が発生している。また図5の断面では、微小き裂がさらに進展し、白層とパーライト層の境界にまで達していることがわかる。

図4 白層と微小き裂の発生状況

図5 白層と微小き裂の発生状況

次に組織観察した結果より、微小き裂が発生している箇所における白層厚さを調べ、微小き裂深さと白層厚さの関係を図6に示す。

なおグラフ中における実線は、白層厚さと微小き裂深さが同じ、すなわち微小き裂が白層とパーライト層の境界にまで進展していることを示している。また微小き裂がパーライト層にまで進展しているものも見られたが、全体的には少数であり、大半の微小き裂は白層内にとどまっていることがわかる。観察したレールでの白層厚さは、最大でも $60\mu\text{m}$ 程度であった。また白層厚さが $20\sim 60\mu\text{m}$ あたりに $20\mu\text{m}$ 以下の比較的小さな微小き裂が多く見られる傾向にある。

また微小き裂発生部における白層厚さの分布を図7に示す。この現場においては、白層厚さが $4\sim 60\mu\text{m}$ と幅広い帯域において微小き裂が発生しているが、特に $50\mu\text{m}$ あたりに集中していることがわかる。

図6 白層厚さと微小き裂深さの関係

図7 微小き裂発生部における白層厚さの分布

5. まとめ

本研究では、実際の現場で敷設されていたレールに発生している白層とその周辺傷の関係を調査した。今後も引き続き、さまざまな材質や累積通トン、曲線区間など、より多くの条件のレールを調査し、白層と微小き裂の発生状況をまとめる必要がある。また、残留応力や塑性流動の影響といった点について、白層未発生レールと比較検討する予定である。

参考文献

- 1) H. Mori, T. Tominaga, M. Matsui, H. Qiu and T. Tsujimura: *J. Soc. Mater. Sci. Jpn.*, **10** (2006), 785.
- 2) H. Harada, T. Mikami, A. Yamamoto and H. Tsubakino: *Tetsu-to-Hagane*, **91** (2005), 567