

### 高圧噴射攪拌による鉄道橋台背面部の柱状改良体補強工

東鉄工業(株) 正会員 ○鈴木 裕明 東鉄工業(株) 正会員 瀬下 孝雄※1  
 ライト工業(株) 佐藤 弘 ライト工業(株) 桐村 智明※2  
 東日本旅客鉄道(株) 正会員 山内 真也 東日本旅客鉄道(株) 正会員 中村 宏 ※3

#### 1. はじめに

盛土耐震補強における鉄道橋台沈下対策において「柱状改良体を用いた橋台背面部補強工」が計画されている。柱状改良体は、施工基面より 1m 下から橋台フーチング底面の深さまで、φ800 の改良体を 0.15m 程度ラップさせながら造成する(図-1)。また、本施工は線路内での夜間線路閉鎖作業(実作業時間 2 時間程度を想定)で、線路内施工での課題をクリアし、所定の改良品質(改良径φ800, 改良体強度 1N/mm<sup>2</sup>)を確保しなければならない。

本稿では、従来工法(CCP-LE 工法)の施工法に工夫を加えた高圧噴射攪拌工法の試験施工とその結果について報告する。

#### 2. 線路内施工の課題

線路内施工で課題と考えられる事項を以下に示す。

- ① 改良体品質 : 改良径・改良強度を確保する
- ② サイクルタイム : 夜間線路閉鎖作業内で改良体を確実に 1 本施工する
- ③ 地表面変位 : 貫入, 造成による地盤の緩み沈下, 内圧による隆起を抑制する
- ④ 排泥作業 : 削孔および造成にて発生する排泥を確実に回収する
- ⑤ 施工機械と施工方法 : 施工機械を短時間で線路内外へ搬入出する

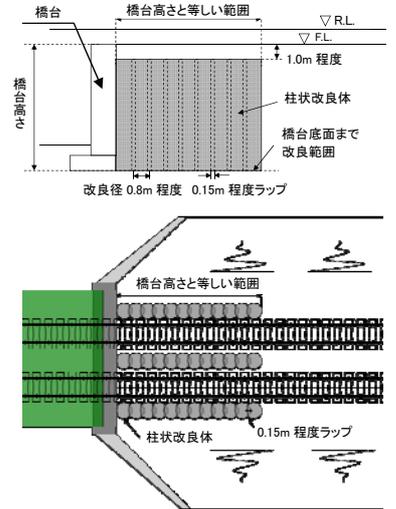


図-1 橋台背面柱状改良体

#### 3. 工法選定

地盤改良には機械攪拌と噴射攪拌がある。機械攪拌工法の改良品質は高いが、数トンから 10t 程度の機械重量のため、線路内での移動性で劣る。一方、噴射攪拌工法は品質良く造成出来れば、1t 程度の機械重量のため、線路内での移動性で優れる。そこで、噴射攪拌工法を選定し、試験施工を行った。

#### 4. CCP-LE 工法との施工方法変更点

粘性土のように相対的に改良効果の低い地盤では、高圧水と硬化材を別孔から噴射し、上方のノズルから高圧水により地盤切削を、下方のノズルから硬化材を吐出し、地盤改良を行うことで改良強度が得られると考える。そこで、単管ロッド工法の CCP-LE 工法(図-2)を、水と硬化材の別孔同時噴射を可能とする二重管ロッドに変更した。これにより、1 工程(図-3)による試験施工を行うこととし、改良効率、サイクルタイムの短縮および効率的な排泥を図る。なお、今回の試験施工ではエア(空気)は使用していない。

#### 5. 試験施工

試験施工は改良径φ800, 削孔長 6,000mm(造成長 5,000mm, 土被り 1,000mm)として表-1 の配合で単柱改良体を造成した(写真-1)。試験施工は、低圧水切削型と高圧水切削型の 2 タイプとロッド引上げ速度を 4m/分と 6m/分の 2 タイプ, 計 4 タイプとする(図-3, 表-2)。試験施工場所は、粘性土地盤(ローム)を選定した。図-4 はボーリング柱状図, 図-5 は試験施工場所の地盤から採取した粒径加積曲線, 土質試験結果を示す。試験の結果として、サイクルタイムの計測と、改良体の出来形・強度, 周辺地盤の変状および排泥の確認を行った。

表-1 標準配合

セメント	760kg
混和剤	12kg
水	750L(740L)※

※( )内は高炉セメントB種を用いる場合の必要水量



写真-1 試験状況

キーワード 鉄道工事, 線路内施工, 高圧噴射攪拌, 柱状改良体, サイクルタイム

連絡先 ※1 東鉄工業(株) 〒160-8589 東京都新宿区信濃町 34 番地 TEL03-5369-7621  
 ※2 ライト工業(株) 〒130-0014 東京都墨田区亀沢 4 丁目 17-12 TEL03-5608-7156  
 ※3 東日本旅客鉄道(株) 〒151-8512 東京都渋谷区代々木 2 丁目 2-6 TEL03-6276-1251

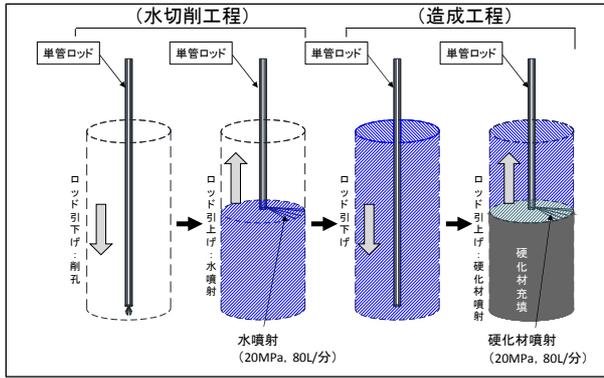


図-2 CCP-LE 工法 (2 工程施工)

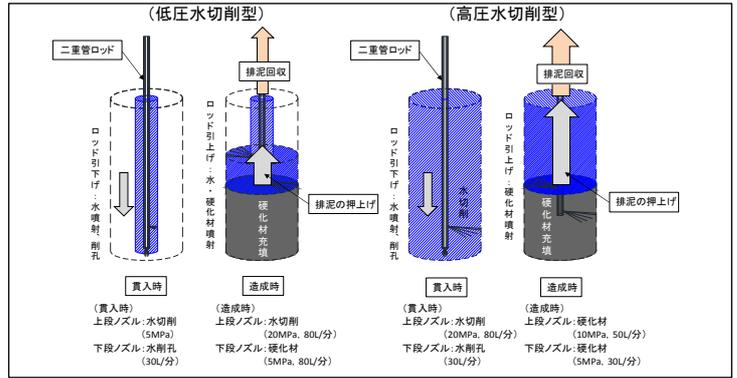


図-3 試験施工概念図 (1 工程施工)

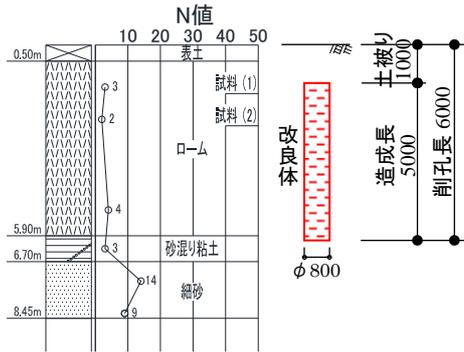


図-4 ボーリング柱状図

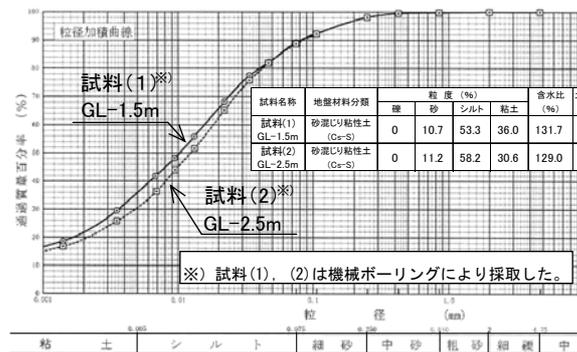


図-5 粒径加積曲線・土質試験結果

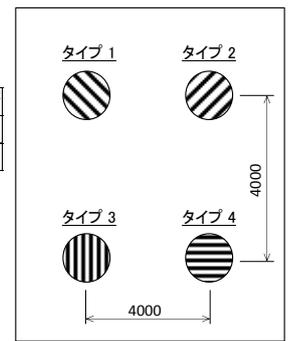


図-6 試験施工平面図

6. 試験施工の結果

試験施工の結果について各課題毎に述べる (表-2).

- ① 出来形は露出させた改良体の表面を検測し、タイプ1~4ともφ800以上であった。写真-2はタイプ1の出来形写真である。改良体強度は供試体を改良体表面からコア抜きで採取し、一軸圧縮試験を行った。タイプ1~4とも2.2N/mm<sup>2</sup>(1週強度)以上あり、要求品質(1N/mm<sup>2</sup>)を満足できる結果を得た。
- ② サイクルタイムは86分以上119分以下であった。
- ③ 地表面変位は+1mm~-2mmであった。
- ④ 写真-1に示す排泥管(塩ビ管φ150,L=1,200mm)は、改良体天端(GL-1.0m)まで設置した。タイプ1~4とも、水噴射と硬化材噴射による押し上げの効果で、良好な排泥状況であった。
- ⑤ 本施工に向けて、写真-3のとおり軽量で移動性に優れた自走式ボーリングマシン使用する。

7. まとめと実施に向けて

今回の試験施工により、強度が発現しにくいとされる粘性土地盤(ローム層)で改良体品質を確保し、実作業時間想定2時間程度内で施工できることを確認した。

今後は、実施工に向けて作業着手、終了時のマシン移動およびロッド着脱の時間短縮を図る。また、施工条件(架線との離隔確保)、地盤条件、施工機械搬入出方法、プラントヤード確保等、実施工に向けた施工性について更なる検討を加える所存である。

表-2 試験施工条件・結果一覧

試験施工タイプ	タイプ1	タイプ2	タイプ3	タイプ4
施工方法	低圧水切削	高圧水切削	低圧水切削	高圧水切削
引下げ速度	—	4分/m	—	6分/m
引上げ速度	4分/m	4分/m	6分/m	6分/m
確認項目	タイプ1	タイプ2	タイプ3	タイプ4
① 改良体出来形	φ850	φ850	φ810	φ800
改良体強度 σ <sub>7</sub>	2.2N/mm <sup>2</sup>	3.7N/mm <sup>2</sup>	2.5N/mm <sup>2</sup>	5.1N/mm <sup>2</sup>
② サイクルタイム ※1)※2)	86分	103分	91分	119分
③ 周辺地盤変位	±1mm	+1~-2mm	±1mm	+1~-2mm
④ 排泥	良好	良好	良好	良好
⑤ 施工機械	定置式	→自走式ボーリングマシン(写真-3)		

※1) 機械移動、設置時間含まず  
 ※2) 基本ロッド長 2m×3本



写真-2 改良体出来形 (タイプ1: φ850)



写真-3 予定機械 (自走式ボーリングマシン)

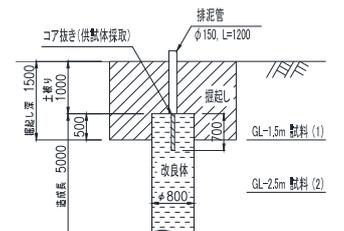


図-7 改良体断面図

参考文献

- 1)池本宏文他：橋台背面盛土の沈下抑制工法における実験的検証：地盤工学会特別シンポジウム—東日本大震災を乗り越えて—発表論文集，平成26年5月
- 2)ジェットグラウト工法：日本ジェットグラウト協会，平成25年9月