

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

レールのふく進抵抗力を解明する

レールがその長手方向へ移動することをレールのふく進といい、この際にレールがレール締結装置や道床から受ける抵抗力をふく進抵抗力といいます。現場で適切なふく進抵抗力が確保されていない場合、異常なレールのふく進や下部構造への過大な負荷が生じることが考えられます。ここでは、軌道構造に応じたふく進抵抗力の考え方について説明したうえで、ふく進抵抗力を試験で把握する方法や、レールのふく進にともなう近年の課題とその解決に向けた研究の取り組みについて紹介します。

はじめに

レールがその長手方向へ移動することをレールのふく進といいます。レールのふく進は、気温の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。通常、レールはレール締結装置(☞参照)によりまくらぎや軌道スラブなどに締結され、これらはさらに道床(☞参照)により拘束されています(図1)。このため、レールがふく進する際には、レール締結装置や道床がこれに抵抗します。この際に発揮される

抵抗力をふく進抵抗力といいます。

現場において、適切なふく進抵抗力が確保されていない場合、異常なレールのふく進や下部構造への過大な負荷が生じることが考えられます。

ここでは、軌道に要求されるふく進抵抗力を概説したうえで、近年の課題とその解決に向けた研究の取り組みについて紹介します。

軌道構造に応じたふく進抵抗力について

バラスト軌道(図1(a))と直結系軌道(図1(b))では、軌道に要求されるふく進抵抗力が異なります。

バラスト軌道では、ふく進抵抗力が大きいほど好まれます。これは、ふく進抵抗力が大きくなると、レールのふく進にともなう軌道の保守作業が少なくなるうえ、レールが低温時に破断した際の開口量が小さくなるためです。一般的には、レール締結装置によるレールとまくらぎ間の抵抗力が、まくらぎと道床間の抵抗力よりも大きくなるようにします。この場合、レールとまくらぎは一体で軌きょう(☞参照)としてふく進することになり、道床がもつ抵抗力が



玉川 新悟
Shingo Tamagawa
軌道技術研究部
軌道構造研究室
副主任研究員
[専門分野] レール締結装置、構造工学



弟子丸 将
Tadashi Deshimaru
軌道技術研究部
軌道構造研究室
主任研究員
[専門分野] レール、レール締結装置



西宮 裕騎
Yuki Nishinomiya
軌道技術研究部
軌道構造研究室
副主任研究員
[専門分野] ロングレール、数値計算



佐藤 大悟
Daigo Sato
材料技術研究部
防振材料研究室
副主任研究員
[専門分野] 材料工学、振動騒音解析



鈴木 実
Minoru Suzuki
材料技術研究部
防振材料研究室
主任研究員
[専門分野] 材料工学、高分子系軌道用材料

☞ レール締結装置

レールをまくらぎや軌道スラブなどに締結し、軌間を保持するとともに、レールに作用する上下、左右、長手方向の力に抵抗する軌道材料です。

☞ 道床

まくらぎや軌道スラブを支持し、力を路盤などへ分散させる機能をもつ軌道部材です。バラストを材料とするバラスト道床とコンクリートを主材料とするコンクリート道床があります。

☞ 軌きょう

レールとまくらぎをレール締結装置を用いてはしご状にしたもの。

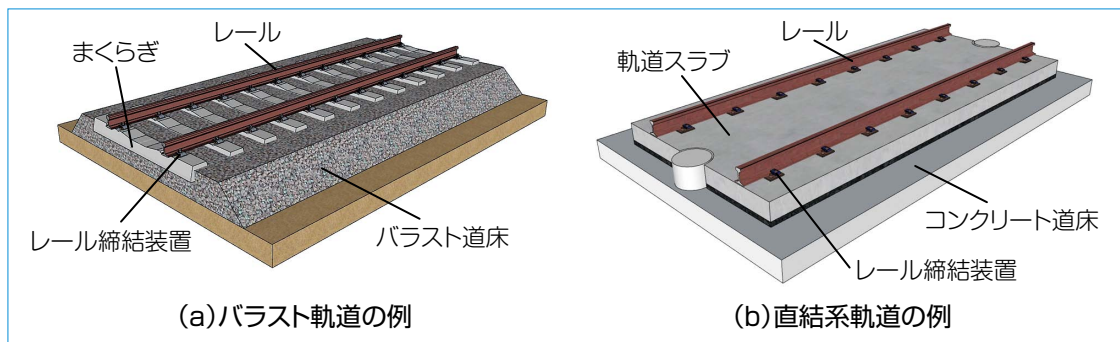


図1 一般的な軌道構造

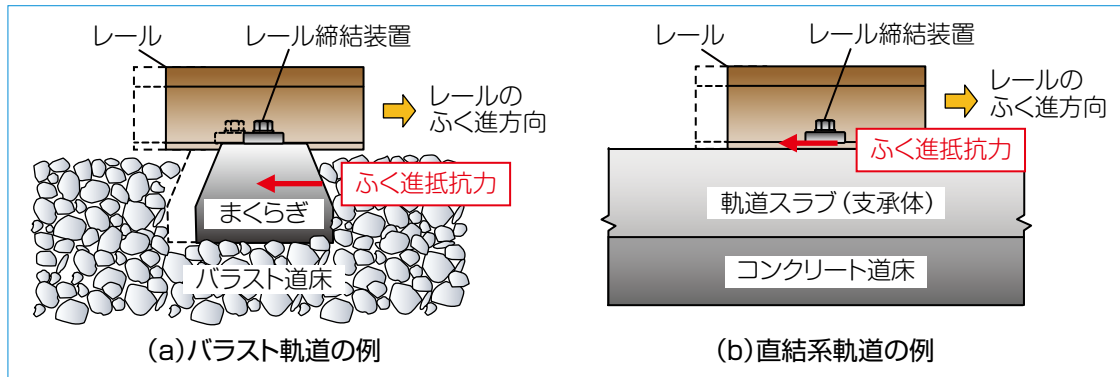


図2 軌道構造に応じたふく進抵抗力

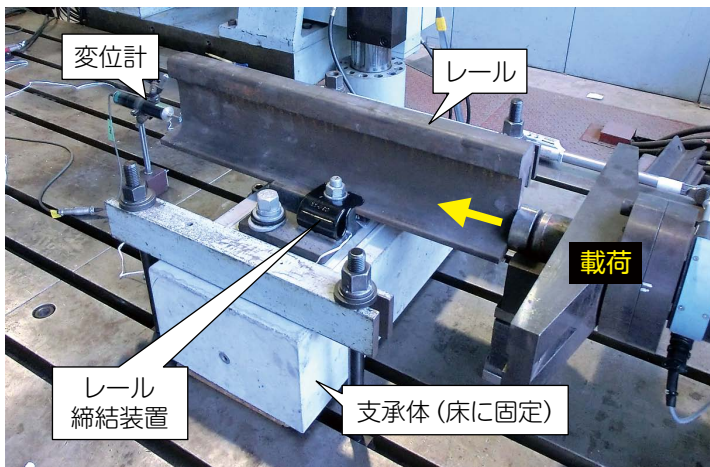


図3 レール締結装置のふく進抵抗試験の状況

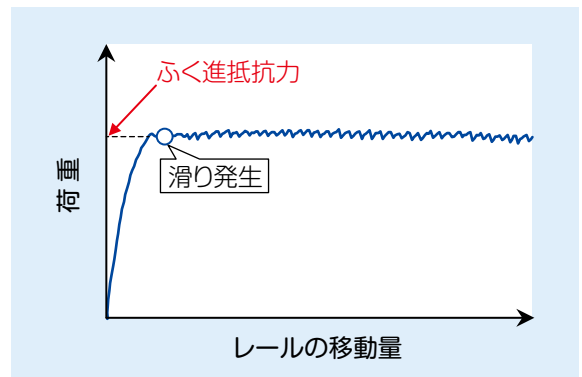


図4 レール締結装置のふく進抵抗力

ふく進抵抗力となります(図2(a))。

一方で、直結系軌道では、軌道スラブなどの支承体が固定されているため、レール締結装置を介して過大な力がレールと下部構造の間で伝わることを防ぐ必要があります。そこで、レール締結装置によるレールと支承体間の抵抗力が、支承体と道床間の抵抗力よりも小さくなるようにします。この場合、レールはレール締結装置上でふく進することになり、レール締結装置がもつ抵抗力がふく進抵抗力となり

ます(図2(b))。一方、ふく進抵抗力が小さすぎる場合、レールが破断した際の開口量が大きくなり、列車の走行に影響を及ぼす可能性があります。このため、レール締結装置のふく進抵抗力は、所定の範囲(片側レールの長さ1mあたり5kN前後)に収まることが要求されます¹⁾。

このように、軌道にはその構造に応じた適切なふく進抵抗力が要求されるため、これに応じた設計が必要となります。

室内試験によるレール締結装置のふく進抵抗力の把握

新規に開発したレール締結装置の多くは、そのふく進抵抗力が要求される値を満たしているかどうかを、ふく進抵抗試験とよばれる室内試験で確認しています。図3にレール締結装置のふく進抵抗試験の状況を示します。本試験では、軌道スラブなどの支承体を模擬したコンクリートブロックにレール締結装置を介してレールを締結し、レールを長手方向に押した際にレールが滑り出す際の力をふく進抵抗力としています(図4)。

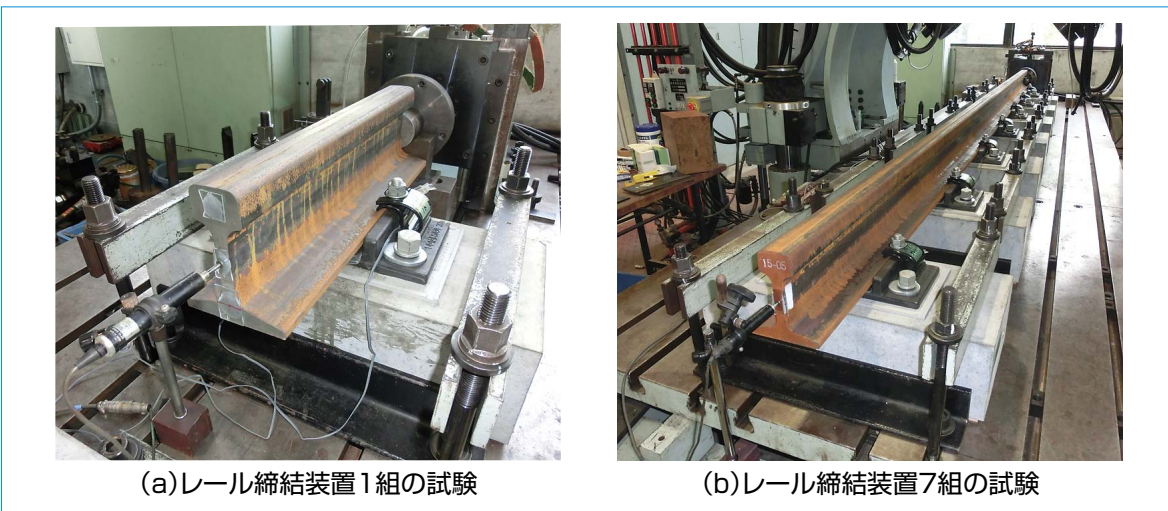


図5 試験方法の比較状況

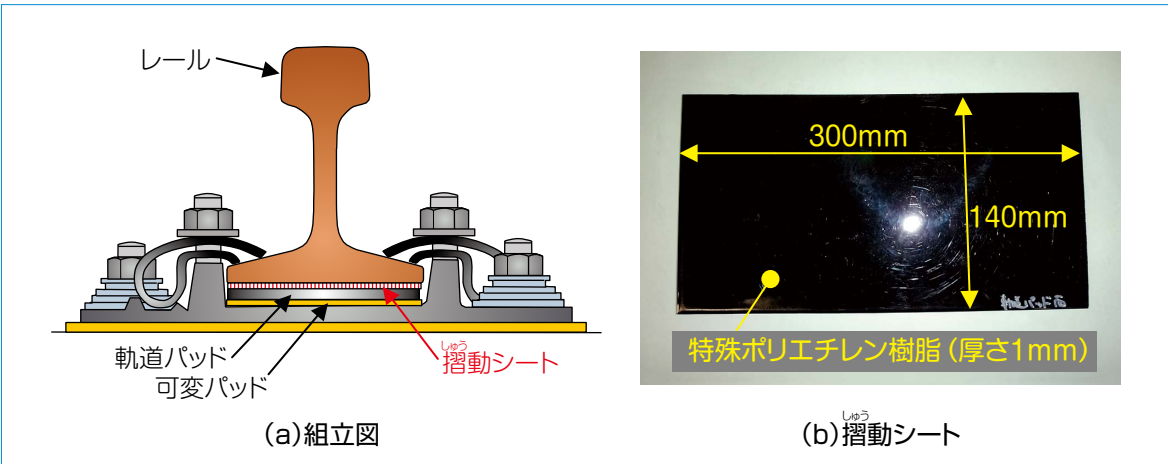


図6 直結系軌道用レール締結装置と開発した摺動シート

ふく進抵抗試験は、これまで数多くの実績がある一方で、試験方法の一部が厳密に規定されておらず、試験担当者の判断で試験方法が決定される場合があります。そこで、試験方法がふく進抵抗に及ぼす影響を把握し、適切な試験を行うための試験条件を整理しました。一例として、試験時のレール締結装置の組数を1組にした場合と7組にした場合の比較(図5)では、両者の1組あたりのふく進抵抗に有意な差がないことを確認しています。このため、レール締結装置の組数は、簡便な1組で試験してよいことがわかります。このような検証を積み重ね、適切な試験方法を提案²⁾すること

で、レール締結装置のふく進抵抗の正確な把握に努めています。

レールのふく進に関する近年の課題と対策

ロングレールを用いた直結系軌道では、レール締結装置の構成要素である軌道パッドが抜け出す事象が確認されています。これは、レールのふく進にともない軌道パッドが移動することなどが要因と考えられます。

軌道パッドの抜け出しを防止するためには、適切なレール締結装置のふく進抵抗を確保する一方で、レールのふく進にともなって軌道パッドを移動させないことが重要です。

そこで、レールと軌道パッドの間に挿入して使用する樹脂製の摺動シートを開発し(図6)、その効果を試験で検証しました³⁾。試験では、1組のレール締結装置を組み立て、レールを長手方向にくり返し往復させた時の軌道パッドと摺動シートの挙動を評価しています(図7)。結果として、摺動シートを挿入することで、軌道パッドの移動はみられず、抜け出しを抑制する効果があることがわかりました。また、レール締結装置のふく進抵抗を安定させる効果が期待できます。

開発した摺動シートは、現在営業線へ試験敷設を行い、その効果を引き続き検証しています。

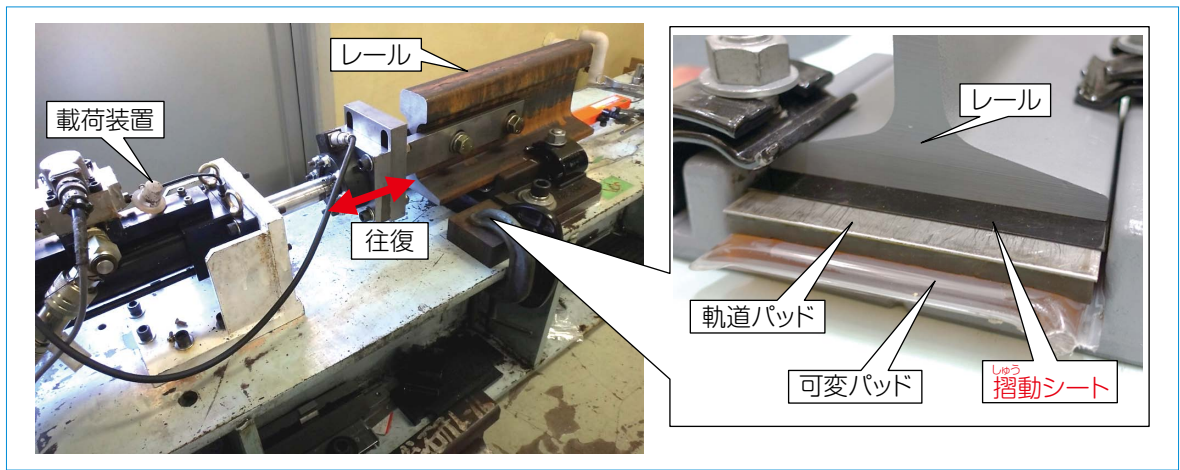


図7 摺動シートによる軌道パッド抜け出し効果の評価

実物大軌きょうによるふく進抵抗力の把握

現在、地域鉄道の軌道構造の強化対策として、バラスト軌道の木まくらぎを部分的にPCまくらぎに置き換え、ロングレール化する検討を行っています。

木まくらぎとPCまくらぎが混在するような軌道では、それぞれのまくらぎが負担する力が異なることが予想されるため、ふく進抵抗力は十分に明らかではありませんでした。そこで、実物大軌きょうを用いてふく進抵抗力を把握する試験を行っています(図8)⁴⁾。本試験では、PCまくらぎ化の割合が異なる複数パターンで軌きょうを構成し、レールを長手方向に引くことで、軌きょうがふく進する際の力を測定しています。結果として、木まくらぎにアンチクリーパーとよばれるふく進防止金具を使用した場合、ふく進抵抗力はPCまくらぎ化の割合に依存せず、木まくらぎ区間を1/3本の割合でPCまくらぎにすることで、バラスト軌道に必要なふく進抵抗力を確保できることを確認しました。このような一連の検討により、従来よりも費用対効果の高い軌道構造の強化対策の確立が期待されます。

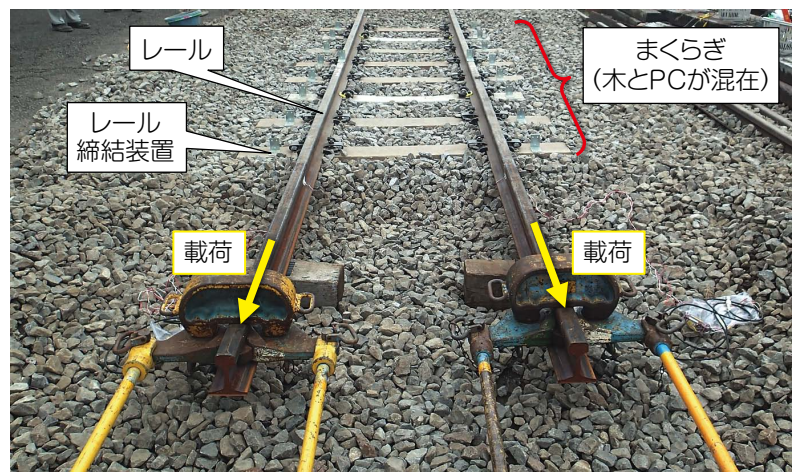


図8 実物大軌きょうのふく進抵抗試験の状況

おわりに

軌道構造に応じたふく進抵抗力の考え方を概説したうえで、近年の課題とその解決に向けた研究について紹介しました。なかでも直結系軌道では、レール締結装置のふく進抵抗力が大きすぎる場合、過大な力がレールと下部構造の間で伝わり、軌道と構造物の双方に悪影響を与える可能性があります。このため、直結系軌道のレール締結装置の選定は適切に行う必要があります。今後とも軌道に要求されるふく進抵抗力の考え方について、国内外を問わず情報発信を続けていきたいと思えます。

本研究の一部は、国土交通省の鉄道技術開発費補助金を受けて実施しました。**RRR**

文献

- 1) 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
- 2) 玉川新悟，杉野満，片岡宏夫：レール締結装置のふく進抵抗試験法の適正化，鉄道工学シンポジウム論文集，第20号，pp.17-23，2016
- 3) 佐藤大悟，鈴木実，玉川新悟，弟子丸将：軌道パッド抜け出し防止用摺動シートの開発，日本鉄道施設協会誌，Vol.56，No.9，pp.12-15，2018
- 4) 西宮裕騎，西本晋平，片岡宏夫：低廉軌きょうのレールふく進抵抗力特性，土木学会第72回年次学術講演会，VI-451，pp.901-902，2017