

複合式推進工法

ハイブリッドモール工法

技 術 資 料

平成 29 年度版



ハイブリッドモール工法協会

ま え が き

社会インフラ設備の整備は、都市機能の高度化に伴いますます需要が高まっており、大規模災害発生時には、特に安全かつ、信頼性の高い設備であることが求められます。このような設備の構築にあたっては、自然・地域環境への影響や CO₂削減、エネルギー消費抑制等に配慮して取り組む必要があります。

設備構築方法のひとつである推進工法は、地震時の液状化発生の際にも管渠の安定した性状を維持できる技術として、高い評価を得ております。

ハイブリッドモール工法は、一般的な推進工法である泥水式、泥濃式および泥土圧式が有する各々の技術的特性を活かし、推進区間内の土質変化に応じて最適な方式に切り替えることを可能とした、画期的な複合式推進工法です。

また、掘進機の切羽の安定性向上は基より、推進中の掘削添加材の大幅な減量化や掘削残土の分級と循環装置の開発による建設汚泥のリサイクル化を実現しました。

本資料は、循環型社会のニーズに貢献する新たな技術として、各方面の皆様方に活用して頂くために、標準的な適用範囲について記していますが、適用条件など不明な点がございましたら、ご遠慮なくお問い合わせください。

今後は施工技術の向上と実績を延し、関係各位のご指導を賜りながら、より充実した資料とするよう誠心誠意努めて参りますので、皆様のご理解をよろしくお願い申し上げます。

ハイブリッドモール工法協会

目 次

1.	工法概要	
1. 1	工法の位置づけ	1
1. 2	工法の概要と特長	2
1. 3	工法の組合せ方式	3
1. 4	基本構造（掘進機諸元）	4
2.	適用範囲	
2. 1	土質区分とカッタヘッド	5
2. 2	適用土被り	6
2. 3	標準推進延長	6
3.	注入設備および配合	
3. 1	高濃度泥水	8
3. 2	滑材	10
3. 3	裏込め	12
4.	排土設備（坑内配管および地上設備）	
4. 1	吸引式（NN方式）	13
4. 2	還流式（SS方式、NS方式）	14
5.	推進力算定	
5. 1	推進力算定	20
5. 2	曲線推進	21
6.	日進量	
6. 1	標準日進量	22
6. 2	日進量補正	22
7.	立坑寸法等	
7. 1	用途および形式別立坑寸法	25
7. 2	発進高さ・到達高さ	28
7. 3	坑口設備	28
7. 4	支圧壁	31
7. 5	地盤改良	32
7. 6	発生土処理	33
7. 7	発進立坑基地図（参考）	34
8.	既設構造物到達（外筒残置）	35
9.	その他の要素技術	
9. 1	コンパクト立坑発進の施工	38
9. 2	ハイブリッド坑口	42
9. 3	鋼製支圧壁	43
9. 4	中間立坑通過設備	44

1. 工法概要

1. 1 工法の位置づけ

推進工法は、公益社団法人日本推進技術協会によると、図 1-1 に示すように呼び径 800 以上の大中口径管推進工法、呼び径 700 以下の小口径管推進工法、鋼製管推進工法、改築推進工法および呼び径 3000 を超える超大口径管推進工法に分類されている。

ハイブリッドモール工法は、大中口径管推進工法の密閉型推進工法に属する。

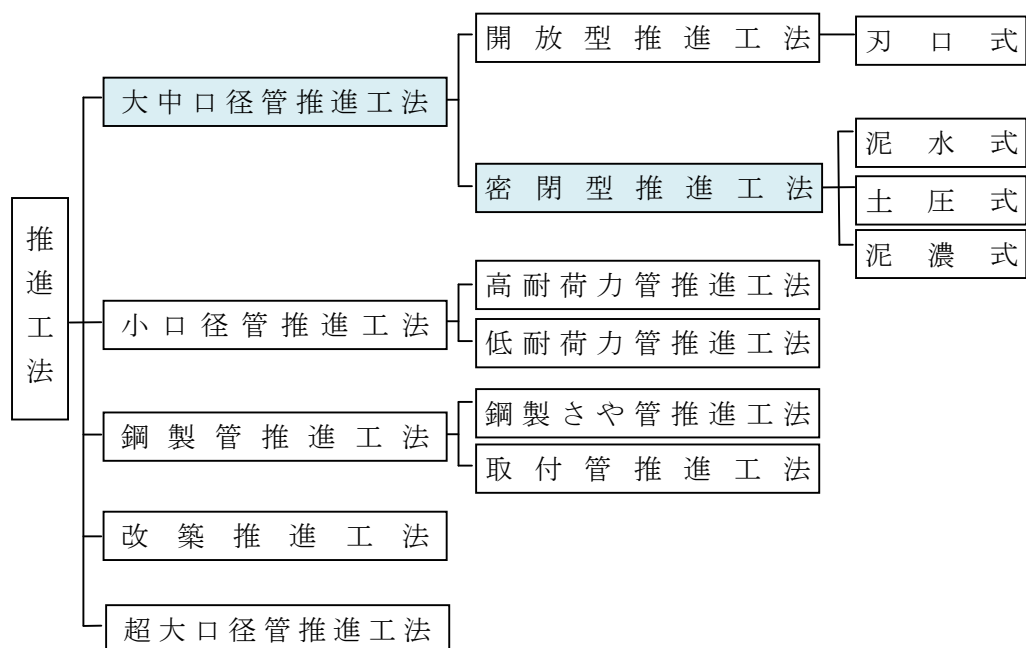


図 1-1 推進工法の分類

密閉型推進工法は、掘削時の切羽安定方法と土砂搬送方法等により、泥水式推進工法、土圧式推進工法および泥濃式推進工法に分類されており、施工条件および土質条件に応じて最適な推進工法が選択されている。

各方式の切羽安定方法と土砂搬送方法を表 1-1 に示す。

表 1-1 密閉型推進工法の切羽安定方法と土砂搬送方法

方 式	切羽安定方法	土砂搬送方法
泥水式推進工法	泥水圧	流体輸送
土圧式推進工法 (泥土圧式) 推進工法	土 圧 (泥土圧)	トロバケット 圧 送
泥濃式推進工法	高濃度泥水混合の 泥土圧	吸 引 トロバケット

1. 2 工法の概要と特長

1. 2. 1 工法の概要

ハイブリッドモール工法は、各方式の技術的特性を活かし、短所を補完するために切羽安定（圧力保持）と土砂搬送方法との組合せを同一スパンでも切替え可能とすることで施工の安定性を向上させると共に、泥水処理装置による分級処理と掘削添加材等への再利用により建設汚泥の減量化を実現するものである。

システム概要図を図 1-2 に示す。

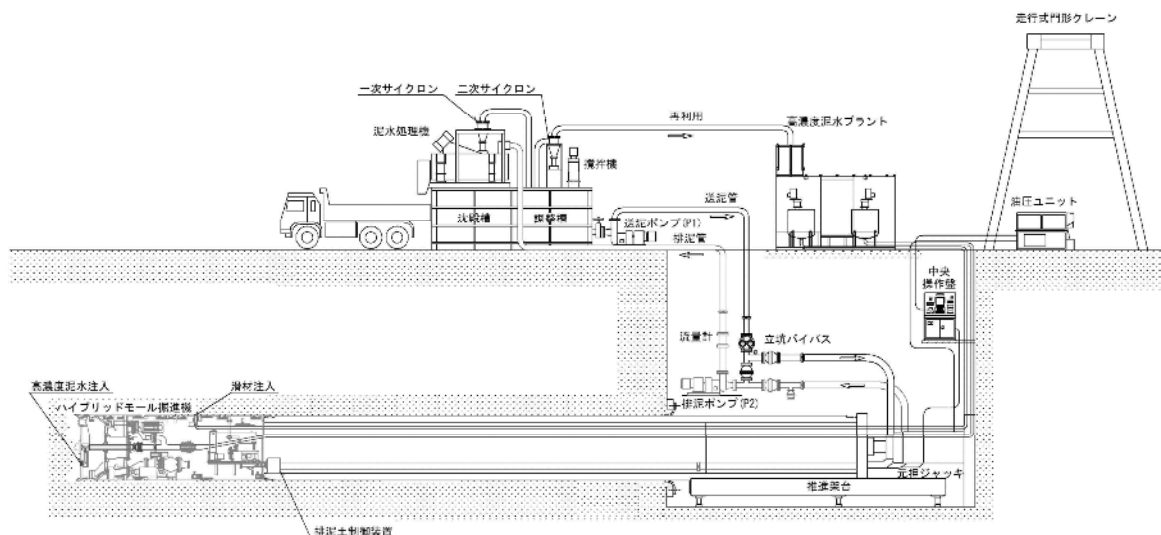


図 1-2 システム概要図

1. 2. 2 工法の特長

- ①土質変化の激しい地盤においても、推進途中でも掘進機内の送排泥ラインの切替えにより、掘削方式と排土処理方式の変更が可能ことから、切羽面の安定を確保した推進が可能となる。また、呼び径 1000 以上では機内からのビット交換も可能である。
- ②泥水処理設備による円滑な土砂分級処理で、産業廃棄物の削減が可能となり、分級効果を高めることで高濃度泥水等および裏込め材への再利用が可能となる。
- ③ハイブリッド坑口および鋼製支圧壁によりコンクリートがら等の産業廃棄物の削減が可能となる。（9. 2 章参照）
- ④外筒残置機能を有していることから掘進機の引上げ回収が困難な既設マンホール等への到達が可能である。（8 章参照）
- ⑤コンパクトな立坑からの標準管推進が可能である。（9. 1 章参照）

1. 3 工法の組合せ方式

ハイブリッドモール工法は、対象土質に応じて掘削方式と排土処理方式を組合せる工法であり、組合せ方式を表 1-2 に示す。

表 1-2 掘削方式と排土処理方式による組合せ

方式	S S 方式	N S 方式	N N 方式
掘削方式	泥水式	泥濃式	泥濃式
排土処理方式	還流式 ・送排泥ポンプで搬送し、泥水処理	還流式 ・送排泥ポンプで搬送し、泥水処理分級 ・高濃度泥水は再利用	吸引式 ・吸排泥装置で排泥タンクにストック後産廃処理
記事	・細粒分が少なく、透水性が中位の土質が最適で、逸泥が少なく、分級処理効果が高い ・岩盤では掘削効率が高い	・礫径が大きく透水性の高い土質に適している ・排泥土制御装置で還流式に排土処理を変換する ・高濃度泥水に分級後の細粒泥水を再利用する	・細粒分の多い礫混入率が少ない土質に適している ・礫分級が不要

ハイブリッドモール工法でその特長が最大限に発揮される N S 方式の模式図を図 1-3 に示す。なお、排泥土制御装置等の泥水に還流可能な装置は、施工条件に応じ任意の位置に設置する。

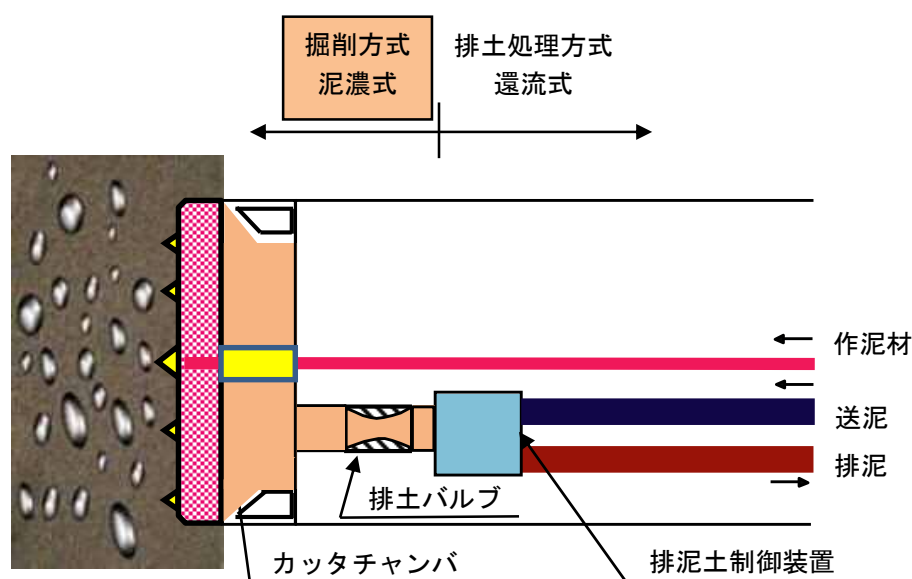


図 1-3 N S 方式模式図

1. 4 基本構造（掘進機諸元）

ハイドリットモール工法の掘進機は、適用土質および推進管呼び径により以下のように区分される。
また、排泥土制御装置は着脱可能な構造である。
最小曲線半径については、土質条件等により対応できない場合があるので個別検討とする。

表 1-3 土質区分 A・B・C-1 用

呼び径 種別	800	900	1000	1100	1200	1350	1500	1650	1800	2000	2200	2400	2600	2800	3000
外 径 (mm)	980	1,090	1,210	1,320	1,440	1,610	1,790	1,960	2,130	2,360	2,590	2,840	3,060	3,300	3,530
機 長 (mm)	3,000	3,000	3,000	3,100	3,100	3,100	3,100	3,200	3,100	3,100	3,100	3,340	3,340	3,210	3,210
重 量 (t)	2.9	3.3	4.3	5.0	5.7	6.7	9.1	12.0	12.4	17.5	19.5	28.0	32.0	35.0	40.0
標準分割長 (mm)	1,900	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,100	2,100	1,800	1,800	2,330	2,260	2,380	2,060
排土口径 (mm)	200	200	250	300	300	300	350	400	400	450	400	2×150	2×150	2×150	2×150
最小曲線半径 (m)	35 [12]	40 [15]	45 [15]	45 [15]	50 [20]	50 [20]	55 [25]	60 [30]	70 [30]	70 [25]	70	140 (50)	150 (50)	150 (50)	150 (60)

注1：最小曲線半径の [] 内は、急曲線対応機の場合である。

注2：外筒残置式の最小曲線半径は標準機と急曲線対応機の間となる。

注3：最小曲線半径の () 内は、曲線補助筒使用の場合である。

表 1-4 土質区分 C-2・C-3・D・E 用

呼び径 種別	800	900	1000	1100	1200	1350	1500	1650	1800	2000	2200	2400	2600	2800	3000
外 径 (mm)	990	1,110	1,230	1,340	1,460	1,630	1,810	1,980	2,150	2,375	2,610	2,840	3,070	3,300	3,520
機 長 (mm)	2,735	2,760	2,750	3,000	3,065	3,210	3,300	3,335	3,420	4,155	4,400	4,640	4,565	4,440	4,460
重 量 (t)	5.4	7.1	8.5	10.0	12.7	13.7	17.8	21.8	26.0	29.0	38.3	42.8	53.0	62.0	70.0
標準分割長 (mm)	2,000	2,200	2,200	2,200	2,200	2,200	2,200	2,300	2,300	2,400	2,400	2,520	2,540	2,540	2,270
排土口径 (mm)	2×100	2×100	2×100	2×100	2×100	2×150	2×150	2×150	2×150	2×150	2×150	2×150	2×150	2×150	2×150
最小曲線半径 (m)	60 (30)	60 (30)	60 (30)	70 (30)	70 (30)	80 (30)	90 (30)	100 (40)	110 (40)	120 (40)	130 (40)	140 (50)	150 (50)	150 (50)	150 (60)

注1：最小曲線半径の () 内は、曲線補助筒使用の場合である。

注2：曲線補助筒は土質条件（特に強度のある岩盤や巨礫層）などによっては、対応できないことがある。

2. 適用範囲

2. 1 土質区分とカッタヘッド

土質区分ごとの標準的な土質条件と標準的なカッタヘッド種別を表 2-1 と図 2-1 に示す。下表の適用区分以外の場合の施工可否については、個別検討とする。

表 2-1 土質区分

土質区分		土 質 条 件	カッタヘッド
軟弱土	A	砂質土で礫率 10%以下かつ平均N値 10 以下とし、最大礫径を 20 mm以下とする。	スポーク
		粘性土で平均N値は 3 未満とする。	
砂質土・粘性土	B	砂質土で礫率 30%以下かつ平均N値 50 以下とし、最大礫径を 50 mm以下とする。	スポーク
		粘性土で平均N値は 10 以下とする。	
砂礫土	C-1	礫率 50%以下とする。 最大礫径について呼び径の 30%以下かつ 400 mm以下とする。	普通面板
	C-2	礫率 65%以下とする。 最大礫径について呼び径の 50%以下とする。	特殊面板
	C-3	礫率 90%以下とする。 最大礫径について呼び径の 100%程度とする。	特殊面板
硬質土	D	硬質粘土や土丹または固結土砂などで、一軸圧縮強度 15MN/m ² 以下とする。	スポーク
岩 盤	E-1	一軸圧縮強度 40MN/m ² 以下とする。	特殊面板
	E-2	一軸圧縮強度 80MN/m ² 以下とする。	特殊面板
	E-3	一軸圧縮強度 120MN/m ² 以下とする。	特殊面板

注1：透水係数については、上限を 1×10^{-3} sec (1×10⁻¹cm/sec) 程度とする。

注2：土質区分によってはカッタヘッドの仕様を変更することがあります。

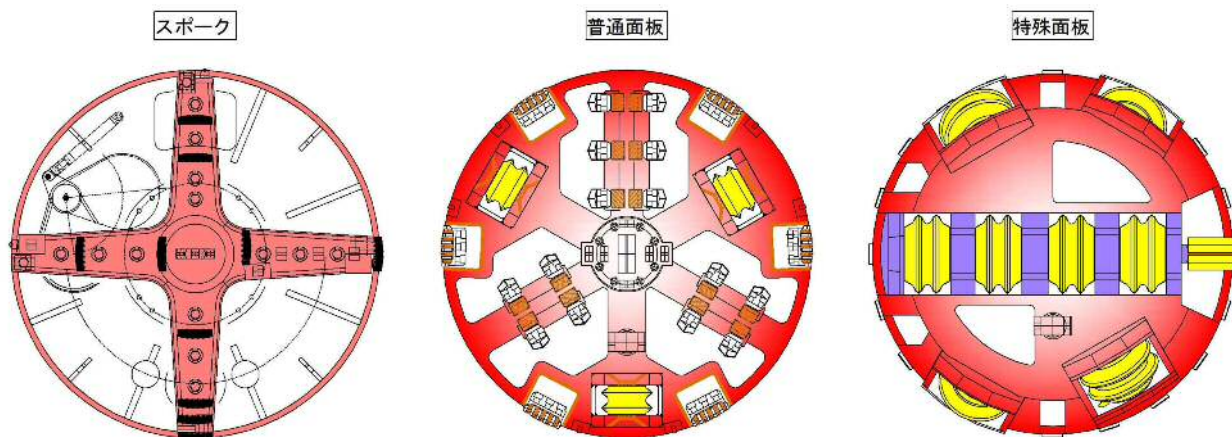


図2-1 カッタヘッド種別

2. 2 適用土被り

土被りは、土質区分、推進管呼び径及び周辺埋設物等により判断するが、最小土被りは、1.5D（D：管外径）かつ1.5m以上とする。

なお、高水位地盤及び上記以外は個別検討とする。

2. 3 標準推進延長

標準推進延長は、推進力、推進管耐荷力、呼び径および土質区分によるカッタビットの標準交換距離、その他施工条件等を総合的に考慮して決定する。

なお、カッタヘッドの面板形状は、土質（岩質、礫質含む）、粗石・巨石の混入率および強度等により、個別検討とする。破碎対象となる粗石・巨石の一軸圧縮強度は、200MN/m²程度とする。

表2-2に土質、呼び径別カッタビット標準交換距離を示す。

表 2-2 土質、呼び径別カッタビット標準交換距離 (m)

土質区分		土質条件	呼び径	
			800～1200	1350～3000
砂質土	B	礫率：30%以下、平均N値 50 以下 礫径：50mm 以下	400～	
砂礫土	C－1	礫率：50%以下 礫径：呼び径の 30%以下かつ 400mm 以下	300	350
	C－2	礫率：65%以下 礫径：呼び径の 50%以下	400	450
	C－3	礫率：90%以下 礫径：呼び径の 100%程度	250	300
硬質土	D	硬質粘土や土丹または固結土 一軸圧縮強度：15MN/m ² 以下	500～	
岩 盤	E－1	一軸圧縮強度：10MN/m ² 以下	250	
		一軸圧縮強度：40MN/m ² 以下	150	
	E－2	一軸圧縮強度：80MN/m ² 以下	100	
	E－3	一軸圧縮強度：120MN/m ² 以下	80	

また、機内ビット交換可能型（呼び径 1000 以上）のカッタビット標準交換距離は以下である。

表 2-3 機内ビット交換型 土質別カッタビット標準交換距離 (m)

土質区分 \ ビット種別		ローラ		切削ビット		スクレーパビット
		外周	フェース	外周	フェース	
砂質土	B	450	900	—	—	500
砂礫土	C-1	380	760	—	—	500
	C-2	280	560	—	—	500
	C-3	200	400	—	—	—
硬質土	D	270	—	—	540	500
岩盤	E-1	270	—	—	540	500
		170	340	—	—	500
	E-2	125	250	—	—	500
	E-3	100	200	—	—	500

3. 注入設備および配合

3. 1 高濃度泥水

3. 1. 1 高濃度泥水

高濃度泥水は、掘進機のカッタ先端部（外周部）から注入され、カッタチャンバ内で掘削土砂と混合され泥土状態になる。泥土には、切羽面の保持・造壁性と吸引排土時の適度な流動性が求められる。このため、高濃度泥水は、土質性状および礫率に応じて表3-1のように経験的に定める。

高濃度泥水に用いる主な材料は粉末粘土、増粘材、目詰材等であるが、粘土供給、作業ヤードの確保、作業性の改善等を目的として、各種添加剤も使用する。また粘性土地盤では、カッタやカッタチャンバ内、排土ラインでの付着、閉塞などを解消する為に付着防止剤等を使用する。

表3-1 高濃度泥水標準配合表（NN方式）（m³当り）

種目	比重	単位	細粒分 50%以上	礫率30% 以下	礫率30～ 40%未満	礫率40～ 60%未満	礫率60～ 80%未満	硬質 粘性土	岩盤
粉末粘土	2.45	kg	120.0	240.0	300.0	360.0	420.0	120.0	120.0
増粘材	1.30	kg	1.5	1.8	2.4	3.0	3.6	0.0	3.0
目詰材	1.10	kg	8.0	10.0	12.0	12.0	14.0	0.0	0.0
水	1.00	kg	942.6	891.6	864.8	839.8	813.1	951.0	948.7
計		kg	1,072.1	1,143.4	1,179.2	1,214.8	1,250.7	1,071.0	1,071.7
比重			1.07	1.14	1.18	1.21	1.25	1.07	1.07

表3-2 分級処理装置使用時の配合例（NS方式）（m³当り）

種目	比重	単位	細粒分50% 以上	礫率30% 以下	礫率30～ 40%未満	礫率40～ 60%未満	礫率60～ 80%未満	硬質 粘性土
ベントナイト	2.60	kg	52.0	60.0	88.0	88.0	88.0	52.0
減摩剤	0.96	kg	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
水	1.00	kg	980.0	976.0	968.0	968.0	968.0	976.0
計		kg	1,000.4	999.5	1,002.3	1,002.3	1,002.3	996.4
比重			1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

3. 1. 2 高濃度泥水注入率

高濃度泥水の使用量は、掘削土に対して体積比（注入率）によって求める。

$$\text{泥水使用量 (m}^3/\text{m)} = \text{呼び径別 1 m 当たり掘削土量 (m}^3/\text{m)} \times \text{注入率 (\%)} / 100$$

注入率は、一般に礫含有率が高い土質ほど、目詰め効果を高め、かつ、見かけの礫率を低減し適度な流動性を得るために高くする。また、粘性土は粘着力が増すほど、カッタおよびカッタチャンバ、排土ラインでの付着、閉塞が生じやすく、これを解消、防止する為に注入率を高くする。

注入率は、50%を最小注入率として土質定数から実績による経験式にて求める。

砂礫土（C-1～3）における注入率

$$\text{高濃度泥水注入率 (\%)} = \{0.3 + 0.3 \times (G/100) + 0.7 \times (G/100)^2\} \times 100$$

備考1：Gは礫率（%）

2：算定式にて50%未満は50%とする。（図3-1）

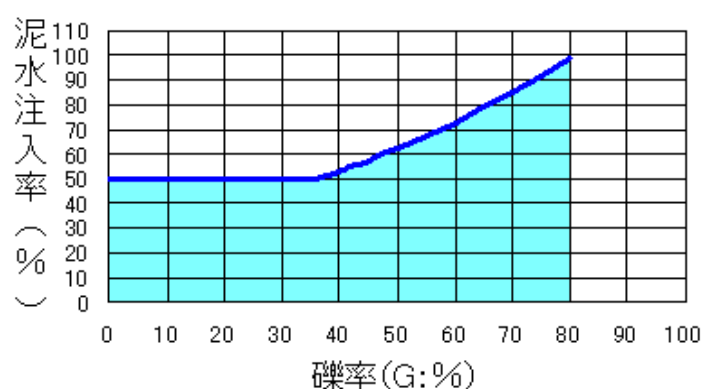


図3-1 礫率と高濃度泥水注入率（砂礫土）

硬質土・岩盤（D, E-1～3）における注入率は100～150%とする。

3. 1. 3 注入設備

高濃度泥水注入設備は、カッタチャンバ内に高濃度泥水を注入するためのもので、作液タンク、圧送ポンプ、水槽、圧送ホース等で構成する。標準としては、高濃度泥水グラウトポンプを2台、高濃度泥水グラウトミキサを3台使用する。設備の仕様を表3-3に示す。

高濃度泥水注入設備は、滑材注入設備と一体構造になっているのが一般的である。

表 3-3 高濃度泥水注入設備の標準仕様（NN方式）

機械名	規格			台数
	適用径	仕様	出力 (kW)	
グラウトポンプ	800～1350	65 ℓ/min	2.2	2
	1500～1800	65 ℓ/min	2.2	1
		90 ℓ/min	7.5	1
	2000～2200	65 ℓ/min	2.2	1
		90 ℓ/min	7.5	2
グラウトミキサ	800～1800	500 ℓ	2.2	3
	2000～2200	500 ℓ	2.2	6

表 3-4 分級処理装置使用時の注入設備の標準仕様（NS方式）

機械名	規格			台数
	適用径	仕様	出力 (kW)	
グラウトポンプ	800～1350	90 ℓ/min	15.0	2
	1500～1800	90 ℓ/min	15.0	2
	2000～2200	90 ℓ/min	15.0	3
グラウトミキサ	800～1800	600 ℓ	7.5	4
	2000～2200	600 ℓ	7.5	6

3. 2 滑材

3. 2. 1 滑材

滑材注入は、推進中管と土との摩擦抵抗を減じ、併せて地山の緩みを防ぐので、注入に当っては滑材の種類、注入圧、注入量等を検討し、さらに土質変化等に対応した適切な判断が求められる。

滑材にはベントナイト滑材の他、一体型混合滑材、粒状型滑材、固結型滑材、遅硬性滑材の種類があり、滑材の地下水による希釈、劣化、地中への逸散、地山との混合による劣化等の現象に対応できるように地盤特性、地下水位状況等を考慮して、滑材の選定を行う必要がある。

3. 2. 2 注入量

滑材は土質によって地盤への浸透性が異なるため、所定の注入圧で注入しても注入量は土質によってかなり差がある。標準的な滑材注入量を以下に示す。

(1) 一次注入

拡幅掘削幅を推進管外径より 25mm とした場合、管外周に 40mm 相当のボイドが形成されるとして、表 3-5 に示す一次注入量を標準とする。しかし、自立性の高い地盤は別途考慮する。

一次注入の滑材種類は、固結型滑材を基本とする。

表 3-5 滑材注入量（標準的な一次注入量） (ℓ/m)

呼び径 土質区分	800	900	1000	1100	1200	1350	1500	1650
A, B, D, E-1, E-2, E-3	62	69	77	83	91	101	114	124
C-1, C-2	93	104	116	125	137	152	171	186
C-3	112	124	139	149	164	182	205	223

呼び径 土質区分	1800	2000	2200	2400	2600	2800	3000
A, B, D, E-1, E-2, E-3	134	149	164	179	193	207	222
C-1, C-2	201	224	246	269	290	311	333
C-3	241	268	295	322	347	373	400

(2) 二次注入

推進延長が 250m を超える場合には、地下水や地山による滑材の劣化による推進力上昇防止のため、二次注入を行う。二次注入の滑材種類としては、粒状型滑材を基本とし、全推進延長に対して表 3-6 に示す注入量を注入する。

表 3-6 滑材注入量（標準的な二次注入量） (ℓ/m)

呼び径 土質区分	800	900	1000	1100	1200	1350	1500	1650
A, B, E-1, E-2, E-3	31	35	39	42	46	51	57	62
C-1, C-2, C-3, D	47	52	58	63	69	76	86	93

呼び径 土質区分	1800	2000	2200	2400	2600	2800	3000
A, B, E-1, E-2, E-3	67	75	82	90	97	104	111
C-1, C-2, C-3, D	101	112	123	135	145	156	167

(3) 推進力低減注入

滑材注入効果を確実なものとして推進力の低減を図る場合には、適切な間隔で後続推進管の注入孔より注入する方法等を併用する。

3. 2. 3 注入設備

滑材注入設備の標準仕様を、表 3-7、表 3-8 に示す。

表 3-7 滑材注入設備の標準仕様（NN方式）

機械名	規格			台数
	適用	仕様	出力 (kW)	
グラウトポンプ (可塑剤用)	800～3000	16 ℓ/min	0.4	2
グラウトミキサ (可塑剤用)	800～3000	200 ℓ×2	0.4	2
グラウトポンプ	800～1650	100 ℓ/min	8	1
	1800～3000	200 ℓ/min	11	1
グラウトミキサ	800～1650	200 ℓ×2	2	1
	1800～3000	400 ℓ×2	11	1

表 3-8 滑材注入設備の標準仕様（NS方式）

機械名	規格			台数
	適用	仕様	出力 (kW)	
グラウトポンプ (可塑剤用)	800～3000	16 ℓ/min	0.4	2
グラウトミキサ (可塑剤用)	800～3000	200 ℓ×2	0.4	2
グラウトポンプ	800～1650	90 ℓ/min	15.0	1
	1800～3000	90 ℓ/min	15.0	1
グラウトミキサ	800～1650	600 ℓ	7.5	2
	1800～3000	600 ℓ	7.5	2

3. 3 裏込め

3. 3. 1 裏込め材

裏込め注入は、管と地山との空隙を充填し地山の緩みを防止するため、また、推進管継手部の止水性を確実にするために行う。

裏込め材は、取扱いの容易な混合型裏込め材を使用する。

3. 3. 2 注入量

- 滑材に粒状型および固結型滑材を使用する場合は、裏込め注入量は下記を参考とする。

A, B, D, E-1, E-2, E-3	C-1, C-2	C-3
滑材注入量の 40～60%	滑材注入量の 65～75%	滑材注入量の 75～85%

- 滑材に混合型（標準、一液）滑材を使用し、掘削外径と推進管外径の差が 40mm 未満の場合は、表 3-9 に示す注入量を標準とする。しかし、自立性の高い地盤は別途考慮する。

表 3-9 裏込め注入量（標準的な注入量） (ℓ/m)

呼び径	800	900	1000	1100	1200	1350	1500	1650
A, B, D, E-1, E-2, E-3	62	69	77	83	91	101	114	124
C-1, C-2	93	104	116	125	137	152	171	186
C-3	112	124	139	149	164	182	205	223

呼び径	1800	2000	2200	2400	2600	2800	3000
A, B, D, E-1, E-2, E-3	134	149	164	179	193	207	222
C-1, C-2	201	224	246	269	290	311	333
C-3	241	268	295	322	347	373	400

- 滑材に混合型（標準、一液）滑材を使用し、掘削外径と推進管外径の差が 40mm 以上となる場合は、滑材注入量と同等に次式により注入量を算出する。

$$Q = \alpha \{ (B/2)^2 \times \pi - (B_c/2)^2 \times \pi \} \times 10^3$$

ここに、Q : 裏込め注入量 (ℓ/m)

α : 土質による注入係数（参考値）

土質	A, B, D, E-1, E-2, E-3	C-1, C-2	C-3
α	1.0～1.2	1.5～1.8	1.8～2.0

B : 掘削外径 (m)

B_c : 推進管外径 (m)

3. 3. 3 注入設備

裏込め注入設備の標準仕様を、表 3-10 に示す。

表 3-10 裏込め注入設備の標準仕様

機械名	規格			台数
	適用	仕様	出力 (kW)	
グラウトポンプ	800～1650	100 ℓ/min	8	1
	1800～3000	200 ℓ/min	11	1
グラウトミキサ	800～1650	200 ℓ×1	6	1
	1800～3000	400 ℓ×2	11	1

4. 排土設備（坑内配管および地上設備）

4. 1 吸引式（NN方式）

掘進機の排土バルブから排出された土砂（排土）を、坑外に設けた吸泥排土装置の吸引力で、排土管を通じて吸引輸送する。吸引輸送した排土を、坑外の排土コンテナタンク内に一旦貯留し、充満した時点で排土貯留槽に移し替える。また、吸引が難しい大きな礫（約 70mm 以上）は、掘進機内の分級機で分別し、トロバケットで搬出する。

なお、長距離推進や発進立坑部の揚程が高い場合は、掘進機内の排土槽から地上コンテナタンクまでの排土管内の輸送効率が低下する。このような場合は、立坑内に作業床を設け、コンテナタンクを据置き、一杯になった時点でクレーン設備により搬出する方法、あるいは、立坑内に中継用コンテナタンクを設け、吸泥排土装置 2 台により 2 段階輸送を行う方法を用いる場合もある。

排土管としては、 $\phi 125\text{mm}$ の硬質ポリエチレン管が用いられ、吸泥排土装置の例を表 4-1 に示す。また、トロバケットによる運搬設備の例は土圧式と同様とする。

この吸引式に限り、車載式とすることができる。

表 4-1 吸泥排土設備（参考）

呼び径	能力（ $\text{m}^3/\text{分}$ ）	出力（kW）
800～1500	35	55
1650～1800	44	75
2000～2200	35×2	55×2

4. 2 還流式 (SS方式、NS方式)

掘進機から排出された掘削土は、送排泥還流ポンプの運転管理により泥水と攪拌混合し、排泥管を通して立坑外に流体輸送する送排泥設備と、流体輸送により地上に排出された排泥水を土砂と泥水に分離する泥水処理設備とで構成する。

4. 2. 1 泥水輸送設備

泥水輸送設備は、坑外に設置した泥水槽から送泥ポンプによって送泥管を通じて掘進機のカッターチャンバもしくは排泥土制御装置に泥水を圧送し、掘削した土砂と混合された泥水は排泥管を通じて、排泥ポンプで坑外の泥水処理装置に搬出するものである。輸送設備の主要機械は送泥ポンプと排泥ポンプであり、推進延長が長い場合には距離に応じて中継ポンプを用いる。送泥ポンプの回転数を制御し切羽水压を、排泥ポンプの回転数を制御して流量を調整する。

還流ポンプの計算を行い、各々のポンプを表4-2～表4-4より選定する。

表4-2 送泥用ポンプ(P1)

管径	揚程 (m)	出力 (kW)	燃料消費率 (kWh/kW)	電力消費量 (kWh/h)	備考
100 型	27	22.0	0.9	19.8	20kW×2 台直列
	60	40.0	0.9	44.0	
150 型	22	22.0	0.9	19.8	

表4-3 排泥用ポンプ(P2)

管径	揚程 (m)	出力 (kW)	燃料消費率 (kWh/kW)	電力消費量 (kWh/h)	備考
100 型	6.5	5.5	0.9	5.0	インバーター専用
	29	30.0	0.9	27	
150 型	22	30.0	0.9	27.0	
	30	37.0	0.9	33.3	可変速モーター用

表4-4 中継用ポンプ(P3)

管径	揚程 (m)	出力 (kW)	燃料消費率 (kWh/kW)	電力消費量 (kWh/h)	備考
100 型	18	15.0	0.9	13.5	20kW×2 台直列
	50	40.0	0.9	44.0	
150 型	9	15.0	0.9	13.5	
	13	22.0	0.9	19.8	

4. 2. 2 泥水処理設備

排泥ポンプにより輸送された排泥水は、泥水処理設備によって土砂と泥水に分離される。

物質収支の計算を行い、処理設備を選定する。

ユニット式一次処理設備を原則的に使用するが、条件によりセパレート型一次処理機も選択可能である。

(1) 一次処理のみの場合

①ユニット式一次処理機

ユニット型泥水処理設備配置図（一次処理）

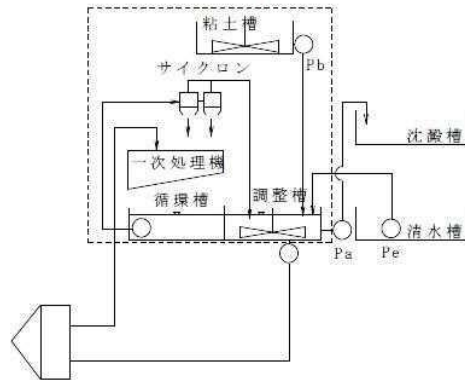


図4-1 ユニット型泥水処理設備配置図(一次処理)

ユニット式一次処理機の規格は、排泥流量 [V3] により算出した値を満足する規格を表4-5により決定する。

$$\text{排泥流量に対し} : [V3] \times \frac{V}{L} \quad (\text{m}^3/\text{min})$$

V : 掘進速度 (m/min)

L : 推進管長 (m)

表4-5 ユニット式一次処理機

処理水量 (m ³ /min)	出力 (kW)	質量 (t)
2.0	34.4	10.0
4.0	71.0	20.0

②セパレート式泥水処理機

泥水処理設備配置図（一次処理）

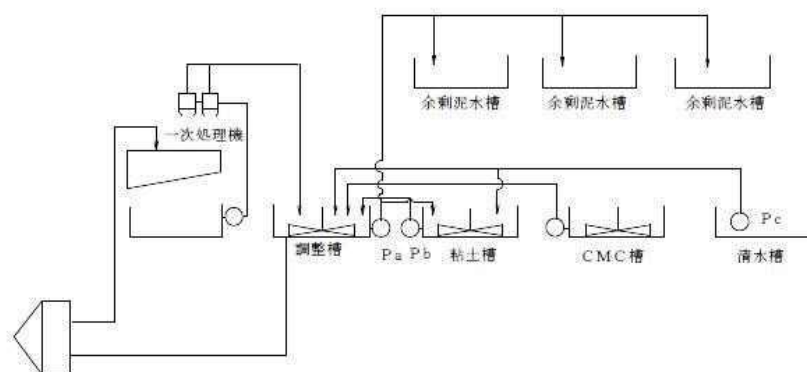


図4-2 セパレート型泥水処理設備配置図(一次処理)

セパレート式一次処理機の規格は、排泥流量 [V3] と一次分離砂礫量(処理乾砂量) [Wa4] とにより算出した値を満足する規格を表4-6により決定する。

$$\text{排泥流量に対し} : [V3] \times \frac{V}{L} \quad (\text{m}^3/\text{min})$$

$$\text{一次分離砂礫量} : [Wa4] \times \frac{V \times 60}{L} \quad (\text{t/h})$$

表4-6 セパレート式一次処理機

処理水量(m ³ /min)	出力(kW)	質量(t)	処理乾砂量(t/h)
2.0	33.0	8.7	30
4.0	69.0	11.6	40

③調整槽

セパレート式一次処理機使用時には、10 分間に流れる送泥量の1.5 倍の量 [V0]を満足するものを表4-7より選定する。

ユニット式一次処理機使用時には、ユニット式一次処理機に含まれる設備のため選定しないが、必要により表4-7から選定することもある。

表4-7 攪拌機付水槽

容積(m ³)	標準寸法 φ (m)×H (m)	出力 (kW)	質量 (t)	摘要
10	2.35×2.375	2.2	2.5	調整槽 貯泥槽等
20	3.0×3.2	3.7	3.4	
30	3.5×3.4	7.5	4.6	

④沈殿槽

掘進1日当りに発生する処理泥水量 [V11] ×n を満足するものを下表(水槽)によりN台使用する。

n : 1日当りの施工本数(本/日)

表4-8 水槽

容積(m ³)	標準寸法 長さ(m)×幅(m)×高さ(m)	質量 (t)	摘要
10	3.6×1.8×1.8	1.4	沈殿槽 清水槽等
20	5.5×2.0×2.1	2.6	
30	7.5×2.0×2.1	3.8	

⑤清水槽

比重調整用清水投入量 [V10] を満足するものを表 4-8 により決定する。

⑥作泥槽(粘土槽)

セパレート式一次処理機使用時には、比重調整用泥水投入量 [V9] を満足するものを下表(粘土槽)により決定する。

ユニット式一次処理機使用時には、ユニット式一次処理機に含まれる設備のため選定しないが、必要により比重調整用泥水投入量 [V9] を満足するものを表4-9により決定する。

表 4-9 粘土槽

容積(m ³)	出力 (kW)	質量 (t)	摘要
3	3.7	1.1	粘土槽
5	7.5	1.5	

⑦CMC槽(薬品溶解槽)

セパレート式使用時には、CMC槽は3.0m³を標準とする。

表 4-10 CMC槽

容積(m ³)	出力 (kW)	質量(t)	摘要
3	2.2	0.7	

(2) 濃縮一次処理の場合

一次処理のみの場合で、余剰泥水(処理泥水)を削減する必要がある場合は、濃縮一次処理機を使用する。

濃縮一次処理機としてはスクリュードカンタ(遠心分離機)を使用します。スクリュードカンタの出力は泥水量により決定する。処理装置を表4-11に示す。

表 4-11 濃縮一次処理装置

泥水量(m ³ /h)	出力 (kW)	機械質量(t)
1~2	5.5~7.5	0.63
2~4	7.5~11.0	1.25
4~8	11.0~15.0	2.05

(送泥水ポンプを除く)

(3) 二次処理の場合

①ユニット式二次処理機

ユニット型泥水処理設備配置図(二次処理)

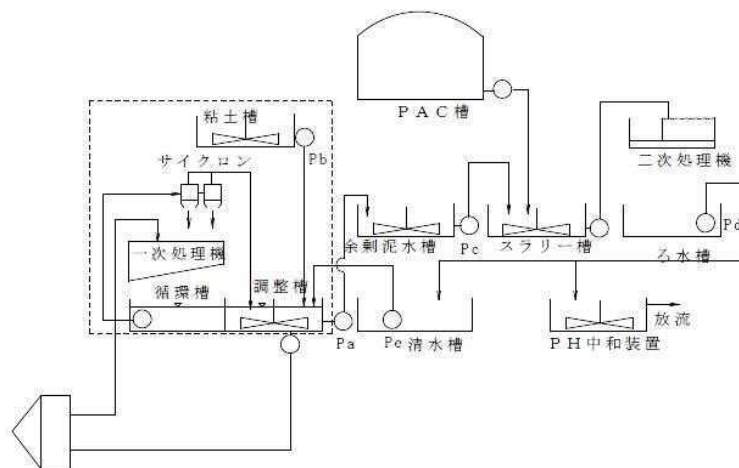


図4-3 ユニット型泥水処理設備配置図(二次処理)

ユニット式一次処理機の規格は、排泥流量 [V3] により算出した値を満足する規格を表4-5により決定する。

$$\text{排泥流量に対し} : [V3] \times \frac{V}{L} \quad (\text{m}^3/\text{min})$$

V : 掘進速度 (m/min)

L : 推進管長 (m)

②セパレート式泥水処理機

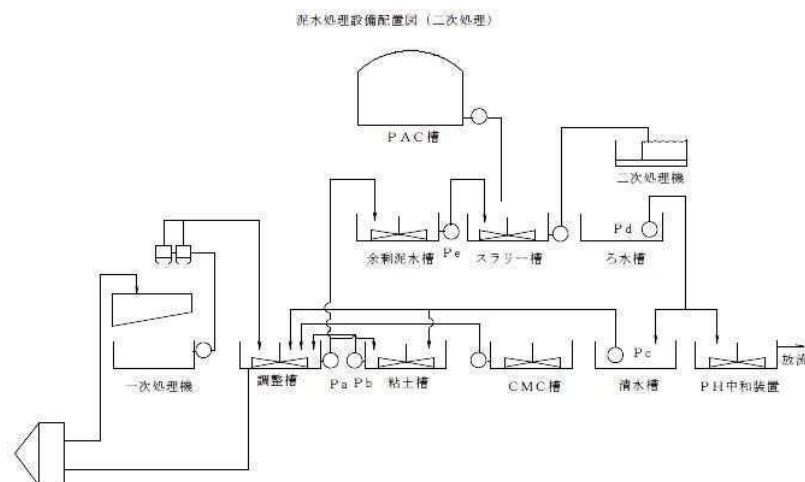


図4-4 セパレート型泥水処理設備配置図(二次処理)

セパレート式一次処理機の規格は、排泥流量 [V3] と一次分離砂礫量(処理乾砂量) [Wa4] とにより算出した値を満足する規格を表4-6により決定する。

$$\text{排泥流量に対し} : [V3] \times \frac{V}{L} \quad (\text{m}^3/\text{min})$$

$$\text{一次分離砂礫量} : [Wa4] \times \frac{V \times 60}{L} \quad (\text{t/h})$$

③二次処理機

二次処理機は、原則的にフィルタプレス(加圧脱水機)を使用する。

二次処理機の規格は、脱水ケーキ量 [V12] により決定する。

$$\text{最小必要容量} = [V12] \times \frac{Cm \times n}{60 \times t} \quad (\text{m}^3 / 1 \text{ 回})$$

[V12] : 1 本当り脱水ケーキ量

Cm : 脱水1 回当りサイクルタイム

n : 1 日当り施工本数

t : 1 日当り作業時間

上記により算出した値を満足する規格を表4-12により選択する。

表4-12 二次処理機表

脱水ケーキ量 (m^3)	濾過室・濾過面積			出力 (kW)	質量 (t)	摘要
	(インチ)	(枚)	(m^2)			
1.1	36	50	70	24.0	14.0	ベルコン、打込ポンプ、操作盤含む
1.7	36	90	100	24.0	18.0	
2.2	48	60	135	25.0	20.0	
3.3	48	90	200	25.0	27.0	

$$\text{脱水回数} = \frac{1 \text{ 日当り脱水量}}{\text{機械容量}} = \frac{[V12] \times n}{\text{機械容量}}$$

$$\text{二次処理機運転時間} = \frac{\text{脱水回数} \times Cm}{60}$$

備考：脱水1 回当りのサイクルタイム(Cm)は、60 分を標準とするが土質条件より変更するものとする。

フィルタプレスの容量を増すか、台数を増やすかは経済比較による。

④調整槽

セパレート式一次処理機使用時には、10 分間に流れる送泥量の1.5 倍の量 [V0] を満足するものを表4-7 より選定する。

ユニット式一次処理機使用時には、ユニット式一次処理機に含まれる設備のため選定しないが、必要により同表から選定することもある。

⑤余剰泥水槽

処理泥水量 [V11] を満足するもので、かつ二次処理機1 回当りの機械容量に対する処理泥水量を満足するものを表4-7 より決定する。

⑥スラリー槽

余剰泥水槽と同じものを使用する。

⑦清水槽

比重調整用清水投入量 [V10] を満足するものを表4-8 により決定する。

⑧作泥槽(粘土槽)

セパレート式一次処理機使用時には、比重調整用泥水投入量 [V9] を満足するものを表4-9により決定する。

ユニット式一次処理機使用時には、ユニット式一次処理機に含まれる設備のため選定しないが、必要により比重調整用泥水投入量 [V9] を満足するものを表4-9 により決定する。

⑨CMC槽(薬品溶解槽)

セパレート式使用時には、CMC槽は3.0m³ を標準とし、表4-10 より選択する。

⑩PAC槽(薬品槽)

PAC槽は6.0m³ポリエチレン製槽を標準とする。

⑪アルカリ中和装置

水過不足計算 [V14] が、プラス(+)になった場合に計上し、6.0m³/h を標準とする。

表4-13 アルカリ中和装置

処理量(m ³ /h)	出力 (kW)	質量(t)	摘要
6.0	2.0	0.6	炭酸ガス式

$$\text{運転時間} = \frac{[V14] \times n}{6.0}$$

5. 推進力算定

5. 1 推進力算定

推進抵抗力は次の要素よりなる。

- ① 先端抵抗力
- ② 管外周の摩擦抵抗又はせん断抵抗

総抵抗力は上記要素の和として求める。

当工法においては、推進力低減の滑材注入を行うことを前提として、下記算定式を用いる。推進力低減の滑材注入を行わない場合には、一般的な泥水・土圧式算定式（略称：泥水土圧式）を用いる。また、推力低減装置を併用する場合は、管周面抵抗力を $0.7f$ に低減する。

5. 1. 1 先端抵抗力

先端抵抗力 F_0 (kN) は、切羽単位面積当り推進力 P_e (kN/m²) とカッタチャンバ内圧力 P_w (kN/m²) からなり、次式で表す。

$$F_0 = (P_e + P_w) \times (B_s / 2)^2 \times \pi$$

ここに B_s : 掘進機外径 (m)

P_e : 切羽単位面積当り推進力 (kN/m²)

NN方式の場合 : $P_e = 4.0 \times N$ 値

其他方式の場合 : $P_e = 10.0 \times N$ 値

P_w : カッタチャンバ内圧力 (kN/m²) : $P_w = \text{地下水圧} + 20.0$

5. 1. 2 管外周の摩擦抵抗又はせん断抵抗

管外周の摩擦抵抗又はせん断抵抗は、 $f \cdot S \cdot L$ で求める。

ここに f : 管周面抵抗 (kN/m²)

$$f = k \cdot \{2 + 3 \times (G / 100)^2 + 2.7 \times (G / 100) \times M^2\}$$

G : 礫率 (%) (粒度分布における 2mm 以上の礫の混入率)

M : 最大礫径 / 管外径

S : 管外周長 (m)

L : 推進延長 (m)

k : 礫率 $G \leq 20\%$ の場合の低減係数

・ 細粒分含有率 $\geq 50\%$ の場合 $k = 0.6$

・ $30\% \leq$ 細粒分含有率 $< 50\%$ $k = 0.7$

・ $15\% \leq$ 細粒分含有率 $< 30\%$ $k = 0.9$

細粒分含有率 (粒度分布における 0.075mm 以下の割合)

5. 1. 3 総推進力

$$F = F_0 + f \cdot S \cdot L$$

総推進力が、推進管の許容耐荷力以下であることを確認する。

5. 2 曲線推進

曲線推進は、直線推進における推進抵抗のほかに管後方からの曲線の外方向への分力による管外壁面との摩擦抵抗が付加されるので、その分推進力が増加するため、以下の手順で推進抵抗を求める。

① 直線の推進力計算式により、先端抵抗力と単位長さ当りの抵抗力を求める。

F_0 : 先端抵抗力 (kN)

f : 1 m当りの直線推進の周面抵抗力 (kN/m)

② E C点での推進抵抗を求める。

$$F_{EC} = F_0 + F \times L_1$$

L_1 : E Cから到達までの距離(m)

③ B C点での推進抵抗を求める。

$$F_{BC} = F_{EC} \times K^n + \lambda \cdot f \cdot CL$$

λ : 曲線部と直線部の推進抵抗の比

$$\lambda = \frac{K^{n+1} - 1}{n(K - 1)}$$

n : 曲線区間の推進管の本数 ($n \doteq CL / \ell$)

CL : 曲線の長さ (m)

ℓ : 推進管の有効長 (m/本)

$$K = \frac{1}{\cos \alpha - k \cdot \sin \alpha}$$

α : 管の折れ角 (°)

k : 管と土のせん断抵抗率 $= \tan(\phi/2)$ $\phi < 15^\circ$ の場合は $\phi = 15^\circ$

④ B C点以降の推進抵抗を求める。

$$F_n = F_{BC} + f \times L_2$$

F_n : B C以降の推進抵抗力 (kN)

L_2 : B Cまでの直線部の距離(m)

注：曲線部が複数の場合 F_n を F_{EC} として③～④の計算を繰り返す。

曲線推進においては、曲線始点 (B C点) における推進力が、推進管の外圧強さから決まる側方反力に対する許容推進力以下であり、なおかつ、曲線内側の応力集中を推進力伝達材の配置によって分散させて、許容軸方向耐荷力以下となるように設計する。

6. 日進量

6. 1 標準日進量

当工法は、泥濃式・泥水式と言った掘削方式の長所を組合せて行うものであるため、標準日進量は土質および掘削方式に応じた掘進速度に加え、排土システムを考慮した施工時間より求める。
(詳細は、積算資料参照)

6. 2 日進量補正

日進量を施工条件に適応させる為、各種条件に該当する補正係数を定め、標準日進量を補正する。補正係数は過去の実績などを勘案して定めたものである。

曲線推進については、盛替作業に伴う測量時間の増加を加味した日進量を求め、その日進量を該当条件の補正係数で補正する。

$$\text{実日進量} = \text{標準日進量} \times \alpha \times \beta \times \gamma$$

ここに、 α : 中押工法による補正係数
 β : 長距離推進による補正係数
 γ : 車載プラント使用による補正係数

これ以外にも、作業時間に制約のある場合、短尺管を使用する場合や小型で高深度な立坑からの発進の場合には、別途補正する。

6. 2. 1 中押工法による補正係数

中押段数による補正係数を表 6-1 に示す。

表 6-1 中押工法による補正係数

呼び径	中押 1 段	中押 2 段	中押 3 段	中押 4 段
1000～1650	0.92	0.90	0.88	0.86
1800～3000	0.94	0.92	0.90	0.88

6. 2. 2 長距離推進による補正

推進延長が 250m 以上の推進工事においては、次式で求めた係数 (β) を用いて全推進延長を補正する。

$$\beta = 1.0 - 0.1 \times \left(\frac{L}{250} - 1 \right)$$

ここに、 β : 長距離推進による補正係数
 L : 推進延長

6. 2. 3 車載式プラントを使用による補正

NN 方式において、車載式プラントを使用する場合には、作業帯の設置・撤去および推進作業前後に実施するケーブル・ホース類の接続・取外し作業に要する時間 (60 分) を考慮して、日進量を補正する。

$$\gamma = 7/8 = 0.88$$

ただし、交通量の多い道路等で作業帯の設置・撤去に時間を要する場合は、その時間を個別に検討し補正率に反映させる。

6. 2. 4 曲線推進における測量時間

曲線区間における管内測量の際に、1 台のトランシットで測量できる範囲は図 6.2-1 を基に次のように求める。

$$L_c = 2 R \cdot \pi \cdot I / 360$$

ここに、 L_c : 1 回当りトランシットで計測できる曲線長 (m)

I : 1 回のトランシットの測量長の中心角 (°)

$$I = 2 \cos^{-1} \left(\frac{R - D/2 + 0.1}{R + D/2 - 0.4} \right)$$

R : 曲線半径 (m)

D : 管内径 (m)

◎印はトランシット据付位置

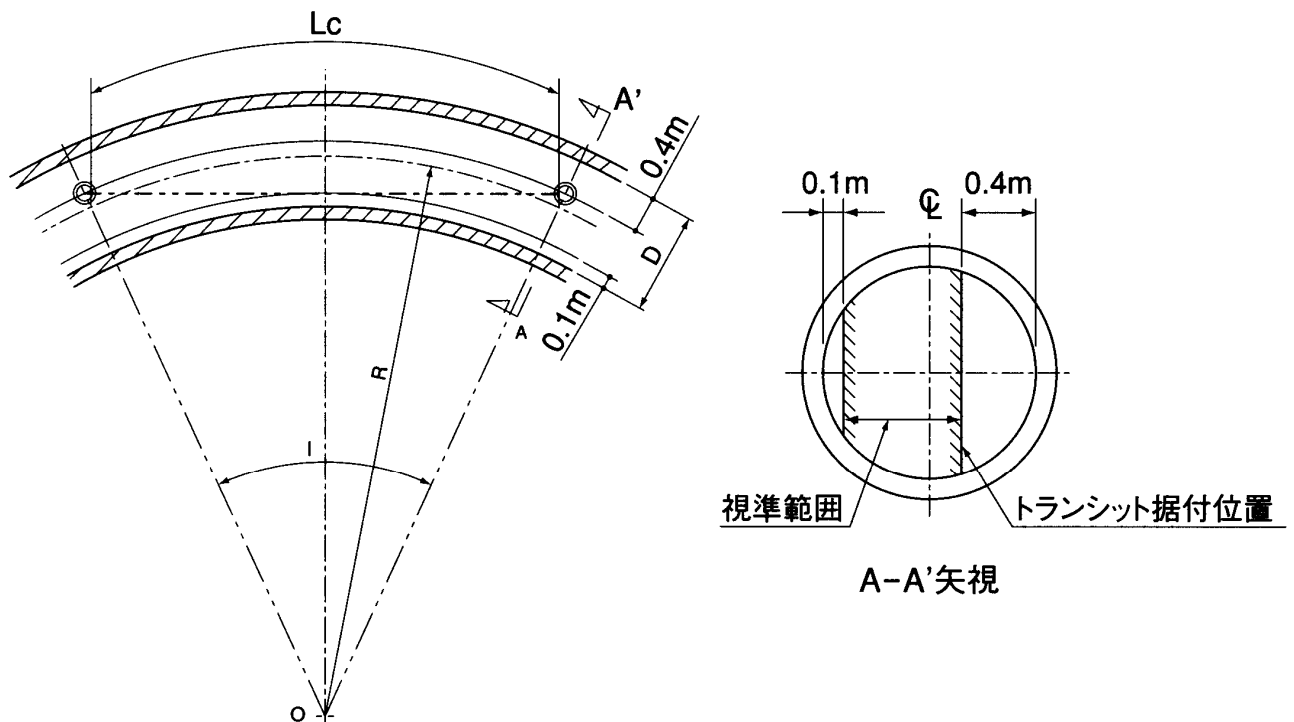


図 6-1 曲線区間での 1 回当りの測量長・曲線長の関係

よって、曲線区間では曲線長を上記 L_c で除した回数分の盛替が必要となり、測量時間が増加する。曲線区間の日進量算定に当っては、表 6-2 より盛替数に応じた測量時間を求めて、標準日進量算定表の測量時間を読み替え算定する。

表 6-2 盛替数別の測量時間

盛替数	0 回	1 回	2 回	3 回	4 回	5 回	6 回
測量時間 (H)	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6

6. 2. 5 日進量算定方法の考え方

具体的な算定事例は、積算資料に例示するが、算定方法の考え方について記す。

(1) 同ースパン内にボーリング柱状図等が複数あり、掘削方式を変更する場合における直線スパン日進量の考え方

- ① ボーリング柱状図の受持ち区間を決定する。
- ② 受持ち区間内での掘削方式に見合った標準日進量を、呼び径、土質区分より読み取る。
- ③ 設定区間別に区間延長を当該区間日進量で除した区間推進日数を合計し、スパン延長をこの合計推進日数で除したものを「直線スパン日進量」と定義する。
- ④ 中押し補正および長距離補正については、直線スパン日進量に対し行うものとする。

(2) 曲線推進におけるスパン日進量の考え方

- ① 推進線形における直線・曲線区間を区分する。
- ② 各曲線区間において、推進管径および曲線半径によって定まる1回当り測量長を計算し、曲線長に見合った盛替数を算出する。
- ③ (1)~②で求めた「直線スパン日進量」より、1本当り施工時間を逆算する。
- ④ 累加盛替数に応じた増加測量時間を加味して「曲線スパン日進量」を算出する。
- ⑤ 中押し補正および長距離補正については、曲線スパン日進量に対し行うものとする。

7. 立坑寸法等

7. 1 用途および形式別立坑寸法

7. 1. 1 鋼矢板工法の場合

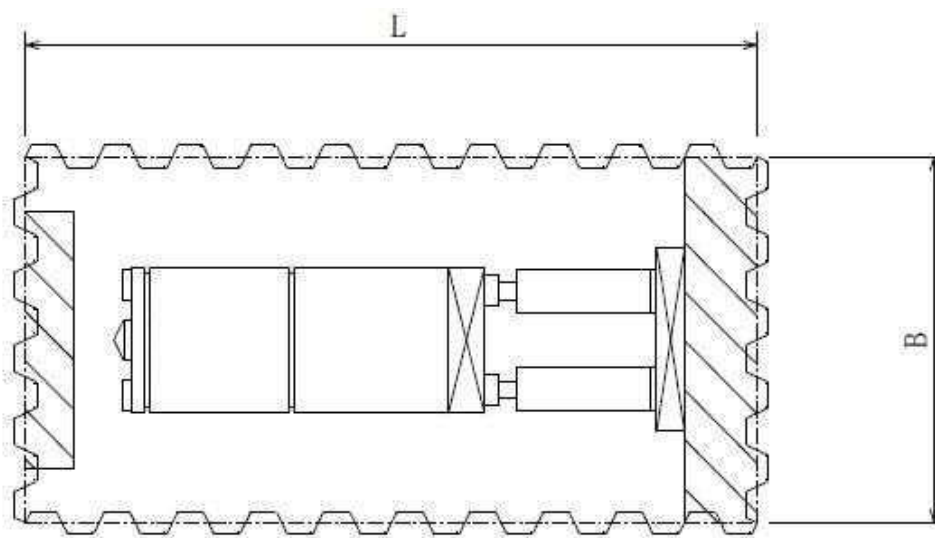


図 7-1 発進・到達立坑(鋼矢板)

表 7-1 立坑標準寸法

立坑 呼び径	発進立坑		到達立坑	
	長さ L(m)	幅 B(m)	長さ L(m)	幅 B(m)
800	7.6	3.2	4.4	3.2
900	7.6	3.2	4.4	3.2
1000	8.0	3.2	4.4	3.2
1100	8.0	3.6	4.4	3.6
1200	8.0	3.6	4.4	3.6
1350	8.0	4.0	4.8	4.0
1500	8.0	4.0	4.8	4.0
1650	8.0	4.0	5.6	4.0
1800	8.4	4.4	5.6	4.4
2000	8.4	4.8	5.6	4.8
2200	8.8	4.8	6.4	4.8
2400	8.8	5.2	6.4	5.2
2600	8.8	5.6	6.4	5.2
2800	9.2	5.6	6.4	5.6
3000	9.2	6.0	6.4	6.0

注：斜め発進、両発進の場合は別途検討が必要です。

上記の立坑寸法については標準であり、それぞれの条件に合わせて別途検討とする。

7. 1. 2 ライナープレートの場合

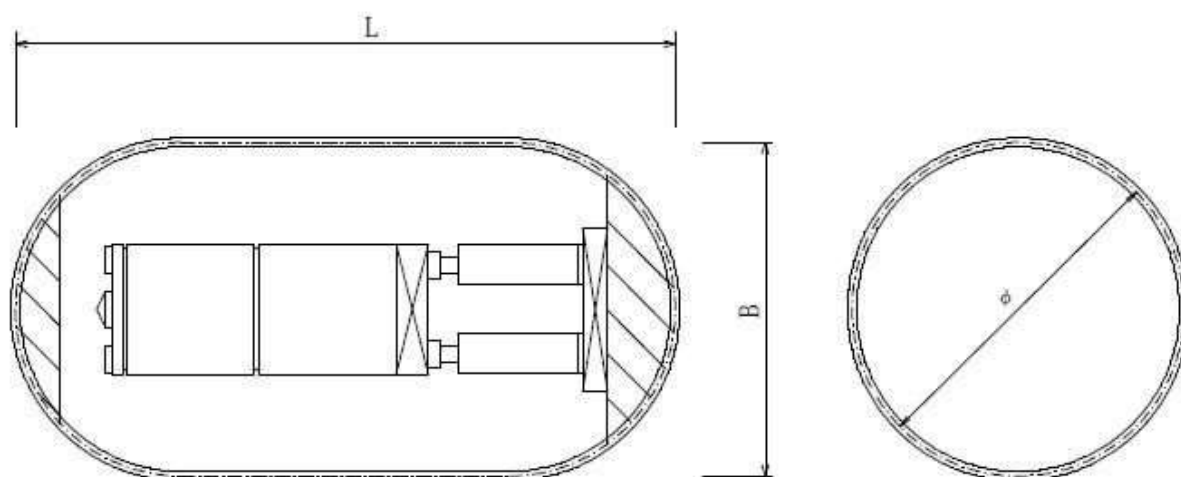


図 7-2 発進・到達立坑(ライナープレート)

表 7-2 立坑標準寸法

立坑 呼び径	発進立坑		到達立坑
	長さ L(m)	幅 B(m)	φ (m)
800	7.282	3.2	3.5
900	7.282	3.2	3.5
1000	7.425	3.5	4.0
1100	7.425	3.5	4.0
1200	7.768	3.5	4.0
1350	7.925	4.0	4.5
1500	7.925	4.0	4.5
1650	8.425	4.5	4.5
1800	8.425	4.5	4.5
2000	8.925	5.0	5.0
2200	8.925	5.0	5.0
2400	9.268	5.5	5.5
2600	9.268	5.5	5.5
2800	9.297	6.0	5.5
3000	9.297	6.0	6.0

注：斜め発進、両発進の場合は別途検討が必要です。

上記の立坑寸法については標準であり、それぞれの条件に合わせて別途検討とする。

7. 1. 3 分割（解体）到達立坑

ハイブリッドモールは、分割（解体）が可能な掘進機を有している。下記の寸法を下回る場合は施工条件によるため、別途検討とする。

表 7-3 立坑標準寸法

呼 び 径	800, 900, 1000	1100, 1200	1350～1650	1800～2200	2400～3000
到達立坑 φ (m)	2.5	3.0	3.5	4.0	5.0

7. 1. 4 コンパクト立坑発進の場合

呼び径が 1350 以下の土質区分 A・B・C－1 用掘進機での発進においては、先端部に特殊坑口（ハイブリッド坑口）を装備したさや管を、立坑外側に設置することにより、コンパクトな立坑から標準管（管長 2.43m）の発進を可能にした。

NS 方式、SS 方式に採用する場合には、排泥ポンプの設置方法等を検討する必要がある。

さや管の設置方法としては、掘進機と一体発進する一体方式と、掘進機に先行してさや管のみを推進する分離方式とがある。（施工手順等を、9. 1 章に詳述）

表 7-4 コンパクト立坑標準寸法およびさや管仕様（標準管推進）

立坑 呼び径	立坑寸法 ϕ (m)	さや管	
		内径 ϕ (m)	長さ L (m)
800	3.00	1.12	1.60
900	3.00	1.23	1.60
1000	3.00	1.35	1.65
1100	3.20	1.46	1.70
1200	3.30	1.58	1.75
1350	3.50	1.75	1.80

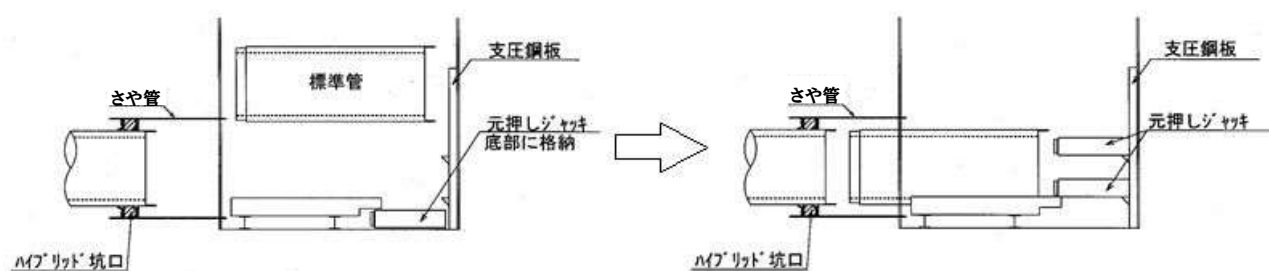


図 7-3 コンパクト立坑発進概要図

なお、NN 方式の半管（管長 1.20m）の発進については、さや管を設けずに下記立坑寸法で可能である。

表 7-5 コンパクト立坑標準寸法（半管推進）

立坑 呼び径	立坑標準寸法 ϕ (m)	出窓式坑口採用場合 ϕ (m)
800	3.00	2.50
900	3.00	2.50
1000	3.00	2.50
1100	3.20	3.00
1200	3.20	3.00
1350	3.20	3.00

また、下記立坑寸法において到達が可能である。

表 7-6 到達立坑標準寸法

呼 び 径	800, 900	1000, 1100	1200～1350
到達立坑 ϕ (m)	2.0	2.5	3.0

7. 2 発進高さ・到達高さ

発進立坑での管下端と基礎コンクリート天端との離隔は、多段ジャッキに必要な高さと発進坑口高さに必要な高さで、下記に示す。

同様に到達に必要な離隔は、分割回収に必要な作業スペースとして下記に示す。

発進立坑	管下必要寸法	300mm～500mm
到達立坑	管下必要寸法	400mm

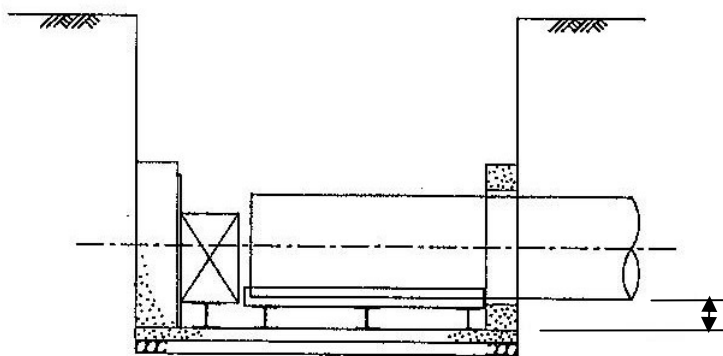


図 7-4 発進立坑

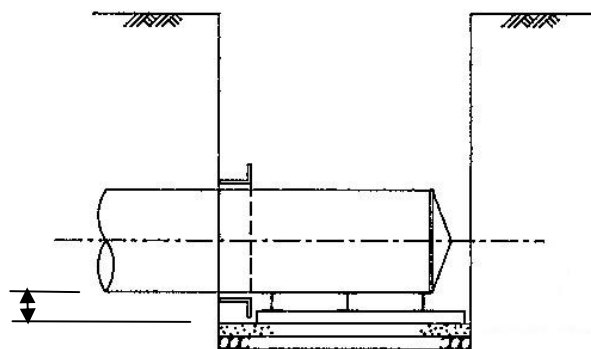


図 7-5 到達立坑

また、立坑の最下段支保工位置は、発進坑口および支圧壁高さ以上であることが望ましい。

7. 3 坑口設備

坑口設備は、発進、到達に際し、地下水、滑材、泥水等が坑口から立坑内に流入するのを防止するための設備であり、施工法、土質、地下水の状況、施工延長等によって構造、材質を決める。

なお、土質の状況によっては、これを省略することができる。

7. 3. 1 発進坑口

発進坑口は、坑口リングと止水ゴムを取付けたもので、管外径に対して余裕を持ったものとする。止水ゴムは、推進中、管に偏圧がかからないようにすることと、止水ゴムの損傷および磨耗に対処できるように構造と材質の選定が必要である。

参考として、従来一般に用いられる発進坑口設備の取付け関係を図 7-6 に、発進坑口リング寸法を図 7-7 に示す。

地下水圧が 40kN/m^2 以上の場合には、ダブル坑口（前面は通常止水ゴム、後方は足の短い止水ゴム）の間に硬化剤を注入するハイブリッド坑口を採用することが望ましい。（特許第 4512072 号）

なお、当工法では坑口コンクリートの意義を再検証し、撤去に伴う産業廃棄物の発生を無くすために、推進完了後の立坑内管布設工の断面を兼ねた本体構造の一部とする「新型坑口」を推奨している。（特許第 5650554 号）

（9. 2 章にハイブリッド坑口を詳述）

7. 3. 2 到達坑口

到達坑口は、地下水圧と土質を考慮し、必要な場合に設ける。また、到達坑口は、発進坑口に準じ管外径に余裕をもった坑口リングを設ける。

参考として、到達坑口リング寸法を表 7-8 に示す。

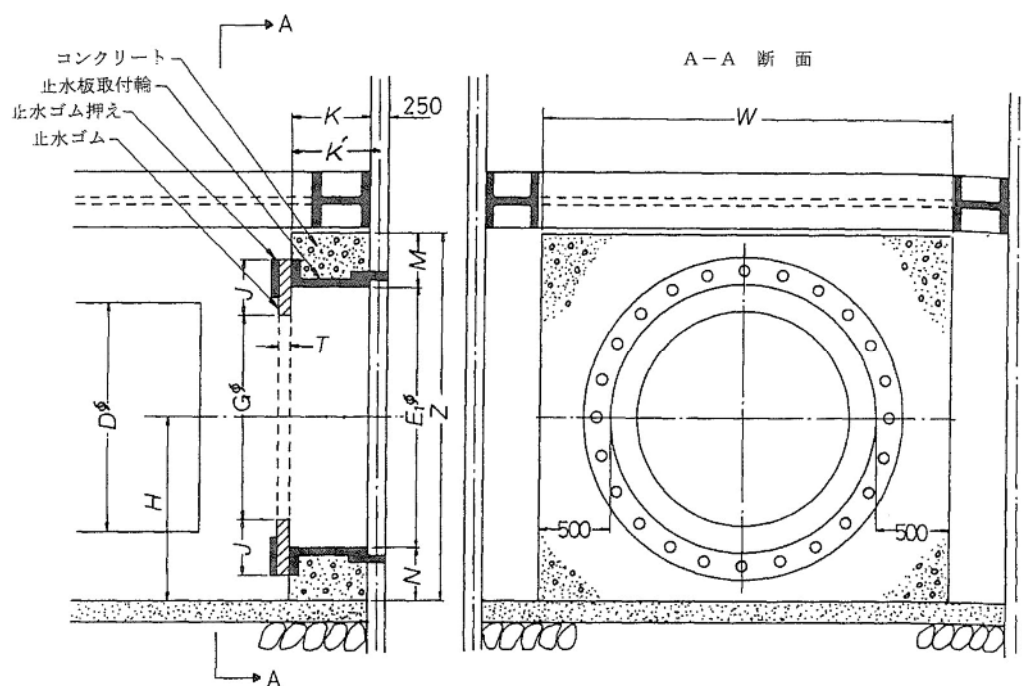


図 7-6 発進坑口設備の取付け関係

表 7-7 発進坑口設備の寸法

単位：m

呼び径	D φ 管外径	G φ	E ₁ φ	W 幅	Z 高さ	N	M	H	K' 厚さ
800	0.96	0.84	1.10	2.10	1.70	0.20	0.40	0.750	0.475
900	1.08	0.96	1.22	2.22	1.82	0.20	0.40	0.810	0.475
1000	1.20	1.06	1.34	2.34	1.94	0.20	0.40	0.870	0.475
1100	1.31	1.17	1.45	2.45	2.05	0.20	0.40	0.925	0.475
1200	1.43	1.29	1.57	2.57	2.17	0.20	0.40	0.985	0.475
1350	1.60	1.46	1.74	2.74	2.39	0.25	0.40	1.120	0.475
1500	1.78	1.64	1.92	2.92	2.67	0.25	0.50	1.210	0.475
1650	1.95	1.81	2.09	3.09	2.84	0.25	0.50	1.295	0.475
1800	2.12	1.98	2.26	3.26	3.11	0.35	0.50	1.480	0.475
2000	2.35	2.21	2.49	3.49	3.35	0.35	0.51	1.595	0.475
2200	2.58	2.42	2.74	3.74	3.60	0.35	0.51	1.720	0.525
2400	2.81	2.65	2.97	3.97	3.83	0.35	0.51	1.835	0.525
2600	3.04	2.88	3.20	4.20	4.11	0.40	0.51	2.000	0.525
2800	3.27	3.11	3.43	4.43	4.34	0.40	0.51	2.115	0.525
3000	3.50	3.34	3.66	4.66	4.57	0.40	0.51	2.230	0.525

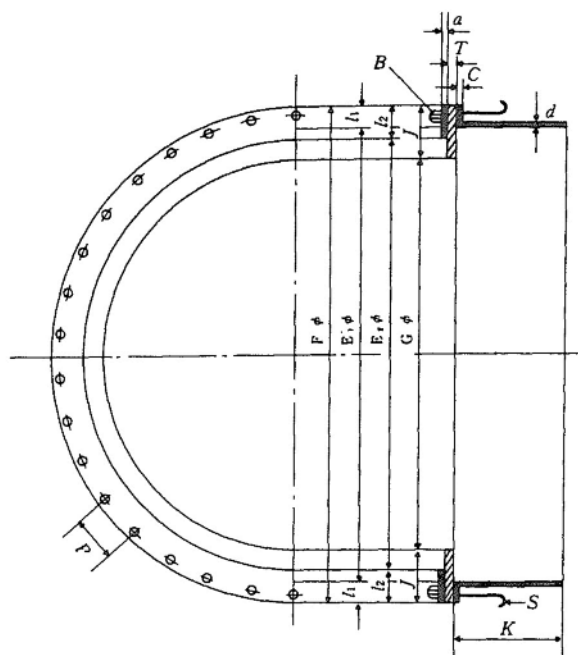


図 7-7 発進リング寸法

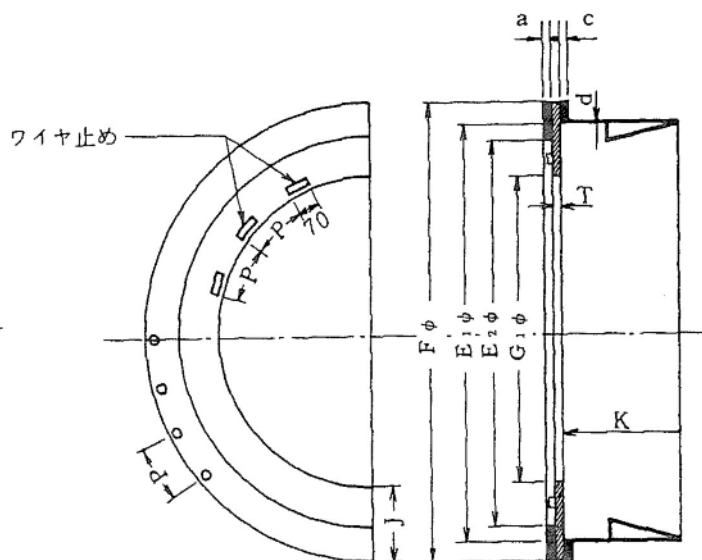


図 7-8 到達リング寸法

表 7-8 発進・到達リング寸法

単位：mm

種別 呼び径 記号	発進リング			到達リング		
	800～900	1000～2000	2200～3000	800～1350	1500～2200	2400～3000
F φ	$E_1 \phi + 120$	$E_1 \phi + 140$	$E_1 \phi + 160$	$E_1 \phi + 160$	$E_1 \phi + 160$	$E_1 \phi + 160$
$E_1 \phi$	$D \phi + 140$	$D \phi + 140$	$D \phi + 160$	$D \phi + 220$	$D \phi + 220$	$D \phi + 220$
$E_2 \phi$	$D \phi + 70$	$D \phi + 70$	$D \phi + 80$	$D \phi + 120$	$D \phi + 120$	$D \phi + 120$
$G_1 \phi$	$D \phi - 120$	$D \phi - 140$	$D \phi - 160$	$D \phi - 280$	$D \phi - 380$	$D \phi - 480$
ℓ_1	60	70	80	80	80	80
ℓ_2	95	105	120	130	130	130
J	190	210	240	330	380	430
B	M18	M18	M18	M18	M18	M18
a	PL-16	PL-16	PL-16	PL-16	PL-16	PL-16
c	PL-16	PL-16	PL-16	PL-16	PL-16	PL-16
d	PL-12	PL-12	PL-12	PL-12	PL-12	PL-12
T	20	20	20	20	20	20
S	$\phi 13$	$\phi 13$	$\phi 13$	—	—	—
P	$\div 200$	$\div 200$	$\div 200$	$\div 200$	$\div 200$	$\div 200$
K	350	350	400	390	500	500

備考：D φ は管外径を示す

7. 4 支圧壁

支圧壁は、推進反力に見合う背面地山支持力が得られる大きさで、推進反力に十分耐えられる構造とする。さらに地山支持力の作用方向を推進方向と一致させるため、その壁面は管軸に直角で、かつ凹凸の無いように設ける。

支圧壁は一般的にはコンクリート構造とするが、施工条件により鋼材等を使用する場合もある。

支圧壁の大きさは、推進反力から背面地山支持力を求め、その大きさと元押しジャッキ配置に必要な大きさを反力より求める。支圧壁の厚さは、作用力による曲げモーメントより求める。

参考として、コンクリート構造の支圧壁寸法の一例を表 7-7 に示す。

表 7-9 支圧壁寸法(コンクリート構造)の一例

呼び径	幅 B (m)	高さ H (m)	厚さ t (m)
800	2.8	1.9	0.8
900	3.2	2.5	0.8
1000	3.2	2.8	0.8
1100	3.6	3.0	0.8
1200	3.6	3.2	0.8
1350	3.6	3.4	0.8
1500	4.0	3.6	0.8
1650	4.0	3.8	0.8
1800	4.0	4.8	1.0
2000	4.4	4.9	1.0
2200	4.7	5.2	1.0
2400	4.9	5.5	1.0
2600	5.1	5.7	1.0
2800	5.3	5.7	1.0
3000	5.6	6.0	1.0

注：コンクリート強度に応じて鉄筋を計上する。

また、仮設構造物である場所打ちコンクリートの支圧壁は、推進完了後の撤去時の騒音および廃棄物等周辺環境に対する影響が大きく、分割式プレキャスト支圧壁の採用も増えてきている。

当工法では、汎用性の高い鋼製山留め材を主材料とする支圧壁を提案している。

円形立坑の場合においては、間詰めコンクリートを併用する。

また、コンパクト立坑においては、弓形状の鋼製支圧壁を用いる。

(9. 3 章に鋼製支圧壁の構造等を詳述)

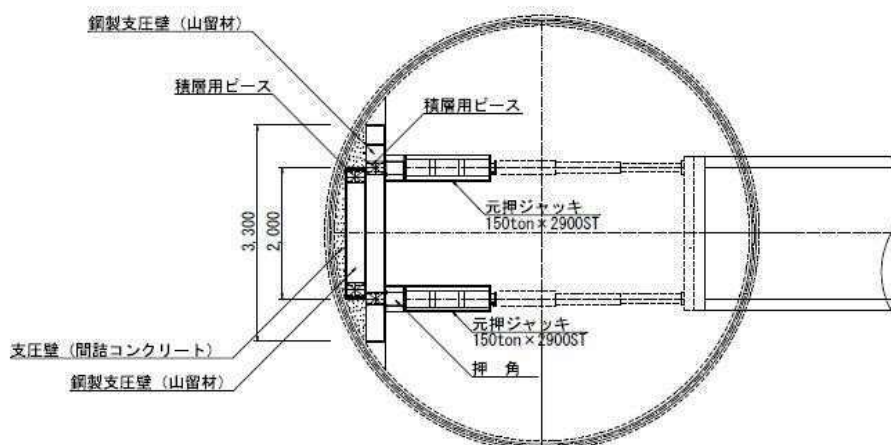


図 7-9 提案の鋼製支圧壁使用例

7. 5 地盤改良

推進工法では、土質条件によって施工の難易度が大きく左右される。特に、地山が不安定で切羽の崩落、地表面の陥没あるいは地盤沈下の恐れのある場合または近接する地下構造物、埋設物等の防護や立坑、反力受を補強する場合には地盤改良が必要である。

7. 5. 1 地盤改良工法

地盤改良工法とは、地盤の工学的性質を改善しその安定性を増大させることであり、土の性質そのものの改良と置換あるいは補強を行うことがある。

改良の目的としては、次の 4 項目に大別される。改良効果は、複合されて現れるものであるが主目的によって設計思想が異なるので慎重に検討する必要がある。

止 水	土粒子の間隙や地盤内の亀裂の閉塞による
地盤強化	土粒子間相互の粘着力の増加や圧密効果による
空洞充填	空洞充填による土圧応力のバランス保持、変状防止を図る
荷重支持	地盤中に強度の高い固結体を造成することによる

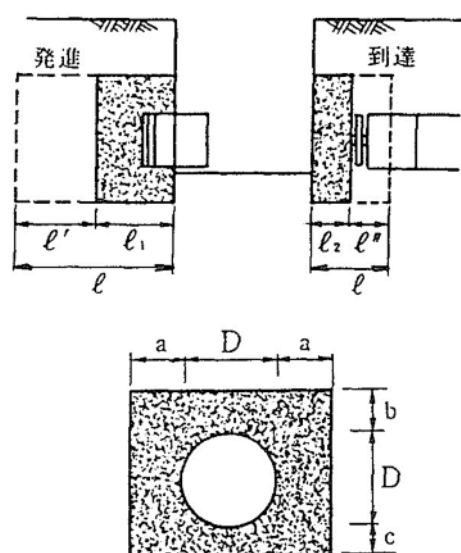
推進工法で使用される地盤改良工法としては下記の方法がある。

- ① 薬液注入工法
- ② 高圧噴射攪拌工法

7. 5. 2 発進・到達部における改良範囲

立坑周辺の地盤性状は、事前の土質調査では正確に把握できないことが多い。また、立坑周辺地山は、立坑構築時に緩んで地盤強度が低下していたり、ときには水みちがついていて予想外の湧水があることがある。安全な鏡切り作業を行うための改良範囲を、図 7-10 に示す。

改良長さは、高圧噴射攪拌工法の場合は、 ℓ_1 、 ℓ_2 とし、薬液注入工法の場合は ℓ とする。



発進改良範囲 $\ell = \ell_1 + \ell'$

ℓ_1 : 発進部（高圧噴射攪拌工法範囲）= 2.5m

ℓ' : 薬液注入工法範囲

$\ell' = (\text{掘進機長} + \text{推進管 1 本}) - \ell_1$

到達改良範囲 $\ell = \ell_2 + \ell''$

ℓ_2 : 到達部（高圧噴射攪拌工法範囲）= 1.5m

ℓ'' : 薬液注入工法範囲

$\ell' = \text{掘進機長} - \ell_2$

表 7-10 改良厚さの最小寸法目安 単位：m

呼び径	1000 未満	1000～1800	2000～3000
a	1.0	1.5	1.5
b	1.5	1.5	2.0
c	1.0	1.0	1.5

図 7-10 発進・到達部改良範囲

表 7-11 薬液注入工法単独の場合の改良厚さ

a	1.0mを最小限界とし、D/2m以上とする
b	2.0mを最小限界とし、D/2m以上とする
c	1.0mを最小限界とし、D/2m以上とする

7. 6 発生土処理

7. 6. 1 産業廃棄物減量化の概要

従来の泥濃式および泥土圧式の推進工法では、発生土が全量産業廃棄物となっている。

当ハイブリッドモール工法では排土方式を還流式に変更することにより、泥水式推進工法同様に泥水処理設備を設けることにより発生土の分級処理を行うことで、一次処理土は「一般残土」として処理ができ、産業廃棄物となる処理泥水量を減量化できる。

さらに、余剰泥水を細分級することにより、切羽の安定に必要な高濃度泥水または添加材へ再利用し、処理泥水量のさらなる減量化ができる。

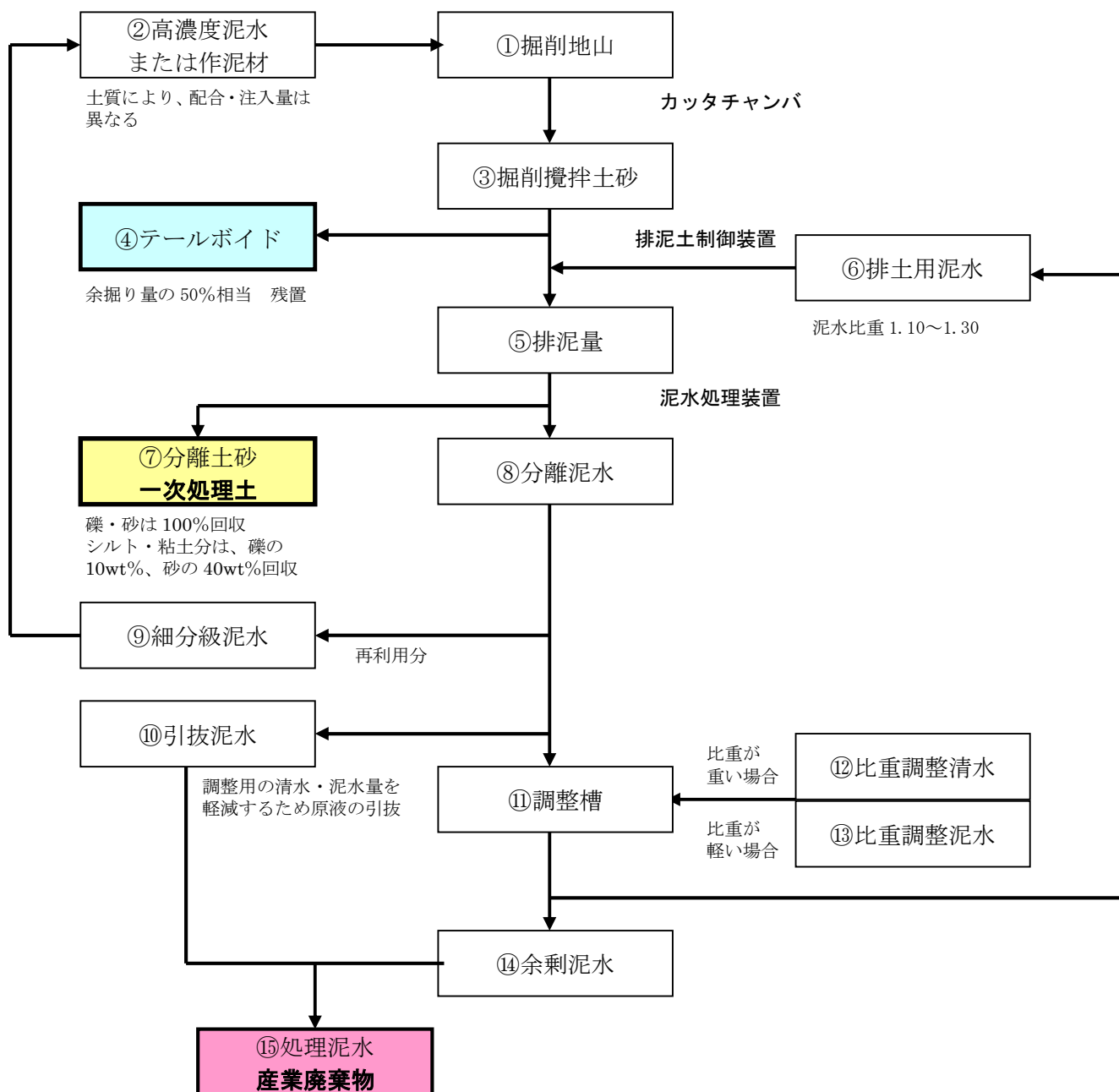
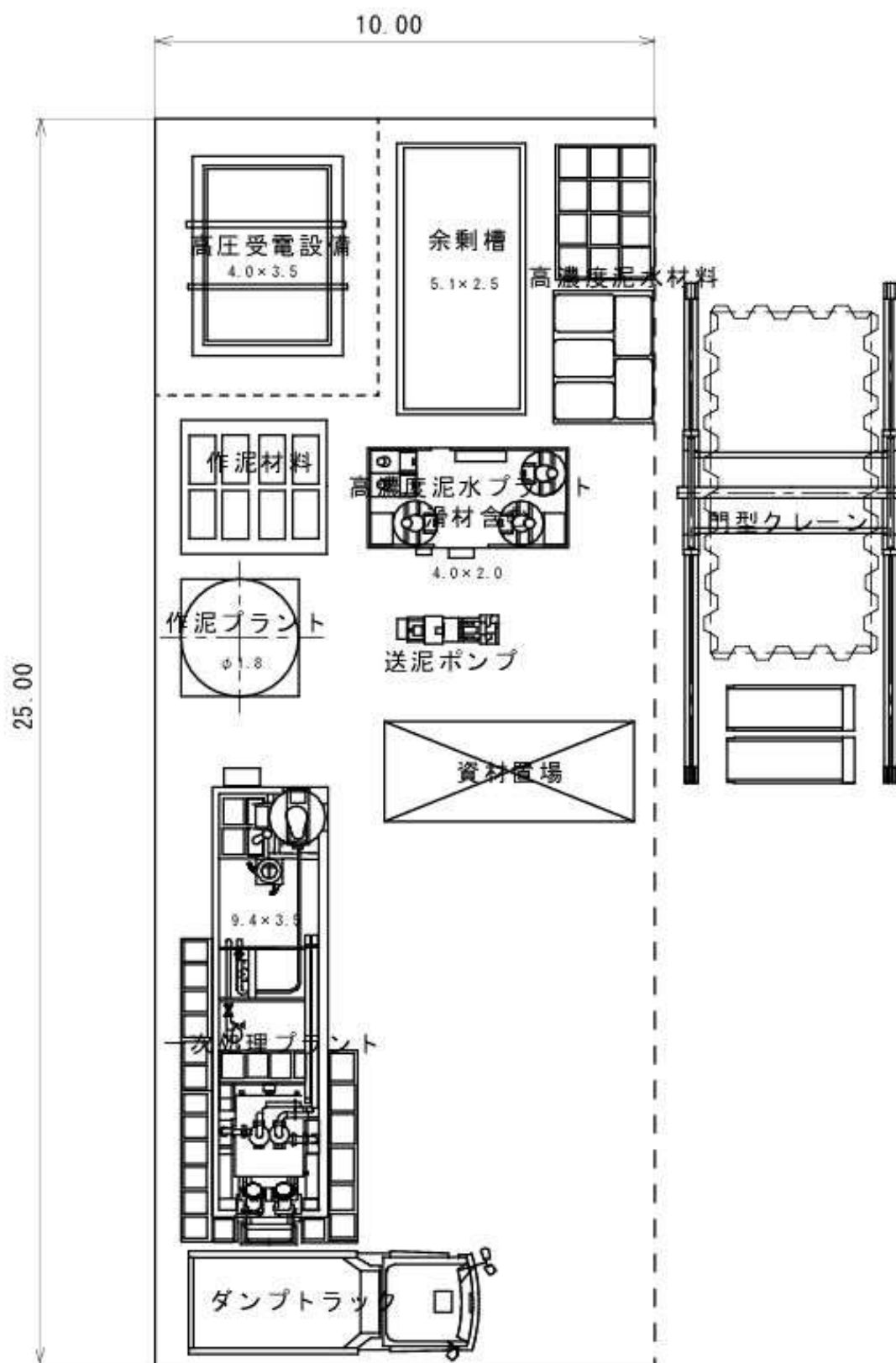


図7-11 排土処理フロー図

7. 7 発進立坑基地図（参考：NS方式）



8. 既設構造物到達（外筒残置）

8. 1 外筒残置の概要

外筒残置は、外筒の残置と機器の回収を特長とする掘進機である。本掘進機は分解回収可能なカッタ、隔壁、駆動装置、その他の内部機器を装着し、従来の掘進機では回収が難しいとされていた既設マンホールや狭小立坑に到達した際、外筒を残置し機器を分解回収して推進管を外筒内に収め管を敷設する。

なお通常の到達立坑では外筒部の回収も可能である。また、外筒は現場に応じて製作するため、個々に必要な付加条件（急曲線など）に対応できる。

8. 2 工法の特長

- ① 機器の回収によりコスト削減
カッタ、隔壁、従管、内部機器の分解回収が可能である。部品は再使用するため、従来全損扱いであった機器が損料扱いとなり、コストが削減できる。
- ② 到達後の回収作業が早い、安全
基本的にボルトで分解可能な構造のため、ほとんどガス切断はしない。日数が短縮でき、安全性が高い。
- ③ 全延長を同一の推進管で敷設可能
残置する外筒内に推進管を空押しして完了するため、発進から到達まで全延長を推進管で敷設できる。特殊管を使用する必要もなく、2次巻きも不要である。
- ④ 残置は地山を乱さない為の工夫
従来は掘進機の押し出し（切断回収）に時間を要していたが、外筒を残置することにより、到達後に地山を乱さず安全、且つ速やかに管を敷設できる。
- ⑤ 可とう性構造の形成
残置外筒と推進管との隙間に止水性合成樹脂を充填することで、可とう性構造が形成できる。

8. 3 適応範囲

- ① 推進工法用管と適応径
JSWAS A-2 及び JSWAS A-8 他当規格に準じる推進工法用鉄筋コンクリート管の呼び径 800～1500 を適応の範囲とします。（他は別途検討）
- ② 掘進機の標準対応能力

表 8-1 外筒残置掘進機の標準仕様

呼び径 種別	800	900	1000	1100	1200	1350	1500
主管外径(mm)	1,016	1,136	1,256	1,366	1,486	1,656	1,850
機長(mm)	2,450	2,500	2,550	2,550	2,650	2,700	2,850
重量(t)	2.8	3.2	4.3	5.3	6.0	7.0	9.0
排土口径(mm)	200	200	250	250	300	300	350
最小曲線半径(m)	25	30	30	35	40	40	45

注：土質区分の A, B を適応範囲とする。

表 8-2 標準機の外郭寸法(参考)

呼び径 種別	800	900	1000	1100	1200	1350	1500
カット外径(mm)	1,030	1,150	1,270	1,380	1,500	1,670	1,860
推進管外径(mm)	960	1,080	1,200	1,310	1,430	1,600	1,780
拡幅掘削量(mm)	35	35	35	35	35	35	40
主管外径(mm)	1,016	1,136	1,256	1,366	1,486	1,656	1,850

8. 4 到達立坑

表 8-3 到達立坑寸法

呼び径 種別	800	900	1000	1100	1200	1350	1500
既設人孔到達 (外筒残置)	2号 (1200)	3号 (1500)	3号 (1500)	4号 (1800)	4号 (1800)	4号 (1800)	5号 (2200)
鋼矢板立坑 (回収)	2.8×2.4	2.8×2.4	2.8×2.8	2.8×2.8	3.2×2.8	3.2×3.2	3.2×3.2
ラiserプレート立坑 (回収)	φ 2.4	φ 2.5	φ 2.6	φ 2.7	φ 2.8	φ 3.0	φ 3.2

注 1：クレーンの使用が可能とする。中間スラブがある場合は中床版に吊り具等が取り付けできること。

2：長距離・曲線推進の場合、施工精度も考慮し検討する。

3：両到達の場合は別途考慮する。

8. 5 高濃度泥水注入量

高濃度泥水注入量を表 8-4 に示す。

表 8-4 高濃度泥水注入量 (m³/m)

土質区分 呼び径	800	900	1000	1100	1200	1350	1500
掘削量 (m³)	0.882	1.094	1.327	1.562	1.838	2.271	2.776
高濃度泥水量	0.44	0.55	0.66	0.78	0.92	1.14	1.39

8. 6 滑材および裏込め注入量

拡幅掘削幅に 15mm を加えたボイドが形成されるとして、表 8-5 に示す注入量を標準とする。

表 8-5 滑材および裏込め注入量 (ℓ/m)

土質区分 呼び径	800	900	1000	1100	1200	1350	1500
A, B	79	89	98	107	116	130	144

8. 7 施工手順（到達～回収）

- ① 到達部地盤改良
- ② 既設構造物取り壊し
到達部側壁の取壊し。到達前に取壊す場合には鉄板などで山留め（仮）しておく。
到達後に取壊す場合は、改良範囲を掘進しているので地盤改良効果を十分に確認する。
- ③ 坑口工
坑口の止水及び土砂流出防止（人孔外壁面と外筒の隙間を鋼板で塞ぐなどの措置を講じる。坑口リングは、取付けが可能な場合に使用する。）
- ④ カッタを押し出し分解
既設構造物内にカッタを押し出し分解し人孔から回収または仮置きし発進立坑から回収
- ⑤ 隔壁板、内部機器の分解回収
隔壁板、内部機器を分解し、人孔または発進立坑から搬出する。
- ⑥ 推進管を外筒に収める
元押しジャッキで推進管を押して外筒内に収め、管の敷設を完了する。
- ⑦ 外筒内中詰め
外筒と推進管のクリアランスを中詰めする。可とう性構造とする場合には止水性合成樹脂を充填し、その他の場合はセメント系充填材等を用いる。
- ⑧ 人孔と推進管の接合部を仕上げる。

9. その他の要素技術

9. 1 コンパクト立坑発進の施工（寸法等はP. 27参照）

9. 1. 1 一体発進

（1）一体発進の概要

鋼製さや管を掘進機と一体で発進し、所定位置に達した後、鋼製さや管は掘進機と分離し、その位置に残し、掘進機のみが推進を継続するもので、標準管推進に用いる。

鋼製さや管の先端部分が、掘進機との脱着機構および回転機構並びに掘削ビットを有する特殊構造をなし、掘進機カッタの回転力により掘削するため、掘進機自体の余掘り量に変化はない。

（2）一体発進の施工手順

- ① 工場にて掘進機と鋼製さや管を一体で組み立てたものを、立坑内に吊り下ろす。掘進機発進時は簡易設備にて発進する。
- ② 鋼製さや管を所定位置まで推進完了後、掘進機と鋼製さや管を分離する。分離後、鋼製さや管は発進立坑と固定し、立坑内の推進架台等の盛替整備を行う。
- ③ 元押しジャッキを移動し、標準管の推進管を据付ける。推進管を鋼製さや管内に押し込み、元押しジャッキを所定位置に設置する。
- ④ 元押しジャッキストロークが半管用の場合には、ストラットを使用し、推進管の推進を行う。
- ⑤ ③～④を繰返し、推進作業を継続する。

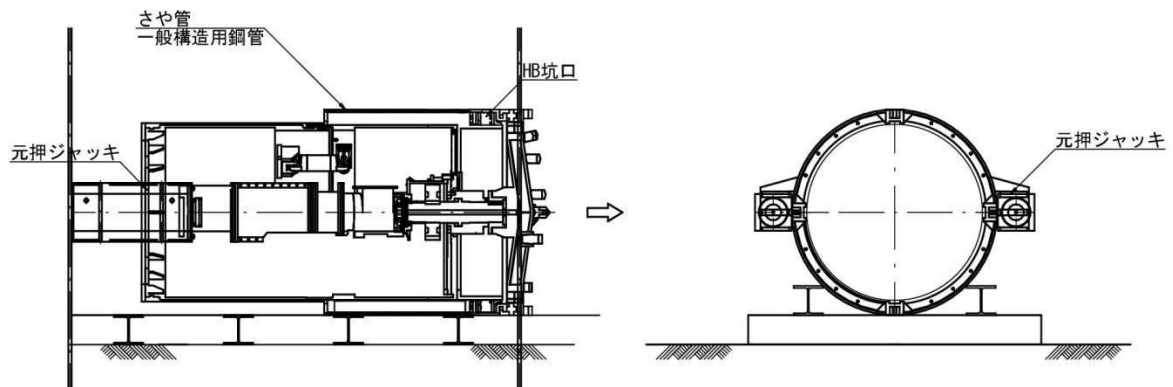


図 9-1 掘進機・鋼製さや管推進設備

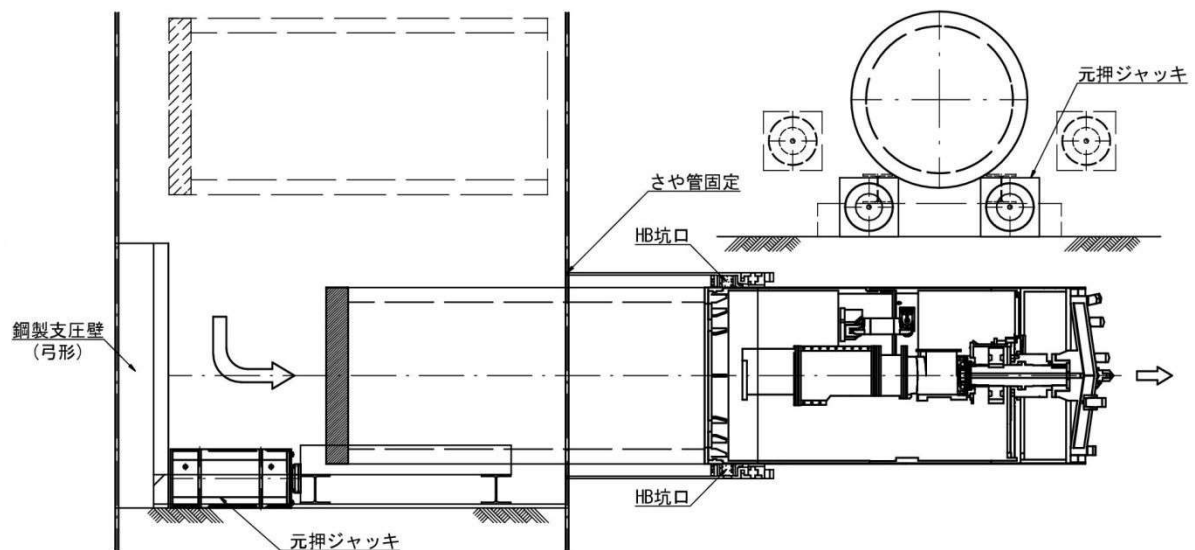


図 9-2 推進管（標準管）の据付

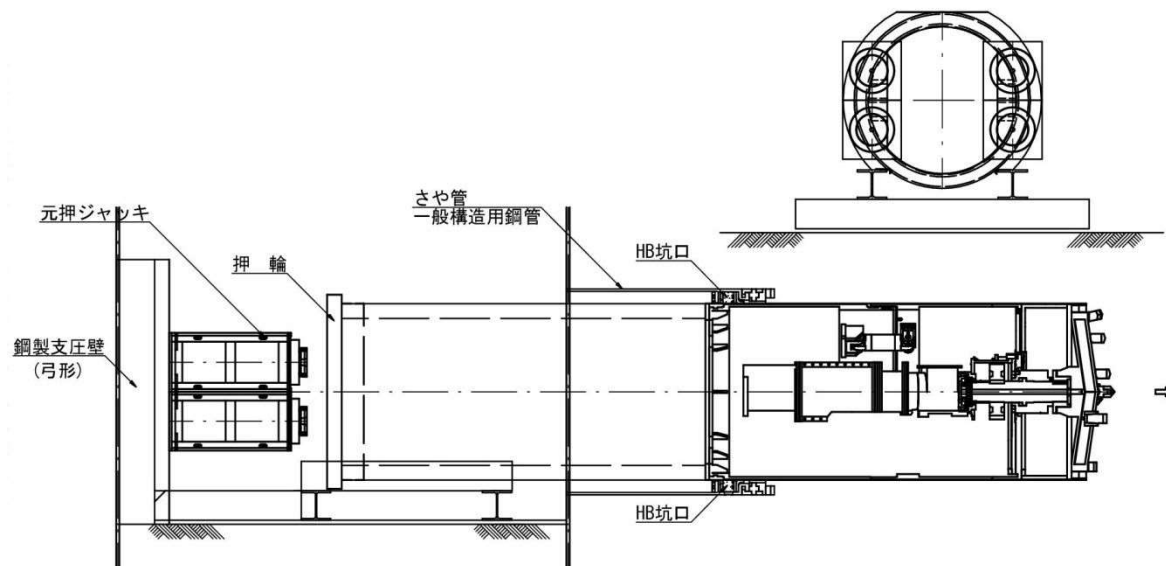


図 9-3 推進設備設置完了

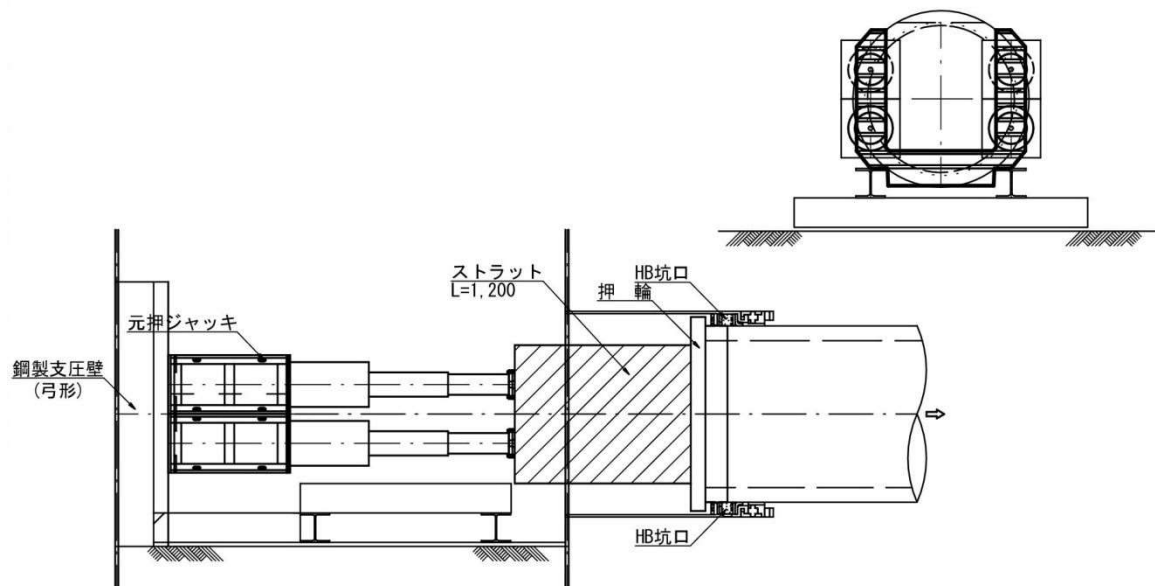


図 9-4 推進管推進完了時

9. 1. 2 分離発進

(1) 分離発進の概要

鋼製さや管を刃口推進にて所定位置まで推進後、鋼製さや管内部より掘進機を発進させるものである。

刃口推進を行うため、切羽の安定が不可欠であり、補助工法の改良長さに注意が必要である。切羽の安定に不安が残る場合は、一体発進を推奨する。

(2) 分離発進の施工手順

- ① 鋼製さや管を刃口推進にて推進する。鋼製さや管を発進立坑に固定後、さや管先頭部分に坑口設備および立坑内・鋼製さや管内に掘進機発進架台等を整え、掘進機を据え付ける。
- ② 掘進機を鋼製さや管内まで簡易設備で発進する。立坑内の推進架台等の盛替整備を行う。
- ③ これ以降の施工手順は、前述「一体発進」と同様である。

9. 1. 3 半管推進

(1) $\phi 3000\text{mm}$ 立坑施工

呼び径 800～1000 の推進管施工において、半管用のジャッキストロークを有する元押しジャッキを使用する場合には、元押しジャッキを移動することなく施工が可能である。ただし、押輪については、地上部で推進管内部にセットし、推進管と一緒に吊り降ろす。

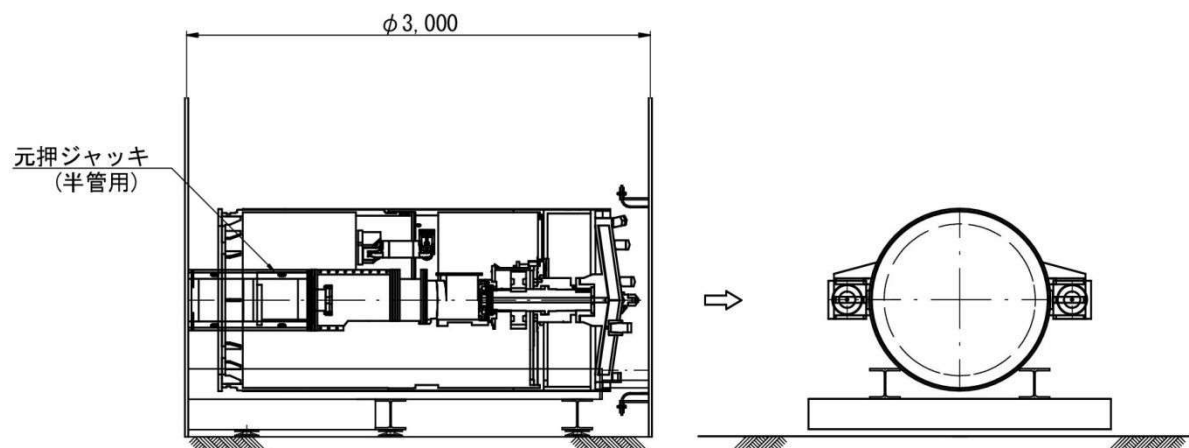


図 9-5 掘進機発進設備

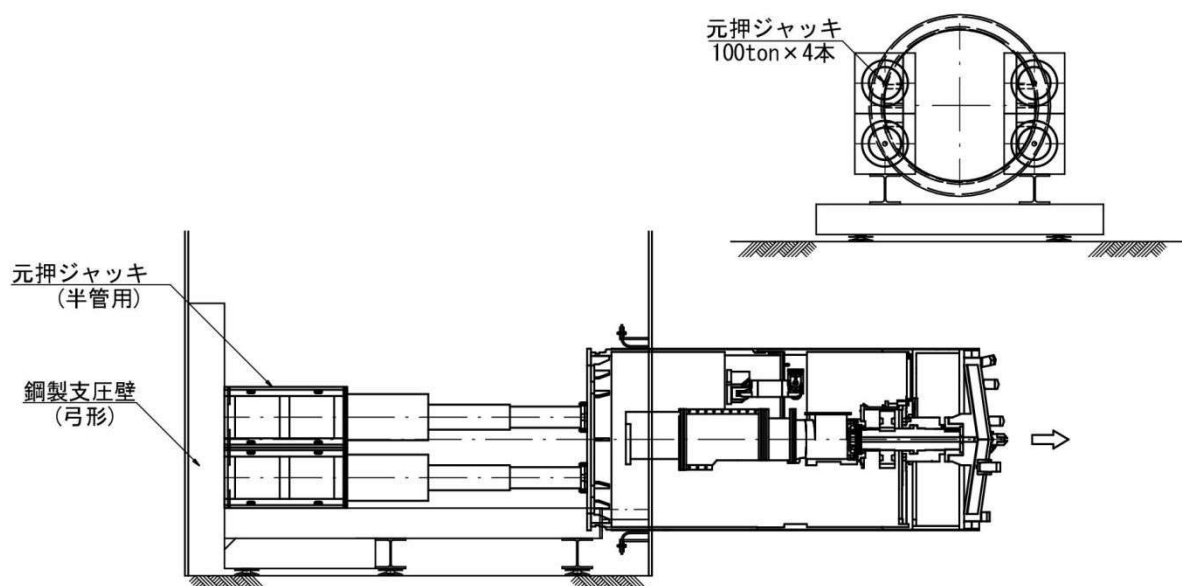


図 9-6 掘進機発進

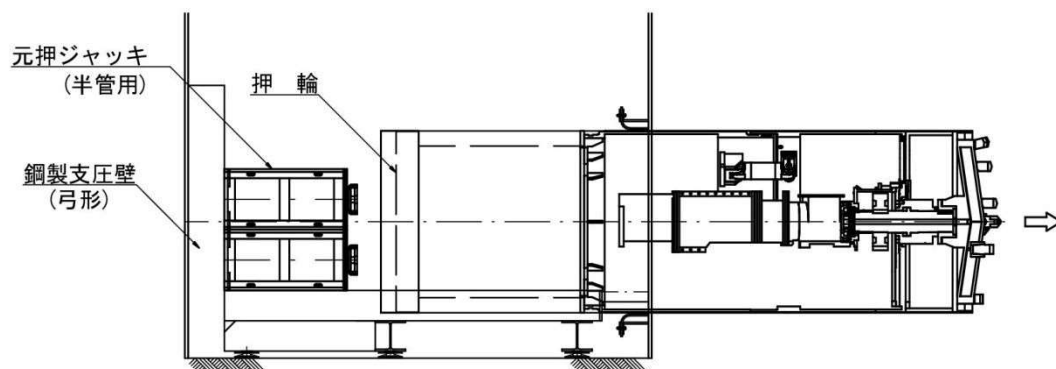


図 9-7 推進管（半管）の据付

(2) $\phi 2500\text{mm}$ 立坑施工

半管用のジャッキストロークを有する元押しジャッキの優位性を最大限活用するもので、発進坑口を出窓式に立坑外側に設置することにより、呼び径 800～1000 の推進管施工を可能にするものである。ただし、押輪については、地上部で推進管内部にセットし、推進管と一緒に吊り降ろす。

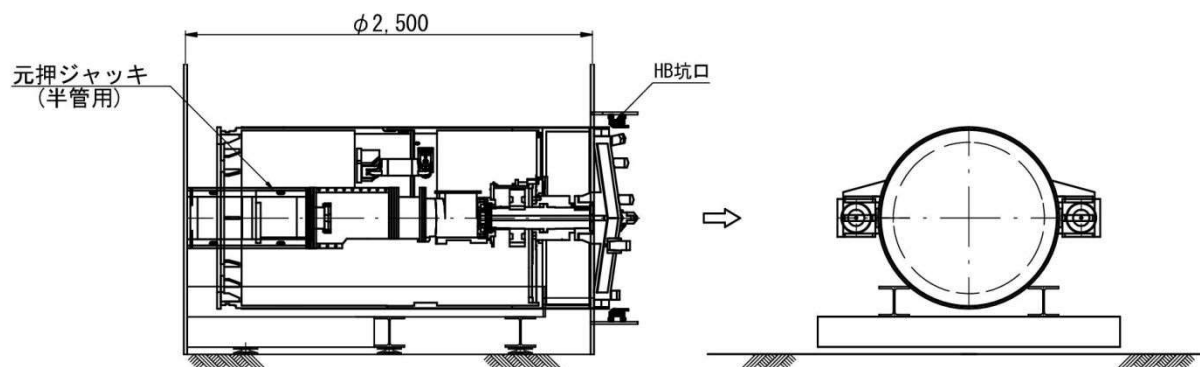


図 9-8 掘進機発進設備

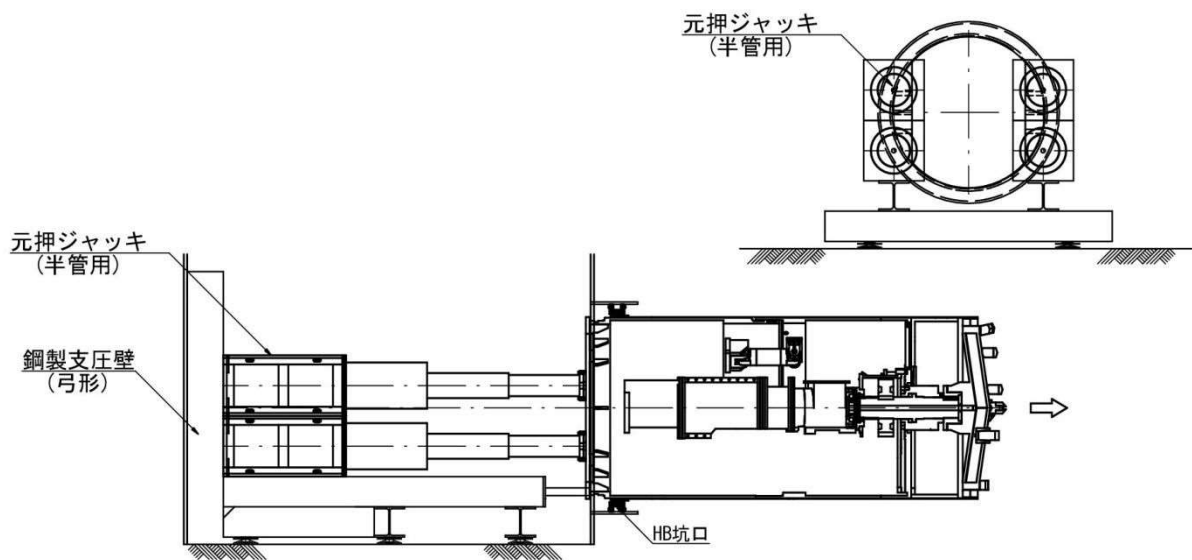


図 9-9 掘進機発進

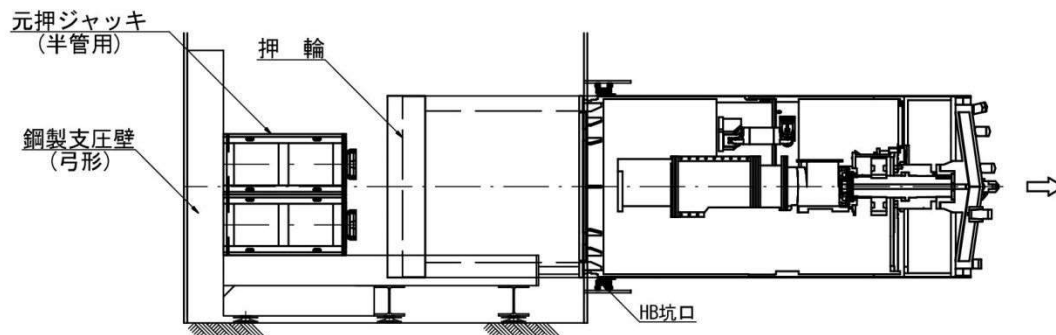


図 9-10 推進管 (半管) の据付

9. 2 ハイブリッド坑口

9. 2. 1 ハイブリッド坑口の概要

ハイブリッド坑口においては、止水ゴムの後方（立坑側）に枠体と硬化材があり、掘進機の支持および地下水圧等による止水ゴムの捲れを防止している。止水ゴムの枚数によりシングルパッキン方式およびダブルパッキン方式があり、地下水圧が 40kN/m^2 以上の場合にはダブルパッキン方式が望ましい。

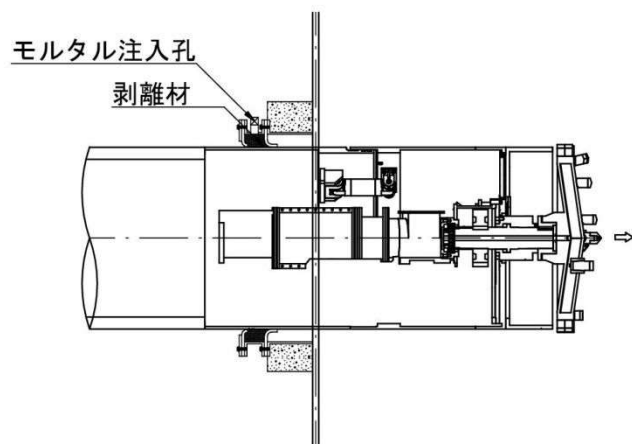


図 9-11 ダブルパッキン方式

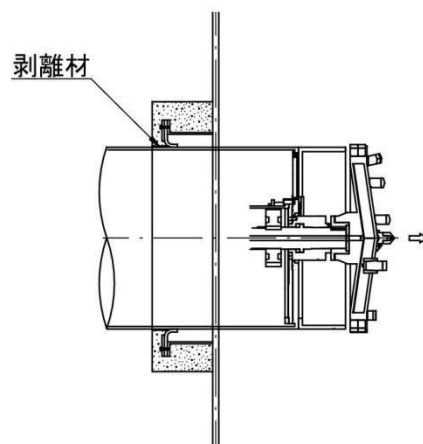


図 9-12 シングルパッキン方式

9. 2. 2 防護コンクリート兼用坑口の概要

一般的に推進完了後、立坑内に管敷設を行う場合、諸条件に基づく構造計算により防護コンクリートが打設されることが多い。この断面と同じものを坑口コンクリートとして部分的に打設するものであり、将来的な一体性確保のため、坑口端面では縦方向鉄筋に機械式継手を設置しておき鉄筋の接続を可能とし、後続コンクリート打設前には、チッピング作業を行う。

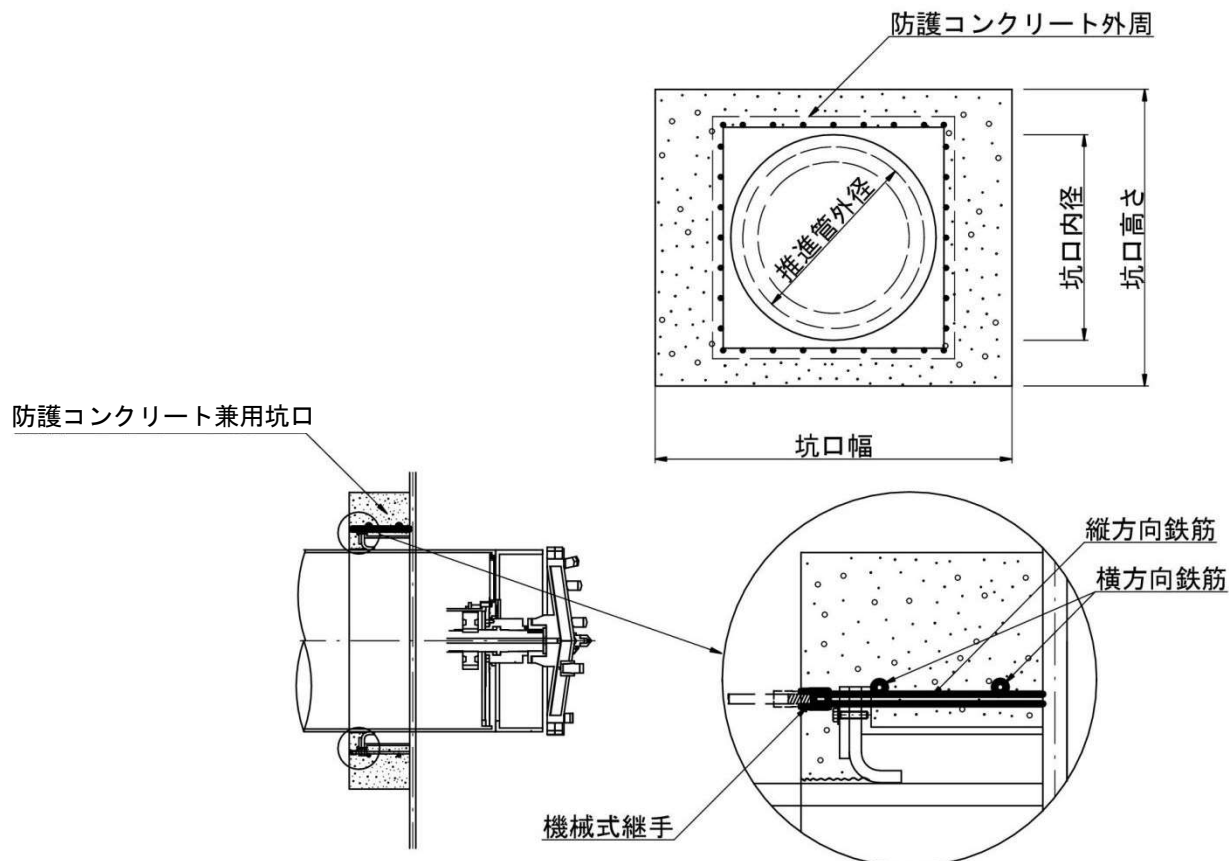


図 9-13 防護コンクリート兼用坑口

9. 3 鋼製支圧壁

汎用性の高い鋼製山留め材を主材料とする鋼製支圧壁であり、積層ピースによる山留材の補強を行い、推進に当たっては推進力の分散を図るため剛性の高い押角を用いるものとする。

コンパクト立坑に用いる弓形の鋼製支圧壁は、別物である。

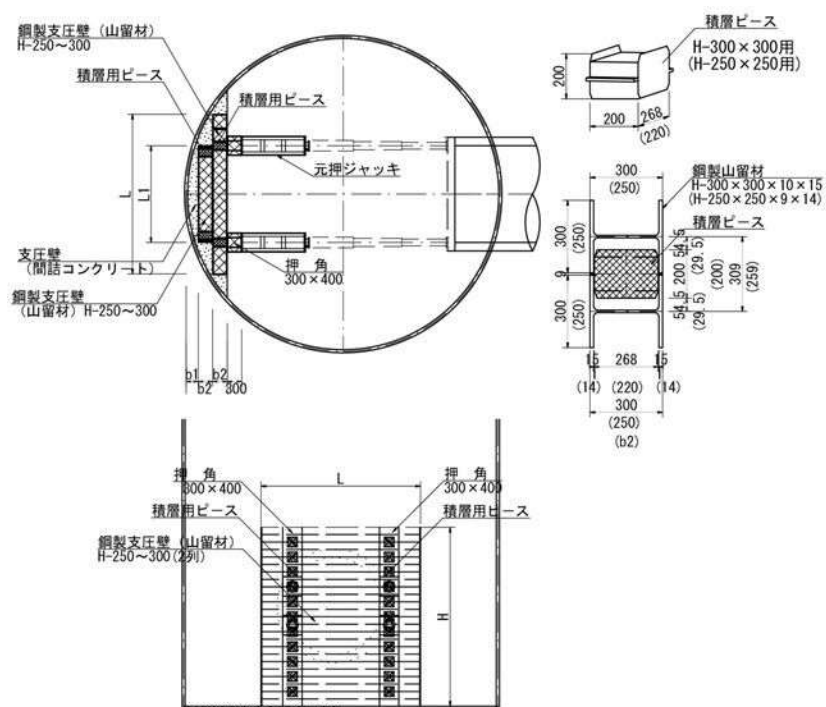


図 9-14 円形立坑での使用例

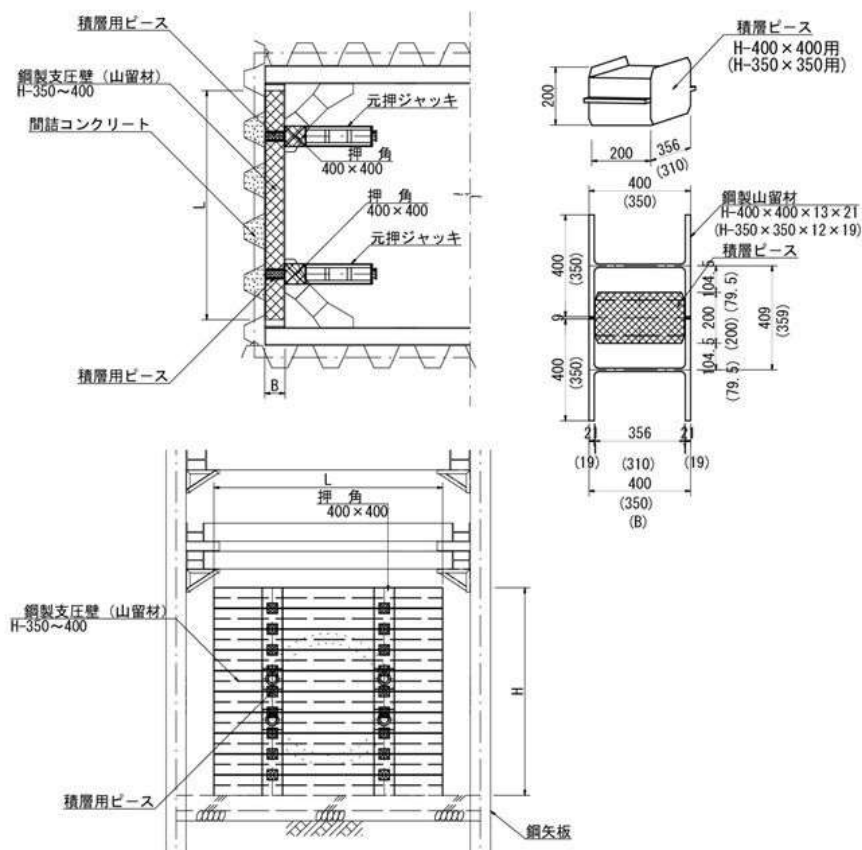


図 9-15 矩形立坑での使用例

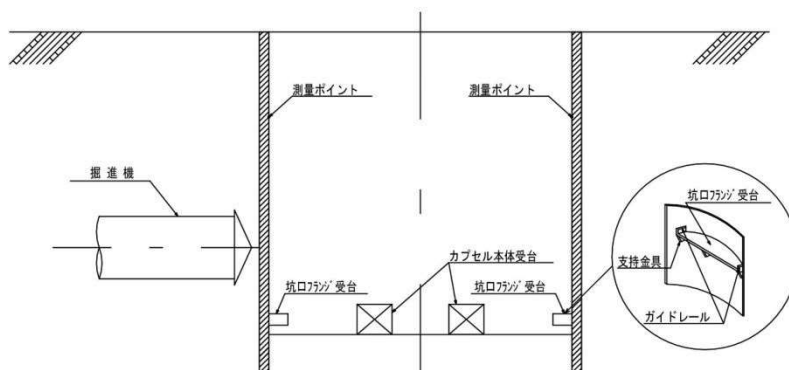
9. 4 中間立坑通過設備

中間立坑通過方式には様々な方式があるが、安全性が高く、工期も短いカプセル方式の施工手順を示す。

① 通過中心線の測量

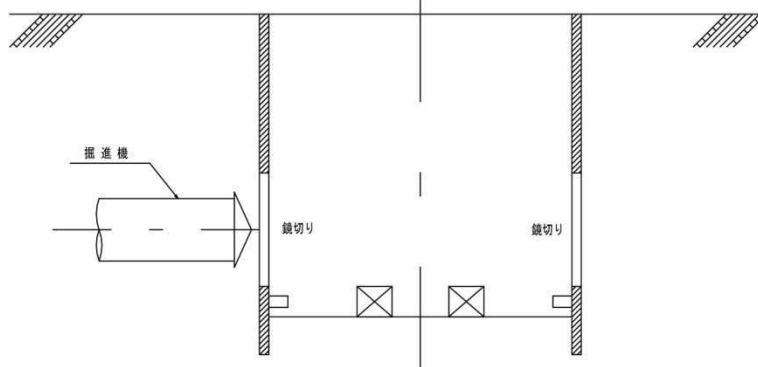
② 坑口フランジ下端が載る受け台の土留壁両側に溶接

③ カプセル本体受台の設置

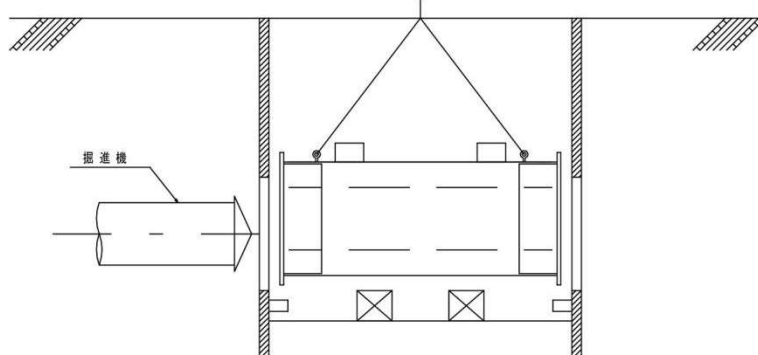


④ 坑口内径よりやや大きめに鏡切り

(推進管径が大きくなると、⑤～⑦を先行し、カプセル上部を開放しておき、カプセル内部より鏡切りを行う)



⑤ カプセル本体を土留壁両端より 5cm 程の離隔があるように縮めて、クレーンで吊り降ろし、受台に載せる



⑥ カプセル本体両端の伸縮ボルトを回し、坑口フランジを土留壁に押し当てる

⑦ 坑口フランジ側面を土留壁に溶接固定

(坑口フランジ上端部の開口は中込材投入後、鉄板にて閉鎖)

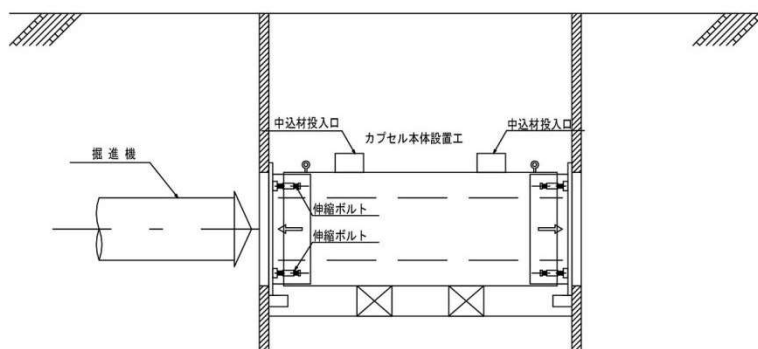
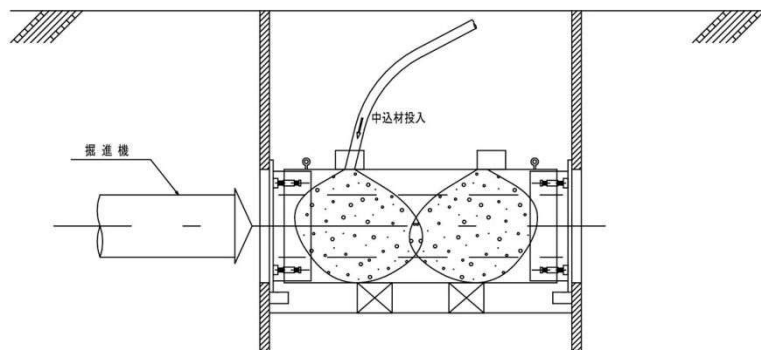
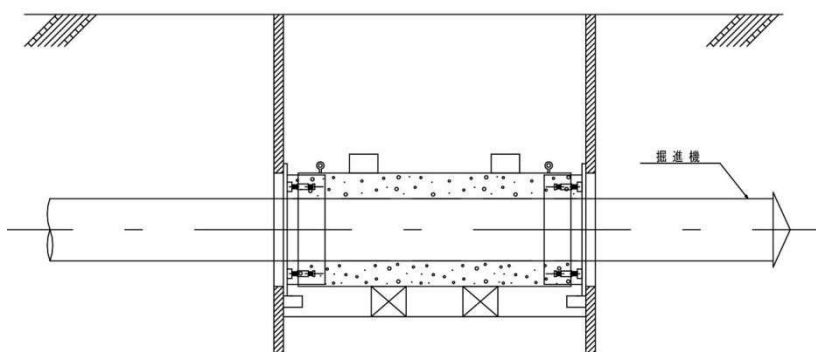


図 9-16 施工手順図－1

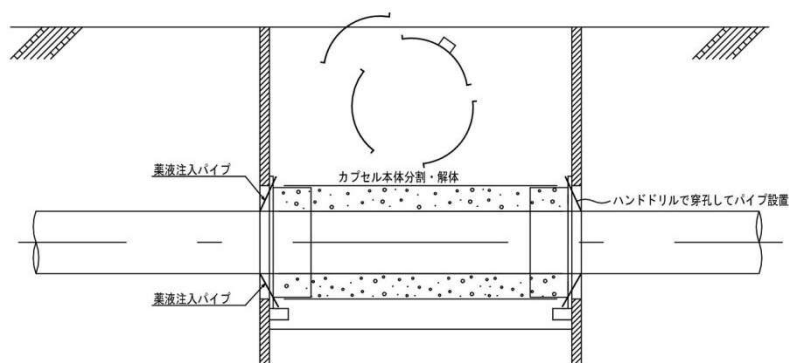
- ⑧ カプセル本体投入口および坑口フランジ上部開口より、掘進機の掘削能力に見合った生コンクリート、モルタル、あるいはソイルセメント等の中込材をカプセル内に投入
- ⑨ 充填完了後、投入口および開口部を閉鎖・養生



- ⑩ 中込材が適当な強度に硬化後（充填後 5～20 時間）、掘進機を再稼働させ、カプセル内を通過し、到達立坑まで推進を続行



- ⑪ 到達立坑で掘進機回収後、通過立坑前後の地山部分に LW 等で止水注入
- ⑫ カプセル本体受台撤去
- ⑬ カプセル本体両端の伸縮ボルトを縮める
- ⑭ カプセル本体を分割・解体し中間立坑より撤去



- ⑮ 坑口部の中込材は残した状態で、中央部の中込材の撤去
- ⑯ マンホール計画に合わせ、推進管の切断およびマンホールの構築

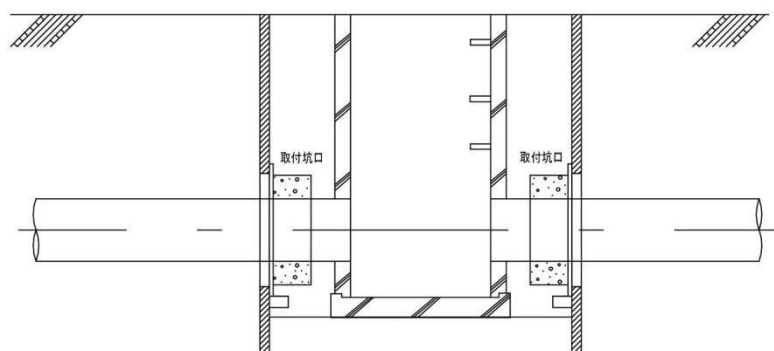


図 9-17 施工手順－2

参考文献

公益社団法人 日本推進技術協会 編

- (1) 推進工法体系 I 推進工法技術編
- (2) 推進工法体系 II 計画設計・施工管理・基礎知識編
- (3) 推進工法用設計積算要領 泥水式推進工法編
- (4) 推進工法用設計積算要領 土圧式推進工法編
- (5) 推進工法用設計積算要領 泥濃式推進工法編
- (6) 推進工事用機械器具等損料参考資料

本資料の編纂を担当した技術部会委員名を以下に示す。

部 会 長	株 式 会 社 テ ッ ク ア サ ヒ	中 村 靖
部 会 委 員	ア イ レ ッ ク 技 建 株 式 会 社	武 村 秀
部 会 委 員	東 江 開 発 株 式 会 社	東 江 勝
部 会 委 員	株 式 会 社 協 和 エ ク シ オ	松 尾 敬 太
部 会 委 員	株 式 会 社 小 城 組	安 田 英 浩
部 会 委 員	大 栄 建 設 株 式 会 社	丹羽野 喜代志
部 会 委 員	大 起 建 設 株 式 会 社	小 原 欣 吾
部 会 委 員	大 和 技 建 株 式 会 社	肱 黒 秀 樹

ハイブリッドモール工法

技 術 資 料

—平成 29 年版—

発行者 ハイブリッドモール工法協会

東京都台東区雷門 1-4-4

ネクストサイト浅草ビル 7 階

TEL 03-5830-3281

FAX 03-5830-3524

URL : <http://hybridmole.jp/>