

レール白色層の発生状況とシェリングとの関係について

(財)鉄道総合技術研究所 正会員 ○松田 博之

(財)鉄道総合技術研究所 正会員 名村 明

(財)鉄道総合技術研究所 中村 崇

1. はじめに

レール頭頂面には、車輪接触の際に生じる応力や熱により白色層(WL:white layer)と呼ばれるマルテンサイト組織と類似した硬い変態層が形成される場合がある。また、この白色層をき裂の起点とするシェリングが発生し、レール折損に至ることも報告されている¹⁾。そのため、白色層とシェリングの関係の解明と白色層起点のシェリング対策の確立が求められている。

本研究では、白色層の発生状況とシェリングとの関係について把握すること及び白色層起点のシェリング対策について指針を得ることを目的とし、現地調査、断面組織観察を行った。

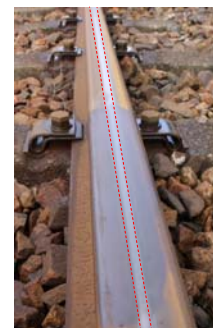


図1 白色層の外観

2. レール白色層の発生状況

白色層の発生状況を把握するため、国内在来線 13 線区の直線部群発シェリング発生箇所を中心に現地調査を実施した。

(1) 白色層の外観

図 1 に、ナイター腐食により現出させた白色層の外観を示す。レール表面の光沢が帯状に明るく見える箇所が白色層である。図 1 のように太く車輪踏面全体に存在するものや、車輪踏面にまだらに存在するものが確認された。調査した箇所の多くでこのようにレール頭頂面に連続的に発生している白色層が確認され、またそれらは数メートル～数キロメートルの長さで存在した。

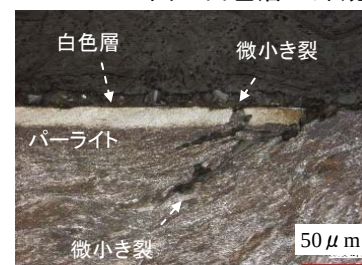


図2 白色層の断面組織

(2) 白色層とシェリング

白色層の付近には微小き裂が発生していることが多い。図 2 に白色層の断面組織を示す。白色層内部や白色層とパーライト部の境界に微小き裂が入り、塑性フローに沿ってき裂が進展していることがわかる(後述)。

白色層とシェリングの関係を調べるため、直線群発シェリング発生箇所において白色層の存在有無及びき裂の調査を行った。その結果(図 3)、白色層が連続的に発生しており、微小き裂の開口部がレール長手方向に同一ライン上に並んでいることが分かる。これより白色層周辺の微小き裂からシェリングへの進展の可能性が確認された。

(3) 白色層の発生傾向

現地調査の結果を基に、白色層発生箇所のレール製造年や列車通過トン数などの各種軌道諸元についてデータを蓄積した。それより、白色層は軌道諸元を問わず発生していたが、駅構内、特にホーム下で明確に発生している傾向が確認された。また、敷設後数年程度のレールや削正後 1 年程度のレールにも白色層が発生していることが確認された。以上より、白色層はどのような箇所にも発生することがわかったが、白色層が車輪の転がりすべりにより形成されるため、特に駅構内の車両力行・制動区間に発生し易いと考えられる。



図3 き裂とシェリング開口部の関係

キーワード：白色層，微小き裂，シェリング

連絡先：〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38

TEL 042(573)7291

3. 発生レールの断面組織観察

次に、白色層起点のシェリング予防のための削正法について検討する。レール削正量・削正周期の指標を得るため、累積通過トン数の異なる白色層発生レール(在来 6 線区、試験片数約 200 個)を収集して、白色層厚さ、き裂の発生状況についてレーザー顕微鏡を用いて観察した。

(1) 白色層厚さ

白色層厚さを調査した結果(図 4)、サンプリングした範囲ではあるが白色層厚さの最大はおおよそ $60\mu\text{m}$ 程度であることが分かった。また、各線区の白色層厚さはほぼ正規分布しているが、白色層厚さと累積通過トン数には相関がないことが分かった。

(2) 微小き裂の発生状況

白色層付近の微小き裂を調査した結果、大別して 2 つのタイプが観察された(図 5)。白色層内部に存在するき裂は、白色層自体が硬くて脆いためと、走行時の摩擦熱と接触転動が負荷されることにより発生すると考えられ、ほとんどが白色層内部に停留するかあるいは母材に至ってもその深部まで進展していない。

一方、境界部に存在するき裂は、白色層とパーライト部の延性の違いにより境界面にせん断力が働きやすいためと、白色層自体が層変態により体積膨張し、母材との境界で引張応力が発生することにより発生したと考えられ、塑性フローに沿ってしばしば母材の深部まで進展しており、レール底部に向かって進展する可能性があると考えられる。今回の観察では、最大長さ $2200\mu\text{m}$ 、深さ $200\mu\text{m}$ に達するものが確認された。以上より、これらのき裂は白色層が形成される前から転がり接触疲労により発生していたことも否定できないが、白色層はき裂発生に対して促進効果を及ぼしていると考えられる。

次に、白色層厚さとき裂長さの関係を図 6 に示す。白色層内部に存在するき裂については全体傾向としては白色層が厚いほどき裂長さも(長さも)大きい傾向にある。

しかし、境界部に発生したき裂については白色層厚さとき裂長さに相関が見られない。これは、境界部に発生したき裂は、その後繰返し荷重を受けて塑性フローに沿って進展するためと考えられる。以上より、白色層内部から発生したき裂は白色層自体を削正することによってほぼ除去できると考えられるが、境界部に発生するき裂に対しては、き裂発生のタイミングと進展速度を検討し具体的な削正量・削正周期の提案が必要であると考えられる。

4. まとめ

本研究では白色層の発生状況とシェリングとの関係の把握及び白色層起点のシェリング対策について検討を行った。その結果、白色層は至る所に連続的に発生しており、その付近には微小き裂が存在していることが確認された。また、白色層は短期間で発生する場合があるが、白色層発生後の微小き裂の発生にはさらに時間がかかると考えられるので、シェリング予防削正には微小き裂発生のタイミングと進展速度の把握が必要であると考えられる。

【参考文献】

- 1) 石田誠, 柏谷賢治, 佐藤幸雄, 阿部則次: NHH レールの耐シェリング性能, 新線路 第 44 巻 12 号, pp23-27, 1990

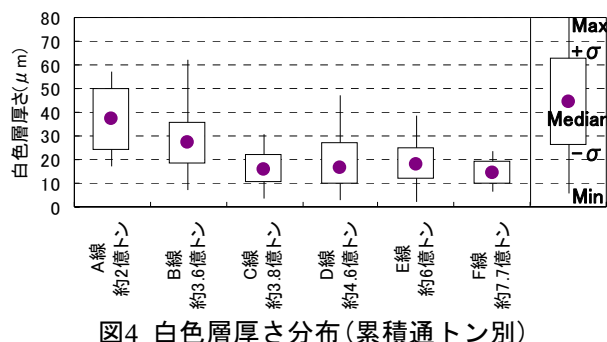


図4 白色層厚さ分布(累積通トン別)

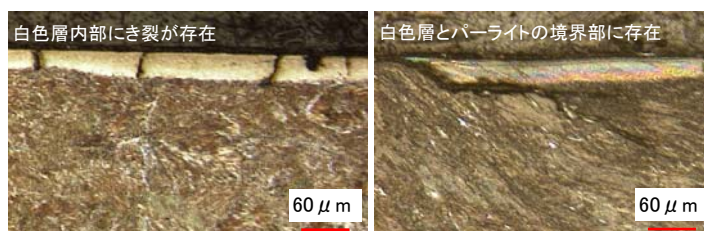


図5 白色層付近のき裂の形態

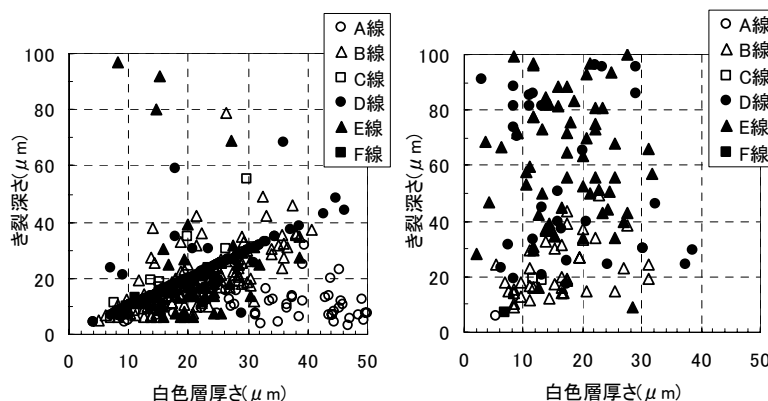


図6 白色層厚さとき裂長さの関係

(左: 白色層内部のき裂, 右: 境界部のき裂)