

# 泥濃式破砕型掘進機の巨石層での 長距離曲線路線への適用性の検証

松元 文彦<sup>1\*</sup>・森田 智<sup>2</sup>・酒井 栄治<sup>1</sup>・島田 英樹<sup>2</sup>・笹岡 孝司<sup>2</sup>・松井 紀久男<sup>2</sup>

<sup>1</sup>株式会社アルファシビルエンジニアリング技術開発部(〒812-0015 福岡県福岡市博多区山王1-1-18)

<sup>2</sup>九州大学大学院 工学研究院地球資源システム工学部門(〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡744)

\*E-mail: arfa@oregano.ocn.ne.jp

ライフラインや下水道のための管路構築に用いられる推進工事は、近年都市部を中心として輻輳化する埋設物、交通渋滞、社会コストに対応可能な工法として多く採用されてきた。その中でも掘削に伴う地盤の緩みや周辺摩擦力が小さい泥濃式推進工法は、その適用性の良さから多くの長距離や急曲線施工の実績を有している。しかしながら、今日のインフラ整備は、さらなる施工延長の長距離化や急曲線・多曲線化が求められ、また施工箇所も地方都市へ移行するとともに砂礫層・岩盤層など土質条件の厳しい土質への対応が中心となっている。

そこで本報告では、多曲線路線における砂礫層推進を施工した事例について報告するとともに、巨石混じり砂礫層における泥濃式破砕型掘進機の適用性について検証した結果について述べる。

**Key Words:** pipe jacking method, big cobble layer, crushing type cutting bit, long distance

## 1. はじめに

推進工法はシールド工法とは違い、発進立坑より順次、管列が移動しながら管路を構築する施工法のため、長距離・急曲線施工に伴う様々な問題点が指摘されてきた。しかしながら、掘進機機能や推進管および泥水材料の急速な品質向上に伴い、地盤の安定性の向上や管外周面抵抗値の安定的低減効果により、昨今では1kmを超える超長距離推進や、R=15m以下の超急曲線推進の事例も頻繁に行われるようになった。特に、日本国土特有の狭隘な施工環境では、限りなく道路線形に準じた長距離・曲線路線や巨礫・岩盤層を含む厳しい条件下での確実な施工が求められている。

そこで本報告では、推進工法の中でも切羽およびテールボイドの安定性の確保に対して優位性が高い密閉型泥濃式推進工法を用いた長距離・多曲線施工の推進事例について紹介し、その適用性についての検証を行った。

## 2. 推進工法について

推進工法のうち、密閉型推進工法は推進管の先端に

切羽圧力の制御機能や方向修正装置を装備した密閉型掘進機を先導体とし、操作性を保持しつつ、発進立坑に設置された元押しジャッキにより、推進力を順次推進管に伝達させながら掘進を行う工法である<sup>1)</sup>。大口径推進工法の分類を図-1に示す。推進工法における最大の課題は、推進力の低減すなわち管外周と地山との摩擦力の低減にある。推進工法では掘進機にて余掘りを行い、積極的にテールボイドを形成させ、その部分に切羽泥水材と地山を攪拌・混合したものおよび滑材を充満させることで、地山のアーチアクションを有効に活用しつつ、管渠と地山との直接的接触を避け、周辺摩擦を低減させている。

また、元押しジャッキの他に、推進管列の途中に中押しジャッキを予め設置し、これらを交互に作動させ推進力を分担することで、推進延長を増大させる中押し工法も採用されている。

図-2に推進工法概要図を示す。

## 3. 本現場の施工条件について

### 3.1 施工条件

本工事は、岩手県盛岡市内において下水道用管渠を

布設する工事である(10月3日現在745m付近施工中)。  
以下に施工概要を示す。

- ・ 管呼び径：φ1,100mm
- ・ 推進延長：L=772.15m
- ・ 推進土質：砂礫層(最大礫径=330mm)

※下流工区にて長径φ600mmの玉石を確認

- ・ N値=23~33, 礫率=58~67%
- ・ 曲線条件：300R+500R+500R+500R  
+500R+75R+125R+110R  
計8カーブ(路線図(図-3)参照)
- ・ 土被り：3.55m~6.34m

今回の施工条件では、中間貫通立坑が構築できない道路条件のため、1スパンのカッタービット寿命の確保が求められた。

### 3.2 本現場における課題

本現場の課題として、①砂礫層・長距離推進に対するビット対応能力、②推進力以下に対応可能な管種検討が求められ、それらの課題に対して、以下のような検討を行い、現場に対応することとした。

### 3.3 課題に対する検討および対応策

(1)砂礫層・長距離推進に対するビット対応

#### 1)掘進機仕様の検討

本現場のボーリングデータでは巨礫は確認されていないものの、下流工区は、掘進機にて取込不可能な大きさの礫(長径400mm以上)が確認されたため、不測の事態に備えて破碎型掘進機による対応を図るものとした。

掘進機の対応として留意した点は、①長距離をローラービット未交換で対応できる個数や配置およびローラー径の検討、②ビット摩耗を最小限に抑制可能な排土装置(大排土バルブ)について検討を行った。

#### 2)ビット対応

掘進機面盤は単体ビット構造とすることでカッタ

ーフェイス開口率を大きくし、破砕片の排土時の流動性の向上を図った。また、この構造により破碎した礫が切羽に長時間滞留することによる再粉砕化による無意味なビット消耗を抑制した構造とした。写真-1、写真-2に本現場で使用した掘進機写真を示す。

一般的にこれまで土圧式ディスクカッターでの岩盤層を推進する場合のビットライフ(許容転送距離)については、非常に高い押付力が必要とされていたことから、390kmと判断されていた<sup>2)</sup>。しかしながら今回の現場に使用する破碎型掘進機は、表面破碎が中心のインサートチップを採用した破碎型ビット構造であるため、集中荷重により押付力を半減させ、表面破碎方式(チップング効果)にて1回転のくい込み量を低減させることが可能となることから、150MPa想定岩盤層推進の場合でも許容転送距離は500kmと判断している。写真-3に一般的な土圧式ディスクカッターを写真-4にインサートチップを示す。

上記の見解は全断面が岩盤層推進の場合であり、今回の推進対象土質の一部である砂礫層推進時には、ビット摩耗に対して、以下のような見解が成立する。

- ① 砂礫層の場合には、ビットの回転力による衝撃破碎が主体となり、かつ玉石同士の衝突破碎が期待できるため、岩盤層推進時よりもさらにビット摩耗の低減が期待できる。

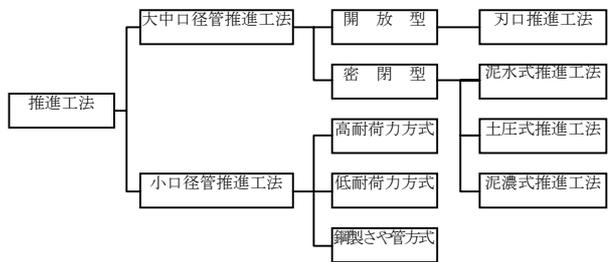


図-1 推進工法の分類

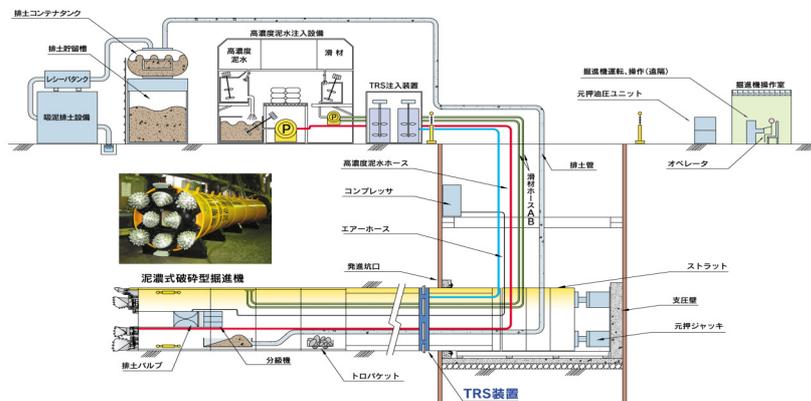


図-2 推進工法概要図

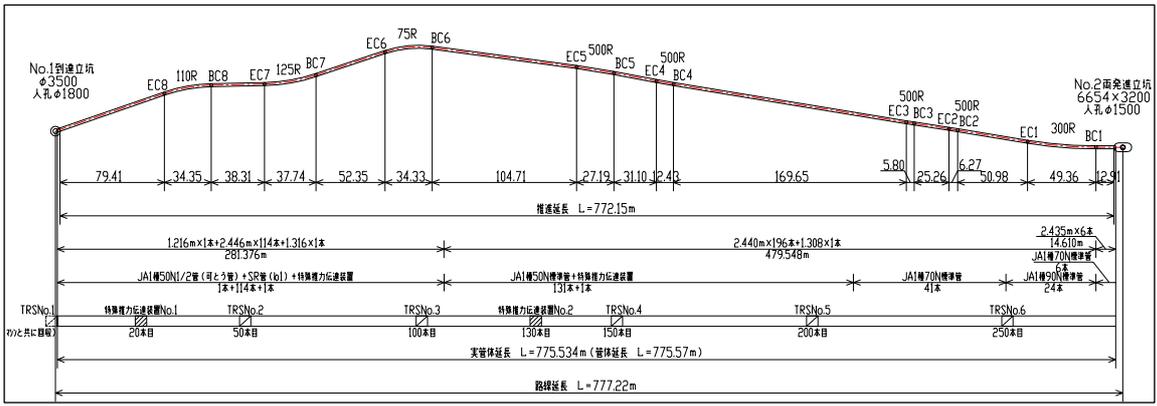


図-3 現場路線図（管割図）

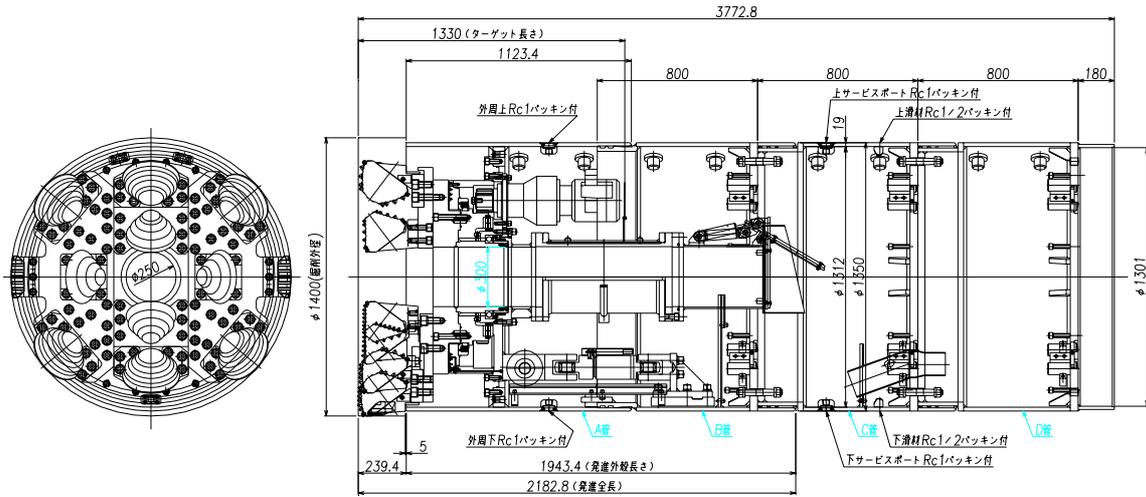


図-4 φ1,100mm 破碎型掘進機図



写真-1 φ1,100mm 破碎型掘進機全景



写真-2 φ1,100mm 破碎型掘進機前面



写真-3 土圧式ディスクカッター



写真-4 インサートチップカッター

- ② 排土口がφ350mm と大きいため、玉石を排土口径以下に大割することで機内へ取込むことが可能な能力を有し、ローラービットによる二次破碎を軽減可能なことから無駄なビット摩耗の低減を図ることができる。
- ③ 今回の掘進機はインサートチップ型のビット構造となっており、集中荷重による破碎を主体としており、過大な押付力によるビット摩耗の消耗線から回避できる構造となっている。
- ④ 当該下流工区の現場実績から玉石自体の強度は100MPa以下と想定されるため、玉石破碎が比較的容易な条件である。

これらの状況により、砂礫層推進時のローラーカッターの許容転送距離を前述の岩盤層推進時の2倍と想定し、1,000kmとして検討を行った。

今回の施工条件におけるビット転送距離は、以下のよう算出される。

- ・ 掘削外径 = φ1,400mm (φ1.40m)
  - ・ 1回転当たりの周動距離 =  $1.40 \times \pi$   
= 4.40m / 1 回転
  - ・ 掘進機回転数 = 2.9rpm (50Hz)
  - ・ 1分間当たりの周動距離 =  $4.40m \times 2.90$   
= 12.76m/min
  - ・ 掘進速度 = 砂礫層 67%の想定にて 16.2mm/min
  - ・ 推進延長 = 772.15m
- ビット転送時間 = 推進延長 ÷ 掘進速度  
=  $772.15m \div (16.2mm/min \div 1000)$

$$= 47,664 \text{ min}$$

$$\text{ビット転送距離} = \text{転送時間} \times \text{周動距離}$$

$$= 47,664 \text{ min} \times 12.76 \text{ m/min}$$

$$= 608,187 \text{ m}$$

$$= 608.19 \text{ km} < 1,000 \text{ km} \quad \dots \text{OK}$$

よって、ビットを機内から交換することなく施工が可能と判断した。

#### (2) 推進力および管種検討

長距離施工となるため、TRS (テールボイド拡幅再構築) 装置<sup>3)</sup>を使用し、推進力の低減を図った。ただし、設計計画の元押推進力の検討によると、到達時の推進力は50N管の耐荷力以上となることや発進後のBC1地点での推進力が曲線通過時の軸方向許容耐荷力以上となることから、高強度管を使用する必要があった。併せて、砂礫層推進による推進力の想定以上の上昇に対応するため、特殊推力伝達装置 (特殊中押装置) を使用するものとした。

### 3.4 推進力の実績

平成21年10月3日現在、大きなトラブルも無く順調に進捗を重ね、約745m地点を推進中である。推進力の経過グラフを図-5に示す。この図からもわかるように、現状計画推進力よりも低い推進力で推移している。これは、高濃度泥水配合・推進力低減システム・掘進機対応など全ての状況が現場に適合した事により実現していると考えている。

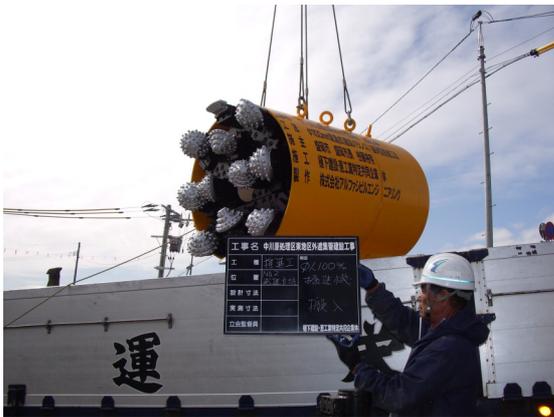


写真-5 掘進機搬入状況



写真-6 破碎後掘進機排土貯留槽より分級された大割礫群

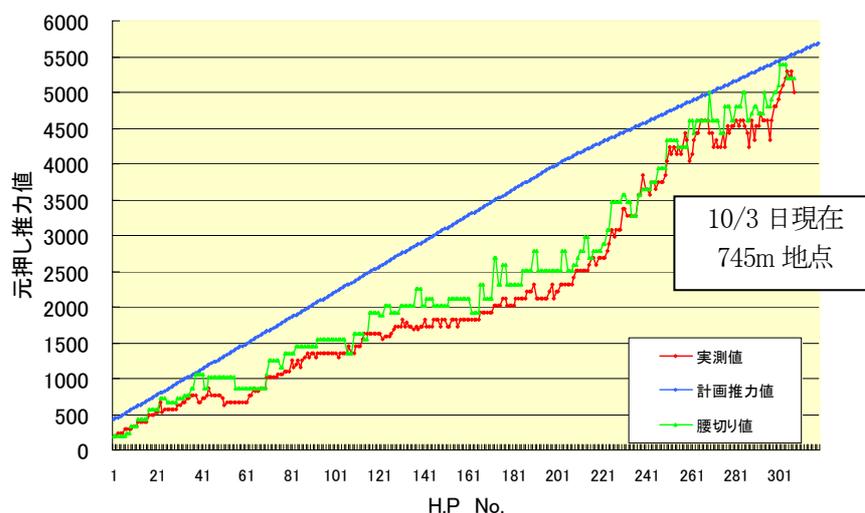


図-5 推進力経過グラフ

#### 4. まとめ

本現場の懸念事項であった、①ビットライフ、②推進力管理など、事前に様々な対策を講じ、大きなトラブルもなく現時点（約745m、残り27m）まで推進できていることは、掘進機や推進設備および現場施工技術などの総合的な技術の結集にあると考えている。特に破碎効果の高いカッタービットの採用や、大きな排土口径の採用による掘進機の対応が現場施工条件に適合し、非常に有効であったと判断している。今後も、これまで以上の様々な地盤に対応可能な掘進機等の開発や周辺環境に対して十分対応可能な施工法の検討を行い、経済性、推進工事の確実性、工期短縮等を図っていく所存である。

#### 【謝辞】

今回の報告は、盛岡市、元請会社である樋下建設・恵工業特定共同企業体から多くの助言を得て行うことができ、この誌面を借りて心より感謝する次第であります。

#### 参考文献

- 1) 森田他：資源・素材学会秋季大会 2008（仙台）論文・公演集，pp. 4-7，2008.
- 2) (社)日本下水道管渠推進技術協会：泥濃式推進工法編 2006年改訂版，pp. 225，2006.
- 3) 超流セミシールド協会：超流バランスセミシールド工法設計指針・積算要領（案）平成18年度版，2006.

## APPLICABILITY OF HIGH DENSITY SLURRY PIPE JACKING METHOD FOR COBBLE LAYER WITH MULTI CURVE AND LONG DISTANCE

Tomo MORITA, Hideki SHIMADA, Takashi SASAOKA, Kikuo MATSUI, Fumihiko MATSUMOTO and Eiji SAKAI

High density slurry pipe jacking method has the feature of low frictional forces of pipes, and has dominated in the sharp curved and long-distance works for pipeline. Therefore the request has been expanding on working surroundings in Japan. In present, this method has been applied for the big gravel or rock layer through the various pipelines. However we have little organized data on such ground, cutter-bits and so on. As a result, those achievements have been subjected by the experience of operator or slurry materials.

This report shows the actual conditions of the cutter bit life and frictional force in pipe-jacking gravel layer with multi curve and long distance.