

解説

坑内から撤去

DO-Jet工法により 地下鉄日比谷線直下を横断

掘進機から超高圧地盤改良および地中障害物の切断・除去

もりやま とおる
守山 亨

DO-Jet 工法研究会
技術委員



1 はじめに

地中内に残置された障害物を推進機やシールド機に装備した超高圧噴射ノズルにより切断・除去する技術としてDO-Jet工法（Double Object Jet Method、以下、本工法）がある。

都市化された地域では、インフラ整備により構築された地下構造物や重要構造物での近接施工を余儀なくされる場合が多く、このような時に本工法は有効で確実な工法である。

今回、東京メトロ日比谷線を横断するに際し、地盤のゆるみ防止としての超高圧地盤改良、中間杭などの切断・除去を地上に作業ヤードを設けることなく、全ての作業を掘進機で行い、安全・確実な施工が完了したので以下にその概要について報告する。

2 工法の概要

本工法では、「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」を用い、それぞれのシステムを組合せることにより地中内で要求された施工を可能としている。

さらに、超高圧地盤改良システムを

利用し、急曲線部における地盤補強および止水、無水地盤層の逸泥防止、また、切断・除去システムを利用して、礫層（巨石・粗石）における破碎が可能である。

2.1 適用口径

本工法は、推進工法（呼び径800以上）とシールド工法に適用できる。

推進工法では、基本的に呼び径800～2200は泥濃式、呼び径2400～3000は土圧式・泥土圧式とし、条件により泥水式も選択できる。

なお、呼び径800と900の切断は、条件付きでの切断となり別途検討が必要となる。

なお、シールド工法については、研究会に問い合わせ願いたい。

2.2 前方探査システム

前方探査システムは、掘進機外周部にセットした超高圧噴射ノズルから30～100MPaの超高圧ジェット水（無機瞬結型の溶液型注入材）を障害物に噴射させながらカッターヘッドを回転させ、その反射音を前方探査システムAを介して受信記録する。そのデータを基に、障害物の位置、材質、形状・寸法、範囲などを総合的に判断し、切断施工図作成までを行うシステムである。

2.3 超高圧地盤改良システム

超高圧地盤改良システムは、障害物周辺部の安定や近接構造物防護などのために、機内から超高圧地盤改良を行うシステムである。

土質により標準方式または二工程方式での施工がある。

(1) 標準方式

超高圧で地盤改良材を直接地山に噴射し、地山と地盤改良材を置換して改良体を造成する方式。

(2) 二工程方式

粘着力が40kN/m²程度を超える地盤において、標準方式では所定の改良体を造成することが困難となることもあるため、二段階で施工を行うことにより改良体を造成する方式。

①一段階目（切削工程）

対象地盤に切削材（基本的に溶液型注入材）を噴射して、改良体の造成範囲を確保する。

②二段階目（改良工程）

一段階目で確保した造成範囲に地盤改良材を噴射して地盤改良材に置換して改良体を造成する。

本工法での前方探査、超高圧地盤改良および切断・除去はクリティカルパスとなり、その中でも地盤改良体の養生

日数が工期に大きく影響する。

そのため、地盤改良材の配合は、地盤改良の目的により必要な一軸圧縮強度および養生時間を考慮したセメント量の割増および珪酸ナトリウム溶液の濃度を選定している。

加泥材注入は、「超高压地盤改良前の切羽保持と超高压地盤改良中の泥水の劣化防止」および「超高压地盤改良後に行う洗浄時とチャンバ洗浄後に地盤改良材のチャンバ内への浸入防止」、「チャンバ内での硬化防止および切羽の安定」を目的としている。

バック材注入は、超高压地盤改良前に掘進機スキンプレート外周に注入し、超高压地盤改良時にセメント系の地盤改良材が掘進機スキンプレート外周へ回り込み固結することによる掘進不能を防止することを目的としている。

2.4 切断・除去システム

切断・除去システムは、前方探査システムで作成した切断計画図に基づき、超高压のアプレシブジェット（無機瞬結型の溶液型注入材、研磨材、ポリマ）によって障害物を排土装置（障害物搬出装置）で回収でききる大きさに切断した切断片を、排土機構を通し立坑に排出するまでをいう。

切断可能な障害物は、H形鋼、鋼矢板、PC杭、RC杭、鉄筋コンクリート、PIP杭、転石、岩盤、木杭（流木含む）などである。

基本的な切断片の大きさは300×300×300mm程度であるが、掘進機外径や掘進機に装備する排土装置によりその都度検討する。

なお、障害物の厚さ（奥行き）が300mmを超える場合は、障害物の厚さを考慮した詳細な切断計画（障害物の厚さにより2段階、3段階での切断、鋼矢板切断の場合はセクションを考慮した切断等）を立案する必要がある。

2.5 保険方式

ライフラインの再構築工事は、工事完了後50年程度経過している場合が多く、設計段階で調査を行っても資料が乏しく、施工者への聞き取り調査が主流となっている。しかし、施工者の聞き取り調査も年数が経過しているため難渋している状況である。

そのため、設計段階では障害物の存在が想定されるが確認できず地上からの対応が不可能な場合などにおいて保険方式を提案している。

推進工法では、DO-Jet工法仕様の機器を装着して施工し、装着した機器のコストは維持管理費など必要最小限とし、障害物の切断・除去や超高压地盤改良を行った場合に設計変更で対応する方式。

3 施工概要

本工事は、中央区日本橋小網町、日本橋蠣殻町一丁目付近の雨水排除能力の増強を図るため、新設管きよを敷設するものである。

当工事では、東京メトロ日比谷線直下を横断するが、日比谷線建設工事で使用した土留め材（鋼矢板Ⅲ型）と中間杭（H型鋼）が竣工図に記載されており、これらを切断・除去する必要があった。さらに、日比谷線の直下を1D（1.8m）の離隔で掘進することから地下鉄線防護のための地盤改良が必要となった。

しかし、施工箇所が交通量の多い都道（新大橋通り）での交差点内で、他企業の埋設物が輻輳しており、地上から支障物の撤去や地盤改良は非常に困難な状況であった。そこで、道路上を一切使用せず掘進機から地盤改良や支障物の切断・除去の一連の施工が可能なる本工法が採用された。

3.1 工事概要

工事名称：中央区日本橋小網町、日本橋蠣殻町一丁目付近再構築工事

発注者：東京都下水道局

施工業者：佐藤工業㈱

施工場所：東京都中央区日本橋小網町日本橋蠣殻町一丁目地内

工法：泥濃式推進工法

延長：DO-Jet施工75.0m

（1スパン）

保険方式320.85m

（2スパン）（図-1）

工事内容：呼び径1500

土被り：13.81～14.28m

掘進機長：5,140mm

3.2 工事の課題と対策

本工事は、開削工法で構築された日比谷線の底版から1.8m下方を躯体に対してほぼ直角に、横断する計画であった。土質は、地表面から9mの深さまでN値が0～2の軟弱粘性土層、9m以深はN値50以上の砂質層、地下水位はGL-1.2mであった。工事にあたり、課題と対策は次のとおりとした。

- ①残置中間杭の切断・撤去に伴う地下鉄施設への影響・営業線への影響
- ②推進工事の土砂の取り込みに伴う地下鉄施設への影響
- ③超高压地盤改良に伴う地下鉄施設への影響

これらの課題に対して対策は、①沈下計による躯体の自動計測の実施、②二次元FEMの実施、③ウェブカメラによる日比谷線内の監視を行った。

（1）地下鉄躯体の自動計測について

施工に際し東京都下水道局と東京地下鉄㈱との協議により、地下鉄日比谷線鉄道施設の変状を自動計測することとなった。計測内容は表-1、計測位置は図-3のとおりである。

計測管理は、事前に営業線構内に沈下計を設置し、構築物の挙動を常時監