

波状摩耗管理システムによるレール凹凸管理

鉄道総合技術研究所 正会員 ○清水 惇
 鉄道総合技術研究所 正会員 吉田 尚史
 鉄道総合技術研究所 正会員 三和 雅史

1. はじめに

軌道検測車などで測定されている軸箱加速度については、これまでに軌道保守管理への活用法の検討が行われてきた¹⁾。特に、波状摩耗に対しては高い相関があることがわかっているが、走行速度や加速度計の取り付け位置の違いにより、同じレール凹凸量上を走行しても軸箱加速度の値が変化するため、軸箱加速度を管理指標として活用している事業者は少ないのが現状である。

そこで、軸箱加速度によるレール凹凸の評価のため、軸箱加速度とレール凹凸量の関係を把握し、在来線検測車の軸箱加速度を活用した波状摩耗管理システムの開発を行った。本稿はその結果をまとめたものである。

2. 軸箱加速度によるレール凹凸評価

波状摩耗が発生している曲線におけるレール凹凸を詳細に把握するため、鉄道総研で開発したレール凹凸連続測定装置²⁾を用いてレール凹凸測定を実施した。対象とした曲線は波状摩耗が確認された3曲線(バラスト軌道、曲線半径402m)で、それぞれ測定期間内にレール交換が実施されている。なお、測定されたレール凹凸には、復元処理を行った後、対象とする波状摩耗の波長に応じたバンドパスフィルタ処理を施し、振幅については、波状摩耗が正弦波であると仮定して、波形の標準偏差に $2\sqrt{2}$ を乗じて算出した。

また、レール凹凸測定を実施した区間において、軌道検測車により得られた軸箱加速度データとの関係を分析した。

図1に、測定を実施した3曲線での、25m ロットごとの軸箱加速度標準偏差とレール凹凸標準偏差を速度域ごとにまとめたものを示す。速度により軸箱加速度とレール凹凸の関係が異なることから、速度をパラメータとし、軸箱加速度からレール凹凸を推定する補正式の検討を行った。過去の研究成果において提案されている補正式を参考にし、今回レール凹凸測定を実施した区間内のデータを用いて推計した補正式を以下に示す。

$$r_{\sigma} = \left\{ \frac{\alpha_{\sigma}}{a \cdot \exp(b \cdot V)} \right\}^c \dots \dots (1)$$

ここで、 r_{σ} :レール凹凸標準偏差(mm), α_{σ} :軸箱加速度標準偏差(m/s^2), V :凹凸量換算速度(km/h), a:係数a (46.9022), b:係数b (0.0073), c:係数c (1.9531)

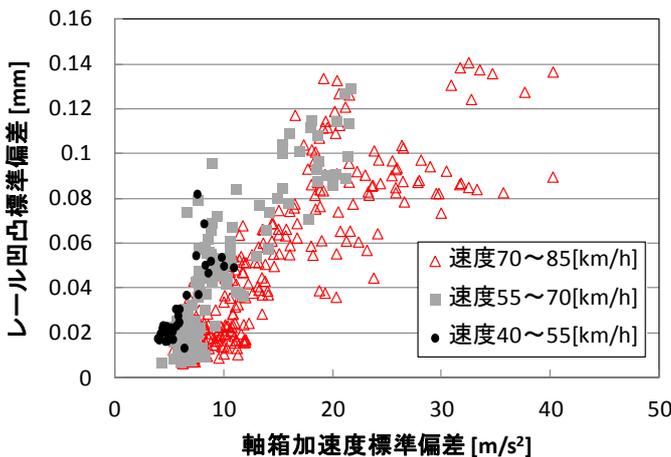


図1 軸箱加速度とレール凹凸

図2に実測のレール凹凸標準偏差と、軸箱加速度データから推定を行ったレール凹凸標準偏差の関係を示す。多少のばらつきは見られるものの、概ね軸箱加速度によるレール凹凸の推定ができていていることがわかる。

以上の結果より、レール凹凸量は、軸箱加速度と速度の関数で表せることを確認した。なお、今回実測したレール凹凸は同じバラスト軌道、曲線半径のデータであり、今後は違う軌道構造や曲線半径での波状摩耗のデータを取得し、推定式の精度を高める必要がある。

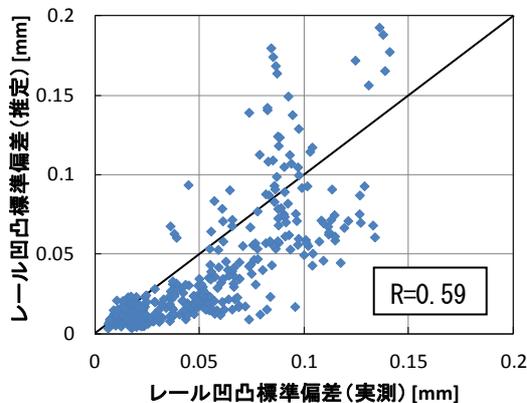


図2 実測値と推定値

キーワード 軸箱加速度, レール波状摩耗, 波状摩耗管理システム, レール状態評価モデル

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 鉄道総合技術研究所 軌道管理 TEL:042-573-7278

3. 波状摩耗管理システム

3.1 システム概要

開発した波状摩耗管理システムは、すでに開発済である軌道状態評価システム³⁾から、波状摩耗の状態評価に特化した処理を別システムとしたものである。軸箱加速度の値からレール状態を評価する処理を主に行うものであり、図3に示す構成(レール状態評価モデル)となっている。このモデルは、軸箱加速度の最大値および標準偏差の大きさと左右差から、レール状態不良や波状摩耗を評価することが可能である。

本システムでは、軸箱加速度、測定速度、軌道変位、保守実績の各履歴データを処理して、凹凸量とレール保守優先度を入力する。凹凸量については、これまでに分析した凹凸量と軸箱加速度の関係に基づいて推定する。また、凹凸量の大きな箇所を抽出するだけでなく、凹凸が軌道変位進みの増加に大きく影響している可能性が高い箇所の抽出も可能となっている。

3.2 システムの活用方法

2章で測定を実施した線区におけるデータを用いて、波状摩耗管理システムにより、レール波状摩耗の評価を行った。用いたデータは約20km間における25mロットごとの軌道検測データと軸箱加速度データ約1年間分である。

図4にレール交換を実施した曲線での、レール凹凸の推移図を示す。2013年7月にレール交換を実施しているが、交換後のデータは、それまで大きかった凹凸量が大きく減少し、0近くへ推移していることがわかる。次に、図5に全ロットのデータから波状摩耗と判定されたロット一覧のシートを示す。本シートは左レールに対する評価結果を示したものであるが、波状摩耗ロットとして抽出された箇所は、いずれも半径402m以下の左曲線内のものであり、急曲線に

おける内軌波状摩耗箇所を適切に抽出できたものと考えられる。また、抽出された波状摩耗箇所から、凹凸量標準偏差や最大値または軌道変位進み量などにより、レール削正やレール交換対象箇所の順位づけが可能である。

以上の結果より、本システムを用いることで、波状摩耗箇所やレール削正(または交換)対象箇所の抽出などが可能であることを確認した。また、線区によってしきい値を適切に設定することにより、軸箱加速度によるレール波状摩耗の評価や管理が可能である。

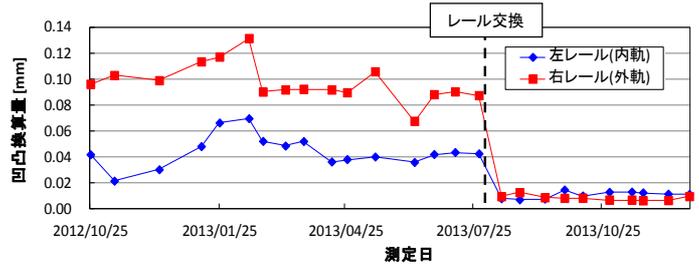


図4 凹凸換算量推移図

4. まとめ

本稿では、軸箱加速度によるレール凹凸の評価のため、軸箱加速度とレール凹凸量の関係を把握し、在来線検測車の軸箱加速度を活用した波状摩耗管理システムの開発を行った。その結果、レール凹凸量は軸箱加速度と速度の関数で表せることを確認した。また、波状摩耗管理システムに実測データを適用し、波状摩耗箇所やレール削正(または交換)対象箇所の抽出や順位付けなどが可能であることを確認した。

参考文献

- 1) 田中博文, 古川敦: 軸箱加速度と軌道検測波形を用いた著大輪重・横圧の管理手法, 鉄道総研報告, Vol.22, No.8, pp.35-40, 2008
- 2) 田中博文, 清水惇: 効率的な波状摩耗管理のための可搬型レール凹凸連続測定装置の開発と活用法, 鉄道工学シンポジウム論文集, 第17巻, pp.19-26, 2013.
- 3) 三和雅史: 軌道保守計画策定支援システムの開発, 第233回鉄道総研月例発表会講演要旨, 2010.

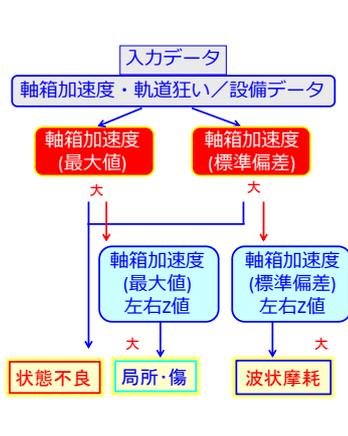


図3 レール状態評価モデル

全ロット数		順位ソート		抽出条件															
全ロット数	768	ロット番号	凹凸標準偏差	凹凸最大値	レール状態不良	局所凹凸・傷													
演算表示	40/s	軌道狂い進み(標準偏差)	軌道狂い進み(最大値)	波状摩耗(全)	波状摩耗(内軌)	波状摩耗(外軌)													
換算速度	90km/h																		
No.	線名	線別	半径	曲線方向	軸箱加速度				10m級軌道変位										
					標準偏差	標準偏差凹凸換算量	順位	最大値	最大値凹凸換算量	順位	凹凸最大値進み量	標準偏差	進み量	進み量順位	最大値	進み量	進み量順位		
46	線区A	下り	402	L	16.30	0.037	51	0.002	144.12	0.063	11	0.020	25.7	2.40	0.09	357	4.67	0.23	323
168	線区A	下り	402	L	19.41	0.049	29	0.004	107.38	0.031	34	0.005	59.7	4.15	0.88	39	9.10	1.60	34
170	線区A	下り	402	L	21.09	0.058	19	0.005	105.61	0.030	37	0.011	57.3	5.48	0.92	77	9.24	1.35	110
172	線区A	下り	402	L	29.81	0.114	7	0.010	182.79	0.112	2	0.054	55.6	5.20	1.09	64	12.16	2.37	68
176	線区A	下り	402	L	17.65	0.041	41	0.003	84.47	0.018	74	0.001	53.3	1.83	0.13	297	4.15	0.03	712
392	線区A	下り	402	L	18.18	0.043	34	0.007	145.67	0.065	10	0.008	74.4	3.77	0.51	118	8.30	1.12	129
393	線区A	下り	402	L	21.74	0.061	17	0.028	91.80	0.022	58	0.005	74.6	2.13	0.26	195	3.89	0.14	401
394	線区A	下り	402	L	28.20	0.102	10	0.012	111.94	0.035	29	0.002	74.9	2.45	0.30	181	4.95	0.54	214
395	線区A	下り	402	L	27.85	0.100	11	0.026	97.77	0.025	48	0.005	75.1	3.16	0.29	189	6.78	0.87	161
396	線区A	下り	402	L	27.54	0.098	12	0.039	105.17	0.030	38	0.008	75.2	2.93	0.39	157	6.36	0.68	186
397	線区A	下り	402	L	28.90	0.107	9	0.048	107.52	0.031	33	0.015	75.3	4.59	0.95	74	9.30	2.00	80
398	線区A	下り	402	L	29.80	0.114	8	0.045	121.15	0.042	20	0.006	75.3	5.09	1.09	65	10.28	2.28	70
399	線区A	下り	402	L	25.24	0.092	15	0.015	102.50	0.028	42	0.016	75.3	4.23	0.91	79	10.44	2.21	73
400	線区A	下り	402	L	19.23	0.048	30	0.015	81.23	0.016	80	0.002	75.2	2.37	0.47	128	6.10	1.28	118
401	線区A	下り	402	L	21.30	0.059	18	0.008	97.54	0.025	49	0.011	75.1	3.42	0.68	100	7.61	1.52	96
402	線区A	下り	402	L	20.25	0.054	24	0.029	72.46	0.012	117	0.002	74.9	1.27	0.15	268	3.18	0.18	367
403	線区A	下り	402	L	31.61	0.128	3	0.047	103.96	0.029	40	0.006	74.7	2.20	0.19	223	5.59	0.29	295
404	線区A	下り	402	L	31.41	0.126	4	0.066	100.73	0.027	44	0.002	74.6	3.73	0.45	135	7.58	0.83	166
405	線区A	下り	402	L	33.43	0.142	2	0.072	126.97	0.047	17	0.010	74.4	5.19	0.88	82	9.90	1.73	87
406	線区A	下り	402	L	33.58	0.144	1	0.038	145.90	0.065	9	0.006	74.3	4.77	0.75	95	8.11	1.19	123
407	線区A	下り	402	L	20.25	0.054	25	0.006	97.39	0.025	51	0.005	74.4	3.31	0.49	123	6.90	0.93	151

図5 波状摩耗ロット抽出シート