3801 新幹線用転換鎖錠装置の転換負荷力特性の改善

正［機］○潮見　俊輔　（鉄道総研）　　五十嵐　義信　（鉄道総研）

真砂　和隆　（吉原鉄道工業）

Improvement of switching load characteristics of Shinkansen switch-and-lock system

Syunsuke SIOMI,　Railway Technical Research Institute　2-8-28, Hikari-cho, Kokubunji City

Yoshinobu IGARASHI,　Railway Technical Research Institute

Kazutaka MANAGO,　Yoshiwara Railway Industry Co,Ltd.

Increase of the force required to bring about switching is a cause of the throwing disability. To reduce this disability, renewed switching machines increased the force or roller points reducing the switching load have been applied. In this report, we present modified escapement cranks, which apply load transmit characteristics of these, for Shinkansen switch-and-lock system as another method of switching load reduction, and also present results of computer simulations and experiments to confirm load transmit characteristics of conventional and modified cranks. By those results, we confirmed that the modified cranks are able to reduce a switching load transmitting between a turnout and a switching machine.

Keywords:: Switch-and-lock system, Electric switching machine, Escapement crank, Switching load, Signalling

1．はじめに

転てつ装置に関わる輸送障害の一つである転換不能は主として下記の5つの要因に分類される[1]．

(1) 電気転てつ機のフリクションクラッチのトルク変動
(2) 分岐器を転換する力の増加
(3) 軌道狂いやトングレールのふく進によるロック狂い
(4) 異物検知によるロック狂い
(5) 電気転てつ機の単独故障

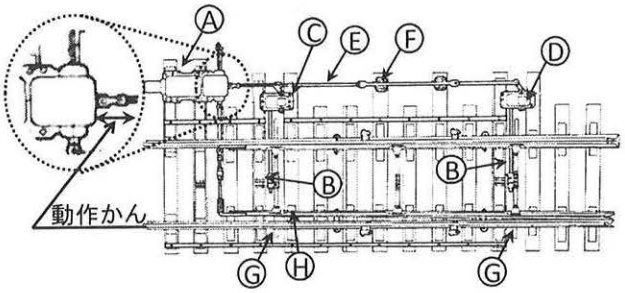
この内，分岐器を転換する力の増加による転換不能は，降雨等による床板の潤滑油の流失，床板の傷等によるトングレールと床板の摩擦力増大など，何らかの原因により転換動作を行う時に電気転てつ機に伝わる分岐器側の負荷（転換負荷力）が，電気転てつ機の能力（転換力）を上回る事により発生すると考えられている．これに対して，電気転てつ機の新規開発，改良による転換力の増強[2),3)]や転てつ減摩器等の使用による転換負荷力の緩和[4)]といった，分岐器側の負荷の減少，または電気転てつ機側の能力の増強に注目した対策が行われている．

本報告では，上記の手段によらず，分岐器と電気転てつ機を接続する転てつ用品に注目した転換負荷力特性の改善の検討，特に，エスケープクランクの寸法形状の変更による負荷伝達について実験及び計算機シミュレーションにより検討を行ったので報告する．

2．新幹線用転換鎖錠装置

2.1 転換鎖錠装置の構成

新幹線用のポイント部の転換鎖錠装置の構成を図1に示す．分岐器を転換する為の動作は，電気転てつ機の動作かんより，信号リンク，エスケープクランク，スイッチアジャスタを介して，分岐器に備わる転てつ棒に伝達される．新幹線の多くで用いられる 12~18 番分岐器は，エスケープクランク，スイッチアジャスタ各2組を備えており，トングレールの2箇所を支持することでポイント部の転換を行っている．



A	電気転てつ機	E	信号リンク
B	スイッチアジャスタ	F	ロッドキャリア
C	第1エスケープクランク	G	転てつ棒
D	第2エスケープクランク	H	トングレール

Fig.1 Switch-and-lock system for Shinkansen

2.2 エスケープクランクとその動作

エスケープクランクは，図2に示すように，電気転てつ機側に接続される原動クランクと，スイッチアジャスタに接続される従動クランクの2つのクランクが相互に接触する事で，変位と力を伝達する機能を持つ．

従動クランクの原動クランクとの接触面は，転換面とエスケープ面に大別されるが，転換面は主として転換の機能を担い，エスケープ面は主として状態の保持，つまり簡易な鎖錠の機能を担う．図3に転換動作時の両クランクの接触状態とその動作を示す．原動クランクが転換面または転換面とエスケープ面の境界部に接触するときに従動クランクが回転し，転換に伴うトルクを伝達する．

原動クランクが従動クランクに接触するときの，原動クランク回転角に対する従動クランク回転角は，両クラ

ンク上の座標を示す円または直線の式の連立解から得られる[6]．また，従動クランクのストローク，両クランク間の伝達トルクもまた，両クランクの回転角，接触点の関数であることから，エスケープクランクの寸法形状がスイッチアジャスタの動程やトルクの伝達を左右するといえる．

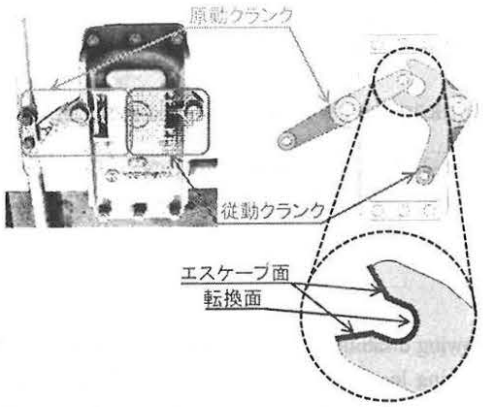
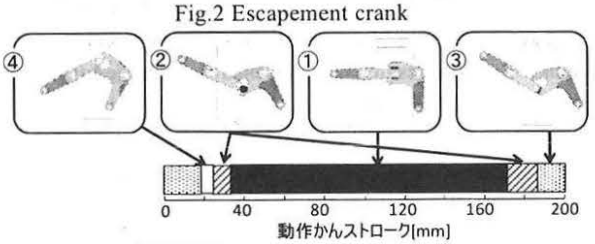


Fig.2 Escapement crank



	従動クランク	接触状態
①	動作	転換面と接触
②		境界部と接触
③	停止	エスケープ面と接触
④		従動クランクとは接触しない

Fig.3 Motion sequence of escapement crank (theoretical)

2. 3 動程と行程

分岐器は番数等の設計によって，転換時の転てつ棒の位置によってトングレールの移動量（以下，行程）が異なる．また，電気転てつ機またはエスケープクランクによってスイッチアジャスタを動かす量（以下，動程）もまた設計により異なる．動程は行程に対して大きい為，スイッチアジャスタのナットの間隔により調整を行う．表 1 に現行の代表的な新幹線分岐器である 501 系の行程と，代表的なエスケープクランクである B660-A（第 1 エスケープクランク）及び B660-B（第 2 エスケープクランク）の動程を示す．

また，図 4 に 18 番分岐器の転てつ棒変位の時刻歴変化を計算した結果を示す．計算では，転てつ棒間のトングレールの接続は考慮せず転てつ棒はそれぞれ独立して動くと仮定したが，結果から，2 本のスイッチアジャスタが負荷を担うタイミングにずれがあることがわかる．

Table 1 Stroke of escapement cranks and stroke of tongue rail

位置	分岐器番数	動程 [mm]	行程 [mm]
第1スイッチアジャスタ部	12番分岐器	185	152
	14番分岐器		160
	16番分岐器		155
	18番分岐器		155
第2スイッチアジャスタ部	12番分岐器	120	89
	14番分岐器		99
	16番分岐器		101
	18番分岐器		91

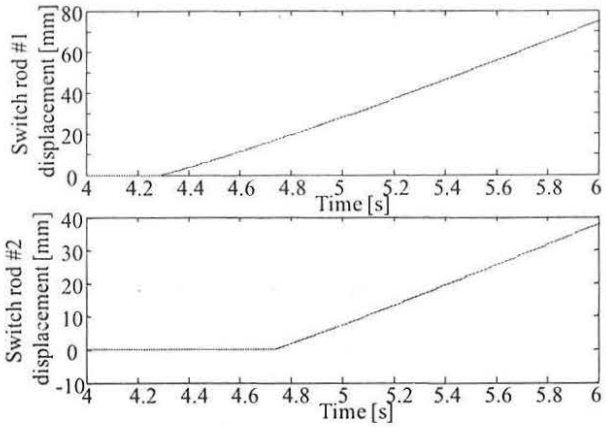


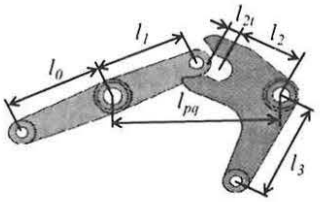
Fig.4 Switch rod displacement (#18 turnout, Simulation)

3．エスケープクランクの改良

3. 1 クランク形状

エスケープクランクの寸法形状が分岐器側から電気転てつ機側への伝達トルクを軽減すること，現行方式において転換時の負荷を担うタイミングのずれを解消することを目的として，エスケープクランクの形状を改良した．

分岐器側から電気転てつ機側への伝達トルクは，原動クランクの腕の長さ l_1 と従動クランクの腕の長さ l_3 に負うところが大きい．また，第 1 エスケープクランクと第 2 エスケープクランクの動作の同期を取る為には，動程と行程の比を各スイッチアジャスタで揃える事が必要である．以上から，18 番分岐器を対象としてエスケープクランクの各部寸法を見直した．国鉄仕様の従来品[5]及び改良品の各部寸法を図 5 に示す．改良品はエスケープクランクの動作の動作タイミングを揃える為に，原動クランク，従動クランクの形状を第 1，第 2 エスケープクランクで揃え，ストロークを従動クランクの腕の長さ l_3 で調整している．



[mm]	記号	従来品		改良品	
		B660-A	B660-B	Type 1	Type 2
原動クランク	l_0	185	185	185	185
	l_1	169.5	141.5	169.5	169.5
従動クランク	l_2	130	158	130	130
	l_{2t}	24.7	5.1	24.7	24.7
	l_3	216	203.5	199.3	116.8
共通	l_{pq}	300	300	300	300

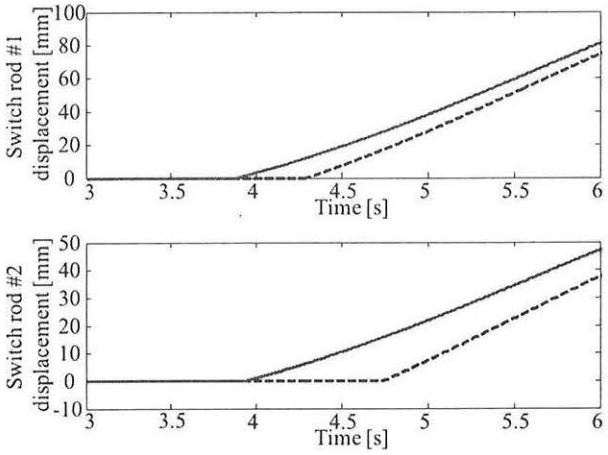
Fig. 5 Dimensions of escapement cranks

3. 2 負荷伝達特性の推定

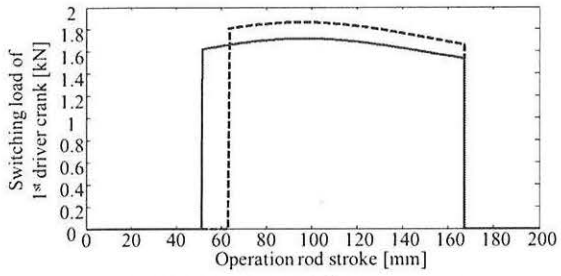
エスケープクランクの寸法変更による効果を転換鎖錠装置の負荷伝達モデル[6]を用いて推定した．対象は 18 番分岐器とし，従来のエスケープクランクを用いた構成と，改良品を用いた構成のそれぞれについて転てつ棒変位と転換負荷力を計算した．但し，計算では分岐器の負荷は

各転てつ棒に独立して加わると仮定しており，トングレールの運動は考慮していない．

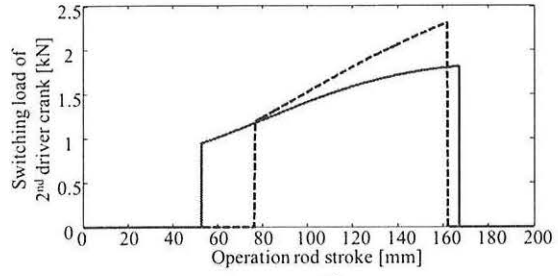
推定結果を図 6 に示す．図 6(a)に示す各転てつ棒の変位の結果から，国鉄仕様の B660-A，B660-B の組み合わせと比べて，改良品は 2 本の転てつ棒が同期して動作することがわかる．また，図 6(b)に示す第 1 エスケープクランクの原動クランクに加わる負荷，図 6(c)に示す第 2 エスケープクランクの原動クランクに加わる負荷，図 6(d)に示す転換負荷力の結果より，エスケープクランクのトルク伝達が最大となる動作かんストロークの中間地点(100mm)の転換負荷力がクランクの改良によりそれぞれ減少することが見込まれる．



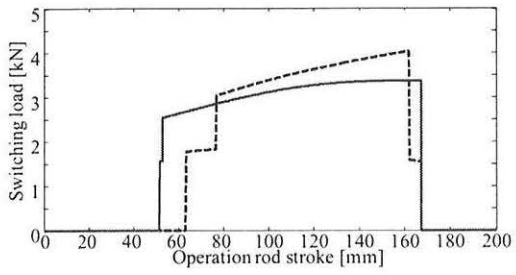
(a) Switch rod displacement



(b) Switching load of 1st driver-crank



(c) Switching load of 2nd driver-crank



(d) Switching load of throw bar

Fig.6 Simulation result (#18 turnout)

3. 3 クランクの試作

図 5 に示した諸元に基づき，エスケープクランクの試作を行った．試作したクランクを図 7 に示す．改良品は国鉄仕様のものと比べて従動クランクの腕が短い為，クランクの回転中心を従来品よりポイント先端側にする必要がある．また，既設の新幹線分岐器のまくらぎに空けられている取り付け穴を利用して試験を実施する都合上，クランクの座は試験用のものを利用している．

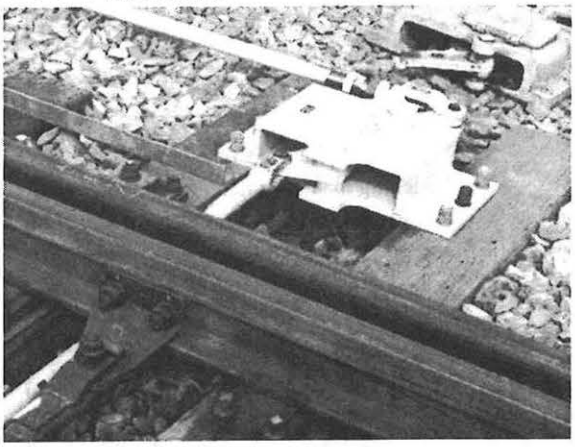
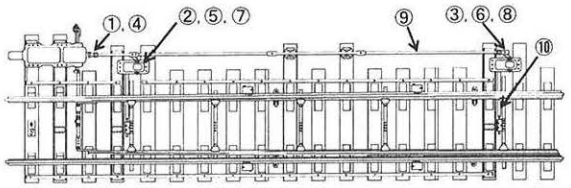


Fig.7 Prototype of the modified 2nd escapement crank

3. 4 試験条件

試験は新幹線用 18 番分岐器および転換鎖錠装置にて，国鉄仕様のエスケープクランク(B660-A，B660-B)を用いた場合と，改良したエスケープクランク(Type 1，Type 2)を用いた場合それぞれについて，転換時の各部測定を行った．測定項目を図 8 に示す．



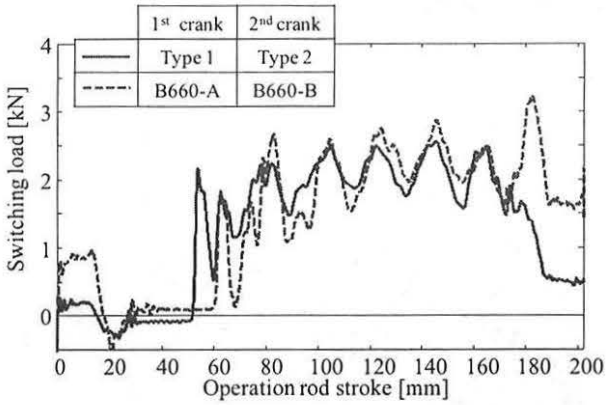
1	動作かんストローク	6	第2スイッチアジャスタ軸力
2	第1スイッチアジャスタストローク	7	第1エスケープクランク原動側軸力
3	第2スイッチアジャスタストローク	8	第2エスケープクランク原動側軸力
4	動作かん軸力(転換負荷力)	9	信号リンク歪み
5	第1スイッチアジャスタ軸力	10	スイッチアジャスタ歪み

Fig.8 Measurement objects

3. 5 試験結果

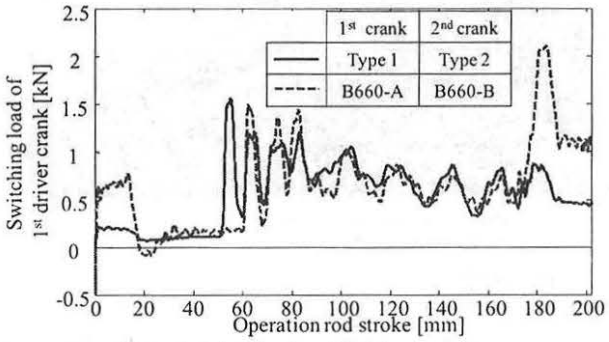
片道転換時の試験結果を図 9 に示す．図 9 (a)は転てつ機動作かんに加わる転換負荷力と動作かんストロークの関係を，図 9 (b)は第 1 エスケープクランク原動側に加わる力と動作かんストロークの関係を，図 9 (c)は第 2 エスケープクランク原動側に加わる力と動作かんストロークの関係を示している．これらの結果から，エスケープクランクの改良により，エスケープクランクを介して原動クランク側に伝わる転換負荷力が小さくなり，電気転てつ機に加わる負荷が小さくなることがわかった．また，平均転換負荷力は，従来型が 2.00 kN であるのに対し，改良型は 1.78kN と 11%減少することを確認した．

以上の結果より，エスケープクランクの改良により，転換力特性が改善することを確認した．

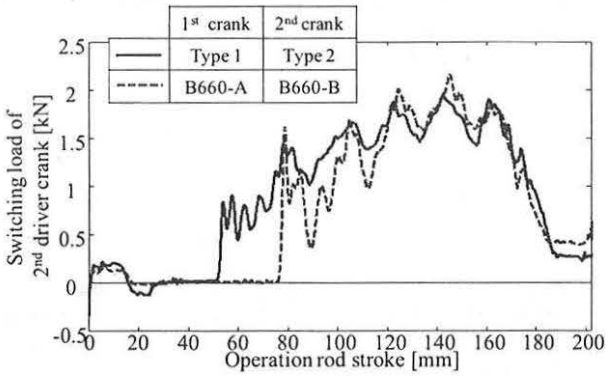


(a) Switching load at switching machine

Fig.9 Experiment result



(b) Switching load at 1st driver crank



(c) Switching load at 2nd driver crank

Fig.9 Experiment result

4．おわりに

提案した計算機シミュレーション及び試作試験の結果から，提案するエスケープクランクの改良は，転換負荷力増大による転換不能の対策として，従来から実施されている分岐器側の転換負荷力の緩和や電気転てつ機側の転換力増強とあわせて有効な対策になりうると考えられる．但し，実用化にあたっては，使用する設備の状況にあわせたクランク及び座の設計，機械的強度等の評価確認が必要である．

また，エスケープクランク以外の転てつ用品についても，構成や寸法形状により負荷の伝達状態が変化し，転換負荷力に影響を与えうるものと考えられる．今後は，転てつ用品を含めた転換鎖錠装置全体の転換負荷力伝達特性の把握，及び最適化について取り組む予定である．

最後に，実分岐器を用いた試験の実施にあたって協力いただいた，西日本旅客鉄道株式会社の関係各位に感謝する．

参考文献

1) 五十嵐義信，渡辺郁夫：新しい転てつ機モニタ装置，RRR，61 巻 10 号，pp.26-29，2004.10
2) 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，12 巻 4 号，pp.92-96，2001.4
3) 五十嵐義信，櫻井育雄：小型軽量新幹線用転てつ機の開発，鉄道総研報告，16 巻 7 号，pp.39-44，2002.7
4) 高橋誠一郎，桜井育雄，五十嵐義信：転てつ減摩器の開発（60kg 有道床用），平成 14 年鉄道技術連合シンポジウム講演論文集，pp.367-370，2002
5) 日本国有鉄道：信号図集（転てつ装置），1980.4
6) 潮見俊輔，五十嵐義信：新幹線用転換鎖錠装置の特性評価手法に関する基礎的検討，平成 21 年鉄道技術連合シンポジウム講演論文集，2009