

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

# スラブ軌道の維持管理を低コスト化する

軌道保守を省力化するスラブ軌道は使用され始めてから、まもなく50年に達します。今後も、適切な維持管理を行い、省力化軌道としての性能や機能を持続することで、スラブ軌道の供用年数を伸ばすことが可能です。スラブ軌道の維持管理においては、必要に応じて損傷・劣化した箇所を補修しますが、長大なインフラであるスラブ軌道に対しては、より効率的な方法が望まれます。そこで、ここではスラブ軌道に生じる損傷・劣化の例と、新しく開発したスラブ軌道の低コストな補修方法について紹介します。



**高橋 貴蔵**  
Takatada Takahashi  
軌道技術研究部  
軌道・路盤研究室  
主任研究員  
[専門分野] 直結系軌道



**淵上 翔太**  
Shota Fuchigami  
軌道技術研究部  
軌道・路盤研究室  
副主任研究員  
[専門分野] 直結系軌道



**谷川 光**  
Hikaru Tanigawa  
軌道技術研究部  
軌道・路盤研究室  
研究員  
[専門分野] 直結系軌道

## はじめに

鉄道の軌道にはバラスト軌道をはじめ、さまざまな構造がありますが、保守の省力化を目指した軌道構造の代表的なものにスラブ軌道があります。スラブ軌道は、まくらぎを碎石(バラスト)で支えるバラスト軌道と異なり、**図1**に示すようにてん充層(☞参照)で高さを調整した軌道スラブというコンクリート版にレールを固定しています。スラブ軌道は、山陽新幹線で本格的に採用されて以降、材料や形状の改良を行いながら整備新幹線の標準的な軌道構造として敷設されてきました<sup>1)</sup>。

スラブ軌道の設計耐用期間は50年とされており、開発当初のスラブ軌道

はまもなくその50年に達します。ただし、今後も適切に維持管理を行うことでスラブ軌道の供用年数を伸ばすことは可能です。スラブ軌道の維持管理では、軌道の性能や機能が低下しないように、点検・調査を踏まえて予防保全的な対策を行い、必要に応じて損傷・劣化箇所を補修します。長大なインフラであるスラブ軌道を持続的に使用していくためには、維持管理に関するコストの低減が求められます。

そこで、ここではスラブ軌道に生じる損傷・劣化の例と、新しく開発したスラブ軌道の低コストな補修方法について紹介します。

## ☞ てん充層

てん充層にはセメントとアスファルトを主材料としたCAモルタルが用いられています。CAモルタルは国内で開発が行われ、寒冷地域にも適用できるように改良が行われてきました。

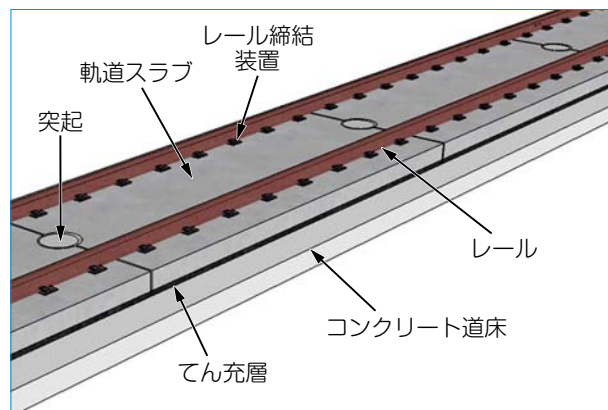


図1 スラブ軌道の模式図

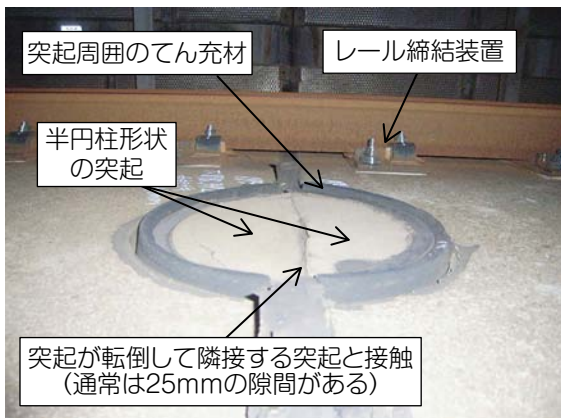


図2 突起の損傷の例



図3 てん充層の劣化の例

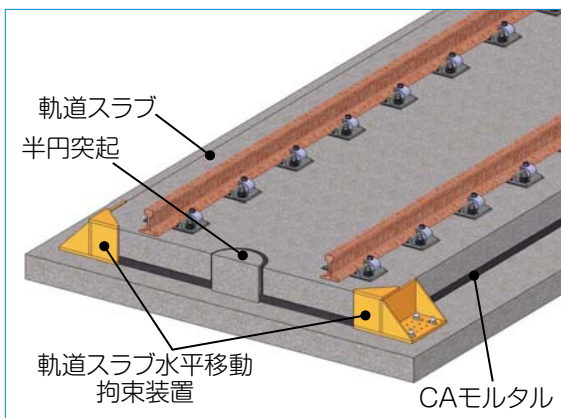


図4 軌道スラブ水平移動拘束装置の設置例<sup>5)</sup>

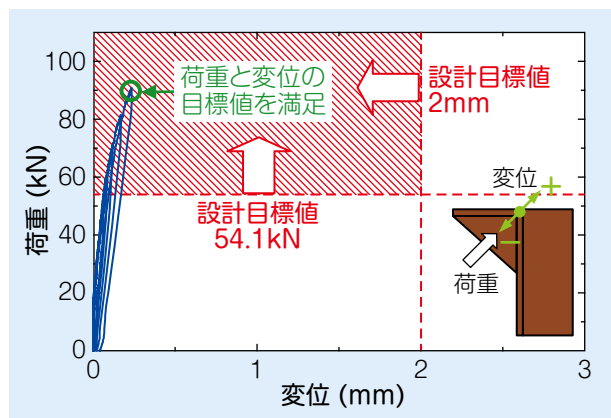


図5 水平方向載荷試験結果の例

## スラブ軌道の損傷・劣化

スラブ軌道に生じている損傷・劣化の例として、突起の損傷とてん充層の劣化を示します。ここで、突起は軌道スラブの移動を抑え、てん充層は軌道スラブの高さを調節し、安定的に支持することを目的としています。

突起の損傷の例としては、図2に示すような構造境界部に設けられる半円柱形状の突起の転倒があります。突起の設計では、トンネル内を除き、温度変化によるレールの伸縮によって生じる力を外力として想定しています<sup>2)</sup>。レールはレール締結装置上で滑るように固定されていますので、レールが伸縮しても本来は突起に想定以上の力は作用しません。しかし、何らかの原因でレールを固定する力が大きくなってしまった場合、レールが滑りにくくなるため、想定以上の力が作用し、突起が転倒する場合があります。ほかにも、

鉄筋の腐食が要因と考えられる突起の損傷も確認されています。

次に、てん充層の劣化の例として、CAモルタルの凍害の状況を図3に示します。凍害が生じる原因は、CAモルタル内部の水分が凍結と融解を繰り返すことで、微細なひび割れが拡大するためと考えられています。そのため、直射日光によって温まりやすいてん充層の外周部で凍害が発生しやすい傾向にあります<sup>4)</sup>。なお、凍害は過去に敷設された古いタイプのCAモルタルの一部で発生していますが、耐凍害性が改良されてからは、発生していません。

## 水平移動拘束装置による突起の対策<sup>5)</sup>

突起に転倒・損傷などが生じた場合、①突起周囲のてん充填材と突起のコンクリートを撤去する、②型枠を設置し、コンクリートを打ち込むことで突起を

修復する、③硬化後に突起と軌道スラブの間にてん充填材を打ち込む、といった手順で補修します。

この方法は補修に時間がかかり、さらに鉄筋にダメージが生じていても、鉄筋が下部構造物に埋め込まれているため取り換えることが困難であるといった課題がありました。

そこで、営業線でも簡易に取り付けが可能で、かつ既設の突起と同等の機能を有する軌道スラブ水平移動拘束装置を開発しました。この装置は、損傷・劣化した突起の代わりとして図4に示すように、軌道スラブの隅角部で水平移動を拘束します。

本装置の性能を確認するために水平載荷試験を行い、本装置が突起の設計荷重以上の水平抵抗力および十分な水平移動拘束性能を有していることを確認しました(図5)。



図6 軌道スラブ水平移動拘束装置の施工状況



図7 軌道スラブ水辺変位拘束装置の設置状況

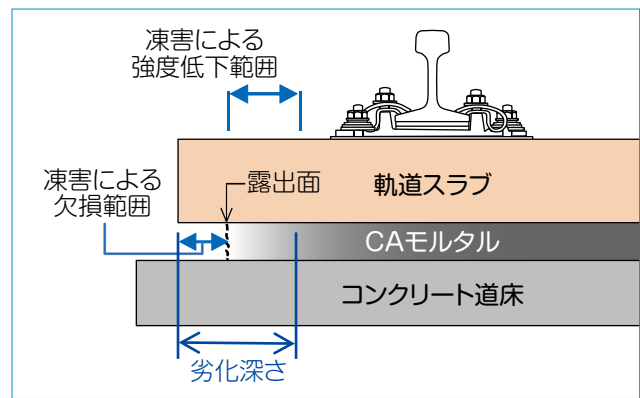


図8 凍害によるCAモルタルの劣化深さ

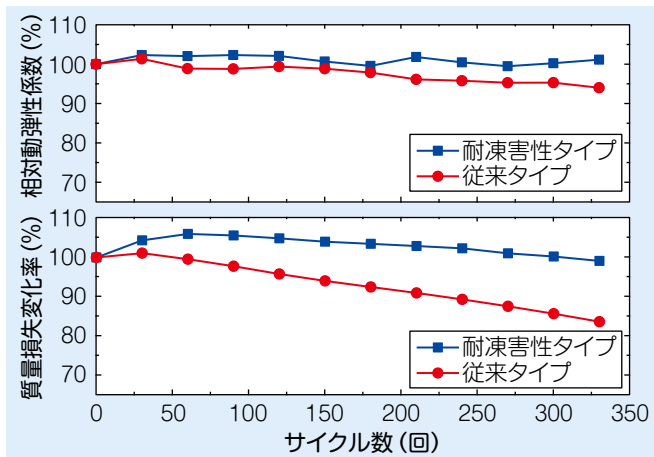


図9 補修用CAモルタルの凍結融解試験結果<sup>3)</sup>

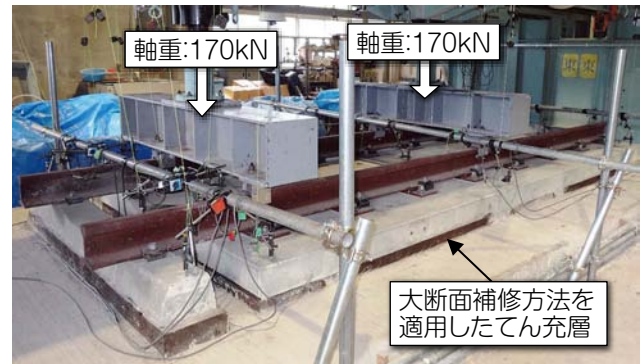


図10 実物大スラブ軌道供試体に対する荷重試験の状況

### 水平移動拘束装置の現地施工

新幹線の営業線において図6に示す手順で軌道スラブ水平移動拘束装置を施工した結果、夜間の新幹線が走行していない時間帯で施工が完了し、翌朝から供用可能であることを確認しま

した<sup>6)</sup>。図7に施工完了後の状況を示します。施工後4年が経過しましたが、レールの伸縮によって生じる軌道スラブの移動が発生していないことを確認しています。なお、営業線での施工結果を踏まえた施工方法については、ス

ラブ軌道各部補修の手引き<sup>7)</sup>に掲載されています。これに基づいて、在来線においても適用されました。

### 大断面補修によるてん充層の対策<sup>3)</sup>

凍害によるてん充層の劣化深さは、図8のように欠損範囲と強度低下範囲



図11 大断面補修の施工状況

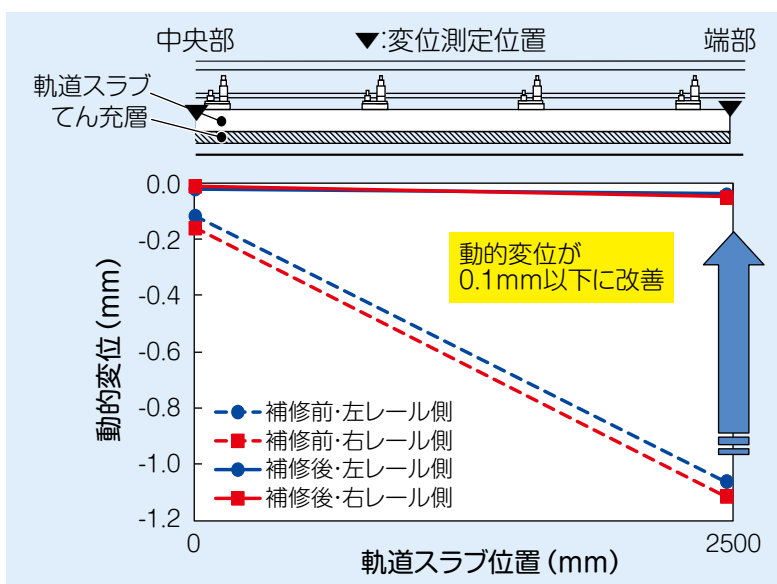


図12 大断面補修前後の軌道スラブの動的変位

を合わせた深さになります。スラブ軌道が敷設されている箇所の気温や凍結・融解の回数などによって異なりますが、環境条件が厳しい場所では劣化深さはレール付近まで達することもあります。

一般的なてん充層の補修方法として、100mm程度の劣化深さまで補修する額縁補修<sup>7)</sup>がありますが、より深い場所まで劣化している場合はてん充層の全面打ち替えが必要になります。しかし、施工時間が長いので、夜間に列車が通過する在来線では行うことができず、また施工コストが高いといった課題もありました。

そこで、除去することが難しい深い位置のCAモルタルをウォータージェットで取り除く方法を開発し、補修材として耐凍害性タイプの補修用CAモルタルを充填する大断面補修方法を開発しました。要素試験で補修材の強度特性や耐凍害性に関する性能を確認し(図9)、実物大スラブ軌道供試体に対する載荷試験で施工性と補修効果を確認しています(図10)。

補修材として用いた耐凍害性タイプの補修用CAモルタルはすぐに固まるため、列車を通過させながら補修することもできます。

## 大断面補修の現地施工

在来線の営業線で図11に示す手順で大断面補修を施工した結果について示します。劣化範囲が深い箇所でも、かつ列車を通しながらの施工でしたが、図12に示すように、大断面補修によって軌道スラブ端部に生じる列車通過時の動的変位を0.1mm以内まで改善することができました。大断面補修の施工コストは、従来工法である全面打ち替えと比較して、50%以下になることも確認しています。この方法は、一部の新幹線でも適用されています。

## おわりに

保守作業を省力化できるスラブ軌道であっても、部材に劣化や損傷が生じた場合、バラスト軌道のように簡単に交換することができません。スラブ軌道を今後も継続的に使用していくためには、定期検査、予防保全および補修といった維持管理を効率的に行うための技術開発が重要です。RRR

## 文献

- 1) 高橋貴蔵：スラブ軌道，RRR，Vol.71，No.4，pp.28-31，2014
- 2) 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，pp.107-109，2012
- 3) 高橋貴蔵，洲上翔太，桃谷尚嗣，谷川光：スラブ軌道てん充層の大断面補修に関する研究，鉄道工学シンポジウム論文集，Vol.20，pp.111-118，2016
- 4) 高橋貴蔵，洲上翔太，桃谷尚嗣：スラブ軌道てん充層の凍害深さに関する検討，土木学会第67回年次学術講演会講演概要集第5部門，pp.377-378，2012
- 5) 藪中嘉彦，高橋貴蔵，洲上翔太，長沼光：スラブ軌道における突起代替装置の開発，鉄道総研報告，Vol.28，No.6，pp.17-22，2014
- 6) 吉川秀平，山根寛史，森山陽介：スラブ軌道の突起補修構造の試験敷設，新線路，Vol.67，No.796，pp.31-34，2013
- 7) 鉄道総合技術研究所：スラブ軌道各部補修の手引き，鉄道総合技術研究所，2015