

トンネル施工方法の紹介

・標準的なトンネルの施工方法は以下の3種類です。

① シールド工法

- ・都市部などの地上部が開発されている場所や、河川下などにトンネルを造る場合に採用します。
(地下鉄、下水道トンネルなどで使用されている工法です。)

② TBM工法

- ・山地部などの岩盤にトンネルを造る場合で、トンネルを造るスピードが求められる場合などで採用します。
(発電用導水路トンネルなどで使用されている工法です。)

③ 山岳工法

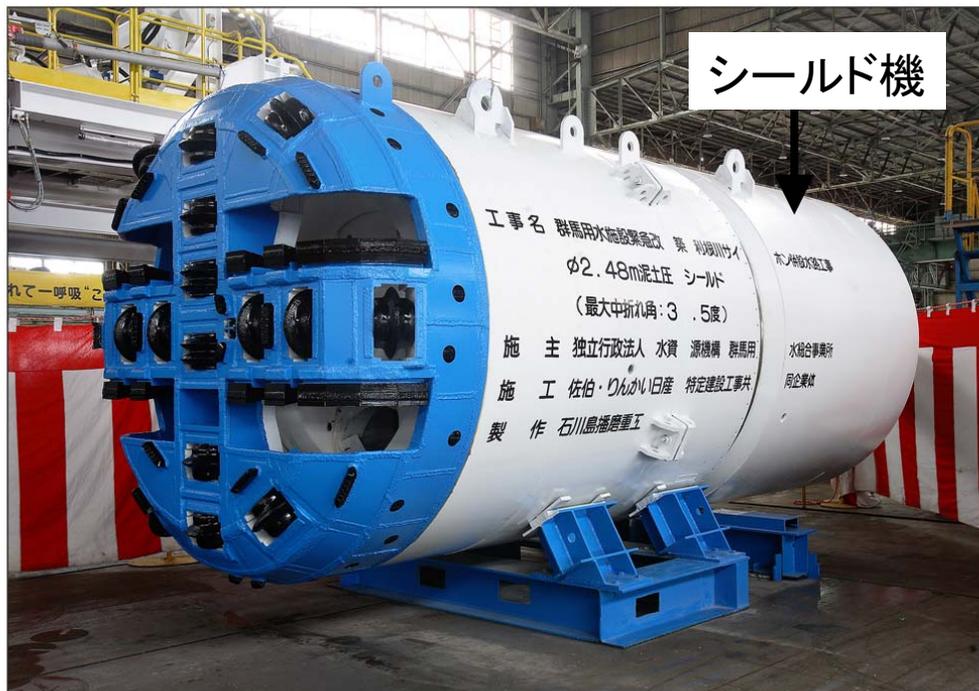
- ・山地部などの岩盤にトンネルを造る場合に採用します。
(道路トンネルなどで採用されている工法です。)

① シールド工法の紹介

シールド工法の紹介①

シールド工法の概要

- ・シールド工法は、シールド機や各種機器を用いてトンネルを造る工法です。
- ・シールド機でトンネルを掘った直後から、トンネルの壁をセグメントを用いて作れる工法です。
- ・シールド工法は、写真のシールド機を用いてトンネルを造ります。
- ・シールド工法のうち、泥土圧式のシールド機です。



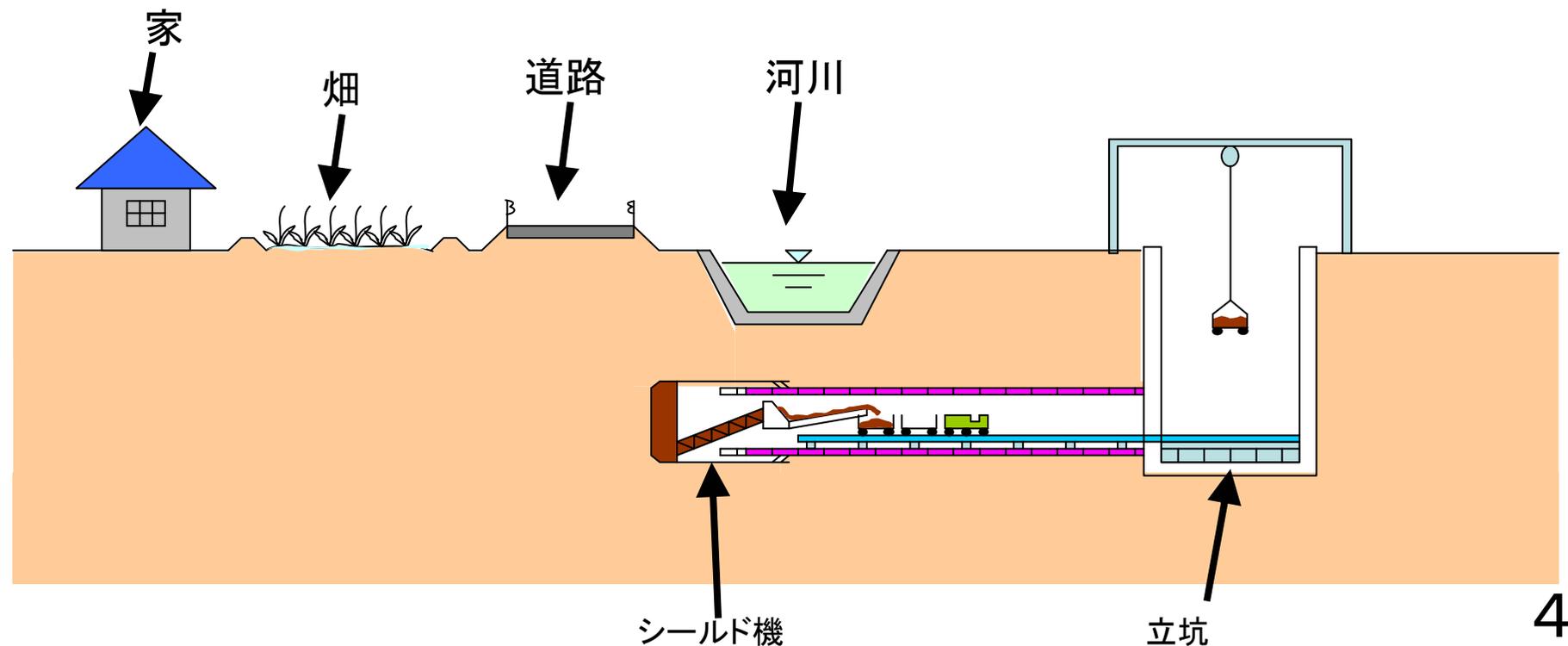
トンネルの状況

※写真は、水資源機構内の現場(群馬用水総合事業所)で使用したシールド機です。
名前は、「もぐりん」です。(小学生が名前を付けてくれました。)

シールド工法の紹介②

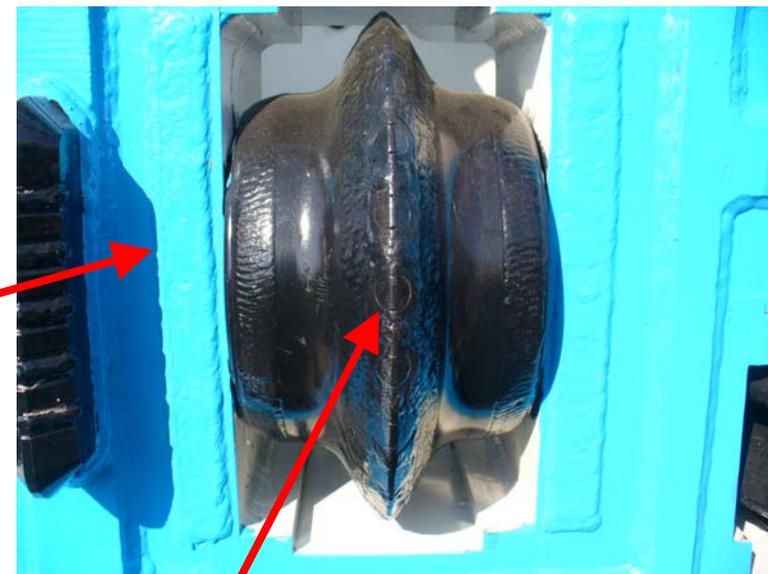
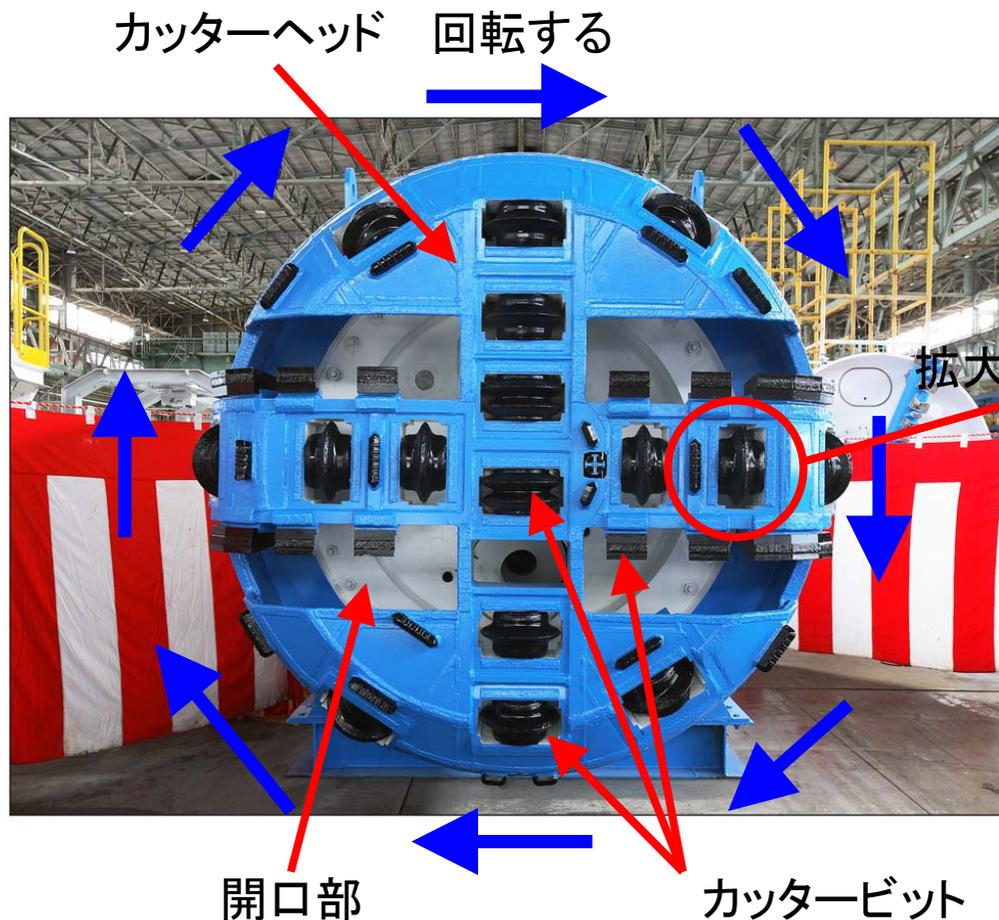
シールド工法の特徴

- ・シールド工法は、砂、粘土、岩盤など色々な地質でトンネルを造れる工法です。
- ・シールド機や各種機器を使用してトンネルを掘るので、周辺環境に悪影響を与えないようにトンネルを造ることが可能です。
- ・シールド工法は、都市部などの地上部が開発されている箇所でも、安全にトンネルを造ることが可能です。
- ・シールド工法は、河川下などの地下水が豊富な箇所でも、安全にトンネルを造ることが可能です。



地山の掘削方法(掘り方)①

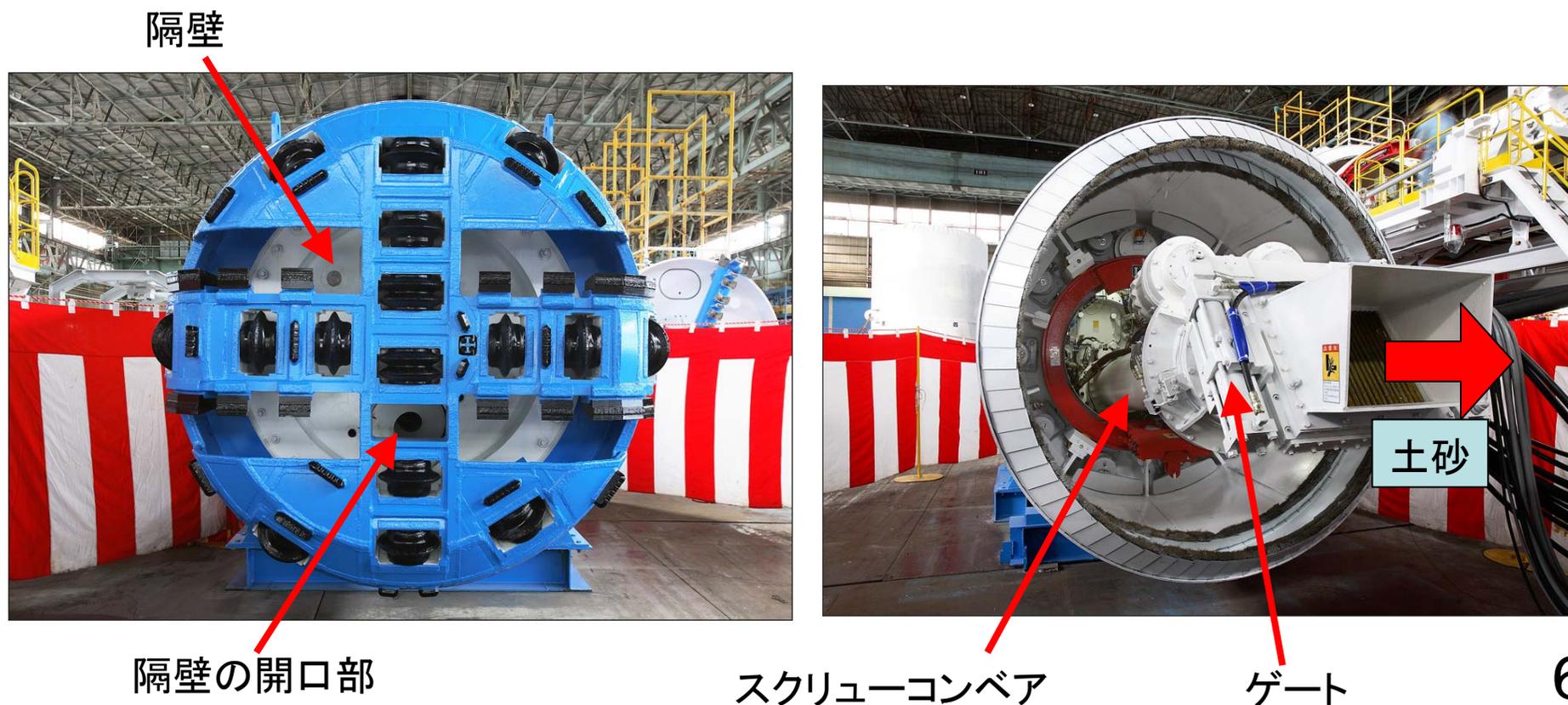
- ・カッターヘッド(青色の部分)には、カッタービット(黒色の部分)が付いています。
- ・トンネルを掘る時は、カッターヘッドが回転して、カッタービットで岩盤や、玉石を細かく砕きます。
- ・細かく砕いた土砂は、開口部から中に入ります。



岩盤などを細かく砕くために、
堅い金属が付いています。

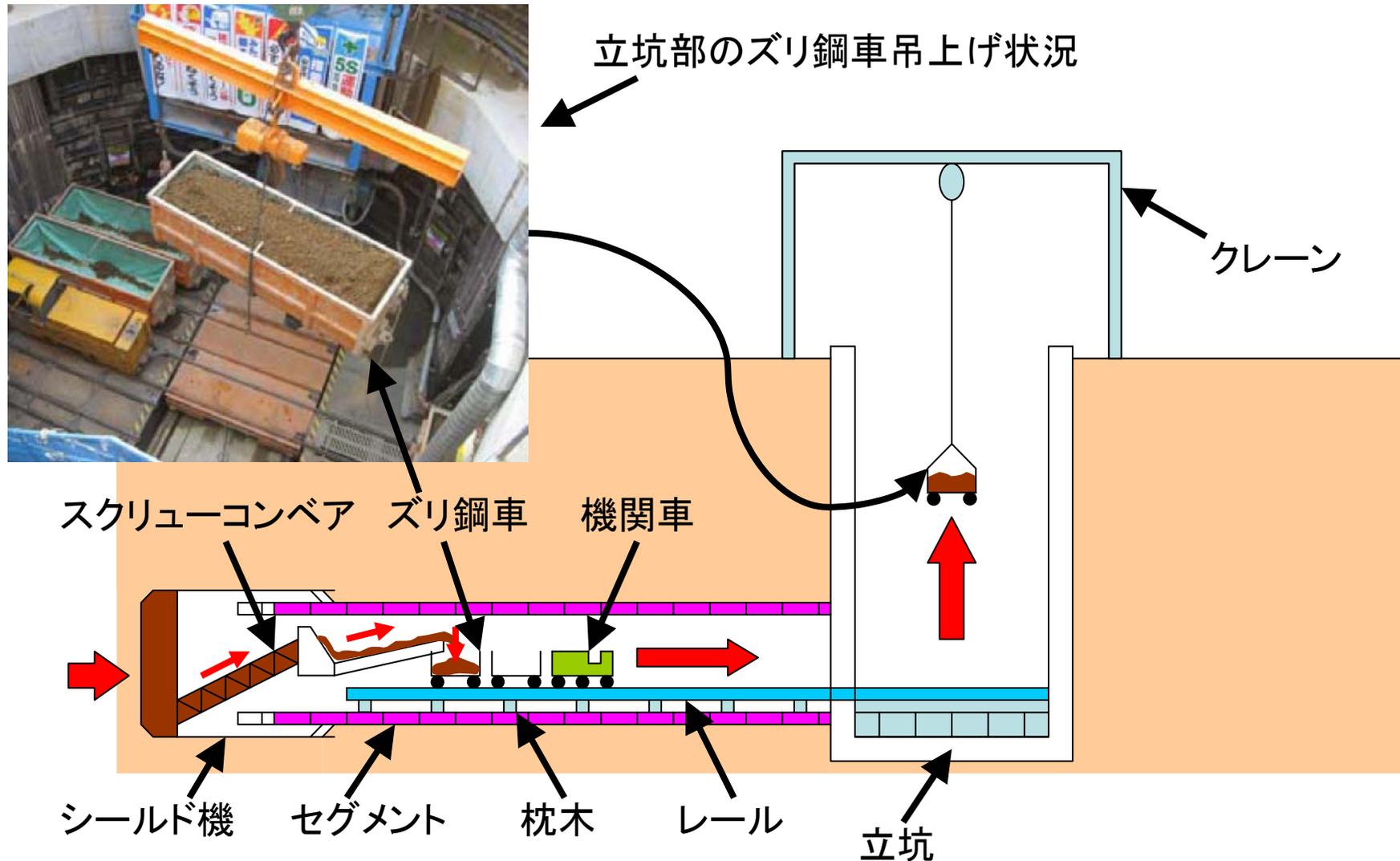
地山の掘削方法(掘り方)②

- ・シールド機は、隔壁があり、作業員が作業を行う部分と、土砂を溜める部分とが分かれています。
- ・開口部から中に入った土砂は、隔壁で分けられたカッターヘッド内(青色の部分)に詰め込まれます。
- ・詰め込まれた土砂は、隔壁の開口部に設置されたスクリーコンベアを通してトンネル内に運ばれます。



地山の掘削方法(掘り方)③

- ・トンネル内に運ばれた土砂は、ズリ鋼車に乗せて機関車で運搬します。
- ・トンネル内には、機関車が通れるようにレールを引きます。



覆工(トンネルの壁)の仕方①

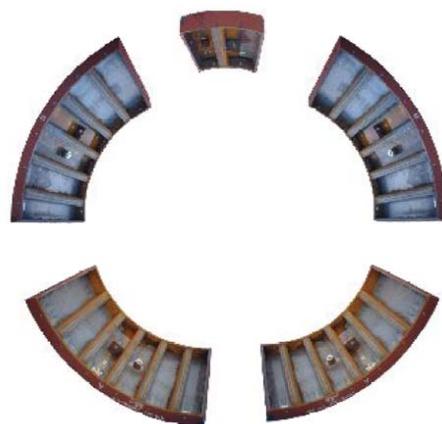
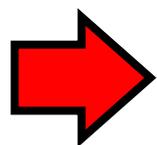
- ・シールド機で掘削した後に、セグメントを組立てます。
- ・セグメントは、5~6分割に分かれています。
- ・セグメントは、下から順に組立てを行い、ボルト等で締結します。



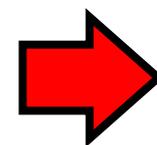
組立完了の状況



2リング分を仮置きしている状況



組立てイメージ



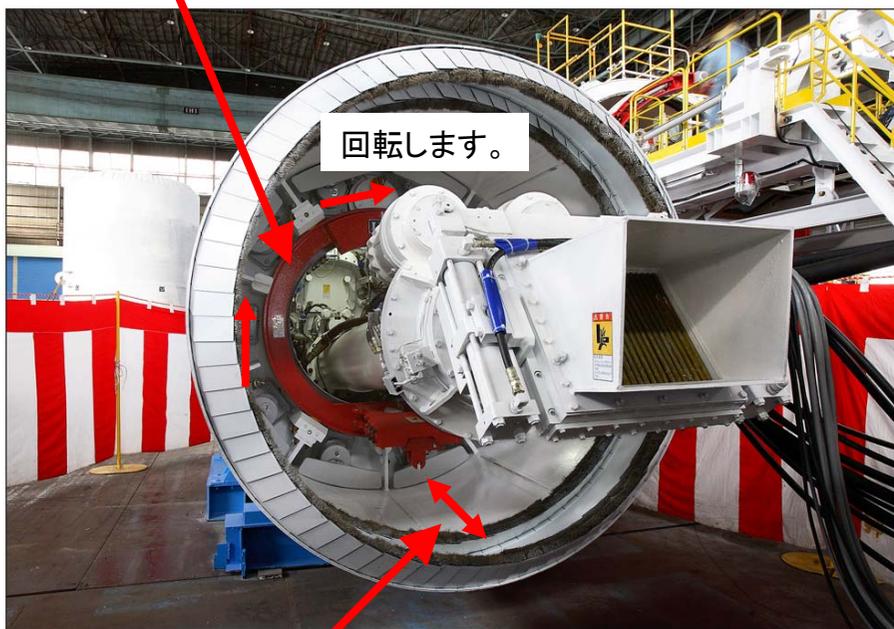
完成

※写真は、鋼製のセグメントです。

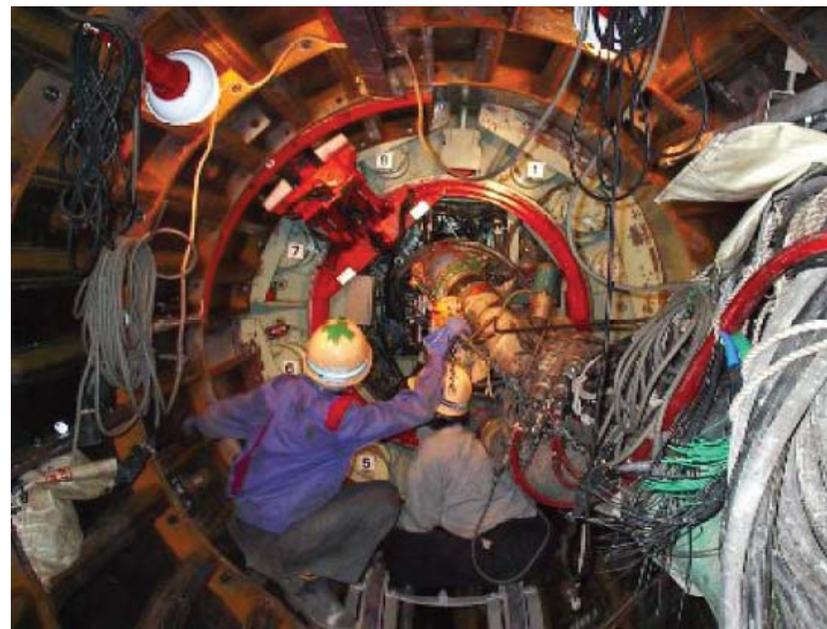
覆工(トンネルの壁)の仕方②

- ・セグメントの組立ては、シールド機の中で行います。
- ・セグメントの組立ては、シールド機の中に付いている、エレクターを使って組立ってます。
- ・エレクターは、セグメントを所定の位置に運ぶ機械です。

エレクター



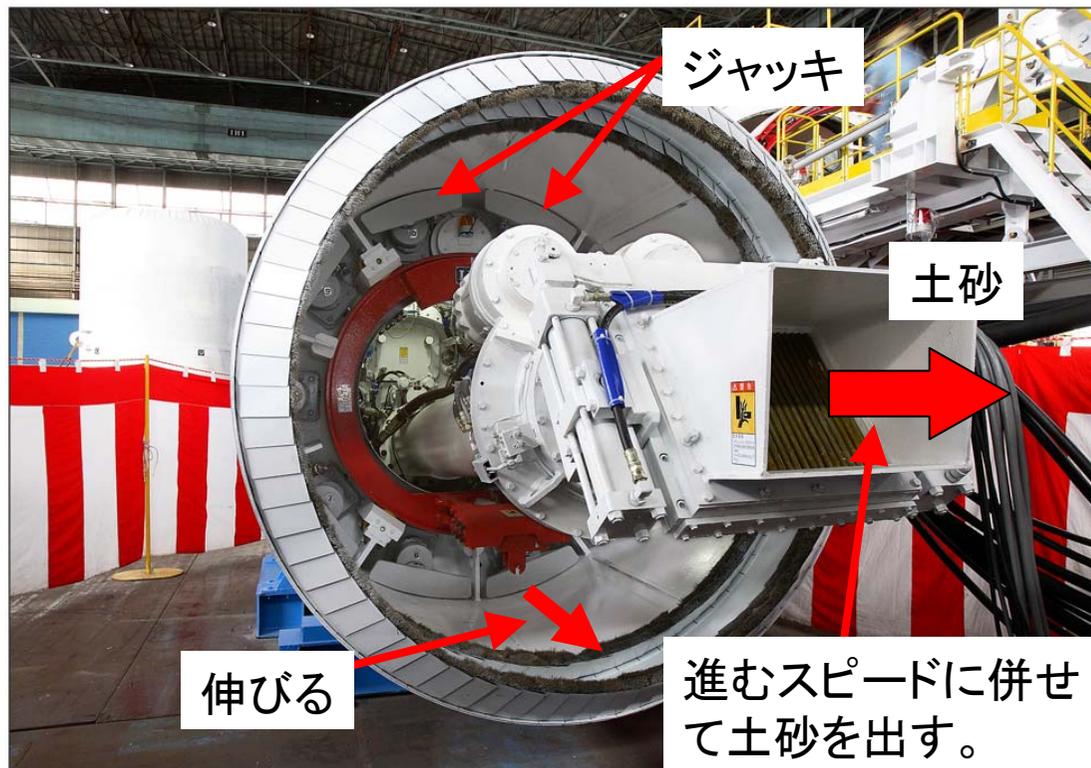
この部分で組立ってます。



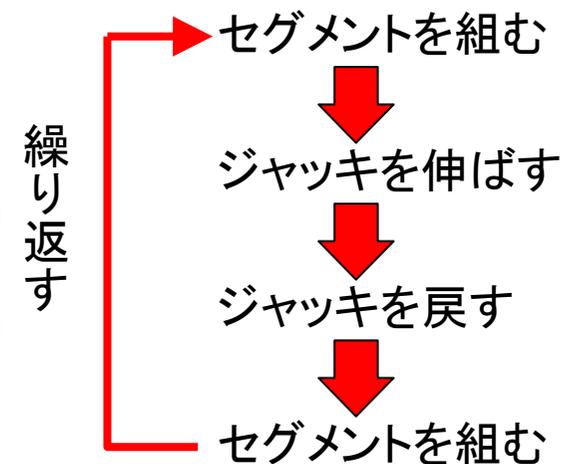
組立ての状況

進み方①

- ・シールド機の中で組立てた、セグメントにジャッキを押しつけて、ジャッキが伸びることで前へ進みます。
- ・セグメント1リング分だけ、ジャッキが伸びきると、ジャッキを戻して、またセグメントを組みます。
- ・シールド機が進むスピードに併せて、土砂をスクリーコンベアから出します。
- ・シールド機が進むスピードは、標準で1分間に3cm程度です。

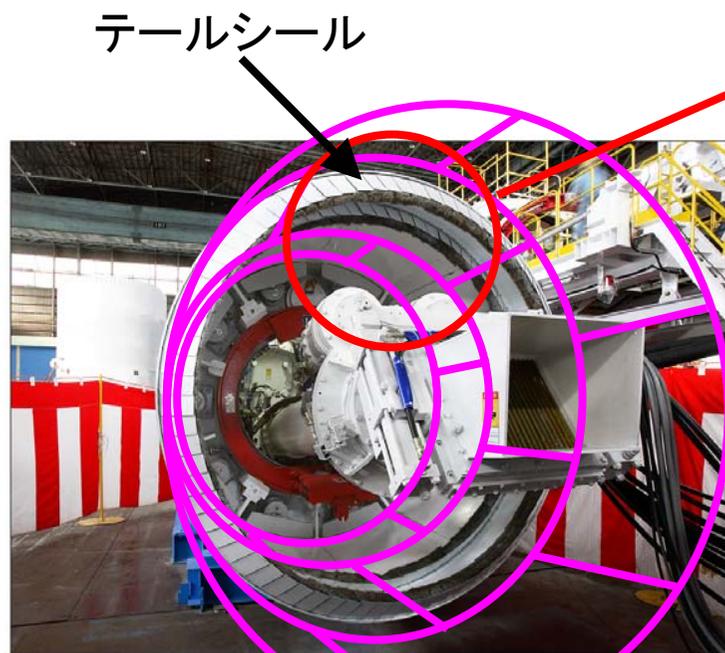


進み方フロー



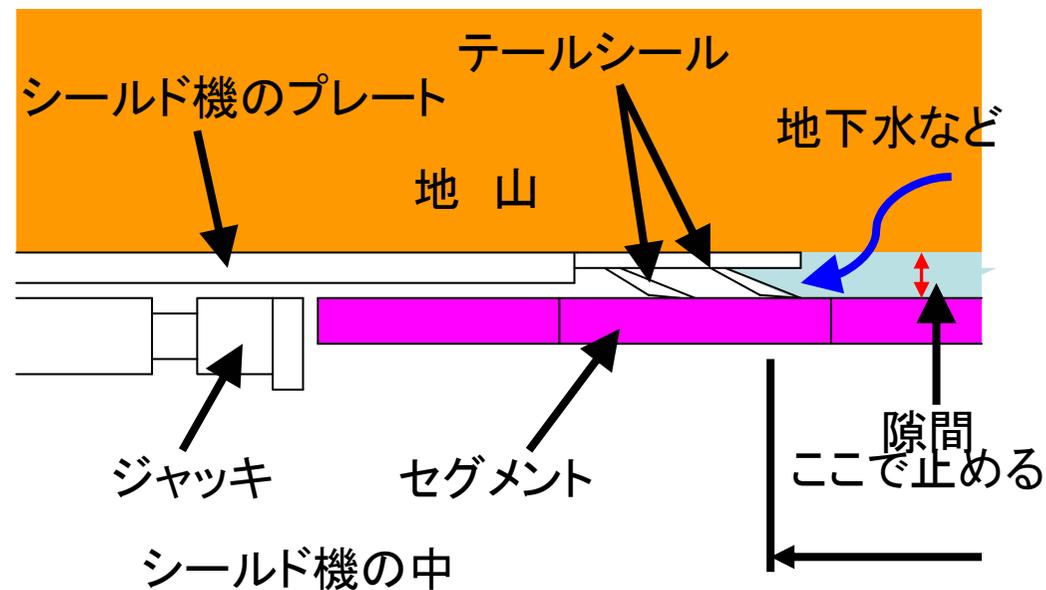
進み方②

- ・セグメントをシールド機の中で組立てるため、セグメントはシールド機より小さくなります。
- ・このため、シールド機のプレートとセグメントの間に隙間が出来ます。
- ・隙間から、地下水や土砂がシールド機の中に入らないように、テールシールが付いています。
- ・隙間は、周辺環境に影響が出ないように、裏込め注入材で埋めます。



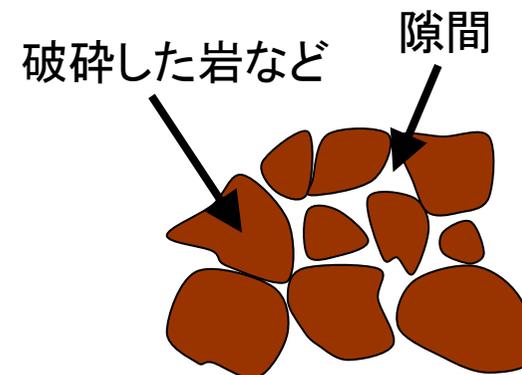
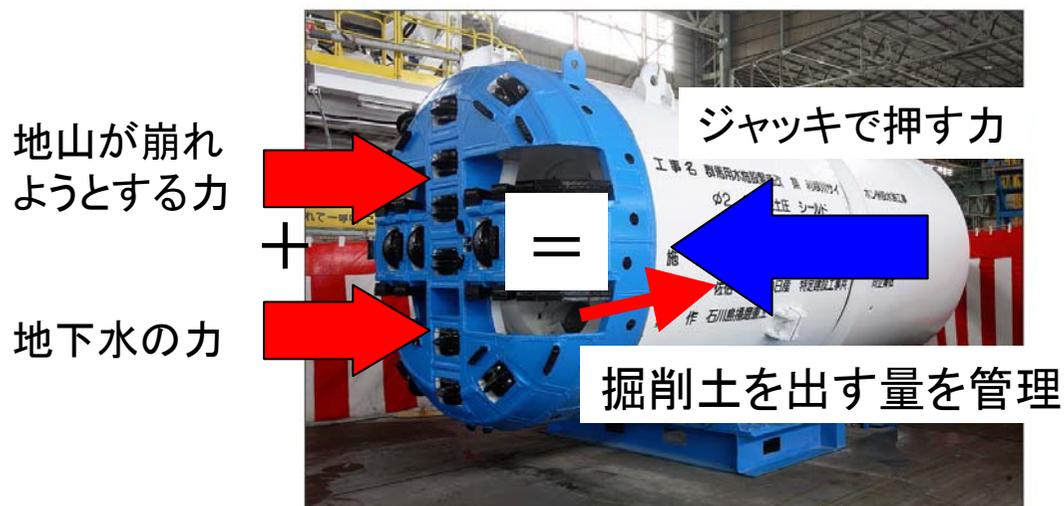
セグメント組立てのイメージ

この部分の断面図(掘る時のイメージ)



進み方③

- ・シールド機の前面では、地山が崩れようとする力が働きます。
この力に対して、隔壁内に詰め込まれた土砂をジャッキで押して対抗します。
このため、地山を崩すことなく進むことが可能です。
- ・シールド機前面の地下水がシールド機の中に入ろうとする力が働きます。
この力に対して、隔壁内に詰め込まれた土砂をジャッキで押して対抗します。
しかし、隔壁には、スクリーコンベア用の開口が空いているため、掘削土が破碎した岩だけなどの場合は、掘削土の隙間を通じて出る地下水を止めることが難しくなります。
このため、掘削土に添加材(粘土等)を混ぜて掘削土の隙間を埋めることを行います。
添加材を混ぜると掘削土がスクリーコンベアから出やすくなるなどの効果もあります。
- ・ジャッキで押す力とスクリーコンベアから出す掘削土の量を管理して、周辺環境に悪影響を及ぼさないように進みます。



隙間を添加材(粘土等)で埋める

進み方④

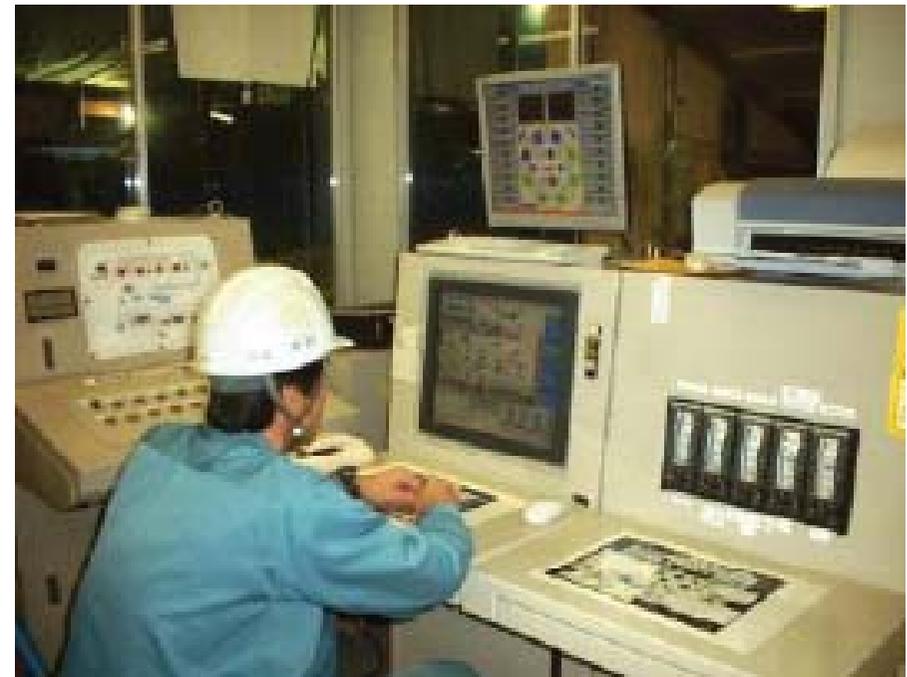
- ・シールド工法は、トンネルの中や地上に設置した、各種計測機器や制御装置を使用して進みます。
- ・機械で運転制御を行いながら、安全に施工が出来ます。

シールド機

制御装置



シールド機周辺の状況



地上での状況

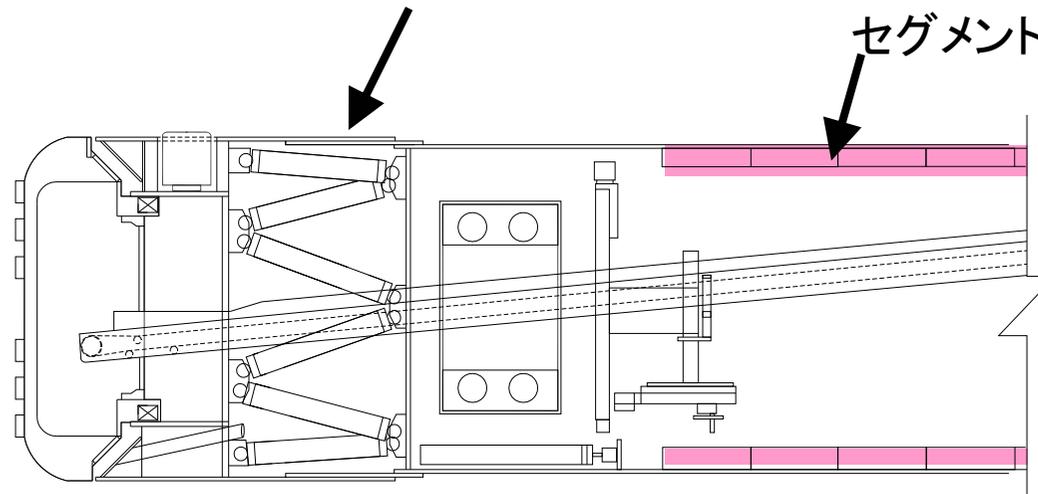
② TBM工法の紹介

TBM工法の紹介①

TBM工法の概要

- ・TBM工法のうち、シールド型のTBM工法について紹介します。
- ・TBM工法は、シールド工法と同じように機械でトンネルを掘る工法で、掘るための機械を、TBM(トンネル・ボーリング・マシン)と言います。
- ・シールド型TBMは、シールド工法で紹介した「シールド機」と同じような機械です。
- ・シールド工法と同じように、TBMでトンネルを掘った後、トンネルの壁をセグメントを用いて造る工法です。

TBM(トンネル・ボーリング・マシン)

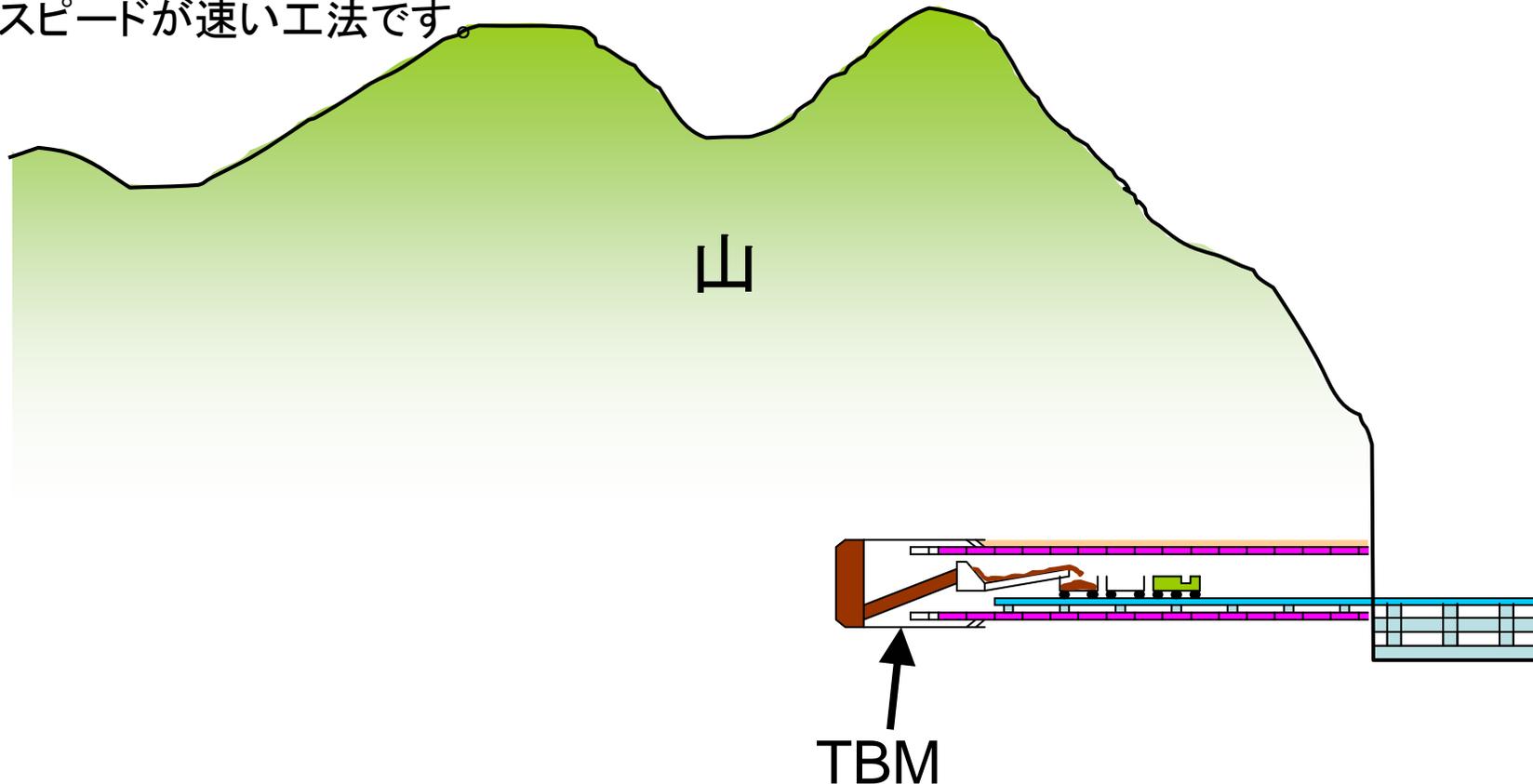


TBMのイメージ図(側面図)

TBM工法の紹介①

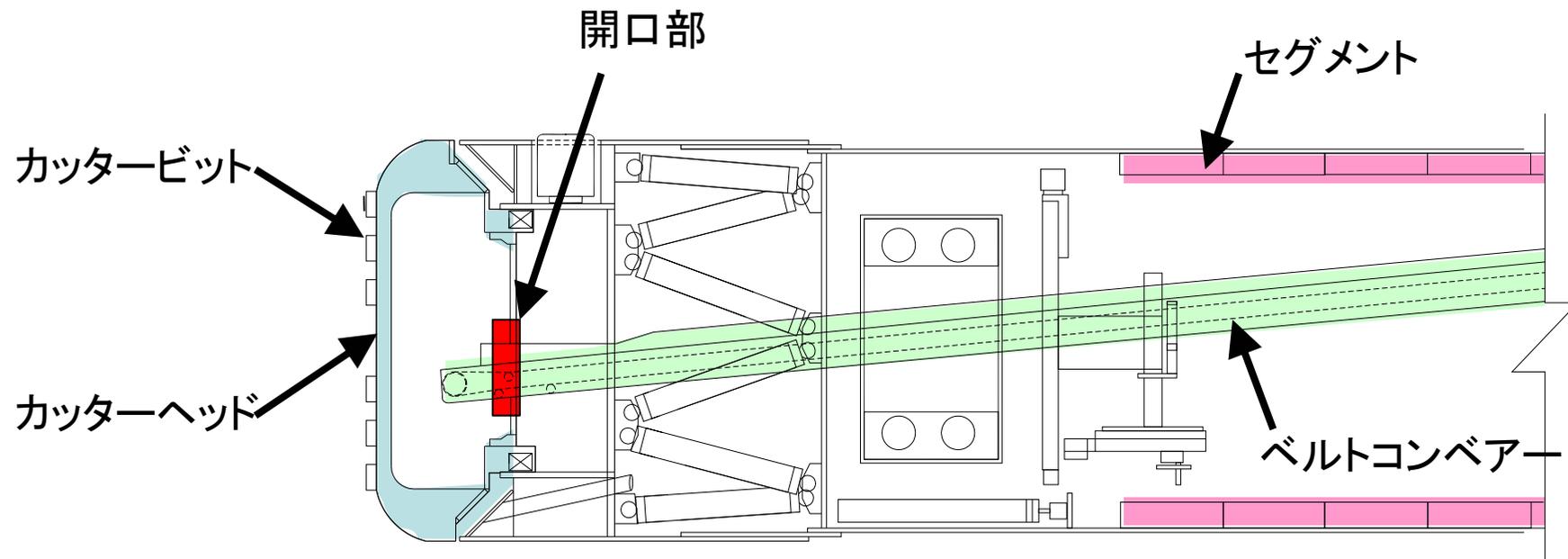
TBM工法の特徴

- ・シールド工法は、主に平地部にトンネルを掘ることが得意なのに対して、TBM工法は、山地部にトンネルを造ることが得意な工法です。
- ・シールド工法は、砂、粘土、岩などでトンネルを造れる工法なのに対して、TBM工法は、岩盤など堅い地盤にトンネルを造る工法です。
- ・TBM工法は、TBMなどの機械を用いて施工するため、他の工法と比べてトンネルを造るスピードが速い工法です。



地山の掘り方

- ・地山の削り方は、シールド工法と同じで、カッターヘッドにカッタービットが付いていて、カッターヘッドが回転することで、岩盤を削ります。
- ・シールド機とTBMの違いは、シールド機には隔壁があり、作業員が作業を行う部分と、土砂を溜める部分とが分かれています。TBMは、隔壁に開口部があり、削られた岩盤を直接ベルトコンベアでトンネル内に運ぶ違いがあります。
TBM工法は、岩盤にトンネルを掘ることから、地山が崩れないため、シールド工法と掘り方が変わります。



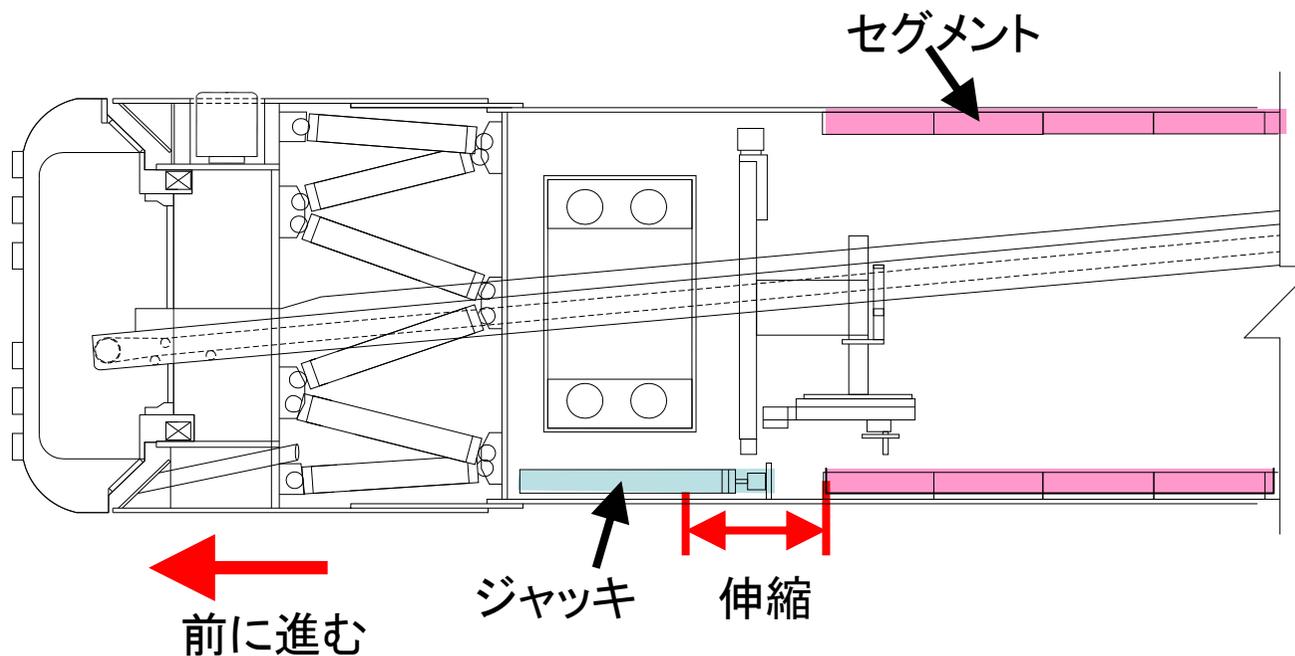
TBMのイメージ図(側面図)

進み方①

- ・シールド型TBM工法の進み方は、2種類あります。
- ・2種類の進み方は、掘る岩盤の硬さなどにより使い分けます。
- ・2種類の進み方が出来ることで、トンネルを造るスピードを速めることや、安全にトンネルを造ることが可能となります。

進み方(その1)

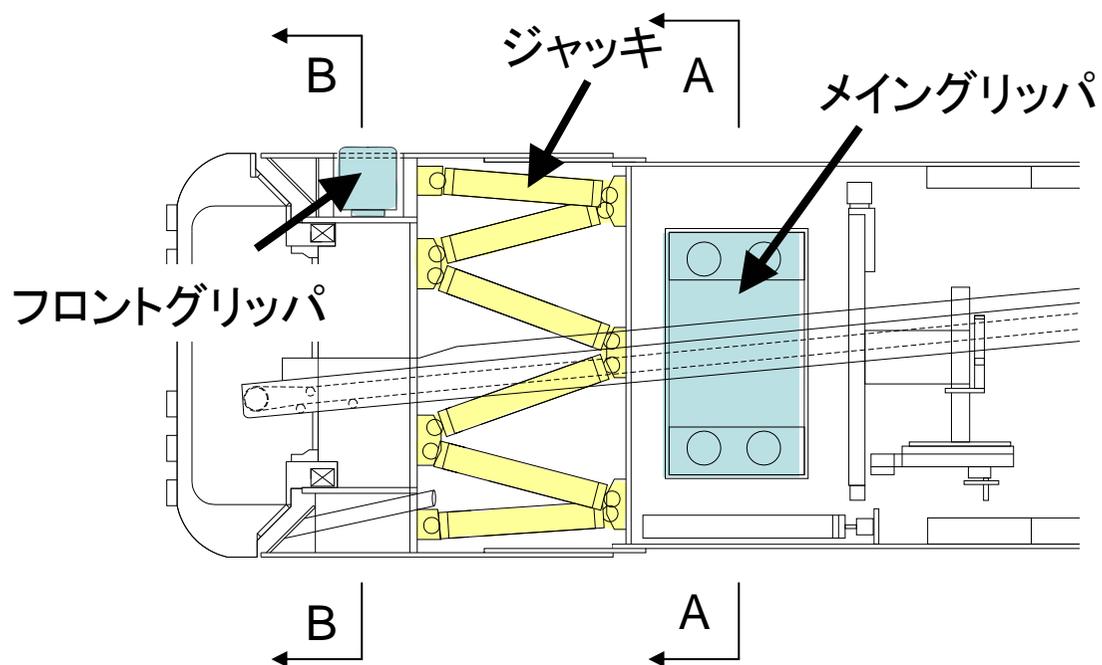
- ・シールド工法と同様に、TBMの中で組立てたセグメントにジャッキを押しつけて、ジャッキが伸びることで前へ進みます。



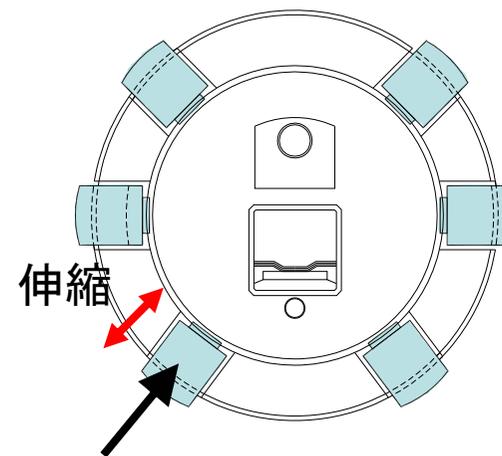
進み方②

進み方(その2)

- ・メイングリッパを岩盤に押しつけて固定し、ジャッキが伸びることで前進します。
- ・ジャッキが伸びきると、フロントグリッパを岩盤に押しつけて、前の部分を固定してから、ジャッキを戻すことで後ろの部分を前に進めます。
- ・以上を繰り返しながら前に進みます。

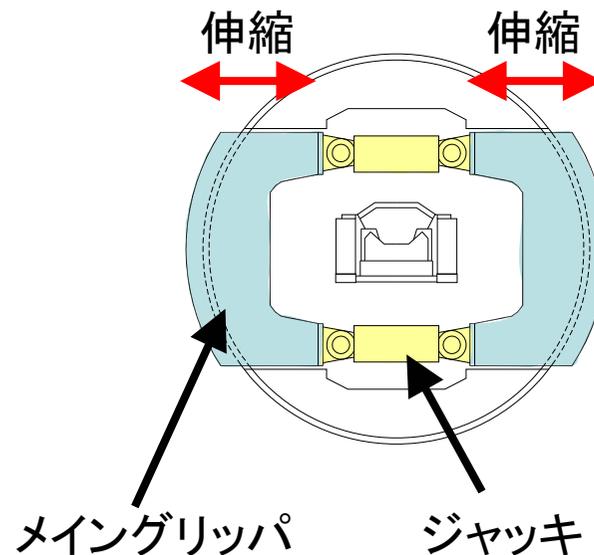


B-B断面図



フロントグリッパ

A-A断面図



③ 山岳工法の紹介

山岳工法の紹介①

山岳工法の概要

- ・ 水資源機構内の現場（豊川用水総合事業部）で行われている、山岳工法の事例を紹介します。
- ・ 工事の場所は、愛知県新城市です。
水資源機構の大原調整地（東名高速道路 豊川ICの手前3kmの所から見えます。）の近くです。



東名高速道路

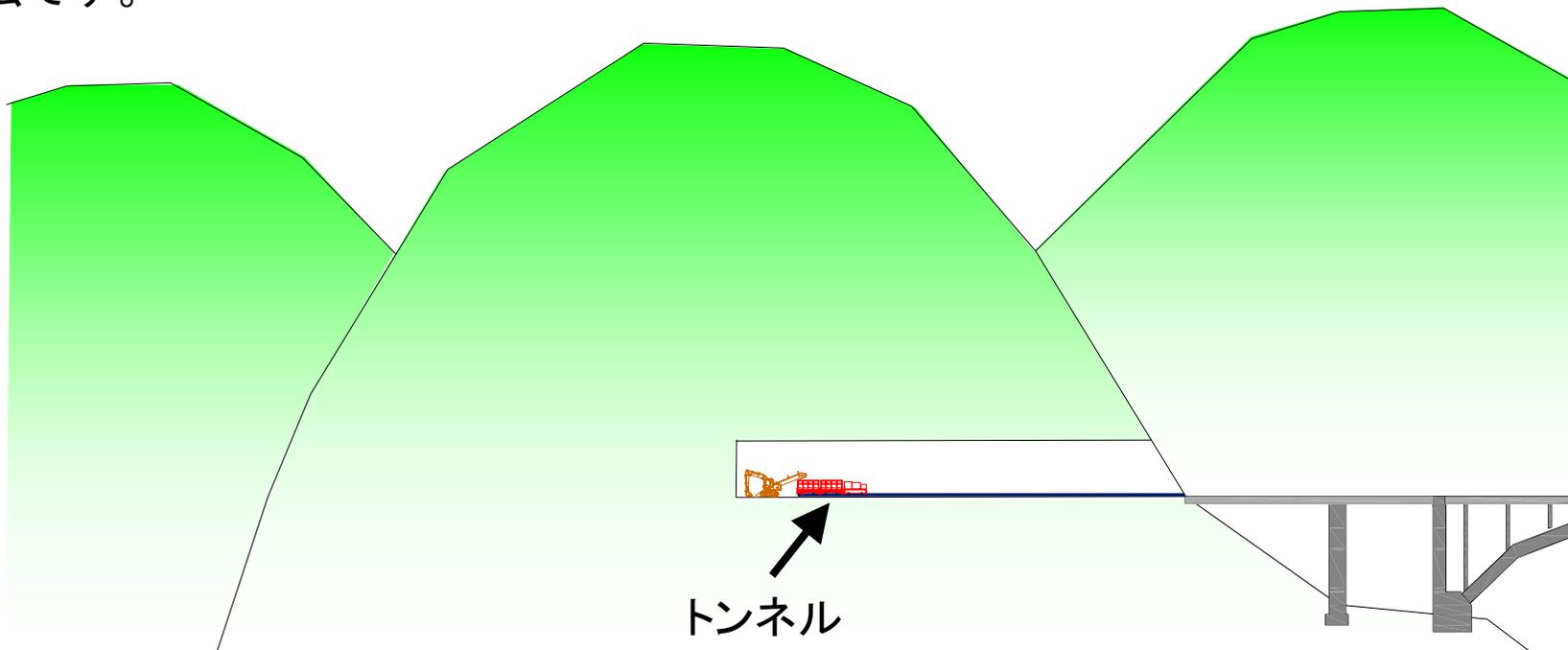
工事現場

大原調整地のダム堤体
(東名高速から見えます。)

山岳工法の紹介②

山岳工法の特徴

- ・ 山岳工法は、山地部にトンネルを造ることが得意な工法です。
- ・ 岩盤など堅い地盤に、トンネルを造ることが得意な工法です。
- ・ 山岳工法は、シールド機やTBMのような機械を使わないで、直接岩盤などを機械や人力などで掘る工法です。
- ・ 直接掘る地盤を見ながら施工が出来るため、地質の変化や障害物などに対応し易い工法です。



地山の掘削方法（掘り方）①

- ・ トンネルを掘る地盤が、機械で削れる岩盤などの場合は、機械を使って掘りますが、岩盤が機械で掘れないほど堅い場合は、発破を行いながら掘ります。
- ・ 紹介する現場では、岩盤が堅かったため、発破を行いながら掘っています。
- ・ 発破を行う場合は、機械で岩盤に穴を開けてからダイナマイトを入れて発破します。

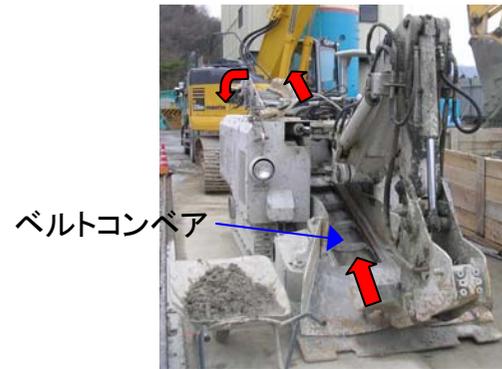


地山の掘削方法②

- ・ 細かくなった土を機械で積込み、機関車で運搬します。
- ・ トンネルの中には、機関車が通れるようにレールを引きます。
- ・ トンネルから出した土は、トラックで運搬します。



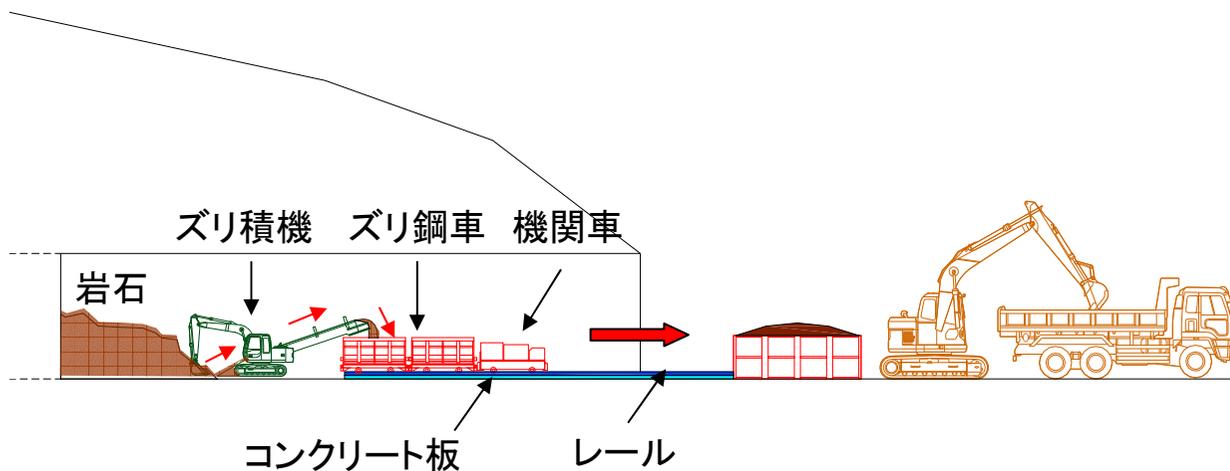
【細かくなった土や岩石】



【ズリ積機(シャフローダ)】



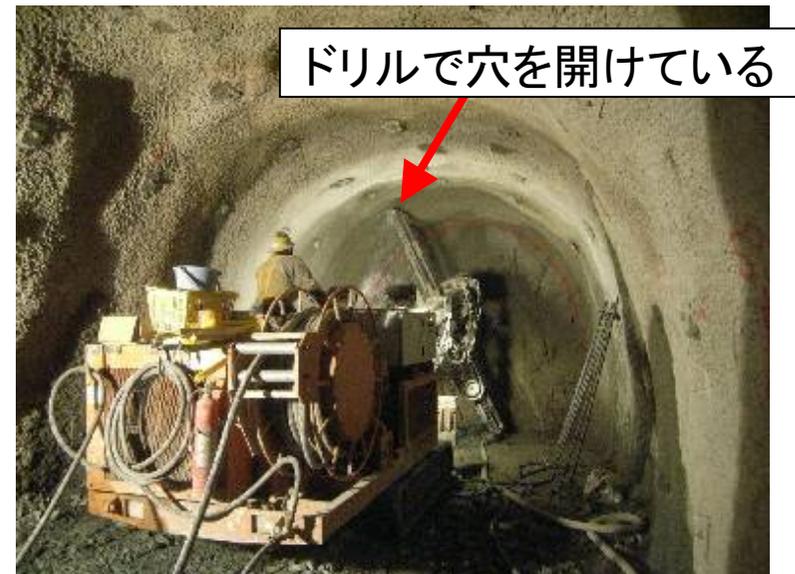
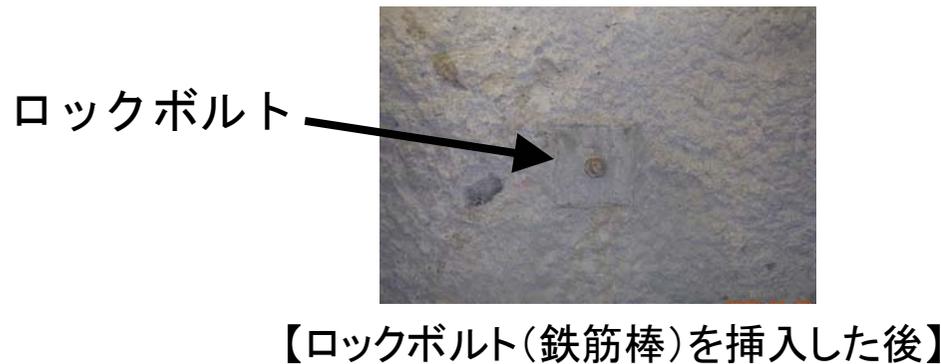
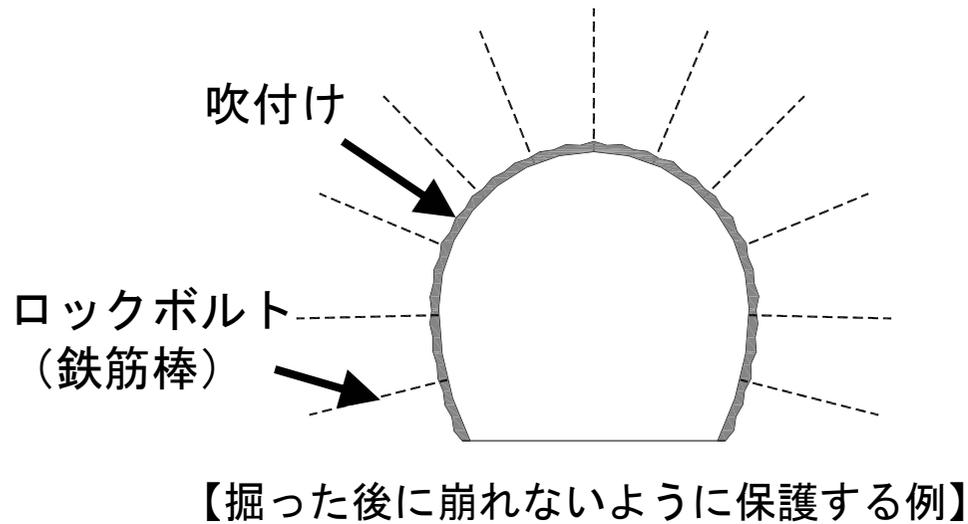
【トンネルの中の様子】



【土や岩石をダンプで搬出】

覆工（トンネルの壁）の仕方①

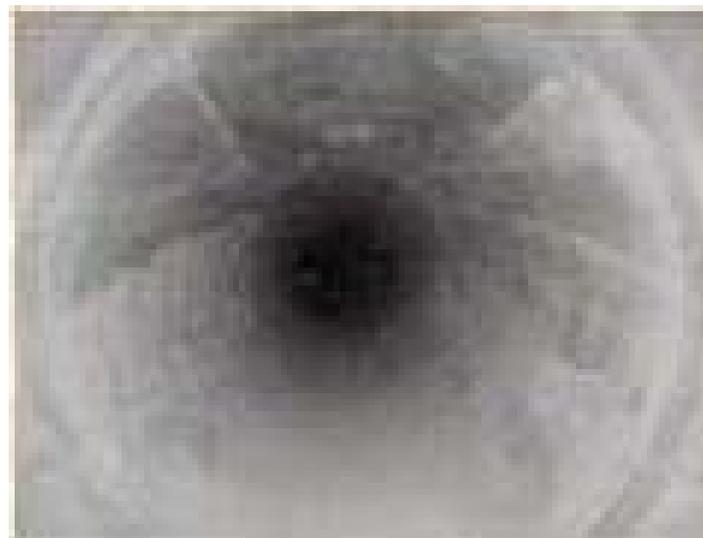
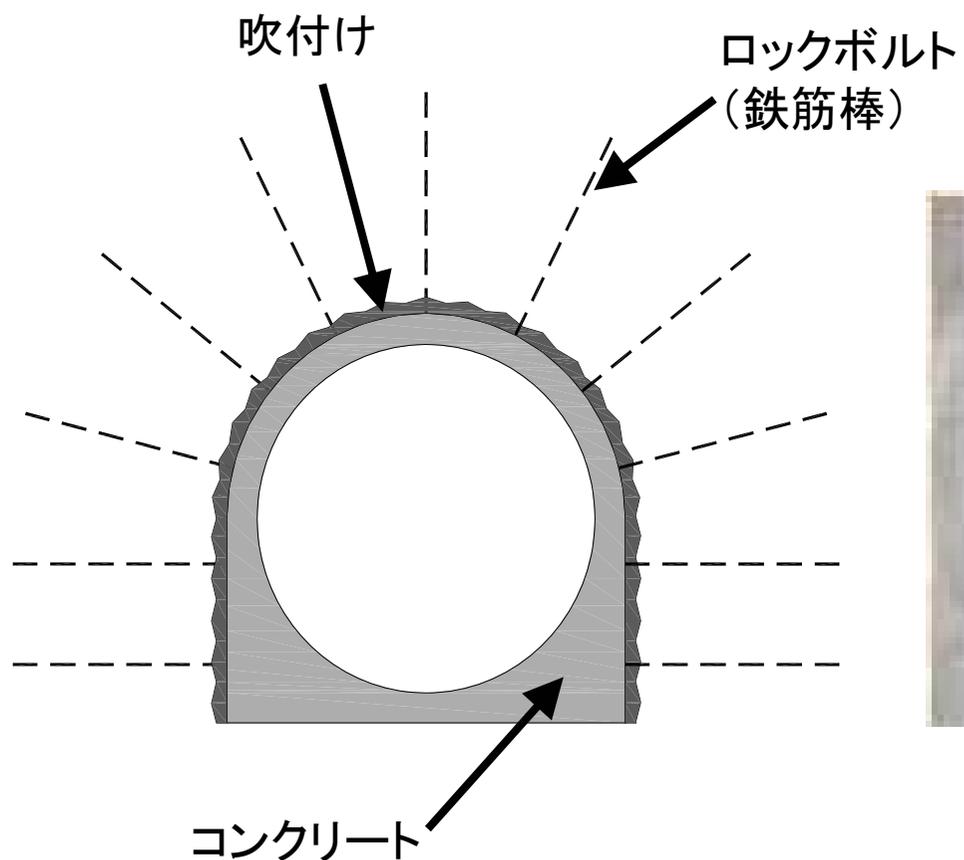
- トンネルを掘った後、地山が崩れないようにセメントを吹き付けて、鉄筋棒を地山に打ち込みます。



【吹付け面に穴を開けている様子】

覆工（トンネルの壁）の仕方①

- ・仕上げに、コンクリートを打って仕上げます。



【仕上りイメージ】