

次世代高番数転てつ装置の開発



森 健司*

従来の高番数分岐器は、転てつ機とエスケープクランクなどの付属装置を組み合わせて転換しているが、クランク類への給油が必要であり、またクランクを設置するマクラギの劣化によって位置のずれが生じ、転換不能のおそれがあるなど、弱点箇所を有していた。次世代高番数分岐器の導入に伴い、当初はES形転てつ機を改良してES形転てつ機2台による転換をめざしたが、瞬時停電や、片側の転てつ機に手回しハンドルを挿入したときにおける同期制御が困難であることから、低番数分岐器用転てつ機1台とクランクによる転換機構とし、予備品の共通運用が図れる方式をめざした。検討の結果、次世代分岐器は形状が安定しており、マクラギ劣化による転換不能の懸念が激減するほか、これまで弱点箇所と見られてきたロッド、エスケープクランクは無給油式を採用することにより、十分に安定可動が実現できると判断した。高番数用次世代転てつ装置を試作し、転換試験を行ったので、その結果を以下に報告する。

●キーワード：転てつ機、転てつ付属装置

1. はじめに

ES形電気転てつ機（通称：次世代転てつ機）〔以下、ES形転てつ機〕は2002年に実用化し、2008年8月末現在で東京100km圏での導入は170台を超えている。

次世代分岐器の導入計画では分岐器番数12#以下の分岐器とともに、16#以上の高番数分岐器への導入も予定されていた。しかし高番数分岐器は、振分角が小さく分岐器の全長が長くなり、基本レールとトングレールに隙間が生じるおそれがあるため、トングレールを2箇所以上で転換鎖錠する必要がある。そこで高番数次世代分岐器用転てつ装置の開発を行い、さまざまな転換方法を検討した。

2. 転換方法検討

2.1 現状方式の課題

現在、高番数分岐器においては、NS形転てつ機1台と、ロッドとクランクによる機械的なリンク機構により、トングレール先端と根元の転換鎖錠を行っているが、

- ・マクラギの劣化によって位置のずれが生じる
 - ・装置の調整が困難であり、転換不能のおそれがある
- などの課題がある。

2.2 転てつ機2台引き検討

そこでリンク機構ではなく、ES形転てつ機を2台使用し、同期制御を行いながら転換、鎖錠するシステムの実用化を検討した。

高番数用に改良したES形転てつ機を通常的位置（第1転てつ棒横）の他に、第2転てつ棒横にも配置し、双方を接続して同期制御を行う方式を考案し、試作を行った。

これにより、基本的な動作確認、同期制御試験を行い、通常の転換が可能であることを確認した。しかし転てつ機2台間のインターフェースをパルス信号で行うことから、ノイズによる伝送異常対策の必要性が生じ、さらに異常時の2台同期制御などの条件を含めると、信頼性を上げるのは困難であり、実用化には時間が必要と判断した。

2.3 転てつ機1台引き検討

従来の課題を、ES形転てつ機1台と、ロッドとクランクによる機械的なリンク機構による転換方式で克服できるか、検討を行った。

- ① 高番数用次世代分岐器が、剛性の強いグリッドマクラギと合成マクラギの組み合わせ構造であることから、マクラギ劣化による転換不能の懸念が激減する。
- ② 無給油タイプのクランクを採用することで、保守作業の軽減が期待できる。
- ③ 低番数用転てつ付属装置で採用した、合いマークの入

ったスイッチアジャスタを採用し、さらにクランク類にも新たに合いマークを採用することで、調整作業の負担が軽減できる。

- ④ 低番数用の転てつ装置と、予備品の共用が可能となり、管理、費用の負担が軽減できる。

このように課題克服の見通しがたったため、1台引きによる試作および試験をめざした。

3. 転換力確認用転てつ装置試作試験

3.1 試験装置概要

転てつ装置の実用機製作に必要な転換力特性データを収集するため、転換力確認用転てつ装置を試作し、当センターにある次世代高番数分岐器を用いて試験を行った。

転換効率や、動作かん負荷のピーク値、ピークの位置の違いを検証するため、形状、従動クランクのストローク量を変えた2種類、5パターンのエスケープクランクを試作し、それぞれの特徴を確認した。エスケープクランクの詳細を表1お

表1 試作エスケープクランク一覧

名称	原動側ストローク(mm)	従動側ストローク(mm)	モデル
A100	222	100	B640-A (在来線用)
A120	222	120	B640-A (在来線用)
B120	222	120	B660-A (新幹線用)
B150	222	150	B660-A (新幹線用)
B185	222	185	B660-A (新幹線用)

よび図1に示す。

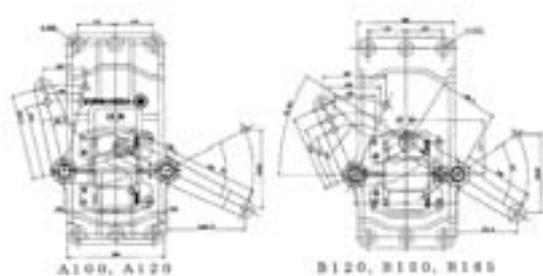


図1 エスケープクランク

3.2 試験結果

各種エスケープクランクを用いた転換試験における、動作かんの負荷特性を図2に示す。エスケープクランクの従動クランクのストローク量が大きくなるにつれて、動作かん軸力のピーク値は大きくなっている。その一方、ピークの位置は動作かんストロークの終端側にシフトしている。電気転てつ機の転換力性能は、機構的特性から終端で上昇することを考慮すれば、ピークが終端側にある方が望ましいと言えるが、ピーク値そのものも低い方が良く、その兼ね合いを判断する必要がある。また従動クランクのストローク量があまり小さいと、分岐器の第2転てつ棒ストロークとの差が少なくなり、スイッチアジャスタの調整ナットの隙間が確保できず、正規の密着力調整ができなくなるという、構造的な問題点が発生する。

以上を勘案し、さらに原動クランク転換ローラーと従動クランクとの接触形状から、新幹線用のクランクをベースとしたBタイプの方が耐久性に優れているため、B120およびB150を実用機候補として選定し、実用機試作に臨むこととした。

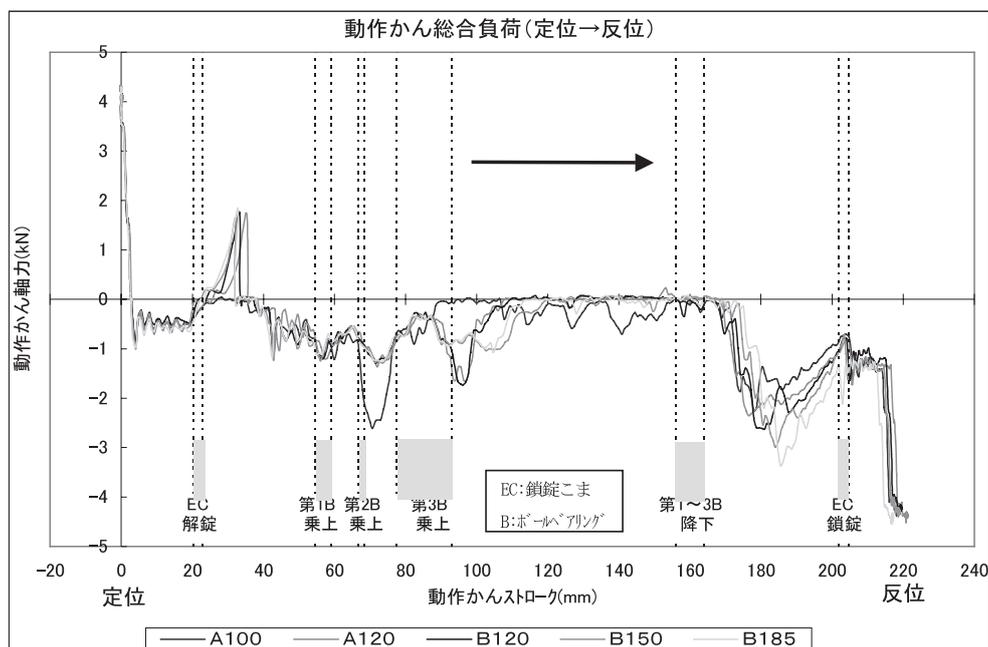


図2 各種エスケープクランクにおける動作かん負荷特性

4. 転てつ装置实用機試作試験

4.1 試験装置概要

転換力特性確認試験の結果を受け、転てつ装置の实用機試作を行った。試作品は転換機能を満足するのは当然として、实用化時に求められる、以下に示す点を考慮して製作した。

- ・リンクを除くすべての装置がマクラギ上に設置できる構造とする。(突き固め作業を考慮)
- ・リンク部のレール中央からの離れを、現行分岐器以下とする。設置作業を考慮し、分岐器全体の設置に必要なスペースが現行以上とならないようにする。
- ・クランク類の、より安定的な固定が可能なこと。
- ・左右の据付側の違いによる用品種の増加が少ないこと。
- ・合成マクラギにあらかじめ締結用ボルト穴開け加工を施し、現場での作業量を軽減する。

次世代高番数用分岐器・転てつ装置を図3に示す。



図3 次世代高番数用分岐器・転てつ装置

以下に主な試作品を示す。

4.1.1 エスケープクランク

図4に、今回試作したエスケープクランク（従動スクロール量:120mm）を示す。この他、従動ストローク量が150mmの2種類を試作した。特徴としては、以下の事項が挙げられる。

- ① 回転摺動部にオイレスメタル、また丸軸にステンレス材を用いることによる無給油式とし、油溜を無くした。
- ② 次世代分岐器の合成マクラギ（幅380mm）上に、はみ出すことなく設置可能とした。
- ③ 油溜を無くしたことで装置本体の上下対称形を実現し、表裏を返して取付けることで据付側の左右それぞれへの対応が可能なものとした。
- ④ バラストの侵入などによる動作不良を防止するために、

原動クランクの動作領域周辺部は、バラストを挟み込むことが無いよう保護板で覆った。

- ⑤ クランク取付のため、マクラギには上面に段差を設け、六角ボルトで固定するとともに、さらに専用の固定台に設けた楔により、強固な固定が可能となった。
- ⑥ 座および原動クランクに合いマークを設けることにより、アジャストリンクの長さ調整作業を容易に行えるものとした。

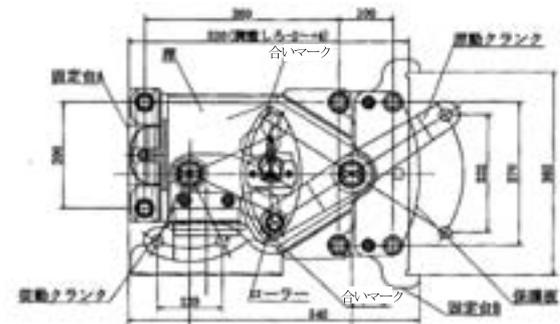


図4 エスケープクランク（实用機試作）

4.1.2 直角クランク

図5に、今回試作した直角クランクを示す。特徴としては、項目4.1.1の①～③が当てはまる他、以下の事項が挙げられる。

- ④ バラストの侵入などによる動作不良を防止するために、容易に開閉可能なカバーを備えた。
- ⑤ 座およびクランクに合いマークを設けることにより、クランクの角度調整の状態が一目で判るようにした。

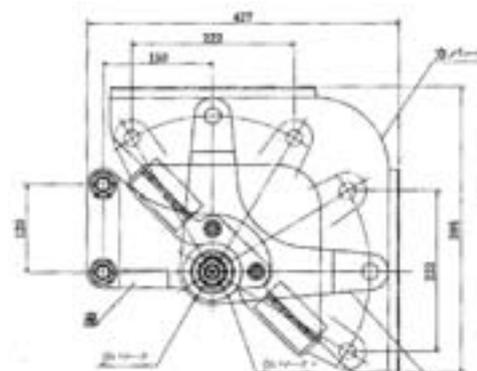


図5 直角クランク（实用機試作）

4.1.3 リンクキャリア

図6に、今回試作したリンクキャリア（固定台・カバー付）を示す。特徴としては以下の事項が挙げられる。

- ① 回転摺動部にオイレスメタル、また丸軸にステンレス材を用いることによる無給油式とし、油溜を無くした。

- ② 専用の固定台をグリッドマクラギにボルト固定とし、グリッドマクラギの大型化を不要とした。
- ③ バラストの侵入などによる動作不良を防止するために、ローラー部周辺はバラストを挟み込むことが無いよう、容易に着脱可能なカバーを設けた。
- ④ リンクキャリアは鉄製であり、同じく鉄製のグリッドマクラギと直結しているため、双方は同電位となっている。分岐器の2重絶縁性を保つため、リンクと接触するローラー下の座において絶縁材を介し、リンク・クランクと、グリッドマクラギとの導通を遮断した。

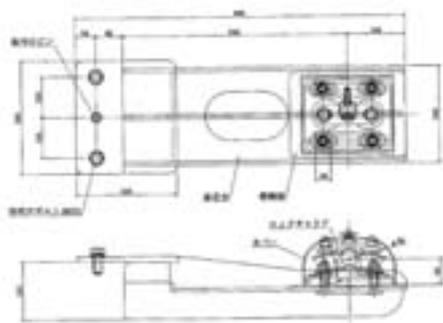


図6 リンクキャリア (実用機試作)

4.2 静的強度試験

今回開発した直角クランクにおいて、従来機器用の仕様書に準じて最大9.8kNの荷重を、また、エスケープクランクにおいて、原動側から最大14.7kNの荷重を、従動側から最大24.5kNの荷重をそれぞれ加え、各部の挙動を測定した。従動側静的強度試験方法を図7に、従動側強度試験結果の抜粋を表2に示す。

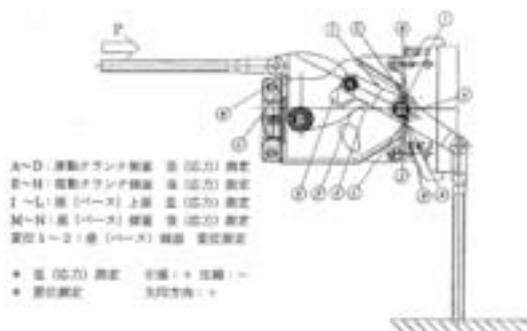


図7 静的強度試験方法

表2の1、3、5、7行目は荷重負荷時の歪、変位を、2、4、6、8行目は荷重除荷時の残留歪、残留変位を表している。試験の結果、最大荷重24.52kNを加えても、除荷後に大きな残留変位は確認できない。発生応力は材質 (SS400) の降伏点235MPaを大きく下回っており、問題ないと判断できる。

ただし、クランクを固定するボルトの締付トルクを200N・mとして固定し、試験を行ったところ、途中でクランク座が滑ってしまった。締付トルクを280N・mと強くしたところ、滑りは起こらなかった。

以上のことから、直角クランクおよびエスケープクランクは強度上の問題はないが、施工時のボルト締付トルクを280N・m程度確保することが必要と考える。

表2 エスケープクランク従動側強度試験 (抜粋)

荷重 (kN)	A~D (MPa)	E~H (MPa)	I~L (MPa)	M~N (MPa)	変位 (mm)
9.81	-4.3	-7.2	37.7	12.2	-0.019
0	7	11	6	5	0.001
15.69	-8.0	-11.3	52.7	18.1	-0.030
0	7	10	8	5	0.000
21.58	-11.5	-15.7	66.9	24.5	-0.042
0	7	7	11	10	-0.003
24.52	-14.6	-19.6	67.1	26.4	-0.050
0	-3	-1	-22	5	-0.004

記事 A~D : 原動クランク側面 歪 (応力) 測定値
 E~H : 原動クランク側面 歪 (応力) 測定値
 I~L : クランク座 上面 歪 (応力) 測定値
 M~N : クランク座 側面 歪 (応力) 測定値
 変位 : クランク座 側面 変位測定値

4.3 機能・特性確認試験

4.3.1 転換動作確認

試作した2種類のエスケープクランクのいずれにおいても、手回し転換、電動転換ともに安定した転換が実現できていることを確認した。

転換試験における、動作かんの負荷特性を図8に示す。

項目32で見られた傾向はここでも現れている。

電気転てつ機の転換力性能は、機構的特性上、終端の矢羽鎖錠こま乗り上げ以降で上昇するが、120mmエスケープクランクではその手前にも荷重負荷のピークがある。この点では、150mmエスケープクランクが相対的にモータートルク負荷を軽減させている。

また、転てつ機のサーボモータートルク最大値は150mmで147%程度、120mmで154%程度となっており、150mmのクランクの方が相対的に低い値になっている。

4.3.2 異物介在試験

ポイントへの異物介在は、転換不能の原因となるだけでなく、転てつ機、転てつ装置に過大な負荷がかかり、装置の変形、破損のおそれもある現象である。

ここではポイントに各種厚さの鉄片を介在させ、装置の各接続点の軸力を測定し、また、どの程度の異物で転

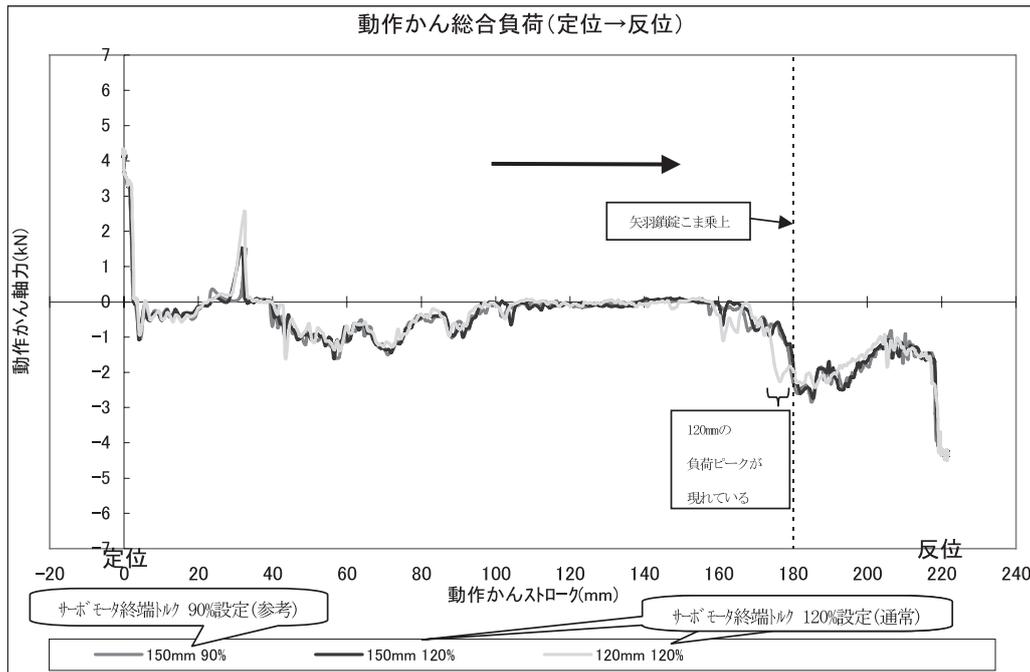


図8 各種エスケープクランクにおける動作かん負荷特性

換不能（異物介在検知）となるかを確認した。

その結果、第2転てつ棒付近に異物介在した時の、第2スイッチアジャスタ軸力が一番大きくなるという結果が得られた。（最大荷重:19.82kN/120mmエスケープクランク）

ここまでの結果から、150mmのエスケープクランクの採用が適切と判断し、以降の試験を実施した。

4.3.3 分岐器前後傾斜設定

分岐器の第2スイッチアジャスタ付近を段階的に持ち上げ、転換を行った。（図9）

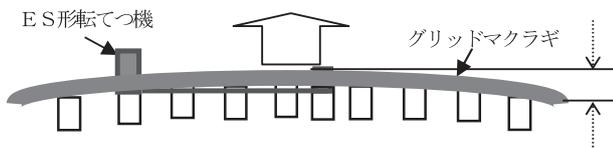


図9 分岐器前後傾斜設定

その結果、分岐器前後の高低差が大きくなるにつれて、転換トルク最大値の上昇（最大178%）が見られたものの、軌道施設実施基準で定められた静的値の最大値である24mm、およびそれを超える30mmの高低差設定時も含め、すべてにおいて転換可能であった。

なお、30mm設定時ではトングレールが浮き上がり、床板のトングレール跳ね上がり防止金具にトングレールが擦れる事象が発生した。

実施基準上も物理的にも限界状態において転換可能であったことから、この転てつ装置は高低差の発生におい

て、問題ない転換能力を有していると判断できる。

4.3.4 トングの左右食い違い（ふく進）設定

基本レールに記した罫書き線を基準に、トングレールの食い違いを段階的に設定し、転換を行った。（図10）

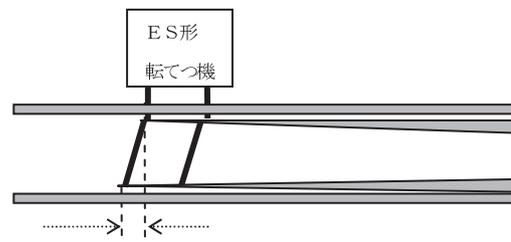


図10 トング左右食い違い設定

その結果、軌道施設実施基準で定められたふく進の最大値である15mm、およびそれを超える30mmのふく進設定時も含め、すべてにおいて転換可能（転換トルク最大178%）であった。

クランク側（反位側）トングレールを前（先端側）に30mmふく進させたケースで、リンクが第1合成マクラギに接触したが、転換力は有意な増大を見せず、不転換には至らなかった。

ふく進に関する複数の規定値を超えた設定において、転換可能であったことから、この転てつ装置はふく進の発生において、問題ない転換力を有していると判断できる。

4.3.5 組み合わせ条件設定

分岐器の第2スイッチアジャスタ付近を段階的に持ち上げ、

かつトングレールの左右食い違いを設定し、転換を行った。

持ち上げ量30mm、食い違い30mmという、通常ではありえない設定においても転換可能(転換トルク最大178%)であったことから、この転てつ装置はふく進、高低差の条件の変化に十分対応できる能力を有していると判断できる。

4.3.6 サーボモータ終端トルク(160%)設定

ES形転てつ機は通常、転換トルク限界値を転換開始時から2秒間は200%に、転換中は180%に、密着際には徐々にトルクを下げ、120%まで落とすように制御しているが、停電回復後、まだストロークが確定していない段階(1往復転換前)では、転換トルク限界値を160%に統一している。この状況でスイッチアジャスタにかかる軸力を確認するため、転てつ機のサーボモータ終端トルクを、通常の120%から160%にアップさせた状態で異物介在試験を行った。その結果、スイッチアジャスタに発生した最大荷重は20.26kNであり、この値は静的強度試験時のスイッチアジャスタ降伏荷重26.0kNおよび本試験における異物介在時のスイッチアジャスタ降伏荷重推定値26.5kNの範囲内である。

4.3.7 連続転換試験

ES形転てつ機の交換周期は7年または40万転換と規定している。転てつ装置についても同等以上の耐力が求められるため、マージンを考え、1.5倍の60万転換試験を実施した。

その結果、転てつ装置には変形、破損は発生せず、転換を完了した。これにより、この転てつ装置は転てつ機と同等の交換周期による管理が可能と判断できる。

5. 現地導入

試作機を用いた各種試験の結果、今回使用した転てつ装置は、カント無し状態で高番数用次世代分岐器を転換する能力を十分に有していることが確認できた。



図11 次世代高番数転てつ装置1号機

これを受け、試験仕様に基づいた転てつ装置1号機を2007年11月に中央線三鷹駅構内に導入した。(図11)

導入後はパソコンの遠隔監視ソフトを用いて、転てつ機モニタに収集した転換データを随時確認するとともに、2007年12月と2008年2月の2回、設置した転てつ装置の状態確認を行った。

その結果、転換データに転てつ機の異常を示す警報は発生しておらず、転換トルク、転換時間も問題なく、転てつ装置の変形、破損も見られなかった。転換データを図12に示す。

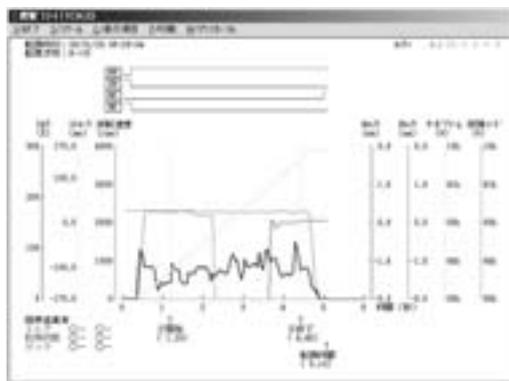


図12 現地導入転てつ機 転換データ

6. まとめ

当センター内における次世代高番数分岐器を用いて行った前述の各種試験結果、および現地導入した転てつ装置の状態、転換データを確認し、今回開発した次世代高番数用転てつ装置は実用導入できると判断した。これを受け、16番高番数分岐器への、次世代分岐器の展開を開始した。

今後、レール種別が異なる50N-16#分岐器(西船橋駅)、分岐器長の異なる60k-16#分岐器(分岐器種別381番、382番)(蒲田駅)などの導入に対しても、あらかじめ工場内試験を実施し、転換トルクなど動作状態を確認した上で、次世代高番数分岐器への展開を行っていく。

参考文献

- 1) (株)京三製作所：高番数用次世代転てつ機の実用機試作、2007.2.
- 2) 吉原鉄道工業(株)：高番数用次世代電気転てつ機試験用付属装置の開発、2006.10.
- 3) 吉原鉄道工業(株)：高番数用次世代電気転てつ機付属装置の実用機試作、2007.2.