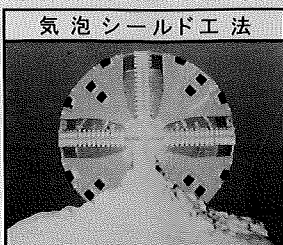
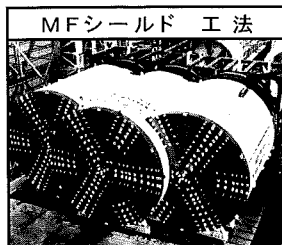


地下の空間を創る

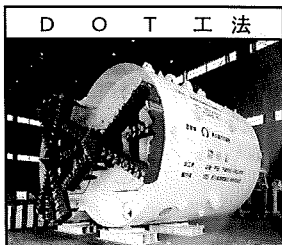
近年、都市部の基礎整備には地下の利用が不可欠です。シールド工法は、地下空間を創造する方法として一段と重要性を増しています。ここに集まった13のシールド工法は、実績があり信頼できる最先端技術です。



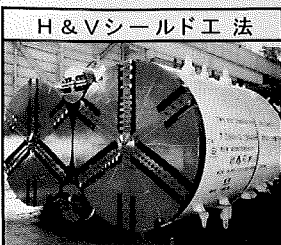
気泡シールド工法



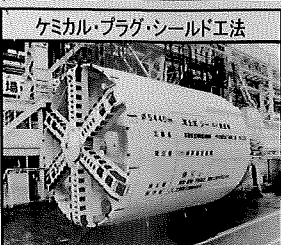
MFシールド工法



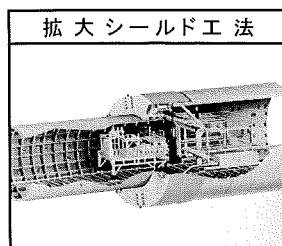
DOT工法



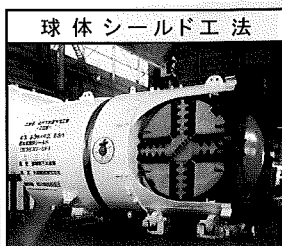
H&Vシールド工法



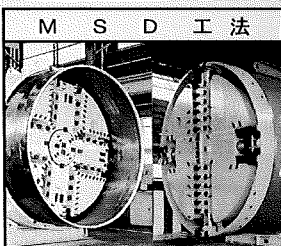
ケミカル・プラグ・シールド工法



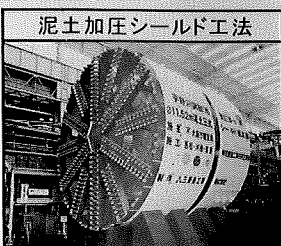
拡大シールド工法



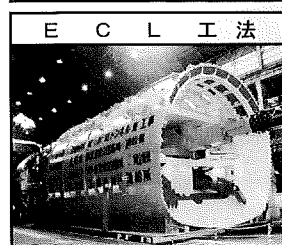
球体シールド工法



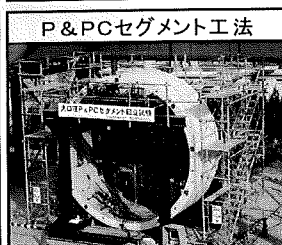
M S D 工法



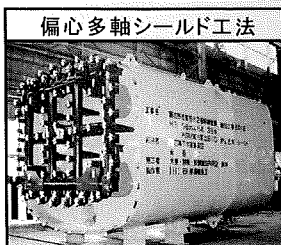
泥土加圧シールド工法



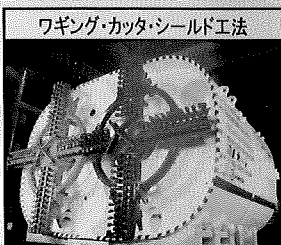
E C L 工法



P&PCセグメント工法



偏心多軸シールド工法



ワギング・カッター・シールド工法

シールド工法技術協会

事務局 〒163-0606 東京都新宿区西新宿1-25-1 新宿センタービル
大成建設(株)土木本部内
TEL 03-3348-6322 FAX 03-3348-7125
URL: <http://www.shield-method.gr.jp> e-mail: sta@shield-method.gr.jp

正会員

- アイサワ工業(株)
- 青木あすなろ建設(株)
- 浅沼組
- 岩田地崎建設(株)
- 大林組
- 大本組
- 奥村組
- 小田急建設(株)
- 鹿島建設(株)
- 熊谷組
- 鴻池組
- 国土総合建設(株)
- 五洋建設(株)
- 佐伯建設工業(株)
- 佐藤工業(株)
- 清水建設(株)
- オリエンタル白石(株)

- 西武建設(株)
- 銭高組
- 大成建設(株)
- 竹中土木
- 大日本土木(株)
- 大豊建設(株)
- 鉄建建設(株)
- 東亜建設工業(株)
- 東急建設(株)
- 東洋建設(株)
- 戸田建設(株)
- 飛鳥建設(株)
- 西松建設(株)
- 日本国土開発(株)
- 間組
- ピーエス三菱
- フジタ
- 不動テトラ
- 本間組

- 前田建設工業(株)
- 三井住友建設(株)
- みらい建設工業(株)
- 村本建設(株)
- 名工建設(株)
- 森本組
- りんかい日産建設(株)
- 若築建設(株)
- I H I
- 川崎重工業(株)
- 小松製作所
- JFEエンジニアリング(株)
- 日立建機(株)
- 日立造船(株)
- 三菱重工中建機(株)
- 石川島建材工業(株)
- SMCコンクリート(株)
- クボタ

- 新日本製鐵(株)
- 新和コンクリート工業(株)
- JFE建材(株)
- ジオスター(株)
- 住友金属工業(株)
- 都築コンクリート工業(株)
- 日本コンクリート工業(株)
- フジミ工研(株)

- 新井組
- 安藤建設(株)
- 伊藤組建(株)
- 植木組
- 奥村組土木興業(株)
- 株木建設(株)
- 古久根建設(株)
- 坂田建設(株)
- 大旺建設(株)
- 徳倉建設(株)
- 奈良建設(株)
- 福田組
- 真柄建設(株)
- 森組

- 成和ニューワークス
- 太平洋ソイル(株)
- 立花マテリアル(株)
- タック
- 第一化成産業(株)
- 中央工業(株)
- テルナイト
- 東洋工業(株)
- 日本ネットワークサポート
- ベントナイト産業(株)
- マルマテクニカ(株)
- ミケ機材(株)

- アクティオ
- カザマトエンジニアリング

定価 1,575円
本体価格 1,500円

雑誌06619-1



4910066190187
01500

トンネルと地下

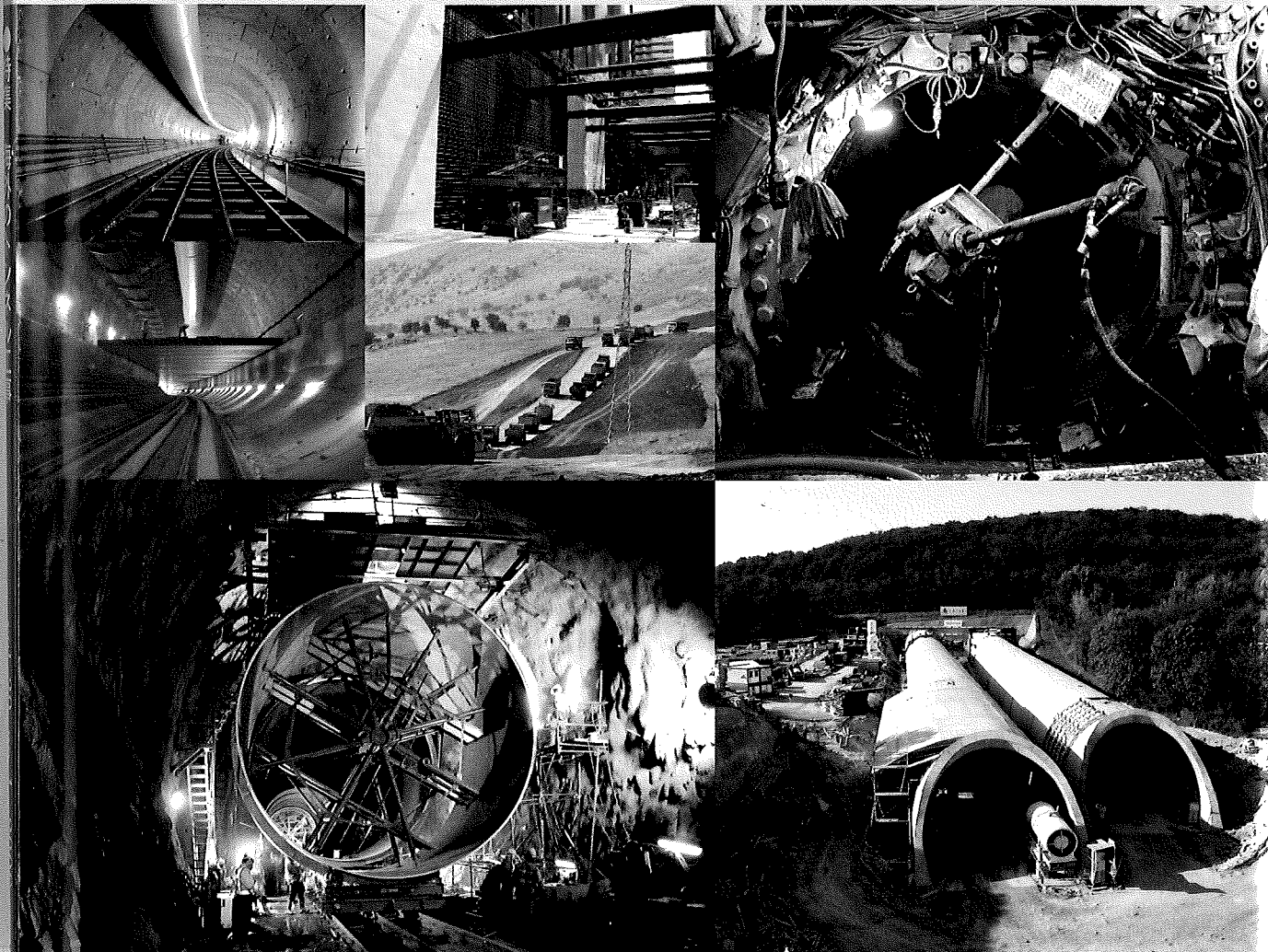
vol. 39
no. 1
2008

Tunnels and Underground

特集 海外のトンネル工事

- ボスポラス海峡横断鉄道トンネルの施工
- スロバキア高速道路トンネルの施工
- マドリッド環状道路での大断面泥土圧式シールドの高速施工
- アルジェリア東西高速道路(400km)の契約とトンネル施工
- 台北地下鉄新莊線CK570Bシールド工事
- オーストラリア パース市に地下鉄を掘る
- ラオス ナムツン2水力発電プロジェクトの導水路トンネル

日本トンネル技術協会誌

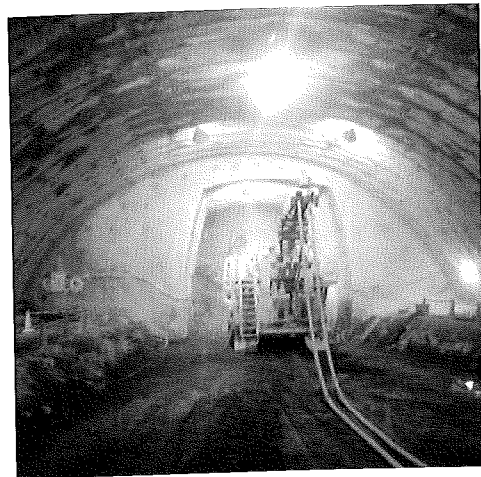


ミニベンチ工法 両用型 ショートベンチ工法

RH-10J-SS 強力型ブームヘッダー



カッター出力 330kW
総質量 120ton



主な特長

- ・カッター出力は330kWで、強力な切削力を発揮し、軟岩から硬岩まで幅広い地質に対応。
- ・機体寸法は、高さ3.9m×幅4.2m×長さ16.5m(ケーブルハンガーを除く)
- ・定位置最大切削範囲は、高さ8.75m×幅9.5m
- ・高圧水ジェット噴射で粉塵抑制とピック消費量低減。
- ・接地圧が低く、軟弱地盤にも対応。

KYB カヤバシステム マシナリー株式会社

KAYABA SYSTEM MACHINERY CO.,LTD.

<http://www.kyb-ksm.co.jp>

(旧社名: 日本範機株式会社)

本社・営業
カスタマーサービス 〒105-0012 東京都港区芝大門2丁目5番5号 住友不動産芝大門ビル TEL 03-5733-9444

中部支店 〒514-0396 三重県津市雲出鋼管町62番地2 TEL 059-234-4139

西部支店 〒812-0013 福岡県福岡市博多区博多駅東2丁目6番26号 安川産業ビル TEL 092-411-4998

三重工場 〒514-0396 三重県津市雲出鋼管町62番地2 TEL 059-234-4111

FURUKAWA
ROCK DRILL



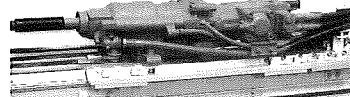
様々なトンネル工事に挑戦し、実績を積み重ねてきた各種製品と
全国に広がる安心のサービス網でお客様をバックアップします。

ホイール式ドリルジャンボ

JTH2200R/3200R

新幹線・道路・水路等の全断面および補助ベンチ
工法のトンネルさく孔に威力を発揮します。

新世代型油圧ドリフタHD210搭載。

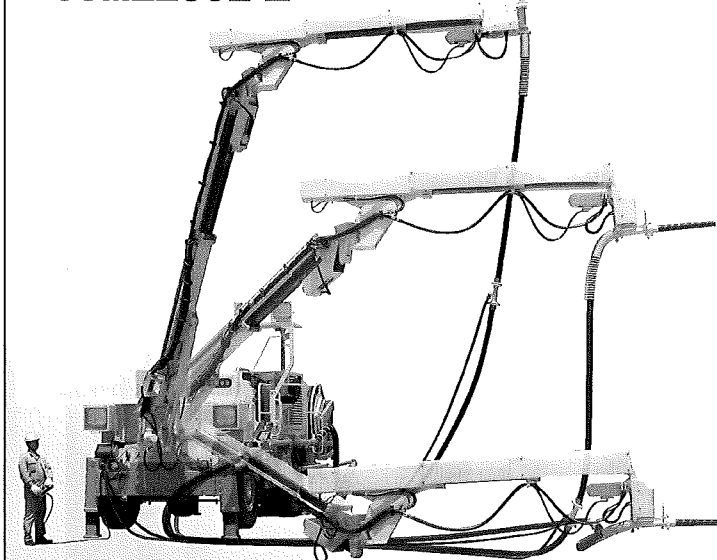


◆主な仕様

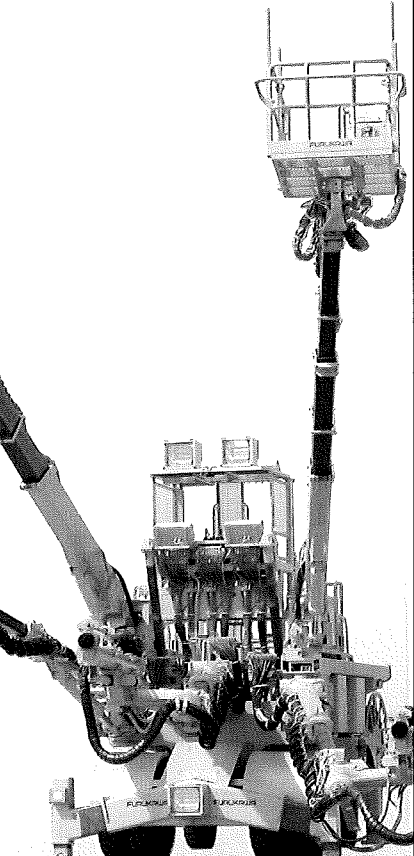
	JTH2200R 2ブーム、2ケージ	JTH3200R 3ブーム、2ケージ
質量	35.5トン	43トン
全長	14,270mm	14,760mm
全幅	2,690mm	3,140mm
全高	5,940mm	6,010mm
水平さく孔範囲		
幅	12.77m	13.22m
高さ	8.49m	8.84m

コンクリート吹付け機(コンプレッサ搭載型)

CJM2200E-III



写真は吹付け姿勢の合成写真です。



JTH3200R

◆CJM2200E-III 主な仕様

質量	22トン
全長	15,600mm
全幅	3,000mm
全高	4,000mm
吹付け範囲	
高さ×幅	10m×13.3m

自走式キャリアに、コンクリートポンプ、急結剤供給装置、コンプレッサ、高圧水ポンプ等、吹付け作業に必要な装置を搭載したコンパクトな一体型コンクリート吹付け機です。

△ 古河機械金属グループ

FRD 古河ロックドリル株式会社 <http://rvs.furukawakk.co.jp/ms/>

本社 〒103-0022 東京都中央区日本橋室町二丁目3番14号 古河ビル8F 特機部 電話: (03) 3231-6966

札幌支店 011-861-3261 東北支店 022-384-8991 関東支店 027-322-5953 名古屋支店 0568-77-7700

関西支店 06-6475-8221 広島営業所 082-832-3542 四国営業所 087-815-1708 九州支店 092-948-2010

吹付けコンクリートシステム



コンクリート吹付機
Sika®-PM500 PC
by Putzmeister

当社はこのたびコンクリートポンプ・コンクリート吹付機で世界的実績を誇るputzmeister社と契約し、今までの吹付機の発想をことごとく変え、さらにその実績と技術ノウハウの基に製造されたputzmeister・Sika®-PM500PCを国内に導入しました。

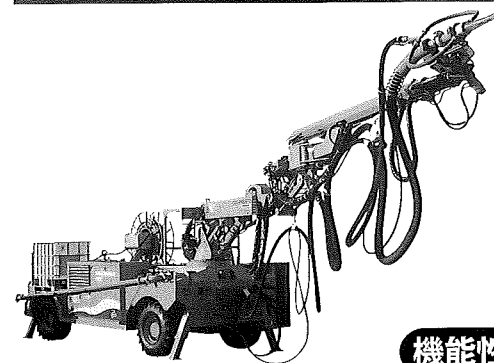


特にコンクリート吹付機の要はコンクリート圧送ポンプです。

プツマイスター圧送ポンプの特長

- ① シリンダーが他社機と比較して長い
プツマイスター L=1000mm
他社機 L=600~700mm
- ② S型揺動管の切替速度が他社機と比較して速い
プツマイスター 0.15sec
他社機 0.20~0.30sec
- ③ 油圧回路に特許FFH(フリーフロー回路)機能を採用

この三大特長によって、吹付け時の脈動が非常に少なく、またそのことに関連して息つきが防止され、コンクリートの付着性が著しく向上、作業時間の短縮、飛散リバンドの減少、さらに部品の消耗、油圧ホース、油圧ポンプ等々を含めコストダウンその減額を可能とします。



コンパクトで群を抜く使いやすさ!

機能性、機動性の基に理想的な機械化を実現!

総販売元 東友エンジニアリング(株) 製造輸入元 プツマイスタージャパン(株)

トンネル関連製品

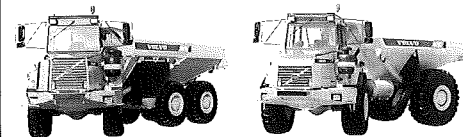
吹付けコンクリートシステム

putzmeister・Sika®-PM500PCコンクリート吹付機
Putzmeister S.A.

一体型吹付機・特殊型吹付機
設計・製作：東友エンジニアリング株式会社

VOLVO ダンプトラック

(A25C-TS, A25C-TR, A20/30C-T)

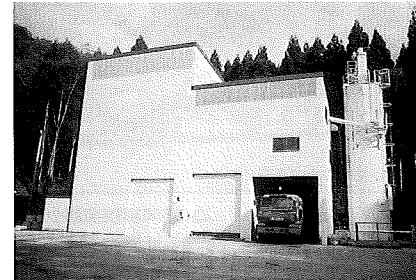


Volvo East Asia(Pte)Ltd

その他、トンネル施工機械全般

バッチャプラント

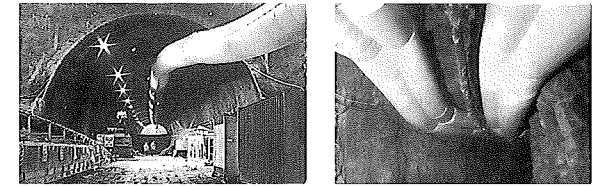
(全自動式、3槽クラム式、簡易型、特殊型)



設計・製作：名岐エンジニアリング株式会社

トンネル換気システム

ABC
VENTILATION SYSTEMS



- ファスナー式風管
- ツインダクト風管
- スパイラル風管
- 帯電防止型風管

総代理店 東友エンジニアリング株式会社

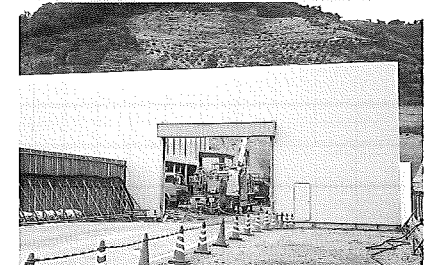
騒音防止システム

エコフラット -35db Cタイプ



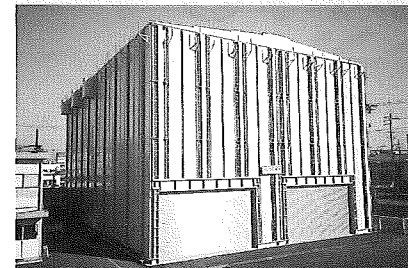
美観を重視した高性能の防音ハウス

エコパネル防音壁 -15db Aタイプ



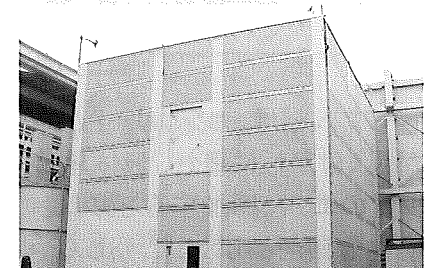
適応性の優れた防音パネル

エコユニット -30db Bタイプ



組立て容易な標準型防音ハウス

スーパーエコハウス 超低周波音 -25db



超低周波音対策に適した防音ハウス

設計施工 株式会社トユーエコサポート

建設業界に貢献する TOYU GROUP

東友エンジニアリング株式会社

<http://www.toyu.co.jp>

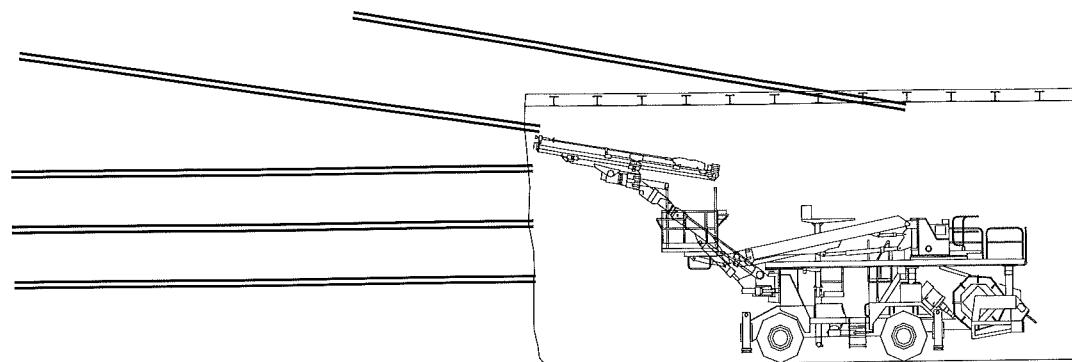
〒102-0073 東京都千代田区九段北 3-2-5 TEL: 03-3234-8901 FAX: 03-3234-8900
株式会社トユーエコサポート TEL: 03-5226-5971 FAX: 03-5226-5974
トユーサービス株式会社石岡工場 TEL: 0299-27-6211 FAX: 0299-27-6233

KATECS

全方位切羽補強工法

パノラマ工法

パノラマ工法は切羽から長尺樹脂管(GRP管)を打設しシリカレジンを注入することで切羽前方地山を効果的に拘束するための全方位マルチパターン地山補強工法です。特殊強化樹脂管を切羽から全方位に打設することで、天端部の先受工と併せて鏡面補強も同時に施工することができ、切羽の安定性を高め、掘削の安全性を向上させます。



アルカリフリー型液体急結剤

AFK-777J

『AFK-777J』は、コンクリートとの混合が良く付着性に優れ、液体急結剤を少量のエアで添加するため、従来の粉体急結剤と比較して、粉じんやリバウンドが低減されます。

また、液体急結剤吹付けコンクリート用高性能減水剤『404シリーズ』を併用することで、安定した品質の吹付けコンクリート施工が実現できます。



「ヨロケ」とは昔 鉱山で呼ばれたじん肺のことです

対策!

KATECS

トンネルの補助工法

注入式長尺先受工法

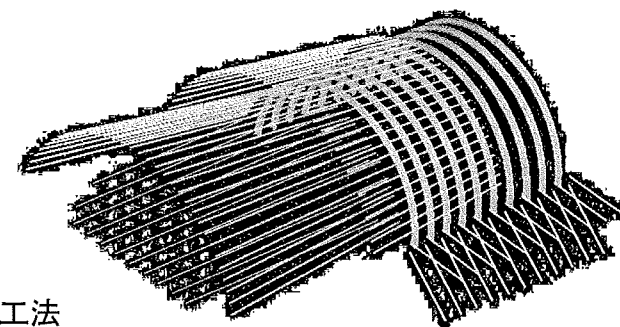
AGF工法
AGF-P工法
AGF-S工法
AGF-WOO工法
AGF-E工法

小口径長尺先受工法

SMALL-P工法
FBE工法

全方位マルチパターン地山補強工法

パノラマ工法



発泡型シリカレジン

スーパーSRF

無機系注入材

シリカセーフ

KATECS

株式会社 カテックス 建設資材事業部

<http://www.katecs.co.jp/>

本社 〒460-8331 名古屋市中区上前津1丁目3番3号

技術営業部 TEL 052-331-8821 FAX 052-332-0164

中部営業部

〒460-8331 名古屋市中区上前津1丁目3番3号

TEL 052-331-8821 FAX 052-332-0164

東京支店

〒112-0014 東京都文京区関口1丁目47番12号

江戸川橋ビル4階

TEL 03-3260-8321 FAX 03-3266-1648

関西営業部

〒550-0015 大阪市西区南堀江4丁目1番18号

十川産業西堀江ビル7階

TEL 06-6578-3235 FAX 06-6578-3237

九州営業部

〒816-0932 福岡県大野城市瓦田623-4

リバーサイド大野城A号

TEL 092-574-0856 FAX 092-574-0846

北海道地区(株)エイチ・アール・オー)

〒003-0011 札幌市白石区中央1条5丁目8番2号

TEL 011-821-5868 FAX 011-821-6644

— NATM を支える —

技術と信頼!

ケー・エフ・シーの ロックボルト

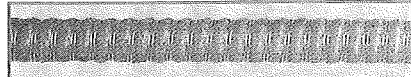
全ネジFRP ロックボルト

CG22S



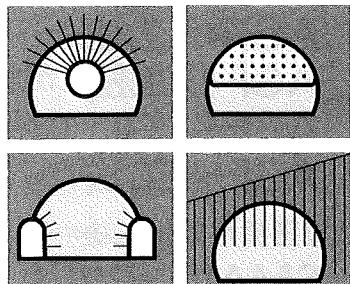
(中実タイプ)

CGR32

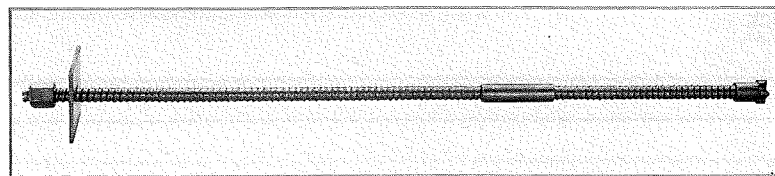


(中空タイプ)

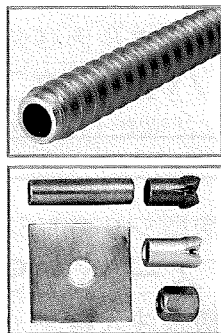
FRP ボルトに全ネジ加工することによって、ナット取付け、カプラー接続が簡単にできます。



自穿孔 IBO アンカー

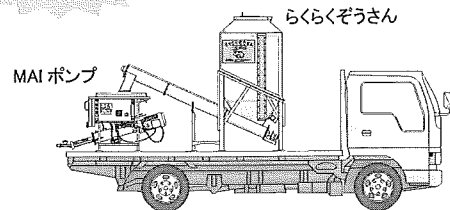


現場での取扱いが非常にし易い R32 ネジを全長にわたって転造した中空ロックボルトです。

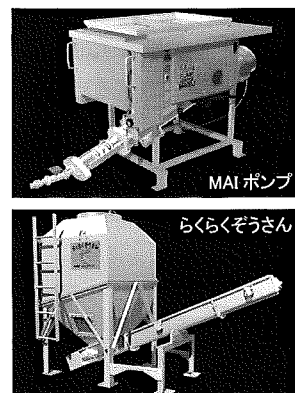


MAI ポンプ & らくらくぞうさん (モルタル投入システム)

ECO システム!



現場ゼロエミッションに貢献します。



特許第 3256532 号
(らくらくぞうさん)



環境にやさしいパッケージ
「ふたたびくん」

KFC 株式会社 ケー・エフ・シー

東京土木営業部 TEL(03) 3570-5223 FAX(03) 3570-5233
大阪土木営業部 TEL(06) 6363-1884 FAX(06) 6313-0755
札幌支店 TEL(011) 751-4681 FAX(011) 751-4682

ホームページ <http://www.kfc-net.co.jp/>

1本1本が大切! だから

次世代 防食 ロックボルト

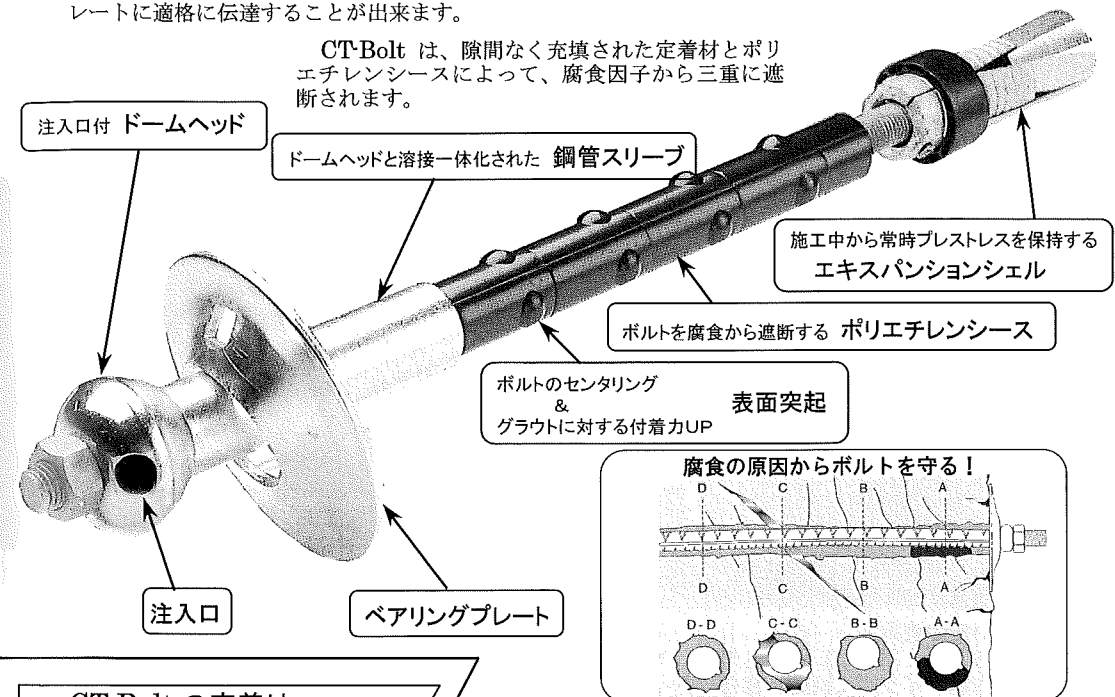
CT-Bolt



通常施工により超長期支保

CT-Bolt は、施工直後からプレストレスを導入し、特殊半球型ドームヘッドにより、地山の動きに伴う荷重をベアリングプレートに適格に伝達することが出来ます。

CT-Bolt は、隙間なく充填された定着材とポリエチレンシースによって、腐食因子から三重に遮断されます。



CT-Bolt の定着は・・・

即時に支保効果をもたらす先端定着と、時期を選んで行える全面定着グラウト充填のコンビネーションです。施工直後から施工後長期にわたって、ボルト支保効果を最大限に活用することが可能です。ポリエチレンスリーブがボルトを覆う構造により、仮に空洞や偏芯、或いは湧水によって部分的にグラウトが逸失している場合にも、腐食促進成分がボルトと接触しません。

用途:

- 山岳トンネル・海底トンネルに立坑・地下空洞支保に
- 石油備蓄基地等地下施設建設に斜面安定・補強土工に
- その他 腐食対策の必要な地盤に

完全充填

CT-Bolt は、広い範囲の粘度のグラウト注入が可能です。グラウトはポリエチレンスリーブ内に充填された後、先端部から孔壁とスリーブの間を充填して戻り、リターンによって全面定着が確認出来ます。

総発売元 Your Fastening Partner

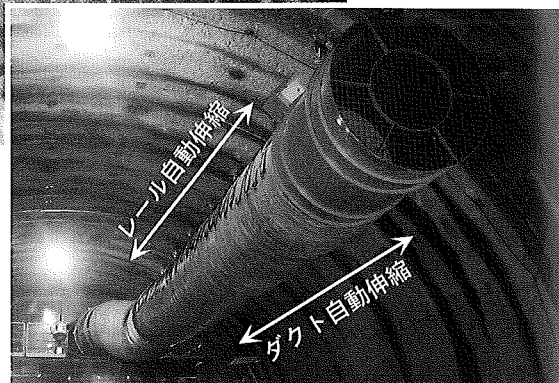
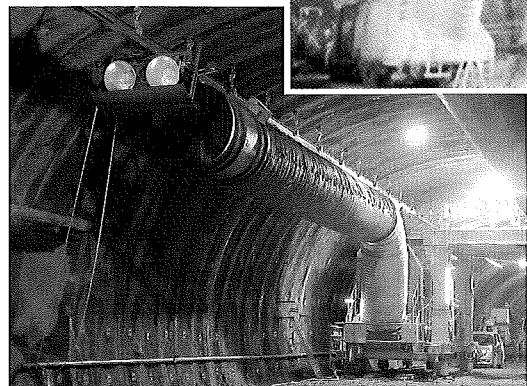
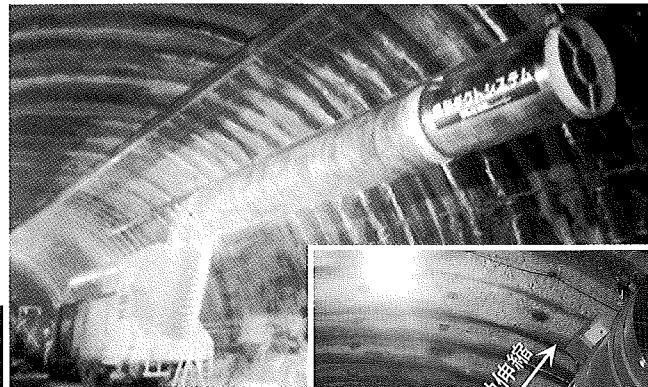
KFC 株式会社 ケー・エフ・シー

〒135-8073 東京都江東区青海2丁目45番タイム24ビル

お問い合わせ先 TEL: 03-3570-5182
技術部 FAX: 03-3570-5191

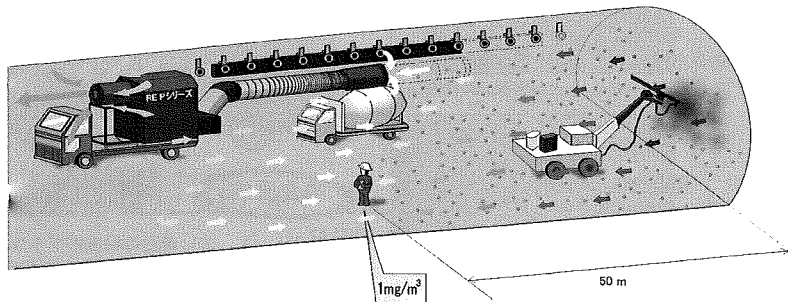
吸引ダクトシステム

業界初 吸引ダクトシステム特許取得〔第3883483号〕
ガイドラインをクリア 1mg/m³達成!!



まずはお問合せ下さい。実績データと理論を元に現地条件に合わせてコンサル致します。

- ・発生源粉塵対策の決定版。
- ・ダクトはもちろん、吊下げレールも無線リモコンで楽々前進。
- ・掘削工法や作業サイクルに適應。操作にお手間をとらせません。
- ・最低限の切羽送気量と後方の高い清浄空間の確保で換気コストとランニングコストの大幅なコストダウンに。
- ・適應径はφ600～φ1500、負圧-2kPa、収縮率1/5、100m以上もレンタルで対応可。移動照明を使用することで切羽作業効率、安全性が大幅にアップ。その他の口径・延長はご相談下さい。



宇宙・原子力・環境など開発部門の人材を募集しています

30th Anniversary

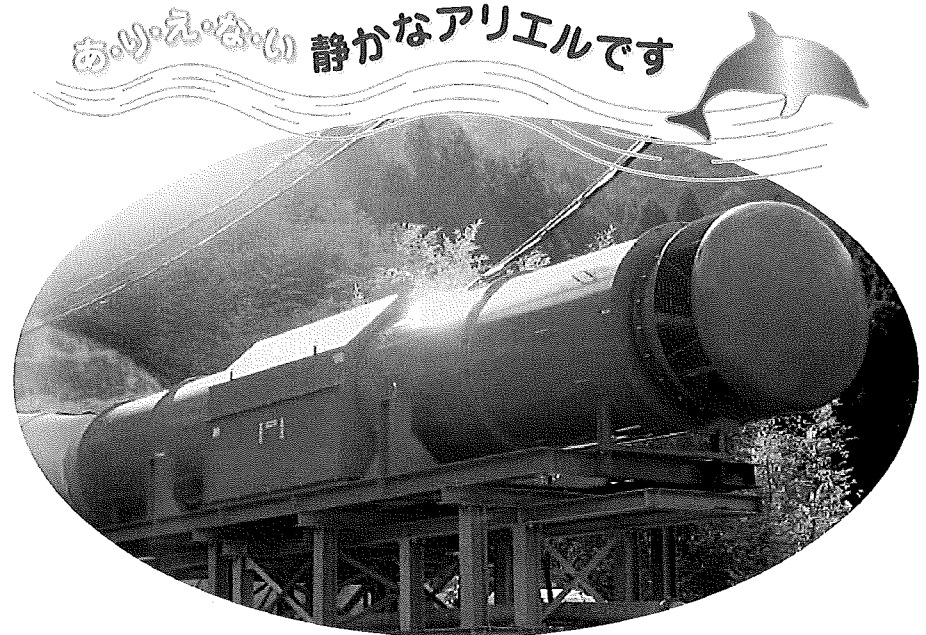
株式会社 流機 エンジニアリング

URL: <http://www.ryuki.com> E-mail: eigyobu@ryuki.com

本社/〒108-0073 東京都港区三田 3-4-2 COI聖坂ビル
TEL: 03 (3452) 7400(代) FAX: 03 (3452) 5370
つくば/〒308-0114 茨城県筑西市花田90-1
テクノセンター TEL: 0296 (37) 7680(代) FAX: 0296 (37) 7681

超低騒音・三軸反転ファン エアロ★MAX アリエル

あゆみながら 静かなアリエルです



ファンの性能を保持したまま、より低騒音に、よりスタイリッシュに。

シールド、都市NATMなどの都市環境や

大断面長大トンネルの施工環境に対応する換気ファンを400台以上保有。

必要なとき、必要な容量の設備を提供します。

- 超低騒音: エアロMAX 最小値78dB(A)、アリエル 当社比-5dB
- 省エネ: インバータでファンの回転数を制御するため無負荷電流がなく、人-△直動方式や可変ピッチ方式より大幅に省エネができます。
- 高効率: 固定翼、インバータ制御で広い性能点で効率のいい運転。
- 制御: ダストセンサーによる自動制御、集塵機との連動運転が可能。
(特許 第1742880 ダストセンサーによるインバータ制御)
- 使い易さ: 軽量、INV高調波対策も万全、ソフトスタートでダクトを痛めずファンのメンテナンスも軽減。
高価なフリッカ対策設備も不要。
- コンサルティング: 長年にわたって経験して参りました弊社の換気のノウハウを生かし、換気計画後、5.5kW×2～200kW×2の幅広い品揃えで対応します。
換気のご相談はお気軽に本社・営業部までどうぞ。

宇宙・原子力・環境など開発部門の人材を募集しています

30th Anniversary

株式会社 流機 エンジニアリング

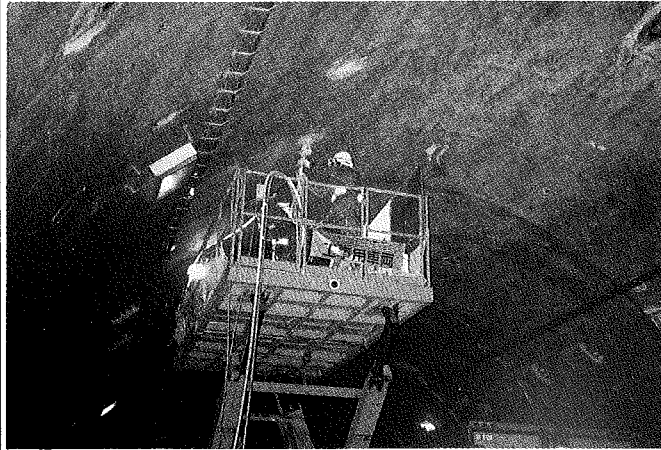
URL: <http://www.ryuki.com> E-mail: eigyobu@ryuki.com

本社/〒108-0073 東京都港区三田 3-4-2 COI聖坂ビル
TEL: 03 (3452) 7400(代) FAX: 03 (3452) 5370
つくば/〒308-0114 茨城県筑西市花田90-1
テクノセンター TEL: 0296 (37) 7680(代) FAX: 0296 (37) 7681

今時、静かなのは当たり前!!

硬質発泡ウレタン セツフォーム工法

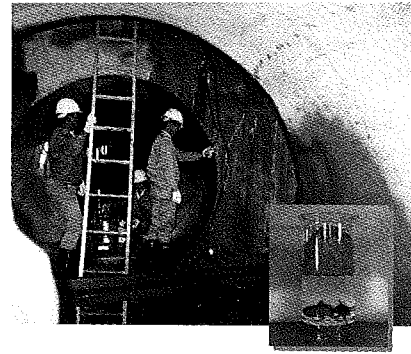
急結性・高性能空隙充填材



- シールドにおける滞水層、軟弱地盤の全面裏込め注入
- シールド急曲線部の裏込め注入(即時地盤反力の効果)
- トンネル構造物などの背面空洞充填
- 深基礎工法の裏込め(止水,裏込め後の即時掘削可能)

漏水を瞬時にストップ! SF-A工法

長期耐久性に優れた
無溶剤タイプの
ウレタン系止水材



- 山岳トンネル, 下水道, 共同溝, 地下鉄, 地下室, その他地下構造物の漏水補修
- 地下構造物の背面空洞の充填
- 地盤や岩盤の止水, および固結安定

ケミカルフォーム協会会員

アルス株式会社	〒950-0944 新潟市中央区愛宕 1-4-25	TEL 025-280-0337
株式会社内田工業	〒332-0032 埼玉県川口市中青木 2-12-2	TEL 048-257-0848
エコシビックエンジ株式会社	〒135-0047 東京都江東区富岡 1-12-4 み満きビル	TEL 03-3643-7241
MC山三ポリマーズ株式会社	〒103-0023 東京都中央区日本橋本町 3-6-2 小津本館ビル	TEL 03-3662-0253
株式会社共ショウ	〒103-0014 東京都中央区日本橋蛸殻町 1-12-6	TEL 03-3668-8416
株式会社共和	〒462-0832 名古屋市北区生駒町 7-148-1	TEL 052-911-3984
寿建設株式会社	〒960-0231 福島市飯坂町平野字東地蔵田 8-1	TEL 024-543-0511
四国リニューアル株式会社	〒780-0804 高知市日の出町 2-12	TEL 088-878-0050
ショーレジ株式会社	〒104-0032 東京都中央区八丁堀 3-14-4 直平ビル	TEL 03-3551-8391
成和リニューアルワークス株式会社	〒163-0610 東京都新宿区西新宿 1-25-1	TEL 03-5326-0720
株式会社西日本ザイベックス	〒755-0032 山口県宇部市寿町 3-5-23	TEL 0836-21-2666
日本総合防水株式会社	〒171-0022 東京都豊島区南池袋 3-11-10 ベリエ池袋	TEL 03-5950-8211
林建設工業株式会社	〒998-0023 山形県酒田市幸町 1-6-6	TEL 0234-23-3322
フジモリ産業株式会社	〒141-0022 東京都品川区東五反田 2-17-1 オールコート大崎マークウエスト	TEL 03-5789-2206
株式会社マシノ	〒733-0822 広島市西区庚午中 1-19-23	TEL 082-507-2737
株式会社松井商店	〒007-0870 札幌市東区伏古 10 条 2 丁目 11-8	TEL 011-782-4441
株式会社マノール	〒142-0043 東京都品川区二葉 1-18-8	TEL 03-3787-1131
株式会社三原工業	〒531-0073 大阪市北区本庄西 3-7-5	TEL 06-6371-9947

協会事務局

〒101-0032 東京都千代田区岩本町1-12-4 大洋ビル
日清紡ポスタルケミカル(株) TEL 03-5833-5161

製造元 日清紡 化学品事業本部

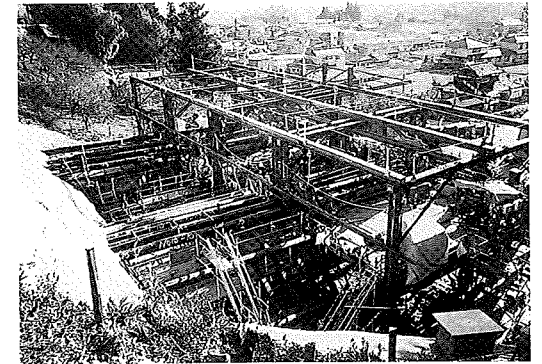
〒103-8650 東京都中央区日本橋人形町2-31-11 TEL 03-5695-8939

THパイプルーフ工法

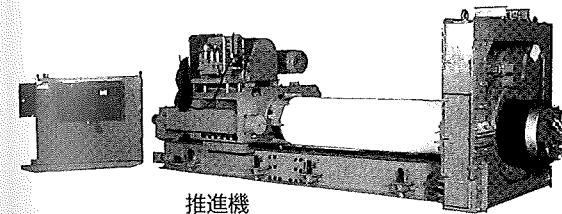
高精度、全地盤型水平鋼管圧入システム

★特徴★

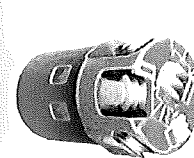
- 本体掘削時の沈下抑制補助工法です。
- 常時管芯チェックが可能で、方向修正方式を採用(精度が良いため支保作業が容易です。)
- オーガ中掘り掘削。地山との空隙に同時注入もできます。
- 推進途中でのビットの交換が可能で層変りに対応できます。
- 適応管径は、φ200~φ1200mmです。
- 最大推進長は、約70~100mです。
- 推進機は推力100t、200t、300tがあります。



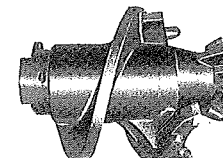
パイプルーフ打設状況(山岳トンネル)



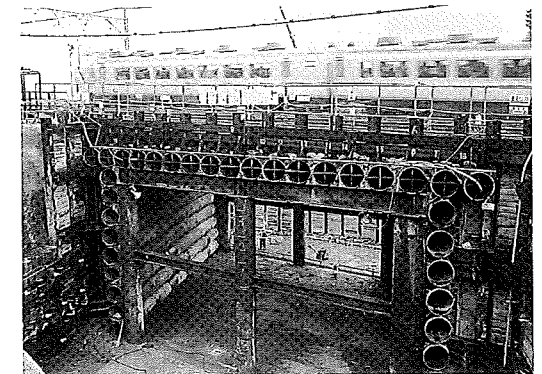
推進機



硬質地盤用ビット



土砂用ビット



パイプビーム工法

〔会員〕

九州基礎(株)	福岡県	TEL 0946-22-7445
(株)小宮山土木	長野県	TEL 0267-56-1299
(株)進栄機工	北海道	TEL 011-382-8048
東洋地工(株)	福井県	TEL 0776-53-5335
日特建設(株)	東京都	TEL 03-3542-9299
北條基礎(株)	大阪府	TEL 072-626-1002
ケミカルグラウト(株)	東京都	TEL 03-5575-0511
(株)最上機工	山形県	TEL 0233-23-1555

サン開発工事(株)	大阪府	TEL 072-641-4951
東邦地下工機(株)	東京都	TEL 03-3474-3143
日本基礎技術(株)	東京都	TEL 03-3476-5701
(株)大阪防水建設社	東京都	TEL 03-3652-5445
多田建設(株)	福島県	TEL 024-535-6161
九州グラウト(株)	福岡県	TEL 092-583-3232

(順不同)

<http://www.piperroof.jp>



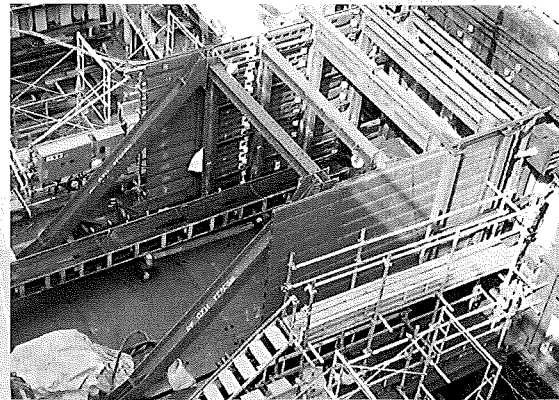
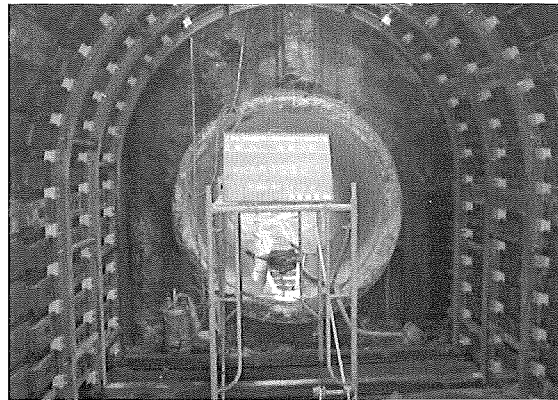
THパイプルーフ技術協会

〒140-0002 東京都品川区東品川4丁目4番7号 東邦地下工機(株)内
TEL 03(3474)3143 FAX 03(3474)3163

E-mail: jimukyoku@piperroof.jp

アーストンネル掘削工法に最適

SS-メッセル工法



30年の実績(工法指導致します)

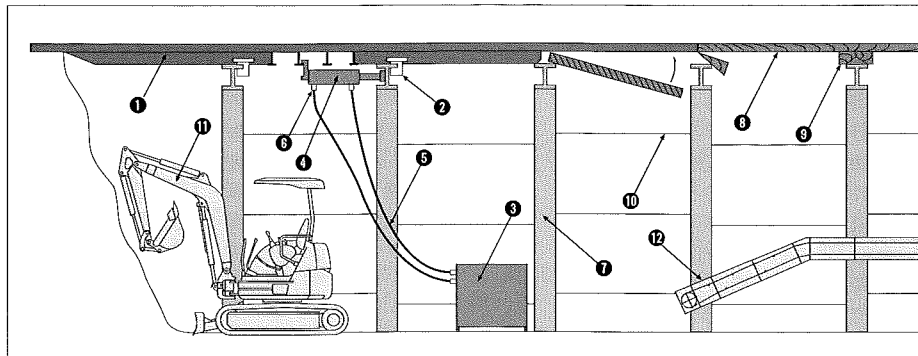
特徴

- 地山をゆるめず任意の断面形状のトンネル掘削ができます。
- 余堀りがなく切羽の掘削と一次覆工が同時に安全に施工できるので地表面が沈下しません。(都市トンネル工事では最適)
- SS-メッセルプレートとスタビライザとの組合せにより、メッセルの離脱及びノーズダウンを防止する構造になっています。直線・曲線掘進に適応します。
- SS-メッセル工法に使用される断面は、支保工の形状に従って、円形・角形・アーチ形・馬蹄形、のいずれでも自由に選べます。

実績

- JR線等線路直下横断工事。鉄道・道路・下水道・共同溝などトンネル工事に多数の実績をもっています。

SS-メッセル工法概略図



- ①SS-メッセルプレート
- ②スタビライザ
- ③油圧ユニット
- ④油圧ジャッキ
- ⑤油圧ホース
- ⑥油圧手許切換装置
- ⑦支保工
- ⑧木矢板
- ⑨木製キャンパー
- ⑩径間パイプ、タイロッドボルト
- ⑪バックホウ
- ⑫ベルトコンベア

SIETECH 株式会社 シーテック
URL <http://www16.ocn.ne.jp/~sietech/>

〒102-0074 東京都千代田区九段南3丁目8番10号 TEL.(03)3263-7457(代) FAX.(03)3262-0915

ジェルフォー

特殊超微粒子セメント・シリカ水溶液地山改良注入材



ジェルフォーは、山岳トンネル掘削補助工法に使用する完全無機系・ゲル化特性を持つ高浸透性・高強度・低価格の注入材です。

- 完全無機系の為、BOD, CODの心配が無く、環境に優しい
- ゲルタイムが1~2分
- 3~4 μ mと超微粒子
- ホモゲルは1日で1.5~3.0MN/m²
- 1.5ショットで注入

太径自穿孔パイプ

AGFST工法



- 作業性が抜群(実績21m/本)
- ロッド外径 ϕ 78がロープねじの為、注入材との付着が良好
- 二段ビットにより、位置決めと直進性が良好
- 特別な作業足場は不要



岡部シビルエンジニアリング株式会社
okabe

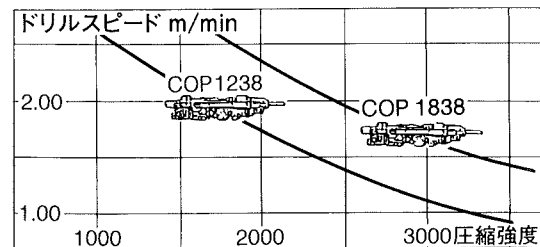
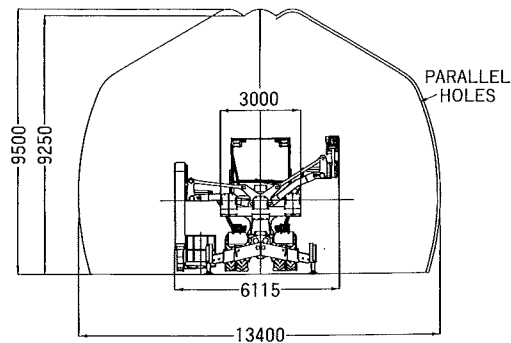
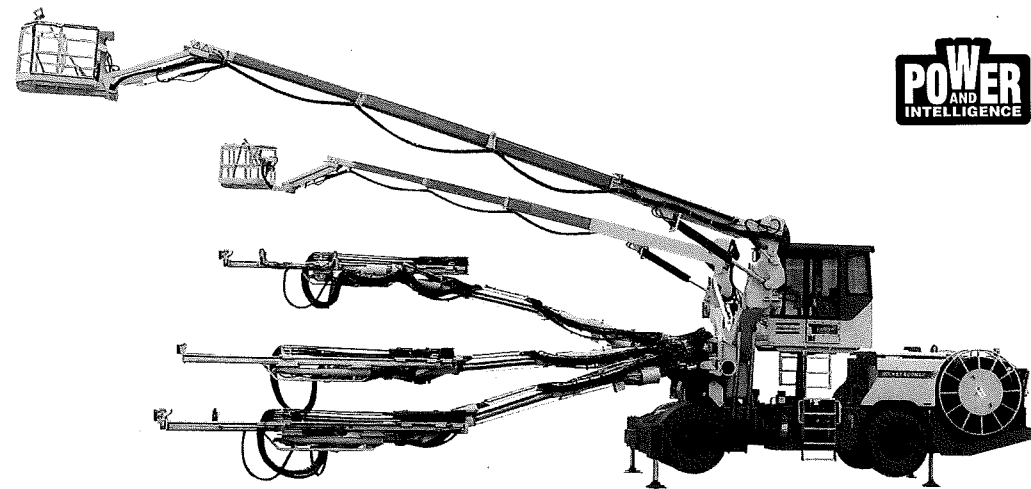
〒130-0002 東京都墨田区業平3-14-4 日土地押上ビル 北海道 電話 011-837-2030 東北 電話 022-288-8484 関東 電話 03-3624-5116
TEL.03-3624-5116 FAX.03-3624-5189 新潟 電話 025-287-7700 中部 電話 0568-76-5611 関西 電話 06-6535-0621
ホームページ <http://www.okabe-doboku.com/> 九州 電話 092-624-5878

アトラスコプコ・コンピュータジャンボ

The Next Generation ロケットブーマーL3C-2B

COP1838油圧ドリフター搭載

3ブーム・2バスケット

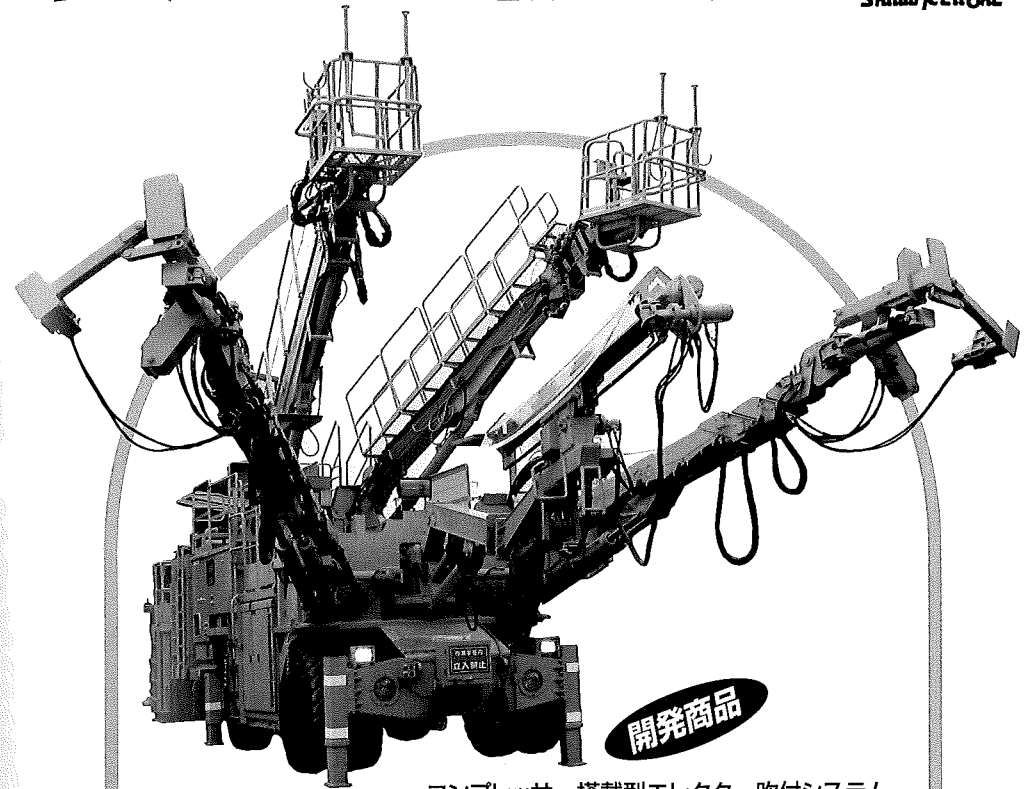


ドリルマシン株式会社

DRILL MACHINE CO., LTD.

本社 〒116-0014 東京都荒川区東日暮里 6-16-8 桂ビル5階
 TEL (03) 3806-3377 番 FAX (03) 3806-8461 番
 関西支店 〒657-0864 兵庫県神戸市灘区新在家南町5-8-4
 TEL (078) 802-5551 番 FAX (078) 802-5528 番
 九州支店 〒839-0841 福岡県久留米市御井旗崎1-6-14
 TEL (0942) 43-5315 番 FAX (0942) 43-5832 番
 焼津営業所 〒425-0072 静岡県焼津市大住 638-1
 TEL (054) 620-7301 番 FAX (054) 620-7303 番
 兵庫工場 〒679-1332 兵庫県多可郡多可町加美区大袋川端454-3
 TEL (0795) 36-0461 番 FAX (0795) 36-0467 番

安心と信頼



コンプレッサー搭載型エレクター吹付システム
(ホイール式)

〈1台2役のスグレモノです!〉

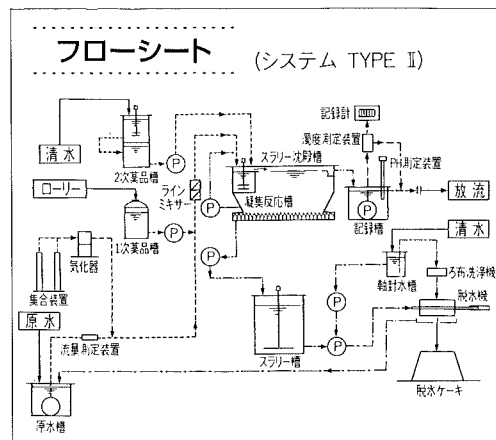
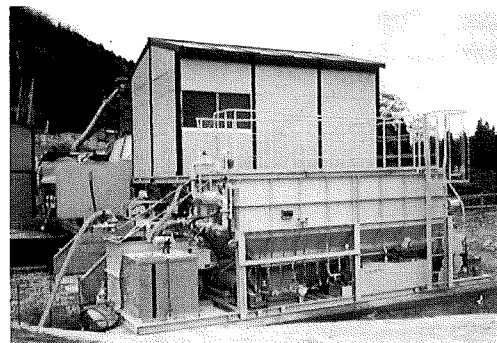
- 1台にて1次吹付、支保工建て込み、2次吹付可能です。
- 2バスケットによる効率UPが可能です。
- 最大荷重1200kgの支保工を運搬・建て込み可能です。
- コンプレッサー 90kw・37kwを搭載しています。

トンネル機械の総合レンタル
三興レンタル株式会社

高槻事務所 / 〒569-0836 高槻市唐崎西2-26-1
 TEL 072-677-2101(代) FAX 072-677-2109

TWS型シリーズ 濁水処理装置

コンパクトながら
大きな処理能力



Waste Water Treatment System

特長

1. 基礎、土木工事の期間が短く安価である。
設置面積が小さくフラット基礎で設置可能である。
 2. 運転経費が少ない。
ラインミキサー及び余剰ガス循環システムの組み合わせにより効率の良い中和が出来炭酸ガス使用量の節約になる。角型シックナー沈降面積及び容積をより大きく設計しており又傾斜板を採用していることから一次、二次薬品が少量でも効率の良いSS処理が出来る。複式汙板型の脱水機を採用していることから汙布等の消費費が少ない。
又、加圧型脱水方式の為無薬注で脱水出来る。
 3. シックナー内流速を最少にする設計であることより清澄度の高い処理水が得られ、再利用が可能である。
 4. 運転管理が容易である。
原水流入に合せた自動運転方式を採用している。パトライトによる異常警報装置を標準装備している。
 5. 多種多様な原水に対応出来る。
凝集反応槽攪拌機及び集泥用レーキにインバーターを採用し、水量及び濃度に幅広く対応する。
 6. 豊富なオプション装置
高分子凝集剤の自動溶解装置
処理水返送装置 (異常警報装置と連動)
炭酸ガス後中和処理装置
鉄分除去処理装置 (エアレーション装置等)
スラリー再濃縮装置
脱水助材添加装置
自動汙布洗浄装置
- シックナー5機種、脱水機4機種を標準化し、処理量に応じた自由な組み合わせが可能です。あなたの現場にピッタリフィットのシステムを御検討下さい。

詳細資料請求、お問い合わせは

株式会社 フジテックス
本社 〒930-0821 富山市飯野12-1
TEL (076)452-1616(代) FAX (076)452-1617

拡大された能力。
継続的なお客さまへの
コミットメント。



www.oricaminingservices.com

オリカ・マイニング・サービス
——産業爆薬、起爆システムおよび
高高度な爆破ソリューションの
世界的リーダー企業。

オリカは、ダイノ・ノーベルのアジア、中南米、欧州、中東およびアフリカ事業を買収しました。当社は、お客さまとの関係の維持、ならびに統合プロセス全般における滞りのない移行の実現に努めています。

当社は、オリカとダイノ・ノーベルの最良部分を活用し、お客さまの最終利益拡大をお手伝いいたします。

皆さまには、くさなる技術投資、
◇供給のより高い安定性に向けて、
より広範囲の製品およびサービス、
ならびに拡大された製造施設/サプライ
ポイント・ネットワークへのアクセス、
◇爆薬、技術サービス、ANおよび起爆
システム製品の信頼できるデリバリー
——をご期待いただけます。

オリカは、鉱業および建設業界、
ならびに当社のお客さまへの
コミットメントをお約束します。

オリカジャパン株式会社
〒105-0001
東京都港区虎ノ門3丁目7-11
虎ノ門三須ビル7階
Tel: 03 5777 4681 Fax: 03 5777 4682

ORICA
MINING
SERVICES

湿式吹付けコンクリート用高性能減水剤
NT-1000シリーズ

急結剤と併用することにより、
高品質で経済的な吹付けコンクリートを実現。

- 単位水量を減少し、急結性・付着性・強度発現性などの諸性状を改善する。
- 急結剤の使用量を低減する。

アルカリフリー・低アルカリ型液体急結剤
メイコ®SAシリーズ

成分中にアルカリ分をほとんど含まない液体急結剤。

- 作業員に対する安全性が高い。
- 粉じんの発生が少なく、良好な吹付け作業環境が得られる。
- 付着性に優れ、リバウンド量を低減する。
- アルカリ骨材反応を助長しない。

より良い吹付けコンクリートのために。
現場のニーズに専用の混和剤システムがお応えします。

酸化ケイ素を主成分とした球状で
超微粒子のシリカフェーム。
●ワーカビリティ、材料分離抵抗性、ポンプ圧送性などを
改善する。
●硬化コンクリートを高強度化し、水密性を増大させる。

シリカフェーム
メイコ®MS610

吹付けコンクリートの
練置きを1~16時間
まで自由にセットコントロール。

- 長時間の運搬や現場での練置きを可能にする。
- 夜間のコンクリート製造作業を軽減し、吹付け工事を
効率化する。

湿式吹付けコンクリート用セットコントロール剤
デルボクリート

BASFポゾリス株式会社

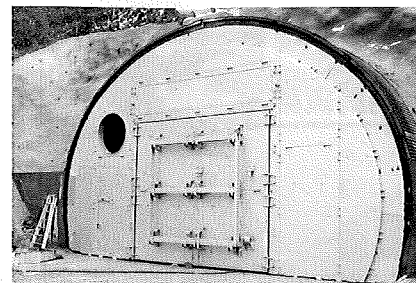
- 本社/東京都港区六本木3-16-26
混和剤営業部: TEL03-3582-8811(直) FAX.03-3583-3800
 - 支店/仙台、東京、名古屋、大阪、福岡
 - 営業所/札幌、宇都宮、千葉、横浜、上越(松本・金沢)、静岡、広島、高松、鹿児島
- 資料進呈/詳しくは、本社混和剤営業部または、最寄りの事業所にお問い合わせください。
URL <http://www.pozzolith.basf.co.jp>



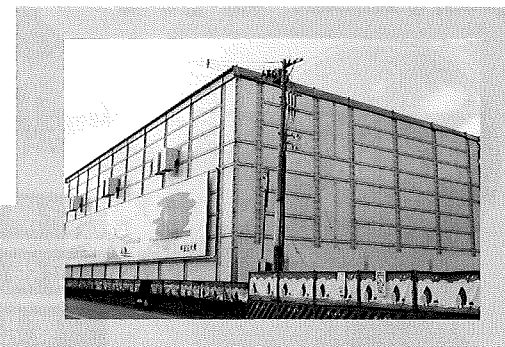
●BASFポゾリスは開
発センターと茅ヶ崎工場
において、ISO9001お
よびISO14001の審査
登録をしています。



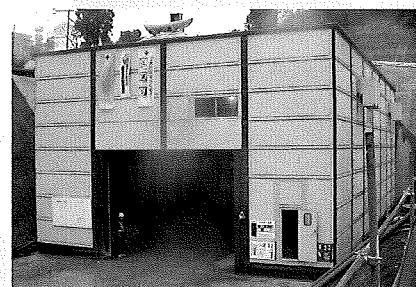
快適な作業環境を約束する騒音対策システム



- 防音扉-HFS型 マークII
パネル厚さ=150mm
- 防音扉-HFS型 新・マークIIc
(コンクリート充填タイプ)
パネル厚さ=150mm+コンクリート=100mm



- 防音ハウス-Hタイプ
(ハイデラックスタイプ)
HFD-125パネル使用 パネル厚さ=125mm



- 防音シェルター-Dタイプ
(デラックスタイプ)
HFD-100パネル使用 パネル厚さ=100mm



- 防音壁-Sタイプ
(スタンダードタイプ)
HFS-100パネル使用 パネル厚さ=100mm

【建設騒音対策協会】(旧 騒音対策研究会)

株式会社牛尾商店	〒810-0801	福岡県福岡市博多区中洲5-4-19	TEL.092-281-2131
株式会社カテックス	〒460-8331	愛知県名古屋市中区上前津1-3-3	TEL.052-331-8821
株式会社ティーエムシー	〒116-0013	東京都荒川区西日暮里5-23-3	TEL.03-3891-8211
日豊株式会社	〒150-0002	東京都渋谷区渋谷2-12-12	TEL.03-3409-8041
株式会社野佐和商会	〒550-0013	大阪府大阪市西区新町2-10-3	TEL.06-6532-5451
株式会社ピーエスアイ	〒060-0031	北海道札幌市中央区北一条東13-1-1	TEL.011-241-6500
古河ロックドリル株式会社	〒101-0047	東京都千代田区内神田2-15-9	TEL.03-3252-6551
松茂工販株式会社	〒135-0061	東京都江東区豊洲4-1-23	TEL.03-3536-5531
幹事 ヒューズ工業株式会社	〒132-0035	東京都江戸川区平井6-35-5	TEL.03-3617-8111

E-mail souon@fuse-ind.co.jp

ISO9001取得~防音設備の設計、製造、施工、リース

◆計量証明事業登録 騒音レベル第913号 ◆建設業登録 とび・土工事業(般-17 第75054号)



ヒューズ工業株式会社
FUSE INDUSTRIES CO., LTD.

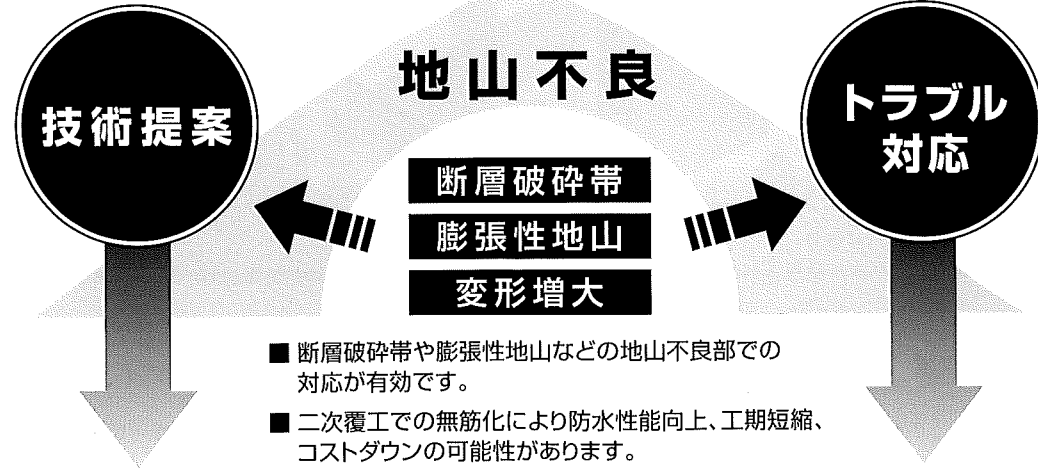
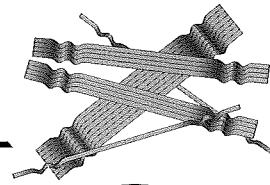
本 社 〒132-0035 東京都江戸川区平井6-35-5 TEL.03-3617-8111 FAX.03-3617-7565
大阪営業所 〒531-0072 大阪府大阪市北区豊崎3-4-14 ショーレイビル TEL.06-6359-2611 FAX.06-6359-2288
E-mail info@fuse-ind.co.jp URL <http://www.fuse-ind.co.jp>

BRIDGESTONE

厳しい条件下の施工に迅速な対応・信頼のブランド

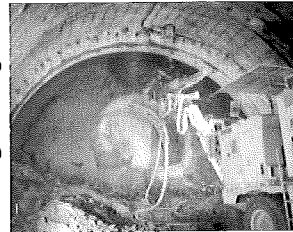
コンクリートをより強く、よりしなやかに。

タフグリップ コンクリート補強用鋼繊維



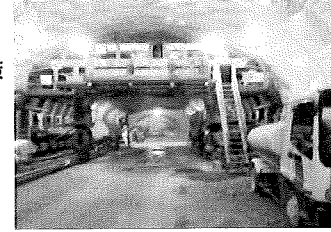
一次吹付

- 吹付のコンクリートの崩落防止 (膨張性地山)
- 山はね対策
- メッシュ置換 (安全対策)
- 切羽の自立補助



二次覆工

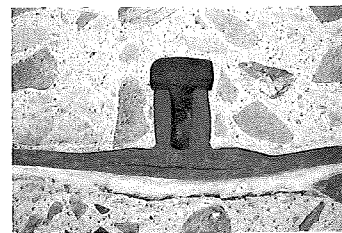
- 内空変位増大対策
- 無筋化
- 剥離・剥落防止



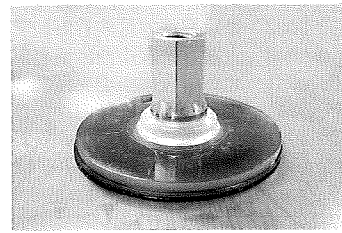
防水への信頼性・施行性の向上へ

ナトミックシート トンネル用防水シート

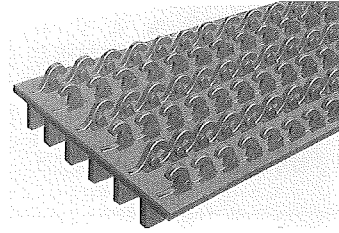
- 高い防水性
- 豊富な品揃え
- 容易な施工性



ウォーターバリア



吊鉄筋金具



クイックバー

株式会社ブリヂストン

土木・建築資材販売促進第2部
東京都中央区八重洲1-6-6 〒103-0028
TEL.(03)5202-6872 FAX.(03)5202-6874

コンクリートの劣化、欠陥箇所の改修、補修……

急硬性改修モルタル

ドクターQ改修工法



〈工期短縮、即日仕上り〉

プレミックス急硬モルタルと
特殊ラテックスの
複合材で
短時間で実用強度が得られる
即日補修工法です。

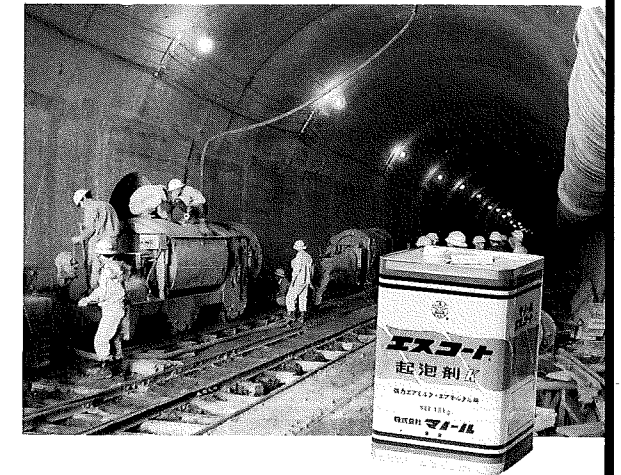
- 短時間で高強度、即日仕上り
- 強力な接着力と収縮、ヒビ割れ防止
- 防水性、防錆力に優れ、中性化防止
- 既調合品で現場管理が簡単

エアモルタル裏込め注入……

エスコート

L & K 起泡剤

- 強力な分散性と安定した流動性
- ノーブリージング
- 任意の強度の選定
- セメント、骨材の種類が任意



◆土木資材の総合プランナー◆



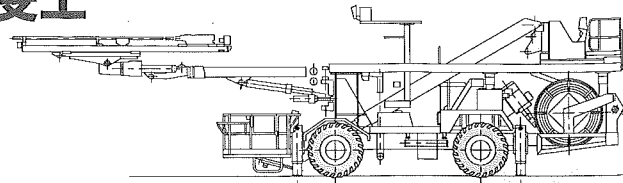
株式会社 マルイ

〒142-0043 東京都品川区二葉1丁目18番8号
TEL 03 (3787) 1131 (代)

環境対応型長尺鋼管先受工

TOHO **AGF** System

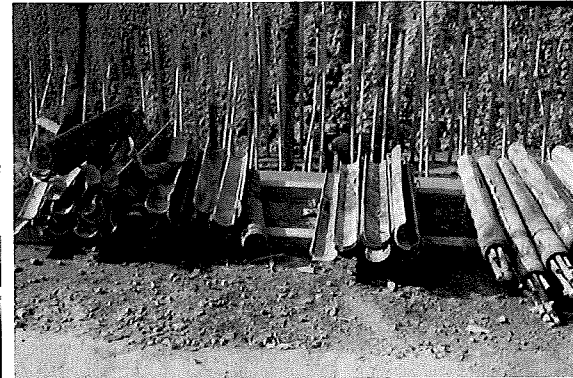
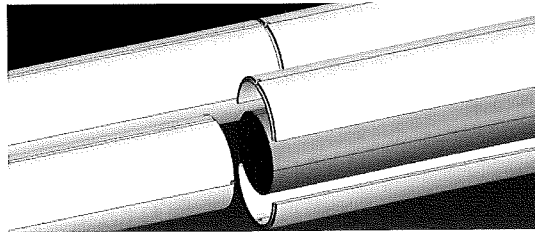
All Ground Fastening;
Long-Distance, Fore-Filling Method



AGF-Me工法

- トンネル掘削時に露出した末端管を容易に切除可能
- 硬化注入材と鋼管を容易に分別処理して、鋼管はリサイクルへ
- 豊富なサイズ、114.3mm・101.6mm・76.3mm・60.5mm

最後端部に接続される鋼管は、縦貫通スリット管を用いることにより、掘削時に露出した鋼管を折り曲げ除去するだけで、内部の硬化した注入材と鋼管とを分離して、分別処理を簡便に行えるようにした環境対応型長尺鋼管先受工です。



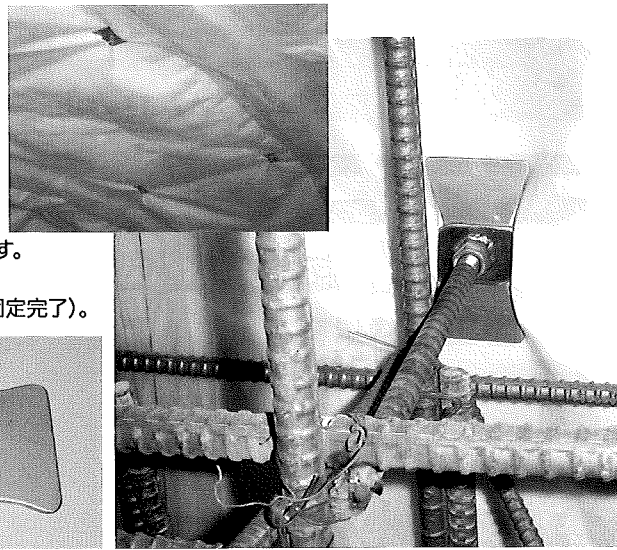
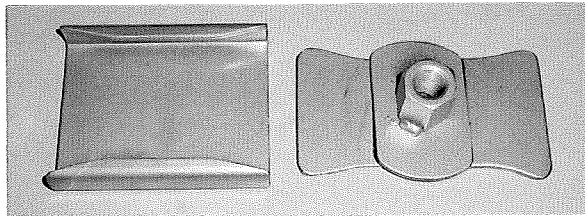
防水シート非貫通型鉄筋吊り金具

TKグリッパー

- 防水シートへの穴あけ不要
- 一人で容易に取り付けが可能
- 外れ防止機構付き、施工後の高い安全性

固定方法は3ステップ

- 支保工へ溶接したグリッパーに防水シートを当てます。
- 回転プレートを押込みます。
- ナットを回し、止め位置まで90度右回転します(固定完了)。



東邦金属株式会社 東京営業部
TOHO KINZOKU Co., LTD

〒105-0003
東京都港区西新橋3丁目2番1号 共同ビル(西新橋)10F
Tel: 03-5401-6211 Fax: 03-5401-6218
URL: <http://www.tohokinzoku.co.jp>

株式会社 トーキョーオール

〒210-0854
神奈川県川崎市川崎区浅野町4-11
Tel: **044-333-0012** Fax: **044-333-0321**
(お問い合わせ先)

西日本高速道路株式会社 第二名神 栗東トンネル
名四国道事務所 足助ハイパス 足助トンネル
熊本県 熊本3号トンネル
高山国道事務所 中部縦貫道 前原1号トンネル

トンネル内専用として セラダクトA^{エース} ネオ

neo

長年の多くの実績から得た豊富なノウハウという「宝物」を新しい技術に。
いらなくなった物で必要な物を作り出す。それが私たちの技術です。
トンネル、電線共同溝、空港、工場敷地内、ありとあらゆるニーズにお答え出来ます。
資源循環型リサイクル製品「セラダクトA」。

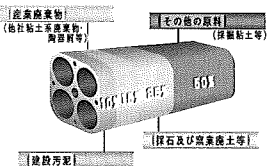
— 特長 —

標準管の長さは65cmの新規格
※従来のセラダクトAは60cm。

接続はカップリング方式で簡単
スピーディー
※従来のセラダクトAはバッキン介在ボルト締め



セラダクトA^{エース}シリーズは「エコマーク認定基準」に適合し、財団法人 日本環境協会から「エコマーク商品」として認定されました。



ISO 9001:2000取得

杉江製陶株式会社
sugie

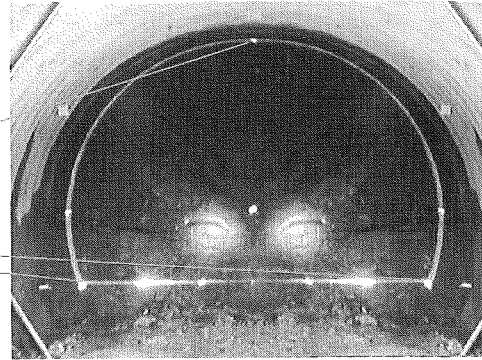
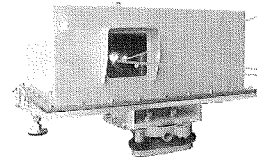
本社・工場 愛知県知多郡武豊町字上山一丁目7番地 〒470-2387
TEL(0569)35-2360(内) FAX(0569)35-4087
東京支店 東京都渋谷区恵比寿一丁目21番8号セラ51ビル 〒150-0013
TEL(03)3442-6181 FAX(03)3442-1691
大阪支店 大阪府都島区御幸町1丁目3番1号 〒534-0012
TEL(06)6922-6991 FAX(06)6922-2498

<http://www.sugie.co.jp/>

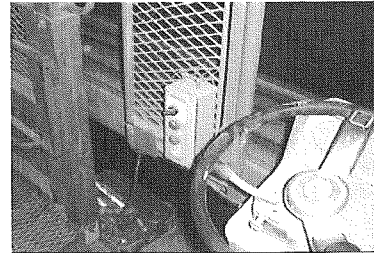
レーザーマーキングシステム

国内、海外特許取得済み

残像効果を使ったペイント不用の連続高速照射を実現

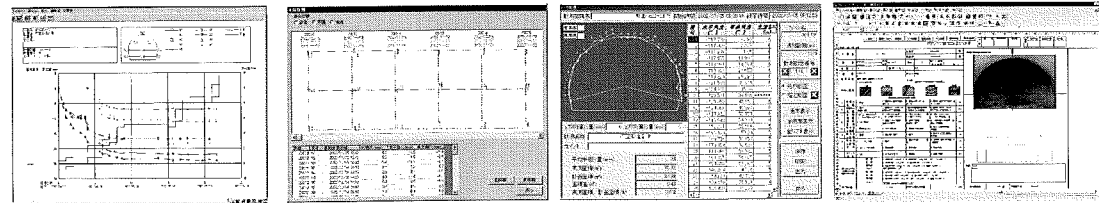


現場環境に耐え得る頑強なコントローラー

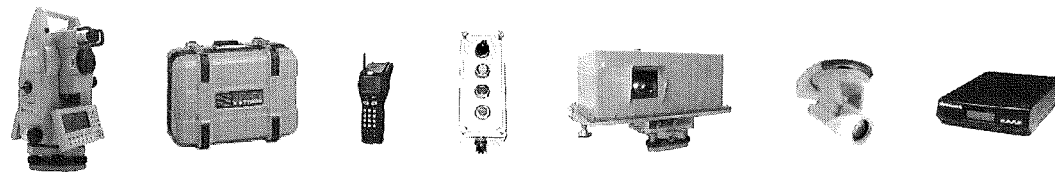


ジャンボに取付けて使用可
AC200V対応

各種トンネル計測関連ソフトも標準装備。もちろんネットワークにも対応。



A計測データ処理 支保工立込精度、変形量 内空、巻厚検査 切羽観察、etc



豊富なキャリアと数多くの実績をもつ当社へ、是非お問い合わせ下さい。

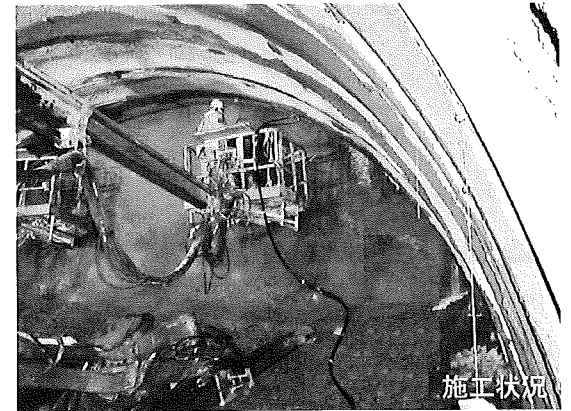
MAC マック株式会社
〒272-0832 千葉県市川市曾谷8-16-3
TEL (047) 371-3191 FAX (047) 371-3190

〔販売元〕
古河ロックドリル株式会社
伊藤忠建機株式会社
株式会社レント

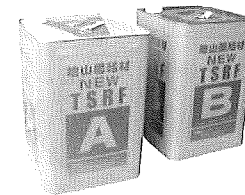
補助工法・注入材のことならティーエムシー

AGF-OFP工法

当社が提案するAGF-OFP工法(注入式長尺先受工法)は、長尺の先受を鋼管打設と注入により構築するもので、現場で通常使用されているドリルジャンボで施工できる、汎用性の高い長尺先受工法です。鋼管・削孔資材から注入材まで、全部まとめてお任せください。

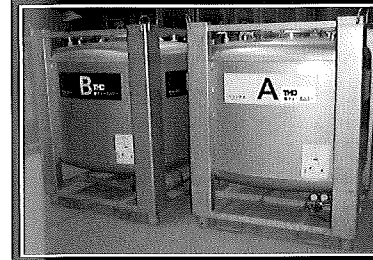


■各種注入材
NEW-TSRF
(シリカレジン)
NEW-TBU
(ウレタン)

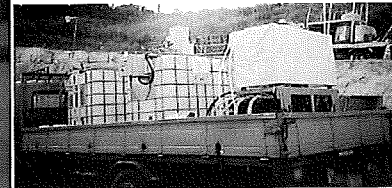


※その他各種工法、セメント系注入材など、詳しくは当社ホームページをご覧ください。

環境に配慮したリサイクルコンテナシステム



◎リサイクルコンテナ(左)と現場への搬入風景

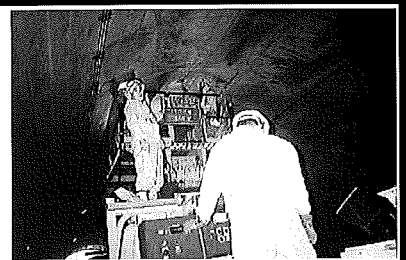
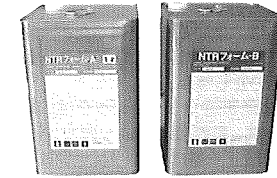


当社のリサイクルコンテナシステムなら、一斗缶の産業廃棄物処理がなくなるため、工事もスムーズに進みます。現場にも環境にもやさしいシステムです。

トンネル補修もティーエムシーにお任せください

これからますます需要増加が見込まれるトンネル補修工事。当社では、補修工事で使用される空洞充填材も取り扱っております。

NTRフォーム12(12倍発泡)
NTRフォーム30(30倍発泡)
NTRフォーム40(40倍発泡)
※強度等詳細は当社ホームページにてご確認ください。

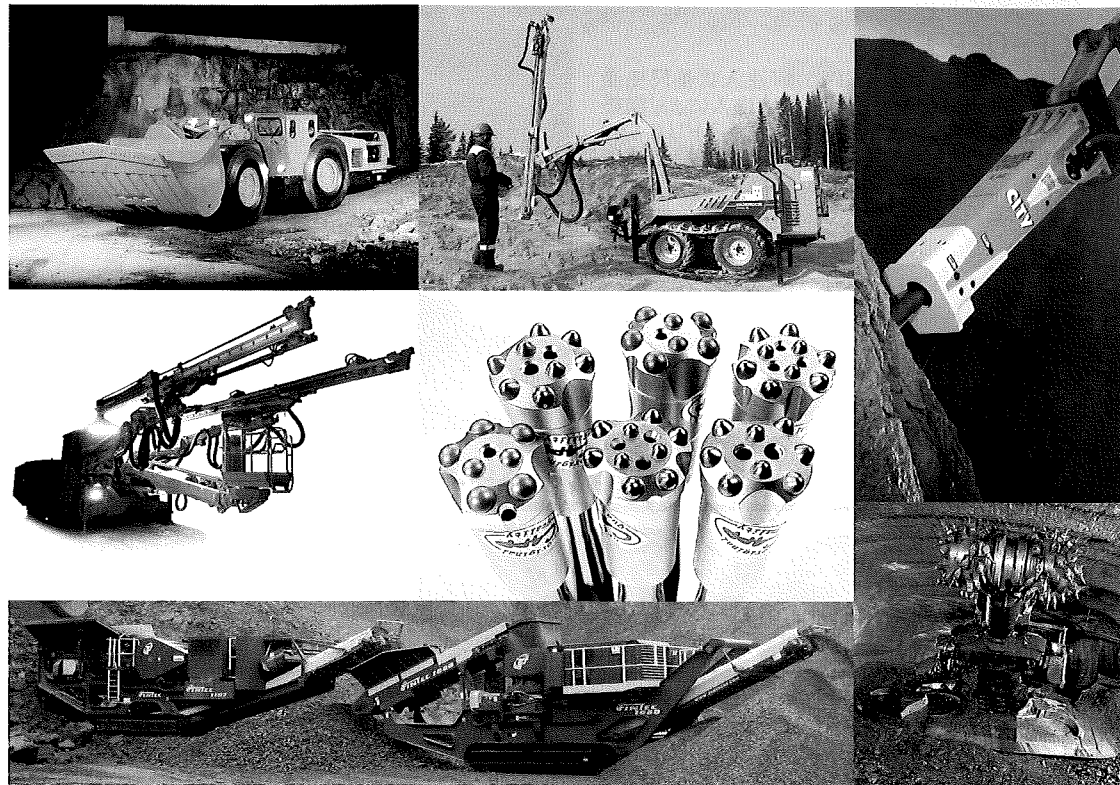


上記の各種注入材の他、ドリルジャンボ、集塵機をはじめ各種機械も取り扱っております。お気軽にお問い合わせください。

TMC 株式会社ティーエムシー ホームページ : <http://www.tmc-net.com/>
お問い合わせ・お見積のご相談はお近くの当社事務所まで

本社	〒116-0013 東京都荒川区西日暮里5-23-3 冠第二ビル5F	TEL : 03-3891-8211
仙台支店	〒984-0826 宮城県仙台市若林区若林2-5-5 SKビル3F	TEL : 022-286-5111
名古屋支店	〒486-0844 愛知県春日井市鳥居松町4-165 春日井中央ビル4F	TEL : 0568-56-4288
大阪支店	〒578-0903 大阪府東大阪市今米1-2-1 中辻第3ビル3F	TEL : 072-966-6280
富山営業所	〒933-0806 富山県高岡市赤祖父707 古川ビル2F	TEL : 0766-28-8355
九州営業所	〒839-0809 福岡県久留米市東合川3-12-40 アイソリューションビル1F	TEL : 0942-40-8151

SANDVIK



**Productivity
in Action**

サンドビック マイニング アンド コンストラクションは、鉱山、建設業界においてトータルソリューションをご提供する世界のリーディングカンパニーです。私たちの製品は、鉱山機械、建築機械、一般土木機械に広く対応し、製品群は、掘削機、クラッシャー、油圧ブレーカ、スクリーン、及びその消耗品類と広くカバーしております。それらは、長い歴史で培った経験と知識が生かされた優れた設計に基づいた製品であり、また万全のアフターセールスサポートにより貴社を強力にバックアップいたします。長い歴史を持つサンドビックは、お客様とのパートナーシップを大切にします。私たちは、お客様とのより密なパートナーシップにより、お客様の生産性、収益性を改善する斬新なソリューションを絶えず提案し続けます。

サンドビック マイニング アンド コンストラクション ジャパン株式会社

〒222-0033 神奈川県横浜市港北区新横浜2-15-12 共立新横浜ビル6階TEL045-478-0662/FAX045-478-0661

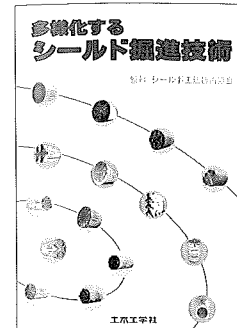
URL <http://www.miningandconstruction.sandvik.com/jp/>

好評発売中

多様化する シールド掘進技術

監修 シールド工法技術協会

B5判 141頁 本体価格2,500円



日本のシールド掘進技術は、国際プロジェクトに多くの日本企業が参画していることが示すように、国内はもとより海外でも高い評価を受けている。とりわけ、世界のスタンダード工法の感がある各種の泥土圧式や異形断面の掘進技術は、まさに日本が世界に発信している技術と言える。これらの掘進技術のほかにも、最近の技術開発の成果により実用化に至った掘進技術は数多く、毎年、新しい技術が更新を繰り返している。

このような背景を踏まえて、掘進技術を広くシールド技術者の参考となることを意図し、最近に開発、実用化された技術を中心に日本トンネル技術協会誌「トンネルと地下」に平成16年春より約1年にわたり『多様化するシールド掘進技術』という連載講座を設け紹介した。その結果、読者の方々より、掲載対象とした以外の技術との関係、従来工法との関わりなどの情報が欲しいとの意見が寄せられた。

このため、読者の声に応えるべく、連載講座には掲載しなかった工法、技術などを整理、体系化するとともに、各種工法の境界、システム・考え方の違い、適用での留意点が、よりわかりやすいように手を加え再度、同名の図書「多様化するシールド掘進技術」をシールド工法技術協会が監修を行い、発刊することとなった。

〔掲載工法〕

- ①ラチス式同時施工シールド工法、②F-NAVIシールド工法、③ハニカムセグメントを用いた同時施工法、④ロングジャッキ式同時施工シールド工法、⑤ダブルジャッキ式同時掘進シールド工法、⑥充填式シールド急曲線工法、⑦地下茎シールド工法、⑧T-BOSS工法、⑨球体シールド工法、⑩上向きシールド工法、⑪MMST工法、⑫拡大シールド工法、⑬偏心多軸(DPLEX)シールド工法、⑭ワギング・カッター・シールド工法、⑮自由断面シールド工法、⑯OHM工法、⑰H&Vシールド工法、⑱単円～三連型駅シールド工法、⑲MFシールド工法、⑳DOT工法、㉑MSD工法、㉒親子シールド工法、㉓拡径シールド工法、㉔DSR工法、㉕泥土加圧シールド工法、㉖ケミカル・プラグ・シールド工法、㉗気泡シールド工法、㉘コンパクトシールド工法、㉙既設シールド撤去工法

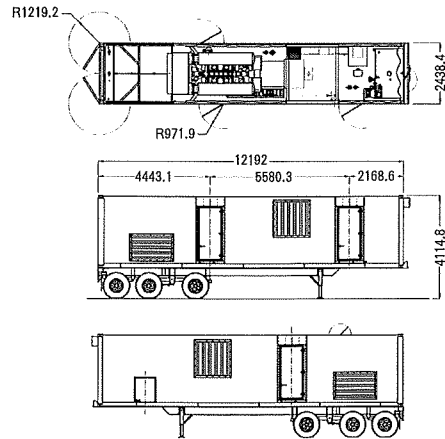
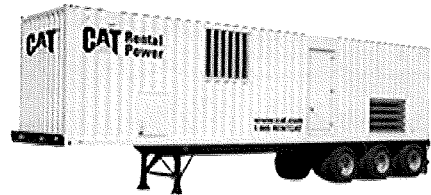
本書は東京都立大学名誉教授の山本稔先生よりご推薦いただいております

申し込み先

(株)土木工学社 〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16メイジャー神楽坂

TEL: 03-3267-2888 FAX: 03-3267-2807

大型発電機レンタル

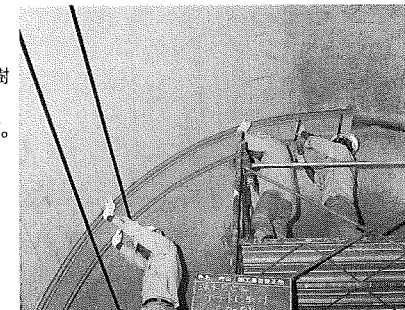
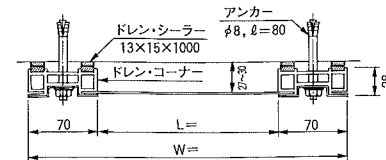


		2000KVA	2000KVA
		60	60
周波数	Hz	50	60
出力	KVA	2,000	2,281
出力	kW	1,600	1,825
電圧	V	400	440
電流	A	2,887	2,993
燃料		軽油	軽油
容量/燃料タンク	L	4,730	4,730
燃料消費量	L/h	260	307
燃料消費量(75%負荷時)	L/h	—	—
全長	mm	13,500	13,500
全幅	mm	2,439	2,439
全高	mm	4,115	4,115
乾燥質量	kg	40,370	40,370
整備質量	kg	33,636(車台含む)	33,636(車台含む)

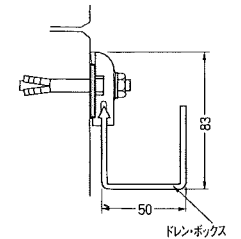
株式会社 ケイリー
 仙台: TEL.022-359-5331
 東京: TEL.03-3661-5651
 大阪: TEL.06-6838-1372
klea
 URL <http://www.klea-cat.com>

トンネル・カルバート・地下構造物の漏水対策に アーチ・ドレン導水樋

- 特徴
- ・漏水幅に導水幅の選択が可能
- ・導水プレートはアクリル変性P.V.C強化樹脂で驚異的な耐衝撃性有り
- ・寒冷地型、Boxカルバート用勾配型、etc有。

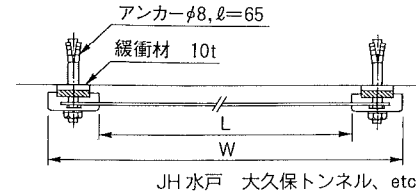


水平導水樋に サイド・ドレン



- 特徴
- ・スプリングライン等の水平方向からの漏水対策に最適
- ・ドレン・ボックスは必要に応じサイズの変更が可能

コンクリート剥落対策に アーチ・パネル



ニホン・ドレン工業株式会社

〒910-2166 福井市小路町4-12-1
 ☎0776(41)3725 FAX0776(41)3455
 e-mail: info@n-doren.co.jp

トンネル工事からパンクを追放 坑内用特殊複層タイヤ



特許第1610830号

建設車両のタイヤのパンク、磨耗、破損を大幅に低減、車両の有効利用、修理に伴う人件費の削減等、工事の進捗に大いに貢献します。

- タイヤ間の間隙が無いため石を噛まない
- サイドの切断に強い
- 石および普通釘に強い
- 弾性波

0~20 (約2年) 20~30 (1年6か月)
 30~40 (約1年) 40~50 (6か月)

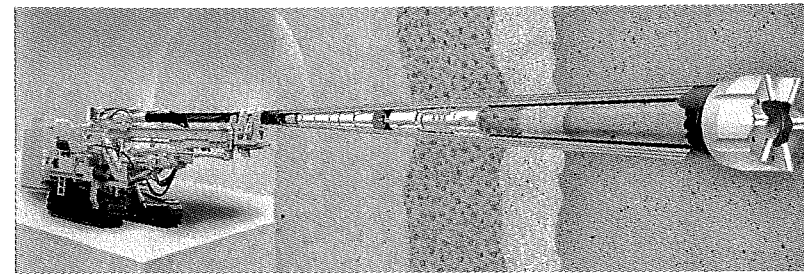
【営業品目】 複層タイヤ/油圧ホース/マテリアルホース/各種中古車/触媒/線路(中古)

中濃産業株式会社
 代表取締役 土田 義 式

本社 〒501-1534 岐阜県本巣市根尾神所 362-1
 TEL(0581)38-2241(代) FAX(0581)38-3383
 営業所 〒501-1203 岐阜県本巣市文殊 64-387
 TEL(0581)34-3990(代)

トンネル掘さくの安全施工に アロードリル前方探査システム

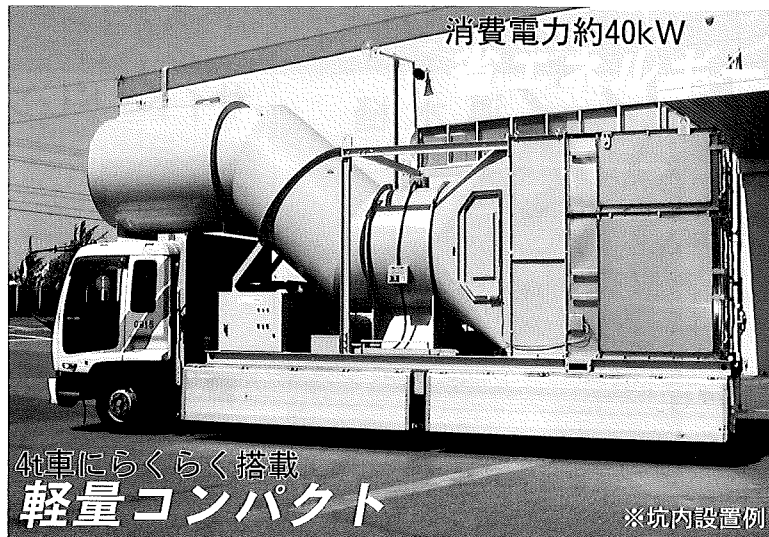
パーカッションワイヤーライン サンプリング工法



- 特長
- ①断層破砕帯や湧水をともなう難地層のコアサンプリングをスピーディかつ確実に、施工時間が大幅に短縮できます。
- ②2重管ワイヤーライン サンプリングシステムにより、地質条件にかかわらず、コアサンプルの採取率が従来とくらべて大幅に向上しました。

KOKEN 鉦研工業株式会社
 本社 〒171-8572 東京都豊島区高田2-17-22 目白中野ビル1F
 TEL (03)6907-7888(大代表) FAX (03)6907-7527

お問い合わせ先: 工事営業本部
 TEL. (03)6907-7512 FAX. (03)6907-7522
<http://www.koken-boring.co.jp>



消費電力約40kW

4t車にらくらく搭載
軽量コンパクト

※坑内設置例

National電気集塵機クリンジェット(2,000m³/minタイプ)

RENT

取扱レンタル商品

- フリッカー対策器
- MACレーザーシステム
- オアシス(坑内休憩室)
- 発電機エコ装置
(従来より小容量の発電機で
施工できる為、省エネ効果)

株式会社 レント

特機営業課 担当者 工藤・篠崎

〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町3-12-9 NIビル8階 TEL: 03-5642-6750 FAX: 03-3249-0415

URL: <http://www.rent.co.jp> E-mail: kudo.yuji@rent.co.jp

コストダウンを可能にする Kリング

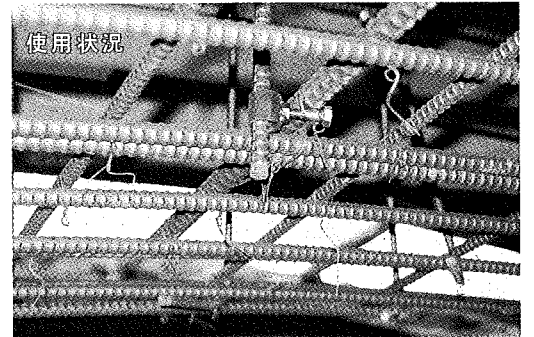
特許出願中 (特願2001-309314号)

①アーチ鉄筋組立金物

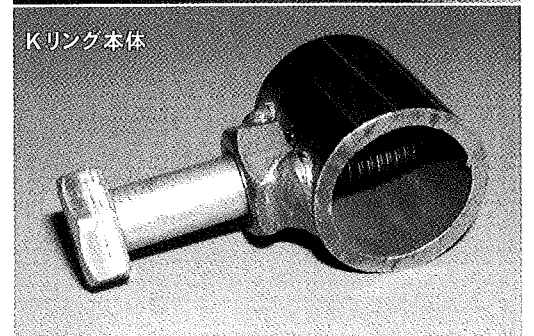
トンネル施工時の覆工工事における、鉄筋補強工事は、坑内上部・壁部にアンカーを打ち、そのアンカー筋に段取り筋を溶着し、それにアーチ筋を取付けていましたが、“防水シートを焦がす”、“塵肺作業である”、“作業効率が悪い”等問題点が指摘されていました。当社開発のKリングを使用することにより、スピードアップ、コストダウンを可能にすると同時に諸問題をすべて解決することができました。

②鉄筋加工業務

「トンネル」「セグメント」の請負業務を開始いたしました。“正確な加工”、“鉄筋の品質管理”、“Kリングとの同時搬入”で皆様から幅広いご支援をいただき県内はもとより県外からも鉄筋加工のご用命を頂いております。どんな鉄筋加工のご相談にもお応えいたしますのでご一報ください。



使用状況



Kリング本体

製造・販売元 **静岡スチール**

〒436-0342 静岡県掛川市上西郷765-1

Tel: 0537-24-3886 Fax: 0537-24-3859

E-mail: mailktk@r5.dion.ne.jp

URL: <http://www.h7.dion.ne.jp/~ktk>

道路,トンネル設計 (本体外,換気,防災,照明,施工管理他)

トンネル現場診断



(社)建設コンサルタンツ協会会員 ISO9001取得

株式会社 ロード・エンジニアリング

会長 長田 島 利 男 代表取締役社長 清 水 洋(技術士)
(技術士・土木学会フェロー会員)本誌編集顧問
取締役副社長 山 田 憲 夫 常務取締役 堀 内 浩三郎(工学博士)
大阪支店長 亀甲谷 義 高(技術士) 福岡支店長 朽 網 新

本 社: 〒116-0013 東京都荒川区西日暮里5丁目24番7号 電話(03)3891-0711
大阪支店: 〒569-1133 大阪府高槻市川西町2丁目21番38号 電話(072)691-0711
福岡支店: 〒812-0016 福岡県博多区博多駅南1丁目15番22号 電話(092)436-1588
沖縄営業所: 〒901-2122 沖縄県浦添市勢理客4丁目16番9号 電話(098)870-6411

【好評発売中】

わかりやすい 土木地質学

大島洋志 監修

B5判 209頁 本体価格2,500円 円340円

主要目次

序 編 トンネルと地質の関わり

1. 地質学とは、応用地質学とは 2. トンネルと地質

第I編 トンネル工事に必要となる基礎的地質学

1. 地球の構造 2. 地層や岩石の分類 3. 地質作用 4. 地質構造 5. 地形と地質との関わり 6. 日本の地質 7. 地下水

第II編 トンネル工事と地質条件

1. 路線選定と地質条件 2. トンネル工法・掘削工法と地質条件 3. 掘削方式と地質条件 4. トンネル掘削に伴う地質的現象

第III編 地質調査法

1. 地形・地質調査一般 2. 既存資料調査 3. 空中写真判読 4. 地質路査 5. 弾性波探査 6. 電気探査 7. その他の物理探査法
8. ボーリング調査 9. ボーリング孔を利用して行う調査 10. 室内試験 11. 調査坑調査(施工・維持管理段階の調査含む)
12. 水文調査・地下水調査 13. 立地条件調査

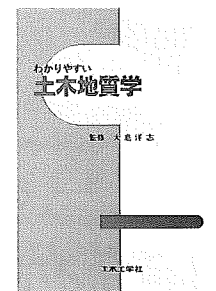
第IV編 工事を対象とした地質調査の進め方

1. 調査の基本 2. 地山条件の調査の流れ 3. トンネル工事のための地山評価法 4. 調査の成果

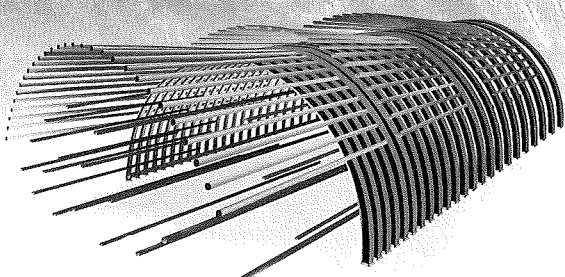
お申し込みは、当社へFAXまたはお近くの書店にてお申し込みください。FAX(03-3267-2807)にてお申し込みの方は、書名・部数・送付先・氏名・電話番号を明記のうえ、お申し込みください。

株式会社 土木工学社

〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16メジャー神楽坂
電話 (03)3267-2888 (代) 振替00110-8-190072

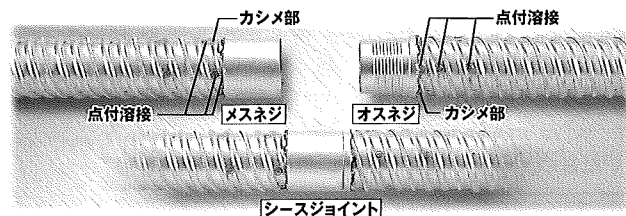


ユニークな発想と高品質・自信の価格



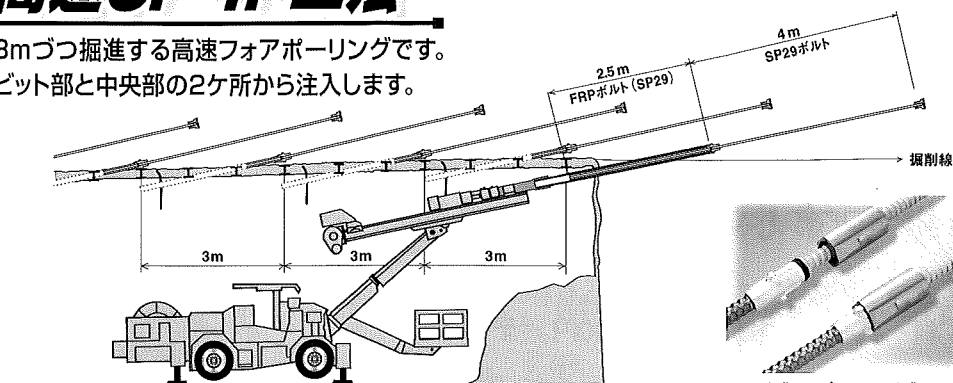
FIXチューブ工法

※天端にφ76.3長尺鋼管、鏡部に連続突起を有する長尺鋼製シースを引込み薄肉鋼管を挿入して注入。周辺地山にしっかりと“FIX”します。



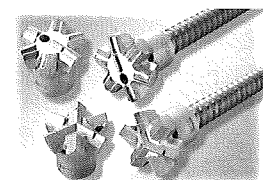
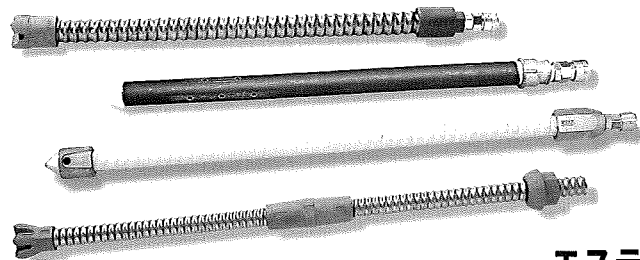
高速SP-IF工法

※3mづつ掘進する高速フォアホーリングです。ビット部と中央部の2ヶ所から注入します。



ドライブキャップ、ドライブスリーブ

自穿孔ボルト&注入管



φ65mm ロストビット (SP29)



エスティーエンジニアリング株式会社
ST ENGINEERING CORPORATION

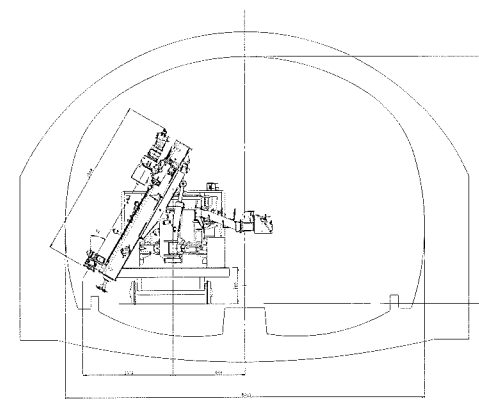
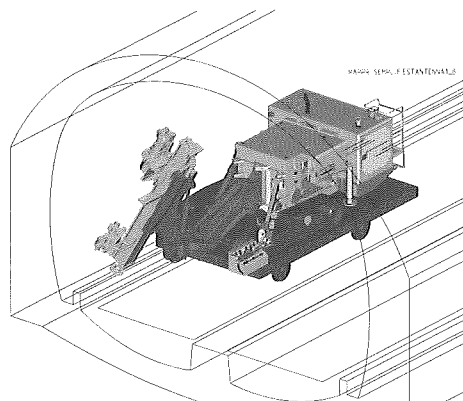
〒581-0833 大阪府八尾市旭ヶ丘1丁目108番地2
TEL:0729-90-0250 FAX:0729-90-0251

<http://www.st-eng.co.jp>

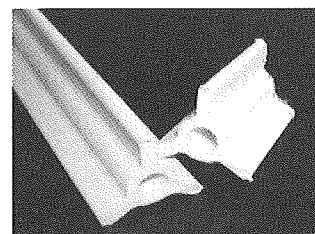
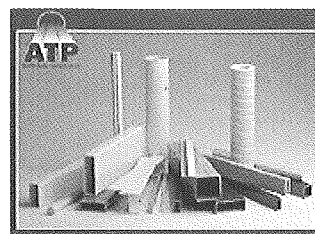
※他にも脚部や坑口周りに利用できる各種の補強土工法、マイクロパイル工法を準備しております。

トンネルの削孔機械・輸入資材

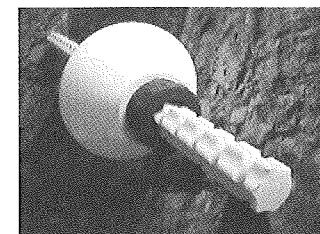
- 油圧削孔機 SM401 ショートマスト仕様
現場に応じたショートマスト長を選択可能 (ロッド長 1m ~ 2m)



- グラスファイバーチューブ & ボルト
トンネル切羽等の補強資材、その他注入用のチューブもございます。

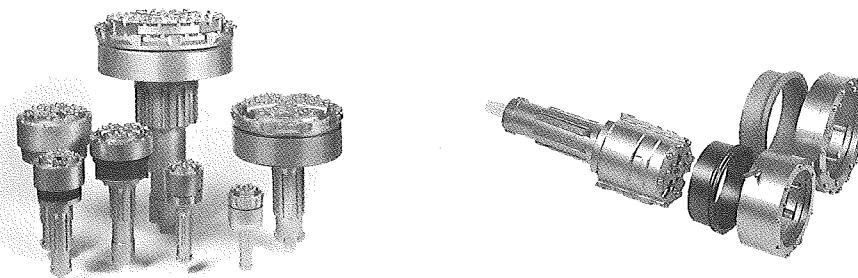


STAR 500S



WIBOLT STAR

- SOROFLEX [リングビット]
小口径から大口径までケーシングを用いる二重管削孔に最高のビットシステム



SOILMEC  ソイルメックジャパン株式会社
Drilling and Foundation Equipment

〒103-0024 東京都中央区日本橋小舟町3-12 サンバードビル3F
TEL:03(5643)1271 FAX:03(3664)6451 <http://www.soilmec-j.com/>

■巻頭言

年頭所感

小森 博5

■特集

ボスポラス海峡横断鉄道トンネルの施工

田口 洋輔・小山 文男・今石 尚7

スロバキア高速道路トンネルの施工

青木 俊彦・Stefan CHOMA・端 則夫・岩野 政浩19

マドリッド環状道路での大断面泥土圧式シールドの高速施工

的場 一彦29

アルジェリア東西高速道路(400km)の契約とトンネル施工

石田 稔・小菅 誠・濱田 裕文・辻 和彦37

台北地下鉄新荘線CK570Bシールド工事

佐藤 卓三・後藤 徹・鹿島竜之介45

オーストラリア パース市に地下鉄を掘る

赤羽 清彦・山崎 裕司・相川 文宏53

ラオス ナムツン2水力発電プロジェクトの導水路トンネル

仲野 義邦61

■連載講座

シールド工事の施工に関するQ&A(7)

JTA都市トンネル小委員会69

■現場だより

「スイカと歴史の町」植木から

加賀原寛志18

「佐用姫伝説」唐津にて

小西 守28

■資料

トンネル千夜一夜(37)

小野田 滋26

トンネルジャーナル

編集部60

土木情報

編集部44

工法・技術・製品ニュース

編集部81

■会報

会報

日本トンネル技術協会82

【表紙説明】

特集 海外のトンネル工事



「特集 海外のトンネル工事」では、海外で日本企業が携わるトンネル工事のうち、七つの工事を紹介する。日本のトンネル技術が国家プロジェクトの一翼を担う工事に採用されることによって各国のインフラ整備に貢献している。写真はここで紹介する七つの工事の施工状況である。

ヤマモト (やくがんき) 無騒音 無振動 静かな破碎
 超大型油圧破碎機
YTB 1120
 トンネルビッカー

ヤマモトロックマシン株式会社

本 社 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号富士ビル ☎ (03) 3201-0701(代)

工 場 広島県庄原市東城町36番地 ☎ (08477) 2-2137(代)

仙台営業所 (022) 262-4531(代) 大阪営業所 (06) 6531-1571(代) 高知営業所 (0888) 22-1367(代) 九州営業所 (092) 471-0381(代)

Kanaflexの電力・通信ケーブル保護管

都市部での電線集中化工事を省力化・効率化

電力・通信ケーブル用多糸保護管 特許出願中

カナレックスML

電線共同溝をはじめとする
電力・通信ケーブルの埋設管工事
情報化時代に伴う
光ファイバーの多糸敷設
都市部での電線地中化工事を
省力化・効率化

1. 独自構造（波付き管と管台一体型リブの連続構造）

- ・リブに平面部があり、管を密着させて敷設できる為、掘削幅、深さを小さく出来る。
- ・従来品に比べ、良好な砂の充填ができ、一括埋め戻しが可能。

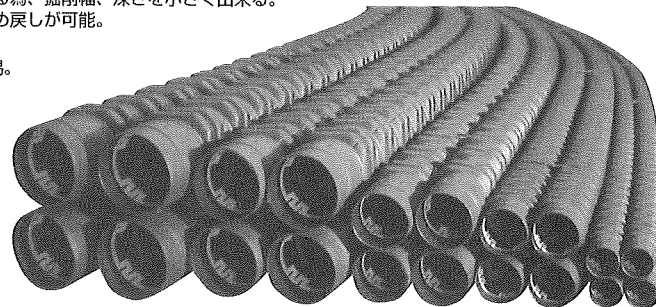
2. 可とう性に優れる

- ・上下左右に曲がり、既設物や障害物の回避が容易。

3. 優れた性能

- ・軽量で、全サイズワンタッチ接続の採用により、工事の省力化が図れる。
- ・ワンタッチ式のロングベルマウス、ベルブロックを採用することによりハンドホール接合部の省力化が図れる。
- ・JIS C3653（附属書1及び3）の圧縮強度試験、難燃性試験をクリア。

4. 摩擦係数が低く整直性が良い為通線がスムーズ



ハンドホール工事の工期短縮・工費削減に現場の
加工作業を大幅に軽減できる

ワンタッチ継手付ハンドホール



管路に継手差口をねじこみ 継手受口に差しこむだけ これで接続完了。

ワンタッチ継手（ベルマウス付直材）を工場に取り付けてご納品。
管路接続がスピーディー、確実に行えます。

●本商品には、専用FEP管として、カナフレックスの「カナレックス」をご使用下さい。

※特許・
意匠出願中

TVコマーシャル放映中 テレビ朝日系「サンデープロジェクト」(日曜 朝10:00~11:45)

カナフレックスコーポレーション株式会社 ISO 9001 認証取得

株式会社 インテック

東京本社 〒106-6117 東京都港区六本木6-10-1 (六本木ヒルズ森タワー17F)

TEL(03)5770-5111 FAX(03)5770-5130

大阪本社 〒530-6017 大阪市北区天満橋1-8-30 (OAPタワー17F)

TEL(06)6881-0767 FAX(06)6881-0769

営業所 札幌・仙台・横浜・金沢・名古屋・神戸・広島・高松・福岡・鹿児島

直営工場 北海道・仙台・栃木・千葉・滋賀・愛東・広島・四国・九州

会誌 W G の 構成 (五十音順・敬称略)

〔主 査〕

大 島 洋 志 国際航業株式会社上席フェロー技術センター長

〔幹 事〕

池 田 豊 人 国土交通省大臣官房技術調査課技術企画官	千 葉 隆 清水建設株式会社土木技術本部 地下空間統括部部長
伊 藤 範 行 鹿島建設株式会社土木管理本部土木工務部 グループ長	長 島 芳 雄 株式会社竹中土木常務取締役
大 石 敬 司 東京地下鉄株式会社建設部工事課課長	端 則 夫 大成建設株式会社土木本部土木技術部 トンネル技術室室長
久多羅木 吉治 東亜建設工業株式会社土木事業本部技術部長	濱 建 介 株式会社アオバ取締役会長
城 間 博 通 株式会社高速道路総合技術研究所 道路研究部トンネル研究担当部長	松 原 利 之 飛鳥建設株式会社土木事業本部技術統括部 トンネル技術グループ部長
鈴 木 明 独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構 鉄道建設本部計画部計画課長	山 道 哲 二 株式会社大林組東京本社生産技術本部 トンネル技術部部長

編集顧問の構成 (五十音順・敬称略)

伊吹山 四 郎 攻玉社工科短期大学名誉学長	林 博 西松建設株式会社専務取締役
島 田 隆 夫 鉄建建設株式会社社友	松 本 崇 義 (元)東京都理事
高 橋 彦 治 伸光エンジニアリング株式会社技師長	丸 安 隆 和 東京理科大学教授
田 島 利 男 NPO法人いきいきハイウェイ支援全国ネット トンネル担当	山 口 啓 二 株式会社熊谷組代表取締役副社長
西 松 裕 一 東京大学名誉教授	

トレンチャー

硬質地盤の溝掘はトレンチャーをお試し下さい。



トンネル中央排水路
掘削状況



施工例

トレンチャーによる
施工

トレンチャーの性能・諸元

トレンチャーの種類	TRS-985	1175/D7	40/30	60/35
メーカー名	テスメック	テスメック	マステンブルグ	マステンブルグ
掘削幅(最小)cm	45	75	70	70
掘削幅(最大)cm	60	100	110	110
掘削岩の硬さ(最大)	500kg/cm ²	700kg/cm ²	700kg/cm ²	1000kg/cm ²
重量 t	36	53	50	59
長さ m	13.0	10.8	14.0	15.4
幅 m	2.5	3.2	2.95	2.98
高さ m	3.30	2.86	3.00	3.20
エンジンの出力 PS	300	402	450	600

※掘削岩の硬さは目安になります。詳細はご相談ください。

編集委員会の構成 (五十音順・敬称略)

〔編集委員長〕

大島 洋志 国際航業株式会社上席フェロー技術センター長

〔編集参与〕

今田 徹 東京都立大学名誉教授	高橋 良文 東京都下水道局技術開発担当部長
定塚 正行 日本シビックコンサルタント株式会社 参与・技師長(山岳トンネル担当)	橋本 定雄 (元)東京都公営企業管理者下水道局長
	濱 建介 株式会社アオバ取締役会長

〔委員〕

木谷 日出男 財団法人鉄道総合技術研究所 防災技術研究部部長	田村 聡志 東京都水道局建設部工務課長
坂根 良平 東京都下水道局建設部設計調整課長	津金 昭一 独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構 鉄道建設本部工務部工務第一課総括課長補佐
佐山 順二 東京電力株式会社電力流通本部工務部 設備渉外・調整グループ課長	西村 聡 東京地下鉄株式会社建設部 新宿工事事務所所長
清水 満 東日本旅客鉄道株式会社東京工事事務所 立体交差課長	野邑 敏行 東京都交通局建設工務部計画改良課長
城間 博通 株式会社高速道路総合技術研究所 道路研究部トンネル研究担当部長	真下 英人 独立行政法人土木研究所 基礎道路技術研究グループ 上席研究員(トンネル担当)



ワールド開発工業株式会社

●本社/営業部 〒381-0101 長野県長野市若穂綿内7484
☎(026) 282-3671(代) FAX(026) 282-5803
http://www.wkk.co.jp/

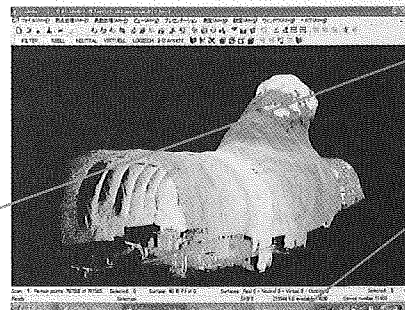
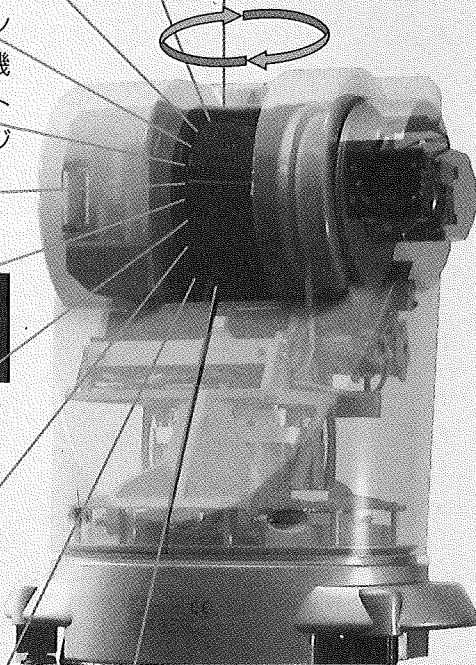
Callidus™ レーザースキャナー

3次元トンネル断面計測機

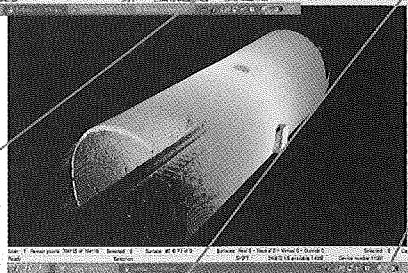
測距精度±5mmで、1秒に1000点以上計測する3次元トンネル断面計測機。1つの機械点からトンネルの約20m⁽¹⁾の範囲を10分で計測できます(機械点前後)。測定データの3次元展開図は、まさにトンネルを絵画のように詳細表示します。又、内蔵デジタルカメラで測定範囲を写真として記録可能です。

(1) 直径約8mのトンネルの場合

全周360°を10分でスキャン



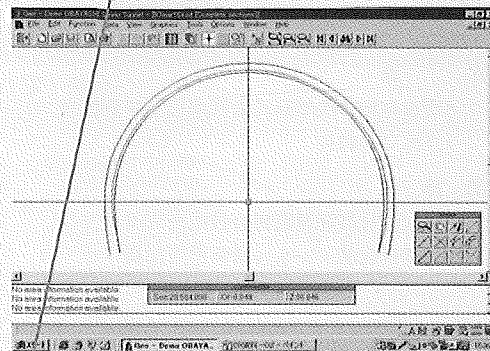
特殊なトンネル形状も対応可能です。



単独スキャンを合成し、トンネル全体を簡単に3次元表示できます。

データ解析および製図「GEOWIN」

AUTOCAD搭載の後処理ソフト「GEOWIN」は、測量計算ソフトを中心としたトンネル管理システムです。カリタスで計測したデータを3次元メッシュ(ポリゴン)で補間した後、断面を指定するだけで設計断面との比較図、設計断面に対する各観測点の差、観測断面の円周長、観測断面の面積、観測範囲のボリューム計算などが計算・表示・出力できます。



■ 販売・レンタル 株式会社ソーキ

〒550-0025 大阪市西区九条南4-2-4
TEL : 06-6586-1707 FAX : 06-6586-1277
URL : <http://www.sooki.co.jp/>

■ 製造元 トリンブルジャパン株式会社

〒135-0007 東京都江東区新大橋1-8-2
新大橋リバーサイドビル101
TEL : 03-5638-5022 FAX : 03-5638-5016

掲載頁
7

ボスポラス海峡横断鉄道トンネルの施工

大成建設(株) 田口 洋輔

トルコ共和国のイスタンブールですすめられている「ボスポラス海峡横断鉄道トンネルプロジェクト」についてその施工概要と状況を報告する。当該工区は、ボスポラス海峡を挟んで延長13.6kmであるが、施工区間のうち11km区間に沈埋・シールド・山岳トンネルの各工法でトンネルが建設される。海峡部の沈埋トンネルは、設置水深が60mに達し世界最大水深の沈埋トンネルとなる。シールドトンネルでは合計5基のシールドを使用し、上下線延べ19kmを掘進する。さらに乗客避難用の連絡路やクロスオーバーと称する上下線間の渡り区間、および地下駅を山岳工法で構築する。本稿では、沈埋・シールド・山岳の各工法に分け、施工の特徴や技術的トピック、状況を示す。

Construction of Railroad Tunnel crossing the Bosphorus Strait

By Yosuke Taguchi, Taisei Corporation



写真はRCセグメント区間施工完了状況

This is a report concerning the outline and status of the Bosphorus Crossing Project in Istanbul, Turkey. The length of the tunnel under the Bosphorus Strait is 11 km. The tunnel includes immersed tube tunnels, shield tunnels and NATM tunnels. The tunnel under the strait holds the world record for the deepest immersed tunnel with an underwater installation depth of 60 m. The shield tunnel uses a total of 5 shields and they bore for a total of 19 km in both directions. In addition, emergency escape connections for passengers, crossovers and underground stations are constructed using the conventional method. This report contains information on technical topics and characteristics of immersed, shield and conventional methods as well as progress status.

掲載頁
19

スロバキア高速道路トンネルの施工

大成建設(株) 青木 俊彦

近年、日本企業が海外土木工事に参加する機会が増える傾向にある。地場産業である土木工事では、工事の遂行にあたり、その地域特有の法令、基準、慣習、施工方法に準拠せざるを得ないうえ、言語、治安、生活習慣、宗教などへの配慮も必要となる。また、プロジェクトとして発注されるため、設計や設備工事なども含まれ、国内と比べて規模が大きくなりがちで、契約上のリスクも十分考慮する必要がある。

本稿では、スロバキアにおける高速道路工事を例として、実際に遭遇した問題点に着目し、設計や施工面における日本との差異を紹介する。

Construction of Motorway Tunnel in Slovakia

By Toshihiko Aoki, Taisei Corporation



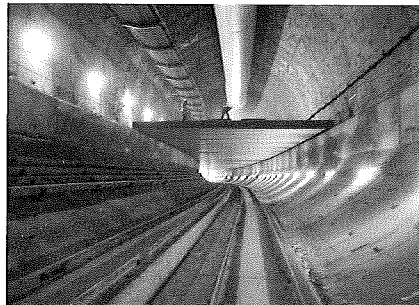
写真は北坑口(明かり巻き部と迎え掘り)

In recent years, there is an increasing trend in opportunities for Japanese companies to participate in foreign civil works. In the execution of civil works which is predominantly a local industry, on top of having to conform to local laws and ordinances, standards, customs and construction methods, it is also necessary to take into account language, public safety, lifestyle and religion. Further, as projects are officially ordered including design and facilitates installation works, etc., the scale tends to become large compared to domestic projects and it is necessary to fully consider the risks included in contract. This report focuses on problem areas that have actually been encountered, with the construction of motorway in Slovakia, and introduces the differences in design and construction in Japan compared to Slovakia.

マドリッド環状道路での大断面泥土圧式シールドの高速施工

(株)大林組 的場 一彦

マドリッド市内を走る直径が約30kmの環状道路「M30」の南トンネルは、掘削延長約4kmの大断面シールドで(掘削外径φ15.01m)、MHI-DF社(MHI-Duro Felguera社)により製作された泥土圧式シールドで掘削された。発進部は地下水を含んだ軟弱地盤であるため、日本のシールド技術とトンネル掘削のノウハウが必要とされ、大林組が技術協力を行うこととなった。



写真は床版の施工状況

本稿は、そのトンネルと施工設備概要、施工実績について述べるものである。

Motorway Construction with Large Slurry Shield in Madrid By Kazuhiko Matoba, Obayashi Corporation

The south tunnel on the M30 ring road that runs around the downtown of Madrid with a diameter of 30 km was extended for approximately 4 km, bored with a large slurry shield(outer diameter of φ15.01m). As the departure point had soft ground including groundwater, Japanese shield techniques and tunnel excavation know-how were required. This report gives an outline of construction facilities and results.

アルジェリア東西高速道路(400km)の契約とトンネル施工

鹿島建設(株) 石田 稔

アルジェリアで施工中の延長約400kmの高速道路建設工事について、その概要と3車線トンネルの計画と現況について報告する。この工事は国際入札による総合評価方式で受注したものであり、一部設計施工を含めて全体工期は約40か月の短期間大規模工事である。トンネルはT1, T3, T4の3か所で延長計約4.5kmが上下線2本ずつ計画されており、仕上がり断面積約117m²の超大断面トンネルである。トンネルの地質は泥岩、泥灰岩、礫岩を主体とした堆積岩類で、泥灰岩は地山強度比も小さく断面の安定確保が重要である。現在、厳しい施工条件のもと、先受け工を併用しつつトンネルの坑口付け作業を慎重に進めている。

Contract and Tunnel Construction for East - West Motorway(400km) in Algeria By Minoru Ishida, Kajima Corporation



写真は明かり工場の施工状況

This is a report concerning the construction work on a 400 km motorway in Algeria and gives a summary of the project along with the execution status and design of a 3-lane tunnels. This project was awarded by the comprehensive evaluation bidding method through international bidding. The duration of this big project is a short-term, approximately 40 months including some design works. It is planned Three tunnel construction sites of total length of 4.5 km and each site has two tunnels for both directions. The geology is mainly sedimentary rock with mudstone, marl and conglomerate and as marl has low competence factor of the ground, it is important to make the faces stable. Currently, we are carefully carrying out the portal work.

台北地下鉄新莊線CK570Bシールド工事

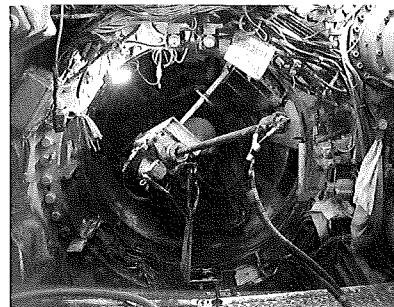
清水建設(株) 佐藤 卓三

台湾の首都台北では、1996年に台北捷運(Taipei MRT: Mass Rapid Transit)最初の路線となる木柵線(新交通システム)開通を皮切りに新たな路線が次々と建設されてきた。現在、台北捷運の営業路線は8路線、69駅、総延長74.4 kmになる。

現在建設中の路線の一つである新莊線は、台北市中心部から新莊市に向かう路線で、本工事は、台北市中心部のO9駅(民権西路駅)~O13駅(忠孝新生駅)間でシールドトンネルを施工するものである。路線の途中にある鉄道営業線直下を横断する区間では、建設当時の土留め壁が3列残置されており、シールド掘進の障害となった。

本稿は、密閉型シールドでは稀な(切羽に出て人力で)土留め壁を撤去しながらのシールド掘進状況、近接する鉄道構造物への影響を最小限に抑え、安全に施工するために採用した補助工法など、撤去工事の概要を報告するものである。

Shield Construction for Taipei MRT Sinjhuang Line CK570B By Takuzou Sato, Shimizu Corporation



写真はシールド内からの壁前改良

It has been continued to construct new lines for the Taipei MRT(Mass Rapid Transit) system in Taiwan since 1996. Currently, the Taipei MRT has 8 lines, 69 stations and 74.4 km of tracks.

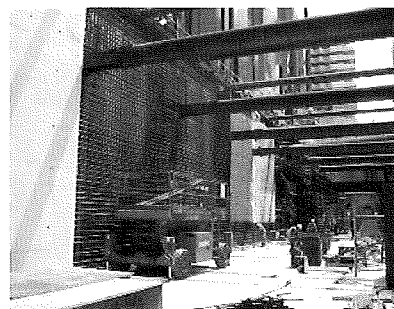
The Sinjhuang Line which is one of the lines currently under construction, runs from the centre of Taipei to Sinjhuang City and its construction includes our shield tunnel section from Station 9 to Station 13. The work crosses beneath a operating railway line and three temporary retaining walls which had been left behind at the time of construction of the operating line stand in the shield's way.

This report outlines the removal works of retaining walls using confined mode shield in the rare occurrence(carried out by hand between shield and face), etc.

オーストラリア パース市に地下鉄を掘る

(株)熊谷組 赤羽 清彦

熊谷組は現地業者とJVを組み、パース市中心部に地下鉄駅2駅、土圧式シールドトンネル延長1,500m、開削トンネル約1,100mを設計・施工し、平成19年9月6日に無事竣工した。本稿は当工事の全体概要、特殊環境下(営業ビル直下の施工、砂地盤での営業鉄道線直下の土かぶり1D以下における施工)でのシールドトンネル、歴史的建造物直下での逆巻き工法による地下駅、順巻き工法による半地下構造の駅舎、軟弱粘土層での開削トンネル、営業鉄道線に挟まれた中での半逆巻き工法による開削トンネルなどの設計・施工における技術的ポイントを述べるとともに、オーストラリアの特殊性である労働組合の問題について述べるものである。



写真はエスプラナーデ駅施工状況

Construction for Perth City Metro, Australia By Kiyohiko Akabane, Kumagai Gumi Co., Ltd.

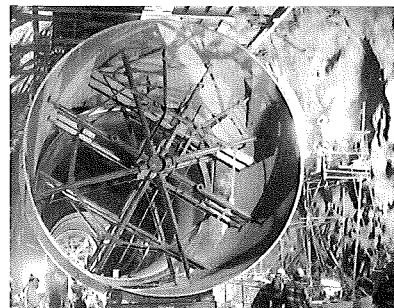
Kumagai Gumi had designed and constructed 1,500 m of shield(EPB) tunnel, approximately 1,100 m of cut-and-cover tunnel and two subway stations in the centre of Perth with a local constructor and this was completed without problems on 6th September, 2007. This report gives a general outline of the construction and along with giving information on technical points in the construction and design: shield tunnelling directly beneath occupied buildings and a railroad of less than 1D below in sandy ground, etc. And also gives information on the particularities of Australian labor union issues.

ラオス ナムツン2水力発電プロジェクトの導水路トンネル

西松建設(株) 仲野 義邦

現在ラオスで建設中のナムツン2水力発電プロジェクトにおける導水路トンネル工事について報告する。ラオスでは1970年代から隣国タイへの売電による収益を目的として、水力発電事業が行われてきた。同目的で建設された発電量15~21万kW規模の水力発電所がすでに同国で3か所稼働している。

ナムツン2水力発電プロジェクトは、ラオス中東部に広がるナカイ台地と東部の平野部の標高差357mの地形を利用し、発電量108万kWの水力発電所を建設する工事である。



写真は立坑バンド部移動型枠

Headrace Tunnel for Nam Theun 2 Hydropower Project in Lao PDR By Yoshikuni Nakano, Nishimatsu Construction Co., Ltd.

This is a report concerning headrace tunnel construction within the Nam Theun 2 hydropower project which is currently under construction.

Lao has had the goal of obtaining income from the supply of electricity to its neighbouring country, Thailand, since 1970s and to this end has conducted hydropower generation.

The Nam Theun 2 hydropower project is a project to construct a 1,080 MW hydropower plant using height difference of 357 m between the Nakai plateau and the plain in mid-east Lao.

トンネルバルーン覆エコンクリート トータル養生工法

長期耐久性に優れた高品質な 覆エコンクリート施工を実現します！

NETIS登録
(No.HR-040005)



セントル温度養生バルーン

打設後から脱型までセントルをバルーンで覆い温度養生をします。

【特徴】

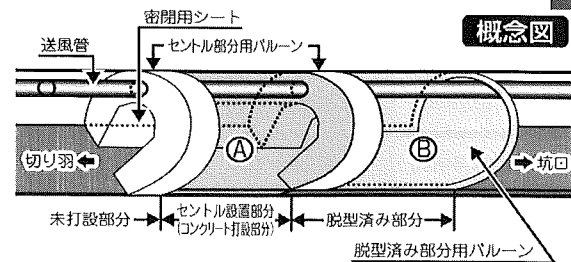
1. 若材齢時に温度管理をすることで初期強度が向上します。
2. 高品質コンクリートの確保が可能です。
(脱型時コンクリートの付着が減少します)
3. サイクルタイムの短縮が可能です。
4. 洗いが車両通行部に落ちません。

覆エ養生バルーン

脱型後の覆エコンクリートを覆います。

【特徴】

1. 長期材齢の強度アップ
2. 覆エコンクリートの表面を湿潤状態に保ちます。
(乾燥収縮クラックの低減に貢献します)
3. 断熱効果が期待できます。
(内部と表面の温度差が少ない⇒
温度応力の低減)




Ⓐ セントル(コンクリート型枠)を両サイドのバルーンと密閉用シートではさんで空気層をつくり保湿・保湿する
 Ⓑ 打設後のコンクリートに薄い筒状のバルーンを密着させ保湿・保湿する

実績	セントル温度養生	覆エ養生バルーン
新幹線	5現場	2現場
高速道路	2現場	2現場
国土交通省	3現場	8現場
地方自治体	7現場	5現場
JR東日本	2現場	1現場
合計	19現場	18現場

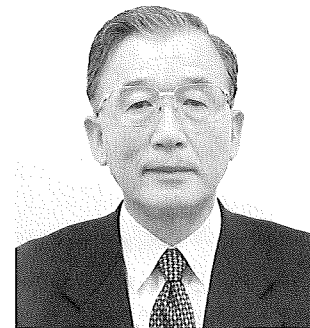
2005年『日経BP技術賞 建設部門』受賞

 **岐阜工業株式会社**
GIFU KOGYO CO., LTD.

本社・工場 岐阜県本巣市十四条144番地
 Tel 058(323)2000(代) Fax 058(323)1176
 東京支店 Tel 03(3262)1285(代) Fax 03(3262)6093
 仙台営業所 Tel 022(259)2239 Fax 022(259)3664
 九州営業所 Tel 092(713)5265 Fax 092(714)3028
 URL <http://www.gifukogyo.co.jp/>

 **株式会社 東 宏**

本社 北海道札幌市東区北20条東5丁目1番7号
 Tel 011(742)3331 Fax 011(742)3333
 関東支店 Tel 027(352)2061 Fax 027(352)6065
 道東営業所 Tel 0155(34)6311 Fax 0155(34)8494
 URL <http://www.k-toukou.jp/>



(社)日本トンネル技術協会会長

小森 博

年頭所感

年頭にあたり、新年のお喜びを申し上げますとともに、読者の方々の本年のご健勝を心よりお祈り申し上げます。

昨年を振り返りますと、7月の参議院選挙において自民党が敗北し、参議院で与野党の勢力が逆転したことが大きな出来事でした。その結果、安倍首相の突然の辞任や小沢代表の辞任騒動という想定外の出来事もありましたが、いわゆる「ねじれ国会」が結果として、政治や行政における情報公開を加速させ、「小泉改革」により変化した日本の政治のあり方をさらに変えるような気がします。

また鉄道関係者にとっては、台湾新幹線の1月開業が何よりも大きなニュースでした。台湾新幹線は、わが国の「新幹線」の初めての本格的な輸出プロジェクトであり、フランス・ドイツといった欧州の鉄道先進国としてのぎを削るプロジェクトでもありました。台湾における政治状況から日本の新幹線システムの全面的な採用を果たせず、欧州連合の推すTGV・ICEシステムが先行していましたが、1999年の台湾大地震を契機に車両を始め日本の新幹線システムが導入されました。その結果、欧州仕様の一部の設備などとの整合に多くの労力を割かれることとなり、課題の残るプロジェクトでもありました。それでも、わが国の優秀な技術が認められ、台湾において高い評価を得ていることは何ものにも代えがたい喜びであります。

日本経済が上向きつつある中で、建設業を取り巻く情勢は相変わらず厳しいものがあり、業界再編も一段と進むものと思われませんが、変化の兆しもあります。公共工事の入札方式に総合評価落札方式が導入され、価格のみの競争によらない入札評価がなされてきましたが、価格至上主義による低入札が頻発したことにより適切な施工体制が確保されない懸念が生じた結果、施工体制確認型総合評価落札方式が導入され、いわゆるダンピング受注に一定の歯止めがかけられたことは誠に嬉しい限りであります。さらに最近では、技術力によりウェイトを置いた加算方式による評価値の算定も試行され始めて、今後ますます技術力が重視される入札方式が定着していくことになると思われます。こうした流れの中、最低価格を入札しても落札できないケースが散見されるようになってきており、今後、建設業においては生き残りをかけた技術力の研鑽が重要になっていくのではないのでしょうか。

そうした中で懸念もあります。こうした厳しい環境の中、若手技術者が建設産業の将来を見限って辞めていくという話を聞きます。建設にかかわる技術は、大学などの学校で習得する知識のみでは身に付くものではなく、現場を通じて獲得していくノウハウによって培われているといっても過言ではないでしょう。とりわけ現場での失敗の経験は技術の向上に不可欠です。とくに、自然環境条件などと正面から向き合って対応しなければいけない土木の分野では、経験を通して得られるこうしたノウハウというものが非常に重要だと思います。こうした経験知を帰納的に普遍化した知識が技術に昇華していくものではないでしょうか。今の現場は、以前のような大勢の職員がいないのが実態で、そうした状況下でその現場から得られる貴重なノウハウを身につけた職員が辞めていくということは、今後技術の継承が覚束なくなってしまうのではないかと懸念を持つのは私一人でしょうか。

一方、「食の偽装」は後を絶たず多くの食品メーカーが指弾を浴びています。ところが問題は食品業界に限らないことです。建設業界でも、建材メーカーによる耐火性能にかかわる不正が露呈しました。そもそも定められた性能を満足していないにもかかわらず、不正な手段で大臣認定を取得し、長年商品として販売してきた事実には開いた口が塞がらない思いです。さらには、エレベータに使用する鋼材の強度不足という事態も明らかになりました。技術を重視していこうという中でこのようなことが続くと、建設業界全体の信用を失いかねない事態を招くこととなります。

ちなみに、わが国の鉄道技術を海外に普及させていくことが私の仕事ですが、このためには幅広い知識と全体を見通す力を持った人間が不可欠です。国内での仕事を続けていると、とかく「たこつぼ」的な個別・専門的な知識を持った人間は多く育っても、このようなゼネラリストと呼ばれるエンジニアはなかなか育たないのが実情です。こうしたことは、建設業のみならず製造業などでも同じではないでしょうか。このことが「偽装問題」の遠因の一つのような気がします。

また、今わが国で起きているこのようなことはさまざまな分野で「現場力」が低下していることを示唆しているような気がします。このようなことが起こること自体がわが国の技術力に対する大きな警鐘と受け止めるべきだと思います。

土木の分野においても、構造物は100年を越えて存在しようとしているのに、建設や維持管理に携わる人間が不足したり、技術の断絶を生じるような事態はなんとしても避けなければならないと思います。そのためにも、若い人たちが希望とやり甲斐を持てるようにしていかなければならないのではないのでしょうか。

かつて、コンゴ動乱のさなかに暗殺されたルムンバ首相は「息子よ 未来は美しい」という言葉を遺したと言われています。今こそ私たちは、若い土木技術者たちに「未来は美しい」と胸を張って言えるようにしなければならないのではないのでしょうか。

特集 海外のトンネル工事

ボスポラス海峡横断鉄道トンネルの施工

大成建設(株)トルコボスポラス海峡横断鉄道建設工事作業所所長(山岳トンネル担当) 田口 洋 輔
 大成建設(株)トルコボスポラス海峡横断鉄道建設工事作業所所長(沈埋トンネル担当) 小山 文 男
 大成建設(株)トルコボスポラス海峡横断鉄道建設工事作業所所長(シールドトンネル担当) 今石 尚

1 はじめに

ボスポラス海峡は、トルコ共和国イスタンブール市をアジアとヨーロッパに隔て、黒海からマルマラ海に至る延長30kmの海峡である(図-1)。

イスタンブールでは鉄道網の不足から、旅客・物流は自動車に頼らざるを得ず、慢性的な交通渋滞と大気汚染を引き起こしている。ボスポラス海峡横断トンネルは、鉄道による交通渋滞緩和ひいては公害緩和を目的として建設されるものである。

2 プロジェクトの概要

プロジェクト全体は「マルマライ(「マルマラ海+鉄道」を表す)」と呼ばれ、マルマラ海沿いの鉄道を近代化し、海峡下をトンネルで結ぶ全長76kmの鉄道整備計画である。大成・Gama・Nurol共同企業体は、このうちカズリチェシュメから海峡部を含みアイリクチェシュメまで延長13.6km(図-2, 3, 表-1)の設計・施工を行っている。契約はEPC(Engineering, Procurement, Construction)契約で、設計手法や施工方法および調達手段の原則は「施主の要求事項」という契約書類に盛り込まれている。

施工区間のうち11km区間にシールド・沈埋・山岳トンネルの各工法でトンネルが建設される。

海峡部の沈埋工法採用は、施主の基本計画で決定された契約条件である。設置水深は60mに達し、世界最大水深の沈埋トンネルとなる。

シールドトンネルでは土砂主体の区間(イエニ

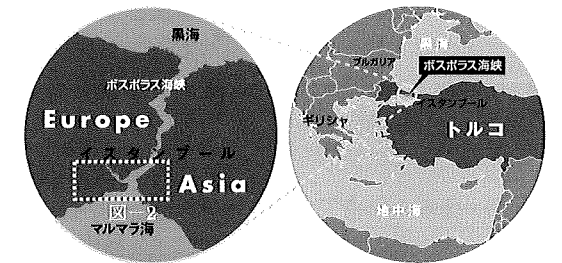


図-1 ボスポラス海峡位置図

カプ駅以西)で1基、岩盤部主体の区間(イエニカプ駅以东)で4基のシールドを使用し、上下線延べ19kmを掘進する。上下線の間には緊急時の乗客避難用に200mごとの連絡路を山岳工法で構築する。また、トンネルの途中2か所(ウスクダル駅およびシルケジ駅付近)にクロスオーバーと称する上下線間の渡り区間を設ける。この区間は分岐線を包括するためシールドトンネルより大きな断面となり、山岳工法で施工される。

世界遺産に指定されたイスタンブール市では埋蔵遺跡調査は規則であり、文化観光省歴史保全委員会の結論が出るまで工事の本格着手を待たなければならない。このため、すべての開削範囲について遺跡調査を行っており、本工事開始までに多大な時間を費やしている。

トンネルのほか、4か所の駅が契約に含まれており、そのうち3駅(イエニカプ、シルケジ、ウスクダル)が地下駅である。イエニカプ、ウスクダル駅は開削工法にて、シルケジ駅は開削工法と山岳工法の併用で施工される。イエニカプ駅は沈埋トンネルに向かうシールドトンネル2本の発進



図-2 路線平面図

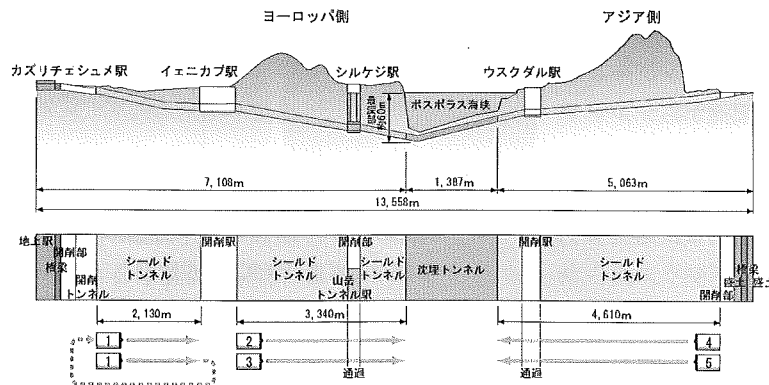


図-3 路線縦断模式図

表-1 プロジェクトの概要

施主	トルコ共和国, 運輸通信省, 鉄道・港湾・空港建設総局
施工者	大成・Gama・Nurol共同企業体(GamaとNurolはトルコ企業)
施主代理人	AVRASYA CONSULT JV(PCI, JARTS, オリコン)
契約金額	1,023億円(円建て)
資金調達	日本国際協力銀行(JBIC), 環境円借款
契約工期	56か月(埋蔵遺跡調査長期化のため, 工期延伸の予定)
契約内容	<ul style="list-style-type: none"> ・沈埋トンネル: 1,387m(海峡部) ・シールドトンネル: 9,360mの複線 ・山岳トンネル: 上下渡り線, 上下線連絡路 ・地下駅舎: イェニカプ駅, シルケジ駅, ウスクダル駅 ・地上駅舎: カズリチェシュメ駅 ・軌道, 橋梁, 換気建屋, 機電設備 ・埋蔵遺跡調査(これに起因する工事遅延は施主による補償の対象)
設計条件	<ul style="list-style-type: none"> ・地震: モーメントマグニチュード7.5, 液状化への対処 ・列車火災: 熱源エネルギー100MW(燃料積載貨車) その他, 水深, 潮流などの現地環境条件を考慮のこと

立坑として用いられるが, 掘削工事は遺跡調査の完了を待たねばならず未着手の状態である。これに伴い, イェニカプからのシールド発進は3年以上遅延している。

ウスクダル駅では3年に及んだ遺跡調査を完了し, まもなく掘削工事開始の予定である。

シルケジ駅においても換気立坑部で遺跡調査が継続しており, 掘削工事への着手を待っている状態である。

3 地質概要

全長13.6kmに及ぶ地質を, 岩盤(基盤)部, 陸上土砂部および海峡土砂部に分けて概括する。図-4に地質縦断図を示す。

3-1 岩盤(基盤)部

イスタンブールは, Trakya Formationと呼ばれる石炭紀の岩盤で覆われており, その厚さは少なくとも2kmに達する。主として砂岩と泥岩から構成されているが, 上部では泥岩が優勢となり, 局所的に層状・塊状に石灰岩が分布するほか層状に石灰質の頁岩も介在する。ヘルシニア造山活動とアルプス造山活動による褶曲・断層作用を受けて全体的に細かい節理をなす破碎構造を呈しており, 上部では表層水によって風化されたゾーンを形成している。シールドトンネル, 山岳トンネルは, 岩盤部の掘削において上記破碎構造部, 風化ゾーンと頻りに遭遇することが予想される。

3-2 陸上土砂部

古くからの市街地やボスポラス海峡沿岸の表層は, 埋土層で覆われており, 当該計画路線においては海峡部を除く全線にわたって分布する。層厚はおおむね2~10m程度で, 前述の遺跡が出現する層である。埋め戻しの砂,

礫, シルトに加え, レンガやモルタル片, 木片, 貝殻など人工的な廃棄物も多く含んでいる。イェニカプ駅以西の土砂主体のシールドトンネルは, 主として Bakirköy Formation, Güngören Formationと呼ばれる地層を通過する。

Bakirköy Formationは主として石灰岩からなる埋土層の下に分布する層であるが, 場所によっては地表面に露出している。当該路線における層厚は10~20m程度であり, 部分的に粘土と泥灰岩を層状に介在している。Güngören Formationは, Bakirköy Formationの下位に分布するきわめて硬質な粘性土からなる層である。層厚は40~60mに達するが, 5~10m程度の非常に密な砂層が介在しており, トンネルはこの介在砂層も通過する。

3-3 海峡土砂部

海峡部の堆積層は三つの地質層群(上層部・中層部・下層部)から構成されている。上層部は沿岸部表層に分布する礫質砂(礫の主成分は石灰質貝殻片)であり, 木炭やレンガなども含んでいる。中層部は海峡部堆積層の大部分を占める層であり, 貝殻質砂, 細砂, シルト質細砂, および砂質泥から構成されている。砂質土部分は流動化しやすい性状を有していると考えられている。後述のとおり沈埋函支持基盤の一部にはこれらの層に地震時液状化対策工を実施している。下層部は基盤を覆う泥質砂礫で, 層厚は5~10m程度である。

4 沈埋トンネルの施工

沈埋トンネルは図-5に示すように最大長さ135mのRC構造函体11函からなり, 断面は2連の矩形である(図-6)。内空は, 鉄道建築限界・監査通路・避難通路および耐火被覆を包含し, さらに函体の設置誤差として10~15cmを含んでいる(図-7)。

函体は海峡部から約40km離れた地点に新たに建設された仮設ドライドックおよび洋上係留設備で製作される。製作完了後は海峡部までタグボートで浮上曳航し沈設する。沈設後は函体底面と基礎マウンド間の空隙を充填(基礎充填工)した後に函体外周を所定の高さまで砕石材で埋め戻す。図-8に函体製作から沈設, 埋め戻しまでのフローを示す。

4-1 函体製作

図-9に函体の概観を示す。函体の側面・底面は鋼板で覆われ, 流電陽極式電気防食が施されている。頂面はシート防水を行った後, コンクリート

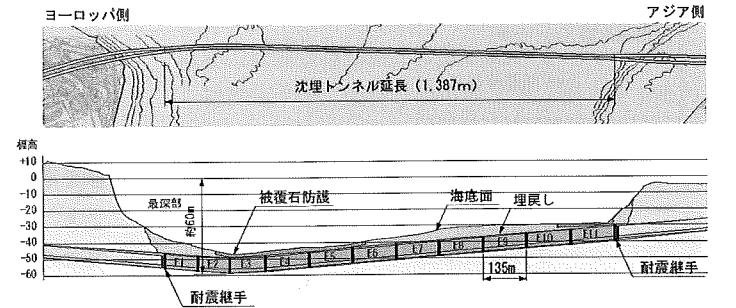


図-5 沈埋トンネル平面・縦断図

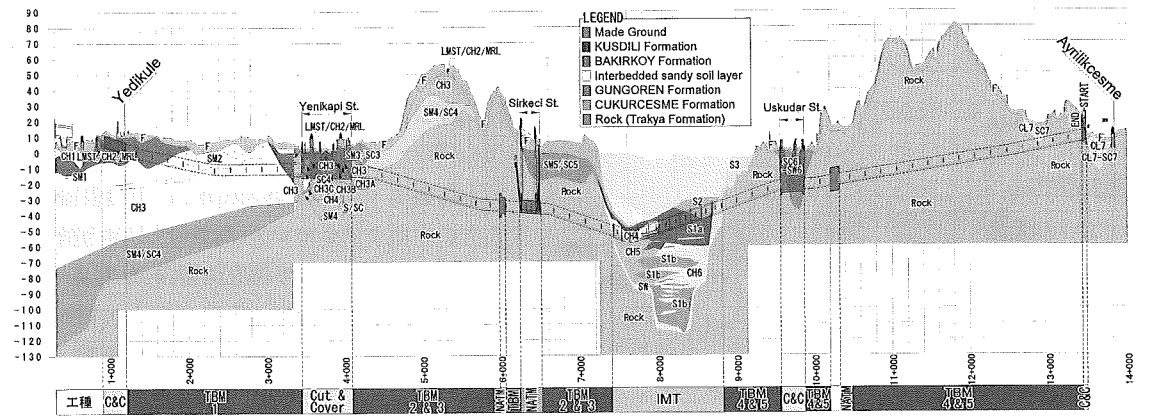


図-4 全体地質縦断図

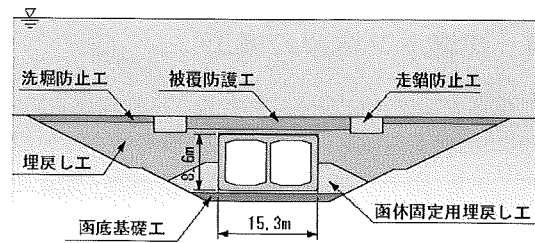


図-6 沈埋トンネル横断面

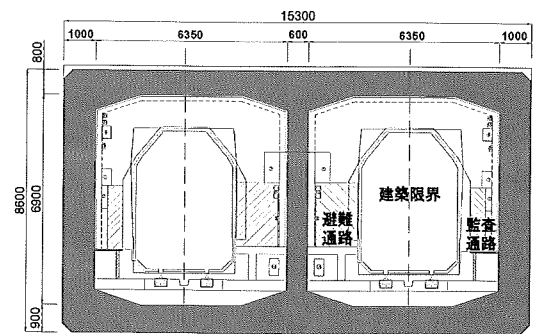


図-7 トンネル内空標準図

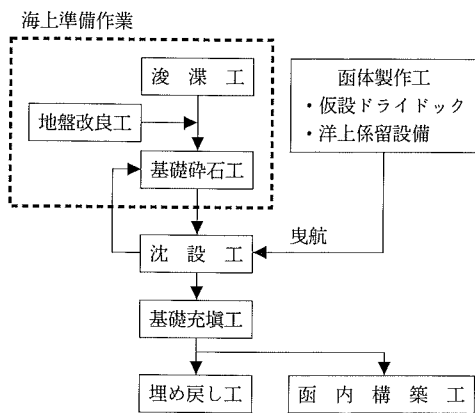


図-8 沈埋トンネル施工フロー

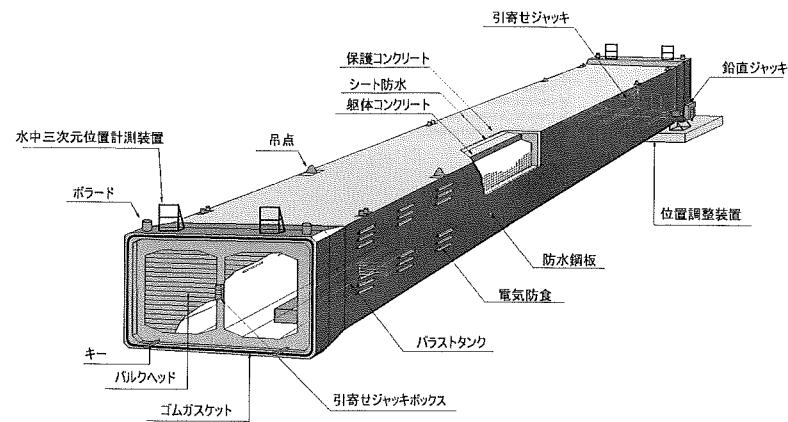


図-9 函体鳥瞰図

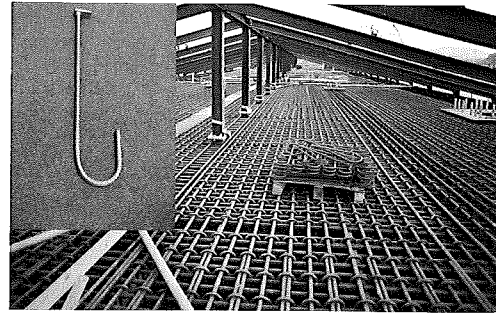


写真-1 ヘッドバーと配筋状況

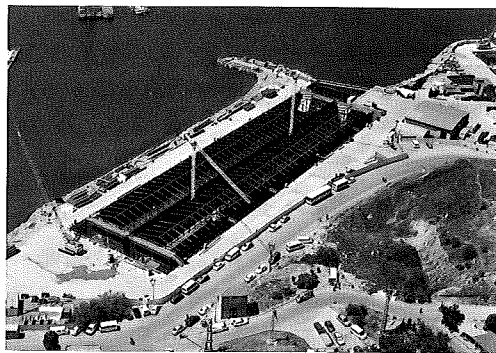


写真-2 仮設ドライドックでの函体構築

で被覆防護している。躯体コンクリート(設計基準強度40MPa)には、初期ひび割れ防止を目的に中庸熱ポルトランドセメントとフライアッシュを組み合わせて用い、耐久性向上のためシリカフェームを添加している。

また、高水圧と耐震上の要求により比較的高密度な鉄筋配置になるため、せん断補強鉄筋にヘッドバー(写真-1)を採用した。ヘッドバーは高密度鉄筋に対して施工困難な両曲げフックに代わり、

鉄筋に摩擦圧接したプレートにより定着を確保する構造のせん断補強鉄筋である¹⁾。今回の工事では合計約130万本のヘッドバーを使用する。

函体の製作ヤードは仮設ドライドック(写真-2)と浮上構築のための洋上係留設備(写真-3)からなる。仮設ドライドックは近接する2地点に新設築造し、それぞれのドライドックで函体を同時に2函、合計4函製作でき

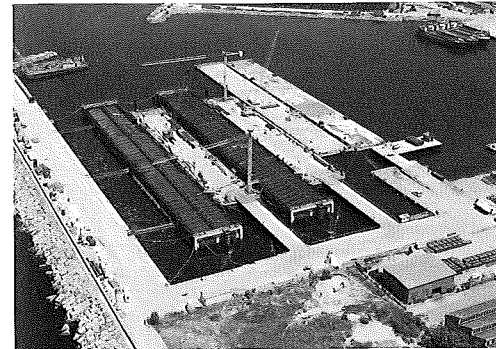


写真-3 洋上係留設備での函体構築

る体制を確保した。函体製作は第1ステップとして、ドライドック内で端部鋼殻、防水鋼板および躯体底版と下部の壁半分を構築する。第2ステップの構築はこの状態でドライドックに海水を注水して函体を浮上させ、洋上係留設備に函体を移動した後に引き続き残りの壁上半分と頂版の構築を行う。この2ステップの構築方法は、ドライドックの使用効率を上げ、製作工程の促進を目的として採用した手順である。

4-2 海上準備作業

函体の製作と並行して、ボスボラス海峡の函体沈設地点では浚渫・地盤改良・基礎砕石などの準備作業を行う(写真-4)。

トルコは地震国であり、1999年のコジャエリ地震ではイスタンブールでも被害が発生した。沈埋トンネルは土砂堆積区間に設置されるため、地震時の液状化対策として液状化が懸念されるE8~11函体にかけての基礎地盤に密度増大工法(Compaction Pile Grout)による地盤改良を施した。

また、基礎砕石の施工は水深が深く潮流も速いため、潜水夫による基礎砕石均し作業は危険かつ非効率である。このため水中ロボット(写真-5)により施工する。これは水中ロボットを浚渫床付け面に直置きし、海上からロボットを遠隔操作して基礎砕石表面を均す工法である。仕上がり面の精度の実績は設計値から±10cm以内である。

4-3 曳航・沈設

函体製作完了後、双胴船タイプの沈設作業船に函体を抱き込み、図-10に示す沈埋函最終艀装海

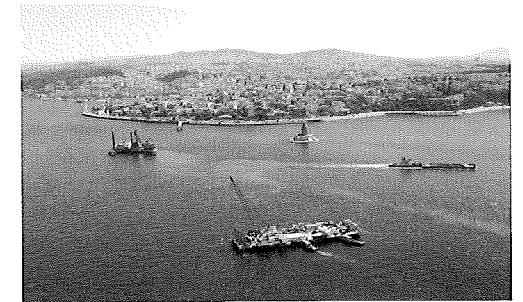


写真-4 設置海域での作業(手前:地盤改良,奥:浚渫)

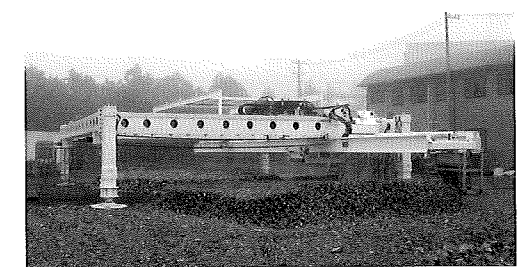


写真-5 水中砕石均しロボット

域までタグボートで曳航し係留を行う。この艀装海域は沈設に必要な函内・函外仮設備作業を実施する期間中に静穏な状態を保つことができるように島の背後静穏海域を設定した。

艀装完了後に函体は前方を2隻、後方を1隻のタグボートで沈埋函沈設海域まで約28kmを曳航される。曳航開始から沈設・水圧接合完了までは2日間を要する。沈設の実施可能条件は、海面から水深15mまでの平均潮流速度が3ノット以下と設定している。このため、曳航・沈設する2日間の潮流速度およびその変化を精度よく予測することが沈設の成否に重要なポイントとなる。これを実現するために2年間にわたるボスボラス海峡の潮流観測データと黒海からマルマラ海までの広範囲な気象データを収集、回帰分析を行った。これにシミュレーション解析技術を取り入れ、現時点の気象海象データから沈設に要する48時間の潮流変化を予測するシステムを構築し運用している^{2),3)}。予報的中確率は90%程度である。

沈設は、沈設作業船に設置されたGPSにより作業船の正確な位置を把握し、マルチビームにより函体位置および海底地形を監視しながら進める(写真-6、図-11)。最終的な函体間接合の段階で

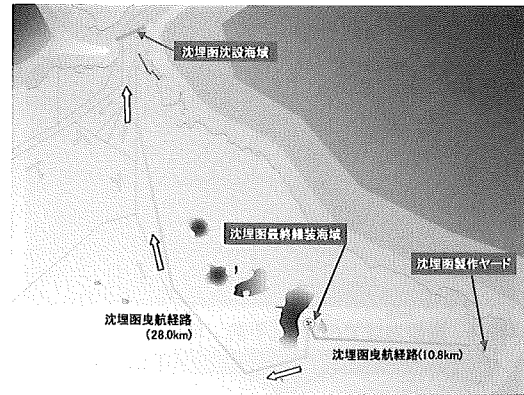


図-10 沈埋函の曳航ルート

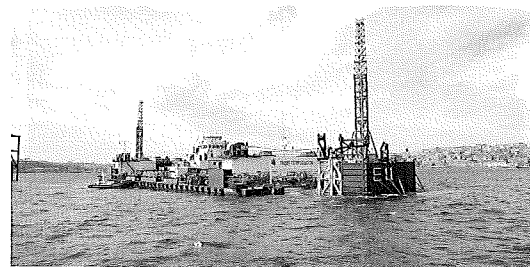


写真-6 沈設作業船

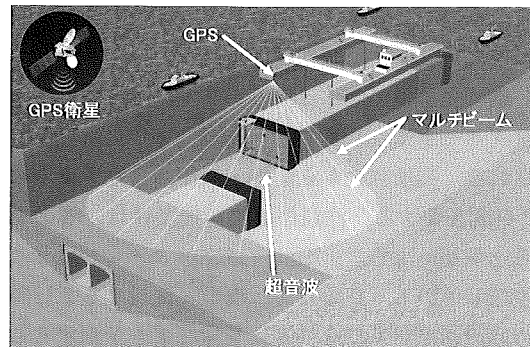


図-11 沈設時モニタリング概念図

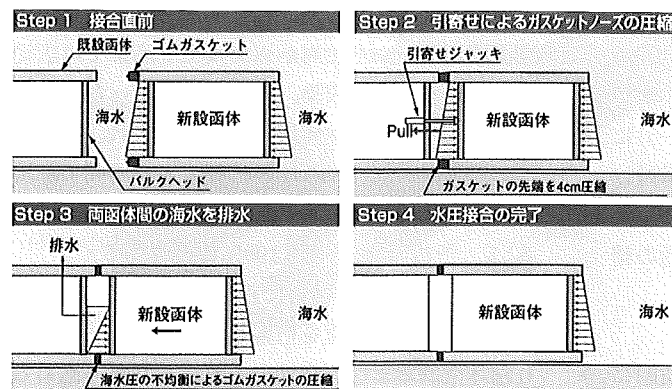


図-12 函体接合手順

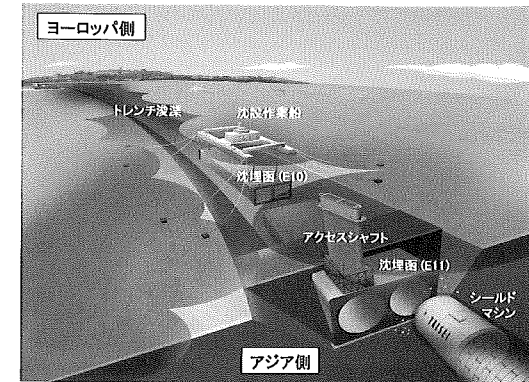


図-13 アジア側沈埋・シールドトンネル接続部付近模式図

は両函体の相対する端面に設置された超音波式距離測定センサーを用いて両函体の離隔距離、軸ずれ、方向ずれを計測し位置修正を行いながら着底させる。

函体を所定の位置に設置した後、図-12に示す手順で接合を行う。まず既沈設函体側からジャッキのロッドを沈設函体に挿入し、引き寄せジャッキを用いて函体を引き寄せる。その後、両端面バルクヘッド内の海水を排水し海水圧の不均衡によるゴムガスケットの圧縮、止水作用により沈設函体を既沈設函体に接合させる。

4-4 基礎充填工・函内構築工・埋め戻し工

函体の沈設完了後は、1 函ごとに函体底面と基礎砕石の間隙(約45cm)に函体内から 2 液混合のモルタル材を充填する。

函内構築は函体周囲の埋め戻しが完了し地盤の変位が収まったことを確認した後、函体間の継手の構築をまず実施し、その後順次その他の構築を進めていく。

埋め戻しは、埋め戻し材投入による函体への衝撃や移動を防ぐためトレミー管を用いて行われる。なお、シールドトンネルの接合・貫通までの期間は、E11 函体のアジア側端部に設置した仮設シャフトより資機材の搬入出、換気、人員の出入りを行う。図-13にアジア側における沈埋トンネルとシールドトンネル接合部付近の模式図を示す。

5 シールドトンネルの施工

5-1 シールド

本プロジェクトでは、図-3下方に番号で示した 5 基のシールドを使用するが、ヨーロッパ側 1 号機は対象地盤が土砂で低水圧・小土かぶりのため泥土圧式シールド(φ7,890)を採用、ヨーロッパ側 2,3 号機およびアジア側 4,5 号機は対象地盤が岩盤で海峡下を含め高水圧下のため泥水式シールド(φ7,850)を採用している。また、いずれも都市住宅密集地下の施工であるため、周辺環境への影響を最小限に留める観点からも密閉式シールド工法を採用している。

岩盤対応の泥水式シールド(写真-7)は、17インチのディスクカッター55基を配置し、最大4回転/分までの可変インバーターモーター250kWを8基装備した中折れ式で、推進用3,000kNジャッキ25基、中折れ用3,000kNジャッキ22基を装備している。ビット交換時の地盤改良用削孔機を装着可能なエレクタを持ち、また沈埋函との接合部を止水するための注入孔を機内に配置しているのが特徴である。

5-2 セグメント

トンネルの仕上がり内径は7,040mmで、シールド全線でRCセグメントを採用している。セグメント厚さは土砂区間で320mm、岩盤区間で300mm、セグメント幅は1,500mmである。1リングを7ピースで構成し、リング間継手に部分ほぞ・みぞ方式、セグメント間継手は突き合わせ方式とし、全線オールテープセグメントでの施工である。写真-8に

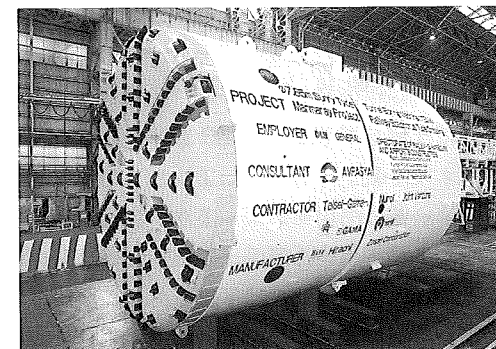


写真-7 泥水式シールド

RCセグメント区間の設置完了状況を示す。

上下線の併設トンネルを200mごとに結ぶ避難用連絡部のセグメントは、ボルト締結方式で、後に山岳工法で切り開く予定のピースにスチールセグメントを採用している。写真-9にスチールセグメントの設置状況を示す。

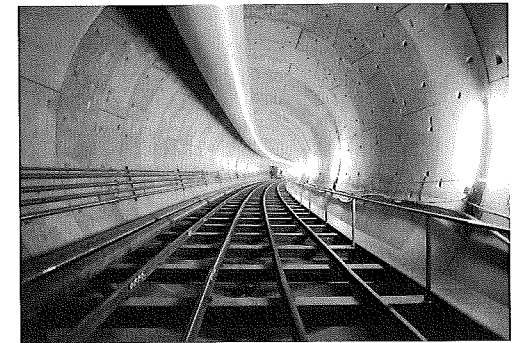


写真-8 RCセグメント区間施工完了状況

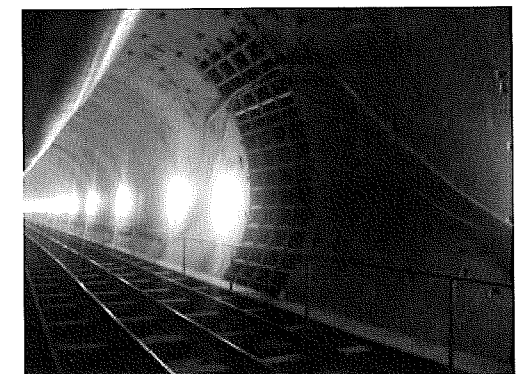


写真-9 スチールセグメント設置完了状況

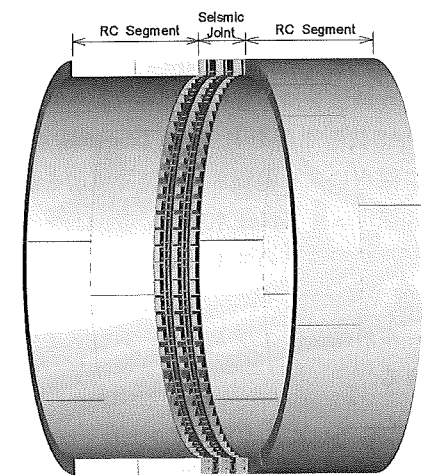


図-14 可撓性セグメント構造図

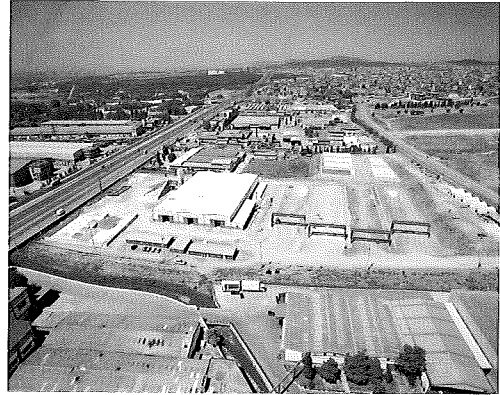


写真-10 セグメント工場

シールドトンネルと沈埋函体の接合部近傍には、地震時の変位吸収を目的とした可撓性セグメントを設置する(図-14)。

RCセグメントの製作は、イスタンブール市の約60km郊外に位置するゲブゼ町に、仮設の工場建屋を建設して行っている。蒸気養生を実施することにより日産最大22リングの生産能力を有する。写真-10にセグメント工場の全景を示す。この工場では全12,900リングを製作予定である。

5-3 沈埋函との接合方法

海峡下の人工埋め戻し土内での接合作業となる沈埋函とシールドの接合部には、止水装置としてF-PAS装置を採用している。図-15, 16にそれぞれF-PASの手順図、構造図を示す。沈埋函の端部に取り付けられた眼鏡状の鋼殻スリーブ管の内側に、止水シール装置を設置し、スリーブ管内にはLW材(2液性地盤改良材)を充填しておく。LW材は、凍結・融解後に固体から液体へ流動化するという特性を持っているため、シールド到達前にF-PAS装置周辺をドーナツ状に凍結させる。到達後に温水により融解させて装置周辺を液状化させ、加圧チューブに注水加圧して止水シールを作動させ、シールドのスキンプレートに密着させる。このLW材の存在が異物の浸入を防ぐため、止水シールが確実にスキンプレートに密着することができる。

6 山岳トンネルの施工

前述のとおりボスポラス海峡横断トンネルは、

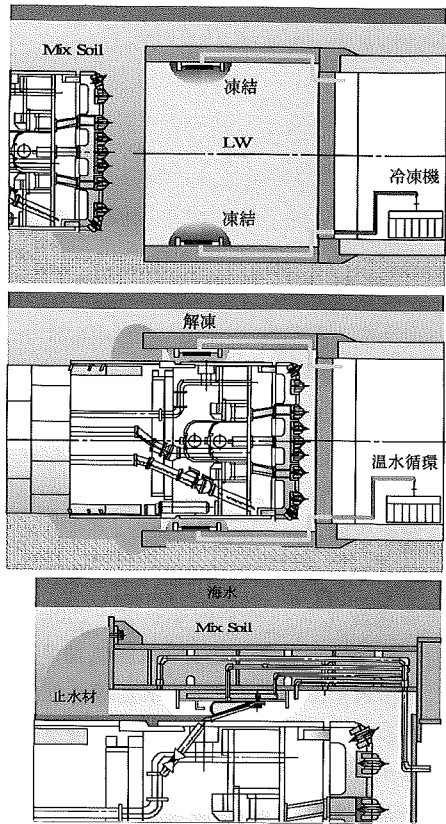


図-15 F-PAS手順図

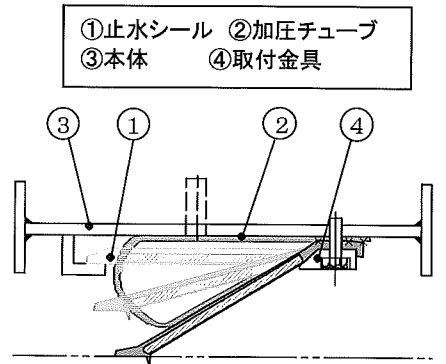


図-16 F-PAS構造図

海峡部に沈埋トンネル、接続する陸上部にシールドトンネルを軌道部分の標準工法として採用しているが、一部に山岳トンネル工法が採用されている。山岳工法を用いた箇所は大きく二つに分けられる。一つはシルケジの地下駅であり、周辺環境の制約から開削工法が困難であるため限られた用地からの立坑を利用し、山岳工法による地下駅の

施工を行うものである。もう一つはシールドトンネルと異なる断面を必要とする非開削地下空間であり、2か所のクロスオーバー(上下線間渡り区間)と200mごと合計43か所の乗客避難用連絡路、および3か所のポンプピットである。合計17種類の断面(最大掘削断面積236m²)を有し、立坑とトンネルの総延長が2,130m、掘削土量約24万m³の工事である。

本工事のもう一つの大きな特徴として、トンネルを含むすべての地下構造物に止水性を求めていることが挙げられる。山岳工法による構造物においてもシールドトンネルとのジョイント部を含んでウォータータイト構造となり、RC構造による耐水圧覆工コンクリートが必須である。とくに海峡部に近いシルケジ駅や避難連絡路、ポンプピットは想定される地下水位が高く、高水圧に対処する構造が求められている。最大設計水圧は約800kPaを想定している。棲壁部や交差点はとくに応力集中により巻き厚・配筋量が増大するうえ、防水シートの適切な敷設も困難であるため慎重な施工が求められる。

本稿では現在遺跡調査中で今後工事が着工されるシルケジ地下駅と既に掘削が完了したウスクダルのクロスオーバートンネルを紹介する。

6-1 シルケジ地下駅の施工と現況

シルケジ駅は、オスマン帝国歴代スルタン(君主)の居城であったトプカプ宮殿に近い歴史観光・商業地区に位置している。図-17に駅計画位置地上部の土地利用状況を示す。図より密集した商業ビル、ホテルなどの直下を限られた用地の立坑から掘削を進める困難さがうかがえる。上部既存建物はRC造が全体の約6割であるが、そのうちの70%は築30年以上の古いビルである。RC造以外の残りの4割はレンガ造のビルでその大半は築50年以上である。交通事情や近隣環境にも細心の注意を必要とする困難な工事である。

図-18に山岳工法によって掘削する地下駅の鳥瞰図を示す。2本のプラッ

トホームトンネルと並行する中央通路トンネル、直交する4本の横断通路トンネルを地下約50mに建設する。地上よりプラットホームまで2本のエントランストンネル(北口・南口)が連絡する。さらに付帯設備としてまず換気機能を備えた東西立坑およびダクトトンネルがある。東西立坑に接続する横断通路トンネル、プラットホームトンネルが大断面となっているのは上部に換気ダクトが配置されるためである。他の付帯設備として海底トンネル特有の洪水ゲート、避難立坑がある。機能上、用地上の問題から図に示すとおり他のトンネルときわめて近接した位置に構築しなければならない。

上記のような設備を兼ね備える必要性からシルケジ駅のトンネル・立坑掘削では30か所以上の交差点部を処理するうえ、大幅な断面変化点や30度の斜坑も施工する必要があり施工手順や工程管理は他に類を見ない複雑なものとなっている。

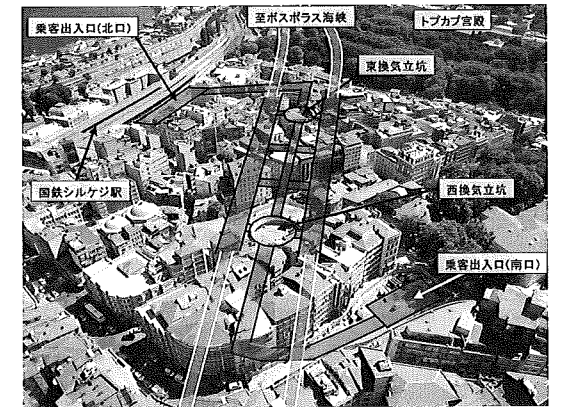


図-17 シルケジ駅計画位置地上状況

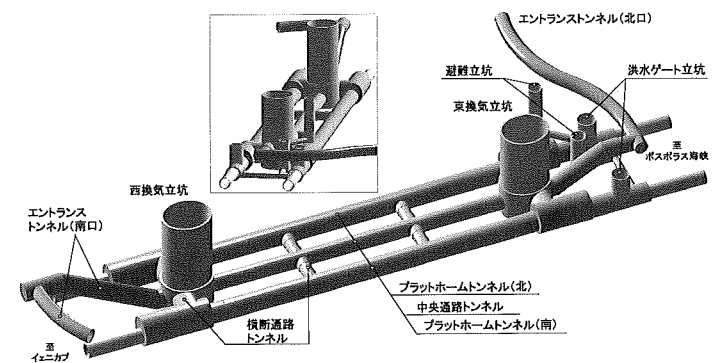


図-18 シルケジ駅鳥瞰図



「スイカと歴史の町」植木から

加賀原 寛 志

熊本県北部に位置するここ植木町は、生産量日本一の全国ブランド「植木スイカ」で有名である。当作業所周辺も見渡す限りビニールハウスがあり、年間をとおして、スイカ・メロンの施設園芸が行われている。

この一帯の地質は、今から9万年前の阿蘇山の噴火により形成されており、水はけの良い火山灰質土と阿蘇の豊富な地下水がこの地域の施設園芸を支えている。

また、植木町といえば、わが国最後の内戦「西南の役」の地として有名である。

雨は降る降る じんばは濡れる

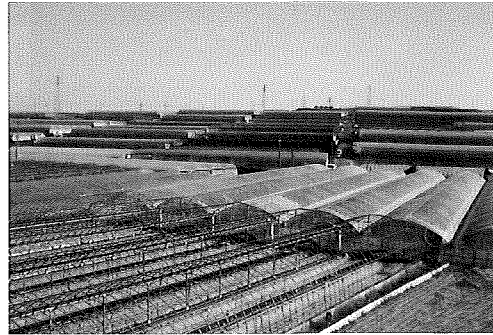
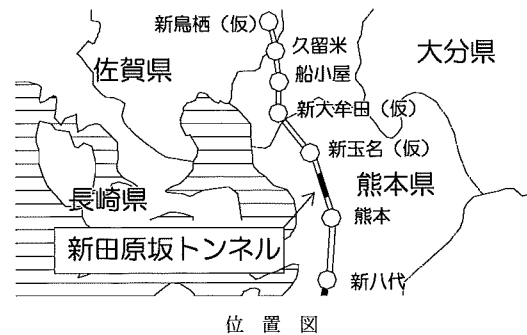
越すに越されぬ 田原坂

に歌われた田原坂は、現在では、車で2~3分で通り抜けることができる小高い丘であるが、西南の役において最大の激戦地となった場所である。

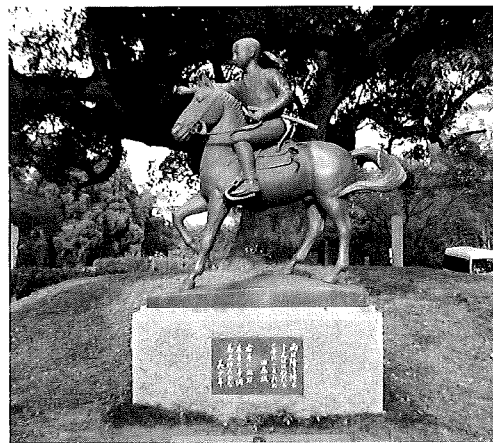
九州新幹線新田原坂トンネルは田原坂のやや南に位置するが、トンネル通過地点のいたる所にその面影を偲ぶ旧跡がある。木留地区には政府軍本陣跡、薩摩軍本陣跡、乃木大将歌碑などがあり、隣接町道は激戦地「吉次峠」へとつながっている。

地元の方と話すなかで、「昔はトンネル地表面の畑からも多くの鉄砲の弾が見つかった」という話を聞いた。130年の歳月を過ぎた歴史上の地に、新幹線工事を行うことに、感慨深い思いである。

さて、九州新幹線鹿児島ルートは、博多~新八代間の約130km、新八代~鹿児島中央間約127kmからなる。新八代~鹿児島中央間は、平成16年3月に開業しており、博多~新八代間は、平成22年度末の完成を目指して施工中である。



作業所周辺のビニールハウス



田原坂公園に立つ美少年の像

新田原坂トンネルは、延長2,940mで、博多~新八代間のなかで4番目に長いトンネルである。当該区間トンネルの中で着工時期がもっとも遅い条件のなか、小土かぶり掘削という非常に厳しい施工となったが、発注者・JV職員・協力会社一丸となって新幹線完成目標に向けて工事を進めてきた。全員の思いが「山の神様」に通じて、トンネル掘削は順調に進み全体の92%に到達した。

今後も、地元の理解を得ながら、新幹線完成に向け無事故・無災害で工事を竣工できるよう努力してゆく所存である。

(鹿児島・大日本土木・丸昭・橋口特定建設工事共同企業体新田原坂トンネル建設工事所長)

特集 海外のトンネル工事

スロバキア高速道路トンネルの施工

大成建設(株)スロバキア高速道路建設工事所長 青木 俊彦

Basler & Hofmann Slovakia Consulting engineers, Deputy of director(元)スロバキア共和国運輸郵政通信省道路局トンネル室長 Stefan CHOMA

大成建設(株)土木技術部トンネル技術室室長 端 則夫

大成建設(株)土木設計部トンネル地下設計室室長 岩野 政浩

1 はじめに

近年、日本企業の海外土木工事への参画が増える傾向にある。土木工事は、本来その地域の地場産業としての位置づけが強く、海外工事においてもその地域特有の法令、基準、慣習、施工方法にもとづいての施工が余儀なくされる。それに加え、言語、治安、生活習慣、宗教などの違いを、工事においても間接的に配慮しなければならない場合が多い。本稿では、スロバキアにおける高速道路工事において、日本とは異なる設計、施工、および施工管理方法などを中心にこの地域の特色に着目して紹介する。また、契約にもとづいた工事管理の注意点など、実際に直面した問題点を取り上げて紹介を行う。

2 プロジェクトの概要

当該プロジェクトは、ヨーロッパ線道路網(モーターウェイ)整備を目的とした工事の一つで、中欧4か国(スロバキア、チェコ、オーストリア、ハンガリー)を貫く南北縦断高速道路の一部をなすものである(図-1)。この幹線道路網は、唯一スロバキア共和国の首都ブラチスラバ市街地にて、高速道路がつながっておらず、朝夕の通勤時の渋滞がこの欧州連合(EU)圏内における物流面での大きな問題となっていた。このため、現行の一般道を迂回する、トンネルを含む総延長3,300mのバイパス高速道路建設工事が1999年に計画され、

2003年に実施に移された。このプロジェクトの遂行にあたり、1998年に締結された日本とスロバキアの交換文書にもとづいて、日本政府のODAの一環である有償資金協力が利用され、国際協力銀行(JBIC)によってプロジェクトが進められた。

このプロジェクトは、スロバキアにおける戦後3本目の高速道路トンネルであり、首都に位置することもあって、スロバキア政府、ブラチスラバ市を含め全国的に注目を集めたプロジェクトである。

大成建設(株)は、スウェーデンの大手建設会社・スカンスカ社とJVを組み、それぞれトンネル工事と明かり工事の分担施工を実施した。発注者は



図-1 プロジェクト位置図

スロバキア共和国運輸郵政通信省の道路局であり、工期は坑内コンクリート舗装、交通集中管理システムの構築を含む設備工事をあわせて2003年5月の着工より、高速道路の供用開始(2007年5月)に至るまでの48か月と指定された。

大成建設(株)が担当するSITINAトンネルは、およそ延長1,400m(2車線)×2本(上下線)であった。そのうち、トンネルの掘削延長は、西トンネルが1,189m、東トンネルが1,159mであり、坑口部は明かり巻きトンネルとして西トンネルで251

m、東トンネルで256mからなる、図-2にプロジェクト平面図を示す。

3 地質とプロジェクトの特徴

3-1 地形・地質概要

当該トンネルは、小高い丘陵部を通過している。そのため土かぶりは、8~26mと小さく、平均土かぶりは18m程度であった。主な地質は、花崗閃緑岩であるが、Male Karpaty帯の西端に位置し、断層が交差することによって岩盤基質部が激しく変質作用を受け、著しくマイロナイト化されていた。図-3にトンネル縦断方向に計画時の想定岩盤分類と、実掘進時に出現した分類を比較して示す。

岩盤は、Rabcewize & Pacherの分類にもとづいたスロバキア基準に則り、5段階で表現されている。分類上、その分類番号が大きくなるにつれて、脆弱になっている。表-1に、同基準の定義とそれに相当する日本の道路トンネルの地山等級を想定して示す。

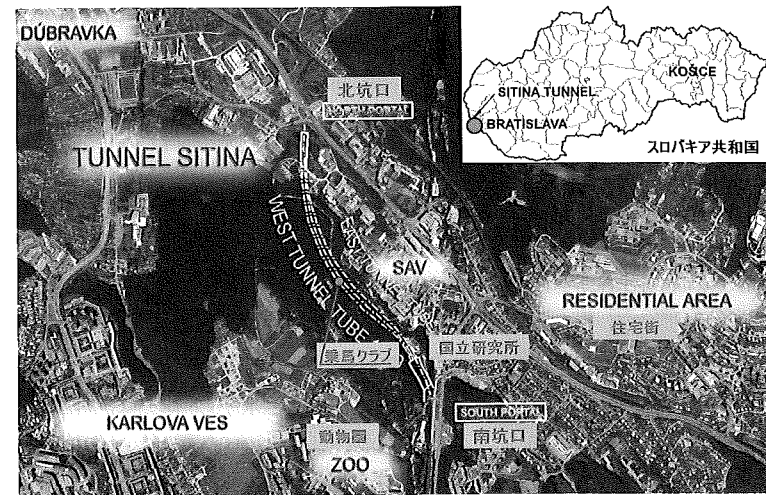


図-2 プロジェクト平面図

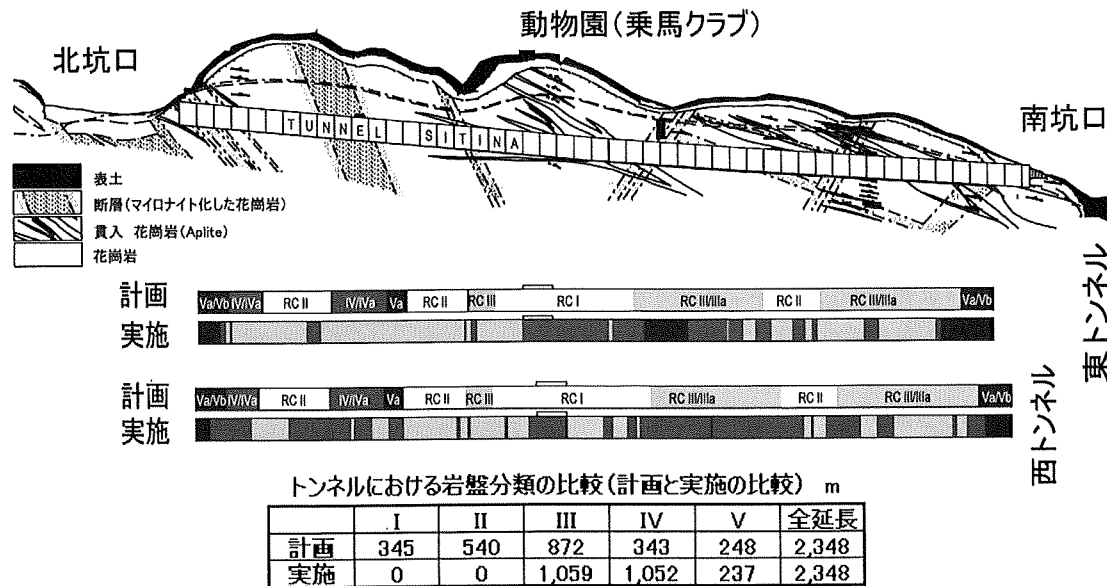


図-3 地質縦断図(計画と実施の比較)

表-1 岩盤分類(スロバキア基準)

岩盤分類	岩盤の状況	ハンマー試験	日本の道路トンネルの地山等級の想定
I	新鮮で堅硬、風化変質は認められない。	ハンマーが跳ね返る。	
II	新鮮で堅硬であるが、風化変質が多少認められる。	ハンマーにて強打することにより、岩塊を破碎することができる。	
III	比較的新鮮で堅硬、または固結度の良い軟岩。風化変質が認められる。	ハンマーにて岩塊を破碎することが可能。	
IV	軟岩あるいは堅硬な部分が多少認められる程度に風化変質が進んだ状態。層理が進んでいる。	岩塊同士を互いに打ち合うことによって砕くことができる。	
Va	土砂あるいは風化変質が非常に進んだ岩。層理、片理が非常に顕著。	小さな岩塊を両手で押し付けることによって砕くことができる。	
Vb	土砂あるいは完全に風化変質した岩。層理、片理が非常に顕著。	小さな岩塊を片手で砕ける。	

トンネル全線にわたり、地山に著しく亀裂が発達していたうえ、土かぶりの小さい部分では沖積層の堆積物に遭遇した。全体に、地下水は少なく、施工および環境上の大きな問題の発生には至らなかった。

3-2 プロジェクトの特徴

3-2-1 近隣対応

当該プロジェクトは、首都ブラチスラバの市街地に位置しており、住宅地、動物園、国立研究所が近接していた。

そのため、重機作業や発破作業に伴う騒音(環境基準：昼間55dB、夜間45dB)および振動(環境基準：最大速度振幅<15mm/sec)に配慮を要した典型的な都市トンネルであった。とくに、動物園の動物、直上に位置する乗馬クラブや隣接する国立研究所の実験設備への影響に細心の注意が必要であった。騒音、振動を常時計測しながら、影響低減のための対策工を施し、近隣施設に対して工事の状況説明と発破時刻の連絡を随時行うことによって、該当区間を通過した。

3-2-2 地質の変化に伴う工期延伸

入札時に想定された地質に比べ、実際に遭遇した岩質は脆弱で、発破時のキープロック的な天端および切羽の崩落に遭遇した。また、計画時に40%の出現が想定された良質な岩盤分類のIやIIが全く出現しなかったため、予定の掘削進行が確保できず、作業体制の変更と反対側坑口からの迎え掘削を実施した。

4 トンネルの掘削工法と支保

トンネル掘削は、発破を利用したNATMを採用した。トンネルの標準断面を図-4に示す。また、代表的な支保パターンIIIa、Vaを図-5に示す。平均掘削断面積は93.1m²である。

吹付けコンクリートは、脆弱な岩盤分類Vaなどにおいて、5cm、15cm、5cmの3層で行われ、金網が各層の間に配置された。また、アルカリフリーの液体急結剤が仕様書で指定されており、粉塵が少なく跳ね返りロスが少ないことが特徴的であった。吹付けコンクリートの強度は、隣国のオーストリア基準に則っており、材齢5分、15分、30分、1時間、3時間、6時間、12時間、24時間で基準強度を満足することが義務づけられていた。材齢1時間までは釘を打ち込む装置で、3時間以上では引き抜き試験で強度の測定を行うのが通例であった。当該プロジェクトでの配合は、表-2のとおりである。

ロックボルトには、地山に応じて摩擦式(IFO)と定着材式(SN)を使用した。天端部の補強には、一般部ではフォアポーリング工(D25、L=4mあるいはD32、L=8m)が、小土かぶり部には長尺鋼管先受け工(φ114.3mm、L=12m)がそれぞれ採用された。岩盤分類は、毎週行われる岩判定委員会によって決定されるが、図-5に示された配置は標準パターンとして扱われ、切羽観察にもとづいた本数および配置の変更が施工管理者によって立会い時

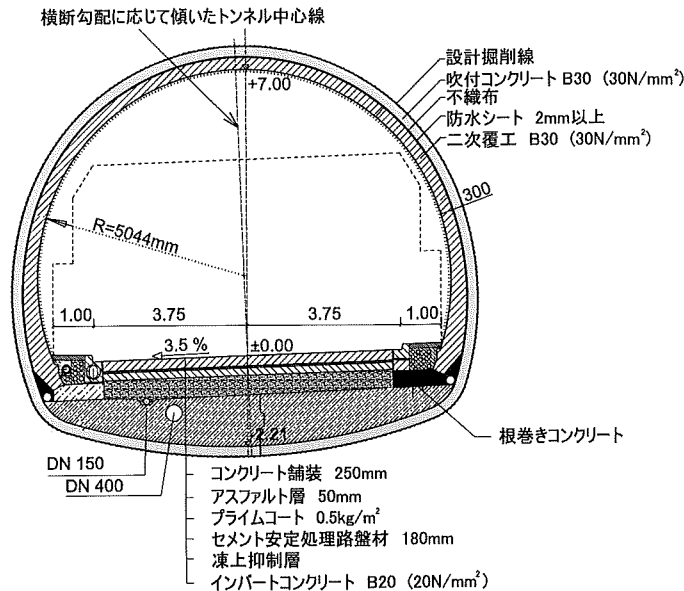


図-4 標準断面図

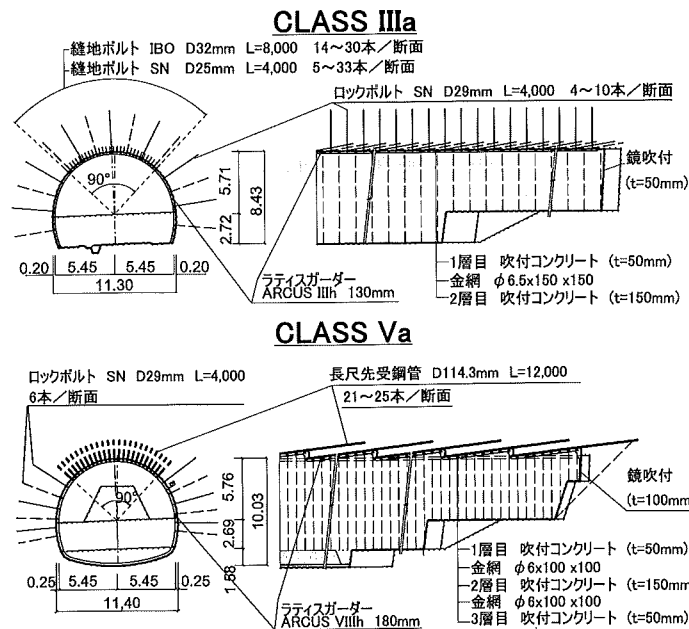


図-5 標準支保パターン(IIIaおよびVa)

表-2 吹付けコンクリートの配合(1m³あたり)

水	普通セメント	細骨材	粗骨材	減水剤	急結材
172kg	420kg	1,100kg	700kg	4kg	27.3kg

にその都度決定された。

鋼製支保工には、ラティスガーダーが一般的に用いられる。基本的には、吹付けコンクリートで

支保をする考え方が強く、地山が脆弱になると前述のとおり吹付けコンクリートを3層とし、それぞれの間に金網を設置した。内空変位が増大すると、断面閉合を最優先とし、ロックボルトで補強することを基本とした。

5 当該地域の特徴

5-1 法規関連

スロバキアは、以前は鉱業がその産業の中心を担っていた。現在のトンネル坑夫の多くは、鉱山にその端を発している。トンネルに関する労働監督は、Mining Officeと呼ばれる機関で実施される。運用上、鉱山と山岳トンネルではその性状や危険のポイントが異なるため、そぐわない面が存在しており、今後、山岳トンネルに則した法規の整備を進める予定となっている。

火薬の取り扱いや産業廃棄物の処理などは、工事にあたって考慮すべきことであるが、日本の基準の方が厳密であるため、日本の考え方をもって工事を準備、開始すれば、問題なく対応が行えるレベルであった。

労働法は日本と同様にとっても厳しく、外国人の就労ビザはごく限られた地域からの労働者あるいは特殊技能を持った労働者しか取得できない制度となっている。したがって、途上国の労働者を直庸し、工事を進めることはできない仕組みとなっている。残業に対する規制も厳しく、この地域では3班が昼勤、夜勤、休暇の1週間のローテーションを組まれている。そのため、休日や週末も連続で仕事をこなすのはクリスマスとイースターの時期の年2回が通例であった。

5-2 契約で仕切られた明確な責任分担

当該地域では、契約によって、作業範囲とそれに内在するリスクの分担が明確に定められており、

それに呼応する権限、権利、コストが明確にされている。その骨子として国際契約標準であるFIDICが用いられていた。とくに、スロバキアでは、「引き渡しの行為」と「建設許可の取り扱ひ」が特徴的であった。

「引き渡し」については、工事用地を例に取り上げると、まず施工者が発注者より引き渡しを受ける。次に、その用地を正式に下請けに分配して引き渡しを行う必要がある。トンネル工事のように同じ場所で、掘削、覆工、舗装、設備という作業が変わっていく場合、その都度、関係者の立会いのもと、出来形の測量を行ったうえで引き渡しを行う必要がある。それが完了しない限り、その場所への立入りおよび作業は許されないことになる。また、その引き渡しが終われば瑕疵以外では、その用地にかかわる責任も引き継ぐことになる。なお、この引き渡しには正式な書類を伴い、その日付より安全衛生管理責任も同時に移行されることになる。

「建設許可」については、施工者は工事を開始するうえで、用地と同時に客先から建設許可も同時に引き継ぐことになる。施工者は、それに記載されている制約条件に準じて仕事を行う必要がある。その遵守を確認するための立ち入り検査を運輸省の建設事務所から直接受けることになる。施工中に発生した設計変更については、その都度の対応ではなく供用開始前に発注者が建設事務所の検査を受けてまとめて承認を取ることになる。ただし、形状に及ぶ大きな変更があった場合に限り、その際には異議申し立て期間を設けて、周辺住民を含んだ関係者および関係省庁を集めた説明会を開く義務が定められている。また、現場事務所やバッチャプラントなどの仮設に対しては、施工者が建設許可を取る必要がある。建設許可を取得するにあたっては、関係省庁からの承認と上記同様の説明会を開催する義務があり、2か月程度の期間を要することになる。

5-3 施工管理者(エンジニア)の役割

契約上、エンジニアの代表者は、変更の指示、新単価の設定をはじめ、毎月の出来形の承認など

の重要な役割を担っている。エンジニアは工事の規模にもよるが、6~8名で構成されており、職種によってはさらにコンサルタントと契約を行い、専門家が追加される。SITINAトンネルでは、コンサルタントが追加されており、昼夜勤で3名の地質担当者と4名の施工担当でローテーションが組まれており、常時現場にて立会いを行う体制が整っていた。エンジニアによる出来高数量確認および変更指示の仕組みは良く整っており、建設業法で定められた現場日誌(Site Diary)にその都度記された。現場日誌は、3枚綴りとなっており、指示後にそのうちの2枚を切り取って、エンジニアと施工者が保管し、残った原本については発注者が工事完了後5年間保管することになっている。

5-4 傾いたトンネル

トンネルの横断勾配に従い、トンネル中心軸は傾いて設計される(図-4)。また、覆工コンクリートの根元における裏面排水の構造を確保し、防水シートの有効な末端処理およびインバートコンクリートのない区間でのアーチコンクリートの十分な地耐力の確保を目的として、根巻きコンクリート(Base Strip)が設計上存在する。この根巻きコンクリートは、防水シートに先行して打設される。この根巻きコンクリートの天端高さは、横断勾配によって決まっており、アーチコンクリートの施工はその上にレールを敷いて行われる。これによって、横断勾配に応じた左右に傾いたトンネルとなる。

5-5 覆工コンクリートの打設

防水シート敷設に先行し、トンネルの一次支保の出来形の確認および覆工コンクリートの厚さの確保を目的として、吹付けコンクリート内面の測量(2m×0.5mピッチ)が義務づけられている。この測量結果に応じた吹付けコンクリート内面の補修が確認された段階で、防水シートの敷設が承認される。

覆工コンクリートの打設にあたっては、スロバキアに限らずドイツ、チェコなどの周辺諸国においてもセントルの下をダンプが通過してずりを出すことは一般的ではない。これは、前述のとおり

工事区域の引き渡しによる責任分担がはっきり分けられることに起因する。通常、覆工コンクリートの打設は、トンネルが貫通してから開始されることが多く、セントルに換気用の風管を通すことも一般的ではない。覆工コンクリートの打設は24時間体制で行われ、1打設がおよそ1日半のサイクルで実施され、平均月進は150~200mとなる。

5-6 St. Barbara(セントバーバラ)

ここスロバキアにおいても、トンネルの安全を司る神様は女性である。毎年12月4日は、St. Barbara(セントバーバラ)を敬い、もてなす日として定められている。また、トンネル掘削後初めてその日を迎えるにあたり、安全を祈願してトンネルに女性の名前がつけられる。その名前は、工事期間中に限定されたものである。当該トンネルの場合は、ブラチスラバ市長夫人の名前で、Frantiska(フランシスカ)であった。日本と同様、女性がトンネルに入ることを忌み嫌った時代があったとのこと、とても身近に感じることができた。

6 おわりに

2003年10月に東トンネル、11月に西トンネルの掘削が南坑口よりそれぞれ始まった。2005年2月と5月にそれぞれのトンネルを貫通し、2007年6月には高速道路の開通を無事迎えることができた。貫通と開通時には、首相を始めとして、建設大臣、市長および日本大使の出席のもと、盛大に式典が執り行われ、工期と品質管理に対する日本企業の姿勢も高く評価された。プロジェクトの状況を写

真-1~7に示す。

2004年5月、スロバキアはEUに正式加盟した。2009年にはEURO通貨への移行が予定されている。国土は、およそ九州ほどで500万人の人口を有する小さな国家ではあるが、EUのバックアップを受け今後の急速な経済成長が見込まれている。現在、インフラ整備が急ピッチで進められており、



写真-2 南坑口(供用開始前2007年4月)



写真-3 北坑口(明り巻き部と迎え掘り2005年5月)

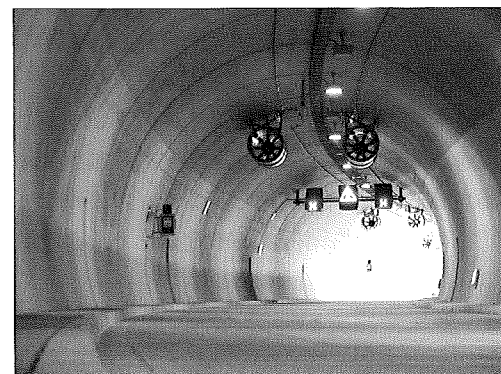


写真-4 坑内設備工事状況(2007年3月)

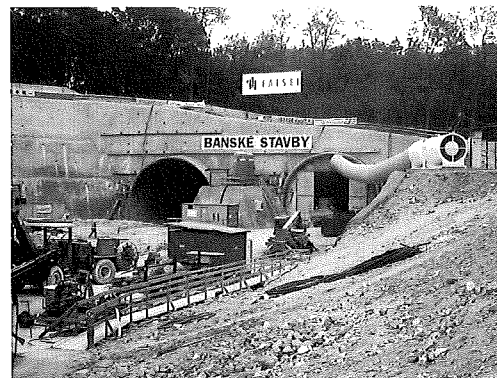


写真-1 南坑口(トンネル掘削時2004年5月)

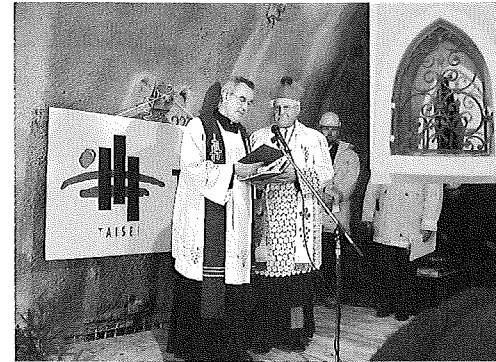


写真-5 神父による安全祈願(セントバーバラ:2003年12月)



写真-5 神父による安全祈願(セントバーバラ:2003年12月)



写真-6 貫通式典(2005年3月ズリンダ首相を迎えて)

今後次第に東の諸国へ伝播されていく。

今回の高速道路工事は、ブラチスラバ市内の交通渋滞緩和と周辺諸国地域経済の活性化、さらには欧州各国間の国際物流の円滑化のうえで、重要な意味をもったプロジェクトであった。EU加盟に伴い、今後のインフラ整備の主導権が西欧の建設業界に移されることが想定されるが、日本の“ものづくり”のシステムと姿勢がまだまだ通用し、必要とされる地域である。

最後に、当工事を進めるにあたり、ご協力いただいた関係各位に謝意を表します。

ユニークな手法を駆使!! 建設災害を考慮してまとめた地質学書の決定版!!

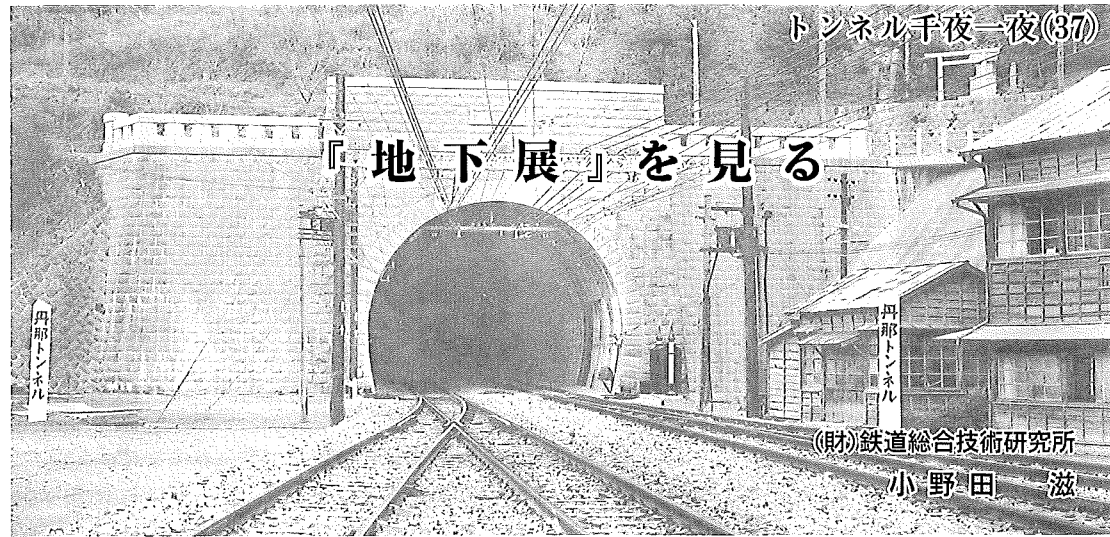
建設工事の
保安地質学
〔改訂版〕
理学博士 石井康夫 著
工学社

建設工事の
保安地質学
〔改訂版〕
理学博士 石井康夫 著
A 5判 上製本 475頁 価格6,300円 円340円

本書は、多くの人が『地質の知識を通して、安全を守る』という点の理解を深めることを目的とし、安全教育の資料、あるいは災害時に直接役立つように各種のエピソードや適用法規まで加えた他の技術専門書とは異なったタイプのユニークな地質専門書である。

株式 工学社

〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16メジャー神楽坂
電話 (03)3267-2888 (代) 振替00110-8-190072



■日本科学未来館と『地下展』

日本科学未来館と言っても、似たような名称の展示館がいくつかあるため、すぐに思い浮かばない方も多いかも知れないが、東京のお台場に2001年7月に開館した先端科学の展示館……と説明するよりも、宇宙飛行士の毛利衛さんが館長を務めるサイエンスミュージアムと紹介したほうがわかりやすいだろう。日本科学未来館では、宇宙、地球、人間という視点で科学技術をとらえ、「技術革新」、「情報科学技術と社会」、「生命の科学と人間」、「地球環境とフロンティア」の四つのテーマで常設展示を行っているほか、先端技術に関する情報発信や、科学コミュニケーターの育成、研究者、技術者、教育者、企業などをつなぐネットワー



写真-1 日本科学未来館で開催されている『地下展』

クづくりなどの事業を展開している。その日本科学未来館で、2007(平成19)年9月22日～2008(平成20)年1月28日まで、『地下展—空想と科学がもたらす闇の冒険—』(主催：日本科学未来館、朝日新聞社、後援：文部科学省、国土交通省、東京都教育委員会、協力：東京都建設局、東京都交通局、日本地球惑星科学連合)が開催されるというので、さっそく出かけてみた。

日本科学未来館は、新橋駅からゆりかもめに乗って20分弱の船の科学館駅またはテレコムセンター駅で下車し、両駅のちょうど中間あたりに位置する。宇宙や恐竜などに比べると地味なテーマなので、観客もまばらではないかと心配したが、家族連れやカップルなどで結構にぎわっているのには驚いた。

■『地下展』を見る

『地下展』の展示は、「冒険のはじまり」、「足下からはじまる地下—都市の地下利用—」、「地下の心がまえ」といったイントロ部分に始まり、「タイムカプセル—Time Capsule EXPO '70プロジェクト—」、「ノア方舟—北極種子保存庫プロジェクト—」、「地中の宝—地下資源—」、「地下にゆだねる—放射性廃棄物の地層処分—」、「水の記憶をほりおこす—氷床コア—」、「誰も見たことのない湖—南極・ボストーク湖—」、「生命の樹—全生物



写真-2 経済産業省の地層処分模型展示車(屋外展示)の系統関係図、「全てはひとつに—コモノト(共通祖先)—」、「地下住人の肖像—地下生物圏—」、「生命がはじまる場所—生命起源『地下説』—」、「闇の歴史—巨大隕石衝突—」、「地球が凍った日—スノーボールアース—」、「地の底—中心へと行き着く—地球内部のしくみ—」、「地下世界のはじまりと終わり—地球の起源—」、「46億年の時計—地球システム—」といった13の展示コーナーで構成されている。

これらのコーナー名からもわかるように、地下利用や地下プロジェクトの紹介のみならず、地球環境や生命の進化、地球の起源、さらに宇宙へとつながる科学技術分野の展示がなされており、地下という世界に対して多角的にスポットが当てられている。しかし、扱っている対象が、大阪万博のタイムカプセルから宇宙の起源まであまりにも幅広く、しかも個々の内容が絞り込まれているため、企画展の趣旨や全体像が今ひとつ観客に伝わってこないというのが正直な感想であった。また、個々の展示は大学院レベルの専門的なものも含まれているため、果たしてどれだけの観客に理解してもらえるのか、いささか不安に感じた(展示にとまどっていると、専門の説明スタッフが、観客のレベルに合わせて解説してくれるのはありがたかった)。

とは言え、地下に対するイメージを膨らませるという点では成功しており、世界中の穀物の種子をノルウェーの永久凍土の地下深くに保存する「ノア方舟計画」や、地下3,200mに棲む微生物、

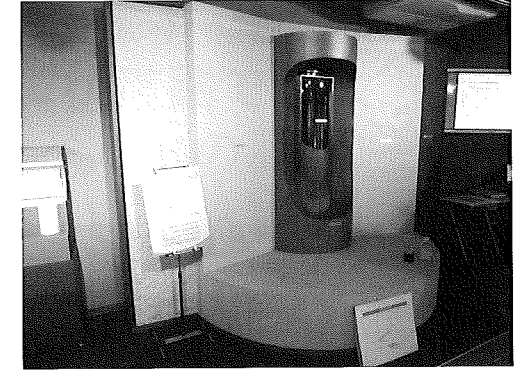


写真-3 実物大の地層処分多重バリアのカットモデル(地層処分模型展示車内)

南極の氷床下3,700mにある広大な湖など、興味深い話題も数多く含まれていた。ちなみに、屋外には、『地下展』の一環として、経済産業省資源エネルギー庁が所有する地層処分模型展示車が設置され、屋外展示でPRを行っていた(地層処分模型展示車の展示は不定期)。

■地球の未来を占う「地下」

「地下」という見えない世界を可視化し、これを第三者に伝えることはなかなか難しい。今回の展示にあたって、何をどう取り上げるのか、関係者は相当苦労したのではないと思われる。そうした意味で「地下」は、海洋や宇宙よりも身近でありながら遠い存在であり、今後もこうした展示会や見学会などを通じて、地下の世界をPRする努力が必要だろう。

今回の『地下展』のキャッチコピーのひとつに、「地下で人間が活動ないし把握している部分はほんの浅い部分だけ。その先には真の未知の世界がひろがっている。」という一文があったが、この未知の世界をどうやって探り、そこから何を読みとり、さらにどのように未来へつなげるのかは、人類や地球の未来にとって重要なテーマでもある。そうしたことを改めて認識させてくれただけでも、十分に意義のある企画展であった。

なお、『地下展』の会期は今年の1月28日までなので、興味のある方は、ぜひこの機会にご覧になることをお勧めしたい。



「佐用姫伝説」唐津にて

小西 守

宣化天皇 2 (537) 年、朝廷の命を受け、隣国の新羅に侵略されていた朝鮮半島の百済を救済するための兵を率いた大伴狭手彦は、出陣のための軍船の建造や準備のためにここ唐津に留まり、その際、篠原長者の館に滞在した。篠原長者には、佐用姫というとても美しい娘がおり、佐用姫が身の回りの世話をするうちふたりは恋仲になり、やがては夫婦になった。



佐用姫像

いよいよ出兵のときとなり、船は港を出港。佐用姫は玄界灘を見渡す山に登り、狭手彦が乗る船に領巾を振り続けた(この山が現在の鏡山とされ、別名「ひれふり山」とも呼ばれている)。船が遠ざかるにつれ、狭手彦を慕うあまり佐用姫は船を追って山を駆け下り、栗川を一気に飛びわたり遠ざかる船をさらに追い、呼子の浦まで追いかけて、最後に加部島の天童山に登って船を探すがその姿を見ることができず、悲しみのあまり七日七晩泣き明かし、とうとう石になってしまった、と言伝えられている。

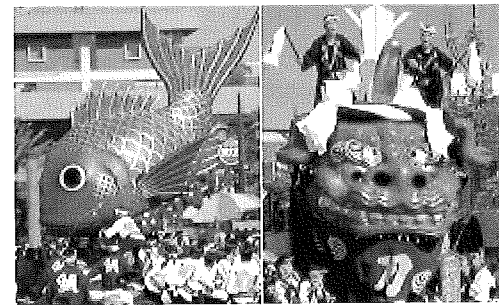
また、夫の無事の帰りを願って松を逆さに植えて、これが根付けばきっと願いがかなうと信じて植えた松が、現在の虹ノ松原のはじまりとした伝承もあり、現在も見事な松林となっている。

この佐用姫伝説、鏡山、虹ノ松原は唐津の代名詞のような存在であり、現在まで長く語り継がれている。

秋には唐津くんちである。鯛や兜などを模った勇壮な曳山がエンヤ、エンヤの掛け声とともに市内を練り



唐津湾から浜玉トンネルを望む(右は虹ノ松原)



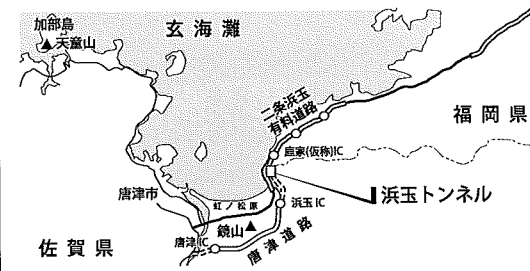
唐津くんちの曳山

歩く。祭り期間中には50万人を超える人出があり、日本三大くんちのひとつに数えられている。

さて、浜玉トンネルのある浜玉町は、車で福岡から西へ50km、1時間弱で到着する。現在は町村合併により唐津市となって福岡と県境をなしている。浜玉トンネルは、国道497号唐津道路(自動車専用道)の浜玉IC~鹿家IC間に計画されたトンネルで、本路線は、鹿家ICで直結する福岡方面から続く二丈・浜玉有料道路との接続部にあたり、平成22年春の開通を目指し進められている「ちやく²プロジェクト2005」の一環として事業計画されたものである。福岡都市圏からの九州西北部における相互交通の利便性の向上を目指し、輸送時間の短縮、地域経済の活性化の核として期待されている路線である。当作業所は平成19年10月から現地着手したばかりである。

工事の施工にあたり、地元のご理解とご協力を得ながら、発注者である国土交通省のご指導のもと当社職員、協力業者一丸となり、良質な構築物を提供し利用者から喜ばれることを願って、無災害での竣工を目指している。

(日本国土開発(株)浜玉トンネル作業所長)



位置図

特集 海外のトンネル工事

マドリッド環状道路での大断面 泥土圧式シールドの高速施工

(株)大林組機械部副主事 的場 一彦

1 はじめに

マドリッド市内を走る直径が約30kmの環状道路「M30」は、交通量の増加に伴って、渋滞の慢性化や排気ガスによる周辺環境の悪化、市街地の分断などが問題となっている。これらの課題を解決するために、ジャンクションの再整備、道路の地下化や地上部の拡幅、バイパス(迂回路)の増設などの整備事業が実施され、2007年5月に開通した(図-1)。

このM30の中でも慢性的な渋滞が問題となった南ジャンクションを迂回する南工区トンネルは、

南トンネルを施工するドラゴダス (Dragodos/本社: マドリッド) と FCC [Fomento De Construcciones Y Contratas/本社: マドリッド] と、北トンネルを施工する Necso Entrecanales Cubiertas S.A. -Ferrovial Agroman, S.A.によって施工された。南トンネルは掘削延長約4kmの大断面シールドで、MHI(三菱重工業)-DF社 (MHI-Duro Felguera社)によって製作された泥土圧式シールドによって掘削された(表-1, 図-2)。発進部は地下水を含んだ軟弱地盤であるため、日本のシールド技術とトンネル掘削のノウハウが必要とされ、MHI-DF社の要請を受けて大林組が技術協力を行うこととなった。

本稿はそのトンネルと施工設備概要、施工実績について述べるものである。

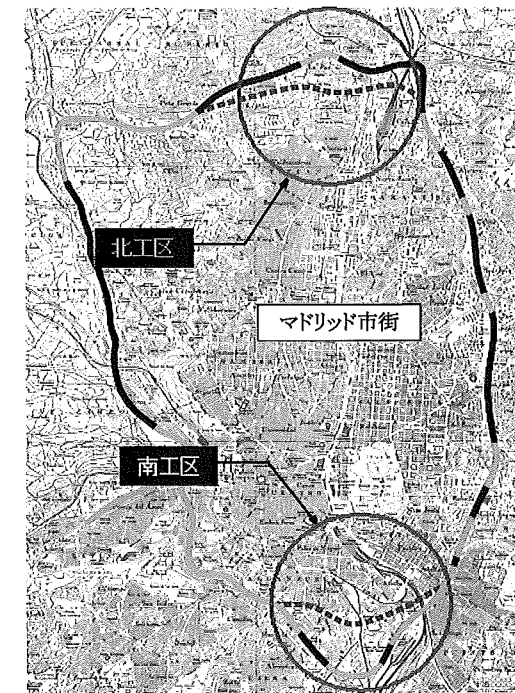


図-1 M30環状道路ルート図

表-1 南トンネルの概要

工事名	マドリッド環状道路M30	
発注者	Municipal agency Madrid Calle 30	
施工者	Dragodos&FCC(UTE50:50)	
工期	2004年9月~2007年2月までの30か月	
シールド	掘削外径	φ15,010mm
	施工延長	3,652m
	最大勾配	4%
	最小曲率半径	500m
セグメント	土かぶり	15~60m
	構造	RCセグメント
	外径	φ14,650mm
	桁高	600mm
	幅	2,000mm
分割数	10ピース	
ピース最大重量	14.5t	

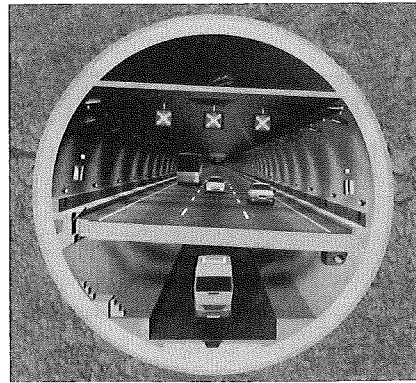


図-2 完成予想断面図

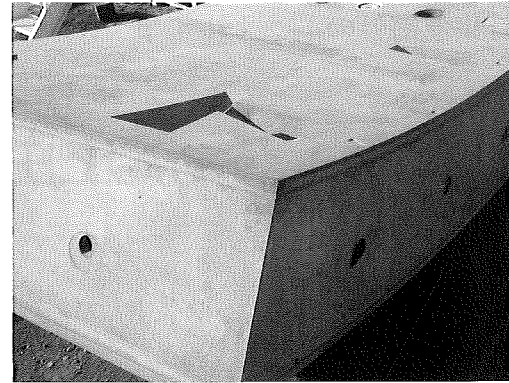


写真-1 RCセグメント

2 トンネルの概要

トンネル掘削部の土質は、発進部はマシン上部が砂、転石を含んだ軟らかい泥土でN値8以下の沖積層となっており、中心部はPeñuelas(ペニェーラス)と呼ばれるシルト質沖積層・粘土混合層であり、物性値は粘着力40kPa、内部摩擦角11~31°、含水比約30%、液性限界50以上である。下部は50%以上の石膏を含むペニェーラスで一軸圧縮強度は5MPa以上の硬い石膏混じり粘土層が存在する。

また、発進部以降は全体的に結晶化した石膏混じりの安定した高強度の硬質粘土層が支配的な地盤である(図-3)。

トンネルの線形は発進部で最小曲率R=500mがあり、縦断勾配は最大4%である。トンネル途中に車道避難連絡坑が3か所、人道避難連絡坑が8か所、換気所が2か所あり、床版部の施工は同時施工となる。

セグメント(写真-1)はRC構造のユニバーサルセグメントでテーパ量が100mmあり、Kセグメン

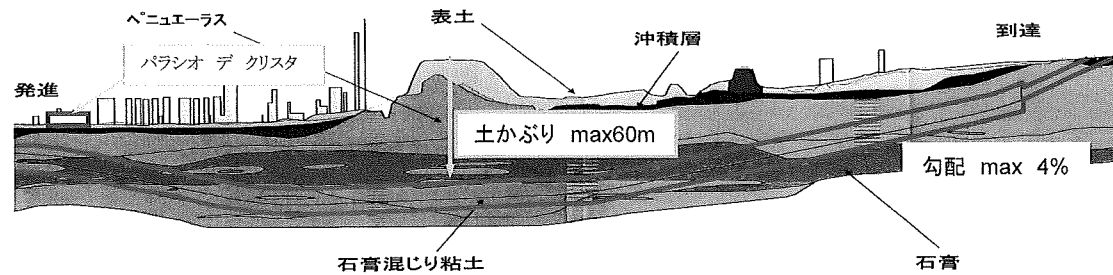


図-3 シールドの地質縦断面図

トの位置を変えることによって19通りの組み立てパターンがある。継手はリング間、ピース間とも斜ボルトである(表-1参照)。

3 工事の課題と技術協力

3-1 工事の課題

- ・発進部の地山は粘土層に石膏が混在しており、N値が小さく地下水を含んだ軟弱地盤であり、地盤沈下を引き起こしやすい。
- ・掘削開始後すぐに、数多くの貴重な植物を保有する全面ガラス張りの植物園(パラシオ・デ・クリスタル(写真-2))の直下を掘削するが、この付近は地下水の豊富な砂層であるため、地盤沈下や水枯れなど植物園に影響を及ぼさないことが要求された。
- ・単円形では世界最大径の泥土圧式シールドであるにもかかわらず、施工者からは平均月進360m以上が契約時に要求された。

3-2 技術協力

トンネル施工に関して、施工計画および施工協力・管理を含めた以下の技術協力を行った。

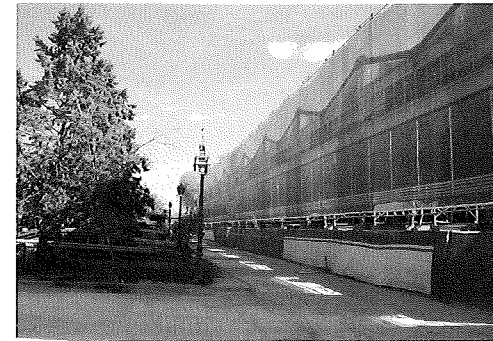


写真-2 パラシオ・デ・クリスタル

(1) 施工計画段階での支援

発進時の施工計画(設備配置、段取り替え方法など)、添加剤の試験計画、発進時の留意点と対策の検討

(2) 掘進管理値の設定

管理土圧、排土量管理、掘進パラメータ(掘進速度、推力、トルクなど)、気泡注入率、裏込め量、沈下量の設定

(3) 掘進の施工支援

添加剤の試験と選定、施工管理体制、掘進時の立会い、シールド運転および運転指導、日報管理の実施

(4) 掘削時のアドバイス

シールド・後続台車ならびに土砂搬出設備などの後続設備の改善および改良の提案

4 シールドと後続設備

4-1 シールド概要

写真-3、表-2、図-4にシールドの概要を示す。

4-2 シールドの特徴

4-2-1 カッタ装置

カッタヘッドはスポークタイプで、4本の主スポークを中心に、12本の副スポークより構成されている。

掘削用のビット類として、先行ビット、カッタビット、フィッシュテールカッタ、外周側面保護ビット、ディスクカッタ、油圧式摩耗検知ビットが装備されている。

減速機付き電動モータはインバータ制御により回転数を変化させることで、カッタ回転速度が

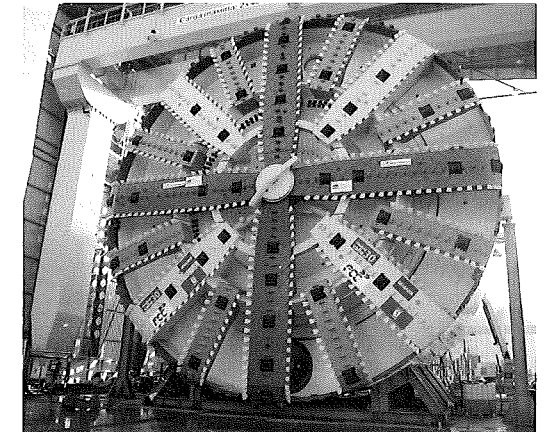


写真-3 泥土圧式シールドのカッタフェイス

表-2 シールドの仕様

		形式	泥土圧式シールド
シールド本体	シールド外径		φ14,930mm
	シールド機長		14,525mm
推進装置	テールシールド		ワイヤブラシ4段(逆流防止板付き)
	シールドジャッキ		4,860kN×2850st-57本
	総推力		277,000kN(1,582kN/m ²)
カッタ装置	スポーク本数		主スポーク4本 副スポーク12本
	支持方式		中間支持方式
	開口率		43%
	装備トルク		85,700kNm, α=25.4
カッタ回転数			0.1~2.52rpm
	駆動装置		減速機付き電動機 358kW×28台
余振り装置			4本(st=200mm)
	外周部		攪拌翼6本、固定翼4本
攪拌装置	中央部		中央アジテータ 0.25~2.0rpm, 1,076kNm
	形式		軸付きスクリュウコンベヤ
排土装置	形状		羽径=φ1,500mm ピッチp=960mm
	排土量		1,680m ³ /hr
	駆動装置		油圧駆動モータ485kNm
エレクトラ	形式		リングギア式
	旋回部		回転数0.15~1.2rpm 回転角度±220°
	自由度		7自由度
把持部			上下2基、真空把持方式

メーカー：MHI-DF(MHI-Duro Felguera S.A.)

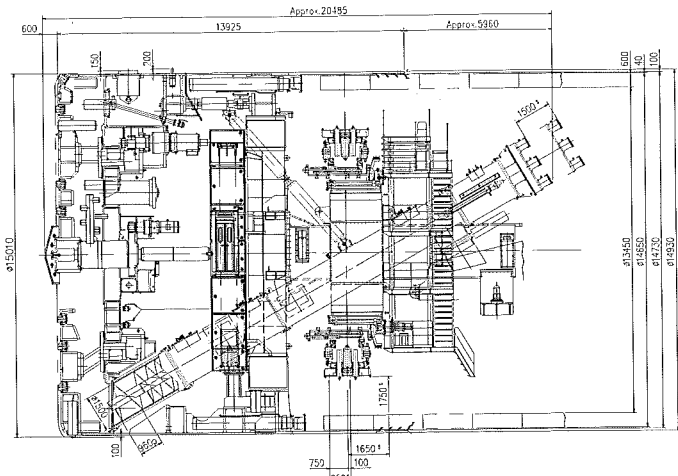


図-4 泥土圧式シールド断面図

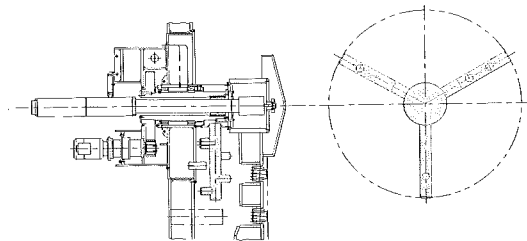


図-5 中央アジテータ

0.1~2.52rpmの範囲で可変であり、100%トルクで85,700kNmを有している。また、回転速度が速くなれば、カットトルクが低下する定馬力方式を採用している。これより回転数が可変であるため、掘進速度に応じてビットの切り込み深さを一定にできる。メインベアリングの潤滑はオイルバス式と強制潤滑式の2方式を併設しており、ギヤ油を常時循環させて摩擦抵抗の軽減、焼付け防止を図っている。

余掘り機構(コピーカッタ)は、カッタヘッド内に予備を含めて4基組み込んでいる。

4-2-2 攪拌装置

チャンバ内の掘削土砂の流動性を高めるために、攪拌翼を6基、固定翼を4基装備している。また、チャンバ中央部、カッタヘッド中間ビーム内側の掘削土砂の流れの悪い部分の流動性を良くするために、中央アジテータ(図-5)を装備している。これは3本の円筒型スポークの切羽側、テール側に攪拌棒を配列し、片持ち梁式にセンターシャフト

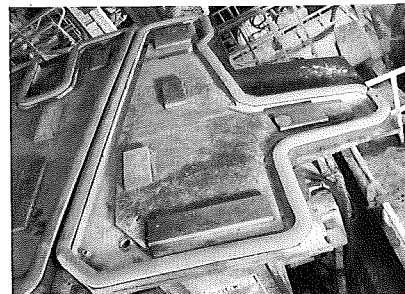


写真-4 バキュームパッド

で支持している。

センターシャフトは2個の自動調心ころ軸受けにより支持しており、5台の減速機付き電動機で1,076kNmのトルクを有する。

4-2-3 排土装置(スクリーコンベヤ)

スクリーコンベヤは内径φ1,500mmの大口径で最大1,680m³/hrの搬出能力がある。ケーシング本体には6か所の点検口と5か所の加泥注入口を装備しており、スクリー内の圧密度を計測する土圧計が4個装備されている。また、スクリーシャフトはスライド機構より機内に引き込み、バルクヘッドゲートを閉鎖することによりスクリーの摩耗補修、修理が可能な構造である。

4-2-4 エレクタ

エレクタ装置は2基のバキューム式グリップ装置を装備している(写真-4)。操作自由度は昇降(半径方向動)、スライド(掘進方向動)、旋回(円周方向)、横スライド(接円方向)、ヨーイング、ローリング、ピッチングで、すべて油圧で作動する。

エレクタ装置は、キーセグメントを掴むための(キーセグメント用バキュームパッドを伸長させるため)ジャッキを有している。また、セグメントをバキューム式グリップで把持する際、横方向の外力に対して、抵抗・支持するセーフティコンを2本有しており、セグメントのほぞ穴に挿入してバキューム把持する(落下防止)。

エレクタ装置全体は後方張出し台と一緒に1,650mm前後に移動することによって、テールブラシの交換が行える構造となっている。

4-3 後続設備

4-3-1 気泡注入設備

気泡注入口は、カッタヘッドに単独注入できる8系統のほかに合計15か所あり、発泡器は8セット、最大発泡倍率60で補助添加剤も注入できるシステムである(図-6、写真-5)。

4-3-2 裏込め注入設備

裏込め注入材は、1液タイプで地上の裏込め注入プラントで作成したモルタルを、タンク台車で坑内に運搬する。注入は掘進と同時に後続台車に搭載されたコンクリートポンプ(最大吐出圧6.0MPa)でマシン内に設置された12か所の注入口から行う。

4-3-3 坑内搬送設備

セグメント運搬は、地上の門形クレーン(定格荷重32t)からセグメント台車に2ピースごと積み込み、ディーゼル機関車で坑内の後続台車のクイック・アンローダまで運搬を行う(写真-6)。

セグメントはセグメント搬送クレーンでセグメント供給装置へ1ピースごと供給する。坑内の軌道はインバートセグメントに直接レールを複線敷設し、離合箇所固定のポイントが設置されている。

4-3-4 土砂搬出設備

掘削土砂の搬出は、坑内を連続コンベヤで(幅1,600mm)、坑外を乗継ぎコンベヤで行い、ベルト

ストレージを初期掘進時は後続台車に(50m巻き)搭載し、本掘進時は立坑に(400m巻き)設置されている(写真-7)。

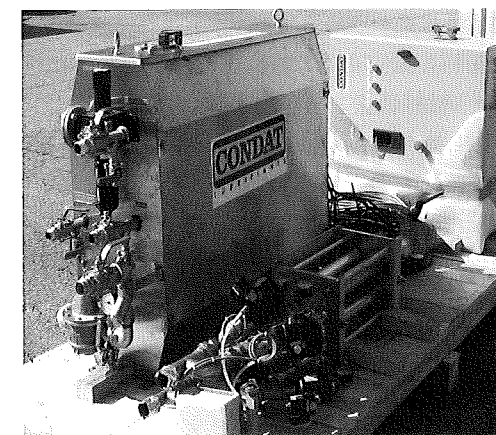


写真-5 気泡注入装置

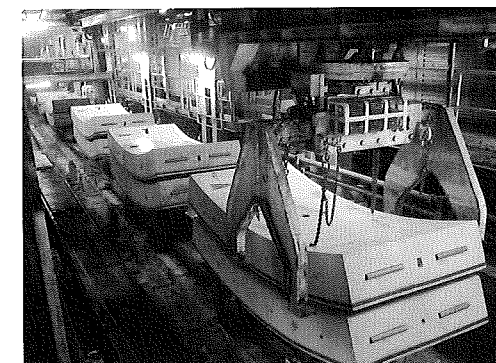


写真-6 クイック・アンローダ

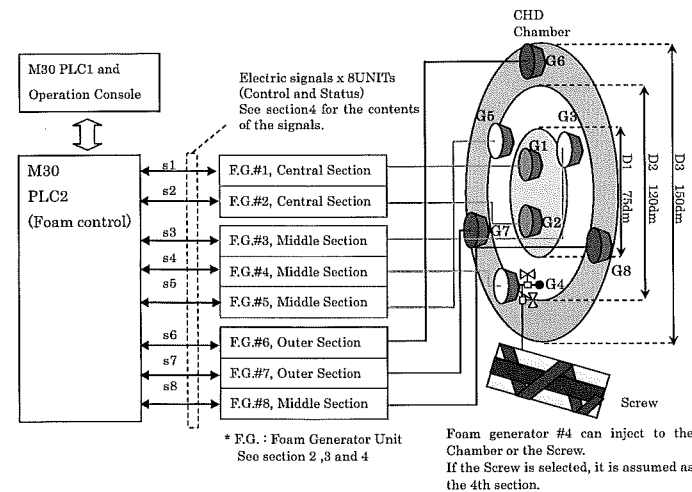


図-6 気泡注入フロー図

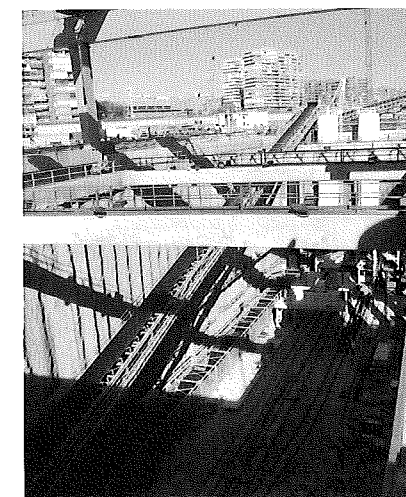


写真-7 発進部の連続コンベヤ

5 施工実績

5-1 気泡試験

粘着性の高いペニューエラスにもっとも適した気泡材料を選定するため、室内試験を行った(写真-8)。材料はコンダット社製(フランス)、デグサ社製(スペイン)、日本製で行い、土砂の付着防止にもっとも効果のあったデグサ社製を選定した。初期掘進時の管理値としては、注入率を60%以上、発泡倍率を10~15とした。

5-2 仮セグメントの組み立て

シールド・バックトラスの組み立て終了後、仮セグメントの組み立てを行ってシールドを前進させた。このとき、仮組みセグメントが自重によって変形・落下するのを防止するために、セグメント内部および外部に補強材を設置し、さらにセグメント底版部のコンクリート打設を行った。写真-9に仮セグメントの内側補強を、写真-10に仮セグメントとバックトラスを示す。

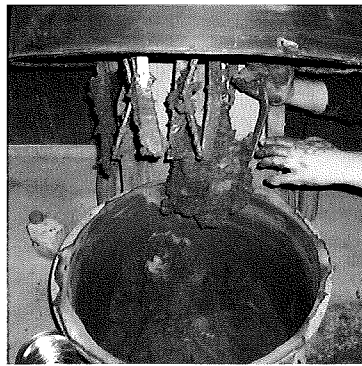


写真-8 気泡試験

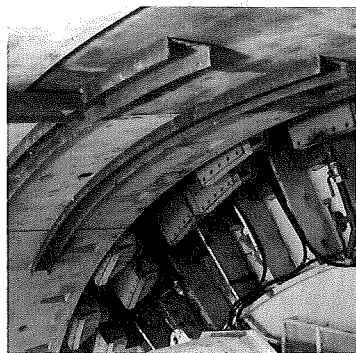


写真-9 仮セグメントの内側補強

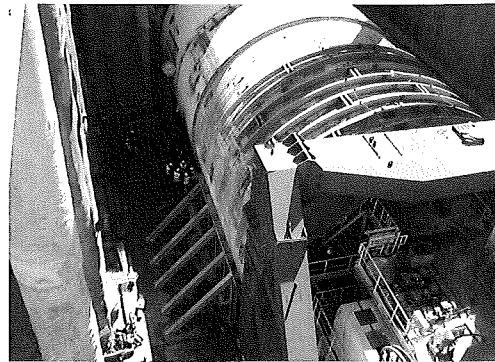


写真-10 仮セグメントとバックトラス

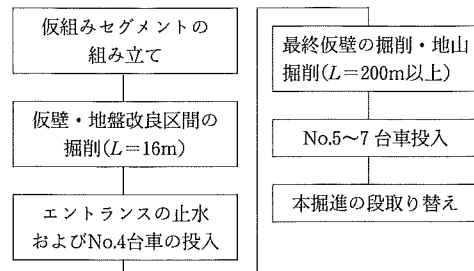


図-7 初期掘進フロー

項目	管理項目	単位	ZoneA	ZoneB	ZoneC	ZoneD	ZoneE
シールド	掘削スピード	mm/min	3~5	10~20	10~20	3~5	10~30
	トルク	kN-m	max25,000			max68,000	
	推力	kN	max60,000			max250,000	
	土圧(上部)	MPa	0			0.05	0.133
気泡	(中央部)	MPa	0			0.10	0.198
	チャンバ充填率	vol%	30	50	80	100	100
補助添加剤	発泡倍率	—	0			10~15	5~10
	注入率	vol%	0			20~30	60
裏込め	注入率	vol%	5~10%(ZoneA~Cは注入できた場合)				
	注入率	vol%	0			100~130	
地盤変状		mm	10			5	
その他			排土した土砂の容積、重量は毎リング、比重と含水比は5Rに1回計測する。				
備考			土圧は静止土圧+地下水圧+予備圧(0.03MPa) 地盤変状は日本の基準値でコンクリートブロック構造物の布基礎の砂層における値				

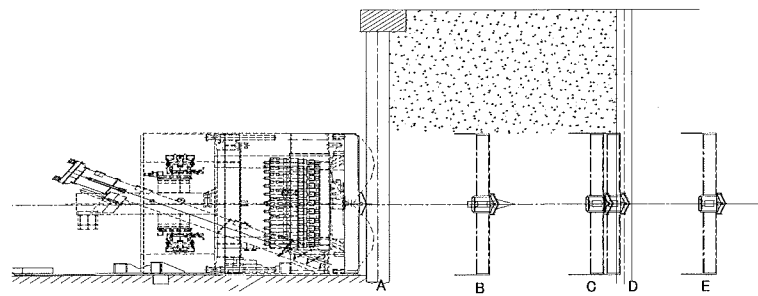


図-8 初期掘進時の管理値

5-3 改良地盤掘削

シールド発進部は連続地中コラム(φ1.5m)で3方を囲むかたちの地盤改良区間があり、いったんシールドはこの区間を掘削した後、エントランス止水の吹付けを行って、エントランスの注入口より裏込め注入する。

5-4 地山掘削

シールドは、地上部(パラシオ・デ・クリスタル)の沈下を防ぐために、補助工法としてシールド通過上部を3か所の観測井戸から放射状に薬液

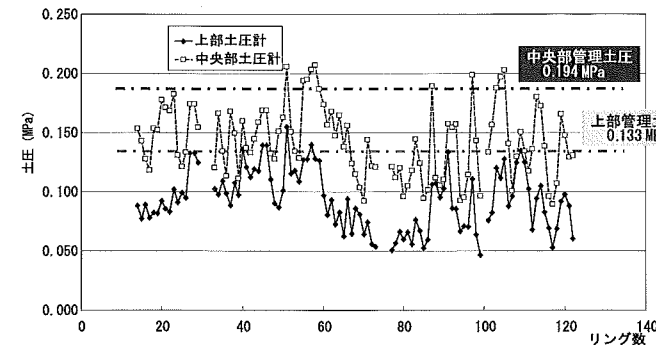
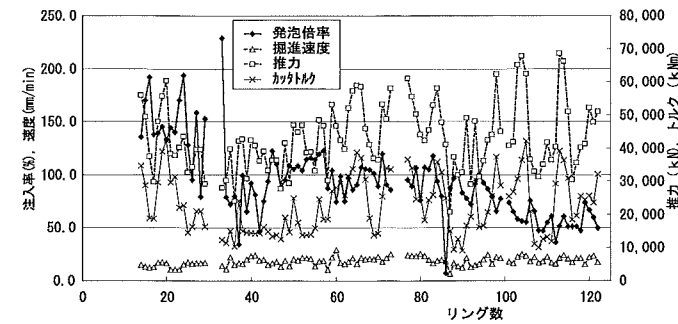


図-9 初期掘進データ

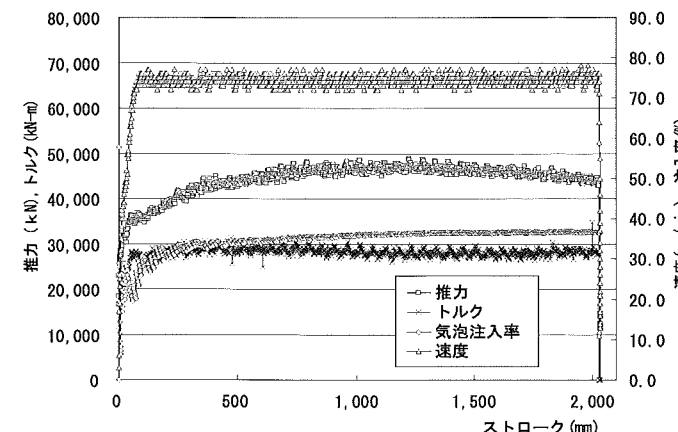


図-10 掘進実績(本掘進のリングデータ)

注入した区間を掘削して地山に入る。

図-7に初期掘進時の施工フロー、図-8に掘削時の管理値、図-9に掘進実績を示す。

初期掘進時の体制は、2名の日本人オペレータ(吉田直土木(株))が、昼夜で20R運転を行い、それ以降は運転指導し、掘削は2交代の24時間体制で、トラブル以外は作業を止めなかった。

掘進は気泡注入装置が完全ではなかったが、トルクは平均22,000kNmで装備トルクの27%、最大でも50%程度であった。推力は平均43,000kNと最大推力の16%であり、掘進速度は平均18mm/min、最大28mm/minであった。ただし、気泡注入率は粘着によるチャンバ内での閉塞を回避するため90%以上となった。また、土圧の平均値は管理値より0.03MPa程度少ない値で掘削したが、地上への影響を及ぼすことなく最大沈下量を10mm以下に抑えて植物園を無事通過できた。

5-5 本掘進

本掘進の段取り替えは、発進立坑に連続コンベヤ用ストレージカセット、裏込め注入プラント、床版設置用ステージ、軌道設備ステーションの設置を行った。



写真-11 シールド到達

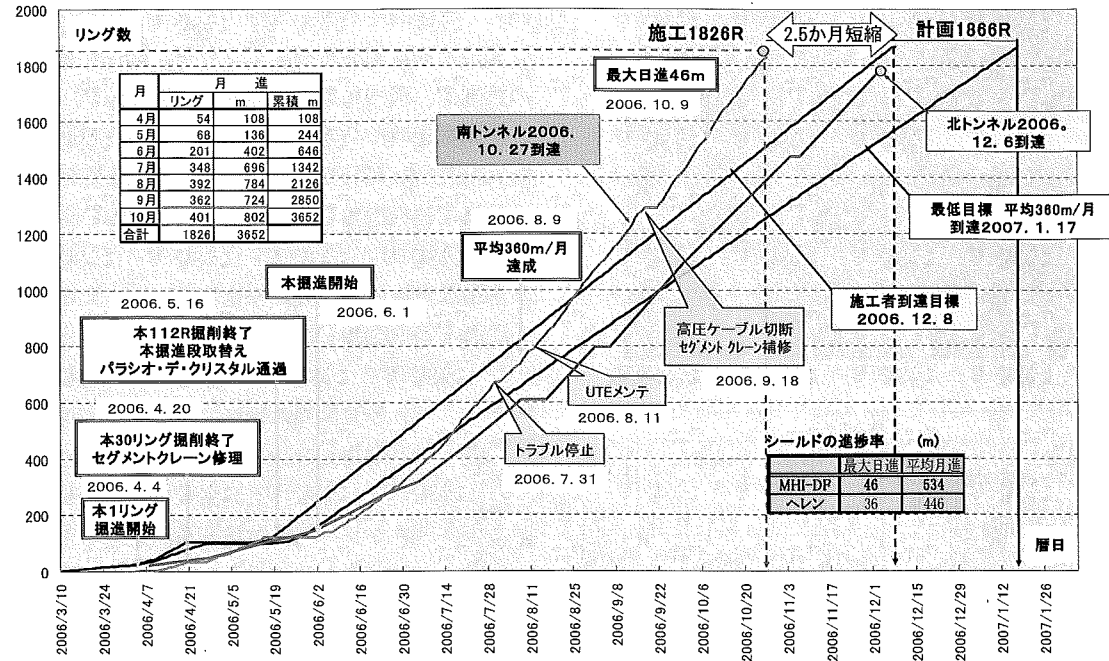


図-11 掘進データ(1236R)



写真-12 床版の施工状況

2006年6月より本掘進を再開し、掘進体制は3交代制になった以外は初期掘進と同じ体制であった。進捗は7月より急進し平均月進360mを8月にクリアした後、到達した10月には最大月進802mを達成した(図-10, 写真-11)。

掘進データ(図-11)より、平均で速度63mm/min、装備トルクの35%、装備推力の18%、気泡注入率が35%という値は、高速掘進に適した掘削状況と

いえる。

また、床版施工は掘削と同時に施工で側壁の部分を場所打ちコンクリートで施工し、柱のない床版をフォークリフトによって設置した。そのため、床版下部の空間をセグメント運搬路として、床版上部を床版の運搬ならびに連絡坑の施工ヤードとして利用することによって、施工空間を有効に使用して高速施工を図った(写真-12)。

6 おわりに

世界最大の泥土圧式シールド(愛称『TIZONA』(スペインの英雄エル・シドの愛刀))は、最大日進46mを記録し、要求された工期を2.5か月短縮したことで、まさにスペインシールドの英雄といえよう。

末筆ながら、本工事ならびに執筆において多大なるご協力をいただいた前MHI-DF(MHI-Duro Felguera S.A.)の西岳社長、佐々木技術部長に深く感謝申し上げます。

特集 海外のトンネル工事

アルジェリア東西高速道路(400km)の契約とトンネル施工

アルジェリア東西高速道路建設共同企業体総合事務所長(鹿島建設(株)) 石田 稔
 アルジェリア東西高速道路建設共同企業体総合事務所副所長(大成建設(株)) 小菅 誠
 アルジェリア東西高速道路建設共同企業体4-2工区(Camp 4)所長(鹿島建設(株)) 濱田 裕文
 アルジェリア東西高速道路建設共同企業体3工区、4-1工区(Camp 5)所長(大成建設(株)) 辻 和彦

1 はじめに

アルジェリア民主人民共和国という国名から読者はどのような印象を持たれるだろうか。北アフリカ、サハラ砂漠、フランスとの独立戦争、石油・天然ガス資源開発、そしてかつての流行歌「カスバの女」を想起される方も多いただろう。近年のアルジェリアは1990年代の国内混乱の原因であったイスラム原理主義過激派テロを克服しつつあり、G8先進諸国との外交関係も積極的に進めてイメージ改善に努力してきている。そして主要輸出品目である原油、天然ガスの価格上昇も寄与して、社会資本整備に力点を置いた近代国家への道を進めている。ここではそのアルジェリアで行われている大規模高速道路建設事業の概要とその中のトンネル工事の現況を紹介したい。

2 アルジェリア東西高速道路

2-1 アルジェリアの位置、気候

アルジェリアは北アフリカの地中海に面する、面積238万km²、人口3,349万人のイスラム国家である。アルジェリアの国土の大半、約200万km²はサハラ砂漠でありアトラス山脈北部の地中海側に人口が集中している¹⁾。地中海性気候の夏は乾燥しており平均気温25℃程度であるが、シロコと呼ばれる乾燥した熱風が吹くと40℃以上の猛暑となる。冬は温暖で多雨な気候で平均気温は10℃程度であるが、山沿いは最低気温が0℃程度にま

で冷え込む。年間降水量は400~1,000mmである。

2-2 事業内容と契約

アルジェリア東西高速道路工事はアルジェリア公共事業省高速道路公団(ANA)を企業者とする東西約1,200kmの高速道路建設事業であり、人口が集中する地中海側を東側のチュニジア国境から西側のモロッコ国境にかけて結ぶ大規模高速道路建設事業である。

工事は東、中、西の3工区に分けて国際入札で発注され、日本企業による共同企業体は東工区(約400km)に応札し、総合評価方式による審査の結果、受注した。ITを駆使した緻密な施工管理技術、具体的にはGPSを利用した締め固め管理システムや出来形管理システム、3D施工システムなど高度な技術提案が高く評価されたものと考えられる。なお、中、西工区についてはそれぞれ中国の企業連合が受注した。図-1に工事場所を、図-2に全体工区割を、表-1に東工区の工事内容を示す。

共同企業体は鹿島・大成・西松・ハザマ・伊藤忠によるコンソーシアムで構成される。このうち建設各社が施工を担当し、伊藤忠は資機材調達などを担当する。なお、鉄建建設をはじめとして道路建設に関する高度な専門技術力を有する日本企業や外国企業からも協力参画を得る²⁾。民営化されたNEXCO東日本からも高速道路に関する総合的な技術支援やトンネルの本設備(換気、防災設備など)に関する技術支援を得ることとなってい

る³⁾。工事金額約5,400億円(税込み)は日本企業が海外で受注する社会資本整備事業としては過去最大級である。

工事契約は包括契約を前提として第1契約、第2契約、第3契約に分かれる。包括契約および第1契約は着工時である2006年9月に、第2契約は2007年5月にそれぞれ締結した。第3契約は2007年7月に必要書類を企業者へ提出しており、2007年9月現在、企業者との調整を開始する段階である。

設計・施工の流れは契約ごとに若干異なるが、基本設計の照査と詳細設計にもとづく施工図面(DEX)の作成は請負者側で実施する。このため、企業者、コンサルタントとの間で綿密なやりとりを図面ごとに行い承認を得なければならない。工



図-1 工事場所
表-1 工事内容

区 間	アルジェリア東部 チュニジア国境～ボルジブアレリジ間
道 路	片側3車線上下6車線高速道路 延長約400km, インターチェンジ20か所
構造物	トンネル3か所×上下2本 (4,686.5m(2,500m+1,891.5m+295m)×2本) 本線橋梁49か所(総延長4,424m) 横断橋93か所, アンダーパス180か所
数 量	掘削土量 27,500,000m ³ 切盛土量 29,200,000m ³ コンクリート量 2,500,000m ³ 鉄筋量 312,000t アスファルト量 3,834,000t

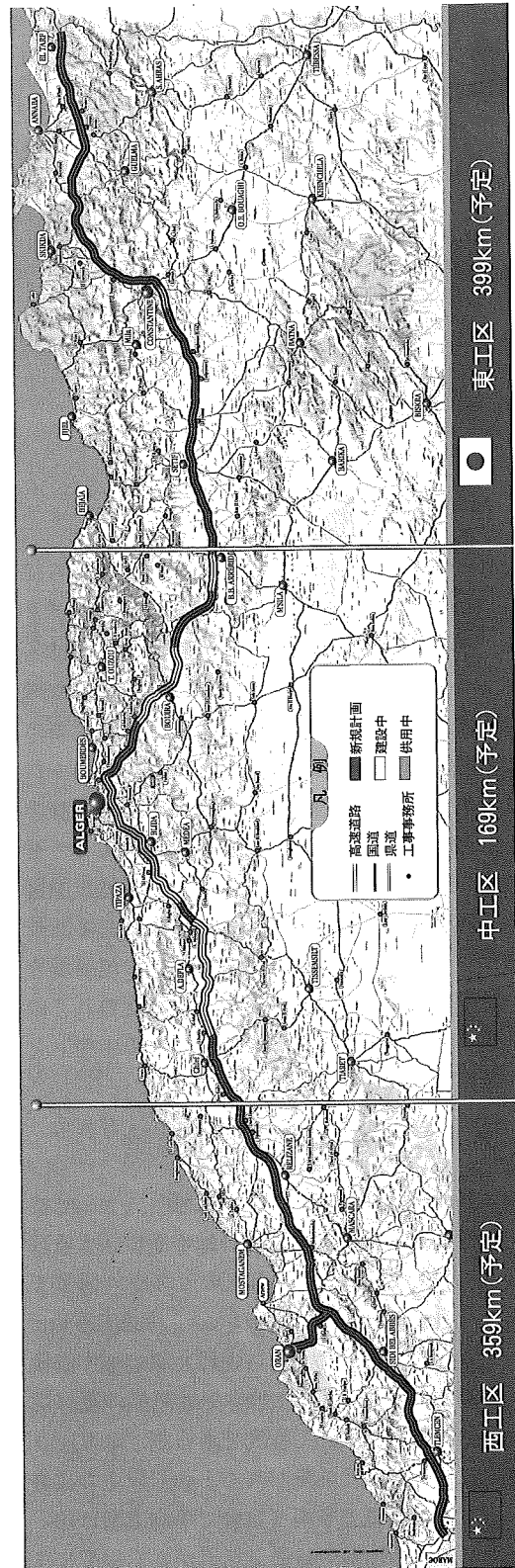


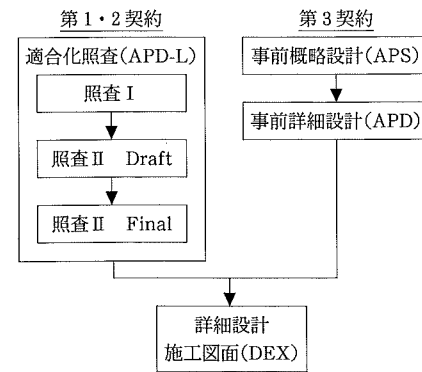
図-2 全体工区割

事全体では膨大な図面が必要となるため、短期間に相当のマンパワーを投入する必要がある。妥当な根拠にもとづく路線変更提案などの設計変更の自由度はあるものの、わが国での設計・施工分離発注工事の施工では想像できないような苦労が存在する。図-3に設計の流れを示す。

2-3 工事の概要と現況

高速道路の規模は片側3車線, 上下6車線で, 東工区のインターチェンジ20か所を備える約400kmの工区延長はわが国の東名高速道路に匹敵する。受注後の設計変更により若干変更されているが, 構造物としては, トンネル3か所×2本(総延長約9km), 本線橋梁49か所(総延長約4.5km)などが計画されている。土工事は切盛土量約2,920万m³と大規模となる。工期は一部設計施工を含めて全体で約40か月と, 極めて短期間で完成することとなっている。

第1契約分については, 優先順位にもとづいて詳細実施設計を完了させ, 施工図面が確定した工区から本設工事が開始される段階である。第2契約分については事前設計の適合化照査を進めながら本設工事を円滑に開始できるよう仮設工事を実施中である。第3契約分は設計施工区間であり, 事前設計が完了したので契約締結に向けて企業者との調整を進めるとともに仮設工事を準備している。



第1契約: 事前詳細設計(APD)終了済み
第2契約: 事前詳細設計(APD)実施中
(包括契約時に実施中であった)
第3契約: 設計施工工事

図-3 設計の流れ

3 工事の施工体制

東工区は契約上12工区に分割される。表-2に工事区間一覧表を示す。このうち第4工区については山岳地帯であり長大トンネル区間や大規模の構造物区間を含むため, 2分割して工事を施工することとしている。第6, 7工区(延長計17km)は他業者による施工が完了しており既に供用開始している。したがって東工区の施工区間はこの完成部分を除いた約400kmとなる。

工区延長約400kmにわたる大規模工事の工事管理体制として, 全体を総括する総合事務所を工区の中央部にあたるコンスタンチン市近郊に設け, その総括管理のもとに, 路線沿いに7か所の工事事務所・宿舎(キャンプ)を設置した。工事事務所ごとに主たる担当会社を定め, 各社の施工体制や自主性を十分に発揮できる組織としている。

施工体制として, 最盛期には1日あたり約9,000人の日本人および第三人(アジア, ヨーロッパ)

表-2 工事区間一覧表

工区	距離(km)	契約区分	主要構造物			主要施工 担当会社
			トンネル	本線橋梁	インターチェンジ	
1	89.6	第3契約	0	16	5	鹿島, 大成, 西松, ハザマ
2	34.6	第3契約	0	5	0	
3	40.9	第2契約	0	6	2	大成
4-(1)	36.1	第1契約	1×2	4	1	大成
4-(2-1)	3.7	第1契約	0	0	0	大成
4-(2-2)	9.0	第1契約	2×2	2	2	鹿島
5	13.1	第1契約	0	5	2	ハザマ
6	11.0	供用区間	-	-	-	-
7	6.0	供用区間	-	-	-	-
8	27.4	第1契約	0	2	1	鹿島
*8-2	17.0	第1契約	0	0	0	
9	29.8	第1契約	0	3	1	
10	46.9	第1契約	0	2	2	西松
11	27.6	第1契約	0	4	2	
12	37.8	第1契約	0	0	2	
合計			3×2	49	20	

*8-2: 切替国道部(高速道路建設部と既設国道部が重複するため, 切替国道部を新設する。)

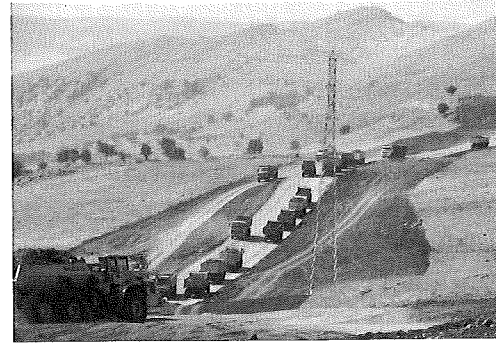


写真-1 明かり工事の施工状況

表-3 主要輸入機械一覧表

名称	仕様	数量
クラッシングプラント	200t/h	6基
	400t/h	9基
コンクリートプラント	60~100m³/h	10基
ブルドーザー	41~70t	26台
	8~27t	41台
ホイールローダー	4.0~7.0m³	14台
油圧ショベル	2.2~5.0m³	48台
	1.4m³以下	123台
モーターグレーダー	4.3~4.9m³	21台
重ダンプ	32~55t	174台
	17~24t	190台
クレーン	200t	5台
	25~55t	50台
トンネルジャンボ		12台
トンネル吹付けロボット		12台
その他車両		500台

バからの管理者、技術者、特殊技能員など)ならびに約19,000人の現地アルジェリア人(技術者、運転手、一般作業員など)、合わせて約28,000人が施工に従事する。写真-1に明かり工事の施工状況を示す。主要施工機械は現地調達が難しいため、日本からの輸入で対応している。表-3に主要輸入機械を示す。

4 トンネル工事の概要

4-1 地形・地質

トンネルはコンスタンチン市東部の緩やかな山岳地帯に位置する。地質は泥岩、粘土岩および泥灰岩を主体とし、一部に砂層を挟んだ礫岩などが

出現する。このうちトンネルの大部分は泥灰岩層を通過する。泥灰岩はマールと呼ばれる黒灰色を呈する軟岩であり、スメクタイトの一種であるモンモリロナイトを含む。モンモリロナイトの含有率は平均20%台で他の指標と合わせて検討すると、膨張性地山の傾向があり、アルジェリア国内でも同種地山で膨張性地山となった事例がある。泥灰岩の一軸圧縮強度はボーリング箇所によって異なるが0.1~0.2MPa(1~2kgf/cm²)、1.3~3.0MPa(13~30kgf/cm²)に分布し、土かぶりによっては地山強度比が非常に低下するので、天端、鏡の安定確保と地山の変位の抑制が掘削のキーポイントである。地表の植生は少ないが、トンネル上部に池や沢がある箇所もあり、砂層や断層部からの湧水も予想される。

4-2 トンネルの配置、断面、延長

トンネルは、T1、T3、T4の3か所で、それぞれ上下2本で構成される。トンネル断面は図-4のとおり扁平断面で、掘削幅約17m、高さ約12m、掘削断面積約160m²、仕上がり断面積約117m²の超大断面三車線トンネルである。当初ルートではT1~T4の4か所が予定されていたが、トンネル前後の開削区間が長く、工期、施工費の両面から不利であった。そのためルート変更を提案して承認され、上記3か所のトンネルとなった。

トンネル延長はT1が1,891.5m×2本、T3が295m×2本、T4が約2,500m×2本で計画されており、上下線の離隔距離はトンネルセンター間で約35.5mである。なお、縦断勾配は3%に設定されている。

4-3 施工方法、支保パターン

トンネルの地質区分は土砂および軟岩に属するため、機械掘削方式を主体で施工する。超大断面であるため、上半先進ショートベンチ工法で、下半掘削、インバート掘削を併進して、早期に断面を閉合してトンネル断面の安定を図ることとする。

支保は吹付けコンクリート(t=200~400mm)およびロックボルト(SN, L=4~6m, 13~23本/断面)、H形鋼アーチ支保工(HEB120~200)と鉄筋のラチスガーダを主体としたNATMによるも

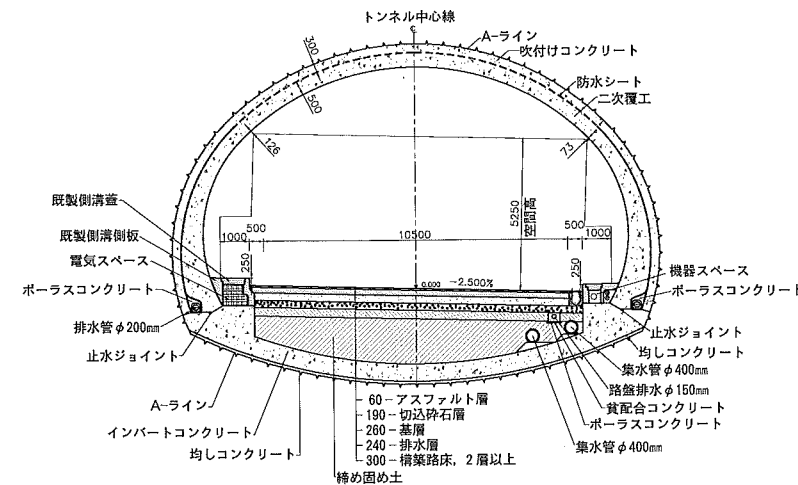


図-4 トンネル標準断面図

表-4 支保パターン一覧表

想定地山等級	吹付けコンクリート厚(mm)	鋼製支保工HEB	ラチスガーダ	インバートなし	インバート付き	上半仮インバート付き	先受け工	先受け工および上半フットパイル付き
A	200	-	-	A	-	-	-	-
		120	-	B1	-	-	-	-
B	200	120	-	-	B1S	-	-	-
		-	95/30/20	B4	B4S	-	B4RP	-
		120	-	-	C1S	-	-	-
C	300	160	-	-	C2S	C2R	-	C2RPM
		200	-	-	C3S	C3R	C3RP	C3RPM
		-	130/34/26	-	C5S	C5R	-	C5RPM
		120	-	-	D1S	-	-	-
D	400	160	-	-	D2S	D2R	-	D2RPM
		200	-	-	D3S	D3R	-	D3RPM
		200	-	-	-	-	-	-

のであり、必要に応じてフォアボーリング(φ32mm, L=2.5m, 縦断方向1mピッチ, 周方向0.5~1mピッチ)や鏡ボルト(L=3m, 1.5mピッチ)、鏡吹付け(t=30~50mm)が追加される。地山不良部では注入式鋼管先受け工(φ114mm, L=12m, 縦断方向5mピッチ, 周方向0.5~1mピッチ)ならびに上半仮インバートおよびインバートストラット(アンカーボルト付)とフットパイル(φ114mm, L=8m, 2本×2)が設計されている。支保パターン一覧表を表-4に示す。

4-4 トンネルの施工体制

アルジェリアではトンネル工事の経験を持つ現

地人技術者ならびに作業員が限られており、非常に少数である。したがって、日本人のトンネル技術者やトンネル専門会社職員の指揮のもと、トンネル経験を有するアジアの技術者や作業員を通じて現地作業員を指導する体制を採用している。

4-5 T1, T3トンネル

T1トンネルは南北両坑口より上下線2本の4切羽を同時掘削する予定である。T3トンネルについては北側坑口より上下線2本、2切羽を片押し掘削する。

T1トンネルの南坑口より300m間は砂岩主体と予想され、比較的安定しているが介在する砂層での切羽の安定確保が課題となる。なお南坑口から約300m地点上部に池が存在するため、必要に応じて適切な湧水対策を行う必要がある。T1中間部約1,000m間は粘土岩または泥灰岩(マール)と想定され、一軸圧縮強度が10~20N/mm²(1~2kgf/cm²)程度と非常に小さい。土かぶり約150mに対する地山

強度比も0.05オーダで非常に低いため、断面早期閉合などで地耐力を確保しつつ長尺先受け工法などの補助工法併用で掘削する必要がある。T1北坑口側500mについても泥灰岩と想定され、同様な対策工が必要となる。

T3トンネルについては南北両坑口側が泥灰岩に属するが中間部は石灰岩層と想定される。このため、両坑口部を除けば比較的堅硬な地山が期待される。

4-6 T4トンネル

T4トンネルについては延長が長く、工期短縮のため、南北両坑口より上下線2本を掘削するほ

か中間に作業横坑を掘削して本坑到達後、上下線2本を掘削することとし、最大6切羽を同時掘削する予定である。

T4トンネルは最大土かぶり240m、最小15m程度で主要地質は泥灰岩、泥岩、砂岩であるが、最大土かぶり部分では山頂を礫岩が覆っている。北坑口側の地質は崖錐層、砂岩、泥岩、頁岩、片岩が混在しており岩盤が露出しているものの複雑な地質構成である。この崖錐層については一部崩落する可能性もある。作業横坑の坑口付近から本坑中間部については頁岩質粘土質岩(Argilite)と砂岩頁岩の互層が認められる。地表踏査によれば数箇所の断層が存在し、地すべり跡も数箇所が認められ、本坑を横断する沢が存在することから、沢直下や断層部からの湧水が予想される。南坑口については薄い表土直下には粘性砂岩が存在し、その下部には泥灰岩が存在する。

ボーリング結果による泥灰岩の一軸圧縮強度は1.3~3.0MPa(13~30kgf/cm²)であるが、坑口部など天端安定確保が難しい区間については長尺先受け工法などの補助工法併用で掘削する必要がある。

4-7 トンネル工事の現況

T1, T3トンネルについては明かり掘削を行っている。T1の北坑口については法面の地質がスレーキングを起こしやすく一部崩落したので、法面吹付けを含めた慎重な施工を行っている。写真-2にT1南坑口の施工状況を示す。

T4トンネルについては当初設計からの設計変更承認を要するため、現在、地質調査を行いつつ南北両坑口の明かり掘削を開始して坑口付けの準備を行っている。写真-3にT4北坑口の施工状況を示す。

5 おわりに

アルジェリア東西高速道路建設工事は着工から1年を経て全面的に工事が本格化した段階である。向上したとはいえ予せぬ危機に備えた治安対策のため、工事事務所・宿舍周囲にはコンクリート

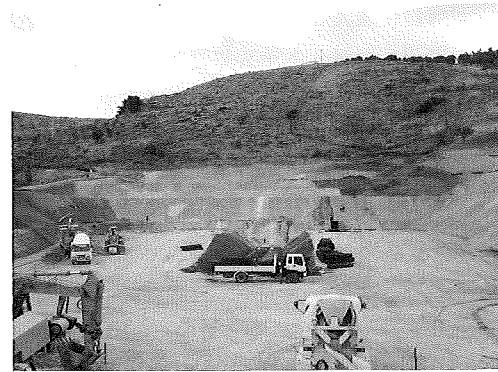


写真-2 T1南坑口施工状況

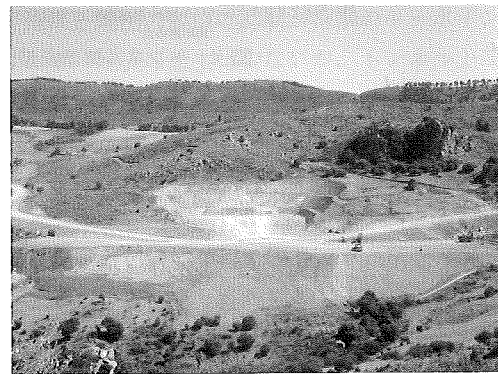


写真-3 T4北坑口施工状況

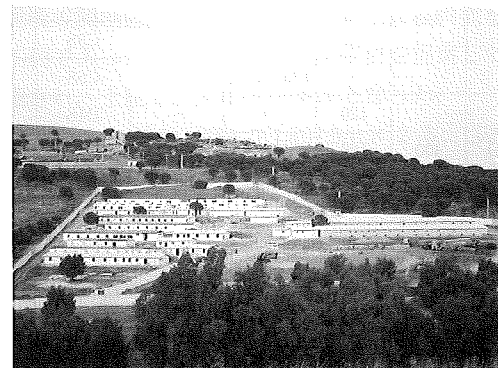


写真-4 キャンプ4設営状況

フェンスを全周に設け、帯銃した警備員による昼夜警備体制のもとで工事を進めている。写真-4にキャンプ4の設営状況を示す。また、クラッシュプラントやバッチャープラントなど主要仮設備についてもフェンスを設置して警戒体制を敷く必要がある。事務所から現場までの移動についても警備を緩めることはできない。もちろん、1日5

回の拝礼やラマダン(断食月)などイスラムにもとづく宗教行事も現場の作業サイクルで考慮しなければならない。

このようにわが国では想像できない厳しい風土・環境のもとで地山条件が難しいトンネル工事を進めるには相当の困難を克服する必要がある。トンネルは緒についたばかりである。今後とも各方面の協力、助言を得ながら無事貫通・完成させるよう努力したい。

参考資料

- 1) 外務省：アルジェリア民主人民共和国、各国・地域情勢、<http://www.mofa.go.jp/mofaj/area/algeria/data.html>, 2007.9.
- 2) 鹿島建設：鹿島建設・大成建設・西松建設・間組・伊藤忠商事の共同企業体がアルジェリアで高速道路建設工事を受注、鹿島プレスリリース, 2006.9.20.
- 3) 東日本高速道路：アルジェリア東西高速道路建設工事へ技術支援を行います、東日本高速道路本社プレスリリース, 2007.6.28.

P.A.ドミニコ, F.W.シュワルツ著

地下水の科学 各B5判 全3巻

地下水の科学研究会 大西 有三 監訳

第I巻 地下水の物理と化学	価格4,281円 円340円
第II巻 地下水環境学	価格4,485円 円340円
第III巻 地下水と地質	価格3,873円 円340円

本書は様々な環境問題を地下水物理学の立場から本格的に取り扱うため、水の物理学・化学的性質、地球の状況、水資源としての地下水の状況、地下水の水理学的特性とその調査方法など多岐にわたっており、地質学者、水理地質の実務者、地球化学者ならびに流体物理学に関心のある地球物理学者、または、地質学を学ぶ学生など広範に満足させる内容となっている。

<第I巻 主要目次>

■序論 ■岩石における空隙の起源と透水性 ■地下水の動き ■岩石の弾性的な性質と流れの方程式 ■水理試験(モデル、方法と応用) ■溶質と粒子の輸送 ■汚染物質の水理地質学入門

<第II巻 主要目次>

■地下水の化学 ■化学反応 ■物質輸送の数字理論 ■地下水による物質輸送(水質編) ■地下水による物質輸送(地質編) ■物質の輸送のモデル ■輸送プロセスとパラメータ同定 ■水質浄化の対策

<第III巻 主要目次>

■水資源 ■堆積盆水環境における地下水 ■地殻における地下水 ■地下水流動における熱輸送

株式会社 土木工学社 〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16メイジャー神楽坂
電話 (03)3267-2888 (代) 振替00110-8-190072

ソシヤシオンセン
 O13駅(忠孝新生駅)間には台湾鉄道(台鉄)および台湾高速鉄道(高铁(台湾新幹線))の地下トンネル(RCボックスカルバート)が横断しており、同躯体直下を4mに満たない離隔で交差してシールド

掘進を行い、地下鉄トンネルを施工した。とくに、同躯体北側内部の台鉄路線は営業運転中であるという条件に加え、台鉄・高铁躯体施工時に築造された3面の土留め壁が同躯体を挟むように存在す

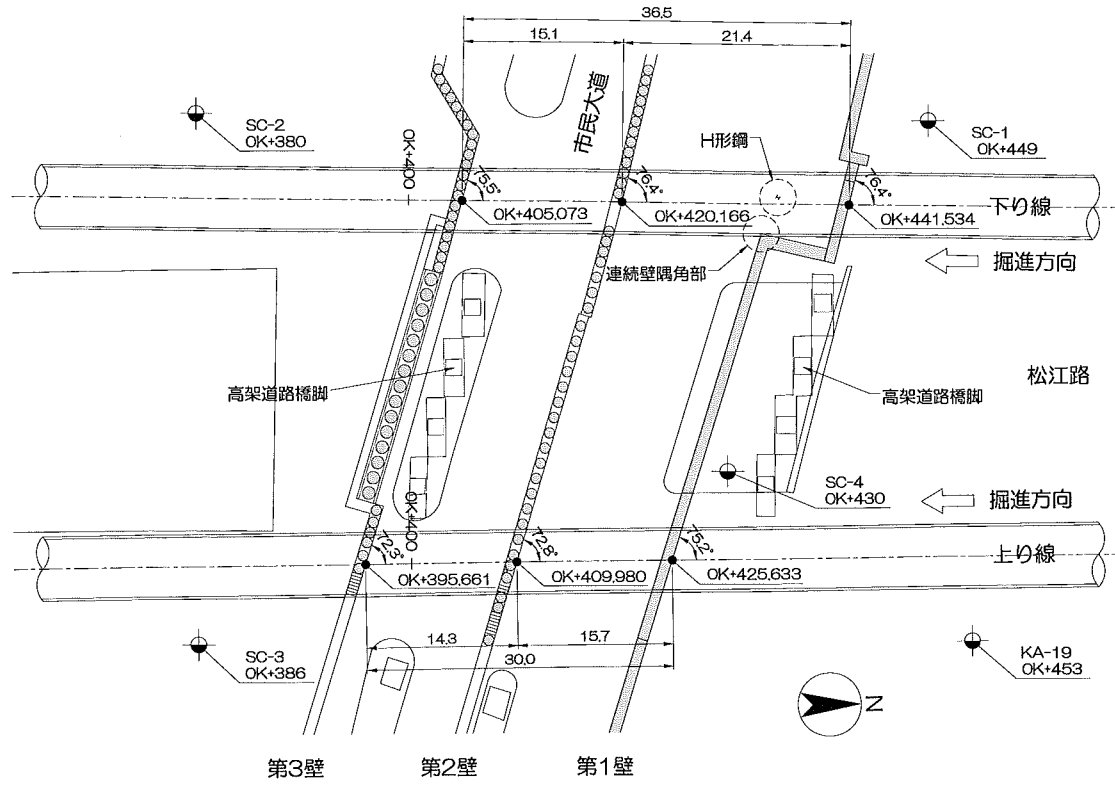


図-2 土留め壁通過箇所平面図

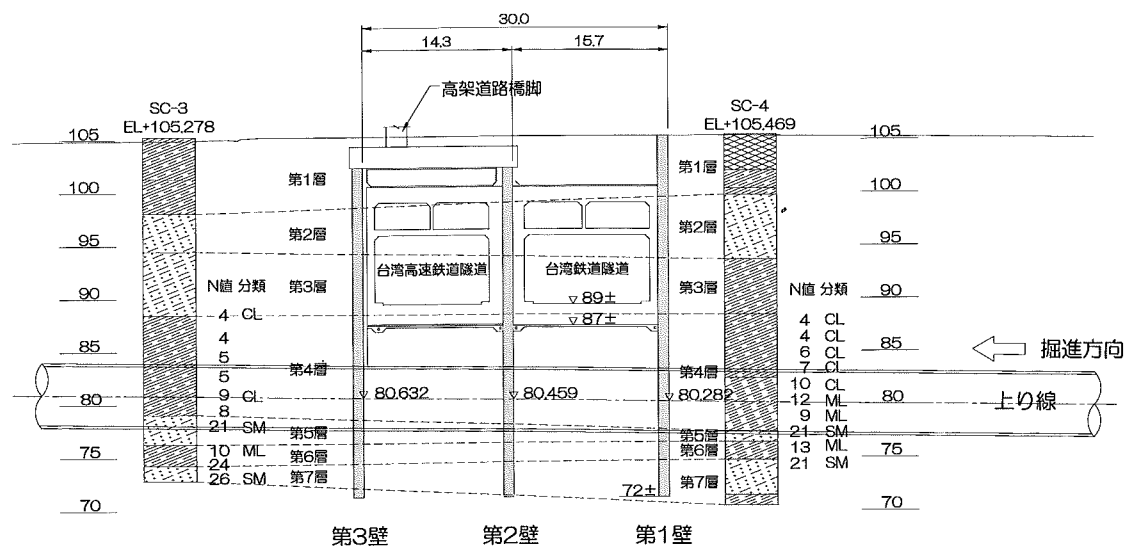


図-3 土留め壁通過箇所縦断面図(上り線)

るため、上下線計6か所でこれらの土留め壁を撤去しながらシールド掘進を行った。

図-2に土留め壁通過箇所の平面図を、図-3に縦断面図を示す。

施工前に入手した図面などの情報から、3面の土留め壁のうち1面(第1壁)は壁厚1.0mのRC連続壁、他の2面(第2,3壁)は同じくRC製ではあるが、杭径1.0mの柱列壁と想定された。

3 地盤概要

土留め壁通過部分でのシールドトンネル土かぶり約22mであり、シールドは台鉄・高铁躯体直下を離隔3.2~3.8mで横断する。シールド掘削の対象となる地盤は、掘削断面の大半を占める粘性土層(第4層)およびその下に分布する砂質土層(第5層)である。

第4層はN値が4~12、透水係数が $k=3.18\sim 7.25\times 10^{-5}$ cm/secのシルト質粘土(CL)であり、切羽作業時の湧水に関してはほとんど問題ない土層である。

第5層はN値が8~21のシルト質細砂(SM)または砂質シルト(ML)で、透水係数は $k=3.93\sim 7.11\times 10^{-3}$ cm/sec、地下水圧が0.2MPa前後であり、シールド外部に出て作業を行うには改良止水が必要となる。さらに下方には厚さ1.5~2.0mの薄い粘性土層(第6層)を挟んで砂質土層(第7層)が存在する。

4 シールド

台鉄・高铁通過部分を含むO12駅~O13駅間は、施工条件を考慮して特殊な機能を装備したシールドを、上下線各1機、合計2機製作し使用した。

シールド前面に出て作業を行う場合の切羽上部の土留めとして、7基のムーバブルフード(ストローク:2,000mm、推力800kN/基)を装備した。このほかシールド内部には、薬液注入を行うための装備として、カッター中央部にミゼットドリル(HC-42B)を装着するための架台を設置、また切羽作業の施工性・安全性を考慮して、隔壁には上下左右計4か所のマンホールを設置した。土

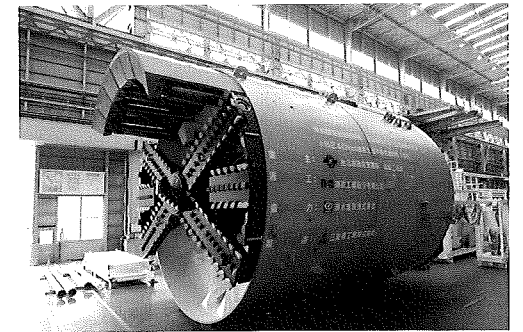


写真-1 シールド(フードを伸ばした状態)

留め壁撤去のための特殊機能を装備したシールドを写真-1に示す。

5 施工手順

土留め壁通過の施工手順は、対象となる土留め壁が連続壁であるか、あるいは不連続な柱列壁であるかにより異なる。前者は遮水性土留め壁であるのに対し、後者は開水性であるという違いから、とくに地盤改良の方法・手順が大きく異なってくる。土留め壁通過工事の一連の流れを紹介する目的で、上り線第1壁を例として連続壁部分での施工手順を図-4に示す。

6 地盤改良工

土留め壁の撤去は壁前地盤の掘削も含め、シールド外部に出て作業を行うため、周辺地盤の安定化および止水を目的として薬液注入による地盤改良を行った。シールドの台鉄・高铁土留め壁通過部分は、同鉄道躯体や多数の地中埋設物の存在、および地上交通の状況により、地上からの改良が困難なため、薬液注入はすべてシールド内部あるいはシールド前面の地盤内空間から行った。薬液注入の施工方式は、対象地盤が土留め壁の手前であるか後方であるか、また土留め壁がどのような形式か(遮水性か開水性か)などの条件に応じ、安全性と施工効率を考慮し適切な工法を選定し行った。シールドのスプリングラインや下方からシールド上部にかけての粘性土層は、安定上必要な強度を有していることが調査の結果わかったため、薬液注入による地盤改良は主に砂質土層を対象と

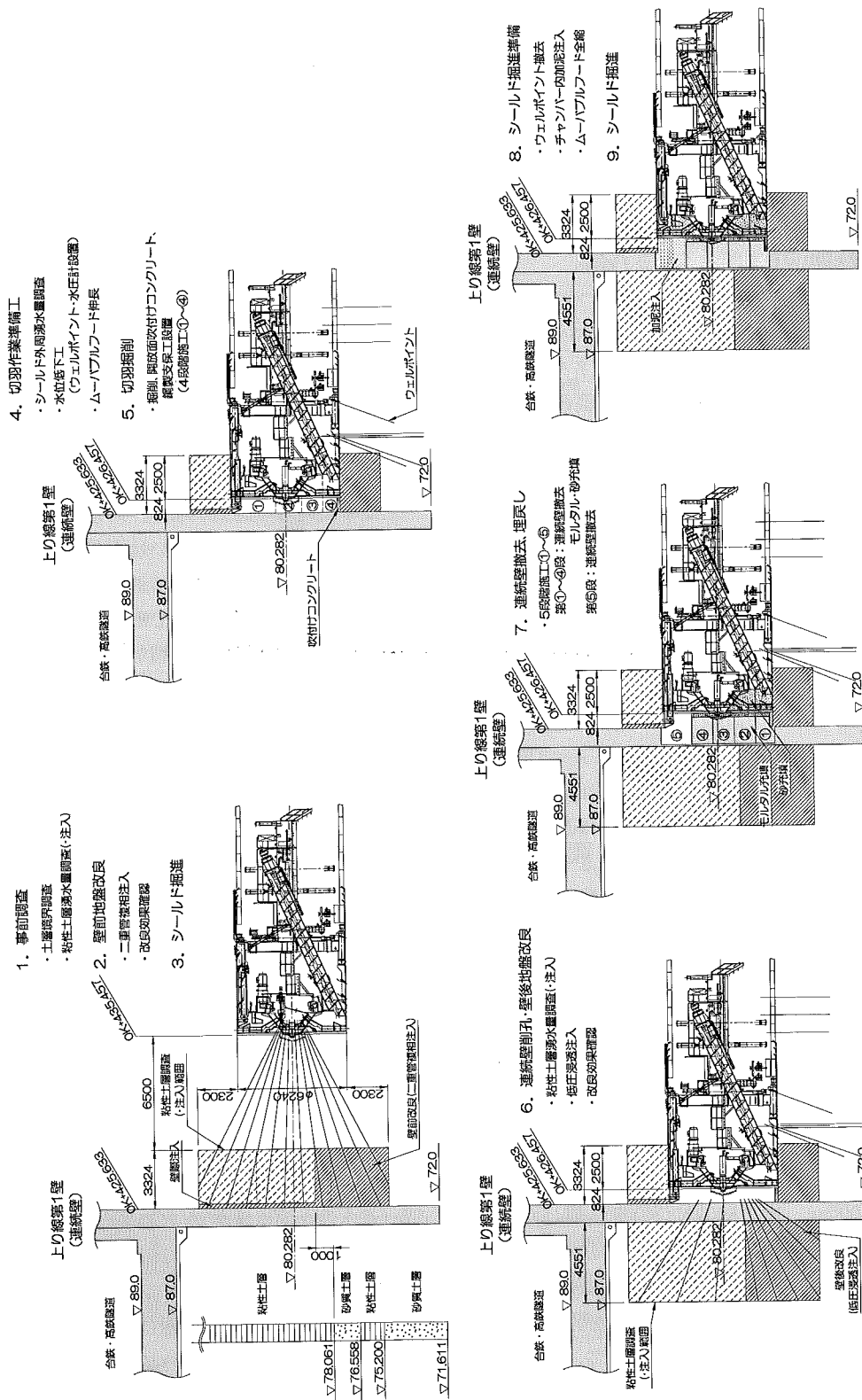


図-4 台鉄・高鉄土留め壁通過施工手順(連統壁部)

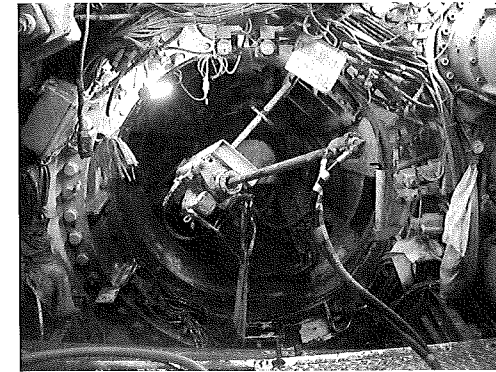


写真-2 シールド内からの壁前改良

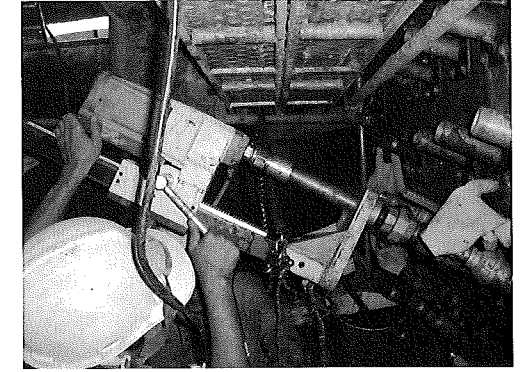


写真-3 コアチューブによる連続壁削孔

し、上部粘性土層に対しては施工箇所ごとに湧水量調査を実施し、透水係数が規定値(1×10⁻⁶cm/sec)を超える部分だけ注入を行うものとした。

6-1 壁前改良

壁前地盤の改良は土留め壁の形状にかかわらずすべてシールド内から行った。注入方式としては、対象地盤の多様性を考慮し、二重管複相注入工法を採用して瞬結性と浸透性の2種類の溶液を適正な割合で混合し使用した。

地盤削孔にはシールド搭載用のミゼットドリル(HC-42B)を使用し、各注入孔の位置・角度の調整は、シールドのカッターヘッド回転およびミゼットドリルの仰角調整により行った。シールド内から行った壁前改良の様子を写真-2に示す。

土留め壁沿いの地盤には、この部分を伝わってくる水を遮断する目的で、すべての断面で厚さ25cm(1ステップ分)の瞬結性グラウト注入を行った。

6-2 壁後改良

6-2-1 連続壁部における壁後改良

土留め構造が連続壁の場合(上下線の各第1壁)には、シールドが連続壁に到達した後にシールド前面地盤(連続壁壁際の地盤)を掘削し、その空間内から壁後地盤の改良を行った。

注入方式は、施工設備が簡易で狭小空間でも施工可能な低圧浸透注入(インナー注入)工法を採用した。低圧浸透注入では、削孔・注入口を1孔ずつ移動させながら行うシールド内からの改良作業とは異なり、各孔に対し1か所ずつ口元管を設置

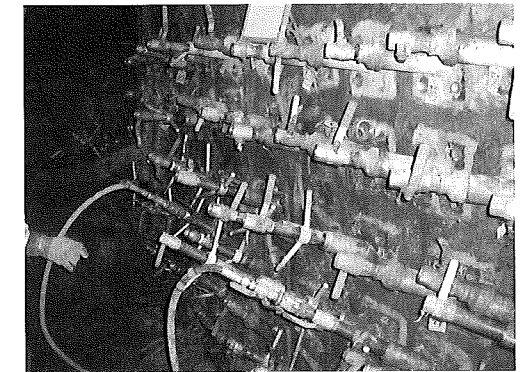


写真-4 低圧浸透注入状況

するため複数孔の同時施工が可能であり、削孔・注入設備を2組ずつ使用した。注入材は、低粘度で浸透性に優れた溶液型水ガラス系注入材を用いた。なお、連続壁の削孔はダイヤモンドビットを先端に装着したコアチューブ(外径45mm)により行った。

写真-3,4に連続壁部での壁後改良の施工状況を示す。

6-2-2 柱列壁部における壁後改良

柱列壁のような開水性の土留め壁では、壁後改良を行う前に壁隙空間に人間がでて作業を行うことは、安全上の問題となる。これらの箇所では壁隙空間の掘削および土留め壁撤去に先立ち、あらかじめ壁後地盤の改良を完了させておく必要があり、2通りの方法が考えられた。一つは壁前改良と同様にシールド内から行う方法であり、もう一つは土留め壁手前の少し離れた位置(シールド前面地盤内)に作業空間を設け、そこから壁後改良を行う方法である。

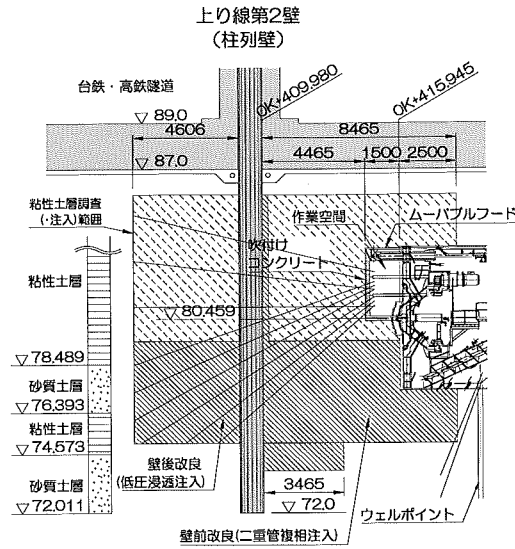


図-5 地盤内作業空間からの壁後改良

(1) 地盤内作業空間(シールド外部)からの壁後改良

2方法の比較では、複数孔を同時に施工できないシールド内からの改良作業は工期上不利であると判断し、最初の柱列壁部での施工となる上り線第2壁での壁後改良は、図-5に示すようにシールド外部の作業空間から行った。

注入方式は、連続壁部での壁後改良と同様、狭小空間で施工可能な低圧浸透注入(インナー注入)工法で行った。また柱列壁の削孔も同様に、ダイヤモンドビット装着のコアチューブにより行った。

(2) シールド内からの壁後改良

しかし、シールド内から壁後改良を行った場合には、地盤内に作業空間を設置しないために、切羽掘削や、それに必要な地盤改良や地下水位低下工などが不要になるなどの大きな利点がある。そこで、シールド内からの壁後改良の適否について再度検討を行った。

すでに施工完了した部分の結果から、粘性土地盤は注入がほとんど不要であり、地盤削孔数量が当初計画の半数以下まで減らせることがわかった。シールド内からの壁後改良では施工設備が1組に限られ削孔・注入時間は長くなるが、施工数量の減少によりその影響は小さく抑えられ、むしろ作業空間を設置しないことによる工期短縮効果が上

回り、トータルで工期短縮が期待できた。

この検討結果から、残りの柱列壁部分(上り線第3壁, 下り線第2, 3壁)では、シールド内から二重管複相注入方式により壁後改良を行った。

7 地下水位低下工

切羽作業時の湧水を抑え、かつ地盤の安定化を図るために補助工法として地盤改良を行ったが、作業の安全性をさらに高めるため、地下水位低下工を併用した。シールド内およびトンネル内にウエルポイントを設置して砂質土層からの排水を行い、0.20MPa程度の水圧を0.10MPa程度まで低下させた。この値は水頭にしてGL-17mに相当し台鉄・高鉄躯体下面(GL-18m)よりわずかに高い位置であり、排水の影響により同躯体に沈下などの影響を及ぼさないように配慮したものである。水位低下が有効に機能するように、ウエルポイントはシールドの進度に合わせて、切羽作業を行う箇所ごとに設置した。シールド内に設置したウエルポイントを写真-5に示す。

8 掘削・土留め支保工

シールド掘進線は、土留め壁に対して斜めに交差するため、シールドのカッタ右端(掘進方向に向かって)が先に土留め壁に到達し、平面図上ではシールドと土留め壁との間に三角形の空間が形成される(図-6)。

この三角形の空間およびチャンバ内土砂を、機外に出て人力掘削した。掘削土量は、土留め壁形状などにより壁ごとに異なるが、1か所あたり

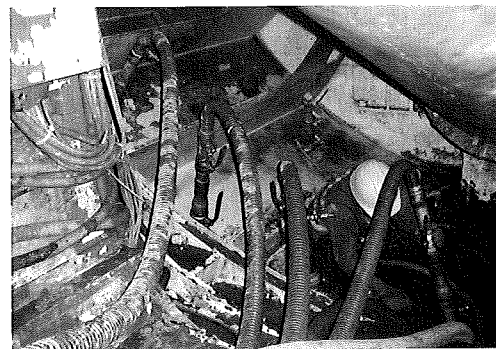


写真-5 シールド内のウエルポイント設置状況

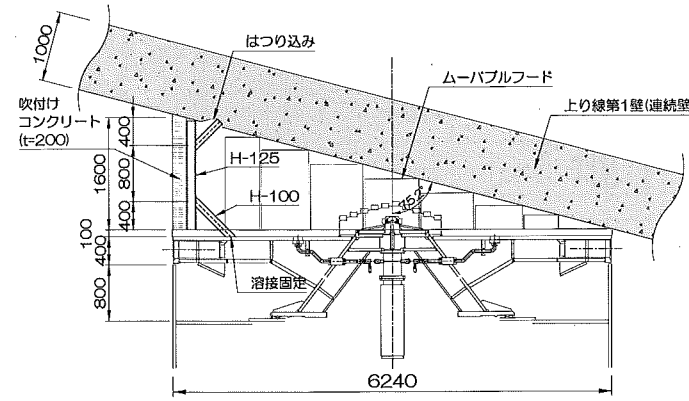


図-6 切羽開放面の土留め支保工平面図

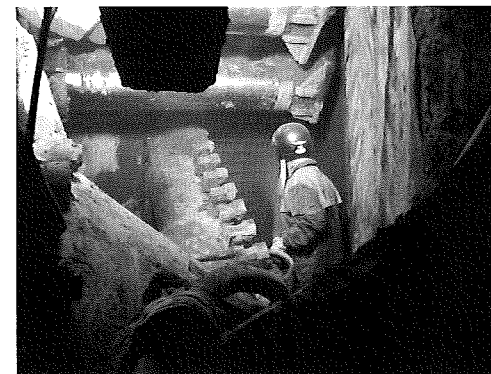


写真-6 吹付けコンクリート施工状況

50~60m³程度である。

切羽での掘削作業に先立ち、上部地盤の崩壊を防ぐためムーバブルフードを伸ばしてから、スクリュコンベヤによる排土を行った。チャンバ内土圧がほぼゼロになり、かつ切羽での湧水などが無いことを確認したうえで、隔壁のマンホールを開けて人力掘削を開始した。上述の三角形空間の、掘進方向に向かって左側の1辺は、掘削に伴い地山開放面となる。地山の安定性検討結果をもとに、一度に掘削する高さ(1ステップ)を1.0~1.5mとし、各ステップ掘削後に支保工設置と吹付けコンクリートを行い、上から下へ順に4ステップに分けて施工した。

連続壁の欠損部分や柱列壁の柱間部についても必要に応じて吹付けコンクリートや土留め支保工を設置しながら掘削した。吹付けコンクリートは厚さ20cmとし、乾式工法により吹付けを行った。また補強材としてFRP格子筋(ガラス繊維強化樹

脂)を配置した。

写真-6に吹付けコンクリート施工状況を示す。

9 土留め壁撤去工

土留め壁の撤去は、土圧解放による壁後地盤の緩みや崩壊を防ぐために、1回の撤去高さを1.2m程度とし、下部から上方へ5段階に分けて施工した。土留め壁コンクリートの壊しは手持ち式の電動ハンマ(PH-65A)を3~5台使用し、各段の撤去完了後に貧配合の

モルタル(裏込め材)と砂を用い、土留め壁撤去部分とシールド前面地盤およびチャンバ内の埋戻し(空洞充填)を行った。埋戻しに用いた材料は、当初は発泡モルタルを計画していたが、既存設備がそのまま利用できる簡便さからシールド掘進時に使用する裏込めモルタルとした。モルタル充填時には、モルタルのチャンバ内への流入や、カッタスポーク前面に設けられた加泥吐出口の閉塞を防ぐため、カッタスポーク前面に砂を詰めた土嚢袋を積み上げ型枠とした。最上部となる第5段階はモルタル充填ができないため、加泥材を注入・充填させてチャンバ内圧力を保持した状態でムーバブルフードを縮め、シールド掘進を開始した。

土留め壁コンクリートの壊しは、壁背面地山の肌落ちなどを防ぐ目的で、土留め壁断面後部の鉄筋を切断した時点で完了し、同鉄筋後方5~10cm程度のかぶりコンクリートは残置した。写真-7に土留め壁撤去状況を示す。



写真-7 シールド前面での柱列壁撤去状況

10 FEM解析による台鉄・高鉄躯体の安全性評価と施工結果

台鉄・高鉄躯体直下での土留め壁撤去・シールド通過工事に先立ち、FEM解析により同躯体への影響予測および安全性評価を行った。

10-1 検討方法と解析モデル

台鉄・高鉄躯体への影響検討は、同躯体とシールドが交差する部分を検討断面としてモデル化し、二次元有限要素法(FEM)による全応力弾性解析を行った。解析は実際の施工手順に合わせ、先に上り線の切羽掘削および土留め壁撤去(応力解放)、シールド通過(セグメント設置)、その後下り線の応力解放、セグメント設置というステップで行った。台鉄・高鉄躯体はこれと同等の剛性を有するはり要素とし上下線計2か所の掘削断面およびその周辺地盤は薬液注入による改良地盤の物性値を用いた。

10-2 解析結果と安全性評価

解析の結果、台鉄・高鉄躯体の沈下形状はなだらかな曲線を描き、最大沈下量は8.0mmであった。台鉄・高鉄躯体構造に関しても、コンクリートに発生する圧縮、引張、せん断のいずれの応力度も各強度を十分に下回っており、躯体構造の健全性が保たれることが確認された。

10-3 施工結果

台鉄・高鉄躯体下の通過施工中は、変状の発生を的確に把握するために、躯体内部に計器を配置し計測管理を行った。軌道沈下量の計測最大値は約5.3mmであり、解析値の8.0mmおよび警戒値の7.0mm(行動値10.0mm)をとともに下回った。図-7に台鉄・高鉄の軌道沈下量計測値を、躯体沈下量の解析値と併せて示す。

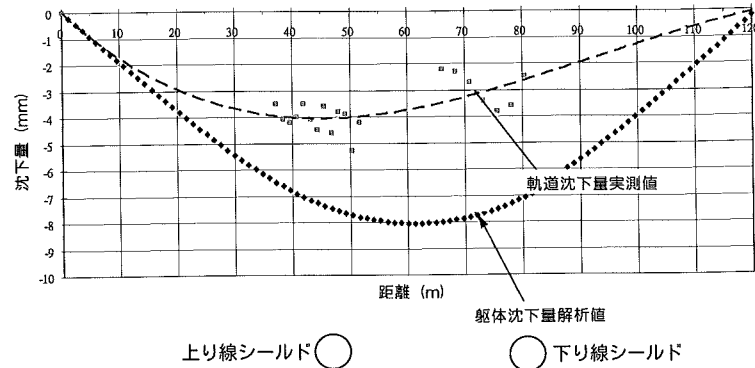


図-7 台鉄・高鉄の軌道沈下量実測値と躯体沈下量解析値

11 おわりに

薬液注入による地盤改良、とくに土留め壁背面地盤の改良は、数m先の地盤内に存在し配置・形状が不明な障害物(土留め壁)を削孔し、そのうえで障害物背面地盤の削孔・注入を行うという、過去の施工事例を照らしても日本国内外を問わず類まれな工事であり、綿密な計画と施工管理によって多くの技術的問題点を克服しながらの施工であった。

シールド外部での掘削や土留め壁の壊しは、狭小空間内での作業であり、また出水や切羽の崩壊といった危険と常に隣り合わせの作業であったが、施工手順を順守し、また工程の進行とともに刻々と変化する切羽地盤の状態や地下水圧の変化などを監視して適宜対策を行うことにより、近接する鉄道に影響を与えることなく、無事故で工事を完了することができた。また、海外工事でもっとも重要な現地JV相手との管理点の共通認識や作業員との意思疎通も、十分行えたと考えている。

本報告が、今後の同種工事での参考となれば幸いです。

最後に、本工事の施工にあたりご指導、ご支援、ご協力いただいた関係各位に、心より感謝の意を表します。

特集 海外のトンネル工事

オーストラリア パース市に地下鉄を掘る

(株)熊谷組国際支店パース南西鉄道工事所 所長 赤羽清彦

(株)熊谷組国際支店香港KCRCサザンリンク地下鉄工事作業所 副所長 山崎裕司

(株)熊谷組国際支店豪州駐在担当 副部長 相川文宏

表-1 工事概要

工区延長	2,447m
①シールドトンネル(土圧式気泡シールド)	1,498m
トンネル内径	6.16m
シールド径	6.9m
セグメント厚	275mm
②ウィリアム駅	
駅全長	138m
駅幅	22.4m/29.3m
最深部深さ	18m
③エスプラナーデ駅	
駅全長	138m
駅幅	23.5~12m
最深部深さ	14.5m
④パースヤードカットアンドカバー(U字オープン部含む)	327m
⑤フォーショアカットアンドカバー(U字オープン部含む)	715m
⑥既存高速道路アンダーパス	42m
⑦軌道敷設工事, 建築仕上げ工事	一式
主要工事数量	
・連続地中壁(壁厚1m)	9,500m ²
・掘削工	205,900m ³
・杭基礎工(場所打ち750mm径)	319本
・コンクリート躯体	52,760m ³
・鉄筋工	11,500t

1 はじめに

ニューメトロレールプロジェクトは、オーストラリア西部の西オーストラリア州の州都パースにおける、市中心部と約70km南西部の郊外都市マンドラを結ぶ鉄道新線建設工事である。熊谷組は現地大手建設会社レイトン社とJVにて、パース市中心部の地下駅2駅、土圧式シールドトンネル延長約1,500m、開削トンネル約1,100m(オープン部も含む)のシティールール工区を設計・施工にて受注し施工した。

本稿は、本工事における全体工事概要、設計施工体制、各部における技術的および施工上の特徴、および海外地域独特の問題点について報告するものである。

2 工事概要

本工事の工事概要を表-1に示す。

発注者：西オーストラリア州交通局(PTA)

施工者：レイトン・熊谷組JV(55:45)

着工日：2004年2月14日

完成日：2007年9月6日(工期：43か月)

表-1に示すように、本工事は、多種多様な工法を含んでいる。

これらを非常に限られた工期にて設計・施工を行わねばならず、マルチタスクを考慮した工程計画とそれに合わせた設計のスタートダッシュおよび多岐にわたる設計施工工種を束ねるプロジェクトマネジメントが重要であった。

3 土質条件

表-2に主な土質条件を示す。

地下水位は、全エリアで平均して地表面から2mのところにある。ただし、ウィリアム駅からエスプラナーデ駅にかけてはUGU層の下にもう一つの自由水面があり多少複雑な地層を形成している。エスプラナーデ駅からウィリアム駅へのシールド

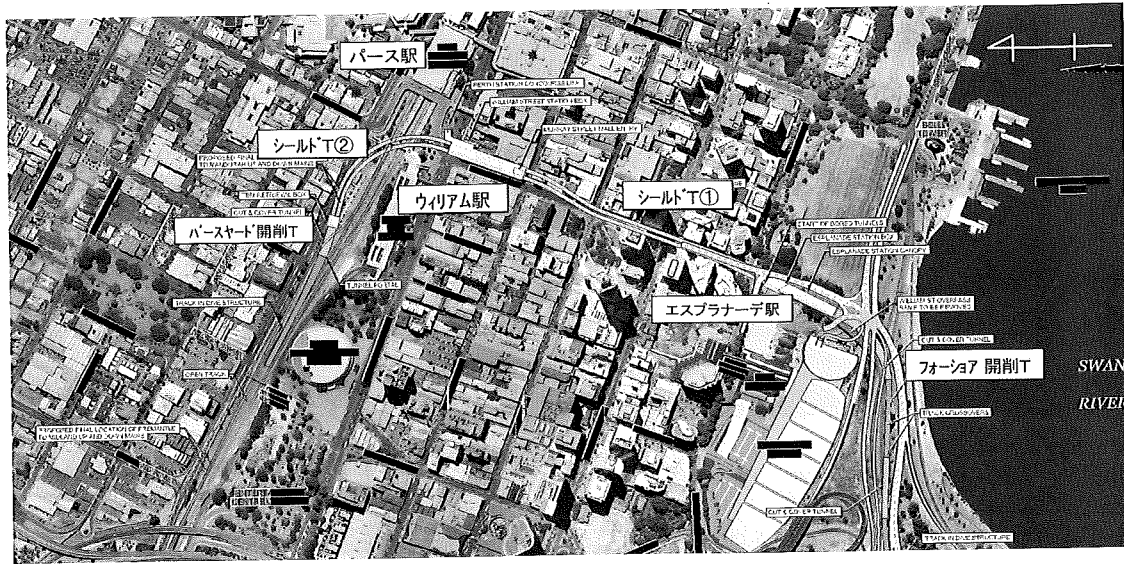


写真-1 工区全景

表-2 土質条件

土質記号	土質名	場所	土質	単位重量 (t/m ³)	弾性係数 (MPa)	c' (kPa)	φ' (degree)	c _v (kPa)
MG	Made Ground(Fill)	全エリア	砂質土	1.80	20~40	0	33	
SRA	Swan River Alluvium	フォーショア	軟弱粘性土	1.45	4.5~0.35RL	0	27	30+2.4kPa/m
LSA	Lake System Alluvium	パーサード ウィリアム北	ビート質軟弱粘性土	1.70	4	0	25	20
SS	Spearwood Sand	パーサード ウィリアム駅、シールドT部	砂	1.90	50~100	0	35	
UGU	Upper Guilford Unit	フォーショアを除く全エリア	シルト質粘性土	2.00	60	0	31	0.6P' _v > 60
GFU	Guilford Formation	全エリア	粘土混じりシルト質砂質土	2.05	100~150	0	34	
LGU	Lower Guilford Unit	パーサードを除く全エリア	シルト質粘性土	1.75	60	6	29	75~120
KPF	Kings Park Formation	全エリア	砂岩	場所打ち杭極限先端支圧		場所打ち杭極限摩擦		
				2MPa(top 2m), 8MPa		350kPa(top 2m), 700kPa		

注：RL パース基準レベル(水面がほぼRL 0 m)

ドトンネル部分は主にGFU層を掘削する。比較的良質の粘性土UGUがトンネル上部に被っており、トンネル掘削においては良好な土質と言える。これに対して、ウィリアム駅から既存パース駅直下を横断し、パーサード到達立坑までは土かぶりが1D以下と浅くなり、主にSS層(砂地盤)を掘削することになる。地下水位も高く、この部分のトンネル施工は、大きなリスクが予想された。このためシールド仕様、土圧管理や加泥材選択など

を含め、本社、技術研究所の協力を得て慎重な施工計画を立てた。

4 シールド工事区間

4-1 シールドトンネル区間の特徴

シールドトンネル工区は、南のエスプラナーデ駅から市中心部のウィリアム駅までのウィリアム駅区間471m(シールドトンネル①)とウィリアム駅から既存パース駅構内、軌道下を通りパーサード

ド開削トンネルに接続するパーサード区間269m(シールドトンネル②)の2工区からなる。いずれも2本の単線断面トンネルで、シールドトンネル施工としては、4本の施工となる。短い区間で4回の発進到達をくり返し、二つの駅および到達部との工程、施工面での調整が大きなポイントとなった。

4-2 施工上の課題と対策

4-2-1 既設グラウンドアンカー対策

ウィリアム通り下の掘削では、路線沿いの高層ビル施工時の仮設山留めグラウンドアンカーの存在が懸念された。発注者による設計トンネル路線は、計画上、アンカーを避けた位置となっているが、掘削径からの距離は近接部で約50~500mmであり、アンカー施工精度から掘削断面に遭遇する可能性が高いと考えられた。

この対策として、入札段階より本社支援のもとでシールドメーカー(三菱重工)と協議し、シールドに切羽前方障害物検知装置(特許申請中)を考案し装備した。また、アンカーがカットへ絡まるリスクを低減するため、バイトカットを隙間のない連続した特殊形状とし、先行カットには障害物対応のシェルカットを配置した(写真-2)。

さらに、アンカー遭遇時の撤去作業の切羽安定、安全、作業性を優先した配慮を可能な限りシールド設計に盛り込んだ。

施工においては、グラウンドアンカー区間で検知装置を稼働させるとともにカット回転方向をア

ンカーをはじく方向に設定しカットトルクを注視しながら掘削した。

検知装置による検知はなかったものの、一時的なカットトルクの異常高が何回か発生した。しかし、いずれも掘削に問題になるような事態にはならなかった。

4-2-2 建物直下掘削

ウィリアム駅の南側においては、東側トンネルで107m、西側トンネルで53mが既存建物直下(RC 5階建てビルを含む)の掘削となる。いずれもパース市メインストリートで店舗として営業しており、建物構造(基礎杭なし)への影響のみならず店舗営業への影響を最小にすることが求められた。建物の現状調査、施工による影響を検討し防護工が必要との結論に達したが、区画現状より建物内に入って、あるいは周辺から効果的な地盤改良を施工することは困難であった。このため同じような条件でヨーロッパでの施工例があるコンペンセーショングラウト工法(Compensation Grouting Method)を採用した。

コンペンセーショングラウト工法は、防護構造物地下に水平ボーリングで注入パイプを1.5~2m間隔で設置し、改良体の層を砂層内にカーペット状に形成し、シールド通過時に同時計測で構造物の挙動を監視しながら、沈下が生じた場合に当該位置の注入パイプからのグラウトにより地盤を隆起させ沈下をcompensate(償う、補う)する工法である。本件のような広範囲の地上構造物の経済的防護工として開発されたもので、アントワープ駅直下トンネル、ロンドン地下鉄などの施工例がある。

実施工においては、シールド通過による地上部の挙動を3mm以下に抑えることができたため、あえて2次注入(コンペンセーショングラウト)を実施する必要が生じなかった。これは、切羽圧管理、裏込め管理により沈下を設計設定よりはるかに小さく抑えられたことと、一次グラウトによる改良層による効果があったと考えられる。

4-2-3 パースヤード区間の気泡シールド施工

パーサード区間は、歴史的建造物に指定され

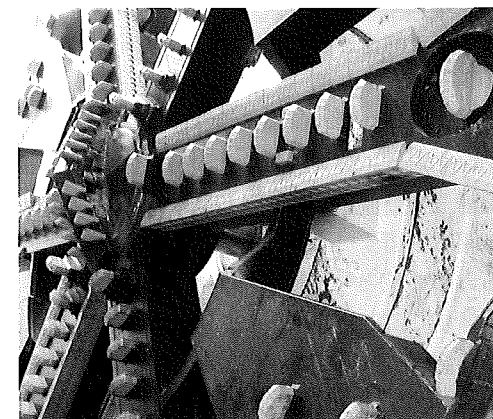


写真-2 シールドカット

ているホースシュー陸橋下を通過し、パース駅プラットホーム、営業線直下の掘削(ほぼ土かぶり1D)に引き続いてパース駅北側で土かぶりが1D以下で最小135mの曲線施工となる当工事でもとくに厳しい施工条件であった。

さらに到達部直前では、道路直下で既存下水管(800mm径)に600mmまで近接し営業鉄道軌道から12mの位置の開削部に到達するため、緊張の連続が強いられた。

この区間においては、構造物仮受け補強、地盤改良、軌道受け換えなどが検討されたが、関係各機関より鉄道、地上交通に支障をもたらさない施工を強く求められたため、大掛かりな防護工なしで安全な掘削が可能かを検討した。その結果、気泡加泥材管理と土圧管理を地上のリアルタイムモニタリングと緻密に連携させ、シールドの運転も厳密に行う総合施工管理により地盤改良なしで安全な施工は技術的に可能であると判断された。

建物下通過と同様の厳しい施工管理体制、リアルタイム計測システムを設置するとともに軌道安全管理者が24時間、軌道・プラットホームの変位監視・連絡体制を構築した。

リスクマネジメントとしては、考えられるリスクを抽出しそれぞれに対するリスク評価、対策を立案したうえで、発注者、鉄道局、パース市当局、警察、消防、水道局などの関係機関も含めてリスクワークショップ(検討会)を実施し、リスクとその対応策、体制の確認を行うという万全のリスク管理体制のもとで施工を開始した。

駅構内、軌道下掘削では、警戒レベルが10mmに設定されたが、実施工ではおおむね3~5mmとなり軌道、構造物、地下埋設物への影響なく無事貫通することができた。

5 開削工事区間

5-1 パースヤード開削トンネル

パースヤード開削トンネルは既存の営業線の狭いエリアに新線を構築するものである。この部分の技術的特徴は、

- ① 鉄道営業線および商業地が近接しているた

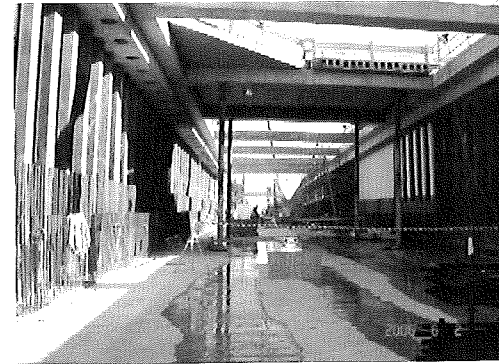


写真-3 セミトップダウン工法

め低振動無騒音の圧入式サイレントパイラーを使用したシートパイルの打設

- ② 浮き上がり防止杭として、簡易な鋼製スクリーnpayル、および仮設シートパイルの本設使用
- ③ オープンセクションの構築で、シートパイルを利用した、セミトップダウン工法の採用。これにより、仮設切梁を減らし外壁の構築を簡易にし、急速施工が可能となった。写真-3にセミトップダウン施工状況を示す。

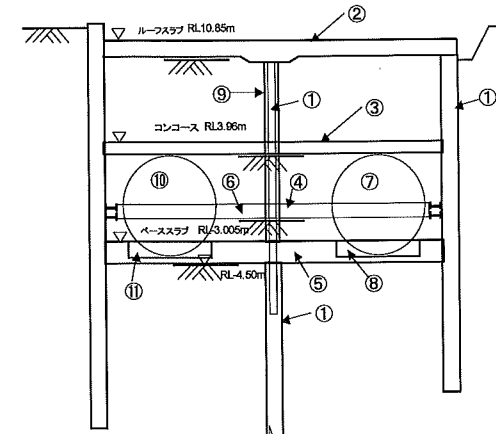
5-2 ウィリアム駅と歴史的建造物のアンダーピニング

ウィリアム駅は、市中心部のパース駅の連絡駅となる。既存の建造物を撤去し、連続地中壁を施工、トップダウン工法(逆巻き)にて施工した。ウィリアム駅の技術的特徴は、

- ① 連続地中壁(壁厚1m、深さ30m)を利用した逆巻き工法による工期短縮
- ② 歴史的建造物であるウェリントンビルのアンダーピニング

図-1にウィリアム駅施工手順概念図を示す。

アンダーピニングには本設の上床スラブを利用、仮設構造物をほとんど使用しない工法を考案しコスト削減を図った。また、この上床スラブを支持するための杭としてマイクロパイル(先掘り小口径鋼管杭)工法を採用し、ビル内部の限られた空間での杭基礎施工を可能とした。図-2にアンダーピニングの施工手順図を、また写真-4、5にアンダーピニング状況を示す。



- ① 連続地中壁、バレット杭施工、中間杭をバレット内に建て込み
- ② 上床スラブ下面まで掘削、上床スラブ打設
- ③ コンコーススラブ下面まで掘削、コンコーススラブ打設
- ④ 仮設切梁下面まで掘削、仮設切梁・腹起こし架設
- ⑤ 底床下面まで掘削、シールド移動用のリセスを設けて底床スラブ打設
- ⑥ 仮設切梁、腹起こし撤去
- ⑦ シールド駅内移動(1本目)
- ⑧ 底床リセス部コンクリート打設(1本目)
- ⑨ 本設コンクリート柱打設、鋼製中間杭は柱の中に埋め込み
- ⑩ シールド駅内移動(2本目)
- ⑪ 底床リセス部コンクリート打設(2本目)

図-1 ウィリアム駅逆巻き工法施工手順

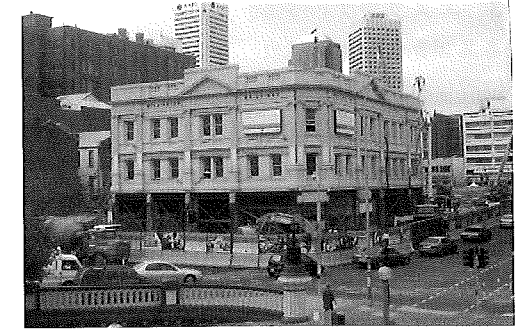


写真-4 ウェリントンビル・アンダーピニング全景

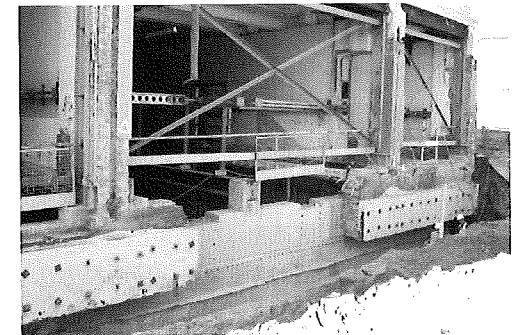


写真-5 アンダーピニング・クランピング状況

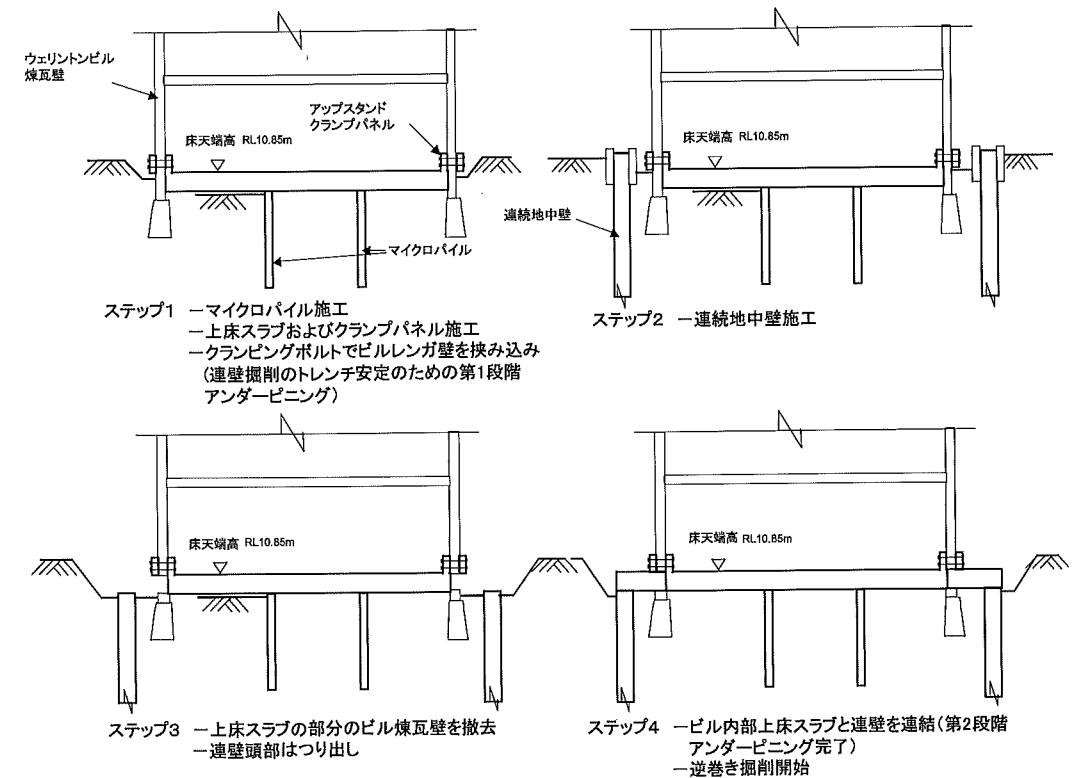


図-2 ウェリントンビル・アンダーピニング施工手順

5-3 エスプラナーデ駅

エスプラナーデ駅はウィリアム駅の約500m南に位置し、駅の構造は完全に地下に隠れる北側部を除いてU字型のオープン構造で、鉄骨の屋根が架けられる。図-3にその断面図を示す。駅北側30mはシールドの発進立坑として使われるため幅を広くとった。エスプラナーデ駅の技術的特徴は、

- ① 施主であるPTAと交渉し、駅に1%の縦断勾配を設けることにより、南側のフォーショア開削トンネルの掘削深さの減少
- ② 駅構築そのものは、通常の鉄筋コンクリート造でシートパイル、鋼製切梁を使用したボトムアップ工法を採用
- ③ 駅中央北部に2m径2本の排水管を始めとする既存の埋設管が4本あり、それらを現位置にて支持、駅構造物に収納
- ④ 浮き上がり防止に750mm径の場所打ち杭を使用

掘削においては、発進立坑部がクリティカルであったため立坑部と駅本体部を二分して掘削、構築を行った。その際、両者の掘削深さが異なるため、立坑部と駅本体部間にアンバランスな力が働く。これを本設の立坑構造物で受けようと当初計画したが構造物そのものの完成が遅れ重量を確保できず、杭もその横抵抗力が不足しているため、受けられないという事態になった。このアンバランス力を両側の腹起こしの軸力とおとしてシートパイルに伝達しシートパイルと地盤の摩擦力を利

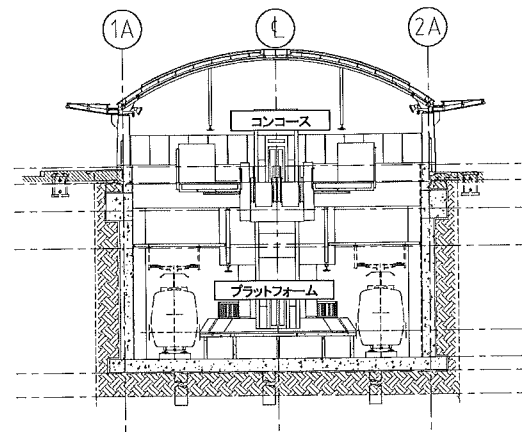


図-3 エスプラナーデ駅断面図

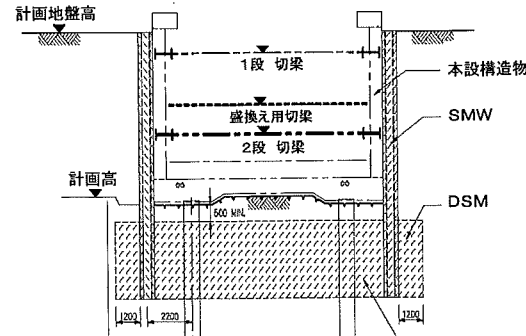


図-4 エスプラナーデ駅山留め概念図

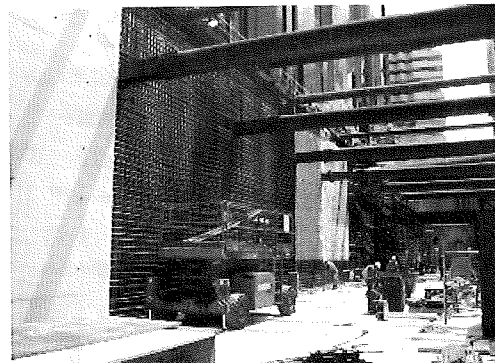


写真-6 エスプラナーデ駅施工状況

用して受けるという方法を本設計者、仮設計者、現場チーム一体となって検討し、解決することができた。この概念図を図-4に示す。

切梁は鋼管を使用し水平間隔をできるだけ大きく取り、また中間杭の本数を極力減らした。壁の鉄筋は地上で組み立てたものを切梁の間に挿入する形で建て込み、足場や鉄筋工の人工数を減らすことができた。

写真-6に駅建設中の状況を示す。

5-4 フォーショア開削トンネル

エスプラナーデ駅の南側、スワン川に面するフォーショアエリアは、主に1960年代に川の一部を埋め立てた区域で、ここに開削トンネル164m、オープンセクション140mを挟んで再び開削トンネル110m、残り一部Freeway下をくぐるアンダーパスを挟んで約340mのオープンセクションを構築する。このエリアはSwan River Alluvium (SRA)と呼ばれる軟弱粘土が深さ約7~23mにわたって厚く堆積しており、この軟弱粘土対策が一つの重要なファクターであった。このエリアの技

目を設けず連続体として設計を行った。

パレオチャンネル部分は、DSM工法による先行地中梁を施工し、SMW工法により山留め壁を施工した。写真-7に掘削中の状況を示す。

6 ユニオン問題

当工事では、ユニオン(労務者の労働組合)のストライキが当初予想していた以上に頻発し、遅れが生じた。スト以外においても直接、間接的なユニオンによる工事妨害活動が起き、工事進捗に深刻な影響を与えた。またオーストラリア全体の好景気に支えられた建設ラッシュによる経験あるエンジニアの不足、労働力不足、賃金増加などの政治的社会的な問題が、当工事にも大きく影響した。ユニオン問題に関しては2005年11月に連邦政府施行による法律が発効され、ユニオン活動が原則禁止となり大きく改善された。

2007年9月6日に当工区は、完成し引き渡しを完了している。州鉄道局では、10月に営業を開始すべく調整、試運転に追われている。

7 おわりに

本プロジェクトは、豪州において熊谷組として四つめのトンネル工事である。シールドトンネル工事においては過去の施工経験より現地スタッフ中心のトンネル施工体制を作ることができ、日本人職員との協調体制で厳しい施工条件下においても順調な施工結果を得ている。他の部分においても現地レイトン社スタッフと現地の習慣、経験の差異などで多少の摩擦を経験したが、それを糧として協力体制を築きあげることができた。

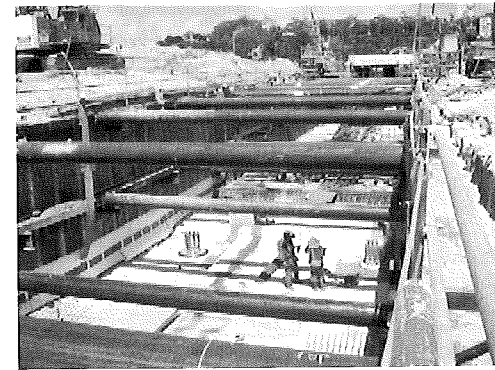


写真-7 SMW, DSM工法による山留め部施工状況

術的特徴は以下に要約される。

- ① パレオチャンネルと呼ばれる以前谷間になっていた部分にSRAがとくに深く堆積しており、鉛直方向だけの沈下だけでなく将来120年にわたる側方流動も考慮に入れた基礎、構造物設計が必要であった。
- ② SRAがとくに厚く堆積する部分の掘削においてはヒービング対策、根入れ安定のため一部SMW (Soil Mixed Wall) 工法を使用し、先行地中梁としてDSM (深層混合処理工法) を施工した。その他の部分の掘削は通常のシートパイル山留めおよびオープンカットにて行った。

SRAは将来120年にわたり、最大150mmの沈下、川に向かう側方流動最大30mmが予測された。構造物は750mm径の場所打ち杭で鉛直方向に支持され、杭は30mmの側方流動に対する水平移動に十分抵抗する強度を持つようにした。構造物は平面的に弓のような形状となっており、側方流動による水平力、杭との相互作用などを考慮し、途中で伸縮継

続 きみの庭にも温泉が出る

その後の温泉開発と建設の考え方

石井康夫・俣野恭寛 共著 新書判 217頁 本体定価 1,200円 (〒210円)

株式会社 **土木工学社**

〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16メジャー神楽坂
電話 (03) 3267-2888 (代) 振替 00110-8-190072

トンネル ジャーナル

TUNNEL JOURNAL · TUNNEL JOURNAL · TUNNEL JOURNAL · TUNNEL JOURNAL

CALIS/EC MESSE 2008

日本建設情報総合センターと港湾空港建設技術サービスセンターは共同で、CALIS/ECならびに建設ICTにかかわる技術・製品・動向などの最新情報を一堂に集めた展示会・セミナー「CALIS/EC MESSE 2008」を開催する。

会場はTFTホール(東京都江東区)、会期は2008年1月24日(木)、25日(金)の2日間。

第7回目を迎えた今回は、テーマに「業務改善から生産性向上へ」—CALIS/ECが実現する建設生産システムの明日—」を据え、CALIS/ECシンポジウムや各種セミナー、展示会を企画している。

よいたいトンネルが貫通

兵庫県が1999年度から事業を進めていた県道塩田一宮線よいたいトンネルが、このほど貫通した。延長409m、内空断面55m²のNATMトンネル。

同線は、宍粟市山崎町与位、清野地区と国道29号を接続する道路で、集落が密集する与位地区から国道29号へ至る現道は、道路幅員が4m程度と狭隘で円滑な通行に支障をきたしているほか、大雨時には揖保川の越水によりたびたび通行不能となるなど、地域の安全・安心が十分確保されていない状況にある。

獅子落洞門が開通

福島県が事業を進めてきた柳津昭和線において、このたび獅子落洞門(733.0m)、大谷滝沢橋(10.8m)を含む琵琶首工区1.06kmが開通した。

同線は、河沼郡柳津町大字郷戸を起点として大沼郡昭和村大字小野川に至る延長約28kmの道路。このうち柳津町大字琵琶首地内は、本路線最大の難所で、「獅子落」と呼ばれ

る狭隘区間があり、さらに平面線形が悪く、急勾配であるため、自動車の円滑な通行に支障をきたしていた。

平福トンネル開通

札幌市が事業を行っていた、平福トンネルを含めた市道平福線約1.1kmが開通した。

平福トンネルは延長138mの開削トンネル。同線は山間部に位置していることから、急勾配のうえに、急カーブが連続しているため、冬期間は通行止めになっていた。また近隣の交通需要の増加に伴う渋滞も問題となっていた。このたびの開通に伴い通年通行が可能となり、渋滞の緩和が期待される。

金八トンネルが貫通

北海道が整備する紋別市と遠軽町丸瀬布を結ぶ道道紋別丸瀬布線金八トンネルの貫通式が行われた。延長1,752m、内空断面49.0m²の山岳工法トンネル。

同路線の行政界に位置する金八峠の約9km区間は、幅員4mと狭小な砂利道となっており、急勾配、急カーブといった条件から冬期間通行止めとなり、1年の半分近くは通行止め、また大型車は通年通行ができない状態となっていた。

九州新幹線筑紫トンネルが貫通

鉄道・運輸機構が整備を進める福岡県那珂川町と佐賀県鳥栖市に位置する筑紫トンネル(11,935m)で貫通式が行われた。

同トンネルは梶原工区(3,150m)、南畑工区(3,385m)、河内工区(3,065m)、山浦工区(2,335m)の4工区からなり、平成14年に河内工区で掘削を開始した。

建設地となる福岡県と佐賀県の県境の脊振山地は、主として花崗岩か

らなり、発破によるNATMで掘削された。同トンネルは博多〜鹿児島中央間で一番長いトンネルとなる。

養老伊根バイパス
(第2工区)開通

京都府が整備を進めている国道178号養老伊根BP(第2工区)が一部供用開始した。伊根トンネル(819m)を含む1.7km区間。

養老伊根バイパスは、宮津市岩ヶ鼻から伊根町平田間の人家が連坦する未改良区間をバイパスする延長4.7kmの2車線道路。すでに、第1工区(2.3km)が供用され、第2工区(2.4km)の整備を引き続き進める。第2工区の残り分は2009年度末までの完成を予定しており、丹後半島1周の利便性が向上するなど観光産業の活性化に期待される。

阪神高速京都線
稲荷山トンネル貫通

阪神高速道路が建設している京都高速新十条通の「稲荷山トンネル」東行車線が貫通した。

トンネルは全長約2.5kmのうち、一部が琵琶湖疏水の4m下を通過することなどから、900m区間についてシールド工法を採用、このたびシールドが貫通した。

国道13号上山バイパス
中川トンネル貫通

山形河川国道事務所が整備をすすめる国道13号上山BP中川工区の中川トンネル(947m)が貫通した。

同BPは、国道13号の狭小区間における交通混雑の解消などを目的として整備している延長17.2kmのバイパスで、これまでに11.7kmが開通。同トンネルを含む残る5.5kmについて、工事を進めており、全体の供用は平成21年度を予定している。

特集 海外のトンネル工事

ラオス ナムツン2水力発電
プロジェクトの導水路トンネル

西松建設(株)ナムツン2出張所副所長 仲野 義 邦

1 はじめに

ラオスでは、1970年代から隣国タイへの売電による収益を目的として水力発電事業が行われてきた。同目的で建設された発電量15~21万kW規模の水力発電所がすでに同国で3か所稼働している。

ナムツン2水力発電工事は、ラオス中東部に広がるナカイ台地と東部の平野部の標高差357mの地形を利用し、総発電量108万kWの水力発電所を建設する工事である。

本稿では本工事でナカイ台地に造形されるダム湖と発電所を結ぶ導水路トンネル建設工事について報告する。

2 工事概要

2-1 ナムツン2水力発電工事の概要

ナムツン2水力発電所は、ラオスの首都ビエンチャンから東南東におよそ350kmに位置し、ラオス中東部のナカイ台地と東部の平野部にかけて建設される(図-1)。土木工事は、重力式ダム(堤高39m、堤頂長437m)、開削導水路および道路改修工事を含まるCW1工区、取水口、導水トンネル一式、発電所建設工事を含まるCW2工区、発電所から調整堰、放流水路および放水路トンネルを建設するCW3工区に分かれている(図-2)。

CW1工区の主工事である重力式ダムがナカイ

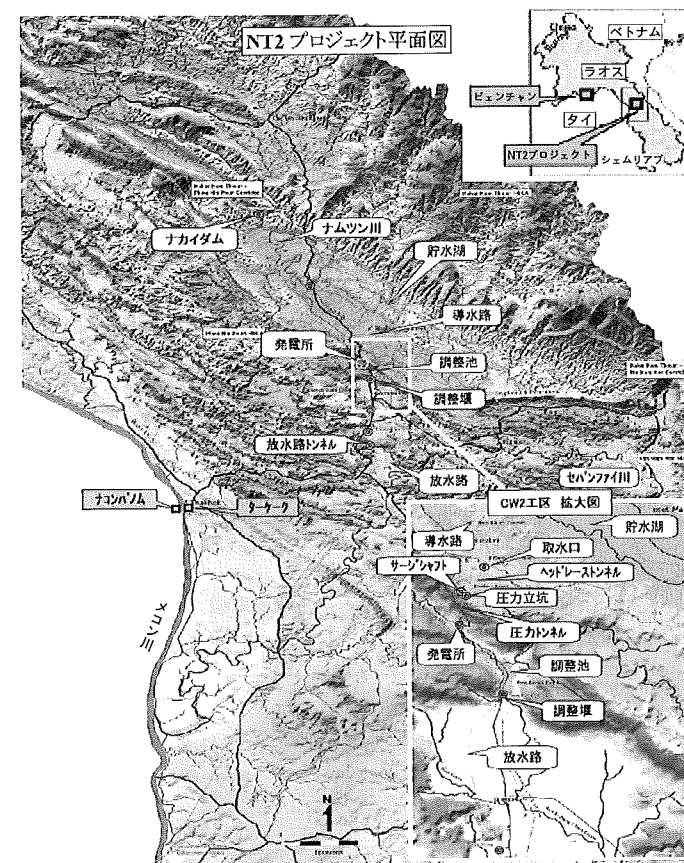


図-1 ナムツン2水力発電工事位置図

台地を北西に流れるメコン川の支流ナムツン川に建設されると、貯水量36億m³、貯水面積450km²(琵琶湖の2/3の面積に相当)のダム湖が造形される。

このダム湖の水はダム湖の上流から延長4kmの開削水路によって、標高EL540のナカイ台地の東端に建設される取水口まで導水され、導水路トンネルにより標高EL183の東部平野の西端に建設

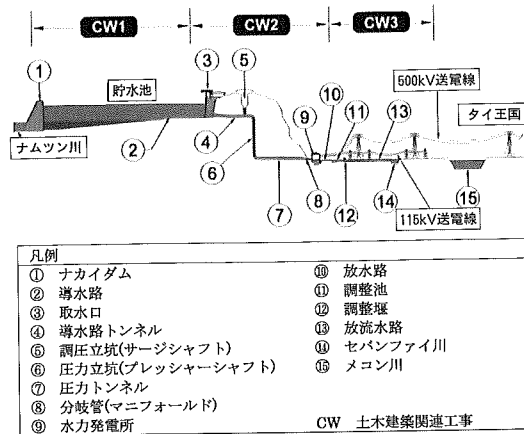


図-2 CW1, 2, 3 工事区分図

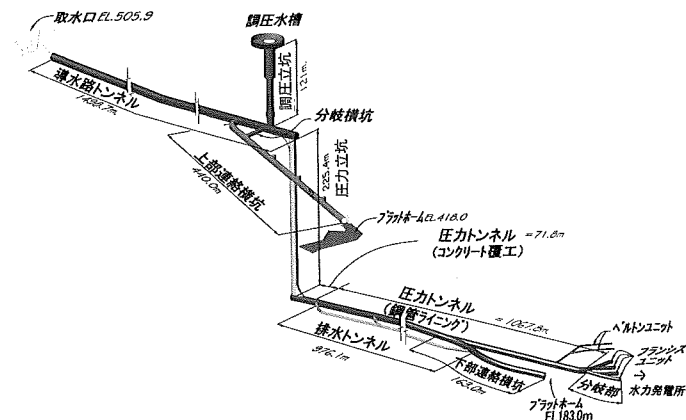


図-3 導水路トンネル鳥瞰図

表-1 各トンネル諸元

トンネル	延長/深さ	掘削断面	仕上がり内径	二次覆工厚さ
上流連絡横坑	428m	44.5m ²	φ7.7m	吹付けコンクリート
導水路トンネル	1,498m	85.1~91.4m ²	φ9.2m	コンクリート t=600mm
圧力調整立坑	上部50.0m	181.5m ²	φ13.9m	コンクリート t=650mm
	下部70.8m	73.9m ²	φ8.8m	コンクリート t=450mm
圧力立坑	225m	78.5~85.0m ²	φ8.8m	コンクリート t=550~750mm
	74.6m	90.8m ²	φ8.8m	コンクリート t=750mm
圧力トンネル	1,065m	57.1m ²	φ7.15m	鉄管裏込め t=600mm
	50~80m	7.18~78.18m ²	φ8.8~1.8m	鉄管裏込め t=600mm
排水トンネル	976m	10.9m ²	φ3.5m	吹付けコンクリート
下流連絡横坑	140m	54m ²	φ7.95m	吹付けコンクリート

される発電所に送られ、標高差357mの地形を利用して総発電量108万kWの電力を生み出す。発電後の放流水は、東部平野を南北に流れるナムカタン川および新設する延長27kmの放流水路に流れ、もう一つのメコン川の支流セバンファイ川を流下してメコン川下流に注ぐ。

工事は2004年10月より準備工事に着手し、2005年5月より本工事の着工となった。2007年9月末時点での工事進捗率は68%である。

今後は、2008年6月の湛水試験、トンネル通水試験、11月の下流放流試験を経て、2009年に通電試験を行い、工事全体として2010年4月の完成を目指す。

2-2 導水路トンネルの工事内容

一般に水力発電の場合、取水口から発電所まで水を導くトンネルを称して導水路トンネルというが、本工事では上流導水路トンネル、圧力調整立坑、圧力立坑、圧力トンネル、分岐トンネルに区分している。また、圧力トンネルと平行して圧力トンネル周辺の地下水圧を下げるための排水トンネルがある。

導水路トンネルの鳥瞰図を図-3に、各トンネルの諸元を表-1に示す。

3 地質概要(トンネル部)

取水口から発電所の山地構成岩体は、二つの地質時代にまたがって形成されている。取水口から上流導水路トンネルの上流連絡横坑との交差部付近までは、白亜紀前期に形成された基盤上に位置し、泥岩層、シルト岩層、砂岩の互層からなっている。また、上流連絡横坑との交差部から下流の圧力調整立坑、圧力立坑、圧力トンネル、排水トンネルは、中生代のジュラ紀中期～後期に形成された約1,100mの厚い基盤上に位置し、この基盤も泥岩層、シルト岩層、細～中粒の砂岩の互層からなっ

ている。事前調査でRQDは60~90以上あり非常に堅硬な岩盤を予想していたが、上流導水路トンネルでは水平方向の節理が発達しているため、天端部の安定が悪く、吹付けコンクリート施工後も岩盤表層の剥離があった。

4 導水路トンネル工事

4-1 工事の経過

導水路トンネル工事の実質工期は、2004年12月の工事着手から2008年6月のトンネル通水試験までの約3年半である。2004年12月に発電所西側から、圧力トンネルと排水トンネルへの下流連絡横坑掘削から着手し、2005年5月に上流導水路トンネルへの上流連絡横坑掘削、2005年9月から上流の取水口から上流導水路トンネルの迎え掘削をそれぞれ開始した。2007年4月に立坑を含めすべてのトンネルの掘削を完了し、現在各トンネルの二次覆工および圧力トンネルの鋼管据え付け作業を継続中である。

4-2 掘削工

各トンネル掘削の掘削方式、主要機械、および掘削実績として最大月進と平均月進を表-2に、標準支保パターンを図-4にそれぞれ示す。

4-2-1 上流導水路トンネル・圧力トンネル

掘削は下流連絡横坑、上流連絡横坑、上流取水口の3坑口から施工した。すべてのトンネルにおいて支保型式はNATM、掘削は発破工法、ずり

運搬はタイヤ工法で行った。

上流導水路トンネルと下流の圧力トンネルの本線は、仕上がり断面が円形断面であるが、掘削の

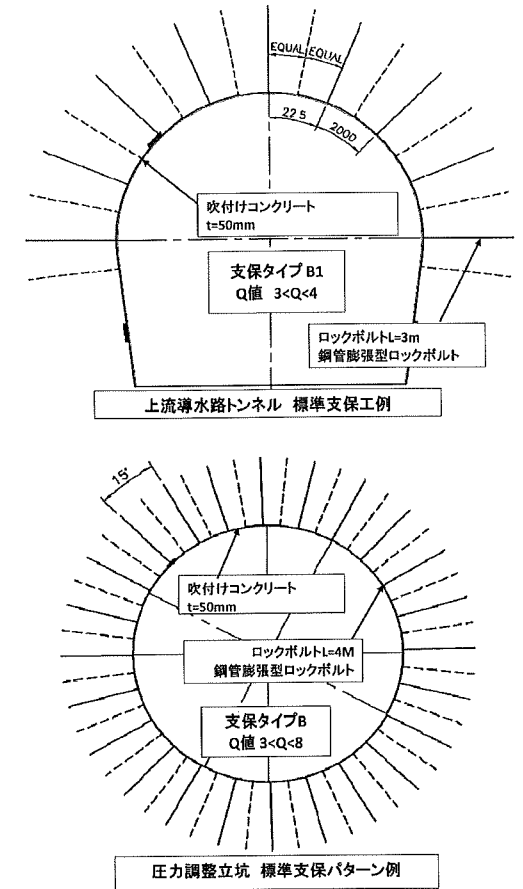


図-4 標準支保パターン例

表-2 各トンネルの主要機械および掘削実績

トンネル名称	上流導水路トンネル	圧力調整立坑	圧力立坑	圧力トンネル	排水トンネル
掘削工法	上半先進工法	上半先進工法	全断面	上半先進工法	全断面
穿孔機械	アトラスL2C	アトラスROC203	アトラスROC203	アトラスL2C	古河
	2B×1G-半自動コン	1B空圧クローラー	1B空圧クローラー	2B×1G-半自動コン	2B×1G
ずり積み	WA350	WA450	PC228US	シャフローダー KL-41	シャフローダー KL-15
	2.6m ³	3.2m ³	0.7m ³	300m ³ /hr	150m ³ /hr
ずり運搬	30t HD285	30t HD285	ズリトロ	30t HD285	20t DUX
吹付け	アリバ263+Potenza	アリバ285	アリバ285	MEYCO Suprema	アリバ285
平均月進量 (m/月)	上流: 94 下流: 116	22	20	上半: 140 下半: 230	70
最大月進量 (m/月)	上流: 180 下流: 150	27	40	上半: 180 下半: 280	108

作業効率を考慮し馬蹄形断面に変更した。掘削工法は上半先進工法を採用し、一発破削孔長3.5～4.5mの長孔発破で切り進んだ。

本工事では、通水後の内水圧をトンネル周辺岩盤にできるだけ負担させ、さらには水の流出を軽減させる目的でコンタクトグラウト、コンソリデーショングラウトを実施する。そのため発破による周辺岩盤の損傷を抑制することが重要である。またそのことは、覆工後のグラウト量の軽減、工程の短縮にも貢献する。したがって本工事では、周辺孔にスームブラスティング工法のひとつであるクッションブラスティング工法を採用するとともに、周辺孔および導水路トンネル上流部で実施する下り勾配9.89%の発破孔の穿孔精度を上げるため、半自動コンピュータ2ブームジャンボを使用した。

トンネル発破に使用する爆薬は、ラオス国内で販売されている中国産の含水爆薬を使用した。電気雷管は不良品が多いためマレーシアからノネル雷管を輸入した。

4-2-2 圧力調整立坑・圧力立坑

圧力調整立坑および圧力立坑は、上流導水路トンネルと下流の圧力トンネルの掘削完了後、レイズボーラーにより大口径ボーリングを行い、段切り掘り下がり発破により掘削した。ボーリング機械は、KOKENのBM-150Aを使用した。ボーリング機械の仕様を表-3に示す。

大口径ボーリング工完了後に設置した各立坑の上部の昇降設備を写真-1, 2にそれぞれ示す。

4-2-3 分岐トンネル鋼管搬入立坑

下流の分岐トンネルの鋼管は工程上、下流連絡横坑からの搬入が困難であった。そのため大分岐

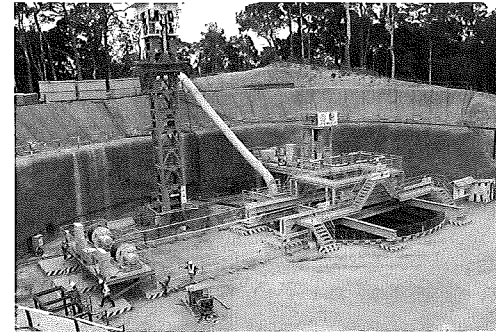


写真-1 圧力調整立坑上部昇降設備



写真-2 圧力立坑上部昇降設備

管上部に直径12.15m、深さ12.6mの鋼管搬入立坑を掘削した(図-5)。

立坑の位置が発電所のすぐ裏で、すでに発電所半地下部の構築が始まっていたため、発破による飛石防止を考慮する必要があった。また通常の掘り下がり掘削では、ずりの搬出に時間がかかるため、分岐トンネルの掘削完了後、クレーターカット工法で発破掘削した。

クレーターカット工法は、上部からすべての発破孔を一度に全深長穿孔する。通常は第1段の発破で切り上がる最下部にクレーターをつくり、そのクレーターの側面を自由面としてステージ発破を行う。本工事では発破の精度を上げるためにボーリング機械でφ280mmのパイロットホールを立坑中央に2本先行ボーリングし、1ステージを3.3mとして4ステージで発破した。すべてのステージが完了後、発破ずりはホイールローダーとダンプトラックにより下流連絡横坑を経由して迅速に坑外に搬出することができ、発破による飛石もまっ

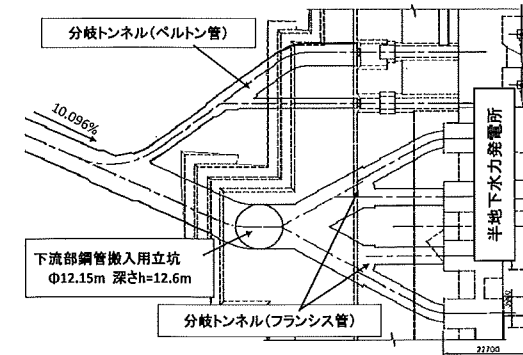


図-5 下流部鋼管搬入立坑位置図

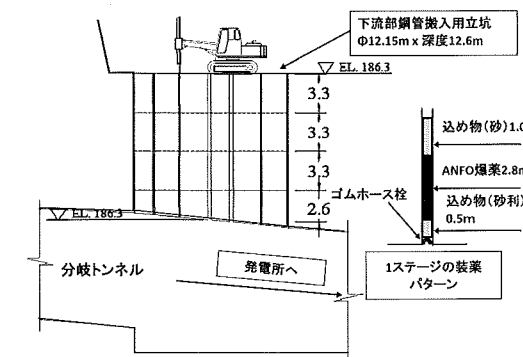


図-6 クレーターカット工法ステージ割りおよび装薬パターン

図-6にクレーターカット工法のステージ割りと装薬パターンを示す。

4-3 コンクリート覆工

4-3-1 本線横坑コンクリート覆工

トンネル本線のうち上流導水路トンネル全線と圧力トンネルの上流部L=74mの横坑部の二次覆工は、コンクリートライニングで設計されている。上流導水路トンネルはコンクリート覆工断面をインバートと上下半に分け、それぞれ自走式移動型枠で打設を行っている。とくに導水路トンネルの上流部9.89%勾配区間では、型枠の自走モータ後方にシールド用ジャッキを取り付け、押し出し装置によって型枠を移動させた。写真-3に上流導水路トンネルの二次覆工写真を示す。

圧力トンネル上流74m区間は延長が短い。型枠セントルの搬入・搬出路が断面11m²の排水トンネルしかないため、鋼管部とのすり付け区間にも転用できる全断面簡易スライドセントルでの打設を計画している。



写真-3 上流導水路トンネルの二次覆工

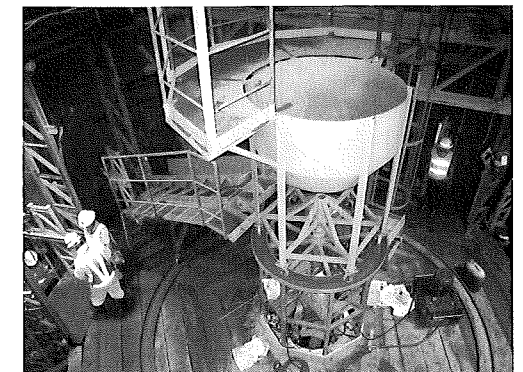


写真-4 スリップフォーム回転シュート

4-3-2 立坑コンクリート覆工

(1) 垂直部コンクリート覆工

立坑の垂直部のコンクリート覆工は下部ベンド部のコンクリート打設後、スリップフォームによる連続打設で施工する。すでに打設を完了した圧力調整立坑では、容量3.5m³のバケットを立坑上部のタワークレーンで吊り降ろし、スリップフォームのメインデッキに設けた回転シュートにコンクリートを受けて打設した(写真-4)。

(2) ベンド部コンクリート覆工

圧力調整立坑の下部および圧力立坑の上下部は、それぞれR=10mとR=25mの曲線で上部導水路トンネル、圧力トンネルに接続している。このベンド部分は、円形断面中心の曲線に沿って設置したガイドレール上を移動する全断面円形型枠で打設した(写真-5、図-7)。

ベンド部の1回あたりの打設長を2.6m(円形断面センター)とし、圧力調整立坑は6回打設、圧力

表-3 ボーリング機械BM-150Aの仕様

項目	実績	BM-150A仕様
ボーリング深	圧力調整立坑 109.5m 圧力立坑 212.3m	200~300m
パイロットホール径	φ270	φ270
掘径	φ350	φ350
リーミング径	φ1,850	φ1,470, 1,770, 2,070

立坑下部ベンドは15回打設に分け、鉄筋組みも含めほぼ4日サイクルで打設した。圧力立坑上部ベンド部も下部ベンドの型枠を転用する計画である。型枠の移動方法は、圧力調整立坑の場合、上部の15tタワークレーンと滑車の組み合わせで行い、圧力立坑ではベンド部の曲がりが大きいため油圧ジャッキによる自走式とした。この方法により全体の鋼材量を減らし、ベンド内での型枠の組み立て、解体作業にかかる時間を軽減することに成功した。圧力立坑と上流導水路トンネルのすり付け区間L=5mもこの型枠を転用する計画である。

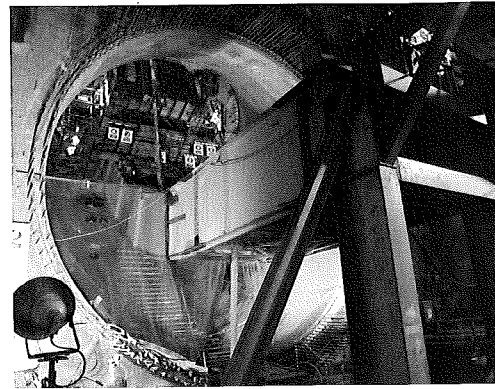


写真-5 立坑ベンド部移動型枠

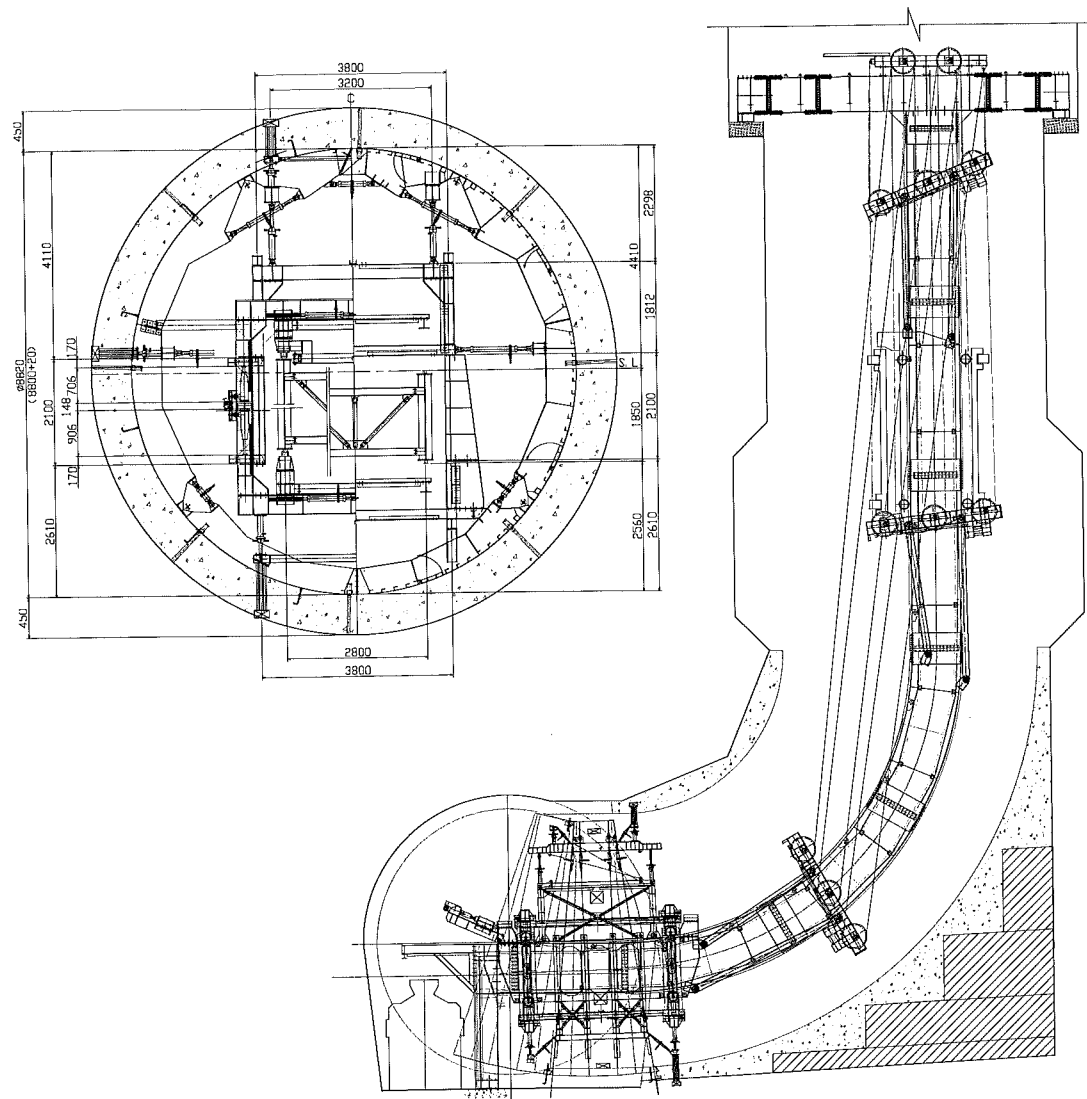


図-7 立坑ベンド部移動式型枠

4-4 圧力鋼管部の施工

圧力トンネルの1,065mと分岐トンネル50~80m×6本は圧力鋼管を設置し、地山と鋼管の空隙は裏込めコンクリートを打設する。鋼管製作用の鋼板は、日本の製鉄メーカーより隣国タイに一度輸入し、タイの製管工場で一般部管長3mの円形半割り管を製作し、ラオスの現場製管工場まで陸送した。

現場製管工場ではこの半割り管を溶接で3mの円形管にし、また3m管2本を溶接でつなぎ長さ6mの円形鋼管を1ユニットとして坑内に搬入した。一般部の円形鋼管には、19~56mmの高張力鋼板(SUMITEN610)が使用されている。

6mの長さに溶接された鋼管は、工場で二重塗装した後、現場製管工場横で台車に移され、圧力トンネル坑内まで敷かれた軌道上を電気機関車で押して搬入した。坑内に搬入後、スパイダーと呼ばれる鋼管内部支保工(写真-6)に取り付けたジャッキと鋼管受けサポートに取り付けた油圧ジャッキを使って鋼管の芯円および位置を調整する。裏込めコンクリートは1回の打設長12mを標準長とし、3台の6m³アジテーターカーで運搬し、電気式コンクリートポンプで圧送打設した。1回あたりのコンクリート打設量は約200m³であり、打設面積が大きいので、流動化剤と硬化遅延剤を組み合わせたコンクリートの配合を設計した。

分岐トンネルには5か所の分岐があり、それぞれの管径は、φ7.15m/φ5.08m(大分岐1か所)、φ5.08m/φ3.60m(小分岐2か所)、φ7.15m/φ

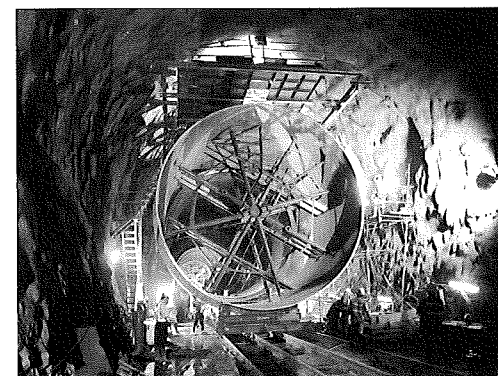


写真-6 圧力鋼管と内部支保工

2.55m(ベルトンとの分岐1か所)、φ2.55m/φ1.80m(ベルトン1と2の分岐)である。この分岐管は日本の工場で作成し、現場に運搬後組み立てた。

4-5 グラウト工

水力発電の場合、導水路トンネルに高い水圧がかかるため、地山とコンクリート、コンクリートと鋼管の間隙を充填するコンタクトグラウトおよび地山へのコンソリデーショングラウトが必要とされる。各トンネルのグラウト管理基準を表-4に示す。

上流導水路トンネルおよび立坑部は、コンクリート天端部のボイドグラウト、地山とのコンタクトグラウトを兼ねたコンソリデーショングラウトが行われる。鋼管部においては裏込めコンクリート打設後、コンクリート天端部のボイドグラウト、地山とコンクリートの空隙を充填するコンタクトグラウトおよびコンクリートと鋼管の空隙を充填するコンタクトグラウトの順で施工する。

本工事の特徴として圧力トンネルと平行する排水トンネルを挙げることができる。このトンネルは以下の目的で設計されている。

- ① 鋼管内の水を排水したときに鋼管が座屈しないように、鋼管周辺の地下水圧を低減させるドレーン孔を穿孔するための作業坑。
- ② ドレーン孔で集めた地下水を坑外へ排水する排水トンネル。
- ③ 圧力立坑の掘削ずりを坑外へ搬出するためのアクセストンネル。

ドレーン孔は、本線で鋼管部の地山と裏込めコンクリートの空隙を充填するコンタクトグラウトを施工した後、排水トンネル側から圧力鋼管の上下部に向け穿孔される。このドレーン孔の配置は、排水トンネル内で実施したドレーン試験の実データをもとに決定された(図-8)。

ドレーン孔穿孔後、鋼管と裏込めコンクリートの空隙を充填するコンタクトグラウトを実施し、排水トンネルに設置したピエゾメータで鋼管周辺の間隙水圧の変化を測定する。間隙水圧が設計水圧の0.3MPaを超えた場合は、追加ドレーン孔を

表-4 グラウト管理基準

場 所	グラウト タイプ	W/C	比 重	粘性(秒) (ノズル径)	最終注入 圧力(MPa)	注入方法
上流導水路 トンネル	ボイド	0.45/1	1.89±0.05	8.05±2 (φ10)	0.2	単孔注入
	コンタクト +コンソリ	1.0/1	1.52±0.03	35±5 (φ4.75)	0.25~0.50	同時注入
圧力調整 立坑	ボイド	0.45/1	1.89±0.05	8.05±2 (φ10)	0.2	単孔注入
	コンタクト +コンソリ	1.0/1	1.52±0.03	35±5 (φ4.75)	0.5	同時注入
圧力立坑	ボイド	0.45/1	1.89±0.05	8.05±2 (φ10)	0.2	単孔注入
	コンタクト +コンソリ	1.0/1	1.52±0.03	35±5 (φ4.75)	0.5	同時注入
圧力 トンネル (鋼管部)	ボイド	0.45/1	1.89±0.05	8.05±2 (φ10)	0.2	単孔注入
	コンタクト (岩)	1.0/1	1.52±0.03	35±5 (φ4.75)	0.2	同時注入
	コンタクト (鋼管)	0.6/1	1.74±0.03	33±5 (φ4.75)	0.2	単孔注入

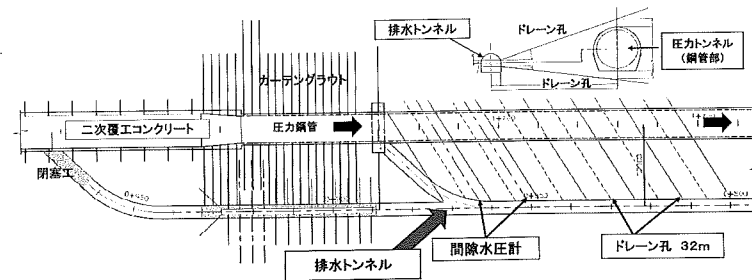


図-8 ドレーン孔配置図

穿孔する必要がある。また圧力鋼管の上流部は、通水後に圧力トンネルおよび圧力立坑のコンクリート覆工部から高圧の漏水が発生するおそれがある。この高圧水は板厚を薄くした鋼管へ重大な影響を与える。そのため、圧力トンネルの上流コンクリート覆工部と鋼管との接続付近にグラウンドコンソリデーショングラウトと呼ばれるカーテングラウトを施工する必要がある。

本工事では、地下水圧の低減により鋼管のコス

トを抑えることができ、排水トンネルを利用することによって、圧力立坑の掘削のずり出しと鋼管の設置作業を同時に行い、工程上も大きなメリットを得た。しかし、長期的に排水時の鋼管の安全を確保するために、間隙水圧の測定、フラッシングなどによるドレーン孔のメンテナンスを継続的に実施する必要がある。

5 おわりに

導水路トンネル工事は掘削工事が完了したものの、二次覆工、圧力鋼管の設置、グラウト工事の最盛期を迎え、2008年6月の導水路トンネル通水試験開始を目指して鋭意施工中である。そのため、本稿の記載事項には施工段階で実績がでていない工事もあり、評価が十分でないことをご容赦願いたい。

本工事の企業先であるEDF(エレクトリシテ・デ・フランス)は、世界規模の電力会社のひとつであり、日本国内の水力発電事業と同様に厳しい品質管理と工程管理が要求される。海外工事の場合、企業先および設計コンサルタントと設計思想の違い、仕様書の解釈の違い、経験の違いなどからいろいろな面で意見の食い違いが生じるが、同じ技術者としてお互いの意見を真摯に聞き理解を深めて行くことが大事である。最後に本工事が無事完成し、この事業がラオスの経済活動に貢献できることを期待して本稿の結びとしたい。

あけまして おめでとうございます

平成20年 元旦

- | | | |
|----------------|---------------------|---|
| 青木あすなる建設株式会社 | 日本基礎技術株式会社 | 株式会社ケー・エフ・シー |
| 石田土木株式会社 | 株式会社間組 | 株式会社小松製作所 |
| 岩田地崎建設株式会社 | 真柄建設株式会社 | 株式会社佐賀 |
| 梅林建設株式会社 | 吉岡建設株式会社 | サンドビックマイニング
アンドコンストラクション
ジャパン株式会社 |
| 株式会社奥村組 | | シーアイ化成株式会社 |
| 鹿島建設株式会社 | 株式会社片平エンジニアリング | 株式会社スターロイ |
| 株木建設株式会社 | 川崎地質株式会社 | 成和リニューアルワークス株式会社 |
| 木部建設株式会社 | 国際航業株式会社 | 株式会社タイクウ |
| 株式会社熊谷組 | 株式会社ダイヤコンサルタント | 株式会社ティーエムシー |
| 佐藤工業株式会社 | 株式会社ドーコン | 電気化学工業株式会社 |
| 清水建設株式会社 | パシフィックコンサルタンツ株式会社 | 日豊株式会社 |
| 新日本開発株式会社 | メトロ開発株式会社 | 古河ロックドリル株式会社 |
| 第一ダイヤモンド工事株式会社 | 株式会社ロード・エンジニアリング | 株式会社マシノ |
| 大成建設株式会社 | | 三菱重工地中建機株式会社 |
| 大豊建設株式会社 | アトラスコプロ株式会社 | 三菱マテリアル株式会社 |
| 株式会社竹中土木 | 株式会社イズミ | ヤマモトロックマシン株式会社 |
| 戸田建設株式会社 | 奥村機械製作株式会社 | |
| 飛鳥建設株式会社 | カジマメカトロエンジニアリング株式会社 | |
| 西松建設株式会社 | カヤバシステムマシナリー株式会社 | |

(掲載順)

謹 賀 新 年

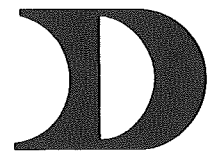


青木あすなる建設

AsunaroAoki

代表取締役社長 市木 良次

〒105-0014 東京都港区芝二丁目14番5号 Tel (03) 5419-1011



石田土木株式会社

代表取締役 石田 誠一

〒876-0814 大分県佐伯市東町11番19号
TEL0972-23-5811 FAX0972-22-3882



岩田地崎建設株式会社

代表取締役社長 岩田 圭剛

本社 札幌市中央区北2条東17丁目2番地 TEL (011) 221-2221
支店 東北・東京・名古屋・大阪・広島・九州
営業所 旭川・函館・帯広・釧路・苫小牧・横浜・千葉・新潟・台湾・神戸・四国・北九州
URL <http://www.iwata-gr.co.jp/>

IWATA CHIZAKI

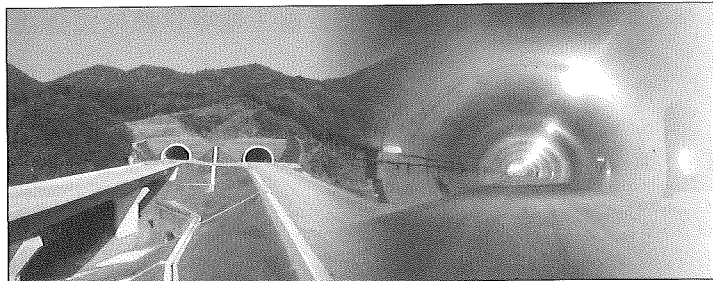
豊かな未来づくりのパートナー



梅林建設株式会社

代表取締役社長 梅 林 秀 伍

本社/〒870-0044 大分市舞鶴町1-4-35 (大分三井ビル) TEL (097) 534-4151 FAX (097) 536-4151



人と自然を、技術でむすぶ。
奥村組
OKUMURA CORPORATION
代表取締役社長 奥村 太加典

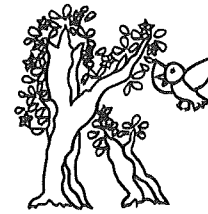
本社：大阪市阿倍野区松崎町2-2-2 TEL:06(6621)1101 東京本社：東京都港区芝5-6-1 TEL:03(3454)8111 www.okumuragumi.co.jp

謹 賀 新 年

100年をつくる会社。

鹿島

代表取締役社長 中村 満 義
本社 東京都港区元赤坂1丁目3番1号
電話 東京 03 (5544) 1111 (代)
<http://www.kajima.co.jp/>



KABUKI

「テクテク」と 一歩 一歩 着実に前進します！

T Q T Q

TECHNOLOGY (技術)・QUALITY (品質)・TENDER TREATMENT (親切)・QUICK RESPONSE (迅速)



株木建設

取締役社長 株木 雅 浩

東京本社 東京都豊島区高田3丁目31番5号
電話 03(3984) 4 1 1 1 (代表)



CHALLENGE 21C
KIBE

木部建設株式会社

代表取締役社長 木部 信 敏

〒180-0005 東京都武蔵野市御殿山1丁目6番10号
TEL 0422-48-7221 FAX 0422-47-6967

人と地球の未来を考える



KUMAGAI

熊谷組

取締役社長 大田 弘

〒162-8557 東京都新宿区津久戸町2番1号 TEL:03-3260-2111

<http://www.kumagaigumi.co.jp>

お渡しするのは「建設品質。」です。



佐藤工業

代表取締役社長 杉 晟

〒103-8639 東京都中央区日本橋本町4-12-19 TEL (03) 3661-1794

謹 賀 新 年



人がつくる、人の場所。

清水建設

取締役社長 宮本 洋一

〒105-8007 東京都港区芝浦1-2-3〈シーバンスS館〉 TEL (03) 5441-1111

新しい技術とコストの提案／次世代への挑戦



新日本開発株式会社



新日本エンジニア株式会社

グループ代表 箕井 伸

大阪本社 〒550-0012 大阪市西区立売堀 2-4-19 代表Tel06-6543-1175
東京支店 〒101-0041 東京都千代田区神田須田町 1-7 代表Tel03-3526-6660
(営業所／出張所)和歌山・兵庫・京都・沖縄 (工場／倉庫)兵庫・沖縄

DIA 第ダイヤモンド工事株式会社

代表取締役社長 若林 孝

本社 〒157-0067 東京都世田谷区喜多見4-16-31 TEL03(3417)1911 FAX03(3417)3777
首都圏本部 〒158-0095 東京都世田谷区瀬田2-23-7 TEL03(3700)6636 FAX03(3700)6671
支店 さいたま・千葉・仙台・静岡・九州
<http://www.daiichi-diamond.co.jp/>

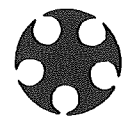


大成建設株式会社

社長 山内 隆司

〒163-0606 東京都新宿区西新宿1-25-1 電話 (03) 3348-1111

信頼に応える確かな技術

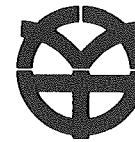


大豊建設株式会社

代表取締役 岡村 康秀

〒104-8289 東京都中央区新川1丁目24番4号
電話 東京 03(3297)7000

謹 賀 新 年



株式会社 竹中土木

取締役社長 竹中 康一

〒136-8570 東京都江東区新砂1-1-1 TEL.03(6810)6200
<http://www.takenaka-doboku.co.jp/>



戸田建設株式会社

代表取締役社長 井上 舜三

本社／〒104-8388 東京都中央区京橋1-7-1 ☎(03)3535-1354
<http://www.toda.co.jp/>

防災のトビシマ

建ててから始まる真のお付き合い

飛島建設株式会社

代表取締役社長 池原 年昭

本社／〒102-8332 東京都千代田区三番町2番地 Tel.03-5214-7297 URL <http://www.tobishima.co.jp>

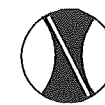
毎日ふれあう技術



西松建設

代表取締役 国澤 幹雄

東京都港区虎ノ門1丁目20番10号
TEL 03(3502)7648 〒105-8401



日本基礎技術株式会社

JAPAN FOUNDATION ENGINEERING CO.,LTD.

代表取締役社長 中原 巖

本社 〒530-0037 大阪市北区松ヶ枝町 6 番22号 TEL 06 (6351) 5621 FAX 06 (6355) 2077
東京本社 〒150-0031 東京都渋谷区桜丘町15番17号 TEL 03 (3476) 5701 FAX 03 (5489) 7821
URL : www.jafec.co.jp

謹 賀 新 年

Hazama

代表取締役社長 新名 順一

〒105-8479 東京都港区虎ノ門2-2-5 Tel. 03(3588)5700

真柄建設株式会社

取締役社長 真柄 宏司

〒920-8728 金沢市彦三町1丁目13番43号 ☎(076)231-1266

吉岡建設株式会社

代表取締役社長 吉岡 隆一

〒569-1136 大阪府高槻市郡家新町41番2号
TEL 072(681)1861(代) FAX 072(681)1866

「道づくり」「道まもり」「道づかい」を常に考えています。

株式会社 片平エンジニアリング

代表取締役社長 藤波 督

●本社：〒112-0002 東京都文京区小石川2-22-2 TEL 03(5802)1616

謹 賀 新 年

総合建設コンサルタント

川崎地質株式会社

代表取締役社長 齋藤善悦

本社：〒108-8337 東京都港区三田2-11-15 TEL03-5445-2071



国際航業株式会社



「地球とずっと。」語り合い、「地球とずっと。」生きる。 代表取締役社長 前川統一郎

上席フェロー技術センター長 大島 洋志

本社 〒102-0085 東京都千代田区六番町2番地 TEL 03-3262-6221(代)

地球と人の調和を考える

株式会社 ダイヤコンサルタント

代表取締役社長 田井中 彰

■本社 〒101-0032 東京都千代田区岩本町1-7-4 東急岩本町ビル TEL:03-5835-1711 FAX:03-5835-1712

総合建設コンサルタント



株式会社ドーコン

代表取締役社長 柳川 捷夫

本社 〒004-8585 札幌市厚別区厚別中央1条5丁目4番1号 TEL.011-801-1500 FAX.011-801-1600
<http://www.docon.jp>

総合建設コンサルタント

パシフィックコンサルタンツ株式会社

代表取締役社長 高橋 仁

本社 〒206-8550 東京都多摩市関戸1丁目7番地5 TEL 0423(72)0111

謹 賀 新 年

都市トンネルの設計, 近接施工の設計・計測管理, 資機材の販売・リース



メトロ開発株式会社

代表取締役社長 大門 信之

〒103-0001 東京都中央区日本橋小伝馬町11番9号日本橋小伝馬町ビル8階 電話03(5847)7800

道路, トンネル設計, トンネル現場診断



株式会社 ロード・エンジニアリング

本社	〒116-0013	東京都荒川区西日暮里5丁目24番7号	TEL 03(3891)0711	FAX 03(3891)0701
大阪支店	〒569-1133	大阪府高槻市川西町2丁目21番38号	TEL 072(691)0711	FAX 072(691)0711
福岡支店	〒812-0016	福岡市博多区博多駅南1丁目15番22号	TEL 092(436)1588	FAX 092(436)1589
仙台営業所	〒983-0803	仙台市宮城野区小田原3丁目4番43号	TEL 022(298)7311	FAX 022(298)7312
新潟営業所	〒956-0866	新潟市下興野町24番5号	TEL 0250(21)0922	FAX 0250(21)0923
名古屋営業所	〒460-0024	名古屋市中区正木3丁目13番8号	TEL 052(324)6306	FAX 052(324)6316
沖縄営業所	〒901-2122	沖縄県浦添市勢理客4丁目16番9号	TEL 098(870)6411	FAX 098(870)6412

謹 賀 新 年



奥村機械製作株式会社

OKUMURA MACHINERY CORPORATION

設計・製作

本社 〒555-0033 大阪市西淀川区姫島3-5-26 TEL.(06)6477-8540
相模原工場 〒229-1116 相模原市清新8-20-80 TEL.(042)774-2451

取扱製品

シールド掘進機・スチールセグメント・自動倉庫システム・自動測温 サンプリング装置
自動クレーン・自動搬送設備・トンネル工用設備・製鉄, 製鋼関連設備



カジマ メカトロ エンジニアリング株式会社

KAJIMA MECHATRO ENGINEERING CO.,LTD.

代表取締役社長 西川 五十一

本社 〒107-0051 東京都港区元赤坂1丁目1番5号富士陰ビル7F TEL: 03(5474)3720(代)
ホームページ <http://www.kme.jp/>

KYB カヤバ システム マシナリー株式会社

KAYABA SYSTEM MACHINERY CO.,LTD.

代表取締役社長 石井 英勝

〒105-0012 東京都港区芝大門2丁目5番5号 住友不動産芝大門ビル TEL (03) 5733-9441

[取扱製品] ブームヘッダー型トンネル掘削機, ミゼットマイナー型トンネル掘削機,
ブームカッターシールド掘進機, ウォーキングシールド掘進機, シャフトヘッダー(立坑掘削機), HEP



アトラスコプコ株式会社

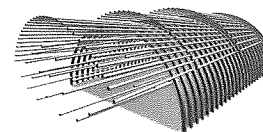
土木鉱山機械事業部

取扱製品: トンネルジャンボ, クローラドリル, ロッド・ビット, ロックボルト, 油圧ブレーカ
〒105-0014 東京都港区芝2-13-4 住友不動産芝ビル4号館 11F ☎(03)5765-7890

ロックボルト FIT工法 Me工法 防水シート

KFC 株式会社 ケー・エフ・シー

土木資材事業部



〒135-8073 東京都江東区青海2丁目45番地 TEL03-3570-5223 FAX03-3570-5233
〒530-0047 大阪市北区西天満3丁目2-17 TEL06-6363-1884 FAX06-6313-0755
<http://www.kfc-net.co.jp/>

トンネル工専用

各種・配管材,R-P-Eロックボルト,足場板,風管,手摺材,パイプハンガー,シールド用二段枕木(T-S-T),
エア抜きパイプ(ANP),逆止弁,プラグ,ボルトボックス蓋,アルミレール,油圧トルクレンチ

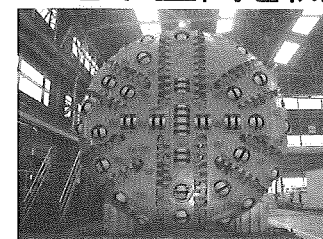


株式会社 イズミ

URL: <http://www.izmiweb.co.jp>

本社営業所	〒651-1431	西宮市山口町阪神流通センター1丁目108番地	TEL078(903)0200	FAX078(903)2671
東京営業所	〒101-0047	東京都千代田区内神田1丁目16-13中澤ビル2F	TEL03(3233)1701	FAX03(3233)1715
九州営業所	〒811-2307	福岡県粕屋郡粕屋町大字原町372グレイス松浦202号	TEL092(957)1570	FAX092(939)4615
工場・倉庫	兵庫・広島			

地下空間を開拓するコマツのトンネル機械



営業本部地下建機営業部

〒107-8414 東京都港区赤坂2-3-6
TEL03(5561)2725
FAX03(5561)2905

KOMATSU

謹 賀 新 年



トンネル建設機械設計・製作・販売

株式会社 佐賀

取締役社長 中川 一勝

〒934-0056 富山県射水市寺塚原 720 番地 1
TEL(0766)82-1500 FAX(0766)82-1501



SANDVIK サンドビック マイニング アンド コンストラクション ジャパン株式会社

〒222-0033 横浜市港北区新横浜2-15-12 共立新横浜ビル6F
TEL.045-478-0660 FAX.045-478-0661

取扱製品：トンネルジャンボ、クロードドリル、ブレーカ、ローダ、ロードヘッダ、ツインヘッダ、ロッド・ビット ほか

NATM・防水シートシステム・水膨張シール材を販売するメーカー



シーアイ化成株式会社

土木産業資材事業部

〒104-8321 東京都中央区京橋1丁目18番1号 東京(03)3535-4565
支店 / 東京 大阪 名古屋 福岡 仙台 札幌



シールド、TBM、ローラカッタ、カッタビット

株式会社 スターロイ

本社・工場 〒709-3612 岡山県久米郡久米南町上弓削1317-1
TEL 0867-28-4511 FAX 0867-28-4512
営業本部 〒545-0053 大阪市阿倍野区松崎町2-10-22
TEL 06-6621-1734 FAX 06-6621-1867
HP/http://www.starloy.com/ E-mail/starloy@starloy.com

成和リニューアルワークス株式会社

〒163-0610 東京都新宿区西新宿1-25-1 新宿センタービル 電話03-5326-0710

〔営業品目〕

シールド掘進機 / 荷役機械 / 泥水・濁水処理装置
地中壁 / 場所打杭 / 地盤改良 / リニューアル工事

謹 賀 新 年



TAIKU

株式会社 タイクウ

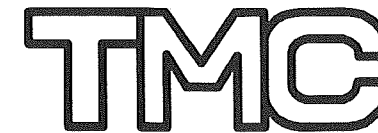
代表取締役 赤坂 全七

〒144-0047 東京都大田区萩中三丁目6番5号

☎(03)3741-3131(代表) FAX(03)3741-6457

【取扱製品】カッタローダ、タフロダ、エアモータ

トンネル補助工法・注入材のことなら



株式会社 ティーエムシー

代表取締役 岡元 頼明

〒116-0013 東京都荒川区西日暮里5-23-3-5F TEL:03-3891-8211

支店・営業所 / 大阪 仙台 名古屋 九州 富山 HP/http://www.tmc-net.com/

DENKA デンカケミカル 電気化学工業株式会社

DENKI KAGAKU KOGYO KABUSHIKI KAISHA

代表取締役社長 川端 世輝

本社特殊混和材事業部長 宇田川 秀行

〒103-8338 東京都中央区日本橋室町2-1-1 電話(03)5290-5358

トンネル用機械販売・リース、土木資材販売

日豊株式会社

代表取締役社長 野崎 正和

本社 / 〒150-0002 東京都渋谷区渋谷2-12-12三貴ビル3F Tel.03(3409)8041

営業所 / (大阪) Tel.06(6267)0838 (九州) Tel.0942(82)1703

未来への確かな技術

次世代型ホイール式ドリルジャンボ・コンクリート吹付け機・トンネルワークステーションなど、様々なトンネル工事に挑戦し実績を積み重ねてきたトンネル各種製品。全国に広がる安心のサービス網でお客様をバックアップします。



古河ロックドリル株式会社

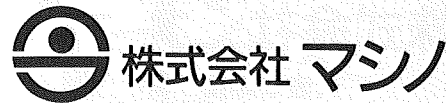
代表取締役社長 加藤 洋一郎

〒103-0022 東京都中央区日本橋室町二丁目3番14号

特機部 TEL.03-3231-6966 FAX.03-3231-6993

URL: http://www.furukawarockdrill.co.jp/

トンネル補修工事・鋼アーチ支保工・ロックボルト



株式会社 マシノ

代表取締役社長 増野 裕人

本 社：〒733-0822 広島市西区庚午中1-19-23 TEL.(082)507-2737
大阪支店：〒564-0062 大阪府吹田市垂水町3-16-3 TEL.(06)6389-6400

ジオフロントに技術と実績で迫る 三菱トンネル掘削機(シールド,TBM)

三菱重工業中建機株式会社

東京事務所

東京都港区港南二丁目16番5号 〒108-8215 TEL.03(6716)4092



三菱重工業中建機株式会社

MITSUBISHI
DIABIT

三菱マテリアルの建設工具
MEET YOUR REQUEST!!

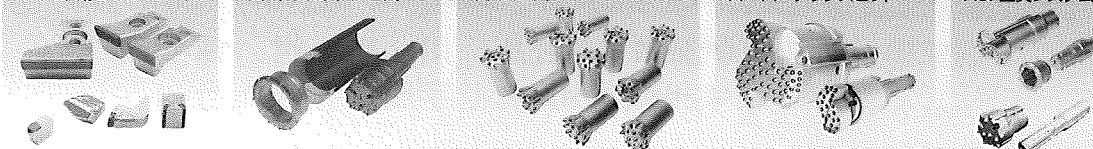
シールド用カッタービット

ウルトラメックスビット

ポタンビット

スーパーメックスビット

AGF工具システム



東京支店 03-5819-5263 大阪支店 06-6355-1053 九州営業所 092-573-7372 海外グループ 0584-27-5011 岐阜製作所 0584-27-4334

HCD-101・301・401 油圧クローラードリル YTB-1120 トンネルビッガー

ヤマモトロックマシン株式会社

代表取締役 山本 勝 俊

東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 富士ビル713区

TEL(03)3201-0701 FAX(03)3201-5702

URL <http://www.yrm.co.jp> E-mail: tokyo@yrm.co.jp

建設現場

シールド工事の施工に関するQ&A(7)

JTA都市トンネル小委員会

Q21. 土質条件に応じたシールドの姿勢制御のポイントを教えてください。

A.

(1) シールドの姿勢

シールドの姿勢は、一般に図-1に示す3要素で表されます。

- ・ピッチング：シールドの上向き・下向き角
- ・ヨーイング：シールドの掘進方向(方位)角
- ・ローリング：シールド(トンネル横断面)の時計回り・反時計回り角

一般に、ピッチングとヨーイングは、シールドジャッキの使用パターンを選択や中折れ装置の使用により、制御することができます。

また、ローリングは、カッタの回転方向の選択やローリング修正装置の使用などにより、制御できます。

(2) 姿勢計測装置

一般に、シールドの姿勢計測には、ピッチングおよびローリングに対しては傾斜計(ピッチング計およびローリング計)や下げ振りが、ヨーイングに対してはジャイロコンパスが用いられています。また、組み上がりセグメントとシールドの相対位置を測るシールドジャッキストローク計(ワ

イヤ式測長計)、シールドの中折れ角を測る中折れジャッキストローク計(ワイヤ式測長計)などにより、シールドの姿勢・掘進方向と、組み上がりセグメントとの位置関係が特定できます。

これらの値は、運転席の表示器や、管理システムの中央制御室・事務所のPCで確認できます。

なお、ローリング計には測定範囲の比較的小さい計器が装備されていることが多く、シールドの姿勢状況によっては測定範囲を超過してしまう場合があります。そのとき計器は、「測定上限値あるいは下限値」を表示したままとなってしまう、実際のシールドの姿勢とは異なった状態を表示していますので、注意が必要です。図-2にローリングが計器の測定限界を越えた場合の例を示します。

このように計器の表示値が測定限界値に近づいた場合には、測量時に下げ振りなどで姿勢を確認し、早めに修正を行うことが重要です。

なお、最近では、シールドの運転状況・掘削状況・裏込め状況・坑内環境状況などのデータをシールド姿勢データと併せて、パソコンで収集・管理

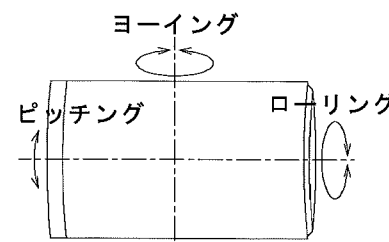


図-1 シールドの姿勢構成要素

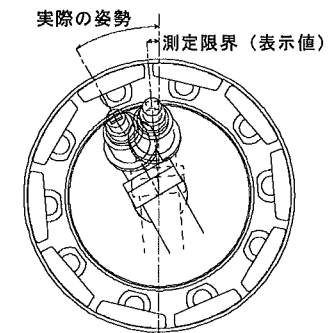


図-2 ローリングが測定限界を越えた場合(土圧式シールドの例)

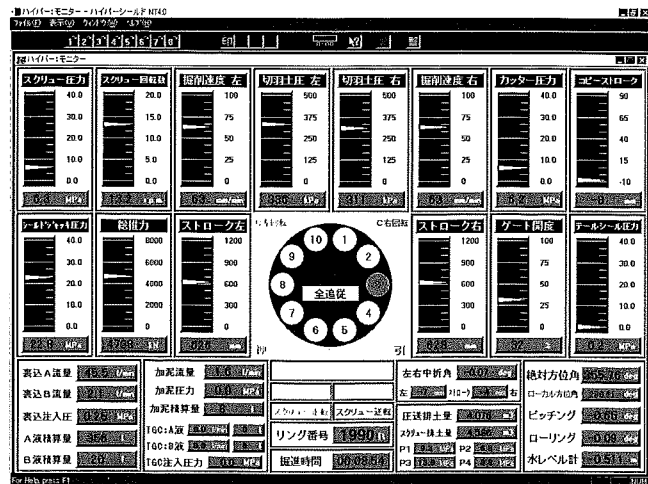


図-3 シールド掘進管理システムの例¹⁾

する「シールド掘進管理システム」を導入するケースが増えてきています。図-3にシステムの一例を示します。

(3) シールドの姿勢と制御について

シールドの姿勢は、掘削対象の地盤状態により、さまざまな状況が現れます。

洪積層～軟岩などの硬質地盤では、地山へのカッタの食い込み抵抗により、シールドがカッタ回転方向と逆方向にローリングしやすくなります。

また、硬質地盤と軟弱地盤の互層地盤で下部に硬質地盤が存在するとその硬質地盤にシールドが乗り上げてしまうこともあります。

これらの地盤では、比較的地盤反力を期待できるため、カッタの回転方向制御や、コピーカッタの使用などによる余掘り管理で、姿勢制御することが可能です。

一方、地盤反力があまり期待できない軟弱地盤においては、「シールドの正しい姿勢を保つ」、「正しい姿勢に戻す」ことは容易ではありません。

軟弱地盤で起きる主な現象として、次のものが挙げられます。

- ・ノーズダウン
- ・ローリング
- ・曲線施工時のシールドの横滑り(オーバーラン)

以下にこれらの現象について説明します。

1) ノーズダウン
シールドは前方に機械設備が集中し、「前加重」の重量バランスであるため、前方が下がる「ノーズダウン」を起こしやすい機械です。例えば、シールドが立坑から発進する場合、発進坑口から掘進するに従って、シールドの自重は、シールド受け台から地山に分担されます。このとき、軟弱地盤では十分な地盤反力がとれず、シールドのノーズダウンを引き起こします。図-4にシールド発進時のノーズダウンの状況を示します。

2) ローリング
曲線施工時には、シールドは中折れ状態での姿勢を保つこととなりますが、この状態でノーズダウンが発生すると、後胴中心から見た前

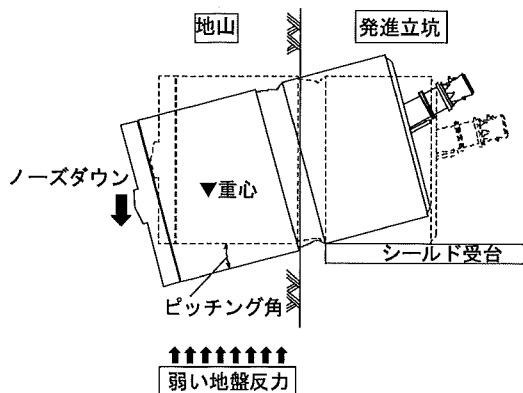


図-4 ノーズダウン

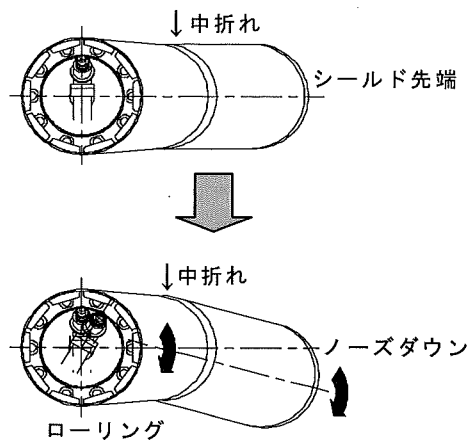


図-5 ノーズダウンに起因するローリング

胴の重心位置は偏心しているため、これがモーメントアームとなり、ローリングの原因となります。図-5にノーズダウンに起因するローリング状況を示します。

このように軟弱地盤での曲線施工時の中折れ状態の姿勢では、地盤支持力不足に起因するノーズダウン、さらにノーズダウンに起因するローリングが発生しやすいことに注意する必要があります。ローリングは、その度合いにもよりますが、次のような問題を引き起こします。

- ① シールドジャッキ推力が、セグメントに対してすべて垂直に作用せず、セグメントをローリングさせるような分力が作用するため、「セグメントのローリング」が発生させます。
- ② シールドと後続設備(配管・後続台車・セグメント搬送設備など)との間がねじれ、機械的な不具合が発生します。
- ③ 中折れ状態でローリングが発生した場合、シールド先端中心の座標算出に、ローリング補正を行う必要があります。このようなローリングが発生した場合の対策としては、以下のような修正方法があります。

- ① ローリングしている方向にカッタを回転させることで、地山反力を利用しシールドのローリングを修正します。
- ② シールド製作時にローリング修正装置を装備しておき、これで修正します。

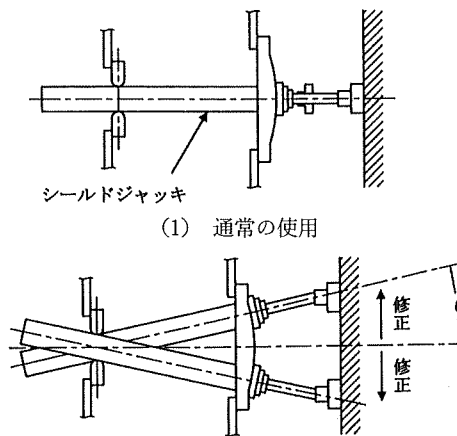


図-6 ローリング修正装置²⁾

図-6にローリング修正装置の例を示します。
3) 曲線施工時のシールドの横滑り
シールドの曲線施工時には、計画路線にシールド中心を乗せ、必要な中折れ角を保った状態で、計画時に計算したジャイロコンパス表示角(前胴の方位角)を目指して掘進します。

このとき、シールドは計画どおりの角度で掘進しているにもかかわらず、テール部ではカーブ内側のセグメントが競ってしまうことがあります。これは、シールドが計画どおりの中折れ状態を保ったまま掘進しているときに、曲線中心から半径方向外側に押し出される「横滑り(オーバーラン)」現象の発生によるもので、ジャッキ推力に比べて、外側の地盤反力が不足する場合に発生します。

また、この際にテールクリアランスが小さくなっていることに気づかないと、やがてセグメントを組み立てることができなくなるので、毎日の測量結果を踏まえて、シールドの姿勢・シールド中心線と計画路線の関係を把握し、掘進指示(ジャッキパターン・中折れ角など)することが重要となります。図-7にシールドの横滑り状況を示します。

(4) まとめ

実際に現場で使用されるシールドは、厚鋼板を用い円筒状に製作されたものに、さまざまな機器を搭載した機械であるため、微妙な重心位置の偏心があり、「右(左)へローリングしやすい」「右(左)に曲がりやすい」などの現象を起こします。

これらは一般に「シールドの癖」と呼ばれていますが、発生する現象と度合いは、組み上がったシールドごとに異なります。そこで、初期掘進の

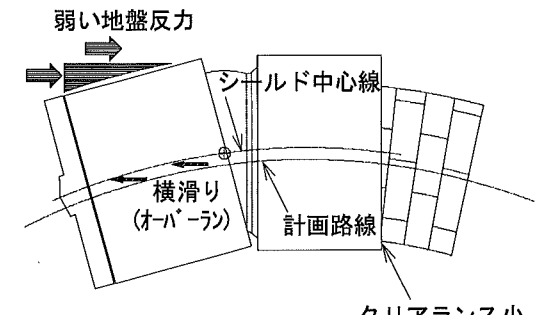


図-7 シールドの横滑り(オーバーラン)

間にこの「シールドの癖」を十分把握し、本掘進にその癖を反映させることが重要となります。

本掘進においては、こまめなジャイロ指示などの線形管理を行うと同時に、実際の掘進実績と計画との差異を将来の掘進計画・掘進指示にフィードバックさせるなど、地道な掘進管理を行うことで、シールドの正しい姿勢を保つことができます。

また、異常事態への対処法としては、「早期発見・早期対応」を行うことが重要です。

(文責：横崎将昭・奥利明/(株)不動テトラ)

参 考 文 献

- (株)ハイパーエンジニアリング：「ハイパーシールドシステム」パンフレット。
- 土木学会：トンネル標準示方書 [シールド工法]・同解説, p.147, 2006.7.

Q 22. 泥土圧シールド工法の添加材の目的と選定のポイントを教えてください。

A.

(1) 添加材注入の目的

トンネル標準示方書⁹⁾によると、泥土圧シールド工法における添加材注入の目的として下記事項が挙げられています。

- ① カッタチャンバ内に充満した掘削土砂の塑性流動性を高める
- ② 掘削土砂と攪拌混練りして止水性を高める
- ③ 掘削土砂のシールドへの付着を防止するなどの目的で切羽面あるいはカッタチャンバ内に注入される。その結果、

- ① カッタビットやカッタヘッドなどの摩耗の低減
 - ② カッタおよびスクリーコンベヤのトルクの軽減
- などの副次的な効果も期待できる。

泥土圧シールド工法において切羽の安定を高めるためには、泥土の管理、泥土の塑性流動性の管理および排土管理が中心となります。ここに、掘削土砂の「塑性流動性を高める」とは、添加材注入によって切羽の地盤間隙の地下水を排除して、

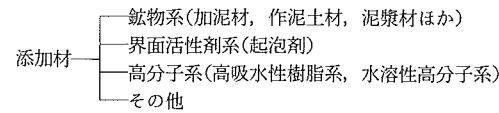


図-1 添加材の分類

土砂の接触状態を軽減(内部摩擦角の低減)することで、掘削から排土に至るまでの掘削土砂の流動性および止水性を改善することを言います。

(2) 添加材の種類と適用範囲

1) 添加材の種類

一般に、添加材は図-1に示すように鉱物系、界面活性剤系、高分子系、その他に分類され、地盤の粒度構成および目的・用途に応じて使い分けがされているのが現状です。以下に特徴について述べます。

- ① 鉱物系：地山に不足する細粒分を補う目的で粘土、ベントナイトなどを主材として添加し、掘削土砂を流動性と不透水性を有した良好な泥土に形成します。当添加材は使用実績も多く各種地盤に適用できますが、作泥プラントや貯泥タンクなどの大規模化や排出土砂の泥状化に課題が残ります。
- ② 界面活性剤系：特殊起泡材と圧縮空気で作られた気泡を添加して、粘性土の付着防止および砂質土の流動性と止水性を高めます。また、気泡が消泡することで掘削土砂の後処理も容易となりますが、排出土砂をポンプ圧送する場合は効率を低下させる場合があるので注意を要します。
- ③ 高吸水性樹脂系：自重の数百倍の水を吸収してゲル状になるため、作液後に地下水を吸水できる範囲で噴発防止に効果があります。しかし、塩分濃度の高い海水や鉄、銅などの金属イオンを多量に含む地盤、あるいは強酸性や薬液注入などの影響がある地盤では吸水能力が大きく低下します。
- ④ 水溶性高分子系：樹脂系と同様に高分子化合物からなり凝集効果によって土砂の粘性を増大させます。主原料の成分によってセルローズ系、アクリル系、多糖類系などに分類され作液が簡単なのが特徴です。

- ⑤ その他：その他の添加材として上記の①～④の組み合わせによる複合添加材や、珪酸と鉱物系の組み合わせによるゲル化材、さらには珪酸質のゾルなどが挙げられます。これらは、フロックまたはゾルを形成して地下水に希釈されにくいことから、いずれのタイプも地下水が豊富な砂礫地盤や細粒分が少ない砂質土、塩分や鉄分などの影響がある特殊地盤などで採用されるケースが多くなっています。

2) 添加材の適用範囲

添加材は「材料」として扱われる場合が多いのですが、添加材と併せて施工システムや装置が開発され「工法」として扱われている場合もあります。以下に、シールド工法技術協会が工法として扱っている適用範囲を示します。

① 泥土圧シールド工法²⁾

図-2に示す鉱物系添加材を代表する作泥土材算定グラフでは「泥土化域」と「非泥土化域」に大別し、0.075mm以下の細粒分が30%以上になるよう作泥土材を添加することで、すべての地盤に対して同工法が適用できています。また、細粒分を30%以上含有する地盤では、含水比と液性限界の関係によって「粘性低下材」による掘削領域としています。

② 気泡シールド工法³⁾

図-3に気泡シールド工法で適用する界面活性剤系起泡材の選定基準を示します。

起泡材の使い分けによって幅広い地盤に適用が可能ですが、礫率70%以上の帯水砂礫地盤では『Bタイプ特殊起泡材と他の添加材あるいは補助工法の併用』や『Cタイプ特殊起泡材適用範囲』とされています。

③ ケミカルプラグシールド工法⁴⁾

図-4に多糖類系の添加材を用いるケミカルプラグシールド工法の適用範囲を示します。

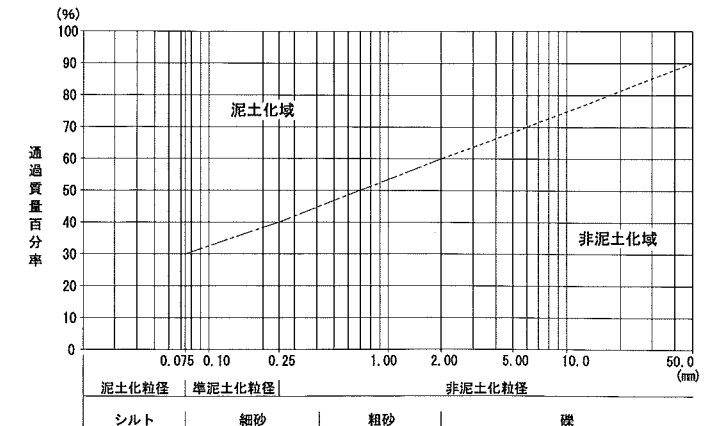


図-2 作泥土材算定グラフ

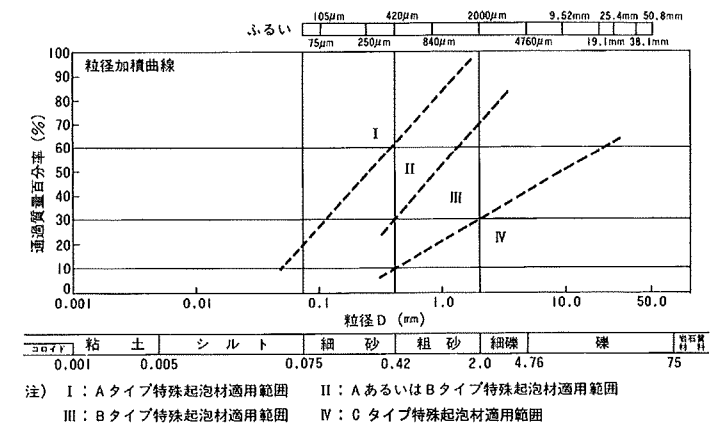


図-3 土質と特殊気泡材の選定基準

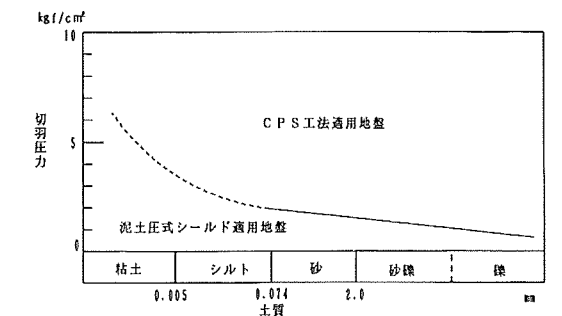


図-4 適用地盤と地下水圧

本工法は、対象とする地盤の水圧を考慮して、1 MPa以下の地下水圧と地盤の粒径によって適用範囲が示され、泥土圧式シールドの適用地盤と区別しています。

ただし、地下水圧に対する実験的研究としては、1990年に行われた「泥土圧シールド工法の耐水圧実証実験」¹⁰⁾ではスクリーコ

ンペヤの止水性について、作泥土材で良質な泥土ができれば、水圧0.7MPaまでの適用性について検証が行われています。

また、上記の各工法については、各技術資料で地盤との関係において、添加材の「濃度」および「注入率」が示されています。

(3) 添加材選定の留意点

1) 添加材選定の着目点

泥土圧シールド工法で適用する添加材の選定については、代表的な地盤について下記の留意点が挙げられます。

粘性土を対象とした場合は、付着防止や泥状化防止に着目した添加材の選定が重要になります。また、「注水」による掘進では排土方式によって掘削土砂の泥状化対策が必要になります。

砂質土では、掘削土砂の内部摩擦角低減を考慮して、土砂の流動性改善および機械負荷の低減に着目して添加材を選定します。とくに、細粒分の含有量が10%以下で均等係数が小さい砂質土地盤では、水溶性高分子系添加材の適用が難しい場合があるので検討が必要です。

帯水砂礫地盤では、地盤の間隙が大きいことから添加材そのものが地下水に希釈されやすいため、掘削土砂との混合で難透水性の土砂に土性値を改善できる添加材の選定が重要になります。とくに、巨礫・玉石などの搬出に有利なリボンスクリューを適用した場合は、ゲートから地下水の噴発を防止し、土圧を保持して切羽の安定が図れる添加材の選定が必要です。

2) 事前試験による添加材の選定

添加材による掘削土砂の塑性流動性の改善効果を確認する目的で事前試験を行います。試験は、モデル地盤または立坑掘削土を対象に添加材の種類および添加率を変えて行います。

主な試験としては、地盤のふるい分け試験(粒度組成の確認)、スランプ試験およびテーブルフロー試験(塑性流動性の確認)、ブリーディング試験(不分離性の確認)などがあります。また、場合によってはベンセン断試験や三軸圧縮試験によって粘着力(C)や内部摩擦角(ϕ)を測定して、添加

材による土性値の改善効果や添加材注入量の適正について確認する場合があります。

その他、施工中の添加材の作液に井戸水を使用する場合は、地盤環境条件に応じて地下水のイオン性や鉄分、塩分などの含有について事前調査が必要になります。

また、シールドの掘進中もふるい分け試験やスランプ試験によって地盤の粒度構成の把握や、掘削土砂の塑性流動性を把握して添加材注入管理を行うことが重要になります。

3) 帯水砂礫地盤での添加材の選定

一般に崩壊性の高い地盤⁹⁾とは、粒径0.075mm以下の細粒分含有量が8~10%以下、地盤の透水係数が 10^{-2} cm/secオーダ以上、地下水圧が50~70kPa以上、などの条件が重複する砂および砂礫層を対象とするもので、このような地盤ではシールド掘進中に排土機構(ゲート)から地下水を噴発させ切羽の崩壊をまねく場合があります。

このような地盤での切羽安定対策としては、掘進機が地盤に適合することを前提として、添加材による掘削土砂の塑性流動化要因、泥土圧、掘進速度、排土量などの管理的要因などが挙げられます。

このうち、添加材の要因としては帯水砂礫地盤の塑性流動性の改善に必要な「細粒分」やコンクリートでいう細骨材に相当する「砂分」に相当する材料を付与することが重要になります。これらの対策例として、従来適用してきた添加材のほかに、細粒分による粘性付与と気泡のベアリング効果を期待した「鉱物系と界面活性剤系」の組み合わせ、また細粒分をフロック状にしたものを地盤の間隙に添加して止水効果を高める「鉱物系と珪酸塩」の組み合わせ、さらには粉碎したゲル化材を添加して掘削土砂を難透水性に改善する「珪酸質ゾル」などが実績として挙げられます。

現在では、礫地盤や硬質地盤などを対象として各種添加材および工法が開発され実用化されていますが、配合試験や事前試験で地下水量や水圧条件を模擬することは難しく、選定した添加材が実工事で適用が難しい場合があります。このため、

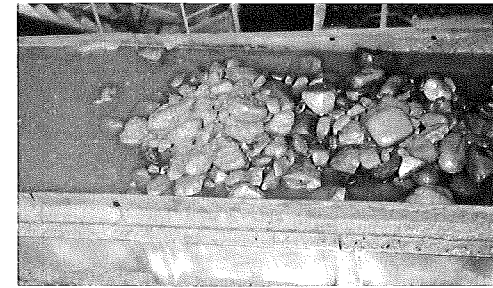


写真-1 添加材が適合しない場合
(ゲートから噴発・排土は分離状態)
地盤の礫率80%、透水係数 10^{-1} cm/sec

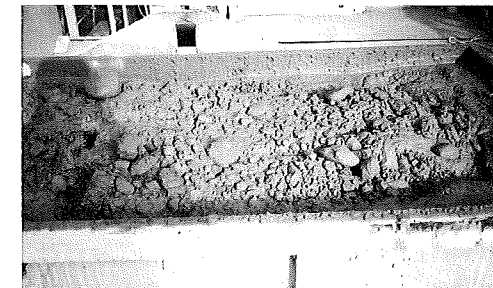


写真-2 添加材が適合している場合
(ゲートから噴発なし・塑性流動化状態)
地盤の礫率80%、透水係数 10^{-1} cm/sec

これらの地盤では実績などを十分に勘案して添加材を選定する必要があります。

同一地盤における、添加材種別の違いによる掘削(排土)状況の違いを、写真-1, 2に示します。

(文責：齋藤優/(株)銭高組)

参考文献

- 1) 土木学会：トンネル標準施工方書[シールド工法]・同解説，pp.174-176，2006.7.
- 2) シールド工法技術協会：泥土加圧シールド工法，技術資料，資料Ver. 3，p.19，2007.6.
- 3) シールド工法技術協会：気泡シールド工法，技術資料，資料Ver. 3，p.3，2007.6.
- 4) シールド工法技術協会：ケミカルプラグシールド工法，技術資料，資料Ver. 3，p.4，2007.6.
- 5) 近藤紀夫・富沢勉：泥土加圧シールド工法の耐水圧実証実験—最大水圧7kgf/cm²における掘進管理について—，土木学会年次学術講演会VI，1990.9.
- 6) 川地武・辻博和ほか：最近の滞水砂・礫層のシールド“その問題点と具体策を中心に”，崩壊性地山における泥水の品質管理と補助対策，日本プロジェクトリサーチ，pp.2-3，1982.4.

Q 23. シールドトンネルの近接施工による既設構造物の挙動の予測解析について教えてください。

A. シールド工事は、都市部で行われることが多く、工事に際しては、多数の既設構造物と近接して施工されることとなります。このため、事前に近接構造物への影響の程度を把握し、必要に応じて対策工を計画・実施する必要があります。

ここでは、近接構造物への影響解析方法について以下に示します。

(1) 影響解析方法の種類

シールド工事に伴う近接構造物の沈下量・変位量・変形量などの予測解析を行う方法としては、Limanovの式、Jefferyの式およびFEM解析などがあります。

Limanov、Jefferyの式は、トンネル位置の地中応力から周辺地盤の変形量を簡易的に求めるものですが、以下の仮定のもとでの計算となります。

- ① 複数の地層からなる地盤においても単一層として評価します。
- ② トンネル全周にわたり地中応力が均一であるものとします。
- ③ トンネル位置地盤の地中応力は、完全に解放されるものとします。

コンピュータの処理速度が遅かった時代にはLimanov、Jefferyの式がよく利用されてきました。しかし、コンピュータ技術の向上により、解析に要する時間が短縮された現在では、FEM解析がもっとも一般的な影響解析の方法となっています。

また、海外では、ベック(Peck)、アットウェル(Attewell)、オレリー・ニュー(O'Reilly-New)が提案した沈下量算定式も利用されています。

ここでは、現在もっとも使用されているFEM解析について以下に示します。

(2) FEM解析の方法

1) FEM解析の概要

FEM解析(Finite Element Method Analysis：有限要素法)とは、地盤、シールド、近接構造物

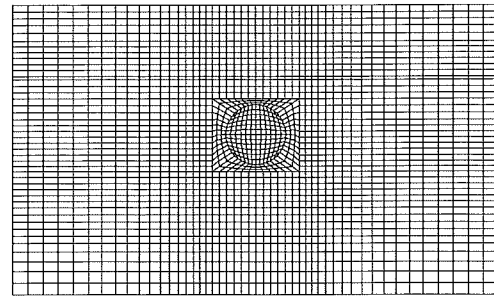


図-1 メッシュ図例

などのある一定の範囲を抽出し、三角形または四角形のメッシュ要素に分割して、その要素の各節点における力の釣り合い方程式を解いて連続する要素の変位・変形・応力を算定する方法です。

なお、メッシュの作成にあたり、要素間の応力変動が大きくなるシールド周辺、地盤急変位置および既設構造物周辺などは、メッシュサイズを小さくしないと解析精度を落とすことになるので注意が必要です。

近接影響解析では、一般に、2次元弾性平面ひずみモデルによるFEM解析が用いられることが多いです。土留め壁の設計では弾塑性解析が用いられることが多いですが、シールド施工に伴う地盤の変形量は、地盤の塑性を伴うような大きなものではないため、シールド施工に伴う影響解析では一般に弾性解析が採用されています。

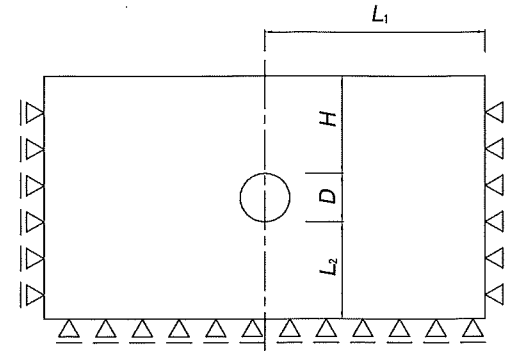
なお、FEM解析において、有効応力解析が用いられることもありますが、一般的には全応力解析を用います。

2) FEM解析範囲

FEM解析においては、地盤の部分的な範囲を抽出し解析を行うことになります。この解析範囲が小さすぎると、境界条件の影響により正確な解析ができなくなります。解析範囲については数例の文献にて提案されていますが、おおよそ図-2の範囲程度とされることが多いです。

ただし、解析範囲の設定に際しては、地盤条件、近接構造物の形状、範囲を考慮し適切に判断する必要があります。

なお、境界条件は、一般に図-2に示すように設定します。



解析範囲の参考値： $L_1=1.5(D+H)$, $L_2=2D$
 図-2 FEM解析範囲、境界条件の例

3) 地盤の定数

弾性FEM解析を行う際には、少なくとも以下の土質条件を設定する必要があります。

- ① 単位体積重量 γ
- ② 変形係数 E
- ③ ポアソン比 ν

解析に用いる地盤の変形係数 E は、一般に E_0 (初期接線変形係数)相当とします。

また、ポアソン比の一般値を以下に示します。
 ポアソン比の一般値

- 砂質土 $\nu=0.30\sim0.35$
- 粘性土 $\nu=0.40\sim0.45$

なお、硬質地盤ほどポアソン比は小さくなります。

地盤改良による補助工法を併用する場合には、改良地盤の物性値にて解析を行います。

4) 応力解放率

2次元FEM解析を行う場合は、シールド掘削による地中応力の解放率を設定します。

応力解放率が100%の状態とは、トンネルを無支保で掘削し、トンネルの変形に対して覆工などによる抵抗がない状態です。ただし、地山の肌落ちおよび崩壊はないものと考えます。

しかし、実際のシールドトンネルでは、地山をシールドの切羽圧、マシンのスキンプレート、セグメントおよび裏込め注入などにより支保した状態で掘進するため、地中応力の100%が解放されるわけではありません。

したがって、2次元FEM解析では、これらの

支保効果を考慮した応力解放率を設定し、周辺地盤および既設構造物への影響を予測することになります。

応力解放率については、いくつかの提案がなされていますが、ここでは、参考として東京地下鉄(株)にて提案されている方法⁹⁾を以下に示します。

解放応力=補正係数×(原地中応力-泥水圧)
 ここに、補正係数=0.3~0.4(30~40%)

応力解放率 α =解放応力/原地中応力
 上式により算出した応力解放率は、一般的に10~20%程度となります。

5) FEM解析のまとめ

FEM解析は、シールド施工に伴う周辺地盤および近接構造物の予測変位量、構造物に生じる増加断面力などを求めるために有効な方法です。

(3) FEM解析を用いた近接影響検討方法

既設構造物の形状および既設構造物と新設シールドとの位置関係を考慮して、FEM解析による影響検討を行う場合の例を以下に示します。

- ① 既設構造物が橋台などの単体構造物の場合(既設構造物の鉛直変位量、傾斜角などを確

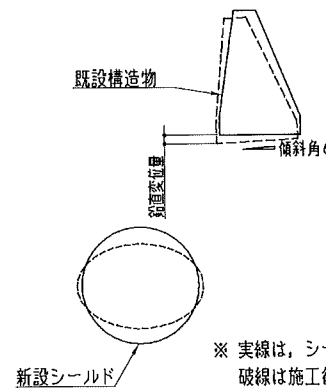


図-3 影響検討例①

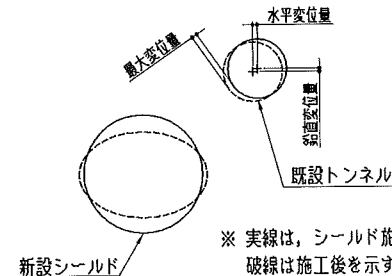


図-4 影響検討例②

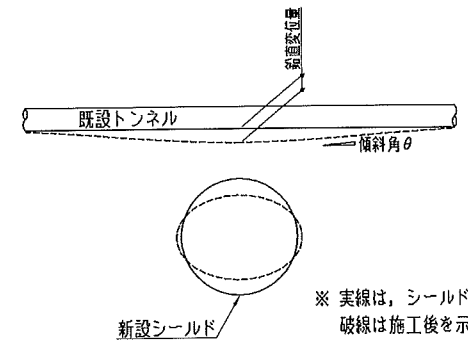


図-5 影響検討例③

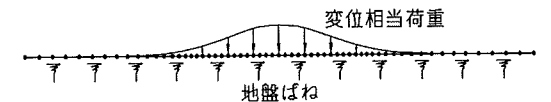


図-6 弾性床上的梁モデル

認)(図-3)

- ② 既設構造物がトンネルなどの連続体で、かつ新設シールドと併走する場合(既設構造物の変位量、増加断面力などを確認)(図-4)
- ③ 既設構造物が連続体で、かつ新設シールドと交差する場合(既設構造物位置地盤の鉛直変位量、傾斜角などを確認)(図-5)

なお、既設トンネル縦断方向の挙動をフレーム計算(図-6参照)にて検討することもあります。

また、軟弱粘性土地盤においては、地山の乱れによる圧密沈下の検討を別途行うこともあります。

(4) 影響検討解析結果の利用

影響検討の結果は、以下の事項に利用します。

- ① 近接協議
- ② 現場計測の管理値の設定
- ③ 実施工の妥当性確認
- ④ 逆解析

実施工でのシールド掘進に伴う地盤変位計測結果と、FEM解析により算出した地盤の予測変位量を比較することで、逆解析を行うことができます。逆解析により当該工事条件における実際の応力解放率または土質定数などを推定することで、以後の施工に役立てることができま

(5) 許容変位量

既設構造物の変位、変形および応力に対する許容値は、既設構造物の管理者と協議のうえ設定し

ます。影響検討により求めた予測変位置、予測変形量が協議の結果設定した許容値以上となる場合は、既設構造物の防護工の検討を行うこととなります。

(文責：村上初央/西松建設(株))

参 考 文 献

- 1) K.チェッキー、島田隆夫訳：トンネル工学—理論・設計・施工—、鹿島出版会、1971.
- 2) 中島誠三：シールド掘進に伴う地盤変状入門(7)、地盤変状の実態と評価解析手法(その4)、トンネルと地下、Vol.34, No.5, pp.67-73, 2003.5.
- 3) シールド工事における予測と計測、基礎工、1989.12.

Q 24. 到達立坑からの漏水が止まりません。止水構造について教えてください。

A. 到達坑口の漏水に対する止水構造(止水方法)については、決まった方法はなく各現場で対応しているのが現状です。本稿では、現場で適用可能な止水方法について紹介します。

(1) 到達条件

到達坑口の止水構造を検討するうえでの施工条件は、次のとおり一般的な施工方法とします。

- ① 土留め壁のある立坑へのシールド到達とし、到達方法は、仮壁撤去工法(到達前または到達後に仮壁を撤去する方法)とします。
- ② 到達坑口には、坑口設備(エントランス金物とパッキン)を設置し、地盤補強や止水性確保のため到達部地山には地盤改良を施工します。
- ③ シールド解体手順としては、シールド残置(シールドスキンプレート残置、カット部撤去)またはシールド引き出し後、セグメント組立てとします。シールド解体後は二次覆工コンクリート、到達立坑内躯体コンクリートを施工します。
- ④ 到達坑口部に耐震対策を

行う場合や可とうセグメントを設置する場合を除きます。

(2) 漏水の原因(図-1①~④参照)

到達坑口からの漏水は、下記の原因が考えられます。

1) 地盤改良工の不具合

地盤改良工の出来形が悪く、未改良の部分が残った場合や必要な改良強度が確保できなかった場合、地盤改良工による止水が不十分となり、漏水する場合があります。

2) エントランスパッキンからの漏水、取り付け施工不良

コピーカッタおよび先行ビットによりエントランスパッキンが損傷し、その部分から漏水する場合があります。また、取り付け施工不良により、エントランスパッキンがシールドスキンプレートまたはセグメントに密着せず、その部分から漏水する場合があります。

3) シールドオーバーカット部分のボイド充填不良

裏込め注入によるボイド充填が十分でなく、地盤改良部などからの漏水がある場合です。

4) セグメントテールボイド部の裏込め注入の施工不良

裏込め注入工の未充填部が残っている場合や注入材料の体積減少により、空隙が生じ、シールド

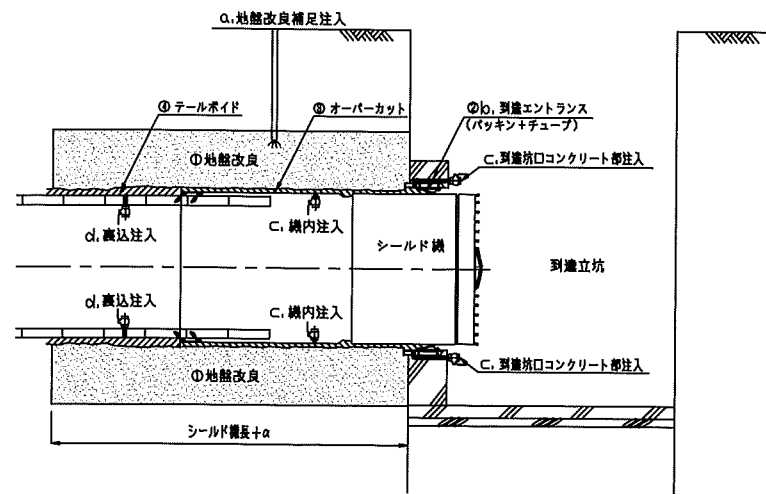


図-1 漏水の原因とシールド到達時の止水方

後方からの漏水がある場合です。

(3) シールド到達時の止水方法(図-1a~d参照)

1) 地盤改良補足注入の施工(図-1a)

到達前または到達後に仮壁を撤去する際、地盤改良による止水が不十分と判断した場合、地盤改良補足注入を施工します。

2) 到達坑口エントランスのチューブ方式採用(パッキン+チューブ)(図-1b)

従来工法(パッキン+ワイヤー)に比べ、チューブによる均一な面での締め付けが可能となるため、止水性が向上します。

3) シールドオーバーカット空隙部への確実な充填施工(図-1c)

シールド内または到達坑口コンクリート部注入孔より裏込め注入を行い、空隙部を充填します。

4) セグメントテールボイド部への確実な裏込め注入による充填施工(図-1d)

下記のような目的で到達部の裏込め二次注入を行う場合もありますが¹⁾、止水性向上にもつながります。

- ・裏込め注入工の未充填部の補填
- ・注入材料の体積減少分の補充
- ・シールドの推力によるセグメント、注入材料、地山の相互間に生ずることがある剝離状態への充填と一体化

(4) 到達後の止水および漏水対策(図-2参照)

前項のシールド到達時の止水方法を行ったにもかかわらず、到達坑口から漏水が発生した場合は水みちの推定、漏水量、漏水位置、到達坑口の仕上げ方法などを十分に勘案し、総合的な判断により止水方法を決定します。

1) 充填・注入工法

漏水量が少ない場合、漏水箇所へ直接的に止水剤を注入施工する方法やコーキングし集水ホース取り箇所から注入施工する方法があります。漏水量が比較的多い場合はセグメント、シールド、到達坑口部注入孔や新たに削孔した注入孔から間接的に止水剤を注入施工する方法があります。

止水剤はウレタン系(漏水量が多い場合は弾性タイプ、少ない場合は硬質タイプ)、エポキシ系、

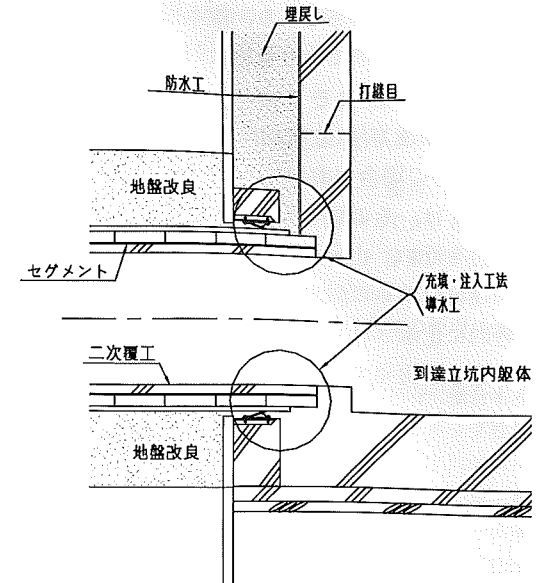


図-2 到達後の止水および漏水対策

アクリル系などがあります。

2) 導水工

到達坑口の漏水箇所をコーキングし集水ホース取りを施工します。漏水量・漏水箇所によってホース径や本数を決めます。

供用後のトンネルの使用目的によっては、導水工での対応も可能な場合がありますが、トンネル内に流水のある下水道トンネルなどでは、導水工での対応は不可であり、この場合、止水工のみでの対応となります。

(5) 二次覆工および躯体構築時の止水方法

到達坑口部の二次覆工および到達立坑内の躯体構築時の止水方法には、次のような方法があります。

- ① 到達坑口部およびセグメント漏水箇所の再止水
- ② 一般的なコンクリート構造物の止水・防水方法として、表面シール工や躯体打継部・外壁部の防水工(止水板、防水シートや塗膜防水など)があります。

(6) 坑口止水の留意点

到達坑口を止水する場合、坑口エントランス金物やパッキンを残置する場合と撤去する場合があります。とくに撤去する場合については、撤去時

の止水性の確認はもとより、漏水量が増えることが考えられますのでより慎重な対応が必要となります。

特殊な到達方法(立坑内受け入れ室設置や水中到達など)の場合においても、到達後の止水方法については、その漏水箇所や漏水量によって同様の検討を行い、止水を行います。

到達坑口からの漏水を止水処理した場合でも、一時的に止水されていても時間とともに他の箇所から漏水が再発する場合があります。止水範囲に

ついては十分な検討が必要です。

到達坑口部の漏水はシールド到達時から仕上がり構築時までの間で、漏水の発生位置と原因が異なります。したがって、それぞれの施工段階で事前に十分な対応をとることが重要です。

(文責:石倉洋一・桶川宏司/(株)鴻池組)

参考文献

- 1)土木学会:トンネル標準示方書[シールド工法]・同解説, p.182, 2006.7.

わかりやすい トンネルの力学

B5判 286頁 本体価格 5,825円 円340円

福島啓一著

NATMの導入以来、トンネル工事の現場に計測が大幅に取り入れられるようになって、トンネルの力学がますます重要視されるようになった。

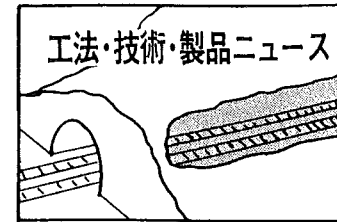
本書はトンネル力学の基礎的な事項に基づく問題点を経験則と理論則から説明し、設計・施工に携わる実務者がトンネルを掘るとき、また、計画・設計するときに考慮しなければならないトンネルの力学を主眼にした入門書である。

【目次】 ○従来のトンネル力学の考え方/トンネル力学の発展, NATM以前の考え方/ゆるみ高さの推定, ゆるんだ地山の釣り合い, 沈下量の差により変わる土圧, 切羽の安定, 地山の分類による支保の設計, NATMの考え方/せん断破壊説, 変形による圧力の低減, 地山のゆるみ防止, アンカーボルトによる地山の補強, 地山挙動の時間依存, せん断破壊説による設計法, 経験的設計法, 地山分類と地山等級に対応した支保工の標準設計, NATM力学についての問題点, ○弾性論による解析/弾性学の基礎, 軸対称円形トンネル, 線対称円形トンネルの弾性解, 円形トンネルの弾性解析, 地表面に近いトンネル, だ円形のトンネル, 球形空洞周りの応力と変位 ○弾塑性論による解析/塑性力学の基礎, 軸対称円形トンネル, 線対称円形トンネルの弾塑性解, 円形トンネルで地山の自重を考えた弾塑性解析 ○弾塑性解以外の検討/トンネルの大きさの影響, 時間の影響, 表面の影響, 山はね, ゆるみと締めり, 地山のゆるみ, 再圧密を考えた考察 ○その他の検討/二次覆工の役割とひび割れ, 安全率, 支保工の設計・観察・計測の解釈と逆解析, 力学的に好ましい, または好ましくないトンネルの設計および施工法, 有限要素法, トンネルと地下水



株式会社 土木工学社

〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16メイジャー神楽坂
電話 (03) 3267-2888 (代) 振替 00110-8-190072



トンネル工事坑道内用IPテレフォニーシステムを納入

沖電気工業は、西尾レントオールを通じトンネル工事坑道内用IPテレフォニーシステムを納入、トンネル工事現場に設置された。

トンネル工事坑道内用IPテレフォニーシステムIPstageR EX300は、坑道内のすべての電話システムを、光ファイバを介して収容することで、従来、端末の設置ポイントごとにそれぞれ敷設していた電話線を1本のIP電話回線に統合するシステム。これにより、坑道内の電話敷設のコストが軽減される。

従来単なる連絡用、非常用であった坑道内電話システムが、光ファイバの敷設によって、伝送速度が約400~18,000倍と飛躍的に向上し、掘削現場の状況把握のためのさまざまなシステム(ビデオ映像の伝送や粉塵, 天然ガスの噴出事故などに対応するガス検知器の情報伝送)などにも応用可能となり、今後のトンネル工事現場での安全確保にも有効な通信手段となる。

地盤の変状を監視できる計測器を開発

飛鳥建設は、豪雨や地震などによる斜面崩壊や地すべりなどの地盤の変状を監視できる、FBG伸縮計, FBG傾斜計, FBG水位計を開発し、実用化した。

TDM方式FBG光ファイバセンシング技術は、1本の光ファイバで最大100測点の計測が可能であり、1台の光測定器で広域での多点長期計

測を実現する技術。計測装置の価格が、電気式計測システムとほぼ同等であり、長期的な維持管理費を含めると電気式計測システムより経済的となる。

現在建設分野の計測では、ひずみゲージなどを利用する電気式計測器が一般的だが、地下水などの浸入による絶縁不良や、落雷などの過電流により数年間で計測器が使用不能となり、長期で見ると結果的に計測監視にかかわる費用の増加を招くことが課題となっていた。

近年は、耐久性に優れ長期監視に適した光ファイバセンシングが構造物の健全性監視に採用されるようになり、数種類の光ファイバ方式による計測機器が計測分野に導入されることが多くなっているが、広範囲での多点計測の場合、いずれも1本の光ファイバに多くの計測点を接続できないため、光ファイバの本数が増えたり、多数の光測定器を配備したりすることとなり、計測システムが大掛かりなものとなるなどの課題があった。

3次元構造物健全性診断システム

飛鳥建設と日本大学(理工学部土木工学科:小林義和専任講師)は共同で、コンクリート構造物の健全性診断を非破壊で行う分野で、今までにない技術として、「3次元構造物健全性診断システム『DaCS-3D』」を完成させ、実用化した。

同システムは、新たに開発した弾性波の伝わり方を追跡する3次元弾性波トモグラフィ技術を用い、構造物の3次元健全性を解析、評価する。

2次元での弾性波トモグラフィによる健全度評価は従来から行われてきたが、医療などで用いられるX線と異なり、弾性波の伝播経路は未知であり3次元化が難しく、構造物の内部の様子を3次元的に調べるには、

多数の2次元断面を計測し補完する擬似3次元の方法しかなかった。

3トンクラスの超小旋回型ミニ油圧ショベルを新発売

新キャタピラー三菱は、超小旋回型ミニ油圧ショベルCAT 303C SR「REGA」(バケット容量0.09m³, 運転質量2.99t)を発売した。

比較的狭隘な現場での使用に優れた機種。

同機は、オフロード法に適合するエンジンを搭載。また、ポンプ性能の向上により、従来機に比べスムーズかつパワフルな作業性を実現。車幅内に収めた上部旋回体フレームや板金製フードの採用、点検・調整箇所への容易なアクセスなど、操作性やメンテナンスにも配慮し、都市土木ユーザの幅広いニーズに応えた製品となっている。



「石貫徹」を発売

NEXCO中日本は、飛騨トンネルの貫通地点で採取した貫通石をカンヅメにした新商品「石貫徹」(税込500円)を発売した。

缶を振ると、難関突破を象徴する貫通石が高らかに鳴り響き、その音が、受験、就職活動、ビジネスなどの困難に立ち向かう人たちの気持ちを鼓舞して、「意志が貫徹する」というコンセプトの商品。

管内14のSAほか、ドライブ情報ウェブサイト「高速日和」のオンラインショップで発売する。

(<http://kousokubiyori.jp/>)



1. 会員の現状

	11月25日現在
正会員	2,132名
団体会員	399名
個人会員	1,733名
名誉会員	1名
計	2,133名

2. 第188回理事会, 第64回評議員会

日時:平成19年11月26日(月) 12:00~13:00

場所:東京商工会議所8階「東商スカイルーム」

出席者:理事24名, 監事3名, 評議員23名

議事:

①13名の入会と89名の退会を承認

②理事, 評議員の交替

1. 理事

旧	新	所属役職
本庄 正史	金井 誠	(株)大林組常務取締役

2. 評議員

旧	新	所属役職
南荘 淳 大石 富幸 伊藤 博	山内 幸裕 森本 浩 中里 隆	阪神高速道路(株)技術部長 関西電力(株)土木建築室土木部長 日本下水道事業団品質管理センター長
高橋 康史 山田 豊彦	樺尾 恒次 市川 正美	東京都交通局参事 東急建設(株)代表取締役社長

③第34回通常総会開催日を平成20年5月23日(金)16時からとした。

3. 委員会の開催状況(11月1日~30日)

①調査研究関係委員会

◎技術委員会

共通技術小委員会ざり出し方式調査WG:11/14(小

暮誠主査ほか7名)調査報告書を検討

山岳トンネル小委員会支保WG:11/15(服部修一主

査ほか14名)作業方針を検討

都市トンネル小委員会Q&A施工WG:11/21(北川

滋樹幹事ほか16名)原稿を検討

東北新幹線トンネル施工技術委員会幹事会:11/6

(田村武幹事長ほか35名)施工対策評価

耐震設計検討特別委員会幹事会:11/16(蔣宇静幹事

長ほか13名)耐震性能を検討

筑紫トンネル特別委員会幹事会:11/16(大島洋志幹

事長ほか27名)現場視察ほか

東北新幹線トンネル施工技術委員会:11/28(足立紀

尚委員長ほか48名)施工結果を検討

筑紫トンネル特別委員会:11/30(樗木武委員長ほか

19名)貫通式出席ほか

計 8回開催 187名出席

②運営広報関係委員会

◎総務委員会:11/14(日月俊昭委員長ほか8名)公益

法人制度改革ほかを検討

広報小委員会

会誌WG:11/7(大島洋志主査ほか11名)12月号の会

誌と3か月計画を検討

ホームページWG:11/9(土門剛委員ほか6名)コン

テンツ作成方針を検討

◎国際委員会

海外文献小委員会

海外ニュースWG:11/26(小島宗隆主査ほか7名)

海外ニュースを翻訳

◎事業委員会:11/27(桑原彌介委員長ほか14名)催物

事業計画を検討

計 5回開催 51名出席

合計 13回開催 238名出席

4. 国際会議の開催予定

会議名	開催日	場所	主催者等
第34回ITA総会およびコンgres「より良い環境と安全のための地下空間を目指して」	2008. 9. 19~25	ニューデリー(インド)	CBIP(灌漑・水力中央委員会) International Tunnelling and Underground Space Association(国際トンネル協会) http://www.cbip.org

*論文募集に関する詳細は事務局(担当:関)までお問い合わせください。(社)日本トンネル技術協会 TEL:03-3553-6174

5. 平成19年度催物開催現況

催物名	開催日	人数	場所
(見学会)			
プラハ国際トンネル会議技術調査	2007. 5. 3~13	18	オーストリア, チェコ, ドイツ
首都圏トンネル現場研修会	2007. 5. 30	14	東京都
首都高速新宿線現場研修会	2007. 6. 14	19	東京都
上野地区地下構造物建設現場研修会	2007. 6. 28	17	東京都
横浜市下水道トンネル現場研修会	2007. 7. 4	15	神奈川県
西大阪延伸線建設工事現場研修会	2007. 7. 27	16	大阪府
横浜市下水道トンネル現場研修会	2007. 8. 23	17	神奈川県
第二東名 島田第一トンネル現場研修会	2007. 10. 30	12	静岡県
北陸新幹線 第2魚津, 新木浦トンネル現場研修会	2007. 11. 8, 9	7	富山県, 新潟県
藤沢市下水道トンネル現場研修会	2007. 11. 16	14	神奈川県
第二京阪 小路トンネル現場研修会	2007. 11. 30	16	大阪府
JES工法現場研修会	2007. 12. 11	30	東京都
(発表会)			
第60回(山岳)	2007. 9. 26	136	東京都
「厳しい条件を克服した山岳トンネル工事」			
第61回(都市)	2007. 9. 27	114	東京都
「地下重要埋設物をはじめとする各種制約下での都市トンネル工事」			
「若手に伝えたい都市トンネル施工技術」			
(講演, 講習会)			
第10回トンネル技術ステップアップ研修会(山岳部門)	2007. 10. 25, 26	16	東京都
第9回トンネル技術ステップアップ研修会(シールド部門)	2007. 11. 1, 2	25	東京都

もぐら研究会報告

事業委員会

事業委員会はトンネルに関する各種催し物を行っている。催し物の一つとして平成16年より「もぐら研究会」を開催している。その目的は「同世代のトンネル技術者が会社の枠を越えて集い、自由に意見を述べ合うことによって、幅広く情報収集・交換を行うとともに、参加者の資質向上を図る。さらに、今後のトンネル事業の発展に向けた施策の勉強や提言の場を提供する」ことである。

平成18年より30代の技術者により「技術の継承」について勉強・意見交換をしてきた。このたび、その成果を本協会のホームページ(http://www.japan-tunnel.org)に掲載したので、以下の手順で閲覧してください。

検索順序:日本トンネル技術協会→委員会の活動状況→事業委員会→もぐら研究会報告

2月号予告[2月1日発売予定]

- セグメントリング継手の損傷分析と対策
- 東北新幹線 高館トンネル
- 第二東名高速道路 金谷トンネル
- 阪神なんば線(西大阪延伸線)第3工区
- 大阪市深江中浜下水道幹線

【連載講座】

- シールド工事の施工に関するQ&A(8)

*内容等は変更になる場合がございます

編集後記

新年あけましておめでとうございます

◆今月は海外のトンネル工事を特集しました。3大陸7か国でのトンネル工事が紹介されています。

◆ここに紹介されたどの国にも行ったことがないのが残念ですが、もっとも行ってみたい国はラオスです。個人的にラオス人の知人があり、毎年春になるとラオス大使館で催される花祭りや、代々木公園で催されるラオスフェスティバルを訪れているので、親近感があります。

◆ラオスにはLaoLaoという焼酎があり、宴会になると、男女関係なくこれをラップ飲みで回し飲む、という風習があるようで、わたしもやらされたことがあります。LaoLaoは度数が高く、決して旨いといえないため、ストレートでラップ飲みというのはなかなかつらいものがあります。LaoLaoはいまいちですが、beerLAOというビールはかなりおいしいく、LaoLaoの口直しには最適です。

◆ラオス国外で学んだり、働くラオス人は、IT関係の技術や経済の知識を求める多いらしく、土木を勉強しに日本に来る人は少ないそうです。しかしながら、現在ラオスのインフラ整備に関する支援プロジェクトなどが、JICAなどをつうじて多くおこなわれていることから、今後トンネル技術に関する交流も増えてゆくかもしれません。

◆ラオスは日本と同様、山がちな国で、開発の手が及んでいない美しい自然がまだ多く残されてると聞きます。今後のラオス経済が発展していくにあたり、インフラも急速に整備されるでしょう。日本のトンネル技術が活かされ、自然の保全と発展が実現されることは望まれることだと思います。

◆いつの日か知人がラオスに帰国したときには、ラオスを訪れ、よく保全された美しいラオスの自然と、相変わらず旨くないLaoLaoを楽しみたいものです。

(K.K.)

★購読の申し込み、または、送付先変更などの問い合わせは(株)土木工学社までご連絡ください。

★(社)日本トンネル技術協会会員の方の住所(送付先)変更は直接(社)日本トンネル技術協会へご連絡ください。

トンネルと地下

第39巻 第1号 [通巻449号]

ISSN 0285-631X

Tonneru to chika

平成19年12月20日 印刷

平成20年1月1日 発行

社団法人日本トンネル技術協会

会長 小森 博

〒104-0041 東京都中央区新富2丁目14番7号(新光第一ビル)

TEL: 03-3553-6174

FAX: 03-3553-6145

http://www.japan-tunnel.org

発行所 株式会社土木工学社

〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16

番地メイジャー神楽坂

TEL: 03-3267-2888

FAX: 03-3267-2807

http://www.tunnel.ne.jp

発行人 山本 育徳

編集人 山本 勝誉

印刷 新協印刷株式会社

本誌の購読について

■購読をご希望の方は、書店または土木工学社へ直接お申し込みください。

■お申し込みの際は、誌名、購読期間、住所、所属、氏名などを明記のうえ、FAX(03-3267-2807)にてお申し込みください。後日、小社より振込用紙をお送りいたします。

購読料

1冊 1,575円(送料108円)

(本体価格 1,500円)

1年 15,000円(前納)

振替 00110-8-190072

本誌広告のお申し込み方法

本誌への広告掲載は小社「トンネルと地下」営業部までご連絡ください。

TEL: 03-3267-2888

本誌掲載記事を無断で複写(コピー)および転載することは、著作権上での例外を除き、禁じられております。本誌から複写または転載を希望される方は、小社(03-3267-2888)までご連絡ください。

吹付けコンクリート用急結剤

「太平洋ショットマスター」



急結性に
優れています

セメント鉱物系ならではの
シャープな急結性が得られます
そのため 吹付けコンクリートを急速に硬化させ
岩盤への優れた付着性
跳ね返りの低減が実現できます

2
短時間強度長期耐久性が
良好です

吹付け後 短時間で高い強度が得られ
以後の強度発現性も優れています
また セメント鉱物系ですので
長期耐久性も良好です

3
塩化物を
含んでいません

塩化物を含んでいませんので
ロックボルト・鋼製支保工等の鋼材を腐食させません

優れた付着性!!

「太平洋ショットマスター」は、太平洋セメント株式会社が特殊セメントやセメント用各種混和剤の開発技術をもとに、鋭意研究開発したセメント鉱物系を主成分とした吹付けコンクリート用急結剤です。セメント鉱物ならではの急結性を有し、吹付けコンクリートの岩盤への優れた付着性・跳ね返りの低減が実現できます。

太平洋マテリアル株式会社

- 営業本部高機能建材営業部 〒103-0023 東京都中央区日本橋本町4-8-15 ネオカワイビル8F TEL.03-3278-5319
- 北海道支店/TEL.011-221-5855 ○東北支店/TEL.022-221-4511 ○東京支店/TEL.03-3278-5331
- 北陸支店/TEL.076-234-1670 ○中部支店/TEL.052-452-7141 ○関西支店/TEL.06-6228-6660
- 中国支店/TEL.082-261-7191 ○四国支店/TEL.087-833-5758 ○九州支店/TEL.092-781-5331