

NS 形電気転てつ機リモート検査に関する研究

○小峰 拓也 梶原 開人（東日本旅客鉄道株式会社）

Research on remote inspection of NS type electric point machine

○Takuya Komine, Kaito Tochiyama (East Japan Railway Company)

In East Japan Railway Company, sensors are installed on NS type electric point machine, and the aim is to grasp the abnormal signs of switching. In this research, we examined a method to save labor by utilizing sensor data and inspecting NS type electric point machine.

キーワード：NS 形電気転てつ機，密着度測定，負荷トルク測定

Key Words：NS type electric point machine, fixing of switch measurement, Load torque measurement

1. はじめに

電気転てつ機は分岐器を転換させることで列車の進路を構成する重要な設備である。転換不能が発生すると、輸送障害に直結するため、日ごろの設備メンテナンスが非常に重要となる。

当社では、一部の NS 形電気転てつ機に図 1 に示す「ひずみセンサ」と「回転パルスセンサ」（以下、NS モニタリングセンサという）を取り付け、それぞれのセンサからのデータを解析することで、転てつ機の転換異常予兆検知の実現を目指している。「ひずみセンサ」は、スイッチアジャスタにかかる負荷を測定し、「回転パルスセンサ」は、転てつ機の間歯車の回転量を測定している。本研究では、NS モニタリングセンサから得られるデータを活用し、転てつ機の検査項目である「密着度測定」（図 2）と「負荷トルク測定」（図 3）のリモート検査が可能か検証を行った。

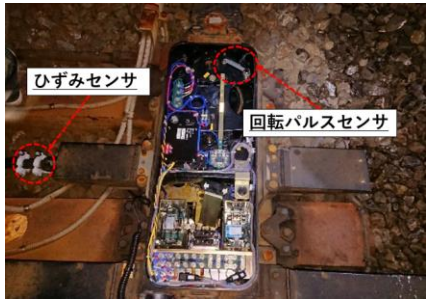


図 1 NS モニタリングセンサ



図 2 密着度測定



図 3 負荷トルク測定

2. 研究内容

2.1 密着度リモート測定の実験

(1) 概要

ひずみセンサを用いて、密着度のリモート測定が可能か検証する。図 4 に示す通り、ひずみセンサと密着度の相関を確認する。

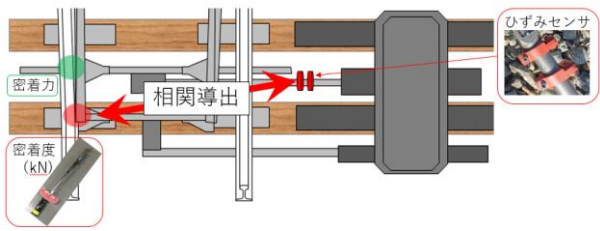


図 4 密着度の相関導出イメージ

(2) 実験箇所

次の箇所で実験を行った。

実験箇所	JR 東日本研究開発センター実験線	信越本線新津駅 65 号	信越本線新津駅 185 号
分岐器番数	8 番	10 番	12 番
分岐器種別	片開き分岐器	片開き分岐器	外方分岐器
ポイント種別	関節分岐器	関節分岐器	関節分岐器

(3) 実験方法

図 5 に示す、密着力調整ナットを締めたり緩めたりすることで、密着力が変化する。このナットを段階的に調整し、転てつ機を転換、その時の密着度とひずみセンサのひずみ値を分岐器番数毎に測定する。



図 5 密着力調整ナット

2.2 負荷トルクリモート測定の検討

(1) 概要

ひずみセンサを用いて、負荷トルクのリモート測定が可能か検証する。転換時にトングレールに働く力をモデル化し、ひずみセンサと負荷トルクの関係を導出する。

(2) 提案するモデル

図6に示すのが、提案するモデル式のイメージ図である。レールを押す力 F_m から転換時に生じるトングレールと床板の摩擦などの負荷 F_r を引くと、レールに働く力 F が求まる。当社の負荷トルクの測定は、トングレールがスムーズに転換することを確認する趣旨であるため、求めたい値は負荷である F_r となる。 F_m はひずみセンサの値、 F は運動方程式 $F = ma$ から、レールの質量にレールの加速度を掛けることにより求める。

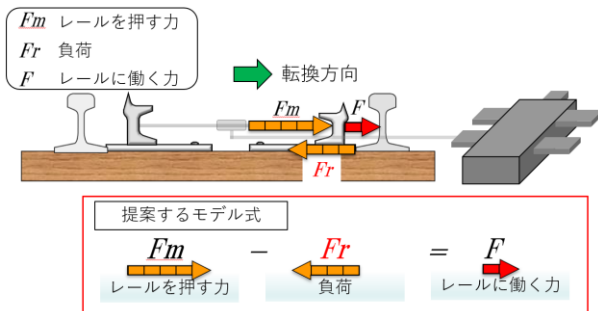


図6 提案するモデル式のイメージ図

(3) 実験方法

転換時にレールに働く力 F を算出するため、今回の実験では図7に示す通り、レール周り3箇所（トングレール先端、鎖錠かん、動作かん）に加速度センサを取り付け、転換時の各部の加速度を測定した。その上で、次のような加速度の変動を大きくする環境を作り、転てつ機を転換、その時の加速度やひずみ値を測定し、負荷トルクとの相関を確認した。

- ・床板に砂を撒いた状態での転換
- ・バラストを盛った状態での転換
- ・可動部に木片を引っ掛けた状態での転換

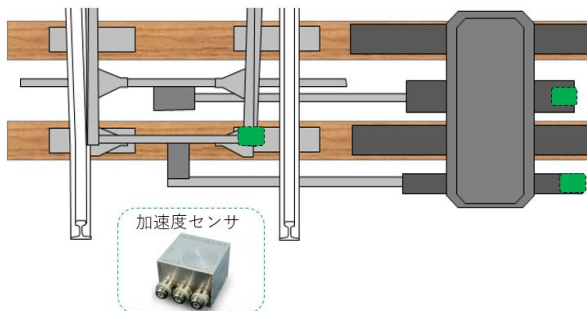


図7 加速度センサ取り付け箇所

(4) 実験箇所

次の箇所で実験を実施した。

実験箇所	JR 東日本研究開発センター実験線
分岐器番数	8 番
分岐器種別	片開き分岐器
ポイント種別	関節分岐器

3. 実験結果

3.1 密着度リモート測定の検討

図8は信越本線 新津駅 185号転てつ機で密着力を変化させた密着力毎のひずみ値のグラフである。

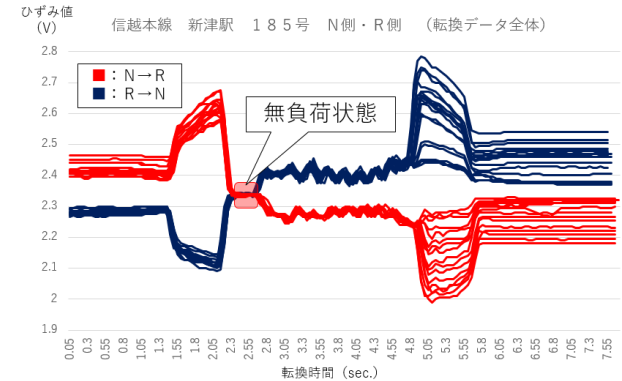


図8 新津駅 185号転てつ機 実験時のひずみ値グラフ

密着力を変化させることで、転換時のひずみ値に変化が現れることが分かった。また、定位転換時、反位転換時にグラフが交わる箇所があり、ここについて調べたところ、転換時にスイッチアジャスタに力が加わり始める前の無負荷状態の値であることが分かった。ひずみセンサと密着度の相関を確認するにあたり、力の強弱を示す基準点を示す必要があり、この無負荷状態からのグラフの差分で相関を確認することとした。この無負荷状態の時のひずみ値を「ゼロ点ひずみ値」と定義する。

図9に示す通り、ひずみ値に変化が表れている箇所は、転換ストローク終了時のピークと、転換終了時の2点となるため、それぞれの差分から相関を確認することとした。

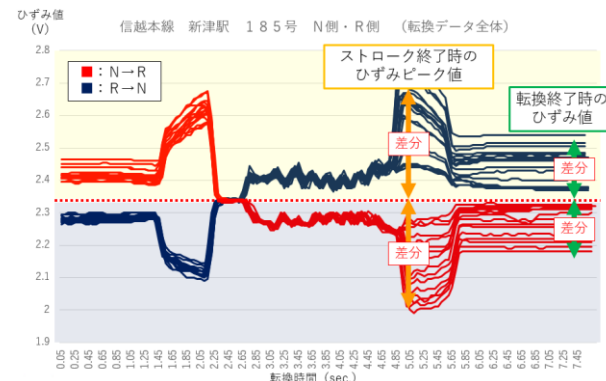


図9 比較するゼロ点ひずみ値からのひずみ値

図10に示すグラフは、密着度毎に転換終了時のひずみ値と、ゼロ点ひずみ値との差分をプロットしたものである。

図11に示すグラフは、密着度毎にストローク終了時の

ひずみピーク値と、ゼロ点ひずみ値との差分をプロットしたものである。

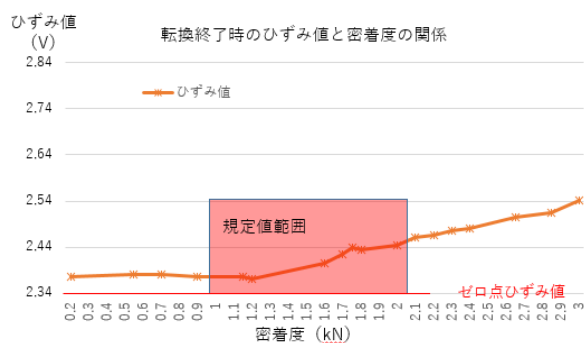


図10 ゼロ点ひずみ値からの差分
(転換終了時のひずみ値)

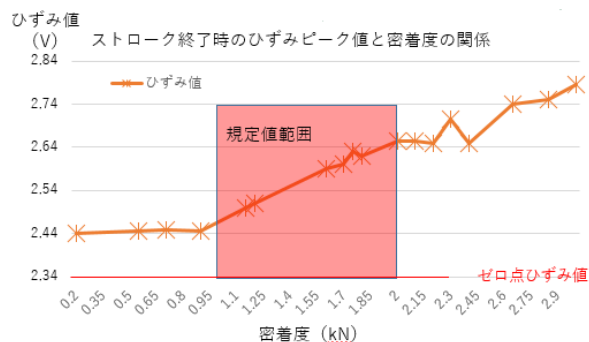


図11 ゼロ点ひずみ値からの差分
(ストローク終了時のひずみピーク値)

図10と図11のグラフを比較すると、密着度の規定値の中央値である1.5kN以上では、どちらのひずみ値で比較をしても変化が見られるが、規定値全域で変化が確認できるのは、図11で示す、ストローク終了時のひずみピーク値と、ゼロ点ひずみ値の差分であるため、この値で相関を確認する。

図12に示すグラフは、信越本線 新津駅 185号転てつ機で、密着度毎のストローク終了時のひずみピーク値と、ゼロ点ひずみ値との差分を、定位側、反位側でそれぞれプロットしたものである。

結果、定位側、反位側ともにひずみ値と密着度の相関が確認できた。

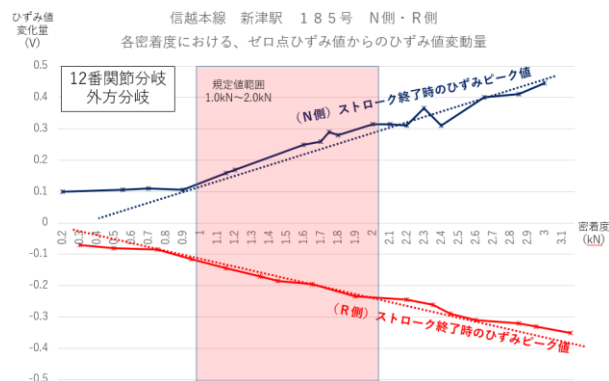


図12 12番分岐器におけるストローク終了時のひずみピーク値とゼロ点ひずみ値の差分 (新津駅185号転てつ機)

図13に示すグラフは、左側がJR東日本研究開発センター実験線の転てつ機、右側が信越本線 新津駅 65号転てつ機で、密着度毎のストローク終了時のひずみピーク値と、ゼロ点ひずみ値との差分を、定位側、反位側でそれぞれプロットしたものである。グラフは図12で示すグラフと同様の傾向が見られるが、点線で示す近似線から大きく逸れているのが見られた。

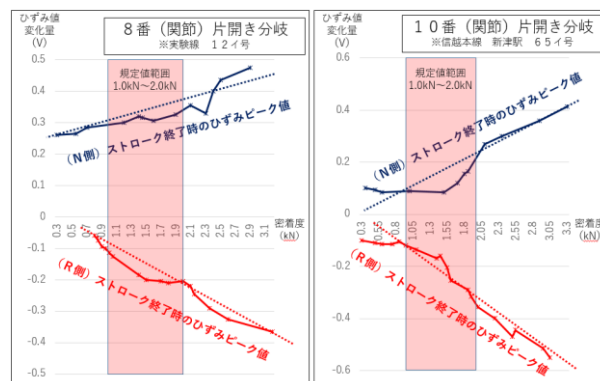


図13 (左)8番分岐器(JR東日本研究開発センター実験線)
(右)10番分岐器(新津駅65号転てつ機)におけるストローク終了時のひずみピーク値とゼロ点ひずみ値の差分

近似線から大きく逸れている原因としては、左側のグラフでは、反位側でトングレール後端部分のみが基本レールに接する胴付き状態に近く、密着度が弱い時でもひずみセンサへ大きく力が加わっているためである。右側のグラフでは、定位側でトングレール先端が基本レールに先に接している先付き状態で、密着度が十分であっても、ひずみセンサに加わる力が抜けているためである。

分岐器状態が正常であれば、ゼロ点ひずみ値とストローク終了時のひずみピーク値との差分より、密着度の算出は可能であると考えられる。

3.2 負荷トルクリモート測定の検討

図14はJR東日本研究開発センター実験線の転てつ機で、床板に砂を撒いて負荷を増大させた際の転換データと、提案するモデル式(図6)に当てはめた際の転換データである。提案モデルでは、転換時のレールの加速度が及ぼす影響を確認する必要があるため、転換時にレールが加減速しやすいように、床板に砂を撒いた。

左側のグラフがひずみセンサで捉えることのできるレールを押す力 F_m 、中央のグラフが転換時のレールの加速度を考慮し、レールに働く力 F を差し引いた負荷 F_r 、右側のグラフが F_m と F_r を重ね合わせたグラフである。

この結果より、 F_m と F_r はほぼ同一線上にあり、加速度は負荷トルクにほとんど影響を及ぼさないことが分かった。つまり、ひずみセンサのみから負荷トルクを算出することが可能と言える。

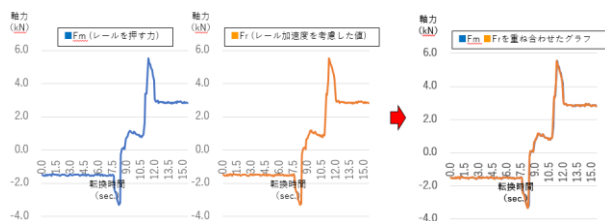


図 14 床板に砂を撒いた状態で転換させた時のデータ

現在の負荷トルクの測定手法は、手回しハンドル挿入口にトルクメータを取り付け、手回しで転換させた時の回転トルクを採用している。回転運動は転てつ機内部機構の減速歯車を介して転換歯車を動かしている。ひずみセンサは直線運動の負荷を捉えているため、ひずみセンサのひずみ値を回転運動である負荷トルクへ変換する必要がある。今回は図 15 に示す、変換係数を机上で検討し、トルクメータの測定値と変換後のひずみ値を比較し、検証を行った。



図 15 負荷トルク変換イメージ

図 16 に示すグラフは、分岐器の状態が正常な時に測定したトルクメータの値（緑線）と、ひずみ値に変換係数を掛けて変換した値（赤線）である。この図 16 に使用した変換係数を分岐器の条件を変えた時のデータに使用し、検証を行った。

図 17 に示すグラフは、床板に砂を撒いた状態で転換した時のグラフ、図 18 はトングレール可動部にバラストを盛った状態で転換した時のグラフである。結果、トルクメータの値に近いグラフに変換することが可能であった。

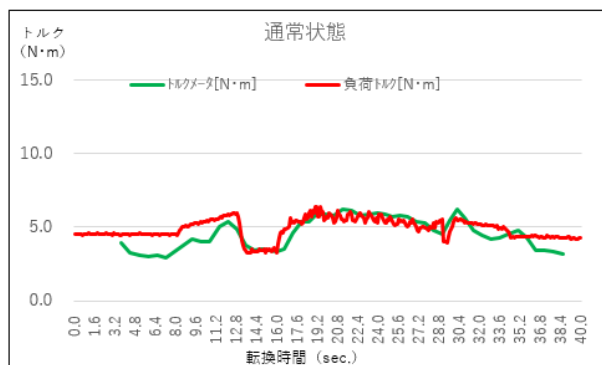


図 16 分岐器の状態が正常な時のデータ

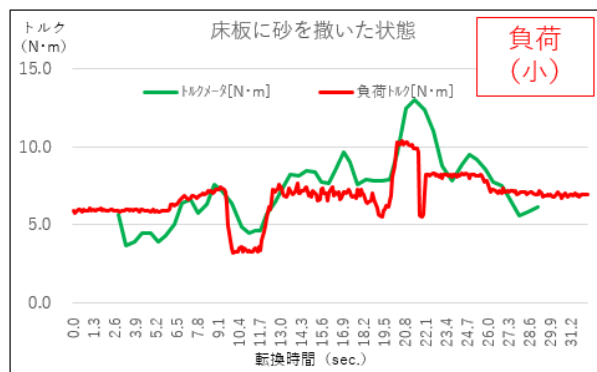


図 17 床板に砂を撒いた状態でのデータ



図 18 バラストを盛った状態でのデータ

机上で検討した変換係数の証明は必要であるが、同一の係数で複数のパターンにおいてトルクメータの値（緑線）と、ひずみ値に変換係数を掛けて変換した値（赤線）がほぼ一致したことから、ひずみセンサの値から負荷トルクを測定できると考える。

4. まとめ

本研究で既存の NS モニタリングセンサを活用した転てつ機の密着度測定、負荷トルク測定のリモート検査が可能か検証を行った。検証結果より、ひずみ値に変換係数をかけることで、どちらもリモート検査が可能であった。

今後の課題として、データ数を増やして変換係数の精度を向上することが挙げられる。

参考文献

- 1) 佐々木 正孝, 鈴木 雅彦, 金田 敏之:「NS 形電気転てつ機モニタリングの基礎開発」, JR EAST Technical Review, No.62, p.57-60, 2019.
- 2) 佐々木 正孝, 鈴木 雅彦, 金田 敏之, 太田 好紀, 浜中 正義, 上里 拓也:「メンテナンス向上を目的とした NS 形電気転てつ機モニタリングの開発」, 電気学会産業応用部門大会, 5-4, 2019.