

レール探傷車における表層面傷の検知精度向上について

J R 東海 正会員 ○三好達也
J R 東海 正会員 安達修一

1. はじめに

レール傷が進行するとレール折損に至り、重大事故につながる。東海道新幹線においては、従来からレール探傷車にてレール傷の検査を行い、レール傷を早期に発見してきた。今回レール探傷車の新型車導入の時期に併せて、探傷精度のさらなる向上に取り組み及び検証を行ったので紹介する。

2. 旧レール探傷車探傷装置の概要

探傷装置は、超音波探触子（ 70° 、 45° 、 0° （2MHz）、 0° （5MHz）、V 透過）と、探触子に発生させる超音波の制御及び、受信した超音波の処理をする探傷器から構成している。

(1) 超音波探傷器からの情報収集

探触子から直進性の良い超音波を 2.5 mm ピッチで送信しレール内に伝播する。レール内部に入った超音波が傷などに当たると超音波は遮断され直進できず反射する。この反射波を探触子が受信する。受信した反射波の強さとパルス回数を区分してデータ情報として抽出処理する。

(2) 傷の長さ判定

検知レベル以上のエコー高さ情報を傷と判定し、傷を判定し続けた探触子のパルス回数から傷の長さを 2.5 mm 単位で算出する。連続検知回数をレール傷の大きさとしてランク判定（1 ～ 5 ランク）し、抽出する。

(3) レール表層面の判定不能深さ

旧レール探傷車の探傷装置では、エコー検知レベルを一定値にしか設定できなかったために、レール表層面での不安定な送信波の影響を避けるためゲートを開く深さを送信波に近づけることができなかった。そのためゲートを開く深さを 4 mm に設定しており、レール表面より 4 mm までの深さにおいてはレール探傷の判定は不能であった。

3. 探傷装置の改良

新レール探傷車において超音波探触子は、 45° を 40° 焦点型（超音波の発散を抑制）に改良し、 70° によるレール頭部探傷範囲を拡大（サイドルッキング）するとともに、新たに 2 探触子反射法（タンデム探傷）を追加した。さらに、より精度の高い探傷を目的として、(1)ゲート検知レベルの関数型化、(2)横軸に探傷位置、縦軸に深さ距離（時間）を表す画像として表示する形式（以下、「B スコープ探傷画像」）の処理、(3)探傷ピッチの改善などに取組んだ。ここでは、その内容を詳しく紹介する。

(1) ゲート検知レベルの関数型化

図 1 に旧レール探傷車、図 2 に新レール探傷車のそれぞれの検知レベルを示す。新レール探傷車では、検知レベルを深さに対する関数として設定できるので、送信波の波形に合わせることができる。探触子の状況に応じて不安定な送信波が変化するが、その送信波の波形に応じて検知レベルを設定する。この際、レール表面から 2 mm の深さから設定することで、レール傷の検知範囲をレール表面 4 mm から 2 mm まで広げることができた。

(2) B スコープ探傷画像処理

ビーム路程情報と受信した探触子の屈折角から、画像メモリ上に超音波の反射位置を示す点をプロットする。このとき、他の探触子からの信号も画像メモリ上に区別してプロットする。超音波探触子の配列はレール長手方向に分布しているが、この位置の違いも補正してプロットする。

画像メモリ上のデータで、プロット点の密集度を調べた上で、プロット点の集まりごとにラベリング処理が
キーワード：検知レベル、B スコープ探傷



写真 1 レール探傷車

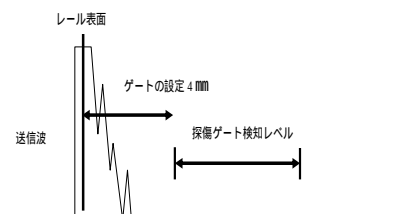


図 1 旧レール探傷車検知レベル

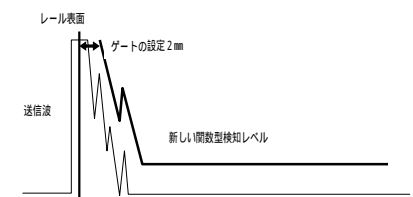


図 2 新レール探傷車検知レベル

行われる。たとえば0°探触子でX方向が10mm、Y方向が6mmで同一と判断する。この集まりごとに、受信した探触子の種類、レール内での位置、画像の形などの特徴によって、傷の種類、人工反射源の種類（ボルト穴や普通継目など）雑音を判定する。

(3)探傷ピッチの改善

従来の探傷ピッチは2.5mmで算出していたが、2mmピッチに改善してより確実にレール傷をとらえるようになった。

4．Bスコープ探傷画像の信号処理

レール傷の判定の根幹であるBスコープ探傷画像について紹介する。図3はBスコープ探傷画像であるが、左レールを上段、右レールを下段に分けて、それぞれの上段に10m表示、下段に2m表示画面を配置しレール傷の大きさ長さをビジュアルに確認できるように構成している。



図3 Bスコープ探傷画像

5．新レール探傷車における探傷結果

上記改良に対して実施した検証及び効果について紹介する。

(1)浜松レールセンター場内試験

平成18年8月に浜松レールセンター場内で新レール探傷車の探傷機能試験を実施した。浜松レールセンター場内に、東海道新幹線管内において確認されたレール傷（シェリング傷）を有した2本のレールを仮敷設して、新レール探傷車の探傷機能の確認を行った。新レール探傷車の測定結果を写真2、写真3、可搬式のレール探傷器の測定結果を写真4、写真5、レール切断結果の結果を図4、図5に示す。新レール探傷車の測定結果では右レールの傷の長さ48mm、左レール傷の長さ18mm、レール探傷器の測定結果では、右レールのレール傷の長さ58mm、左レールのレール傷の長さ35mm、実際レール切断の測定結果においては、右レールのレール傷深さ2mm、長さ65mm、左レールのレール傷の深さ2mm、長さ27mmであった。レール切断結果と新レール探傷車の測定結果を照らし合せた結果、傷の始末端で長さが合わないのは傷の幅や向きによるものと考えられるものの、傷左右レールとも新レール探傷車でレール表層面より2mmのレール傷を検知することができた。このことから新レール探傷車によるレール表層面傷の検知の精度の高さを確認した。



写真2 右レール探傷車結果



写真3 左レール探傷車結果

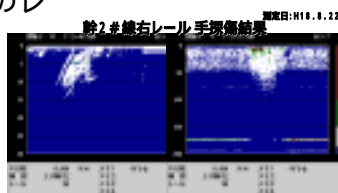


写真4 右レール探傷器結果

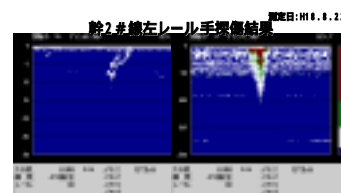


写真5 左レール探傷器結果

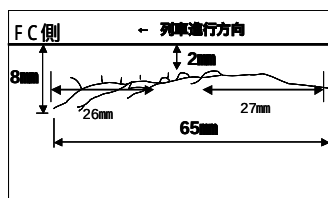


図4 右レール切断結果

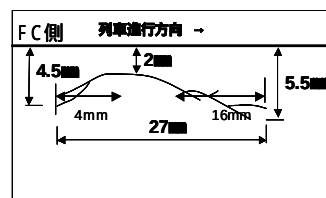


図5 左レール切断結果

(2)名古屋駅構内におけるレール傷確認（連続シェリング傷）

新レール探傷車のBスコープ探傷画像の効果で、レール傷を確認した顕著の例として名古屋駅構内のレール傷を紹介する。平成18年9月に新レール探傷車により、下り線名古屋駅ホームから大阪方に約400mにわたって続いている連続シェリング傷を確認した。写真6はレール傷（連続シェリング傷）写真7は探傷車が測定したBスコープ探傷画像を示す。当該箇所は従来からきしみ傷と確認され管理を行っていたが、新型レール探傷車のBスコープ探傷画像によりレール傷を連続シェリングと確認した。



写真6 レール傷



写真7 探傷車測定結果

6．まとめ

Bスコープ探傷画像でのレール傷検知を行い、上記の「浜松レールセンター場内試験」、「名古屋駅構内におけるレール傷確認」により、レール表層面傷の検知精度を向上できたことがわかった。新レール探傷車の導入に伴いレール傷の早期発見が可能となり、東海道新幹線の安全・安定輸送に大きく貢献できるものと考えられる。