

シールド工法の説明

愛知県西三河水道事務所

工事概要

工事名 : 第2北部幹線第3工区配水管布設工事

工 期 : 平成31年1月26日~令和4年2月28日

工事内容 : シールド工【 $\phi 2000\text{mm}$ L=2124.1m】

開削工【到達34.7m】

工業用水管（鋼管）挿入・据付工【 $\phi 1100\text{mm}$
L=2158.8m】

発注者 : 愛知県西三河水道事務所

請負業者 : 矢作・サン・シールド・増田

特定建設工事共同企業体



トンネル終点（本の王国さん前）



トンネル始点（ナチュラルさん前）



このシールド（モグラ）マシンで地中を掘ってトンネルを作っています。



トンネル
築造区間

トンネルが一番深いところ

愛知県西三河水道事務所（アンディーさん正面）

赤線の道路（約2.2km）の下に直径約2メートルのトンネルを作っています。トンネルの最も深いところでは、道路から約17メートルの深さになります。

シールド工法の説明

シールドマシンの先端についているカッターを回転させ地中を掘り、マシンの後ろで、鉄や鉄筋コンクリートで出来たセグメントというものを組立て土が崩れてこないようにしてトンネルを作り上げていく工法です。

地面を掘り起こして管を埋設する場合は、交通規制が必要ですが、シールド工法では発進用と到達用立坑部だけの掘削で済み、途中を掘削することなく、水道や工業用水道管を埋設できるので交通に支障を与えません。

シールド工事概要図

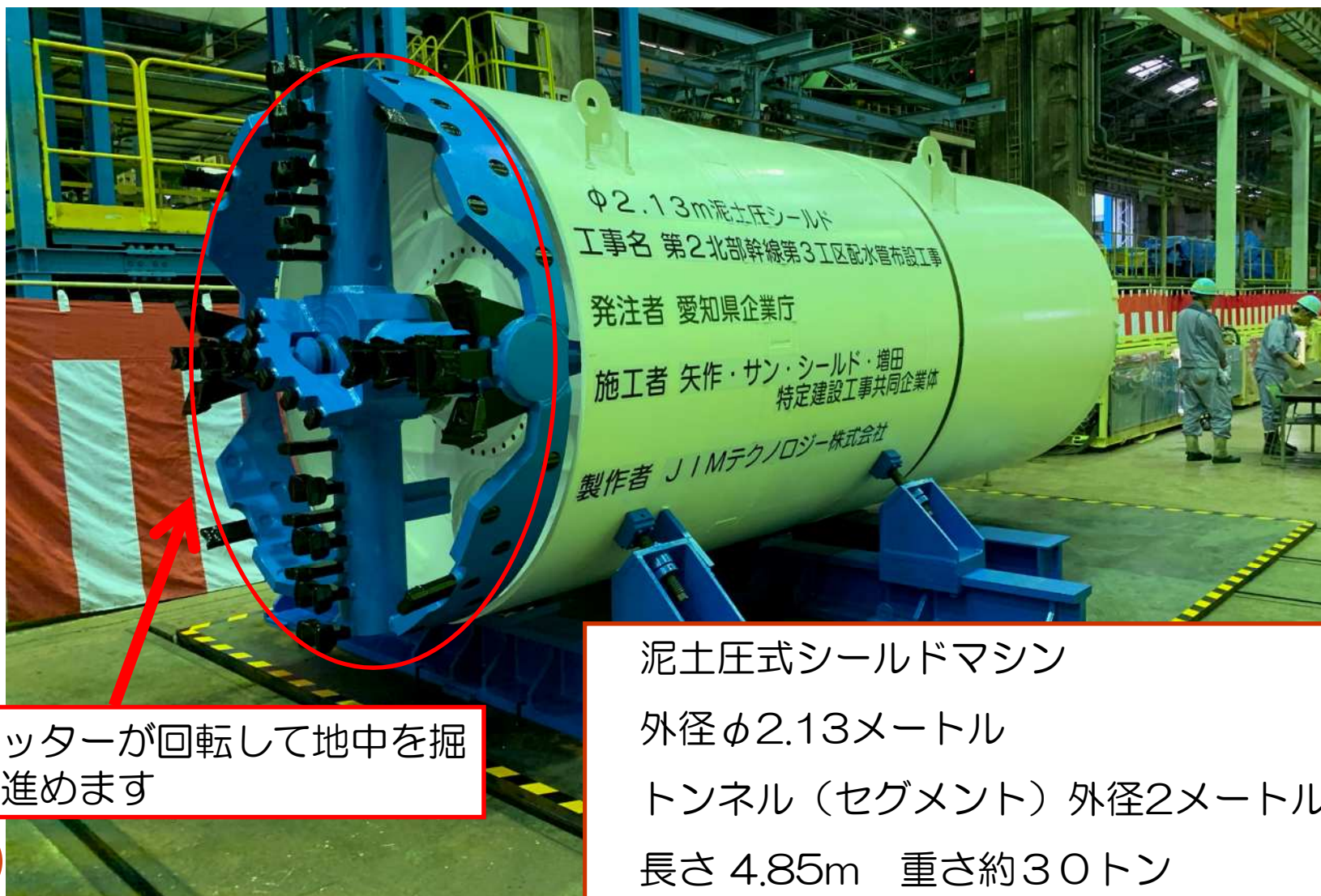


以下に本工事の状況を説明します
写真は掘削開始前のシールドマシンの状況です。



シールドマシンの概要

このマシンで地中を掘り進め、シールドマシンの後方で、鉄で出来たセグメントとを組立てて、土が崩れてこないようにしてトンネルを作ります。



カッターが回転して地中を掘り進めます

泥土圧式シールドマシン

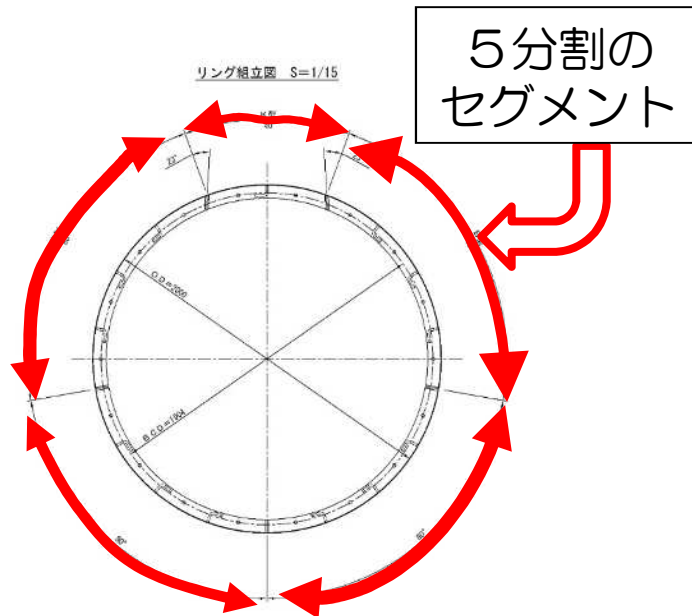
外径φ2.13メートル

トンネル（セグメント）外径2メートル

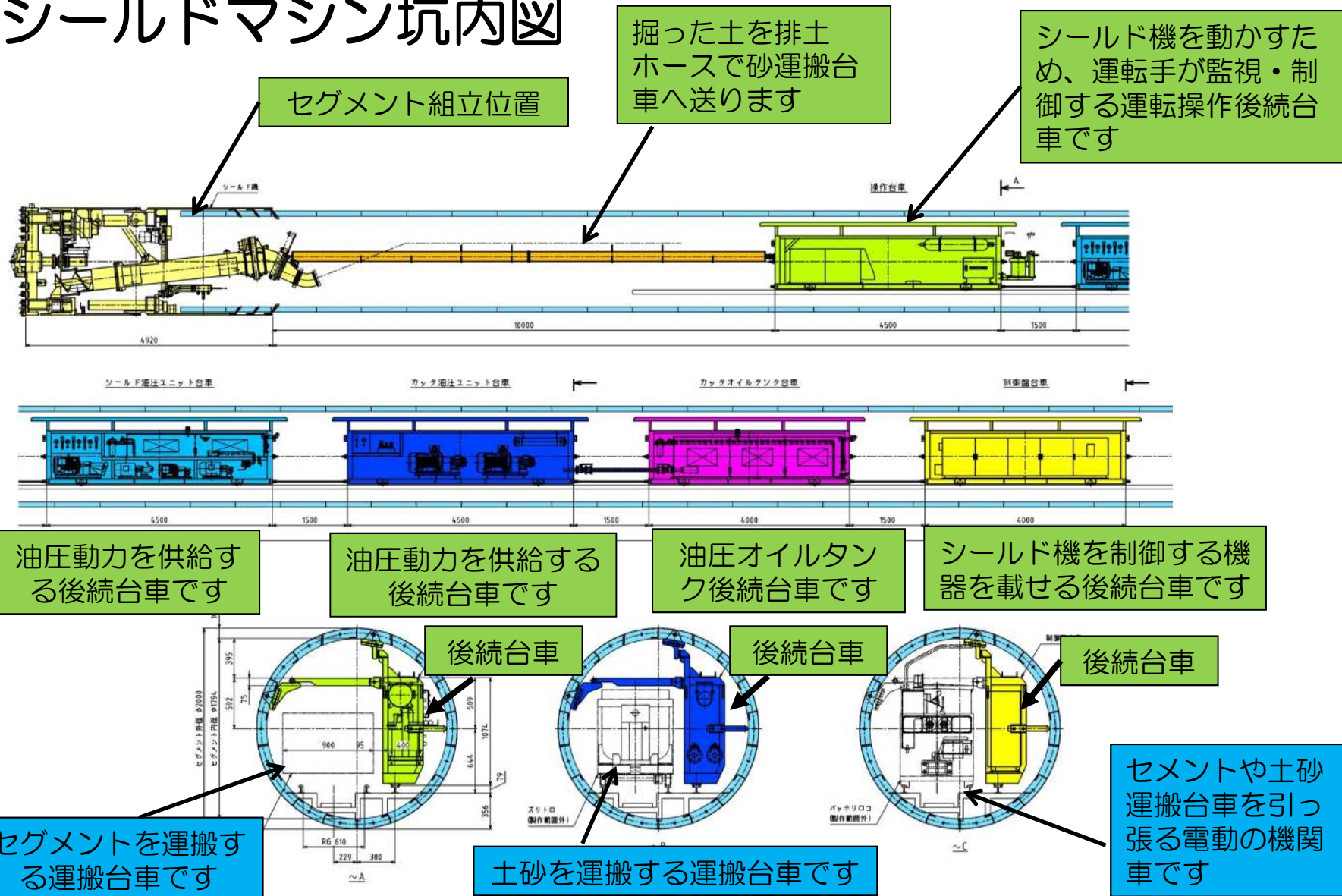
長さ 4.85m 重さ約30トン

セグメント

- シールドマシンで地中を掘り、シールドマシンの後ろで鉄で出来たセグメントを組み立ててトンネルを作ります。
- セグメントは、5分割されており、5つを組み立てると直径約2mの円形のトンネルが出来上がります。
- 直径2mのトンネルの中に鋼管直径1.1mを引き込んで配管した後、トンネルと鋼管の隙間にコンクリートを充填します。



シールドマシン坑内図



シールドマシンと後続台車をつなげてトンネルを掘り進めます。
シールドマシンと後続台車をつなげると全長約55mもの長さになります。

シールド機

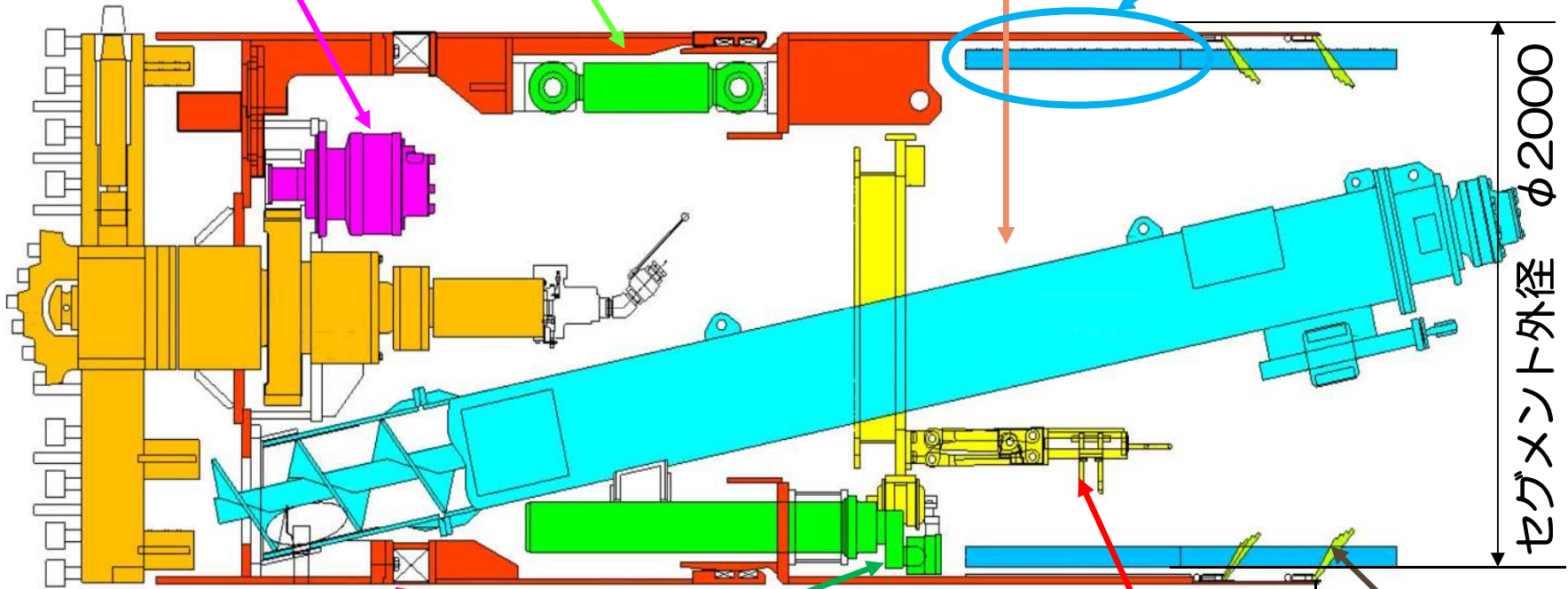
カッタ油圧モータ
油圧作動でカッターを回わします

中折ジャッキ
シールド機を折り曲げ曲線掘削します

スクリュコンベヤ
掘った土をシールド機の中に取り込みます

セグメント
セグメントはシールド機内で組立てます

シールド外径 $\phi 2130$



セグメント外径 $\phi 2000$

カッタ駆動装置
カッターを回す装置です

シールドジャッキ
セグメントにジャッキを当て、ジャッキを伸ばすことでシールド機を進めます

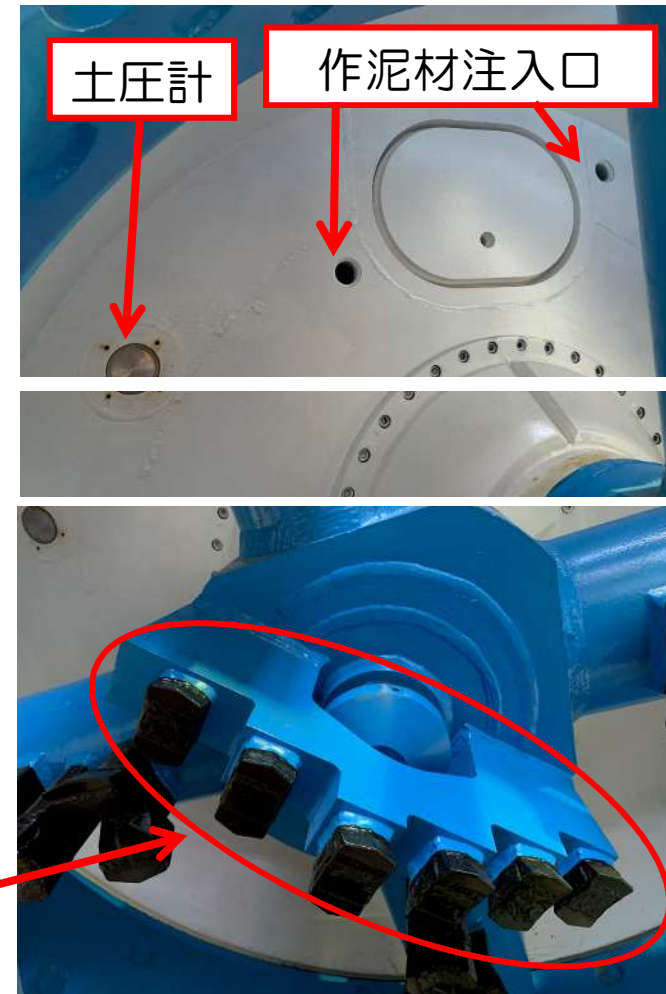
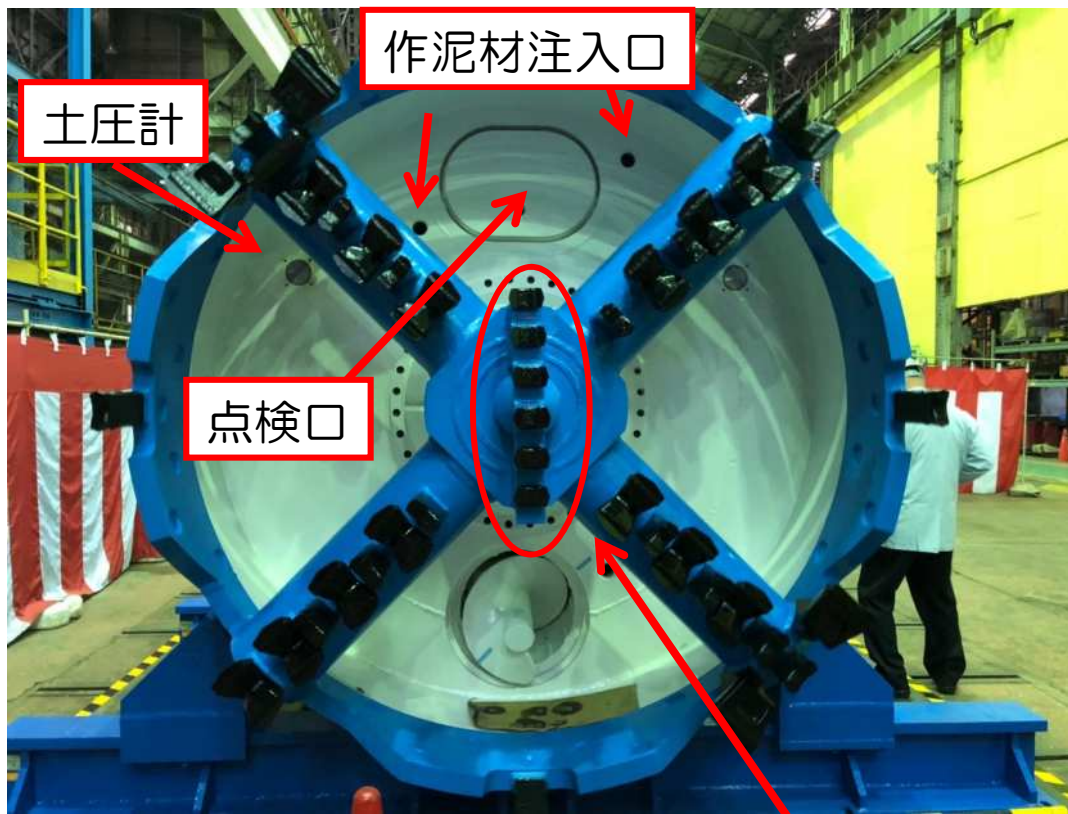
エレクタ
セグメントを組立てる機械です

テールシール
シールド機中への地下水等の浸水を防ぎます

シールド機長 4850mm

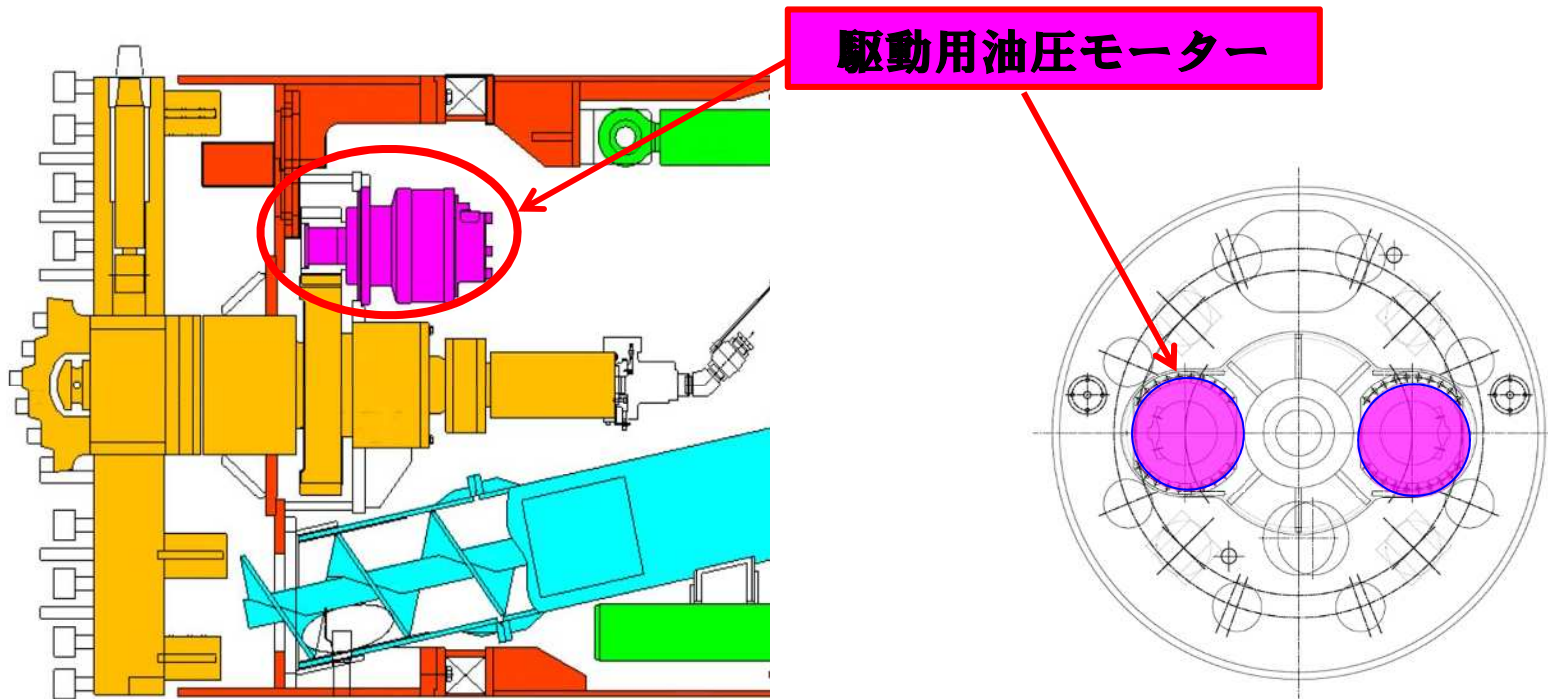
カッター

- センタビットには、非常に硬いタングステン合金が使われています
- 作泥材注入口2箇所から泥水を注入し掘削した土を泥状にします
- 土圧計で圧力を測定し、地中の圧力と泥の圧力を同じにすることで地盤の陥没等を防止します。

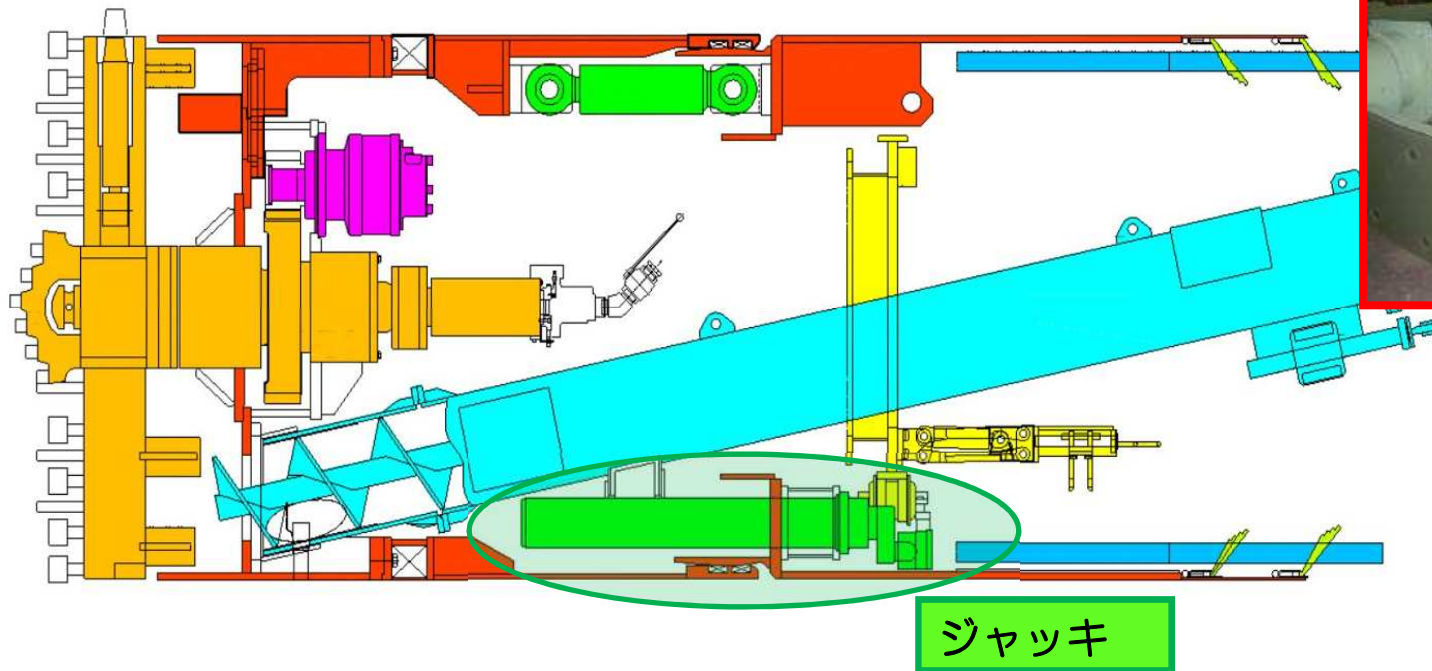


カッター駆動用モーター

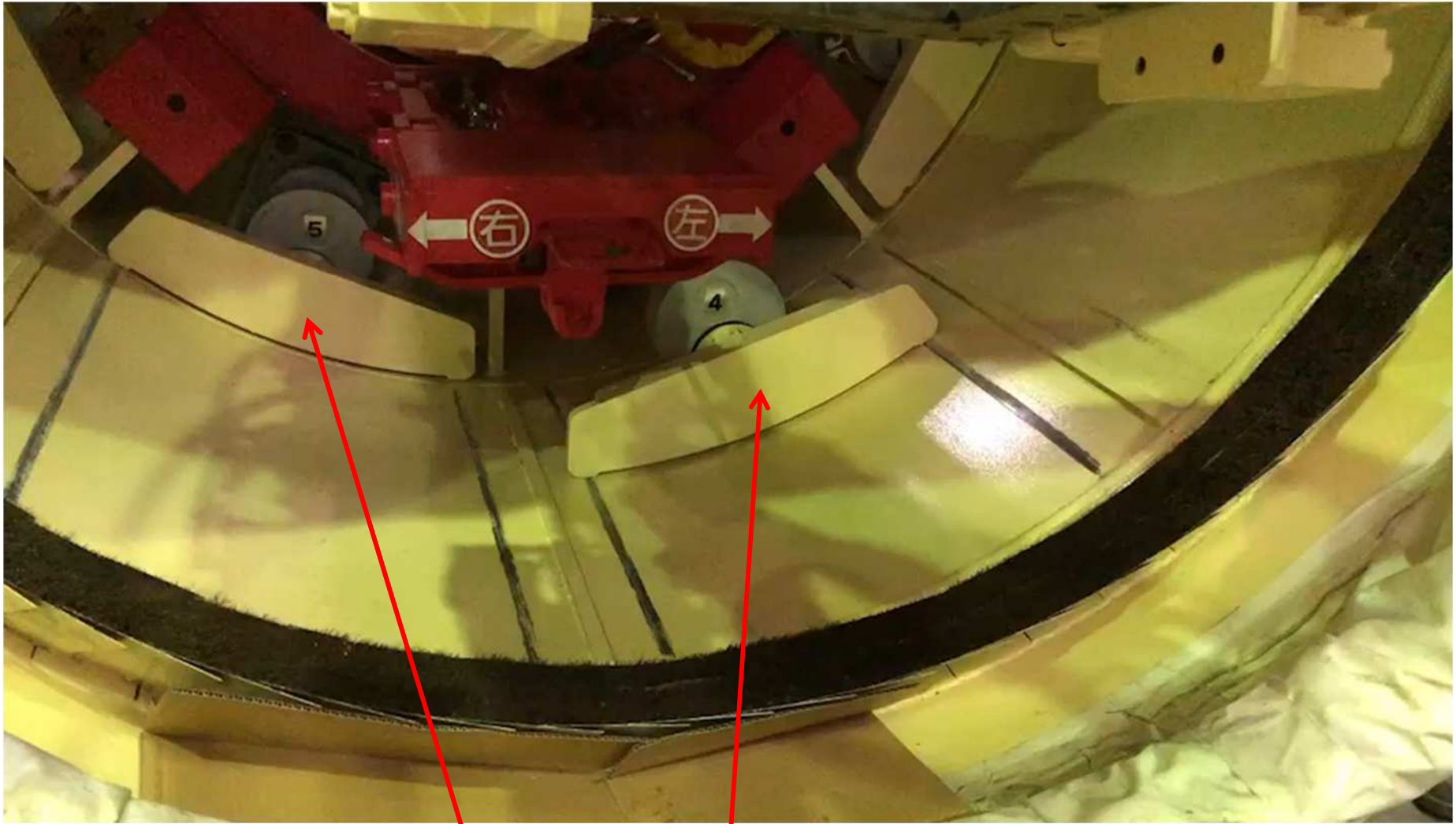
- 油圧作動で動きます
- 中央にモーターが 2個ついています
- トルクは $196\text{kN}\cdot\text{m}$ で1分間に3回転します。馬力に換算すると80馬力程度になります



推進装置（ジャッキ）



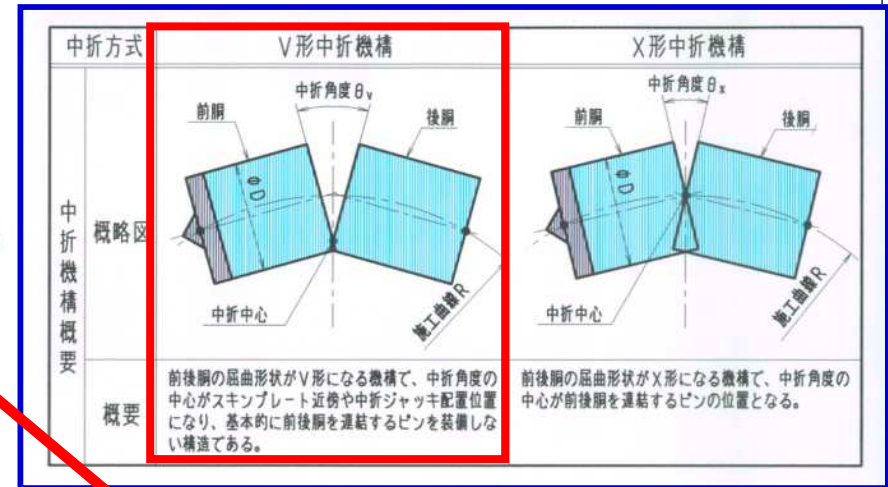
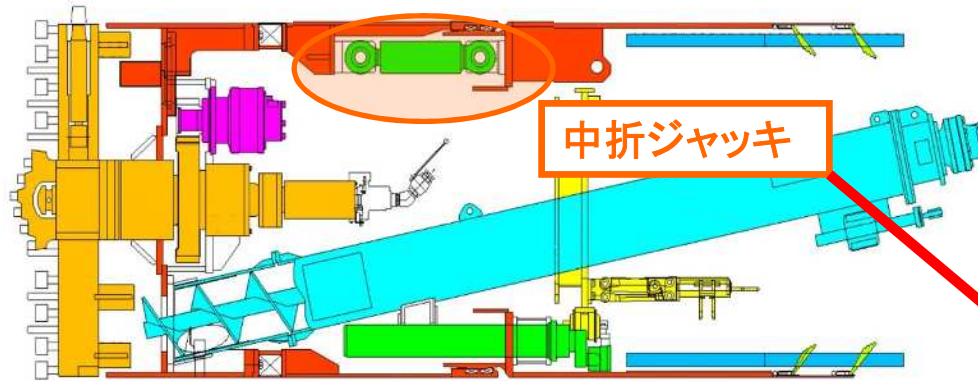
- 組立てたセグメントにジャッキを当てて、ジャッキを伸ばすことでシールド機が掘り進みます。
- ジャッキは円周方向に8基ついており、1台で60トンの重量を押し出す力があります。
- 1分間に7.1cmの速度でゆっくり動きます。



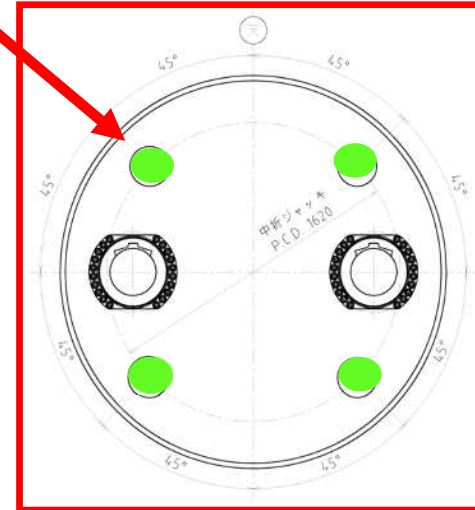
ジャッキ

平たい部分をセグメントに当ててシールド機を進めます

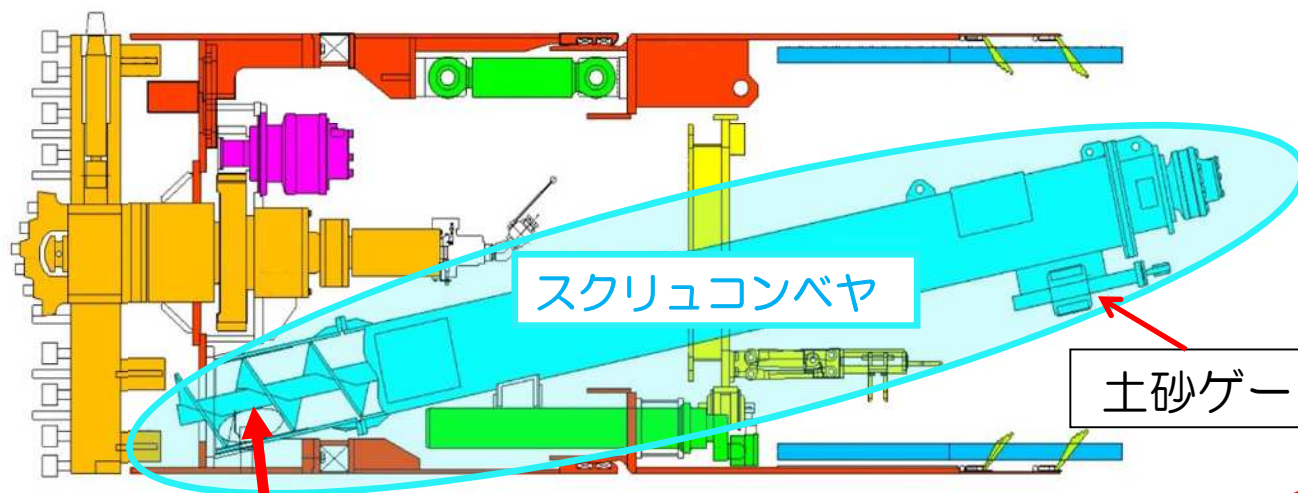
中折れ装置



- 曲線掘削する時にはシールド機が真ん中で折れ曲がります。
- シールド機を折り曲げるための装置が、中折れ装置です。
- 中折れ装置は4つついています。
- 左右方向には最大6度（曲線半径に換算すると24m）、上下方向には最大1度（曲線半径に換算すると143m）で折れ曲がります。本工事で最も大きな曲線が、曲線半径40mなので、これに合わせてマシンを製作しています。



排土装置

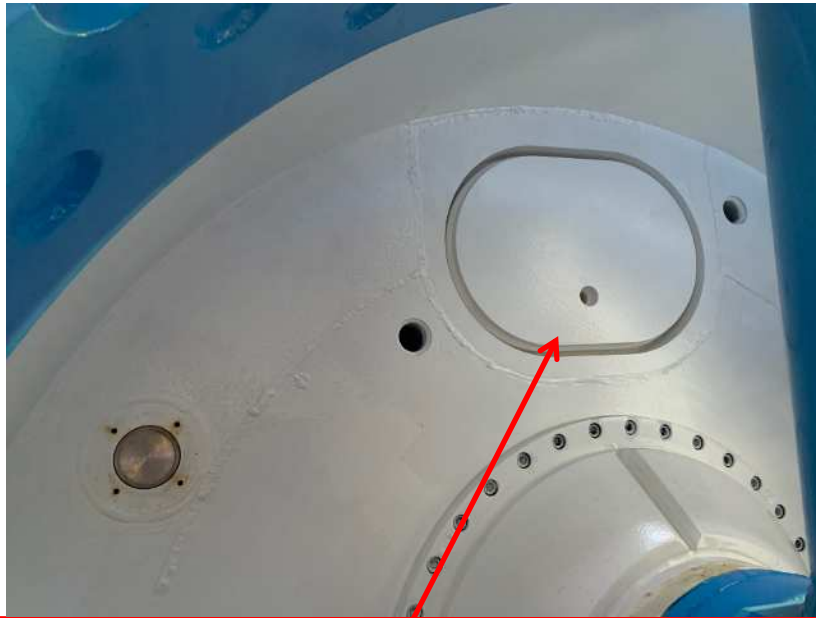


スクリュを回転させては
排土口から掘削した土を
シールド機内部に取り込み
ます。

軸付

取り込んだ土は土砂運搬台車に積込み、電動機関車でトンネル始点部（発進基地）に移送し、その後場外へ搬出します。

緊急用設備



点検口

場所は10ページで確認してください



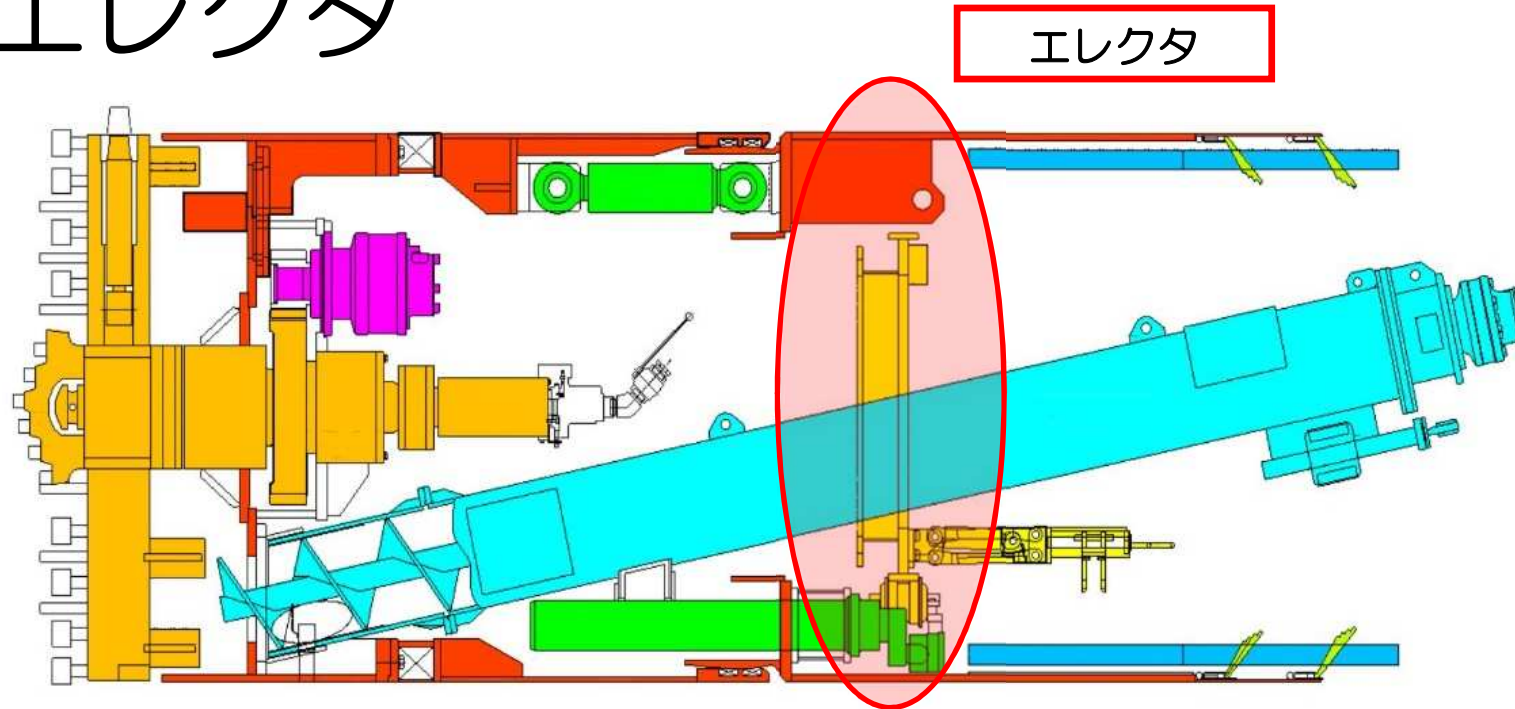
土砂ゲート

場所は15ページで確認してください

点検口→基本的に開けません。想定外の障害物にぶつかったなどの時に、地中部が崩れてこないように地盤を固めた後、この点検口から地中部に人が出入りして、障害物などを取り除いたりします。

土砂ゲート→停電などで掘削が止まり、ゲートが開いたままだと、掘削した土がシールド機内に入り続けます。このため、停電時などで掘削を停止する時には土砂ゲートを閉めます。停電等を想定して油圧により作動できるようにしています。

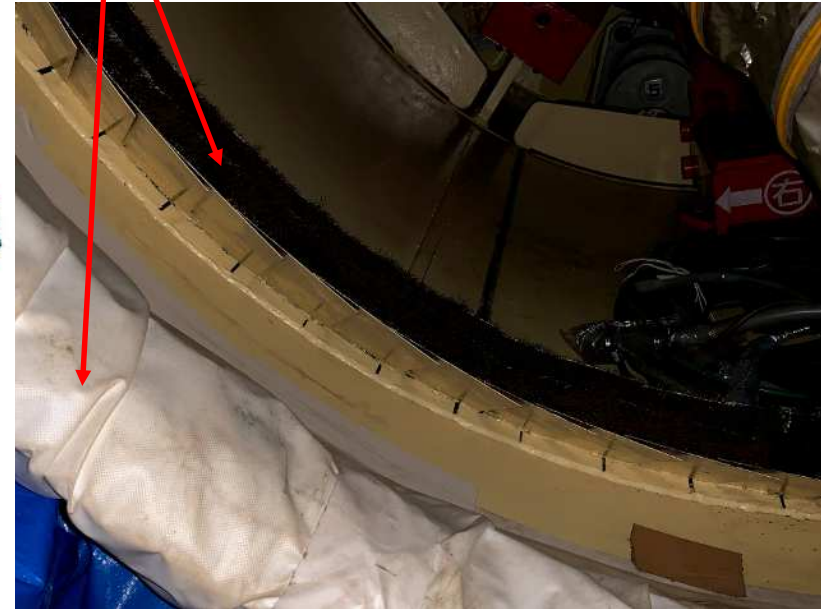
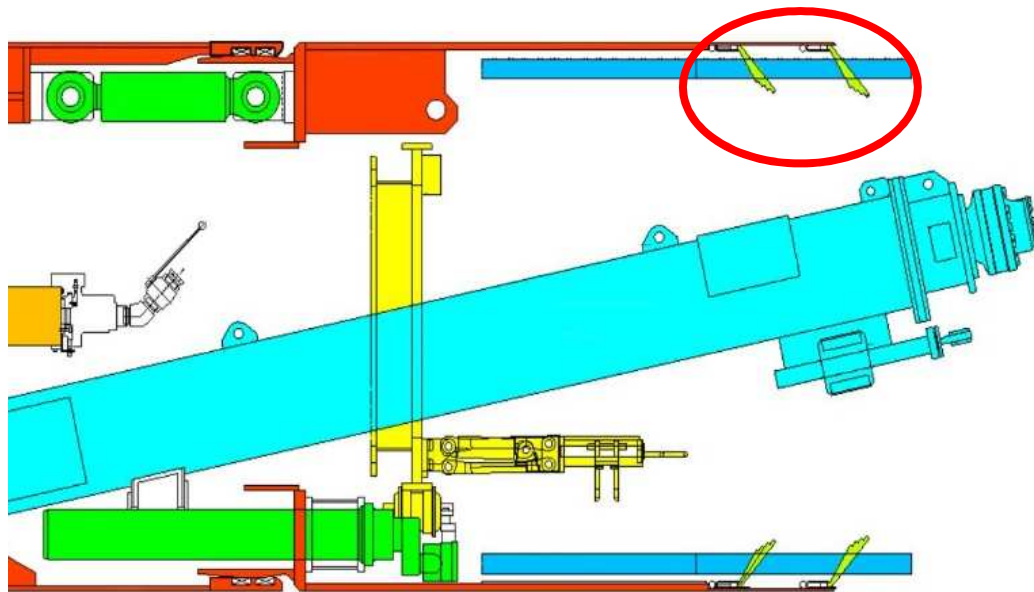
エレクタ



- セグメントは、5分割されており、分割されたセグメントで一番重いものは約85kgの重さです。
- 人が持ち上げて組み立てることはできないので、エレクタという機械を使ってセグメントを持ち上げて所定の位置に設置し、作業員がボルト・ナットで接合して組立れます。

テールシール

ワイヤーブラシ型×2段



テールシールによりセグメントとシールドマシンの間を塞いで、土砂及び地下水の浸入を防ぎます。

シールド機の監視制御

- シールド機には、運転用の操作盤、動力機器をまとめる制御盤、運転状態の監視を行うセンサ類が設置されており、シールド機内の操作盤で全ての監視や制御ができるように設計されています。
- 技術的には全自動運転も可能ですが、機械と人間の双方で確認して安全性を高め、シールド機内の操作台車で運転手がシールド機を監視・操作します。
- 作業員を交代して、昼も夜も掘削作業を続けています。



計測画面

操作画面

操作盤(操作台車)

セグメント組立時に操作を行う



シールドジャッキ
操作装置



エレクトラ操作
装置

計測・操作画面



Measurement screen displaying various parameters and gauges:

- Top row: 中折J4 (0 mm), 中折J1 (0 mm), 0.0 MPa, 0.0 mm/min, 0.0 MPa, 0.0 MPa, 0.0 rpm
- Second row: 0.0 MPa, 0.0 mm/min, 0.0 MPa, 0.0 MPa, 0.0 rpm
- Third row: 0.0 MPa, 0.0 mm/min, 0.0 MPa, 0.0 MPa, 0.0 rpm
- Fourth row: 0.0 MPa, 0.0 mm/min, 0.0 MPa, 0.0 MPa, 0.0 rpm
- Bottom row: 0.0 MPa, 0.0 mm/min, 0.0 MPa, 0.0 MPa, 0.0 rpm

Bottom section data table:

中折J3	0.0 mm	中折J2	0.0 mm	加圧圧力	掘進速度	土圧左	SC圧力	SC回転数	
シールドJ圧力	0.0 MPa	土圧右	0.0 MPa	中折上下角	0.0 度	ゲートJ圧力	0.0 MPa	加圧回転数	0.0 rpm
中折左右角	0.0 度	コヒーJ圧力	0.0 MPa	コヒーカットロック	0 mm	シールドオイル温度	0 °C	ファン温度	0 °C
ファン温度	0 °C	機内エア圧力	0.0 MPa	スクレイパー開度	0 %	加圧オイル温度	0 °C	ロータリ	0.0 度

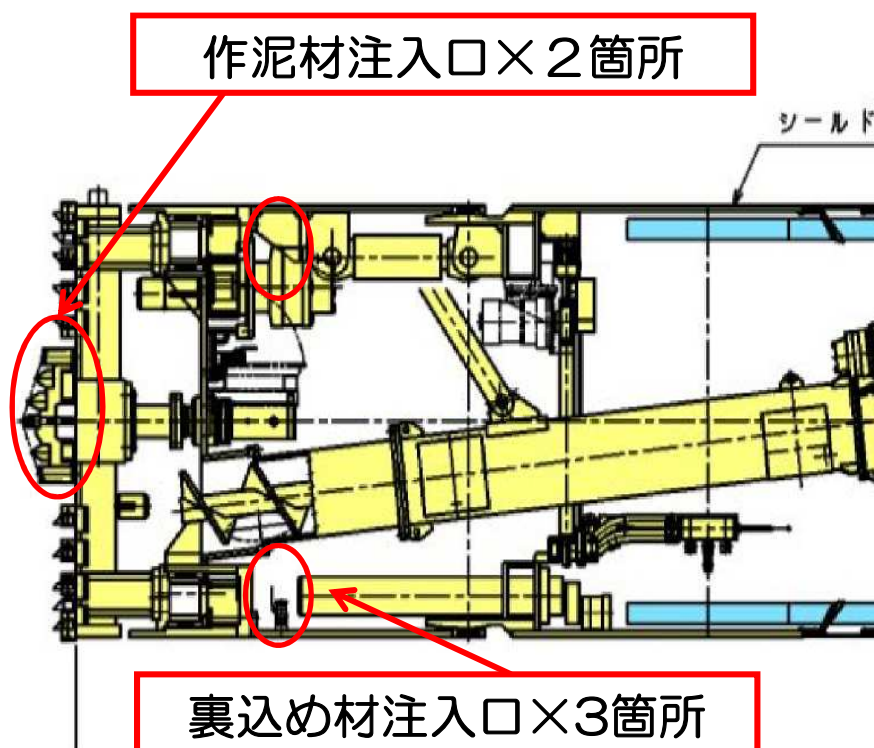
Bottom status: 18/10/04 17:59 | グリースフロー | 警報画面 | メニュー

Operation screen with various control buttons:

- Top row: 中折OP 運転, スクリュー OP 運転, シールド OP 運転, ゲート OP 運転, コヒーカット OP 運転, クリーパー OP 運転, メニュー
- Second row: 停止, 停止, 停止, 停止, 停止, 停止, 注入口 閉塞解除, シールドジャッキ選択
- Third row: 中折ジャッキ (NJ4, NJ1, NJ3, NJ2), スクリューゲート (開, 閉), シールドジャッキ選択 (S8, S1, S7, S2, S6, S3, S5, S4)
- Fourth row: スクリューコンベヤ (正転, 停止, 逆転), 操作位置 操作盤, 計測 追従, 全 追従
- Fifth row: カッタ (左回転, 停止, 右回転), コヒーカッタ (手動操作, 伸, 縮), シールドジャッキ (押, 停止, 引)

作泥材・裏込め材

- 作泥材注入口：2箇所
- 裏込め材注入口：3箇所



作泥材

→粘土と水を混ぜ、掘削土に注入します。目的は10ページのとおりです。

裏込め材

→セメント材料で、地中とセグメントの間に隙間が空かないように裏込め材を注入しセグメントと現地盤を一体化します



トンネル始点（発進基地）の建物の中にプラントを設置し、作泥材・裏込め材を製造し、配管でシールドマシンまで移送しています。

工事の流れー発進基地造成ー



- シールド掘削は、昼夜連続して行います。
- 夜間等の騒音防止のため、防音ハウスを建ててその中で作業します。
- 最初に防音ハウスが建てれるように整地します。

着手前

- 田んぼを作業用地（発進基地）として使用させていただき、防音ハウスを建てさせていただきました。
- シールド機自体は道路の下に配置します。



工事の流れ

一発進基地一



- シールドマシンをトンネル入り口に設置するため、道路に縦穴を設置します。
- 穴を掘っても周りの土が崩れてこないように地面に板を打込んでから縦穴を掘削します。

工事の流れ — シールド機搬入 —



← シールドマシン搬入



シールドマシン配置
(発進前) →

- シールドマシンをトンネル入り口に設置するために道路に作った縦穴にシールドマシンを搬入し、トンネル入り口に配置した後に掘削を開始します。

工事の流れ —防音設備—



←防音ハウス（発進基地）

周辺の皆様への騒音を防止するため、防音ハウスを設置しています。

トンネルを作ったり、工業用水道管を配管する作業は、この建物の中で行っています。

工事の流れ — シールド工事設備 —



← 作泥材を作る装置です。

写真は防音ハウス内に設置したプラントイメージですが、本工事ではシールド機内部にプラントを設置しています

役割は21ページを確認ください。

裏込材を作る装置です →
役割は21ページを確認
してください。



工事の流れ — シールド工事設備 —



←防音ハウスの天井にクレーンが設置されており、5トンまでの重量の資材や機材を持ち上げられます。

シールド機で掘った土は、 →
土砂運搬台車でトンネル内から
発進基地内の土砂ピットに移送
のうえ一時仮置きし、ある程度
まとまった段階で処分場へ搬出
します。



工事の流れ — シールド工事設備 —



← 濁水処理プラント

工事で発生する排水は、汚れを取り除いた後、酸性とアルカリ性のちょうど中間となるように処理してから河川へ放流します。

換気装置→

トンネル内の作業員に新鮮な空気を送り込むための装置です。



工事の流れ

—掘削開始—

- シールド機を配置する縦穴は、穴を掘っても周りの土が崩れてこないよう板が設置されています。
- この板のうち、シールド機前面部のみ板を円形に切断し、シールド掘削を開始します。



工事の流れ

一坑内状況一



← 操作台車運転席付近

1日2交替制で昼夜連続してシー
ルド機の掘削を続けています。

土砂運搬台車でトンネル→
内から発進基地へ掘った
土を運んでいる様子です。



工事名	第2北田幹線第1工区(セ の2)配水管布設工事
工種	泥土圧式シールド工法
測点	坑内

残土積込状況
【No. 50R】

工事の流れ —掘進管理—



シールド機の掘削や各種センサーの状況は、発進基地でも確認できます。シールド機の運転台車と同じ画面で、複数の人間で確認しながら工事することで、工事の安全性を高めます。

工事の流れ —坑内状況—



← 掘削土砂搬出状況

運搬台車で運んできた土を
発進基地の土砂ピットに一
時仮置きする様子です。

坑内軌道状況→
トンネルが出来上がった
部分の様子です。



シールド工事 ー掘進中ー



← 鋼製セグメント

5分割されたセグメントを組立てるため、組み立てたセグメントの境から地下水が浸水します。このため、セグメントを組立てる前にセグメントの接続面に止水材料を貼り付けます。



後続台車→

右側にあるのが後続台車です。後続台車の説明は8ページを確認してください。

シールド工事 ー掘進中ー



← セグメント組立状況

セグメントを組立てている状況です。エレクタを使ってセグメントを持ち上げ、所定の位置に設置し、作業員がボルトナットで接合して組立しています。

裏込め材注入状況 →

セグメントをシールドマシンの中で組立てるため、シールドマシン外径2.13mとセグメント外径2mの間には隙間が生まれます。

地中とセグメントの隙間にセメント系材料を注入してセグメントと現地盤を一体化します



シールドマシン到達



← 到達坑口

丸いリングの内側を目指してシールドマシンが到達します。

本工事では、本の王国さん前の道路に丸形の縦穴を設置させていただきました。

シールドマシン到達→

シールドマシンが到達した状況です。本工事では、8月中旬ごろにシールドマシンが到達する予定です。



シールドマシン到達



← シールドマシン到達

到達したシールドマシンを切断により解体し、取り出します

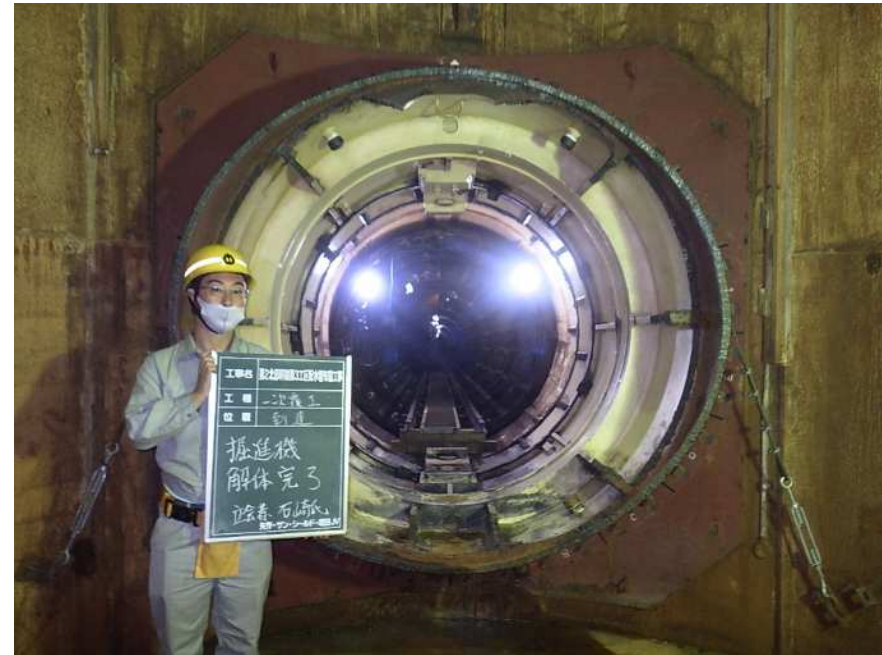
後続台車、運搬台車、その他設備は再利用しますが、シールドマシンは、現場の条件に合わせて作られているため、原則再利用しません。



シールドマシン到達



シールドマシン撤去状況



シールドマシン撤去後の
トンネルの状況

今後の見込み

シールド掘削開始日（トンネル築造着手日）
令和2年1月7日

シールド掘削完了日（トンネル築造完了日）
令和2年8月11日

工業用水管配管
令和2年10月から開始

トンネル始点（発進基地）・トンネル終点部整備完了
令和4年2月頃予定

最後までご覧いただき、
ありがとうございました。



工事についてお気付きの点等ございましたら、愛知県西三河水道事務所建設課（0566-98-5651）まで御連絡ください。

愛知県西三河水道事務所