

JSCM-1-3. 在来線におけるレール疲労層の調査について

[土]○ 阿部 司 小野寺 孝行 (JR東日本)
佐藤 幸雄 岩淵 研吾 (鉄道総研)

Rolling contact fatigue layer of rail used in narrow gauge line
Tsukasa Abe, Takayuki Onodera (East Japan Railway Company)
Yukio Satoh, Kengo Iwafuchi (Railway Technical Research Institute)

Rolling contact fatigue of the rail used in Yamamote line that is one of the most busy narrow gauge line in Japan was investigated by means of the metallographic microscopic observation and the measurement of X-ray diffraction intensity of ferrite in the rail material. The effect of rail surface grinding that is introduced as a test operation was discussed based on the measurement.

キーワード: 転がり接触疲労、レール削正、レール損傷

Keywords: Rolling contact fatigue, Rail grinding, Rail damage

1. はじめに

レールの車輪転走面表層部には、車輪との繰返し転がり接触に起因した疲労層が形成され、レールシェリング等の転がり接触疲労損傷に発展する可能性もある。新幹線では、レール削正を行い、定期的に疲労層を除去することにより、損傷予防の効果を上げている。一方、在来線では、疲労層が新幹線より深い位置に形成されると考えられてきた¹⁾ことから、疲労層除去という観点からのレール削正は行われてこなかった。しかし、転がり接触疲労損傷を原因としたレール交換が多いため、保守コスト削減の観点からもその対策を確立する必要がある。そこで、レール削正による在来線の転がり接触疲労損傷防止について改めて検討を行なっている。

本報告では、在来線においてレール削正試験を行い、金属組織観察および X 線逆極点図測定によって削正前後のレール疲労層を調査した結果について述べる。

2. 調査概要

<2.1>調査対象線区

在来線の中でも列車本数の多い山手線を調査対象線区として選定した。調査区間の軌道構造を表-1に示す。

表-1 軌道構造

線名	山手線
線形	直線区間、25‰
レール種別	JIS60kg 普通レール

<2.2>レール削正

レール削正は、6 頭式レール削正車により行なった。累積通過トン数が 148 百万トンの箇所において、レールの削正を 4 パス実施した。

レール頭頂面の削正量は、レーザー式レール断面測定器(測定精度 0.01mm)を用いて削正前後のレール頭部を測定し、その差から削正量を求めた。その結果、総削正量は 0.2mm であった。

<2.3>調査対象レール

次の 3 種類のレールを調査対象とした。

- ①AS (新品未使用のレール)
- ②NGR (非削正レール): 累積通過トン数 174 百万トン使用
- ③GR (削正レール): 累積通過トン数 148 百万トン使用時点で 0.2mm レール削正後 26 百万トン使用(計 174 百万トン使用)

3. 測定方法

<3.1>金属組織観察

レール頭頂面表層部の金属組織について、金属顕微鏡を用いて観察した。観察位置は、レール頭部断面の中心を基準として 0,10mm 離れたレール長手方向断面とした。図-1 に金属組織の観察方向を示す。

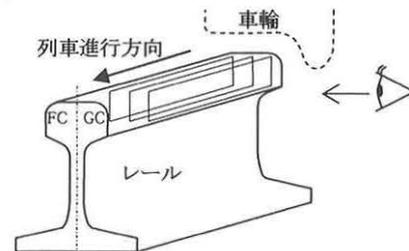


図-1 金属組織観察方向

<3.2>X 線逆極点図測定

測定は、回転対陰極型 X 線回折装置を用いた。X 線回折強度基準には、α 鉄無方向性試料を用いた。測定は、α 鉄の 110,200,211,310,222,321 の各方位について行なった。測定面法線方向は車輪転走面法線方向とした。

X 線逆極点図の測定位置は、次の考え方により決定した。転がり接触疲労状態の特徴を検討するために、外乱要因となる過剰な接線力の影響を極力避けることとした。そこで、車輪・レール接触形状に起因した不均一な接線力の影響が最も小さいと考えられる位置を測定位置とすることにした。選定にあたっては、表層部金属組織に塑性フローが認められず、硬さが最低となる条件とした。測定位置では、表層から深さ方向へ電解研磨により順次掘り下げ、所定の深さごとに X 線逆極点図測定を行った。

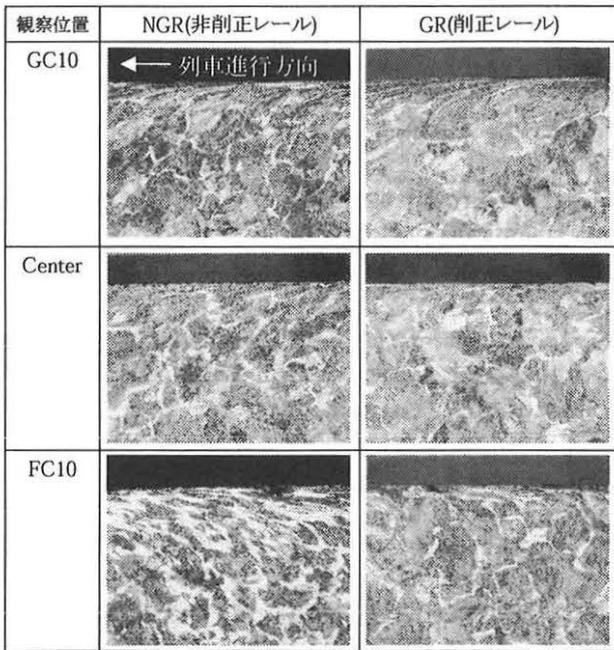


図-2 レール表面の塑性フロー (×400)

4. 結果と考察

<4.1>金属組織観察

図-2 にレール頭頂面表層部の金属組織を示す。Center はレール頭部中央断面、GC10、FC10 はレール頭部中央から GC 側および FC 側へ各々 10mm の位置である。車輪との転がり接触により塑性フローが生じていることが確認できる。列車走行時のレールと車輪の接触面では、車輪の踏面勾配によって生じる接触面内の周速度の違いに起因するスピンが発生する^[2]。より純転がりに近いレール頭部中央から離れるにつれて、このスピンによる歪が大きくなり、塑性フローが生じているものと思われる。

レールの長手方向断面で見れば、GC 側では純転がり部に対して車輪径が大きい。そのため、列車の進行方向に対して反対向きの接線力が作用することから、塑性フローが反列車進行方向になる(図-2 中、GC10 参照)。一方、FC 側では純転がり部に対して車輪径が小さい。そのため、列車の進行方向と同じ向きの接線力が作用することから、塑性フローは列車進行方向になる。

<4.2>X線逆極点図測定

図-3 に、X線逆極点図測定で得られた主要結晶方位の X線回折強度比の変化についてレールの車輪転走面表面から深さ方向に測定した結果を示す。強度比が 1 であることは、結晶方位が完全に無方向性であることを示す。また、強度比が高くなるほど結晶の配向度は強くなり、着目した結晶方位に関して面法線が車輪転走面法線と平行な結晶粒の存在割合が高くなることを示す。

AS の場合、各方位とも深さ方向の変化はほとんど無く、ほぼ無方向性(強度比=1)であることを示している。

他方、NGR および GR の場合、各方位で強度比は 1 から乖離しており、その中でも(222)は最も特徴的な挙動を示している。NGR では、レール頭頂面直下で急激に値が上昇し、深さ約 25

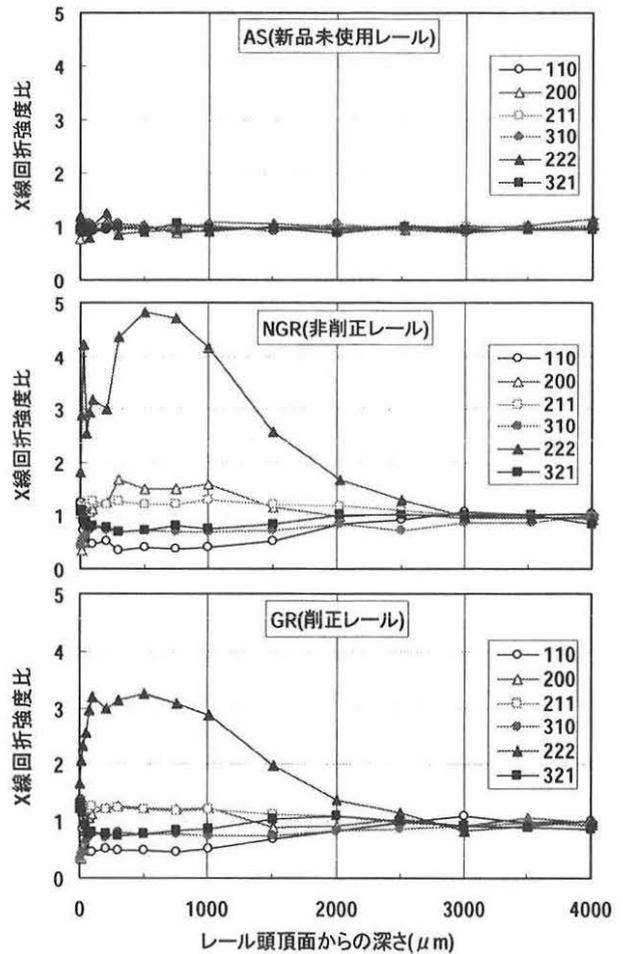


図-3 深さ方向の X 線回折強度比

μm に第 1 ピークが存在する。第 1 ピーク以後、急激に値が減少し、再び深さ約 $500\mu\text{m}$ で第 2 ピークを示す。その後、漸次低下して深さ約 $3000\mu\text{m}$ で強度比は 1 になる。GR では、削正によりレール頭頂面直下 $25\mu\text{m}$ 付近の第 1 ピークは消失している。レール頭頂面直下に著しい第 1 ピークが現れていないことから、削正後の累積通過トン数が 26 百万トンでは転がり接触の影響が軽微であると推定される。また、NGR の $500\mu\text{m}$ 付近で観察された第 2 ピークは、削正後に値が小さくなっている。これらの挙動については、更に検討を進める必要があると考える。

5. おわりに

山手線で使用したレールの金属組織観察および X線逆極点図測定を行った。その結果、転がり接触疲労に対する指標として利用を検討している(222)の X線回折強度比に着目すると、レール深部でなく、レール頭頂面直下で第 1 ピークを示していること、さらに削正によってレール深部の第 2 ピークが低下していることが確認された。

【参考文献】

- [1] 井上靖雄: レールシェリング発生機構の解明(下)、日本鉄道施設協会誌、1994.6
- [2] 石田誠: 車輪/レールの接触メカニズム、日本鉄道施設協会誌、2000.8