

解説 高耐荷力方式

礫径1,000mm一軸圧縮強度300MN/m²を超える巨石地盤での長距離推進 エースモールDL工法

かわさき きよし
川崎 清

エースモール工法協会
事務局長

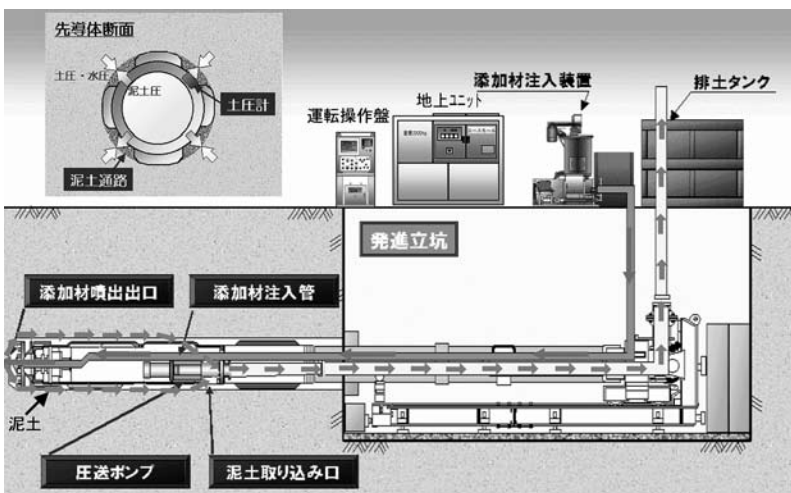


図-1 掘進排土技術の概要

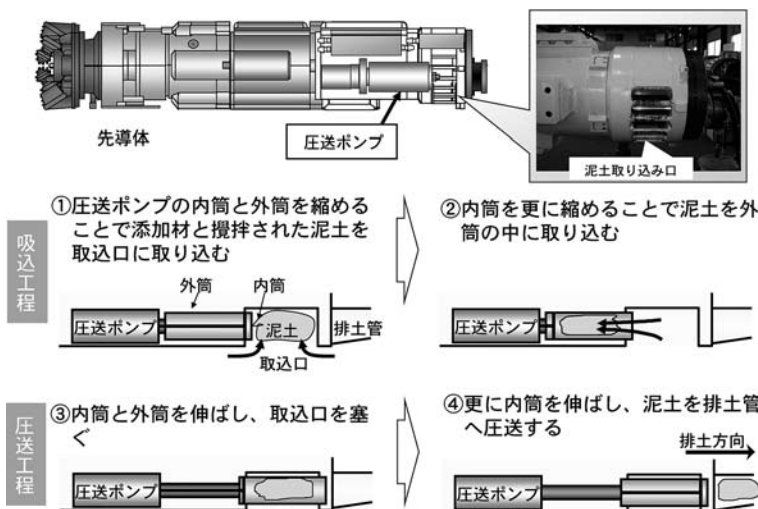


図-2 圧送排土の概要

1 エースモールDL工法の概要と特長

エースモールDL工法(以下、本工法)は、「高耐荷力方式泥土圧方式(一工程式圧送排土方式)」に分類される小口径管推進工法で、現在までの下水道分野における累積推進実績は400kmに及んでいる。

本工法の最大の特長は、「崩壊性の地盤から礫、巨石地盤、岩盤まで広範囲な土質に対応して長距離・曲線推進が可能なこと」である。

本稿では、掘削排土技術、位置検知技術等の本工法の特長を実現する構成技術と、本工法の特長を活かした施工事例について紹介する。

2 掘削排土技術

2.1 掘削排土技術の概要

掘削から泥土生成そして圧送排土に至る一連の掘削排土技術の概要を以下に示す(図-1、2)。

- ①先導体の前面から地山に添加材を注入し、カッターヘッドで掘削土と添加材を攪拌混合することで止水性と流動性のある泥土を生成する。
- ②泥土を先導体外周の泥土通路に沿っ

て後方に移送する。

- ③泥土を土砂取込み口から先導体内部に取込み、圧送ポンプにより圧送排土する。

2.2 掘削排土技術の優位性

この掘削排土技術の優位性は以下のとおりである。

- ①先導体周辺の泥土圧と土圧・水圧をバランスさせるため、掘削孔壁を確実に保持し、路面、周辺埋設物等への影響を抑えた施工が可能となる。(軌道、滑走路等の下越し、近接施工等への確実な対応が可能となる)
- ②泥土が推進管周囲に充満されるため管周面抵抗が低減され、長距離曲線推進が可能となる。
- ③圧送排土方式の採用により曲線施工への適応が可能となる。
- ④圧送排土で使用する排土管は所定の強度を有するため、排土管を利用して充填材を充填しながら先導体並びに推進管を引戻すことが可能となる。(不測事態への確実な対応が可能となる)

2.3 カッタヘッド

土質条件に応じてカッタヘッドを使い分けることで、粘性土から礫、巨石、岩盤まで広範囲な土質に対応可能である(写真-1)。

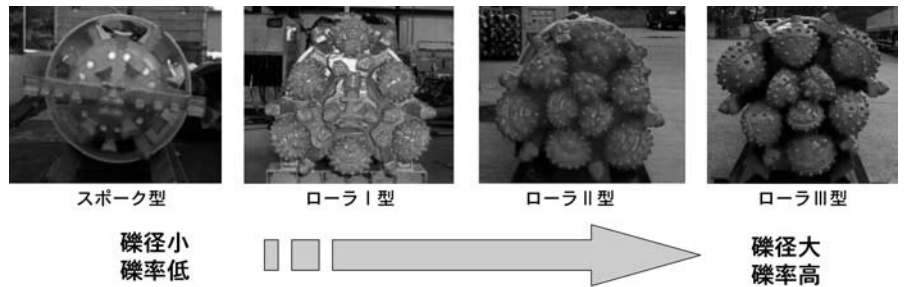


写真-1 カッタヘッドの種類

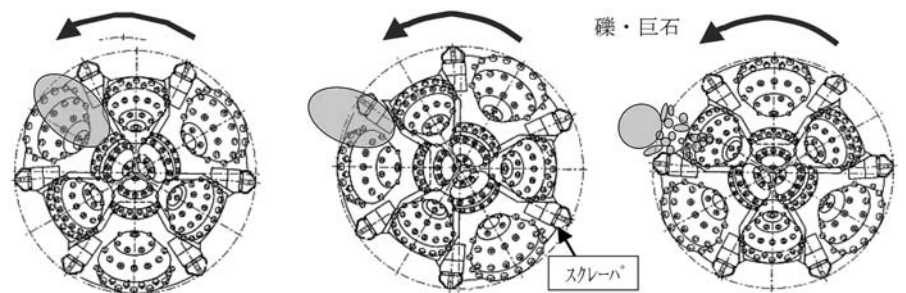


図-3 比較的ルーズな礫・巨石層での掘削イメージ

泥土は先導体外周を移送させて先導体後方から取込む方式となるため、先導体前面の礫・巨石を必ずしも全て破碎する必要がない。一部は先導体周囲に排除し、先導体前面に残った礫・巨石のみ泥土圧で固定状態にして破碎する。

従って、特に、礫・巨石地盤等において効率的な掘削が可能となる(図-3)。

3 位置検知技術

本工法の先導体の位置検知は、直線推進ではレーザーターゲット方式を、また、曲線推進では電磁法、液圧差法、プリズムを採用している。

3.1 電磁法・液圧差法

電磁法は、先導体に内蔵された誘導磁界発生装置から発した磁力線を地上の検出装置で計測することで、先導体の水平位置を計測するものである。

また、液圧差法は、先導体内に搭載した圧力センサと立坑部に設置した基準圧力センサ、両方のセンサに液体を供給する液槽、深度を表示する表示部から構成され、両センサ間の圧力差から先導体の垂直位置を計測するものである(図-4)。

3.2 プリズム

プリズムは推進管内に一定間隔に配置したプリズム装置によって、レーザー光を屈曲させ、その屈曲角度とプリズム間の距離から先導体の位置を計測するものである。

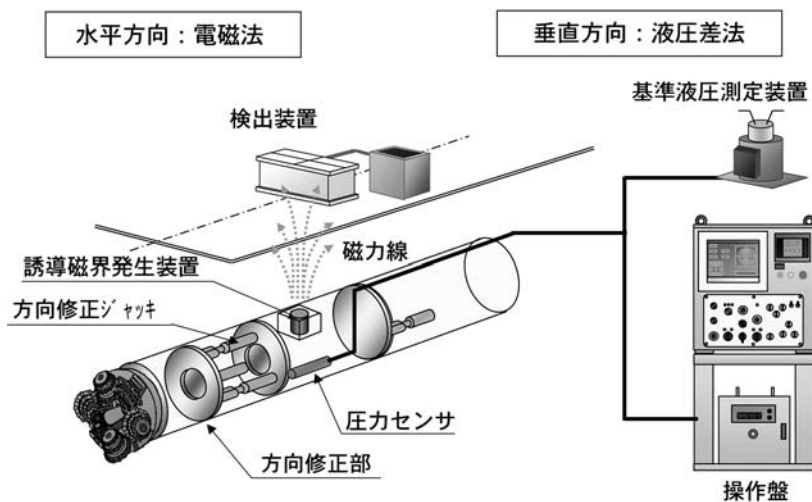


図-4 電磁法と液圧差法の概要

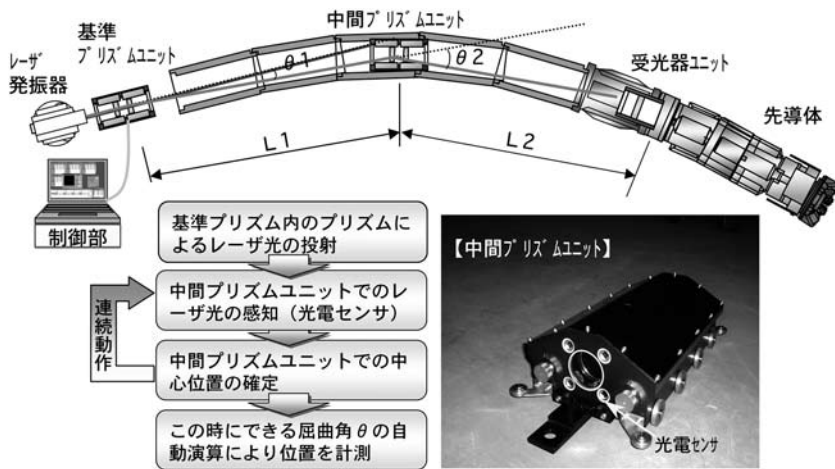


図-5 プリズムの概要

この技術では電磁法で課題であった「推進土被りの制約並びに、周辺磁界・埋設物からの影響」と、「路上からの計測」を完全に克服している。

また、プリズムではコンパクト化が図られ、現在、鉄筋コンクリート管の呼び径300からの適用が可能となっている（図-5）。

4 特長を活かした施工事例

本工法の特長を活かした施工事例として「巨石と粘土の互層地盤における長距離曲線推進事例」を紹介する。

4.1 工事概要

本工事は砂礫と礫混り砂質粘土の互層を、曲線を含めて248.5mの推進を実施するものである。工事概要、平面図、発進・到達立坑の状況をそれぞれ表-1、図-6、写真-2に示す。

発進立坑掘削時には写真-3に示す巨石が確認されており、発進立坑の坑口も全面が巨石で覆われていた（写真-4）。また、礫は非常に硬く、鏡破りは削岩機に加えて膨張材を併用した（写真-5）。

推進は前述の土質条件と小型立坑からの分割発進、分割回収が可能であることを考慮してエースモールコンパクト（DL50C）を使用した（写真-6）。

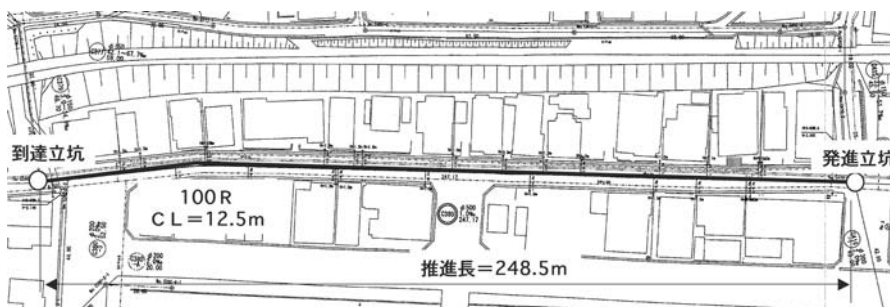


図-6 路線図（平面図）



写真-2 発進・到達立坑状況

表-1 工事概要

推進距離	248.5m
土質条件	礫混り砂質粘土～砂礫
最大礫径	1,000mm
一軸圧縮強度	326MN/m ²
N 値	10～20
推進線形	左 R = 100m
管種	鉄筋コンクリート管
管径	φ 500mm



写真-3 発進立坑（坑口部）の掘削土

4.2 施工条件

本工事の施工条件は、以下に示すとおりで、推進距離、一軸圧縮強度、互層推進等、どの条件も小口径管推進にとっては非常に厳しいものであった。

- ①R = 100mの曲線を含む250mの長距離曲線推進となること。
- ②最大礫径1,000mm、一軸圧縮強度が326MN/m²の硬土質推進となること。
- ③巨石と粘土の互層推進であり、かつ、土質が頻繁に変化すること。

4.3 想定課題への対策

エースモールコンパクト (DL50C) では前項の施工条件に十分対応可能となる装備能力 (推進力、トルク等) を有している。しかし、この機種は小型立坑からの分割発進・分割回収を可能とすることを特長としており、これほどの長距離推進に利用されるケースは無く、今回が最長推進記録となるものであった。

しかも300MN/m²超えの礫と粘土の互層推進となることから、本工法の掘削排土能力を十分発揮させるうえで懸念された以下の項目について対策を実施した。

(1) カッタヘッドの摩耗防止

巨石地盤を含む長距離推進となるため、カッタヘッドのチップ、ビット背面等の摩耗防止対策を実施した。

- ①摩耗箇所を集中させないチップ配列並びに耐摩耗性に優れた母材の採用 (母材硬度の増加)
- ②各カッタビット背面摩耗を防止するためのスクレーパの設置 (写真-7)

(2) 推進力上昇の防止

管周面への泥土の充満による推進力低減に加えて、巨石地盤推進時の掘削孔壁と先導体とのセリによる推進力上昇の防止を図った。

- ①掘削孔壁と先導体とのセリによる抵抗を防止するため掘削外径の拡大



写真-4 発進立坑 (坑口部) の状況



写真-5 坑口部の削孔状況 (膨張材併用)

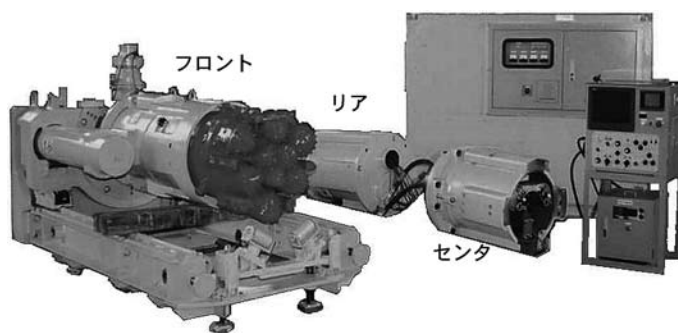


写真-6 エースモールDL50Cのシステム構成

(通常708mmを714mmに拡大)

- ②掘削外径拡大に伴う先導体のローリングを防止するため (推進方向への抵抗を抑えて) 回転方向には抵抗する部材を先導体に設置
- ③推進力、カッタトルクの状況に応じたオーバカット (先導体の方向修正機能を利用した掘削外径の拡大) の実施
- ④推進管理の徹底による蛇行推進の防止

(3) 土質変化への対応

泥土性状は推進力、カッタヘッドの摩耗等に大きく影響する。土質変化に対応して確実に良好な泥土を生成するため、添加材の選定並びに密な粘性管理を行った。

- ①泥土に要求される性状 (掘削時の流動性、圧送可能となる性状) を確保でき、かつ、粘土から礫までの対応が可能となる添加材の選定 (ベントナイト、粘土を主体として特殊増粘材を配合)

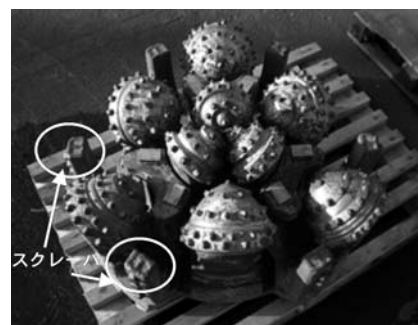


写真-7 カッタヘッドの状況

- ②土質変化に応じた密な添加材の粘性管理の実施 (礫のみではなく粘土も出てくるため、通常の礫・巨石地盤推進で使用する添加材の粘性より低い範囲 (1,000~5,000cp) で、推進状況、排土状況に応じて4~5回/日の頻度で添加材の粘度調整を実施)

(4) 油圧ロスの軽減

長距離推進となるため、地上ユニットから油圧ホースを介して (先導体内部に設置されている) 圧送ポンプ、カッタモータ等に供給する油圧の損失 (油

圧ロス) 軽減を図った。

- ①油圧ホースの口径拡大 (3/4 インチから1インチ) 並びに長尺化 (5mから10m (接続箇所)の減少)

(5) システム全体への負荷軽減

通常とは異なる過酷な地盤条件における長距離推進となるため、システムへの負荷を極力軽減させた。

- ①推進距離に応じて段階的に泥土の

圧送圧・吸込み圧等の上限値を設定し、システムへの過大負荷を防止することで先導体、油圧ホース等への負荷を軽減

4.4 施工結果

施工条件は非常に厳しいものであったが、各種対策を実施したことで本来の掘削排土能力(泥土生成～圧送排土)を発揮でき、低推進力、低トルクで推

進することができた。

また、先導体の位置検知に電磁法、液圧差法を採用することで、上下左右とも20mm以内の到達精度を確保することができた。

なお、想定された課題への取り組み結果は以下のとおりであり、その有効性を確認することができた。

- ①カッターヘッドの摩耗に関しては、スクレーパに装着したチップには最大5mmの摩耗が確認されたが、カッタービット背面には顕著な摩耗は確認されなかった(写真-8)。また、ビット、母材に摩耗が集中した箇所は見当たらず、摩耗量も1mm以内に抑えることができた。

スクレーパ設置、チップ配列等の対策は有効であり、300MN/m²を超える硬土質長距離推進においてもカッターヘッドの機能を十分維持することができた。

- ②推進力に急激な変化は見られず、最大推進力は設計推進力の約3割(500kN程度)に抑えることができた(図-7)。

これは、掘削外径の拡大等の対策により、掘削孔壁と先導体のセリ防止が図れたことと、十分な推進管理を実施したことで蛇行のない精度の高い推進が行われたこと、また、綿密な添加材の粘性管理を実施したことで土質変化に対応して常に良好な泥土生成が行われ(管周面の泥土により管周面抵抗が低減され)たためと考えられる。

- ③油圧ロスによる機器動作不良、並びに掘削機への過大な負荷によるトラブルは発生しておらず、実施した対策は有効であったものと考えられる。推進距離に応じて段階的に泥土の圧送圧の上限値を設定し、先導体、油圧ホース等への負荷を軽減した状況を図-8に示す。

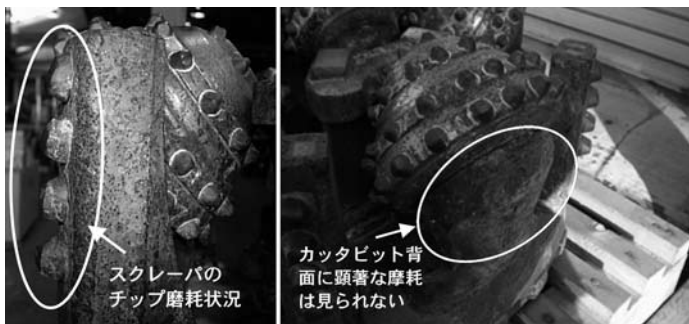


写真-8 カッタービット背面の摩耗状況

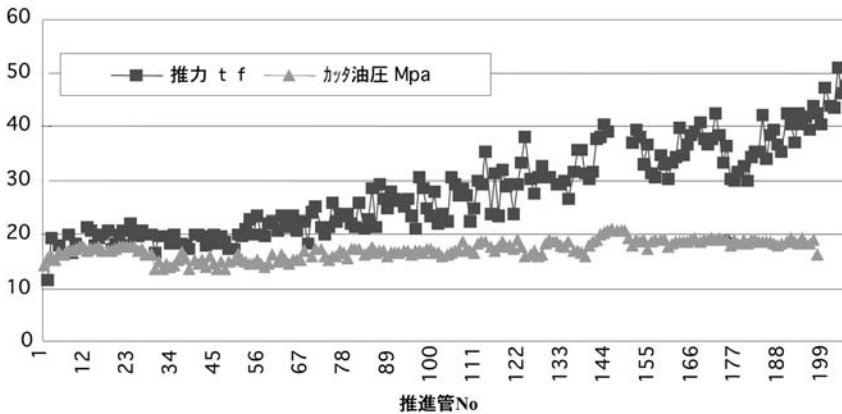


図-7 推進状況

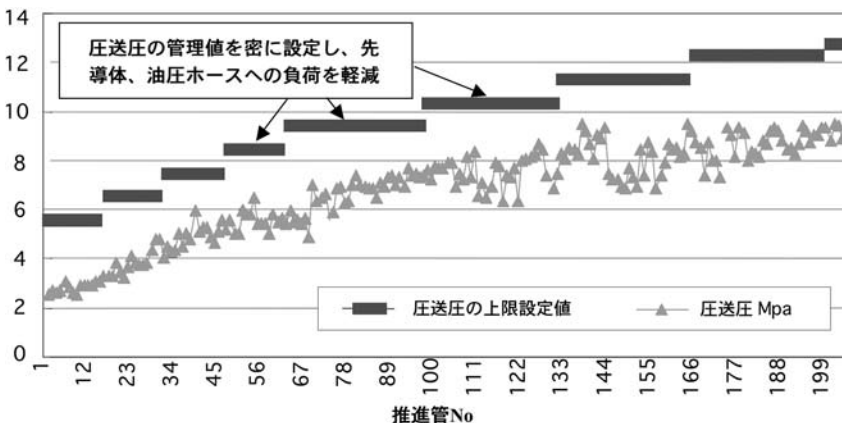


図-8 圧送圧の管理状況

5 おわりに

本稿では厳しい施工条件での施工事例として巨石と粘土の互層地盤における長距離曲線推進事例を紹介したが、他にも巨石地盤における大土被り曲線推進、河川下での曲線推進等の難易度の高い推進に対するニーズは多い。現状、本工法の掘削排土技術に加えて新位置検知技術「プリズム」を駆使することでこれらの要望に答えているが、小口径管推進技術に求められる施工条件は年々厳しいものとなっている。

このような状況に対応するためには適用領域の拡大、コスト削減に向けたハード面の改善・改良と、技術者の育成・連携強化といったソフト面からの両面による取り組みが必要である。

本工法をさらに進化させ、その能力を最大限に発揮させることでインフラ整備に貢献していきたいと考えている。

○お問い合わせ先

エースモール工法協会
〒111-0041
東京都台東区元浅草3-18-10
上野NSビル アイレック技建㈱内
Tel : 03-3845-8815
Fax : 03-3845-8816
<http://www.acemole.jp/>

【参考文献】

- 1) 高木克典：推進オペレータの苦勞と努力に報いる支援技術エースモールDL工法、月刊推進技術vol.No.4 2010
- 2) エースモール工法協会：エースモ-

ルDL工法技術資料、平成22年4月

- 3) 佐藤修：通過立坑と曲線線形を活用した超長距離推進（小口径管）工事の施工報告、月刊推進技術 vol.23 No.10,2009
- 4) 日野英則・天野敏男：小口径管の高精度・長距離曲線推進への挑戦—新しい位置計測技術の開発とその技術を用いた施工事例— 土木技術,60巻4号 (2005.4)
- 5) 今田達郎：進化する曲線位置計測技術「prism」—エースモールDL工法—月刊推進技術 vol.24, No.11,2010

執筆者紹介

川崎 清 (かわさき きよし)
アイレック技建㈱
技術本部

2011年度版 推進工事用機械器具等損料参考資料

編集・監修・発行 公益社団法人 日本推進技術協会 (旧 社団法人 日本下水道管渠推進技術協会)
販売 (財) 経済調査会 ●A4判 約680頁 ●CD-ROM付 (損料算出用)
●定価6,500円 (税込) ※官公庁・本協会会員価格 5,500円 (税込)

2011年4月発行

『推進工法用設計積算要項』に準拠した推進工法用機械器具等の損料表。大口径から小口径まで、工法別に掲載しており、付属のCD-ROMにより容易に検索可能。推進用機器および公表資料に価格の表示のない滑材、裏込め材、添加材等は、工法・機械別のメーカー (販売先) を記載した連絡一覧表を作成し、各編、方式別に掲載。
※基礎価格に関しては、別売の『推進工事用機械器具等基礎価格表』をご参照下さい。

主要 目次

- 第1編 大口径管開放型推進工法 (刃口式推進工法)
- 第2編 大口径管密閉型推進工法 (泥水式・土圧式・泥濃式推進工法)
- 第3編 小口径管推進工法
- 第4編 取付管推進工法
- 第5編 改築推進工法
- 第6編 濁水処理装置
- 第7編 小型立坑
- 第8編 注入関係機材 (注入機器、裏込め材、滑材、添加材、作泥材)
- 第9編 参考資料



◆ 編集・監修・発行 ◆

公益社団法人 日本推進技術協会

〒135-0047 東京都江東区富岡2-11-18 西村ビル3F
TEL (03) 5639-9230 FAX (03) 5639-9215

<http://www.suisinkyoo.or.jp/>

● お申し込み・お問い合わせ ●

財団法人 経済調査会 業務部

〒104-0061 東京都中央区銀座5-13-16 東銀座三井ビル
TEL (03) 3542-9291 FAX (03) 3543-1904

インターネット注文はこちらから

BookけんせつPlaza 検索

