

道床細粒化箇所における新しい軌道整備手法の確立

東海旅客鉄道株式会社 正会員 ○ロブレス 翔
 東海旅客鉄道株式会社 正会員 佐々木 俊明
 東海旅客鉄道株式会社 非会員 菅井 善規
 東海旅客鉄道株式会社 正会員 福中 力也

1. はじめに

噴泥箇所やふるい砂利区間（以下、道床細粒化箇所という）では、短期間に軌道沈下が発生するため、軌道管理に苦慮する。これらの区間は、良好な軌道状態を維持できず、約3～5ヶ月で施工前と同等の高低狂いとなるケースが多い。そこで本研究では、軌道保守に苦慮している道床細粒化箇所に特化した「つき固めが不要で初期沈下が小さい施工方法」をコンセプトとし、新たな軌道整備手法の確立を目的として取り組んだ。

2. 道床細粒化箇所に適した工法の検討

一般的に、タイタンパ等によるつき固めでは、豆ジャッキによりレールを所定の高さまでこう上させた後、振動によりまくらぎ下の碎石同士のかみ合わせを良くすることで、軌道沈下が解消される。一方、道床細粒化箇所においては、良質な碎石が少なく、列車荷重に耐えうる碎石層を構築することは困難である。更に、列車荷重により固結した層がつき固めることで緩むため、再び固結するまで軌道が安定せず、短期間で大きな初期沈下が発生する。そこで、列車荷重により固結して安定したバラスト層を緩ませること無く、まくらぎ下の空洞を支持層とすることができれば、保守周期を延伸できると仮説を立てた。そこで、当社のPCまくらぎの軌間内に設けられている貫通縦穴を活用し、まくらぎ下の空洞に何らかの支持材を充填する軌道整備方法が可能ではないかと考えた。そのイメージを図-1に示す。

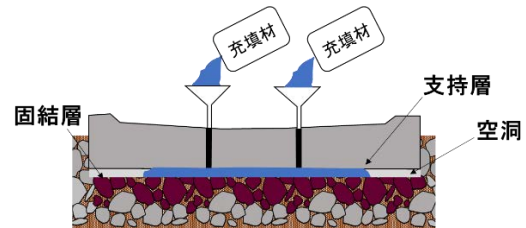


図-1 施工のイメージ

3. 材料の開発

道床細粒化箇所の空洞の支持材として満たすべき条件を下記の通り定め検討した。

- ① 弾性まくらぎのマクラギパッド程度の弾性（9MN/m）を有している
- ② 想定される厳しい鉄道環境下でも硬化する材料特性を有している（湿潤状態、高温・低温状態）
- ③ 材料の取扱いが簡易で安全（材料の攪拌や特殊な器材を要さない、2液性ではない）
- ④ 適度な流動性を有している（貫通縦穴から注入しまくらぎ端部まで到達、道床内へは浸透しにくい）

以上の条件を踏まえて材料メーカーと検討し、1液性（湿気硬化型）の半硬質ウレタンフォームの充填材（以下、開発充填材という）を開発した。開発充填材は、空気中の水分と反応し、発泡しながらまくらぎ下の空洞内に広がるため、貫通縦穴から自由落下させるだけでまくらぎ端部に至るまで隙間なく充填可能で、注入から60分程度で列車荷重に耐えうる初期強度を発現できる。

4. 開発充填材の繰返し載荷試験の実施

開発充填材の沈下抑制効果を確認するため、実物大軌道上で列車荷重相当を載荷可能な軌道起振機を用いて載荷試験を実施した。細粒化バラストは、バラストとクラッシュランを混合し最大乾燥密度の90%の締固め度で構築した。細粒化バラストの固結層を再現するため、特急列車相当の荷重で10万回載荷した後、散水し更に10万回載荷した。これを無対策のケースとした（累積通トン320万t相当）。その後、充填材の試験ケースとして、まくらぎ下道床を乱すことなく、軌道こう上し、まくらぎ下面に約10mmの開発充填材支持層を形成した後に、20万回載荷した。試験結果を図-2に示す。無対策と比較し、沈下量は約3割に収まった。

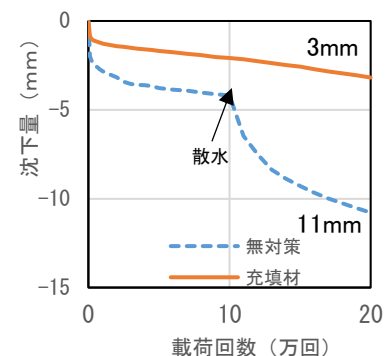


図-2 載荷試験結果

キーワード 道床細粒化, 充填材, つき固め, 初期沈下

連絡先 〒441-1377 愛知県新城市字宮ノ西 15-7 東海旅客鉄道株式会社新城保線区

5. 開発充填材の使用可能範囲の明確化

道床の劣化状態は75 μ m以下と4.75mm以下の通過百分率の合計値（道床汚濁度FI）によって評価されている¹⁾。開発充填材は、道床状態が良好であると、むしろ碎石の隙間を縫って道床内へ侵食してしまい、不均一な状態で固化しまくらぎ端部まで広がらないことによるまくらぎ折損等の悪影響も考えられたため、開発充填材が使用可能となる道床劣化状態の境界を明確にする必要があった。そこで、粒度分布の異なる道床を作成し充填材の道床内への侵食試験を実施した。いくつかの条件で検証した結果、図-3に示す通りFI=13%（道床劣化し始めて噴泥に至らない程度）以上であれば、開発充填材の使用が可能だと判断した。

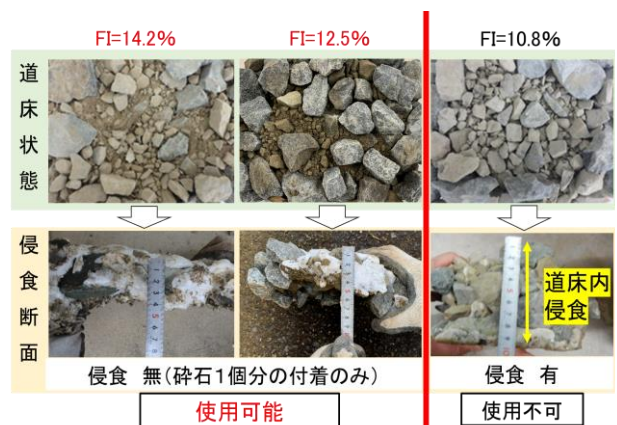


図-3 使用可能範囲の明確化

6. 施工の実施

開発充填材を使用した施工を当社飯田線内3箇所で行った。施工方法は図-4に示す通りとした（以下、充填工法）。事前に試験車の復元波形よりこう上量を算出したうえで、図-5に示すとおり、開発充填材を規定量入れたボトルを貫通縦穴に差し込むだけの簡易な作業で軌道整備が可能となった。また、充填材の接着性により、まくらぎと道床の結びつきが強固になり、道床横抵抗力が施工直後においても施工前よりも増強することを確認した。



図-4 充填工法の基本フロー



図-5 施工実施状況

7. 施工後の軌道狂い進み

施工後の軌道狂い進みと同箇所で行ったMTTや人力でのつき固め施工後の軌道狂い進みを比較したものを図-6に示す。軌道狂い進みは、いずれの箇所ともMTT、人力によるつき固め施工と比較し、2倍以上の日数が経過しても5mm以下の沈下量に留まり、高い沈下抑制効果を発揮している。

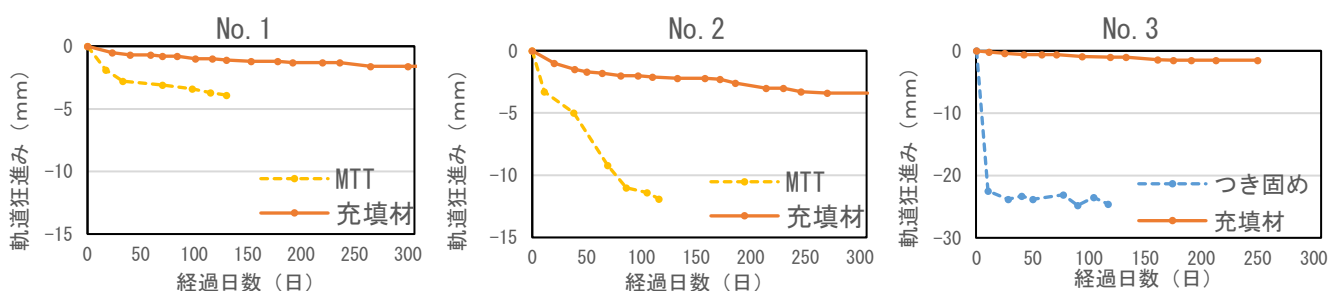


図-6 施工後の軌道狂い進み

8. まとめ

本研究では、「道床が悪い（細粒化している）」ことを利用し、道床の細粒化箇所に対応した全く新しい軌道整備方法「充填工法」を実用化した。開発充填材を使用した充填工法により、道床細粒化箇所の課題である初期沈下を大幅に抑えることが可能となり、長期的な沈下抑制効果があることを営業線にて確認した。また、道床弛緩作業せず軌道整備が可能のため夏期作業制限期間中の軌道整備も可能となった。今後は、更に長期的な抑制効果を確認するとともに、再施工の方法や曲線部等の施工方法の標準化をしていく。

参考文献

福中, 中村, 桃谷他3名: 音の透過特性を用いた道床バラストの健全度評価方法の開発、鉄道工学シンポジウム論文集、No. 24、pp. 227-234、2020.