

# 半機械式ミニシールド工法

## 工 法 説 明 書

平成 2 2 年 2 月

ミニシールド工法研究会

## 【はじめに】

ミニシールド工法は、英国より導入した技術を、その独創的な考え方を活かしながら、我が国の実状に合う様に改良した、三等分割の鉄筋コンクリートセグメントを使用した小口径シールド工法である。半機械式ミニシールド工法は、開放型手掘り式ミニシールド工法の半機械化であり、一軸圧縮強度50N/mm<sup>2</sup>程度までの軟岩掘削に適応出来る工法である。

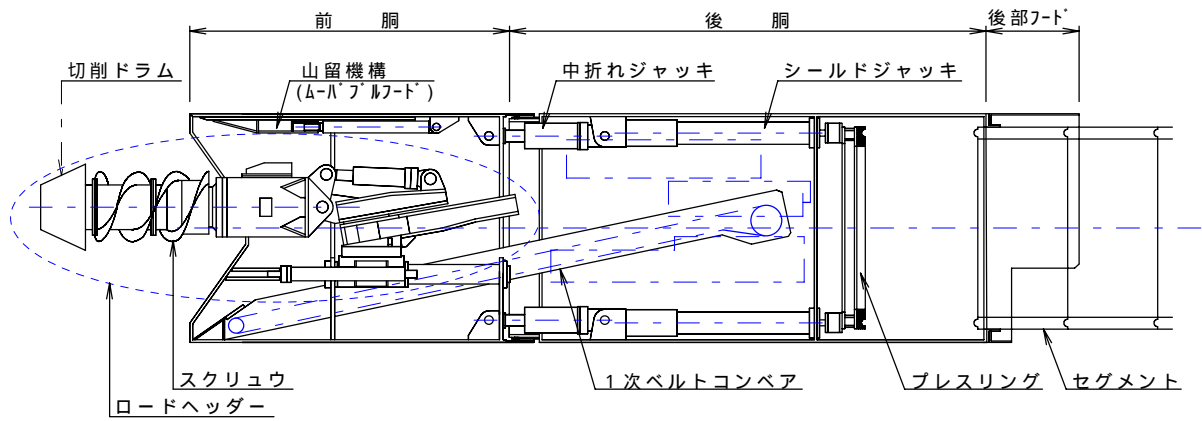
## 【仕 様】

- 対象口径 : 1,200mm ~ 2,000mm  
 施工延長 : 理論的に制限はないが、日進量低下の懸念から1スパン1,000m程度  
 曲線施工 : R 10m  
 セグメント : ミニシールド工法用鉄筋コンクリートセグメント ( R 40m )  
                   スチールセグメント ( R < 40m )  
 裏込材料 : 豆砂利+セメントミルク ( プレパックドコンクリート )  
 適 応 土 質 : 崩壊性のない安定した地盤 : 普通土 ~ 軟岩 ( 一軸圧縮強度50N/mm<sup>2</sup>以下 )

## シールド機 ( 参考値 )

項 目	単 位	仕上り内径 ( mm )						
		1,200	1,350	1,500	1,650	1,800	2,000	
シールド機外径	mm	1,540	1,734	1,920	2,100	2,290	2,560	
スキンプレート厚	mm	19	22	25	25	25	25	
テールクリアランス	mm	71	75	80	85	95	115	
シールドジャッキ	kN×本	375×4	435×4	750×4	750×4	1050×4	1200×4	
本体分割箇所数	箇所	2	2	2	2	2	2	
機 長	後部フード長	mm	600	600	750	750	750	750
	全 体 長	mm	6,350	6,560	7,100	8,350	8,350	8,350
	最大ブロック長	mm	3,200	3,340	3,605	4,200	4,200	4,200
重 量	総 質 量	t	11.00	13.00	14.50	25.00	26.00	27.00
	最大ブロック質量	t	7.00	8.50	10.00	17.00	18.00	19.00

注 最大ブロック長 : シールド機投入時の最大分割長を計上

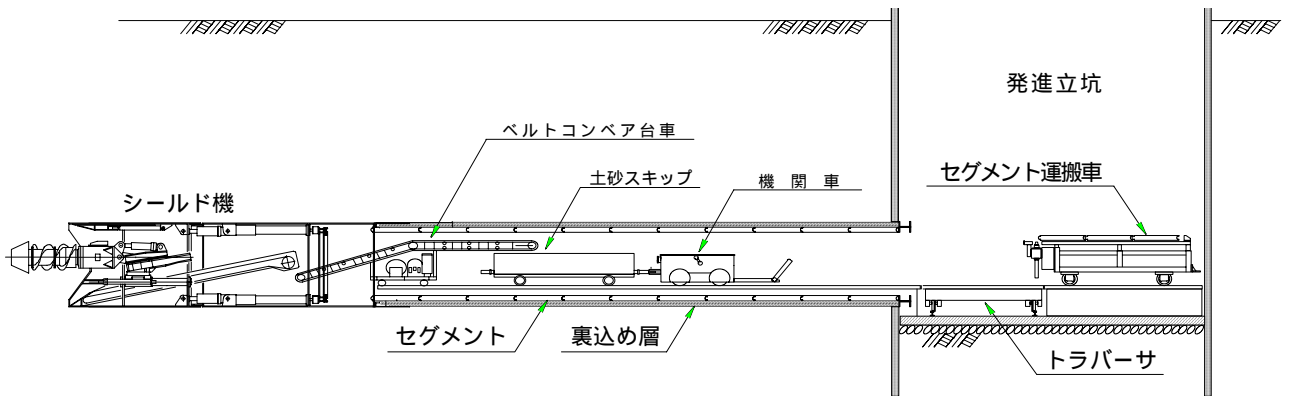


**【概要】**

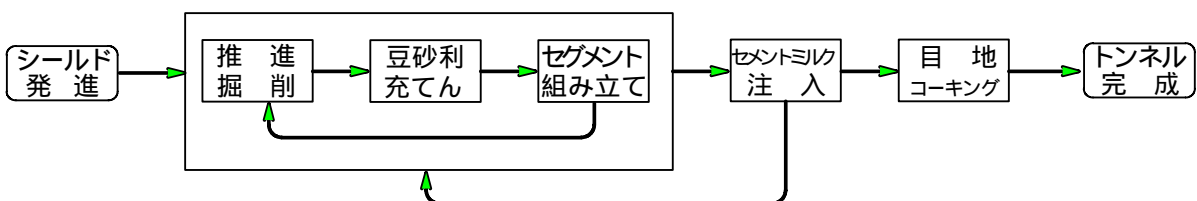
この工法は、まずシールド機前胴側面に装備されたグリッパー（片側2ヶ所、計4ヶ所）を張り出してシールド機を固定し切削ドラムを回転させ、上下左右動及び前後進を行うことにより掘削を行う。掘削土の搬出は、切削ドラム後方にあるスクリュウ・により一次ベルトコンベアに掻き寄せられ、二次ベルトコンベア（可搬式）により、土砂スキップに積み込まれる。

掘削は300mm毎に行い、掘削終了後、グリッパーを収納して組立てられたセグメントを反力受けとし、シールドジャッキによりシールド機を推進する。この作業を2回繰り返すことにより、1リング分の掘進を行い、裏込め一次注入（豆砂利）、セグメント組立を行う。

セメントミルクによる裏込め二次注入は、切羽湧水等の条件に左右されるが、トンネル掘進100m毎に行うことを標準とする。



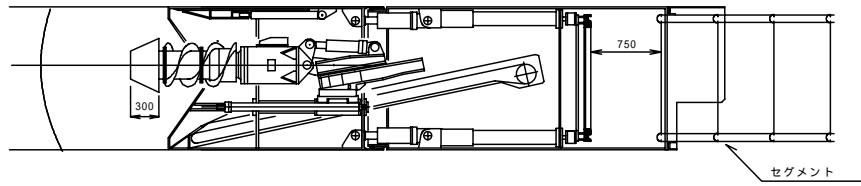
施工概要図



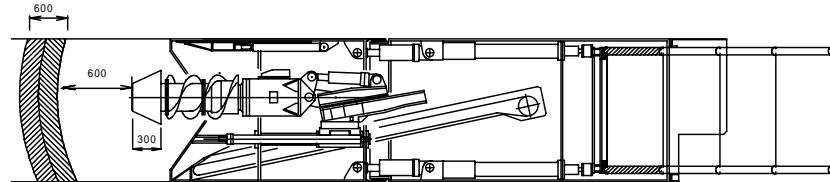
作業工程

## 掘削推進

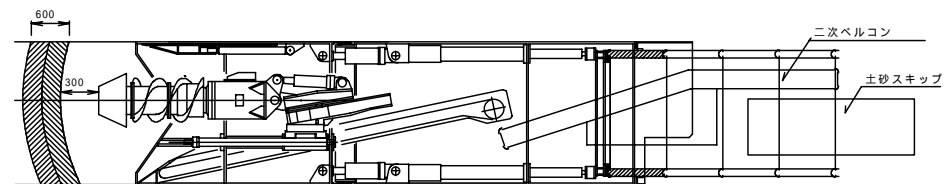
1) シールド掘進前状態。



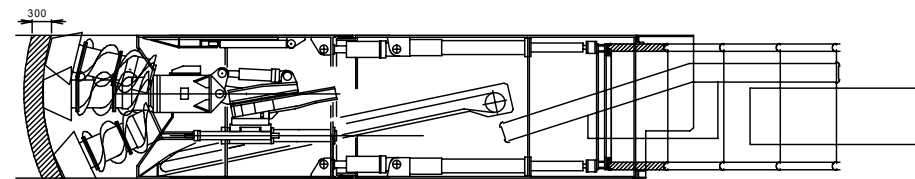
2) セグメント組立。  
プレスリング150mm  
押し当て。



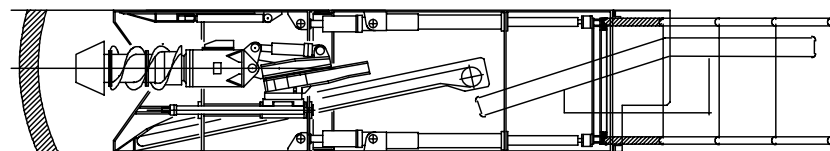
3) シールド機300mm推進。  
二次ベルコン、土砂ハケ  
入坑。



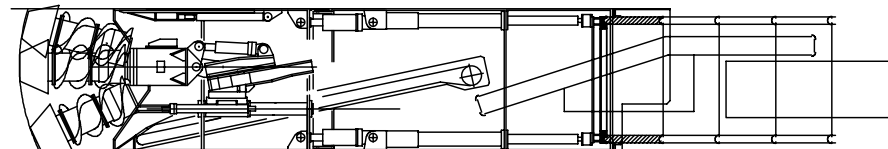
4) 300mm分切削。  
切削ズリ積み込み。  
土砂スキップ出坑。



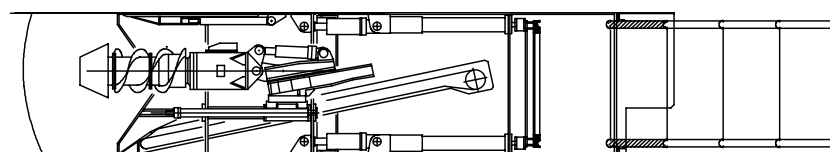
5) シールド機300mm推進。



6) 土砂スキップ入坑。  
300mm分切削。  
切削ズリ積み込み。



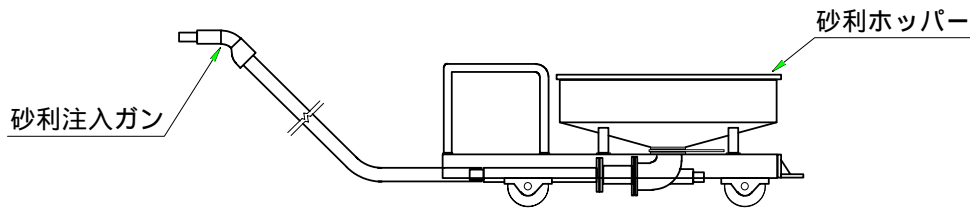
7) 土砂スキップ出坑。  
シールドジャッキ縮限。  
シールド掘進完了。



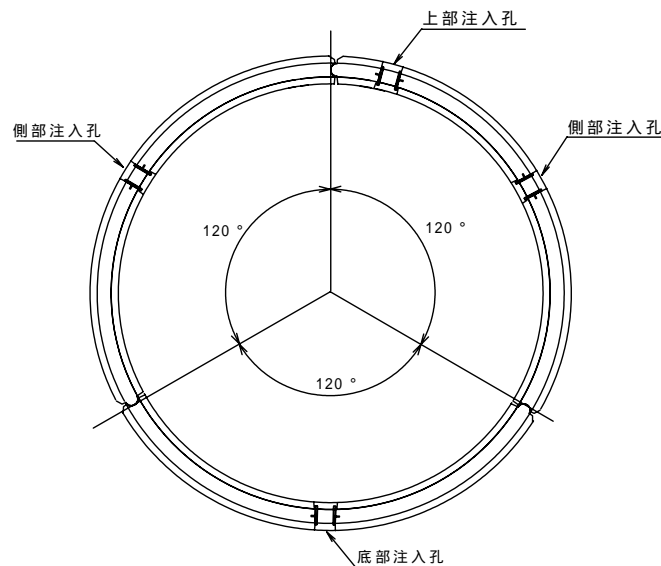
## 豆砂利注入

豆砂利を充てんする目的は、地山の崩壊防止及び作業荷重を支えることである。

豆砂利の注入は、1リングの推進が完了した後、下図に示す砂利注入機等を用いて、後部フード内のセグメントの注入孔から行う。



## セグメント組立

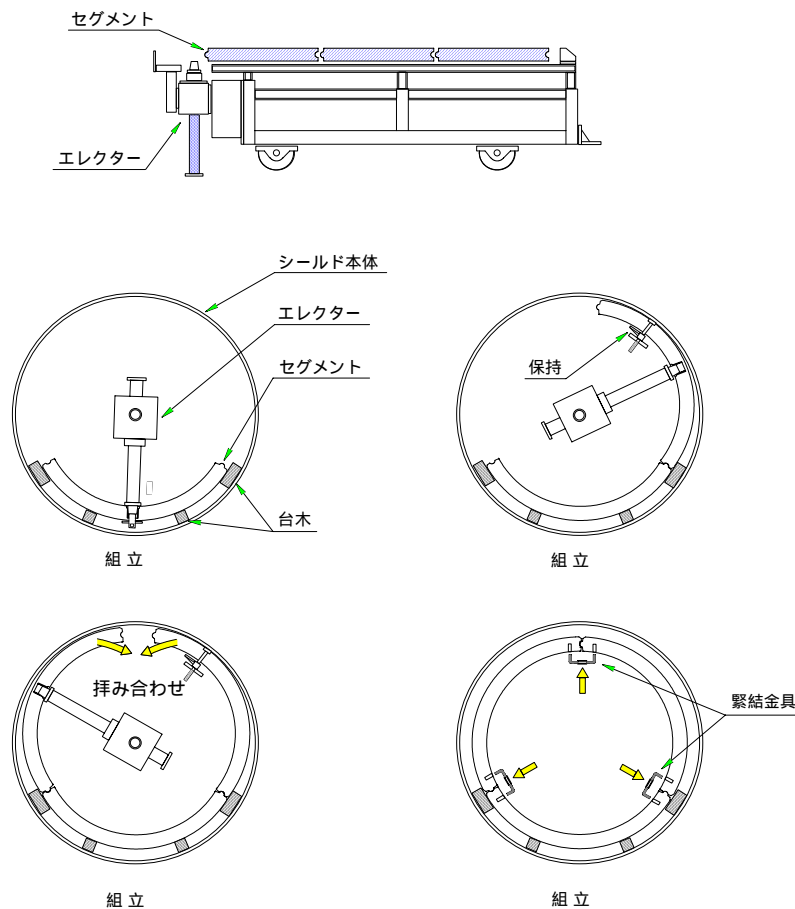


シールド機の本体内的セグメントの組立はセグメント運搬車に装備されたエレクターを用いて行う。組立手順は、まずセグメントの最初のピースをインバートセグメントとしてシールド機の内側においた台木に据え付ける(組立)。次に2ピース目のセグメント継手の一方をインバートセグメントに突き合わせてから反対側をおこしシールド機内側に立てかけ、保持金具を取り付ける(組立)。最後に3ピース目のセグメントを押し合わせるように閉合させる(組立)。

また組立直後のセグメントリングは不安定なため、セグメント継手間を緊結金具で仮留めをし(組立)、その後シールドジャッキを伸ばして推進し既設のセグメントに密着させる。

トンネル軸方向の目地は、通し目地とせず10～15cm程度ずらした千鳥組とする。

緊結金具はセメントミルク注入後、撤去する。



エレクター付きセグメント運搬車及びセグメント組立図

### セメントミルク注入及び目地工

裏込め豆砂利層にセメントミルクを注入する時期は、地山及び施工方法を考慮して設定するが、基本的にはセグメントリングの構築が 100m程度進んだ時点とする。

セメントミルクの注入は、セグメントの注入孔から行う。その際、セメントミルクが豆砂利層内の水と置換できるよう、注入しているリングの数リング先注入孔のプラグを順次外して水抜きを行う。水を抜いている注入孔からセメントミルクが出た時点でプラグをする。この要領で底部、側部、上部の順番で行う。緊結金具は注入後撤去する。

セグメント内面の目地は、エポキシ樹脂系のコーキング材を充填し仕上げる。

**【日進量】**

一次覆工は上記サイクルにて進められ、工事は通常2交代制で行われる。直線区間の日進量は次による。

直線区間の日進量 (m/日)

仕上り内径 (mm)	一軸圧縮強度 N/mm <sup>2</sup>				
	~ 10	10.1 ~ 20	20.1 ~ 30	30.1 ~ 40	40.1 ~ 50
1,200	5.5	4.9	4.1	3.4	2.8
1,350	6.7	5.8	4.8	4.4	3.4
1,500	7.6	6.6	5.5	5.1	4.0
1,650	7.4	6.7	5.8	5.5	4.7
1,800	6.9	6.2	5.3	5.0	4.2
2,000	6.3	5.6	4.7	4.4	3.6

注 普通土区間で、掘削断面に砂礫土層を含む場合は、礫径・礫質・圧縮強度等の条件により、別途考慮する。

初期・到達掘進区間の日進量は、直線区間の日進量の半分とし、小数点以下第2位を四捨五入する。

曲線区間の日進量は次式による。

$$L_c = L_s \times a$$

$L_c$  : 曲線区間の日進量 (m/日)

$L_s$  : 直線区間の日進量 (m/日)

$a$  : 係数

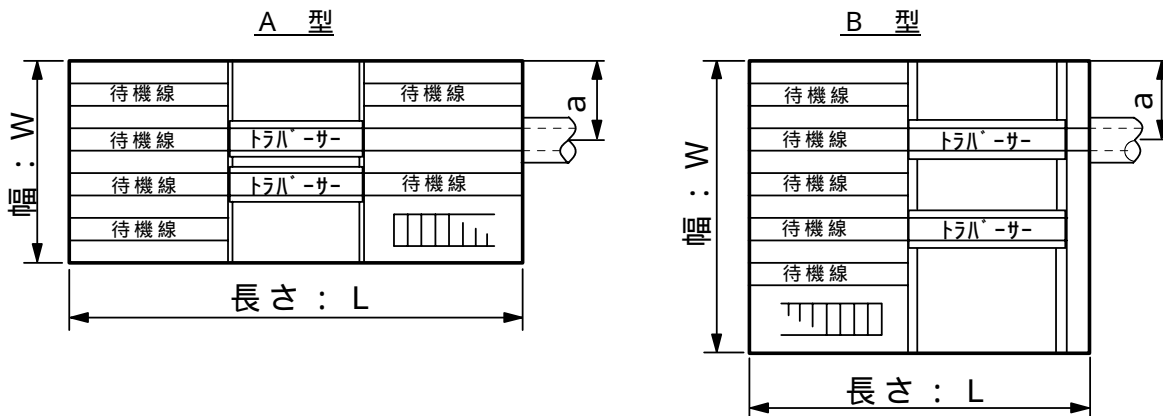
曲線区間の係数

曲率半径 (m)	30未満	30以上 60未満	60以上 100未満	100以上 150未満	150以上 200未満	200以上
係数 (a)	0.30	0.50	0.80	0.90	0.95	1.00

## 【立 坑】

立坑の長さ及び幅は、以下の条件を考慮して決定する。

- (イ) 材料、土砂運搬用台車の編成及び軌道配置
- (ロ) シールド機を据え付けて発進できるスペース
- (ハ) 立坑基地と占用位置の関係
- (ニ) 両側同時施工等



発進立坑標準寸法表

仕上り内径 (mm)	矩 形			小判形	円 形
	A 型 長さ×幅(m)	B 型 長さ×幅(m)	a (m)	長さ×幅(mm)	呼び径(mm)
1,200	9.1×4.6 (9.7×4.6)	6.4×7.0 (6.8×7.0)	1.800	10,124×5,100 (10,595×5,100)	8,600 (8,900)
1,350	9.1×5.1 (9.2×5.1)	6.4×7.8 (6.5×7.8)	2.030	10,260×5,550 (10,417×5,550)	9,100 (9,100)
1,500	10.8×5.5 (11.1×5.5)	7.6×8.5 (7.8×8.5)	2.250	12,280×6,000 (12,594×6,000)	10,500 (10,600)
1,650	10.4×6.0 (11.4×6.0)	7.7×9.3 (8.1×9.3)	2.480	12,102×6,450 (13,044×6,450)	11,000 (11,300)
1,800	10.8×6.4 (11.9×6.4)	8.0×10.0 (8.4×10.0)	2.700	12,709×6,900 (13,965×6,900)	11,800 (12,100)
2,000	11.7×7.0 (12.1×7.0)	8.6×11.0 (8.6×11.0)	3.000	13,937×7,500 (14,408×7,500)	12,900 (12,900)

注1. 表の立坑寸法は立坑内法寸法である。

2. ( )内は急曲線 ( $R < 60$  m) を含む場合である。

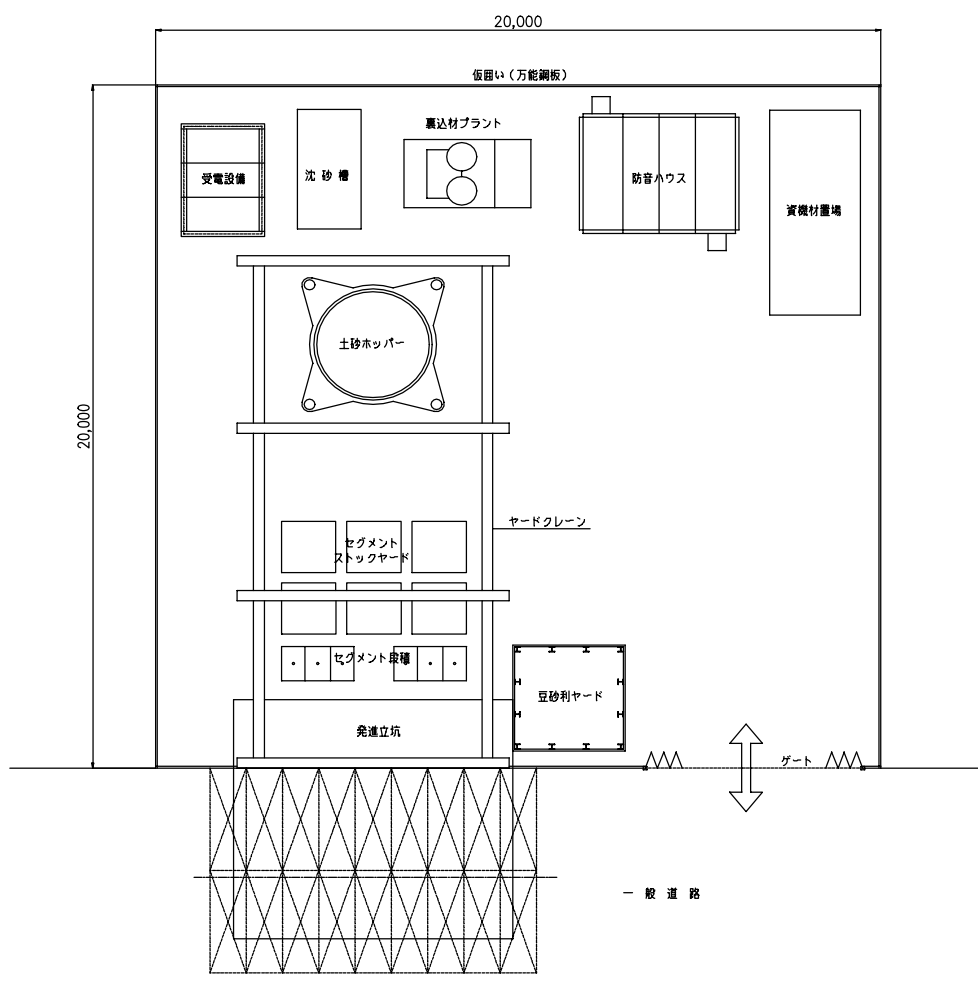
到達立坑標準寸法

仕上り 内 径 (mm)	矩形		円形
	長 さ ( m )	幅 ( m )	呼び径 ( m )
1,200	5.0	3.4	4,400
1,350	5.3	3.6	4,700
1,500	5.7	3.8	5,100
1,650	6.0	3.9	5,500
1,800	6.2	4.3	5,600
2,000	6.2	4.6	5,700

注 表の立坑寸法は立坑内法寸法である。

【発進基地坑】

発進基地は、標準として約400㎡必要である。ただし、設備を階層式にすることで、必要面積を少なくすることは可能である。



発進基地参考図