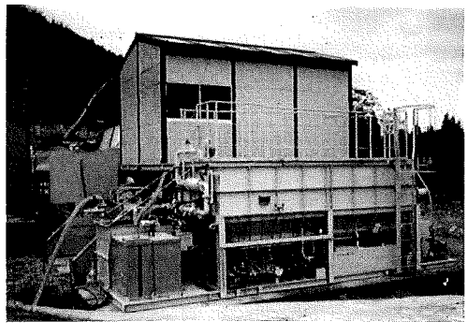
トンネルと地下　平成19年７月１日発行第38巻第７号　昭和45年11月18日第３種郵便物認可
出版元　株式会社土木工学社　東京都新宿区岩戸町16番地メイジャー神楽坂

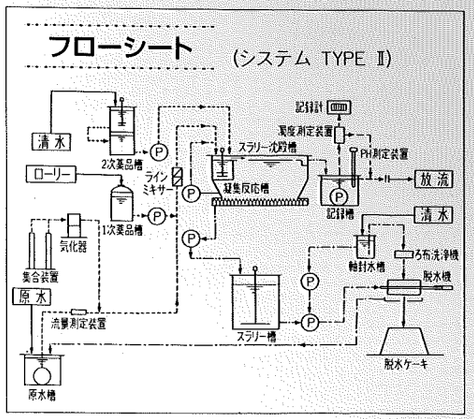
TWS型シリーズ 濁水処理装置

コンパクトながら 大きな処理能力

Waste Water Treatment System



フローシート　(システム TYPE Ⅱ)



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。
凝集反応槽撹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。

詳細資料請求、お問い合わせは

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

定価 1,575円
本体価格1,500円
雑誌06619-7
4910066190774
01500

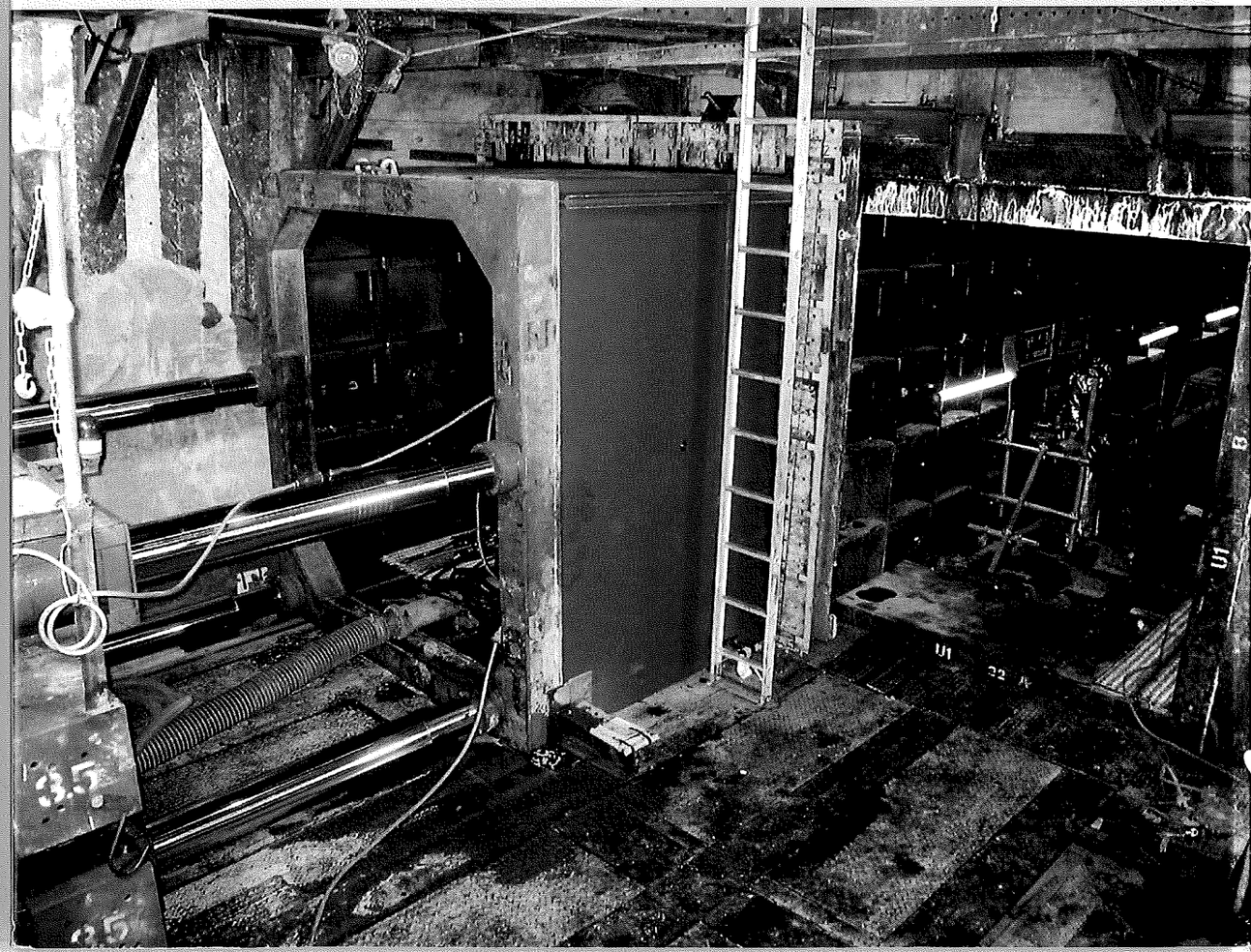
昭和45年11月18日第３種郵便物認可　平成19年７月１日発行(毎月１回１日発行)　第38巻第７号　通巻443号　ISSN 0285-631X

トンネルと地下 7

vol. 38
no. 7
2007

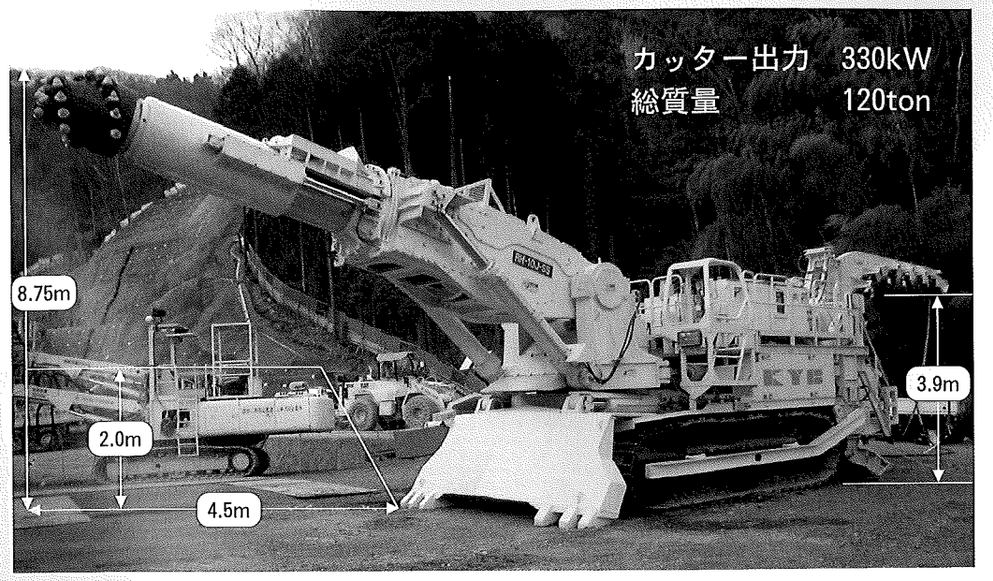
新しい鋼管ロックボルト工法で泥岩地山の変形に挑む
民家直下で超近接トンネルを全断面早期閉合により施工
パイプルーフで交差点直下13万kNの土荷重を支える
国内初のハーモニカ工法による重要構造物近接箇所での地下連絡通路
自動化オープンケーソン工法で大深度の土丹層を掘削

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9.5m
- 高圧水ジェット噴射で粉塵抑制とピック消費量低減。
- 接地圧が低く、軟弱地盤にも対応。

KYB カヤバ システム マシナリー株式会社

KAYABA SYSTEM MACHINERY CO.,LTD.

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

(旧社名: 日本鉱機株式会社)

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

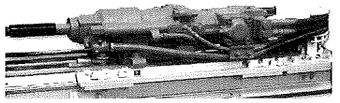
様々なトンネル工事に挑戦し、実績を積み重ねてきた各種製品と全国に広がる安心のサービス網でお客様をバックアップします。

ホイール式ドリルジャンボ

JTH2200R/3200R

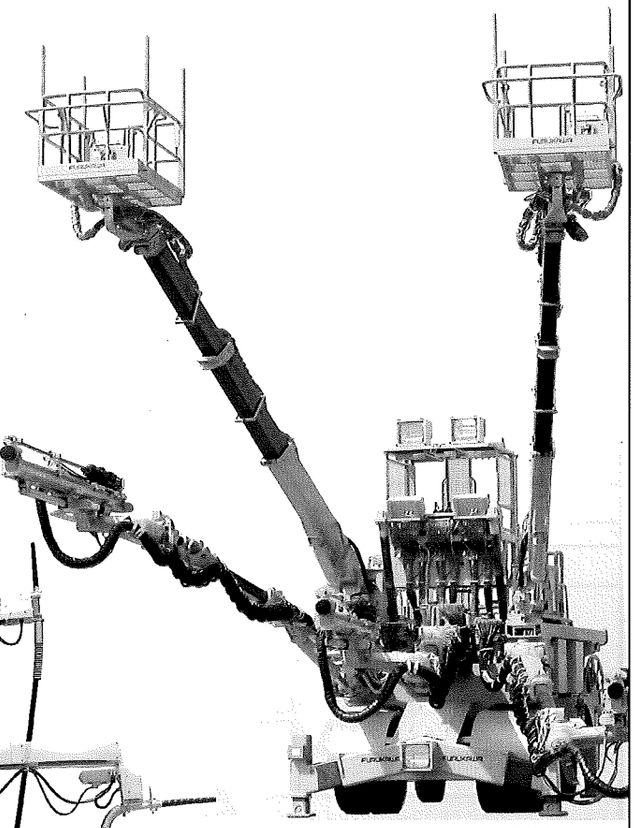
新幹線・道路・水路等の全断面および補助ベンチ工法のトンネルさく孔に威力を発揮します。

新世代型油圧ドリフタHD210搭載。



◆主な仕様

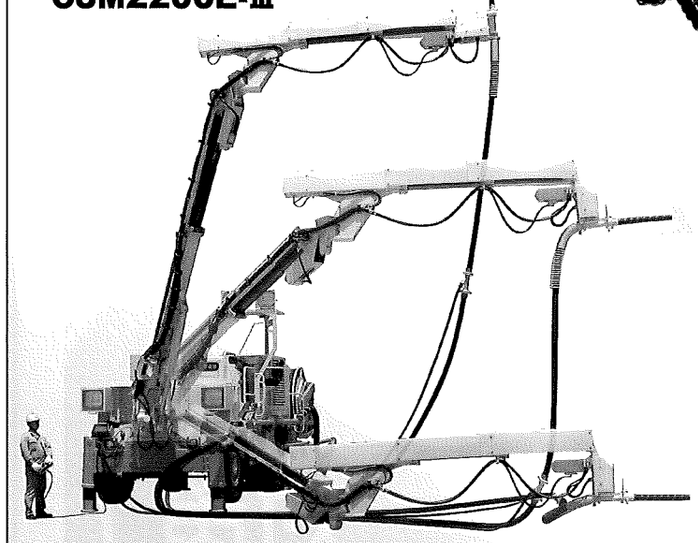
	JTH2200R 2ブーム、2ケージ	JTH3200R 3ブーム、2ケージ
質量	35.5トン	43トン
全長	14,270mm	14,760mm
全幅	2,690mm	3,140mm
全高	5,940mm	6,010mm
水平さく孔範囲		
幅	12.77m	13.22m
高さ	8.49m	8.84m



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

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

古河機械金属グループ

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

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

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

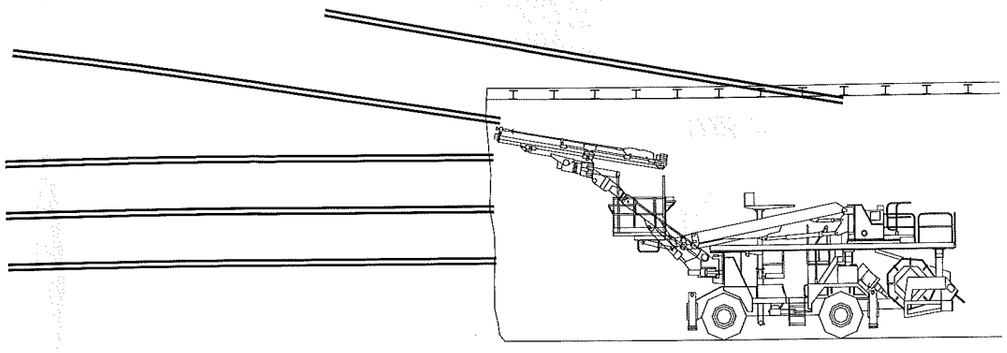
関西支店 06-6475-8221 広島営業所 082-832-3542 四国営業所 087-815-1708 九州支店 092-948-2010

KATECS

全方位切羽補強工法

パノラマ工法

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



アルカリフリー型液体急結剤

AFK－777J

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

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

「ヨロケ」とは昔 鉱山で呼ばれたじん肺のことです

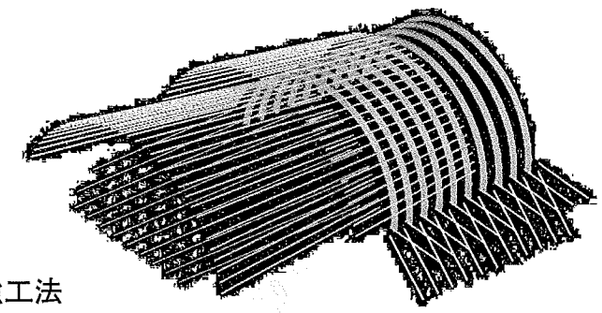
KATECS

トンネルの補助工法

注入式長尺先受工法
- AGF工法
- AGF−P工法
- AGF−S工法
- AGF−WOO工法
- AGF−E工法

小口径長尺先受工法
- SMALL−P工法
- FBE工法

全方位マルチパターン地山補強工法
- パノラマ工法



発泡型シリカレジン
- スーパーSRF

無機系注入材
- シリカセーフ

KATECS

株式会社 カテックス 建設資材事業部
http://www.katecs.co.jp/

本　　社　〒460-8331　名古屋市中区上前津１丁目３番３号
技術営業部　TEL 052-331-8821　FAX 052-332-0164

中部営業部
〒460-8331　名古屋市中区上前津１丁目３番３号
TEL 052-331-8821　FAX 052-332-0164

東京支店
〒112-0014　東京都文京区関口１丁目15番３号
第２麻生ビル２階
TEL 03-3260-8321　FAX 03-3266-1648

関西営業部
〒550-0015　大阪市西区南堀江４丁目１番18号
十川産業西堀江ビル７階
TEL 06-6578-3235　FAX 06-6578-3237

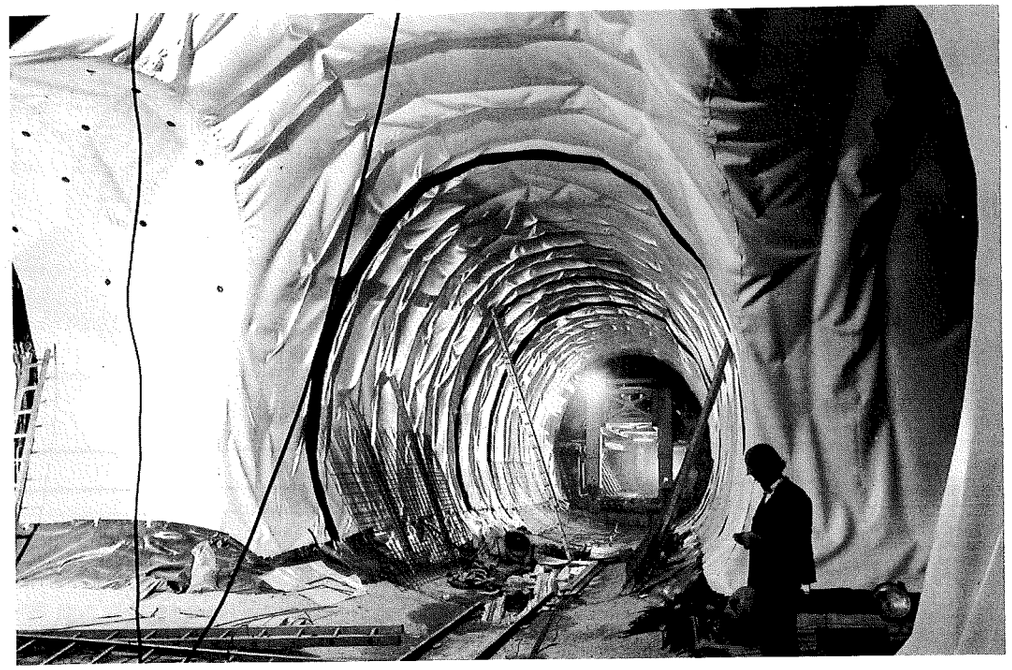
九州営業部
〒816-0932　福岡県大野城市瓦田 623-4
リバーサイド大野城A号
TEL 092-574-0856　FAX 092-574-0846

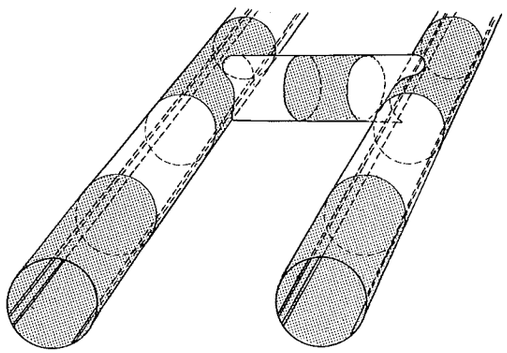
北海道地区(㈱エイチ・アール・オー)
〒003-0011　札幌市白石区中央１条５丁目８番２号
TEL 011-821-5868　FAX 011-821-6644

トンネル用シグナルレイヤー付防水シート

CARBOBAHN
カーボバーンシート

ヨーロッパでの長年の実績、優れた防水システム





◎柔軟性，耐薬品性に優れた改良型ポリエチレン製

◎破損個所が容易に発見できるシグナルレイヤー付き

◎厚さ1.5, 2.0, 3.0mm, シート幅1.75～5.1mの豊富なバリエーション

◎不測の事態に対応するウォーターバリアシステム

◎電磁誘導加熱による高品質施工システム

KFC 株式会社 ケー・エフ・シー 土木営業部

〒105-0014 東京都港区芝2丁目5－10 ☎(03)3798-8511 FAX(03)3798-8516
〒530-0047 大阪市北区西天満3丁目2－17 ☎(06)6363-1884 FAX(06)6313-0755
〒065-0834 札幌市東区北34条東9－1－1 ☎(011)751-4681 FAX(011)751-4682

1本1本が大切！ だから

次世代 防食 ロックボルト

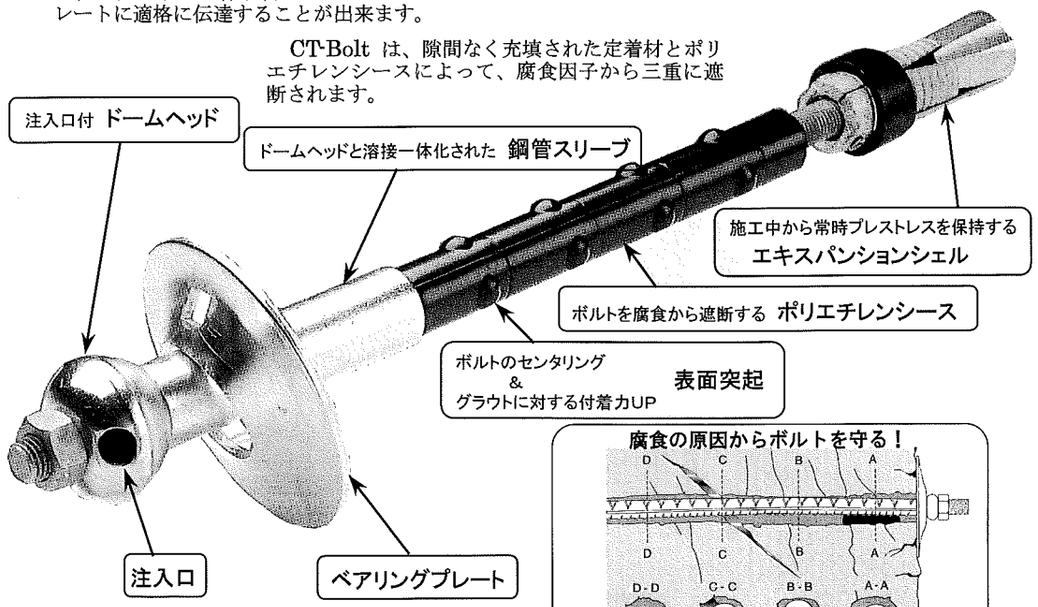
CT-Bolt

Ørsta Stål

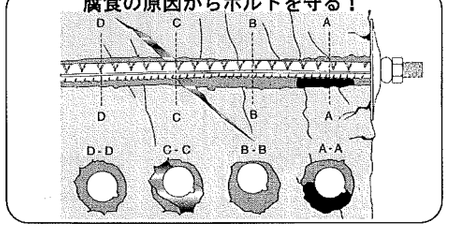
通常施工により超長期支保

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。

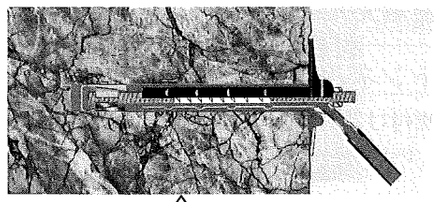


腐食の原因からボルトを守る！



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

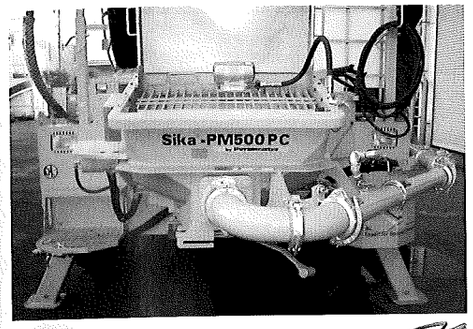
〒105-0014 東京都港区芝 2-5-10
お問い合わせ先 TEL:03-3798-8517
技術部 FAX:03-3798-8850

吹付けコンクリートシステム

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.

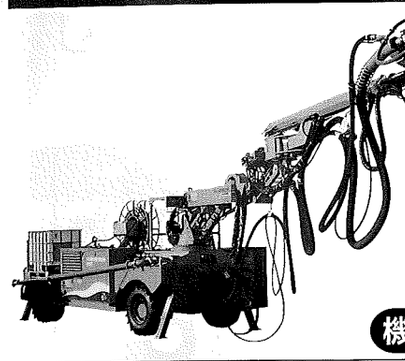


特にコンクリート吹付機の要はコンクリート圧送ポンプです.

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

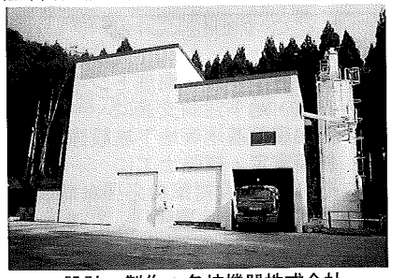
吹付けコンクリートシステム
　putzmeister・Sika®-PM500PCコンクリート吹付機
　Putzmeister S.A.
　一体型吹付機・特殊型吹付機
　設計・製作：東友エンジニアリング株式会社

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

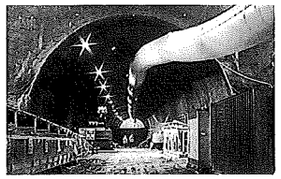
バッチャプラント
(全自動式，3槽クラム式，簡易型，特殊型)



設計・製作：名岐機器株式会社

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

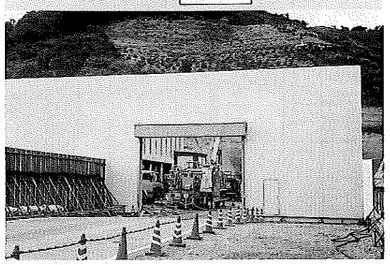
総代理店　東友エンジニアリング株式会社

騒音防止システム

エコフラット −35db Cタイプ

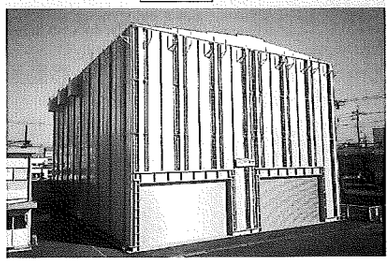
美観を重視した高性能の防音ハウス

エコパネル防音壁 −15db Aタイプ



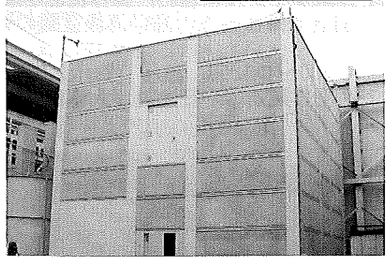
適応性の優れた防音パネル

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

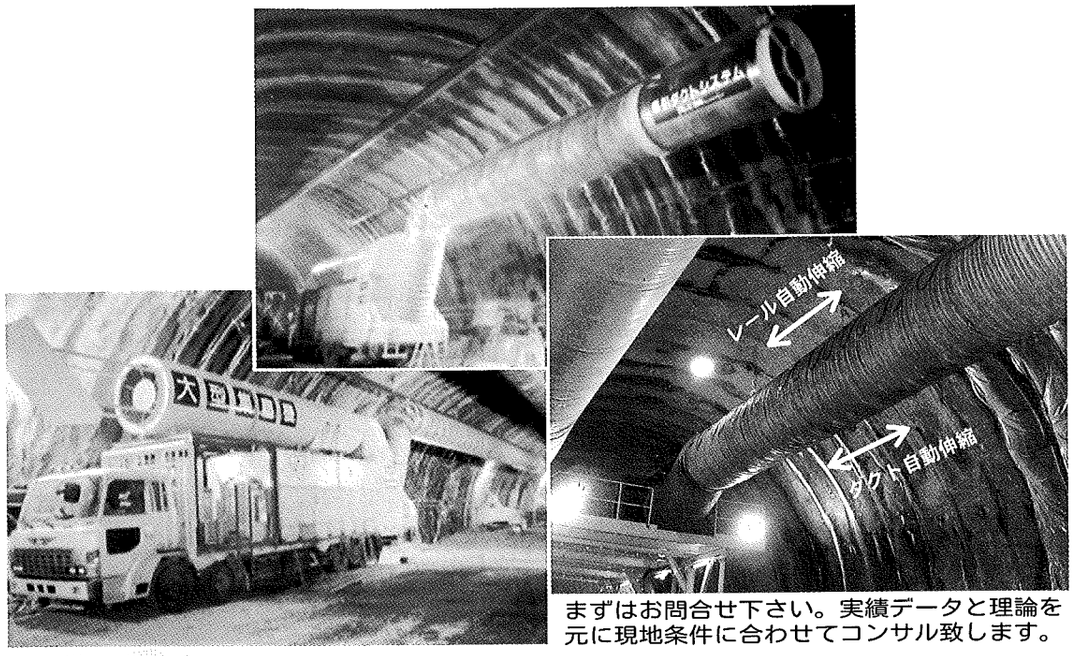
東友エンジニアリング株式会社

〒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

〔特許第3883483号〕

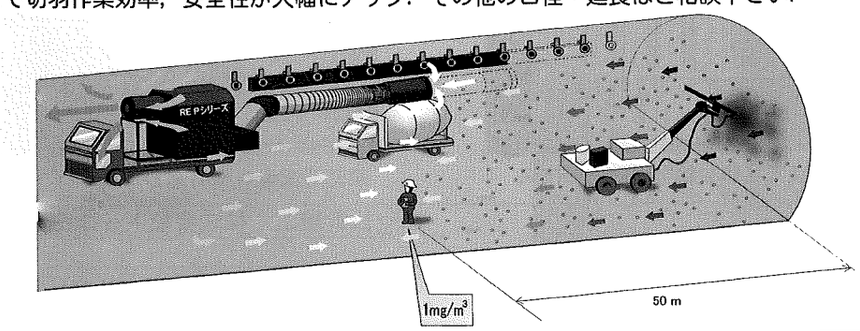
吸引ダクトシステム

ガイドラインをクリア　1mg/m³達成!!



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

- 発生源粉塵対策の決定版.
- ダクトはもちろん，吊下げレールも無線リモコンで楽々前進.
- 掘削工法や作業サイクルに適応．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.
- 適応外径はΦ600～Φ1500，負圧－2kPa，収縮率1/5，100m以上もレンタルで対応可．移動照明を使用することで切羽作業効率，安全性が大幅にアップ．その他の口径・延長はご相談下さい.

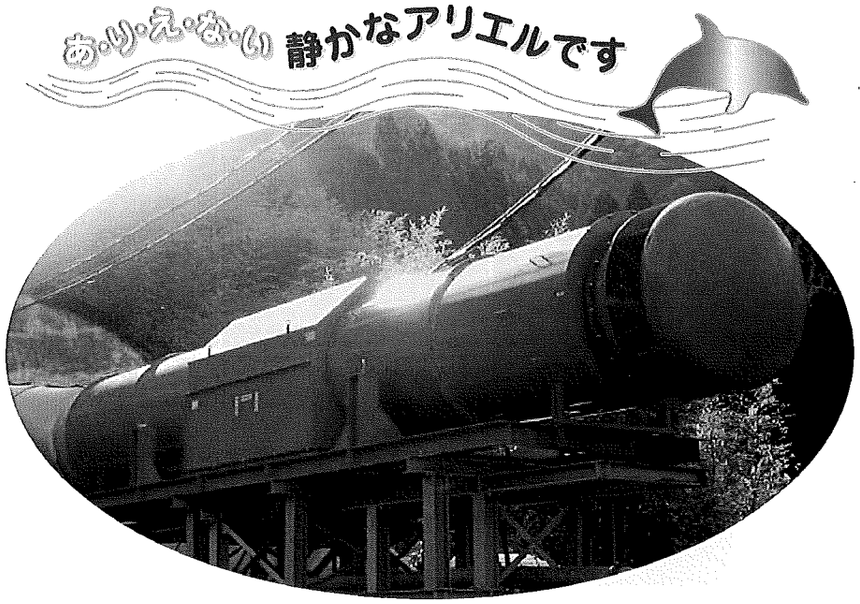


宇宙・原子力・環境など開発部門の人材を募集しています

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 プロフィットリンク聖坂
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 最小値75dB(A)、アリエル 当社比－5dB
省エネ：インバータでファンの回転数を制御するため無負荷電流がなく、人－△直動方式や可変ピッチ方式より大幅に省エネができます。
高効率：固定翼、インバータ制御で広い性能点で効率のいい運転。
制御：ダストセンサーによる自動制御、集塵機との連動運転が可能。
（特許　第1742880　ダストセンサーによるインバータ制御）
使い易さ：軽量、**INV高調波対策も万全**、ソフトスタートでダクトを痛めずファンのメンテナンスも軽減。
高価なフリッカ対策設備も不要。
ｺﾝｻﾙﾃｨﾝｸﾞ：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。

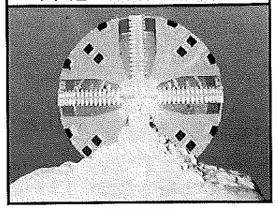
宇宙・原子力・環境など開発部門の人材を募集しています

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 プロフィットリンク聖坂
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

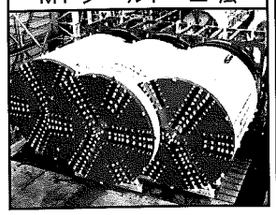
地下の空間を創る

近年、都市部の基盤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。

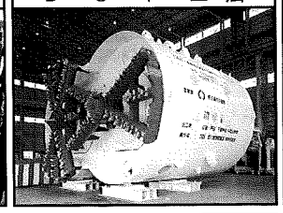
気泡シールド工法



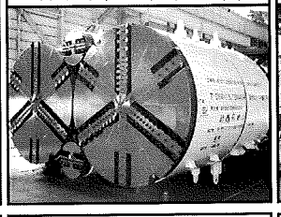
MFシールド工法



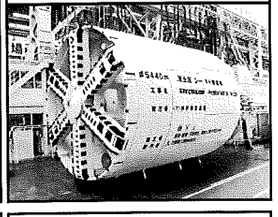
DOT工法



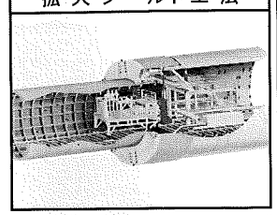
H&Vシールド工法



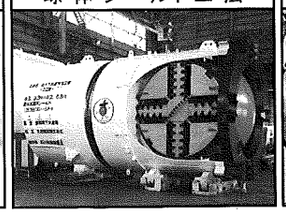
ケミカル・プラグ・シールド工法



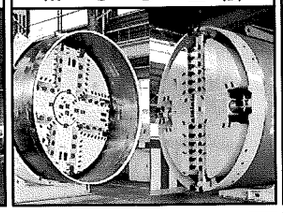
拡大シールド工法



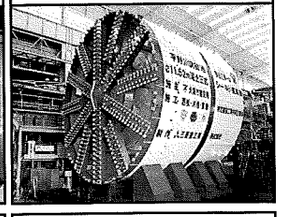
球体シールド工法



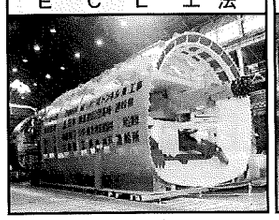
MSD工法



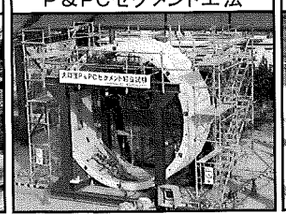
泥土加圧シールド工法



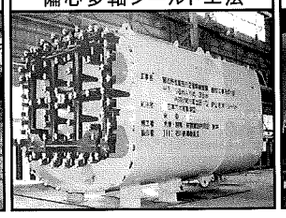
ECL工法



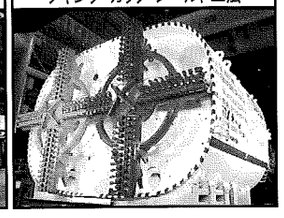
P&PCセグメント工法



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㈱
㈱浅沼組
岩田地崎建設㈱
㈱大林組
㈱大本組
㈱奥村組
小田急建設㈱
鹿島建設㈱
㈱熊谷組
㈱鴻池組
国土総合建設㈱
五洋建設㈱
佐伯建設工業㈱
佐藤工業㈱
清水建設㈱
㈱白石
西武建設㈱
㈱銭高組
大成建設㈱
㈱竹中土木
大日本土木㈱
大豊建設㈱
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㈱
石川島播磨重工業㈱
川崎重工業㈱
㈱小松製作所
JFEエンジニアリング㈱
日立建機㈱
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㈱
㈱クボタ
新日本製鐵㈱
新和コンクリート工業㈱
ＪＦＥ建材㈱
ジオスター㈱
住友金属工業㈱
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

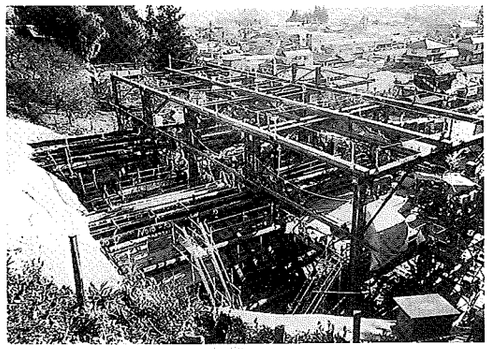
㈱新井組
安藤建設㈱
伊藤組土建㈱
㈱植木組
奥村組土木興業㈱
株木建設㈱
古久根建設㈱
坂田建設㈱
大旺建設㈱
徳倉建設㈱
奈良建設㈱
㈱福田組
真柄建設㈱
㈱森組
㈱アクティオ
カジマメカトロエンジニアリング㈱
成和リニューアルワークス㈱
太平洋ソイル㈱
㈱立花マテリアル
㈱タック
第一化成産業㈱
中央工業㈱
㈱テルナイト
東洋工業㈱
㈱日本ネットワークサポート
ベントナイト産業㈱
マルマテクニカ㈱
ミイケ機材㈱

ＴＨパイプルーフ工法

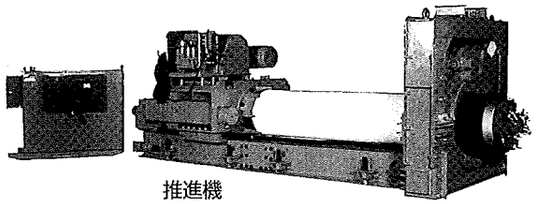
高精度、全地盤型水平鋼管圧入システム

★特　徴★

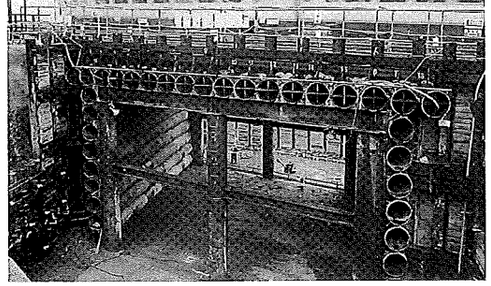
- 本体掘削時の沈下抑制補助工法です。
- 常時管芯チェックが可能で、方向修正方式を採用（精度が良いため支保作業が容易です。）
- オーガ中掘り掘削。地山との空隙に同時注入もできます。
- 推進途中でのビットの交換が可能で層変りに対応できます。
- 適応管径は、φ200～φ1200mmです。
- 最大推進長は、約70～100mです。
- 推進機は推力100t、200t、300tがあります。



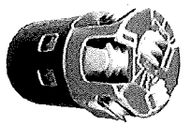
パイプルーフ打設状況（山岳トンネル）



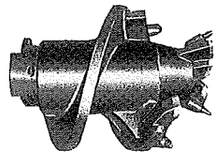
推進機



パイプビーム工法



硬質地盤用ビット



土砂用ビット

〔会　員〕

九州基礎㈱　福岡県　TEL 0946-22-7445
㈱小宮山土木　長野県　TEL 0267-56-1299
㈱進栄機工　北海道　TEL 011-382-8048
東洋地工㈱　福井県　TEL 0776-53-5335
日特建設㈱　東京都　TEL 03-3542-9299
北條基礎㈱　大阪府　TEL 072-626-1002
ケミカルグラウト㈱　東京都　TEL 03-5575-0511
㈱最上機工　山形県　TEL 0233-23-1555
サン開発工事㈱　大阪府　TEL 072-641-4951
東邦地下工機㈱　東京都　TEL 03-3474-3143
日本基礎技術㈱　東京都　TEL 03-3476-5701
㈱大阪防水建設社　東京都　TEL 03-3652-5445
多田建設㈱　福島県　TEL 024-535-6161
九州グラウト㈱　福岡県　TEL 092-583-3232
（順不同）

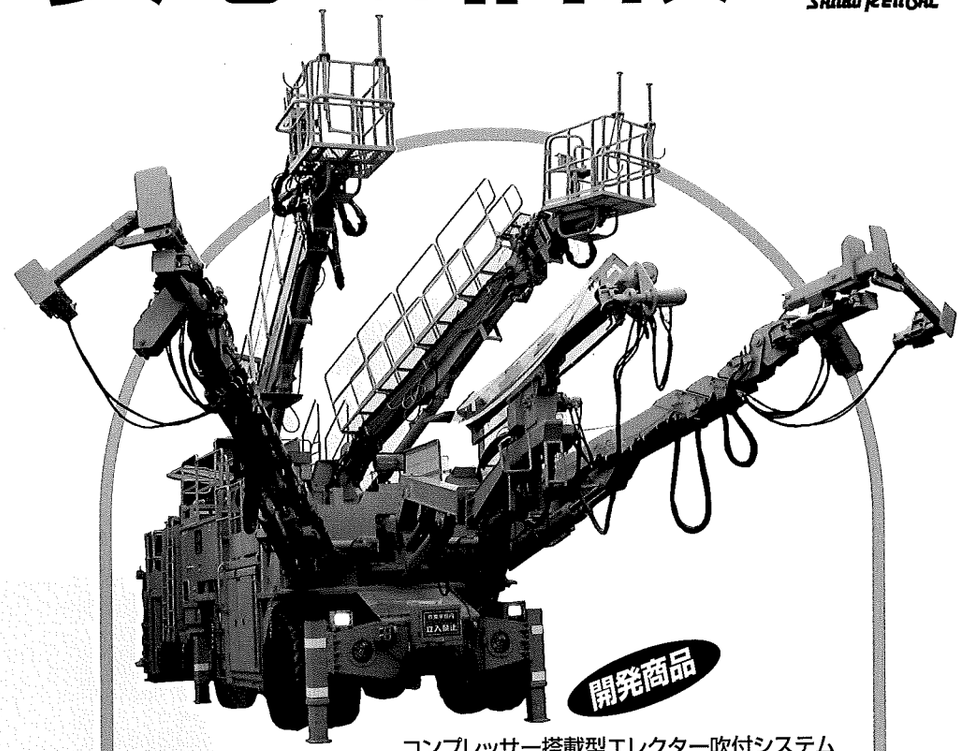
http://www.piperoof.jp

THパイプルーフ技術協会

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

安心と信頼

SANKO RENTAL



開発商品

コンプレッサー搭載型エレクター吹付システム
（ホイール式）

〈1台2役のスグレモノです!〉

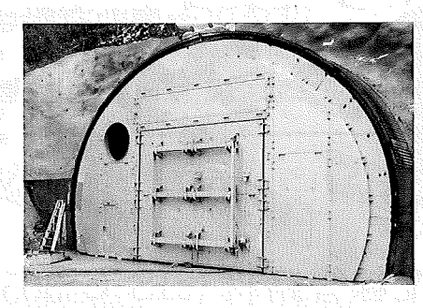
■1台にて1次吹付、支保工建て込み、2次吹付可能です。
■2バスケットによる効率UPが可能です。
■最大荷重1200kgの支保工を運搬・建て込み可能です。
■コンプレッサー　90kw・37kwを搭載しています。

トンネル機械の総合レンタル

三興レンタル株式会社

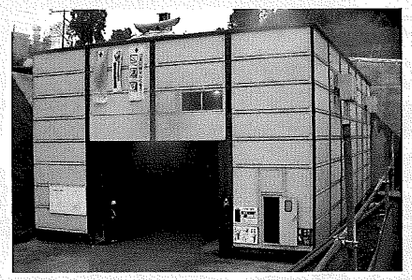
高槻事務所／〒569-0836 高槻市唐崎西2-26-1
TEL072-677-2101㈹　FAX072-677-2109

快適な作業環境を約束する騒音対策システム



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

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



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

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

【建設騒音対策協会】（旧 騒音対策研究会）

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

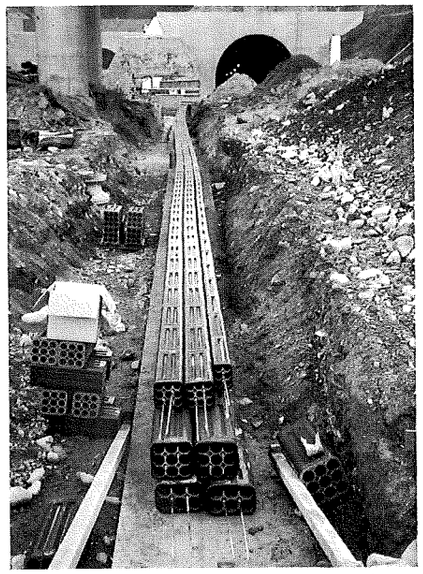
ISO9001取得～防音設備の設計、製造、施工、リース
◆計量証明事業登録 騒音レベル第913号 ◆建設業登録 とび・土工工事業(般-17 第75054号)

ヒューズ工業株式会社

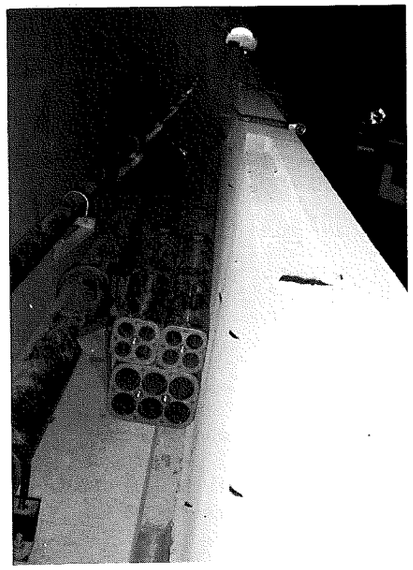
FUSE INDUSTRIES CO.,LTD.

本　　社　〒132-0035　東京都江戸川区平井6-35-5　TEL.03-3617-8111　FAX.03-3617-7565
大阪営業所　〒531-0072　大阪府大阪市北区豊崎3-15-19 東洋東ビル　TEL.06-6359-2611　FAX.06-6359-2288
E-mail　info@fuse-ind.co.jp　URL　http://www.fuse-ind.co.jp

永久施設に永久管路



▲ 宇治トンネル　〔日本道路公団〕



▲ 関南トンネル〔日本道路公団〕

地下ケーブルの保護に
杉江の多孔陶管

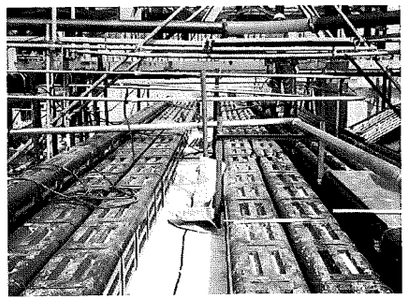
セラダクト

燃えない　錆びない　壊れない

地中配線管路材 (JIS C 3653)

トンネル内の狭い空間の多条数のケーブル布設に最適な管路です

▲川越火力発電所〔中部電力㈱〕



▲ 広野火力発電所〔東京電力㈱〕

狭い空間(トンネルetc)での制約された条件下でも施工が簡単、迅速に行える、杉江の"多孔陶管"は多条数ケーブル布設に最適です。予備孔も安価に設けられる等、管路省力化工事に是非お役立て下さい。

杉江製陶株式会社

本社・工場	愛知県知多郡武豊町字上山1－76	〒470-2387	☎(0569) 35-2360(代)	FAX (0569) 35-4087
東京支店	東京都渋谷区恵比寿1－21－8	〒150-0013	☎(03) 3442-6181(代)	FAX (03) 3442-1691
大阪支店	大阪市都島区御幸町1－3－1	〒534-0012	☎(06) 6922-6991(代)	FAX (06) 6922-2498
札幌連絡所	札幌市北区新川2条10丁目575-28	〒001-0922	☎(011) 763-8907(代)	FAX (011) 763-8790

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

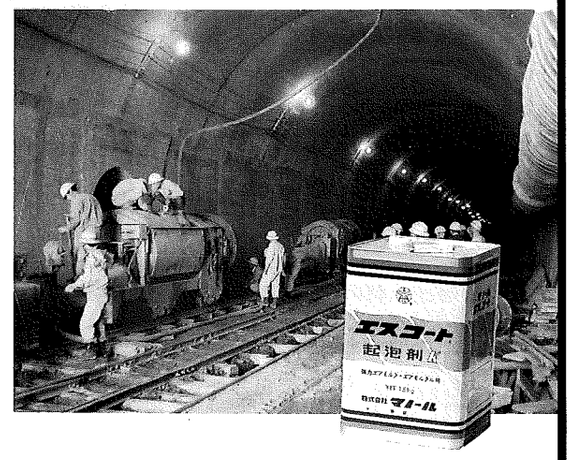
〈工期短縮，即日仕上り〉

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

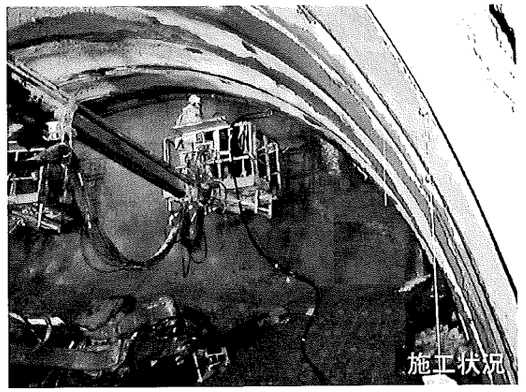
◆土木資材の綜合プランナー◆

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

補助工法・注入材のことならティーエムシー

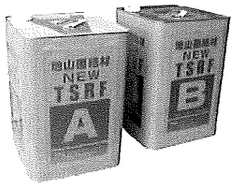
■AGF-OFP工法

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

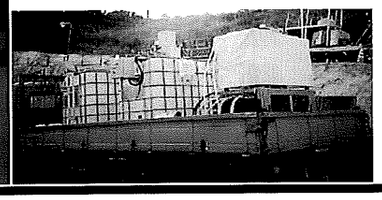
NEW－TSRF
（シリカレジン）
NEW－TBU
（ウレタン）



※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
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
小牧物流センター	〒485-0825 愛知県小牧市大字下末1636-9	TEL：0568-44-7786

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／サプライポイント・ネットワークへのアクセス、◇爆薬、技術サービス、ANおよび起爆システム製品の信頼できるデリバリー――をご期待いただけます。

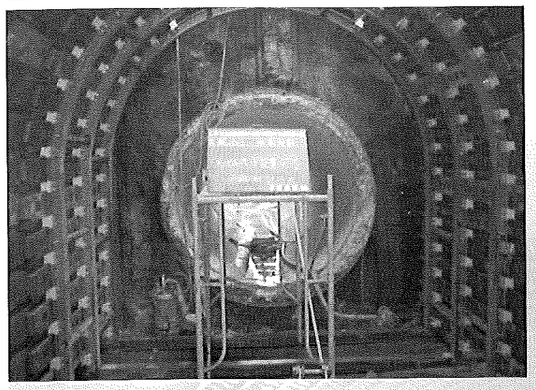
オリカは、鉱業および建設業界、ならびに当社のお客さまへのコミットメントをお約束します。

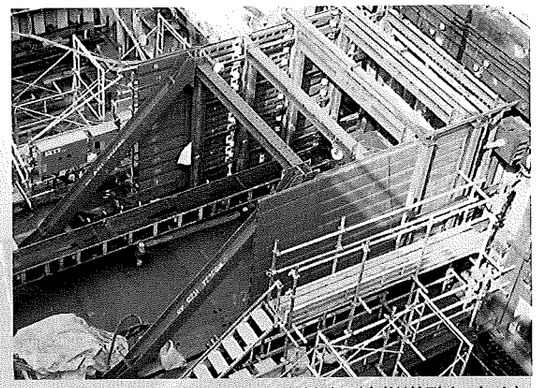
オリカジャパン株式会社
〒105-0001
東京都港区虎ノ門3丁目7-11
虎ノ門三須ビル7階
Tel: 03 5777 4681 Fax: 03 5777 4682

ORICA MINING SERVICES

アーストンネル掘削工法に最適

SS-メッセル工法





30年の実績（工法指導致します）

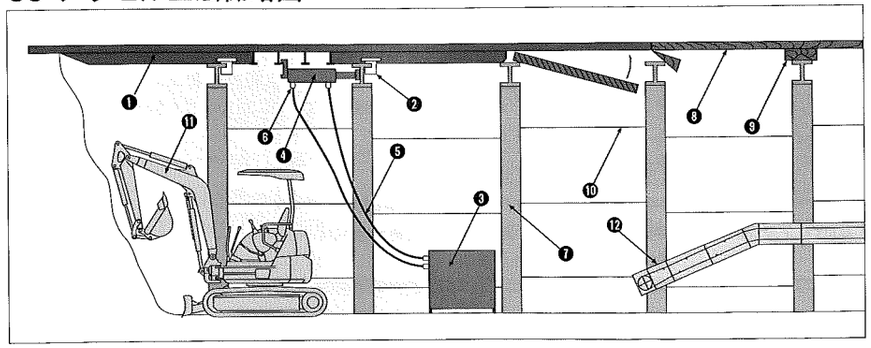
特徴

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

実績

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

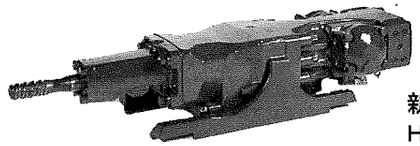
SS-メッセル工法概略図



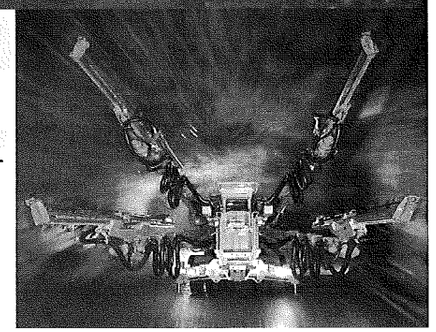
❶SS-メッセルプレート
❷スタビライザ
❸油圧ユニット
❹油圧ジャッキ
❺油圧ホース
❻油圧手許切換装置
❼支保工
❽木矢板
❾木製キャンパー
❿径間パイプ、タイロットボルト
⓫バックホウ
⓬ベルトコンベア

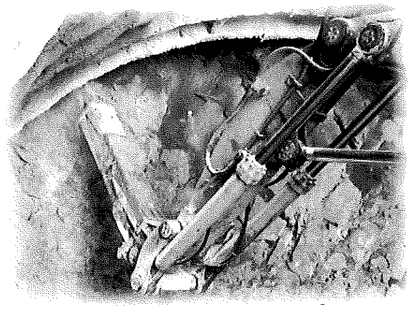
株式会社シーテック
URL　http://www16.ocn.ne.jp/~sietech/

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



新型高性能ドリフター
HLX5





TOYO　EJC　Rammer
TAMROCK　TORO

サンドビックトーヨー 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

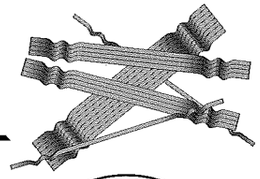
Tel: 045-478-0660 Fax: 045-478-0661
URL: http://www.SMC.sandvik.com

BRIDGESTONE

厳しい条件下の施工に迅速な対応・信頼のブランド

コンクリートをより強く、よりしなやかに。

タフグリップ コンクリート補強用鋼繊維

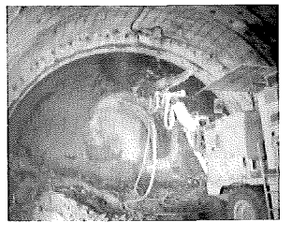


■ 断層破砕帯や膨張性地山などの地山不良部での対応が有効です。

■ 二次覆工での無筋化により防水性能向上、工期短縮、コストダウンの可能性があります。

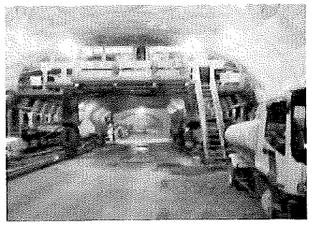
一次吹付

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



二次覆工

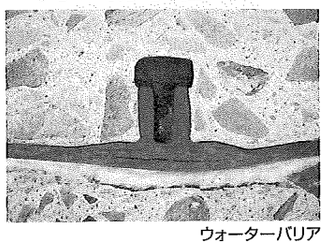
- 内空変位増大対策
- 無筋化
- 剥離・剥落防止



防水への信頼性・施行性の向上へ

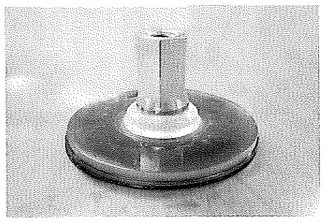
ナトミックシート トンネル用防水シート

■ 高い防水性



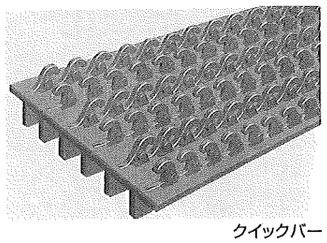
ウォーターバリア

■ 豊富な品揃え



吊鉄筋金具

■ 容易な施工性



クイックバー

株式会社ブリヂストン 土木・建築資材販売促進第2部
東京都中央区八重洲1-6-6 〒103-0028
TEL.(03)5202-6872 FAX.(03)5202-6874

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

㈱エヌエムビー・㈱ポゾリス物産・BASFコンストラクションシステムズ㈱の3社は、2007年4月1日付で合併により経営統合いたしました。

BASFポゾリス株式会社

- 本社／東京都港区六本木3-16-26
  混和剤営業部: TEL03-3582-8811(直) FAX.03-3583-3800
- 支店／仙台、東京、名古屋、大阪、福岡
- 営業所／札幌、宇都宮、千葉、横浜、上越(松本・金沢)、静岡、広島、高松、鹿児島

資料進呈／詳しくは、本社混和剤営業部または、最寄りの事業所にお問い合わせください。

URL http://www.pozzolith.basf.co.jp

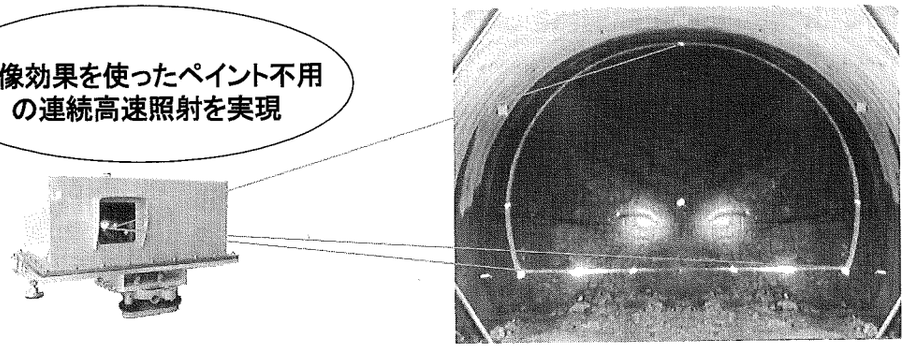
●BASFポゾリス㈱は開発センターと茅ヶ崎工場において、ISO9001およびISO14001の審査登録をしています。

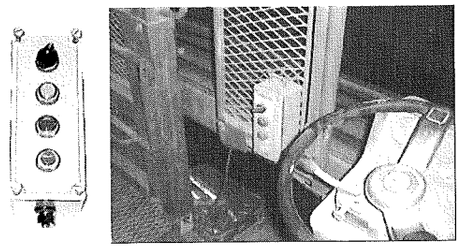
BASF The Chemical Company

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

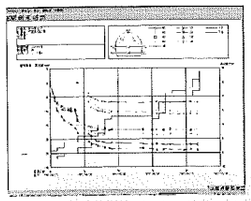




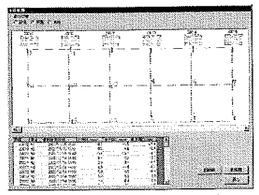
現場環境に耐え得る
頑強なコントローラー

ジャンボに
取付けて使用可
AC200V対応

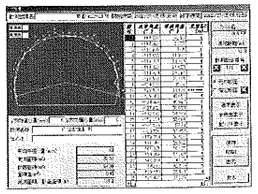
各種トンネル計測関連ソフトも標準装備。もちろんネットワークにも対応。



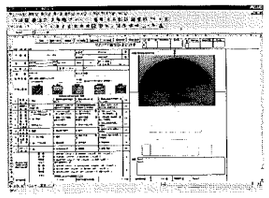
A計測データ処理



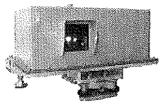
支保工立込精度、変形量



内空、巻厚検査



切羽観察、etc



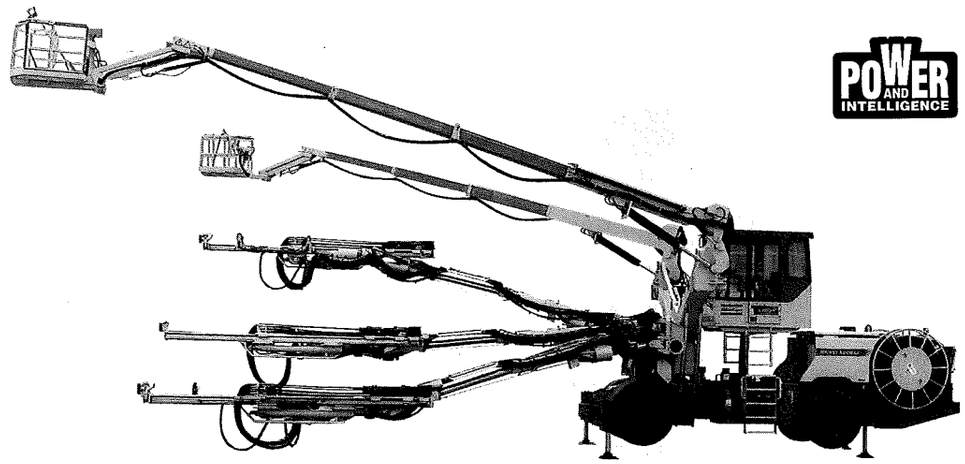
豊富なキャリアと数多くの実績をもつ当社へ、是非お問い合わせ下さい。

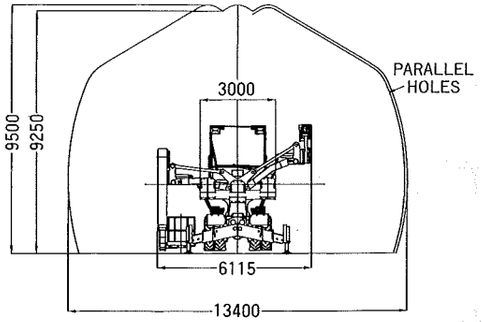
MAC マック株式会社
〒272-0832 千葉県市川市曽谷8−16−3
TEL (047) 371-3191　FAX (047) 371-3190

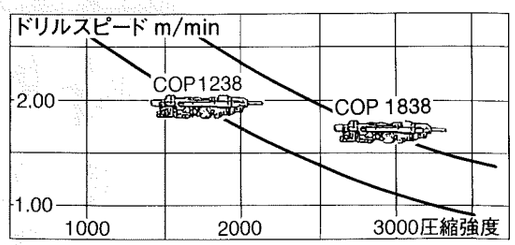
〔販売元〕
古河ロックドリル株式会社
伊藤忠建機株式会社
株式会社レント

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

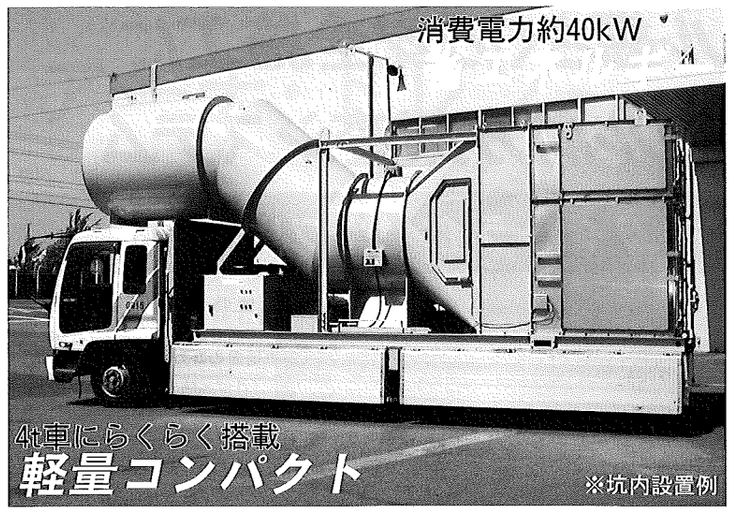
道路，トンネル設計（本体工，換気，防災，照明，施工管理他）
トンネル現場診断

（社）建設コンサルタンツ協会会員　ISO9001取得

株式会社 ロード・エンジニアリング

会　　長　田島利男　　代表取締役社長　清水　洋（技術士）
（技術士・土木学会フェロー会員）本誌編集顧問
取締役副社長　山田憲夫　　常務取締役　堀内浩三郎（工学博士）
大阪支店長　亀甲谷義高（技術士）　　福岡支店長　朽網新

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



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

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）

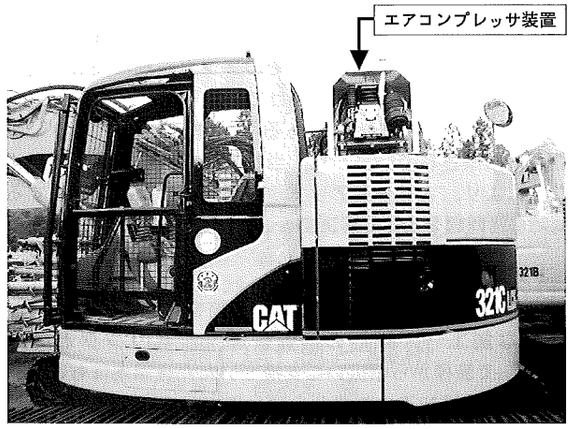
中濃産業株式会社

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㈹

ブレーカ用エアコンプレッサ装置

水・ダスト等の浸入による作動油のコンタミ（有害物質による汚染），および内蔵部品（ブシュ・ピストン等）の早期劣化・磨耗を防止するために油圧ブレーカの打撃室を加圧させて打撃室方向へのダスト浸入を強制的に防止するエアコンプレッサ装置を装備することにしました．



油圧モータ	最高使用圧力	[MPa]	21
	消費油量	[ℓ/min]	15～25
	許容背圧（タンク直戻し）	[MPa]	0.5
	最高回転数	[min⁻¹]	1450
コンプレッサ	コンプレッサ回転数 常用	[min⁻¹]	800
	最高吐出量	[ℓ/min]	400
	最高使用圧力	[MPa]	0.8
	安全弁セット圧	[MPa]	1.0
	潤滑油量	[ℓ]	0.9
総重量（カバー・ベース付）		[kg]	65

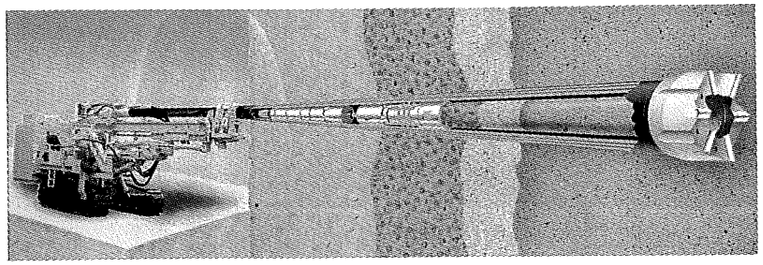
klea

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://www.klea-cat.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

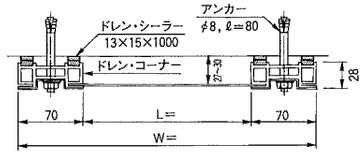
本社　〒171-8572 東京都豊島区高田2-17-22 目白中野ビル1F
TEL (03)6907-7888(大代表)　FAX (03)6907-7527

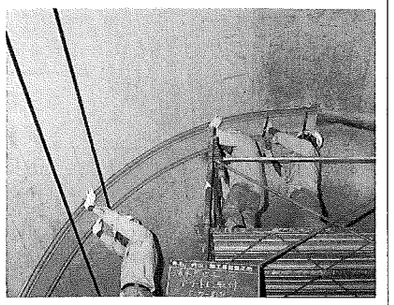
お問い合わせ先 ： 工事営業本部
TEL. (03)6907-7512　　FAX. (03)6907-7522
http://www.koken-boring.co.jp

トンネル・カルバート・地下構造物の漏水対策に

アーチ・ドレン導水樋

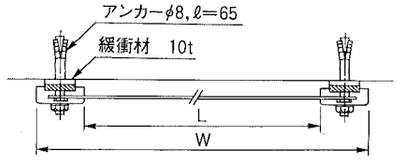
■特　徴
- 漏水幅に応導水幅の選択が可能
- 導水プレートはアクリル変性P.V.C強化樹脂で驚異的な耐衝撃性有り
- 寒冷地型、Box カルバート用勾配型、etc 有。





コンクリート剥落対策に

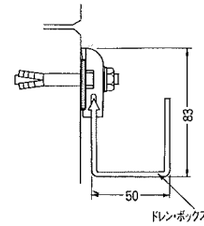
アーチ・パネル



JH 水戸　大久保トンネル、etc。

水平導水樋に

サイド・ドレン



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

ニホン・ドレン工業株式会社

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

コストダウンを可能にする Kリング

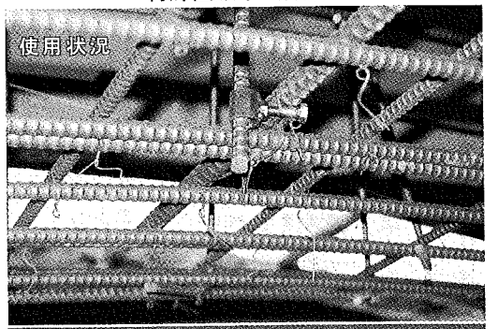
特許出願中（特願2001-309314号）

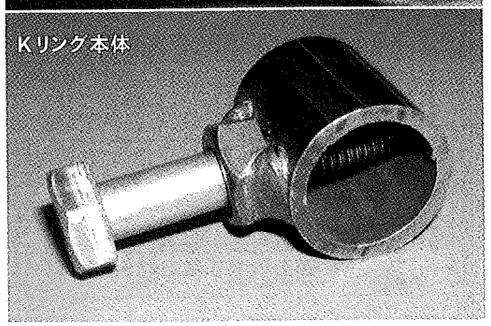
①アーチ鉄筋組立金物

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

②鉄筋加工業務

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





製造・販売元 **静岡スチール**

〒436-0342 静岡県掛川市上西郷765-1
Tel：0537-24-3886　Fax：0537-24-3859
E-mailktk@r5.dion.ne.jp
URL：http://www.h7.dion.ne.jp/~ktk

21世紀の地球環境を見つめる土木専門図書

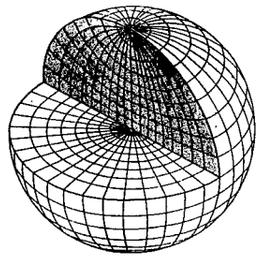
ブロック理論と岩盤工学への応用
R.E.グッドマン，G.H.シー著／吉中龍之進・大西有三訳
A5判　360頁　税込5,097円　送料340円

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



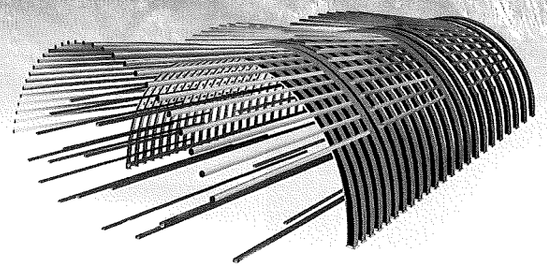
わかりやすいトンネル力学
福島啓一　著
B5判　286頁　税込6116円　送料340円

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

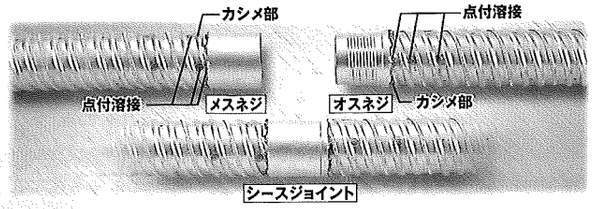
〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16メイジャー神楽坂 **土木工学社** 振替00110-8-190072 ☎03(3267)2888

ユニークな発想と高品質・自信の価格



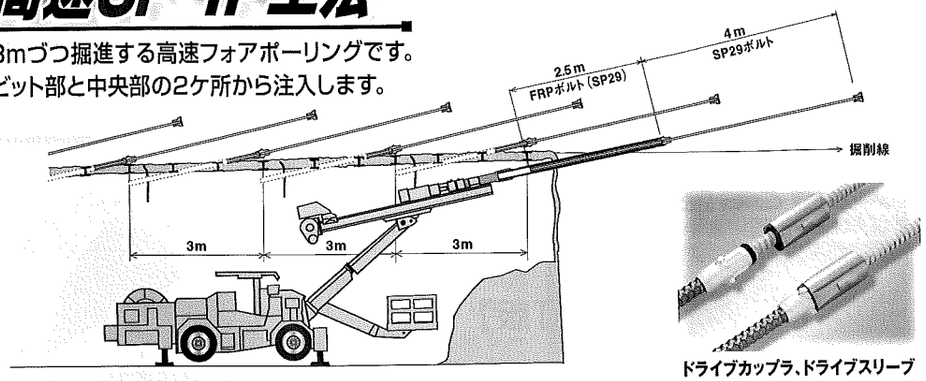
FIXチューブ工法

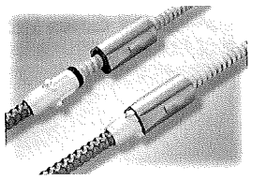
※天端にφ76.3長尺鋼管、鏡部に連続突起を有する長尺鋼製シースを引込み薄肉鋼管を挿入して注入。周辺地山にしっかりと“**FIX**”します。



高速SP-IF工法

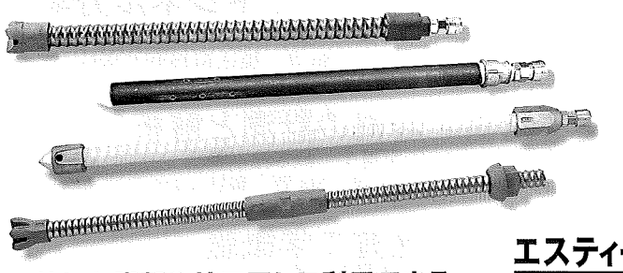
※3mづつ掘進する高速フォアポーリングです。
ビット部と中央部の2ケ所から注入します。

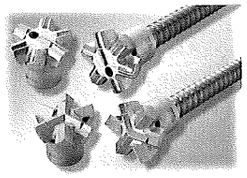




ドライブカップラ、ドライブスリーブ

自穿孔ボルト&注入管





φ65mm ロストビット(SP29)

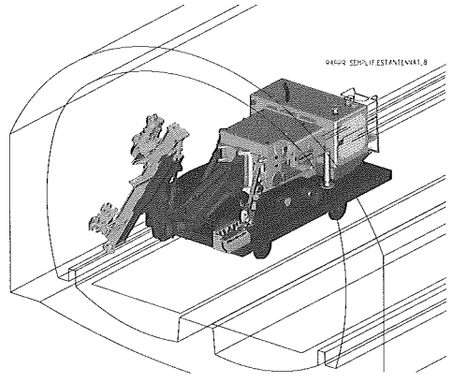
※他にも脚部や坑口周りに利用できる各種の補強土工法、マイクロパイル工法を準備しております。

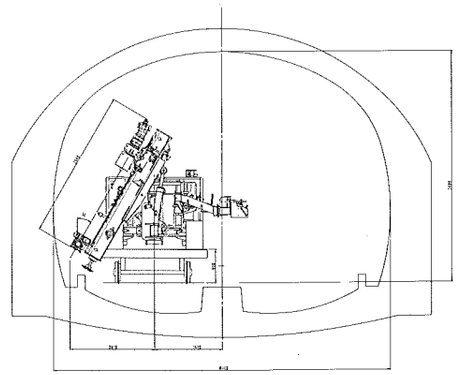
エスティーエンジニアリング株式会社
ST ENGINEERING CORPORATION
〒581-0833 大阪府八尾市旭ヶ丘1丁目108番地2
TEL.0729-90-0250 FAX.0729-90-0251
http://www.st-eng.co.jp

トンネルの削孔機械・輸入資材

● 油圧削孔機 SM401 ショートマスト仕様

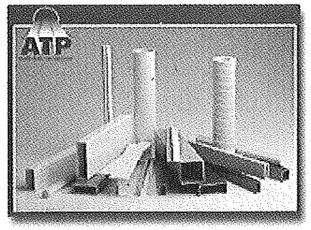
現場に応じたショートマスト長を選択可能（ロッド長1m～2m）

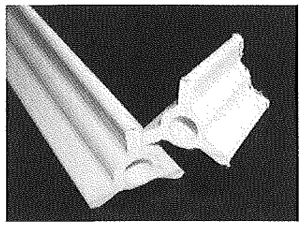




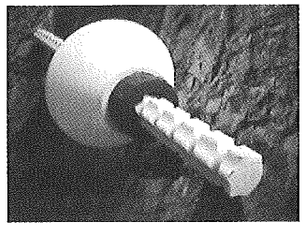
● グラスファイバーチューブ & ボルト

トンネル切羽等の補強資材、その他注入用のチューブもございます。





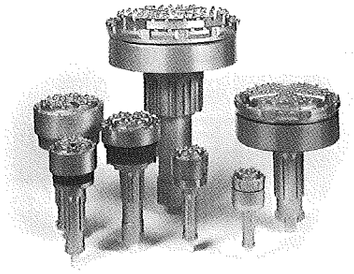
STAR 500S

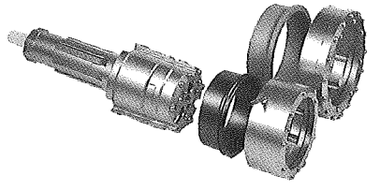


WIBOLT STAR

● SOROFLEX［リングビット］

小口径から大口径までケーシングを用いる二重管削孔に最高のビットシステム





SOILMEC ソイルメックジャパン株式会社
Drilling and Foundation Equipment
〒103-0024 東京都中央区日本橋小舟町3-12　サンバードビル3F
TEL:03(5643)1271 FAX:03(3664)6451 http://www.soilmec-j.com/

トンネルと地下　7月号目次　Vol.38, No.7, 2007 July

CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS

■巻　頭　言

地下鋼材の利用技術開発と設計法について思う
川端　規之……5

■施　　工

新しい鋼管ロックボルト工法で泥岩地山の変形に挑む
―北陸新幹線　峰山トンネル東工区―
中村　　信・小野謹一郎・後藤　靖彦・蛭子　清二……7

民家直下で超近接トンネルを全断面早期閉合により施工
―豊見城東道路　豊見城トンネル―
照屋　正史・高良　哲治・駒谷　恒雄・森﨑　泰隆……17

パイプルーフで交差点直下13万kNの土荷重を支える
―東京メトロ副都心線　東新宿駅―
辻　　雅行・岡　　功・森　　信雄・角野　叔昭……25

国内初のハーモニカ工法による重要構造物近接箇所での地下連絡通路
―東京ミッドタウンプロジェクト―
森本　眞禎・小友　　剛・三木　洋人・小柳　善郎……35

CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS

自動化オープンケーソン工法で大深度の土丹層を掘削
―東京都水道局　東南幹線豊洲立坑―
松田　信夫・野﨑　耕志・岸　　裕一・石川　　大……45

■連 載 講 座

シールド工事の施工に関するQ&A（1）
JTA都市トンネル小委員会……55

■現場だより

「菊とブドウといで湯の里」南陽市から
今村　新吾……16

「古代ロマン溢れる神話の舞台」出雲から
高村　忠勝……34

■資　　料

トンネル千夜一夜(31)
小野田　滋……32

土木情報
編　集　部……44

トンネルジャーナル
編　集　部……54

文献紹介
編　集　部……66

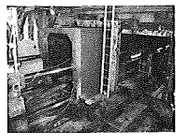
工法・技術・製品ニュース
編　集　部……67

トンネルワールドニュース
JTA国際委員会……68

■会　　報

会　　報
日本トンネル技術協会……72

【表紙説明】　国内初のハーモニカ工法による重要構造物近接箇所での地下連絡通路
―東京ミッドタウンプロジェクト―



都市再生交通拠点整備事業の一環として計画された(仮称)外苑東通り地下通路整備工事は，曲線施工を含む断面寸法の異なる２か所の地下通路を施工するものである．幹線道路直下での小土かぶり施工，輻輳した埋設物との近接，周辺への環境負荷の低減といった複数の要因から「ハーモニカ工法」を採用した．写真は推進工施工状況である．

〔写真提供：三井不動産(株)〕(本文35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。

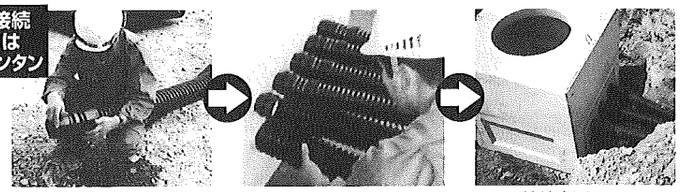
3.優れた性能
・軽量で、全サイズワンタッチ接続の採用により、工事の省力化が図れる。
・ワンタッチ式のロングベルマウス、ベルブロックを採用することによりハンドホール接合部の省力化が図れる。
・JIS C3653（附属書1及び3）の圧縮強度試験、難燃性試験をクリア。

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

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〕

伊　藤　範　行
鹿島建設株式会社土木管理本部土木工務部
グループ長

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

鈴　木　　明
独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構
鉄道建設本部計画部計画課長

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技術・生産本部長

端　　則　夫
大成建設株式会社土木本部土木技術部
トンネル技術室室長

濱　　建　介
株式会社アオバ取締役会長

松　尾　勝　弥
飛島建設株式会社土木本部トンネル統括部長

池　田　豊　人
国土交通省大臣官房技術調査課技術企画官

山　田　隆　昭
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役

山　道　哲　二
株式会社大林組東京本社土木技術本部技術
第二部部長

編集顧問の構成（五十音順・敬称略）

伊吹山　四　郎
攻玉社工科短期大学名誉学長

島　田　隆　夫
鉄建建設株式会社社友

高　橋　彦　治
伸光エンジニアリング株式会社技師長

田　島　利　男
NPO法人いきいきハイウェイ支援全国ネット
トンネル担当

西　松　裕　一
東京大学名誉教授

林　　博
西松建設株式会社専務取締役

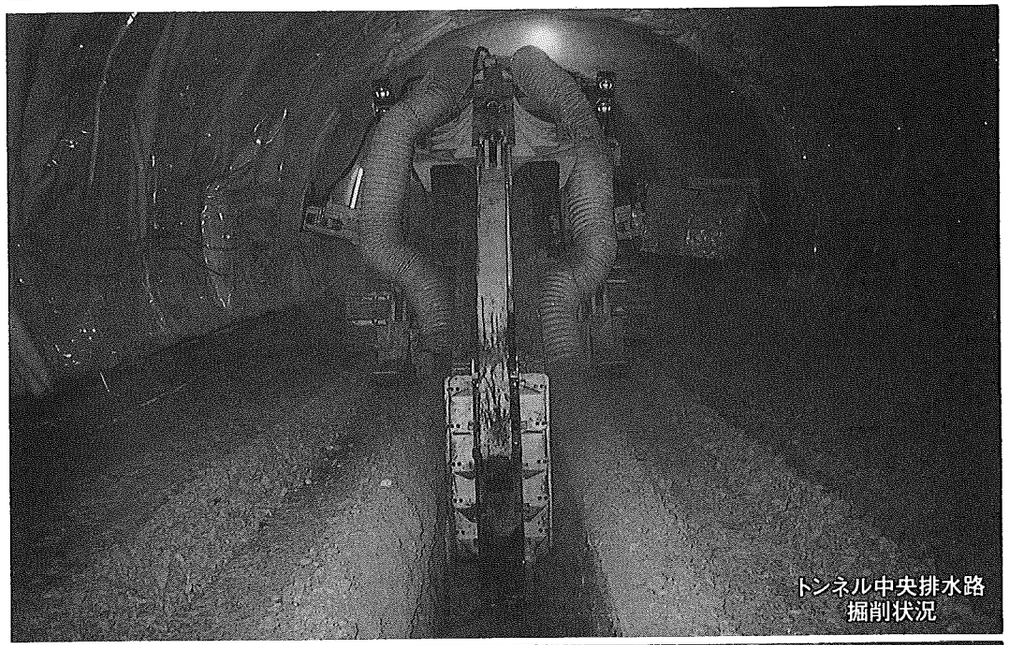
松　本　崇　義
（元）東京都理事

丸　安　隆　和
東京理科大学教授

山　口　啓　二
株式会社熊谷組代表取締役副社長

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
東京都下水道局技術開発担当部長

橋本定雄
中黒建設株式会社顧問

濱　建介
株式会社アオバ取締役会長

〔委員〕

城戸　務
東京都水道局建設部工務課長

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

坂根良平
東京都下水道局建設部設計調整課長

佐藤　亘
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建設工事部
構造技術センター課長

津金昭一
独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構
鉄道建設本部工務部工務第一課総括課長補佐

西村　聡
東京地下鉄株式会社建設部
新宿工事事務所所長

真下英人
独立行政法人土木研究所
基礎道路技術研究グループ
上席研究員(トンネル担当)

町田俊二
東京都交通局建設工務部計画改良課長

山田隆昭
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役

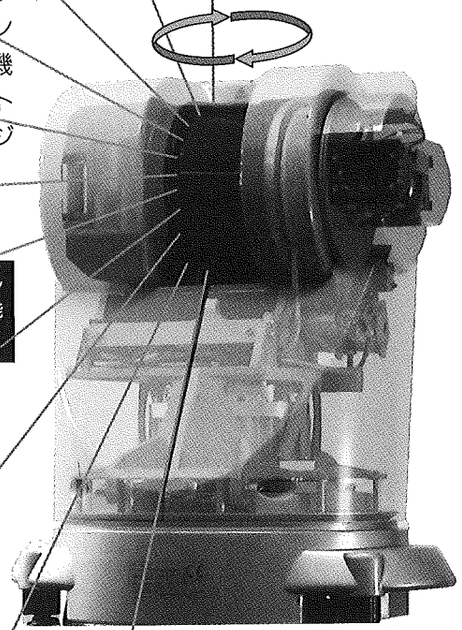
Callidus™ レーザースキャナー

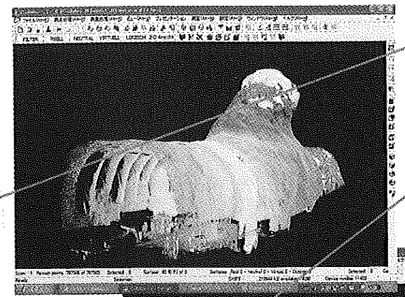
3次元トンネル断面計測機

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

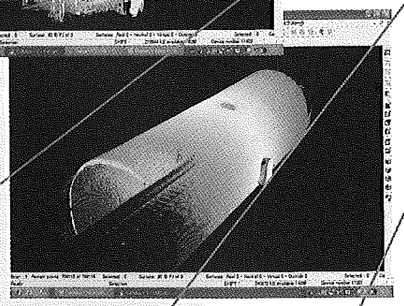
(1) 直径約8mのトンネルの場合

全周360°を10分でスキャン





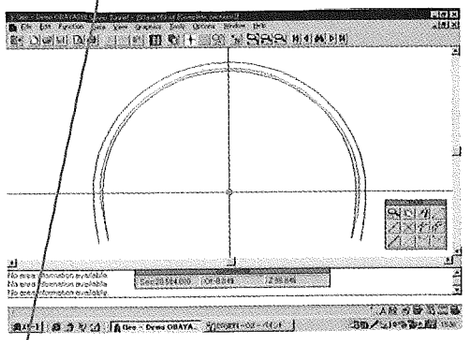
特殊なトンネル形状も対応可能です。



単独スキャンを合成し、トンネル全体を簡単に3次元表示できます。

データ解析および製図「GEOWIN」

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



■ 販売・レンタル 株式会社ソーキ
〒550-0025 大阪市西区九条南4−2−4
TEL：06-6586-1707 FAX：06-6586-1277
URL：http://www.sooki.co.jp/

■ 製造元 トリンブルジャパン株式会社
〒135-0007 東京都江東区新大橋1−8−2
新大橋リバーサイドビル101
TEL：03-5638-5022 FAX：03-5638-5016

トンネルと地下　VOL. 38　No. 7　掲載概要

掲載頁 7

新しい鋼管ロックボルト工法で泥岩地山の変形に挑む
—北陸新幹線　峰山トンネル東工区—

鉄道・運輸機構　中村　　信

北陸新幹線峰山トンネルは全長7,090mの山岳トンネルであり，東工区はそのうちの3,278mを施工している．地質は，新第三紀の若い年代の泥岩層で，土かぶりが最大で約390mに達し，200mを超える区間が全体の約70%を占めていることから，大変形の発生が懸念され，その抑制が課題とされていた．

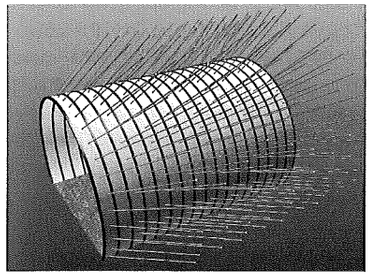
このような泥岩地山に対して，標準断面区間において新工法（POWERボルト工法）の試験施工を行い，標準支保パターンの場合と比較して変位抑制の性能と施工性を分析した．次に，試験施工から得た知見を反映しながら，拡大断面区間に新工法を本格採用した．その結果，変位の抑制に一定の成果が認められ，実用化の目処が得られた．

本稿は，変位抑制の効果があった新工法に関する施工報告である．

Challenge in Preventing Deformation of Mudstone Ground Using New Steel Pipe Rock Bolt－East Section of Mineyama Tunnel Hokuriku Shinkansen －

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

Mineyama tunnel of Hokuriku Shinkansen is a mountain tunnel of total length 7,090m, and the east section occupies 3,278m of that. Geology is a mudstone of young generation in the Neogene period. Overburden was approximately 390m at its maximum, and since the section with the cover over 200m consisted of 70% of the total, the occurrence of deformation was feared, and its prevention had become an issue.



図は鋼管の配置例

In this mudstone ground, we executed a test of the new construction method (POWER bolt construction method) in a general cross-section, and analyzed the performance of preventing deformation and constructability as compared to the standard support pattern. While incorporating the knowledge that we gained through the execution of the test, we adopted this new construction method on a full-fledged scale on the extended cross-section. As a result, some results could be achieved in the prevention of deformation, and it could be put into practice.

This article reports on the new construction method that was effective in preventing deformation.

掲載頁 17

民家直下で超近接トンネルを全断面早期閉合により施工
—豊見城東道路　豊見城トンネル—

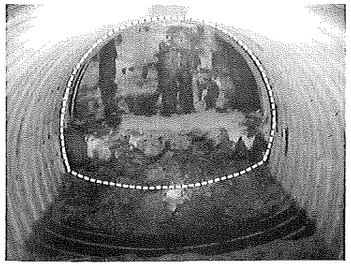
内閣府　照屋　正史

近年，山岳トンネル工法により構造物の直下あるいは近傍を小土かぶりで掘削する事例が増加している．さらに，用地の制約などの問題からめがねトンネルに代表されるように近接した状態でトンネルを施工する事例も多い．本トンネルは，双設トンネルであり，坑口部で両トンネルの離隔距離が0.44mと非常に小さい，いわゆる超近接トンネルの設計である．また，坑口上部の地表面に民家や道路，その他の構造物が近接する条件であり，トンネル掘削による地表面への影響を最小限に抑制することが必要であった．本稿は，超近接トンネルを全断面早期閉合により施工し，地表面沈下を最小限に抑制した結果について報告するものである．

Construction of Little Spaced Twin Tunnels Directly under Residences with Early Closure of Full Section－Tomigusuku East Road Tomigusuku Tunnel－

By Masafumi Teruya, Cabinet Office, Government of Japan

In recent years, there is an increase in the cases of small overburden excavation directly under or very near other structures using NATM. Moreover, there are many incidents of constructing tunnels with close proximity, as represented by Eye-glass-shaped twin tunnels, due to problems such as restrictions in the land available. This tunnel is a twin tunnel, and the clearance between the two tunnels at the entrance is a mere 0.44m, thus being a closely-proximal twin tunnel design. Also, there are residences and roads on the surface of the entrance, and also various structures near the tunnel. Thus it was necessary to control the impact on the surface because of tunnel excavation to the minimum. This article reports on the results of the construction of little spaced twin tunnels through early closure of full section, thus limiting the settlement of the surface to the minimum.



写真は断面の閉合状況

掲載頁 25

パイプルーフで交差点直下13万kNの土荷重を支える
—東京メトロ副都心線　東新宿駅—

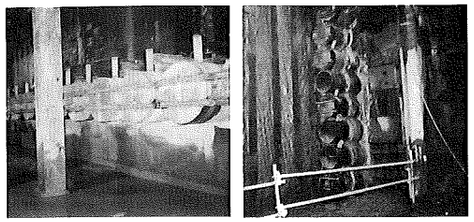
東京地下鉄(株)　辻　　雅行

東京メトロ副都心線(地下鉄13号線)は，池袋駅から渋谷駅間8.9kmを平成20年６月の開業に向け建設中である．当工事の東新宿駅は，都内でも有数な交通量を誇る明治通りの直下に４層２径間，平均掘削深さ37m，延長372mの大規模な開削トンネルを構築する工事である．今回報告するアンダーピニングは，駅部，池袋方の大久保通りと明治通りの交差点に位置し，地中には東電とう道(□4,000×2,650)・NTTとう道(φ2,850およびφ4,000)および第２戸山幹線下水道(φ4,050)などの大型ライフラインが埋設されている．この大型ライフラインを防護しながらの開削工法が困難なことから，交差点直下はパイプルーフ(φ812.8㎜)にて交差点土荷重(約13万kN)を仮受けし，54本の支持杭によりアンダーピニングを行った実績について報告するものである．

Support Ground Load of 130MN Directly under the Intersection using Pipe Roof—Tokyo Metro Fukutoshin Line Higashi-Shinjuku Station—

By Masayuki Tsuji, Tokyo Metro Co.,Ltd

Tokyo Metro Fukutoshin line is a subway of length 8.9km from Ikebukuro station to Shibuya station, being constructed with the aim of starting operations in June 2008. The construction site of Higashi Shinjuku station is a large-scale cut and cover tunnel with 4 stories and 2 spans of total length 372m, average excavation depth 37m, directly under the Meiji Dori Avenue which has relatively heavy traffic in the metropolis. This underpinning method reported here lies at the intersection of Okubo Dori and Meiji Dori, towards Ikebukuro, and under it lie several large lifelines such as Tokyo Electric line (□4,000×2,650), NTT line (φ2,850 and φ4,000), and second Toyama main sewerage (φ4,050). This article reports on the results of underpinning method excuted with pipe-roof (φ812.8) system pinned by 54 piles supporting overburden load (130MN) at the intersection, because cut and cover method was difficult while protecting these large-scale lifelines.



水平部　　垂直部
写真はパイプルーフ

掲載頁 35

国内初のハーモニカ工法による重要構造物近接箇所での地下連絡通路
—東京ミッドタウンプロジェクト—

三井不動産(株)　森本　眞禎

大断面分割シールド工法(以下，ハーモニカ工法と呼ぶ)は，交通渋滞の解消を目的としたアンダーパス構造物や，輻輳した地下埋設物下部に連絡通路などが必要な場合に，環境負荷を抑えた合理的な施工法として開発された．

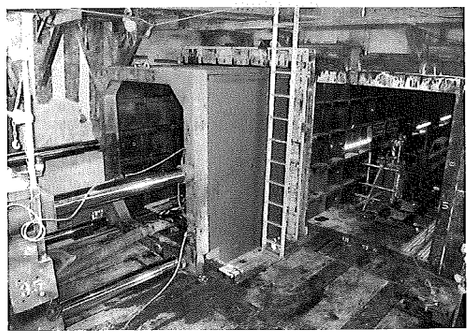
都市再生交通拠点整備事業の一環として計画された(仮称)外苑東通り地下通路整備工事では，幹線道路直下での小土かぶり施工，輻輳した埋設物との近接，周辺への環境負荷の低減といった複数の要因から「ハーモニカ工法」を採用した．本稿では，本工法で施工した断面寸法の異なる２か所の地下通路について，曲線施工も含め実績を報告する．

Underground Walkway in Location Close to Important Structures Constructed by Harmonica Method, the First in Japan—Tokyo Midtown Project—

By Masayoshi Morimoto, Mitsui Fudosan

Divided Large Section Shield Method (Harmonica method henceforth) was developed as a rational method to reduce the environment load when it was necessary to construct an underground walk-way below the converged underground installations, or under-pass structures installed for the purpose of reducing traffic jams.

As a part of the urban development activities to improve traffic conditions, we adopted the "Harmonica method" under the Gaien Higashi Dori development activities (tentative name), because of several reasons such as small overburden activity below the trunk road, close to convergent underground installation, and reduction of load on the environment in the neighborhood. This article reports on the results of constructing a walk-way through two locations with different cross section dimensions, including the curved-line construction.



写真は推進工施工状況

掲載頁 45

自動化オープンケーソン工法で大深度の土丹層を掘削
—東京都水道局　東南幹線豊洲立坑—

東京都水道局　松田　信夫

本工事は，東南幹線の未整備区間である品川区八潮一丁目から江東区豊洲二丁目のうち，豊洲六丁目において深さ60mを超える大深度立坑を自動化オープンケーソン工法(拡縮自在システム)により施工したものである．

本工事の掘削地盤は，軟弱地盤と硬質地盤であり，軟弱地盤に対してはCDM(Cement Deep Mixing)による過沈下防止対策を行った後に，従来の圧入式オープンケーソン工法による施工を行い，硬質地盤に対しては，拡縮自在システムによる施工を行った．

また，同システムによる立坑築造工事は国内２例目，外径は国内最大となるφ11.4m，さらに，自重の大きなケーソン(コンクリート躯体)による施工は国内初である．

本稿では，拡縮自在システムによる掘削・圧入沈下時の計測管理に新しい沈下計測管理システムを使用し，良好な結果が得られたので，これらについて紹介する．

Excavation of a Deep Mudstone Layer by Automated Open Caisson Method —Tonan Line Vertical Shaft—

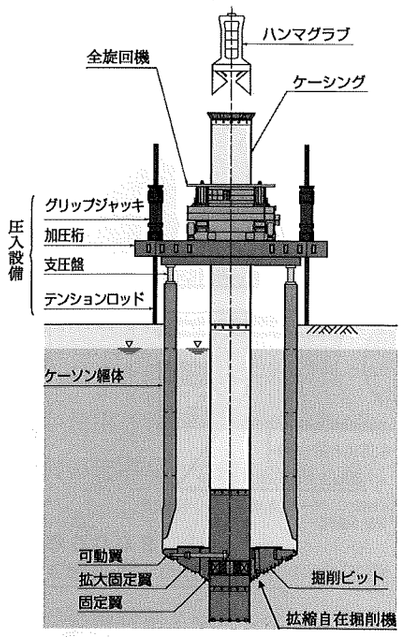
By Nobuo Matsuda, Tokyo Waterworks

This construction is a deep vertical shaft with depth more than 60m at Toyosu 6 chome for Tonan main water supply planned between Shinagawa-ku Yashio 1 chome and Koto-ku Toyosu 2 chome, using automated open Caisson method (freely extensible and contractible).

The geology of this construction is soft ground and hard ground, and after carrying out stabilization work against excessive displacement in case of soft ground using Cement Deep Mixing, we sunk the shaft using the traditional jacked Caisson, and excavating by a freely extensible and contractible system for the hard ground.

Construction of a vertical shaft using the same system is just the second example in Japan, and the external diameter is the highest in Japan at φ11.4m. Moreover, construction of large caisson (concrete frame) is the first in Japan.

This article introduces a new measurement management system to measure displacement at the time of jacking and excavating using an expandable and contractible system as we obtained favorable results by adopting it.

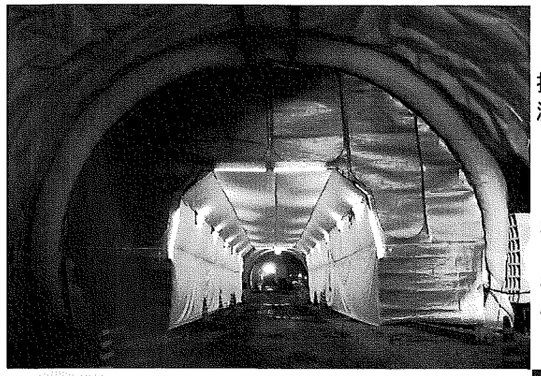


図は拡縮自在システムの施工概要図

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)



セントル温度養生バルーン

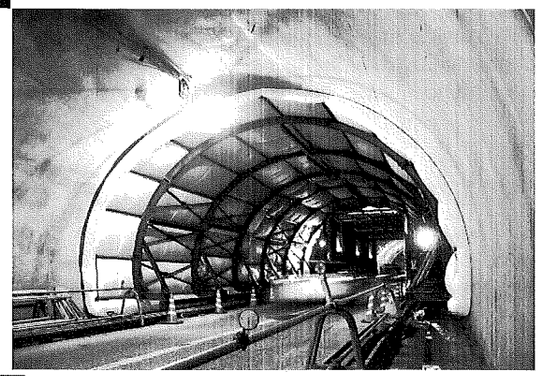
打設後から脱型までセントルをバルーンで覆い温度養生をします。

【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。

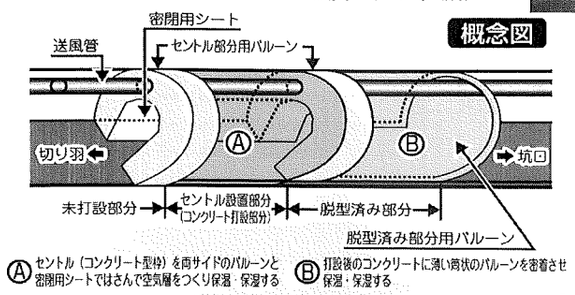
覆工養生バルーン

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）



概念図



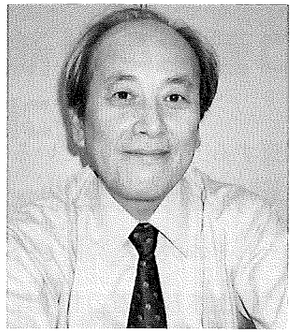
実　績	セントル温度養生	覆工養生バルーン
新幹線	５現場	２現場
高速道路	２現場	２現場
国土交通省	３現場	８現場
地方自治体	７現場	５現場
ＪＲ東日本	２現場	１現場
合　計	19現場	18現場

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(3262)1285(代)　Fax 03(3262)6093
仙台営業所　TEL 022(259)2239　Fax 022(259)3664
九州営業所　TEL 092(713)5265　Fax 092(714)3028
URL http://www.gifukogyo.co.jp/

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

巻頭言
（題字　小森　博会長）



地下鋼材の利用技術開発と設計法について思う

新日本製鐵(株)建材事業部部長(本協会評議委員)
川端規之

鉄鋼メーカーの土木技術者として27年間が過ぎた．その間の業務形態はさまざまであったが，常に鋼材の土木分野での利用技術開発が自分の技術課題であり，それは鋼構造工学と土質工学のカップリングを考える課題であったと思う．鋼構造工学だけを見れば，橋梁製作を専門とする会社の技術が常に先進的であるし，土質工学については掘削を専門とする総合建設会社の技術が先進的となって当然である．しかし，土質工学と鋼構造工学の複合問題という点では，橋梁製作会社の技術者が地中の鋼構造の製作物で事業を展開する余地が少ないことや，総合建設会社に鋼構造技術が担保されにくい環境などがあって，鋼構造工学と土質工学の複合問題に関する技術課題の多くは鉄鋼メーカーの土木技術者に消去法的に付与された課題となったものと思われる．

土木工学における鋼材利用は，18世紀のイギリスに始まる．1779年のアイアンブリッジと1869年のテムズ河横断地下鉄の鋳鉄製セグメントがそれぞれの最初の事例であった．国内を見ると，最初の鉄橋は1868年に長崎市にくろがね橋が建設されており，トンネルセグメントとしては1939年に建設された関門トンネルの覆工に鋳鉄製セグメントが使用されている．また，地下鋼材として山留め鋼矢板が使用されたのは，1903年に日本橋三井本館に輸入鋼矢板が使用された．その後，関東大震災の復旧などで鋼矢板が大量に使用され，1931年から八幡製鐵所での国内生産が開始されている．

地下鋼材の利用技術開発は，高度成長期の昭和40年代から鉄鋼メーカーの土木技術者を中心に官・産・学で進められ，鋼矢板の設計施工マニュアルなどの成果としてまとめられた．その過程で，土質工学と鋼構造工学の複合問題としての地下鋼構造物設計の研究が発展した．土留め鋼矢板と鋼製セグメントの設計法はともに，鋼材に作用する土圧と鋼材の変形と応力を照査して行われている．両者の設計法で共通しているのは，構造物の安全性を担保する観

点から，検討対象とする土圧の極限値を鋼材に作用させて安定を照査する方法をとっている点にある．鋼材に作用する土圧が変形の進行に伴って変化するという特性を考慮した設計体系は未だに確立されていない．鋼構造工学と土質工学はこの30年でそれぞれ大きく発展したが，複合問題としての矢板設計やセグメント設計への展開に今後の鉄鋼土木技術者の利用技術開発の方向性があるように思われる．

鋼矢板の撓み曲線法やロウの方法などでは壁体の剛性に応じて主働土圧と受働土圧のバランス点を計算する方法をとっており，剛性による発生応力の変化は考慮しているが，壁体の変形量による土圧の変化は考慮されていない．また，トンネルセグメント設計の梁–バネモデルにおける外力となる緩み土圧や側方土圧が覆工体の剛性と関連づけられることは少ない．

このような安全側の設計体系が確立した背景には，土質力学が塑性理論を基本とする力学体系で発展し，鋼構造力学が弾性論を基本に発展してきたという両力学の発展経路の相違が影響していると思う．覆工や山留めの設計で対象とする使用限界状態に対し，終局の土圧強度を適用している矛盾と，土質材料と鋼材の材質変動幅のコントラストが両力学のカップリングを困難にしている面もあるようにも思う．

近年は有限要素解析や遠心力模型実験による模型実験手法が発達し，地下鋼構造物の設計も相互作用を考慮している事例が増加している．一方で，これらの有限要素解析や模型実験にもとづく鋼矢板やセグメントに発生する土圧は，実測の土圧よりも小さい傾向にあり，実用化の課題が多く見受けられる．この要因として，土質定数の評価や各施工ステップでの地盤の乱れおよび水位変動などの影響が考えられ，地盤と地下鋼材の挙動を十分に再現しうる解析・実験法の研究は未だ途上にあるものと思う．

今後は，都市部の大断面トンネルや大規模地下開発工事において，覆工や壁体の薄肉化要求は増加する．鋼材の利用範囲を拡大する観点や，鋼材の需供が逼迫する状況下での鋼材有効活用の観点で，鋼材の撓み性能および強度の限界を追求した地下分野での鋼材の設計法，解析法および施工法の研究は，今後も鉄鋼土木技術者の重要な課題のひとつとなっていくものと考える．

施工

新しい鋼管ロックボルト工法で泥岩地山の変形に挑む

—北陸新幹線　峰山トンネル東工区—

(前)鉄道・運輸機構北陸新幹線建設局能生鉄道建設所所長　中　村　　信
鉄道・運輸機構北陸新幹線建設局能生鉄道建設所担当副所長　小　野　謹一郎
(前)奥村・青木あすなろ・真柄・牛木JV峰山トンネル(東)工事所所長　後　藤　靖　彦
(株)奥村組技術研究所地盤グループ長　蛭　子　清　二

1　はじめに

北陸新幹線峰山トンネルは，新第三紀の泥岩層に計画された長大トンネルである．土かぶりが大きくて地山強度比の小さな区間が長く続く状況にあったため，大変形の発生が予想され，その抑制が課題とされていた．

このような泥岩地山の変位抑制対策として，鋼管式のロックボルトに工夫を加えた新工法(POWERボルト工法)を開発し，同トンネル東工区に適用した．

本稿は，新工法の性能評価に関する施工報告である．

最初に，標準断面区間において新工法の試験施工を行い，標準支保パターンの場合との比較から変位抑制の性能と施工性を調べた．次に，試験施工から得た知見を反映しながら，拡大断面区間に新工法を本格採用した．その結果，変位の抑制に一定の成果が認められ，実用化の目処が得られた．

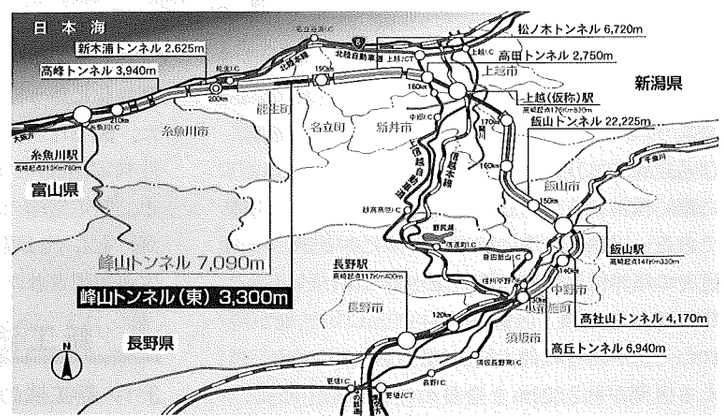
2　工事概要

2–1　峰山トンネルの概要

峰山トンネルは，**図–1**に示すように，新潟県上越市の西側に位置する名立区(旧名立町)と糸魚川市東側(旧能生町)の境界部に位置し，東と西の二つの工区に分かれている．このうちの名立区側が峰山トンネル東工区である．当工区の工事概要を**表–1**に示す．

2–2　地形・地質の概要

トンネルの周辺は，標高559mの峰山を主峰と



図–1　峰山トンネルの位置

表-1　峰山トンネル東工区の工事概要

工事名称	北幹，峰山T(東)他1，他2工事
企業者	鉄道・運輸機構北陸新幹線建設局
施工者	奥村・青木あすなろ・真柄・牛木 特定建設工事共同企業体
施工場所	新潟県上越市名立区平谷地内
掘削延長	本坑：L=3,278m，斜坑：L=170m
掘削断面積	標準部：約80m²，拡幅部：約130m²
掘削工法	上半先進ショートベンチカット工法
掘削方式	240kW級自由断面掘削機による機械掘削
最大土かぶり	390m
推定地山強度比	0.1～2.5
地質	新第三紀鮮新世名立層，川詰層

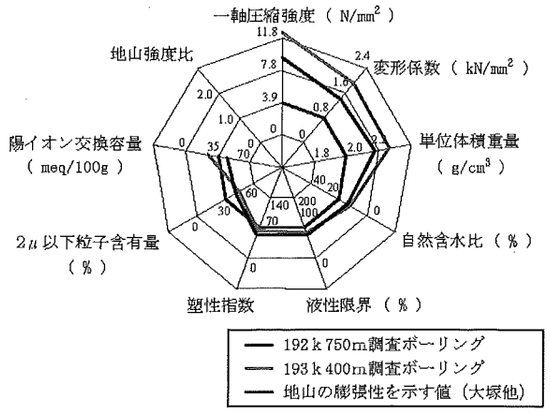
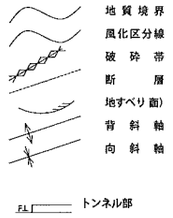


図-3　名立層泥岩の膨張性判定例

地質層序表

地質時代		標準層序	地層名	記号	岩層	特徴
第四紀	完新世		沖積層	a	礫・砂・粘土	現河床沿いに分布する．能生川流域には，厚い砂礫層として分布する．
			崖錐堆積物	dt	風化岩片・シルト・粘土	山麓緩斜面等に分布する．風化土，崩積土の混在する未固結粘性土．
	更新世		段丘堆積物	tr	礫・砂・シルト	名立川流域，能生川流域に段丘面を形成して分布する．礫混じりの堆積物．
新第三紀	鮮新世	西山層	名立層	Ntf	砂質凝灰岩	名立層上部に分布する．風化部は膨張性を有し，地滑り特性もみられる．
				Ncg	火山円礫岩・礫岩	φ1～4cmの安山岩の円礫を含む．基質は石英等の自形結晶が目立つ他，凝灰岩質の岩相を持つ．
				Nss	砂岩優勢層	砂岩の優勢な砂岩・泥岩互層などからなる．砂岩は固結度の低い岩層あり．
				Nms	泥岩	塊状無層理の泥岩は，新鮮部で固結するが，風化部は著しく劣化する．
			川詰層	Ktf	結晶凝灰岩 凝灰岩・泥岩互層	川詰層の基底に分布する．硬質の結晶凝灰岩，泥岩と互層する凝灰岩薄層など．
				Ktb	凝灰角礫岩	安山岩溶岩を伴う凝灰角礫岩が不連続に分布する．
				Kss	砂岩・泥岩	中～粗粒の砂岩は各所に凝灰質部あり．砂岩・礫岩を伴う．
				Kcg	礫岩・泥岩	径数cmの硬質円礫を主とする礫岩．泥岩・砂岩を伴う．
				Kms	泥岩	新鮮部は固結度の高い泥岩である．



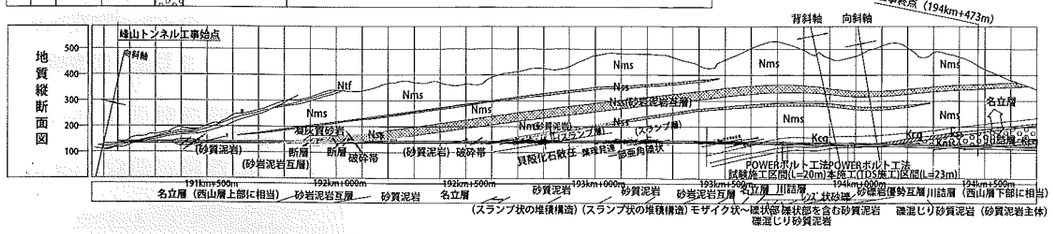


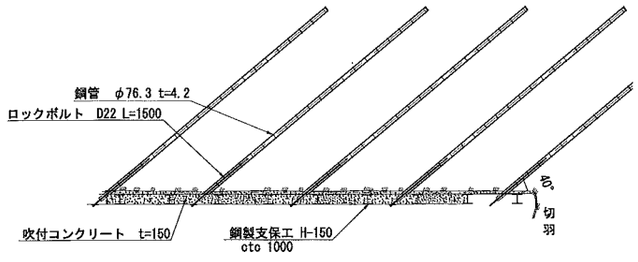
図-2　峰山トンネルの東工区の地質縦断

する山岳地形である．地質は，図-2の縦断図に示すように，下位より新第三紀鮮新世の川詰層および名立層であり，いずれも名立側(東工区坑口側)に緩く傾斜する．名立層は泥岩と砂質泥岩が主体である．川詰層は塊状泥岩が主体であるが，西工区との境界付近は帯水性の礫岩層および砂岩層となっており，西工区寄りの約800mに川詰層が現れた．土かぶりは最大約390mであり，200mを超える区間が約2,300mと全長の約70%を占めた．また，地山の強度が全長にわたって低く，地山の塑性化に伴う変位が長区間発生する可能性があった．図-3は名立層泥岩の地山試料試験結果を膨張性判定指標[1]と対比したものである．これによると，判定指標の半分以上の項目が基準値を下回るか，もしくは限界線上にあることから，変位の発生が予想された．

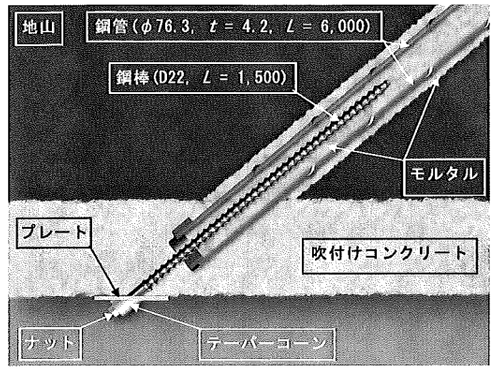
3　新工法の概要

3-1　新工法の開発方針

トンネルの変位低減対策として掘削断面の早期



(a)　縦断図



(b)　端部詳細図

図-4　提案支保構造

閉合が有効であり，そのための掘削方式として，ショートベンチカット工法が定着している．今回の開発では，縫返しなどの切羽後方の手戻り作業を極力避けることを重視し，新しい変位低減工法の開発方針を次のように定めた．

① 500mm程度までの変位を所定の変形余裕以内に低減できる性能とする．

② ショートベンチカット工法による掘削を基本とし，地山を剛に受ける工法とする．

③ 剛性と耐力が大きくてじん性を有する支保構造とする．

3-2　新しい支保構造の提案

ロックボルトの構造を工夫することによって，支保構造としての剛性とじん性の向上を試みた．

新たに考案した支保構造を図-4に示す．この構造では，芯材に鋼管(直径：76.3mm，肉厚：4.2mm，長さ：6m，材質：STK400)を用いる．また，鋼管のトンネル内空側端部からは短尺の異形鋼棒(直径：22mm，長さ：1.5m)を挿入し，注入材で鋼管と一体化する．鋼管の配置例を図-5に示す．

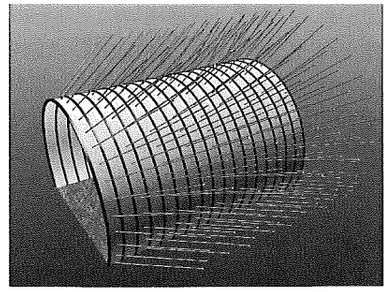


図-5　鋼管の配置例

通常のパターンボルトの場合と同様であるが，縦断方向には切羽斜め前方に45°程度傾斜させた配置とする．

このような構造と配置とした考え方は次のとおりである．

3-2-1　鋼管の採用

芯材の剛性と耐力を大きくするために，芯材の径を太くした．ただし，芯材の破断耐力とその周面における抜け出しに対する耐力が同程度であれば良いので，中実ではなく中空である鋼管を用いた．

3-2-2　鋼管の傾斜配置

鋼管を切羽前方に傾斜配置することにより，先行変位の低減や支保の早期設置の効果を期待した．また，鋼管軸方向剛性に加えて軸直角方向の曲げ剛性も加わり，支保剛性が大きくなると考えた．さらに，壁面から離れた深部位置から地山の剛体的な変形が生じる場合にも，鋼管を傾斜配置することによってその軸方向に相対変位(ひずみ)が誘起されるので，鋼管の軸剛性を有効に活用できると考えた．

3-2-3　鋼棒と鋼管を組合せた端部複合構造

鋼管の端部にねじを切り直接壁面にナットで固定すると，この位置の耐力が大きく低下して弱点となる．そこで，図-4に示したように，口元側は鋼棒を鋼管内に挿入して定着材で一体化した後に，プレートを介して内側の鋼棒を壁面にナットで固定した．このような複合構造とすることで，鋼管口元部分の弱点を回避できるとともに，ロックボルトと同様な施工性も確保できる．

今回の複合構造では，鋼棒は端部に引き抜き荷

重のみが作用する状態になり，ほぼ全長がアンカー部となる．さらに，鋼棒は外側の鋼管によって拘束されるため，引き抜きに対する剛性と耐力が大きくなり，鋼棒は短くても抜け出さずに破断するモード[2]となる．

4　原位置引き抜き実験

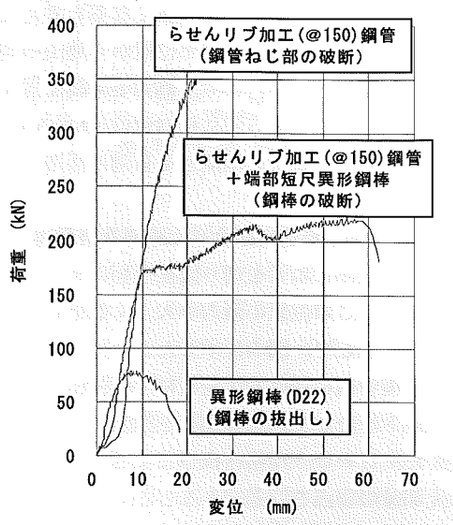
峰山トンネル東工区で引抜き実験を行い，提案した複合支保構造の妥当性を調べた．

この実験で調べた要因を**表-2**に示す．なお，試験体の破壊状況を見るために，鋼管および鋼棒の定着長さは1.2mとした．

試験結果から，定着材が急硬性モルタル，鋼管の表面形状がピッチ150㎜のらせんリブ付加の場合に引き抜き荷重に対する剛性と耐力が大きいことがわかった．**図-6**は，鋼管単体，異形鋼棒単体および複合支保構造の引き抜き荷重～引き抜き変位曲線を比較したものである．同図から，引き抜き荷重に対する剛性と耐力は，鋼管単体，複合支保構造，異形鋼棒単体の順に小さくなることがわかる．また，異形鋼棒単体，鋼管単体，複合構造のエネルギー吸収性能は，1：3.9：11.1となり，引き抜き荷重が作用する場合に複合支保構造のじん性が大きいことがわかる．

表-2　実験で調べた要因

調査した要因	水　準
定　着　材	①ウレタン ②シリカレジン ③急硬性モルタル(Pモルタル)
鋼管表面形状	①無垢(加工なし) ②円形リブ加工(@150) ③円形リブ加工(@300) ④らせんリブ加工(@150) ⑤らせんリブ加工(@300) ⑥サンドブラスト加工
芯材の種類と端部の構造	①鋼管 ②鋼棒 ③鋼管と鋼棒の組み合わせ



(定着材：急硬性ﾓﾙﾀﾙ，材齢：24h)

図-6　引き抜き荷重～引き抜き変位曲線

5　試　験　施　工

5-1　支保パターンおよび計測の概要

距離程：193km720m～740mの延長20m区間で新工法の試験施工を行った．支保パターンを**図-7**に示す．鋼管は周方向に0.9mピッチ，縦断方向に2.0mピッチ(1シフト)の千鳥に配置し，切羽前方へ40°傾けて放射状に打込んだ．吹付けコンクリート，鋼製支保工の仕様は，試験施工区間を挟む前後の標準支保パターン区間と同じである．

複合支保構造の性能を把握するために，A計測とB計測を行った．また，比較のため，試験施工区間を挟んで前後1D(D：掘削幅，約10m)の標準支保パターン区間でも同様の計測を行った．計測の概要を**表-3**に示す．また，計測機器の配置を図-7に併記した．

なお，土かぶりおよび針貫入試験や切羽観察から判定した地山特性は，3区間でほぼ同等であった．

表-3　計測の概要

	標準支保パターン区間(手前)	複合支保(POWERボルト)区間	標準支保パターン区間(奥)
施工区間	193km710m～720m	193km720m～739m	193km739m～749m
計測位置	193km710m	193km729m	193km749m
A 計 測	上半5か所，下半2か所		
B 計 測	吹付けコンクリート応力		——
	鋼製支保工応力		——
	ロックボルト軸ひずみ	内部鋼棒軸ひずみ 鋼管軸ひずみ	——

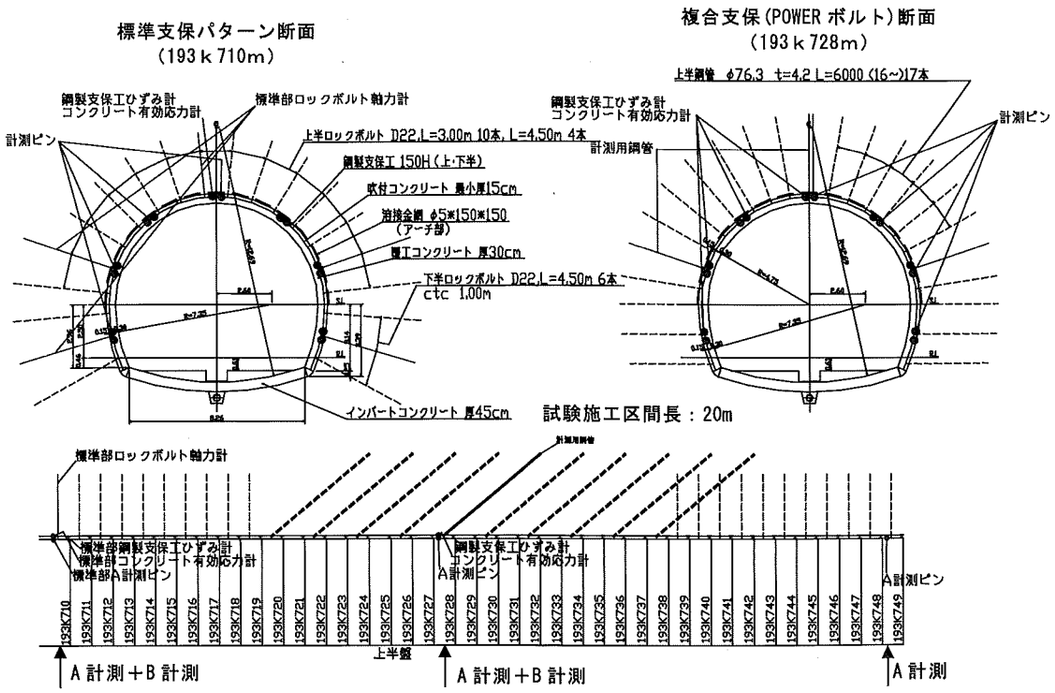
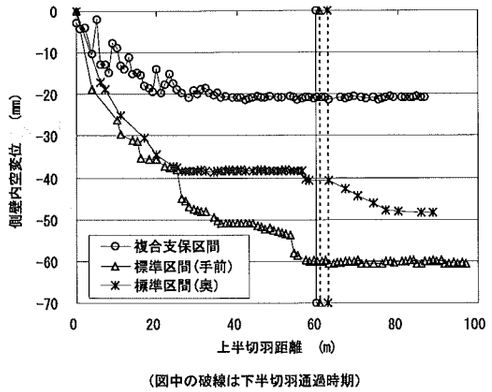


図-7　試験施工区間の支保パターン

表-4　壁面変位の比較

	上半収束変位(㎜)			下半収束変位(㎜)		
	天端沈下	肩内空変位	側壁内空変位	天端沈下	肩内空変位	側壁内空変位
標準区間(手前)	2.0	36.5	51.0	−0.7	44.0	60.5
標準区間(奥)	10.1	24.6	38.5	17.6	32.1	48.4
標準区間(平均)	6.1	30.6	44.8	8.5	38.1	54.5
複合支保区間	15.8	15.2	21.3	30.6	17.6	21.3
複合支保区間/標準区間	2.59	0.50	0.48	3.6	0.46	0.39



(図中の破線は下半切羽通過時期)

図-8　内空変位の比較

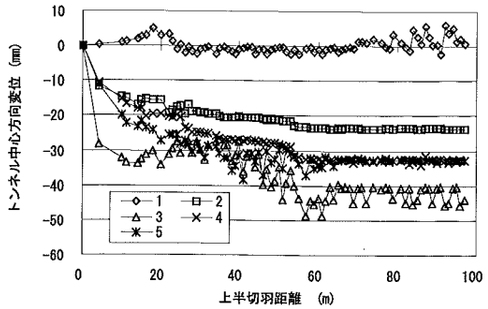
5-2　計測結果と考察

5-2-1　変位低減効果

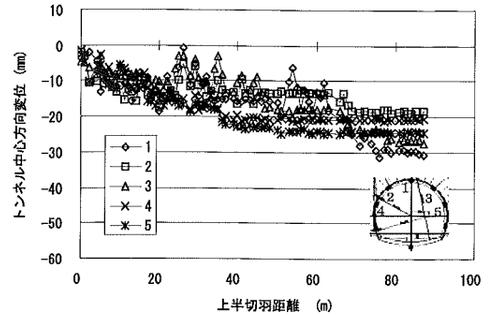
複合支保区間と前後の標準区間の壁面変位を比較し**表-4**，**図-8**に示す．複合支保区間の上半収束時内空変位は，標準区間に比較して最大48%に抑えられた．また，複合支保区間の下半内空変位増分は，標準区間の約10㎜に対してほぼ0㎜に抑えられた．

5-2-2　アーチ形成の促進効果

標準区間では，両側壁が左右から押し出されて天端が上方に押し上げられる変形モードであった．これに対し，複合支保区間では，**図-9**に示すように，壁面変位がすべてトンネル中心に向かうモードが現れた．すなわち，複合支保構造の場合にアーチ形成効果が促進されたと考えられる．



(a)　標準区間(手前)



(b)　複合支保区間

図-9　壁面変位発生過程の比較

5-2-3　複合支保構造の機能と効果

鋼管および内部鋼棒の平均軸ひずみ計測結果を**図-10**に示す．ここで，差ひずみの分布形も含め，ひずみ計測結果から想像される両部材の抵抗機能を**表-5**に整理した．

内部鋼棒の軸ひずみは，予想どおりに端部から引き抜き荷重が作用する場合の分布形を示し，全長で引き抜き荷重に抵抗した．一方，鋼管の軸ひずみは，ロックボルトが自己釣合い状態にある場合の軸力分布を示し，前方の２m程度が引張部，後方の４m程度がアンカー部になった．

次に，複合支保区間と標準区間のロックボルトや鋼管に生じたひずみと内空変位の関係を比較して**図-11**に示す．複合支保区間の最大変位である内空変位20㎜付近のひずみに着目すると，標準区間のロックボルトは既に降伏挙動を示している．これに対して複合支保区間では，内部鋼棒のひずみは小さかった．また，鋼管のひずみはさらに小さく，内空変位に対する増加勾配も内部鋼棒のそれよりも小さかった．このように，複合支保構造には十分な耐力余裕を見込めることがわかる．

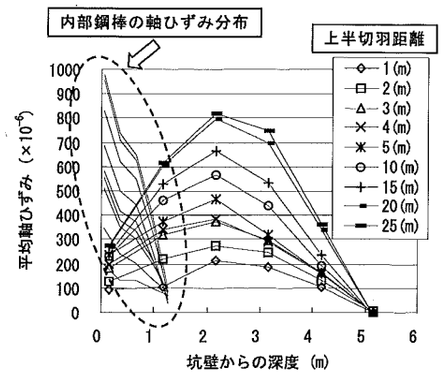


図-10　鋼管および内部鋼棒の軸ひずみ分布

表-5　鋼管，内部鋼棒のひずみ分布モードと機能

	鋼　管	内部鋼棒
平均軸ひずみの分布形	定着長が適当な場合のロックボルトの軸力分布形	ロックボルト引抜き試験の軸力分布形
差ひずみの分布形	弾性床上の片持ち梁を想像させる分布形	―
部材の抵抗機能	①軸方向剛性による引張抵抗機能 ②曲げ剛性，せん断剛性による鋼管直角方向の抵抗機能	軸方向剛性による引張抵抗機能

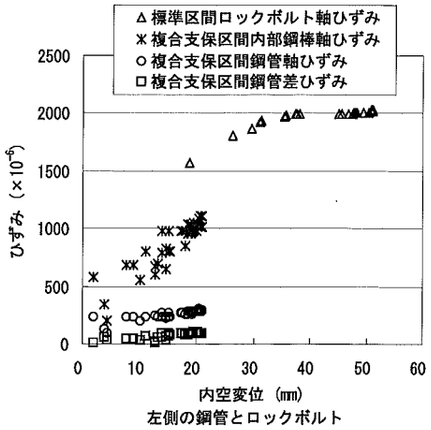


図-11　鋼管，鋼棒のひずみと内空変位の関係

6　新工法の施工性

6-1　施工手順

提案新工法の施工手順を**図-12**に示す．

6-1-1　資機材などの準備

施工の精度と効率を向上させるために，ガイド

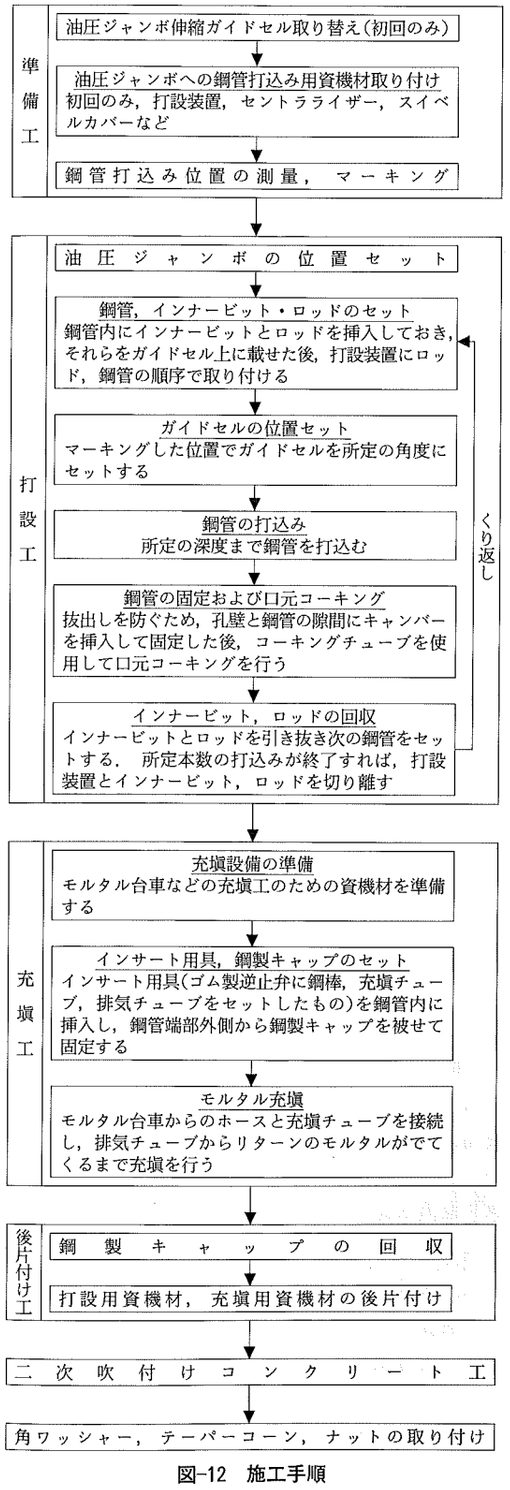


図-12　施工手順

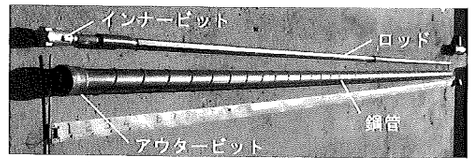


写真-1　鋼管とインナービット・ロッド

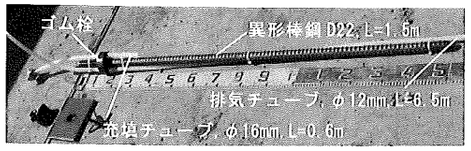


写真-2　インサートシステム

セルは伸縮機能付きタイプの使用が好ましい．また，切羽と油圧ジャンボ間の路盤の泥濘化を防ぐため，この間の路盤をシートで養生する．

6-1-2　鋼管の打込み

削孔は油圧ジャンボを使用して二重管削孔方式で行う．鋼管は先端に超硬チップからなる捨てビットを付加した自穿孔タイプである．このアウタービットと鋼管内のインナービットの両方に回転と打撃を加え，鋼管の打込み精度と削孔速度の向上を図った[3]．鋼管とインナービット・ロッドを**写真-1**に示す．

鋼管を打込む位置と方向にガイドセルを合わせ，所定の深さまで削孔する．鋼管の外周にファスナーを取り付けて孔壁に固定し口元のコーキングを行った後，インナービットとロッドを引き抜く．

6-1-3　定着材の充填

定着材(急硬性モルタル)は後注入で充填する．異形鋼棒，給・排気チューブ，ゴム栓から構成されるインサート用具を鋼管内に挿入・セットし，鋼製キャップを被せて鋼管の端部に固定した後，モルタルを注入する．インサートシステムを**写真-2**に示す．

6-1-4　プレート類の取付け

仕上げの２次吹付けコンクリートを施工した後，鋼棒にプレート，テーパーコーン，ナットを取り付けて施工を完了する．

6-2　サイクルタイム

試験施工では上・下半を並進させなかった．所要日数は，上半が８日間，下半(複合支保区間と

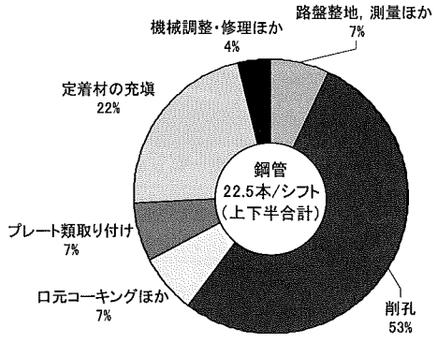


図-13　サイクルタイム

標準区間の両方)が6日間であった．施工時間の長かった上半の進捗を参考にすると，本施工時のトンネル進捗は約60m/月と予想され，軟岩地山の標準的な施工速度を確保できることがわかった．

新工法のサイクルタイムを図-13に示す．同図では1シフト分の複合支保構造の施工に要する個々の作業時間を百分率で示した．この図から，もっとも時間を要した作業は削孔の53%であり，全体の約半分を占めていた．

7　拡大断面区間の本施工

7-1　概　要

距離程が193k985mの位置では，図-14の平面に示すように，トンネル防災用断路器(TDS)を設備するために，13m間の断面を拡大した．この区間の前後には8mの摺り付け区間があり，断面積が標準の80.1m²から134.2m²へと1.7倍に大きくなる．さらに，両側に横坑(器材坑)も追加され，拡大区間はきわめて扁平な断面形状となった．また，掘削前の水平ボーリング調査や針貫入試験結果によると，この付近において地山が相対的に脆弱化しており，土かぶりも約350mと大きかった．このような悪条件下の施工となるため，切羽の不安定化と変位の増大が懸念され，鏡止めボルト(FIT)に提案新工法(POWERボルト工法)を併用して対処することにした．

拡大断面区間の支保パターンを図-15に示す．POWERボルトは周方向：1.3m，縦断方向：2.0mピッチで上半180°範囲に配置した．また，鋼製

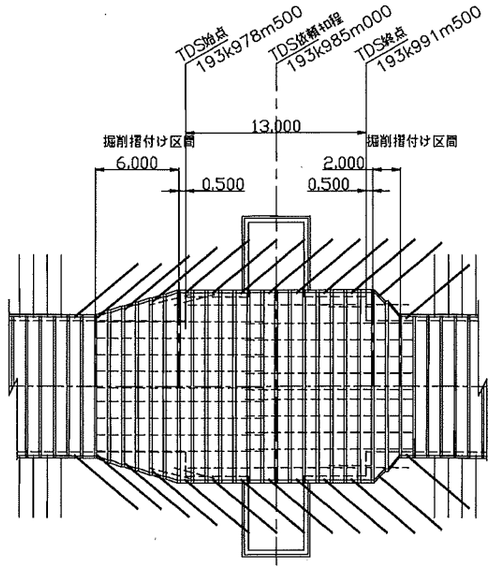


図-14　拡大断面区間の平面

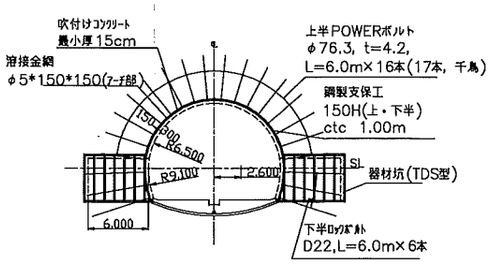


図-15　拡大断面区間の支保パターン

支保工：200H，吹付けコンクリート厚：20cm，下半ロックボルト長：6.0mである．

7-2　POWERボルト工法による変位抑制効果

拡大断面区間の壁面変位を標準断面と比較して表-6に示す．拡大断面区間の変位は，大きな断面積であるにもかかわらず，前後の標準断面に比べて上半内空変位で30%，上半天端沈下で50%，下半内空変位で36%，下半天端沈下で68%と小さくなり，大きな変位抑制効果が確認された．また，標準断面とは異なり，拡大断面では天端沈下が内空変位よりも大きくなった．断面拡大によって上半がより扁平な形状になったこと，さらに，横坑が加わり扁平形状の影響が強く現れたと考えられる．

表-6　拡大断面区間の壁面変位

距離程	上半側壁内空変位	上半天端沈下	下半側壁内空変位	下半天端沈下	内空変位下半増分	天端沈下下半増分	器材坑掘削後側壁内空変位	器材坑掘削後天端沈下	内空変位器材坑増分	天端沈下器材坑増分	上半内空/下半内空	上半天沈/下半天沈	備　考
193k900	55.2	46.4	72.8	61.4	17.6	15.0	72.8	61.4	0.0	0.0	3.14	3.09	標準断面
193k960	75.6	42.0	83.8	52.2	8.2	10.2	85.3	66.0	1.5	13.8	9.22	4.12	標準断面・切欠きあり
193k971	29.0	74.5	38.9	89.9	9.9	15.4	41.9	93.6	3.0	3.7	2.93	4.84	標準断面・鋼管打設始点
193k980	17.6	11.2	30.2	38.8	12.6	27.6	39.4	58.8	9.2	20.0	1.40	0.41	拡幅断面・鋼管打設
193k990	20.1	32.3	26.7	43.6	6.6	11.3	31.5	58.0	4.8	14.4	3.05	2.86	拡幅断面・鋼管打設
193k995	59.5	34.0	66.1	37.0	6.6	3.0	72.6	40.5	6.5	3.5	9.02	11.33	拡幅断面・鋼管打設終点
194k025	72.4	43.2	86.8	58.9	14.4	15.7	90.0	63.1	3.2	4.2	5.03	2.75	標準断面
標準断面平均	63.8	44.8	79.8	60.2	16.0	15.4	81.4	62.3	1.6	2.1	3.99	2.92	
拡大断面平均	18.9	21.8	28.5	41.2	9.6	19.5	35.5	58.4	7.0	17.2	1.96	1.12	
変位比	0.30	0.49	0.36	0.68	0.60	1.27	0.44	0.94	4.38	8.19	—	—	

8　おわりに

縫い返しなどの手戻り作業の回避を目的に，新しい変位抑制工法(POWERボルト工法)を開発し，北陸新幹線峰山トンネル東工区において試験施工と本施工を行い，性能を評価した．その結果，変位の抑制に一定の成果が認められ，支保構造としての実用化の目処が得られた．

類似地山条件下のトンネル施工において，本稿が変位抑制対策工法を検討する際の参考になれば幸いである．

参考文献

1) 大塚正幸・高野彬：膨張性泥岩におけるトンネルの挙動と地質特性，土と基礎，Vol.28，No.3，1980.
2) 蛭子清二・アイダン オメル・河村精一・川本眺万：ロックアンカーの引き抜き破壊モード，土木学会論文集No.504/VI-25，pp.157-166，1994.
3) 野間豊志・蛭子清二・中村英樹・石原基嗣：近接トンネル工事における小口径中尺先受け工法の開発，土木学会土木建設技術シンポジウム2002，pp.129-136，2002.

『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)

現場だより
平成19(2007)年

「菊とブドウといで湯の里」南陽市から

今 村 新 吾

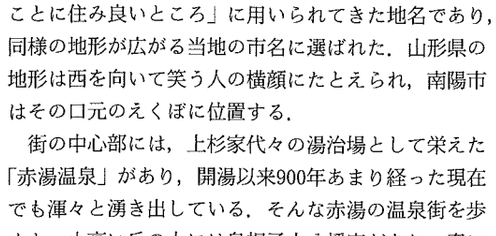
「南陽」は，古来中国で「北に丘陵，南に沃野，まことに住み良いところ」に用いられてきた地名であり，同様の地形が広がる当地の市名に選ばれた．山形県の地形は西を向いて笑う人の横顔にたとえられ，南陽市はその口元のえくぼに位置する．

街の中心部には，上杉家代々の湯治場として栄えた「赤湯温泉」があり，開湯以来900年あまり経った現在でも滾々と湧き出している．そんな赤湯の温泉街を歩くと，小高い丘の上には烏帽子山八幡宮があり，春には千本桜が日本一大きな石造りの鳥居におおいかぶさるように咲き誇る．秋には，日本三熊野の一つである宮内熊野大社の門前で，日本一の歴史を誇る菊まつりが行われる．

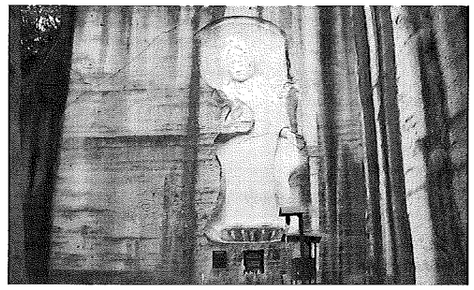
また，内陸に位置するため，朝と夜の気温差，夏と冬の寒暖の差が大きく，農作物には好条件な気候である．とくに果物については，山形を代表するブドウ・さくらんぼ・りんご・ラフランスなどが栽培されており，四季に彩りを添えている．なかでもブドウ栽培は，南陽市が山形県の発祥地であり，鏡のような湖面に青空を写す白竜湖と，山肌一面を緑の絨毯で敷き詰めたブドウ棚はこの地を象徴する夏の風景である．

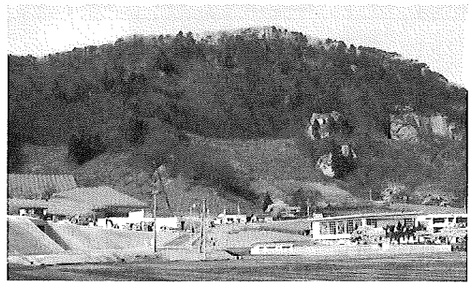
さて，国道13号は福島県福島市を起点として山形県・秋田県を結ぶ総延長319.0kmの主要幹線道路である．経済活動・文化交流に大きな役割を果たしているのはもちろん，通勤・通学での利用も多く，日常生活に欠かすことのできない路線である．

南陽市街地を通過する区間では，交通量の増加や車両の大型化などによる現道の交通混雑・生活環境の悪化が進んでいた．そのため，国土交通省により交通容量確保・混雑緩和・交通環境改善を目的とした「上山バイパス」が計画され，その南端である上山市川口から南陽市川樋までの6.7kmが現在整備中である．



位 置 図


岩部山観音像


起点側坑口部

中川トンネルは南陽市元中山から川樋間の岩部山(標高506m)を貫くトンネルである．岩部山の一部は県立自然公園となっており，山肌には金毛和尚が観音の慈悲を広めるために彫られた「岩部三十三観音」が存在する．また，施工基地である起点側坑口付近には小学校・老人ホーム・民家・ブドウ畑が近接し，終点側坑口では中学校と近接するため，周辺環境に配慮した施工が要求される．

平成18年12月に坑口付けを行い，平成19年1月から掘削を開始した．記録的な暖冬により雪が少なかったことにも助けられ，トンネル延長947mのうち，約200mを掘り進めてきた．

今後も発注者・関係各位の指導のもと，作業所ならびに協力会社が一丸となり，無事故・無災害での貫通・竣工を迎えられるよう努力してゆく所存である．

(三井住友建設(株)中川トンネル作業所工事主任)

施工

民家直下で超近接トンネルを全断面早期閉合により施工

—豊見城東道路　豊見城トンネル—

(元)内閣府沖縄総合事務局南部国道事務所副所長 照屋正史
(元)内閣府沖縄総合事務局南部国道事務所工務課長 高良哲治
熊谷組・大米建設共同企業体所長 駒谷恒雄
(株)熊谷組土木事業本部トンネル技術部課長 森崎泰隆

1 はじめに

那覇空港自動車道は，現在供用中の沖縄自動車道と那覇空港を結ぶ延長約20kmの高規格幹線道路である．豊見城トンネルは，那覇空港自動車道を構成する豊見城東道路(L=6.2km)のうち1,074mの山岳トンネル区間である．豊見城トンネル(その1)工事は，東側の坑口から上り線延長L=331.15m，下り線延長L=324.15mを施工するものである(図-1)．

本トンネルは，坑口部で上下線トンネルの離隔が非常に小さい超近接トンネルの設計である．超近接トンネルは，近年，数件の施工事例が報告されている[1)~3)]．本トンネルでは，坑口部の小土かぶり区間に，地表面に道路，民家その他の構造物が近接している．このような条件の中，地表面沈下を最小限に抑制するため，超近接トンネルを全断面の早期閉合により施工した．本稿は，豊見城トンネル(その1)工事の小土かぶり区間における超近接トンネルの施工方法，計測結果などについて報告するものである．

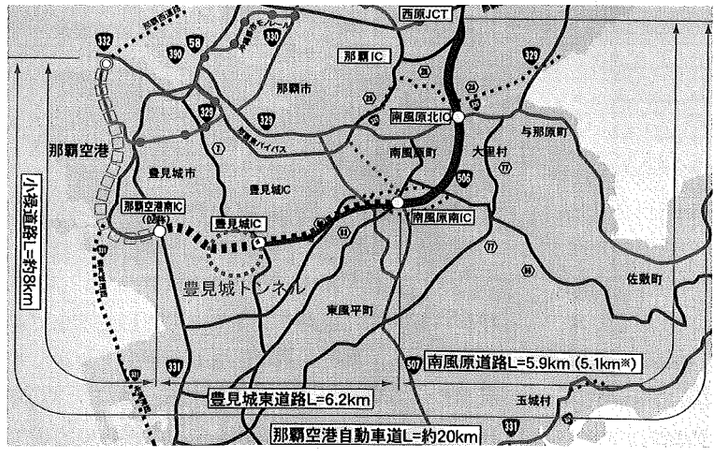


図-1 トンネル位置図

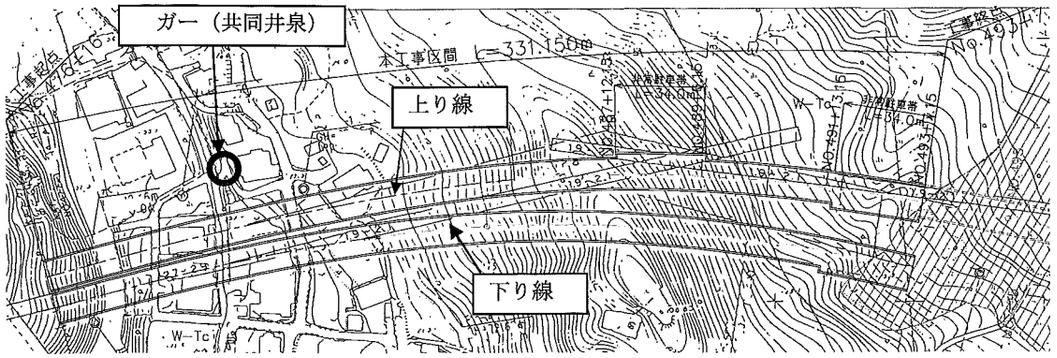
2 工事概要

2-1 工事内容

本工事の概要を表-1に示す．

2-2 地形・地質概要

豊見城トンネル付近の地形は大局的には，琉球石灰岩の分布する標高100m前後の台地，島尻層群泥岩が分布する丘陵地および河川沿いの低地から構成さ



岩種	変形係数 (MPa)	一軸圧縮強度(MPa)	ポアソン比	単位体積重量(kN/m³)	粘着力 (kN/m²)	内部摩擦角 (°)
島尻泥岩	200	2	0.38	20	190	22

図-2　工事平面・地質縦断図

表-1　工事概要

工事件名	豊見城トンネル(その１)工事
工事場所	沖縄県豊見城市字平良
工期	平成17年３月29日～平成19年３月23日
トンネル延長	上り線331m，下り線324m
平面線形	曲線(R=500m)
掘削工法	ミニベンチ付き全断面工法
掘削方式	機械掘削方式(ツインヘッダ)

れている．丘陵地は台地をとりまく形で分布し，斜面傾斜は一般に５～20°で緩やかな凹凸を呈している．河川は，北西部～南東方向の断層の方向とほぼ平行に発達したものが多い．河川周辺に低地が分布している．トンネルの土かぶりとしては，最大50m程度であるが，最小土かぶりは５m程度と小さく，山岳トンネルの約半分の区間で土かぶりが２D(D：トンネル掘削幅)以下である．また，図-2の平面図中の丸印に示す位置には「ガー」と

写真-1　浸水崩壊度試験

呼ばれる共同井泉がトンネルとの離隔約５mで存在している．島尻泥岩は，スレーキングが激しく，浸水による強度低下が著しい地山であるため(写真-1)，トンネル掘削による地山の緩みの影響で島尻泥岩が強度低下することが懸念された．

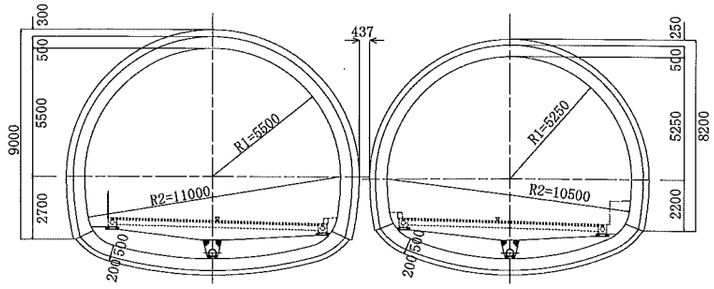


図-3　坑口部標準断面図

2-3　標準断面とトンネル離隔距離

図-3に坑口部における標準断面図を示す．上り線と下り線の離隔距離は，坑口部で最小(0.44m)であり，徐々に大きくなっている．DⅢ区間の終点部では2.9m，DⅠ区間の終点においては15.6mである．坑口からの120m間(DⅢ区間)は地表面に民家，道路，道路埋設物が存在している．

3　坑口部(DⅢ区間)の施工法

坑口部の施工方法は，地質条件，地表面の構造物の存在などを考慮して早期閉合による施工システムを採用した．早期閉合による施工は，近年，土砂地山や軟岩においても切羽を補強することにより早期に断面を閉合する施工システムが確立されつつある[4),5)]．本トンネルでは，超近接トンネルにおいて早期閉合による施工システムを採用した．早期閉合を達成するため，長尺鏡補強工などの補助工法を採用し，ミニベンチ付き全断面工法で掘削を行った．以下に，採用した支保パターン，施工方法について示す[6)]．

3-1　坑口部の支保パターン

坑口部(DⅢ区間)の支保パターンを表-2に，代表的な支保パターンを図-4に示す．

3-2　施工手順(早期閉合)

坑口部(DⅢ区間)の施工手順を図-5に示す．先

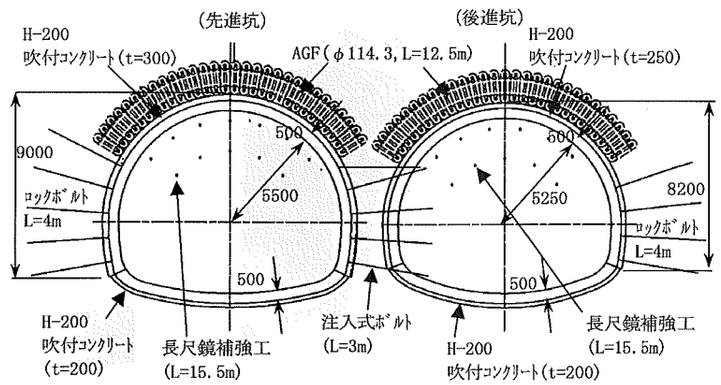


図-4　代表的な支保パターン図(長尺鋼管フォアパイリング区間)

表-2　坑口部の支保パターンおよび補助工法

			DⅢ(1)(L=60m)	DⅢ(2)(L=27m)	DⅢ(3)(L=36m)
支保パターン	先進坑	吹付けコンクリート	σ_{28}=36N/mm², t=300mm		
		ロックボルト	ロックボルトL=４m×５本 注入式ボルトL=３m×５本	ロックボルトL=４m×５本 注入式ボルトL=４m×５本	ロックボルト：L=４m×15本 注入式ボルト：L=４m×５本
		鋼製支保工	H−200×200		
		インバート部	鋼製支保工(H−200)，吹付けコンクリート(t=200mm)		
	後進坑	吹付けコンクリート	σ_{28}=18N/mm², t=250mm		
		ロックボルト	ロックボルト：L=４m×４本		ロックボルト：L=４m×14本
		鋼製支保工	H−200×200		
		インバート部	鋼製支保工(H−200)，吹付けコンクリート(t=200mm)		
補助工法	先後進坑	先受け工	パイプルーフ工 (ϕ406.4ctc700)	注入式長尺鋼管先受け工(ϕ114.3mm AGF-WOO工法，L=12.5m)	注入式長尺先受け工 (ϕ76mm，GFRP管 L=12.5m)
		切羽補強工	長尺鏡補強工(ϕ76mm，L=15.5m (平均))		

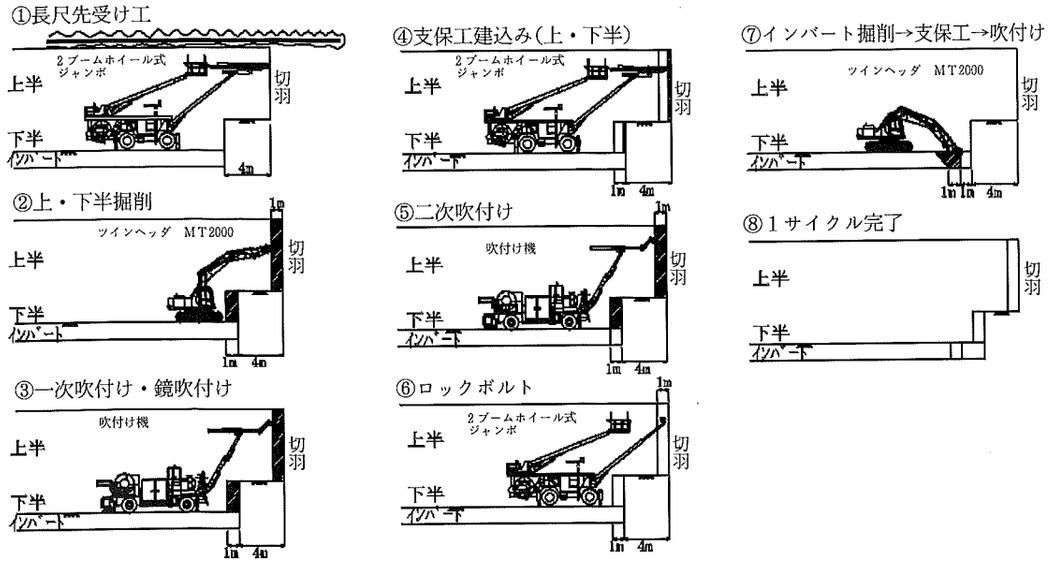


図-5　施工順序図

写真-2　インバート部の鋼製支保工設置状況

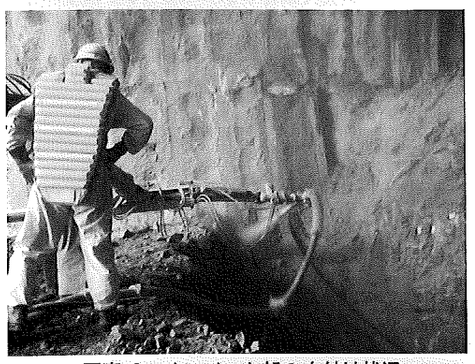


写真-3　インバート部の吹付け状況

決定進坑，後進坑ともベンチ長は3mとし，上下半を1m施工した後に，インバート部の鋼製支保工と吹付けコンクリートによる一次閉合を上半切羽から5mの位置で施工した．下半とインバート部の鋼製支保工は，軸力が確実に伝達されるよう，底板と底板を重ねる形状とした．なお，後進坑の施工は，先進坑のインバート部の一次閉合が完了した状態で内空変位，地表面沈下，B計測結果を評価したうえで掘削を開始した．インバート，覆工コンクリートは，両トンネルの一次支保が完了した後に施工を行った．

また，DI区間は，地表面に民家などの構造物がないため，インバート部の一次閉合は施工しない設計とした．

写真-2, 3にインバート部の施工状況を，**写真-4**に断面の閉合した状況を示す．

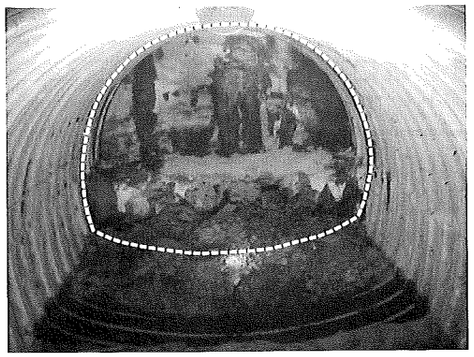


写真-4　断面の閉合状況

4　施　工　結　果

4-1　トンネル内空変位

No.480＋10における計測結果を**図-6**に示す．No.480＋10断面の支保パターンは，図-4のとおりであり，土かぶりは14.4m(＝1.17D，D：上下線トンネルの平均径)，上下線トンネルの離隔距離は約1.04mである．

図-6(1)より先進坑では上半切羽より5mの位置でインバート部の一次閉合を行った結果，内空変位，沈下ともに一次閉合後に上半切羽が5m進捗した時点(上半切羽から10m経過時点)でほぼ収束している．これは，一般的に言われる切羽後方2D程度で変位が収束する[7]ことと比較して早期に収束している．

図-6(2)の後進坑の内空変位計測結果では，内空変位および右側壁部沈下が，先進坑の計測結果と同様にインバート部一次閉合後，上半切羽が5m進捗した時点(上半切羽から10m経過時点)でほぼ収束しているのに対し，天端沈下と左側壁部沈下は，インバート部一次閉合後，上半切羽が15m進捗した時点(上半切羽から20m経過時点)で収束している．また，内空変位の値は，内空変位，右側壁部沈下と比較して天端沈下，左側壁部沈下の方が大きな値となっており，天端沈下と左側壁部沈下の値は，ほぼ同様な値である．つまり，トンネルは先進坑側の沈下が大きく，それに伴い，天端も同様に沈下していると言える．

後進坑施工による先進坑への影響は，図-6(1)に示すように，後進坑の切羽が近づくとともに，先進坑に沈下が発生する．このときの沈下量は，後進坑側の右側壁部沈下の方が大きくなっており，後進坑の切羽が通過後10～20mの間に収束している．先進坑の内空変位は，後進坑の影響により若干広がる傾向となり，後進坑通過後10mで収束している．これは，後進坑施工による緩みの増加により先進坑への上部からの荷重が増加したことにより発生したと考えられる．

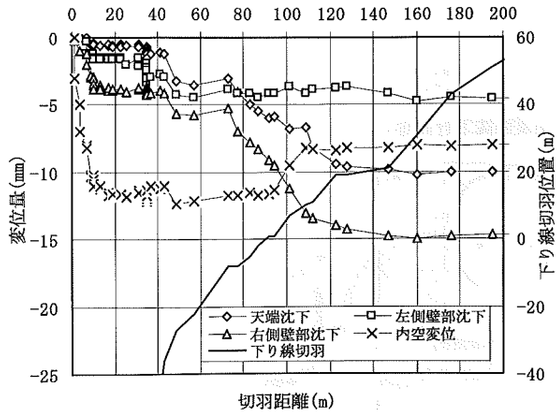
トンネル内空変位については，軟岩地山における非常に近接した状態の施工条件であったが，先進坑，後進坑とも早期に断面を閉合する施工法を適用することにより全体としては比較的小さなトンネル変位量で施工することができ，周辺地山の緩みを抑制することができたと考えられる．

4-2　地表面沈下

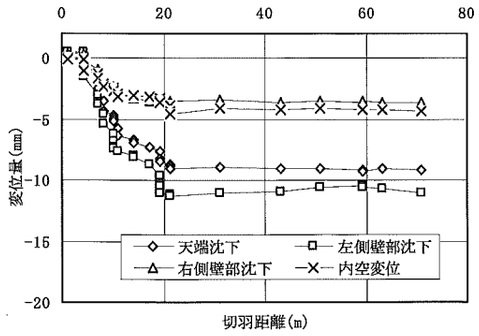
表-3にNo.480＋10における地表面沈下の計測結果を示す．ここで，表中の$u1$は先進坑直上，$u2$は後進坑直上，$u3$は両トンネル間の中心における地表面沈下量を示している(図-7(2)参照)．地

表-3　地表面沈下計測値(No.480＋10)

地表面沈下量 (mm)	先進坑上部 $u1$	中央 $u3$	後進坑上部 $u2$
先進坑完了時	−5	−3	−2
後進坑完了時	−11	−15	−11



(1)　No.480＋10(先進坑)



(2)　No.480＋10(後進坑)

図-6　内空変位計測結果(No.480＋10)

表面沈下の最大値は，先進坑完了時に先進坑直上($u1$)で発生しているのに対し，後進坑完了時には両トンネルの中心部直上($u3$)で地表面沈下が最大となっている．

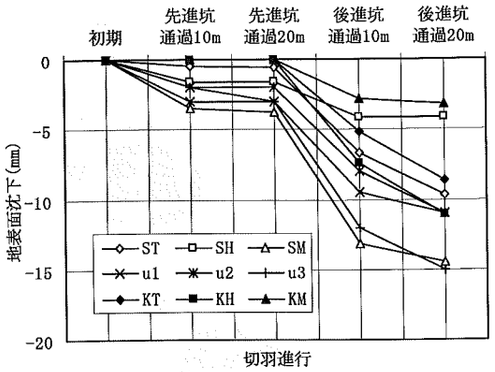
図-7にトンネル沈下と地表面沈下の関係を示す．先進坑の施工時については，先進坑通過後10mで，沈下，地表面沈下とも収束している．その後の後進坑の施工時では，後進坑の通過後10mで先進坑，後進坑の両トンネルとも全体に沈下し，それとともに地表面も沈下している．後進坑通過後10～20m間は先進坑，後進坑とも両トンネルの中心側と天端は沈下しているが，その反対側は収束している．全体として地表面沈下量はトンネルの沈下量と同様な挙動をしている．

これらの結果より，軟岩地山における超近接トンネルを早期閉合による施工システムを採用することにより，トンネル内空変位が早期に収束し，トンネル周辺地山の緩みを抑制できていると考えられる．その結果，地表面沈下の値も最大で15mm程度に抑制できた．

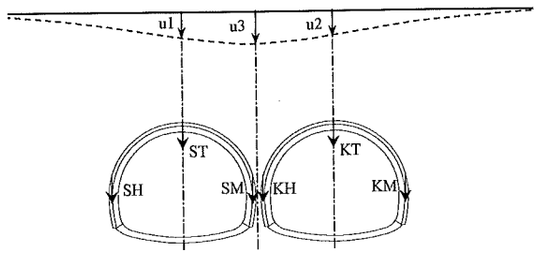
4-3　早期閉合区間の内空変位の特徴

図-8に先進坑施工時におけるDⅢ区間(早期閉合)とDⅠ区間(早期閉合なし)の天端沈下と内空変位の比較を示す．DⅢ区間では，土かぶりが約5～24m，DⅠ区間では，土かぶりが約22～50mと差異が見られることや，長尺先受け工の有無という差はあるが，特徴としてDⅠ区間がDⅢ区間と比較してトンネル天端沈下が内空変位に対して卓越していることがわかる．また，これらの変位が収束するまでの切羽からの距離を表すと**図-9**のようになる．DⅢ区間については，内空変位，天端沈下ともに切羽通過後1D以内で収束しているのがほとんどであるのに対し，DⅠ区間については，内空変位で1～2D，天端沈下で2～4D間に収束しているものが多い．

次に，地表面沈下との関連性が高い天端沈下量と土かぶりの関係を**図-10**に示す．DⅠ区間では，天端沈下量にばらつきが見られるが，DⅢ区間では，土かぶりとの相関は薄く，3㎜以内の値がほとんどであり，早期閉合による効果が見られていると考えられる．



(1)　トンネルの沈下と地表面沈下比較(No.480＋10)



(2)　図中凡例の位置

図-7　施工ステップごとの地表面沈下計測値(No.480＋10)

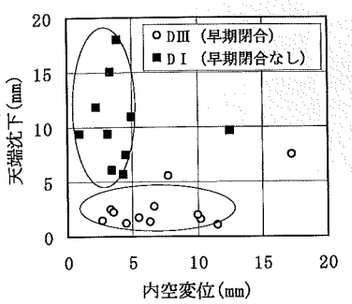


図-8　DⅠ区間とDⅢ区間の内空変位

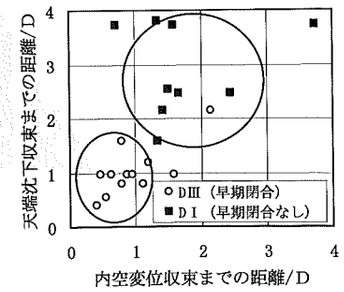


図-9　天端沈下と内空変位の収束時期

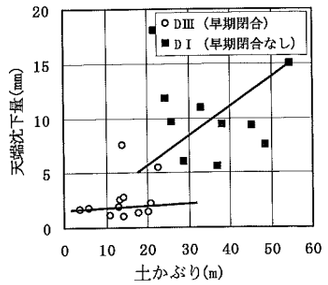


図-10　土かぶりと天端沈下量

4-4　トンネル支保応力

図-11に代表的な断面の先進坑完了時と後進坑完了時のB計測の結果を示す．吹付けコンクリートの発生応力は，先進坑完了時に値は小さいものの全体に圧縮応力が発生している．

後進坑完了時の計測結果より，先進坑の吹付けコンクリート応力は，後進坑の施工の影響により，断面全体に応力値がおよそ，2～4倍程度増加している．この傾向は，他の断面でも同様であったが，増加率は各断面により差異が見られた．これは，土かぶりや両トンネル間の離隔距離の違いに起因していると考えられる．また，鋼製支保工については，後進坑の施工により先進坑側に局部的に曲げモーメントが発生しているものの，その値は小さく，全体としては軸力が断面全体に増加する傾向を示している．当断面における鋼製支保工の最大発生応力は先進坑の後進坑側のSL付近で発生しており，その値は，150N/㎟であった．

4-5　早期閉合による超近接トンネルの施工における作用荷重

導坑方式のめがねトンネルのセンターピラーに作用する荷重については，過去の施工結果をもとに**図-12**に示す作用荷重の考え方が提案されている[8]．これに対し，今回の超近接トンネルの施工法では，吹付けコンクリートや鋼製支保工のトンネル支保部材のみでなく，中間部の地山も作用荷重の一部を負担することとなる．作用荷重の算定結果を**表-4**に示す．また，各断面における鋼製支保工と吹付けコンクリートの計測結果から軸力を算定し，作用荷重で除した値と土かぶり比(H/D'，H：土かぶり，D'：トンネル全幅)の関係を

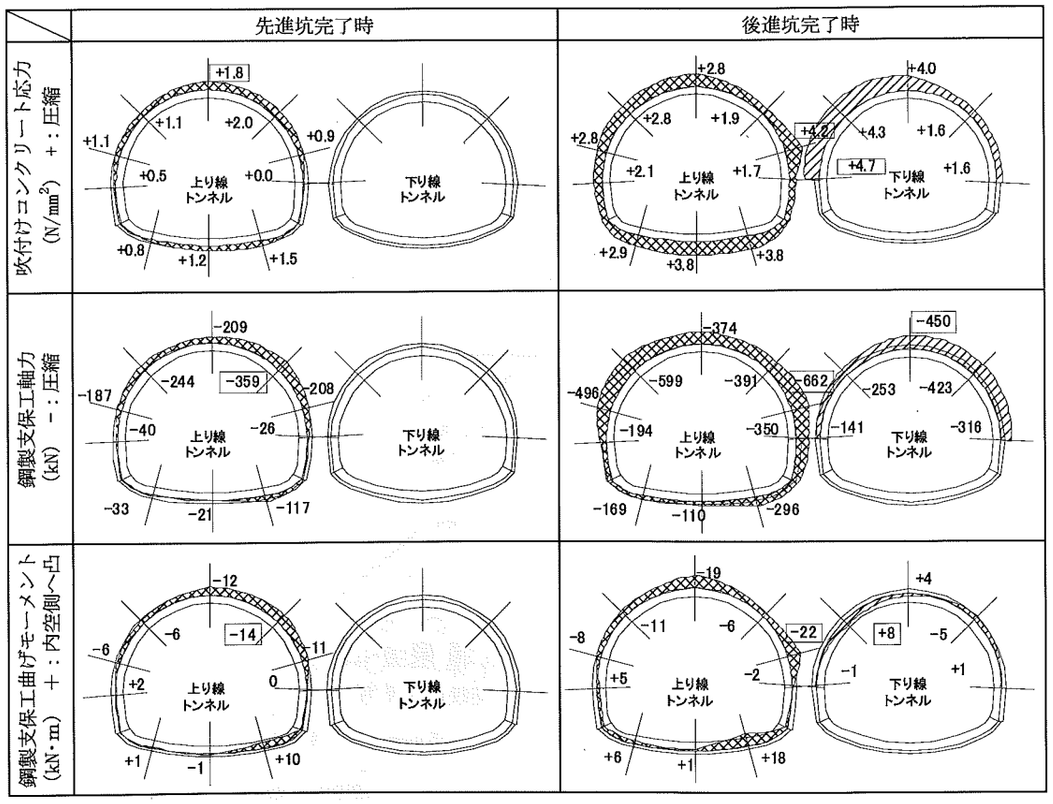


図-11　支保部材の応力測定結果例(土かぶり14.4m)

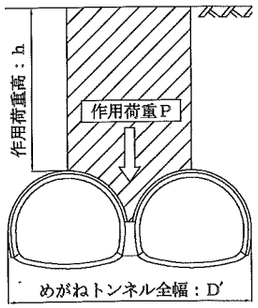


図-12　作用荷重の定義
（$H \leqq D'$ の場合）

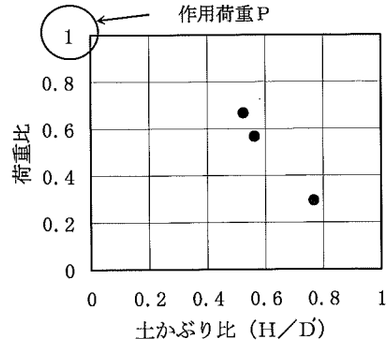


図-13　土かぶり比と荷重比の関係

表-4　作用荷重の算定

項　　目	No.479＋0	No.480＋10	No.482＋0	備　　考
土かぶり H(m)	13.17	14.40	20.26	
離隔距離 B(m)	12.903	13.337	14.163	センター間距離
全幅 D'(m)	25.203	25.637	26.463	
単位体積重量 γ(kN/m³)	20	20	20	
作用荷重 P(kN / m)	3,399	3,841	5,739	

図-13に示す．図のように荷重比は0.3～0.65程度と非常に小さな値となり，一般的にセンターピラー部の設計に用いる作用荷重より小さな荷重をトンネル支保工が負担している．これは，早期閉合により地山の緩みを最小限に抑制していることや，中間地山が荷重の一部を負担しているためと考えられる．本トンネルでは，離隔距離が，トンネルの進行に伴い大きくなり，中間地山が負担する荷重が徐々に増加し，その結果として，土かぶり比の増加に伴い荷重比が大きく減少している．

5　おわりに

坑口付近に民家などの構造物が密集した軟岩地山における超近接トンネルの施工について，早期閉合による施工を行うことにより地表面への影響が最小限の状態で施工することができた．これは，今田徹委員長・東京都立大学名誉教授をはじめとする豊見城トンネル技術検討委員会の委員の方々よりご指導をいただいた結果であり，この場をお借りして心よりお礼申し上げます．

参考文献

1) 石川靖冶・上村正人・米田裕樹・中川浩二：斬新な設計・施工のめがねトンネルで市街地に挑む，トンネルと地下，Vol.34，No.5，pp.35-44，2003.5.
2) 古川幸則・黒田二郎・前原弘光・鈴木雅行：無導坑めがねトンネルの設計と施工，第52回施工体験発表会(山岳)，pp.49-56，2003.
3) 高橋明生・木村文憲・本藤敦・櫻井孝臣：導坑も先進坑覆工もなしでめがねトンネルを施工，トンネルと地下，Vol.36，No.2，pp.17-26，2005.2.
4) 武友憲重・久保田英雄・西村誠一・安田亨：未固結地山における超大断面トンネルの施工，トンネルと地下，Vol.36，No.5，pp.7-15，2005.5.
5) 河村洋治・吉光康夫・尾畑洋・中川浩二：脆弱化地盤の地下水を制して変電所直下を突破，トンネルと地下，Vol.37，No.9，pp.7-15，2006.9.
6) 森崎泰隆・新城喜弘・川崎正和・原守哉・小田原秀明：早期閉合による超近接トンネル施工の地表面沈下抑制効果，土木学会トンネル工学報告集，Vol.16，pp.135-140，2006.
7) 日本鉄道建設公団：NATM設計施工指針，1996.
8) 豊里栄吉・岩島保・五十嵐瑞穂・梨本裕：土かぶりの薄いメガネトンネルを掘る，第二神明道路(改築)小束山トンネル，トンネルと地下，Vol.28，No.9，pp.27-40，1997.9.

続　きみの庭にも温泉が出る
その後の温泉開発と建設の考え方
石井康夫・俣野恭寛 共著　新書判 217頁　本体定価 1,200円（〒210円）
株式会社 土木工学社　〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16メイジャー神楽坂
電話 (03) 3267-2888（代）　振替 00110-8-190072

施工

パイプルーフで交差点直下13万kNの土荷重を支える

—東京メトロ副都心線　東新宿駅—

東京地下鉄(株)建設部早稲田工事事務所所長　辻　雅行
東京地下鉄(株)建設部早稲田工事事務所技術課長　岡　功
鴻池・青木あすなろ・白石建設工事共同企業体新宿七丁目工事事務所所長　森　信雄
鴻池・青木あすなろ・白石建設工事共同企業体新宿七丁目工事事務所　角野叔昭

1　はじめに

東京メトロ副都心線(13号線)は，埼玉県和光市から池袋駅を経由し渋谷駅までを結ぶ路線である．このうち，志木から和光市間は東武東上線として，和光市から池袋間は有楽町線として現在営業を行っている．今回，東京メトロが建設する池袋から渋谷間の8.9kmは，この延伸工事で，平成20年6月開業に向け建設中である(図-1)．

当工事の東新宿駅は，都内でも有数の交通量を誇る明治通りの直

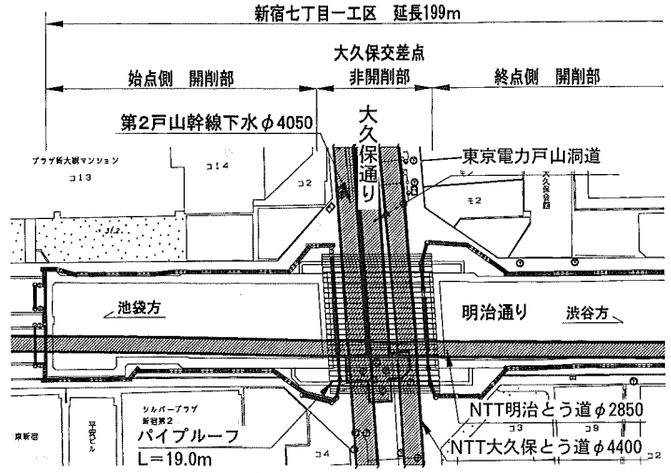


図-2　平面図

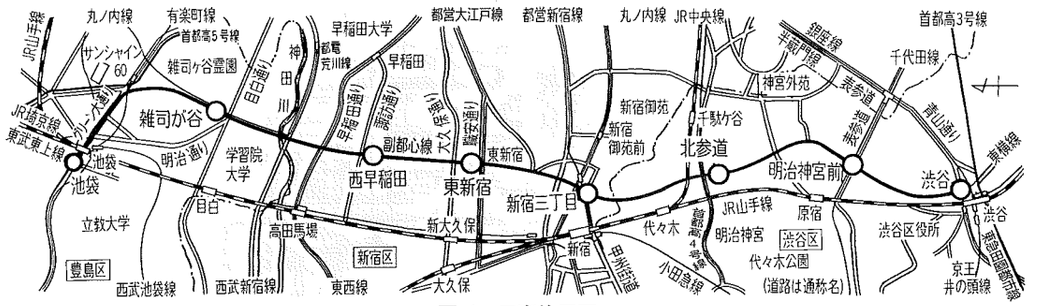


図-1　工事位置図

下に位置し掘削深さ37m，掘削延長372mの大規模な開削トンネルを築造する工事である．今回，報告するパイプルーフを用いたアンダーピニング工法施工箇所は，池袋方の大久保通りと明治通りとの交差点に位置する．

大久保交差点は，**図-2**に示すように東京電力洞道(□4,000×2,650)，NTTとう道(φ2,850およびφ4,400)および第２戸山幹線下水(φ4,050)の大型ライフラインが埋設されているため，土留め壁の打設スペースが確保できない．したがって，パイプルーフを用いた非開削工法により施工を行った．

本稿では，大深度での施工となったパイプルーフを用いた非開削工法で施工した実績について報告するものである．

2　地　質　概　要

当該工区の地質は，豊島台地に位置し上位より，表土，関東ローム層(*N*値５前後)，段丘礫層(*N*値２前後)，東京層(*N*値10～50)，上総層群(*N*値50以上)が分布し，粘性土は硬く，砂質土はきわめて締まった状態である．**図-3**に柱状図を示す．また，地下水は段丘礫層からなる被圧第一帯水層，東京層砂層および東京礫層からなる被圧第二帯水層が存在し，掘削底面付近は上総層群砂質土からなる被圧第三帯水層が分布している．

3　施　工　概　要

大久保交差点の延長約20m区間の非開削区間について，**図-4**に平面図，**図-5**に横断図および**図-6**に縦断図をそれぞれ示す．

交差点前後を開削工法により掘削し，これをパイプルーフ施工基地となる立坑とする．

この立坑から土かぶり19m位置にパイプルーフを門型に施工する．このパイプルーフは，仮受け時に屋根の役割を果たし，水平パイプルーフ26本および垂直パイプルーフ13本を打設する．

パイプルーフ施工後，パイプルーフ防護のための作業空間を確保するためパイプルーフ下部5.6m，奥行き2.7mのブロックに分けて立坑両側から順次掘削する．掘削に伴い路下にて仮受け杭(TBH杭)の打設，受け桁設置，およびジャッキアップを行ってパイプルーフ上部全体の荷重を支持させる．

仮受け完了後，仮受け杭と併せて打設した土留め杭を利用し，山留め支保工を順次架設して，床付けまで掘削を行う．

床付け掘削完了後，駅舎部本体構築を順巻きにて施工する．構築とパイプルーフの空隙には発泡モルタルを充填し本受け工とする．

また，パイプルーフ上部の仮受けした土体は，構築完成までの施工途中段階においては，地震水平力に対し不安定であるため，耐震補強として，２～３段およびパイプルーフ直上に設置した火打ち梁部に鉄筋コンクリートを打設する．

図-7に施工手順図を示す．

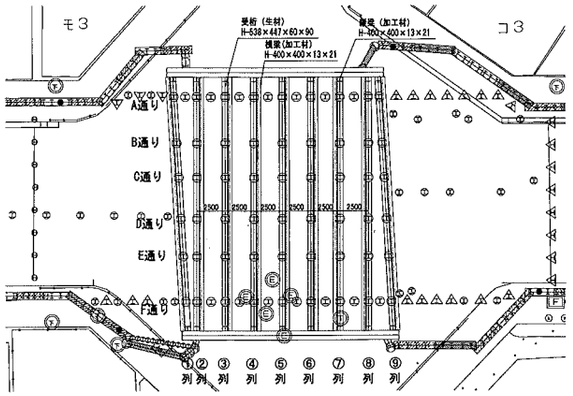


図-4　平面図

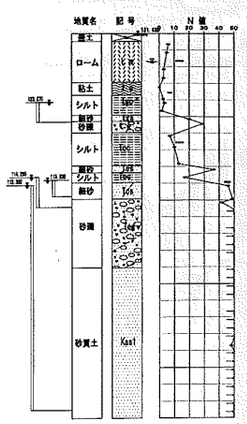


図-3　土質柱状図

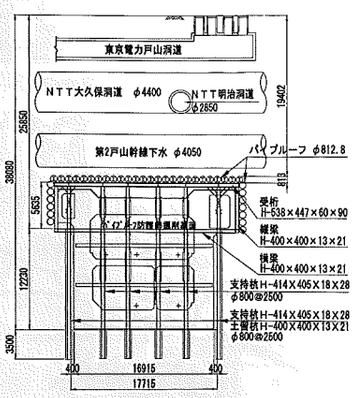


図-5　横断図

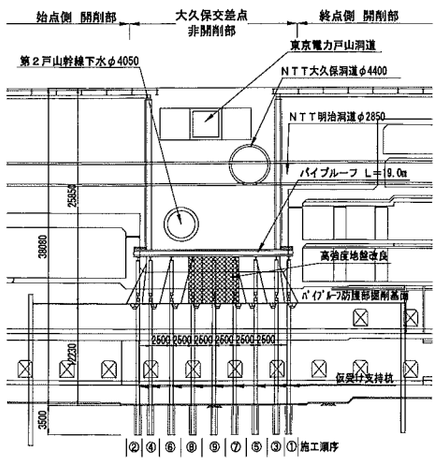


図-6　縦断図

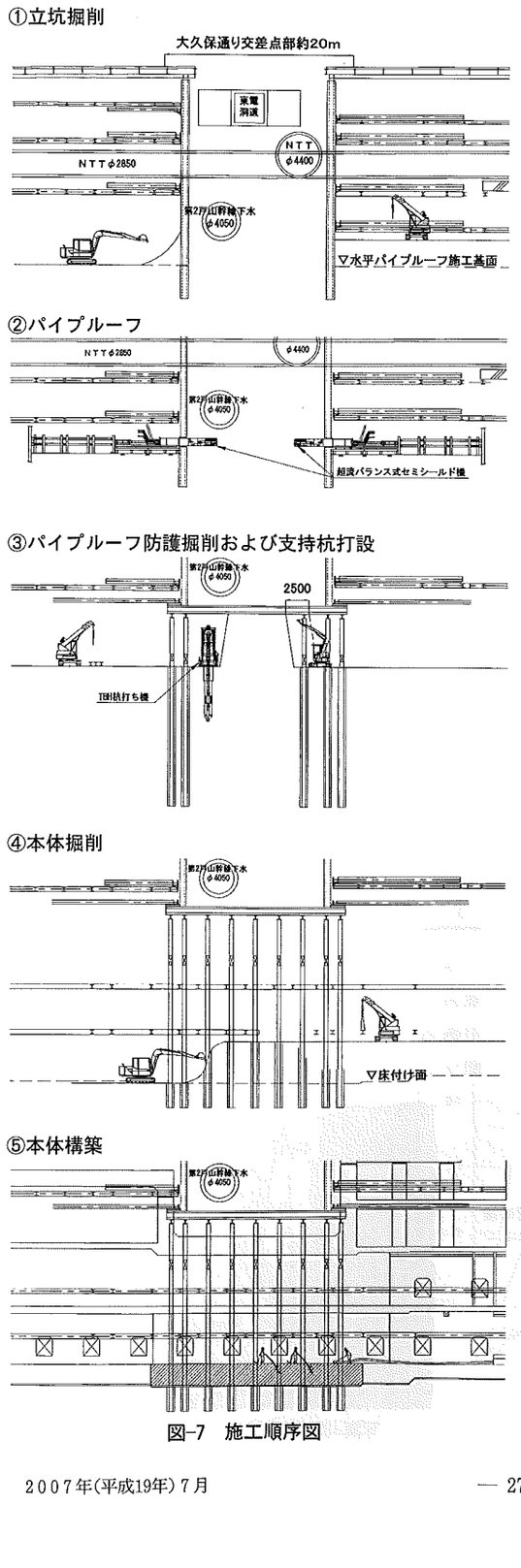


図-7　施工順序図

4　パイプルーフ施工

重要地下埋設部直下でパイプルーフを施工するにあたり以下の問題が挙げられた．

①　掘進時の地山崩壊による地下埋設物変状や路面沈下などの影響．

②　パイプルーフ掘進時の地下水の坑内流入．

③　到達部において中間杭が支障する箇所があり，掘進機を発進側から回収しなければならない．

④　東京礫層には最大礫径250㎜が想定される．

以上のことから，地盤のゆるみ範囲を最小限に抑え，地下水流入の防止可能な工法として超流バランスセミシールド工法(泥濃式推進工法)を採用した．

掘進機を**写真-1**に，パイプルーフの施工状況を

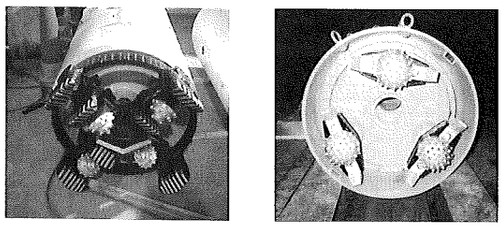
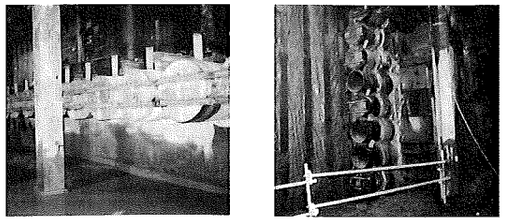

標準機　　リターン回収機

写真-1　掘進機



水平部　　垂直部

写真-2　パイプルーフ

写真-2に示す．また，パイプルーフ掘進時の補助工法として発進・到達防護として立坑内からの薬液注入，パイプルーフ掘進範囲にも同様に薬液注入を行い，地盤のゆるみと地下水流入の防止を図った．

5　パイプルーフ部材

防護部の掘削時に発生するパイプルーフ変位により埋設物への影響が懸念された．そのため，埋設物への影響を最小限に抑えるように事前解析を行った．トライアル計算の結果，パイプルーフ部材を当初計画[ϕ812.8㎜，t=12㎜，モルタル充填]から，[ϕ812.8㎜，t=22㎜，モルタル充填＋芯材H-488×300]に変更することにより，掘削時の変位が8.5㎜となり，埋設物への影響も許容値以内となった．

解析手法はパイプルーフを梁，地盤を弾性床，仮受け杭を弾性支承とする弾塑性梁バネモデルに埋設物の存在を考慮した上載荷重を作用させて，掘削順序および地盤の塑性化を考慮した逐次応力解析により行い，パイプルーフ変位および仮受け杭の作用軸力を算出した．さらに算出した変位を強制変位として与えた2次元FEM解析により，埋設物の変位および応力度を算出して埋設物の健全性を確認した．

図-8に解析モデルを示す．

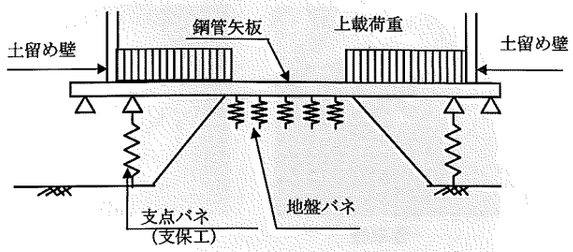


図-8　解析モデル

6　高強度地盤改良

平成20年6月開通に向け，工程を短縮する必要があったため，当初計画の片側立坑からの掘削を両側立坑からの掘削へと変更した．解析予測の結果，掘削移行に伴い中央部の地山に大きな負担が掛かることから，パイプルーフ中央部に設計強度1.0N/㎟の薬液注入による高強度地盤改良を行うことにより，パイプルーフの沈下抑制を図った．

7　仮受け杭の施工方法

パイプルーフに作用する全体荷重が約130,000kNであり，支持杭(H-414×405，ϕ800)1本あたりの最大分担荷重が仮受け時で5,000kN，仮受け完了後で3,000kNと大きな荷重となるため，確実に支持が可能な仮受け杭の施工法が要求された．また，削孔地盤が最大礫径250㎜の東京礫層を含むため，杭先端に礫の残留が生じ仮受け後に杭の沈下の恐れが考えられた．そのため，杭先端処理に優位なTBH杭を採用することで支持力を確実に確保し，荷重載荷時の杭沈下量の低減を図った．写真-3に仮受け杭の施工状況を示す．

8　仮受け杭の軸力導入方法

仮受け杭は施工時および仮受け完了時において確実にパイプルーフ上部の荷重を支持させる必要があるため，受け桁1列設置ごとに予め載荷(初期プレロード)を行い，仮受け杭設置完了後に全体の荷重調整(調整プレロード)を行うこととした．

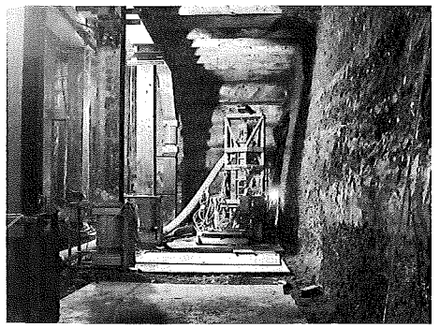


写真-3　仮受け杭(TBH)杭施工状況

8-1　初期プレロード

各列の受け桁設置後，将来作用する荷重を履歴荷重として段階的に載荷を行い，杭の沈下量，パイプルーフの挙動に異常がないか確認した後，プレロード荷重まで除荷することとした．ここで，履歴荷重とは事前解析により求められた各杭の最大作用荷重($P1$)と各杭の分担面積により受け持つ上部荷重の120%の値($P2$)のうち大きい値を示す．なお，ジャッキの安全ナットは締めずに，荷重の計測を施工中に監視できるようにした．

図-9に初期プレロード載荷ステップを示す．

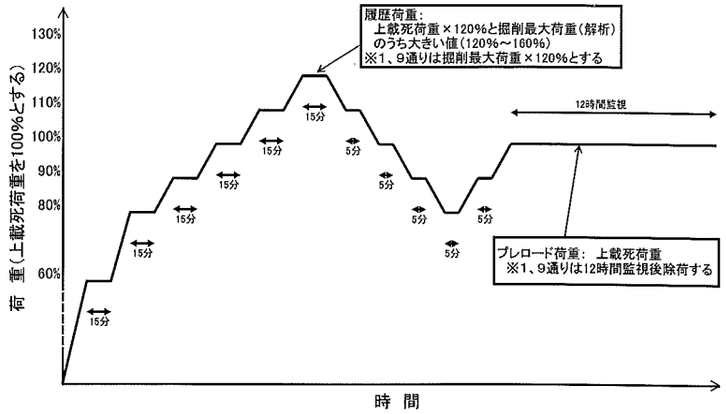


図-9　初期プレロード載荷ステップ図

8-2　調整プレロード

すべての受け桁設置後，既に初期プレロードが載荷されている受け桁の荷重にバラツキが生じていたため，荷重バランスの調整を行い各仮受け杭に作用する荷重の均等化を図った．

調整プレロード荷重の設定は，各杭の総荷重の合計まで載荷することとした．

9　掘削時の支持力確保

掘削により減少する周面摩擦抵抗力が杭根入れ部に移行して沈下が生じると考えられた．そのため，打設した杭を用いて鉛直載荷試験を行い，杭の支持力および周面摩擦抵抗の分布状況を確認し，杭根入れ部へ移行する増加荷重を推定した．以下に鉛直載荷試験結果について記す．

9-1　支持力特性

多サイクル試験により，最大6,000kNの荷重を載荷した結果，5,000kN以上の荷重に対して若干の変化がみられたが，第1限界抵抗力には至っていないと考えられたため，極限支持力はおおむね6,000kN以上，許容支持力は5,000kN以上と判断した．

9-2　周面摩擦抵抗力

杭に設置したひずみ計により軸力を測定した結果を図-10に示す．ひずみ計分布状況から考察すると(点線)，仮受け完了後の荷重3,000kNを載荷時で，床付け付近において2,500kN程度の荷重が伝達されており，床付け掘削による根入れ部の増加荷重は500kN程度と推定された．

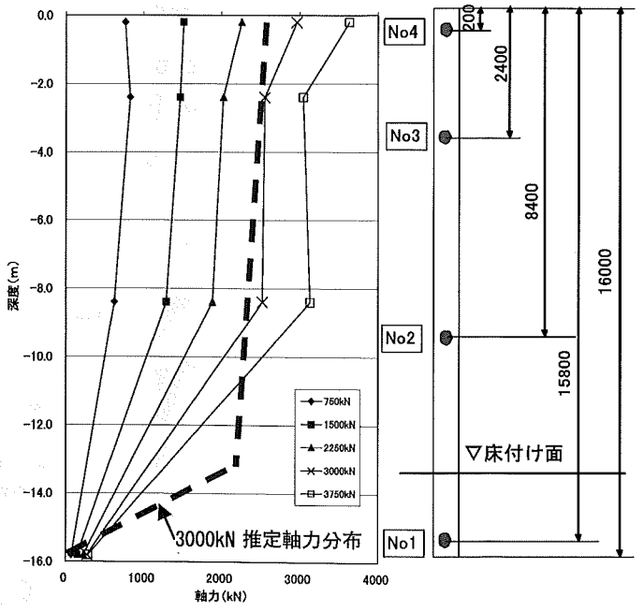


図-10　杭軸力分布図

10 計 測 管 理

施工中に各埋設物と仮受け防護部材の変状を把握するため，各種計測器を取付け，予測値との比較を行いながら施工した．計測管理項目を表-1に示す．

表-1　計測管理項目

対象		計測項目	計測方法
埋設物	NTT大久保とう道，明治とう道	ひずみおよび内空変位	とう道内に光ファイバーによるひずみ計を設置
	第2戸山幹線下水	沈下	下水管に沈下棒を設置し，路上において下水管天端変位量を水準測量
	東京電力戸山洞道	沈下	洞道内に入坑し，下床高さを水準測量
仮受け防護	水平パイプルーフ	沈下	パイプルーフ鋼管内に圧力式沈下計を設置
	支持杭ジャッキ	ジャッキ圧力	ジャッキの油圧ケーブルに圧力変換器を設置
	支持杭	軸力	支持杭にひずみ計を設置，計測されたひずみを軸力に換算
		沈下	支持杭に電子スタッフを設置して，自動レベルによる水準測量

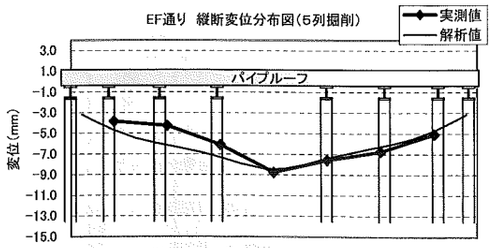


図-11　パイプルーフ防護部最終掘削時沈下量

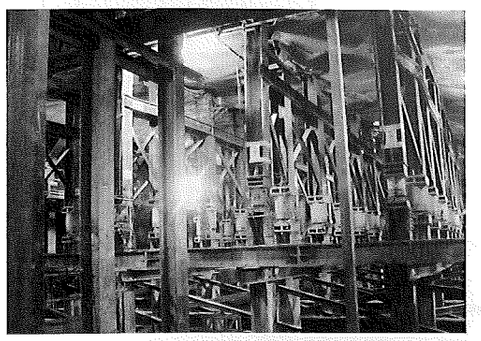


写真-4　パイプルーフ防護部仮受け完了時

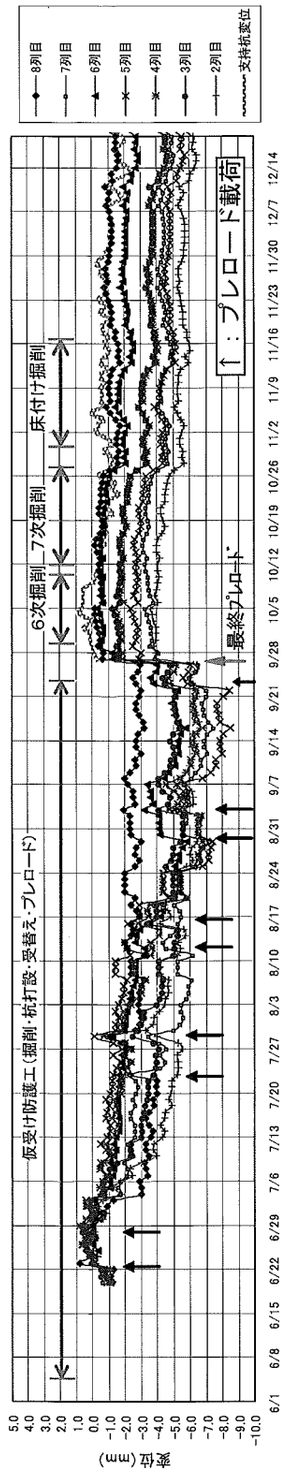


図-12　パイプルーフ圧力式沈下計および支持杭電子スタッフ経時変化

10-1　各埋設物の計測結果

パイプルーフ施工時に影響が認められたものの，その後の仮受け時および床付け掘削時には，パイプルーフなどの防護工が有効に作用した結果，変位がほとんど増大することはなく，管理値内で掘削を完了することができた．

10-2　パイプルーフ沈下量

10-2-1　パイプルーフ仮受け掘削時

8.5㎜の沈下予測値に対して最大約9㎜の沈下を示したが(図-11)，最終プレロード完了時には最大約4㎜であった．写真-4に仮受け完了時の施工状況を示す．

10-2-2　床付け掘削時

5㎜程度の沈下増分予測値に対して，約2㎜の増加を示し，最終沈下量の最大値は約6㎜であった．

10-2-3　支持杭の沈下量

パイプルーフの沈下と類似した動きを示し，最終プレロード完了時を初期値とし，床付け掘削においては，約2㎜の増加を示した．図-12にパイプルーフ圧力式沈下計および支持杭電子スタッフの経時変化グラフを示す．

11 お わ り に

本工事は平成19年3月現在，躯体構築もほぼ完成した．今回紹介した都市部の大深度でパイプルーフを用いた非開削工法が，今後の大深度地下構造物の施工に際しての参考になれば幸いである．

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．

〔掲載工法〕

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

株式会社 エホエ学社　〒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

■東海道本線電化と新星越トンネルの新設

東海道本線の三河大塚と三河三谷の間に，星越トンネルという単線並列の短いトンネル(延長302m)がある．その北側には，同じ名前の東海道新幹線のトンネル(延長404m)もあり，合計３本のトンネルがここを貫いている(**写真-1**)．

最初の星越トンネルは1888(明治21)年に完成し，1908(明治41)年の東海道本線複線化で２本目のトンネルが完成したが，1953(昭和28)年の電化工事にあたって，架線などの電気設備のスペースを確保するため，断面を拡大する必要が生じた．この際に，戦前の弾丸列車計画で買収済みであった北側の用地を利用して，延長400mの新星越トンネルが掘削され，国鉄岐阜工事事務所(のちの岐阜工事局)がこれを担当した．

写真-1　現在の星越トンネル(神戸方より)

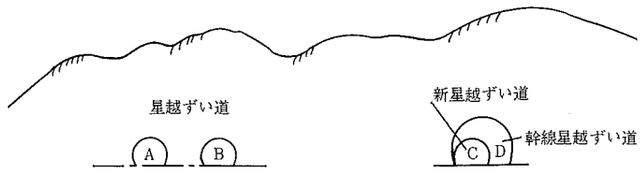


図-1　在来線と新幹線の位置関係(背面が東京方)
『東海道新幹線工事誌』国鉄名古屋幹線工事局(1965)より

岐阜工事事務所には，かつて弾丸列車計画に携わったスタッフが在籍していたため，将来に備えてこの新トンネルを弾丸列車の単線用の断面で施工することとなり(現在の新幹線のトンネルは複線断面のみであるが，弾丸列車では単線断面も考慮されていた)，1952(昭和27)年４月に着工して同年12月に完成した．当時は，まだ東海道新幹線の構想は白紙状態だったので，現場の判断で弾丸列車の断面を採用したものと思われるが，日本の戦後復興とともに，やがて工事が再開されることを期待していたのかもしれない．

工事はさらに旧上り線トンネルの断面改築を行って，1953(昭和28)年７月21日に浜松～名古屋間が電化開業した(**図-1**)．

■東海道新幹線の建設と新星越トンネル

その後，1959(昭和34)年に東海道新幹線が着工すると，新星越トンネルは新幹線のトンネルとして利用されることとなったが，単線並列でもう１本のトンネルを掘ると，離隔距離などの問題でさらに用地買収を必要とすることがわかったため，複線断面に改築することで対処した．

改築に先立って，廃線となっていた旧下り線トンネルを電化断面に改築し，東海道本線を元の位置に戻す工事が行われ，続いて1962(昭和37)年５月に新星越トンネルの改築工事に着手し，翌年９月に完成した．そして，1964(昭和39)年10月１日には東海道新幹線の星越トンネルとして生まれ変わり，“夢の超特急”が時速210kmで颯爽とくぐり抜けて現在に至っている．

■新星越トンネルと映画『花咲く我が家』

この新星越トンネルで，映画『花咲く我が家』のロケが行われたのは，電化工事が最盛期を迎えた1952(昭和27)年のことであった．映画は，雑誌『講談倶楽部』の懸賞小説に入選した井原敏の『汽車の家』を原作としたもので，新鋭だった野崎正郎監督の第一回作品として，松竹大船撮影所で制作され，同年11月６日に公開された．

物語は，国鉄大宮工場の老合図手として働く森川謙吉(北龍二)，大学を卒業して「竜の山トンネル」の工事区長として活躍する長男の信一(増田順二)とその妻あき子(坪内美子)，父と同じ工場で鋲打工として働く次男の正二(大坂志郎)，国鉄東京工事事務所で電話交換手をしている末娘の和子(東谷暎子)の国鉄一家にスポットをあてたホームドラマで，日本国有鉄道が後援した．

新星越トンネルが登場するのは，トンネルの落盤事故で信一が閉じこめられ，現場にかけつけた正二が自らの技術を活かして兄を救出する場面で，正二は兄のように大学へ進学させてもらえなかった反発から，父親や兄との折り合いも悪く，自堕落な生活を過ごしていたが，この一件で再び家族の絆が結ばれるという重要なシーンであった．

なぜ新星越トンネルが選ばれたのかは定かでないが，当時はトンネルの工事現場が少なく，松竹の撮影所があった大船からの便を考えると，同じ東海道本線沿線のこのトンネルが最適だったのだろう．

写真-2　工事中の新星越トンネルをバックに救出された信一(増田順二)と対面するあき子(坪内美子)『花咲く我が家』(野崎正郎監督・松竹大船・1952/写真提供：松竹大谷図書館)より

松竹大船撮影所宣伝課が発行した『スタヂオだより』(No.3-73・1952)では，「スタッフ一同は，このロケ(註：国鉄大宮工場のロケ)を終えると，引続き蒲郡に近い三河三谷の隧道工事現場へ行き，増田順二の扮する鉄道技師が落盤事故で生き埋めになったのを，ぐれていた弟の大坂志郎が兄の危急に翻然兄弟愛に目醒め，危険を冒して救け出し，坪内美子の扮する増田の妻と三人で，無事の再開を喜び合うという劇的場面を撮影した．このロケは生憎雨にたたられ，困難を極めたが，この降雨はむしろ劇的効果を強めるのに役立ったと云える．」とその様子を伝えた(**写真-2**)．

また，『岐阜工事局五十年史』(国鉄岐阜工事局・1970)では，「われわれは突貫工事であったので，ずい分迷惑を感じながら協力したが，今から思えば唯一のはなやかな思い出となった．」と述懐し，坑口を背景に大坂志郎，坪内美子らと職員一同で撮影した記念写真が掲載された．

わずか９年間の使用で新幹線のトンネルに変身した短命の新星越トンネルであったが，フィルムの中にその姿を残すことができたのは幸運だった．映画は，新人監督の作品ということもあってあまり評価は高くなかったが，トンネル工事を題材にした映画として，記憶にとどめておきたい．

現場だより
平成19(2007)年

「古代ロマン溢れる神話の舞台」出雲から

高 村 忠 勝

八雲立つ　出雲八重垣　妻籠みに
八重垣作る　その八重垣を

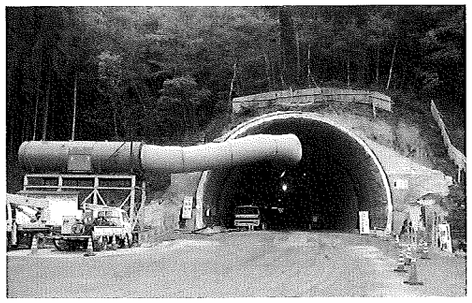
この句は，須佐之男命が，八岐大蛇を退治して櫛名田姫を救い，妻として迎えたのち，新居を求めて出雲の国に赴き，そこに宮殿を造りはじめたとき，辺りから雲が立ち昇るのを見て詠んだ和歌である．

出雲市は，島根県の北東部，「国引き神話」で有名な島根半島の西端部の斐伊川と神戸川によって形成された出雲平野に位置する人口約15万人の街である．

ここ出雲は，昔から「神の国」と呼ばれている．これは記紀(古事記・日本書紀)や「出雲国風土記」に代表される日本神話が出雲国を舞台としているものが圧倒的に多く，また魅力的なすがたで語られてきたことに由来している．「八岐大蛇」や「因幡の白兎」などは私たちが幼いころから親しんだ神話で，これらの神話の中心に位置していたのが出雲大社に鎮座する大国主命である．

大国主命は，天地創造の神として祀られ，神仏習合の時代(室町時代以降)に仏教の守護神「大黒天」と「大国」を同体として考えられるようになり，「ダイコク」として広まった(「ダイコク」は一般には「大黒」として知られているが，出雲では「大国」と書く)．大国主命は，国土を開拓し，国づくり，村づくりをすすめ，農耕・漁業の振興をはかり，人々の生活の基礎を固めた神でもある．

出雲大社本殿

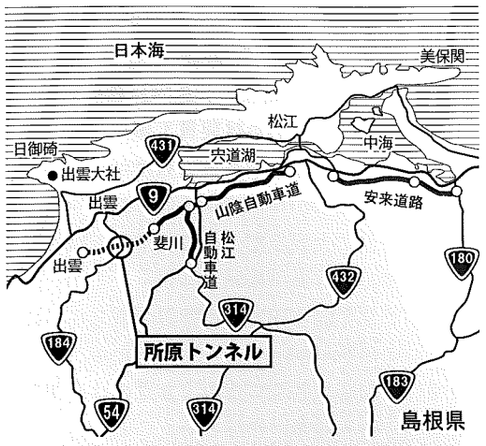


坑口全景

また，出雲では旧暦十月に八百万の神々が集い神議(神様の会議)を行うため，旧暦十月を神在月と言う．

さて，所原トンネル工事は山陰自動車道鳥取益田線(延長約244km)の内，出雲市街地から約５kmほど南下した所に位置する標高187mの楕円形を呈する独立山体を東西に貫く延長820mの高速道路トンネル工事である．地質は石英安山岩で山体は急崖地形を呈し，斜面には無数の転石や石英安山岩が露頭する．トンネルは昨年12月より本格掘削を開始して，本年４月現在，約400mの掘削を完了した．これから覆工コンクリートを開始して最盛期を迎えることになるが，発注者・施工者および工事関係者が一致協力するとともに出雲に宿る神々のご加護を受けて無事故・無災害で貫通することを目指している．

(熊谷組・松江土建特定建設工事共同企業体山陰自動車道所原トンネル作業所長)



位 置 図

施工

国内初のハーモニカ工法による重要構造物近接箇所での地下連絡通路

—東京ミッドタウンプロジェクト—

三井不動産(株)東京ミッドタウン事業部事業グループ統括 森 本 眞 禎
三井不動産(株)開発企画部環境創造グループ副参事 小 友 剛
大成建設(株)東京支店六本木土木作業所作業所長 三 木 洋 人
大成建設(株)東京支店六本木土木作業所副所長 小 柳 善 郎

1 はじめに

港区六本木地区においては，本年３月30日にグランドオープンした「東京ミッドタウン」をはじめ，「国立新美術館」，「六本木ヒルズ」と大型施設の開発が続き，外苑東通りを中心に非常に多くの歩行者が訪れるエリアとなっている．そのため歩行者ネットワークの必要性が高まり，東京メトロ日比谷線六本木駅から都営大江戸線六本木駅および「東京ミッドタウン」の地下部分を通り「国立新美術館」のある星条旗通りまで続く，総延長約470mの地下通路が都市再生交通拠点整備事業の一環として計画された(図-1)．

地下通路のうち，都道外苑東通りを横断する「六本木七丁目地下通路」については，施工場所が「東京ミッドタウン」建築工事資材搬出入口前に位置し，開削工法で施工した場合には建築工事への影響が大きいため非開削工法での施工が計画された．また，外苑東通りを縦断する「大江戸線六本木駅地下通路」の一部分においては，開削工法を選択した場合，既設埋設物の移設が大規模に発生することおよび交通への影響を考慮して非開削工法での施工が計画された．

両施工箇所とも重要埋設物に非常に近接しており，とくに「六本木七丁目地下通路」においては，極力離隔をとるため曲

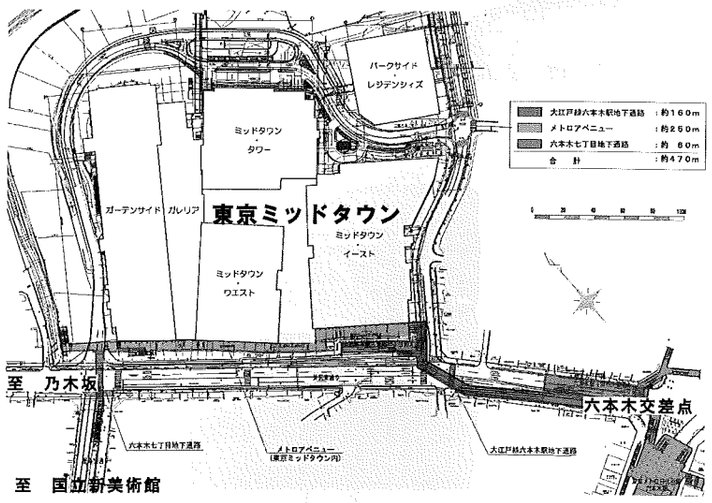


図-1 地下通路全体平面図

線施工が有利であったため，密閉型掘削機を使用するため掘削周辺への影響が小さく，曲線施工対応が可能な「ハーモニカ工法」を国内で初採用した．

本稿では，断面寸法の異なる２か所の地下通路での施工実績について曲線施工も含め報告する．

2　工　事　概　要

工事名称：(仮称)外苑東通り地下通路整備工事
発 注 者：アール・ピー・ベータ特定目的会社
　　ほか９社
プロジェクトマネージャー：三井不動産(株)
工事場所：東京都港区赤坂９丁目７番地先～
　　港区六本木七丁目４番地先
工事期間：2004年10月１日～2007年12月31日
施 工 者：大成・竹中建設工事共同企業体

今回は，約300m離れた位置にある通路断面の異なる，六本木七丁目地下通路(以下，地下通路③と呼ぶ)の中の約30m区間(図-2)と，大江戸線六本木駅地下通路(以下，地下通路①と呼ぶ)の中の約40m区間(図-3)の２か所の地下通路で「ハーモニカ工法」による施工を行った．また，これらに使用する掘削機は，１台の機械で対応可能なよう工夫を行い全路線同一のものを使用した．

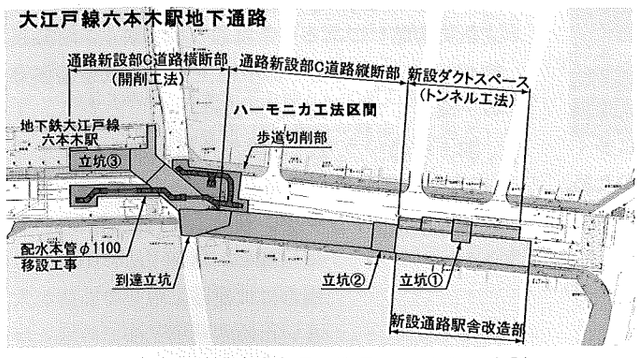


図-2　六本木七丁目地下通路(地下通路③)

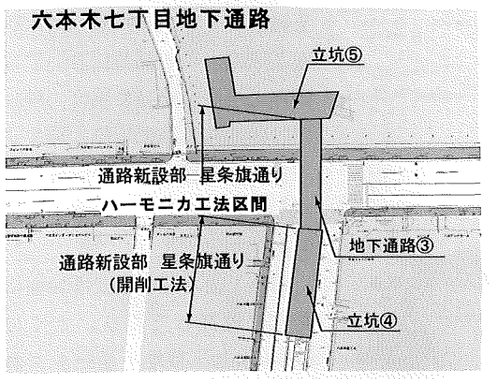


図-3　大江戸線六本木駅地下通路(地下通路①)

3　地　質　状　況

本工事地域の地層は『東京都大深度地下地盤図』によると山の手台地に位置しており，地層は上層から表土(有機質ローム層厚１m程度)，ローム層(５～６m)，凝灰質粘性土層(４m程度)，新期段丘堆積層，東京層群からなっている．ハーモニカ工法での掘削対象地盤は，主に関東ローム層および凝灰質粘土層で構成されており，粘着力Cが70～100kN/m^{2}と粘着力が非常に高い地盤である．また，地下水位は地下通路①ではGL-18.9m，地下通路③ではGL-15.9mと掘削対象地盤以深に存在した．

4　ハーモニカ工法の概要

4-1　ハーモニカ工法の概要

ハーモニカ工法とは，大断面の矩形トンネルの掘削に際し，全体の掘削断面をおおむね３～４mの格子状に等分割し，それぞれの格子を小型の矩形掘削機で，隣り合うトンネルに接しながら地中にブロックを積み上げるように掘削することにより，大断面のトンネルを構築する工法である．掘削完了後，掘削時にトンネルの覆工に使用した鋼製セグメント(以下，鋼殻)を外側の型枠として代用し，掘削された空間の内部に躯体を構築する．コンクリートの養生後，トンネル内空断面内に存在する鋼殻を撤去し，表面を仕上げ完成する(図-4)．

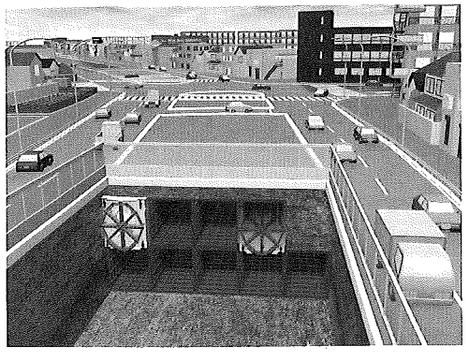


図-4　ハーモニカ工法施工イメージ

4-2　ハーモニカ工法の特徴

ハーモニカ工法の掘削は鋼殻間の離隔を小さくできる推進工法を基本とし，その特徴は以下のとおりである．

① 小型の密閉型掘削機を使用するため小土かぶりまた地下水位以下や狭い施工ヤードでも施工が可能
② 掘削機は到達立坑で回収し，再利用が可能なため経済的
③ 掘削断面寸法が一致すれば，１台の掘削機で複数箇所での施工が可能でさらに経済的
④ 掘削機に中折れ装置を備えているため曲線施工が可能
⑤ 鋼殻にガイドレールを配置しているため高精度な掘削が可能で，ガイドレール空間を利用して鋼殻間の止水処理を実施可能

4-3　施工順序

4-3-1　推進工

ハーモニカ工法における推進工事の基本施工ステップおよび推進施工状況を以下に示す(図-5, 写真-1)．

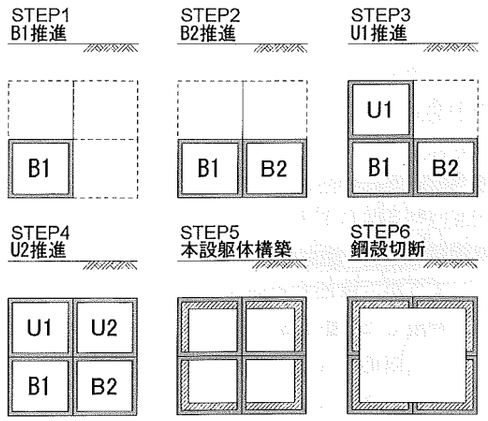


図-5　施工ステップ図(４分割の場合)

使用する鋼殻はシールドの鋼製セグメントと同様の構造をしており，断面方向の外力に対抗する主桁，推進力を伝達する縦リブおよび鋼殻外周部を覆うスキンプレートで構成されている．今回の施工では，鋼殻は仮設仕様であるが，将来的には本設利用を行い掘削断面の縮小によるコストダウンを図る予定である．

4-3-2　構築工

ハーモニカ工法における構築工事の基本施工ステップを以下に示す(図-6)．

① 鋼殻一次撤去
　構築工事に先立ち構造計算を行い必要最小

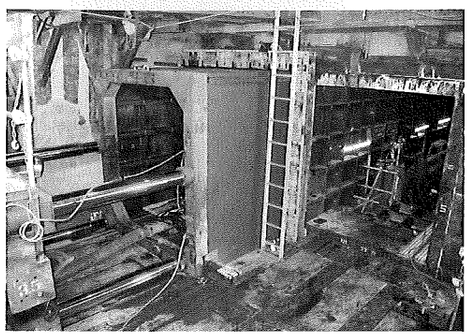


写真-1　推進工施工状況

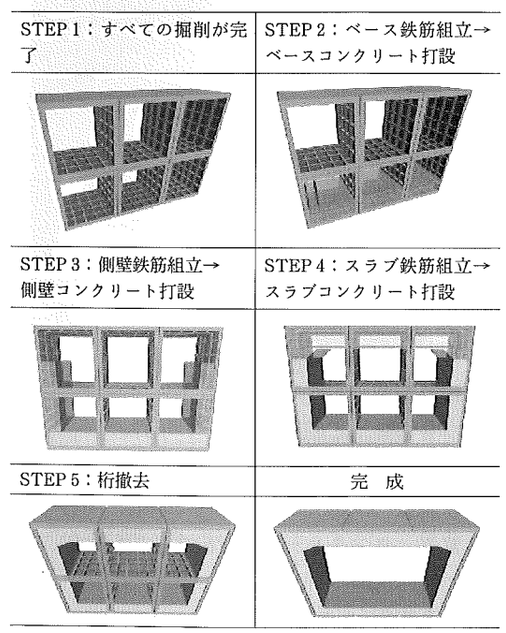


図-6　構築工ステップ図(６分割の場合)

写真-2　鋼殻一次撤去状況

写真-3　底版配筋状況

写真-4　鋼殻二次撤去状況

限の範囲で鋼殻のスキンプレートおよび縦リブを切断する(**写真-2**).

② 下床版(ベース)構築

鋼殻一次撤去後，鋼殻内で鉄筋，型枠を組立て，コンクリートを打設する(**写真-3**).

③ 側壁構築

④ 上床版(スラブ)構築

上床版の施工は，鉄筋吊り金具を設置し鉄筋を組立てる．その後，型枠支保工を組立て，コンクリートを打設する．使用するコンクリートは，鋼殻内への充填性を考慮し高流動コンクリートを使用する．

⑤ 鋼殻二次撤去

コンクリートの養生を待ち，トンネル内空断面に存在する，主桁，縦リブ，スキンプレートを切断撤去し内部を仕上げる(**写真-4**).

5　断面・線形計画

5-1　断面計画

今回施工する2か所の地下通路の構築外形寸法は，地下通路①では幅7.5m×高さ5.3m，地下通路③では幅5.3m×高さ4.0mとそれぞれ異なっていた．これら2か所の地下通路を効率良く経済的に施工するため掘削断面の検討を行った．

設計上，鋼殻主桁部分は現段階で本体構造物として考慮していないため，掘削断面は構築躯体外形の外周部に鋼殻の主桁高さ(今回の場合200㎜)を加えた寸法を基準に算定する．掘削断面寸法が最小土かぶり3.5mを超えない範囲で分割を検討してみると，地下通路①では横3分割，縦2分割の6分割で，1か所あたりの掘削断面は横2.62m×縦2.85mとなる．また，地下通路③の場合には縦横とも2分割の4分割で，1か所あたり横2.85m×縦2.20mとなりそれぞれ断面寸法が異なってしまう．この場合，それぞれの掘削断面にあわせた掘削機を製作した場合には2台必要となり，コストアップになるため1台の掘削機で施工できるように掘削断面の共通化を図った．検討の結果，掘削断面寸法は，施工誤差を考慮し鋼殻断面を2.95m×2.67mとし，余掘りを少なくするため地下通路①では縦長，地下通路③では横長と鋼殻を90度回転させた配置とした．ただし，この場合地下通路③の縦方向に約0.9mの余掘り部分が生じてしまうが，後述する曲線施工の余掘りとして有効に利用した(**図-7, 8**).

これに対応させるため掘削機についても工夫を行い，カッタおよびフード部の改造以外はそのまま使用できる構造とし，縦横90度回転した掘削断面形状に対応できるのものとした．

5-2　線形計画

地下通路①でのハーモニカ工法適用区間(約40m)には，電力洞道φ3,350が並列に存在しており，到達部においてもっとも近接している．そこで，埋設企業者との協議の結果，洞道ともっとも近接する側の上下2断面については最少離隔0.7mとなる7.5m手前までの掘進とした．また，地下通路の線形は平面・縦断とも直線で，約57‰の勾配で計画されており，掘進の線形も同一とした．

一方，地下通路③は，通路の上下に重要埋設物が存在し，しかも通路縦断勾配がバリアフリーの関係から最大勾配に制限があるため踊り場のある複雑な線形で計画されていた．そのため埋設物との離隔を最大にとり，前述した縦方向の余掘りを利用し，地下通路の躯体構築に支障を来さないよう，縦断線形を半径約190mの単曲線で計画した．この線形を確保するため，鋼殻は上下の寸法が17㎜の差がある台形形状とし，この鋼殻を重ねることにより単曲線を形成した(**図-9**).

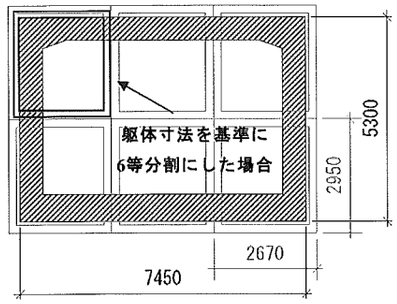


図-7　地下通路①鋼殻配置断面図

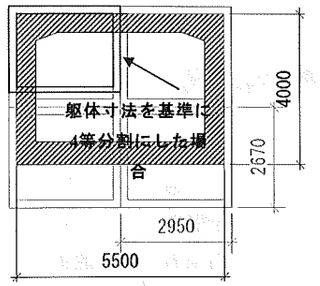


図-8　地下通路③鋼殻配置断面図

6　施工実績

6-1　掘削管理と施工実績

掘削にあたっては，**表-1**に示す管理項目にて各々管理値を定め掘削を行った．

掘進の結果，カッタジャッキ圧については，全函体の推進において5～7MPa程度であり最大値も11MPaと装備圧力の40%の管理基準値内に収まった．排土量については，総掘進延長345m，計画総排土量4,416m³に対して4,367m³とほぼ計画どおりの排土量であった．また，元押しジャッキ総推力については，通路①での最大推力2,754kN，通路③での最大推力2,498kNの結果となり，それぞれ計画推力の70%とした管理基準値以内の結果となった．

ハーモニカ工法での推進は，鋼殻に隣接推進のためのガイドレールがあり，第1回目の函体の推進精度が基準となり，後続函体の推進に影響を及ぼすこと

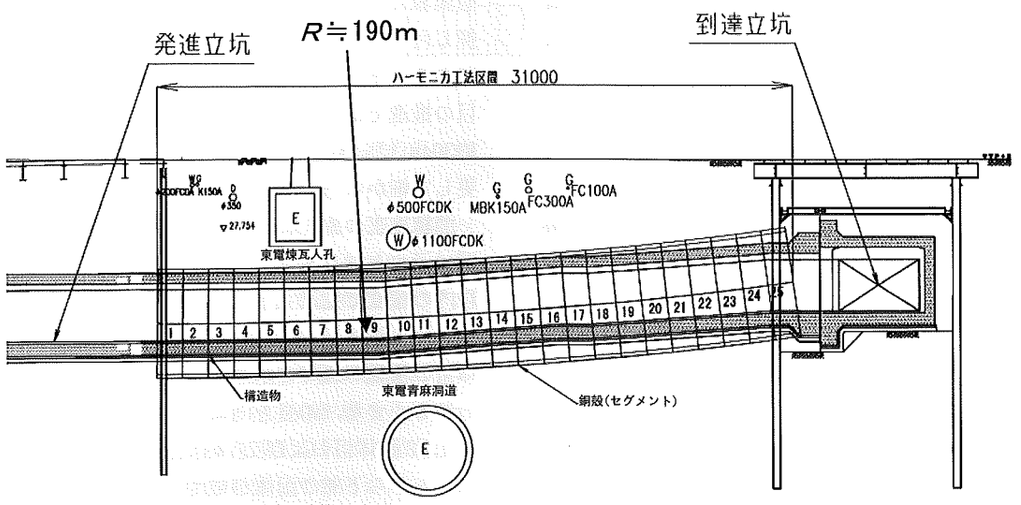


図-9　地下通路③縦断線形計画図

表-1　施工管理項目および施工実績一覧表

項　目	管理値	設定根拠	施工実績
カッタジャッキ圧	14MPa	装備圧力の40%	5～7 MPa
排　土　量	12.8m³/m	地山体積＋地山ふけ量＋加泥材	実施総排土量 4,367m³（計画 4,416m³）
切　羽　土　圧	30kPa	静止土圧＋予備圧	管理値以下
地下通路①での元押しジャッキ総推力	3,300kN	計画推力の70%とした	2,754kN
地下通路③での元押しジャッキ総推力	2,500kN		2,498kN
掘進精度(上下)	±40mm	構築最外周位置より決定	図-10, 11参照
掘進精度(左右)	±70mm		

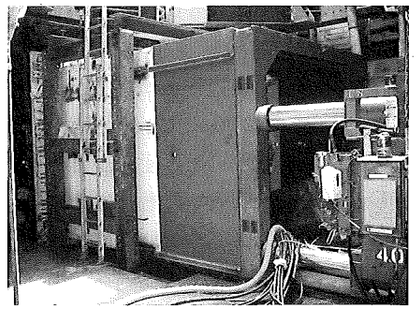


写真-5　地下通路③２函体目推進状況

となる．したがって，第１回目の推進(基準函推進)は測量回数を密に行い１リングの推進(L≒1,250mmあたり)で１回の水準測量，および平面位置測量も１リングごとに実施した．ただし，地下通路③においては鉛直方向の曲線施工であるため，水準測量については１リング(L≒1,250mm)あたり４回実施した．

後続函体の推進は，先行して設置された鋼殻のガイドレールを基準に推進を行うために基準函ほど測量頻度を細かくする必要はないが，ガイドレールだけを頼りに推進した場合，ガイドレールの競りによる推力上昇や，ガイドレールの破損を引き起こす可能性がある．さらには先行函体の出来形いかんによっては２面の函体に接する箇所の推進では発進部において鋼殻のガイドレールが入らない可能性がある．したがって，発進部に関しては測量頻度を増やし１リングごとに行い，マシンがすべて地山に貫入してからは１方ごと(２回/日)の頻度で行った．

6-2　曲線施工

地下通路③におけるトンネル線形は半径約190mで鉛直方向の曲線施工である．また，発進立坑から約３m，ほぼマシンの機長分が緩やかな下向きの線形であった．曲線施工の対応で装備した方向修正ジャッキは，最大中折れ角度を計画線形角度の３倍である3.1°とした．ローリング修正用の大型の油圧可動ソリについてもマシンの下部に設置し，可動ソリによるマシンの上向き制御も可能とした．掘進用仮設備においても発進坑口部に門型形状のローリング防止用鋼材を設置した(**写真-5**)．これは，鋼殻の形状が鉛直方向にテーパーをつけた形状であり，ハーモニカ工法では通常の推進工法で使用されるカラー状の接続ではなく，鋼殻同士の接続および推進機との接続部分がシールドのセグメントと同様のボルト接合である．したがって，マシンが下向きになった場合，坑口部にある鋼殻は発進架台から浮き上ってしまう．逆にこのことを利用して鋼殻を発進架台に押し付ける形状のものを設置することにより，マシンが自然に上向き傾向になることを利用したものである．

しかし，ハーモニカ工法では推進工法同様に推進管である鋼殻は発進架台に完全に固定させることは不可能であり，マシン重量約30tに対して鋼殻重量1.7tではあまりにも差があるため，鋼殻を押し付けただけではマシンが上がらないのが現実である．そこで，掘削線形の確保のために第１回目の推進である基準函の掘進は測量頻度を増やし，約30cmピッチに行い，その都度中折れ角度を変更して細かな方向修正を行った．

曲線施工の施工実績を以下に示す(**図-10, 11**)．図に示すとおり水平，鉛直蛇行量とも管理基準値以内の精度で掘進完了した．水平方向についてはすべて１函体目と同様の傾向となっており，１函体目の精度が以降の函体に大きく影響することがわかる．また，鉛直方向については上下関係にある1，３函体目および2，４函体目が同じ傾向にあることから下部の函体が精度に影響することがわかる．

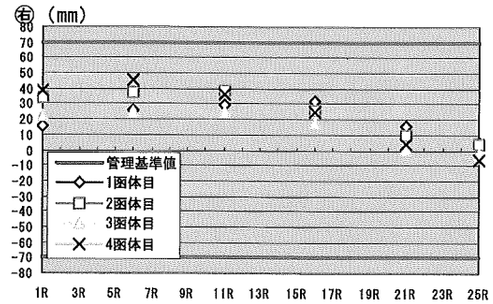


図-10　施工実績(水平方向)(地下通路③)

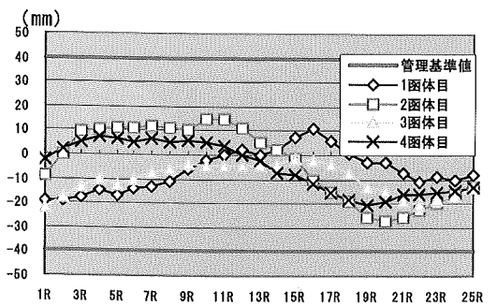


図-11　施工実績(鉛直方向)(地下通路③)

表-2　地下通路③推進実施工程表

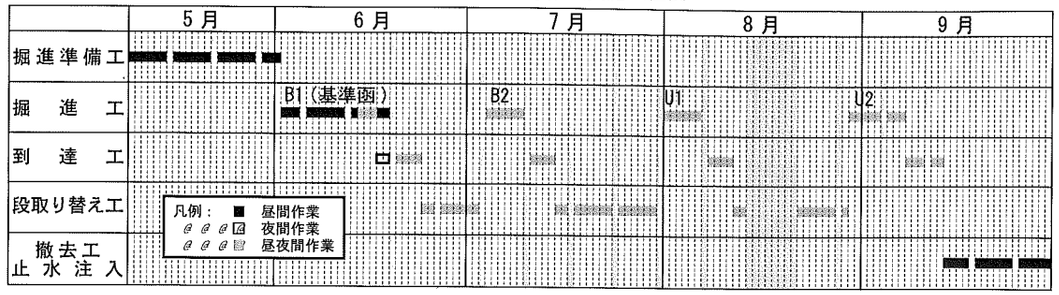
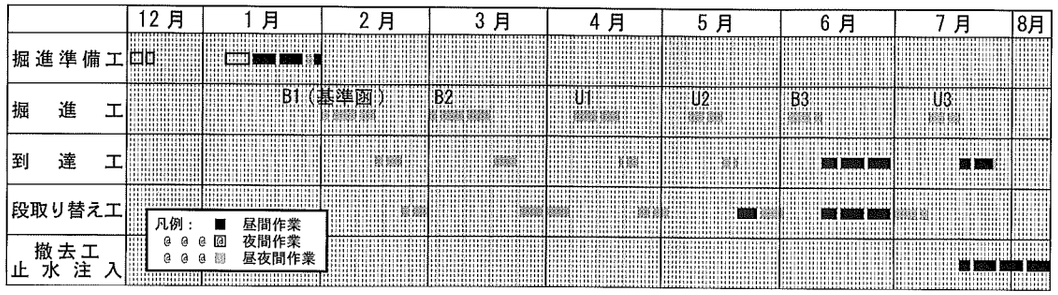


表-3　地下通路①推進実施工程表



6-3　施工実績

地下通路③，地下通路①における推進工事の施工実績をそれぞれ**表-2, 3**に示す．

今回の工事では昼夜間施工を基本とし施工を行った．双方とも掘進開始までの準備工事で約１か月強，掘進完了後の止水注入および設備撤去で１か月強，掘進日数約10日，段取り替えで約２～３週間の施工であった．ここで，基準函の掘進については掘進精度が後続函体の精度に影響を及ぼすため測量頻度を増やし，掘進速度を下げて掘進しているため約２週間の日数を要しているが，30～40mの距離で段取り替えを含めた掘進１函体あたりのサイクルとしては約１か月で行った．また，１日あたりの最大掘進量は8.75mであった．

7　近接施工

7-1 地下通路③

地下通路③直上には，煉瓦製の電力人孔が離隔約900mmで存在する(図-9)．ハーモニカ施工時の影響が懸念されたため事前にFEMによる解析を行い，施工中はレベル測量による沈下計測を実施した．事前FEM解析結果と実測値との比較を**表-4**に示す．

計測の結果，１函体目で解析値を超える沈下が

表-4　ハーモニカ推進時煉瓦人孔沈下測量結果

	1函体目 B1	2函体目 B2	3函体目 U1	4函体目 U2
解析値(α=35%)	−3.86	−5.62	−9.00	−8.52
実　績　値	−7.00	−7.00	−7.00	−8.00

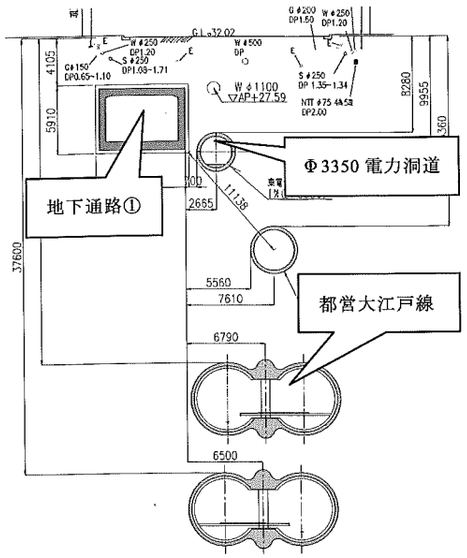


図-12　電力洞道近接部断面図

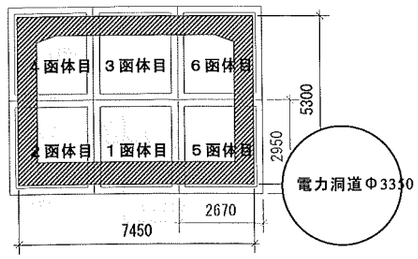


図-13　地下通路①施工順序図

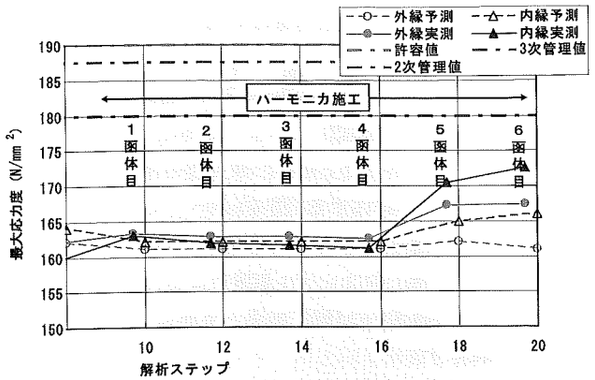


図-14　電力洞道の主桁最大応力度

発生した．1函体目の施工は通常の推進工と同じく推進完了後に裏込め注入を行ったが，予想以上の沈下が発生したため，2函体目以降は沈下を抑制するため裏込め注入を同時注入方式に変更した．また，人孔周辺に薬液注入を実施し地盤改良を行った結果，以後大きな沈下は発生せず最終は解析値内で収まる結果となった．また，通路③直下にはφ4,400電力洞道が直交しており影響監視のため洞道内を自動計測による測定を実施したが，顕著な影響は発生しなかった．

7-2 地下通路①

地下通路①には，最大離隔700㎜でφ3,350の電力洞道が縦断方向に存在している(図-12)．

通路③同様，ハーモニカ施工時の電力洞道への影響が懸念されたため，事前FEM解析を行うとともに影響監視のために洞道内の自動計測を実施した．

地下通路①の施工順序は，到達部の路面覆工盛り替えの関係で図-13のような順序で施工を行った．

計測結果のうち，各施工段階における電力洞道の主桁最大応力度の予測値と実測値との比較を図-14に示す．

これによると洞道より離隔のある4函体目までは顕著な変化は見られなかったが，近接する5，6函体目施工時に影響がみられ，事前解析の結果と比べると6函体目において内縁，外縁ともに5 N/㎟程度大きい応力が発生している．ただし，発生応力度は，2次管理値以下であるため，電力洞道の安全性には問題なかった．

8　おわりに

今回，断面寸法の異なる2か所の施工実績を踏まえ，「ハーモニカ工法」は都市部における小土かぶり，埋設物が輻輳した状況下でのアンダーパスの施工実績を挙げることができた．とくに曲線施工の実績は，今後の非開削工法の適用範囲を広げることが可能となった．今後は，断面寸法の標準化による掘削機の転用や鋼殻の標準化を図

写真-6　地下通路①完成状況

写真-7　地下通路③完成状況

ることでさらなるコストダウン効果も期待できる．

最後に，本工事を施工するにあたり，関係各位の皆様の多大なるご協力ならびにご指導，ご鞭撻をいただいたことに心よりお礼申し上げます．

シールドトンネルの新技術

シールドトンネルの新技術研究会編　代表　鈴木　　章

B5判 285頁　本体価格4,660円　〒340円

本書は，最近のシールドトンネルの新技術を実務経験者を中心にまとめたものである．本書の特色は，シールド工法の変遷と将来の技術開発の方向性の現況をまとめたうえで，新技術について調査・計画編，設計・施工編とに分けて，その理論と実際についてソフト，ハードにわたり記載している．また，これらのことを実務にすぐさま活用できるように，付録としてセグメントの設計，地盤変位予測解析，施工計画についての計画・設計例も紹介し，実務者をはじめトンネル技術者のニーズに応えた内容となっている．

〔目　次〕 **第一章　概説**　1．シールド工法の変遷と将来の技術開発の方向性○シールド工法の歴史○シールド工法誕生以前のトンネル工法○シールド工法の登場　2．わが国におけるシールド工法の歴史○シールド工法の導入と発展の経緯○シールド工法の現況　3．今後の技術開発の方向性　**第二章　調査・計画編**　1．シールド工法の調査技術　2．断面および線形計画　3．シールド機種の種類と選定　4．新しいシールド工法　**第三章　設計・施工編**　1．覆工○一次覆工の設計○二次覆工の設計と施工○シールドトンネルの防水技術　2．立坑の設計と施工設備○立坑の設計と施工○シールド機の構造と装備○仮設備の計画○シールド工事による自動化　3．掘進と施工管理○シールド掘進と施工管理○シールド発進と到達○裏込め注入工法と注入効果○曲線施工と地中接合○補助工法の種類と選定　4．近接施工と環境対策○近接施工と対策○アンダーピニングおよび支障物対策○シールド工事と環境対策○新工法の現状と将来展望○ECL工法　5．切羽の安定と地盤変状防止○切羽安定の理論と実際○泥水式シールド工法の切羽安定○土圧シールド工法の切羽安定　6．地盤変位の理論と実際　**付録**　1．セグメントの設計例　2．地盤変位予測解析手法の例　3．シールド工事の施工計画

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

土木情報 No.409 今月の主な入札結果

（5月10日～6月9日）

事業主体	工事名	請負会社	請負額単位百万円
水資源機構	豊川用水二期西部幹線併設水路東郷工区	大豊建設	1,442
〃	群馬用水施設緊急改築東明屋サイホン他併設水路	りんかい日産建設	1,037
都市再生機構	晴海三丁目西地区(再)公下晴海西幹線他その1	大成建設・淺沼組JV	428
北陸農政局	九頭竜川下流農業水利事業十郷1号用水路その29	ハザマ	336.4
〃	〃 その30	ハザマ	334.3
〃	〃 その31	ハザマ	326.8
〃	〃 その32	ハザマ	274.9
首都高速道路	中央環状品川線大橋連結路	ハザマ	11,600
〃	(高負)子安台換気所・トンネル・橋台	戸田建設	2,960
阪神高速道路	正蓮寺川東工区開削T	ハザマ	2,734
都・財務局	中央環状品川線シールドT	大成・東急・大豊・錢高・みらい建設JV	41,100
都・下水道局	千川幹線再構築その4	大日本土木	471.35
〃	飛鳥山幹線稼働に伴う管渠切替	スミセキ・コンテック	180.89
〃	中央区新富一丁目，築地三丁目付近再構築	ヤマト建設協同組合	279.63
〃	文京区弥生一，二丁目付近再構築その2	森本組	104.90
〃	東部港湾埋立地区下水道管渠整備その13	足立建設工業	259.04
〃	江東区常盤一，二丁目付近再構築	新日本工業	361.2
〃	〃 東砂六丁目，南砂五丁目付近再構築	立川開発工業	375.9
〃	北区赤羽南一，二丁目付近再構築	大盛工業	430.5
〃	荒川区東日暮里六丁目付近再構築その4	新井組	404.25
福井県	原子力発電施設等緊急時安全対策交付金(竹波工区)馬背T(仮称)	塩浜工業・武田建設・吉田組JV	944.5
〃	〃 (縄間工区)馬背T(仮称)	西村組・敦賀旭土建・畑建設JV	888
高知県	国道441号道路改築(網代T)	轟・生田・田邊JV	2,000
〃	地域高規格(北川奈半利)道路改築(車瀬T)	大旺・須工ときわ・柳生基礎JV	681.80
宮崎県	平成18年度18道路関連第3-1号国道448号道路災害復旧(仮称)小崎T1期	戸田建設	356.95
横浜市	中部処理区千代崎地区下水道再整備(その6)	馬淵建設	152.5
相模原市	公下西大沼地区雨水幹線整備(1工区)	シミズ	120.37
〃	〃 (2工区)	日栄建設	134.96
〃	〃 (3工区)	防長土建	118.96
〃	公下麻溝台地区雨水幹線整備(2工区)	入江土木	139.87
〃	〃 (3工区)	八木土木興業	126.47
名古屋市	第2次服部北部幹線下水道築造	淺川組	164
〃	高速度鉄道第6号線大塚工区	五洋建設	2,650
〃	〃 相川工区	五洋建設	2,547
〃	〃 ほら貝工区	錢高組	3,648
〃	〃 緑黒石工区	青木あすなろ建設	3,130
福岡市	東比恵雨水調整池築造	三幸・オカトクJV	603
久留米市	公下合川・善導寺汚水幹線管渠布設その6	東洋・三原JV	179.9

施工

自動化オープンケーソン工法で大深度の土丹層を掘削

—東京都水道局　東南幹線豊洲立坑—

東京都水道局東部建設事務所工事第一課長　松田信夫
東京都水道局東部建設事務所工事第一課工事第一係長　野崎耕志
東京都水道局東部建設事務所工事第一課工事第一主任　岸　裕一
清水・同和鉱業・東京ガスエンジニアリング・鹿島・大林・大成・東亜・錢高・西松JV現場代理人　石川　大

1　はじめに

東京都水道局では，公平で効率的な送配水システムの構築と，断減水がなく渇水や地震にも強い水道を目指して，施設整備事業を進めている．

東南幹線は，この整備事業の一環として，埼玉県三郷市内の東京都三郷浄水場から東京都大田区において現在築造中の大井給水所(仮称)までを結ぶ，延長約45kmに及ぶ大規模送水管である．

図-1に送水幹線整備概要図を，図-2に東南幹線延伸事業計画図を示す．

本工事は，東南幹線の未整備区間である品川区八潮一丁目から江東区豊洲二丁目のうち，豊洲六丁目において深さ60mを超える大深度立坑を自動化オープンケーソン工法(拡縮自在システム)により施工したものである．拡縮自在システムによる立坑の築造は，本工事が国内2例目である．また，拡縮自在システムによる立坑としては，国内最大の外径φ11.4mであるとともに，拡縮自在システムを自重の大きなケーソン(コンクリート躯体)に使用するのは，国内初の施工となる．

本工事の掘削地盤は，軟弱地盤と硬質地盤であり，軟弱地盤に対してはCDMによる過沈下防止

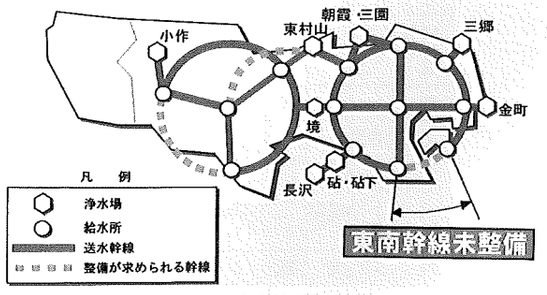


図-1　送水幹線整備概要図

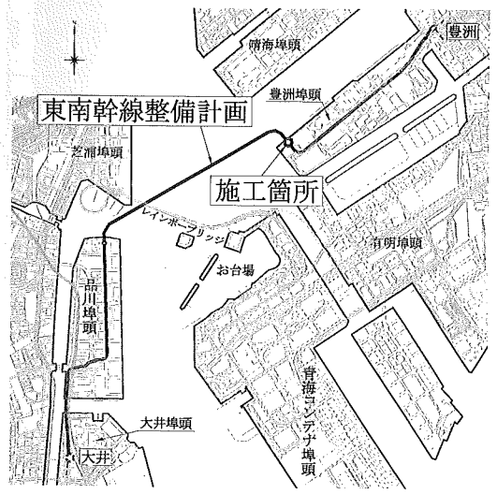


図-2　東南幹線延伸事業計画図

対策を行った後に，従来の圧入式オープンケーソン工法による施工を行い，硬質地盤に対しては，拡縮自在システムによる施工を行った．

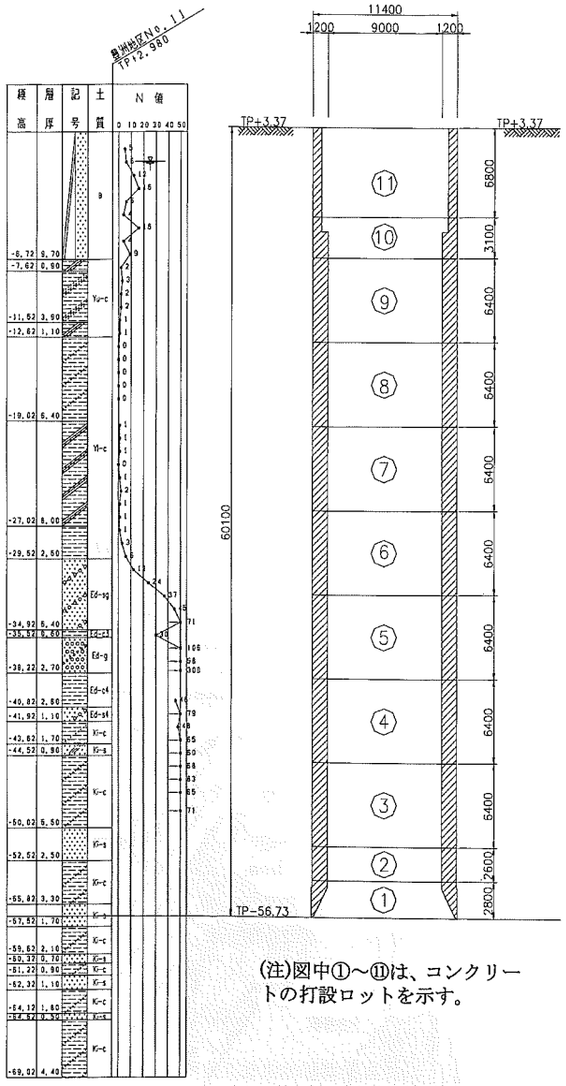
2　工　事　概　要

2-1　東南幹線豊洲立坑工事

立坑工事の工事概要は，以下のとおりである．

図-3に立坑構造図および地質概要図を示す．

施工場所：東京都江東区豊洲六丁目３番地



(注)図中①～⑪は、コンクリートの打設ロットを示す。

図-3　立坑構造図および地質概要図

用　　途：発進到達立坑

寸　　法：外径 ϕ 11.4m，内径 ϕ 9.0m，深度 60.1m

築造工法：自動化オープンケーソン工法(拡縮自在システム)

2-2　地質概要

本工事の地質は，上層から約10mがN値５程度の埋土層，その下は約23mがN値０～３の軟弱地盤，その下は約５m区間でN値50以上に急激に大きくなり，それ以深はN値50以上を示す硬質地盤が続く．地下水位は，約GL－2.6mであり，ケーソン下端では，575kN/m^{2}の高水圧がかかることになる．

3　立坑の施工方法の検討

3-1　立坑築造工法の選定

立坑築造工法は，立坑規模，形状・寸法，施工条件，地質条件，周辺環境，施工性および経済性などを総合的に考慮し，選定を行った．立坑構造として大深度立坑築造に適用できる工法は，地中連続壁工法およびケーソン工法であり，本立坑築造においては，下記の４工法について比較検討を行った．

表-1に立坑築造工法比較表を示す．

①　RC地中連続壁工法

②　自動化オープンケーソン工法(SOCS工法)

表-1　立坑築造工法比較表

工　　法	RC連壁	SOCS工法	拡縮自在システム	無人ニューマチック
地下水への対応	○	○	○	○
硬質地盤への対応	○	○	○	○
安　全　性	○	○	○	○
精　　度	○	○	○	○
必要な作業ヤードの広さ	△	△	○	○
工　　期	△	○	○	○
工　　費	○	○	○	△
施工実積	○	○	△	○
判　　定	○	○	◎	○

③　自動化オープンケーソン工法(拡縮自在システム)

④　無人化ニューマチックケーソン工法

設計では，工期，工費，実積を加味し，SOCS工法を採用した．しかし，工事開始後に他工事との関係から，作業ヤードを今より狭くする必要が生じたため，SOCS工法での施工が困難となった．そこで作業ヤードの広さに重点を置いて，工法を再検討した結果，拡縮自在システムを採用することとした．

4　自動化オープンケーソン工法

自動化オープンケーソン工法とは，ケーソン刃口下の地盤を，直接，機械掘削できる工法をいい，拡縮自在システムやSOCS工法などがある．

4-1　拡縮自在システムについて

図-4に拡縮自在システムの施工概要図を示す．拡縮自在システムは，①拡縮自在掘削機，②ケーシング，③全旋回機，④ハンマグラブ，⑤圧入設備から構成される．また，拡縮自在システムを使用する施工方法は，今回の自動化オープンケーソン工法(土留め壁にコンクリート躯体を使用する方法)のほかに，アーバンリング工法(土留め壁に鋼製セグメントを使用する方法)がある．

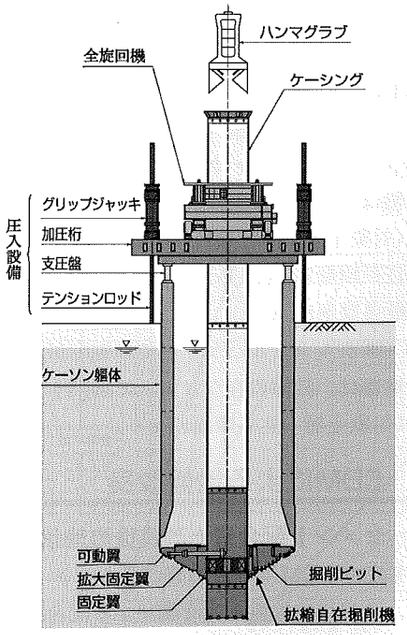


図-4　拡縮自在システムの施工概要図

写真-1, 2に拡縮自在システムの拡縮自在掘削機を示す．拡縮自在掘削機は，①可動翼，②固定翼，③先端開放ケーシング，④拡縮翼取り付けケーシング，⑤土砂取り込み口からなる．

4-2　施工フロー

拡縮自在システムにおける掘削および圧入沈下の施工フローは，以下のとおりである．

①　掘削は，全旋回機によりケーシングおよび拡縮自在掘削機を回転させ，ケーソン先端部および刃口部の地盤を削り取ることにより行う．

②　掘削土は，拡縮自在掘削機の翼が回転することにより，土砂取り込み口に誘導され，ケーシング内に集積される．

③　集積された掘削土は，ケーシング内を上下するハンマグラブにより排土する．

④　所定の掘削が完了した後，拡縮自在掘削機を刃口深度より上方へ引き上げる．

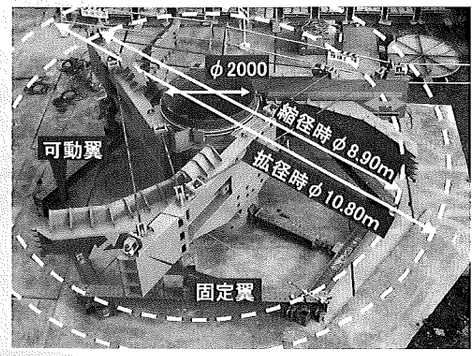


写真-1　拡縮自在掘削機(全景)

写真-2　拡縮自在掘削機(側面)

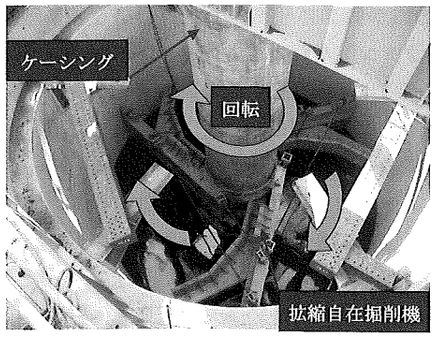


写真-3　拡縮自在掘削機(挿入状況)

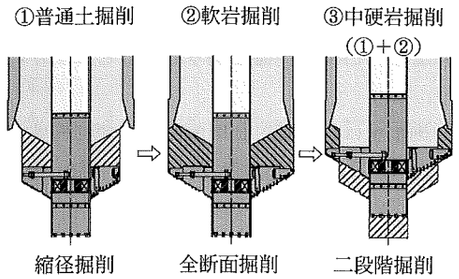


図-5　拡縮自在システムによる掘削方法

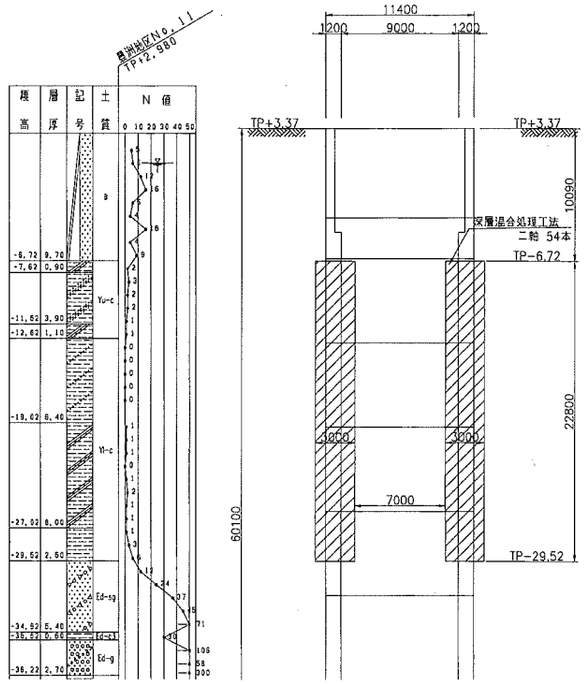


図-6　CDMによる改良範囲

⑤　圧入沈下によりケーソンを沈下させる.

⑥　①～⑤の作業をくり返す.

写真-3に拡縮自在掘削機の挿入状況を示す.

4-3　各種地盤に対する掘削方法

図-5に，本工事以外にも想定される各種地盤に対する掘削方法(例)を示す．拡縮自在システムでは，掘削する地層の地盤強度に合わせて，拡縮自在掘削機の可動翼を拡大・縮小することにより，普通土から中硬岩まで幅広い土質に対応できる.

5　掘削および圧入沈下計画

5-1　圧入沈下計画について

ケーソンの圧入沈下計算の結果，N値０～３の軟弱地盤において，過沈下状態(沈下力＞沈下抵抗力)となることがわかった．このため，ケーソンが自沈し，沈下をコントロールすることが不可能となり，精度確保が困難となることが予想されたため，過沈下防止対策として，CDM(Cement Deep Mixing)による地盤改良を行った．CDMによる改良範囲を**図-6**に示す．また，軟弱地盤以外の地盤においては，沈下力不足(沈下力＜沈下抵抗力)となることから，沈下力不足の対策として，圧入用アンカーを地中に設置し，圧入力を加えることによりケーソンを沈下させる計画とした.

5-2　掘削計画について

掘削は，圧入沈下計算を参考に以下の方針で行った.

①　クラムシェルバケットでの掘削が可能な地盤は，クラムシェルバケットで掘削する.
(対象土層：埋土層B，有楽町層Yu-c，Yl-c，江戸川層Ed-sg，Ed-c3，Ed-g，Ed-c4，Ed-s4，北多摩層Ki-s)

②　クラムシェルバケットでの掘削が不可能な地盤は，拡縮自在システムで掘削する.
(対象土層：北多摩層Ki-c)

6　CDMによる地盤改良

6-1　セメント配合量と改良後の地盤強度

一般的にCDMによる地盤改良のセメント配合量は，改良後の地盤強度を満足する配合試験結果をもとに設定する．そして，改良後の地盤強度は，ケーソンの過沈下を防止する強度であるとともに，過度の沈下抵抗とならない適度な強度とする必要がある.

6-2　セメント配合量の決定

セメントの配合量は，以下の事項を考慮して決定した.

①　圧入沈下計算の結果から，ケーソンが過沈下状態とならないための最低地盤強度(粘着力)がC＝130kN/m²であった.

②　圧入沈下計算の結果から，アンカーによる圧入力を加えたケーソンが，沈下可能な最大地盤強度がC＝230kN/m²であった.

③　CDMによる改良後，実際にケーソンが改良した地盤を圧入沈下するまでの期間が約６か月あるため，改良直後より圧入沈下時の方が改良後の地盤強度が増加することが予測された.

以上から，セメント配合量は，地盤改良施工６か月後に，改良強度がC＝130～230kN/m²(一軸圧縮強度q_u＝2C＝260～460kN/m²)となる量とした.

また，文献2)を参考に，６か月後の改良地盤の強度は，28日強度の２倍と考え，また，室内と原位置における改良土の強度比は1.0と考えて，セメント量を設定した.

図-7にセメントの配合量と有楽町層Yu-c，Yl-cの改良後の一軸圧縮強さの関係を示す．図-7より，有楽町層Yu-cにおけるセメント配合量は，52kg/m³とし，有楽町層Yl-cにおけるセメント配合量は，72kg/m³とした.

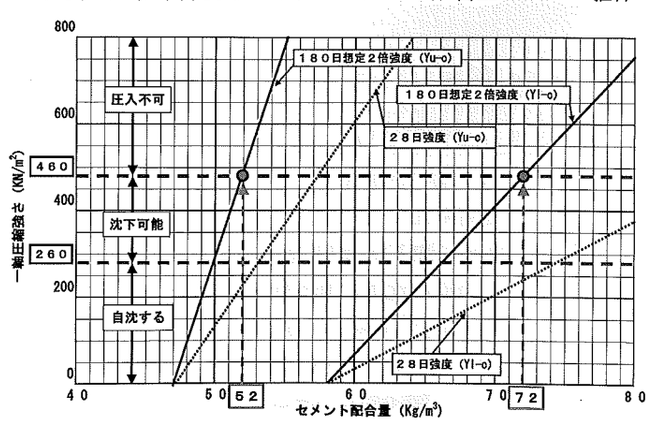


図-7　セメント配合量と一軸圧縮強さの関係

6-3　改良後の地盤強度および施工実績

改良後の地盤強度は，チェックボーリングを行い，CDMによる改良後の地盤試料を採取し，６か月後に一軸圧縮試験を行うことで確認を行った.

結果は，Yu-cでC＝383kN/m²，Yl-cでC＝283kN/m²となり，改良後の強度は想定していた範囲内に収まった.

また，実際の施工においても，CDMによる改良地盤におけるケーソンの掘削および圧入沈下は，安定的に精度よく施工することができた.

ただし，今回の掘削および圧入沈下では支障がなかったが，粘性土と砂礫層の層境において，改良により砂礫層が0.5～１mの塊となっていた部分もあったため，改良範囲を砂礫層の層境１m上からとするなどの配慮が必要であると思われる.

7　圧入用アンカー

圧入沈下計算の結果，硬質地盤の掘削沈下においては，最大圧入力が必要となった．必要最大圧入力は，24,000kN(3,000kN×８か所)であり，アンカーは，約15mの定着長をとり，延長75mを設置した.

8　拡縮自在システムの施工

8-1　施工における問題点

本工事では，自重の大きなケーソン(コンクリート躯体：最大52,830kN)を使用するため，沈下力が過大となる傾向にある．このため，今回の施工で，もっとも気をつけなければならないのが，拡縮自在システムによる掘削中に，刃口下の地盤を掘り過ぎ，先端抵抗力が小さくなり，沈下力＞沈下抵抗力となることで，突然ケーソンが自沈し，拡縮自在掘削機の翼がケーソン刃口と地盤に挟まれ，操作不能になることであった(図-4参照).

8-2　圧入式オープンケーソンに働く力

圧入式オープンケーソンには，**図-8**

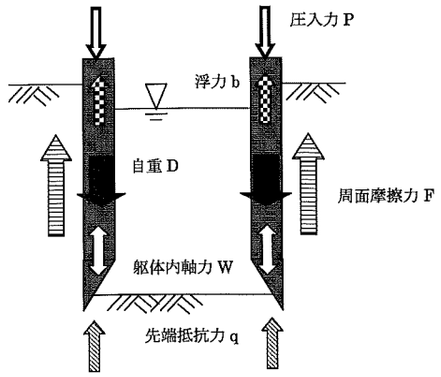


図-8　オープンケーソンに働く力

に示す力が働く．

（1）　沈下力P_d

P_d＝自重D＋圧入力P

（2）　沈下抵抗力P_u

P_u＝先端抵抗力q＋周面摩擦力F＋浮力b

（3）　ケーソンが静止した状態(沈下抵抗力≧沈下力)のときの関係式は，以下のとおりとなる．

$$q+F+b \geqq D+P$$

$$q \geqq D+P-F-b \qquad (1)$$

このときに躯体内に発生する断面力(軸力)は，次式で求めることができる．

$$W=D+P-F-b \qquad (2)$$

したがって，ケーソンが静止した状態における先端抵抗力と躯体内軸力の関係は，式(1)，(2)より，下式となる．

$$q \geqq W \qquad (3)$$

ここで，ケーソンが沈下する瞬間においては，式(3)は，下式となる．

$$q=W \qquad (4)$$

以上から，ケーソンが沈下する瞬間における躯体内軸力Wが計測で把握できれば，先端抵抗力q(極限支持力)を推定することが可能である．

8-3　対　策

今回の問題を防止するための方法は，既知である力(圧入力P，自重D，浮力b)以外の未知である沈下抵抗力(先端抵抗力q，周面摩擦力F)を把握することであった．実際の地盤の先端抵抗力，周面摩擦力が把握できれば，ケーソンがいつ沈下するかを予想することが可能であり，前述のような問題は発生しない．

一般的に，ケーソンでは，先端抵抗力や周面摩擦力の把握のために，刃口反力計や周面摩擦計を設置して，計測を行う．しかし，これらの計測器では，計測器と地盤との接触状態によって計測値が大きく変わる事例が数多くある．また，これらの計測器による計測値は，計測器を設置した位置における点データであるため，計測精度を上げるためには，計測器の設置台数を多くする必要があった．そこで今回は，これらの影響を受けないように，刃口部の躯体内にコンクリート歪み計を設置した．これにより，躯体内の発生応力から先端抵抗力をリアルタイムに算出することが可能である．

刃口部のコンクリート歪み計で計測される躯体内軸力は，ケーソンが沈下する瞬間には，実際の地盤の先端抵抗力(極限支持力)とほぼ等しいと考えられる．したがって，沈下する瞬間に計測される力(実測値)を実際の地盤の極限支持力と考えた．そして，Terzaghiの極限支持力式から求められる理論値との比較を行い，補正係数(実測値/理論値)を求めた．この補正係数をもとに，極限支持力の理論値から，次段階の掘削土層における実際の地盤の極限支持力を推定し，拡縮自在掘削機によって安全に掘削できる掘削幅を決定した．これにより，掘削中に沈下抵抗力である先端抵抗力が，小さくなり過ぎず，ケーソンの自沈を防止することが可能と考えられた．また，もう一つの未知数である周面摩擦力Fは，沈下する瞬間に計測により先端抵抗力q(極限支持力)が既知となるので式(5)より算出できる．

$$F=D+P-q-b \qquad (5)$$

なお，今回は，これらをリアルタイムに計測できる沈下計測管理システムを構築して，施工管理を行った．

8-4　沈下計測管理システム

今回の沈下計測管理システムは，「応力観測システム」「ケーソン姿勢監視システム」「掘削機監視システム」の三つのシステムを統合したものとした．**図-9**にシステムブロック図を，**図-10**に計測システムのモニタ画面を示す．

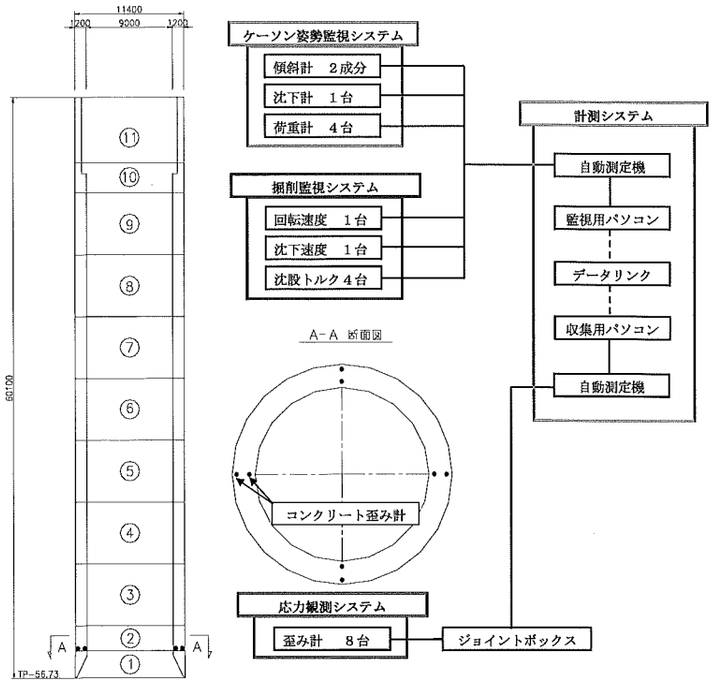


図-9　システムブロック図

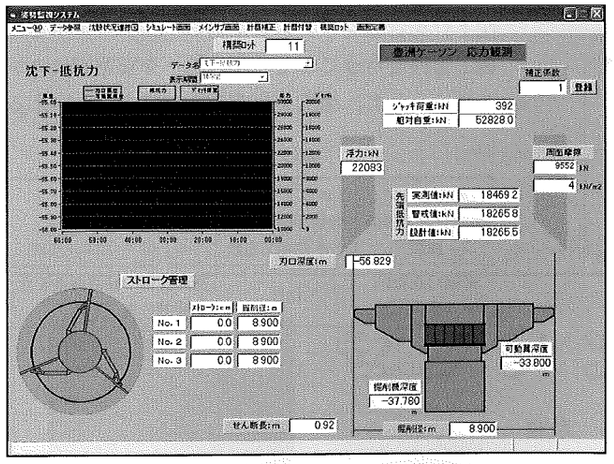


図-10　計測システムモニタ画面

①　応力観測システムでは，1ロットと2ロットの打継部にコンクリート歪み計を4方向の計8か所に設置し，計測を行う．

②　ケーソン姿勢監視システムでは，傾斜計，沈下計および荷重計を設置し，計測を行う．

③　掘削機監視システムでは，回転速度計，沈下速度計，沈設トルク計および拡縮翼ストローク計を設置し，計測を行う．

④　これらの計測データは，リアルタイムに計測システムのモニタ画面で管理できるようにする．

8-5　掘削時と圧入沈下時の力の関係

拡縮自在システムでは，以下のように力をコントロールして，掘削および圧入沈下を進めた．

【掘削時】

①　沈下力P_d＝自重D

②　沈下抵抗力P_u＝先端抵抗力q＋周面摩擦力F＋浮力b

【圧入沈下時】

①　沈下力P_d＝自重D＋圧入力P

②　沈下抵抗力P_u＝先端抵抗力q＋周面摩擦力F＋浮力b

すなわち，掘削時と圧入沈下時の沈下力には，圧入力P(最大24,000 kN)の差がある．

ケーソンがもっとも安定的に圧入沈下する状態とは，圧入力Pを載荷したときにケーソンが沈下する状態である．すなわち，圧入力でケーソンの沈下がコントロールできる状態である．このときの沈下力と沈下抵抗力の関係は，以下のとおりである．

$$\text{自重}D < \text{先端抵抗力}q + \text{周面摩擦力}F + \text{浮力}b \leqq \text{自重}D + \text{圧入力}P \qquad (6)$$

式(6)から自重Dを引くと，

$$0 < \text{先端抵抗力}q + \text{周面摩擦力}F + \text{浮力}b - \text{自重}D < \text{圧入力}P \qquad (7)$$

ここで，浮力，自重および圧入力は既知であるので，先端抵抗力q＋周面摩擦力Fの合計値の理論値と実測値の差の絶対値が0～圧入力P(24,000 kN)の間で予測できれば，圧入力でケーソンの沈下がコントロールできる状態であり，安定的に圧入沈下させることができると考えられた．

8-6　圧入沈下のシミュレーション

オープンケーソンの圧入沈下のシミュレーションフローを，図-11に示す．

8-7　硬質地盤の施工実積

拡縮自在システムにより硬質地盤を掘削した施工実積を表-2に示す．同様のSOCS工法に比べ，若干早く掘削することができた．また，沈下完了時の傾斜量，偏心量および高さについては，すべて規格値内となった．

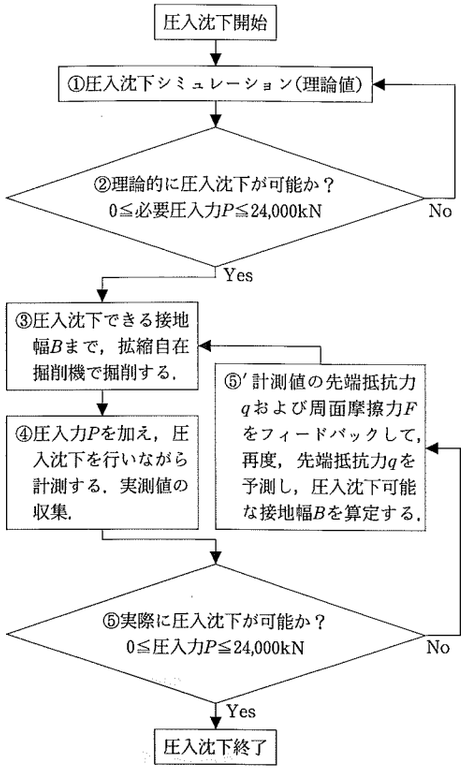


図-11　圧入沈下のシミュレーションフロー

8-8　沈下計測結果

実際に計測で得られた圧入沈下時における先端抵抗力および周面摩擦力の関係の一例を，表-3に示す．

表-3から，以下のことが言える．

① 先端抵抗力については，沈下が始まった瞬間の先端抵抗力(躯体内軸力)の実測値と，Terzaghiの極限支持力式から求められる先端抵抗力(極限支持力)の理論値との補正係数(実測値/理論値)が，120～130%であった．

② 周面摩擦力については，実測値と理論値の補正係数(実測値/理論値)が，80～100%であった．

③ 先端抵抗力と周面摩擦力の合計値の理論値と実測値の差の絶対値が圧入力P(24,000kN)以下であった．

以上より，刃口部に設置したコンクリート歪み計による先端抵抗力(躯体内軸力)の実測値は，バラツキが小さく非常に安定しているといえる．

したがって，拡縮自在システムによる施工は，沈下計測管理システムを使用し，リアルタイムに施工管理を行うことで，圧入沈下を安定的にコントロールして，施工を行うことができたといえる．

表-2　施工実積

自動化オープンケーソン工法の種類	1ロット分の掘削量(664m³)のときの施工日数	備　　考
拡縮自在掘削システム工法	13日	圧入設備の設置撤去を含む実積の施工日数
SOCS工法	17日	自動化オープンケーソン工法(SOCS)積算マニュアル[3]による施工日数

表-3　圧入沈下時の先端抵抗力および周面摩擦力の関係

	実測値		理論値		補正係数(実測値/理論値)		先端抵抗力と周面摩擦力の合計値の理論値と実測値との差の絶対値(kN)
	先端抵抗力(躯体内軸力) q(kN)	周面摩擦力 F(kN)	先端抵抗力(極限支持力) q(kN)	周面摩擦力 F(kN)	先端抵抗力 q(kN)	周面摩擦力 F(kN)	
ケース1	25,158	17,997	20,378	18,696	123%	96%	4,081
ケース2	23,828	15,224	18,618	18,743	128%	81%	1,691
ケース3	26,730	16,334	21,501	18,793	124%	87%	2,770

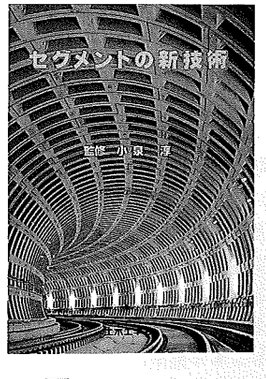
9　ま　と　め

本工事で採用した工法は，大深度化，立坑用地確保難，確実な施工管理などを，解決する技術の一つとして有効であると考える．とくに，沈下計測システムは，コンクリート歪み計を側壁部の各所に取り付けることにより，更に計測精度を向上させることも可能であり，拡縮自在システムを更に発展させた工法や従来の圧入式オープンケーソン工法，または，ニューマチックケーソンへの適応も期待できる．

本工事の施工実積が，これからのプロジェクト設計・施工の一助となれば幸いである．

参　考　文　献

1) 東京都水道局：東京都水道経営プラン2007～次世代に向けた新たなステージの展開～，71p., 2007.3.
2) (財)土木研究センター：陸上工事における深層混合処理工法設計・施工マニュアル改訂版，334p., 2004.3.
3) PCウェル工法研究会：自動化オープンケーソン工法(SOCS)積算マニュアル(案)，平成14年版，2002.



セグメントの新技術

監修　小泉　淳

B5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

トンネル　ジャーナル

土木学会賞決まる

土木学会は，平成18年度の土木学会賞を発表した．全12部門で81件が受賞した．トンネル関係での受賞では主に次のようなものがあった．

［技術賞Ⅰ］

◆NATMとシールドを融合した，新しいトンネル工法「SENS」の開発―東北新幹線三本木原トンネル―/鉄道・運輸機構鉄道建設本部東北新幹線建設局，熊谷・東洋・大本・井上東北幹，三本木原T他特定建設工事共同企業体

◆東京湾を横断する18km海底シールドトンネルの建設―世界最長級の9km掘進，600m/月以上の高速施工，海面下60mでの機械式地中接合の実現―/東京電力，鹿島・西松・大林共同企業体，大成・清水・間共同企業体

◆大規模地すべりに遭遇した道路トンネルの設計・施工技術―道道夕張新得線赤岩トンネル―/北海道旭川土木現業所，清水建設・荒井建設・熊谷組特定建設工事共同企業体，ドーコン，明治コンサルタント

［技術賞Ⅱ］

◆密集市街地での貯留システムと最新技術を導入した和田弥生幹線の建設―東京地下50mの大深度に建設した超大口径雨水貯留管―/東京都下水道局

［技術開発賞］

◆太径曲線パイプルーフ工法/並川賢治(首都高速道路)・吉川正(鹿島建設)・田辺清(大成建設)・齋藤雅春(鉄建建設)・山本善久(コマツ地下建機)

［出版文化賞］

トンネル　地中の星にエールを(西山芳一写真集)/西山芳一，日本建設機械化協会施工技術総合研究所，2005.10.

片山トンネル貫通

2009年度開通予定の中国横断自動車道・姫路鳥取線の「片山トンネル」(鳥取市河原町)の貫通式が行われ，地元地権者や工事関係者ら約90人が発破や通り初めで貫通を祝った．

同トンネルは姫鳥線終点の鳥取インターチェンジIC側から2番目のトンネル．姫鳥線の智頭－鳥取間のトンネル7本のうち6番目の貫通で，長さは506mと最も短い．

6月3日は「測量の日」

6月3日の測量の日にあわせ，5月下旬から6月中旬にかけて，測量に対する市民の関心と理解を深めてもらうための行事が，茨城県つくば市の国土地理院ほか，全国各地で開催された．「測量の日」は，測量法が昭和24年6月3日に制定されたのにちなみ平成元年に制定された．

測量の日を制定した平成元年以降，毎年この日を中心に「測量と地図のフェスティバル」「国土地理院技術研究発表会」「日本水準原点をはじめとする各種施設公開」などの測量と地図に関する情報と知識を国民に啓発する運動を広範に展開している．

改正測量法が成立

測量法の一部を改正する法律案が成立した．5月23日に公布され1年以内に施行される．

1949年に制定された測量法は，国土地理院が測量した地図の刊行を義務化し，営利目的の複製を禁じている．また，非営利目的の複製の場合にも国土地理院や地方地自体などの個別の承認が必要だった．

改正法は，「デジタル地図の広範な利用の促進」「複製承認等の手続の簡素化」「測量成果のインターネット上でのワンストップサービスを早期に実施」を柱とした規制改革．

従来，紙またはCD-ROMのみで刊行されていた地図を国土地理院のホームページからダウンロードできるようにするとともに，地図の複製に関する規制を緩和．地図やデータの正確性が問われない用途に関しては承認を不要にし，営利目的の場合でも測量，刊行，ネット提供の場合のみ正確性を高めるため承認のうえ利用が可能となる．また，各自治体が国土地理院に窓口委託することで承認の申請が一括して行えるよう規定を改め，手続のワンストップサービス化を目指す．

栗尾バイパス事業化へ

京都市は，国道162号栗尾バイパスの事業化に着手する．

同BPは，京都市右京区京北細野町～京北周山町の延長約4.3kmの区間．整備される主要構造物は新栗尾第1号トンネル(仮)L＝2,307m，新栗尾第2号トンネル(仮)L＝115mほか2橋梁が予定されている．

事業箇所である栗尾峠が位置する一般国道162号は，京都市から福井県敦賀市に至る幹線道路で，京都市中心部へのアクセス道路として重要な路線であるとともに，「京都市地域防災計画」における第一次緊急輸送道路に指定されるなど，災害時においても欠くことのできない非常に重要な路線として位置づけられている．

現道は山間地に位置することから，急なカーブが多く，とくに冬季は積雪，路面凍結を原因とする交通事故が多発しており，改良の必要性が高い場所となっていた．地形上，現在の道路を拡幅することが難しい部分が多く含まれていることから，一部をトンネル掘削によるバイパス建設，残りの部分を現道拡幅により，道路整備を行う計画．

連載講座

シールド工事の施工に関するQ&A(1)

JTA都市トンネル小委員会

シールド工法は，手掘り式から密閉型への移行によって安全性・確実性が増し，飛躍的に適応範囲が拡大され，都市部における代表的なトンネル構築工法として定着しています．一方，昨今の経済情勢に伴う工事量の減少や専門技術者の不足などにより，蓄積されたシールド技術が十分に伝承されていないことが危惧されています．とくに施工に関するノウハウなどは，書物にはなりづらく，工事が終了すると記録は埋没しがちです．経験による技術は個人に蓄積されますが，個人に蓄積された技術を提供する場は少ない状況であります．

日本トンネル技術協会都市トンネル小委員会では，シールド工事施工に伴う諸問題の調査研究を実施しておりますが，このたび，シールド工法に関係する技術者や設計者が日常疑問に感じている点や一般の書物には掲載されていないノウハウなどをQ&A方式にまとめることでシールド技術の伝承に貢献したいと考えました．作業は，シールド工事全般についての疑問点について協会団体会員および委員にアンケートを実施し，5,000件を超える質問などを項目別に分類整理を行い，質問に対する回答を作成することといたしました．また，回答の作成にあたっては，委員会のもとに新たに「Q&A施工WG」を組織し，シールドの施工に限定した代表的な質問事項(48項目)を選定し，これらの回答を順次連載講座に掲載していくことといたしました．対象は現場技術者を中心とし，若い技術者にもわかりやすい内容であり，現場ですぐに役に立つ解説としました．

本講座では，現場技術者が日ごろ感じている施工上の疑問に対し，現場の第一線で活躍している技術者が，従来の教科書的な回答から一歩踏み出し，個人の経験を加味し，あるいはWGからの提言を含め回答をまとめました．したがって，ものによっては読者の方の感じ方とは異なることがあるかも知れません．シールド工事の原理原則は変わらないものの施工のノウハウに関するものは属人的なものであり，回答者が違えば当然答え方は異なってきます．このことをご承知願い読者に少しでも役に立つ講座となればと考える次第です．

なお，内容の見直しや追加質問などもWGで検討を進めていかなければならないと考えています．さらに，施工以外の計画や設計に関する事項のQ&Aも，要望があれば並行して検討をする余地があるものと思われます．このことも含めまして本講座に対してのご意見・ご要望などがございましたら，下記事務局あてにE-mailまたはFAXでご連絡くださいますようお願いいたします．

(文責：中島泰彦/Q&A施工WG主査・東京都下水道局)

(社)日本トンネル技術協会　田中　宛
E-mail：tnk@sepia.ocn.ne.jp
FAX：03-3553-6145

Q1．急曲線施工において中折れ装置を装備する基準およびその使用・管理方法について教えてください．

A．最初に，急曲線の定義について触れておきます．『2006年制定　トンネル標準示方書　シールド工法編・同解説』(以下，標準示方書)の「第12条　トンネルの線形」には，急曲線の定義として「シールドに中折れ装置の装備や補助工法の併用

等を必要とせずに掘進可能な曲線半径(この曲線半径より小さな曲線を急曲線と呼ぶ)は上記の各要素の総合的な影響を受けるが，その限界の曲線半径については必ずしも明確ではない．」[1]との解説がありますが，具体的な数値は示されていません．

また，下水道に関する他の文献[2),3)]によれば，基本的に「直線部と異なる仕様のセグメントを用いること」や「シールドに中折れ装置の装備や補助工法の併用等が必要」などが急曲線の定義のポイントとなっており，R＝60～70mが示されています．しかしながら，この数値は下水道のセグメント外径φ6 mまでが対象であり，鉄道複線断面や道路トンネルなどの大断面では，さらに大きな曲線半径(R＝150～250m)であっても急曲線として対応する必要があります．

(1)　急曲線施工における中折れ装置の装備基準

急曲線施工における中折れ装置を装備する基準は，上記の急曲線の定義と同様に明確な根拠はなく，基本的には過去の施工実績から決定しているのが実状です．施工実績に関する資料としては，「シールド曲線施工」に関する実態調査報告(日本トンネル技術協会)[4),5)]があり，R＝70m未満では中折れ装置の装備が100%に近く，R＝70～150mにおいても90%以上が装備していることが報告されています(**図-1**)．

また，標準示方書の「第110条　中折れ装置」において中折れ装置の選定に関し，「シールド外径にもよるが，曲線半径300m程度以下についてシールド機長，セグメントの形状寸法と材質，地上や地中の重要構造物との近接施工等により中折れ装置の要否について検討する必要がある．」[1]との解説があり，曲線半径のみではなく施工上の諸条件を勘案して採用を決定する必要性があるものと考えられます．

参考にシールド中折れ屈曲状況および2段中折れシールドの例をそれぞれ**写真-1, 2**に示します．

(2)　中折れ装置の使用・管理方法(ポイント)

中折れ方式には**図-2**に示すように前胴押し方式と後胴押し方式があり，両方式の得失を理解したうえでの選定が必要になります．シールドジャッキ載荷点とセグメントの図心軸との偏心量が小さいことなどから急曲線施工では後胴押し方式の採用が一般的です．また，中折れ機構にはX中折れ機構(回転中心がシールド中心)とV中折れ機構(回転中心がカーブ内側)があり(**図-3**)，急曲線施工では中折れ角度の大きく取れるX中折れ機構が採用される傾向にあります．しかしながら，X中

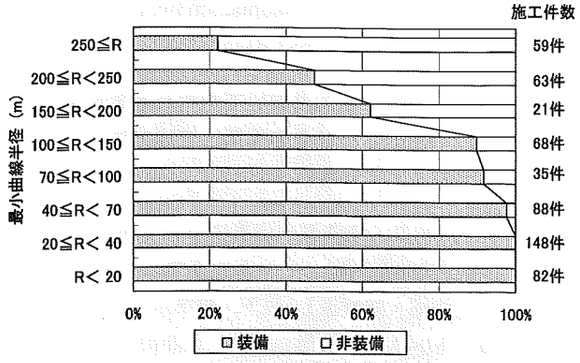
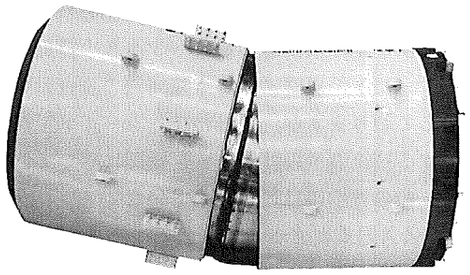
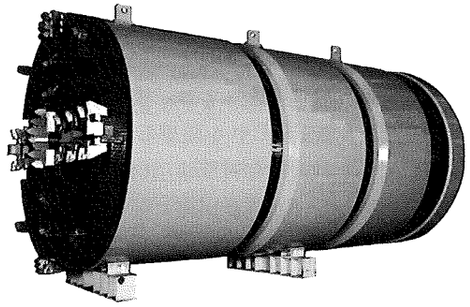


図-1　最小曲線半径と中折れ機構の装備率との関係[4)]



外　径：φ2,680㎜　機　長：L＝4,515㎜
曲線半径：R＝10m　中折れ角度：13.5°

写真-1　シールド中折れ屈曲状況



外　径：φ2,910㎜　機　長：L＝5,750㎜
曲線半径：R＝15m　中折れ角度：17.0°(＝8.5＋8.5)

写真-2　2段中折れシールド

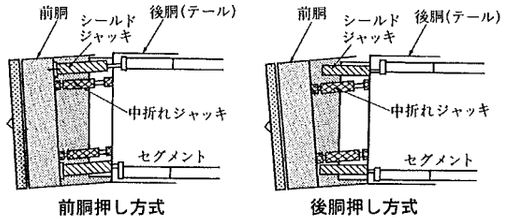


図-2　中折れ方式[1)]

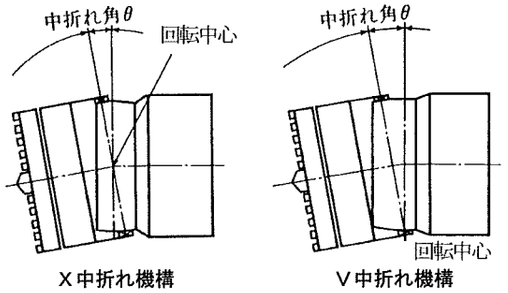


図-3　中折れ機構[1)]

折れ機構では回転中心がピン構造となるため任意の方向に自由に屈曲させることは困難であり(中折れの自由度が少ない)，平面方向，縦断方向の複合した線形にはあまり適さないことなどに留意する必要があります．

さらに，中折れ装置の使用方法として，急曲線以外においても中折れ装置を用いて方向制御，蛇行修正をすることにより，シールドジャッキを片押ししない施工方法もあります．これによれば，セグメントへの偏圧を緩和でき，セグメントに優しい掘進ができる利点があります．また，硬質地盤の掘進において全中折れジャッキのストロークを出し，カッタが高トルクで停止した場合に中折れジャッキを縮めることにより対処した事例もあります．

中折れ装置の採用にあたっては，①中折れシールの止水性，②シールド屈曲時のシールドジャッキ載荷点とセグメント図心軸との偏心量，③土圧式シールドのスクリューコンベヤまたは泥水式シールドの送排泥管との干渉などに留意する必要があります．中折れ装置の使用・管理方法のポイントを以下に記します．

1)　事前に運転操作盤のストローク表示と実ストロークの差を確認し，必要ならば校正を行う．

2)　急曲線施工時には，事前に計画(セグメント割付けなど)を念入りに行い，施工手順の打ち合わせを行う．

3)　計画は，セグメントの割付け計画と掘進計画(シールドがBCに入るまで，曲線内にシールドがいる場合，シールド先端がECに到達し抜けるまで)である．曲線進入時と脱出時にはリングごとの中折れおよびコピーカッタの操作計画(シミュレーション)が必要である．

4)　急曲線(R/D<15)施工時の中折れの開始時期は，60%以上が“シールド先端がBC付近”となった時点としている(**図-4**)．また，同じく急曲線(R/D<15)施工時の中折れの終了時期は開始時期とは反対に“機長の半分～全部がECを通過”した時点が多い傾向にある(**図-5**)．

5)　直線と曲線の移行区間においては，線形管理基準値を考慮したうえで，緩和曲線を設定するのが望ましい．

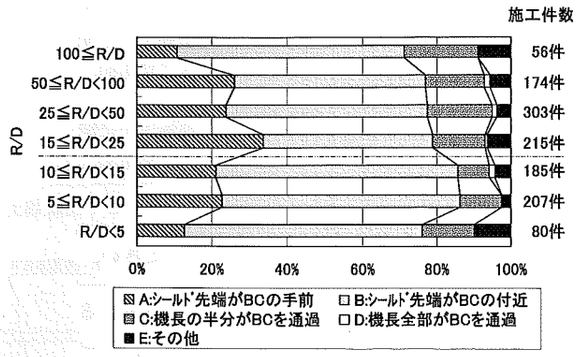


図-4　R/Dと中折れ開始時期の関係[6)]

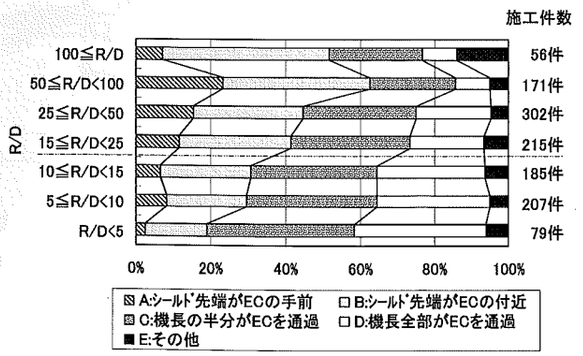


図-5　R/Dと中折れ終了時期の関係[6)]

6)　S字曲線では施工上，中折れを中立に戻す必要があるため曲線間に最低1機長分の直線区間の設定を考慮する必要がある．

7)　シールドの挙動，テールクリアランスを常に把握し，中折れ量を調整する．ただし，急激な調整は蛇行とテールクリアランスの減少を招くので数リング先の予測にもとづき調整(すりつけ)を行う．また，必要に応じ再シミュレーションを行い，掘進管理，セグメント割付けに反映させる．

8)　中折れ装置の油圧ユニットは単独に分けて装備する(掘進時の微調整，トラブル時の対処・原因の確認が容易)．

(文責：大橋茂樹・福居雅也/(株)奥村組)

参　考　文　献

1) 土木学会：2006年制定　トンネル標準示方書　シールド工法・同解説，2006.7.
2) 東京都下水道局建設部：「シールド急曲線部」の設計検討の手引き，2002.9.
3) 日本下水道協会：下水道用設計積算要領－管路施設(シールド工法)編－(2004年版)．
4) 日本トンネル技術協会：「シールド曲線施工」に関する実態調査報告(1)，トンネルと地下，Vol.30, No.5, pp.55-62, 1999.5.
5) 日本トンネル技術協会：「シールド曲線施工」に関する実態調査報告(2)，トンネルと地下，Vol.30, No.6, pp.67-76, 1999.6.

Q2. 土砂搬出の方法と得失を教えてください．

A. シールド工事での土砂搬出設備は，適用するシールド形式により異なった方法が用いられ，シールド径，掘進延長，線形(曲線・勾配)，土質，有害ガスの有無，安全性，工期，コストなどの条件により決定されます．また，運搬方法，運搬設備の能力が直接シールド進捗に影響するため，マシン掘削能力および計画工程に見合った運搬方法，運搬設備を選定する必要があります．

(1)　土砂搬出フロー

図-1に土砂搬出フローを示します．

図より土砂搬出方法はシールド掘削方法別に運搬場所によって，シールドから後続台車付近までの掘削積み込み部，坑内(水平部)，立坑(垂直搬出部)，坑外(地上)に分けられます．

本稿では坑外(地上)を除いた土圧式シールドの土砂搬出設備について，その種類と特徴および選定上の留意点について述べます．なお，泥水式シールドでは流体輸送が基本であること，また，開放型シールドでは土圧式シールドに準じて計画できるため省略します．

(2)　土砂搬出方法の種類

1)　掘削積み込み部

シールドスクリューコンベヤの排土口からの土砂積み込み方法には，一般的にベルトコンベヤ，低摩擦ホース，二次スクリューコンベヤ，土砂圧送ポンプが用いられます．

これらの中でベルトコンベヤ方式がもっとも多く採用されていますが，土質や坑内先端部状況とそれに続く土砂搬出方法を考慮して決定します．

図-2に一次圧送(切羽)ポンプ設置例を示します．

2)　坑内搬出

坑内搬出の主な方法はベルトコンベヤ方式，ずり鋼車方式，パイプライン方式，トラック方式があります．

①　ベルトコンベヤ方式

シールド掘削積み込み部に続いて坑内搬出においても，連続排土ができる連続ベルトコンベヤが採用される場合があります．

②　ずり鋼車方式

図-3にずり鋼車の分類を示します．**図-4**に代表的なずり鋼車を示します．

ずり鋼車はもっとも一般的な土砂搬出方法です．通常は，軌道を設置しバッテリー機関車で牽引します．

吊り上げ式鋼車および吊り上げ式箱形鋼車は，立坑下でも坑外でも排土できますが，スライド鋼車および横転式鋼車は，立坑下での排土となります．

ずり鋼車の容量および台数は，1掘進あたりの掘削土量，坑内通過断面，立坑搬出方法，掘進サイクルタイムにより決定します．

③　パイプライン方式

掘削土砂をパイプラインで坑内搬出する方式には，土砂圧送方式またはミキシング装置を介して送排泥ポンプにより流体輸送する方式があります．どちらも掘削土砂の連続排土であり，シールド排土量とポンプ能力によって掘進サイクルが決定されます．

図-5に二次圧送(中継)ポンプの据え付け例を示します．

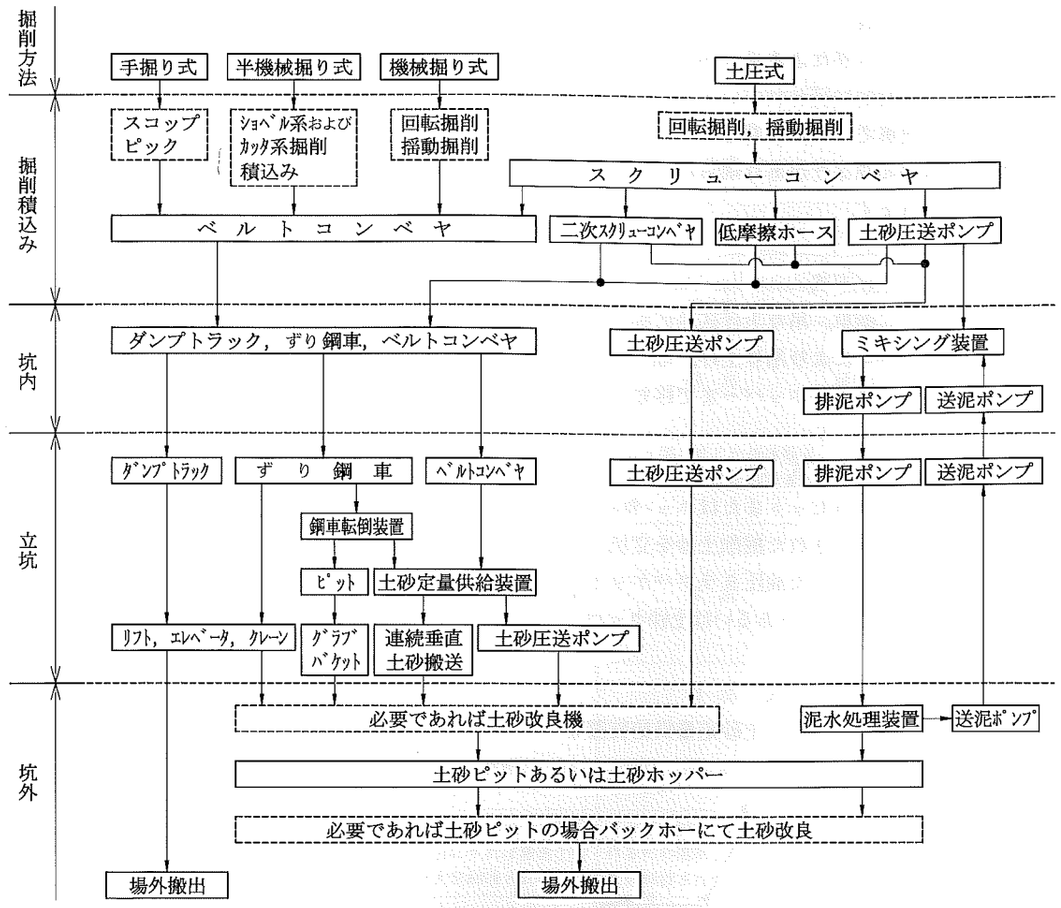


図-1　土砂搬出フロー

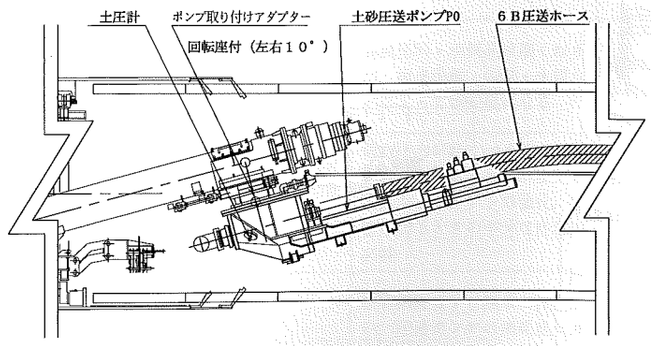


図-2　一次圧送(切羽)ポンプ取り付け図

- 函体と台枠が分離する鋼車
  - 吊り上げ式鋼車
    - 底開き鋼車
    - 半自動底開き鋼車
    - 転倒鋼車
    - 半自動転倒鋼車
- 函体と台枠がスライドする鋼車
  - スライド鋼車
- 函体と台枠がリンク機構の鋼車
  - 横転式鋼車
    - 手動式鋼車
    - 油圧式鋼車
    - エア式鋼車
    - グランビ形鋼車
- 函体と台枠が一体の鋼車
  - 吊り上げ式箱形鋼車
    - 転倒鋼車
    - 半自動転倒鋼車

図-3　鋼車分類

④　トラック方式

ダンプトラックによる土砂搬出は山岳トンネルでは一般的に行われています．しかし，シールド工事では坑内断面と車両の大きさ，排気ガスの問題などがあり限られた条件の場合で使われます．

3)　立坑搬出

①　鋼車吊り上げ方式

吊り上げ式鋼車，吊り上げ式箱形鋼車を立坑上のクレーンにより吊り上げ，地上の土砂ピットあるいは土砂ホッパーまで移動し排土する方式です．

②　グラブバケット方式

立坑底部にずりピットまたはホッパーを設置し，そこに排土された掘削土砂を立坑上のクレーンに取り付けた油圧グラブバケットによって地上の土砂ピットあるいは土砂ホッパーに排土する方式です．

③　連続垂直土砂搬送方式

立坑底部にホッパーと土砂定量供給装置を設置し，そこに排土された掘削土砂を連続垂直土砂搬送装置によって土砂ピットあるいは土砂ホッパーに排土する方式です．

連続垂直土砂搬出方式として次のような種類があります．

・チェーンエレベータ方式，プレートエレベータ方式：両サイドをチェーンで支持された多数のバケットやトレイ，プレートに土砂を載せ，循環駆動して地上まで搬送します．

・垂直ベルトコンベヤ方式：ベルトコンベヤを垂直にして搬送する方式で土砂を落下させないように特殊な桟付きベルトを使用するタイプと，2枚のベルトで土砂を挟み込むタイプがあります．

・垂直スクリューコンベヤ方式：スクリューコンベヤを垂直にして搬送する方式です．

図-6に垂直ベルトコンベヤ設置例を示します．

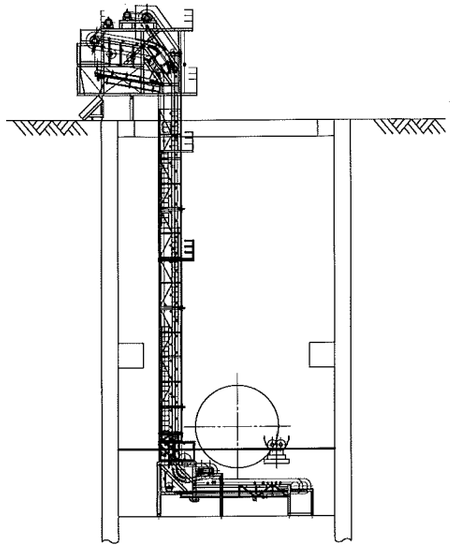


図-6　垂直ベルトコンベヤ設置例

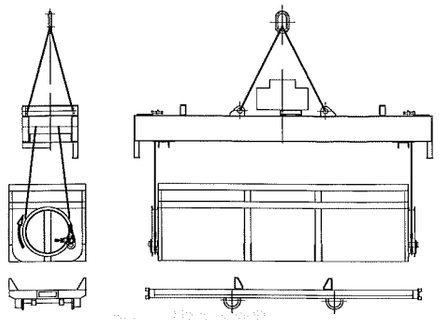


図-4　吊り上げ式半自動転倒鋼車

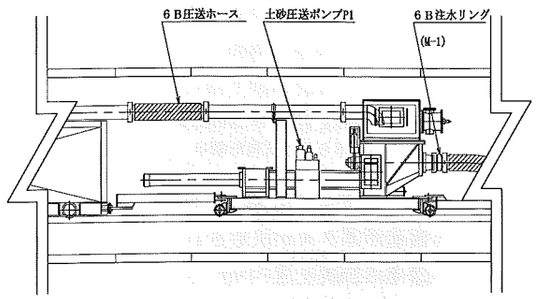


図-5　二次圧送(中継)ポンプ据え付け図

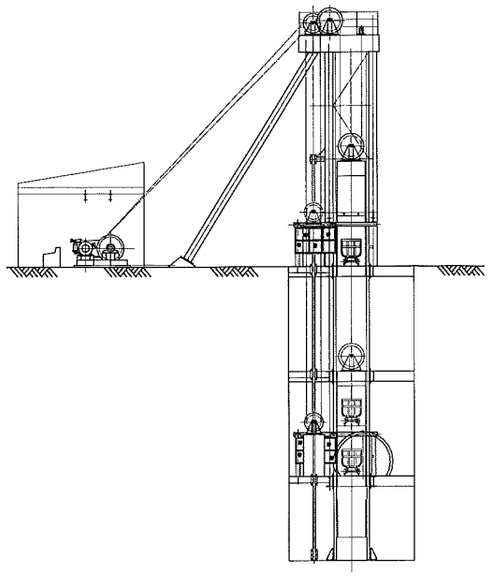


図-7　リフト設置例

表-1　坑内搬出方法の特徴

検討項目	ずり鋼車方式	パイプライン方式		ベルトコンベヤ方式
		ポンプ圧送	流体輸送	
シールド径	小～大口径で適用可 坑内断面が小さい場合，離合できる空間が確保できるかどうか検討が必要	小～大口径で適用可 坑内断面が小さい場合，ポンプの大きさと配置検討が必要	同　左	中～大口径での適用が多い 延長用ベルト収納スペースが必要
土　質	すべての土質に適用可	一般的に軟弱な粘性土や砂質土で適用可	掘削土質に応じた流体輸送と地上での土砂処理設備が必要	超軟弱土の場合搬送しづらい
掘進距離	距離が長く掘進サイクルに対し運搬時間がクリティカルとなる場合は，編成数を増やすか，ポイントを設置して待避線を設け運搬サイクルを短縮する	必要なポンプ台数を配置することによって長距離でも連続排土が可	同　左	ベルト延伸により長距離でも可
曲　線	干渉検討必要だが急曲線対応可能	同　左	同　左	急曲線対応は十分な検討を要す
勾　配	急勾配対応可能だがバッテリー機関車の牽引能力が下がるので1編成の土砂運搬量が減少する	勾配にはとくに影響されない	同　左	急勾配対応は検討を要す
有害ガス	運搬中の土砂は常に大気解放されるので坑内のガス濃度と換気の検討が必要	圧送ポンプ，ホッパー，配管を密閉構造にすれば搬送土砂は坑内で大気解放されない	ポンプと配管で流体輸送されるため掘削土砂は坑内で大気解放されない	運搬中の土砂は常に大気解放されるので坑内のガス濃度と換気の検討が必要
掘進サイクル	土砂搬出とセグメントなどの資機材運搬サイクルを一連のサイクルで検討する必要がある	土砂搬出と資機材運搬は分離して検討可	同　左	同　左
コスト	機械損料・消耗品は安価である	機械損料・消耗品は高くなるが，掘進距離・勾配・土質などによっては安価になる	流体輸送および処理設備費が別途必要	機械損料・消耗品は高くなるが，連続大量搬送が可能な場合，コスト比較対象となる
安全性	立坑でのトロ回し時に毎回連結器を外すため，とくに下り勾配では鋼車の逸走防止に十分な注意が必要	管内圧力が高くパイプの振動が大きくなるため，パイプの固定やジョイントの強化，配管を切るときの十分な注意が必要	閉塞時のウォーターハンマーによる配管の振れや排泥ポンプの破損に注意が必要	坑内全線にベルトコンベヤが通るので巻き込まれに注意が必要
故障対応およびトラブル回避対策	故障頻度は少ない．粘性土の場合は函体に土砂が付着し排土が困難になるので付着防止措置を講じる必要がある	故障頻度はずり鋼車に比べ多い．圧送ポンプの消耗品は運転時間，掘削土量で管理し故障する前の交換が必要である．切羽土質や圧送中の土砂性状変化に対し十分な注意を要する．管内閉塞の復旧には多大な労力が必要となる	故障頻度はずり鋼車に比べ多い．砂礫が多い場合は，閉塞や配管・ポンプインペラーの摩耗による故障が発生する．とくに摩耗が激しい曲管は補強し，インペラーについては排泥ポンプ流量，圧力を管理し故障する前の交換が必要である	故障頻度はずり鋼車に比べ多い．ベルトが切れると復旧に時間がかかる．土砂がこぼれると清掃が必要

④　パイプライン方式

立坑底部に設置した土砂圧送ポンプによって地上の土砂ピットあるいは土砂ホッパーに排土する方式です．

⑤　リフト，エレベータ方式

リフトまたはエレベータでずり鋼車などの坑内土砂搬送設備を直接，立坑下から揚重し排土する方法です．

図-7にリフト設置例を示します．

（3）　土砂搬出方法の特徴

表-1に坑内搬出，**表-2**に立坑搬出方法の特徴を示します．

なお，掘削積み込み部についてはセグメント搬送，組立作業，急曲線掘進時の設備の干渉，作業員の通行などで坑内断面が制約されますので，作業に支障を与えないよう十分に配慮して計画する必要があります．選定にあたっては土質，礫径，地下水（スクリューコンベヤ内の水圧）など地山の条件をはじめ，シールド径と排土量やこれに続く搬出方法も考慮してもっとも適合した設備にします．

土砂搬出は切羽から立坑上までの一連の作業であり，掘削土の性状とその運搬方法および坑内への資機材などの搬入・搬出方法を総合的に考慮し，作業サイクル，コスト，全体工程を満足するように設備計画します．

（文責：石倉洋一・森田俊成/(株)鴻池組）

参　考　文　献

1）日本トンネル技術協会：トンネル工事用機械便覧（都市編），1998.5.

2）多田稔・堀田敏昭：山岳トンネルにおける工事用機械の選定(13)，ずり出し(4)－運搬機械(小断面)，トンネルと地下，Vol.35，No.11，pp.55-62，2004.11.

表-2　立坑搬出方法の特徴

検討項目	鋼車吊り上げ	グラブバケット	連続垂直土砂搬送	パイプライン	リフト，エレベータ
土　質	すべての土質に適用可	付着性や流動性の高い粘性土は作業効率が落ちる	土砂を載せるバケットやトレイなどの形状と土質や礫径により搬送効率が変わる	坑内搬出の圧送ポンプと同様	鋼車吊り上げ方式と同様
立　坑大きさ	ずり鋼車とトロ回しのスペースが必要	土砂ピットが必要なため鋼車吊り上げより大きくなる	ホッパー・土砂定量供給装置の設置スペースが必要	ポンプと配管スペースが必要	リフト，エレベータ設置スペースが必要
立坑深さ	立坑が深くなるとクレーンの揚重速度が排土サイクルに影響する	立坑が深くなるとクレーンの揚重速度が排土サイクルに影響する	立坑深さと設備能力の十分な検討が必要	立坑深さとポンプ能力の十分な検討が必要	立坑が深くなると上昇・下降速度が排土サイクルに影響する
掘　進サイクル	資機材の吊り降ろしと土砂搬出揚重設備は1台とするか別にするか，サイクルと設備能力などから総合的に判断する	資機材の吊り降ろしとグラブバケットの揚重設備は別にする場合が一般的である	資機材の吊り降ろしは土砂搬出とは分けて検討可	同　左	資機材の吊り降ろしと土砂搬出立坑設備は同じとするか別にするかサイクルと設備能力などから総合的に判断する
コ　ス　ト	機械損料，消耗品とも他に比較して安価	同　左	機械損料，消耗品とも他に比較して高価であるが，掘進サイクルや安全性との総合的な判断が必要	同　左	同　左
安　全　性	鋼車吊り上げの揚重作業と飛来落下に十分な注意が必要	揚重作業と飛来落下に十分な注意が必要	立坑には固定設備となり安全性は高い	同　左	同左 運搬車両の過積載に注意し過荷重にならないようにする
故障対応およびトラブル回避対策	クレーンの使用頻度が高いためとくに十分な点検が必要	同　左	連続排土設備で搬出ができない大礫が出る場合，クラッシャなどの設置が必要	坑内搬出の圧送ポンプと同様	設備の十分な点検が必要 逸送防止，過荷重防止措置が必要

Q3．シールドの長距離化に伴う坑外測量の新しい方法と留意点について教えてください．

A.

（1）　坑外測量の目的と方法

坑外測量の目的は，発進と到達の位置関係を把握すること，および坑内への基準点を導入するための基線を設置することです．

まず，指定された基準点の位置関係が正しいかを，閉合トラバース測量およびジャイロトランシット測量により確認します．この際，工事で使用する距離を平面距離に補正する縮尺補正係数を求め，また平面直角座標で管理するための変換基準真北方向角（X軸に平行に引いた線と真北との角度）を求めます．発進位置と到達位置がずれている場合は発注者と協議のうえ，補正を行って摺り付け，各基準点間の整合性をとります．補正内容の結果は坑内測量にも反映させます．

（2）　GPS測量（スタティック観測）について

近年では坑外測量にGPS測量を導入する事例が増えています．その背景として，シールド掘進距離が長くなってきたこと，施工条件などにより今までより高い到達精度を必要とする事例が増えてきたこと，があります．また，国土地理院の電子基準点でのリアルタイム観測データ（http://terras.gsi.go.jp/ja/）が民間に提供されるようになり，GPS電波を確実にキャッチできるところであれば誰もが簡単にリアルタイムに高精度な測位が可能になったこと，改正測量法施行により三角点の座標値も電子基準点を基準とした世界測地系にもとづくものとなったので電子基準点は公共測量などの基準として使用できるようになったこと，GPS測量機器を所有する測量会社が増えたことなど，GPS測量を採用できる環境が整ってきたことも挙げられます．

GPS測量は従来の測量方式と比較すると，

1）　従来は測点間で視通を必要とし，見通しが悪い場所では測点を多く設置する必要があるので測量精度が低下しますが，GPS測量では測点同士を直接視る必要はありません．

2）　従来の測量では距離が長くなると測量精度も低下しましたが，GPS測量の測位精度はSOKKIA GSR2600の場合，水平方向で5 ㎜＋1 ppm×距離（3,000mの場合，8 ㎜）であり，長距離となっても高い精度を確保できます．

3）　GPS測量は電波を受信して測量を行いますので，光波を利用した測量に比べて雨や霧といった気象による障害が少なく，大気の透明度により最大測定距離が大きく左右されることはありません．気象条件の中では雷はGPS衛星の電波に大きな影響を及ぼすので注意が必要です．また，ジャイロトランシットを利用した測量に比べると振動に影響されにくいのも特長です．

しかし，GPS測量は衛星からの電波を直接受信しますので，上空の視界が開けている必要があります．また，電波障害を受けない場所でしかで

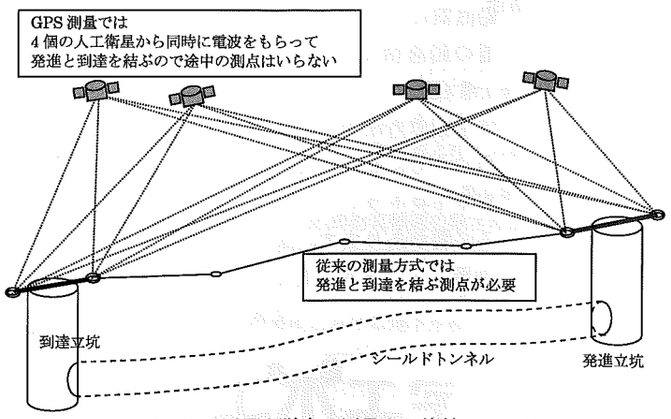


図-1　GPS測量と従来の測量との比較イメージ

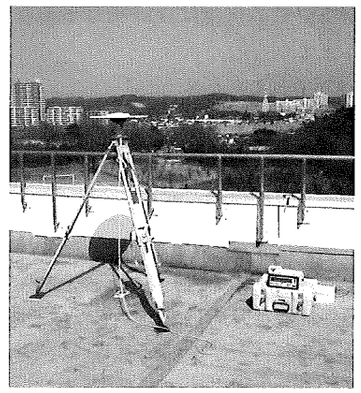


写真-1　GPS測量機

表-1　従来方法とGPSによる坑外測量の比較

項　目	従　来　の　方　法	GPSによる坑外測量
測量精度	見通しの効かない2点間に測点を設置して測る．測量で発生する偶然誤差は一般に距離が長くなるほど測量回数が多くなるため，大きくなる．	見通しの効かない2点間に測点を置かずに直接測ることができる．測量で発生する偶然誤差は測量回数が少ないため，従来測量よりも小さい．
測量時の留意点	測点間で見通しを必要とし，見通しが悪い場所では多くの測点を設置する必要がある．	測点同士を直接視る必要がない．ただし，衛星からの電波を直接受信するため，上空の視界が開けている必要がある．
天気の影響	雨や霧などの気象に影響され，大気の透明度により最大測定距離が大きく左右される．	天気の影響は少ないが，雷はGPS衛星の電波に大きな影響を及ぼす．
振動の影響	ジャイロトランシットを利用する場合，振動による影響を受けやすい．	多少の振動には影響されにくい．
測量日数	測量距離によるが，目安として1kmで1日，3kmで2日程度．その他にデータ整理として半日程度必要である．	GPS観測と発進，到達付近のトラバース測量で1日．その他に，データ整理として半日程度必要である．測量距離が長くなると，移動時間が必要となるが，基本的に測量距離に大きく影響されない．
作業員人数	3人程度	GPS測量機の台数(測点)と同じ人数が必要．一般的には発進2点，到達2点(計4人)は必要となる．

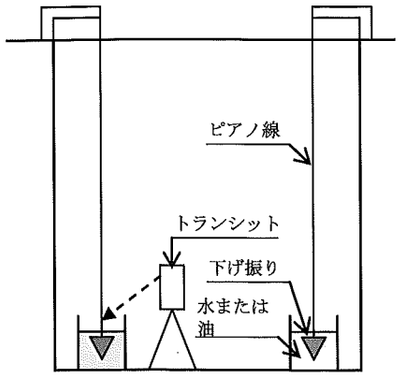


図-2　下げ振りによる基準点の導入

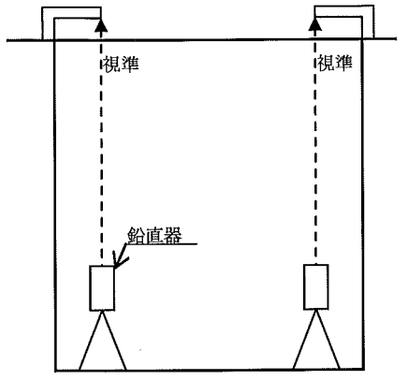


図-3　鉛直器による基準点の導入

きません．言うまでもなくGPS測量できる観測点から立坑付近までの距離は短い方が良いので，GPS測量の採用には詳細な事前検討が必要となります．

(3)　立坑導入方法

立坑での基準点の導入は到達精度に大きく影響し，一般に基線長を長く確保できない場合が多いため，測量精度を高める必要があります．以下に，立坑での基準点の導入方法例を紹介します．

1)　立坑に下げ振りを下ろし，立坑下でトランシットにより2方向から視準して基準点を設置します．下げ振りはピアノ線などしっかりしたものを使用し，できるだけ重いものを使用します．また下げ振りの揺れを抑えるために下げ振りを水または油につけます(図-2)．

2)　立坑上に設置した基準点を立坑下に設置した鉛直器により視準し，基準点を設置します．鉛直器の鉛直精度は，SOKKIA PD3の場合1/40,000です(図-3)．

上記の方法で基準点が1点しか設置できない場合やさらに測量精度を高めるためには，立坑下でジャイロトランシットを使用して方位角を測定する必要があります．また，測量者を代えて複数回測量することも必要です．

(文責：田中善広/(株)大林組)

参　考　文　献

1) 土屋順・辻宏道：やさしいGPS測量，(社)日本測量協会，1991.10.
2)「新・トンネル測量」連載講座小委員会：新・トンネル測量(1)，トンネルと地下，Vol.27，No.6，pp.69-77，1996.6.
3)「新・トンネル測量」連載講座小委員会：新・トンネル測量(2)，トンネルと地下，Vol.27，No.7，pp.73-82，1996.7.
4)「新・トンネル測量」連載講座小委員会：新・トンネル測量(3)，トンネルと地下，Vol.27，No.8，pp.73-84，1996.8.

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

文献紹介

設計・理論

楠田哲也：下水道施設の耐震設計・補強の歴史，現状と展望，基礎工，Vol.35，No.3，2007.3.

施工

森正嗣・中筋智之：翼推進工法の工事への適用，揺動式カッタによる矩形断面推進工事の施工，建設機械，Vol.43，No.2，2007.2.

田中貞俊・池田克樹・志岐寛・本村浩志：第二東名今里第一トンネルの設計・施工，低土かぶり超近接大断面双設トンネルの設計・施工，建設機械，Vol.43，No.2，2007.2.

藤本浩志・岡村光政：低土かぶり・未固結シルト層におけるNATM施工と計測管理，北陸新幹線高丘トンネル(南工区)，土木技術，Vol.62，No.2，2007.2.

中坊正義：大深度・大口径貯留管の設計と施工，都市化地域の浸水対策・和田弥生幹線工事，土木技術，Vol.62，No.2，2007.2.

高橋裕之：金沢市・山側環状　涌波トンネルPSS-Arch工法の施工実績，契約後VE方式により採用された先行アーチ支保工による地山補強工法，土木技術，Vol.62，No.2，2007.2.

新城喜弘・川崎正和・駒谷恒雄：地表面に民家のある超近接トンネルの施工，建設の施工企画，No.684，2007.2.

栗林正明・瀬戸清・田中啓之：地上の道路交通へ影響を与えずに交差点を立体交差化「9号京都西立体千代原トンネル本体工事」，日本最長150mのパイプルーフ工法，建設の施工企画，No.684，2007.2.

加藤元彦・前島俊雄・中島秀一：地下150mにLPG岩盤貯槽を建設，波方国家石油ガス備蓄基地，土木施工，Vol.48，No.3，2007.3.

内田佳邦・松尾淳：資源を運ぶ，パイプラインの施工，土木施工，Vol.48，No.3，2007.3.

土橋浩・吉川正・田辺清・斎藤雅春：地下空間を開拓！新しい道路トンネル分合流部構築技術，太径曲線パイプルーフ工法の開発と首都高速中央環状新宿線への適用，土木学会誌，Vol.92，No.3，2007.3.

照屋正史・駒谷恒雄・成富裕樹・安井成豊：早期閉合施工システムによる超近接トンネル施工，豊見城東道路豊見城トンネルその1工事，土木学会誌，Vol.92，No.3，2007.3.

梅澤一・宝示戸恒夫・加瀬俊久・山岡貴志：ダム技術を道路工事で活用，トンネル坑口部改良工事をCSG工法で施工―圏央道八王子城跡トンネル(その2)工事―，建設機械，Vol.44，No.4，2007.4.

高田公・佃康浩・吉田桂三：新防爆型推進工法の開発と実用化，可燃性ガス地盤を新工法で貫く，建設機械，Vol.44，No.4，2007.4.

奥隅豊栄：大断面トンネルの効率的施工の試み，土と基礎，Vol.55，No.4，2007.4.

織山純・岩原達也・高山信紀：エネルギー備蓄と地下貯蔵，土と基礎，Vol.55，No.4，2007.4.

清水満：HEP＆JES工法による施工事例，基礎工，Vol.35，No.4，2007.4.

藤本繁・藤田雄一・山村学・高橋幸久：綾瀬車両基地直下の道路トンネル施工(パイプルーフ)，基礎工，Vol.35，No.4，2007.4.

大久保英也・門脇直樹：曲線の地下連絡通路を矩形のハーモニカ工法で築造，基礎工，Vol.35，No.4，2007.4.

泉保彦・行杢孝一・竹山純徳・羽矢洋：URT工法PCボックス形式の開発，耐震設計方法および作業エレメント省略方法について，基礎工，Vol.35，No.4，2007.4.

三木慶造・横溝文行・上田潤：アンダーパスの急速施工工法「URUP工法」，基礎工，Vol.35，No.4，2007.4.

森山守・寺田光太郎・松原利之・小林伸次：土被り1000mでの不良地山帯・大量湧水帯への挑戦，東海北陸自動車道・飛騨トンネル　貫通までの軌跡，土木施工，Vol.48，No.5，2007.5.

木内和夫：AGFST(ソイルツアー)工法，自穿孔式トンネル掘削長尺補助工法，建設機械，Vol.43，No.5，2007.5.

柴田学：長距離シールド工事の安全施工，新技術の活用で効率化と安全確保を図る，建設機械，Vol.43，No.5，2007.5.

佐藤幸三：トンネルバルーン，覆工コンクリートトータル養生工法，建設機械，Vol.43，No.5，2007.5.

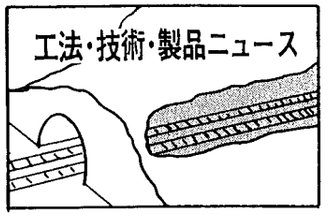
山崎幹男：超高速鉄道トンネル内の圧力変動評価と覆工構造の設計に関する研究，建設機械，Vol.43，No.5，2007.5.

日髙良明：地下鉄銀座線を抱き込む大規模開削工事の概要，上野地下歩行者専用道及び上野広小路駐車場建設工事，土木技術，Vol.62，No.5，2007.5.

小林正介・佐藤誠：地下鉄開削トンネル免震壁の築造，ポリマー材を用いた新しい耐震対策工法，土木学会誌，Vol.92，No.5，2007.5.

その他

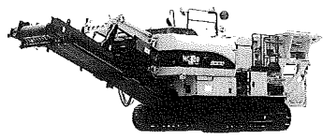
小野田滋：海の底さえ汽車は行く，関門トンネル，土木学会誌，Vol.92，No.3，2007.3.



自走式破砕機をモデルチェンジ

新キャタピラー三菱は，自走式破砕機MC230 VERSION2を発売した．

同機は，排出ガスに含まれる有害物質を大幅に低減した新世代環境対応型エンジンを搭載．また，破砕装置の改良により生産能力を最大で22%アップした．さらにクラス初のウォークスルーデッキを設置するなど，作業性も向上している．



スリムな車体の油圧ショベル

新キャタピラー三菱は，20tクラスの油圧ショベルに車体幅が小さい新機種を加え発売した．

発売したのは，CAT 320D LN「REGA」(バケット容量0.8m³，運転質量21.2t)．12トンクラスと同等の車体幅とし，足回りの長いトラック全長とカウンタウエイトにより，前方・側方ともに標準機と同等の安定性を確保した．

新型ミニホイルローダ発売

川崎重工は，新型ミニホイールローダ4機種を発売した．発売したのは，AUTHENTシリーズの25ZV-2，35ZV-2，40ZV-2，43ZV-2の計4機種で，バケット容量が0.26～0.6m³．

小回り性を活かしてさまざまな現場のニーズに対応できるほか，排出ガスに含まれる大気汚染物質を大幅に削減させるとともに出力アップさせたエンジンを搭載し，ゆとりある作業を実現．クラス最大の積込み高さを確保し，泥水路面での駆動力を維持するスリップ軽減機能を採用するなど作業効率の向上を図った．

ホイールローダの最新モデル

日立建機は，TCM(株)と共同開発したZW180ホイールローダを発売した．

同機は，バケット容量3.0m³，運転質量14,3t．エンジンのトルクを走行と作業機へ最適配分し，燃料1ℓあたりの作業量を約8%，省エネ走行モードの燃費を約15%アップ．オフロード法，EPA，EU排ガス第3次基準値をクリアするなど環境へ配慮し，低騒音キャブなどオペレータの疲労を低減させる機能を付加するなど性能を高めた．

全旋回式ゴムクローラキャリア

日立建機は，EG70R-3全旋回式ゴムクローラキャリア(最大積載質量6.5t)を発売した．

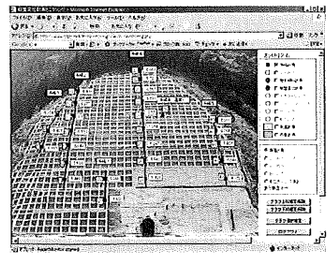
同機は，車体上部が360度旋回でき，全方向からの排土が可能．エンジンはオフロード法の第3次基準値をクリアし，出力を5%アップ，燃費を20%低減した．キャブに転倒時運転者保護構造を採用し，安全性に配慮．また，欧州の騒音規制値をクリアした低騒音機とした．

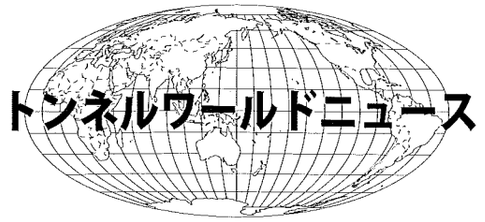
防災監視ルーム構想スタート

飛島建設は，遠隔地にある斜面やトンネルの変状をリアルタイムに監視できるWeb監視システムを開発した．

同システムは，現場で計測されたデータを，携帯電話を経由して技術研究所内に設置されているサーバで一元管理する．この計測データおよび一次処理を行った内容をWebに表示することができ，アラート情報のメール配信，監視業務報告書の作成，また時刻歴計測データの確認やグラフ出力などが可能．すでに切土法面の長期監視に本格適用しており，その実用性を確認している．

同社ではこのシステムを用いたコンサルティングサービス提供を目的として防災監視ルームを設立しており，将来は24時間常駐体制による運用を視野に入れている．





（社）日本トンネル技術協会
国際委員会

Big Digトンネルの天井板安全試験でボルトが不合格

7月にアメリカ ボストンのI-90連絡路トンネルで生じた致命的なBig Dig崩落事故の調査員は，エポキシレジンセメントで定着される天井板の支持金具が，大型コンクリートパネルを長期的に支持する性能を確立するために設けられた米国安全試験に不合格であったことを報告した．

連邦議会議員にその惨事について概況報告した司法長官のTom Reilly氏によると，天井板を設置した直後から数本のボルトが落下し始め，そのときから問題は起こっていた．

重さ2t吊りの天井板1枚のアンカー定着が外れて，1名の女性通行者が運転する車の上に落下し，亡くなった．

Reilly氏はボルトが予想された支持荷重をはるかに下回り落下し，そしてそれはとても不安なことであると語った．

Reilly氏は現在，天井板システムの設計，建設，試験を行った16社に対して，明示されていない損傷について探し出す民事訴訟を行っており，会社は契約違反，過失，その他の罪で告訴されている．

また，会社が崩落事故に対する予防が怠慢であったため，殺人罪に値すると主張し，刑事訴訟も行われている．

共和党のEdward Markey氏は「このような公共の安全を脅かす事象と，長い間問題とされなかったことを考えると恐いことであり，総合的にトンネルにおける複数の問題を認め是正するためのシステムが欠如していたためである」と発言した．

もっとも重要な初期の引張試験の段階で，ボルトの耐久力の確認に関し，長期的なボルトの性能が把握されていなかったことが不祥事の原因の一つである．

16社は，この調査について協力的であった．

Big DigはCentral Arteryの非公称名であり，このトンネル計画はボストン，マサチューセッツの真下を通る延長3.5マイルのトンネルを含む州間幹線高速道路93号線で設計された．この巨大プロジェクトは，アメリカでもっとも高額な高速道路計画であり，これまでに1,440万USドル以上の税金を費やしている．

（T＆TC ’06.12 担当：下田哲史・(株)高速道路総合技術研究所）

曲進性能に優れたロシアのTBM

モスクワの建設会社であるMosmetrostroy社は，直径11mで特注のEPBシールドに関するLovat社への発注の手配を終えたところである．このEPBシールドは，勾配30°かつ延長150mのエスカレーター用のトンネルを掘削し，半径100mの縦断曲線を施工するのに有効な機械である．

そのTBMの曲進性能は，2段式中折れ装置やコピーカッタによるものである．TBMは分解できるように設計されており，一度それぞれの短い区間のトンネル掘削を終えると，新しく建設されたトンネルを通って運び戻される．

トンネルの路線は，トンネルインバートは地下水面下最大80mである．地質調査によれば，地質は炭酸塩岩や粘土やローム，あるいはローム質砂層を含むさまざまな地層が予想される．残土は，高濃度ポンプで輸送される計画である．覆工は6ピースのプレキャストコンクリートセグメントおよびキーセグメントで構成される計画である．覆工の外径は10.6m，内径は9.4mである．

複合地盤対応型のカッタヘッドは，以下の特徴を有している．

① 耐摩耗板で補強されているカッタフェイス
② ディスクカッタへの交換が可能なティースビット
③ スクレーパーティースビット

④ 地盤改良のための6つの独立した注入孔設備

Lovat社はまた，セグメントによる覆工の設計やセグメントの型枠，ガイダンスシステムを含めた運転操作のための技術的支援，さらに地盤改良や裏込め注入のための装置を供給している．発注の手配の期間は2006年9月に終わった．これは，2007年9月が現場への供給の期限であることによる．

2006年早々，Lovat社はT&TIに，Chelyabinsk市向けとしてロシア国内のセグメント製造プラントの設計やターンキー契約に至るまでの経緯を伝えた．スクープ記事には，セグメントの型枠の設計を含んでいた．

型枠は，実証実験を経てChelyabinsk市によって承諾された．さらに，2006年中にセグメント製造プラントの運転操作を全自動化する計画は満了された．

（T＆TI ’06.12 担当：谷川隆之・佐藤工業(株)）

アイスランドの導水トンネルでロビンス社のTBMが貫通

アイスランドのカラハンジャ水力発電所のメイン導水トンネルで，3台目のロビンス社製TBMにより最後まで掘削していた11.5km区間が，2006年12月5日に貫通した．これにより39.7kmの導水トンネルが完成したことになり，Alcoaアルミニウム精錬所への年間4,600GWhの発電が開始されることになる．

このTBM3号機は，最大300MPaの強度の非常に硬い玄武岩，凝灰岩，枕状溶岩といった地質を順調に掘削することができ，平均月進520m，最大月進1,193mを達成した．この記録は，プロジェクトの初期段階に遭遇した厳しい条件下で達成されたものであり，とくに印象に残るものであった．

ロビンス社のFerruccio Borroni氏は，「当初は多くの予期せぬ問題が発生した．第3工区では，想定以上の大量湧水に見舞われたが，施工者であるImpregilo社の熱心で的確な対応と，高性能なTBMとカッタにより克服された」と語り，さらに，「TBM3号機は，導水トンネルの下流半分を掘削するのに作業坑から曲率半径700mで掘削した．それからTBMは引き戻され，同じ作業坑から反対方向へ再発進された」と付け加えた．

このプロジェクトは，TBMの日進世界新記録が樹立され，少なくとも工期が短縮されたという点で名声を得るだろう．TBM2号機は日進92mを記録し，直径7～8mのマシンにおける記録を更新した．

この記録は，掘削中間部で出現した莫大な量の湧水と大きな断層帯にもかかわらず樹立された．9月下旬に貫通した2号機は分解され，Ufsarlon水源地から導水トンネルへ水を引くための8.7kmのトンネルで引続き使用される．

また，このプロジェクトは，ヨーロッパではAlp-Transitに次ぐ2番目の規模であり，総延長73kmのトンネルプロジェクトである．ロビンス社のLok Home社長は，「このプロジェクトは，リスクや問題の多さといった点で，Alp-Transitプロジェクトに匹敵する非常に大きなものである．リスクはかなり高いものであったが，非常に順調に推移した」と語った．

大きなリスクの一つはTBMの維持管理，すなわち，近隣の町から何時間も離れたFljotsdalur渓谷へのTBM部品の供給であった．すべての部署がうまく連携し，スペア部品や道具が時間どおり到着するよう保証された．

ベアリング耐力の大きな19インチのディスクカッタを掘削に使用したといった，新技術がうまくいったこともプロジェクトの特徴である．実際，ディスクカッタの直径を大きくすることにより，17インチのカッタに比べカッタライフが増加し，TBMにとって有益となり，かなり硬い岩盤においてさえ，マシンにとって優位になることが判明した．Lok Home氏はTBMの実績として，「このプロジェクトでは大きなマシントラブルは生じなかった．トンネルの延長，直径，厳しい状況を考慮すると，満足できる結果である」と述べた．

（T＆TC ’07.1,2 担当：吉田 敦・大成建設(株)）

供用中のHanekleivトンネルで発生した天端崩落

2006年12月末に，ノルウェーのオスロ南西部に位置する南行きのHanekleivトンネルで，延長25mにわたって天端崩落が発生した．この天端崩落は，ロックボルトの欠陥が原因の一端ではないかと考えられている．

比較的浅いこの天端崩落は現在調査中であるが，調査チームの中ではロックボルトが短すぎたのではないかという議論がでているようである．交通省(Department of Transport)による公式調査は，2月中旬に発表される予定である．

約600 tに及ぶこの天端崩落はクリスマスイブに発生した．天端崩落による負傷者はなく，Drammen南部のSande近くのE18道路を深夜に通行していた数少ない車も，天端崩落を避けることができた．

道路局(Norwegian public roads administration)のスポークスマンによれば，「崩落した約200m³の閃長岩は，2車線トンネルの通行を遮った．大きな岩塊は2～3であり，残りは小さな岩であった．崩落深さは比較的浅く，最大でも2～3m程度である．南行きトンネルの残りの部分，および平行に走る北行きトンネルは，同日夜に安全点検を実施した．Mesta社(2003年まで存続したかつての道路局建設部で，現在政府が民営化を検討している国営会社)が崩落した岩を取り除き，ロックボルトで天端を補強しながら，交通省の専門家グループによる崩落調査が進められている．」とのことである．

1.76kmのHanekleivトンネルは，当時の道路局建設部によって1997年に建設された．Hanekleivトンネルの管理責任は未だ道路局にあり，専門家による調査結果を待っているところである．

ノルウェー地質調査所(Norwegian Geotechnical Institute)によれば，北行きトンネルの補強の必要性について，トンネルの建設から2年後に道路局から調査を依頼され，その結果，北行きトンネルにはロックボルトを追加し，覆工コンクリートを打設したとのことである．なお，この調査は，断熱工と防水工を施工する業者が，企業者に懸念を報告したことがきっかけとなって実施された．

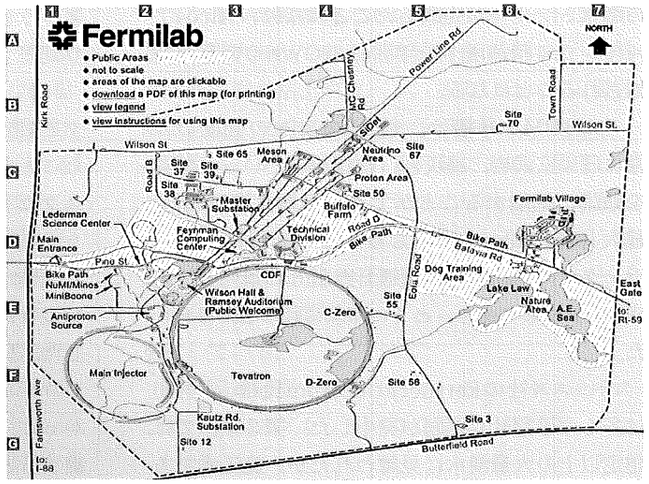
(T&TI　'07.1　担当：伊藤　彰・(株)間組)

コライダーのトンネル施設費に18億ドルを要求

2007年2月のはじめ，高エネルギー加速器開発機関は，延長72kmの地下トンネルに17.8億ドルを要求することを明らかにした．

そのトンネルの概要は，平行する延長31km，直径4.5m 2本で，そのうち片方がまさに素粒子ビームの加速用トンネルで，もう一方のトンネルはサービストンネルである．さらに直径5m，全長7kmの長いらせん状降下トンネルで直線トンネルのほぼ中間地点に構築され，そこへのアクセス用の立坑は13か所となる．

主催者であるInternational Linear Collider(国際リニアコライダー開発機構)は，アメリカ，日本，ヨーロッパの3か所を候補地に挙げており，そしてその施設の設置国が掘削予算を負担すべきと考えている．



アメリカのFermilabの施設概要

3か所の候補地は，アメリカのシカゴからほど近いイリノイ州のFermi lab(Fermi national accelerator laboratory(http://www.fnal.gov/)の近く，また日本ではどこかの高原地帯，ヨーロッパではスイスのジュネーブ州のCERN(欧州共同原子核研究機関)の近くと考えられている．

大深度トンネルの候補地の地質は著しく異なっており，アメリカは白雲岩層，日本は花崗岩層，ヨーロッパは砂岩・泥岩の堆積岩層となっている．トンネル掘削コンセプトは9台のTBMを使用することになっているが，そのうちの5台が転用できそうだ．アメリカ，日本，ヨーロッパの工事サイトでは，発破掘削工法，NATM，機械掘削工法がそれぞれ選定される．

建設工事はこの10年間には開始されないが，理論設計やエンジニアリング設計，バリューエンジニアリング(価値判断)はもう開始されており，この2～3年のうちに終わると考えられる．

研究施設サイトが決定された後，予算の合意，詳細設計がなされれば，建設工事完成後，研究設備は7年以内に稼働開始が期待される．この土木工事はプロジェクト工程のクリティカルになっており，実験研究棟と設備の建設のために450,000 m³もの掘削を要する．

この大深度の実験施設の設計が進む中，International Committee for Future Accelerators(ICFA)は深度の浅い施設を代案として，トンネルか開削で検討している．その候補地は，ドイツのHumburg(ハンブルグ)近郊かロシア連邦共和国のDubnaである．

(T&TI　'07.2　担当：篠原慶二・前田建設工業(株))

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

社団法人 日本トンネル技術協会 会報

1. 会員の現状

	5月25日現在
正会員	2,189名
団体会員	407名
個人会員	1,782名
名誉会員	1名
計	2,190名

2. 第186回理事会

日　時：平成19年5月21日(月)15：30～16：00
場　所：東京商工会議所8階「東商スカイルーム」
出席者：理事30名，監事3名
議　題：第33回通常総会進行次第案を承認

3. 第187回理事会

日　時：平成19年5月21日(月)16：30～16：40
場　所：東京商工会議所7階「国際会議場」
出席者：理事30名，監事3名
議　題：
①会長，副会長，専務理事，常務理事を互選のうえ承認
②顧問，評議員の構成を承認

4. 第33回通常総会

日　時：平成19年5月21日(月)16：00～17：00
場　所：東京商工会議所7階「国際会議場」
出席者：招集総数2,235名のうち
　　出席165名，委任状1,085名　　計1,250名
議　案：
第1号議案　平成18年度事業報告(内容省略)
第2号議案　平成18年度事業収支決算(別表参照)
第3号議案　平成19年度事業計画
公益法人制度改革の施策をふまえ，協会のあるべき方針を模索しつつ，トンネル技術の諸問題について各種委員会において調査研究を行うとともに，国際トンネル協会の加盟国代表機関としての責務を果たす．各種委員会委員長は次表のとおり．

委員会名	委員長名	所属役職
総務委員会	日月　俊昭	首都高速道路(株)常務取締役
国際委員会	山田　隆昭	(株)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役
事業委員会	桑原　彌介	日本交通技術(株)代表取締役社長
技術委員会	今田　徹	東京都立大学名誉教授

第4号議案　平成19年度事業収支予算(別表参照)
第5号議案　役員の選任(別表参照)

5. 委員会の開催状況(5月1日～31日)

①調査研究関係委員会

◎技術委員会
共通技術小委員会
山岳トンネル小委員会支保WG打合せ会：5/22(服部修一主査ほか5名)事例内容を確認
都市トンネル小委員会Q&A施工WG：5/23(中島泰彦幹事長ほか18名)原稿を査読
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：5/29(小山幸則座長ほか22名)WGの概要と施工を検討
高炉セメント利用特別委員会：5/29(魚本健人委員長ほか23名)作業内容を検討
小田急立体交差特別委員会：5/30(小山幸則委員長ほか30名)計測関係を検討
計　5回開催　103名出席

②運営広報関係委員会

◎総務委員会：5/21(日月俊昭委員長ほか9名)理事会議題を検討
広報小委員会
会誌WG：5/9(大島洋志主査ほか10名)6月号の会誌と3か月計画を検討
ホームページWG：5/25(伊藤文雄主査ほか6名)構成を確認
◎国際委員会
海外文献小委員会
ニュースWG：5/23(小島宗隆主査ほか8名)海外ニュースを翻訳
計　4回開催　37名出席
合計　9回開催　140名出席

6. 国際会議の開催予定

会議名	開催日	場所	主催者等
第34回ITA総会およびコングレス「より良い環境と安全のための地下空間を目指して」	2008. 9. 22～27	ニューデリー(インド)	CBIP(灌漑・水力中央委員会) International Tunnelling Association(国際トンネル協会) http://www.cbip.org

＊論文募集に関する詳細は事務局(担当：関)までお問い合わせください．(社)日本トンネル技術協会 TEL：03-3553-6174

7. 平成19年度催物開催現況

催物名	開催日	人数	場所
(見学会)			
プラハ国際トンネル会議技術調査	2007. 5. 3～13	18	オーストリア，チェコ，ドイツ
首都圏トンネル現場研修会	2007. 5. 30	14	東京都
首都高速新宿線現場研修会	2007. 6. 14	20	東京都
上野地区地下構造物建設現場研修会	2007. 6. 28	20	東京都
横浜市下水道トンネル現場研修会	2007. 7. 4	10	神奈川県
(発表会)			
第60回(山岳)「厳しい条件を克服した山岳トンネル工事」	2007. 9. 26	200	東京都
第61回(都市)「地下重要埋設物をはじめとする各種制約下での都市トンネル工事」 「若手に伝えたい都市トンネル施工技術」	2007. 9. 27	200	東京都
(講演，講習会)			
第9回トンネル技術ステップアップ研修会(シールド部門)	未定		
第10回トンネル技術ステップアップ研修会(山岳部門)	未定		

平成18年度事業収支決算ならびに平成19年度事業収支予算総括表

(1)科目別総括表　　(単位：円)

科目	平成19年度予算				平成18年度		増減
	会計 ①	一般会計	受託業務会計	図書事業会計	予算 ②	決算	①−②
(収入の部)							
1. 会費収入	128,360,000	128,360,000	0	0	129,180,000	127,255,000	△ 820,000
2. 講演会等事業収入	27,010,000	27,010,000	0	0	11,010,000	6,319,000	16,000,000
3. 受託業務収入	120,000,000	0	120,000,000	0	140,000,000	175,574,625	△ 20,000,000
4. 図書事業収入	1,080,000	0	0	1,080,000	4,700,000	4,360,000	△ 3,620,000
5. 雑収入	110,000	110,000	0	0	106,000	368,800	4,000
当期収入計 (A)	**276,560,000**	**155,480,000**	**120,000,000**	**1,080,000**	**284,996,000**	**313,877,425**	**△ 8,436,000**
前期繰越正味財産額 (B)	**116,480,431**	**100,642,319**	**0**	**15,838,112**	**107,264,734**	**107,264,734**	**9,215,697**
合計 (C)＝(A)＋(B)	**393,040,431**	**256,122,319**	**120,000,000**	**16,918,112**	**392,260,734**	**421,142,159**	**779,697**
(支出の部)							
1. 管理費	110,730,000	110,730,000	0	0	116,220,000	108,247,738	△ 5,490,000
2. 一般事業費	34,790,000	34,790,000	0	0	35,000,000	34,658,952	△ 210,000
3. 講演会等事業費	23,920,000	23,920,000	0	0	9,510,000	5,646,425	14,410,000
4. 受託調査研究費	101,400,000	0	101,400,000	0	117,400,000	146,941,104	△ 16,000,000
5. 図書関係事業費	800,000	0	0	800,000	2,500,000	1,340,243	△ 1,700,000
6. 退職給与引当金繰入	4,770,000	4,770,000	0	0	4,200,000	5,777,000	570,000
7. 什器備品減価償却費	150,000	150,000	0	0	166,000	50,266	△ 16,000
8. 受託業務管理費	0	△ 18,600,000	18,600,000	0	0	0	0
9. 有価証券処分損	0	0	0	0	0	2,000,000	0
当期支出計 (D)	**276,560,000**	**155,760,000**	**120,000,000**	**800,000**	**284,996,000**	**304,661,728**	**△ 8,436,000**
当期収支差額 (A)−(D)	**0**	**△ 280,000**	**0**	**280,000**	**0**	**9,215,697**	**0**
予備費 期末正味財産額	116,480,431	100,362,319	0	16,118,112	107,264,734	—	9,215,697
(E)＝(C)−(D)	—	—	—	—	—	116,480,431	—
合計 (D)＋(E)	**393,040,431**	**256,122,319**	**120,000,000**	**16,918,112**	**392,260,734**	**421,142,159**	**779,697**

(2)財産増減支出　什器備品購入費400万円とする.

(3)借入金限度額　無担保借入金の限度額は2,000万円とする.

平成19年度　役員・顧問・評議員名簿

区分	氏名	所属役職
会長	小森　博	(社)海外鉄道技術協力協会理事長
副会長	佐藤信彦	(財)道路保全技術センター理事長
〃	葉山莞児	大成建設(株)代表取締役会長
専務理事	水谷敏則	(社)日本トンネル技術協会専務理事
(常務兼務)		
理事	青野捷人	東日本高速道路(株)常務取締役執行役員
〃	横田耕治	中日本高速道路(株)常務執行役員
〃	小川篤生	西日本高速道路(株)執行役員管理事業本部長
〃	日月俊昭	首都高速道路(株)常務取締役
〃	南部隆秋	阪神高速道路(株)常務取締役
〃	高山博文	(独)鉄道・運輸機構理事
〃	北川信	本州四国連絡高速道路(株)常務取締役
〃	矢萩秀一	東京地下鉄(株)常務取締役
〃	鈴木進	東京都交通局建設工務部長
〃	中村益美	東京都下水道局流域下水道本部長
〃	吉越洋	東京電力(株)フェロー
〃	橋本徳昭	関西電力(株)土木建築室長支配人
〃	林康雄	東日本旅客鉄道(株)建設工事部長
〃	岡崎治義	(社)日本建設機械化協会副会長
〃	本庄正史	(株)大林組専務執行役員
〃	神原裕一	(株)奥村組代表取締役副社長執行役員
〃	川合勝	鹿島建設(株)代表取締役執行役員副社長
〃	山口啓二	(株)熊谷組代表取締役副社長
〃	山田俊郎	五洋建設(株)執行役員副社長
〃	杉晟	佐藤工業(株)代表取締役社長
〃	小野武彦	清水建設(株)代表取締役専務執行役員
〃	加納光正	(株)竹中土木専務取締役
〃	加納清	鉄建建設(株)専務執行役員
〃	香西慧	戸田建設(株)代表取締役副社長
〃	戸村和彦	飛島建設(株)取締役執行役員専務
〃	吉川邦彦	西松建設(株)専務取締役
〃	山口徹	(株)間組土木事業本部副本部長
〃	剣持三平	(株)フジタ常務役員待遇理事
〃	山田和男	前田建設工業(株)常務執行役員
〃	熊谷紳一郎	三井住友建設(株)執行役員副本部長
監事	入江健二	東京地下鉄(株)建設部長
〃	砂道紀人	電源開発(株)水力エンジニアリング部長
〃	伊藤廉	(株)鴻池組執行役員

区分	氏名	所属役職
顧問	尾之内由紀夫	攻玉社工科短期大学名誉学長
〃	内田隆滋	東京大学名誉教授
〃	浅井新一郎	東京都立大学名誉教授
〃	岡田宏	首都高速道路(株)建設事業部長
〃	萩原浩	首都高速道路(株)技術管理室長
〃	三谷浩	東京地下鉄(株)工務部次長
評議員	伊吹山四郎	日本下水道事業団品質管理センター長
〃	西松裕一	東京大学名誉教授
〃	山本稔	東京都立大学名誉教授
〃	今田徹	京都大学名誉教授
〃	小野紘一	(独)水資源機構技師長
〃	青江淳	本州四国連絡高速道路(株)東京事務所次長
〃	安藤憲一	阪神高速道路(株)技術管理室長
〃	南荘淳	(独)鉄道・運輸機構鉄道建設本部東京支社長
〃	豊島英明	岡野建設(株)代表取締役社長
〃	岡野哲	西村建設(株)代表取締役社長
〃	西村高明	伊藤忠テクノソリューションズ(株)顧問
〃	伊藤博	日本下水道事業団品質管理センター長
〃	杉山弘泰	電源開発(株)水力エンジニアリング部土木技術室長
〃	高橋康夫	東京都交通局参事
〃	小川健一	東京都下水道局計画調整部長
〃	大塚正博	東京電力(株)工務部副部長
〃	大石富彦	関西電力(株)土木建築室土木部長
〃	中井雅彦	東日本旅客鉄道(株)東京工事事務所長
〃	桑原彌介	日本交通技術(株)代表取締役社長
〃	有賀長郎	(社)日本土木工業協会専務理事
〃	小窪茂	(社)日本建設業団体連合会副会長
〃	大貫富夫	(社)日本鉄道建設業協会専務理事
〃	逢澤潔	アイサワ工業(株)代表取締役社長
〃	長嶋光男	青木あすなろ建設(株)専務執行役員
〃	大本栄一	(株)大本組代表取締役社長
〃	株木雅浩	株木建設(株)代表取締役社長
〃	大迫哲	(株)錢高組執行役員
〃	日野峻栄	大日本土木(株)代表取締役副社長
〃	岡村康秀	大豊建設(株)代表取締役社長
〃	鈴木行雄	東亜建設工業(株)代表取締役社長
〃	赤井憲彦	東洋建設(株)代表取締役社長
〃	山田豊彦	東急建設(株)代表取締役社長
〃	柴田陽一	りんかい日産建設(株)専務執行役員
〃	中原昭夫	日本国土開発(株)常務執行役員
〃	高橋昭夫	(株)不動テトラ代表取締役社長
〃	清水六三郎	若築建設(株)取締役常務執行役員
〃	川端規之	新日本製鐵(株)建材事業部部長
〃	井上年史	三菱重工地中建機(株)副社長

8月号予告[8月1日発売予定]

●全断面早期閉合による合理的山岳トンネル工法
●東北新幹線　八甲田トンネル折紙工区
●第二名神高速道路　甲南トンネル下り線
●東京メトロ副都心線　渋谷駅
●下水道シールド工法と二次覆工の改善
【連載講座】
●シールド工事の施工に関するQ&A(2)

＊内容等は変更になる場合がございます

編集後記

◆先日，東京都江戸川区にある地下鉄博物館に行きました．休日に3歳になる息子の世話を押し付けられ，しかも雨が降っていたりすると，日中をどうすごしていいのやらわからないので，そういうときは鉄道の博物館に連れて行きます．息子は乗物大好きなので，入場したら最後，あとは何時間でも勝手に遊んでくれるので重宝します．普段は近場の東武博物館に行くのですが，何度も行くうち私の方が飽きてきたので，少し足を伸ばし地下鉄博物館を選びました．
◆地下鉄博物館の展示は，はじめに，日本最初の地下鉄車両があります．息子はここで足が止まり，というか，興奮して車両の周りと中を走り回りはじめます．それを横目に次に進むと「地下鉄をつくる」の展示があります．ここには実物のカッタディスクが置かれています．直径が6m程度で，半円のみなので，圧倒的な大きさを感じるほどではありませんが，ビットに乾泥を付着させるなど演出もあり，見ごたえがあります．このブースには各種シールド工法のQ&Aなど，パネル展示が多く，男親たちが時間つぶしをしています．
◆鉄道の博物館に何度も行くうちに，気になり始めたのが，鉄道模型のジオラマです．東武博物館では実路線を箱庭的表現に編集したジオラマでした．地下鉄がどう表現されるのか疑問でしたが，四方を囲んだガラスと中央に空けられた数本の縦穴から，縦断面を見せるものでした．地下構造物が輻輳する大都市では，地中から都市を観想する視線も身につけないと都市計画もできないのかも，などと思わせるほど，地下に鉄道がはりめぐされる都市とその複雑さを直感させる表現には感心しました．
◆今秋，JRの鉄道博物館が大宮市にリニューアルオープンするそうです．ここではどんな鉄道模型が展示されるか楽しみです．

(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38巻 第7号〔通巻443号〕
ISSN 0285-631X
Tonneru to chika
平成19年6月20日　印刷
平成19年7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://wwwsoc.nii.ac.jp/jta
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．

2007年版 業界案内

■目　次

コンサルタント業　Ⅲ
建　設　業　Ⅳ
建設機械業　Ⅶ
建設資材業　Ⅸ

■掲載内容の説明

会社名
代表者名　および　役職
業務内容，　取扱商品名　など
問い合わせ先 所　在　地 TEL：(XXX)XXX-XXXX　FAX：(YYY)YYY-YYYY E-mail：XYZ@ZZZ.jp URL　http://www.ZZZ.jp

【コンサルタント業】

株式会社　演算工房
代表取締役社長　辻　　宗克

建設分野における情報化施工システムの開発・販売．主にトンネル工事(山岳・都市)での施工管理(測量・計測)システムを手がけている．現在，トンネル以外の土木工事全般に適用可能な情報化施工システムの開発を目指している．

問い合わせ先：京都本社　営業部
〒604-0847　京都府京都市中京区秋野々町535番地　日土地京都ビル4階
TEL：075-213-7200　FAX：075-213-7201
E-mail：info@enzan-k.com
URL http://www.enzan-k.com

川崎地質　株式会社
代表取締役社長　齋藤　善悦

建設コンサルタント　16-9
地質および土質調査，土質・岩石・水質試験，レーダ探査，検層，コンクリート劣化診断，設計(道路，トンネル)，環境(土壌・地下水汚染など)，測量，海洋調査，工事(地すべり・法面対策)，情報処理

問い合わせ先：本社　技術本部
〒108-8337　東京都港区三田2-11-15
TEL：03-5445-2077　FAX：03-5445-2093
E-mail：post-master@kge.co.jp
URL http://www.kge.co.jp

国際航業　株式会社
代表取締役社長　田二谷正純

空間情報サービス
地質調査/海洋調査
建設コンサルタント

問い合わせ先：技術センター
〒183-0057　東京都府中市晴見町2-24-1
TEL：042-307-7110　FAX：042-330-1031
E-mail：naoki_muto@kkc.co.jp
URL http://www.kkc.co.jp

パシフィックコンサルタンツ　株式会社
代表取締役　高橋　　仁

総合建設コンサルタント

問い合せ先：交通技術本部トンネル部
〒163-0730　東京都新宿区西新宿2-7-1　新宿第一生命ビル17F
TEL：03-3344-1903　FAX：03-3344-1906
E-mail：
URL http://www.pacific.co.jp/

メトロ開発　株式会社
代表取締役社長　大門　信之

街と都市の快適環境の創造
1)都市トンネルの調査・設計および施工管理，2)近隣施工の設計および計測管理，3)建設資機材の販売・リース，4)建築，設備の設計・施工管理

問い合わせ先：本社　技術部営業課
〒103-0001　東京都中央区日本橋小伝馬町11-9
TEL：03-5847-7807　FAX：03-5847-7825
E-mail：
URL http://www.metro-dev.co.jp

株式会社　ロード・エンジニアリング
代表取締役　清水　　洋

道路，道路構造物，付帯設備の調査，設計，施工管理およびトンネル点検・調査・補修設計，とくにトンネルに関する部門を完備

問い合せ先：本社
〒116-0013　東京都荒川区西日暮里5-24-7　冠ビル
TEL：03-3891-0711　FAX：03-3891-0701
E-mail：info@road-eng.co.jp
URL http://

【建　設　業】

木部建設　株式会社
代表取締役社長　木部　信敏

総合建設業，専門トンネル工事，都市土木工事

問い合わせ先：本社　建設本部工務部
〒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
E-mail：s.oouchi@kibekensetsu.co.jp
URL http://www.kibekensetsu.co.jp

石田土木　株式会社
代表取締役　石田　誠一

トンネル工事，一般土木工事

問い合わせ先：本社
〒876-0814　大分県佐伯市東町11番19号
TEL：0972-23-5811　FAX：0972-22-3882
E-mail：honsha@ishidadoboku.co.jp
URL http://www.ishidadoboku.co.jp

株式会社　熊谷組
代表取締役社長　大田　　弘

総合建設業

問い合わせ先：本社　土木事業本部
〒162-8557　東京都新宿区津久戸町2-1
TEL：03-3266-2111　FAX：03-5261-7590
E-mail：info@ku.kumagaigumi.co.jp
URL http://www.kumagaigumi.co.jp/

梅林建設　株式会社
代表取締役社長　梅林　秀伍

総合建設業

問い合わせ先：本社　土木部
〒870-0044　大分県大分市舞鶴町1丁目4番35号(大分三井ビル)
TEL：097-534-4151　FAX：097-534-7577
E-mail：info@umebayashi.jp
URL http://www.umebayashi.co.jp

佐藤工業　株式会社
代表取締役社長　杉　　晟

総合建設業

問い合わせ先：土木事業本部
〒103-8639　東京都中央区日本橋本町4-12-19
TEL：03-3661-4793　FAX：03-3668-9484
E-mail：skip@satokogyo.co.jp
URL http://www.satokogyo.co.jp

木原建設　株式会社
代表取締役社長　木原　一治

総合建設業

問い合せ先：本社
〒915-8585　福井県越前市大虫町7号2番地
TEL：0778-24-2200　FAX：0778-24-3677
E-mail：info@kihara-kensetsu.co.jp
URL http://www.kihara-kensetsu.co.jp/

新日本開発　株式会社
代表　箕井　　伸

トンネル補助工法(パイプルーフ，マイクロパイル，AGF工法，DIP工法ほか)，各種杭工事，注入工事，地盤改良工事，地すべり対策工事(集水井，水抜き工，アンカー工)，地質調査業，構造物補修補強工，ウォーターハンマー工法

問い合せ先：土木部
〒550-0012　大阪市西区立売堀2丁目4番19号
TEL：06-6543-1175　FAX：06-6543-1170
E-mail：info@njd.co.jp
URL http://www.njd.co.jp/

成和リニューアルワークス　株式会社
代表取締役社長　木村　洋行

シールド掘進機/泥水・濁水処理装置/各種クレーン/吹付ロボット/法面舗装設備/各種型枠
地中連続壁工事/法面・グラウト工事/シールド工事/地盤改良工事/環境・リニューアル工事

問い合せ先：本社　営業統轄部機械営業部
〒163-0610　東京都新宿区西新宿1-25-1(新宿センタービル)
TEL：03-5326-0713　FAX：03-5326-0726
E-mail：aal52320@nyc.odn.ne.jp
URL http://www.seiwarw.co.jp

西松建設　株式会社
代表取締役社長　國澤　幹雄

総合建設業

問い合わせ先：施工本部土木部
〒105-8401　東京都港区虎ノ門一丁目20番10号
TEL：03-3502-7648　FAX：03-3502-0714
E-mail：webmaster@nishimatsu.co.jp
URL http://www.nishimatsu.co.jp/

大成建設　株式会社
代表取締役社長　山内　隆司

総合建設業

問い合わせ先：本社　土木本部土木技術部トンネル技術室
〒163-0606　東京都新宿区西新宿1-25-1
TEL：03-5381-5283　FAX：03-5381-5295
E-mail：hata-n@ce.taisei.co.jp
URL http://www.taisei.co.jp

日本基礎技術　株式会社
取締役社長　湯澤　栄次

トンネル補助工事，地盤汚染対策工事，ダムグラウチング工事，斜面安定工事，地すべり対策工事，地盤改良工事

問い合わせ先：東京本社　技術本部技術部
〒150-0031　東京都渋谷区桜丘町15番17号
TEL：03-3476-5701　FAX：03-3476-4551
E-mail：etsurou-imabayashi@jafec.co.jp
URL http://www.jafec.co.jp/

大豊建設　株式会社
代表取締役　岡村　康秀

総合建設業

問い合わせ先：土木本部土木第一営業部
〒104-8289　東京都中央区新川1-24-4
TEL：03-3297-7007　FAX：03-3551-4005
E-mail：
URL http://www.daiho.co.jp

株式会社　間組
代表取締役社長　新名　順一

総合建設業

問い合わせ先：本店　土木事業本部
〒105-8479　東京都港区虎ノ門2-2-5
TEL：03-3588-5760　FAX：03-3588-5755
E-mail：terauchi@hazama.co.jp
URL http://www.hazama.co.jp

株式会社　竹中土木
取締役社長　竹中　康一

総合建設業

問い合わせ先：技術・生産本部
〒136-8570　東京都江東区新砂1-1-1
TEL：03-6810-6215　FAX：03-6660-6304
E-mail：webmaster@takenaka-doboku.co.jp
URL http://www.takenaka-doboku.co.jp

株式会社　フジタ
代表取締役社長　網本　勝彌

総合建設業

問い合わせ先：本社　土木本部
〒151-8570　東京都渋谷区千駄ヶ谷4丁目25番2号
TEL：03-3796-2275　FAX：03-3796-2301
E-mail：wakayama@fujita.co.jp
URL http://www.fujita.co.jp

前田建設工業　株式会社
代表取締役社長　前田　靖治

総合建設業

問い合わせ先：本店
〒102-8151　東京都千代田区富士見2-10-26
TEL：03-3265-5551　FAX：
E-mail：
URL http://www.maeda.co.jp

三井住友建設　株式会社
代表取締役社長　五十嵐久也

土木・建築・プレストレストコンクリート工事の設計・施工およびこれらに関する事業

問い合わせ先：土木管理本部　土木技術部
〒164-0011　東京都中野区中央1-38-1
TEL：03-5337-2132　FAX：03-3367-4762
E-mail：
URL http://www.smcon.co.jp/

真柄建設　株式会社
取締役社長　真柄　宏司

総合建設業

問い合わせ先：本社　土木本部
〒920-0901　石川県金沢市彦三町1-13-43
TEL：076-231-1266　FAX：076-231-1706
E-mail：reception@magara.co.jp
URL http://www.magara.co.jp

吉岡建設　株式会社
代表取締役社長　吉岡　隆一

建設業
土木工事施工(トンネル・シールド・ダムほか)

問い合わせ先：工事部
〒569-1136　大阪府高槻市郡家新町41番2号
TEL：072-681-1861　FAX：072-681-1866
E-mail：yoshiokakensetsu@e-yoshioka.com
URL http://www.e-yosioka.com/

【建設機械業】

ケンサンリース　株式会社
代表取締役社長　晴披　　保

トンネル工事，シールド工事，ケーソン工事用各種機械賃貸および販売

問い合わせ先：本社
〒171-0022　東京都豊島区南池袋3-13-15
TEL：03-5396-9331　FAX：03-5396-9333
E-mail：l.kensan@oregano.ocn.ne.jp
URL http://www9.ocn.ne.jp/~l.kensan/

株式会社　小松製作所
代表取締役社長　野路　國夫

各種シールド機械
各種岩盤用トンネル掘削機
小口径管推進機

問い合わせ先：建機マーケティング本部営業本部地下建機営業部
〒107-8414　東京都港区赤坂2丁目3-6
TEL：03-5561-2725　FAX：03-5561-2905
E-mail：
URL http://

株式会社　佐賀
取締役社長　中川　一勝

トンネル用各種セントル(スチールフォーム，移動セントル，テレフォーム)
建設用機械設計・製作(移動桟橋，特殊各台車，ターンテーブル，プロテクター)

問い合わせ先：本社　営業部
〒934-0056　富山県射水市寺塚原720-1
TEL：0766-82-1500　FAX：0766-82-1501
E-mail：saga-d15@p2332.nsk.ne.jp
URL http://

サンドビックトーヨー　株式会社
総括事業部長　松本　啓志

ジャンボ，ブレーカ，ロックツール，ロードホウル ダンプ，ダンプトラック，ロードヘッダー，ツインヘッダー，さく孔具，モバイルクラッシャ＆スクリーン，ほか

問い合わせ先：セールスサポート部
〒222-0033　横浜市港北区新横浜2-15-12　共立新横浜ビル6階
TEL：045-478-0662　FAX：04-478-0661
E-mail：mayuko.yoshida@sandvik.com
URL http://www.miningandconstruction.sandvik.com/jp

新キャタピラー三菱　株式会社
取締役社長　平野　昭一

トンネル掘削機械各種
トンネルズリ運搬機械各種
環境リサイクル機械各種

問い合わせ先：本社　直販部
〒158-8530　東京都世田谷区用賀4丁目10番1号(SBSタワー)
TEL：03-5717-1151　FAX：03-5717-1177
E-mail：fumihiro_asano@scm.co.jp
URL http://www.scm.co.jp/

新ケービーシー　株式会社
代表取締役　西尾　公志

トンネル施工用機械の開発，レンタル，販売，修理/建設機械，土木機械の賃貸業および付帯する一切の業務/コンクリート吹付システム，エレクタージャンボ，ドリルジャンボ，油圧ショベル，重ダンプトラック，ホイールローダ，バッチャープラント

問い合わせ先：本社　営業管理部
〒061-3241　北海道石狩市新港西3丁目737-16
TEL：0133-72-3715　FAX：0133-72-3716
E-mail：takatoshi_haga@s-kbc.co.jp
URL http://www.s-kbc.co.jp/

株式会社　スターロイ
代表取締役社長　本並　義弘

ローラカッタ，カッタビット対応機種(トンネル掘削機用，基礎工事用，せん孔機械用，路盤機械用)

問い合わせ先：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
E-mail：starloy0@oak.ocn.ne.jp
URL http://www.starloy.com/

株式会社　タイクウ

代表取締役　赤阪　全七

トンネル掘進機の設計・製作・販売・レンタル
山岳トンネル用自由断面掘削機カッタローダ各種/半機械式シールド掘進機マイクロカッタローダ/油圧式ズリ積機タフローダ各種/立坑掘進機，硬岩掘進機WAV300H/エアーモーター各種

問い合わせ先：本社　営業部
〒144-0047　東京都大田区萩中3丁目6-5
TEL：03-3741-3131　FAX：03-3741-6457
E-mail：taikuu@par.odn.ne.jp
URL http://

古河ロックドリル　株式会社

代表取締役社長　加藤洋一郎

トンネルドリルジャンボ/クローラドリル(油圧・空圧)/油圧ブレーカ/油圧圧砕機・油圧鉄骨カッター/コンクリート吹付機/電動式坑内積込機/スロットドリル/インパクトオーガドリル/ハンドドリル・レッグドリル/ハンドブレーカ/ビット・ロッド

問い合せ先：本社　特機部
〒103-0022　東京都中央区日本橋室町二丁目3番14号
TEL：03-3231-6966　FAX：03-3231-6993
E-mail：
URL http://www.furukawarockdrill.co.jp

株式会社　三井三池製作所

代表取締役社長　平川　幸知

産業機械：ロードヘッダ，ツインヘッダ
　　シールド掘進機，推進機
流体機械：コントラファン，エアーコンパック
　　エムデックス集じん機

問い合せ先：本社　産業機械部，流体機械事業部
〒103-0022　東京都中央区日本橋室町2-1-1
TEL：03-3270-2006(産機)，-2008(流体)　FAX：03-3245-0203
E-mail：産機：koken@mail.mitsuimiike.co.jp，流体：ryutai@mail.mitsuimiike.co.jp
URL http://www.mitsuimiike.co.jp

ヤマモトロックマシン　株式会社

代表取締役　山本　勝俊

油圧・空圧さく岩機，ドリフター，油圧・空圧クローラドリル，アタッチドリル，法面せん孔機，ドリルジャンボ，401・301・101ロックボルトせん孔機，立坑せん孔機，石材せん孔機，油圧割岩機，静的破砕剤，溶融炉開孔機，関連機械．

問い合わせ先：東京営業部
〒100-0005　東京都千代田区丸の内3-2-3　富士ビル713区
TEL：03-3201-0701　FAX：03-3201-5702
E-mail：tokyo@yrm.co.jp
URL http://www.yrm.co.jp

株式会社　流機エンジニアリング

代表取締役　西村　　章

大型集塵機，インバータ低騒音送風機，高圧ブロア，有害ガス専用集塵機，脱臭，冷房，ブラスト，坑内休憩室，等の流体技術を応用した装置にて「最適環境の創造」をコンセプトに事業展開している開発提案型企業です．おかげ様で30周年を迎えました．

問い合わせ先：本社　営業部
〒108-0073　東京都港区三田3-4-2　プロフィットリンク聖坂
TEL：03-3452-7400　FAX：03-3452-5370
E-mail：eigyobu@ryuki.com
URL http://www.ryuki.com

【建設資材業】

エスティーエンジニアリング　株式会社

代表取締役　谷山　慎吾

●自穿孔ボルト(大小5サイズ)/●FIXチューブ工法(鏡補強)/●AGF-SP工法，STDビット/●PUIF注入管，高速SP-IF工法/●SPルートパイル工法/●高耐力SPマイクロパイル工法

問い合せ先：本社
〒581-0833　大阪府八尾市旭ヶ丘1丁目108番地2
TEL：072-990-0250　FAX：072-990-0251
E-mail：steng@kawachi.zaq.ne.jp
URL http://www.st-eng.co.jp/

オリカジャパン　株式会社

代表取締役社長　安藤　　宏

産業用硝安・火薬輸入・製造・販売

問い合せ先：営業部
〒105-0001　東京都港区虎ノ門三丁目7番11号虎ノ門三須ビル7階
TEL：03-5777-4681　FAX：03-5777-4682
E-mail：kiminobu.yokoyama@orica.com
URL http://www.oricaminingservices.com

株式会社　カヤテック

代表取締役社長　小野　昭男

株式会社カヤテックは，「産業用火薬類の販売」と「危険性評価試験の受託事業」を業務の柱に，豊かで安全な社会の形成に貢献しています．
〈業務内容〉・火薬類の販売　・危険性評価試験
　　・発破技術サービス

問い合せ先：営業本部
〒115-8588　東京都北区志茂3-43-1
TEL：03-3598-8061　FAX：03-3598-6272
E-mail：info.kayatech@nipponkayaku.co.jp
URL http://www.kayatech.com

カヤバシステムマシナリー　株式会社

代表取締役社長　石井　英勝

ブームヘッダー：RH-10J, RH-250-MB-SL, RH-8J, RH-7J，RH-3J，MM-49，MM-90，BCS，メッセル工法，岩破砕機，シャフトヘッダーSH-37

問い合わせ先：本社　営業統括部営業一部
〒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　FAX：03-5733-9506
E-mail：
URL http://www.kyb-ksm.co.jp

太平洋マテリアル　株式会社

代表取締役社長　永山　　肇

急結剤：ショットマスター(一般・高品質吹付け)
　　ショットマスターH（高強度吹付け）
　　ショットマスターF（初期高強度吹付け）
地盤注入材：アロフィクス，スーパーハード
ひびわれ低減剤：クラックセイバー，エクスパン

問い合せ先：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
TEL：03-3278-5319　FAX：03-3278-5359
E-mail：post-koukinou@taiheiyo-m.co.jp
URL http://www.taiheiyo-m.co.jp

株式会社　ティーエムシー

代表取締役社長　岡元　頼明

営業品目：岩盤固結材「NEW-TSRF」「NEW-TBU」
空洞充塡剤「NTRフォーム12倍・30倍・40倍」
AGF-OFP工法ほか補助工法の資機材販売および施工指導 その他トンネル工事用資材および機械の販売・リース　営業拠点：東京，仙台，名古屋，大阪，九州

問い合わせ先：東京本社
〒116-0013　東京都荒川区西日暮里5-23-3　冠第2ビル5F
TEL：03-3891-8211　FAX：03-3803-6380
E-mail：ejgyou@tmc-net.com
URL http://www.tmc-net.com

電気化学工業　株式会社

代表取締役社長　川端　世輝

吹付コンクリート用急結剤〈デンカナトミック〉
TBM後吹きモルタル〈デンカPFモルタル〉
先受工法用注入材，地盤注入材〈デンカES〉
超微粒子セメント〈デンカコロイダルスーパー〉
土木用アクリル系接着剤〈デンカハードロックⅡ〉

問い合わせ先：特殊混和材事業部　トンネル材料グループ
〒103-8338　東京都中央区日本橋室町2丁目1番1号(日本橋三井タワー)
TEL：03-5290-5358　FAX：03-5290-5085
E-mail：dk010313@denka.co.jp
URL http://www.denka.co.jp

合資会社　日高商会

代表　川守田政臣

〔ドリフター用さく孔ツールス類製造販売〕
シャンクロッド，中継ロッド，カップリングビット
〔長尺先受工法用ツールス類製造販売〕
AGF工法用鋼管，さく孔用ビットNSXビット，フェースボルト用鋼管，その他特殊工具類

問い合わせ先：営業部
〒103-0023　東京都中央区日本橋本町4-14-2　ミマツビル102
TEL：03-3663-0561　FAX：03-3667-5443
E-mail：info@nikko-shokai.com
URL http://www.nikko-shokai.com

BASFポゾリス　株式会社

代表取締役社長　渡辺　俊夫

湿式吹付けコンクリート用高性能減水剤，液体急結剤，湿式吹付けコンクリート用セットコントロール剤，粉じん低減剤，起泡剤，特殊セメント系補修用モルタル材，特殊セメント系吹付けファイバーモルタル，ほか

問い合わせ先：混和剤営業部
〒106-0032　東京都港区六本木3丁目16番26号
TEL：03-3582-8811　FAX：03-3583-3800
E-mail：pbk@basf.com
URL http://www.pozzolith.basf.co.jp

株式会社　マシノ

代表取締役社長　増野　裕人

トンネル補修工事
トンネル用鋼製支保工
覆工コンクリート養生装置

問い合わせ先：本社　トンネルグループ
〒733-0822　広島市西区庚午中1-19-23
TEL：082-507-2737　FAX：082-507-2721
E-mail：
URL http://www.mashino.co.jp/

三菱マテリアル　株式会社

代表取締役社長　井手　明彦

ビット・ロッド・カッタービット・ローラーカッター対応機種（穿孔機用，トンネル掘削機用，基礎工事用，補強・補助工事用）

問い合わせ先：加工事業カンパニー超硬製品事業部岐阜駐在
〒503-2394　岐阜県安八郡神戸町横井1528-1
TEL：0584-27-5011　FAX：0584-27-5022
E-mail：
URL http://wrt.mitsubishicarbide.com/

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