

分岐器・転てつ機システムの革新

次世代分岐器・転てつ機の開発

堀 雄一郎*、安岡 和恵*、小尾 実*
加治 俊之*、尾高 達男*、本橋 幸二*



JR東日本研究開発センターでは、分岐器・転てつ機の故障防止と省メンテナンス化を目的とした「次世代分岐器・転てつ機」を開発している。開発にあたっては、線路設備である分岐器と、信号設備である転てつ機を一体のシステムと考え、現場における保守上の課題を踏まえつつ、海外の分岐器・転てつ機を調査するなどして、その構造を全面的に革新した。このほど、最終試作品が完成し、営業線（大宮駅構内）に敷設したので、その全容を紹介する。

キーワード：次世代分岐器、グリッドまくらぎ、基本レール軌間内側締結、次世代電気転てつ機、定密着形スイッチアジャスタ、状態監視

1 はじめに

分岐器・転てつ機は、レール周辺設備の中で唯一の可動部で構造も複雑であるため、保守上の困難箇所であるばかりでなく、ポイント故障により安定輸送に影響を与えることもある重要な設備である。

世界的に見ると、ここ数十年間の分岐器・転てつ機の発達には目覚ましいものがあり、特に欧州諸国を中心に転てつ機の小型化、分岐器のロングレール介入化、分岐内レールのばね締結化などが進んでいる。これに対し日本では、1970年代以来基本的な構造はほとんど変わっていない。

そこで、故障を起こしにくく、かつ省メンテナンスとすることをコンセプトに、これまでの構造を大幅に革新した「次世代分岐器・転てつ機」を開発してきた。本稿では、その全容について紹介する。

2 分岐器（ポイント）

分岐器のうち、線路を左右に切り替える部分を「ポイント」と呼ぶ。また、ポイントを切り替える機械を「転てつ機」と呼ぶ。通常、「ポイント」は線路設備、「転てつ機」は信号設備として管理されているが、両者の境界部は、「転てつ付属装置類」などと呼ばれ、線路側管理設備と信号側管理設備とが錯綜しており、現場における保守管理上のネックとなっている。

この章では、ポイントのうち、ポイント床板、ポイントにおける軌道の歪み、ポイント転換付属装置類に関する開発内容について説明する。

2.1 ポイント床板

ポイント床板に関する現状の課題は次のとおりである（図1）。

(1) 基本レールが片側締結

基本レールが軌間外側からしか締結されていないため、前後レールより締結力が弱い。

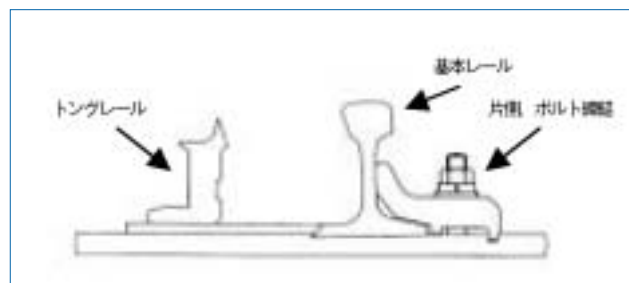


図1：現行ポイント床板

(2) 基本レールがボルト締結

ボルトの緩み管理が必要であると同時に、ボルトが緩むと基本レールのふく進抵抗力が急減する。

(3) トングレール底面が基本レールに接触

鉄片等のわずかな異物介入で不転換を起こす。

(4) ポイントの清掃・給油・融雪作業

いわゆる3K作業であり、また作業のタイミングを逸するとポイント故障（不転換）を起こす。

そこで、次世代分岐器ではこれらの問題点を解消するため、次のような開発を行なった（図2）。

(a) 基本レールを両側からばねで締結

高さの低い新しいSレールを開発し、基本レールを両側からばねで締結して締結力を安定化した。

(b) 高床式床板

新Sレールにより、トングレーン底面と基本レール間に空間を設けて異物が挟まりにくい構造とした。

(c) ボールベアリング床板

微小な異物が引っかかり、またポイント清掃・給油作業が不要となるボールベアリング床板を採用した。

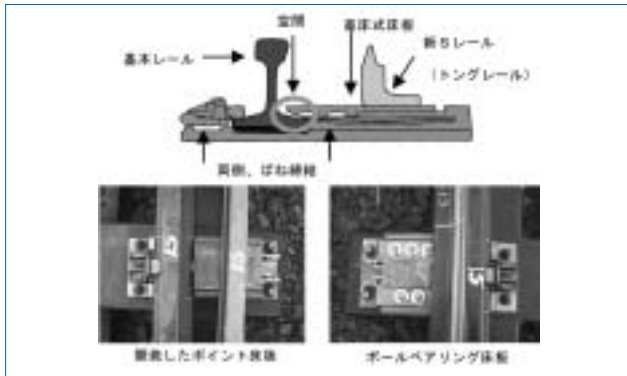


図2：開発したポイント床板とボールベアリング床板

2.2 ポイントにおける軌道の歪み

ポイントの軌道が歪んでくると、転換機能に支障することがある。それに関わる現状の課題は次のとおりである。

(1) ポイント転換付属装置類がまくらぎ間に介在 (図3)

トングレーン先端部という重要な箇所であるにもかかわらず砕石の量が不足し、かつスイッチマルチ(SMTT、分岐器で線路のつき固めを行う機械)の施工不能箇所となっている。



図3：現行の転換付属装置類

(2) 通り変位 (図4)

分岐側走行列車の繰り返し横圧により、通り変位が発生する。その一例を図4に示す。このような例は随所に見られ、接着不良、フランジウェー幅(トングレーン開口側において、車輪フランジを安全に通過させるための空間)の不足、転換力増大の要因となっている。

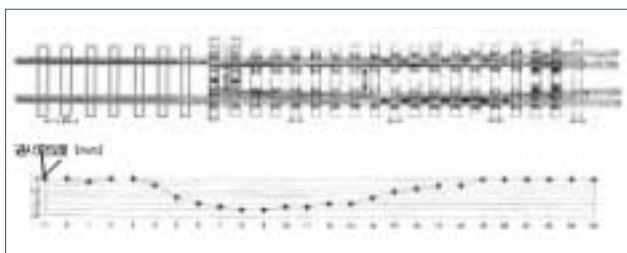


図4：ポイント部における通り変位の実測例 (大宮駅80イ 2002.1測定)

(3) ポイント床板(まくらぎ)の上下の凹凸

繰り返し輪重により、床板(まくらぎ)の上下の凹凸が発生し、かみ合わせ不良、接着不良、転換力増大の要因となることがある。

そこで、次世代分岐器ではこれらの問題点を解消するため、次のような開発を行なった。

(a) 電気転てつ機のまくらぎ一体化 (図5)

後述する電気転てつ機の小型軽量化によりまくらぎ一体化構造とし、転てつ付属装置類をまくらぎ直上に配置した。これにより、十分な砕石量を確保するとともに、SMTTつき固め不能箇所を解消した。また、基本レールと電気転てつ機との間隔が維持され、相対変位が防止できる。



図5：転てつ付属装置類をまくらぎ直上に配置

(b) グリッドまくらぎの開発 (図6)

横まくらぎをレール長手方向に連結したグリッドまくらぎを開発した。実験及び解析により、横剛性は従来構造の約7倍、上下方向の剛性は2~3倍と想定している。また、左右レールの相対変位によるねじれも防止できる。なお、このまくらぎは既存のSMTTによるつき固めが可能である。

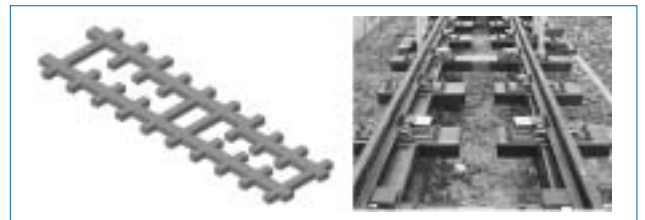


図6：グリッドまくらぎ

2.3 転てつ付属装置類

転てつ付属装置類に関する現状の課題は、次のとおりである。

(1) 控え棒・フロントロッドの調整機構 (図7)

控え棒・フロントロッドには左右トングレーン間隔を調整するためのターンバックルがある。現場の実態として、通り変位を修正せずに無理やり密着・接着させようとしてターンバックルを張り過ぎて、転換力を増大させているケースが多く見られる。



図7：現行の控え棒

(2) 転てつ棒・控え棒中央部の角折れと軌間絶縁

転てつ棒・控え棒は、中央部で別部材となっているため、くの字に曲がることもある。また、軌間絶縁が一重系となっている。

(3) 転てつ棒ボルトに転換負荷等が作用

転換時及び前述のフロントロッドを張り過ぎた際に、転てつ棒ボルト及びカラーに負荷が作用し、減耗する。そのため、解体細密検査を要している。

(4) 転てつ棒ボルトの締付け基準 (図8)

基準が「手で締まる程度」であるため、作業員に一定の技能経験が求められると同時に、仕上がりに個人差が生じる。また、同ボルトは下から着脱するため、作業性が悪くなっている。

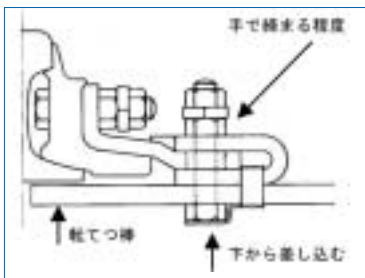


図8：現行の転てつ棒取付部

そこで、次世代分岐器ではこれらの問題点を解消するため、次のような開発を行なった(図9)。

(a) 控え棒・フロントロッドの調整機構廃止

前述のグリッドまくりによる通り変位の抑制に加えて、トングレールの転換ストロークを10mm程度増加することにより製作公差の影響を吸収して、フロント



図9：開発したシンプルな控え棒

トングレール間隔調整機構(ターンバックル)を廃止した。

(b) 転てつ棒・控え棒の軌間絶縁の二重系化

連結板とトングレール間に絶縁物を介在させることにより、転てつ棒・控え棒を一本構造として角折れを解消するとともに、軌間絶縁を二重系化した。

(c) 転てつ棒ボルトの廃止(ピン構造化)(図10)

連結板と転てつ棒を一体化(ピン構造)し、転てつ棒ボルトを廃止した。また、転てつ棒のピン穴を長穴として当該ピンには転換力が作用しない構造とした。

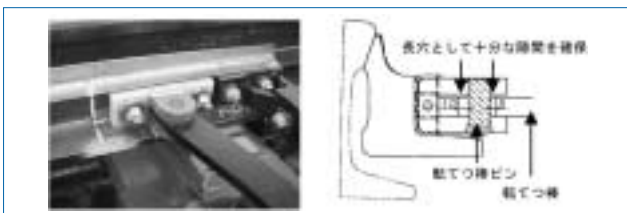


図10：開発した転てつ棒取付部

3 電気転てつ機

現在、主に本線で使用されているNS形電気転てつ機は、重量が380kgと重く施工に手間がかかっている。また、各種転換不能事故が発生するなど構造上の問題点を多く抱えていながら、これまで根本的な改良が行われることがなかった。今回開発を行った次世代電気転てつ機は、小型・軽量、リレーレス化、メンテナンスフリーを目的に開発を行ってきた。

3.1 電気転てつ機

(1) 小型・軽量

NS形電気転てつ機は重量が380kgと重く、多くの労力が必要であった。

そこで、今回の開発で転換機構及び材料等を見直した結果96kgと大幅な軽量化を実現した。

主な材料等の見直しは、次のとおりである。

- (a) トランスによる転てつ機内部温度上昇及び電磁界によるノイズから電子機器を防護するため、昇圧トランスを外部に設置することとした。
- (b) 本体外枠と合成マクラギとの締結方式を変更しクサビ止め方式とした。
- (c) 鎖錠かんの防護カバーを板金から樹脂材料に変更した。
- (d) サーボモータを適用した。
- (e) ボールネジを転換機構に用いた。
- (f) 電気転てつ機の外枠を鋳鉄からアルミ合金にした。

以上の見直しを行った結果、大宮に導入した次世代電気転てつ機と海外電気転てつ機の比較表を表1に示す。

表1：電気転てつ機比較表

項目	従来タイプ	次世代タイプ	海外転てつ機(千葉)※
分岐器	歯車構造	歯車構造	歯車構造 (バリアなし)
転てつ機	手操作なし	手操作なし	手操作なし
重量	約380kg	約96kg	130kg
形状(体積)	1	1/3	1/3
転換時分	5~6秒	2~4秒 受注時指定可能	5~6秒
動作中心駆動方式	カム方式	ボールネジ方式	ボールネジ方式
制 御	W	内蔵	電子制御
	KB	内蔵	マイクロ8W
	伝送	条件なし	光伝送
電源	AC110V	AC200V	AC100V
駆動方式	間接駆動 (エスケープ駆動)	直接駆動 制、矢張り駆動	直接駆動 ヒッチテール駆動
動力源	単相誘導電動機	サーボモータ	三相誘導電動機
監視駆動	外部取り付け	内蔵	なし

※1999年2月に東千葉構内へ試験敷設

(2) 転てつ機のリレーレス化

現在、在来線本線で使用されているNS形電気転てつ機は、

転てつ機内部にリレーを持っており(図11)連動装置からの制御条件を受け、転換終了後、表示を内部の回路制御器を通して連動装置に渡している。しかし、振動の大きい転てつ機内に設置されているため、リレー故障による不転換の原因となる。



図11：NS形電気転てつ機

次世代電気転てつ機では、電気転てつ機内部に電子回路を持たせ、転換命令等の情報のやり取りは、光ケーブルを介して行っている。そのため、電気転てつ機内部にはリレーは持っておらず、リレー故障の原因による転換不能をなくした。

1999年2月に東千葉構内へ試験敷設

(3) メンテナンスフリー

(a) 状態監視

現在の電気転てつ機では、「ロック位置不良検出器」が本線を中心に設備されている。また電源電圧や転換力等のデータは常には管理されておらず、定期検査などに夜間作業で測定することになっている。一部、転てつモニタが設備されている場所もあるが、転てつ機とは別の箱を転てつ機内に設置しなくてはならないことと、別途ケーブルが必要なことなど、コスト高となっている。

次世代電気転てつ機の制御部は、連動装置とのやり取りの他、サーボアンプから出される電圧やトルクデータを機器室に設備されているインターフェース装置に送信している。そのため、別に監視装置を設置することなく状態監視を行うことができる。また、電気転てつ機制御に使用している光ケーブルを利用して状態情報も伝送できるため、別途ケーブル敷設は不要。

(b) ロック調整

現状ではロック位置の調整は、鎖錠かんを覗き込み目視によりロックピースの位置を調整している。そのため、夜間の調整はやりにくく、またゲージ等が無いため人の目に頼った調整となり個人差が出てきている。

今回の開発ではロック位置は、電気転てつ機の蓋にLED表示されるため(図12)夜間でも見やすくなっている。LEDの点灯数でロックピースの偏りが確認できるため調整に個人差が出ることがなくなった。



図12：ロック表示

3.2 転てつ付属装置

従来の転てつ付属装置(フロントロッド・スイッチアジャスタ)の調整は、測定器等が使いにくいため、手作業となり経験が必要

であること、調整値に個人差が出やすい構造となっている。また、フロントロッドの張りすぎや、フロントロッド肘金部折損(図13)による不転換が発生している。今回の開発では、調整個所の軽減及び経験によらない調整を実現するため、付属装置の開発を行なった。



図13：現行フロントロッド肘金折損

(1) 次世代用スイッチアジャスタ

今回の開発では、定密着形スイッチアジャスタを採用し、パネを利かせ密着度を一定とする構造とした。調整は、スイッチアジャスタに目印をつけ(図14)その範囲内でナット調整を行うことで、大スパナによる密着度を確認する行為は不要となった。動作かん接続部のジョーヒも割りピンが割りやすいよう、上部にさす形とした。



図14：開発したスイッチアジャスタ調整部

(2) 次世代用フロントロッド

次世代用フロントロッドでは、先端の張り調整部がない構造となっている(控え棒も同様)。また、トングレールと直線的に結ばれたことで、これまでの肘金のような弱点部がなくなった。

また、フロントロッド・スイッチアジャスタとも軌間絶縁を1箇所から2箇所を増やしたことで、軌間短絡の可能性を軽減するとともに、絶縁の2重化が図られている(図15)。



図15：転てつ付属装置(次世代電気転てつ機用)

以上、2、3章で述べた対策により、これまでの設備故障及びメンテナンス上の課題のほとんどが解消された。

4 採用したその他の技術

次世代分岐器・転てつ機は、ポイント・転てつ機を主体に開発したが、そのほかの部分についても可能な限り最新の研究成果を取り入れた。本章では、その内容について簡単に紹介する。

4.1 トングレール先端部

トングレールの先端部は、構造的に細長く、分岐側では急曲線による著大な横圧が恒常的に作用するため、摩耗、損傷が早く、多いところでは、1年に4回も部分交換する箇所がある。特に問題となっているのは60kg分岐器に使用されているトングレールの水平裂で、急進性がある場合は乗りあがり脱線につながる要因ともなりうるものである。

そこで、次世代分岐器では、水平裂がほとんど発生しない断面形状とした。これは旧国鉄時代から研究されていたが、今回、改めて採用したものである。

4.2 クロッシング

次世代分岐器の目標の一つである省メンテナンス化を実現するためには、全てのレール継目を溶接してロングレール対応とすることが必要である。そのために使用しているのが、レールを加工して製作したレール製クロッシングである。ところが、同クロッシングには、列車通過時の衝撃荷重に起因する挫壊と呼ばれる損傷が発生するという課題があった。

そこで、近年の車輪踏面形状との適合性を考慮して研究開発した「二段勾配クロッシング」を採用した。

4.3 ガード

ガード部の本線レール(主レールと呼ぶ)は、ポイント部と同様従来から軌間外側からしか締結していない。今回、ポイントにおいて開発した高床式床板をガードにも採用し(図16)、主レールを軌間内側から締結する構造とした。



図16：ガード床板

4.4 ロングレール介在対応

クロッシングの項でも触れたが、これからの分岐器はロングレール対応として継目を無くすることが必須条件である。そこで、ロングレール化の障害となるレール絶縁に高強度な「接着絶縁継目」を採用し、また、分岐内でロングレールの軸力を伝達する「移動防止金具」を標準装備した。

5 おわりに

以上、紹介した次世代分岐器・転てつ機の最終試作品を、2002年2月10日夜、大宮駅構内80イ分岐器(60k12番、通トン年32百万トン、転換回数16回/日)に敷設した。敷設当夜は、電気転てつ機を分岐器に組み立てた状態で軌陸クレーン車により交換した(図17)。

敷設後、現在まで特にトラブルもなく良好に推移しているが、今後さらに追跡調査を行って効果の検証と更なる改良に努めていきたい。



図17：敷設後の次世代分岐器・転てつ機(大宮駅構内80イ)

参考文献

- 1) 原田彰久、堀雄一郎、本卓也、茂木重六「圧接クロッシングのウングレール断面の検討」土木学会第56回年次学術講演会,2001.10
- 2) 本橋幸二、加治俊之、安岡和恵、山口雅弘、土屋勝、田中寛之;「次世代電気転てつ機の開発」Kyosan Circular,2002 NO5
- 3) 小尾実、堀雄一郎;「分岐器構造のイノベーション-次世代分岐器の開発-」新線路2002.9,p.12-16,鉄道現業社
- 4) 堀雄一郎;「ポイント転換機構の革新」土木学会第57回年次学術講演会,2002.9
- 5) Y.Hori「Innovation of turnout structure」International Conference on Intercity Transportation (ICIT),2002.11
- 6) 本橋幸二、加治俊之、安岡和恵、山口雅弘、土屋勝、田中寛之;「次世代電気転てつ機の開発」第39回鉄道サイバネ・シンポジウム論文,2002.11