

次世代分岐器の構造最適化の研究



渡部 一人^{*1}



立川 正勝^{*2}



小西 俊之^{*3}

Optimization for the structure of “Next Generation Turnout”

Kazuto WATANABE^{*1}, Masakatsu TATEKAWA^{*2} and Toshiyuki KONISHI^{*3}

^{*1}Hachioji Track Maintenance Office ^{*2}Omiya Branch Office ^{*3}Sendai Branch Office

Abstract

To reduce transport disorders from switch failures and reduce labor for maintenance, next-generation turnouts (2000 type) were introduced in the greater Tokyo area starting in fiscal 2002. To expand the area where the next-generation turnouts are installed, we optimized the structure of the next-generation turnout and took an endurance examination. as a result of this, new structure of the next generation turnout has satisfied endurance and we can reduce the material cost about 20%.

●**Keywords:** Next generation turnout, Slide base plates, Grid type sleeper, Reduction of material cost

1. はじめに

分岐器の設備故障による輸送障害、保守経費および検査項目の削減を目的として開発された「次世代分岐器」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^{1) 2)}。次世代分岐器は機能面から分岐器全体を見直し、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から非常にメリットが大きいことから、今後も敷設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。最適化にあたっては、次世代分岐器の材料費の7割を占めるまくらぎおよび床板・締結構造に対象を絞り検討した。本稿では、これまでの検討内容について述べる。

2. 敷設拡大に向けた最適化の検討

2・1 まくらぎ構造の検討

従来型次世代分岐器（以下、2000型）を図1に示す。2000型で採用されている、軌きょう剛性の強化（従来の木まくらぎ比で横剛性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。従来構造のグリッドまくらぎとの比較を表1に示す。

スリム化により、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を得た³⁾。



図1 次世代分岐器(2000型)

表1 スリムグリッドまくらぎと従来構造との比較

	従来構造グリッドまくらぎ	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

^{*1}八王子保線技術センター（前 テクニカルセンター）
^{*3}仙台支社 設備部（前 テクニカルセンター）

^{*2}大宮支社 設備部 保線課（前 テクニカルセンター）

2・2 床板・締結構造の検討

2000型の締結構造に採用されたクリップ類や高床式床板のライザー部は、海外調達品であることから材料費が高価であるという課題があった。そこで、締結材料の国産調達というコンセプトのもと、高床床板の一体铸造と、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せた構造を検討した。2000型の床板・締結構造と開発品との比較を図2に示す。

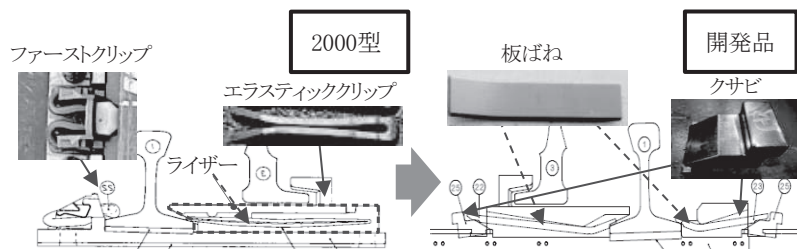


図2 床板および締結装置の従来品との比較

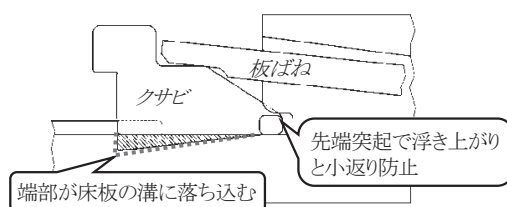


図3 開発品の締結機構

また、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り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)。

締結材料の国産調達および床板製造工程を見直すことで、開発品は2000型の締結構造と同等の締結力を維持しつつ、材料費の3割削減が可能な見通しとなった³⁾。

3. ポイント部の試作・性能確認試験

3・1 ポイント部の試作および性能確認試験

前項までに述べたスリムグリッドまくらぎおよび床板・締結構造を組合せ、60kgレール12#の次世代分岐器ポイント部を試作し、当社実物大疲労試験装置にて性能確認試験を実施した。以下に詳細を述べる。

(1) 静的荷重試験

静的荷重試験は、輪重と横圧を同時に荷重する試験と、輪重のみ荷重する試験の2条件で実施した。両条件での荷重および荷重位置を図4に、測定項目を表2に示す。なお、ここでの最大荷重はA荷重(極まれに発生する著大荷重)とした。両条件で部材に発生した応力、変位を表3に示す。試験結果より、両条件下でグリッドまくらぎおよびレール底部に発生する応力およびレール小返り量は許容値⁵⁾未満であり、ロックへの影響も小さいことを確認した。

表2 測定項目一覧

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	底部応力
	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
	トングレーレール横変位量

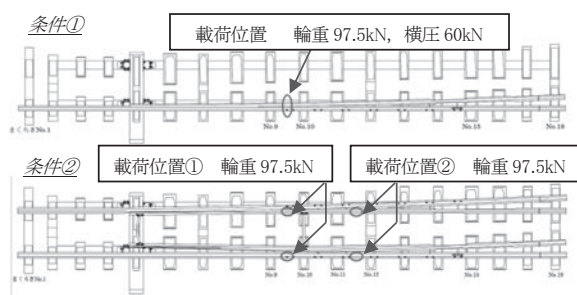


図4 各条件における荷重荷重位置と荷重荷重

表3 静的荷重試験結果

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

(2) 動的載荷試験

さらに、静的載荷試験の条件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の繰り返し荷重を周波数7Hzで、首都圏の年間通トンの目安である累積2000万トンまで連続載荷し部材発生応力を測定した。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。

3・2 開発品の転換試験

今回試作した分岐器は、既設計の2000型と比較しポイント部の床板・締結構造と、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たため、試作品に転てつ機(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、トンゲレール転換時ES-IIに発生する転換トルクの推移と、2000型の転換時に発生するトルク推移とを比較した。併せて10万回を目安として連続転換を実施し、トンゲレールと基本レールの密着・接着および床板のトンゲ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5に示す。試作品は2000型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、連続転換試験においても、機能面と材料の異常は確認されなかった。以上のことから、開発品は2000型と同等の転換機能を有することを確認した。

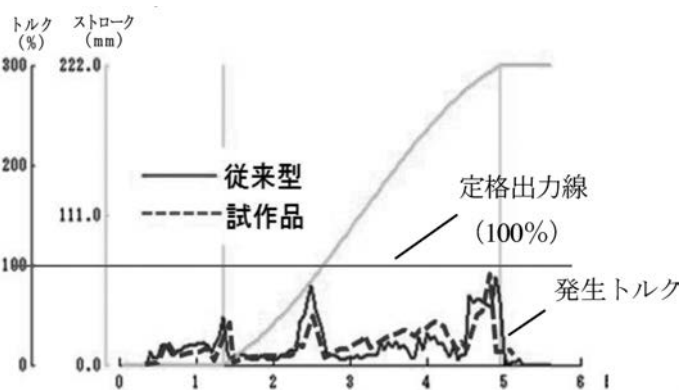


図5 ES-II 発生トルクの推移比較

4. 営業線敷設および性能評価

4・1 営業線敷設

開発分岐器の営業線条件下での性能を評価するために、試作品を平成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6に示す。

表4 分岐器プロフィール

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



図6 分岐器敷設状況

4・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、性能評価を行った。レールとグリッドまくらぎの測定項目を表5に、軌道沈下進みの測定位置を図7に示す。

表5 測定項目一覧

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		

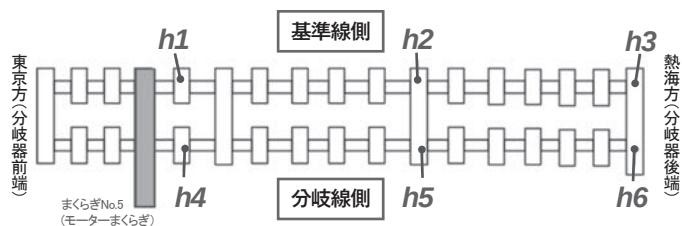


図7 軌道沈下量測定位置

4・3 測定結果

(1) 軌道沈下量測定

軌道沈下量は、図7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8に示す。開発品も、分岐器の一般的な沈下傾向を示しており、特異な変状は確認されなかった。沈下量は基準線側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。

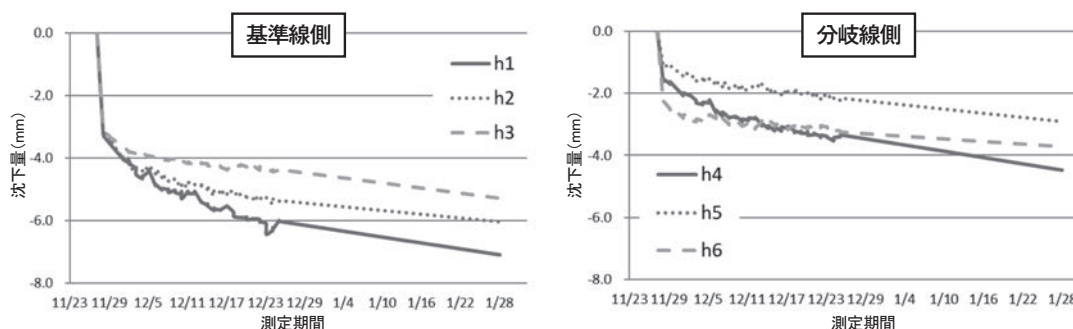


図8 軌道沈下量測定結果 (左図：基準線側、右図：分岐線側)

(2) 列車通過時の応力・変位測定

列車通過時に、表6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。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⁴⁾と母材の許容応力⁵⁾と比較し評価することとした。表6より、輪重・横圧およ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、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。

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

2000型の基本性能を保持したまま、構造を見直し最適化を図った。締結装置材料の国産調達、グリッドまくらぎのスリム化により、導入時の材料費を2000型と比較して2割程度削減できる見通しを得た。さらに、開発品による試験で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。さらに、営業線条件下で部材の応力、変位等を測定し、耐久性に問題がないことを確認した。

参考文献

- 1) 小尾実、次世代分岐器の開発、JREA、2003
- 2) 佐藤泰生、次世代分岐器の開発と導入状況、JREA、2009
- 3) 大池幸史、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、p.12
- 5) 佐藤泰生、分岐器の構造と保守、日本鉄道施設協会、2017、p.410