

レール締結装置の機能と 保守省力化の取り組み



玉川 新悟
Shingo Tamagawa
軌道技術研究部
軌道構造研究室
主任研究員



山岡 大樹
Daiki Yamaoka
軌道技術研究部
軌道構造研究室
研究員



弟子丸 将
Tadashi Deshimaru
軌道技術研究部
レールメンテナンス研究室長

はじめに

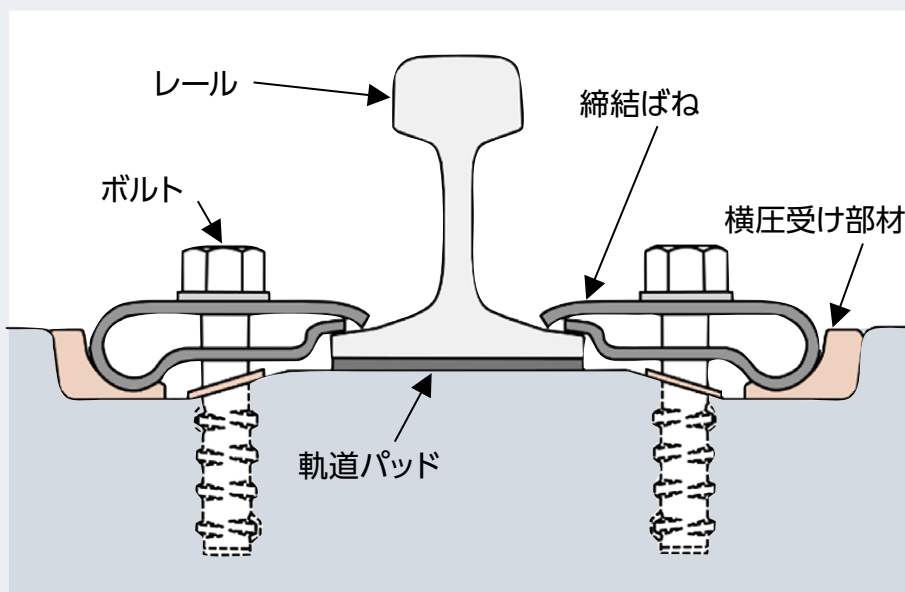
レールをまくらぎなどに固定するための軌道材料をレール締結装置といいます。レール締結装置は、2本のレール間の距離が拡大・縮小しないようにレールを保持し、車両からレールに伝わる力や振動に抵抗する役割を担っています。一般的なレール締結装置は、レールを押さえる締結ばね、鉛直方向の力を緩衝する軌道パッド、横方向の力に抵抗する横圧受け部材などで構成されています(図1)。

現在、日本国内で使用されているレール締結

装置は、JR各社で100種類以上、公営や民営鉄道を含めると200種類に達します。レール締結装置の種類が多い理由は、レールの変遷に応じて開発が進められてきたことや、[バラスト軌道](#)^①や[スラブ軌道](#)^②など、対象とする軌道構造により、要求される機能が異なる点などが挙げられます。

本記事では、レール締結装置の基本的な機能や試験方法について概説した後、近年、鉄道総研が保守省力化の観点から開発したレール締結装置について紹介します。

図1 レール締結装置の構成例



① バラスト軌道

バラストと呼ばれる砕石や砂利でレールとまくらぎを支持する軌道構造を言います。最も一般的な軌道構造ですが、バラストの劣化により線路にゆがみが生じるため、定期的に補修作業を行う必要があります。

② スラブ軌道

軌道スラブと呼ばれるコンクリート製の部材でレールを支持する軌道構造を言います。バラスト軌道で必要となる定期的な補修作業を低減するために開発された省力化軌道の一つになります。

表1 レール締結装置に求められる主な機能

項目	具体的な機能
軌間の保持	まくらぎなどの支承体にレールを固定する
支承体の保護	レールから支承体に伝わる衝撃力を緩和する
荷重分散効果	車両からレールに伝わる荷重を適度に分散させる
振動低減効果	レールから伝わる振動を低減する
横圧強度	レールから伝わる横方向の力（横圧）に抵抗する
小返り強度	レールの小返りに抵抗する
軌きょう剛性	レールの水平面内の回転に抵抗する
ふく進抵抗力	レールから伝わる長手方向の力に抵抗する
調整性	レール位置の上下・左右方向の調整を可能にする
電気絶縁性	レールと支承体の間を電氣的に絶縁する
調達性・汎用性	大量生産が可能で安価である

レール締結装置の機能

表1にレール締結装置に求められる主な機能を列挙します。これらの機能を1つのレール締結装置が全て満足する必要はありません。対象とする軌道構造により、重要となる機能が異なることから、必要な機能を取捨選択したうえで、レール締結装置を開発することになります。一例として、バラスト軌道用とスラブ軌道用のレール締結装置では、「ふく進抵抗力」や「調整性」の機能に大きな違いがあります。ふく進抵抗力とは、レールのふく進[☞]に対する抵抗力になります¹⁾。バラスト軌道では、レールとまく

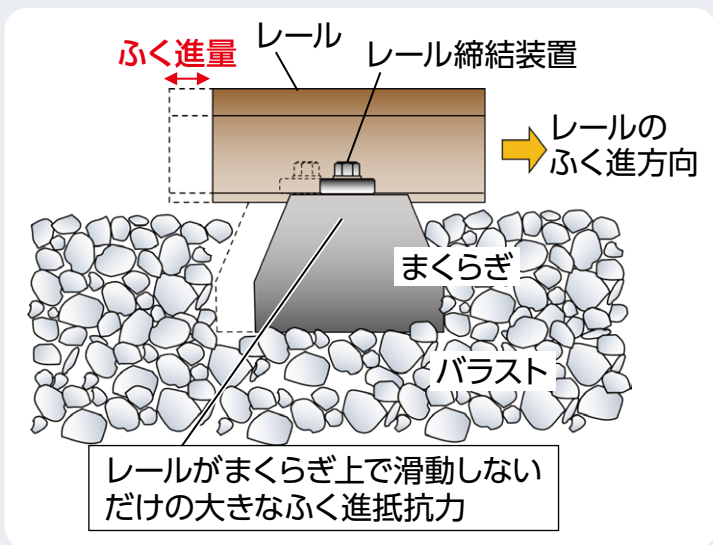
らぎの間に設置した軌道パッドがレールのふく進により抜け出すことを防ぐために、レールとまくらぎを強固に締結し、レールがまくらぎ上で滑らないだけのふく進抵抗力が要求されます(図2(a))。一方、スラブ軌道では、ふく進抵抗力を小さくすることで、あえてレールを軌道スラブ上で滑らせます(図2(b))。これにより、レールから軌道スラブに伝わる長手方向の力を小さくして、下部構造物が損傷するのを防いでいます。

つぎに、調整性について、バラスト軌道では、上下左右のレール位置のずれに対して、レール

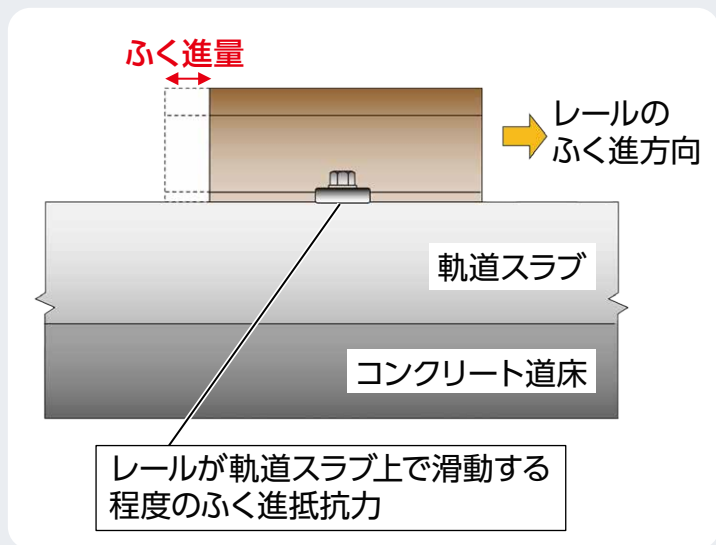
☞ ふく進(レールの)

レールがその長手方向に移動することを言います。レールのふく進は、気温変化によるレールの伸縮や、列車走行時に伝わる力や振動により発生することが知られています。

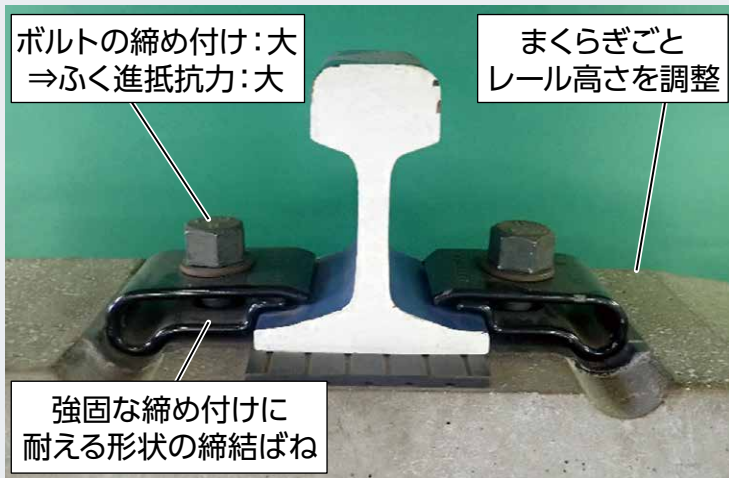
図2 バラスト軌道とスラブ軌道におけるレールのふく進抵抗力



(a) バラスト軌道



(b) スラブ軌道



(a) バラスト軌道用(5N形締結装置)



(b) スラブ軌道用(直結8形締結装置)

図3 バラスト軌道用とスラブ軌道用のレール締結装置の例

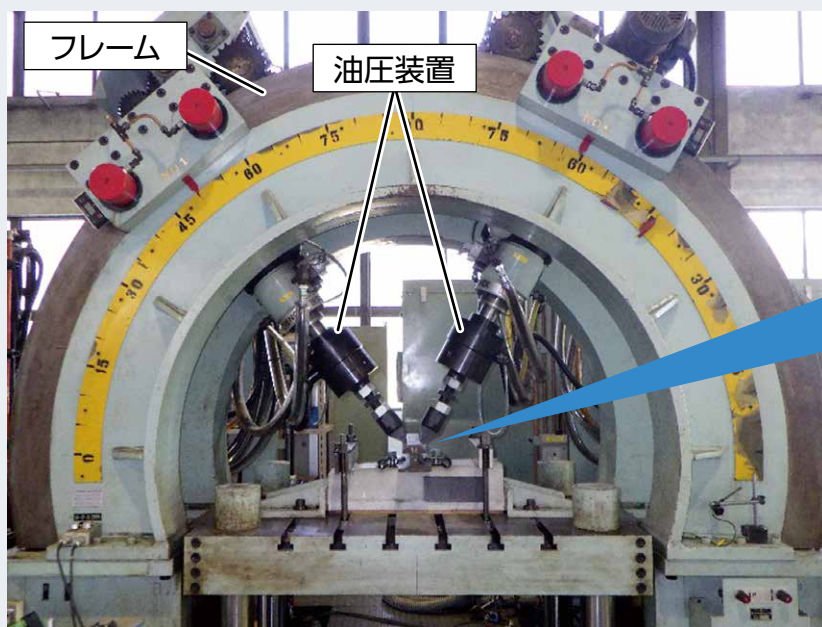
をまくらぎごと位置調整することが可能ですが、スラブ軌道では、軌道スラブごとレールを移動することはできません。このため、スラブ軌道用のレール締結装置には、バラスト軌道用と比較して、十分なレール位置の調整機能が必要となります。

以上を踏まえて、両種のレール締結装置では、締結ばねの形状や構成部材、適正なボルトの締め付け具合などに工夫がされています(図3)。

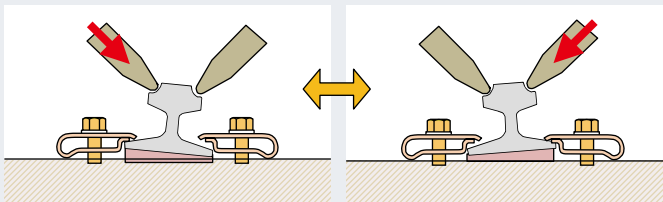
レール締結装置の性能確認試験

2012年に発行された鉄道構造物等設計標準・同解説 軌道構造²⁾では、レール締結装置に要求される性能とその確認方法が国土交通省監修のもとで明文化されました。これに基づき、鉄道総研では、図4に示すレール締結装置用の試験機を用いて、レール締結装置の性能を確認しています。本試験機は、フレームに沿って移動可能な2台の油圧装置を有し、斜め方向の力を

図4 レール締結装置用の試験機



2方向から交互に载荷



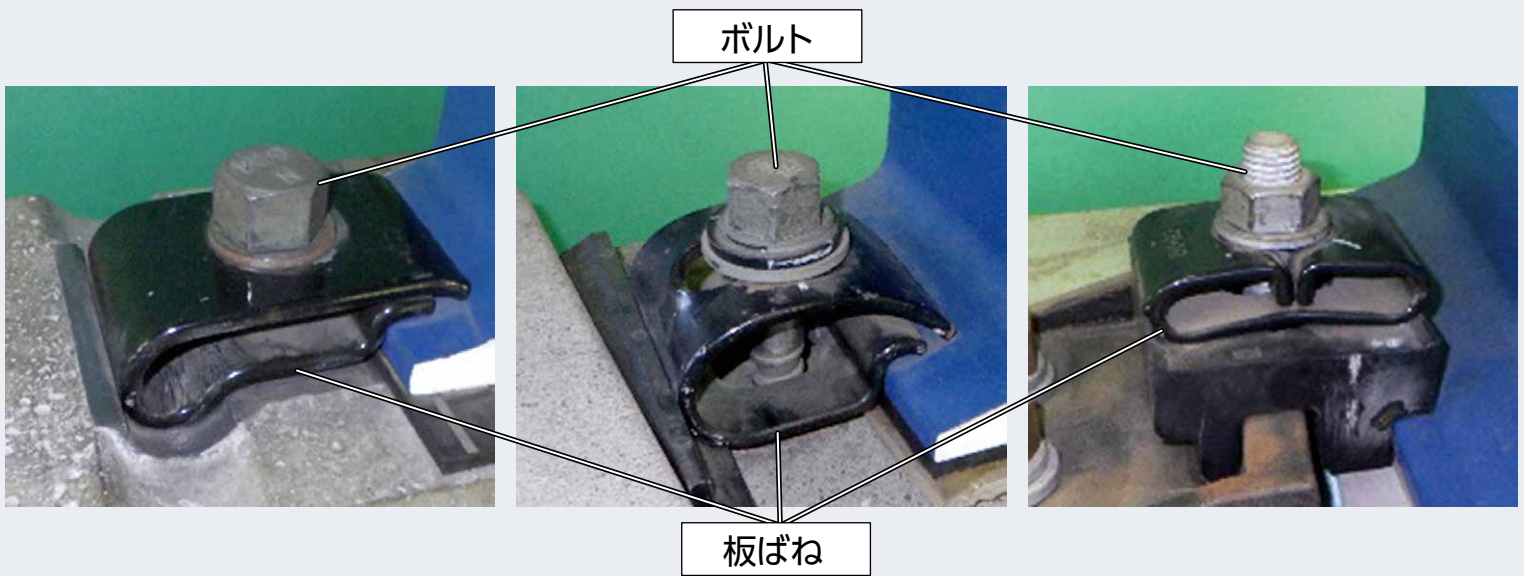


図5 ボルトで板ばねを締結する方式の例（国内で開発）

レールの内側と外側の2方向から交互に载荷することができます。斜め方向の力は、1つの車輪からレールに作用する鉛直方向と横方向の合力を意味します。また、2方向からの载荷は、急曲線を台車の前と後ろの車輪が通過した際に、レールを外側と内側へ傾かせる力の発生があることを想定したものです。本試験機は、主に列車荷重の繰り返し作用に対するレール締結装置の強度を確認する際に使用します。具体的には、試験対象であるレール締結装置を組み立てた状態で、列車荷重を模擬した力を2方向から交互に作用させ、レールの横方向の移動量と締結ばねにかかる負荷が所定の限度内であることを確認します。さらに、荷重を100万回繰り返し作用させた後に、レール締結装置を構成する各部材に異常がないことを確認します。その他、本試験機を用いて、前述のふく進抵抗力の測定など、各機能の確認試験を行っています³⁾。

現在、新しく開発したレール締結装置を日本

へたり（締結ばねの）

過度な力や繰り返しの力が作用することで、力を除荷しても元の形状に戻らない変形が生じることを言います。締結ばねのへたりは、ボルトの緩みの原因にもなります。

国内で適用できるか否かの判断は、このように試験を行い、確認することを基本としています。

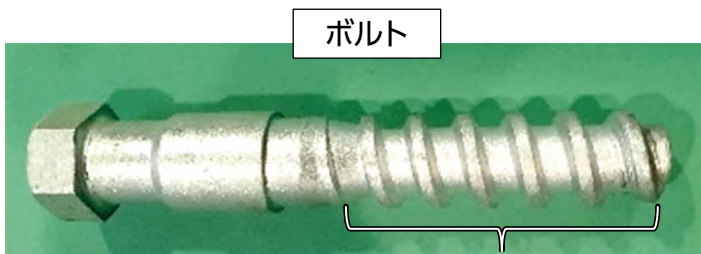
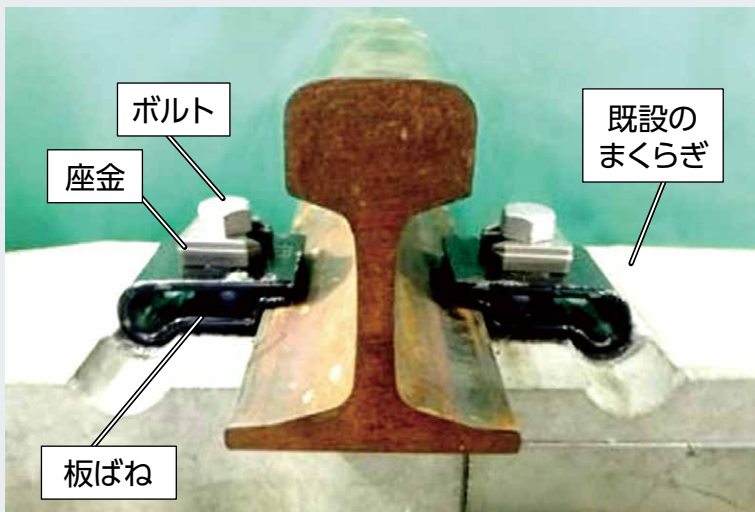
ボルトの保守管理が不要な レール締結装置の開発

日本国内で開発され、広く普及しているレール締結装置は、板ばねと呼ばれる締結ばねをボルトで締め付ける方式を採用しています（図5）。この方式の利点は、ボルトの締め具合により、レールを押さえる力の調整が可能なこと。これにより、構成部材の摩耗やへたり^④などの変状に対して、ボルトの増し締めをすることで押さえる力を維持できます。ただし、この方式では、ボルトの緩みや、錆によるボルトの固着が発生する可能性があるため、定期的なボルトの締め直しや、防錆油^⑤の塗り直しなどの保守管理が必要となります。

一方、海外で開発されたレール締結装置の中には、ボルトを使用しない無螺締式^⑥と呼ばれるものがあります。この方式の利点は、先ほど説明したボルトに関する保守管理が不要な点です。無螺締式として代表的なパンドロール社製の締結装置（図6）は、線ばねと呼ばれる締結ばねをまくらぎに埋設された固定部に挿入するこ



図6 パンドロール社製の締結装置（無螺締式）



接着剤を塗布

図7 ボルトの保守管理を不要とする新しいレール締結装置

とで、レールを締結します。本レール締結装置は、日本国内でも1980年代から導入が始まり、現在、その適用範囲を拡大しています。

ここで、国内ですでに広く普及したボルト式のレール締結装置を、無螺締式のレール締結装置に置き換える場合には、無螺締式に対応した専用のまくらぎに交換する必要があります。コストが掛かります。

そこで、鉄道総研では、既設のまくらぎをそのまま利用し、低コストでボルトの保守管理を不要とする新しいレール締結装置を開発しました(図7)。本レール締結装置は、板ばね、座金、ボルトおよび接着剤で構成され、以下の手順でレールを締結します(図8)。まず、①既設のまくらぎに、接着剤を塗布したボルトを回し入れ、強固に接着します。つぎに、②板ばねをボルトの上からまくらぎ上に設置します。その後、③板ばねの上面を押し下げることで、ボルトの頭部と板ばねの上面の間に隙間を作ります。この隙間に、④座金を設置し、⑤押し下げた力を開放することで、レールの締結が完了します。本方式が従来のボルト式と異なる点は、ボルトをまくらぎに接着して緩みを防止することで、ボルトの保守管理を不要とし、座金の出し入れによってレールの締結と緩解を行う点にあります。本方式を実現するために、専用の締結用工具も合わせて開発しました(図9)。本工具は、この原理により、レールを反力として、板ばねの上面を押し下げ、座金を設置する隙間を作るものになります。

以上で開発したレール締結装置について、前述の性能確認試験を行いました。列車荷重を想定した2方向からの力を作用させた結果、レールの横方向の移

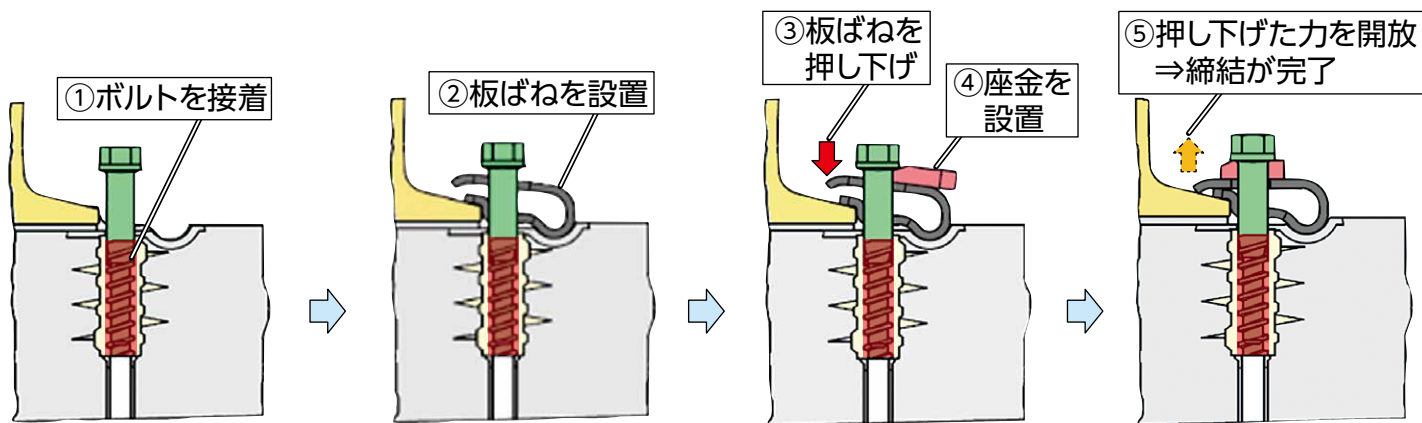


図8 レールの締結過程

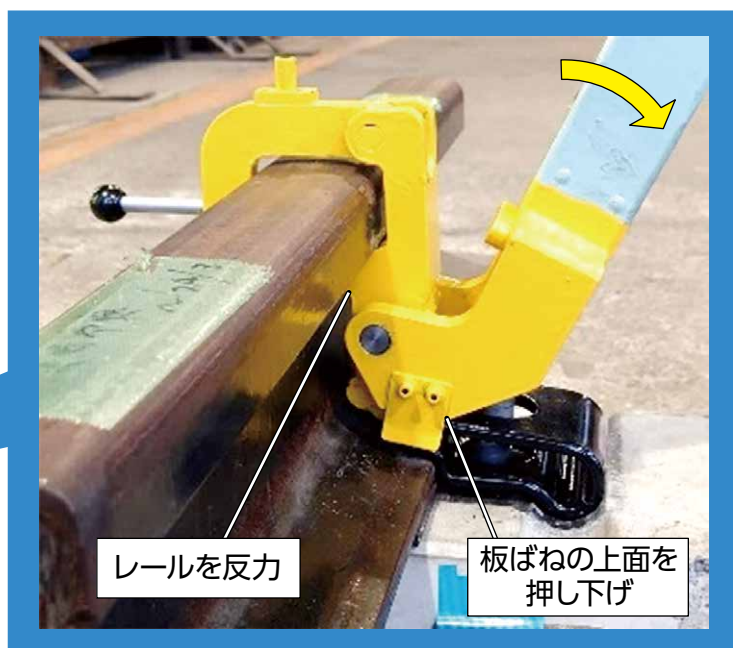
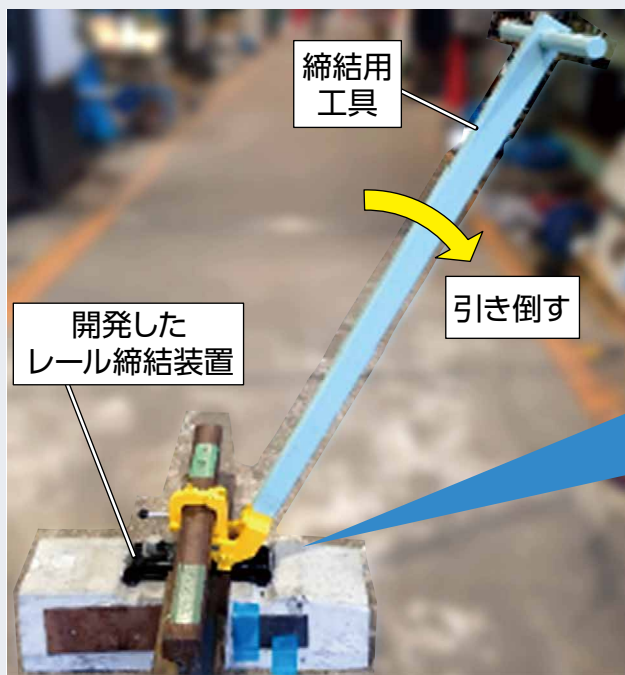


図9 レール締結用工具

動量と板ばねにかかる負荷はいずれも限度内であり、100万回の繰り返し載荷後に、板ばねの折損やボルトの緩み、座金の脱落などの異常は見られませんでした。また、ふく進抵抗力の測定試験を行った結果、バラスト軌道に適用できるだけのふく進抵抗力があることを確認しました。これらを踏まえて、開発したレール締結装置は、現在、営業線に試験敷設しています。今後は、試験敷設後の状況を調査し、必要に応じて改良のうえ、製品化を目指します。

おわりに

レール締結装置は、鉄道の安全・安定輸送を、まさにレールの陰で“支える”重要な軌道材料の一つです。鉄道総研では、今後とも関連する技術開発に積極的に取り組んでまいります。RRR

文献

- 1) 玉川新悟, 弟子丸将, 西宮裕騎, 佐藤大悟, 鈴木実: レールのふく進抵抗力を解明する, RRR, Vol.76, No.5, pp.24-27, 2019
- 2) 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
- 3) 弟子丸将: レール締結装置の試験の手引き, 施設研究ニュース, No.363, pp.5-6, 2020