

高頻度検測データを活用した TC 型省力化軌道におけるあおり箇所の推定に関する研究

東日本旅客鉄道(株) 正会員 ○大野 良輔
東日本旅客鉄道(株) 正会員 山口 剛志
東日本旅客鉄道(株) 神谷 宗

1. 背景・目的

現在、東日本旅客鉄道における在来線では、3ヶ月に1回の頻度で、電気・軌道総合検測車(East-i)によって動的変位(列車荷重作用時の軌道変位)を測定するほか、保線技術者の目や検査機器によって定期的に材料の劣化の状態を点検している。一方で、さらなる検査の信頼性の向上や効率化を図ることを目指して、営業列車に検測装置を搭載し、軌道の状態を高頻度に監視(モニタリング)する装置として「軌道変位モニタリング装置」及び「軌道材料モニタリング装置」が導入されている。軌道変位モニタリング装置では、「高低」「通り」「水準」「軌間」の測定が可能であり、一方の軌道材料モニタリング装置では、レール近辺の濃淡画像及び標高情報が得られる距離画像の2つの画像を取得することができる。これら線路設備モニタリング装置(以下、モニタリング装置)を活用することで予兆管理や軌道整備による効果を動的に検証することが期待でき、蓄積されたデータを基に将来的に修繕方法や施工対象の優先順位の意思決定に活用できる指標の提案を目指している。既往の研究では、軌道材料の劣化箇所において列車走行の都度、同箇所での軌道変位には若干の差異(図1)が生じるのではないかとする仮定の基、軌道材料(インシュレータの摩滅量)と軌道変位(通り変位と軌間変位)の標準偏差(バラつき)の関係性について検証し、その結果それらには相関性があることが判明している。このことから同様の手法を用いることで軌道劣化箇所を推定することが可能であると考え、本研究では高頻度検測データの高低変位を用いて軌道状態(あおり)を推測することを目的とする。

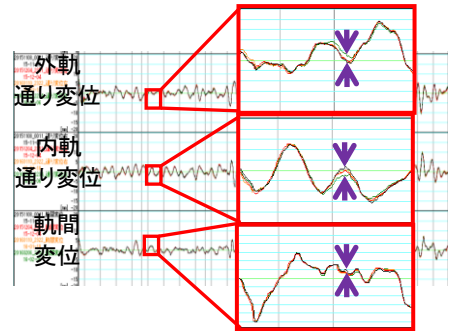


図1 同箇所における軌道変位のバラつき

2. 研究内容・方法

東京支社管内において、7割程敷設されているTC型省力化軌道は(図2)、極力メンテナンスを必要としない軌道構造として考案され現在も敷設が進んでいるが、現状としてあおりが発生している箇所がある。あおり箇所の把握については主に線路総合巡視にて行っているが、全あおり箇所を巡視で見つけることは困難である。また修繕選定の優先順位を付ける数値的な指標がないなどの課題もある。そこで、本研究では、軌道状態が劣化している箇所における軌道状態が他の劣化していない箇所との相違点や類似点を検証することで軌道変位から軌道状態の劣化箇所を推測する指標を提案する。

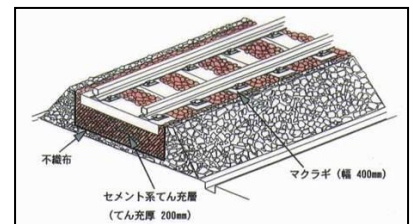


図2 TC型省力化軌道詳細図

3. 研究成果

(1) 現状の分析

TC型省力化軌道におけるあおり箇所について現状の分析を行った。初めにEast-i及び軌道変位モニタリング装置の高低変位チャート(図3)より高低変位が発生している区間において、その中でも比較的高低変位が大きい①~⑥の箇所に関して列車通過時にあおりが発生しているか確認を行った。その結果、表1の通りあおり箇所とあおっていない箇所が確認された。

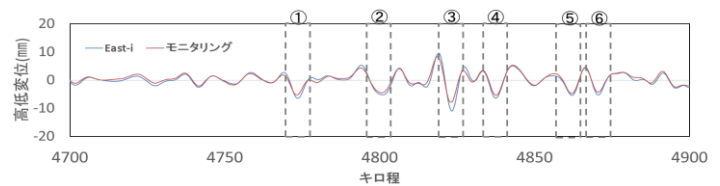


図3 高低変位チャート

表1 現場確認結果
あおり箇所

あおり箇所				あおっていない箇所	
No.	あおりキロ程	最大あおり箇所	あおり量	No.	キロ程
①	4k772.7m~4k776.7m	4k775m	4mm	④	4k835.0m~4k840.0m
②	4k797.0m~4k802.0m	4k797m	3mm	⑤	4k860.0m~4k865.0m
③	4k824.0m~4k826.0m	4k825m	10mm	⑥	4k870.0m~4k875.0m

さらに、あおり箇所においてあおり量を把握するために現場に写真1のような簡易的な測定機器を設置し、列車通過時の軌きょうの沈下量をあおり量として取得した。表1に記載したように、あおり箇所のあおり量を確認することができたが、測定機器の特性上、あおりが発生していると考えられる箇所に対してのみ把握が可能となる。



写真1 あおり量の簡易測定機器

そこで、軌道検測装置による軌道変位を「静的値」、軌道変位モニタリング装置による軌道変位を「動的値」とし、この差が大きいとあおりが生じていると箇所として推測できると考え、同一区間に対して軌道検測装置を用いて軌道変位を測定し、線路設備モニタリング装置の軌道変位との差異を分析した。この際、静的値と動的値の位置ずれに関しては両方の水準の実測値を用いて補正している。軌道変位の測定結果を図4に示す。図4と現場調査結果である表1を比較すると動的値と静的値の差が大きい箇所であおりが発生していることがわかる(実線部)。このことから動的値と静的値の差からあおり箇所を把握することは可能であるが、全管理範囲を軌道検測装置で測定することは困難である。また、管理範囲が大きくなるほど位置ずれの補正が困難となる。そこで、あおり箇所を高頻度検測データから推定する方法を検討した。

(2) 高頻度検測データを活用したあおり箇所の推定

あおり箇所では、列車の走行条件(乗車率, 速度等)によって通過時における軌道の挙動に微小な差異が生じると考えられる。そこで、高頻度検測データの測定地点ごとの標準偏差(バラつき)を算出することで、この微小な差異を把握できるか検討を行った。検討に用いた測定データは表2のとおりである。取得期間全体の測定地点ごとの標準偏差を図5に示す。ここからあおりが確認できた箇所の標準偏差が大きいことが確認できた(実線部)。しかしながら、あおりが確認されていない箇所でもあおり箇所と同程度の標準偏差が確認された箇所があったため、あおり箇所とそれ以外の箇所を区分する方法について検討した。

あおり箇所とそれ以外の箇所の違いの1つとして、軌道変位進みの有無があると考えた。軌道変位は測定値に幅を持ちながら徐々に悪化する。この特徴から、あおり箇所の標準偏差は算出する際の期間を長くするほど大きくなり、それ以外の箇所では期間を変化させても標準偏差に差が生じないと考えられる。そこで、標準偏差を算出する期間を各地点の過去3日分, 5日分, 7日分, 10日分, 15日分, 30日分の6種類の平均標準偏差と測定期間全体の標準偏差との比の関係を図6に示す。図6より、あおり箇所の近似式の係数は小さいことが確認できる。反対にあおりが確認できない箇所の近似式の係数は大きい。また、あおり箇所とそれ以外の箇所では、その係数が5程度で区分することができる。このことから、期間別に算出した軌道変位の標準偏差と測定期間全体の標準偏差の比を確認することであおりの有無について推定することができる。と考える。

4. まとめ

TC型省力化軌道におけるあおり箇所に対して、高頻度検測データを用いてあおり箇所の推定を行った。あおり箇所では、列車の走行条件によって通過時における軌道の挙動に微小な差異が生じるという考えの基で分析を行った結果、あおり箇所において高頻度検測データの測定地点ごとの標準偏差は大きくなることがわかった。しかしながら、あおりが確認されていない箇所でもあおり箇所と同程度の標準偏差が確認される箇所があったため、それらを区分する方法として測定値の標準偏差を期間別に算出し、その値と測定期間全体の標準偏差の比を求めた。ここから、その係数が一定の値を下回るとあおりが発生している可能性があることがわかった。このような箇所に対して優先的に修繕することで効果的な軌道保守ができると考えられる。

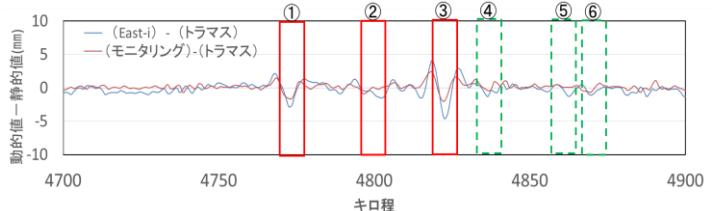


図4 「動的値」と「静的値」の差

表2 取得した軌道変位データ

対象軌道変位	高低変位
キロ程	4K700M ~ 4K900M
期間	平成28年10月~平成29年4月
測定データ数	143本

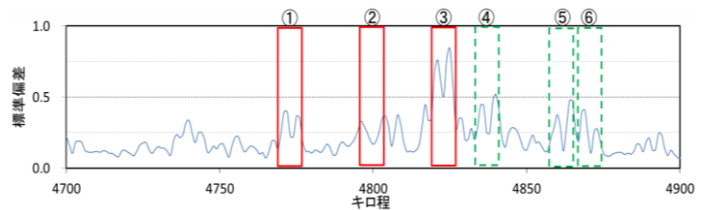


図5 測定地点ごとの標準偏差

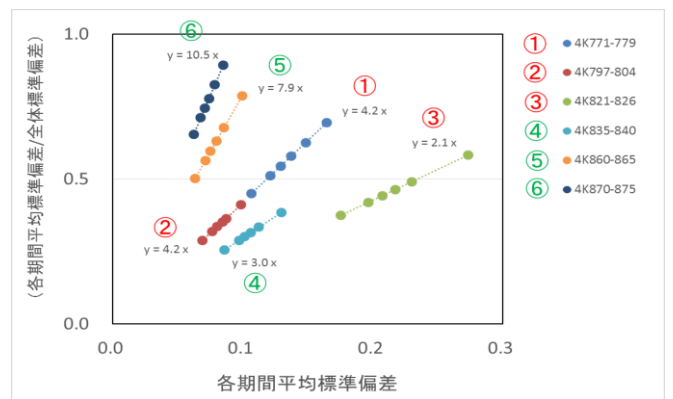


図6 各期間の標準偏差と全体標準偏差の比