

駅構内線路下における腐植土層への薬液注入実績

東日本旅客鉄道(株) 東北建設プロジェクトマネジメントオフィス 正会員 ○雫石 望海
東日本旅客鉄道(株) 東北建設プロジェクトマネジメントオフィス 正会員 阿部 哲

1. はじめに

本プロジェクトは駅構内の線路直下を横断する公道橋を非開削工法にて施工するものである。本工事において線路下構造物の構築時に上床エレメント付近に腐植土層が介在しており、立坑施工時やエレメント推進時の排水により圧密沈下等において軌道変状が生じ、列車への影響が懸念された。そのため、対策として薬液注入を実施するが、腐植土層は軟弱で間隙率が大きく、自然含水比が高いという特徴があり、また繊維質な有機物を多く含んでいるため、薬液注入時の注入形態が一般の土質と異なり、改良効果の判断が難しい。本稿では、駅構内線路下における圧密沈下対策を目的とした腐植土層への薬液注入の実績について報告する。

2. 工事概要

駅構内の線路8線、分岐器4台下に函体(延長28.1m、幅22m、高さ8.5m)を非開削工法で施工する。施工箇所は、上床版位置付近に腐植土層、下層は粘性土と砂質土の互層となる軟弱地盤で地下水位が高い(図-1)。圧密沈下等による軌道影響¹⁾が懸念されることから、補助工法として薬液注入(二重管ダブルパッカー工法)を実施し、地下水を薬液に置き換えることで圧密沈下対策を行う。

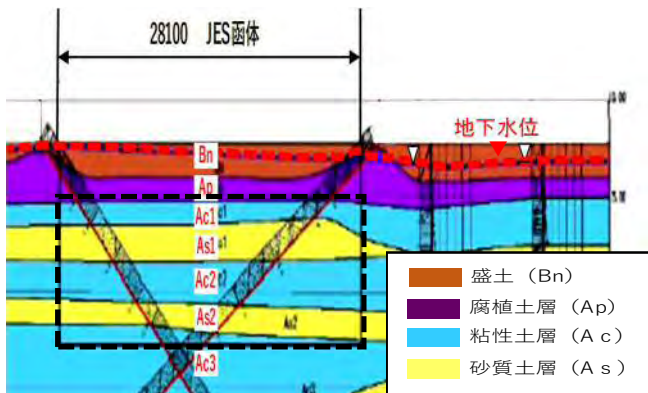


図-1 地質断面図

3. 施工上の課題と対策

腐植土層の圧密沈下対策と止水性の確保を目的に、設計時に注入試験¹⁾及び圧密解析を行い、基準値を「透水係数 $1 \times 10^{-6} \text{m/s}^2$ 以下」と設定した。施工では、注入試験にて定めた注入率45.5%(一次注入10%、二次注入35.5%)³⁾で注入を実施することとした。今回腐植土層に対し薬液注入を行うが、それに対するリスクとして注入圧力の上昇による地盤の隆起が懸念されていた。しかし、本施工においては注入圧力の上昇は少なかったものの、注入した薬液により地盤中の水を押し出し、薬液注入箇所付近の表面に薬液交じりの水が滲み出し(以後リークと記載)した(図-2)。原因としては土被りが小さく地下水位も高い施工条件の下で、腐植土で含水比も高い箇所に注入を行ったことが推測される。リークにより、地表面に滞留した薬液が道床バラストを固めてしまうことで軌道整備作業に支障し、鉄道の安全や乗り心地を損ねる懸念があったため、その都度注入を中断し、線路上のリークした薬液を清掃しながら施工を進めた。図-3は二次注入途中段階の注入範囲を平面図に示したもので、リークにより当初計画していた設計注入量の注入は難しく、圧密沈下対策に必要な透水係数の確保を可能とする注入方法を検討する事が課題となった。

上記の課題に対し、見直した上床版の薬液注入の施工計画及び実績を以下に示す。

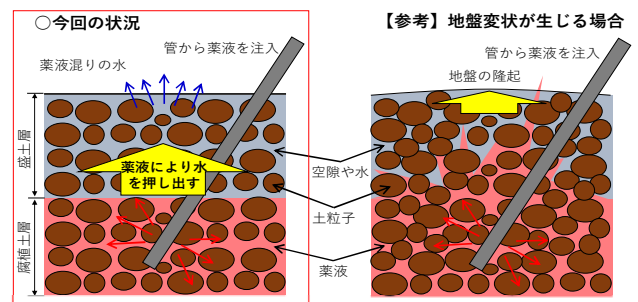


図-2 薬液注入における地盤変状と注入材リーク状況

キーワード 薬液注入、腐植土層

連絡先 住所: 秋田県秋田市中通三丁目3番10号秋田スカイプラザビル5F 電話: 018-825-1825 FAX: 018-825-1829

3.1. 注入ステップの見直し

一次注入，二次注入ともにリークが生じたが，特に二次注入は，一次注入（セメントベントナイト）より流動性の高い注入材（水ガラス）を使用しているため，リーク箇所及び量が増加する傾向であったことから，二次注入の注入ステップに着目した。

当初の注入方法は，一つの注入孔に対し，リークするまで注入を継続，リークしたら次の孔へ移動する事としていた。しかし，**図-4**に点線で示した通り，リークの有無により注入箇所毎の注入実績にばらつきが発生していた。それに対し，リークが生じても対象範囲へある程度均一に改良効果を得るよう，1ステップを3分割に分け，全ステップに分割して注入を行うことで1巡目，2巡目で終了しても1ステップに対し平均的に注入できる計画に変更した（**図-5**）。

実績として，二次注入は**図-6**のように設計注入量に対して所定の量までは注入が出来なかったものの，全ステップにおいて未注入箇所を残すことなく注入する事が出来た。なお，一次注入は所定の注入量の注入が出来た⁴⁾。

3.2. 透水係数による確認

今回，対策を実施したが，全てのリークを抑えることは出来ず，設計注入量を満たす事は困難であった。そこで圧密沈下対策に必要な改良効果の確認として，注入実績が一番少ない箇所にて透水試験を行った。試験の結果基準値 $1 \times 10^{-6} \text{m/s}$ に対し $1.38 \times 10^{-8} \text{m/s}$ となったことから，十分に注入効果が得られ，圧密沈下による軌道変状を抑制出来ると判断し，注入を終了した。

4. おわりに

線路直下の腐植土層に対する薬液注入は，施工実績が少ないため，現地に合った適確な施工方法が求められる。当現場においては，リークと注入圧力を管理しながら，注入ステップを見直し，透水係数の確認により，圧密沈下対策に必要な改良効果が得られ，液注入を完了させる事ができた。

今後の施工においても，鉄道の安全に最大限配慮しながら，工事を進めていきたい。本施工計画が今後の類似工事の施工計画の一助となれば幸いである。

参考文献

- 1) 丸子文之他:特殊な性質を有する腐植土層に対して実施した注入試験，土木学会全国大会第74回

年次学術講演会，2019.9

- 2) 東日本旅客鉄道株式会社:注入の設計マニュアル，2019.4
- 3) 雫石望海他:線路下における腐植土層への薬液注入試験，土木学会東北支部技術研究発表会，2021.3
- 4) 雫石望海他:駅構内における分岐器影響を考慮した薬液注入工事の施工計画と実績，土木学会東北支部技術研究発表会，2022.3

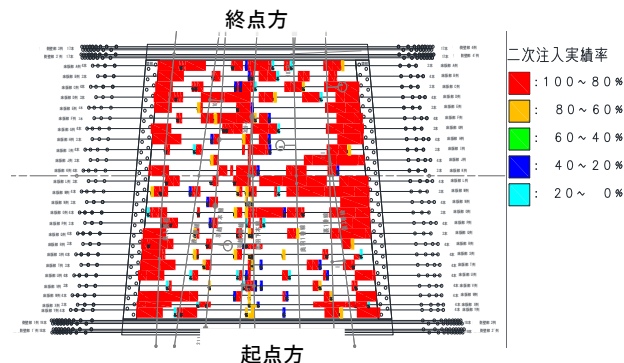
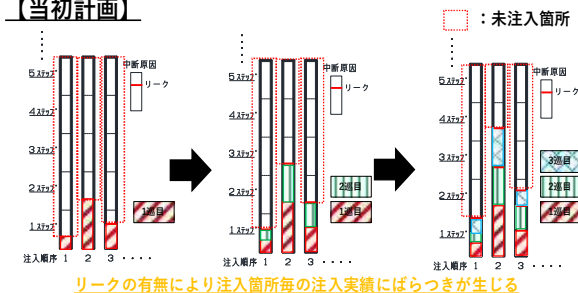


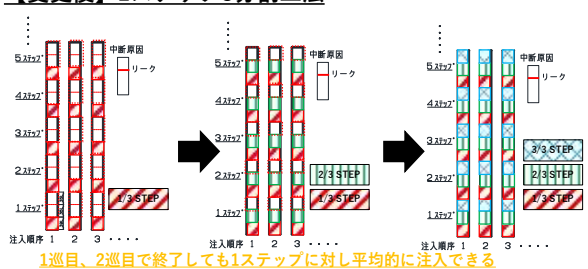
図-3 上床版二次注入途中経過
【当初計画】



リークの有無により注入箇所毎の注入実績にばらつきが生じる

図-4 二次注入当初計画

【変更後】1ステップ3分割工法



1巡目、2巡目で終了しても1ステップに対し平均的に注入できる

図-5 二次注入変更計画

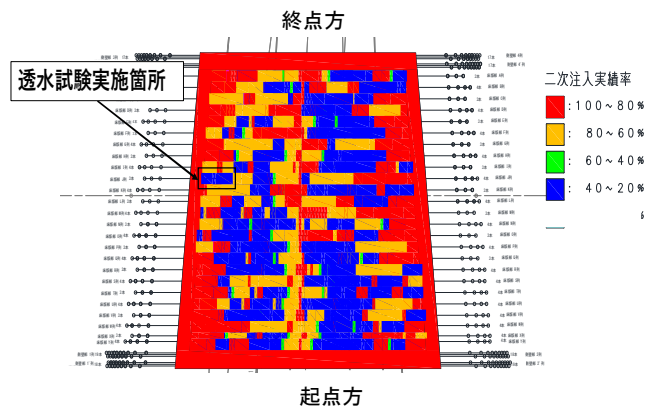


図-6 上床版二次注入実績