

鉄道一般

車両

軌道

構造物

防災

電力

信号通信
情報

材料

環境

人間科学

浮上式鉄道

発条転てつ機の安全性と 保全性を向上する

発条転てつ機は、動力が不要でシンプルな機能を持ち、地域鉄道の省力化に寄与している信号設備の一つです。近年、分岐器の重レール化や、保守区の合理化により、発条転てつ機がおかれている環境が変化しています。そこで、発条転てつ機の動作状態を常時監視し、重レール化によって増加する転換動作時の負荷を遠隔地から監視できるモニター装置を開発しました。また、重レール化した分岐器に対応し、かつ発条転てつ機と同様の使い方ができる、新しい割出し可能転てつ機を開発を行いました。

はじめに

発条転てつ機は、地域鉄道での省力化に寄与している信号設備の一つです（図1）。この発条転てつ機は、内部にばねと油圧シリンダーを内蔵しており、車両による割出し転換（図2参照）が行われた一定時間後に転換前の開通方向（定位）に戻る機能を有しています。単線区間の行き違い駅に発条転てつ機を使用すると、駅を出発する列車に対しては割出し転換を行い、到着する列車に対しては定位の進路を保持します。そのため、分岐器の開通方向を変えるための要員や設備が不要な設備です。

発条転てつ機が使用される箇所ではこれまで、比較的軽いレール（30kg/m、37kg/m、40N）を用いた分岐器が使用されてきましたが、これらの分岐器の置き換えに伴って、重いレール（50N）を用いた分岐器が使用され始めていま

す。重いレールを用いると、分岐器のトングレールを動かすために必要な力（転換負荷）が増加します。発条転てつ機の転換力（図3参照）を超える転換負荷となった場合には、割出し転換後に復帰（復帰動作）するときに途中で停止します。この対策として、発条転てつ機のばねを改良して転換力を増やすことが考えられます。しかし、割出し転換に必要な力も増えて車両の走行安全性にも影響しますので、この方法



図1 発条転てつ機

図2 割出し

分岐器の複数方向に分岐している側（背向）のうち、進路が開通していない側から、列車または車両が分岐器に進入することを指します。発条転てつ機などの割出し可能な転てつ機を用いない箇所では、転てつ機の破壊や脱線を引き起こします。

図3 転換力

転てつ機が分岐器の可動レールを動かすときの、転てつ機が持つ力を指します。分岐器の可動レールを動かすために必要な力（転換負荷）に対して十分に大きな転換力のある転てつ機を選定することが重要です。



潮見 俊輔

Syunsuke Shiomi

信号・情報技術研究部
信号システム研究室
副主任研究員

【専門分野】 転換鎖錠装置、動力転てつ機



五十嵐 義信

Yoshinobu Igarashi

信号・情報技術研究部
信号システム研究室
主任研究員

【専門分野】 転換鎖錠装置、動力転てつ機



長峯 望

Nozomi Nagamine

信号・情報技術研究部
信号システム研究室
副主任研究員

【専門分野】 画像処理、パターン認識



遠山 喬

Takashi Toyama

信号・情報技術研究部
信号システム研究室
研究員

【専門分野】 軌道回路

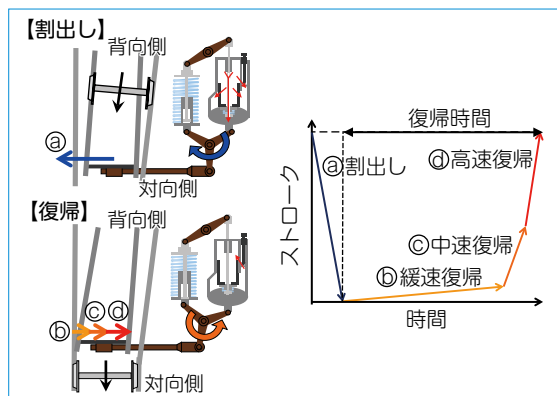


図2 発条転てつ機の動作概要

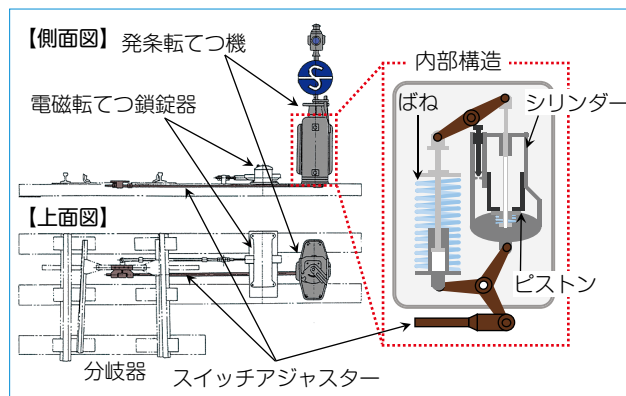


図3 発条転てつ機の構成

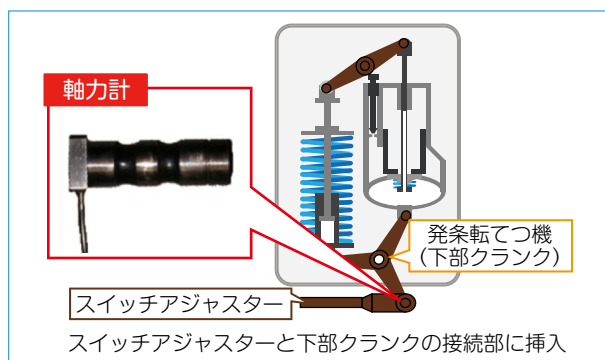


図4 軸力計

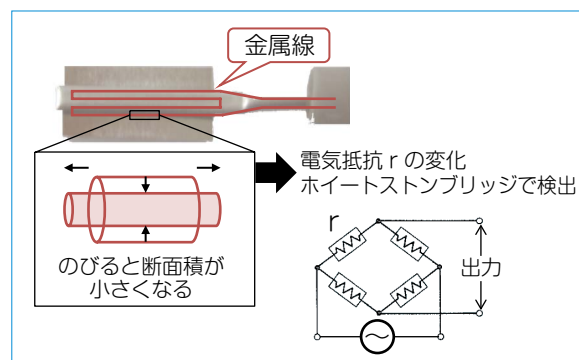


図5 ひずみゲージ

をとることは困難です。

また、発条転てつ機が設備されている箇所では、分岐器の対向側から進入する列車に対して信号機を「進行」現示させる前に分岐器の開通方向が定位であることをチェックします。発条転てつ機の復帰動作の停止は、このときまで駅や指令は知ることができないため、復帰動作が途中で停止してから長い時間が経過します。その間に状態が変化した場合には、復帰動作の停止に至った原因が特定できず、適切な対策を取ることが困難です。

これらの課題を解決するための取り組みとして、発条転てつ機モニターと新しい転てつ機の開発を行いました。発条転てつ機モニターは、発条転てつ機の転換負荷を常時測定、記録することで復帰動作が途中で停止する前に適切な保守を行うことを支援する装置です。新しい転てつ機は、重レール化した分岐器に対応し、かつ発条転てつ機と同様の使い方ができる転てつ機です。以下にそれぞれの具体的な内容について紹介します。

発条転てつ機の動作と機構

割出し転換が行われたときの動作概要を図2に示します。車両により割出しされるとトンネルは定位側から反位側へ動かされます。その後、ゆっくりと定位側へ戻る動作(⑥)を開始します。その後、復帰動作の速度が高くなり、定位へ復帰(④,⑤)します。

発条転てつ機の構成と内部機構を図3に示します。ばねとシリンダーが上部・下部のクランクに接続され、ばねは常時圧縮されている状態で使用されています。シリンダーは内部に油が入っており、下部クランクの回転によってピストンが動くため油が移動します。油が移動するときの抵抗によってゆっくりと復帰動作を行うよう作用します。また、流路が回転角によって変わるため、復帰動作の速度が変化します。

なお、適正に調整された発条転てつ機の転換力は、ストロークによらず、転換終了後にトンネルを基本レールに押し付ける力(密着力)に近い大きさになります¹⁾。

発条転てつ機モニターの開発

転換負荷の測定方法

転換負荷の測定・推定方法として、図4に示す軸力計を用いる方法と、転換動作時の電流、電圧から推定する方法が従来から存在しています。前者は、転てつ機の動作かんや下部クランクとスイッチアジャスターを接続する、ジョーピンと呼ばれる部品と差し替えて、軸力計に加わるせん断力から転換負荷を測定する方法です。短期間に実施される走行試験などにおいて、高精度な測定器として用いていますが、数年単位の長期間使用する際の耐久性やコストに課題があります。一方、後者は電気転てつ機のモニター装置に採用されている方法です。しかし、発条転てつ機は電力を用いないためにこの方法で監視することはできません。

そこで、発条転てつ機と分岐器を接続するスイッチアジャスターが、転換負荷によって長さがわずかに変化することに着目し、長さの変化率(ひずみ)を測定することで転換負荷を得る方法を採用しました²⁾。ひずみの測定は、

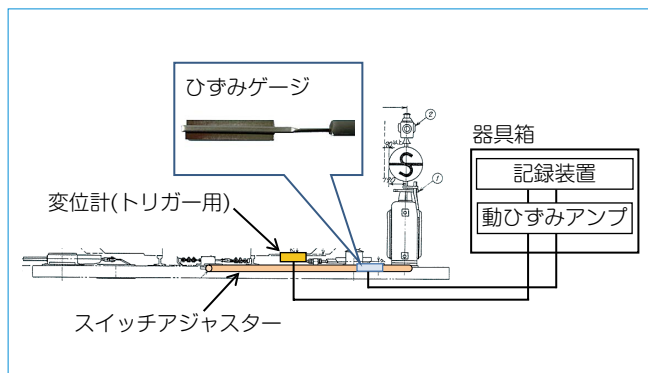


図6 発条転てつ機モニターの機器構成

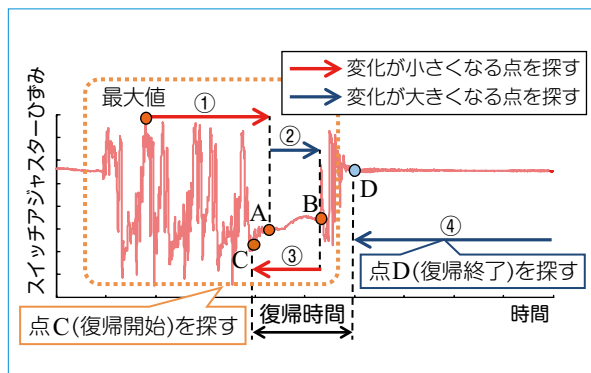


図7 波形から復帰時間(点C-D間)を判断する手順²⁾

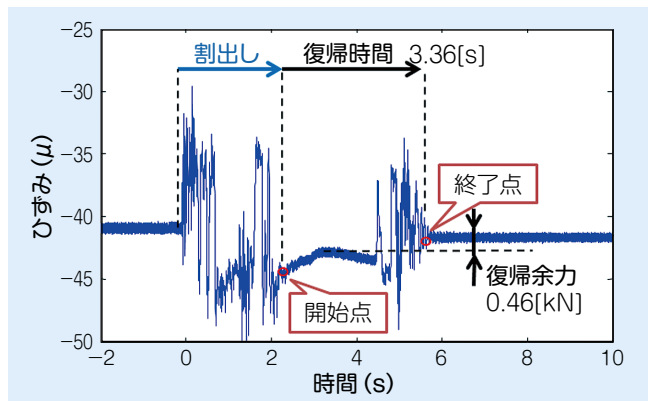


図8 測定結果の例

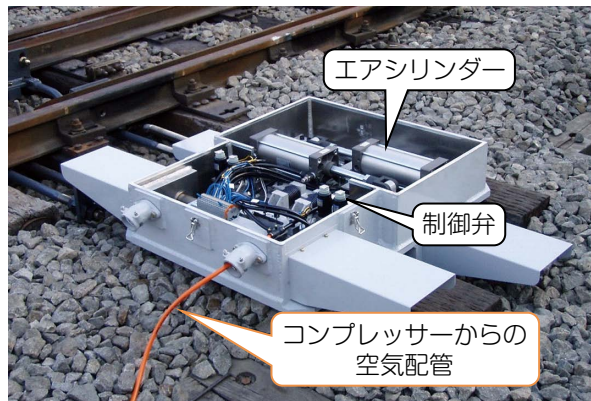


図9 新しい割出し可能転てつ機

図5に示すひずみゲージをスイッチアジャスターに接着し、伸縮にともなう電気抵抗の変化によって行います。

構成と機能

開発した発条転てつ機モニターの機器構成を図6に示します。データの記録を行うロガー、ひずみの変化を増幅して出力する動ひずみアンプは汎用の機器を使用しています。ロガーは通信機能を持ったものを使用することにより、発条転てつ機の状態を保守区で確認することが可能になります。

データの処理

発条転てつ機モニターにより取得された、割出し転換から復帰動作終了までのスイッチアジャスターひずみを記録したデータから、復帰動作時の転換力と転換負荷の差の大きさ、および発条転てつ機の保守作業における検査項目の一つである復帰動作に要する時間の抽出を行います。復帰動作が行われていることを判断する手順を図7に示

します。この手順により得られた波形から、復帰動作が行われている間のデータを抽出することが可能になりました。

測定結果の例

列車による割出し転換と復帰動作時のスイッチアジャスターひずみの測定結果と、図7に示した手順により自動的に判断した復帰動作の開始点、終了点の抽出結果を図8に示します。スイッチアジャスターのひずみと転換負荷が比例関係にあるため、復帰動作時と復帰動作中のひずみから、転換力と復帰負荷の差(復帰余力)を得ることができます。

現在まで約5年間、同一設備のモニタリングを実施しています。これまでの取り組みにより、ひずみゲージによる転換負荷測定やデータの処理技術については確立したと考えています。

新しい転てつ機の開発

近年、分岐器の重レール化や弾性分

岐器化が行われていますが、発条転てつ機の復帰力を単純に増加させることは車両の走行安全性に影響するため困難です。一方、従来の電気転てつ機を導入するには、列車の進路を制御する連動装置の大幅な改修が必要になるため、多くの費用や工期を要します。

そこで、発条転てつ機と同様の使い方でも重レールの分岐器の転換が可能な、新しい割出し可能転てつ機(図9)および踏み込み転換システムの開発を行いました。

踏み込み転換システム

重レールの分岐器を転換させるためには、割出し転換によって蓄積されるエネルギーでは不十分なため、電気や空気といった動力を使用することが必要です。一方で、発条転てつ機と同等の使い方をするためには、背向側から進入する車両を検知し、転換動作を行うことが必要です。

そこで、分岐器の前後に踏切制御子

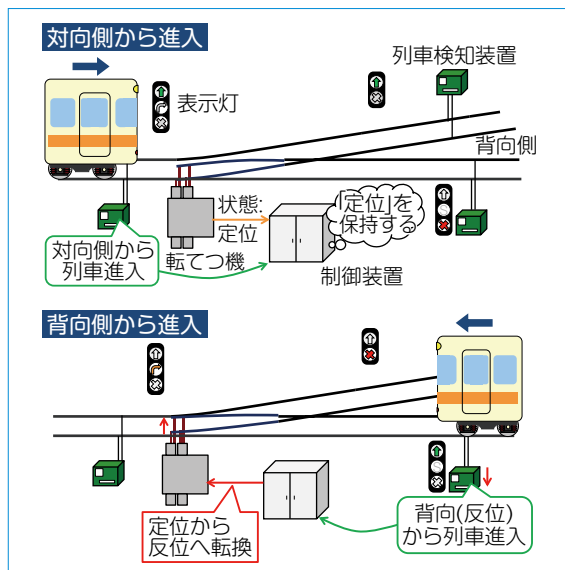


図10 踏み込み転換システムの動作概要

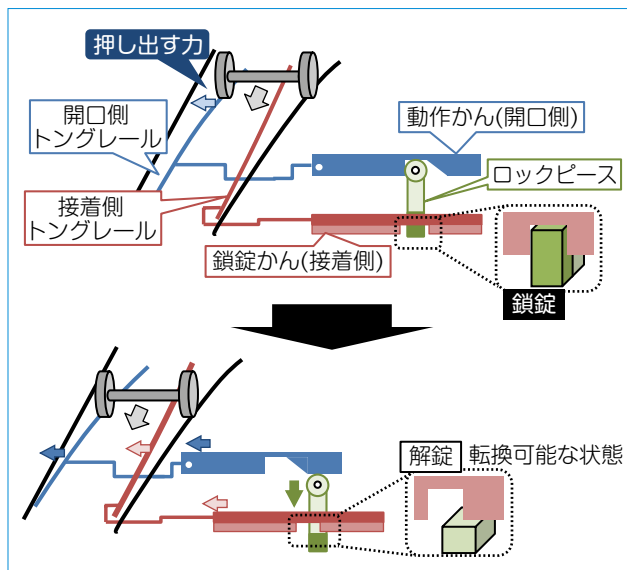


図11 割出し可能転てつ機の鎖錠機構の原理

やトロリーコンタクターなどの列車検知装置を設け、車両が進入したことを検知して転てつ機の制御をおこなう踏み込み転換システムを開発しました。動作の概要を図10に示します。

踏み込み転換システムを含めた新しい割出し転てつ機の動作を確認するための装置を試作し、一連の動作について確認を行いました。

割出し可能転てつ機

重レールを転換動作させるための高い転換力と、踏み込み転換を実現するための高速転換を両立させるために、空気を動力とした割出し可能転てつ機を開発しました。

新しい割出し可能転てつ機を図9に示します。割出し可能転てつ機は、外付のコンプレッサーによって作り出される空気を動力として、制御弁で吸排気を制御することによってエアシリンダーを駆動させています。空気を動力にすることによって、高速転換動作(1秒)と動作に伴う衝撃の小ささを両立しています。また、雪や石などの異物がトングレールと基本レールの間に挟まった場合にも、電気転てつ機のように電流を消費し続けることがないため、エネルギー消費が少なく、かつモー

ターやクラッチの消耗の恐れがない利点があります。

割出し転換は、後端側から先端側に移動していく過程で、輪軸が開口側のトングレールを押し出す作用をすることによって行われます。新しい割出し可能転てつ機は、この原理に基づいて、踏み込み転換の列車検知が行われなかった場合でも列車を安全に走行させるために、開口側のレールの移動により接着側の鎖錠を解錠する機構を採用しました。図11に鎖錠機構の原理を示します。これにより、接着側のレールをNS形電気転てつ機と同等の機構で鎖錠しながら、割出し転換が可能となる機能を持った、従来の発条転てつ機と比べて高い安全性を有する鎖錠機構を実現しました。

今後の展開

発条転てつ機モニター装置については、得られた転換負荷変動を保守区に配信し、保守や障害要因分析に役立てるための情報の処理や提示の方法について検討を進める予定です。また、実用化に向けた条件の整理を進めたいと考えています。

割出し可能転てつ機については、実

用化に向けた転てつ機の設計・試作および試験に取り組んでいきたいと考えています。また、海外の転てつ機が導入されつつある路面電車への適用についても検討していきたいと考えています。

おわりに

地域鉄道に関連した転てつ機関係の最近の取り組みとして、発条転てつ機の保守性を向上させるためのモニター装置と、分岐器の重レール化に対応し鎖錠機構の安全性向上を図った新しい割出し可能転てつ機について紹介しました。列車の進行方向を変える機能は鉄道のシステム上、なくすことができない装置の一つですので、今後も引き続き安全性や保守性の向上につながる取り組みを進めていきたいと考えています。

なお、新しい割出し可能転てつ機の開発については、国土交通省補助金を受けて実施しました。[RRR]

文献

- 1) 発条転てつ機調査研究委員会：発条転てつ機調査研究報告書，信号保安協会，1986
- 2) 潮見，五十嵐，他：発条転てつ機の転換負荷の状態監視手法，鉄道総研報告，Vol.25，No.5，pp.23-28，2011