

自在ボーリング技術を用いた開削工事における止水対策施工例

三信建設工業(株) 正会員 ○島野 嵐
三信建設工業(株) 関 昌則

1. はじめに

下水道施設の改築工事に伴う開削工事において、複数の既設配管によって生じた土留め欠損部の止水防護を、地中で直線・曲線削孔の制御が可能な自在ボーリング技術を併用した薬液注入工法により施工を行った。本報告では、自在ボーリング技術の概要と工法の採用経緯、狭隘な施工ヤードにて三次元で削孔位置の管理を行うという厳しい施工条件下で行った施工方法とその結果について報告する。

2. 自在ボーリング技術および薬液注入工法の概要

2. 1 自在ボーリング技術の概要

自在ボーリングを用いた地盤改良工法は、直線ボーリングでは届かない既設構造物直下などに注入外管を敷設し、これを用いて地盤改良を行うものである。自在ボーリングを用いた薬液注入の概要を図-1 に、専用削孔機の全景を写真-1 に示す。

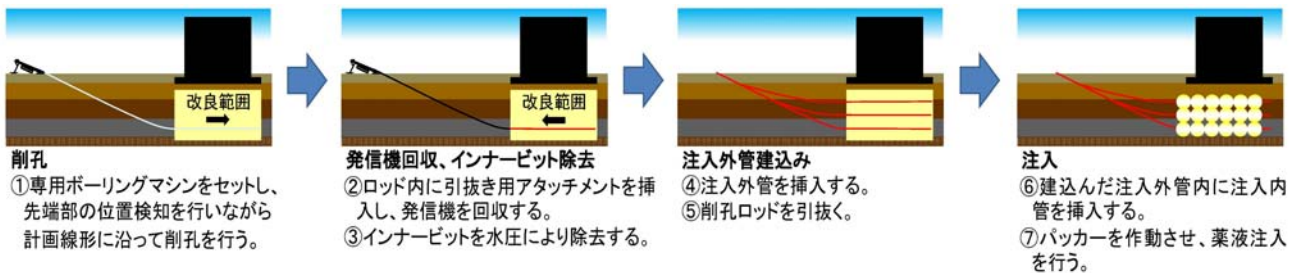


図-1 自在ボーリングを用いた薬液注入概要

2. 2 自在ボーリングの削孔手法¹⁾

自在ボーリングにおいては、写真-2 に示すように、削孔管先端に方向制御のためのテーパ形状を持つ先端ビットが取り付けられており、直線方向に削孔する場合には回転させながら削孔管を推進させ、方向修正をする場合には先端部を固定し、一定方向に偏る土圧抵抗を受けながら推進させる(図-2 参照)。

削孔中に必要に応じてパーカッション(打撃貫入)の併用が可能で、長距離削孔や作業時間に制限が課された場合に想定される中断後の再削孔でも、パーカッションにより地盤を緩める効果が期待でき、推進不能に陥る事態を極力避けることができる。図-2 に自在ボーリングの方向制御概要図を示す。

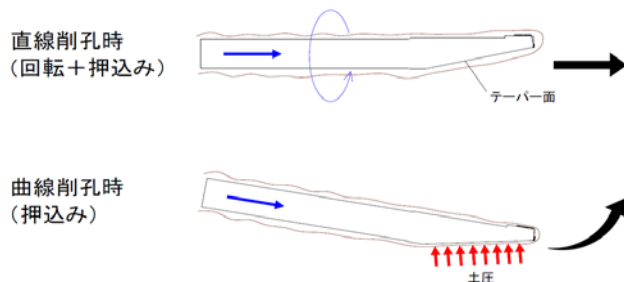


図-2 自在ボーリング方向制御概要図



写真-1 専用削孔機全景



写真-2 先端ビット

2. 3 削孔位置確認

削孔中および削孔完了後の位置確認は、磁気式ロケーター方式および挿入式ジャイロ方式の異なる二方式の位置検知システムの併用により行う。それぞれの概要および使い分けについて以下に示す。

(1) 磁気式ロケーター方式

磁気式ロケーター方式は、削孔先端部に装着された発信機より発せられる電磁情報信号を直上の地表面にて検知し、先端部の深度、水平位置、先端ビットの方向を確認する方式である。位置検知は削孔作業と同時に行う。計測可能深度は概ね 10m で構造物が直上に無い場合の計測に用いる。なお、電磁波による計測のため、高圧線や発信塔が近くにある場合正確に検知できない可能性がある。図-3 に磁気式ロケーター方式概要図を示す。

(2) 挿入式ジャイロ方式

削孔管内にジャイロセンサ（角速度センサ）を挿入し、測定される 3 方向の加速度により削孔経路および削孔先端位置の姿勢（位置情報）を検出する方式であり、主に構造物直下の計測に用いる。位置計測は削孔数メートルごと複数回に分けて行う。ジャイロセンサは計器の振動が測定値に大きく影響を与えるため、センサの移動を滑らかに行う必要がある。本技術では計測誤差を抑えるためセンサ挿入・引抜は、機械を用いた自動式としている。図-4 に挿入式ジャイロ方式概要図を示す。



図-3 磁気式ロケーター方式概要図

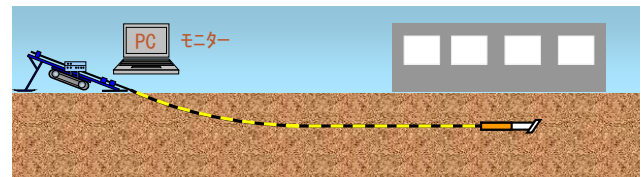


図-4 挿入式ジャイロ方式概要図

2. 4 薬液注入工法の概要²⁾

薬液注入工法は「任意に固化時間を調整できる注入材料」を「地中に設置した注入管を通して地盤中に圧入」し「止水や地盤強化」を図る地盤改良工法である。工法の特徴は次のとおりである。

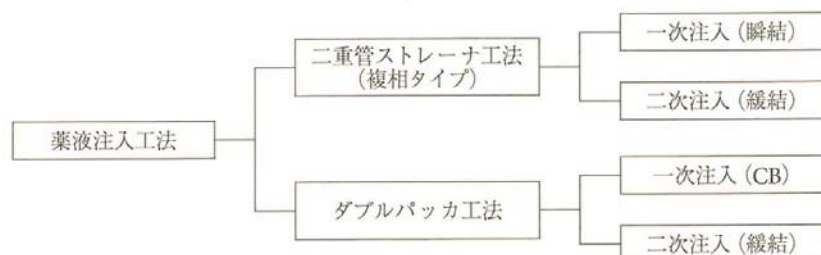
- ・土の組織を変えずに、土粒子の間隙を埋める水を追い出し、そこに注入材料が浸透固化する。
- ・浸透固化した薬液により地盤の粘着力が増加し、透水係数が減少することで、地盤強化がされたり遮水性が高まる。
- ・使用する材料は水ガラス(珪酸ソーダ)を主材としそれに硬化材、助剤を加えることで固化する薬液であり、硬化時間は数秒から数時間の範囲で調整できる。

薬液注入工法は図-5 に示す二つの注入方式に分けられる。以下にそれぞれの方式について概説する。

二重管ストレーナ工法：最も一般的な薬液注入工法で、二重管ロッドで削孔、注入を行う。瞬結注入と緩結注入を一定間隔で繰り返し注入し、均質な改良体を形成し、地盤の止水や強化を図る工法。

ダブルパッカ工法：二重管ストレーナ工法より信頼性の高い改良効果が期待できる工法で、緩結ゲルタイムを持つ注入材を低吐出で地盤に浸透させ、均質な改良体を形成する。

地盤変状が起きにくく、構造物近傍での施工も安全に行える。



注) 二重管ストレーナの二次注入を瞬結で行うこともある。

図-5 薬液注入工法分類²⁾

3. 適用工事の概要と結果

3. 1 工事の概要

本工事は流域下水道事業のうち、中継ポンプ場の施設改築工事であり、既存ポンプ場に隣接して立坑を構築し吐出管の入替をするものである。既存ポンプ場からの配管が2箇所あり、この部分の土留めが欠損するため、止水を目的とした地盤改良が必要となった。

対策工法を選定するにあたり、対象土が図-6に示すN=3程度の砂質シルトおよびN=3~18の砂質土で地下水位がGL-1mであること、既設配管直下(管底≒GL-6m)の改良が必要なことより一般的な斜めボーリングでは未改良部が残ることから、自在ボーリングを併用したダブルパッカ工法、既設配管が鉛直削孔に影響が無い部分は二重管ストレーナ工法による対策が採用された。図-7に薬液注入による地盤改良施工図、表-1に施工数量を示す。

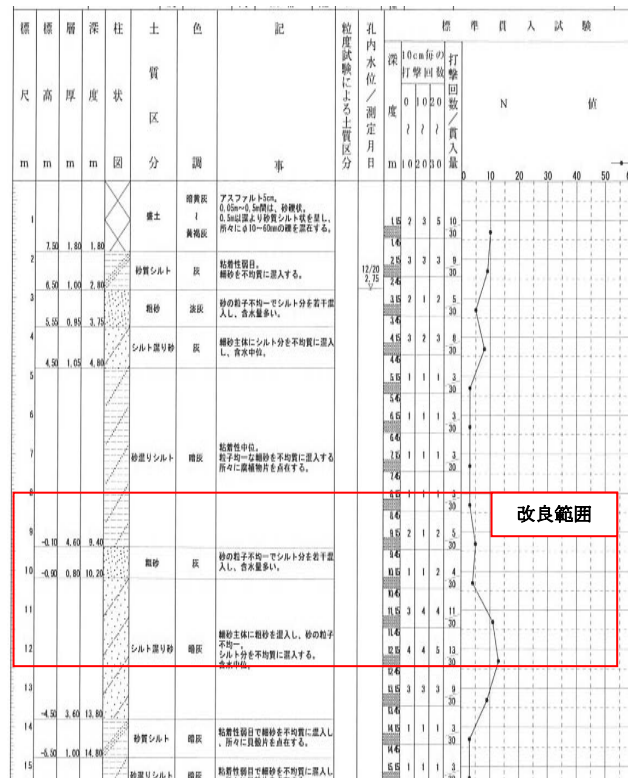


図-6 改良対象土

3. 2 自在ボーリングの位置管理手法

本工事に用いた自在ボーリングマシンは、連続的な曲げ引張りに耐えうる特殊ロッドを採用しており最小曲率半径 40m の削孔が可能である。

一般的に自在ボーリングの削孔手順は①削孔角度 30° 以内の直線斜削孔(挿入部)②曲率半径 40m 以上の曲線削孔③構造物直下部を直線削孔の3つの手順で行われる。曲線部の削孔は、削孔先端位置の確認が煩雑にならないように鉛直方向のみ曲げる二次元的な曲線削孔をすることが多い。本現場においては、必要改良範囲とボーリングマシン設置可能箇所の位置関係から二次元削孔では用地境界内での施工は不可能であり、鉛直方向・水平方向に曲げ、三次元的に削孔をする必要があった。

表-1 施工数量一覧

工法	施工本数(本)	延べ削孔長(m)	延べ注入量(リットル)
自在ボーリング併用ダブルパッカ	18	716.2	26,282
二重管ストレーナ	95	1,226.1	123,918

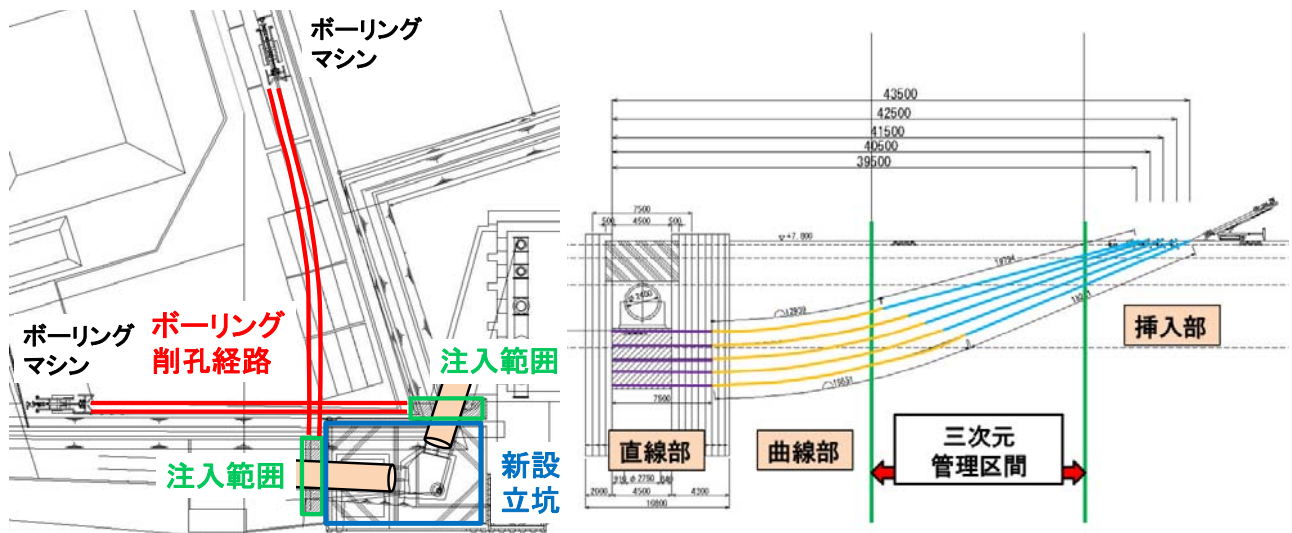


図-7 薬液注入による地盤改良施工図

削孔先端位置の確認方法は測量により基準線を地表面に設け、磁気式ロケータ方式を主に位置確認をした。磁気式ロケータ方式では、削孔孔の軌跡が確認できないため、挿入式ジャイロ方式を用い削孔1本に対して1~2回程度の頻度で計測を行い軌跡の確認を行った。結果として、自在ボーリングの削孔精度は全ての施工において±30cm以内に制御することが出来た。図-8に挿入式ジャイロを用いた削孔軌跡図を、写真-3に施工状況を示す。削孔完了後、先端の位置情報発信器を回収し、注入用外管を挿入後に削孔ロッドを引抜く。建込んだ注入外管内に注入内管を挿入し薬液注入を行った。なお、削孔工程および注入工程において隣接構造物や既設配管への影響をオートレベルおよび目視により確認した。結果として周辺環境の変位変状は見られなかった。

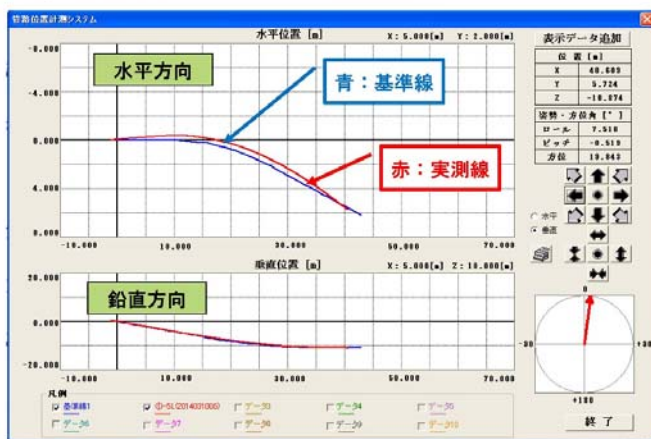


図-8 挿入式ジャイロを用いた削孔軌跡図



写真-3 施工状況

3. 3 施工結果確認

写真-4に地盤改良後に行われた立坑の開削工事の状況、写真-5に床付け確認状況を示す。床付け付近において若干の漏水はあったが無事掘削を完了することができ、所定の止水効果が得られたことを確認した。

4. まとめ

下水道施設の改築工事において、自在ボーリング技術を併用した薬液注入工法により、土留欠損部の止水を目的とした地盤改良を行った。結果として、隣接構造物や既設配管への影響をおよぼすことなく、所定の品質を確保することができた。

今後、本現場の実績が同様な既設構造物下部の止水対策工事の一助となれば幸いである。

なお、本自在ボーリング技術は、大成建設(株)、(株)キャプティ、三信建設工業(株)、強化土エンジニアリング(株)、成和リニューアルワークス(株)の共同開発技術である。

最後に、本執筆にあたりご協力いただいた関係各位に感謝の意を表す。

【参考文献】

- 1) 石井裕泰・松井秀岳・檜垣貴司 (2010) : 自在ボーリングを用いた既設構造物直下の地盤改良-グラウンドフレックスモール工法-, 建設と施工企画, '10.2, No.5, p.16.
- 2) 日本グラウト協会 (2011) : 新訂正しい薬液注入工法, p.vi・p.158.



写真-4 開削状況



写真-5 床付け確認状況