

鉄道一般
車両
施設
電気
運転・輸送
防災
環境
人間科学
浮上式鉄道

脱線防止装置の弱点を解消する

万一の脱線を防ぐため、線路の内側に車輪がレールから外れないための脱線防止装置を設置する場合があります。一方、多くの線区では、一定区間ごとに電気が流れない絶縁継目とよばれるレールの継目を設けて、その区間に電流を流すことで列車の位置を把握しています。脱線防止装置は鋼鉄製で電流を流すことから信号が誤作動してしまうため、絶縁継目付近には設置できません。ただし、安全性向上のため急カーブでは可能な限り脱線防止装置を敷設する必要があります。そこで、電気を通さない材料を用いて絶縁継目付近にも設置可能な脱線防止装置を開発しました。



西宮 裕騎
Yuki Nishinomiya
軌道技術研究部
軌道構造研究室
主任研究員

はじめに

急なカーブ(急曲線)区間では、車輪がレールを線路の外側へ押し出す力が大きくなり、脱線に対する余裕度が低下します。万一の脱線を防ぐため、線路の内側に車輪がレールから外れないための鋼鉄製の装置(脱線防止装置)を設置する場合があります。

一方、多くの線区では、信号システムが列車の位置を検知するために、一定区間ごとにレールに電気が流れない継目(絶縁継目、[☞参照](#))を設けて、その区間に信号用電流を流しています(軌道回路、[☞参照](#))。その各区間で、

車輪がレールに接触すると電流の流れ方が変わるのを利用して、列車の現在位置を把握することができます。

脱線防止装置は一般にレールに取り付けることが多く、鋼鉄製で電流を流すため、信号システムが誤作動するおそれがあることから、絶縁継目付近に設置することができませんでした。ただし、急曲線区間では脱線防止の観点から、できるだけ脱線防止装置の敷設範囲を増やすことが望ましいです。そこで、電気を通さない材料を用いて絶縁継目付近にも設置可能な脱線防止装置を開発したので紹介します。

☞ (レール) 絶縁継目

軌道回路を構成するため、レールを電氣的に絶縁した継目のこと。電気絶縁性を確保するために、レールと継目板やボルトの間に、樹脂製の絶縁材料を挟む構造となっています。

☞ 軌道回路

レールを電気回路の一部として利用し、列車の位置を検知する装置です。一定区間毎のレールに電気を通さない継目を設けて回路を構成します。

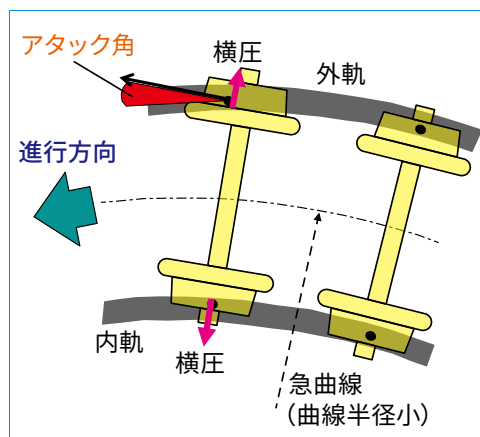


図1 曲線走行中のアタック角

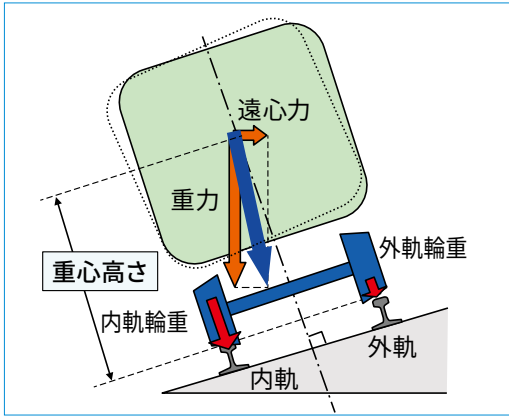


図2 曲線低速走行時の内外軌の輪重



図4 脱線防止ガードの敷設例

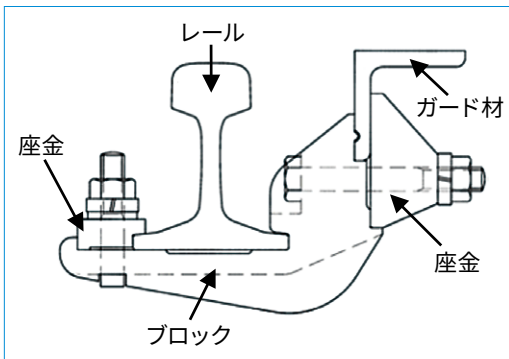


図3 脱線防止ガード(断面図)

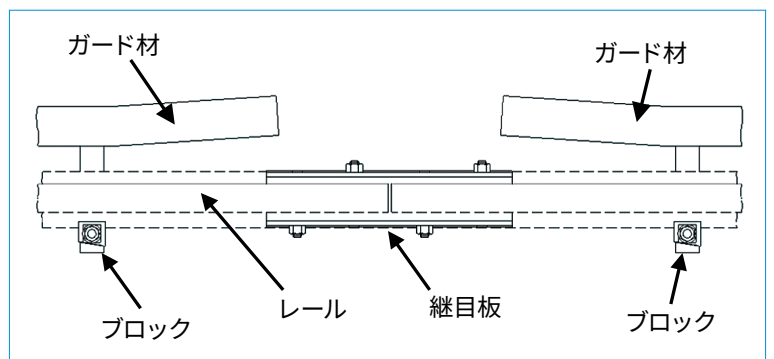


図5 レール絶縁継目と従来の脱線防止ガードの構造

脱線防止装置

曲線区間を走行する場合、図1に示すように車輪とレールの間に角度(アタック角)がつくため、車輪がレールを線路の外側へ押し出す力(横圧、☞参照)が大きくなります。さらに、曲線外側に向かって遠心力が作用し、車両が外側へ押し出されるため、曲線外側のレール(外軌)を内側のレール(内軌)より高くしています(図2)。ただし、低速で走行した場合には遠心力があまり作用せず、車両は曲線内側に傾こうとするため、曲線外側のレールに車輪から下向きに作用する力(輪重、☞参照)が小さくなります(図2)。この車輪が曲線外側へレールを押し出す

☞ 輪重・横圧

車輪がレールを押し出す力のうち、上下方向成分の分力を「輪重」とよび、進行方向に対して左右方向成分の分力を「横圧」とよんでいます。

力の増加と、下向きに作用する力の減少により、車輪がレールを乗り上がる状況で脱線する「乗り上がり脱線」を生じやすくなります¹⁾。

とくに急曲線では顕著に横圧が増加し、脱線に対する余裕度が低下します。そのため、万一の脱線を防ぐため、図3、4に示すように線路内側にL字型の鋼材(ガード材)を配置し、レールに取り付け金具(ブロック)で固定することで、車輪がレールから外れないようにしている箇所があります。この鋼材類を「脱線防止ガード」とよび、曲線半径250m以下の急曲線や、橋りょうなどで脱線時の被害が大きい箇所などに設置されています。JR各社の在来線で普及している脱線防止ガードは、車輪からの水平方向の力を30kNと想定し、この力に余裕をもって耐えられるように設計されています²⁾。

一方、レールは車輪を支えてガイドするだけでなく、前述したように信号

システムの一部として、列車の現在位置の把握に使われています。この列車位置情報を基に、信号システムが信号機の切り替えを行うことで、安全性を確保しています。ところが、この絶縁継目に電気を通す物が接触した場合、電流の流れが正規と異なるため、信号システムが異常を検知し、運行を停止せざるをえなくなってしまいます。

このため、電気を通す鋼鉄製の脱線防止ガードは、絶縁継目部の付近に設置することができず、やむをえず図5のように配置しています。ただし、急曲線区間の走行安全性を確保する観点からは、可能な限り脱線防止ガードは連続して配置されることが望ましいです。

開発した脱線防止装置

前述の課題を解決するため、既存品と同等の強度を有し、電気絶縁性に優れた脱線防止ガードを開発しました²⁾。

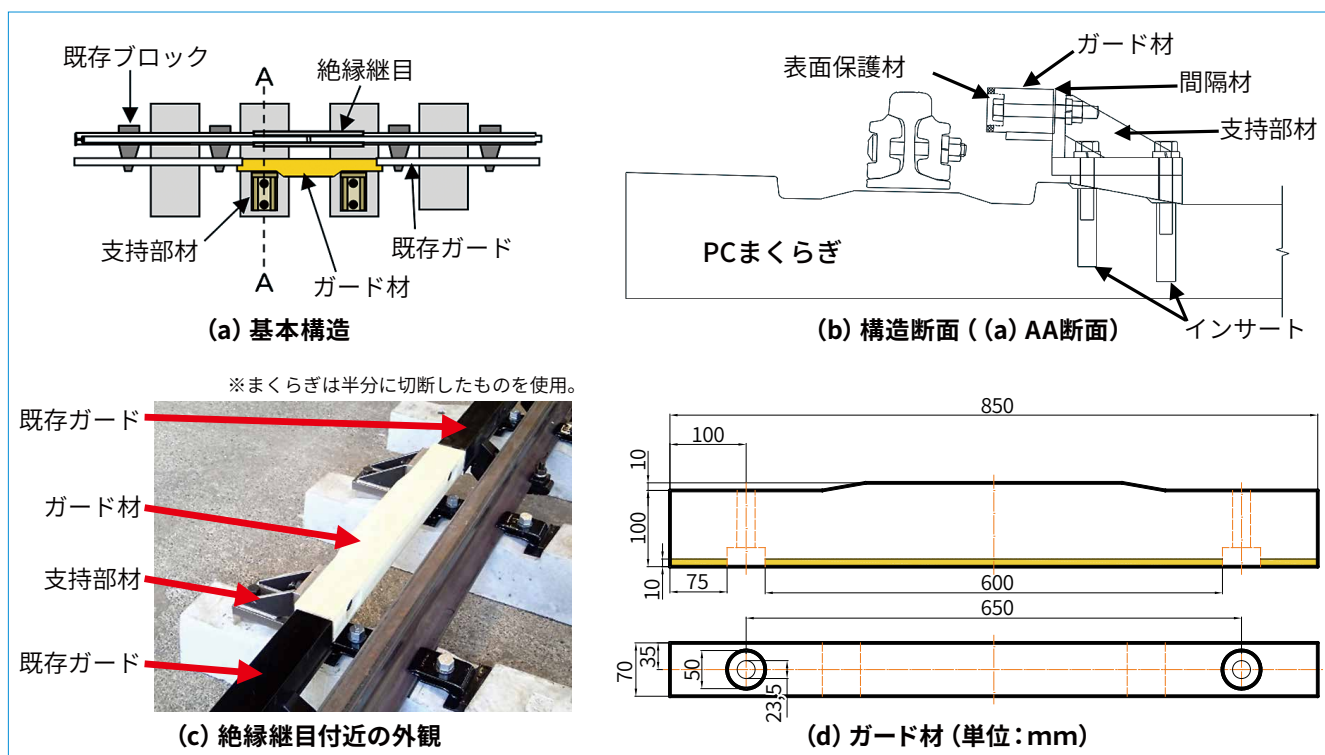


図6 開発した絶縁脱防の構造

(1) 基本設計

レール絶縁継目に対応した脱線防止ガードの構造を図6に示します。前述のとおり、車輪と接触する部材は電気を通さず、荷重30kNに耐えられる材料を用いる必要があります。要件を満たす材料として、線路で敷設実績のある、まくらぎなどに用いられるガラス長繊維補強発泡ウレタン樹脂(☞参照)を採用しました。また、車輪が接触する面には、基本材料の切粉を圧密して製作される圧縮強度が高い表面保護材を貼り付け、局所的な食い込みを防止します。

☞ ガラス長繊維補強発泡ウレタン樹脂

硬質ウレタン樹脂をガラス繊維で補強したものです。安価で電気絶縁性や耐腐食性に優れるため、まくらぎの材料に用いられます。

☞ あと施工インサート

コンクリートが固まった後に、後から穴を開けて、ボルトのめねじが付いたインサートを挿入して樹脂で固定するものです。

既設の線路に後から取り付けることができるよう、既存のPCまくらぎにインサートをあと施工して取り付ける方式(☞参照)としており、国内で流通している大部分のPCまくらぎに対応します。また、レールとの水平間隔は間隔材(鋼製の板)により調整することが可能です。

(2) 性能確認試験

開発した製品が要求性能を満たしているかどうか確認するために、想定荷重を静的に作用させる静的荷重試験を行いました。この試験は、脱線を阻止する水平方向の耐力を確かめるため、開発品に荷重を加えて確認する試験です。試験概要を図7に、試験状況を図8に示します。試験では、開発した構造のほか、比較用として表面保護材を貼り付けないガード材を用いた2つの構造を対象としました。荷重は油圧シリンダーを用い、車輪が線路外側に脱線しようとする方向に荷重します(図7(a))。荷重荷重パターン

は、10kNごとに荷重と除荷を繰り返しました(0→10→0→20→0→0→50→0kN)。なお、最大荷重50kN荷重後に変状が見られない場合は、破壊が生じるまでふたたび荷重しました。レール長手方向の荷重位置は、ガード材の圧縮応力が最大となるまくらぎ直上位置に荷重するパターンと、ガード材の曲げ応力が最大となるまくらぎ中間位置に荷重するパターンの2つを設定しました。測定は、荷重荷重とガード材の水平変位の2項目としました。

静的荷重試験の結果、まくらぎ中間位置への荷重では、設計荷重30kN³⁾に十分余裕のある耐力をもっていることが確認できました。設計荷重は30kNですが、まくらぎ直上荷重では50kNまで荷重し、十分な強度をもっていることが確認できました。ここで、双方の荷重条件ともに、表面保護材を貼り付けない供試体は、荷重した部分に局所的な食い込みが発生しました(図9)。一方、表面保護材を貼り付

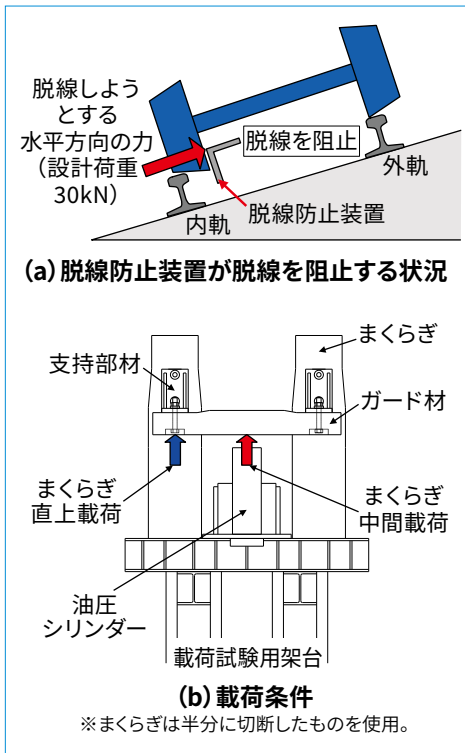


図7 静的载荷試験の基本条件

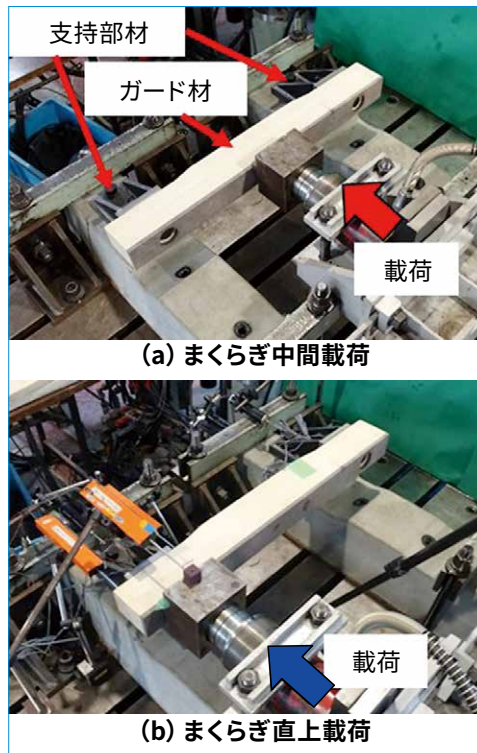


図8 静的载荷試験の実施状況

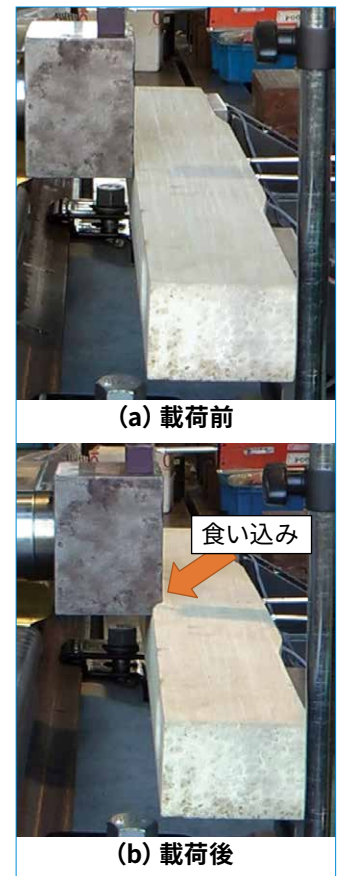


図9 表面保護材がない場合のガード材の損傷状況

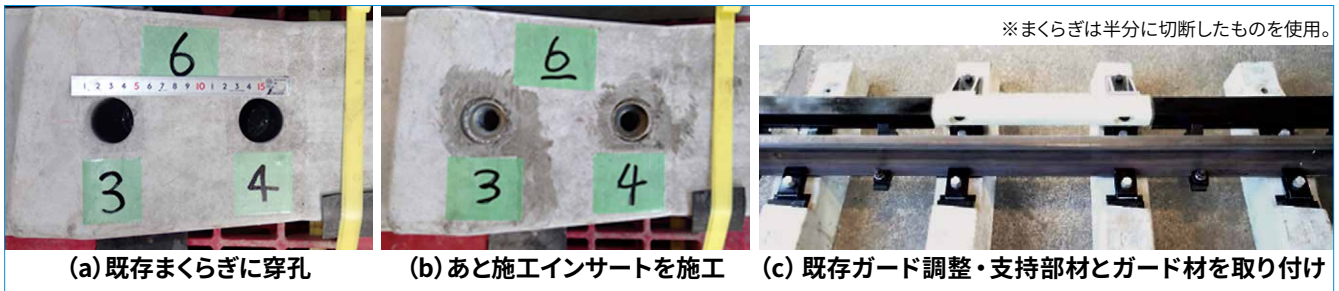


図10 開発品の施工手順

けた供試体は、局所的な食い込みが発生せず、設計荷重以上の十分な静的強度を有することが確認できました。さらに、表面保護材とガード材本体との接着は試験後も剥離しておらず、十分な接着強度が確保されていることを確認しています。

(3) 施工手順

開発した脱線防止ガードは、既存の絶縁継目部に後から施工が可能となっており、図10に開発品の敷設手順を示します。すでに敷設されているPCまくらぎの中心部の配筋がない箇所に取り付け用の穴を穿孔し

(図10(a))、あと施工インサートを施工します(図10(b))。そして、支持部材とガード材を取り付けた後、既存ガードを切断することで長さを調整します(図10(c))。

まとめ

ここでは、信号システムを構成するために設けられたレール絶縁継目付近でも設置可能な脱線防止ガードの開発について紹介しました。開発した構造は、静的载荷試験により設計強度を満たしていることを確認しているほか、電気絶縁性に優れ、車輪が接触して

ガード材が局所的に変形する事象を安価に防止できる構造です。

今後は、開発品の普及に向けて取り組み、高リスク箇所の安全性を向上させていきたいと考えています。[RRR]

文献

- 1) 宮本岳史, 鈴木貢, 鴨下庄吾, 梅原康宏, 本堂貴敏: 脱線しにくい台車を作る, RRR, Vol.73, No.10, pp.4-7, 2016
- 2) 西宮裕騎, 水谷淳: 絶縁部に対応した脱線防止ガードの開発, 日本鉄道施設協会誌, Vol.57, No.7, pp.11-14, 2019
- 3) 平田五十, 茂木重六: 脱線防止ガード, 鉄道線路, Vol.16, No.11, pp.23-29, 1968