

新型レール締結装置により レール交換作業を省力化する

直結8形レール締結装置は、敷設実績や信頼性、レール位置の調節機能が優れていることから日本国内の直結系軌道において広く使用されている我が国の代表的なレール締結装置です。一般に、レール交換作業を行う場合、レール締結装置の締結ばねおよび締結ボルト・ナット等を着脱する必要があります。近年、軌道の保守・管理の低コスト化の観点から、レール締結装置の緊締・緩解作業の機械化の要望が高まっています。また、締結ばねの締結状態の判定が非常に困難であり、多くの労力が必要です。そこで、直結8形レール締結装置を基本とし、機械施工を実現するためレール交換作業時に締結ばねを一時的に移動し、レールの交換作業に支障しない位置に保持するプリセット状態を実現する新型レール締結装置を開発しましたので、その概要を報告します。



弟子丸 将
Tadashi Deshimaru
軌道技術研究部
軌道構造研究室
副主任研究員
[専門分野] レール、レール締結装置



片岡 宏夫
Hiroo Kataoka
軌道技術研究部
軌道構造研究室
主任研究員
[専門分野] レール、軌道部材



若月 修
Osamu Wakatsuki
前・軌道技術研究部
軌道構造研究室
主任研究員
[専門分野] レール締結装置、軌道部材

はじめに

直結系軌道用のレール締結装置のうち、直結8形レール締結装置はレール位置調節機能が優れており、新幹線等での多くの敷設実績に基づく信頼性などから、現在明かり区間用のスラブ軌道用レール締結装置の事実上の標準となっています。しかし、レール交換をはじめとする軌道作業時に締結ばねおよび締結ボルト・ナットを着脱する必要があり、また締結時のトルク管理が必要である等、多くの労力を必要としているのが現状です。

本稿では、レール交換作業時に締結ばねおよび締結ボルトの着脱作業を不要とすることを目的に開発した、プリセット機能を有する新型レール締結装置の概要、および本レール締結装置適用時の締結状態の判定指標に関する検討について紹介します。

直結8形レール締結装置の変遷

現在広く使用されている直結8形レール締結装置の前身となったのが直結5形レール締結装置(図1)です。

直結5形レール締結装置は旧国鉄においてスラブ軌道の明かり区間用として開発されたレール締結装置であり、軌道スラブ上に絶縁板を介しアンカーボルトを用いて締結したタイププレート上にレールを締結する構成です。タイププレートにはショルダー部が設けられており、締結ばね側では横圧に抵抗しない構成となっています。また、スラブ軌道において通り調整量が±10mm、高低調整量が+30mmと十分な調整量を有しており、スラブ軌道の明かり区間における初期の代表的なレール締結装置でした。しかし、締結ばねの構造上、使用中に締結ボルト・ナットが緩む、あるいは脱落するという問題があったため、直結5形レール締結装置

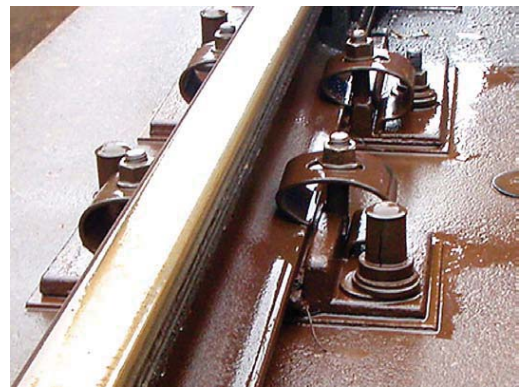


図1 直結5形レール締結装置

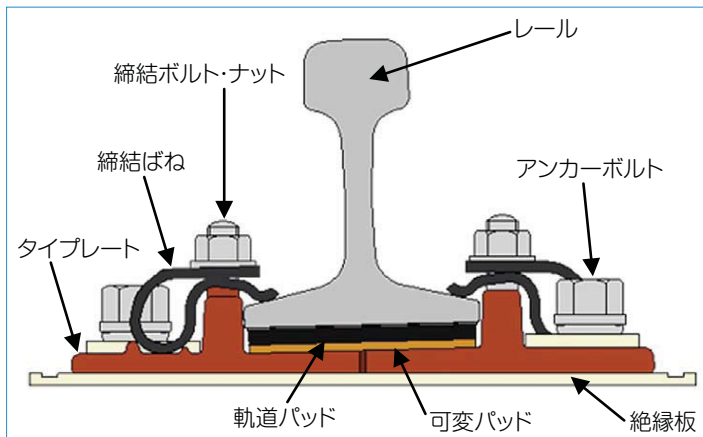


図2 直結8形レール締結装置(直結8改形(低))

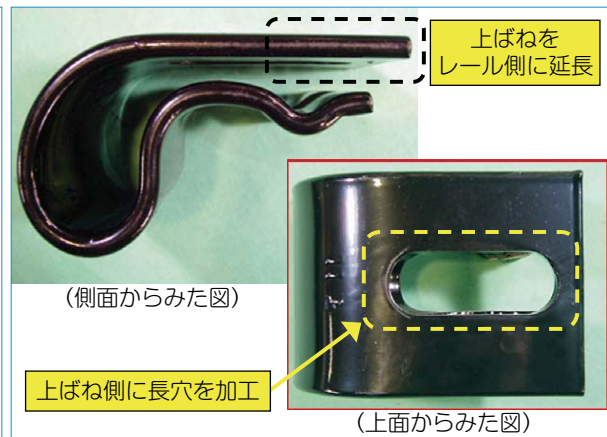


図3 設計した締結ばね

の締結ばねの改良を主として開発されたのが直結8形レール締結装置です。

直結8形レール締結装置は開発から30年が経過し、タイププレートの定着方法の変更(埋込カラー・Tボルト方式から埋込栓・六角ボルト方式へ)や軌道パッドの低ばね定数化に伴う締結ばね形状の変更等、機能面で多くの改良が施され現在に至っています^{1)~4)}。一例として、**図2**に近年整備新幹線の軌道で多く使用されている直結8改形(低)レール締結装置の概要を示します。

新型レール締結装置開発の背景

このように、信頼性やレール位置の調節機能の高さ、レールの高さ方向の調整に際しレール押さえ力のコントロールが容易な点等から、直結8形レール締結装置は国内の新幹線には勿論のこと、台湾新幹線のスラブ軌道にも採用され広く使用されています。しかし近年、軌道の保守・管理の低コスト化の観点からレール締結装置の緊締・緩解作業の機械化の要望が多くあります。この作業の機械化にあたり、締結トルクによる制御等、これまで多くの方策が試みられましたが、締結ばねの締結状態の判定が非常に困難であり、有効な方策が確立されないままでした。

またレール交換時には、まず旧レール取り外しのために締結ボルト・ナットを緩解して締結ばねを取り外し、

レール交換後に再度締結ばねおよび締結ボルト・ナットを取り付けて緊締するという一連の作業が必要となり、多くの労力・時間を要していました。このため、夜間の作業時間が十分に確保できない場合でもレール交換の延長を伸ばせるように、締結ばねの着脱を不要とする機能が求められていました。

そこで、現行の直結8形レール締結装置を基本とし、レール締結装置の締結ボルト・ナットの緊締・緩解作業の機械化による連続施工を実現しました。これにより作業時間の短縮を図り、かつ締結ばねおよび締結ボルト・ナットを着脱することなく一時的にレール交換に支障しない位置に締結ばねを移動し保持する「プリセット状態」を実現する新型レール締結装置を開発しました。

新型レール締結装置の開発

(1) 開発の前提条件

前節に示した背景を踏まえ、開発するレール締結装置の設計の前提条件を次に示すように決めました。

- ①既設のタイププレートより下側は、現在敷設されているものから変更しない。
- ②締結ボルト・ナットにおけるトルク管理が不要、もしくは省力化される機能を有する。
- ③締結ばねにプリセット機能を備える。
- ④レール交換時の機械施工に対応する。

①の前提条件は、使用するユーザーからの強い要望により、部材コストの低減および施工性の観点から、レール締結装置の全ての部材を新規に設計し交換するのではなく、現行の直結8形レール締結装置のタイププレートより下部の構成部材を既設のまま変更しないということです。したがって、検討対象はレール締結装置用の締結ばねおよび締結ボルトのみとし、プリセット機能の実現のための締結ばねおよび締結ボルトの形状を検討しました。

また、機械施工にあたって重要となる締結ばねの締結状態の判断指標について、現行の直結8形レール締結装置で締結状態の判断に用いている締結ボルト・ナットの緊締トルクに加えて締結ばねの上ばね上面における変位量や締結ナットのナット回転角が適用可能かを検討しました。

(2) 締結装置の設計

前述した前提条件を踏まえ、締結ばねのプリセット機能を実現するため新型レール締結装置用の締結ばねおよび締結ボルトを新規に設計しました。以下にその概要を示します。

①締結ばね

前提条件である締結ばねのプリセット機能を実現するための形状を検討した結果、**図3**に示すような形状の締結ばねを新規に開発しました。現行の直結8改形(低)レール締結装置の締結ば

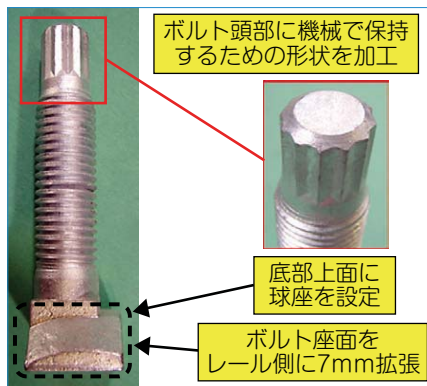


図4 設計した締結ボルト

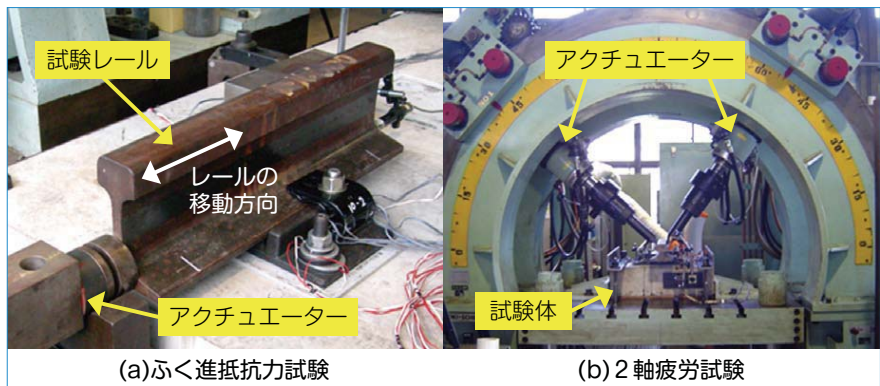


図5 性能確認試験の実施状況

ねの断面形状を基本とし、かつ、前提条件である締結ばねのプリセット機能を実現するための形状を検討しました。その結果、締結ばねの上側（上ばね）の先端をレール側に延長して長穴を設け、下側（下ばね）の先端形状を凹状とすることで、締結ボルト・ナットを完全に緩解して取り外すことなく締結ばねをレール交換に支障しない位置に移動することができ、かつ、その位置で締結ボルトを緊締することで締結ばねをタイプレートのショルダー部に固定する機能を実現しました。

②締結ボルト

プリセット機能に対応した新規の締結ばねの形状に合わせて形状を検討した結果、図4に示すような形状の締結ボルトを開発しました。

プリセット機能に対応するため、締結ボルトの底部を従来の直結8形レール締結装置の締結ボルトよりレール直角方向のレール側に7mm拡張しました。また、現行の直結8形レール締結装置と同等のレール位置調整機能を実現するため、レール下で10mmの高低調整量を確保する必要があります。高低調整量が増大すると締結ばねがレールを押さえる位置が変化するため、締結時の締結ばねの姿勢が変化します。このため、締結ボルトにはこの姿勢変化に追従する性能が求められることから、締結ボルトの底部上面に球面の一

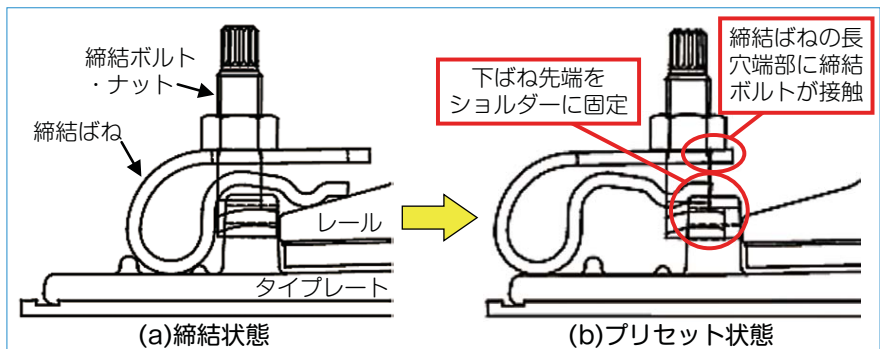


図6 プリセット機能の概要

部となる加工（球座）を施し、締結ばねの姿勢変化に応じて締結ボルトとタイプレートとの接触状態が常に一定となるようにしました。また、締結ボルトの先端には機械施工時の作業性向上を目的として、施工機械による締結ボルトの保持を確実に行うためにチャックや固定を容易にする形状を施しました。

(3) 締結装置の性能確認試験

設計した締結ばねと締結ボルトを試作し、新型レール締結装置を組み立てて一連の性能確認試験を実施しました。図5に試験状況の一例を示します。

試験の結果より、いずれの試験項目についても照査を満足、あるいは目標値を満たすことを確認し、新型レール締結装置を実軌道へ適用しても耐久性や走行安全性上問題のないことを確認しました。

プリセット機能の概要

図6に設計した締結ばねと締結ボルト

により実現するプリセット機能の概要を示します。

図6 (a) に示すように所定の締結状態にあるレール締結装置の締結ボルト・ナットを緩解し、締結ばねをレール直角方向でレールと反対側に移動させ、図6 (b) に示すように締結ばねの上ばねに施した長穴の端部と締結ボルトが接触した状態で、かつ、下ばね先端がタイプレートショルダー部に固定された状態でナットを緊締することによりプリセット状態を実現しています。この状態では、レール交換時にレールが鉛直方向に移動しても締結ばねの上ばね先端が支障しないように寸法的な余裕が確保されています。

締結状態の判断指標に関する検討

新型レール締結装置の締結ばねの締結状態を判断する方法とその指標について、信頼性の高い判断指標として締

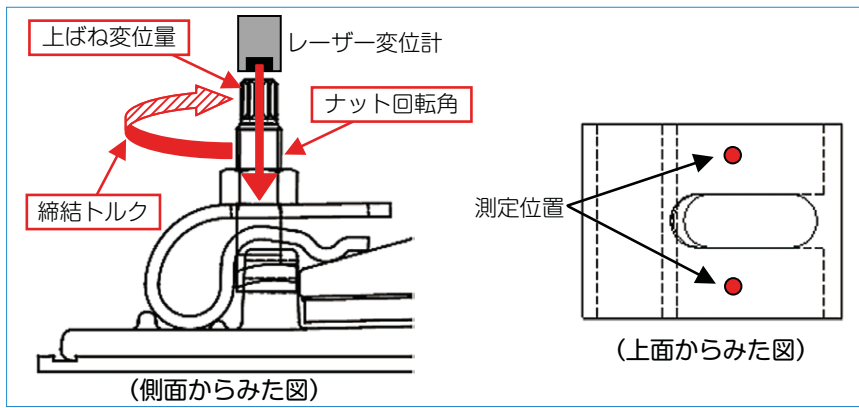


図7 組立試験の概要

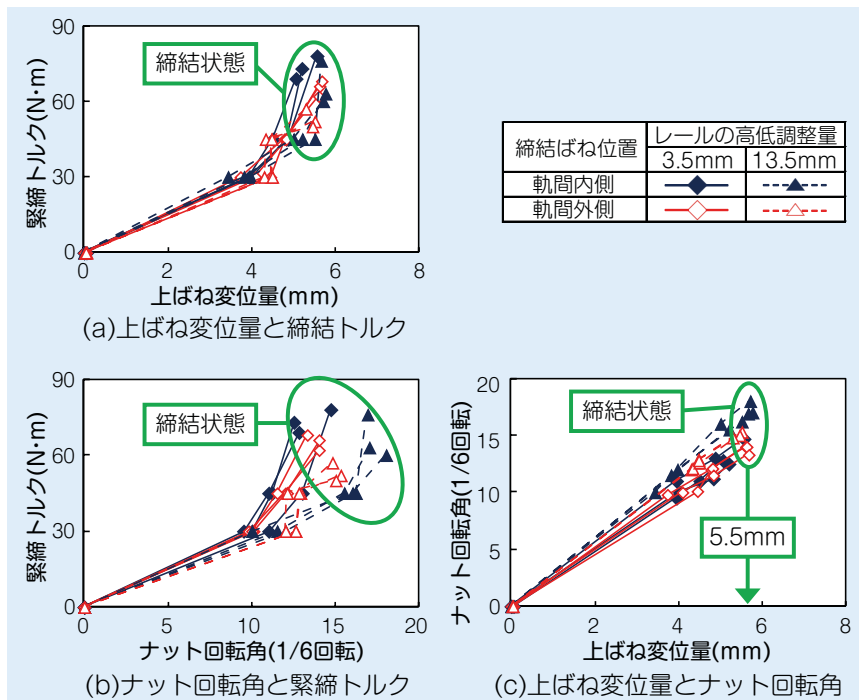


図8 組立試験の結果

結ばねの上ばねの変位量およびナット回転角に着目し、現行の管理指標である締結トルクとの比較を中心に検討を行いました。

具体的には、新型レール締結装置の組立試験を実施し、トルクレンチを用いて緊締トルクを確認しながら締結ボルト・ナットを緊締し、締結ばねの上ばねと下ばねが接触した状態、つまり「締結状態」となるまでの締結ばねの上ばね変位量やナット回転角との関係を把握しました。図7に試験概要を示します。上ばね変位量は、図中に

示す2点においてレール締結装置の上方に固定したレーザー変位計を用いて1/100mm単位で測定しました。なお、締結ばねを締結する前の状態を変位量0mmと定義しました。ナット回転角については、人の手の力で締めることが可能な位置まで緊締した状態のナットの締結位置を「手締め状態」と定義し、この手締め状態を起点とするナットの回転角を1/6回転単位で計測しました。

その結果、図8に示すように、締結状態においては上ばね変位量のばらつきが最も小さく、新型レール締結装置の締

結状態の判断指標としては最も適切であることがわかりました。ただし、上ばね変位量を判断指標とする場合は、施工機械上から上ばね変位量を確実に検知する手法を検討する必要があります。

なお、施工機械側でこれらの指標を用いて締結状態の判定を具体的にどのように実現するかという点については今後更に検討が必要です。

おわりに

本稿では、機械施工を実現するため軌道作業時に締結ばねのプリセット状態を実現する新型レール締結装置について、その開発の背景や経緯、プリセット機能、性能確認試験による実軌道への適用性の検討等について紹介しました。

なお、本レール締結装置については現在、営業線の軌道に試験敷設を実施しており、今後継続して調査を行う予定としています。[RRR]

文献

- 1) 甲斐総治郎：「スラブ軌道用締結装置—特に絶縁板について—」，鉄道線路，第27巻第12号，日本鉄道施設協会，1979.12
- 2) 梅田静也：「レール締結装置の調整機能と施工保守の留意点—設計者の立場から—」，鉄道線路，第30巻第4号，日本鉄道施設協会，1982.4
- 3) 大竹敏雄：「最近の締結装置の改良」，鉄道線路，第33巻第8号，日本鉄道施設協会，1985.8
- 4) 永田聡，中村龍次：「新幹線スラブ軌道建設における技術開発」，日本鉄道施設協会誌，第49巻第5号，日本鉄道施設協会，2011.5