

講演概要 首都圏用PCまくらぎ分岐器の開発

安達 大将¹・相原 宏任¹・横瀬 浩一²

¹正会員 東日本旅客鉄道株式会社 JR 東日本研究開発センター テクニカルセンター

(〒331-8513 埼玉県さいたま市北区日進町2丁目479番地)

E-mail: daisuke-adachi@jreast.co.jp

²東日本旅客鉄道株式会社 長野支社 設備部保線課

当社在来線では、分岐器ポイント部における設備故障防止および省メンテナンス化を目的として地方幹線用 PC まくらぎ分岐器を開発し導入を進めている。一方、首都圏線区では 2000 形分岐器（以下、2000 形）の導入を進めており、これまで 500 組以上が敷設されている。

しかしグリッドまくらぎ構造はケーブル類の横断がある場合、支障移転工事が必要となり 2000 形が敷設できないケースがあることから、PC まくらぎを使用することでケーブル類の横断を可能とするとともに、従来分岐器構造（木製または合成まくらぎ）の強化をはかるため、グリッドまくらぎを除く 2000 形構造を前提とした首都圏用 PC まくらぎ分岐器（以下、PC まくらぎ分岐器）の開発に取り組むこととした。

本稿ではこれまでの開発内容について述べる。

Key Words: prestressed concrete sleeper, next generation turnout

1. はじめに

当社在来線では、PC まくらぎ分岐器を開発し¹地方幹線への導入を進めており、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。しかしグリッドまくらぎ構造はケーブル類の横断に一部課題があることから、ケーブル類の横断を可能とするとともに、従来分岐器構造の強化をはかるため、首都圏用の PC まくらぎ分岐器の開発に取り組むこととした。

本稿では 2019 年度に実施した開発および性能確認試験、また 2020 年度に実施した部材の共通化検討について述べる。

2. 構造検討

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 形構造を前提に検討を実施した。

(1) PC まくらぎ範囲および配置間隔

PC まくらぎ範囲は分岐器介入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 本までを含む範囲とした。その理由として、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とともに、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 750 mm を基本とし、SW-MTT の作業性を考慮しまくらぎ純間隔の最小を 200mm とした。

(2) PC まくらぎ形状

地方幹線用で開発した 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 とした。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) PC まくらぎ直上への ESII 形電気転てつ機および転てつ付属装置の検討

SW-MTT によるつき固め不能箇所の削減、2000 形との信号部材の共通化を前提とし、PC まくらぎ直上へ ESII 形電気転てつ機設置、および電気転てつ機と分岐器を接続する転てつ付属装置との構成について信号部門と協議を実施した。

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 鋼線の影響により絶縁性確保が必要のため
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	絶縁板挿入に伴うボルト嵌合長の確保が必要のため
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-1 等電位バー比較

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）と材質の違い（2000 形：合成まくらぎ，本開発：PC まくらぎ）等により表-1 に示す構造変更が必要となった。

等電位バーの設置を検討した結果、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と図-1 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，電気転てつ機側で等電位バーを 2000 形，PC まくらぎ分岐器それぞれ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。これらの対応を実施した結果，一部構造変更が生じたものの 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。

(4) 基本レール両側締結

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。両側締結にあたっては 2000 形で導入，実績のある NE70S トングレールを採用し，高床床板とすることでトングレール下の締結装置設置スペースを確保した。

a) 棒ばねによる軌間内側締結（60kg レール用）

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) 板ばねによる軌間内側締結（50N レール用）

50N レール用については過去に 2000 形の低廉化構造で開発した板ばねとくさびを組み合わせた構造（1 本/締結）⁴⁾を採用した。

c) ファーストクリップ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⁵⁾を分岐器区間に対しても適用することを見据え，ファーストクリップを採用した。

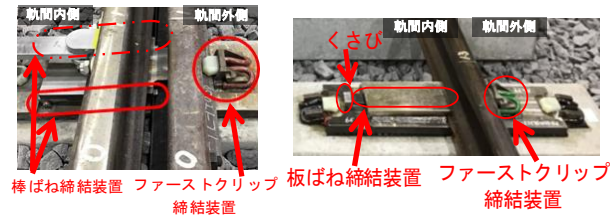


図-2 基本レール締結構造
(左：60kg レール用，右：50N レール用)

3. PC まくらぎ性能確認試験

PC まくらぎの照査は鉄道構造物等設計標準・同解説「軌道構造」⁶⁾（以下，軌道標準），JIS E 1201 プレテンション式 PC まくらぎに準拠し各種試験を実施した。まくらぎ曲げ試験，ショルダー引抜試験，電気絶縁抵抗試験を実施した結果，全ての PC まくらぎにおいて基準を満足し安全性に問題のないことを確認した。

4. 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

60kg レール用は文献³⁾の形状を一部改良したことから，当社レール締結装置疲労試験装置により各種試験を実施した。試験は軌道標準⁶⁾に基づくとともに，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，変位測定を実施した。

締結装置組立試験は最大 1198.5Mpa となり許容値である 1250Mpa を下回った。静的載荷試験において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 万回の動的繰返し載荷においては変位量，小返り角，小返り量に対し設計限度値内となり，各部材に顕著な損傷，摩滅等は認められなかったことから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）

PC まくらぎ分岐器と ESII 形電気転てつ機の組合せは初めての試みであることから，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），トングレール先端の食違い量の基準値超過状態等における転換試験を実施した（図-3）。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た。

ESII 形電気転てつ機で取得される転換データ（図-4，転換トルク，ロック偏移量）により確認した結果，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



図-3 試作ポイント部による連続転換試験

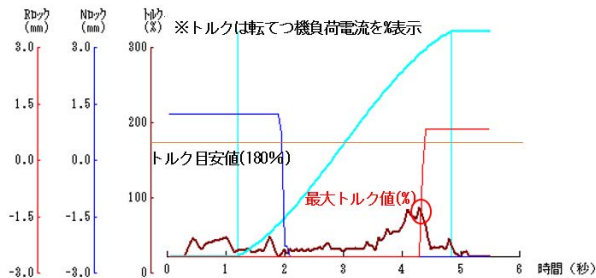


図-4 転換データ画面の例

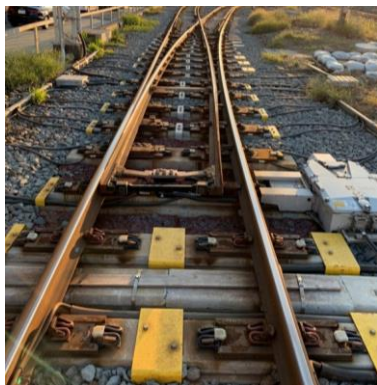


図-5 営業線敷設の状況

確認した。また電気転てつ機、転てつ付属装置において摩耗や、変形等の損傷はみられなかった。

ま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。

以上の結果より、転換性能において問題がないことを確認した。

5. 2019年度開発内容まとめ

PC まくらぎ分岐器の設計、試作および安全性に関する照査により問題がないことを確認したことから、設計仕様書登録（T50N 片 8-試 3501）を実施し、2020年2月に東海道本線大船構内の入出区線に敷設した（図-5）。現在のところ交換範囲における整備基準値超過等の問題は発生していない。

6. 2019年度開発品における課題

2019年度に開発した PC まくらぎ分岐器について以下の課題があげられた。

- (1) 50N,60kg レール用ともに片開き 12 番のみ。

表-2 PC まくらぎ分岐器設計範囲

	2019 年度		2020 年度
レール種別	50N	60kg	50N,60kg（共通）
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

- (2) ファーストクリップ（以下、FC）締結装置種別が 3 種類ある。
- (3) 基本レール内側締結装置種別が 2 種類ある。
- (4) PC まくらぎ種別が多い。

7. 部材共通化に向けた基本構造検討

課題に対し、コスト削減および材料管理上の観点から、各種改良および部材の共通化検討を実施することとした（表-2）。

(1) PC まくらぎ分岐器設計範囲

PC まくらぎ分岐器の適用範囲の拡大に向け、各種分岐器ポイント部への適用検討および設計を実施した。

(2) FC 種別

FC1501, FC1503, FC1504 のうち、寸法上汎用性が高い等の理由から、床板締結用 FC、レール締結用 FC とともに FC1503 を選定した。

(3) 基本レール軌間内側締結種別

棒ばね、板ばね締結構造を比較した結果、狭隘箇所における締結装置脱着時の作業性や、電気融雪器との配置スペース確保に寄与できることから、基本レール軌間内側締結は棒ばねを選定した。

上記条件および選定部材をもとに、床板、締結構造、電気融雪器との構成、PC まくらぎ形状等の詳細検討を進めることとした。

8. 床板、締結装置構造の検討

(1) FC 配置方法

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。

(2) 床板設置角度

床板締結用 FC ショルダー位置に対し、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、上板部、下板部から成り立つ床板構造に対し、下板部をまくらぎと平行に設置し、分岐線側上板部は各角度により下板部に溶接することを基本とした。

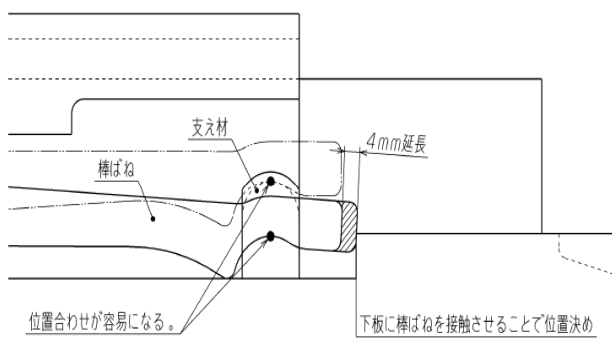


図-6 棒ばね端部形状の改良

(3) 棒ばねの改良

棒ばねは端部を所定位置に取付けることで振動等による抜け出し防止性能を発揮する。2019年度試作を行った知見から、所定位置への位置決めを容易にするため、棒ばね鋼端部端部形状を改良（4mm延長）した（図-6）。また棒ばね長さは共通化し1種類の長さとした。ただし固定端部付近等、棒ばねの設置が不可となる箇所についてはFC1503またはeクリップ締結とし、ボルトレス化をはかっている。

(4) 移動防止装置を考慮したPCまくらぎ範囲

SW-MTTによるつき固め不能箇所を考慮し、移動防止装置はまくらぎ直上に配置することとした。また最大限PCまくらぎ範囲を拡大することを前提に、移動防止装置設置まくらぎを含めた後端側3本までをPCまくらぎ範囲の基本とした。

(5) 電気融雪器種別

熱伝導効率向上をはかった省電力電気融雪器のうち床板上板部へのSA-S-80形設置を基本とした。2000形においては、床板下板部へのSA形2本設置であることから、床板1枚あたりで比較した場合、320Wの消費電力削減が可能となることで高圧トランス交換コスト、電力容量のランニングコスト削減に寄与できる可能性が高いと考えられる。

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。

9. PCまくらぎ形状の検討

(1) PCまくらぎの基本形状および配置

PCまくらぎの共通化、ケーブル横断を考慮し、設計範囲全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ショルダー位置等を考慮し、まくらぎ下面幅400mm、上面幅を280mmに設定することとした。

(2) 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2019年度に開発したPCまくらぎに対し、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、配置を検討し軌道標準⁹⁾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、2019年度開発品のまくらぎ高さ190mmから、185mmへの薄型化の見通しを得た。

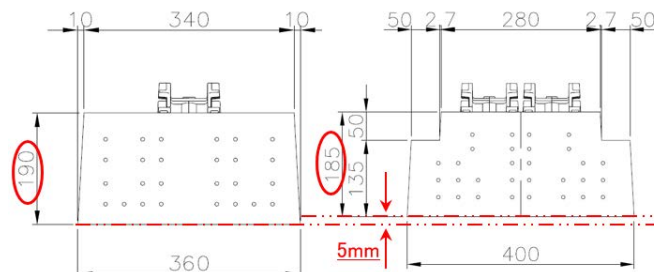


図-7 2019年度開発品

図-8 2020年度開発品

(3) 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検討により、2019年度開発した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、2019年度に開発した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。

10. まとめ

2019年度の開発品に対し、構造を一部見直し、部材の共通化検討を実施したことにより、PCまくらぎ分岐器の基本構造の確立が可能となった。導入に向け、PCまくらぎ性能確認試験、第2転てつ部等の転換方式が異なる高番数分岐器の詳細検討、SA-S-80形の適用による電気融雪器温度上昇試験を実施する予定である。

さらに2000形に対しても棒ばね、SA-S-80形を組合せた構造の展開に向け、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
- 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) 渡部 一人 他「50kgNレール用次世代分岐器の最適化の取り組み」土木学会第73回年次学術講演会、2018
- 5) 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
- 6) 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

(Received April 2, 2021)

(Accepted June 4, 2021)