

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

既存のバラストを固めた軌道で 保守を省力化する

既設のバラスト軌道における保守を省力化することを目的として、てん充道床軌道をはじめとする省力化軌道が開発・実用化されています。バラスト軌道をとてん充道床軌道とすることにより将来的に保守コストを抑えることができますが、導入時のコスト負担は大きくなる傾向にあります。また、てん充道床軌道は主に都市部などで採用されることが多く、輸送量が少ないローカル線では普及していないのが実情です。ここでは、既存のバラストやまくらぎを再利用することにより施工コストを抑えたてん充道床軌道の概要および導入事例について紹介します。

はじめに

バラスト軌道の上を鉄道車両が何度も通過すると、徐々にレールが変形したり、レールを支持しているまくらぎが沈下したりすることがあります。これら線路の「ゆがみ」(軌道変位)が大きくなると、車両の乗り心地が悪くなるため、タイタンパーによるバラストのつき固め作業(図1)を行うなど、定期的に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費用を要します。そこで、バラスト軌道にかかる保守を低

減するために、これまでにさまざまな省力化軌道が開発・実用化されてきました。省力化軌道には、主に新設線を対象とするスラブ軌道(☞参照)やまくらぎ直結軌道(☞参照)、既設のバラスト軌道を対象とするてん充道床軌道や舗装軌道¹⁾などがあります。てん充道床軌道や舗装軌道の施工方法については、敷設からの経年により劣化したバラスト(以下、経年バラスト)を新品の碎石(バラストまたは単粒度碎石)に交換し、さらに既存のまくらぎも大型のまくらぎ(LPCまくらぎなど)



洲上 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】省力化軌道、
コンクリート工学



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】省力化軌道、
コンクリート工学



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
【専門分野】バラスト軌道、
地盤工学



桃谷 尚嗣
Yoshitsugu Momoya
軌道技術研究部
軌道・路盤研究室
室長
【専門分野】バラスト軌道、
省力化軌道、地盤工学



図1 バラストのつき固め作業

☞ スラブ軌道

プレキャストコンクリート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。整備新幹線における主要な軌道構造であり、在来線においても広く採用されています。

☞ まくらぎ直結軌道

PCまくらぎなどをコンクリート道床で支持する省力化軌道です。騒音・振動対策としてPCまくらぎに弾性材を取り付けた「弾性まくらぎ直結軌道」などが、主に在来線の高架区間などで採用されています。

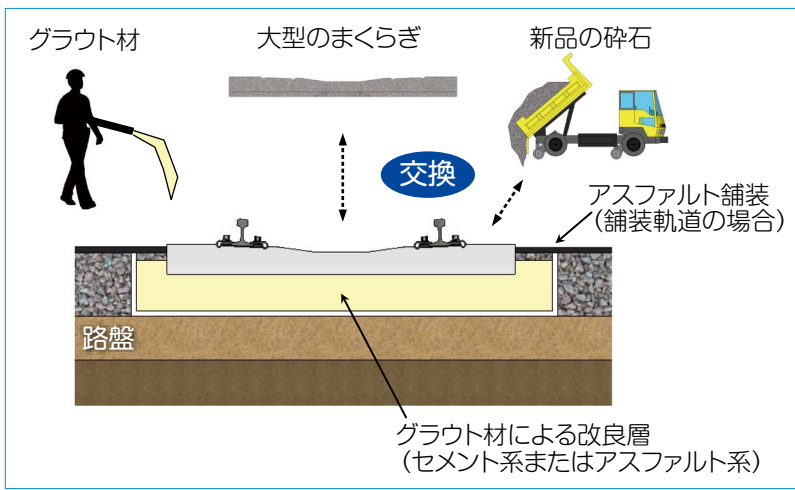


図2 従来工法のイメージ

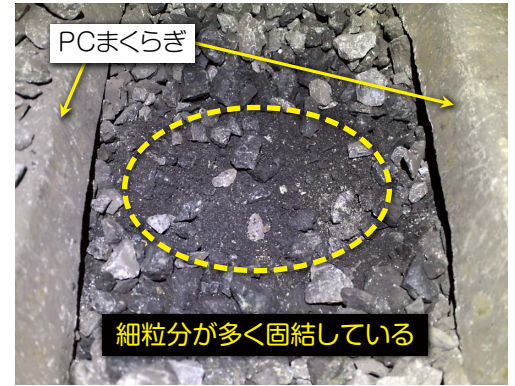


図3 経年バラストの状態

に交換した上で、碎石内にセメント系またはアスファルト系の材料を注入する工法が一般的です(図2)。これらの省力化軌道は主に輸送量の多い都市部で採用されることが多く、保線作業員の労力と保守コストの低減に貢献しています。一方で導入時のコスト面から、ローカル線においては普及が進んでいないため、施工性と経済性をさらに検討することとしました。

てん充道床軌道の施工コストを抑えるには、既存のバラストやまくらぎを再利用し、バラストの交換作業(以下、道床交換)を不要とすることが効果的です。しかし、経年バラストは碎石の摩耗や外部からの土砂などの流入により、細粒分が多い状態となっており、従来の省力化軌道に用いられてきたグラウト材を注入することは困難と考えられました。そこで、てん充道床軌道のグラウト材として超微粒子セメントミルク²⁾を適用することにより、道床交換が不要となる新たなてん充道床軌道を開発しました。ここでは、経年バラストに対する各種グラウト材の注入特性および強度特性の評価、実物大試験によるてん充道床軌道の性能評価および営業線への導入事例について紹介します。

経年バラストの状態

道床交換が不要となるてん充道床軌

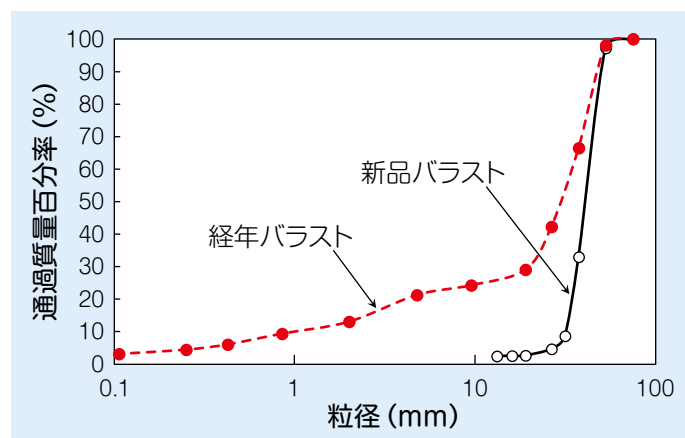


図4 バラストの粒度分布

道を開発するにあたり、室内試験において性能を評価するには、現地のバラスト軌道を再現する必要があります。そこで、在来線のトンネル区間におけるバラスト軌道の現地調査を行い、経年バラストの状態を確認しました。図3に現地のバラストの状態を示します。同図より、とくにまくらぎの底面付近において細粒分が多くなっており、バラストが締め固まっている様子が確認できます。図4に現地で採取した経年バラストおよび新品バラストの粒度分布を示します。ここで、グラフ縦軸の通過質量百分率とは、ある粒径よりも小さい粒径の質量が全体の(乾燥)質量に占める割合を示したものです。同図より、経年バラストは新品バラストと比べて粒径40mm以下の碎石の含有率が高く、粒径が広く分布してい

るため、より締め固まりやすい状態であるといえます。室内試験では、この経年バラストに近い粒度分布の試験用バラストを作製して検討を行いました。

てん充道床軌道のグラウト材

これまでにてん充道床軌道に適用事例のあるグラウト材として、無収縮モルタルやセメントアスファルトモルタル(以下、CAモルタル)などがあげられます。さらに、本工法では超微粒子セメントミルク(以下、SFCミルク)の適用を検討しました。SFCミルクは主に地盤や岩盤の改良工事に用いられる浸透性に優れた材料であり、これまでに軌道分野への適用事例はありませんでした。そこで、SFCミルクについても省力化軌道用の配合を新たに検討し、経年バラストに対する各種グ



図5 グラウト材の注入状況

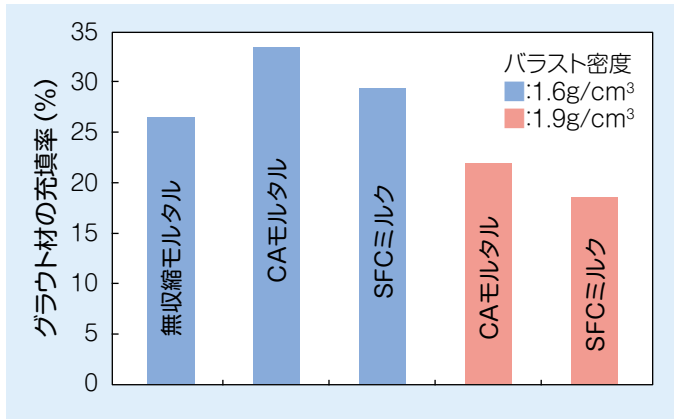


図6 グラウト材の充填率の比較

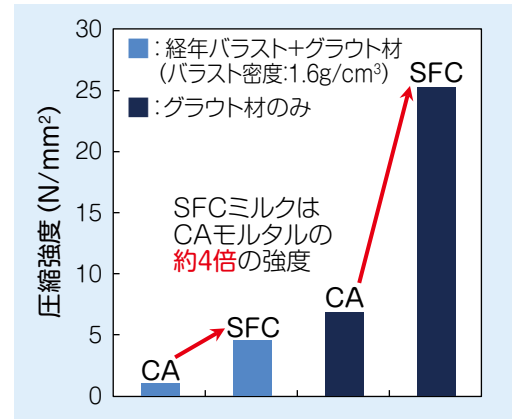


図7 CAモルタルとSFCミルクの圧縮強度の比較

ラウト材の注入特性および強度特性を評価しました。

図5に経年バラストに対する各種グラウト材の注入状況を示します。同図より、無収縮モルタルの場合はグラウト材がバラストの表面にたまってゆっくりと浸透するのに対し、CAモルタルとSFCミルクの場合はグラウト材がすぐにバラスト内部へ浸透している様子が確認できます。また、図6にバラストの容積に対するグラウト材の充填率を示します。同図より、無収縮モルタルと比べてCAモルタルとSFCミルクの充填率が高く、CAモルタルのほうがやや浸透性に優れていることがわかりました。さらに、CAモルタルとSFCミルクについて、経年バラストとの固化体(材齢3日)およびグラウト材のみの固化体(材齢28日)の圧縮強度を比較すると、SFCミルクのほうが4倍ほど強度が大きくなることわかりました(図7)。以上の結果より、新たに開発するてん充道床軌道のグラ

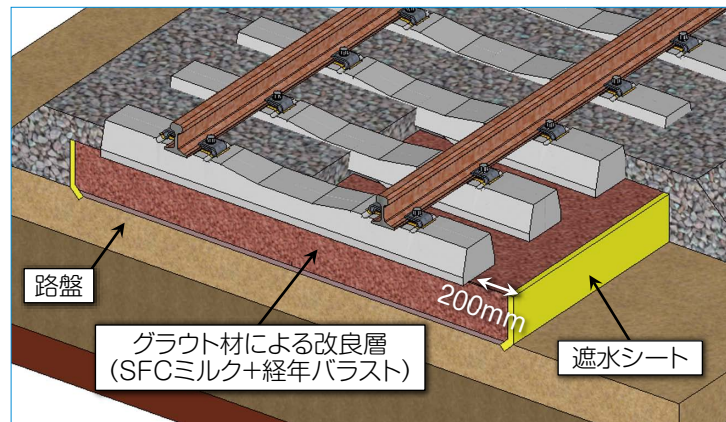


図8 SFCてん充道床軌道の概要

ウト材としてSFCミルクを採用することとしました。

SFCてん充道床軌道

図8にグラウト材としてSFCミルクを適用した「SFCてん充道床軌道」の概要を示します。SFCミルクはバラストの上面から自然流下により注入し、注入範囲はまくらぎの両端部に設置する遮水シートにより管理します。ここで、SFCミルクの注入範囲をまくら

ぎの底面までとすることにより、施工後にまくらぎを交換したり軌道変位を修正したりすることが容易となります。

以上の方法によりSFCてん充道床軌道の実物大供試体を作製し、繰り返し载荷試験によって省力化軌道としての性能を評価しました。図9に繰り返し载荷試験の状況を示します。本試験では、1本のPCまくらぎに対し、列車荷重として80kNの荷重を周波数10Hzで载荷しました。ここで、列車

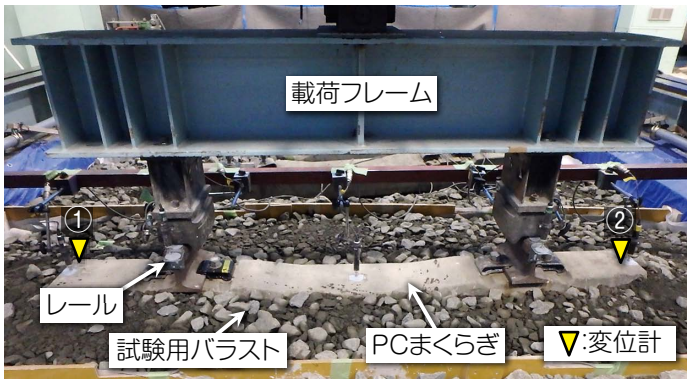


図9 実物大供試体の繰り返し载荷試験

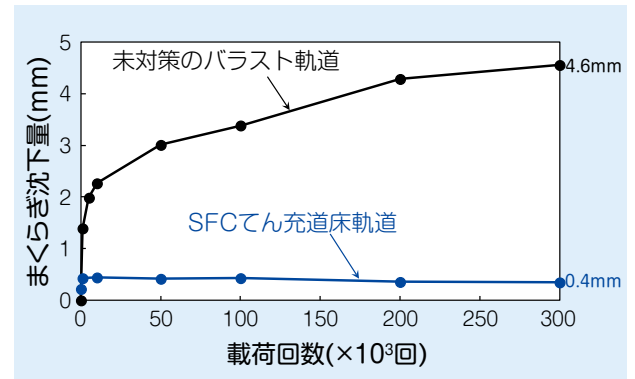


図10 繰り返し载荷試験の結果



図11 営業線における試験施工の様子

荷重については車両の軸重を160kNとし、レールとまくらぎによる荷重の分散(分散率50%)を考慮しています。通常、営業線での軌道工事は夜間の限られた時間帯で行い、施工後はすぐに列車が通過します。よって、試験ではSFCミルクを注入してから数時間後に列車が通過する場合を想定し、列車荷重作用時のまくらぎの沈下量を確認しておく必要があります。そこで、まずSFCミルクの注入が完了してから2時間後に1500回の载荷を行い、SFCてん充道床軌道の初期の沈下量を確認しました。試験の結果、まくらぎの沈下量は0.4mm程度となり、その後も沈下はほとんど進まないことを確認しました。さらに、SFCてん充道床軌道を施工してから3日後に30万回の载荷を行いました(図10)。未対策のバラスト軌道の場合は载荷回数の増加とともにまくらぎの沈下量も大きくなり、最大で4.6mmとなりまし

た。一方、SFCてん充道床軌道の場合は、30万回の载荷を行ってもまくらぎの沈下量はほとんど増加せず、最大で0.4mmとなることがわかりました。以上の結果より、SFCてん充道床軌道は省力化軌道としての性能を十分に有していると考えられます。

営業線における試験施工

在来線のトンネル区間のバラスト軌道において、SFCてん充道床軌道を試験的に施工しました。まず、タイタンパーを用いて施工箇所周辺のバラストのつき固め作業を行い、軌道変位を修正します。次に、まくらぎ両端部と施工境界部におけるバラストを掘削して遮水シートを設置します(図11(a))。最後にSFCミルクを練り混ぜて、まくらぎの底面まで注入したことを確認したら、表面のバラストを埋め戻して施工完了です(図11(b))。施工から約1年が経過していますが、施工箇所

付近において大きな軌道変位は生じておらず、良好な状態を保っていることを確認しています。

おわりに

SFCてん充道床軌道により、低コストで既設のバラスト軌道を省力化軌道へ改良することが可能となりました。今後はさらに施工性を改善し、施工延長10m/日以上を目指して開発を進めていきたいと考えています。[RRR]

文献

- 1) 安藤勝敏, 須長誠, 熊崎弘, 関根悦夫, 堀池高広: 既設線省力化軌道の開発・実用化, 鉄道総研報告, Vol.6, No.11, pp.9-18, 1992
- 2) 米田俊一, 中川浩二: 粒子径を変えた各種セメントグラウトの基礎的性質と浸透性比較, 土木学会論文集, No.462, VI-18, pp.101-110, 1993