

38 番高速分岐器用転換鎖錠装置の開発

潮見 俊輔* 五十嵐 義信 (鉄道総合技術研究所)

柴田 朋一 (鉄道建設・運輸施設整備支援機構)

原 宇多茂 (三工社)

Development of switch-and-lock system for No.38 high speed turnout
Syunsuke Siomi*, Yoshinobu Igarashi, (Railway Technical Research Institute)
Tomoichi Shibata, (Japan Railway Construction, Transport and Technology Agency)
Utashige Hara, (Sankosha Co.Ltd)

A No. 38 turnout, which is one of the largest turnouts laid in Japan, was installed at Narita-Yukawa station of Narita Rapid Rail Access line opened in July 2010. Another No.38 turnout installed at Takasaki station, and operates switching by a switch-and-lock system equipped with a special high-powered switching machine. However, to reduce the initial cost, we developed a switch-and-lock system for the turnout in Narita-Yukawa using two general switching machines. In this report, we present a prehistory of switch-and-lock systems for large turnouts in Japan. Furthermore, we present a summary of the system in Narita-Yukawa, and also present the results of field tests.

キーワード：38 番分岐器，転換鎖錠装置，電気転てつ機，ストローク検出器，転換負荷力
(No.38 turnout, Switch-and-lock system, Electric switching machine, Stroke detector, Switching load)

1. はじめに

2010 年 7 月に開業した，成田高速鉄道アクセス線成田湯川駅構内に，国内では高崎駅構内に続いて 2 基目となる 38 番分岐器が設置された。高崎駅構内の 38 番分岐器用転換鎖錠装置は，強力な電気転てつ機（HT 形）1 台がトングレールの 6 箇所を動かす方式を採用している。しかし，電気転てつ機と付帯する電源装置が高コストであることから，同一の方式を成田湯川駅で採用することは困難な状況であった。

そこで，成田湯川駅 38 番分岐器用として，新幹線用として多く用いられている電気転てつ機（TS 形）2 台を用い，分担してトングレールを動かす方式の転換鎖錠装置を開発し，国内で初めて実用化することとした。

本報では，はじめに，国内における高番数分岐器用転換鎖錠装置の開発の経緯について述べる。次に，電気転てつ機 2 台を用いて転換を行う，2 台引き方式の原理について述べ，今回開発した 38 番分岐器用転換鎖錠装置の概要を紹介する。最後に，現地設置後に実施した，転換鎖錠装置の諸特性と，2 台引き方式特有となる同期動作の状態について測定試験を実施した結果について述べる。

2. 高番数分岐器用転換鎖錠装置の開発背景

〈2・1〉 高番数分岐器の開発 日本国内での高番数分岐器および転換鎖錠装置の開発は，1988 年頃から日本鉄道建設公団と JR 東日本，鉄道総研によって取り組みが開始された。最初の取り組みとして，長崎新幹線鳥栖駅用の 30 番分岐器が最初である。この取り組みは，2 度の試作が行われて，実用化の目処が立った段階で終了したが，高番数分岐器と転換鎖錠装置に関する貴重なデータが得られた。

その後，北陸新幹線高崎駅の工事の検討において，高番数分岐器設置の可能性について検討が行われた結果，分岐器と転換鎖錠装置に関して以下の結論となり，分岐線側を 160km/h で通過可能な 38 番分岐器を，鳥栖駅 30 番分岐器をベースに開発することとなった。

- (1) 分岐器の番数は 42 番以上であっても実現できる可能性があるが，100%の保証はない
- (2) 電気転てつ機の構造は 30 番分岐器用転てつ機と同じものとする
- (3) 電気転てつ機を 1 台で分岐器を転換する，従来の日本の転換鎖錠装置と同一の方式をとる場合，最大転換力の限界は 20kN である

〈2・2〉 高崎 38 番分岐器用転換鎖錠装置の検討 分岐器を 38 番に決定したことを受け、高崎 38 番分岐器用の転換鎖錠装置として以下および図 1 に示す 3 方式の検討を行った。

- (a) A 方式：日本方式 電気転てつ機 1 台とエスケープクランク 6 台で転換する
- (b) B 方式：組み合わせ方式 電気転てつ機 1 台とエスケープクランク 3 台で構成する転換鎖錠装置を 2 組用い、動作の同期を取って転換する
- (c) C 方式：海外方式 電気転てつ機 6 台を動作の同期を取らず転換する

A 方式は、電気転てつ機 1 台とエスケープクランク 2 台ないし 3 台で転換する、既存の転換鎖錠装置を拡張するものであり、転換力の大きい電気転てつ機が必要となる。B 方式は同期転換の確立と検証が、C 方式は非同期転換についての検証が必要であった。そのため、開発までの時間がかかるとも少ないと判断された A 方式で開発が進められた。

A 方式を実現する為、従来の TS-M 形電気転てつ機と比べて約 2 倍の転換力を有する HT 形電気転てつ機が開発された。諸元を表 1 に示す。HT 形は電源電圧を三相 200V としたが、開発の過程で、従来同様に電源電圧を±20%の範囲

で許容した場合に、転てつ付属装置等に対して転換力が過大になることが明らかになった。この対策として、変動範囲を±5%以内に抑える為に電気転てつ機専用の電源装置を計 3 機（常用・待機 2 機、予備 1 機）設備し使用することとなった⁽²⁾。また、クロッシング部は、TS 形の転換力であっても転換可能であったが、電源電圧を 150V に変更した HT-C 形が採用された。

3. 38 番高速分岐器用転換鎖錠装置の概要

〈3・1〉 転換鎖錠装置の検討 160km/h で分岐線を通過する為に、成田湯川駅 38 番高速分岐器は、新幹線用 38 番分岐器を基本として設計された。転換鎖錠装置についても稼働実績が良好であったことから、高崎用のものを基本とすることとした。しかしながら、新線区間の電気転てつ機の総数が少ない中で種類が複数になることは予備品の確保や保守管理の観点から困難になること等から、HT 形電気転てつ機を用いる方式の採用は見送られた。そこで、新線区間の他の分岐器や新幹線用として導入されており、設備更新時に安定供給が可能な TS-M 形電気転てつ機を 2 台用いて転換する B 方式の開発を行うこととした。また、TS-M 形の採用により、前述の高価な電気転てつ機専用の電源装置が不要となり、新設および設備更新に伴うコストの低減を図ることが可能となった。

〈3・2〉 転てつ機の同期転換 電気転てつ機 2 台を用いる B 方式の実用化には、2 台の電気転てつ機の動作の同期を取ること（同期転換）が必要となる。同期転換は、転換動作時に、電気転てつ機 2 台の動作のずれが発生した時に、トングレールに過大な応力や変形を発生させないことを目的としている。

同期転換を行うための一般的な方法として、2 台の転てつ機の動作量をそれぞれセンシングして、動作が揃うようにフィードバック制御をかける閉ループ制御的な方法が考えられる。また、電気転てつ機の異常（停止等）による動作のずれが一定量を超えた時に転てつ機の動作を停止させる、開ループ制御的な方法を取ることも考えられる。

1993 年に実施した移線分岐器用転換鎖錠装置の開発、試験の結果から、電気転てつ機の性能、転換時間のばらつきが少なく、トングレールの弾性によりある程度のずれが許容できる場合は、開制御的な方法をとることが可能であることが確認されていた。また、2 台の電気転てつ機の動作のずれを検出する装置として、ストローク検出器が開発されていた⁽³⁾。そこで、高速分岐器用転換鎖錠装置では、これらの成果を活用して、転換動作のずれを図 2 に示すストローク検出器で検知し、動作のずれが発生したときに 2 台の電気転てつ機の動作を停止させ同期転換を実現する方式を採用することとした。

ストローク検出器は内部にリミットスイッチとドグを備え、先端側と後端側のストロークが相対的に大きくずれる時にリミットスイッチがドグから外れ、これによりずれを

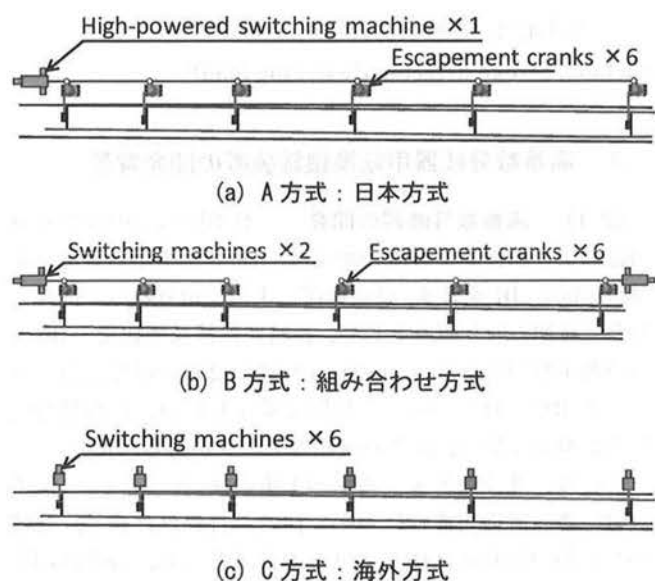


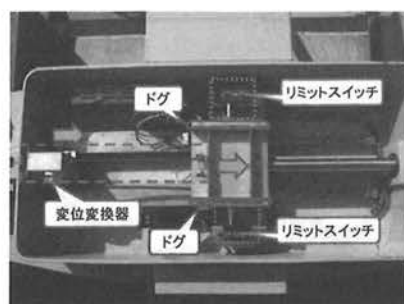
図 1 検討された転換鎖錠装置

Fig.1 Discussed switch-and-lock systems

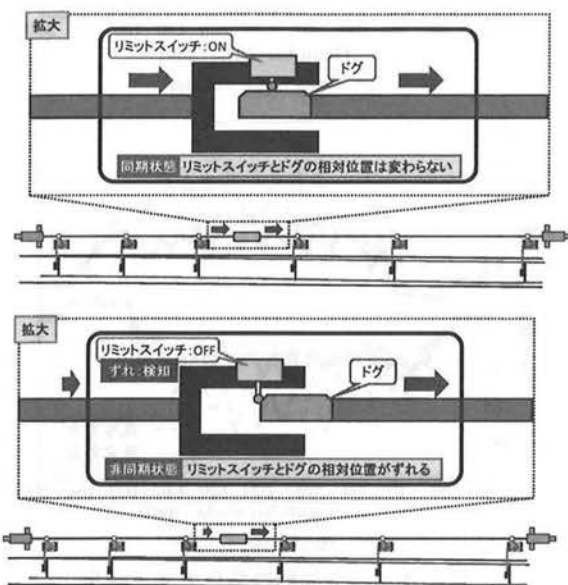
表 1 TS-M 形電気転てつ機と HT 形電気転てつ機の諸元^{(1),(2)}

Fig.1 Specifications for TS-M-type and HT-type

	TS-M	HT
最大転換力 (kN)	10.2	20.0以上
電源電圧 (V)	AC 105±20%	AC 200±5%
運転電流 (A)	16以下	3以下
転換時間 (s)	9以下	9以下
動作かんストローク (mm)	200	200
伝達機構	クラッチ、ギア、カム機構	ボールねじ



(a) 内部の構成



(b) 動作原理

図 2 ストローク検出器

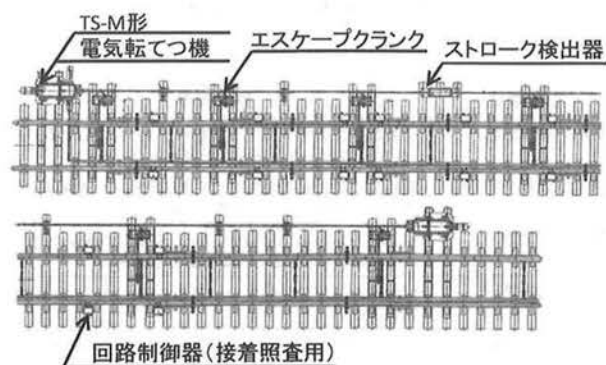
Fig.2 Stroke Detector

検知するものである。実設備のずれの量とずれが発生した時にレールに加わる応力については試験により確認し、ドグの幅（動作停止の閾値）は試験の結果に基づき最終的に決定することとした。

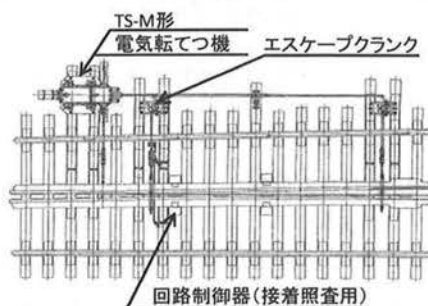
〈3・3〉 転換鎖錠装置の設計 設計した転換鎖錠装置を図 3 に示す。ポイント部は向かい合わせに配置した TS 形電気転てつ機に信号リンクを介してそれぞれエスケープクランクを 3 個接続する構成とした。また、第 3 エスケープクランクと第 4 エスケープクランクの間にストローク検出器を配し、先端側と後端側の転換動作の非同期を検出する構成とした。温度伸縮の影響を緩和する為に高崎の 38 番分岐器で採用されていたロッドコンペンサタ(4)は、先端側、後端側それぞれの電気転てつ機に接続されるロッド長が新幹線 18 番分岐器とほぼ同等であることから廃止した。

スイッチアジャスタの本数と位置は転換負荷と接着に影響することから高崎用のものを踏襲している。また、回路制御器（接着照査用）の取り付け位置についてもスイッチアジャスタ位置が変わらないことから、高崎用と同一とした。

ストローク検出器については、移線分岐器用のものを基本構造としたが、B 方式の転換鎖錠装置が国内唯一の設備であることから、設備の通常の稼働状態を把握し、不具合



(a) ポイント部



(b) クロッシング部

図 3 成田 38 番分岐器用転換鎖錠装置

Fig.3 Switch-and-lock system for Narita No.38 turnout

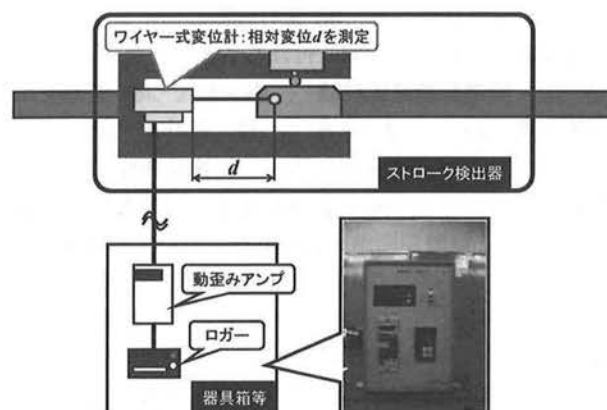


図 4 ストローク検出器用モニタ装置

Fig.4 Monitoring equipments for stroke detector

の発生時に適切な対策をとることができるように、モニタリング機能を付加することとした。機器構成を図 4 に示す。モニタ装置は、ドグ及びリミットスイッチによる非同期の検知とは別に、鉄道環境の測定試験における使用実績の長い、ワイヤー式変位計を用いて転換動作中の先端側と後端側のストロークの相対変位 d を測定し、器具箱内に収納されたロガーのメモ리카ードに記録する機能を有している。

4. 特性確認試験

〈4・1〉 試験内容 成田湯川駅現地に設置された 38 番分岐器および転換鎖錠装置において、機能確認試験を実施し基本的な機能および性能の確認を行った。また、試験車

表 2 機能確認試験項目

Fig.2 List of functions and performances check tests

試験項目	試験内容
転換力測定試験	転換動作時の電気転てつ機動作かん、エスケープクラ ンク部に加わる転換負荷力を測定する
減摩器位置決め試験	転換動作時の転換負荷力から最適な転てつ減摩器の 個数および取付位置を判断し、決定する
異物検知試験	異物挟み込み時の鎖錠かんおよび回路制御器(接着 照査用)の検知状態と検知範囲を確認する
異物応力試験	異物挟み込み時の転てつ付属品各部に加わる応力を 測定する
レール応力試験	先端側(第1〜第3スイッチアジャスタ)と後端側(第4〜6 スイッチアジャスタ)の転換動作のずれが発生したとき のレール各部の応力を測定する
同期転換確認試験	転換時の先端側と後端側のストロークのずれを測定し、 最大値の度数分布を確認する

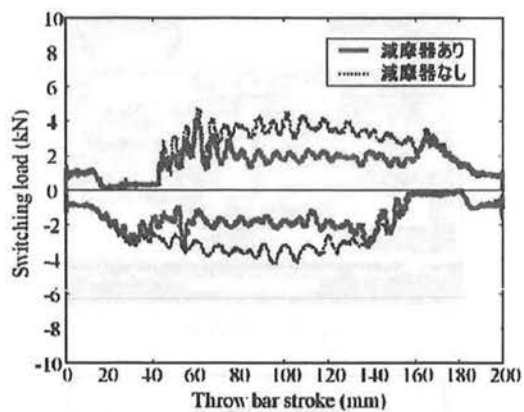
両の走行にあわせて速度向上試験を実施し、列車通過時の各部の応力、振動加速度等の測定を実施した。表 2 に機能確認試験の項目を示す。

〈4・2〉 転換力測定試験 ポイント部の転換にともない電気転てつ機の動作かんに加わる転換負荷力の測定結果を図 5 に示す。転てつ減摩器のない状態の負荷は、TS-M 形電気転てつ機の転換能力に対して小さいが、降雨などに影響される負荷の変動に対して余裕が少ない状態であることがわかった。一方、減摩器を取り付けた状態の転換負荷は先端側で最大 4kN、後端側で最大 4.5kN であり、電気転てつ機の転換力に対して半分以下の負荷となることがわかった。以上の試験結果から、38 番分岐器のポイント部には転てつ減摩器を左右各 4 個取り付けることとした。

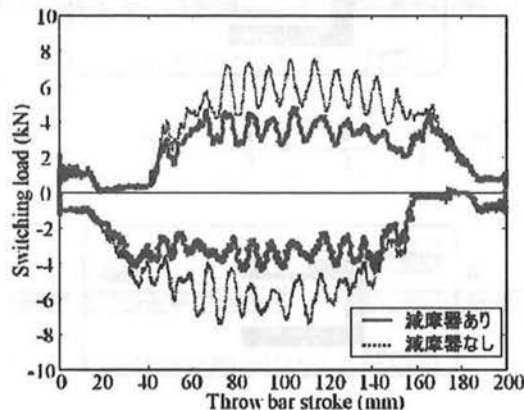
〈4・3〉 同期転換確認試験 電気転てつ機 2 台を用いた同期転換において、2 台の転てつ機の動作のずれの状況を確認するため、モニタ装置を用いて転換動作中の先端側と後端側のストロークの相対変位を測定し、最大値の度数分布を調査した。試験期間中の転換動作についての結果を図 6 に示す。ストロークのずれは±30mm 以内に収まっており、ドグおよびリミットスイッチで検知するずれ量である±60mm に対して十分に余裕があることがわかった。この結果より、2 台の転てつ機を用い、ストローク検出器により開ループ制御的に同期転換させる方式の採用は問題ない事が確認できた。

5. おわりに

38 番高速分岐器用転換鎖錠装置の開発は、過去の高番数分岐器や移線軌用転換鎖錠装置の開発の成果を活用でき、また、鉄道・運輸機構をはじめとして、信号メーカ各社、工事会社等の協力を得られた事により、短期間で進め、実用化を果たすことができた。この国内初である電気転てつ機 2 台の同期転換方式が今後も健全に稼働する事を切望すると共に、高番数分岐器および移線軌用転換鎖錠装置の関係者および今回の成田湯川駅 38 番高速分岐器および転換鎖錠装置の関係者の協力に謝意を表したい。



(a) 先端側転てつ機



(b) 後端側転てつ機

図 5 ポイント部転換負荷力測定結果

Fig.5 Switching load

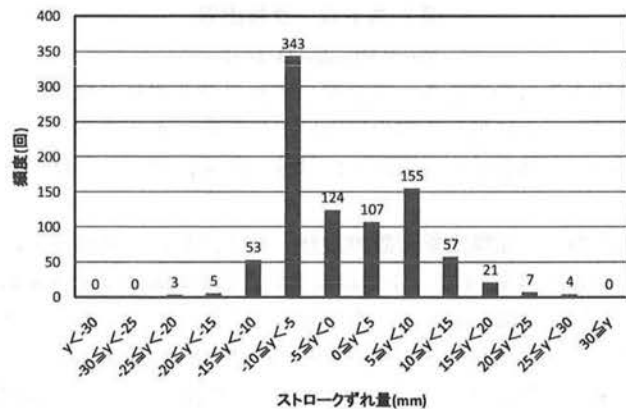


図 6 ストローク検出器における最大相対変位

Fig.6 Relative displacement between switching machines

文 献

- (1) 乙川勝嘉, 植竹保介:「転てつ装置(7)―電気転てつ機―」, 鉄道と電気技術, Vol.12, No.4 pp.92-96 (2001)
- (2) 杉本範明, 青塚正司, 櫻井育雄:「北陸新幹線 38 番分岐器用信号設備の概要」, 鉄道と電気技術, Vol.7, No.12 pp.39-44 (1996)
- (3) 五十嵐義信:「鉄道総研のバネ(104) 大きな分岐器を 2 台の転てつ機で転換する方法」, RRR, Vol.65, No.12 pp.42-43 (2008)
- (4) 櫻井育雄, 松本信之:「高速分岐器 (38 番) 用転換鎖錠装置の開発」, 鉄道総研報告, Vol.12, No.2 pp.11-16 (1998)