

レール頭部の精密な探傷方法の開発

JR 東日本 正会員 青木宣頼,小関昌信
日本 ITeS 坂代一郎,田中賢治

1. はじめに

レール頭部の横裂は、斜角探触子によるレール探傷で管理している。しかし、横裂上に大きな水平裂やきしみ割れがあった場合に超音波が遮断されるため、横裂を探傷することができない。横裂を探傷するために、超音波探傷の透過法を用いた横裂測定器が開発されているが、条件によっては十分に測定できない場合がある。そこで、水平裂やきしみ割れ、レールが摩耗した場合でも横裂を正確に探傷する方法を開発した。

2. 既存の方法の問題点

従来より、横裂についてはレール頭頂面からの斜角探触子（例えば 2C10X10A70）を用いて探傷が行われている。図 1 のように深さ 30mm の傷と表面傷がある条件では、70 度の探触子は表面波が発生するため、図 2 のようにスリット先端部とスリット開口部への表面波のエコーがほぼ同じ位置に出現して端部エコーの識別が出来ない。一方、横裂傷を対象とした探傷方法としてレール頭部両側面を利用した超音波の透過法が用いられているが問題点として超音波の透過率を基にするため mm 単位での正確な深さを測定することはできない、また、頭部側摩耗がある場合には、探触子がレールに密着しないために測定が難しい。

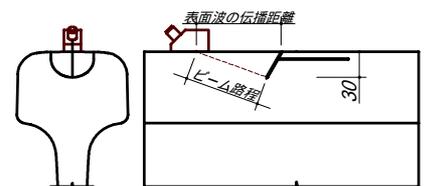


図 1 斜角探傷の問題点

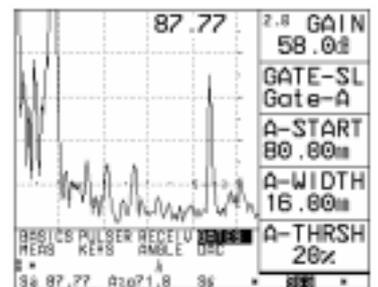


図 2 斜角探傷の例

3. レール顎下探傷方法の比較

横裂上部の水平裂の影響を受けない探傷方法としてレール顎下からの超音波探傷方法を試みた。探傷はレール顎下部から一探触子法および二探触子法のパルス反射法を用いて、人工傷と自然傷の探傷精度を比較した。試験片は人工傷(円弧形状傷としレール頭部の中央に鉛直方向に対し 30 度の角度で、傷深さをそれぞれ 10、15、20、25 mm とした)と自然傷(図 3)で行った。使用する探触子は 2 MHz、屈折角 45 度と 60 度の 2 種類を検討した。探傷方法は図 4 に示す 5 つの方法を比較した。



図 3 探傷試験片(自然傷)

表 1 に人工傷の探傷結果を示す。表中のビーム半値角とはピークエコーが得られた角度から、-6dB 下がった時の探触子の回転角度である。1 探触子法以外の方法では、半値角が ±4 ~ 6 度で精度よく探傷できている。探傷結果の一例(探触子 2K10A60, V 字探傷)を図 5 に示す。図で示すように明瞭な端部エコーを得ることができ、傷位置の測定値もほぼ設計通りであった(図 6)。また、列車進行方向から探傷した場合(前方探傷と呼ぶ)の方が正確に探傷できている。自然傷での測定結果を図 7 に示す。この試験体は放射線透過試験で深さ 7 ~ 8 mm の傷があることが確認されており、図に示すように V 字探傷で正確に測定できることが分かる。探傷画面のエコーも明瞭に確認することができる。

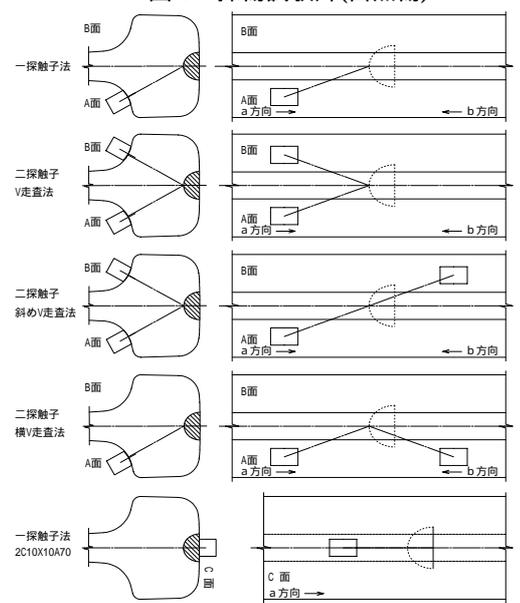


図 4 探傷方向

キーワード：横裂、超音波探傷、端部エコー法

〒331-8513 さいたま市北区日進町 2 丁目 479 番地 TEL 048(651)2389 FAX 048(651)2289

4. 探傷方法の比較結果

円弧スリット形状の端部エコー測定によるビームの左右の拡がりには凹探傷面で超音波が集束されるため狭くなり、半値角は何れの探触子とも $\pm 4 \sim 6$ 度強であった。

円弧スリット形状の端部エコー高さは探傷方法、探傷方向によって異なるが、概ね一探触子法で3横孔エコー高さに対して $-8 \sim -14$ dBであり、二探触子V走査法では $-7 \sim -20$ dBであった。

スリット試験体の探傷結果から傷の深さ推定は面のエコー高さの影響を受けやすい後方探傷では一探触子法 2K10A45 で -4.8 mm、二探触子V走査法で -3.6 mmと誤差が大きかったが、全体としては ± 2 mmの精度であった。

二探触子V走査法は傷の形状に対して、両探触子の狙い方向を組み合わせることにより、傷の最深部を捉え易い手法である。

二探触子斜めV走査法は傷先端部での回析波の効率がよいと思われるが、両探触子の位置および回転狙い角の微妙な走査が要求されピークエコーの検出と特定が難しく現場には適さない方法である。

二探触子横V走査法は探触子間を直接伝播する表面波成分が多く、傷のエコーと重なり合う場合があり、未知の傷検出には向かない。横裂を出来るだけ見落とし無く（その位置と大きさ分布範囲）検出しようとした場合、横裂の伸展角度が概ね30度程度であることから、亀裂面の情報を検出し易い入射角（亀裂面に直交）ということで60度が適している。

上記検討を踏まえ、横裂探傷には探触子 2K10A60、探傷方向は顎下V字探傷が適していると判断し、図8に示す探傷用の治具を開発した。これはレール頭部にフレームを設置し、顎下部両側に探触子を配置する構造となっている。また、探触子の狙い回転角度はエンコーダーにより検出している。探傷は、接触媒質をレール顎下部に塗布し、探触子の狙い角を適宜調整しながら、前後走査して横裂面の端部を特定する。この時のビーム路程と両探触子の狙い角から横裂の深さを推定することができる。

5. 結論

これまでの探傷方法で正確に測定できなかった、水平裂下の横裂深さを測定する探傷手法を開発した。その手法はレールの顎下から、周波数 2MHz で入射角 60 度、V 字探傷する方法である。列車進行前方や後方から探傷することで SN 比の良好な端部のエコーを得ることができ、その深さも正確であることを試験片、自然傷で確認することができた。また現地で探傷を行えるような治具を開発した。今後この探傷器具を用いて横裂傷の深さを詳細に調査する予定である。

表1 探傷方法の比較結果

周波数	入射角	方向	ビームの半値角		S/N
			前方	後方	
2MHz	45	1探	-4.0 ~ 3.1	-5.1 ~ 4.9	×
2MHz	60	1探	-5.0 ~ 5.5	-10.7 ~ 6	×
2MHz	45	V	-4.4 ~ 3.6	-5.0 ~ 3.9	
2MHz	60	V	-4.3 ~ 4.0	-4.1 ~ 3.8	
2MHz	45	斜V	-4.3 ~ 4.1	-4.4 ~ 3.9	
2MHz	60	斜V	-4.9 ~ 4.3	-5.4 ~ 4.1	
2MHz	45	横V	-4.3 ~ 4.0	-4.4 ~ 4.3	
2MHz	60	横V	-5.1 ~ 4.6	-4.1 ~ 4.4	



図5 V字探傷例

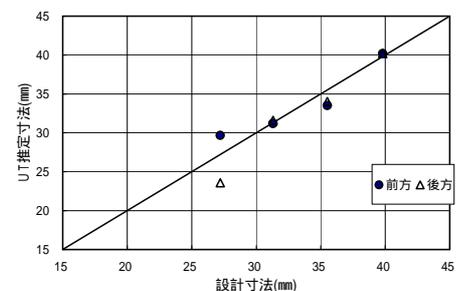


図6 V字探傷の探傷結果比較

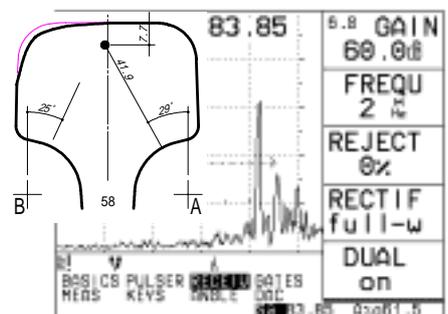


図7 自然傷の探傷結果



図8 横裂探傷治具