

社団法人 日本建設機械化協会 トンネル機械技術委員会

シールド技術の
最新情報

平成13年10月25日

技術情報シート 1/3

大 分 類		小 分 類	技 術 項 目
1	急速施工	同時施工	掘進・セグメント組立同時施工シールドトータルシステム技術
			ハニカムセグメントを用いた同時施工シールド技術
			前胴首振りによる同時施工シールド工法 (F-NAVIシールド工法) Front Navigate Shield Method
			ラチスジャッキ式同時施工シールド工法
		セグメント組立	セグメント全自動組立装置技術
			セグメント半自動組立装置技術
			高速セグメント自動組立位置決め装置技術
		資材搬入	セグメント吊下ろし装置
			坑内自動搬送システム
2	長距離施工	カッタビット交換	カッタヘッド反転式カッタビット交換技術 (クルンシールド)
			連鎖スライド式カッタビット交換技術 (トレール方式)
			スポーク回転式カッタビット交換技術
			スポーク内作業型カッタビット交換技術 (リレービット方式)
		長寿命テールシール	新テールシールシステム (ウレコンシール)
3	掘削線形	急曲線	カッタ偏芯型急カーブシールド技術
		直角施工	タテヨコシールド技術
			ヨコヨコシールド技術
			直角分岐シールド
			地下茎シールド
		急勾配	急勾配シールド技術
			上向きシールド技術

技術情報シート 2/3

大 分 類		小 分 類	技 術 項 目
4	大断面掘削 および 断面形状多様化	外周掘削	トンネル外殻先行施工技術 (MMSTシールド工法) Multi Micro Shield Tunneling Method
		拡幅	拡大シールド工法
		非円形掘削	任意断面シールド技術 (DPLEXシールド) Developing Parallel Link Excavating Shield Method
			矩形断面掘削シールド技術
			遊星カッター式ボックスシールド (PLANETARY工法)
			自由断面シールド工法
			揺動式シールド工法 (WAGシールド) Wagging Cutter Shield
		重複円形掘削	同期カッタシールド技術 (DOTシールド) Double O-Tube shield method
			重複カッタシールド技術 (MFシールド) Multi-Face shield method
			着脱式3連シールド
			縦2連シールド
			H & Vシールド技術
			4心円泥水式シールド
5	分岐・合流	地中接合	シールドトンネルの機械式地中接合技術 (MSDシールド工法) Mechanical Shield Docking Method
			機械式地中接合技術 (CID工法)
			機械式地中接合技術 (DKT工法) Direct docKing Tunnel method
		分離	親子シールド技術
			縦2連分岐シールド

技術情報シート 3/3

大 分 類		小 分 類	技 術 項 目
6	施工管理	総合管理	シールド統合管理システム
		線形管理	シールド自動方向制御システム
			自動掘進システム
		測量	自動測量システム
		変状管理	リンク式変位計
		障害物管理	電磁波による前方探査技術
7	その他	特殊用途シールド 技	障害物切断シ
			全断面薬注シ
		排土性状改良	ブラソイル工法
		一次覆工	直打ちコンクリートライニング工法（ECL工法） Extruded Concrete Lining Method
			同時注入冷却システム
		負荷軽減	任意断面シールド技術（DPLEXシールド）
		内部構築	シールド坑内インバートコンクリート均し機
		立坑	特殊壁材を用いた発進／到達工法（NOMST工法） Novel Material Shield-cutable Tunnel-wall System

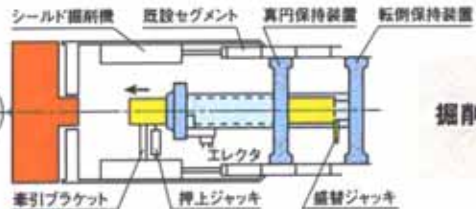
1. 急速施工対応技術

- ◆同時施工
- ◆セグメント組立
- ◆資材搬入

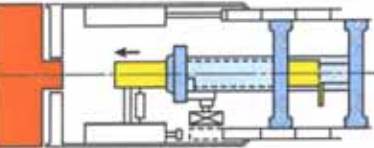
同時施工技術

トータルシールドシステム

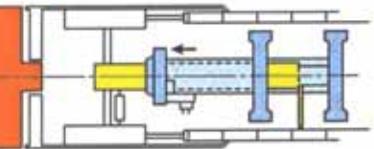
■ 同時掘進システム



掘削機が掘進を開始



掘進とセグメント組立の
同時作業中



盛り替え

従来の方式

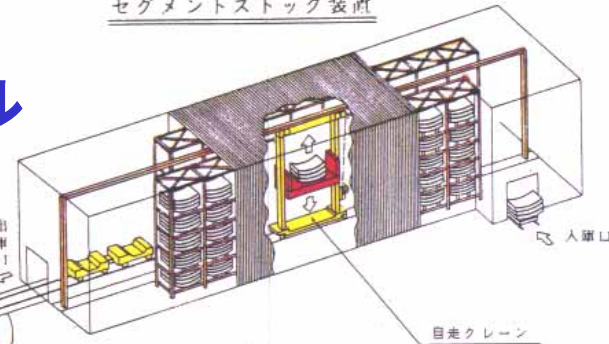
セグメント組立終了後、掘進を開始する。セグメント組立と掘進は、交互に行う。

同時掘進システム

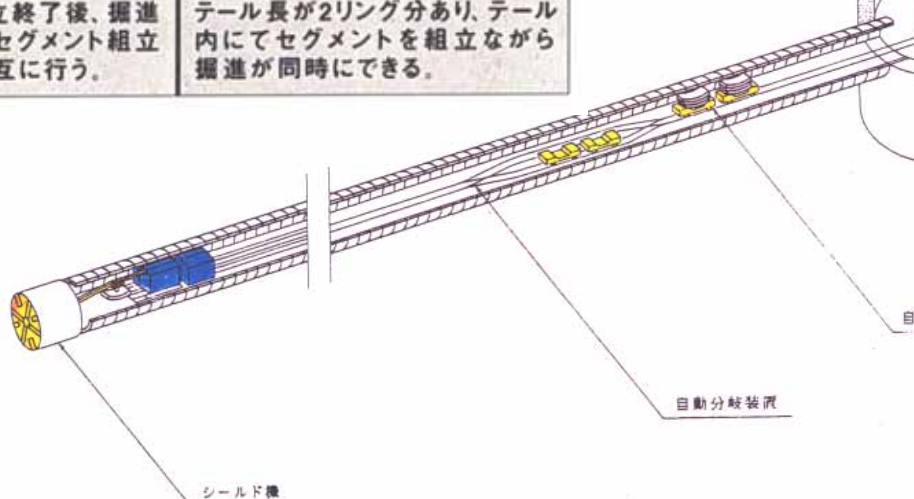
テール長が2リング分あり、テール内にてセグメントを組立ながら掘進が同時にできる。

霞ヶ浦導水石岡トンネル
φ5,810泥水式シールド
最大月進:470m
平均日進:21.25m

セグメントストック装置



■ 自動搬送台車



急進掘工対応型可変速式カッターモータ

回転2段階

進む

長距離対応型カッタービット

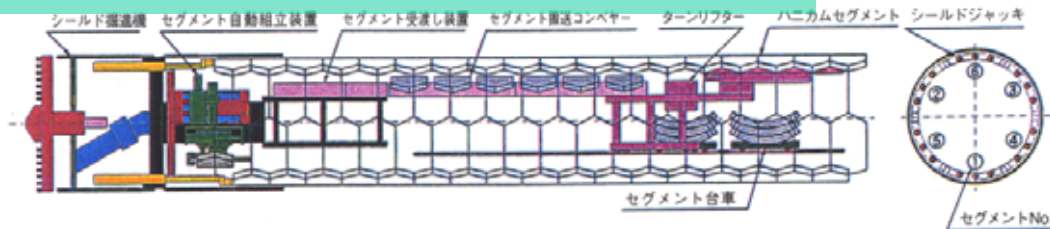
同時掘進対応型真円保持装置

セグメント空中受渡し式 エレクタ

同時掘進用ロングストローク式シールドジャッキ

同時施工技術

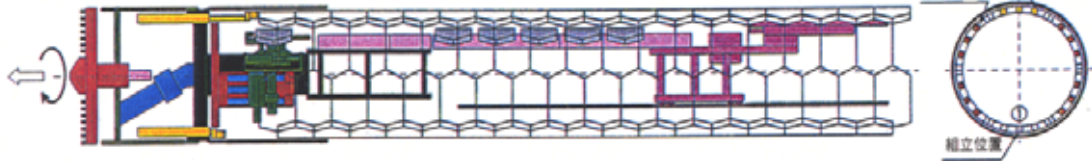
ハニカムセグメント工法



中部電力 (桑名市)
φ4,840泥土圧シールド
施工時間: 40~60分/ring
時間短縮率: 0.6~0.7

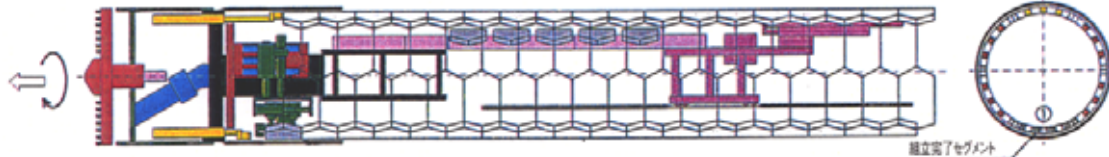
(1) 掘削・自動組立開始

組立位置のシールドジャッキを引き、組立位置の反対側を無負荷にて追従させ、その他のジャッキで推進を行う。
組立装置がセグメント受け取り位置へ移動し、受渡し装置でセグメントを自動供給する。



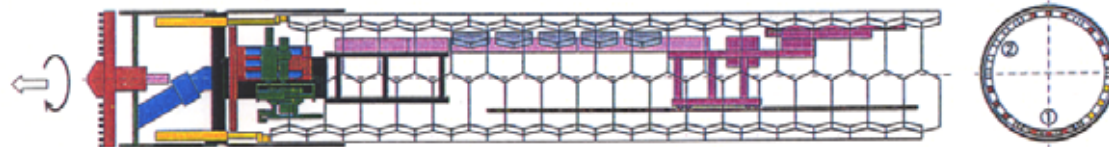
(2) セグメント位置決め・ボルト締結

既設セグメントをガイドにしてセグメント位置決めを行い、セグメントにセットされているボルトを自動で締結する。



(3) シールドジャッキの盛り替え

シールドジャッキを全数押し当て、その後、次のシールドジャッキパターンに盛り替える。

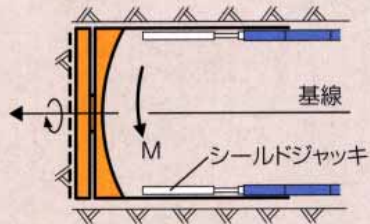


(4) 半リング分の組立・掘削の完了

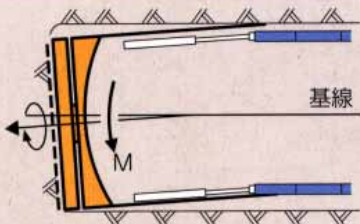
(1)~(3)を3回繰り返し半リング分 (No①~③) のセグメントを組み立て、その間に、セグメント幅 (1,200mm) の半分の距離の掘削を行う。
半リング分の組立および掘削が終わると次の半リング分の組立を開始する。

同時施工技術

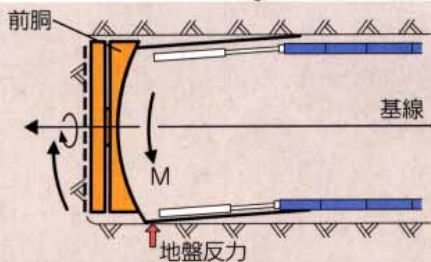
F-NAV!シールド



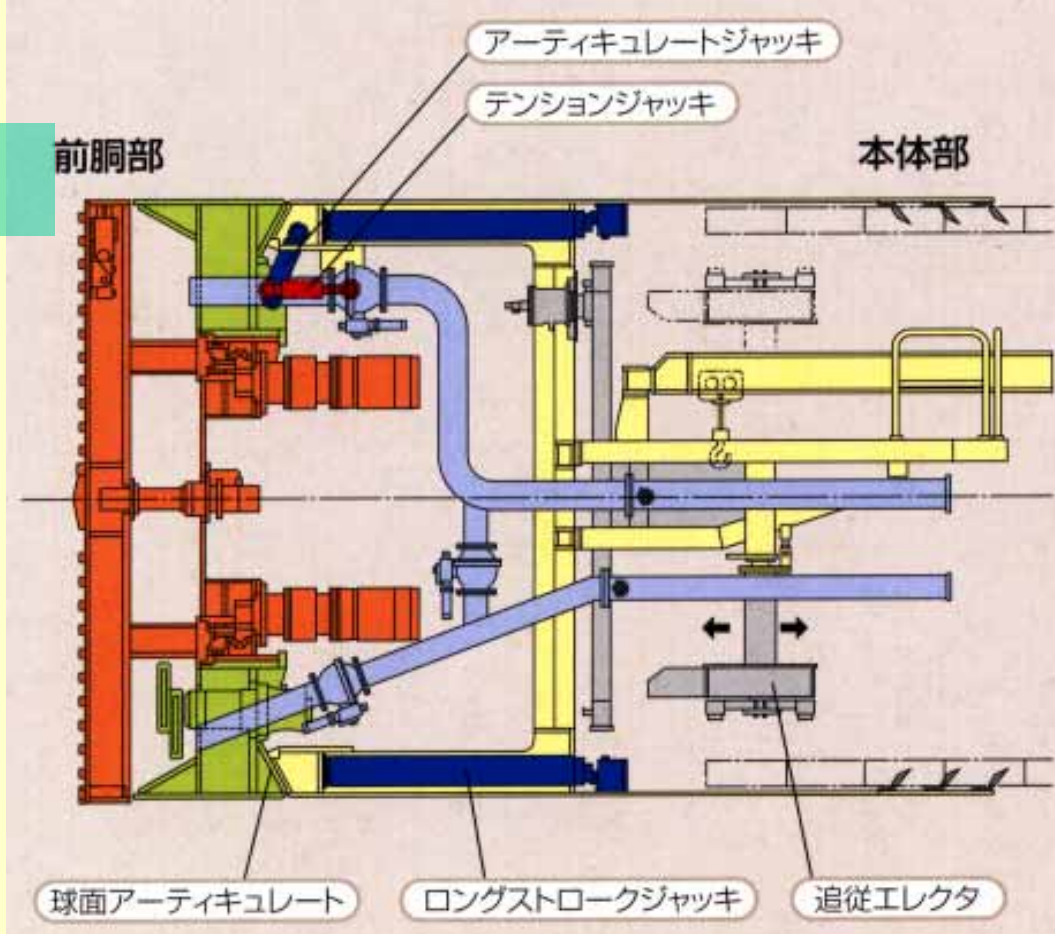
- 同時掘進中、セグメント組立のジャッキ選択により、シールド機にアンバランスモーメント(M)が発生する。



- シールド機の進行方向が基線からずれ始める。



- アーティキュレートジャッキの操作により、前胴を基線方向に向ける。
- シールド機本体は地山から地盤反力を受け、前胴方向に導かれる。



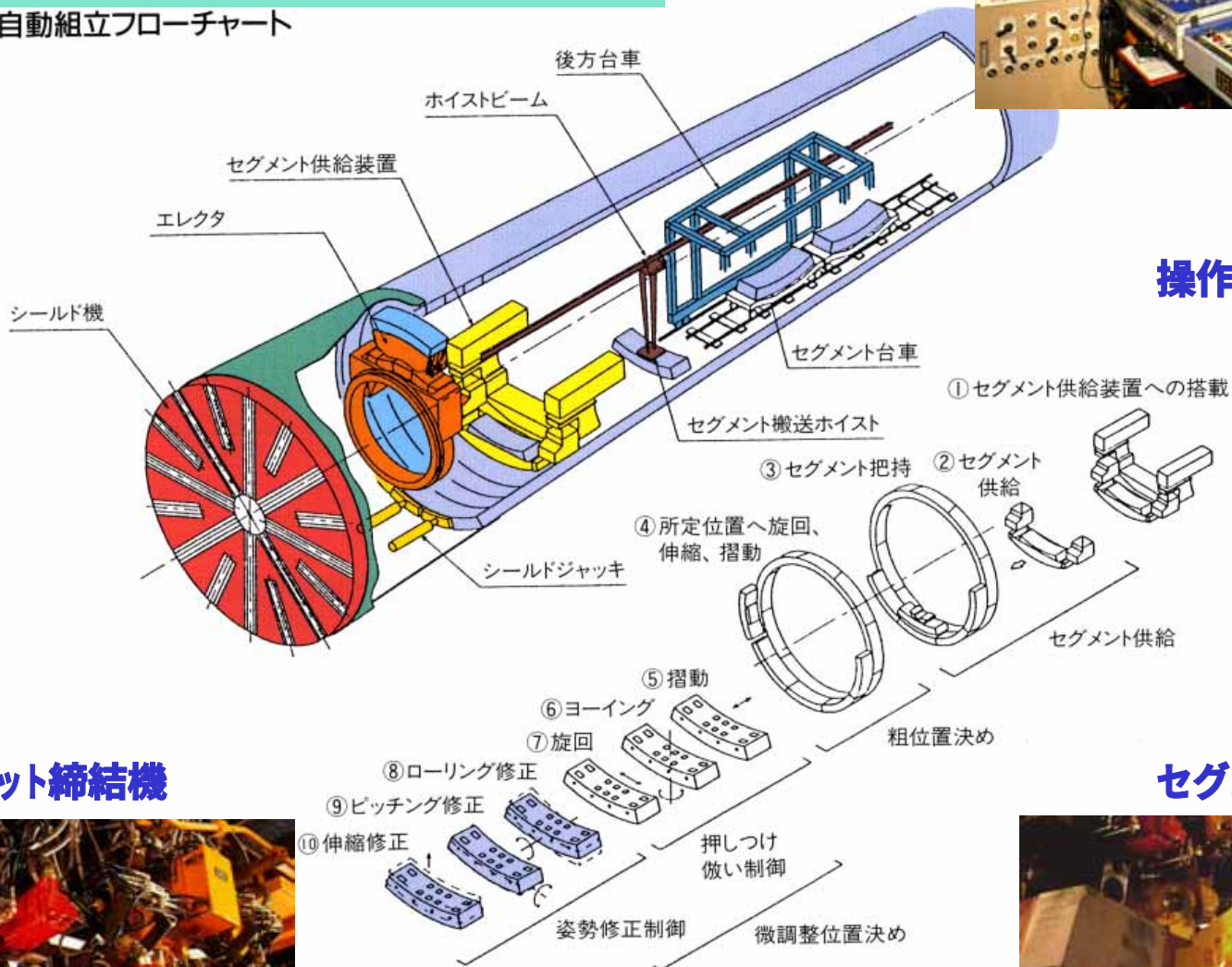
東京ガス (浦和市)
 φ3,100泥水式シールド
 最大月進: 450m
 30日最大: 504m



セグメント組立技術

自動組立装置技術

自動組立フローチャート



操作監視パネル



ボルトナット締結機

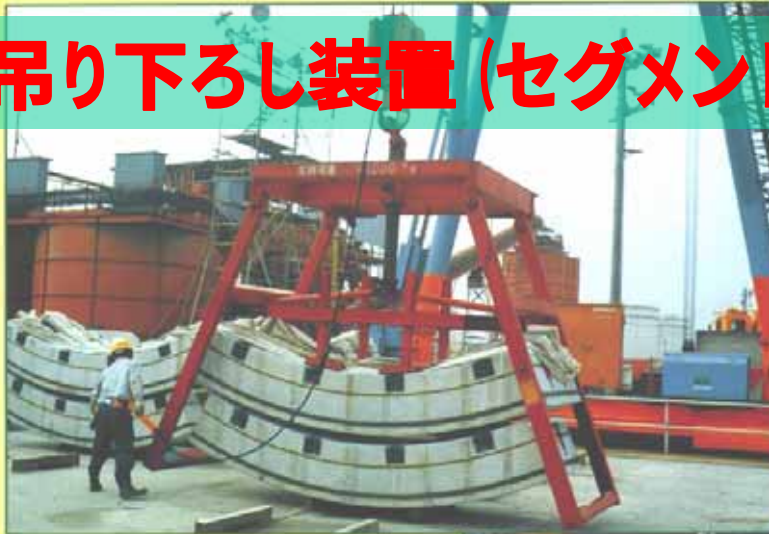


セグメント供給装置



資材搬入技術

セグメント吊り下ろし装置 (セグメントグラブ)



- 玉掛けいらず、安全で効率的。
- 自動開放機構により、立坑下での人手を省けます。
- 簡単Tハンドル操作のロックを解除すれば、あとは自動つかみ、自動開放。
- ガイドレールによりセグメント台車等の定位置に下ろせます。
- 荷振れがなく、地上開口部、通過フロアの開口面積が小さくてすみます。

SEGMENT
GRAB



資材搬入技術

坑内自動搬送システム (ジオシャトル)

GEO SHUTTLE
ジオシャトル

複数の列車が自動運転で行き交う高速搬送システム

トンネルの施工距離と施工スピードは、日進月歩で伸びています。とりわけ、トンネルボーリングマシンによる岩盤機械掘削が進歩し、それに対応した掘削スリや資材・備材の搬送方法の開発が、緊急な課題とされていました。ジオ・シャトルは、こうした課題に応える高速自動搬送システムです。無人の搬送列車を自動運転させ、さらに不定期な有人列車の運行も自動制御によって両立させます。必要とされる距離に応じて列車の本数を増やせば、掘削速度を維持したまま、どんな長距離にも対応できる、汎用性の高いシステムです。掘削の進行に合わせて搬送を可能にするだけでなく、長距離区間が無人化されることで、坑内の安全性もいっそう向上します。

◎長距離を無人で高速運行。

コンピュータを搭載した無人の搬送列車が、中央制御装置の指令により自動で発進・停止を行います。資材搬入・スリ搬出の各列車は、適切な搬送距離を保ちながら無断を走行し、着所に届けられた積合区域ですれ違ひように自動運転され、長距離を無人で安全運行します。

◎有人列車による不定期な資材運搬に対応。

不定期な資材等の運搬のために有人列車が進入する際も、無人列車の自動運行は止まりません。中央制御装置が各列車の走行位置をつねに監視し、信号を自動点灯することにより、無人列車と有人列車両方の安全走行をしっかりと守ります。

◎施工効率の向上にも貢献。

中央制御装置に蓄積された運行実績データを分析して現在の運行計画を見直し、運行のいっそうの効率化をはかります。また、各列車の搭載機器の稼働を把握できるので、早めのメンテナンスが可能です。



中央制御装置

2. 長距離施工対応技術

- ◆カッタビット交換
- ◆長寿命テールシール

カッタビット交換技術

カッタヘッド反転式 (クルンシールド)

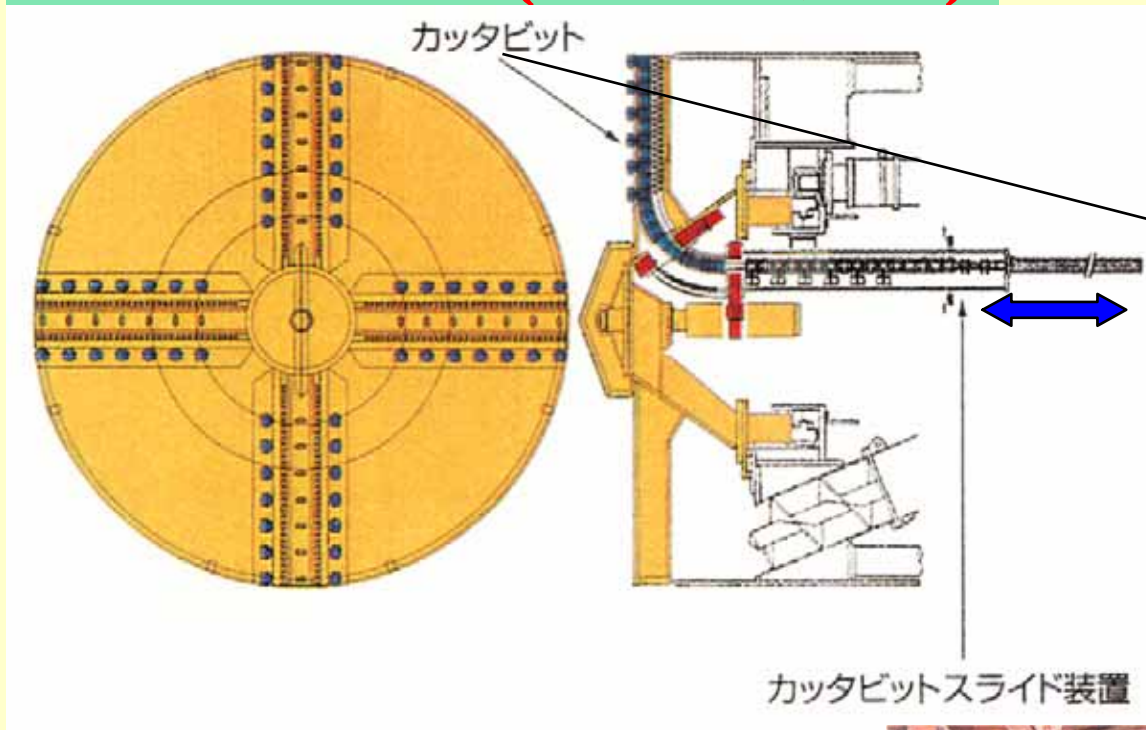
下水道 (横浜市)
φ9,450泥水式シールド
施工延長 : 4,400m
交換位置 : 2,500m



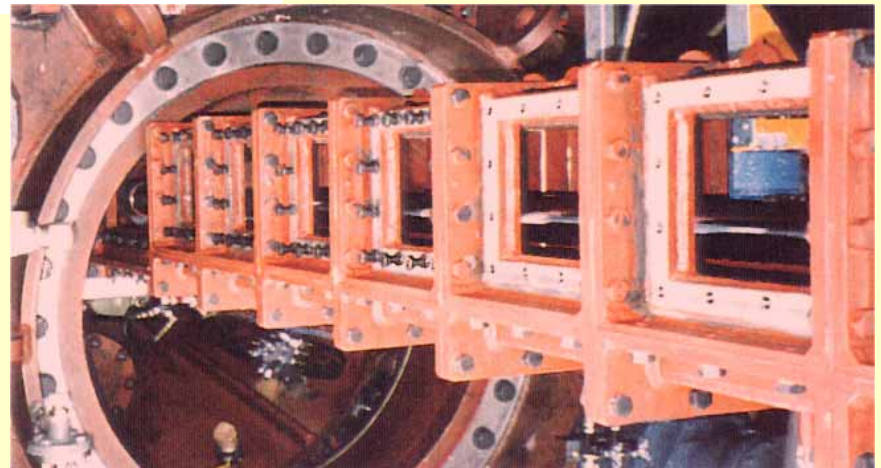
カッタヘッド回転状況

カッタビット交換技術

連鎖スライド式 (トレール方式)

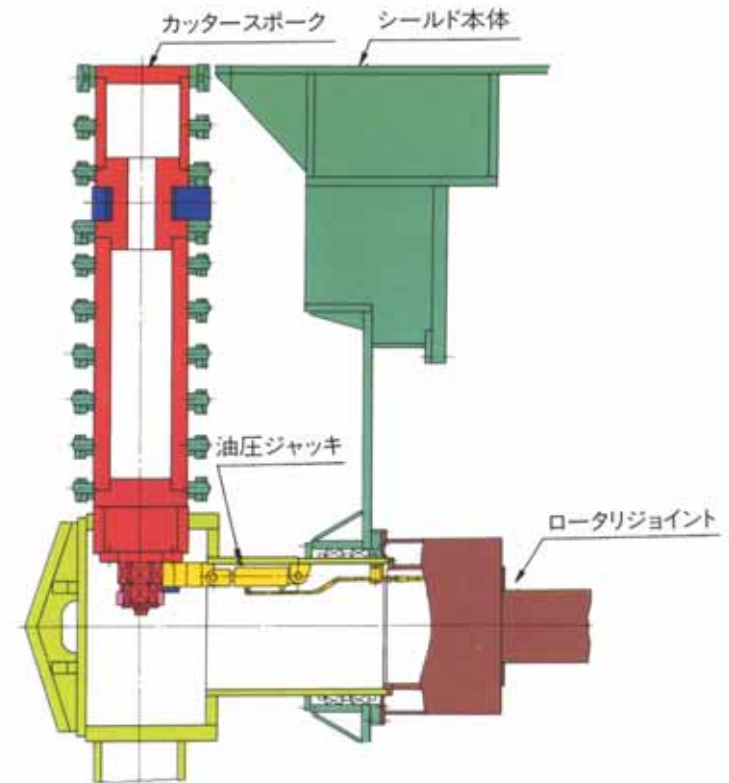
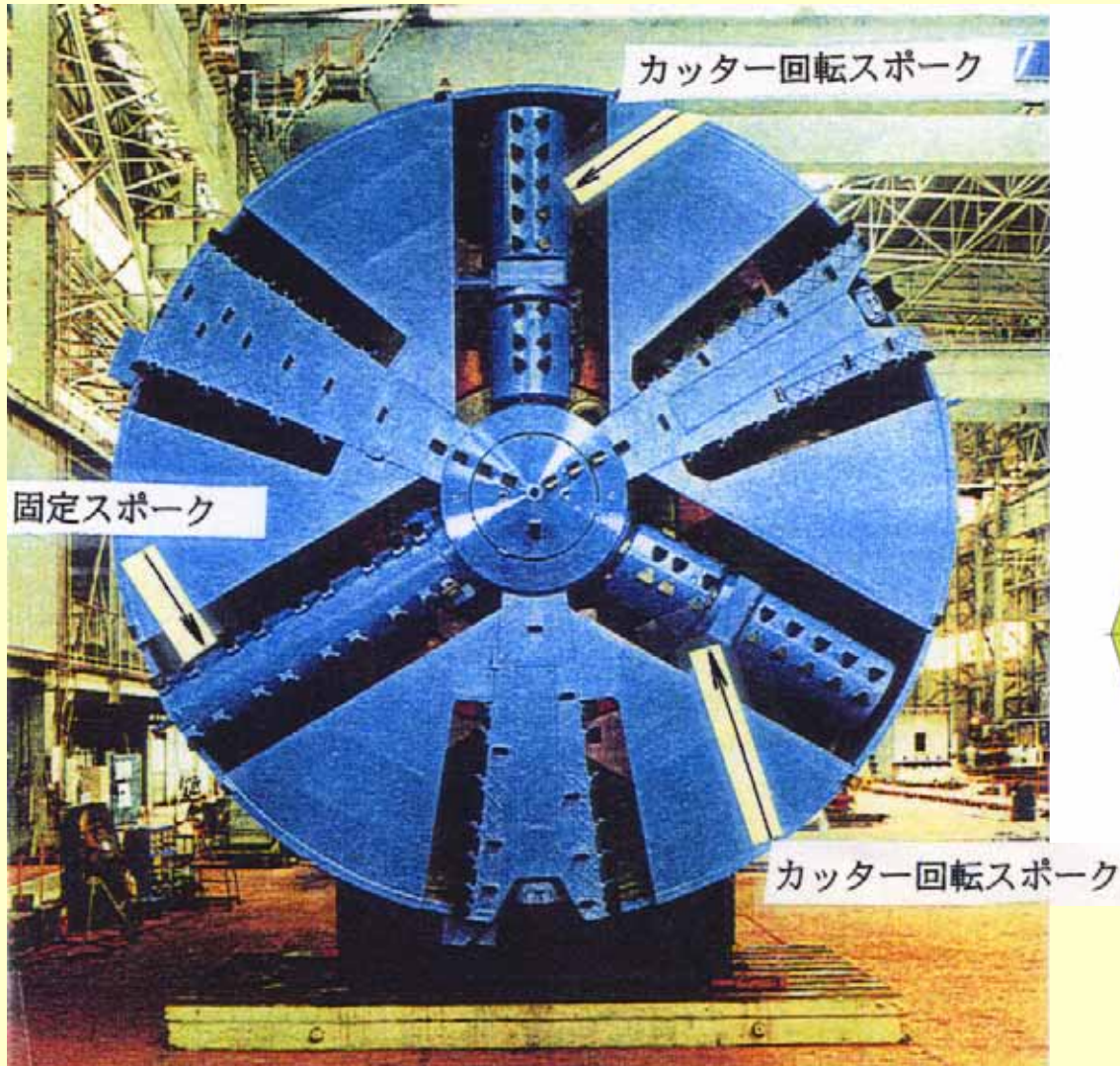


下水道 (川崎市)
φ2,750泥土圧シールド
交換検証実施



カッタビット交換技術

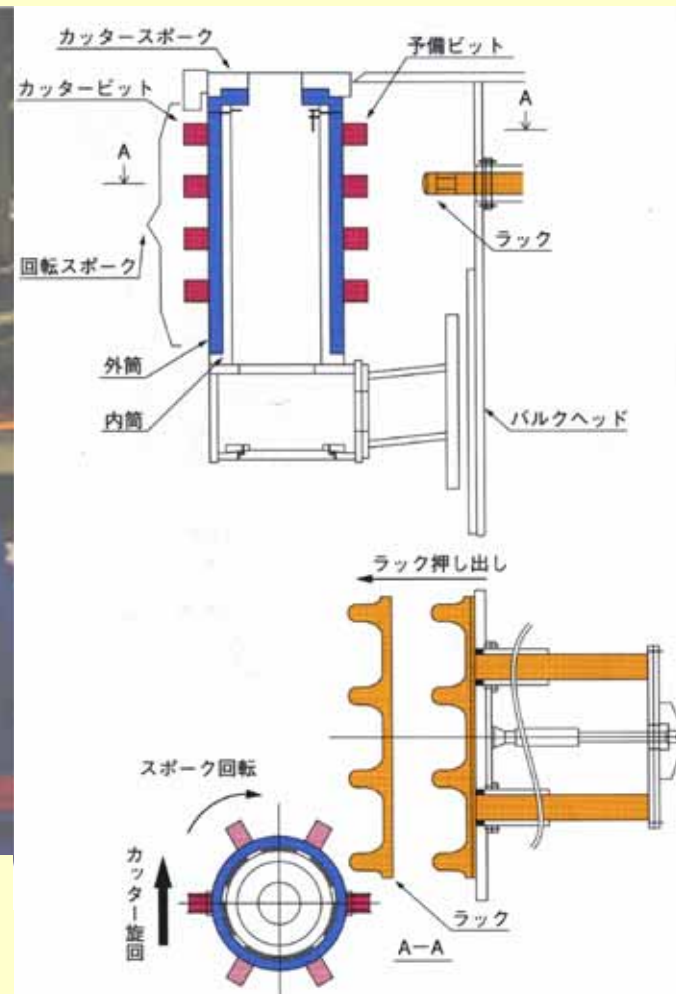
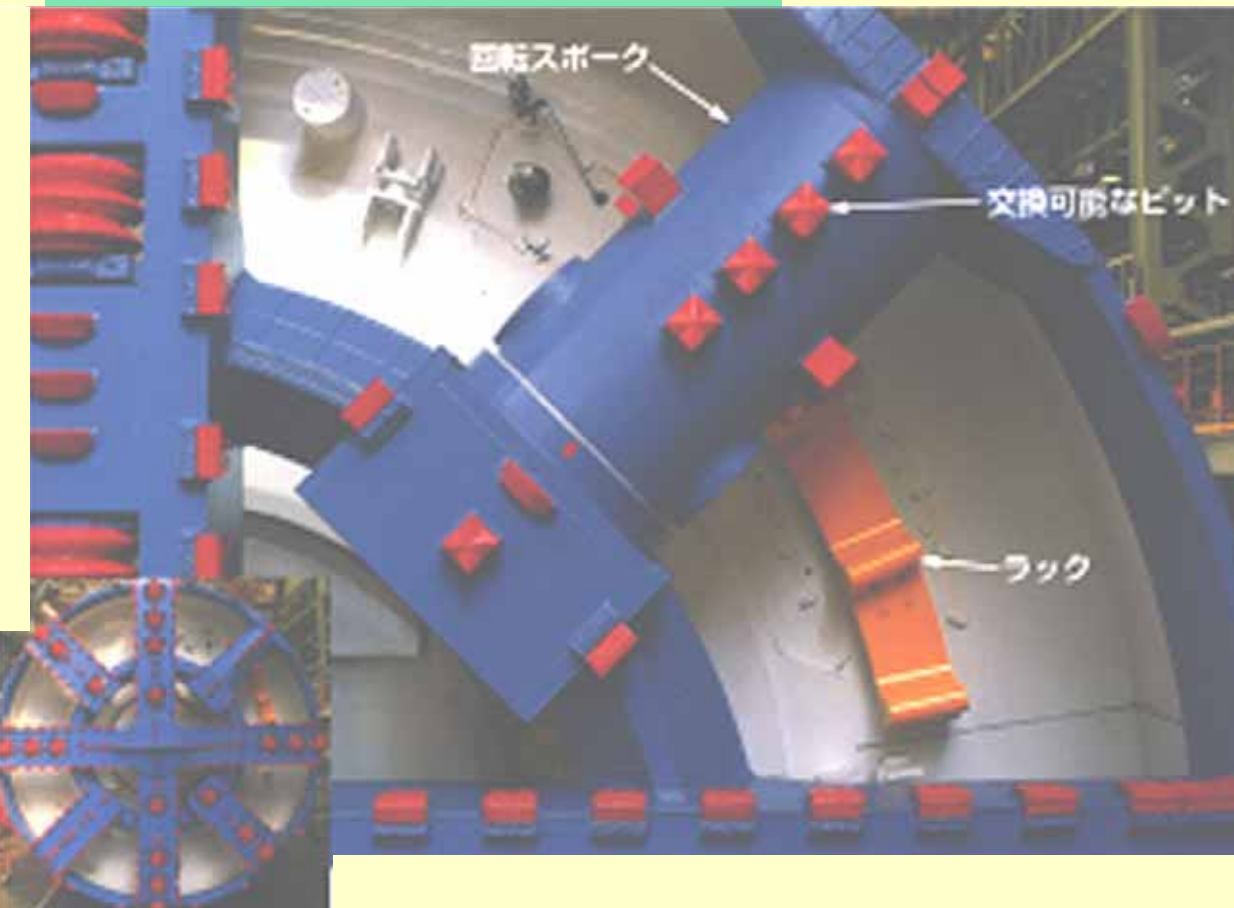
スポーク回転式 (1)



地下鉄大江戸線 (東京都)
φ5,440泥水式シールド

カッタビット交換技術

スポーク回転式 (2)

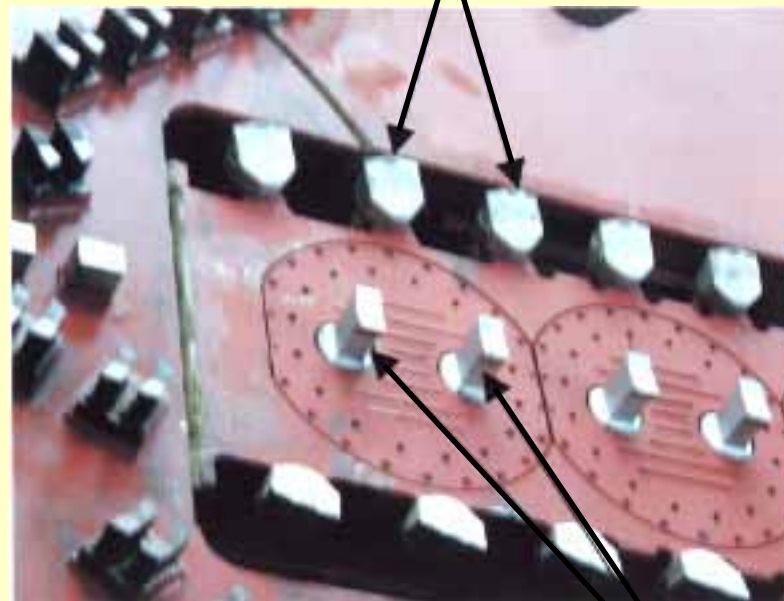
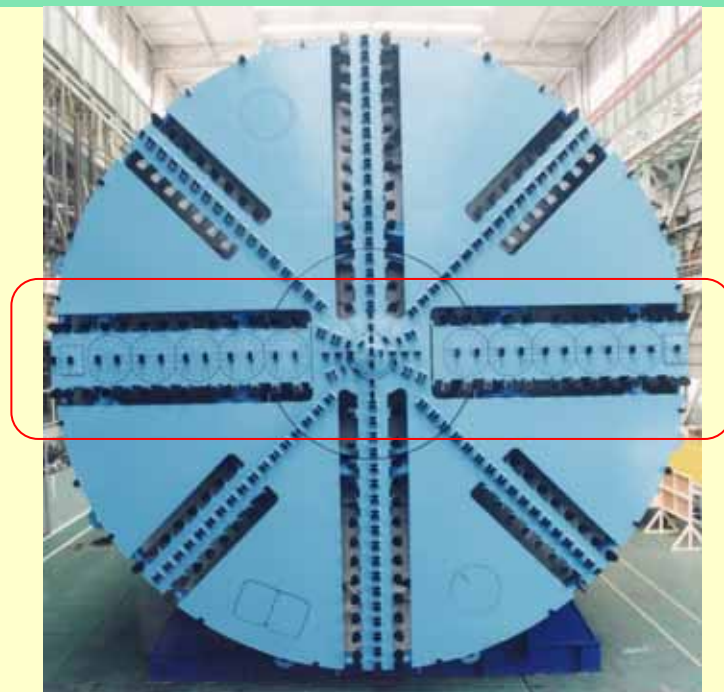


地下鉄上飯田連絡線 (名古屋市)
φ7,150泥水式シールド

カッタビット交換技術

スポーク内作業型 (リレービット)

固定取り付けビット



交換ビット

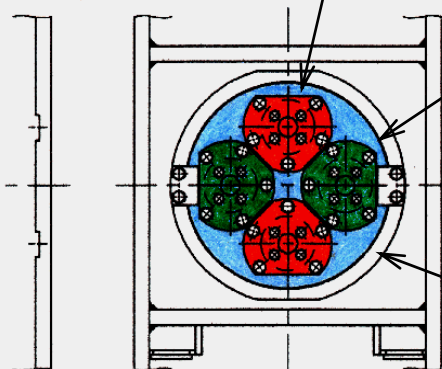
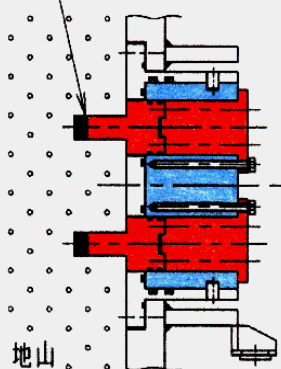
①No 1カッタビット

カッタスポーク

①No 1カッタビット

②No 2カッタビット

③ハブプレート



地下鉄半蔵門線 (東京都)
φ9,900泥水式シールド

長寿命テールシール

新テールシールシステム (ウレコンシール)



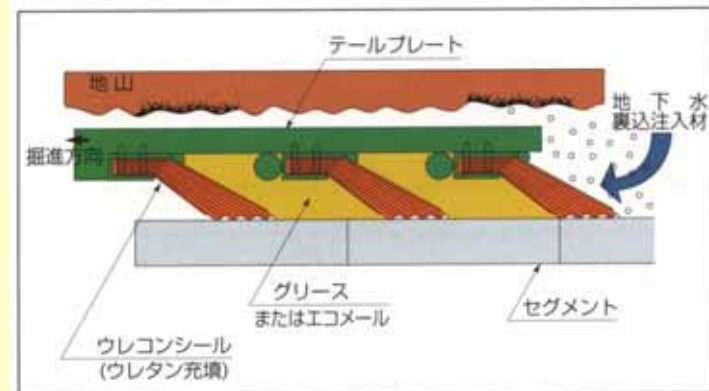
▲ ウレコンシールの取付状況

ワイヤブラシシール
+
発泡ウレタン

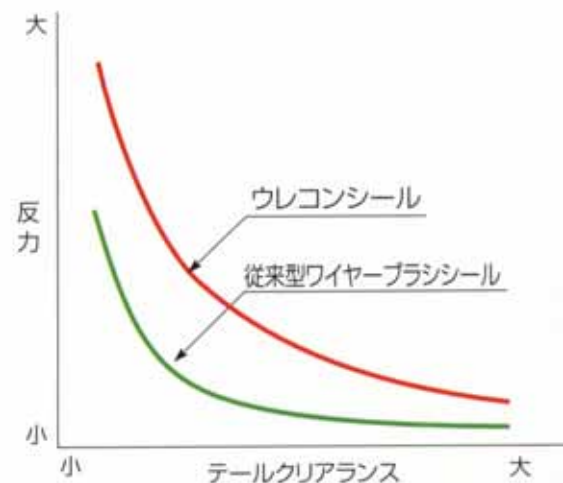


▲ ウレコンシール

ウレコンシール取付図



セグメントの反力比較



3．掘削線形対応技術

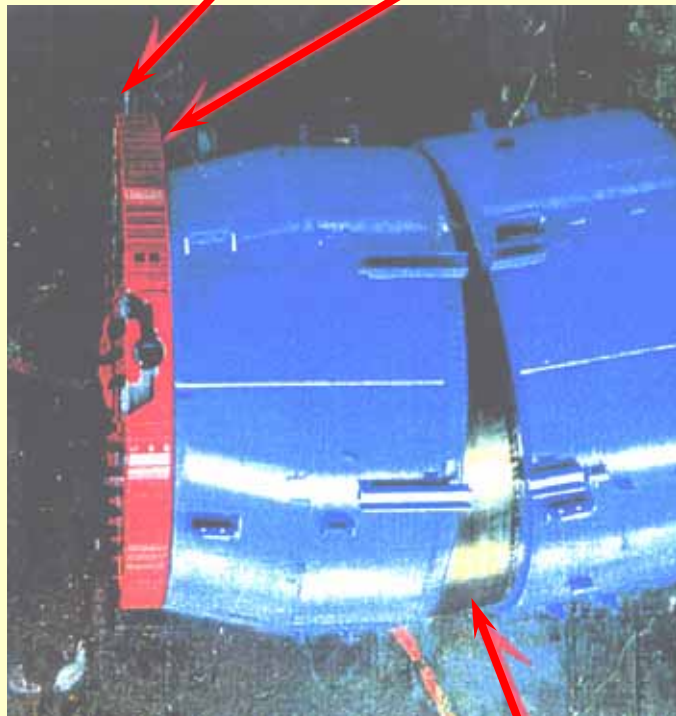
- ◆急曲線施工
- ◆直角施工
- ◆急勾配施工

急曲線対応技術

カタ偏心型シールド

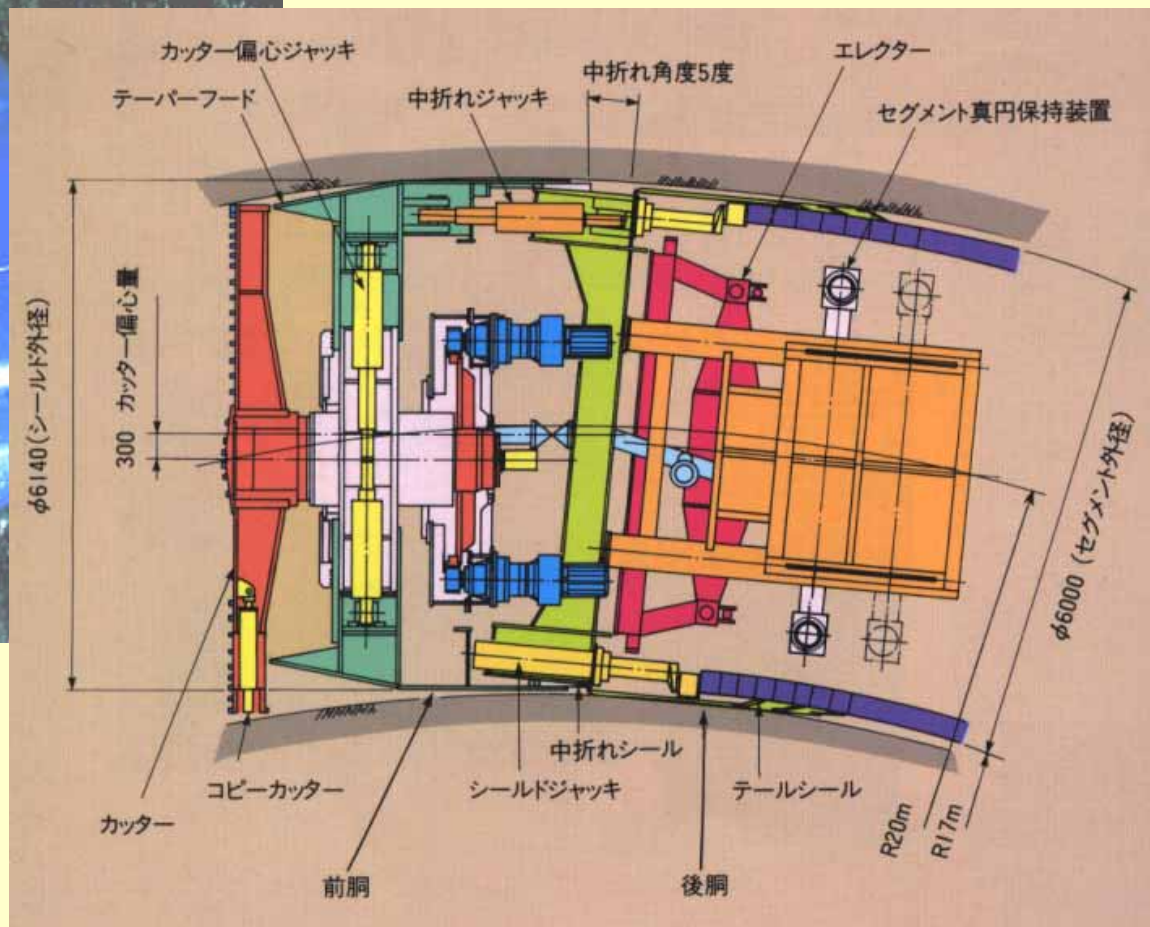
コピーカタストローク 350mm

カタ偏心スライド量 300mm



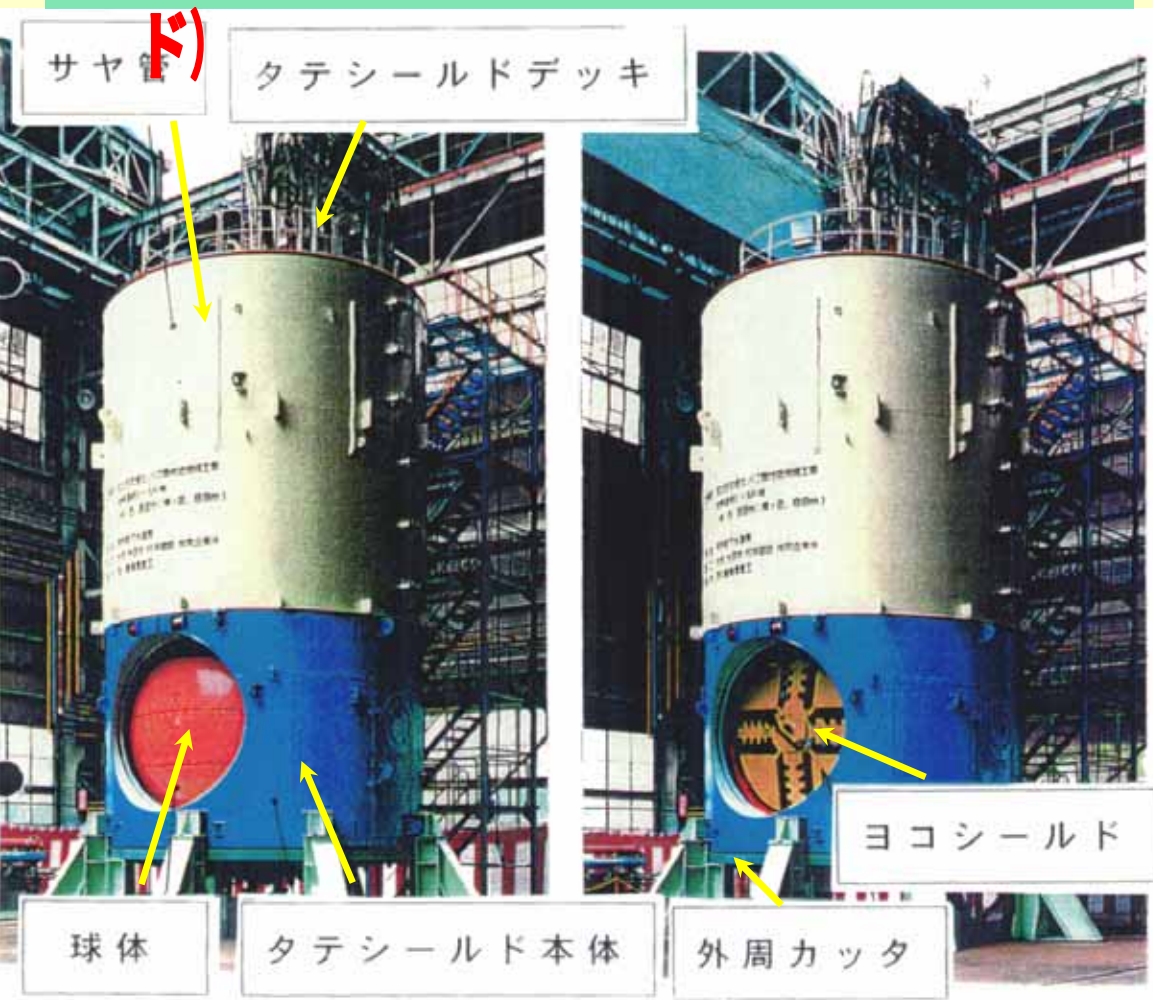
中折れ角度 $\pm 9^\circ$

下水道 (横浜市)
 $\phi 6,140$ 泥水式シールド
施工曲線 : 20mR



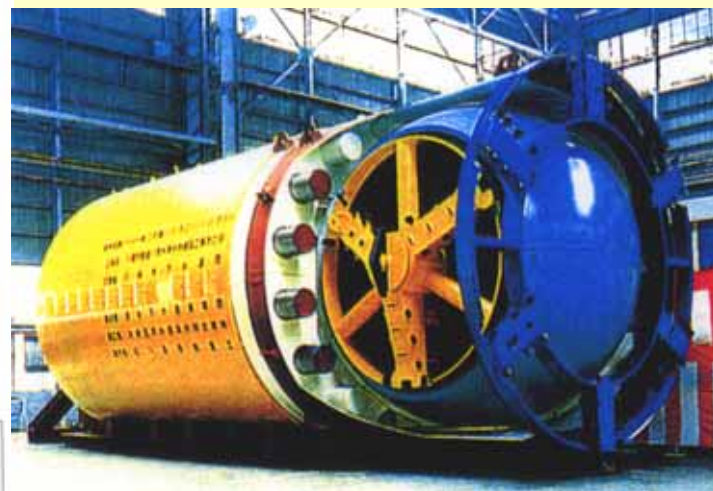
直角施工技術

タテヨコシールド (ホルンシールド)



下水道 (東京都)
φ5,320泥水式シールド
φ2,689泥水式シールド

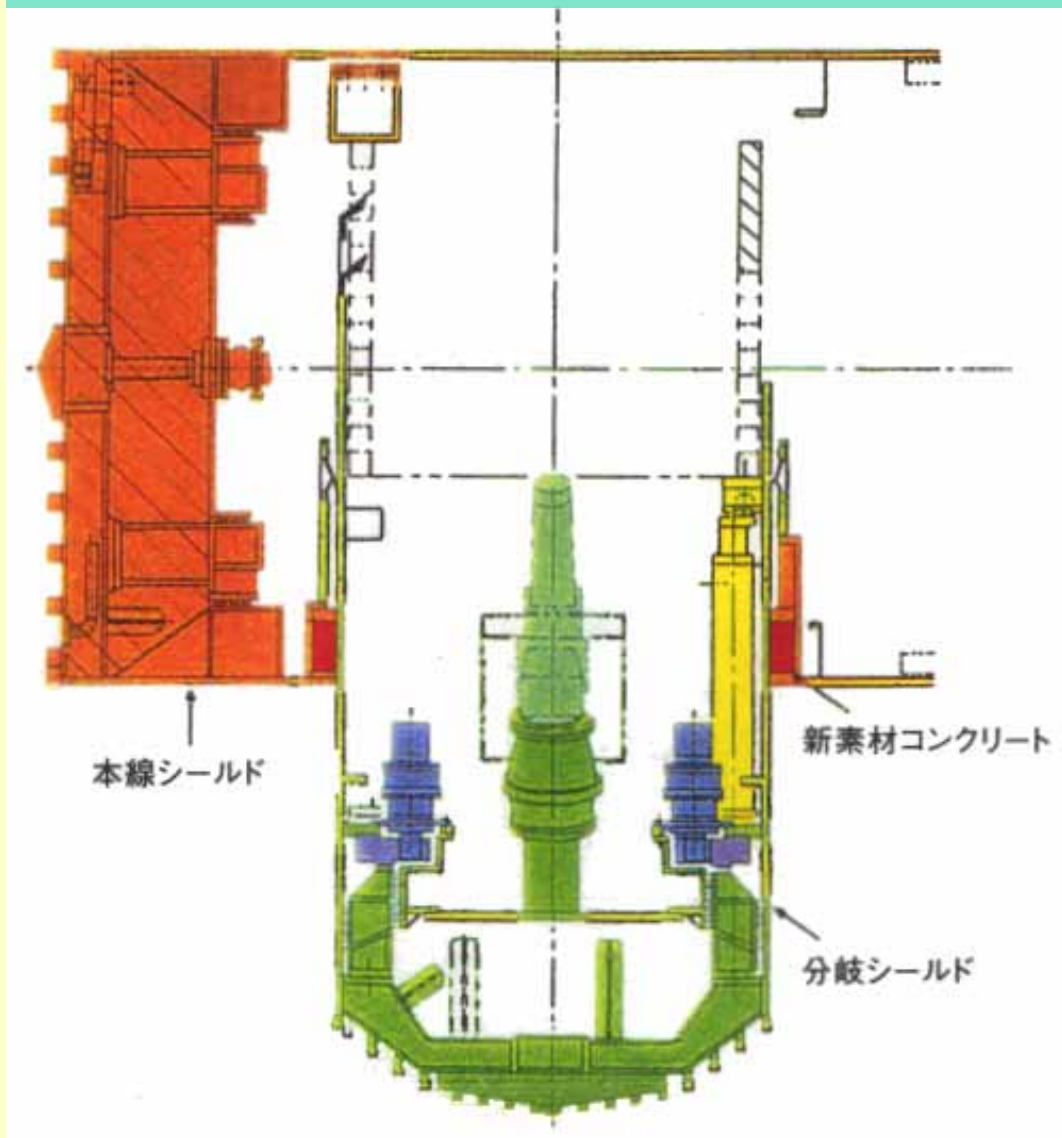
ヨコヨコシールド



下水道 (川崎市)
φ5,530泥土圧シールド
φ3,680泥土圧シールド

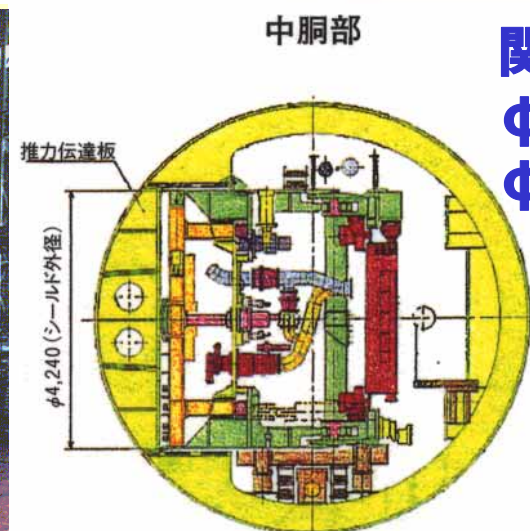
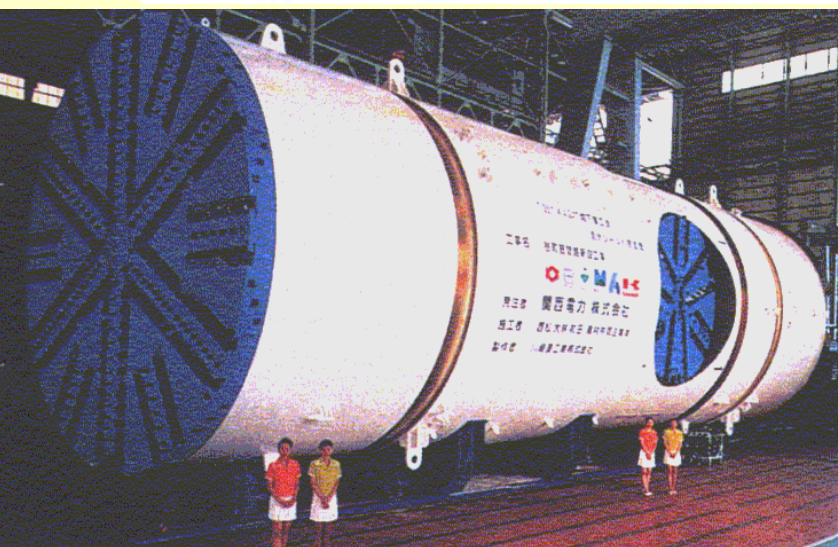
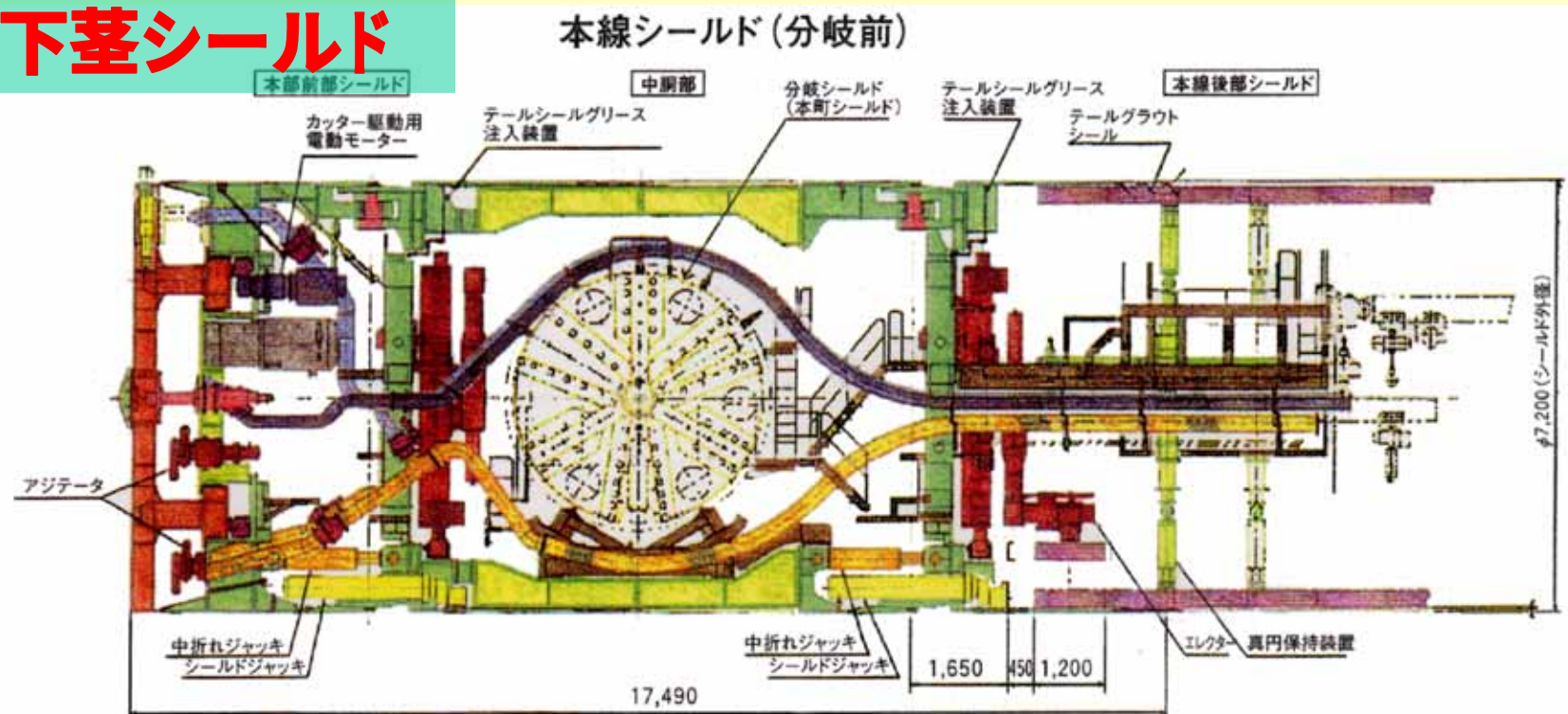
直角施工技術

直角分岐シールド



直角施工技術

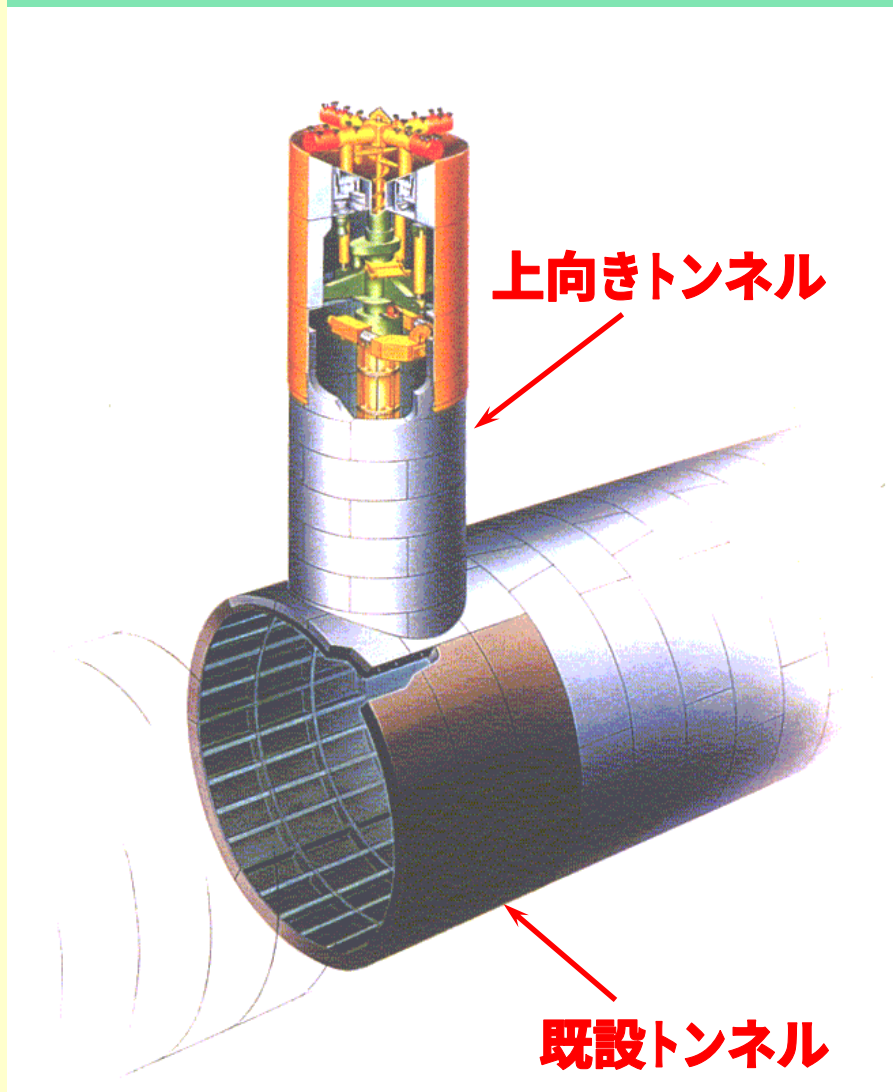
地下基シールド



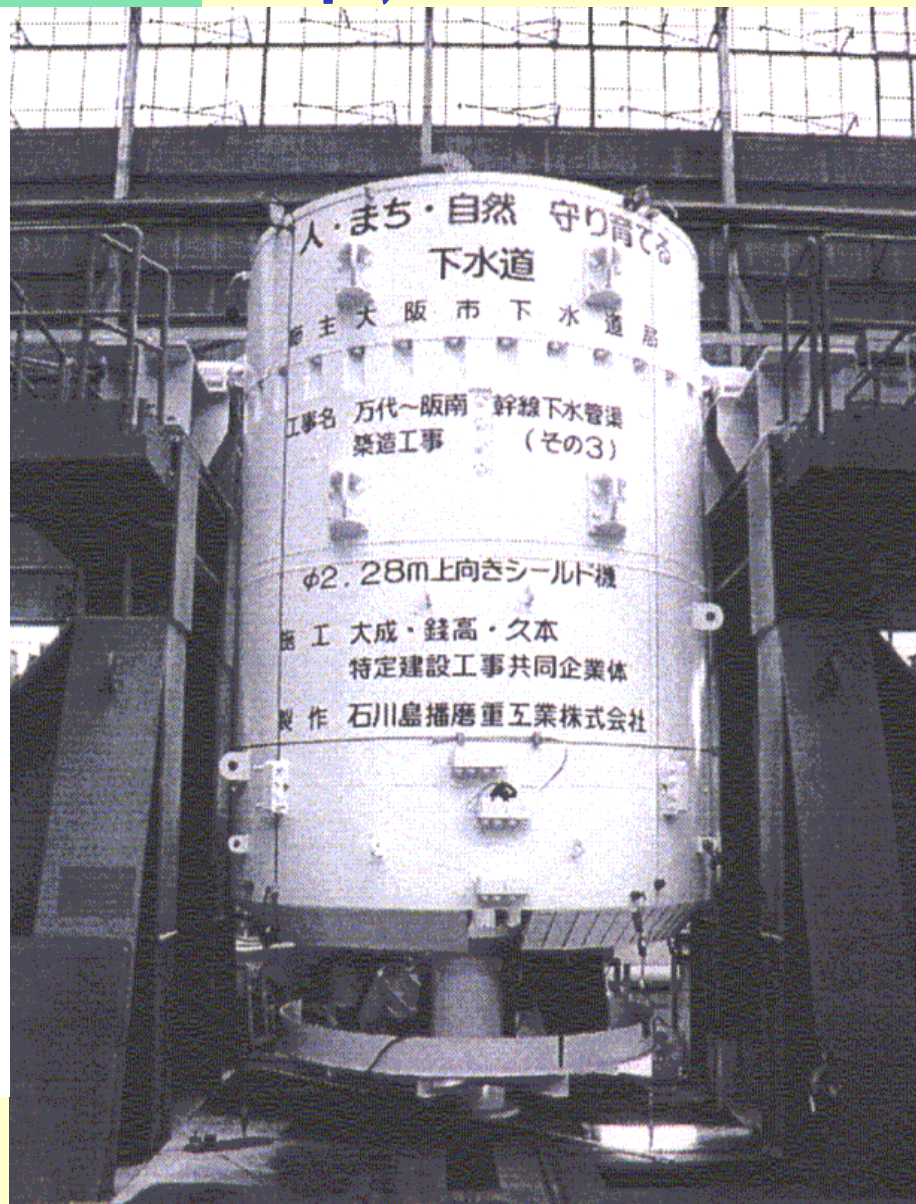
関西電力 (大阪市)
 φ7,260泥水式シールド
 φ4,240泥水式シールド

急勾配施工技術

上向きシールド



下水道 (大阪市)
φ2,280泥土圧シールド



4．大断面掘削および 断面形状多様化対応技術

- ◆外周掘削施工
- ◆拡幅施工
- ◆非円形掘削施工
- ◆重複円形掘削施工

トンネル外周掘削技術

トンネル外殻先行施工 (MMST工法)

道路換気洞道 (川崎市)

約8m×3m矩形

泥水式および泥土圧シールド

鋼殻中詰め連結

鋼殻

中掘り



拡幅施工技術

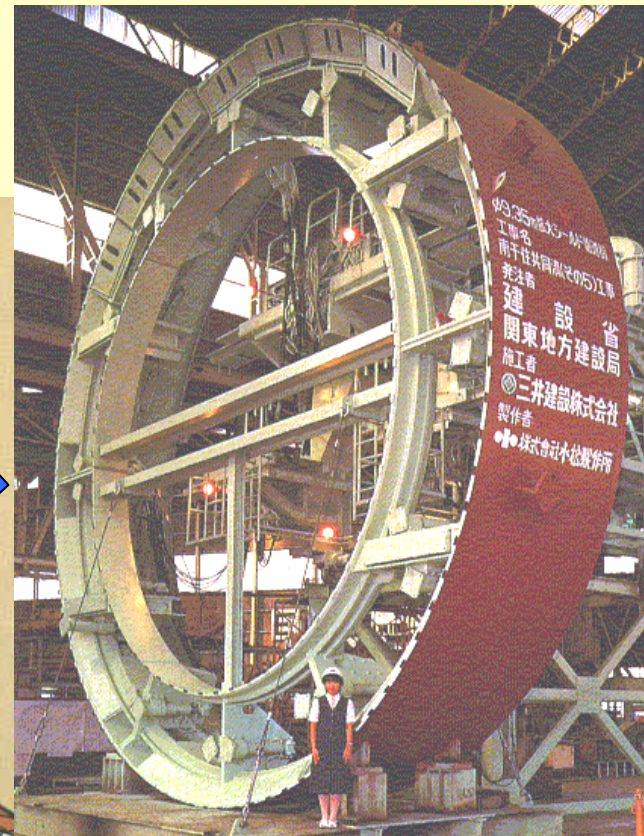
拡大シールド

東京電力 (東京都)
 $\phi 6,600 \rightarrow \phi 7,800\text{mm}$

拡大トンネル

既設トンネル

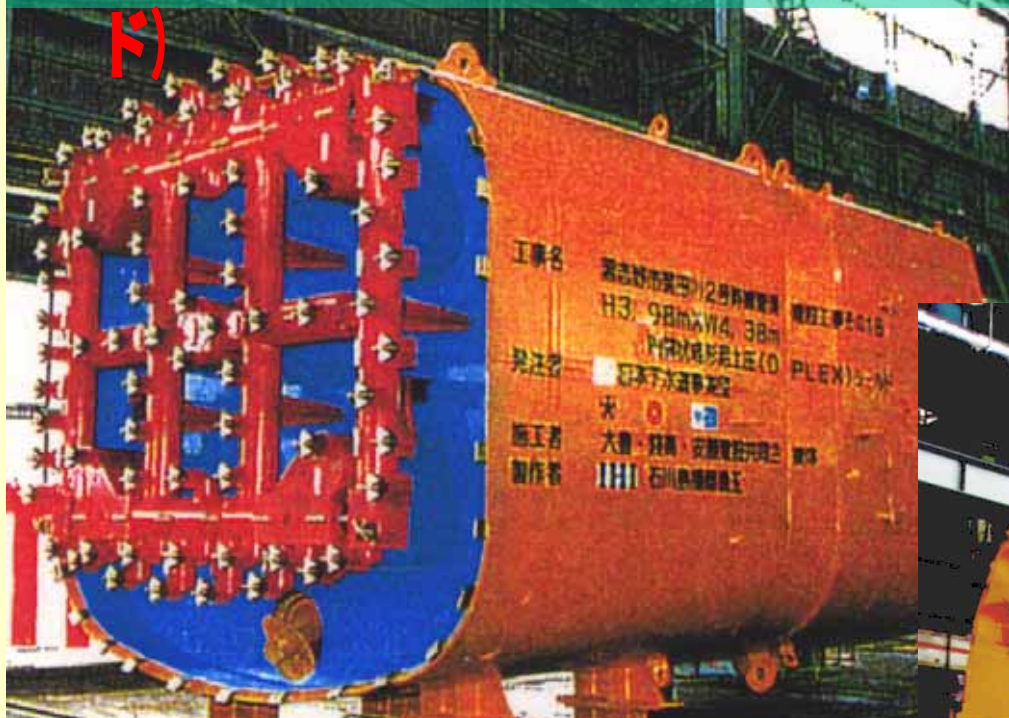
円周シールド



拡大シールド

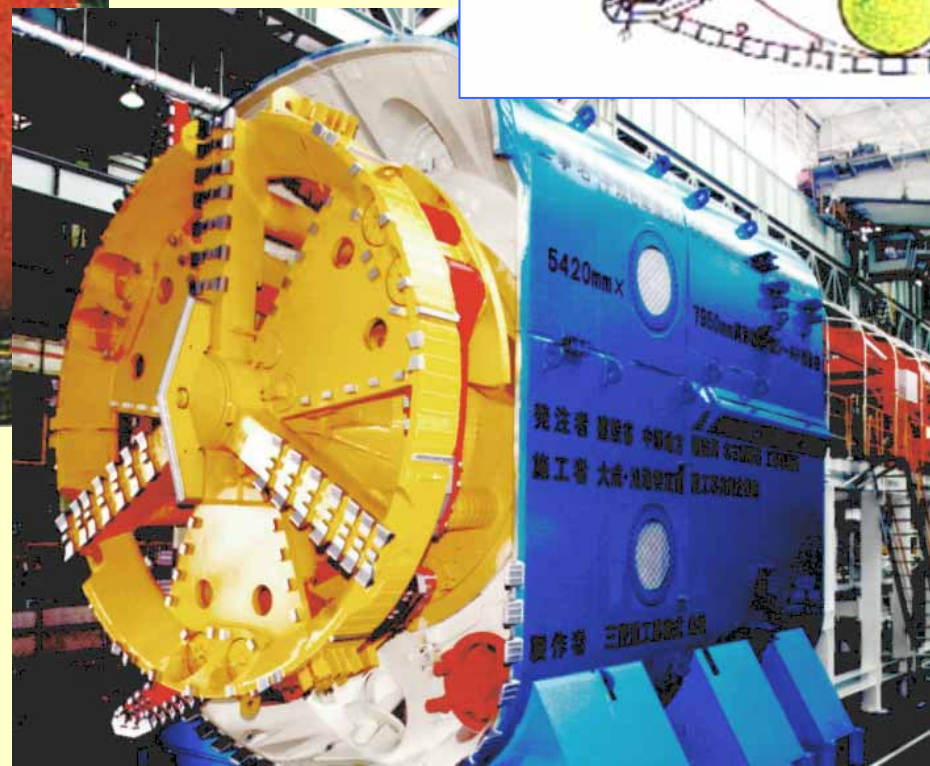
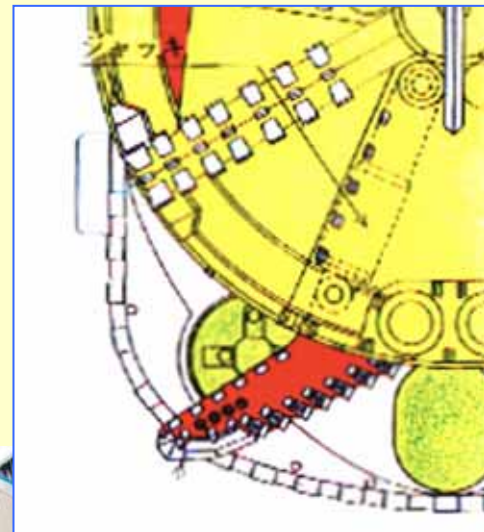
非円形掘削技術

任意断面シールド (DPLEXシールド)



下水道 (習志野市)
W 4,380 H 3,980 泥土圧シールド

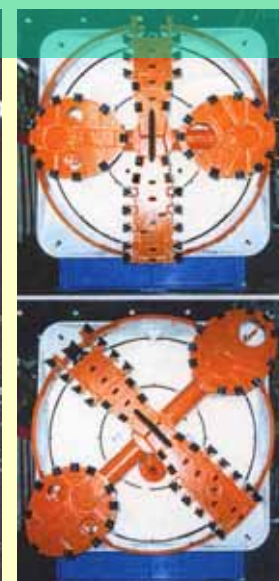
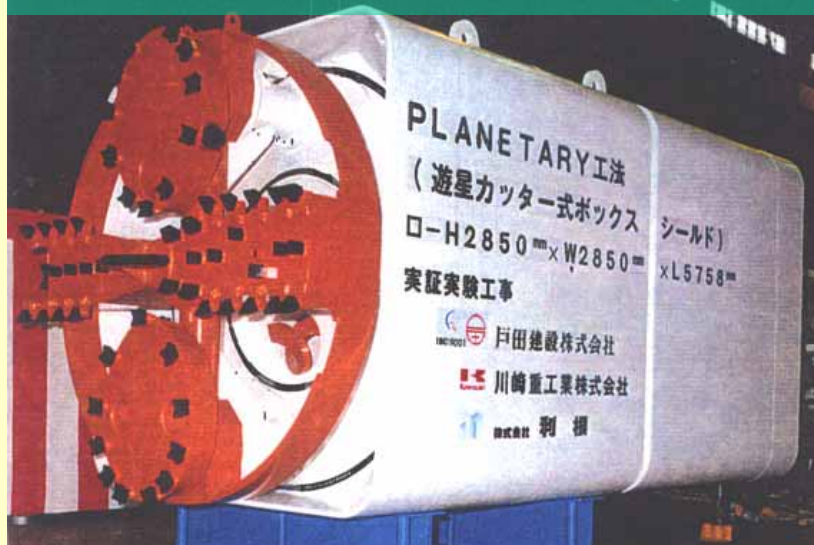
共同溝 (名古屋市)
W 5,420 H 7,950 泥土圧シールド



異形断面シールド (太鼓型断面)

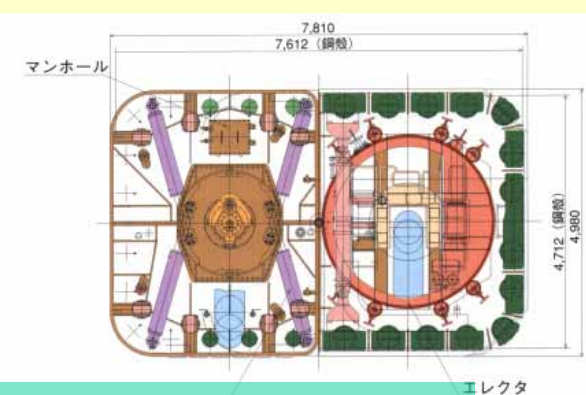
非円形掘削技術

遊星カッタシールド



揺動カッタシールド (ワギングシールド)

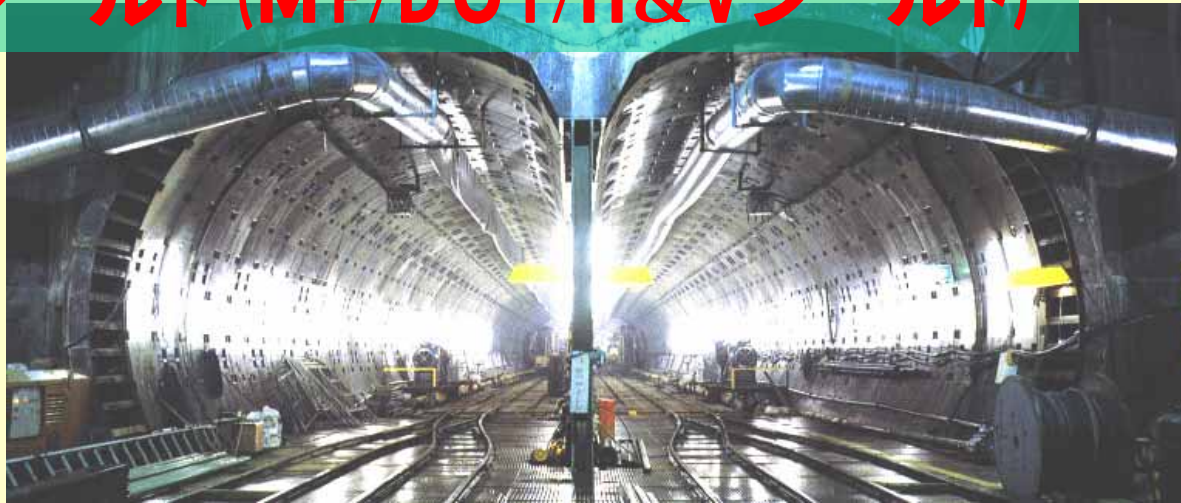
下水道 (東京都) W 3,160 H 4,660 泥土圧シールド 自由断面シールド



地下歩道 (福岡市) W 7,810 H 4,980 泥土圧シールド

重複円形掘削技術

2連円形シールド (MF/DOT/H&Vシールド)



JR京葉線 (東京都)
W 12,190 H 7,420
泥水式シールド

新交通システム (広島市)
W 10,690 H 6,090
泥土圧シールド

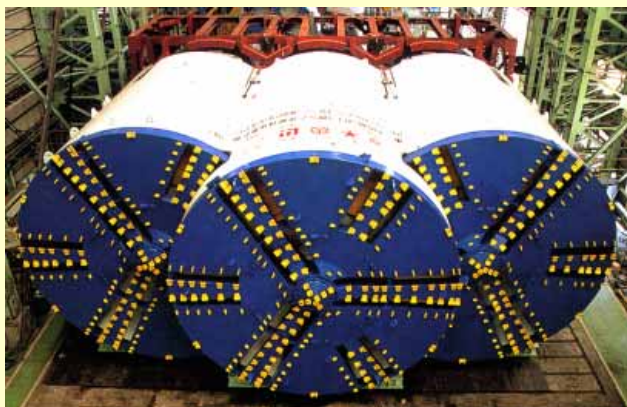
試験機
W 4,290 H 2,120
泥土圧シールド

重複円形掘削技術

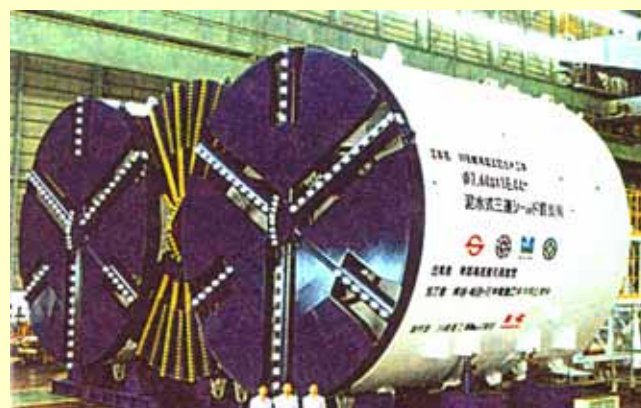
多連円形シールド (MF/H&Vシールド)



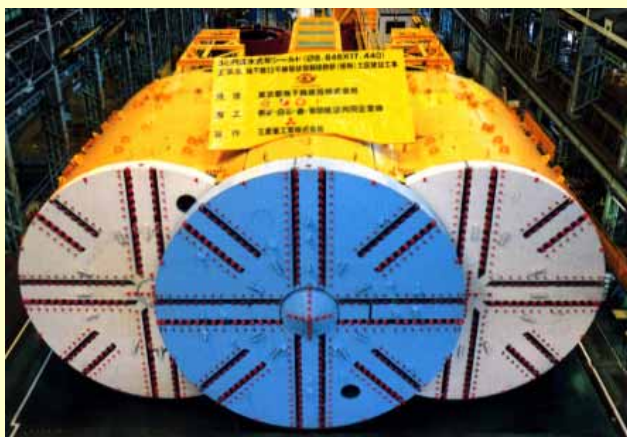
南北線 (東京都)
W 15,840 H 10,040
泥水式シールド



地下鉄 (大阪市)
W 17,000 H 7,500
泥水式シールド



半蔵門線 (東京都)
W 16,440 H 7,440
泥水式シールド



大江戸線 (東京都)
W 17,440 H 8,850
泥水式シールド



大江戸線 (東京都)
W 13,180 H 7,060
泥水式シールド

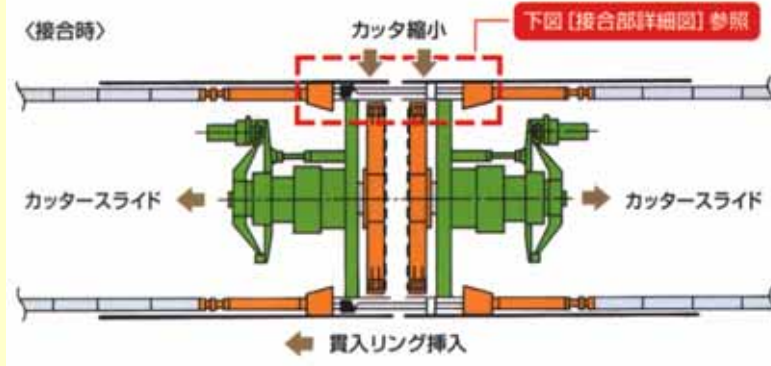
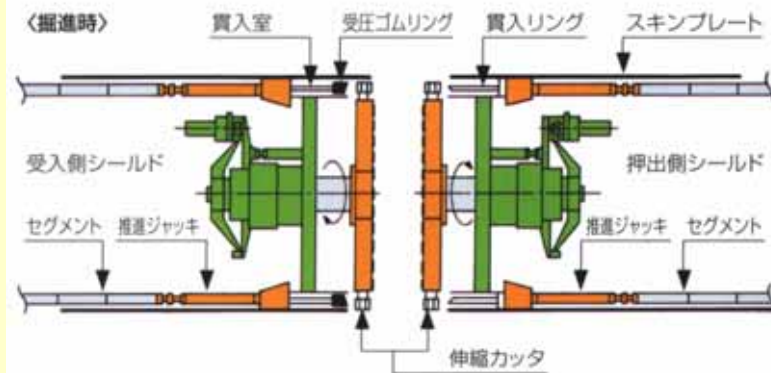
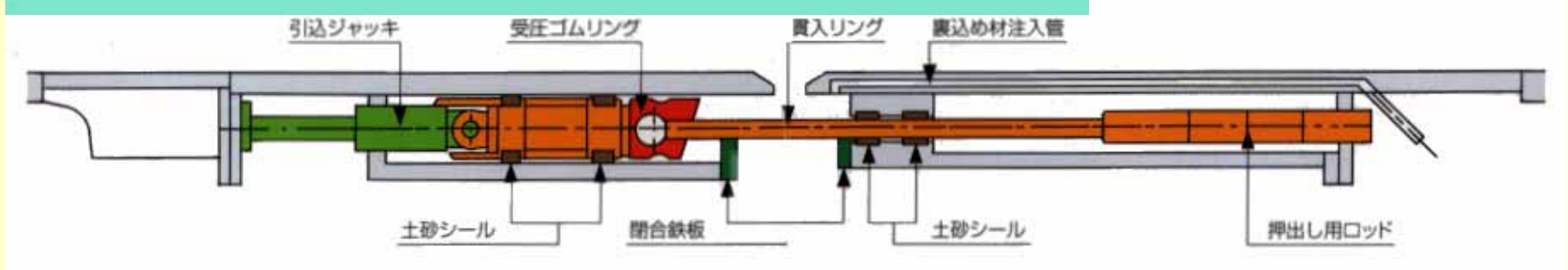
5 . 分岐・合流対応技術

- ◆地中接合施工
- ◆分離施工

地中接合技術

機械式接合シールド (MSDシールド)

施工完了：9例



貫入側
(オス側)



受圧側
(メス側)

地中接合技術

機械式接合シールド (DKTシールド)



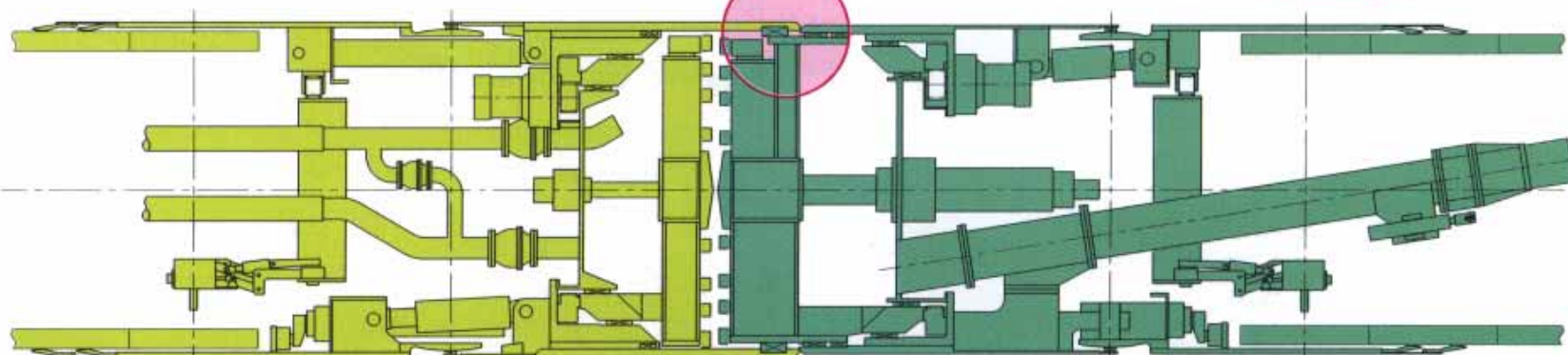
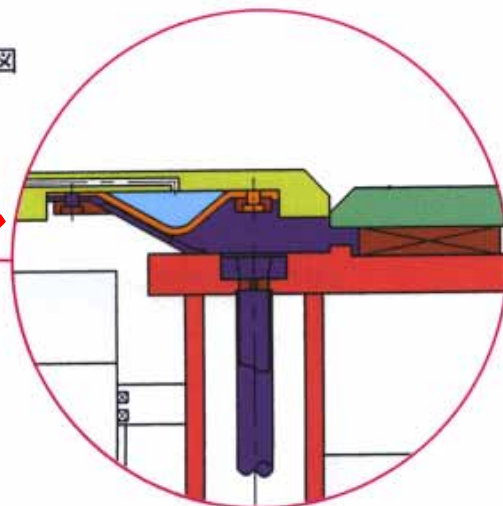
メカニカルドッキングシールド(貫入側)

下水道 (東京都)
φ5,850泥土圧シールド

● 直接地中接合シールド図

水圧膨張シール

接合地点



受入側シールド機

貫入側シールド機

分離施工技術

親子シールド

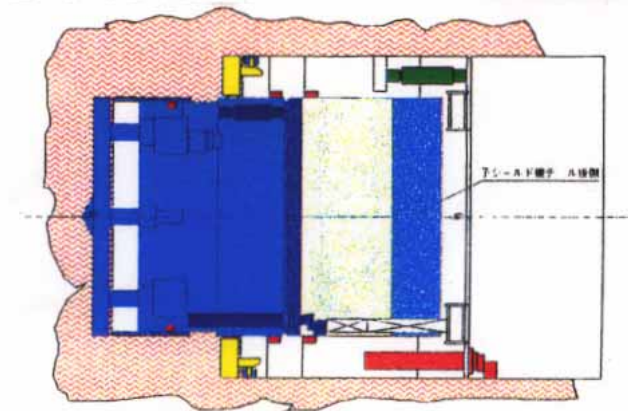
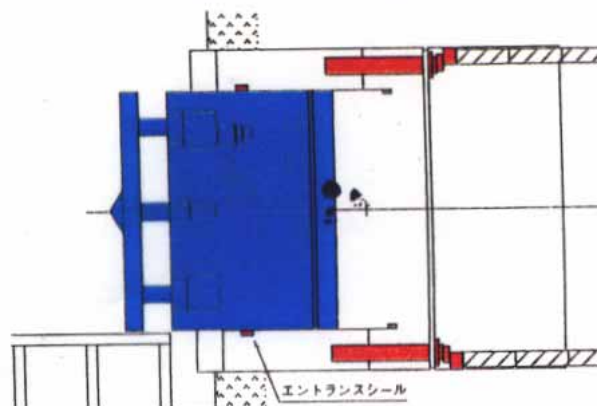
施工例多数



親子シールドのタイプ

・ 立坑発進型

・ 地中発進型



2連分岐シールド

3.29Mφ/2.89Mφ雙2重
分體式泥水式シールド機 (H&V)
工事名 東武東上線
設計者 東武地下鉄
施工者 西松、中土木、日本富士建設
共同仕業本
製作所 東武工業株式会社



6. 施工管理技術

- ◆ 総合管理
- ◆ 線形管理
- ◆ 測量
- ◆ 変状管理
- ◆ 障害物管理

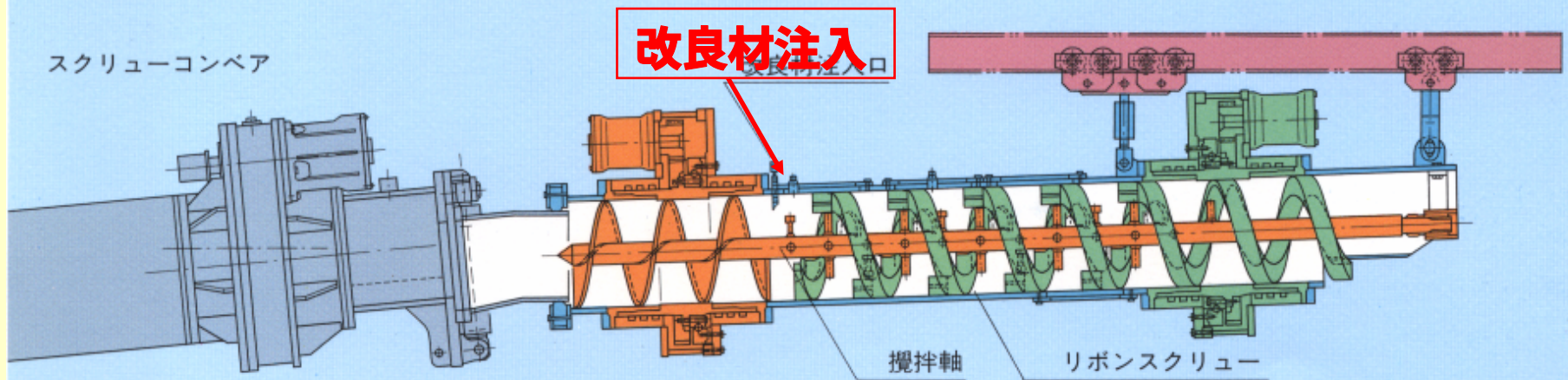
7 . その他の技術

排土性状改良技術

プラソイル工法

掘削と同時に、残土を攪拌・改良

●改良装置詳細図



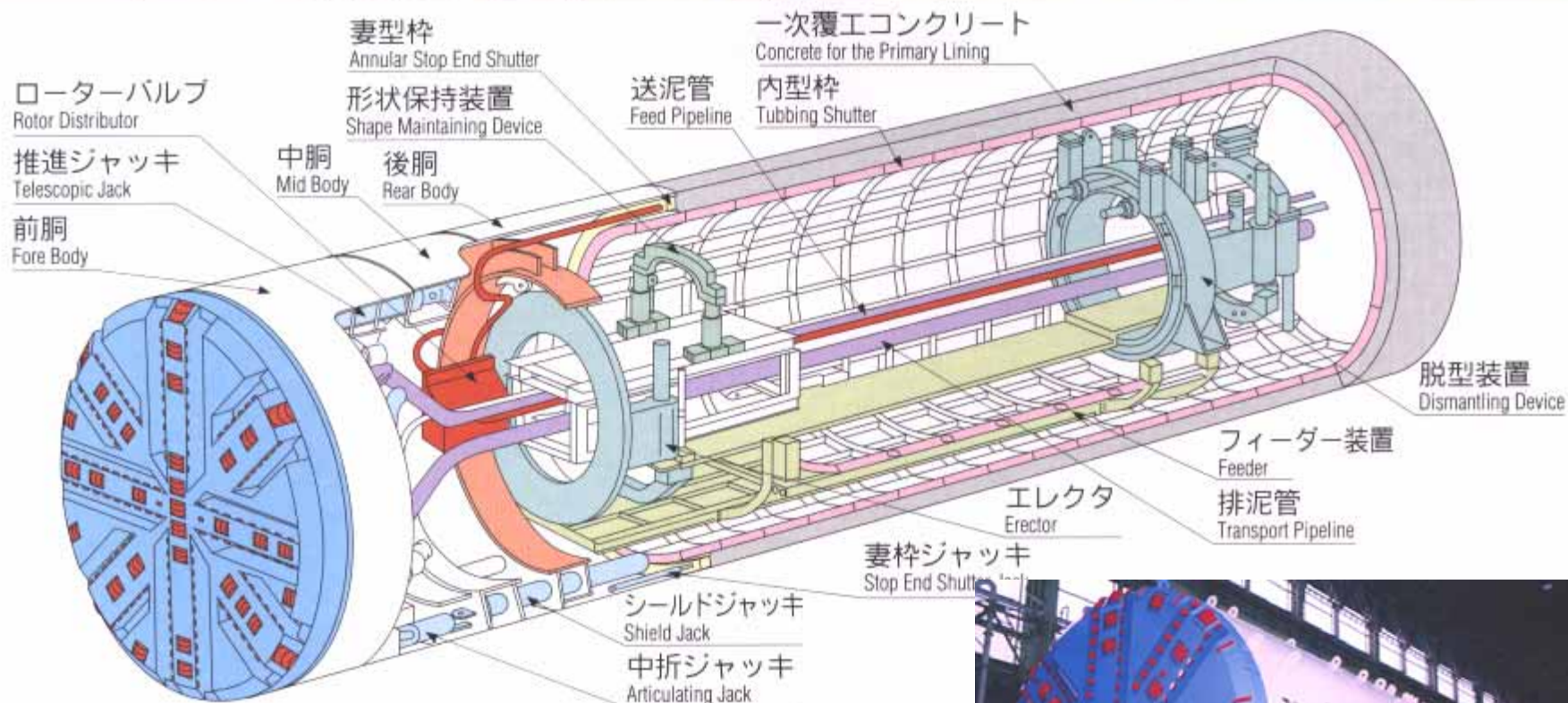
●実施工状況



一次覆工技術

直打ちライニングシールド (ECL工法)

シールドマシン設備構成図 Equipment Layout



共同溝 (岡山市)
φ6,600泥水式シールド

