

高圧噴射併用型機械攪拌工法による地盤改良の適用範囲拡大

東日本旅客鉄道㈱ 正会員 ○戸塚 淳也
 東日本旅客鉄道㈱ 正会員 白神 亮
 鹿島建設㈱ 貞末 和宏
 日本綜合防水㈱ 伊藤 孝司

1.はじめに

鉄道営業線内や鉄道営業線に近接した箇所での工事では、作業時間や作業空間に様々な制限があり、軌道に与える影響を最小限に抑えながら進めなければならない。そのため、これらの制約を満たした効率的な施工方法を選定していく必要がある。

今回は、地下掘削工事の止水工について、従来軟弱地盤にのみ適用していたメカジェット工法を改良して礫質地盤に適用させ、軌道上から礫質地盤の改良を安全かつ効率的に行ったので報告する。

2.工法概要

メカジェット工法（mechanical mixing and jet grouting method）は、固化材スラリーを低圧で直進誘導用剣先の吐出口から噴射させると共に、最下段の攪拌翼先端から高圧噴射させて、軟弱地盤から硬質地盤まで地盤中にラップ可能なソイルセメントコラムを造成する高圧噴射併用型の機械攪拌杭工法である（図-1）。使用機械が小型であることから、軌道周辺等の狭隘で、かつ架空線や桁下の空頭制限のある箇所で施工が可能である。また、ロッド先端の直進誘導用剣先とロッド中間部に装着する直進性保持具によってロッドの曲がりを防止し、精度の良い斜め施工を可能にする工法である。

3.施工計画

今回施工した現場は、JR 横浜線の中山駅構内に位置し、横浜市営地下鉄 4 号線の開業に合わせ、同駅と地上を連絡する地下構造物を横浜線の線路下に構築するものである。

地盤は、地表から 7m 付近までを腐植粘土層、以深厚さ 1m 程度が砂礫層となっており、約 8~9m 以深はN値 50 以上の泥岩（土丹）層となっている（図-2: 地質柱状図）。

メカジェット工法は線路下函体部の一次掘削（地

表から約 3m）に対して止水を目的として適用する（図-3）のもので、軌道への影響や排泥量が少なく、施工精度の高い改良体を構築できる利点がある。しかし、止水範囲にはN値 25 程度の砂礫層が存在するため、当初、上部の腐植粘土層をメカジェット工法、砂礫層を薬液注入工法として計画していた。そのため、2 段階の施工による工程の長期化や、薬液注入時に軌道が隆起する恐れがあった。そこで今回、砂礫層部分までの一体施工を目的とした攪拌翼を新たに試作し、施工を行った（図-1:硬質地盤用攪拌翼,図-2）。

施工手順は次の通りである（図-4）。

①ベースマシンを所定の位置に誘導し、攪拌翼を杭芯にセットしてリーダーを施工角度に調整する。

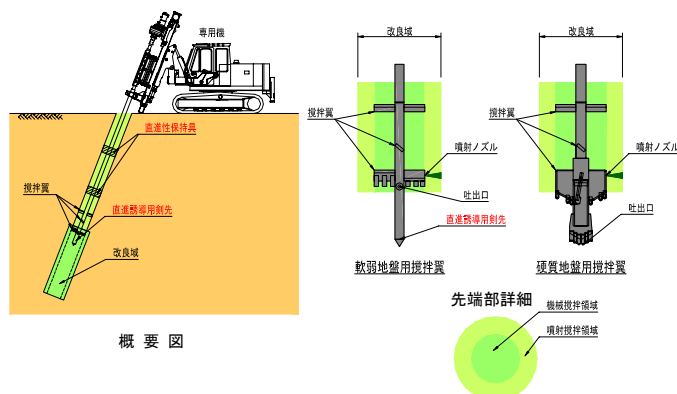


図-1 メカジェット工法の概要

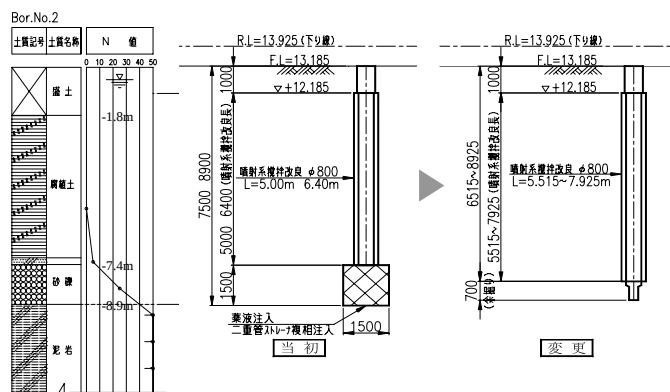


図-2 現場付近の地盤状況と施工方法の変更概要

キーワード メカジェット工法 止水 地盤改良 掘削 機械攪拌

連絡先 東日本旅客鉄道株式会社 東京工事事務所 工事管理室 〒152-8512 東京都渋谷区代々木 2-2-6 TEL03-3379-4353

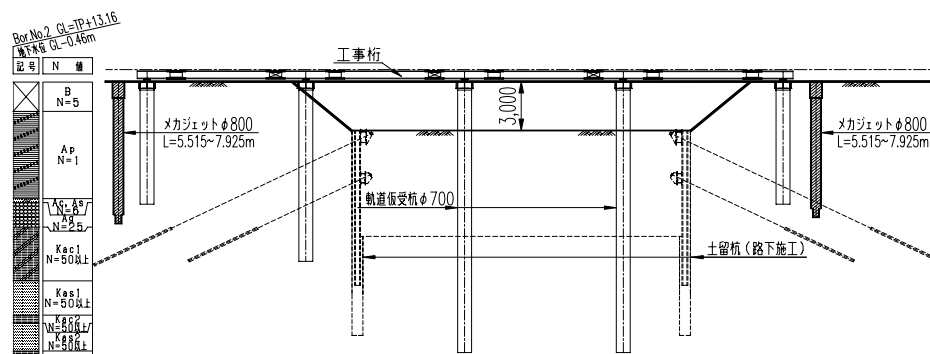


図-3 線路下函体部の一次掘削時の状況

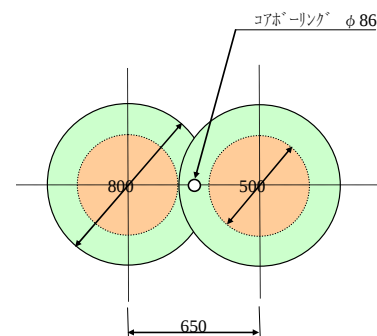


図-5 改良体の採取箇所

②GL-1.0m まで正転貫入する。

③低压スラリー（65L/min）を吐出するとともに、攪拌翼の先端から高压スラリー（50L/min）を噴射させ、正転で貫入攪拌する。

④攪拌翼位置が砂礫に変化したら、吐出口の目詰まり等を防止するため、低压スラリー（30L/min）と高压スラリー（20L/min）を吐出・噴射しながら正転で削孔と貫入を行い、泥岩層に70cm程度貫入させる。

⑤所定の深度に着底したら低压スラリー（65L/min）を吐出するとともに、高压スラリー（50L/min）を噴射しながら逆転で引き抜き攪拌を行う。

⑥砂礫層の引き抜き攪拌が終了したら高压スラリー（50L/min）のみを噴出しながら逆転で改良土上端まで引き抜き攪拌を行う。

⑦改良部の施工が終了したら攪拌翼を地上まで引き上げる。

4. 施工結果

施工性能と改良体の止水性能を確認するため、鉄道営業線近接範囲外にて試験施工を行った。

試験は、隣り合う2箇所の改良を行って施工性を確認するとともに、高压噴射によってラップ造成された改良体を採用し、一軸圧縮試験と現場透水試験を行った（図-5）。

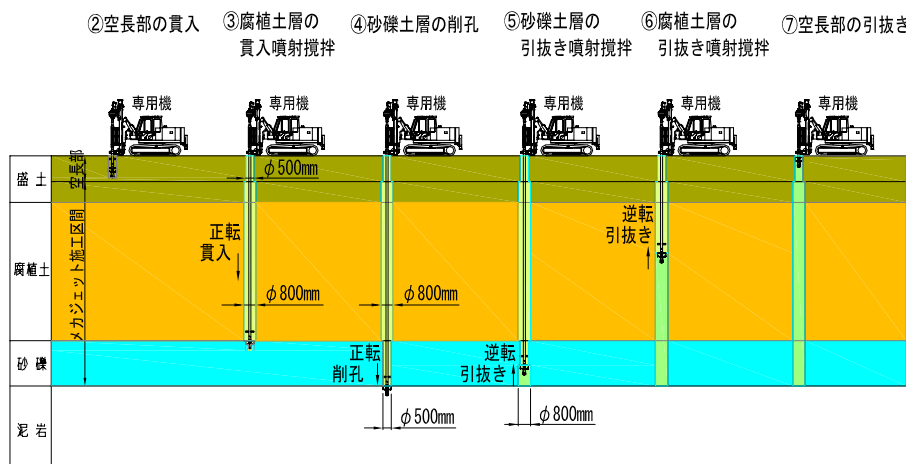


図-4 メカジェット工法による施工手順

表-1 一軸圧縮強度と現場透水試験の結果

地盤区分	一軸圧縮試験 (MN/m ²)	現場透水試験 (cm/sec)
腐植粘土層	2.06	8.45×10^{-7}
砂礫層	3.66	1.95×10^{-7}

試験結果を表-1に示す。一軸圧縮強度については、腐植粘土層では1.0 MN/m²、砂礫土層では2.5MN/m²以上を目標としており、十分な強度を達成することができた。また、透水係数については $K=10^{-7}$ cm/secのオーダーとなっており、十分な止水性能が確保されていることを確認した。

試験施工から本施工を通しての施工速度については、砂礫層で6min/m、泥岩層で8min/m程度となった（図-6）。これは軟弱地盤での標準時間（1min/m）の数倍となるが、1日当たりの施工本数を減らすことはなく、薬液注入に要する工期分を短縮することができた。なお、貫入トルクについては2.5~6.0kN・mの範囲で推移し、機械性能や作業性に問題はなく、軌道変位等の発生もなかった。

5. おわりに

今回の施工により、メカジェット工法による地盤改良の適用範囲を拡大することができた。今後も引き続き、地表での排泥方法や攪拌翼の改良を図ることにより更に適用範囲を広げ、安全で効率的な工法として発展させていきたい。

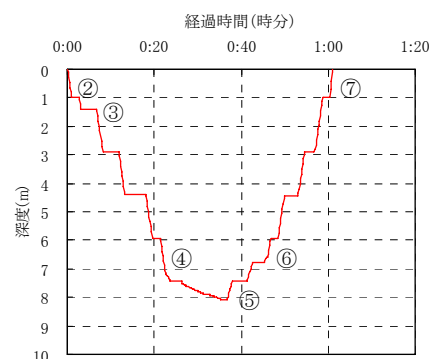


図-6 施工時間と深度