

渦流探傷によるレール微小き裂検知の現地試験

西日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○鶴房 佑樹
西日本旅客鉄道株式会社 正会員 井上 拓也
西日本旅客鉄道株式会社 正会員 高尾 賢一

1. はじめに

シェリング傷の発生を抑制するには、レール表層部に形成される転がり接触疲労層をレール削正により除去することが有効である。JR 西日本の在来線においても、シェリング傷の発生傾向の分析結果をもとに、線区毎の特徴を反映した周期に従って定期的なレール削正作業を実施して、シェリング傷の発生抑制を図っている¹⁾。

一方で、レール表層に実在する初期段階のき裂を定量的に把握したうえで除去する方が極めて有効であることから、渦流探傷によるレール表層部の微小き裂検知性能についての検証を行い、レール交換後の経年レールに対する渦流探傷試験で表層に実在する微小き裂の検知可能性を確認している²⁾。

今回は、営業線における敷設レールのき裂検知性能の検証を目的として、営業線における連続測定で微小き裂を検知した箇所のレール状態を詳細に調査した結果について、報告する。

2. 営業線における渦流探傷試験

(1) 試験方法

営業線における渦流探傷試験は、専用に製作した手押し式の架台に渦流探傷装置を搭載し、プローブを架台に対して一定の高さに固定した状態で測定を実施した(図1)。なお、プローブは金属材料の疲労損傷検査用の幅5mmのプローブを使用し、レールの照り面中央を測定するように配置して測定を行った。



図1 現地測定の状況

(2) 試験内容

測定はいずれも直線の明かり区間でシェリング傷が存在し、微小なき裂の存在が有力と想定される表1の区間で実施した。なお、渦流探傷の基準感度調整は、レール削正で対処可能な深さ0.3mmと検知箇所の表面確認

作業を考慮し、人工の基準き裂(長さ5.0mm、幅0.25mm、深さ0.3mm)で信号電圧2.0Vとなるように調整したうえで現地測定を実施した。

現地測定では、渦流探傷を実施して信号電圧2.0V以上の反応を示した箇所について、目視や蛍光磁粉探傷等によりレール表面のき裂有無を調査した。

表1 測定区間

測定区間	①	②
線名	山陽本線	湖西線
線形	直線	直線
軌道構造	有道床	有道床
年間通過トン数	2000 万トン	1400 万トン
累積通過トン数	8.1 億トン	5.9 億トン
延長	200m	666m

3. レール内部のき裂確認

(1) 目的

現地測定で微小き裂の存在可能性を確認した箇所について、金属組織観察でレール内部のき裂有無を確認することにより、現地測定における微小き裂検知可能性を検証することとした。

(2) 実施内容

渦流探傷試験の検知箇所の中から9箇所を選定し、レール内部のき裂確認を行った。対象箇所は、基準感度とした信号電圧2.0V以上の箇所を基本として選定した。なお、渦流探傷ではレール溶接部や踏みきず等のき裂以外にも反応を示すが、これらは目視確認結果及び渦流探傷波形の特徴により対象箇所から除外した。

金属組織観察は、検知箇所を中心に試料を採取して鏡面研磨を施したうえで、き裂の有無及びき裂の寸法を光学顕微鏡により観察した。

(3) 確認結果

対象とした9箇所の調査結果を表2に示す。レール内部のき裂有無を確認した結果、7箇所でレール内部にき裂が確認され、2箇所は確認されなかった。

表2における渦流探傷の信号電圧とき裂深さの関係を図2に示す。信号電圧2~3Vの箇所で深さ0.3mm程度、4V以上の箇所で深さ0.6mm程度のき裂が確認されており、概ね信号電圧が大きいほど内部のき裂は深い傾向にあった。本取り組みでは、レール削正で除去可能な程度のき裂(深さ0.3mm程度)の検知を目的としており、今

回の基準感度 2.0V で検知可能であることを確認した。
なお、一部傾向が異なる関係にあるものは、渦流探傷の信号電圧が、き裂深さの他にも、き裂長さや角度、測定プローブとき裂との位置関係等によっても変化するためであると考えられる。

表 2 レール内部のき裂確認結果

No.	測定 区間	渦流探傷 信号電圧(V)	蛍光磁粉 探傷	レール内部の き裂深さ(mm)
1	①	6.5	き裂確認	0.01 以下
2		4.2	き裂確認	0.62
3		3.8	剥離確認	0.10
4		3.1	き裂確認	0.33
5		2.1	き裂確認	0.12
6	②	5.2	き裂確認	0.63
7		2.4	き裂確認	0.33
8		1.8	き裂確認	内部き裂なし
9		1.7	判別不可	内部き裂なし

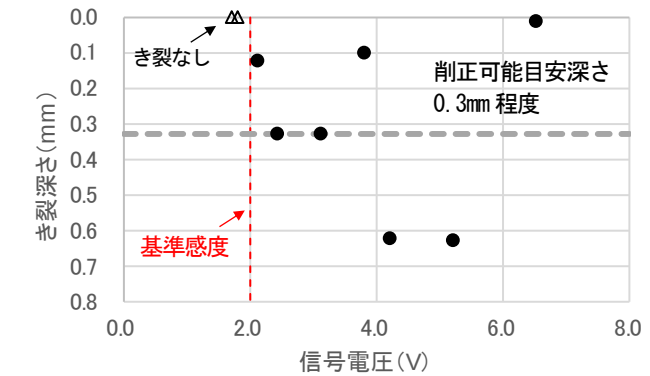


図 2 信号電圧とき裂深さの関係

狙いとした深さ 0.3mm 程度の微小き裂を対象とした確認結果の一例として、検知箇所 No.4 における渦流探傷の波形を図 3、蛍光磁粉探傷を図 4、レール内部のき裂確認を図 5 に示す。金属組織観察の結果、このき裂はレール表層付近から内部に進展しているものと考えられ、き裂深さは 0.3mm 程度に達していた。また、他の試料の調査結果においても同様に表層から内部に進展するき裂を確認している。

シェリング傷の形成過程は、レールの極表層の接触疲労による初期き裂からシェリング傷に至ると考えられており³⁾⁴⁾、今回の測定結果は形成過程のうち初期段階を捉えているものと考えられる。

なお、レール内部にき裂を確認できなかった 2 箇所については、き裂が極めて小さいために断面観察位置がき裂位置から外れている可能性や、人工き裂のように単一のき裂ではなく目視での判別が困難なほどに極めて小さいき裂が複数存在している可能性が考えられる。

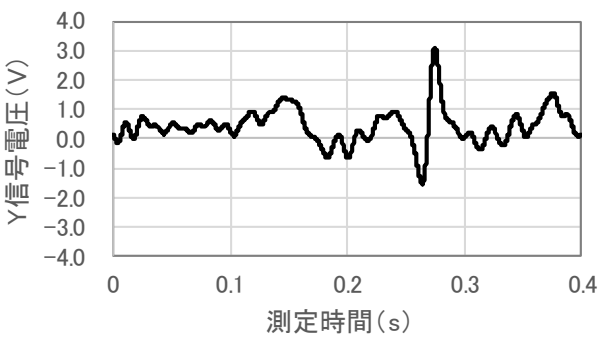


図 3 渦流探傷測定結果の一例 (No. 4)

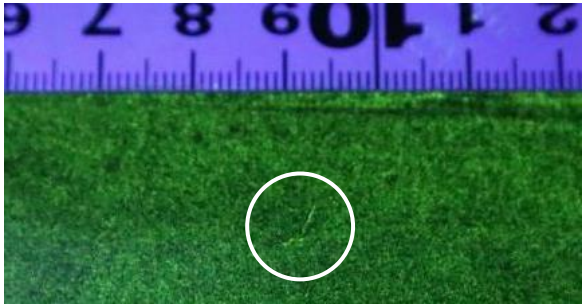


図 4 蛍光磁粉探傷の一例 (No. 4)

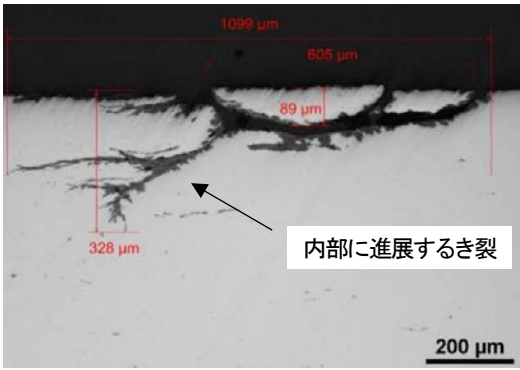


図 5 レール内部のき裂確認の一例 (No. 4)

4. おわりに

営業線における渦流探傷試験及びレール内部のき裂確認を実施した結果、渦流探傷によりレール表層に実在する削正可能な程度の微小き裂を検知可能であることを確認した。

この知見の活用により、シェリング傷の初期段階である微小き裂の分布状況を把握したうえで、最適なレール削正計画を策定できる可能性がある。今後は、実用化に向けて定量的評価手法の確立等を行う予定である。

(参考文献)

1) 今井啓貴, 高尾賢一; J R 西日本 (在来線) における最適なレール削正手法の検討, 日本鉄道施設協会誌, 2017.12
2) 井上拓也, 高尾賢一, 松井元英; 渦流探傷によるレール表層部の微小き裂検知に関する検証, 鉄道工学シンポジウム, 2020.4
3) 松山晋作; レールの癌シェリングを斬る, RRR, Vol.44, No.5, 1987.5
4) 石田誠, 阿部則次; レールシェリング対策, RRR, Vol.70, No.11, 2013.11