

線路下における腐植土層への薬液注入試験

東日本旅客鉄道㈱ 東北工事事務所 正会員 ○雫石 望海
 東日本旅客鉄道㈱ 東北工事事務所 正会員 木村 正喜

1. はじめに

本工事は、駅東西の市街地の一体化、交通混雑の緩和などを目的に新たな都市計画道路として鉄道交差部に函体を構築するものである。当現場は腐植土層を含む軟弱地盤で地下水位が高く、施工時の排水による圧密沈下対策及びエレメント施工時の切羽防護を目的に薬液注入を行う。本稿では、線路直下の腐植土層に対して、施工時の安全性を十分に確保しつつ長期的な圧密沈下による軌道への影響を低減させるために実施した薬液注入試験について報告する。

2. 工事概要

駅構内の線路8線、分岐器5台下に函体(延長28m, 幅22m, 高さ8.5m)をHEP&JES工法により施工する。施工箇所の地盤条件は、上床版位置に腐植土層、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-1参照)。軟弱地盤での施工となるため軌道影響が懸念され、補助工法として薬液注入を計画している。

3. 施工上の課題と対策

腐植土層への薬液注入は施工事例が少なく、一般的な注入方法では管理できない。そこで、軌道への影響を低減すること目的として、止水性(圧密沈下対策)と切羽防護(地盤強化)の性能を確保したうえで、腐植土層に対する最適な注入率を決定するため、事前に営業線近接範囲外で現地の当該土層に対する薬液注入試験を実施した。

1) 注入試験計画

腐植土層へ確実に注入を行うため、試験箇所付近で事前にボーリング調査を行い、腐植土層の位置を確認したうえで注入試験を行う計画とした。注入方

式は一次注入による間詰め及び追加注入が可能な二重管ダブルパッカーを採用した。注入効果は現場透水試験、圧縮試験及び地盤変位を計測し確認を行った。各試験で確認する基準値は表-1、地盤変位の計測位置を図-2に示す。

2) 注入率の検討

腐植土層への注入率は文献等でも検証されている事例が少なく、砂礫や砂質土、粘性土のように土質やN値及び使用目的により目安となる注入率が設定されていないのが実態である。今回、腐植土層への注入率は、間隙比から填充率90%として算出した注入率65%を上限とし、一般的な緩い砂質土層の設計注入率である45.5%、その中間の55.3%の3パターンで注入試験を行うこととした。

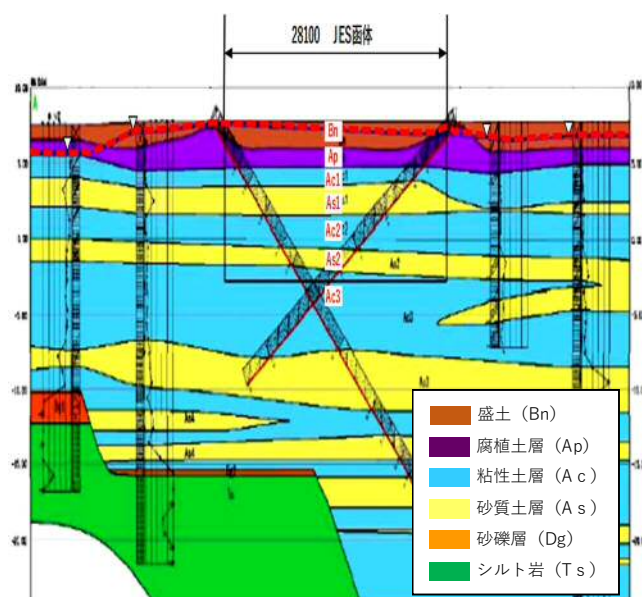


図-1 地質断面図

キーワード 薬液注入、腐植土層

連絡先 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

確認事項	確認内容	確認方法	基準値
注入効果	止水性	現場透水試験 (事前・事後)	透水係数 $K=1 \times 10^{-6} \text{m/s} = 1 \times 10^{-4} \text{cm/s}$
	切羽防護 (地盤強化)	現場透水試験 (事前・事後)	透水係数 $K=1 \times 10^{-6} \text{m/s} = 1 \times 10^{-4} \text{cm/s}$
		圧縮強度 (試料採取)	N値2以上相当 ($q_u = 12.5 \text{kN/m}^2 \times 2 = 25.0 \text{kN/m}^2$ 以上)
地盤変位	変位量	自動計測 (3次元)	軌道整備基準より 限界値 高低 $\pm 19 \text{mm}$ 通り $\pm 19 \text{mm}$ 工事中止値 高低 $\pm 13 \text{mm}$ 通り $\pm 13 \text{mm}$ 警戒値 高低 $\pm 8 \text{mm}$ 通り $\pm 8 \text{mm}$

表-1 注入試験における確認項目と基準値

3) 注入速度の検討

注入速度も地盤隆起に影響するため、ダブルパッカーの最低速度となる 8L/min まで下げ、低圧で注入することで地盤隆起をどれだけ抑制できるかを確認した。

4) 注入試験結果

注入試験結果を表-2 に示す。腐植土層の透水係数は、3 パターンとも基準値を満足し止水効果を確認できた。また、圧縮強度試験においても基準値 25kN/m²以上に対し全て基準値を満足するものとなった。さらに事前調査により腐植土層の不均一性も確認でき粘性土分が多い箇所も想定されることから、注入率を下げることで軌道隆起抑制に効果的であることが分かった。

次に地盤変位計測結果を表-3 に示す。間隙の大きい腐植土層への間詰めとしてセメントベントナイトを注入した一次注入では地盤の隆起はわずかにあったが最大値でも 2.8 mm であり、水ガラス溶液を注入した二次注入ではほとんど隆起が生じず、地盤変位に対する警戒値である $\pm 8 \text{mm}$ を超えるものはなかった。

また、注入状況を確認するため 45.5%の試験注入箇所をバックホウにて掘削し、腐植土層に薬液が注入されていることを目視にて確認した（図-3 参照）。

上記結果から本施工の注入率を最も低い 45.5%とし、注入時の軌道隆起のリスクを低減できる方法を採用した。

4. おわりに

線路直下の腐植土層に対する薬液注入においては、施工時の安全性の確保と長期的な軌道変状リスクの低減が求められる。そのため、当現場においては、事前に腐植土層の位置を確認し注入試験を行った。その結果、当現場の腐植土層ではゆるい砂質土層の設計注入率と同等の注入率で必要な効果が得られる

ことが分かった。今後の本施工においても、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。本試験結果が今後の類似条件下の施工計画の一助になれば幸いである。

位置	注入率	現場透水試験 基準値	現場透水試験 注入後試験値	圧縮試験強度 基準値	圧縮試験強度 注入後試験値	N値 基準値	N値 注入後試験値	判定
事前調査	-	-	$7.04 \times 10^{-8} \text{m/s}$	-	-	-	-	-
①	65.0%	$k=1 \times 10^{-6} \text{m/s}$	$1.89 \times 10^{-8} \text{m/s}$	25kN/m ²	37.5kN/m ²	2以上	2	○
②	55.3%		$5.63 \times 10^{-8} \text{m/s}$		31.6kN/m ²		2	○
③	45.5%		$2.70 \times 10^{-8} \text{m/s}$		34.8kN/m ²		2	○

表-2 注入試験結果

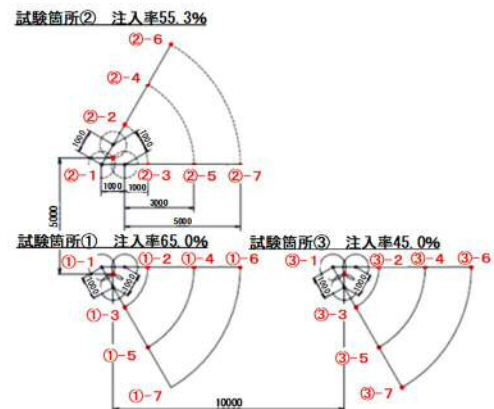


図-2 地盤変位測定概要



図-3 注入状況確認

測定位置	注入率	初期値		一次注入後		二次注入後	
		計測値(mm)	初期値差(mm)	計測値(mm)	初期値差(mm)	計測値(mm)	初期値差(mm)
①-1	65.0%	0.3	0.3	0.0	0.5	0.2	
①-2		0.4	0.5	0.1	0.9	0.5	
①-3		0.5	1.3	0.8	1.4	0.9	
①-4		0.0	-0.2	-0.2	0.6	0.6	
①-5		0.4	0.6	0.2	1.1	0.7	
①-6		0.4	0.3	-0.1	0.8	0.4	
①-7		0.6	0.3	-0.3	0.6	0.0	
②-1	55.3%	0.2	1.5	1.3	0.6	0.4	
②-2		0.5	1.8	1.3	1.1	0.6	
②-3		0.4	2.0	1.6	1.2	0.8	
②-4		0.4	1.9	1.5	1.7	1.3	
②-5		0.5	1.4	0.9	1.2	0.7	
②-6		0.6	1.6	1.0	1.4	0.8	
②-7		0.7	1.0	0.3	1.1	0.4	
③-1	45.5%	0.3	1.8	1.5	0.1	-0.2	
③-2		0.4	3.2	2.8	1.5	1.1	
③-3		0.3	1.9	1.6	1.2	0.9	
③-4		0.6	2.7	2.1	1.7	1.1	
③-5		0.4	0.7	0.3	1.0	0.6	
③-6		0.5	1.0	0.5	0.7	0.2	
③-7		0.5	0.2	-0.3	0.4	-0.1	

表-3 地盤変位計測結果