

レール損傷防止に向けたレール傷管理方法の適正化

東日本旅客鉄道株式会社

武井 悠斗

東日本旅客鉄道株式会社

正会員○三村 大輔

東日本旅客鉄道株式会社

正会員 篠田 勝己

1. 背景

レール傷は様々な因子が絡んだ結果発生するため、発生傾向を理論的に捉えるのは難しい。レール頭面の削正によって傷の発生を抑制することは可能である一方で、一度発生した傷はレール交換を行うことでしか処置ができない。そのため、発生したレール傷に対して、様々なリスクを考慮した適切なタイミングでの交換時期を選定しなければならない。また、修繕費における傷レール交換の割合は大きく、本研究では、傷管理の適正化およびレール交換の効率化について検討を行う。

2. 本研究の目的

現在当社における傷の管理は、レール探傷車(以下RFD)によって判定された傷種別およびランクによって処置期限を一律に定めている。一方で、RFDの車上データと現場の再探傷結果には差異が生じることがある。そこで、「頭部傷」に着目して適正な傷の状態を把握することを本研究の目的とした。

3. 研究の流れ

- (1) 損傷管理方法の変遷
- (2) RFDによる探傷結果と現場での手探傷結果に関する考察
- (3) RFD車上の判定方法に対する分析
- (4) 新たな傷種別およびランク判断方法の提案

4. 損傷管理方法の変遷

表1に2004年以降の損傷管理方法の変遷を示す。1つ目の大きな変化は2004年に傷の処置期限を明確に決めたことである。これにより、レール損傷が大幅に減少し始めたと考える。2つ目の変化は2010年にレール頭側部より探傷可能な透過法を導入したことにより、レール頭面から測定する反射法に比べて精度よく横裂深さを測定できるようになったことである。これにより、水平裂によって遮断された横裂深さを正確に測定でき、シェリング傷のランクダウンが可能になった。一方で、現在もシェリング以外は反射法(RFD)の結果により傷種別および処置期限の確定を行っている。

表1 損傷管理に関するルールの変更履歴

2004年	・Aランクの廃止およびCCランクの新設 ・再探傷および処置期限を明確化
2006年	・「計画的にレール交換」の期日を設ける
2010年	・透過法による測定した場合の処置期限の設定
2016年	・Cランク傷処置期限の見直し
2018年	・BWELと複数検知角度の組合せを判定基準に追加 ・シェリング傷ランクダウンが可能に
2019年	・継目板取付箇所の再探傷の省略

5. 現場検証

総武本線千葉-佐倉における頭部横裂、頭部水平裂から無作為に計18箇所を抽出し、実際に反射法(全角度の探触子)とレール側頭部における透過法(FG)を用いて手探傷を行った。得られた探傷結果とRFDにおける探傷データの比較結果を表2に示す。

表2 RFDで傷における手探傷の結果(反射法および透過法)

No.	傷種別	検知角度	手探傷(mm)				RFD(mm)		
			0長さ	45深さ	70深さ	FG深さ	0長さ	40深さ	70深さ
1	頭部横裂	54,70,40	96.6	18.7	18.5	8.0	0.0	10.0	3.0
2	頭部横裂	54,40	51.6	24.0	16.1	7以下	0.0	11.0	5.0
3	頭部横裂	54,70,40	47.0	7.2	16.8	8.0	0.0	12.0	2.0
4	頭部横裂	40	50.9	22.7	18.0	7以下	0.0	12.0	0.0
5	頭部横裂	70,40	17.2	10.8	10.0	9.0	0.0	11.0	5.0
6	頭部横裂	54,70,40	76.1	14.3	17.1	9.0	0.0	12.0	7.0
7	頭部横裂	54,40	64.2	12.5	15.1	8.0	0.0	14.0	3.0
8	頭部横裂	54,70,40	117.2	12.5	14.6	7以下	0.0	11.0	7.0
9	頭部横裂	54,40	39.7	5.0	16.7	8.0	0.0	15.0	0.0
10	頭部横裂	54,70	74.8	9.1	12.6	9.0	0.0	0.0	11.0
11	頭部横裂	54,70	80.7	19.7	14.8	10.0	0.0	0.0	10.0
12	頭部横裂	54,70	98.0	21.2	24.2	11.0	0.0	0.0	11.0
13	頭部水平裂	54,0	101.3	12	20.1	10.5	16.0	0.0	0.0
14	頭部水平裂	54,0,70	58.2	8.1	8.5	9.0	16.0	0.0	0.0
15	頭部水平裂	54,0	156.2	7.9	12.3	9.0	47.0	0.0	0.0
16	頭部水平裂	54,0	58.2	19.7	16.1	8.0	32.0	0.0	0.0
17	頭部水平裂	54,0	45.0	7.5	13.5	7以下	32.0	0.0	0.0
18	頭部水平裂	54,0	44.3	7.9	13.7	7以下	16.0	0.0	0.0

5-1. 頭部横裂

RFDにて頭部横裂と判定された傷(No. 1~12)に対して手探傷を行ったところ以下の2つの結果が得られた。

- (1) すべての頭部横裂において、水平裂が確認された。
- (2) RFDの70度探触子によって有ランクと判定された傷は、透過法による手探傷によって得られた横裂深さと概ね一致している(No. 10~12 手探傷FG深さ: RFD70度深さ)。

一方、RFDの40度探触子によって有ランクと判定された傷は、RFDによる横裂深さに対して、透過法による手探傷によって得られた横裂深さの方が大きい値を示した(No. 1~9 手探傷FG深さ: RFD40度深さ)。

5-2. 頭部水平裂

RFDにて頭部水平裂と判定された傷(No. 13~18)に対して手探傷を行ったところ、以下の2つの結果が得られた。

- (1) RFDの0度探触子による水平裂長さに対して、ソノチェッカーによる水平裂長さの方が大きい値を示した(No. 13~18 手探傷0度長さ: RFD0度長さ)。
- (2) RFDにより頭部水平裂と判定された傷において、透過法による探傷を行うと、頭部横裂が発生している傷が確認された(No. 13~16 手探傷FG深さ)。

キーワード レール傷, シェリング, レール探傷

連絡先 〒260-8551 千葉県千葉市中央区弁天2丁目23番3号 千葉支社設備部保線課 TEL043-284-6763

6. 考察

当社の首都圏エリアにおける、RFD による頭部水平裂、頭部横裂、シェリングの一般傷判断基準の例を表3に示す。

表3 一般傷判断基準

傷の種類	部位	傷の大きさ	記事
水平裂	頭部	長さ30mm以上、100mm未満	頭部から20mm以内の範囲かつ0°で検知したもの。(ドット間が20mm以内は連続傷として扱う。)
シェリング	頭部(40°)	水平裂20mm以上、35mm未満	0°と70°または40°の複合検知したもの。水平裂または横裂の大きさに達した場合。
	頭部(70°)	横裂10mm以上、15mm未満	
横裂	頭部(40°)	深さ10mm以上	70°または40°で検知したもの。(ドット間(深さ方向)10mm以内は一つの傷として扱う。) なお、溶接箇所と認められる場合は溶接欠陥とする。
	頭部(70°)	深さ10mm以上、15mm未満	

6-1. RFDによる頭部水平裂の測定

5-2の記述の通り、RFDの0度探触子では頭部水平裂が検出されにくい可能性や、正確に長さを捉えにくい可能性があることが分かった。これは0度探触子には頭部0~8mmに不感帯があることが原因であると考えられる。そこで、0度探触子以外に頭部水平裂を判断する方法として超音波の消失を情報とする54度探触子ならびにBWELについて考察する。

手探傷(ソノチェッカー)の0度探触子による傷長さとRFDの54度探触子による傷長さ、BWELの長さを比較したグラフを図1に示す。両データとも線形関係を示すことよりRFDによる頭部表面の水平裂の判定は、0度探触子ではなく、54度探触子かBWELを用いることが有効である。

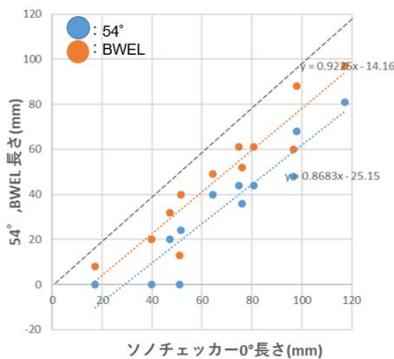


図1 ソノチェッカー0度探触子による水平裂長さとRFD54度探触子およびBWELの長さの比較

6-2. RFD 40度探触子

5-1(2)より、限られたサンプルであるがRFDの40度探触子による横裂深さは、いずれも透過法による横裂深さよりも大きい値を示した。更に、緊急交換を行った傷における40度探触子の横裂深さについてまとめたものを表4に示す。手探傷による横裂深さに対し、40度探触子による横裂深さは非常に小さいことがわかる。

ここで、40度探触子の特性について図2に示す。RFDにおける40度探触子は腹部および底部の探傷に適しており、頭頂面から10mmは不感帯である。RFDにおける探触子の特性や検出原理について様々な調査を行った結果、40度探触子において頭部横裂と検出されるのは、頭部水平裂やレール頭面荒れによる疑似エコーであると推測する。すなわち、40度探触子では、傷の有無の判断はできる一方で、頭部横裂深さの検出精度は十分でない可能性がある。

表4 緊急交換傷の横裂深さ

線名	線別	キロ程	左右	傷種別	手探傷深さ	RFD(mm)	
						40深さ	70深さ
総武本線	下	40470.0	左	シェリング	25.5(透過)	8	17
総武本線	下	40476.0	左	頭部横裂	21.0(反射)	0	19
総武本線	下	40680.4	左	シェリング	21.0(透過)	0	12
総武本線	上	41158.0	左	頭部横裂	24.5(反射)	0	21
総武本線	下	41761.3	左	頭部横裂	26.6(反射)	0	24
総武本線	下	42466.4	右	頭部横裂	28.2(反射)	0	20
総武本線	上	44087.0	左	シェリング	29.0(透過)	0	0
総武本線	下	44286.6	右	シェリング	19.5(透過)	0	16
総武本線	下	47953.0	右	シェリング	25.5(透過)	0	7
総武本線	上	48330.0	右	シェリング	21.5(透過)	0	14
総武本線	下	51646.4	右	シェリング	26.0(透過)	0	18
総武本線	上	53147.5	左	頭部横裂	20.0(反射)	9	14

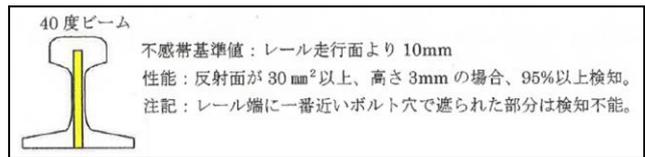


図2 40度探触子超音波ビームの走査範囲と不感帯

7. 頭部傷に対する新たな管理方法の提案

今回の結果より、RFDによって頭部横裂、頭部水平裂と判定された傷は、シェリングと判定される傷と本質的には類似している傷であると考えられる。一方で、レールを管理していく中で重要なことは、レール損傷を生じさせないことである。近年、透過法等検査精度が向上していることより、頭部における傷に対しては傷種別による管理ではなく、レール損傷に直接つながる横裂深さによって処置期限を決定することが望ましい。詳細を図3に示す。

図3 頭部傷の保守管理目標(JR 東日本現行ルールと変更案)

		レール保守管理目標(シェリング傷除く)			
		判定ランク	B	C	CC
現行のルール	損傷種別	判定ランク	B	C	CC
	頭部横裂	10mm以上15mm未満(※2)	15mm以上30mm未満	30mm以上	
	頭部水平裂(頭頂面から20mm以内)	30mm以上100mm未満	100mm以上		
		レール保守管理目標(シェリング傷)			
現行のルール	損傷種別	判定ランク	B	C	CC
	シェリング	反射法	水平裂20mm以上、または横裂10mm以上	水平裂35mm以上、または横裂15mm以上	水平裂85mm以上、または横裂30mm以上
	透過法	横裂10mm以上	横裂15mm以上	横裂30mm以上	
		レール保守管理目標			
変更案	損傷種別	判定ランク	B	C	CC
	頭部傷(※4)	反射法(横裂)	10mm以上15mm未満(※2)	15mm以上30mm未満	30mm以上
		反射法(水平裂)	30mm以上100mm未満	100mm以上	
		反射法(横裂・水平裂複合)	水平裂20mm以上、または横裂10mm以上	水平裂35mm以上、または横裂15mm以上	水平裂85mm以上、または横裂30mm以上
透過法		横裂10mm以上	横裂15mm以上	横裂30mm以上	

また、探傷車の判定方法に対しては、40度探触子によって検出された傷は参考傷、頭部水平裂長さの判断には、BWELおよび54度探触子の値を採用することが有効であると考えられる。