

高頻度軌道検測データにおける季節変動箇所を選択法

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○佐野 弘典
 (公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 三和 雅史
 九州旅客鉄道株式会社 正会員 河野 直也

1. はじめに

営業車両に軌道検測装置を搭載して軌道変位等を高頻度に測定することで、軌道や構造物の状態に対する精度の高い状態評価が期待できる。一方で、多くのデータを処理する過程で、測定データ間において軌道状態の良化・悪化ではないものの、何らかの要因によって差異が現れることが考えられる。特に、明かり区間では、温度変化等に伴う構造物の挙動が軌道変位波形に影響し、高頻度軌道検測データにおいては、短い検測間隔で得られた軌道変位波形間に差異が生じる可能性が想定される。そこで本研究では、天候や気温等の要因が高頻度検測データに及ぼす影響について検討した。また、軌道変位推移の予測精度の向上等を目的とし、高頻度検測データにおける季節変動箇所の選択法について提案した。

2. 評価区間の概要

表-1に本研究にて対象とした評価区間の概要を示す。本研究では、桁構造の挙動等が軌道変位へ及ぼす影響を確認するため、評価区間を25mロットに分割した上で、構造物等の差異を考慮して分析を行った。なお、ここでの軌道変位は、全て高低変位である。多くのロットが直結系軌道であり、バラスト軌道・直結系軌道区間とも、トンネルの割合が高い。なお、評価期間中(約2年)に軌道変位保守が実施されたロットやIJ、バラスト・直結系軌道の両区間の介在ロットについては、分析対象から除外した。

表-1 評価区間のデータ統計量

構造物	バラスト軌道区間 (全187ロット)					直結系軌道区間 (全949ロット)				
	区間全体での割合(%)	σ 上位10%での割合(%)	対全体割合比	$\Delta\sigma$ 上位10%での割合(%)	対全体割合比	区間全体での割合(%)	σ 上位10%での割合(%)	対全体割合比	$\Delta\sigma$ 上位10%での割合(%)	対全体割合比
10m弦										
盛土	21.9	18.2	0.83	10.0	0.46	8.2	7.8	0.95	2.9	0.35
トンネル	70.1	50.0	0.71	75.0	1.07	70.8	16.5	0.23	9.7	0.14
橋梁	1.1	4.5	4.09	5.0	4.55	4.4	7.8	1.77	27.2	6.18
高架橋	1.1	0	-	0	-	7.8	29.1	3.73	31.1	3.99
境界区間	5.9	27.3	4.63	10.0	1.69	8.7	46.6	5.36	38.8	4.46
5m弦										
盛土	21.9	33.3	1.52	41.7	1.90	8.2	6.7	0.82	21.7	2.65
トンネル	70.1	33.3	0.48	25.0	0.36	70.8	42.9	0.61	27.5	0.39
橋梁	1.1	3.7	3.36	0	-	4.4	3.8	0.86	11.7	2.66
高架橋	1.1	0	-	0	-	7.8	17.1	2.19	15.0	1.92
境界区間	5.9	29.6	5.02	33.3	5.64	8.7	30.5	3.51	24.2	2.78

3. 桁構造の挙動等が軌道変位へ及ぼす影響

(1) 高低変位標準偏差と進みの関係

線区全体における各構造物の割合と、10m弦、5m弦の高低変位標準偏差と進みについて、それらの平均値が大きな箇所(上位10%)に占める各構造物の割合を先掲の表-1に示す。

線区全体における各構造物の比率に対し、軌道変位、進みが大きな箇所においてトンネルの割合は低く、バラスト軌道区間では橋梁、直結系軌道区間では高架橋、両区間ともに境界区間が含まれる割合が高い。直結系軌道では、道床沈下による軌道変位進みは生じないことを考慮すると、直結系軌道区間にも関わらず軌道変位や進みの平均値が大きな箇所では、構造物の変形等による軌道変位の変動が発生している可能性がある。

(2) 天候・気温の影響

図-1に、同構造(PCT桁)で同程度の延長(桁長:35~40m, 橋長:135~170m)を有する2橋梁(A,B)における日平均気温と高低変位標準偏差の関係を示す。ここでは、温度変化による影響を明確にするため、検証に用いるデータは日最高気温30℃以上または日最低気温が10℃以下の条件に該当する検測データを用いた。A橋

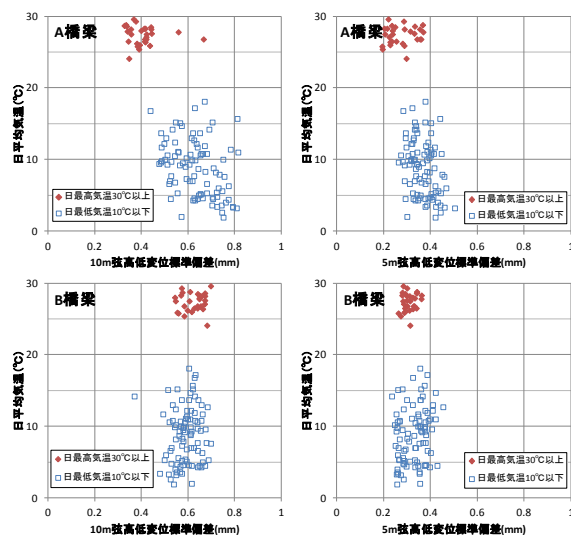


図-1 日平均気温と軌道変位標準偏差の関係

キーワード 高頻度検測, 季節変動, 軌道変位, 軌道変位進み

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

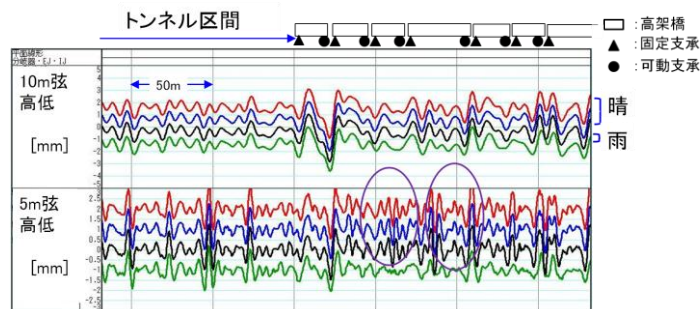


図-2 天候の違いによって考えられる軌道変位の

波形差（波形を1mmずらして表示）

梁では、気温と軌道変位との間に相関があることから、軌道変位は季節的に変動している可能性が高い。また、この変動は5m弦より10m弦の高低変位の方が明確である。一方、B橋梁にはこのような変動は確認されなかった。このように、類似の橋梁でも変動に差異が生じた理由として、方位や日照、桁打設時の温度影響等が考えられるが、詳細は不明である。

また、図-2に気象条件の異なる4日間に測定されたトンネルと明かり両区間を含む箇所での高低変位の波形を示す。本図では波形を1mmずつずらして表示しており、図中の上3本の波形は晴れ、下1本の波形は雨の日のものである。図より、明かり区間(高架橋)において5m弦高低変位の波形に差が生じていることが分かる。

以上のように、高頻度検測データについては、構造物の変形等に由来する軌道変位の変動が測定日の天候や気温に応じて現れる可能性があることに留意して管理する必要があると考えられる。

4. 季節変動箇所の選択法

以上のような軌道変位の変動箇所については、軌道変位が気象条件によって変化する可能性が高いことから、軌道変位進み等を精度良く予測するためには、予め把握しておく必要性が高い。そこで、本研究では、このような変動の一例として季節変動に着目し、以下の2つの方法より季節変動箇所を抽出した。

(1) 負の変位進み出現回数による抽出

図-3は、評価期間中の月平均軌道変位進みが、前月

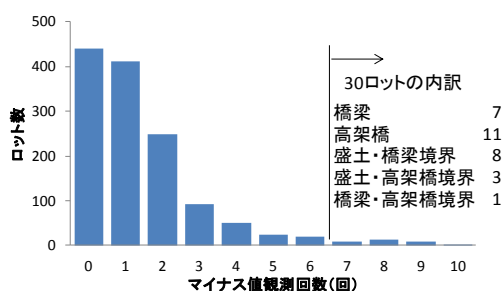


図-3 マイナス値頻度のグラフ

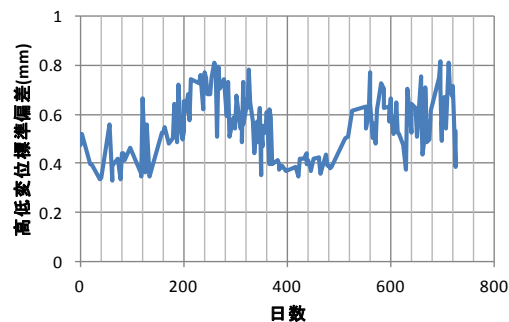


図-4 季節変動ありと判定されたロットの推移

比でマイナス値となった頻度別のロット数を表したものである。一般的には、軌道変位は漸増するため、極端に多くのマイナスの進み量が観測されるような箇所では、季節変動が生じている可能性が考えられる。図中に、例として2年間で7回以上マイナス値が観測された30ロットを抽出し、その内訳を示す。これらのロットは全てがコンクリート路盤構造を含むことから、構造物の変形等が軌道変位の季節変動として現れている可能性が考えられる。

(2) 最大及び最小軌道変位の発生月による抽出

季節的な軌道変位の増減を捕捉するため、以下の条件に該当するロットを季節変動箇所として選定した。

- ・各年度における軌道変位の最大値、最小値の発生月が同じかその前後1ヶ月以内
- ・1年目最大値と2年目最小値の観測日間隔が2ヶ月以上（漸増傾向箇所を除くため）

本基準により選定された箇所における軌道変位推移の例を図-4に示す。同図より2年間に亘って軌道変位が変動している様子が確認できる。ここで、選定箇所のうち、軌道変位標準偏差の全期間平均値が1mmを超える箇所(29ロット)に着目すると、22ロットは直結系軌道の明かり区間（高架橋・橋梁上）であった。

以上、上記いずれかの手法を用いることで、季節変動している箇所を概ね選択できることを確認した。しかし、季節変動が発生する構造上の条件等の特定までには至っていないことから、今後さらなる検討を進める必要がある。

5. まとめ

本研究により得られた結果は以下の通りである。

- ・高頻度検測データについては、構造物の変形等に由来する軌道変位の変動が、天候や気温に応じて現れる可能性がある。
- ・負の変位進み出現回数、または最大及び最小軌道変位の発生月により、季節変動箇所を予め把握できる。