

レールの温度伸縮による軌道パッドの 抜け出しのメカニズムと対策



柘田 吉弘
Yoshihiro Masuda
材料技術研究部
防振材料研究室
副主任研究員



佐藤 大悟
Daigo Sato
材料技術研究部
防振材料研究室
主任研究員



鈴木 実
Minoru Suzuki
材料技術研究部
防振材料研究室
主任研究員



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

はじめに

鉄道のレールは温度が上がると伸び、下がると縮みます（これを温度伸縮といいます）。この温度伸縮は、温度変化が大きくなるにつれて、大きくなります。また、保守管理の省力化や列車のレール継目部通過時の騒音低減のため、標準的な長さ25mのレール（定尺レール）を連続的に溶接して長さ200m以上にしたレールをロングレールとよびますが、長さが数kmに及ぶこともあるロングレールでは温度伸縮量が定尺レールよりも大きくなります。ここでは、スラブ軌道におけるロングレールの温度伸縮によって生じる影響の一例として、レールを支える軌道パッドの抜け出しのメカニズムとその対策について説明します。

レールの温度伸縮

鉄は熱を伝えやすい材料です。そのため、鉄でできているレールは、真夏と真冬で温度が大きく変化します。このような温度変化に応じてレールは温度伸縮します。図1にレールの温度伸縮による伸縮量のイメージを示します。図に示すように、レールは一日の温度変化や一年の温度変化によって伸縮を繰り返します。ロングレールの可動区間[®]では、図1に示す一年の伸縮量が数十mmになることもあります。そのため、ロングレールの端部には、大きな伸縮量を吸収できる伸縮継目[®]が使用されます。

スラブ軌道のレール締結装置

スラブ軌道（図2）において最も多く使用され

図1 レールの伸縮量のイメージ

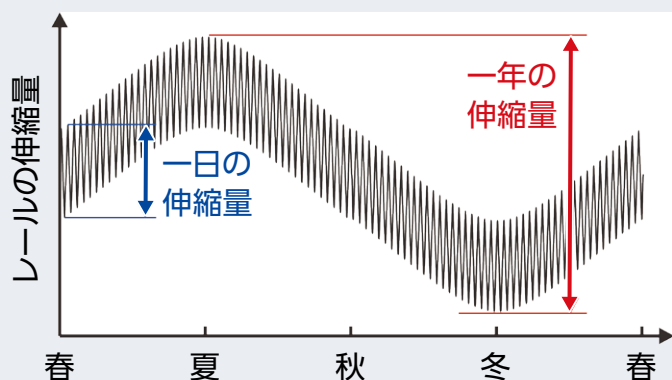
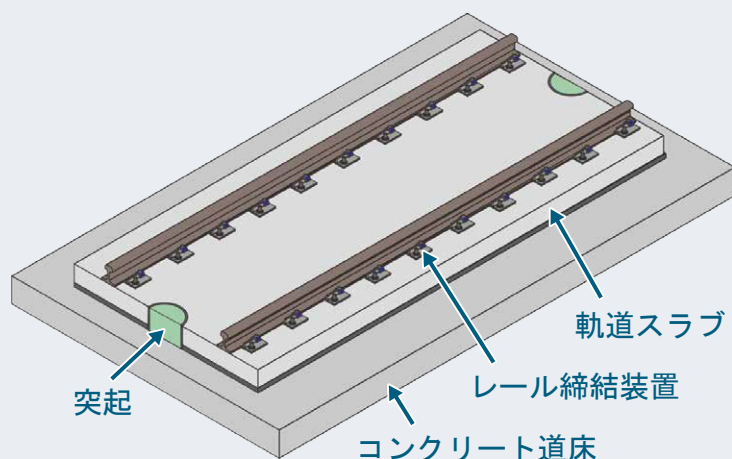
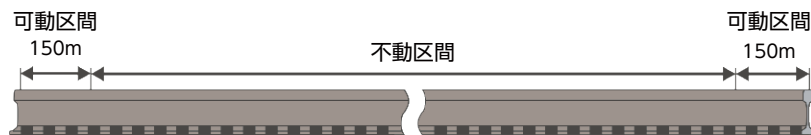


図2 スラブ軌道



ロングレールは温度伸縮しますが、レールを固定するレール締結装置により一定の力で拘束されています。このような拘束力によって、ロングレールでは端部から中央部に近づくにつれて、伸縮しにくくなり、全く伸縮しない区間が存在します。図Iに示すように、レール中央部の伸縮しない区間を不動区間、レール端部の伸縮する区間を可動区間といいます。スラブ軌道用のレール締結装置を用いた場合の可動区間は、約150mとなります。

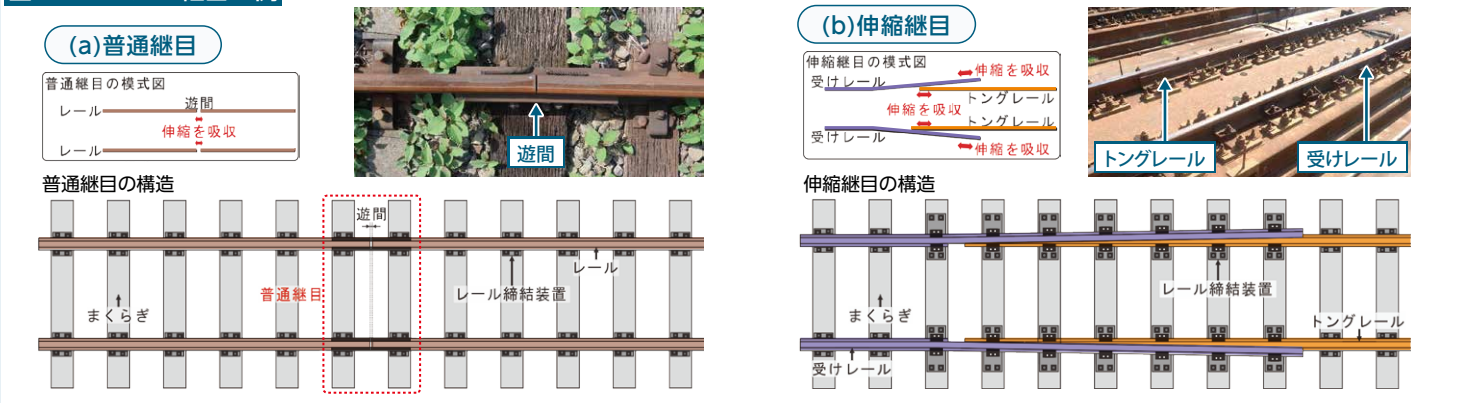
図I スラブ軌道におけるロングレールの可動区間



ロングレールの可動区間

温度によるレールの伸縮を吸収するため、軌道には継目が設けられています。一般的な長さ25mのレールを使用している線路では「遊間」と呼ばれる最大15mm程度の間隙を設けた継目（普通継目、図II(a)）がレールの伸縮を吸収します。しかし、ロングレールの可動区間では、伸縮量が数十mmになることもあり、遊間で吸収することが困難です。そのため、ロングレールの端部には伸縮継目（図II(b)）とよばれる構造の継目が設けられています。

図II レールの継目の例



伸縮継目

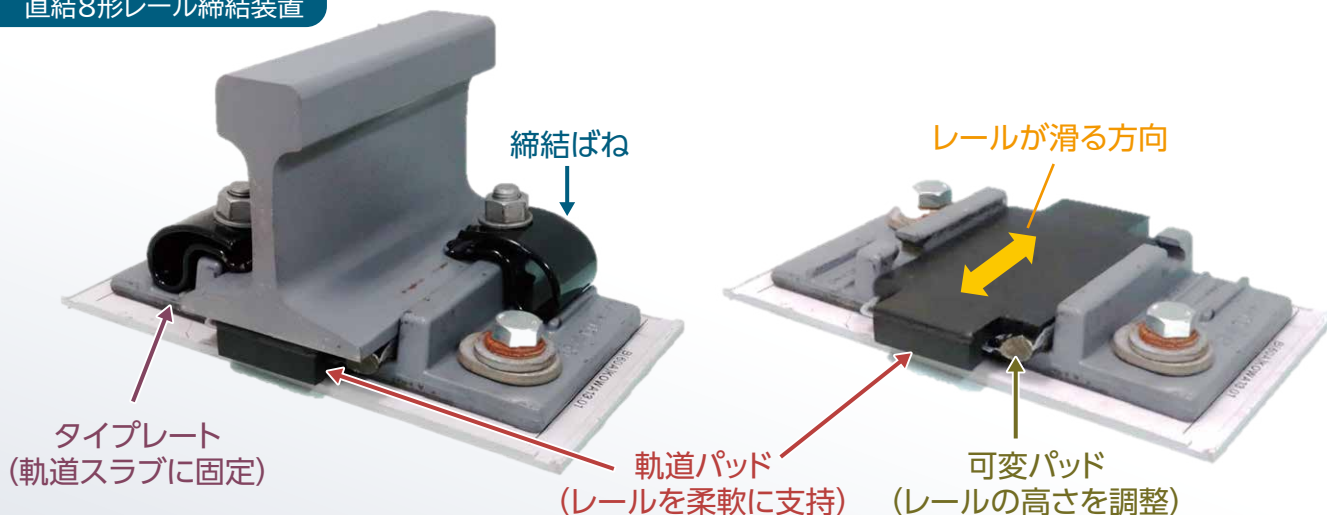
ている直結8形レール締結装置の構造を図3に示します。

このレール締結装置では、レールとタイプレート（レールを柔軟に支持する

ゴム製の部材）と可変パッド（レールの高さを調整するための樹脂製の部材）が設置されます。

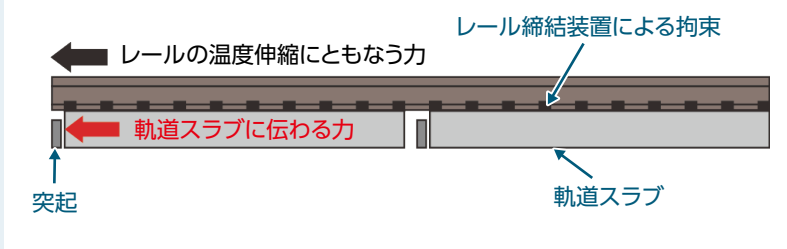
ここで、スラブ軌道用のレール締結装置では、レールとの間に生じる力が一定以上となると、

図3 直結8形レール締結装置



スラブ軌道のロングレールの可動区間において、レールがレール締結装置によって強く拘束されると、図Ⅲに示すように、レールが温度伸縮する際に発生する力がレール締結装置を介して軌道スラブに伝わり、その力が過度になった場合に軌道スラブの移動を抑える突起を破壊して、軌道スラブがレールと共に移動する事象が発生することがあります。

図Ⅲ 軌道スラブへの影響



☞ コラム 「ロングレールの温度伸縮によって生じる影響の一例」

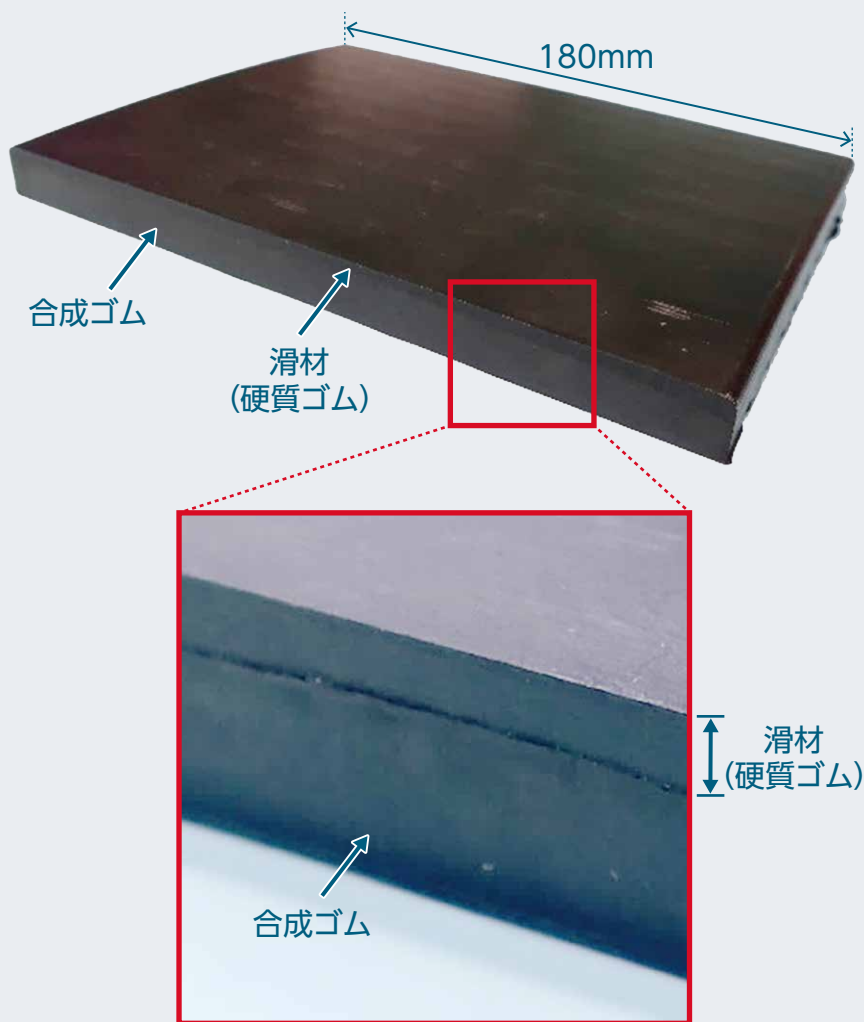
レールを滑らせる機能を備えている必要があります[☞]コラム。これを実現する方策の一つとして、図4に示すようなレールと接触する上面に滑材とよばれる滑りやすいシート状の材料を配置・一体化した軌道パッド(滑材付軌道パッド)が用いられており、滑材とレール底面の間で滑る仕組みとなっています。現在、この滑材には硬質ゴムが多く用いられています(以降の軌道パッドの表記は滑材付軌道パッドを指します)。

ロングレールの温度伸縮と軌道パッドの抜け出し

スラブ軌道上のロングレールの可動区間に長期間敷設されたレール締結装置では、図5に示すように、温度伸縮でレールが移動するときに軌道パッドと可変パッドがレールとの摩擦で一緒に移動し、最終的にレール締結装置から抜け出してしまふことがあります。このような軌道パッドの抜け出しが生じた箇所ではレール締結装置が支える間隔が大きくなり、列車が走るとレールが大きくたわみ、レールを固定する締結ばねのボルトが緩んで締結ばねが外れるなど、レール締結装置の保守の頻度が高くなることから保守管理上の課題となっています。

図5に示すように、ロングレールの可動区間のレール締結装置において、軌道パッドの滑材表面は長期間の敷設の間に繰り返されるレールの温度伸縮でレールと擦れ

図4 滑材付軌道パッド



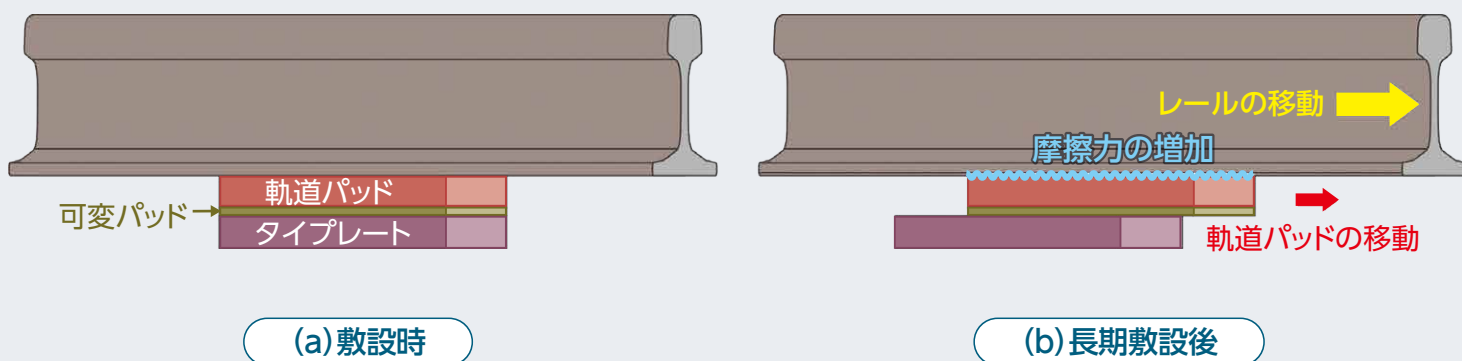


図5 軌道パッドの抜け出しのメカニズムの模式図

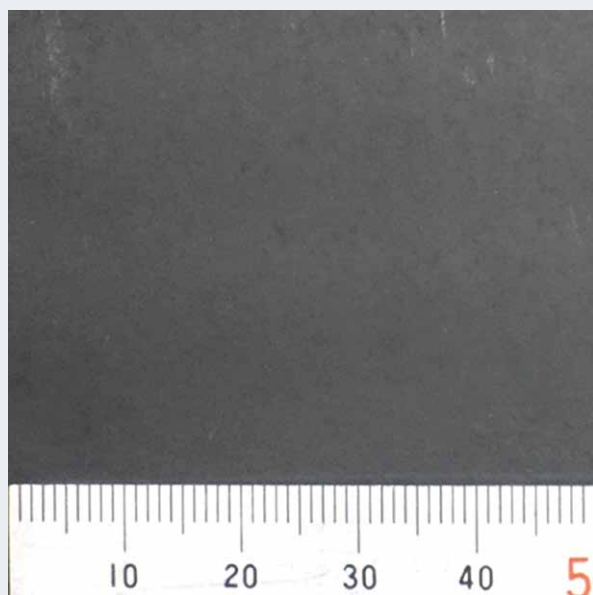
て荒くなり、平滑性が損なわれます。荒れた滑材表面ではレールが滑りにくいいため、軌道パッドがレールの温度伸縮とともに移動し、抜け出すことがあります。図6に、未使用の軌道パッドと長期間敷設された後に回収した軌道パッドの滑材表面の比較を示します。長期間敷設された軌道パッドの滑材表面は、未使用の軌道パッドの滑材表面と比較して、荒れていることがわかります。

軌道パッドの抜け出しの解決策

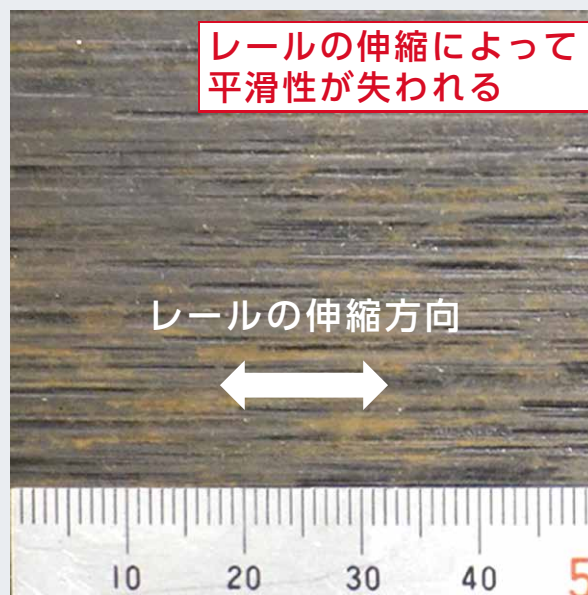
軌道パッドの抜け出しを解決することを目的として開発した^{しゅう}摺動シートを紹介します¹⁾。

摺動シートは、レールと軌道パッドとの間に挿入します。摺動シートの長さは300mm以上、厚さは2mmであり、上下に2種類の異なる材質のシートを積層させた2層構造になっています。図7に摺動シートの外観を示します。2層構造のレール側（上面側）では、柔軟性

図6 軌道パッドの滑材表面の状態



(a)未使用の軌道パッド



(b)長期間敷設された軌道パッド

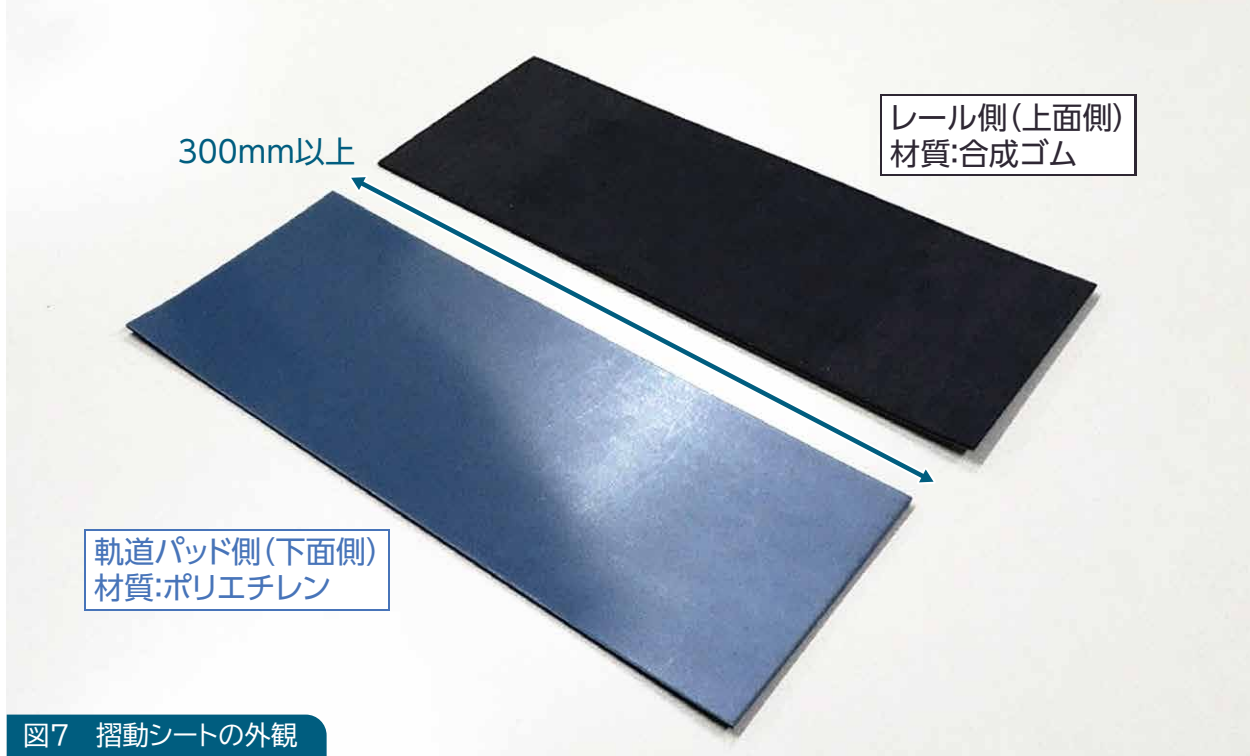
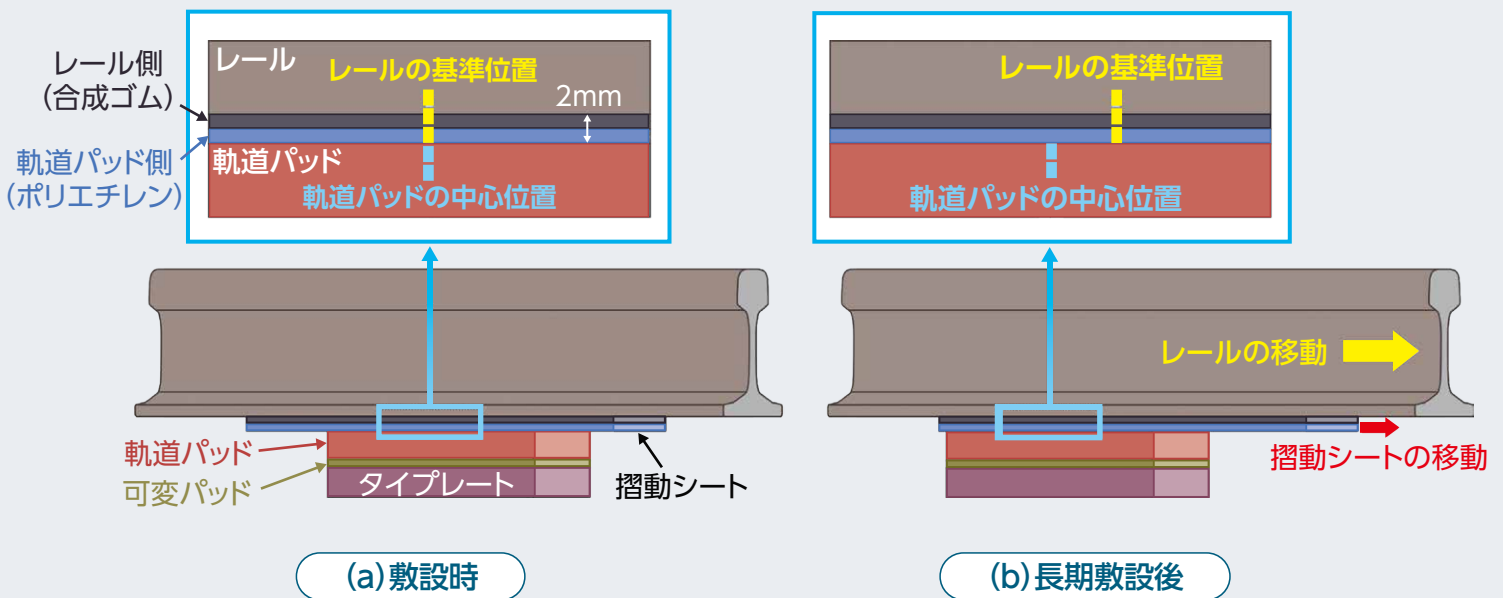


図7 摺動シートの外観

のある合成ゴムを使用してレールとよく密着させ、レールと一緒に移動するようにします。一方、軌道パッド側(下面側)では、滑りやすいポリエチレンを使用して、摺動シートの密着したレールが軌道パッド上を滑りやすくしています。なお、摺動シートは滑材付軌道パッドの上に設置することを想定しています。

軌道パッドの滑材表面は、ポリエチレンと接するため荒れにくくなり、滑材本来の滑りやすさを持続できます。図8に摺動シートの動きを模式的に示します。摺動シートを挿入することで、長期間にわたって軌道パッド上でレールを適切に滑らせることが可能となり、抜け出しを防止することができます。また、前述した

図8 摺動シートの動きの模式図



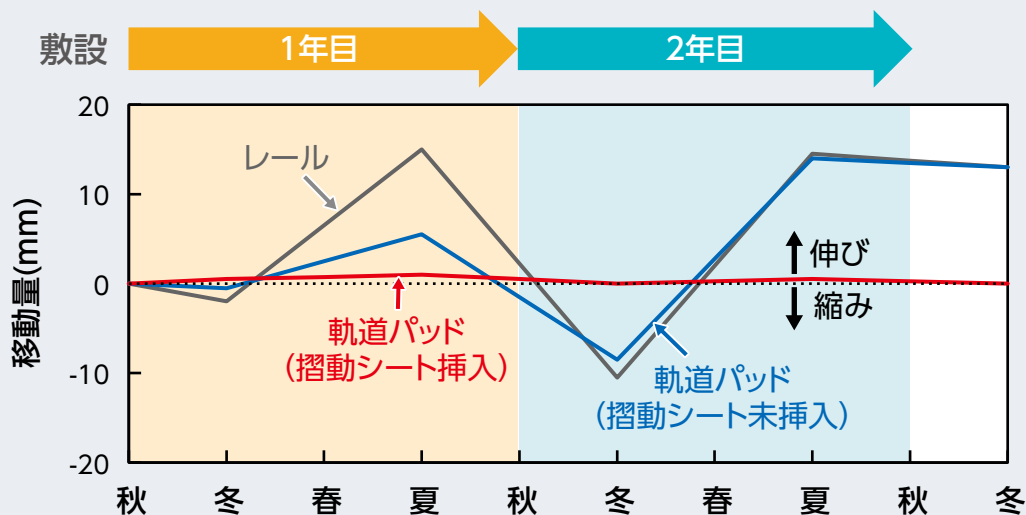


図9 摺動シートによる効果

ように、温度伸縮による伸縮量は数十mmであり、摺動シートは長さが300mm以上であるため、レールとともに移動した場合でも抜け出すことはありません。

摺動シートの効果を検証するため、営業線において、近接する区間に摺動シートを挿入した場合と未挿入の場合の2つの条件を設定し、それぞれの条件においてレールと軌道パッドの移動量を追跡調査しました。追跡調査は、伸縮継目(コラム「伸縮継目」を参照)に隣接する軌道スラブの直結8形レール締結装置の敷設区間で実施しました。

調査の結果を図9に示します。摺動シートが未挿入のレール締結装置では、敷設後約1年目の軌道パッドの移動量は最大で約5mmですが、2年目以降は移動量が増加してレールと同じように10mm以上移動し、軌道パッドがレールと同じように移動するようになりました。一方、摺動シートが挿入されたレール締結装置では、2年目以降も軌道パッドが敷設した位置からほ

とんど移動しませんでした。摺動シートはレールとほぼ同じように移動しており、摺動シートを挿入することによって、当初の想定通りにレールが滑ることがわかりました。また、検証期間中に摺動シートはレールと密着した状態を保っており、脱落することは確認されませんでした。

まとめ

ここでは、ロングレールの温度伸縮によって生じる影響の一例として、軌道パッドの抜け出しについて説明し、その対策として開発した摺動シートを紹介しました。摺動シートは、現在、広範に試験敷設が実施され、おおむね良好な結果が得られています。

今回紹介した摺動シートが今後の軌道の維持管理の一助となれば幸いです。なお、この摺動シートは新日本エスライト工業(株)と共同開発したものです。RRR

文献

- 1) 佐藤大悟, 鈴木実, 玉川新悟, 弟子丸将: 直結8形レール締結装置軌道パッドの抜け出し防止用摺動シートの開発, 鉄道総研報告, Vol.33, No.11, pp.11-16, 2019