

急速施工可能な路盤材料の模型試験

JR 東日本 東京工事事務所 正会員○大庭 啓輔

正会員 加藤 精亮

正会員 鈴木 啓晋

1. はじめに

従来、線路こう上や横移動を伴う線路切換においては、既設バラストを撤去した後に路盤構築を行っており、線路切換区間が長い場合は、膨大な時間を要している（図-1）。そのため、既設バラスト撤去及び路盤構築時間を短縮する路盤構造及び施工方法の開発が求められている。

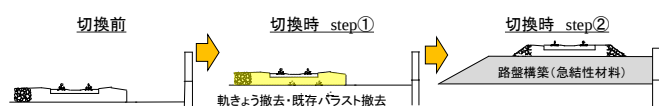


図-1 従来の線路切換ステップ

2. 短時間施工可能な路盤構築方法

2-1. 概要

短時間で路盤を新設するため、既存のバラストを残置した状態で、さらに必要な厚さまでバラストを敷均し間隙に充填材を満たすことにより、路盤を構築する方法を開発する（図-2）。従来工法に比べて既設バラスト撤去作業を省略できるため、路盤構築作業時間の短縮が図れると考えられる。

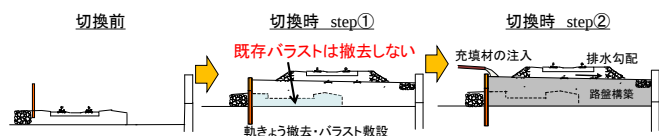


図-2 開発工法による線路切換ステップ

2-2. 開発工法における路盤の目標性能

本工法において新設路盤に使用する充填材の満たすべき性能を下記通り定めた。

- 1) バラスト厚1m程度でも間隙内に自己充填可能
- 2) 切換間合い等の短時間で硬化
- 3) 充填材の表面に所要の排水勾配を設置可能
- 4) 硬化時にひび割れが発生しない

本稿では、上記性能を有する路盤材料の選定、適切な材料配合、及び温度ひび割れ等の危険性の確認を目的として実施した小型模型試験、大型模型試験、及び簡易断熱試験の結果について報告する。

3. 路盤材料の選定

路盤の目標性能を満たす充填材として、当社の省力化軌道工事（図-3）にて、セメント系てん充層に用いる充填材に着目した。超速硬性や流動性、変形追従性能及び分離抵抗性に優れており、短時間施工可能かつ品質管理の容易さが特徴である。

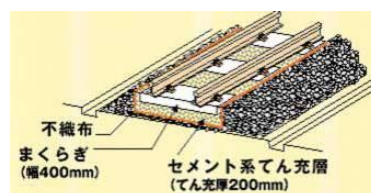


図-3 セメント系充填材を用いた省力化軌道工事イメージ

4. 小型模型試験

4-1. 試験概要

上記充填材を路盤構築に用いるには、所要の排水勾配（≒3%を目標）が設置できること、空隙なく充填できること等の性能確保が必要となる。そこで、充填材の性状（流動性と可使時間）を確認するため、材料の配合等を指標とした小型模型試験を複数回実施した。試験では、模型型枠内に実積率（≒60%）となるようバラストを詰め、充填材を練り混ぜて注入し、充填性と勾配を確認した（図-4）。充填材の水粉体比（以下、W/材）と可使時間を変更して試験を繰り返すことで、目標に近い性能を得る充填材の仕様を選定することとした。各注入試験結果を表-1に記す。

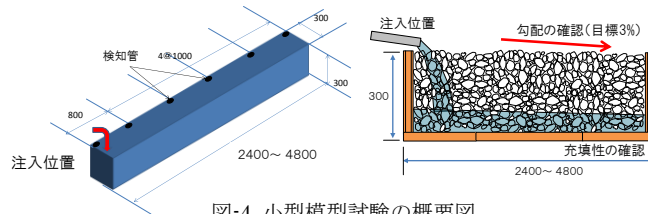


図-4 小型模型試験の概要図

表-1 小型模型の充填材注入試験結果

	試験ケース						試験結果	
	W/材 (%)	可使時間 (分)	比重 (試験値)	JAROT 流下時間 (試験値)	型枠 長さ方向 (m)	底面への敷き砂の有無	平均勾配	備考
CASE①	60	20	1.67	12.6	2.4m	無	5.0%	充填途中で勾配が急増
CASE②	60	20	1.67	12.6	2.4m	有	6.7%	充填途中で勾配が急増
CASE③	70	20	1.63	11.6	2.4m	有	1.3%	材料分離の傾向あり
CASE④	60	40	1.67	12.3	2.4m	有	1.3%	一定の勾配
CASE⑤	55	40	1.72	12.9	4.8m	有	2.4%	一定の勾配
CASE⑥	50	40	1.76	14.5	4.8m	有	2.9%	目標勾配3%に最も近い

キーワード 線路切換、路盤構築、短時間施工

連絡先 〒151-8512 東京都渋谷区代々木 2-2-6 東日本旅客鉄道株式会社 TEL 03-3379-4353 E-mail: k-ooniwa@jreast.co.jp

4-2. 試験結果

表-1 及び目視確認結果より、充填性と排水勾配は注入材の W/材、及び可使時間双方の影響を受けることが確認された。試験ケース⑥により、W/材=50%、可使時間=40 分とした場合に、良好な充填性と目標に近い排水勾配(=2.9%)を得られることが判明した。

5. 大型充填試験

5-1. 試験概要

小型模型試験の結果を受け、W/材=50%、可使時間=40 分の充填材を用いて大型模型試験を実施した。大型模型試験では、試験体の形状を幅 0.6m、長さ 4.2m、高さ 1.2m とした(図-5)。

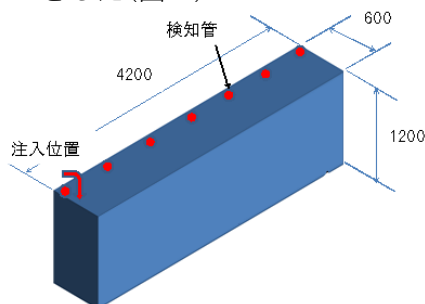


図-5 大型模型試験の概要図

5-2. 試験結果及び考察

試験を行った結果、練り混ぜ開始から 30 分程度までは勾配 3%程度で推移していたが、注入作業の中盤以降、注入位置近傍で注入材がバラストの表面を伝って側方に漏れる現象が発生し、勾配が急(13.9%)となった(図-6)。また、注入箇所近傍でジャンカ状の充填不良個所が発生した。以上の結果から、充填材の硬化が始まると勾配が急上昇し充填不良も発生するため、充填材注入時の迅速性が勾配や充填性の品質管理上重要であると考えられる。大量の充填材注入作業を確実に実施するためには、塩ビ管などにより確認管を設置して、勾配や充填状況の確認を正確に行うなど、施工時の工夫が必要になると考えられる。

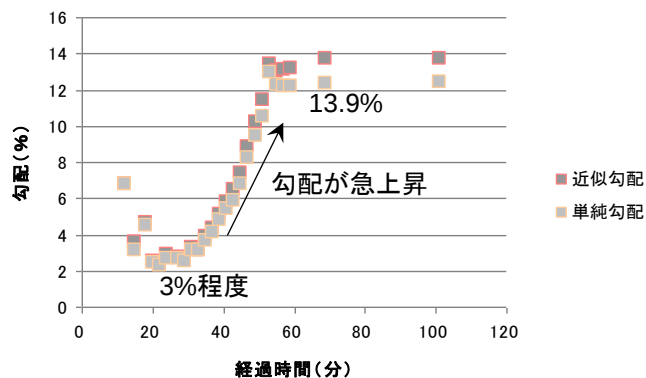


図-6 大型模型試験における勾配の時系列

6. 温度ひび割れの検証

6-1. 簡易断熱試験

充填材の発熱による温度ひび割れの可能性を検証するため、簡易断熱試験(図-7)により断熱温度上昇量を測定し、その結果を基に温度応力解析を実施した。

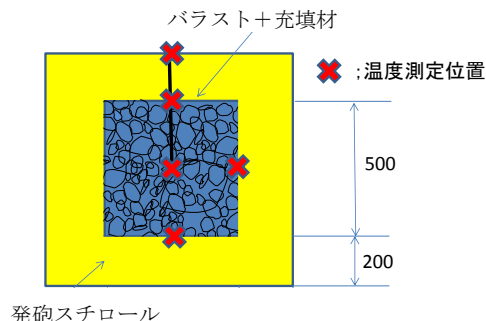


図-7 簡易断熱試験 概要図

6-2. 温度応力解析

発熱特性と力学的特性を基に、バラスト充填部をモデル化して 3 次元 FEM 解析(図-8)を行い、発熱による発生引張応力を求めた。応力解析の結果、地盤の外部拘束による発生応力は、地盤が固い(N 値が大きい=ヤング係数が大きい)程大きくなるが、通常地盤(N 値=50 程度)では温度ひび割れ発生率は 10%程度であることが確認された(表-2)。また、実施工では路盤充填部は不織布等で地盤と縁切りされ、地盤の拘束が低減されることを考慮すれば、温度ひび割れの可能性は低いものと判断できる。

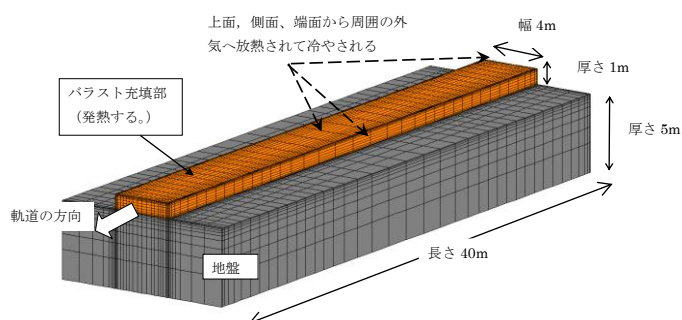


図-8 三次元 FEM 解析モデル

表-2 温度応力解析結果

応力解析ケース	地盤の種類	N値の判定	ヤング係数(N/mm ²)	最大引張応力(N/mm ²)	温度ひび割れ指数	ひび割れ発生確率
CASE①	硬い	200程度	500	0.78	0.94	60%
CASE②	やや硬い	100程度	280	0.65	1.12	35%
CASE③	普通	50程度	140	0.49	1.49	10%
CASE④	軟弱	15程度	50	0.31	2.36	0%

7. まとめ

以上の試験結果から、適切な W/材及び可使時間の充填材を選定すれば、目標性能を満足する路盤を構築することは十分可能である。しかし、品質確保のため、充填作業効率向上や品質管理等の課題については引き続き検討が必要である。