

第 104 回

絶縁継目

はじめに

鉄道では、同一軌道上で列車同士が衝突するのを防止する目的で、鉄道軌道上を走行する列車の位置を検知するための軌道回路とよばれるシステムが用いられています¹⁾。

軌道回路の境界部においては軌道回路を適切に区切り、列車位置の誤検知を防止するため、軌道回路間を電氣的に遮断するためのレール絶縁が設置されます。ここではこのレール絶縁に用いられている絶縁継目の構成と分類について概説し、さらに分類ごとにその種別や特徴、開発の経緯について述べることとします。

絶縁継目の構成と分類

先に述べたように、絶縁継目の主たる機能は軌道回路間、つまり2本の連続したレールの間を電氣的に絶縁することですが、このためレール継目部と

しての機能を有しつつ、電気絶縁抵抗性を有する材料により構成する必要があります。具体的には、普通継目部を構成するレール、継目板、継目板ボルト・ナットといった部材に加えて、レール・継目板間に設置される縁プレート、2本のレールの間に設置されるレール形、さらにレール～継目板～継目板ボルト間を電氣的に絶縁するために設置されるチューブ、もしくはこれらの絶縁材を代替する機能を有する部材により構成されます(図1)。また、継目形式のうち継目遊間直下にレール支承体が配置される支え継ぎの場合、レール支承体と支承体上の床板(タイプレート)間を電氣的に絶縁するための絶縁板も用いられます。

これらの絶縁材はおもに電気絶縁性に優れるプラスチック積層繊維(PLF)、ポリアミド樹脂(PA)、強化ポリカーボネイト(RPC)といった材料から成り、とくにレール形については車輪との直接接触による損耗やレー

ルの温度膨張による圧縮に対する耐久性をもつよう、ガラス繊維などを用いたプラスチック積層繊維が用いられています。また、絶縁材の性能はJIS E 3023「レール絶縁材料—性能試験方法」により試験方法や要求性能が規定されています。

ここで、軌道構造設計標準によればレール継目部のうち絶縁継目は、その構成や製作方法により普通絶縁継目と接着絶縁継目の二種類に大別することができます(図2)。以降、普通絶縁継目と接着絶縁継目に分けてその特徴と開発・改良の経緯について紹介します。

普通絶縁継目

普通絶縁継目(図2(a))はレール・継目板および継目板ボルト・ナットで構成される普通継目部の構成部材に加えて電気絶縁抵抗性に優れる樹脂製のレール形・プレート・チューブといった絶縁材で電気絶縁抵抗を確保したも

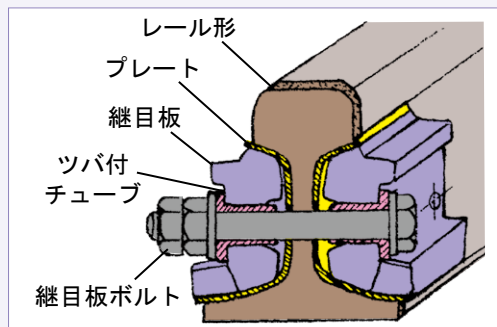


図1 普通絶縁の構成例 (FH形)²⁾



図2 絶縁継目の分類

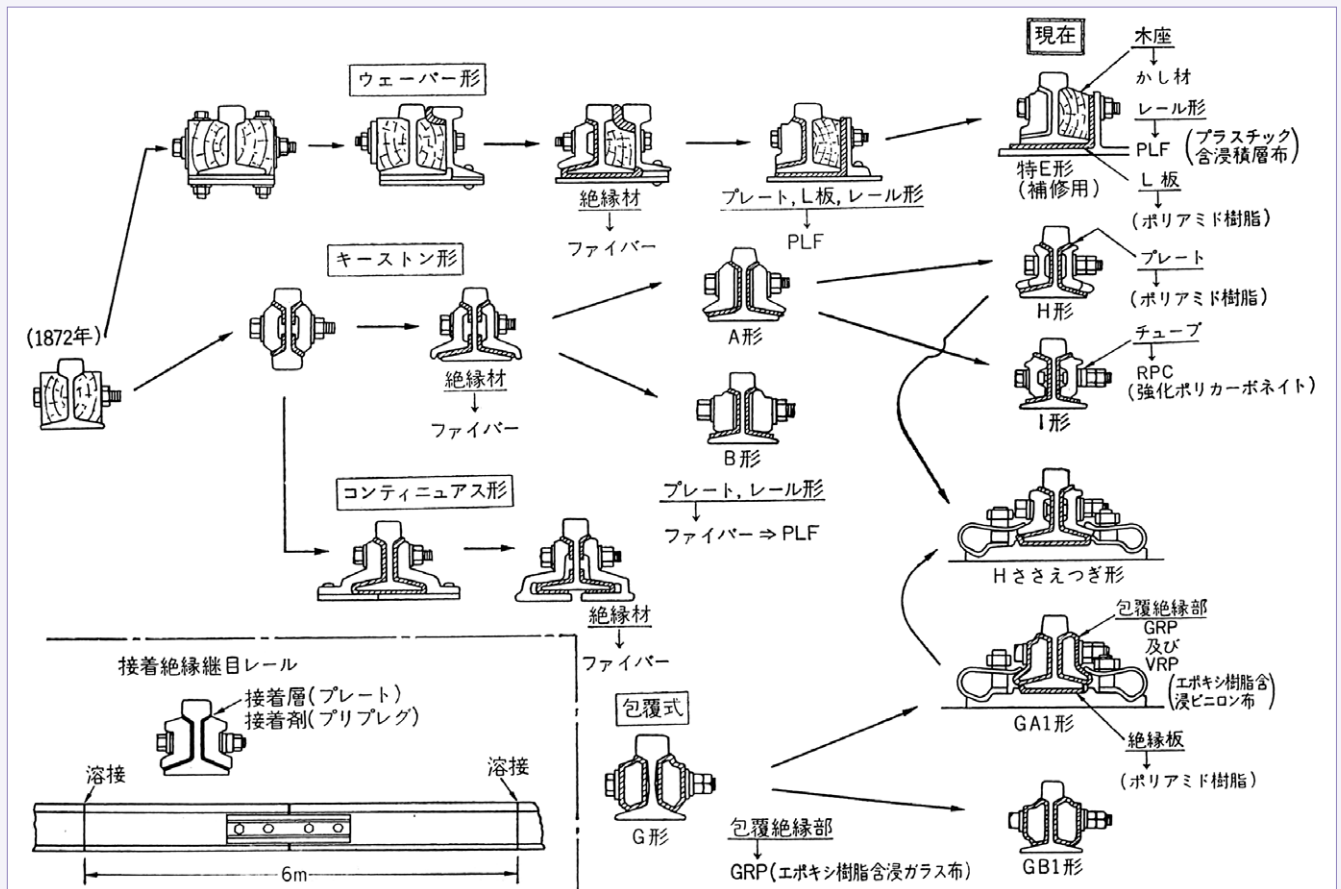


図3 絶縁継目の変遷³⁾

ので、絶縁材がレールおよび継目板と接着しておらず独立し、単位長さのレール（一般に25m）が連続的に敷設される定尺レール区間で使用されているものを指します。

図3に普通絶縁継目の分類と変遷を示します。1872年にアメリカのウィリアム・ロビンソンが軌道回路を発明した当初、絶縁継目は継目板に絶縁性を有する堅木を用いたものでした。その後、1904年に甲武鉄道・飯田町～新宿駅間の自動信号化にともない日本で初めてレール絶縁が導入され、これを皮切りに以降、日本国内で多数の形状が開発、改良されました。

この日本で最初に使用されたレール絶縁は、アメリカから輸入されたL型の床板上で木製の鉄製の継目板でレールを固定するウェーバー形であり、その後現在でも主流である鉄製の継目板でレールを固定するキーストン形が輸

入されました。当時はレール絶縁材としてパルプを原料とする（バルカナイズド）ファイバー（VF）が使用されましたが、吸水性が高く吸水後の損傷が著しいことが問題でした。1951年にPLFが開発されると絶縁材の寿命が飛躍的に延びるなど材料面で著しい改善となり、続いてPAやポリカーボネート（PC）、RPCといった新材料が実用化されファイバーは姿を消しました。また、1971年には継目板をガラス繊維強化合成樹脂（GRP）やビニロン遷移強化合成樹脂（VRP）といった強化プラスチックで被覆する包覆式も提案されました。一方、絶縁材料の改良と並行して使用する継目板の形状も改良が続けられました。

現在用いられている主要な絶縁継目にはH形、G形、H支え継ぎ形、I形、60および50Tレール用があります。このうち、H形（F—H形ともい

す）はもっとも多く用いられている普通絶縁継目であり、絶縁継目板に補強金具を取り付けられるよう、継目板中央がL字形となっている点が特徴です（図2(a)）。

G形にはGA1形とGB1形があり、いずれも一般的な絶縁継目とは異なり、継目板自体を鉄心にガラス強化エポキシ樹脂で包覆することでプレートおよびチューブを省略したものです。

I形はロングレール区間（定尺レールを連続的に溶接した区間）の始末端近傍に敷設したH形絶縁継目において発生継目板折損の対策として強度向上を図り、かつレールの長手方向の移動（ふく進）を可能とするようにしたものです。

また、図3に記載がありませんが、60および50Tレール用はいずれもキーストン形の一種で、新幹線の低速区間用として開発されたものです。な

お、普通絶縁継目に関する近年の技術的トピックとして、継目板の材料そのものを金属からガラス繊維補強プラスチック (GFRP) に変更し、電気絶縁性を確保することによって絶縁プレートおよびチューブを省略した普通絶縁継目も開発され、実用に供されている例もあります (図4)。

接着絶縁継目

接着絶縁継目 (図2 (b)) は、普通絶縁継目を強化し、ロングレール区間において温度変化にともない発生する引張・圧縮のレール軸力や継目部通過時の衝撃に耐える構造として研究が進められ開発されたものです。

接着絶縁継目については、まず液体状の接着剤を塗布して硬化させる湿式法が開発され、旧国鉄において1960年代前半から研究が始まり、1970年には旧国鉄の社内規格にあたるJRS (Japan Railway Standard) にて規定されました。しかし、湿式法の接着絶縁継目については敷設後、比較的早期にはく離が生じ、継目部が開口する損傷が多く発生したことから改良が進められました。

その結果、日本産業規格 (JIS, 旧日本工業規格) に規定された50kgNレール (1mあたりの重さが約50kg) 向け

の構造強化 (継目板の6穴化によるレール・継目板間の接着面積の拡大) や超音波探傷や試験による品質向上といった対策の導入を経て、湿式法と比較して施工性が向上し強度面で改良された乾式法が開発され、1984年にはJRSに規定されました。1995年には乾式法接着絶縁継目の製造法と検査方法がJIS E 1125として規格化され現在に至っています。

乾式法の接着絶縁継目の最大の特徴は、レールと継目板間にプリプレグとよばれる接着材を挟み、組み立て状態として圧縮・加熱することで強固に接着されている点にあり、接着材のはく離を防止するための十分な強度が確保されています。ここで、プリプレグとは、ガラス不織布に熱硬化性エポキシ樹脂接着剤を含浸して乾燥・成型した接着用材料です。なお、乾式法の接着絶縁継目については加熱炉での接着工程が必要であり工場内製作が基本です。

乾式法の接着絶縁継目は現場でレールと溶接する必要があり初期投資の面からロングレール区間以外ではほとんど利用されませんでした。そこで、現場でのレール溶接を必要とせず現場施工での接着を実現し、より低コストで高性能を有する現場接着絶縁継目⁴⁾ (図5) が開発されました。特徴として、

短時間で安定した強度の接着が得られる点、および接着剤が着色二液混合タイプとなっており、施工時に目視で混合状態が確認できる点があげられます。

現場接着絶縁継目の技術は、溶接が困難なマンガン鋼製のクロッシング (分岐器の構成部材の一つ) とレールの接続方法として、北陸新幹線・高崎～安中榛名間に設置された分岐側通過時の高速走行が可能となる38番高速分岐器の現場および工場施工で活用されています。また、乾式接着絶縁レールの技術は、伸縮継目の内部および近傍の絶縁継目として採用され、軌道保守の省力化に貢献しています。

接着絶縁継目の近年の技術開発動向

接着絶縁継目は技術の進歩とともに進化し、広く使用されるに至りましたが、それでもなお絶縁継目特有の課題がすべて解決したわけではありません。

たとえば、敷設された接着絶縁継目の上を列車が走行すると、継目板と接着材間にはく離が生じ、その隙間に雨水が染み込み滞留することで継目板表面が腐食し、生じる腐食孔 (腐食ピット) を起点とする疲労き裂が発生することがあります。疲労き裂は列車の通過のたびに徐々に進展し、最終的には



図4 GFRP製絶縁継目板の例 (写真提供: 信号器材株式会社)

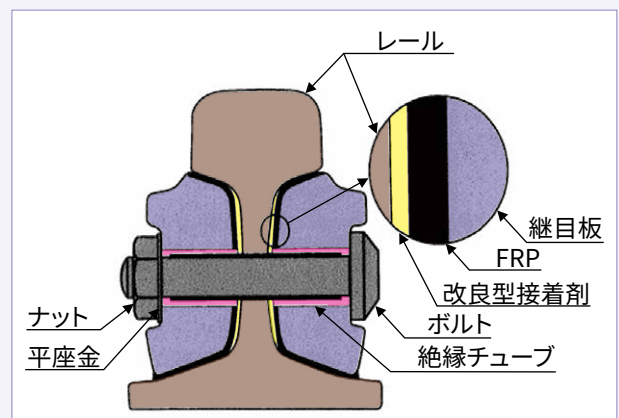


図5 現場接着絶縁継目の断面⁴⁾

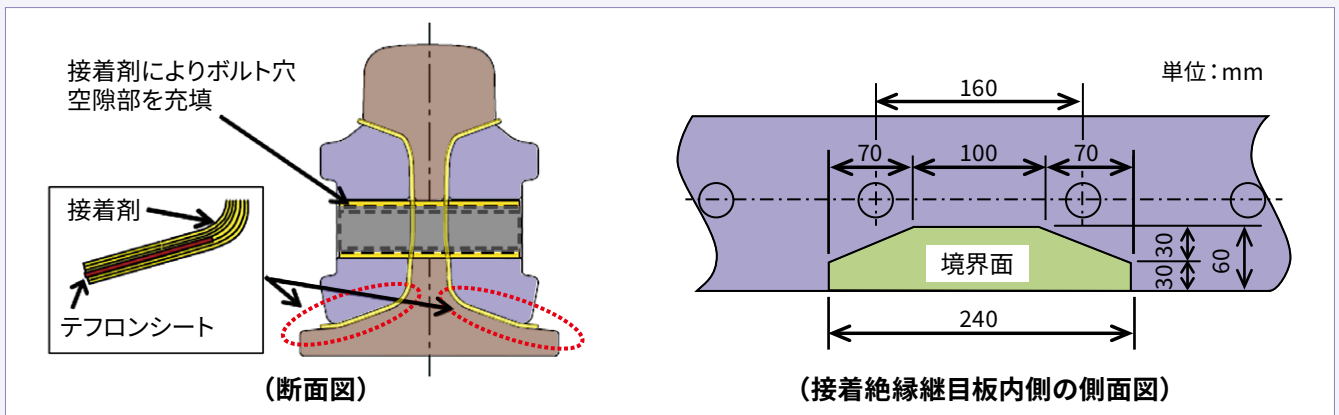


図6 改良形接着絶縁継目の構造

継目板の折損に至りますが、前述したように絶縁継目ではレール・継目板間が電氣的に絶縁されているため、継目板の折損の有無にかかわらず信号電流に変化は生じず、折損を検知することができません。また、通常の保守で初期段階で発見することは難しく、ある程度き裂が進展すれば継目板側面からの検査で発見できる場合もありますが、検査に多くの手間を要します。

そこで、流動性の向上など、接着材を改良するとともに継目板と接着材間のはく離が想定される箇所の接着材の内部にあらかじめテフロンシートを挿入し、製造時から物理的に接着材の内部に間隙を設けた改良形接着絶縁継目⁵⁾が開発され(図6)、継目板折損の抑制に効果を上げています。

また、2004年に発生した新潟県中越地震では、高架橋上を高速で走行中の上越新幹線の車両が大きな揺れにより脱線し、車輪が接着絶縁継目の継目板側面に衝撃して継目部を破壊するという事象が発生しました。

この事象を受け、新幹線軌道における地震時の安全対策の一環として、車輪による継目板への衝撃を低減しレールを保持するため、継目板の列車進來側のみ、もしくは両側にテーパ部を設けた地震対策用の接着絶縁継目⁶⁾が開発され(図7)、解析や衝撃載荷試験

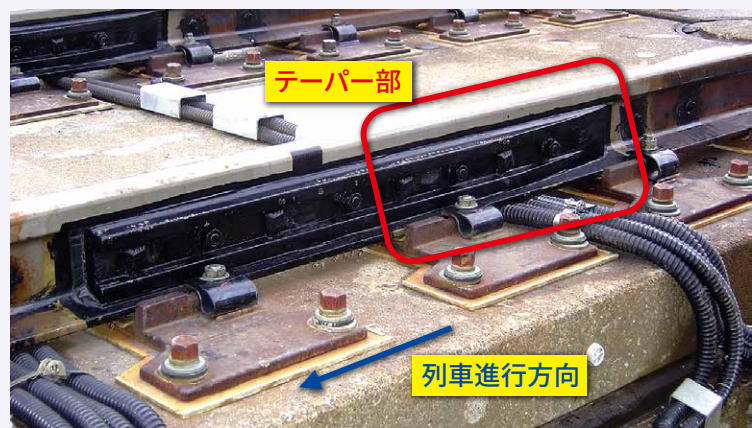


図7 地震対策接着絶縁レールの外観

の結果に基づく耐久性評価の上で実用に供されています。このタイプの接着絶縁継目は近年開業した区間に加え、現在建設中の整備新幹線の軌道にも敷設されています。

絶縁継目の今後

絶縁継目は、軌道回路により列車の位置検知を行うという現行の信号システムを用いる限り不可欠なものです、

その耐久性や保守性については引き続き改良の余地があるといえます。

将来的には絶縁継目を必要としない無線式列車制御システムの導入が進んでいくと思われていますが、他の軌道部材と同様に絶縁継目についてもさらなるメンテナンスの省力化の要請にとまない、改良や技術開発が続くものと考えられます。

(弟子丸将／軌道技術研究部
軌道構造研究室)

文献

- 1) 寺田夏樹：電気の流れ方で車両を検知する, RRR, Vol.66, No.10, pp.34-37, 2009
- 2) 大石不二夫, 吉川高雄, 荒井安定：レール絶縁の改良のための部品の劣化調査(1), 鉄道技術研究所速報, Vol.75, No.91, 1975
- 3) 別所俊英：レール絶縁とその保守, 新線路, Vol.31, No.12, pp.4-10, 1977
- 4) 阿部則次：現場接着絶縁継目, RRR, Vol.58, No.7, pp.18-19, 2001
- 5) 片岡宏夫, 若月修, 本野貴志, 中澤毅基, 山根寛史：改良形接着絶縁レールの実用性能評価, 鉄道総研報告, Vol.24, No.12, pp.5-10, 2010
- 6) 片岡宏夫：地震対策用接着絶縁レール, RRR, Vol.70, No.8, p.33, 2013