立体交差施工法/非開削施工法

R＆C工法

アンダーパス技術協会

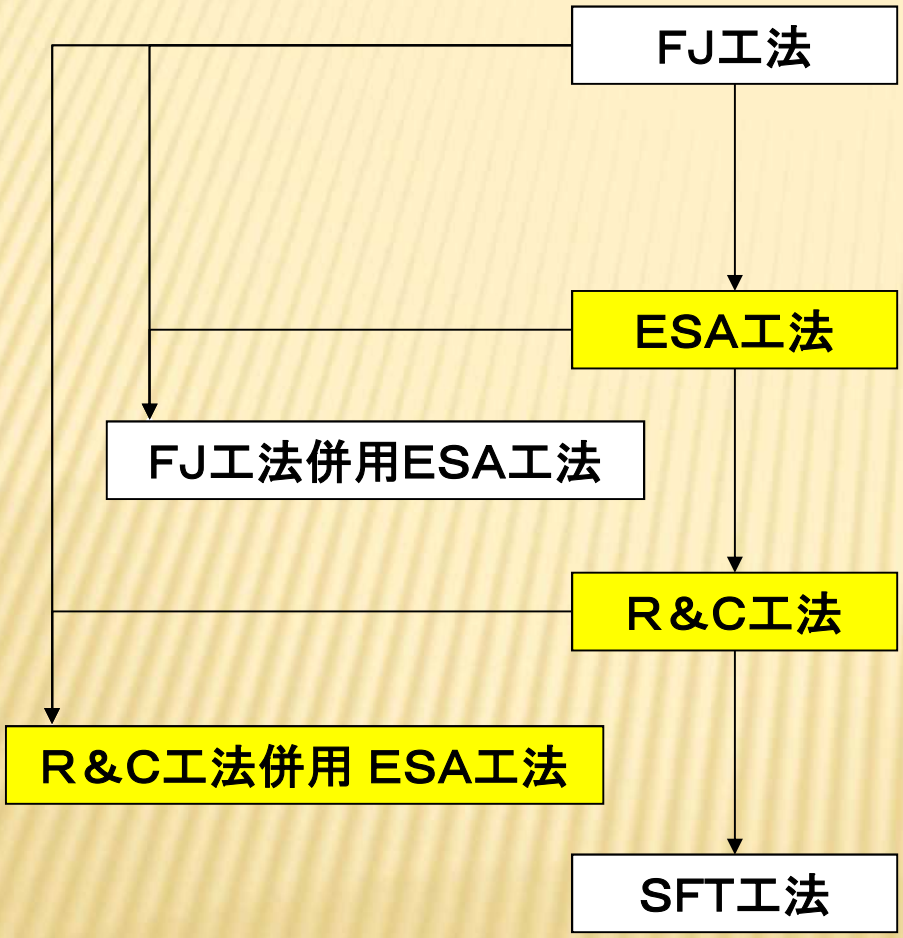
目次

- Ｒ＆Ｃ工法
  - アンダーパス技術協会 概要
  - 施工技術の変遷
  - 非開削施工法 本体構造物の製作法と形式
  - アール・アンド・シー（Ｒ＆Ｃ）工法 概要
- ＥＳＡ工法
  - ＥＳＡ工法の概要
  - Ｒ＆Ｃ工法併用ＥＳＡ工法の原理
- 施工順序
- 特徴・実績
- 施工事例

アンダーパス技術協会

- 施工法の普及と広報活動、技術開発・改良と技術支援を目的に、2006年6月設立。 会員50社
- 施工技術と実績
  - フロンテジャッキング（FJ）工法　893件
  - ESA工法　53件
    （43件はFJ工法と併用、10件はR&C工法と併用）
  - R＆C工法　408件
  - SFT工法　37件
- 協会活動
  - 計画支援、現場見学会、技術講習会、展示会出展など

施工技術の変遷（アンダーパス技術協会）



・1967年施工開始
・函体のけん引工法
・一般にパイプルーフを併用する
・施工実績が豊富

・1980年施工開始
・函体の長距離施工法
・曲線施工が可能

・1884年施工開始
・箱形ルーフと函体の置換え工法
・低土被り施工が可能
・施工実績が豊富

・2006年施工開始
・箱形ルーフと函体の置換え工法
・低土被り施工が可能
・函体押込み時、切羽掘削が無い施工法

非開削施工法 本体構造物の製作法と形式

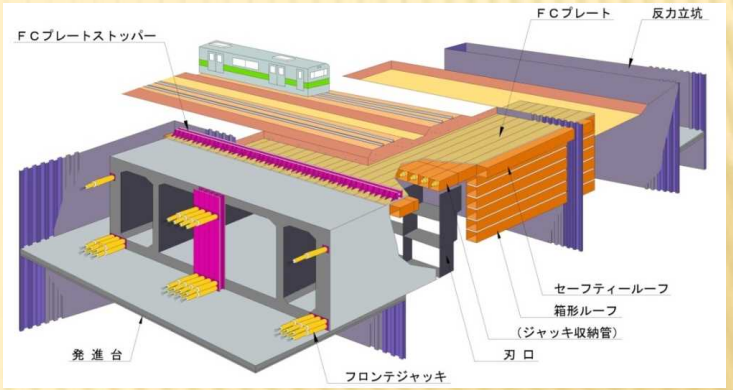
製作法 / 構造形式	ボックスカルバートの押込み施工	エレメント部材の組合せ施工	トンネル内現場打設施工
ラーメン形式	フロンテジャッキング工法 R&C工法 ESA工法 SFT工法 COMPASS工法	JES工法 URT工法（PC横締め） PCR工法（PC横締め）	パイプルーフ工法 パイプビーム工法 COMPASS工法
下路桁形式		URT工法 PCR工法 NNCB工法	
円形 楕円形 馬蹄形		JES工法 URT工法	

※　施工事例のある施工法から抜粋

Ｒ＆Ｃ工法 施工概要

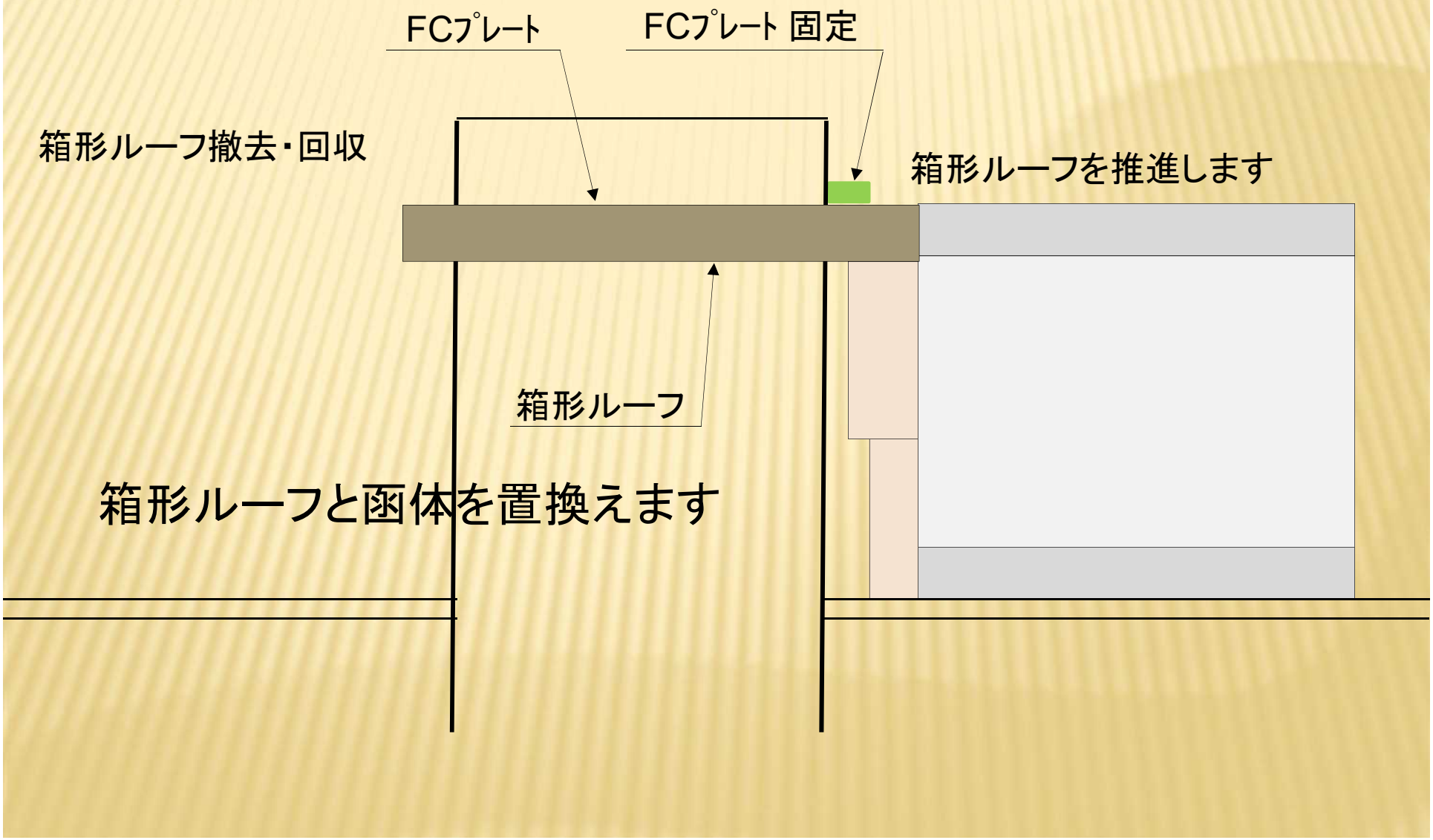
工法概要

- Ｒ＆Ｃ工法は、「R：箱形ルーフ」と「C：ボックスカルバート」を置換え、非開削で地下構造物を作る施工法です。

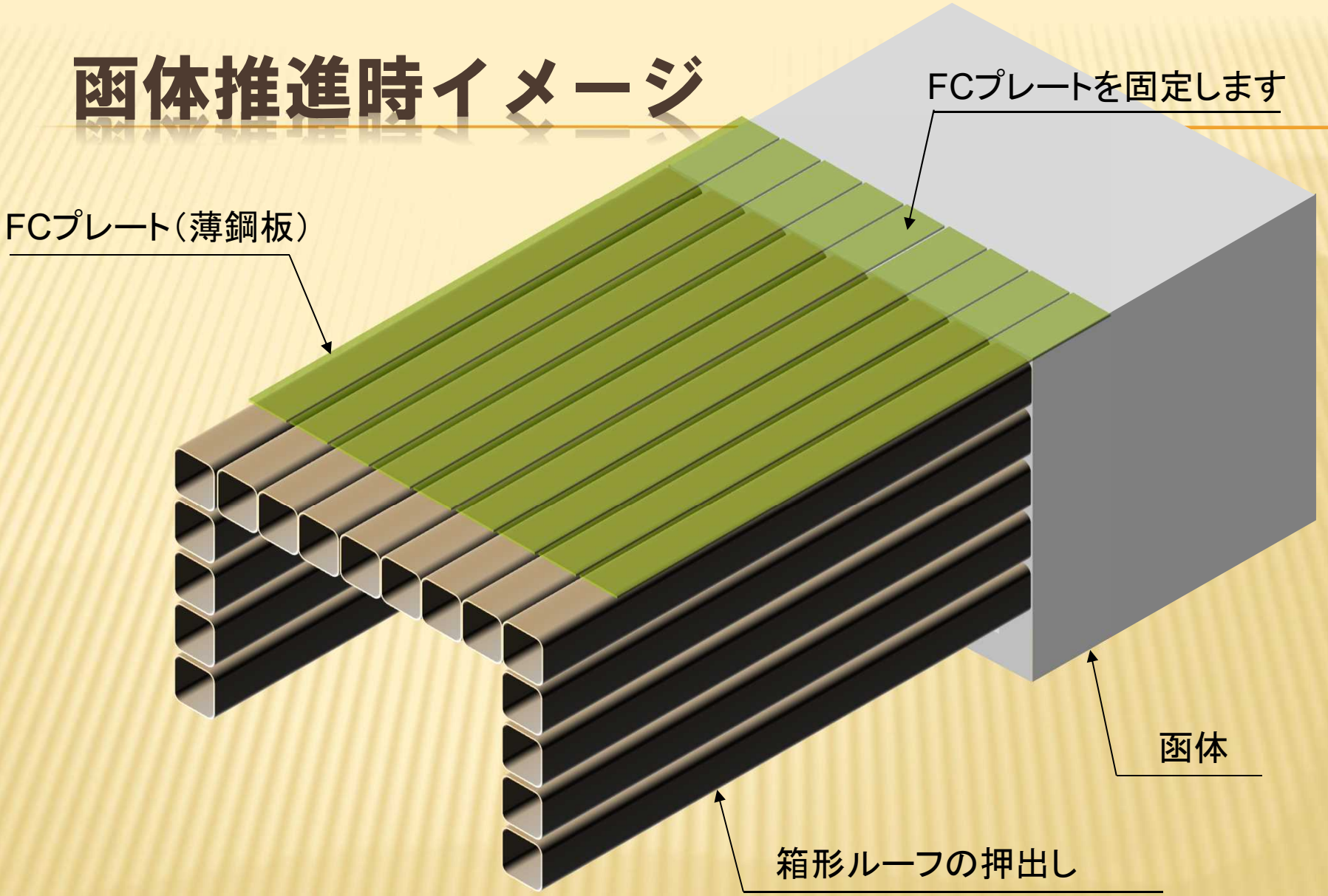


- ボックスカルバートは、「推進方式」または「けん引方式」で、函体を押込む施工法です。
- 函体外周位置に合わせて箱形ルーフを配置して行うため、低土被り施工が可能です。
- 箱形ルーフは押出し、回収して、再利用できる施工法です。
- FCプレートを固定し、FCプレートの下面をボックスカルバートが移動するため、FCプレートの効果により、周辺地盤や近接構造物への影響を抑制した施工を行います。

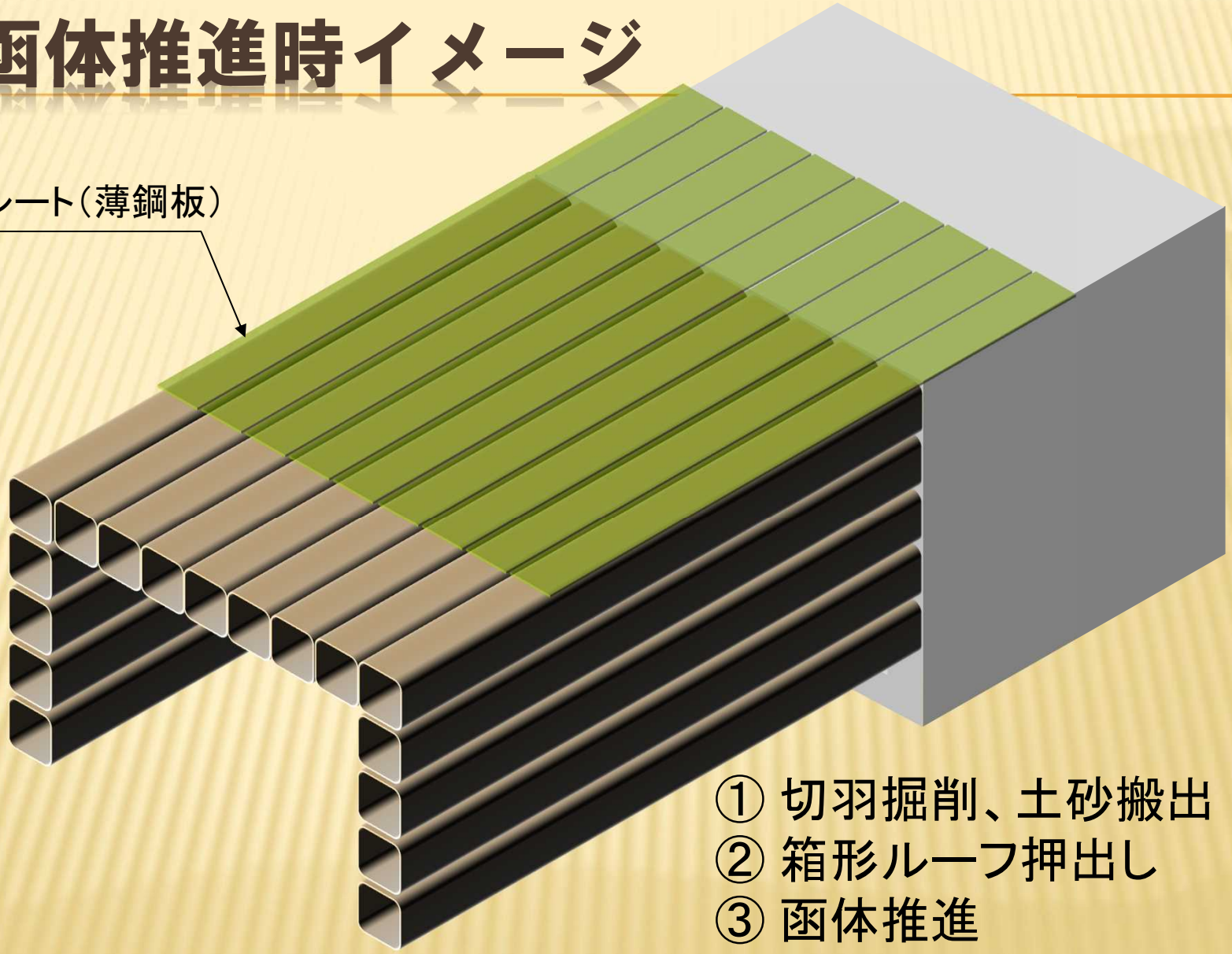
箱形ルーフと函体置換 イメージ



函体推進時イメージ

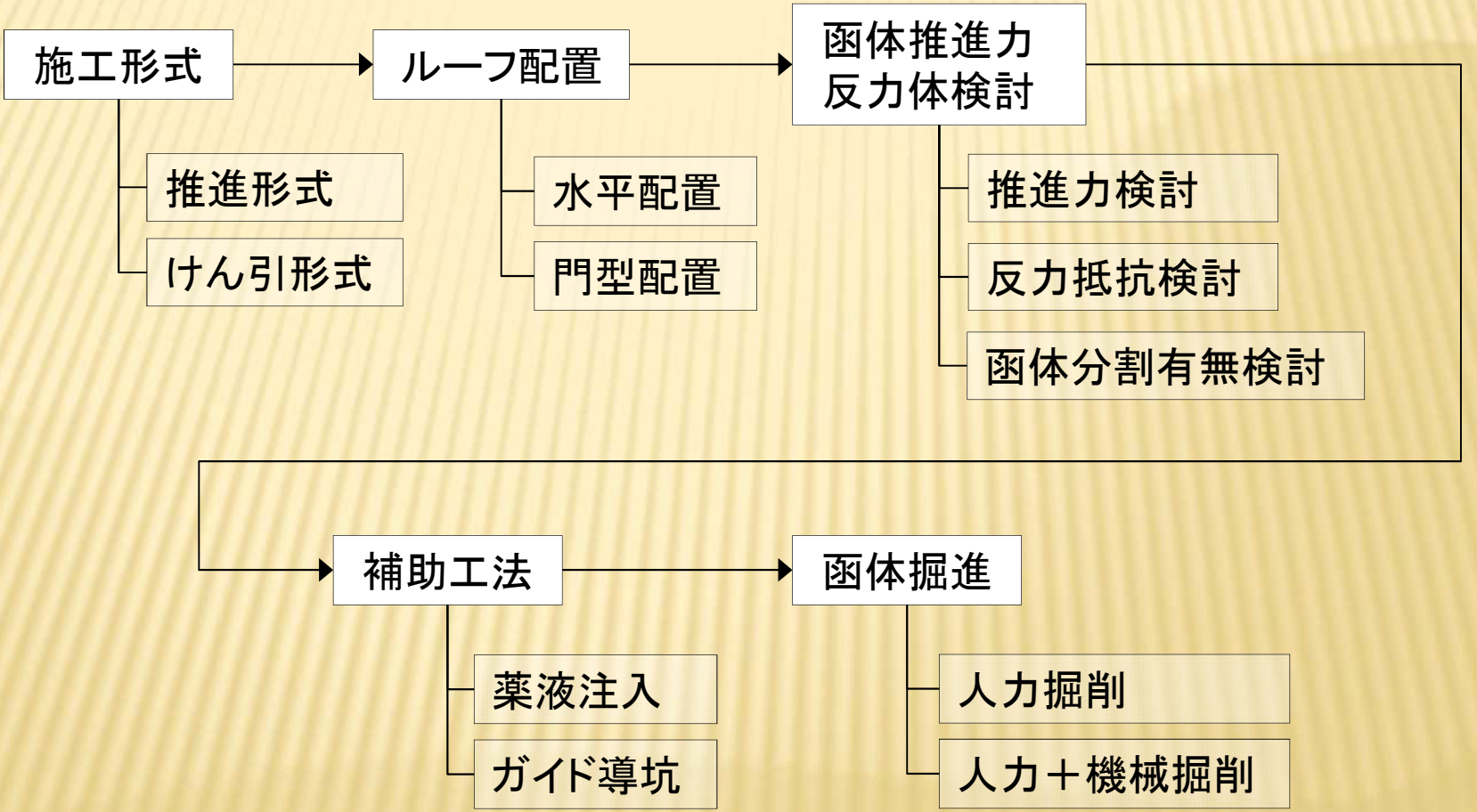


函体推進時イメージ

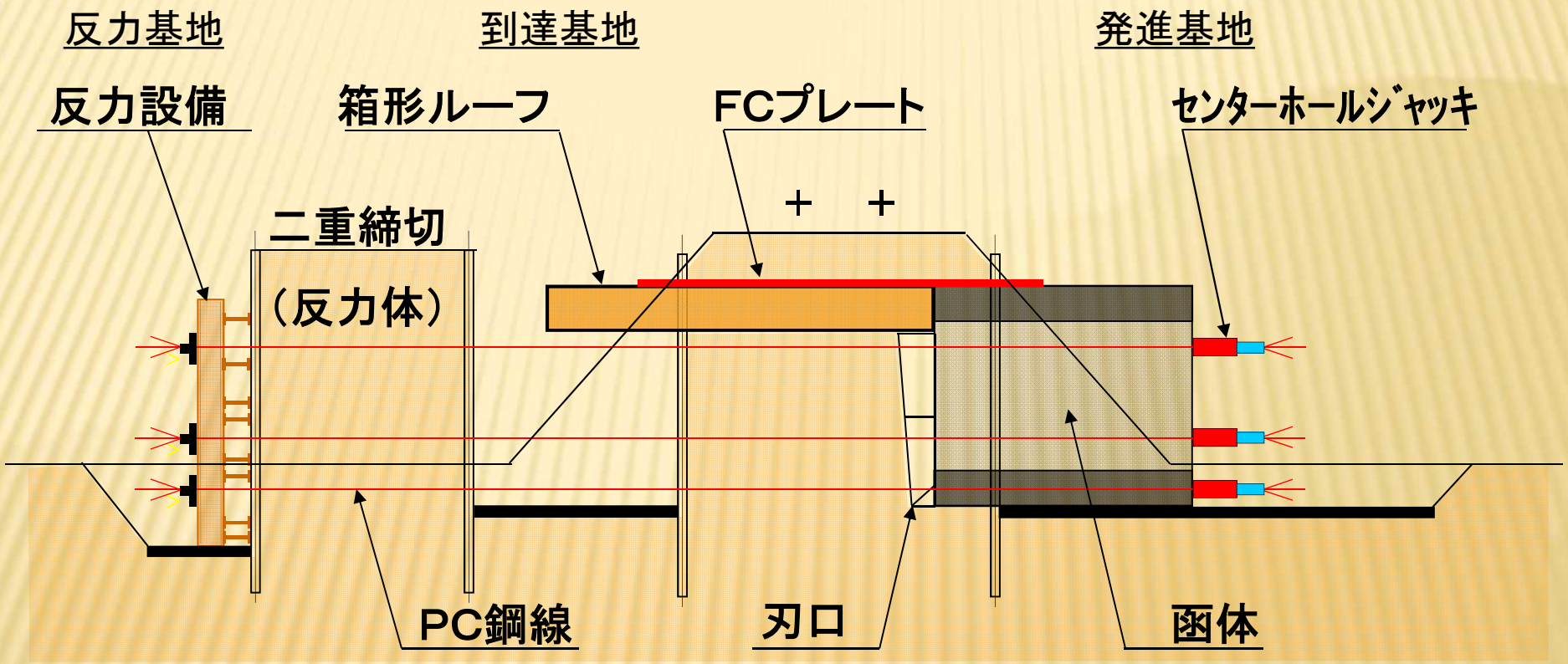


① 切羽掘削、土砂搬出
② 箱形ルーフ押出し
③ 函体推進
この作業を繰返し進みます

主な施工検討の流れ

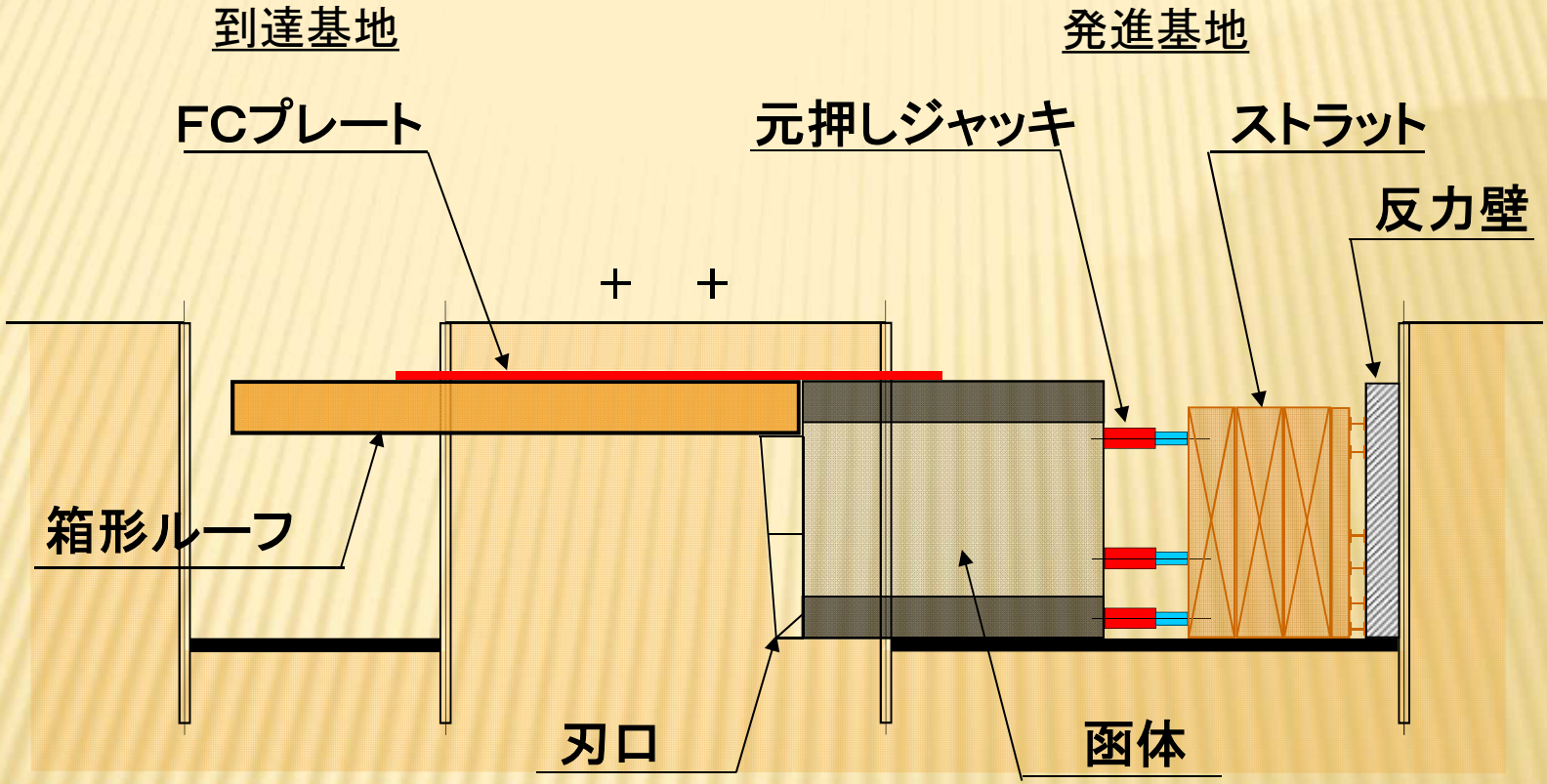

施工形式
推進形式
けん引形式
ルーフ配置
水平配置
門型配置
函体推進力
反力体検討
推進力検討
反力抵抗検討
函体分割有無検討
補助工法
薬液注入
ガイド導坑
函体掘進
人力掘削
人力＋機械掘削

施工形式　（けん引形式）



- 一般に、築堤部の横断計画や大規模計画で適用。
- 到達側に反力体を築造し、函体けん引と箱形ルーフの設備とします。

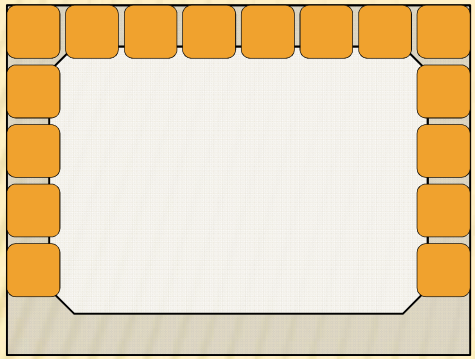
施工形式　（推進形式）



・一般に、平地での横断計画や小規模計画で適用。
・発進立坑背面の地盤を反力とします。

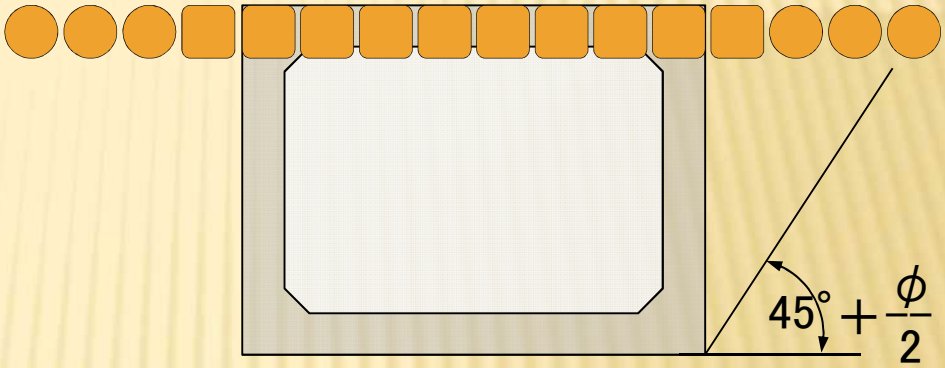
箱形ルーフの配置

門型配置（Ⅰ）



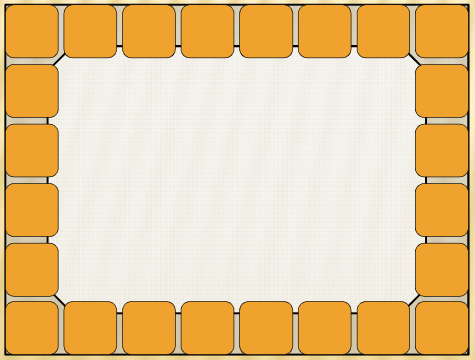
標準的な配置形式です。

一文字型配置



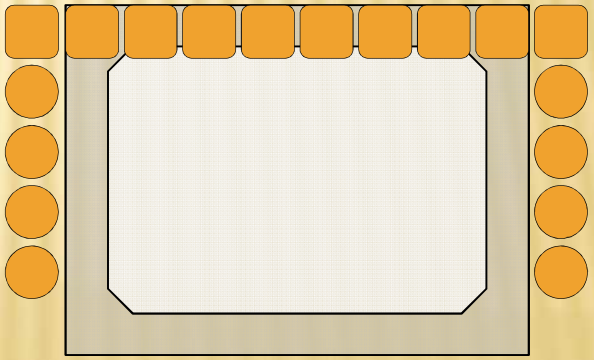
安定した地盤での配置形式です。

函型配置



SFT工法への適用配置形式です。

門型配置（Ⅱ）



側部パイプは埋め殺しです。

函体推進力と反力抵抗

函体推進力(T)

$T = P_1+P_2+P_3$

P_1：刃口先端抵抗力

P_2：ﾌｪｰｽｼﾞｬｯｷ山留抵抗力

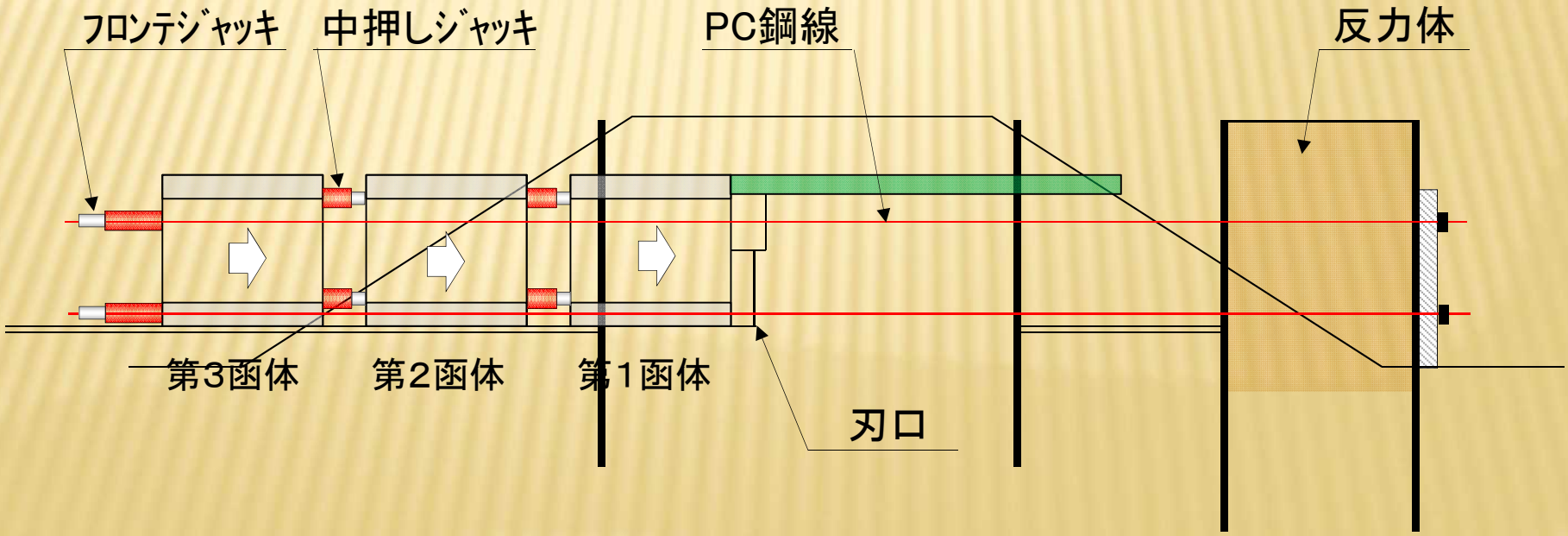
P_3：函体周面摩擦抵抗力

反力抵抗(R)

$R = T \times \alpha$

T：函体推進力

α：安全率



函体掘進工

① 切羽掘削、土砂搬出

③ 箱形ルーフ推進

② 切羽土留

④ 函体けん引

使用材料

種　類	断面ｻｲｽﾞ(mm) 幅×高さ	長さ(mm)	
		標準管	調整管
標準断面	800×800	6,000	3,000
調整断面	1,000×800	6,000	3,000
	950×800	6,000	3,000
	900×800	6,000	3,000
	850×800	6,000	3,000

ＥＳＡ工法

ＥＳＡ工法 概要

- ESA工法は（Endless Self Advancing Method）「無限自走前進工法」と称し、断面矩形のボックスカルバートを長距離にわたり、非開削で地下構造物を構築する施工法です。

- 複数の函体と専用の推進設備（連結用PC鋼線、中押しジャッキ、定着装置、けん引ジャッキ）で「ESA設備」を構成します。

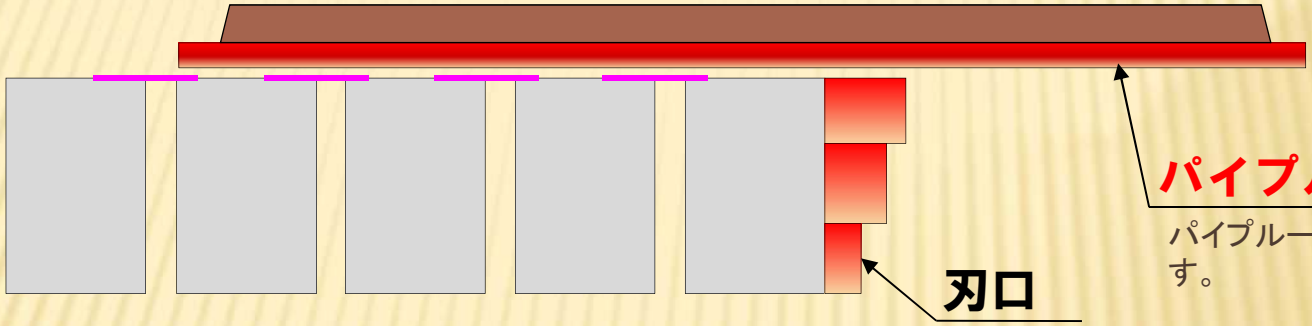
ＥＳＡ工法 概要

- 一つの函体を推進する時、他の複数の函体を反力抵抗体とします。この「推進函体」と「反力函体」とを交互に制御して、順次推進させる事を特徴とした施工法です。

- 施工の手順は、尺取虫の動きに例えられます。まず、尾部を固定（反力）し頭部を前進します、次に頭部を固定（反力）し尾部を引寄せます。これを繰返し進みます。

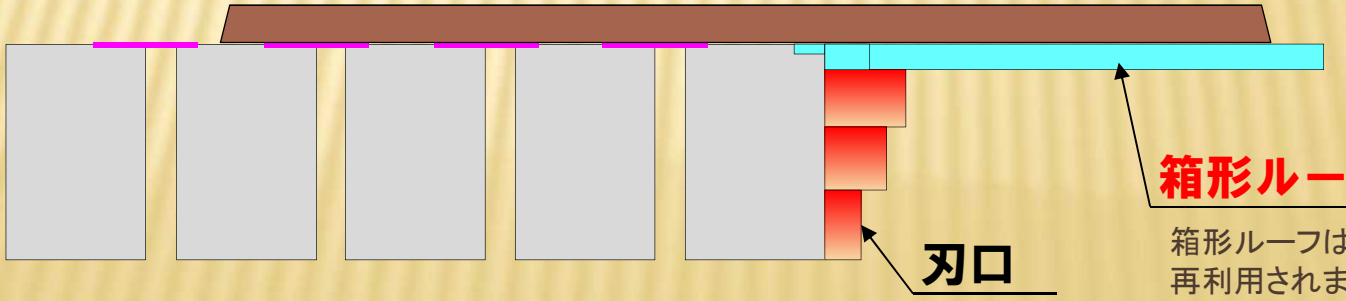
ＥＳＡ工法 概要

■フロンテジャッキング工法との併用施工



パイプルーフは地中に残地されます。

■Ｒ＆Ｃ工法との併用施工

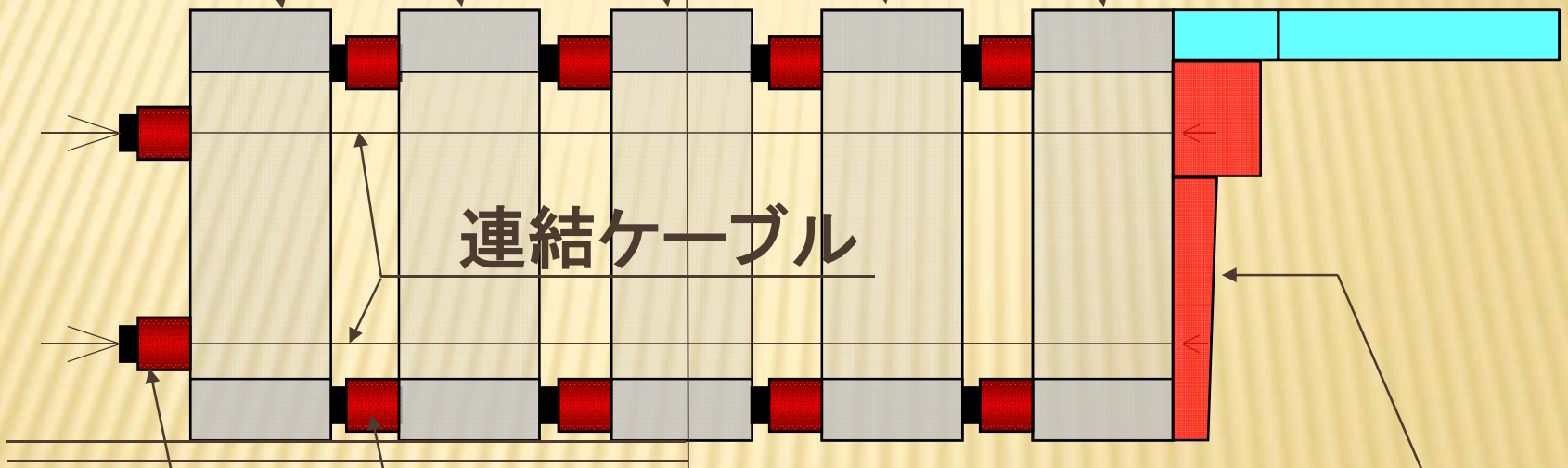


箱形ルーフは到達側で撤去され、再利用されます。

ESA工法の動き（原理）

トンネルの構造体

これを、つないでトンネルを作ります。



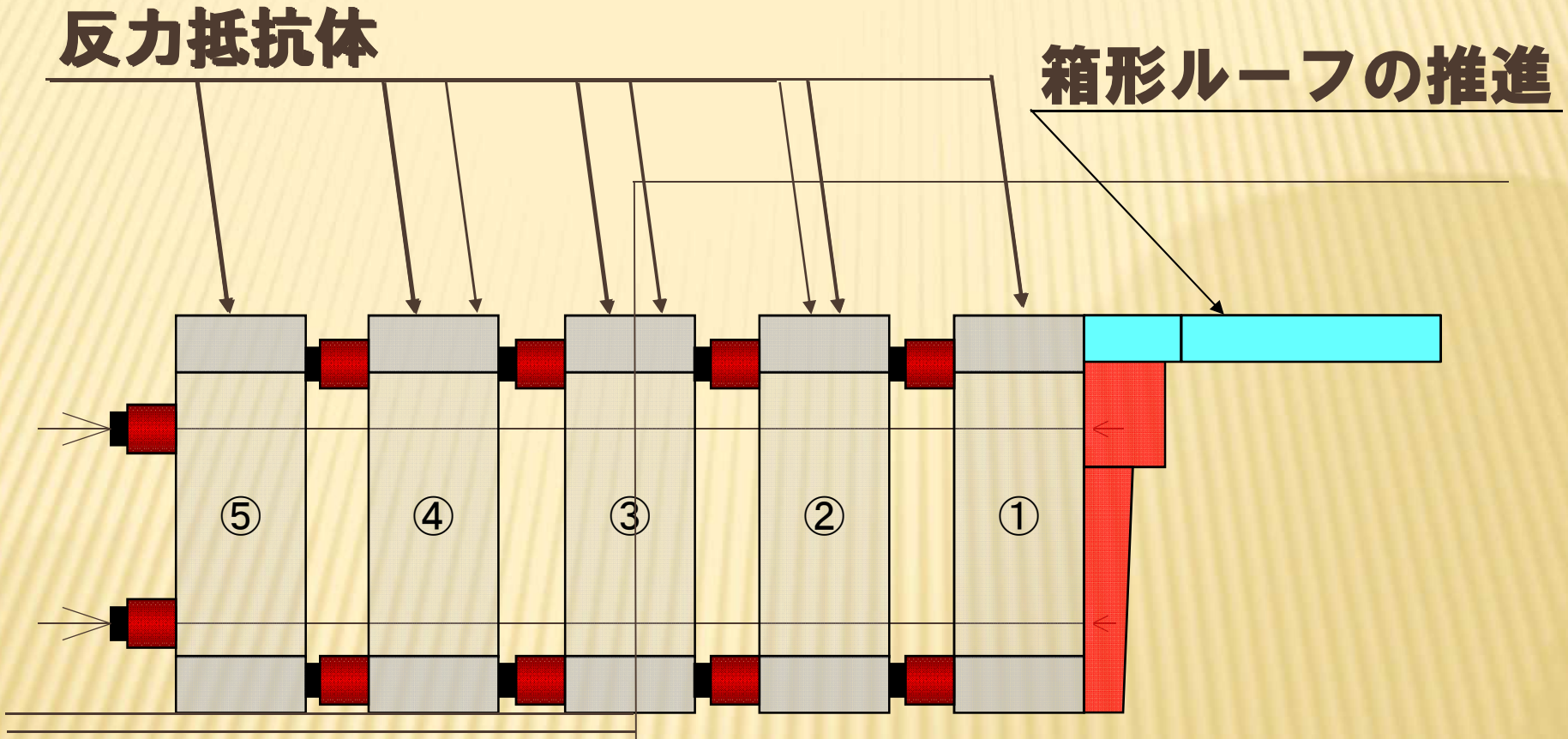
油圧ジャッキ

トンネルを押し進める装置です。

刃口

ここで土を掘ります。

トンネル函体が進みます

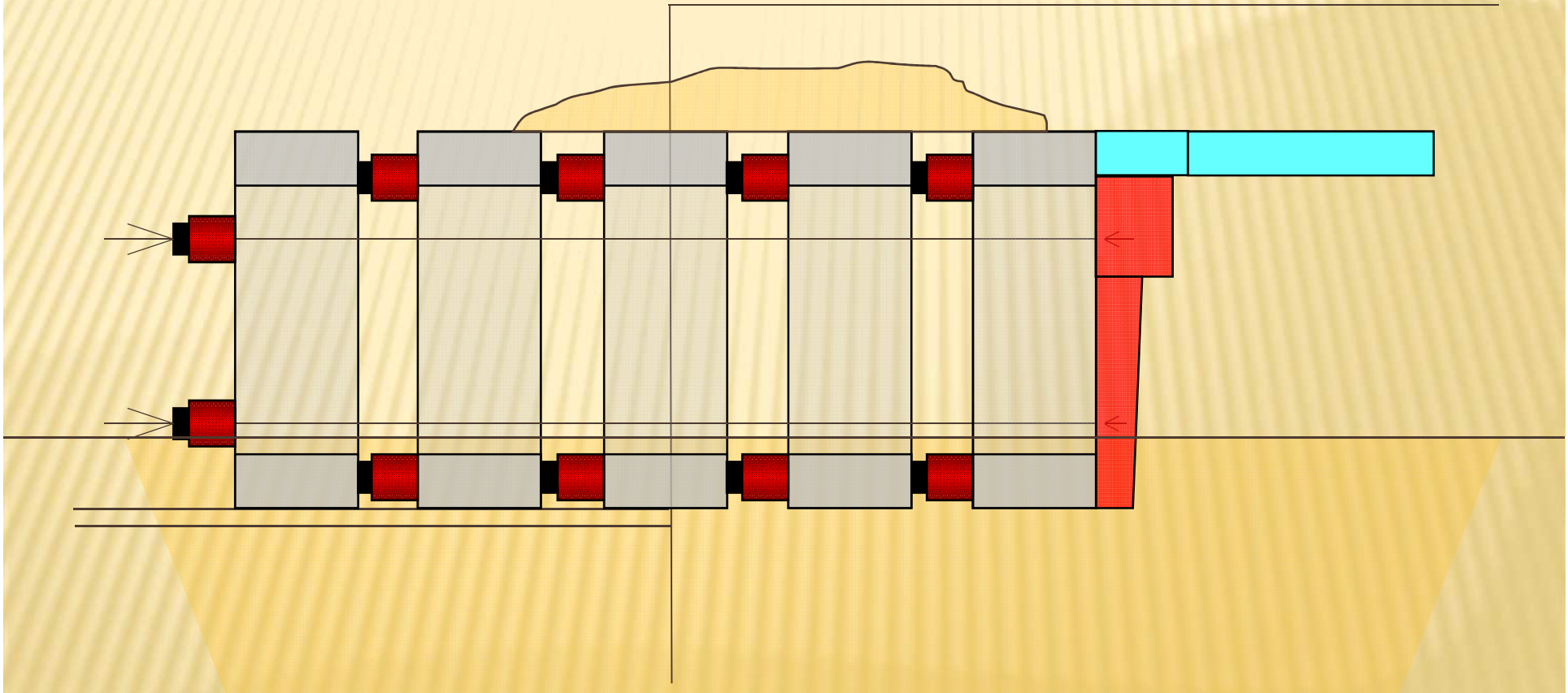


引寄せます。

同じことを繰返し進め、

トンネルを安全に作ります。

トンネルの完成です



施工順序

施工フロー

※ 代表的な計画例によるイメージ的比較です。

R&C工法 推進方式

- 立坑築造
- 地盤改良工
- 発進側反力体築造工
- 箱形ルーフ工
- ガイド導坑設置工
- 刃口・スカート組立工
函体底部敷鋼板敷設工
- 函体製作工
- 推進準備工
- 鏡切り・刃口貫入工
- 切羽掘削・土砂搬出工
- 函体推進工
- 到達工
- 推進設備撤去工
- 後作業工

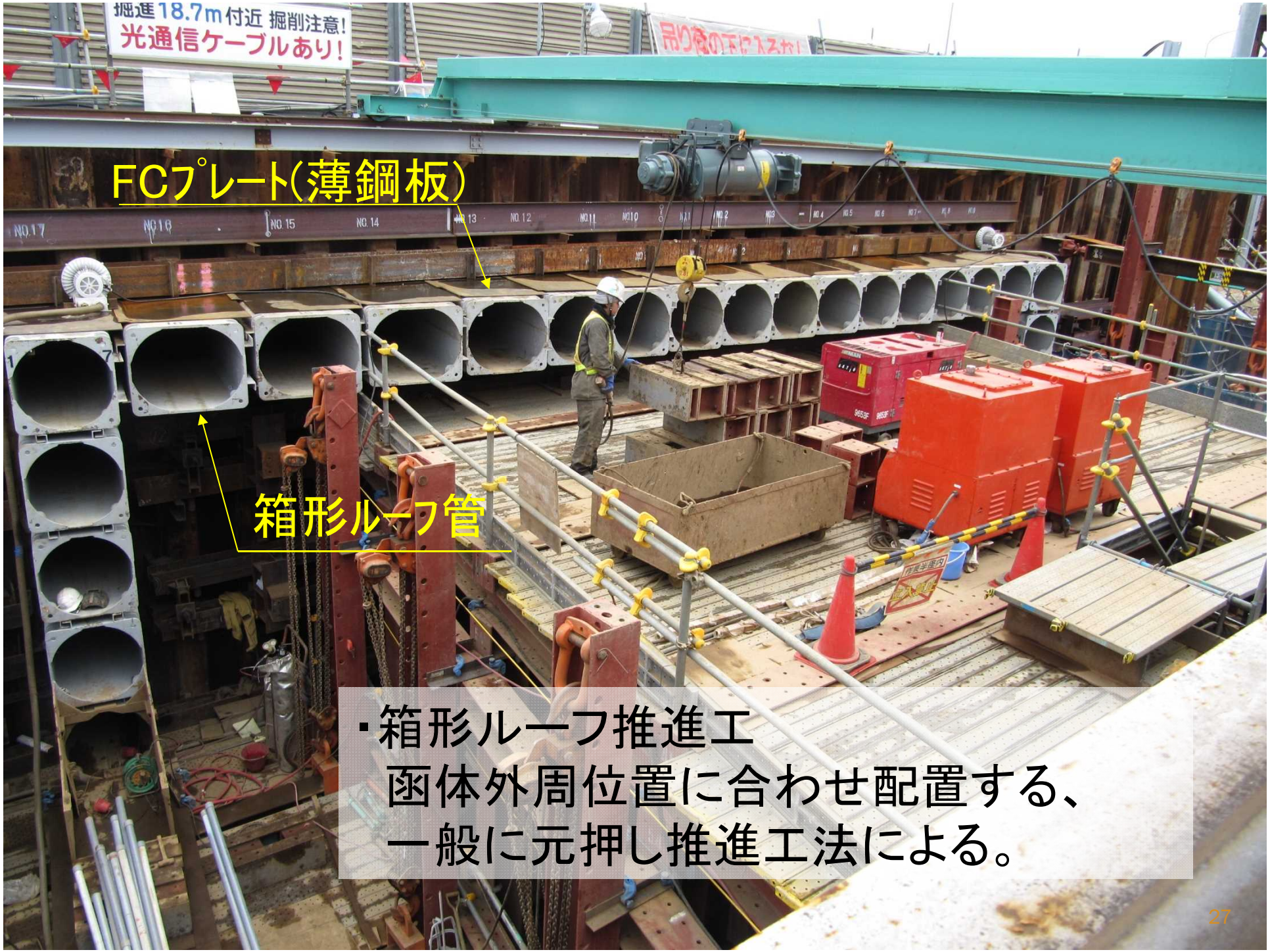
R&C工法 けん引方式

- 立坑築造
- 地盤改良工
- 到達側反力体築造工
- 箱形ルーフ工
- ガイド導坑設置工
- 水平ボーリング工
- 刃口・スカート組立工
函体底部敷鋼板敷設工
- 函体製作工
- けん引準備工
- 鏡切り・刃口貫入工
- 切羽掘削・土砂搬出工
- 函体けん引工
- 到達工
- けん引設備撤去工
- 後作業工

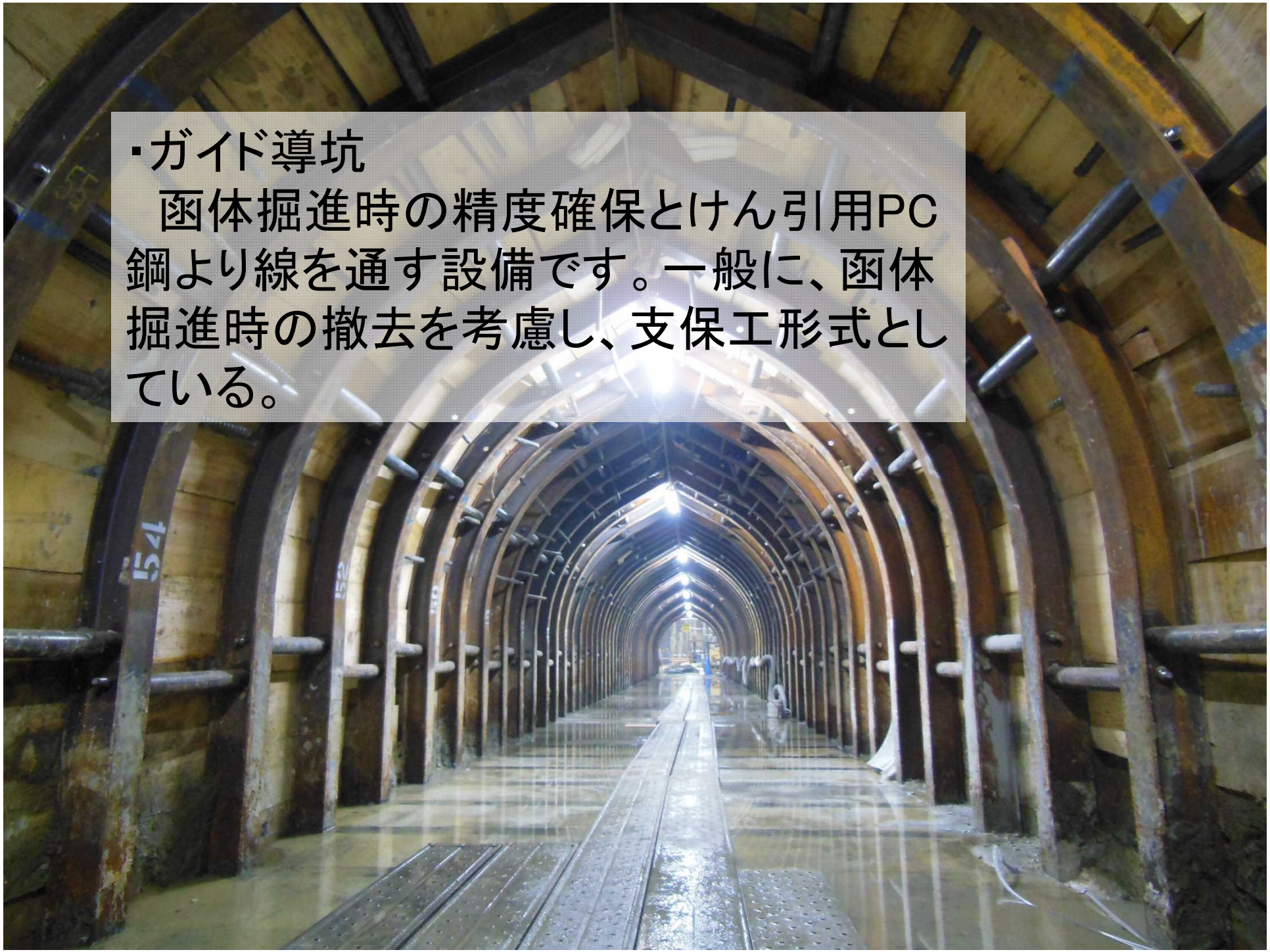
R&C工法併用ESA工法

- 立坑築造
- 地盤改良工
- ※1）到達側反力体築造工
- 箱形ルーフ工
- ガイド導坑設置工
- ※1）水平ボーリング工
- 刃口・スカート組立工
函体底部敷鋼板敷設工
- 函体製作工
- けん引準備工
- 鏡切り・刃口貫入工
- 切羽掘削・土砂搬出工
- 函体けん引工
- 到達工
- けん引設備撤去工
- 後作業工

※1）立坑長さが短いことで、設置する函体数が不足し、ESA工法が成立できない場合。
到達側反力体を活用し、けん引途中から、R&C工法けん引方式をR&C工法併用ESA工法へ切り替えることができます。

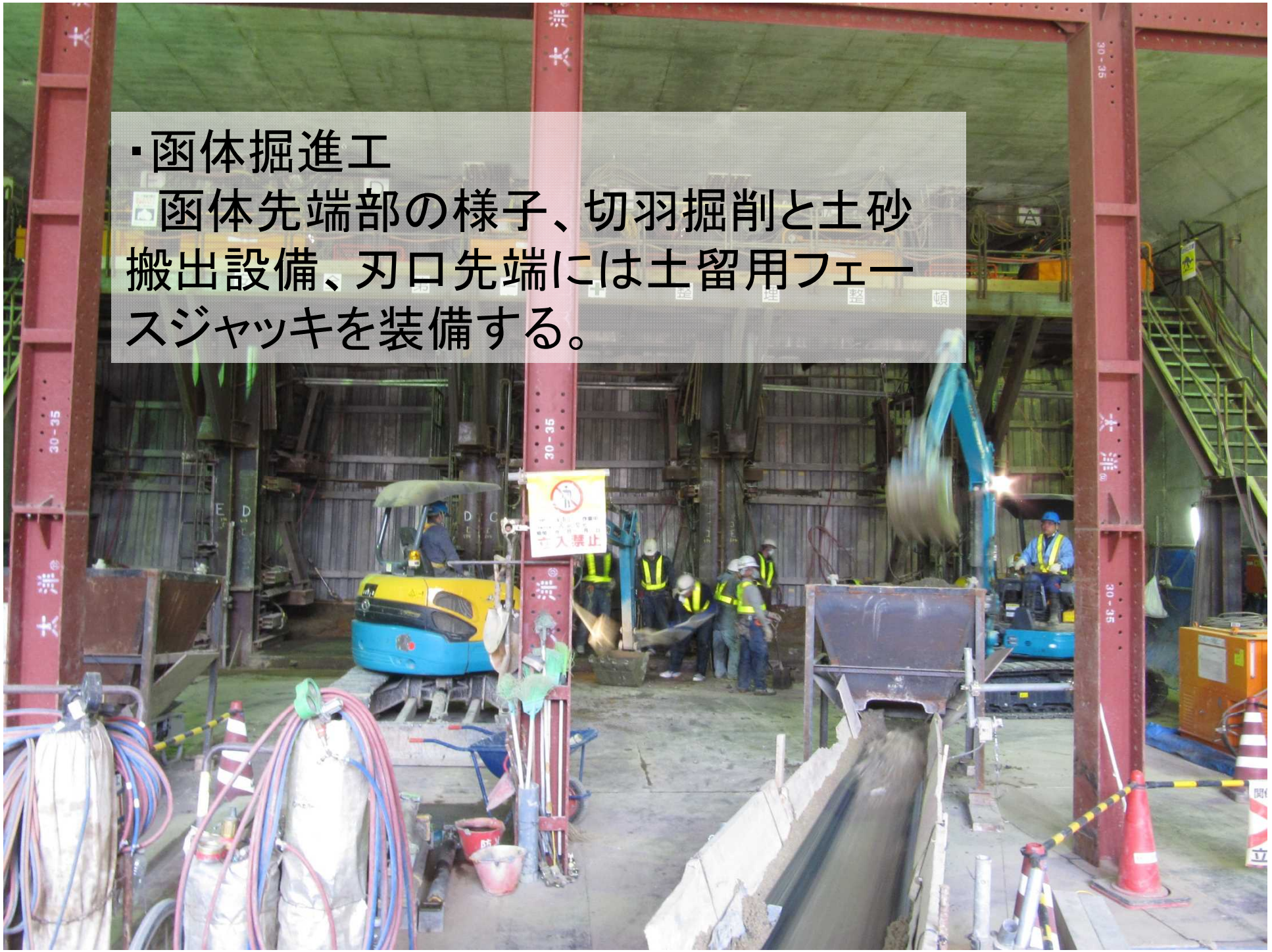


・箱形ルーフ推進工
函体外周位置に合わせ配置する、
一般に元押し推進工法による。



・ガイド導坑
　函体掘進時の精度確保とけん引用PC鋼より線を通す設備です。一般に、函体掘進時の撤去を考慮し、支保工形式としている。

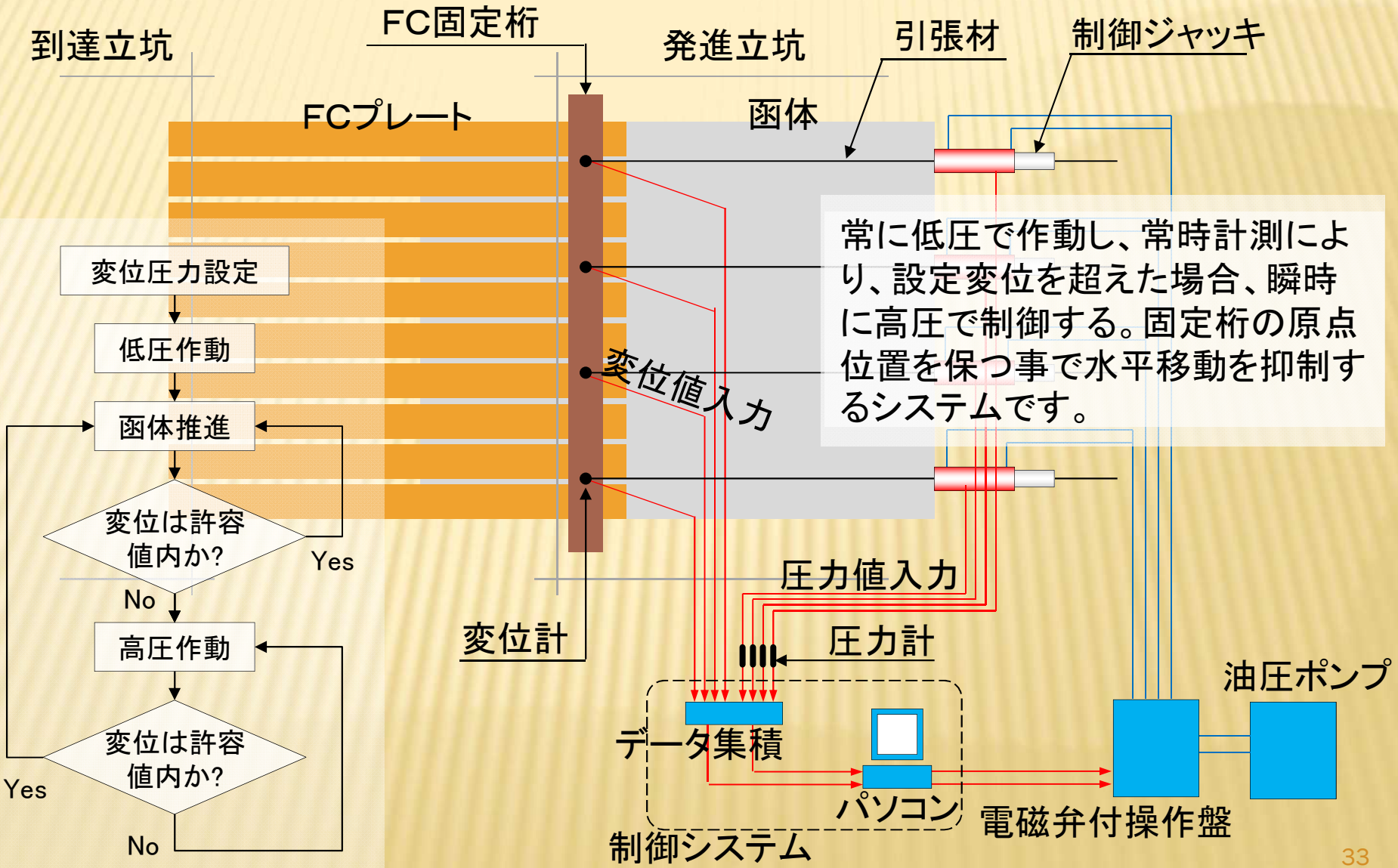
・刃口組立工
函体先端に取付け、箱形ルーフの支
承と切羽掘削作業を行うための部材

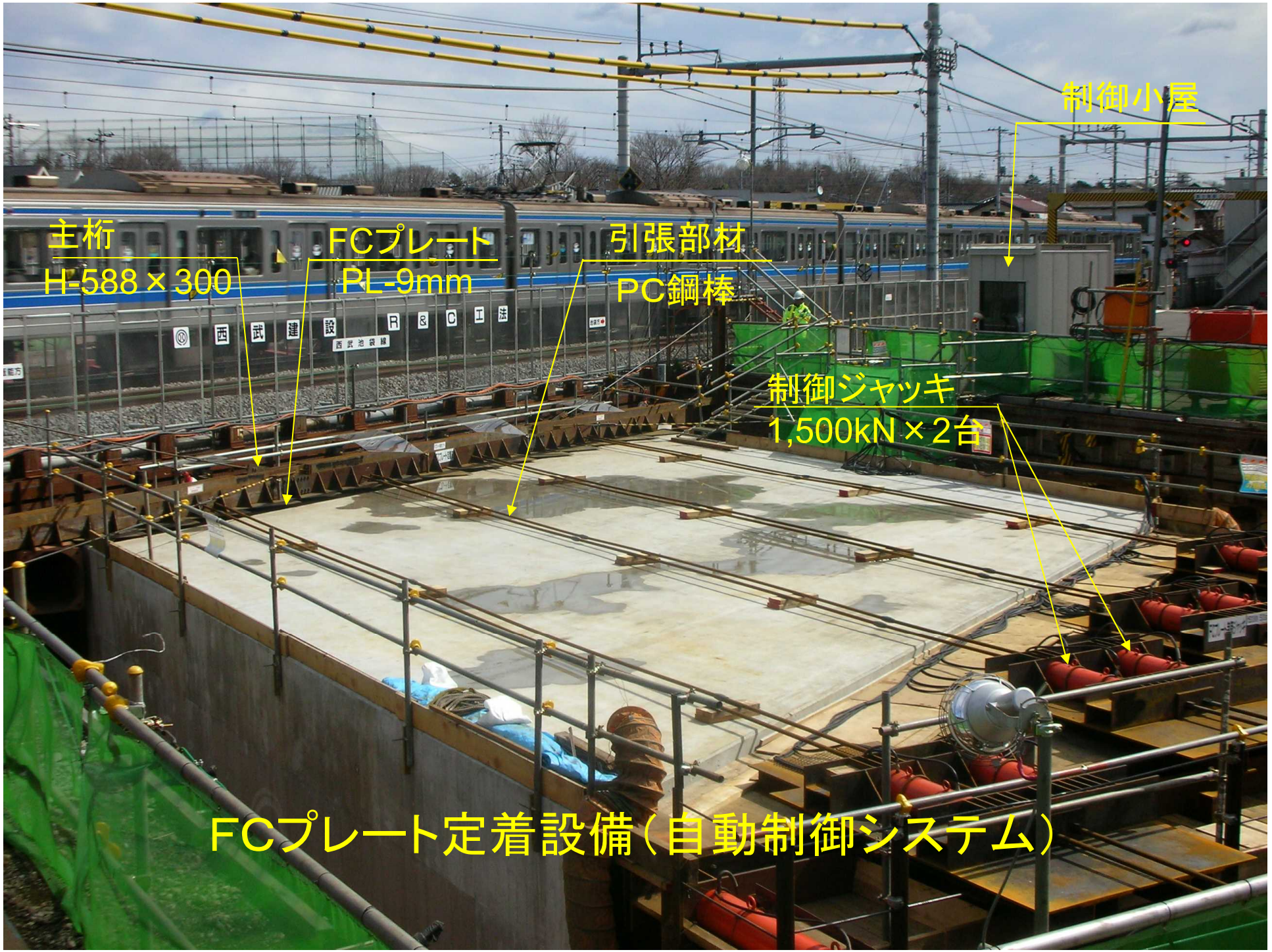

・函体掘進工
函体先端部の様子、切羽掘削と土砂搬出設備、刃口先端には土留用フェースジャッキを装備する。

・推進方式による元押し設備
立坑背面の土留を反力抵抗体として
函体推進を行う設備です。
発進側 函体推進元押し設備工

・FCプレート定着工(自動制御方式)
FCプレート位置を常に自動計測し、移動が認められた際、瞬時に制御するシステムです。

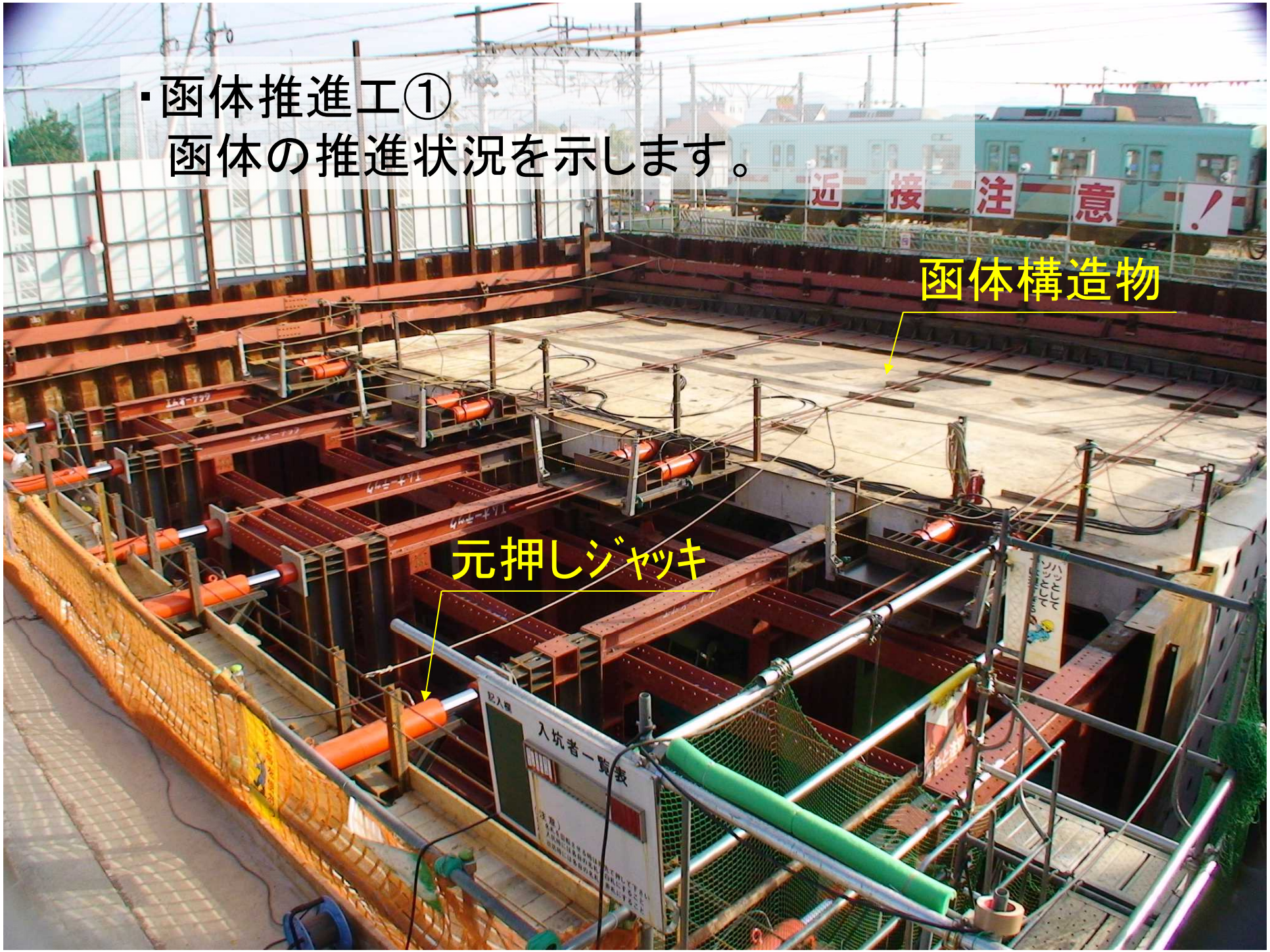
ＦＣプレート定着工　（自動制御）





FCプレート定着設備（自動制御システム）

・到達側状況
押し出される箱形ルーフの撤去架台です。箱形ルーフは、標準長さ6.0m毎に撤去します。


・函体推進工①
函体の推進状況を示します。
近接注意！
函体構造物
元押しジャッキ
入坑者一覧表

・函体推進工②
函体の推進状況を示します。
近接注意！
函体構造物
ストラット鋼材
スペーサー鋼材

・函体推進工③

函体の推進完了状況を示します。

特徴・実績

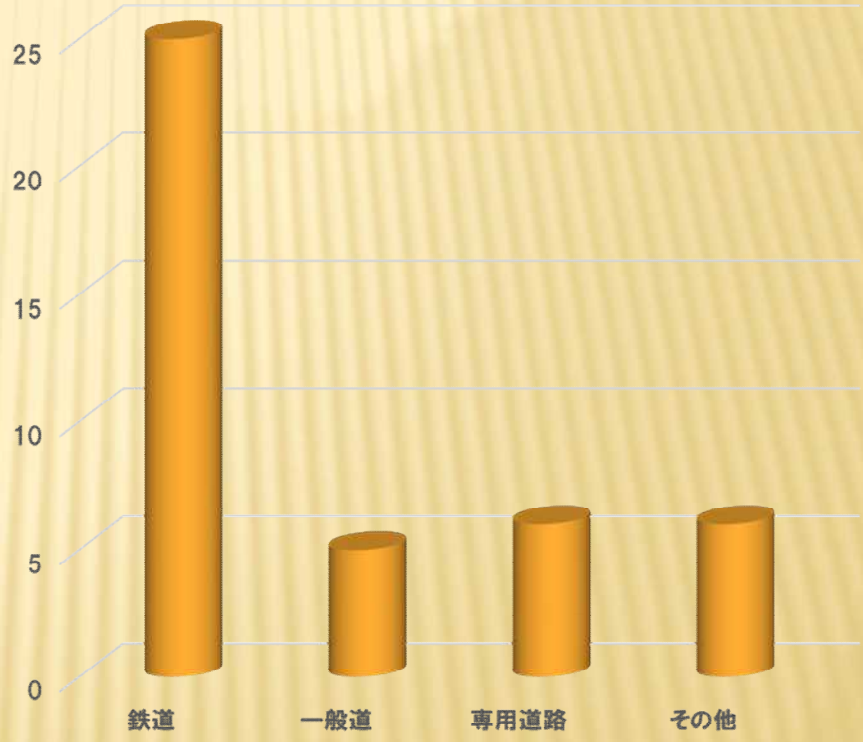
Ｒ＆Ｃ工法、Ｒ＆Ｃ工法併用ＥＳＡ工法 特徴

- 函体はRC構造のラーメン形式で、構造がシンプルでメンテナンスが無い非開削による施工法です。
- 低土被り施工が可能です。
- 箱形ルーフと函体構造物の置換工法です。
- 箱形ルーフは押出し回収・再利用する。
- 施工実績が多い。　1984年（昭和59年）から国内408件

施工実績　（横断箇所）

R&C工法　国内実績件数

ESA工法 国内実績件数



※フロンテジャッキング工法の併用含む
※内10件はR＆C工法併用
（鉄道：5件、一般道：2件、専用道路：2件、その他：1件の計10件）

施工事例

函体寸法
- 幅16.4m
- 高さ7.35m
- 長さ16.5m

土被り
- FL- 0.4m

土質
- 埋土、ローム、砂

横断箇所
- 鉄道、複線

特徴
- Ｒ＆Ｃ工法 推進方式
- 斜角77°

新京成電鉄 五香駅構内　五香１号踏切立体交差

函体寸法
- 幅15.7m
- 高さ6.6m
- 長さ41.8m

土被り
- GL- 1.1m

土質
- 盛土(砂質)

横断箇所
- 東名高速道路

特徴
- R&C工法併用ESA工法
- 低土被り施工

東名高速道路 杉久保地区 函渠工事

函体寸法
- 幅43.8m
- 高さ18.4m
- 長さ37.4m

土被り
- FL- 4.61m

土質
- 砂質土と粘性土の互層

横断箇所
- 複線鉄道
- ホーム直下

特徴
- 世界最大断面
- 鋼製セグメント

東京外かく環状道路 京成電鉄横断

函体寸法
- 幅20.1m
- 高さ7.5m
- 長さ12.0m

土被り
- FL- 0.5m

土質
- 粘性質砂、花崗岩

横断箇所
- 鉄道、複線

特徴
- Ｒ＆Ｃ工法 推進方式
- 低土被り

鹿児島本線 弥生が丘駅構内　永吉BV

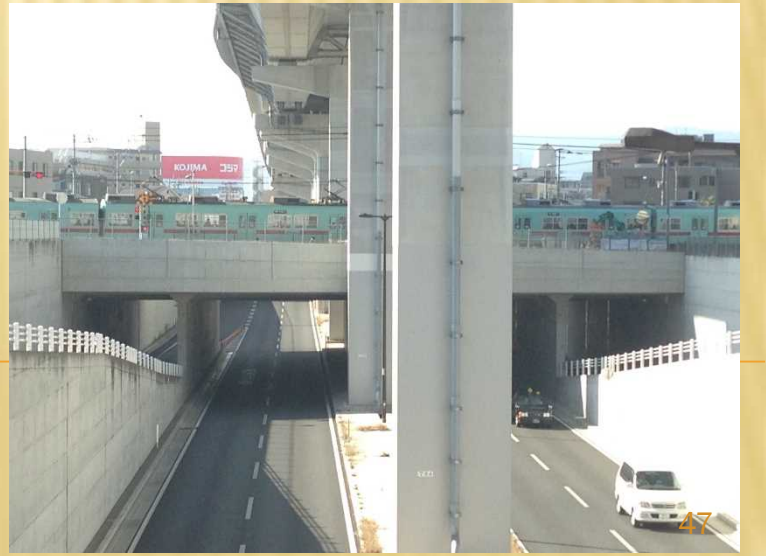
函体寸法
- 幅35.0m
- 高さ8.9m
- 長さ18.74m

土被り
- FL- 0.788m

土質
- 砂質土

横断箇所
- 鉄道、複線

特徴
- Ｒ＆Ｃ工法けん引方式
- 福岡高速の桁下施工
- 曲線区間の横断
- 斜角交差
- コンピュータ制御施工



西鉄大牟田線 井尻～雑餉隈間
福岡外環状道路　井尻立体交差工事

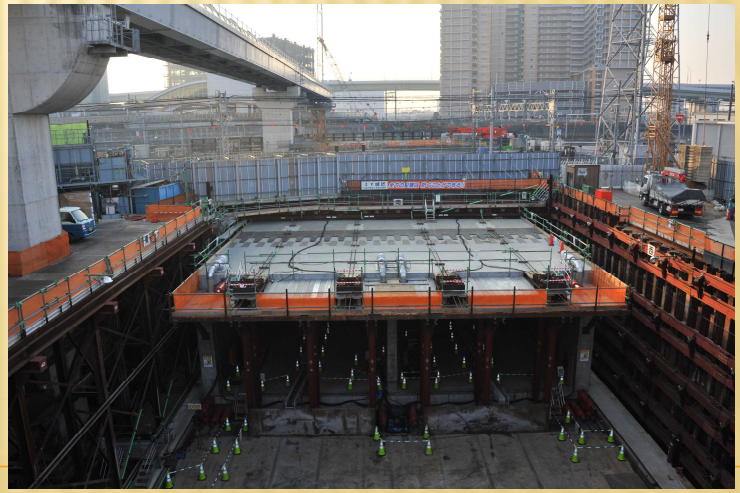
函体寸法
- 幅20.32m
- 高さ7.52m
- 長さ55.00m

土被り
- FL- 1.354m

土質
- 砂質土

横断箇所
- 鉄道、複線

特徴
- R&C工法併用ESA工法
- 縦断勾配有
- コンピュータ制御施工



名古屋市　近畿日本鉄道
名古屋線 米野駅構内こ道橋新設工事

ありがとうございました

アンダーパス技術協会