

### 第66回

# レール締結装置

## はじめに

レール締結装置とは、鉄道システムの中で鉄道特有の軌道を構成する要素のうち、2本のレールをまくらぎなどのレール支承体に締結し、軌間と呼ばれる2本のレール間の距離が拡大もしくは縮小しないよう保持するとともに、車両走行時に車輪を介して軌道に伝達される種々の荷重や振動に抵抗し、これらを下部構造のレール支承体に伝達する装置全体のことを指します(図1)。現在の一般的なレール締結装置は、レールを締結する締結ばね、レールに作用する水平方向の荷重を支持する横圧受け部材および鉛直方向の荷重を支持する軌道パッドなどの部材で構成されています。

日本国内では板ばね方式でボルト締結のレール締結装置が多く開発、使用されてきました。一方、近年ではイギリスやフランス、ドイツなどのヨーロッパ諸国において開発、製造され、

使用実績のあるレール締結装置の導入が進み、適用範囲が拡大しています。

ここでは、レール締結装置の概要について概説しレール締結装置の発展の歴史、および設計・照査の歴史について紹介した後、今後の展望について言及します。

## レール締結装置の機能と種類

レール締結装置に求められる機能は、そのレール支承体の種類や信号などの保安システムの条件などにより異なります。主な機能を列挙すると表1のとおりです。ここに示した機能の全てが理想ですが、機能の中には相反するものもあることから、対象となる軌道の設計条件を勘案し、取捨選択してい

くつかの機能に限定してレール締結装置を設計します。

レール締結装置の分類については、軌道構造、レール形式、線級、線形条件、締結構造など、さまざまな分類方法がありますが、例として、軌道構造の種別で分類した場合はバラスト軌道用と直結系軌道用に分類され、レール支承体の種類によっては木まくらぎ用、PCまくらぎ用、スラブ軌道用、鋼橋直結軌道用の4種類に分類することができます。

また、レール締結装置に使用されている部材の種別も多岐にわたるため、現在JR各社で使用しているものだけでも100種類以上の形式があり、公営鉄道および民鉄で使用されているものを含めると200種類程度に達します。これは対象となる軌道構造の部材・形

表1 レール締結装置に求められる機能

項目	具体的な機能
軌間の保持	支承体上にレールを固定(締結)する
支承体の保護	レールから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
横圧強度	レールから伝わる水平力に抵抗する
耐小返り性能	レールに伝わる荷重によるレールの小返りに抵抗する
軌きょう剛性	レールの水平面内回転に抵抗する
調節性	レール面の高低および通り方向の調節を可能にする
レール押さえ力 ふく進抵抗	レールから伝わるレール軸方向荷重に抵抗する(バラスト軌道) 一定条件下でレールを支承体上で滑らせる(直結系軌道)
電気絶縁抵抗性	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、また、施工性が良好である
振動低減性能	レールから支承体に伝わる振動を低減する

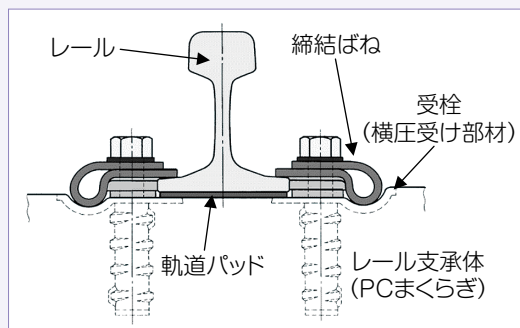


図1 レール締結装置の構成例  
(5形レール締結装置)

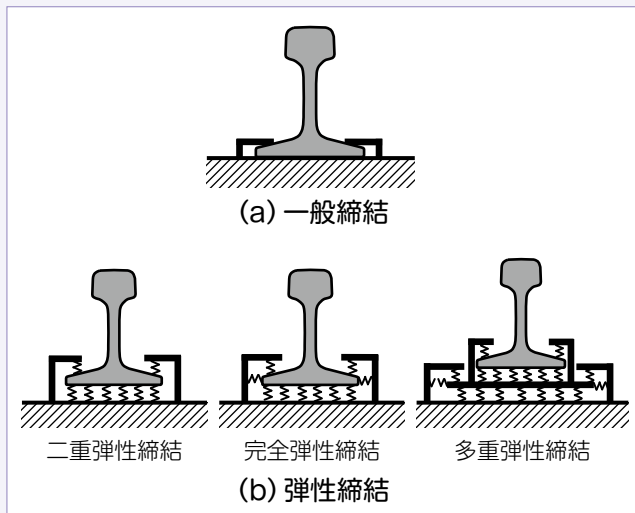


図2 一般締結と弾性締結の概念図

状・種別に基づく物理的な制約やレール締結装置に要求される機能の多様化、製作性、施工性、保守性および経済性などの各要素が複雑に関連しているためです。

## レール締結装置を巡る技術の発展

日本では鉄道の黎明期よりレールの締結方法として木まくらぎに犬くぎもしくはねじくぎを用いてレールを締結する一般締結、いわゆるレールをレール支承体に剛に締結する方式が用いられてきました(図2(a))。

しかし、レール締結装置の機能のうち、この方式で実現されているのは単純な軌間保持に過ぎませんでした。一方、横圧抵抗やレール小返りに対してはタイプレートやレールの軌間外側への移動を抑制する木製のチョックの併用、レールのふく進に対してはふく進を抑制するアンチクリーパーの適用などのように一部の機能をほかの軌道部材と併用することによって実現させる必要がありました。

また、列車の高速化、車両重量の増加、輸送量の増加により増大する軌道破壊に対処するために進められた軌道の強化策であるPCまくらぎ化、レールの

大型化およびロングレール化に対し、一般締結方式のレール締結装置を適用した軌道の保守が困難となっていました。

そこで、レール締結装置の機能向上を目的として開発が進められたのが弾性締結方式(図2(b))です。その主な特徴は次のとおりです。

- 列車走行によるレール変位に追従でき、レール押え力の安定性が得られる。
- レールとまくらぎが常に密着した状態で使用されることから、両者間の衝撃力が生じない。
- 軌道パッドの緩衝効果や振動減衰効果によりレールに生じる動的振動のまくらぎおよび道床への伝達が軽減され、道床沈下などの道床破壊を抑制できる。
- 弾性的にレールを支持することから列車荷重を分散させ、レール締結装置一組に作用する鉛直方向荷重を軽減できる。
- レールの水平方向にも弾性を付与可能であり、横圧を分散させてレール締結装置一組に作用する水平方向荷重を軽減できる。
- 軌道パッドによりレール締結装置

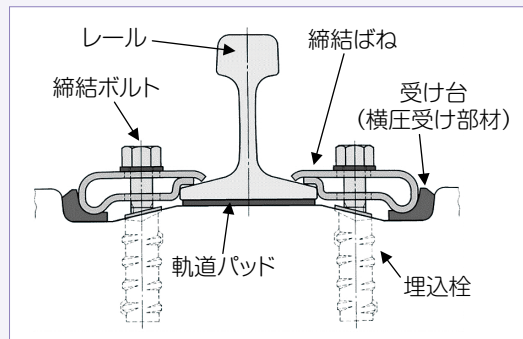


図3 102形レール締結装置

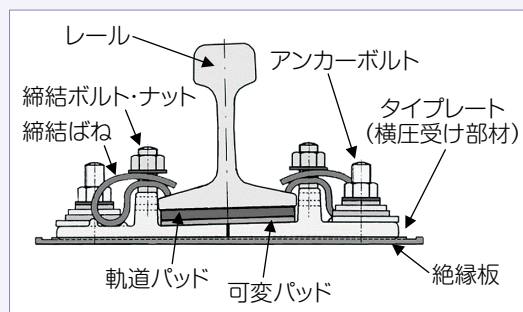


図4 直結8形レール締結装置

に必要となる電気絶縁抵抗性が得られる。

歴史的にみると、1960年代には軌道強化の一環で在来線用の3号まくらぎ、さらに新幹線用の3Tまくらぎなど、現在に至るまで使用されているPCまくらぎが相次いで開発され主要線区に敷設されました。これとあわせてPCまくらぎに適用する弾性締結方式のレール締結装置が開発されました。たとえば、新幹線用に開発された3Tまくらぎ用として採用され、以降のPCまくらぎ用レール締結装置の基本形式となった102形レール締結装置(図3)は、レールの上下に設置したばねで支持する二重弾性締結方式を採用しており、東海道新幹線における210km/h走行を実現した重要な技術の一つとなりました。また、二重弾性締結方式はその後日本のみならず世界の高速鉄道で主流の方式となりました。

さらに1970年代に入ると世界に先駆けて開発された国産の省力化軌道であるスラブ軌道のレール支承体である軌道スラブに対応したレール締結装置

として、直結4形、直結5形および直結7形が開発され、1978年には直結8形レール締結装置(図4)が規格化されました。これらのレール締結装置では二重弾性締結方式が採用されたほか、直結系軌道でとくに必要となるレールの通り・高低の調節性が設計段階から十分考慮され、きめ細やかな保守管理を実現するほか、レールの温度伸縮にともない鉄道構造物に作用する荷重を制限する目的で一定以上の力に対してレールを滑らせる機能を具備しています。とくに、直結8形については開発から30年以上経過した現在でも、種々のマイナーチェンジを経て完成度の高い多機能なレール締結装置として新幹線をはじめとするスラブ軌道などの直結系軌道で多く使用されています。

また、1970年代後半になるとPCまくらぎおよびレール締結装置の損傷劣化が急増したことから、在来線用の各種PCまくらぎ用の5形、9形および

10形レール締結装置の改良設計が行われました。具体的には、板ばねを主とした改良とし、従来の板ばねと比較して、レール押え力の安定化のための締結ばねの先端ばね定数の低減、および締結ばねのボルト穴部の応力緩和と調和を図る目的で、それまで2枚の板ばねを組み合わせて使用してきた締結ばねを一体化した一枚ばねを湾曲させた二重ばね形式化が押し進められました(図5)。以降の締結ばねについてはこの二重ばね形式が主流となっています。

このように弾性締結化、そしてレール支承体の進化とともに発展してきた日本のレール締結装置ですが、近年、前述の海外で開発されたレール締結装置である英国・Pandrol社製のレール締結装置(図6)のような締結ボルトを用いずレールをばねで締結する、いわゆる無螺締式のレール締結装置も使用されるようになってきました。

また、近年では安全性という重要な

機能はもちろんのこと、さらなる付加機能が求められるようになっており、とくに鉄道沿線の環境問題への対応の要請が高まったことから、振動や騒音の低減が期待できる構造・機能を有するレール締結装置が開発され一部適用されています(図7)。

## レール締結装置の性能照査

レール締結装置の設計および性能照査の手法は、旧日本国有鉄道(以下、「国鉄」と称します。)の鉄道技術研究所(以下、「鉄道技研」と称します。)において確立された性能照査が実施されてきました。具体的には、装置の組み立て状態を把握するための「組立試験」、レールのふく進抵抗力を把握するための「ふく進抵抗試験」、レール締結装置周りのばね特性を把握するための「各種ばね定数試験」、疲労耐久性を把握するための「斜角載荷試験」と「二軸

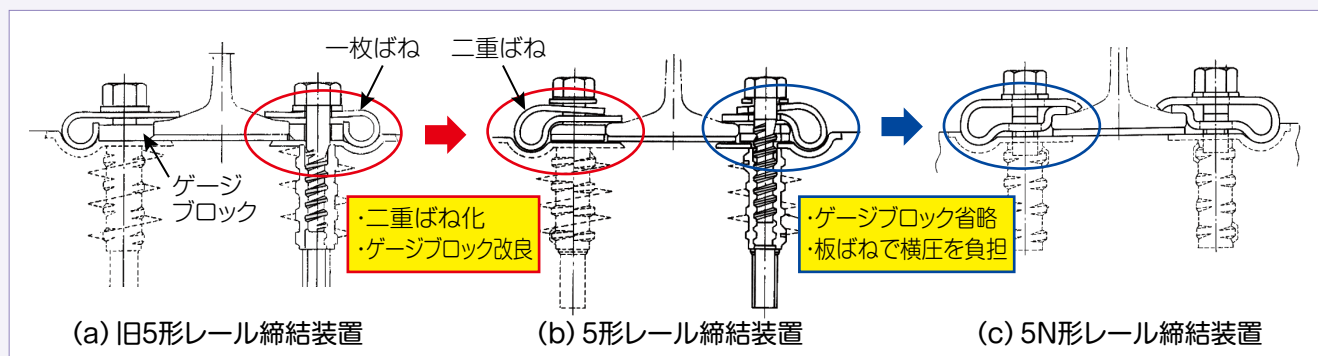


図5 締結ばねの変遷(5形レール締結装置)

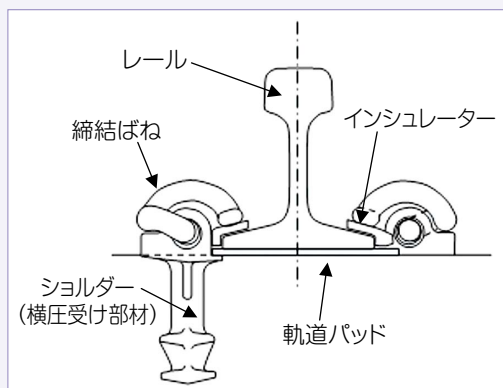


図6 線ばね形レール締結装置の例  
(バラスト軌道用、e2009クリップ)

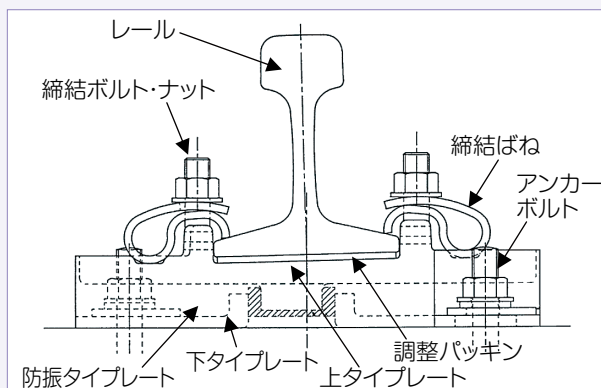


図7 防振形レール締結装置の例  
(VFF形レール締結装置)

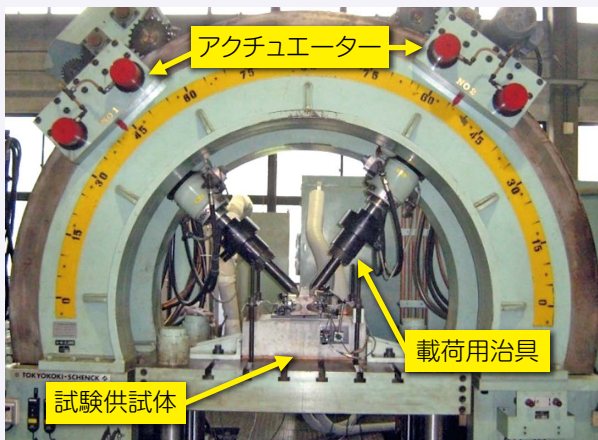


図8 レール締結装置用4軸疲労試験機の外観

疲労試験」およびレール締結装置の絶縁抵抗を把握するための「電気絶縁抵抗試験」が実施されてきました。

これらの試験を実現するため、鉄道技研ではレール締結装置の各種性能を確認するための専用の特殊な試験装置であるレール締結装置3軸および4軸疲労試験機(図8)を開発し、主に鉄道技研で開発したレール締結装置の性能照査に使用してきました。したがって、国鉄時代に開発され現在でも使用されているレール締結装置のほとんどはこの試験機による照査を実施し性能を確認したものであるということになります。

国鉄の分割・民営化にともない発足した鉄道総研では、引き続き鉄道技研が確立した性能照査手法に基づき、民営化後のJR各社のほか、民鉄や公営鉄道に加えてレール締結装置の製造企業からの要請に応じてレール締結装置の性能照査を行ってきました。

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)(以下、「軌道構造標準」と称します。)では軌道構造および構成部材の性能照査の手法が整理され、とくにレール締結装置の性能照査については初めて国土交通省監修のもとに明文化されました。

現在、新設線建設および既設軌道の大規模改良において軌道構造を設計す

る場合、使用するレール締結装置についてはこの軌道構造標準に基づく性能照査を実施することを基本としています。

### レール締結装置の今後の展望

今後、日本で社会問題となっている高齢化にともなう労働人口の減少によって軌道保守の労働力の減少が予想されることから、軌道分野でも軌道保守のさらなる機械化や自動化に資する技術開発の要請がますます高まっています。

レール締結装置については、引き続き施工性・保守性のさらなる向上に資する技術開発を進めていく必要があります(図9)。また、軌道のみならず鉄道固有の課題をレール締結装置の観点から解決していけるような研究・開発が重要になっています。たとえば、波状摩耗の抑制やレールの腐食・電食防止といった軌道の諸問題を解決するレール締結装置といったものはニーズが高いと考えられ、それに資する材料開発や数値解析手法を活用した設計手

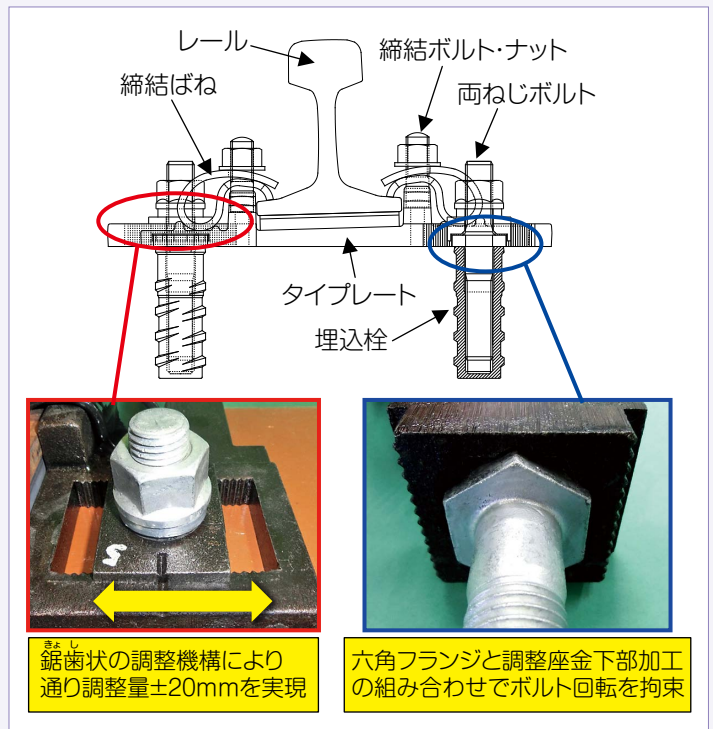


図9 工事の施工性を向上した締結装置の例  
(本設利用工事桁用レール締結装置)

法のブラッシュアップに取り組んでいくことが重要です。

また、近年、軌道分野の国際標準化活動が活発化しており、レール締結装置もその例外ではありません。レール締結装置については、その試験方法に関する欧州規格(European Norm, EN)を草案としてすでに国際規格(ISO)の開発に向けた規格審議が始まっており、日本で現在実施しているレール締結装置の性能照査の思想や試験方法が国際的に排除されないよう、新幹線を実現した技術とその意義、有用性を積極的に海外に発信し国際規格開発に関わっていくことが重要であると考えます。

(弟子丸将/軌道技術研究部  
軌道構造研究室)

### 文献

- 1) 締結装置研究グループ編：締結装置便覧(昭和59年改訂)、日本鉄道施設協会、1985
- 2) 梅田静也、平井健、福田実：レール締結装置の変遷、レール締結協会、1990