

大中口径（φ1350～3000）の 高水圧・巨礫・硬質地盤対応長距離・急曲線施工への取り組み 機械メーカーの提携によるマッドマックス工法



山田 照秀
YAMADA Teruhide
（株）イセキ開発工機
営業技術部

1. はじめに

近年の都心での集中豪雨は、各地で気象庁計測以来の時間降雨量を記録している状況である。それらは、台風だけの影響だけではない、いわゆるゲリラ豪雨が発生し各地に被害をもたらしている。これらの被害は、下水道の整備が実施されている状況からすれば想定外であったが、時間雨量や連続降雨量が記録を次々と塗り替える異常気象には、これから十分な準備が必要であり、ここ数年間は、各都市で雨水貯留管等の大中口径の推進施工が実施され、現在も盛んにその計画や設計が実施されている。

しかし、近年都市部では、ライフラインが充実し地下には上下水道、ガス、電力、通信等の管渠や構造物が多数埋設されている。特に都市部においては顕著である。このため新たに埋設される管路等はそれら避けて建設せざるを得ず、年々その深度が深くなっている。また雨水貯留管、電力通信管路は、平面だけでなく縦断の線形変化のある管路でも敷設可能な設備であることから、平面曲線に加え縦断曲線や急勾配での施工が要求され、管路整備で利用される推進は、これらに対応することが要求されている。これらのニーズに応えるために（株）ウイングスと（株）イセキ開発工機は、技術提携を実施、大中口径の

急曲線対応工法として、泥水式マッドマックス工法を市場に投入しています。

2. 機械メーカーの提携による取り組み

イセキ開発工機は、大中口径（φ1350～3000）の推進工事において、高水圧・巨礫・硬質地盤対応で長距離・急曲線施工を可能にするためにジオリード協会と業務提携を行い、ウイングスの機械設備とイセキ開発工機の泥水式推進工法の技術を融合させた、泥水式マッドマックス工法を提案しています。イセキ開発工機では、今まで曲線用掘進機としてアングルモールL、アングルモールイニシエイトを投入しているが、口径がφ1200mmまでの対応となっており、市場や顧客のニーズに応えることができなかった。そこで、これらのニーズに応えるために投入したのがマッドマックス工法である。



図-1 マッドマックス工法イメージ

3. 泥水式マッドマックス工法

泥水式マッドマックスは、高水圧・巨礫・硬質地盤対応で長距離・急曲線施工を可能にするため以下の特徴を有している。

まず第1に、泥水式推進工法であるため、送泥水や排泥水の管路系統は循環回路であり配管設備、還流ポンプを省スペースに任意の位置に設置することが可能である。掘削・排土は一連の還流系統としてシステム化されており、高水圧下での施工、土被りが変化し地下水が変動するような施工条件に対し、切羽泥水圧の制御が容易で、排土搬出性に適応性が高く、様々な方向の曲線や縦断勾配、長距離に対し、より対応ができる工法となっている。

第2に、長距離、急曲線および数箇所にあふ曲線区間を持つ推進をより安全に経済的に施工するため、推力モニターコントロールシステム (SMCシステム) を採用している。SMCシステムは、推力モニター管 (中押し管) にモニタージャッキ (圧力発信機) を設置し、区間ごとの推力変化を確認・把握できる技術である。これにより、効率の良い滑材注入作業を行うことによって滑材の持つ減摩効果を最大限に引き出すとともに、推進が進むにつれて劣化する滑材層の位置が

把握でき、俊敏な滑材層の補強、再構築が可能となっている。また通常時も、掘進区間に設けられた複数の注入孔からあらかじめ設定した量、設定した順番に自動的に管の外周方向に均一的に噴出させることができるシステムである。

第3に、多様な土質への対応を可能としている。マッドマックス工法の機能を活かした急曲線、急勾配の線形では、土質が急に変化することが多くなる。よって掘進機は当然様々な土質に対応できなければならない。マッドマックス掘進機は、玉石・巨礫地盤に対し礫の破碎方法がローラ Cutter 等で一次破碎し、二次破碎として機内にイセキ開発の技術であるコーンロータの偏心回転運動により、外側コーンとコーンロータから構成されるクラッシャーで流体輸送可能な大きさまで破碎する機構を有している。

従来型の泥水掘進機では、玉石、巨礫地盤において、礫を泥水配管径よりも小さく破碎する必要があり、Cutter 面板での開口率を抑えて細かく1次破碎しなければならない。しかし面板の開口部が狭い状態で粘性土を掘削すると面板部で閉塞を起こしやすく、掘削速度が極端に遅くなってしまうことがある。邂逅材を泥水に混合させても、面板の全面で起こっている閉塞を解除するのは困難である。よって開口部を必要以

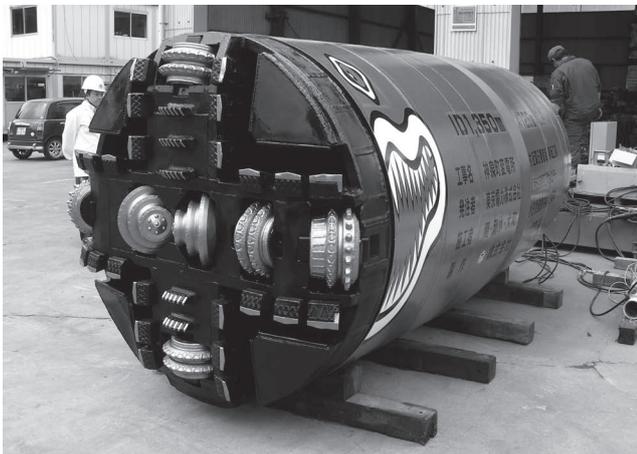


写真-1 マッドマックス掘進機

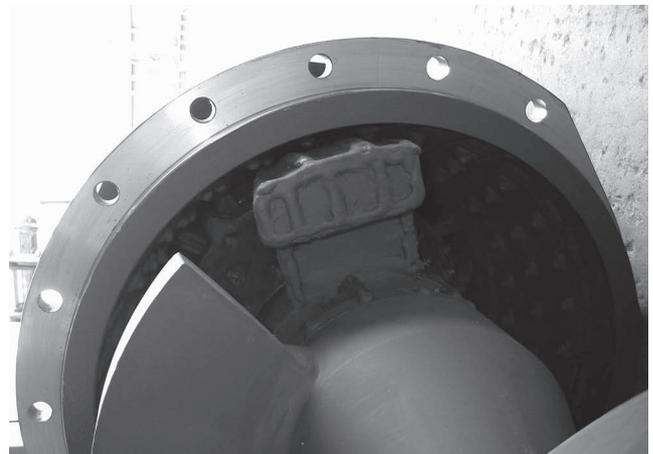


写真-2 偏芯クラッシャー装置

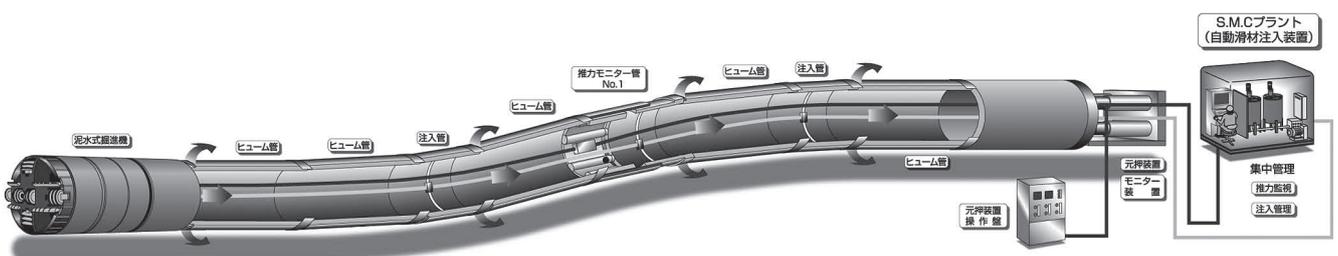


図-2 推力モニターコントロールシステム

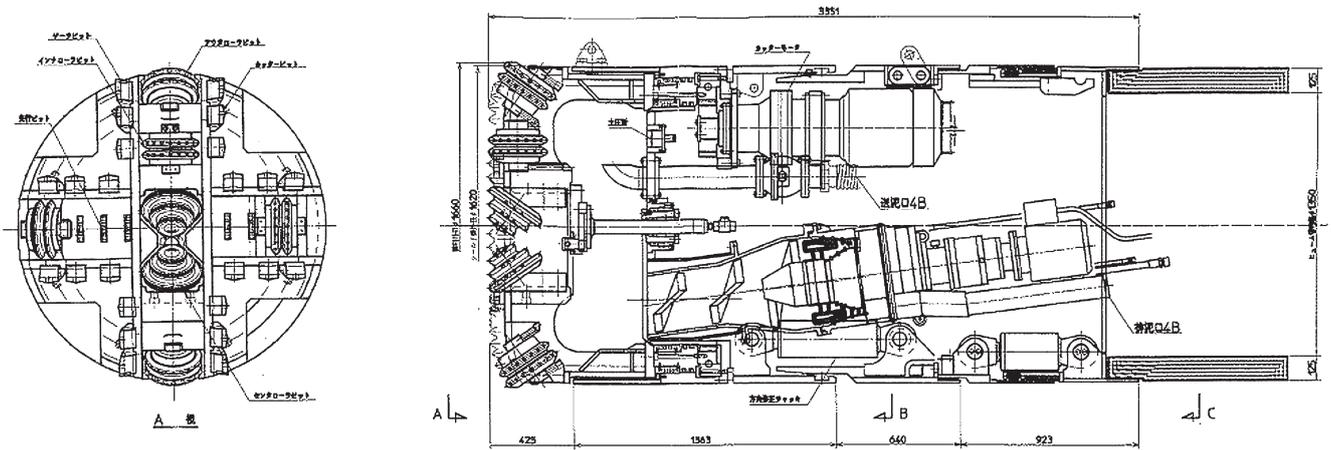


図-3 マッドマックス掘進機外形図

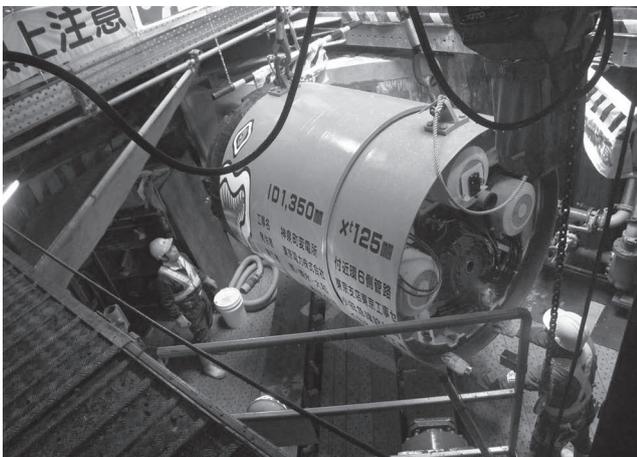


写真-3 掘進機分割投入状況

上に狭めるのは効率的ではない。そこで本掘進機は、隔壁より後方に設置した偏芯クラッシャ装置により2次破碎を行う方法を取ることで、カッタ全面の排土機能を高め、閉塞防止を図る構造としている。また、偏芯クラッシャ装置は礫等をスムーズに取り込めるように前方にスクリュコンベアを装備している。

第4として、急曲線施工を可能にするために、掘進機本体も急曲線対応屈曲角を有しているが、曲線への追従をより確かにするための2段折れ構造にするための方向修正管も適応できる。また、掘進機は、小立坑から搬出出来るように2分割あるいは3分割できる構造となっている。

4. 施工例

都内で実施されたマッドマックス工法施工例について記す。

施工場所：東京都目黒区

推進延長：72.2m

線形：平面曲線1箇所
(曲率半径20m, 曲線長31m)
縦断曲線2箇所
(曲率半径40m, 曲線長3.58m)

土被り：2m~6.2m

推進高低差：5.5m, 縦断勾配9%

土質：玉石混じり砂礫, 細砂, 粘土の互層

玉石混じり砂礫~細砂~粘土と多様な土質, 約9%の急勾配, 20R平面曲線に加え40Rの縦断曲線まである複雑な線形である。地上の設備を設置するスペースも少ない典型的な都心部における推進施工であった。

掘進機は曲線への追従をより確かにするための2段折れ構造掘進機(最小曲率半径15m対応)泥水式マッドマックス機を投入した。また管材は、単体長さ60cmのものを使用した。曲線半径20mにおいては、推進管破損事故を回避するため推進管端部にクッション材の配置と、曲線部の外側は鉄板による緊結を実施し、約9%の急勾配, 20R平面曲線に加え40Rの縦断曲線まである複雑な線形であるにも関わらず、計画線形からの誤差50mm以内で施工は無事完了できた。図-4に本工事の縦断図, 平面図を示す。

土質においては、施工前のボーリング結果から玉石混じり砂礫~細砂~粘土と多様な土質が想定されたが、玉石にはほとんど遭遇しなかった。しかし、砂礫, 細砂, 粘土の土質変化は頻繁に変化する互層であった。特に粘土層の粘着性は想定したより高く、1次処理の振動篩で目詰まりが頻繁に起こり、それを解除するために作業員が離れることができないほどであった。しかし、掘進機全面の閉塞は発生せず、推進は順調に施工された。

また、嘗て近辺は川も存在していたとのことで、途中流木にも遭遇したが、本掘進機で使用している隔壁

より後方に設置した偏芯クラッシャ装置は流木も閉塞することなく対応ができていた。

5. おわりに

高水圧・巨礫・硬質地盤対応で長距離・急曲線施工を可能とした泥水式マッドマックス工法は、機械設備において、これまでの供給会社であったウイングスと泥水工法掘進機の老舗であるイセキ開発工機の業務提携で誕生した工法です。機械関連メーカーのこの共同の取り組みは、今後の大口径の管路整備へ貢献するためのものであります。今年度から取り組みを開始したばかりではありますが、工法は市場のニーズに応えることが可能な工法です。しかし、それに満足することなく、今後もさらに市場、顧客のニーズに耳を傾け、技術向上と開発に力を注いでいきたいと考えています。

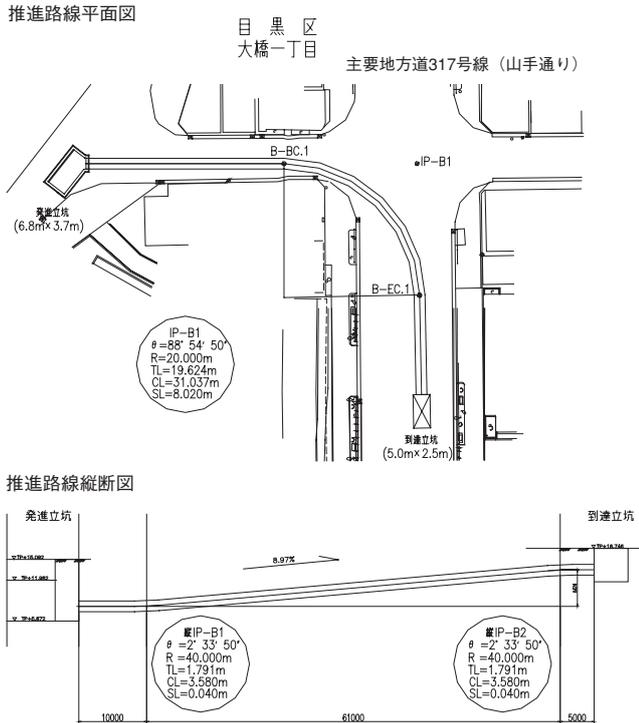


図-4 推進路線平面縦断面図

◆お問い合わせ先◆

(株)イセキ開発工機

本社 〒107-0051 東京都港区元赤坂1-1-8
赤坂コミュニティビル8F
Tel.03-5786-9210 Fax.03-5786-9219

関西支店 〒532-0011 大阪市淀川区西中島6-7-8
大昭ビル6F
Tel.06-6886-5050 Fax.06-6886-1239

