

レール腹部水平裂の発生原因に関する一考察

北海道旅客鉄道株式会社

正会員

○大塚 孝

北海道旅客鉄道株式会社

森 英義

鉄道総合技術研究所

正会員

渡部 弘信

鉄道総合技術研究所

正会員

片岡 宏夫

1. はじめに

JR 北海道の単線トンネル内スラブ軌道において，材質に異常が認められないレールの腹部に，水平裂を多数発見した．本研究では，レール腹部水平裂の発生の原因を考察するため，発生箇所の線形と軌道構造を整理し，発生箇所に特異性がないか確認するとともに，過去にレール腹部水平裂が発生した箇所において現地測定試験を実施し，列車通過時に発生する輪重，横圧とレール腹部応力を明らかにした．

2. 発生箇所の軌道構造と線形

発生箇所は，石勝線（昭和 56 年開業）の単線トンネル内のスラブ軌道であり，有道床軌道では発生していなかった．なお，トンネル内のスラブ軌道と有道床軌道の延長キロはそれぞれ 1.3km，0.3km である．また，レール締結装置は，スラブ軌道が直結 8 形，有道床軌道が PCF1 改良形である．

また，レール種別は 50kgN 普通レール，レール製造年は 1974 年～1976 年，累積通過トン数は 1.4 億トンであった．レール腹部水平裂が発生したレール表面は，トンネル内で敷設されているレールに見受けられる，腐食による肌荒れが確認できたが（図 1），発生していないトンネル内のレールと比較しても，特に腐食が激しい状態ではなかった．

発生箇所の線形については，直線，曲線どちらも発生しているが，単位キロ当たりの発生率は曲線に多く発生が認められた（表 1）．なお，レール腹部水平裂長さは超音波探傷による測定結果である．

以上より，レール腹部水平裂が発生している箇所は，スラブ軌道であること，直線より曲線で比較的多く発生していることを確認した．

3. 現地測定試験

測定は，過去にレール腹部水平裂が確認された石勝線（単線）第 3 トナムトンネルのスラブ軌道と，比較のため同箇

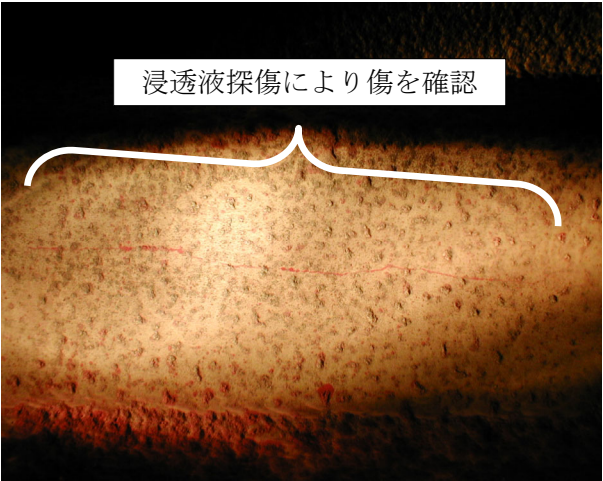


図 1 レール腹部水平裂が発生した腹部表面の状態

表 1 レール腹部水平裂の発生箇所数

項 目		レール腹部水平裂長さ	
		100mm 未満	100mm 以上
直 線		35 (2.1)	17 (1.4)
曲 線	内軌	3	13
	外軌	1	4
	計	4 (1.9)	17 (9.0)
合 計		39 (2.0)	34 (2.3)

※ 発生箇所の曲線半径は 800m 以上

※ 数字は，箇所数（単位キロ当たりの発生率）を示す

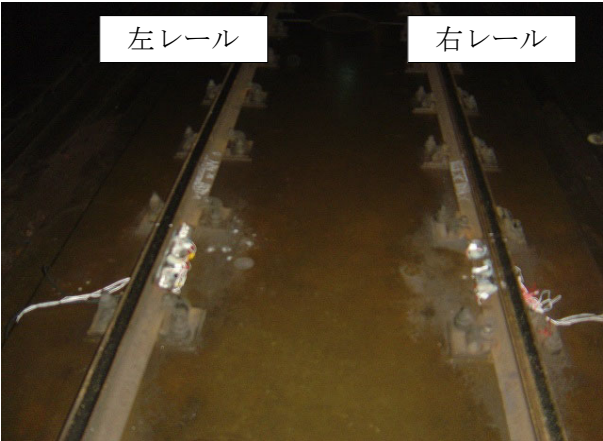


図 2 測定箇所の状況（スラブ軌道）

キーワード レール，腹部水平裂，スラブ軌道，レール腹部応力

連絡先 〒060-8644 北海道札幌市中央区北 11 条西 15 丁目 1 番 1 号 TEL011-700-5790 FAX011-700-5791

所から 165m 離れた、レール腹部水平裂が発生していない同トンネル内の有道床軌道で行った。測定箇所の選定については、横圧が少ないと想定される直線区間とした。なお、スラブ軌道の測定箇所は、既に傷レールは除去している。測定項目は、輪重、横圧および軌間内側のレール腹部応力とし、レール腹部応力については、レール中立軸に 3 軸ゲージを貼付し、鉛直応力を算出した。測定列車は、183 系および 283 系特急気動車と貨物機関車とし、各列車とも 3 本以上測定することとした。

4. 試験結果

測定したデータを基に算出した列車通過時のレール鉛直応力波形(図 3)から、スラブ軌道と有道床軌道で発生したレール鉛直応力変動の最大値、最小値、平均値、標準偏差等を整理した(表 2)。なお、レール鉛直応力変動は、引張側と圧縮側のピーク値の差である。

表 2 から、レール鉛直応力変動の列車種別毎の最大値と平均値を、スラブ軌道と有道床軌道で比較すると、有道床軌道の方がスラブ軌道を上回る傾向が認められた。また、レール鉛直応力変動値の最大値は、スラブ軌道で 38 N/mm^2 、有道床軌道で 59 N/mm^2 であった。

5. 考察

軌道変位による輪重変動の影響を考慮すると、スラブ軌道と有道床軌道との明確な差異は認められなかった。レール鉛直応力変動についても、疲労限度を基にレール底部応力の許容限度値として用いられている 176 N/mm^2 ¹⁾と比較した場合、スラブ軌道で約 1/5、有道床軌道で約 1/3 となり、十分小さな値となっていることから、レール腹部水平裂が生じた主原因では無いと考えられる。よって、レールの腹部水平裂が生じた原因を列車走行時の荷重の面から特定するまでには至らなかった。

6. おわりに

本研究において、レール腹部水平裂が発生している箇所の、列車通過時のレール鉛直応力を把握することができたが、レール底部応力の許容限度値を大きく下回っており、レール腹部水平裂の原因の特定までには至らなかった。しかし、今回の測定は、レール腹部水平裂の発生箇所と未発生箇所の 1 箇所ずつの地上測定結果であることから、今後は、今回測定した輪重、横圧、レール腹部応力の関係を詳細に検証した結果と、車上測定データを活用することで、発生箇所全区間の検証を行いたい。また、レール以外の軌道材料の性能を確認することで、引き続きレール腹部水平裂発生の原因の特定を行いたい。

【参考文献】

- 1) 佐藤裕, 佐藤嘉晃: “レールの寿命” 鉄道技術研究報告, 第 476 号, 1965 年 6 月, pp. 21

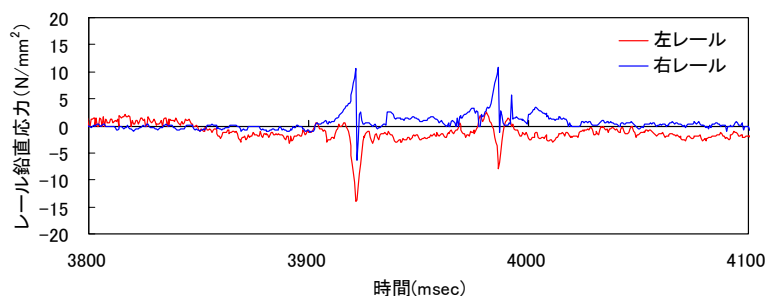


図 3 レール鉛直応力波形の例 (183 気動車, 1 台車分)

表 2 測定したレール鉛直応力変動の統計的特性

(a) スラブ軌道 (単位: N/mm^2)

項 目	列車種別	最小値	最大値	平均値 m	標準偏差 σ	$m-3\sigma$	$m+3\sigma$
左 レール	183 系	10	30	15	4	5	26
	283 系	10	26	16	3	7	24
	機関車	18	38	24	5	8	39
右 レール	183 系	12	38	20	4	7	32
	283 系	10	36	22	6	5	39
	機関車	19	27	23	3	15	31

(b) 有道床軌道 (単位: N/mm^2)

項 目	列車種別	最小値	最大値	平均値 m	標準偏差 σ	$m-3\sigma$	$m+3\sigma$
左 レール	183 系	10	37	19	5	2	35
	283 系	10	45	19	6	0	38
	機関車	22	59	34	13	-4	73
右 レール	183 系	11	43	22	7	2	42
	283 系	11	39	19	6	11	34
	機関車	19	33	23	4	0	37