

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

バラスト軌道の維持管理を低コスト化する

大きく年数の経過したバラスト軌道では、バラストが劣化して噴泥などが発生し、つき固めによる軌道整正を行ってもすぐに大きな沈下が生じることがあります。そのような状態となった箇所では抜本的な対策として道床交換や路盤改良が必要となりますが、これらの方法はコストが高く、とくにローカル線区では十分に施工できていない状況にあります。そこで、バラスト軌道を低コストで維持管理するための方法として、バラストのポリマー安定処理工法および発生バラストを再利用する路盤改良工法を紹介します。



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、路盤・路床



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、省力化軌道、路盤・路床



伊藤 壱記
Kazuki Ito
軌道技術研究部
軌道・路盤研究室
副主任研究員
【専門分野】バラスト軌道、省力化軌道、路盤・路床

はじめに

バラスト軌道は最も一般的な軌道の形式であり、世界中の鉄道で広く使われていますが、列車荷重が繰り返して作用することにより徐々に軌道の変位が生じるため、つき固めなどによる定期的な保守作業が必要になります。

バラストには粒径が20mmから60mm程度の碎石が用いられ、その粒度分布には所定の基準が定められています¹⁾。粒径のそろった、細粒部を含まないバラストは、タイタンパーなどにより振動を与えながらつき固めを行うと、密度が増加し、列車荷重を支えるのに十分な支持力を発揮します。

しかしながら、長期間に渡って列車荷重を受けたバラストは徐々に摩耗や破碎が進行し、細粒分を多く含んだ状態になります。また、軟弱な路盤上に敷設されたバラスト軌道では路盤土が

徐々にバラスト層内に入り込みます。このような状態となったバラスト軌道は排水性が悪化し、図1に示すように、「噴泥」(☞参照)を生じて沈下しやすくなります。また、ジャッキアップしてタイタンパーでつき固めても、密度が上がりにくいので、十分な支持力を発揮することができず、すぐに沈下が大きくなってしまいます。

細粒分を含み、噴泥をとまうなどして沈下が生じやすくなったバラスト軌道では、劣化したバラストを新しいバラストに交換する必要があります。さらに、路盤が軟弱な場合は新しいバラストに交換しても十分な効果が得られにくいので、路盤表層を良質な材料に置き換えるなどの路盤改良が必要になります。

しかしながら、現地の状況や施工機械にもよりますが、バラスト交換は1m当たり10万円程度、路盤改良も合わせて実施した場合は1mあたり30万円程度の施工費を要するため、多くの保守費用をかけることができないローカル線では必ずしも十分な対策ができていないという状況にあります。

そこで、噴泥が発生して、つき固め

☞ 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、列車通過時のまくらぎの動的変位にともなって、泥土が噴出する現象が見られます。これを噴泥と呼びます。



図1 噴泥の生じたバラスト軌道の例

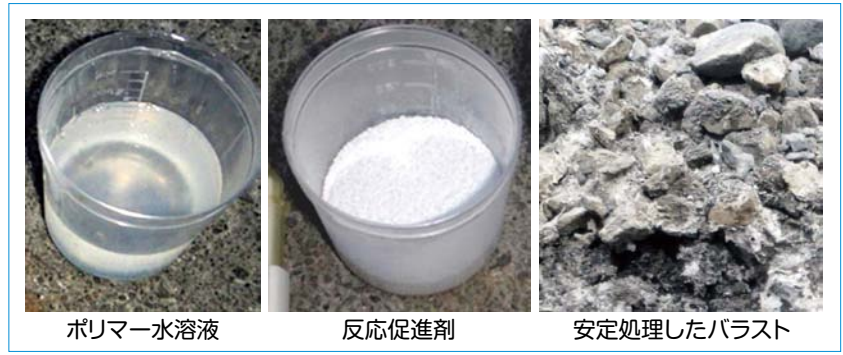


図2 バラストの安定処理に用いる生分解性ポリマー

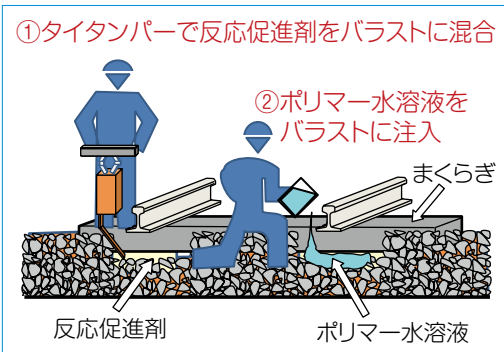


図3 ポリマー安定処理工法の施工手順



図4 ポリマー安定処理工法の施工状況

を行ってもすぐに軌道の沈下が生じてしまうような箇所において、バラストを交換せずに軌道の状態を改善する方法として、生分解性ポリマーを用いたバラストの安定処理工法を開発しました。また、低コストで路盤改良を行う方法として、通常は処分する発生バラストを路盤材として再利用する新たな路盤改良工法を開発しましたので、以下に紹介します。

生分解性ポリマーによるバラストの安定処理工法

劣化したバラストの支持力を回復させることを目的として、図2に示すポリビニルアルコール水溶液(以下、「ポリマー水溶液」という)とケイ酸ソーダを主剤とした反応促進剤を反応させた生分解性ポリマーにより、バラストのせん断強度を増加させる「ポリマー安定処理工法」を開発しました²⁾。

この方法では、沈下したバラスト軌

道をジャッキアップしてタイタンパーでつき固めを行う際に、劣化したバラストを生分解性ポリマーで安定処理します。図3に示すように、はじめに反応促進剤をバラストに混合させ、続けてポリマー水溶液を注入してつき固めを行い、バラスト内で反応させます。反応は混合後すぐに始まり、1時間ほどで列車荷重を支持するのに十分なせん断強度を発揮します。実際の施工状

況の例を図4に示します。生分解性ポリマーを混合する以外は、通常のつき固め保守とほぼ同じ手順で作業を行うことができます。

ポリマー安定処理により軌道の状態を改善した箇所の例を図5に示します。この箇所では、タイタンパーによるつき固め保守を行っても、4か月後には、高低変位が20mm近くまで増加していました。ポリマー安定処理を行った

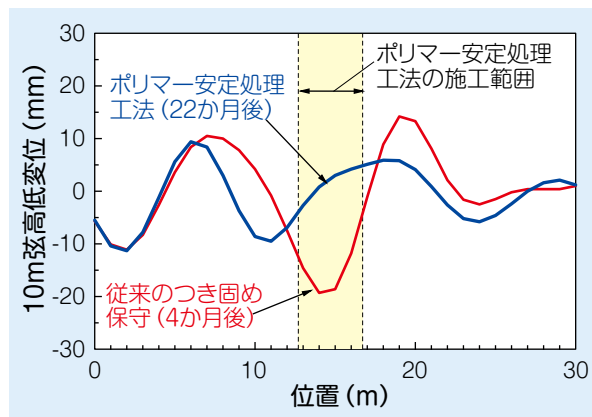


図5 ポリマー安定処理工法による軌道状態の改善

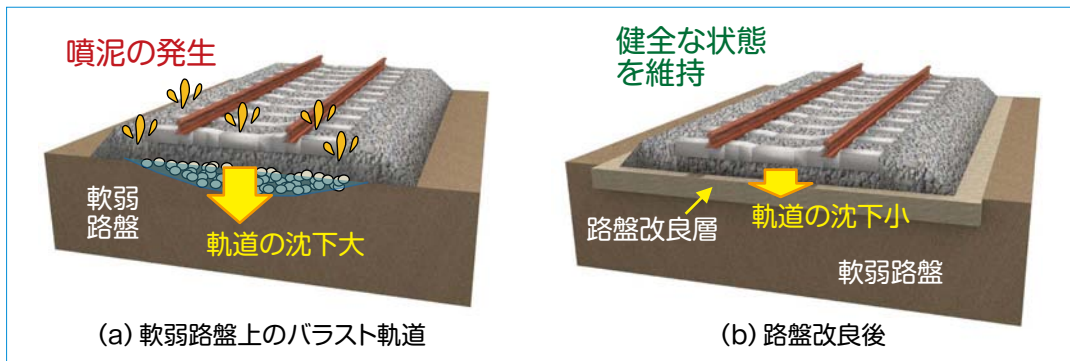


図6 路盤改良による軌道沈下の抑制

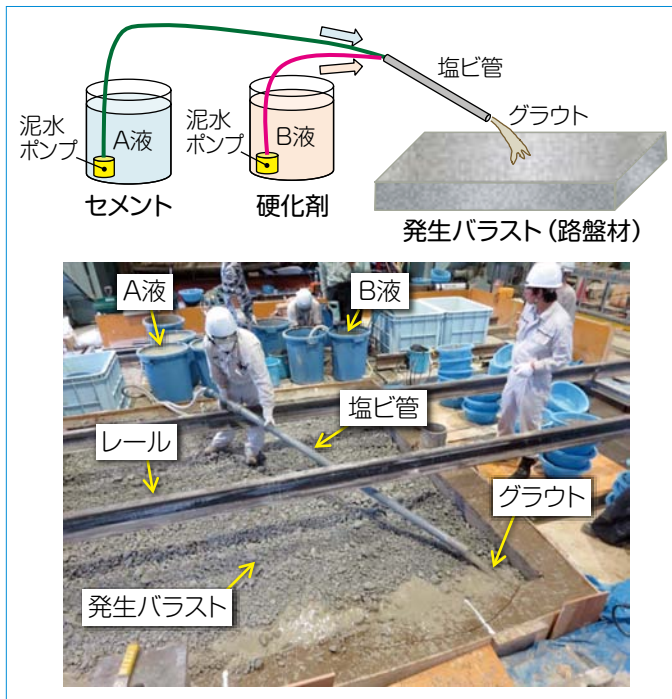


図7 発生バラスト(路盤材)へのグラウト注入

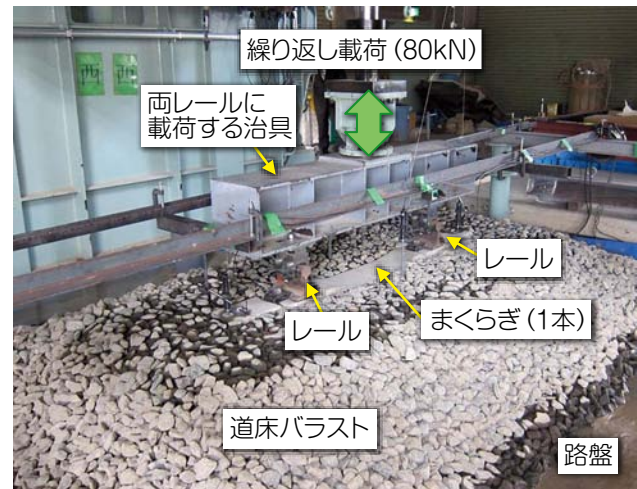


図8 繰り返し载荷試験の状況

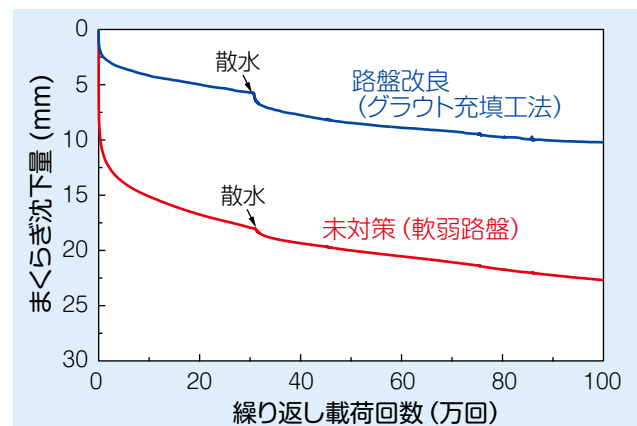


図9 繰り返し载荷試験の結果

後は、22か月経過しても施工範囲の軌道の状態が良好に保たれていることが確認できます。

ポリマー安定処理工法は、軌道の沈下が大きくなった場合でも、タイタンパーによる通常のつき固め保守ができ、生分解性ポリマーで再度安定処理することも可能です。

生分解性ポリマーの材料コストは加わりますが、たとえば1年に3回つき固め作業を行っている箇所では、1年以上軌道の状態を良好に維持できれば、トータルコストが有利になると考えられます。

発生バラストを再利用する 路盤改良工法

軟弱な路盤上に敷設されたバラスト軌道では、噴泥が生じ、沈下しやすい状態となります。そのような箇所では高い頻度でつき固め保守を行う必要がありますが、抜本的な解決のためには、図6に示すように、路盤表層を支持力

の高い材料に置き換えるような路盤改良が必要になります。

路盤改良の一般的な方法としては、劣化したバラストおよび路盤表層(30cm程度)を掘削して取り除き、支持力の高い路盤材および新バラストに置き換えます。劣化したバラストは搬出して処分するのが一般的ですが、こ



図10 発生バラストを再利用する路盤改良工法(グラウト充填工法)の施工状況

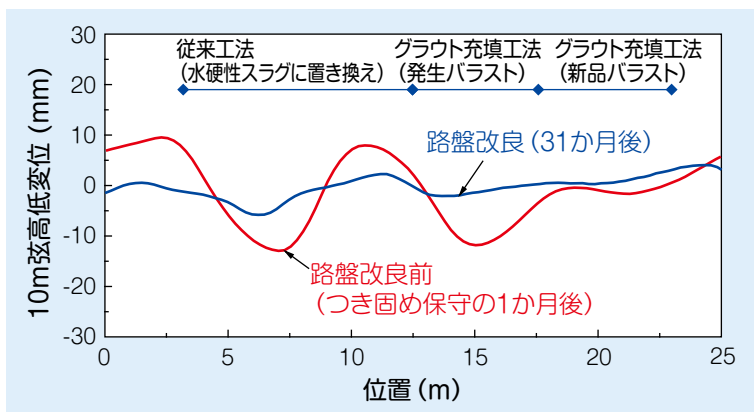


図11 路盤改良による軌道状態の改善

の発生バラストを路盤材として再利用し、グラウトを充填する新しい路盤改良工法(以下、「グラウト充填工法」という)を開発しました³⁾。発生バラストを再利用することで、環境負荷を軽減できることに加え、発生バラストの搬出および新バラストの搬入の作業が不要となるので、夜間の短い作業時間帯に効率的に施工を行うことができます。なお、グラウト充填工法では路盤材として新バラストを用いることもできます。

グラウト充填工法では、図7に示すように、軟弱な路盤土を取り除いた箇所を発生バラストで置き換えた上で、急硬性のグラウトを注入して剛性の高い路盤改良層を構築します。急硬性のグラウトは、A液(セメント+水)とB液(硬化剤+水)から成り、ポンプでくみ上げてから塩ビ管内で合わせるこ

とで反応させます。ゲルタイム(硬化が始まる時間)が数分程度なので、周囲に漏れ出す可能性もありません。専門的な注入技術は必要としないので、一般的な軌道工事を行う作業員でも施工することができます。

実物大試験において、繰り返し载荷試験を行い、グラウト充填工法の効果を検証しました(図8)。実物大試験は、まくらぎ1本のバラスト軌道に対して、繰り返し荷重を与えました。ここでは、未対策の軟弱路盤上に新バラストを敷設した条件(道床交換のみ行った場合に相当)とグラウト充填工法による路盤改良を行った条件の比較を行いました。なお、繰り返し回数30万回の時点で散水し、路盤を滞水させました。

その結果、図9に示すように、路盤改良を行ったケースでは、路盤改良を行わない場合と比較して、沈下量が約

1/2に低減しました。

この結果を踏まえ、営業線においてグラウト充填工法の施工を行い、施工性に優れていることを確認しました(図10)。施工後の軌道の状態(高低変位)を図11に示します。グラウト充填工法を施工した箇所は、従来工法による路盤改良と同様、軌道の状態が良好に保たれていることが確認できます。

おわりに

ここではバラスト軌道を低コストで維持管理するための工法を紹介しました。これらの施工方法の詳細は、平成29年3月に改訂版を発刊した「営業線における軌道・路盤の補修・改良方法の手引き」⁴⁾に示されています。[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) 中村貴久，村本勝己，藪中嘉彦，野村清順，三田地利之：細粒土混入率が高いバラスト軌道におけるポリマーを用いた補修方法の開発，第21回鉄道技術・政策連合シンポジウム，S2-4-4，2014
- 3) 中村貴久，桃谷尚嗣，伊藤孝記，村本勝己：発生バラストを活用した既設線路盤改良工法の開発，鉄道総研報告，Vol.27，No.4，2013
- 4) 鉄道総合技術研究所：営業線における軌道・路盤の補修・改良方法の手引き，鉄道総合技術研究所，2017