

# 講演概要

## 次世代分岐器の導入拡大に向けた最適化の取り組み

渡部 一人<sup>1</sup>・立川 正勝<sup>1</sup>・小西 俊之<sup>1</sup>・大池 幸史<sup>2</sup>

<sup>1</sup>正会員 東日本旅客鉄道株式会社 (〒331-8513 埼玉県さいたま市北区日進町2丁目479番地)

E-mail:kazuto-watanabe@jr-east.co.jp

<sup>2</sup>東日本旅客鉄道株式会社 大宮支社 大宮保線技術センター

分岐器の設備故障による輸送障害抑制、保守・検査労力の削減を目的として開発された次世代分岐器(2000型)の更なる導入拡大に向けて、本開発では次世代分岐器の機能は保持したままで構造を最適化し、材料費の削減を図った。開発にあたり締結構造とまくらぎ構造をそれぞれ見直し、試作品にて性能確認試験を実施し安全性に問題が無いこと、従来の次世代分岐器と同等の転換機能を有していることを確認し、導入時の材料費も2割程度削減できる見通しを得た。開発した分岐器は、当社営業線へ敷設し、営業線条件下での性能評価を実施した。今回は、その取り組みについて述べる。

**Key Words :** next generation turnout, slide base plate, grid type sleeper, reduction of material cost, test at the track

### 1.はじめに

分岐器の設備故障による輸送障害削減、保守経費の削減、検査項目の削減を目的として開発された「次世代分岐器(2000型)」は2002年度から首都圏を中心に導入されており、これまで300台以上が敷設されている<sup>1)</sup>。次世代分岐器は機能面から分岐器全体を見直し、海外の優れた部材を積極的に取り入れるなどして、従来の分岐器を大幅に変革したものである。次世代分岐器の導入は機能面で非常にメリットが大きいことから、今後も敷設の拡大が望まれている分岐器であり、その一環として構造を最適化し、材料費の低廉化を図った。本稿では、これまでの検討内容について述べる。



図-1 次世代分岐器(2000型)

については、従来構造を踏襲しつつスリム化(以下、スリムグリッドまくらぎと呼ぶ)させた。具体的には、レール締結間隔の拡大、横まくらぎ本数の削減、短まくらぎ・横まくらぎ幅の縮小、鋼材厚の薄型化、溶接仕様の変更などを検討した。従来のグリッドまくらぎとの比較を表-1に示す。

スリムグリッドまくらぎは、従来構造のグリッドまくらぎと比較して材料費を2割削減可能な見通しとなった。

表-1 従来構造とスリムグリッドまくらぎの比較

	従来構造	スリムグリッドまくらぎ
配置間隔 (レール締結間隔)	750mm	900mm
横まくらぎ本数	6本	4本
横まくらぎ幅	300mm	250mm
短まくらぎ幅	350mm	250mm
鋼材厚	12mm	9mm
溶接仕様	縦材と横材の接合部は 全周隅肉12mm	縦材と横材の接合部は 全周隅肉9mm

### (2) 床板・締結構造の検討

従来の次世代分岐器で基本レール両側締結に採用したクリップ類や高床式床板のライザー部は、海外調達品であり、高コストである。そこで、これらの部材を国産化し、材料費の低廉化を行うため、両側締結方式の新たな構造として板ばねとクサビを組合わせた構造を検討した。床板及び締結装置の従来品との比較を図-2に示す。

### 2.敷設拡大に向けた最適化の検討

#### (1) まくらぎ構造の検討

軌きょう剛性の強化(横剛性7倍、縦剛性2~3倍)により軌道整備周期の延伸が図られたグリッドまくらぎに

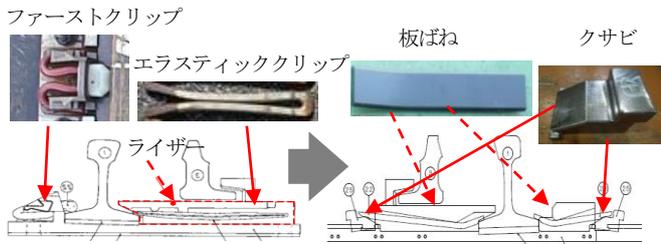


図-2 床板及び締結装置の従来品との比較

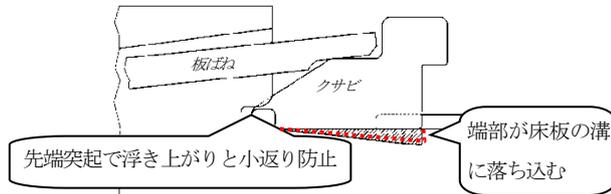


図-3 板ばねクサビによる締結構造

板ばねは端部にクサビを打込み、持ち上げることで反力が締結力となる構造とした。クサビの端部が床板に設けられている溝に落ち込むことで固定され、横方向の力に抵抗する仕組みになっており、先端の突起が高床部の切欠きにはまることでクサビの浮き上がりや小返り防止の役割を果たす(図-3)。

新たな締結装置の採用により、従来構造における床板・締結装置と比較して材料費の約3割削減が可能な見通しとなった。

### 3.ポイント部の試作・性能確認試験

#### (1) ポイント部の試作

前項までに述べた要素を反映させたスリムグリッドまくらぎ及び床板・締結構造を組み合わせ、60kg レール 12#の次世代分岐器ポイント部を試作した。



図-4 次世代分岐器ポイント部試作品

#### (2) ポイント部の性能確認試験

試作したポイント部は当社実物大疲労試験装置にて、性能確認試験を実施した(図-5)。評価は営業列車を想定した荷重を静的及び動的にポイント部へ載荷し、ポイント部を構成する部材(レール、グリッドまくらぎ)に発生する応力、変位について許容値未満であるかを確認した。以下に試験の詳細を述べる。



図-5 実物大疲労試験装置での試験

#### a) 静的試験

静的載荷試験は、輪重と横圧を同時に載荷する試験と、輪重のみ載荷する試験の2条件で実施した。それぞれの載荷位置と載荷荷重を図-6に、測定項目を表-2に示す。

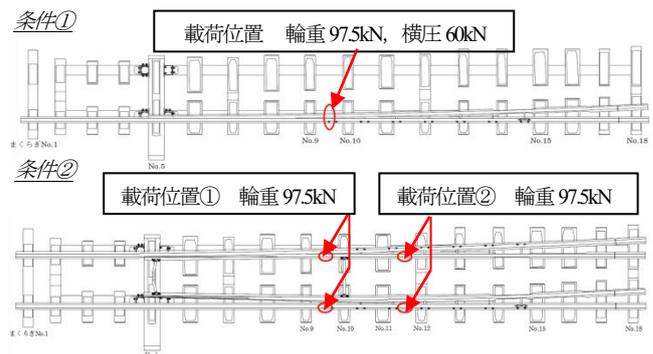


図-6 各試験条件における荷重と載荷位置

表-2 試験の測定項目

測定対象	測定項目
グリッドまくらぎ	底面応力
	溶接接合部応力
	まくらぎ下面圧力
レール	底面応力
	小返り量
	まくらぎ間のたわみ量
全般	軌道沈下量
ロックへの影響	基本レール横変位量
	トングレール横変位量

条件①及び②の試験において部材に発生した応力、変位を表-3に示す。試験結果より両試験条件でグリッドまくらぎ及びレール底部に発生する応力及びレール小返り量は許容値未満であり、ロックへの影響も小さいことを確認した。

#### b) 動的試験

さらに、静的試験の条件②でグリッドまくらぎ発生応力が最も大きくなった載荷位置①において最大100kN、最小5kNの繰返し荷重を周波数7Hzで累積2000万トンまで連続載荷し、部材発生応力を測定したが、試験中は部材の発生応力に大きな変動は見られず、締結装置の脱落や折損もなかった。

表-3 各载荷条件での試験結果

(上：条件①，下：条件②)

条件①			
測定項目	測定項目	最大値(条件1)	許容値
グリッドまくらぎ	底面応力	13.6MPa	190MPa
	溶接接合部応力	95.4MPa	190MPa
レール	底部応力	37.1MPa(基本レール)	196MPa
	小返り量	1.41mm	7mm
ロックへの影響	ロック変位	0.09mm	1.5mm
条件②			
測定項目	測定項目	最大値(条件2)	許容値
グリッドまくらぎ	底面応力	10.5MPa(載荷位置①)	190MPa
	溶接接合部応力	56.3MPa(載荷位置①)	190MPa
レール	底部応力	基本レール: 59.1MPa(載荷位置①) トングレール: 65.7MPa(載荷位置①)	196MPa
	小返り量	0.59mm(載荷位置②)	7mm
ロックへの影響	ロック変位	0.09mm(載荷位置①)	1.5mm

(2) 試作品の転換試験

今回設計した分岐器は、レール類及び転換付属装置、ベアリング床板、使用する電気転てつ機は既設計の次世代分岐器と同じである。しかし、ポイント部の床板・締結構造を変えたこと、グリッドまくらぎ配置間隔拡大によりベアリング床板の位置が変わっているため、転てつ機(ES-II)を設置し、転換機能の確認を行った。

転換機能の確認では、トングレール転換時ES-IIに発生する転換トルク推移と、従来型次世代分岐器の転換時に発生するトルク推移とを比較した。併せて10万回の連続転換を実施し、トングレールと基本レールの密着・接着及び床板のトングレール摺動面に傷や摩耗が発生しないかを確認した。転換トルク推移の比較を図-7に示す。

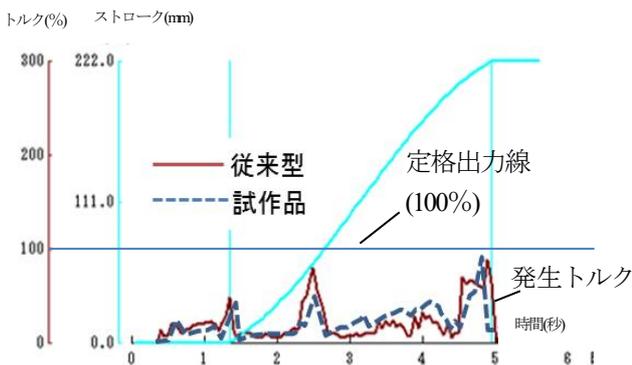


図-7 次世代分岐器ポイント部試作品

試作品は従来型次世代分岐器と同様のトルク推移を示し、最大発生トルクもES-IIの定格出力範囲内で転換できることを確認した。さらに、10万回の連続転換試験においても、トングレールと基本レールとの密着・接着は基準値内であり、床板のトングレール摺動面にも異常な傷や摩耗は発生しなかった。以上のことから、試作品は従来型次世代分岐器と同等の転換機能を有することを確認した。

4. 営業線敷設及び性能評価

(1) 営業線敷設

前章までに述べた低廉化要素を反映させた低廉型次世代分岐器を、平成29年11月20日に東海道線小田原駅構内へ敷設した。当該分岐器のプロフィールを表-4に、敷設状況を図-8に示す。

表-4 分岐器のプロフィール

駅名	分岐器番号	形式	転換回数(回/年)	年間通トン(百万)	通過方向
小田原	58A	60k片開き12#	32,120	22.9	対向



図-8 低廉型次世代分岐器の営業線敷設状況

(2) 性能評価

当該分岐器を通過する列車に対して、レール変位、まくらぎ発生応力、さらに分岐器の軌道沈下進みを測定し、その性能について評価した。レールとグリッドまくらぎの測定項目を表-5に、測定の様子を図-9に示す。

表-5 レールとまくらぎの測定項目

レール		グリッドまくらぎ	
測定項目	測定点数	測定項目	測定点数
輪重	3	グリッドまくらぎ応力	8
横圧	4	道床振動	4
レール上下変位	2	グリッドまくらぎ上下変位	6
レール左右変位	2	合成まくらぎ応力	1
レール底部応力	3		



図-9 営業線測定時の様子

(3) 測定結果

a) 軌道沈下測定

軌道沈下量は、図-10に示す各まくらぎの沈下量(h1～h6)を、敷設から2か月間継続的に測定した。測定結果を図-11に示す。

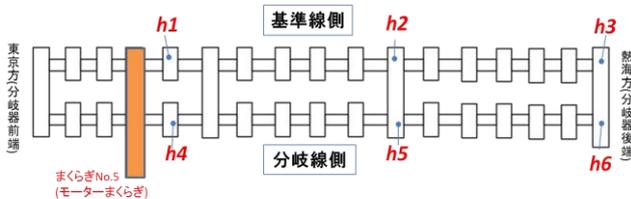


図-10 まくらぎ沈下量の測定位置

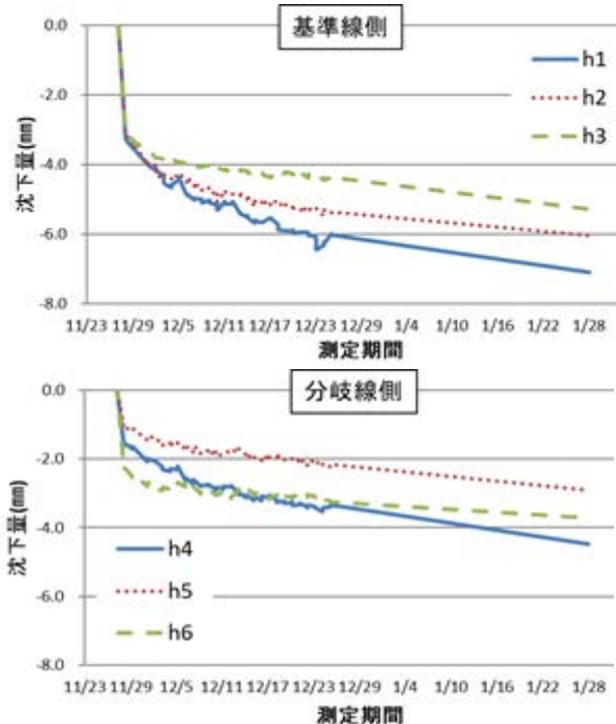


図-11 敷設後2か月間での沈下量測定結果  
(上：基準線側 下：分岐線側)

図-11より、基準線側h1が7.1mmと最も大きい沈下量であり、いずれのまくらぎにおいても基準線側のまくらぎ(h1～h3)が分岐線側(h4～h6)のまくらぎより沈下量が大きく、約1.5～2倍であった。これは、分岐器の向きにより基準線側のまくらぎが列車から受ける荷重が大きい影響であると考えられる。また、軌道変位については、直近1か月間の分岐器基準線側での高低変位の比較を図-12に示す。直近の1か月では変位は進んでおらず、安定した状況が確認できる。

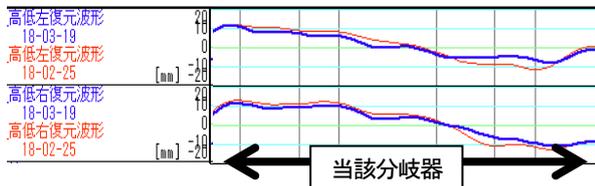


図-12 敷設後の分岐器内高低変位の比較  
(上項目：青太線 下項目：赤細線)

#### b) 列車通過時の応力・変位測定

列車通過時に、表-5に示す項目について測定した。測定は、基準線と分岐線側ともに通過列車10本ずつに対して実施した。基準線側、分岐線側それぞれの測定時における最大値を表-6に示す。性能評価は各測定項目の最大値

を走行安定標準<sup>4)</sup>と母材の許容応力<sup>5)</sup>とを比較し評価することとした。表-6より、輪重・横圧及びレールとまくらぎに発生する変位は走行安定標準を下回っており、レールとまくらぎに発生する応力も母材の許容応力を下回っていることを確認した。

また、営業線測定以外にも定期的に現地で分岐器の確認を行っているが、敷設から4か経過した時点で、分岐器部材の損傷、締結装置の脱落、分岐器不転換等の異常は発生しておらず、良好な経過であることを確認している。

表-6 営業線測定結果(最大値を抜粋)

測定項目	走行安定標準及び許容値	最大値(基準線通過時)	最大値(分岐線通過時)
輪重	300kN	63.1kN	67.1kN
横圧	68kN	13.0kN	17.1kN
レール上下変位	4.0mm	1.2mm	1.0mm
レール左右変位	2.0mm	0.5mm	1.0mm
レール底部応力	196MPa	31.6MPa	59.8MPa
グリッドまくらぎ応力	190MPa	60.1MPa	97.7MPa
道床振動	-	125dB	125dB
グリッドまくらぎ上下変位	3.0mm	1.3mm	1.8mm
合成まくらぎ応力	70MPa	0.3MPa	1.0MPa

#### 5.まとめ

次世代分岐器の基本性能を保持したままで、締結装置及びグリッドまくらぎの構造を見直し、最適化を図った。締結装置材料の国産調達、グリッドまくらぎ構造のスリム化による材料減により、導入時の材料費をトータルで2割程度削減できる見通しを得た。

さらに、試作品により性能確認試験を実施し、分岐器部材の耐久性、転換機能に問題がないことを確認し、営業線に1台敷設した。試験敷設から2か月間で営業線条件下での軌道沈下量、部材発生応力、変位を測定し、応力、変位は走行安定標準及び許容値を下回っていることを確認し、直近の軌道変位比較からも良好な経過であることを確認した。今後、軌道沈下量と測定結果から、軌道変位進みを算出し、保守周期等のメンテナンス性能についても考察を行い、実導入に向けて主管部との調整を行っていく予定である。

謝辞：本開発に多大なるご協力を頂いた(株)スミハツの関係者皆様に、紙面を借りて謝意を表します。

#### 参考文献

- 1) 小尾ら：次世代分岐器の開発, JREA, 2003
- 2) 佐藤ら：次世代分岐器の開発と導入状況, JREA, 2009.
- 3) 大池ら：次世代分岐器(2000型)の敷設拡大に向けた低廉化の検討, 土木学会, 2016.
- 4) 佐藤吉彦：新軌道力学, 鉄道現業社, 1997.
- 5) 佐藤泰生：分岐器の構造と保守, 日本鉄道施設協会, 2017

(2018.46 受付)