

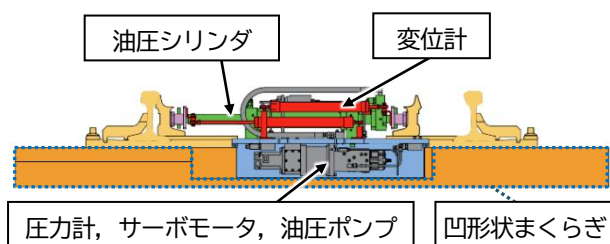
鉄道総研報告
RTRI REPORTトングレールの隙間調整装置の開発と
保守省力化を目的とした分岐器ポイントの提案玉川 新悟* 上田 将司**
安田 新太郎** 細見 章人**Development of Gap Adjustment Device between Switch Rail and Stock Rail,
and Proposal of a Turnout Point to Reduce Maintenance LaborShingo TAMAGAWA Masashi UEDA
Shintaro YASUDA Akito HOSOMI

The aim of this study is twofold: to develop a gap adjustment device for use between the switch rail and the stock rail, and to propose a new turnout structure that contributes to reduced maintenance efforts. The authors designed and produced adjustment devices that adjust the gaps between the switch rail and the stock rail expanding and contracting after switching. The developed devices were installed on a turnout, and a series of performance tests were conducted. As a result, we confirmed that the devices enable automate the inspection and adjustment of gaps. A running test involving a vehicle passing over the turnout also confirmed that the devices functioned normally during and after the vehicle's passage.

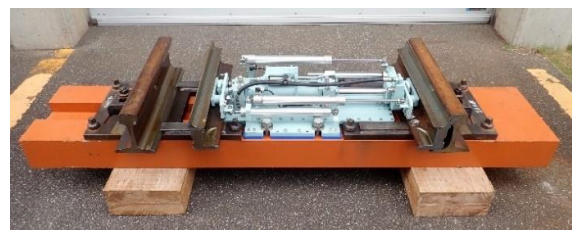
キーワード：分岐器，ポイント，転換装置，隙間調整装置，トングレール

1. はじめに

現在，分岐器のトングレールの転換と鎖錠には，電気転てつ機が一般的に用いられている¹⁾．電気転てつ機は，電気を動力としたモータでトングレールを転換し，転換後の状態を機械的に鎖錠したうえで，鎖錠や開通方向等の状態を出力する機能をもつ．国内で広く使用されているNS形やTS形の電気転てつ機¹⁾を採用した分岐器のポイントでは，まくらぎ間に設置された転てつ棒や控え棒が保線作業に支障してバラストのつき固めが不十分となるため，軌道の弱点箇所の一つとなる．また，分岐器の検査や調整，トングレールの転換不能に伴う修復等の線路内作業には多大な労力を要しており²⁾，将来的な労働力不足への懸念も踏まえ，更なる分岐器の保守省力化・省人化が望まれている．これまでに鉄道総研では，図1に示すように，電動油圧アクチュエータを用いてトングレールを転換させるための装置（以下，転換装置）を開発している^{3) 4) 5)}．転換装置は，トングレールの先端に敷設した凹形状のまくらぎにその一部を埋め込む形で設置し，トングレールの位置と転換圧力を常時モニタリングするものである．既設の電気転てつ機を転換



(a) 転換装置の構成



(b) 転換装置の外観

図1 開発した転換装置⁵⁾

* 軌道技術研究部 軌道構造研究室

** 元 軌道技術研究部 軌道構造研究室

装置へ置き換えることで、バラストのつき固め不能箇所の解消や、基本レールとトングレールの隙間の常時監視、転換不能の事前検知の実現を図っている。転換装置は、トングレールの先端付近に設置し、設置箇所のトングレールと基本レールの隙間の監視と調整が可能なものであるが、ポイントの隙間の検査と調整作業は、トングレールの全長にわたり実施する必要があるため、転換装置の設置だけでは、隙間の検査と調整作業を自動化することはできない。

以上を踏まえ、本研究では、転換装置に加え、トングレールの隙間の検査範囲に複数台設置して隙間を調整する装置（以下、隙間調整装置）を開発することで、バラストのつき固め不能箇所の解消や、転換不能の事前検知、隙間の検査と調整作業の省力化を実現した分岐器ポイントを提案することを目的とする。

本稿では、隙間調整装置を設計・製作するとともに、試験用ポイントおよび試験線に敷設し、分岐器の保守省力化に向けて実施した一連の検討結果を示す⁵⁾。

2. 保守省力化を実現する分岐器ポイントの提案

2.1 分岐器ポイントの構成

図2に本研究で提案する分岐器の構成を示す。この分岐器は、既存の電気転てつ機を転換装置に置き換え、控え棒を複数台の隙間調整装置に置き換えることで、次の観点から保守の省力化を図ったものである。

- ① トングレールと基本レール間の異物の検知や転換不能の事前検知を可能とする
- ② トングレールと基本レール・止め金具の間の隙間の検査と調整作業を省力化する
- ③ バラストのつき固め不能箇所を解消する

上記の①～③を達成するため、分岐器を構成する転換装置と隙間調整装置には、次節に示すコンセプトを設定した。なお、上記の止め金具とは、図3に示すように、トングレールと基本レールの間に設置し、列車走行時に両レール間の間隔を保持する金具である。

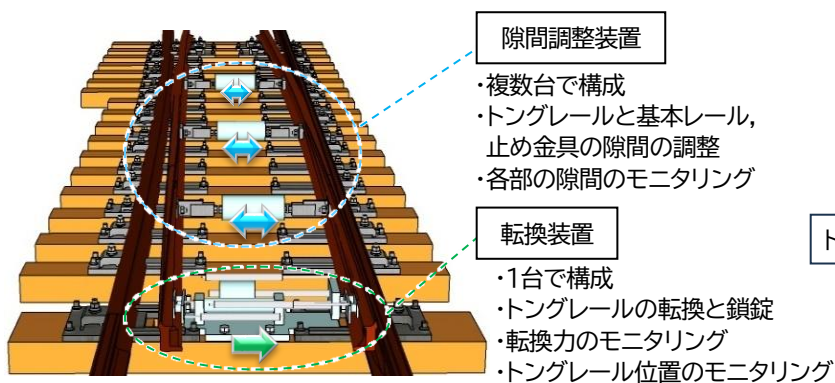


図2 転換装置と隙間調整装置を設置した分岐器の構成

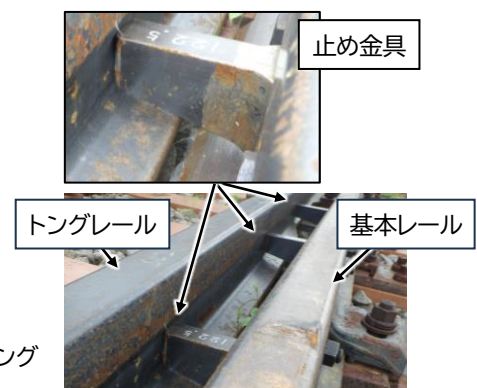


図3 止め金具の例

2.2 転換装置と隙間調整装置のコンセプト

転換装置のコンセプトは、以下の通りである。

- (a) 分岐まくらぎ上に設置が可能
- (b) トングレールの位置と転換力のモニタリングが可能
- (c) 分岐まくらぎから取り外しが可能
- (d) 既存の電気転てつ機との置き換えが可能

上記の(a)は、分岐まくらぎ上に転換装置を設置することで、電気転てつ機で使用する転てつ棒を撤去し、

転てつ棒やフロントロッド箇所におけるバラストのつき固めを可能にすることを目的としている。(b)は、隙間の検査の省力化と、異物介在の検知、および床板の摩擦増加に伴う転換不能の事前検知を目的としている。(c)は、定期的なオーバーホールを想定し、容易に設置と撤去が可能なことを目的としている。(d)は、既設の分岐器への適用を可能とし、広い普及効果を図ったものである。

一方で、隙間調整装置のコンセプトは、以下の通りとした。

- (e) 既設の分岐まくらぎ上面の寸法に収まるスペースで設置が可能
- (f) トングレールと基本レールおよび止め金具の隙間のモニタリングが可能
- (g) 複数台が同期して伸縮が可能

上記の(e)は、既設の分岐まくらぎの幅230mm よりも小さいスペースで、左右のトングレールに直接固定することで、控え棒を撤去し、当該まくらぎ前後のバラストのつき固めを可能にすることを目的としている。また、専用の分岐まくらぎへの交換を不要とし、転換装置を複数台設置するよりも低コスト化を図ったものである。(f)と(g)は、接着の検査と隙間の調整作業の省力化を目的としている。

3. 隙間調整装置の仕様検討

3.1 隙間調整に必要な力の把握

隙間調整装置の設計に先立ち、装置に必要な载荷能力を把握するため、12 番分岐器の試験用ポイントを用いて、トングレールと基本レールおよび止め金具箇所の隙間を無くすために必要な力を測定した。図4に測定試験の状況を示す。载荷点は、控え棒から分岐器前端にまくらぎ 1 本目の位置（载荷点 A）および控え棒から分岐器後端にまくらぎ 5 本目の位置（载荷点 B）の 2 パターンとし、それぞれの位置で 2 回ずつ载荷した。本試験では、ジャッキ 1 体を载荷点 A もしくは B の左右のトングレール間に設置し、油圧ジャッキを伸ばすことで、両トングレールの腹部を軌間外側へ载荷した。荷重は、油圧ジャッキと治具の間に設置したロードセルにより測定し、载荷点 A ではトングレールと基本レール、载荷点 B ではトングレールと止め金具の隙間が 0mm となった際の荷重を隙間調整に必要な力として整理した。本試験は、载荷点以外における左右のトングレールの力の伝達を防ぐため、控え棒を撤去した状態で行った。また、床板への塗油が無い状態で行った。

図5に隙間調整に必要な力の測定結果を示す。本試験では、トングレールと基本レールの隙間を無くすためには、2.1kN～2.3kN、トングレールと止め金具の隙間を無くすためには、3.4kN～3.5kN の力が必要であった。ここで、本試験結果は、床板とトングレールの塗油状態や各部の隙間量に影響を受けると考えられる。このため、隙間調整装置の载荷能力は、本試験結果に余裕を持たせ、5kN を目標とした。

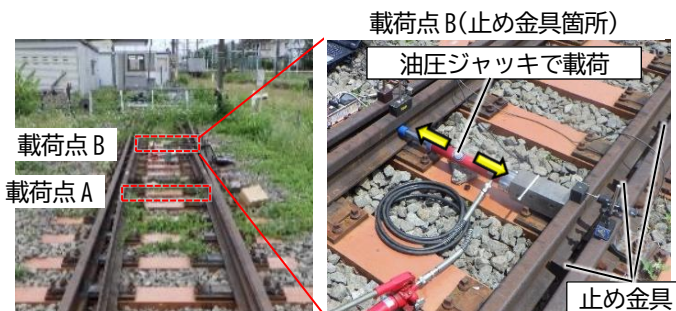


図4 測定試験の状況

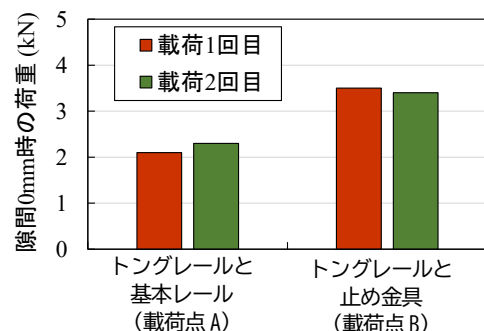


図5 隙間調整に必要な力の測定結果

3.2 隙間調整装置の設計

前章のコンセプトと前項の試験結果に基づき、隙間調整装置を設計した。図 6 に設計した隙間調整装置の概要を示す。隙間調整装置は、装置の両端を左右のトングレールに固定し、駆動部が伸縮することで、各部の隙間を調整するものである。目標とした载荷能力 5kN を発揮するため、駆動部には、電動機械式のアクチュエータを採用した。本アクチュエータでは、サーボモータの回転をマイタギアにより鉛直軸まわりの回転に変換し、さらにウォームギアとウォームホイールにより、まくらぎ長手方向の軸まわりの回転に変換することで、ボールねじ軸を回転させている。また、ボールねじナットをシリンダの内筒側に固定し、並進運動へ変換することで、シリンダを伸縮させる機構としている。また、本機構はウォームホイールからウォームギアを逆回転させることができないセルフロック機能を有している。このセルフロック機能により、トングレールから受ける反力によって装置が伸縮することを防止している。また、トングレールと基本レール・止め金具の隙間が通常数 mm 程度であることを踏まえ、これに対して十分な調整機能を持たせるように、シリンダのストロークは最大で $\pm 20\text{mm}$ とした。なお、駆動部は、サーボモータが駆体からはみ出すような形状をしているものの、まくらぎの幅に収まっており、かつ、駆動部の重量バランスに起因して連結バーが軸まわりに回転しないことを確認している。

図 7 にトングレールと基本レール・止め金具の隙間を測定するための変位計と、トングレールと隙間調整装置の継手構造を示す。変位計は、基本レールを固定点とし、トングレールの変位を測定することで、両者の隙間を測定するものである。変位計としては、接触式の他、レーザー、もしくは、渦電流と超音波センサを組み合わせた非接触式を検討した。このうち、本研究では、変位計の動作の確実性を重視し、接触式を採用して製作することとした。なお、変位計の設置箇所では、基本レール締結用座金のボルトの緩みをまくらぎの側面から確認することは可能であるものの、ボルトの締め直しの際には、変位計の取り外しが必要となる。トングレールと隙間調整装置の継手部は、左右レール間の電気絶縁性を確保するため、絶縁材を介してボルトで固定する構造としている。また、トングレールの転換動作に追従し、継手部に曲げが作

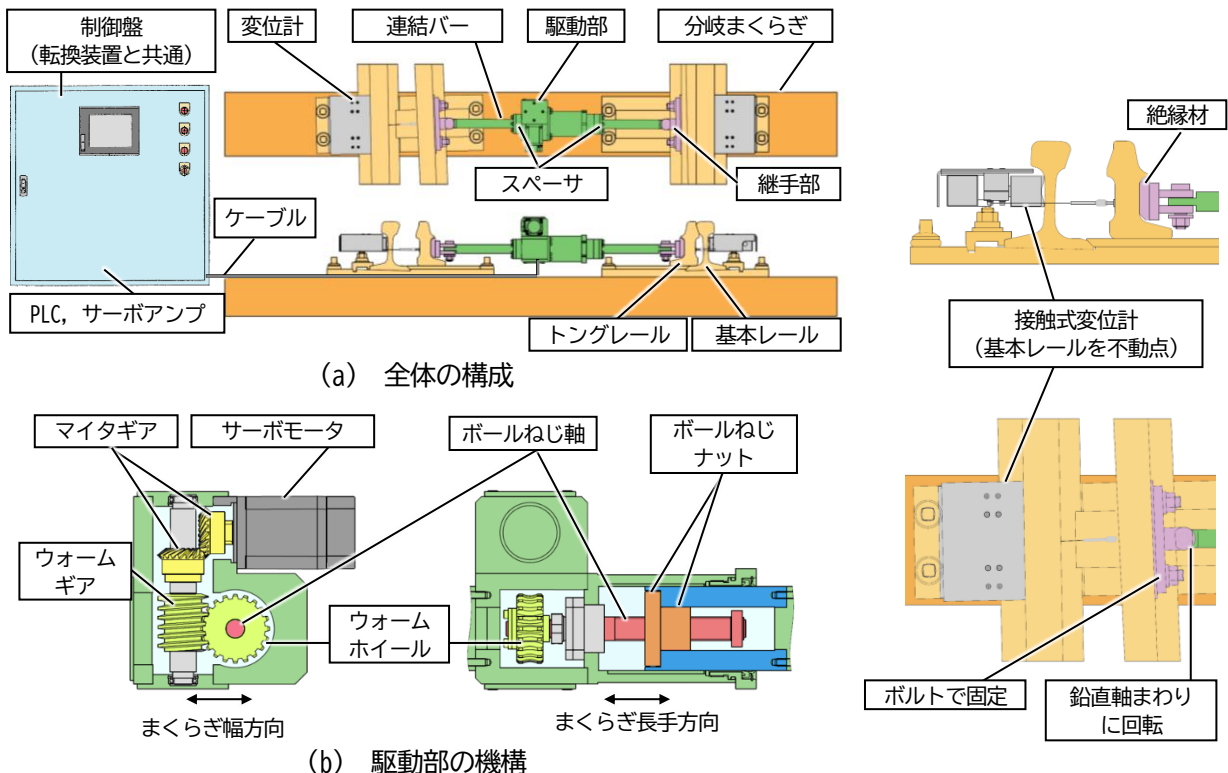


図 6 設計した隙間調整装置の概要

図 7 接触式変位計およびトングレールと装置の継手構造

用することを防止するため、鉛直軸まわりに回転可能な構造としている。さらに、連結バーと駆動部の間のスペーサを付け替えることで、伸縮前の装置の全長が任意に設定可能であり、ポイントの任意の分岐まくらぎ上に設置可能としている。隙間調整装置は、転換装置と同じ制御盤にケーブルで接続し、制御盤内のPLCによって、自動で動作するものとした。

3.3 隙間調整装置の配置

ポイントにおける隙間の検査範囲は、トングレールの先端からトングレールの曲げ点までの範囲、および、止め金具の設置箇所に分かれている。また、隙間の検査基準値は、トングレールの先端から 500mm の範囲で 1mm、それ以外の箇所では 3mm とし、これを超過した場合には、隙間の調整作業を行っている。

ここで、図 8 に示す 12 番分岐器の弾性ポイントのように、転てつ棒および控え棒が 1 本の構造の場合、人手による従来の隙間の調整作業は、次のような手順で行われる⁶⁾。まず、フロントロッド、控え棒、転てつ棒を取り外し、トングレールが各部材からの拘束を受けない状態にしたうえで、作業員の経験に基づき、隙間の状況に応じてバールでトングレールを基本レールに押し付け、トングレールの先端から曲げ点までの隙間を調整する。つぎに、止め金具箇所に隙間がある場合、トングレール後端の固定部の調整式座金でレール位置を調整する。さらに、転てつ棒、控え棒の順番にボルトで手締めし、その長さを微調整するとともに、車輪のフランジが通過するための隙間であるフランジウェイ幅（以下、FW 幅）の確保を確認する。その後、フロントロッドを取り付け、転てつ棒と控え棒を所定の緊締トルクで締結し、各部の隙間の状態と FW 幅を確認し、良好であれば調整を終了する。

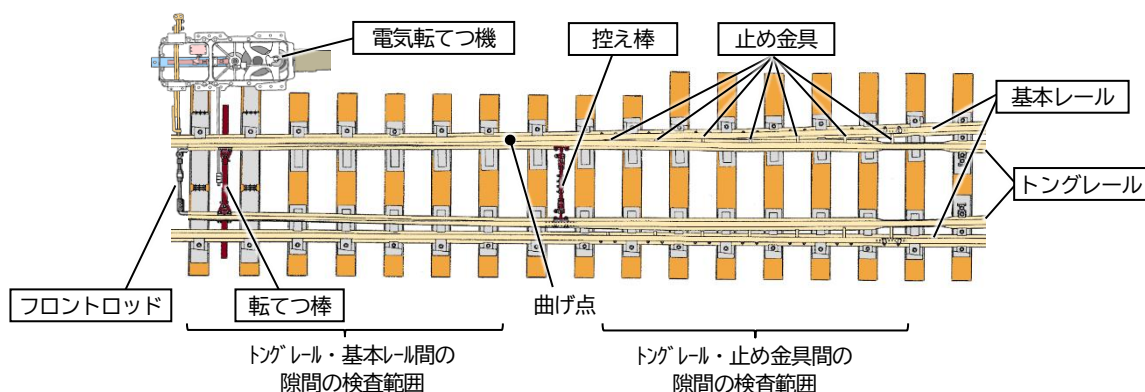


図 8 12 番分岐器の弾性ポイント

以上の隙間の調整作業を大別すると、①フロントロッド・転てつ棒によるトングレール先端の調整、②バールによるトングレール先端から曲げ点までの範囲の調整、③控え棒による曲げ点近傍の調整と最小 FW 幅の確保、④調整式座金による止め金具設置範囲の調整となる。ここで、①については、転換装置によるトングレール位置と転換圧力の監視によって隙間が無い状態を確保する。このため、隙間調整装置は、②～④の隙間の調整を行う役割とし、それぞれ②、③、④の範囲に概ね均等に最低 1 台ずつ設置するのが妥当であるとする。また、ポイントの基本レールの締結装置は、座金とレールプレスの 2 種類が概ね交互に敷設されるものの、基本レールとトングレールの隙間を測定する前述の変位計の設置箇所は、基本レールの腹部に支障しない座金の敷設箇所に限定される。

以上を踏まえ、隙間調整装置の配置は、図 9 に示す位置が妥当であると判断し、以降の検討を進めることとした。

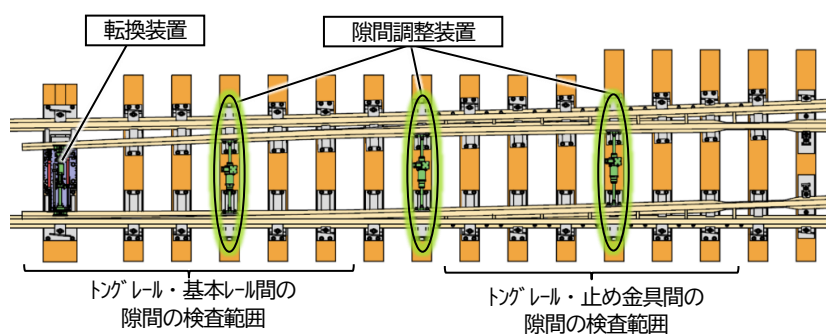


図9 隙間調整装置の配置 (12 番分岐器の弾性ポイント)

3.4 隙間調整装置の制御方法

隙間調整装置は、FW 幅の確保を前提としたうえで、隙間を無くすために伸縮させる必要があるため、図10に示す制御方法を考案した。本方法は、転換装置による転換が終了した後に隙間調整装置が動作を開始するものである。隙間調整装置の左右に設置した変位計の測定値と、この測定値に対する許容値の差を各装置が伸縮する量（以下、調整量）とし、3台を同時に伸縮させるものである。

3台の隙間調整装置は、それぞれ、サーボモータのトルクが上限に到達するか、シリンダのストロークが

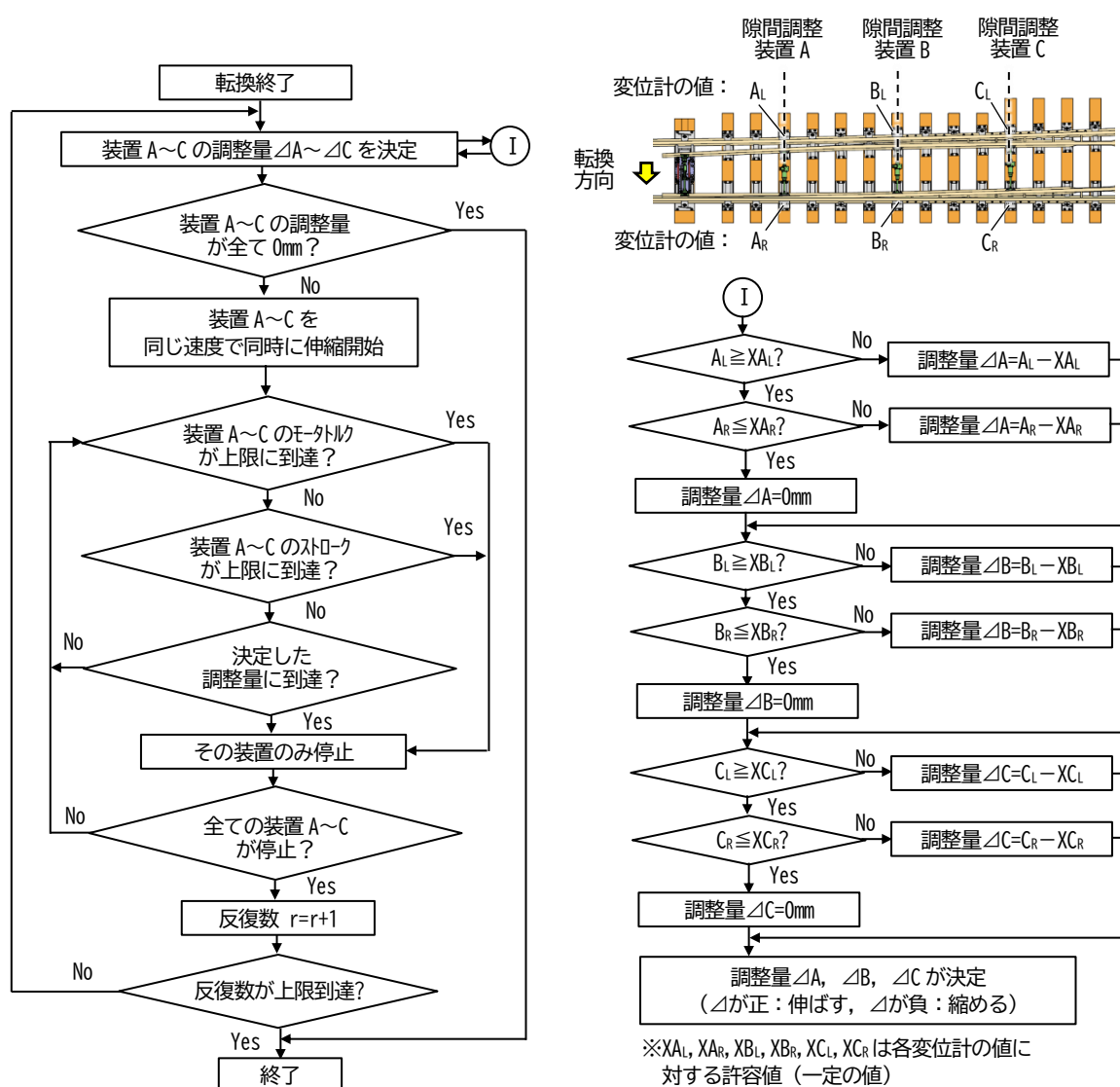


図10 隙間調整装置の制御方法

上限に到達するか、もしくは決定した調整量に到達した場合にその装置のみ停止する。3 台がすべて停止すると、再度、変位計の測定値と許容値を比較して、各装置の調整量を決定し、伸縮を再開し、同様にトルクとストロークの上限、調整量の到達により各装置を停止させる。この動作を反復し、3 台の装置の調整量がすべて 0mm になるか、もしくは反復数が 10～20 回程度を目安とする上限回数に到達した場合に、隙間調整の動作を完了させるものとした。反復数に上限を設定したのは、変位計の測定値が許容値と厳密に一致せずに、反復が完了しないことを懸念したためである。

上記の制御方法では、反復中に 3 台中のある装置が停止した場合でも、その他の装置の動作の影響により再度調整する必要が生じた場合には、伸縮動作が可能となる。3 台の隙間調整装置は、シリンダのストロークが±20mm 確保できる中立位置を記憶しており、転換する際には、転換直前に、一度中立位置に戻るようになっている。これにより、隙間調整開始前において、常に十分な調整量を確保することができる。

4. 隙間調整装置の製作と性能確認試験

前章の設計に基づき、隙間調整装置 3 台を製作するとともに、試験用ポイントおよび所内試験線の分岐器に敷設し、性能確認試験を行った。

4.1 製作した隙間調整装置

図 11 に製作した隙間調整装置を示す。隙間調整装置を設置したまくらぎは、一般的な分岐まくらぎである。また、製作した 3 台の隙間調整装置は、設置する箇所を左右トングレール間の距離に応じて、連結バーと駆動部の間のスペーサの長さが異なるものの、それ以外の部品はすべて同じものである。

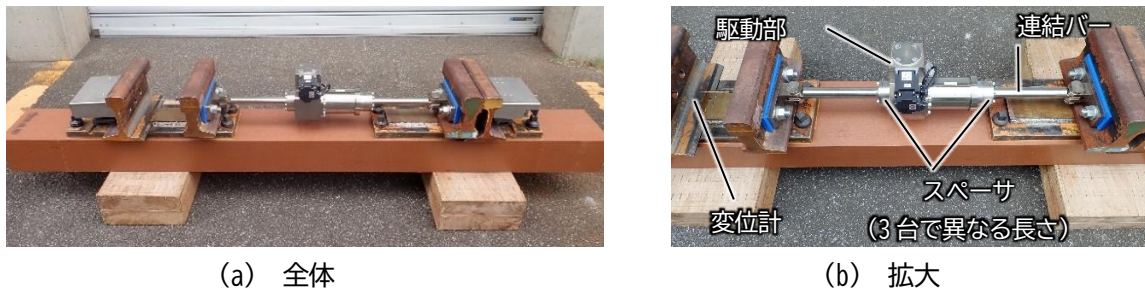


図 11 製作した隙間調整装置

4.2 試験用ポイントへの敷設と隙間調整機能の確認試験

前節で製作した隙間調整装置と転換装置⁵⁾を 12 番分岐器の試験用ポイントに敷設し、一連の機能確認を行った。図 12 に現行の電気転てつ機を敷設した状況と、電気転てつ機と控え棒を撤去し、転換装置と隙間調整装置を敷設した状況を示す。敷設前後の状況を比較すると、まくらぎの間に位置していた転てつ棒と控え棒が撤去され、まくらぎ上に設置した装置に置換したことで、バラストのつき固め不能箇所が解消されていることが分かる。

転換装置による転換後に、隙間調整装置 3 台を前章の制御方法で動作させた。図 13 に動作状況を示す。また、図 14 に各隙間調整装置の転換側と反転換側に設置した変位計の値を示す。変位計の値は、転換・反転換側ともに、トングレールと基本レールの隙間が広がる方向を正としている。隙間調整時における転換側の変位計の値の収束に対する許容値は 0.5mm とし、前述した隙間の検査基準値（トングレール先端から 500mm の範囲で 1mm、それ以外で 3mm）以下の値とした。また、反転換側の変位計の許容値は 72.5mm と

し、確保すべき最小 FW 幅である 70mm 以上の値とした。これらの許容値は、前章の制御方法で示した図 10 の $XA_L \sim XC_R$ に相当するものであり、転換側の変位計の値が 0.5mm を下回り、かつ、反転換側の変位計の値が 72.5mm を上回った場合に、調整量が 0mm となり、隙間調整装置が停止することを意味している。

図 14 より、各変位計の値はいずれも減少しており、装置 A～C が伸長していることが分かる。転換側の変位計の値は、すべて許容値 0.5mm を下回り、各装置の設置箇所の隙間が減少していることが分かる。また、反転換側の変位計の値は、許容値 72.5mm 以上であり、必要な FW 幅 70mm を確保していることが分かる。

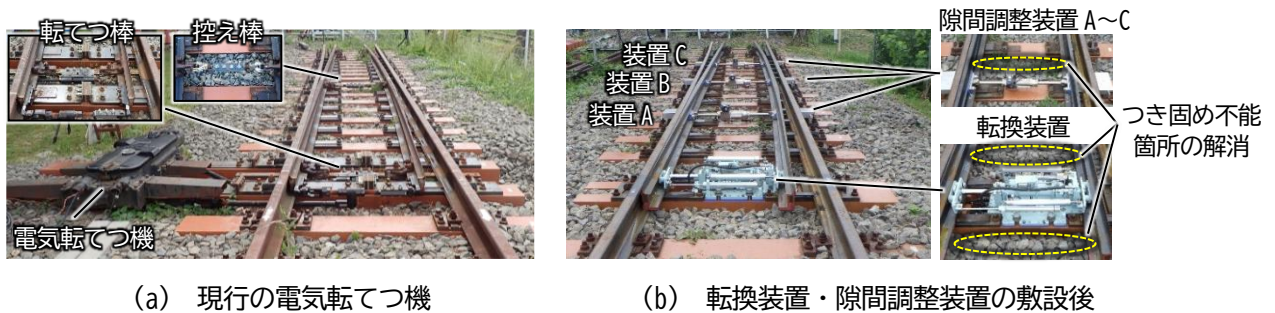


図 12 転換装置と隙間調整装置の敷設前後の状況 (12 番分岐器・試験用ポイント)

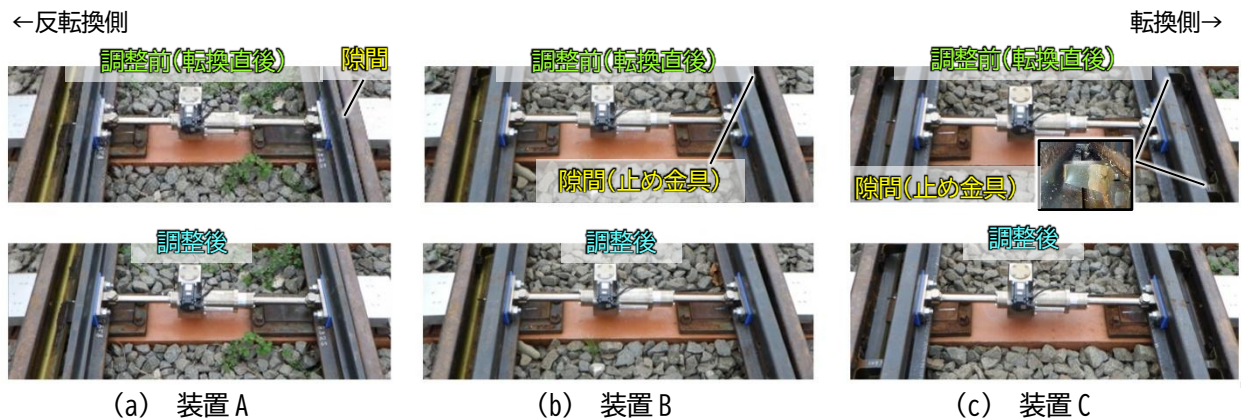


図 13 伸縮動作による隙間の調整前後の状況

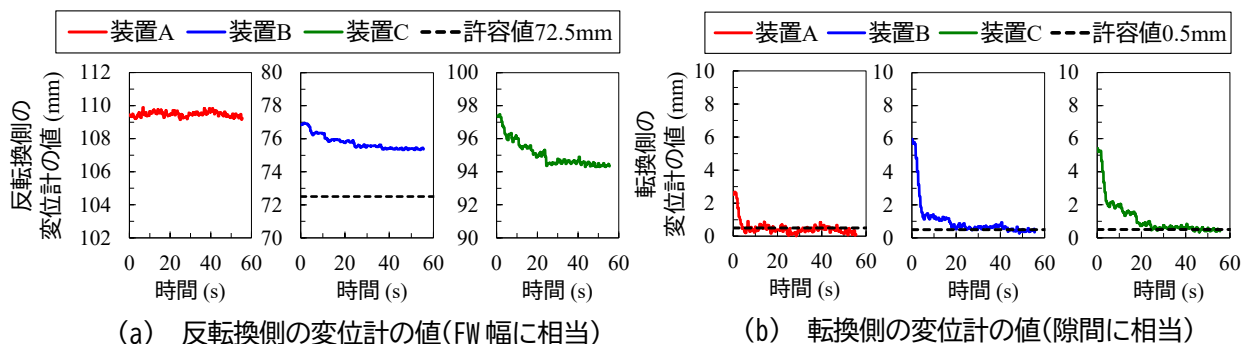


図 14 隙間調整装置の各変位計の値

つぎに、各部の隙間の状態が変化した際に、本装置の隙間調整機能が有効か否かを確認するため、床板への塗油の有無や、止め金具の隙間を変化させた条件を設定したうえで、上記と同様に、転換後に隙間調整装置 3 台を自動伸縮させる試験を行った。本試験では、隙間の検査基準値を超過する条件を設定するため、設計寸法から 2 mm 短い止め金具と、厚さ 1 mm と 2 mm の鋼板を組み合わせることで、止め金具の長さを

設計寸法の+1 mm～-2 mm の範囲で変化させた（図 15）．また，図 16 に示すように，隙間の調整前後の状態，各部の隙間を隙間ゲージにより測定した．

図 17 に隙間調整前後における各部の隙間の測定結果を示す．図中には，隙間の検査基準値を示している．図 17 より，床板の塗油の有無や止め金具の隙間を変化させたすべての条件において，全測点の隙間を検査基準値内に調整できていることが分かる．

以上より，開発した隙間調整装置は，各部の隙間を調整するうえで有効なものであることが分かる．また，本装置を設置したポイントは，転換動作を行う都度，検査範囲の隙間を自動で基準値内に調整することで，年間に最大 4 回実施している隙間の検査と調整作業を自動化することが可能であると考えられる．

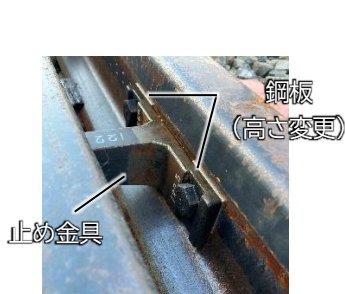


図 15 止め金具の高さ調整

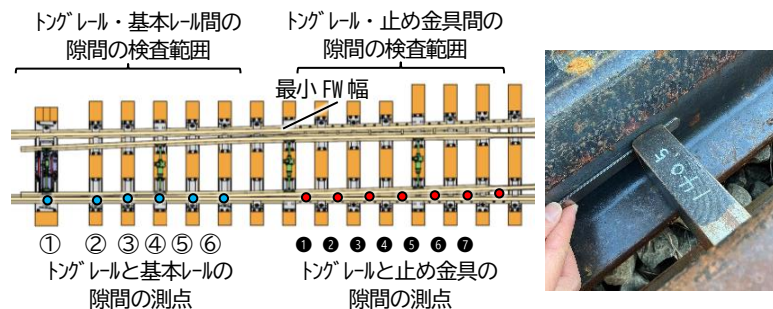


図 16 隙間の測点と測定状況

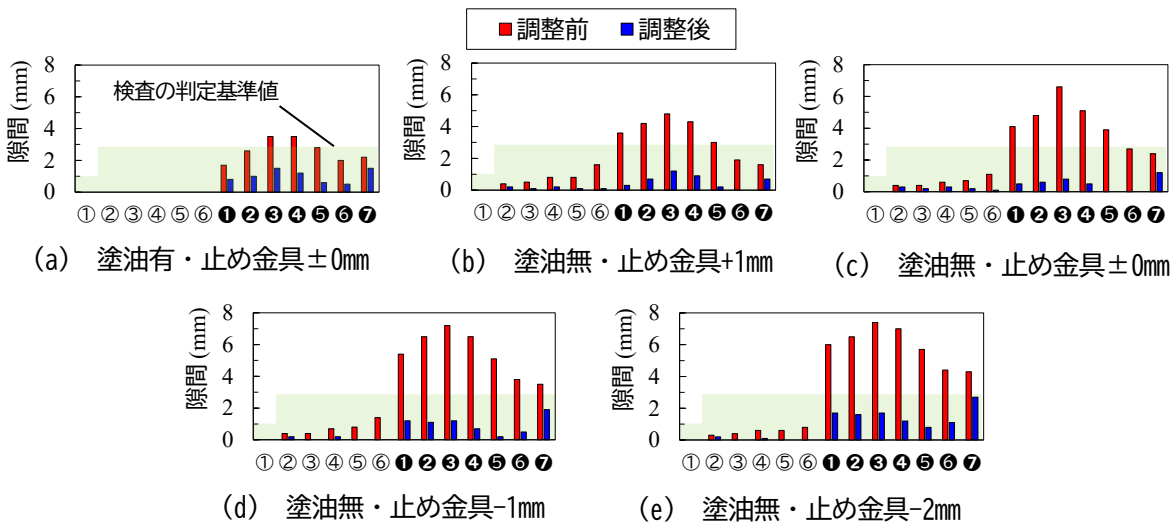


図 17 隙間調整装置による調整前後の隙間の測定結果

4.3 試験線への敷設と車両走行試験

開発した隙間調整装置と転換装置を所内試験線の 60kg レール用 8 番分岐器の弾性ポイントに敷設し，分岐器上を試験車両が走行した際の装置の異状の有無を確認した．図 18 に両装置を敷設した分岐器の状況を示す．開発した隙間調整装置を 8 番分岐器に適用するにあたり，装置を取り付ける位置の左右トングレール間の距離が 12 番分岐器とは異なるため，前述の連結バーと駆動部の間のスペーサの長さを変更している．その他，転換装置の構成や隙間調整装置の制御方法等は前節までと同じである．所内試験線における動作確認の結果，8 番分岐器においても，隙間調整装置は，各部の隙間を検査基準値内に調整可能なことを確認した．

図 19 に試験車両が走行した際の状況を，図 20 に車両が基準線側を通過した際の転換装置および隙間調

整装置の出力値を示す。走行試験の結果、車両通過時に転換装置が出力する転換圧力、トングレール位置および隙間調整装置が出力する変位計の値に変動は認められず、車両通過後の各装置の動作にも異状は認められなかった。



図 18 所内試験線の 8 番分岐器への敷設状況



図 19 車両走行時の状況

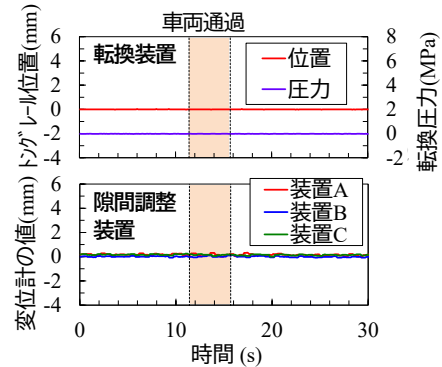


図 20 車両通過時の出力

5. まとめ

本研究では、転換後にトングレールの位置を多点制御して基本レールおよび止め金具との隙間を調整する隙間調整装置を開発するとともに、本装置を分岐器のポイントへ敷設し、一連の性能確認試験を実施した。得られた主な知見は以下の通りである。

- (1) 左右のトングレールに固定して伸縮することで、トングレールの転換後に各部の隙間を調整する隙間調整装置を設計・製作した。本装置は、隙間の調整に必要な力を低コストかつ省スペースで実現するため、サーボモータとボールねじでシリンダを伸縮させる機構とした。また、トングレールと基本レール・止め金具の隙間に基づき伸縮動作を繰り返すことで、隙間調整装置 3 台が自動で隙間を調整する制御方法を考案した。
- (2) 開発した隙間調整装置を試験用ポイントに敷設して動作確認を行った結果、各部の隙間が検査基準値内に調整可能なことを確認した。また、隙間調整装置を所内試験線の分岐器に敷設し、試験車両が通過した際に装置の出力値に異常がないことを確認した。

文 献

- 1) 潮見俊輔：電気転てつ機，RRR，Vol.76，No.8，pp.30-33，2019
- 2) 塩田勝利，及川祐也，潮見俊輔，押味良和：軌道材料および電気転てつ機のモニタリング情報を用いた分岐器の状態検知に関する基礎検討，第 21 回鉄道工学工学シンポジウム論文集，pp.67-74，2017
- 3) 玉川新悟，清水紗希，及川祐也，山本智之：分岐まくらぎに内蔵したレール転換装置の開発，土木学会論文集 A1(構造・地震工学)，Vol.76，No.2，pp.398-400，2020
- 4) Tamagawa, S., Shimizu, S. and Yasuda, S., Rail switching device for turnout using electrohydraulic actuator and its performance tests, Proceedings of the Sixth International Conference on Railway Technology (2024), pp.1-12.
- 5) 玉川新悟，上田将司，安田新太郎，細見章人：トングレールの転換・隙間調整装置の開発と保守省力化を実現する分岐器ポイントの提案，日本機械学会論文集，Vol.91，No.951，2025
- 6) 湯ノ口洋平：弾性ポイントの密着・接着調整手順，新線路，Vol.73，No.2，pp.56-57，2019