

本設利用工事桁用レール締結装置の開発

軌道技術研究部 軌道構造研究室
副主任研究員 弟子丸 将

1. はじめに

近年、工事桁を撤去せず本設構造物の一部として利用する本設利用工事桁について多くの方式が提案、実用化されている。このうち、主桁に合成まくらぎを設置した横桁を取り付け工事桁とし本設化する「マクラギ抱き込み式」の本設利用工事桁については、工事期間中に工事桁として供用している期間は橋まくらぎ構造、本設化後は直結構造と軌道構造が変化するため、いずれの構造にも対応可能で、かつ本設化の際に必要なレール調整量を実現するレール締結構造が要求されていた。本研究では、これらの要求を満足し「マクラギ抱き込み式」の本設利用工事桁に適用可能なレール締結構造を開発し、その性能照査を実施して実軌道への適用性を確認した。

2. 本設利用工事桁の概要

現在、線路下の横断構造物の新設など、鉄道工事において既存の線路直下の開削工事等を行う際、軌道を仮受けする方法として工事桁工法が多く用いられている。工事桁は仮設構造物であるため既設の軌道を撤去した後に敷設し、構造物の新設後に軌道を復旧する際には撤去するなど、多くの費用と工期を要するという問題があった。これに対し、工事桁を架設し構造物を新設した後、工事桁自体を本設の構造物の一部としてそのまま利用する本設利用工事桁はコストダウンおよび工期短縮に資することから、これまでに多くの方式が提案、実用化されている。

このうち、工事桁に作用する荷重の軽減や施工上の制約を考慮して提案された、主桁に合成まくらぎを設置した横桁を取り付けて工事桁とし本設化する「マクラギ抱き込み式」の本設利用工事桁は、図1に示すように工事期間中に工事桁として供用している期間は橋まくらぎ構造、本設化後はコンクリート道床直結構造と軌道構造が変化する。そのため、特にこれらのいずれの構造にも対応可能なレール締結構造で、工事桁から本設構造物に移行する際に締結装置でレール位置を大きく調整できる機能を有するレール締結装置が求められていたが、現用のレール締結装置ではこれらの要請に対応できなかったことから、新たなレール締結装置を開発する必要がある。

そこで、鉄道総研の有する直結系軌道に関する過去の研究成果¹⁾²⁾や知見を基に、マクラギ抱き込み式の本設利用工事桁に適用するレール締結構造を開発した。

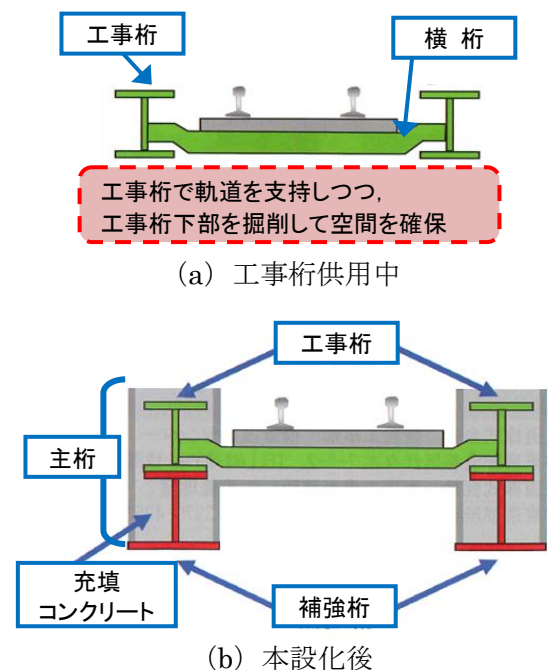


図1 本設利用工事桁の施工手順の例

3. レール締結構造の設計条件

開発するレール締結装置の設計条件を次に示すように定めた。

- ① 工事術と本設化後の両方の軌道構造条件に対応する。
- ② 合成まくらぎを使用し、可能な限り寸法を小さくする。
- ③ 板ばねおよび線ばねクリップを用いた締結方法を検討する。
- ④ タイプレート方式とし、施工性を考慮してまくらぎの埋込栓とボルトによる定着方式とする。
- ⑤ レール通り調整量は軌間内外ともに20mm以上、高低調整量は20mm以上確保する。
- ⑥ レール締結間隔は走行安全性を確保できる範囲内で可能な限り拡大する。

表1 レール締結構造の設計条件

項目		詳細
レール		50kgNレール, 60kgレール
線形		曲線半径 300m 以上 (本線上の最急曲線を考慮)
設計静止軸重		150kN(在来線, 機関車含む)
まくらぎ	種別	合成まくらぎ
	寸法	厚さ・長さ・幅ともに可能な限り小さく
レール締結装置	レール支持	タイプレート式, 埋込栓による定着
	締結ばね	板ばね, 線ばねの両締結方式に対応
	高低調整量	+20mm 以上 ※1
	通り調整量	±20mm 以上 ※2
締結間隔		750mm(現用の直結系軌道と同等)

※1 : 鉛直上向きを正(+)として表記

※2 : 軌間内側を負(-), 軌間外側を正(+)として表記

以上の設計条件を表1にまとめて示す。なお、本研究では開発期間の制約や検討対象となる締結装置の種別が多岐におよぶ点を考慮し、締結装置の構成部材のうちタイプレートとその定着方法のみ新規設計とし、その他の構成部材については極力既存のレール締結装置で十分な使用実績のある部材を用い、それらの組合せにより成立する構造を検討することとした。

4. レール締結構造の概要

3章に示した前提条件を踏まえ、開発した本設利用工事術に適用可能なレール締結装置の概要を以下に示す。

4.1 タイプレートの定着方法

本レール締結構造では、構成部材の共通化を図ることを目的として、締結構造の分類によらずタイプレートの定着方法を合成まくらぎに設置した埋込栓と正六角形のフランジが付いた両ねじボルトによる方式に統一し、かつ、埋込栓の配置について適用区分やレール種別、締結方法によらず統一を図った(図2)。本方式では埋込栓に十分な引抜強度を、両ねじボルトに十分なせん断強度をもたせる必要がある。このため、スラブ軌道用レール転倒防止装置に用いられる穴径24mmの埋込栓を採用し、これと対応する両ねじボルトと組合せることとした。また、調整座金は両ねじボルトとナットにより締結する構造とし、両ねじボルト上部に生じる軸力がフランジより下部に及ばない構成とした。合成まくらぎの最小厚さは埋込栓の寸法と安全余裕を考慮して140mmとした。幅・長さは、一般部用は最小化を図り、幅200mm、長さ2000mmとし、継目部用ではタイプレート寸法に合わせて幅を300mmとした。

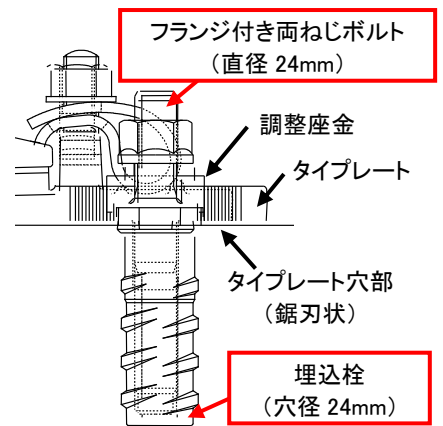


図2 タイプレートの定着方法
十二角の加工部

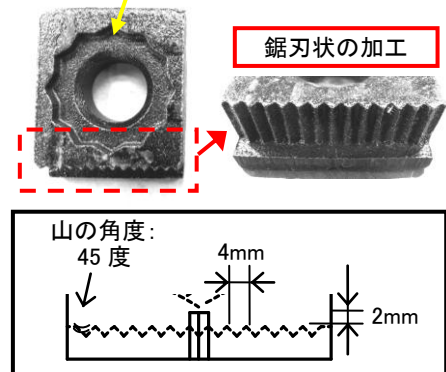


図3 加工部の詳細

4.2 レール位置の調整機構

レールの通り調整は、少ない部品数で複数の調整量に対応できる点と、調整作業時の施工性向上を考慮し、タイププレートと調整座金の双方に設けた鋸刃状の加工（図3、山のピッチ：4mm）の組合せによるラック式調整機構を採用し、調整座金を反転することで2mm刻み、標準締結位置から軌間内外にそれぞれ最大20mmの調整量を実現した（図4）。なお、調整座金の下面には十二角状の凹形状の加工を施し、両ねじボルトのフランジ部と調整座金が密着し両ねじボルトの緩みを防止する構造とした。

レールの高低調整に関しては、板ばね・線ばね締結ともにレール・タイププレート間に設置する可変パッドもしくは調整板で標準締結位置から10mm、タイププレートと合成まくらぎ間に挿入する調整用鋼板（厚さ10mm）および調整座金下部に挿入する扛上用座金を併用して10mm、合計で最大20mmまで調整可能な構成とした（図5）。

4.3 適用区分と締結方式

継目部を除く一般部用のうち板ばね締結方式については、既にスラブ軌道で十分な実績を有する直結8形レール締結装置（一般形）を、線ばね締結方式については、過去に実用化されている直結系軌道用の線ばね形レール締結装置を基本とした（図6）。

板ばね締結ではタイププレート上に台形状の切欠きを加工したショルダー部を設け、既存の直結8形レール締結装置用の締結ボルト・ナットおよび締結ばねの適用を可能とした。また、線ばね締結ではタイププレート上に線ばねクリップ締結用のショルダーを設けた。

継目部用については、支持構造をかけ継ぎとし、普通継目と接着絶縁レールを適用する際の板ばね・線ばね締結の2種類について検討を行った。その結果、線

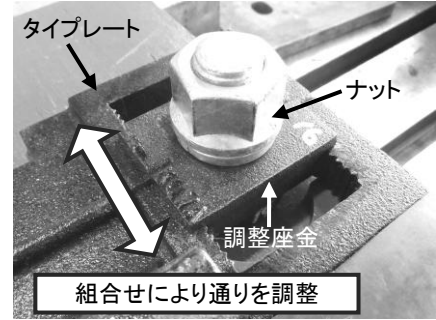


図4 通り調整機構の概要

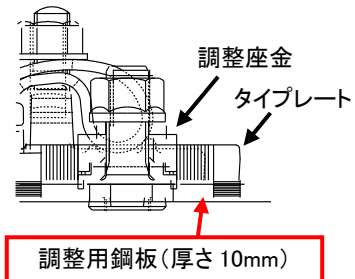
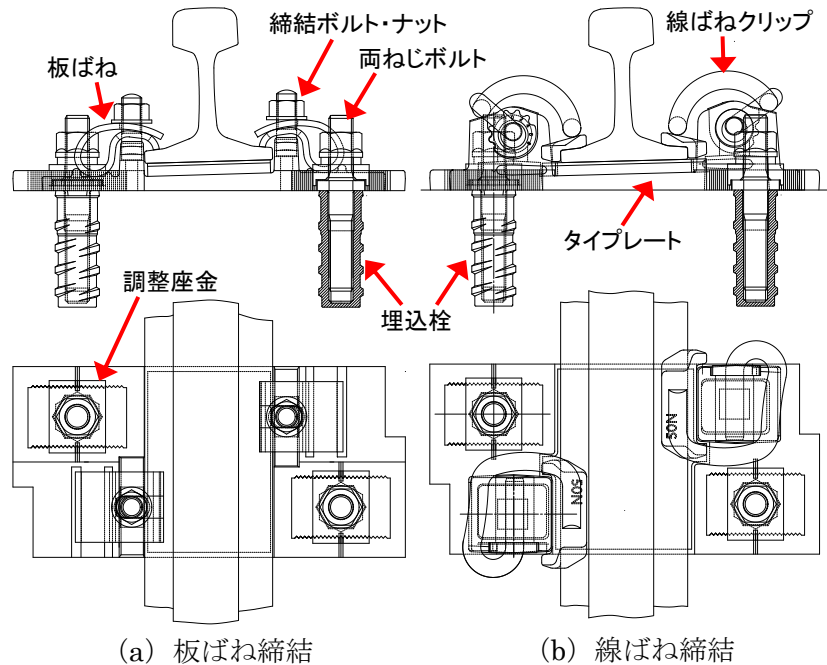


図5 高低調整機構の概要



(a) 板ばね締結 (b) 線ばね締結
図6 開発したレール締結装置（一般部用）

ばね締結方式は既存の部材の組合せでは継目板と線ばねの干渉により幾何的に成立せず、また干渉する部材を改良する場合は締結ばね等の部材の新規設計・性能照査が必要となることが明らかとなり、実現可能性が高いと判断した板ばね締結方式の設計および照査を行った。

5. レール締結構造の性能確認試験

5.1 軌道標準に基づく性能照査

開発したレール締結装置の性能照査を「鉄道構造物等設計標準 軌道構造」に基づき実施した。表3にレール締結装置の要求性能と性能項目、および照査結果を示す。疲労破壊に関する安全性の照査における応答値の算定では、一般部用についてはレール締結装置一

組に対する静的載荷試験による方法を、継目部用については実軌道を模擬した試験軌道に対する静的載荷試験による方法を採用した。照査の結果、いずれの適用区分・締結方式のレール締結装置についても要求性能を全て満足し、実軌道への適用に際し問題の無いことが分かった。

5.2 ふく進抵抗に関する検討

直結系軌道で重要となるふく進抵抗力の検討を行った。表4に試験結果を示す。線ばね締結方式では締結装置一組あたり6.2kN、締結間隔750mm換算で8.3kN/m/レールとなり、直結系軌道におけるロングレール縦荷重の目標値5kN/m/レールを超過した。したがって、線ばね締結方式を採用する場合は構造物側の設計で考慮する必要がある。なお、板ばね締結方式ではレール締結間隔に応じて締結トルクを調整することで所定のふく進抵抗力を実現できることを確認した。

5.3 埋込栓引抜強度に関する検討

合成まくらぎに配置した埋込栓の引抜強度を確認する目的で、合成まくらぎの埋込栓に締結した両ねじボルトをアクチュエーターで静的に引張り、荷重と変位の関係を測定した。図7に測定結果を示す。埋込栓の引抜強度は明確に規定されていないが、JISにおいて合成まくらぎに締結したねじくぎの引抜強度が30kN以上とされており、この値と比較して十分な強度を有していることを確認した。

6. まとめ

本研究では、仮設構造物である工事桁を撤去すること無く本設の構造物の一部として利用する本設利用工事桁のうち、「マクラギ抱き込み式」に適用するレール締結構造について設計条件を検討し、一般部用および継目部用のレール締結構造を設計した。また、試作したレール締結構造の性能照査を実施し、実軌道に適用可能であることを明らかにした。

[参考文献]

- 1) 阿部則次, 若月修, 田淵剛: 調整量を拡大した直結軌道用レール締結装置の開発, 鉄道総研報告, 第18巻3号, 2004年3月
- 2) 若月修, 小佐野浩一, 阿部則次: 位置調整可能な橋まくらぎ用レール締結装置の開発, 鉄道総研報告, 第22巻8号, 2008年8月

表3 性能照査項目と照査結果

レール締結装置の分類 ^{※1}	安全性		使用性
	疲労破壊 ^{※2}		電気抵抗 ^{※2}
一般部用	板ばね締結	○	○
	線ばね締結	○	○
継目部用	板ばね締結	○	○

【凡例】○:要求性能を満足する ×:要求性能を満足しない

※1 いずれも60kgレール用と比較して応答が大きくなる50kgNレール用を照査対象とした。

※2 調整量はその照査項目で最も厳しくなると考えられた条件に設定した。

表4 ふく進抵抗力の測定結果

締結方式	板ばね				線ばね
	50	60	70	80	-
締結トルク(N・m)					
ふく進抵抗 [*] (kN/組)	3.2	3.2	3.8	4.7	6.2

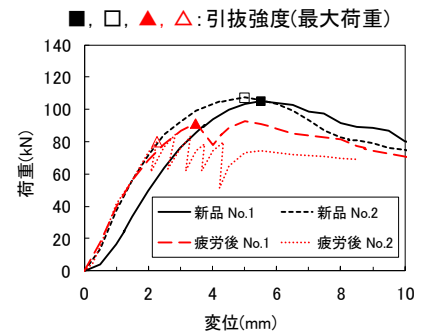


図7 引抜強度試験の結果