

適用範囲の広い 道床バラストの固化技術



淵上 翔太
Shota Fuchigami
軌道技術研究部
軌道・路盤研究室
主任研究員



中村 貴久
Takahisa Nakamura
軌道技術研究部
軌道・路盤研究室
主任研究員



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

はじめに

バラスト軌道の上を列車が何度も通過すると、レールやまくらぎを支えているバラスト道床（以下、道床）が徐々に変形し、線路にゆがみを生じます。この線路のゆがみのことを、一般に軌道変位（または軌道狂い）とよびます。軌道変位が大きくなると乗り心地が悪くなるため、タイタンパーとよばれる振動機を用いた道床の

つき固め作業（[図1](#)）を行うなど、定期的に軌道の保守作業を行う必要があります。

このように、バラスト軌道の維持管理には多くの人手とコストを要します。そのため、バラスト軌道にかかる保守量を低減することを目的として、これまでにさまざまな省力化軌道（[図2](#)）が開発・実用化されてきました。省力化軌道とは、軌道を構成する部材（まくらぎや道床など）がコンクリートやアスファルトを用いて構築される軌道の総称であり、おもに新設線や連続立体交差化工事での適用を対象とする[スラブ軌道^{1\)}](#)、[弾性まくらぎ直結軌道^{2\)}](#)や[フロー](#)

図1 バラスト道床のつき固め作業



[スラブ軌道](#)

プレキャストコンクリート製の軌道スラブをてん充層（セメントアスファルトモルタル）で支持する省力化軌道です。新幹線における主要な軌道構造の一つであり、在来線においても広く採用されています。

[弾性まくらぎ直結軌道](#)

まくらぎをコンクリート製の道床で支持する省力化軌道です。まくらぎの下面には弾性材が設置され、騒音・振動対策として在来線の高架区間やトンネル区間で採用されています。

[フローティング・ラダー軌道](#)

プレキャストコンクリート製の縦ばりを鋼製の継材で結合した「はしご状」のラダーマクラギを、弾性材で離散的に支持する省力化軌道です。騒音・振動対策として在来線の高架区間やトンネル区間で採用されています。

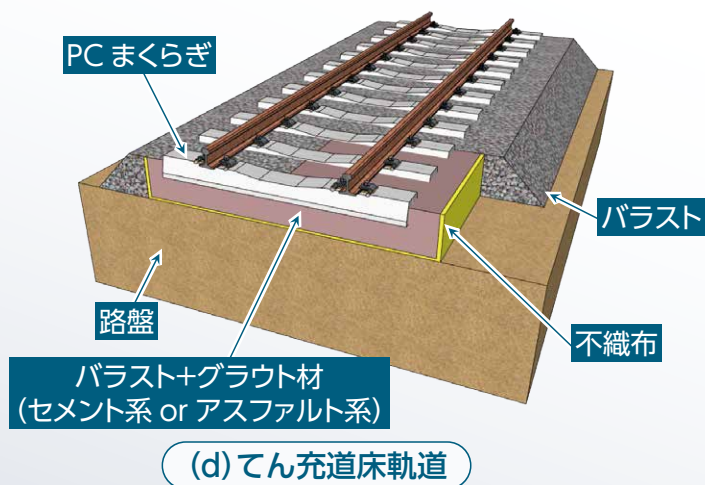
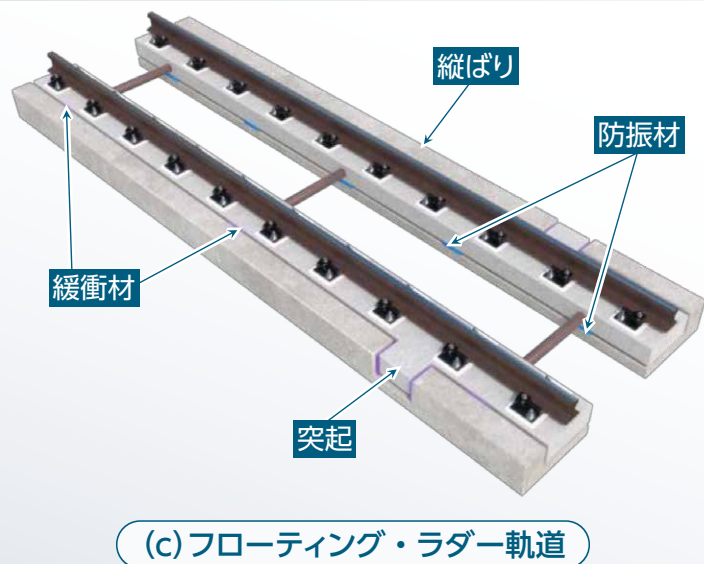
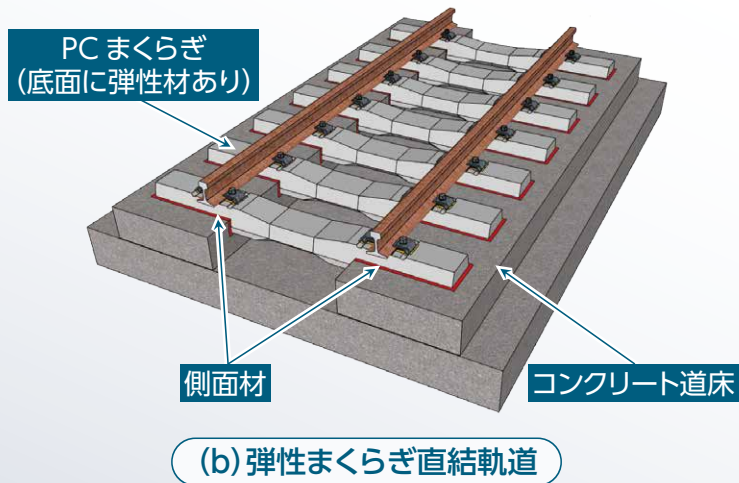
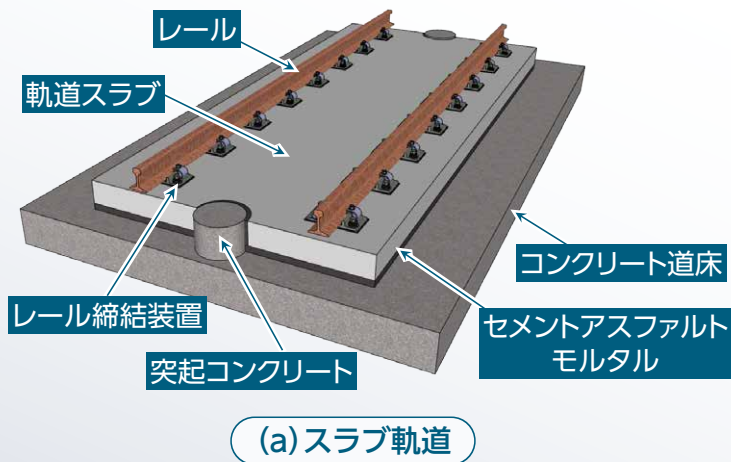


図2 省力化軌道の例

フローティング・ラダー軌道²⁾※，既設のバラスト軌道での適用を対象とするてん充道床軌道などがあります。なお，軌道の設計標準³⁾では，スラブ軌道や弾性まくらぎ直結軌道を総称して「直結系軌道」とよんでいます。

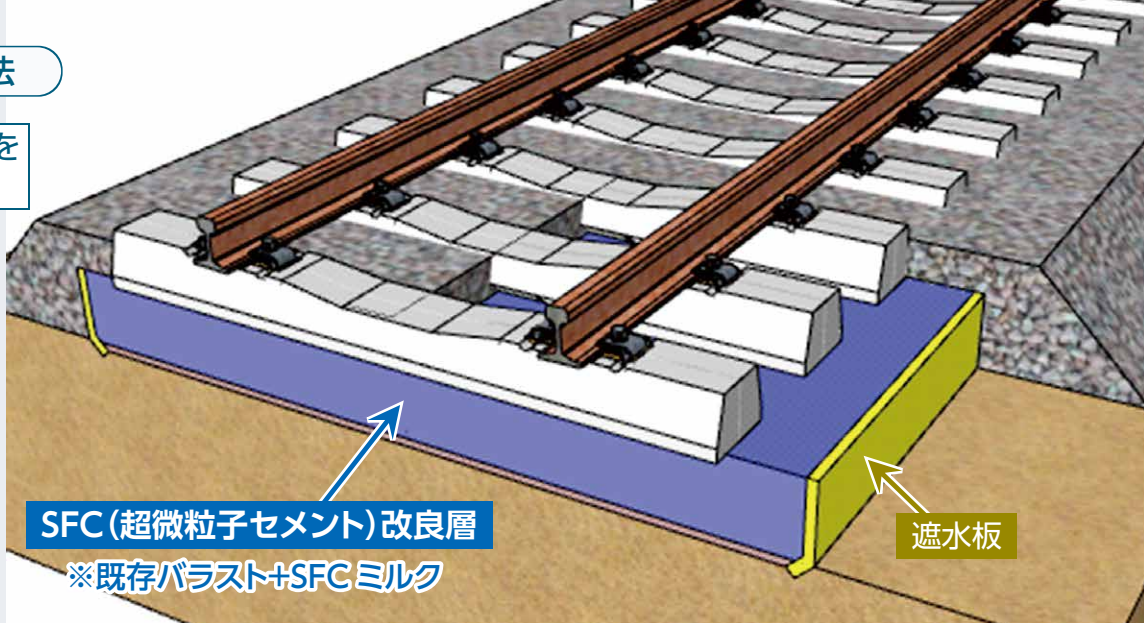
てん充道床軌道とは，既存のバラストをセメント系あるいはアスファルト系のグラウト材でそのまま固化する軌道のことであり，既設のバラスト軌道の保守を省力化することを目的としています。このような既設のバラスト軌道を改良する省力化軌道として，おもに首都圏の在来線で導入されている「TC型省力化軌道⁴⁾」は多くの敷設実績があり，軌道の保守の省力化に貢

献しています。一方，地域鉄道においては施工性や経済性の観点から，既設のバラスト軌道を改良する省力化軌道の導入が進んでいないのが実態です。

以上のような背景から，従来よりも低コストで施工できるてん充道床軌道として，グラウト材に浸透性の高い超微粒子セメントミルク（以下，SFCミルク）を用いることで，細粒分を多く含む劣化したバラストを固化することができるSFCてん充道床軌道を開発してきました。なお，てん充道床軌道などの既設のバラスト軌道を改良する省力化軌道は，固化した道床部に変状が生じないように，比較的高い剛性を有する

(a) 通常工法

既存バラストを
そのまま活用

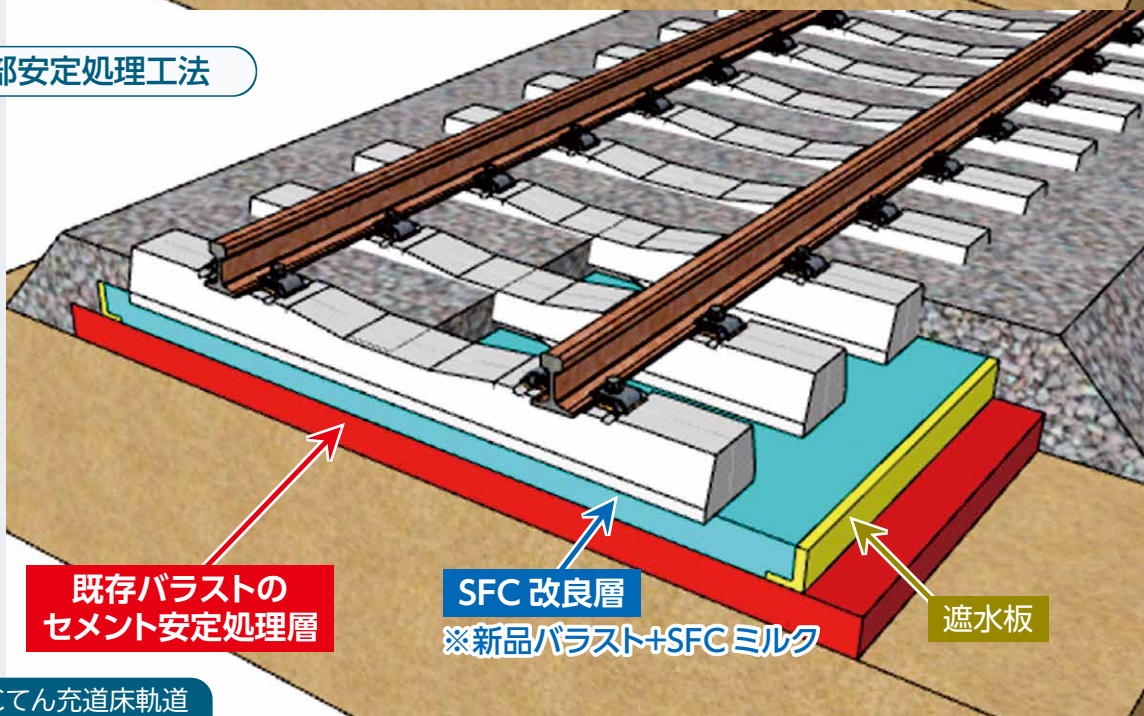


SFC (超微粒子セメント) 改良層
※既存バラスト+SFCミルク

遮水板

(b) 道床下部安定処理工法

泥土化した
バラストのみ
道床交換



既存バラストの
セメント安定処理層

SFC 改良層
※新品バラスト+SFCミルク

遮水板

図3 SFCてん充道床軌道

路盤の上に敷設されます。SFCてん充道床軌道は、在来線の明かり区間やトンネル区間において敷設実績があり、列車の通過時に衝撃的な荷重が作用するレールの継目部においても良好な沈下抑制効果を示すことが確認されています。しかしながら、**噴泥**を生じているバラスト軌道では、道床内にSFCミルクが浸透しにくいいため、従来の施工法をそのまま適用することができないという課題がありました。

そこで、噴泥を生じているバラスト軌道に対しても低コストで施工することができるSFCて

ん充道床軌道の施工法を新たに開発しました⁵⁾。ここでは、SFCてん充道床軌道の概要と営業線への導入事例およびその効果などについて紹介します。

噴泥

バラストの劣化した箇所が降雨などにより滞水すると、列車通過時におけるまくらぎの動変位にともない、泥土が噴出する現象が見られます。これを噴泥とよびます。なお、細粒化したバラストが噴出したものを道床噴泥、路盤土が噴出したものを路盤噴泥といいます。

SFCてん充道床軌道の概要

SFCてん充道床軌道は、超微粒子セメントのグラウト材を用いて道床を固化する省力化軌道です。一般に、超微粒子セメントは地盤の改良工事や岩盤の亀裂補修工事に用いられる材料であり、高い浸透性を有しています。このような用途においては、比較的長い期間をかけて地盤や岩盤の強度を増大させます。一方、営業線における軌道の工事は列車が走行していない夜間の短い時間帯に行われることが多いため、てん充道床軌道に用いられるグラウト材には早期に強度を発揮する性能が求められます。SFCミルクは細粒分が多いバラストへの高い浸透性を有するとともに、施工が完了してから2時間後には列車の荷重を十分に支持できる強度を発揮します。

図3にSFCてん充道床軌道の概要図を示します。「通常工法」はバラスト軌道に噴泥が生じていない場合に適用する工法です。一方、噴泥が生じている場合は、新たに開発した「道床下部安定処理工法」を適用します。

通常工法

図4に通常工法による施工の様子を示します。通常工法では、はじめにまくらぎの両端部の道床を路盤面まで掘削して遮水板を設置・埋設します。その後、タイタンパーでつき固め作業を行ってから、既存の道床内にそのままSFCミルクを注入します。ここで、道床内におけるSFCミルクの注入高さは、まくらぎの下面位置までとします。これにより、施工後に軌道変位が生じた場合でも、比較的容易に補修することができます。例えば、まくらぎの下に隙間が生じた場合は、SFCミルクをふたたび注入することでまくらぎの支持状態を改善します。また、固化した道床を破碎することなく、劣化したまくらぎの交換作業を行うことも可能です。

(a) 道床の掘削



(b) 遮水板の設置



(c) SFCミルクの注入



図4 通常工法による施工の様子



(a) 泥土化したバラストの撤去



(b) 既存バラストのセメント安定処理



(c) 新品バラストの投入



(d) SFCミルクの注入

図5 道床下部安定処理工法による施工の様子

道床下部安定処理工法

図5に道床下部安定処理工法による施工の様子を示します。道床下部安定処理工法では、はじめにまくらぎ周囲の泥土化したバラストを撤去します。本工法を適用できるのは、同図(a)に示すような道床噴泥を生じている場合であり、軟弱な路盤による路盤噴泥を生じている箇所に

は適用することができません。なお、軟弱な路盤の上に敷設されているバラスト軌道に適用する場合は、あわせて路盤の剛性を増大させる路盤改良工事を行います。

泥土化したバラストを撤去した後は、それよりも下層にある既存のバラストにセメントを混ぜて十分に締め固めます(セメント安定処理)。

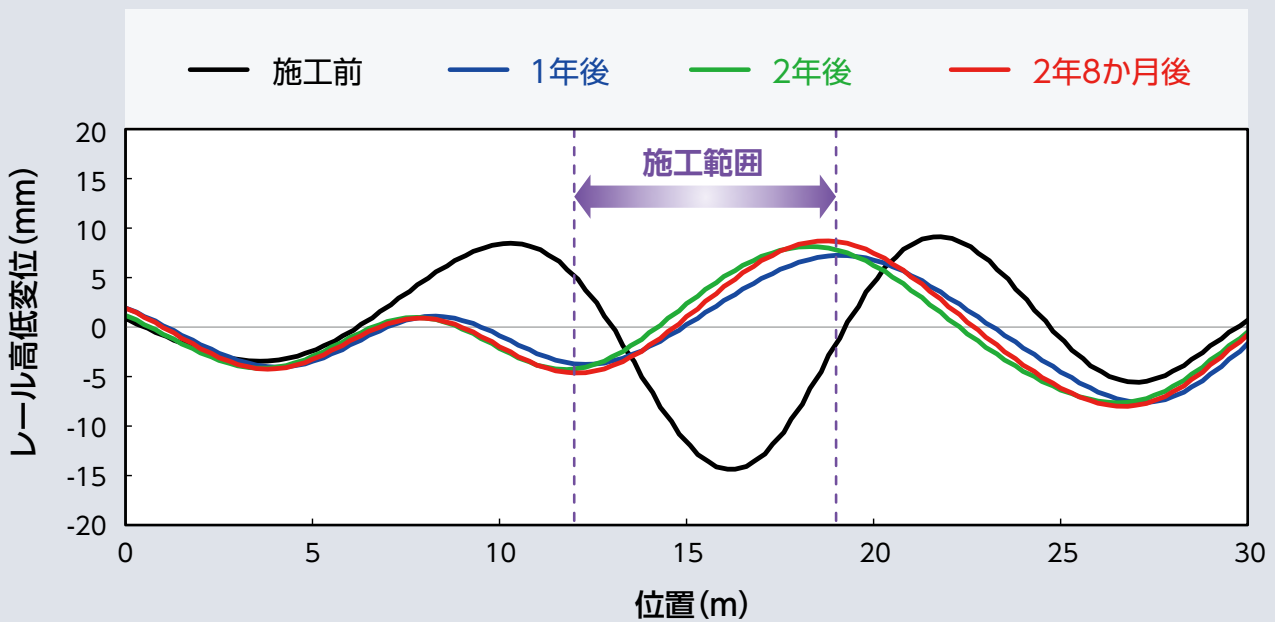


図6 SFCてん充道床軌道（通常工法）による沈下抑制効果の例

その後、通常工法と同様に遮水板を設置するとともに、新品のバラストをセメント安定処理層の上に敷き均し、SFCミルクを注入します。

SFCてん充道床軌道による 沈下抑制効果

SFCてん充道床軌道による沈下抑制効果の例として、図6に在来線（トンネル区間）のバラスト軌道で通常工法により施工した箇所の軌道検測データを示します。ここで、同図のグラフの縦軸に示すレールの高低変位とは、軌道の上下方向の不整のことをいいます。同図より、SFCてん充道床軌道の施工範囲では、施工から約3年が経過してもレールの高低変位がほとんど変化しておらず、良好な軌道の状態を維持できて

いることがわかります。

また、噴泥を生じたバラスト軌道で道床下部安定処理工法により施工した箇所においても、施工範囲内の軌道はほとんど沈下しないことを確認しています。

おわりに

SFCてん充道床軌道は、施工の低コスト化に対するメリットだけではなく、将来的な保線作業員の不足に対する保守の省力化や、有限な資源であるバラストの活用にとって有益なものであると考えています。今後も、営業線への導入に向けて技術的な支援を行ってまいります。

RRR

文献

- 1) 高橋貴蔵：スラブ軌道，RRR，Vol.71，No.4，2014
- 2) 渡辺勉，杉本一朗：鋼鉄道橋の低騒音化，RRR，Vol.66，No.8，2009
- 3) 国土交通省鉄道局監修，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
- 4) 須田征男，長門彰，徳岡研三，三浦重：新しい線路－軌道の構造と管理－，日本鉄道施設協会，1997
- 5) 洲上翔太，中村貴久，高橋貴蔵，桃谷尚嗣：噴泥したバラスト軌道を対象としたSFCてん充道床軌道の性能評価，鉄道総研報告，Vol.36，No.3，2022