

# 第 1 章 設 計 資 料

# 1. ベルスタモール工法の位置づけ

## 推進工法の分類

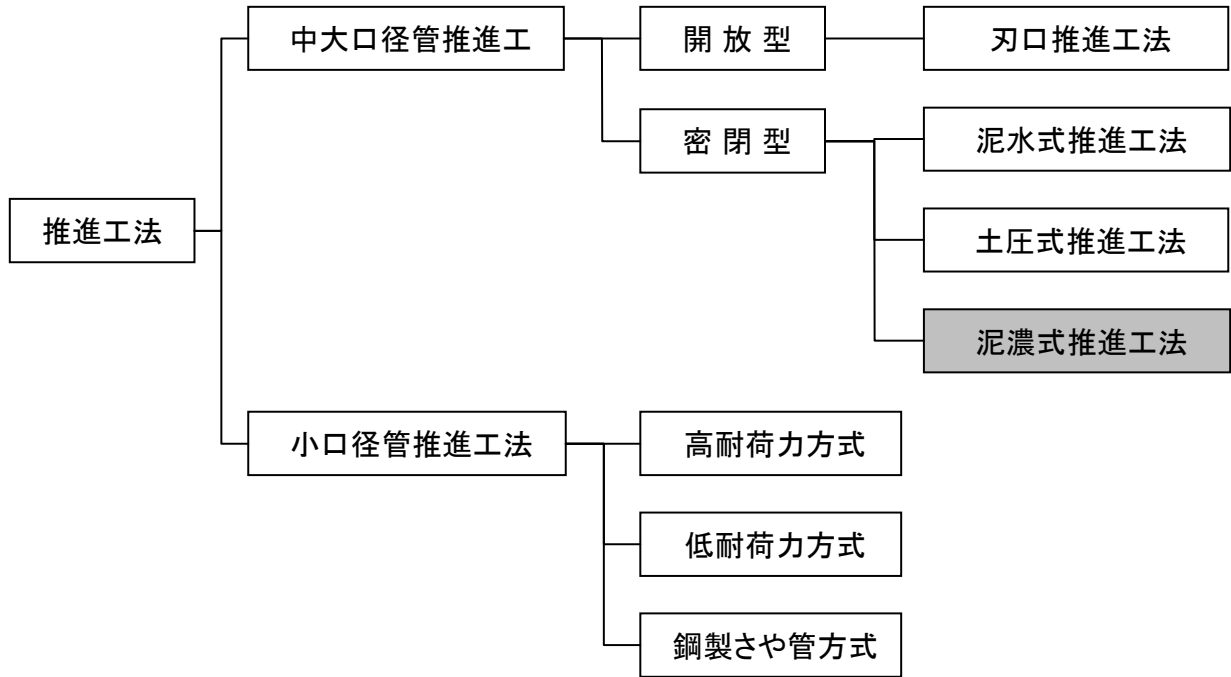


図 1-1 推進工法の分類

ベルスタモール工法は、中大口径管推進工法の密閉型泥濃式推進工法に分類されます。

## 2. 工法理論

### (1). 切羽の安定理論

切羽の安定方法は、石油掘削ボーリングや地中連続壁工法において実証された、高濃度高比重の泥水で「地下水位より 2.0m 以上の水頭(地下水圧+0.02MPa)により孔壁が安定する」という安定液理論に基づいています。

切羽安定のメカニズムは

1. 泥水圧により、切羽に作用する土圧及び地下水圧を抑える。
2. 切羽面に不透水性の泥膜を作り、泥水圧を有効に作用させる。
3. 切羽面からある程度の範囲の地盤内に泥水が浸透し、切羽地盤に粘着性を与える。

といわれています。

泥濃式推進工法では、立坑から送った固形または繊維系の目詰材と、掘削した地山土粒子を有効に攪拌して高濃度泥水を作成するために掘削・攪拌能力の高いスポークカッター方式を採用しており、掘削と同時に強固な泥膜が切羽に形成され、これによって切羽の崩落を防ぎます。

このため、普通土層から玉石砂礫層までの幅広い地盤に対応でき、高い沈下防止能力を有しています。

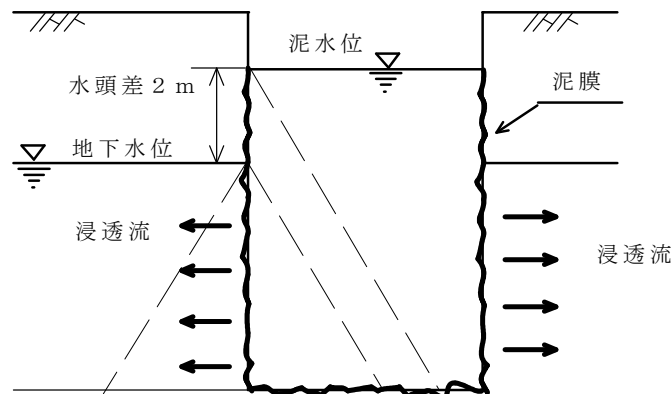


図 1-2 安定液理論

### (2). 管周面の摩擦抵抗理論

推進工法における管周面の摩擦抵抗理論については、次のようなことがよく知られています。

- ① 摩擦抵抗係数  $\mu$  を小さくするためには、管表面が平滑でなければならない。
- ② 長距離推進には潤滑状態で推進するため、管と地山との間に滑材注入が必要となる。
- ③ 滑材効果は管と地山との間に一定の間隔が必要である。
- ④ 推進管と地山が接触しないように、滑材は地山の土荷重を支持しなくてはならない。
- ⑤ 地山と管の間隙は、地山が管に接触し、全土圧がかかる前に滑材を充填しなければならない。
- ⑥ 滑材が地山に流出しないで地山との空隙を埋めるには高い動的粘着力が必要である。
- ⑦ 見掛け上の摩擦係数  $\mu$  を小さくするためには、滑材の動的粘着力を低くする必要がある。

(注：泥濃式推進工法においては、滑材＝テールボイド材と読み替える。)

Max.Scherle 著「推進工法の理論と実際 1.6.2 摩擦抵抗理論からの結論」を参考

本工法ではこのことを実践し、管周面の摩擦抵抗を低減するために、オーバーカットを積極的に大きくし、その余堀部分に切羽で作った高濃度泥水を充填させ、テールボイドを確実に形成するようにしています。また、テールボイドの補強のために二液混合型の一次滑材（可塑剤）とさらに後方から一液型の二次滑材を注入します。これらの複合材料によるテールボイドの材料の性質と圧力を維持する方法により、上記の理論を実践し、急曲線・長距離の推進が可能になっています。

### 3. 工法の特徴

本工法の最大の特徴は超急曲線施工能力と長距離施工能力です。

#### (1). トップクラスの最小施工Rの掘進機

曲がる掘進機に特化し、各管を短く、修正ジャッキを長く、呑み込み部分の形状を最適化するように改良を重ね、口径φ800mmで最大5.3Rまで曲がる掘進機になっています。標準で2本管、超急曲線でも4本管と全長が短く、発進立坑で扱いやすい設計になっています。

#### (2). オーバーカット量

いくら掘進機が曲がっても、推進管が曲がらない・推力が増大するようでは、長距離を推進することは不可能です。そのため、本工法では下記の二つの項目を兼ねた余掘量として、過去の経験値より、オーバーカット量を45mmとし、充分余裕のあるテールボイドを構築するようにしています。

- ① 摩擦抵抗理論より、滑材が有効に作用するためには、滑材層が一定の強度を持つ必要があり、そのためには管と地山との間には一定の間隔（テールボイドの厚み）を必要とします。
- ② 急曲線施工時において、推進管（直線）と線形（円弧）の誤差が生じるため、接触を防ぐ空隙を必要とします。

#### (3). 一次滑材（可塑剤）の注入方法とテールボイドの安定

構築したテールボイドがすぐに壊れるようでは、長距離推進は出来ません。テールボイドの安定には、泥膜と地山との間に常に圧力差を保持することが必要です。

テールボイドに高濃度な泥土が加圧充満されている状態のときは、テールボイドは安定していますが、長距離になると切羽の加圧力が後部まで伝達しにくくなり、作業休止時にテールボイドの圧力が地下水圧と同圧になることが予想されます。この時、テールボイドの高濃度泥水が水と土粒子に分離し、管頂部の地山土砂が沈下してテールボイドと置き換わると、連続的に上部まで崩落し、テールボイドが広範囲にわたって崩壊することになります。

このため、泥濃式では、管と地山の間隙に高濃度泥水のほかに、高濃度泥水の分離を抑え、土砂との置き換わりを防ぐための一次滑材（可塑剤）が充填されています。

##### 【一般泥濃式推進工法では】

泥濃式推進工法が開発された当初、掘進機上部一点から二液性の可塑剤を注入していました。

しかし、管頂部だけでは側方や下部まで十分な注入が出来ず、急曲線施工においては、側方土圧に対応するために、側面へ確実に注入する方法が必要になっています。

##### 【ベルスタモール工法では】

このため、本工法では一次滑材（可塑剤）の注入箇所を管全周方向へ設置し、テールボイドの全断面を一次滑材で固化して安定させる方法を採用しています。

一次注入滑材がテールボイドの強度を維持するため、多数の管列が通過しても直接地山と推進管が接触することはほとんど無く、長期間のテールボイドの安定が可能となります。また、一方向のみ選択して注入することも可能になっており、カーブ外側へ多く注入することができるので、急曲線施工での推力の低減が図れ、長距離推進や急曲線施工が可能となります。

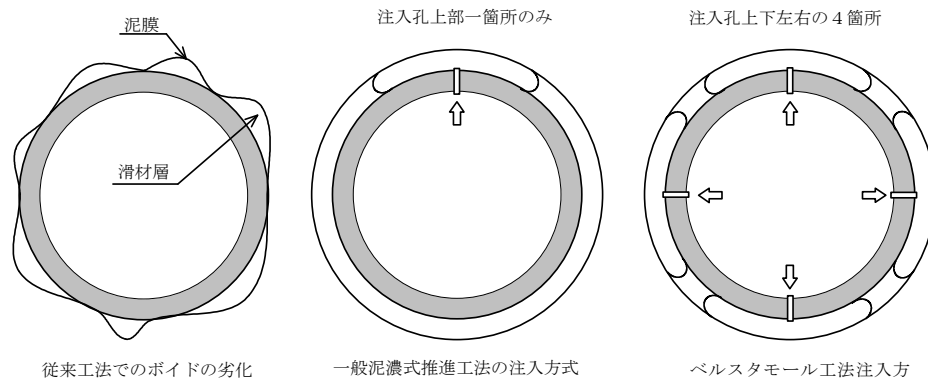


図 1-3 一次滑材（可塑剤）注入模式図

(4). 推力低減システム概要

① LVS-TYPE I

ベルスタモール工法では、一般泥濃式方式に加え、図 1-3 のように掘進機からの可塑剤注入孔を複数方向に設置し、テールボイド断面に対して、ほぼ全断面に可塑剤が充填されるようになっています。

しかしながら、超長距離・多曲線・急曲線施工に際しては、複数の異なる地層を通過するなどの要因から、不測の推力上昇が懸念されます。そのため、複数方向への可塑剤注入を行なっても、可塑剤の充填状況には差が生じることがあり、推力低減の完全な解決方法とはなっていませんでした。

そこで掘進機後部より、全外周にスリットのある特殊管から注入することにより、良好な可塑剤層をテールボイド全断面 360° に構築して管外周面抵抗を抑え、推力の大幅な低減を図ります。

また、後続推進管からは、良好な可塑剤層と推進管表面との間に一液性滑材を注入することで、テールボイドに必要な強度と動的粘着力の低下を両立させることができます。

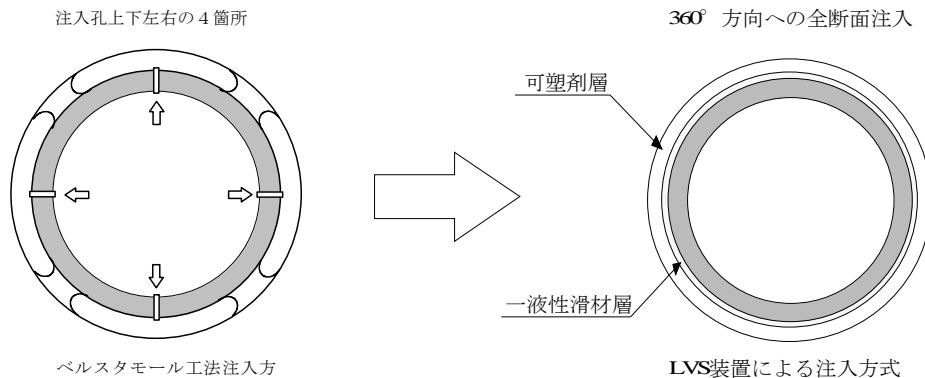


図 1-4 LVS-TYPE I 概要図

② LVS-TYPE II

テールボイドが劣化した場合や無水層での施工では、推進管の裏込注入孔より泥水や滑材の補足注入が有効であることから、本システムにおいては、滑材を全線に渡り効果的に注入するため、注入孔を加工した滑材注入用加工管を、50m 程度の間隔で配置します。

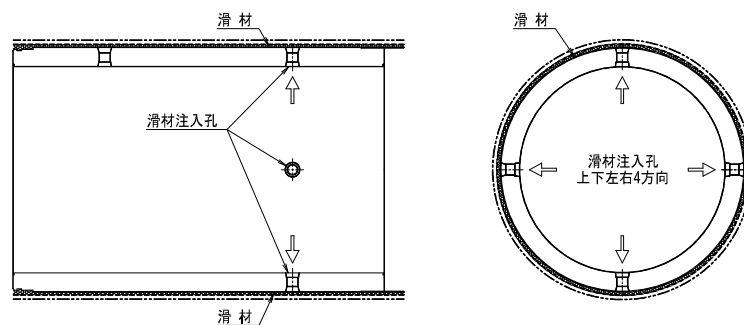


図 1-5 LVS-TYPE II 滑材注入管概要図

(5). カッター形状と排泥口径

本工法の標準型掘進機では、普通土・砂質土・砂礫土などの様々な土質に対応できる 4 本スポーク式カッターを採用し、礫を割らずに取り込めるように、排泥口径を大きく取っています。その分、電動機が制限されるため、やや駆動トルクは小さくなりますが、低消費電力で、ローリングを起こしにくいいため、操作しやすいのが特徴です。

礫対応型掘進機では、礫を一次破碎できるように駆動トルクの大きな外周駆動型としているため、排泥口径は小さくなります。礫対応型でも修正ジャッキのストロークが大きく、急曲線施工が可能です。

#### 4. 適用土質

(1) 本工法は、粘性土・砂質土・砂礫土などの下記の幅広い土質に対応しています。

土質区分		土質名	礫率・N値	備考
A土質	普通土	粘性土	$N \leq 10$	標準機対応
		砂質土	$N \leq 50$ 最大礫径 20 mm以下 礫率：20%以下	
B土質	礫質土	砂礫	最大礫径 50 mm以下 礫率：30%以下	標準機対応
		砂混り砂礫	$N \leq 50$ 最大礫径 50 mm以下 礫率：30%以下	
C土質	玉石土	玉石混じり砂礫	礫率：80%未満 掘進機排泥口径 $\geq$ 礫長辺	要検討
		巨礫混じり土	掘進機外径の60%以下 ※協会までお問い合わせ下さい。	
D土質	硬質土	固結土 軟岩層 泥岩層	$N > 30$ 一軸圧縮強度：2MN/m <sup>2</sup> 以内	要検討

表 1-1

注1) C及びD土質にてご検討の際は、協会までお問い合わせください。

注2) 以下の土質条件下では、補助工法の検討が必要となる場合があります。

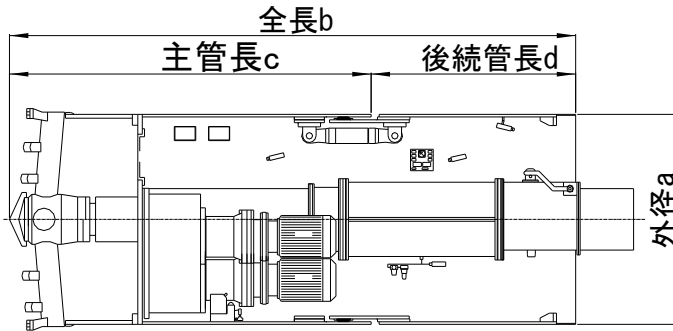
- ① N値が2以下(低比重、高含水比)の軟弱土
- ② 透水係数  $10^{-2}$ 以上の土質
- ③ 互層にて、推進位置の土質条件が大きく違う場合

(2) その他条件

- ① 無水層については、LVS-Type I 及び LVS-Type II の両方を使用します。
- ② 長距離推進時、片番施工とした場合は、施工間隔が長くなり、押し始め時の縁切り推力の増加などが懸念されるため、昼夜間施工を推奨します。
- ③ 高水圧下での施工は、詳細な検討が必要となりますので、お問い合わせください。
- ④ 最小土被りは、原則として管外径の1.5倍(1.5D)を標準としますが、低土被りに関しては別途検討を行いますのでお問い合わせください。

## 5. 掘進機諸元および曲線能力

### (1) 標準（一段折れタイプ）



呼び径 (mm)	外径 a(mm)	全長 b(mm)	主管 c(mm)	後続管 d(mm)	排泥口径 (mm)	カーブ 施工R(m)
φ 800	960	3135	1840	1295	250	23
φ 900	1080	3650	2050	1600	300	27
φ 1000	1200	3790	2120	1670	350	33
φ 1100	1318	4515	2095	2420	350	55
φ 1200	1430	4355	2400	1955	400	32
φ 1350	1600	4150	2450	1700	300	34
φ 1500	1780	4720	2800	1920	400	28
φ 1650	1950	4575	2670	1905	450	39
φ 1800	2124	4575	2670	1905	450	39
φ 2000	2350	4300	3000	1500	350	45
φ 2200	2580	4500	3000	1500	400	50
φ 2400	2810	4600	3100	1500	400	55

表 1-2

注) 使用する機体によっては、標準寸法と異なる場合があります。承認願い図を必ず参照ください。

### (2) 急曲線（二段または三段折れタイプ）

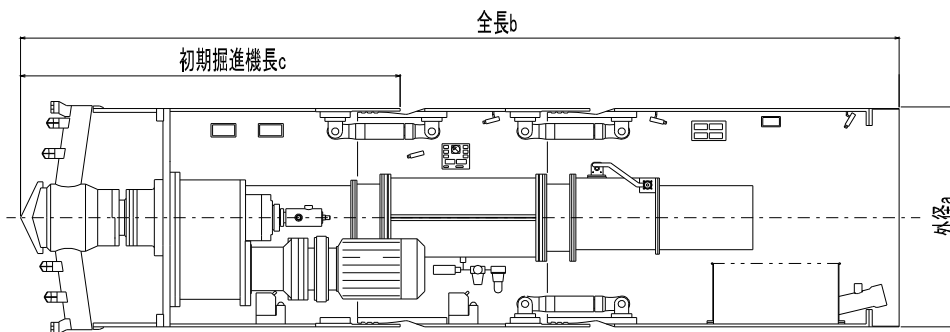


表 1-3

呼び径 (mm)	外径 a(mm)	全長 b(mm)	初期掘進機長 c(mm)	排泥口径 (mm)	カーブ 施工R(m)
φ 800	960	4700	3100	280	8.5
φ 900	1080	4800	3200	300	9.5
φ 1000	1200	4300	3300	350	10.5
φ 1100	1340	4300	3300	350	11.5
φ 1200	1430	5600	3600	400	12.5
φ 1350	1600	5700	3700	350	14.0
φ 1500	1780	6100	4200	400	15.5
φ 1650	1950	6200	4400	450	17.0
φ 1800	2120	6200	4400	450	18.5
φ 2000	2350	7400	5100	350	20.0
φ 2200	2580	7400	5100	400	22.0
φ 2400	2810	7400	5100	400	24.0

注) 使用する機体によっては、標準寸法と異なる場合があります。承認願い図を必ず参照ください。

## 6. 発進立坑寸法

### (1) 標準発進立坑

図 1-8 発進立坑参考図

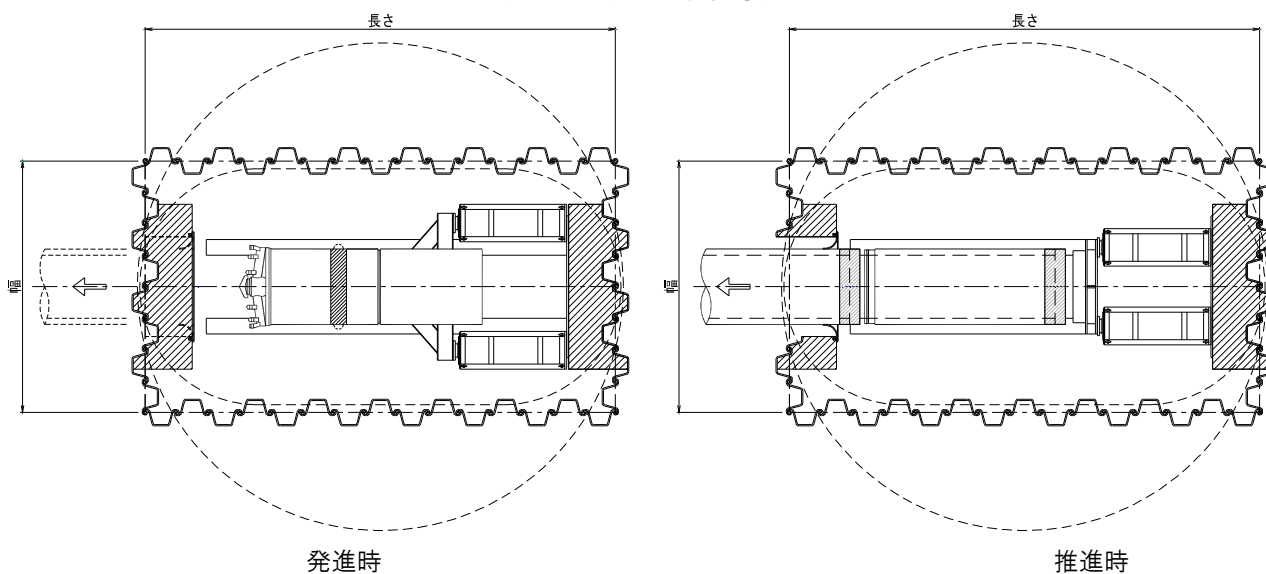


表 1-4 発進立坑寸法表(単位:m)

呼び径 (mm)	鋼矢板		小判ライナー		円形 ライナー
	長さ	幅	長さ	幅	
φ 800	6.000	3.200	6.140	3.000	φ 6.000
φ 900	6.000	3.200	6.240	3.100	φ 6.000
φ 1000	6.400	3.200	6.340	3.200	φ 6.400
φ 1100	6.400	3.600	6.383	3.400	φ 6.400
φ 1200	6.400	3.600	6.483	3.500	φ 6.400
φ 1350	6.800	3.600	6.583	3.600	φ 6.600
φ 1500	6.800	4.000	6.783	3.800	φ 6.800
φ 1650	7.200	4.000	7.140	4.000	φ 7.200
φ 1800	7.600	4.400	7.497	4.200	φ 7.500
φ 2000	8.400	4.400	8.325	4.400	φ 8.400
φ 2200	8.800	4.800	8.525	4.600	φ 8.600
φ 2400	8.800	5.200	8.668	4.900	φ 8.700

注1) 上記寸法は標準管使用時の発進立坑寸法です。

注2) 腹起し・切梁・覆工桁の位置関係によっては掘進機・推進管投入の問題から、上記立坑寸法での施工ができない場合があります。

注3) 180° 両発進の場合は、2スパン目施工時に、1スパン目施工時の発進坑口からの管突出長を考慮し、通常よりも長さ方向で立坑サイズを大きくする必要があります。偏心角度による両発進時は、協会までお問い合わせください。



## (2)小発進立坑

図 1-9 小発進立坑参考図

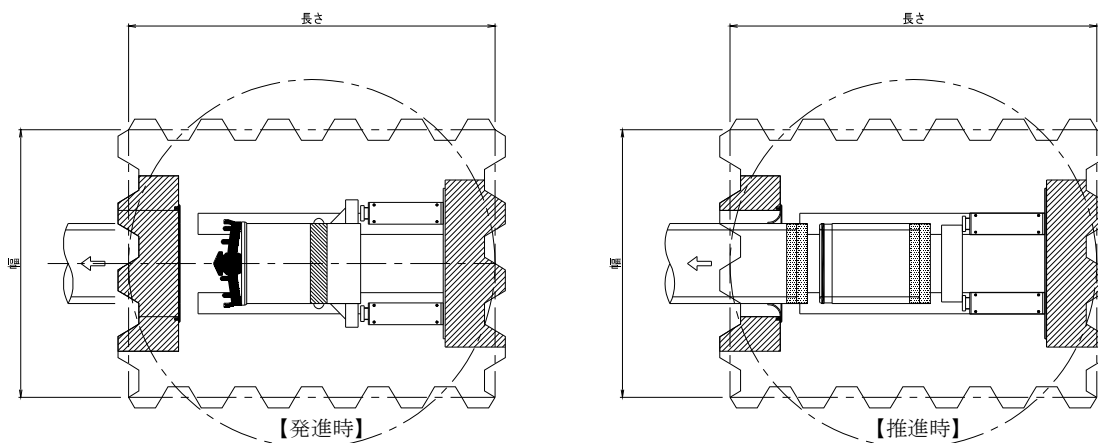


表 1-5 小発進立坑寸法表(m)

管 径	鋼矢板		円 形 ライナー
	長さ	幅	
φ 800	4.400	3.200	φ 4.400
φ 900	4.400	3.200	φ 4.400
φ 1000	4.800	3.200	φ 4.700
φ 1100	4.800	3.600	φ 4.700
φ 1200	4.800	3.600	φ 4.800
φ 1350	5.200	3.600	φ 5.200
φ 1500	5.600	4.000	φ 5.400
φ 1650	5.600	4.000	φ 5.500
φ 1800	6.000	4.400	φ 5.800
φ 2000	7.200	5.600	φ 7.200
φ 2200	7.200	5.600	φ 7.200
φ 2400	7.200	6.000	φ 7.200
φ 2600	7.600	6.400	φ 7.600

注1) 上記寸法は 1/2 管使用時の発進立坑寸法です。

注2) 腹起し・切梁・覆工桁等の仮設材の位置関係によっては掘進機・推進管投入の問題から上記立坑寸法での施工ができない場合があります。

注3) 180° 両発進とした場合、先行スパンの管押し残し長さを考慮し、立坑長さ寸法は上表より 40cm 程度長くなります。

## (3)狭小発進立坑（特殊推進架台使用）

表 1-6 狭小発進立坑寸法表(m)

管 径	円 形 ライナー
φ 800	φ 3.000
φ 900	
φ 1000	
φ 1100	
φ 1200	

注1) 左記寸法は 1/2 管使用時の発進立坑寸法です。

注2) 日進量の低下が見込まれます。

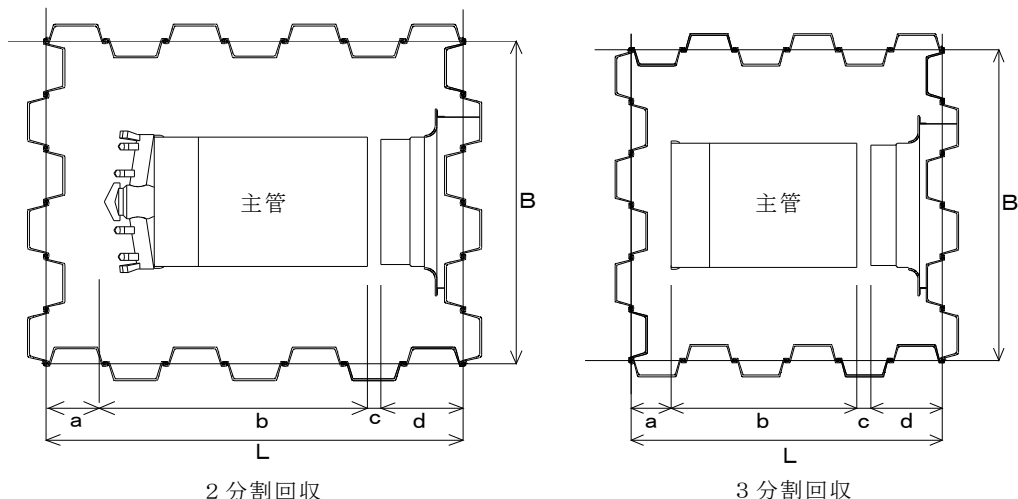
注3) 土質・土被り・水圧・推進延長・推進力等の総合的な判断が必要になります。狭小立坑からの発進計画の際は、施工検討を致しますので協会までお問い合わせ下さい。

注4) 180° 両発進とした場合、先行スパンの管押し残し長さを考慮した大きさとなります。狭小発進立坑については画一的な数値とまらないため、協会までお問い合わせ下さい。

注5) φ 1200mm を超える管径は総合的な判断が必要になりますので、協会までお問い合わせ下さい。

到達立坑寸法  
(1) 鋼矢板

図 1-10 到達立坑参考図



① 2分割回収：主管（カッター、主管）と後続管に分割

表 1-7 到達立坑寸法表(単位:m)

呼び径 (mm)	外径	a	b	c	d	L	B
φ 800	0.96	0.30	1.86	0.34	0.50	2.80	2.40
φ 900	1.08	0.30	1.70	0.30	0.50	2.80	2.40
φ 1000	1.20	0.30	1.95	0.45	0.50	3.20	2.80
φ 1100	1.31	0.30	1.95	0.45	0.50	3.20	2.80
φ 1200	1.43	0.30	2.25	0.15	0.50	3.20	2.80
φ 1350	1.60	0.30	2.55	0.25	0.50	3.50	3.20
φ 1500	1.78	0.30	2.72	0.38	0.60	4.00	3.60
φ 1650	1.95	0.30	2.72	0.38	0.60	4.00	3.60
φ 1800	2.12	0.30	2.77	0.33	0.60	4.00	3.60
φ 2000	2.35	0.30	3.27	0.23	0.60	4.40	4.00
φ 2200	2.58	0.30	3.30	0.20	0.60	4.40	4.00
φ 2400	2.81	0.30	3.30	0.20	0.60	4.40	4.40

① 3分割回収：カッターと主管と後続管に分割

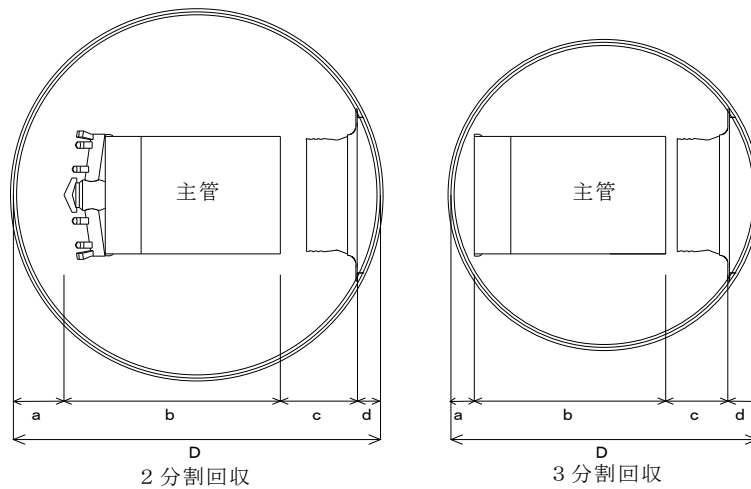
表 1-8 到達立坑寸法表(単位:m)

呼び径 (mm)	外径	a	b	c	d	L	B
φ 800	0.96	0.30	1.32	0.28	0.50	2.40	2.40
φ 900	1.08	0.30	1.34	0.26	0.50	2.40	2.40
φ 1000	1.20	0.30	1.57	0.43	0.50	2.80	2.80
φ 1100	1.31	0.30	1.54	0.46	0.50	2.80	2.80
φ 1200	1.43	0.30	1.80	0.20	0.50	2.80	2.80
φ 1350	1.60	0.30	2.07	0.33	0.50	3.20	3.20
φ 1500	1.78	0.30	2.18	0.52	0.60	3.60	3.60
φ 1650	1.95	0.30	2.16	0.54	0.60	3.60	3.60
φ 1800	2.12	0.30	2.20	0.50	0.60	4.00	3.60
φ 2000	2.35	0.30	2.63	0.47	0.60	4.00	4.00
φ 2200	2.58	0.30	2.65	0.45	0.60	4.00	4.00
φ 2400	2.81	0.30	2.62	0.48	0.60	4.00	4.40

注) 両到達の場合の長さ寸法は先に到達した管の突出部分を考慮し、検討する必要があります。

(2) ライナープレート

図 1-11 到達立坑参考図



① 2分割回収：主管（カッター、主管）と後続管に分割

表 1-9 到達立坑寸法表(単位:m)

呼び径 (mm)	外径	a	b	c	d	D
φ 800	0.96	0.34	1.66	0.50	0.19	2.70
φ 900	1.08	0.25	1.70	0.50	0.23	2.70
φ 1000	1.20	0.30	1.95	0.50	0.24	3.00
φ 1100	1.31	0.35	1.95	0.50	0.28	3.10
φ 1200	1.43	0.25	2.25	0.50	0.29	3.30
φ 1350	1.60	0.35	2.55	0.50	0.31	3.70
φ 1500	1.78	0.23	2.72	0.60	0.36	3.90
φ 1650	1.95	0.28	2.72	0.60	0.40	4.00
φ 1800	2.12	0.48	2.77	0.60	0.45	4.30
φ 2000	2.35	0.33	3.27	0.60	0.46	4.70
φ 2200	2.58	0.40	3.30	0.60	0.54	4.80
φ 2400	2.81	0.50	3.30	0.60	0.60	5.00

② 3分割回収：カッターと主管と後続管に分割

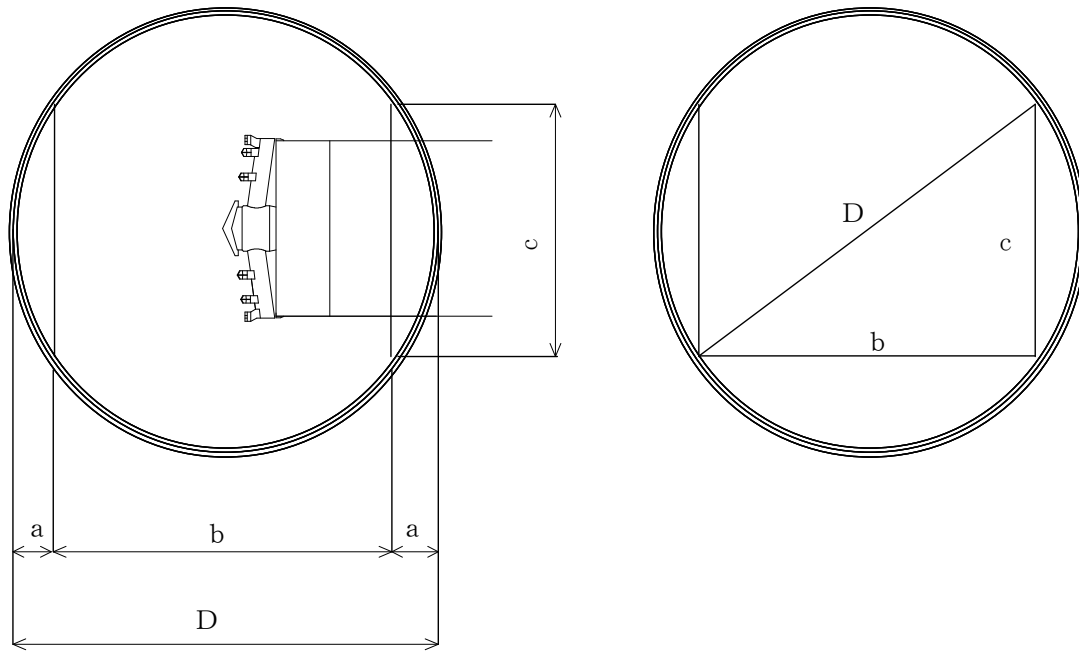
表 1-10 到達立坑寸法表(単位:m)

呼び径 (mm)	外径	a	b	c	d	D
φ 800	0.96	0.33	1.32	0.50	0.21	2.40
φ 900	1.08	0.29	1.34	0.50	0.27	2.40
φ 1000	1.20	0.35	1.57	0.50	0.28	2.70
φ 1100	1.31	0.39	1.54	0.50	0.32	2.80
φ 1200	1.43	0.36	1.80	0.50	0.33	3.00
φ 1350	1.60	0.37	2.07	0.50	0.35	3.30
φ 1500	1.78	0.31	2.18	0.60	0.41	3.50
φ 1650	1.95	0.38	2.16	0.60	0.46	3.60
φ 1800	2.12	0.38	2.20	0.60	0.52	3.70
φ 2000	2.35	0.44	2.63	0.60	0.53	4.20
φ 2200	2.58	0.54	2.65	0.60	0.60	4.40
φ 2400	2.81	0.57	2.62	0.60	0.70	4.50

注) 両到達の場合の長さ寸法は先に到達した管の突出部分を考慮し、検討する必要があります。

## 7. 通過立坑寸法

図 1-12 通過立坑参考図



### (1) 坑口設置標準寸法

表 1-11 通過立坑寸法表(単位:m)

呼び径 (mm)	外径	坑口設置				坑口無し
		a	b	c	D	D
φ 800	0.96	0.27	1.46	1.37	2.00	1.50
φ 900	1.08	0.35	1.30	1.52	2.00	1.60
φ 1000	1.20	0.37	1.47	1.64	2.20	1.70
φ 1100	1.31	0.42	1.46	1.78	2.30	1.90
φ 1200	1.43	0.45	1.50	1.87	2.40	2.00
φ 1350	1.60	0.49	1.61	2.04	2.60	2.20
φ 1500	1.78	0.57	1.67	2.25	2.80	2.40
φ 1650	1.95	0.60	1.80	2.40	3.00	2.60
φ 1800	2.12	0.68	1.73	2.57	3.10	2.70
φ 2000	2.35	0.74	1.93	2.80	3.40	3.00
φ 2200	2.58	0.83	1.94	3.03	3.60	3.20
φ 2400	2.81	0.92	1.95	3.26	3.80	3.40

a : 坑口厚 b : 有効長 c : 坑口幅 D : 立坑径 寸法基準 :  $D^2 = b^2 + c^2$

### (2) 坑口無し

通過立坑を埋め戻しにて通過する場合は坑口を使用しない為、寸法を小さくできます。

## 8. 管芯高・最下段梁位置

図 1-13 管芯高・最下段梁位置参考図

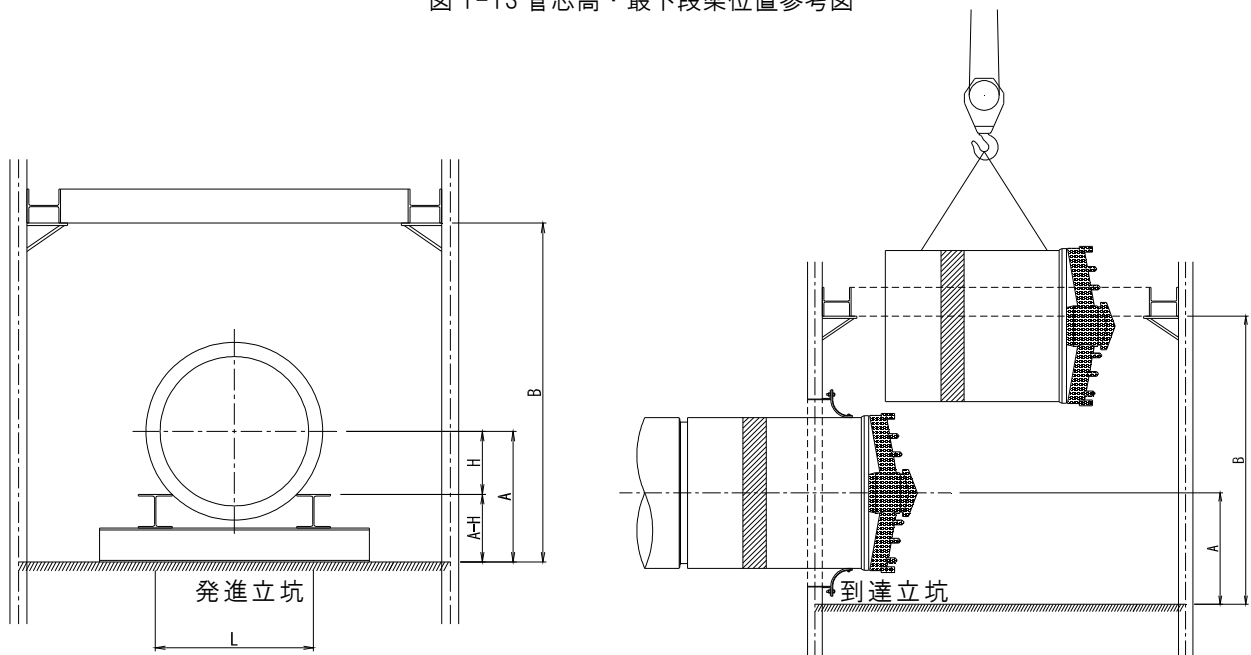


表 1-12 管芯高など寸法表(単位:mm)

呼び径 (mm)	発進立坑				到達立坑	
	A	B	H	L	A	B
φ 800	850	2100	290	1015	780	1700
φ 900	920	2300	350	1072	840	1800
φ 1000	1000	2300	410	1126	900	2000
φ 1100	1100	2500	465	1173	960	2100
φ 1200	1200	2700	525	1221	1020	2200
φ 1350	1350	2900	610	1285	1150	2500
φ 1500	1420	3300	650	1516	1250	2600
φ 1650	1500	3500	735	1581	1350	2800
φ 1800	1600	3700	720	1956	1600	3000
φ 2000	1700	3900	815	2093	1700	3200
φ 2200	1800	4100	950	2168	1800	3400
φ 2400	1900	4300	1065	2233	1900	3600

注 1) φ 2000 以上は専用架台を使用しない場合の最小寸法です。

## 9. 発進坑口寸法

### (1) 坑口壁寸法

図 1-14 坑口壁参考図

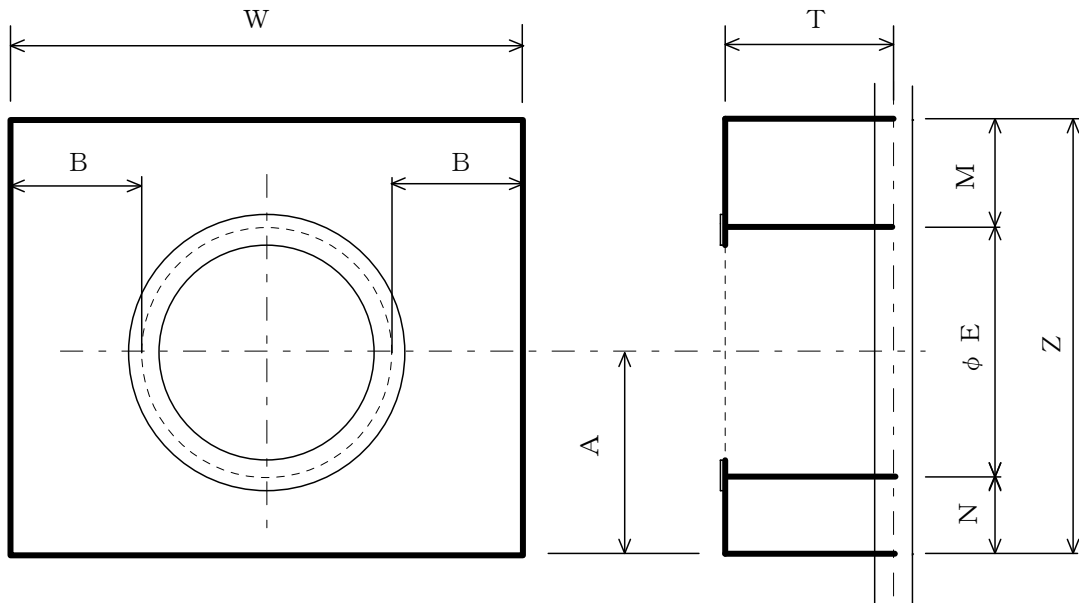


表 1-13 坑口壁寸法表(単位:m)

呼び径	W	Z	T	$\phi E$	A	B	M	N
$\phi 800$	2.01	1.86	0.60	1.21	0.85	0.40	0.40	0.245
$\phi 900$	2.13	1.99	0.60	1.33	0.92	0.40	0.40	0.255
$\phi 1000$	2.25	2.13	0.65	1.45	1.00	0.40	0.40	0.275
$\phi 1100$	2.36	2.28	0.70	1.56	1.10	0.40	0.40	0.320
$\phi 1200$	2.48	2.44	0.70	1.68	1.20	0.40	0.40	0.360
$\phi 1350$	2.65	2.68	0.70	1.85	1.35	0.40	0.40	0.425
$\phi 1500$	2.83	2.84	0.80	2.03	1.42	0.40	0.40	0.405
$\phi 1650$	3.00	3.00	0.80	2.20	1.50	0.40	0.40	0.400
$\phi 1800$	3.17	3.19	0.90	2.37	1.60	0.40	0.40	0.415
$\phi 2000$	3.40	3.40	0.95	2.60	1.70	0.40	0.40	0.400
$\phi 2200$	3.63	3.62	0.95	2.83	1.80	0.40	0.40	0.385
$\phi 2400$	4.00	3.83	1.00	3.06	1.90	0.40	0.40	0.370

(2) 坑口金具標準寸法

① 坑口リング

図 1-15 坑口リング参考図

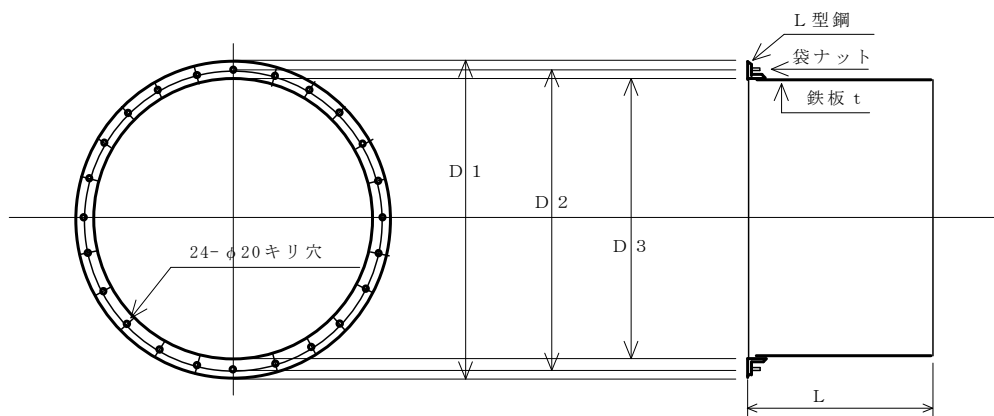


表 1-14 坑口リング寸法表(単位:mm)

呼び径 (mm)	D 1	D 2	D 3	L	t	アングル	ボルト
φ 800	1370	1330	1270	600	3.2	50	M16-40
φ 900	1520	1450	1370	600	3.2	75	M16-40
φ 1000	1640	1570	1490	700	3.2	75	M16-40
φ 1100	1780	1710	1630	700	4.5	75	M16-40
φ 1200	1870	1800	1720	700	4.5	75	M16-40
φ 1350	2040	1970	1890	800	4.5	75	M16-40
φ 1500	2250	2150	2050	800	4.5	100	M20-50
φ 1650	2400	2300	2200	800	4.5	100	M20-50
φ 1800	2570	2470	2370	900	4.5	100	M20-50
φ 2000	2800	2700	2600	900	4.5	100	M20-50
φ 2200	3030	2930	2830	950	4.5	100	M20-50
φ 2400	3260	3160	3060	950	4.5	100	M20-50

② 押さえ金具・坑口パッキン

図 1-16 押さえ金具・坑口パッキン参考図

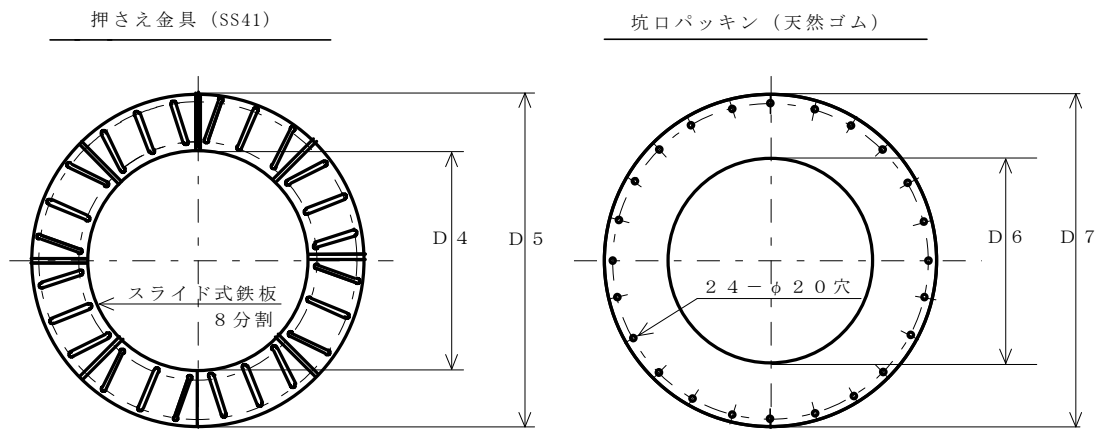


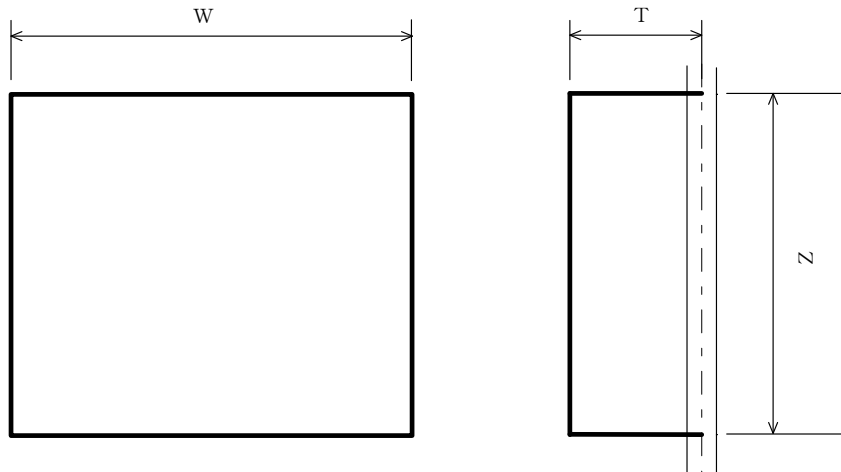
表 1-15 押さえ金具・坑口パッキン寸法表(単位:mm)

呼び径 (mm)	D 4	D 5	鉄板厚	分割数	D 6	D 7	ゴム厚
φ 800	960	1390	9	6	800	1410	12
φ 900	1080	1510	9	6	900	1530	12
φ 1000	1200	1640	12	6	1000	1650	12
φ 1100	1310	1780	12	6	1100	1790	12
φ 1200	1430	1870	12	6	1200	1880	16
φ 1350	1600	2030	16	6	1350	2050	16
φ 1500	1780	2260	16	6	1500	2280	16
φ 1650	1950	2380	16	8	1650	2400	16
φ 1800	2120	2550	16	8	1800	2570	20
φ 2000	2350	2780	16	8	2000	2800	20
φ 2200	2580	3010	16	8	2200	3030	20
φ 2400	2810	3240	16	10	2400	3260	20



## 10. 支圧壁寸法

図 1-17 支圧壁参考図



### (1) 標準寸法

表 1-16 支圧壁寸法表

呼び径 (mm)	W (m)	Z (m)	T (m)	型枠 (m <sup>2</sup> )	コンクリート (m <sup>3</sup> )
φ 800	2.00	1.80	0.60	5.76	2.16
φ 900	2.00	2.00	0.60	6.40	2.40
φ 1000	2.20	2.00	0.70	7.20	3.08
φ 1100	2.40	2.20	0.70	8.36	3.70
φ 1200	2.80	2.40	0.70	10.08	4.70
φ 1350	3.20	2.60	0.70	11.96	5.82
φ 1500	3.50	3.00	0.70	14.70	7.35
φ 1650	3.80	3.20	0.80	17.28	9.73
φ 1800	3.90	3.40	1.00	20.06	13.26
φ 2000	4.00	3.60	1.00	21.60	14.40
φ 2200	4.20	3.80	1.00	23.56	15.96
φ 2400	4.40	4.00	1.00	25.60	17.60

### (2) ポイント

支圧壁は推進方向に対して直角かつ垂直に設置する必要があります。

左右のジャッキの方向が狂っていたり、ジャッキの伸びが違う場合、以下の問題が発生します。

- ① 管列全体のローリング
- ② 片押しによる見掛けの推力上昇や直線性の悪化
- ③ 支圧壁の幅はジャッキ間長より求めているため、幅を広げると背面地山への圧力は軽減出来ませんが、ジャッキから支圧壁へのはね出しモーメントが大きくなるため、推進力が大きい場合には、支圧壁にクラックが入る事も考えられます。推進力が大きい場合は、支圧壁の厚みを増やし対処します。

## 11. 地盤改良

### (1) 地盤改良の目的

#### ① 地盤強化

地山を掘削した場合、応力の再配分が行われ破壊基準を越えたところで地山は崩壊します。そのため、掘削時の切羽の安定を図るとともに、周辺地盤の緩み等の影響を防止するために周辺地盤の強化を図ることがあります。

#### ② 止水・充填

- ・透水性地盤に対しての止水効果
  - ・構造物（鋼矢板・ライナー）等と地盤の間に生じる空隙の充填
  - ・無水層での逸泥防止
- を図ります。

### (2) 地盤改良の検討箇所

#### ① 発進・到達坑口部

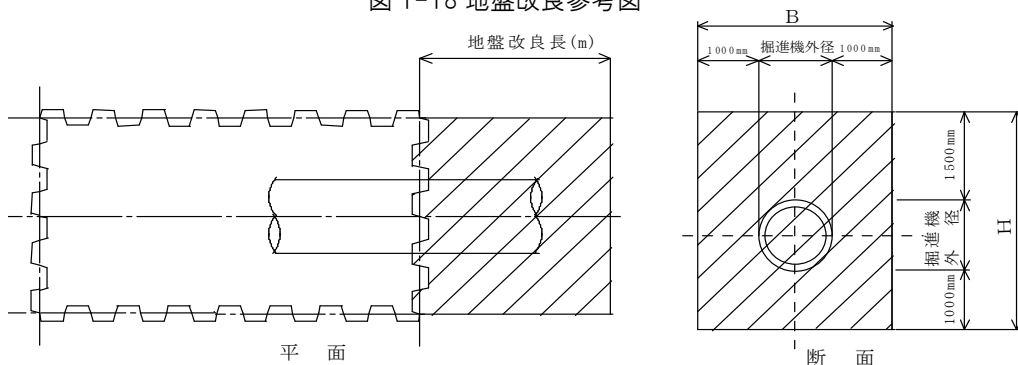
鏡切り作業時に地山崩壊・出水などを防ぎ、安全を確保します。

また発進時は鏡切り後の掘進機挿入に際し、掘進機の挿入が完了するまでは、方向修正などの制御が不能となり、掘進機は最も不安定な状態となるため、地盤改良を必要とします。

表 1-17 地盤改良長(推進方向)

呼び径 (mm)	地盤改良長 (m)
φ 800～φ 1350	3.00
φ 1500～φ 2000	4.00
φ 2200～φ 2400	5.00

図 1-18 地盤改良参考図



#### ② 支圧壁背面部

地山反力は土被りに比例します。土被りが浅い場合地盤改良が必要となる場合もあります。

$$R = \alpha \cdot B (\gamma \cdot H^2 \cdot K_p / 2 + 2C \cdot H \cdot \sqrt{K_p} + \gamma \cdot h \cdot H \cdot K_p)$$

ここに、

R : 地山反力      γ : 単位重量       $K_p$  : 受動土圧係数      C : 粘着力      φ : 内部摩擦角  
α : 係数            B : 支圧壁幅            H : 支圧壁高            h : 支圧壁天端土被り

#### ③ カーブ部

推力の外方向分力が地山強度を越える場合、管列が外方向に移動します。このような場合は地山より側方反力を得るために、カーブ外側の地盤改良が必要となります。

#### ④ 支持力のない軟弱地盤

N値2以下の低比重、高含水比土質や、モンケン自沈の腐植土層・潟層等の軟弱地盤では、掘進機の自沈検討を必要とする場合があります。

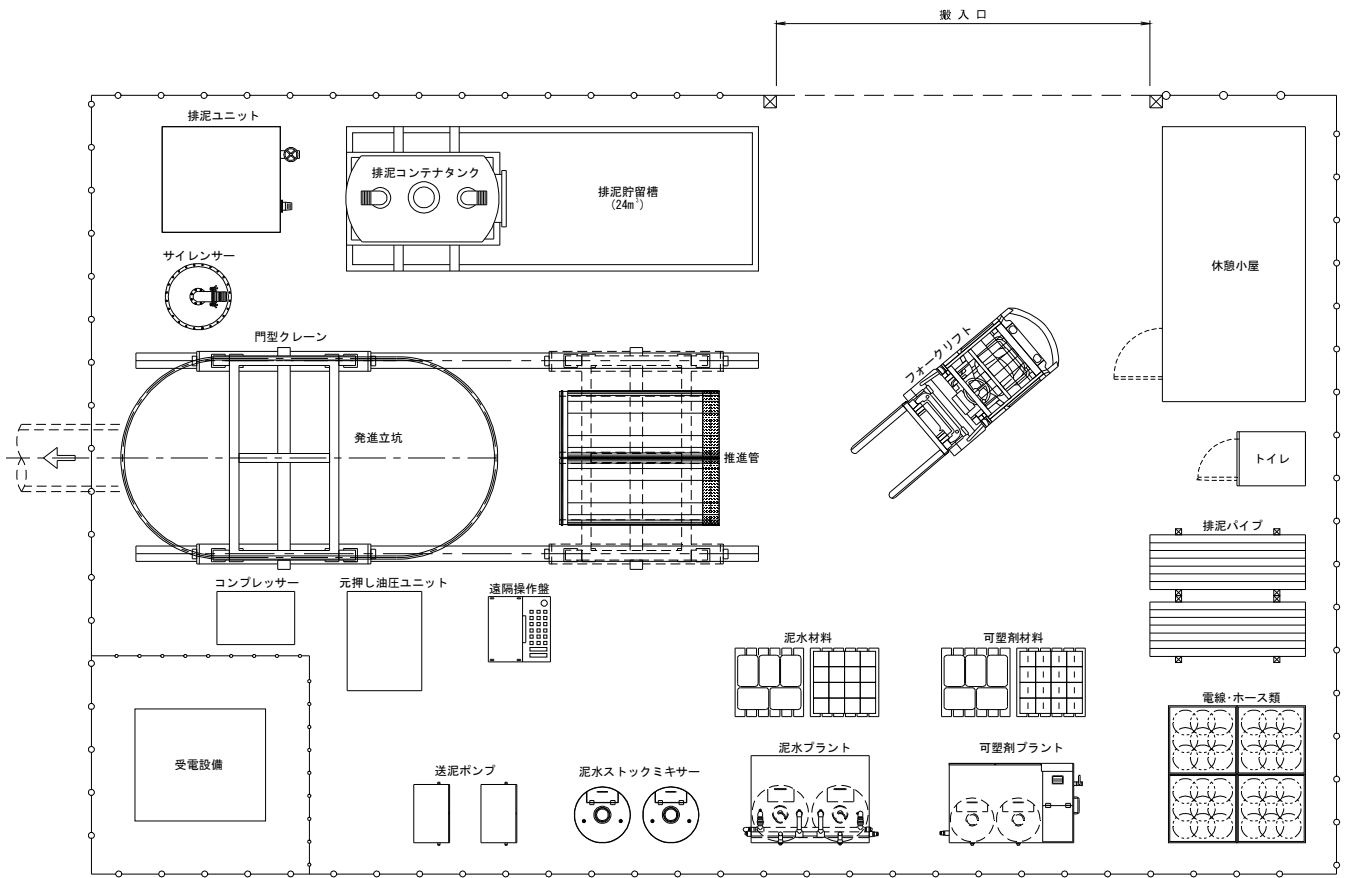
#### ⑤ 透水係数の高い層・無水層等

透水係数が、 $10^{-2}$ 以下の土質にて、目詰材のみでは泥膜の形成が図れない場合は全断面薬注による改良も考えられます。

## 12. プラントヤード

### (1). 定置式プラント配置例

図 1-19 排泥設備 1 系統設備配置参考図



上図は排泥設備が 1 系統時の参考配置図です。φ 1500 mm 以上は 2 系統配置となります。

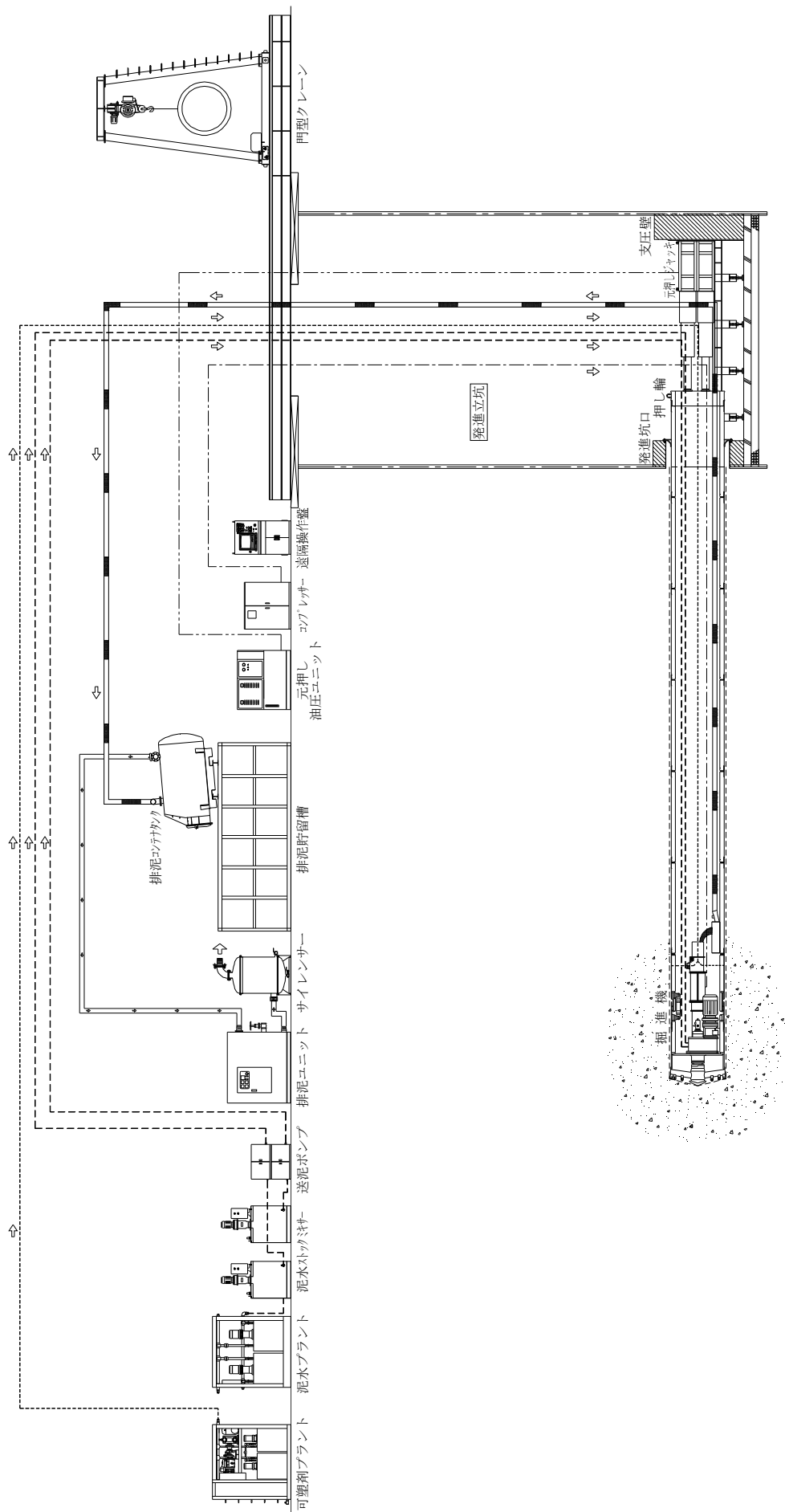
表 1-18 プラント配置参考面積 (㎡)

呼び径(mm)	排泥設備	ヤード面積
φ 800～φ 1350	1 系統	200～250 ㎡
φ 1500～φ 2200	2 系統	300 ㎡
φ 2400～φ 3000	2 系統	400 ㎡

- ① 設備の設置には、移動式クレーンを使用します。
- ② 推進管吊降ろしは、門型クレーンまたは移動式クレーンを使用します。
- ③ 受電設備を設置出来ない場合は、発電機を使用します。
- ④ 現地状況(ヤード形状)により、表 1-2 に示すヤード面積を超える場合があります。
- ⑤ 上記配置参考図は、吸泥排土装置を 1 台使用する、1 系統時の参考図です。通常 2 系統を使用する φ 1500 mm 以上の呼び径については協会までお問い合わせください。

図 1-20

ベルスタモール工法施工標準図



※上図は排泥1系統の参考図です。  
 φ1500mm以上の管径についての排泥は2系統となります。  
 (排泥コンテナック・排泥貯留槽)

(2). 車上式プラント配置例

定置式での設備配置が困難な場合においては、車上に設備を搭載し、施工を行うことが可能です。

図 1-21 排泥 1 系統車上設備配置参考図

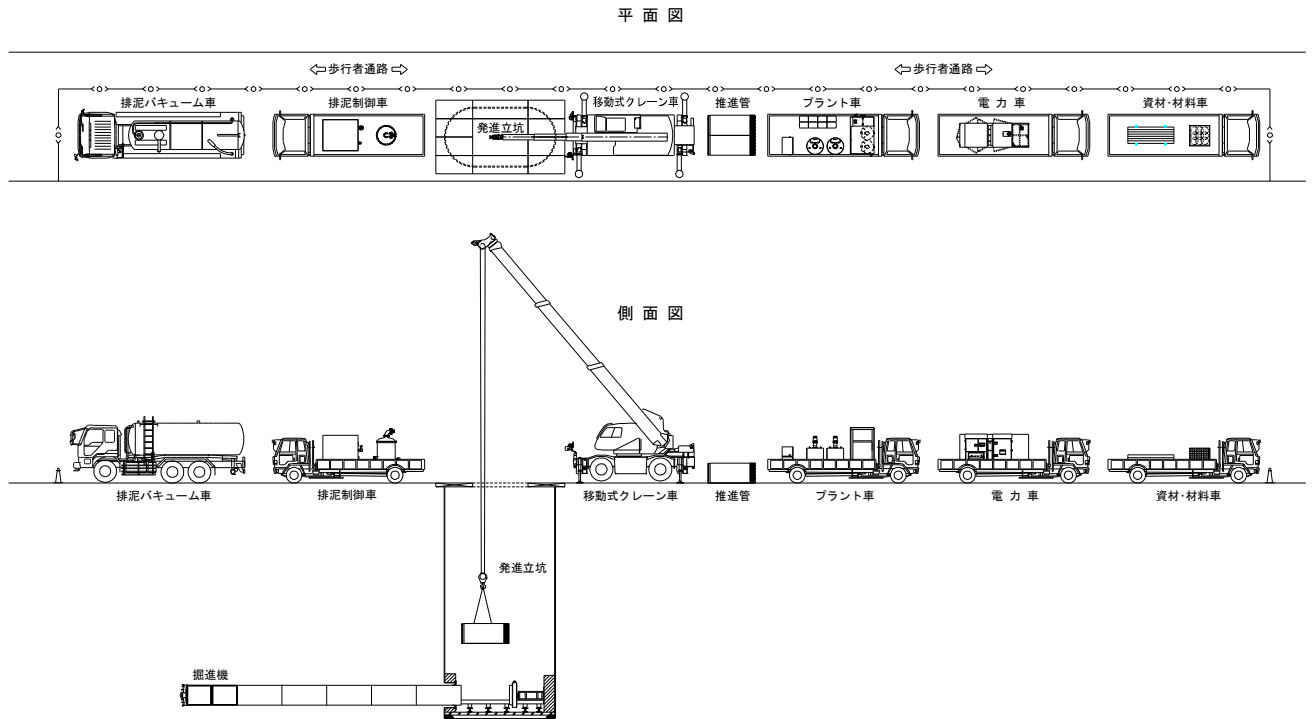


表 1-19 車両使用台数一覧

排泥 1 系統 使用車両	車上設備搭載車(4tトラック)				
	排泥制御車	プラント車	電力車	資材材料車	合計
台数	1台	1台	1台	1台	4台

- ① 立坑内配置設備を車上搭載とする場合は車両台数が増えます。  
(遠隔操作盤・元押し油圧ユニット等)
- ② 施工時間以外は道路を解放する事が可能です。  
※但し、施工時間外は設備搭載車両の駐車場所を必要とします。
- ③ 定置式の場合と違い、日々の作業開始前に配線・配管などの作業が必要となります。
- ④ 発電機の使用台数及び規格の算出にあたっては協会までお問い合わせください。
- ⑤ 上記配置参考図は、排泥 1 系統時の参考図です。φ1500 mm以上の推進管口径については排泥 2 系統となりますので、協会までお問い合わせください。
- ⑥ 歩掛かりについて  
車上に設備を設置した状態にて施工を行いますので、代価表 D-411-3 坑外作業工において、車両(トラック)レンタル料金を計上します。  
φ1500 mm以上の推進管口径については排泥 2 系統となりますので、協会までお問い合わせください。

## 13. 特殊施工

### (1) 遠隔プラント

発進立坑近辺にプラントヤードを確保できない場合、発進立坑からある程度離れた遠隔地にプラントヤードを設置することができます。

その場合、地中に塩ビ管を埋設し、送排泥並びに電力関係の配管配線を行います（地中配管）。また、埋設した配管類の保守・点検のため、一定間隔に点検用口を設置します。

※遠隔プラントの配置距離は、現場状況により異なりますので、協会までお問い合わせください。

### (2) 坑内プラント

標準寸法以上の発進立坑の場合は、設備の一部を立坑内に収納する事でき、設備配置面積を小さくできる場合があります。

### (3) 曲線施工

基本的に発進部は直線発進とし、最低 5m 程度の直線を入れる事が望ましいですが、それができない場合にはカーブ内発進となります。

カーブ発進では外方向への張り出し力が生じるため、発進坑口に偏圧力を与え、最悪の場合破壊する恐れがあります。そのため、張り出し防止装置が必要となり、架台長による偏角の分だけ斜めに設置する必要があります。

### (4) 通過(中間)立坑

#### ① 推進完了後に、割り込み立坑を築造

推進完了後に計画位置に割り込み立坑を築造します。

#### ② 推進開始前に立坑を築造

##### 架台設置通過

立坑内に止水坑口と掘進機受け架台を設置し、通常の到達・発進作業を行い、そのまま掘進機を通過させます。（推進管の浮き上がりを鋼材などで押さえる必要があります）

##### 埋め戻し通過

先行築造した立坑において、所定位置において予め到達・発進部の鏡切りを行います。その後貧配合ソイルセメントで埋戻しを行い、立坑内を通過させます。埋戻しのソイルセメントは日進量に影響を与えない程度とします。また坑口部の地盤改良は  $3\text{MN/m}^2$  以下程度の強度を目安とします。

### (5) 横引立坑

発進立坑が設置されている道路を常時解放しなければならない場合、道路部分に覆工板を設置し、道路に隣接したヤード側の開口部より管の吊降ろし作業を行います。吊り降ろした管は、推進架台にセットするため、坑内に設置された天井クレーンもしくは横引き装置を使用し、横移動させます。

## 14. 礫対応型掘進機諸元

礫対応型掘進機は、現在φ800mmおよびφ1000mm掘進機がご利用いただけます。

表 1-20

名 称	φ800mm 仕様	
掘進機 外径	1000 mm	
主管・従管	3235 mm	4.5t (質量) (主管長 1770 mm)
後続管	1690 mm	1.0t (質量) (全長 4700 mm)
排泥口径	250 mm	
オーバーカット量	掘進機外径より30mm	
カッター形状	十文字スポーク式 外径 1060 mm	
駆動方式	外周駆動方式	
ビット	wローラー×6箇所 礫用×40 センター×1箇所	
電動機	11kW×4P×200/220V× 2台	
回転数	5.05rpm/50Hz	6.05rpm/60Hz
回転トルク	4243kg・m/50Hz	3541kg・m/60Hz
修正ジャッキ	30t-60st-4本×2	
曲線能力	掘進機能力R=15m 実施工能力R=25m	
油圧ユニット	0.37kW×4P×100/110V-70MPa × 2台	

表 1-21

名 称	φ1000mm 仕様	
掘進機 外径	1240 mm	
主管・従管	3500 mm (全長)	6.2t (質量)
排泥口径	300 mm	
オーバーカット量	掘進機外径より30mm	
カッター形状	十文字スポーク式 外径 1290 mm	
駆動方式	外周駆動方式	
ビット	wローラー×6箇所 センター×1箇所	
電動機	18.5kW×4P×200/220V× 2台	
回転数	4.74rpm/50Hz	5.67rpm/60Hz
回転トルク	7594kg・m/50Hz	6352kg・m/60Hz
修正ジャッキ	40t-70st-4本	
曲線能力	掘進機能力R=16m 実施工能力R=30m	
油圧ユニット	1.1kW×4P×100/110V-60MPa	

対応礫径: 推進管口径の60%

φ800mm でφmax=480mm

φ1000mm でφmax=600mm

対応する礫の一軸圧縮強度

表 1-22

一軸圧縮強度	礫 率	許容推進延長
200N/mm <sup>2</sup>	0~30%	400 m
(2MN/cm <sup>2</sup> )	31~60%	300 m
以下	61~90%	200 m

注 1) 最大分割長は、主管・従管・後続管を可能な限り小分割した場合の最大長です。

注 2) 掘進機極限Rは掘進機が形成する曲線半径です。施工可能半径とは異なります。

注 3) カーブ施工Rは土質が良い場合の施工可能半径です。基本的にはお問い合わせください。