

—礫破碎・滞水制御型—

アイアンモール® 工法

TP40SCL・TP60S・TP50S

(立坑内駆動方式)

泥土圧式小口径管推進工法(オーガ方式1工程工法)

高耐荷力・低耐荷力併用方式

設計・技術資料

2023 (令和5) 年4月

アイアンモール協会

TEL. 050-3317-1646

<http://www.ironmole.gr.jp/>

はじめに

アイアンモール工法は、小口径管を開削せずに推進することにより管の地下埋設を工事公害を伴うことなく、安全、迅速かつ高精度で施工するために開発された工法で、1975年施工以来、各地で諸官庁の工事を主体にご採用いただき多くの実績を積んでまいりました。

小口径管推進工法の代名詞的存在となったアイアンモール工法は、その発明の独創性と工事实績が認められ、1981年には「内閣総理大臣発明賞」の荣誉に浴しました。

現在では、

- 「TA500スリムアーク」
- 「TP40SCLアイアンモール」
- 「TP50Sアイアンモール」
- 「TP60Sアイアンモール」
- 「TP80アイアンモール」
- 「TP90Sアイアンモール」
- 「TP75SCLアイアンモールハイパー」
- 「TP95Sアイアンモールハイパー」
- 「TP125Sアイアンモールハイパー」
- 「アイエムリバース」

と充実したラインアップにより、広汎な工事条件に適用できる工法として、より多くの現場でご採用いただいております。

本設計・技術資料は、従来のオーガ式1工程式工法の“土質対応の壁”を破るため、多くの新メカニズムが盛り込まれており、軟弱土から硬質土、さらに、滞水砂層及び礫混じり土までの幅広い土質に適用できる『TP40SCL・TP60S・TP50Sアイアンモール工法』について、その特性・機械能力等を正しくご理解頂けるよう作成したものです。

工事設計時、施工計画時等にご活用いただくと共に『TP40SCL・TP60S・TP50Sアイアンモール工法』のなお一層のご採用をお願い申し上げます。

施工につきましては、アイアンモール工法に精通したアイアンモール協会員にご下命いただきますようお願い申し上げます。

2023年4月

アイアンモール協会
会長 三宅 広一

TP40SCL・TP60S・TP50Sアイアンモール工法の 設計・技術資料発行にあたって

「TP40SCL・TP60S・TP50Sアイアンモール工法」の設計・技術資料は、新技術の開発に合わせて改訂版を発行してまいりました。

現在、国土交通省においてオーガ掘削推進工法（1工程式）については積算基準が定められていますが、当協会においては上記工法の拡大発展に合わせ、大型ピンチ弁と掘削添加材を使用した泥土圧方式による滞水砂層推進の確立、ディスクカッタによる礫混じり土層での推進等を実用化してまいりました。

TP40SCLはφ1.8mの小型立坑から、TP60Sはφ2.0mの小型立坑から発進可能で、しかも本格的な礫層の施工が可能と、数々の長所をそなえた新しい推進工法です。この新技術の設計・技術資料についても協会員各社の施工ノウハウをあますところなく、集積、整理、検討し作成しました。

アイアンモール工法には、当設計・技術資料以外にも下記のものがありますので併せて御活用願います。

- TA500スリムアーク工法（設計・積算資料）
- TP40SCL・TP60S・TP50Sアイアンモール工法（積算資料）
- TP75SCL・TP95S・TP90Sアイアンモールハイパー工法（設計・技術資料）
- TP75SCL・TP95S・TP90Sアイアンモールハイパー工法（積算資料）
- TP125Sアイアンモールハイパー工法（積算資料）
- TP80アイアンモール（積算資料・圧入方式2工程式仮管併用推進工法）

本設計・技術資料が設計や施工に携わっている多くの方々に供され、幅広くご活用いただけるよう念願しています。

2023年4月

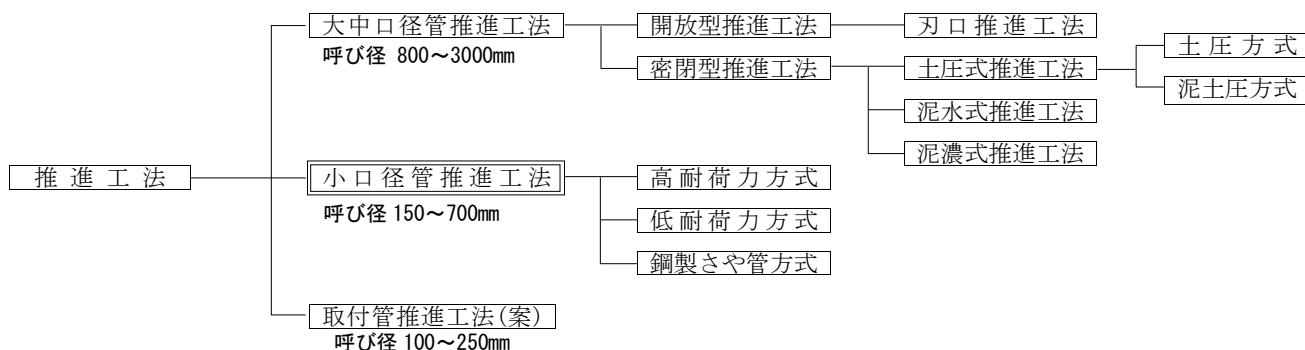
目 次

1	アイアンモール工法の概要	1
1-1	小口径管推進工法の分類	2
1-2	工法の選定法	6
1-3	設計時の土質調査と適用	7
1-4	小口径管推進工法の積算及び推進力を算出するための必要項目	9
2	アイアンモール工法の設計	10
2-1	特長	11
2-2	施工順序	17
2-3	適用範囲	19
2-4	適用管種・管径	22
2-5	推進力の試算（高耐荷力方式）	24
2-6	推進力の試算（低耐荷力方式）	25
2-7	適用推進管	26
2-8	先導体と鋼管の組み合わせ表	31
2-9	レジンコンクリート管への対応表	31
3	アイアンモールの工法の仕様	32
3-1	TP40SCLの構造と機能	33
3-2	機械寸法と仕様	35
3-3	カッターヘッドの選定	36
3-4	先導体の分割寸法および重量	38
3-5	TP60Sの構造と機能	39
3-6	機械寸法と仕様	41
3-7	カッターヘッドの選定	42
3-8	先導体の分割寸法および重量	44
3-9	TP50S-1・TP50S-2の構造と機能	45
3-10	機械寸法と仕様	47
3-11	先導体の分割寸法及び重量	51
4	発進立坑及び到達立坑	53
4-1	立坑設計基準	54
4-2	ライナープレート立坑の注意点	57
4-3	斜め発進参考図	58
4-4	フロアプラン（作業占有面積）	59
4-5	人孔到達寸法	61
4-6	坑口止水	62
5	参考資料	63
5-1	使用電力	64
5-2	岩盤設計・技術資料	65
	<Q&A>	73

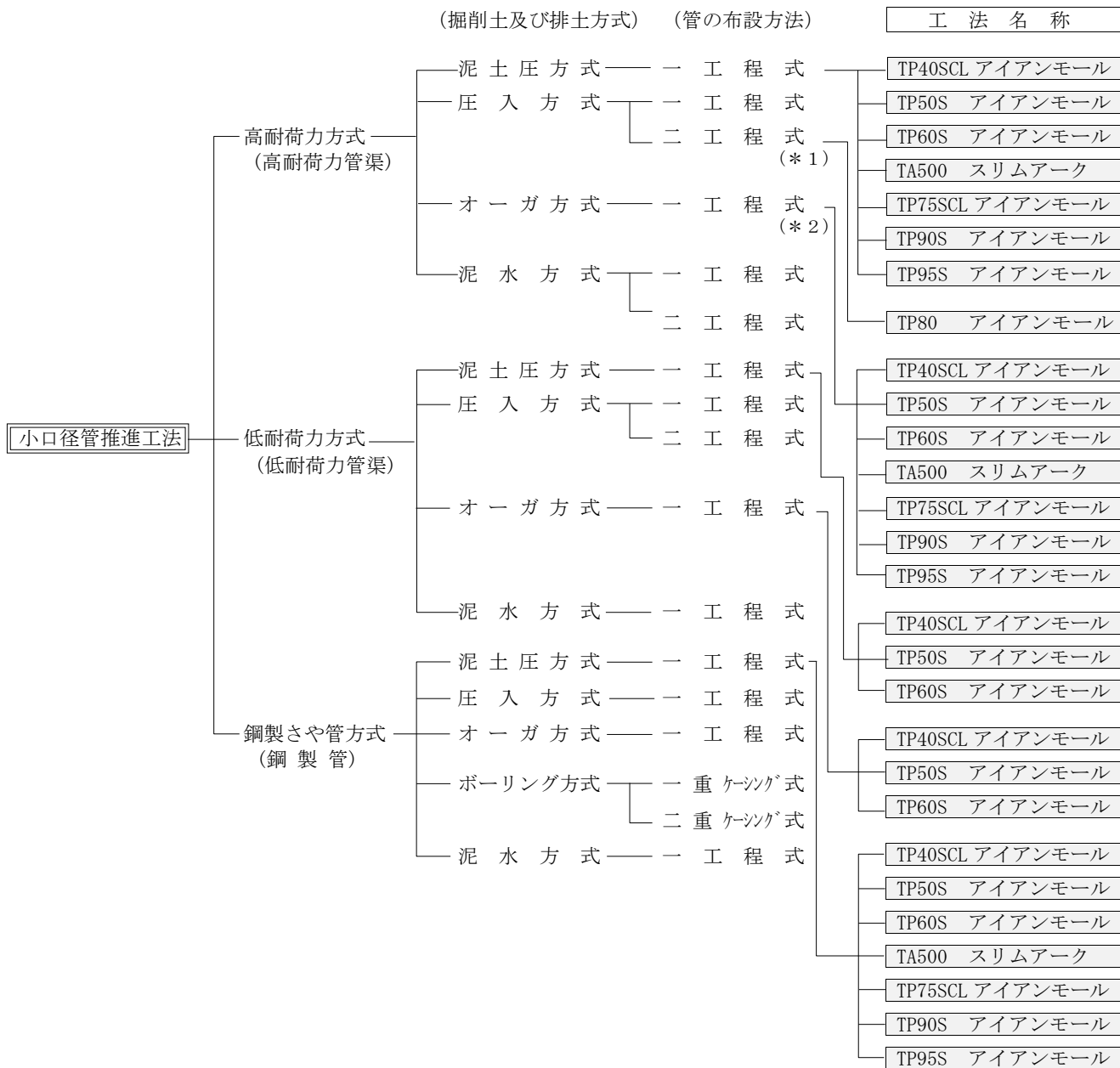
1 アイアンモール工法の概要

1-1 小口径管推進工法の分類

■推進工法の分類 (推進工法は、使用する推進管の呼び径によって中大口径管推進工法、小口径管推進工法に分類され、また、先導体の構造方式、使用する推進管種等によって細分類される。)



■アイアンモール工法の位置付け



注) 国土交通省下水道工事積算基準による工法別の適用土質は下記の通りです。

* 1. 仮管併用推進工法……おおむねN値が20以下の細粒土、砂質土。なお、地下水位の高い砂層等で掘削ヘッドにおいて土砂の流入が予測される地盤には適さない。

* 2. オーガ掘削推進工法…細粒土、砂質土および礫分が50%未満の礫質土。なお、地下水位の高い砂層等で切羽から土砂の流入が予測される地盤には適さない。

★切羽の崩壊性がある地下水位が高い地盤や無水地盤では、泥土圧方式での設計を推奨します。

大別された主な方式の概要

(1) 高耐荷力方式

高耐荷力方式は、高耐荷力管（鉄筋コンクリート管、ダクタイル鋳鉄管、陶管、レジンコンクリート管、鋼管、複合管等）を用い、推進すべき管に直接推進力を伝達して推進する施工方式です。

高耐荷力方式は掘削及び排土方式、管の布設方法等により、次の方式に分類されます。

- ① 泥土圧方式
- ② 圧入方式
- ③ オーガ方式
- ④ 泥水方式

1) 泥土圧方式

泥土圧方式は、推進管の先端に泥土圧式先導管を装着し、掘削土砂の塑性流動化を促進させるための掘削添加材注入とピンチ弁の採用により、切羽の安定を保持しながらカッタの回転により掘削を行い、掘進量に見合った排土を行うことで切羽土圧を調整しながら推進する方式です。

適応土質は、粘性土・砂質土の滞水層、硬質土・礫・玉石混じり土で、先導管のカッタヘッドを交換する事により、普通土から玉石層まで対応が出来ます。

推進延長は、呼び径と土質により150m程度まで対応が可能です。

* 泥土圧工法の利点

- ① 切羽が安定しているため地山および地表面への影響が非常に小さい。
- ② 広範囲の土質に適応性がある。
- ③ 土質の変化、互層への適応性がある。
- ④ 地下水圧の高い地層への対応が可能である。
- ⑤ 切羽部が密閉されているため、地山の崩壊などの危険性が少ない。
- ⑥ 狭い作業占有面積での施工が可能である。
- ⑦ 先導管が水密構造となっており地下水圧にバランスさせて掘削する方式のため補助工法は不要です。

2) 圧入方式

圧入方式には、一般に推進ジャッキを用い直接推進管を推進させる一工程式と、最初に先導体及び誘導管を圧入させた後、これを案内として推進管を推進する二工程式とに分類されます。

- ① 一工程式は、元押ジャッキを用い、先導体により地山を圧密かつ方向修正を行いながら推進管を推進するもので、原則として排土は行いません。

適応範囲は、粘性土、砂質土でN値15程度までの土質で、一般に推進延長は30m程度。

- ② 二工程式は、一般に軟弱な地盤に多用される。第一工程で、先導体及び誘導管を圧入推進し、第二工程では誘導管後部に拡大カッタを接続し、排土スクリュを装備した誘導管をガイドとして排土しながら推進管を圧入推進する。先導体は遠隔方向制御装置を有し、方向修正が可能です。

適応範囲は、N値0～15程度の土質であり、推進延長は50m程度。

3) オーガ方式

オーガ方式は、先導体内にオーガヘッド及びスクリュコンベアを装着し、この回転により掘削排土を行いながら推進管を推進する方式で一般に一工程式である。オーガヘッドで掘削した土砂は推進管内に設置したスクリュコンベア及びケーシングで排土する。また、遠隔方向制御装置を設け方向修正が可能です。適応範囲は、粘土、シルト、砂、小礫層の土質であり、玉石、礫層にはディスクカッタなどの専用ビットを装備した機種が用いられ、推進延長は呼び径と土質により50～100m程度まで対応が可能です。

(2) 低耐荷力方式

先導体に作用する推進力の初期抵抗を推進力伝達ロッド（ケーシング、スクリュ等）に作用させ、推進管（塩ビ管）には土との管外面抵抗のみを負担させる方法で、かつ、推進管を安全に推進するため、推進設備には推進管にかかる荷重を確認できる機構を有している推進方式です。

1) 泥土圧方式

施工方法は、掘削添加材を注入し、掘削土砂の塑性流動化をはかり切羽の安定を保持しながら掘削を行い、ピンチ弁の開閉により掘削量に見合った排土を行うことで切羽土圧を調整しつつ、推進ジャッキによりスクリュコンベア類（推進力伝達ロッド）に推進力を負荷し、初期抵抗を負担、低耐荷力管には、土との管外面抵抗のみを負担させることにより、低耐荷力管を推進し、埋設する方式です。

- ① 本工法の適用土質は、粘性土（ $1 \leq N \leq 40$ ）、砂質土及び礫分10%未満（ $1 \leq N \leq 50$ ）（地盤工学会の分類を参考とする）です。
- ② 推進区間の延長は、呼び径と土質により70m程度です。地下水圧は 0.6 kg/cm^2 （58.8kPa）まで適応します。

2) オーガ方式

施工方法は、先導体内にオーガヘッド及びスクリュコンベアを装備し、その回転により掘削排土をおこないつつ、推進ジャッキによりスクリュコンベア類（推進力伝達ロッド）に推進力を負荷し、初期抵抗を負担、低耐荷力管には、土との管外面抵抗のみを負担させることにより、低耐荷力管を推進し、埋設する方式です。

- ① 本工法の適用土質は、粘性土（ $1 \leq N \leq 30$ ）、砂質土及び礫分10%未満（ $1 \leq N \leq 50$ ）（地盤工学会の分類を参考とする）です。
- ② 地下水の高い砂層等で切羽から土砂の流入が予想される地盤には適さない。推進区間の延長は、呼び径と土質により、50～70m程度です。

(3) 鋼製さや管方式

鋼製管に直接推進力を伝達して推進し、これをさや管として用い鋼製管内に塩ビ管等の本管を布設する施工方式です（さや管としては鋼管の他にヒューム管も使用されます）。

★一口メモ・用語の説明

- 路線延長 : 発進立坑と到達立坑とのマンホール中心間隔。
- 管渠延長 : 推進延長と立坑内の管理設(空伏せ)延長の合計。
- 推進延長
(掘削延長) : 発進立坑がライナープレート、鋼矢板の場合は、それぞれの中心線までの距離。
(ただし、鋼矢板式立坑の場合は土留め中心までの距離)
- 土被り : 地表から埋設管の管頂までの深さ(距離)をいう。
- 許容推進延長 : 管の許容耐荷力と推進抵抗により定まる。推進管の推進可能な延長をいう。
- 粒径加積曲線 : 土粒子の粒径の分布状態を求めるために行う操作を粒度試験といい、その結果をグラフに表したものを粒径加積曲線という。
- 呼び径 : 推進管径を表すための呼称で、内径の基本寸法。
- 先導体 : 推進管の先端に取り付ける掘進機で、方向修正しながら排土する(先導管とも呼ぶ)。
- 推進装置 : 発進立坑内に設置し、先導体、ヒューム管を保持、推進する装置。
- 一軸圧縮強度 : 主に粘性土の円筒形供試体を側圧を作用させない状態で圧縮した場合の最大圧縮応力をいう。
- 腹起し : 矢板やライナープレート等が土圧や水圧でふくれ出したり、倒れたりしないよう押えのために取り付ける横材をいう。

推進管

推進管は、材質・強度などにより管厚、外径、推進方向の許容耐荷力が異なるため、推進管と先導体の接合性、施工方法の適用性などを考慮して用いなければなりません。

(1) 種類

推進工法に用いる小口径推進管には次のようなものがあります。

1) 高耐荷力方式

① 下水道小口径管推進工法鉄筋コンクリート管

日本下水道協会規格 (J S W A S A - 6)

「下水道小口径管推進工法鉄筋コンクリート管」(呼び径 ϕ 200mm \sim ϕ 700mm)

- * 管の種類として、従来はⅠ類とⅡ類に区分していたが、外圧強さの高い管も規定する必要が生じたことから、新たに2種を規定し、1種及び2種の区分とした。1種は従来の外圧強さの管で、2種はひび割れ荷重で1種の2倍と設定した。

管体コンクリートの圧縮強度は、50N/mm²{500kgf/cm²}と70N/mm²{700kgf/cm²}の2種類とした。

継手性能の内容は、SJS,SJA,SJBの3種類とし、設計条件によって推進管を選択できるようにした。

② 下水道推進工法用ダクタイル鋳鉄管

日本下水道協会規格 (J S W A S G - 2)

「下水道推進工法用ダクタイル鋳鉄管」(呼び径 ϕ 250mm \sim ϕ 2,600mm)

- * 下水道推進工法用ダクタイル鋳鉄管は、圧送用、自然流下用に使用され、推進管は、圧送用に用いる推進管はⅠ類、自然流下用に用いる管はⅡ類となっています。

③ 下水道推進工法用レジンコンクリート管

日本下水道協会規格 (J S W A S K - 1 2)

「下水道推進工法用レジンコンクリート管」(呼び径 ϕ 200mm \sim ϕ 1,500mm)

- * 下水道推進工法用レジンコンクリート管は、コンクリート管と合成樹脂(繊維強化プラスチック用液状不飽和ポリエステル樹脂)、鉄筋により複合強化したものです。

- * 推進管としてRS形・RM形・RT形の3種類があります。

RS形(呼び径 ϕ 200mm \sim ϕ 500mm)

普通条件下で管厚が一番薄く経済的で、外径が1サイズ小さなヒューム管と同じ寸法である。

RT形(呼び径 ϕ 250mm \sim ϕ 1,500mm)

難工事用で管厚、外径ともヒューム管と同じ寸法である。

RM形(呼び径 ϕ 290mm \sim ϕ 1,580mm)

高強度用でヒューム管と外径合わせになっており、管厚が薄い分、実内径が大きい管です。

2) 低耐荷力方式

① 下水道推進工法用硬質塩化ビニール管 (J S W A S K - 6)

② 下水道用強化プラスチック複合管 (J S W A S K - 2)

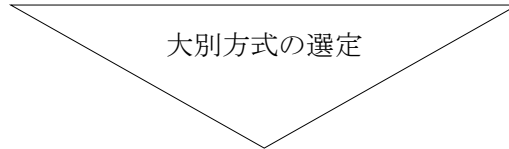
3) 鋼製さや管方式

① 鋼管 (J I S G 3 4 4 4 他)

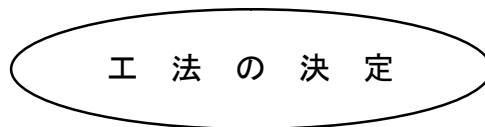
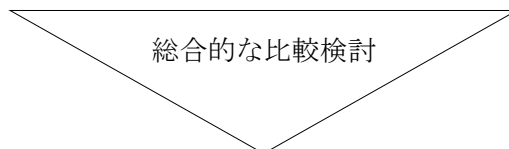
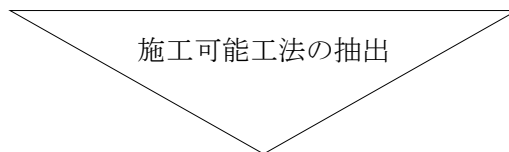
- * ご不明な点は各管材メーカーにお問合せ下さい。

1-2 工法の選定法

工 法 選 定 条 件			
① 管種、勾配 呼び径	② 1 スパンの 推進延長	③ 土質と 地下水の関係	④ 特殊条件



詳 細 条 件 （ 適 用 性 判 定 ）		
①適用可能管種 ②適用可能呼び径 ③適用可能1スパン推進延長	④適用土質範囲 <ul style="list-style-type: none"> • 土質分類 • N 値 • 最大礫径(礫径等) • 地下水位(水 圧) • 透水係数 	⑤特殊条件の検討 <ul style="list-style-type: none"> • 玉石、岩盤掘削対応 • 立坑条件、極小口径管対応 • 取付管推進対応



- 推進工法の選定は、路線の状況、施工区間の延長、土質条件、線形、その他周囲の施工環境、工期等の諸条件を検討し、必要な補助工法、地下埋設物等の移設等も考慮した安全で確実な施工ができ、かつ経済的な工法を選定しなければならない。
- 特に土質と地下水の関係は施工の難易を大きく左右するので、補助工法との関係も考慮し決定する必要がある。
- 推進延長は施工方法、管の耐荷力、推進反力等種々の条件を考慮し検討する。
- 推進力は、推進延長に対し十分な余裕を見込むことが望ましい。

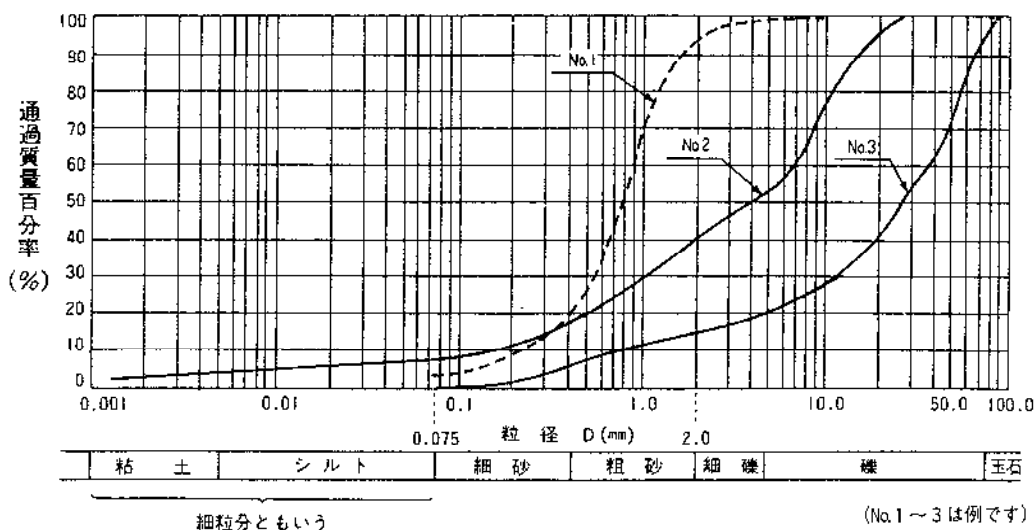
1-3 設計時の土質調査と適用

No.	試験項目	内容	注意事項
1	標準貫入試験	N値の測定。水位の測定。土質名、現場観察記録を明記して下さい。 (土質柱状図)	推進線部で測定して下さい。 推進の上下1mの範囲は土質の変化を把握するため詳細に測定して下さい。
2	現場透水試験	ボーリング孔を利用して、推進管通過位置での地盤の透水性(透水係数)を把握して下さい。	透水試験は砂、礫、玉石層では必ず測定して下さい。
3	土の粒度試験 (粒径加積曲線)	最大粒径、細粒分(粘土、シルト)の割合、砂礫の割合、均等係数を把握して下さい。	滞水層では特に測定が必要です。
4	礫の岩石物性試験 (一軸圧縮強度試験)	粗大礫(玉石)の形状、寸法の把握と共に、一軸圧縮強度、圧裂引張強度、カサ比重、鉱物量等を把握して下さい。	粗大礫の把握は、標準サンプラーでは小さい為、ベノト・深礎工法等で調査してください。
5	室内土質試験等	土の単位体積重量 (γ : kN/m ³) 土の粘着力 (C: kN/m ²) 土の内部摩擦角 (ϕ : 度)	推進距離、反力壁の計算に用います。

- (注) 1. いずれも推進通過位置を基準とするが、推進線上部の層についても把握して下さい。
 2. 立坑築造を検討する場合には、この他の試験も必要となることがあります。
 3. 工法検討の場合は上記No.1～5の試験データを提示下さい。

★一口メモ：粒径加積曲線は工法選定のポイント！

(最大粒径、細粒分、砂礫の割合、均等係数、曲率係数の把握)



注1) 粒度試験の粒度とは

土を構成する土粒子の分布率(重量比)で表したもので、土の分類を行う他粒土組成の10%粒径(D_{10})や20%(D_{20})からは土の透水係数が推測でき、液状化の判定材料にもなる。また、試験から得られる均等係数や曲率係数は盛土材の締め固めの適否判定にも用いられる。粒度組成を表す場合の粒径区分は、0.005mm以下を粘土分、0.005～0.075mmはシルト分、0.075～2mmが砂分、これ以上を礫分に区分している。

注2) 均等係数 U_c $U_c = D_{60} / D_{10}$

均等係数は U_c は、粒径加積曲線の傾度を表し大きくなるほど粒度分布が広い事を意味しており、例えば $U_c = 1$ のとき粒径加積曲線が直立(No.-1の例)していることを示し、均等係数が大きくなるにつれて粒度分布は広がる。

一般に U_c が4~5以下の土は「粒度分布が悪い」といい、10以上は「粒度分布が良い」とされている。

注3) 曲率係数 U_c' $U_c' = (D_{30})^2 / D_{10} \times D_{60}$

曲率係数 U_c' は、粒径加積曲線のなだらかさ(No.-2の例)を示すもので U_c' が1~3のときは「粒度分布が良い」としている。すなわち、「粒度が良い」のためには U_c と U_c' の両方が上記の条件を同時に満足する必要があるが有り、その両方又は片方が満足されないときは「粒度が悪い」に属します。

なお、日本統一土質分類では粒度分布の良否を次のように決めている。

$U_c \geq 10$ 、 $1 < U_c' \leq \sqrt{U_c}$: 粒度が良い。

上記以外は、粒度が悪い。

■ 礫・玉石地盤の土質調査について

1. 粗大礫(玉石)の形状寸法
2. 礫の強度
3. 粒度分布(特に細粒分の割合)
4. 鉱物量(石英分)
5. 透水係数

} 調査が必要です。
[トンネル標準示方書(シールド編)の土質より]



推進工法の選定、機種選定検討に当り

1. 礫や玉石は、一般の小口径のボーリング調査で把握できないので、予想される礫、玉石の径を越える大口径ボーリング、ベント、深礎工法、あるいは試掘等により、礫や玉石の径および含有率、強度等を確認して下さい。
2. 土質調査で、66mmや86mmの径のロッドボーリングの場合、礫や玉石は確認できないので、ボーリング長の礫径の3倍を最大礫径として下さい。但し、礫や玉石が予想される場合、上記1.項の調査を実施して下さい。
3. 立坑掘削時の礫特性調査をして下さい。



小口径推進工法でも同様な調査が必要

1. 小口径管推進工法の適用土質
2. 小口径管推進方式選定

→ 工法の選定 → いずれの工法を採用するかは施工環境、施工条件、土質条件など十分に調査し、検討を行い、経済性、安全性などの広い視野から対応して選定し、決定しなければなりません。

1-4 小口径管推進工法の積算及び推進力を算出するための必要項目

1. 推進線部の工事条件の検討

① 施工場所 (都道府県名)			
② 計画管径	mm	ϕ	mm
③ 管長	m		
④ 推進延長	m		
⑤ 土質			
⑥ N値			
⑦ 土被り	m		
⑧ 地下水位GL-	m		
⑨ 互層の有無			
⑩ 発進立坑の種別		ライナープレート (2.7mm・3.2mm)・鋼矢板 (Ⅱ・Ⅲ・Ⅳ)・小型立坑	
⑪ 到達立坑の種別		ライナープレート (2.7mm・3.2mm)・鋼矢板 (Ⅱ・Ⅲ・Ⅳ)・小型立坑	
⑫ 地下埋設物の確認			
⑬ 既設管(構造物)との間隔			
⑭ インバートとの間隔			
⑮ 設計勾配	‰		
⑯ 到達坑での回収方法		一体回収・分割回収	
⑰ その他			

2. 推進線部の土質条件の検討

① 最大礫径(ホーリングデータの3倍)	mm	
② 礫(玉石)の一軸圧縮強度	kN/m ²	
③ 粒土分布 (通過百分率)	礫率	(%)
	砂分	(%)
	粘土・シルト分	(%)
④ 透水係数	cm/sec	
⑤ 均等係数	U _c	
⑥ 曲率係数	U _c '	
⑦ 止水器の有無		
⑧ 先導体の回収方法		
⑨ 滑材の使用有無		
⑩ その他		

3. 推進力の検討

① 計画管種		ヒューム管・塩ビ管・レジン管・鋼管・ダクタイル管・その他
② 単位体積重量	kN/m ³	
③ 内部摩擦角	ϕ /度	
④ 粘着力	kN/m ²	
⑤ 滑材による低減係数値	β	
⑥ その他		

2 アイアンモール工法の設計

TP40SCL

TP60S

TP50S

2-1 特長

(1) ディスクカッタにより、砂礫層の推進ができます

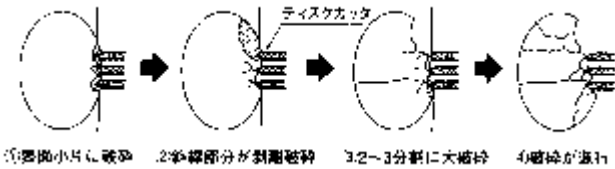
ディスクカッタで切羽に向かって礫、玉石を押しえ付け、回転しながら切羽前面で破碎します。玉石は表面小剥離や表面破碎を繰り返しながら刃先部からクラックが進行し、破碎されます。



破碎前



破碎後



(2) 大型ピンチ弁と掘削添加材の併用による【泥土圧方式】で、崩壊性のある地盤でも推進ができます

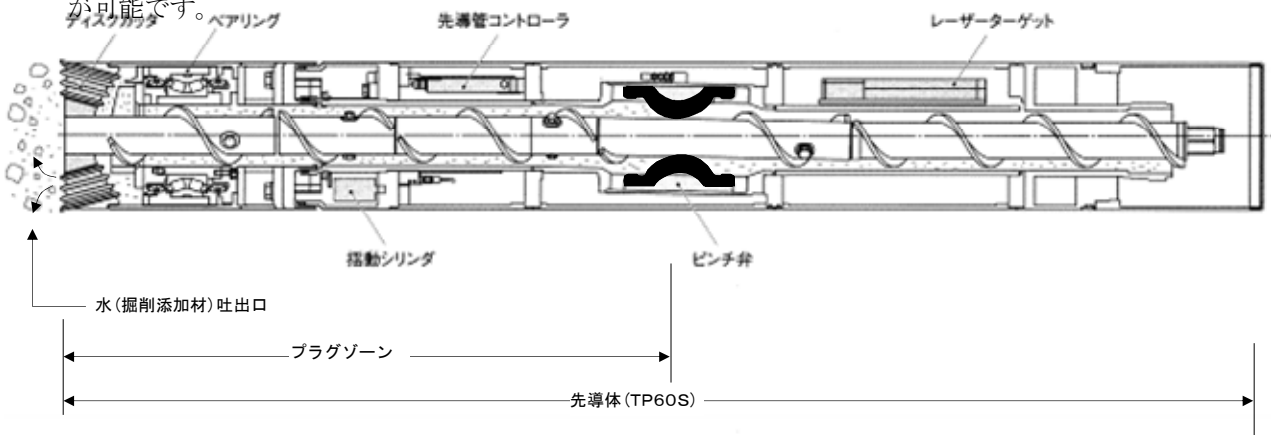
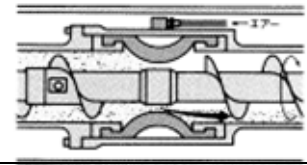
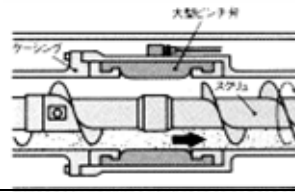
透水係数が大きく、湧水量が多く、地山の粘土・シルト分（細粒分ともいう。）が少ない地盤は、切羽の崩壊を引き起こしやすく、精度よく推進することは困難です。

TP40SCL・TP60S・TP50Sで推進する場合は、先導体のカッタヘッド部に掘削添加材を吐出させ、カッタヘッドの回転により掘削土と掘削添加材を混合し、掘削土を改良します。さらに、大型ピンチ弁の開閉により、先導体のカッタヘッドから大型ピンチ弁までのケーシング内に改良した掘削土を充満させ、“改良土のプラグゾーン”を作ります。

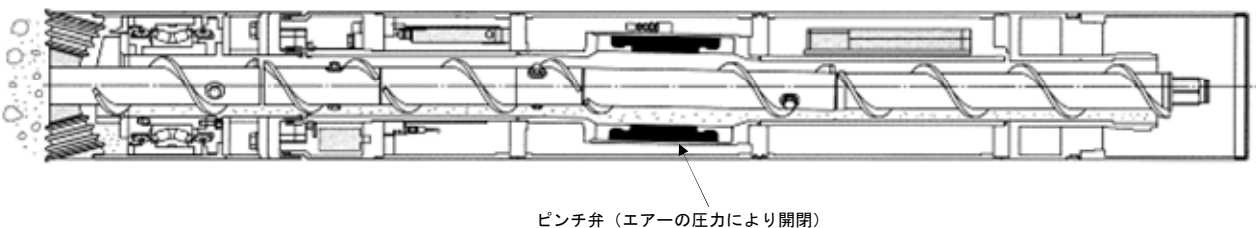
この“改良土のプラグゾーン”とカッタヘッド前面の切羽圧をバランスさせる【泥土圧方式】により、排土量や滞水の制御を行い、流砂現象による切羽の崩壊を防止することで切羽の安定を図り、精度のよい推進が可能です。

大型ピンチ弁全開状態
土砂の排出路が広く、スクリュウの回転により土砂が排出されます。

大型ピンチ弁作動状態
大型ピンチ弁内にエアを注入し、その圧力により任意の状態にすばやく変化させて土砂の排出路を狭くし、止水および排出土の流量制御を行います。



土質改良された掘削土が充満され、ピンチ弁によりプラグゾーンが形成される。



★掘削添加材について

掘削添加材の考え方 [スムーサKM-5]

透水係数が大きく、湧水量が多く、地山の粘土・シルト分（細粒分ともいう。粒径 0.075 mm以下の土）が少ない地盤での推進では、掘削土と水が混合されても細粒分が不足しているために粒土バランスが悪く、スムーズな排土ができません。また地下水のない地盤でも粒度バランスが悪い土質ではスムーズな排土ができません。スムーズに排土するには、掘削土が自由に變形できる性質を持つことが必要です。つまり、わずかな外力の作用によって、土粒子間の結合が容易に破壊され變形し（塑性）、さらに外力が加わると連続的に變形（流動性）しなければなりません。

掘削土がこの塑性流動性を持たない場合、連続的な排土ができず、空隙が生じ、被圧された地下水等が噴発して切羽の崩壊を引き起こしたり、排土のブリッジ現象および礫のかみ込みによるストールが起き、精度のよい推進ができません。

このような塑性流動性を持たない地層をTP40SCL・TP60S・TP50Sアイアンモールで推進する場合、先導管のカッターヘッド部に掘削添加材を噴出させ、カッターヘッドの回転により掘削土と掘削添加材を混合し、間隙比が大きく粒度バランスが悪い掘削土を塑性流動性と不透水性を持つ泥土に改良します。さらに、大型ピンチ弁の開閉により、先導管のカッターヘッドから大型ピンチ弁までのケーシング内に改良した掘削土を充満させ、“改良土のプラグゾーン”を作ります。この“改良土のプラグゾーン”とカッターヘッド前面の切羽圧をバランスさせる【泥土圧方式】により、排土量や滞水の制御を行い、流砂現象による切羽の崩壊を防止することで、切羽の安定を図り、精度のよい推進が可能です。

掘削土を塑性流動化させるためには、細粒分の含有率が30%程度必要です。従って、細粒分の含有率が30%未満の地層では、掘削土を塑性流動化させるために細粒分の含有率に応じて不足分を補う必要があります。

掘削添加材の配合・注入計画は、推進する地層の粒度分布、すなわち粒径加積曲線から求められます。

①掘削土の塑性流動性、止水性を向上させる配合計画

$$U = \frac{1}{3} \times (30 - P_{0.075}) \times \alpha \times \beta$$

ここで、 U : 水 1 m³ 当たりの掘削添加材の使用量 (kg/m³)
 P_{0.075} : 0.075 mm 粒径通過百分率、30%以上は 30 とします。
 α : 地下水質による補正係数

$\alpha = \frac{\text{当該地下水質での飽和吸水倍率 (g/g)}}{300 (g/g)}$
 β : 均等係数 (U_c) による補正係数
 U_c ≥ 4 β = 1.0
 4 > U_c ≥ 3 β = 1.05
 3 > U_c ≥ 1 β = 1.1

【飽和吸水倍率】	
水道水	300~400g/g
地下水	250~350g/g
海水	50g/g
(純水)	700g/g

* 処理場で使用する殺菌剤の量等に巾があるため吸収倍率に違いがあります。

* 地下水でも清水や濁水等により吸収倍率に違いがあります。

* 塩分濃度の高い地下水が出ると、スムーサKM-5は正常に機能しなくなります。その場合は耐塩性泥漿材の『海塩耐』の使用を検討する必要があります。

②掘削土の塑性流動性、止水性を向上させる注入計画

$$Q = [(30 - P_{0.075}) + (40 - P_{0.25}) + (50 - P_{2.0})] \times \frac{4}{5} \times \frac{1}{100}$$

ここで、 Q : 地山土量 1 m³ 当たりの掘削添加材の溶液注入係数
 P_{0.075} : 0.075 mm 粒径通過百分率、30%以上は 30 とします。
 P_{0.25} : 0.25 mm 粒径通過百分率、40%以上は 40 とします。
 P_{2.0} : 2.0 mm 粒径通過百分率、50%以上は 50 とします。

③掘削添加材の注入量

$$V = S \times L \times Q \times \gamma$$

ここで、 V : 掘削添加材の注入量 (m³)
 S : 切羽断面積 (m²)
 L : 推進距離 (m)
 Q : 地山土量 1 m³ 当たりの掘削添加材の溶液注入係数
 γ : 注入損失係数 (1.5~1.8)

注入損失係数参考例

滞水砂層及び礫、玉石混り土[A]・[B]	1.5~1.6
礫、玉石混り土[C]・[D]	1.7~1.8

上記は参考で、透水係数・ハインダー分・圧裂強度等により検討いたします。

$$S = \frac{\pi}{4} \times [\text{先導管外径} + (\text{余掘量} \times 2)]^2$$

パイプ呼び径 (mm)	200	250	300	350
S (m ²)	0.01	0.14	0.18	0.22

塩ビ管呼び径 (mm)	200	250	300	350	400	450
S (m ²)	0.06	0.09	0.11	0.14	0.18	0.22

余掘量 (m) = 0.02

④掘削添加材の必要量

$$G = U \times V$$

ここで、 G : 掘削添加材の必要量 (kg)
 U : 水 1 m³ 当りの掘削添加材の使用量 (kg/m³)
 V : 掘削添加材の注入量 (m³)

★泥土圧バランス方式かオーガ方式かを選択する判断目安
 ・粘土・シルト分が30%未満の場合、切羽の崩壊性があると判断し、**泥土圧方式**を推奨
 ・粘土・シルト分が30%以上の場合、切羽の崩壊性がないと判断し、**オーガ方式**を推奨
 但し、粘土・シルト分以外の要因で方式を決定することがありますので、アイアンモール協会にお問い合わせ下さい。

掘削添加材の考え方〔海塩耐〕（案）

海水域での推進抵抗を効果的に軽減できる耐塩性泥漿材です。

*従来から泥漿材にはベントナイトがよく用いられていますが、ベントナイトは海水やセメントが混入すると凝集をおこし濾水量が多くなり泥漿材としての物性が維持困難になります。また、これまでの高分子ポリマー系各種泥漿材や添加材についても海水域ではその効果が著しく低下します。耐塩性泥漿材海塩耐は、これらの欠点を解決すべく、海水域に於いて、掘削土に適度の粘性を与えて塑性流動化し、スムーサKM-5を用いた場合と同様の泥土圧方式としてのスムーズな施工を可能にします。

*特徴

1. 溶液に微量の泡を含ませる事により、流動性に優れたプラグゾーンを容易に形成できるので塑性流動性の悪い地層での掘削土砂の排土がスムーズにできます。
2. 海水を用いても使用できる材料の組み合わせにすることにより、清水の確保の心配がありません。

①掘削土の塑性流動性、止水性を向上させる配合計画

$$U = \frac{5}{3} \times (30 - P_{0.075}) \times \beta$$

- ここで、 U : 水 1 m³ 当たりの掘削添加材の使用量 (kg/m³)
 P_{0.075} : 0.075 mm 粒径通過百分率、30% 以上は 30 とします。
 β : 均等係数 (U_c) による補正係数
 U_c ≥ 4 …………… β = 1.0
 4 > U_c ≥ 3 …………… β = 1.05
 3 > U_c ≥ 1 …………… β = 1.1

- ②掘削土の塑性流動性、止水性を向上させる注入計画（前頁のスムーサKM-5 と同式）
- ③掘削添加材の注入量（前頁のスムーサKM-5 と同式）
- ④掘削添加材の必要量（前頁のスムーサKM-5 と同式）

各掘削添加材の使い分けについて

No.	項目	スムーサKM-5 KM-5	海塩耐 KA-SA	備考
1	適用	普通土～滞水砂礫層	耐塩性掘削添加材	地盤に対して選択
2	効用/特徴	●吸水余力が充分にあるので、急激な水圧変化・掘削土砂の透水性の変化に瞬時に対応可	●非イオン系材料等を用いているため、海水での凝集・沈降がない。	塩濃度0.1%以上を含んでいる場合：海塩耐を使用（海塩耐以外の掘削添加材では不可）
3	攪拌直後の粘度	1,500Pa・s (1 kg/200 L)	2,800Pa・s (5 kg/200 L)	マルチブレンダーで充分攪拌可
4	送泥ホース	1 インチ以上		
5	配合	0.5～2.5kg/200 L	標準5kg/200 L	一括投入でもマコ発生しない
6	梱包、荷姿	0.5kg*20袋=10kg/箱	5kg*2袋=10kg/箱	全て 10 kg/箱

各滑材の使い分けについて

No.	項目	パイプコート KS-S1	グラベルパイプコート KS-S2	耐塩パイプコート KS-S4	備考
1	適用	標準滑材	砂礫用滑材	耐塩性滑材	地盤に対して選択
2	効用／特徴	・強い粒状弾性体を用いているため、ベアリング効果で摩擦軽減を發揮する。 ・産業廃棄物に指定されているベントナイトを一切使用していないので環境に優しい。	・管へのバリ付き量をパイプコートより5～6倍多くする事により減摩効果が更に得られる。 ・添加量が少量なので作業性が良い。	・非イオン系材料等を用いているため、海水での凝集・沈降がないので滑材効果を十分に發揮できる。 ・海水を用いても作液できる。	塩濃度 0.1%以上含んでいる場合：耐塩パイプコートを使用。 (耐塩パイプコート以外の滑材では不可)
3	性状	粘度 700mPa・s pH 7～8	1,100mPa・s 7～8	800mPa・s 7～8	ムルティープランター・スエパ [®] で充分攪拌 中性
4	送泥ホース	3/8インチ以上		3/8インチ以上	
5	標準配合	2.5kg/200L	1kg/200L	2.5kg/200L	一括投入でもマヨ発生しない
6	梱包、荷姿	2.5kg*4袋=10kg/箱	1kg*10袋=10kg/箱	2.5kg*4袋=10kg/箱	

滑材の適用範囲と減摩特性

No.	商品名	配合 水200L当り の添加量 (標準)	地 盤							砂礫地盤における低減係数 室内テスト結果(滑材なし：1.0)	
			シルト ・粘土	砂			砂礫				共通
				無水	滞水(少)	滞水(多)	無水	滞水(少)	滞水(多)		
1	パイプコート	2.5 kg	○	◎	◎	◎	○	○	△	×	最大静止 摩擦力比 0.70
2	グラベル パイプコート	1.0 kg	○	○	○	○	◎	◎	◎	×	0.41
3	耐塩 パイプコート	2.5 kg								◎	未測定

◎：非常に適している ○：適している △：やや適している ×：不満

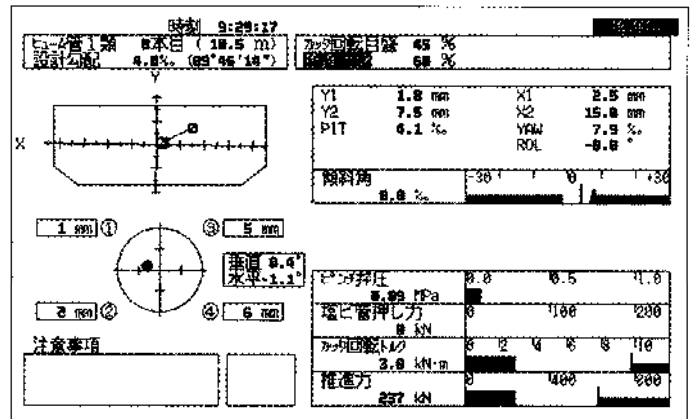
分析結果報告書				
●試料名		●分析年月日		
グラベルコート		平成11年11月28日・平成11年11月16日		
ト粒試験に対する分析の結果を下記のとおり報告します。				
分析項目	単位	分析結果	定数限界	分析方法
水分	%	不検出	0.005	100℃乾燥法(JIS Z 8001)
カルシウム	mg/g	不検出	10	JIS K 0102 54.2
鉄	mg/g	不検出	10	JIS K 0102 54.2
有機質	%	不検出	0.1	500℃燃焼法(JIS Z 8001)
六価クロム	mg/g	不検出	0.05	JIS K 0102 54.2
鉛	mg/g	不検出	0.05	JIS K 0102 54.2
シアン	mg/g	不検出	0.1	JIS K 0102 54.2
マンガン	mg/g	不検出	10	JIS K 0102 54.2

安全性確認の一例※コマツでは滑材・添加材の安全性の確認を実施しています。上表は結果報告書の一部概略です。

(3) カラー液晶表示により推進データを集中管理

大型の見やすいカラー液晶画面(LCD)に、各種推進データをグラフィックならびに数値で表示され、ひと目で推進状況が分かり、地山の変化などその時々状況に応じた対応が迅速に行えます。

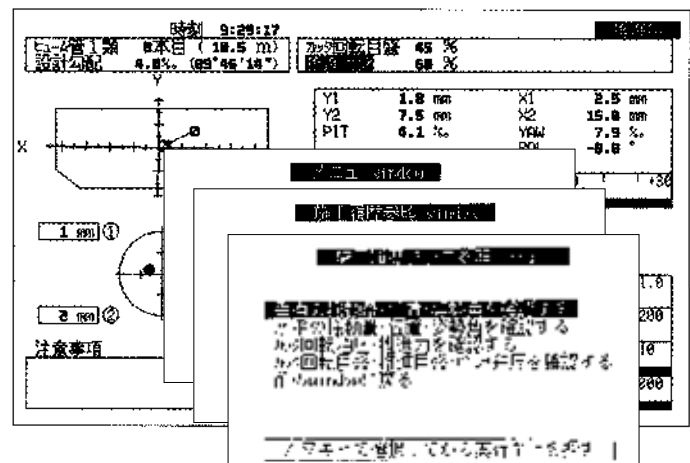
(TP50S-1除く)



(4) 施工履歴をメニューウインドウ画面で検索

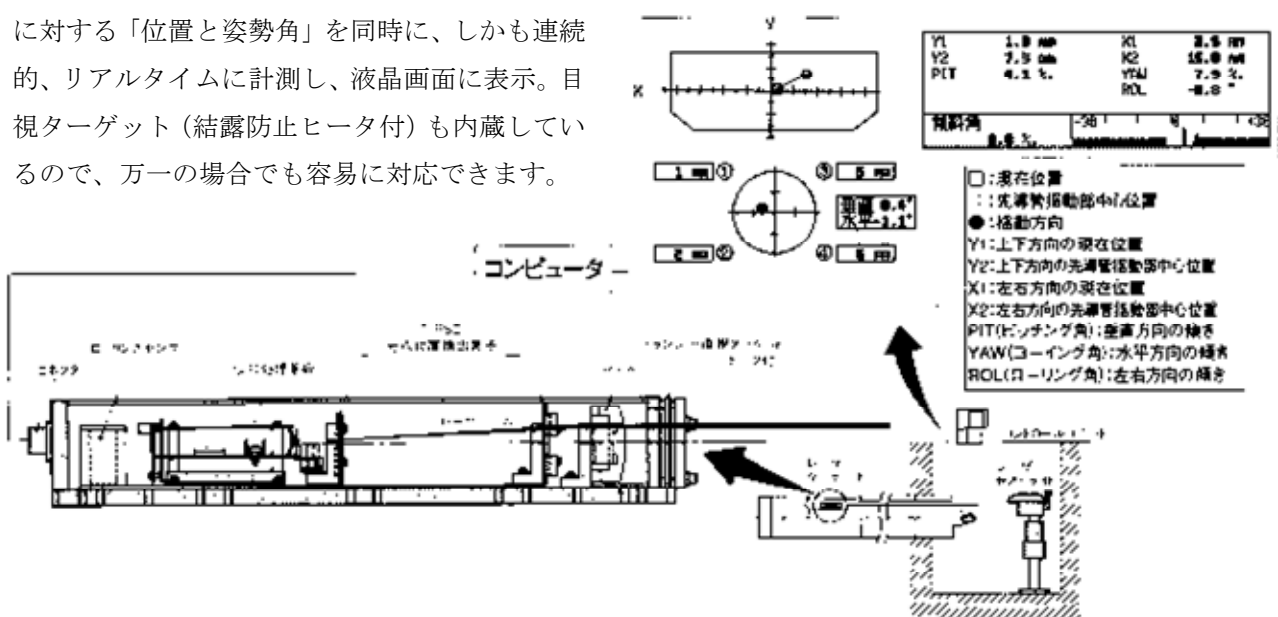
推進状況のデータは、センサーとコンピュータで自動計測・演算処理。メニューウインドウ画面の検索により、リアルタイムで施工履歴(位置・姿勢角、垂直および水平の揺動量、ピンチ弁圧、カット回転トルク、推進力など)をグラフおよび表で表示します。

(TP50S-1除く)



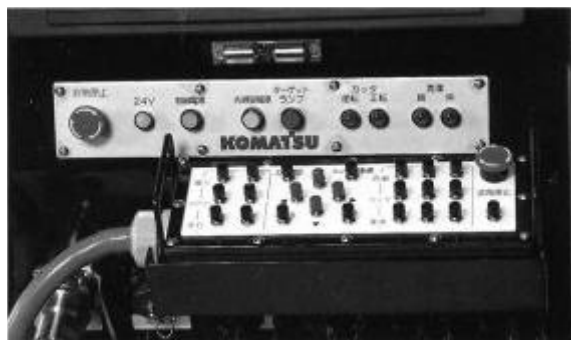
(5) レーザ計測で正確な方向・位置検出が可能

発進立坑からのレーザ光を2枚の光PSD(ポジション・センシング・デバイス)で受光し、レーザ光軸に対する「位置と姿勢角」を同時に、しかも連続的、リアルタイムに計測し、液晶画面に表示。目視ターゲット(結露防止ヒータ付)も内蔵しているので、万一の場合でも容易に対応できます。



(6) キーボタンで簡単操作

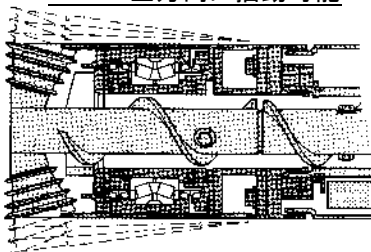
操作盤の任意のスイッチ(上・下・左・右)を押すだけで、360度任意の方向に最適な方向修正が行えます。また推進速度、カッタ回転数もスイッチ操作で変えられます。(TP40SCL・TP60S)



(7) 適切な方向修正が可能

先導体の先端部は4本の大容量シリンダで支持され、電気と油圧で制御。あらゆる方向、および任意の角度に設定ができ、的確な方向に対処することができます。揺動の方向と角度は液晶画面に表示されるため、地盤の硬さなどその時々状況に応じた最適な方向修正が行えます。

360° 全方向に揺動可能



(TP60S・TP40SCL)

(8) 先導体はマンホールでの回収もできます。

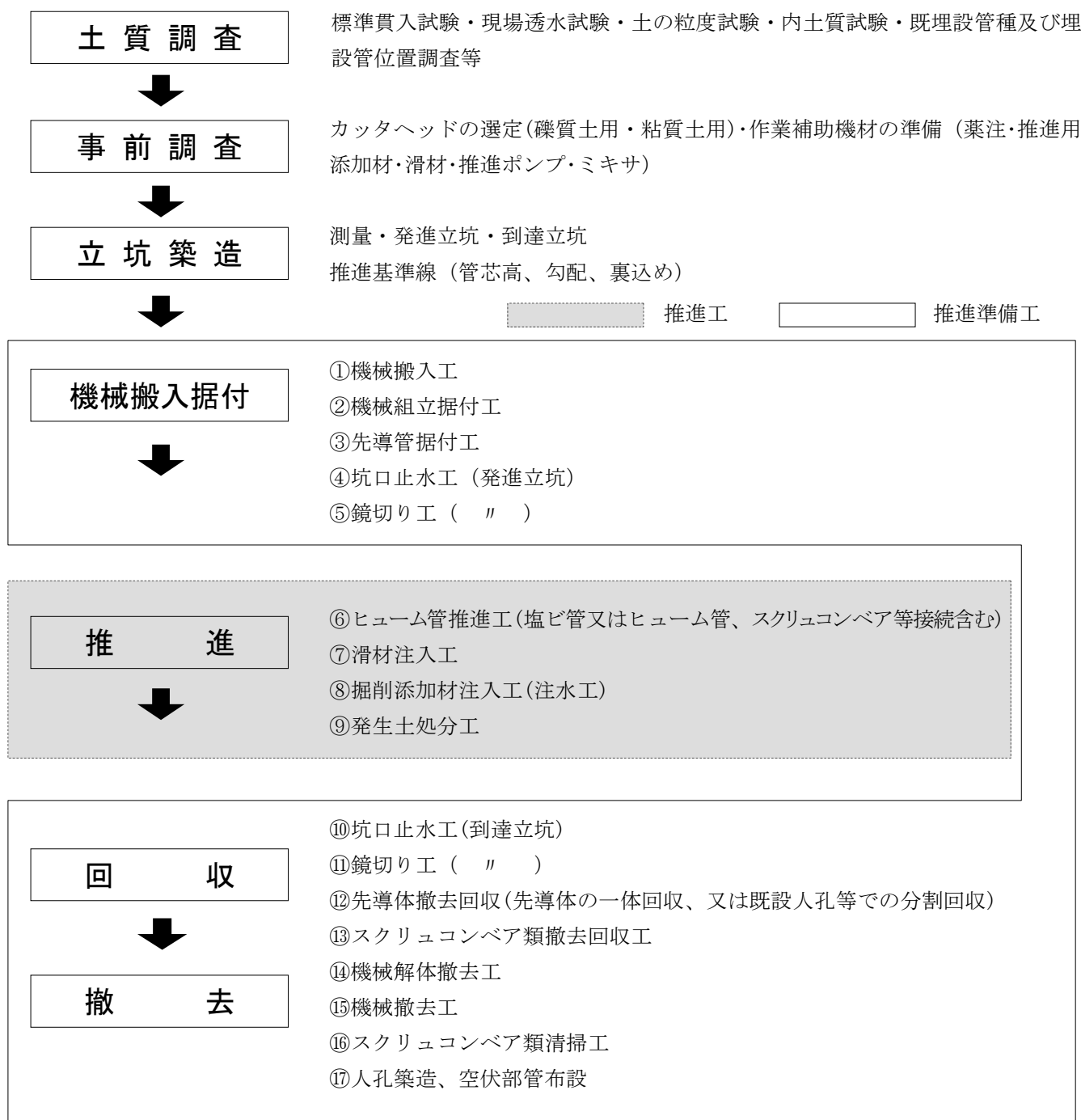
先導体は分割ができ、マンホールからの回収も可能です。

(単位: mm)

TP40SCL			TP60S			TP50S		
適用塩ビ管径 (呼び径)	適用ヒューム管径 (呼び径)	回収可能マンホール (内径寸法)	適用塩ビ管径 (呼び径)	適用ヒューム管径 (呼び径)	回収可能マンホール (内径寸法)	適用塩ビ管径 (呼び径)	適用ヒューム管径 (呼び径)	回収可能マンホール (内径寸法)
φ200～φ300	φ200	1号人孔(φ900)	φ300～φ400	φ250～φ300	1号人孔(φ900)	φ250～φ300	φ200～φ300	1号人孔(φ900)

2-2 施工順序

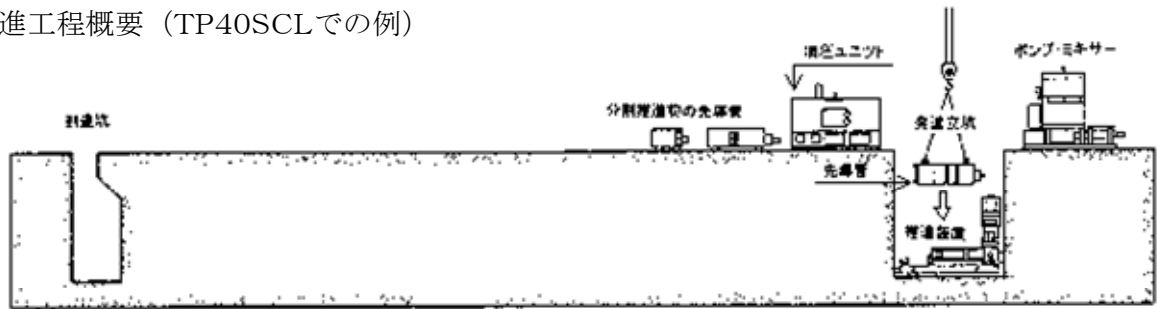
● 施工手順



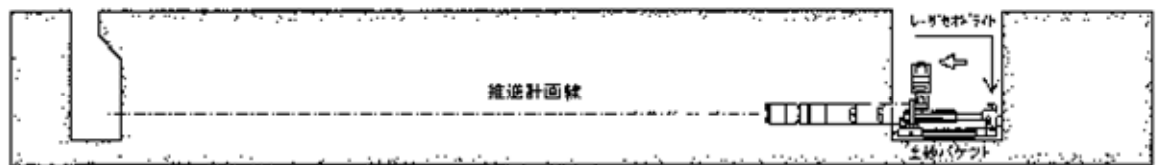
TP40SCL・TP60SとTP50Sの標準工程

工 種	内 容	日 数
準備工	立坑掘削完了後より推進開始まで	一体据付 4日
		分割据付 5日
推進工		推進延長÷日進量
方向転換	1つの立坑で2方向に推進する場合1方向推進完了後より2方向推進開始まで	一体据付 3日
		分割据付 4日
推進移設工	立坑間の移動	1日
後片付け(回収・撤去)	推進完了後より推進設備撤去・器具清掃まで(推進延長により変動します)	一体回収 3日
		分割回収 4日

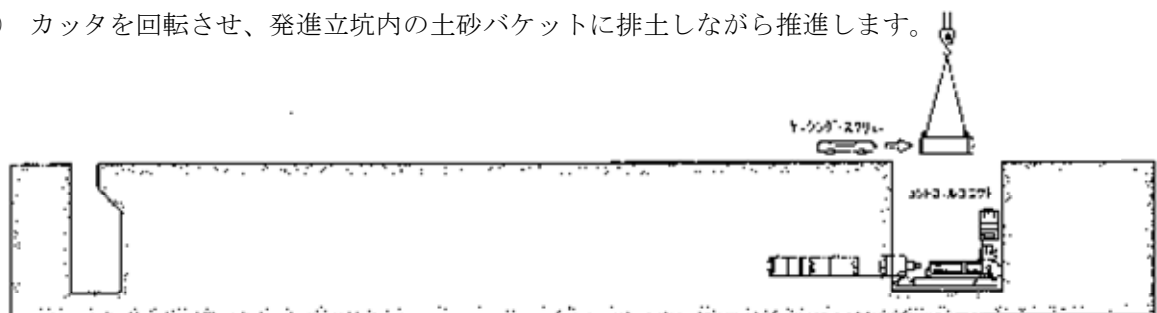
● 推進工程概要 (TP40SCLでの例)



① 推進装置と先導体をセットします。(地下水の有る地盤では止水器を取り付けます。)



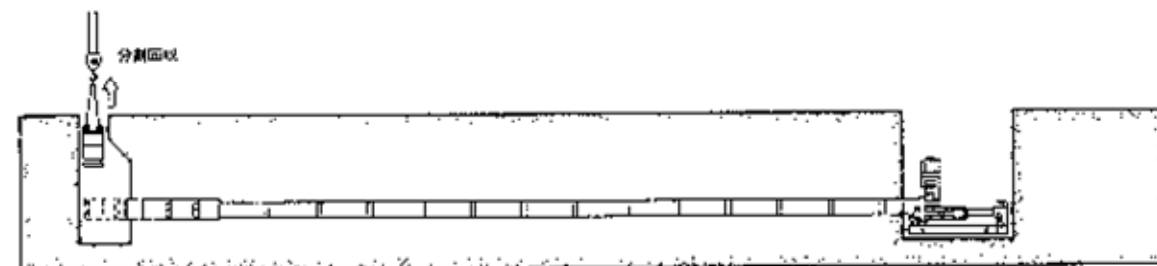
② カッタを回転させ、発進立坑内の土砂バケットに排土しながら推進します。



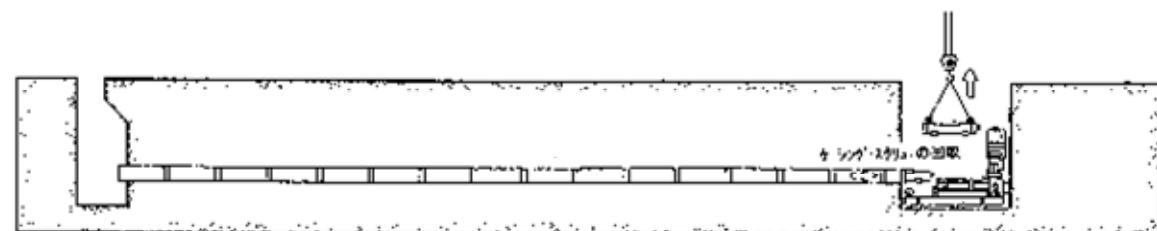
③ 駆動部を後退させ、ヒューム管・又は塩ビ管(ケーシング・スクリュを内蔵)を接続します。



④ ②～③の作業を繰り返し、コマツ独自の開発によるレーザ計測で正確な方向・位置検出がコントロールユニットにリアルタイムで表示され把握出来るので、推進計画線に沿って方向修正しながらヒューム管・又は塩ビ管を埋設し、先導体を到達坑に到達させます。



⑤ 先導体を到達坑から回収します。(到達が既設・最小寸法の場合は分割回収となります。)



⑥ ヒューム管・又は塩ビ管内のケーシング・スクリュを発進立坑側に引き抜き、順次回収します。

2-3 適用範囲

設計・技術資料や積算資料に記載の適用土質以外の、例えば、杭や流木についての施工はカッターヘッドでの施工能力や先導体の精度維持の観点から対応不可です。盛土につきましては混在している異物等や先導体の精度維持の観点から薬注併用を推奨することがあります。

(1) 土質条件

TP40SCL

適用管種 呼び径(mm)	ヒューム管	—	—	φ 200
	塩ビ管	φ 200	φ 250	φ 300
土質対応条件	土の種類	粘性土、砂質土、砂礫質土		
	最大礫径	呼び径の33%以下		
	礫率	40%以下		
	N値	0 < N ≤ 50		
	被水圧	58.8kPa (0.6kg/cm ²)		
透水係数	透水係数 ≤ 10 ⁻² cm/sec			

TP60S

適用管種 呼び径(mm)	ヒューム管	—	φ 250	φ 300
	塩ビ管	φ 300	φ 350	φ 400
土質対応条件	土の種類	粘性土、砂質土、砂礫質土、玉石、軟岩		
	最大礫径	ヒューム管	呼び径の60%以下	
		塩ビ管	呼び径の33%以下	
	礫率	60%以下		
	N値	0 < N ≤ 50		
	被水圧	別表参照		
透水係数	透水係数 ≤ 10 ⁻² cm/sec			

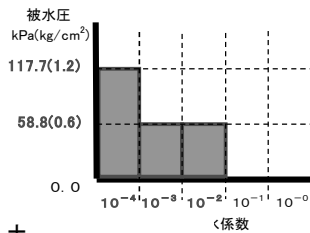
※岩盤推進の場合は、土質データを調査の上アイアンモール協会へ問い合わせ下さい。

※礫・玉石の詳しい区分は積算資料の土質区分をご確認願います。

〈別表〉 TP60S 適用被水圧地盤

1. 普通土

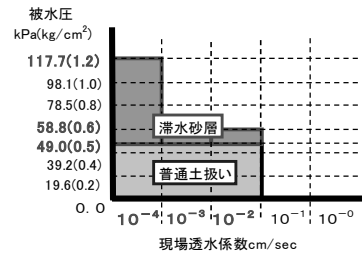
硬質土



2. 滞水砂層

1. 滞水砂層 適用水圧

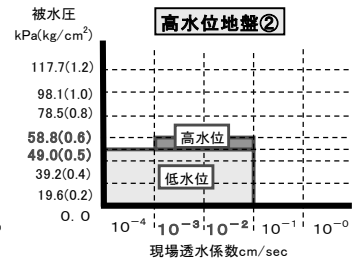
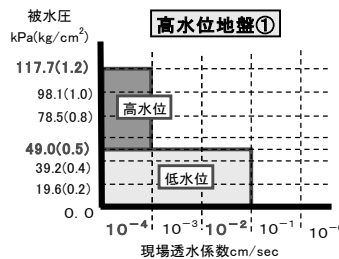
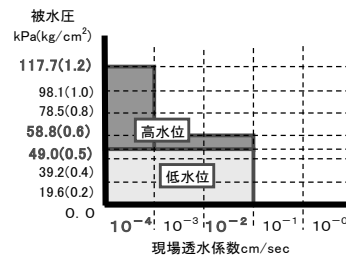
N値	0 < N < 30	原則として 大型ピン弁 と掘削添加 材で止水 排土
細粒分%	< 30	
最大礫径mm	≤ 20	
礫率%	≤ 10	



3. 礫・玉石混じり土

2. 礫・玉石混じり土 適用水圧

項目	機種	適用水圧		備考
		TP60S	TP90S	
礫・玉石混じり土	高水位地盤①	被水圧kPa (kg/cm ²)	≤ 117.7(1.2)	原則として大型ピン弁と掘削添加材で止水排土
	現場透水係数cm/sec	≤ 10 ⁻⁴		
	高水位地盤②	被水圧kPa (kg/cm ²)	58.8(0.6)	原則として大型ピン弁と掘削添加材で止水排土
	現場透水係数cm/sec	≤ 10 ⁻²		



注1) 適用範囲内でも他の条件次第では、条件付きや推奨不可の場合もありますので、アイアンモール協会にご相談下さい。
注2) 適用範囲を超える場合もアイアンモール協会にご相談下さい。

TP50S

適用管種 呼び径(mm)	ヒューム管	—	—	φ 200	φ 250	φ 300
	塩ビ管	φ 200	φ 250	φ 300	φ 350	φ 400
土質対応条件	土の種類	粘性土、砂質土				
	最大礫径	10mm				
	礫率	10%				
	N値	0 < N ≤ 50				
	被水圧	58.8kPa (0.6kg/cm ²)				
透水係数	透水係数 ≤ 10 ⁻² cm/sec					

(2) 最小土被り

推進工法における必要最小土被りは、掘削断面、土質条件、周辺の構造物や埋設物及び施工方法を考慮して、十分なものとしなければなりません。

一般に推進管の深さは立坑構築、湧水処理、作業性、将来の維持管理等から浅い方が良いが、安全な施工のためには、種々の条件を考慮して、十分な土被りを取らなければなりません。

必要な最小土被りは、一般的に1.0～1.5D(Dは推進管の外径)とされているが、1.5m以上は必要です。

また、小さい土被りとする場合には、次の項目について十分配慮しなければなりません。

- ①施工条件
- ②土質条件
- ③補助工法

① 地下埋設物及び周辺構造物

(3) 許容推進延長

【適用上の注意事項】

計画されている推進延長が『適』を超えていても土質条件等によっては施工実績もあり、施工可能な場合もありますので協会または近隣の協会員迄ご相談ください。

TP40SCL

■ 適

機種	管種・管径	土質区分		推進長			
		区分	名称	20	40	60	80
TP40SCL	200HP・ 200～300EP	普通土	粘土・砂	■	■	■	
		硬質土	土丹	■	■	■	
		礫玉石 混り土	[A]	■	■	■	
			[B]	■	■	■	
	[C]	■	■	■			

TP60S

■ 適

機種	管種・管径	土質区分		推進長			
		区分	名称	20	40	60	80
TP60S	250・300HP	普通土	粘土・砂	■	■	■	■
		硬質土	土丹	■	■	■	■
		礫玉石 混り土	[A]	■	■	■	■
			[B]	■	■	■	■
			[C]	■	■	■	■
		[D]	■	■	■	■	
	300～400EP	普通土	粘土・砂	■	■	■	■
硬質土		土丹	■	■	■	■	
礫玉石 混り土		[A]	■	■	■	■	
	[B]	■	■	■	■		
	[C]	■	■	■	■		

TP50S

■ 適

機種	管種・管径	土質区分		推進長			
		区分	名称	20	40	60	80
TP50S	250・300HP・	普通土	粘土・砂	■	■	■	
		硬質土	土丹	■	■	■	
	200～400EP	礫玉石 混り土	[A]	■	■	■	
[C]			■	■	■		

2-4 適用管種・管径

(1) TP40SCL

	管 径	管 種		管外径	φ1.8 円形ライナー 発進 (注1)		3.6×2.0 発進	
					施工可否	管長さ	施工可否	管長さ
塩	φ200	スパイラル	VP	φ216	○	1 m管	○	2 m管
		SUSカラー	VP		○	1 m管	○	2 m管
ビ	φ250	スパイラル	VP	φ267	○	1 m管	○	2 m管
		SUSカラー	VP		○	1 m管	○	2 m管
管	φ300	スパイラル	VP	φ318	○	1 m管	○	2 m管
		SUSカラー	VP		○	1 m管	○	2 m管
ヒューム管	φ200			φ318	○	1 m管	○	2 m管

注：φ1.8 ライナー立坑は作業域が狭いので、φ2.0 ライナー立坑にくらべて施工作业性が劣りますので特殊な事情（道幅が狭いなど）がない限り、φ2.0 ライナー立坑で設計するほうが望ましいです。

(2) TP60S

	管 径	管 種		管外径	φ2.0 円形ライナー 発進		3.6×2.0 発進	
					施工可否	管長さ	施工可否	管長さ
塩	φ300	スパイラル	VP	φ318	○	1 m管	○	2 m管
		SUSカラー	VP		○	1 m管	○	2 m管
ビ	φ350	スパイラル	VM	φ370	○	1 m管	○	2 m管
		SUSカラー	VM		○	1 m管	○	2 m管
管	φ400	スパイラル	VM	φ420	○	1 m管	○	2 m管
		SUSカラー	VM		○	1 m管	○	2 m管
ヒューム管	φ250			φ360	○	1 m管	○	2 m管
	φ300			φ414	○	1 m管	○	2 m管

注：1. 塩ビ管の規格につきましては、最新の規格を参照して下さい。
2. ヒューム管の規格につきましては、最新の規格を参照して下さい。

(3) TP50S

管種	管径 (mm)	管外径 (mm)	対応機種・立坑					
			TP50S(4m立坑)	TP50S(3m立坑)	TP50S(φ2.57ft立坑)	TP50S-2(4m立坑)	TP50S-2(3m立坑)	TP50S-2(φ2.57ft立坑)
			管長	管長	管長	管長	管長	管長
VP SSPS SUSR	φ200	φ216	2m管	1m管	1m管	2m管	1m管	1m管
	φ250	φ267	2m管	1m管	1m管	2m管	1m管	1m管
	φ300	φ318	2m管	1m管	1m管	2m管	1m管	1m管
	φ350	φ370	2m管	1m管	1m管	2m管	1m管	不可
	φ400	φ420	2m管	1m管	1m管	2m管	1m管	不可
HP	φ200	φ318	2m管	1m管	1m管	2m管	1m管	1m管
	φ250	φ360	2m管	1m管	1m管	2m管	1m管	不可
	φ300	φ414	2m管	1m管	1m管	2m管	1m管	不可

2-5 推進力の試算（高耐荷力方式）

小口径管推進工法高耐荷力方式の推進力算定は、下式を代用して試算します。

$$F = F_o + f_o \cdot S \cdot L \cdot \beta$$

$$F_o = \alpha \cdot (B_c / 2)^2 \cdot \pi$$

ここに、

F : 総推進力(kN)

F_o : 先端抵抗力(kN)

α : 先端抵抗係数(kN/m²) (表1参照)

B_c : 管外径(m)

f_o : 周面抵抗係数(kN/m²) (表1参照)

S : 管外周長(m)

L : 推進延長(m)

β : 推進力低減係数 (主に砂礫土用として、0.6～1.0を選定します)

(注) 土質により、滑材効果が出にくい場合もあります。

詳しくは、アイアンモール協会にご相談下さい。

★ β 値の選定目安 (TP40SCLの場合)

- | | |
|-----------------------|------------------|
| 1. 0.8～0.7 : 高水位A・B・C | 3. 0.5～0.6 : 砂質土 |
| 2. 0.7～0.6 : 低水位A・B・C | 4. 0.4～0.5 : 粘性土 |
| | 5. 0.4～0.5 : 硬質土 |
- (滑材として、グラベルパイクコート使用) (滑材として、パイクコート使用)

★ β 値の選定目安 (TP60Sの場合)

- | | |
|----------------------------|------------------|
| 1. 0.9～0.8 : 高水位B・C・D | 4. 0.5～0.6 : 砂質土 |
| 2. 0.8～0.7 : 低水位B・C・D、高水位A | 5. 0.5～0.6 : 砂質土 |
| 3. 0.7～0.6 : 低水位A | 6. 0.4～0.5 : 硬質土 |
- (滑材として、グラベルパイクコート使用) (滑材として、パイクコート使用)

表1 土質別 α 、 f_o 値(kN/m²)

	砂質土、粘性土	砂礫土	硬質土
α	1,200	1,750	1,500
f_o	3.0	4.5	2.5

2-6 推進力の試算（低耐荷力方式）

小口径管推進工法低耐荷力方式の推進力算定は、下式を代用して試算します。

$$F = F_0 + f_0 \cdot S \cdot L \cdot \beta$$

$$F_0 = \alpha \cdot (Bc / 2)^2 \cdot \pi$$

ここに、

F : 総推進力 (kN)

F_0 : 先端抵抗 (kN)

α : 先端抵抗係数 (kN/m²) (表 2 参照)

Bc : 管外径 (m)

f_0 : 周面抵抗係数 (kN/m²) (表 2 参照)

S : 管外周長 (m)

L : 推進延長 (m)

β : 推進力低減係数 (主に砂礫土用として、0.8～1.0を選定します)

(注) 土質により、滑材効果が出にくい場合もあります。

詳しくは、アイアンモール協会にご相談下さい。

表 2 α 及び f_0 値 (kN/m²) (参考)

	粘性土	砂質土	砂礫土
α	1,000	1,000	1,000
f_0	2.0	2.5	2.8

ケーシングに伝達される先端抵抗は一般に考慮せず、 $F_0 = 0$ として求めます。

2-7 適用推進管

適用塩ビ推進管（VP）

塩ビ推進管の規格は、(社)日本下水道協会規格（J S W A S K - 6）がある。

1. 下水道推進工法用硬質塩化ビニル管、J S W A S K - 6（呼び径 150～450）（抜粋）

1-1. 種類

直管の種類は、表-1とします。

表-1. 直管の種類

種類	略号	呼び径範囲	接合方式	参考（管厚区分）
スパイラル継手付直管	S S P S	150～450	接着	VP又はVM
S U S カラー付直管	S U S R	150～450	ゴム輪	VP又はVM

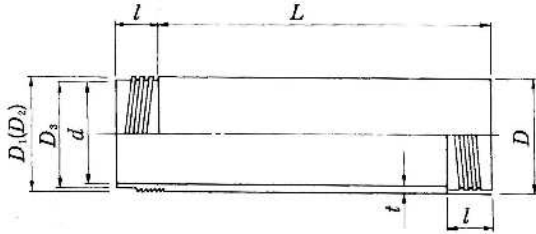
【備考】 1. スパイラル継手付直管の接合は、継手部に充填系接合剤を塗布して、ねじ込み接合する。
2. S U S カラー付直管の接合は、シール材及びカラー内面に滑剤を塗布して、挿入接合する。

1-2. 形状と寸法 (最新版の下水道推進工法用硬質塩化ビニル管、J SWAS K-6 規格を参照下さい)

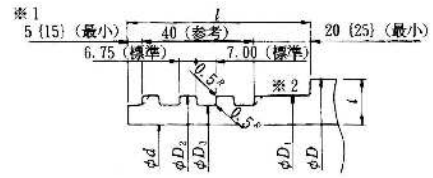
(1) スパイラル継手付直管 (全土質に適用) : 継手部段差なし

接着形スパイラル継手付直管 (略号SSPS)

標準管



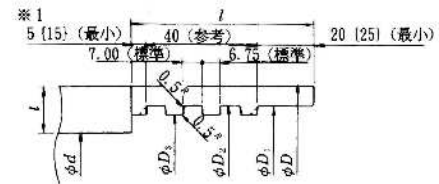
継手差し口部詳細図



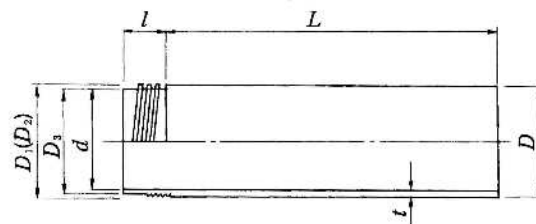
先頭管



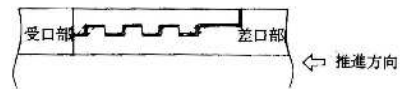
継手受口部詳細図



最終管



接続部参考図



[] は呼び径350~450の寸法を示す。

※1 は差し口先端部が受口最奥部に当たる寸法にて加工すること。
 ※2 には溝加工等を施すこともできる。

(単位: mm)

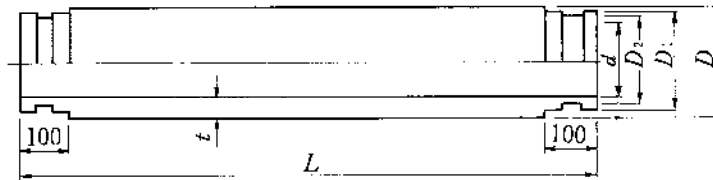
呼び径		D	D ₁	D ₂	D ₃	d (参考)	l	t	L
200	受口部	216±0.7	208.2±0.3	208.0±0.3	203.0±0.3	194	64±1	10.3 ^{+1.4} ₀	1000±3 2000±5
	差し口部		207.6±0.3	207.2±0.3	202.2±0.3		65 ⁺¹ ₀		
250	受口部	267±0.9	258.6±0.4	258.6±0.4	251.0±0.4	240	64±1	12.7 ^{+1.8} ₀	
	差し口部		257.8±0.4	257.4±0.4	250.2±0.4		65 ⁺¹ ₀		
300	受口部	318±1.0	307.8±0.4	307.8±0.4	299.0±0.4	286	64±1	15.1 ^{+2.2} ₀	
	差し口部		307.0±0.4	306.6±0.4	298.2±0.4		65 ⁺¹ ₀		
350	受口部	370±1.2	362.5±0.5	362.4±0.5	353.8±0.5	339	79±1	14.3 ^{+2.0} ₀	
	差し口部		361.5±0.5	361.0±0.5	352.4±0.5		80 ⁺¹ ₀		
400	受口部	420±1.3	411.6±0.5	411.5±0.5	401.9±0.5	385	79±1	16.2 ^{+2.2} ₀	
	差し口部		410.6±0.5	410.1±0.5	400.5±0.5		80 ⁺¹ ₀		

- (注) 1. D、D₁、D₂ 及び D₃ は、任意箇所における相互に等間隔な2方向以上の直径測定値をいう。
 2. 先頭管とは先導体に接続する管で、最終管とは推進時の最後に使用する管である。また、標準管とはその間の推進時に使用する管をいう。
 3. 差し口先端部は、糸面取りとする。

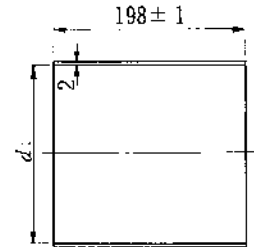
(2) SUSカラー付直管（全土質に適用）：継手部段差なし

SUSカラー付直管（略号SUSR）

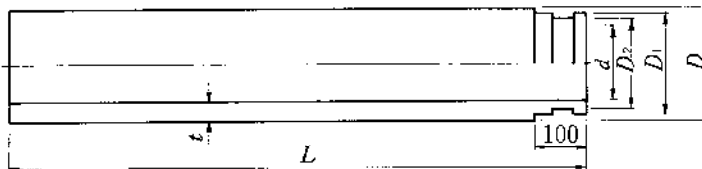
標準管



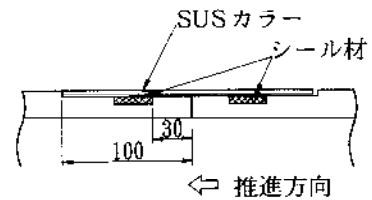
SUSカラー詳細図



先頭管及び最終管



接続部参考図



(単位：mm)

呼び径	D	D_1	D_2	d (参考)	d_1	t	L
200	216 ± 0.7	$211^{+0.6}_{-0.3}$	$205^{+0.6}_{-0.3}$	194	212.3 ± 0.5	$10.3^{+1.4}_0$	1000±3 2000±5
250	267 ± 0.9	$262^{+0.6}_{-0.3}$	$256^{+0.6}_{-0.3}$	240	263.3 ± 0.5	$12.7^{+1.8}_0$	
300	318 ± 1.0	$313^{+0.6}_{-0.3}$	$307^{+0.6}_{-0.3}$	286	314.3 ± 0.5	$15.1^{+2.2}_0$	
350	370 ± 1.2	$365^{+1.0}_{-0.5}$	$359^{+1.0}_{-0.5}$	339	366.7 ± 0.5	$14.3^{+2.0}_0$	
400	420 ± 1.3	$415^{+1.0}_{-0.5}$	$409^{+1.0}_{-0.5}$	388	416.7 ± 0.5	$16.2^{+2.2}_0$	

- (注) 1. D 、 D_1 、及び D_2 は、任意箇所における相互に等間隔な2方向以上の直径測定値をいう。
 2. 先頭管とは先導体に接続する管で、最終管とは推進時の最後に使用する管である。また、標準管とはその間の推進時に使用する管をいう。
 3. 差し口先端部は、糸面取りとする。
 4. シール材の形状及びシール材周辺部の形状は、規定しない。

1-3. 直管の許容推進耐荷力

直管の許容推進耐荷力は、下記式により求めます。その計算結果を表-2に示します。

$$Fa = \sigma_b \cdot Ae$$

ここに、

Fa : 直管の許容推進耐荷力 (kN)

σ_b : 直管の許容圧縮強さ (圧縮強さは 64.7MPa であるが形状因子及び施工上の安全を考慮し、32.4MPa とします)

Ae : 直管の有効断面積 (m²) (表-2による)

表-2 直管の許容推進耐荷力

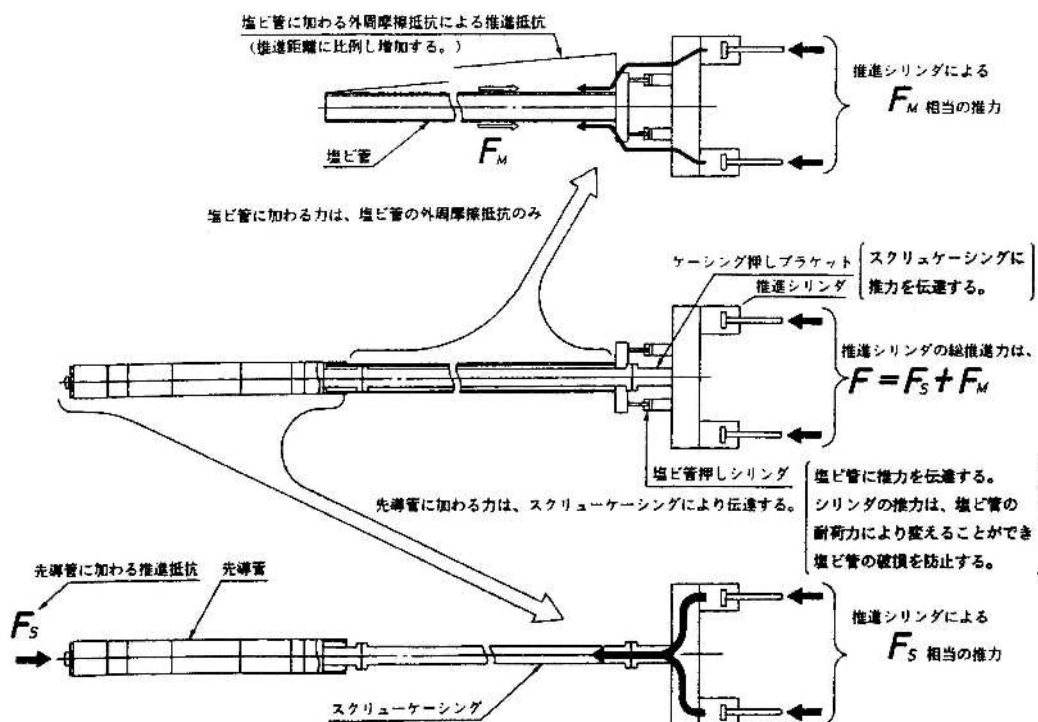
呼び径	スパイラル継手付直管・SUSカラー付直管	
	直管の許容推進耐荷力 (kN)	直管の有効断面積 (m ²)
200	111.6	0.00345
250	204.1	0.00631
300	322.2	0.00996
350	347.7	0.01075
400	476.1	0.01472

1-4. 「低耐荷力推進方式」のしくみ

「低耐荷力推進方式」は、主たる推進力 (F_s) を管内に挿入されたケーシング等を介した掘進機の先導体に採用させ、管には外周摩擦抵抗を排除するのに必要な推進力 (F_M) だけを負担させる方式であるため、硬質塩化ビニル管が安全に推進できます。

※TP40SCL・TP60S・TP50Sによる塩ビ管推進のしくみ

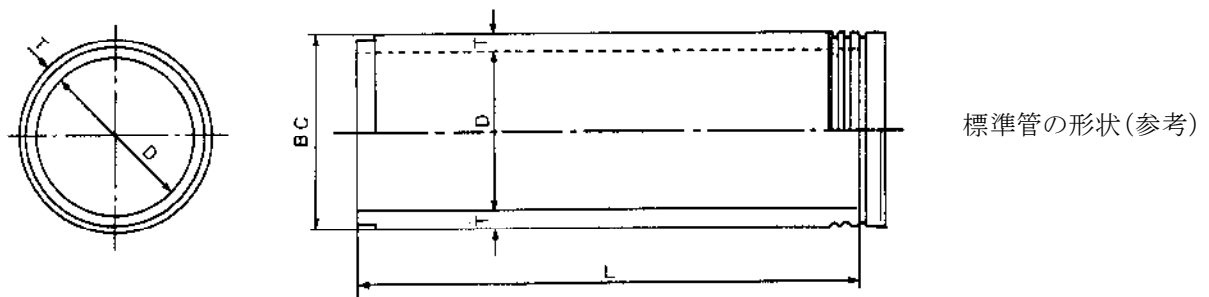
掘進時に加わる力を分離する方式です。



1-5. ヒューム管の許容耐荷力（有効長1m管の場合）

呼び径 D (mm)	有効断面積 A (mm ²)	許容耐荷力		厚さ T (mm)	有効長 L (m)	重量 W:kN/m	管外径 Bc (m)
		Fa:kN 50N/mm ²	Fa:kN[tf] 70N/mm ²				
200	0.03693	480	646	59	1.0	1.15	0.318
250	0.04011	521	702	55	1.0	1.26	0.360
300	0.04939	642	864	57	1.0	1.53	0.414

*埋込カラー形小口径推進管（呼び径φ200～700）JSWAS A-6

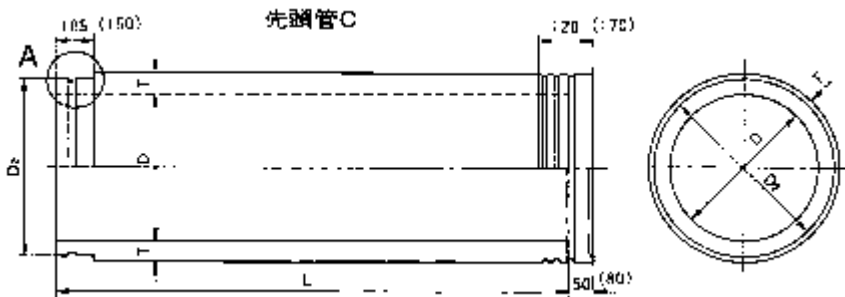


注) 最初の1本目は、先頭管を使用します。（但し、TP60Sの先導体機番のNo.1101以降は、先頭管は使用しません。）

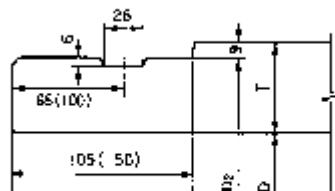
●先頭管C

先頭管Cは既存の先導体（T形カラー用）との接続用。

※最初の1本目は、先頭管を使用します。（但し、TP60Sの先導体機番No.1101以降は、先頭管を使用しません。）



A部詳細



単位:mm

呼び径	内径 D	D2	厚さ T	有効長L	
				先頭管C	参考質量(kg) 先頭管C
200	200	300	59	1940	236
250	250	342	55		260
300	300	396	57		315

注：先頭管有効長は、1,000mmとすることができる。

注：()内は、呼び径600、700の場合。

***管の種類**

管の種類は、本体形状によって標準管及び短管A、Bに、コンクリートの圧縮強度によって50及び70に、また、外圧強さによって1種及び2種に、継手性能によってSJS、SJA及びSJBに区分し、表-3のとおりとする。

表-3 管の種類

形状	種類			種類の記号	呼び径の範囲
	外圧強さ	圧縮強度	継手性能		
標準管	1種	50	SJS SJA SJB	X51	200~700
		70		X71	
2種	50	X52			
	70	X72			
短管A	1種	50		X-A51	
	2種	50		X-A52	
短管B	1種	50	X-B51		
	2種	50	X-B52		

- 注) 1. 呼び径200~300の管の有効長は1000mmとすることができる。
 2. 標準管の形状はカラーなしとすることができます。
 3. 種類の記号のXは、継手性能のSJS、SJA及びSJBのいずれかを示す。
 4. 継手とは、受け口及び差し口を組み合わせたものをいう。
 5. X71には、軸方向に異形棒鋼を配筋する。

2-8 先導体と鋼管の組合せ表

■TP60Sによる鋼管押し組合せ表

(単位 mm)

先導体		鋼管		先導体との 外径差(mm)	土質別適用可否(参考)		(参考) ヒューム管外径
呼び径	外径	呼び径	外径		一般土質	粘性土	
250	387	350A	355.6	-31.4	▲	▲	φ360
300	428	400A	406.4	-21.6	▲	▲	φ414

- (注1) 上記判定は、先導体外径と鋼管外径との差により、管理設精度の低下、推力の異常上昇等の経験値から先導体外径に対して鋼管外径が、一般土質に於ては、0~-35mm以内、軟弱地盤(粘性土)層は+20~-33mm以内を目安としてあります。
 余掘量が鋼管外径より直径で20mm程度以上大きい先導体を使用する場合(▲印)、施工は可能ですが地盤の弛みの恐れがありますので、遅効性滑材等で地盤の弛み防止を図る必要があります。
 アイアンモール協会にご相談下さい。
 (注2) 鋼管押しの場合下記部品が必要です。
 ① 先導体後部鋼管用アダプタ(ヒューム管用シール含む)
 ② ケーシングフット
 ③ 押し板部管受けブラケット
 ④ 管受け高さ調整用スペーサ
 ⑤ 外筒厚さ調整鋼管等
 ● 溶接時にホース・ケーブル類が損傷しないよう石綿・アルミホイル等準備して下さい。
 ● 鋼管内に溶接煙が漂うと施工計測が出来ないので除去対策が必要です。
 (注3) 鋼管推進の場合、管芯高は溶接の作業性を考慮して決定して下さい

2-9 レジンコンクリート管への対応表

機種	先導体		ヒューム管 管 外径	レジンコンクリート管径									先頭管*1	備考
				RS			RM			RT				
	呼び径*3	外径		適否	呼び径	外径	適否	呼び径	外径	適否	呼び径	外径		
TP40SCL	200HP	335	318	○	250	310	---	---	---	---	---	---	×	
TP60S	250HP	387	360	○	300	360	○	290	360	○	250	360	△	注2参照
	300HP	428	414	○	350	414	○	340	414	○	300	414	△	注2参照

- 注1) 先導体と推進管の接続は以下の通り
 先頭管あり(○): 鋼製カラーにて接続
 先頭管なし(×): 推進管を直接接続
 先頭管なしの場合は標準管を追加工にて対応
 注2) TP60Sについては、号機により標準管、先頭管使用の場合がある
 注3) 使用する先導体はヒューム管呼び径で対応(積算も同一)

3 アイアンモール工法の仕様

TP40SCL

TP60S

TP50S

3-1 TP40SCLの構造と機能

小さい立坑から推進ができ地上の占有面積は小さく、狭い場所でも作業ができます。

(1) 先導体

● 軟弱土から硬土質、礫層まで対応

粘性土用カッタヘッド、およびディスクカッタ付の礫用カッタヘッドを用意。粘性土から硬質土まで $0 < N \leq 50$ の幅広い土質に対応します。礫用カッタヘッドの使用、大きなカッタヘッドトルク、カッタヘッド回転部のベアリング支持構造等により礫破碎効率が良く、礫層での掘削性に優れています。



礫用カッタヘッド



粘性土用カッタヘッド

(2) スペースの限られた現場でも推進可能

● $\phi 1.8$ mライナープレートから推進 (片発進・止水器なしの場合)

$\phi 1.8$ mライナープレートより1 m管を推進でき、狭い現場でも効率的に推進が行えます。推進装置はスリムな設計で、またコントロールユニットは推進装置の上に置くことができるため、立坑内での作業は容易です。



● 小さい占有面積

スクリュ排土方式により地上設備が少なく、油圧ユニットはジェネレータの不要なエンジン駆動方式のため、地上の占有面積は小さく、狭い場所でも作業できます。

(3) よりスピーディーな推進を実現

● 1 工程工法により推進作業をスピードアップ

ロングジャッキを採用。反力を反力プレートに差し込んだピンで受け、2ストロークで埋設管を1本推進。押し・引きともジャッキスピードをアップし、クラス最大の推進力・カッタトルクにより効率的な推進を実現しました。

● 塩ビ管をムリなく推進

先導管の推進抵抗はケーシングに伝達されるため、塩ビ管にかかる負荷 (推進力) は、周辺摩擦のみとなり、損傷が防止されます。また、推進ジャッキスピードはこのクラス最速で、迅速かつ安全な推進が可能です。

(4) 推進装置の上に置けるコントロールユニット

●表示・操作の電気系統を集約

表示・操作の電気系統の集約化、および、液晶表示方式(LCD)の採用により、コントロールユニットを大幅に軽量・コンパクト化したので、推進装置の上に設置できます。また、操作盤は取り外せ、リモコンとして遠隔操作が可能です。

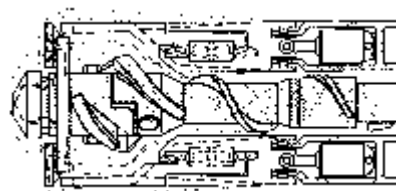
(5) 方向修正は簡単かつ的確

●キーボタンで簡単操作

操作盤の任意のスイッチ(上・下・左・右)を押すだけで、360度任意の方向に最適な方向修正が行えます。また推進速度、カッタ回転数もスイッチ操作で変えられます。

●適切な方向修正が可能

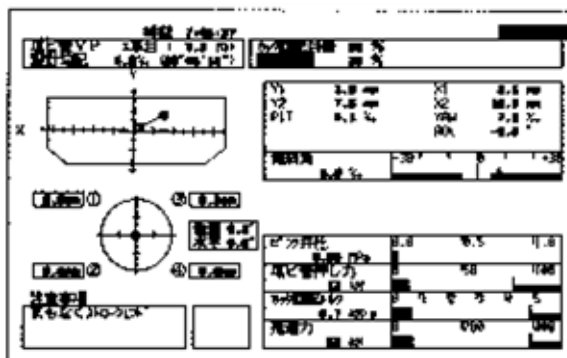
先端体の先端部は4本の大容量シリンダで支持され、電気と油圧で制御。あらゆる方向、および任意の角度に設定でき、的確な方向に対処することができます。しかも、揺動の方向と角度は液晶画面に表示されるため、地盤の硬さなどその時々状況に応じた最適な方向修正が行えます。



(6) ひと目でわかる推進状況

●カラー液晶表示方式により推進データを集中管理

大型の見やすいカラー液晶画面(LCD)に、各種推進データをグラフィックならびに数値で表示され、ひと目で推進状況が分かり、地山の変化などその時々状況に応じた対応が迅速に行えます。



表示項目 ・埋設管の通算推進本数、推進距離 ・設計勾配のインプットにより角度表示
・傾斜角、揺動方向・揺動量(グラフィック表示) ・先端体の姿勢角<PIT, YAW, ROL>、現在位置、先端体揺動中心位置(数値表示) ・ピンチ弁圧、塩ビ管押し力、カッタ回転トルク、推進力

●ミスを防ぎ、確実な施工をサポート

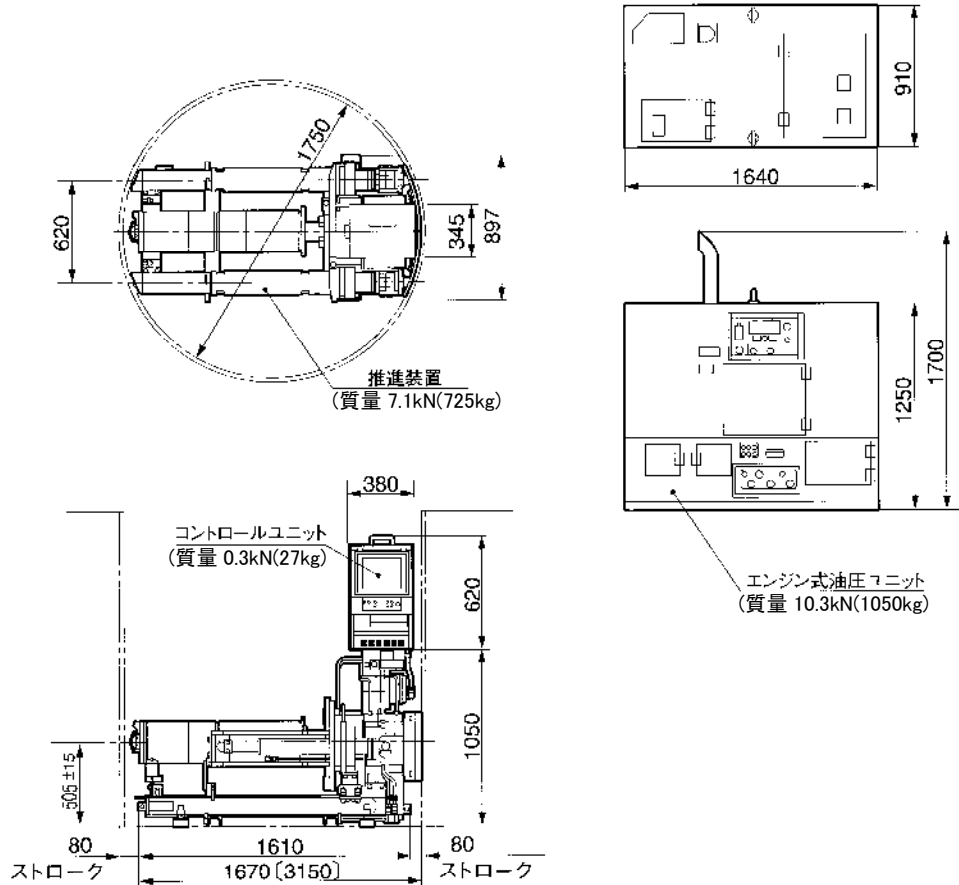
警告アドバイス機能により常に施工状態を監視し、万一の不具合発生時には速やかに警告。さらに、メニューウインドウ画面を検索すると、不具合の原因および対策案が表示されるので、迅速な対応が可能になりました。

●施工履歴をメニューウインドウ画面で検索

推進状況のデータは、センサーとコンピュータで自動計測・演算処理。メニューウインドウ画面の検索により、リアルタイムで施工履歴(位置・姿勢角・垂直および水平の揺動量、ピンチ弁圧、カッタ回転トルク、推進力など)をグラフおよび表により、14パターンまで表示します。

3-2 機械寸法と仕様

●外形図



[]内数値は2m管推進時

●仕様

適用管種呼び径 (mm)		塩ビ管			
		φ 200	φ 250	φ 300	
システム	工法	泥土圧オーガ方式1工程			
	排土方式	スクリュ排土			
	適用管長	1m(2mはオプション)			
	推進距離※1	50~70m程度(土質による)			
	適用土質※1	土の種類	粘性土、砂質土、砂礫質土(礫径・管径の33%以下、礫率40%以下)		
		N値	0 < N ≤ 50		
	発進立坑※2	被水圧	58.8kPa(0.6kgf/cm ²)以下		
		鋼矢板(内寸)	2000×2000mm(1m管)		
			3600×2000mm(2m管)		
	一体回収※3	ライナー	φ1800mm(1m管)		
ライナー		φ2500mm以上※4			
推進装置	推進ジャッキ	推進力/引戻力	392/147kN[40/15ton]		
		速度(押し)	1650mm/min		
		速度(引き)	2390mm/min		
		ストローク	530mm(1m管)		
	1250mm(2m管)				
	塩ビ管押し	ストローク	90mm		
調整ジャッキ	ストローク	130mm			
適用管種呼び径 (mm)		φ 200	φ 250	φ 300	
推進装置	スクリュ駆動	出力軸トルク 4900Nm[500kg-m]			
	回転速度	0~40rpm			
コントロールユニット	電源	油圧ユニットより供給			
	表示方式	カラー液晶			
	操作方法	スイッチによる操作			
油圧ユニット	表示内容	現在位置、先導管揺動部中心位置、ピッチング角、ヨーイング角、揺動方向等			
	方式	エンジン駆動方式			
	名称	コマツ 4D88E			
	形式	水冷4サイクル直接噴射式			
先導体	定格出力	24kW[32PS]/2000rpm			
	騒音	67dB(A)(周囲7m)			
先導体	寸法(外径×全長)	φ244.5×2450mm	φ290×2465mm	φ335×2465mm	
	質量 kN(kg)	3.8(388)	5.2(527)	6.2(627)	
	揺動(方向修正)	方向	全方向		
		角度	上下左右:2° 斜め:1.4°		
	位置計測	2枚の PSD(レーザーターゲット)			
	止水	ピンチ弁			

単位は、国際単位系によるSI単位表示。[]内の非SI単位は参考値です。

●その他、異種管施工時には、別のアタッチメントが必要となります。

●2m管推進の場合は、専用キット(オプション)が必要となります。

●本仕様は改良のため、予告なく変更することがありますので、ご了承ください。

●本機をご利用される際の注意事項の詳細は取扱説明書をご覧ください。

●本機および本機による工法の工業所有権は、コマツが所有します。

※1. 推進距離は土質、管材により異なります。本適用土質、推進距離を越える場合でも、施工可能となる場合がありますので、ご相談ください。

※2. 止水器を取付ける場合、及び両発進・両到達の場合は、ご相談ください。

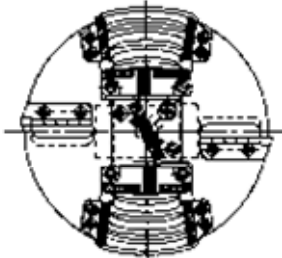


※3. 先導管と底盤(インパート)面との間は300mm以上の空間が必要です。

※4. カッターヘッド部は分割する必要があります。

3-3 カッタヘッドの選定

(1) 土質に適したカッタヘッドを選定

カッタヘッドの種類		特 徴
礫質土 (ディスクカッタ)		ディスクカッタの強力な破砕力により大径礫混じりの砂礫層及び礫質土を推進できます。ディスクカッタはTBMや礫層シールドマシンで豊富な使用実績があり、大径礫も容易に破砕し推進することができます。ディスクカッタの機能は、 1. 礫の破砕 2. 破砕した礫の取り込み 3. ビット及び面盤の保護 があり、各々の機能が最も効果的に発揮します。
カッタオープンヘッド	滞水砂質用 (カッタビット)	カッタヘッド前面に一定配列した耐磨耗性のあるカッタビットにより砂及び滞水砂質土を効率よく推進できます。取り込み過ぎによる切羽崩壊を防止する取り込み過ぎ防止面盤の採用により、滞水砂質土、シルトをスムーズに推進できます。
	固結シルト、粘土用 (カッタビット)	カッタヘッド前面に断続配列したツールビットにより高N値のシルト、粘土を大きく開口した前面より取り込み効率よく推進します。

礫質土用 (ディスクカッタ)	オープンカッタヘッド	
	滞水砂質土用 (カッタビット)	固結シルト、粘土用 (カッタビット)
		

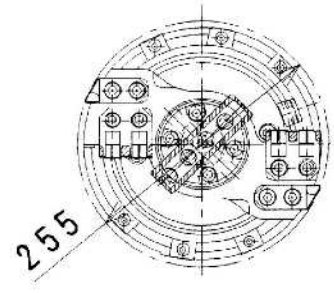
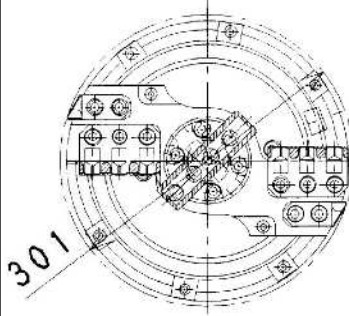
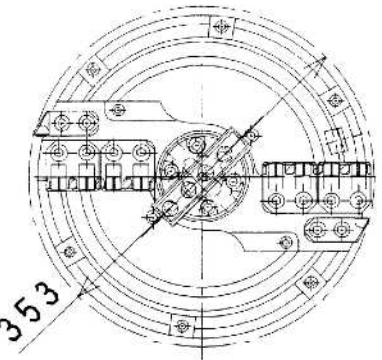
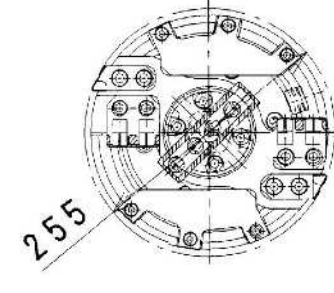
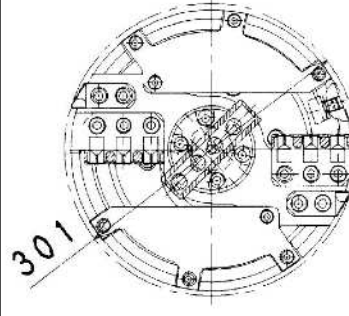
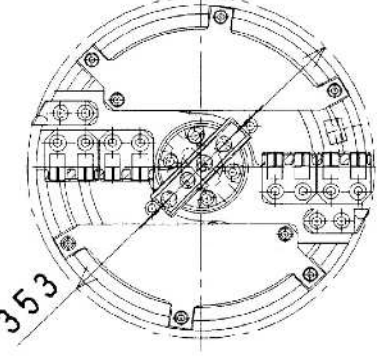
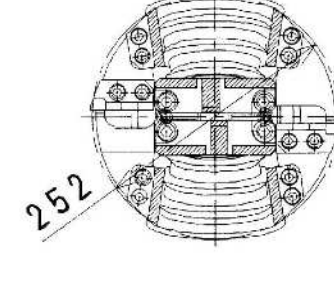
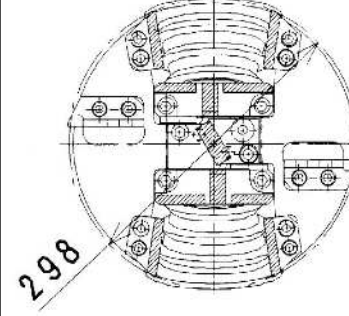
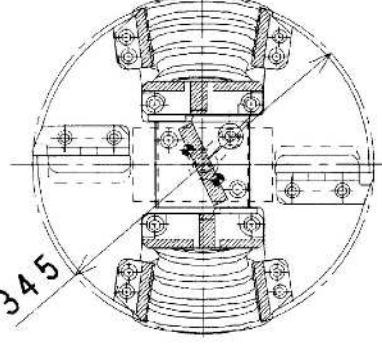
砂質土用カッタヘッドは、粘土用カッタヘッドに崩落防止プレートを装着し、面盤開口を制限します。カッタビットによる掘削外径は、先導体外径より5mmオーバーカットしています。

(2) カッタヘッドの土質条件

カッタヘッドの種類	土質条件	土質	粘性土シルト	砂、砂質土	固結シルト、粘土	礫、玉石混じり土
	N値		$0 < N < 30$	$0 < N \leq 50$	$30 \leq N \leq 50$	
礫質土用(ディスクカッタ)			△	△	○	◎
普通土、粘質土(開ロー小)			◎	◎	△	—
固形シルト、粘土用(ツールビット)			○	○	◎	—

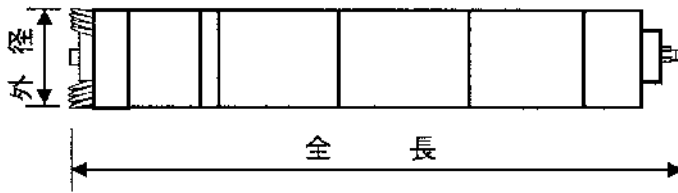
◎：適合する ○：原則として適合する △：検討を要する —：原則として適合しない

(3) カッタヘッドの掘削径 (ビット先端径)

	φ 200 塩ビ	φ 250 塩ビ	φ 300 塩ビ / φ 200 ヒューム
粘土用			
砂用			
礫用			
備考	砂用カッタヘッドは、粘土用カッタヘッドに山留めプレートをボルトにて取り付けます。	砂用カッタヘッドは、粘土用カッタヘッドに山留めプレートをボルトにて取り付けます。	砂用カッタヘッドは、粘土用カッタヘッドに山留めプレートをボルトにて取り付けます。

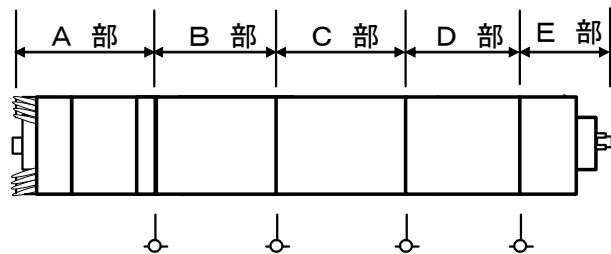
3-4 先導体の分割寸法および重量

(1) 一体回収時の寸法および重量



管種	カッターヘッドの種類	外径	全長 (mm)	重量 kN(kg)
φ 200 塩ビ	砂、粘土用	φ 244.5	2,450	3.7(375)
	礫用	φ 244.5	2,450	3.8(388)
φ 250 塩ビ	砂、粘土用	φ 290	2,465	5.1(515)
	礫用	φ 290	2,471	5.2(527)
φ 300 塩ビ	砂、粘土用	φ 335	2,465	6.0(611)
φ 200 ヒューム	礫用	φ 335	2,471	6.2(627)

(2) 分割回収の寸法および重量

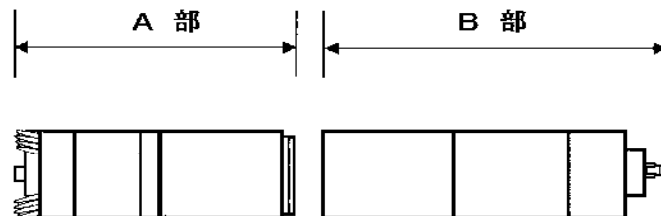


分割順に、A部、B部、C部、D部、E部 となっています。

5分割回収時の寸法、重量（カプラ突出部の長さを含む内訳スクリュは含みません）

管種	管外径	項目	A	B	C	D	E
			揺動外筒部	コントローラ部	ピンチ弁部	ターゲット部	後端部
φ 200 塩ビ	φ 244.5	長さ (mm)	579.5	645.5	649.5	496.5	374.5
		重量 kN (kg)	0.9(96)	0.9(96)	0.7(68)	0.5(51)	0.3(32)
φ 250 塩ビ	φ 290	長さ (mm)	594.5	645.5	649.5	502	374.5
		重量 kN (kg)	1.3(137)	1.2(125)	1.0(99)	0.8(83)	0.4(44)
φ 300 塩ビ	φ 335	長さ (mm)	600.5	645.5	649.5	502	374.5
φ 200 ヒューム		重量 kN (kg)	1.6(165)	1.4(142)	1.2(123)	0.9(94)	0.5(53)

(3) 2分割回収の寸法および重量



管種	先導管外径	項目	A	B
			揺動外筒部 コントローラ部	ピンチ弁部 ターゲット部 後端部
φ 200 塩ビ	φ 244.5	長さ (mm)	1,122	1,333
		重量 kN(kg)	2.0(201)	1.5(151)
φ 250 塩ビ	φ 290	長さ (mm)	1,137	1,333
		重量 kN(kg)	2.7(271)	2.2(226)
φ 300 塩ビ	φ 335	長さ (mm)	1,143	1,333
φ 200 ヒューム		重量 kN(kg)	3.1(316)	2.7(270)

3-5 TP60Sの構造と機能

新型カッタヘッドで礫・玉石層への対応能力がさらにアップしました。

(1) 先導管

● 芯抜きカッタヘッドにより礫・玉石への対応能力がアップ

新開発の芯抜きカッタヘッドの採用により、切羽前面をくまなくディスクカッタがカバー。礫・玉石層での掘削能力を大幅にアップしました。礫用カッタヘッドの使用、大きなカッタヘッドトルク、カッタヘッド回転部のベアリング支持構造等により礫破碎効率がよく、砂礫・玉石層での掘削性能に優れています。また、カッタヘッドは、礫用カッタヘッドだけでなく、粘性土用カッタヘッドも用意。粘性土から砂礫・玉石層まで $0 < N \leq 50$ の幅広い土質に対応します。



礫用カッタヘッド
(芯抜きタイプ)



粘性土用カッタヘッド

※岩盤推進の場合は、土質データを調査の上アイアンモール協会に問い合わせ下さい。

(2) スペースの限られた現場でも推進可能

● $\phi 2$ mライナープレートから推進

$\phi 2$ mライナープレートより1 m管を推進でき、狭い現場でも効率的に推進が行えます。推進装置はスリムな設計で、またコントロールユニットは推進装置の上に置くことができるため、立坑内での作業が容易です。

● 小さい地上占有面積

スクリュ排土方式により地上設備に少なく、油圧ユニットはジェネレータの不要なエンジン駆動方式のため、地上の占有面積は小さく、狭い場所でも作業できます。

(3) スピーディーな推進で工期短縮

● 推進作業をスピードアップ

クラス最大の推進力とカッタトルクを誇り、ロングジャッキ採用による押し・引き両方のジャッキスピードアップとあいまって効率的な推進を実現しました。反力を反カプレートに差し込んだピンで受け、埋設管を推進します。

● 塩ビ管推進も可能

低耐荷力方式により、塩ビ管を効率よく推進できます。(塩ビ管推進キットはオプション)

● TP40SCLの先導体も推進可能

TP60Sの推進架台でTP40SCLの先導体 ($\phi 200 \sim 300$) の推進も可能です。塩ビ管推進の適用範囲がさらに広がります。(塩ビ管推進キット、TP40SCL推進キットはオプション)

(4) 推進装置の上に置けるコントロールユニット

●表示・操作の電気系統を集約

表示・操作の電気系統の集約化、および、液晶表示方式(LCD)の採用により、コントロールユニットを大幅に軽量・コンパクト化したので、推進装置の上に設置できます。また、操作盤は取り外せ、リモコンとして遠隔操作が可能です。



コントロールユニット



リモコン

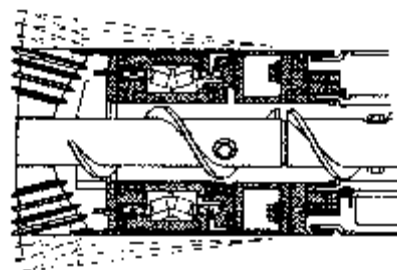
(5) 方向修正は簡単かつ的確

●キーボタンで簡単操作

操作盤の任意のスイッチ(上・下・左・右)を押すだけで、360度任意の方向に最適な方向修正が行えます。また推進速度、カッタ回転数もスイッチ操作で変えられます。

●適切な方向修正が可能

先導体の先端部は4本の大容量シリンダで支持され、電気と油圧で制御。あらゆる方向、および任意の角度に設定でき、的確な方向に対処することができます。しかも、揺動の方向と角度は液晶画面に表示されるため、地盤の硬さなどその時々状況に応じた最適な方向修正が行えます。



(6) 推進状況は液晶画面で一目瞭然

●カラー液晶表示により推進データを集中管理

大型の見やすいカラー液晶画面(LCD)に、各種推進データをグラフィックならびに数値で表示され、ひと目で推進状況が分かり、地山の変化などその時々状況に応じた対応が迅速に行えます。

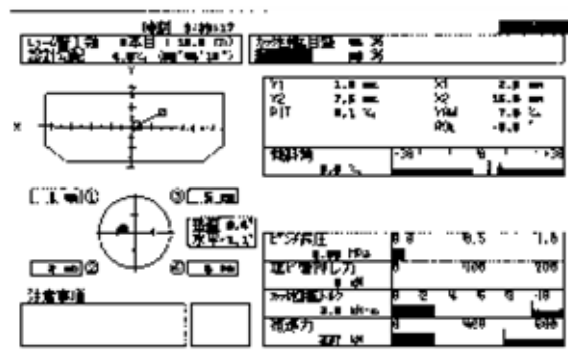
●ミスを防ぎ、確実な施工をサポート

警告アドバイス機能により常に施工状態を監視し、万一の不具合発生時には速やかに警告。

さらに、メニューウインドウ画面を検索すると、不具合の原因および対策案が表示されるので、迅速な対応が可能です。

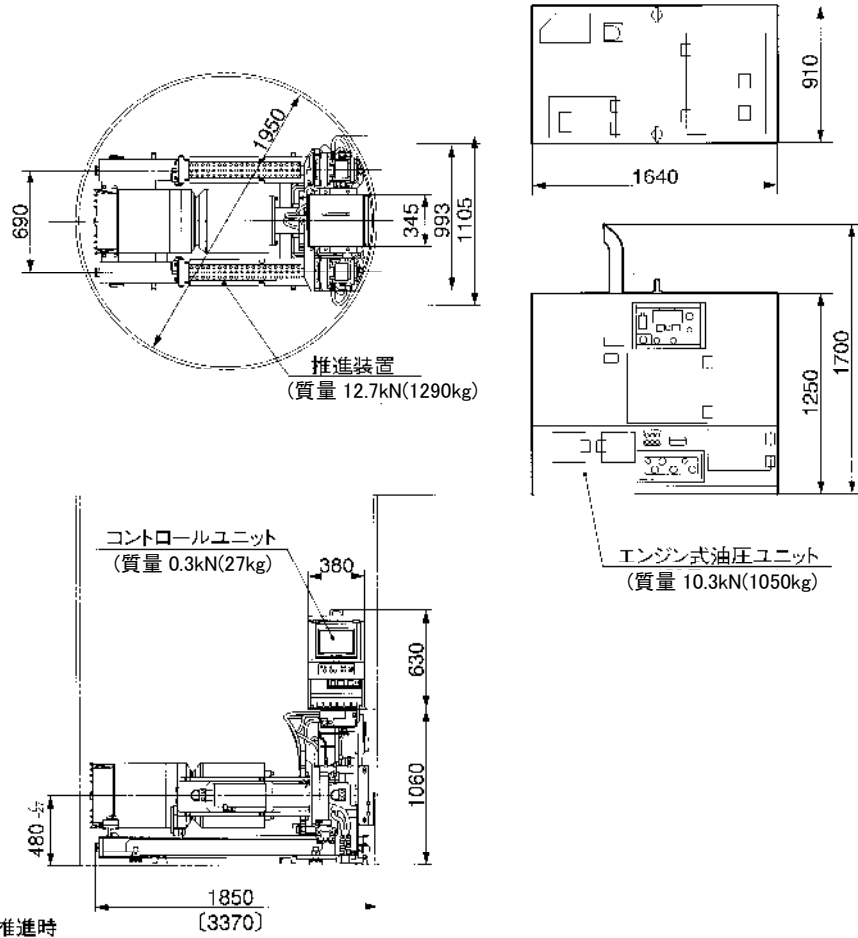
●施工履歴をメニューウインドウ画面で検索

推進状況のデータは、センサーとコンピュータで自動計測・演算処理。メニューウインドウ画面の検索により、リアルタイムで施工履歴(位置・姿勢角・垂直および水平の揺動量、ピンチ弁圧、カッタ回転トルク、推進力など)をグラフおよび表で表示します。



3-6 機械寸法と仕様

●外形図



●仕様

適用管種 呼び径(mm)	ヒューム管	—	φ250	φ300
	塩ビ管※1	φ300	φ350	φ400
工法	泥土圧1工法(オーガ1工法)高耐力・低耐力併用方式			
排土方式	スクリュ排土			
推進距離※2 (土質による)	ヒューム管	—	50~70m程度	
	塩ビ管	50~70m程度		
適用土質※2	土の種類	粘性土、砂質土、砂礫質土、玉石、軟岩		
	最大 礫径	ヒューム管	呼び径の60%以下	
	塩ビ管	呼び径の33%以下		
	確率	40%以下	60%以下	
	N値	0 < N ≤ 50		
発進立坑※3	鋼矢板(内寸)	2000×2000mm(1m管) 2000×3600mm(2m管)		
	ライナー	φ2000mm(1m管)		
到達立坑※3	分割回収	φ900mm(1号人孔)以上		
推進装置	推進ジャッキ	推進力/引戻力	784/294kN(80/30ton)	
		速度(押し)	800mm/min	
		速度(引き)	1100mm/min	
		ストローク	530mm(1m管)	
	塩ビ管押し※4	ストローク	90mm	
	調整ジャッキ	ストローク	130mm	
	スクリュ駆動	出力軸トルク	9800Nm(1000kg-m)	
回転速度	0~20rpm			

- 本仕様は改良のため、予告なく変更することがありますので、ご了承ください。
- 本機および本機による工法の工業所有権は、コマツが所有します。
- 本機をご利用される際の注意事項の詳細は取扱説明書をご覧ください。
- 推進距離が長い場合や確率が大きい場合は、アイアンモール協会にご相談下さい。

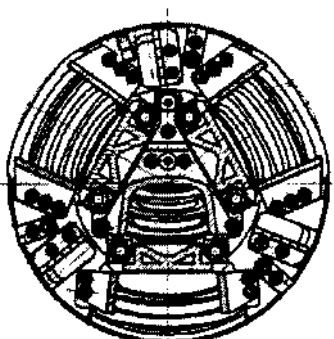
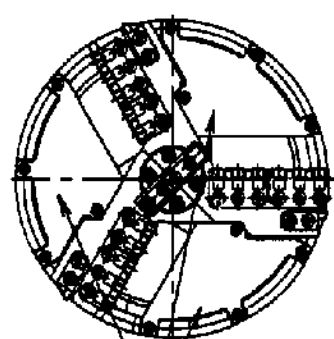
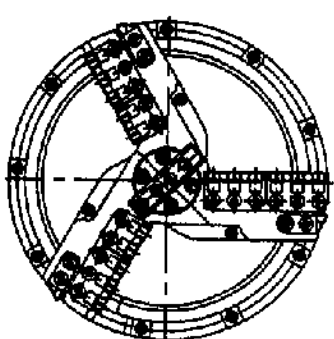
適用管種 呼び径(mm)	ヒューム管	—	φ250	φ300	
	塩ビ管※1	φ300	φ350	φ400	
コントロールユニット	電源	油圧ユニットより供給			
	表示方式	カラー液晶			
	操作方法	スイッチによる操作			
	表示内容	現在位置、先導管揺動部中心位置、ピッチング角、ヨーイング角、揺動方向等			
油圧ユニット	方式	エンジン駆動方式			
	名称	コマツ 4D88E			
	形式	水冷4サイクル直接噴射式			
	定格出力	24kW(32PS)/2000rpm			
騒音※5	96dB(A)				
先導体	寸法(外径×全長)※6	φ335×2747mm	φ387×2822mm	φ428×2822mm	
		質量※6	kN(kg)	7.7(784)	10.6(1084)
	揺動(方向修正)	方向	全方向		
		角度	-3.3~+3.3°(上下左右方向は任意の角度に設定可能) -2.3~+2.3°(斜め方向は任意の角度に設定可能)		
	位置計測	2枚のPSD(レーザターゲット)			
	止水	ピンチ弁			

- 単位は、国際単位系によるSI単位表示。〔 〕内の非SI単位は参考値です。
- ※1. 推進距離は土質、管材により異なります。本適用土質、推進距離を越える場合でも、施工可能となる場合がありますので、ご相談ください。
 - ※2. 止水器を取付ける場合、及び両発進・両到達の場合は、ご相談ください。
 - ※3. 塩ビ管推進時は、専用キット(オプション)が必要となります。
 - ※4. 建設省告示1537号(平成9年)測定方法による。
 - ※5. 寸法・質量は礫用ヘッド塩ビ管仕様時の値です。
 - ※6. その他、異種管施工時には、別のアタッチメントが必要となります。
 - 2m管推進の場合は、専用キット(オプション)が必要となります。
 - TP40SCL先導体を推進する場合の仕様についてはTP40SCLと同一になります。

3-7 カッタヘッドの選定

(1) 土質に適したカッタヘッドを選定

カッタヘッドの種類		特 徴
礫質土 (ディスクカッタ)		ディスクカッタの強力な破砕力により大径礫混じりの砂礫層及び礫質土を推進できます。ディスクカッタはTBMや礫層シールドマシンで豊富な使用実績があり、大径礫も容易に破砕し推進することができます。ディスクカッタの機能は、 1. 礫の破砕 2. 破砕した礫の取り込み 3. ビット及び面盤の保護 があり、各々の機能が最も効果的に発揮します。
オープンカッタヘッド	滞水砂質土用 (カッタビット)	カッタヘッド前面に一定配列した耐磨耗性のあるカッタビットにより砂及び滞水砂質土を効率よく推進できます。取り込み過ぎによる切羽崩壊を防止する取り込み過ぎ防止面板の採用により、滞水砂質土、シルトをスムーズに推進できます。
	固結シルト、粘土用 (カッタビット)	カッタヘッド前面に断続配列したツールビットにより高N値のシルト、粘土を大きく開口した前面より取り込み効率よく推進します。

礫質土用 (ディスクカッタ)	オープンカッタヘッド	
	滞水砂質土用 (カッタビット)	固結シルト、粘土用 (カッタビット)
		
(φ300 ヒューム管用芯抜きカッタ)	崩落防止プレート	

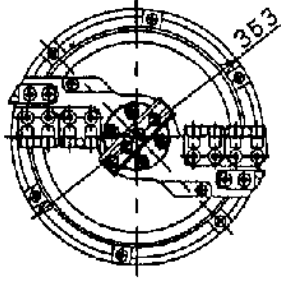
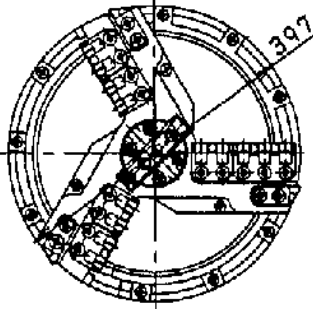
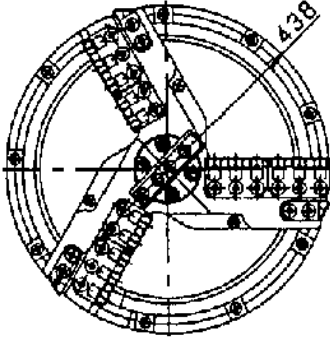
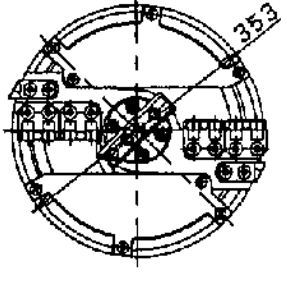
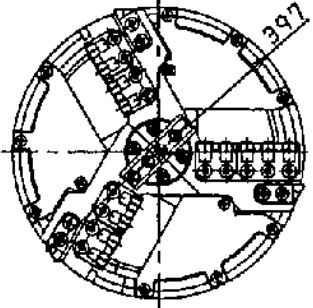
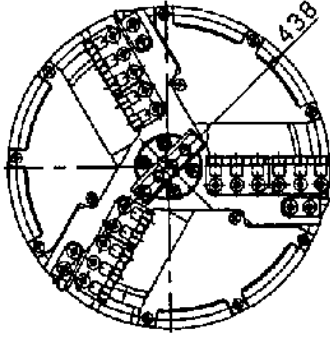
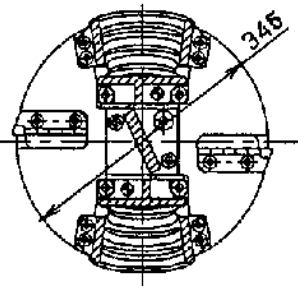
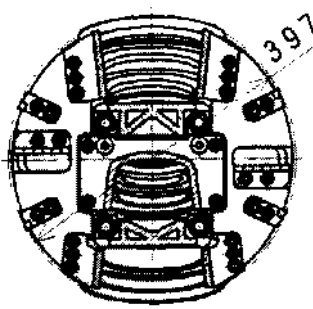
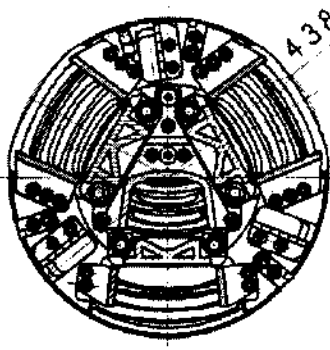
砂質土用カッタヘッドは、粘土用カッタヘッドに崩落防止プレートを装着し、面盤開口を制限します。カッタビットによる掘削外径は、先導体外径より5mmオーバカッタしています。

(2) カッタヘッドの土質条件

カッタヘッドの種類	土質条件	土質	粘性土シルト	砂、砂質土	固結シルト、粘土	礫、玉石混じり土
	N値	0 < N < 30	0 < N ≤ 50	30 ≤ N ≤ 50		
礫質土用(ディスクカッタ)		△	△	○	◎	
普通土、粘質土 (開口小)		◎	◎	△	—	
固形シルト、粘土用 (ツールビット)		○	○	◎	—	

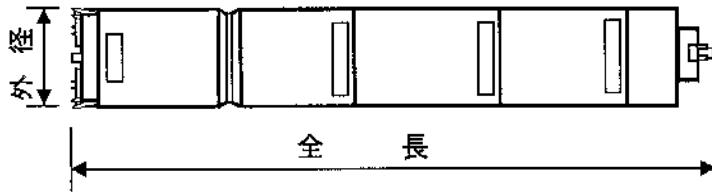
◎：適合する ○：原則として適合する △：検討を要する —：原則として適合しない

(3) カッタヘッドの掘削径 (ビット先端径)

	φ 300 塩ビ	φ 250 ヒューム(φ 350 塩ビ)	φ 300 ヒューム(φ 400 塩ビ)
粘土用			
砂 用			
礫 用			
備 考	砂用カッタヘッドは、粘土用カッタヘッドに山留めプレートをボルトにて取り付けます。	砂用カッタヘッドは、粘土用カッタヘッドに山留めプレートをボルトにて取り付けます。	砂用カッタヘッドは、粘土用カッタヘッドに山留めプレートをボルトにて取り付けます。

3-8 先導体の分割寸法および重量

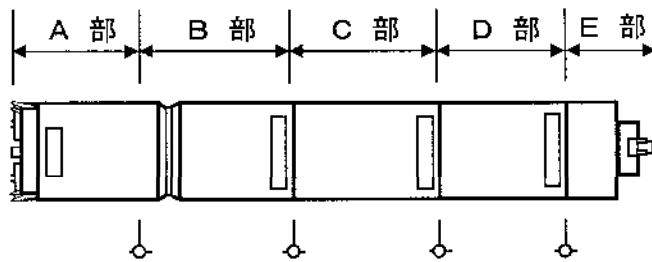
(1) 一体回収時の寸法および重量



管種	カッタヘッドの種類	外径	全長 (mm)	重量 kN (kg)
φ 300 塩ビ	砂、粘土用	φ 335	2,685 (2,724)	7.5 (760)
	礫用	φ 335	2,706 (2,747)	7.6 (775)
φ 350 塩ビ	砂、粘土用	φ 387	2,726 (2,767)	10.2 (1,035)
	礫用	φ 387	2,780 (2,822)	10.4 (1,065)
φ 250 ヒューム	砂、粘土用	φ 387	2,726 (2,678)	10.2 (1,035)
	礫用	φ 387	2,780 (2,733)	10.4 (1,065)
φ 400 塩ビ	砂、粘土用	φ 428	2,726 (2,767)	10.9 (1,110)
	礫用	φ 428	2,780 (2,822)	11.2 (1,145)
φ 300 ヒューム	砂、粘土用	φ 428	2,726 (2,678)	10.9 (1,110)
	礫用	φ 428	2,780 (2,733)	11.2 (1,145)

() は#1101号機以降

(2) 分割回収の寸法および重量

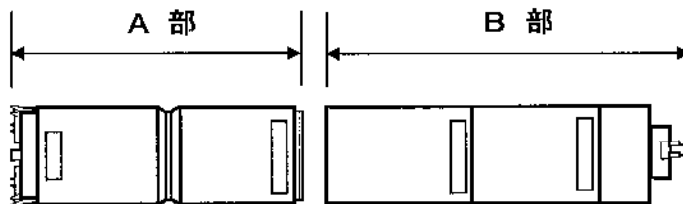


分割順に、A部、B部、C部、D部、E部 となっています。

5分割回収時の寸法、重量 (カプラ突出部の長さを含む内訳スクリュは含みません)

管種	先導体外径	項目	A	B	C	D	E
			揺動外筒部	コントローラ部	ピンチ弁部	ターゲット部	後端部
φ 300 塩ビ	φ 335	長さ (mm)	632	586	568	568	445
		重量 kN (kg)	2.0 (206)	1.7 (176)	1.5 (148)	1.0 (105)	0.6 (60)
φ 350 塩ビ φ 250 ヒューム	φ 387	長さ (mm)	707	586	568	568	445
		重量 kN (kg)	2.8 (285)	2.5 (250)	1.9 (194)	1.5 (151)	0.9 (95)
φ 400 塩ビ φ 300 ヒューム	φ 428	長さ (mm)	707	586	568	568	445
		重量 kN (kg)	3.2 (323)	2.7 (274)	2.0 (201)	1.6 (159)	1.2 (120)

(3) 2分割回収時の寸法および重量



管種	先導体外径	項目	A	B
			揺動外筒部 コントローラ部	ピンチ弁部 ターゲット部 後端部
φ 300 塩ビ	φ 335	長さ (mm)	1233	1646
		重量 kN (kg)	3.9 (400)	2.4 (245)
φ 350 塩ビ φ 250 ヒューム	φ 387	長さ (mm)	1308	1646
		重量 kN (kg)	5.3 (544)	3.4 (347)
φ 400 塩ビ φ 300 ヒューム	φ 428	長さ (mm)	1308	1646
		重量 kN (kg)	6.2 (635)	4.1 (413)

3-9 TP50S-1・-2の構造と機能

滞水砂層・礫層にも対応し、容易な操作で正確に推進が出来ます。

(1) 先導体

- 大型ピンチ弁と掘削添加材の併用により、滞水砂層で掘削が可能です。さらに $0 < N \text{ 値} \leq 50$ の粘性土、砂質土まで対応できます。



粘性土用カッタヘッド



土丹用カッタヘッド

(2) 推進装置の外観



TP50S-2の推進装置



TP50S-1の推進装置

(3) コンパクトなコントロールユニット

- 表示・操作の電気系統の集約化、およびブラウン管(CRT)から液晶表示による(LCD)にすることにより、コントロールユニットの大幅な軽量・コンパクト化を実現しています。



リモコン



TP50S-2



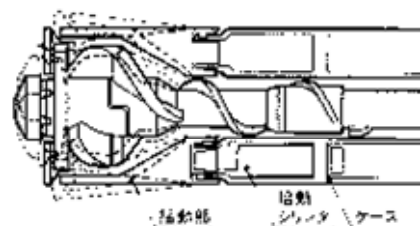
TP50S-1

(4) 容易な方向修正

- タッチパネルの任意のキー（上・下・左・右）を押すだけで、8方向12制御で最適な方向修正が行えます。また推進速度、カッタ回転数もキー操作で変えられます。(TP50S-2)



タッチパネル



上下、左右、斜めに揺動

- 液晶表示画面、ジョイスティックレバー（方向修正レバー）、スイッチ類はコントロールユニットに機能的に配置され推進状態の把握に必要な操作がすばやく行えます。（TP50S-1）

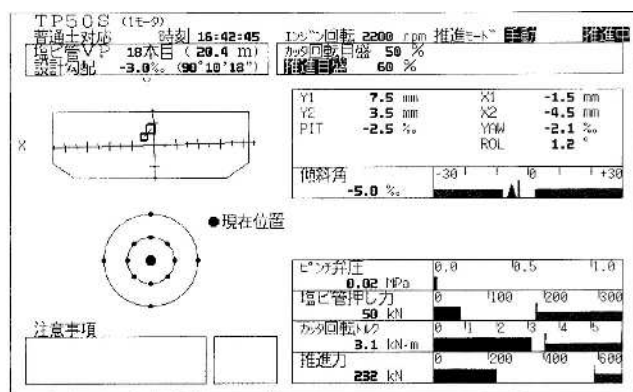


ジョイスティックレバー

（４） 推進状況をひと目で把握（TP50S-2）

- カラー液晶表示により推進データを集中管理

大型の見やすいカラー液晶画面（LCD）に、各種推進データをグラフィックならびに数値で表示します。使い勝手に優れ、地山の変化などその時々状況に応じた対応が迅速に行えます。



- 施工履歴をメニューウインドウ画面で検索

推進状況のデータは、センサーとコンピュータで自動計測・演算処理。メニューウインドウ画面の検索により、リアルタイムで施工履歴（位置・姿勢角、垂直および水平の揺動量、ピンチ弁圧、カット回転油圧、推進力など）をグラフおよび表により14パターンまで表示します。



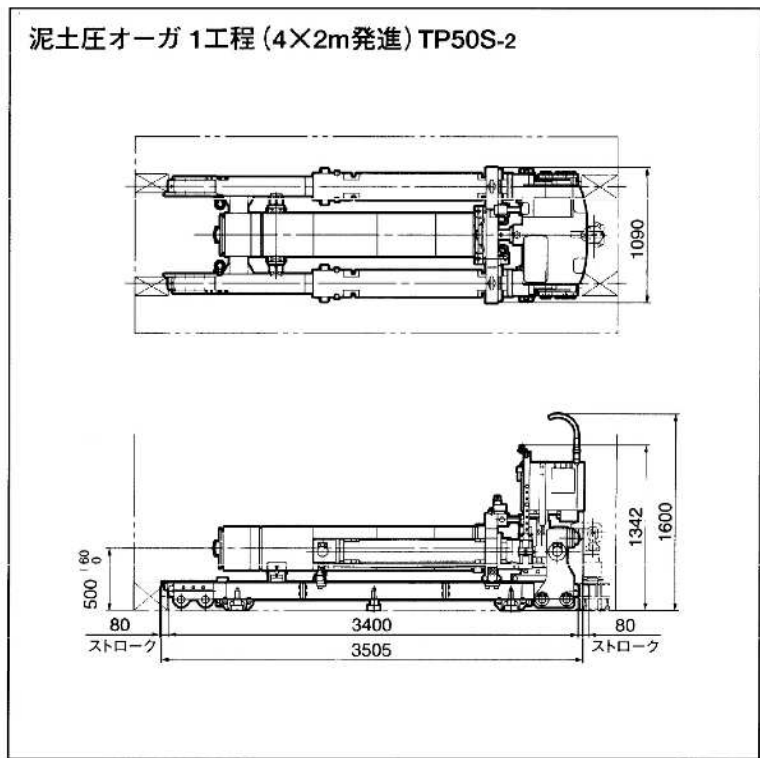
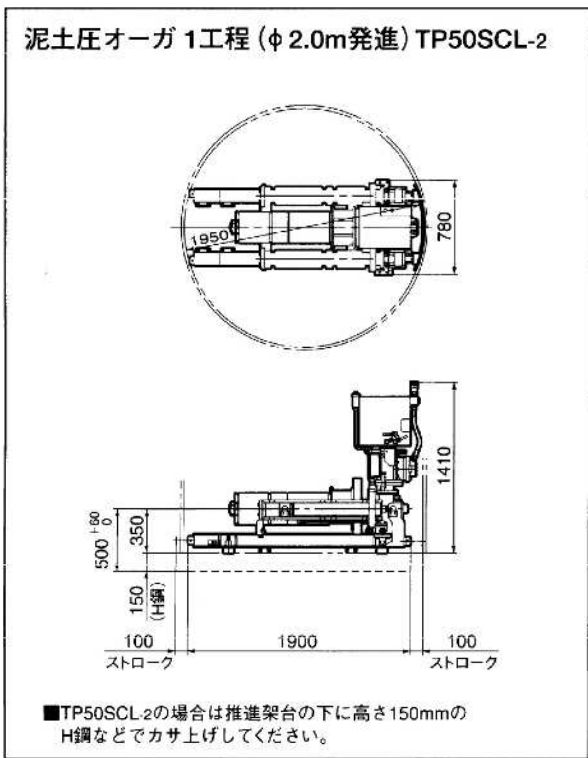
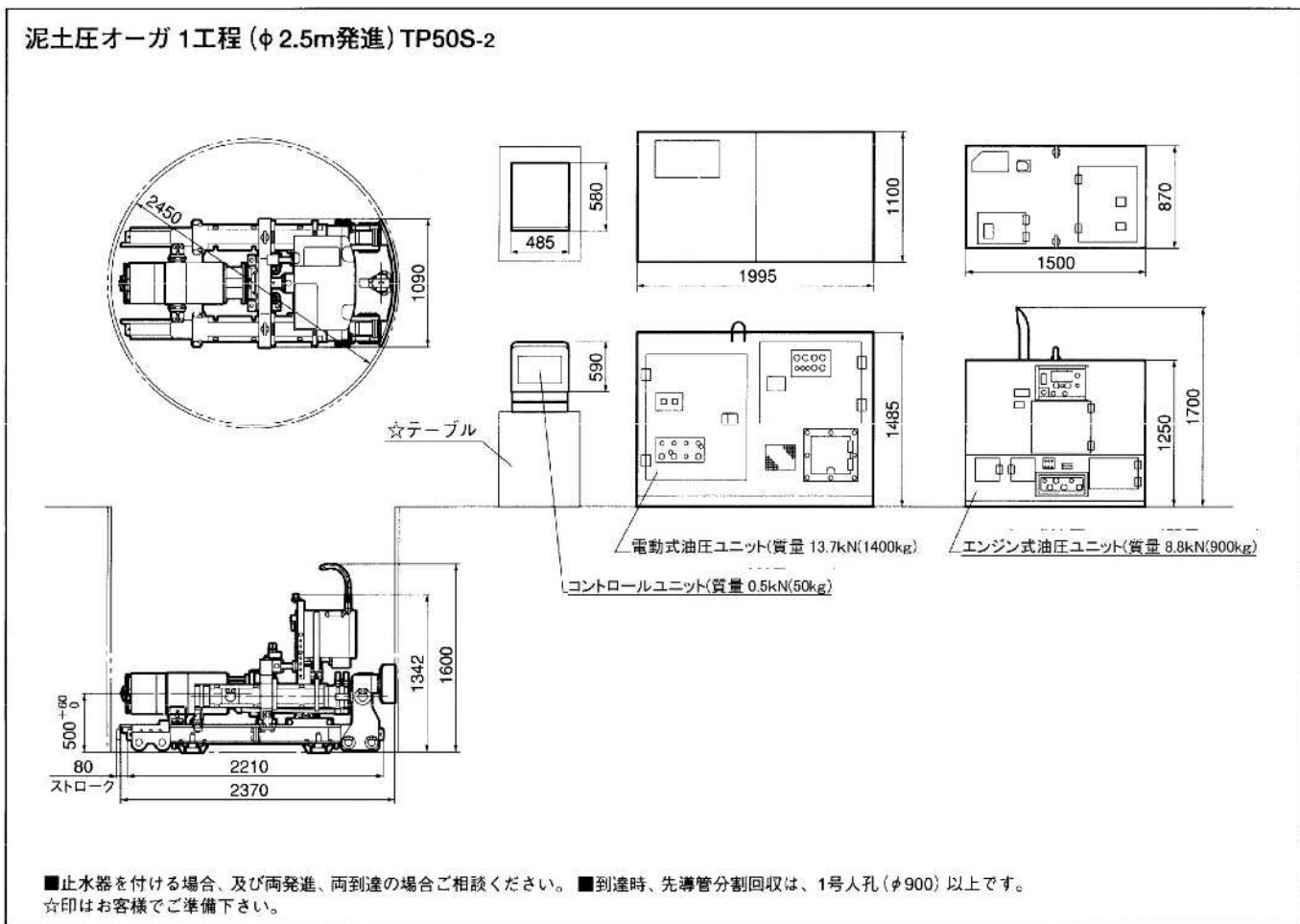
表示項目

- ・ 埋設管の通算推進本数や推進距離が表示され、瞬時に確認できます。
- ・ 設計勾配のインプットにより角度表示されるので、レーザセオドライトの角度設定が容易に行えます。
- ・ 先導体の姿勢角（PIT, YAW, ROL）から現在位置、先導体揺動部中心位置まで数値で表示。さらに傾斜角、揺動方向・揺動量を、グラフィックでリアルタイムに表示します。
- ・ その他、ピンチ弁圧、カット回転トルク、推進力、塩ビ管押し力も表示。刻一刻と推移する推進状況をひと目で判断できます。

3-10 機械寸法と仕様

(1) TP50S-2

•外形図



●仕様

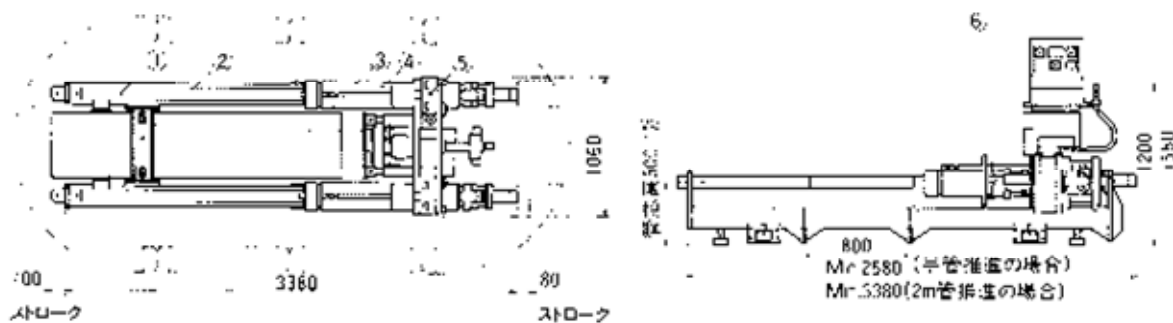
				泥土圧オーガ 1 工程 (φ 2.0m 発進)	泥土圧オーガ 1 工程 (φ 2.5m 発進)	泥土圧オーガ 1 工程 (4×2m 発進)				
				TP50SCL-2	TP50S-2	TP50S-2				
シ ス テ ム	工 法			—			泥土圧オーガ方式 1 工程			
	推進距離※1			m			50			
	適用管種 管径	塩ビ管		—			φ 200~300			
		ヒューム管		—			φ 200			
		鋼 管		—			200A~300A			
	適用管長			m			1m		2m	
	※1 適用土質	土の種類		—			粘性土、砂質土、砂			
		N 値		—			0~50			
		礫 質 土	最大礫径		mm			10		
			礫含有率		%			10		
搬送可能礫径			mm			10				
被水圧			[kPa]			MAX.58.6 [0.6kgf/cm ²]				
発進立坑	平面 寸法	鋼矢板	mm	1400×2000	2000×3000	2000×4000				
		ライナー	mm	φ 2000	φ 2500	2500×4698				
	管芯高		mm	500 以上※3	500 以上					
到達立坑	平面 寸法	一体回収	鋼矢板	mm	2000×2400					
		分割回収	ライナー	mm	φ 2500					
	管底高	マンホール	mm	φ 900 (1号)以上						
				mm	300 以上					
推 進 装 置	寸法(幅×長さ×高さ)			mm	780×1900×1410	1090×2370×1342	1090×3505×1342			
	質 量			kN(kg)	7.9(800)	19.6(1995)	21.6(2205)			
	推進 ジャッキ	推進力		kN	MAX.294[30ton]	MAX.588[60ton]				
		引戻力		kN	MAX.147[15ton]	MAX.294[30ton]				
		推進速度/戻り速度		mm/min	MAX.1350/MAX.1820	MAX.790/MAX.1520				
	スクリュ 駆動	駆動モータ数		個	1					
		出力軸トルク		Nm	MAX.3530[360kg-m]					
		回転速度		rpm	0~40					
	コントロール ユニット	寸法(幅×長さ×高さ)			mm	485×580×590				
		質 量			kN(kg)	0.5(50)				
表示方式			—	カラー液晶						
運転方式			—	人工知能制御付						
姿勢計測			表示項目	—	ローリング、ピッチング、ヨーイング					
油 圧 ユ ニ ット ※2	電動	寸法(幅×長さ×高さ)			mm	1100×1995×1485				
		質 量			kN(kg)	13.7(1400)				
		使用電圧×電力(周波数)			—	AC200V×37kW (50/60Hz)				
	エンジン	方 式			—	エンジン駆動方式				
		名称型式			—	4D88 水冷 4 サイクル直接噴射式				
		定格出力			—	24kW[32PS]/2000rpm				
質 量			kN(kg)	8.8(900)						
先 導 体	口径: 寸法(外径×全長)×質量	塩ビ管	(mm)	φ 200:(φ 244.5×2400)×3.0(308)						
			kN	φ 250:(φ 290×2400)×4.0(410)						
		(kg)	φ 300:(φ 335×2466)×5.6(573)							
		—	φ 350:(φ 387×2500)×7.6(777)							
	ヒューム管	(mm)	φ 200:(φ 335×2466)×5.5(548)							
		kN	φ 250:(φ 387×2466)×7.2(737)							
		(kg)	φ 300:(φ 428×2500)×8.1(822)							
		—	φ 400:(φ 428×2500)×8.1(822)							
揺 動 (方向修正)	方向	—	8 方向 12 制御							
	角度	度	2°、4.2°の2段階							
位置計測		方式	—	2 枚の PSD(レーザターゲット)						
止 水		方式	—	ピンチ弁						

単位は、国際単位系によるSI単位表示。〔 〕内の非SI単位は参考値です。

- 推進距離は土質、管材の強度によって異なります。●鋼管及びその他の異種管の施工時には別のアタッチメントが必要となります。
- 1m管施工時には延長ケーシング、スクリュは1mものが必要です。●先導体の基本系列はAタイプとBタイプの2系列となります。
- ※1 本適用土質、推進距離を越える場合でも、施工可能となる場合がありますので、ご相談下さい。
- ※2 油圧ユニットは、エンジンまたは、電動の2タイプから選べます。
- ※3 推進架台を150mm(H鋼)でかさ上げします。

(2) TP50S-1

●外形図



- ①反力カバー
- ②管受台
- ③押輪
- ④シリンダジャッキ
- ⑤駆動装置
- ⑥コントロールユニット

●仕様

シ ス テ ム	工 法	—		オーガ式 1 工程工法	
	推進距離	m		50	
	適用塩ビ管径	—		φ 200、φ 250、φ 300、φ 350	
	適用ヒューム管径	—		φ 250、φ 300	
	適用土質	土の種類	—		粘性土、砂質土、砂
		N 値	—		0~50
		被水圧	kPa	max.58.8 (0.6kg/cm ²)	
	発進立坑	平面寸法	鋼矢板 2m 管/1m 管	mm	2000×4000/2000×3000
			ライナー 2m 管/1m 管	mm	2500×4698/φ 3000
		管 芯 高	mm		500 以上
到達立坑	平面寸法	一体回収	鋼矢板	mm	2000×2400
			ライナー	mm	φ 2500
		分割回収	マンホール	mm	φ 900 (1 号) 以上
	管 底 高	mm		300 以上	
推 進 装 置	寸法 (幅×長さ×高さ)		mm	1060×3380×1200	
	質 量		kN(kg)	18.1(1850)	
	推進ジャッキ	推進力/引戻力	kN(ton)	max.588.4(60)/max.245.2(25)	
		推進速度/戻り速度	mm/min	max.1245/1992	
	スクリュ駆動	出力軸トルク	Nm	max.3530 (360kg-m)	
		回転速度	rpm	0~44 (無段階)	
コントロールユニット	寸法 (幅×長さ×高さ)		mm	400×515×512	
	質 量		kN(kg)	0.3(27)	
	表示方法		—	液晶 (LED)	
姿勢計測	表示項目		—	ローリング、ピッチング、ヨーイング	
	寸法 (幅×長さ×高さ)		mm	1000×1350×1410	
油圧ユニット	質 量		kN(kg)	8.5(870)	
	使用電圧×電力(周波数)		—	AC200V×21kW (50/60Hz)	
	寸法 (外径×全長)		mm	φ 245 (φ 200)、φ 290 (φ 250) φ 342 (φ 300)、φ 394 (φ 350)×2396	
先 導 体	質 量		kN(kg)	3.0(308) (φ 200 用)、4.4(444) (φ 250 用)	
	揺 動 (方向計測)	方向	—	8 方向 12 制御	
		角度	度	2、4.2 の 2 段階	
	位置計測	方式	—	2 枚の PSD (レーザーターゲット)	
	止 水	方式	—	ピンチ弁	

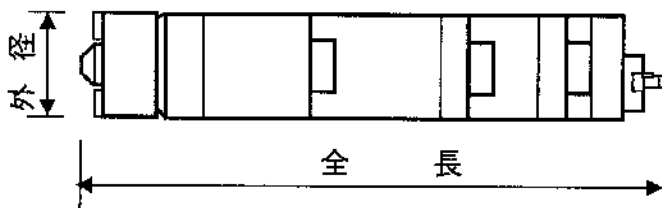
- 距離推進は土質、管材の強度によって異なります。
- 立坑寸法は、止水器取付けの場合、長さ方向を 400mm (鋼矢板 1 枚分) 長くしてください。(片側)
- 鋼管およびその他の異種管の施工時には、別のアタッチメントが必要となります。
- 半管推進の場合は、延長ケーシング、スクリュの 1 m もが必要となります。(オプション)
- 先導体の基本系列は φ 200 系と φ 300 系 (オプション) の 2 系列となります。

(3) カッタヘッドの掘削径(ビット先端径)

	砂質土用	土丹用	備考
φ200 塩ビ			
φ250 塩ビ			
φ300 塩ビ φ200 ヒューム			
φ350 塩ビ φ250 ヒューム			
φ400 塩ビ φ300 ヒューム			φ350 塩ビ、φ250 ヒューム 管用カッタのカッタビット の位置をずらして行いま す。

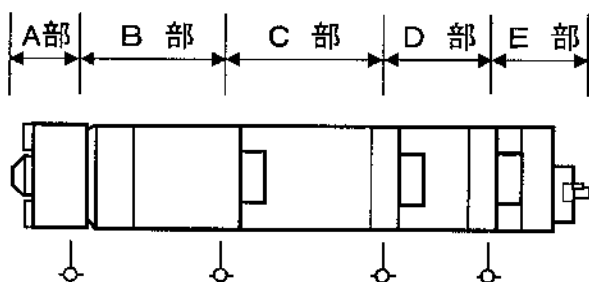
3-11 先導体の分割寸法及び重量

(1) 一体回収時の寸法および重量



管種	外径	全長(mm)	重量 kN(kg)
φ 200 塩ビ	φ 244.5	2,234	2.2(228)
φ 250 塩ビ	φ 290	2,234	3.2(328)
φ 300 塩ビ	φ 335	2,299	4.6(466)
φ 350 塩ビ	φ 387	2,334	6.3(638)
φ 400 塩ビ	φ 428	2,334	7.8(799)
φ 200 ヒューム	φ 335	2,303	4.7(477)
φ 250 ヒューム	φ 387	2,334	6.5(658)
φ 300 ヒューム	φ 428	2,329	7.3(743)

(2) 分割回収の寸法および重量

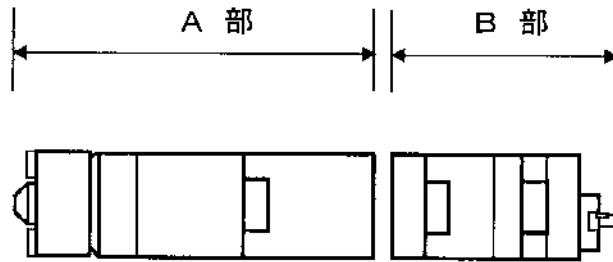


分割順に、A部、B部、C部、D部、E部 となっています。

5分割回収時の寸法、重量（カプラ突出部の長さを含む内訳スクリュは含みません）

管種	先導体外径	項目	A	B	C	D	E	F
			揺動外筒部	コントロール部	ピンチ弁部	ターゲット部	後端部	カッタヘッド
φ 200 塩ビ	φ 244.5	長さ (mm)	181	645.5	649	496.5	489.5	235
		重量 kN(kg)	0.1(14)	0.9(88)	0.7(67)	0.5(49)	0.4(39)	0.1(14)
φ 250 塩ビ	φ 290	長さ (mm)	184	645.5	649	496.5	489.5	235
		重量 kN(kg)	0.2(19)	1.3(129)	0.8(82)	0.8(82)	0.5(48)	0.2(16)
φ 300 塩ビ	φ 335	長さ (mm)	212	684.5	649	496.5	489.5	267
		重量 kN(kg)	0.3(33)	1.8(185)	0.9(95)	0.9(95.5)	0.6(57.5)	0.2(21)
φ 350 塩ビ	φ 387	長さ (mm)	310	684.5	649	496.5	489.5	302
		重量 kN(kg)	0.6(56.5)	3.2(323)	1.4(139)	1.3(136.5)	0.7(73.5)	0.3(29)
φ 400 塩ビ	φ 428	長さ (mm)	324	684.5	649	496.5	489.5	302
		重量 kN(kg)	0.8(84.5)	2.4(242.5)	1.5(151)	1.4(144)	1.0(97)	0.3(29)
φ 200 ヒューム	φ 335	長さ (mm)	212	684.5	649	496.5	489.5	267
		重量 kN(kg)	0.3(33)	1.8(185)	0.9(95)	0.9(95.5)	0.7(67.5)	0.2(21)
φ 250 ヒューム	φ 387	長さ (mm)	310	684.5	649	496.5	489.5	302
		重量 kN(kg)	0.6(56.5)	2.2(229.5)	1.4(138.5)	1.3(136)	0.9(94)	0.3(29)
φ 300 ヒューム	φ 428	長さ (mm)	324	684.5	649	496.5	489.5	302
		重量 kN(kg)	0.8(84.5)	2.4(242.5)	1.5(151)	1.4(144)	1.2(120.5)	0.3(29)

(3) 2分割回収の寸法および重量



管 種	先導体外径	項 目	A	B
			揺動外筒部 コントローラ部	ピンチ弁部 ターゲット部 後端部
φ 2 0 0 塩ビ	φ 244.5	長さ (mm)	1,384	972
		重量 kN(kg)	1.6(168)	0.9(87)
φ 2 5 0 塩ビ	φ 290	長さ (mm)	1,384	984
		重量 kN(kg)	2.3(229)	1.3(130)
φ 3 0 0 塩ビ	φ 335	長さ (mm)	1,449	971.5
		重量 kN(kg)	3.1(311.5)	1.5(153)
φ 3 5 0 塩ビ	φ 387	長さ (mm)	1,484	971.5
		重量 kN(kg)	4.2(426)	2.0(209.5)
φ 4 0 0 塩ビ	φ 428	長さ (mm)	1,484	971.5
		重量 kN(kg)	4.7(477)	2.3(234.5)
φ 2 0 0 ヒューム	φ 335	長さ (mm)	1,499	971.5
		重量 kN(kg)	3.1(311.5)	1.6(163.5)
φ 2 5 0 ヒューム	φ 387	長さ (mm)	1,449	971.5
		重量 kN(kg)	4.2(426)	2.3(230.5)
φ 3 0 0 ヒューム	φ 428	長さ (mm)	1,484	971.5
		重量 kN(kg)	4.7(477)	2.5(258)

4 発進立坑および到達立坑

TP40SCL

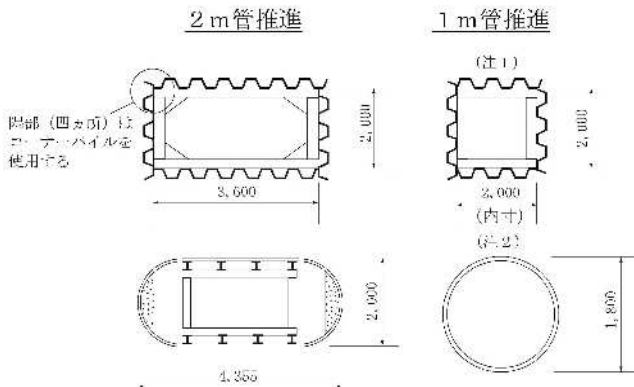
TP60S

TP50S

4-1 立坑設計標準

■標準発進立坑平面図(単位: mm)

(1) TP40SCLの場合



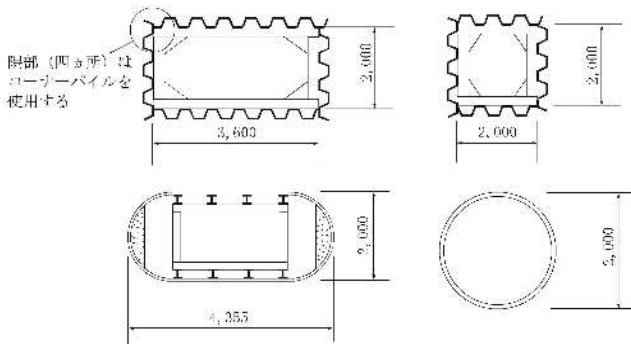
	鋼矢板		ライナープレート(小型立坑) ^{※1}	
	2 m管推進	1 m管推進	2 m管推進	1 m管推進
片発進 ・ 止水器無し	2,000×3,600	2,000×2,000	2,000×4,355	φ 1,800
片発進 ・ 止水器付き ^{※2}	2,000×3,600	2,000×2,000	2,000×4,355	φ 1,800
両発進 ^{※3} ・ 止水器無し	長径は3,600以上	長径は2,000以上	長径は4,355以上	φ 1,800以上
両発進 ^{※3} ・ 止水器付き ^{※2}	長径は3,600以上	長径は2,000以上	長径は4,355以上	φ 1,800以上

※1. 鋼製ケーシング立坑の場合です。

※2. 止水器は円弧状や箱型でも、厚みが50mm以下の場合です。

※3. 1スパン目の推進管押し残りを調整して反転した場合です(60頁参照)。

(2) TP60Sの場合



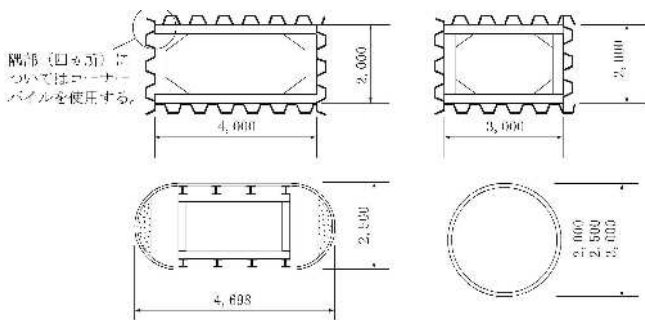
	鋼矢板		ライナープレート(小型立坑) ^{※1}	
	2 m管推進	1 m管推進	2 m管推進	1 m管推進
片発進 ・ 止水器無し	2,000×3,600	2,000×2,000	2,000×4,355	φ 2,000
片発進 ・ 止水器付き ^{※2}	2,000×3,600	2,000×2,000	2,000×4,355	φ 2,000
両発進 ^{※3} ・ 止水器無し	長径は3,600以上	長径は2,000以上	長径は4,355以上	φ 2,000以上
両発進 ^{※3} ・ 止水器付き ^{※2}	長径は3,600以上	長径は2,000以上	長径は4,355以上	φ 2,000以上

※1. 鋼製ケーシング立坑の場合です。

※2. 止水器は円弧状や箱型でも、厚みが50mm以下の場合です。

※3. 1スパン目の推進管押し残りを調整して反転した場合です(60頁参照)。

(3) TP50Sの場合



	鋼矢板		ライナープレート(小型立坑) ^{※1}			
	2 m管推進	1 m管推進	2 m管推進	1 m管推進		
				TP50S-1	TP50S-2	TP50SCL
片発進 ・ 止水器無し	2,000×4,000	2,000×3,000	2,500×4,698	φ 3,000	φ 2,500	φ 2,000
片発進 ・ 止水器付き ^{※2}	2,000×4,000	2,000×3,000	2,500×4,698	φ 3,000	φ 2,500	φ 2,000
両発進 ^{※3} ・ 止水器無し	長径は4,000以上	長径は3,000以上	長径は4,698以上	φ 3,000以上	φ 2,500以上	φ 2,000以上
両発進 ^{※3} ・ 止水器付き ^{※2}	長径は4,000以上	長径は3,000以上	長径は4,698以上	φ 3,000以上	φ 2,500以上	φ 2,000以上

※1. 鋼製ケーシング立坑の場合です。

※2. 止水器は円弧状や箱型でも、厚みが50mm以下の場合です。

※3. 1スパン目の推進管押し残りを調整して反転した場合です(60頁参照)。

(注1) 切梁がある場合は、切梁間の内寸を2,000×2,000mmにしてください。

(注2) φ1,800mmライナープレート立坑の場合は作業域が狭いので、φ2,000mmライナープレート立坑にくらべて施工作業性が劣ります。特殊な事情(道幅が狭い等)がない限り、φ2,000mmライナープレート立坑で設計して下さい。

(注3) 既設埋設物がある場合は別途検討して下さい。

(注4) 立坑が深い場合は、仮設階段を設けるため、十分な広さを必要とします。

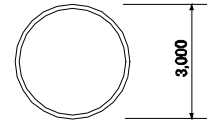
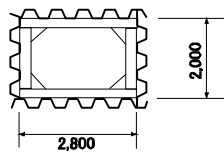
(注5) 小判型ライナープレート立坑の縦梁はH-200mmでの寸法です。

(注6) 上記寸法は、標準寸法であり、現場条件によって変わります。

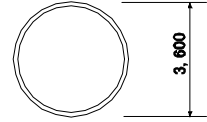
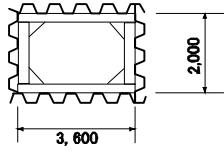
■標準到達立坑平面図(単位：mm)

(1) TP40SCLの場合

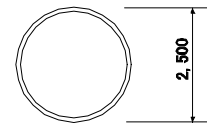
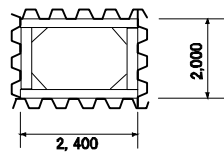
先導体を一体で回収する場合(片側到達)



(2) TP60Sの場合



(3) TP50Sの場合



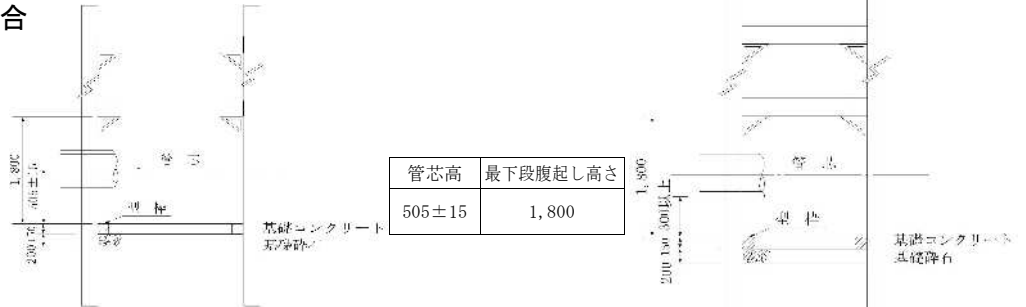
- (注1) 先導体を分割回収する場合の到達立坑寸法は、最小で900mm以上となります。
(止水器を使用する場合はサイズアップして下さい。)
- (注2) 既設埋設物がある場合は別途検討してください。
- (注3) 立坑が深い場合は、仮設階段を設けるため、十分な広さを必要とします。
- (注4) 上記寸法は、標準寸法であり、現場条件によって変わります。

■標準立坑断面図(単位：mm)

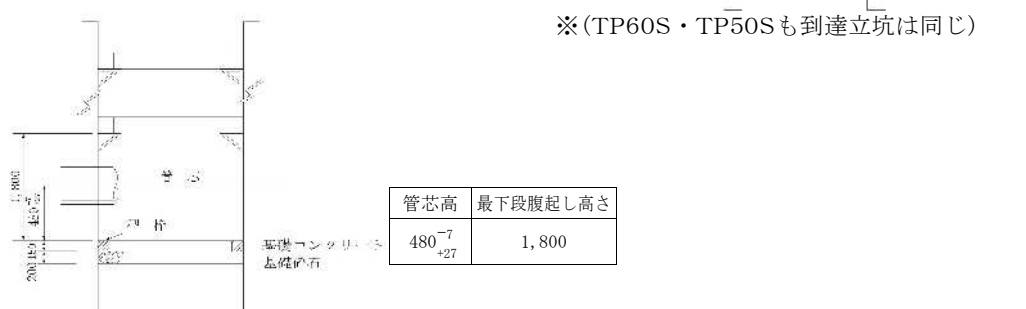
〔発進立坑〕

〔到達立坑〕

(1) TP40SCLの場合

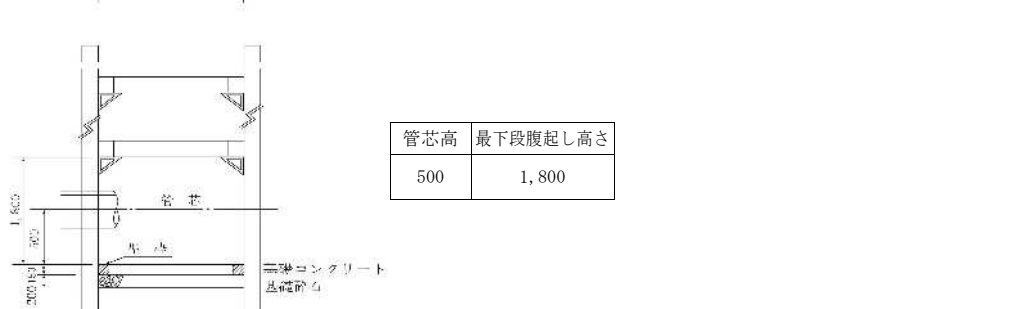


(2) TP60Sの場合



※(TP60S・TP50Sも到達立坑は同じ)

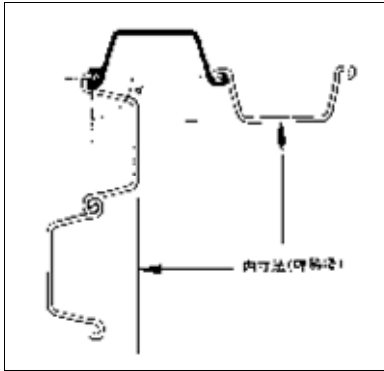
(3) TP50Sの場合



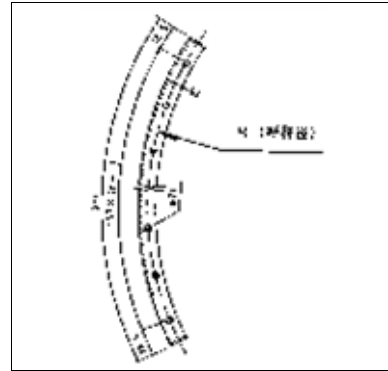
【注記】

① 鋼矢板・ライナープレートの内寸法の取り方は下記図を参照願います。

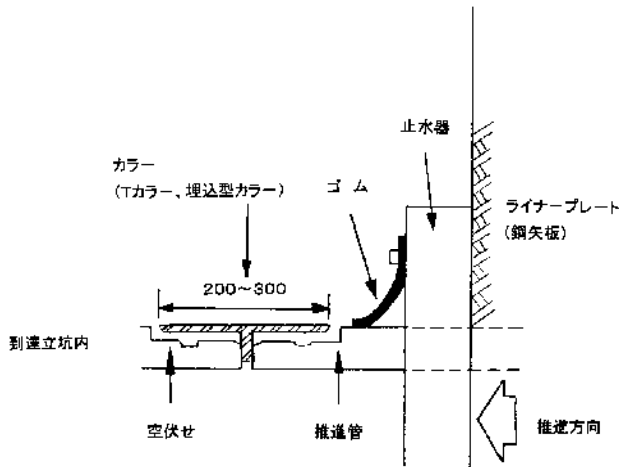
(鋼矢板)



(ライナープレート)

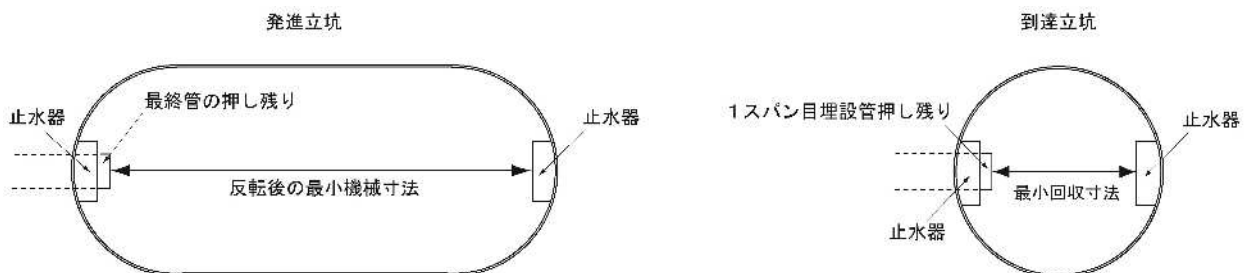


- ② ライナープレートの板厚及び切梁、腹起し材、縦梁等の寸法、位置については、土質、掘削深さにより計算して下さい。
- ③ ライナープレートの場合は切梁があるため、その位置によって、推進装置は分割搬入となります。
- ④ 到達側で、坑口に止水器を取り付ける場合は、止水器のゴムのめくれを考慮して下さい。止水器の形状や取り付け方法にもよりますが、立坑内側より400mm以上必要となりますので、この場合立坑寸法は大きくなります。
- ⑤ 立坑の土留めが鋼矢板の場合、推進延長は鋼矢板の中心線までの距離となります。
II型、III型、IV型ではそれぞれ板厚（II型－10.5mm、III型－13.0mm、IV型－15.5mm）が違いますので計算時には注意して下さい。



★ 一口メモ：立坑内に釜場を！
滞水層では、釜場をつくり、排水を確実に行って下さい。

⑥ 立坑内、ヒューム管押出量は、空伏部施工を考慮して、片発進(片到達)、両発進(両到達)の寸法を決めて下さい。

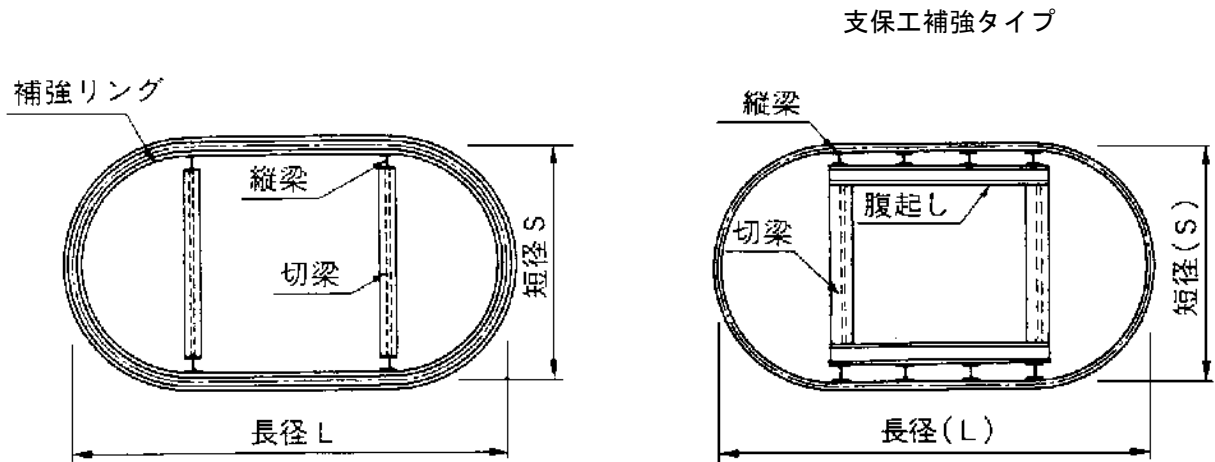


⑦ 発進坑がライナープレートの場合、モルタルによる裏込めを必ず実施して下さい。

4-2 ライナープレート立坑の注意点

(1) 小判形ライナープレート図

小判形立坑の構造には次の2種類があります。



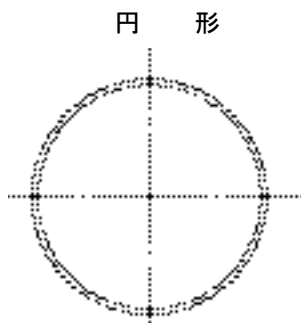
- 1) 補強リングを使用しますので、壁材の剛性が大きくなります。
- 2) 補強リングを使用するため、壁材の組立、解体が幾分複雑になりますが、縦梁の本数は4本ですみます。
- 3) 直線部が長くなりますと、縦梁4本では強度的にもたなくなる場合があります。

- 1) 壁材はライナープレートだけで、縦梁は6～12本と腹起しを使用します。
- 2) ライナープレートの組立は簡単ですが、縦梁、腹起しを使用するため、施工が幾分複雑となります。
- 3) 腹起しを使用するため、作業スペースが若干せまくなります。

【注意点】

- ① 軟弱砂礫層では湧水がなくても地山を改良して下さい。湧水がある場合は必ず地山の改良を実施して下さい。
- ② ライナープレートと地山の間に空隙が生じるため、この空隙は推進施工時の推進反力低下となるため、必ずグラウトして下さい。
- ③ 反力壁(バックコンクリート)を推進反力の計算通りに作って下さい。ライナープレート裏側の地山で推進反力は受けます。
- ④ 腹起し、切梁が必要となるので、推進装置投入口がせまくなりますが分割搬入が可能です。
- ⑤ 滞水層では、坑口に止水器(エントランスパッキン)を設けて下さい。

(2) 円形ライナープレート図



円形ライナーでは、縦梁と腹起し、切り梁で補強する必要がないので、補強リングのみで十分に耐えられます。

但し、築造、推進時の注意点は小判形と同じ考えです。

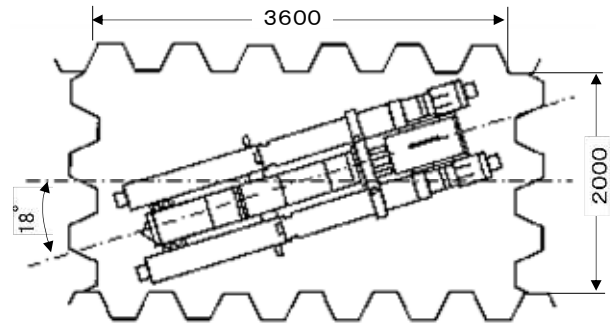
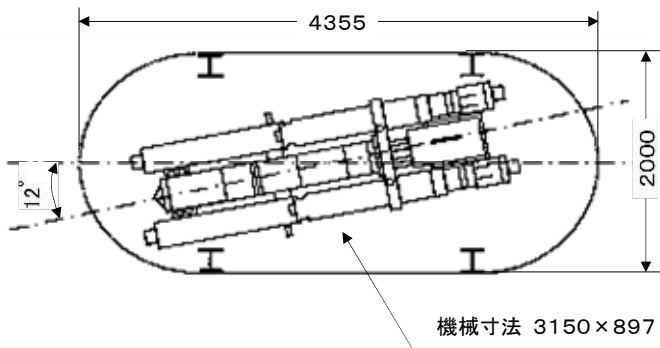
4-3 斜め発進参考図(2m管推進時)

(1) TP40SCLの場合

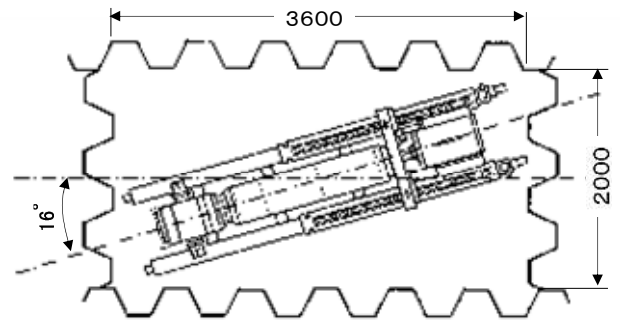
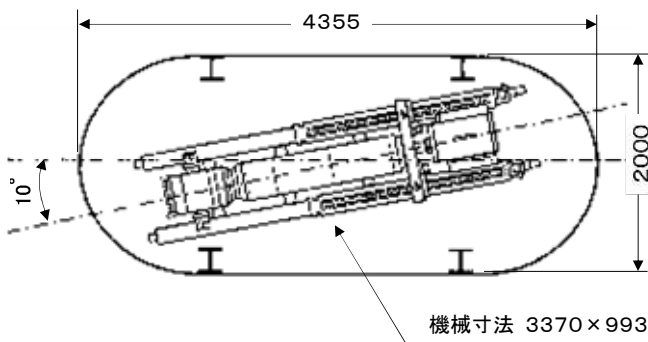
(単位：mm)

ライナープレート

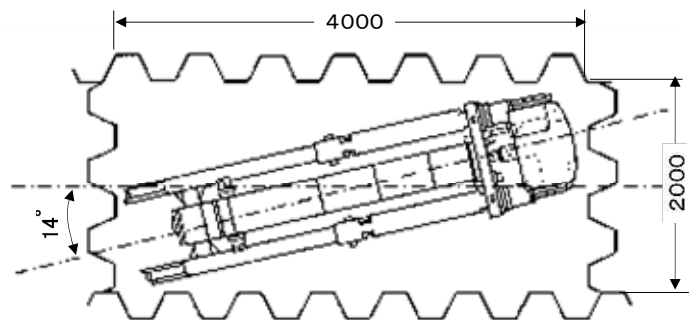
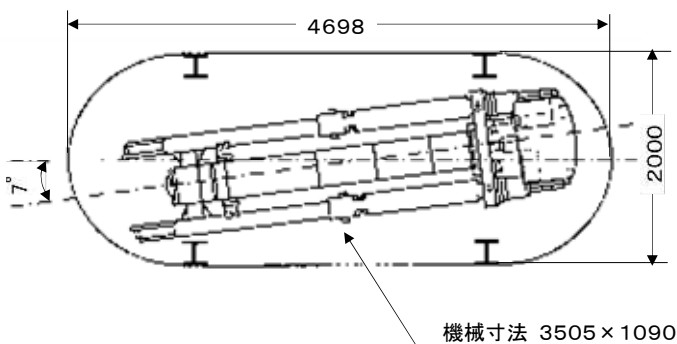
鋼矢板



(2) TP60Sの場合



(3) TP50Sの場合



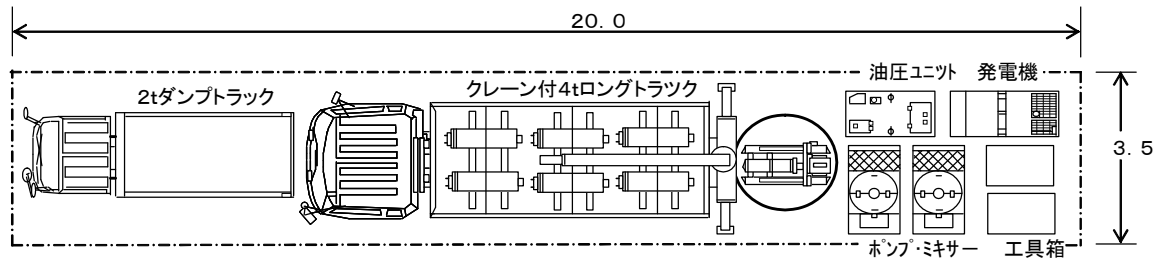
※縦梁はH-200mmの寸法です。

4-4 フロープラン(作業占有面積)

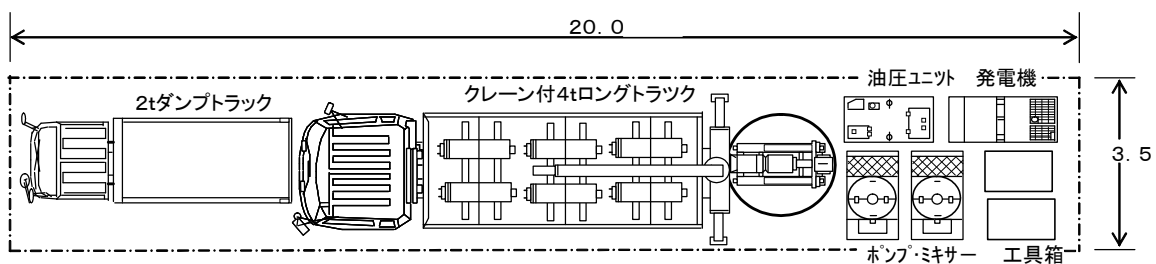
■発進立坑作業帯 (参考)

(1) TP40SCLの場合

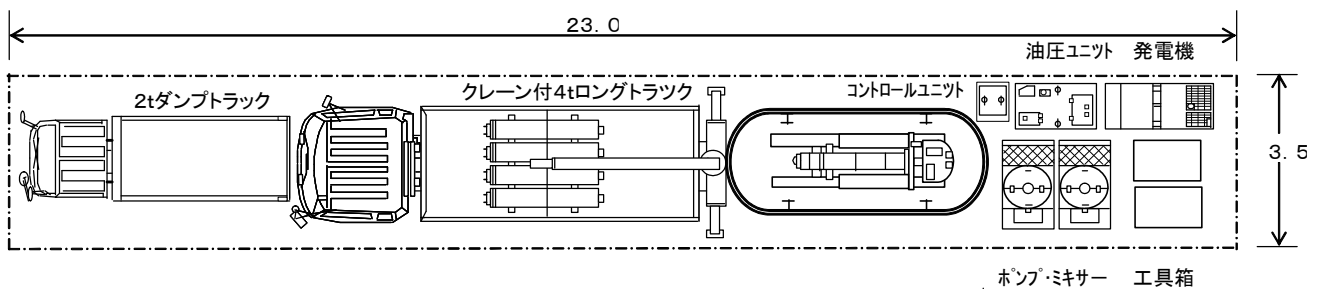
平面図 (単位: m)



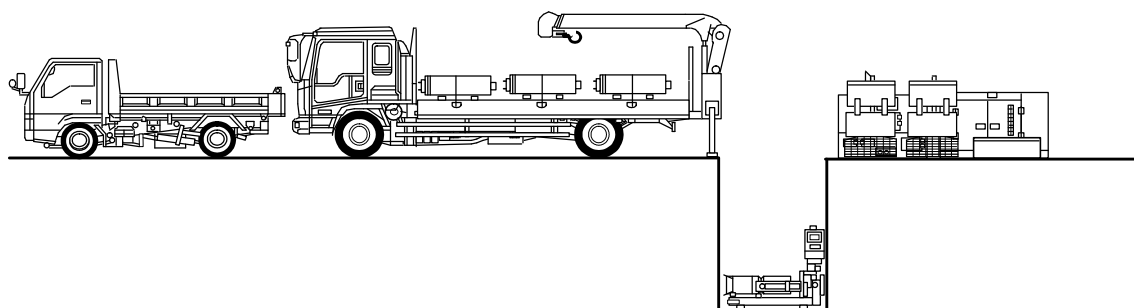
(2) TP60Sの場合



(3) TP50Sの場合



断面図



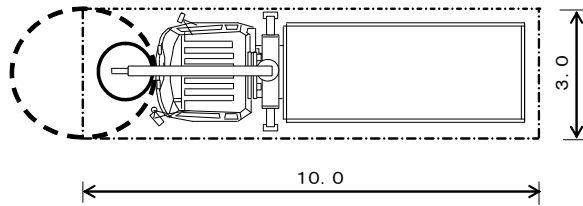
注) 現状使用されている機械等での参考例でクレーン付2tトラックも使用可能です。
占有面積は、使用する機械・機種・作業方式により変わります。

■到達立坑作業帯（参考）

(1) TP40SCLの場合

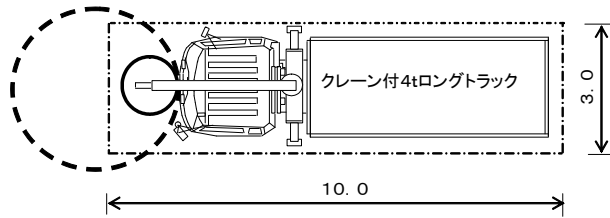
平面図（単位：m）

- * 立坑実線図は分割回収時
- * 立坑破線図は一体回収時で 11.5×3.0



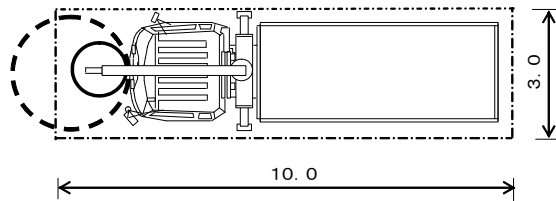
(2) TP60Sの場合

- * 立坑実線図は分割回収時
- * 立坑破線図は一体回収時で 13.0×4.0



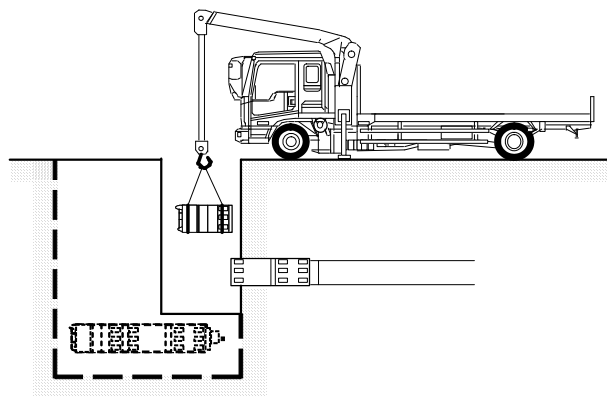
(3) TP50Sの場合

- * 立坑実線図は分割回収時
- * 立坑破線図は一体回収時 11.0×3.0



注) クレーン付 2 t トラックでの対応も可能です。

断面図



機械仕様

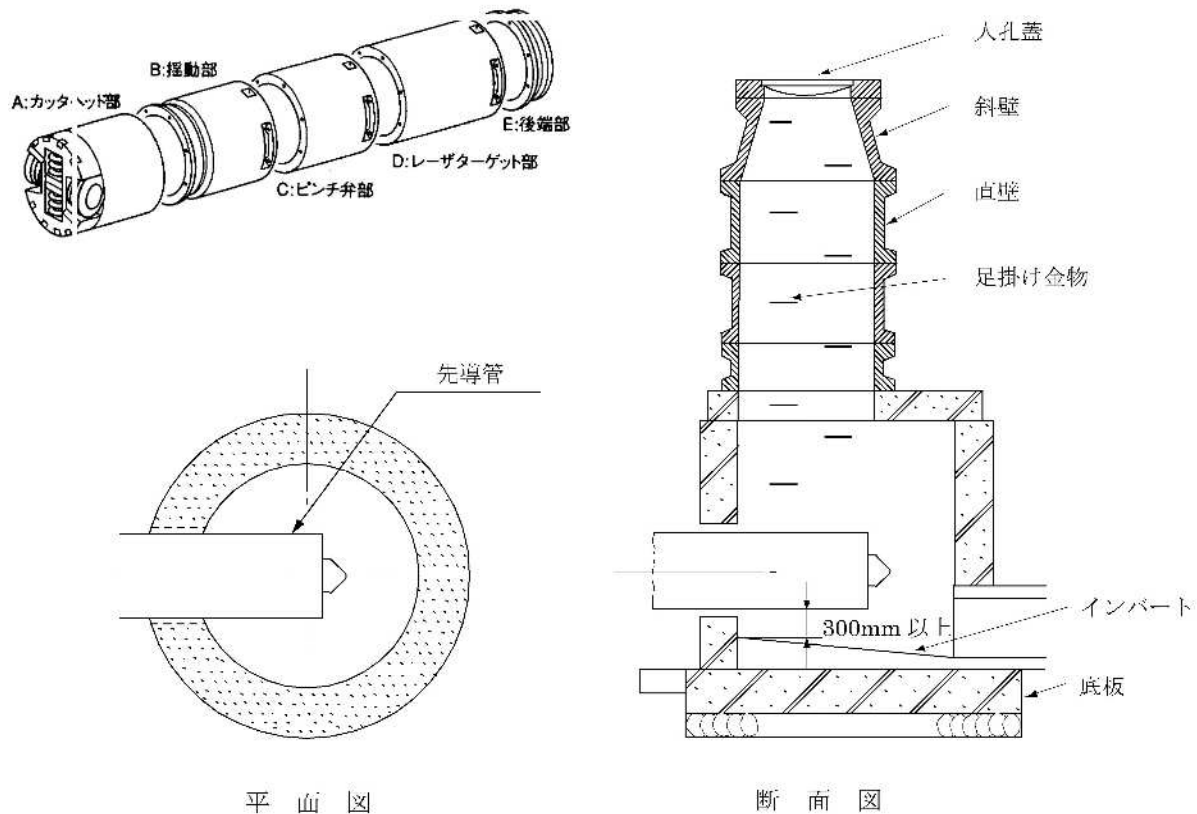
項目	寸法：全長×全幅×全高(mm)	重量 kN(kg)
45kVA発電機(ポンプ・ミキサ用)	2,000× 880×1,250	13.1(1340)
ポンプ・ミキサ	1,800× 900×1,620	6.9(700)
クレーン付4tロングトラック	8,100×2,200×2,500	
2t ダンプ	4,690×1,695×1,990	
推進機・先導管等の寸法、重量は夫々の仕様を参照して下さい。		

4-5 人孔到達寸法

口径	円形人孔	TP40SCL	TP60S	TP50S	備考
塩ビ管 φ200	1号人孔(φ900以上)	○	—	○	1. 人孔蓋、斜壁、直壁、底版、足掛金物の取り除きを必要とする場合があります。 2. 分割回収するため、先導体と底盤(インバート)面との間は300mm以上の空間が必要です。 3. 滞水層施工の場合、到達部の止水方法(薬注、止水器)について検討してください。 止水器を取り付けなければならない場合、マンホールをはつる等、内径に止水器(ラバー)がはみ出ないように取付けて下さい。あるいは、止水器の長さ分(ラバーのかえり分も含む)だけ、人孔をサイズアップして下さい。
塩ビ管 φ250	1号人孔(φ900以上)	○	—	○	
塩ビ管 φ300	1号人孔(φ900以上)	○	○	○	
塩ビ管 φ350	1号人孔(φ900以上)	—	○	○	
塩ビ管 φ400	1号人孔(φ900以上)	—	○	○	
ヒューム管 φ200	1号人孔(φ900以上)	○	—	○	
ヒューム管 φ250	1号人孔(φ900以上)	—	○	○	
ヒューム管 φ300	1号人孔(φ900以上)	—	○	○	

【注記】本表は片到達止水器なしです。片到達止水器ありの場合は400mm以上、両到達止水器ありの場合は800mm以上をサイズアップして下さい。

人孔回収参考図



平面図

断面図

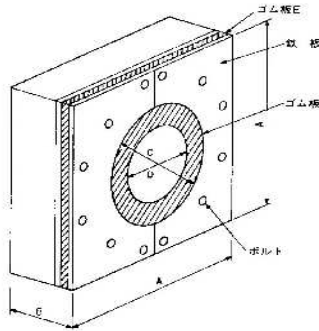
【注記】

- ①上記人孔寸法は、最小寸法であり片到達の場合です。両到達の場合、推進管の押出量を考慮し、回収が困難にならないように作業域(内部の領域)を確保して下さい。
- ②上記の様に煙突状のマンホールの場合、分割後の先導体の回収性(寸法)を検討して下さい。
- ③到達はマンホール中心位置で計画して下さい。(先導体ボルト取り外しを考慮)
- ④人孔回りが埋め戻しの場合、薬液注入等、地盤の改良を実施して下さい。
- ⑤供用開始しているマンホールからの分割回収は、作業環境の面を考慮して設計して下さい。

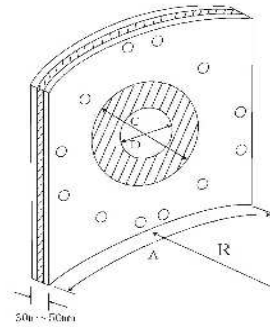
4-6 坑口止水

地下水位以下の砂質土、砂礫質土、玉石混じり砂礫質土などにおいては、発進立坑、到達立坑の坑口の崩壊防止及び止水について十分検討する必要があります。一般的には、薬液注入工法（又はウエルポイト工法）など地盤改良と坑口鏡切り部に止水器をとりつける方法があります。

(1) 止水器（箱型）



(円弧状)



(単位：mm)

A = 管外径 + 300 ~ 350

B = 350 ~ 400 *

注. *印B寸法は現場で鋼矢板形状に合せて取付ける場合のもので、他の方法で形状を合せる場合は異なります。

C = 管外径 + 100 ~ 120

D = 管外径 - 100 ~ 150

E = 10 ~ 15 t

- 施工の確実性から止水器の装着を推奨します。特に、発進立坑で掘削添加材や滑材を使用する場合坑口からの洩れ防止のため止水器を装着して下さい。

(2) 薬液注入

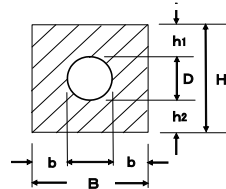
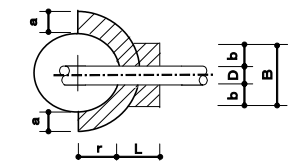
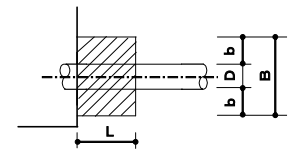
- 立坑の背面地盤の乱れによる、水みちをなくして下さい。
- 注入ロス防止のため、立坑をコの字形に巻いて改良して下さい。
- 到達部も発進部と同様とします。

①改良平面（最小改良範囲）

- 鋼矢板及びライナープレートの発進部
 - D : 推進管外径 b : 1.0mを最小とします。
 - B : D + 2 b L : 先導管長とします。
- 小型立坑の場合
 - D : 推進管外径 b : 1.0mを最小とします。
 - B : D + 2 b L : 先導管長とします。
 - a : 1.5mを最小とする。 r : 立坑半径

②改良断面（最小改良範囲）

- 推進部も到達部も掘削添加材使用時には止水器を使用願います。
- D : 推進管外径 b : 1.0mを最小とします。
- B : D + 2 b h₁ : 1.0mを最小とします。
- H : D + h₁ + h₂ h₂ : 1.0mを最小とします。



【坑口薬注長さが先導体長分必要な理由】

- 先導体は全て入りきるまで方向修正（揺動動作）ができません
→ 推進初期に方向がずれていると推力上昇や精度管理上困難となります
- 先導体が全て入りきるまでピンチ弁操作による止水ができません
- 先導体の分割部にボルト取付用のくぼみがあり、初期推進時水みちとなり、発進立坑内への地下水の流入の危険があります

(3) 各機種先導体長さ（礫用ヘッドの場合）

(単位:mm)

塩ビ管呼び径	ヒューム管呼び径	先導体外径	先 導 体 長		
			TP40SCL	TP60S	TP50S
φ 200	—	244.5	2,450	—	2,234
φ 250	—	290	2,465	—	2,234
φ 300	φ 200	335	2,465	2,706	2,303
φ 350	φ 250	387	—	2,780	2,334
φ 400	φ 300	428	—	2,780	2,329

5 参 考 资 料

TP40SCL

TP60S

TP50S

5-1 使用電力

No.	装置機器	使用電力	備考
1	油圧ユニット	TP50S-1 : 20.5kW (AC200V、3相) TP50S-2 : 37.0kW (AC200V、3相)	
2	エアコンプレッサ	0.2~0.4kW (AC100V)	ケーブル、ホース、コネクタ清掃およびピンチ弁開閉用、 圧力 10 kg/cm ²
3	坑内水中ポンプ	0.75~3.7kW	坑内排水
4	グラウトポンプ	2.2~3.7kW	滑材、掘削添加材、水噴射用
5	グラウトミキサ	2.2~3.7kW	滑材、掘削添加材、混練用
6	ジェットポンプ	3.7~5.5kW	スクリュ、ケーシング洗浄用
7	溶接機	200V (150A~500A)	坑口止水器取付、架台芯出し、 反力取り
8	インターホーン、電気ドリル、 門型クレーン、夜間照明灯、 回転灯等は除きます		
同時に全部を使用した時(kW)		32~48.5kW	

発電機容量：常時使用しない装置があるので、20~30kVA程度(現場状況を確認の上、決定して下さい)の発電機を使用します。

5-2 岩盤設計・技術資料

(1) 概 要

岩盤は、堆積物が相当の年代をかけて圧密・固化が進んだ固結堆積物を言い、通常の掘削機械では掘削が困難な堅い状態となっています。

岩盤推進施工を確実にを行い、適切な設計積算を行う為には、対象とする岩盤の状態を正確にとらえ、実際に適合したカッタの選定と施工方法を図る事が必要です。

岩盤を適正にとらえ、判断するために必要な調査資料としては、一般的にボーリング調査による岩の正式名、強度、RQD値、コア形態図、石英分率、N値、透水性、圧裂引張強度等に加え弾性波速度試験等があり、これらの指標によって岩盤の状態を評価することが重要となります。

現在、日本下水道管渠推進技術協会員で進めている研究会『推進工法岩盤技術研究会』においては、岩盤層での推進施工性を判断するための最小限必要とする資料として、下記の4項目を決め、施主を含む施工関係者から資料の提供をお願いしています。

- ① 岩盤名称 (N値・種類)
- ② 強 度 (N値、シュミットハンマー強度試験、一軸圧縮強度試験、圧裂引張強度、ショア硬度試験)
- ③ コア形態図
- ④ RQD値

(2) 岩盤の種類

① 岩盤の硬さ

岩盤は、一般に軟岩、中硬岩と硬岩に大別され、およその一軸圧縮強度による区別は、次の通りです。

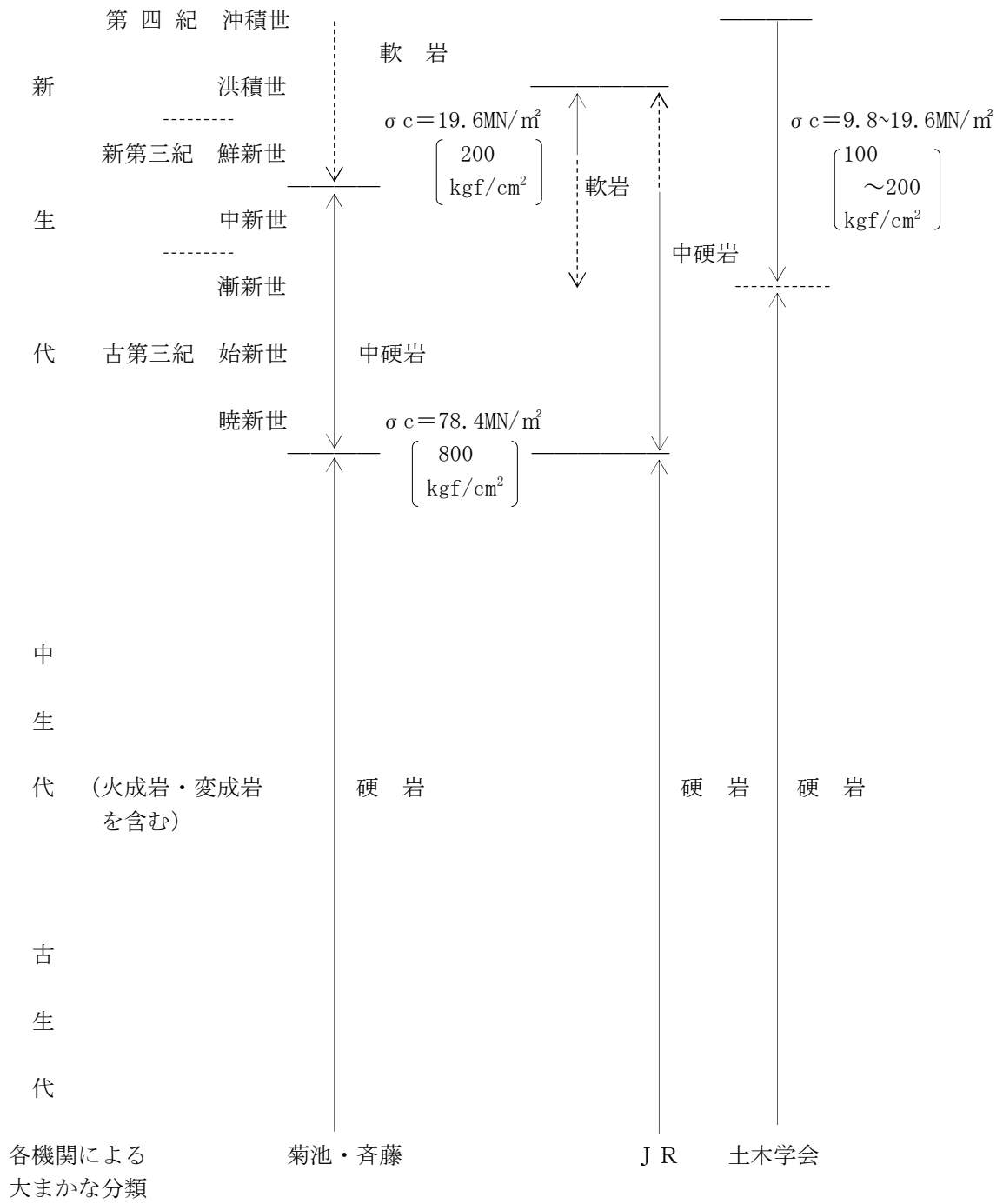
- a. 軟 岩 : 19.6MN/m²(200kgf/cm²) 以下
- b. 中 硬 岩 : 19.6MN/m²~78.4MN/m²(200kgf/cm²~800kgf/cm²)
- c. 硬 岩 : 78.4MN/m²(800kgf/cm²) 以上

注 ; 表2-1参照 (P.65)

② 造岩鉱物のモース硬度

標 準 鉱 物		硬 度	他 の 造 岩 鉱 物		
滑 石	Talk	1	石 墨 Graphite		
石 膏	Gypsum	2	絹雲母 Seticite	黒雲母 Biotite	緑泥石 Chlorite
方解石	Calcite	3			
蛍 石	Fluorite	4			
燐灰石	Apatite	5			
正長石	Orthoclase	6	斜長石 ・ 輝 石 ・ 角閃石 Plagioclase Pyroxene Amphibolite		
石 英	Quartz	7	緑廉石 橄 欖 石 Epidote Olivine		
黄 玉	Topaz	8			
銅 玉	Corundum	9			
ダイヤモンド	DIAMOND	10			

表 2 - 1



(3) 岩盤の分類

岩盤の分類は、トンネル掘削、地山の掘削、ダム基礎岩盤など、工学的目的によつて岩盤分類の基準は異なっており、代表的な岩盤分類の基準を表3-1、表3-2、表3-3に示します。

表3-1. ダム基礎の岩盤分類の例

記号	特 徴
A	きわめて鮮明なもので、造岩鉱物および粒子は風化、変質を受けていない、亀裂・距離はほとんどなく、あってもよく密着し、それらの面に沿って風化の跡は見られないもの。岩質はきわめて堅硬でハンマによって打診すれば、澄んだ音を出す。
B	岩質堅硬で開口した（たとえ1mmでも）亀裂あるいは節理はなく、よく密着している。ただし造岩鉱物および粒子は部分的に多少風化・変質が見られる。ハンマによって打診すれば、澄んだ音を出す。
CH	造岩鉱物および粒子は石英を除けば風化作用を受けてはいるが、岩質は比較的堅硬である。一般に褐鉄鉱などに汚染せられ、節理あるいは亀裂間の粘着力はわずかに減少しており、ハンマの強打によって割れ目に沿って岩塊がはく脱し、はく脱面には粘土物質の薄層が残留することがある。ハンマによって打診すれば、少し濁った音を出す。
CL	造岩鉱物および粒子は石英を除けば風化作用を受けて多少軟質化しており、岩質も多少軟らかくなっている。節理あるいは亀裂間の粘着力は多少減少しており、ハンマの普通程度の打撃によって割れ目に沿って岩塊がはく脱し、はく脱面には粘土物質層が残留することがある。ハンマによって打診すれば、多少濁った音を出す。
D	造岩鉱物および粒子は風化作用を受けて軟質化しており、岩質も著しく軟らかい。節理あるいは亀裂間の粘着力はほとんどなく、ハンマによってわずかな打撃を与えるだけで崩れ落ちる。はく脱面には粘土物質が残留する。ハンマによって打診すれば、著しく濁った音を出す。

表3-2. 土工のための岩盤分類（建設省・他）

岩 分 類	
名 称	岩 石 の 程 度
軟 岩 (I)	第3紀の岩石で固結の程度が弱いもの。風化がはなはだしく、きわめてもろいもの。指先で離し得る程度のもので、き裂間の間隔は1～5cmぐらいのもの。
	第3紀の岩石で固結の程度が良好なもの。風化が相当進み、多少変色を伴い軽い打撃により容易に割り得るもの。離れ易いもの。き裂間の間隔は5～10cm程度のもの。
軟 岩 (II)	凝灰質で強く固結しているもの。風化は目にそって相当進んでいるもの。き裂間の間隔は10～30cm程度で、軽い打撃により離しうる程度、異種の岩が硬い互層をなしているもので、層面を楽に離しうるもの。
中 軟 岩	石灰岩、多孔質安山岩のように特に緻密でないが、相当の硬さを有するもの。風化の程度あまり進んでいないもの。硬い岩石で間隔が30～50cm程度のき裂を有するもの。
硬 岩 (I)	花崗岩、結晶岩など全く変化していないもの。き裂間の間隔1cm内外で相当密着しているもの。硬い岩良好な石材を取り得るようなもの。
硬 岩 (II)	けい岩、角岩など、石英質に富んで岩質が硬いもの。風化していない新鮮な状態のもの。き裂が少なく、よく密着しているもの。

表3-3 トンネル掘削のための岩盤分類 (日本道路公団の例)

地山岩層	判定基準		(2) 地山強度比	判別		(4) 地質状況 (地質調査の結果または掘削面の状態) ・岩質は非常に堅硬かつ新鮮なもので入破状態を呈し、割れ目などはほとんどなく、連続して安定している。 ・水による劣化はない。	(5) 観察 ハンマー打撃による割れ方 ハンマーが振ね返る、強く叩いてかろうじて割れ、新鮮な面で割れる。	亀裂間隔 (cm)	(6) 掘削後の状態 内径変動量 (mm)
	(1) 弾性波速度 (Vpkm/s)	(3) ボーリングコア コアの状態 コア採取率は、おおむね90%以上で完全な状態を呈し、ほぼ20cm以上の長さを持つ。薄片はほとんど含まない状態のもの。		RQD (%)					
A	a	1.0		4以上	90以上	・岩質は非常に堅硬かつ新鮮なもので入破状態を呈し、割れ目などはほとんどなく、連続して安定している。 ・水による劣化はない。	ハンマーが振ね返る、強く叩いてかろうじて割れ、新鮮な面で割れる。	100~50以上	・自立状態は非常に良く、長期に維持できる。 ・掘削高は1.6m
	b	2.0							
	c	3.0							
	d ₁	4.0							
B	a	1.0		4以上	90~70	・岩質は新鮮で堅硬であるが割れ目は比較的少ない。 ・岩質はかたや堅硬であっても風化作用のため多少劣化した傾向が認められる。 ・岩質は堅硬であるが割れ目をなす岩層は比較的薄いもの。 ・水による劣化はない。	ハンマーで強く叩けば割れるが、ほとんどは節理等がある。節理等は比較的粗く割れる。	70~30	・断面は自立、茶褐色に局部的に肌落ちがみられるが、おおむね安定。 ・局部的に掘削は部分的に支保を要する地山。 ・掘削高は1.5~3.0m。
	b	2.0							
	c	3.0							
	d ₁	4.0							
C	a	1.0		4以上	70~10	・風化作用を受けて岩石に劣化を起しているもの。 ・岩質が多少軟らかくなる。 ・岩質は比較的堅硬であっても節理が細く入っている。節理の粗さが非常に粗く割れやすいもの。 ・水による劣化はない。	ハンマーで容易に割れる。 節理等に沿って比較的薄片に割れ、むしろ角裂以外の面では割れることが困難である。	50以下	・断面は自立する。 ・茶褐色は天端付近で肌落ちし、先受け支保工が必要となる地山。 ・掘削高は2.0~4.0m。
	b	2.0							
	c	3.0							
	d ₁	4.0							
D	a	1.0		4~2	10程度以下	・著しい風化作用を受け、一部にはすでに土質化した部分が見られる。中に多少薄く残っている程度に軟弱な地層も。 ・割れ目があきらかに多いため、節理以外の節理からでも容易に割れることができるもの。 ・粘土化のあまり進んでいない硬質で、粘性土と細片状の岩石の混合した状態になって、幾分硬い所も含まれているもの。 ・土砂・塵埃等。 ・水により鏡が軟弱化する場合はD。	ハンマーで容易に崩れる。 指先で容易に割れる。	60以下	・新面・茶褐色とも肌落ちが著しい場合と側方からの若干の押し出しがある場合がある。 ・先受けの支保工および早期の山留めが必要な地山。 ・掘削範囲または掘削高さ3.0~6.0m
	b	2.0							
	c	3.0							
	d ₁	4.0							
E	a	1.0		1以下	—	・著しい風化・周圧を伴うような、かなり脆く崩れやすい粘土化が著しい断層、断層帯や大きな地層地帯等。 ・水による劣化が著しく軟弱化を生ずる。	ハンマーのわずかの打撃によつて崩れる。 ハンマーの先が突き刺さる。	200以下	・断面は押し出しを生じ、顕著なものはない。 ・茶褐色は掘削の押し出しを生ずる。 ・掘削範囲または掘削高さ>7.0m
	b	2.0							
	c	3.0							
	d ₁	4.0							

注：1) 岩種 a：変成岩 (千枚岩、石墨片岩、珪質石墨片岩、石英片岩、緑色片岩、片麻岩、蛇紋岩、乾紋岩、ホルンフェルス等) 深成岩 (斑れい岩、閃輝綠岩等) b：古生層および中生層 (粘板岩、砂岩および礫岩、硬砂岩、頁岩、硬岩、輝綠岩、玄武岩等) c：火山岩 (石英粗面岩、安山岩、玄武岩等) 深成岩 (花崗岩、石英斑岩、ひん岩、輝綠岩等) 2) ボーリングコアの状態、RQD、亀裂間隔は、岩種 a、b、c、d に適用する。

d：第三期および下部洪積層 (泥岩、頁岩、頁岩質頁岩、砂岩および礫岩、凝灰岩、凝灰角礫岩、集塊岩等) ただし岩石試料の軸圧強度 (σ_p) 19.6MN/m² (200kgf/cm²) を基準として、 d_1 ・ d_2 に細分化する。
 d_1 : $q_u \geq 19.6MN/m^2$ (200kgf/cm²)
 d_2 : $q_u < 19.6MN/m^2$ (200kgf/cm²)
e: 上部洪積層 (ロームおよび粘土、火山砕屑物)、沖積層 (海砂、粘土等)

(4) 岩石の種類と弾性波速度範囲との関係

注 表4-1参照

岩石名		速度 (km/s)								
		0	1	2	3	4	5	6	7	
堆積岩	沖積層	表土	—							
		がはいすい	—	—						
		乾いた砂礫	—							
		含水砂礫		—	—					
		ローム・粘土	—							
		火山碎屑物	—	—						
	第三紀層	粘土質頁岩			—	—				
		珪質頁岩				—	—			
		砂岩・礫岩			—	—				
		石灰岩				—	—			
		凝灰岩			—	—				
		角礫凝灰岩				—	—			
		集塊岩				—	—			
	中生層	粘板岩					—	—		
		砂岩・礫岩					—	—		
		硬砂岩					—	—		
		石灰岩						—	—	
		珪岩						—	—	
輝緑凝灰岩							—	—		
火成岩	深成岩	花崗岩					—	—		
		閃緑岩					—	—		
		斑れい岩						—	—	
		かんらん岩						—	—	
	半成深岩	石英(花崗)斑岩					—	—		
		輝緑岩					—	—		
	火山岩	浮石質溶岩		—	—					
		石英粗面岩			—	—				
		安山岩				—	—			
		玄武岩				—	—			
変成岩	千枚岩					—	—			
	石墨片岩					—	—			
	珪質石墨片岩					—	—			
	石英片岩					—	—			
	綠色片岩					—	—			
	片麻岩					—	—			
	蛇紋岩			—	—					
ホルンフェンス					—	—				

(土木学会、1977)

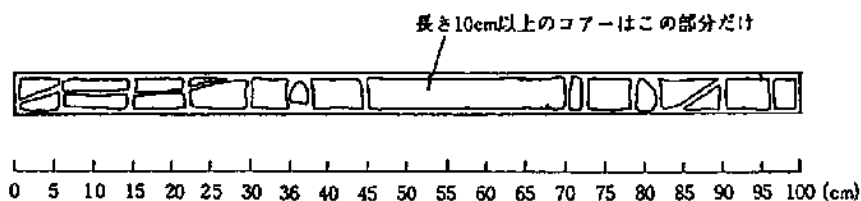
(5) 用語

① RQD値：Rock Quality Designationの略

岩盤の割れ目や軟化・変質の程度をコアの採取状況から間接的に評価しようと言う指標で、回収されたコアのうち、長さが 10 cm以上あり、かつ新鮮で堅硬なコアの合計長さのボーリング長さに対する割合を求めたものです。

$$RQD = \frac{\text{長さ 10 cm以上の棒状コアの累計長}}{\text{1 削孔長}} \times 100$$

下図に示した例では、コア採集率は 100%ですが、RQDは 25%となります。



RQD (%)	0～25	25～50	50～75	75～90	90～100
岩質	非常に悪い	悪い	大体良い	良い	極めて良い

② 一軸圧縮強度；岩盤からコア資料を削りだし（コア径 53 mm）、試験機で圧縮荷重をかけ計測、強度試験を行った値を MN/m²(kg/cm²) 表示する（記号は通常 σ_c を使用する。）。

③ コア採集率；ボーリング長に対する回収コア長の割合で、通常コアパイプを回収する毎（一般に 1 m 毎）に記録します。

$$\text{コア採集率} = \frac{\text{採集されたコア長}}{\text{削孔長}} \times 100 (\%)$$

(6) 岩盤破碎のメカニズム

岩盤破碎時、ディスクカッタ付きのカッタヘッドは、大きな力で回転しながら切羽に押し付けられる。カッタヘッドは、1回転毎に0.1～1.5mm程度切羽面に食い込む。

カッタエッジと切羽の接触面で、岩が破碎され、このゾーンより側方にクラックが伝播し、ディスクカッタの刃によって出来たクラックとクラックに沿って岩は弛められ、大きな破片となっていく。

カッタエッジの側方のチップングは、岩石の主応力線に沿ったクラックの形成の結果として発生する。

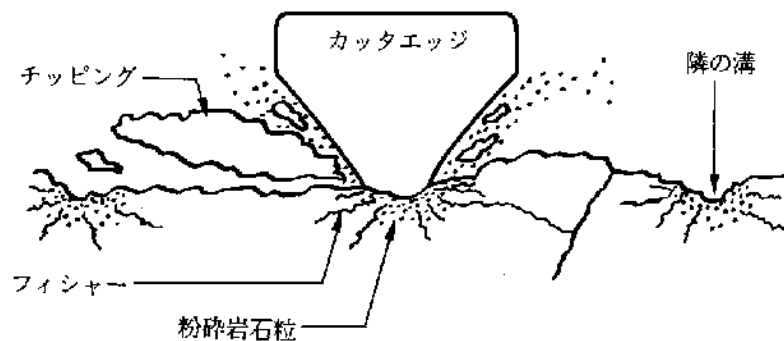


図6-1 岩盤破碎のメカニズム

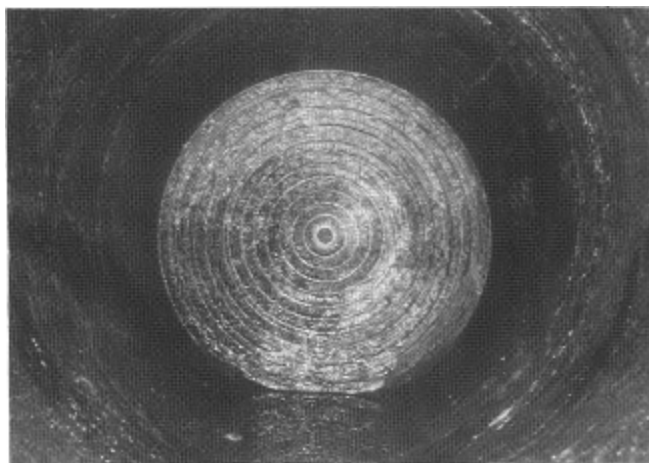


写真6-1 岩盤掘削時の切羽

(7) 岩盤層における推進力の算定式

岩盤層における推進施工に伴う推進力の算定式は、未風化岩および風化岩により異なり、未風化岩については下記を、風化岩についてはP.22～P.23をご参照下さい。

①未風化岩での推進力計算方法

アイアンモールで岩盤層（未風化）を推進する場合の管推進力 F_g は、下記計算式により算出致します。

$$F_g = F_c + F_f$$

ここに

F_g : 岩盤での全推進力 (kN)

F_c : 許容岩破碎力 (kN)

$$F_c = C_f \times N$$

C_f : ディスクカッタ刃1枚当りの岩破碎力 (kN)

N : カッタヘッド面盤のディスクカッタの総刃数

F_f : 管摩擦抵抗力 (=計画推進延長 L の推進力) (kN)

$$F_f = W \times R$$

W : 推進機材全重量 (kN)

$$W = W_h + (W_s + W_k + W_w + W_d) \times L$$

W_h : 先導体重量 (kN)

W_s : スクリュ重量 (kN/m)

W_k : ケーシング重量 (kN/m)

W_w : 推進管重量 (kN/m)

W_d : ケーシング内土砂重量 (kN/m)

R : 岩盤と推進機材の摩擦係数 (0.4～1.0、通常は0.7を選択)

L : 推進距離－先導体全長 (m)

$$L = L_s - L_h$$

L_s : 推進距離 (m)

L_h : 先導体全長 (m)

【注意事項】

上記計算式は、全断面未風化岩層での標準的な物で、スライム対策注水工が有効に作用しスライムによる締め付けが無く、蛇行していない場合とします。

又、上記計算式は、先端抵抗と周面抵抗による推進力なので、実際に推進延長を設定する場合は、ディスクカッタの磨耗限界・機械能力等を加味して設定します。

Q & A

Q 1 : TP40SCL、TP60S、TP50Sアイアンモール工法は小口径管推進工法の分類のどれにあたりますか。

A 1 : 小口径管推進工法の高耐荷力方式および低耐荷力方式のオーガ方式(泥土圧方式)に分類されます。
但し一部の土質は国土交通省下水道工事積算基準のオーガ掘削推進工法の基準にもあてはまりません。

Q 2 : オーガ掘削推進工法（国土交通省）の土質対応範囲はどのようになっていますか。

A 2 : オーガ掘削推進工法の適用土質は、細粒土、砂質土及び礫分が50%未満の礫質土（土質学会の分類）です。
但し、地下水位の高い砂層等で切羽から土砂の流入が予測される地盤は適さないことになっております。

Q 3 : 土質学会の分類で細粒土、砂質土、礫質土はどのように分類されていますか。

A 3 : 土粒子の大きさにより、粒径が区分され、細粒土は0.075mm (75 μm) 以下の粘土、シルトをいい、砂は0.075～2mm、礫は2mm以上75mmまでの径のものです（下記）
従って75mm以上のものは礫でなく玉石となります。

		0.005	0.075	0.425	2.0	4.75	19	75	300	2000	(mm)
粘 土	シルト	細	粗	細	中	粗	玉 石		転 石	岩 盤	
		砂		礫							

Q 4 : 泥土圧式推進工法とは何ですか。

A 4 : 掘削土砂の塑性流動化を促進させる添加材を注入しながら、掘削ヘッドで掘削土砂と混合して、元押しジャッキの推進力で加圧し、その泥土圧を切羽全体に作用させて、切羽の安定を図りながら、スクリュコンベアで排土しつつ掘進する工法である。掘削添加材で切羽から大型ピンチ弁までのケーシング内に改良した掘削土を充填させ“改良土のプラクゾーン”を作る必要があります。

Q 5 : 掘削添加材の役目は何ですか。

A 5 : 透水係数が大きく、湧水量が多く地山の粘土、シルト分（細粒分ともいう、粒径0.075mm以下の土）が少ない地盤の推進では、掘削土と水が混合されても細粒分が不足しているためスムーズな排土ができない。間隙比が大きく、粒度バランスが悪い掘削土を塑性流動性と不透水性を持つ泥土に改造させる役目をもっています。

Q 6 : 滞水砂層でも対応可能ですか。

A 6 : オーガ掘削推進工法では通常地下水位の高い砂層等では切羽から土砂が流入してしまうため適しませんが、掘削添加材と大型ピンチ弁を併用した“泥土圧式推進工法”では切羽の安定にすぐれているため、滞水砂層でも、もちろん対応可能です。

Q 7 : 土丹層でも対応可能ですか。

A 7 : 土丹（固結シルト）のように固結している層では、粘性土用カッタヘッドにビットを取り付けたり、オープン型カッタヘッド（OP）を使用すれば、カッタヘッドがベアリング構造で定回転を確保できるため硬い地盤でも掘削可能です。

Q 8 : N値の低い軟弱な土質でも対応可能ですか。

A 8 : この様な土質は仮管併用推進工法（圧密式2工程）が最適です。先導体の重量より、沈下する傾向があるためオーガ方式、泥土圧式とも0 < N値 ≤ 50を推奨致します。

Q 9 : 滞水層では、特に調査時点で何を注意しなければなりませんか。

A 9 : 推進線部の現場透水試験による透水係数、水位（水被り）による被水圧の他に粒径加積曲線による均等係数、細粒分の割合を確実にチェックする必要があります。

Q 10 : 掘削添加材の必要量の計算はどのようにして決めますか。

A 10 : 粒度試験結果から、均等係数、粒径通過百分率（ $P_{0.075}$ 、 $P_{0.25}$ 、 $P_{2.0}$ ）を読みとり、配合計画、注入量を算出します。

Q 11 : TP40SCL・TP60S・TP50Sでの推進距離はどの位まで可能ですか。

A 11 : 推奨する推進延長は、土質条件にも依りますが、TP40SCLでは50～70m程度、TP60Sでは50～70m程度、TP50Sでは50～60m程度を標準としています。

Q 12 : 発進立坑内で推進装置を振りたいが（推進計画線が斜め）何度まで振れますか。

A 12 : 鋼矢板の標準立坑で推進計画中央線よりTP60Sでは±16度、TP40SCLでは±18度、TP50Sでは±14度まで振れます。ただし「市街地土木工事公衆災害防止対策要綱」にのっとり、検討する必要があります。（同要綱第6章土留工：鋼矢板は、Ⅲ型以上を標準とする等。）

Q 13 : 止水器を取り付ける場合立坑長さはどの位長くなりますか。

A 13 : 止水器寸法、止水ゴムのめくれ、空伏部管の接続を考慮して鋼矢板立坑の場合最低鋼矢板1枚（400mm）分は長くする必要があります。

Q 14 : 埋設管と埋設管との立坑での段差（ステップ）はどの位とったらよいでしょうか。

A 14 : 両発進立坑でのステップは発進のみとなるためステップは小さく（20mm位）とれますが、発進、到着兼用立坑及び両到達立坑では、空伏部の施工を考慮して60mm以上とるようにして下さい。

Q 15 : 急勾配で推進したいができますか。

A 15 : 施工精度を確保するためのレーザーターゲット、傾斜計の関係により、通常30%迄対応ができます。ただし、施工の安全性を考慮して底盤コンクリート打ち、ケーシング、スクリュの到達後の回収等を検討する必要があります（30%を超える施工実績もありますので協会にご相談下さい）。

TP40SCL

TP60S

TP50S アイアンモール工法設計・技術資料

2023年4月

発行 アイアンモール協会

〒790-0962 愛媛県松山市枝松 6-2-13

愛媛シールド工業(株)内

TEL:050-3317-1646

MAIL:info@ironmole.gr.jp

本会に無断で転載及び複写を禁じます。
本資料は次回発行まで有効とします。