

線路設備モニタリング装置を活用した効率的な保守管理に関する研究

東日本旅客鉄道(株) 正会員 ○山口 剛志
正会員 大野 良輔

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。そこで本研究では、モニタリング装置による高頻度測定データを活用した軌道材料状態の把握を目的として検証を実施した。

2. 研究内容・方法

現在東京支社管内において、7割程敷設されているTC型省力化軌道の急曲線部において締結材料に用いられているインシュレータの摩滅及び軌間拡大が発生している。インシュレータの摩滅は列車荷重が生じた際のレール可動域を拡大させ、局所的な軌道破壊を助長することが考えられる。急曲線部では、高い横圧が発生するためレールが小返ろうとし、それを抑え込むためにインシュレータの摩滅が発生すると考えられている。そこで、インシュレータの摩滅量と軌道変位の相関を分析することで材料交換を効果的にできると考える。本研究では、年間通トン25.9万トン、延長175m、半径278～308mの左複心曲線においてインシュレータを回収し、インシュレータの摩滅量を測定した。インシュレータの摩滅測定位置は図1に示すようにショルダー接触位置の幅(写真1)に加えて、この箇所の厚さ(写真2)とした。インシュレータの摩滅により、インシュレータとレールの間に隙間が発生するため、営業列車の走行の都度、同箇所での軌道変位には若干の差異が発生するため(図2)、その差異であるバラつきを標準偏差によって評価した。また統計区間の設定として、レール継目部や列車荷重の作用の仕方を考慮に入れ、25mロットを採用し分析を行った。

3. 分析結果

(1) インシュレータの摩滅量の把握

測定したインシュレータは内外軌の内側外側合わせて約1,000個である。その結果(表1)、内軌、外軌ともに内側より外側の幅方向の平均摩滅量が大きいことが確認できた。また、厚さ方向の平均摩滅量は内側、外側に大きな差があるとはいえない。

(2) インシュレータ交換箇所の軌道変位推移

インシュレータ交換箇所の軌道変位の推移を軌道変位モニタリング装置による高頻度測定データから分析した。施工前後の軌道変位の変化を図3に示す。軌道変位の把握方法として、0.25mごとに測定された軌道変位を25m



写真1 インシュレータ摩滅量測定(幅)



写真2 インシュレータ摩滅量測定(厚さ)

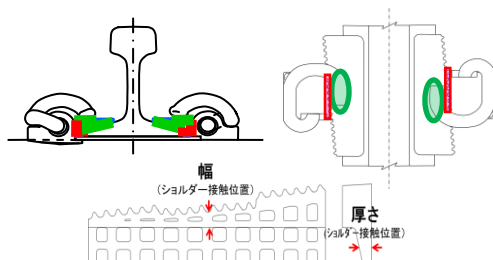


図1 インシュレータとショルダーの接触位置

表1 インシュレータの摩滅量 (mm)

		内軌		外軌	
		幅	厚さ	幅	厚さ
内側	最大値	10.07	10.70	2.34	3.22
	平均値	0.52	2.49	0.07	0.81
外側	最大値	9.71	10.70	3.81	5.17
	平均値	2.49	2.87	0.50	1.02

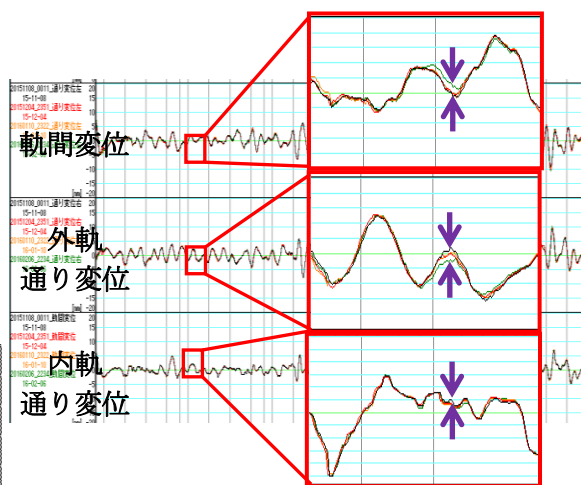


図2 同箇所における軌道変位のバラつき

キーワード 線路設備モニタリング装置, TC型省力化軌道, インシュレータ

連絡先 〒101-0041 東京都千代田区神田須田町2丁目10番地1 JR 東日本神田総合事務所 5F TEL 03-5289-3061

ロットに分割し、各ロットにおける標準偏差を基に軌道状態を把握する。施工は平成28年3月16日夜に実施し、この前後での軌道変位データを用いる。図3より、インシュレータ交換箇所以外の軌道状態は変化していないが、交換箇所の軌道状態は概ね良化していることがわかる。そこで、インシュレータの交換箇所に着目し、軌道変位の推移を分析した。その結果を図4に示す。その結果、インシュレータ交換直後から通り変位及び軌間変位が良化している。軌道変位の標準偏差が小さいということは、測定データのばらつきが小さいことを表しており、インシュレータの摩滅が軌道変位に影響を与えていることがわかる。

(3) 軌道変位とインシュレータの摩滅量の関係

インシュレータを交換することで軌道変位が良化することが確認できた。そこで、軌道変位に影響を与えている箇所を把握するために軌道変位とインシュレータの摩滅量の関係について分析した。軌道変位はインシュレータの交換直前の平成28年3月16日までに取得した軌道変位データを用い、列車荷重が大きく作用していると考えられるインシュレータの外側幅方向と厚さ方向の平均摩滅量を分析対象とした。なお、インシュレータの位置と軌道変位の測定位置は差異があるため25mごとに分割し、統計量を用いることで軌道変位とインシュレータの摩滅量の関係を分析した。結果を図5に示す。

図5より、外軌外側のインシュレータの幅方向の平均摩滅量は外軌通り変位標準偏差と相関があることがわかる。これは、通り変位の悪化に伴い外側のインシュレータの幅方向の摩滅量が増加することを示している。また、インシュレータの厚さ方向の平均摩滅量は軌間変位標準偏差と相関があることがわかる。レールの小返りにより軌間変位の標準偏差は増加すると考えられる。つまり、内軌外軌のインシュレータの厚さ方向の摩滅量が増加することでレールが小返りの際の可動域を拡大させ、これが軌間変位の標準偏差の拡大につながると考える。

(4) 軌道変位によるインシュレータの摩滅量の推定

軌道変位の標準偏差が増加することで、インシュレータの摩滅量が大きくなることが把握できた。そこで、軌道変位からインシュレータの摩滅量について推定を行う。摩滅量を目的変数とし、各軌道変位の標準偏差を説明変数として推定値を求める。推定式は式①～式③となる。

$$(\text{内軌外側平均幅摩滅量}) = 1.86 \times (\text{内軌通り変位標準偏差}) \quad \dots \text{式①}$$

$$(\text{外軌外側平均幅摩滅量}) = 0.64 \times (\text{外軌通り変位標準偏差}) \quad \dots \text{式②}$$

$$(\text{平均厚さ摩滅量}) = 1.98 \times (\text{軌間変位標準偏差}) \quad \dots \text{式③}$$

推定式による値と実測値の関係を図6に示す。推定値と実測値の相関は平均外側幅摩滅量と平均厚さ摩滅量ともに強いことが把握できた。このことから、今回の施工箇所においては軌道変位からインシュレータの摩滅量を推定できると考える。

4. 結論

本研究により、軌道変位と軌道材料（インシュレータ）の摩滅量の関係について分析した結果、軌道変位とインシュレータの摩滅量には相関があることが確認できた。また、軌道変位を用いてインシュレータの摩滅量を推定する式を提案した。今後は、推定式の有用性を検証するとともに、速度や曲線半径が異なる箇所においても推定式を算出し、式の精度を向上させる予定である。

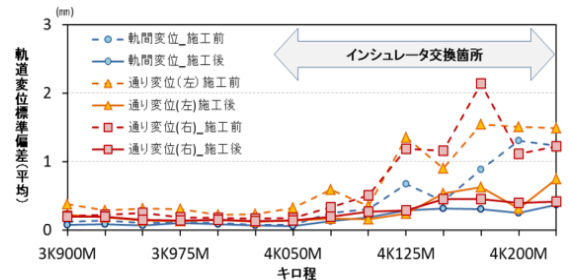


図3 施工前後の軌道変位

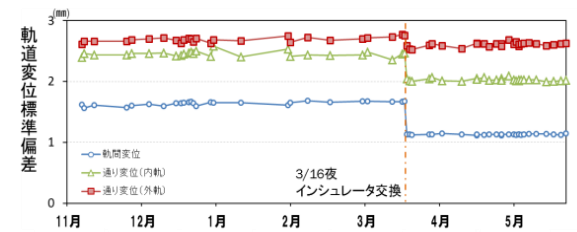


図4 インシュレータ交換箇所の軌道変位推移

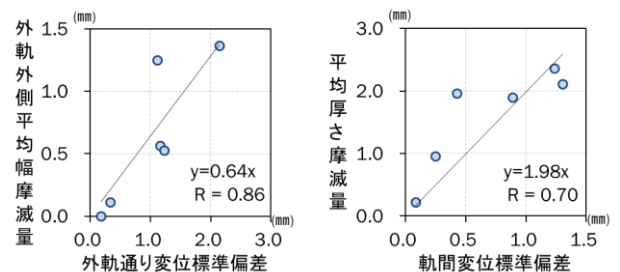


図5 軌道変位と摩滅量の関係

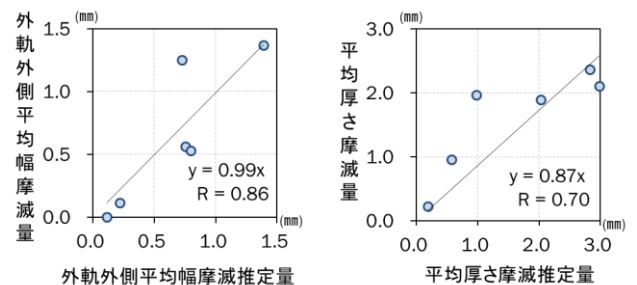


図6 推定値と実測値の関係