

首都圏用PCまくらぎ分岐器の開発



佐藤 善行^{*1}



安達 大将^{*2}



横瀬 浩一^{*3}



吉田 謙一^{*4}

Development of turnout with prestressed concrete sleeper

Yoshiyuki SATO^{*1}, Daisuke ADACHI^{*2}, Hirokazu YOKOSE^{*3}, and Kenichi YOSHIDA^{*4}

^{*1} Researcher, Technical Center, Research and Development Center of JR EAST Group

^{*2} Researcher, Niigata Track Maintenance Engineering Center, Niigata Branch Office of JR East Japan Rail Company

^{*3} Researcher, Nagano Branch Office Facilities Division Track Maintenance Department, JR East Japan Rail Company

^{*4} Principal Researcher, Technical Center, Research and Development Center of JR EAST Group

Abstract

East Japan Railway company has been developing and introducing PC sleeper turnouts for rural conventional lines in order to prevent turnout failures and reduce maintenance. On the other hand, more than 500 pairs of 2000 type turnouts have been installed in the Tokyo metropolitan area. However, there are cases where Type 2000 turnouts cannot be installed due to cable crossings. Therefore, we developed a PC sleeper turnout for the Tokyo metropolitan area based on the Type 2000 structure, except for the grid sleeper, in order to enhance the conventional turnouts.

●**Keywords:** Prestressed concrete sleeper

^{*1}JR東日本研究開発センター テクニカルセンター 研究員

^{*2}新潟支社 新潟保線技術センター (元 JR東日本研究開発センター テクニカルセンター)

^{*3}長野支社 設備部 保線課 (元 JR東日本研究開発センター テクニカルセンター)

^{*4}JR東日本研究開発センター テクニカルセンター 上席研究員

1. 緒言

当社在来線では、地方幹線用PCまくらぎ分岐器^①を開発し導入を進めており、首都圏線区においては2000形分岐器^②の導入を進めている。しかし、2000形分岐器(以下、「2000形」)のグリッドまくらぎ構造は、ケーブル類が軌間内を横断する際に一部課題があることから、ケーブル類が軌間内を横断をすることを可能とし、従来分岐器構造の強化をはかるため、首都圏用PCまくらぎ分岐器の開発に取り組んだ。

2. 構造検討

首都圏用PCまくらぎ分岐器の開発にあたり、グリッドまくらぎを除く2000形の構造を前提に以下の点について構造検討を実施した。

(1) PCまくらぎの範囲および配置間隔

図1に示すように分岐器内のPCまくらぎ範囲は、分岐器介在ロングレールを前提とし、移動防止装置設置まくらぎの後端側1本目までを含む範囲とした。理由は、①軌道変位抑制の観点から移動防止装置直下におけるまくらぎ構造の変化を避けること、②移動防止装置設置箇所前後のまくらぎをPCまくらぎとすることで回転抵抗力の増強をはかるためである。また、まくらぎ配置間隔は2000形に準じ750mmを基本とし、大型分岐器つき固め機械の作業性を考慮し、PCまくらぎの間を最小で200mmとした。

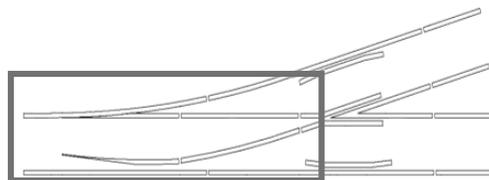


図1 PCまくらぎの範囲

(2) PCまくらぎ形状

地方幹線用で開発²⁾したPCまくらぎ形状に準じ、まくらぎ高さは190mm、まくらぎ上面幅340mm、下面幅は360mmをベースとし、可能な限り薄型化を目指した。さらに保守周期延伸に寄与するため、当社一般区間に導入している弾性材付きPCまくらぎと同様に、PCまくらぎ下面に弾性材(ばね定数8.0MN/m)を設置することとした。

(3) 信号部材のPCまくらぎへの設置方法の検討

2000形との信号部材の共通化のため、PCまくらぎ直上へESII形電気転てつ機の設置、および転てつ付属装置の構成について信号部門と協議を実施した。その結果、電気転てつ機部のまくらぎ(以下、「転てつ機一体まくらぎ」)の材質の違い(2000形:合成まくらぎ、本開発:PCまくらぎ)から表1に示す構造変更が必要となった。具体的には、レールと転てつ器の電位差を解消するための等電位バーの設置位置を検討した結果、従来の位置ではPCまくらぎ分岐器の床板締結用ファーストクリップ(以下「FC」)と図2に示すL字型形状の等電位バーが干渉するため、これまで2穴だったものを3穴とし、レール側、電気転てつ機側で2000形、PCまくらぎ分岐器それぞれ等電位バーを逆向きに設置することで共通部材による使用を可能とした。転てつ機一体まくらぎの形状は、まくらぎ下面幅400mm、レール直下のまくらぎ高さ235mm、電気転てつ機搭載部のまくらぎ高さ180mmの2断面形状とした。以上より、PCまくらぎ分岐器へのESII形電気転てつ機および転てつ付属装置の設置が可能となった。具体的な方法を以下に示す。

(4) 基本レール両側締結構造

レールふく進抵抗力の増加、締結構造のボルトレス化による保守の効率化を目指すため基本レールの両側締結を検討した。その結果、2000形で導入実績のあるNE70Sレール製のトングレールを採用し、高床床板とすることで図3に示す基本レール両側締結を可能とした。

a) 棒ばねによる軌間内側締結

軌間内側締結については、1種類の治具で着脱が可能であり作業性の向上がはかれることから棒ばね締結装置(2本/締結)³⁾を採用するとともに、各まくらぎ位置での必要長検討の結果、棒ばねの長さを共通化した。

b) FCによる軌間外側締結

締結装置の着脱時における仮締結状態が可能であるとともに、当社で開発を進めているレール締結緩解作業の機械化⁴⁾を分岐器区間に対しても適用することを見据え、FCを採用した。

表1 主な転てつ機付属装置の変更点

No.	種別	用途	2000形	PCまくらぎ分岐器	理由
1	絶縁板	電気転てつ機・まくらぎ間の絶縁	不要(合成まくらぎ)	必要	PC鋼線の配線に対し絶縁性確保が必要なため
2	ブロックA・B固定ボルト	電気転てつ機の固定	ボルト長=45mm	ボルト長=75mm	絶縁板挿入分の厚さに対しボルト嵌合長の変更が必要なため
3	等電位バー	レール・電気転てつ機間の電位差補完	固定用ボルト穴2箇所	固定用ボルト穴3箇所 設置向きを変更	締結装置と干渉のため

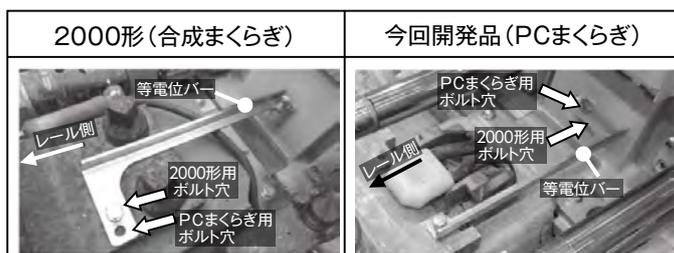


図2 等電位バー比較

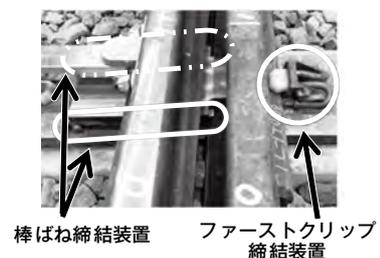


図3 基本レール両側締結構造

3. ポイント部の試作および性能確認試験

PCまくらぎ分岐器の安全性確認のため各種性能確認試験を実施した。主な試験内容を以下に述べる。

(1) 締結装置性能確認試験

当社所有のレール締結装置疲労試験装置により鉄道構造物等設計標準³⁾に基づく試験を行った。試験荷重は新幹線への将来の展開を見据え、新幹線静的輪重を荷重条件とし、応力、変位測定を実施し、以下の結果を得た。

- ・締結装置組立試験は発生応力が最大1198.5Mpaとなり許容値である1250Mpaを下回った。
- ・静的载荷試験における発生応力を耐久限度線図により評価した結果、第2破壊限度および第2へたり限度以下となり、疲労耐久性に問題がないことを確認した。
- ・100万回の動的繰返し载荷においては変位量、小返り角、小返り量は設計限度値内となり、各部材に顕著な損傷、摩滅などは認められなかった。

以上より、締結装置の安全性に問題のないことを確認した。

(2) 転換性能確認試験 (連続転換試験)

転換性能への影響確認のため、軌道変位を設けた状態 (列車最高速度45km/h以下線区の整備基準値を模擬)、トンゲレール先端の食違い量の基準値超過状態などにおける転換試験を実施した。また、材料状態確認を目的に40万回 (ESII形電気転てつ機オーバーホール基準) の連続転換試験を実施し、以下の結果を得た。

- ・ESII形電気転てつ機で取得される転換データ (転換トルク、ロック偏移量) (図4) では、転換時に故障アラームの発生はなく、転換トルクの最大値は正常転換の基準を満たしていることを確認した。
- ・電気転てつ機、転てつ付属装置において摩耗、変形などの損傷はられなかった。
- ・新規部材である電気転てつ機下に配置した絶縁板についても割れや摩耗の発生は見られなかった。

以上より、転換性能において問題がないことを確認した。

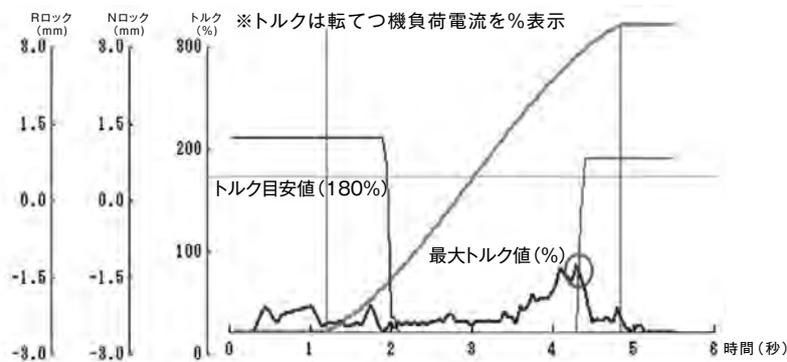


図4 転換データ画面の例

4. 床板、締結装置構造の検討

FC着脱性の向上、床板長およびPCまくらぎ長さの縮減を目的に、これまで狭隘箇所でも適用していた床板締結用FC、レール締結用FCの千鳥配置を床板の基本形状とすることとした。

左右分岐器の共通化によるPCまくらぎ種別削減を目的とし、床板締結の上板部、レール締結の下板部から成り立つ床板構造に対し、下板部はまくらぎと平行に設置、分岐線側上板部は角度をつけて下板部に溶接することとした。上記の床板、締結装置の基本構造の検討結果より、PCまくらぎ形状を検討した。

5. PCまくらぎ形状の検討

PCまくらぎの基本形状および配置、PCまくらぎの共通化、ケーブルの横断を考慮し、設計範囲すべてをケーブル防護まくらぎ形状（両溝50mm）とすることとし、床板幅、FCショルダー位置などを考慮し、まくらぎ下面幅400mm、上面幅を280mmに設定することとした。

(1) PCまくらぎの薄型化

分岐器の新設時およびまくらぎ交換時においては、道床バラストの掘削作業の労力が減が望まれることから、薄型化の検討を実施した。設計軸重は190kN (EA-17) とし、PC鋼線の本数、配置を検討し鉄道構造物等設計標準⁵⁾に基づき、限界状態設計法による使用性外観、安全性破壊、安全性疲労破壊の性能照査を実施した結果、図5に示す従来のまくらぎ高さ190mmから、185mmへの薄型化を実現した。

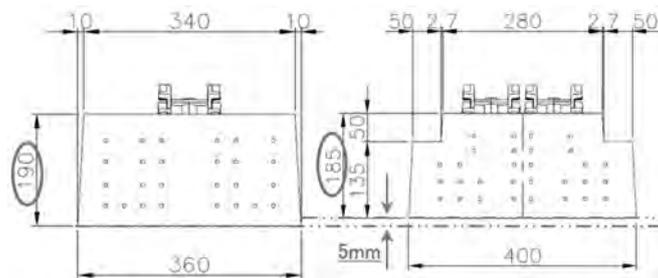


図5 PCまくらぎ断面（左：従来品、右：開発品）

(2) PCまくらぎ種別の削減

表2に示す種別、番数の各線形の違いに対し、FCの千鳥配置化および床板長の最適化の検討により、従来⁶⁾の60kg片開き12番用のPCまくらぎ種別8種類に対し5種類に統合することが可能となった。さらに各床板の下板部の幅を共通としたことから、レール下軌道パッド種別7種類に対し4種類に統合した。

表2 PCまくらぎ分岐器設計範囲

	従来品	開発品
分岐器種別	片開き	片開き/両開き
番数	12番	8番/10番/12番/16番※1

※1 16番以上の転換方式の詳細検討は今後実施予定

6. 結言

首都圏用PCまくらぎ分岐器の基本構造を構築し部材の共通化の検討を実施した。今後の導入に向け、PCまくらぎ性能確認試験、第2転てつ部などの転換方式が異なる高番数分岐器の詳細検討を実施する予定である。さらにコストダウンを目的に、本開発で得られた成果を2000形に対しても展開し、さらなる改良に取り組む予定である。

参考文献

- 1) 水江 達也 他「地方幹線用PCまくらぎ分岐器の構造の最適化に関する研究」土木学会第72回年次学術講演会、2017.9
- 2) 小尾 実 他「次世代分岐器の開発」JREA、2002.9
- 3) 堀 雄一郎 他「寒冷地用次世代分岐器の開発」日本鉄道施設協会誌、2006.6
- 4) 堅谷 直人 他「ファーストクリップ用締結機構付きまくらぎグリッパーの開発」新線路、2018.9
- 5) 鉄道総合技術研究所編「鉄道構造物等設計標準・同解説 軌道構造」丸善出版、2012.1
- 6) 安達 大将 他「首都圏用PCまくらぎ分岐器の開発」第25回鉄道工学シンポジウム、2021.7