

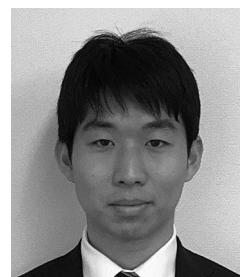
下水道管の再構築工事における 地中障害物撤去推進工法 施工見学に参加して

草茅 太郎

KUSAGAYA Taro

川崎地質(株)

戦略企画本部技術企画部



今回、東京都下水道局のご協力により、呼び径1000mm、推進延長249mの特殊泥濃式推進工法（DO-Jet工法）の見学会の機会をいただき、参加いたしましたのでご報告いたします。見学したのは、土被り10m、曲線4箇所（28R～120R）で、雨水排除能力の増強を図るための下水道管の再構築工事（管渠の布設替、更生および新設）を行っている施工現場でした。

【見学会概要】

見学内容：下水道管再構築工事における

地中障害物撤去推進工法施工

日 程：2019年11月7日（木）

見学場所：東京都下水道局建設現場

発 注 者：東京都下水道局 東部第一下水道事務所

施 工 者：(株)大盛工業

見学会参加者：18名

1. DO-Jet工法

DO-Jet工法（Double Object-Jet method）は、超高圧ジェットを利用した「前方探査システム」「超高圧地盤改良システム」「切断・除去システム」の3つのシステムを有しています（写真-1）。これらの機能を持った装置が掘進機に搭載されることにより、それぞれのシステムが、地中支障物の位置把握、支障物切断前の地盤改良、支障物切断および切断片の除去を担います。DO-Jet工法の適用範囲は、DO-Jet工法研究会によれば、原則として、推進工法で呼び径800～3000mm、シールド工法でセグメント内径1800mm以上とされています。また、DO-Jet工法で用いられる超高圧ジェットは、各システムにおいて、使う流体の種類や濃度を変えています。

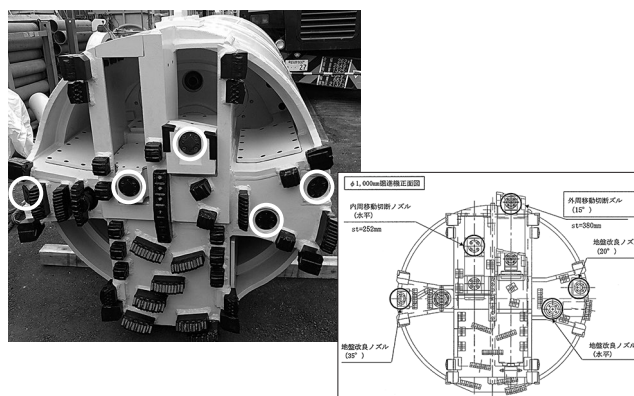
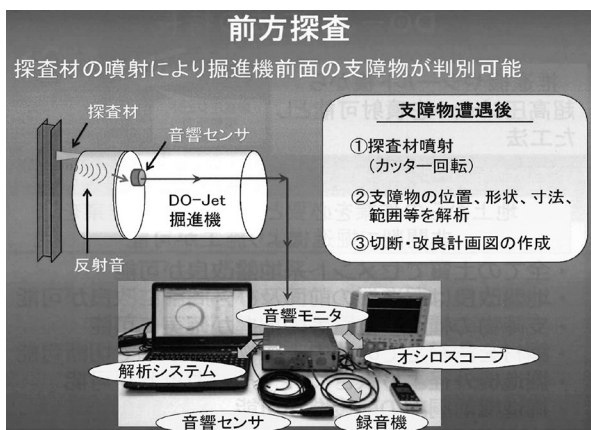


写真-1 DO-Jet工法の掘進機

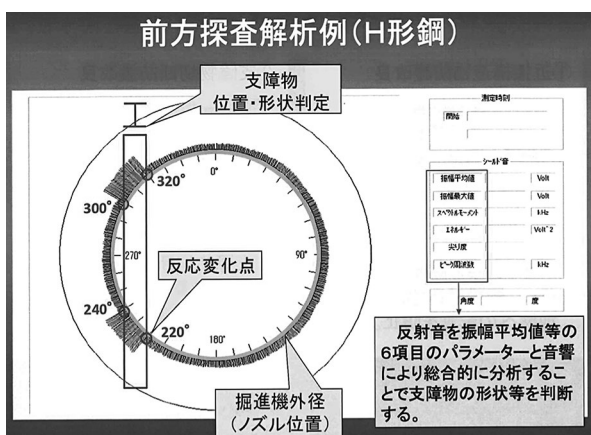
2. 前方探査システム

前方探査システムでは、掘進機から100MPaのジェット水を噴射して、支障物にジェット水が当たった時の音（反射音）を、掘進機内部の音響センサで受信します（図-1、2）。このときの、反射音のスペクトルモーメントや振幅等を解析し、支障物の材質や形状、寸法、範囲を判定し（鋼矢板か、H鋼か、松杭か、など）、切断施工図面が作成されます。切断施工図面は、切断物を掘進機内に回収できるように、小さな破片となるような蜘蛛の巣の一部のような図面となります。用いられるジェット水は、ケイ酸ナトリウム溶液に硬化剤溶液を加えた溶液型注入材が標準となっています。

実際の施工においては、掘進機が地中の支障物に当たって止まるたびに、わずかに掘進機のカッターを手前に後退させ、その状態でカッターを回転させながらジェット水を噴射することで、カッターがどれぐらい回転した時に支障物が存在するかを判断することができます。支障物が、仮設工の残置杭であれば、切断する箇所付近だけ地盤改良をしてから切断されますが、支持杭などの構造物の切断の際は、カッター全周の地盤改良を施した後に切断されます。



図－1 前方探査システム概要

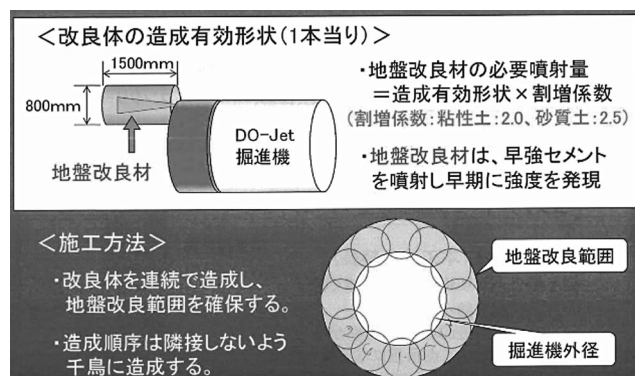


図－2 H鋼の解析例

3. 超高压地盤改良システム

超高压地盤改良システムでは、掘削領域周囲の地盤安定や既設構造物防護のために、掘進機から地盤改良材を最大245MPaの圧力で噴射して地盤改良を行います。このときに用いられる地盤改良材は、セメントミルクとケイ酸ナトリウム溶液の混合剤が標準となっています。この改良材は、早期に強度を発現するように、早強セメントとなっています。

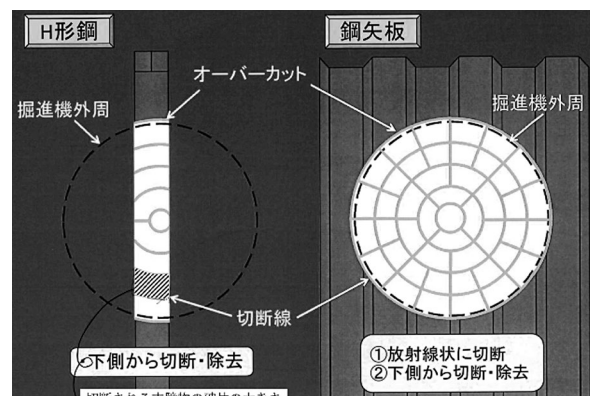
今回の施工現場では、地盤改良材の噴射ノズルは3箇所あり、カッターの進行方向、進行方向から20°外側、進行方向から35°外側にそれぞれ噴射できるように配置されていました。これにより、掘進機外径より外側でも効率的に地盤改良できるように設計されていました。地盤改良の際は、1本あたり、およそ直径800mm、奥行きは土質により異なり、普通土では1,500mmの円柱領域を改良し、改良体を連続させることで地盤改良範囲を確保していました(図-3)。



図－3 超高压地盤改良システム概要

4. 切断・除去システム

切断・除去システムでは、研磨材(ガーネットサンド)と溶液型注入材(ケイ酸ナトリウム溶液)を混合させたものを切断材として、245MPaの超高压ジェットで支障物を切断します。切断ノズルは、2箇所あり、1つは掘進機外周より内側をスライド移動できるもので、もう1つは、掘進機外周から最大30mm以上ノズルをスライド移動できるものです。カッターも回転させることで、切断ノズルを蜘蛛の巣のように動かせるので、様々な切断施工図面に対応できる、非常に自由度の高い切断が可能となっています(図-4)。また、掘進機外周より大きい径でも切断できるので、切断後の残置支障物が新設管に接触し、点荷重となることを防ぐこともできます。切断速度は、鋼材で5.0mm/分、鉄筋コンクリートで5.0~15.0mm/分、無筋コンクリートで15.0mm/分で切断できるとのことですが、これだけ低速でカッターを回転させるために、超低速回転用微速モーターを搭載しているとのことでした。



図－4 支障物切断例

今回の施工現場では、切断ノズルの耐久時間が80時間であったため、すでに1度交換されたとのことでした。その交換は、呼び径1000mmの掘進機のマンホールから比較的小柄な人がカッター側に入り込み、場合によっては手探りでネジを回して交換するそうで、とても大変な仕事であると筆者は感じました。

5. 超高圧ジェットに伴う地盤変位への対策

DO-Jet工法の肝である超高圧ジェット噴射は、述べてきたような優れた点がある一方で、地盤を変位させる恐れがありますが、主に2つの方法で対策を取っていました。

1つは、掘進機のチャンバ土圧管理です。DO-Jet工法は超高圧ジェットの噴射が加わるため、こまめな土圧管理により施工されているとのことでした。

もう1つは、噴射材料の管理です。地盤改良材は主にセメントですが、前方探査や切断においても使用する溶液型注入材はゲル化する材料が利用されています。二液式のエポキシ樹脂のように、二工程にすることで、超高圧ジェットとしても機能させつつ、すぐに固化するようにして、地盤への影響を最小限に抑えて

いることのことでした。

6. おわりに

筆者は、見学会の終わりに、「ジェット水の噴射音も音響センサで受信されてしまうならば、反射音との区別はどうしているのですか？」と大盛工業様に質問をしました。それに対しては、「機械的にノイズを除去し、また、熟練の方が音を聴くなどの解析を行っています。」との回答がありましたので、DO-Jet工法は熟練者にも支えられている技術であると筆者は感じました。

DO-Jet工法のような、支障物の処理もその場で可能な工法は、工期短縮につながるだけでなく、支障物除去を人力で行った場合の事故のリスクをも軽減してくれる工法であろう、と筆者は感じました。

本見学会の機会をくださった東京都下水道局様、および現地でご説明くださった(株)大盛工業様とDO-Jet工法研究会様に、この場を借りて改めて感謝申し上げます。

以下に見学会の様子を紹介します。



写真-2 工事概要説明



写真-4 複数の注入材を輸送するチューブ



写真-5 発進立坑からの掘進方向側の様子

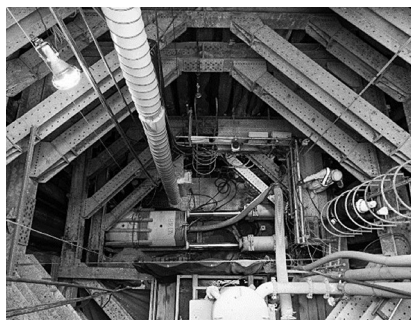


写真-3 発進立坑の様子



写真-6 DO-Jet工法の概要説明