

## レール内部の残留応力調査結果

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○瀧川 光伸  
 東日本旅客鉄道株式会社 正会員 小野寺孝行  
 東日本旅客鉄道株式会社 正会員 阿部 司

### 1．目的

レール損傷において、き裂が発生してから折損に至るまでの進展メカニズムは解明されていない。そのため、安全性や信頼性の面からレール損傷管理に多くのコストを費やしている。特に在来線では、レール損傷交換原因の半分がシェリング傷によるものであり、その予測が確実に出来るようになれば安全性の向上やレール損傷管理の効率化につながる。そこで、本研究ではシェリングき裂進展に影響のあるレール頭部の内部残留応力を調査し、き裂進展への影響を分析した。

### 2．調査内容

レール内部の残留応力を調査するに当たり、表 1 に示す試験片を用意した。調査箇所は、新品レールと荷重履歴のあるレールは 50～80cm 間隔で 3 箇所/本、シェリングのあるレールはシェリング直下の 1 箇所/本とした。残留応力の測定は切断法で行い、測定箇所は、図 1 に示すようにレール頭部表層 7 箇所及びレール内部 9 箇所とした。レール表層は長手方向にひずみゲージを貼付し、最終的に板厚 5mm、幅 25mm、長さ 50mm の大きさに切断をした。レール内部は棒ゲージを埋め込み、図 2 に示すようにレール端部から 120mm の長さで切断した。

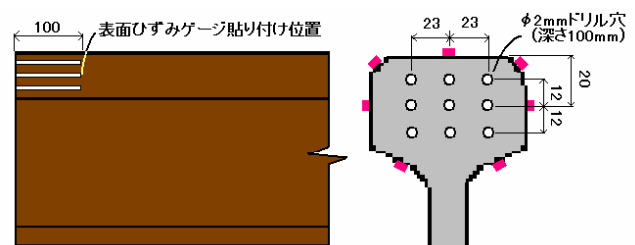


図 1 残留応力の測定位置



図 2 内部残留応力の測定

表 1 疲労実験における荷重条件

| 試験片         | 本数 | 線形 | 種別   | 通トン(t)  | 側点数  |
|-------------|----|----|------|---------|------|
| 新品レール       | 1  | -  | 60kg | 0 t     | 3 箇所 |
| 荷重履歴のあるレール  | 1  | 直線 | 60kg | 約 6.5 億 | 3 箇所 |
| シェリングのあるレール | 2  | 直線 | 60kg | 約 4.0 億 | 1 箇所 |
|             |    |    |      | 約 6.5 億 | 1 箇所 |

### 3．調査結果

#### (1)新品と荷重履歴のあるレールの頭部残留応力

図 3 に残留応力測定の際の測点番号を示す。レール内部の残留応力は GC 上部から(1)～(9)の順とした。ここでは、レール頭頂面表層の ～ とレール頭部内部の残留応力の値を紹介する。新品レールの測定結果を図 4、荷重履歴のあるレールの測定結果を図 5 に示す。各測点での 3 つの値は、レール長手方向の残留応力の変化をあらわしている。

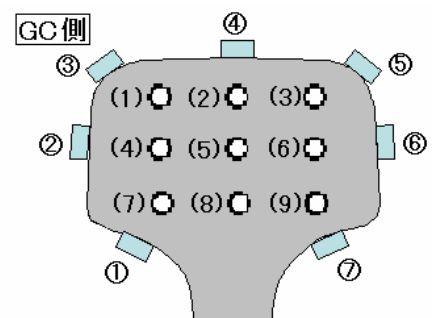


図 3 測点番号

キーワード：レール、残留応力、シェリング、横裂、き裂の進展

連絡先 〒331-8513 埼玉県さいたま市北区日進町 2 丁目 0 番地 TEL:048-651-2389 FAX:048-651-2289

新品レールの特徴としては表層中央に大きな引張の応力が存在し、内部については圧縮応力がほとんどであるが、引張の部分も存在しておりばらつきも大きかった。長手方向にも各場所で 50MPa 程度の違いがあることもわかった。

荷重履歴のあるレールの特徴としては、表層は車輪に踏まれることでほとんどが圧縮応力になっており、内部についても新品と比較してほとんどの箇所が圧縮の大きな応力になっていることが確認された。ただし、照り面状態から車輪との接触圧が大きいと予測される GC 部の表層から深さ 10mm 付近の場所には、50MPa 程度の引張応力が存在していた。きしみ傷が発生した場合は、内部に傷が進展していく可能性があることも否定できない。長手方向についてはやはりばらつきが存在し、軸力換算で 50 以上の変化になる場合もあることが確認できた。

#### (2) シェリングのあるレールの頭部残留応力

図6に線区の違うところで発生したシェリングレール2本の測定結果を示す。内部の残留応力は荷重履歴のあるレールと同様にほとんど圧縮になっているが、シェリングの発生している箇所の表層から 10mm 下の位置では引張の応力が存在し、傷の進展に寄与する可能性が示された。この理由として、荷重履歴のあるレールの GC 側内部が引張応力であったように、シェリングにより生じる微小な凹凸が車輪による大きな接触荷重を引き起こし、その結果内部に影響して引張応力が発生したと考えられる。

### 4. 内部残留応力のき裂進展への影響

これまで、レール頭部中央部には引張の残留応力が存在すると考えられてきた<sup>1)</sup>が必ずしもそうではなく、今回の結果から考えられるのは、大きな接触圧が生じている箇所の内部（10mm 程度の深さ）には引張応力が発生しやすく、それが傷の進展に影響するのではないかとということである。これまでの傷レールの疲労実験では、表層から 20mm 付近までき裂が進展したときにその進みが一旦遅くなった<sup>2)</sup>が、その原因としてこのような内部残留応力の変化による影響があったのではないかと推定できる。

レール頭部の内部残留応力の傾向はほとんどの場合圧縮傾向であることが確認されたが、車輪とレールの接触状況により一部引張応力に変化する可能性があるという結果が得られた。しかし、レール管理で応用するには、応力値のばらつきも大きく在姿状態で測定ができないため、更なる研究が必要になると考える。

#### 【参考文献】

- 1) 柏谷、石田：レール横裂成長速度予測モデル、鉄道力学学論文集第7号、2003.7
- 2) 瀧川、本、柏谷：レール損傷（頭部横裂）進展に関する分析、土木学会第59回年次学術講演会概要集、2003.9

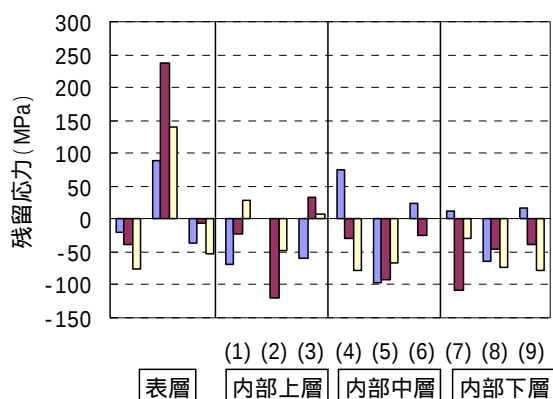


図4 新品レールの残留応力

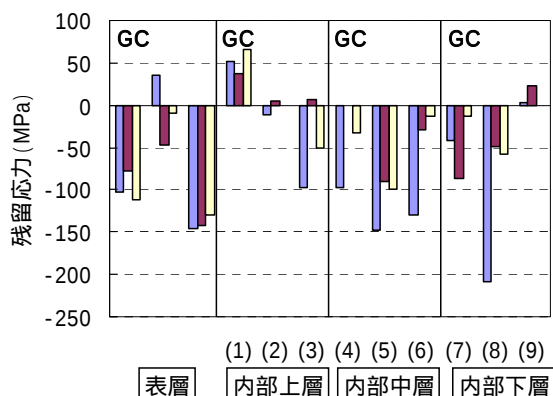


図5 荷重履歴のあるレールの残留応力

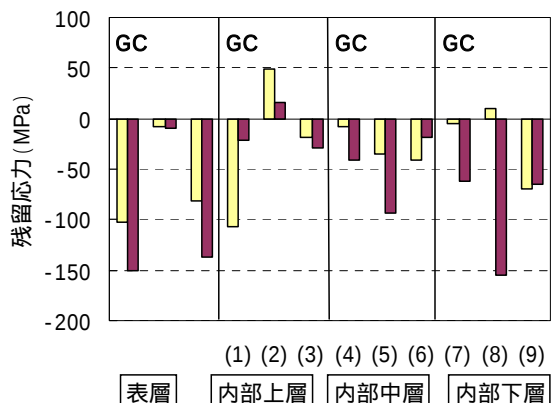


図6 シェリングレールの残留応力