

高低狂い抑制用樹脂の開発

東海旅客鉄道株式会社 正会員 ○伊地知卓也 千田耕大 三輪昌弘

1. はじめに

当社では東海道新幹線をはじめ、多くの軌道構造にバラスト軌道を採用している。バラスト軌道は多くのメリットがある一方で、周囲に比べて高低狂いの進行が著しく速い箇所が一部に存在し、人力での非効率な保守を必要としている。これへの対策の一つとして、ゲル状の樹脂を散布することが有効であるものの価格等の問題もあり、十分に活用されていないのが現状である。そこで、これまでに使用してきているシリコン混和物（以下、従来品）より安価で、同等以上の機能を有する新しい高低狂い抑制用樹脂を開発したので報告する。

2. 新しい樹脂の開発

(1) 開発のコンセプト

筆者ら¹⁾は、路盤剛性が小さい軟弱路盤上では、列車通過時にバラスト層に重力加速度以上の加速度が発生することで、バラスト粒子に微小な跳ね上がり、これと同時に側方流動が発生する現象が繰り返されることで局所的な高低狂いとなることを現地測定と解析により解明している。これを抑制するには、(1)バラスト粒子間を適度に接着し、粒子の跳ね上がり挙動を抑制すること、(2)減衰効果を付与してバラスト粒子に発生する加速度を抑制することが有効である。

(2) 樹脂の目標仕様

高低狂い抑制に必要な性能および作業性を考慮して以下の目標仕様を設定した。

- (1) 従来品より安価である。
- (2) 軌道表面から散布可能でバラスト下層まで浸透し、バラスト粒子同士を適度に接着できる。
- (3) 列車荷重により発生するバラスト振動加速度の抑制効果を付与する。特に東海道新幹線の高低狂いに影響が大きい 30Hz～40Hz 付近およびこれより高い周波数域の加速度減衰効果を高める。
- (4) マルタイやタイタンパー等の軌道整備作業に支障しない(接着を容易に壊せる)。また、軌道整備後の

- 再散布でも初回散布と同等の沈下抑制効果がある。
- (5) 気温 0℃から 40℃までの環境下で使用できる。
- (6) 現場での配合等が不要である。
- (7) 散布後に周辺環境への影響がない。

これらの仕様を満足すべく、図 1 に示すシリコン変性アクリル樹脂およびシリル末端ポリエーテル混合物（以下、樹脂）を開発した。本材料は空気中の水分と反応することで硬化する湿気硬化型樹脂である。ただし、細粒化したバラストには樹脂が十分に浸透しないため適用できない。



図 1 新しい樹脂の外観

3. 実物大模型軌道を用いた効果確認試験

価格が従来品より約 3 割減となる、目標仕様を満足した樹脂を試作した。その樹脂の軌道沈下抑制効果を確認するため、新幹線の実物大模型軌道を用いて載荷試験を実施した。

(1) 試験条件

実物大模型軌道の概要を図 2、諸元を表 1 に示す。軌道はレールを長さ 0.6m に切断することで、まくらぎ 1 本分の延長とした。軌道パッドはレール圧力測定用の厚さ 10mm タイプのものを使用した。路盤はコンクリート路盤上にばね定数の小さいウレタン製のマットを敷いて、 K_{30} 値=20MN/m³の模擬軟弱路盤を構築した。

(2) 試験ケース

試験ケースは表 2 に示す 4 種類とした。試験ケース C の樹脂（再）とは、ケース B の樹脂散布と載荷試験後に軌道整備を実施し、再度、樹脂を散布したものである。また、試験ケース D では従来品を散布した。なお、散布方法と散布量は全ケース同じで、まくらぎの周囲に 5kg の樹脂を満遍なく散布した。

キーワード: 高低狂い抑制、バラスト軌道、樹脂

連絡先 : 〒485-0801 愛知県小牧市大山 1545 番 33 東海旅客鉄道株式会社 総合技術本部 技術開発部 Tel 0568-47-5371

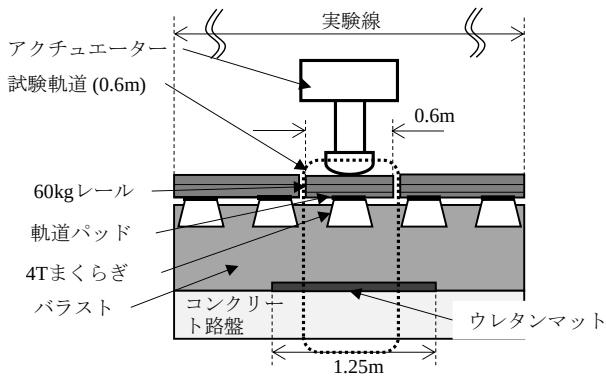


図 2 実物大模型軌道の概要

表 1 実物大模型軌道の諸元

項目	仕様
レール	60kg レール
軌道パッド	110MN/m, (t=10mm)
まくらぎ	4T まくらぎ
バラスト厚さ	300(mm)
地盤反力係数 K ₃₀	20(MN/m ³)

表 2 試験ケース

試験ケース	A	B	C	D
内容	対策なし	樹脂	樹脂(再)	従来品

(3) 繰返し载荷試験

繰返し载荷により試験ケースごとの軌道沈下を比較した。载荷荷重は軌道片側あたり 40±10kN, 30Hz の正弦波で与えた。これは、最大荷重を輪重の 1.7 倍相当とし、レールによる荷重分散効果を考慮して決めた。また、载荷回数は 100 万回とした。

繰返し载荷試験で得られたまくらぎ沈下曲線を図 3 に示す。いずれのケースにおいても载荷初期にはバラスト層の初期圧密を伴う比較的急な沈下が発生しており、特に対策なしのケースで傾向が顕著にみられた。その後、対策なしは初期沈下が収束した後の漸進的な沈下が発生しており、100 万回载荷時の最終まくらぎ沈下量は-13.3mm となった。一方で、樹脂・樹脂(再)・従来品の試験ケースは、まくらぎ沈下量は小さく、100 万回载荷時にはそれぞれ樹脂-2.1mm、樹脂(再) -1.4mm、従来品-1.5mm であり、対策なしと比較して明確な沈下抑制効果を有することを確認した。

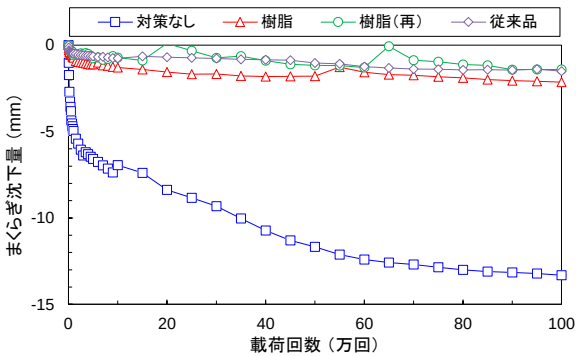


図 3 まくらぎ沈下曲線

4. 営業線への樹脂散布試験

実物大模型軌道の試験に続き、営業線への樹脂散布試験を行い、施工性や軌道沈下抑制効果について確認した。

樹脂散布前後の高低狂いの一例を図 4 に示す。散布前は 1 回／月程度の軌道整備を実施していたが、樹脂散布後は保守周期を 8 ヶ月程度に延伸することができた。また、紙面の都合で詳細は省略するが、橋台裏や接着絶縁レール箇所においても沈下抑制効果を確認している。

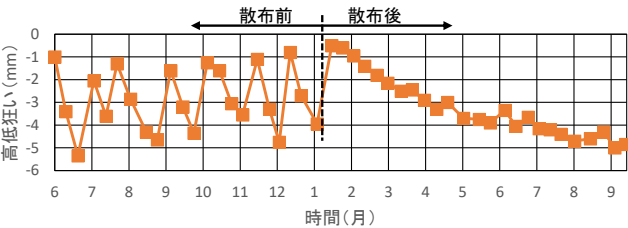


図 4 樹脂散布前後の高低狂いの一例

5. おわりに

従来品に比べて安価な高低狂い抑制用樹脂を開発し、その効果を確認した。今後は営業線への散布実績を増やして、再散布を繰返すことへの影響や適用箇所、散布方法の最適化に向けて取り組む。なお、樹脂の開発はクラレトレーディング株式会社およびサイデン化学株式会社との共同研究により実施したものである。

【参考文献】

1) 千田, 松島, 三輪, 川崎: 路盤振動がバラスト層の塑性沈下挙動に及ぼす影響に関する研究, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学) Vol.75, No.1, p.1-16, 2019