

寒冷地用次世代分岐器の開発



和泉 和宏*



堀 雄一郎**



鶴飼 毅彦*

JR東日本では、分岐器の設備故障防止と省メンテナンス化を目的とした次世代分岐器（2000形分岐器）の本格導入を東京圏を対象に進めている。東京圏以外でも連続立体交差などの大規模な改良工事で分岐器の新規投入が予定されていることから、寒冷地にも次世代分岐器の投入を可能とするため寒冷地用次世代分岐器の開発を行った。開発にあたっては、線路、機械、電力、信号各部門で相互に連携を取りながら一体の設備として行った。線路設備である寒冷地用高床式床板および同グリッドまくらぎについて、室内性能試験、営業線試験敷設による性能試験を行い、いずれも計画性能を発揮していることを確認した。

●キーワード：寒冷地、次世代分岐器、高床式床板、グリッドまくらぎ

1. はじめに

JR東日本では、分岐器の設備故障防止と省メンテナンス化を目的として開発した次世代分岐器（2000形分岐器）の本格導入を、東京圏を対象に進めている。次世代分岐器は、2008年3月末現在で185組が敷設（図1）されており、さらに2008年度末までに累計239組の導入が計画されている。

一方、東京圏以外でも連続立体交差化などの大規模工事で分岐器の新規投入が予定されている。そこで、寒冷地へも次世代分岐器の投入を可能とするため、寒冷地用次世代分岐器を開発している。

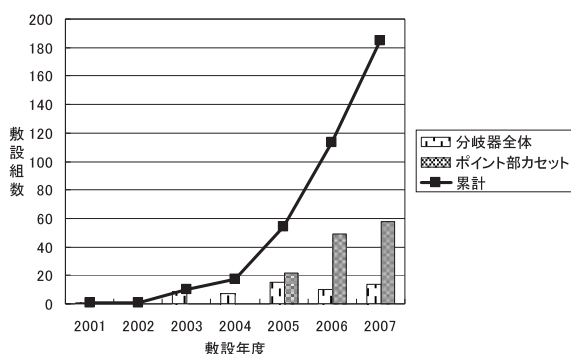


図1 次世代分岐器敷設数の推移

※ポイント部カセット＝ポイント部のみをグリッドまくらぎと一体で交換

2. 寒冷地用次世代分岐器の全体概要

寒冷地用次世代分岐器は、設備故障防止と省メンテナンス化という本来のコンセプトを踏襲しつつ、寒冷地の

環境に適用が可能な次の設備を装備している（図2）。

- ① 低温に対応した電気転つ機用ヒータカバー
- ② 熱効率の高い新型電気融雪器
- ③ 次世代分岐器に対応した空気噴射式除雪装置（エアジェット）
- ④ 寒冷地用高床式床板
- ⑤ 寒冷地用グリッドまくらぎ

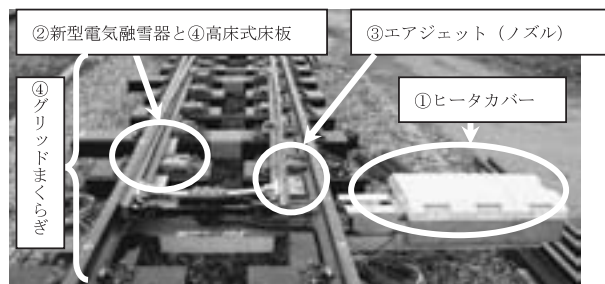


図2 寒冷地用次世代分岐器の開発メニュー

これらの開発にあたっては、全体構造の最適化をめざして線路、機械、電力、信号各部門間で相互に連携を取りながら、一体の設備として行った。本稿では、これらのうち線路設備である寒冷地用高床式床板および同グリッドまくらぎの開発について報告する。

3. 寒冷地用高床式床板の開発

3.1 開発目的

寒冷地用高床式床板は、別途開発中の熱効率の高い商用周波誘導加熱式電気融雪器を使用可能とするために開

発した。

3.2 開発品の構造

開発した電気融雪器は、熱効率を高めるため高床式床板のトンダレール滑り面直下にケーブルを配線し、同部に直径6mmの貫通穴を20mm間隔で穿孔する必要がある。しかし、既存の次世代分岐器用高床式床板は、基本レールの軌間内側締結ばねが支障するため貫通穴の穿孔に必要な厚さが不足していた（図3）。

そこで、同締結ばねも含めた新しい構造の高床式床板を開発した。開発品は、基本レールを設置する下板部、トンダレール滑り面とケーブル用貫通穴を有する上板部、そして上板部と基本レールを下板部に締結する2本の棒ばねから構成されており（図4）、製品価格の低減や組立作業性の向上も図っている。

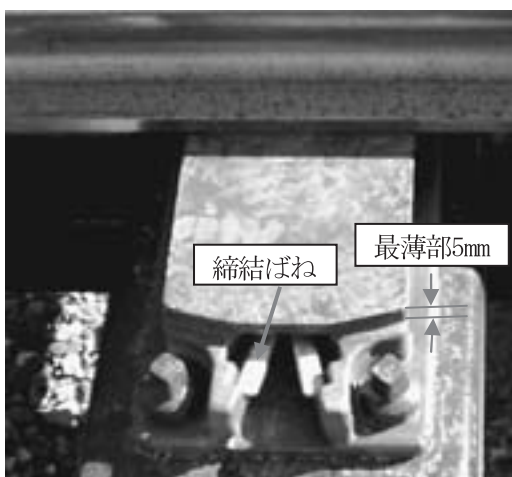


図3 既存高床式床板

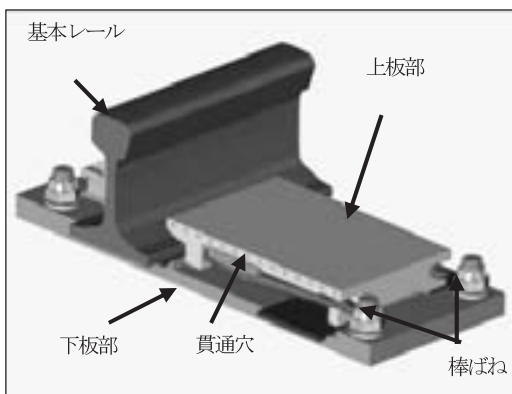


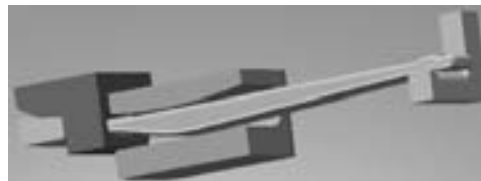
図4 今回開発した高床式床板

3.3 強度解析

新たに開発した棒ばねと床板本体の強度解析は、構造が複雑であるため有限要素法により行った（図5）。

その結果、棒ばね・床板本体ともに、ばね鋼の弾性限

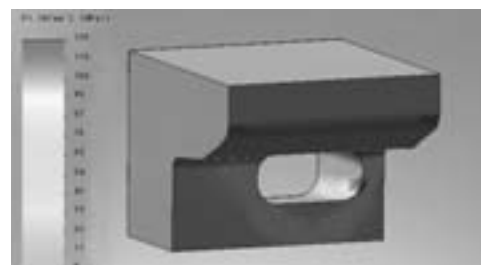
度および鋼材の許容応力を下回ることを確認した。



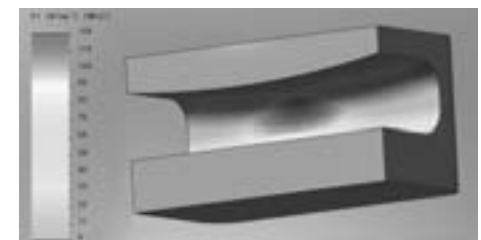
計算モデル



棒ばね応力状態



上板押さえ部の応力状態



下板反力受け部の応力状態

図5 床板解析結果

3.4 性能確認試験

開発した高床式床板の性能を確認するため、試作品を用いて次の試験を行った。

① 組立試験

組立て取外しを繰り返し行い、棒ばねおよび床板の応力を測定するとともに、組立ての作業性を確認した。棒ばねの応力は、いずれも弾性限度以下であり問題なかった。床板各部の応力は許容応力の55%程度（解析結果では70%程度）であった。また、作業性は既存の高床式床板と比較して向上していることを確認した（図6）。



図6 組立試験

② レール押さえ力測定試験

レールに上昇力を軌道パッドが抜けるまで一定の速度で与え、レールの変位量、棒ばねおよび床板の応力を連続的に測定をした。測定の結果、レール押さえ力は設計条件（片側1締結あたり12kN）を満足していることを確認した（図7）。

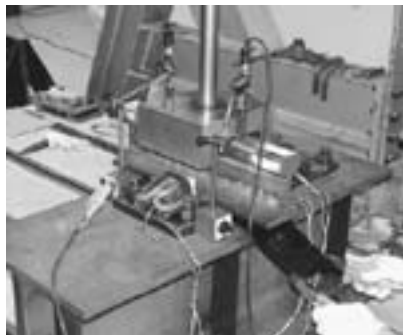


図7 レール押さえ力測定試験

③ レールふく進抵抗測定試験

レールをレール軸方向に一定の速度で荷重荷重し、レールと軌道パッド間に連続的なすべりが発生するまで（荷重の増加が見られなくなった地点まで）荷重荷重およびレール変位を測定した。測定の結果、レールふく進抵抗は既存の高床式床板と同程度（15.6kN）であった（図8）。



図8 レールふく進抵抗測定試験

④ 棒ばね疲労試験

棒ばね（ばね鋼）は疲労破壊が問題となることから、実使用条件を想定した2軸疲労試験を行った（図9）。試験は、A荷重、B荷重を動的繰返し载荷により、発生ひずみなどを測定した。

その結果、棒ばねの発生ひずみは弾性限度を下回り、また、ばね鋼の耐久限度線図でもばねの破壊および永久変形（へたり）に対して十分な耐久性を有することを確認した（図10）。



図9 2軸疲労試験

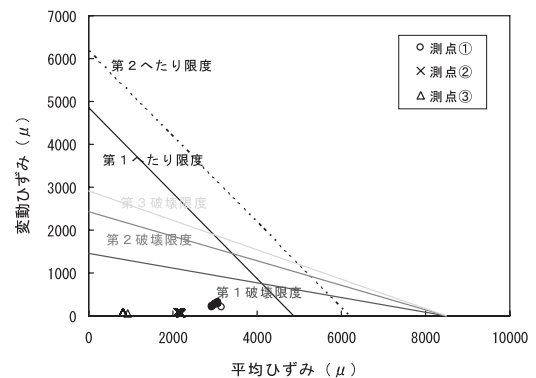


図10 ばね鋼の耐久限度線図

3.5 評価

以上の強度解析や性能試験結果から、開発した高床式床板が営業線に敷設可能であることを確認した。

4. 寒冷地用グリッドまくらぎの開発

4.1 開発目的

寒冷地用グリッドまくらぎは、近年導入が進められている空気噴射式除雪装置（エアジェット）を標準装備し、また圧縮空気用配管に関わる施工・保守管理を省力化することを目的に開発した。

4.2 開発品の構造

開発品は、グリッドまくらぎに圧縮空気用のステンレス製配管（エアジェット配管）を内蔵している（図11）。そのため、グリッドまくらぎ上面に溝加工を行って同配管を埋設し、その上に空気噴射孔を有する蓋（平板）を溶接している（図12、13）。これにより、従来行っていた基本レール腹部のエアジェット配管用の穴開けを不要とした。



図11 グリッドまくらぎ内部の配管



図12 グリッドまくらぎ溝加工



図13 グリッドまくらぎ全景

4.3 室内性能試験

グリッドまくらぎの溝加工による強度低下の影響を検証するため、室内性能試験を行った。性能試験は、各主要部材に設計荷重を載荷する方法で実施した。

① 横まくらぎ（合成）曲げ試験

試験はJIS E 1203（合成まくらぎ）耐曲げ荷重試験に準じて行った。基準値を超える載荷荷重によっても破壊は見られなかった。（図14）



図14 横まくらぎ（合成）の曲げ試験

② 縦まくらぎ（鋼材）輪重・横圧载荷試験

まくらぎ上面・側面にひずみゲージを貼付け輪重方向（縦方向）、横圧方向（横方向）に荷重を載荷した状態で測定を行った。この結果、いずれも実用に十分耐え得ることを確認した（図15）。



図15 縦まくらぎ（鋼材）の部材強度試験

4.4 評価

以上の室内性能試験結果から、溝加工を行ったグリッドまくらぎについても強度上問題がないことを確認した。

5. 営業線試験敷設

以上に述べた解析および性能試験結果を受け、機械、電力信号各部門の開発成果と合わせた寒冷地用次世代分岐器の設計・製作および営業線試験敷設を行った。

5.1 試験敷設箇所の選定

試験敷設箇所の選定にあたっては、各部門の条件を考慮するとともに、列車間合いや他の工事の実施状況を勘案し、最終的に新潟支社管内信越本線（上）羽生田駅構内22号分岐器（50N10番片開き）に決定した（図16）。



図16 信越本線（上）羽生田駅構内22号分岐器

5.2 試験敷設工事施工

試験敷設工事はポイント部カセット交換方式とし、新潟保線技術センターなどの協力で実施した。敷設工事は、2008年1月14日夜間に山越器および分岐器を撤去した箇所に仮レールを配列して、ポイント部をグリッドまくらぎと一体で縦移動・横移動させて施工した。列車間合い時間125分で分岐器本体（転てつ機搭載済）の交換を完了し、その後転てつ機などの機能確認試験を60分程度実施した。施工中、施工後の状況を図17、18に示す。



図17 試験敷設（施工中）



図18 試験敷設完了後

5.3 性能確認試験

羽生田駅構内22号分岐器に試験敷設した寒冷地用次世代分岐器の性能確認試験を行った。試験においては、各部門（機械：エアジェット、電力：電気融雪器、信号：転てつ機温度）がそれぞれの実施項目を確認すると並行して、線路部門でもレール締結装置やグリッドまくらぎなどの動的応力変化状態を測定した。

測定は2008年3月11～14日に実施した。測定項目は、床板上板および下板応力、ばねクリップ応力、レール上下・左右変位量、グリッドまくらぎ応力である（図19、20、21）。

測定列車は表1に示す通りで、普通列車、高性能優等列車、貨物列車それぞれについて行い、列車速度および車両重量の違いによる影響を推定することをめざした。



図19 高床式床板上下板、ばねクリップセンサー取付



図20 グリッドまくらぎセンサー取付



図21 レール変位センサー取付

表1 測定列車

番号	列車種別	列車本数	走行側	備考
1	普通列車	3	基準側	
2	優等列車 (特急)	3	基準側	
3	貨物列車	3	基準側	
4	普通列車	3	分岐側	
	合計	12		

主な項目の測定結果（実測値およびデータのばらつきを考慮した予測値の最大値）を表2に、棒ばねの応力状態を耐久限度線図にプロットしたものを図22、23に、それぞれ示す。いずれも目安値¹⁾²⁾及び第一破壊限度・第一へたり限度に対して十分余裕のある値であり、所定の性能を発揮していることが確認できた。

表2 測定結果最大値一覧表

測定項目	単位	実測値	予測値	目安値	評価
床板上板応力	MPa	79.4	87.6	162	○
床板下板応力	MPa	97.5	98.8	162	○
レール上下変位	mm	0.35	0.46	3.0	○
レール左右変位	mm	0.62	0.74	5.2	○
グリッドまくらぎ応力	MPa	40.7	51.3	100	○

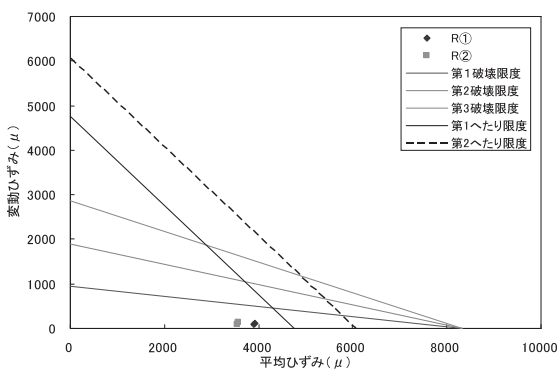


図22 棒ばね耐久限度線図 (実測値)

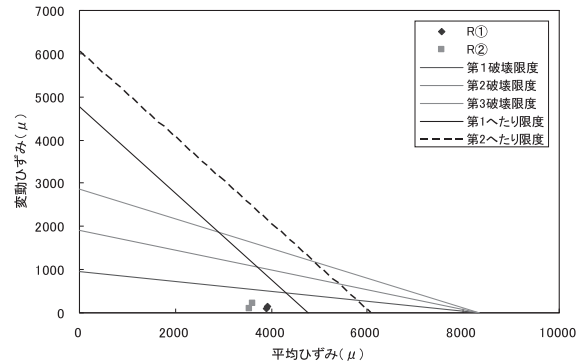


図23 棒ばね耐久限度線図 (予測値)

6. まとめと今後の取組

寒冷地用次世代分岐器を開発し、営業線への試験敷設および性能試験を実施した。線路設備には特に問題が無いことが確認されたので、今後は、機械、電力、信号各部門の試験結果と合わせて、寒冷地における次世代分岐器の導入に向けた課題の整理および長期耐久性の確認を行う計画である。

なお本開発では、共同開発メーカーのほか、関係メーカー、施工会社並びに新潟支社関係箇所の皆様に多大なご協力を頂いた。この場を借りて厚く御礼申し上げる。

参考文献

- 1) 佐藤吉彦、梅原利之：「線路工学」日本鉄道施設協会、1987.2
- 2) 佐藤泰生：「分岐器の構造と保守」日本鉄道施設協会、1987.1