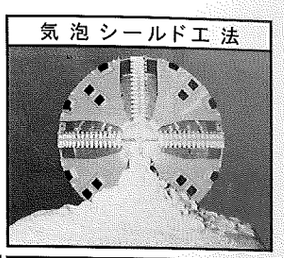
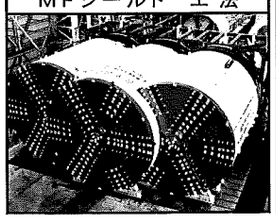
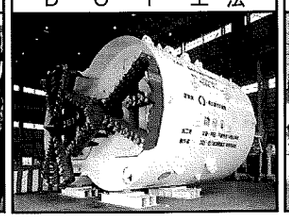
トンネルと地下　平成21年1月1日発行第40巻第1号　昭和45年11月18日第3種郵便物認可
出版元　株式会社土木工学社　東京都新宿区岩戸町16番地メイジャー神楽坂

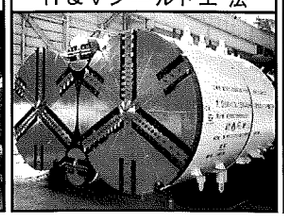
地下の空間を創る

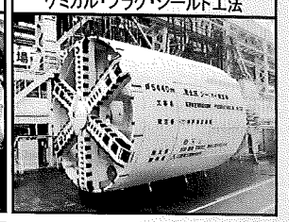
近年、都市部の基礎整備には地下の利用が不可欠です。
シールド工法は、地下空間を創造する方法として一段と重要さを増しています。
ここに集まった13のシールド工法は、実績があり信頼できる最先端技術です。

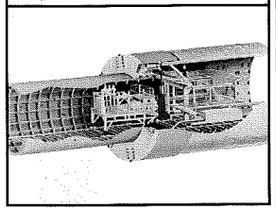

気泡シールド工法

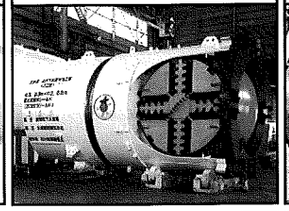

MFシールド工法

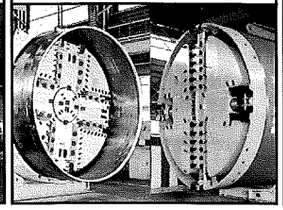

DOT工法

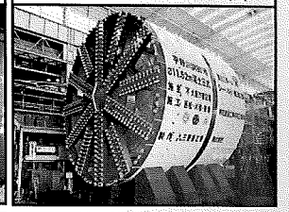

H&Vシールド工法

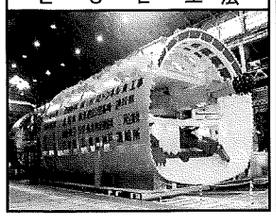

ケミカル・プラグ・シールド工法

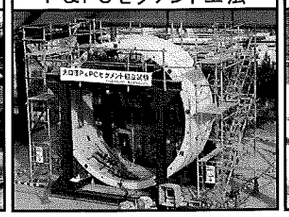

拡大シールド工法

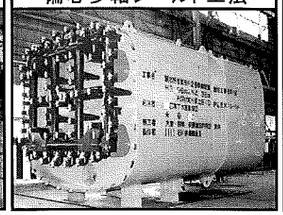

球体シールド工法

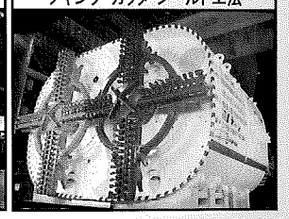

MSD工法


泥土加圧シールド工法


ECL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・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㈱
青木あすなろ建設㈱
あおみ建設㈱
㈱浅沼組
岩田地崎建設㈱
㈱大林組
㈱大本組
㈱奥村組
オリエンタル白石㈱
鹿島建設㈱
㈱熊谷組
㈱鴻池組
五洋建設㈱
佐藤工業㈱
清水建設㈱
西武建設㈱
㈱錢高組
大成建設㈱
大日本土木㈱
大豊建設㈱
大和小田急㈱
㈱竹中土木
鉄建建設㈱
東亜建設工業㈱
東急建設㈱
東洋建設㈱
戸田建設㈱
飛島建設㈱
西松建設㈱
日本国土開発㈱
㈱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㈱
三井住友建設㈱
みらい建設工業㈱
村本建設㈱
名工建設㈱
㈱森本組
りんかい日産建設㈱
若築建設㈱
㈱IHI
川崎重工業㈱
㈱小松製作所
JFEエンジニアリング㈱
日立造船㈱
三菱重工地中建機㈱
石川島建材工業㈱
SMCコンクリート㈱
新日本製鐵㈱
新和コンクリート工業㈱
ＪＦＥ建材㈱
ジオスター㈱
都築コンクリート工業㈱
日本コンクリート工業㈱
フジミ工研㈱

賛助会員

㈱新井組
安藤建設㈱
伊藤組土建㈱
㈱植木組
奥村組土木興業㈱
坂田建設㈱
大旺建設㈱
徳倉建設㈱
奈良建設㈱
㈱福田組
㈱アクティオ
カジマメカトロエンジニアリング㈱
成和リニューアルワークス㈱
第一化成産業㈱
太平洋ソイル㈱
㈱立花マテリアル
㈱タック
中央工業㈱
㈱テルナイト
東洋工業㈱
㈱日本ネットワークサポート
マルマテクニカ㈱
ミイケ機材㈱

定価1,575円
本体価格1,500円
雑誌06619-1
4910066190194
01500

1
461号
トンネルと地下
JTA
4
KR

●駅地下スペースを活用した新幹線工事と駅ビル開発 vol. 40 no. 1 2009

昭和45年11月18日第3種郵便物認可　平成21年1月1日発行(毎月1回1日発行)　第40巻第1号　通巻461号　ISSN 0285-631X

トンネルと地下 1

vol. 40
no. 1
2009

Tunnels and Underground

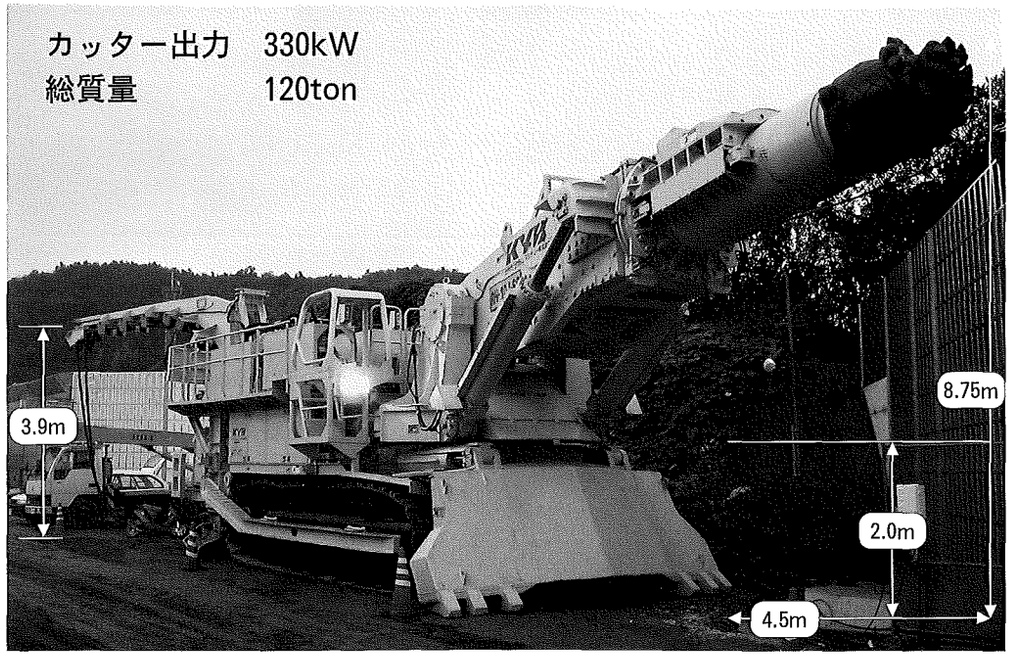
駅地下スペースを活用した新幹線工事と駅ビル開発
小土かぶり・帯水土砂地山トンネルの各種補助工法(その3)
市街地における浅層大断面4連めがねトンネルの施工
東京メトロ営業線内の石綿を専用台車で安全に除去
「ITA総会および世界トンネル会議(アグラ)」報告

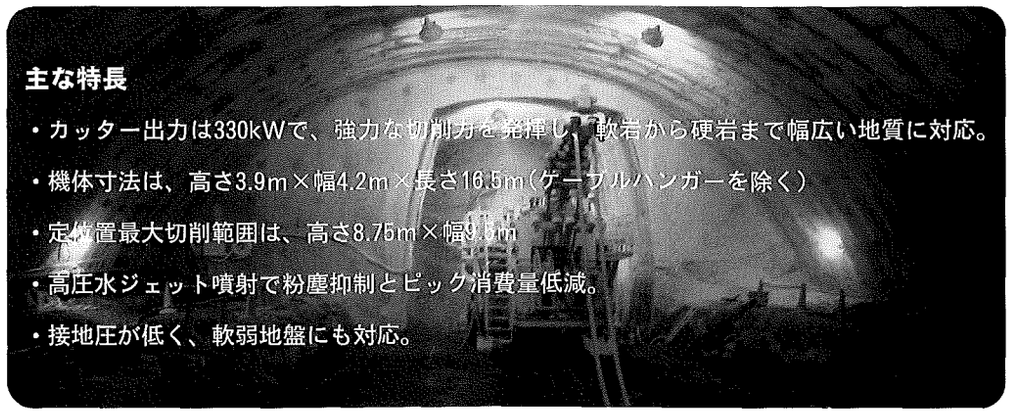
日本トンネル技術協会誌



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





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9.0m
- 高圧水ジェット噴射で粉塵抑制とビック消費量低減。
- 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:㊀日本鉱機株式会社)

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 FRD FURUKAWA

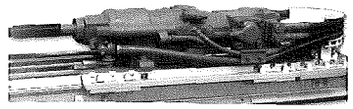
様々なトンネル工事に挑戦し、実績を積み重ねてきた各種製品と全国に広がる安心のサービス網でお客様をバックアップします。

ホイール式ドリルジャンボ

JTH2200R/3200R

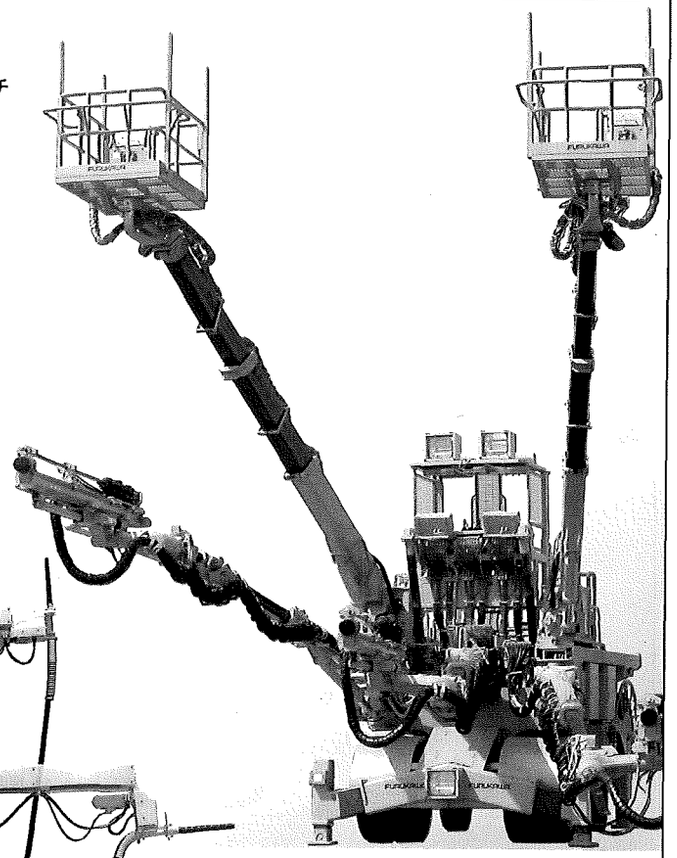
新幹線・道路・水路等の全断面および補助ベンチ工法のトンネルさく孔に威力を発揮します。

新世代型油圧ドリフタHD210Ⅱ搭載。



◆主な仕様

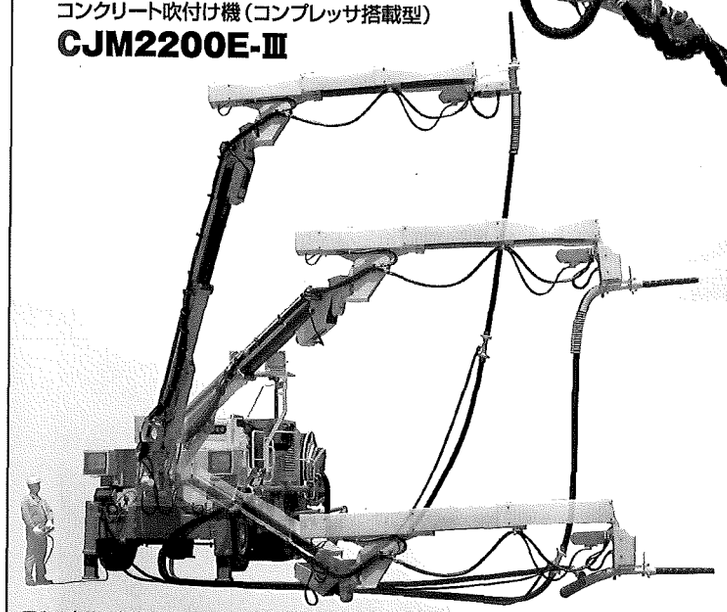
	JTH2200R 2ブーム、2ケージ	JTH3200R 3ブーム、2ケージ
質量	35.5トン	43トン
全長	14,270mm	14,760mm
全幅	2,690mm	3,140mm
全高	5,940mm	6,010mm
水平さく孔範囲		
幅	12.77m	13.22m
高さ	8.49m	8.84m



JTH3200R

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。

◆CJM2200E-Ⅲ 主な仕様

質量	24トン
全長	15,600mm
全幅	3,000mm
全高	4,000mm
水平吹付け範囲	
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 FURUKAWA 古河ロックドリル株式会社 http://www.furukawarockdrill.co.jp/

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 027-326-9611 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

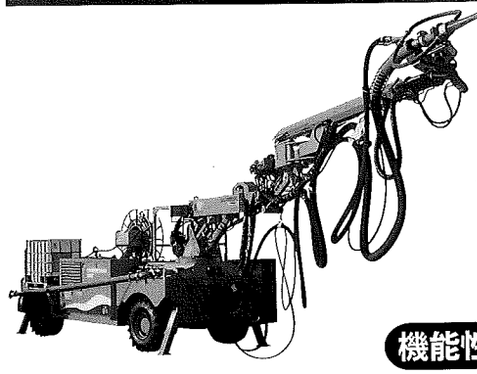
吹付けコンクリートシステム

Sika® PM
Experts on Sprayed Concrete

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＝1000㎜
　他　社　機　　L＝600～700㎜
②S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ぎが防止され，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！

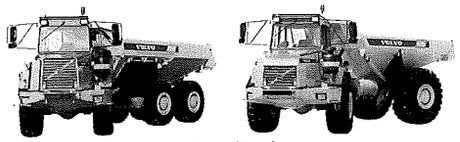
機能性，機動性の基に理想的な機械化を実現！

総販売元　東友エンジニアリング㈱　製造輸入元　プツマイスタージャパン㈱

トンネル関連製品

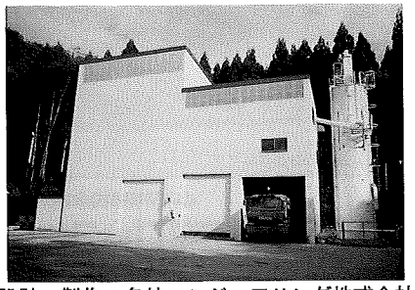
吹付けコンクリートシステム
putzmeister・Sika®–PM500PCコンクリート吹付機
Putzmeister S.A.
一体型吹付機・特殊型吹付機
設計・製作：東友エンジニアリング株式会社

VOLVOダンプトラック
(A25C–TS，A25C–TR，A20/30C–T)


Volvo East Asia(Pte)Ltd

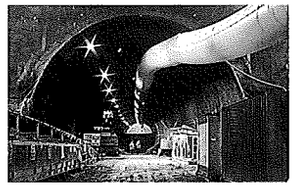
その他，トンネル施工機械全般

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

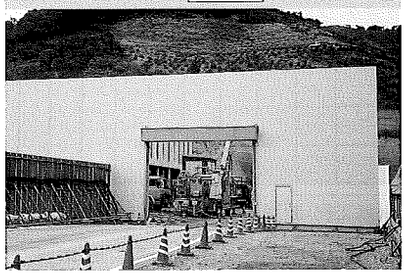
総代理店　東友エンジニアリング株式会社

騒音防止システム

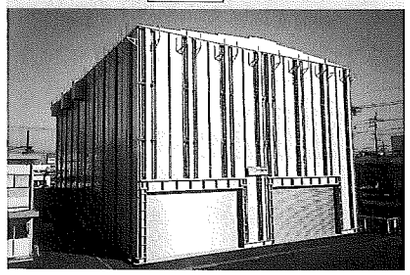
エコフラット －35db Cタイプ


美観を重視した高性能の防音ハウス

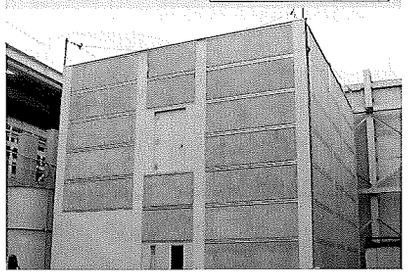
エコパネル防音壁 －15db Aタイプ


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

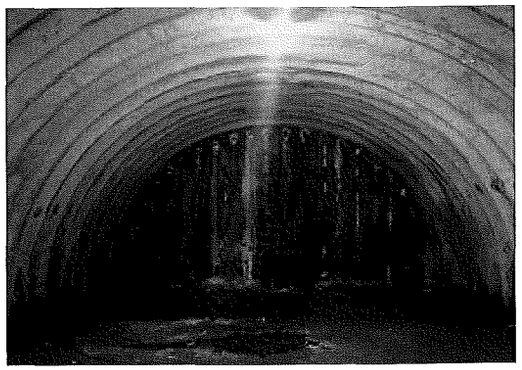

超低周波音対策に適した防音ハウス

設計施工　株式会社トーユーエコサポート

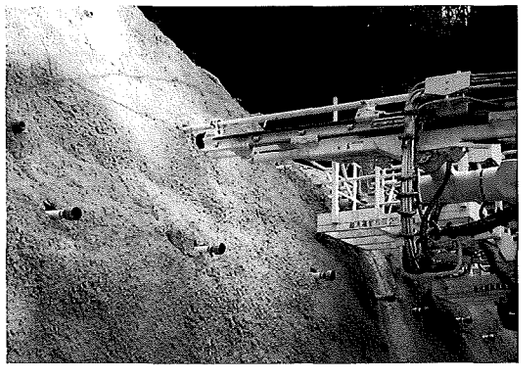
建設業界に貢献するTOYU GROUP
東友エンジニアリング株式会社
http://www.toyu.co.jp
〒102–0073　東京都千代田区九段北 3–2–5　TEL：03–3234–8901　FAX：03–3234–8900
株式会社トーユーエコサポート　TEL：03–5226–5971　FAX：03–5226–5974
トーユーサービス株式会社石岡工場　TEL：0299–27–6211　FAX：0299–27–6233

日本で生まれ、世界へ広がる。
NATMの補助工法

当社は「AGF工法のパイオニア」として，数多くの実績を築いてきました．
この豊富な施工実績を基にした技術対応力で，バックアップ体制をとっています．さらに，豊富なビットシステムと多様な注入システムを保有しているため，「AGF工法〜小口径二重管削孔システム」まで，地山条件や施工条件など目的に応じたご提案ができます．



（施工例）断面内からの無拡幅AGF工法



（施工例）鏡面への小口径二重管削孔システム

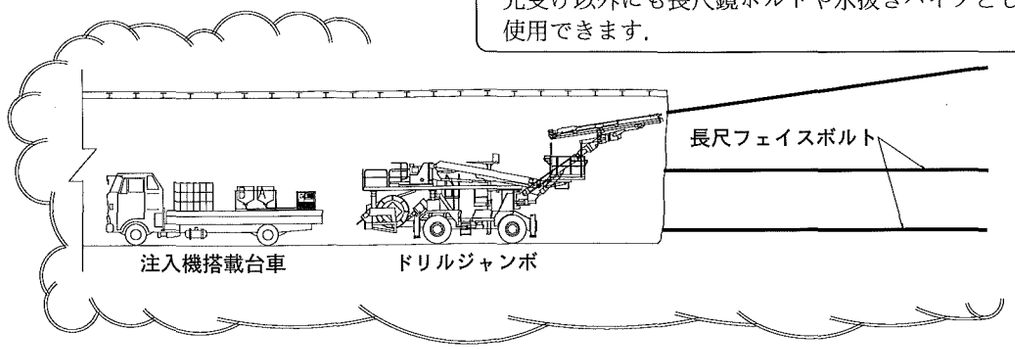
AGF工法のバリエーション

プロトタイプ
無拡幅タイプ
最小拡幅タイプ

施工性や経済性を追及して，注入式フォアポーリングとAGF工法の間を埋める工法！

小口径二重管削孔システム

鋼管径φ89.1㎜〜60.5㎜まで対応ができ，鋼管・スリット管・特殊樹脂管が選べます．
↓↓
先受け以外にも長尺鏡ボルトや水抜きパイプとして使用できます．



注入材のバリエーション

■シリカレジン注入材
- スーパーSRF(標準タイプ)
- スーパーSRF(Sタイプ)
- スーパーSRF(低粘度タイプ)

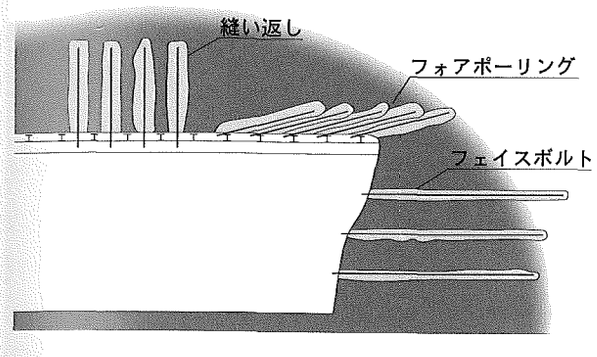
■ウレタン注入材
- ガンバンスーパーS

■無機系注入材
- シリカセーフ



（施工例）固結状況

注入ボルトのバリエーション



注入式フォアポーリングや鏡ボルト等に使用する注入ボルトとして，
- PUボルト
- KATアンカー
- GPRマルチタイプロックボルト

等があり，地山条件や使用目的に応じて選択できます．

主要営業品目

- スーパーシート(防水シート)
- ツイストロックボルト
- 異形ロックボルト
- KAT自穿孔ロックボルト
- GRPマルチタイプロックボルト
- 各種注入材
- アルカリフリー型液体急結剤AFK—777J
- 各種AGF工法
- Small—P工法/パノラマ工法
- 注入式フォアポーリング
- 濁水処理設備
- 建設資材全般

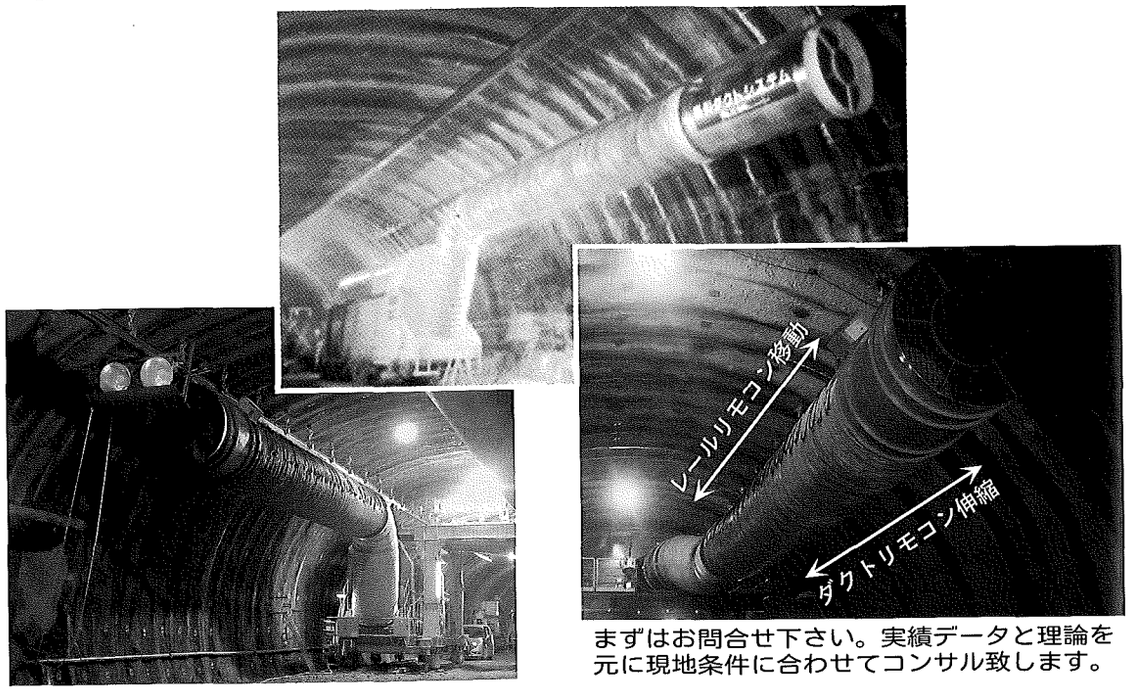
KATECS
株式会社 カテックス
建設資材事業部
ホームページ http://www.katecs.co.jp/

技術営業部
TEL)052-331-8821 FAX)052-332-0164
中部営業部
TEL)052-331-8821 FAX)052-332-0164
東京支店
TEL)03-3260-8321 FAX)03-3266-1648
関西営業所
TEL)06-6578-3235 FAX)06-6578-3237
九州営業所
TEL)092-574-0856 FAX)092-574-0846
北海道地区(㈱エイチ・アール・オー)
TEL)011-821-5868 FAX)011-821-6644

吸引ダクトシステム

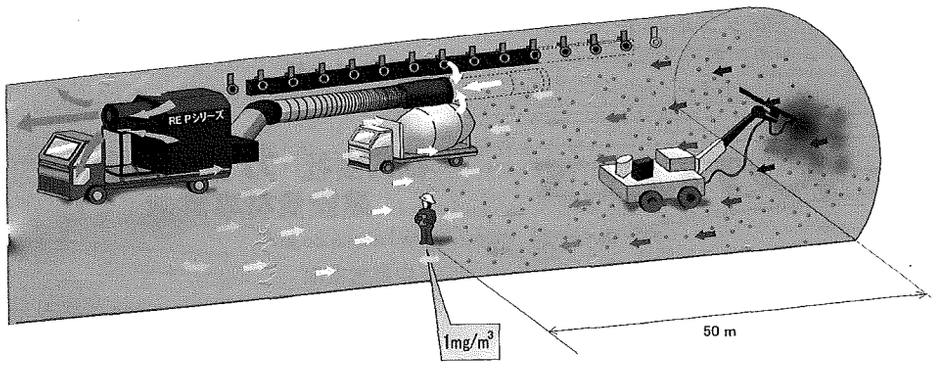
業界初 吸引ダクトシステム特許取得〔第3883483号〕

粉じん障害防止規則を大幅に満たす 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。

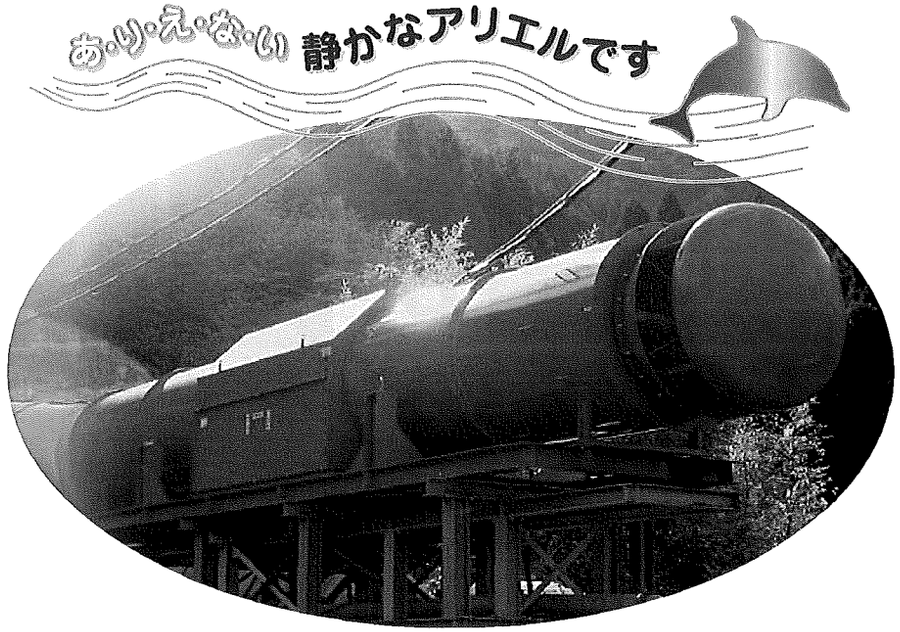
- 発生源粉塵対策の決定版.
- ダクトはもちろん，吊下げレールも無線リモコンで楽々前進.
- 掘削工法や作業サイクルに適応．操作にお手間をとらせません.
- 最低限の切羽送気量と後方の高い清浄空間の確保で換気コストとランニングコストの大幅なコストダウンに.
- 適応径はΦ600～Φ1650，負圧－2kPa，収縮率1/5，100m以上もレンタルで対応可．移動照明を使用することで切羽作業効率，安全性が大幅にアップ．その他の口径・延長はご相談下さい.



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・二軸反転ファン エアロ★MAX アリエル

今時、静かなのは当たり前!!



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は最小値78dB(A)、アリエルは当社比－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。

ｺﾝｻﾙﾃｨﾝｸﾞ：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。

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

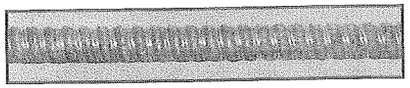
— NATMを支える —

技術と信頼！

ケー・エフ・シーの ロックボルト

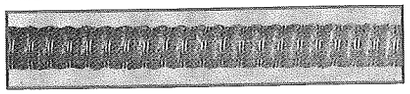
全ネジFRPロックボルト

CG22S

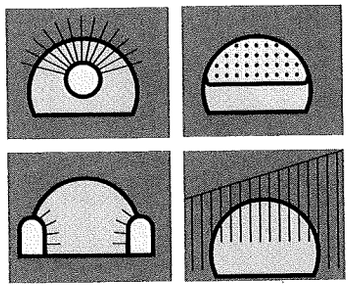


（中実タイプ）

CGR32

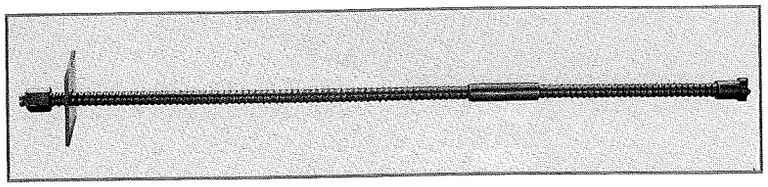


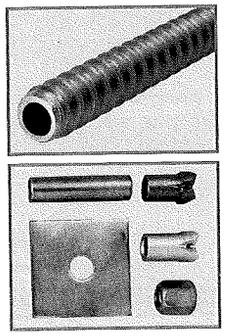
（中空タイプ）



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



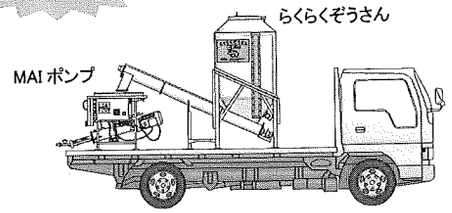


現場での取扱いが非常にし易い R32 ネジを全長にわたって転造した中空ロックボルトです。

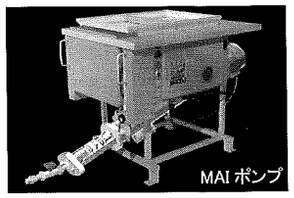
MAIポンプ＆らくらくぞうさん（モルタル投入システム）

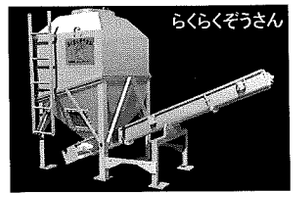
特許第 3256532 号（らくらくぞうさん）

ECO システム!



現場ゼロエミッションに貢献します。







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

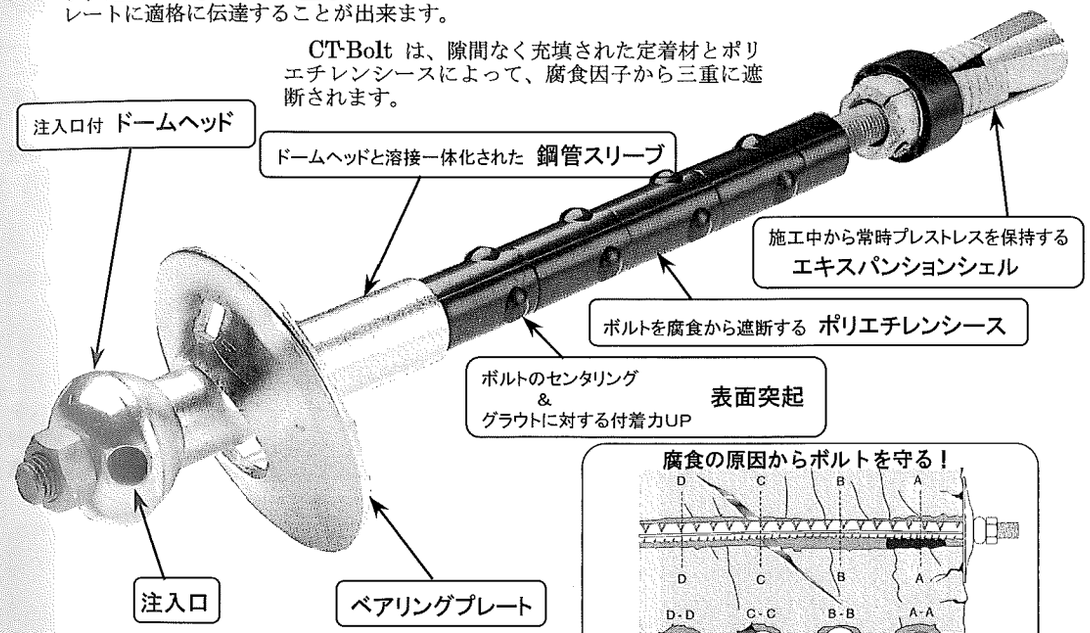
CT-Bolt

Ørsta Stål

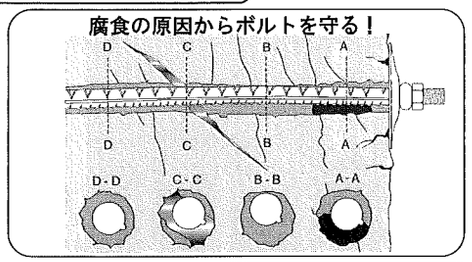
通常施工により超長期支保

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。

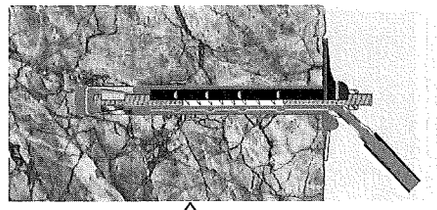


腐食の原因からボルトを守る！



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

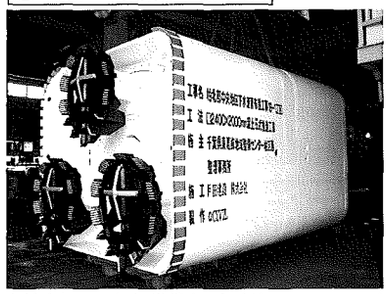
KFC 株式会社 ケー・エフ・シー

〒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

超流バランスセミシールド工法

ボックスカルバート推進工法

施工場所：千葉県柏市若柴地内



多軸自転・公転掘進機(内空寸法□2400×2000)

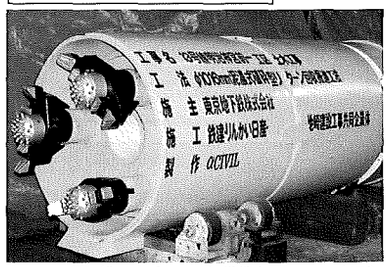
本工法は、有効断面を最大限に確保し、低土被り、長距離、急曲線の安全で迅速かつスムーズな密閉型矩形推進工法を確立しました。

先行工事としての角鋼管水平土留工やボックスカルバートの密閉型推進工法に活用可能です。

◆低土被りが推進可能(H=1.5m程度まで可能)
◆PC・RCボックスカルバート函体および角鋼管にて対応可能
◆密閉型のため切羽の安定性に優れ、地山の緩みを防止可能
◆完全密閉型式多軸方式の高トルク掘進機のため、多用な土質に適用可能で迅速な施工を実現可能

リターン回収掘進工法

施工場所：東京都渋谷区神宮前



φ1016㎜長距離パイプルーフ掘進機(リターン回収型)

本工法は、掘進機を発進基地に迅速に引き戻せる機構としたことで、到達立坑が不要となり、大幅なコスト縮減が可能となりました。

特に長距離、曲線パイプルーフ施工として有効なため、工期短縮およびコスト縮減が図れる画期的な工法です。

◆長距離・曲線パイプルーフとして適用可能
◆通常のJIS鋼管にて対応可能(鋼管φ812～φ1219㎜)
◆継ぎ手付鋼管においても先行継ぎ手カッターにてスムーズな掘進が可能
◆到達回収立坑が不要(発進側へ掘進機内部装置を回収可能)
◆密閉型掘進機構ゆえに無水層～滞水層まで対応可能

巨礫・岩盤破砕型掘進工法

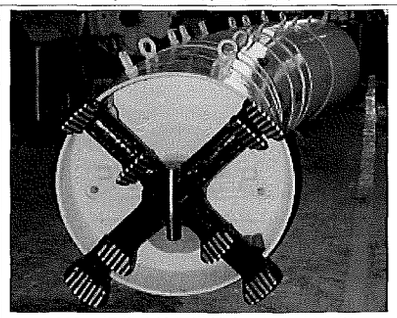


φ1500㎜破砕型掘進機

本工法は泥濃式の取込方式の長所を生かしながら、破砕方式を兼ね備え、取込径以下の不要な破砕を行わないため、ビットの耐磨耗延長を従来の2倍以上とし、巨礫に対応しながら長距離推進を可能としました。

◆破砕型掘進機：呼び径φ600～φ1650に対応が可能
◆岩盤層実績　26件、延べ延長L＝10.0km
◆巨礫層実績　47件、延べ延長L＝15.6km
◆破砕型急曲線実績　R＝15m(φ800、巨礫層)
◆破砕型長距離実績　L＝619m(φ1000、巨礫層)

長距離・急曲線推進工法



φ800㎜超急曲線掘進機(R=9.3m対応機)

本工法は泥濃式の中でも特に高トルク、超急曲線機能・超長距離安定機能の開発を進め、玉石砂礫層～軟弱層の広範囲の土質に対応できる画期的な掘進機を開発してきました。

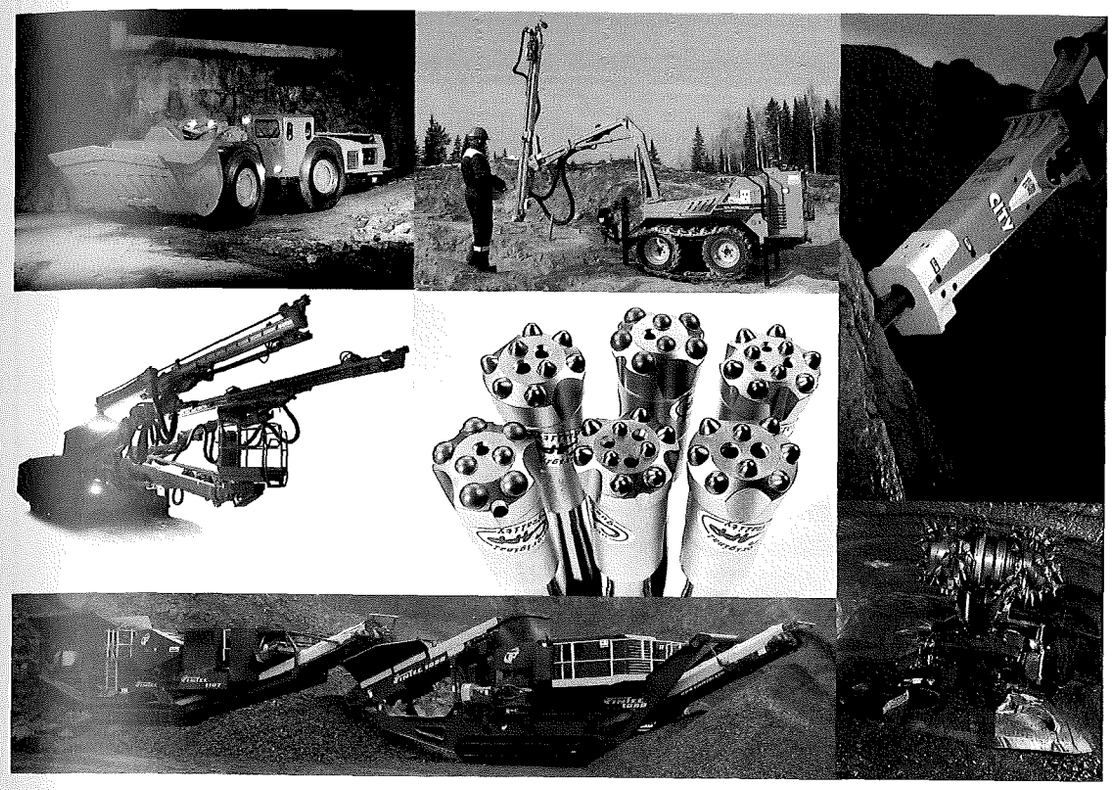
◆呼び径φ600～φ2400に対応が可能
◆排土口径が大きいため、取込型掘進機でも管呼び径の40%程度の玉石等の摘出が可能
◆通常の泥濃式の送泥水注入と固結型滑材注入に加え掘進機外周からテールボイド安定材の注入、さらにテールボイド拡幅装置(TRS)を装着することで切羽の安定と良好なテールボイドの構築が可能
◆超急曲線掘進機は多段中折れ機構により管呼び径の40～15倍程度まで曲線施工が可能

認証取得
ISO 9001
ISO 14001

株式会社アルファシビルエンジニアリング(超流セミシールド協会)
〒812-0015福岡市博多区山王1丁目1番18号
TEL(092)482-6311　FAX(092)482-6363
E-mail:arfa@oregano.ocn.ne.jp
URL http://www.alpha-civil.com

建設コンサルタント登録番号：建18第8677号
測量登録番号：登録第(1)-30507号
建設許可番号：国土交通大臣許可(特-18)第19193号

SANDVIK

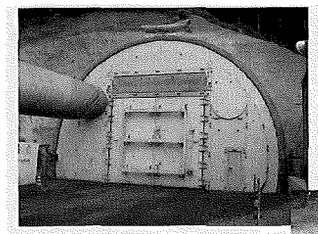


Productivity
in Action

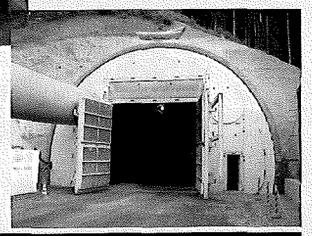
サンドビック マイニング アンド コンストラクションは、鉱山、建設業界においてトータルソリューションをご提供する世界のリーディングカンパニーです。
私たちの製品は、鉱山機械、建設機械、一般土木機械に広く対応し、製品群は、掘削機、クラッシャー、油圧ブレーカ、スクリーン、及びその消耗品類と広くカバーしております。
それらは、長い歴史で培った経験と知識が生かされた優れた設計に基づいた製品であり、また万全のアフターセールスサポートにより貴社を強力にバックアップいたします。
長い歴史を持つサンドビックは、お客様とのパートナーシップを大切にします。
私たちは、お客様とのより密なパートナーシップにより、お客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

快適な作業環境を提供する騒音対策システム
～25年の実績が最大級の安心をご提供いたします～



【防　　音　　扉】



HFS型マークⅡ
HFS型ロック式
HFS型マークⅡ10c
HFS型マークⅡ15c

防音扉には生産物賠償責任保険(対人)が付いております。

『防音扉マークⅡ』の音響性能

対　策	騒音レベル	低周波音圧レベル
1基設置	19 dB(A)	13 dB
2基設置	28 dB(A)	19 dB

『防音扉ロック式』の音響性能

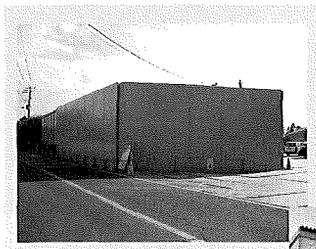
対　策	騒音レベル	低周波音圧レベル
1基設置	19 dB(A)	17 dB
2基設置	28 dB(A)	26 dB

『防音扉マークⅡ10c』の音響性能

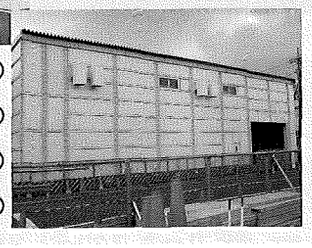
対　策	騒音レベル	低周波音圧レベル
1基設置	19 dB(A)	20 dB
2基設置	29 dB(A)	33 dB

『防音扉マークⅡ15c』の音響性能

対　策	騒音レベル	低周波音圧レベル
1基設置	21 dB(A)	23 dB
2基設置	30 dB(A)	36 dB



【防　　音　　壁】
【防音ハウス】
【防音シェルター】
【防音ボックス】



Sタイプ(スタンダードタイプ)
Dタイプ(デラックスタイプ)
Hタイプ(ハイデラックスタイプ)
SUタイプ(ステンレスタイプ)

『防音パネルSタイプ』の音響性能

項　目	1/1オクターブバンド中心周波数【Hz】					
	125	250	500	1k	2k	4k
透過損失【dB】	14	18	29	36	43	49
吸音率【%】	33	80	89	84	81	76

『防音パネルDタイプ』の音響性能

項　目	125	250	500	1k	2k	4k
透過損失【dB】	22	32	37	38	37	43
吸音率【%】	51	77	75	81	71	62

『防音パネルHタイプ』の音響性能

項　目	125	250	500	1k	2k	4k
透過損失【dB】	32	32	38	46	50	53
吸音率【%】	57	48	61	76	86	91

『防音パネルSUタイプ』の音響性能

項　目	125	250	500	1k	2k	4k
透過損失【dB】	20	28	44	54	59	64
吸音率【%】	61	100	100	100	100	100

【建設騒音対策協会】

株式会社 牛尾商店 福岡県福岡市博多区中洲5-4-19 〒810-0801　TEL.092-281-2131	株式会社 カテックス 愛知県名古屋市中区上前津1-3-3 〒460-8331　TEL.052-331-8821	株式会社 ティーエムシー 東京都荒川区西日暮里5-23-3 〒116-0013　TEL.03-3891-8211
日豊 株式会社 東京都渋谷区渋谷2-12-12 〒150-0002　TEL.03-3409-8041	株式会社 野佐和商会 大阪府大阪市西区新町2-10-3 〒550-0013　TEL.06-6532-5451	株式会社 ビーエスアイ 北海道札幌市中央区北一条東13-1-1 〒060-0031　TEL.011-241-6500
古河ロックドリル 株式会社 東京都中央区日本橋室町2-3-14 〒103-0022　TEL.03-3231-6961	松茂工販 株式会社 東京都江東区豊洲4-1-23 〒135-0061　TEL.03-3536-5531	協会幹事：株式会社 ヒューズ 東京都江戸川区平井6-35-5 〒132-0035　TEL.03-3617-8111

お問い合わせ　E-mail souon@fuse-ind.co.jp

◆ISO9001取得 ～ 防音設備の設計、製造、施工、リース
◆建設業登録　東京都知事 許可 般－20 第130153号
土木工事業、とび・土工工事業、鋼構造物工事業

［販売会社］ **株式会社　ヒューズ**

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

◆建設業登録　東京都知事 許可 般－17 第75054号
とび・土工工事業
創立 1981年

ヒューズ工業　株式会社

□本　　社　東京都江戸川区平井6-35-5
〒132-0035　TEL.03-3617-8333　FAX.03-3617-7565
□つくば資材センター　茨城県下妻市村岡998-1
〒304-0824　TEL.0296-30-7888　FAX.0296-30-7655
E-mail hf@fuse-ind.co.jp

URL http://www.fuse-ind.co.jp

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、◇さらなる技術投資、◇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　サフライポイント・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。

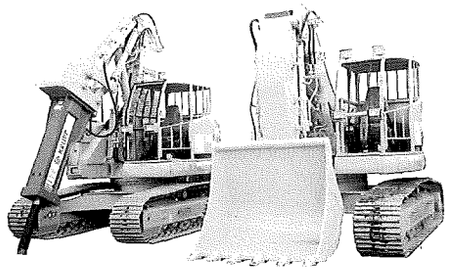
オリカは、鉱業および建設業界、ならびに当社のお客さまへのコミットメントをお約束します。

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

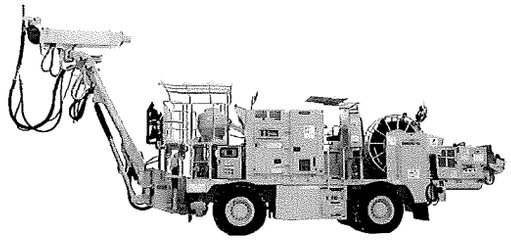
ORICA MINING SERVICES

T&M
Tunnel & Mining

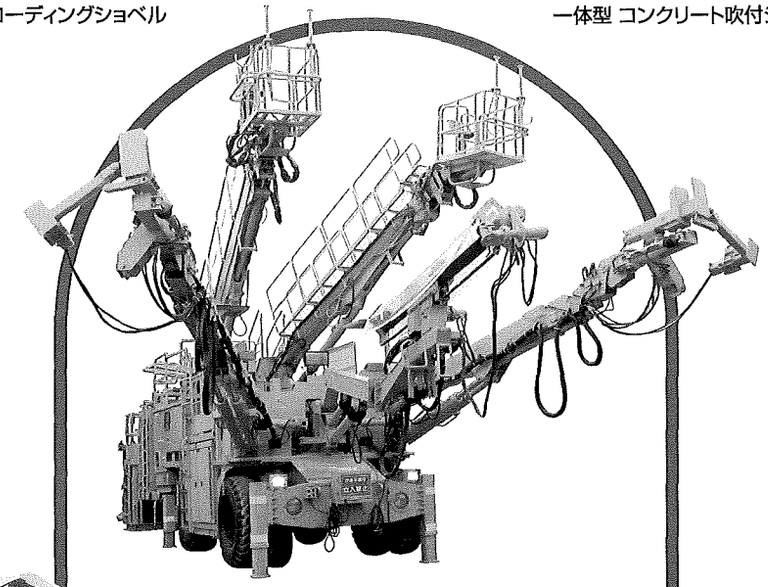
2009年1月 新会社誕生！
（旧三興レンタルと旧新ケービーシーが一体化）



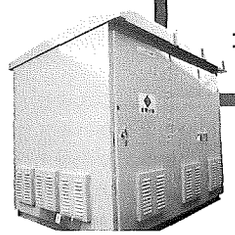
油圧ローディングショベル



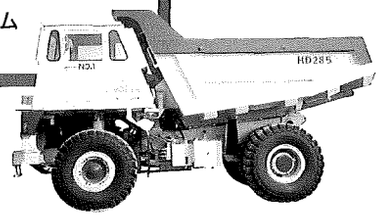
一体型 コンクリート吹付システム



コンプレッサー搭載型エレクター吹付システム
開発商品



フリッカ対策機（インバータ方式）:SVG
※西尾レントオールの旧本社営業課が電気機器営業部となります



ダンプトラック

山岳トンネル施工機械、鉱山・採石機械の総合レンタル企業

ニシオ ティー アンド エム株式会社

東日本営業本部
電気機器営業部 0133-75-8240
東 北 支 店 0197-77-4101
関 東 支 店 04-2928-3270

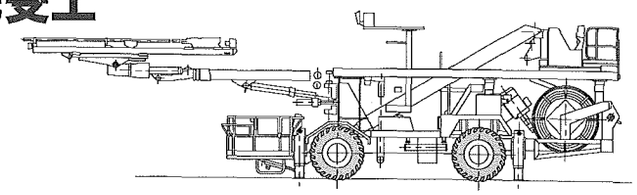
本社 大阪府高槻市唐崎西2-26-1
TEL 072-677-2127 FAX 072-677-2109
石狩工場 高槻工場 宮崎工場
0133-72-3715 072-677-4736 0982-22-8701

西日本営業本部
大 阪 支 店 072-677-2101
九 州 支 店 0982-26-2111

環境対応型長尺鋼管先受工

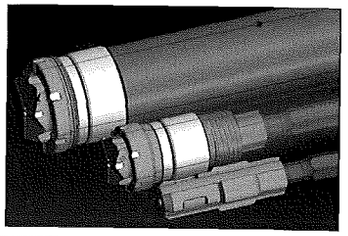
TOHO **AGF** System

All Graund Fastening;
Long-Distance,.Fore-Pilling Method

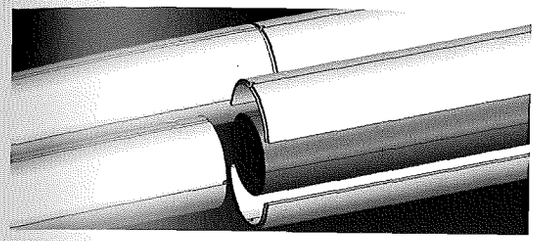


AGF-Me工法

- トンネル掘削時に露出した端末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。



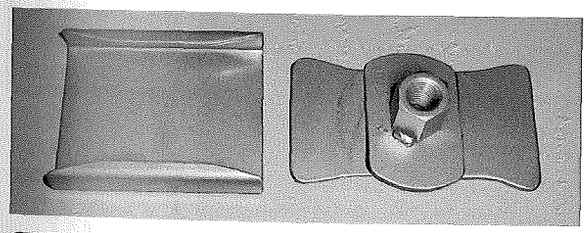


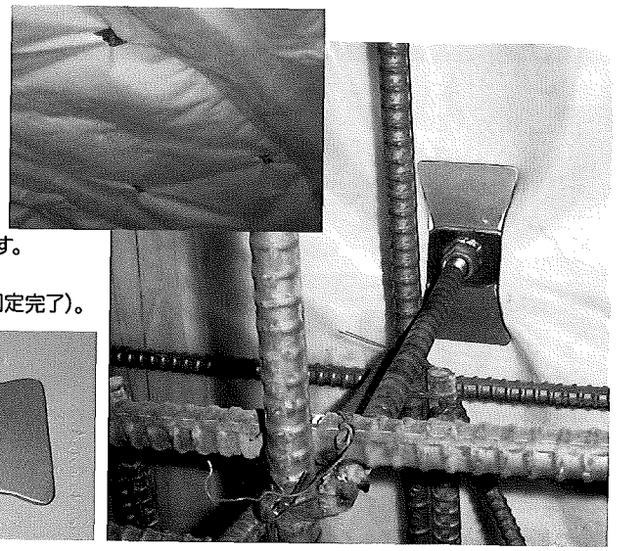
防水シート非貫通型鉄筋吊り金具

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
1. 支保工へ溶接したグリップに防水シートを当てます。
2. 回転プレートを押し込みます。
3. ナットを回し、止め位置まで90度右回転します（固定完了）。



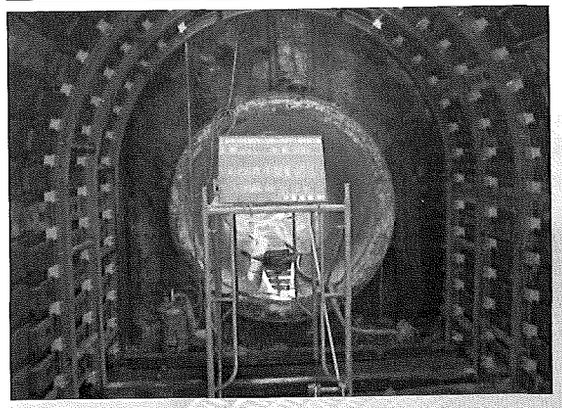


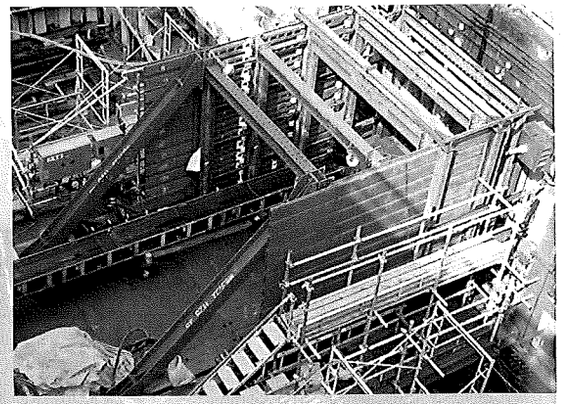
東邦金属株式会社 TOHO KINZOKU Co., LTD 東京営業部
〒105-0003
東京都港区西新橋3丁目2番1号 共同ビル(西新橋)10F
Tel:03-5401-6211 Fax:03-5401-6218
URL:http://www.tohokinzoku.co.jp

株式会社 トーキンオール
〒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）

アーストンネル掘削工法に最適

SS-メッセル工法
Stabilizer System Messer





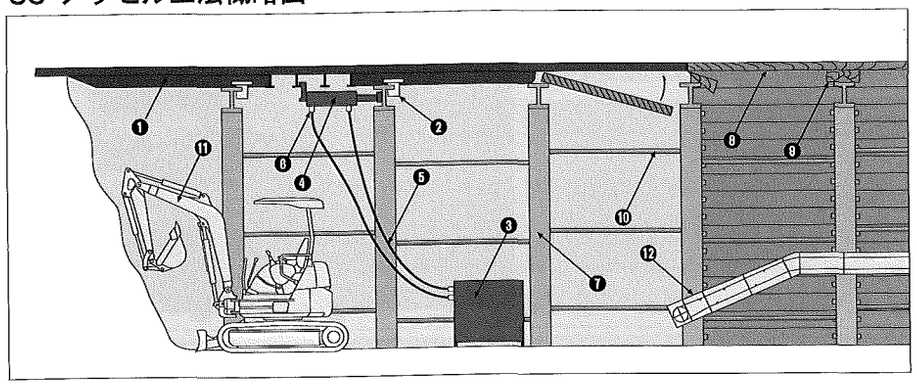
特徴

- 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。
- 余掘りがなく切羽の掘削と一次覆工がSS-メッセルを介して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が一体となり、正確に推進する機構になっているので、安全で確実に掘進することができます。
- 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

- 線路下横断構造物工事。鉄道・道路・下水道・共同溝・地下連絡通路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



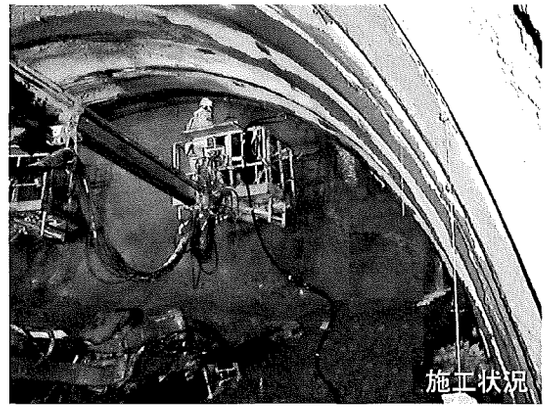
❶SS-メッセルプレート
❷スタビライザ
❸油圧ユニット
❹油圧ジャッキ
❺油圧ホース
❻油圧手許切換装置
❼支保工
❽木矢板
❾木製キャンパー
❿径間パイプ、タイロットボルト
⓫バックホウ
⓬ベルトコンベア

SIETECH 株式会社シーテック
URL http://www.sietech.co.jp
〒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

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)

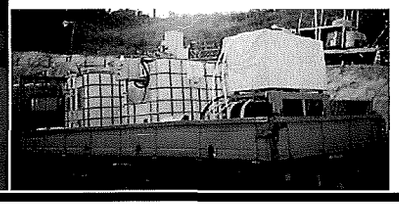


※その他各種工法、セメント系注入材など、詳しくは当社ホームページをご覧下さい。

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。

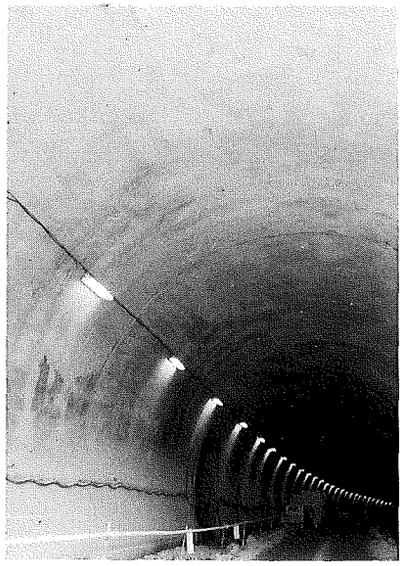
TMC 株式会社ティーエムシー ホームページ : http://www.tmc-net.com/
お問合わせ・お見積のご相談はお近くの当社事務所まで

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

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



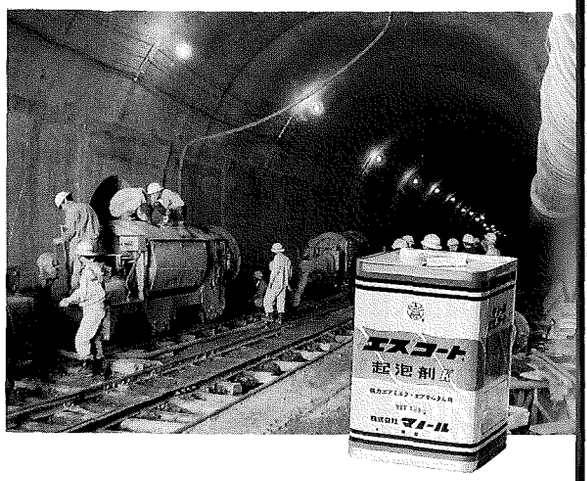
〈工期短縮，即日仕上り〉

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

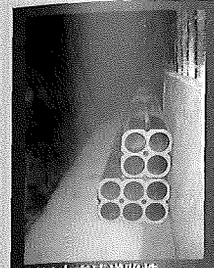
◆土木資材の綜合プランナー◆

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

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(エース)」。

トンネル内専用として

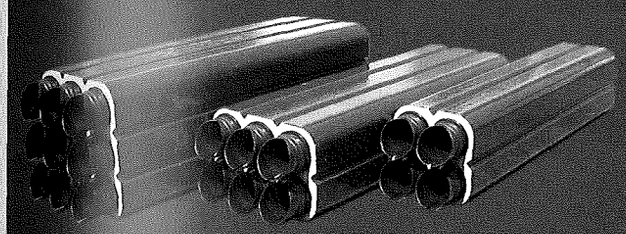
セラダクトA(エース) neo(ネオ)


西日本高速道路株
第二名神 栗東トンネル


熊本県 熊本3号トンネル


名四国道事務所
足助バイパス 足助トンネル

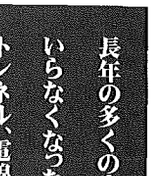

高山国道事務所
中部縦貫道 前原1号トンネル

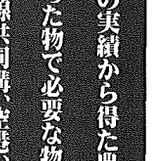


－特長－

標準管の長さは65cmの新規格
※従来のセラダクトAは60cm。

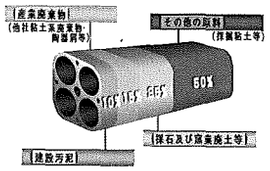
接続はカップリング方式で簡単
スピーディー
※従来のセラダクトAはパッキン介在ボルト締め





うるおうにやさしい
再生材料を使用
採石および窯業原土、再協務隔 50%以上
セラダクトAはエコマーク認定商品です
第 04 131 014 号

セラダクトAシリーズ(エース)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。



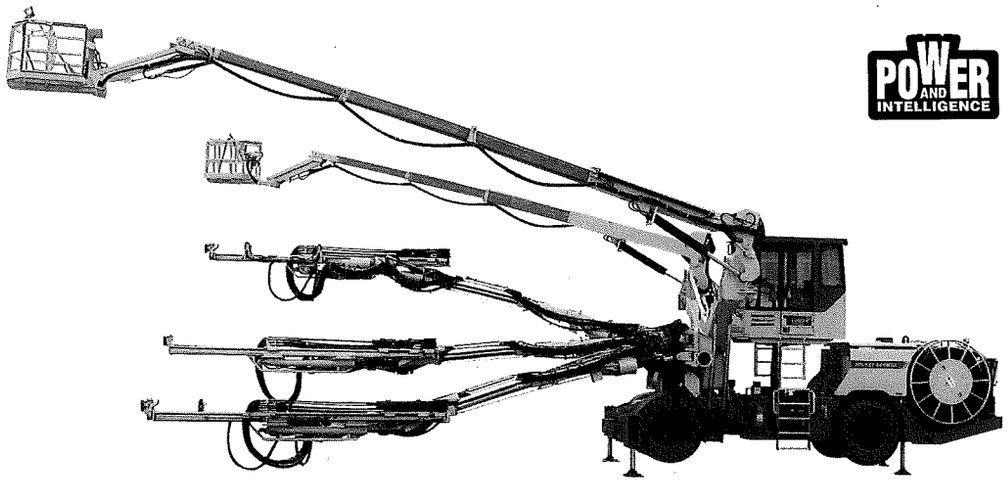
ISO 9001:2000取得
杉江製陶株式会社
sugie
本社・工場 愛知県知多郡武豊町字上山一丁目76番地 〒470-2387
TEL(0569)35-2360(代) FAX(0569)35-4087
東京支店 東京都渋谷区恵比寿一丁目21番8号セラ51ビル 〒150-0013
TEL(03)3442-6181 FAX(03)3442-1691
大阪支店 大阪市都島区御幸町1丁目3番1号 〒534-0012
TEL(06)6922-6991 FAX(06)6922-2498
http://www.sugie.co.jp/

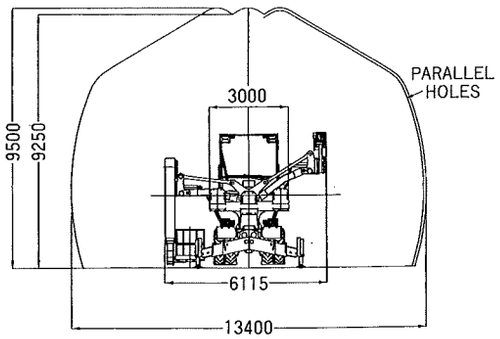
アトラスコプコ・コンピュータジャンボ

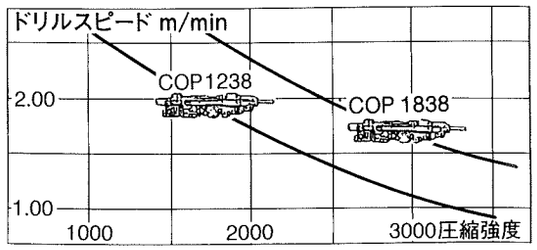
The Next Generation ロケットブーマーL3C-2B

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

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。

二酸化ケイ素を主成分とした球状で
超微粒子のシリカフューム。
- ワーカビリティー、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。

シリカフューム
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

MOODY INTERNATIONAL　UKAS QUALITY MANAGEMENT 014
JSA EMS ISO 14001 登録番号 JSAE158
●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。

BASF The Chemical Company

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
○3～4μm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

太径自穿孔パイル

AGFST工法

○作業性が抜群（実績21m／本）
○ロッド外径φ78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

トンネル工事の強い味方

岡部シビルエンジ株式会社

〒130-0002 東京都墨田区業平3-14-4 日土地押上ビル
TEL.03-3624-5116 FAX.03-3624-5189
ホームページ http://www.okabe-doboku.com/

北海道 電話 011-837-2030 東 北 電話 022-288-8484 関 東 電話 03-3624-5116
新 潟 電話 025-287-7700 中 部 電話 0568-76-5611 大 阪 電話 072-960-3770
九 州 電話 092-624-5878

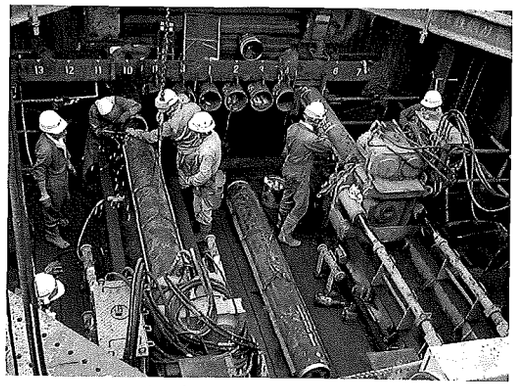
THパイプルーフ工法

空間を確実に確保

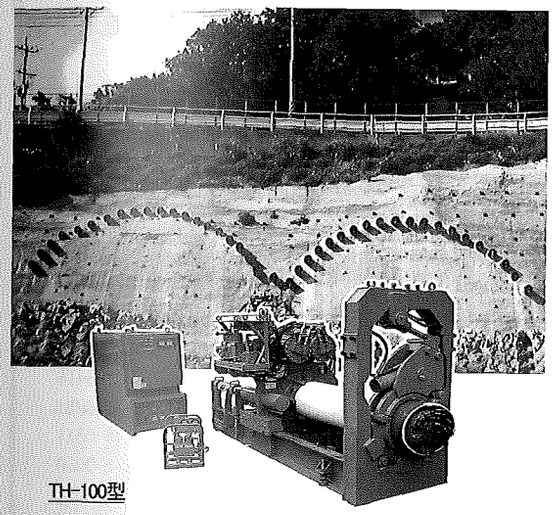
高精度・全地盤型 水平鋼管圧入システム

★特 徴★

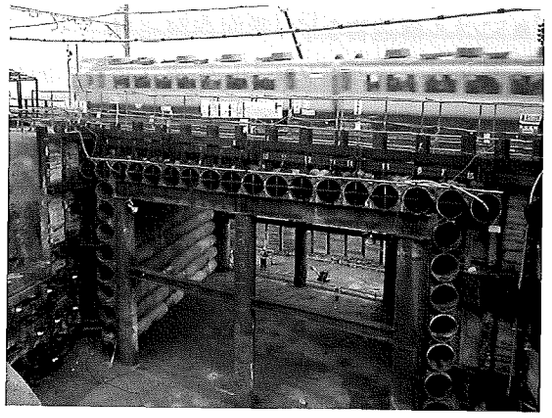
・本体掘削時の沈下抑制補助工法です
・常時管芯チェックが可能で、方向修正方式を採用
(精度が良いため支保作業が容易)
・オーガ中堀り掘削、地山との空隙に同時注入も可能
・推進途中でのビットの交換が可能で地層変化に対応
・適応管径は、φ200A～φ1200A
・最大推進長は、約70～100m
・推進機は、推力 1000kN(100t) 2000kN(200t) 3000kN(300t)



パイプルーフ打設状況(立坑内)



TH-100型



パイプビーム工法

〔会 員〕 ※会員 募集中［お問い合わせは 下記 事務局へ］

九州基礎㈱	福岡県	TEL 0946-22-7445	サン開発工事㈱	大阪府	TEL 072-641-4951
㈱小宮山土木	長野県	TEL 0267-56-1299	東邦地下工機㈱	東京都	TEL 03-3474-3143
㈱進栄機工	北海道	TEL 011-382-8048	日本基礎技術㈱	東京都	TEL 03-3476-5701
東洋地工㈱	福井県	TEL 0776-53-5335	㈱大阪防水建設社	大阪府	TEL 06-6762-5621
日特建設㈱	東京都	TEL 03-3542-9299	多田建設㈱	福島県	TEL 024-535-6161
ケミカルグラウト㈱	東京都	TEL 03-5575-0511	九州グラウト㈱	福岡県	TEL 092-583-3232
㈱最上機工	山形県	TEL 0233-32-1555			(順不同)

http://www.piperoof.jp

THパイプルーフ

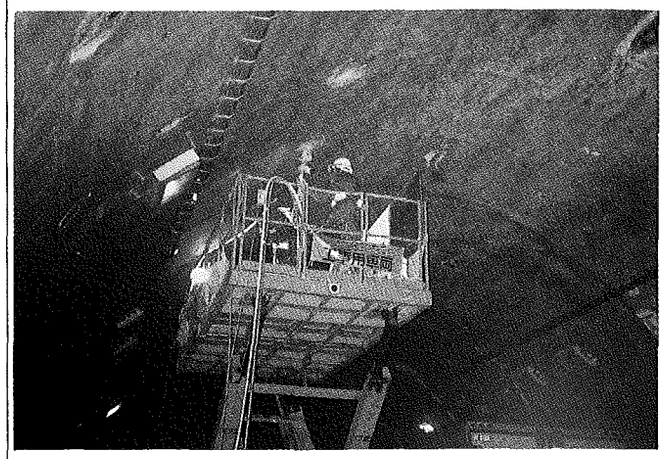
THパイプルーフ技術協会

〒140-0002 東京都品川区東品川4丁目4番7号 東邦地下工機㈱内
TEL 03-3474-3143 FAX 03-3474-3163
E-mail : jimukyoku @ piperoof.jp

硬質発泡ウレタン

セットフォーム工法

急結性・高性能空隙充填材

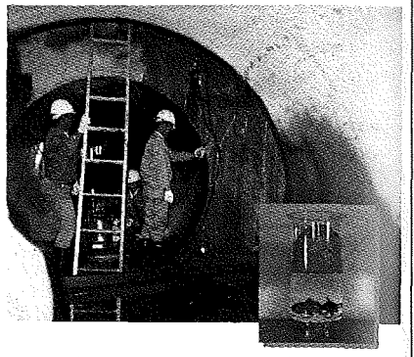


- シールドにおける滞水層，軟弱地盤の全面裏込め注入
- シールド急曲線部の裏込め注入（即時地盤反力の効果）
- トンネル構造物などの背面空洞充填
- 深基礎工法の裏込め（止水,裏込め後の即時掘削可能）

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蛎殻町 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	〒780-0815	高知市二葉町 3-5	TEL 088-878-0050
ショーレジン株式会社	〒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 1-8-1	TEL 03-5326-0720
日本綜合防水株式会社	〒171-0022	東京都豊島区南池袋3-11-10ペリエ池袋	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オーバルコート大崎マークウエスト	TEL 03-5789-2206
前田産業株式会社	〒755-0032	山口県宇部市寿町 3-5-23	TEL 0836-21-2666
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	〒531-0074	大阪市北区本庄東1-22-3四本ビル	TEL 06-6371-9947

協会事務局

〒103-8650 東京都中央区日本橋人形町2-31-11
日清紡 化学品事業本部 内 TEL 03-5695-8939

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



（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 田島利男（技術士・土木学会フェロー会員）　代表取締役社長 清水 洋（技術士）
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：〒812-0011 福岡県福岡市博多区博多駅前4丁目25番14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

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）

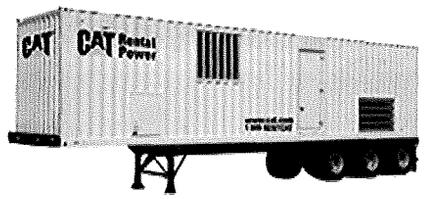
【営業品目】 複層タイヤ／油圧ホース／マテリアルホース／各種中古車／触媒／線路（中古）

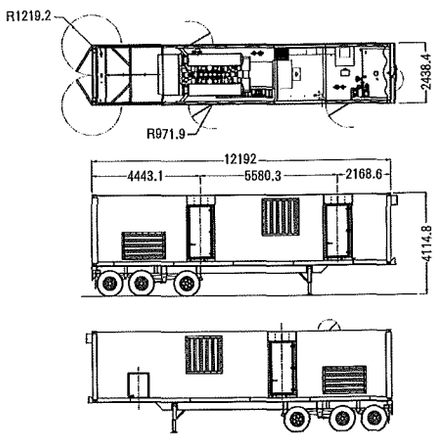
中濃産業株式会社

代表取締役 土田義弐

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

大型発電機レンタル





		2000KV/A 50	2000KV/A 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)

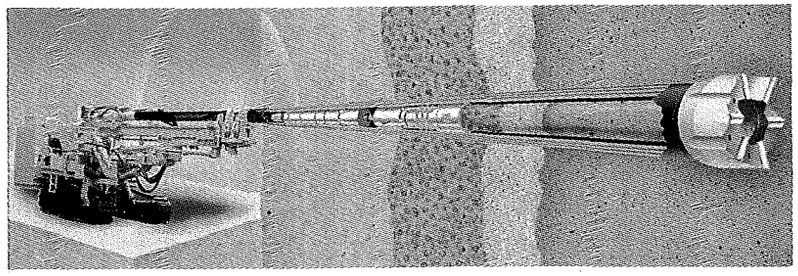
k/lea

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

URL http://klea.catrent.com

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

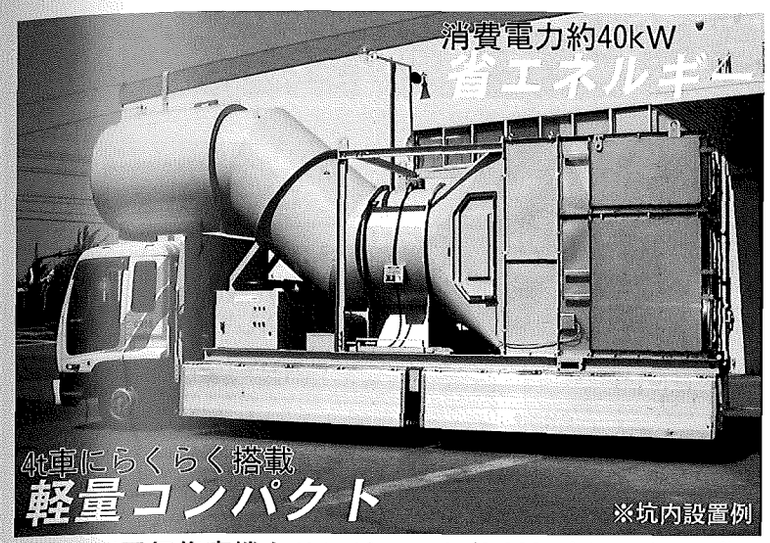
①断層破砕帯や湧水をともなう難地層のコアサンプリングをスピーディかつ確実に行え、施工時間が大幅に短縮できます。

②2重管ワイヤーライン サンプリングシステムにより、地質条件にかかわりなく、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 鉱研工業株式会社

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



National電気集塵機クリンジェット(2,000m³/minタイプ)

RENT

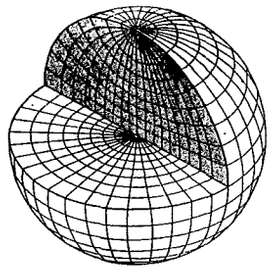
取扱レンタル商品

- 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

21世紀の地球環境を見つめる土木専門図書



ブロック理論と岩盤工学への応用
R.E.グッドマン，G.H.シー著／吉中龍之進·大西有三訳
A5判 360頁 税込 5,097円 送料 340円

建設工事の保安地質学【改訂版】
石井康夫 著
A5判 474頁 税込 6,300円 送料 340円

建設工事の地質診断と処方
石井康夫·矢嶋壯吉 共著
A5判 324頁 税込 4,515円 送料 340円

岩盤地下空洞の設計と施工
E.フック，E.T.ブラウン 共著
小野寺透·吉中龍之進·斉藤正忠·北川隆 共訳
B5判 444頁 上製本 税込 10,290円 送料 450円

山岳トンネルの新技術
ジェオフロンテ研究会 編纂
B5判 500頁 税込 15,301円 送料 450円

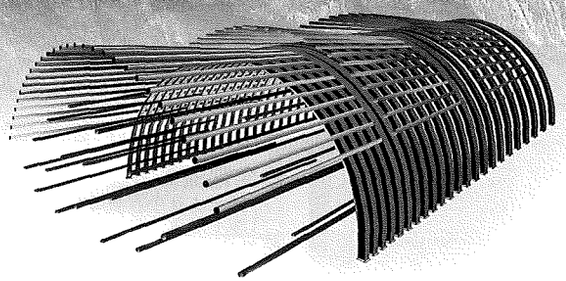
わかりやすいトンネル力学
福島啓一 著
B5判 286頁 税込 6116円 送料 340円

岩盤の計測と解析
工学博士 鈴木光 著
A5判 244頁 税込 4,410円 送料 340円

地質工学概論
菊地宏吉 著
B5判 276頁 税込 4,994円 送料 340円

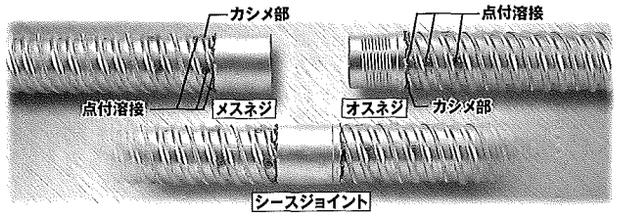
〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16メイジャー神楽坂 土木工学社 振替 00110-8-190072 ☎03(3267)2888

ユニークな発想と高品質・自信の価格



FIXチューブ工法

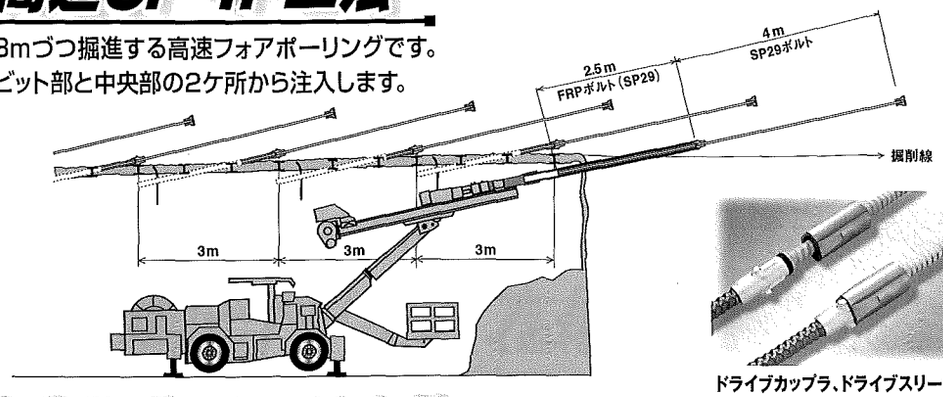
※天端にφ76.3長尺鋼管、鏡部に連続突起を有する長尺鋼製シースを引込み薄肉鋼管を挿入して注入。周辺地山にしっかりと"**FIX**"します。

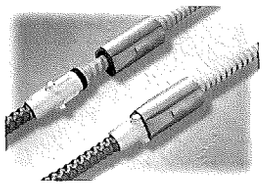




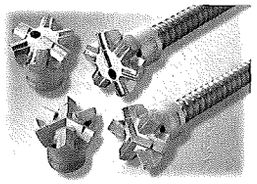
高速SP-IF工法

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



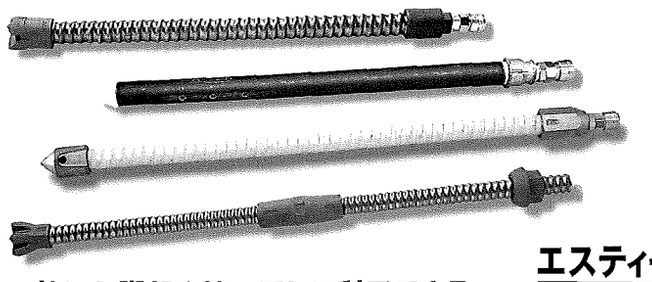


ドライブカップラ、ドライブスリーブ



φ65mm ロストビット(SP29)

自穿孔ボルト&注入管

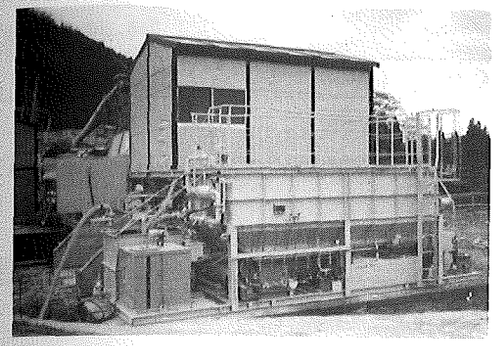


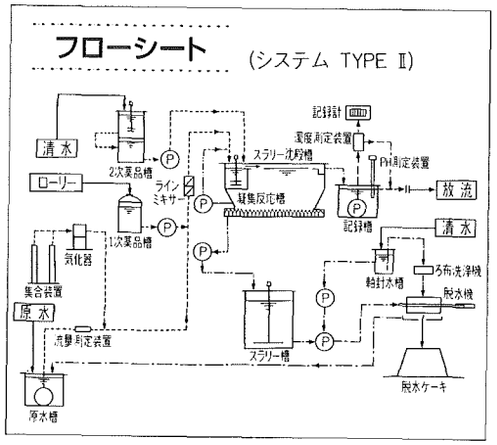
※他にも脚部や坑口周りに利用できる各種の補強土工法、マイクロパイル工法を準備しております。

STE
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

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





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。複式沪板型の脱水機を採用していることから沪布等の消耗費が少ない。
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状警報装置を標準装備している。

脱水機は、全自動無人化タイプを採用している。処理水の水質監視装置及び記録を自動化しており、運転状況の確認が容易である。

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（異状警報装置と連動）
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
自動沪布洗浄装置

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。

Waste Water Treatment System

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㈹　FAX (076)452-1617

トンネルと地下　1月号目次　Vol.40, No.1, 2009 Jan.

CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS

■巻　頭　言

新年を迎えて
小森　博……5

■報　告

「ITA総会および世界トンネル会議（アグラ）」報告
日本トンネル技術協会……47

■施　工

駅地下スペースを活用した新幹線工事と駅ビル開発
―九州新幹線　博多駅工事―
田畑健太郎……7

小土かぶり・帯水土砂地山トンネルの各種補助工法（その３）
―東北新幹線　八戸・七戸間トンネル群―
中村　純治・田野　彰一……15

市街地における浅層大断面４連めがねトンネルの施工
―第二京阪道路　小路トンネル―
田口　敬介・水野　希典・足達　康軌・大島　基義……25



CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS

東京メトロ営業線内の石綿を専用台車で安全に除去
稲垣　和衛・奈須　秀人・新川　洋行……35

■連載講座

山岳トンネル先進ボーリング入門（５）
―施工計画の基本および得られる情報と効果（２）―
山岳トンネル先進ボーリング連載講座小委員会……59

■現場だより

「史跡のまち」奥州市より
高橋　努……14

■資　料

トンネル千夜一夜（49）
小野田　滋……44

土木情報
編　集　部……46

トンネルジャーナル
編　集　部……58

工法・技術・製品ニュース
編　集　部……70

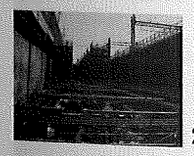
トンネルワールドニュース
JTA国際委員会……71

■会　報

会　報
日本トンネル技術協会……73

【表紙説明】

駅地下スペースを活用した新幹線工事と駅ビル開発
―九州新幹線　博多駅工事―



九州新幹線博多駅の建設工事は，山陽新幹線博多駅２面４線に，新たに１面２線のホームとそのための高架橋（延長約1,000m）を併設するとともに，既存の駅ビルを撤去したうえで，在来線の線路上空および線路下部を活用して地上10階地下３階，延べ床面積約20万m²の大型複合施設を建設する．写真は２層高架橋部の施工状況である．

〔写真提供：九州旅客鉄道（株）〕（本文７頁参照）

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・通信ケーブル用多条保護管　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
光ファイバーの多条敷設
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



※特許・
意匠出願中



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）を工場で取り付けてご納品。
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。

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

総務委員会広報小委員会会誌WG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

大　石　敬　司
東京地下鉄株式会社建設部工事課課長

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

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

高　瀬　昭　雄
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

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

長　島　芳　雄
株式会社竹中土木常務取締役

濱　　建　介
（元）日本鉄道建設公団理事

福　家　佳　則
鹿島建設株式会社土木管理本部土木工務部
トンネルグループ長

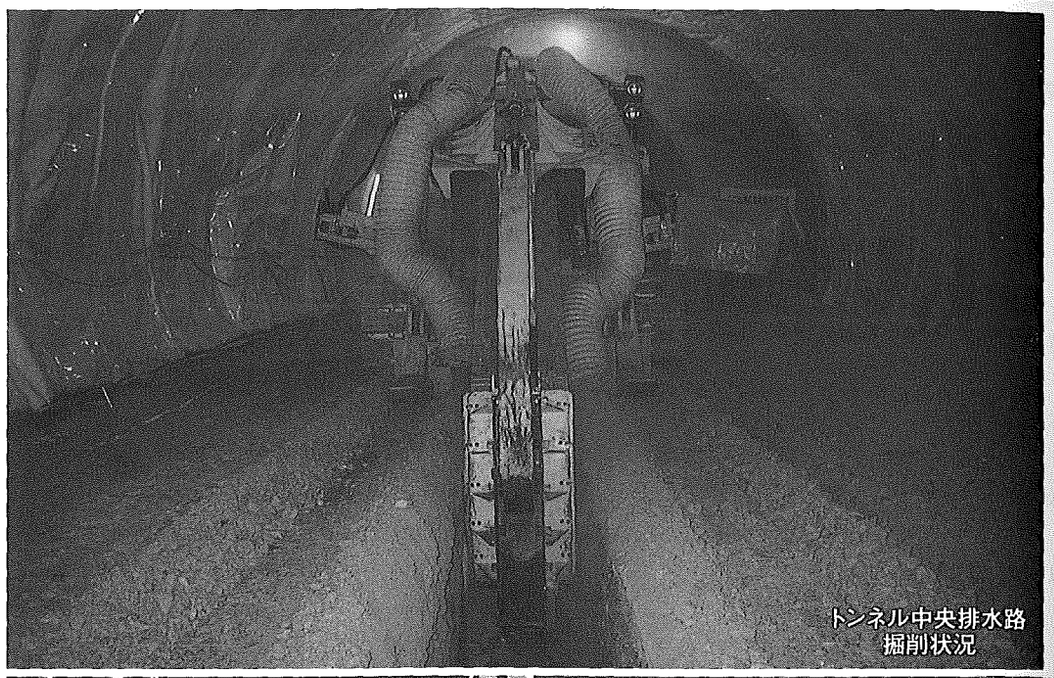
松　原　利　之
飛島建設株式会社土木事業本部技術統括部
トンネル技術グループ部長

山　道　哲　二
株式会社大林組東京本社生産技術本部
統括部長

領　家　邦　泰
大成建設株式会社土木本部土木技術部
トンネル技術室参与

トレンチャー

硬質地盤の溝堀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/cm²	700kg/cm²	700kg/cm²	1000kg/cm²
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。

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/

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

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)

高橋良文
東京都下水道サービス(株)管路部長

橋本定雄
(元)東京都公営企業管理者下水道局長

濱　建介
(元)日本鉄道建設公団理事

〔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

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

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

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

田村聡志
東京都水道局建設部工務課長

中本忠道
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

西村　聡
東京地下鉄株式会社鉄道本部改良建設部
第二工事事務所所長

野邑敏行
東京都交通局建設工務部計画改良課長

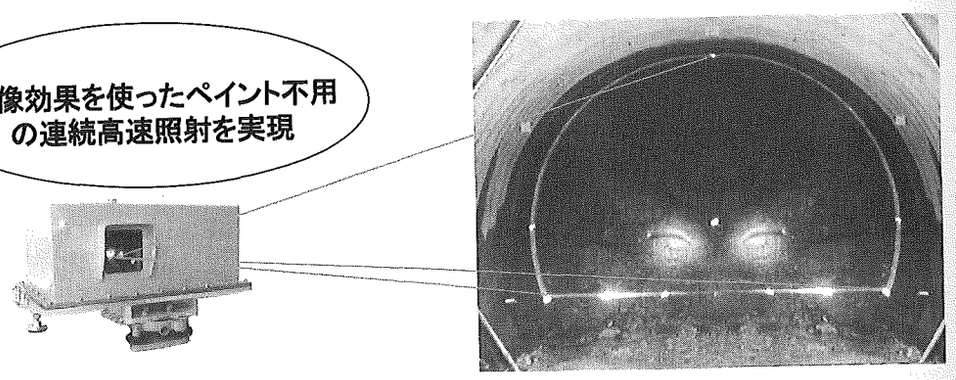
袈岩滋之
東京都下水道局建設部設計調整課長

真下英人
独立行政法人土木研究所
道路技術研究グループ長

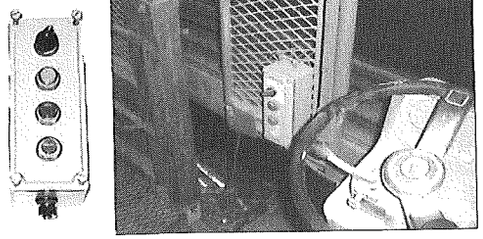
レーザーマーキングシステム

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

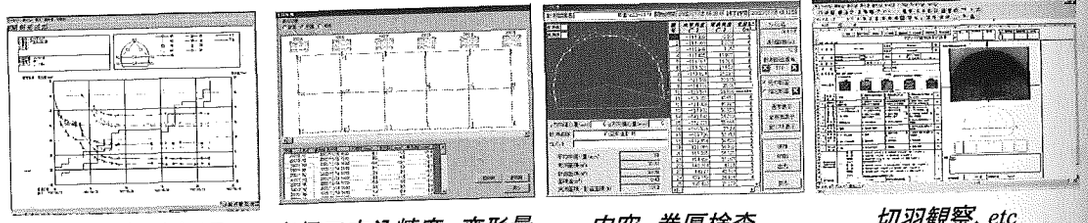


現場環境に耐え得る
頑強なコントローラー



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 千葉県市川市曽谷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

トンネルと地下　VOL. 40　No. 1　掲載概要

掲載頁 7　駅地下スペースを活用した新幹線工事と駅ビル開発
—九州新幹線　博多駅工事—

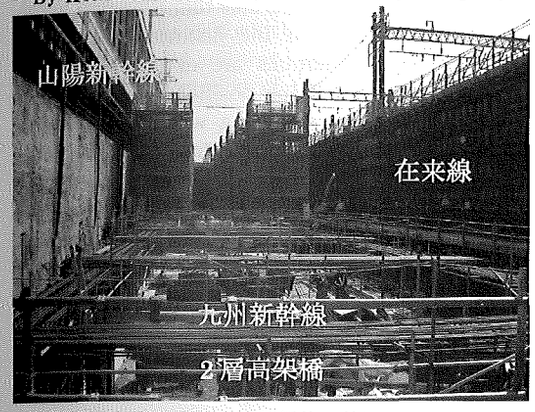
九州旅客鉄道(株)　田畑健太郎

九州新幹線は既に新八代〜鹿児島中央間で部分開業しており，残りの博多〜新八代間の建設が急ピッチで進められている．その中で，九州新幹線博多駅部分の建設は，建設主体である鉄道・運輸機構によりJR九州およびJR西日本が設計・施工を受託し，平成23年春の全線開業を目指し施工を行っている．また，九州新幹線との同時開業を目指し，新博多駅ビルの開発工事も進めており，JR九州における２大プロジェクトとして力を注いでいる．

本稿では，両プロジェクトの計画概要と現在の工事進捗状況について紹介する．

Railway and Station Building Project using Space under the Station—Hakata Station, Kyushu Shinkansen—

By Kentaro Tabata, Kyushu Railway Company



写真は層高架橋施工状況

JR Kyushuu partially started operation of Kyushu Sinkansen from Shin Yatsushiro to Kagoshima Chuo in 2004 and the construction of remaining section between Hakata and Shin Yatsushiro is moving ahead at a fast pace. In this project, the design and construction of the Kyushu Shinkansen Hakata Station section has been entrusted to JR Kyushu and JR West by the Japan Railway, Construction, Transport, and Technology Agency as an ordering party and the aim is to have the whole line in operation by the spring of 2011. In addition, the construction of Shin Hakata Station building is also progressing to start at the same time as the Kyushu Shinkansen.

This report presents the planning outlines and present construction progress for both projects.

掲載頁 15　小土かぶり・帯水土砂地山トンネルの各種補助工法(その３)
—東北新幹線　八戸・七戸間トンネル群—

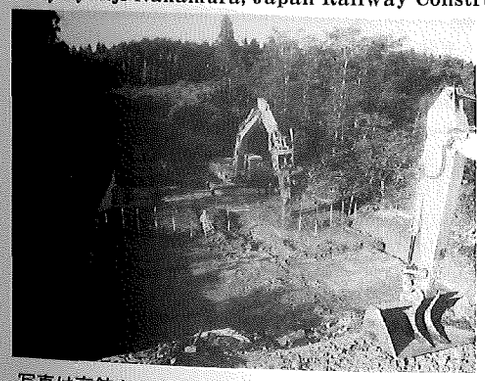
鉄道・運輸機構　中村　純治

未固結土砂地山を主体とした東北新幹線八戸・七戸間の13本のトンネルでは，対象となる地質が未固結な砂質土と粘性土が主体であったため，切羽における自立性の低下や緩み領域の増加，地表部への影響，地下水の変化などが問題であった．本稿を含めた３編では，東北新幹線八戸・七戸間トンネル群において，切羽安定および沈下抑制を目的として採用された掘削工法や補助工法について，各工法の特徴や施工で確認された対策効果，今後の工法選定に向けた留意点などについて報告する．

本稿(３回目)では，採用された各種補助工法のうち，「地下水位低下工法」，「地盤改良工法」，「多段ベンチカット工法」について報告する．

Auxilliary Methods for Earth Tunnel in Aquifer with Small Cover (3)—Tunnels between Hachinohe and Shichinohe, Tohoku Shinkansen—

By Jyunji Nakamura, Japan Railway Construction, Transport and Technology Agency



写真は高館トンネルにおける浅層混合改良施工状況

The 13 tunnels between Hachinohe and Shichinohe on the Tohoku Shinkansen, which were constructed in unconsolidated sandy or cohesive ground, had issues such as decline in faces stability, extension of loose zone, effects on surface and changes in characteristics of underground water. This series of 3 reports gives information such as excavation and auxiliary methods employed with the aim of stabilizing faces and controlling deformation in these tunnels, the specifications and effects of each method as well as notes for future selection of methods.

This report (3/3) contains information on “dewatering method”, “soil improvement method” and “multi-stage bench cut method” among the auxiliary methods employed.

掲載頁 25

市街地における浅層大断面４連めがねトンネルの施工
—第二京阪道路　小路トンネル—

西日本高速道路(株)　田口　敬介

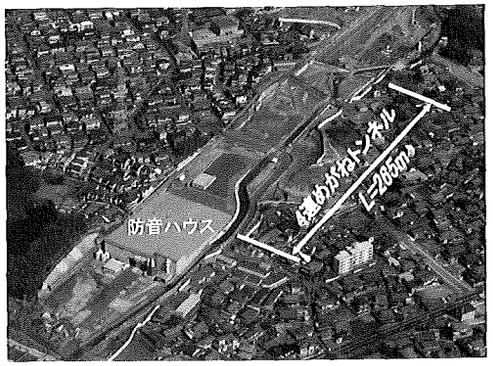
第二京阪道路小路トンネルは，全幅が約58mにも及ぶ日本でも例のない４連めがねトンネルとなっている．構造の特殊性に加え，施工場所はトンネル両側に民家が近接した閑静な住宅地に位置し，地下水を有する未固結砂質土層(最大土かぶり約10.5m)をNATMにより掘り進めるという非常に厳しい施工条件となっている．そこで本工事では工事による周辺環境への影響を最小限に抑えるためにさまざまな対策を行ってきた．

本稿ではトンネル掘削時の振動・騒音対策および地表面沈下を抑制するために採用した補助工法に着目し，トンネル掘削時の施工状況について述べる．

Shallow and Large Quadruple Tunnel Construction in Residential Area—Shoji Tunnel, Daini Keihan Road—

By Keisuke Taguchi, West Nippon Expressway Company Limited

The Shoji tunnel is designed that has a total width of approximately 58 m and is a quadruple tunnels, never before seen in Japan. In addition to the distinctiveness of its structure, construction conditions are extremely difficult with both sides of the site being positioned adjacent to a quiet residential area and excavating with the NATM in unconsolidated sandy ground with underground water (largest cover is approximately 10.5 m). Due to this, various measures were taken in order to keep the effects of this construction on the surrounding environment to a minimum. This report focuses on the auxiliary methods employed in order to control oscillation, noise and settlement during tunnel excavation, and gives information on the construction conditions during tunnel excavation.



写真は現場周辺の状況

掲載頁 35

東京メトロ営業線内の石綿を専用台車で安全に除去

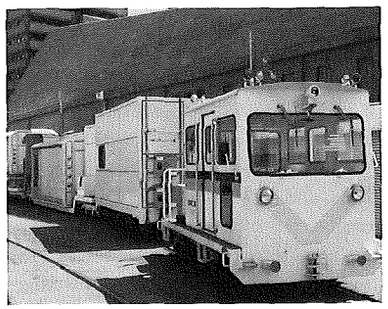
東京地下鉄(株)　稲垣　和衛

東京地下鉄(株)では，平成17年７月に地下鉄駅を含む全施設で，石綿の使用状況を調査した．その結果，トンネル側壁部(1,190m²)と換気口部11か所(計1,018m²)において，吸音目的で吹付けてある石綿を確認した．同時に大気中の石綿濃度測定を実施したが，大気中への石綿の飛散は認められなかった．石綿のばく露防止対策として検討した結果，密閉空間を作り，完全に石綿を除去する方針が策定された．しかし，従来の除去工法ではトンネルを閉鎖する必要があり，工事期間中の列車の運休を余儀なくされるため，社会に与える影響がきわめて大きい．そこで，「石綿除去専用台車」および「ブロック分割除去工法」を開発し，列車の運行終了後からき電までの夜間の限られた時間内で，トンネル内や周辺への石綿の飛散を完全に防止しながら効率よく石綿を除去した工法について報告する．なお，換気口部においては代替吸音材として，剛体多孔質吸音板を設置した．

Safe Removal of Asbestos in Operational Tokyo Metro Line using Dedicated Bogie

By Kazue Inagaki, Tokyo Metro Co. Ltd.

Tokyo Metro Co. Ltd. conducted a survey of the use of asbestos in all facilities including metro stations in July, 2005. The results of this confirmed that asbestos had been sprayed in tunnel side walls (1,190m²) and 11 ventilation exits (Total:1,018m²) with the aim of sound absorption. Asbestos densitometry was conducted in the atmosphere at the same time, however, no dispersal of asbestos was found. The results of investigations into measures for the prevention of exposure produced a policy designed to create an enclosed space and completely remove asbestos. However, it is necessary to close a tunnel when using ordinary removal methods and, as it is inevitable that train service is suspended, this has an extremely great effect on society. Therefore, a "dedicated asbestos removal bogie" and the "parted removal method" were developed and overnight works were conducted in a limited period from the time of the last train at night to the time to feed the power in the morning. This report gives information on the method that efficiently removed asbestos while completely preventing dispersal into the tunnel and its surrounding area. Rigid porous sound absorption boards were installed as alternative materials for vents.



写真はトンネル部用石綿除去台車

掲載頁 47

「ITA総会および世界トンネル会議(アグラ)」報告

日本トンネル技術協会

第34回国際トンネル協会(ITA)総会は，2008年９月19～25日インドのアグラで加盟54か国中，38か国が出席して開催された．また，総会に併せて開催された2008年世界トンネル会議(WTC)は，ITA，インド灌漑・水力中央委員会，インドトンネル協会の共催により「地下施設のより良い環境と安全」のテーマのもとで，世界各国から約1,000人が参加した．

総会では，事業報告，活動報告や役員改選などが行われた．2010年の開催地をフィンランドのヘルシンキに決定した．

世界トンネル会議のプログラムは，基調講演，テクニカルセッションおよび現場視察で構成された．

"ITA Annual Meeting and World Tunnel Congress (Agra)" Report

By Japan Tunnelling Association

The International Tunnelling and Underground Space Association (ITA) held its 34th meeting in Agra, India from 19th–25th September, 2008 with participants from 38 of the 54 member nations. In addition, the World Tunnel Congress 2008 which is held in conjunction with the meeting, had approximately 1,000 participants from all over the world and was jointly held by the ITA, The Central Board of Irrigation and Power of India and the Tunnelling Association of India with the theme of "Underground Facilities for Better Environments and Safety".

At the general assembly, business and activity reports were made as well as the election of officers. Helsinki, Finland was elected as the location of the 2010 meeting.

The World Tunnel Congress program was composed of keynote speeches, technical sessions and site visits.

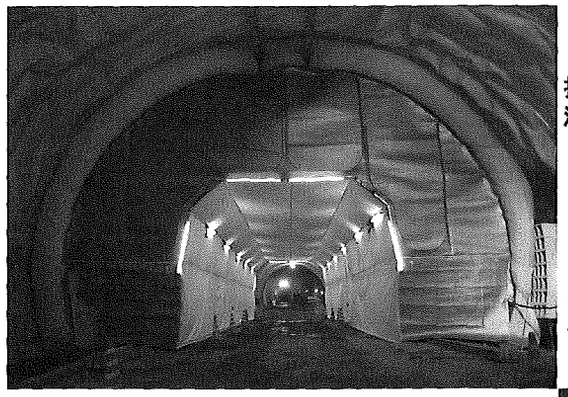


写真はITA総会

トンネルバルーン覆工コンクリート
トータル養生工法

長期耐久性に優れた高品質な覆工コンクリート施工を実現します！

NETIS登録
(No.HR－040005)

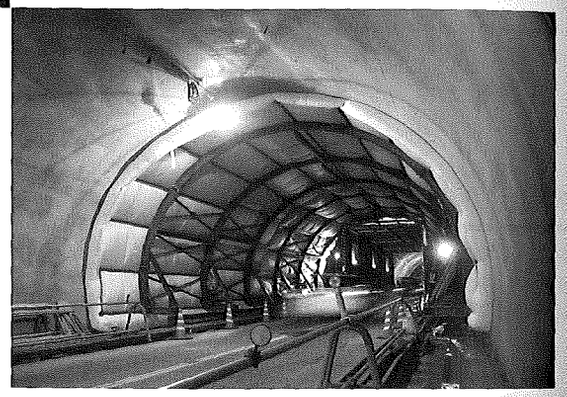


特許出願中

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．洗い水が車両通行部に落ちません。

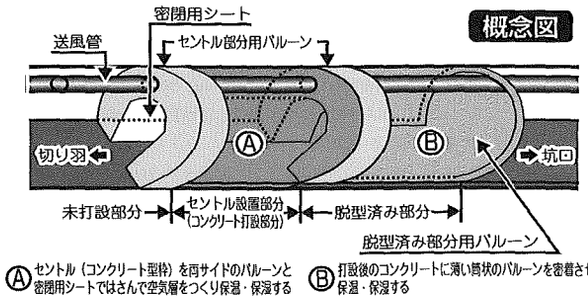


特許3811478号

覆工養生バルーン

脱型後の覆工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．覆工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）



実　績	セントル温度養生	覆工養生バルーン
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(5836)0531　FAX 03(5836)0532
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/

TOUKOU 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
東京支店　TEL 03(3683)8011　FAX 03(3683)8028
道東営業所　TEL 0155(34)6311　FAX 0155(34)8494
URL http://www.k-toukou.jp/

巻頭言
（題字　小森　博会長）

新年を迎えて



(社)日本トンネル技術協会会長
小森　博

年頭にあたり，新年のお喜びを申し上げるとともに，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．旧年中は日本トンネル技術協会の活動に対しご支援ご協力を賜り心よりお礼申し上げます．

昨秋のアメリカで1929年の大恐慌にも匹敵する100年に一度と言われる「金融危機」が発生して以来，株価や通貨の下落による世界的な景気後退に直面しています．わが国の経済も大きな影響を受けるのは必至の状況です．皆さんがこの原稿を読まれる頃にどのような展開になっているかは見当がつきませんが，少しでも事態が好転していることを祈るのみです．

さて，昨年を振り返ってみますと，ここ数年同じような出来事がくり返し発生しているように思えてなりません．わずか１年という短い任期での首相の辞任，食品の安全性を脅かすさまざまな混入物の問題，食品の産地偽装などなど枚挙に暇がなく，相変わらずマスコミを賑わせています．年金や医療といったわれわれの安全・安心にかかわる重要なことがらも根本的な解決の糸口さえ見つからない状況であることは周知のとおりです．

わが国は，およそ20年前に「バブル崩壊」を経験し，その後の「失われた10年」を経て「官から民へ」というスローガンのもと，小さな政府を目指す「小泉改革」が進められ，不良債権の積極的な処理や規制緩和が実施されました．この間，ホリエモンに象徴される極端な経済至上主義が横行したことはまだ記憶に新しいところです．この結果，「職責を全うする」といった気概が薄れ，自らの技術や仕事に対する矜持を置き忘れてきたのではないかと感じるのは私だけでしょうか．欧米の金融重視の考え方がいつの間にかわが国にも根付いた結果，与えられた仕事に対して全力を尽くす，一生懸命に働くといったことの大事さ，ものを創ることの尊さということが今の日本では忘れられてしまったような気がします．それと同時に，わが国では先人の知恵に対する敬意というものが欠けているような気がします．昨年はブラジル移民100周年．寝る間も惜しんで働いた日系一世の姿を見て育った二世・三世の活躍が最近のブラジルの高度成長の裏にはあるといいます．ゆとりも大事ですが，額に汗して一生懸命に働くということはもっと

2009年(平成21年)１月

大事なことであると思います．

また，IT革命の進行とともに，新しい知識の習得に消極的であるというだけで，長年の経験から得られてきた経験者たちのノウハウが等閑にされていることはとても残念です．

最近，「医療崩壊」ということが言われています．そのなかでもとくに，産婦人科の緊急医療に大きな問題があることが明らかになってきています．その原因は種々あることは識者の方々が指摘されていますが，産科の医師不足が直接の原因であることは否定できないと思います．この問題の解決の難しさは，医学部の定員を増加しても直ちに医師が増加するわけではありません．なぜならば，医師になるためには，大学で6年，研修医として2年が必要です．本当の意味での一人前になるには10年はかかるのでしょう．

そういう意味では，わが業界も同じではないでしょうか．学生たちのなかで「土木」に人気がないことは，ほとんどの大学で学科名から土木の字が消えたことを見ても明らかです．さらに，土木系学科を卒業しても畑違いの分野に就職する人が結構いるという話も聞きます．土木の仕事も，大学などで学んだだけでは一人前とはいえず，建設現場で自然と向き合いながら失敗を重ねることにより技術が身に付くものだと思います．また，わが国は台風・地震・津波などの自然災害に対するリスクが諸外国に比べて圧倒的に高いものがあります．こうした条件下での構造物の保守・保全については，建設以上に経験の比重が大きいと思います．これから既存ストックの維持・補修が大きな課題となる時代を迎えるときに，後継者を確保できないという現在の産科の抱える問題を人ごとと看過できないのではないでしょうか．

アメリカ合衆国の次期大統領はバラク・オバマに決定しました．予想以上の大差で，人種問題以上に人々が「変革」を求めていることが明らかになりました．新しいオバマ政権には，行き過ぎた資本主義や金融重視などに対して何かが変わるという意味で期待を持たせてくれる雰囲気があります．オバマは47歳．肌の色は違いますが，オバマはしばしば合衆国35代大統領のジョン・F・ケネディと比較されています．

かつて若きケネディ大統領は，その有名な就任演説の際に「たいまつは新しい世代に引き継がれた」と述べました．しかも，単に新しい世代に引き継がれると述べたのではなく，その「新しい世代」とは，「祖先の遺産を誇りに思い」，世界中で守られてきた「人権」が蹂躙されることを認めない世代であると述べています．単なる世代交代ではなく，しっかりと自覚した世代への交代を宣言したものでした．

今，わが国でも団塊の世代が第一線から退こうとしている中で，たいまつを引き継ぐべき「新しい世代」が強い自覚と覚悟を持てるような指導と環境作りをしてきたのだろうか，と自問しつつ，「変革」のために新しい世代へ今まさにChangeしなければいけないのではないでしょうか．

施工

駅地下スペースを活用した新幹線工事と駅ビル開発

—九州新幹線　博多駅工事—

九州旅客鉄道(株)博多駅工事部　田　畑　健太郎

1　はじめに

九州新幹線鹿児島ルート博多～鹿児島中央間は全国新幹線鉄道整備法にもとづいて整備計画が決定され，平成16年3月に新八代～鹿児島中央間が部分開業した．現在は全線開業に向けて鉄道・運輸機構(以下，「機構」という)により博多～新八代間の施工が進められている．その中で，九州新幹線博多駅は，平成16年6月に国土交通省より工事実施計画の変更が認可され，山陽新幹線博多駅に併設されるかたちで1面2線(K1番線・K2番線)のホーム増設を行うこととなった．この計画に伴い，九州旅客鉄道(株)(以下，「当社」という)は新幹線高架橋駅部の建設を含めた設計・施工を機構より受託している．また，あわせて当社として新博多駅ビルの開発(以下，「駅ビル工事」という)も進めている(写真-1)．

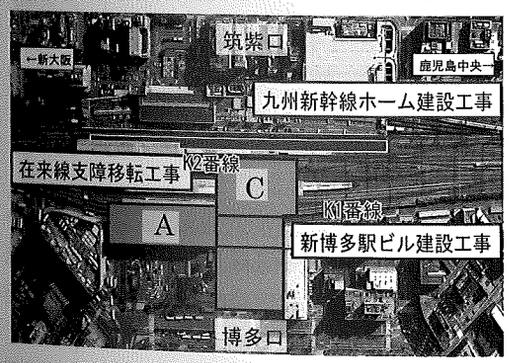


写真-1　博多駅上空写真

本稿では，平成23年春の九州新幹線全線開業に向けて急ピッチで施工している新幹線関連工事と，駅ビル工事について，鉄道工事と関係の深い部分を中心として工事概要および進捗状況について紹介する．

2　工事概要

2-1　新幹線関連工事

九州新幹線博多駅は，山陽新幹線博多駅2面4線に，新たに1面2線のホームとそのための高架橋を併設する計画である．新設する高架橋延長は約1,000mで，起終点の山陽新幹線との一体部を西日本旅客鉄道(株)(以下，「JR西日本」という)，その間の駅部約520mを当社が施工を担当している．

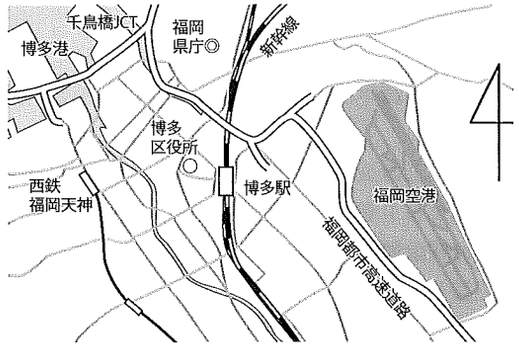


図-1　施工位置図

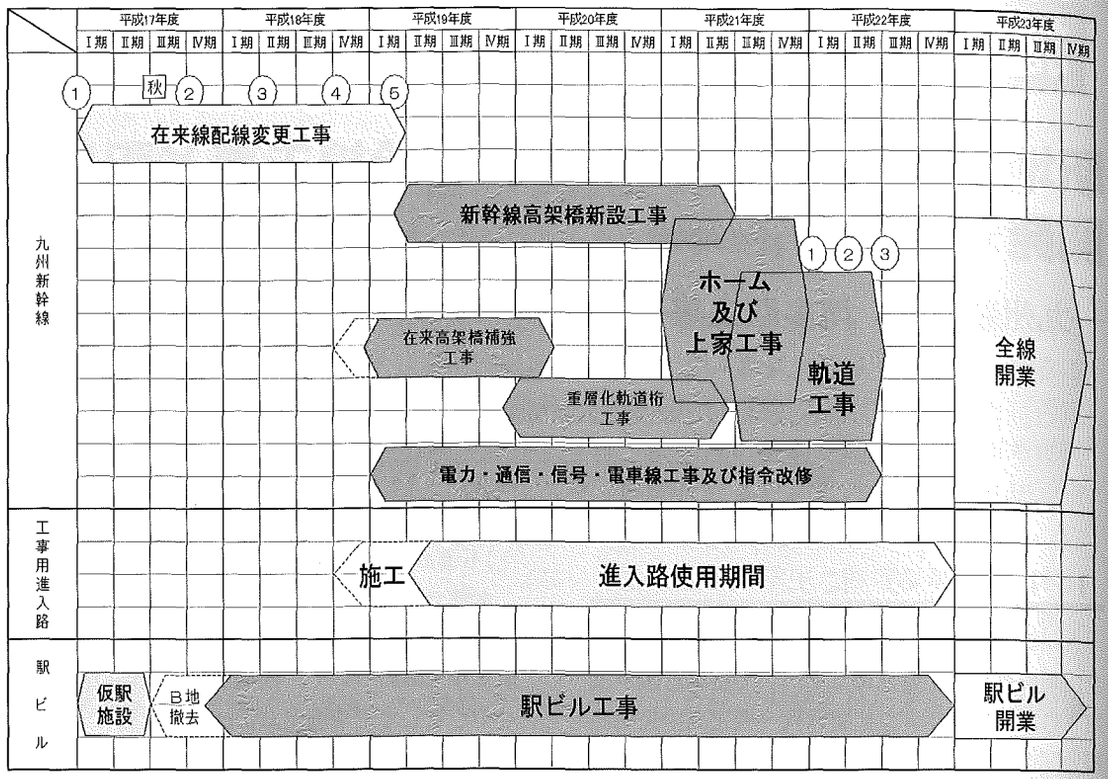


図-2　全体工事工程表

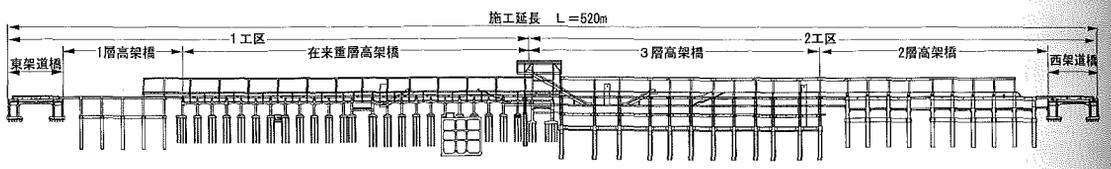


図-3　K2番線全体側面図

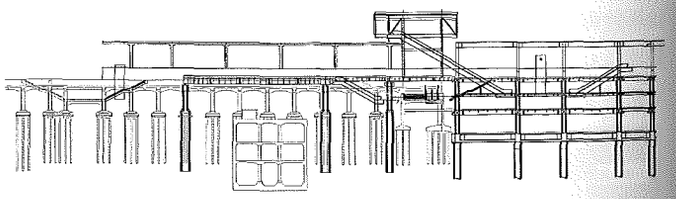


図-4　K1番線全体側面図

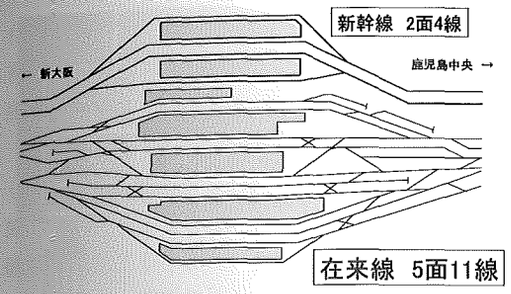
山陽・九州の新幹線構内の配線変更工事を行うため，全線開業の約1年前の平成22年春には，いったんK2番線に山陽新幹線の乗り入れを行う計画である．そのため，軌道工事や電気設備工事を平成21年秋には着手する必要がある(図-2)．

当社施工の工事内容は，図-3, 4に示すように，起点側から1層高架橋，既設在来高架橋重層化部(以下，「重層高架橋」という)，3層高架橋，2層高架橋とホーム桁の構築であり，重層高架橋を除く新設高架下には，九州新幹線運行に必要な業務施設が入る．これらの鉄道構造物の建設計画にあたり，以下の検討を行った．

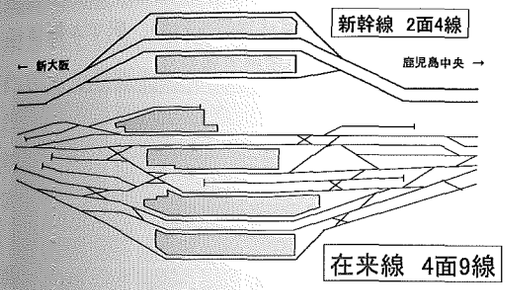
2-1-1　在来線支障移転

九州新幹線の高架橋は山陽新幹線と在来線との間に増設する計画であるが，博多駅周辺は商業施設などが集積し，博多駅構内に用地の余裕がないことから，在来線設備を5面11線から4面9線に縮小して用地を生み出す計画とした．図-5に博多駅構内の配線変更施工ステップを示す．

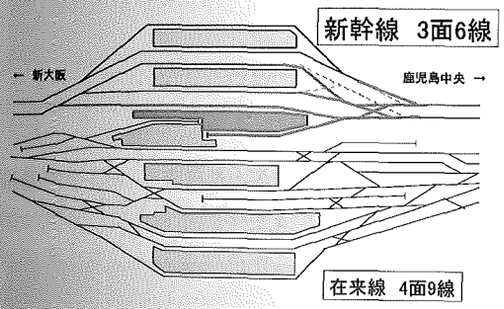
これらの支障移転工事は平成19年度上期までに計5回の切り替え工事を実施し，図-5(2)に示す



(1)　工事前



(2)　完了後



(3)　新幹線開業時

図-5　配線略図

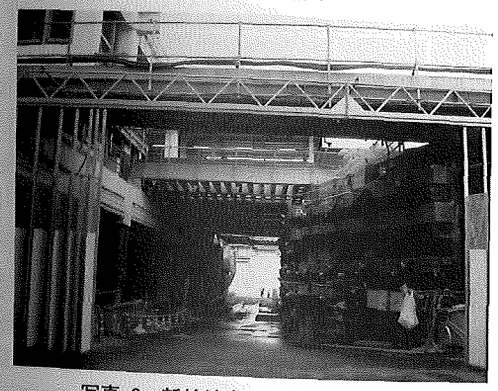


写真-2　新幹線高架橋建設用進入路

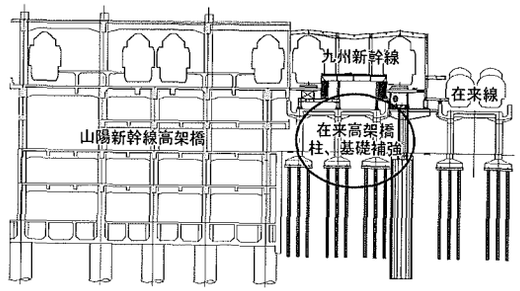
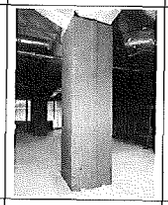
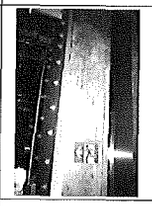
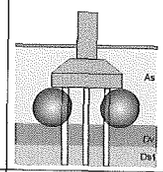


図-6　重層高架橋断面図

表-1　重層高架橋断面図

補強工法	柱補強工事		基礎補強工事
	鋼板巻き立工法	1面せん断補強工法	浸透固化注入工法
ダメージ			
概要	柱4面を鋼板で巻立てる補強	柱1面から鉄筋を挿入定着し，鋼板を取付ける補強	フーチング下4隅を恒久注入材により改良
	工期：約2週間	工期：約3～4週間	

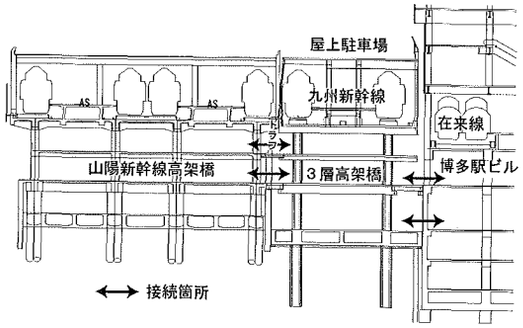
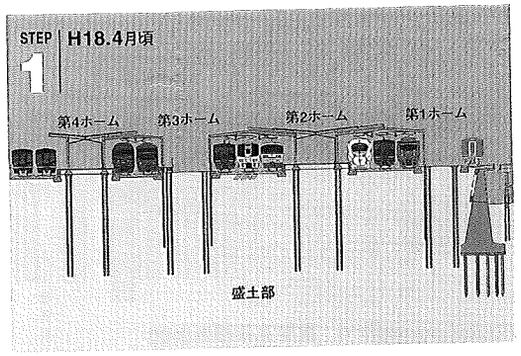


図-7　3層高架橋断面図

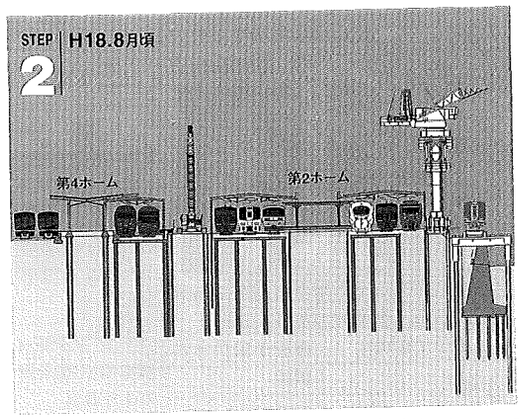
新幹線用地を山陽新幹線と在来線の間に確保した．

2-1-2　工事用進入路の整備

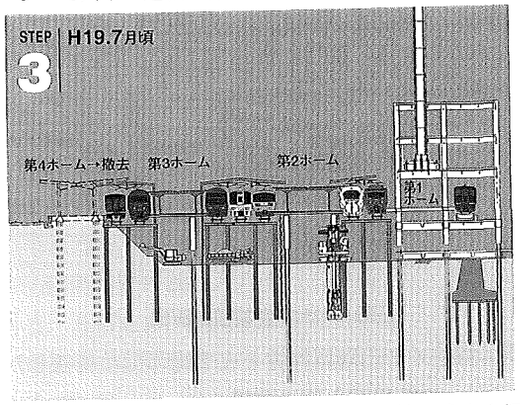
高架橋建設は山陽新幹線と支障移転した在来線との間の狭隘な箇所での施工となるため，工事用進入路の確保が工期，工事費および施工方法を大きく左右することとなる．そのため，JR西日本と調整のうえ，既設山陽新幹線高架橋の調整桁部に合計7か所の工事用進入路を確保する計画とし



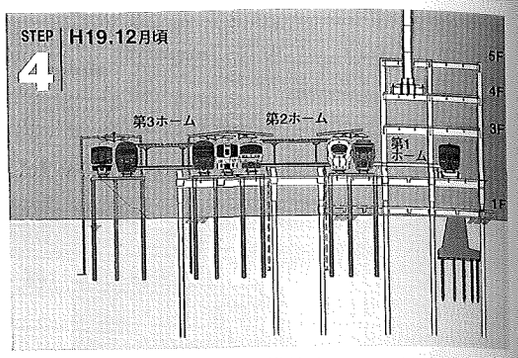
① 工事施工前，線路は盛土で支えられている．



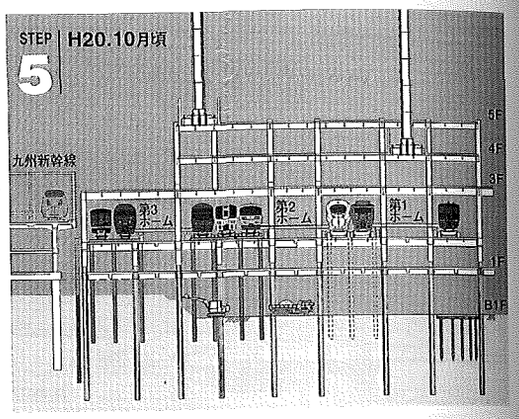
② 盛土に線路を支えるための仮杭を打ち込み，この仮杭と工事桁により線路を支える．これらの工事はすべて列車の運転を休止する夜間に行う．



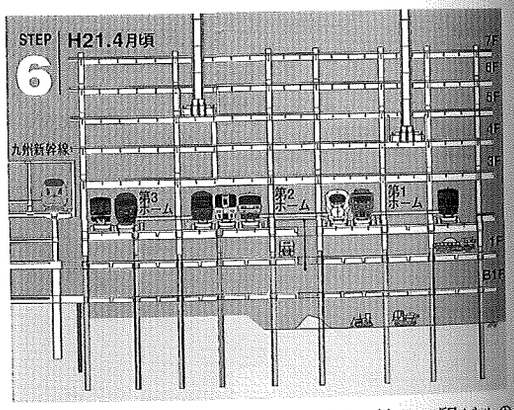
③ 工事桁により線路を支えた後，線路株の盛土を掘削し，線路下の空間で駅ビルの躯体の構築を開始する．



④ 引き続き駅ビルの躯体構築を行い，駅ビル躯体により線路を受け替える準備を進める．



⑤ 駅ビルの躯体構築が進んだ段階で，駅ビル躯体により線路を受け替え，仮杭と工事桁を撤去する．



⑥ すべての線路を駅ビル躯体で受け替え，駅ビルの躯体構築をさらに進める(駅ビルの躯体工事は平成21年秋ごろまで続く予定)．

図-8　駅ビル部軌道本設化工事ステップ図

た(**写真-2**)．

2-1-3　既設在来線高架橋の活用

既設在来線の高架下は，コンコース・店舗などで利用されているが，事業費縮減と工期短縮のために既設高架橋上に新幹線構造物を構築する重層化を計画した(**図-6**)．この計画にあたって，重層化高架橋が新設新幹線高架橋と同等の耐震性能を有する必要があり，既設高架橋の柱および基礎に所要の補強を行った．

柱補強は鋼板巻立工法による4面補強を基本とし，1面せん断補強と合わせて約70本の補強を実施した(**表-1**)．この鋼板巻き立工法は柱のせん断破壊を防止すると同時に，コンクリートを鋼板により拘束し，変形性能を向上させる工法であり，現在もっとも一般的な耐震補強工法として広く採用されている．また，基礎部は地震時の杭頭部に作用する荷重の減少と，杭頭部が破壊した場合の沈下防止を目的として，フーチング下4隅を恒久性注入材により改良した．

2-1-4　3層高架橋

この高架橋は**図-7**に示すように，既設の山陽新幹線高架橋と新博多駅ビルの間に位置することになるため，山陽新幹線高架橋～九州新幹線高架橋～駅ビルの横断的接続が可能な構造にする必要があり，隣り合う施設との床高さを極力そろえることを条件に設計を行った．

また，九州新幹線軌道階(3階)の上に屋上駐車場部材を載荷するため，RC構造とすると躯体寸法が大きくなり，高架下に入る駅施設・高架機能に障害が生じる．このため，設計に際して，地中梁および各階層のスラブを除き1～3階梁は鉄骨，柱は中空鋼管にコンクリートを充填するCFT柱を採用し，S構造とRC構造の複合構造とした．地下部は地下水位よりも下部になるため，地中梁部は耐水板構造として地下水を貯めることができる構造として設計を行っている．

2-1-5　1層・2層高架橋

この高架橋は，RC構造の1層4径間，2層3径間および2層5径間のビームスラブ式ラーメン構造で，2層高架下には新幹線通信機器室などの施設が入る．

2-2　駅ビル工事

駅ビルの建設は，既存駅ビルを撤去したうえで，在来線の線路上空および線路下部を活用するなどした地上10階地下3階，延べ床面積約20万m²の大型複合商業施設であり，当社発足以来最大規模のプロジェクトである．

博多駅と福岡空港が至近距離にあるため，その周辺建物は航空法による高さ制限を受ける．そこで，開発規模を確保し鉄道機能と一体となった開発を目指すため，在来線の線路をビル内に抱え込む構造としている(写真-1；C地)．このため，営業線直上・直下での駅ビル建設という難易度の高い施工となり，線路付近の工事は下記のような手順で行う(**図-8**)．

① 在来線盛土に工事桁用基礎杭打設
② 工事桁の架設後，地下掘削
③ 営業線上空および直下部の駅ビル躯体新設
④ 工事桁を撤去後，駅ビル2階層上に躯体本設化

一方で，核テナントとして百貨店や特化型専門店のほか，各種商業施設やシネコンなども入る予定となっていることから，列車走行時のビル内への騒音・振動が懸念されるため，通常のスラブ軌道に比べて－25dB以上の振動低減効果が期待できるフローティングスラブ軌道を採用することとした．

3　工事進捗状況

3-1　新幹線高架橋工事の進捗

高架橋およびホーム増設工事は，当社の施工区間を2工区に分けて発注しており，1工区は1層高架橋，重層高架橋，起点側ホームを，2工区は3層高架橋，2層高架橋および終点側ホームを建設している．

3-1-1　1工区施工状況

1工区は幅約10m，延長250mの範囲に対して工事用進入路が起点側に1か所という制約のため，終点側から起点側進入路へ片引きで構造物を構築していく．

すでに重層高架橋の柱補強および基礎補強を終え，現在はその上に鋼構造の新幹線構造物を継ぎ足す重層化工事の準備作業や橋梁・橋脚の施工を行っている．**写真-4**に示す橋梁の架設は横取り・ジャッキダウンで所定位置に据え付け予定である．

柱補強は平成19～20年度初めに施工したが，在



写真-3　重層高架橋全景(施工前)

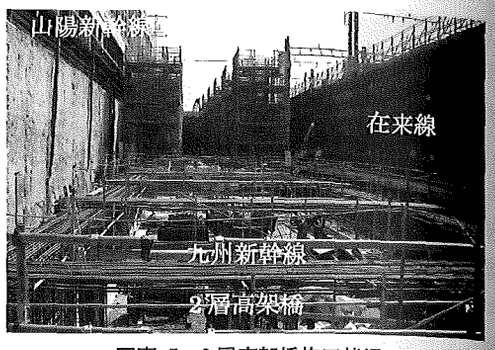


写真-5　2層高架橋施工状況

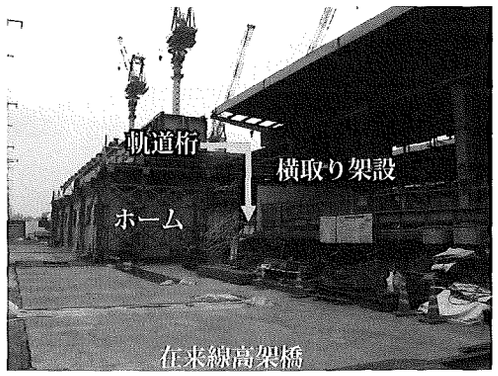


写真-4　地下鉄上の橋梁架設状況



写真-6　3層高架橋施工状況

来高架下の商業施設や旅客流動のあるコンコース部での工事であり，店舗部では営業休止期間に集中的に，またコンコース部は旅客動線を確保しながら施工箇所を分割して実施することで，関係箇所への影響を最小限にすることに努めた．

3-1-2　2工区施工状況

2工区は3層高架橋(SRC造)と2層高架橋(RC造)が主な施工となる．今年4月までに3層高架橋および2層高架橋の場所打ち杭の施工を終え，現在は2層高架橋の地中梁および柱鉄筋組立作業を行っている(**写真-5**)．

場所打ち杭は，杭長約12mを，3層部はϕ2,000㎜，2層部はϕ1,800㎜でのオールケーシング工法にて施工した．支持層はTP－10m付近に堆積する福岡層群に属する頁岩，砂質頁岩であり硬質な地盤である．今後は，平成20年11月ごろから3層高架橋工事が本格化し，現在工場にて鋼製の梁・柱部材の製作加工を行っており，随時現場へ搬入し建て方を開始する予定である．

この3層高架橋の施工は九州新幹線開業の工事工程の中でもっとも重要な箇所であり，平成21年秋には軌道階を完成させ，速やかに軌道工事や電気工事に移行させなければならない．したがって，3層高架橋の施工は，下記のとおり軌道階を優先し地下階を最後に施工する手順で行う．

① 1階層構築
② 2階層構築
③ 軌道階構築⇒軌道・電気工事へ移行
④ 地下階層構築(逆打ち工法)

3-2　駅ビル工事の進捗

3-2-1　線路直下での施工

駅ビルC地(写真-1)の施工は，夜間の列車間合いを活用し，限られた作業時間と施工条件のもとで，綿密な工事計画を立てて実施してきた．工事桁の架設工事は平成18年7～12月にかけて施工し，計42連，線路7線・延長800mの工事桁架設後，地下3階構築のための掘削工事を開始した．

現在は線路下の駅ビル躯体工事も順調に進み，



写真-7　駅ビル工事全体写真



写真-8　フローティングスラブ軌道

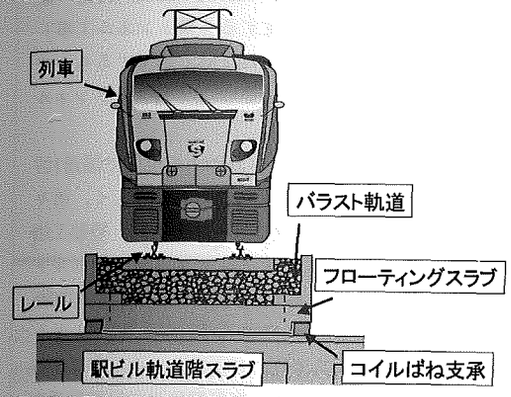


図-9　フローティングスラブ軌道構造

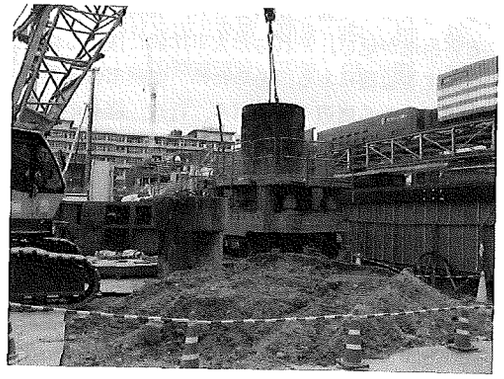


写真-9　基礎杭施工状況

工事桁の撤去と前述した振動低減を目的としたフローティングスラブ構造の軌道本設化工事を実施している(**図-9, 写真-8**)．

3-2-2　駅ビル躯体基礎工事

駅ビルA地(写真-1)の現在の施工状況は，基礎杭打設と支障物撤去工事および土留め・止水目的のSMW(地下連続壁工法)工事を実施している．基礎杭は最大ϕ3,000㎜，杭長約35mで，オールケーシング工法にて掘削する(**写真-9**)．

4　おわりに

今回は，当社で実施している九州新幹線高架橋・ホーム増設工事と駅ビル開発工事についての工事概要と進捗状況を紹介した．多くの駅利用者の直近で，大規模かつ重要構造物を施工するにあたり，今後もあらゆる面での安全確保を最優先に考え，確実に施工を進めていく所存である．

お詫び

第39巻，第12号，p. 53に誤りがありましたので訂正いたします．

「高品質吹付けコンクリートによる単一構造に関する研究」で得られた結果を①～⑦に要約しておりますが，④と⑦は同一のため，⑦を削除してください．よって，この研究で得られた結果の要約は，①～⑥までとなります．

2009年(平成21年)1月



「史跡のまち」奥州市より

高　橋　　努

奥州市は東北地方のほぼ中央，岩手県の南西部に位置し，岩手県第２の人口を擁する県内主要都市のひとつである．地域の中央を南北に北上川が流れ，その西側には支流の胆沢川によって開かれた胆沢扇状地があり，水と緑に囲まれた散居のたたずまいが広がっている．古来より交通の要所とされ，盛岡，水沢，北上へと各街道が延び，それらが太平洋側に抜ける盛街道と合流する位置にある．そのため，奥州市の中核都市江刺は古くから周辺一帯の軍事，行政，経済の中心地とされ，藤原氏三代の祖となった藤原清衡の父親である経清が豊田城を築き，清衡が奥州の押領使となって平泉に拠点を移すまでの居館となった．

奥州市には藤原氏時代の史跡が多く，歴史公園「えさし藤原の郷」など観光面に力を入れている．公園の入り口を入り，目の前に広がるのが「政庁」と呼ばれるゾーンである．ここでは，平安時代に各地方で朝廷が政治を行った，今で言えば県庁のような機関「政庁」を再現しており，東北の中心だった多賀城をイメージしているとみられる．ここで興味深いのは古い時代と新しい時代(平泉藤原時代)の二つの様式により，裏表で再現しているところである．「政庁」ゾーンの隣には街並みを再現したゾーンもあり，当時を偲ぶ観光の名所となっている．

当工事は，東北横断自動車道釜石秋田線(遠野～東和間)のほぼ中間地点に位置する「樺トンネル工事」で，トンネル延長1,952mをNATMで施工するものである．地質は花崗閃緑岩で，2008年１月よりトンネル掘削を開始している．

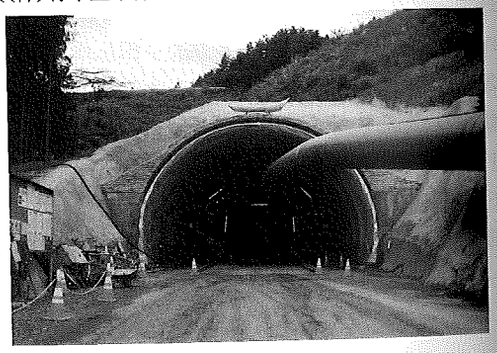
坑口部から約80m，土かぶり20mの位置で国道107号と交差している．その付近は，風化が著しく，所々に残留硬質岩がブロック状に残存していた．補助工法として，AGF，注入式フォアポーリング，鏡ボルトをなどの対策工を駆使し，2008年10月末現在で750mの位置まで掘削が進んでいる．

今後，発注者・関係各位のご指導のもと，作業所職員，協力業者一丸となって，高品質施工で早期貫通を目指して努力していく所存である．

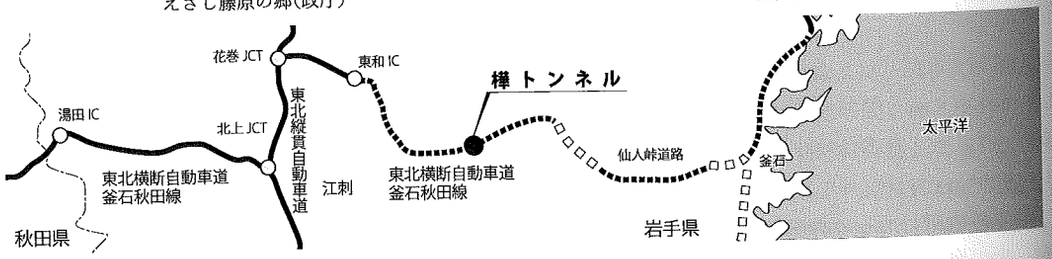
((株)竹中土木樺トンネル作業所所長)



えさし藤原の郷(政庁)



起点側坑口



位　置　図

施工

小土かぶり・帯水土砂地山トンネルの各種補助工法(その３)

—東北新幹線　八戸・七戸間トンネル群—

鉄道・運輸機構東北新幹線建設局工事第二課長　中　村　純　治
鉄道・運輸機構東北新幹線建設局十和田鉄道建設所所員　田　野　彰　一

１　はじめに

東北新幹線八戸・新青森間のうち，青森県東部の上北丘陵地に位置する八戸・七戸間のトンネル群(13本：合計延長17.9km)は，**表-1**に示すように延長の約80%が20m以下の小土かぶりトンネルであり，掘削対象地山が，第四紀更新世の海成段丘群の未固結の砂層が主体で，シルトや火山灰層が介在していることから，掘削時の切羽の安定性の確保が重要課題であった．また，トンネル群の直上および周辺には，国道や主要地方道，電鉄，用水路などが存在し，トンネル掘削においては，これらの既設重要構造物への影響を極力抑制する必要があった．

表-1　東北新幹線八戸・七戸間におけるトンネル

トンネル名称	全延長(m)	土かぶり20m以下の延長(m)	主な地表構造物
南部山	267	170	スケートリンク
高館	1,280	1,280	国道45号
市川	925	925	国道45号，百石自動車道
五戸	1,090	430	
錦ヶ丘	1,370	1,370	
館野	780	780	主要地方道
柴山	920	920	
六戸	3,810	3,810	主要地方道，十和田観光電鉄，三本木幹線用水路，県道
三本木原	4,280	1,200	
牛鍵	2,065	2,065	県道，主要地方道
有野部	250	250	
上北	625	625	
赤平	220	220	県道
合計	17,882	14,045	

このような施工条件から，本トンネル群(**図-1**)の施工にあたっては，**表-2**に示すように切羽の安定性の確保および地表面沈下の抑制を目的として種々の補助工法が採用されてきているが，本稿(その３)では，採用された各種補助工法のうち，「地下水位低下工法」，「地山改良工法」および「多段ベンチカット工法」について，工法の特徴，確認された効果および今後の工法選定に向けた留意点などについて報告する．

なお，本報告は本稿(その３)を含めた３編で構成されている．

平成20年10月号では，その１として，トンネル群の地形・地質，路線選定の経緯，トンネル施工における課題などのほか，採用された補助工法のうち「圧入式短尺鋼管先受け工法」，「鋼管鋼矢板圧入打撃工法(SSPB工法)」，「パイプルーフ工法」について報告している．

また，平成20年12月号では，その２として，「長尺鏡ボルト」，「サイドパイル・フットパイル」，「根固め吹付けコンクリート」について報告しているので参照されたい．

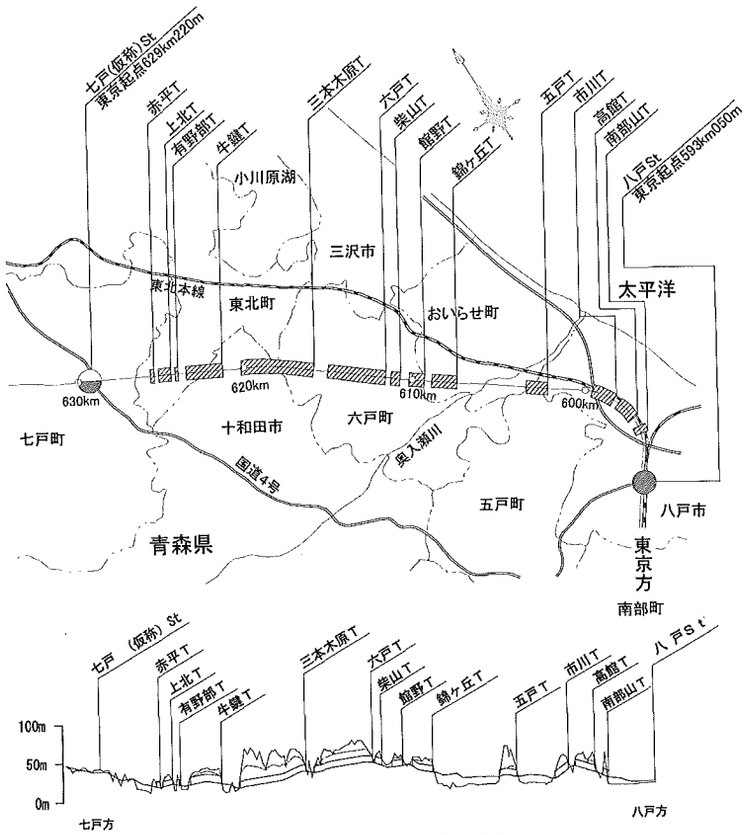


図-1　トンネル位置図

表-2　採用された掘削工法および対策工

工法		掲載号
天端の補強	フォアポーリング	—
	圧入式短尺鋼管先受け工法	Vol.39, No.10
	鋼管鋼矢板圧入打撃工法(SSPB工法)	Vol.39, No.10
	長尺フォアパイリング	—
	パイプルーフ工法	Vol.39, No.10
鏡面の補強	鏡吹付けコンクリート	—
	鏡ボルト	—
	長尺鏡ボルト	Vol.39, No.12
脚部の補強	サイドパイル，フットパイル	Vol.39, No.12
	根固め吹付けコンクリート	Vol.39, No.12
	仮インバート	—
地下水位低下工法		Vol.40, No.1
地山補強	地山改良工法	Vol.40, No.1
	注入工法	—
多段ベンチカット工法		Vol.40, No.1
プレキャストアーチカルバート		—
シールドを用いた場所打ち支保システム(SENS)		—

2　地下水位低下工法

2-1　工法の概要

地下水位低下工法は，切羽の安定を図るための地下水位の低下を目的として，高館，市川，五戸，錦ヶ丘，館野，柴山，六戸，三本木原，牛鍵トンネルの9トンネルで採用された工法[1)~4)]である．採用した地下水位低下工法には，ディープウェル・ウエルポイント・水抜きボーリングがある．

ディープウエルは，比較的透水係数が大きく，均一な砂質地山における地下水位低下対策として採用された．また，ウエルポイント・水抜きボーリングは，比較的湧水量が少ない場合や，ディープウエルにより十分地下水位が低下できない場合における地下水位低下対策として採用された．

ディープウエルは，直径30~50cmの深井戸を透水層に掘削してストレーナーを設置し，地下水を揚水して地下水位を低下させる工法である．

ウエルポイントは，下半あるいはインバート掘削時の地下水位を低下するために，上下半掘削後，トンネル断面内から下向きに数m程度の削孔により地下水を揚水する工法である．

水抜きボーリングは切羽前方に向かって数m~数十mの削孔を行い，地下水を排水させる工法である．

図-2にディープウエル詳細図，図-3にウエルポイント・水抜きボーリング詳細図を示す．

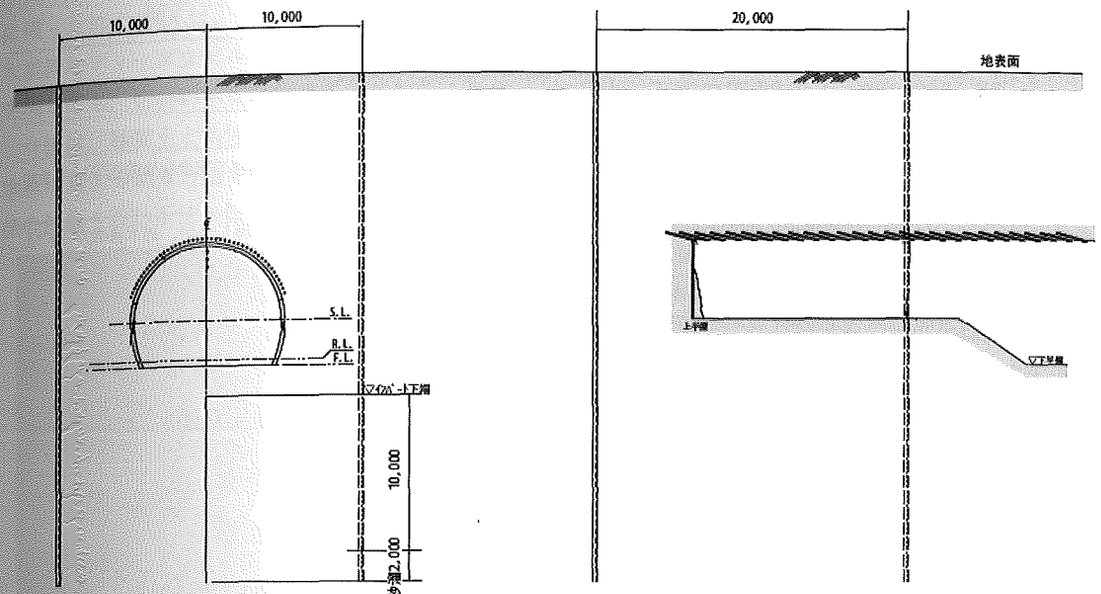


図-2　ディープウエル詳細図

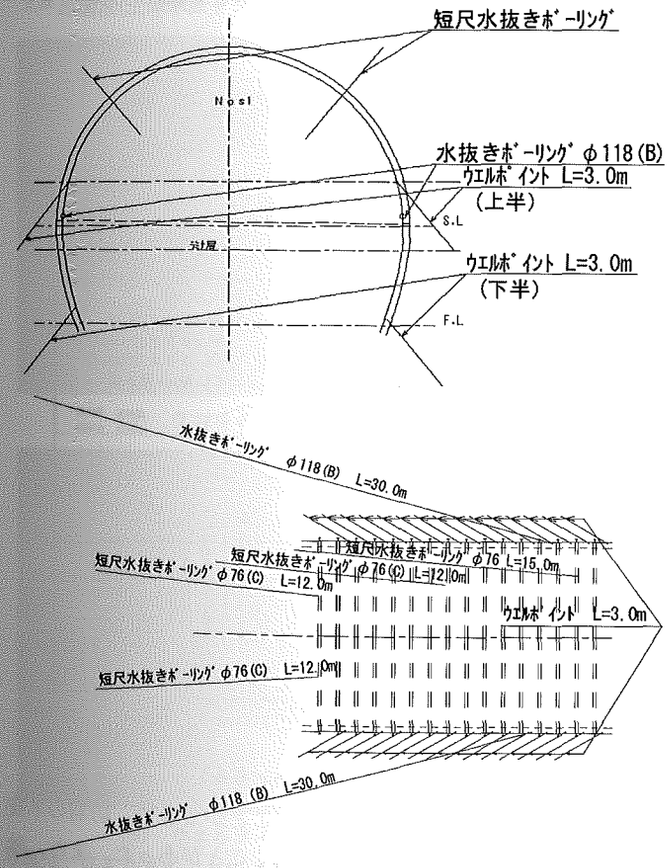


図-3　ウエルポイント・水抜きボーリング詳細図

2-2　対策による効果

地下水位低下工法の採用の適否およびその効果を表-3のように整理した．

図-4に初期水位とディープウエルによる低下後の水位，写真-1に層境に残留した地下水の状況，また，写真-2にウエルポイントによる上半盤の地下水位低下状況を示す．

2-3　工法の特徴および選定上の留意点

小土かぶり・帯水土砂地山トンネルの施工においては，確実な地下水処理が切羽の安定に直結するため，地下水位低下工法の重要性は非常に高い．とくに，ディープウエルは，切羽進行に先立って地下水位の低下が図れることから掘削サイクルに影響せず，地質や地下水の状況をトンネル路線に沿って連続的かつ事前に確認が可能という利点があるため，揚水効果が期待できる場合は非常に合理的な工法である．

しかしながら，砂質土と粘性土，腐

表-3　地下水位低下工法の採用の適否とその効果

トンネル	工法の採用			採用の適否および効果などに関するコメント
	DW	WP	WB	
南部山	−	−	−	湧水がなかった.
高　館	△	△	△	一部高館段丘砂層で実施したが，トンネル上部に位置する粘土層に阻まれて完全な水位低下はできず，結果的に薬液注入の止水によって当該箇所を通過した.
市　川	−	△	△	全体的に湧水量が少ないことから切羽の状況に応じて WP と WB を実施したが，透水係数が 10^{-5} と低く，効果を上げることが少なかった.
五　戸	−	○	○	湧水量が少なく，透水係数が 10^{-6} と低く，天端に粘土層が存在したため，上半盤と下半で WP・WB を実施した. 完全な効果はなかったが，採用は適切であった.
錦ヶ丘	−	○	○	湧水量が少なく，シルト・粘土の互層があったため，DW は採用せず，上半盤と下半で WP・WB を実施した. 完全な効果はなかったが，採用は適切であった.
館　野	○	△	−	上半盤の下部に透水性の高い野辺地砂層が存在し，DW の水位低下効果が確認された. また，DW で抜け切らない残留水には，部分的な WP が効果的であった.
柴　山	○	△	−	同　　上
六　戸	○	○	○	野辺地砂層に対する DW・WP・WB の水位低下工法の効果が十分発揮された.
三本木原 (NATM)	○	△	△	DW は施工基面下の砂層に対しては揚水効果があったが，トンネル断面内および上部に複雑に存在した難透水性の粘土によって施工は非常に難航した. 部分的に WP・WB の採用も試みたが，十分な効果はなかった.
牛　鍵	○	○	○	水位低下工法の採用でおおむね効果を上げることができたが，埋没谷や複雑に堆積したシルト・粘土と砂の互層部分では効果が発揮されなかった.
有野部	−	−	−	開削トンネルのため採用していない.
上　北	−	−	−	水位の高い砂層が存在したが，複雑に堆積したシルト・粘土の互層であったため，水位低下工法ではなく，施工基面付近までの事前地山改良工法で施工を行った.
赤　平	−	−	−	同　　上

※工法の採用　DW：ディープウエル，WP：ウエルポイント，WB：水抜きボーリング　　大部分採用：○，一部採用：△，不採用：−

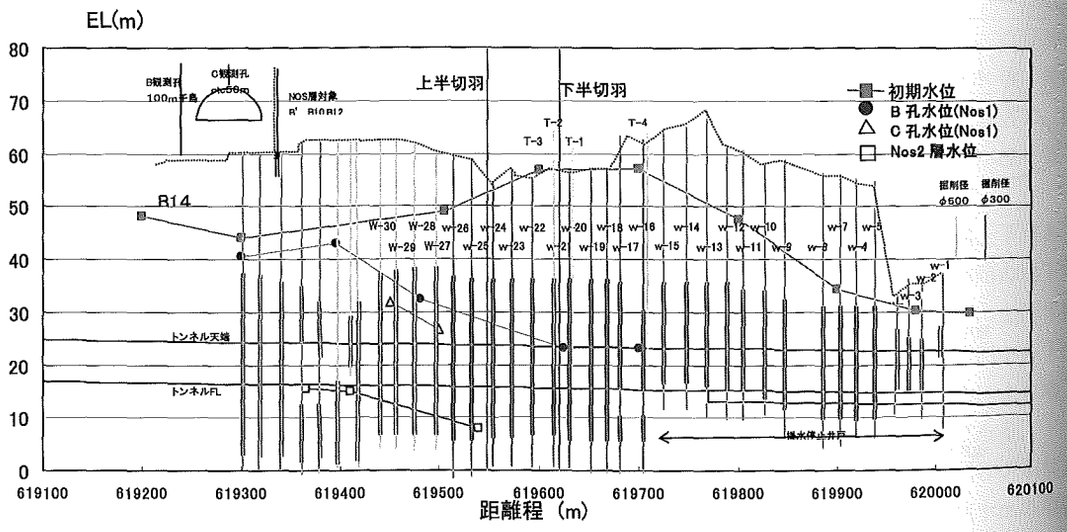


図-4　初期水位とディープウエルによる低下後の水位(三本木原トンネル)

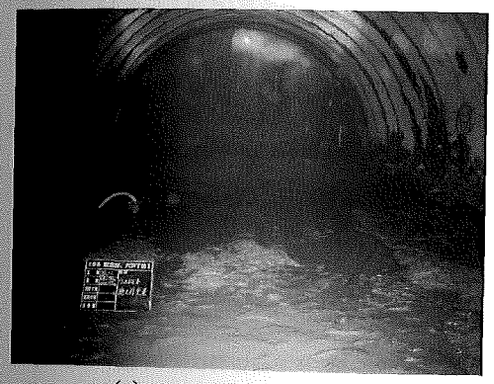
植土などが複雑に介在するような地山(例えば，六戸トンネル)では，ディープウエル，水抜きボーリング，ウエルポイントをすべて併用しても地下水位を適切に低下することができず，切羽の不安定化，沈下の増大を招くことがあった. また，砂質土層に介在した薄い粘性土層に地下水がわずか

に残った地山(例えば，三本木原トンネル)では，大規模なディープウエルやウエルポイントなどを実施しても，切羽が不安定化することもあった.

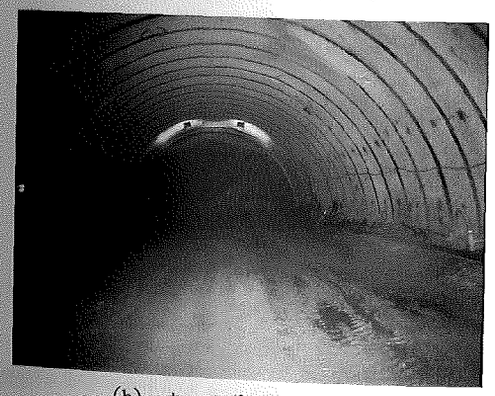
今後は，砂質土と粘性土の互層地盤での複雑な水脈に対する調査方法や効果的な地下水位低下工法の配置や設計手法の策定が技術的な課題である.



写真-1　層境に残留した地下水の状況～AGF鋼管からの湧水(三本木原トンネル)



(a)　ウエルポイント施工時



(b)　ウエルポイント施工後

写真-2　ウエルポイントによる上半盤の地下水位低下状況(六戸トンネル)

3　地山改良工法

3-1　工法の概要

地山改良工法は，土かぶりが小さく，トンネル断面から天端にかけての地質が軟弱な場合の切羽安定対策として，高館，錦ヶ丘，館野，牛鍵，上北，赤平トンネルの6トンネルで採用した工法[5)~9)]である.

地山改良工法は，地表部の開削を行い，トンネル側方地盤を浅層混合処理により改良，トンネル天端付近に事前改良土による盛土を構築し，埋め戻しを行った後に，トンネル掘削を行う工法である. トンネル側方の浅層改良範囲やトンネル天端の事前改良盛土の有無については，土かぶりや地表構造物の有無に応じて設定した.

地表部の開削を行った後，トンネル側方の浅層

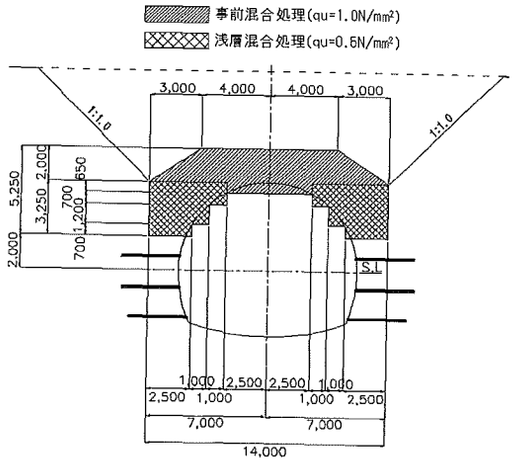


図-5　地山改良工法詳細図(牛鍵トンネル)

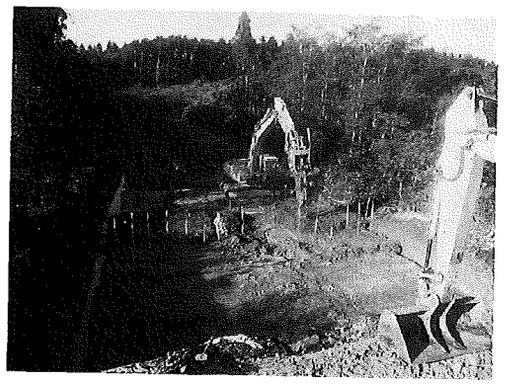


写真-3　浅層混合改良施工状況(高館トンネル)

改良を行うことから，土かぶりが小さい場合に有効である(実績では土かぶりが0～12m程度)．また，地表からの施工となるため，地表部の制約条件がない場合に適用できる．

図-5に地山改良工法詳細図，**写真-3**に浅層混合改良の施工状況を示す．

3-2　対策による効果

地山改良工法を採用した区間では，所定の強度を有した梁状の改良体がトンネル天端にあるため切羽の安定性が向上し，補助工法も省力化できるなど，安全かつ経済的に施工を行うことができた．しかし，天端と脚部が同程度沈下するとも下がりが生じ，浅層改良の脚部の地質が軟弱な場合には，その沈下量も大きくなる傾向を示した．**図-6**および**写真-4**に地山改良工法を採用した区間の坑内変位量と切羽の状況を示す．

地山改良工法では，**図-7**に示すように用地幅の制限，地質状況などの条件により，さまざまな改良形状が採用されている．この場合の変形モードは，脚部が根入れされた門形改良体に上載荷重が作用した状態に近く，下半掘削時に全体の荷重を受けて沈下するが，地山全体の緩みも抑えられることから，下半部の地質が軟弱な場合には有効であると思われる．

図-8は，門形の地山改良を採用した区間の坑内変位量であり，浅層混合をF.L付近位置まで行うことにより沈下・とも下がりをおおむね抑制できている．

図-9は，SL付近まで地山改良を行った牛鍵トンネルと下半脚部まで改良を行った赤平トンネルの地中沈下計測結果を示したものである．なお，牛鍵トンネルでは最深部を不動点と仮定しているのに対し，赤平トンネルでは地表面沈下測定から絶対変位量を計測している．牛鍵トンネルでは，沈下の大部分が上半施工時に生じる傾向にあるの

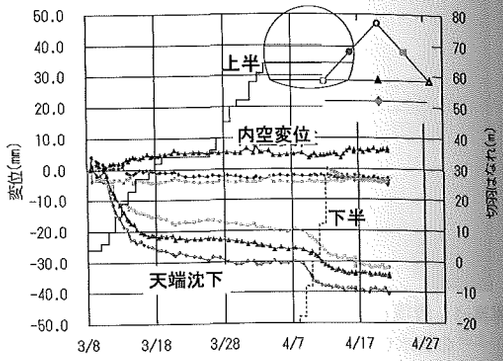


図-6　坑内変位量(牛鍵トンネル)

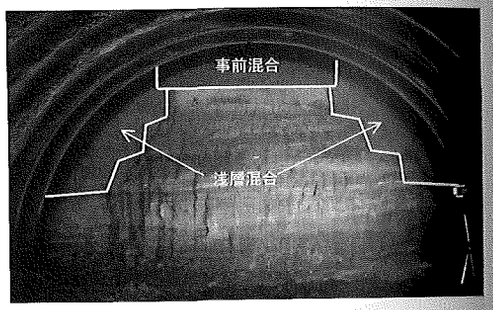
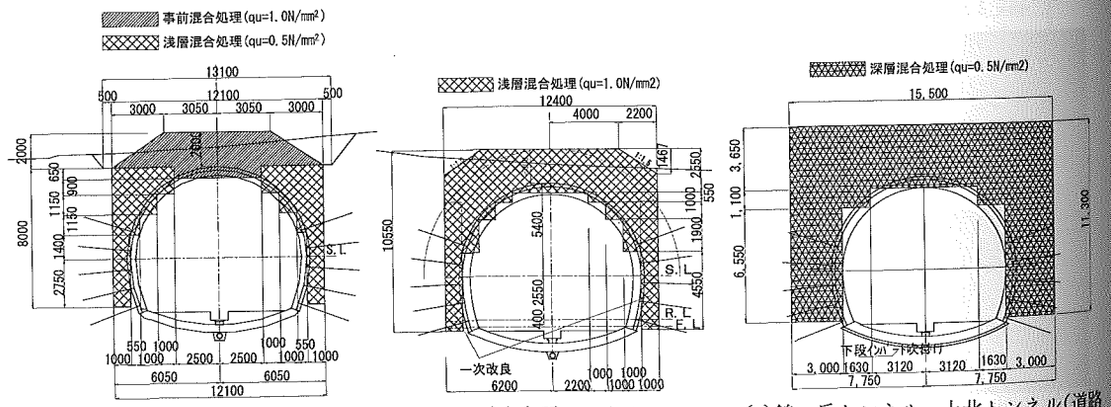


写真-4　地山改良工法切羽状況(牛鍵トンネル)



(a)上北トンネル　(b)赤平トンネル　(c)錦ヶ丘トンネル・上北トンネル(道路直下の場合)

図-7　地山改良工法における地山改良形状の例

に対し，赤平トンネルでは，上半施工による沈下はわずかで，下半施工により上半以上の沈下が発生している．なお，セメントへの凝結遅延作用，硬化阻害作用のある腐食物質を含有する地層では，事前改良を行っても所定の強度が得られない事例があるので，対象となる地質ごとに配合試験を実施することが重要である．

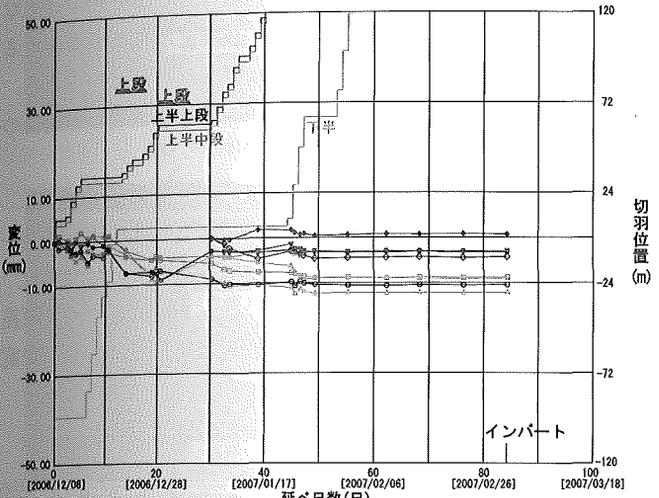
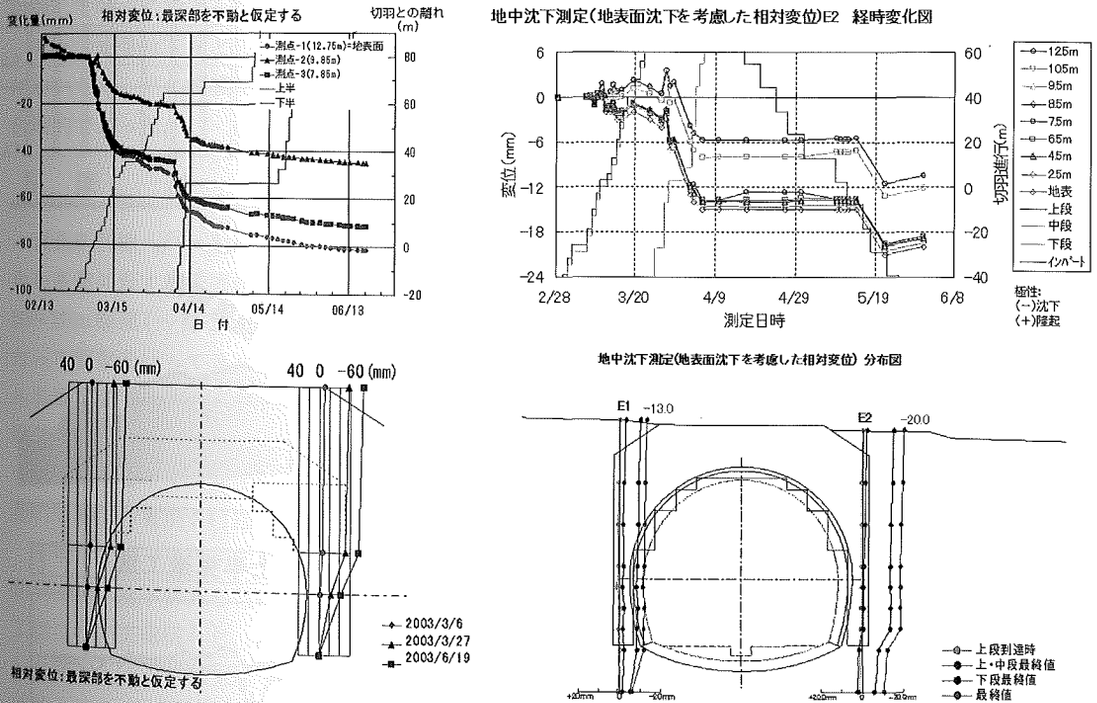


図-8　門形地盤改良区間坑内変位量(上北トンネル)



(a)　牛鍵トンネル(SL付近まで改良)　(b)　赤平トンネル(下半脚部まで改良)

図-9　地中沈下計測結果

3-3　工法の特徴および選定上の留意点

地表部における施工が可能であれば，小土かぶりトンネルにおいて，切羽の安定が確実に図れる工法である．1D(D：トンネル掘削幅)以下の小土かぶり土砂地山では，掘削時の先受け効果が期待でき，長尺フォアパイリング工法と比較しても経済的であることから，数多くのトンネルで採用した．

当初施工を行った牛鍵トンネルでは図-5のような改良を行ったが，その後のトンネル施工では改良範囲や改良強度，適用土かぶり，ロックボルトの有無など，さまざまなバリエーションで地山改良工法を実施した．今後は，土地利用状況や地盤条件などから，適切な改良範囲の設定方法について検討を行っていく必要がある．

4　多段ベンチカット工法

4-1　工法の概要

多段ベンチカット工法は，トンネル断面内の地質が軟弱な場合に，切羽安定対策として，館野，柴山，三本木原，牛鍵，上北，赤平トンネルの6トンネルで採用された．

多段ベンチカット工法は，通常の上下半の加背割りで切羽の安定性が確保できない場合に，上半をさらに2段に分け，加背の高さを小さくすることにより，切羽を安定させる工法である．

図-10に多段ベンチカット工法詳細図を示す．

4-2　対策による効果

図-11は，三本木原トンネルのNATM区間における施工法と掘削時の変位状況を示したものである．三本木原トンネルでは，施工開始から上半先進工法により掘削を進めてきたが，崩落などの発生により多段ベンチカット工法を適用した．その後は，一部で大きな変位が生じたものの，切羽の安定性を確保することができた．

多段ベンチカット工法を適用しても先受け工などの補助工法を併用する必要性がある場合があるが，その規模については軽減することができた．**写真-5**に多段ベンチカット工法を適用した場合の切羽状況を示す．

4-3　工法の特徴および選定上の留意点

切羽の自立性が悪い土砂地山では，切羽断面を小さくすることで変位を抑制することができた．新幹線断面のようにインバート掘削を含めて縦長の形状となるトンネル断面に対しては，切羽安定に対して効果的であった．

また，先受け工などの補助工法を併用する場合においても，その規模を小さくすることができ，合理的であった．

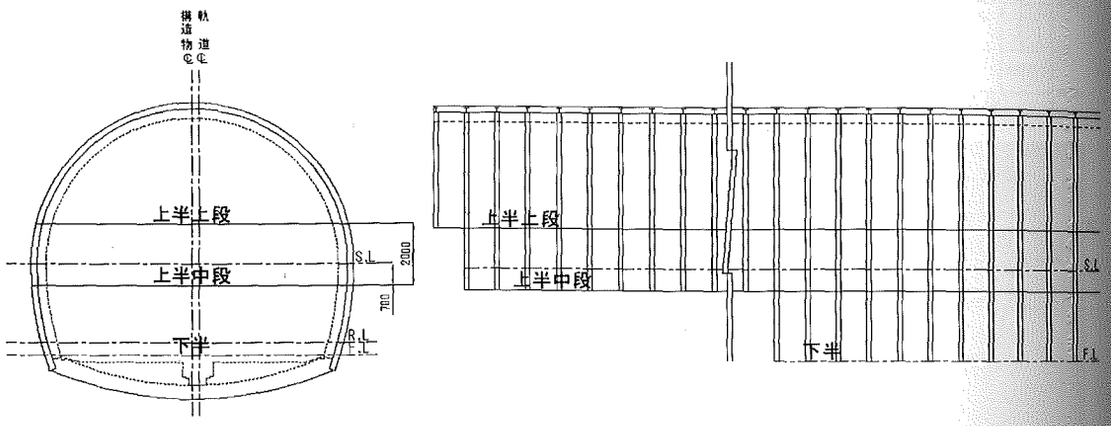


図-10　多段ベンチカット工法詳細図

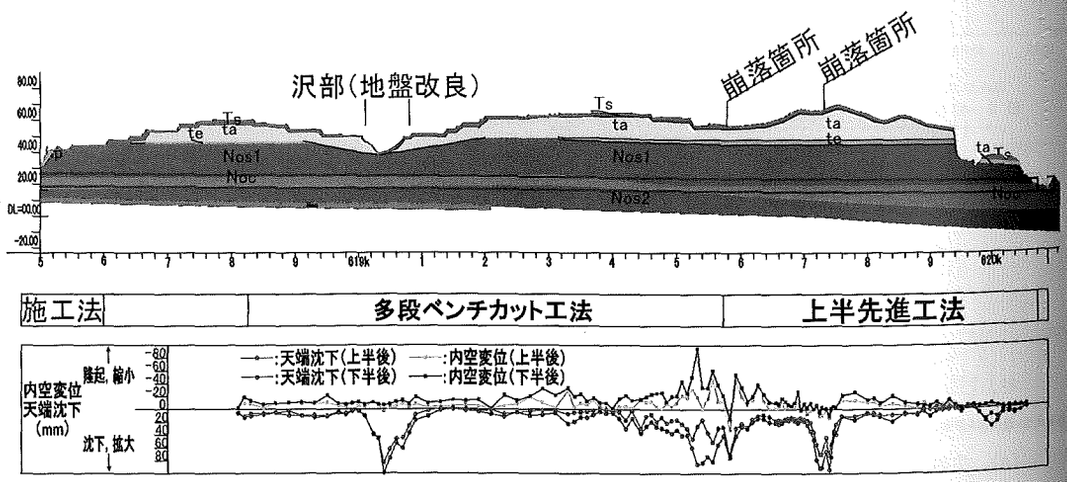
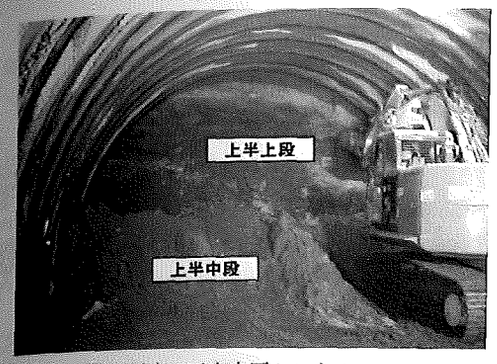
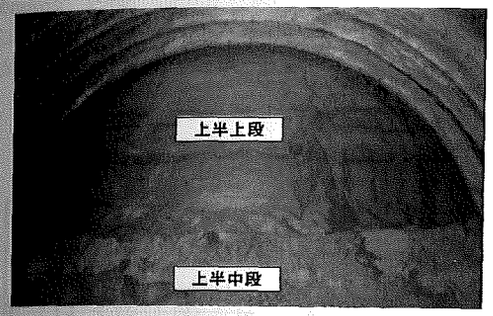


図-11　施工法と変位の関係(三本木原トンネル)



(a)　三本木原トンネル



(b)　牛鍵トンネル

写真-5　多段ベンチカット工法切羽状況

フィードバックしたうえで各工法に関する知見を整理した．

① 地下水位低下工法は，小土かぶり・帯水土砂地山において，切羽の安定を図るために重要な工法であった．施工においては，均質な砂質土層では地下水位が適切に低下できたが，砂質土層に介在した薄い粘性土層に地下水が残ることで切羽が不安定化することがあった．互層地盤での地下水脈の調査やその処理方法については，今後に課題が残った．

② 地山改良工法は，地表部の利用が可能であれば，小土かぶり地山において，切羽安定を確実に図ることができ，長尺フォアパイリングと比較しても経済的であった．ただし，地質によっては改良による強度が発現しない場合もあるため，事前の確認試験が重要であった．

③ 多段ベンチカット工法は，切羽の自立性が悪い土砂地山において，切羽断面を小さくすることで切羽の安定化が図られ，変位を抑制することができた．また，先受け工などの補助工法を併用する場合においても，その規模を小さくすることができ，合理的であった．

小土かぶり未固結地山における想定外の地山性状，トンネルの合理的な設計・施工の追求により，施工当初は数回にわたる切羽崩落が発生することもあった．しかしながら，東北新幹線トンネル施工技術委員会(委員長：足立紀尚・京都大学名誉教授)における施工および新技術の検討結果を現場へ即座に活用することで，無事掘削を完了することができた．

最後に，本稿を含めた3編の報告は，同委員会における検討結果を再整理したものである．委員長，委員各位および関係者の皆様に，この場をお借りして心より感謝の意を申し上げます．

5　ま　と　め

東北新幹線八戸・七戸間トンネル群では，地下水を多量に有する未固結の洪積砂層を，土かぶり10～20m程度(一部2～3m)で，約17.9kmにわたって掘削を行ってきた．このような連続トンネルを短期間で掘削することから，近年土砂地山へ標準的に適用されている長尺フォアパイリングだけに頼ることなく，安全性や経済性の両面から合理的な施工の実現を目指してきた．

本報告では，八戸・七戸間トンネル群における切羽安定，沈下抑制を目的とした掘削工法や補助工法について総括した．本稿(その3)では，総括した掘削工法，補助工法の中から，地下水位低下工法，地山の補強を目的とした地山改良工法，多段ベンチカット工法を抽出し，実際の施工結果を

参　考　文　献

1) 磯谷篤実：含水未固結地山トンネルにおける地下水位低下工法と掘削，日本鉄道施設協会誌，pp.47-49，2003.4.

2) 小西真治・西山達也・田村武・飯田廣臣・蓼沼慶正：Evaluation of Tunnel Face Stability Affected by Ground Water，International Workshop on Prediction and Simulation Methods in Geomechanics，2003.10.
3) 蓼沼慶正・磯谷篤実・須澤浩之・芳賀宏・野々村嘉映：含水未固結地山における切羽安定方策，第13回トンネル工学研究発表会，pp.201–206，2003.11.
4) 田辺宏・長谷川雅彦・梅木信夫・平野逸雄：地下水位低下工法による土砂地山トンネルの施工，トンネルと地下，Vol.35，No.6，pp.7–14，2004.6.
5) 蓼沼慶正・磯谷篤実・小西真治・西山達也・奥津一俊：地山改良工を併用した低土被りトンネルの施工，第13回トンネル工学研究発表会，pp.207–212，2003.11.
6) 北川隆・飯田廣臣・蓼沼慶正・奥津一俊・玉井靖広：低土被り土砂地山における地山改良工法の検討，構造工学論文集Ⅰ，Vol.50A，pp.45–52，2004.3.
7) 北川隆・磯谷篤実・奥津一俊・川口隆徳：地山改良とサイドパイルで小土かぶり土砂地山を掘削，トンネルと地下，Vol.35，No.4，pp.7–14，2004.4.
8) Konishi, S., Nishiyama, T., Iida, H., Miyabayashi, H., Tadenuma, Y. and Okutsu, K.：Face Stabilizing Method for Shallow Tunnels in the Loose Sandy Ground, Proceedings of the ITA-AITES 2004 World Tunnel Congress & 30th ITA General Assembly, Singapore, H11, 2004. 5.
9) Kitagawa, T., Iida, H., Tadenuma, Y., Konishi, S., Kawashima, Y. and OKutsu, K.：Tunneling method for shallow tunnel with ground stabilizing, Proceedings of the ISRM International Symposium 3rd ARMS, Kyoto, Vol.1, pp.611–616, 2004.12.

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	〒340円
第Ⅱ巻	地下水環境学	価格4,485円	〒340円
第Ⅲ巻	地下水と地質	価格3,873円	〒340円

本書は様々な環境問題を地下水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力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

施工

市街地における浅層大断面4連めがねトンネルの施工

—第二京阪道路　小路トンネル—

西日本高速道路(株)関西支社枚方工事事務所工事長　田口敬介
西日本高速道路(株)関西支社枚方工事事務所　水野希典
大成建設(株)・(株)間組・(株)福田組特定建設工事共同企業体所長　足達康軌
大成建設(株)・(株)間組・(株)福田組特定建設工事共同企業体課長代理　大島基義

1 はじめに

第二京阪道路は併設する大阪北道路とともに一般国道1号のバイパスとして京都・大阪間を連結し，現道の交通混雑を緩和すると同時に近畿地方の広域幹線道路網の一端を担う道路である．小路(しょうじ)トンネル(仮称)は，第二京阪道路の寝屋川北IC(仮称)～寝屋川南IC(仮称)間の人家が密集する丘陵部に位置し，浅層部をNATMで施工する浅層大断面4連めがねトンネルという，全国的にも例を見ない工法を採用している．

本トンネルは写真-1に示すように閑静な住宅地に位置し，トンネル両側には民家が密集している．そのうえ土かぶりが最大で約10.5mと非常に小さいため，施工においては適切な施工方法，補助工法を選定し，周辺環境への影響(振動，騒音，地表面変位など)を最小限に抑制する必要がある．

本稿ではトンネル掘削時の振動・騒音対策および地表面沈下を抑制するために採用した補助工法に着目し，トンネル掘削時の施工状況について述べる．



図-1　工事位置図

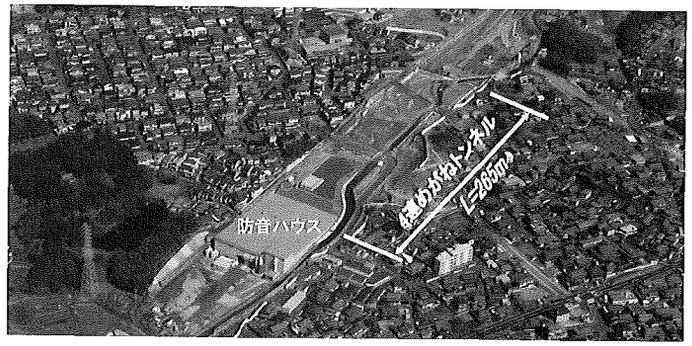


写真-1　現場周辺の状況

2 工事概要

2-1 トンネル概要

本トンネルは図-2に示すように4本のトンネル(中央2本：各3車線自動車専用道路，外側2本：

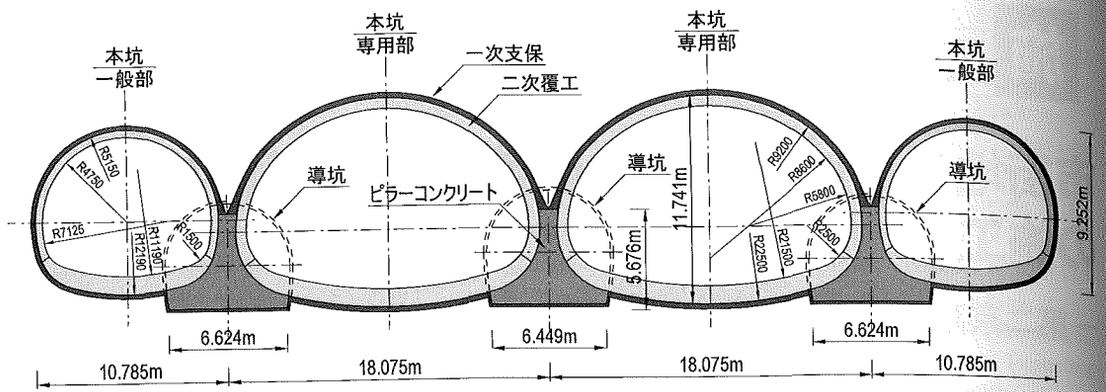


図-2　小路トンネル標準横断図

表-1　主要工事数量

項目		仕様	数量
地中連続壁工		t=550㎜，芯材H400×200@1.0m	21,060m²
地盤改良工		深層混合改良（ϕ1,600，ϕ2,000）	約5,400本
導坑掘削		機械掘削（全断面掘削）	265m×3本
センターピラー	補強鋼材	H200，H250@1.0m	1,325t
	コンクリート	30-15-15N	11,055m³
本坑掘削	一般部	機械掘削（ベンチカット工法）	265m×2本
	専用部	機械掘削（ベンチカット工法）	265m×2本
二次覆工	鉄筋	SD345	2,240t
	コンクリート	30-8-40BB（インバート）	13,689m³
		30-15-25N（アーチ覆工）	13,133m³

表-2　トンネル仕様一覧

項目		専用部	一般部
掘削断面積		約170m²	約84m²
内空断面積		約128m²	約61m²
一次支保工	鋼製支保工	HH200@1.0m	H150(HH150)@1.0m
	吹付けコンクリート	t=250㎜（f'_{ck}=36N/㎟）	t=200㎜（f'_{ck}=18N/㎟）
二次覆工	インバート	t=1,000㎜（f'_{ck}=30N/㎟）	t=1,000㎜（f'_{ck}=30N/㎟）
	アーチ覆工	t=600㎜（f'_{ck}=30N/㎟）	t=400㎜（f'_{ck}=30N/㎟）

各2車線一般国道）が横並びとなった全幅約58mの4連めがね構造（本稿では，これを「4連めがねトンネル」という）である．未固結大阪層群での施工となり支持力不足が懸念されるため，3導坑方式を採用し，導坑内に構築するセンターピラーは防水性を考慮し覆工との分離構造を採用した．また覆工は動的解析による耐震設計を実施したRC構造としている．

主要工事数量を**表-1**に，トンネル仕様を**表-2**に示す．

2-2　地形・地質概要

当該工事場所は枚方丘陵の南西部に位置し，枚方丘陵は大阪層群とそれを覆う尾根部段丘層および谷底低地の沖積層により構成されている．大阪層群は粘性土層（Oc），砂質土層（Os），礫質土層（Og）がほぼ水平に堆積しており，トンネル掘削箇所の大部分は地下水（第2帯水層）を有する未固結砂質土層で，トンネル底盤付近には全線にわたり粘性土層が分布している（**図-3**）．また，トンネル区間の大阪側，京都側には旧谷筋が存在し，そこにはN値が5以下の軟弱粘土層の分布が確認されている．

2-3　トンネル補助工法

2-3-1　地下水および変位抑制対策

トンネル掘削箇所は地下水を有する未固結砂層のため，トンネル両側に地中連続壁（t=550㎜）を構築し，トンネル掘削部への地下水流入を防止している．また，地中連続壁には芯材（H400×200@1.0m）を配置し，トンネル掘削による民地部の変位抑制を図っている．

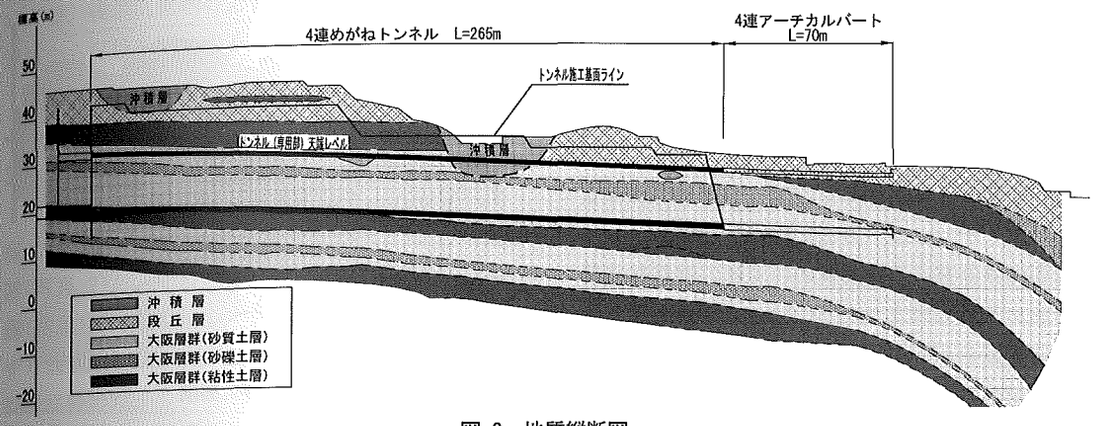


図-3　地質縦断図

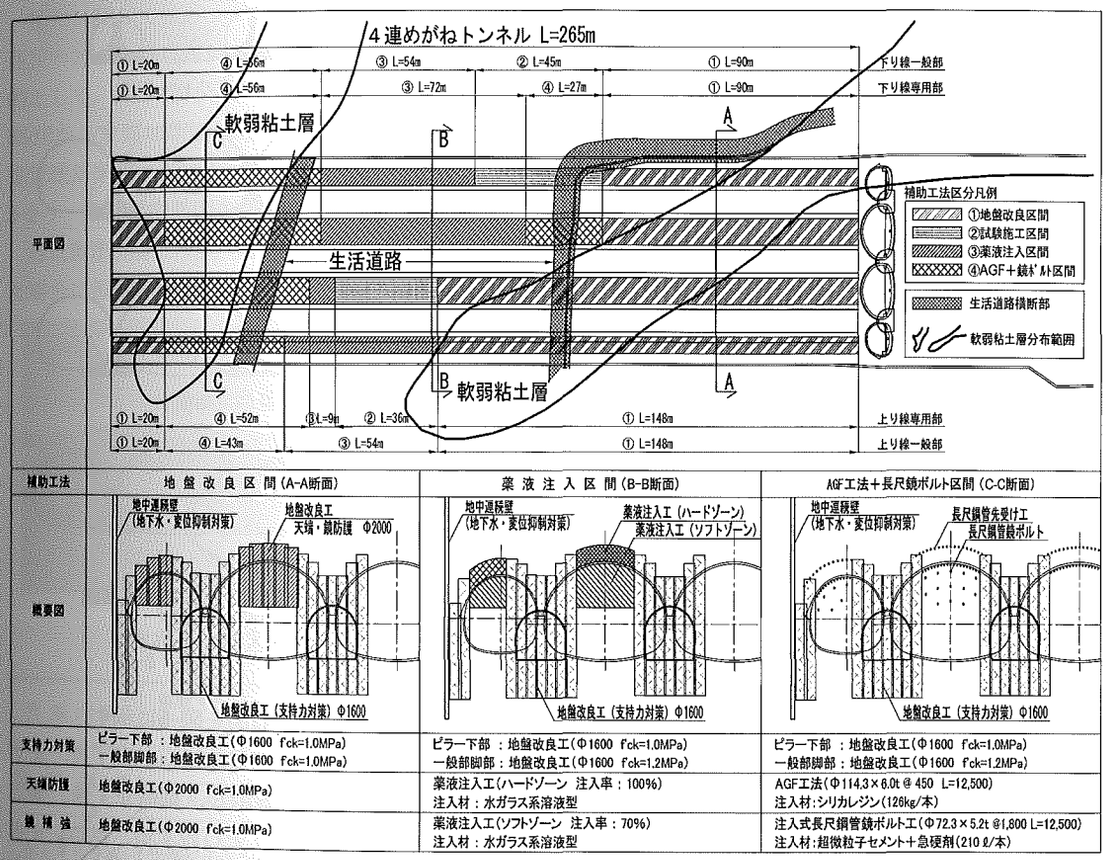


図-4　トンネル補助工法概要図

2-3-2　支持力対策

トンネル全線にわたりトンネル底盤付近には粘土層が分布しており，ピラーに全土かぶり荷重が作用した場合には支持力不足が生じると考えられる．そこで，導坑幅＋片側1列は地盤改良（深層混合改良：改良強度1.0～1.2MPa）により支持地盤まで改良し，支持力を確保している．

2-3-3　切羽安定対策

導坑部には支持力対策としての地盤改良が施されているが，トンネル中央部には未固結砂質土層

が残るため，地質条件，土かぶり厚，トンネル上部の利用形態などに応じて各トンネルを**図-4**に示すような三つの区間に区分し，切羽安定対策として①地盤改良工法，②薬液注入工法，③AGF＋鏡ボルト工法を使い分けた．

（1）　地盤改良区間

土かぶりが0.5D以下および軟弱粘土層がトンネル断面内に分布する範囲においては，軟弱粘土層を確実に改良可能な地盤改良工(支持力対策と同様の深層混合改良)を採用した．改良深度は天端防護と鏡補強兼用とするためSL＋2 mまでとし，改良強度はFEM解析結果にもとづき1.0MPaに設定した．

（2）　薬液注入区間

比較的土かぶりが大きい(0.5D以上)区間には地盤改良工より経済性に優れる薬液注入工法を採用した．注入材としては，砂質土地盤への浸透性に優れ，地下水汚染など環境への影響がない水ガラス系溶液型の注入材を選定した．薬液注入に期待する効果としては，アーチ部ではトンネル外周にグラウンドアーチを形成して鉛直荷重を直接支持する目的であるのに対し，掘削を行う鏡面に関しては緩みおよび肌落ちの防止が主目的となるためある程度の粘着力向上が期待できればよく，逆に固結度が高すぎた場合，掘削時の振動が大きくなり周辺環境への影響が懸念される．そこで注入範囲をトンネル外周2 m範囲のアーチ部(ハードゾーン)と鏡面(ソフトゾーン)に区分し，ハードゾーンは地盤の空隙率に注入充塡率を乗じた注入率とし，ソフトゾーンに関してはハードゾーンの70%の注入率とした．

（3）　AGF工法＋鏡ボルト区間

薬液注入工法はトンネル掘削に先立ち天端・鏡補強が可能で，上半掘削を連続して行えるため工程的には有利であるが，トンネル補助工法としては実績が少なく，粘性土層に対する注入効果に懸念が残る．そこでトンネル直上に軟弱粘土層が分布する範囲および生活道路が横断する範囲に関してはトンネル補助工法として実績が多く，安定した効果が期待できるAGF工法＋長尺鏡ボルトを採用した(以降，「AGF区間」と称す)．

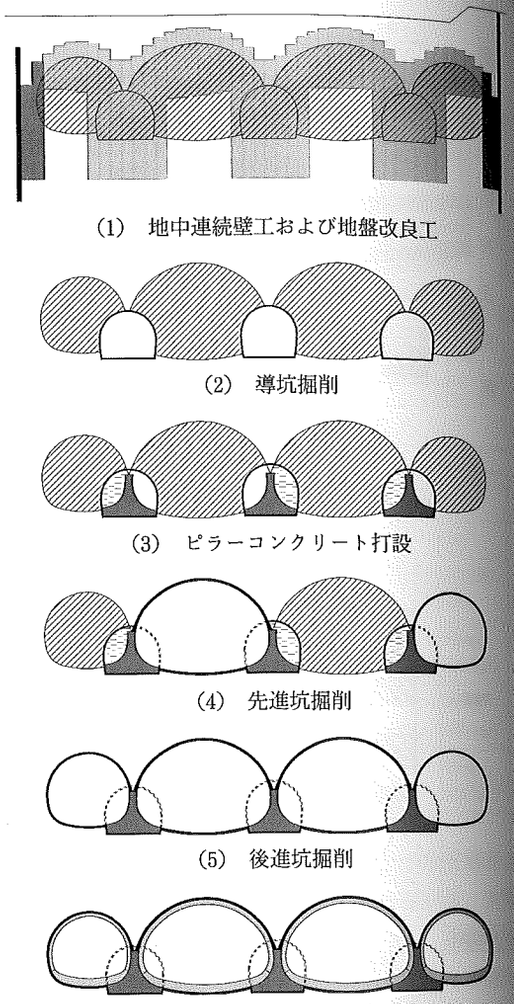


図-5　4連めがねトンネル施工手順図

2-4　施工手順

本トンネルの施工手順図を**図-5**に示す．

地中連続壁工および地盤改良工が完了後，まず3本の導坑を並行して掘削し，掘削完了後，導坑内にピラーコンクリートを打設する．次に，4本の本坑のうち，隣り合わない2本のトンネル(先進坑)を同時に掘削するが，ピラーの変形を抑制するためにあらかじめピラー背面を流動化処理土で充塡しておく．そして先進坑の上半切羽が150 m程度進んだ段階で残り2本のトンネル(後進坑)の掘削を開始する．また，覆工コンクリートについては，後進坑掘削の影響がなくなった時点で先進坑から打設を開始する．

3　周辺環境に対する配慮

3-1　騒音対策

トンネル掘削時の騒音対策として，大阪側坑口部には防音ハウス(L80m×W62m×H14m)を設置(**写真-2**)し，その中に騒音の出るトンネル仮設備(送風機，集塵機，バッチャープラント，夜間ずり仮置場)などを収め，トンネル掘削時の騒音抑制に努めた．

3-2　振動対策

振動に関しては，トンネル掘削時の振動を近隣住民の方々が感じないレベルまで抑えることを目的として，人が揺れを感じない振動レベルである55dBから家屋による増幅5 dBを差し引いた50dBを管理基準値に設定し，管理を行った．

3-2-1　振動発生要因の把握

導坑掘削開始に先立ち，どのような作業を行った場合に振動値が管理基準値を超えるかを確認するために，さまざまな状況を想定した模擬施工を行い，各作業の振動レベルを測定した．測定結果を**表-3**に示すが，この試験により振動オーバーの原因がある程度明らかになったため，その要因を排除する対策，掘削作業時のルールを設定した後に本格的な掘削作業を開始した．

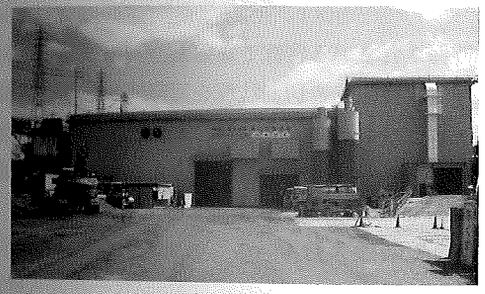


写真-2　防音ハウス

表-3　振動オーバー発生要因

作業内容	振動オーバー発生要因	対策
掘削作業	機械のばたつき	重機の慎重操作
	大きな改良体の落下	連続した丁寧な掘削
キャタピラ式機械の移動	中速以上での走行	低速走行の徹底 タイヤ式機械の選定
	走路の不陸	走路面の点検・整備
ずり出し作業	荷台から大きな塊の落下	大きな塊は切羽にて小割
吹付けプラント運転	—	—
吹付け作業	—	—

3-2-2　作業時間の延長

閑静な住宅地での作業のため，夜間作業は困難であると考えられていたが，工程短縮を実現するために，導坑掘削時においてトンネル周辺および家屋内に振動計を14か所，騒音計を7か所設置し，各測定ポイントではJV職員が体感測定を行う試験施工を実施した．その測定結果をまとめたうえで近隣家屋約200件の1軒1軒を訪問してヒアリングを行いながら，施工時間を順次24時間施工まで延長していった．24時間施工中は毎月1回以上は振動騒音が生活環境に与える影響がないことを確認する個別のヒアリングを行い，地元住民の方々のご理解を得ながら，24時間施工を継続した．

3-2-3　振動騒音自動計測システム

施工中は用地境界際の7か所に振動計，1か所



写真-3　振動騒音監視モニタ

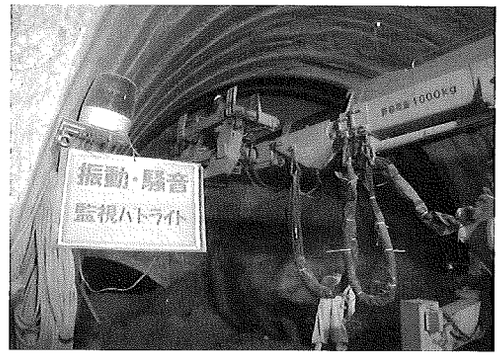


写真-4　振動・騒音監視パトライト

に騒音計を設置し，電話回線を利用して現場事務所や現場詰所でも24時間リアルタイムで測定値が確認できる振動騒音自動計測システム(**写真-3**)を構築した．振動値が管理基準値(50dB)を超えるとトンネル内の監視パトライト(**写真-4**)が回転するとともにJV職員の携帯電話にメールが自動送信されるシステムとなっており，作業員およびJV職員はリアルタイムで振動オーバー発生を認識でき，そのつど作業を一時中止して原因の究明および対策を行った．

3-3　地表面変位の監視

トンネル掘削を昼夜で行うため，夜間の地表面変位も監視できるようにトンネル両側の用地境界際にはGPS計測器を設置した．計測結果はインターネットや携帯電話によりリアルタイムで確認することができ，計測結果は監視センターで24時間監視している．計測値が管理基準値を超えた場合には監視センターからJV職員に連絡が入るシステムとなっており，万一の事態が発生した場合にも速やかな対応が取れる体制を整えた．

4　施工時の状況

4-1　地盤改良区間

地盤改良はスラリー状の固化材を原位置に吐出しながら原位置土と固化材を機械的に強制混合撹拌し，所定の深度まで削孔したのち混合攪拌装置を引き抜きつつ，再度土と固化材を攪拌することによって地盤改良体を造成する工法を採用した．改良率は90.6%(三角形接円配置)とし，改良径は施工深度によりϕ1,600（支持力対策部)とϕ2,000(天端・鏡防護部)を使い分けた．支持力対策部は作用荷重を確実に支持層に伝達できるよう，積算電流値と貫入速度で着底管理を行い，改良体強度はコアサンプリングによる一軸圧縮強度試験および原位置における平板載荷試験により確認した．支持力対策部の改良体造成状況を**写真-5**に示すが，施工深度が20mを超えるピラー下部においても良好な精度が確保されていた．また圧縮強度も設計1.0MPaに対して3.0MPa程度発現しており，室内配合試験における安全率2.5がそのまま原位置でも確保されている状態であった．

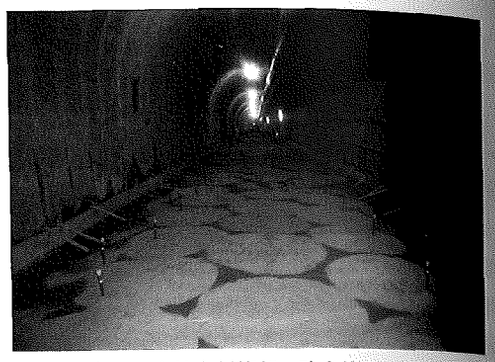


写真-5　支持力対策部の改良体造成状況



写真-6　地盤改良区間切羽状況

地盤改良区間の切羽状況を**写真-6**に示すが，天端・鏡面ともに安定性は非常に良好で，地表面沈下もトンネル直上で10㎜程度とともに問題なく掘削可能であった．

4-2　薬液注入区間

薬液注入区間の注入方式は瞬結材(一次注入材)によるパッカー効果と緩結材(二次注入材)による浸透効果が得られ，かつ削孔・注入が1工程で行える「二重管ストレーナ複相式」を採用した．施工機械には小型ボーリングマシンを8セット用い，水平に堆積した砂質土層に対し薬液浸透性の向上が期待できる多方向噴射式特殊先端モニタ(**写真-7**)を採用することで，計画注入量のほぼ全量を注入することができた．

掘削初期段階において指示薬による注入確認を行ったところ薬液の浸透状況は良好で，注入材の効果により粘着力が増加し切羽の自立性も良く，吹付けコンクリートの付着も良好であった．



写真-7　多方向噴射式特殊先端モニタ

4-3　AGF区間

鏡ボルトのボルト材としてはスリット箇所で容易に切断可能で，撤去鋼管の分別が容易なスリット入り鋼管タイプを使用し，注入材には砂質土地盤に対する浸透性に優れ，鋼管周辺地山への浸透注入効果が期待できる超微粒子セメント＋急硬剤を選定した．鏡ボルトの打設本数に関しては，掘削初期段階で打設間隔を1.2m，1.5m，1.8mと順次落としていく試験施工(図-4内試験施工区間)を実施した結果，1.8m間隔でも十分な効果が認められたため，1.8m間隔で鏡ボルトの打設を行った．

切羽状況を**写真-8**に示すが掘削時の状況としては，鏡ボルトの注入量をボアホールの3倍と設定していたが懸濁型の注入材では注入圧の上昇や鏡面からのリークにより設計注入量の70%程度しか注入することができず，鋼管周辺の充塡注入となっていたため，掘削時に若干の肌落ち，小崩壊が発生したが，AGFおよび鏡ボルトの効果で大規模な崩壊などが発生することなく掘削が可能であった．

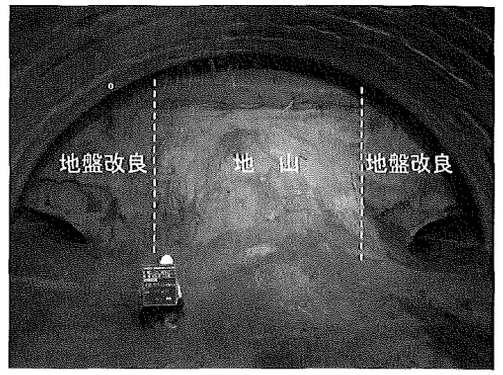


写真-8　AGF＋鏡ボルト区間切羽状況

表-4　計測項目一覧

	計測項目	計測器	計測箇所
計測工A	天端沈下・内空変位	三次元測量器	各トンネル@10m
	地表面沈下測定A	レベル	各トンネル直上地表面 両坑口より2D区間@5.0m その他の区間@10m
	ピラー部沈下測定	三次元測量器	センターピラー部@10m
計測工B	吹付けコンクリート応力測定	コンクリート有効応力計	4断面
	鋼アーチ支保工応力測定	ひずみ計	4断面
	地表面沈下測定B	GPS	16か所
	地中連壁の水平変位測定	多段式傾斜計	2断面(解析断面と同一)
	地中連壁の芯材応力測定	ひずみ計	
計測工C	ピラーコンクリート ピラーH形鋼の応力測定	ひずみ計	4断面 (3か所×3導坑×4断面)
	ピラーコンクリート コンクリート応力測定	コンクリート有効応力計	4断面 (3(4)か所×3導坑×4断面)
	ピラーコンクリート 傾斜測定	据置型傾斜計	4断面 (1か所×3導坑×4断面)
	ピラーコンクリート 支持地盤応力測定	ひずみ計	4断面 (3か所×3導坑×4断面)

5　本坑掘削時の計測管理

5-1　計測項目

本工事で行った計測項目の一覧を**表-4**に示す．本トンネルでは上半支保工を支持するセンターピラーが重要な役割を果たすため，通常のA計測，B計測に加え，センターピラーの計測を追加している．

5-2　管理基準値の設定

本トンネルは，土かぶりも小さく，トンネルの近傍に民家が位置するという厳しい条件下での施工となるため，掘削に伴う地盤の安定性やトンネルの変形挙動を事前に把握し，適切な管理基準値を設定したうえで施工管理にあたることが必要であると考えられた．そこで，三次元的な地形，地質構造を再現した解析モデル(**図-6**)を作成し，上下半切羽の離れや先進坑切羽と後進坑切羽の離れ

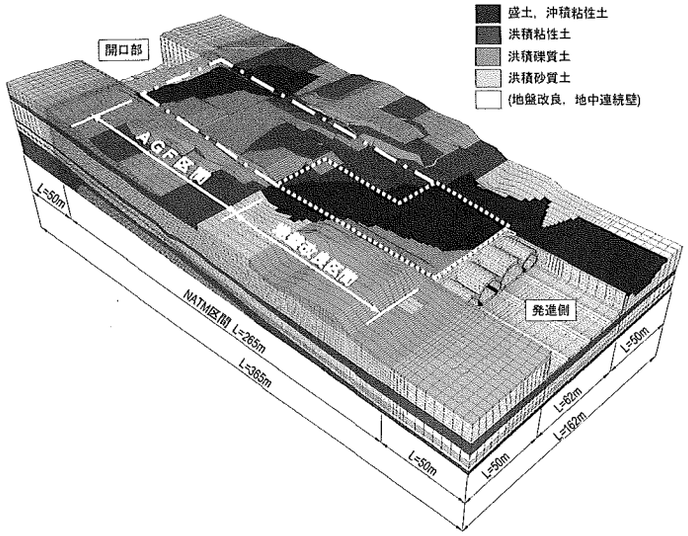


図-6　三次元解析モデル

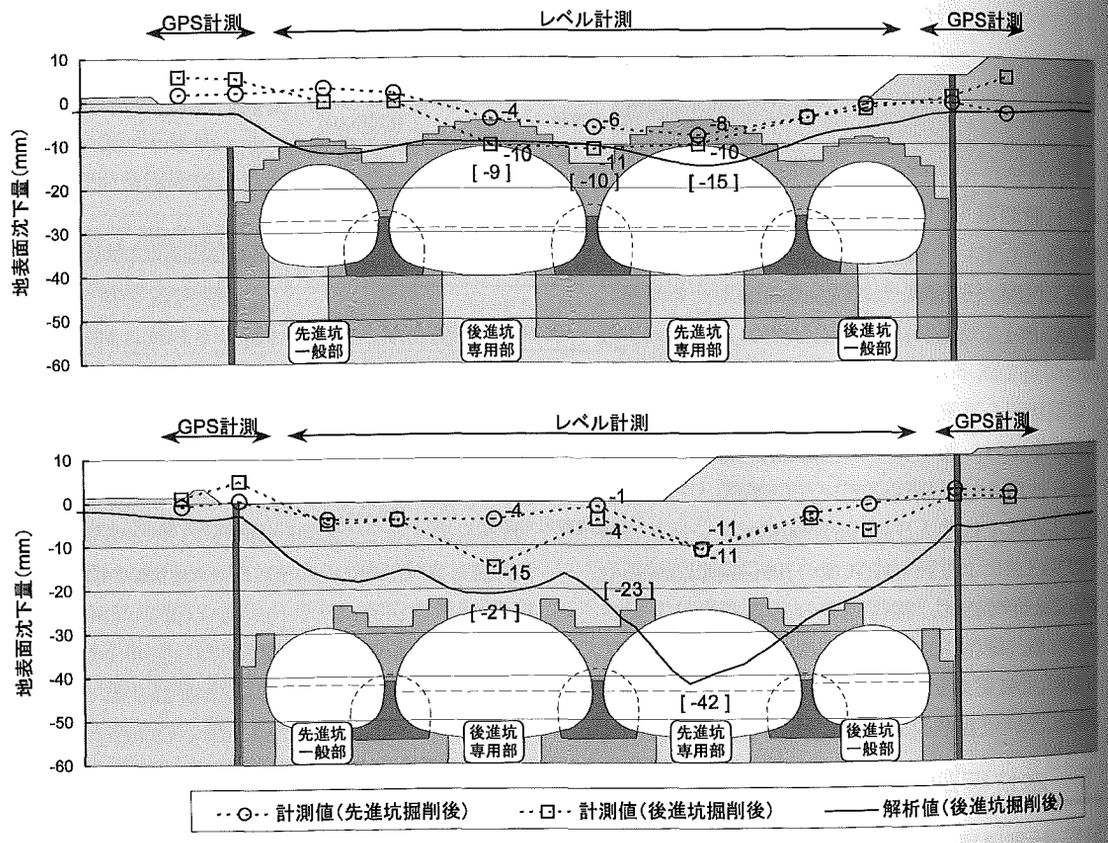
など，4本のトンネルの掘削手順も忠実に再現した三次元掘削解析を実施し，この解析結果をもとに，施工時に必要とされる管理基準値を設定した．なお，各計測項目に対して管理基準値を設定したが，本坑施工中における管理レベルの判定はそれぞれの計測結果単独で行うのではなく，地表面沈下やトンネル天端沈下を主として総合的に管理レベルを評価することとした．

5-3　計測結果

5-3-1　地表面沈下

地盤改良区間およびAGF区間の地表面沈下測定結果を図-7に示す．両者ともに先進坑掘削時は先進坑専用部直上の沈下量が大きくなり，後進坑掘削時は後進坑直上の沈下は増大するが，掘削が完了している先進坑直上はほとんど沈下しない傾向がある．その結果，先進坑直上の沈下量と，後進坑直上の沈下量はほぼ同等になっているが，地盤改良区間では中央ピラー直上の沈下量が最大となっているのに対し，AGF区間では中央ピラー直上の沈下量は小さく，両専用部直上の沈下量が大きくなっている．この沈下分布形状の相違は，AGF区間では上半の両脇のみに改良地盤が存在しているために，天端付近が局所的に沈下した可能性が考えられる．

実際の沈下量と予測解析結果を比較すると，予測解析よりかなり小さな沈下量であったが，これは実際の地盤改良の強度(変形係数)が設計値を大きく上回っている(3倍程度)ことが主要因であると考えられ，最終的には地盤改良区間で11㎜，AGF区間で15㎜と小さな変位で掘削を完了することができた．また，地中連続壁を境にして地表面沈下が小さくなることから，トンネル掘削に伴う影響が周辺民地部に及ぶのを地中連続壁が遮断する効果が顕著に表れている．



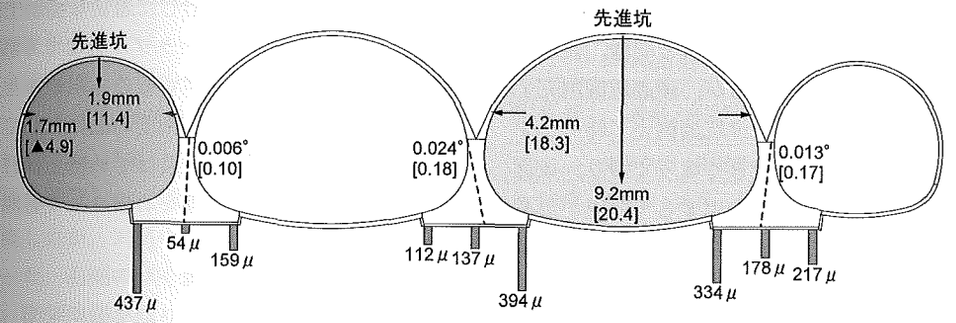
(備考)　計測結果：地盤改良区間　→　2008/6/3時点
　　AGF区間　→　2008/6/3時点
　　解析結果：当該掘削段階までの最大沈下量([ ]内の数値)

図-7　地表面沈下測定結果(上段：地盤改良区間，下段：AGF区間)

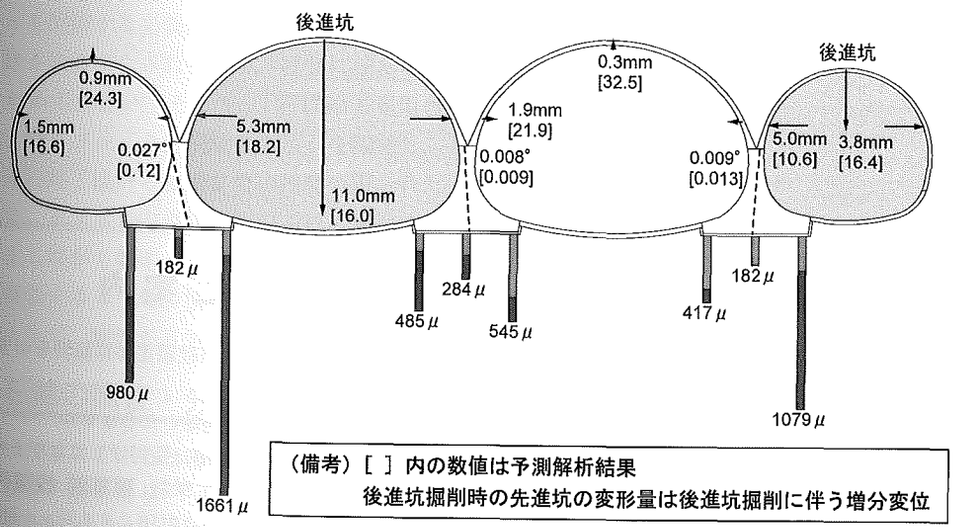
5-3-2　支保の変形挙動

AGF区間の支保変形およびピラー下部地盤改良体の鉛直ひずみ(以降，「改良体鉛直ひずみ」と称す)を図-8に示す．

先進坑掘削時の変形モードとしては，専用部は掘削時に天端が沈下し，内空が拡大する変形モード，一般部では天端が沈下し内空が縮小する変形モードで，各ピラーは掘削したトンネルの外側に傾くような挙動を示している．一般部天端沈下は



(1)　先進坑掘削時



(2)　後進坑掘削時

(備考)[ ]内の数値は予測解析結果
後進坑掘削時の先進坑の変形量は後進坑掘削に伴う増分変位

図-8　AGF区間の支保変形図およびピラー下部地盤改良体の鉛直ひずみ

計測値が2㎜程度と非常に小さく，断面によって沈下と隆起が混在している．全体的には，計測結果と予測解析の変形モードはおおむね一致している．変形量としては解析結果に対して天端沈下は50%程度，内空変位，ピラー傾斜は10～20%程度と非常に小さく，管理レベルⅠ以下の通常体制で掘削を進めることができた．また，改良体鉛直ひずみは，ピラーが外側に倒れているにもかかわらず，トンネル内側のひずみが外側よりも大きくなっている．この一見矛盾するような現象は，先進坑直下の地盤がトンネル掘削に伴って上方に変位していることが原因であると考えられ，解析でも同様の傾向を示している．

一方，後進坑掘削時の変形モードは先進坑掘削時と同様の傾向を示しているが，変形量，ピラー傾斜ともに先進坑掘削時より大きくなっている．また，改良体鉛直ひずみも先進坑と同様，後進坑内側のひずみが増加しているが，後進坑掘削完了時における全ひずみは，先進坑掘削完了時のひずみよりも全体で2倍以上大きくなっており，後進坑の掘削に伴ってピラーに作用する土荷重が急激に大きくなったと想定される．これは後進坑を掘削することにより先進坑周辺地山のアーチ効果が低下したためであると考えられる．予測解析では先進坑掘削時と比較して後進坑掘削時の再現性が低く，今後のめがねトンネルの予測解析においては後進坑掘削による先進坑周辺地山のアーチ効果低下の再現手法が課題になるのではないかと考えられる．

6　おわりに

本工事では，平成18年10月から導坑掘削を開始したが，民家が近接する閑静な住宅街の中で作業による騒音振動を計測し，地元住民の方々とコミュニケーションをとりながらご理解，ご協力を得て，最終的には24時間施工で導坑掘削を無事完了することができた．また平成19年6月より本坑掘削を開始したが，最大土かぶり10.5mという厳しい条件の中で，施工条件に応じた適切な補助工法を選定することで，大きなトラブルもなく平成20年5月に本坑掘削を無事完了することができた．

最後に本工事の設計，施工の面においてご協力いただきました足立委員長はじめ施工検討委員会の委員の方々にはこの場をお借りして感謝の意を表します．

『トンネルと地下』投稿原稿応募のご案内

1. 原稿は弊社ホームページ(http://www.tunnel.ne.jp)に掲載されている投稿規定により執筆して頂きます．
2. 原稿のボリュームは，原則として刷上がりで8頁以内とします(図・表・写真含む)．
3. 原稿掲載の採否は，本誌編集委員会で審査のうえ決定します．
4. 掲載論文については当社規定の原稿料をお支払いいたします．
5. 原稿は，原則として返却いたしません．

(注：「現場だより」の投稿は受付けしておりません)

送付先　株式会社土木工学社 編集部 投稿係

〒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)

施工

東京メトロ営業線内の石綿を専用台車で安全に除去

東京地下鉄(株)鉄道本部改良建設部設計課火災対策・垂直移動設備整備協議担当課長　稲垣和衛
東京地下鉄(株)鉄道本部工務部土木課課長補佐　奈須秀人
東京地下鉄(株)鉄道本部工務部土木課統括事務係　新川洋行

1　はじめに

東京地下鉄(株)では，平成17年7月に地下鉄駅を含む全施設で，石綿の使用状況を調査した．その結果，トンネル側壁部(1,190m²)と換気口部11か所(計1,018m²)において，吸音目的で吹付けてある石綿を確認した．同時に大気中の石綿濃度測定を実施したが，大気中への石綿の飛散は認められなかった．石綿のばく露防止対策として検討した結果，密閉空間を作り，完全に石綿を除去する方針が策定された．しかし，従来の除去工法ではトンネルを閉鎖する必要があり，工事期間中の列車の運休を余儀なくされるため，社会に与える影響がきわめて大きい．そこで，「石綿除去専用台車」および「ブロック分割除去工法」を開発し，列車の運行終了後からき電までの夜間の限られた時間内で，トンネル内や周辺への石綿の飛散を完全に防止しながら効率よく石綿を除去した工法について報告する．なお，換気口部においては代替吸音材として，剛体多孔質吸音板を設置した．

2　石綿の調査・分析

石綿が含まれていると考えられる箇所について国土交通省の指示にもとづき，石綿の成分含有量と大気濃度調査を平成17年8月に実施した．調査の結果，表-1の箇所において石綿が検出され，主としてアモサイト(茶石綿)，従としてクロシドライト(青石綿)とクリソタイル(白石綿)であった．確認された石綿は昭和50年に吹付け工法が禁止される以前の，昭和39～49年に列車走行音緩和対策として施工されたものであった．また，大気濃度調査の結果，石綿の大気への飛散は認められなかった．

表-1　吹付け石綿箇所

線　名	駅　間	種類(含有量%)	面積(m²)
トンネル部《側壁部　延長　151m　上下線》			
銀座線	神田～末広町	アモサイト(79～92) クリソタイル(11～15)	1,190
換気口部《側壁部および天井　11か所》			
丸ノ内線	後楽園～本郷三丁目	アモサイト(48)	37
日比谷線	人形町～茅場町	アモサイト(57)	51
	六本木～広尾	クロシドライト(84)	128
	広尾～恵比寿	アモサイト(47)	65
	広尾～恵比寿	アモサイト(45)	81
東西線	中野～落合	アモサイト(70)	47
千代田線	北千住～町屋	アモサイト(39)	98
	赤坂～乃木坂	アモサイト(55)	80
	赤坂～乃木坂	アモサイト(60)	71
	表参道～明治神宮前	クリソタイル(16)	139
	西日暮里～千駄木	アモサイト(91)	221

3　工法の選定

石綿のばく露防止対策は一般的に以下のような

方法がとられる．

① 封じ込め工法：薬剤を石綿に吹付け，硬化・固着させる方法．

② 囲い込み工法：コンクリートの板材などで密閉する方法．

③ 除 去 工 法：密閉空間を作り，完全に除去する方法．

以上の3種類について，列車運休を伴う作業および夜間き電停止中での作業について検討を行った．その結果，封じ込め工法または囲い込み工法は，定期的に該当箇所の点検・記録管理を行う必要があるうえ，将来の改修・解体を考慮すれば，抜本的な解決とはならないことから，恒久的な対策として除去工法を選択した．

従来の除去工法では列車の運休が必要となるため，夜間き電停止中における作業のくり返しで，トンネル内に石綿を飛散させることなく除去する工法を考案し，移動式除去設備を搭載した「石綿除去専用台車(以下，「石綿除去台車」)」を開発・製作した．

また，トンネル部の施工については，「ブロック分割除去工法」を開発し，平成18年3月から平成19年3月に本技術を用いた石綿除去工事を実施した．

4　石綿除去台車の概要

石綿除去台車はトンネル部用と換気口部用の2編成とし，それぞれの延長は44.7mと31.7mである．各台車の役割は以下のとおりである(**図-1, 2, 写真-1**)．

a. 運搬用台車 ：除去した石綿を運搬する．

b. 遠隔操作車 ：モーターカーを遠隔操作する．

c. セキュリティー台車：更衣室・洗浄室・前室に分割し，作業員の保護衣着脱，除去した石綿の搬出などに伴う外部への石綿粉じん漏出を防止する．

d. 下部作業台車：トンネル側壁部の下半分の除去作業用台車で，作業空間を電動油圧制御により25cmスライドさせる機構を備えている．

e. 上部作業台車：下部と同様で上半分の除去作業用台車で，作業空間を電動油圧制御により27cm上昇，25cmスライドさせる機構を備えている．

f. モーターカー：台車全体をけん引する．

g. 昇降設備台車：換気口と接続し出入りするための台車である．



(1) トンネル部用



(2) 換気口部用

写真-1　石綿除去台車

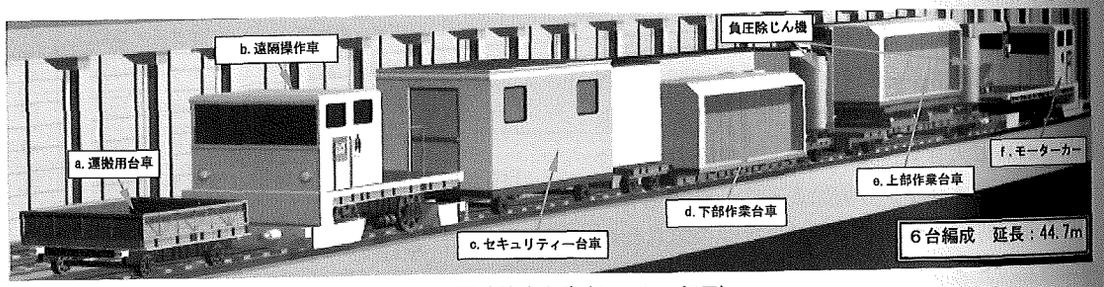


図-1　石綿除去台車(トンネル部用)

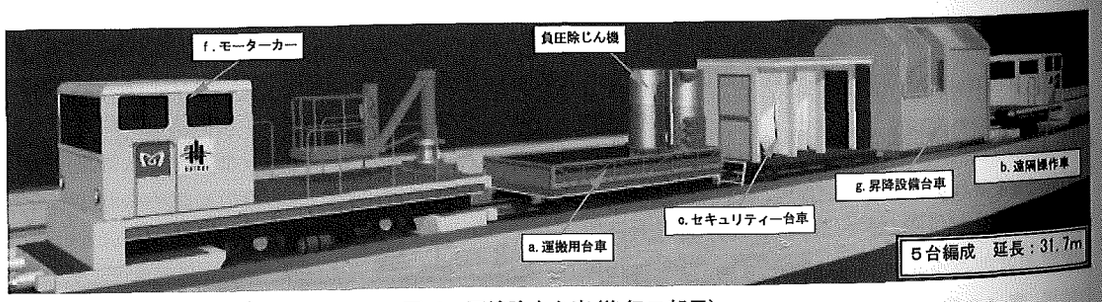


図-2　石綿除去台車(換気口部用)

5　トンネル部の施工

5-1　施工フロー

トンネル側壁部の石綿除去は，支柱およびパネルで囲い込み，その後石綿除去台車を用いて密閉空間を確保しながら日々決められた範囲の石綿除去作業をくり返して行う(**図-3**)．

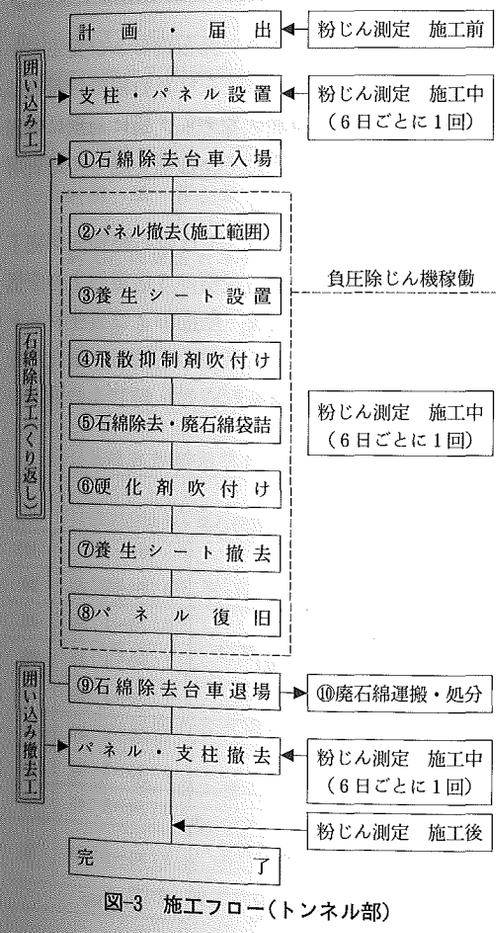


図-3　施工フロー(トンネル部)

5-2　囲い込み工

鋼製支柱を骨組みとした脱着可能なパネルで吹付け石綿を囲い込むとともに，石綿を一定区画ごとに可動式仕切り板にて管理区域を分割する．また，密閉性を確保するため，パネル継目と端部はパッキン取り付けとコーキング処理を行った(**図-4, 写真-2**)．

5-3　石綿除去工

① 石綿除去台車入場：あらかじめ車両基地において，台車内に養生シートを設置する(**写真-3**)．き電停止後(午前1時頃)，車両基地を出発し，現場到着後施工箇所の位置合わせをする．なお，作業員は専用の保護マスク，保護衣を着用して作業を行う．

② パネル撤去：1日の施工範囲(上部・下部とも：7.2m²)の囲い込みパネルを取り外す(**写真-4, 5**)．取り外したパネルはシート養生し，台車内通路に仮置きする．

③ 養生シート設置：上部・下部作業台車を上昇・スライドさせ，開口部周辺のパネルに密着させる．あらかじめ作業空間内に設置した

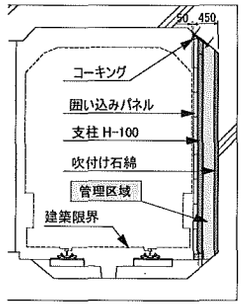


図-4　囲い込みパネル

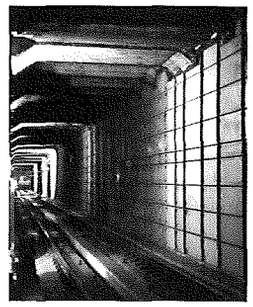


写真-2　囲い込み状況

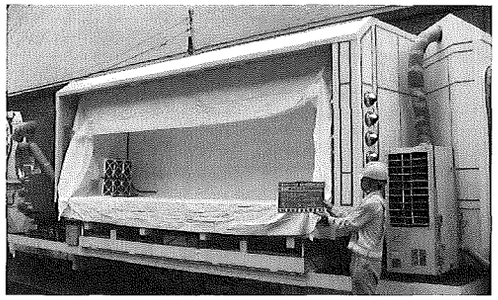


写真-3　養生シート設置状況

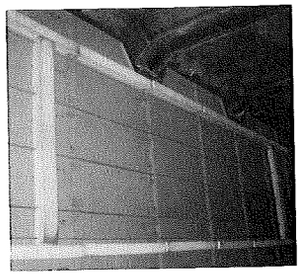


写真-4　パネル撤去範囲

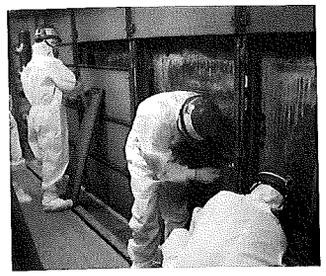


写真-5　パネル撤去状況

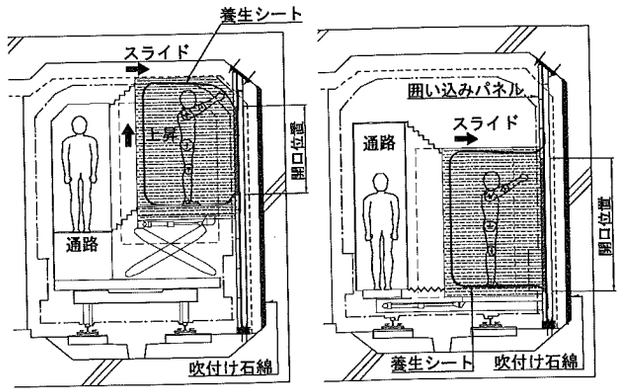


図-5　上部・下部作業台車の作業状況



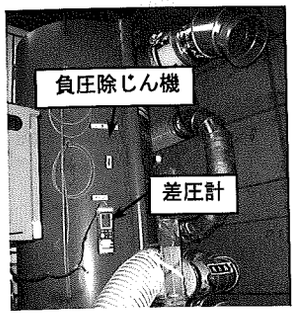


写真-6　石綿除去作業・負圧除じん機

養生シートの端部をパネル内側に密着することで，除去作業を行う台車の作業空間とパネルで囲われたトンネル壁面までを一体化して，外部から隔離・密閉された管理区画を形成する(図-5)．

④　飛散抑制剤吹付け：石綿を湿潤化させるため，散布機を用いて飛散抑制剤を散布し下地まで浸透させる．

⑤　石綿除去・研磨：ヘラとケレン棒を用いて手作業で側壁から石綿を取り除く．さらにコンクリート表面はワイヤーブラシや研磨用工具を用いて削り取る．また作業中は，台車に設置された負圧除じん機を稼働し，常に除去作業区画を負圧に保ち，トンネル内への石綿の飛散を防止する．負圧管理は差圧計を用いて行う(写真-6)．

⑤′　廃石綿袋詰め：廃石綿および養生シート，使用済み保護衣など石綿の付着物は，廃棄専用のプラスチック袋に二重に梱包し，セキュリティー台車を通って運搬用台車に積み込む．

⑥　硬化剤吹付け：1日の石綿除去が完了し，作業区画内容積の5倍量以上の空気置換を行った後，壁面および養生シートなどに残存する微量の石綿は，硬化剤を散布して皮膜を形成し，粉じんの飛散を防止する．

表-2　サイクルタイム(トンネル部)

分類		作業内容		時間	(分)
準備	1	準備	車両基地入場，朝礼，KY(危険予知)活動	0：00～0：20	20
	2	基地準備	台車・機器点検，台車内清掃(駅入場)	0：20～1：00	40
	3	往路移動	き電停止確認・石綿除去台車移動(電源準備・バックアップ材設置)	1：00～1：20	20
	4	現地準備	電源接続，作業エリアスライドパネル取外し，養生シート設置	1：20～1：50	30
本作業	5	作業時間	飛散抑制剤散布，石綿除去研磨，硬化剤散布	1：50～2：50	60
跡片付け	6	跡片付け	養生シート撤去，床面清掃パネル復旧，着替え	2：50～3：30	40
	7	帰路移動・格納	石綿除去台車移動(バックアップ材撤去・電源撤去)	3：30～3：45	15
	8	基地片付け	養生シート取り付け，石綿仮置きフィルター交換，台車内清掃(跡片付け・点検・駅退場)	3：45～5：00	75
				300	

(　)内は駅入場作業，すなわち夜間送電停止確認後，駅から入場して先に現場まで歩き作業を行った．

⑦　養生シート撤去：養生シートは除去作業を行うたびに石綿が付着し汚染されるため，日々新品に交換する．

⑧　パネル復旧：②で撤去したパネルを復旧する．

⑨　石綿除去台車退場：き電開始前に石綿除去台車を車両基地に戻すため，現場を3：30までに出発する．

⑩　廃石綿運搬・処分：廃石綿は車両基地内の一時保管施設に仮置きし，「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」にもとづき，後日，特別管理産業廃棄物として排出埋立て処分する．

5-4　サイクルタイム

表-2にサイクルタイムを示す．実質の石綿除去作業時間は60分程度である．

6　換気口部の施工

6-1　施工フロー

換気口部の石綿除去は，鋼板(閉鎖扉)で囲い込み，その後昇降設備台車と閉鎖扉とを接続し密閉区画を確保して，除去作業を行う(図-6)．

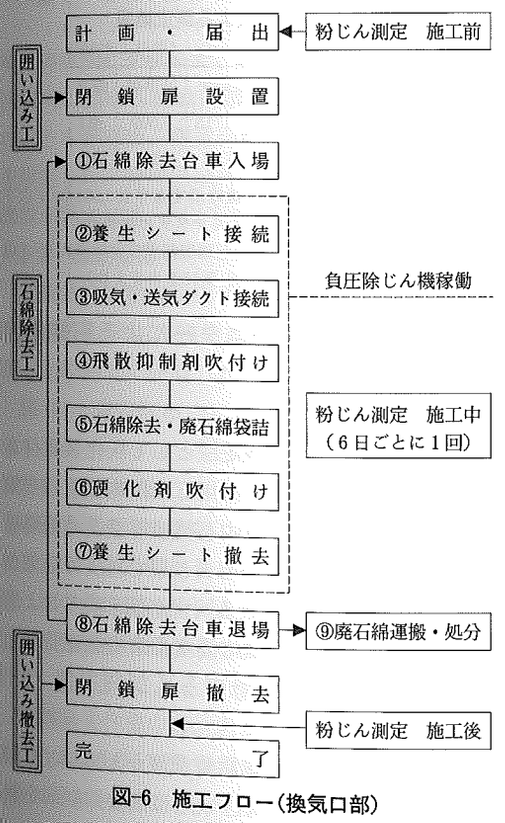


図-6　施工フロー(換気口部)

6-2　囲い込み工

換気口の地上部および軌道側の開口に軌道側から鋼製の閉鎖扉を設置する．

密閉性を確保するため，端部はコーキングを行う(写真-7)．

6-3　石綿除去工

基本的な除去作業はトンネル部と同様であるため，ここでは換気口部の特徴である②養生シート接続，③吸気・送気ダクト接続について記述する．

6-3-1　②養生シート接続

閉鎖扉と昇降設備台車をジャバラ型養生シートを用いて接続し，換気口内の石綿除去作業を行う作業空間と台車空間とを一体化して，密閉・隔離された管理区画を形成する．

図-7のように換気口には側壁タイプと天井タイプがある．両タイプに対応できるように昇降設備



写真-7　閉鎖扉設置状況

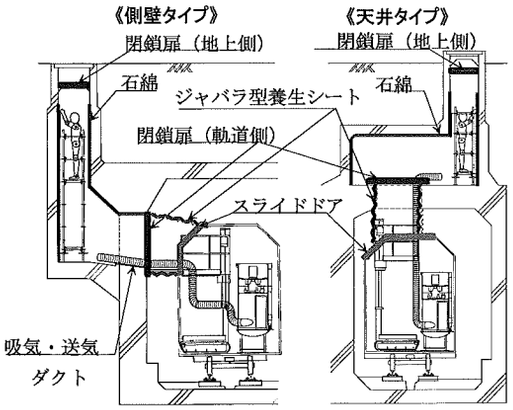


図-7　換気口と台車の接続概念図

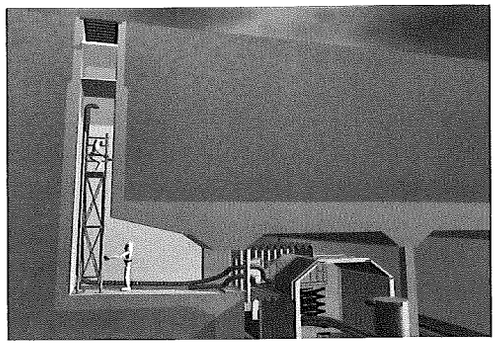


図-8　換気口施工状況イメージ図

台車はスライドドアを複数設け，開口位置に応じて使い分ける．また，台車と養生シートの接続部は密閉性を確保するため，ダブルファスナー方式とした．

6-3-2　③吸気・送気ダクト接続

換気口内部の空気を循環させるため，負圧除じん機から排気ダクトを，送風機から送気ダクトを配管する(図-7, 8)．

7　石綿飛散濃度測定と安全管理

石綿ばく露災害を防止するため，石綿除去作業中は次の５項目について管理を行った．

7-1　位相差顕微鏡による気中石綿繊維濃度測定

7-1-1　測定方法

PCM法による気中石綿繊維濃度の測定は「石綿に係る特定粉じん濃度の測定法」に準じて，位相差顕微鏡を用いて石綿繊維を計測した．

7-1-2　測定頻度

測定は施工前，施工中，施工後に行った．施工中は，東京都環境確保条例に定めるところにより，当該期間中６日ごとに１回行った．

7-1-3　測定位置

トンネル部における除去作業時の測定位置を図-9に，換気口部を図-10に示す．

7-1-4　測定結果

PCM法による気中石綿繊維濃度測定結果を表-3に示す．管理区域外の気中への石綿の飛散は認められず，管理基準値を十分満足する良好な結果を得た．

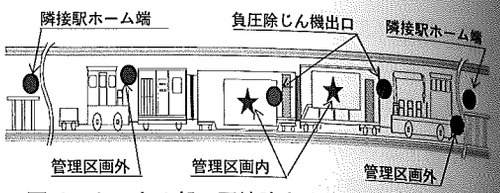


図-9　トンネル部　石綿除去時測定位置(８か所)

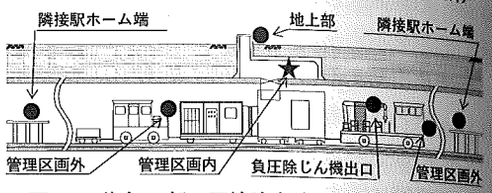


図-10　換気口部　石綿除去時測定位置(７か所)

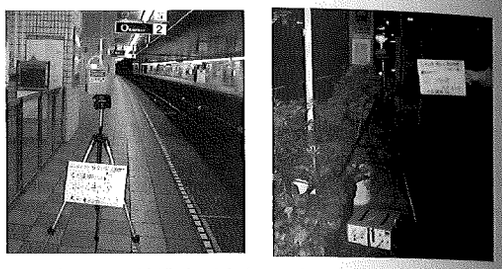


写真-8　石綿濃度測定(トンネル部および地上部)

表-3　PCM法による測定結果

(単位：本/ℓ)

場　所	記号	測定結果	基準値	備考
管理区画内	★	85～1713	7,500	※1
管理区画外	●	0.5未満	10	※2

※1：管理区域内での気中石綿繊維濃度基準値7,500本/ℓ以下(管理区域内で使用した防じんマスクの基準値より)

※2：敷地境界での大気中の気中石綿繊維濃度基準値10本/ℓ以下(大気汚染防止法施行規則 第16条の２より)

7-2　リアルタイムモニターによる石綿濃度測定

7-2-1　測定方法

気中石綿濃度の常時測定法として灰化装置付きリアルタイムモニターを採用した．本装置は空気にレーザー光を当て，気中石綿繊維濃度の概略値を直ちに計数化するものであり(PCM法は結果が出るまで最早で７日かかる)，管理区域内および管理区域外の気中石綿繊維濃度を常時測定管理した(写真-9)．

7-2-2　管理方法

管理区域内の気中石綿繊維濃度が3,000本/ℓ以上になった場合は，管理区域内に飛散抑制剤を散



写真-9　リアルタイムモニターによる測定状況

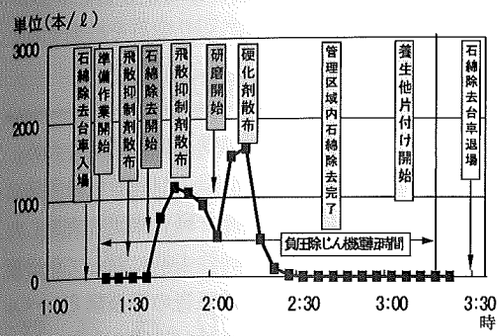


図-11　リアルタイムモニターによる測定結果

布し再湿潤化を図った．石綿の除去完了後，管理区域内の気中石綿繊維濃度が５本/ℓ以下になったことを確認後，作業台車内の養生シートの撤去を開始した．管理区域外の坑内では気中石綿繊維濃度が常に10本/ℓ以下であることを確認した．

7-2-3　測定結果

本装置は鉱物繊維以外を灰化処理しているため，測定された気中石綿繊維濃度はPCM測定法の結果と比較的よく一致した．

図-11に管理区域内における測定結果の一例を示す．

7-2-4　導入効果

石綿濃度の常時監視システムを導入することにより，データを即時管理の手法として利用した結果，作業員の健康管理と第三者への石綿ばく露防止への確実性を高めることができた．

7-3　差圧計による管理区域内負圧管理

石綿除去作業中は，台車に搭載した超高性能微粒子フィルター付き負圧除じん機(能力15～40m³/分×２台)を稼働し，インバーター制御すること

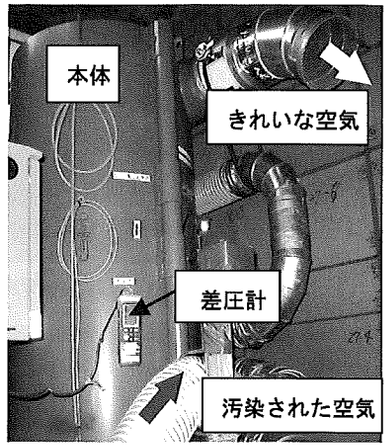


写真-10　負圧除じん機

により管理区域内を常時－20～－30Paの負圧に保ち管理区域外への石綿の飛散を防止した(写真-10)．

除じん換気システムをはじめ各主要機器類は万一のトラブルに対処できるよう２系統の設備を備え二重の安全対策を講じた．

7-4　温度・湿度管理

管理区域内の作業員の熱中症対策を含む作業環境の改善を図るため，温度・湿度の常時計測を行いその情報をもとに管理区域内の温度・湿度などのコントロールが可能な設備を備えた(写真-11, 12)．

7-5　管理区域外の連絡方法

作業台車内外および車両誘導時の連絡手段としてパイロットランプ付き有線機と無線機，サイレン，ライトなどを状況に応じ使用した．

また，管理区域外から管理区域内の状況を常時把握できるように台車や養生などの構成部材に透明パネル，透明シートを用いて点検用窓を設け管理した．

8　代替吸音板の選定

除去した石綿の代替吸音材として，「剛体多孔質吸音板」「孔あけ加工セラミック」「グラスウール＋金属枠」について，下記の条件を比較し，「剛体多孔質吸音板(t=50㎜)」を選定した．

①　列車音の吸音効果に優れていること．

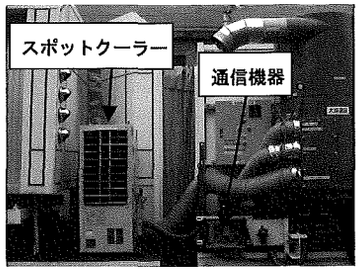


写真-11　通信機器

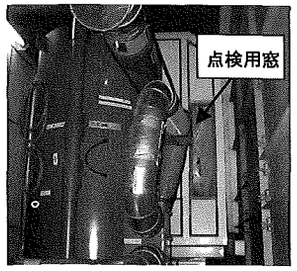


写真-12　点検用窓

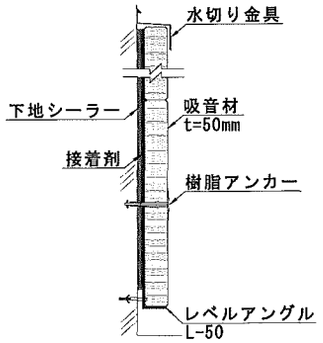


図-12　吸音板設置断面図

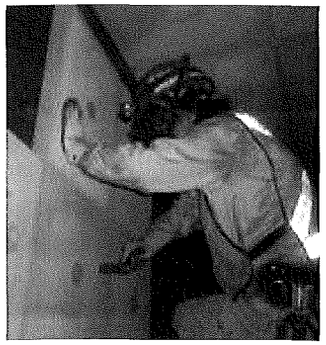


写真-13　吸音板施工状況

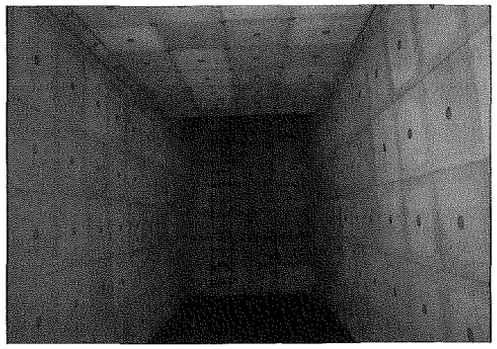


写真-14　吸音板設置完了

② 無機系材料で火災時に有害ガスが発生しないこと．撥水加工され，雨，風の影響を受けにくいこと．

③ 重量が軽く，狭隘箇所においても加工および取り付けが容易であること．

④ 材料費が高価でないこと．

9　吸音板の設置

石綿除去後の換気口内壁には，代替吸音材として剛体多孔質吸音板を設置した．

吸音板設置断面を図-12に，施工状況を写真-13に示す．

9-1　吸音板設置の施工要領

① コンクリート面に下地処理用シーラーを塗布．

② 下端にレベルアングルを取り付ける．

③ 吸音板を実測寸法に加工する．

④ 吸音板に接着剤を塗布し躯体面に貼り付ける．

⑤ 吸音板の中心に樹脂アンカーを打ち込む．

⑥ 上端に水切り金具を設置する．

10　吸音板の効果

代替吸音板の効果を確認するため，石綿除去工事前および吸音板設置後に換気口の地上側で騒音測定を実施した．その結果，石綿除去前に対して吸音板設置後は，鉄道騒音の等価騒音レベル(L_{Aeq})で1～9 dBの騒音低減が確認できた．

11　ま　と　め

11-1　石綿の安全確実な除去

石綿除去時の外部への飛散を防止できる「囲い込み方法」＋「負圧管理が可能な作業台車」を開発・実用化した．工事期間中，トンネル内や換気口部周辺における大気中濃度測定を行った結果，石綿の飛散は認められず，地下鉄利用客・周辺住民に対する石綿ばく露の危険性を回避できた．

11-2　鉄道営業の確保

施工時間は終車から始発までのわずか3時間(午前1～4時)であり，台車の移動や準備などの時間を考慮すると，除去作業時間は実質60分程度であったが，囲い込みパネルや除去台車編成などに工夫を凝らし，効率的な施工サイクルを確立した．これにより，始発列車を遅延させることもなく，鉄道営業を確保できた．

11-3　狭隘な作業空間

地下鉄坑内には軌道や電気・通信設備が多数あるうえに，側壁は枠構造で密閉が困難であった．また，建築限界外のスペースは非常に狭く，囲い込みをしたり足場や仮設物を設置できる空間は極端に限られていた．人力作業を主体とする合理的な作業サイクルを設定し柔軟な対応を実施した．

11-4　経済的効果

従来の除去工法ではトンネルを閉鎖する必要があるので工事の期間中，列車の運休を余儀なくされる．都心の繁華街を結ぶ列車の運休は社会生活に非常に大きなマイナス影響を与える．従来工法と本工法を直接的なコストすなわち列車運休に伴う旅客運賃の減少と今回の石綿除去にかかる事業費を比較すれば大きな差は見当たらない．しかしながら従来工法を採用した際に起こり得る交通の混乱や，地下鉄駅周辺の商業活動など社会生活への悪影響を回避したうえで，安全確実に石綿除去を完了し，莫大なマイナス影響をゼロにしたという意味においては，地域に及ぼす経済効果は非常に高かったと考えられる．

12　お　わ　り　に

本石綿除去工法は，地下鉄営業線内における前例のない石綿除去であったため，「石綿除去専用台車」および「ブロック分割除去工法」を開発し実用化し，時間的な制約，現場環境の制約，社会的な影響を考慮した場合着手できなかったトンネルに代表される長大構造物の石綿の完全除去などに最適であり幅広く利用が可能と考える．

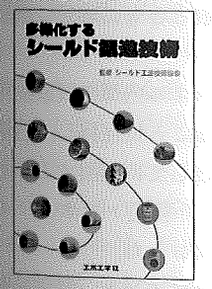
なお，特許として次の2件が成立し登録済みである．

① 「アスベスト除去作業用車両」
　特許第3987090号

② 「長大構造物のアスベスト除去方法およびアスベスト除去用の長大構造物の構造」
　特許第3987091号

また，石綿除去工事は環境への負荷を低減する土木技術やシステムを開発・運用し，良好な環境の保全・創造に貢献した画期的なプロジェクトとして，平成20年度の土木学会「環境賞」を授賞しました．

本工事の計画から施工にあたりご指導いただきました所轄労働基準監督署，東京都環境局および所轄区役所の関係者各位に誌面をお借りして，厚くお礼申し上げます．



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

本書は，「トンネルと地下」に約1年間にわたり連載した『多様化するシールド掘進技術』をベースとして，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としてシールド工法技術協会が監修を行ったものである．

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



■勝沼と中央本線

山梨県甲州市(旧勝沼町)と言えば，わが国有数のワインの生産地として知られ，その名は日本を代表するブランドとして海外でも高い評価を受けている．この地で葡萄栽培が始まったのは，遠く奈良時代にまでさかのぼると言われているが，明治維新後の殖産興業とともに始まったのが，ワイン造りであった．

一方，1903(明治36)年には，当時，日本で最長のトンネルであった笹子トンネル(延長4,656m)が完成し，東京と甲府の間が鉄道で結ばれた．そして，10年後の1913(大正２)年，地元の請願駅として勝沼駅(現・勝沼ぶどう郷駅)が開業し，特産のワインが全国へと出荷されるようになった．しかし，この時代はまだワインを飲む習慣が一般的ではなく，ワインブームが訪れるまでは，地酒代わりに飲まれ続けたと伝えられる．

その甲州市では，廃線となった中央本線のトンネルをリニューアルし，これを観光資源として再利用している．明治時代の古い煉瓦トンネルが，どのように甦ったのか，ここに紹介してみたい．

■ワインセラーになった旧深沢トンネル

今回，再利用されたのは，中央本線甲斐大和～勝沼ぶどう郷間に位置する旧深沢トンネル(延長1,106m)と，旧大日影トンネル(延長1,369m)で，ともに1896(明治29)年に起工し，1903(明治36)年に完成した．この区間は，山腹を縫うようにしてトンネルを掘削したため，偏圧地形の影響を受けやすく，トンネルの一部に変状を生じていた．そこで，防災強化のための線路付替え工事が実施されることとなり，1997(平成９)年，新たに新深沢第二トンネル(延長1,612m)と新大日影第二トンネル(延長1,413m)が完成し(本誌，Vol.25，No.9，pp.45–52参照)，旧深沢トンネルと旧大日影トンネルは廃止されて，廃線敷とともに地元に無償譲渡された．

勝沼町(当時)では，トンネル内部の気象条件が，ワインの貯蔵に適していることに注目し，旧深沢トンネルを地下貯蔵施設として再利用することとし，2005(平成17)年５月，「勝沼トンネルワインカーヴ」と名付けてオープンした．

ワインカーヴは，英語のワインと，洞窟を表すフランス語のカーヴ(英語では同じスペルでケーヴ)を組み合わせた言葉で，温度，湿度，振動，光に敏感なワインにとって，トンネルの内部は理想的な環境であった．「勝沼トンネルワインカーヴ」には，約100万本分のワインボトルを収容することができると言われ，トンネルの両側にはワインセラーがずらりと並べられていて壮観である

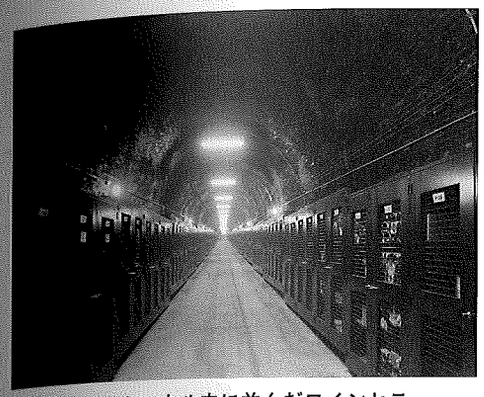


写真-1　トンネル内に並んだワインセラー

(写真-1)．

このワインカーヴは，地元のワイナリーが利用しているほか，レストランや個人向けにも貸し出されているので，秘蔵のワインを記念日まで寝かせておきたい方は，ぜひ利用してみてはいかがだろうか．

■遊歩道になった旧大日影トンネル

一方，甲府方の旧大日影トンネルは，遊歩道として再利用されることとなり，坑内を整備したうえで，2007(平成19)年８月29日より一般に無料で開放された(通行時間 9～16時，年末年始は休業)．内部は，路盤の左右を歩きやすいように簡易舗装したのみで，レール，枕木，マンホール(待避所)，排水溝，ケーブルなども現役当時のままで残されており，鉄道トンネルの姿を忠実に伝えている．列車ではあっけなく通り抜けてしまうトンネルも，歩いてくぐると20分以上はかかり，ふだん関係者以外は立ち入ることのできない鉄道トンネルの内部を，じっくりと観察することができる(**写真-2**)．

このトンネルは，勝沼ぶどう郷駅から勝沼トンネルワインカーヴへ至るアプローチ部分を構成しており，さらに足を伸ばして勝沼堰堤や日川水制，祝橋，ワイン資料館(メルシャン勝沼ワイナリー)，龍憲セラー，旧田中銀行博物館などの近代化遺産を訪ねながら再び勝沼ぶどう郷駅に戻るというウォーキングコース「勝沼フットパス」が用意されている．

このうち龍憲セラー(国登録有形文化財)は，

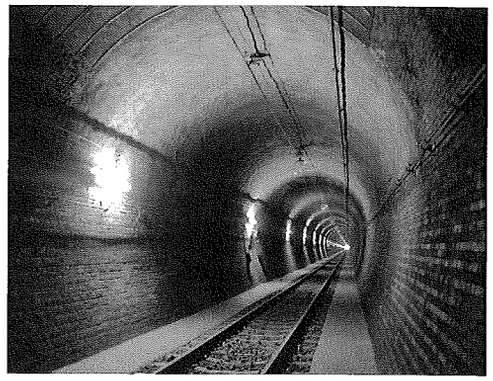


写真-2　遊歩道として活用された旧大日影トンネルの内部

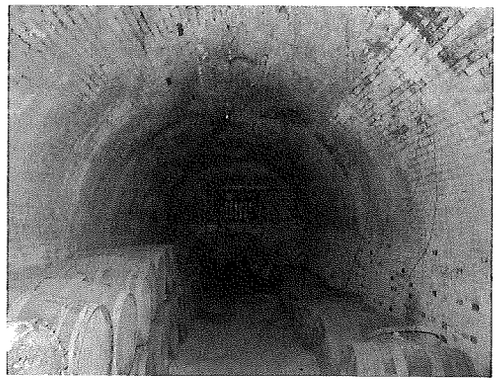


写真-3　トンネル技術を活かしたと伝えられる龍憲セラーの内部

1878(明治10)年，弱冠19歳で地元の期待を担ってフランスへ渡り，１年半にわたってワインの醸造技術を学んで帰国した土屋龍憲が手がけた半地下式のワインの貯蔵施設で，煉瓦積みを用いたアーチ構造は(**写真-3**)，同時期に工事が進められた中央本線のトンネル工事の技術を活かしたものと伝えられる．鉄道によってもたらされた土木技術は，地元のワイン製造にも影響を与え，その開通とともに全国へと流通したのである．

フットパスのルート沿いには，地元のワイナリーが点在し，ワインを楽しみながらこれらの近代化遺産をめぐることが可能である．ちなみに，トンネル(tunnel)の語源は，フランス語でワインなどの樽を意味する「tonne」に由来すると言われている(質量の単位「トン(ton)」も同じ)．トンネルとワインは深くかかわりながら，今も地元の発展に貢献しているのである．

土木情報 No.427 今月の主な入札結果

（11月10日～12月9日）

事業主体	工事名	請負会社	請負額 単位 百万円
北海道開発局	一般国道336号えりも町目黒T	清水・北興JV	3,542
関東地整	圏央道笠森Tその2	フジタ	1,527
近畿地整	175号西脇BP西脇T	大林組	925
鉄道・運輸機構	九州新幹線(西九州)，鈴田T他	大林・西武・三基JV	3,200.7
日本下水道事業団	福井市下北野雨水貯留管建設その2	坂川・松田JV	344
埼玉県	県道藤倉吉田線地方特定道路(改築)	ユーディケー	270
都・財務局	下水道管布設(20有・埋-2)	新日本工業	245.05
都・水道局	調布市上石原一丁目地先配水本管(800㎜)新設	土方建設	111
〃	八王子市椚田町545番地から同市緑町361番地先間送水管(1500㎜)用T築造及びT内配管	鹿島・大日本JV	1,670
都・下水道局	台東区浅草一丁目付近再構築	名工建設	315
〃	世田谷区千歳台一丁目，祖師谷一丁目付近枝線	スミセキコンテック	554.5
〃	北多摩一号水再生センター水処理施設その17	前田建設工業	598
大阪府	一級河川寝屋川新家調節池築造(本体その2)	中林建設	286.4
〃	寝屋川流域下水道四条畷直送幹線(第2工区)下水管渠築造	西武・紙谷JV	1,032
和歌山県	国道168号(仮称切畑2号T)道路改築	森本・海邊JV	1,520
愛媛県	万年T建設	四国通建・西条・大旺JV	1,440
水戸市	国補公下桜川上流右岸第5排水区枝線(1工区)	あおみ・豊島JV	218
ひたちなか市	高場雨水1号幹線管きょ布設	最北・ユニバーサルJV	118
坂東市	20国補公下第2号-1，江川第二排水区雨水管渠	石塚建設	101.5
西東京市	東町三丁目地内雨水対策	スミセキコンテック	293
横浜市	鶴ケ峰幹線口径1000㎜送水管新設(その2)構内配管	相鉄建設	242.72
川崎市	野川地区他下水枝線第10号	小沼工務店	106.32
〃	貝塚地区他下水枝線第12号	熊谷・神明JV	212
小田原市	公下雨水渠第1工区	フジタ・中泉JV	922.39
大磯町	大磯38-1汚水幹線整備	亀井工業	170.2
新潟市	北下303号早通雨水調整池整備	三井住友・興和JV	651.25
〃	秋下20号新津西部排水区幹線南23-2下水道	安達建設興業	169.34
甲府市	低地域第一の1幹線下水道管布設	三枝・サカイJV	158
昭和町	3号調整池築造	中村・四谷JV	316
名古屋市	第3次堀川右岸雨水滞水池流入幹線下水道築造	土屋・山昇JV	338.8
〃	第7次笈瀬川幹線改築	大日本土木	399.2
京都市	桂川右岸流域関連西淀1号幹線(その1)公下	長村・成山JV	219.7
福知山市	2008年度緊急都市内浸水対策事業中部系統内記貯留施設築造	西田工業	114.4
大阪市	三国駅周辺地区下水管渠築造(その19-1)	九石工業	134.3
〃	柴島浄水場構内1200㎜導水管他布設替他	東海工業	388

報告

「ITA総会および世界トンネル会議(アグラ)」報告

日本トンネル技術協会

第34回国際トンネル地下空間協会(以下，「ITA」)の総会が2008年9月19～25日にインドのアグラで開催され，54の加盟国のうち38か国が参加した．同時に開催された2008年世界トンネル会議(以下，「WTC」)は，ITA，インド灌漑・電力委員会，インドトンネル協会の共催により「地下施設のより良い環境と安全」のテーマのもとで，世界各国から約1,000人が参加した．

なお，日本からは，ITA総会にITA理事である福本勝司氏(大林組)，JTAの小森博会長をはじめITA-WGの担当者など8名が参加し，また，WTC会議には論文発表者などを含めて20名余が参加した．以下に，会議の概要を報告する[1),2)]．

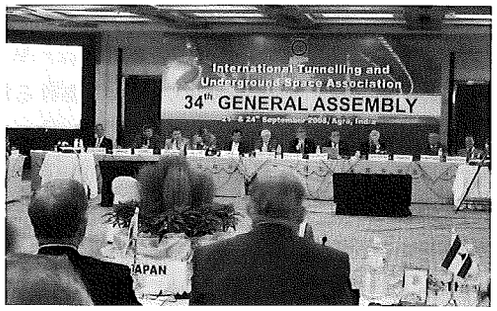


写真-1　ITA総会

1 ITA総会

1-1 ITA総会(代表者会議)

1-1-1 会員

カザフスタン，ペルー2か国の新規入会および28名の法人/個人会員の加入を承認した．結果としてITAの構成は，加盟国が54，会員が274名となった．

1-1-2 新理事などの選任

任期満了に伴い新理事B. Yun氏(中国)を選任した．事務局長としてC. Berenguier氏(スイス)を再任し，2009年から新設する事務長にO. Vion氏(フランス)を指名した．

1-1-3 過年度の決算報告および2008～2009年の事業計画，事業予算

過年度の決算報告および2008～2009年の事業計画，事業予算を承認した．

1-1-4 今後の総会開催予定

2009年5月23～28日：ハンガリー・ブダペスト．WTCのテーマは「都市におけるトンネル建設の安全と環境」．

2010年5月14～20日：カナダ・モントリオール．WTCのテーマは「2020年に向けてのトンネルビジョン」．

2011年のITA総会の開催候補地として，フィンランド・ヘルシンキとフランス・リヨンが立候補し，投票の結果，ヘルシンキに決定した．開催時期は5月21～26日．WTCのテーマは「持続性の

ある社会サービスにおける地下空間」.

1-2 ITA広報活動

1-2-1 機関誌「Tribune」

2008年版は，インド特集，28か国の加盟国の報告およびプライムスポンサーの報告を掲載し，7月に発刊した．会員へ配布するとともにアグラ会議でも配布した．

1-2-2 メール配信「ita@news」

2007～2008年に6回配信した．ita@newsでは，ITA，各作業部会(WG)，各加盟国，将来の行事予定，姉妹団体からのニュースを提供した．加盟国，会員と7,700人の登録者に配信した(ITAウェブサイトでだれでも登録可能)．

1-2-3 論文集「Tunnelling & Underground Space Technology (TUST)」

2007年(第22巻)には4号刊行した．加えて，トレンチレス特集号を刊行．第22巻2号には，WG 2の成果である「軟質地山のトンネルにおける地盤沈下」に関する勧告を掲載した．2008年に，出版社ELSEVIERとの合意により，ITA会員がTUSTの電子データにアクセス可能となった．電子データの作成費はITAが負担している．

1-2-4 ウェブサイト

ITAのウェブサイト[1]には1,000ページのhtmlと900のpdfデータファイルを掲載し，10,000ページが印刷可能である．毎月約28,000件のアクセスがあり，典型的な事例では530,000件/月のときもあった．2008年にウェブサイトの内容の大幅な改善を行い9月1日から運用を開始している．

1-2-5 ITA報告書

各WGの成果を「ITA報告書」として発行することにした．最初に出版される報告書は，WG 5が作成した「トンネル工事におけるよりよい労働安全衛生の実務ガイドライン」の予定である．

1-3 ITAワーキンググループ活動

1-3-1 WG 2：研究開発

部会長：E. Leca(フランス)，副会長：C. Yoo(韓国)，担当理事：S. Eskesen(デンマーク)

WG 2は「トンネル建設計画における現場調査の戦略」と「地下建設工事のモニタリングと管理」に関する参考文書の作成を準備しており，提言(案)についてアグラの会合で査読した．前者の最終案は来年のブダペスト会議に向けて作成し，後者の修正案もブダペストの会合において査読する予定である．

WG 2は，実現場でのリスクマネジメント手法の普及に貢献することを目的として，「リスクマネジメント」の分野における新しい活動を始めた．2004年に出版した「トンネル掘削実務のガイドライン」をベースに，統合した教育のための文書をここ1年で準備してきており，新しいマニュアルの準備にも着手した．この文書は2004年版を補足するもので，リスクマネジメントのさまざまな段階を取り上げ，過去のリスクマネジメントの成功事例の検証も含めることになった．第1次案は2009年末までに準備する予定である．

アグラの会合では，WG 2の今後の活動についても討議し，岩盤トンネルのための現場調査についてはISRM（国際岩盤力学学会)との共同作業も予定することとした．

1-3-2 WG 3：契約実務

部会長：A. Dix(オーストラリア)，副部会長：M. Smith(ハンガリー)，担当理事：M. Knights(イギリス)

WG 3は，地下空間建設工事における契約実務について根幹をなすべき「契約項目」について検討している．WGの成果が，参加国および関係国において将来主導的役割を果たすことを目指している．WG 3へはJTAとして初参加で，過去に日本からの情報提供はなかった．この度，筆者の経験した代表的な3種類の契約書(契約金額が小額で単純化された契約書例(SINTEF：ノルウェー科学技術研究所)，中規模の契約書例(TNO：オランダ科学技術研究所)，正規契約書例(世界銀行での建設コンサルタント業務))をサンプルとして提示した．

会議を通して明らかになった重要な点は，発注者，請負者の双方にとって適切な契約書として，円滑な業務実施が可能な契約形態を模索することにある．WGとして地下工事に関する新規の契約文書案(新提案書)を編集し，契約書で記載すべき基本的重要項目について国際的共通認識の得られる内容を目指すこととした．将来はこの新提案書が国際的妥当性を有する文書となり，世界の建設工事市場における契約業務の基幹的文書となることを期待している．この文書の原案は来年のブダペスト会議までに作成することとした(アグラでの会合における成果(新提案書の骨子)の詳細はJTAウェブ[3]参照)．

後出のITAオープンセッション(1-6)では契約実務の特集が組まれ，その講演内容と活発な議論に関係者の関心の高さがうかがえた．とくに建設工事が活発な各国においては，各国の法的整備の遅れ，発注者側の知識経験不足，建設現場でのマネジメント不足，カントリーリスク，世界的為替変動，などが複雑に相互影響する中で，適正な投下資金のもとで，適切な社会資本の整備が要求される一方，請負者としても適正な利潤を上げる必要性があることは論を待たない．この契約問題はかねてから当事者双方に深刻な問題が各地で発生しており，WG 3が格好の議論の場となってきている．今回のITA総会開催国のインドでも法的整備の遅れ，組織，人脈の複雑さと責任範囲，技術者の経験不足，隣国との政情不安などによってプロジェクトごと，発注者ごとに契約条件が異なり当事者双方にとって問題は深刻化しつつある．加えて双方が経験を蓄積，共有をすることも困難な状況にあるため，全体的な改善の見通しを早急にたてる必要に迫られている．このように契約問題の解消は双方にとって大きな利益を生ずるものであり，多くの国が強い関心を抱いている．一方でわが国の多くの企業が海外進出に関心を持っているにもかかわらず，海外との契約業務の実態は，一部の商社，大手建設会社を除いてあまり知られていない．契約業務の実態は一部わが国の従来の商習慣とは全く異なる部分もあり，このITAの作業部会情報は海外業務に関心を持つ方々にとっては注視すべき内容であるものと思われる．

(文責：太田義和・太田技術事務所)

1-3-3 WG 5：作業の安全と衛生

部会長：D. Lamont(イギリス)，副部会長：M. Vogel(スイス)，担当理事：V. Umnov(ロシア)

「トンネル掘削における安全の冊子」(JTA所蔵)を更新，改訂することとした．

この冊子はさまざまな言語に翻訳されており，最近ではヒンズー語版がでた．WG 5は開催予定国に対し，同冊子をその国の言語に翻訳するよう促すことで合意した．

「トンネル工事における労働衛生と安全対策のガイドライン」の改訂版は，今年，ITA報告書シリーズ第一弾として発行される．

また，「トンネル換気ダクトに関するガイドライン(案)」の作成は順調に進んでいることが報告された．

1-3-4 WG 6：トンネルの補修

部会長：H. Russell(アメリカ)，副部会長：R. van den Bosch(オランダ)，担当理事：W. Liu(中国)

来年のブダペスト会議で発表予定の新しい報告書「地下鉄のための構造物火災対策」の進捗状況について討議した．また，スイスのゴッタルドベーストンネルの火災対策およびアメリカのボストン地下鉄における最近の緊急補修作業についての報告があった．

1-3-5 WG11：沈埋トンネルと浮きトンネル

部会長：Ch. Ingerslev(アメリカ)，副部会長：J. Baber(イギリス)，担当理事：Y. Leblais(フランス)

世界のプロジェクトの進展について情報交換をし，来年のブダペスト会議までの活動計画を以下のように定めた．

- 沈埋トンネルのカタログに査読済みの14ページ，査読中の9ページを追加する．
- 共同溝のカタログをウェブサイトに掲載する．
- 発注者のガイドブックについて，8項目を査読後ウェブサイトに掲載し，残り11項目についても案の作成に着手する．
- 浚渫機に関するITAの調査書を作成する．

1-3-6 WG12：吹付けコンクリート

部会長：T. Celestino(ブラジル)，副部会長：石田積(日本)，担当理事：E. Grov(ノルウェー)

20か国の情報を集めた吹付けコンクリートの調査報告書がITAウェブサイトから電子ファイルで入手できる状況にあり，現在さらに写真やイラストを加えたバージョンを作成している．今後も改訂版を作成する予定である．

繊維補強吹付けコンクリートの繊維評価を継続しており，次期試験を計画中である．現時点の結果を取りまとめて公開し，新たに繊維メーカーに試験参加を募る予定である．なお，試験結果の一部は2008年4月にノルウェー・リレハンメルで開催した吹付けコンクリートの国際会議で報告した．

耐火吹付けモルタルの調査成果はITAウェブサイトのイギリスの活動報告の記事で確認でき，新しい材料があれば更新する．

吹付けノズルマンの資格や能力認定の調査と普及を図っており，昨年のWTCでフランスのメンバーが論文を報告した．EFNARC(特殊建設用化学製品とコンクリートシステムに関する欧州組合)が吹付けコンクリートの指導者を認定する課程を検討しており，本WGと協調しながら認定の考え方をPRし，普及に努める．

吹付けコンクリートの養生と現場での耐久性評価の実態を調査し，討議した．南アフリカのメンバーがテーマを提起し，現状の報告があり，今後WG12で作業を進め，報告にまとめる予定．養生方法として，散水，温度制御，混和剤，特殊な軽量骨材，膜などの報告がある．現場での耐久性評価はコンクリートの空隙と透過性を評価する方法があり，北米と南アフリカで実績がある．

吹付けコンクリートに関連する用語集が欧州規格EN206-1：2000にあり，内容を調査した．現在，日本語やチェコ語を加えた改訂版を更新している．フランスは更に各用語の定義を含めて作成しており，年内に完成する予定である．

WG12では吹付けコンクリートにかかわる多種多様なテーマで調査研究活動をしているが，基本的にはヨーロッパが情報発信源であり，ヨーロッパから全世界に情報が広まる構図になっている．日本のトンネル技術を広めるには個々の研究機関や企業が日本発で情報発信するだけでなく，ITA-WGを活用した情報発信も効果があると考える．

(文責：石田積・電気化学工業(株))

1-3-7 WG14：機械化掘削

部会長：L. Babendererde(ドイツ)，副部会長：F. Amberg(スイス)，担当理事：福本勝司(日本)

WG14は，三つの小委員会で次の活動をしている．

- 「リスクマネジメントと保険」：JTAが提出したリスクマネジメントの調査書式と記載事例を取り上げて検討．
- 「若年技術者と作業員を対象としたトレーニングコースの実施とその普及促進」
- 「山岳工法と比較した機械化掘削工法の長所」

来年のブタペスト会議までの検討課題は下記に絞り込むこととする．

- 機械化トンネル施工の長所，短所リストの作成
- 注目すべきプロジェクト(Challenging Project)のリストの更新
- ウェブサイトの活性化

WGの今後の活動課題として，機械化トンネル施工の発展促進と，情報プラットフォームの構築に焦点を当てることとした．

(文責：狭間裕志・(株)大林組)

1-3-7 WG15：建設環境

部会長：J. Rohde(ノルウェー)，副部会長：J.Y. Kaneshiro(アメリカ)，担当理事：I. Lee(韓国)

下記の地下空間建設にかかわる環境問題と社会的影響について関連する他のWGとの調整を行いつつ作業を実施するよう，理事会からの下記のコメントを受け取った．

① 地下空間建設の利点と機会
② 地下空間建設促進への挑戦
③ 地下空間建設にあたっての環境問題に関する勧告と指針

①については，既に「現在および将来の地下空間の建設促進」の報告書に採択されている．WG20(都市問題と地下利用)およびITA-CUS(地下空間利用：後出1-4-3)との作業内容の調整を図ることとした．

WGでは4件の報告があった．イタリアからは鉄道トンネル建設時における掘削土に含まれるアスベストの輸送問題と地下水汚染に関する報告があった．アメリカからの報告は国道710号線の建設に関する地下水脈への影響および全般的な環境問題とそれらの解決方法についての報告のほか，カリフォルニア州における水路トンネルの紹介，ロサンゼルス地方での掘削残土処理，振動問題などの報告があった．ノルウェーからは産業廃棄物処理のための地下空間建設に関する環境問題，都市域におけるトンネル建設のための環境問題，問題解決のための勧告文書の紹介などがあった．タイからはバンコク市内の地下鉄延伸工事に関する都市域の地下水脈に与える影響，すなわち地下水脈変動，地盤沈下，あるいは残土処理問題に関する報告があった．また，韓国とシンガポール両国は地下空間(鉄道トンネル，核廃棄物地下備蓄施設，地下空間開発のマスタープラン作成など)の環境問題に共通な課題を抱えていることも明らかになった．

今後の計画として来年のブダペスト会議に報告書素案を作成し，トンネル工事に関する環境問題解決のための指針，勧告書などの文書を2010年の総会までに準備することを予定している．最終的なまとめにあたっては，WG20，ITA-CUSとも十分な調整を行うこととした．

会合のあと，2010年を目途に指針，勧告書をまとめるにあたり，正副部会長から筆者への要請があり，急遽，「全体目次案の素案(骨子)」(JTAウェブ[9]参照)を作成，提案し，この骨子にもとづいて各部会参加者に執筆の指示がなされることになった．指針で抽出すべき環境問題にかかわるインパクト項目は，計画条件，地下施設の種類によって異なるが，ほぼ世界的に認知しうる基本的な共通部分がある．

一方でインパクトに対応する各国および公的機関の定める許容限度(受忍限度)は自然条件，プロジェクトの立地条件，各国の政治，社会状況，国民性などによって異なる．したがって，指針などの文書をまとめるにあたっては，各地下施設と各環境インパクトとの関係と収集した情報の範囲内において適切と判断される事例を紹介することを重点とすることとしている．

(文責：太田義和・太田技術事務所)

1-3-9 WG17：長大トンネル

部会長：G. Seingre(スイス)，副部会長：下河内稔(日本)，担当理事：P. Grasso(イタリア)

アグラの会合では更新されたWGの報告書の最終講義として行った．報告書の初版に海底トンネルの特別な状況と水路トンネルの特別な状況の2章を追加した．

1-3-10 WG19：「山岳工法」

部会長：H. Ehrbar(スイス)，副部会長：R. Galler(オーストリア)，担当理事：F. Vuilleumier(スイス)

WG19では，いわゆるNATMによるトンネル掘削全般を取り扱っている．WGの目的は，NATMについての世界共通の認識を形成するためのガイドラインを取りまとめることにある．これまでに，各国の示方書類を収集するとともに，設計，施工，計測，契約，組織に関する議論を行ってきた．ガイドラインは，示方書のように規準を与えるものではないため技術的判断を下す拠り所となるものではないが，NATMによりトンネルを建設する際のエッセンスを集約したものとなる予定である．

本年は，主として契約形態についての議論が行われた．トンネル工事では，他の工種とは異なり実際に掘削するまで地山状況が確定しないという特徴があるため，金銭的・工期的に大きなリスクが内在することは各国共通の認識である．しかしながら契約時におけるリスクに対するスタンスは各国まちまちであり，各種の契約形態が混在しているのが現状であることが議論の結果明らかになっ

てきている．実際の契約においては，発注者と請負者がリスクを分担することになる．発注者あるいは請負者の一方がリスクの大部分を負う契約形態を採用すると，最終的なコストは膨れ上がる場合が多く，発注者と請負者が程良い割合でリスクを分担し合うところにコストミニマムとなる点があるのではないかとの考え方が示された．

これらの議論の結果を集約した部会の報告書は近日中に発刊される予定である．今後，とくにトンネルに関する基準類が整備されていない国において，本報告書が契約上の参考図書となる可能性は十分にあるものと考えられる．日本の技術者が海外展開を図る際，これらの成果を入手するとともに，各国の考え方を把握することが重要になると考えられる．

（文責：日下敦・土木研究所）

1-3-11　WG20：「都市問題と地下利用」

部会長：A. Elioff（アメリカ），副部会長：西淳二（日本），W. Broere（オランダ），担当理事：H. Parker（アメリカ）

各国のプロジェクトの報告がなされた．日本の現況については，JTAの“Tunnelling Activities in Japan 2008”を配布し，説明した．数年来の懸案であるWG報告書作成について案を検討し，細目表題の変更や内容の追加を検討した．一例では，地震に強い地下空間などを強調すべきなどの議論がなされた．報告書の別冊として各国の都市における地下空間利用の事例研究を添付することとした．日本の事例では，首都高速環状線，外郭放水路，洪水対策用の雨水貯留・地下調整池を紹介する予定である．報告書は，2008年中に執筆作業を終え，来年のブタペスト総会までに完成することとした．

（文責：花村哲也・岡山大学）

1-4　ITA委員会

ITAの傘下で独立した活動をしている下記委員会の活動報告があった．

1-4-1　ITA-COSUF（地下施設の安全管理運用）

委員長：F. Amberg（ITA），副委員長：D. Lacroix（PIARC）

1-4-2　ITA-CET（教育・訓練）

委員長：A. Assis（ブラジル）

2008年5月にイタリアのトリノ技術専門学校でセミナーを初開催し，15か国から教育・訓練関係機関の代表32名が参加し，委員会の構想が承認された．アグラの会議で，組織と会員状況，管理分析，教材および今後の活動を協議した．現在14か国，20名のメンバーで構成されている．次回会議は12月にフランクフルトで予定．

1-4-3　ITA-CUS（地下空間利用）

委員長：H. Admiraal（オランダ）

2008年6月にサンパウロでの運営委員会で取りまとめたプログラムがITA総会（アグラ）で了承され，本委員会の活動が正式に承認された．委員会の使命は地下利用において世界的な情報交換の場をつくることであり，今後，国際機関，とくに地域・都市計画分野の機関と連絡を取り，地下空間利用の利点・可能性に関する認識を促すこととした．地下空間利用に興味をもつ機関や研究所の参画（会員登録）が期待されている．とくに地方自治体代表の参加が望まれる．次回会議は10月にモナコで予定．

1-5　ITA教育訓練コース

世界トンネル会議に先立ち，「都市部のトンネル掘削」のテーマのもとで教育・訓練コースが開催された．参加者は200名で，その8割がインドの技術者であった．講師は，ITAの理事P. Grasso氏（イタリア），WG18部会長D. Peila氏およびITAプライムスポンサーなど，12か国からの20名が担当した．日本からは，プライムスポンサーであるシールド工法技術協会の木村勉氏（大林組）らが講師を務めた．

都市部における大深度・長距離施工について，理論検討や施工事例に関する内容の講演が12時間にわたり行われた．参加者の積極的な討議が興味の高さを表していた．

（文責：安井克豊・清水建設（株））

1-6　ITAオープンセッション

「世界における契約実務」のテーマのもとで，下記の内容の報告があった．

サンパウロ地下鉄ピンヘリオウス駅事故
—中立的な視点および将来への契約面の課題—
J.M. Barros氏（ブラジル）

世界的な契約の実務—発注者の視点から—
H. Ehrbar氏（スイス）

世界的な契約の実務—技術的な視点から—
Y. Leblais氏（フランス）

世界的な契約の実務—請負者の視点から—
C. Genschel氏（ドイツ）

世界的な契約の実務
—個別市場に応じた新しい枠組み—
A. Dix氏（オーストラリア，WG3部会長）

インドにおけるトンネル・地下工事の契約実務
H.K. Sharma氏（インド）

インドにおけるトンネル・地下工事の契約実務
D.G. Kalkade氏（インド）

本セッションでは，契約の実務に関して発注者，請負者などの異なる立場から包括的な概況が提示された．地下工事の各担当者から契約実務の現況や期待されるところ，ならびにその改善方法についての発表であり，異なるケーススタディーから学ぶ事柄は非常に多くあった．最後に，発表者と聴衆の間で活発な議論がなされた．

2　世界トンネル会議（WTC）

2-1　WTC開会式，基調講演

開会式では，パーティル大統領のビデオメッセージも上映されるなど，WTCの開催に対する国家

表-1　世界トンネル会議　日本からの発表論文

	題　名	所　属	執　筆　者
1	小土被り山岳トンネルの地震被害に関する基礎的研究	鉄道・運輸機構 鉄道総合技術研究所 京都大学	宮林秀次・登坂敏雄・磯谷 篤 小島芳之・野城一栄 西藤 潤・朝倉俊弘
2	シールド機の水中到達と立坑内への押し出し	清水建設（株） 東京地下鉄（株）	安井克豊・原 忠 岡田龍二
3	既往施工事例の分析による難工事事象の予測手法	電力中央研究所 地圏科学研究所 原子力発電環境整備機構	志田原巧・新 孝一・澤田昌孝・猪原芳樹 荒井 融 朝川 誠
4	双設トンネルにおける先行トンネルの調査・施工実績を用いた後行トンネルの設計	中日本高速道路（株） 鹿島建設（株）	八木 弘・岸本光弘 玉村公児・吉田安利
5	世界最大級大断面TBMによる長大トンネルの覆工構造	中日本高速道路（株） 大成建設（株）	森山 守・寺田光太郎・藤野友裕 小林伸次
6	φ4.5mのTBMで地下1000m，高圧湧水下での長大トンネル避難坑を掘削	中日本高速道路（株） 飛島建設（株）	寺田光太郎・森山 守・中田雅博 松原利之
7	φ12.84mのTBMで地下1000mの長大高速道路トンネルを掘削	中日本高速道路（株） 大成建設（株）	寺田光太郎・森山 守・山崎哲也 小林伸次
8	10.7kmの飛騨トンネルで世界初の選択排気縦流換気方式の採用	中日本高速道路（株）	東晋一郎・寺田光太郎・坂巻厚志 中田雅博
9	新素材セグメントを使用したトンネル分岐事例	（株）大林組	木村 勉
10	トンネル建設で派生する粉じんの低減技術の開発	土木研究所	宇田川義夫・小橋秀俊・大下武志
11	数値解析による早期閉合効果に関する検討	土木研究所	真下英人・日下 敦・水川雅之
12	地盤～トンネル系の大規模数値計算による大型トンネル構造の耐震性に関する三次元解析方法	鹿島建設（株） 東京工業大学 東京大学	山田岳峰・大保直人・伊丹洋人 市村 強 堀 宗朗
13	第四紀未固結粘性地山における都市NATMの設計，施工のマネジメントに関する実践的技術	鉄道・運輸機構 戸田建設（株） 京都大学	依田淳一 岡村光政・石垣和明 朝倉俊弘
14	都市山岳工法への全断面掘削工法の適用およびトンネル上建築物の保全	首都高速道路（株）	津野和宏・内海貴志・寺山 徹・蛭川愛志

としての重要性の認識と強い期待が感じられた．

開会式に続いて行われた基調講演では，

リスクマネジメント―調達と契約―

M. Knights氏(ITA会長)

の講演があり，その後，

インドにおけるトンネル建設産業

K.B. Dubey(インド，NTPC社)

インドにおける都市地下鉄

M. Singh(インド，デリー地下鉄公社)

ヒマラヤにおける地下工事の実践―挑戦―

S.P. Sen(インド，AEM社)

の講演により，インドにおけるトンネル建設の歴史と現況ならびにトンネル，地下空間の需要，中でも水路トンネル，鉄道トンネルを中心とした需要が多いことなどが紹介された．

2-2 WTCテクニカルセッション(論文発表)

テクニカルセッションは下記のトピックスについて論文の公募がなされた．約200編の論文が採択され，発表が行われた．このうち，日本からの論文は**表-1**に示す14編であった．

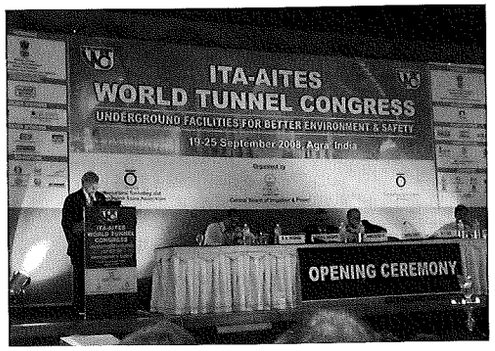


写真-2 WTC：開会式

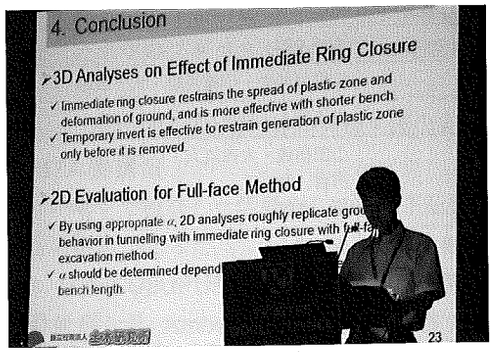


写真-3 WTC：論文発表

(1) トンネル，地下空洞および地下開発の計画・調査，設計
(2) トンネルと地下空洞の建設技術と機材
(3) リスクマネジメント
(4) 環境および社会への影響
(5) 安全上の課題―基準と施策―
(6) 地下建設工事の契約と資金調達
(7) 研究開発

2-3 WTC展示会

展示会はWTC開催中に会場の屋外ブースにおいて，世界各国から機械メーカー，建設会社，コンサルタント，材料メーカー，協会など約48者の出展があった．日本企業では(株)TACの出展があった．

協会関係の出展では，2011年の総会開催地として立候補を表明していたフランスとフィンランドが総会招致のための展示に力を入れていた．また，ノルウェーは協会と業界が連携してブースを設営し，協会が成果報告書の配布と活動のPRを，企業が自社のPR活動をしていた．



写真-4 WTC：展示会(ノルウェートンネル協会)

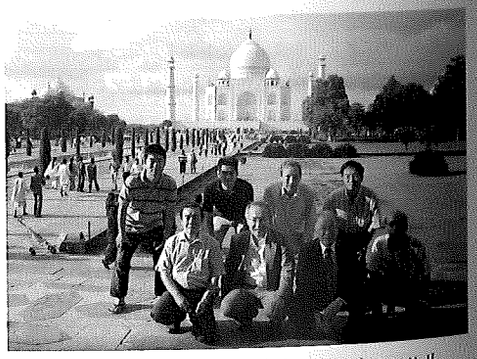


写真-5 アグラ：世界遺産 タージ・マハル



写真-6 アグラ：会議場近くの幹線道路
(車以外に野良牛，象，ラクダも闊歩)

なお，今回，展示会で配布された資料のほか，本会議などの資料を収集してきた．出展内容などをチェックすることは，世界のトンネル事情を理解し，国別・企業別の世界戦略への注力状況を把握するのに有用であると考える．これら収集資料の概要(リスト)は当協会のホームページ[3]で紹介している．また，これらの資料を協会書庫に保管し，会員が自由に閲覧できるようにしているので参考とされたい．

3 デリー地下鉄現場視察記

新興目覚ましいインドでは，現在，2010年に開催が予定されているコモンウェルスゲームズ(英連邦競技会)に備え，会場となる首都デリーにおいて，地下鉄や高速道路網の整備をはじめとした交通システムの全面的な整備計画が実施されており，市内の至るところで建設工事が行われている．これらの工事には外国企業の参入も盛んで，施工技術は先進的な工法が採用されているが，経験を積んだ技術者が不足しており，また，インドの文化的・社会的な事情もあり労働者の確保に苦労している様子が感じられた．

デリーメトロプロジェクトは，コルカタに続くインドで2番目の地下鉄で，首都デリーの交通渋滞緩和や環境保全を目的に総延長330kmを4期に分けて建設する計画となっている．Ⅰ期工事は，延長65km，59駅で2006年11月に全線開通した．現在はⅡ期工事(総延長128km，81駅)を建設中で，2010年のイベントに開業が間に合うよう鋭意工事が進められている．Ⅰ期，Ⅱ期工事ともに総工費の50%以上が日本のODA，円借款によるもので，プロジェクトには多くの日系企業が参画しており，建設分野では清水建設(株)(Ⅰ期，Ⅱ期)，(株)熊谷組(Ⅰ期)が参加している．なお，Ⅱ期工事では，開削工事や高架橋工事は地元の建設会社に，高度な技術を要する地下トンネル工事は海外の建設会社に発注されている．

世界トンネル会議2008(アグラ)の帰途，デリーメトロの工事現場を視察する機会を得たので以下に報告する．

3-1 BC-18工区

当該工区(清水建設(株)がドイツ，韓国，インドとの共同企業体として工事を担当)は，南北線(Line-2)から南へ延伸する区間にあたる4駅間のシールド工事と2駅の構築工事を含む延長約3.8kmである(**図-1**参照)．シールド工事の特徴は，市街地や公園下の砂質シルト地盤(地下水面上)に気泡シールド工法を採用し，セグメントはJV自らが設計・製作している．2機のシールドは，Ⅰ期工事で使用したものを転用し，かつ，図-1に示すように3駅間のトンネルの掘削に順次転用している．市内の交通渋滞などを回避するため，資機材などを般入出する大型車には交通規制(深夜23：00～6：00のみ通行可)が課せられており，昼間作業のセグメントや掘削土砂を十分にストックできる基地計画としていた．また，頻繁に発生する停電に対応するため，工事電力は発電機で確保していた．このように，コスト縮減や厳しい工期(38か月)などに対応するため，現地に適合したさまざまな工夫や努力がなされていた．

なお，現場では，安全面に関して，作業員全員がヘルメット・安全靴を着用していること，整理整頓が徹底されていることなどから，工事関係者の安全意識の高さがうかがえた．日本の建設会社が海外で仕事を行う際，私たちが持つ高い技術力でその国に貢献することに注目しがちであるが，このデリーメトロプロジェクトでは，日本人の働く姿勢そのものがインド建設業の発展の起爆剤となっているとのことである．文化や価値観の違い

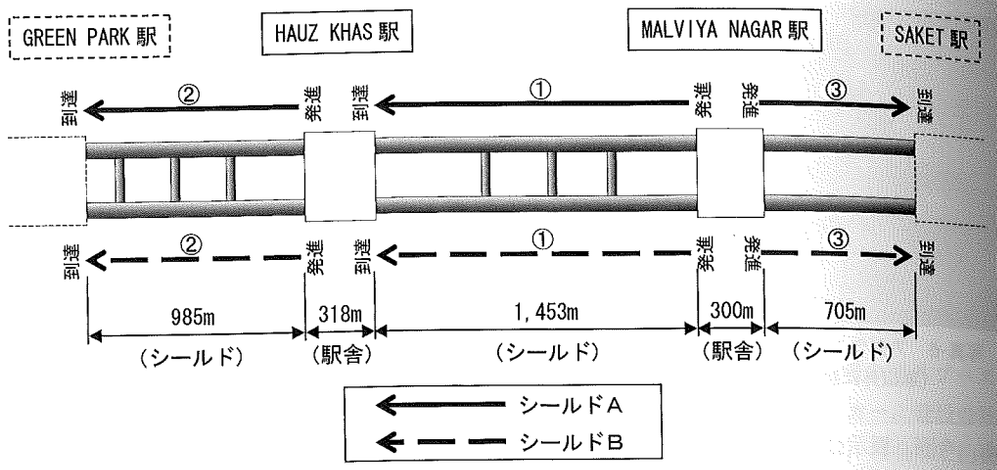


図-1　デリー地下鉄BC-18工区概要



写真-7　デリー地下鉄・開削部(予期せぬ岩盤が出現)

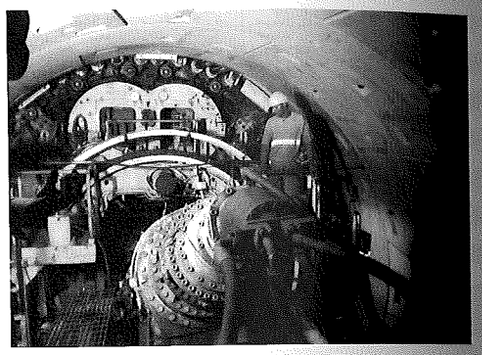


写真-8　デリー地下鉄・シールド本体

を超えて，インドの技術者たちと一緒になってプロジェクトを成功裡に導いている現地の日本人技術者たちの弛まぬ努力に頭の下がる思いであった．

（文責：安井克豊・清水建設(株)）

3-2　BC-24工区

当該工区は，営業中の南北線(Line-2)南端のCentral Secretariat駅から南東方向に延伸し，Jangpura駅に至る延長5.4kmの区間である．3駅を開削工法で，駅間の双設トンネルを外径約φ6.5mの泥土圧式シールド工法により建設するもので，工期は35.5か月である．契約金額は，円換算で約223億円，施工はITD社(タイにおける大手総合建設会社の一つ)とそのインド現地子会社のITDcem社が担当．シールドは，ドイツのHerrenknecht社製で本工区全体で4機が導入される(なお，Ⅱ期工事全体では14機のシールドが導入される予定であり，2008年9月現在7機が稼働中とのこと)．見学当日は，立坑内で組み立てを終えた2機のシールドが掘削準備の段階にあった．

セグメントは，厚さが約35cmのコンクリート系セグメントである．

現場事務所入口付近の掲示板には，労働者の労働条件として1週1休(日曜日)，1日8時間労働で労賃は140～156ルピー(350～390円)との記載があった．

なお，デリー地下鉄の建設工事情報について興味のある方は，文末のウェブ[1]を参照されたい．

（文責：山田岳峰・鹿島建設(株)）

あ　と　が　き

世界のトンネル建設技術を把握し，日本の技術を世界に紹介する場として，WTCなどの国際会議は有用であるが，一方向の情報発信であることが多い．一方，ITAの活動である作業部会(WG)やITA委員会への参画は，それぞれのトンネル技術分野での最先端の専門家集団との直接の情報発信や情報収集ができ，日本の技術，手法，考え方を理解してもらう良い機会と考えられる．ゼネコン，コンサルタント，メーカーなどでとくに海外経験を積んでいる方，海外への業務展開を図ろうとしている方は，WTCやITAの作業部会，委員会の活動に興味をもち，その活用を検討していただきたいものである．

参考ウェブサイト

1) www.ita-aites.org
(ITA：国際トンネル地下空間協会)
2) www.wtc2008.org
(WTC2008：世界トンネル会議・アグラ)
3) www.japan-tunnel.org
(JTA：日本トンネル技術協会)
4) www.delhimetrorail.com/commuters/whats_new.html(デリーメトロ)

わかりやすい　トンネルの力学

B5判　286頁　本体価格 5,825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，球形空洞周わりの応力と変位　○弾そ性論による解析／そ性力学の基礎，軸対称円形トンネル，線対称円形トンネルの弾そ性解，円形トンネルで地山の自重を考えた弾そ性解析　○弾そ性解以外の検討／トンネルの大きさの影響，時間の影響，表面の影響，山はね，ゆるみと締まり，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

新東京港道路トンネル計画

東京都は(仮称)東京港臨港道路南北線建設計画について環境配慮書を11月10日から縦覧し，同線の計画案を公表した．

同計画は，現在，臨海副都心地域と中央防波堤をむすぶ道路が第二航路海底トンネルのみとなっていることから，将来的な港湾部と内陸部とを結ぶ道路ネットワークの充実と，東京港の物流機能強化を目的に，新たなルートを検討するもの．

第二航路海底トンネルが中央防波堤内側と青海地区を結んでいることから，新たに往復4車線道路として，有明埠頭または国際展示場方面と，中央防波堤内側または外側を結ぶ，2.5～4.2kmの4ルートの代替案を示した．

中央防波堤外側を起点とし，有明埠頭または国際展示場に至るルートはいずれも橋梁案とし，中央防波堤内側を起点とする案はトンネル案で，配慮書では，環境面からトンネル案に高い評価を与えている．また，社会的側面からは中央防波堤と有明埠頭を結ぶ案が有利との評価となっている．

天の川きららトンネル貫通

北海道が整備する道道江差木古内線の天の川きららトンネルで，11月11日貫通式が行われた．

同トンネルは，檜山郡上ノ国町早瀬にある，延長511m，車道幅員6.0m，内空断面52.4m²のNATMトンネル．仮称を早瀬トンネルとしていたが，名称を公募し同年4月に決定されていた．同事業は，トンネルにより危険箇所を解消するため，平成19年12月に工事に着手，今年3月からトンネルの掘削を開始し，工事を進めてきたもの．道では，平成21年度の供用開始を予定している．

北海道新幹線 幸連トンネルで安全祈願祭

鉄道運輸機構が整備する北海道新幹線幸連トンネルで，11月11日工事の安全を祈願する式典が催された．

同トンネルは，木古内町幸連と同町橋呉地区を結ぶ延長1,385mのNATMトンネル．北海道側新設区間のトンネルとしては，渡島当別，新茂辺地トンネルに続き3番目の着手となる．工期は平成23年度末となっている．

旭川トンネルが開通

北海道開発局が整備する国道12号旭川新道旭川トンネル(札幌方向)が11月18日開通した．これにともない，旭川市台場から忠和までの1.9kmにおいて新道への交通の切り替えが行われた．

同トンネルは，旭川市神居町忠和から台場にぬける延長799.0mの機械掘削のNATMトンネル．同トンネルの開通により，旭川市中心部の交通混雑の緩和や，北海道縦貫自動車道旭川鷹栖ICへのアクセス向上が図られるものと期待される．

名豊道路 初のトンネル掘削

中部地整が整備する国道23号名豊道路蒲郡バイパスの西端部に位置する(仮称)坂野トンネルで11月25日，掘削に先立ち安全祈願祭が挙行された．同トンネルは，延長490m，幅員9.0mで，名豊道路では初めてのトンネル工事となる．

一般国道23号名豊道路は，名古屋市と豊橋市を結び沿線の8市2町を通過する延長72.7kmの大規模バイパスで，地域高規格道路として整備しており，知立，岡崎，蒲郡，豊橋，豊橋東バイパスの五つのバイパスによって構成されている．

昭和47年から事業に着手し，現在までに，暫定2車線を基本として総延長の約64%にあたる46.7kmが開通し，このうち11.8kmの区間が4車線で開通している．

宮古トンネル開通

福島県が整備する，国道459号宮古トンネルが11月27日開通した．

同トンネルは延長546m，車道幅員6mで，平成18年度にトンネル工事に着手，昨年4月に貫通していた．

同トンネルは喜多方市山都地区から宮古地区を結ぶもので，冬期間の交通確保に不安のある宮古地区にとっては，安定した交通が確保されることになり，またそばを主とした観光面においても地域振興に結び付くものと期待されている．

紀勢自動車道が2月に部分開通

NEXCO中日本は，同社が建設を進めてきた紀勢自動車道の大宮大台ICから紀勢大内山ICまでの延長10.4kmが，2月7日に開通すると発表した．

紀勢自動車道は，三重県多気郡多気町の勢和多気JCTから三重県北牟婁郡紀北町紀伊長島IC(仮称)を結ぶ全長約34kmの高速自動車国道．

この地域は日本有数の多雨地帯で，豪雨により東紀州地域の沿岸部を結ぶ唯一の道路である国道42号が通行止めになるなどの災害や異常気象時などに，代替ルートとしての交通機能の確保が図れるほか，救急医療の支援，地域産業の振興などの発展などに大きく寄与することが期待されている．

今回の開通区間は7か所(計6.4km)のトンネルと，5か所(計1.2km)の橋梁があり，構造物比率が73%の典型的な山岳道路となっている．

連載講座

山岳トンネル先進ボーリング入門(5)

—施工計画の基本および得られる情報と効果(2)—

山岳トンネル先進ボーリング連載講座小委員会

④ 切羽から実施する長尺ボーリング

4-1 施工計画の基本

予期せず破砕帯に遭遇し，今後の掘削方針を再検討するため，前方の比較的長い区間の詳細の地質情報が必要となった場合や，湧水帯が予想され，あらかじめ水抜きが必要な場合などでは，切羽付近から100～数百mの長さの長尺ボーリングを施工することがあります．

長尺ボーリングの目的としては，次のようなものが挙げられます．

① コア採取による断層破砕帯などの詳細地質状況の把握

② 湧水位置・湧水量・湧水圧など，湧水状況の調査

③ 大量湧水帯における水抜き

長尺ボーリングは，その設備規模も大きく，1～数箇月の比較的長い工程が必要で，切羽の進行にも少なからず影響を与えることから，トンネル掘削との並行作業ができるような仮設備を検討するなど，全体工程に配慮した施工計画を立てる必要があります．

ここでは，トンネル坑内からの長尺ボーリングとして実績の多いシールドリバース工法について説明します．

4-1-1 施工場所・打設方向・角度

トンネル掘削と並行してボーリングを行う場合には，切羽後方20～50m位置にボーリング用の横坑または切り拡げによるボーリング座を設け，そこに必要機械を配置します．トンネル掘削を中断して行う場合は，直接切羽から実施する場合もあります．

ボーリングの平面打設方向はボーリング座，および横坑から行う場合には，トンネルに平行もしくは孔曲がりを考慮して3～4°程度外側に向けて施工します．とくにボーリングを切羽から行う場合は，トンネル掘削再開後の，ボーリング孔からの湧水による切羽の劣化を避けるため，トンネル断面外に向けて行うことが基本となります．縦断打設角度はコアの排出が容易になるよう，2～4° 程度上向きに設定します．

4-1-2 延長・本数

シールドリバース工法でのボーリング延長は，地質状況にもよりますが，100～最大1,000m程度までが射程範囲となります．ボーリング本数は，地質調査を主目的とする場合は1か所あたり1本の施工となりますが，湧水帯などで水抜きを目的とする場合には，1か所あたり複数本を施工する場合もあります．

シールドリバース工法の場合，ボーリング口元から外管と内管の隙間に送水した圧力水を，ボーリング管先端部で内管に戻し，ボーリングコアとともに孔外へ排出させる機構であるため，送水圧に対抗できる確実なバルクヘッドが必要となります．このため，一般には孔口から10～20m程度にシールド管径より口径の大きい口元管を設置し，口元管と地山との間にセメントミルクなどによる

充填を行うことでバルクヘッドを確保するようにしています．

4-1-3　仮設備計画

図-6に，シールドリバース工法での設備機械配置例を示します．仮設備計画にあたっては，必要な設備機械のスペースとともに，シールド管の接続・切り離しや，シールド管の供給のための作業スペースを確保しておく必要があります．

4-1-4　詳細施工計画

（1）　ケーシングプログラム

シールドリバース工法は，コアを回収する内管と外管(ケーシング管)の各々の先端にビットを取り付け，同時に回転させながら掘進を進めます．この際，孔壁崩壊や地山の押し出しなどの原因でトルクが上昇し削孔が困難となった場合は，その時点で外管をケーシング管として残留し，それまでの内管を外管としてさらに小口径のシールド管を挿入して削孔を続けます．このためできるだけボーリング機に負荷をかけない推進と効率的なシールド管のストックを行うため，事前に予定ボーリング長に応じたボーリング管口径ごとの組み合わせ(ケーシングプログラム)を計画しておきます．

図-7に，延長300mでのケーシングプログラムの例を挙げます．

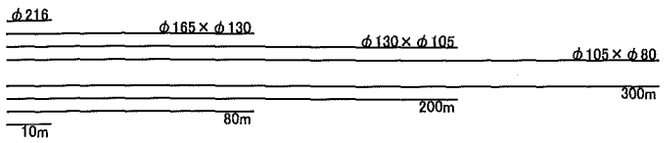
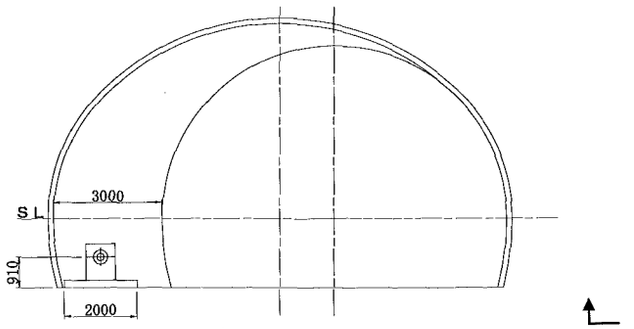
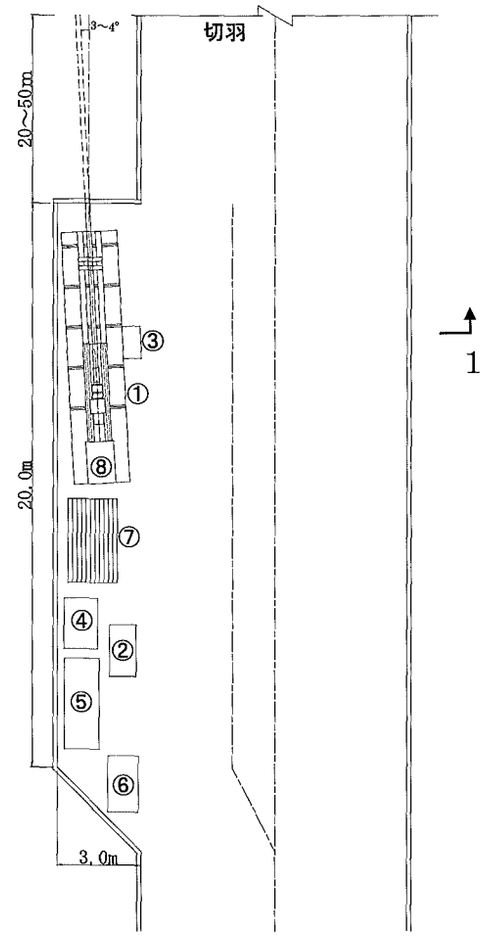


図-7　ケーシングプログラム(L＝300mの例)





設備機械配置一覧

	名称	規格・寸法	数量
①	穿孔機	TOP - LS　55kw/h W2000×L9000×H200 (ﾍﾞｰｽｺﾝｸﾘｰﾄ寸法)	1台
②	空気圧縮機	50HP	1台
③	操作盤	W650×L1150×H1300	1台
④	貯水槽	W1200×L1800×H1000	1基
⑤	ボーリングポンプ	NP-400T　18.5kw/h W1240×L3250×H1440	1台
⑥	油圧ユニット	W1100×L2000×H1300	1台
⑦	ケーシングパイプ置場	W2000×L3000	1箇所
⑧	コア受け台	W1000×L1500	1箇所

図-6　シールドリバース仮設備配置例

（2）　口元管掘削(φ200㎜)

口元管(200Aシールド管)先端にφ216㎜メタルクラウンを取り付け，内管にダウンザホールハンマーを使用してノンコアで掘進します(L＝10m)．その後口元管外周と地山との空隙をセメントミルクなどで充填し，外周止水装置(プリペンダー)を取り付けることにより，この区間がボーリング推進時のバルクヘッドの役目を果たします(**図-8**)．

（3）　2段目以降の掘削

2段目以降は，ボーリング機のウォータースイベルを介して外管と内管の隙間に送水し，外管・内管を同時に回転させながら掘進を行います．以下，ケーシングプログラムに沿って順次段落としを行います．

シールドリバース工法では，口元から送水した削孔水が先端部で噴出し内管を通じてコアとともに排出されます．このコアを循環水の排出口で順次採取しコア箱に整理していきます(**図-9**)．

（4）　ストレーナ管設置

コアボーリング終了後，内管を抜管し排水用のストレーナ管(φ50㎜・SGP有孔管)を挿入し，その後外管を抜管します．

4-1-5　得られる情報と評価

（1）　コア状況からの地山評価

基本的には通常のボーリングと同様，採取したコアを岩石区分ごとの判定基準によって評価します．ただし，シールドリバース工法では，コアが循環水とともに排出されるため，細粒分が洗い流されて，とくに粘性土地山や砂層などの未固結地山ではコア採取が困難となる場合があります．このため未固結地山では排出される循環水の濁り具合や，含まれる細粒分の状況を観察し，総合的な地山評価を行う必要があります(**写真-5**)．

（2）　掘進記録からの岩盤評価

ボーリング削孔時の各種機械データのうち，削孔トルクと単位延長あたりの削孔時間である削孔スピード(のみ下がり)を相関させ，コア状況と合わせて岩盤評価を行います．

（3）　湧水状況

ボーリング深度ごとの湧水量・湧水圧を記録し，採取したコアから判断する地山状況と地下水帯水状況との関連を評価します．

湧水量測定は通常，シールド管接続ごと(1回/3m)の測定を基本としますが，削孔中でも内管からの排水が明瞭に増減した場合には，いったん送水ポンプを停止し，湧水量測定を実施します．

湧水圧測定は，内管後部に圧力ゲージを設置したケーシングヘッドを取り付けて，圧力が上限値で安定するまで放置し測定します．

さらに削孔完了後，ケーシング管として各深度に停管していたシールド管を順次抜管しながら湧水量，湧水圧を測定します．**図-10**に300mのボーリングで計測した湧水量・湧水圧経時変化の一例を示します．

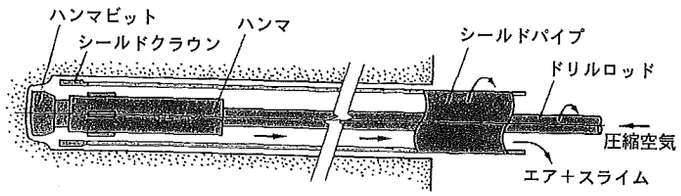


図-8　口元管掘削

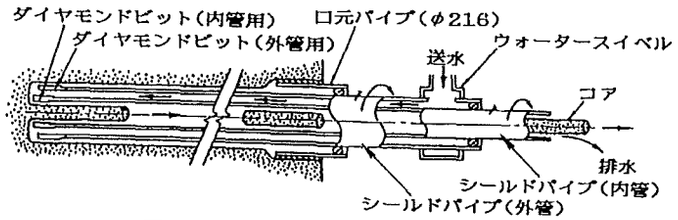


図-9　シールドリバース工法掘進概要図

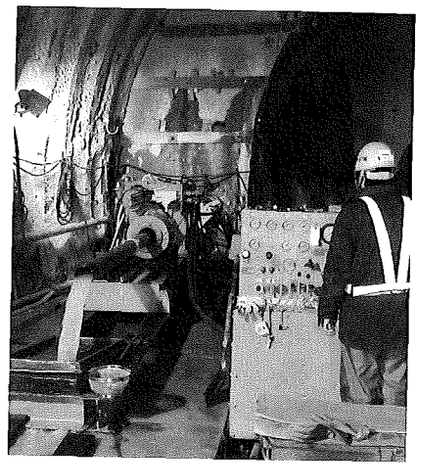


写真-5　シールドリバース施工状況

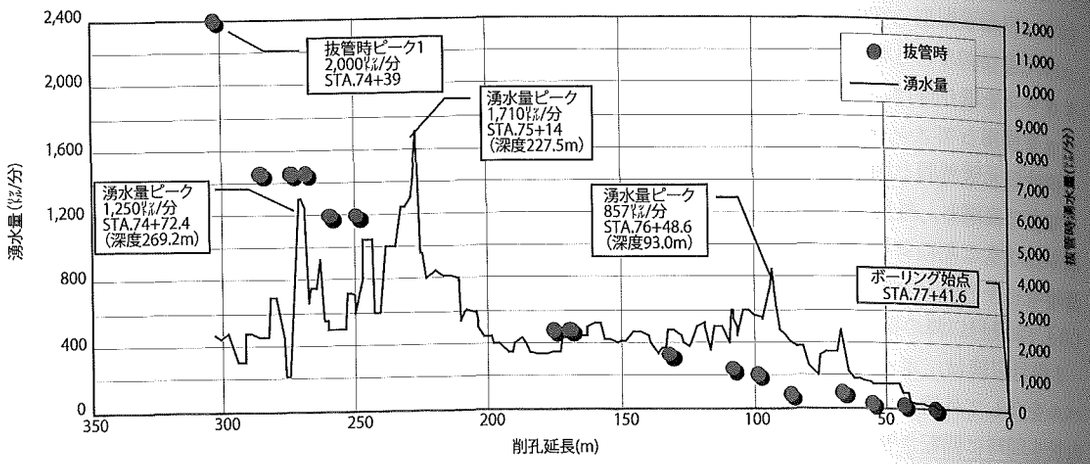


図-10　湧水量・湧水圧変化図

⑤ 切羽から実施する中尺ボーリング

切羽から実施する中尺ボーリングは，地質状況が複雑で変化が著しいトンネルや湧水が施工の支障となる場合，破砕帯，大量湧水帯などの存在を予測することが困難な場合などに先進ボーリングとして多く用いられています．また，事前調査や坑内からの物理探査結果などから切羽前方に地質境界や断層破砕帯，大量湧水帯，特殊地山の存在が想定される場合に，直前での詳細調査・確認を行うためにも実施されます．さらに，補助工法として水抜き工にも適用されます．中尺ボーリングの主な目的を整理すると以下のようになります．

① 地質調査：現切羽より１週間～１か月後の切羽の地質状況，湧水位置・湧水量・湧水圧，有害ガスなどの有無を確認する．
② 想定されている断層破砕帯や帯水層などの地質境界面の位置や規模，不良度合い，地山物性などの詳細調査
③ 帯水層の水抜きと切羽前方の水圧低減による切羽安定化．
④ 管理型ずり(鉱化変質岩，第三系の海成泥岩など)の分別・判定[2)]

以上の地質情報を得て，補助工法や施工法の変更など事前対策の検討と準備を行います．

本講座の区分によると中尺ボーリングの概略施工延長は，短尺を除く数百m以下となっています．しかし通常，先進ボーリングとして実施する中尺ボーリングは切羽作業が停止する週末に実施するよう計画することが大半です．この場合，準備・撤去を含め制限された時間内で100～150m掘進することが要求されます．一方，水抜きボーリングも切羽の停止時間を最小限とするため高速削孔が求められます．こうしたことから中尺ボーリングには削孔速度の速いロータリー式パーカッションドリルが一般的に採用されています．当機は，通常の先進ボーリングと水抜き工についてはノンコアボーリング，詳細地質調査のためにはPS-WL工法(第２回[3)]参照)によるコアボーリングが可能な穿孔機です．

5-1　施工計画の基本

5-1-1　ボーリング配置

ボーリング長さは実績から，40～250mの範囲で週末の掘削作業休止時に機材搬入から削孔，撤去まで終了できる延長を目標とします．削孔本数は，通常，左右交互に１本ずつ，ラップが約10mとなる間隔で計画されます．ただし，湧水が多い場合は同切羽地点に数本追加，あるいはボーリング実施間隔の短縮を行います．**図-11**は，飛騨トンネル作業坑の大湧水帯での事例です．なお，断層破砕帯や高圧湧水帯が事前の調査結果から想定されている場合は，週末に限らず切羽前方に10m程度のバルクヘッドが残ると想定される位置で切

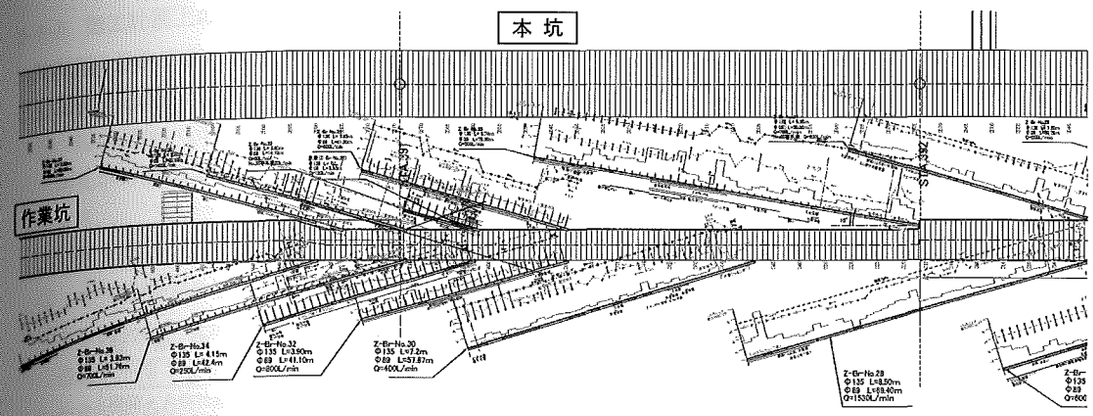


図-11　飛騨トンネル作業坑の事例

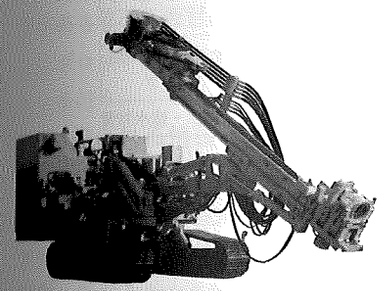


写真-6　ロータリー式パーカッションドリル(RPD-150C)

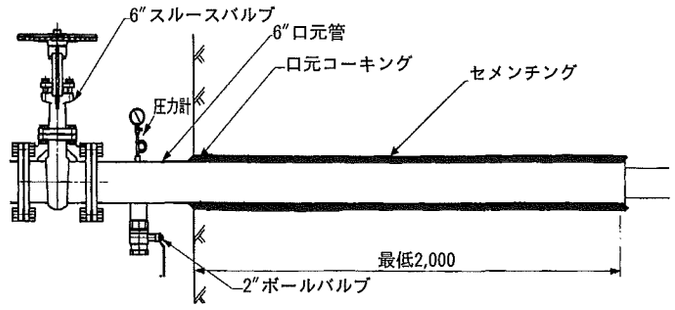


図-12　口元装置図

羽を止め実施します．

NATMによる掘削における有害ガス[3)]や管理型ずり[2)]の探査では，１か月に一度，延長100m程度で実施されています．

5-1-2　施工場所

ボーリング実施位置は，定常的先進ボーリングの場合，NATMによる掘削では切羽後方数m以内，TBMではカッタヘッドやシールドの後方となります．

5-1-3　削孔位置と方向

削孔位置は，トンネル側壁SL付近から実施するものがほとんどです．削孔方向は，トンネル軸線に対し７～10°程度外側向き(鋼製支保工がある場合は前後の支保工に当たらない角度)，打設角度は水平または３～５°上向きに設定されます．

5-1-4　削孔方法

削孔機械は，ロータリー式パーカッションドリルが一般的に用いられます(**写真-6**，詳細は参考文献3)に詳述)．同機には，スキッド型とクローラ搭載型がありますが，NATMによるタイヤ工法においては，汎用性，仮設・撤去が容易な後者が多く用いられます(写真-6)．削孔径は，φ101～225㎜が対応可能です．通常の先進ボーリング，水抜き工は，ノンコアボーリングで行われます．断層破砕帯などが想定され詳細調査の必要性がある場合は，PS-WL工法によるコア採取が適用されます．崩壊性地山や未固結地山においては二重管掘削方式を用いて外管をケーシングとして保孔しながら内管でサンプリングします．安定した崩壊の恐れのない地山では二重管工法は口元数mのみとし，シングル削孔されます．湧水が予想される場合は排水処理(清濁分離)に備えて，口元部を拡孔後，スルースバルブを取り付けたSGP管を最低２m挿入，固定しておきます(**図-12**)．

5-1-5　仮設備

クローラ搭載型ロータリー式パーカッションドリルによる先進ボーリング坑内仮設備配置図を**図-13**に示します．**図-14**に飛騨トンネル避難坑

TBMにおける先進ボーリング状況の事例を示します．この事例ではボーリング実施の都度，ボーリング設備一式を台車でNo.1後続台車の前方まで搬入しています．

5-1-6　施工フローチャート

図-15にPS-WL工法施工時のフローチャート事例を示します．

また，崩壊性地山で行われる二重管削孔方式によるノンコアボーリング削孔手順は，以下のようになります．

①　φ125㎜×φ80㎜にて削孔
②　φ80㎜インナーロッド抜管
③　集水管(VP50)挿入
④　φ125㎜アウターロッド抜管

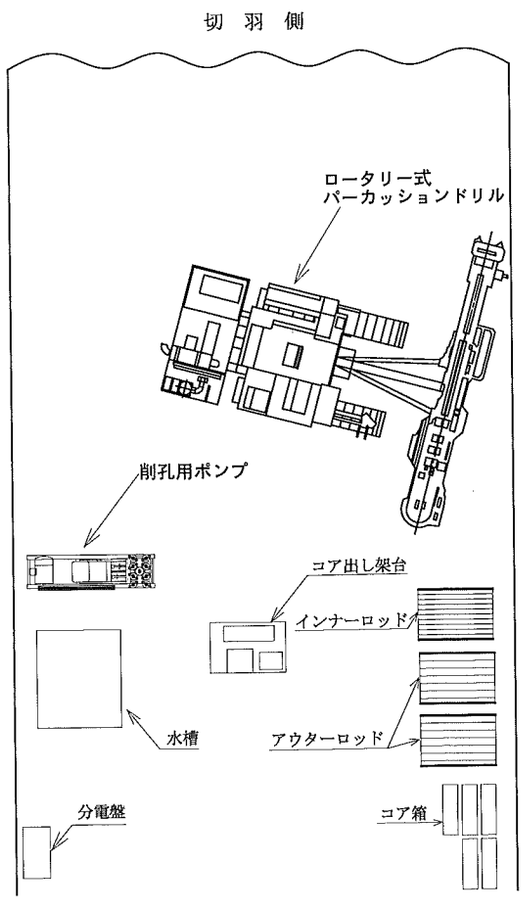


図-13　先進ボーリング坑内仮設備配置図

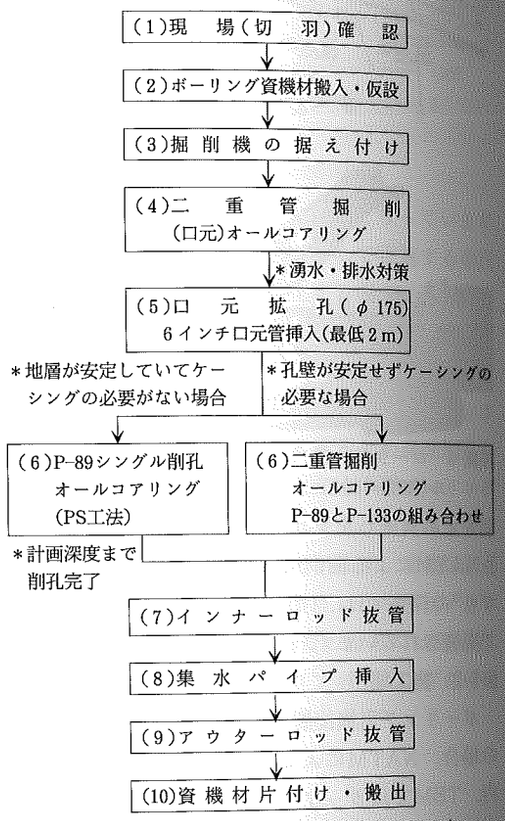


図-15　PS-WL工法施工時のフローチャート

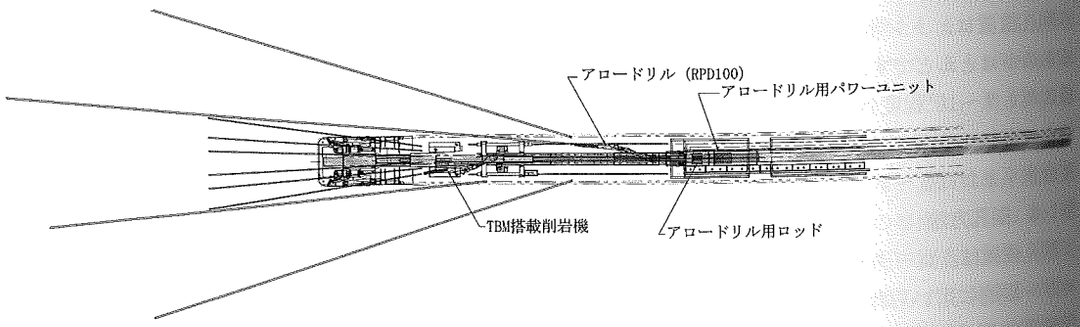


図-14　飛騨トンネル避難坑TBMの事例

5-1-7　施工計画上の留意点

中尺ボーリング施工計画にあたっては，次の点に留意する必要があります．

①　短い間合い(半日～1日程度)で所要深度の削孔が可能な高い能力のドリルヘッドを選定する．
②　作業時の切羽点検
③　地質条件が著しく変化する地山や帯水層による切羽の不安定化が懸念される地山では，追加ボーリングや短尺ボーリングとの組み合わせによる切羽管理を考慮する．
④　可燃性ガスが湧出および噴出する可能性がある場合，機材の防爆仕様の採用，ボーリングロッド抜管時のエアムーバによるガス希釈を行う．

5-2　得られる情報と効果

5-2-1　ノンコア先進ボーリング

地質調査中尺ボーリングは多くの場合，ノンコアボーリングによるスライム鑑定，削孔速度，回転数，推力，トルクなどによる地質判定と湧水記録(湧水位置，湧水量，湧水圧)により切羽前方地質を推定します．

また，短尺ボーリングのところで詳述される削孔検層のシステムを導入することも可能です．図-11は，ボーリングデータをまとめた飛騨トンネル作業坑の事例です．

5-2-2　中尺水抜きボーリング

中尺ボーリングでは，口元管を設置することで湧水圧を正確に測定できます．切羽前方50～150m程度間の湧水位置，湧水量，湧水圧，地質情報を得ることで切羽安定化のため水抜き工の必要規模を判断することができます．崩壊性地山や未固結地山でも二重管掘削方式とストレーナ管の設置により，地山の乱れを最小限に抑えた水抜きが行えます．図-11はこうしたデータにもとづき水抜きボーリングを追加した事例です．

5-2-3　PS-WL工法によるコアリング

採取されたコア観察と削孔データを組み合わせることにより，「2-3-1　コア観察・RQD(前号)」で前述の情報と効果を得ることができます．

⑥　切羽から実施する短尺ボーリング

この連載講座の第1回，5章の中で述べられているように，「先進ボーリングといえども，それを行うことが切羽掘進を遅らせるような事態になっているとしたら本末転倒と言われかねません」．したがって，切羽から長尺ボーリングあるいは中尺ボーリングを行う場合には，できるだけ切羽作業の邪魔をしないような段取りが必要です．このために，切羽作業の休止日を利用するか，切羽の後方にボーリング座を設けてボーリングを実施します．また，これらのボーリングは専用機と専門作業員で行いますので，計画的に実施することが必要で，費用も掛かります．したがって，臨機応変の対応が難しく，切羽ごとに実施できるボーリング本数も限られざるを得ません．

これに対して，トンネル掘削用のドリルジャンボに搭載されている削岩機で，切羽前方20～50m程度までの短尺ボーリングをノンコアボーリングで探り削孔する方法があります．これは，現場に常駐しているドリルジャンボとトンネル作業員で行いますので，施工が容易であり，短時間で安価に施工できます．したがって，臨機応変の対応が可能で，掘削サイクルへの影響も比較的小さい方法です．この方法で得られる情報では，前方の地山の硬軟とか水量程度しかわかりませんが，それでもトンネルを掘削するうえでは重要な地質情報となりえます．

これに加えて，探り削孔で得られる削孔速度，打撃エネルギーなどの削孔データから切羽前方地山を定量的に評価する手法として，削孔検層を行う場合もあります．とくに，急速施工を前提としたTBMでは，前方地山状況を高速かつ的確に把握することが肝要であり，ドリルジャンボの削岩機と同様の油圧削岩機で，削孔検層を行う場合が多くなっています．

また，切羽前方の水抜きを目的とするボーリングでは，できるだけ早い段階で地下水の状況を把握して水抜きに要する時間を確保するために，多

くの場合，長尺・中尺水抜きボーリングを実施します．しかし，地質が複雑な場合には，長尺・中尺水抜きボーリングだけでは切羽周辺の水が抜き切れずに残る場合があります．脆弱な地質では，これが切羽崩壊の要因となることがありますので，切羽周辺の水を確実に抜くことを目的として，短尺水抜きボーリングによる水抜きを実施します．

6-1　施工計画の基本

6-1-1　探り削孔・削孔検層

（1）　ボーリングの方法

1）　NATMの場合

削孔機械は，発破装薬孔やロックボルト孔の削孔に使用するドリルジャンボに搭載されている削岩機を使用します．ロッドを継ぐための足場として通常は掘削ベンチを利用しますが，天端部などの高所に削孔する場合には，ドリルジャンボに装備されているマンケージをロッド継ぎ足場として活用します．

削孔検層を行う場合には油圧削岩機に削孔データの測定装置を取り付ける必要があります．この装置は汎用性があり，PSアンカー削孔機やドリルジャンボなど，どのような油圧削岩機にも取り付けることができます．

2）　TBMの場合

通常，TBMには削孔用の削岩機は装備されていませんので，探り削孔を行う場合には，別途に削岩機を装備するかあるいはレールジャンボを配置します．削岩機を装備する場合には，TBMではスペースが限られているため，削岩機を取り付けるスペースを大きくする工夫をして施工性を良くしたり，補助工法を効率的に施工するための工夫がされています．

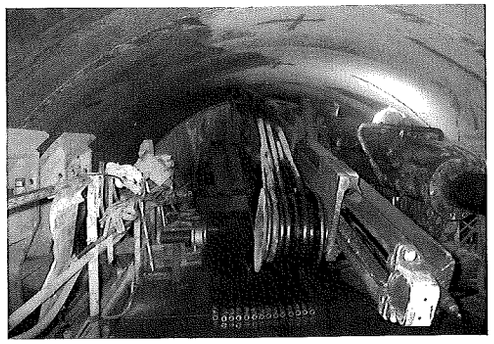


写真-7　オープン型TBMに搭載された削岩機

事例1：栗東トンネル下り線TBM導坑では，φ5mのオープン型TBMのルーフサポート後部の作業台に170kg級油圧削岩機を搭載して，削孔検層やフォアパイリングなどの補助工法に使用しました[5]（**写真-7**）．アーチ状にフォアパイリングを施工するために，削岩機のブームにはローテーション機構を備えています．

事例2：沼隈幹線管渠工事のTBMは，φ2.3mの小口径ダブルシールド型ですが，No.1後続台車に格納式の150kg級油圧削岩機を搭載して，削孔検層や水抜きボーリング，地山改良などに使用しました[6]（**写真-8**）．削孔位置をできるだけ前方にするために，TBMのテール部に5か所の削孔用ガイドホールを設けました．

（2）　ボーリングの長さ，本数，位置，方向

トンネル掘削時のトラブルを未然に防ぎ，安全に施工するためには，切羽前方の地山状況を的確に把握することが重要です．探り削孔や削孔検層は現場に常駐している機械で容易に実施できますので，トンネル全線にわたって実施することが望まれます．とくにTBMの場合は，不良地山で拘束されると復旧に多くの時間と費用が掛かりますので，削孔検層で全線について切羽前方探査を実施するのが効果的です．しかし，ダブルシールド型TBMのように前方への削孔に手間がかかる場合には，削孔延長を減らすために，坑内からの3次元反射法弾性波探査などによって地山不良部を概略把握したうえで，余裕を見込んでその手前の

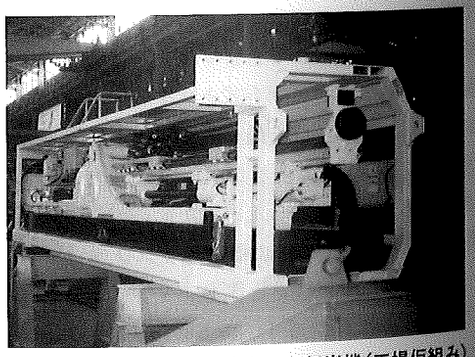


写真-8　No.1台車に格納された削岩機（工場仮組み）

地点まで掘進してから，削孔検層を行うこともあります．

探り削孔および削孔検層の削孔径はφ64㎜，長さは30～50m程度で，前回の探査とは5m程度ラップさせて，切羽ごとに1本削孔する事例が多いようです．なお，削孔検層を行う場合，削孔長が長くなるに従って，孔曲がりや孔荒れに加えてロッド重量の影響が大きくなって探査精度が低くなりますので，精度の高い探査を行うためには，削孔長を30m程度までにするのが良いでしょう．

NATMの場合は，ロッド継ぎの足場を考慮してベンチ上1m程度の高さで，断面内の地山状況を探査できるように，トンネル軸と平行に断面内で削孔します．

TBMでは，ルーフサポートの直後から天端上方に向けて10°程度の角度で削孔します．TBMの場合，削孔方向を決めるときには，もしもジャーミングによって削孔ロッドが回収不能となり断面内に存置すると，TBM掘進の際に大きな支障となりますので，たとえ孔曲がりをしても断面を侵さないように留意する必要があります．

6-1-2　短尺水抜きボーリング

（1）　ボーリングの方法

削孔機械は，さぐり削孔の場合と同様にドリルジャンボに搭載されている削岩機を活用しますが，孔壁が安定しない場合でも削孔長を伸ばして水抜きの効果を得られるような工夫もしています．

事例3：湖北トンネルでは長尺・中尺水抜きボーリングだけでは，切羽直近の地下水を抜くことができませんでしたので，さらに短尺水抜きボーリングを追加しました．

削孔機はドリルジャンボに搭載された150kg級油圧削岩機を使用しましたが，裸孔ではジャーミングのために15m程度しか削孔できませんでしたので，φ60.5㎜の小口径AGF鋼管をケーシングとストレーナの兼用にして削孔する方法を工夫し，40mの水抜き孔を削孔しました[7]（**図-16**）．

（2）　ボーリングの長さ，本数，位置，方向

短尺水抜きボーリングの目的は切羽直近の水を確実に抜くことですので，切羽の左右に2本のボーリングは必要です．これでも，地質が不均質な場合には局所的に地下水が残ることもありますので，その場合は天端部分にも追加して，安全に掘削できる水圧，水量に下がるまで本数を増やして水抜きします．長さは50m程度までで，前回の水抜きボーリングとのラップ長は切羽の地質に応じて5

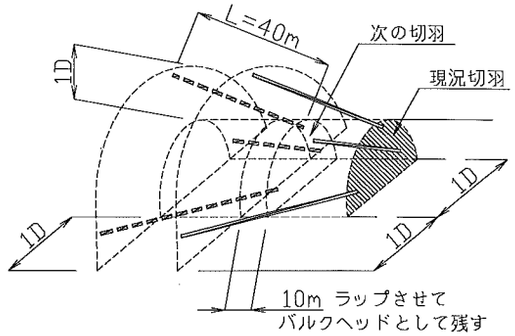


図-17　短尺水抜きボーリング概念図

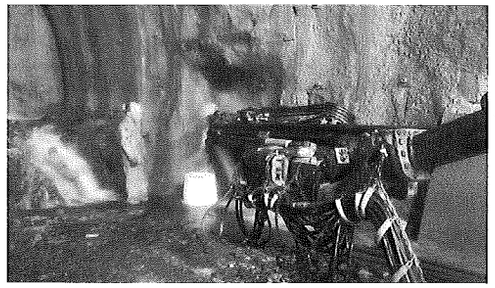
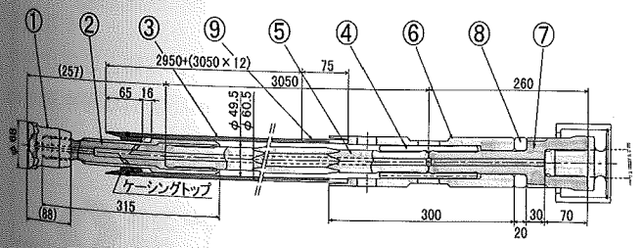


写真-9　配管スペースからの短尺水抜きボーリング



①	ロストビット	⑤	中継ぎロッド
②	シャンクデバイス	⑥	フロントアダプター
③	AGF鋼管 small-sタイプ	⑦	ロットアダプター
		⑧	緩衝リング
④	カップリング	⑨	保護キャップ

図-16　短尺水抜きボーリング構造図（小口径AGF鋼管システム）

～10mのバルクヘッドを残すようにラップさせます．また，削孔の方向は，ボーリングの先端でトンネル断面外側1*D*程度の範囲の水を探ることができるように決めます(図-17)．

(3)　仮設備

短尺水抜きボーリングは，掘削工事用のドリルジャンボを使用して削孔しますので，とくに仮設備を追加する必要はありません．

ただし，ボーリング孔からの湧水を清水として処理する場合には，清水排水管を増設する必要があります．また，**写真-9**のように，側壁部を掘り込んで配管スペース(発破防護スペース)を確保することもあります．

6-2　得られる情報と効果

6-2-1　探り削孔・削孔検層

探り削孔では，削孔速度，湧水量，スライム(岩質，粒径)，排水色やジャーミングの情報が得られます．削孔検層は，油圧削岩機で削孔する際に削孔速度，打撃エネルギーなどの削孔データが岩盤の性状によって変化することを利用して，トンネル切羽前方の地山状況を定量的に評価する手法であり，地山状況(岩盤の硬さ)の評価指標としては破壊エネルギー係数を用います．

事例4：栗東トンネル下り線TBM導坑では，掘削初期の約150m間で，削孔検層によって得られた破壊エネルギー係数と掘削時に把握できる地山状況とを比較しました．その結果，150J/cm³以下の場合には注意を要する軟らかい岩盤であることがわかり，これをトンネル全線で岩盤の硬軟を判定する閾値としました．また，亀裂が発達している場合や孔壁が自立しない場合にジャーミングが原因で破壊エネルギー係数がばらつくことに着目して，破壊エネルギー係数のばらつきも指標として，地山不良部を把握しました[5]．

さらに，削孔時に1ロッド(1.8m)ごとにスライムを採取して，色，破砕された粒の大きさや粘土分の含有量を観察して変質の程度を判定しました．掘削の支障となる断層は，熱水変質によって緑色化し，粘土分の含有量が多かったので，スライムから得られる情報が有効でした．

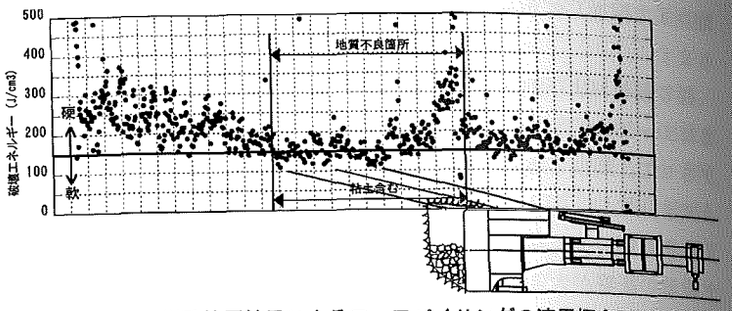


図-18　削孔検層結果によるフォアパイリングの適用概念図

これらの情報を活用することによって，補助工法を的確に適用するなど，地山不良部に対して迅速に対応することができました(図-18)．

6-2-2　短尺水抜きボーリング

短尺水抜きボーリングでは，直接的に水抜きの効果が得られるばかりでなく，湧水量，湧水圧の情報から，切羽を進めることの可否を判断することもできます．

事例5：湖北トンネルでは，水位観測井で地下水位を測定しながら，切羽の地質に応じて限界動水勾配をi_c=0.5～1.0として切羽を進めることの可否を判断していました(限界動水勾配については，この講座の第1回を参照してください)．しかし，トンネル上部に遮水層がある場合は，切羽直近の帯水状況が観測井の水位に反映されませんでしたので，限界動水勾配を判断基準にして掘進の可否を判断するのは困難でした．

そこで短尺水抜きボーリングを実施して，切羽直近の地下水を把握して掘進の可否を判断しました．削孔完了後にバルブを取り付けて湧水圧を測定するとともに，削孔時には1ロッド(3m)ごとに削孔時間，湧水量，スライムのデータを採取しました．これによって圧力水の有無と地質状況を同時に把握し，遮水層下部の局所的な帯水層での掘進の可否を判断しました．

⑦　あ　と　が　き

“施工計画の基本および得られる情報と効果”のテーマで2回にわたって連載しました．ここでは，トンネル現場で先進ボーリングが必要とされる場面を具体的に想定して，事例も示して説明しました．とくに，得られる情報と効果―言いかえれば，先進ボーリングの必要性―については一つの節を設けて記述しました．

突発湧水や切羽崩壊が発生すると，作業員に危険が及び，悪くすると災害に至る場合もあります．災害に至らなくても，切羽作業は停止して，掘進を再開できるまでに数箇月を要する場合も少なくありません．

こんなとき，先進ボーリングを実施していなかったとしたら，現場担当者は先進ボーリングで切羽前方の地山状況を把握しなかったことを悔やむことになります．しかし，事前に先進ボーリングの検討をしてはいても，工費の増加，工期の延伸を懸念して，二の足を踏んでいる場合もあるのではないでしょうか．

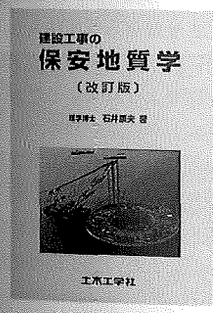
今回の連載が，そのような立場にいるトンネル技術者の背中を少しでも押すことができればと期待します．

(文責：松原利之・飛島建設(株)/領家邦泰・大成建設(株)/伊藤範行・鹿島建設(株))

参　考　文　献

1) 寺田光太郎・川北眞嗣・小林伸次・築地功：不良地山・大量湧水との闘い(大量湧水編)，東海北陸自動車道　飛騨トンネル，トンネルと地下，Vol.35，No.9，pp.15-25，2004.9.
2) 服部修一・蓼沼慶正・太田岳洋：八甲田トンネルの掘削近況と鉱化ずりの管理手法，トンネルと地下，Vol.34，No.11，pp.7-14，2003.11.
3) 山岳トンネル先進ボーリング連載講座小委員会：山岳トンネル先進ボーリング入門(2)，ボーリング機器とその性能(1)，トンネルと地下，Vol.39，No.10，pp.63-73，2008.10.
4) 平出廣和・小林真一・吉沢正洋：可燃性ガスを含む膨張性地山の施工，北陸新幹線飯山トンネル新井工区，トンネルと地下，Vol.33，No.6，pp.7-16，2002.6.
5) 仁井田・鎌田・西薗・重永・牟田口・宮嶋・澤村：Efficient TBM Driving by Observational Construction Management，IS-KYOTO 2001，Vol.1，pp.475-480，2001.
6)「山岳トンネルにおける工事用機械の選定」連載講座小委員会：山岳トンネルにおける工事用機械の選定(15)，TBM(2)－断面別，トンネルと地下，Vol.36，No.1，pp.67-72，2005.1.
7) 鎌倉・大澤・川浦・山田・反り目：高水位・断層破砕帯部におけるトンネル掘削実績，日本トンネル技術協会，第46回施工体験発表会(山岳)，pp.121-130，2000.12.

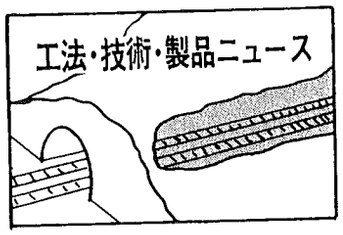
ユニークな手法を駆使!!　建設災害を考慮してまとめた地質学書の決定版!!



建設工事の
保安地質学
〔改訂版〕
理学博士　石井康夫 著
A5判　上製本　475頁　価格6,300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．

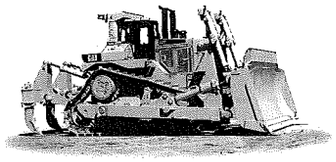
株式会社 工木工学社　〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16メイジャー神楽坂　電話 (03)3267-2888(代)　振替00110-8-190072



CAT最大のブルドーザをフルモデルチェンジ

キャタピラージャパンは，同社最大のブルドーザをフルモデルチェンジし，発売した．

今回新発売したCAT D11T(運転質量102.7t/マルチシャンクリッパ)は，CAT D11R(1996年4月発売)のモデルチェンジ機で，従来機の基本性能はそのままに，排出ガスに含まれる有害物質を大幅に低減する新世代環境対応型エンジンを搭載し，優れた環境性能を実現．また，作業内容に応じ，あらかじめ設定したブレード角度をスイッチひとつで切替可能なオートブレードアシスト機能を採用したほか，新型の大型キャブを採用し良好な前方視界と居住空間を実現した．



ライカ ジオシステムズとジオサーフが業務提携を発表

ライカジオシステムズとジオサーフは，情報化施工のマシンコントロールの市場開拓および販売について業務提携することを発表した．

両社は，国土交通省が昨年7月に発表した建設重機の3次元マシンコントロール(以下「3D MC」)の普及を見据えた「情報化施工推進戦略」を受け，今後3DMCの普及が促進されると判断，ライカジオシステムズが自社製品をジオサーフに提供，また，顧客ニーズを取り入れて製品開発・販売をしているジオサーフが，ライカジオシステムズにノウハウ提携することにより双方のメリットがあると判断し，今後の市場開拓・販売について業務提携を行う．この提携により両社合わせて次年度2億円の売り上げ目標としている．

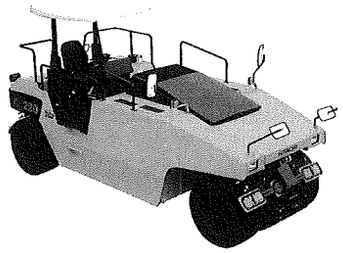
3DMCは，衛星測位システム(GNSS)などの測位システムを用いてを建設重機の3次元位置座標を求めるセンサーとして活用，制御PCにあらかじめ入力された設計データと重機の実際の位置を比較して制御するシステム．システムの導入による作業の効率向上や安全の確保が期待されている．



タイヤローラを発売

日立建機は，CP220$_{-3}$タイヤローラ(運転質量12.855t)を発売した．

同機は，従来機よりも運転席フロアを低くし階段状のステップを4段から3段へ改良，また後方ガードセンサを標準装備するなど，安全性を高めた．また，特定特殊自動車排出ガス基準の第3次規制値をクリアするとともに，国土交通省指定の超低騒音型建設機械の基準値をクリアし，環境にも配慮した．



地震防災システム(緊急地震速報活用システム)」の開発と土木現場への展開

飛島建設は，土木現場のような工種や規模がさまざまで，それぞれ異なるニーズに対応できる緊急地震速報を活用した「地震防災システム」を構築し，実施工現場に導入した．

同システムは，緊急地震速報を用いた地震防災システムで，「インターネットを利用する伝達機器(伝達システム)」と，「作業員の行動計画や教育訓練(運用システム)」で構成される．実際の運用でもっとも重要と考えられている緊急地震速報が伝達された場合の行動について，きめ細かな手順を作成し，新規入場者教育や防災訓練などを通じ，周知と教育の徹底を図るとともに，都心部の現場では看板を作成して近隣住民などへの周知を行い，必要に応じて緊急地震速報の共有を図っている．

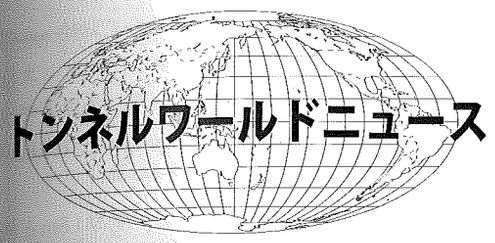
既設地下構造物の漏水対策

大林組，太平洋マテリアル，大阪防水建設社は，既設地下構造物の漏水対策として，「アクアカット」外防水膜形成工法を共同開発した．

同工法は，地下壁内側から構造物と外周地盤との境界に，無機系材料をゲル化させながら低圧注入し，地下壁背面に防水膜を形成する工法で，漏水量が従来より減少するため，排水処理コストが低減される．

低圧注入により，既設地下構造物への影響を最小限に抑え，また，超微粒子セメントなどの無機系材料を用いることにより，施工後の材料劣化を防ぐ．

防水膜は厚さが薄く広範囲に拡がるため，従来の注入工法に比較して，少ない材料で最大の効果が期待できる．また，設備も小規模となり施工時の制約もほとんどない，といった特徴を持つ．



(社)日本トンネル技術協会
国際委員会

アイルランドのシャノン川で沈埋トンネル工事がスタート

アイルランドのLimerick付近にあるドライドッグで，沈埋トンネル用のコンクリート躯体の製作が進められている．このトンネルはShannon川を横断して市内を迂回する環状道路の一部となり，高速道路の7号線と結ばれる予定である．

道路を建設しているStrabag international JVは民間資金を活用したPPPプロジェクトとして，2年後の工事完成を計画している．川の北岸にある長さ600m，幅33mのドライドッグで，沈埋トンネルのエレメントが準備されつつある．

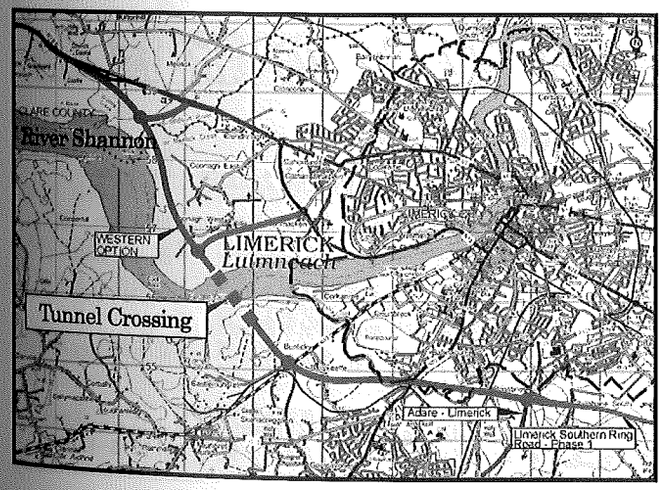
入口部およびランプ部を含むトンネル区間は全長915mである．Strabag社自身がそのトンネルの建設を請け負っている．トンネルは五つのエレメントから構成され，各エレメント長は100mである．トンネルの寸法は，頂部が幅22.7m，高さ8.5m，底部は幅25mで，厚さ1.15mのスラブ盤である．トンネルの断面構成は，幅約10m，高さ6.1mの二つの内空からなる．

建設業者は二つの移動型枠を使用して，6日のサイクルで20m区間分のエレメントを打設している．壁とスラブは一度で打設され，そのコンクリートは内型枠を用いて3～4日間養生される．鉄筋のかぶりは60～80㎜で，端部の型枠は打ち継ぎ目の止水性を有している．

耐用年数120年，重量20,000tのエレメントはドライドックから浮き放たれ，川床に準備された溝に設置される予定である．また，川の対岸では，開削・覆工トンネルを建設中である．

Limerick 南部環状道路を建設しているJV(Direct Route Limerick Ltd.)は，Strabag社に加えて，John Sisk社，Lagan Construction 社，および Road bridge社から構成される．

(T&TI　'08.7　担当：小島宗隆・鉄道・運輸機構)



ロビンスがデリー地下鉄とニューヨーク地下鉄2か所で活躍

ロビンス社とMHI社は，最近デリー地下鉄工事(フェーズ2)に土圧シールド2台を新規投入した．デリー地下鉄では全工区で14台のシールドが投入されている．

これら2台の外径6.5mシールドは日本のMHIと中国そして米国の共同製作で中国の工場で組み立てられた．

2台のシールドはUdyog Bhawan地域とGreen Parkを結ぶ5.3kmの路線区間のうち2kmを並列に掘削するものである．また，シールドはJor Bagh駅の開削部から1台は5月に，もう1台は6月に発進した．報告によるとこの2台は数種類のタングステンカーバイトによる補強を施したカッタビットを装備しており，砂質シルト，シルト質の砂礫層など地下水圧3 bar下の複雑な地質を掘進するようだ．

ロビンス社のスポークスマンによれば，このシールドはいくつかの特徴が

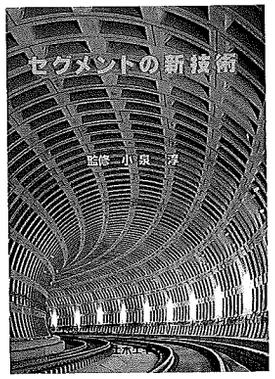
ある．その一つはカッタフェイスの開口率を55%として掘削土の流入を妨げないよう配慮している．また，掘進と同時に厚さ275㎜のRCセグメントを組み立てるように設計されている．

この路線はContinental Engineering Corporation(CEC Taiwan)と Soma Enterprise Ltd.(India)の2社のJVにより落札され，工期は運転開始予定の2010年に開催される国際体育大会にあわせて2009年12月の完成を保証している．

また一方地球の裏側で，ロビンス社製の外径6.7mのリビルト(改造)されたTBMがESA(East Side Access) in New York プロジェクトにおいて Grand Central 駅へ初の到達を完了したと報じている．このリビルト(改造)したダブルシールド型TBMはイタリアのSELI社の2台のTBMのうちの1台で，マンハッタンとクィーンズ間を結ぶ地下鉄新線に投入された．またもう1台の外径6.7mのTBMは，ロビンス社製のメインビーム型TBMで1台目と並列して掘進する．ロビンス社の報告では2台のTBMは難しい地質条件下で良好な掘進を可能とし，平均進行はそれぞれ9.8m/日と11.1m/日であったという．

この2路線はトンネルの離隔が壁厚1.5mと極端に薄く，さらにトンネルの支保も最小で施工された．TBMの運転クルーは，隣の路線のトンネル側壁に影響が出ないようにグリッパ圧力とスラスト推力を45～50%に減じて掘進させた，とロビンス社の現地サービスマネージャである King Daniels 氏は語った．7月初旬にはメインビーム型TBMは延長2,600mのうち1,400mを掘進中で，この2台のTBMは Grand Central 駅までの全断面掘削を掘進した後，新しいトンネルからTBMを回収する予定である．

(WT　'08.7　担当：篠原慶二・前田建設工業(株))



セグメントの新技術

監修　小泉　淳

B 5 判　132頁　本体価格 2,000円　〒290円

本書は「トンネルと地下」の連載講座として，過去10年間に開発され，実用化されたセグメントを中心に開発中のものも含めてアンケート調査を実施し，また，土木学会の年次学術講演会における発表状況も参考にして34件のセグメントを抽出し，同じフォーマットで紹介したものをもとに，新たに「セグメントの新技術」編纂委員会を作り，個々のセグメントに加筆，修正を加え，より充実した内容にまとめたものである．

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

社団法人 日本トンネル技術協会 会報

1. 会員の現状

	11月25日現在
正会員	1,944名
団体会員	343名
個人会員	1,601名
名誉会員	1名
計	1,945名

2. 第192回理事会，第66回顧問・評議員会

日　時：平成20年11月19日(水)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25名，監事3名，顧問1名，評議員19名
議　事：
①21名の入会と123名の退会を承認
②役員，評議員の交替を承認

1. 理　事

旧	新	所属役職
青野　捷人	大西　敏夫	東日本高速道路(株)常務取締役
北川　信	中村　守	本州四国連絡高速道路(株)常務取締役
矢萩　秀一	入江　健二	東京地下鉄(株)取締役
鈴木　進	吉原　一彦	東京都交通局建設工務部長
吉越　洋	大塚　正博	東京電力(株)工務部部長
戸村　和彦	岡田　満	飛島建設(株)執行役員取締役

2. 監　事

旧	新	所属役職
入江　健二	西村　高明	東京地下鉄(株)鉄道本部改良建設部長
砂道　紀人	福田　直利	電源開発(株)水力エンジニアリング部長

3. 評議員

旧	新	所属役職
杉山　弘泰	有賀　茂	電源開発(株)工務部水力エンジニアリング部土木技術室長
大塚　正博	竹内　友章	東京電力(株)工務部設備渉外・調整グループマネージャー
中井　雅彦	熊本　義寛	東日本旅客鉄道(株)東京工事事務所長
西村　高明	武藤　義彦	東京地下鉄(株)鉄道本部工務部次長
中原　昭夫	丸山眞佐雄	日本国土開発(株)執行役員
原田　喜文	——	りんかい日産(株)執行役員
川端　規之	木下　雅敬	新日本製鐵(株)建材開発技術部部長

③役員報酬規程を承認
④第35回通常総会開催日を平成21年5月20日(水)とした．
⑤その他として
・新年名刺交換会開催日を平成21年1月8日(木)12時からとした．
・次回理事会開催日を平成21年2月25日(水)12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

ずり出し調査WG：11/18(朝倉譲主査ほか5名)調査報告書を検討

都市トンネル小委員会幹事会：11/11(守屋洋一幹事ほか7名)連載講座Q&Aを編集

効率的掘削工法特別委員会：11/4(西村和夫委員長ほか24名)報告書原稿を検討

同　打合せ会：11/25(領家邦泰委員ほか4名)吹付け覆工の原稿を検討

同　同：11/25(椙山孝司委員ほか5名)早期断面閉合の原稿を検討

北海道新幹線(本州方)トンネル施工技術委員会機械化施工WG：11/4～5(小山幸則座長ほか38名)現地視察ほか

計　6回開催　89名出席

②運営広報関係委員会

◎総務委員会：11/5(日月俊昭委員長ほか8名)理事会議題を検討

広報小委員会

会誌WG：11/5(大島洋志主査ほか13名)12月号の会誌と3か月計画を検討

◎国際委員会

海外文献小委員会

ITA統括WG：11/12(石田積主査ほか10名)インド総会報告ほか

海外ニュースWG：11/20(小島宗隆主査ほか8名)海外ニュースを翻訳

計　4回開催　43名出席

合計　10回開催　132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35回ITA総会およびコングレス 「都市と環境のための安全なトンネル工法」	2009. 5.23～28	ブダペスト (ハンガリー)	Hungarian Tunnelling Association (ハンガリートンネル協会) International Tunnelling and Underground Space Association(国際トンネル協会) http://www.wtc2009.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20年度催物開催現況

催物名	開催日	人数	場所
(見学会)			
名古屋市下水道現場研修会	2008. 6.19	15	愛知県
名古屋市地下鉄現場研修会	2008. 6.20	13	愛知県
交差点立体工事現場研修会	2008. 7.25	18	神奈川県
都下水道現場研修会	2008. 7.30	17	東京都
首都高速中央環状新宿線現場研修会	2008. 8.19	18	東京都
福岡市下水道現場研修会	2008. 9.12	19	福岡県
北関東自動車道トンネル現場研修会	2008. 9.19	18	栃木県
北海道道路トンネル現場研修会	2008. 9.25～26	41	北海道
北海道新幹線トンネル他現場研修会	2008.10. 9～10	32	北海道
仙台東西線 青葉山トンネル他現場研修会	2008.10.17	17	宮城県
調布駅付近連続立体交差現場研修会	2008.10.31	23	東京都
東濃地科学センター施設研修会	2008.11.13	20	岐阜県
HEP&JES工法工事現場研修会	2008.12. 5	15	東京都
小田急下北沢地区複々線化工事現場研修会	2008.12.12	30	東京都
(施工体験発表会)			
第62回(山岳) 「周辺の環境条件を配慮し，新技術を駆使したトンネル工事」	2008.10.23	131	東京都
第63回(都市) 「都市部の特殊条件下でのトンネル工事」	2008.10.24	89	東京都
(講演，講習会)			
第10回トンネル技術ステップアップ研修会(シールド部門)	2008.11. 6～ 7	20	東京都
第11回トンネル技術ステップアップ研修会(山岳部門)	2008.11.20～21	19	栃木県

施工体験発表会最優秀賞受賞論文

第62回(山岳)ならびに第63回(都市)施工体験発表会において最優秀賞を受賞した2編の論文をここに掲載し，紹介いたします．

第62回(山岳)施工体験発表会最優秀賞

地上構造物が存在する地すべり直下のトンネルの情報化施工

中日本高速道路(株)東京支社浜松工事事務所工事長 臼田芳彦
中日本高速道路(株)東京支社浜松工事事務所 工藤和紀
清水建設(株)名古屋支店土木技術部工事統括部長 神澤幸治
清水建設(株)名古屋支店土木技術部主任 平野宏幸

1. はじめに

引佐第二トンネルは，静岡・愛知両県の県境付近に位置し，現在建設中の第二東名高速道路と供用中の東名高速道路を結ぶ引佐連絡路内の2車線トンネルで，引佐山地と呼ばれる標高200～400mの起伏の小さい山地部を通過する．地質構成は，中～古生代の御荷鉾緑色岩類で，輝緑岩を主体とし，輝緑凝灰岩，蛇紋岩，水冷破砕岩を介在する．トンネル延長は，上り線1,347m,下り線1,528m，掘削断面は約110m²であり，上り線，下り線ともに補助ベンチ付き全断面工法で,北側坑口より片押し施工を行った．

南北の両坑口には大規模な地すべりが存在し，地すべり対策工に加えて数多くのトンネル対策工を採用してトンネルの緩みを抑制し，地すべりに及ぼすトンネル掘削の影響を極力抑えた．トンネル中央部は付加体の脆弱地山であったため，切羽の崩壊とトンネルの大変形が発生したが，長尺鏡ボルトを基本とする切羽補強工で対応した．

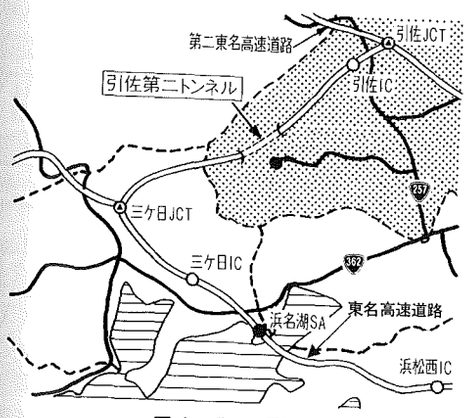


図-1 現場位置図

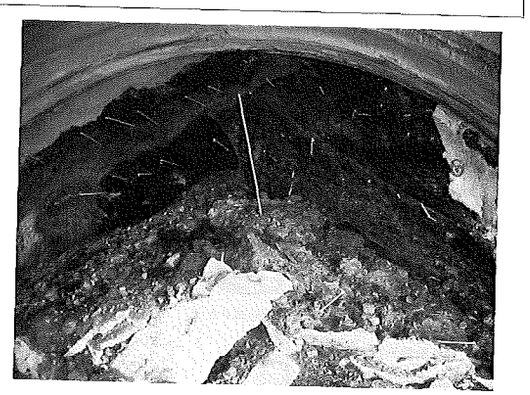


写真-1 切羽崩壊状況

本稿は，引佐第二トンネルの南坑口部で実施した地すべり対策工と，トンネルの情報化施工の概要と施工結果について報告するものである．

2. 工事概要

工事名称：第二東名高速道路引佐第二トンネル工事
工事場所：静岡県浜松市北区引佐町奥山地内
発注者：中日本高速道路(株)東京支社
工　期：平成12年3月23日～平成20年2月28日
施工者：清水建設(株)・戸田建設(株)・大日本土木(株)共同企業体
掘削工法：補助ベンチ付き全断面工法
掘削方式：発破掘削(タイヤ方式)

3. 地形・地質概要

南坑口部の地質は，トンネルの北側の御荷鉾帯と南側の秩父帯の境界に存在する断層(御荷鉾構造線)に付随する御荷鉾帯の破砕帯と，その上に堆積した崩積土によって構成されている．トンネルの岩質は御荷鉾緑色岩類の輝緑岩を主体とし，輝緑岩の水冷破砕岩，輝緑凝灰岩，

蛇紋岩を介在する付加体のメランジュである．地山の一軸圧縮強度は28.6～92.8MPa(平均50.6MPa)，孔内水平載荷試験から得られる地山の変形係数は22.0～255.2MPa(平均81.8MPa)，弾性波探査から得られる弾性波速度は2.7～2.9km/sである．

地形的には標高100～180mの緩斜面となっており，当該地一帯は等高線の乱れが著しく，崩積土が堆積し，地下水位の高い状態にあった．南坑口周辺には，事前調査で多数の地すべりブロックが確認されており，地すべりブロック内には家屋などの地上構造物が存在していた．また，トンネルの土かぶりは，上り線，下り線ともに1.5D(Dはトンネル掘削幅D＝約14m)以下であった．

4.　地すべり概要と地すべり対策工

4.1　地すべり概要

事前調査で確認されていた地すべりブロックのすべり面を確認するために，調査ボーリングを実施し，すべり面の特定と傾斜計による変位の計測，地下水位の観測を行った．傾斜計による計測の結果，約1年6か月の間に18～85㎜の変位が確認され，ほぼすべてのブロックが滑動中であることがわかった．また，地すべり地周辺の地表には多くの地点で湧水があり，既設の集水井から1年を通して50～200ℓ/minの湧水を確認した．

トンネルの掘削の影響範囲にある地すべりブロックをA，M，およびKの記号で識別し，それぞれのブロックの規模，地すべり角度，地下水位，および傾斜計計測による変位速度を表-1に示す．また，図-2に当該地周辺の平面図を示し，ブロックKの主測線断面図を図-3に，ブロックA，Mの主測線の断面図を図-4に示す．

4.2　地すべり対策工

地すべり対策工は，排土工，地下水排除工，押え盛土工で代表される抑制工と杭やアンカーなどで地すべりを力学的に止める抑止工を組み合わせて計画した．抑制工は,地すべり地内に民地があり，大規模な排土工および押え盛土が不可能なため，排水トンネルによる地下水排除工を選定した．抑止工は，地すべり直下および地すべり土塊内にトンネルが位置し，グラウンドアンカー工ではトンネル本体およびトンネルの緩み範囲が干渉して，適切な配置が困難となるため，抑止杭工(鋼管杭)を選定した．また，トンネル掘削時の緩みが，地すべりに影響を与えたり，鋼管杭の背面抵抗を低下させることが懸念されたので，地すべり対策工区間ではトンネルの緩み抑制対策として，垂直縫地工を採用した．

表-1　地すべり概要

地すべりブロック	ブロックA	ブロックM	ブロックK
地すべりの規模	幅　：160m 長さ：150m 深さ：9～13m	幅　：140m 長さ：135m 深さ：12m	幅　：80m 長さ：190m 深さ：14m
地すべり面の推定角度	12°	24°	16°
地下水位	GL－3.7～6.5m	GL－6.0m	GL－2.3～3.2m
孔内傾斜計計測による変位速度	0.01～0.08㎜/日	0.01～0.05㎜/日	0.01～0.06㎜/日

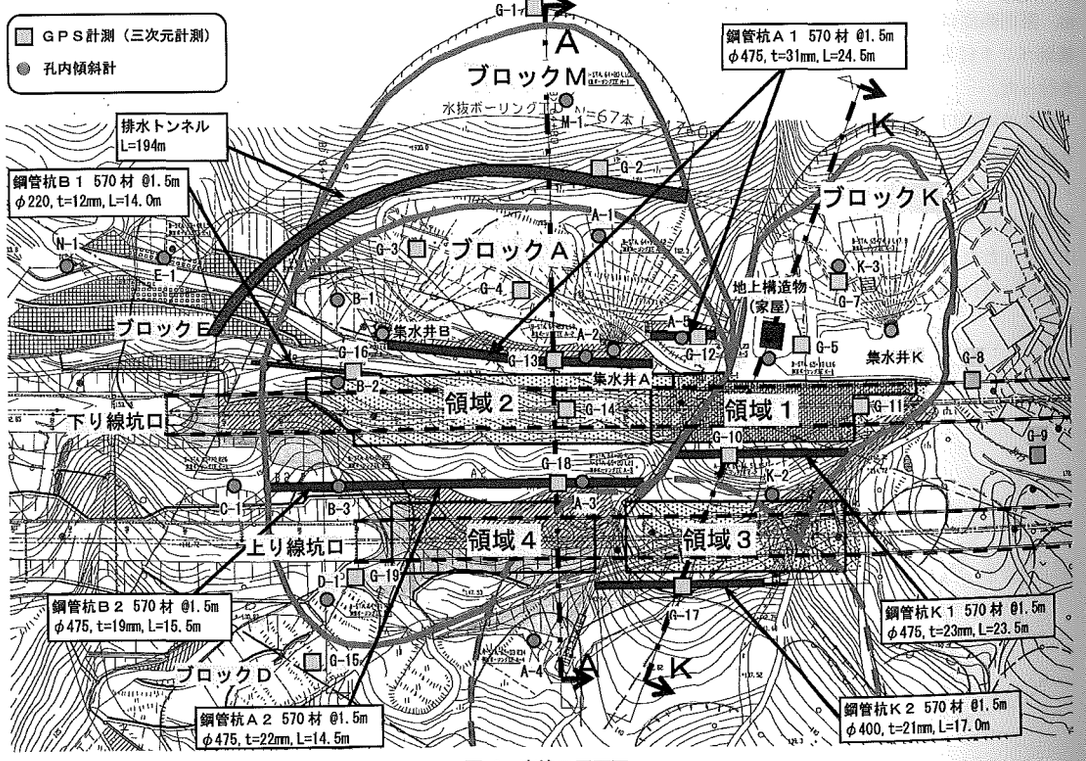


図-2　南坑口平面図

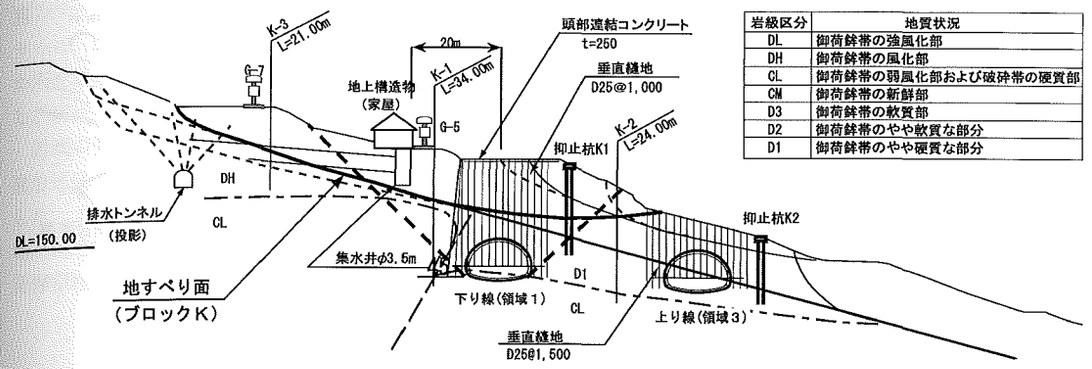


図-3　ブロックK横断図(K－K断面)

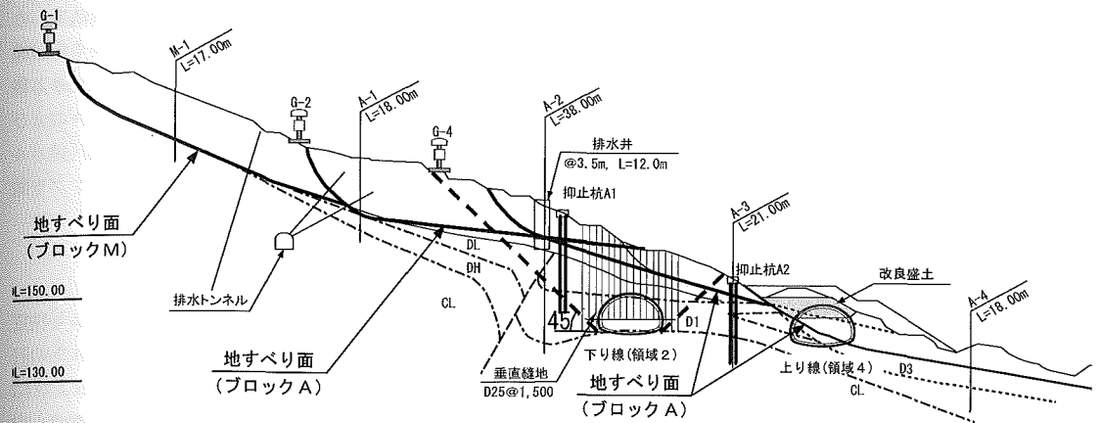


図-4　ブロックA，M横断図(A－A断面)

4.2.1　排水トンネル

排水トンネルは，図-5に示すように内空断面約10m²でボーリングマシンが入る最小断面である．坑口は地すべりに影響を与えない比較的良好な地山条件を選び，地すべりブロックA，M直下を通って，ブロックAとブロックKの境まで施工した(図-2参照)．また，地すべり面と排水トンネル距離は2D以上とり，トンネルの緩みが地すべりに影響を与えないように考慮した．当初設計は在来工法(矢板工法)であったが，地山条件が悪く切羽崩壊が多発し，矢板の取り付けが困難であったため，

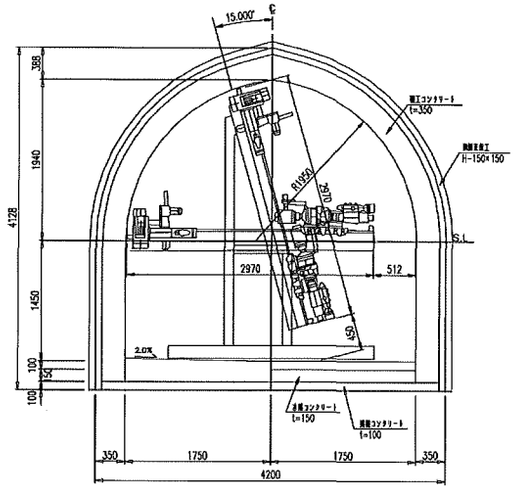


図-5　排水トンネルの断面形状

NATMに変更した．掘削方式はブームヘッダ(RH-8J)による機械掘削を基本とし，転石処理に発破掘削を併用しながら施工を行った．また，坑口より80m以奥については，地質が悪化し，掘削断面積15m²の小断面にもか

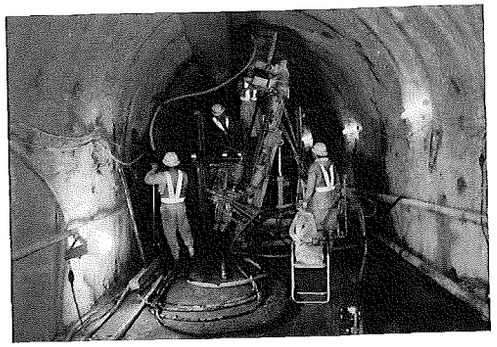


写真-2　集水ボーリング施工状況

かわらず上半・下半・インバートストラットの交互施工を余儀なくされた．

4.2.2　抑止杭工

排水トンネルの施工後，地すべり挙動が収束傾向を示したため，抑止杭(鋼管杭)の設計・施工を行った．鋼管杭の仕様と配置を図-2に示す．ブロックAに関しては上り線と下り線の山側に杭を配置した．しかし，ブロックKは下り線トンネル山側に神宮があり，杭の配置は上り線と下り線の谷側に配置せざるを得なかった．

4.2.3　垂直縫い地工

垂直縫い地工は図-2の領域1～3に施工し，仕様は削孔径φ90㎜，ボルトD25，打設間隔トンネル縦断方向1.0～1.5m，トンネル横断方向1.5mとした．打設範囲は，トンネル断面内のボルトをスプリングラインまで，トンネル断面外のボルトをインバート最下面までとし，ボルトの定着材であるセメントミルクを加圧注入して地山改良効果を期待した．また，領域4は土かぶりが5m程度と小さいため，経済性を考慮してトンネルクラウン部120°の範囲を改良盛土で置き換えた．

5.　情報化施工の概要

5.1　トンネル施工時の問題点

当現場では，トンネル掘削時に以下の問題点があった．

(1)　トンネル安定問題

付加体の脆弱地山であるため，切羽崩壊とトンネルの大変形が懸念される．また，地すべりによる偏圧を受けることが懸念される．

(2)　地すべり誘発

地すべり対策工により地すべりの安定は確保されるが，トンネル掘削による緩みが想定以上に大きい場合には，地すべり誘発が懸念される．

(3)　地上構造物の変状

地表には，民家，神宮などの地上構造があるため，トンネルの緩みおよび地すべり誘発によりこれらの構造物に変状が発生することが懸念される．

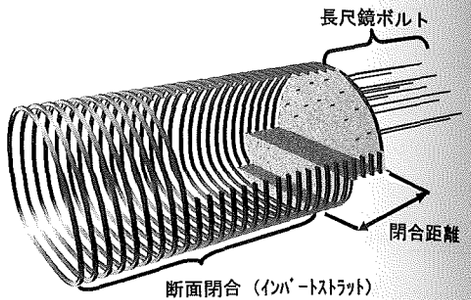


図-6　本施工法の概念図

5.2　情報化施工法の考え方

当現場では前節で述べたトンネル施工時の問題点があるため，トンネルの切羽の変状や坑内変位計測結果への対応だけでなく，不安定な地すべり挙動の兆候や周辺構造物などの変状が検出されたとき，直ちに対応できる施工法を計画する必要があった．そこで，トンネルおよび地すべりの安定に対して，図-6に示すように長尺鏡ボルトと早期断面閉合で対応し，この施工のタイミングを地表面変位などの計測結果にもとづいて決定した．

5.3　情報化施工計画

5.3.1　長尺鏡ボルト

長尺鏡ボルトは，既往の研究で経験的手法により決定された標準設計パターンを参考に設計した．ボルトの打設長は原則として12mとし，打設間隔を1.5mおよび1.2mの2種類とした．ボルトは切羽進行とともに撤去しやすくするためグラスファイバー製とし，注入材には試験施工の結果からシリカレジンを採用した．

5.3.2　早期断面閉合

断面閉合は切羽直近においてインバートストラットによって行い(図-7参照)，最大閉合距離15m(約1*D*)，10m(約0.7*D*)，7m(0.5*D*)の3種類の閉合パターンを設定した．閉合は，トンネルの掘削サイクルに組み込み，上半，下半，インバートの交互施工を行うことで所定の最大閉合距離(以下，閉合距離という)を確保した．

5.3.3　現場計測

本情報化施工では，トンネルと地すべりの相互影響と双方の安定を確認し，計測結果に応じて対策工を施工する，そのため，現場計測として，従来のトンネル坑内の変位計測や地表面沈下のみならず，広範囲な地すべり挙動をトンネルの進行とともに迅速に計測することが要求される．そこで，トンネル坑内変位計測(天端沈下，内空変位，脚部沈下)およびトンネル直上の地表面沈下計測をトンネル縦断方向に10m間隔の同一断面で行い，広範囲な地表の三次元変位計測を実施した．地表面沈下測定は光波測距器で一日二回の頻度で計測した．また，広範囲な地すべり領域の三次元変位計測は，GPS変位計

測システムによって毎時自動計測を行った．GPSセンサーは，図-2に示すように地すべりの主測線を中心に17か所配置した．さらに，地上構造物の基礎の変位を計測し，変状の兆候を即座に把握した．

計測の管理基準値は，地すべりに対しては地すべりの変位速度1㎜/日，トンネルに対しては天端沈下100㎜とした．また，地上構造物が存在する領域1においては，地上構造物の相対沈下20㎜以下とする条件を与え，三次元弾塑性解析によって求めた下り線トンネル(領域1)直上の地表面沈下量150㎜を管理基準値とした．

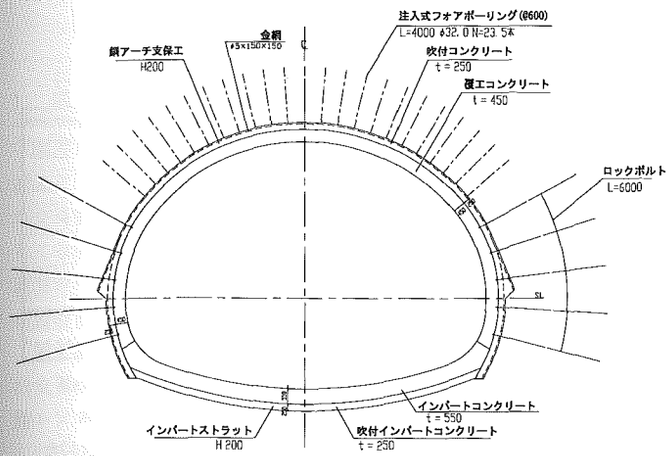


図-7　早期断面閉合時の支保パターン

6.　施　工　結　果

トンネルの施工は，地すべり対策工の施工後，地すべり変位が収束傾向を示したことを確認してから，4章で述べた情報化施工計画に従って実施した．施工順序は，山側の下り線を施工し，1年後に谷側の上り線を施工した(図-2の領域1→領域2→領域3→領域4)．ここでは，先行した下り線トンネルの施工結果について述べる．

下り線の施工結果を図-8に示す．同図の上段が下り線トンネル縦断図，地質状況，および計測点位置を，中段が地表面沈下の計測結果を，下段がトンネル天端沈下の計測結果を示す．以下に，地すべり区間を図-8に示す区間①～④に分け，施工結果を施工順序に沿って述べる．

区間①：下り線トンネルは，地すべり区間に入ると切羽はそれまでのCL～CM級の輝緑岩から一変し，粘土化著しい破砕帯となった．地山は非常に脆弱で切羽の自立度が低く，地表面沈下発生と同時に地すべりブロックKの地すべり変位が観測された．これに対して図-8の区間①において，長尺

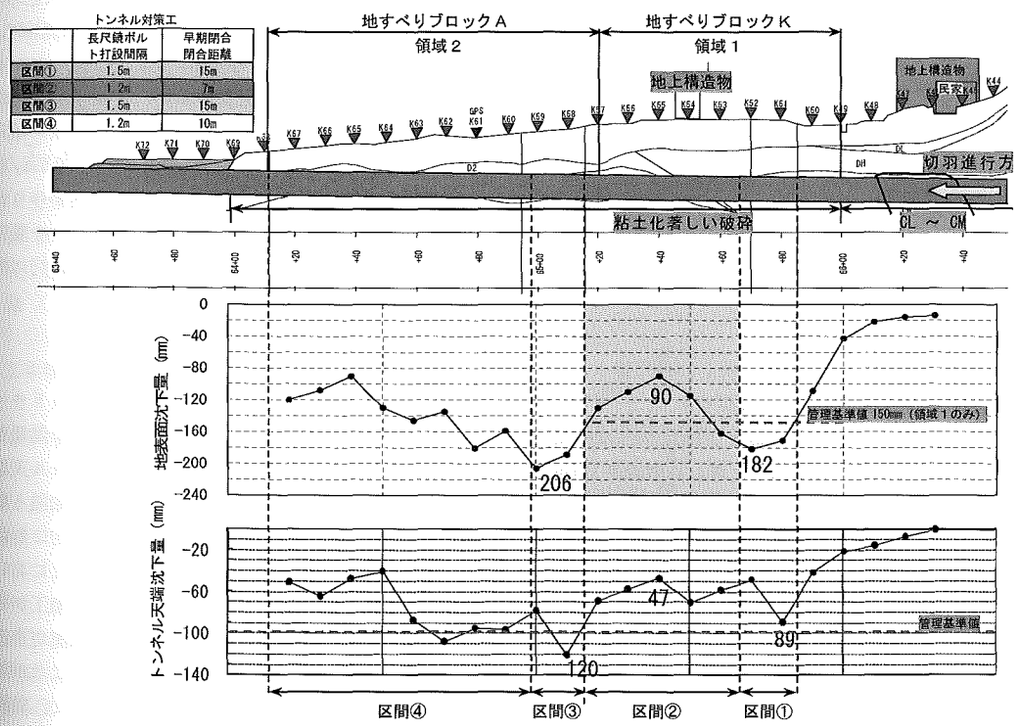


図-8　下り線トンネルの施工結果(トンネル縦断図，地表面沈下計測，トンネル天端沈下計測)

鏡ボルトを打設間隔1.5mで打設し，インバートストラットにより閉合距離15mで断面閉合を行ったが，変位は地表面沈下で最大182㎜，トンネル天端沈下で89㎜発生した．その後切羽は地上構造物に近づくため更なる対策工が必要と判断し，長尺鏡ボルトの打設間隔を1.2mとし断面閉合の閉合距離を７mとして変位抑制対策を行った．

区間②：変位抑制対策を実施した結果，区間②では，地表面沈下が90㎜，トンネル天端沈下で47㎜まで抑制された．地上構造物は，トンネル横断方向の相対沈下17㎜，トンネル縦断方向の相対沈下１㎜となり，管理基準値以内であった．

区間③：その後，切羽は地上構造物の影響範囲を抜けたため，区間③において長尺鏡ボルトの打設間隔を1.5m，断面閉合の閉合距離15mに戻したところ，変位が増大し地表面沈下が206㎜，トンネル天端沈下が120㎜となり，今度は地すべりブロックAの地すべり変位が確認された．

区間④：地すべり変位に対応するために，区間④では再び長尺鏡ボルトの打設間隔を1.2mとし断面閉合の閉合距離を10mとして変位制御を行った．区間④では，最終的に地表面沈下が85～120㎜程度，トンネル天端沈下が40～65㎜となり，地すべり変位も管理基準値以内に抑制された．

地すべりブロックKおよびブロックAは，トンネル掘削後，トンネル周辺地山の変位が抑制されると徐々に地すべりの変位速度が小さくなり，最終的に地すべり変位が収束傾向を示した．地すべり挙動については，次章で述べる．

7.　計測結果の考察

実施工で得られた計測結果を分析し，長尺鏡ボルトと早期断面閉合の変位抑制効果を考察する．

地すべり区間で，土かぶりおよび地質がほぼ同条件(土かぶり：約20m，地質：粘土化著しい破砕帯)である図-8に示す区間①～③の地表面沈下計測結果(計測点K51～K59)を地表面沈下と切羽距離の関係に整理して**図-9**に示す．同図に示すように，切羽補強工と早期断面閉合による対策工を強化した区間②(長尺鏡ボルトの打設間隔1.2m，閉合距離７m)では，区間①，③(長尺鏡ボルトの打設間隔1.5m，閉合距離15m)と比較して，先行変位で約30㎜，最終変位で約65㎜抑制されていることがわかる．このように，長尺鏡ボルトと早期断面閉合により，地表面沈下が大きく抑制されたことを確認した．

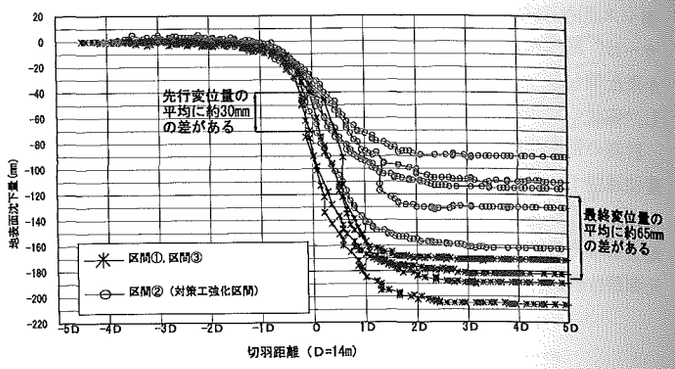


図-9　地表面沈下と切羽距離の関係

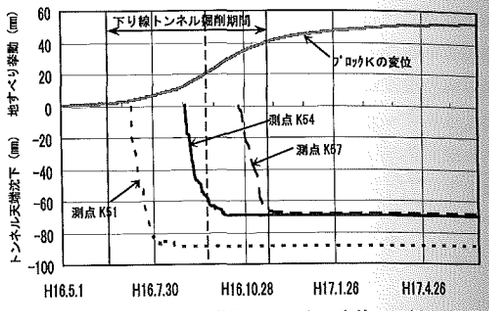


図-10　地すべり変位とトンネル変位の関係

地すべりブロックKの変位計測結果と地すべりブロックK直下のトンネル天端計測結果(図-8の計測点K51，K54，K57)を**図-10**に示す．同図に示すように，トンネル掘削時に地すべり変位が発生するが，トンネル変位が収束した後，変位速度が小さくなり最終的には収束傾向を示している．地すべりの変位速度は，最大で0.5㎜/日程度で管理基準値以下であった．このように地すべりはトンネル掘削の影響で一旦は変位するが，トンネル変位を抑制することで地すべり変位も抑制され，最終的に地すべりが安定することを確認した．

8.　お　わ　り　に

長尺鏡ボルトによる切羽補強とインバートストラットによる早期断面閉合は，トンネルの変位抑制に効果があり，地すべり変位，地表面沈下，およびトンネル天端沈下の計測結果に応じて，長尺鏡ボルトの打設間隔と断面閉合の閉合距離を適宜選択することで，即時的に対応できる．したがって，地すべり地のトンネル施工において，地山条件や周辺環境に応じた合理的な情報化施工が可能であった．また，地すべりは，地すべり対策工が施工されていても，トンネル掘削の影響で誘発することがあるが，トンネル周辺地山の変位を抑制することで，最終的に地すべりも安定することが確認された．

第63回(都市)施工体験発表会最優秀賞

幹線道路直下における国内最長150mパイプルーフ工

鹿島建設(株)関西支店国道９号線京都西JV工事事務所　山　田　淳　一
鹿島建設(株)関西支店国道９号線京都西JV工事事務所　田　中　啓　之
鹿島建設(株)関西支店国道９号線京都西JV工事事務所　小　河　亮　介

1.　は　じ　め　に

国道９号は京都市内中心部から京都府北西部へと続く道路として重要な役割を担うものである．しかし，近年の交通量の増大により渋滞が発生するなど，幹線道路としての機能低下が生じている．この交通渋滞の緩和と沿道環境の改善等を図るため，「９号京都西立体交差事業」が進められている．

本工事は，延長1.0kmの立体交差化事業のうち千代原口交差点を中心とした延長370mの区間に地下構造の道路トンネルを構築するものである．とくに交通渋滞が激しい千代原口交差点付近では，地上の道路交通へ影響を与えないことが施工条件として求められた．このような条件を満足するために，パイプルーフによる非開削施工法が採用されている．本工事におけるパイプルーフ工は延長150mであり，国内最長となる[1]．

2.　工　事　概　要

2.1　全体工事概要

工 事 名：９号京都西立体千代原トンネル本体工事
発 注 者：国土交通省近畿地方整備局
施 工 者：鹿島・鴻池特定建設工事共同企業体
工事場所：京都市西京区上桂三ノ宮町～御陵塚ノ越町地先
工事内容：ボックスカルバート工
　　L＝370m
　　非開削部(パイプルーフ工法)
　　L＝150m
　　開削部(全面路面覆工)
　　L＝220m

2.2　非開削部概要

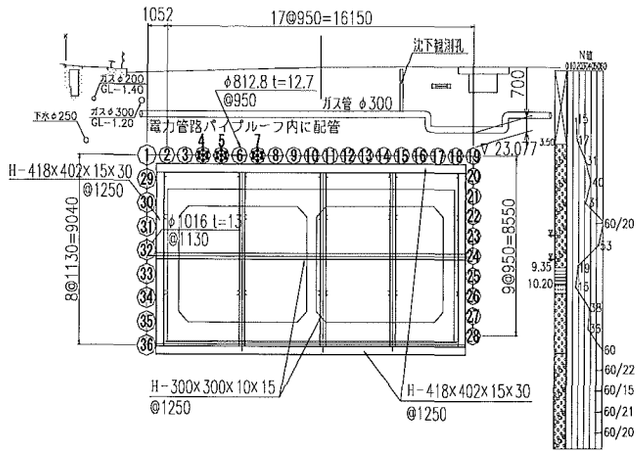
発進立坑と到達立坑の間にパイプルーフ工(水平部・垂直部　計36本)を施工し，トンネル支保工を架設しながら掘削した後，道路構造物を構築する．非開削工法では，原則的に地上の道路規制が必要ないため，一般の道路交通へ影響を与えない施工が可能となる．

2.3　施工条件に対する課題

(１)　地上交通条件

国道９号の平均交通量は約６万台/日であり，慢性的な道路混雑を生じている状況下において工事を施工するため，通行車両ならびに歩行者の安全確保が最優先課題

図-1　完成イメージ



となる．

（2） 長距離パイプルーフ工

これまでに実績のない150mのパイプルーフ工を安全にかつ高い精度で施工を行う必要がある．そのため，本工事の施工条件に合致した施工計画の策定と掘進管理および線形管理の手法を確立しなければならない．

（3） 小土かぶり・玉石砂礫地盤

工事場所の地盤は，沖積砂礫層(Ag)・段丘粘土層(Tc)・段丘砂礫層(Tg)から構成され，地下水位は地表面より約７mである．水平部パイプルーフが掘進するAg層はGL－10m前後まで分布し，径100～150㎜程度の玉石を多く含み，透水性が高い($k=2\times10^{-2}$cm/sec)無水砂礫となる．さらに，水平部パイプルーフの土かぶりは地表面から3.5mと小さい．

（4） 地下埋設物との近接施工

国道下にはさまざまな地下埋設管(ガス・上下水道・電力・通信)が存在している．それら埋設管との最小離隔は約70cmであり，近接条件下でパイプルーフ掘進工を施工するため，地下埋設物への影響防止対策の検討が必要となる．

（5） 地中障害物

パイプルーフ施工箇所に電力縦断管路および仮設鋼矢板などが残置していることが判明していた．パイプルーフ工では，それらの地中障害物を撤去しながら施工を行う必要がある．

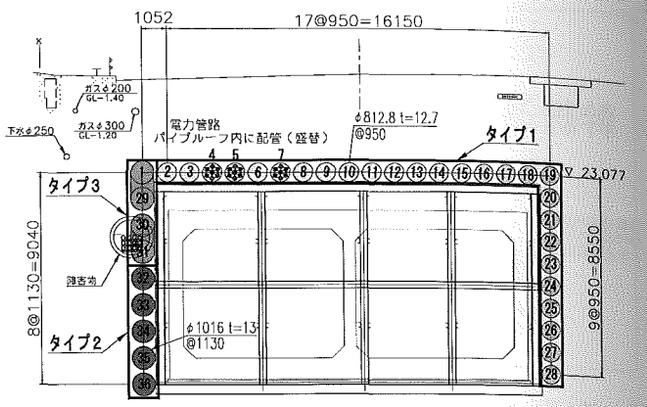
3. パイプルーフ工

3.1 パイプルーフ施工方法区分

パイプルーフ施工箇所に残置されている地中障害物を効率よく撤去しながら掘進を行うために，３タイプの施工方法を採用した．地中障害物が干渉しないスパンでは，通常の泥水式掘進で施工し，地中障害物が干渉するスパンでは，カッタヘッドが拡縮する機構を備えた掘進機を採用した．

また，地中障害物の多いスパンでは，機械式掘進機よりも人力作業による刃口推進工の方が有利であると判断し，縦二連刃口推進工を採用した．

パイプルーフ用鋼管は，φ812.8㎜(No.2～28)とφ1,016㎜(No.1，No.29～36)の２種類の径があり，それぞれ継ぎ手(ジャンクション)がある．パイプルーフが地中障害物に干渉する箇所では人力作業となるため，坑内作業性を考慮して鋼管径をφ1,016㎜とした．



	施工方法	施工条件
タイプ1	φ812.8㎜泥水式	地中障害物が干渉しないスパン
タイプ2	φ1,016㎜拡縮式	仮設鋼矢板等の地中障害物が干渉するスパン
タイプ3	縦二連刃口	電力縦断管路等の地中障害物が多いスパン

図-3　パイプルーフ施工方法区分

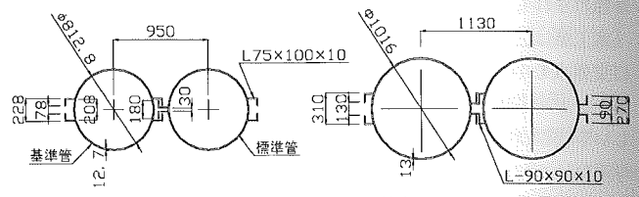


図-4　パイプルーフ鋼管断面図

3.2 水平部・垂直部パイプルーフ工(No.2～28)

3.2.1 φ812.8㎜泥水式掘進機

推進工法としては，長距離パイプルーフにおいて実績の多い泥水推進式のアンクルモールスーパー工法を採用した．

アンクルモールスーパー工法の掘進機は，岩盤，玉石，砂質土および粘性土を掘進できる全地質対応型である．掘進機は，鋼管継ぎ手部の掘削用にジャンクションカッタを装備しているため，継ぎ手部の掘削を効率的に行うことができ，高精度の掘進が可能となる．

3.3 垂直部パイプルーフ工(No.32～36)

3.3.1 φ1,016㎜拡縮式掘進機

パイプルーフ掘進範囲に仮設鋼矢板が残置されていることがわかっていたため，土砂区間では泥水式掘進を行い，障害物区間では掘進機の引き戻し・再投入が可能な拡縮式掘進機を採用した．拡縮式掘進機は，面板の拡径・縮径機能を有し，アンクルモールスーパーの能力を引き継いだ掘進機である．

3.3.2 障害物撤去方法

地中障害物手前まで泥水式掘進を行ったのち，掘進機本体を引き戻し回収を行う．掘進機回収後，管内にて人力作業により障害物撤去を行う．撤去完了後，掘進機を再投入し再掘進を行う．

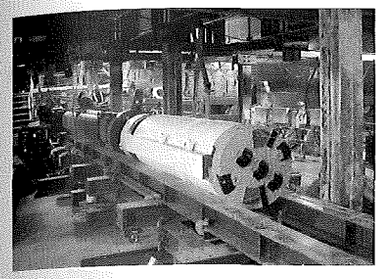


写真-1　φ812.8㎜掘進機

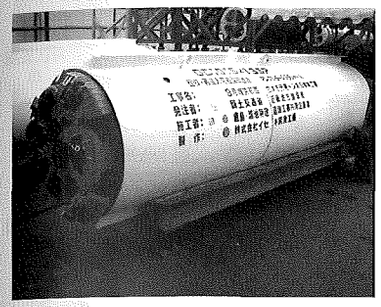


写真-2　φ1016㎜拡縮式掘進機

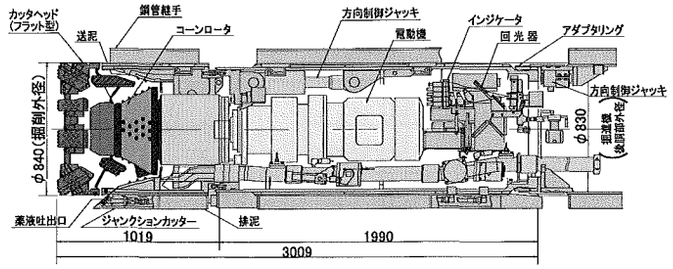


図-5　φ812.8㎜掘進機構造

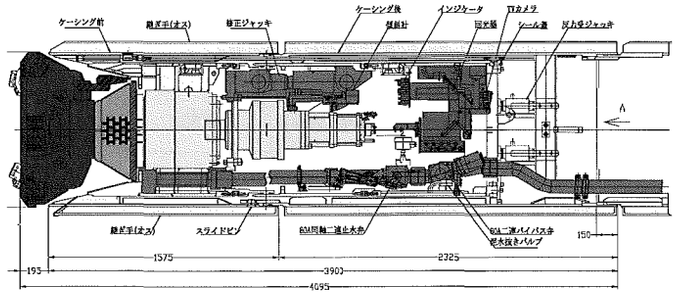


図-6　φ1016㎜拡縮式掘進機構造

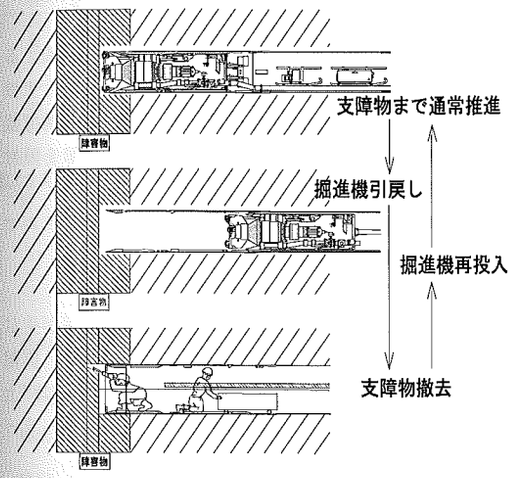


図-7　障害物撤去手順

カッタヘッドは，空駆動軸中のスライドロッドにより拡縮ビットを縮めながら掘進機を回収する構造である．掘進機再投入時は，縮径時と逆作動を行い拡径する．

3.4 垂直部パイプルーフ工(No.1，No.29～31)

3.4.1 縦二連刃口推進工

地中障害物として電力縦断管路が残置するスパンでは，下記の理由により拡縮式掘進機よりもパイプルーフ鋼管２本を同時に掘進する縦二連刃口推進工が有利と判断した．

①　刃口金物内では広い作業スペースが確保できる(施工性・安全性の向上)．

②　予期せぬ地中障害物遭遇などへの対応が容易であり，工程への影響が小さい．

③　機械関係トラブルの発生頻度が比較的少ない．

なお，刃口推進時の地山崩壊を防止するため薬液注入工による地盤改良工を施工した．

写真-3　縦二連刃口金物

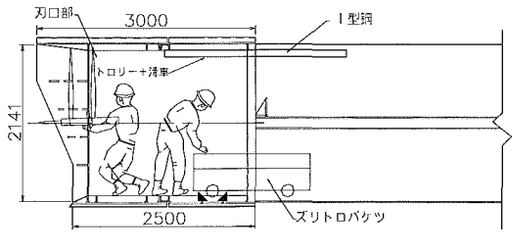


図-8　縦二連刃口推進工作業概要

3.4.2 刃口金物構造

刃口金物はスキンプレート厚さ22㎜のリブ構造とすることで地山の側圧等に対抗できるものとした．地山の崩壊から作業員の安全性を確保するためフード形状とし，

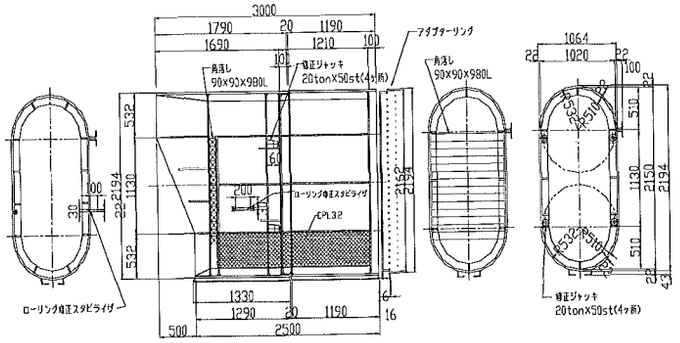


図-9　縦二連刃口金物構造

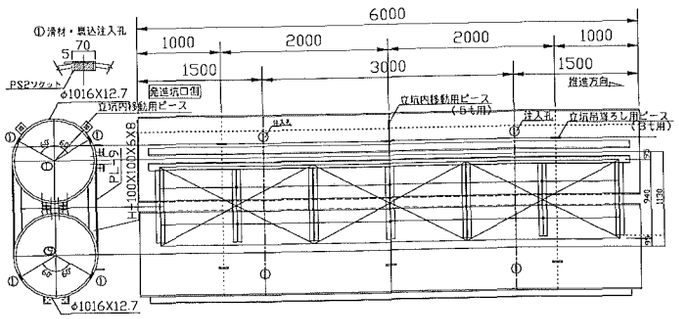


図-10　縦二連刃口推進用鋼管

緊急時，休日の地山保持を確実かつ簡単に行なえるよう角落し構造を採用した．刃口金物は前胴，後胴２分割構造とし，それらの間に挿入した４本のジャッキで姿勢を制御する．また，ローリング対策として前胴部左右に格納式のスタビライザを装備した．

3.4.3　二連鋼管

縦二連刃口推進工に用いる鋼管は２本の鋼管を縦に配置し，その側面に鋼板を取り付け，一体化構造とした．元押し設備として，計画推力7,600kNに対し，総推力8,820kN(1,470kN/本×６本)の元押しジャッキ設備を設置した．

4.　パイプルーフ施工管理

4.1　掘進管理システム

シールド工事において多くの実績を持つシールド掘進管理システム(KSCS)をパイプルーフ推進工事用にアレンジした．掘進施工状況をリアルタイムに一元管理することにより，安全かつ確実な施工を行うことができる．土量管理では，送排泥流量と密度を計測し，乾砂量積算値を主な管理指標とした．

4.2　線形管理システム

ジャンクション付きパイプルーフ工法において，線形精度不良は，推力上昇や掘進機破損などの掘進不能の要因となるため，高い精度の線形管理が要求される．

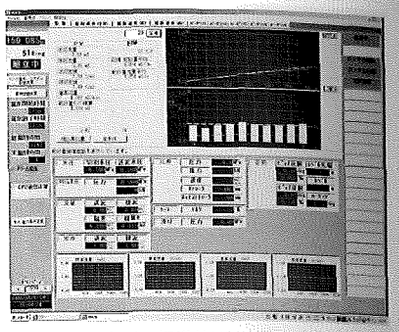


写真-4　掘進管理システム

表-1　切羽水圧・作泥材設定値

項　目	設　定　値		
切羽水圧	50kPa		
作泥材	土質	比重	ファンネル粘性
	Ag	1.15～1.20	60秒以上
	Tg	1.05～1.10	40秒以上
	Tc	1.05程度	20秒以上

本工法では，掘進機の方向を制御するために反射型方向誘導装置を装備しており，高精度な線形管理が可能となる．反射型方向誘導装置とは，発進立坑側から掘進方向へレーザー光線を照射し，掘進機先端位置と計画線との離隔がリアルタイムに計測でき，即時に方向修正することが可能なシステムである．

4.3　切羽水圧・作泥材

透水性の高い砂礫地盤において，作泥材の逸泥が生じることにより，切羽の状態が不安定になることや，排泥管の閉塞による流体輸送不能が懸念された．さらに，土かぶりが小さいため，作泥材が地上や近接構造物へリークすることも考えられた．

切羽水圧として，泥水式工法において一般的に設定される「自然水圧(無水では０)＋20～30kPa」を適用した場合，安定した掘進は難しいと考えられ，表-1のように設定した．

4.4　線形精度

鋼管の出来形は，鉛直および水平とも計画線に対して±100㎜の誤差範囲内であった．既設パイプルーフのジャンクションによって新設の鋼管がある程度拘束されているため，隣接鋼管の線形精度が施工鋼管の精度へ大きく影響を与えたと言える．また，縦二連刃口推進工では，機械式掘進より線形の振れ幅が小さくなった．これは縦二連刃口推進工では線形修正が比較的容易なこと，鋼管二本を一体化させることで剛性が増していることが要因と考えられる．

4.5　推　力

φ812.8㎜，φ1,016㎜，縦二連刃口推進工それぞれの推力変化図を示す．

それぞれ計画値の約70～100%程度の推力であり，ジャンクションのせりなどによる推力上昇は見られなかった．推力は隣接鋼管との相対位置に大きく関係するため線形管理を精度良く行う必要がある．

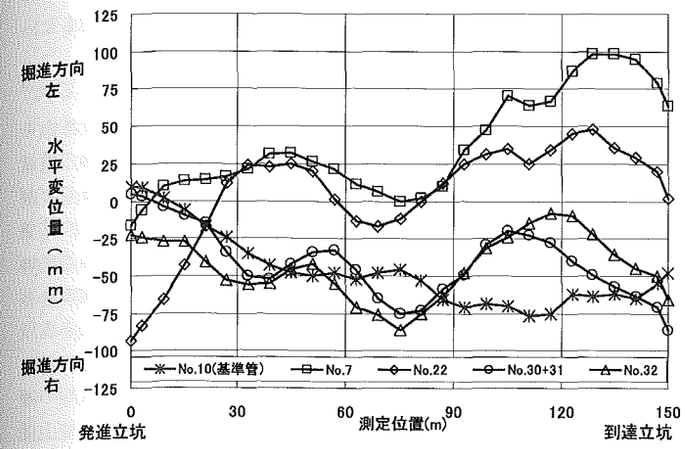


図-11　出来形線形(水平変位量)

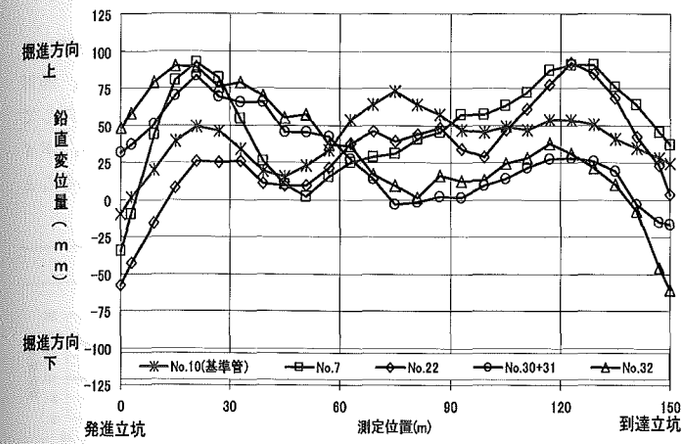


図-12　出来形線形(鉛直変位量)

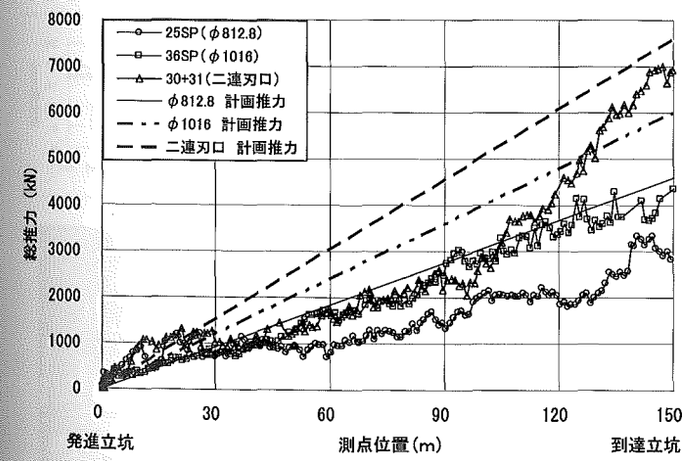


図-13　推力変化図

5.　沈下抑止充てん型推進用滑材[2)]

5.1　沈下抑止特殊充てん材

推進工法では，掘進到達後に裏込め注入工を行うことが一般的であるため，掘進に伴う余掘り部などの空隙が地山の緩みや地表面沈下へつながる恐れがある．パイプルーフ工は地下埋設物に近接(ガス管との離隔約70cm)するため，地下埋設物への影響が懸念された．その対策として，数多く実績を有する沈下抑止特殊充てん材(ボイドキーパー)を推進工法用滑材へ初めて適用した．沈下抑止特殊充てん材は，珪酸塩鉱物を主成分とし，材料の安定性を図るためのポリマーとせん断抵抗力の向上を目的として繊維(太さ２デニール，長さ２～６㎜)を混合した材料である．

5.2　実証実験の概要と結果

当工事への適用にあたり，以下の実証実験を実施し，有効性を確認した．実験はボイドキーパーのほか，比較のために二液タイプ固結型滑材についても同様に実施した．

5.2.1　摩擦低減性能の確認

(１)　実験概要

土槽部に地山を模擬した礫層を設置し，その礫層にパイプルーフを想定した鉄板を敷設する．鉄板の両端は土槽の外側に出ており，その片端が引き抜きジャッキに固定され，鉄板を引き抜く．土槽の上部は載荷板になっており，その上に錘を載せて模擬地盤に荷重を与えた．

(２)　実験結果

滑材の摩擦低減性能の評価として，滑材を使用しないときの引張荷重(荷重がピークを迎えて低下し，ほぼ安定したときの引張距離約10㎜区間の平均値)を100%とした場合の各滑材の値を比較した．その結果，両滑材とも７～８％の値となり，滑

材の効果としてほぼ同等な性能を持つことがわかった．

5.2.2　地山保持性能の確認

（1）　実験概要

両滑材の地山保持性能を確認するために，加圧実験を実施した．載荷荷重は，現場の土かぶり3.5m，および地山の湿潤密度を18kN/m³として63kPaとした．載荷ピストンの沈下量により材料の地山保持性能を確認した．

（2）　実験結果

ボイドキーパーは，地山の礫にある程度浸透するが，礫自身が落ち込んでくることはなく，その状態で地山を保持している．本材料は充てん直後から材料本来の性状を発揮し，地山の落込みを最小限にして保持することができると言える．一方，二液タイプ固結型滑材では，ゲル化した状態のものは地山の礫に浸透することはないが，短時間のうちに圧密脱水して圧縮される．ゲル化する以前の状態（ゲルタイム20～30秒程度）では，粘性が低い状態であるので不飽和状態の礫地盤に対しては逸散量が多くなり，地山保持性能を期待できないと考えられる．

5.2.3　地下埋設管路への影響

近接する地下埋設物（ガス管）に設置した沈下観測孔のレベル測定結果を示す．無対策の場合に想定された沈下量20㎜に対して8㎜程度の沈下に抑えることができ，ボイドキーパーの地山保持効果を確認することができた．

表-2　実験結果（摩擦低減性能）

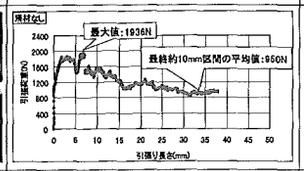
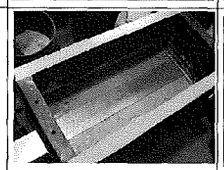
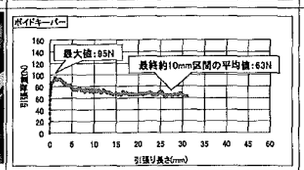
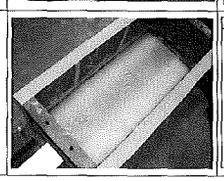
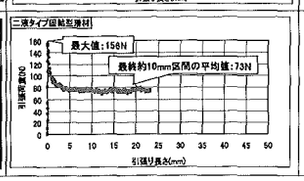
	写　真	測　定　結　果	引張荷重
滑材なし			950N （100%）
ボイドキーパー			63N （7%）
二液タイプ固結型滑材			73N （8%）

表-3　実験結果（地山保持性能）

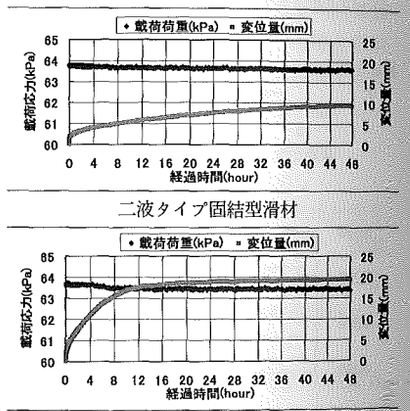
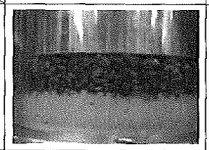
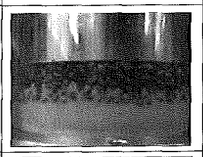
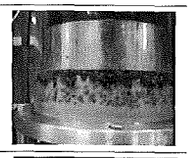
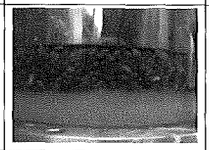
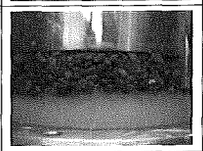


表-4　実験結果（地山保持性能）

	載　荷　前	63kPa載荷直後	48時間経過時
ボイドキーパー			
二液タイプ固結型滑材			

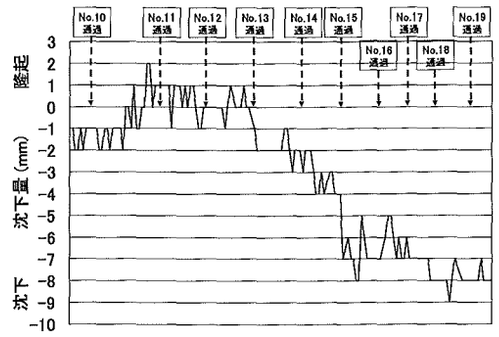


図-14 埋設物沈下計測結果



写真-5 パイプルーフ完了全景

6. おわりに

当工事のパイプルーフ工の施工にあたり，地中障害物を含む特殊な地盤条件へ対応した合理的なパイプルーフ施工法を選定し，今回採用した掘進および線形管理システム，さらに地下埋設物近接条件に対応した特殊滑材の開発などにより，国内最長となる長距離パイプルーフ工を無事に完了することができた．

今後，都心部を中心として増加すると予想される交通渋滞緩和を目的とした工事に対して，道路交通へ影響を与えずに施工可能な非開削工法のニーズは高いと考えられる．

本稿が同種工事における設計ならびに施工計画上の参考になれば幸いである．

参考文献

1) 栗林正明・瀬戸清・田中啓之：建設の施工企画，(社)日本建設機械化協会，pp.18-25，2007.2.
2) 栗林正明・瀬戸清・田中啓之・吉迫和生：沈下抑止特殊充填材のパイプルーフ推進工法用滑材への適用実績，土木学会第62回年次学術講演会，2007.

2月号予告[2月1日発売予定]

●トンネル掘削における沈下解析法の提案
●九州新幹線　筑紫トンネル(梶原工区)
●東海道線戸塚駅付近こ道橋新設
●北九州高速道路　北41工区トンネル改築工事
●東京メトロ　赤坂見附駅出入口新設
【連載講座】
●山岳トンネル先進ボーリング入門(6)

＊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．

◆毎年11月18日は土木の日です．毎年なにがしかのイベントに足を運んでいるのですが，東京在住なので参加できるイベントが東京近郊に限られるのが残念です．昨年は，江戸川河川事務所などが主催する「首都圏外郭放水路(彩龍の川)自由見学会」と(社)土木学会本部が開いた「HANDS―土木エンジニア　ドローイング展―」に行ってきました．

◆外郭放水路については，これまでに各種メディアで取り上げられ，土木見学ブーム(?)の火付け役のような構造物ですが，普段公開されているのが平日のみとなっているなか数少ない休日での公開とあって，かなりの人出でした．写真でよく見た調圧水槽でしたが，初の実物体験はやはり迫力があります．構造物の形態と意味が一見まったく理解できないところが，さらにこの特異な構造物の迫力を増しています．

◆ドローイング展は，土木学会の一室でこぢんまり行われていた展示で，墨入れされた手描きの美しい原図や青焼を落ち着いて鑑賞させる雰囲気でした．銀座線の桁構造や隅田川の復興橋梁群など明治～昭和初期に竣工した現存構造物の図面が並べられていました．鋼構造の図面が比較的多く，その詳細図で目につくのは接合部の多さです．鋼板一面リベットだらけといっても良いくらいで，当時の製作から架設に至るまでの制約の多さがしのばれます．

◆制約の大きいなか強度と美しさを備えた構造物を作り上げた先人に対して，当時と比べ恵まれた条件の現代には，より強くて美しい構造物が溢れていてもよさそうなものですが，一概にそうとは言えないところが，難しいところです．

(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40巻 第1号〔通巻461号〕
ISSN 0285-631X
Tonneru to chika
平成20年12月20日　印刷
平成21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．

あけまして
おめでとうございます

平成21年　元旦

青木あすなろ建設株式会社	日本基礎技術株式会社	カヤバシステムマシナリー株式会社
石田土木株式会社	株式会社間組	株式会社ケー・エフ・シー
株式会社大林組	前田建設工業株式会社	鉱研工業株式会社
株式会社奥村組	吉岡建設株式会社	株式会社小松製作所
鹿島建設株式会社		株式会社佐賀
木原建設株式会社	株式会社演算工房	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
木部建設株式会社	川崎地質株式会社	
株式会社熊谷組	国際航業株式会社	シーアイ化成株式会社
佐藤工業株式会社	株式会社ダイヤコンサルタント	株式会社スターロイ
清水建設株式会社	株式会社ドーコン	成和リニューアルワークス株式会社
新日本開発株式会社	パシフィックコンサルタンツ株式会社	株式会社ティーエムシー
第一ダイヤモンド工事株式会社	メトロ開発株式会社	電気化学工業株式会社
大成建設株式会社	株式会社ロード・エンジニアリング	日豊株式会社
大豊建設株式会社		古河ロックドリル株式会社
株式会社竹中土木	アトラスコプコ株式会社	株式会社マシノ
鉄建建設株式会社	株式会社イズミ	三菱重工地中建機株式会社
戸田建設株式会社	奥村機械製作株式会社	三菱マテリアル株式会社
飛島建設株式会社	オリカジャパン株式会社	ヤマモトロックマシン株式会社
西松建設株式会社	カヤク・ジャパン株式会社	ライカ ジオシステムズ株式会社

(掲載順)

謹　賀　新　年

青木あすなろ建設
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

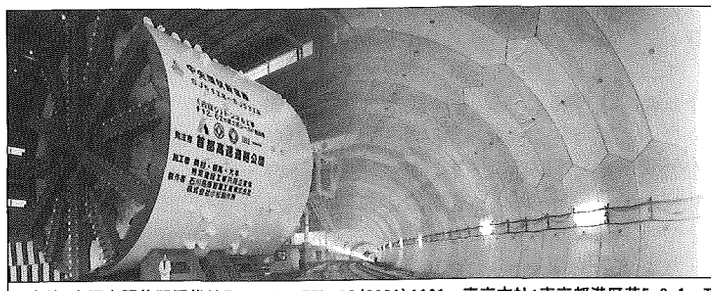
〒876-0814　大分県佐伯市東町11番19号

TEL0972-23-5811　FAX0972-22-3882

株式会社 大林組
OBAYASHI

代表取締役社長　白　石　　達

〒108-8502　東京都港区港南2－15－2



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(5427)2315　www.okumuragumi.co.jp

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/

謹　賀　新　年

木原建設株式会社
KIHARA CORPORATION SINCE 1899

OHSAS18001 ISO9001 ISO14001

代表取締役社長 木 原 一 治

本　　社／福井県越前市大虫町7号2番地　　TEL.0778・24・2200（大代）

東京本社／東京都港区芝大門2-6-7 木原ビル内（4F～6F）　TEL.03・3436・4933（大代）

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

子どもたちに誇れるしごとを。

SHMZ

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

謹　賀　新　年

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

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/

TAISEI

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　水島　久尾

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

人と地球の架け橋に

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/

謹　賀　新　年

信用と技術の——

TEKKEN

鉄建

代表取締役社長　橋口誠之

http://www.tekken.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　篠部　正博

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　小野　俊雄

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

MAEDA 前田建設工業株式会社

取締役社長　前田　靖治

本　社／東京都千代田区富士見2－10－26　☎03 (3265) 5551 (大代)

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

株式会社演算工房

演算ロボリューションで
お客様の“あったらいいな”を実現します

Visit Our Web Site : www.enzan-k.com/

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

謹　賀　新　年

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　中原　修

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㈹

地球と人の調和を考える

DIA CONSULTANTS 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(代)

総合建設コンサルタント

Docon 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　長谷川　伸一

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

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

東京メトログループ

Metro Kaihatsu メトロ開発株式会社

代表取締役社長　矢萩秀一

〒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　電話03(5847)7800

トンネル本体工設計・設備設計，トンネル点検・補修設計，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	〒812-0011	福岡市博多区博多駅前４丁目25番14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

Atlas Copco

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

トンネル工事用　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),エアー抜きパイプ(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

「満足を売る」
IZMI
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

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・トンネル工事用設備・製鉄，製鋼関連設備

ORICA MINING SERVICES

オリカジャパン株式会社
代表取締役社長　安藤　宏

〒105-0001　東京都港区虎ノ門3丁目7番11号　虎ノ門三須ビル　7階
TEL：03-5777-4681　　Fax：03-5777-4682
http://www.oricaminingservices.com

取扱品目：技術サービス・電子雷管・導火管付雷管・電気雷管・含水爆薬・産業爆薬用硝安

謹　賀　新　年

産業用火薬類の製造・販売
アルテックス、ランデックス、ＡＮＦＯ爆薬、ダイナマイト
耐静電気雷管、ＥＤＤ、導火管付き雷管、ＣＣＲ、黒色火薬

カヤク・ジャパン株式会社　東京都墨田区横網 1-6-1　TEL. 03-5637-0901

北海道営業部:0125-55-2323　函館担当:0138-54-0790　東北営業部:022-265-0203　東日本営業部:03-5637-0903
名古屋担当:052-586-1373　西日本営業部:06-4863-7821　九州営業部:092-526-2112

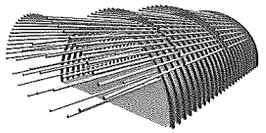
KYB　**カヤバ システム マシナリー株式会社**
KAYABA SYSTEM MACHINERY CO.,LTD.
代表取締役社長　石 井 英 勝

〒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，シャフトヘッダー(立坑掘削機)，HEP

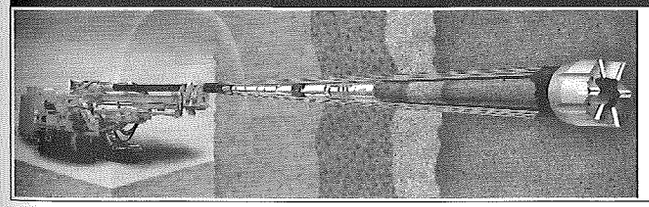
ロックボルト　FIT工法　Me工法　防水シート

KFC　**株式会社 ケー・エフ・シー**
土木資材事業部



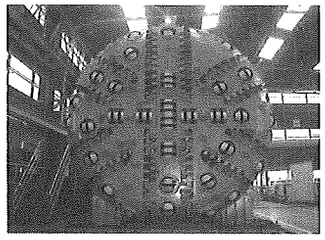
〒135-8073　東京都江東区青海２丁目 45 番地　TEL03-3570-5223　FAX03-3570-5233
〒530-0047　大阪市北区西天満３丁目２−17　TEL06-6363-1884　FAX06-6313-0755
http://www.kfc-net.co.jp/

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ラインサンプリング工法 ―― PSWL



地球に KOKEN する会社。　**鉱研工業株式会社**
本社:〒171-8572 東京都豊島区高田2-17-22 目白中野ビル1F
鉱研工業エンジニアリンググループ
TEL : 03-6907-7512　FAX : 03-6907-7522
http://www.koken-boring.co.jp

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

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，クローラドリル，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　福 岡　札 幌

STARLOY　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

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
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
HP／http://www.starloy.com/　E-mail／starloy@starloy.com

TAISEI

成和リニューアルワークス株式会社

〒160-0023　東京都新宿区西新宿一丁目8番1号　新宿ビルディング７階
電話：03-5326-0710(代)　　http://www.seiwarw.co.jp/

〔 営 業 品 目 〕
シールド掘進機／トンネル関連機械／濁水処理装置／その他工事用機械
地中壁／場所打杭／地盤改良／リニューアル工事／環境関連工事　他
※2008年末に本社移転致しました

謹　賀　新　年

トンネル補助工法・注入材のことなら

TMC　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　デンカナトミック　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
本社セメント・特混事業部特殊混和材部長　辻　　均

〒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

NIPPO　日豊株式会社

代表取締役社長　　野﨑　正和

本社 / 〒150-0002 東京都渋谷区渋谷 2-12-12 三貴ビル 3F TEL03(3409)8041
西日本事業部 / 〒841-0026 佐賀県鳥栖市本鳥栖町 615-6 アーバンコート 2F TEL0942(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。

FRD FURUKAWA　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

謹　賀　新　年

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)

三菱重工地中建機株式会社

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

三菱重工地中建機株式会社

MITSUBISHI DIABIT

三菱マテリアルの建設工具
MEET YOUR REQUEST!!



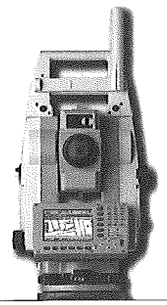
東京支店 03-5819-5263　大阪支店 06-6355-1053　九州営業所 092-573-7372　海外グループ 0584-27-5011　岐阜製作所 0584-27-4334

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



最高の成果は、正しい選択から

トンネル計測の全領域をカバー
ユニバーサル測量システム ライカ TPS1200+ シリーズ

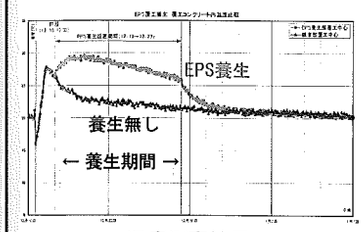
ライカ ジオシステムズ株式会社

本社　〒113-6591 東京都文京区本駒込2-28-8 文京グリーンコート Tel. 03-5940-3020
http://www.leica-geosystems.co.jp

- when it has to be right

Leica Geosystems





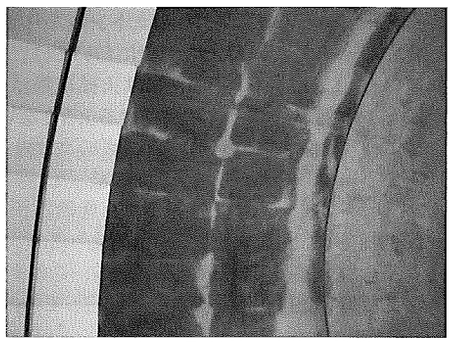
温度測定結果

	養生無し	EPS養生
反発度(平均)	33.8	36.3
推定強度 N/mm²	24.9	28.1
強度比	1.0	1.13

強度測定結果
(シュミットハンマー)

実績および計画

施主	実績	計画中
国土交通省	1	1
NEXCO	2	2
地方自治体		4



EPSパネル取り外し直後の状態

●温度測定結果より、保温養生効果を確認。

●シュミットハンマーテスト(材令28日)の結果より、強度の増進を確認。
保温・保湿養生の効果。

●弾性波レーダーによる鋼球接触時間測定結果より、表層の硬さ(弾性係数)の増大を確認。
表面の乾燥収縮ひび割れに対する抵抗性の増大。

FUDOTETRA

株式会社 不動テトラ
建設本部
〒103-0016　東京都中央区日本橋小網町7番2号
TEL　03-5644-5025　FAX　03-5644-8576

特許登録番号第3977849号

大栄工機株式会社
〒526-0842　滋賀県長浜市春近町90番地
TEL　0749-64-0246　FAX　0749-63-6765
【営業品目】
各種鋼製型枠(セントル)の設計・製造・販売
トンネル用機材一般/土木資材の販売
鋼製支保工の製造販売

実施権許諾第10396号

QJ 01466/ISO 9001:2000

新刊案内

トンネル発破技術のバイブル

わかりやすい トンネルの発破技術

監修 山田隆昭　　B５判　76頁　定価1,500円＋税（送料別途）

火薬類や発破技術の基礎から最新技術まで！
振動や騒音の環境問題を詳述!!

山岳トンネルといえば，何を思い出すであろうか．「貫通発破」を思い出す方が多いのでは．発破の響きとともに岩が壊れ，外の光が差し込み，風が流れる．この感動は昔も今もトンネル関係者にとって普遍である．しかし，意外にも発破技術について詳しい人は少ないのが現状である．近年，機械の性能の向上に伴い，TBMを含めた機械掘削は増加の傾向にあるが，硬岩掘削は効率の良さから従来と変わらず発破が多用されており，発破技術はトンネル技術者にとって基本事項である．また，発破も時代とともに進歩しており，火薬類はダイナマイトから含水爆薬が主流となり，電気雷管も耐静電気性のものとなり安全性は格段に向上している．また，起爆を高精度に制御できるIC雷管も登場し，振動の軽減を図るための制御発破技術も一段と進歩している．さらに，近年のトンネル作業の効率向上と安全環境の確保の面から，発破の機械化，自動化が進められている．削岩機においては，自動的に位置を決めて穿孔するコンピュータジャンボも開発されている．また，2004年3月には火薬取締法施行規則の改正により，含水爆薬に関して移動式製造設備で火薬類を製造しながら装薬ができるようになり，爆薬の機械装填についても準拠できる基準が示された．これにより，含水爆薬の自動装填技術の取り組みも積極的になされている．

本書は，「トンネルと地下」に連載した「発破技術の現状」に若干の加筆，整理をして書籍化したものである．本書は，若いトンネル技術者にも発破技術が理解できるように，火薬類や発破技術の基礎的な知識から最新の技術まで幅広く取り上げるとともに，火薬類を使用するうえで避けては通れない振動や騒音などの環境対策についても詳しく説明している．これだけまとまった発破技術の書籍が少ないため，ぜひ，多くの技術者に参考書として手元において愛読していただきたい．

〈主要目次〉

第１章　現状と展望，第２章　火薬類の基礎知識，第３章　発破技術の基本，
第４章　新しい発破技術，第５章　発破と環境問題，資料

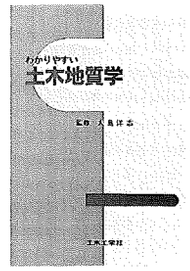
お申し込みは当社へFAX，または，お近くの書店にてお申し込みください．FAX(03-3267-2807)にてお申し込みの方は，書名・部数・送付先・氏名・電話番号を明記の上，お申し込みください．

株式会社 土木工学社
〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16メイジャー神楽坂
TEL　03-3267-2888　　FAX　03-3267-2807

土木工学社の地質学書

〔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　税込2,625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

〔その他の既刊図書〕

建設工事の保安地質学〔改訂版〕　石井康夫 著　A5判　475頁　税込6,300円　送料340円

建設工事の地質診断と処方　石井康夫・矢嶋壯吉 共著　A5判　324頁　税込4,515円　送料340円

地下水の科学　P.A.ドミニコ・F.W.シュワルツ　共著　大西有三　監訳

- 第Ⅰ巻　地下水の物理と科学　B5判　235頁　税込4,281円　送料340円
- 第Ⅱ巻　地下水環境学　B5判　252頁　税込4,485円　送料340円
- 第Ⅲ巻　地下水と地質　B5判　197頁　税込3,873円　送料340円

岩盤地下空洞の設計と施工　E.フック・E.T.ブラウン 共著　小野寺進・吉中龍之進・斉藤正忠・北川隆 共訳　B5判　444頁　税込10,290円　送料450円

ブロック理論と岩盤工学への応用　R.E.グッドマン・G.H.シー 共著　吉中龍之進・大西有三 共訳　A5判　360頁　税込5,097円　送料340円

岩盤の計測と解析　鈴木光 著　A5判　244頁　税込4,410円　送料340円

地質工学概論　菊地宏吉 著　B5判　276頁　税込4,994円　送料340円

続 きみの庭にも温泉が出る　石井康夫・俣野恭寛 共著　新書判　217頁　税込1,260円　送料210円

きみも金鉱を発見できる　石井康夫 著　新書版　200頁　税込1,029円　送料210円

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メイジャー神楽坂
電話　(03)3267-2888（代）　振替00110-8-190072

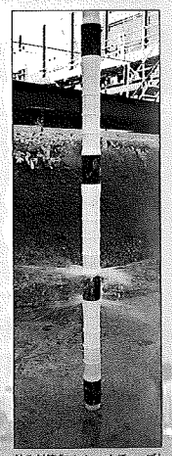


ソレタンシュ地盤改良工法

二重管ダブルパッカー工法

絶大な信頼性と豊富な実績を持つ

マンシェットチューブを用いた「ソレタンシュ注入工法」は、対象地盤の変化に応じて適所に注入できる特長をもち、あらゆる土質の改良に卓越した技術を示してきました。そして導入以来およそ40年「ソレタンシュ注入工法」は我が国の注入工法の在り方に対し、新たな方向性を示しながら国内で数万件にものぼる豊富な実績を重ねてまいりました。注入工法の確実性・安全性等において、みなさまから高い評価と信頼をいただいております。



注入外管「マンシェットチューブ」

ソレタンシュ注入協会

小野田ケミコ株式会社　東興建設株式会社　日本基礎技術株式会社　三祐株式会社
株式会社アウラ・ルガール　ライト工業株式会社

ソレタンシュ注入協会事務局　東京都千代田区九段北4−2−35　【ライト工業株式会社内】

吹付けコンクリート用急結剤

「太平洋ショットマスター」



1 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