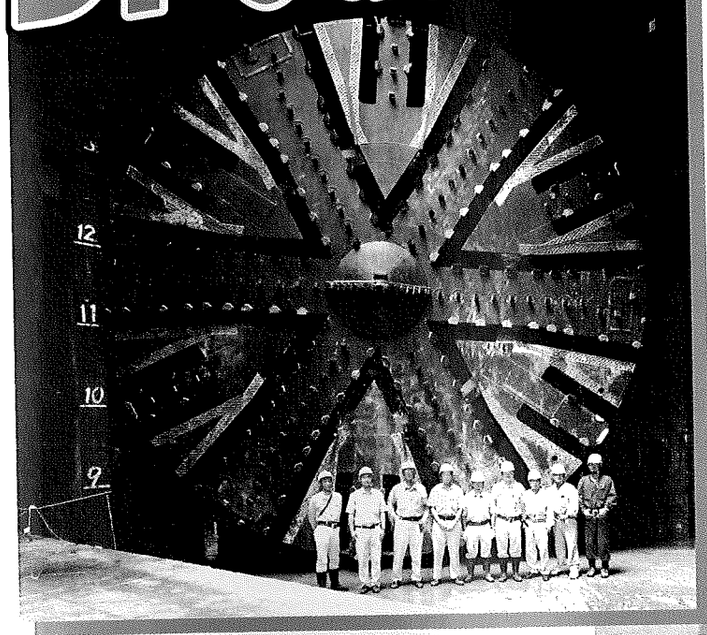
トンネルと地下　平成17年7月1日発行第36巻第7号　昭和45年11月18日第3種郵便物認可
出版元　株式会社土木工学社　東京都新宿区岩戸町16番地メイジャー神楽坂

Kawasaki

Breakthrough



事業者：東京都下水道局
発注者：日本下水道事業団
施工者：鹿島・前田・安藤特定建設共同企業体
工事名：東京都勝島ポンプ所連絡管渠工事
機械名：φ8.99m泥水式シールド掘進機（中折れ型）

【工事概要】
1. 土質：粘土、砂混じりシルト質粘土
2. 土被り：6.3～15.5m
3. 工事延長：386.3m
4. 最小曲線半径：30mR
5. セグメント外径：φ8,800mm（RC）、φ8,760mm（ST）
6. その他：NOMST（3ヶ所）壁、リレービット装備

（工事事務所長：秋本　猛/2004.1.23.Fri）



発注者：東京都水道局
施工者：フジタ・間建設共同企業体
工事名：足立区島根三丁目～小右衛門給水所間配水本管（1000mm）新設工事（シールド工事）
機械名：φ2,34m泥水式シールド掘進機（防爆仕様、中折れ型）

【工事概要】
1. 土質：シルト混じり細砂、シルト質細砂、粘土、シルト、砂礫（Max.φ90mm）
2. 土被り：21.49～34.23m
3. 工事延長：1,902.5m
4. 最小曲線半径：18mR
5. セグメント外径：φ2,206mm（ST）ほか、仕上内径φ2,000mm（二次覆工レス）

（作業所長：久保瑛章/2005.4.15.Fri）

川崎重工
鉄構ビジネスセンター　土木機械・機器営業部
東京本社：東京都港区浜松町2-4-1（世界貿易センタービル）　〒105-6116　(03)3435-2387～
関西支社：大阪市北区堂島浜2-1-29（古河大阪ビル）　〒530-0004　(06)6348-8255

定価1,575円　本体価格1,500円　雑誌06619-7
4910066190750
01500

昭和45年11月18日第3種郵便物認可　平成17年7月1日発行（毎月1回1日発行）　第36巻第7号　通巻419号　ISSN 0285-631X

トンネルと地下 7

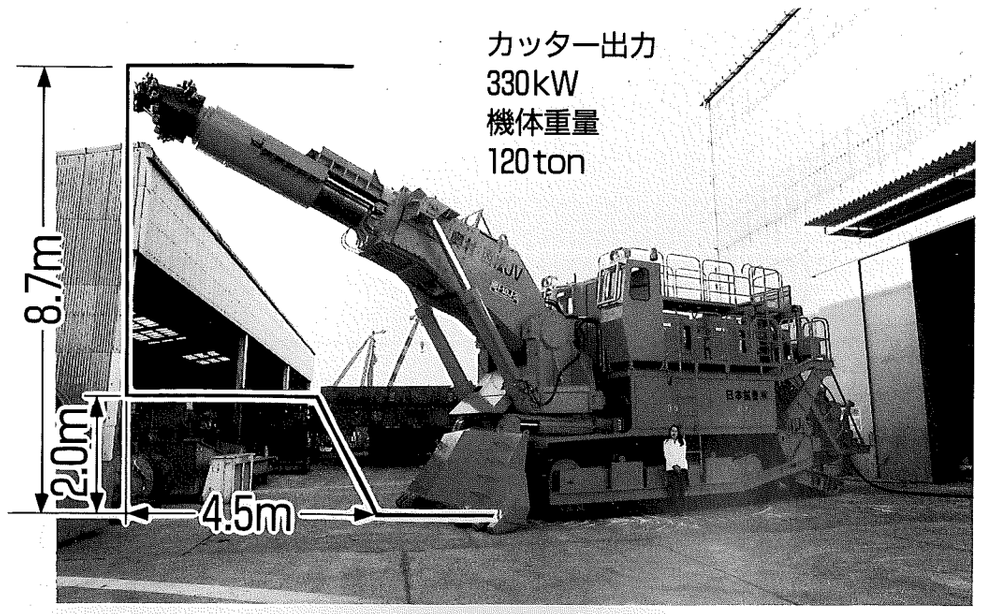
vol. 36
no. 7
2005

異常な膨圧現象が発生する擾乱帯を多重支保方式で突破
スコリヤ堆積層を無機系超微粒子注入材で克服
既設洞道接続工事の凍結工法による変位予測と対策
京都市高速鉄道東西線延伸計画
道路シールドトンネルにおける耐火構造と性能確認

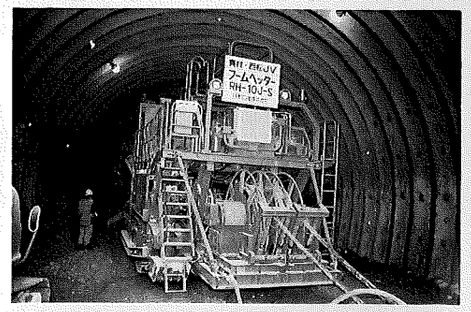
日本トンネル技術協会誌



RH-10J-S ミニベンチ機械掘削工法 ブームヘッダー



カッター出力
330kW
機体重量
120ton





RH-10J-S型は

①積込機、NATM関連機器等、従来機との組合せでミニベンチ工法が出来ます。
②トップデッキを外すことにより、ショートベンチ工法の上半にも使えます。

KYB カヤバ システム マシナリー株式会社 建設機械部
KAYABA SYSTEM MACHINERY CO.,LTD.
http://www.kyb-ksm.co.jp
旧社名: ㊐日本鉱燈株式会社

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6階 TEL 03-5733-9441
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

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ドリルジャンボ製品。
全国に広がる安心のサービス網でお客様をバックアップします。



次世代型ホイール式ドリルジャンボ
JTH2200R/JTH3200R
(2ブーム、2ケージ) (3ブーム、2ケージ)

ホームページ：http://rvs.furukawakk.co.jp/ms/

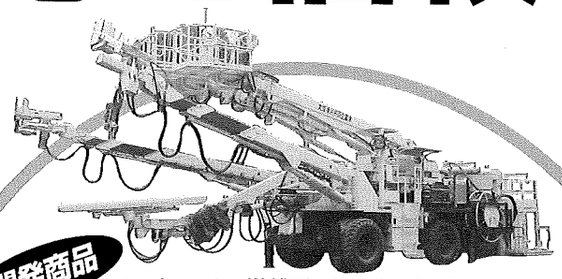
古河機械金属グループ
古河ロックドリル株式会社
(旧社名：古河機械販売株式会社)

本社 〒101-0047 東京都千代田区内神田2丁目15番9号 古河千代田ビル 特機営業部 TEL：03-3252-2544

札幌 ☎011-861-3261 東北 ☎022-356-5771 関東 ☎027-322-5953 名古屋 ☎0568-77-7700 静岡 ☎054-620-1641
関西 ☎06-6475-8221 広島 ☎082-231-5621 四国 ☎087-833-4833 九州 ☎092-948-2010
整備工場 関東工場 ☎027-460-7011 名古屋工場 ☎0568-77-6363 大阪工場 ☎06-6475-8461 九州工場 ☎092-948-2010

安心と信頼

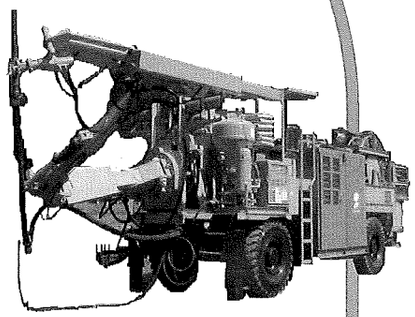
SANWA RENTAL



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）



M26C型坑内用ダンプ
新キャタピラー三菱製



SFW1C−6S型合体型吹付機
富士物産製

〈経験と実績、メーカーとの一体型、安心と信頼〉
を追求し、お役に立つよう日々行動しています。

- ●TotalCost削減の為にサービスマン付レンタルを積極的に展開中です!
- ●メンテナンス対応=ご希望のサービス体制をお聞かせ下さい。
  50名のメンテナンスサービス員が、迅速に対応致します。
- ●ユーザーニーズに合った提供システム=現場のご予算をお聞かせ下さい。
- ●総保有機台数 500台=ブローカーにない強み! 途中入替もOK!

トンネル機械の総合レンタル

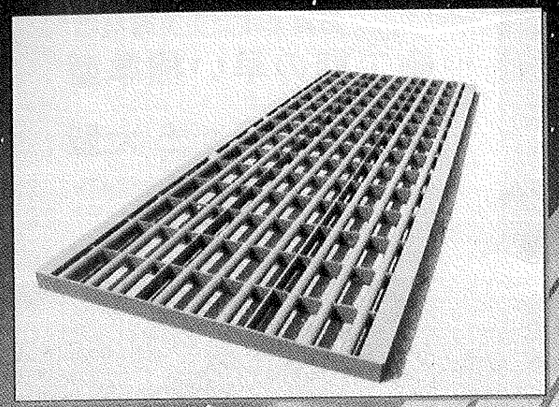
三興レンタル株式会社

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

〈協賛〉
サンドビックトーヨー㈱
新キャタピラー三菱㈱
富士物産㈱

NTロードマット

意匠登録済み特許出願中

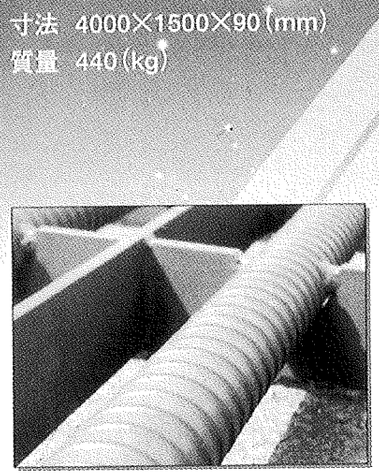


NTロードマットはパイプ表面の溝とリブによって滑り止め効果が得られパイプによって沈み込みを防止し、安定した仮設道路を作ることができます。

こんな現場に
- 雨や湧水で敷鉄板が滑りやすい
- 車のタイヤを埋めたくない
- 坂道で滑りやすい
- 軟弱地で沈み込みやすい

是非、お試し下さい。

寸法 4000×1500×90(mm)
質量 440(kg)





製造販売元 △ 日東鐵工株式会社

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

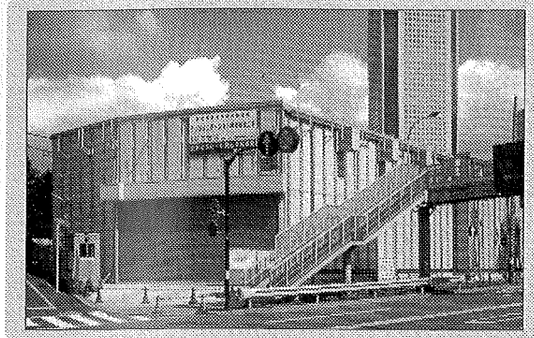
本　　社　〒142-0043　東京都品川区二葉4-1-20 MC中延ビル
TEL(03)5702-0161(代) FAX(03)5702-0165

中国営業所　〒700-0824　岡山県岡山市内山下1-5-11 YAF内山下ビル
TEL(086)234-4800(代) FAX(086)234-4400

相模原工場　〒229-1112　神奈川県相模原市宮下1-1-38
TEL(042)773-4111(代) FAX(042)774-0939

注:当仕様は改良のため予告なく変更させていただくことがあります。

大丸の防音システム



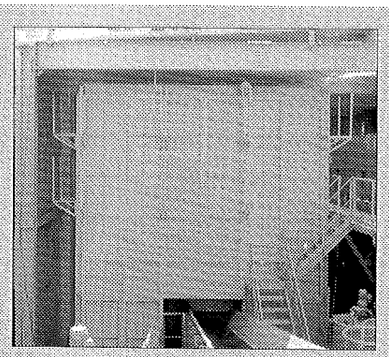
サイレントハウス(Bタイプ)

- ●工期の早い標準型
- ●音源対策から大型プラントまで

コスモス（Cタイプ）

- ●防音効果が最大
- ●環境問題の解決に





VLFシステム

- ●超低周波音対策に
- ●16Hzで-26dB（実績）

設計・施工　東京都知事許可(般ー13)第76001号　鋼構造物工事業
建設コンサルタント登録　建13第5745号

DMR Daimaru

大丸防音株式会社

http://www.daimaru-bouon.co.jp

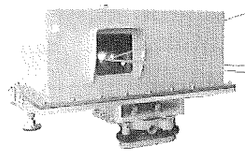
本　社　〒104-0043 東京都中央区湊2-4-1　TOMACビル2F
TEL.03-3537-6700（代表）　FAX.03-3537-6701

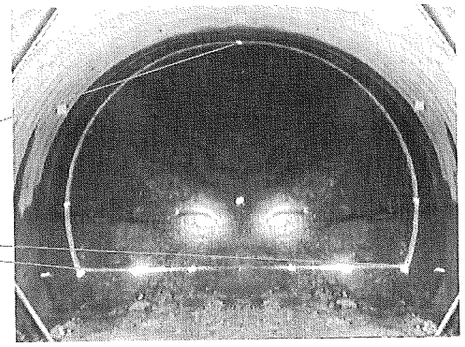
営業所　〒564-0062 大阪府吹田市垂水町3-28-16 オーベクスビル
TEL.06-6821-6151　FAX.06-6821-6477

レーザーマーキングシステム

国内、海外特許取得済み

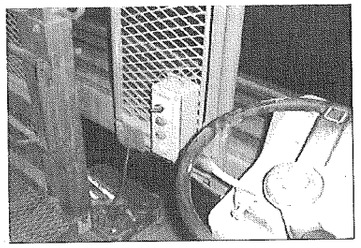
残像効果を使ったペイント不用の連続高速照射を実現





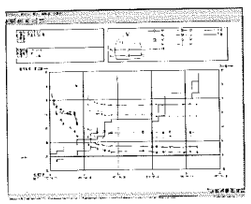
現場環境に耐え得る頑強なコントローラー



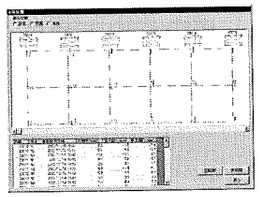


ジャンボに取付けて使用可
AC200V対応

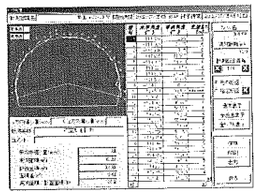
各種トンネル計測関連ソフトも標準装備。もちろんネットワークにも対応。



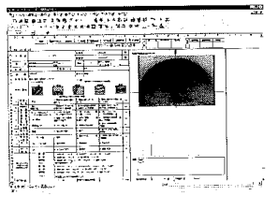
A計測データ処理



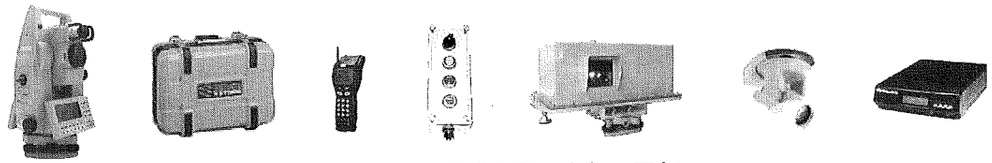
支保工立込精度、変形量



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ー16ー3
TEL(047)371-3191　FAX(047)371-3190

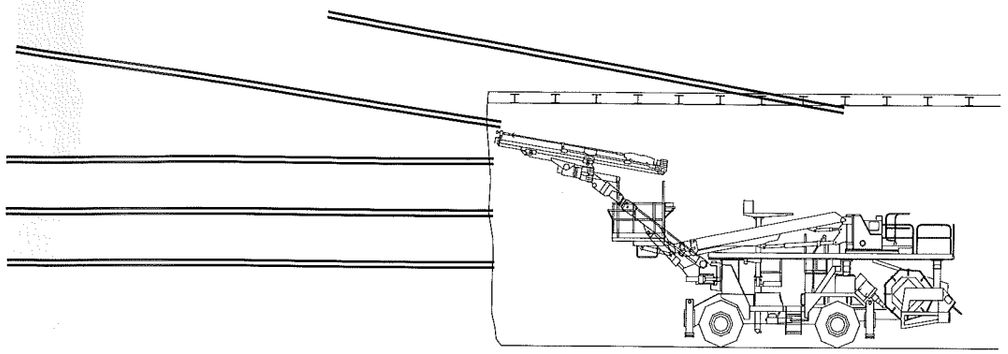
〔販売元〕
古河ロックドリル株式会社
伊藤忠建機株式会社
株式会社レント

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

発泡型シリカレジン

SR－L

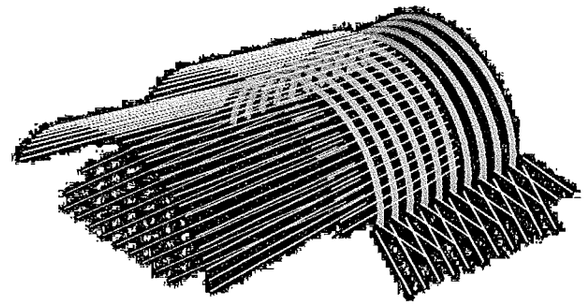
SR－Lは、シリカレジンをベースとして従来のセメント系や無機系定着材の欠点を克服し、パノラマ工法の定着材として開発された発泡タイプの定着材です。
砂層、粘土層及び亀裂の多い崩壊性岩盤や破砕帯に注入することにより、高強度の複合シリカレジンを形成し芯材を確実に地山に定着させ、さらに発泡性能によって亀裂に充填されることにより芯材周囲の地山を改良できます。

注入式長尺先受工法

AGF工法
AGF－P工法
AGF－S工法

小口径長尺先受工法

Small-P工法



鋼管膨張型ロックボルト

タイムリーアンカー

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　TEL 03-3260-8321　FAX 03-3266-1648
関西営業所　〒550-0015　大阪市西区南堀江4丁目1番18号　TEL 06-6578-3235　FAX 06-6578-3237
広島事務所　〒735-0022　広島県安芸郡府中町大通1-2-13　TEL 082-285-6601　FAX 082-285-6651
九州営業所　〒816-0932　福岡県大野城市瓦田4-15-26　TEL 092-574-0856　FAX 092-574-0846
北海道地区　〒003-0011　札幌市白石区中央1条5丁目8番2号　㈱エイチ・アール・オー　TEL 011-821-5868　FAX 011-821-6644

トンネル工事のコストダウンにご利用ください

高効率・低粉じん

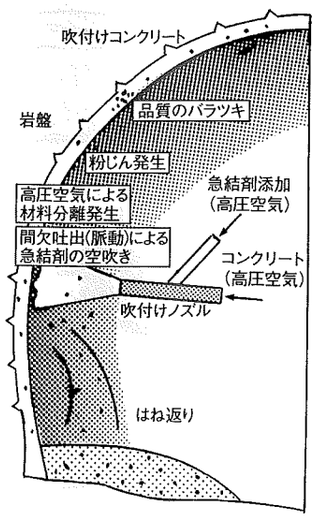
SEC吹付けコンクリート

建設技術審査証明（平成15年土木研究センター建技審証第0309号）

【性能向上のために分割練混ぜ（SEC）をしたコンクリート】

■はね返り率，粉じん発生量は，一括練りに対して10%以上減少する。
■材齢28日コア圧縮強度は一括練りに対して10%以上高い。

吹付けコンクリートの課題



SECおよび高品質吹付け技術（シリカフューム・石灰石微粉末を活用して粘性の向上を計る）による課題の改善

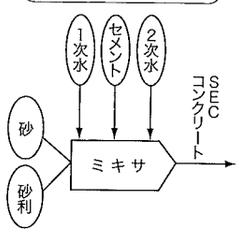
SECの造殻効果

- 分離抵抗性の増大
- ホース内圧送抵抗の低減
- ポンプ圧送性の向上
- 急結剤・混和剤使用量の低減

高品質吹付けの効果

- 粘性の向上によるさらなる分離抵抗性の増大
- はね返り・発生粉じんの大巾な低減
- トンネル掘削コストの縮減

SEC対応のバッチャープラント



実績
湿式吹付け（一般）：140トンネル
高品質吹付け（新幹線・他）：120トンネル
初期高強度吹付け（新幹線）：4トンネル
高強度吹付け（第2東名・他）：5トンネル

SEC®（**S**and **E**nveloped with **C**ement）工法は，配合水を分割投入して練り混ぜることにより，低水セメント比のセメントペーストを骨材表面に付着（造殻）させるコンクリート工法です。

吹付けコンクリートにとって必要なコンクリートとは，過酷な加圧&外力（ポンプ圧送圧，空気圧，壁面への衝突圧）に抗することができる粘性をもった材料分離が少ないコンクリートです。

これをSEC工法により経済的に製造することで吹付けコンクリートの施工性能が向上します。

SECコンクリート機械協会がお手伝いさせて頂きます。

SECコンクリート機械協会

正会員	リブコンエンジニアリング㈱	石川島建材工業㈱	㈱東洋製作所	㈱北川鉄工所
	光洋機械産業㈱	成和機工㈱	石川島建機㈱	㈱ティーエムシー
	日工㈱	名岐機器㈱	丸友機械㈱	村上工業㈱
特別会員	大成建設㈱	㈱大林組	清水建設㈱	㈱熊谷組
賛助会員	ユアサ商事㈱	東友エンジニアリング㈱	グレースケミカルズ㈱	㈱ポゾリス物産
	伊藤忠建機㈱	㈱イゲタプロテック	新和商事㈱	㈱フローリック
	日産機㈱	電気化学工業㈱	太平洋マテリアル㈱	

事務局 〒100-0006 東京都千代田区有楽町1丁目12番1号 新有楽町ビル リブコンエンジニアリング㈱内
電話 03（3287）8011㈹ FAX 03（3287）8015 協会 http://www5.ocn.ne.jp/~ seckikai/

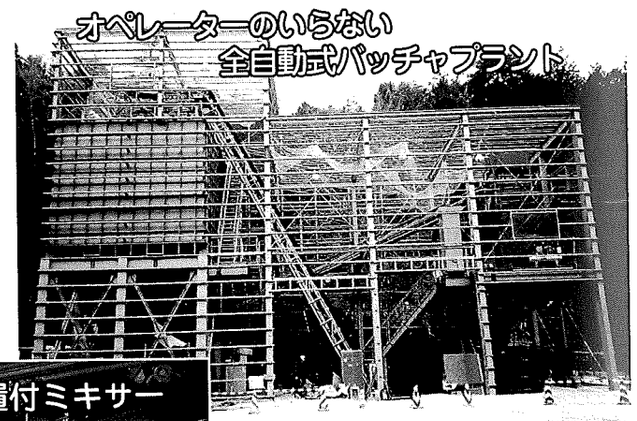
高品質・SEC・高強度対応型 吹付プラント

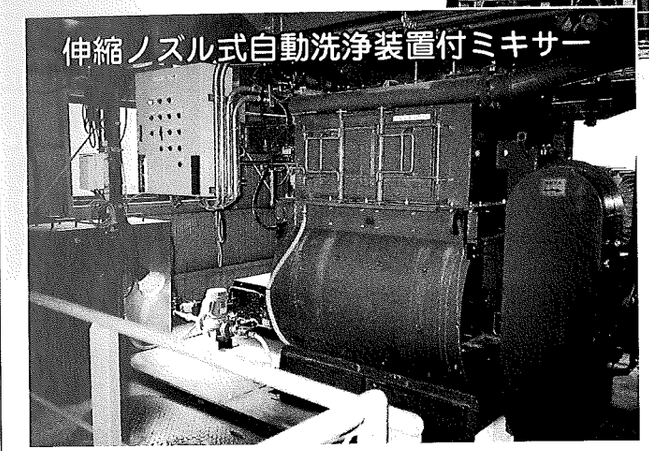
全自動式 **バッチャプラント**

吹付コンクリート用

自動スランプ調整装置

バッチャプラントの水分補正は名岐の自動スランプにおまかせ下さい。





■ MKS-500KBE-TME型

長工期トンネルに適し人件費の大幅削減！

生コン洗浄水処理装置

ミキサー洗浄水
トラミキ洗浄水
リサイクル

- スチールファイバー供給設備
- 濁水処理プラント（能力 10T/H～100T/H）ユニットタイプ
- 砕石プラント・産廃プラント・ベルトコンベアー 設計・製作
- 油圧バケット、特殊クレーン設計・製作
- ターンテーブル（30ton・重タンプ用・40ton通過）

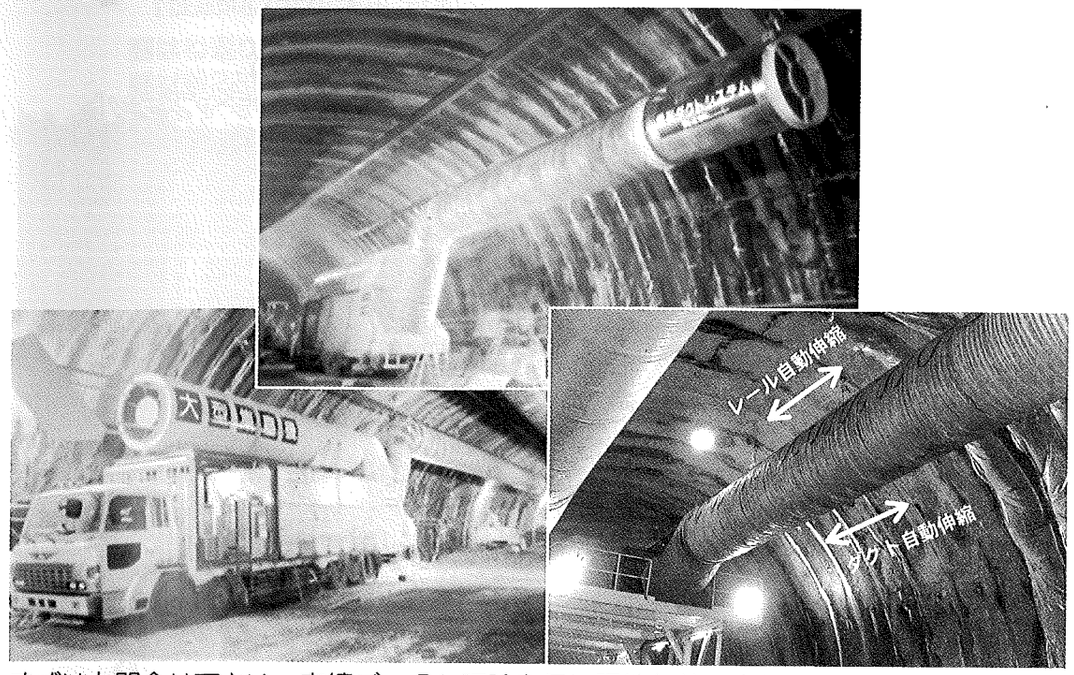
名岐機器株式会社

本社 岐阜県養老郡養老町有尾600-100
〒503-1227 TEL（0584）35-3735㈹ FAX（0584）35-3736

本巣工場 岐阜県本巣市神海
〒503-1235 TEL（0581）32-5066 FAX（0581）32-5565

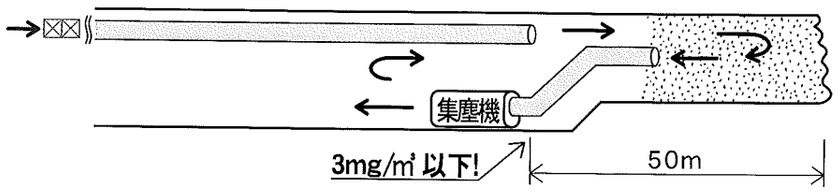
吸引ダクトシステム

ガイドラインをクリア(※)0.5mg/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～Φ1800、負圧－2kpa、収縮率1/5、100m以上もレンタルで対応可。

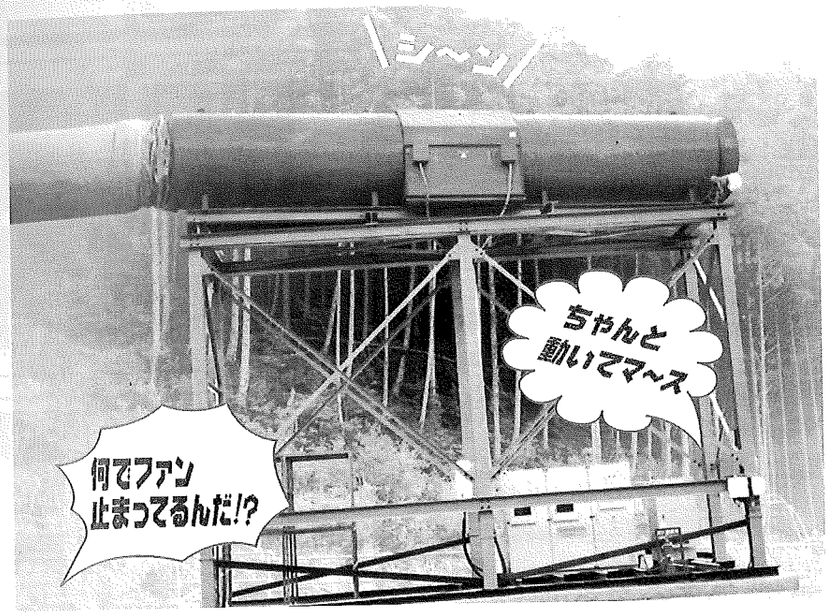


宇宙・原子力・環境など開発部門の人材を募集しています

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84-6
ﾘｰｽｾﾝﾀｰ TEL：0296 (37) 7680 (代) FAX：0296 (37) 7681

超低騒音・二軸反転ファン エアロ★MAX

耳をすまして下さい！●●サ・ア・～これ、ファンの音なんです。



今時、静かなのは当たり前!!

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：**標準78dB(A)**、オプションサイレンサーで60dB(A) 以下も可能。
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：長年にわたってつちかっ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の幅広い揃えで対応致します。
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84-6
ﾘｰｽｾﾝﾀｰ TEL：0296 (37) 7680 (代) FAX：0296 (37) 7681

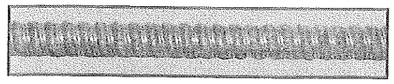
— NATMを支える —

技術と信頼！

ケー・エフ・シーの ロックボルト

全ネジFRP ロックボルト

CG22S

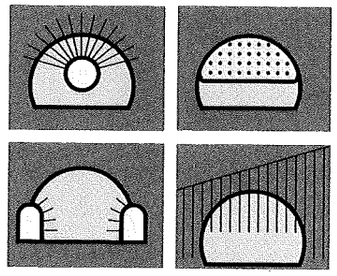


（中実タイプ）

CGR32

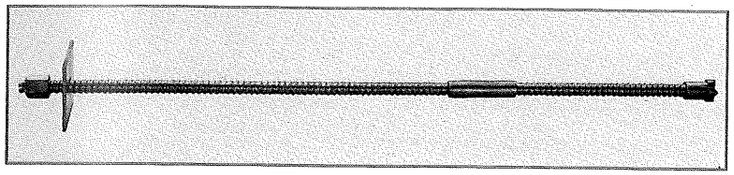


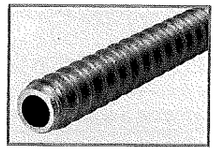
（中空タイプ）

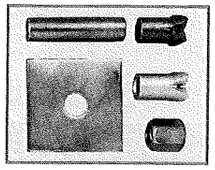


FRPボルトに全ネジ加工することによって、ナット取付け、カプラー接続が簡単にできます。

自穿孔 IBO アンカー





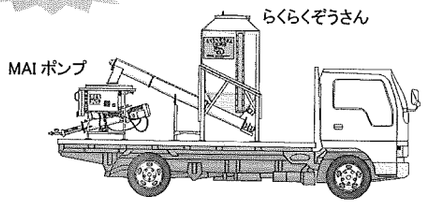


現場での取扱いが非常にし易い R32 ネジを全長にわたって転造した中空ロックボルトです。

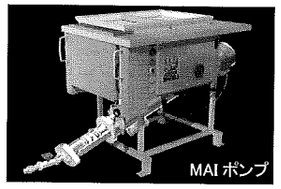
MAI ポンプ＆らくらくぞうさん（モルタル投入システム）

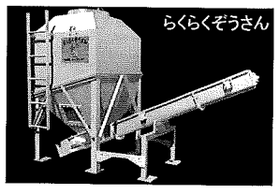
特許第 3256532 号（らくらくぞうさん）

ECO システム！



現場ゼロエミッションに貢献します。







環境にやさしいパッケージ
「ふたたびくん」

KFC 株式会社 ケー・エフ・シー

東京土木営業部　TEL(03) 3798-8511　FAX(03) 3798-8516
大阪土木営業部　TEL(06) 6363-1884　FAX(06) 6313-0755
名古屋支店　TEL(052) 223-1050　FAX(052) 223-1059
札幌支店　TEL(011) 751-4681　FAX(011) 751-4682

ホームページ http://www.kfc-net.co.jp/

1本1本が大切！　だから

次世代 防食 ロックボルト

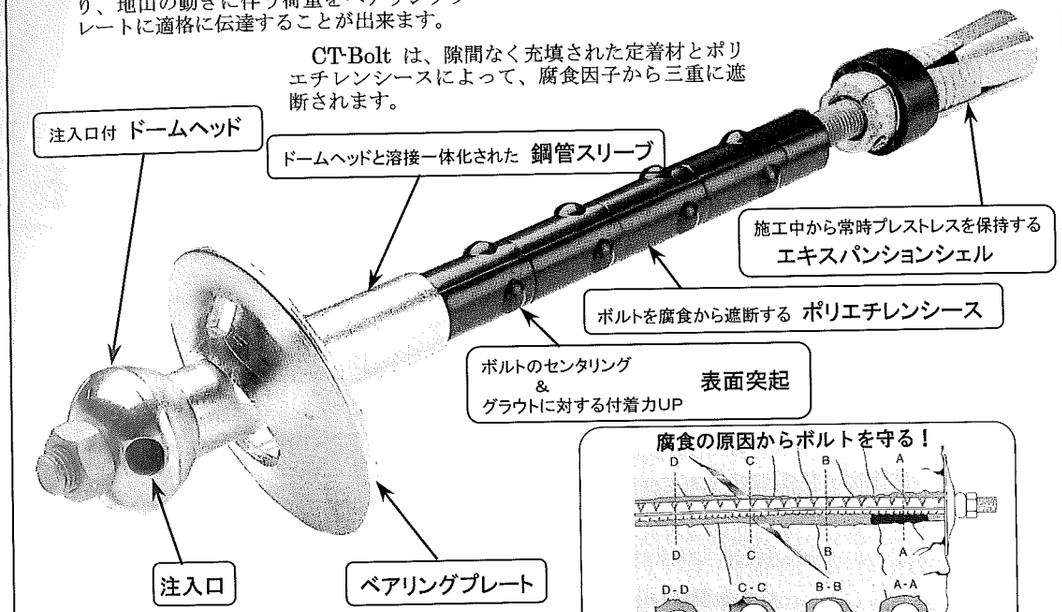
CT-Bolt

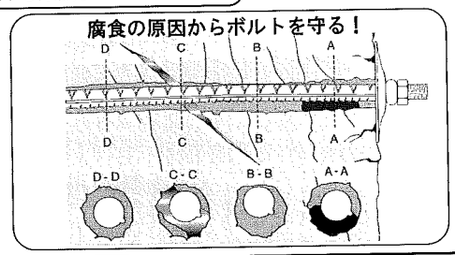
Ørsta Stål

通常施工により超長期支保

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

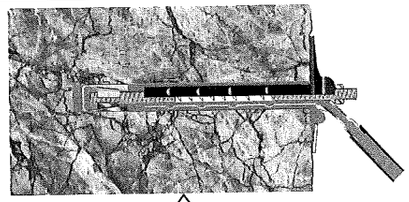
CT-Bolt は、隙間なく充填された定着材とポリエチレンシースによって、腐食因子から三重に遮断されます。





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

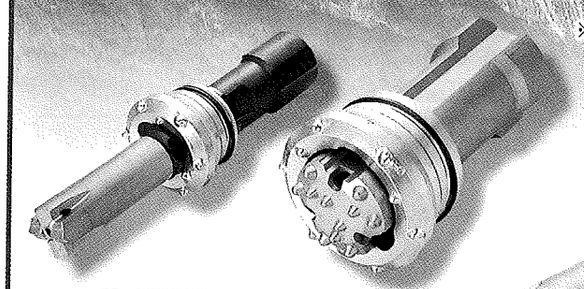
CT-Bolt は、広い範囲の粘度のグラウト注入が可能です。グラウトはポリエチレンスリーブ内に充填された後、先端部から孔壁とスリーブの間を充填して戻り、リターンによって全面定着が確認出来ます。

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

ユニークな発想と高品質・自信の価格



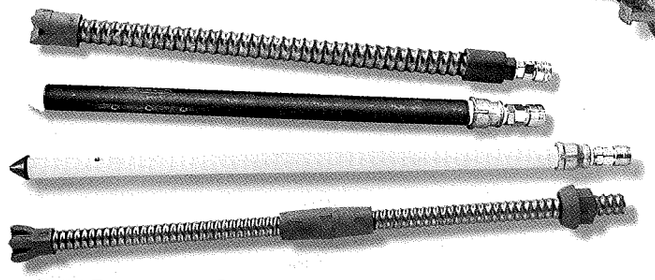
※連続突起を有する鋼製シースを地山に引込み、芯材を挿入して固化材を注入。周辺地山にしっかりと"**FIX**"します。



STD BITS

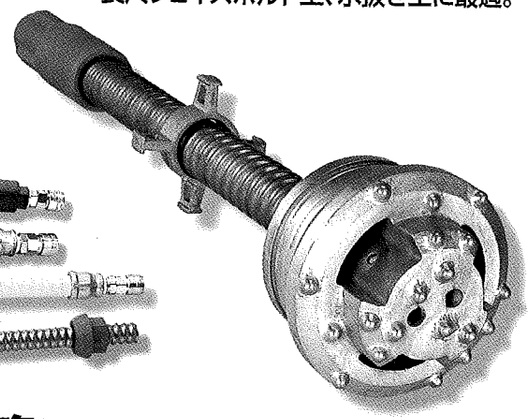
（ロストリング方式）

呼 称	鋼管径	リングビット径
65A	φ76.3	φ86
90A	φ101.6	φ108
100A	φ114.3	φ124
125A	φ139.8	φ144



FIX TUBE 工法

長尺フェイスボルト工、水抜き工に最適。



自穿孔ボルト&注入管

名　称		形　状 外形状	形　状 内　径	降伏荷重 (kN)	破断荷重 (kN)
SPアンカー		R29	φ13	204	>255
		R32	φ17	204	>255
		R38	φ16	400	>500
SPミニパイル		R51	φ29	600	>750
		R73	φ50	960	>1200
注入管	鋼管	φ27.3	φ15	155	>215
	GFRP	φ28	φ17	–	>180

※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。

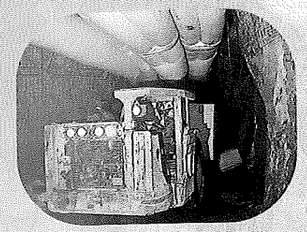
AGF-SP 工法

R38自穿孔ボルトで二重管打設してロッドを回収しない、高速・高剛性長尺先受け工法です。坑口などでのミニパイプルーフとして最適。

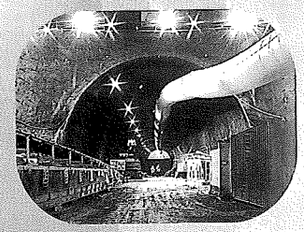
STE
エスティーエンジニアリング株式会社
ST ENGINEERING CORPORATION
〒581-0869　大阪府八尾市桜ヶ丘3丁目101番地
TEL.0729-90-0250 FAX.0729-90-0251
E-mail : steng@kawachi.zaq.ne.jp

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





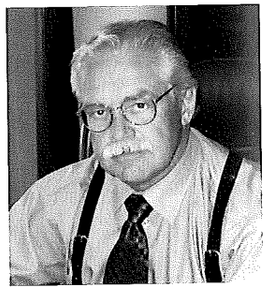


親愛なる日本の皆様

ABCカナダは，1968年の設立以来，トンネル掘削・鉱山用高品質換気システム開発に常に斬新な改革を続けてまいり，現在ではそれらの多くの現場において世界で最も優れた風管メーカーとしての地位を得ております．

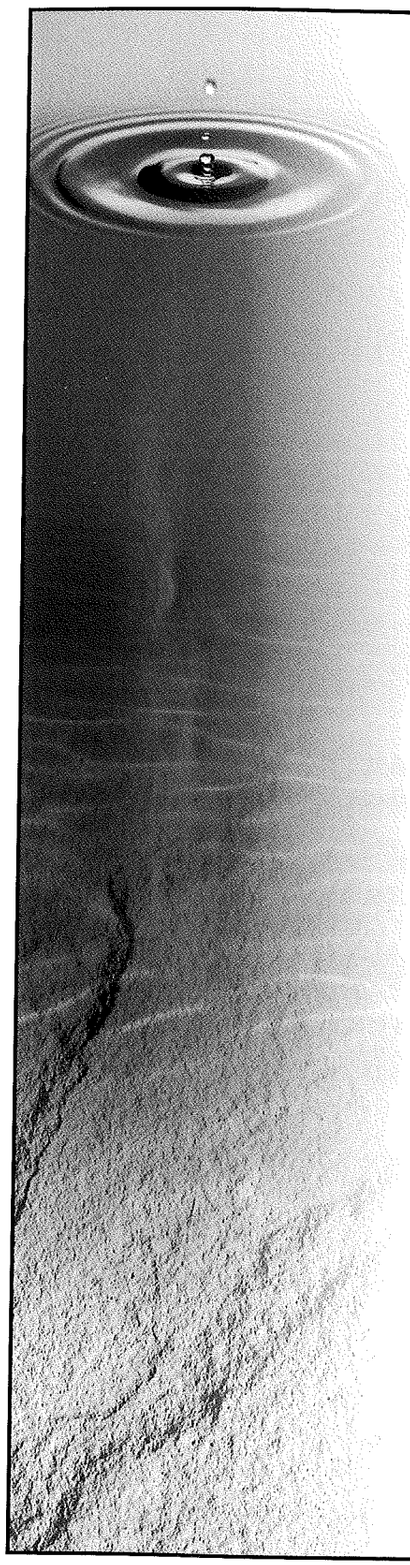
ABCカナダの最も重要な使命は，風管メーカーとして如何にお客様の要望に応え，如何にお客様に満足を与えることが出来るか常に努力を続けることであり，それがお客様の幸せに貢献できるものと信じております．そのためにABCカナダはいち早くISO9001をクリアし，品質管理面においても常にお客様の満足度を満たすために努力をしております．

37年間の悲願としてこのたび日本のマーケットに参入できることはABCカナダにとり大きな喜びであり，日本国内総代理店である東友エンジニアリングと共に日本のお客様に十分満足していただける商品とサービスをお届けしていきたい所存です．



Darryl C. Yausie
President
ABC Ventilation Systems

総代理店　東友エンジニアリング株式会社　代表取締役社長　泉　俊憲
〒102-0073　東京都千代田区九段北３丁目２番地５号　東伸24九段ビル８階
TEL 03-3234-8901　FAX 03-3234-8900
TOYU GROUP　株式会社トーユーエコサポート　TEL 03-5226-5971　FAX 03-5226-5974
（取り扱い商品：防音システム）
トーユーサービス株式会社石岡工場　TEL 0299-27-6211　FAX 0299-27-6233

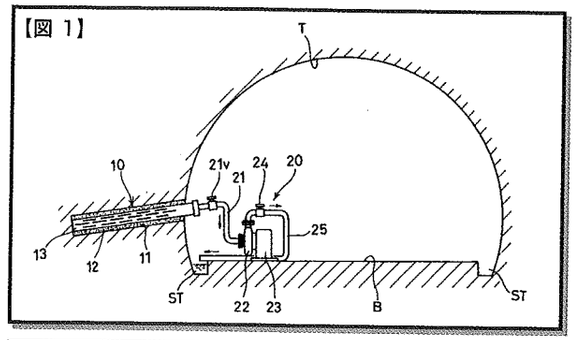


トンネル坑内 湧水濾過処理工法

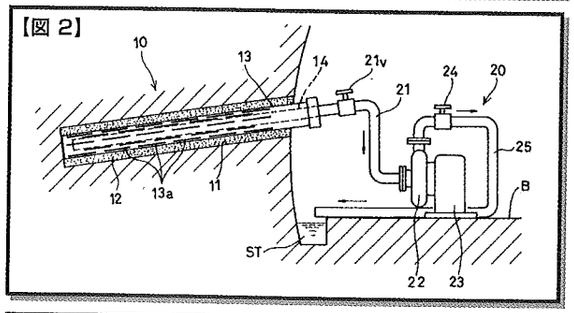
特許 第3497116号

トンネル坑内で掘削時に発生する湧水を濾過処理する湧水濾過処理方法において、掘削されたトンネル内に生じた湧水点又はその付近に削孔を掘削し、周囲の土に影響を及ぼさない濾過材でストレーナ管の外周を囲んだ濾過手段を上記削孔に装着し、この濾過手段で湧水を濾過して清水とし、その清水を所定の吸引圧で吸引して側溝へ排出するようにしたことを特徴とする湧水濾過処理方法。

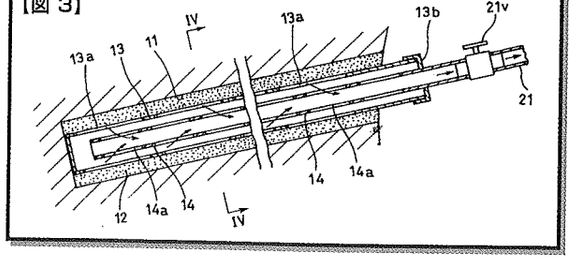
【図 1】



【図 2】

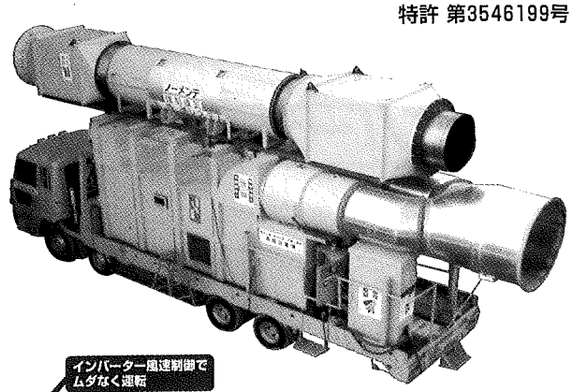


【図 3】



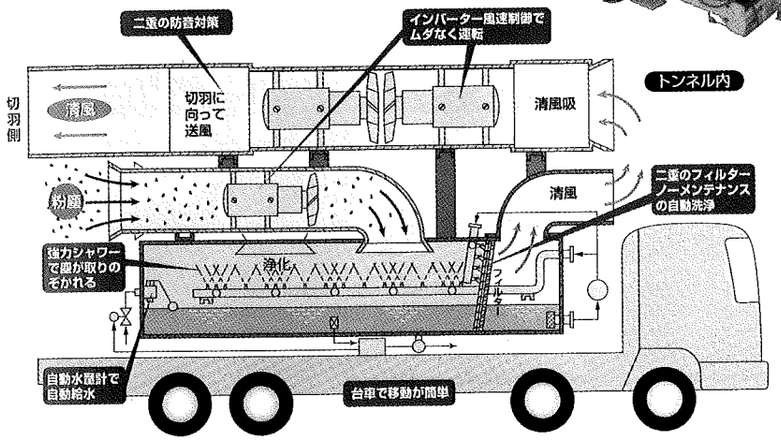
ノーメンテナンス“集塵機”強制換気システム

特許 第3546199号



集塵機の目的

- 人体に有害な粉塵の除去
- 作業員の視野の確保
- 周辺の環境の粉塵公害対策



【仕様表】

		集塵機	集塵機強制換気ファン	
		S-C-900	SW37	SW55
吸込ファン	型式	MFA90Pz 37kw	SW37kw 2連並列	SW55kw 2連並列
	口径	φ900	φ1,000	φ1,100
	風量	700m³	1,100m³×2 2,200m³	1,200m³×2 2,400m³
	全圧	全圧180mmAq×9.8=1,764pa	1台当り全圧180mmAq×9.8=1,764pa×2台	1台当り全圧240mmAq×9.8=2,352pa×2台
	回転数	1,450rpm 50Hz 1,800rpm 60Hz	インバータ 400rpm~MAX1,800rpm	インバータ 400rpm~MAX1,800rpm
送気ファン	型式	—	SW55kw 2連直列	SW80kw 2連直列
	口径	—	φ1,200	φ1,300
	風量	—	1,300m³×1 1,300m³	1,500m³×1 1,500m³
	全圧	—	全圧500mmAq×9.8=4,900pa	全圧500mmAq×9.8=4,900pa
	回転数	—	インバータ 400rpm~MAX1,800rpm	インバータ 400rpm~MAX1,800rpm
散水圧力ポンプ	型式			
	吐出量	1,000ℓ/min	1,000ℓ/min	1,000ℓ/min
	出力	7.5kW	11kW	11kW
	回転数	1,500rpm~1,800rpm	1,500rpm~1,800rpm	1,500rpm~1,800rpm
	装置寸法	L4,500 H2.800 W1.800	寸法は現場のニーズによる	寸法は現場のニーズによる
	能力	セメント粉塵 60% 岩切粉塵 40% 吸気1,000カウント~排気200カウント	セメント粉塵 60% 岩切粉塵 40% 吸気1,000カウント~排気200カウント	セメント粉塵 60% 岩切粉塵 40% 吸気1,000カウント~排気200カウント
	1カンウント	=1m²空気中に0.01mmgの粉塵量	=1m²空気中に0.01mmgの粉塵量	=1m²空気中に0.01mmgの粉塵量
その他		—	温度計、排水システム、記録計付きインバータ制御で、粉塵の状況に応じて風速も自由に変換できます	

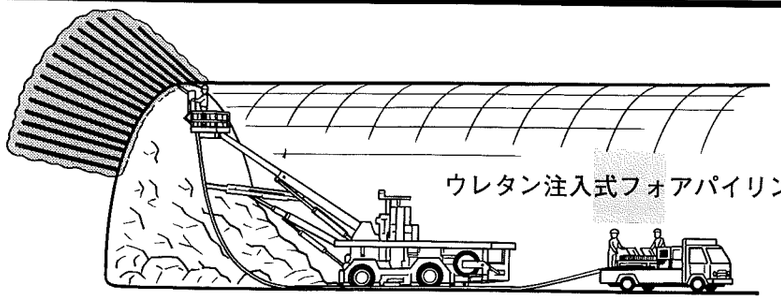
S 株式会社 阪本商会
http://www.sakamoto-shokai.co.jp
本 社：大阪市浪速区稲荷1丁目10番4号
TEL.(06)6562-7657 FAX.(06)6562-7650
西営業所：兵庫県小野市大開町字南谷415-30
関東営業所：静岡県田方郡天城湯ヶ島町佐野字奥野869-619

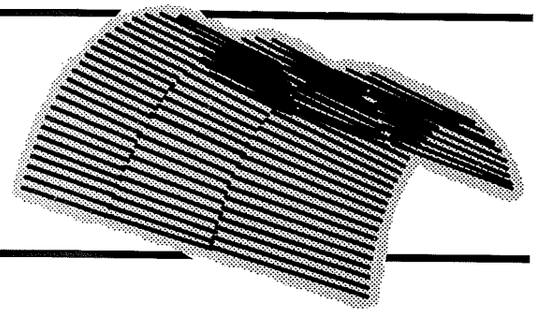
BRIDGESTONE

厳しい条件下の施工に
迅速な対応・信頼の
ブランド

ブリヂストンのトンネル資材

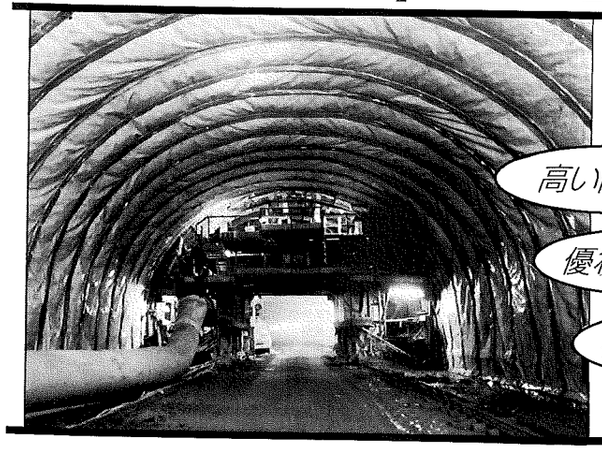
切羽の安定化対策用補助工法
エバーライトGK工法
ウレタン注入式岩盤固結工法





注入式長尺先受工法
(AGF工法)

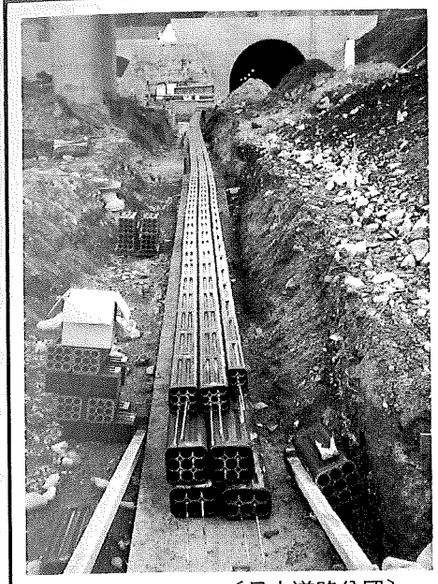
ナトミックシート
トンネル用防水シート



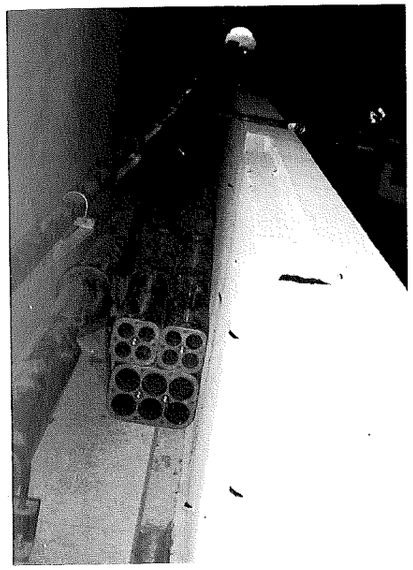
高い防水性
優れた耐久性
容易な施工性

株式会社ブリヂストン　土木・海洋商品販売部
東京都中央区八重洲1丁目6番6号 〒103-0028
電話　東京(03)5202-6870

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〕

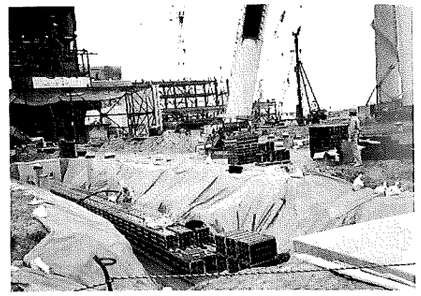
地下ケーブルの保護に
杉江の多孔陶管

セラダクト

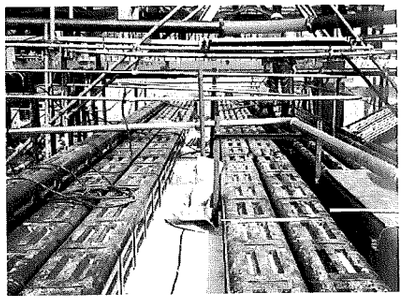
燃えない　錆びない　壊れない

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。

sugie 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

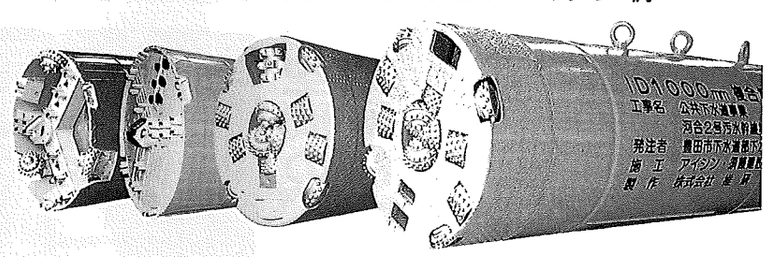
岩盤推進を創めて20年

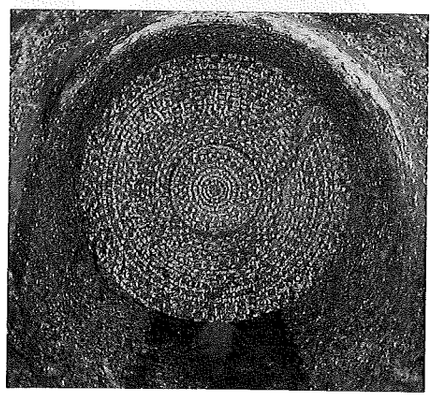
軟弱土から硬岩まで!!

複合推進工法（C.M.T工法）

- ●800mm～3000mmまで対応
- ●機内よりビット交換が可能です.
- ●岩盤と普通土との互層土質も施工可能です.
- ●長距離曲線推進も可能です.

■ CMT工法で使用される様々なカッターヘッドの一例





C.M.T工法協会
株式会社 推研
本　社 〒547-0002 大阪市平野区加美東4-3-48
TEL 06-4303-6026
FAX 06-4303-6029
研究所 〒569-1044 大阪府高槻市上土室3-29-7
TEL 0726-94-6164
FAX 0726-92-0186

コンクリートの劣化，欠陥箇所の改修，補修……

急硬性改修モルタル

ドクターQ改修工法



〈工期短縮，即日仕上り〉

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

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

エアモルタル裏込め注入……

エスコート L&K 起泡剤



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

◆土木資材の綜合プランナー◆
株式会社 マイール
〒142-0043 東京都品川区二葉1丁目18番8号
TEL 03（3787）1131（代）

degussa.

creating essentials



「メイコSAエコショット」は、従来の液体急結剤よりさらに硬化特性を向上させ、特に単位セメント量が360kg/m³の一般強度吹付けコンクリートに適した性能を有しています。そのうえ成分中にアルカリ分を含まない液体急結剤で、作業員に対する安全性が著しく高く、しかも粉じんおよびリバウンドを大幅カット。作業環境と経済性を飛躍的に改善します。また、単位水量を大幅に低減する湿式吹付けコンクリート用高性能減水剤**「NT-1000シリーズ」**を併用することにより、さらに付着性や急結性、強度発現性などが優れる、品質の安定した経済的な吹付けコンクリートの施工を可能にします。

NEW

アルカリフリー液体急結剤

メイコ®SAエコショット

湿式吹付けコンクリート用高性能減水剤

NT-1000シリーズ

●高強度化・施工性の改善にはシリカフューム**「メイコMS610」**
●湿式吹付けコンクリートの練り置き時間を
1～16時間できる**「デルボクリート」**

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

株式会社 エヌエムビー
株式会社 ポゾリス物産

●本社／東京都港区六本木3-16-26 TEL03-3582-8814(直) FAX.03-3583-3800
●支店／東京、大阪 ●営業所／札幌、仙台、宇都宮、千葉、横浜、上越、松本、静岡、名古屋、高松、広島、福岡、鹿児島
URL／http://www.degussa-cc.jp

●(株)エヌエムビーは中央研究所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。

環境にやさしい高浸透型注入材 TT2000

TT2000

- 高い浸透性と優れた止水性をあわせもった注入材です。特に未固結の砂質地盤の改良に威力を発揮します。
- 毒物・重金属を含んでおらず、引火・燃焼しない安全性の高い注入材です。
- 専用注入機の使用により取り扱いが容易、且つ薬液配合比率の設定で硬化時間の調整が可能です。



■アクリル酸塩系注入材によって自立している地山状況

ご案内 当社が所有する地山固結工法に関する特許権(特許番号第2056106号・第2784561号)に就いて、本誌2002年1月及び2月号に掲載した弊社広告の中でこの特許発明名称として、『地山固結工法(長尺先受工法)』と表示いたしましたが、(長尺先受工法)との部分は登録された発明の名称中に含まれるものではなく、また本件特許は長尺先受工法そのものを内容とするものではございません。

事実と異なった記述を掲載いたしましたことと、関係各位にご迷惑をお掛けいたしましたことをお詫び申し上げます。

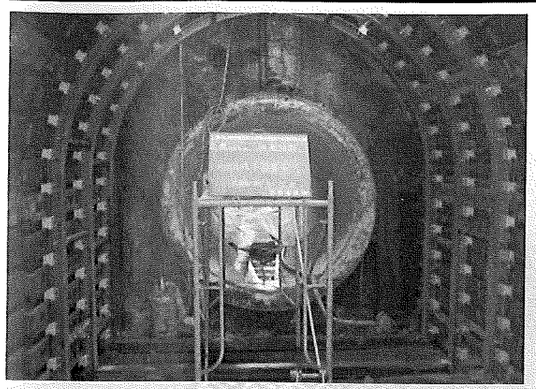
なお、この特許(特許番号第2056106号)に関しましては係争中のことでもありましたので、お知らせが遅くなりましたことも、重ねてお詫び申し上げます。

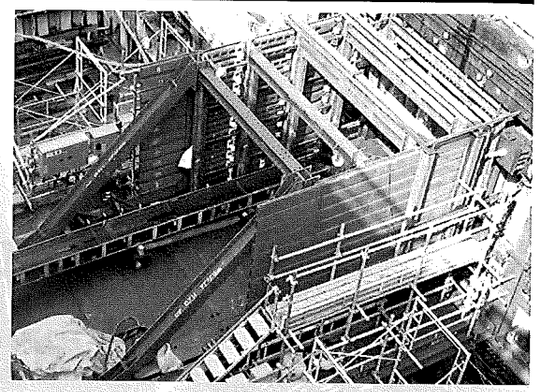
TRI TOKAI
東海ゴム工業株式会社

本　　社 愛知県小牧市東三丁目1番地 ☎(0568)77-1024(直通)
東京支社 東京都港区赤坂1丁目11番30号(赤坂1丁目センタービル2階) ☎(03)3585-1557(代表)
大阪支社 大阪市西区新町1丁目4番26号(栄泉四ツ橋中央ビル8階) ☎(06)6533-2125(代表)
名古屋支店 愛知県小牧市東三丁目1番地 ☎(0568)77-4908(代表)
広島支店 広島市中区紙屋町1丁目3番2号(銀泉広島ビル5階) ☎(082)248-1991(代表)
福岡支店 福岡市博多区東比恵3丁目16番7号 ☎(092)451-3261(代表)
札幌支店 札幌市中央区南1条西12丁目322番地(新永ビル2階) ☎(011)261-5586(代表)
東北支店 仙台市宮城野区宮城野1丁目26番-15号 ☎(022)293-3035(代表)
四国営業所 高松市城東町1-6-26 (蓮井ビル4階) ☎(087)851-0556

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)

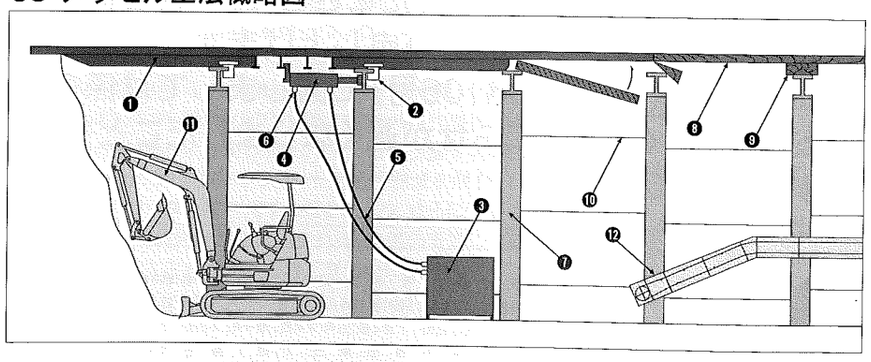
特徴

- 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

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

〒102-0072 東京都千代田区飯田橋4丁目4番5号 TEL.(03)3263-7457(代) FAX.(03)3262-0915

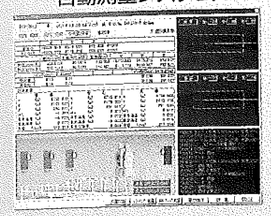
ROBOTEC SURVEY SYSTEM

シールド工事向け自動測量システム

実績 日本国内・アジア No.1

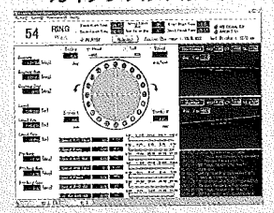
シールド工事における自動測量システムの納入実績は、国内はもとよりアジア地区でNo1となりました。数々の高速・高精度施工の新記録を打ち立て、現在も世界各国の現場で稼動しております。

自動測量システム

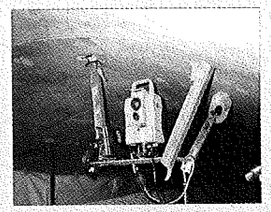


坑内は勿論離れた事務所からの遠隔測量も実現します

ガイダンスシステム



掘削オペレーターには解かり易いガイダンス画面を提供します



トータルステーションは施工工種や施工条件により弊社エンジニアが最適なスペックの機材を提案致します

ARiGATAYA V3.0

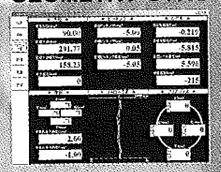
シールド工事向け掘進管理システム

各々の現場における要望等を最大公約数で取り入れ、システムアップし、常に進化しております。
弊社は強力なコンサルタント部門による提案型スタイルで、お客様にご満足頂いております。

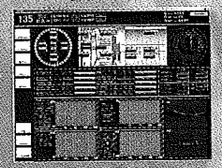
システムタイプ
- 泥土圧 泥水 TBM
- 上下水道 共同溝 地下鉄 道路 etc.
(各々専用のソフトをご用意しております)

オプション
- Shiled Broad Band(ブロードバンドシステム)
- FOG (光ジャイロシステム)
- 3D土量計測システム
- シールド測量パック
- セグメント内空・変位計測
- CG・VR・ホームページ作成

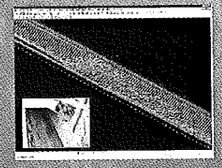
GEOMETRY GYRO



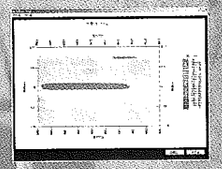
掘進管理



3D土量計測システム



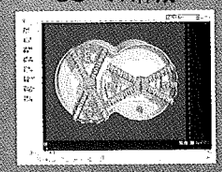
セグメント内空計測



Shiled Broad Band



CG・VR作成

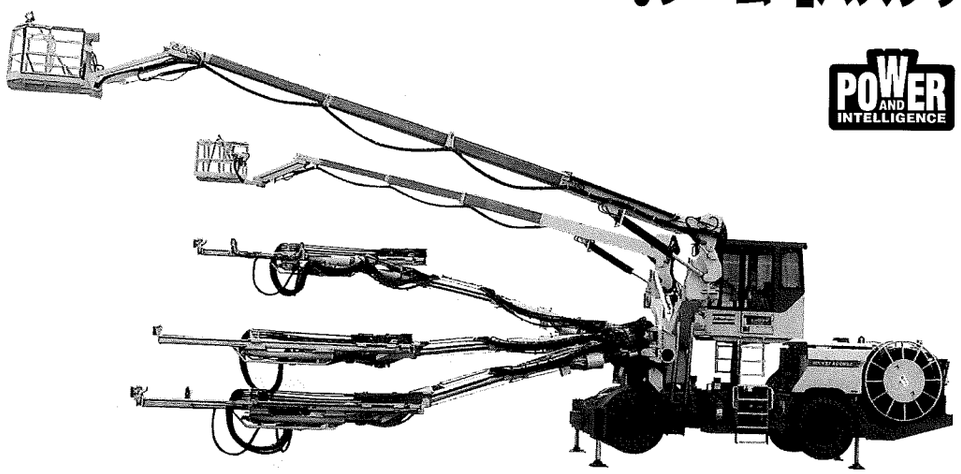


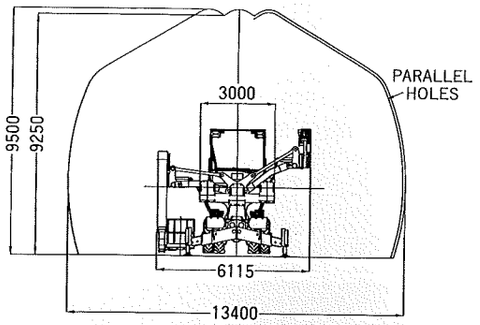
enzan KOUBOU
Visit Our Web Site : www.enzan-k.com
株式会社 演算工房
本社office:京都市中京区烏丸通押小路上る秋野々町535番地 日土地ビル4F TEL:075-213-7200 FAX:075-213-7201
東京office:東京都千代田区神田錦町3-15-5 川崎パークビル17F TEL:03-3518-2588 FAX:03-3518-2589

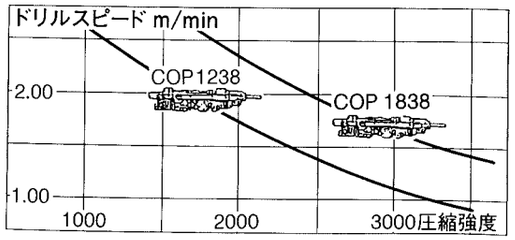
WORKS Cyber

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





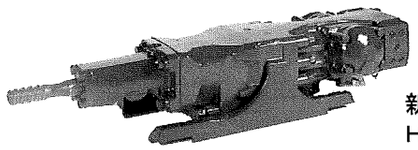


ドリルマシン株式会社
DRILL MACHINE CO.,LTD.

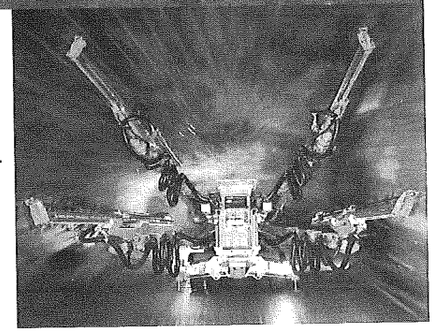
本　　社	〒116-0013　東京都荒川区西日暮里2-23-11 TEL(03)3806-3377番　FAX(03)3806-8461番
関西支店	〒657-0864　兵庫県神戸市灘区新在家南町5-8-4 TEL(078)802-5551番　FAX(078)802-5528番
九州支店	〒839-0841　福岡県久留米市御井旗崎1-6-14 TEL(0942)43-5315番　FAX(0942)43-5832番
焼津営業所	〒425-0072　静岡県焼津市大住638-1 TEL(054)620-7301番　FAX(054)620-7303番
兵庫工場	〒679-1332　兵庫県多可郡加美町大袋川端454-3 TEL(0795)36-0461番　FAX(0795)36-0467番

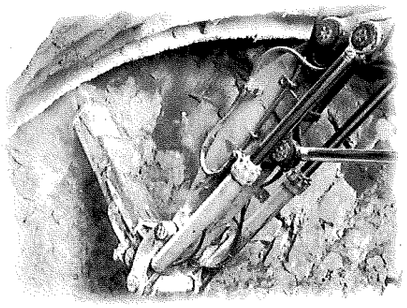


サンドビックトーヨーは、高速さく孔と
作業環境改善の実現をお約束します



新型高性能ドリフター
HLX5



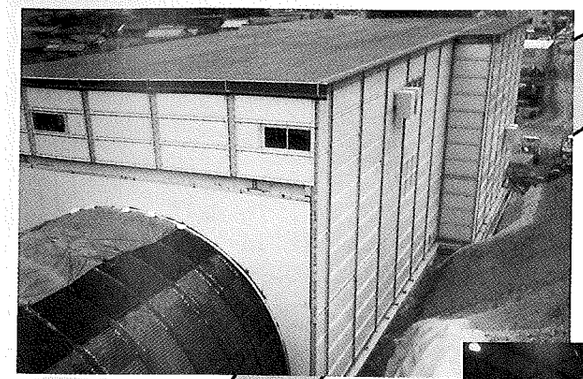


TOYO　EJC　Rammer
TAMROCK　Toro

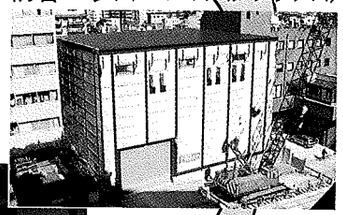
サンドビックトーヨー 株式会社
〒222-0033 横浜市港北区新横浜 2-15-12
共立新横浜ビル6F

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

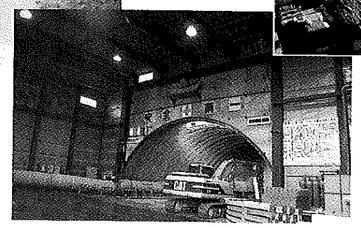
快適な環境を尊重し、理想の作業スペースをクリエイトする



防音シェルター　Dタイプ(デラックス)



防音ハウス Dタイプ(デラックス)

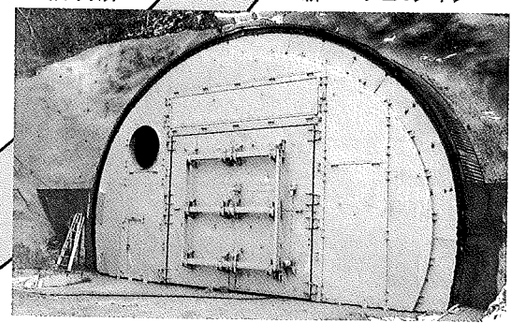


シェルター:ハウス内部



防音壁　Sタイプ(スタンダード)

防音扉　新マークⅡcタイプ



ISO9001認証取得　防音設備の設計、製造、施工、リース:MSA-QS-2351

◆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-12 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 HFビル　TEL03(3617)8111　FAX03(3617)7565

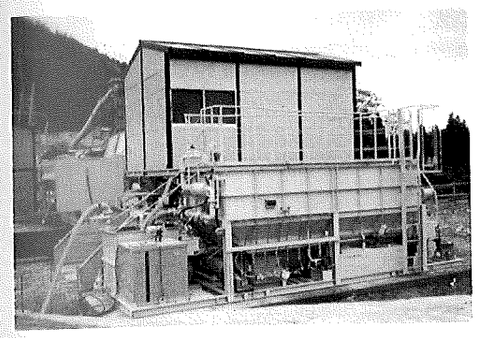
大阪営業所　〒531-0072　大阪市北区豊崎3-15-19 東洋東ビル　TEL06(6359)2611　FAX06(6359)2288

つくば資材センター　〒304-0824　茨城県結城群千代川村大字村岡998-1　TEL0296(30)7888　FAX0296(30)7655

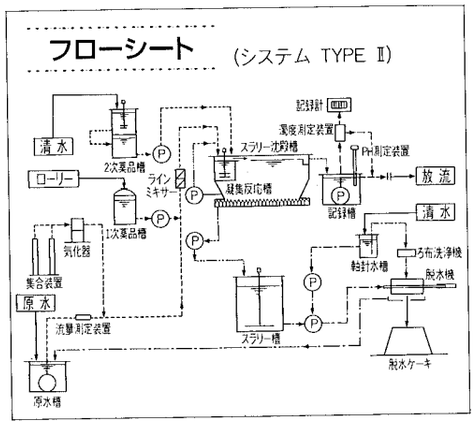
URL http://www.fuse-ind.co.jp　E-mail info@fuse-ind.co.jp

TWS型シリーズ 濁水処理装置

コンパクトながら 大きな処理能力



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。
凝集反応槽攪拌機及び集泥用レーキにインバーターを採用し、水量及び濃度に幅広く対応する。

6．豊富なオプション装置
高分子凝集剤の自動溶解装置
処理水返送装置（異状警報装置と連動）
炭酸ガス後中和処理装置
鉄分除去処理装置（エアレーション装置等）
スラリー再濃縮装置
脱水助材添加装置
自動沪布洗浄装置

シックナー5機種、脱水機4機種を標準化し、処理量に応じた自由な組み合わせが可能です。あなたの現場にピッタリフィットのシステムを御検討下さい。

詳細資料請求、お問い合わせは

株式会社 フジテックス

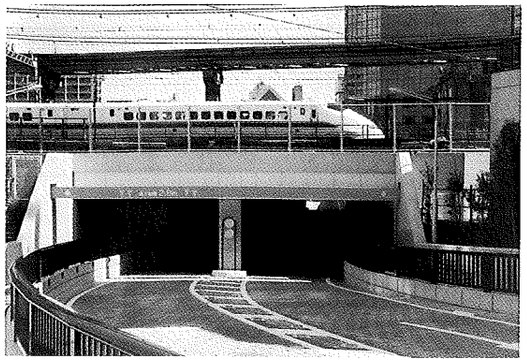
本社　〒930-0821 富山市飯野12-1

TEL (076)452-1616㈹　FAX (076)452-1617

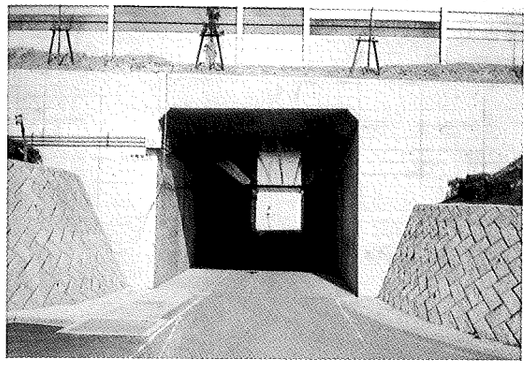
Waste Water Treatment System

新時代を構築するテクノロジー

URT工法　PCR工法



東海道本線川口架道橋（2径間連続ボックス形式）



中央自動車道鳥沢西横断ボックス工事

URT協会会員（五十音順）

アイサワ工業㈱　金下建設㈱　第一建設工業㈱　日本ケーモー工事㈱
㈱浅沼組　九鉄工業㈱　大成建設㈱　日本国土開発㈱
石川島建材工業㈱　㈱熊谷組　大鉄工業㈱　㈱間組
石川島播磨重工業㈱　広成建設㈱　㈱竹中土木　㈱フジタ
伊藤組土建㈱　㈱鴻池組　㈱地崎工業　不動建設㈱
㈱植木組　五洋建設㈱　鉄建建設㈱　前田建設工業㈱
大木建設㈱　佐藤工業㈱　東亜建設工業㈱　三井住友建設㈱
㈱大林組　三軌建設㈱　東急建設㈱　村本建設㈱
㈱大本組　ジェイアール東海建設㈱　東鉄工業㈱　名工建設㈱
㈱奥村組　清水建設㈱　東洋建設㈱　㈱森本組
オリエンタル建設㈱　西武建設㈱　戸田建設㈱　ユニオン建設㈱
㈱加賀田組　㈱錢高組　飛島建設㈱　りんかい日産建設㈱
鹿島建設㈱　仙建工業㈱　西松建設㈱

URT協会

事務局／〒100-0006 東京都千代田区有楽町1-12-1 石川島建材工業株式会社内　電話 03-3216-2933
URL　http://www.urt.jp/

URT事務局分室

〒100-0006 東京都千代田区有楽町1-12-1
石川島建材工業株式会社内　電話 03-5221-7273

PCR事務局分室

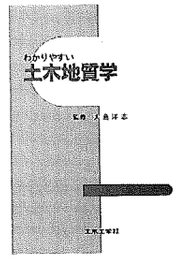
〒140-0001 東京都品川区北品川1-8-11 品川KYビル10F
日本ケーモー工事株式会社内　電話 03-5462-8171

●カタログ請求・お問い合せ先：URT事務局分室・PCR事務局分室

土木工学社の地質学書

〔好評発売中〕

わかりやすい土木地質学



大島洋志 監修

B５判　209頁　税込2,625円　〒340円

主要目次

序　編　トンネルと地質の関わり
1．地質学とは，応用地質学とは　2．トンネルと地質

第Ⅰ編　トンネル工事に必要となる基礎的地質学
1.地球の構造　2.地層や岩石の分類　3.地質作用　4.地質構造　5.地形と地質との関わり　6.日本の地質　7.地下水

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

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

第Ⅳ編　工事を対象とした地質調査の進め方
1.調査の基本　2.地山条件の調査の流れ　3.トンネル工事のための地山評価法　4.調査の成果

〔その他の既刊図書〕

建設工事の保安地質学〔改訂版〕　石井康夫 著　A5判　475頁　税込6,300円　送料340円
建設工事の地質診断と処方　石井康夫・矢嶋壯吉 共著　A5判　324頁　税込4,515円　送料340円
地下水の科学　P.A.ドミニコ・F.W.シュワルツ 共著　大西有三 監訳
第Ⅰ巻　地下水の物理と科学　B5判　235頁　税込4,281円　送料340円
第Ⅱ巻　地下水環境学　B5判　252頁　税込4,485円　送料340円
第Ⅲ巻　地下水と地質　B5判　197頁　税込3,873円　送料340円
岩盤地下空洞の設計と施工　E.フック・E.T.ブラウン 共著　小野寺進・吉中龍之進・斉藤正忠・北川隆 共訳
B5判　444頁　税込10,290円　送料450円
ブロック理論と岩盤工学への応用　R.E.グッドマン・G.H.シー 共著　吉中龍之進・大西有三 共訳
A5判　360頁　税込5,097円　送料340円
岩盤の計測と解析　鈴木光 著　A5判　244頁　税込4,410円　送料340円
地質工学概論　菊地宏吉 著　B5判　276頁　税込4,994円　送料340円
続 きみの庭にも温泉が出る　石井康夫・俣野恭寛 共著　新書判　217頁　税込1,260円　送料210円
きみも金鉱を発見できる　石井康夫 著　新書版　200頁　税込1,029円　送料210円

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

株式会社 土木工学社

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

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

代表取締役社長　田島利男　　常務取締役　山田憲夫
（技術士・土木学会フェロー会員）本誌編集顧問
専務取締役　清水　洋（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
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
沖縄事務所：〒901-2122 沖縄県浦添市字勢理客555－2　電話(098)870-6411

トンネル工事からパンクを追放

坑内用特殊複層タイヤ



特許第1610830号

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

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

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

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

中濃産業株式会社
代表取締役　土田義弋

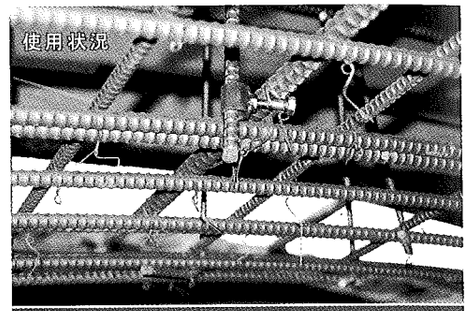
本　社　〒501-1534 岐阜県本巣市根尾神所 362-1
TEL(0581)38-2241㈹　FAX(0581)38-3383
営業所　〒501-1203 岐阜県本巣市文殊 64-387
TEL(0581)34-3990㈹

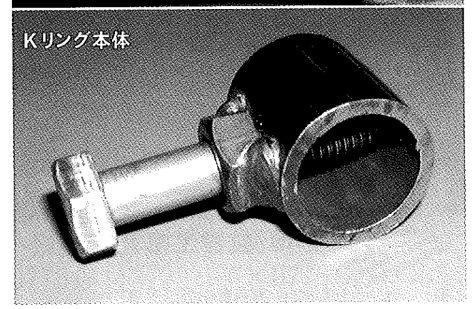
コストダウンを可能にする Kリング

特許出願中（特願2001-309314号）

トンネル工事におけるインバート、アーチ鉄筋組立金物

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





ご納入実績

鹿島・西松・大豊共同企業体　第二東名高速道路　富士川トンネル東工事
大林・白石・地崎工業共同企業体　第二東名高速道路　掛川第三トンネル工事
奥村組・名工建設・矢作建設工業共同企業体　第二東名高速道路　島田第五トンネル工事

製造・販売元

KTK ケーティーケー

〒436-005静岡県掛川市弥生町 105 番地
Tel：0537-24-5988 Fax:0537-24-3859
E-mail：ktk@r5.dion.ne.jp
URL：http://www.h7.dion.ne.jp/~ktk

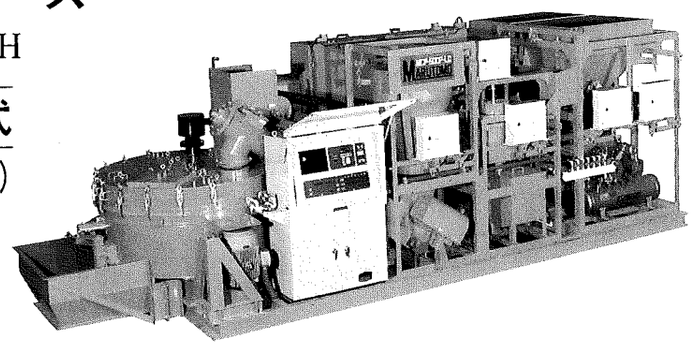
コンパクトで計量精度は抜群…

丸友の移動式 コンクリートプラント

製造・販売・リース

生産量 10～90m³/H

電子制御自動式
（印字自動記録装置付）

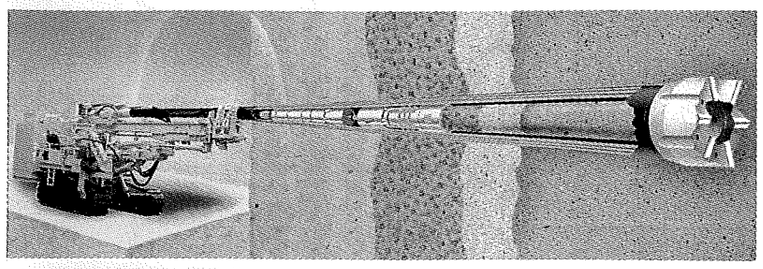


丸友機械株式會社

本　社　名古屋市東区泉一丁目19番12号
〒461-0001　電話〈052〉(951) 5 3 8 1 ㈹
東京営業所　東京都千代田区神田和泉町1の5
〒101-0024　ミツバビル　電話〈03〉(3861)9461㈹
恵那工場　岐阜県恵那市武並町藤字相戸2284番地
〒509-7121　電話〈0573〉(28) 2 0 8 0 ㈹

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。

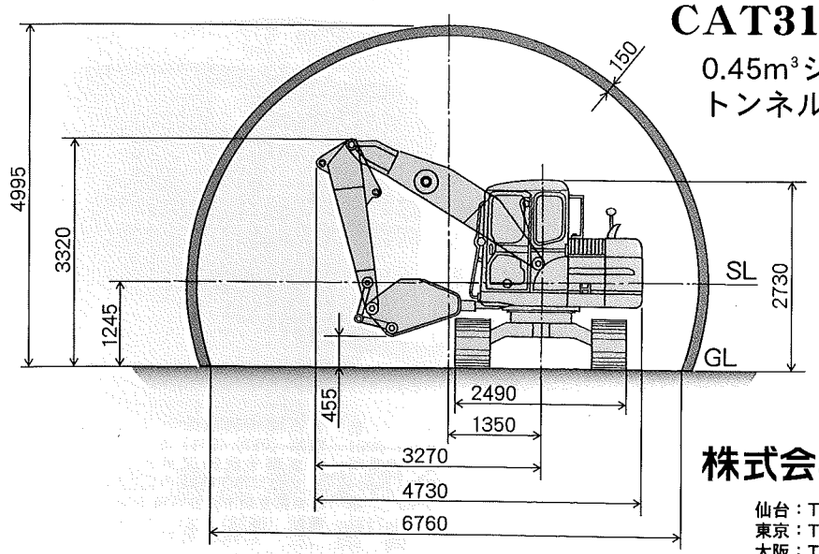
②2重管ワイヤーライン サンプリングシステムにより、地質条件にかかわりなく、コアサンプルの採取率が従来とくらべて大幅に向上しました。

KOKEN 鉱研工業株式会社

本　社　〒164-8650 東京都中野区中央1-29-15
TEL (03)3366-3111(大代表)　FAX (03)3366-3341

お問い合わせ先 ： エンジニアリンググループ
TEL. (03)3366-3123　FAX. (03)3366-3365
http://www.koken-boring.co.jp/

小断面にも入ります?



CAT313B
0.45m³ショートブーム
トンネル仕様

株式会社 ケイ・リー

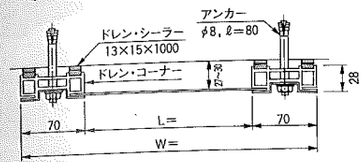
仙台：TEL.022-359-5331
東京：TEL.03-3661-5651
大阪：TEL.06-6838-1372

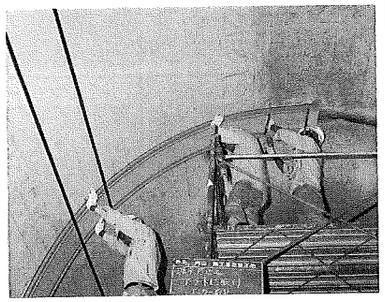
CATERPILLAR（キャタピラー）及びCATはCaterpillar Inc.の登録商標です。

トンネル・カルバート・地下構造物の漏水対策に

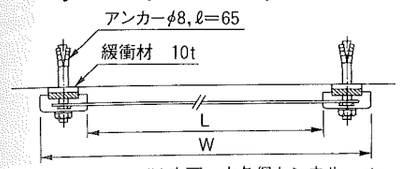
アーチ・ドレン導水樋

■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。





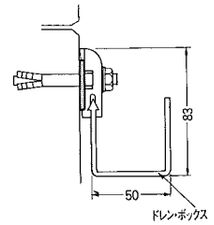
コンクリート剥落対策に
アーチ・パネル



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

21世紀の地球環境を見つめる土木専門図書

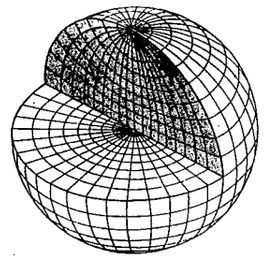
ブロック理論と岩盤工学への応用
R.E.グッドマン，G.H.シー著／吉中龍之進・大西有三訳
A5判　360頁　税込 5,097円　送料 340円

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

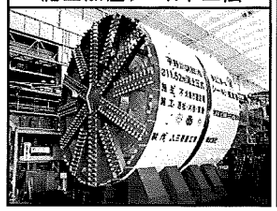
地質工学概論
菊地宏吉　著
B5判　276頁　税込 4,994円　送料 340円

〒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

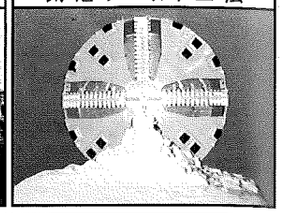
地下の空間を創る

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14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。

泥土加圧シールド工法



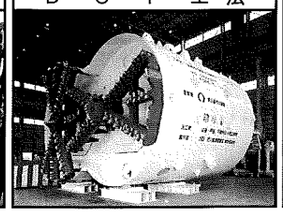
気泡シールド工法



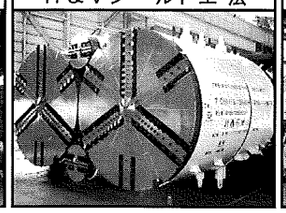
MFシールド工法



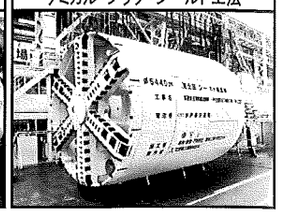
DOT工法



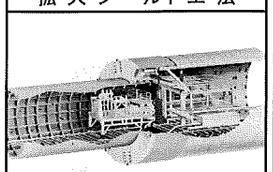
H&Vシールド工法



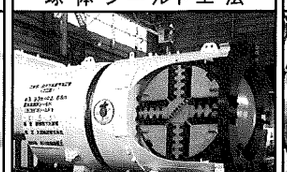
ケミカル・プラグ・シールド工法



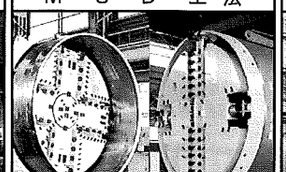
拡大シールド工法



球体シールド工法



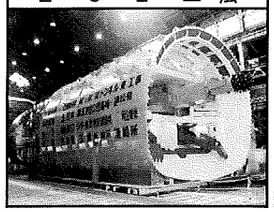
MSD工法



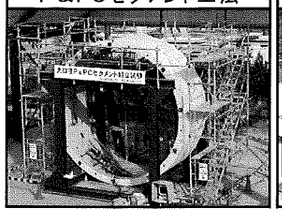
自由断面シールド工法



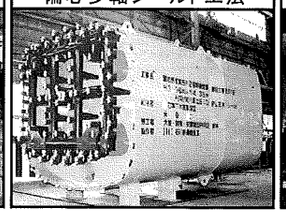
ECL工法



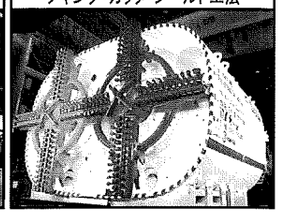
P&PCセグメント工法



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　〒105-8007 東京都港区芝浦一丁目2-3　シーバンスS館
清水建設㈱土木技術本部内
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

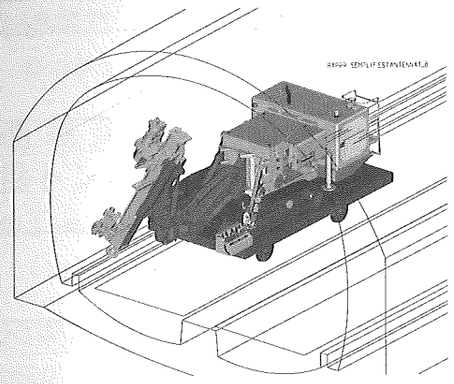
アイサワ工業㈱
青木あすなろ建設㈱
㈱浅沼組
大木建設㈱
㈱大林組
㈱大本組
㈱奥村組
奥村組土木興業㈱
小田急建設㈱
鹿島建設㈱
㈱熊谷組
㈱鴻池組
国土総合建設㈱
五洋建設㈱
佐伯建設工業㈱
坂田建設㈱
佐藤工業㈱
清水建設㈱
㈱白石
西武建設㈱
㈱銭高組
大成建設㈱
㈱竹中土木
大日本土木㈱
大豊建設㈱
㈱地崎工業
鉄建建設㈱
㈱テトラ
東亜建設工業㈱
東急建設㈱
東洋建設㈱
戸田建設㈱
飛島建設㈱
西松建設㈱
日特建設㈱
日本国土開発㈱
㈱間組
㈱ピーエス三菱
㈱フジタ
不動建設㈱
㈱本間組
前田建設工業㈱
㈱松村組
三井住友建設㈱
みらい建設工業㈱
村本建設㈱
名工建設㈱
㈱森本組
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㈱
三菱重工業㈱
石川島建材工業㈱
㈱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㈱
住建コンクリート工業㈱
住友金属工業㈱
都築コンクリート工業㈱
フジミ工研㈱
㈱神崎商店
京浜ソイル㈱
太平洋ソイル㈱
㈱立花マテリアル
第一化成産業㈱
㈱テルナイト
ベントナイト産業㈱
マルマテクニカ㈱
ミイケ機材㈱

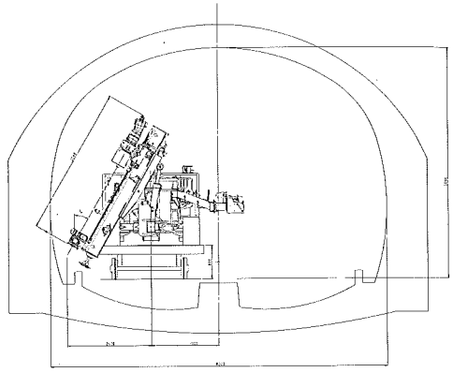
賛助会員

㈱新井組
安藤建設㈱
伊藤組土建㈱
㈱植木組
勝村建設㈱
株木建設㈱
古久根建設㈱
ＪＦＥ工建㈱
太平工業㈱
大旺建設㈱
大末建設㈱
東鉄工業㈱
徳倉建設㈱
奈良建設㈱
㈱福田組
真柄建設㈱
矢作建設工業㈱
㈱アクティオ
カジマメカトロエンジニアリング㈱
近畿コンクリート工業㈱
成和機工㈱
中央工業㈱
東洋工業㈱
日本コンクリート工業㈱

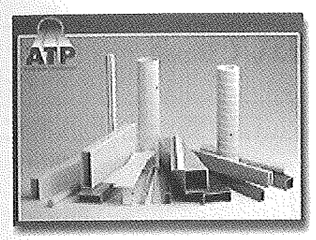
トンネルの削孔機械・輸入資材

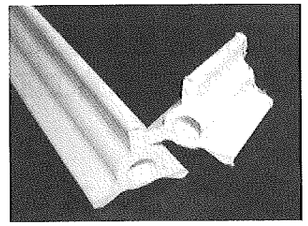
● 油圧削孔機 SM401 ショートマスト仕様
現場に応じたショートマスト長を選択可能（ロッド長1m～2m）



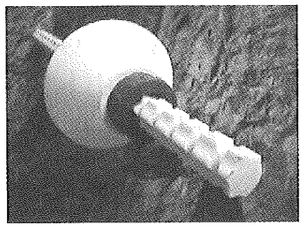


● グラスファイバーチューブ & ボルト
トンネル切羽等の補強資材、その他注入用のチューブもございます。



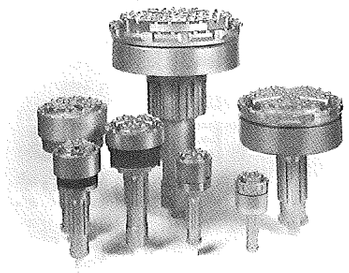


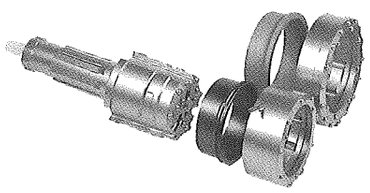
STAR 500S



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 Drilling and Foundation Equipment
ソイルメックジャパン株式会社
〒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.36, No.7, 2005 Jul.

CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS

■巻　頭　言

思っても見なかったこと
村田　正信……5

■研　　究

道路シールドトンネルにおける耐火構造と性能確認
―秋田県　秋田中央道路シールド工事―
本田武志・進藤敏博・西岡　巌・小原伸高 ……49

■計　　画

京都市高速鉄道東西線延伸計画
―二条～天神川間―
古川　衛・小川　実・山本篤史 ……41

■施　　工

異常な膨圧現象が発生する擾乱帯を多重支保方式で突破
―北陸新幹線　飯山トンネル(木成工区，板倉工区)―
中村　敦・玉井達毅・松原外喜雄・森田隆三郎 ……7

スコリヤ堆積層を無機系超微粒子注入材で克服
―山中湖忍野富士吉田線　忍野トンネル―
若尾洋一・殿岡徳仁・佐藤　勉・志村武彦 ……19



CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS

既設洞道接続工事の凍結工法による変位予測と対策
―中部電力　牛島町超高圧洞道新設工事―
高木敏雄・下平義明・神保幸則・遠藤伸治 ……31

■連載講座

山岳トンネルにおける工事用機械の選定(21)
補助工法(2)―その他―
「山岳トンネルにおける工事用機械の選定」連載講座小委員会……59

■現場だより

「維新のふるさと」萩より
宮本　周一 ……18
『「鉄道員(ぽっぽや)」のまち』南富良野より
澤谷　和仁 ……30

■資　　料

トンネル千夜一夜(７)
小野田　滋 ……28

土木情報
編　集　部 ……40

トンネルジャーナル
編　集　部 ……48

工法・技術・製品ニュース
編　集　部 ……58

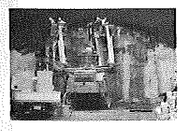
トンネルワールドニュース
JTA国際委員会国内広報ワーキング …71

海外文献速報
JTA研究開発委員会 ……73

■会　　報

会　　報
日本トンネル技術協会 ……76

【表紙説明】　スコリヤ堆積層を無機系超微粒子注入材で克服
―山中湖富士吉田線　忍野トンネル―



一般県道山中湖忍野富士吉田線 忍野トンネルは，山梨県南都留郡忍野村忍草と富士吉田市大明見間をつなぐ延長L=757mのトンネルで，NATMによって施工した．坑口部の地質は，スコリヤ質火山灰が堆積した未固結な状態で，各種補助工法を採用して施工した．

未固結地山による切羽の不安定化，脚部地山の支持力不足，ゆるみ荷重に対する支保構造の不安定化などに対処できるように補助工法を採用したが，施工にあたっては地下水への影響を排除する必要があった．各種の注入材の中から，ゲル化特性を持った超微粒子セメント系注入材を選定して目的を達することができた．

写真は坑外でのAGF注入状況である．　〔写真提供：山梨県〕（本文19頁参照）



カナフレックス コーポレーション株式会社

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)6881-0776 FAX(06)6881-0760
札幌営業所 TEL(011)271-8770 仙台営業所 TEL(022)792-3055 横浜営業所 TEL(045)241-7511 新潟営業所 TEL(025)226-5111
静岡営業所 TEL(054)275-2258 金沢営業所 TEL(076)234-5660 名古屋営業所 TEL(052)955-1511 神戸営業所 TEL(078)360-6173
広島営業所 TEL(082)240-0609 高松営業所 TEL(087)861-4600 北四国営業所 TEL(0875)57-6120 福岡営業所 TEL(092)474-2630
鹿児島営業所 TEL(099)224-8404
直営工場 北海道工場 仙台工場 栃木工場 千葉工場 滋賀工場 愛東工場 広島工場 四国工場 九州工場
URL http://www.kanaflex.co.jp

会誌委員会の構成（五十音順・敬称略）

〔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

〔委員〕

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

久多羅木吉治
東亜建設工業株式会社土木営業本部技術部長

千葉隆
清水建設株式会社土木技術本部
技術第二部部長

永島茂
東京地下鉄株式会社鉄道本部工務部次長

長島芳雄
株式会社竹中土木取締役技術本部長

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

三浦正彦
株式会社大林組土木技術本部技術部長

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

山田邦博
国土交通省大臣官房技術調査課技術企画官

山田隆昭
日本道路公団試験研究所調査役

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
株式会社ロードエンジニアリング代表取締役

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

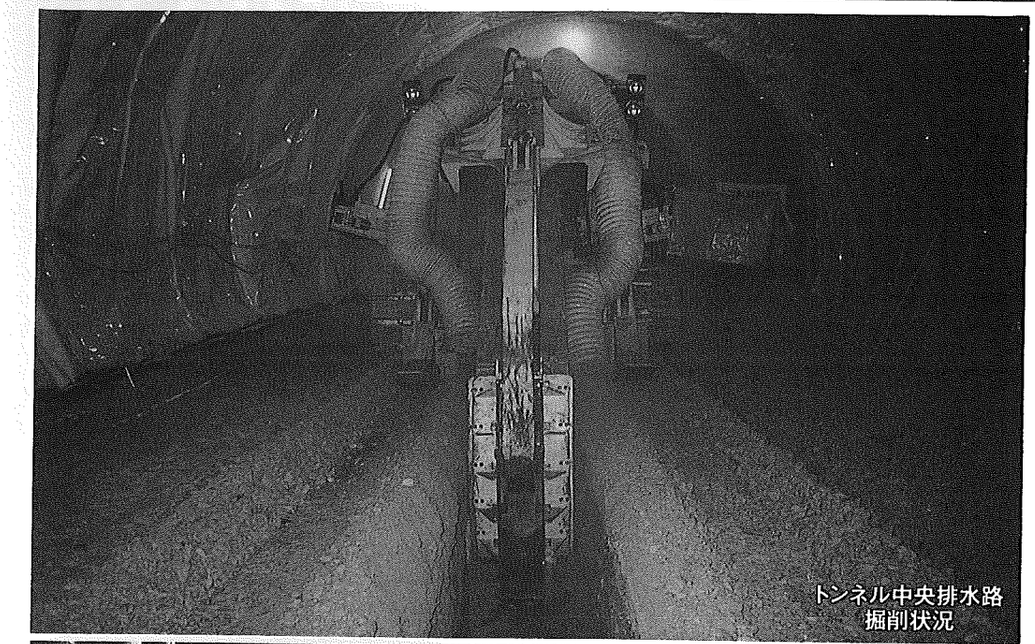
吉川新吉
東京発電株式会社常任監査役

吉村恒
吉村とんねる・らぼ

渡邊和夫
株式会社熊谷組執行役員副社長

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㈹ 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　株式会社コンテク代表取締役社長
鈴木章　月島機械株式会社顧問
橋本定雄　不動建設株式会社特別顧問
濱建介　株式会社アオバ取締役会長
水谷敏則　(財)先端建設技術センター専務理事

〔委員〕

木谷日出男
財団法人鉄道総合技術研究所
防災技術研究部主任研究員

佐藤亘
東京電力株式会社工務部送変電建設センター
首都圏調査グループ課長

佐野正生
東京都交通局建設工務部計画改良課長

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

高橋良文
東京都下水道局計画調整部事業調整課長

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

西村聡
東京地下鉄株式会社建設部
新宿工事事務所所長

原薗一矢
東京都水道局建設部工務課長

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)

山田隆昭
日本道路公団試験研究所調査役

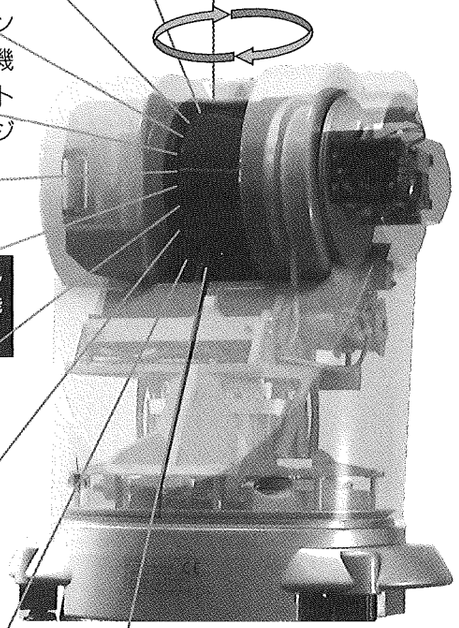
Callidus™ レーザースキャナー

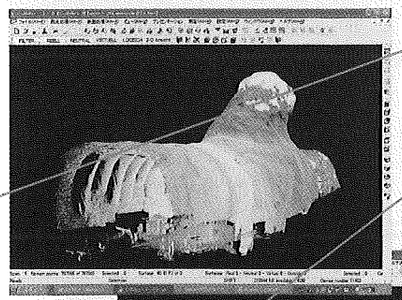
3次元トンネル断面計測機

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。

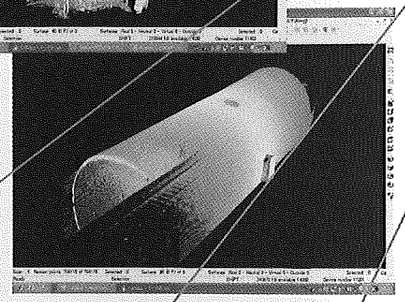
(1) 直径約8mのトンネルの場合

全周360°を10分でスキャン





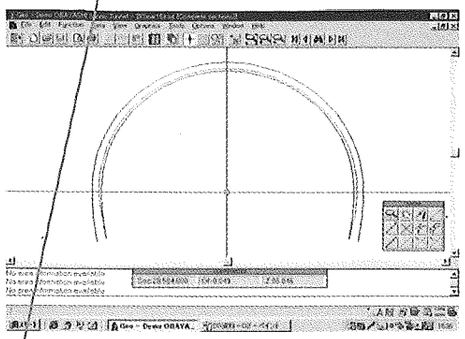
特殊なトンネル形状も対応可能です。



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. 36　No. 7　掲載概要

掲載頁 7

異常な膨圧現象が発生する擾乱帯を多重支保方式で突破
—北陸新幹線　飯山トンネル(木成工区，板倉工区)—

鉄道・運輸機構　中村　敦

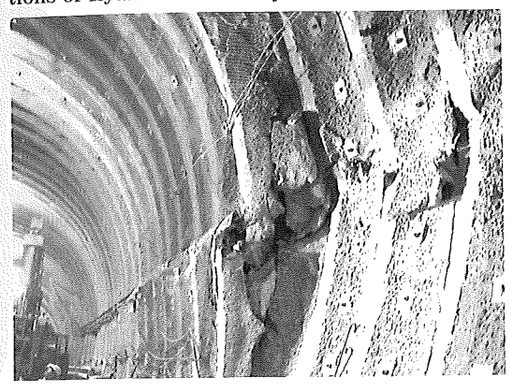
北陸新幹線飯山トンネルは，長野県から新潟県に至る延長22.2kmの長大トンネルで，現在6工区に分けて施工中である．このうち出口方の木成工区と板倉工区の工区境には，断層破砕帯が連続する“擾乱帯”が分布し，激しい膨圧現象が発生した．これに対処するため，一次支保の高耐力化および二次支保の早期施工による対策について，予測解析を行った．擾乱帯では500㎜を超える内空変位が発生したが，予測解析にもとづいて決定した施工パターンを適用することにより，トンネルの安定性を確保して施工することができた．

本稿では，以上の擾乱帯での多重支保工法の適用結果および一次二次支保の各種計測結果について報告する．

Breakthrough of Iiyama Tunnel using New Support System in Swelling Ground —Konari and Itakura Sections of Iiyama Tunnel Project of Hokuriku Shinkansen(Superexpress Railway)

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

Iiyama Tunnel having the length of 22.2 km is located between Nagano Prefecture and Niigata Prefecture. The construction project of this tunnel is divided into 6 sections including Konari Section and Itakura Section. These two sections are in fractured zones with faults and swelling ground(the disturbed zones). The new support system using the high strength initial support and the rapid construction method of secondary lining was adopted to excavate this tunnel in the disturbed zones and the analysis to predict the ground movement was done. The tunnel was safely excavated using this system. The convergence was up to 500 ㎜. This paper reports the new system adopted to this project and the result of measurement.



写真は側壁支保変状状況

掲載頁 19

スコリヤ堆積層を無機系超微粒子注入材で克服
—山中湖忍野富士吉田線　忍野トンネル—

山梨県　若尾　洋一

一般県道山中湖忍野富士吉田線 忍野トンネルは，山梨県南都留郡忍野村忍草と富士吉田市大明見間をつなぐ延長L＝757mをNATMによって施工した．坑口部の地質は，スコリヤ質火山灰が堆積した未固結な状態で，補助工法として坑口部では，AGF工法および脚部補強，未固結部から固結部への移行区間では注入式フォアポーリングの施工を採用した．

未固結地山による切羽の不安定化，脚部地山の支持力不足，ゆるみ荷重に対する支保構造の不安定化などに対処できるように補助工法を採用したが，施工にあたっては地下水への影響を排除する必要があった．各種の注入材の中から，ゲル化特性を持った超微粒子セメント系注入材を選定して目的を達することができた．

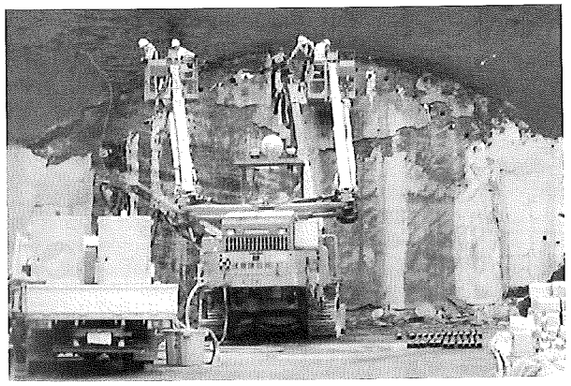
Application of Chemical Injection Method using Inorganic Ultrafine Particle to Oshino Tunnel

By Yoichi Wakao, Yamanashi Prefecture

Oshino Tunnel in Yamanaka-Ko Oshino Fujiyoshida Prefectural Road having the length of 757m joins Oshino Village, Yamanashi Prefecture and Fujiyoshida City.

This tunnel was constructed with the NATM.

The AGF Method(the All Ground Fasten Method)and the reinforcement method as the auxiliary methods at the foot part was adopted at the portal, where the geology was unsolid sediment of volcanic ash with scoria, and the forepoling method was adopted in the transition section from unsolid ground to solid one. They were to stabilize the face and lining. And, the chemical injection method using ultrafine particle with good gel property was adopted to control the inflow of ground water into the tunnel without the negative impacts to ground water. This paper introduces this chemical injection method.



写真は坑外施工でのAGF注入状況

掲載頁 31

既設洞道接続工事の凍結工法による変位予測と対策
—中部電力　牛島町超高圧洞道新設工事—

中部電力(株)　高木　敏雄

牛島町超高圧洞道新設工事は，JR名古屋駅の北約400mに計画された牛島南第一種市街地再開発事業の一環として計画されたものである．

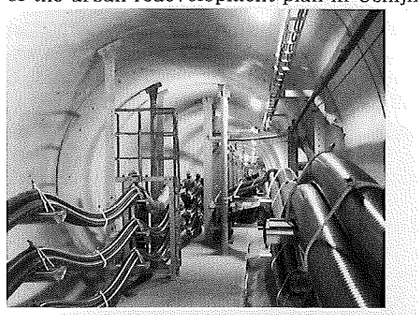
再開発事業は，中部電力を含む複数の地権者からなる再開発組合を主体として平成12年度から進められ，再開発事業1期工事は当工事以外に既設建屋解体・特高変電所および付帯洞道新設などが実施され，平成16年5月末に完工した．当工事は，再開発事業地区内に新設される中部電力(株)地下超高圧変電所に既設275kV地中送電線「海部名城線」を引き込みする目的で，立坑構築および立坑と既設洞道を接続する洞道構築である．

今回，地下約30mで洞道接続構築時の防護として採用した凍結工法に伴う既設構造物の変位の予測と対策について報告する．

Freezing Method applied to Electric Cable Duct Tunnel — Tunnel Project for Ultra-High Voltage Cable in Ushijima Town by Chubu Electric Power Co., Inc.

By Toshio Takagi, Chubu Electric Power Co., Inc.

The ultra-high voltage cable tunnel project in Ushijima Town, 400m north from JR Nagoya Station, is one part of the urban redevelopment plan in Ushijima South District where is in the residential area in the Category I. This urban redevelopment plan has been promoted by the redevelopment association comprising Chubu Electric Power Co., Inc. and other landowners since 2000. The Phase One of this plan consisted of the destruction of buildings and the construction of electric cable tunnel, substation and related facilities, and was completed in the end of 2003.



写真は既設名城南洞道内部状況

The electric cable tunnel construction project consisted of the construction of tunnel and shaft to extend the existing electric cable of 275 kV(Kaifu-Meijo Line)and draw it into newly built underground ultra-high voltage substation of Chub Electric Power Co., Inc, using the jointing system.

This paper reports the freezing method to protect the joint part of this tunnel 30 m below ground and how to predict the ground movement caused by the freezing method, and the measures against it.

掲載頁 41

京都市高速鉄道東西線延伸計画
—二条～天神川間—

京都市交通局　古川　　衛

平成14年11月に工事着手した京都高速鉄道東西線の二条～天神川間のシールド工区について，その概要を紹介する．

二条西工区は単線シールドトンネルで，シールド2機を使用して掘進する．また，ヤードが狭いため，立坑とシールド基地地中に敷設した推進管で結び，土砂搬出をベルトコンベアなどで効率よく行う．また，人力による土留め壁の開口作業が不要となるSEW工法を採用し，コスト縮減を図る．

西大路西工区は複線シールドトンネルであり，泥土圧式シールドとしては大きな断面のトンネルである．横断する山ノ内浄水場の送水渠は昭和40年代に完成した施設で補助工法が使用できないことから，事前の掘進データを解析しながら掘進管理を行う．また，インバート部には現場発生土を用いた流動化処理土を使用し，コスト縮減と温室効果ガスの排出量削減を図る．

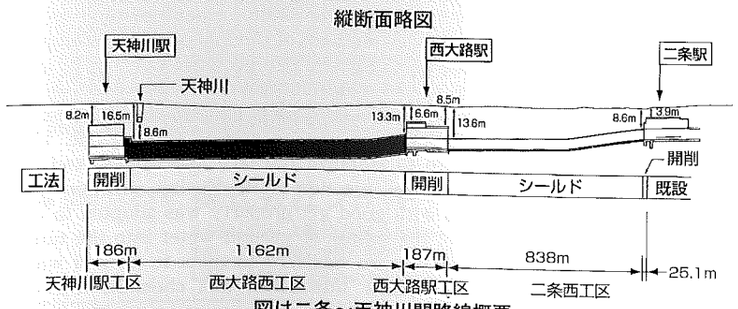
Extension Project of Tozai Line of Kyoto Subway

By Mamoru Furukawa, Kyoto Municipal Transportation Bureau

This paper reports the shield tunnelling project of Tozai Line of Kyoto Subway between Nijo and Tenjingawa, which began on November. 2002.

In Nijo West section, the tunnel is excavated with twin single-track shields. The belt conveyor system using hume pipes was used for the efficient mucking from the shaft to the narrow construction yard on the surface. In the shaft, the SEW System(the Shield Earth Retaining Wall System) was adopted to save manual works.

縦断面略図



図は二条～天神川間路線概要

In Nishi-Oji West section, the tunnel was excavated with a double-track EPB-shiled. The excavation works were done with the serious drive control without auxiliary methods to mitigate the impact against the existing water pipe crossing this tunnel that was constructed in 1960s.

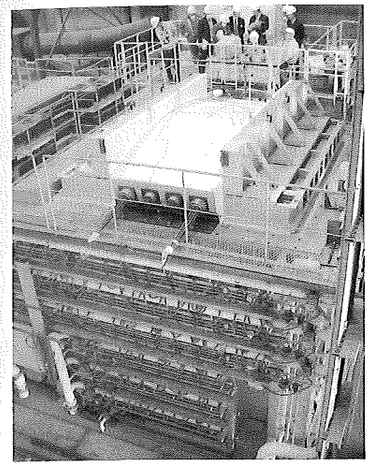
Excavated soil after the treatment was reused in the invert of tunnel to save the cost and mitigate the emission of the greenhouse gases.

掲載頁 49

道路シールドトンネルにおける耐火構造と性能確認
—秋田県　秋田中央道路シールド工事—

秋田県　本田　武志

秋田中央道路はJR秋田駅の東西間を結ぶ都市計画道路であり，その大部分がシールド工法により施工されるトンネル構造である．シールドトンネルは二次覆工省略型であり，トンネル内での自動車火災に対してセグメントの損傷を防ぐための耐火構造が必要となるが，国内ではまだ同様の事例がなく，耐火構造の仕様や性能確認方法などの統一的な考え方も確立されていないのが現状である．本工事では，セグメントへ設置することを考慮した新しい耐火システムを開発し，実物大の加熱実験などによりその耐火性能を検証してきた．本稿では，国内で初めて耐火に関する仕様を決めた秋田中央道路における耐火構造とその性能確認試験の概要について報告する．



写真は加熱試験状況

Fire-Proof System applied to Road Tunnel — Akita Central Road Tunnel constructed by Shield Tunnelling Method

By Takeshi Honda, Akita Prefecture

The measure against fires in tunnel is a worldwide theme and the structural approaches and the methods to verify the performance of them are not yet established.

Akita Central Road joins the east district of JR Akita Station and the west one. Most sections of it were constructed with the shield tunnelling method. In this shield tunnel, the newly developed fire-proof system not using the secondary lining applied to the segmental lining was used to mitigate damages by fire caused by traffic accident. We made a heating test using a full-scale model and verified the performance of this system. This paper reports the fire-proof structure applied to Akita Central Tunnel and proposes the concept for the fire-proof system in tunnel.

高品質なトンネル覆工に挑む

高品質なトンネル覆工を実現する
エレファントノズルシステム
第２東名高速道路・北陸新幹線工事で活躍中

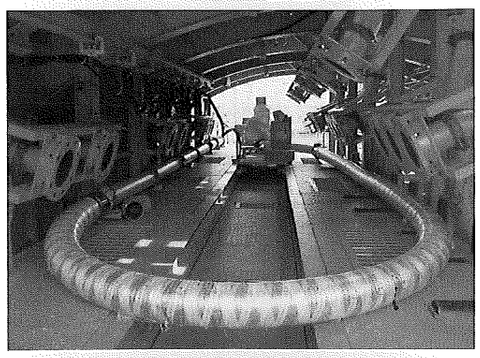
品質の向上

1. 多孔からのコンクリート投入が可能でブロック打設を実現します。
効果：コンクリート品質の低下を抑えられます。

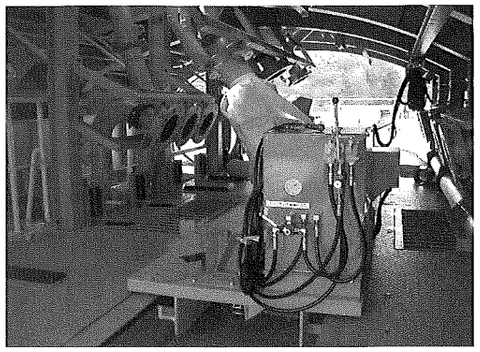
環境の改善

1. コンクリート配管を組解体する苦渋作業から解放します。
効果：迅速な配管切替えが可能で省力化が図れます。

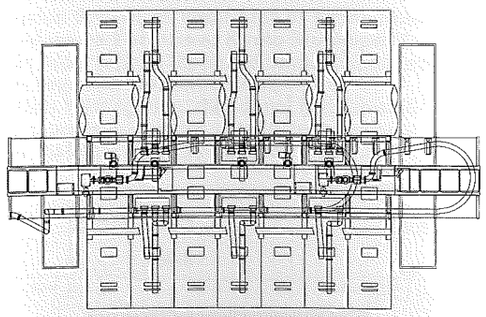
システム全景



配管挿入状態

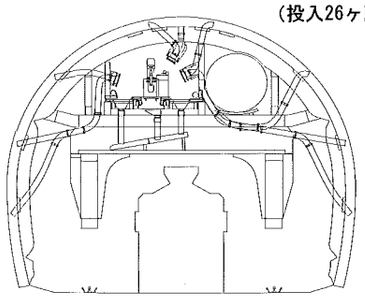


全体平面図



全体トンネル断面図

（投入26ヶ所）



岐阜工業株式会社
GIFUKOGYOU CO.,LTD
GIFU KOGYO
本　　社　岐阜県本巣市十四条１４４番地　〒501-0464
本社工場　TEL (058)323-2000(代)　FAX (058)323-1176

東 京 支店　(03)3262-1285(代)
仙台営業所　(022)259-2239
九州営業所　(092)713-5265

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

巻頭言
（題字　小森　博会長）



思っても見なかったこと

本州四国連絡橋公団理事（本協会理事）
村田正信

歴史を振り返ってみると，思っても見なかった出来事がその後の歴史を方向付け，数々のドラマを生み出してきているように思える．少しだけ挙げてみると，平家にとっての義経による鵯越（ひよどりごえ）や屋島の奇襲，今川義元にとっての信長による桶狭間の奇襲，その信長にとっての光秀による本能寺の奇襲，若干疑義があるかもしれないが，アメリカにとっての日本による真珠湾攻撃，同じくアメリカにとってのアルカイダによる9.11テロ等々．これらの出来事はその後の社会や，国のありようにきわめて大きな影響を与えているように思える．共通していることは，人為による出来事であり，やられた方にとって，ほとんどこのようなことがあるとは想像すらしていなかったか，していても，限りなく可能性の低い「まさか？」の世界である．

歴史を変えるほどでなくとも，「まさか？」の感覚に該当するものは，三陸海岸をおそったチリ地震津波，阪神大震災と道路・鉄道施設の大規模被災，オウム真理教による地下鉄サリン事件などであろうか．これらは当時としての「まさか？」であり，いったん歴史に記されると人間の知恵として後世に生かされる類のものであろう．昨年の中越地震では少なくとも阪神大震災の教訓が被害を軽減したと思っている．スマトラ地震については世界的に見れば「まさか？」ではなくとも，インド洋沿岸のほとんどの人々にとっては思っても見なかったことで，いかに貴重な経験を共通財産とするかが問われているように思える．

さて，一人一人の人間にとっての「思っても見なかったこと」は人生そのものに影響する．来年還暦を迎える小生の過去を振り返ってみるに，思っても見なかったことがいくつかある．先に挙げた阪神大震災は神戸で直接経験したが，それまでの思いこみと地震経験（東京では数え切れない経験がある）から，神戸にいると認識するまで若干の時間を要したものである．

昭和46年世界一の吊り橋を造ることを目標に本四公団に入社した私に思いも掛けなかったことが訪れた．昭和48年のオイルショックに起因する総需要抑制策に伴う「本四連絡橋着工

延期」である．全社挙げて起工式の準備中であり，突然の政府指示は本当に「まさか？」であった．この結果，三ルート同時着工は見送られ，当初13年で三ルート完成の計画は大幅に延び，三ルートの完成は当初予定(昭和61年)より13年遅れて平成11年となった．この「まさか？」の出来事が私の人生に大きく影響したことは言うまでもない．

次の「まさか？」は本誌に関係する出来事である．先に述べたように，本四公団へ入社した動機は世界一の明石海峡大橋の建設に従事することであった．大学時代耐風設計の分野を専攻した経験から当初は設計部に配属され，耐風設計に従事したものの，着工延期，一ルート三橋建設方針などの影響もあり，次第に明石海峡大橋とは疎遠となり，いくつかの小さな「まさか」を経て，平成４年舞子工事事務所に配属された．舞子工事事務所は明石海峡大橋に接続する神戸側陸上部を担当するもので，舞子高架橋と延長3.3kmの舞子トンネルの建設の指揮をとることとなった．内示を受けたときには，橋の対極にあるトンネル工事に従事するという「まさか？」におもわず笑ってしまった．

本四公団は橋だけでなく，トンネルも建設してきた．道路トンネルだけでも17か所のトンネルがある．このうち特記されるトンネルとして鷲羽山トンネル(道路鉄道の近接四つ目トンネル)と舞子トンネルが挙げられる．舞子トンネルは中間より南側に花崗岩部が存在し，その南側は民家密集地域の低土かぶりの大阪層群，北側の土かぶりは全般的に厚いものの，局部的に低土かぶりで第二神明道路，福田中学校という重要構造物を横断する必要があるうえ，たっぷりと帯水している大阪層群という厳しい条件であった．そのうえ，３車線断面ときているため容易な工事ではなかった．花崗岩部ではTBMによる先進導坑，発破および無発破SD掘削，南側の大阪層群では沈下抑制のためのアンブレラ工法，上下線の近接する坑口部での明かり巻きトンネル，北側の大阪層群では本坑下の水抜きシールド，大断面掘削のためのCD工法，低土かぶり部での薬液注入など，在任三年間にトンネル技術の一通りは経験したのではと思っている．舞子トンネルで採用されたいくつかの工法が後のトンネル建設で活用されたことをうれしく思うと同時に，明石海峡大橋の建設には直接従事できなかったものの，役割分担として厳しい地元情勢の中，舞子高架橋を含む難工事に従事できたことありがたく思っている．蛇足ながら，着任から程なく落盤事故を経験したことも付け加えておく．

さて，最近の「まさか？」は道路四公団の民営化である．国鉄が民営化されたときは私鉄のことが頭にあったせいか，それほど驚かなかったが，道路の民営化は思いもよらないことであった．公共物の代名詞でもある道路が民営化されるなんて……「まさか？」，今もって偽らない気持ちである．

施工

異常な膨圧現象が発生する擾乱帯を多重支保方式で突破

—北陸新幹線　飯山トンネル(木成工区，板倉工区)—

鉄道・運輸機構北陸新幹線建設局上越鉄道建設所所長　中　村　　敦
鉄道・運輸機構北陸新幹線建設局上越鉄道建設所　玉　井　達　毅
大林・大豊・松村・田中　北幹，飯山T(板倉)他特定建設工事共同企業体所長　松　原　外喜雄
大成・錢高・第一・松本土建　北幹，飯山T(木成)他特定建設工事共同企業体所長　森　田　隆三郎

1　はじめに

北陸新幹線飯山トンネルは，長野県飯山市から新潟県上越市に至る延長22.2kmの長大トンネルであり(図-1)，平成10年６月に着工し，現在全区間６工区で工事を進めている．飯山トンネルの北東30km付近には，大きな膨張性土圧が発生し，施工が著しく難航したことで有名な北越北線鍋立山トンネルがあり，地形・地質が類似しているため，同様な現象が発生することが懸念されていた．

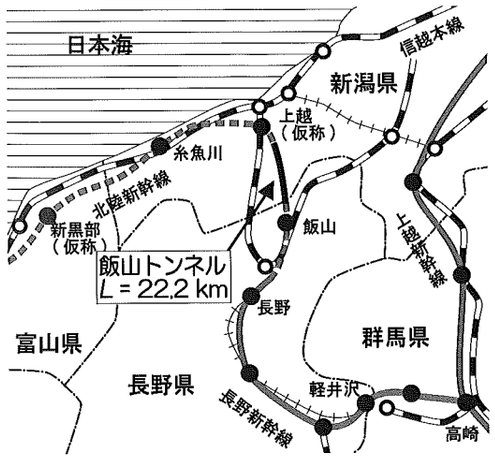


図-1　飯山トンネル平面図

このうち新潟県側坑口方の板倉工区(延長3,660m)および木成(こなり)工区(延長3,800m)では，新第三紀中新世泥岩層で膨張性地山に遭遇し，先行していた富倉工区の実績にもとづいて多重支保工法[1]を採用した．

ここで多重支保工法とは，トンネル坑壁の変位をある程度許容することにより一次支保工の健全性が損なわれることを見越し，その内側に新たに二次支保工(必要であれば三次支保工)を建て込むことで，支保全体の健全性を確保する工法である．

事前地質調査により，板倉工区と木成工区との工区境の約500mの区間には断層破砕帯が連続する“擾乱帯”が分布することが想定され，さらに激しい膨圧現象が発生することが予想されていた．板倉工区の擾乱帯での施工では，変位速度が極端に早く，二次支保工の設置を待たずして，吹付けコンクリートの圧壊，鋼製支保工の座屈・破断など支保に激しい変状を生じ，500㎜を超える内空変位が発生した．このため，木成工区で実施した膨張性地山における多重支保パターンの種々の解析結果をもとに，一次支保工の高耐力化および二次支保工の早期施工による対策を行った結果，ト

ンネルの安定性を確保して施工することができた．また，多重支保工法による地山および一次・二次支保の挙動を把握するため，各種計測を実施した．

本稿では，以上の異常な膨圧現象が発生した擾乱帯での多重支保工法の適用について，予測解析結果と施工時の現象および計測結果について報告する．

2　地　質　概　要

飯山トンネルの地質縦断図を図-2に示す．飯山トンネル付近の地質は，第三紀末期～第四紀初頭にかけて浅海域が隆起し，次第に陸化した過程の堆積物である．地質構造は，1背斜軸および1向斜軸よりなる明瞭な褶曲構造を呈し，褶曲構造に沿う高角度の断層が多数発達していることが特徴的である．

木成工区の地質は新第三紀中新世の椎谷層で，泥岩を主体とし砂岩・凝灰岩が挟在する．泥岩は主として片理の発達した泥岩で片状に割れやすい．板倉工区は，新第三紀中新世の寺泊層および椎谷層からなる泥岩が主体である．

このうち，工区境に位置する擾乱帯はとくに破砕された状況で，方向が一様でない亀裂を多数有する軟質化した泥岩であり，鏡肌が発達している．掘削時の切羽は肌落ち・押し出しが著しい状況であった．

図-3は，当該区間の岩石試験結果である．強度変形特性を示す指標は，鍋立山トンネルで示された大塚らの指標と比較して，一軸圧縮強度，変形係数，地山強度比はいずれも低い値を示し，大きな膨張性地山が予測された．

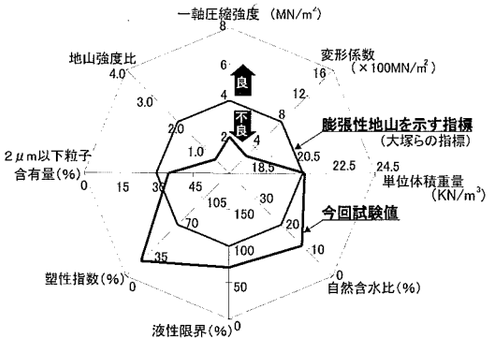


図-3　岩石試験結果

3　擾乱帯で生じた膨圧現象

ここでは板倉工区で発生した膨圧現象について述べる．

当該区間は当初，通常のショートベンチカット工法により掘削を行った．しかし，擾乱帯に近づくにつれて，地質が悪化し，変位が増大した．そこで，変位を抑制するため，上半仮インバートなどを施工したが，効果は得られなかった．とくに上半脚部沈下は初期変位速度200㎜/日に達し，上半縫い返しを施工したが，変位は収まらず，補強鋼材による鋼製支保工の連結および増しロックボルトを施工した．最終的な累積沈下量は1,400㎜を超えた．写真-1に支保の変状状況を示す．

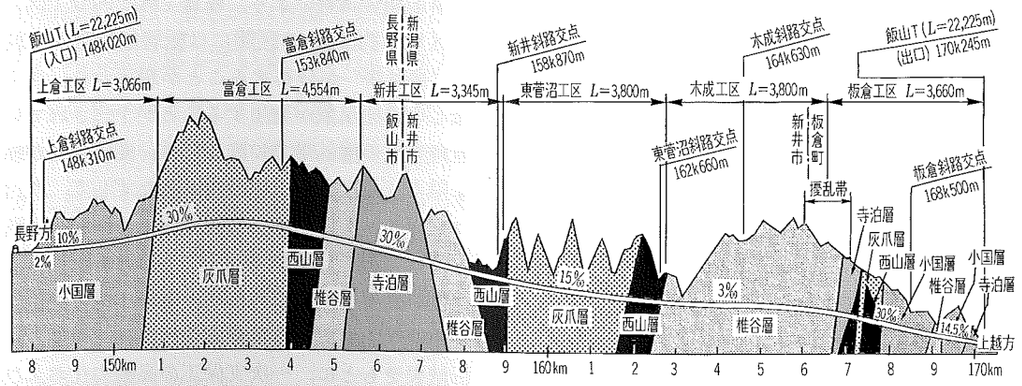


図-2　飯山トンネル地質縦断図

このため，ミニベンチカット工法に移行して断面の早期閉合を図るとともに，多重支保工法の採用に至った．

木成工区の施工実績[1]より，板倉工区では当初表-1に示すパターンAで施工を行い，二次支保工の施工は切羽から3.5D以上離して行うことを基本とした．図-4にパターンAの天端沈下・内空変位の経時変化を示す．上半掘削後の初期の段階で内空変位・脚部沈下が極端に大きくなったため，一次インバートによる断面閉合を行ったが，天端部の吹付けコンクリートに圧壊が発生し，同時に鋼製支保工の座屈が進展した（写真-2）．その後，左右側壁部にも同様の変状が次々に生じた（写真-3）．天端部では最終的に鋼製支保工が破断に至った．この時点での内空変位は上半測線で300㎜を超えていた．直ちに二次支保工を設置したが，上半切羽の進行に伴い再度変位速度が上昇した．とくに，下半脚部沈下の増加が著しく，一次インバートの状況確認を行ったところ，吹付けコンクリートの圧壊，インバートストラットの破断が確認された（写真-4）．そのため，下半の脚部間に応急処置として切梁（H-300）を設置した．

これらは，強大な土圧が作用し，変位速度が極端に早かったため，二次支保工の設置を待たずに一次支保工が破壊に至ったためと考えられる．また，インバート部は一次支保工の

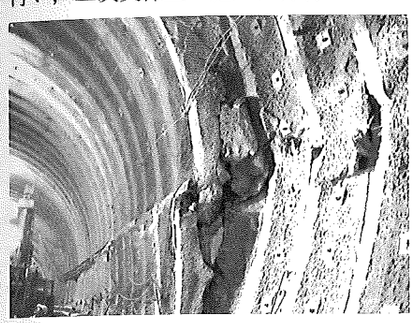


写真-1　側壁支保変状状況

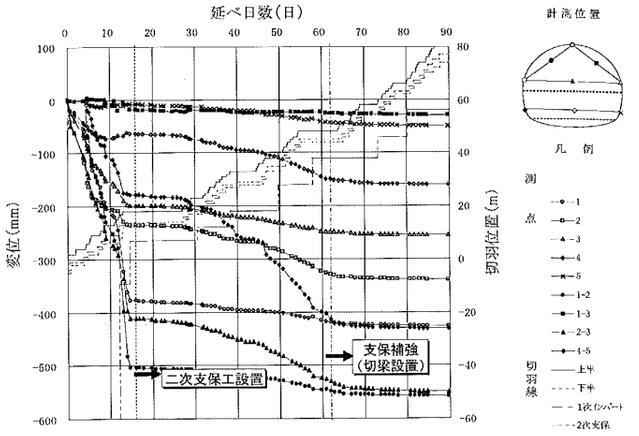


図-4　A計測結果（パターンA）

表-1　擾乱帯における多重支保パターン

支保パターン図				
一次	上下半	パターン	パターンA	パターンB
		支保工	H-200（SS400）	H-200（SS540）
		吹付け	吹付け厚25cm 設計基準強度18N/㎟ 補強繊維	吹付け厚25cm 初期高強度 設計基準強度36N/㎟ 補強繊維
		ロックボルト L=4.0m L=4.5m	モルタル充填型 10本 16本	モルタル充填型 10本 16本
		変形余裕	30cm	30cm
	インバート	支保工	H-200（SS400）	H-200（SS540）
		吹付け	吹付け厚25cm 設計基準強度18N/㎟	吹付け厚25cm 初期高強度 設計基準強度36N/㎟
		変形余裕	10cm	10cm
二次	上下半	支保工	H-125（SS400）	H-150（SS400）
		吹付け	吹付け厚12.5cm 設計基準強度18N/㎟ 補強繊維	吹付け厚15cm 設計基準強度18N/㎟ 補強繊維
		変形余裕	10cm	10cm
	インバート	支保工	—	H-150（SS400）
		吹付け	— —	吹付け厚15cm 設計基準強度18N/㎟

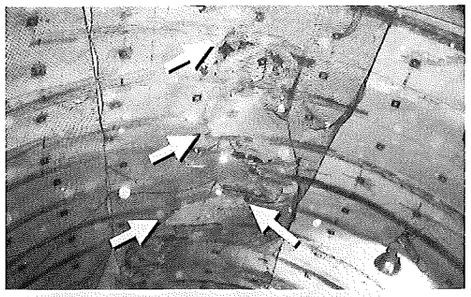


写真-2　天端支保変状状況

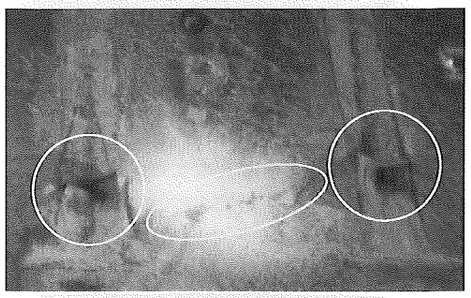


写真-3　側壁支保変状状況

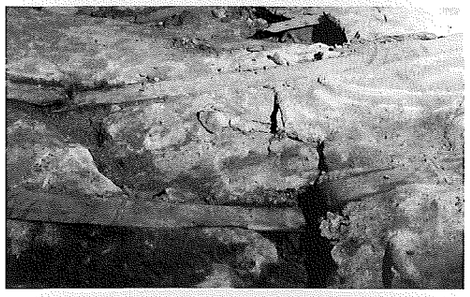


写真-4　インバートストラット変状状況

みの施工であり，上・下半部に比べて耐力が小さかったため，インバート部に変状が集中したことが特徴である．

4　事前予測解析

剣持らは[2]，地山を弾塑性体とし支保の降伏を考慮するモデルを使用することにより，掘削および支保の施工過程を忠実に取り入れた三次元解析にて，実際のトンネルで計測された変位や支保応力の挙動を良好に再現できることを示した．

以上の検討は，二次支保工を切羽離れ3.5Dで施工することを前提として行っており，二次支保工の施工前に一次支保工が若干変形するにしても，前章で示したように完全に破壊に至り支保機能を失う状態になることまでは想定していない．

そこで，同じ支保モデルを用い，地山がさらに悪化した場合のケーススタディとして一次支保工の高耐力化および二次支保工の早期設置を実施した場合の予測解析を行った[3]．

表-2に，解析に使用した地山と支保の物性値を示す．支保の剛性(ヤング率)については，既報[2]の知見にもとづいて，計測された岩盤の変位と支保の軸応力を表現するために1/5低減した．これは，支保と地山間の緩み層の馴染みに起因するものと考えられ，これを考慮する一手法である．二次支保工に関しては一次支保工と密着させて施工できるため，剛性の低減は行わない．

表-2　解析に使用したパラメータ

	仕　様	ヤング率 [GPa]	ポアソン比	粘着力 [MPa]	内部摩擦角 [°]	降伏応力 [N/mm²]
地　山	完全弾塑性体	0.2	0.3	0.26	16.5	—
一次支保工(高耐力)						
吹付けコンクリート(剛性1/5)	厚さ250mm	1.3	0.2	18.0	0	(36.0)
鋼製支保工(剛性1/5)	HH-200	40	—	—	—	390
一次支保工(標準)						
吹付けコンクリート(剛性1/5)	厚さ250mm	0.68	0.2	9.0	0	(18.0)
鋼製支保工(剛性1/5)	HH-200	40	—	—	—	235
二次支保工(標準)						
吹付けコンクリート	厚さ150mm	3.4	0.2	9.0	0	(18.0)
鋼製支保工	H-125	200	—	—	—	235

予測解析では，掘削パターンは切羽離れ10～14mの範囲をインバート閉合し，続いて二次支保工を切羽離れ10～22mの範囲で施工するパターンとしている．一方，支保パターンについては，一次支保工を高耐力化したパターンと通常のパターンの2ケースについて解析を行った．

・Case 1：一次支保工［高耐力］＋二次支保工
・Case 2：一次支保工［標　準］＋二次支保工

4-1　予測解析結果と施工への反映

図-5および**表-3**に内空変位の解析結果を示す．一次支保工を高耐力化したCase 1は，標準支保のCase 2に対して，二次支保工設置前で79%，二次支保工設置後で10%の変位量となっている．二次支保工設置前に関しては，支保の降伏による変形増加量の差でCase 1とCase 2で変位量に差がでていると考えられる．一方，Case 1とCase 2の二次支保工は同剛性であるのにも関わらず，二次支保工設置後の方が設置前より変位量の割合が小さくなっている(0.79→0.10)．これは二次支保工設置時点で，Case 1よりもCase 2の方が一次支保工部材の降伏領域が広く，二次支保工設置後の実質的な剛性差が，二次支保工設置前よりも大きくなったためであると考えられる．

これらの解析結果を踏まえ，板倉工区の擾乱帯で発生した超膨圧下での施工対策として，一次支保工の耐力の確保が必要と考え，初期高強度吹付けコンクリートと高規格鋼製支保工を用いた支保パターンを採用した．また，一次支保工が破壊・大変形後では，二次支保工の効果を発揮するのは困難と判断し，破壊に至る前の可能な限り早期に二次支保工を施工することとした(1～2D)．

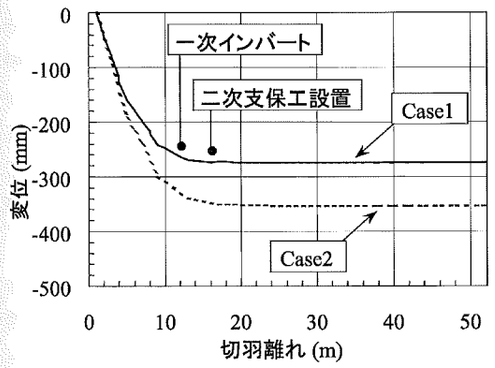


図-5　内空変位解析結果

表-3　内空変位解析結果

内空変位(mm)	Case 1	Case 2	Case 1/Case 2
総変位量	−274.2	−353.7	0.78
二次支保工設置前	−273.6	−347.8	0.79
二次支保工設置後	−0.6	−5.9	0.10

5　擾乱帯の施工方法

擾乱帯の施工は，これまでの施工実績をもとに表-1に示したパターンAで施工を開始した．すなわち，二次支保工の施工時期について，上半切羽

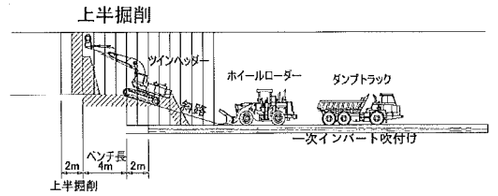


図-6　多重支保工(パターンB)施工手順

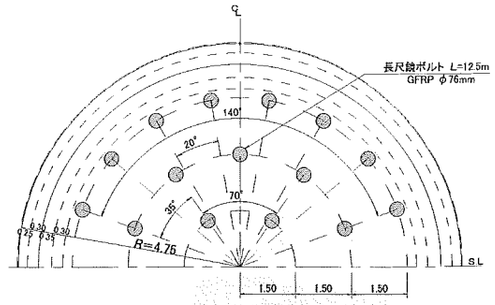


図-7　長尺鏡ボルトパターン図

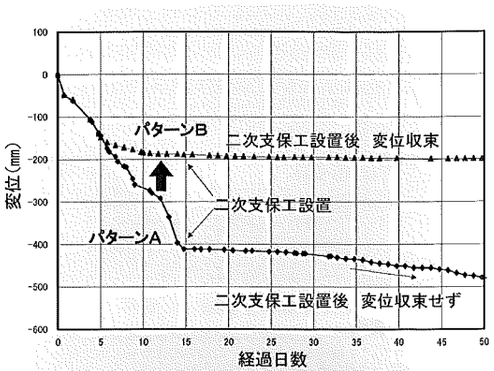


図-8　内空変位測定結果

から3.5*D*離れを基本とした．しかし，3章で述べたように，一次支保工設置後，15m掘削した時点で内空変位が300㎜を超え，変位も収束する傾向がなく，支保の破壊・変状が相次いだ．

そこで，前章で実施した予測解析から，より地質条件の悪い地山では，一次支保工の高耐力化と二次支保工の早期施工が有効であるとの解析結果を得ていることから，施工パターンAに代わって施工パターンBの採用に至った．

表-1，図-6にこのときの施工パターンBと施工順序図を示す．

パターンBで用いた初期高強度吹付けコンクリートとは高強度混和材を用いて，速硬性を上昇させることにより，地山の初期変位・変状を抑えるものである(10分強度 3 N/㎟，設計基準強度36N/㎟)．また，切羽安定対策として，GFRPボルト(外径 76㎜，内径 60㎜)を長尺鏡ボルト(15本，長さ12.5m，ラップ長 3.0m)として使用した(図-7)．

これらの対策の結果，内空変位は200㎜前後で収束傾向を示すようになり，二次支保工の変状も少なくなった．図-8に対策前のパターンAと対策後のパターンBとの内空変位を示す．

5-1　パターンBの評価

地山に大きな変化は見られないものの(主に泥岩)，パターンAからパターンBへの変更により，その変位速度ならびに二次支保工設置後までの変位量はおおむね，

初期変位速度(計測開始後)：50㎜/日

総　　変　　位　　量：300㎜未満

(＊いずれも上半内空変位)

であり，パターンAと比べると大幅な改善が確認された．また，鋼製支保工，吹付けコンクリートの変状はともに軽微なものとなっている．

このようにパターンBが変位・変状を抑制することが可能になった要因としては，以下のように考えられる．

(1)　一次支保工のランクアップと早期閉合

断面の早期閉合により初期変位の進行を抑え，一次支保工のランクアップ(H-200高規格鋼製支保工，初期高強度吹付けコンクリート)によってリング効果を損なうことなく，二次支保工の施工まで一次支保工の機能を保持することができた．

(2)　二次支保工の早期施工

一次支保工が破壊する前に可能な限り早期に二次支保工を施工するために，上半切羽が10～20m進んだ段階で二次支保工を10m施工している．一次支保部材が部分的に降伏点に達していても大きな変位・変状が発生する前に二次支保工を施工することにより，一次支保工の支保機能の回復が確認された(後述 B計測結果；図-9, 10参照)．

(3)　二次支保工のインバートストラット

二次支保工にインバートストラットを加え剛性の高いリングを設置することにより，地山応力に対抗することができ，これにより変位の進行を抑制することができたものと考えられる．

以上のような要因が考えられるが，支保力のランクアップや二次支保工の施工時期などの組み合わせによる相乗効果の結果からトンネルの安定性が得られたものと思われる．

6　擾乱帯における各種計測結果

擾乱帯の施工において，地山の挙動，支保工の状況を把握するため，B計測を実施した．以下にB計測の計測結果について述べる．さらに，膨張性地山での鋼管膨張型ロックボルトおよび鏡ボルトの挙動について計測を実施した．

6-1　一次支保工の状況

図-9は，一次支保工吹付けコンクリート応力の経時変化を表したものである．図中の応力は正が圧縮応力を示す．断面内のすべての測点において一次支保工設置後，早期に圧縮応力が増大し，ある時点で圧縮力による損傷が生じて応力が減少している．しかし，二次支保工を設置した後，一次支保工の吹付けコンクリート応力が再度上昇している．これは二次支保工を施工することによって，二次支保工の拘束効果により，一次支保工がその支保機能を回復したためと考えられる．

図-10は，一次支保工鋼製支保工縁ひずみの経時変化を表したものである．天端部およびインバート部は施工直後から縁ひずみが進行し，降伏状態となったが(降伏ひずみ0.21%)，二次支保工の設置とともにひずみの進行が抑制されている．

これらから，一次支保工が破壊・大変形に至る前の早期の段階で二次支保工を施工することは，支保全体の耐荷力向上に寄与し，一次支保工の支保機能回復に効果を発揮していることがわかる．

6-2　二次支保工の状況

パターンBにおける二次支保工吹付けコンクリート応力の経時変化を図-11に示す．アーチ～側壁部は 2 ～ 6

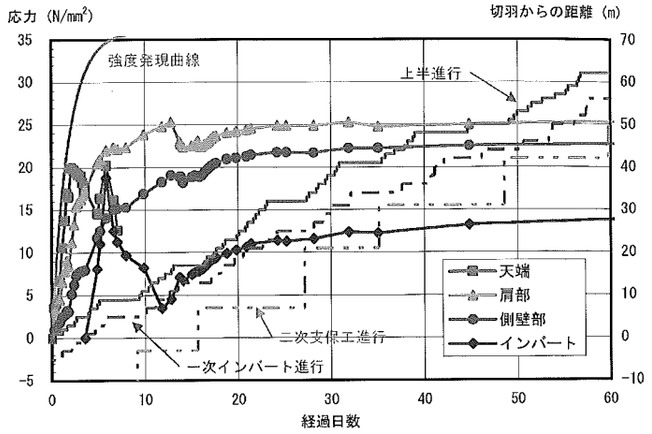


図-9　吹付けコンクリート応力経時変化図(一次支保工)

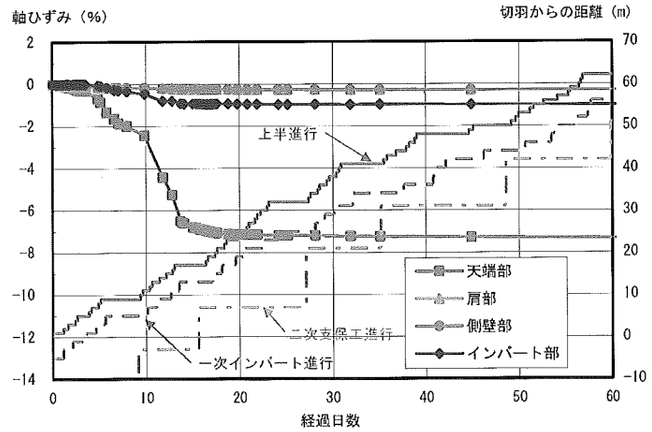


図-10　鋼製支保工縁ひずみ経時変化図(一次支保工)

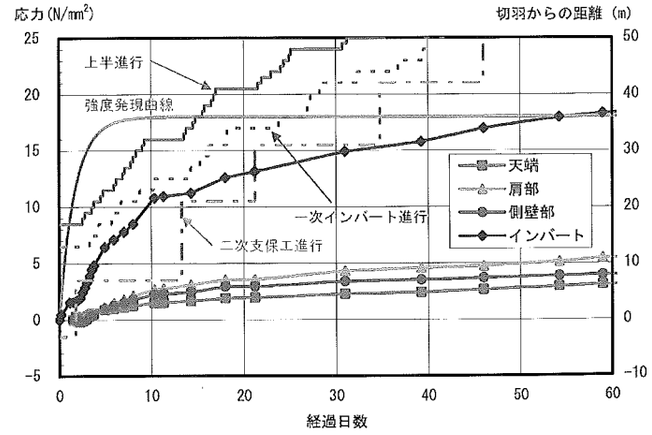


図-11　吹付けコンクリート応力経時変化図(二次支保工)

N/㎟と比較的低い応力状態にある一方で，インバート部は一部で設計基準強度(18N/㎟)に達し，高い応力状態にあることがわかる．

図-12に二次支保工鋼製支保工の縁ひずみの経時変化を示す．おおむね縁ひずみが0.1%以下の安定した状態であるが，インバート部地山側の縁ひずみが約0.2%となっており降伏状態となっている．なお，降伏ひずみは0.11%である．

以上のように，二次支保工のアーチ～側壁部の応力状態を見ると非常に安定した状態で，支保の健全度が保たれていることがわかる．

一方，インバート部においては吹付けコンクリート，鋼製支保工(ストラット)ともに高い応力状態にある．

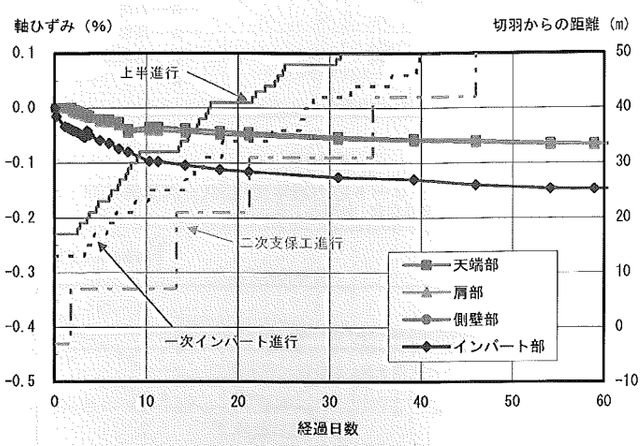


図-12　鋼製支保工縁ひずみ経時変化図(二次支保工)

6-3　鋼管膨張型ロックボルトの膨張性地山での支保挙動

板倉工区では，一部の区間でパターンBで用いた，モルタル充填型ロックボルトに替わって，水圧で鋼管を膨張させ地山に定着させる鋼管膨張型ロックボルトを用いた．鋼管膨張型ロックボルトは，内部から高水圧を作用させることによって，素早くボルト全体が膨張し，掘削孔の凹凸を補い，グラウト剤なしに，周りの岩盤とロックボルト全長にわたる定着を行う．このため，瞬時にボルト効果を発揮できることから，初期変位の抑制が期待された．

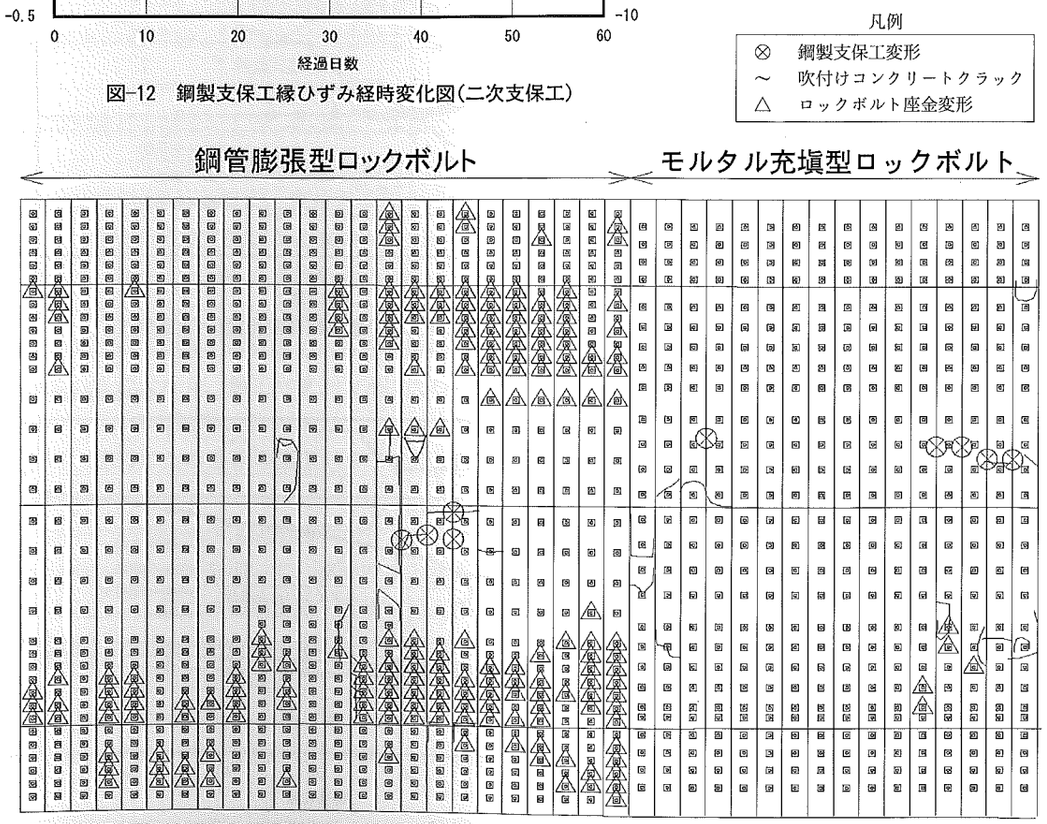


図-13　上下半変状状況

表-4　A計測測定結果

ロックボルトパターン			モルタル充填型ロックボルト	鋼管膨張型ロックボルト
変位計測	変位量	天端沈下	68㎜	50㎜
		内空変位	189㎜	179㎜
	初期変位速度	天端沈下	11㎜/day	5㎜/day
		内空変位	41㎜/day	19㎜/day

図-13に，パターンボルトとしてモルタル充填型を用いた場合と鋼管膨張型を用いた場合でのロックボルトの座金の変形と支保工の変状の観察記録を示す．モルタル充填型では，ほとんど座金の変形が見られなかったのに対し，鋼管膨張型では，座金の変形が顕著であった．

表-4は鋼管膨張型に変更した地点を境に前後のA計測結果をまとめたものである．なお，変位量，初期変位速度ともに各パターンでの平均値を表に記載しており，変位量については二次支保設置前の平均値，初期変位速度については計測開始から約3日の平均値で算出している．地質の違いも考えられるが，鋼管膨張型ロックボルトに変更後，初期変位速度の抑制が確認される．

6-4　鏡ボルトの軸力・地中変位計測結果

本トンネルの掘削では，これまで大きな鏡の押し出しが発生し，前方地山の緩みにより，天端部の剝落や崩落が度々発生した．このため，切羽鏡面および天端部の安定性を確保するためGFRP管ボルト(母材部の軸方向耐力は約1,000kN，継ぎ手部の耐力は約200kN)を長尺鏡ボルト工として実施した(GFRP φ76㎜，L=12.5m，15本，ラップ長L=3.0m)．

ここでは，現行の条件下で，トンネル掘削による切羽前方の地山挙動を把握することを目的に長尺鏡ボルト軸力測定および切羽前方地山変位測定を実施した．計器の配置は，軸力，押し出し変位がもっとも大きく発生すると考えられるトンネル中心付近とした．長尺鏡ボルト軸力測定は，トンネルセンターから左右に1mずつ離して長尺ボルトL=12mおよびL=21mを設置した．切羽前方変位測定は，トンネルセンターライン上に設置した(図-14)．

図-15に鏡前方押し出し変位計測結果を示す．押し出し変位の発生深度は1基目は8m程度であるが，2基目以降は10m以上に及んでいる．また，切羽からおおよそ深度5mから手前で押し出しの

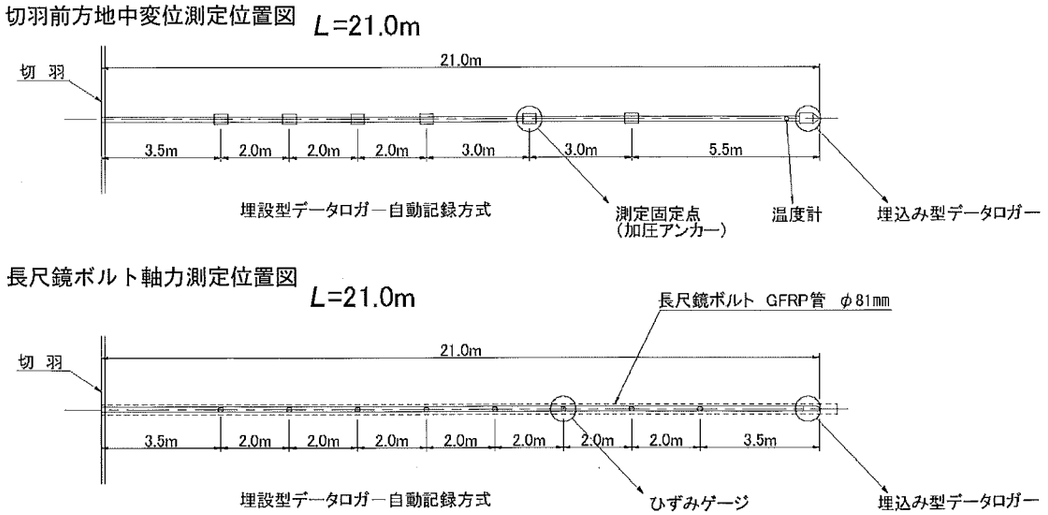


図-14　鏡ボルトの軸力・地中変位測定位置図

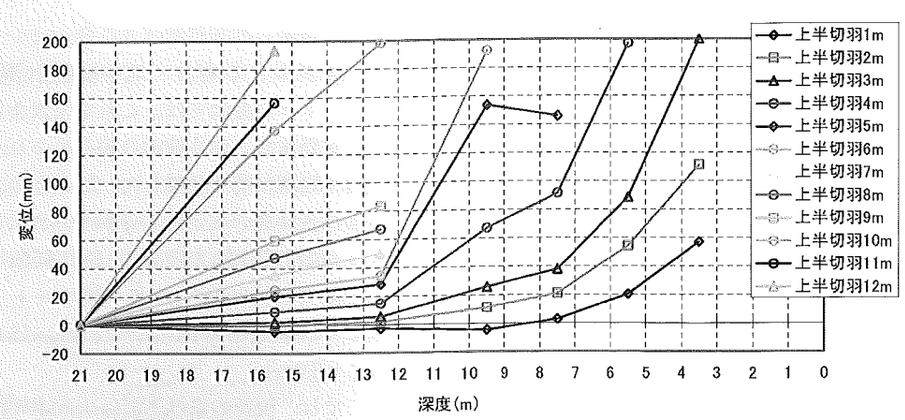


図-15　押し出し変位計測結果

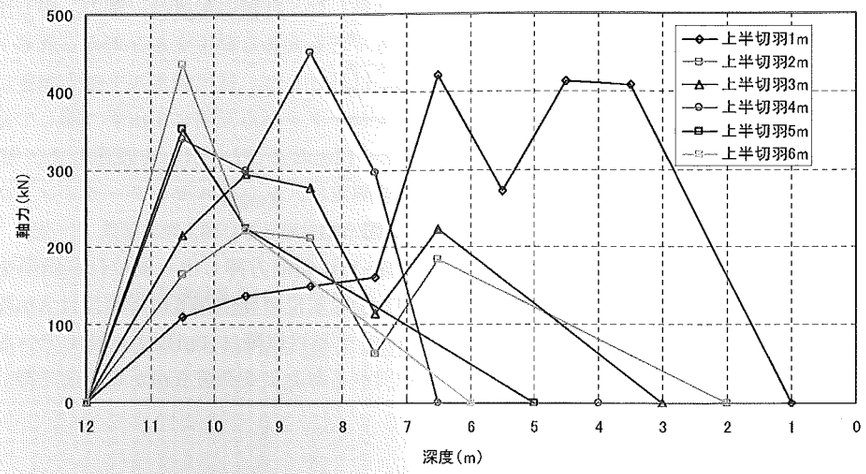


図-16　軸力分布(L=12m)

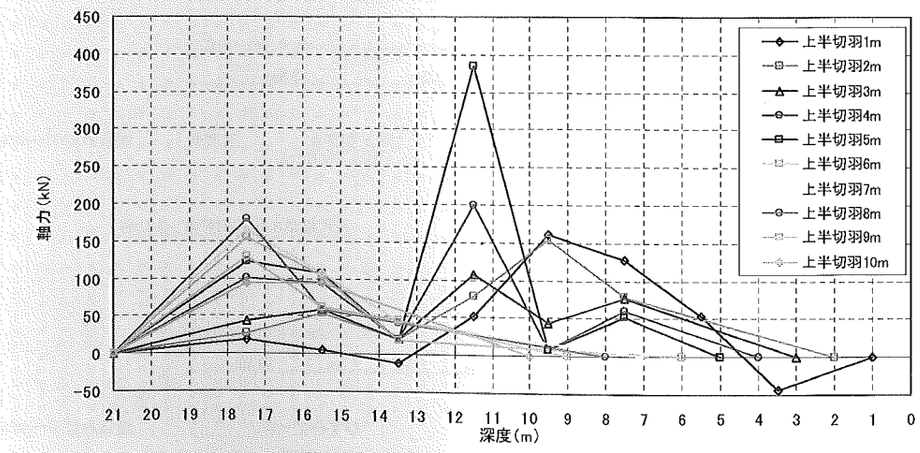


図-17　軸力分布(L=21m)

変位量が大きくなっている．

また，掘削が止まっている期間でも押し出しが発生していることも確認されている（3日間で20㎜以上）．

図-16に軸力分布L=12mを図-17に軸力分布L=21mの結果を示す．左右で地質の違いも考えられるが，12mの鏡ボルトの軸力は，掘削当初から全線で200～400kNに達し，継ぎ手部の耐力を上回るレベルの軸力が発生している．21mの鏡ボルトでは軸力のピークが2,3か所認められる．ピーク状の軸力分布は，不連続面を示唆しており，地質境界面や亀裂，擾乱帯が影響しているものと考えられる．

軸力が低下している箇所では，地山の変形に追従して大きな軸力が発生し，継ぎ手部が破断したことによって，その部分の荷重が下がっていることが考えられる．

7　ま　と　め

本稿では，膨圧現象が非常に激しい擾乱帯における多重支保工法の適用および各種計測結果について以下の知見を得た．

（1）　変位が非常に大きい擾乱帯地山では，多重支保工法において，一次支保工を高耐力化し破壊を抑制すること，および，二次支保工を上半切羽から1D離れで施工することで，トンネルの安定性を確保することができた．

（2）　適切な支保仕様の組み合わせと適切な二次支保工の施工時期を設定することで多重支保工法が有効に機能する．多重支保工法は，きわめて柔軟性に富み合理的な施工法である．

（3）　鏡前方押し出し変位計測では，切羽から約5m前方から変位が発生しはじめ，切羽近傍で大きな区間ひずみが発生していることがわかった．

（4）　長尺鏡ボルトの軸力測定では，継ぎ手部でボルト耐力を上回る軸力が作用した．GFRPボルトの継ぎ手部の補強が今後の課題である．

参　考　文　献

1）竹津英二・小島隆・森田隆三郎：膨張性地山を多重支保工法で克服，北陸新幹線飯山トンネル木成工区，トンネルと地下，Vol.34，No.8，pp.7–13，2003.8.

2）剣持三平・竹津英二・青木智幸・森田隆三郎：膨張性地山トンネルの変形挙動に関する三次元解析，第33回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集，pp.6–16，2004.

3）Kenmochi, S., Taketsu, E., Ogawa, A., Aoki, T., Koike, M., Morita, R., Shirahata, H., Koya, N. & Matsubara, M. : Application of the multiple-layer supporting method to a tunnel in squeezing argillaceous rocks. Proceedings of the World Tunnel Congress, Istanbul, 2005, in print.

『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17(2005)年

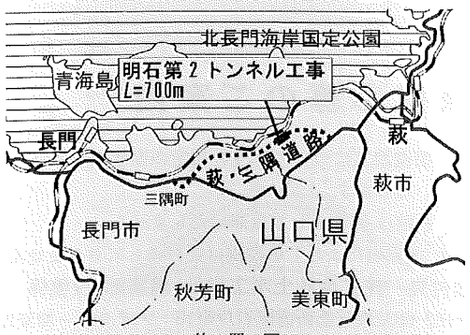
「維新のふるさと」萩より

宮　本　周　一

萩市は，山口県の北部に位置し，日本海と中国山地に囲まれた人口59,761人の街で，延長35kmにも及ぶ海岸線は北長門海岸国定公園に指定され，沖合いには数々の島々が点在する風光明媚なところである．萩市の歴史は古く，関が原の戦いに敗れた毛利輝元が，慶長９(1604)年に築城・開府し，文久３(1863)年に藩府が山口に移るまでの約260年間，毛利36万石の城下町として栄え，現在もなお萩城跡や武家屋敷，町家，古刹などの江戸時代の街並みや歴史的な景観が数多く残っている．幕末明治維新にかけては，吉田松陰が開いた松下村塾から，日本を動かす原動力となった若き志士たち，高杉晋作・久坂玄瑞・入江九一・吉田稔麿・前原一誠・品川弥次郎・野村靖・山田顕義・松浦松洞・伊藤博文・山県有朋・松本鼎などが輩出した．市内には，志士の足跡を残す数多くの史跡が点在する．

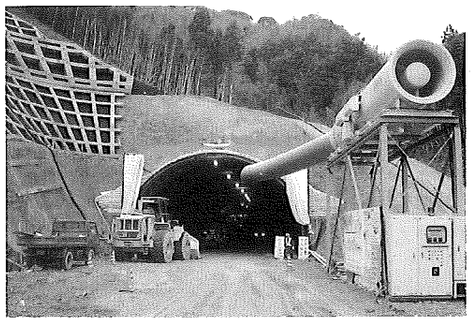
ここで，トンネル施工の三見地区に伝わる大石丸鶏闘楽を紹介しよう．文久３年ごろ，三見石丸地区に大火があり相当数の家が消失したとき，一人の村人が神様に「二度とこの地区に火事がおこらないよう八幡様に鶏闘楽奉納し，地区の家が三軒になるまで中止いたしません」との願かけから，以後およそ300年伝えられ，三田八幡宮の秋の例祭に奉納されてきた．

大石丸鶏闘楽の踊りは４人で行われ，二人が花笠をかぶり締太鼓を胸にし，色紙造りの花飾りを配した美しい腰輪をつける．花笠は鶏のとさかを形どったもの，腰輪は尾羽に見立てたものである．残り二人は，二羽の鶏の戦いを大団扇を持ってのなだめ役(止め役)となる．これは平和な神の世界をこの世に顕現する形の踊りと言われている．



位　置　図


大石丸鶏闘楽


坑口全景

北長門海岸国定公園の南側を東西に横切る一般国道191号の鎖峠は，降雨によりたびたび全面通行止めとなるために，幹線道路の機能を保つための大きな障害となっている．これを解消するために萩・三隅道路が計画された．当工事では，三見地区に明石第２トンネル(599m)を施工中で，現在200mの所を掘削中である．

歴史と文化そして伝統を継承する古都が，未来に向かってより繁栄するために，われわれの施工する道路が貢献できれば，と改めて思いながら，安全施工に努めている．

((株)錢高組明石第２トンネル作業所長)

施工

スコリヤ堆積層を無機系超微粒子注入材で克服

—山中湖忍野富士吉田線　忍野トンネル—

山梨県富士北麓・東部地域振興局都留建設部吉田工務課副主査　若　尾　洋　一
山梨県富士北麓・東部地域振興局都留建設部吉田工務課副主査　殿　岡　徳　仁
山梨県富士北麓・東部地域振興局都留建設部吉田工務課主任　佐　藤　　勉
(株)早野組土木本部工事部工事長　志　村　武　彦

1　はじめに

忍野(おしの)トンネルは，忍野村役場から北北西に約1.5km離れた鳥居地峠の西側に位置している．この鳥居地峠に連なる稜線は，ほぼ東西に延びていて，その北側は富士吉田市，南側は忍野村に属して市町村境界になっている(図-1)．忍野村側の山地は，丘陵地のような形状を呈すが，富士吉田市側の山地は，大小の沢によって浸食されていて，30～45°の勾配の急斜面を呈している．

当地近傍には，忍野八海と呼ばれる富士山に降り積もる雪解け水が，地下の不透水層と溶岩の間で，長い歳月をかけてろ過され澄みきった湧水となって出ており，水質・水量・保全状況・景観の良さから，昭和60年に，全国名水百選に選定されている．また，新富嶽百景選定地でもあり，この湧水は国の天然記念物にも指定されている．したがって，トンネル掘削によってこの湧水に影響がでないようにする必要があった．

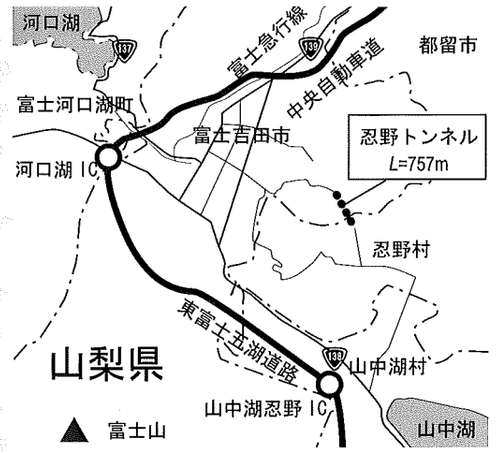


図-1　位置図

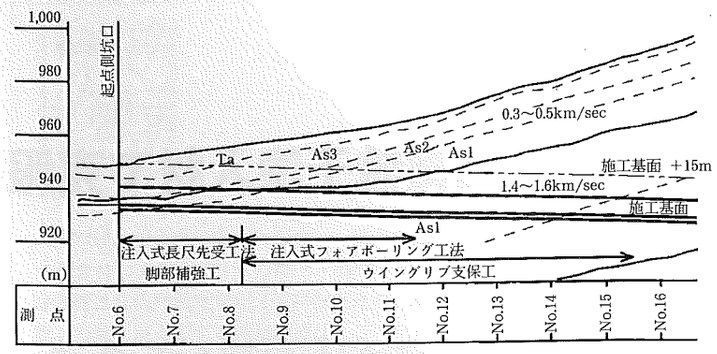
2　工事概要

一般県道山中湖忍野富士吉田線忍野トンネルは，この地域にあり，山梨県南都留郡忍野村忍草と富士吉田市大明見間をつなぐ延長L=757mをNATMによって施工した(図-1)．

坑口部の地質は，スコリヤ質火山灰が堆積した未固結な状態で，補助工法として坑口部では，AGF工法および脚部補強，未固結部から固結部への移行区間では注入式フォアポーリングの施工を採用した(図-2，3)．

3　地質概要

トンネル付近の地質は，新第三期中新世の御坂層群に属する櫛形山累層，桃の木類層，西八代類層，とそれらに貫入した石英閃緑岩，また，それらの岩盤を広く覆って分布する古富士火山噴出物，



凡 例

地 質	記号	記 事
崖錐堆積物	Ta	表土・崩積土
古富士火山噴出物	As3	スコリヤ質火山灰
	As2	
	As1	

地質境界

0.3～0.5km/sec　弾性波探査
1.4～1.6km/sec　速度層と境界

図-2　坑口部地質縦断

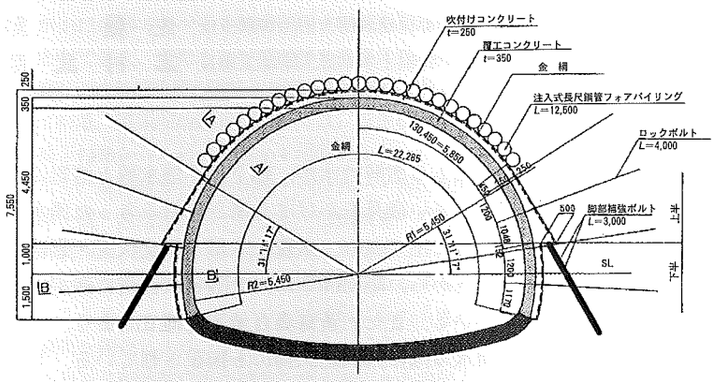


図-3　補助工法断面図

新富士火山噴出物および崖錐堆積物で構成されている．

トンネル通過地における地質は，忍野村側坑口（測点No.6＋0.60）から180m（測点No.15）付近まではスコリヤ質火山灰が厚く分布しており，その下には，弾性波速度の低いマサ土が分布し，その弾性波速度は非常に低く，1.8～2.0km/secである．

測点No.15付近から中央部までは未風化の石英閃緑岩とそのマサ化部が分布している．

中央部から富士吉田市側には玄武岩が分布しており，トンネル中央付近の玄武岩は，弾性波速度が4.6～4.8km/sec であり硬い地山と想定される．

当トンネルの，起点側坑口部付近の地層は，スコリヤ質火山灰で黒色を呈する玄武岩質の火山砕屑物からなり（図-2参照），その大きさは最大5cmで，主に1cm以下である．この火山灰は10～40%のスコリヤを含み，80%以上の含水比を示す．表層は風化していて，指圧で容易につぶれるが，深部で未風化の部分は半固結状である．軟弱な火山灰層は，ボーリング調査から風化程度によって締まり具合に差があることから，As1～As3の3層に区分される．

As1：未風化のスコリヤ質火山灰（N値≧16）

As2：やや風化したスコリヤ質火山灰（15＞N値≧9）

As3：風化スコリヤ火山灰（N値≦8）

本地点のスコリヤ質火山灰は細粒分が比較的多く，指圧すると容易につぶれて高含水比のシルトになるが，本トンネルのスコリヤ質火山灰からの湧水は少ないものと推定される．なお，トンネル掘削にあたっては，偏圧，崩壊のおそれがある．このため補助工法として，トンネル周辺地山の緩み，地盤沈下抑制，天盤抜け落ち防止などの効果を最大限発揮できる工法を検討する必要があった．

4　補助工法の検討

本トンネル地層縦断図から測点No.9付近まで風化したスコリヤ層As2，As3が掘削断面内に存在が予測され，また水平ボーリングから坑口より40m地点にローム質スコリヤが確認されている．このような状況をふまえ補助工法の検討を行った．

当トンネルの起点側坑口部入口においてのり面が崩壊する可能性があること，また天端の抜け落

ちなどを考慮すると，補助工法の採用が不可避である．このため，通常の掘削機械（ジャンボ）で対処することを考慮してAGF工法を検討し，かつ坑口部の上方地山と上半掘削時の脚部付近の安定化を目的に，測点No.7＋00（坑口より20m，土かぶり12m）と測点No.9＋00（坑口より60m，土かぶり19m）の位置でFEM解析を行った．FEM解析は線形弾性解析を基本として行い，安全率が1.25を下回る場合，弾性係数を1/10に低減させる擬似的な弾塑性解析を行った．

解析結果より，沈下量を**表-1**に示す．

図-4, 5に，測点No.7＋00脚部無対策時とフットボルト工実施時の安全率分布図を示す．

表-1　脚部対策工による沈下量

		地表沈下(mm)	天端沈下(mm)
改良時	先受け工	52.7	83.0
	先受け工＋脚部	33.7	53.0

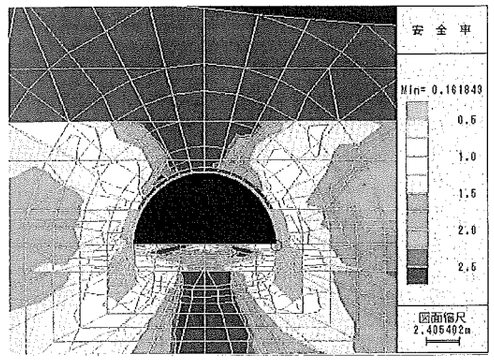


図-4　脚部無対策時安全率分布図

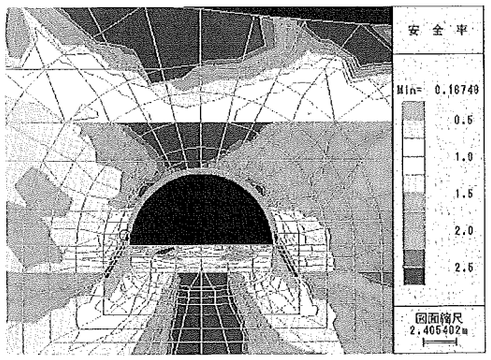


図-5　フットボルト施工時安全率分布

表-2　ゆるみ荷重・所要脚部支持力および極限支持力

測 点	土かぶり (m)	極限支持力強度 q(kN/m²)	極限支持力 Q(kN)	ゆるみ荷重 (kN/m²)	所用支持力 (kN)	判定
No.7＋00	12	605	454	87	503	×
No.8＋00	15	605	454	103	595	×
No.9＋00	19	1,240	930	121	700	○

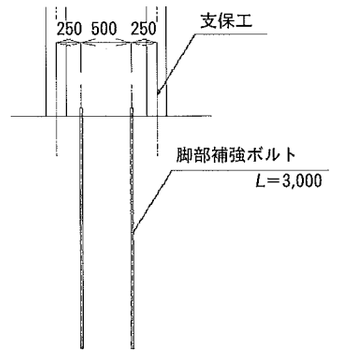


図-6　脚部補強ボルト縦断方向配置図

トボルト工実施時の安全率分布図を示す．

これによるとフットボルト工により，上半脚部下方の地山の安全率は上昇し，地山の安定に対し効果を発揮することがわかる．測点No.9＋00の位置での検討では，安全率1.25以下を塑性領域とすると，上半脚部付近の塑性化が認められたが理論解析による検討（**表-2**）により，当該地点はウイングリブ支保工により所用の支持力を確保できるものと判断した．

先受け工の施工範囲は，坑口部測点No.6より，AGF12.5m鋼管による，1シフト9m×5シフト（坑口より45m）とし，以降No.12までの61m区間を注入式フォアポーリングとした．

FEM解析結果の地盤支持力不足に対処するため，脚部補強は，断面あたり注入式脚部補強ボルト3mを左右2本ずつ合計4本とし，かつ無機系の注入材により地山改良を行うこととした．

5　注入材の選定

注入材の選定にあたり**表-3**に示す各種注入材を検討し，経済的で，スコリヤ層の改良効果とともに，**図-7**に示すようにトンネル施工現場は，忍野八海に対し標高差で約10m高い位置にあり，なお

表-3　注入材の比較一覧

	シリカレジン3倍発泡時	セメントベントナイト	セメントミルク	セメント系急硬混和材	特殊速硬性セメント A社	特殊速硬性セメント B社	ジェルフォー
浸透性	良好	劣る	やや劣る	良好	やや劣る	やや劣る	良好
	160cps.at25℃	w/c=100%	w/c=100%	14cps	w/c=100%	w/c=100%	10cps.at25℃
ゲルタイム	調整可	調整不可	調整不可	調整可	調整可	調整可	温度依存
	30～100秒			0.5～5分	60～120分	90～120分	1～3分
ホモゲル強度 (MN/m²)	4.5(1日)	0.3(1日)	0.5(1日)	1.3(1日)	0.9(1日)	1.0(1日)	3.0(1日)
	4.5(3日)	1(3日)	2.0(3日)	2.0(3日)	3.0(3日)	3.0(3日)	3.5(3日)
作業性	作業員で可能	作業員で可能	作業員で可能	作業員で可能	作業員で可能	作業員で可能	作業員で可能
湧水のある地盤での適応性	適応可能	流出	流出	条件付きで流出	条件付きで流出	条件付きで流出	適応可能
リーク時の対応	インターバル注入で処置可	処置不可	処置不可	少量なら可	処置不可	処置不可	インターバル注入で処置可
薬液の逸走性	小	大	大	中	中～大	中～大	小
限定改良	可	不可	不可	一部可	不可	不可	可
材料費	高価	安価	安価	やや高価	やや高価	やや高価	やや高価
環境負荷	COD上昇 イソシアネート流出	六価クロム検出	六価クロム検出	六価クロム検出	六価クロム検出	六価クロム検出	◎

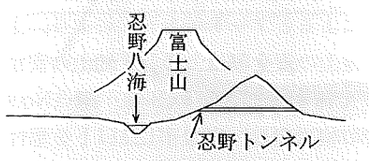


図-7　位置関係略図

かつ上流に位置するため地下水への影響がでないように考慮した．

有機系のウレタン系注入材は，環境への影響が懸念されるため，無機系で，高い浸透性を有し，ゲル化特性により注入材の逸走を防ぎ，限定改良が可能な注入材を選定した．

5-1　注入材の特徴

今回選定した注入材は，2液性のゲル化時間の短い完全無機系注入材で，水和固結する平均粒径4 μmの超微粒子材『ジェルフォーA』と，ゲル化反応をするシリカ水溶液『ジェルフォーB』からなる．ジェルフォーAは迅速な水和固結により1日で3 MN/m²という早強性と，微粒子化により砂層やクラッキングなどへの浸透が期待できる．また組み合わせるジェルフォーBのゲル化により，湧水地盤での逸走防止や限定注入，リーク時の対処が可能である．これらの超微粒子粉体やシリカ水溶液は完全な無機質であるため，使用現場周辺水域のCOD，BODの上昇はなく，水道法にもとづく有害物質も検出されない．このような特徴を考慮し，長尺先受けのAGFおよび脚部補強へは，ジェルフォーⅠ，注入式フォアポーリングへは，早強タイプのジェルフォーⅡとした(表-4)．

表-4　注入材の配合と特性

		ジェルフォーⅠ 浸透標準配合	ジェルフォーⅡ 浸透初期高強度配合
A液 (200ℓ)	ジェルフォーA	100kg	120kg
	水	165ℓ	158ℓ
B液 (200ℓ)	ジェルフォーB	100ℓ	160ℓ
	水	100ℓ	40ℓ
粘度(mPa•s at20℃) A液/B液		20～30/4～8	25～35/5～15
混合液pH		12.0～12.5	12.0～12.5
混合液比重		1.27±0.1	1.36±0.1
混合液ゲルタイム(at20℃)		1～2min	1～2min
一軸圧縮強度(MN/m²)		2.5～3.0(24hr)	0.8～1.0(1hr)

5-2　注入量の設定

本トンネルの対象地山の間隙率は，土質試験結果よりローム質スコリヤで平均62.7%，スコリヤは73.4%であった．注入対象地山は，互層状態となっているため間隙率は，平均値68%とし，注入材の注入率は，表-5を参考とし，24%とした．

表-5　土質条件とジェルフォー充填率，注入率目安

土質	N値		間隙率(%)	ジェルフォー充填率(%)	注入率(%)
粘性土	緩い	0～4	70	35～50	24.5～35
	中位	4～8	60	30～45	18～27
	締まった	8～15	50	20～40	10～20
砂質土	緩い	0～10	50	40～70	20～35
	中位	10～30	40	40～70	16～28
	締まった	30以上	30	40～70	12～21
砂礫	緩い	10～30	50	40～70	20～35
	中位	30～50	35	40～70	14～24.5
	締まった	50以上	25	40～70	10～17.5

注入量は以下の式より算定し，AGF鋼管1本あたり，406ℓと設定した．

$$注入量(Q)=V\times(n\times\alpha\times0.4)\times(1+\beta)\times\frac{1}{1{,}000}$$

Q：注入量(kg)　　n：間隙率(68%)
V：注入対象土量(m³)　　α：充填率(60%)
β：ロス率（5%）

6　施工状況

坑口部1シフト目のAGF鋼管打設は，上向き3°にて打設を行った．

注入材の注入機器は，通常の1.5ショットセメント系注入材で使用する注入システム(図-8, 9)を使用し，ポンプと流量計を2セット注入台車に積み込み，車上プラントとして左右各1か所の同時注入を行った．注入時，口元の閉塞部から注入材がリークする場合は，注入を一時停止し，リークが止まるのを待ち，その後注入を続行した．脚部補強は，1断面掘削ごとに左右各2本のボルトを打設し，1本あたり92ℓを注入した．注入は，片側2本を同時注入することにより，隣孔へのリー

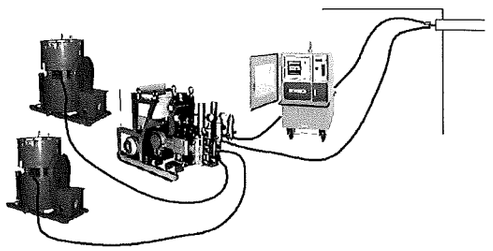


図-8　注入機器(ミキサー，ポンプ，流量計)

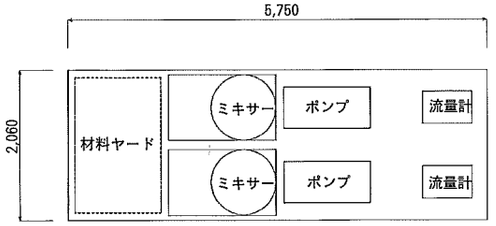


図-9　車上プラント配置

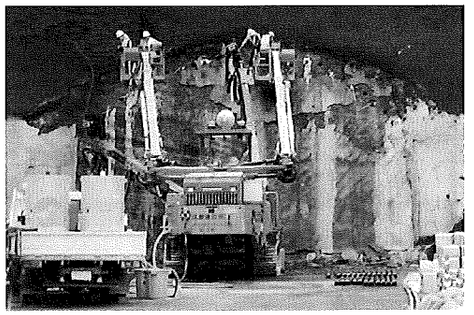


写真-1　坑外施工でのAGF注入状況

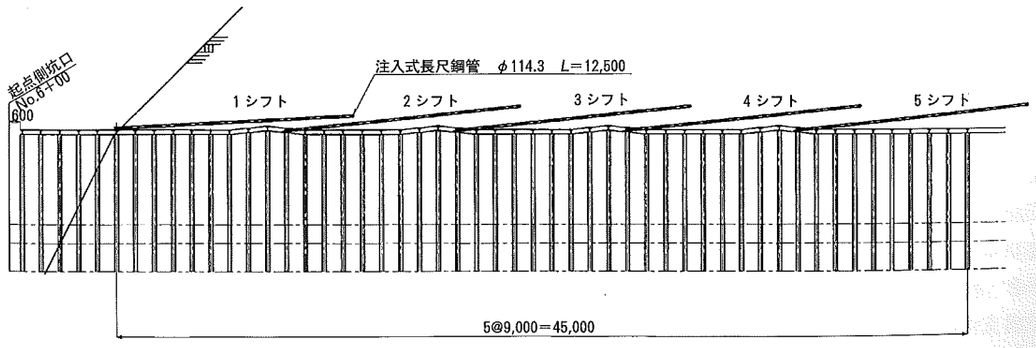


図-10　忍野側坑口部AGF施工縦断図

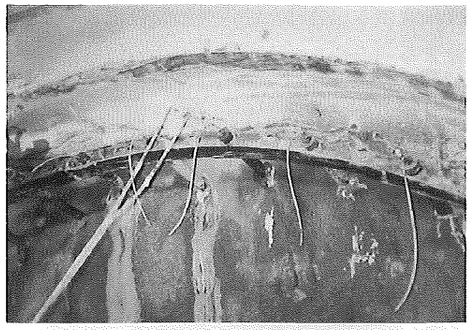


写真-2　坑内施工でのAGF注入状況

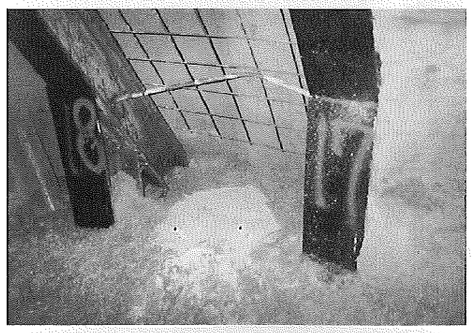


写真-3　脚部補強状況

クの影響を防止した．施工状況を写真-1～3に示す．

2シフト以降の鋼管の打設は，上向き8°にて打設を行った．

7　計　測　結　果

計測時の切羽位置は以下のとおりである。

上半切羽：測点 No.9＋9(坑口より，69m)
掘進中

下半切羽：測点 No.7＋16（坑口より，36m）
停止中

7-1　計測工A

計測時点での地表面沈下測定・内空変位測定および天端沈下測定結果をまとめると，表-6に示すように各測点での計測結果は，注入式長尺先受け工法などの効果によって比較的小さな変位に留まっている．

7-2　計測工B

各支保部材の主な測定結果を記すと表-7のとおりである．

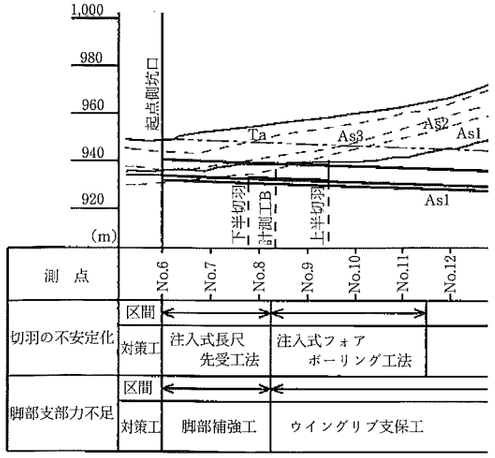


図-11　坑口部補助工法施工区間

表-6　計測結果(計測工A)

測点(No.)	地表沈下 (mm)	天端沈下 (mm)	内空変位 (mm)	備　考
No.6＋10	−10	−	−	下半掘削
No.7＋00	−15	−13	0.9	〃
No.7＋10		−15	1.3	〃
No.8＋00	−	−15	4.1	下半切羽 (No.7＋16)
No.8＋07	−	−15	0.8	
No.9＋00		−2	3.1	
No.9＋10	−	1	−2.6	

地表沈下・天端沈下　＋：隆起　　内空変位　＋：拡大
　　−：沈下　　−：縮小

表-7　計測結果(計測工B　No.8＋7)

測点	吹付け コンクリート応力 (N/mm²)	鋼製支保工応力測定	
		軸力 (kN)	曲げモーメント (kN・m)
1	0.3	−173	−2.6
2	0	−	−
3	0.6	−	−
4	0.3	−262	1.4
5	0.5	−263	4.7

吹付けコンクリート応力　＋：圧縮　−：引張
軸　力　＋：引張　−：圧縮
曲げモーメント　＋：内空側に凸　−：地山側に凸

全般からみて，小さな応力状態にあるが，参考のため，一次覆工に作用する外力を概略推定してみる．吹付けコンクリート応力をほぼ平均的な0.5N/mm²とし，吹付け厚25cmとして軸力を求めると，125kNとなる．鋼製支保工の軸力は脚部付近では約260kNであることを考え合わせると，一次覆工の合成軸力は385kNとなる．

さらに(1)式を用いて，地山荷重を推定すると，0.07N/mm²となる．地山の単位体積重量を14kN/m³とすれば，5mの土荷重高さに相当する値である．

$$\sigma_r = N/R \qquad (1)$$

σ_r：半径方向応力(作用外力)
N：一次覆工軸力
R：トンネル半径(5.5m)

当該地点の土かぶりは，$2D$(D：トンネル掘削径)以内の17mで，全土かぶり荷重が作用することも考えられる地山状況であったことを考えると，注入式長尺先受け工法などの対策工の効果でゆるみの拡大が抑制され，一次覆工への作用荷重が低減したことがわかる．

表-8　測定結果から求めた「みかけ弾性係数」

測点(No.)	土かぶり (m)	土かぶり比 (H/D)	みかけ弾性係数 (N/mm²)		備　考
			地表面沈下測定	内　空変位測定	
No.6＋10	11	1.0	171		下半掘削
No.7＋00	12	1.1	116	54	〃
No.7＋10	14	1.3		55	〃
No.8＋00	15	1.4		60	下半切羽(No.7＋16)近接
No.8＋07	17	1.5		66	

8　切羽安定評価

忍野側坑口区間のルーズなスコリア火山灰地山では，トンネル施工時に切羽が不安定となり，切羽崩壊～地表陥没などの変状の発生が懸念されたが，実施工においては，注入式長尺先受け工法の施工により，一部の小崩落を除いて切羽は全般に安定した状態であった．

この結果をふまえ，以下に定量的評価を行う．

8-1　みかけ弾性係数による切羽安定評価

図-12の斜線は桜井ら[2),3)]が施工実績にもとづいて，みかけ弾性係数(測定変位より逆算した弾性係数)と土かぶり比の関係から切羽の安定性を分類した境界を示している．

なお，「みかけ弾性係数」は支保の効果も含んだ測定変位から逆算した弾性係数であることから，ここでも坑内変位測定結果および地表沈下測定結果を用いて，切羽の安定性の度合いを評価する．

表-6の内空変位および天端沈下の測定結果から，みかけ弾性係数を求めると表-8のようである．

これらの値を図-12にプロットすると，以下のとおりである．

地表面沈下測定からの推定では，「やや不安定」の領域にあるものの，坑内変位測定では「やや不安定」から「不安定～崩壊」の境界にある．

地表面沈下測定と坑内変位測定による「みかけ弾性係数」の差異は，地表面沈下測定結果が実測値によるものであるのに対し，坑内変位測定での結果は，先行変位が坑内変位に等しいと仮定したことが原因と考えられる．地表面沈下の結果の方

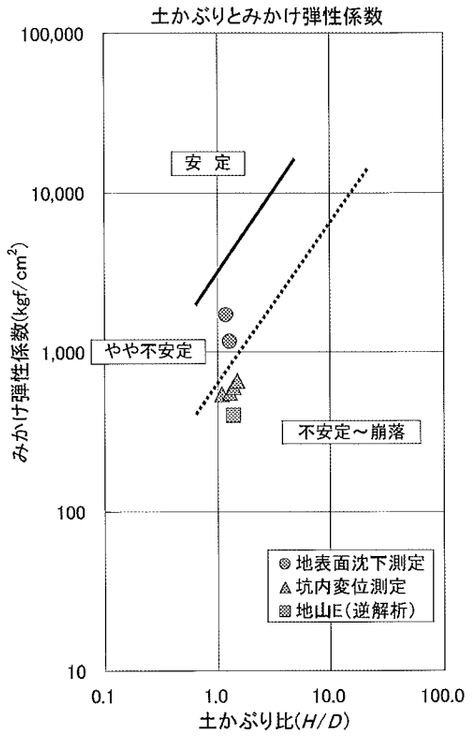


図-12　本トンネルでの切羽安定評価(測点No.6～8＋07)

がより信頼性が高いと考えれば，坑内変位測定に用いた先行変位が，実際にはかなり小さいことが考えられる．このような結果になった理由として，注入式長尺先受け工法による先行変位の抑制効果があったと考えるのが妥当である．

なお，図-12に逆解析により求めた地山本来の弾性係数(E=40N/mm²)もプロットしてあるが(■マーク)，この結果は「不安定～崩壊」の領域に位置している．地山の弾性係数と「みかけ弾性係数」での結果の差が，支保および注入式長尺先受け工法の効果と見なすこともできる．

9　対策工の効果

注入式長尺先受け工法・フットボルトの妥当性を評価するため用いた逆解析の手法は，桜井らが提案する逆定式化法[1]である．

地山はいろいろなスコリア質火山灰からなるが，解析上均一地山として取り扱った．また，注入式長尺先受けなどの補助工法施工区間は，これら効果を含んだ等価な地山の弾性係数とした(ここで求められる弾性係数は，支保効果は含んでいない)．

9-1　坑口区間(1)

坑口区間の2断面(No.7＋00，No.7＋10)での上半掘削時の計測結果にもとづく，地山の弾性係数の逆解析結果は**表-9**のとおりである．

この解析の結果得られた地山弾性係数は，長尺先受け工法の効果などを含んだものであり，スコリア質火山灰の弾性係数20～50N/mm²と比べても，逆解析による弾性係数は向上していることになる．(2)式で定義した「効果率」によると，**表-10**のように「注入式長尺先受け工法」が地山変位の抑制効果に十分に寄与していることがわかる．

表-9　逆解析結果

測点(No.)	弾性係数(N/mm²)	側圧係数
No.7＋00	110	0.54
No.7＋10	89	0.75

表-10　対策工の「効果率」

測点(No.)	効果率
No.7＋00	5.5～2.2
No.7＋10	4.3～1.7

表-11　計測結果(No.8＋7)

天端沈下	脚部沈下		内空変位		
	左	右	水平	左斜め	右斜め
−14.9	−9.6	−5.7	0.8	−1.9	−6.1

単位：mm

表-12　逆解析結果(No.8＋7)

測点(No.)	弾性係数(N/mm²)	側圧係数
No.8＋7	48.7	1.02

「効果率」＝「対策工を含んだ地山の等価な弾性係数」/「地山の弾性係数」　(2)

9-2　坑口区間(2)

次に，No.8＋7付近で実施した計測工の結果にもとづいて，補助工法の効果および補助工法の軽減の妥当性について検討した．

表-11はおおむね上半掘削による応力解放が完了した時点の変位で，以下この結果を用いて地山物性の再評価を行った．

逆解析にあたり，先行応力開放率を40%とし，残りを解放応力とした．表-11の変位に対応した逆解析結果は，**表-12**のとおりである．

なお，ここでも地山弾性係数には注入式長尺先受け工法による地山改良効果も含んだ等価な地山弾性係数を用いている．

表-12地山弾性係数を用い，「効果率」を(2)式で求めると，1.0前後になり補助工法の効果がないと考えられるほどの値になる．

このことは，坑口部と異なり「注入式長尺先受工法」の変位抑制効果が相対的に減少することに対応する．しかし，地山状況から判断してこの種の切羽安定対策工が有効であることは間違いないと判断できる．このため，「注入式長尺先受け工法」を「注入式フォアポーリング工法」に変更して掘進した．その結果，切羽から小崩落はあったものの，切羽の安定性は全般に確保されており，補助工法の変更は妥当であったと評価した．

10　注入材の地下水への影響

本工事施工による地下水への影響を調査するため，坑外・坑内の4か所において，施工前および施工中の水質検査を実施した．とくに坑内湧水は，インバート下に設置した地下排水管に集め，排水を行ったが最大流量1,400 ℓ/分であった．これらの湧水や地下水への本工事による影響は認められなかった．

11　おわりに

未固結地山による切羽の不安定化，脚部地山の支持力不足，ゆるみ荷重に対する支保構造の不安定化などに対処できるように補助工法を採用したが，施工にあたっては地下水への影響を排除する必要があった．各種の注入材の中から，ゲル化特性を持った超微粒子セメント系注入材を選定して目的を達することができた．また使用した注入材は，懸濁型であるが，溶液型なみの浸透効果が得られた．そして，コストの縮減を図りながら不安定なスコリヤ堆積層を安全に掘削することができた．

また，山本　稔・東京都立大学名誉教授に御指導いただいたことに謝意を表します．

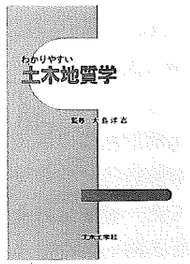
参考文献

1) 桜井春輔：トンネル掘削時における変位計測結果の逆解析法，土木学会論文報告集，第337号，1983.
2) 土木学会関西支部：都市部における合理的設計・施工，1995.1.
3) 桜井春輔：都市トンネルの実際，合理的な設計・施工法をめざして，鹿島出版会，1998.3.

【好評発売中】

わかりやすい土木地質学

大島洋志 監修　B5判　209頁　本体価格 2,500円　〒340円



本書は，平成11年3月号より17回にわたって「トンネルと地下」に連載した「トンネル技術者のための応用地質学入門」をベースに，加筆および整理してまとめたものである．本書では，最新のトンネル技術，地質学，ならびに，地質調査法などを挙げ，学生から実務者まで広範に満足させる内容となっている．

〔主要目次〕
序　編　トンネルと地質の関わり
第Ⅰ編　トンネル工事に必要となる基礎的地質学
第Ⅱ編　トンネル工事と地質条件
第Ⅲ編　地質調査法
第Ⅳ編　工事を対象とした地質調査の進め方

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



トンネル千夜一夜(7)

北京の地下空間を探る(2)

(財)鉄道総合技術研究所
小野田　滋

■北京における地下防空施設のあゆみ

北京で最初に防空を目的として建設された地下施設は，1936年に馮玉祥将軍率いる部隊が石碑胡洞に設けた約20m²の地下壕が最初とされている．その後，日華事変で北京に進駐した日本軍も，1940年，鉄獅子胡洞(現在の張自忠路付近)に鉄筋コンクリート構造の250m²の防空指揮室を建設し，さらに50か所，合計1,920m²に及ぶ地下施設を設けたほか，日中戦争終結後も，国民党によって2,460m²に及ぶ防空施設が建設された．

中華人民共和国が成立した1949年には，人民解放軍によって毛沢東主席の別邸のあった東南山付近に馬蹄形断面の坑道式地下壕が建設されたが，これが解放後に北京で建設された最初の防空施設となった．翌年には北京市人防指揮部と公安部内に各1か所の防空施設が設けられたが，民生用の地下施設は1953年に同仁医院に試験的に建設された地下医療所が最初であった．その後，中央人防委員会の指示により地下壕の整備が計画的に行われ，1999年までに建設された北京市内の地下防空施設は図-1に示すように累計約400万m²に達したが，これは幅10mのトンネルに換算すると延長約400kmに及ぶこととなる．現在，その多くは「平戦結合」のスローガンの下に利活用されており，北京市の重要なインフラとなっている．

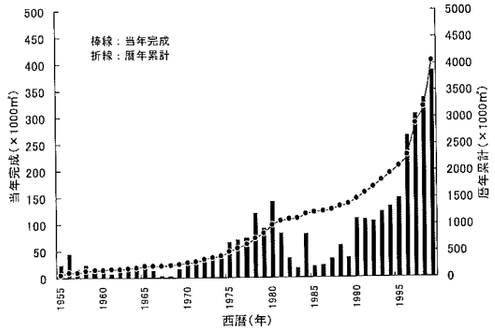


図-1　北京市内における地下防空施設の面積
(1955年～1999年)

■地下空間利用のさまざま

それでは，これらの防空施設は，平時にどのように利用されているのだろうか．前回紹介した月壇公園の地下商場はその一例で，筆者が入手した資料によれば，このほかにも地下旅館，地下餐庁，地下医療所など，様々な種類の地下施設がある．

地下旅館：1979年に海淀区人防弁公室が八里庄街道人防指揮所を改装して八里庄地下旅館(のち西釣魚台知青第一旅館→釣魚大旅社→君悦大酒店と改称)して正式開業したのが最初で，1999年現在で889か所，約6万床を数え，今や「平戦結合」による地下施設の稼ぎ頭に成長している．

地下商場：防空施設を地下商店街として最初に利用したのは，1970年代に建設された西単商場地下



写真-1　1998年に完成した北京市人防(人民防空)応急指揮センター指揮室

営業庁であった．また同じ頃には，周恩来首相の肝入りにより，対外開放を前提とした地下購売センターが前門の繁華街である大柵欄街に開設され，海外から多くの観光客を集めて商業ベースに乗せることに成功した．1999年現在で8億元の営業収入があり，地下旅館に次いでいる．

地下餐庁(食堂)：1971年に開設された西四地下小吃店が最初とされるが，その後はあまり普及せず，1999年現在で36か所を数えるに過ぎない．

地下倉庫：1974年に四道口果物卸売部が地下果物倉庫を建設したのが最初で，このほか，地下食用油庫，地下穀物庫，商品流通庫などの利用がある．また，市以外に，中国共産党中央直属および国家機関の管理する地下倉庫がある．

地下医療所：地下利用としてはもっとも歴史が古く，1950年代に同仁医院，ソ連赤十字医院(現・友誼医院)，北京児童医院などに地下医療施設が建設されたが，1999年現在で19か所，179床を数えるに過ぎない．

地下作業所：地下工場などの作業所で，1971年に建設された北京開関廠(開関廠＝バルブ工場)がその最初である．ここでは，地下空間における湿度，騒音，放熱などの問題が検討された．

地下教室，会議室，事務室：1976年に牛街街道に建設された地下会議室がその最初で，休憩室や発電機室，トイレなどを併設した．600人を収容でき，演劇や映画などの劇場施設としても使用可能である．このほか，1979年には永定路中学校に実験室や音楽室を含む地下教室が建設された．

地下文化・体育施設：1981年に宣武地下影院(現・東方大世界娯楽城)と呼ばれる地下映画館が完成したのが最初で，1990年代には，地下プール，地下カラオケ場，地下ボーリング場などの娯楽施設も各地に建設されるようになった．

表-1　北京の地下防空施設の平時利用状況(1999年現在)

用途	箇所数	面積(m²)	営業収入
地下旅館	889	583,776	15億元
地下商城	57	79,666	8億元
地下餐庁	36	14,544	1,172万元
地下倉庫	786	402,472	－
地下医療所	19	14,878	－
地下作業所	87	38,975	2,484万元
地下教室,会議室,事務室	366	211,577	1,198万元
地下文化・体育施設	99	75,520	1,967万元
地下駐車場	82	379,340	－
地下養殖場	9	6,946	24万元

－：不明またはデータなし。1元＝約15円。

地下駐車場：「平戦結合」によって建設された最初の地下駐車場は，1979年の広安門消防中隊地下車庫が最初で，急速な自動車の普及とともに建設が進み，1999年現在で43,000台の駐車が可能なまでに成長した．

地下養殖場：1980年に石景山区と西城区で地下キノコ栽培が行われたのが最初で，このほか，ニワトリ，カタツムリ，サソリなどの地下養殖が試みられている．

■進む地下空間の利用

表-1は，1999年当時における，これらの地下施設の利用状況をまとめたもので，2008年のオリンピックを目指して大規模な都市改造が進む中で，現在ではさらに多くの地下施設が建設されつつある．また，同様の地下施設は，北京だけではなく中国の各都市に存在し，「平戦結合」の下に利活用されている．ともあれ，地下防空施設を積極的に商業利用し，利益を生み出そうとする点に，市場経済の道をまっしぐらに進みつつある現代中国の姿を垣間見ることができる．と同時に，これらの地下施設が平時のみの利用に徹し，戦時に使われる機会が訪れないことを願いたい．

現場だより
平成17(2005)年

『「鉄道員(ぽっぽや)」のまち』南富良野より

澤 谷 和 仁

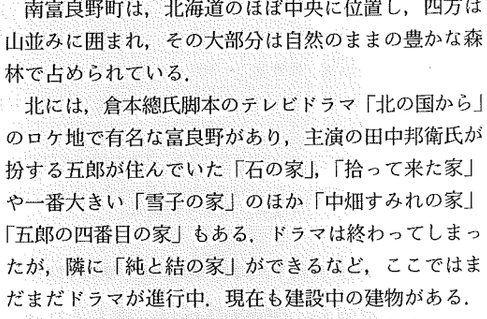
南富良野町は，北海道のほぼ中央に位置し，四方は山並みに囲まれ，その大部分は自然のままの豊かな森林で占められている．

北には，倉本總氏脚本のテレビドラマ「北の国から」のロケ地で有名な富良野があり，主演の田中邦衛氏が扮する五郎が住んでいた「石の家」，「拾って来た家」や一番大きい「雪子の家」のほか「中畑すみれの家」「五郎の四番目の家」もある．ドラマは終わってしまったが，隣に「純と結の家」ができるなど，ここではまだまだドラマが進行中．現在も建設中の物がある．

同じく倉本總氏脚本，寺尾聡氏演ずる喫茶店のマスターと，息子とのきずなの再生を描いたテレビドラマ「優しい時間」に登場した喫茶店「森の時計」が一般向けにオープンした．撮影の終わったロケセットをそのまま使用し，新しい観光スポットとして人気をよんでおり，ドラマの中と同じように客が自分で好みのコーヒー豆をひいてドラマの雰囲気を味わえるようにしている．

南には北海道有数のリゾート地のトマムおよびサホロ(地中海クラブメッド)に隣接しており，ゴルフ・スキーと余暇を楽しめる．

また，南富良野町には浅田次郎原作，高倉健主演の「鉄道員(ぽっぽや)」の物語の舞台となった「幌舞駅」がある．これは実存する駅であり，「JR幾寅駅」として現在も利用されている．「だるま食堂」などロケで使用された建物は，現在も映画の町並みのままに保存・公開されている．



位 置 図



幌舞駅(JR幾寅駅)

その南富良野町の最南端の落合地区に当工事現場が位置する．

第一狩勝トンネルは北海道横断自動車道夕張～十勝清水間のうち，札幌と帯広を結ぶ国道274線の急峻な地形と過酷な気象条件下で毎年40件以上の交通事故が発生し，道内最大の難所といわれている日勝峠(標高1,023m)を迂回するルートにある．道路完成後には，最大標高が約400m下がり，峠の区間延長も約30km短縮され，道路線形，勾配も大幅に改善され，札幌圏と帯広圏を安全かつ高速に結ぶ路線として期待されている．

本トンネルの掘削延長は2,315mで，トンネル掘削はNATMによる発破工法で，東側からの片押しで行う．山頂部付近は比較的急峻であるが，トンネルの両坑口付近は緩斜面が大きく広がっており小土かぶりの区間が長く続くという特徴がある．坑口は広域牧場の中に位置し，周辺には豊かな自然環境が広がり，希少動物が生息するとともに放牧時期となると約1,500頭の牛が放牧される．

本工事は工事着手から約１年半が経ち，現在，掘削が約1,100m，覆工が約500m完了した．５月から橋梁下部工の明かり工事も始まり最盛期を迎えている．発注者関係各位のもと，企業体ならびに協力会社が一丸となって平成18年初夏の開通を目指して頑張っていく所存である．

(鹿島・白石・地崎特定建設工事共同企業体所長)

施工

既設洞道接続工事の凍結工法による変位予測と対策

—中部電力　牛島町超高圧洞道新設工事—

中部電力(株)基幹系統建設センター土木建築課課長 高 木 敏 雄
中部電力(株)基幹系統建設センター土木建築課主任 下 平 義 明
大成建設(株)名古屋支店牛島再開発事業第２期工事作業所作業所長 神 保 幸 則
大成建設(株)国際支店シンガポールC854工区作業所工事課長 遠 藤 伸 治

1 はじめに

牛島町超高圧洞道新設工事は，JR名古屋駅の北約400mに計画された牛島南第一種市街地再開発事業の一環として計画されたものである．再開発事業は，中部電力を含む複数の地権者からなる再開発組合を主体として平成12年度から進められている．表-1および図-1に計画概要を示す．

再開発事業１期工事は，当工事以外に既設建屋解体・特高変電所および付帯洞道新設などが実施

表-1 計画概要

事業名		牛島南第一種市街地再開発事業
事業主体		牛島市街地再開発組合
事業期間		2001年１月～2008年３月
地区面積		約2.1ha
敷地面積		約14,100㎡
建築面積		約7,300㎡
延床面積		約143,300㎡
主要用途		商業・業務・変電所・駐車場
施設概要		オフィス棟(地下３階，地上40階)
		特高変電所(地下１階，地上３階)
		駐車場棟(自走式　354台)
		超高圧変電所(地下３階)
	公共施設整備	公開空地(約5,450㎡)
		新設道路(幅員9.5m，延長約80m)
		地下道(幅員6.0m，延長約290m)

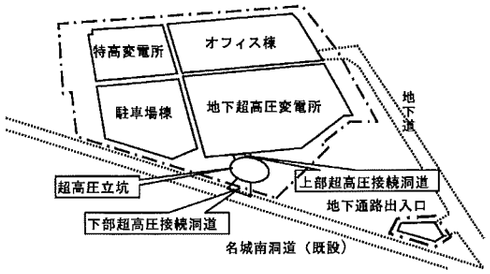
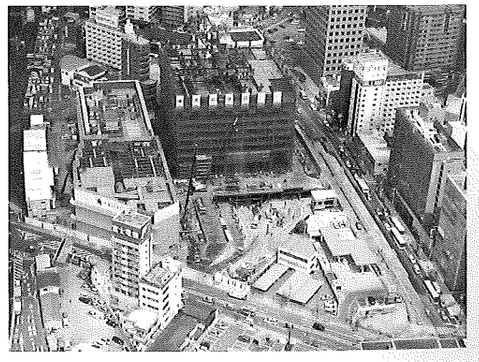


図-1 再開発事業計画概要図


写真-1 再開発事業進捗状況(H.17.4 現在)

され，平成16年５月末に完工している．

２期工事では既設特高変電所解体・オフィス棟・地下超高圧変電所・駐車場棟および名古屋駅とを結ぶ地下道などの各施設が計画され，平成19年３月に完工予定である(**写真-1**参照)．

2　工　事　概　要

当工事は，名古屋市の牛島南第一種市街地再開発事業地区内に新設される中部電力の地下超高圧変電所に既設275kV地中送電線「海部名城線」を引き込む目的で，ケーブルの縦シャフトと接続洞道部工事スペースとして使用する立坑構築(圧入ケーソン工法)および立坑と既設洞道を接続する洞道構築である．本稿では，地下約30mで洞道接続構築時の防護として採用した凍結工法の施工と管理について報告する．

3　凍結工法の特徴

この凍結工事の特徴は，既設名城南洞道の施工時に今回の接続を想定し接続予定箇所には鋼製セグメントを設置していたが，接続箇所が諸事情により変更となりRCセグメント部での接続となった．

接続部の既設洞道は，内部に稼働中の超高圧ケーブルが存在し狭隘であり(**写真-2**参照)，しかも補強施工が難しいRCセグメントであるということから，接続箇所の既設洞道全体を凍土で取り囲み，保持するという形態を採用した．

そのため，造成凍土量；約1,900m³，凍結運転期間(計画)250日となり，凍結工法としては大規模なものとなった．

4　設計・施工

4-1　地質概要

図-2に地質断面図を示す．

各地層の概略的な特性は以下のとおりである．

(1)　埋土層(B)は，不均質な粘性土が主体でありN値は３～５を示す．

(2)　南陽層(As)は，シルト分を含む砂質土が主体を成しN値は３～15を示す．

(3)　熱田層上部(D_{3U})は，地層上部には砂質土を主体とする層が分布しN値はおおむね９～12を示す．

地層中央部には，粘性土を主体とする層が分布するが出現深度はNP－4.89～－8.40mと西側に顕著に深くなることと中央付近に砂質土が優位となる互層を介在することが特徴づけられる．

N値は，主体の粘性土で８～60と大きくばらつき，中央の互層では17～48を示す．

地層下部には，砂質土を主体とする層が分布しN値はおおむね30～60程度の範囲でばらついている．

(4)　熱田層下部(D_{3L})は，粘性分を主体とする粘性土層でありN値は６～10を示し硬質である．

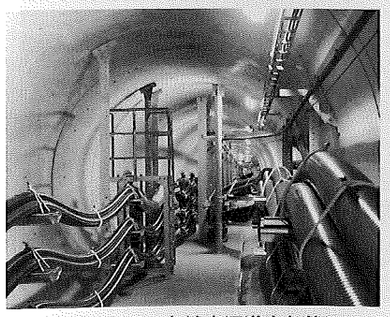


写真-2　既設名城南洞道内部状況

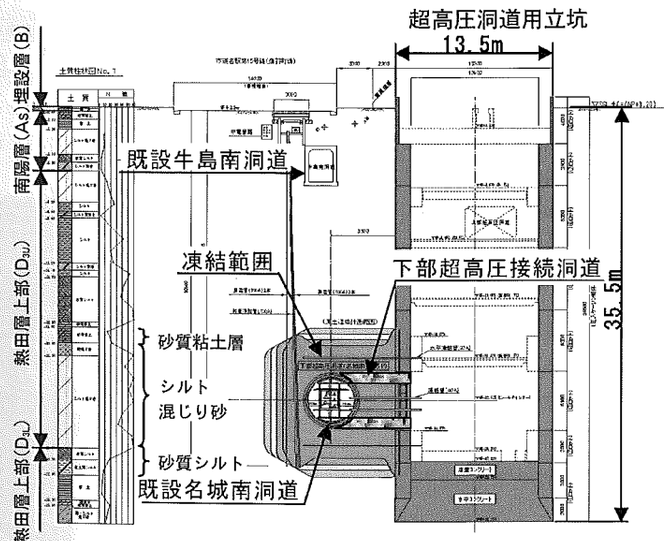


図-2　地質断面図

今回構築する下部超高圧接続洞道は，シルト混じり砂層のほぼ中央に位置する．

凍結対象範囲は，シルト混じり砂層が中心でこの上部と下部に砂質粘土層および砂質シルト層が介在する．

この粘性土の凍結による膨張と解凍が，後述する各種課題の要因となる．

4-2　接続工法の検討

凍結工法は，人工的に地盤を凍らせる工法で，地盤中に凍結管を埋設してこれにブラインと呼ぶ冷却液(塩化カルシウム水溶液)を流し，管の周囲を冷却して土中の間隙水を年輪状に氷結させ，更に隣接する凍土柱を連結して遮水壁あるいは耐力壁を形成するものであり，一般的に以下の特徴がある．

(1)　長　所

①　熱伝導を利用するため，ほとんどすべての地盤に適用できる．

②　凍結した土砂は強固で，かつ止水性に富む．

③　地盤や地下水を汚染しない．

(2)　短　所

①　対象地盤中の地下水に大きな流速があると凍結を阻害する場合がある．

②　粘性土地盤では凍結に伴い凍結膨張が起こり，この凍結膨張が変位として凍上変位や，膨張圧として構造物に悪影響を及ぼす．このため，事前の対策が必要となる．また，解凍時には，解凍収縮による沈下が発生するため，その対策も必要となる．

当工事の事前検討および計画段階から，他に「高圧噴射攪拌杭工法(CJG工法など)」，「パイプルーフ工法(薬液注入工法の併用)」などの選択枝が候補としてあった．しかし，凍結工法は，経済性ではやや難があるものの，改良範囲を適切に設定することで，既設洞道に与える影響の低減が可能となり開口補強工を簡素にできるなどの理由から採用した．

4-3　凍結工法の設計

凍結運転時の冷却液(ブライン)温度は－30℃で設計を行った．

表-2　凍土の設計強度

土　質		砂質粘土層 砂質シルト層	シルト混じり 砂層
凍土平均温度	(℃)	－12.0	－12.0
圧縮強度	(kN/m²)	3,381	5,047
曲げ強度	(kN/m²)	2,009	3,038
せん断強度	(kN/m²)	1,666	2,009
変形係数	(kN/m²)	460,600	1,162,280

4-3-1　凍土の設計強度

現位置におけるボーリングによるサンプリング試料を用いた凍結性状試験結果から得られた強度と標準試料(藤森粘土および豊浦標準砂)を使用した設計基準強度は，類似した値であるため標準試料の強度の値を使用した(**表-2**参照)．

4-3-2　必要凍土厚および凍結期間

洞道構築にあたり，全断面掘削を行う規模の凍土厚を造成した場合には，工期が長くなる．また，膨張による影響も大きく，凍土壁に作用する荷重を中間凍土壁および構造物で支持しながら段階的に掘削および構築していくトレンチ掘削方式を採用し，その工事工程に合わせて必要凍土厚を算定した．

なお，算定結果を**表-3**に示す．その結果をもとに，それぞれの凍結運転期間を**表-4**に示すように設定した．また，各ステップにおける凍土状況を**図-3**に示す．

表-3　必要凍土厚

(単位：m)

ステップ	既設名城南洞道(シールド)				接続洞道部		
	上　部		下　部				
	端部	中央	端部	中央	上部	下部	側壁
作業坑部掘削	2.23	1.58	2.45	1.73	0.82	0.89	1.04
Aトレンチ部掘削	2.73	2.05	3.00	2.25	2.72	2.99	1.75
Bトレンチ部掘削	3.01	2.25	3.30	2.48	3.18	3.49	1.75

表-4　凍結運転期間

ステップ	凍結運転期間
作業坑	54日
Aトレンチ	100日
Bトレンチ	155日

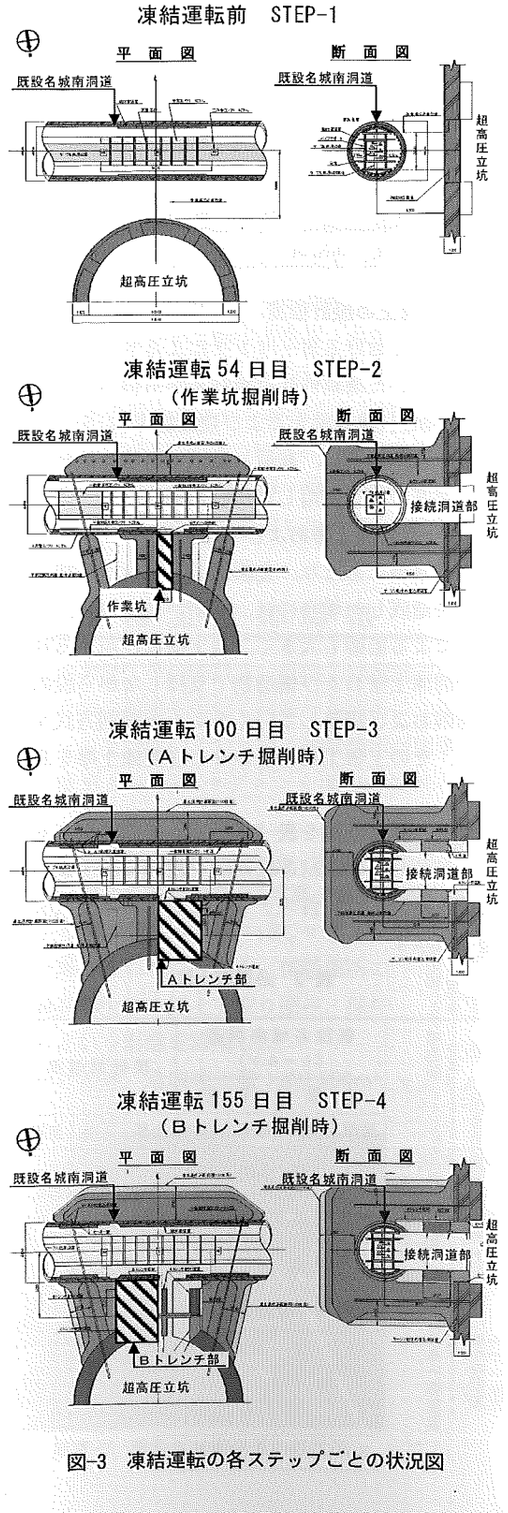


図-3　凍結運転の各ステップごとの状況図

表-5　凍土量および沈下量

（単位：mm）

近傍ボーリング調査結果			
既設名城南洞道		既設牛島南洞道	
凍上変位	28	凍上変位	8
沈下変位	114	沈下変位	33

表-6　凍土量および沈下量

（単位：mm）

追加ボーリング（凍結箇所）調査結果			
既設名城南洞道		既設牛島南洞道	
凍上変位	33	凍上変位	15
沈下変位	138	沈下変位	59

4-3-3　凍上量および沈下量の予測

設計に使用する各定数は，室内凍上沈下試験結果より求めた値を使用し，凍上および沈下変位量を算定した．算定結果を**表-5**に示す．

凍結施工を開始し，凍結運転約50日目で既設牛島南洞道の予測凍上量＋3㎜に対して実凍上量は＋8㎜と大きな差が生じた．この原因は，地質条件の相違が考えられた．

そこで，凍結箇所2か所で追加ボーリングを実施し，サンプリング試料を用いて再度室内凍上沈下試験を実施した．その結果，凍結膨張に影響する粘性土層厚は近傍ボーリングに比べて約2m厚いことが判明した．そのため，そのデータと再試験により得られた膨張率をもとに，最終凍上予測量の見直し計算を行った結果，当初想定に対して凍上および沈下変位量ともに増加した（**表-6**参照）．

4-4　凍結工事に伴う既設洞道変位（凍上による影響）

今回の凍結工事に伴う，「凍結膨張」による既設洞道への影響による凍結運転を抑制および凍上対策を実施する事態が2回発生した．

4-4-1　初期凍土造成段階

1回目は，凍結運転開始直後の凍結膨張圧力により既設名城南洞道に急激な変形が発生した．

シールド内には，ケーソン設置の段階からその挙動を計測管理するためトータルステーションによる自動計測システムを導入している．

これは，立坑正面を中心に7断面，各断面の2次覆工表面の上下左右4方向にターゲットを取り

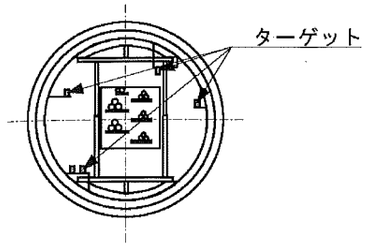


図-4　自動計測システム概念図

付け，2台のトータルステーションでそのXおよびZ方向成分の動きを1回/時間の頻度で自動追尾した（**図-4**参照）．

今回は，このシステムで計測した鉛直方向内空変形量と水平方向内空変形量が2次覆工の許容応力度から設定した変形許容値（2次管理値）を超過した．これは，凍土造成を部分的に行ったことにより膨張圧が偏圧として作用発生した変形で，対策としてまずつぶれ変形を抑制するためブライン温度を上げて（−30℃→−20℃）凍結構成速度を緩和し膨張圧を軽減した．また，シールド上部の凍結運転を停止し，側方の運転を優先するなど凍結管の運転場所を変更する対策を行った結果，変形量は初期段階のピーク値を大きく超えることなく比較的安定した状態で凍結運転を継続することができた．

今回のシールドの変形は，運転初期段階における教訓的事象であり，以下のような反省点を得た．

（1）　凍結膨張・解凍収縮にかかわる既設構造物の変形・変位の管理値は，施工方法を踏まえて照査した予測量を踏まえて設定した数値である必要がある．

（2）　既設構造物の凍結膨張圧による変形を抑制するためには急激な運転ではなく，変形を計測監視しながら除々にかつ膨張圧のバランスを考慮した順序で凍結運転を開始する必要がある．ただし，この場合は，工程に影響を及ぼすため，施工計画段階からの検討が必要である．

4-4-2　上部既設洞道の凍上

2回目は，「凍結膨張」の影響による既設牛島南洞道の凍上である．

凍結運転開始後約30日目より，既設名城南洞道のほぼ直上約17mに位置する幅3m×高さ3.5mの既設牛島南洞道の凍上変位が顕著になり，当初設定した1次管理値（＋9.6㎜）に近づきつつあった．また，既設牛島南洞道内を調査したところ，事前調査と比較してひび割れなどが進行していた．この結果から，凍結運転約50日目より既設牛島南洞道の凍上に起因する上部水平凍結管（24本）・鉛直凍結管（18本）および立坑上部埋込み凍結管（4列）を緊急停止し，前述のとおり凍結箇所2か所で追加ボーリングを実施した．

追加ボーリング結果より，当初設定と比較して粘性土層が厚いため，予想凍上量が1次管理値を大きく上回ることが判明したため凍上抑制対策の検討を実施した．

凍上抑制対策としては，凍土と既設牛島南洞道との間の地山を抜き取ることにより既設牛島南洞道に対する凍結膨張の吸収域を設け，凍上を抑制することとし，以下のような施工方法を立案した．

（1）　造成された凍土に影響を与えないよう，ボーリングデータから凍土と既設牛島南洞道の中間付近のN値20程度のシルト質砂層を抜き取る．

（2）　抜き取り方法は，立坑内から水平に行う方法と地上から鉛直に行う方法がある．

立坑内からの作業はその後の作業に影響があり，また壁面を削孔する場合の止水性確保，鉄筋切断などの品質上の問題から不可とした．

このため地上から鉛直でアップリフトにより抜き取る方法として，2重管式高圧噴射攪拌工法

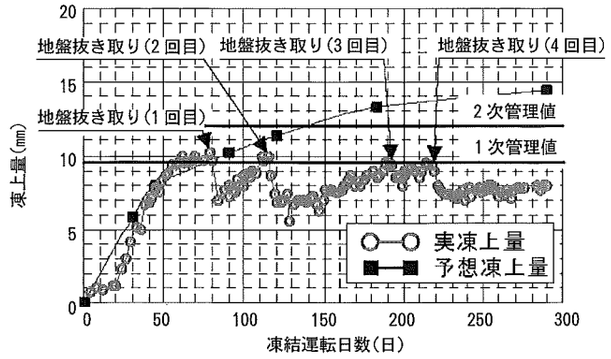


図-5　既設牛島南洞道の凍上量

(JSG仕様)を選定した．

(3)　既設牛島南洞道直上部は，一般道路のため関係者との調整時間と工期を考慮し，工事区域内から斜孔として実施した．

凍土造成期間中に4回の地山抜き取り(約10m³)により，凍上量は1次管理値を一時的には越えたものの，2次管理値を超えることなく凍土造成が完了した(図-5参照)．

4-5　新設構造物の凍害対策

凍結工事において，新設構造物のコンクリートの凍害防止は重要な管理項目である．特に今回工事においては，下部超高圧洞道躯体コンクリート全周が凍土に囲まれていたため，すべての打設箇所においてその管理が必要であった．その具体的対策方法としては，以下の2方法で実施した．

4-5-1　グラスウール(t=50㎜)の設置

凍土と接する面については，余掘り10cm内で凍土面にコンクリート傘用のくぎでグラスウールを設置し断熱をした．

4-5-2　ヒーター線(50～90W/㎡)の設置

打ち継ぎ部，セグメント面との接面などグラスウールが設置できない箇所には，ヒーター線(埋捨て)を設置した．ヒーター線は，設置箇所ごとに打設後7日間＋5℃以上を確保する条件で熱計算を行い，線の仕様と取り付け間隔を決めた．また，ヒーター線設置箇所にはその効果を確認・管理するために温度測定用の測温素子(熱電対)を設置した．

4-5-3　温度計測結果

(1)　早強コンクリート使用時

図-6にAトレンチ壁スラブの早強コンクリートおよび凍土温度の経時変化図を示す．

1)　コンクリート側から見た場合，打設直後の温度の立ち上がりが早く・大きく，またピーク到達後の下降速度も速い．7日後の温度を見ても15℃程度あり，強度発現も早いことから凍害防止上の観点からは早強コンクリートは有効である．

2)　凍土側から見た場合，グラスウール背面の凍土温度(側面)は，打設直後30℃近くまで上昇している．これは凍土表面から30～40cm解凍が進行した温度量であるが実害はない．

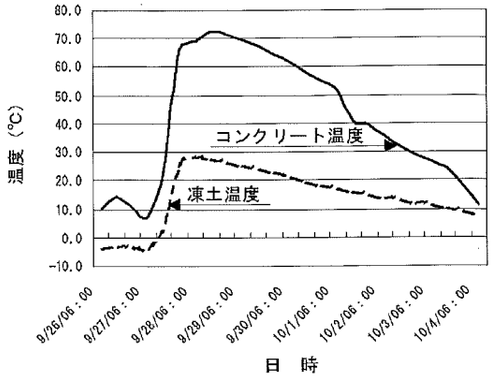


図-6　Aトレンチにおける温度変化図(早強コンクリート使用時)

3)　今回は，グラスウールの断熱効果に期待する最初のコンクリートであり，効果低減に不安もあったため，万一のためヒーター線も併用してみた．結果的には，ヒーター線の稼働はさせずにグラスウール1枚(GW1層)で十分であることがわかった．

また，試験的に，グラスウール2枚貼り(GW2層)，グラスウール1枚にベニヤ板張(GWベニヤ)の断熱効果を調べた結果，(GWベニヤ)＞(GW2層)＞(GW1層)の順で効果が確認できた．

(2)　低熱コンクリート使用時

図-7に接続部壁スラブの低熱コンクリートおよび凍土温度の経時変化図を示す．

1)　季節的影響もあるが低熱コンクリート使用の場合，コンクリートの温度上昇は早強コンクリートに比べ緩やかで量は小さい．とくに，部材厚さの薄い(B＝320㎜)既設シールド内補強断面部の温度上昇量は＋10～＋15℃程度となっている．

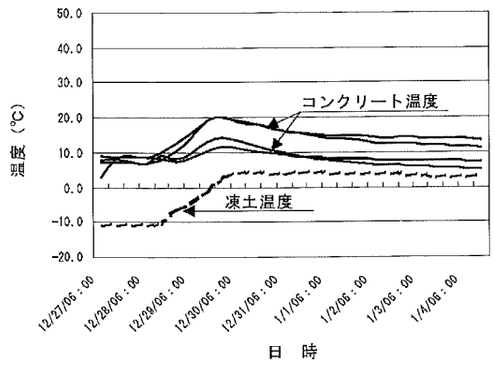


図-7　Aトレンチにおける温度変化図(低熱コンクリート使用時)

2)　また，このシールド部についてはヒーター線を最大限稼働して必要な養生温度を保持した．ただし，先行施工した一般補強部との打継部である妻面については，一般補強部内の埋め込み凍結管の運転による冷却力が埋め込みの機械継ぎ手鉄筋を伝播してコンクリート打継表面に霜が付いた状態となり，ヒーター線だけでは不十分であった．

そこで，凍着確保のための一般補強部内円周状の7列の埋込凍結管のうち，打継側1列のみに加熱したブラインを別系統で循環調整し，妻面側温度をコンクリート打設前に0℃に安定させた．

(3)　考　察

接続部壁スラブは，一部部材厚の大きいマスコンクリート部を含んでいたため“低熱コンクリート”で施工したが，シールド部のような部材厚の小さい箇所は凍害防止上　“早強コンクリート”による施工が望ましい．

一般に，現場打ちコンクリートの施工において凍害対策を必要とすることは，凍結工法における弱点と言える．凍土(もしくは凍着部)とコンクリート打設箇所の境界面において，「凍土温度(凍着温度)は極力上昇させないように」，「コンクリートは絶対に凍らせないように」と相反するニーズとの妥協点を探って管理することが要求される．

4-6　解凍工事に伴う既設洞道変位(沈下による影響)

凍土は，解凍するときに収縮する．その収縮率は凍結膨張量の大きい粘性土について大きく，解凍収縮による上部地盤の沈下はその収縮の全方向が影響する．

上部構造物の無対策時の沈下予測量は，既設名城南洞道で－138㎜，既設牛島南洞道で－59㎜となり許容値を超えることが予想され対策が必要であった．

従来より，沈下対策工として多く用いられているのが「強制解凍填充工」である．これは，凍結運転時に冷却液(ブライン)を循環していた凍結管に温水を流すことにより強制的に凍土を解凍し，緩んだ地盤に速やかに填充を行うことにより沈下を抑制する工法である．今回もそれを主工法として採用した．

具体的な施工方法として，60℃の温水を循環運転して100日間かけて解凍する(自然解凍では約2年間要する)．また，填充工の方法として，下部超高圧接続洞道内部躯体の上下にあらかじめ埋設した埋め込みスリーブ管から小型ボーリングマシンにて削孔注入した．また，地上部からは鉛直凍結管の間を削孔し注入した．

填充作業は，解凍収縮量の大きい粘性土層を対象として注入率を設定して計画注入量を設定し解凍の進捗に応じて解凍土面まで削孔し，その時点での計画量を目標に恒久材としてセメントベントナイトを注入した．また，セメントベントナイトの砂質土層への逸散が顕著であると判断した場合はパッキング効果を目的としてセメント系瞬結材を併用することとした．

4-6-1　管理値の設定

強制解凍填充工を実施しても，「解凍してから注入する」というタイムラグが生じるため沈下量をゼロにすることはできない．経験上，強制解凍工施工時(沈下対策時)における上部構造物の予測沈下量は無対策時の20～30%と言われている．また，凍結範囲より離れているほど予測沈下量は大きくなる傾向を示すと言われている．この対策時の予測値をベースに，施工に耐えうる管理値を以下に設定した．

(1)　既設牛島南洞道

予測値は，無対策時の30%として－18㎜となるが，凍結時に経験した凍上量による影響(ひび割れなど)を考慮し，－10㎜を限界値とした(図-8参照)．しかし，予測値は限界値を超えているため，既設名城南洞道周りの填充工以外に追加対策が必要と考え，「先行空隙填充工」と既設構造物の隆起回復を目的とした「復元注入工」を計画した．

(2)　既設名城南洞道

予測値は，無対策時の20%として－28㎜とした．

この沈下量を照査したところ，横断方向の許容

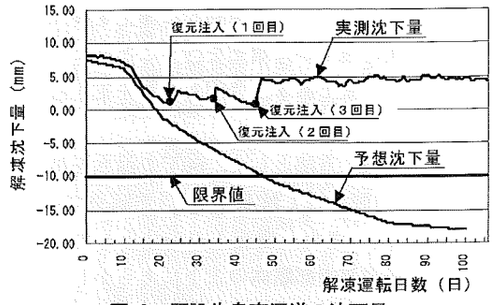


図-8 既設牛島南洞道の沈下量

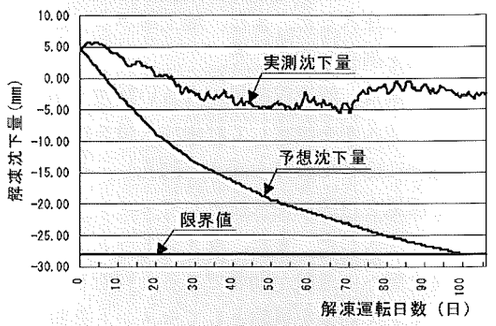


図-9 既設名城南洞道の沈下量

耐荷性能は確保できるが縦断方向の許容耐荷性能は確保されず，0.4㎜程度のひび割れが横断方向に発生するという結果となった．しかし，最終耐荷性能は確保されることから発生したひび割れの補修方法などを別途検討することとし予測値－28㎜を限界値とした(図-9参照)．

4-6-2 先行空隙塡充工

強制解凍運転に入る前に，空隙が想定される地山抜き取り後の吸収域(緩み土層)を先行塡充することにより，運転開始直後の急激な沈下を抑制することができると考え，凍結運転時に地山抜き取り工により抜き取った緩み土層に抜き取り土量相当(約10m³)のセメント系瞬結材を注入した．

施工は，地山抜き取り時に使用したガイド管(16本，150A)を用いて，既設牛島南洞道を持ち上げないように注入圧・計測管理を行いながら各孔ごとの抜き取り土量を目安に定量注入した．

4-6-3 強制解凍塡充工

塡充注入圧力は，既設名城南洞道および接続洞道および周辺地山への影響を抑えるため，その設計荷重の上限値(0.4～0.5MPa)を注入圧力とした．

また，管理の確実性を高めるために注入圧力が設定値以上になった場合，ポンプの吐出流量をリターンさせる仕組みを導入した．

注入量は，解凍の進捗に応じて0～30日，30～60日および60～100日の3段階に分けて設定し，各段階の解凍体積に合わせて全体計画注入量(213m³)を案分し，さらにそれを各使用孔に分配して1本あたりの計画注入量を設定した．

初期段階の0～30日解凍分は，残留凍土の閉塞により所要量が塡充しにくく，実績注入量は計画量の4割弱であった．そこで，躯体外面に作用する注入圧力の感知装置を設置し，躯体への影響を計測・監視しながら，注入圧力を0.45MPaから0.05MPa上昇させて0.50 MPaとして施工した．その結果，注入量は約2倍となった．

その後も躯体への影響を監視しながら注入を引き続き実施した．**写真-3**にトレンチ内の塡充工作業状況を示す．

凍土の全解凍が確認された時点の実績注入量は，全体計画量(213m³)に対して9割(198m³)に達した．

図-9に示すように既設名城南洞道の実測沈下量は，予測沈下量に対して予想以上に小さな値を示し沈下進行が伴わない安定した状況で完了した．

4-6-4 復元注入工

既設牛島南洞道の沈下変位量の限界値＝－10㎜に対して沈下予測値は－18㎜となっているため，この解凍部の土塡充のみでは制御しきれないと判断し既設牛島南洞道の沈下量を限界値以内に抑えることを目的とした復元注入工を計画した．

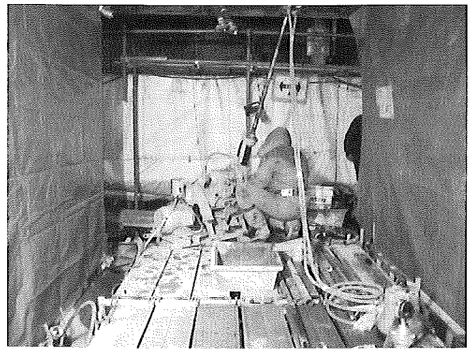


写真-3 トレンチ内塡充工作業

注入は，地山抜き取り土層上で層厚2mのN値20程度のシルト層を対象とし，割裂注入とした．注入材料は限定した範囲に注入され，かつ周辺地盤への逸走の少ない材料としてセメント系瞬結材を選定し，使用した．

また，注入管理については沈下復元の目的から，注入圧力の上限設定をせずに既設牛島南洞道の変位量を常時観測しながら実施した．

復元注入工は，＋8㎜の位置から解凍を開始し，おおむね予測値に近似して沈下傾向を示したため，注入は±0㎜に到達した時点(運転20日目)にスタートし既設牛島南洞道を＋5㎜～－5㎜の位置に保持することを目標にした．

注入作業は，偏圧に伴う既設牛島南洞道の傾斜を抑制するために路上占用帯から既設牛島南洞道をはさみ込む形で2台のボーリングマシンで同時注入した．また1本あたりの注入量は，該当土層の注入率を用いて算出した約2m³を予定量とした．

この結果として既設牛島南洞道の挙動は，地山抜き取り時と同様に復元注入に敏感に反応した．前掲の図-8に示すように，解凍完了まで3回実施し沈下量を確実に制御することができた．

注入量の実績は計12本(6組)で計21.9m³であった．

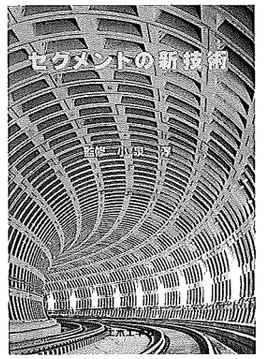
5 おわりに

既設洞道の沈下計測については，解凍完了後も引き続いて計測監視を実施している．

既設牛島南洞道の沈下量は，解凍完了後1か月間は約－1㎜の沈下量が計測されたがその後は安定している．また，既設名城南洞道の沈下量は，解凍完了後，安定している．

本工事は，開口補強のされていないシールド洞道に接続する工事でシールド洞道内には超高圧ケーブルがあり，内部からの補強ができない状態であった．また，凍結工事についても大規模な凍土造成により既設設備への影響も懸念されたが，とくに問題なく工程通りの進捗が得られた．

工事中諸問題が発生したが，牛島市街地再開発組合を始め工事関係者が一丸となって取り組み解決されたことに対し，関係者の皆様に謝意を表するものであります．



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

土木情報 No.385 今月の主な入札結果

（5月11日～6月10日）

事業主体	工事名	請負会社	請負額 単位百万円
中国地整	鳥取自動車道河原T	佐藤工業	1,530
緑機構・東北北海道	17閉農用道1号T	みらい・東鉄・北星JV	1,580
道公・中部	東海北陸自動車道布深戸T	市川工務店・土屋組JV	1,558
〃	近畿自動車道(紀勢線)菅合T	不動・小田急JV	2,420
首都公団	SJ34工区(1-3)西新宿北連結路T(その2)	東亜・淺沼・徳倉JV	1,478
〃	SJ52工区(3-3)池袋南出入口T(その2)	五洋・みらい・新井JV	1,550
北海道	厚幌ダム建設付替道路1号T	伊藤・西江JV	1,065
〃	網走公園線網走市改良T	早水・北野JV	246
都・水道局	杉並区堀ノ内一丁目地先～梅里一丁目地先間排水本管布設ほか	クボタ	668
〃	江東区豊洲二丁目～港区港南五丁目地先間送水管中間立坑築造	清水・飛鳥工業・東京かなえ・ヒラカワ・鹿島・大林・大成・東亜・鉄高・西松JV	650
都・下水道局	豊島区南長崎一丁目，西池袋五丁目付近枝線二次覆工	フジタ・アイサワ工業・西武JV	4,777
〃	港区南青山二丁目付近再構築	さとうベネック	265.162
〃	文京区白山三丁目，小石川五丁目付近再構築	星野建設	153.62
〃	渋谷区笹塚三丁目，円山町付近外管渠改良	青木あすなろ建設	397.76
〃	中央区銀座五，六丁目付近外管渠改良	竹内工務店	422.3
都・新都市公社	町田市公共下水道小山町汚水枝線	佐田・岳大土木JV	435.86
〃	八王子市西寺方町688番地先外下水道築造51(公9工区)	松尾工務店・建治JV	256.7
〃	日の出町公共下水道水口地区枝線敷設17	岡野組	195
愛知県	日光川下流流域下水道事業管渠敷設桂第一工区	戸田・海部・大篠JV	1,090
〃	〃 鹿伏兎工区	鹿島・加藤・山田JV	1,565
島根県	ふるさと農道整備事業西地区西T	徳畑建設・大福工業JV	765
高知県	県道久礼須崎線地方道路大野T	須工ときわ・四国土建・鍋島JV	980
徳島県	平成16年発生河川等災害関連工事一般国道193号木沢T(1分割)	島谷・富岡・新居組JV	1,170
〃	〃 (2分割)	大成・赤松土建・岡田組JV	2,130
福岡県	矢部川流域下水道事業黒木幹線管渠築造	大日本・西日本JV	388
札幌市	白石中の島通幹線新設その1	豊和・親日JV	111.6
〃	二十四軒手稲通幹線新設その15	札建工業	114.5
〃	〃 その14	坂本・興陽技研JV	129.5
〃	北2条幹線移設	地崎・丸彦渡辺・北英JV	399
〃	西五丁目幹線新設その3	北土・大東・板谷土建JV	239
〃	白川第3送水管新設その5	札建・東建・道興加茂・国策・スミセキコンテックJV	345
〃	〃 その6	勇・丸竹竹田組JV	145
〃	厚別幹道排水沿西線排水整備	地崎・中山・大庭組JV	255
川口市	改良第2号中央地区配水管布設	邦栄建設	50
〃	拡張受託第1号中央地区配水管布設	工藤建設	62.4
〃	改良第16号青木地区配水管布設	修和土建工業	75.35
〃	改良第17号 〃	中原建設	121.6
〃	改良第19号横曽根地区配水管布設	島田建設工業	114
相模原市	公下麻溝台地区雨水幹線整備	戸田・肥後・入江・日栄JV	917
神戸市	観音寺川分派放水路築造(上野工区)	清水・奥村土木・秋山組JV	695
〃	小野浜町地区汚水管敷設(その2)	中根建設	200
伊丹市	大阪国際空港周辺緑地T(第2期)	宮本組	298
宇部市	第20工区厚南1号汚水幹線	竹中土木・日立JV	240
〃	第80工区工学部通り雨水幹線	大豊・大榮JV	308
福岡市	山王雨水調整池1号・2号流入管下水道築造	東田中建設	316.8
久留米市	公下合川・善導寺汚水幹線管渠布設	三井住友・建武JV	380

計 画

京都市高速鉄道東西線延伸計画

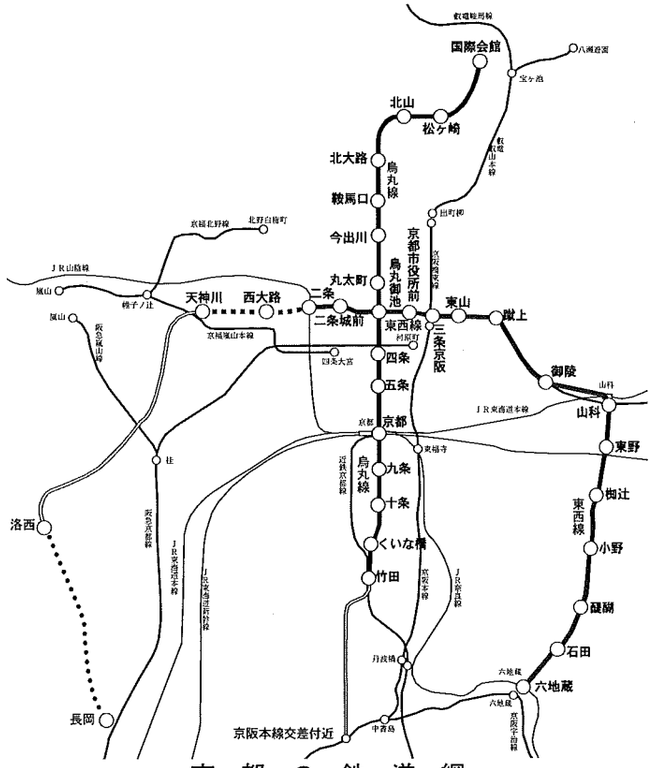
—二条～天神川間—

京都市交通局建設室土木担当課長 古川 衛
京都市交通局建設室土木担当係長 小川 実
京都市交通局建設室土木担当係長 山本篤史

1 はじめに

京都市高速鉄道は，図-1に示すように都心部を南北に貫通する烏丸線13.7kmに加え，都心部と山科・醍醐地域を結ぶ東西線の2つの路線からなり，烏丸御池駅で交差している．このうち，東西線の東端にあたる六地蔵～醍醐間は平成11年10月から工事に着手したのち，平成16年11月26日に開業し，東西線の営業キロは15.1kmとなった．始端駅である六地蔵駅はJR奈良線の直下に建設したことにより，JR六地蔵駅および京阪六地蔵駅との乗り換えが可能となり，宇治方面から京都市中心部へのアクセスが容易になり利便性が増大した．

平成14年11月に工事着手した東西線二条～天神川間は全線地下構造である．JR山陰本線と交差する営業中の二条駅の西端から御池通沿いに西大路駅を経て，国道162号の西側に設置する天神川駅に至る工事延長2.4kmの区間である．この延伸により本市西部地域の都市基盤整備を図るとともに，天神川駅では京福電鉄嵐山本線との結節によ



京 都 の 鉄 道 網

線名	区分	凡例 区間	営業キロ	備考
烏丸線	営業線	国際会館～竹田	13.7km	
	計画線	竹田～京阪本線交差付近		答申路線
東西線	営業線	六地蔵～二条	16.1km	
	工事線	二条～天神川	2.4km	
	計画線	天神川～洛西		答申路線
		洛西～長岡		計画検討路線
他鉄道	JR線			
	私鉄線			

図-1 地下鉄路線

り鉄道ネットワークの拡大を図り，市内中心部から観光地である嵐山方面への利便性が飛躍的に増大する．

天神川駅周辺では，地下鉄事業と併わせて太秦東部区画整理事業が施行されており，駅前広場，都市計画道路御池通の新設，京福電鉄の新駅設置，再開発ビルの建設など，右京区のまちづくりの拠点として整備が進められている．地下鉄工事は，これらの整備事業と連携しながら，工事を進めている．

本稿は，二条～天神川間のうち，主にシールド工事の概要について紹介する．

2 工事の概要

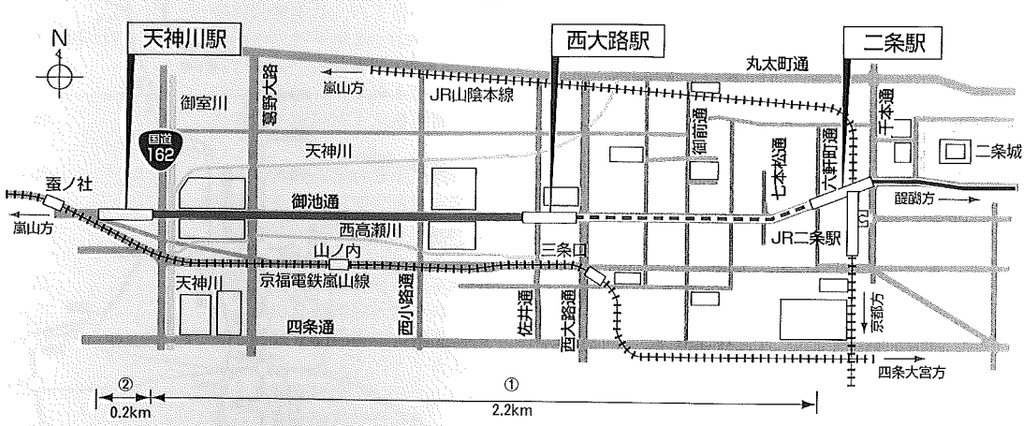
本延伸工事は，図-2のように４つの工区に分けて施工している．このうち，二条西工区は単線シールドで二条方から，西大路西工区は複線シールドで天神川方から発進し，いずれも西大路駅工区に到達する計画である．

シールド工区の工事概要は表-1のとおりである．駅工区である西大路駅工区および天神川駅工区は開削工法で施工している．

3 地形概要

当該工事区間は，嵐山の東側にあたり，京都盆地の西北部に位置する．京都盆地は，北を丹波山地，東方を比叡山，音羽山，醍醐山，また西方を愛宕山，小塩山によって囲まれている．当該地は標高がO.P＋35m前後で，扇状地堆積物が厚く堆積しており，その上位を沖積層が覆っている．沖

平面略図



縦断面略図

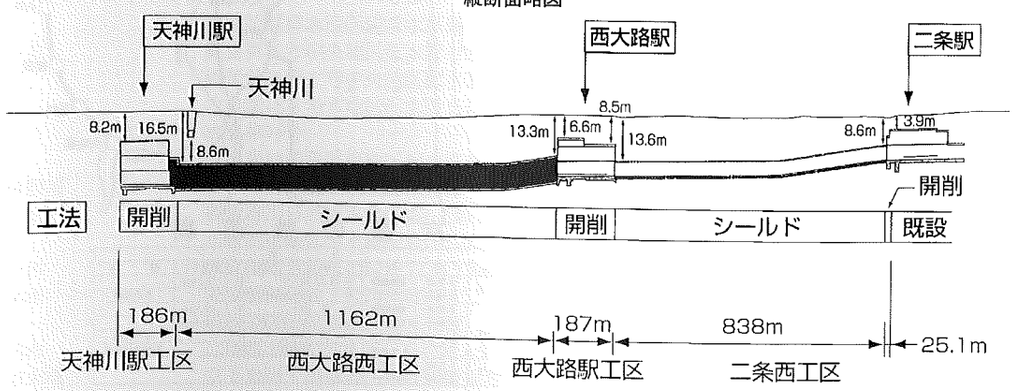


図-2　二条～天神川間路線概要

表-1　シールド工区概要

工区名		二条西工区	西大路西工区
施工延長		838m×2	1,162m
最大土かぶり		13.8m	16.8m
線形	最小曲線	R＝200m	R＝5,000m
	最急勾配	13‰	12‰
セグメント	種別	単線	複線
	外径	ϕ5,700㎜	ϕ9,300㎜
	種類	RC平板型	RC平板型
	幅	1,200㎜	1,500㎜
	分割数	６分割	８分割
シールド形式		泥土圧	泥土圧

4 シールド工区の概要

4-1 二条西工区

4-1-1 地質概要

二条西工区の土質分布は，洪積の礫質層であるDg１層が主体であり，礫分含有率が60％程度と多く，細粒分は，20％程度で礫主体の土質である．礫径は，ϕ２～30㎜位の亜角礫を主体としていることなどから，最大礫径ϕ200㎜を想定している．二条西工区の地質縦断図を図-3に示す．

4-1-2 工事概要

二条西工区は，セグメント外径5.7mの単線シールドトンネルであり，シールド形式は泥土圧式である．標準横断面図を図-4に示す．

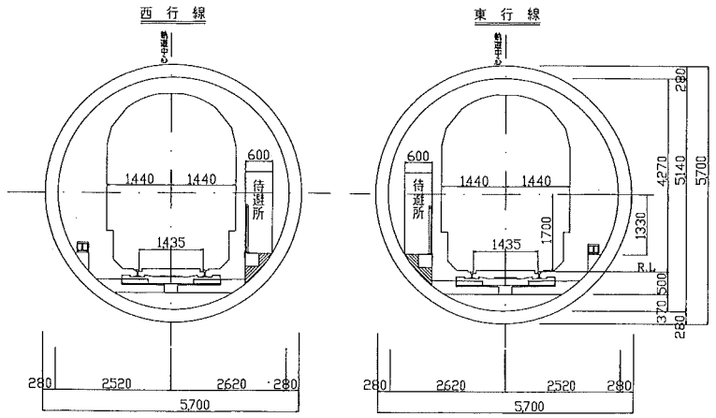


図-4　二条西工区　標準横断面図

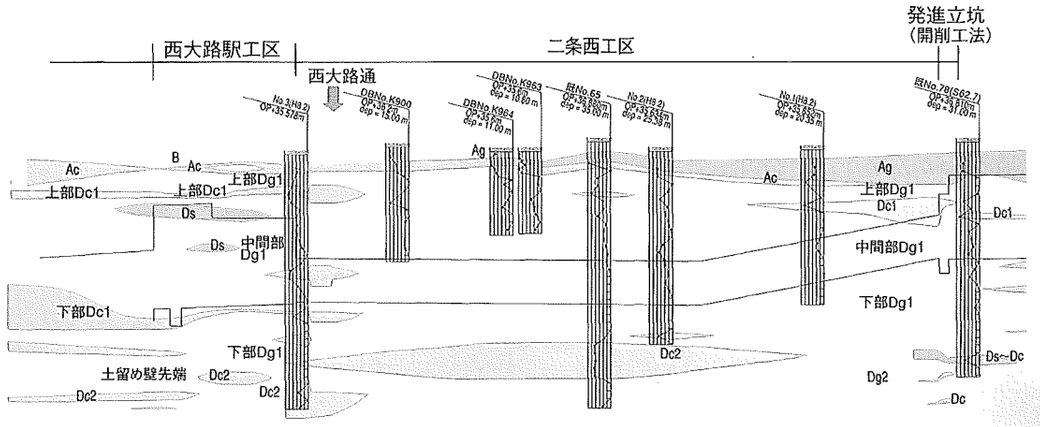


図-3　二条西工区　地質縦断図

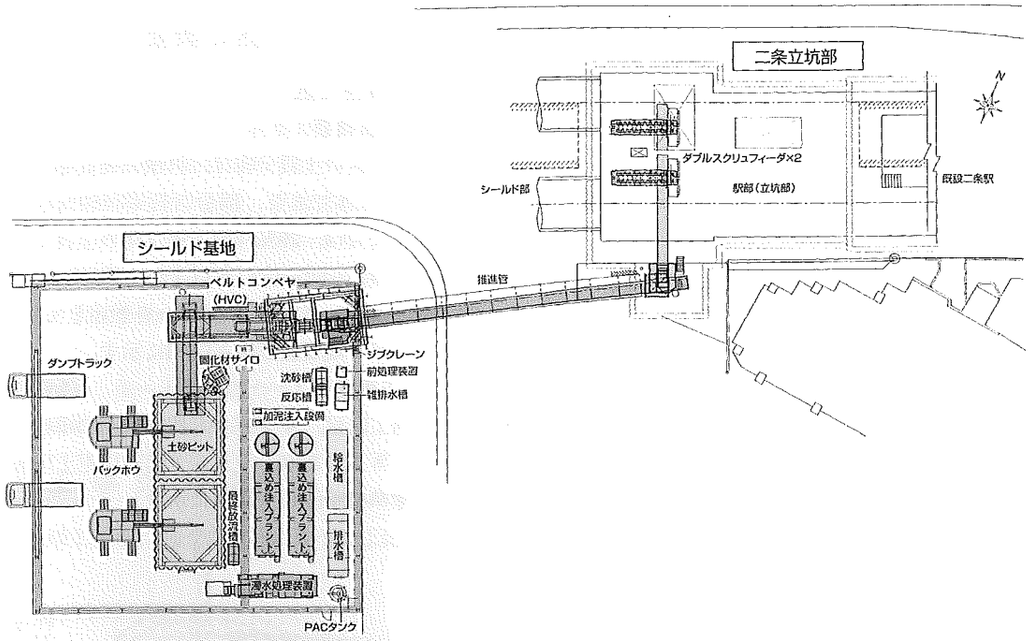


図-5　二条西工区　作業ヤード図

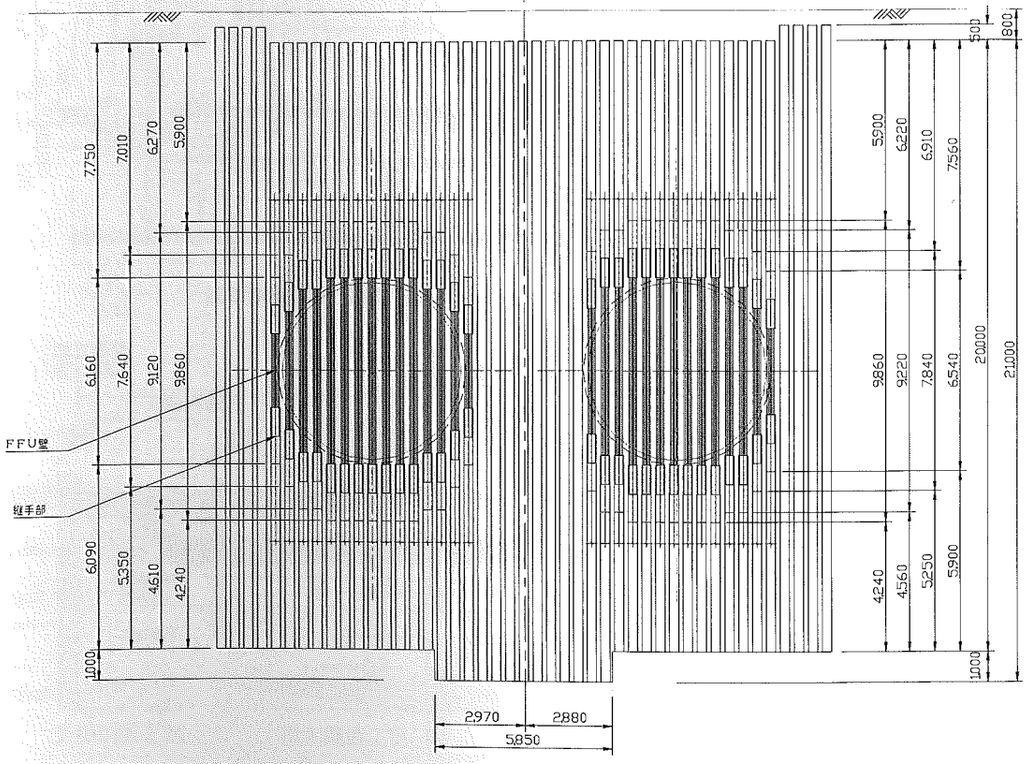


図-6　SEW工法標準図

東行，西行それぞれにシールドを発進させ，二条駅方から西大路駅に向けて掘進する．掘進の際にシールド2基が同じ位置に並んだ場合，周辺地盤への影響が多少なりとも増大する恐れがあることから，周辺地盤のゆるみを極力抑え，地下埋設物などへの影響を最小限にすることを目的に先行するシールドと後方の距離を一定に保ちながら，掘進する．

発進立坑は二条駅に隣接して開削工法で施工した(二条立坑)．シールド基地内に仮設の立坑を掘り，二条立坑と推進管(内径φ2,200㎜，セミシールド工法)で接続し，シールドの2基同時施工で煩雑化する資材搬入や土砂搬出を効率的に行うこととした(二条立坑からはセグメント搬入を，シールド基地からは土砂搬出を行う)．

土砂搬出は，切羽から立坑まではずり鋼車で運搬し，立坑でダブルスクリュフィーダを使ってベルトコンベヤに載せ，推進管を通じて仮設立坑へ搬送する．仮設立坑から地上へは垂直ベルトコンベヤで持ち上げ，土砂ピットに投入する．これにより，狭い作業ヤードにおいても土砂搬出の効率化を図ることとした．作業ヤードの配置図を図-5に示す．

4-1-3　鏡切り

二条西工区では，発進部に鏡切りが不要なSEW工法を採用した．

SEW工法は，高強度で耐久性に優れ，かつ加工が容易な新素材FFU(Fiber Reinforced Foamed Urethaneの略であり，熱硬化性樹脂発砲体(硬質ウレタン樹脂)をガラス繊維で強化したもの)を土留め壁のシールドが通過する部分に組み込んで，直接シールドで掘削する工法で，人力による土留め壁の開口作業を必要としないため，発進時の安全性が確保されることと，発進防護の地盤改良が低減されるメリットがあり，建設費の縮減も図れる工法である．SEW工法の標準図を図-6に示す．

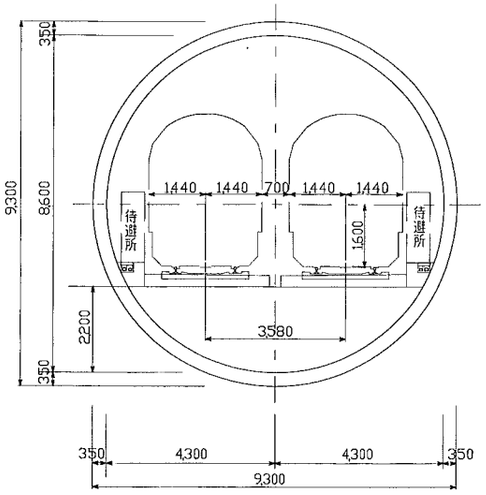


図-8　西大路西工区　標準横断面図

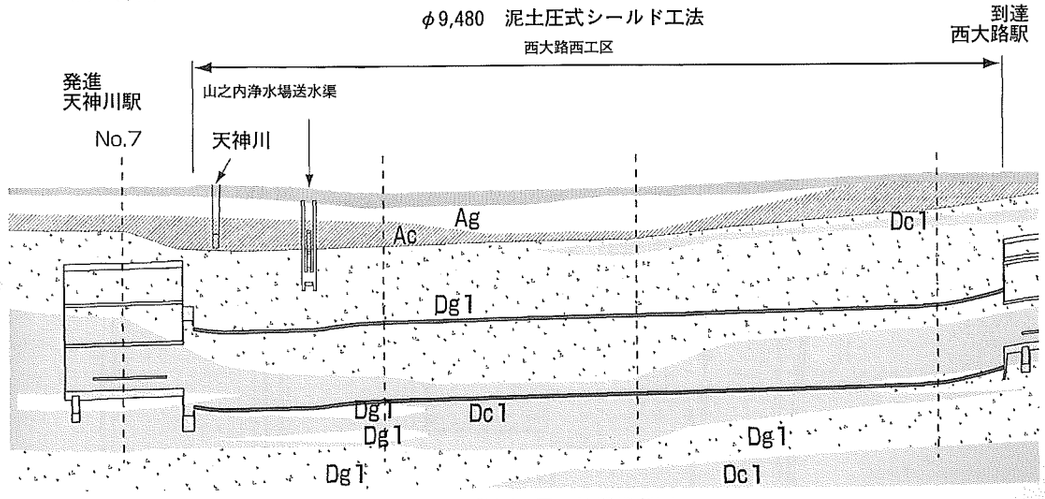


図-7　西大路西工区　地質縦断図

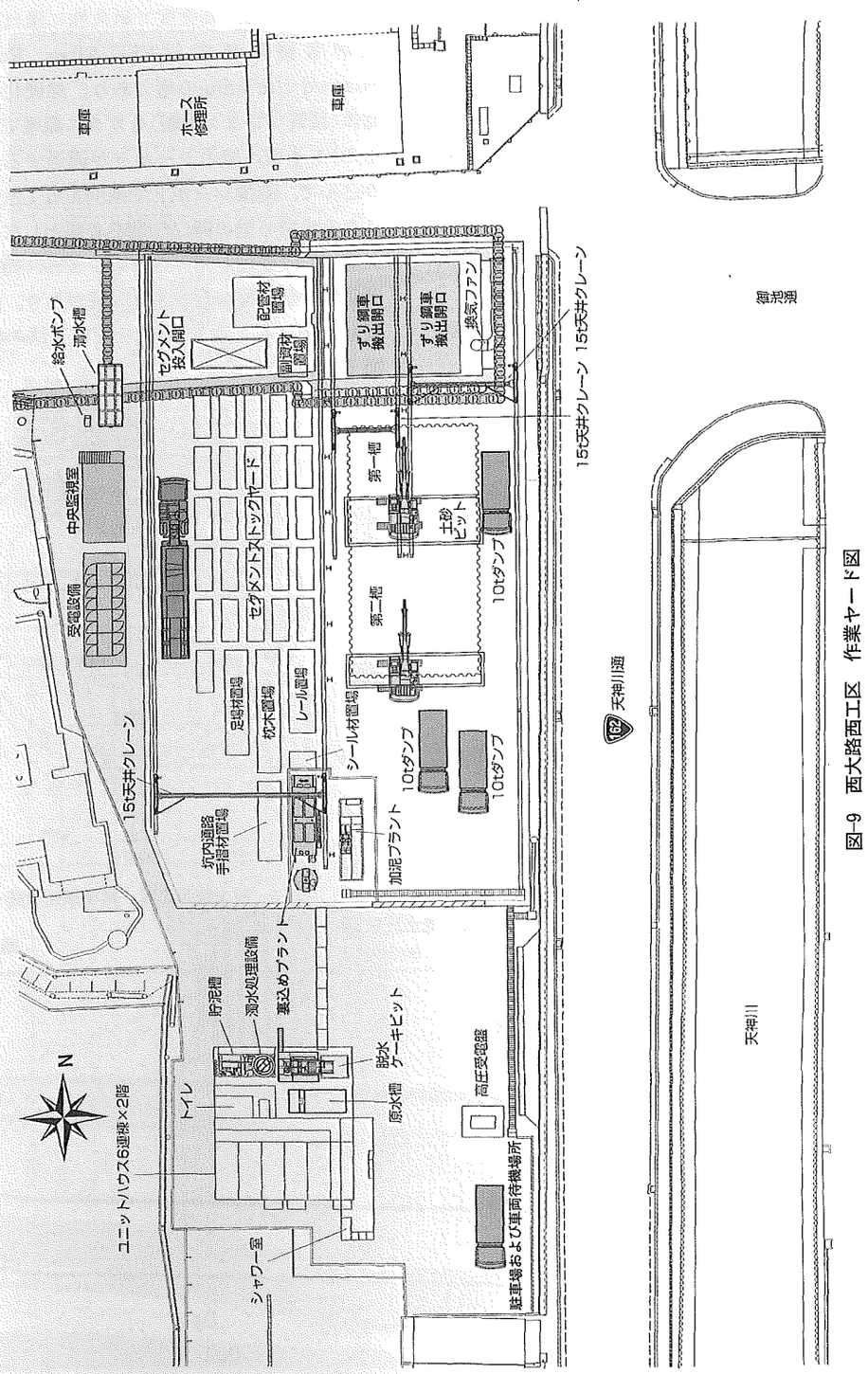


図-9 西大路西工区 作業ヤード図

4-2 西大路西工区

4-2-1 地質概要

トンネルの全線にわたって洪積層の礫質層であるDg 1 層が分布し，礫分含有率が60%程度と多い．その中に洪積層の粘土層(Dc1)が介在している．

Dg 1 層は平均N値53の密実な礫層である．細粒分の含有率は20%程度で，粒度配分の良好な地層である．礫径はϕ 2 ～25㎜が主体であるり，最大礫径ϕ200㎜を想定している．西大路西工区の地質縦断図を図-7に示す．

4-2-2 工事概要

西大路西工区は，二条西工区と同様にシールド形式は泥土圧であるが，セグメント外径が9.3mという大断面の複線シールドである．標準横断面図を図-8に示す．

立坑は天神川駅工区において駅の一部として構築した．作業ヤードは立坑と一体的に使用できるように隣接する再開発ビル予定地に設置した．作業ヤードの平面図を図-9に示す．

この工区には，山ノ内浄水場があることから，ϕ1,000㎜の導水管などの重要な水道施設が多数埋設されており，掘進には細心の注意が必要である．とくに，工事始端から150m付近に，御池通を横断している山ノ内浄水場の地下送水渠がある．この送水渠は御池通で南北に分断している浄水場を結び，1日に13.5万tの飲料水を送水しているきわめて重要な施設である．昭和40年代に建設されたこの施設は地盤改良工などの補助工法による防護も困難な状況にあることから，送水渠に近接して掘進する際には，トライアル計測結果データを逆解析し，地下送水渠への影響を最小限にできるような精度の高い掘進管理を行うこととした．影響範囲内を通過する際は，裏込め材料を変更し，送水渠直下の横断に万全を期すこととしている．

工事路線全域にわたり，2D以下の土かぶりに加え，堅固な帯水砂礫層を対象とした大断面泥土圧式掘削となるため，的確な加泥材の選定と注入量の管理により，チャンバ内土砂を良好に塑性流動化させ，地表面や埋設物への影響を及ぼさない高精度の情報化施工を行う．

また，初期掘進時に一級河川天神川を横断することから，河川構造物に計測機器を取り付け，慎重に掘進を行う．

本工区においては，インバート部分の埋め戻し量が1万m³以上にもなるため，通常コンクリートで埋め戻しているところを，現場発生土による流動化処理土で埋め戻すことを検討している．このことにより，建設発生土の有効利用とコスト縮減を図るとともに，温室効果ガスの排出量削減にも寄与するものと考えている．

5 おわりに

現在，駅部の開削工事は最盛期を迎え，一部鉄筋コンクリートの構築が進んでいる．シールド工事は，両工区ともシールドの投入を終え，平成17年2月に発進式を行い初期掘進中である．シールドは平成17年内の到達に向け施工している．到達部である西大路駅工区は到達準備のために，進捗を急いでいる．

二条～天神川間の延伸事業は，平成17年度には出入口，軌道，建築，設備工事に着手する予定であり，最盛期を迎える．

天神川駅周辺では，再開発ビル，駅前広場などの事業に取りかかることから，区画整理事業との工事間調整をこれまで以上に綿密に行い，安全を第一にしながら工程促進を図り，平成19年度中の開通に向けて取り組んでいくものである．

トンネル ジャーナル

環境保全に配慮を

環境省は，国土交通省が北陸新幹線の一部の工事実施計画を認可したことを受け，環境保全上の意見を国交省に申し入れた．

対象区間は，富山～石動間，金沢～車両基地間．工事面に関しては，騒音，振動，地下水への影響に配慮することや，発生土砂の有効利用，廃棄物の発生抑制と再資源化の推進など．

菅坂南トンネルが貫通

京都府が建設を進めている「府道舞鶴和知線道路新設改良工事」のうち，舞鶴市行永地先～綾部市五泉町地先の延長2.3kmのバイパスのもっとも南側に位置する菅坂トンネルが貫通した．

同トンネルは，工事延長1,320mのうち，トンネル延長953m，幅員6～7mをNATMにより舞鶴側から掘削．途中，断層があり京都府と協議しながら慎重に掘削を進め，小土かぶり区間では補助工法を駆使して無事貫通した．

大師線地下化1期に着手

京浜急行電鉄は，大師線地下化の第1期工事(川崎大師～小島新田駅間)に着手する．

これにより同区間にある8か所の踏切を廃止する．2015年度の完成を目指す．第2期の京浜川崎～小島新田駅間については未定．

点導水工法を開発

寿建設は，老朽トンネルの漏水を根本から解決する「点導水工法」を開発した．

同工法は，トンネル背面の「水たまり」場所を推測し，削岩機で15cmの深さまでベースホールを削孔する．ここから，放射状に数本のボーリングを施工してベースホールに集水して水を抜くもので，施工面積が小さく強度を損なうこともない．そのため，従来工法に比べ2割程度のコスト削減が可能．

矩形大断面トンネルを安価に施工

大成建設は，03年に石川島播磨重工業，石川島建材工業と共同開発した，大断面トンネルを小断面に分割して施工する新たなトンネル掘削工法「ハーモニカ工法」を，大阪市営地下鉄の一部工事に初適用した．

同工法は，矩形大断面を複数の小断面に分割し，鋼製セグメントを推進しながら，小型掘削機で掘り進め，各セグメントを一体化して1本のトンネルにするものである．小断面で掘削するため，小土かぶり区間にも対応しやすく，曲線を含むアンダーパスも施工できる．

朽網トンネル上り線貫通

日本道路公団九州支社が建設を進めている東九州自動車道北九州JCT～苅田北九州空港IC間の4本あるトンネルのうち，朽網トンネル上り線が最初の開通を迎えた．

同トンネルは，上り線延長1,124m，下り線延長1,170m，NATMで施工．

シールド工法技術協会 平成17年度定時総会開催

シールド工法技術協会は去る5月19日センチュリーハイアット東京(東京)で定時総会を開催した．

上原忠会長の挨拶では平成16年度の活動報告としてITAプライムスポンサーの参加などの報告があった．

その後，平成16年度事業活動報告および収支決算(案)，平成17年度事業活動計画および収支予算(案)が満場一致で可決された．

本年度から事務局が(株)大林組土木技術本部から清水建設(株)土木技術本部に移動した．

新会長に磯島茂男・清水建設(株)代表取締役執行役員副社長，新副会長に小林将志・大成建設(株)常務役員土木本部長の紹介があった．

アール・アンド・シー工法協会 第10回定時総会開催

アール・アンド・シー工法協会は去る6月2日アルカディア市ケ谷(東京)で定時総会を開催した．

植村誠会長の挨拶では，協会設立10年を迎え，また施工開始より20年で施工実績が300件を超えた記念の年になった旨の報告があった．

その後，平成16年度事業報告および決算報告，平成17年度事業計画(案)および予算(案)が満場一致で可決された．

成田新高速鉄道年度内に着工

東京都心と成田空港間を約30分台で結ぶ「成田新高速鉄道」が本年度中に着工することになった．

成田新高速鉄道は，第三セクター「成田高速鉄道アクセス」が事業主体となって，総事業費約1,260億円を投入して建設するもの．鉄道建設にあたっては，鉄道脇に北千葉道路も一体的に建設する．運行は京成電鉄が行う．設計最高速度160km/h．

鉄道路線約51.4kmのうち，約32.3kmは，既営業路線の北総線の一部を軌道改良するなどの改良区間に位置づけ，残る19.1kmは新規建設区間として位置づけている．このうち，トンネルは，成田NT北駅(仮称)近辺の台地に約8.5～23.5mの深さで，開削工法により構築する予定．

業界案内

目　次

コンサルタンツ業……Ⅲ

建　設　業……Ⅳ

建設機械・建設材料業……Ⅷ

【コンサルタンツ業】

社名・代表者名	営業種目	所在地	電話
㈱片平エンジニアリング 代表取締役社長 藤波　督	道路設計，橋梁設計，トンネル設計， 地表地質調査・解析，環境調査，ＣＧ 交通計画，都市計画，景観緑化計画	本　　社　〒112-0002　東京都文京区小石川2-22-2　和順ビル 支　　店　名古屋支店，大阪支店，福岡支店 事 務 所　仙台事務所，広島事務所	(03)5802-1616(代)
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　建9-11号 地質・道路・トンネル・鋼構造及びコ ンクリート・都市計画及び地方計画	本　　社　〒108-8337　東京都港区三田2-11-15 支社・支店　北日本・北海道・北陸・東日本・北関東・中部・ 西日本・神戸・中国・四国・九州	(03)5445-2071(代)
サンコーコンサルタント 株式会社 代表取締役　俣野克己	総合建設コンサルタント 道路・トンネル・地下構造物等の計画 ・設計及び地質調査・環境調査等	本　　店　〒136-8522　東京都江東区亀戸1-8-9 支社・支店　札幌・東日本・名古屋・大阪・九州・他10支店 他34営業所	(03)3683-7111(代) (03)3683-7176(直)
大日コンサルタント㈱ 代表取締役社長 篠井　力	総合建設コンサルタント業 地質調査，物理探査，トンネルの計画 設計，点検，施工計画，施工管理	本　　社　〒500-8384　岐阜市薮田南3-1-21 東京支社　〒113-0021　東京都文京区本駒込2-29-24　キタムラビル 大阪支社　〒532-0011　大阪市淀川区西中島5-12-8　エスティ・エスビル	(058)271-2501 (03)3943-7221 (06)6838-1355
株式会社 ドーコン 代表取締役社長 柳川　捷夫	総合建設コンサルタント ・土木、農業，水産，林業関係の調査 計画及び設計　・建築，都市環境施設 ならびに上下水道の調査，計画及び設 計　・地質，土質，環境保全ならびに 防災に関する調査，計画及び設計 ・コンピューター等によるシステム開 発　・海外業務に関する事業	本　　社　〒004-8585　札幌市厚別区厚別中央1条5丁目4-1 東京支店　〒105-0013　東京都港区浜松町2丁目6-2 藤和浜松町ビル 東北支店　〒980-0803　仙台市青葉区国分町1丁目6-18 東北王子不動産ビル 函館事務所　〒040-0063　函館市若松町15-7　函館北洋ビル 旭川事務所　〒070-0034　旭川市4条通9丁目1703 旭川北洋ビル 釧路事務所　〒085-0015　釧路市北大通8丁目2　道銀ビル 青森事務所　〒030-0861　青森市長島1丁目3番17号 阿保歯科ビル	(011)801-1500 (03)5473-1301 (022)225-2860 (0138)27-2613 (0166)24-5744 (0154)22-1891 (017)721-2212
株式会社 東亜測器 代表取締役 藤田　清一	ＮＡＴＭ計測，地下空洞挙動計測業務 斜面動態観測，近接施工安全監視業務， トンネル関連計測装置開発，計器製造．	本　　社　〒220-0051　横浜市西区中央1丁目28番8号 製 造 部　〒242-0024　大和市福田6丁目9番19号 大阪事務所　〒578-0903　東大阪市今米1丁目14番59号	(045)321-1653 (046)269-5253 (0729)66-7581
株式会社 復建エンジニヤリング 代表取締役社長 山本　勝延	建設コンサルタント業 都市計画，道路，鉄道等の建設に関す る調査・計画・設計並びに施工管理	本　　社　〒103-0012　東京都中央区日本橋堀留町1-11-12 支　　社／東北・名古屋・大阪・福岡 事 務 所／札幌・青森・岩手・新潟・山梨・埼玉・千葉・横浜・ 北九州・沖縄	(03)5652-8550
パシフィック コンサルタンツ㈱ 代表取締役社長　荒木民生	総合建設コンサルタント	本　社　〒206-8550　東京都多摩市関戸1丁目7番地5 支　社　北海道・東北・盛岡・北関東・東関東・東京・新潟・横浜・中部・ 大阪・京都・神戸・四国・中国・九州・宮崎・沖縄	(042)372-0111
メトロ開発株式会社 代表取締役社長 大門　信之	建設コンサルタント　建15第4027号 測量業　第(4)-18768号 建設業　東京都知事般-15第110434号	本　　社　〒103-0001　東京都中央区日本橋小伝馬町11-9 仙台営業所　〒981-0914　宮城県仙台市青葉区堤通雨宮町4-11 横浜営業所　〒244-0815　神奈川県横浜市戸塚区下田名町424-4	(03)5847-7800 (022)717-6805 (045)864-9881
株式会社ロード・ エンジニアリング 代表取締役社長　田島利男	道路，道路構造物，付帯設備の調査， 設計，施工管理，現場診断，特にトン ネルに関する部門を完備	本　　社　〒116-0013　東京都荒川区西日暮里5-24-7　冠ビル 福岡支店　〒812-0016　福岡県福岡市博多区博多駅南1-15-22 大阪支店　(072)691-0711　　沖縄事務所　(098)870-6411	(03)3891-0711 (092)436-1588

【建　設　業】

社名・代表者名	営業種目	所在地	電話
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	本　社　〒876-0814　大分県佐伯市東町11番19号	(0972)23-5811
伊藤組土建株式会社 取締役社長 吉野　龍男	総合建設業	本　社　〒060-8554　札幌市中央区北4条西4丁目1 東京支店　〒103-0027　東京都中央区日本橋2-7-9 東北支店　〒980-0802　仙台市青葉区二日町2-15　二日町鹿島ビル	(011)261-6111 (03)3271-3611 (022)264-1521
梅林建設株式会社 代表取締役社長 梅林　秀伍	総合建設業	本　社　〒870-0044 大分市舞鶴町1丁目4番35号 大分三井ビル 東京本部　〒102-0073 東京都千代田区九段北1丁目15番12号 支　店　東京・大阪・広島・福岡・熊本・宮崎・鹿児島	(097)534-4151 (03)3263-1401
株式会社 大林組 代表取締役社長(COO) 脇村　典夫	総合建設業	東京本社　〒108-8502　東京都港区港南2-15-2 本　店　〒540-8584　大阪市中央区北浜東4丁目33番地 支　店　札幌・東北・横浜・名古屋・北陸・神戸・広島・四国・九州	(03)5769-1111 (06)6946-4400
株式会社 奥村組 取締役社長 奥村太加典	総合建設業	本　社　〒545-8555　大阪市阿倍野区松崎町2-2-2 東京本社　〒108-8381　東京都港区芝5-6-1 支社店　札幌・東北・東京・北関東・横浜・東関東・北陸・名古屋・関西・神戸・広島・四国・九州・福岡	(06)6621-1101 (03)3454-8111
鹿島建設株式会社 代表取締役社長 中村　満義	総合建設業	〒107-8388　東京都港区元赤坂1-2-7 支　店　札幌・東北・関東・東京土木・東京建築・横浜・北陸・名古屋・関西・広島・四国・九州	(03)3404-3311 (代表)
株木建設株式会社 代表取締役社長 株木　雅浩	総合建設業	本　店　〒310-0845　茨城県水戸市吉沢町311-1 東京本社　〒171-8560　東京都豊島区高田3-31-5 支　店　札幌・東北・つくば・東京・横浜・北関東・北陸・名古屋・大阪・広島・九州	(029)248-0688 (03)3984-4115
木部建設　株式会社 代表取締役社長 木部　信敏	総合建設業	本社　〒180-0006 東京都武蔵野市御殿山1-6-10 支店　仙台 営業所　名古屋・福島	(0422)48-7221(代)
株式会社　熊谷組 取締役社長 大田　弘	総合建設業	本　社　〒162-8557　東京都新宿区津久戸町2-1 支　店　東北・首都圏・名古屋・北陸・関西・広島・国際	(03)3260-2111(代)
弘新建設株式会社 代表取締役 鈴木　清吉	総合建設業 ・一般土木工事 ・シールド工事，推進工事 ・圧気，オープン，圧入ケーソン工事 ・深礎工事	本　社　〒478-0017 愛知県知多市新知字美濃川66-1 関東営業所　〒110-0017 東京都台東区下谷1-9-6 小泉ビル4F	(0562)55-5299 (03)3843-5966
五洋建設株式会社 取締役社長 鉄村和二郎	総合建設業	本　社　〒112-8576　東京都文京区後楽2-2-8 支　店　札幌・東北・北陸・東京・横浜・名古屋・大阪・中国・四国・九州・南九州	(03)3816-7111
佐藤工業株式会社 代表取締役社長 杉　晟	総合建設業	〒103-8639　東京都中央区日本橋本町4-12-20 支　店　札幌・東北・東京・横浜・北陸・名古屋・大阪・中国・四国・九州・シンガポール	(03)3661-1794

社名・代表者名	営業種目	所在地	電話
株式会社 ジェイテック 代表取締役社長 森谷　卓雄	地下立体交差工事 （HEP＆JES工法）	本　社　〒101-0051　東京都千代田区神田神保町3-12-3	(03)5215-5614
清水建設株式会社 取締役社長 野村　哲也	総合建設業	本　社　〒105-8007 東京都港区芝浦1丁目2-3　シーバンスS館 支　店　東京・千葉・横浜・土木東京・関東・名古屋・大阪・神戸・四国・広島・九州・北陸・東北・北海道・海外土木	(03)5441-1111
新日本開発株式会社 代表取締役社長 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，DIP工法他)，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	本　社　〒550-0012　大阪市西区立売堀2-4-19 東京支店　〒101-0041　東京都千代田区神田須田町1-7 営業所　京都・和歌山・兵庫	(06)6543-1175 (03)3526-6660
株式会社　すばる建設 代表取締役社長 稲村　政彦	総合建設業 主要工事　トンネル工事施工 旧社名　株式会社稲村工務店	本　社　〒341-0024 埼玉県三郷市三郷3-6-6 支　店　〒025-0084 岩手県花巻市桜町4-16-2 営業所　〒330-0834 埼玉県さいたま市大宮区天沼町1-410-205	(048)952-8338 (0198)22-4770 (048)642-4970
錢高組 社長 錢高　一善	総合建設業	〒550-0005大阪市西区西本町2-2-11 なにわ筋ツインズウエスト 〒102-8678東京都千代田区一番町31 支社・支店 大阪・東京・北海道・東北・北関東・千葉・横浜・北陸・名古屋・神戸・広島・四国・九州	(06)6531-6431 (03)3265-4611
第一建設工業株式会社 代表取締役社長 舛形　勝	総合建設業	本　社　〒950-8582　新潟市八千代1-4-34 支　店　新潟・東京・名古屋・長野・秋田・仙台 営業所　青森・盛岡・山形・他11箇所	(025)241-8111(代)
大成建設株式会社 代表取締役社長 葉山　莞児	総合建設業	〒163-0606　東京都新宿区西新宿1-25-1 支　店　東京・千葉・関東・関西・神戸・京都・名古屋・九州・札幌・東北・広島・横浜・北信越・四国・国際	(03)3348-1111 (大代表)
大豊建設株式会社 代表取締役社長 内田興太郎	総合建設業	本　社　〒104-8289　東京都中央区新川1-24-4 支　店　北海道・東北・北陸・東京・横浜・名古屋・大阪・神戸・四国・広島・九州	(03)3297-7006
株式会社 竹中土木 取締役社長 竹中　康一	総合建設業	本　社　〒136-8570　東京都江東区新砂一丁目1-1	(03)6810-6200
戸田建設株式会社 代表取締役社長 加藤　久郎	総合建設業	本　社　〒104-8388　東京都中央区京橋1-7-1 支　店　東京・千葉・関東・横浜・大阪・北陸・名古屋・札幌・東北・広島・四国・九州	(03)3535-1354
東亜建設工業株式会社 代表取締役社長 渡辺　正男	総合建設業	本　社　〒102-8451　東京都千代田区四番町5 支　店　北海道・東北・千葉・東京・横浜・北陸・名古屋・大阪・中国・四国・九州	(03)3262-5107
飛島建設株式会社 代表取締役社長 池原　年昭	総合建設業	本社　〒102-8332　東京都千代田区三番町2番地 支店　札幌・東北・関東土木・関東建築・埼玉・千葉・横浜・名古屋・北陸・大阪・広島・四国・九州・国際	(03)5214-8200
同和工営株式会社 代表取締役社長 坂牧　靖昭	総合建設業(土木・建築工事) トンネル無発破掘削 レイズボーラー立坑掘削	本　店　〒702-8609　岡山市築港栄町31番10号 支店・営業所　東京・広島・九州(福岡)・東北(仙台) 秋田・盛岡・大館・青森・千葉・多摩	(086)262-9200(代)

社名・代表者名	営 業 種 目	所 在 地	電 話
西松建設株式会社 代表取締役社長 國澤 幹雄	総合建設業	本 社 〒105-8401 東京都港区虎ノ門一丁目20番10号 関西支店 〒540-8515 大阪市中央区釣鐘町二丁目4番7号 支 店 札幌・東北・関東・東関東・横浜・北陸・中部・四国・九州	(03)3502-7648 (06)6942-8855
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	東京本社 〒150-0031 東京都渋谷区桜丘町15番17号 支 店 札幌・東北・東京・関東・新潟・中部・関西・ 広島・九州	(03)3476-5701
株式会社 間 組 代表取締役社長 新名 順一	総合建設業	本 店 〒105-8479 東京都港区虎ノ門2-2-6 支 店 札幌・東北・北陸・関東土木・東京建築第一・東京建築第二・ 横浜・名古屋・大阪・四国・広島・九州・国際事業統括	(03)3588-5700
株式会社 フ ジ タ 取締役社長 網本 勝彌	総合建設業	本 社 〒151-8570 東京都渋谷区千駄ヶ谷4丁目25番2号 http://www.fujita.co.jp	(03)3402-1911
不動建設株式会社 代表取締役社長 高橋 昭夫	総合建設業	本 社 〒541-0046 大阪府大阪市中央区平野町4-2-16 東京本社 〒103-8543 東京都中央区日本橋小網町6-1	(06)6201-9203 (03)5644-8500
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	本 店 〒102-8151 東京都千代田区富士見2-10-26 支 店 北海道・東北・関東・東関東・北関東・長野・横浜・ 北陸・福井・中部・関西・神戸・四国・中国・九州	(03)3265-5551
真柄建設株式会社 取締役社長 真柄 宏司	総合建設業	本 社 〒920-0901 石川県金沢市彦三町1-13-43 東京本社 〒102-0083 東京都千代田区麹町5-1-6 本 店／金沢・東京 支 店／大阪・名古屋	(076)231-1266㈹ (03)3222-9721㈹
みらい建設工業株式会社 代表取締役社長 井上 興治	総合建設業	本 社 〒102-0083 東京都千代田区麹町1-7 相互半蔵門ビル 支 店 北海道・東北・東京・千葉・横浜・北陸・中部・ 関西・中国・四国・九州	(03)3512-1911
三井住友建設株式会社 代表取締役社長 宮田 博之	総合建設業	中野坂上オフィス 〒164-0011 東京都中野区中央1-38-1 支 店 北海道・東北・東関東・北関東・東京土木・東京建築・ 横浜・静岡・名古屋・大阪・神戸・広島・四国・九州	(03)5337-2132
名工建設株式会社 代表取締役社長 増永 防夫	総合建設業 建設コンサルタント業 測量業	本 店 〒450-6113 名古屋市中村区名駅1-1-4 ＪＲセントラルタワーズ34階 〒451-0045 名古屋市西区名駅1-1-17 東京支店 〒110-0016 東京都台東区台東3-28-8 名工建設東京ビル 静岡支店 〒422-8067 静岡市南町3-1 甲府支店 〒400-0863 甲府市南口町6-15 大阪支店 〒550-0012 大阪市西区立売堀1-3-13 第三冨士ビル 名古屋支店 〒451-0045 名古屋市西区名駅1-1-17 北陸支店 〒920-0031 金沢市広岡1-5-23 営 業 所 豊橋・三重・高山・米原・岐阜・東濃・知多・常滑 長野・飯田・木曽・多摩・横浜・浜松・京都・ 神戸 富山・敦賀・福井・滋賀	(052)589-1501 (052)561-8371 (03)5807-7860 (054)283-3800 (055)235-8811 (06)6533-0521 (052)589-1518 (076)262-5500

社名・代表者名	営 業 種 目	所 在 地	電 話
矢作建設工業株式会社 代表取締役 山田 文男	総合建設業	本 社 〒461-0004 名古屋市東区葵3-19-7 支店等 東京・東北・大阪・広島・九州・豊田 営業所 横浜・静岡浜松・岐阜・三重・京都・奈良・神戸他	(052)935-2351
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，シールド他）	本 社 〒569-1136 大阪府高槻市郡家新町41番2号 支 店 札幌 営業所 大阪・和歌山・神戸	(072)681-1866
若築建設株式会社 代表取締役社長 彦坂 義助	総合建設業	本社〒153-0064 東京都目黒区下目黒2-23-18 本店〒808-0024 北九州市若松区浜町1-4-7 支店／北海道・東北・千葉・東京・横浜・北陸・名古屋・大阪・中国・四国・九州	(03)3492-0271㈹ (093)761-1331㈹

【建設機械・建設材料業】

社名・代表者名	営業種目	所在地	電話
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，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	〒581-0869　大阪府八尾市桜ヶ丘3丁目101番地	(0729)90-0250
株式会社　演算工房 代表取締役 辻　宗克	ＮＡＴＭにおける情報化施工支援システムやシールド・ＴＢＭにおけるロボテック自動測量システムの提供	京都本社　〒604-0847 京都市中京区烏丸通押小路上る秋野々町535日土地京都ビル4F 東京office　〒101-0054 東京都千代田区神田錦町3-15-5 7F	(075)213-7200 (03)3518-2588
岡部株式会社 取締役社長 大野　要	ジェルフォー(無機系注入材)，AGFST(太径自穿孔パイル)，各種ロックボルト・グラウンドアンカー	土木事業部　〒130-0002　東京都墨田区業平3-14-4 営業部　北海道・東北・関東・新潟・中部・関西・九州	Tel(03)3624-5116 Fax(03)3624-5189
奥村機械製作株式会社 代表取締役社長 井手　龍介	シールド掘進機及び付属設備・自動荷役機械・水処理機械・水門・橋梁・その他鋼構造物・スチールセグメント	本社・工場　〒555-0033　大阪市西淀川区姫島3-5-26 相模原工場　〒229-2116　神奈川県相模原市清新8-20-80	(06)6477-8540 (042)774-2451
株式会社 カテックス 代表取締役社長 加藤巳千彦	トンネル用　支保・掘削資材の販売 補助工法・設計，関連資材の販売 ●補助工法 ＡＧＦ，ＡＧＦ-Ｐ，ＡＧＦ－Ｓ， ＡＧＦ－Ｅ，ＳＭＡＬＬ－Ｐ パノラマ工法　ＭＳ工法 注入式フォアポーリング　SSPB工法 シリカレジン・ウレタン系注入材 ●トンネル支保資材 GRPロックボルト,鋼管膨張型ボルト 他各種ロックボルト ●トンネル用防水シート ●トンネル用　急結剤・減水剤 アルカリフリーＡＦＫ７７７Ｊ他 ●濁水処理プラント　設計・製作販売	本社　〒460-8331　名古屋市中区上前津1-3-3 中部営業部 技術営業部 東京支店　〒112-0014　東京都文京区関口1-15-3 第2麻生ビル2F 関西営業所　〒550-0015　大阪市西区南堀江4-1-18 十川産業西長堀ビル7F 広島事務所　〒735-0022　広島県安芸郡府中町大通1-2-13 メゾン入江101号 九州営業所　〒816-0932　福岡県大野城市瓦田4-15-26 リバーサイド大野城Ａ号	Tel(052)331-8821 Fax(052)332-0164 Tel(03)3260-8321 Fax(03)3266-1648 Tel(06)6578-3235 Fax(06)6578-3237 Tel(082)285-6601 Fax(082)285-6651 Tel(092)574-0856 Fax(092)574-0846
株式会社　カヤテック 代表取締役社長 小野　昭男	1.火薬類の販売 産業用火薬類，発破関連用品 2.危険性評価試験 3.発破技術サービス 発破振動・発破音の測定 発破設計	東京営業部　〒115-8588 東京都北区志茂3-43-1 大阪営業部　〒541-0047 大阪市中央区淡路町3-3-7 福岡営業部　〒812-0037 福岡市博多区御供所町1-1 札幌営業部　〒060-0042 札幌市中央区大通西10-4-16 厚狭事業所　〒757-8686 山口県山陽小野田市大字郡2300	(03)3598-8062 (06)4706-8283 (092)263-0713 (011)207-0392 (0836)72-1150

社名・代表者名	営業種目	所在地	電話
カヤバシステム マシナリー株式会社 (旧社名:日本鉱機㈱) 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	本社・建設機械部　〒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 中部支店　〒514-0396 三重県津市雲出鋼管町62番地2 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	(03)5733-9444 (059)234-4139 (092)411-4998
川崎重工業株式会社 代表取締役社長 大橋　忠晴	各種シールド掘進機 各種硬岩用トンネル掘削機（ＴＢＭ）	東京　土木機械・機器営業部　〒105-6116 東京都港区浜松町2-4-1 関西　土木機械・機器営業部　〒530-0004 大阪市北区堂島浜2-1-29 支社　札幌・仙台・名古屋・広島・高松・福岡	(03)3435-2387 (06)6348-8268
岐阜工業株式会社 代表取締役 北川　勉	トンネル用各種セントル (スチールフォーム，スライドセントル) 建設用機械設計・製作	本社　〒501-0464　岐阜県本巣市十四条144番地 支店　東京　営業所　仙台・九州 工場　本社・巣南・谷汲・木曽屋・中国2ヶ所	(058)323-2000
ケンサンリース株式会社 代表取締役社長 稲留　弘	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及び販売	本社　〒171-0022東京都豊島区南池袋3-13-15 機械　〒220-0204神奈川県津久井郡津久井町長竹字金原249-1 センター〒355-0002埼玉県東松山市大字東平中ノ巻2218-24	(03)5396-9331 (042)784-8800 (0493)39-5077
株式会社 小松製作所 取締役社長 坂根　正弘	各種シールド機械 各種岩盤用トンネル掘削機	建機マーケティング本部 営業本部 トンネル機械営業部 〒107-8414　東京都港区赤坂2丁目3-6	(03)5561-2725
サンドビックトーヨー 株式会社　代表取締役 アリアン・ウエストハウス	ジャンボ，ブレーカー，ロックツール，ローダー，ダンプトラック，ロードヘッダー，ツインヘッダー，他	本社　〒222-0033　神奈川県横浜市港北区新横浜2-15-12 共立新横浜ビル6階 営業拠点　北海道，東北，関東，関西，中四国，九州	(045)478-0660 FAX(045)478-0661
シマツ株式会社 代表取締役社長 嶋津　孝久	労働安全衛生保護具・機器 防災用品 スパーブラスティングシート	本社　〒448-0034　愛知県刈谷市神明町4-418 営業所　岩手・関東・富士・浜松・豊橋・名古屋・岐阜・三重・滋賀・九州	(0566)23-5211(代)
新キャタピラー三菱 株式会社 取締役社長　広瀬 正典	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	本社・直販部 〒158-8530 東京都世田谷区用賀四丁目10番1号(ＳＢＳタワー) 全国に9つの販売会社　約250の拠点	(03)5717-1151
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）	本社　〒709-3612　岡山県久米郡久米南町上弓削1317-1 営業本部　〒545-0053　大阪市阿倍野区松崎町2-10-22 東日本営業部　〒335-0023　埼玉県戸田市本町4-3-5-302	(0867)28-4511 (06)6621-1734 (048)447-6780
成和機工 株式会社 代表取締役 有沢　潤二	シールド掘進機・泥水，濁水処理装置 ずり出し装置・各種クレーン・吹付ロボット・支保工建込装置・型枠装置・地中連続壁工事・グラウト工事・法面安定工事・シールド工事・地盤改良工事・環境関連工事・排水工事	本社　東京都新宿区西新宿1-25-1　新宿センタービル 大阪事業所　大阪市中央区淡路町2-6-9　淡路町ＴＣビル1F 名古屋事業所　名古屋市中村区名駅3-3-2　志摩ビル2F 札幌営業所　札幌市中央区南一条西1-2　松崎ビル4F 九州営業所　福岡市中央区赤坂1-13-10　有楽ビル8F 東北営業所　仙台市青葉区二日町5-20	(03)5326-0710 (06)6221-0713 (052)582-3491 (011)210-6851 (092)725-2588 (022)217-1011
株式会社　ソキア 代表取締役社長 伊藤　仁	トンネル内空変位・断面測定システム レーザマーキングシステム，ノンプリズムトータルステーション，ジャイロ	本社 企画営業課　〒243-0036 神奈川県厚木市長谷260-63 問い合わせ先　株式会社 ソキア販売 本社 〒158-0097 東京都世田谷区用賀2-31-7	(046)248-0096 (03)6684-0846

社名・代表者名	営　業　種　目	所　　在　　地	電　話
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 山岳トンネル用カッタローダー各種 半機械式シールド掘進マイクロカッタ ズリ積機油圧式タフローダ， 立抗掘進機，硬岩掘進機ＷＡＶ300Ｈ， エアモータ	本　社　〒144-0047　東京都大田区萩中3丁目6-5 札幌（営）〒060-0004　札幌市中央区北四条西6丁目　毎日札幌会館 中部（営）〒425-0074　静岡県焼津市柳新屋670　㈱赤阪鐵工所内 工　場　〒425-0074　静岡県焼津市柳新屋670　㈱赤阪鐵工所内	(03)3741-3131 (011)232-3650 (054)628-6466 (054)627-5094
ダイノ・ノーベル ジャパン株式会社 代表取締役　安藤　宏	産業用火薬輸入，製造，販売	〒103-0024　東京都中央区日本橋小舟町6-3　日本橋山大ビル5F	(03)5652-5361
太平洋マテリアル 株式会社 代表取締役社長 野村龍四郎	●ＮＡＴＭ用急結剤／ショットマスター●ＮＡＴＭ用高強度急結剤／ショットマスターＨ●ＴＢＭ工法用吹付けモルタル／モルショットシステム ●ＡＧＦ工法用注入材／スーパーハード／スーパーファスナー／アロフィックスＭＣ●裏込用充填材／フォルトカバー●高性能収縮低減剤／テトラガード●静的破砕剤／ブライスター	本　社　土木資材営業部　東京都中央区日本橋本町4-8-15 東京支店　東京都中央区日本橋本町4-8-15 関西支店　大阪府大阪市北区中之島2-2-2 東北支店　宮城県仙台市青葉区中央4-6-1 中部支店　愛知県名古屋市中村区太閤3-1-18 中国支店　広島県広島市南区京橋町1-23 九州支店　福岡県福岡市中央区天神4-2-31 その他支店　北海道　北陸　四国	(03)3278-5319 (03)3278-5331 (06)6228-6660 (022)221-4511 (052)452-7141 (082)261-7191 (092)781-5331
第一化成産業株式会社 代表取締役社長 石岡　友二	コンクリート混和材「起泡剤」 蛋白系～モノクリート，モノクリート・エース，界面系～パールクリート	本　社　〒101-0051　東京都千代田区神田神保町3-7-1 川越工場　〒350-1165　埼玉県川越市南台1-6-4	(03)3246-8221 (0492)42-7785
株式会社 ティーエムシー 代表取締役 中澤　博数	●トンネル工事用機械の販売・リース 掘削機，積込，運搬機械，吹付機，バッチャープラント，濁水処理設備 ●トンネル工事用資材の販売 ●補助工法の資機材販売，施工指導 ＡＧＦ工法，フォアパイリング等	本　社　〒116-0013　東京都荒川区西日暮里5-23-3 大阪支店　〒578-0903　大阪府東大阪市今米1-2-1 仙台支店　〒984-0826　宮城県仙台市若林区若林2-5-5 名古屋支店　〒486-0844　愛知県春日井市鳥井松町4-165 九州営業所　〒832-0081　福岡県柳川市西浜武978-1　㈱亀山内 富山営業所　〒933-0806　富山県高岡市赤祖父707	(03)3891-8211 (0729)66-6280 (022)286-5111 (0568)56-4288 (0944)74-4588 (0766)29-0001
電気化学工業株式会社 代表取締役社長 畳間　敏男	吹付コンクリート用急結材＜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＞，土木・建築用アクリル系接着材＜デンカハードロックⅡ＞	本　社　東京都千代田区有楽町1-4-1 大阪支店　大阪市北区梅田1-12-38 名古屋支店　名古屋市中村区名駅4-6-23 福岡支店　福岡市博多区冷泉町5-35 他支店　新潟・北陸・長野・札幌・東北 営業所　広島・高松・秋田・群馬・静岡・八戸・青海・南九州	(03)3507-5370 (06)6342-7616 (052)571-4530 (092)263-0835
東建産業 株式会社 環境エンジニアリング事業部 代表取締役　堀米喜人	ダム・トンネル濁水処理装置，泥水処理装置，都市土木工事濁水処理装置，骨材プラント用濁水処理装置	本　社　（水処理部）〒150-0002　東京都渋谷区渋谷1-16-4　地下鉄ビル3Ｆ 西日本事務所　〒531-0072　大阪市北区豊崎3-19-3	(03)5466-4911 (06)6371-6447
東洋工業 株式会社 代表取締役会長 関　常方	シールド関連システム販売及賃貸(流体輸送・加泥・裏込自動注入・土砂圧送・掘削管理・処理設備)他資材設備	本　社　〒112-0052　東京都台東区柳橋2-21-13　東洋ビル 千葉工場　〒290-3171　千葉県市原市潤井戸君ヶ台2053-3 大阪営業所　〒532-0011　大阪市淀川区西中島2-14-2 ラフィネ淀川805	(03)3861-6861㈹ (0436)75-2211㈹ (06)6390-6861㈹
日東鐵工 株式会社 代表取締役 吉田　進	・自穿孔ＮＴロックボルト	本　社　〒142-0043　東京都品川区二葉4-1-20ＭＣ中延ビル 中国営業所　〒700-0824　岡山県岡山市内山下1-5-11 相模原工場　〒229-1112　神奈川県相模原市宮下1-1-38	(03)5702-0161 (086)234-4800 (042)773-4111

社名・代表者名	営　業　種　目	所　　在　　地	電　話
日豊商事　株式会社 代表取締役社長 中島　莞爾	トンネル工事用資機材の販売・リース トンネル補助工法の資材販売・施工指導	本　社　〒150-0002 東京都渋谷区渋谷2-12-12 西日本営業所　〒541-0058 大阪市中央区南九宝寺町2-1-2 九州営業所　〒841-0026 鳥栖市本鳥栖町615-6	(03)3409-8041 (06)6267-0838 (0942)82-1703
ハイモ 株式会社 代表取締役社長 伊藤　建樹	吹付コンクリート粉塵低減剤「ハイナトム」、濁水処理凝集剤「ハイモロック（ＥＰＡ，ＦＤＡ認可品）	本社・機能商品営業部　〒141-0031　東京都品川区西五反田2-20-1　第28興和ビル	(03)5487-8972
ヒューズ工業株式会社 代表取締役 巽　裕治	騒音・振動防止資材の製造及び販売（トンネル坑口用防音扉、防音パネル，防音ハウス，防音シート，防振ゴム）	本　社　〒132-0035 東京都江戸川区平井6-35-5　ＨＦビル 大阪営業所　〒531-0072 大阪市北区豊崎3-15-19　東洋東ビル	(03)3617-8111 (06)6359-2611
株式会社 ブリヂストン 代表取締役社長 渡邉　惠夫	防水シート「ナトミックシート」，岩盤固結材「エバーライトＧＫ」，コンクリート補強用鋼繊維「タフグリップ」	〒103-0027　東京都中央区八重洲1-6-6 販売会社　北海道，東北，関東，新潟，長野，中部，北陸，近畿，四国，中国，九州	(03)5202-6870
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 建設機械各種	本　社　〒101-0047 東京都千代田区内神田2丁目15番9号 札幌支店　〒003-0024 札幌市白石区本郷通3丁目南4番36 東北支店　〒981-1224 宮城県名取市増田字柳田318番1 関東支店　〒370-0865 群馬県高崎市寺尾町日向1356 名古屋支店　〒485-0075 小牧市大字三ツ渕字阿波戸1664-1 北陸出張所　〒920-0211 石川県金沢市湊2丁目11番1号 静岡出張所　〒425-0092 静岡県焼津市越後島350-1 関西支店　〒555-0043 大阪市西淀川区大野3丁目7番196号 広島営業所　〒730-0855 広島市中区小網町5番12号　日野ビル 四国営業所　〒760-0078 高松市今里町1丁目30番3 九州支店　〒811-2413 福岡県粕屋郡篠栗町尾仲568 鹿児島出張所　〒891-0131 鹿児島市谷山港3丁目1番48号	(03)3252-2544 (011)861-3261 (022)384-8991 (027)322-5953 (0568)77-7700 (076)238-4688 (054)620-1641 (06)6475-8221 (082)231-5621 (087)833-4833 (092)948-2010 (099)262-3505
株式会社 ポゾリス物産 代表取締役社長 髙津　行秀	急結剤，湿式吹付け用混和剤，湿式吹付け用セットコントロール剤，粉塵低減剤，シリカフューム，起泡剤，他	本社　〒106-0032　東京都港区六本木3-16-26　ＵＧＣ営業部 支店／東京・大阪　営業所／札幌・仙台・宇都宮・上越・松本・千葉・横浜・静岡・名古屋・高松・広島・福岡・鹿児島	(03)3582-8814 (03)3582-5158 (06)4397-9792
マシノスチール株式会社 代表取締役社長 増野　要	トンネル補修工事 トンネル用鋼製支保工	本　社　〒733-0822 広島市西区庚午中1-19-23 大阪支店　〒564-0062 大阪府吹田市垂水町3-16-3	(082)507-2737 (06)6389-6400
株式会社 三井三池製作所 代表取締役社長 平川　幸知	ロードヘッダ　ツインヘッダ シールド掘進機　深礎掘削機 ＮｅｗＰＬＳ施工機 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	本　社　〒103-0022　東京都中央区日本橋室町2-1-1　産業機械事業本部　産業機械部 代理店　ミイケ機材株式会社　〒132-0021　東京都江戸川区中央1-13-19	(03)3270-2006 (03)3241-4711
三菱重工業株式会社 取締役社長 佃　和夫	各種シールド掘進機 各種硬岩用トンネル掘進機（ＴＢＭ） 泥土リサイクル装置	本　社　〒108-8215　東京都港区港南二丁目16番5号　鉄構建設事業本部 地中建機事業ユニット 営業グループ 支　社　北海道・東北・中部・関西・中国・九州	(03)6716-3111㈹

社名・代表者名	営業種目	所在地	電話
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・空圧クローラードリル，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，油圧割岩機，石材せん孔機，溶融炉開孔機，関連機械．	本社・東京営業所 〒100-0005 東京都千代田区丸の内3-2-3 工場・東城営業所 〒729-5124 広島県比婆郡東城町東城36 仙台営業所 〒980-0004 仙台市青葉区宮町1-1-70 大阪営業所 〒550-0015 大阪市西区南堀江1-14-28 高知営業所 〒780-0064 高知市和泉町2-21 九州営業所 〒812-0013 福岡市博多区博多駅東1-1-33	(03)3201-0701 (08477)2-2137 (022)262-4531 (06)6531-1571 (0888)22-1367 (092)471-0381
ライカジオシステムズ株式会社 代表取締役社長 小原 勉	測量機器の製造，販売，輸出入業 地上測量(トータルステーション，ハンディタイプレーザー距離計，レベル，レーザー機器)，航空測量，GPS/GIS，3次元計測用測量機器 アプリケーションの開発，販売業	本社 〒113-6591 東京都文京区本駒込2-28-8 21F テクニカルセンター 同上 B1F 大阪支店 〒540-6131 大阪市中央区城見2-1-61 31F 福岡営業所 〒812-0016 福岡市博多区博多駅南1-3-6 6F 札幌出張所 〒063-0829 札幌市西区発寒9条13丁目1-10 3F GIS & Mapping 〒101-0047 東京都千代田区内神田2-3-3 6F	(03)5940-3020 (03)5940-3035 (06)6910-3871 (092)432-8201 (011)669-1101 (03)3526-5291
㈱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，ダイオキシン・VOCガス専用集塵機，冷房，集煙，ブラスト，高圧ブロア，脱臭	本社 〒108-0073 東京都港区三田3-4-27 ﾌﾟﾛﾌｨｯﾄﾘﾝｸ聖坂 市原工場 〒290-0046 千葉県市原市岩崎1-5-19 リースセンター 〒308-0114 茨城県筑西市花田84-6	(03)3452-7400 (0436)24-7391 (0296)37-7680
ワールド開発工業㈱ 代表取締役社長 西沢 彊	トレンチャー，移動クラッシング 移動プラント(路床材，路盤材用) スリップフォームなど	本社 〒381-0101 長野県長野市若穂綿内7484	(026)282-3671㈹

研 究

道路シールドトンネルにおける耐火構造と性能確認

—秋田県 秋田中央道路シールド工事—

秋田県建設交通部都市計画課参事(兼)課長 本田武志
秋田県秋田中央道路建設事務所所長 進藤敏博
大成・前田・奥村・三井住友・大本・菅与・北日本・沢木特定建設工事共同企業体所長 西岡巌
大成・前田・奥村・三井住友・大本・菅与・北日本・沢木特定建設工事共同企業体設計担当 小原伸高

1 はじめに

秋田中央道路はJR秋田駅の東西間を結ぶ都市計画道路であり，その大部分がシールド工法により施工されるトンネル構造である．シールドトンネルは二次覆工省略型であり，トンネル内での自動車火災に対してセグメントの損傷を防ぐための耐火構造が必要となるが，国内ではまだ同様の事例がなく，耐火構造の仕様や性能確認方法などの統一的な考え方も確立されていないのが現状である．本稿では，国内で初めて耐火に関する仕様を決めた秋田中央道路における耐火構造とその性能確認試験の概要について報告する．

2 工事概要

秋田中央道路は，秋田県が計画している秋田市中心部から秋田自動車道秋田中央ICを結ぶ全長約8kmの地域高規格道路である．この道路は，①秋田市中心部と秋田自動車道および秋田空港とのアクセス機能向上，②秋田駅東西間の交通渋滞緩和，③中心市街地の活性化の支援，の3つを目的としており，当面は下り線ルートを整備し，2車線の対面通行として暫定的に供用する計画である．

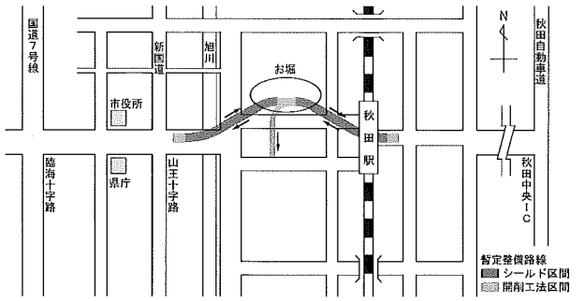


図-1 工事位置図

このうち，秋田駅東西間を結ぶ中心市街地の約2.5kmは主にトンネル構造の自動車専用道で計画されている(図-1)．施工方法は，当該区間が軟弱な地盤であるうえ交通量の多い中心市街地であることから，周辺環境へ与える影響が少ない泥水式シールド工法を採用しており，シールド外径φ12.4m，延長1,524mと国内有数の規模となっている．また，一次覆工は外径12.2m，厚さ0.5m，幅1.5mのRCセグメントが主体となる．

本工事は入札前に技術提案を受ける設計・施工一括発注方式にて発注・契約され，請負者が自らの技術提案にもとづき実施設計を行うこととしている．特に既往の事例がないシールドトンネルの耐火構造については，発注者が特記仕様書により

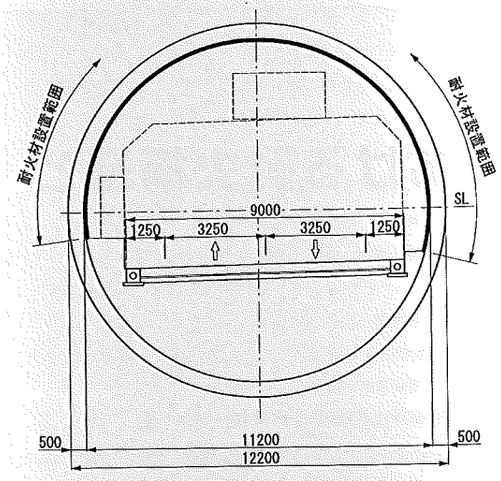


図-2　シールド標準断面図

要求性能を規定し，請負者が耐火構造の検討の他，要求性能を満足することを確認するための試験計画の立案および実大試験を実施設計において行うこととしている．シールド標準断面および耐火材設置範囲を図-2に示す．

3　耐火構造の要求性能

耐火構造の要求性能は以下に示すとおりである．

[火災時および火災後]

覆工構造に次の事項を生じさせない．なお，火災想定曲線は図-3に示すRABT曲線とする．

① セグメントのかぶりコンクリートが爆裂しない．

② スチールおよびダクタイルセグメントの本体部の最高温度は350℃以下とすること．

③ セグメントの主筋温度が250℃を越えない．

④ トンネル使用上で復旧できない漏水ならびに不都合な変形，損傷が覆工構造体(セグメント本体，継手部，シール材など)に残留しない．

⑤ 耐火工が落下しない．

⑥ 設置金具は，耐火材以上の耐火性能を有する．

[常　時]

⑦ 洗浄作業，排気ガスなどに対して劣化しない．

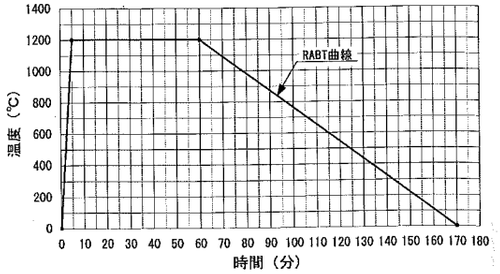


図-3　火災想定温度曲線(RABT曲線)

⑧ 割れや剥離による落下を生じない．

⑨ トンネル内を高速走行する車両によって生じる負圧力などに対して剥離・落下などを生じない．

⑩ ドライバーの走行性への影響，ドライバーに不安感を与える形状，色，反射率などについて内装材と同等以上の仕様を満足する．

また，要求性能の照査は，原則として設計荷重作用下における実物大火災実験による性能確認と常時における性能確認を行うこと，火災時および火災後に対するトンネル構造の崩壊に対する安全率は$Fs \geqq 1.1$とすることと規定している．

RABT曲線とは，ドイツの指針が規定している，木製家具などを満載した大型トラックが火災を起こしたときのトンネル内の温度を想定したもので，国内でも沈埋トンネルの耐火設計に適用されている．

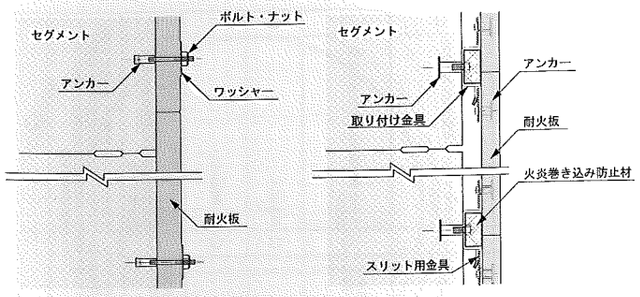
4　耐火構造の概要

4-1　耐火構造の選定

シールドトンネルの耐火材設置範囲は監視員通路上端から反対側路面までのアーチ部で，シールド区間全体で約30,000m²となる．耐火材として，吹付け方式，ブランケット方式，耐火板方式などが考えられたが，本工事への適用についての比較検討の結果，地震時の対応や洗浄・破損への対応などを考慮して，耐火板を後付け設置する方式を選定した．また，耐火板の材質はプレス式珪酸カルシウム系耐火板とセラミック系耐火板が要求性能を満足できると考えた．選定比較表を表-1に示す．

表-1　耐火構造選定比較表

耐火仕様		吹き付け式耐火被覆方式		セラミックファイバーブランケット方式		珪酸カルシウム系 耐火板方式		セラミック系耐火板方式		高耐火性一体型ライニング方式	
施工方法		プレミックスされた粉末に現地で水を加え，セグメントに吹き付ける．吹き付け場所にはあらかじめセグメントにステンレス製メッシュ金網を固定し，プライマーを塗布しておく．		柔らかく伸縮性の伸縮可能なブランケット状の耐火材にステンレス金網で補強したものを，防水シートで挟み込んで，セグメントにアンカーボルトにて固定する．		プレス式珪酸カルシウム系耐火板を切断加工し耐火材を，セグメントに設置したスリット用金具を取付け，予めセグメントに設置した取付金物に引っかけ，各板を突き合わせにて設置する．		セラミック系耐火板を型枠内で加圧脱水した板状の耐火材にスリット用金具を取付け，予めセグメントに設置した取付金物に引っかけ，各板を突き合わせにて設置する．		セグメントのコンクリートを型枠内に打設するまえに，予めセラミック系耐火板を内側に設置しておくことにより，セグメントと一体型の耐火ライニングセグメントを製作する．	
必要厚さ		耐火材30mm		耐火材35mm		金型28mm＋耐火材27mm		金型25mm＋耐火材25mm		耐火材27.5mm	
製品形状		袋状 (25kg)		600(直線)×3000(曲線)×35(厚) (9kg)		1500(直線)×581(曲線)×27(厚) (22kg)		2200(直線)×1250(曲線)×12(厚) (30kg)		1500(直線)×581(曲線)×27.5(厚) (24kg)	
トンネルの維持管理性	耐火材設置前のアンカーと耐火材	○	アンカー位置と耐火材・ボードの貫通口を合わせる必要がなく，ボードの貫通口を耐火パッキンで塞ぐことにより対応可能．	○	アンカーはすべて防水シートを貫通するため止水施工を行う必要があるが，比較的容易に行うことができる．	○	アンカー位置と耐火材・ボードの貫通口を合わせる必要があるが，ボードの貫通口を耐火パッキンで塞ぐことにより対応可能．	○	アンカー位置と耐火材・ボードの貫通口を合わせる必要があるが，ボードの貫通口を耐火パッキンで塞ぐことにより対応可能．	○	先付けアンカーは予め，耐火板に孔をあけ設置しておくことで対応可能．
	耐火材設置後のアンカーと耐火材	○	耐火材を部分的に撤去することは困難であるため，耐火材の上から貫通させて設置する．ボードの貫通口をシールする必要がある．	○	防水シートを壊してしまう．復旧するには，一度耐火材を撤去し，再度防水シートの復旧が必要となり，作業が困難．	×	耐火材を部分的に撤去することは困難であるため，耐火材の上から貫通させて設置する．ボードの貫通口をシールする必要がある．	○	耐火材を部分的に撤去することは困難であるため，耐火材の上から貫通させて設置する．ボードの貫通口をシールする必要がある．	○	耐火材の上から貫通させて設置可能．ボードの貫通口をシールする必要がある．
施工性	取り扱い	○	すべて軽い耐火材なので問題ない．	△	重い断火材を天井部に設置するため，要注意となる．	△	1枚当り22kgであるため，作業上問題ない．	○	1枚当り24kgであるため，作業上問題ない．	○	通風時の角欠けや，ヤードでの積載などの割れなど取り扱いに注意を有すセグメント型枠孔の精度や問題，サポートジャッキ王への対応などに関する細部について検討課題がある．
	掘進と同時施工	△	同時施工は可能である．	△	同時施工は可能である．	△	同時施工は可能である．	△	同時施工は可能である．	○	耐火材の設置作業がないため良好．
	テーパーセグメント部の施工	○	プランケットは可能でアンカーボルトをどこにでも固定できるため，調整が容易．	○	塩部を型枠あわせで切断する必要があるが，曲面加工されたものを下パー切断しすべての塩部をせ合わせ容易するのは困難で，品質上の課題がある．	○	テーパーセグメントに合わせて全て工場切断したものを挿入するため，問題ない．	○	テーパーセグメントに設置されているため問題ないが，必要範囲以上に耐火板を設置しておく必要があるためのDXが発生する．	◁	予めセグメントに設置されているため問題ないが，必要範囲以上に耐火板を設置しておく必要があるためのDXが発生する．
	品質管理	△	耐火材は工場製品なので問題ない．	△	耐火材は工場製品なので問題ない．耐火材の設置は容易であるが，防水シートの溶着作業が発生する．	△	耐火材は工場製品なので問題ない．	△	耐火材は工場製品なので問題ない．耐火材の設置は容易であるが，防水シートの溶着作業が発生する．	○	予めセグメントに設置されているため問題ない．
その他	漏水の影響	×	水分が浸み込むと強度低下を起こす．	○	防水シートで覆われているため問題ないが，防水シートに不安全は場所があるとプランケットが変形し，タレや火災時の水蒸気爆発を起こす可能性がある．	○	施工時には浮水した後で吹き付けを行う必要がある．施工後は水分は多少染み込むが問題ない．	○	水分は多少染み込むが性能上は問題ない．	○	水分は染み込むが性能上は問題ない．
	小規模火災	○	問題ない．	○	問題ない．	○	問題ない．	○	問題ない．	○	問題ない．
	使用実績	○	海外のシールドトンネルでも実績はある．	○	沈埋トンネルの継手部などの特殊部で実績がある．	○	海外の沈埋トンネル，開削トンネルでは多数ある．海外のシールドトンネルでも実績はある．	○	海外の沈埋トンネル，開削トンネルでは多数ある．海外のシールドトンネルでも実績はある．	○	まだ実績はない．
供用時の品質		△	地震時のセグメント目開き等の対応に問題がある．	△	防水シートを併用するものの洗浄方法等について制約を受ける．	○	特に問題はないが，破損時や火災後の取り替えは耐火板リング単位で行う必要がある．	○	特に問題はないが，破損時や火災後の取り替えは耐火板リング単位で行う必要がある．	○	特にに問題はないが，破損時や火災後の取り替えは耐火板リング単位で行う必要がある．
選定結果		海外での実績はあるが，長期的に剥離・落下が発生しないことを検証する方法がないため，選択しなかった．	△	海外での実績はあるが，長期的に剥離・落下が発生しないことを検証する方法がないため，選択しなかった．	△	曲部構造物へ本施工した工法であるが，設備用アンカーの打設を耐火材設置後に行うため，施工手順が複雑になるため，全面的に採用するのは避けたい．	△	曲部構造物へ本施工した工法であるが，設備用アンカーの打設を耐火材設置後に行うため，施工手順が複雑になるため，全面的に採用するのは避けたい．	△	予めセグメントと耐火材にインサートアンカーを設置しておくことにより，精度良く設置が可能であるため，本工事において選ぶべきと考えた．	○
			△		△		△		△		○



従来の取り付け方法　　開発した取り付け方法

図-4　耐火板取り付け方法

4-2　耐火構造の特徴

耐火板の固定方法は，セグメントへの取り付けを考慮して新たに開発した．セグメントにあらかじめ設置したセラミック製インサートにステンレス製の取り付け金具でセグメント内面から浮かせて耐火板を固定するが，①ヒートブリッジとなる金具がトンネル内面(耐火板内面)に露出しない，②取り付け金具の形状を工夫することにより耐火板をはめ込み式とする，という特徴を有する(図-4)．これにより，トンネル仕上がり面の美観と耐火性能を確保しながら効率よい取り付け作業が可能になる．また，曲線部に使用する異形セグメント(テーパーセグメント)に対しては，あらかじめ異形セグメントに対応する形状で耐火板を高精度に工場加工して持ち込むため，現場での特別な対応が必要なく，良好な作業性と仕上がりが期待できる．

5　RCセグメント加熱試験

5-1　試験体

耐火構造の性能確認試験に使用する試験体は実際の工事で使用するRCセグメントと同じ形状寸法とし，本体部試験体と継手部試験体を製作した．また，耐火板としてプレス式珪酸カルシウム系耐火板とセラミック系耐火板の2種類について性能確認を行うため，合計4体の試験体により加熱試験を実施した．

本体部試験体は，セグメント本体の火災時および火災後の健全性を確認する目的で使用する．コンクリートは高温に加熱された際に爆裂を生じることがあるが，コンクリートに働く圧縮力が大きいほど爆裂が生じやすいことが知られている．また，火災時には地山側よりトンネル内側の温度が高くなる．以上のことから，加熱試験を行う試験体はトンネルの内側でもっとも大きな圧縮応力度が働く断面で使用するセグメントとし，RCセグメント内部に設置したPC鋼線を緊張することによりRCセグメントに所定の圧縮応力を作用させる．導入する圧縮応力は設計計算における最大値に余裕を見込んで10N/㎟と設定した．

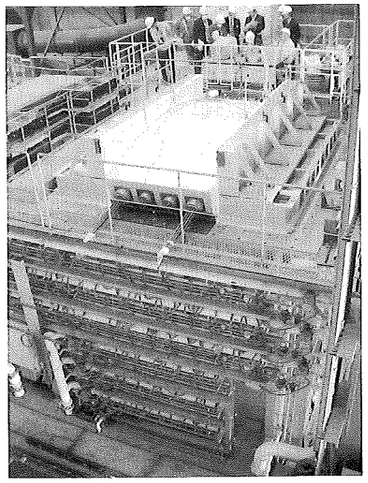


写真-1　加熱試験状況

継手部試験体は，セグメント継手部の火災時および火災後の健全性を確認する目的で，継手部を頂点とした半割A型セグメント2ピースを接合させた試験体とした．

5-2　試験方法

加熱試験は大成建設(株)技術センターの多目的炉にて実施した．多目的炉は縦6,000㎜×横3,000㎜×高さ4,000㎜の加熱寸法を持ち，プロパンガスをパイロットバーナー，灯油をメインバーナーの燃料としている．RCセグメントに設置した耐火構造の性能を確認するための加熱試験では，写真-1に示すように試験体を多目的炉の上部に設置して加熱し，試験体の各部位の温度はϕ0.65㎜のK型熱電対を用いて測定する．図-5, 6に各試験体の温度測定位置を示す．また，炉内温度は試験体加熱面から100㎜離れた位置で測定している．

5-3　加熱試験結果

加熱試験は4ケース実施したが，そのうち「本体部試験体＋セラミック系耐火板」の加熱試験結果概要を図-7～10，写真-2, 3に，「継手部試験体＋プレス式珪酸カルシウム系耐火板」の加熱試験結果概要を図-11～14，写真-4, 5に示す．

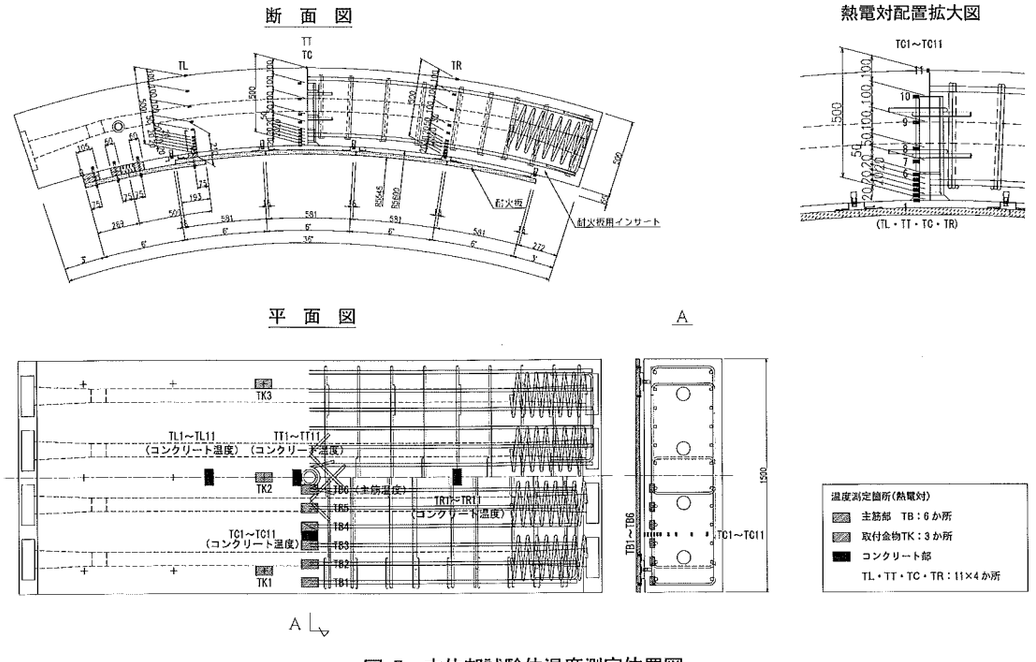


図-5　本体部試験体温度測定位置図

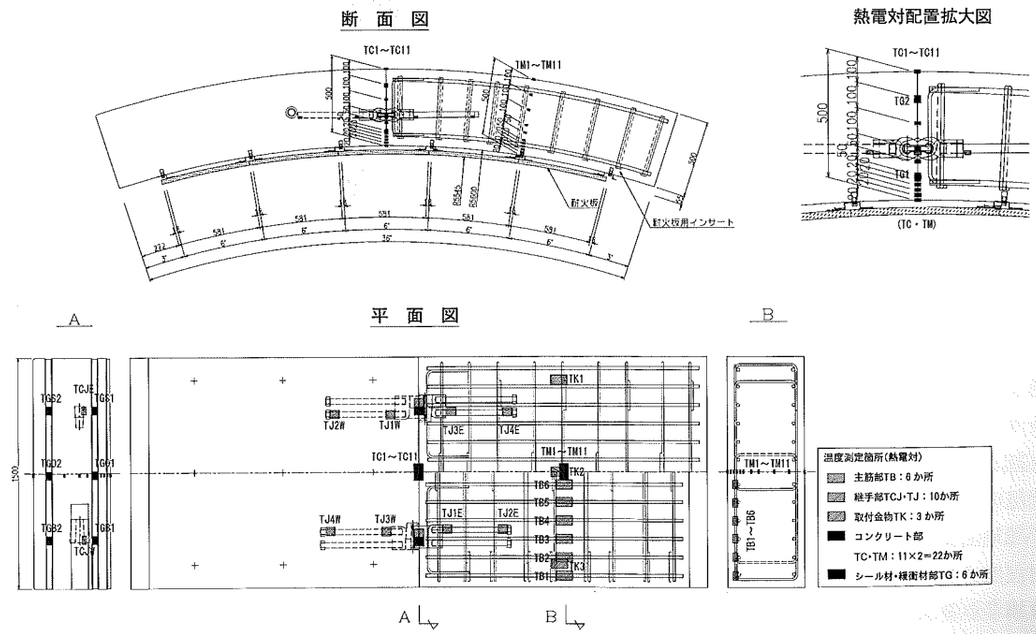


図-6　継手部試験体温度測定位置図

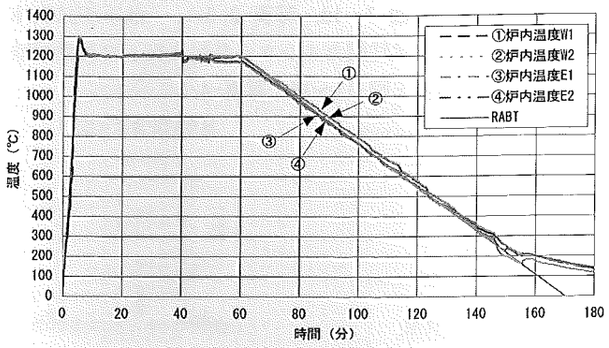


図-7　炉内温度(0～180分)

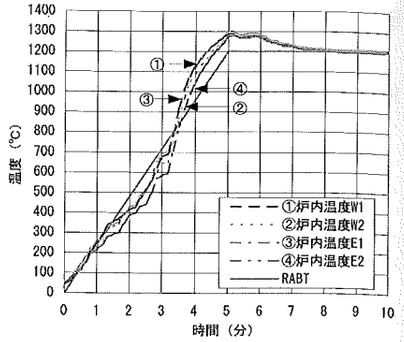


図-8　炉内温度(0～10分)

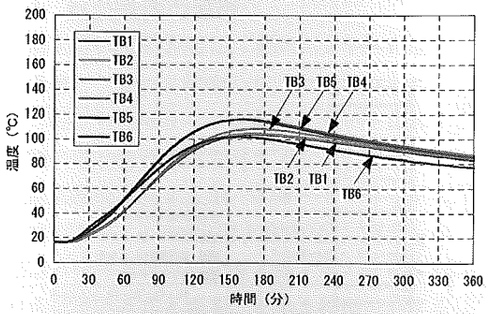


図-9　主筋温度

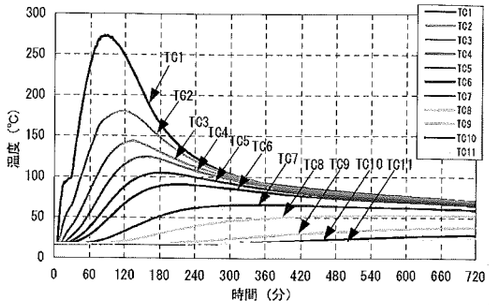


図-10　コンクリート温度

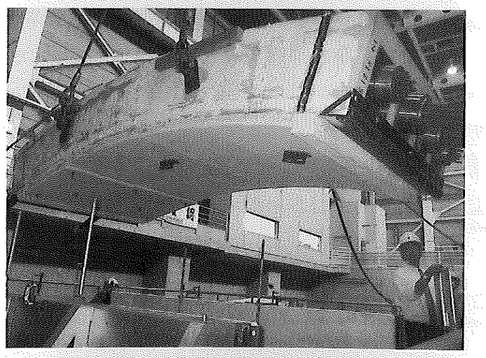


写真-2　加熱後試験体(1)

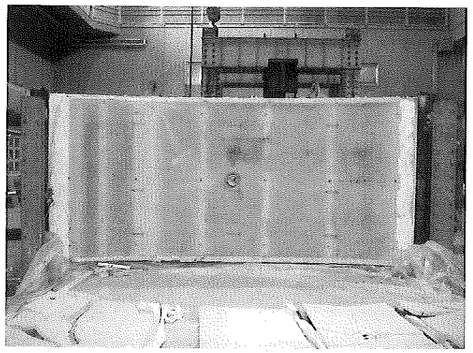


写真-3　加熱後試験体(2)

いずれの試験も，RABT曲線に従った適切な加熱を行うことができ，加熱後に耐火板を撤去してセグメント表面を観察したところ爆裂や有害なひび割れは確認されなかった．また，コンクリート表面温度は最大で274℃，主筋温度は最大104℃，継手部地山側のシール材温度は35℃，内空側の緩衝材温度は最大84℃であり，本体・継手部ともに耐火構造が要求性能を満足できることが確認された．また，鋼製セグメントおよびダクタイルセグメント本体部の温度については，中詰コンクリート厚が鋼殻の桁高より100㎜大きいことから，RCセグメントの加熱試験におけるコンクリート表面から100㎜深さ位置での最高温度にて評価したが，最大91℃であり，要求性能を満足できると判断した．

火災後に対するトンネル構造の安定性評価は，加熱試験後の試験体を用いたセグメントの単体曲げ試験・継手曲げ試験により行い，安全率(Fs＝破壊曲げモーメント/抵抗曲げモーメント)が加

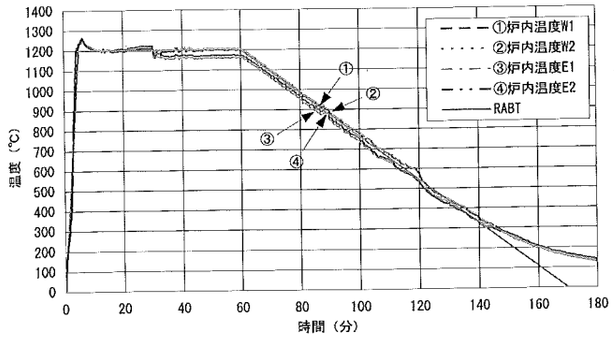


図-11　炉内温度(0～180分)

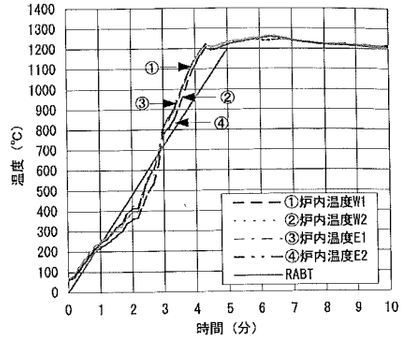


図-12　炉内温度(0～10分)

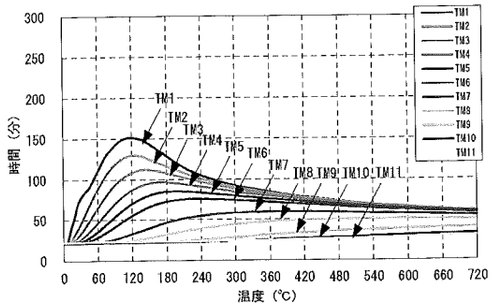


図-13　コンクリート温度

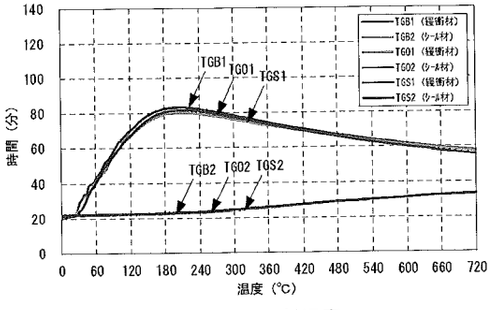


図-14　シール材温度

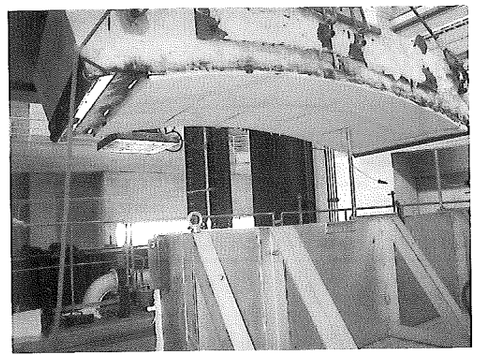


写真-4　加熱後試験体(1)

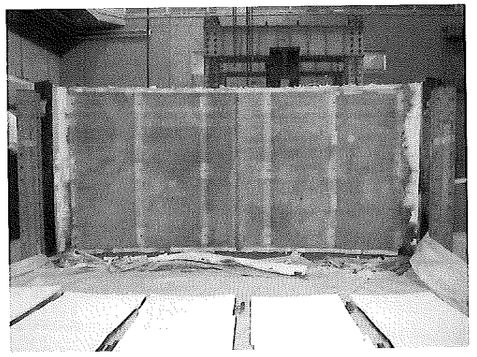


写真-5　加熱後試験体(2)

熱前から低下していないことを確認した．

また，火災時のトンネル構造の安定性評価は，コンクリート，鉄筋，継手部材の各材料の高温時強度からセグメントの本体・継手部の強度を推定することにより評価した．特にコンクリートは，セグメントと同一配合・同一養生の供試体に対して高温に加熱した各温度において圧縮試験を実施して高温時強度特性を把握した．これらの試験および考察により，火災時のトンネル構造の安定性についても要求性能を満足することを確認することができた．

6　耐火構造の常時試験

耐火構造の要求性能のうちの常時性能についても耐火板と耐火板取り付け金物の強度および耐久性に関する試験を実施し，性能を確認した．

耐火板については，トンネル内装工に要求される性能を参考に，自動車通行時の風荷重や洗浄作

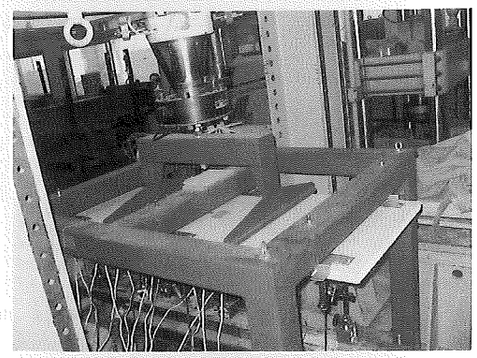


写真-6　実大耐火板疲労試験状況

業時の洗浄荷重に対して十分な強度や耐久性を有することを確認した．また，耐火板取り付け金物は耐久性を考慮してステンレス製(SUS316)とし，酸・塩に対する耐久性試験により耐久性を確認した．また，耐火板の取り付け方法については，実際と同一形状の金物により固定した耐火板に対し，静的曲げ試験および風荷重を想定して200万回連続載荷する疲労試験を実施し，いずれも異常がみられないことから所要の強度および耐久性を有することを確認した(写真-6)．

7　可とうセグメント加熱試験

7-1　可とうセグメント部の耐火構造

本工事では，シールドトンネルと開削構造物の取り合い部や地盤急変部に可とうセグメントを使用する．可とうセグメント部では耐火構造にも可とう性が必要となるため，セラミックファイバーブランケットと耐水保護シート，ステンレス製プレートを併用した耐火構造を開発し，実物大の部分試験体を用いて，RABT曲線に従った加熱が可能なガス炉により加熱試験を実施した．

7-2　加熱試験結果

可とうセグメント加熱試験結果の概要を図-15～17に示す．セグメント本体部の最高温度は208℃，可とうセグメント止水ゴム材部の最高温度は50℃，地山側のシール材最高温度は54℃であった．また，セグメント本体や止水ゴム，シール材などの覆工構造体の変形，損傷や耐火材の落下なども認められず，所要の耐火性能を有することを確認した．

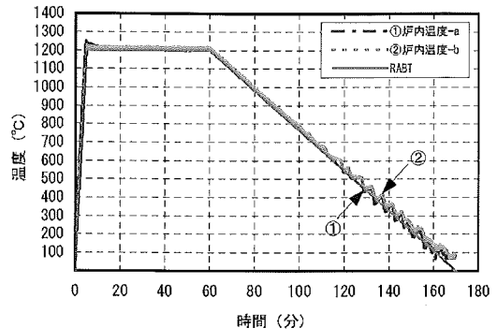


図-16　炉内温度

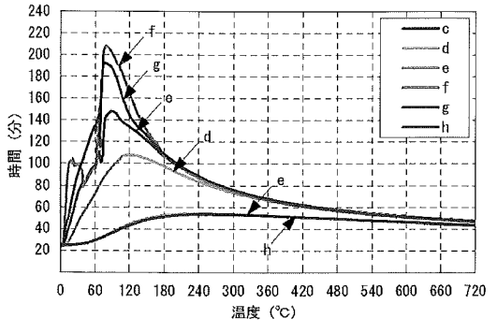
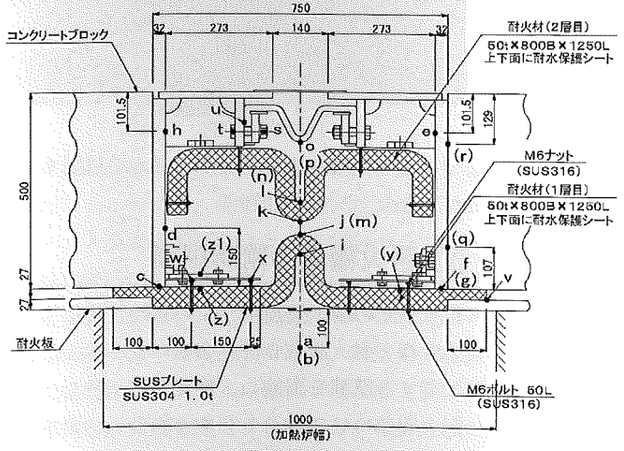


図-17　温度測定結果



熱電対の設置目的	数量	熱電対設置位置の記号
炉内の温度測定用	2	a, b
可撓セグメント本体部の温度測定用	6	c, d, e, f, g, h
耐火材の温度測定用	6	i, j, k, l, m, n
止水ゴムの温度測定用	3	o, p, u
シール材の温度測定用	2	q, r
止水ゴムの熱履歴温度測定用	2	s, t
一般部との取り合い部の温度測定用	1	v
耐火材取付ボルトの温度測定用	2	w, x
表面裏耐火材の界面温度測定用	3	y, z, z1
合　計	27	

●印:熱電対設置位置　　断面1:熱電対17箇所
断面2:熱電対10箇所…( )内

図-15　可とうセグメント試験体断面図・温度測定位置

8　おわりに

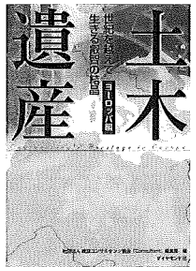
秋田中央道路は平成19年秋の供用開始を目指して工事を進めている．シールド掘進は平成17年3月から平成18年9月の予定であるが，全体工程が短いため，シールド掘進と併行して後追いで耐火板設置工を開始する計画である．また，道路トンネルには視線誘導などの目的で内装工を設けるが，本工事では新しく開発した内装機能付き耐火板の適用を計画している．シールド工事の施工実績については後日改めて報告したい．

最後に，耐火構造の選定や耐火性能の照査をはじめ，本工事の設計・施工に際し，技術検討委員会の今田徹委員長，小泉淳委員をはじめとする関係各位の方々から貴重なご意見・ご指導を賜りました．ここに記して感謝の意を表します．

参考文献

1) 日本コンクリート工学協会：コンクリート構造物の火災安全性研究委員会　報告書，2002.6.
2) 日本道路公団：設計要領第三集(トンネル)，1997.

新刊図書

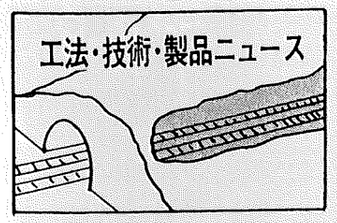


土木遺産

―世紀を越えて生きる叡智の結晶(ヨーロッパ編)―

社団法人建設コンサルタンツ協会「Consultant」編集部 編
A5版　200頁　本体2,200円　ダイヤモンド社

日常生活を支える重要な存在でありながら，普段，意識されることの少ない土木施設．だがヨーロッパ各地には，数百年にわたって利用され続けている土木施設＝土木遺産がある．本書は，その地域の歴史と技術を体現し，力強い存在感を持つこれらの土木遺産を実際に訪ねて，発案者や出資者の情熱，建設に至る経緯から，当時の技術や材料，施工方法，地形や環境を最大限に生かした技術者の創意工夫，さらに長きにわたって市民に愛され，利用されている理由までを探求．



小型自走式スクリーン

日立建機は，格納式のサイドコンベヤを装備したVR308小型自走式スクリーンを開発し，発売した．

同機は，①メインコンベヤ，サイドコンベヤの2本のコンベヤを装備したまま，10tセルフローダで輸送可能，②自走式なので現場で機動性を十分に発揮，③国土交通省第二次排出ガス規制対応型エンジンを搭載，④メインコンベヤから10tダンプへ直接積載可能，などの特長を持つ環境対応型の機械である．

実現場に初適用

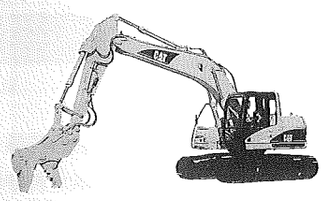
鹿島は，三菱重工業，石川島建材工業と共同で開発した部分拡幅シールド工法「VASARA工法」を滋賀県草津市の都市ライフラインの現場で初適用した．

同工事は，外径2,100㎜のシールドトンネルを両側外周部に150㎜ずつ合計300㎜を拡幅した．施工距離は3m．凍結工法や拡大シールドなどを使った従来の技術と異なり，マシン入れ替え用の立坑が不要でコストダウンや工期短縮につながる．また，中・大口径向けの部分拡幅技術もほぼ確立済みで，年内にも実現場に適用する．

リサイクルに貢献する油圧ショベル

新キャタピラ三菱は，「REGA」Cシリーズの中型4機種に，バッテリ式マグネット仕様車を加え，新発売した．

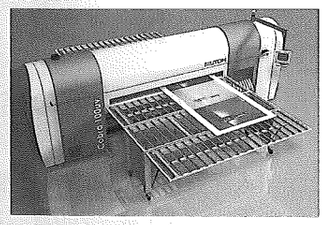
バッテリ式マグネットは，金属スクラップをリサイクルする際に，仕分け，選別，積み込み作業を効率化する作業装置．マグネット付きアタッチメントには，コンクリートガラの小割りとその中に含まれる鉄筋分別作業に適した小割り破砕機と，廃棄物処理において，鉄・非鉄の分別作業で活躍するフォークグラップルの2タイプがあり，用途に応じて選択できる．



UVインク対応大判プリンタ

武藤工業の100%子会社であるムトーヨーロッパ社とアグファ・ゲバルト社(ベルギー)は，産業分野への拡大が見込まれることから，かねてより進めていたUVインク(紫外線を照射することにより硬化される材料が含まれているインク)を使った超大判インクジェットプリンタを共同開発した．

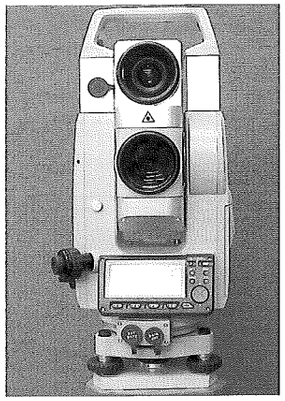
同機の特長は，①印刷メディアとの密着性が高いUVインクを採用，②フイルムなどのロール紙や建材，タイルなどの硬くフラットなものにカラー印刷が可能，③最大印刷幅2,450㎜，などである．



ターゲット不要！デジタル測量機器

コマツのエンジニアリング子会社であるコマツエンジニアリングは，従来の写真測量で必要であった煩雑なターゲットの設置が不要で，数百万点のデータを自動で高速・高精度に解析できる画期的な3D測量機器「DigiCats Station(デジキャッツ・ステーション)」を開発し，販売を開始した．

同器は，ソキア製高精度トータルステーション「NET1200」をベースに300万画素の工業用高解像度デジタルカメラと一体化することで，ターゲットが全く不要になるとともに独自のステレオ処理技術により広い地形でも2か所で数回づつ撮影するだけで，全体の地形を自動で統合処理することが可能になり，危険な場所などに人が立ち入ることなく，短時間の作業で3次元計測が可能．



多様な断面を自由に掘削

錢高組は，1台の掘削機で多様な断面形状を自由に築造できる「翼推進工法」を神戸市の下水道に初適用した．

翼型形状のカッタヘッドがワイパーのように往復揺動する機能を搭載した掘削機を使い，矩形や円形，楕円のトンネルを掘削する技術で，断面が0.8～3.5m級の小規模な都市インフラの構築に効果を発揮する．

翼推進機は，密閉式泥土圧推進機のため，粘性土，砂，帯水砂礫地盤での提供が可能．カッタヘッドを揺動ジャッキで駆動させるシンプルな構造のため，機械製作コストも安くなる．

連載講座

山岳トンネルにおける工事用機械の選定(21)

補助工法(2)—その他—

「山岳トンネルにおける工事用機械の選定」連載講座小委員会

1. 概　　要

山岳トンネル工法において，通常の支保パターンのみでは切羽が安定しない場合，周辺環境の保護を目的に補助工法が採用される．今までに補助工法の概要と，とくに切羽安定対策について述べてきた．ここではその他の補助工法として，比較的大規模な補助工法について，地下水位低下対策，地山注入対策，地表面沈下対策，およびケーブルボルトによる地山補強対策について述べる．

2. 地下水位低下対策(強制排水)の施工事例[1]：(九州新幹線　麦生田トンネル工事)

2-1　工事概要

九州新幹線麦生田(むぎゅうだ)トンネルは，鹿児島ルートの中で地下水面下のシラス地山を掘削する延長1,205mの新幹線断面トンネルである．本トンネルの掘削対象地山であるシラスは，含水比が高い状態では非常に脆く，地下水の流動により非常に流砂しやすい地山であった．よって，地山を安定化させるためには掘削盤以下に地下水位を保つことが必要になった．地下水位低下工法について，

① 坑外からのウェルポイント
② ウェルポイント
③ 先進水抜き孔
④ 長尺水抜き孔

を比較検討の結果，②のウェルポイントを用いて掘削することとした．トンネル断面図を図-1に示す．

2-2　ウェルポイントの施工

トンネル坑内からのウェルポイントの施工にあたり，事前に有効な排水設計をした結果，通常の場合は，上半切羽底面から斜め前方下向き12°の傾斜角で長さ13.5mのライザーパイプを10本施工し，上半切羽10mごとに切羽を進行させる方法を採用することとした．さらに，地下水の高い区間については，延長50mの水平水抜き孔を追加した．また，下半および路盤部のウェルポイントは上半および下半盤側壁部よりトンネル外側に向け3mピッチで長さ8.1mと6.6mのものを施工し，トンネル掘削盤より地下水位を低下させることとした．このときのトンネル横断図を図-2に，またトンネルのウェルポイント配置の縦断図・平面図を図-3に示す．

ウェルポイントの施工にあたっては，シラス地盤であり崩壊性の高い地山であることから，単管掘削ではウェルポイントの挿入が不可能であるため，二重管にて予定深度まで掘削を行い，掘削完了後内管を回収し，外管の

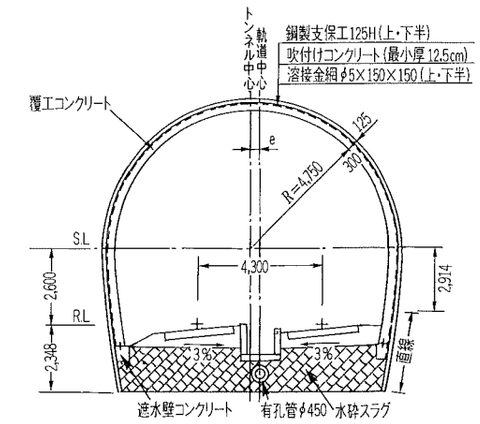


図-1　トンネル断面図[1]

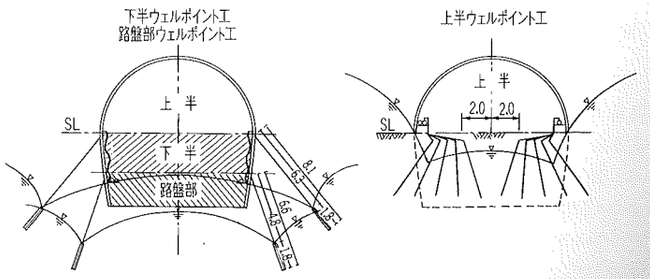


図-2　ウェルポイント横断図[1]

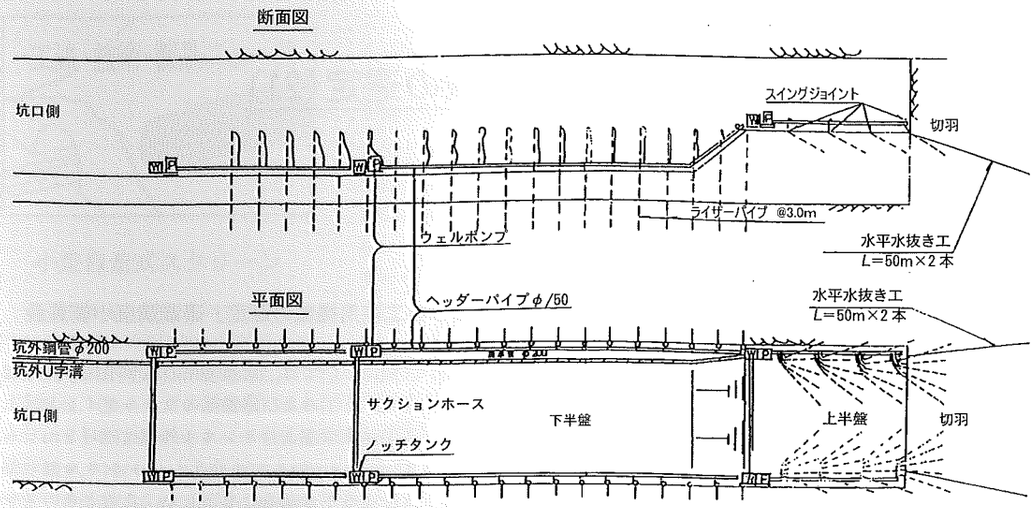


図-3　ウェルポイント縦断図・平面図

表-1　穿孔機械選定比較表[1)]

	機械の型式	寸法	質量	掘削径 使用範囲	適用地盤	機動性	騒音	掘削	適性	経済性
ローターリーパーカッション	クローラー式	大	重 (11,000kg)	呼径(mm) φ96～φ216	ほとんどの地盤に適用が可	◎	○	◎	◎	◎
	スキット式	中	やや重 (2,500kg～3,000kg)	φ96～φ216	ほとんどの地盤に適用が可	○	○	◎	○	○
ロータリー式	ロータリー式	小	軽	φ86～φ146	粘性土～砂被圧地下水の大きい地盤では困難	△	◎	△	×	△
	ロングフィード式	中	やや重	φ86～φ165	同上，ダウンザホールハンマーを使用すれば岩盤に適用	△	◎	○	△	×

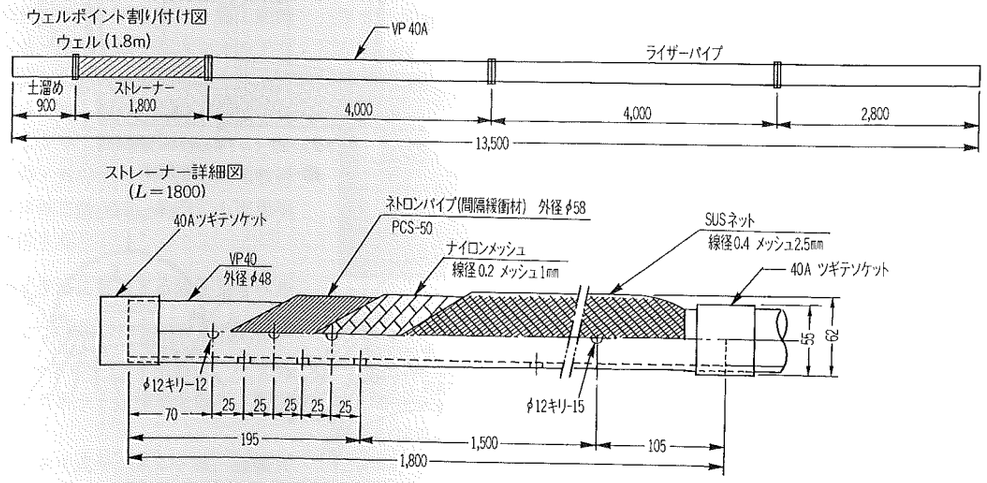


図-4　ウェルポイント詳細図[1)]

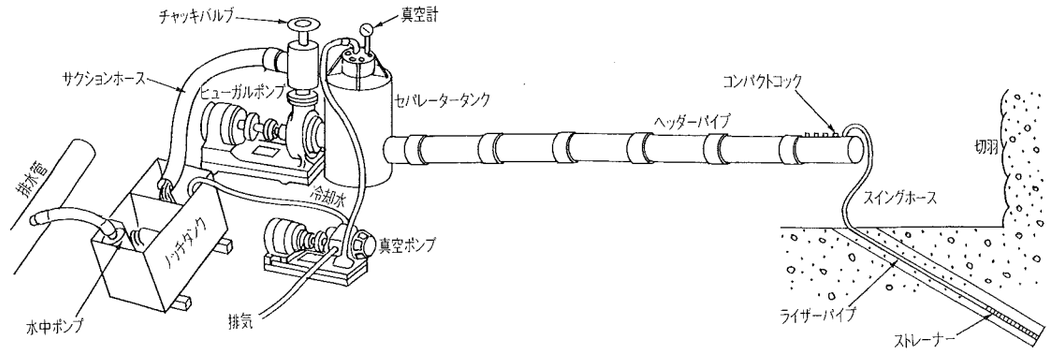


図-5　ウェルポイント機器構成[1)]

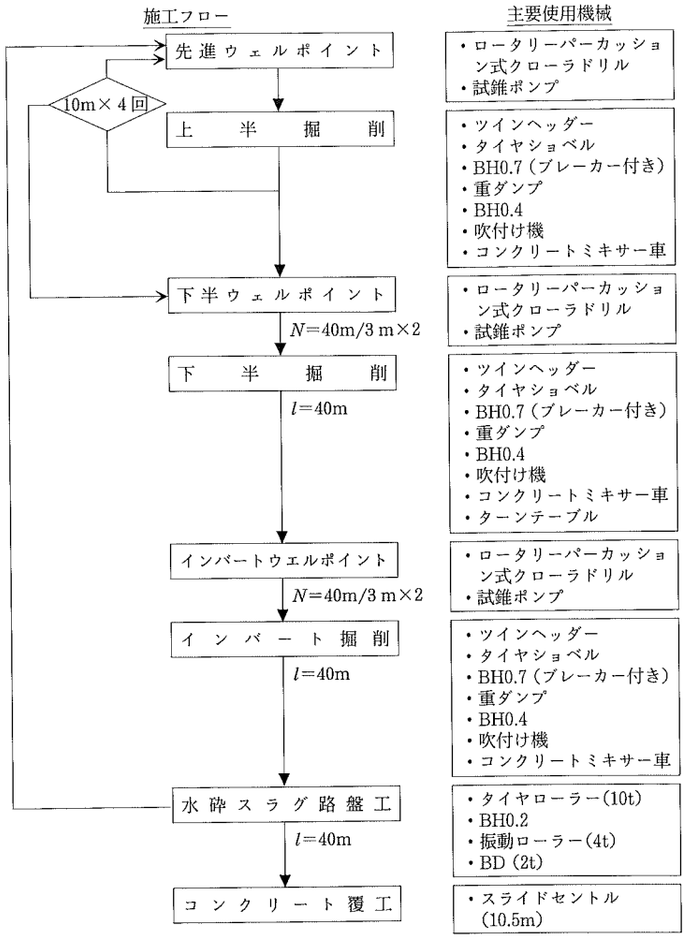


図-6　トンネルの施工フローと主要機械

中にウェルポイントを挿入し，その後サンドフィルターを充填しながら外管を抜管した．

ウェルポイントの穿孔にあたっては，ロータリーパーカッションおよびロータリー式の4種の機械を比較検討し，その結果，二重管穿孔が可能で，かつ施工速度，機動性に優れたロータリーパーカッション方式のクローラドリルを採用した．穿孔機械選定比較表を表-1に示す．

このとき用いたウェルポイントの詳細図を図-4に，ウェルポイント機器の構成を図-5に示す．

2-3　トンネルの施工

トンネルの掘削にあたっては，前述したようにウェルポイントを施工することで掘削範囲がドライな状態に保持することができ，切羽を崩壊させることなく施工することができた．また，坑内の内空変位は最大でも20mm程度に抑えることができ，無事トンネルを掘削することができた．

本トンネルの施工フローと主要機械を図-6に示す．

3．地山注入対策(高圧地盤注入)の施工事例：(国土交通省　津江導水路都留工区)

3-1　工事概要

津江導水路は大分県日田郡にある下筌(しもうけ)ダムから熊本県菊池市にある竜門ダムへの導水を目的として施工された掘削断面積12m²，総延長12,200mの導水路トンネルである．とくに，本トンネルの中央部に位置する都留工区は土かぶりが大きく，しかも断層破砕帯や安山岩の多亀裂層に遭遇し，最大湧水圧2.8

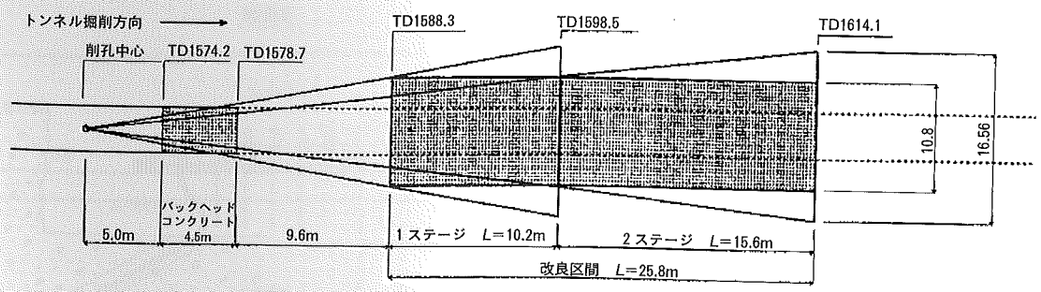
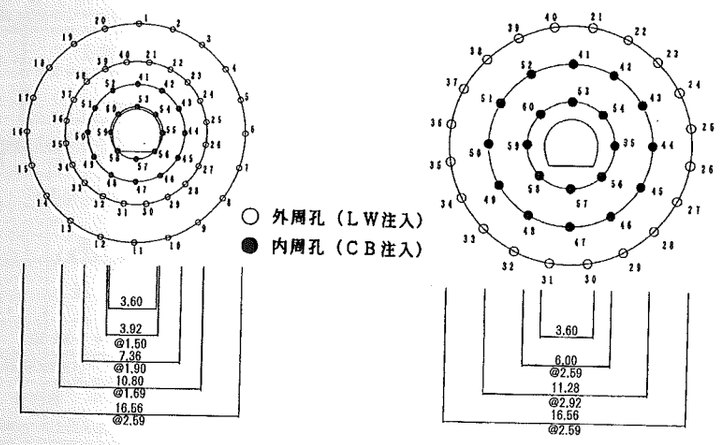


図-7　高圧地盤注入縦断図

MPa，総湧水量約30m³/minもの高圧湧水が発生した．この対策として，高圧地盤注入を行った事例について述べることとする．

3-2　主要地質と対策工の選定

トンネル掘削対象地山は，新第三紀の黒色安山岩類に属し，凝灰角礫岩と輝石安山岩から構成されている．このうち，凝灰角礫岩はやや間隙が多いものの，比較的固結度も高く難透水性を示していた．一方，安山岩は全体としては堅硬な岩盤であるものの，亀裂が非常に発達しており，大量の地下水を賦存していることから，高圧多量の湧水が確認された．



a）1ステージ断面図　　b）2ステージ断面図

図-8　高圧地盤注入各ステージ断面図

トンネル掘削にあたって，排水工法と地山注入工法を比較検討したものの，当工区が約14%で延長700mの斜坑により本坑を施工していること，地下水の賦存量が多大なことから，止水対策を採用することとした．

3-3　高圧地盤注入の施工

注入の施工に際しては，事前にφ70mmの水平調査ボーリングを実施した．その結果，最大湧水圧2.8MPaであることと，1孔約3m³/minもの高圧湧水が噴出したことから，青函トンネルでの施工例を参考に高圧地盤注入を採用することとした．

注入工の計画については，青函トンネルの注入を参考に，注入範囲をトンネル掘削半径の3倍とし，断面形状はリング形とした．注入の縦断図を図-7に，各ステージの断面図を図-8に示す．

トンネルの高圧地盤注入の注入材料については，高圧湧水に対し確実に止水できること，所定の止水範囲を効率よく止水可能な材料であり，注入対象地山以外への逸走防止の目的から，外周孔にはゲルタイムが調整可能な懸濁液型水ガラス(LW)を，内周孔にはセメントベントナイト(CB)注入を行った．各配合を表-2, 3に示す．

表-2　懸濁型水ガラス配合例

A液(200ℓ)	B液(200ℓ)
珪酸ソーダ　100ℓ	セメント100kg
水　100ℓ	水　168ℓ

（ゲルタイム t =40～60sec）

表-3　セメントベントナイト注入材配合例

配合比	セメント (kg)	ベントナイト (kg)	ポゾリス (g)	水 (kg)
1：8	22.8	1.1	59.7	191.2
1：6	30.0	1.5	78.7	189.0
1：4	43.9	2.1	115.0	184.0
1：2	81.6	4.0	214.0	171.2
1：1.5	103.9	5.1	372.5	163.5
1：1	142.9	7.1	375.0	150.0

CBの注入にあたっては，細かいクラックにもグラウトが十分行きわたるように低濃度のものから始め，注入量に応じて，順次，高濃度のものに切り替えてゆくようにしている．

次に，注入の施工に用いた機械一覧を表-4に示す．穿孔機械はロータリーパーカッション式のボーリングマシンを採用し，地盤注入には最大注入圧力20MPaのグラウトポンプを用い，最大注入圧P= 8 MPaの注入を行った．注入にあたっては，注入管理基準を設定し，止水効果が得られるまで確実な注入を行うことで高圧多量湧水区間の止水注入を行うことができた．

写真-1に穿孔および湧水状況を，写真-2に高圧注入ポンプを示す．

（文責：鈴木雅行・(株)間組）

表-4　主な高圧注入機械一覧

機械名	規格	台数	摘要
ボーリングマシン	ロータリーパーカッション式　45kW	1	削孔
〃	油圧式11kW	1	調査ボーリング
グラウトポンプ	2液型超高圧用 20MPa　30kW	1	注入
グラウトミキサー	横型2槽　400ℓ×2	1	〃
グラウト流量・圧力測定装置	120ℓ/min× 20MPa	1	〃
送流ポンプ	φ50mm×2.2kW	2	〃

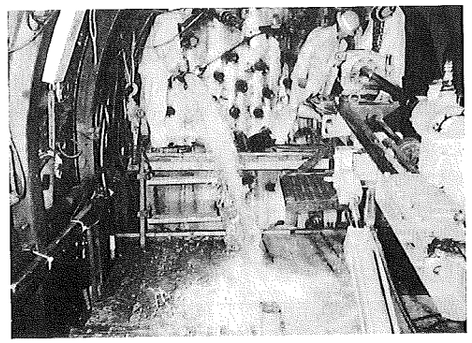


写真-1　穿孔および湧水状況

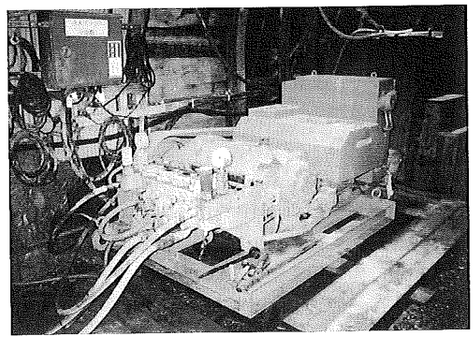


写真-2　高圧注入ポンプ

1）松本雄二・須長誠・大島洋志・加藤僚一：地下水面下のシラス地山に透水性路盤を採用，トンネルと地下，Vol.31，No.8，2000.8.

4．大口径パイプルーフによる沈下対策例：（九州新幹線　小塚トンネル）

4-1　工事概要

小塚トンネルは，延長1,340mの新幹線断面トンネルである．その中間付近のトンネル直上には，管理型産業廃棄物最終処分場(約600m区間)があり，起点側から新設処分場と既設処分場がそれぞれ約300mの区間でトンネルと近接している(図-9参照)．

また，既設処分場区間では，埋立て土の高さが40m程度の直下を離隔約4mで通過し，掘削対象地山も軟弱な阿蘇火砕流堆積物と古金峰火山類の層境となるなど，きわめて施工条件の厳しい区間が約60m存在する．この特殊区間には，トンネル掘削時に影響を与えないことを目的として，現在の埋立て土からの上載荷重を支持するため防護工(パイプルーフ工)を施工した．

4-2　当工事の地形・地質概要

小塚トンネルは，熊本市の北部に広がる標高100m以下の丘陵地および台地との地形境界部に位置している．主要地質は，主に安山岩質な火山岩(古金峰火山岩類)からなる．また，台地は更新世後期の阿蘇火砕流堆積物からなり，斜面下部や開析が進んだ谷部には，これらを覆って，完新世の崖錐性堆積物(崩積土層)や沖積層などが分布している(図-10参照)．

4-3　パイプルーフの概要

既設処分場区間におけるトンネル掘削時の防護工とし

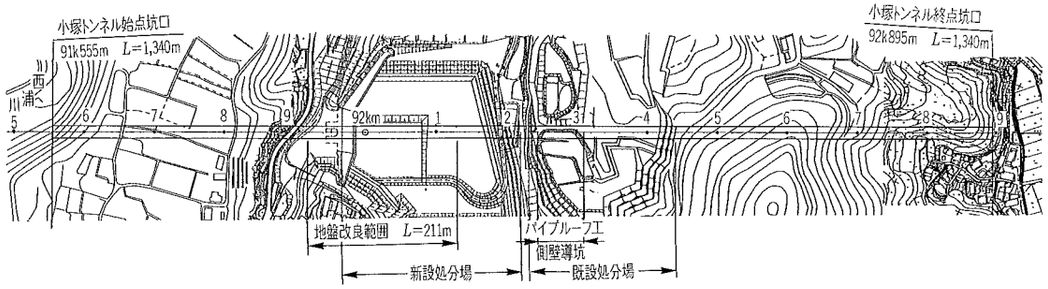
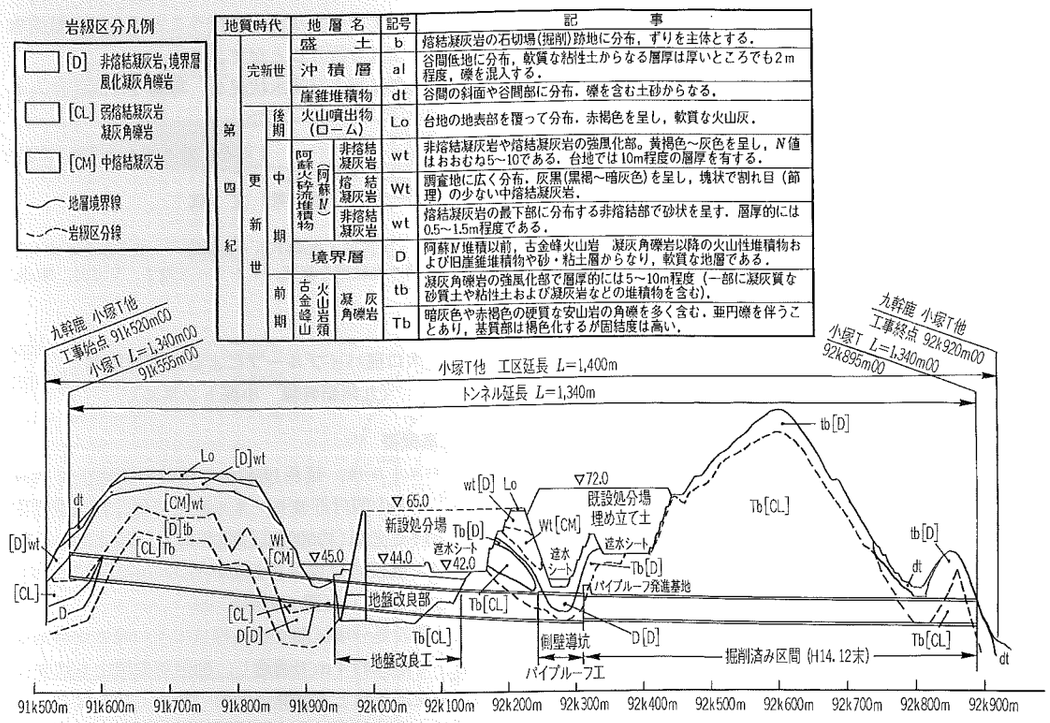


図-9　トンネル平面図



地質時代			地層名		記号	記事
第四紀	完新世		盛土		b	熔結凝灰岩の石切場(掘削)跡地に分布，ずりを主体とする．
			沖積層		al	谷間低地に分布，軟質な粘性土からなる層厚は厚いところでも2m程度，礫を混入する．
			崖錐堆積物		dt	谷間の斜面や谷間部に分布．礫を含む土砂からなる．
	更新世	後期	火山噴出物(ローム)		Lo	台地の地表部を覆って分布，赤褐色を呈し，軟質な火山灰．
		中期	阿蘇火砕流堆積物(阿蘇Ⅳ～)	非熔結凝灰岩	wt	非熔結凝灰岩や熔結凝灰岩の強風化部。黄褐色～灰色を呈し，N値はおおむね5～10である．台地では10m程度の層厚を有する．
				熔結凝灰岩	Wt	調査地に広く分布，灰黒(黒褐～暗灰色)を呈し，塊状で割れ目(節理)の少ない中熔結凝灰岩．
				非熔結凝灰岩	wt	熔結凝灰岩の最下部に分布する非熔結部で砂状を呈す．層厚的には0.5～1.5m程度である．
			境界層		D	阿蘇Ⅳ堆積以前，古金峰火山岩　凝灰角礫岩以降の火山性堆積物および旧崖錐堆積物や砂・粘土層からなり，軟質な地層である．
		前期	古金峰山 火山岩類	凝灰角礫岩	tb	凝灰角礫岩の強風化部で層厚的には5～10m程度（一部に凝灰質な砂質土や粘性土および凝灰岩などの堆積物を含む)．
					Tb	暗灰色や赤褐色の硬質な安山岩の角礫を多く含む．亜円礫を伴うことあり，基質部は褐色化するが固結度は高い．

図-10　地質縦断図

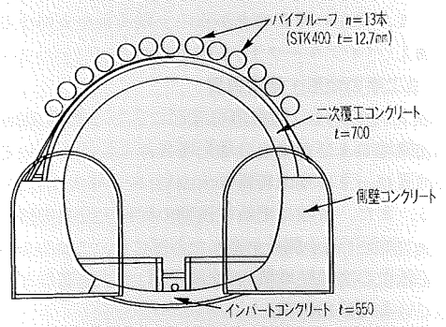


図-11　トンネル断面図(既設処分場区間)

て，パイプルーフ工(φ812.8㎜，L=66m，n=13本)を計画した．またNATMサイロット工法により上載荷重を支持することとした．支保工は吹付けコンクリート(30cm)および鋼製支保工(H-250，ウィングリブ付き)である．

また，トンネル構築後は，覆工のみで上載荷重を支持するものとし，骨組み構造解析により構造設計を行った(設計基準強度40N/㎟，複鉄筋コンクリート)(図-11)．

4-4　施工結果

既設処分場区間の主な施工順序は，次のとおりである．

① 事前調査(水平ボーリング，電磁波探査)
② パイプルーフ工
③ 側壁導坑の掘削
④ 側壁コンクリートの構築
⑤ 本坑の掘削
⑥ 本坑の構築

4-4-1　パイプルーフ工

(1)　施工概要

施工位置は，92k244m～92k310mの延長66.0m，施工本数は13本，使用する鋼管はφ812.8㎜，厚さt=12.7㎜，鋼管1本の長さは6.0mである．

また，鋼管内部の防食効果と外圧に対する剛性確保による長期耐久性を図るため，鋼管内はエアーミルクを充填した．

パイプルーフ工側面図を図-12に示す．

(2)　パイプルーフ工法の特徴

事前調査の結果を踏まえ，パイプルーフ工法の選定にあたっては，以下の項目を考慮した．

① 軟弱な境界層から硬質な玉石(φ1.0～2.0m程度)まで掘削可能であること．
② 直上には既設処分場の底面(シート)があるためパイプルーフ掘削面の緩みおよび崩壊を防止する．
③ パイプルーフ間は約20cm，パイプルーフとトンネル上半鋼製支保工との隙間は約14cmであり，掘進延長の500分の1の施工精度を確保する．

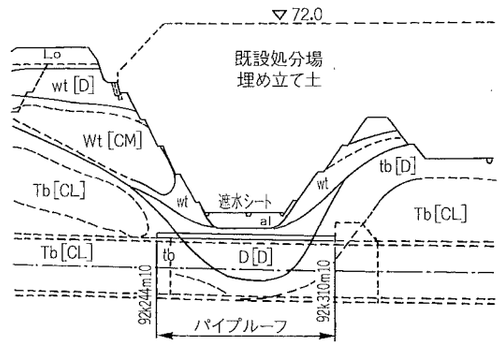


図-12　パイプルーフ工側面図

上記の条件を満足する工法として，アンクルモールスパー工法を採用した．本工法の特徴を下記に示す．

① 本工法は泥水推進式であり，パイプルーフ鋼管の先端に泥水掘進機を取り付け，鋼管を継ぎ足しながら元押し装置により圧入していく工法である．方向精度を確保するため，ケーシングは掘進機を装着して後方架台筒を連結させる構造にしている．
② 予定延長に到達したら先端の泥水推進機はワイヤーおよびウィンチによりパイプルーフ鋼管内を引き戻しが可能である．
③ 泥水掘進機の掘削システムは，ローラカッタを装着したカッタヘッドを切羽に圧着させ，同心円の切り込みを描きながら回転させ，岩盤を開口部から圧砕する．
④ 圧砕され細片になった岩石は，カッタヘッド前面にあるスクレーパにより開口部から機内に取り込まれ，偏心運動を行うコーンクラッシャーの破砕力により，土砂排出口のスリット通過可能な大きさになるまで順次破砕され，流体輸送により排出する．
⑤ 岩石，転石，玉石などを含む地盤から砂質土や粘性土を含む互層地盤などを掘削できる工法である．地質の状況から，巨大で硬度の高い転石への対応を図るため，超硬チップを埋め込んだローラカッタをカッタヘッドに装着し，200MPaの硬岩に対応可能とした(写真-3)．

(3)　掘進管理と施工精度

地山の緩みや変位，玉石の移動を抑止するため，掘進機内の泥水圧と推進力を調整するとともにヘッド角度の微小操作により，接続ジョイント(ジャンクション)なしでパイプルーフの所定精度を確保することができた．

パイプルーフ工の施工精度は，最大1/2,200 (66.0m施工に対し30㎜の変位)であった．パイプルーフの施工状況を写真-4に示す．

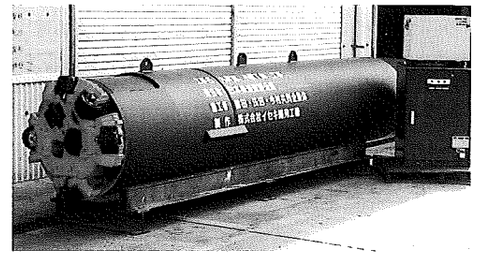


写真-3　泥水推進機

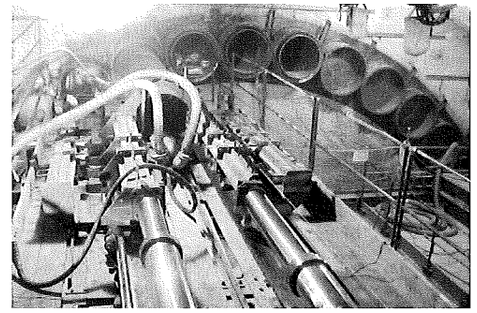


写真-4　パイプルーフ施工状況

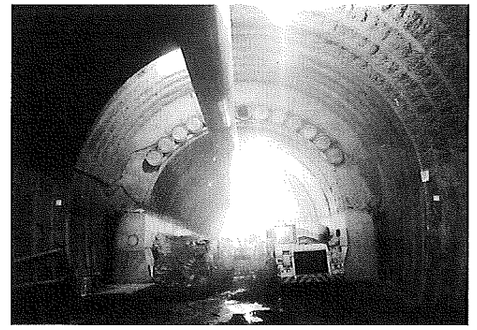


写真-5　パイプルーフ区間トンネル掘削状況

4-4-2　本坑掘削

掘削に際し，トンネル掘削時の支保工とパイプルーフとの間にモルタルを充填する工法を採用し，沈下抑制に大きな効果を発揮した．

掘削状況を写真-5に示す．

4-5　まとめ

小塚トンネルの施工では，管理型産業廃棄物最終処分場の直下を離隔約4m(最小)で通過するという厳しい条件が課せたが，これまで十分な検討を行いながら，実施工でも計測など施工管理を十分に行った結果，既設処分場直下区間を無事に通過することができた．

(文責：坂下　誠・前田建設工業(株))

5. ケーブルボルトを用いた先進導坑拡幅工法の地山補強施工事例：(第二東名高速道路　岡部トンネル工事)

5-1　はじめに

従来，鉱山分野などで使われてきたケーブルボルトの施工機械は，一体型の比較的大型な機械であったため，φ5m級のTBM先進導坑から，大断面トンネル拡幅に先立ち地山を事前に補強するためにケーブルボルトを利用することは困難であった．そこで先進導坑からのケーブルボルト施工は，削孔装置・ケーブル挿入装置を分割し，レール方式とすることによりそれぞれコンパクト化し，またケーブル挿入装置の挿入速度を向上させることにより，狭い作業空間でのケーブルボルト打設時間の短縮が可能となった．

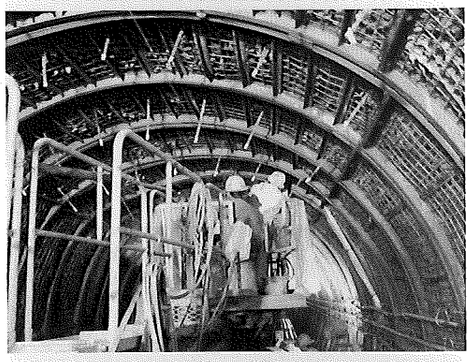


写真-6　ケーブルボルト打設完了状況

5-2　ケーブルボルトの施工目的

ケーブルボルトの施工目的は以下に示すとおりである．

① 本坑拡幅時，切羽・天端崩落が発生する危険性が高い箇所において，切羽付近の先受け効果により切羽の安定を図る．パターンボルトの先打ちおよびフォアポーリングの一部代替えを目的とする．

② キーブロックの形成が予想され，本坑拡幅時小規模なブロックの崩落が懸念される箇所において，キーブロックを周辺地山と一体化することを目的とする．

図-13に第二東名高速道路標準断面図を，写真-6にケーブルボルト打設完了状況を示す．

5-3　ケーブルボルトおよび定着材

ケーブルボルトは，ケーブル表面をインデント加工することにより付着力を増大させた鋼ワイヤーのSTボルトを用いた．また，ケーブルボルトの定着材は地山条件・施工環境等により配合や材料を変えることとし，湧水量の比較的多い箇所では後注入方式(IBOドライモルタル)を，湧水量が比較的少ない箇所では先注入方式(SNドライモルタル)を採用した．

5-5　主要機械

5-5-1　削孔機械

ケーブルボルト削孔機械として通常用いられているホイール式削孔機を使用する場合，先進導坑の軌条を撤去し路盤を整形する必要がある．そこで既設の軌条を使用して作業種ごとに施工の機械を分割独立して配置できるレール方式による施工が有利である．この機械は大別し

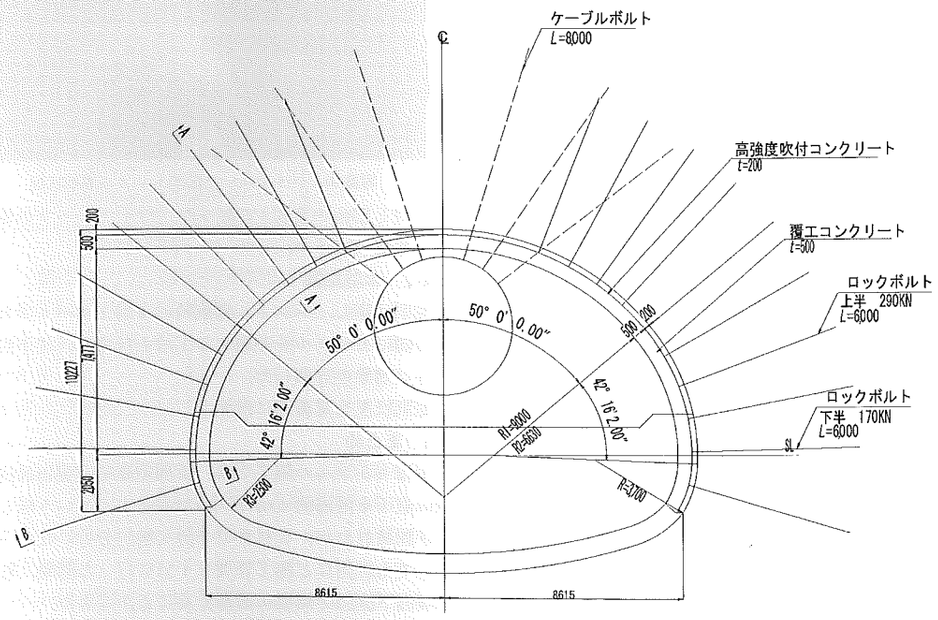


図-13　第二東名高速道路標準断面図

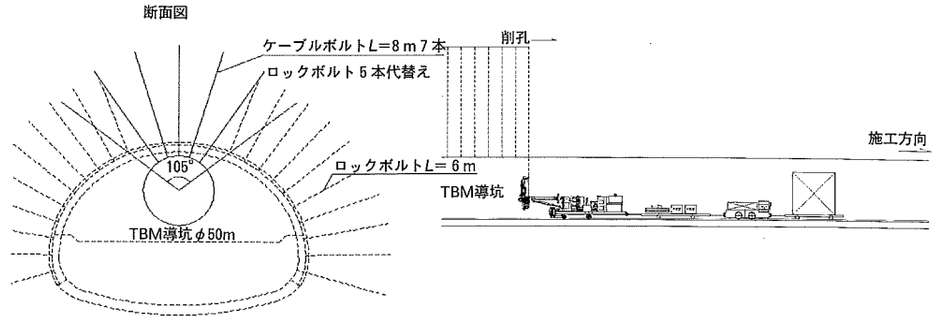


図-14　岡部トンネル施工次第図

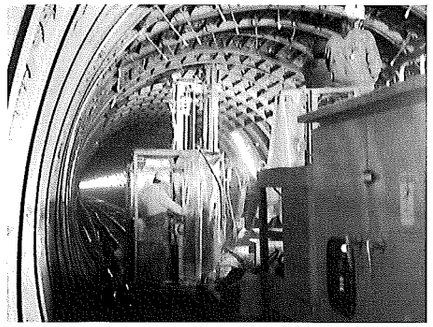


写真-7　1ブームレールジャンボ

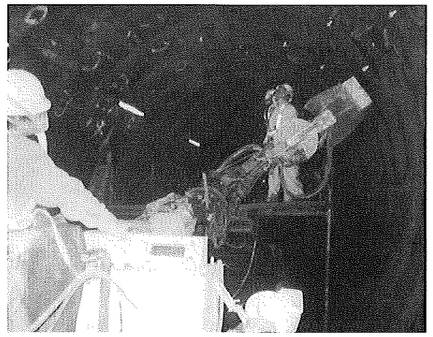


写真-8　ケーブル挿入・切断機

てレールジャンボ，ケーブルボルト挿入機，モルタル注入ポンプに分けられる．この中でレールジャンボは穿孔場所までバッテリー機関車により移動させ穿孔作業を行う(写真-7)．第二東名高速道路岡部トンネルでの施工例を図-14に示す．

本工事に使用したレールジャンボは一般施工で使用されるガイドセルで，ロッドの継ぎ足しは手作業で行ったが安全性と操作性の上でロッドセッターを装着したガイドセルが好ましい．

5-5-2　ケーブル挿入装置および切断機

この挿入装置，切断機はレールジャンボのガイドセルを改造した専用機を使用した(写真-8)．挿入装置，切断

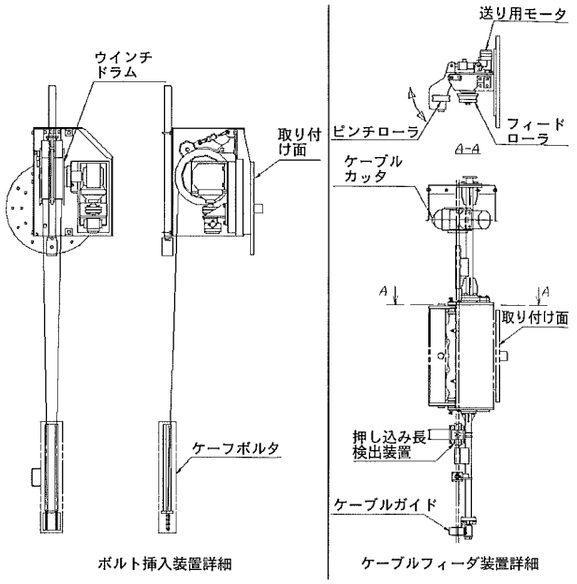


図-15　ケーブル挿入装置，切断機詳細図

機の詳細を図-15に示す．

ケーブル送り装置の動力はレールジャンボ本体の油圧ラインから分配し，切断機については油圧カッタとした．ケーブルはケーブルガイド，押し込み長検出装置，ピンチローラ・フィードローラ，ケーブルカッタの順番に通過する．ケーブルの送りは，ピンチローラとフィードローラにケーブルをしっかりと挟む機構とし，ワイヤーのすべりを防止する．送りの長さは押し込み長検出装置(ロータリーエンコーダ式)により検出し，現在送り長さ(mm)と累積挿入長さ(cm)単位で切り換え表示する．それらのデータはパソコンにダウンロードすることができる．各装置の仕様を表-5に示す．

5-5-3　定着材注入装置

定着材注入装置は一般的にロックボルト打設用に使用されるMAIポンプを使用した．定着材の管理はフロー値で行い，必要に応じて水セメント比を設定，試験練り

表-5 ケーブル挿入装置，切断機仕様

項目	仕様
挿入装置（ケーブルフィーダー）	型式 ピンチローラー式 適用ケーブル 15.2㎜ 挿入力 1000N 駆動方式 油圧モータ，減速機 重量 3.2kg
切断機（ケーブルカッタ）	型式 油圧シリンダーによるせん断切断式 電源 AC100V 最高作動圧力 70.4MPa 適用ケーブル 15.2㎜ 重量 64kg
押し込み長検出装置	型式 ロータリーエンコーダ式 電源電圧 DC5～24V 1回転のパルス数 100P/R 検出ローラ径 44㎜ 検出精度 2％以下 重量 15kg

をし，調整した．定着材注入装置のモルタルホースはφ19㎜を使用し，先端に1.5m程度の塩ビパイプを取り付けて使用した．

5-6 ケーブルボルト施工フロー（レール方式）

施工フローを図-16に示す．ケーブルボルトの施工にあたっては，湧水量により先注入方式と後注入方式を選択した．

5-7 レール方式システムの特徴

① このシステムは，穿孔装置・定着材注入装置・ケーブルボルト挿入装置で構成され，それぞれをコンパクト化し，小断面でも施工が可能である．

② カートリッジ形式で用意されたケーブルボルトを現地で挿入・切断するので，挿入長さを地山に応じて任意に設定できる．

5-7-1 レールジャンボ

レールジャンボは作業位置までバッテリー機関車で移動させ坑内の動力盤から電気を供給した．また，ロッドは坑内が狭いことから1.8mのMFロッドをつないで穿孔した（写真-9，図-17）．

5-7-2 ケーブルボルト挿入・切断機

ケーブルボルト挿入・切断機はレールジャンボと同様，作業位置までバッテリー機関車で移動し，坑内動力盤から電気を供給した．台車後方にケーブルボルトのカートリッジを装着し挿入機の側面のケーブルガイド装置によりケーブルを挿入した（写真-10，図-18参照）．

5-7-3 ケーブルボルトカートリッジ

ケーブルボルトカートリッジはケーブルボルト挿入・切断機の後方に配置した（写真-11）．この断面では最大2,100m程度の荷姿で搬入が可能であった．

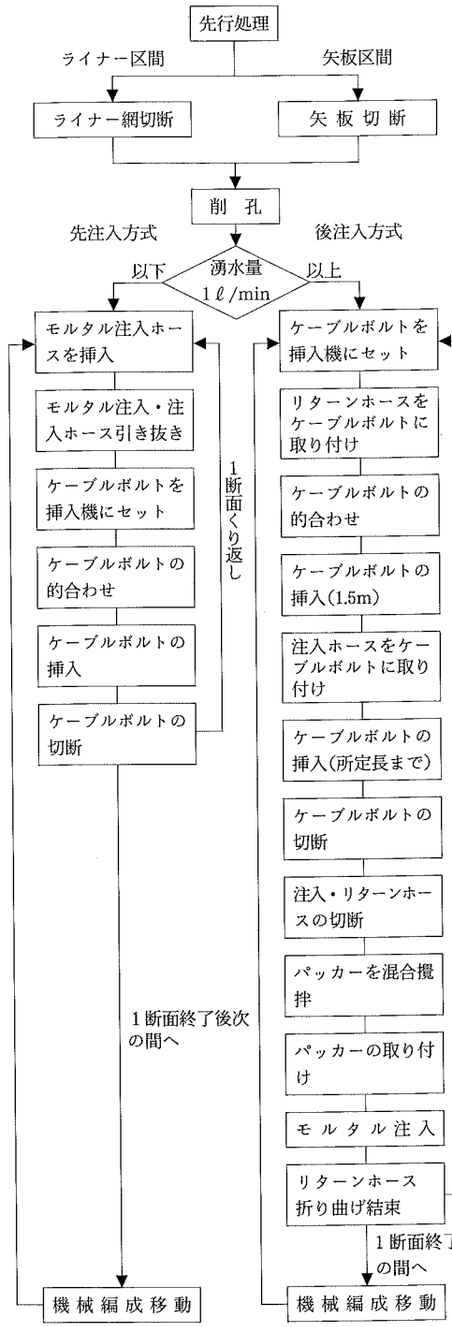
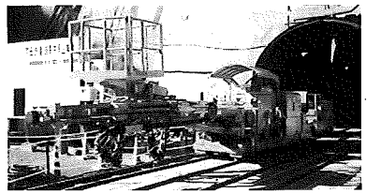


図-16 施工フロー図

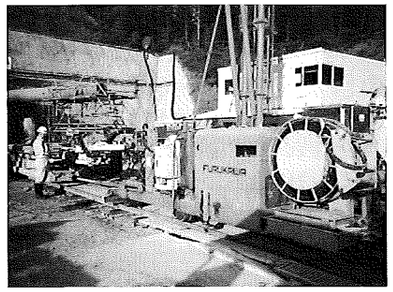
5-7-4 レール方式システムの施工次第

第二東名高速道路岡部トンネルにおけるTBM先進導坑からのケーブルボルト打設システム図を図-19に示し，



- 作業機 1ブーム1バスケット
- フィード長 2m
- 電動機 440V 30kW
- 打撃圧 100kg/cm²
- レールゲージ 762㎜
- 寸法(L×W×H) 8,000×1,400×1,700

写真-9 レールジャンボ



- 作業機 1ブーム1バスケット
- 電動機 440V 55kW
- 挿入力 1,000N
- レールゲージ 762㎜
- 寸法(L×W×H) 6,000×1,200×1,600

写真-10 ケーブルボルト挿入・切断機

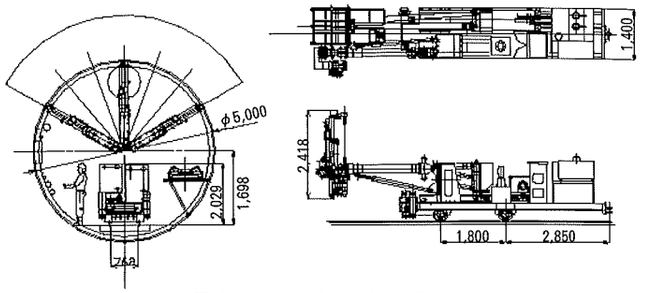
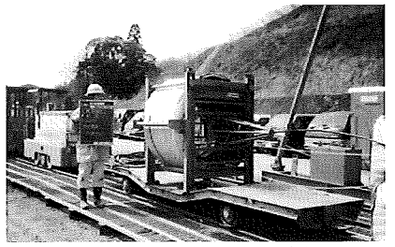


図-17 レールジャンボ寸法図



カセット φ15.2㎜2,110m巻き
寸法(外径×幅) 1,300×770

写真-11 ケーブルボルトカートリッジ

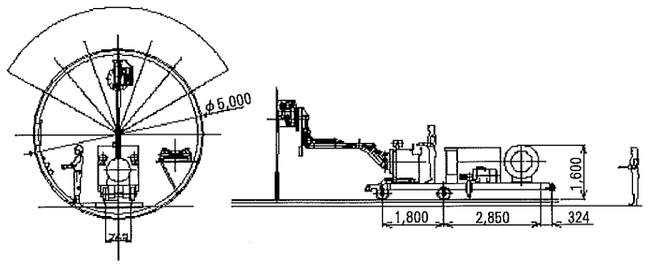


図-18 ケーブルボルト挿入・切断機寸法図

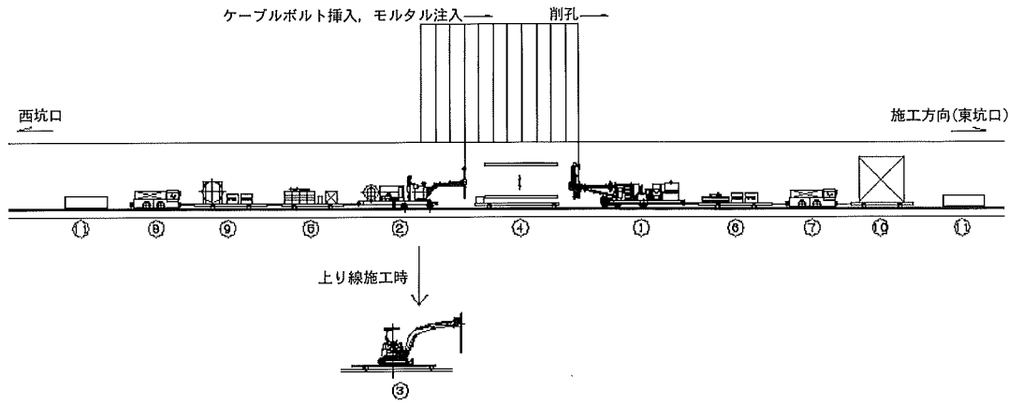


図-19 レール方式システム編成図

表-6　施工機械仕様

機械番号	機　械　名	仕　　様
1	削孔台車	1ブーム1バスケット 440V 30kW
2	ケーブルボルト挿入台車(下り線)	1ブーム 440V 55kW 挿入力1,000N
3	ケーブルボルト挿入台車(上り線)	PC30(0.1m³)　挿入力1,000N
4	作業台車	垂直リフト式(3m)　3.7kW
5	モルタル注入台車	マイポンプ　7.5kW
6	動力ケーブル台車	分電盤,　動力ケーブル
7	バッテリー機関車1	6T
8	バッテリー機関車2	4T
9	ケーブルボルトカセット台	φ15.2㎜　カセット式
10	足場台車	ビティ足場(ライナー金網切除用)
11	乾式トランス	100kVA　440V

機械の仕様を表-6に示す.

5-8　おわりに

ケーブルボルトによる不良地山の事前補強は，第二東名高速道路トンネルの清水第三トンネル工事の試験施工をはじめ，金谷トンネル東工事，岡部トンネル上下線工事に適用され大断面拡幅工事で実証された.

近年，石油や天然ガスなどの資源備蓄基地や管理型の廃棄物処理に大断面地下トンネルが施工されるようになり，また水力発電のリニューアル化により地下発電所の増設や地下ダムなどが計画されている．これら地下空洞の支保の補助工法として，ケーブルボルトの打設が将来にわたって期待される.

（文責：篠原慶二・高木健治/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

トンネルワールドニュース

（社）日本トンネル技術協会
国際委員会国内広報ワーキング

Lovat社製シールド三度目のご奉公

Lovat社最大の外径9.8mの386SE型土圧バランスシールドは，1997年以来，ポルトガルに根付いたことを誇りにしている．このシールドは，Metrexpo Ace社がリスボン市の1998年万国博覧会会場と既設の地下鉄を結ぶトンネルの掘削のために使用したもので，初めてリスボン市に持ち込まれたときに“東洋の星”と名付けられている.

同工事の2.1kmの掘削を終えた後，このシールドの所有者であるMetropolitano de Lisboaはリスボン市の新しい2.5kmの地下鉄の建設工事のためにLovat社と改修の契約を締結した.

Lovat社は入念に検査を行った後，1999年の9月からシールドの改修に取りかかり，2000年5月までに完了している．このシールドは，今度はモイラと命名されて再度ポルトガルの大地の掘削に使用された.

最近になって，Somague，BPC，ENGIL，SPIE JV（ACE JVと呼ばれる）がリスボン地下鉄のレッドライン延伸線の建設契約を獲得した．この延伸線は東西に走り1,500mのトンネル工事を含んでおり，既設のグリーンライン，イエローラインとブルーラインを結ぶものである.

引き続きLovat社はACE JVと，このシールドのカッタヘッドの改修と新しいメインベアリングとシーリングシステムの供給および取り付けの契約を結んだ．改修の終了後，今度は“ヴァリナ”と名付けられ，10月末にAlameda駅の長さ35mの発進トンネルから三度目の掘削を開始した．現在,ヴァリナは掘削を進めており，平行してボルトとガスケット使用のプレキャストセグメントの組み立ても行っている.

リスボン地下鉄レッドライン延伸線には，既設のイエローラインやブルーラインの駅と結ばれるところで，既設駅と同名のSaldanha Ⅱ駅とS. Sebastiao Ⅱ駅という新しい二つの駅の建設が含まれている．この建設工事はMetropolitano de Lisboa地下鉄システムの全体の重要部分をなすもので，営業線ピーク時の混雑を緩和し，リスボン市内の移動性を大きく高めるものである.

この建設によりリスボン国際空港への将来のアクセスが確保されるとともに市の中心からOriente駅（既設レッドラインの北端）までの直接アクセスが保証されることになる.

（T&TI　'04.12　担当：税所陽一・前田建設工業(株)）

ボストンのCentral Arteryプロジェクトで漏水が発生

ボストンのCentral Artery Tunnelプロジェクトで，地中連続壁からの重大な漏水があり，ほかの数々の小規模な漏水の発生とともに，政治的な議論に発展している．本プロジェクトの規模は146億US$であり，ボストン市内を通過する目障りな高速道路の老朽化した高架構造物を完全に撤去するものであるが，その巨額なプロジェクトのコストのため，地元の政界とマスコミを敵に回している.

昨年の9月，地中連続壁から発生した大規模な漏水により高速道路I-93号線が通行止めになったことに端を発し，漏水問題が注目を集めることになった．Bectel/Parsons Brinkerhoffの責任者によれば，9月の漏水は地中連続壁の全面積340,000m²中のわずか1m²程度の局所的のものであり，応急的な修復は即座に完了し，本格的な補修には数週間を要する見込みであるが，交通の流れには大きな影響を及ぼすことなく作業を実施することが可能，とのことである.

しかしながら，今回の漏水によりすべての地中連続壁の信頼性についての照査を促すこととなり，検査に伴い発見された小規模な漏水箇所は数百に

も及ぶ，との報告もある．これに対して，本プロジェクトの工事はまだ建設段階にあり，最終的に完成するのは2005年の中旬～年末である，とB/PB側は反論している．プロジェクト完了までの間は，トンネルの構造物の一部は外気にさらされており，未完成のランプや天端部分，旧高架構造物の基礎構造物と接する間口部および防水工の施されていない供用設備などからの水の流入も考えられる．現時点では，地中連続壁以外の区間においても，側壁および天端部分の漏水箇所を発見して防水工を行う工事が進められている．

地中連続壁そのものについては，大規模な都市トンネルの構築にあたり，作業スペースが極端に制限された状況であることから選択されたものであり，他の工法に比べて漏水が多くなるのは必然的である，とB/PB側は指摘している．また，この程度の水の流入には，トンネルの供用設備に組み込まれている導水工と排水設備で容易に対応可能であり，トンネルは十分に安全で健全である，とも述べている．

しかしながら，広く知れわたった漏水問題に関して，1月にはボストンにおいて連邦下院の政府改革委員会が公聴会を開催する予定となっている．

本プロジェクトのような大規模で複雑な建設工事においては，初期に様々な苦労を伴うのは当然なことである．実際には軽微な問題であり容易に対応可能な場合であっても，専門外の一般の人間や政治家が難癖をつけて政治問題として扱うのは，安易な態度とも言える．

だが，B/PBと発注者であるTurnpike Authorityの漏水問題，とくに地中連続壁の漏水と低水準の施工に対しての反応は，無頓着にすぎる態度と感じられる．

(T&TI　'04.12　担当：小島健一・(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構)

「トンネルと地下」バックナンバー在庫状況　　(2005年7月1日現在)

	第一巻	第二巻	第三巻	第四巻	第五巻	第六巻	第七巻	第八巻	第九巻	第十巻	第十一巻	第十二巻	第十三巻	第十四巻	第十五巻	第十六巻	第十七巻	第十八巻	第十九巻	第二十巻	第二十一巻	第二十二巻	第二十三巻	第二十四巻	第二十五巻	第二十六巻	第二十七巻	第二十八巻	第二十九巻	第三十巻	第三十一巻	第三十二巻	第三十三巻	第三十四巻	第三十五巻	第三十六巻
1月号		△	△	△	○	△	△	△	○	△	△	△	△	○	○	○	○	○	△	○	△	○	○	○	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2月号		○	○	○	△	△	△	○	○	○	△	○	○	△	○	○	○	○	△	○	○	△	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
3月号		△	△	○	○	△	△	○	△	△	△	○	○	△	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	△	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
4月号		△	△	○	○	△	△	○	△	△	△	○	○	○	△	△	○	△	○	○	○	○	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
5月号		△	△	○	○	○	△	○	△	△	△	△	○	○	△	△	○	○	△	○	△	○	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
6月号		○	○	○	○	△	△	○	△	△	○	△	○	○	△	○	○	○	△	○	○	△	△	△	△	○	○	○	○	○	○	△	○	○	○	○	○
7月号		○	○	○	△	△	△	○	○	△	○	△	△	○	△	○	○	○	△	○	△	○	○	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
8月号		○	○	○	○	△	△	△	○	△	△	△	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	○	
9月号	△	○	△	○	△	△	△	○	○	△	○	△	△	○	△	○	△	○	○	○	○	○	△	△	○	○	○	○	○	○	△	○	○	○	○		
10月号	△	○	△	○	△	△	○	△	△	△	○	△	○	○	△	△	○	○	○	○	△	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
11月号	△	○	△	○	○	△	○	○	△	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	△	○	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	△	○	○		
12月号	△	△	○	△	○	○	△	△	△	△	○	○	△	○	○	△	○	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		

注）○印：在庫あり．△印：在庫なしですが，コピーは可能です（実費＋送料＋消費税）．

弊社ホームページ(http://www.tunnel.ne.jp)からも「トンネルと地下」のバックナンバーの在庫状況を確認できます．また，検索システムを使って，さまざまな検索ができますのでご利用下さい．

海外文献速報

(社) 日本トンネル技術協会
研究開発委員会

Runehamarトンネルにおける火災エネルギー放出実験/Researching release rates at Runehamar

By Jan Brekelmans: Tunnels & Tunnelling International June, 2004, Vol.36, No.6, pp.23–27

トンネルの安全に関するスウェーデン国家規格およびヨーロッパ研究計画 UPTUN の一環として，最近のモンブラントンネルやGotthardトンネルの事故に匹敵する大規模な火災実験が，2003年9月にノルウェーのRunehamarトンネル(廃道)において実施された．

〈実験目的〉

(1)　実際の火災事故の結果と小規模の火災実験との間には，大きな差がある．大型トラックによる実際のトンネル火災シミュレーションにより，詳細な知識を獲得する必要がある．

(2)　最近のトンネル火災事故では，消防隊は非常な高熱と濃い煙に阻まれて，火元に近づくことが不可能であった．今回の実験では火元付近における熱放射の影響や車両への延焼の影響も対象としている．

〈実験方法〉

実験は，大型貨物自動車の実物大の模型を使用して計4回実施された(**図-1**)．このうちの3回の実験には木材とプラスチックがそれぞれ異なった組み合わせで使用され，1回は家具と備品の実際の商品が使用された．いずれの実験でも木材とプラスチックの容積比は約80対20であった(**表-1**(実験3は,既実験(EUREKA 499)との比較実験))．

火災地点はトンネルの西出口から560mの地点に設定され，トンネル内の風は東から西へ流れていた．

〈実験結果〉

(1)　火災温度

可燃物の種類，量に関わらず，すべての実験で火災は急速に広まり，5～10分で貨物全体が炎上し急速に温度が上昇した．木製パレットおよびプラスチックパレットを使用した実験1は，総熱エネルギー容量および最大熱放射率がいずれも最高であった．大量の可燃物によって高温状態が長時間持続し，ピーク温度は最高点で1,365℃に達した(**図-2**)．

実験4では段ボール箱およびポリスチレン製カップを3,120kgしか使用しなかったため，熱エネルギー放出量は4回の実験中もっとも低いものと予測されていた．しかし，実験1と同等の温度が記録され，継続時間が短かっただけであった．

(2)　火元からの距離と温度

実験区域75mの天井部分はトンネル壁面(岩盤)

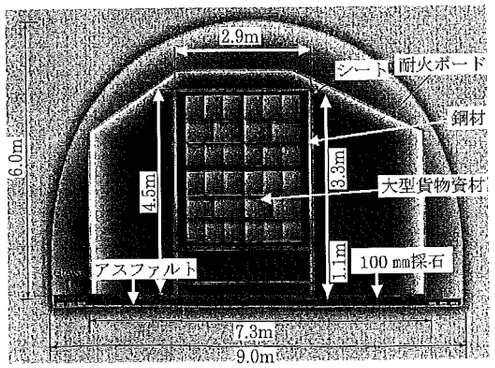


図-1　トンネル内配置図

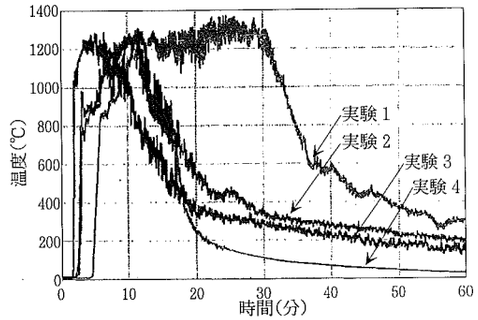


図-2　火災温度と経過時間

表-1 実験に燃焼材として使用した資材

実験	燃焼材の説明	延焼目標	燃焼材重量(kg)	熱エネルギー(GJ)	プラスチックの容積比
1	木製パレット(1,200×800×150㎜)360枚，木製パレット(1,200×1,000×150㎜)20枚，ポリエチレン(PE)製パレット(1,200×800×150㎜)74枚	木製パレット32枚，PE製パレット6枚	10,911	240	18%
2	木製パレット216枚，ポリウレタン製マットレス(1,200×800×150㎜)240枚	木製パレット20枚，マットレス20枚	6,853	129	18%
3	家具および備品(厳重に梱包したプラスチック製および木製のキャビネット用ドア，布(革)張りソファ，動物のぬいぐるみ，ポット入りプラスチック塗料，木製およびプラスチック製玩具)，大型ゴムタイヤ10本(800kg)	布(革)張りソファおよび肘掛	8,500	152	18% (タイヤを除く)
4	中身の入った段ボール箱(600×400×500㎜)600個，全容積の15%の広げていないポリスチレン製カップ18,000個，木製パレット(1,200×1,000×150㎜)40枚	木製パレット4枚，ポリスチレン製カップ1,800個入り段ボール箱40個	3,120	67	19%

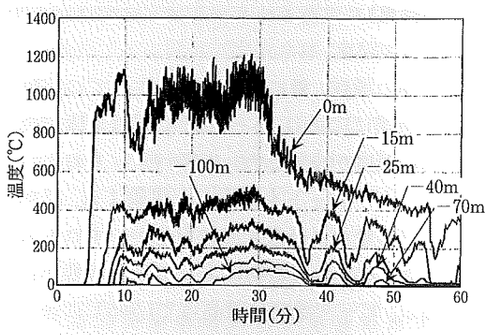


図-3 実験1における風上側の温度

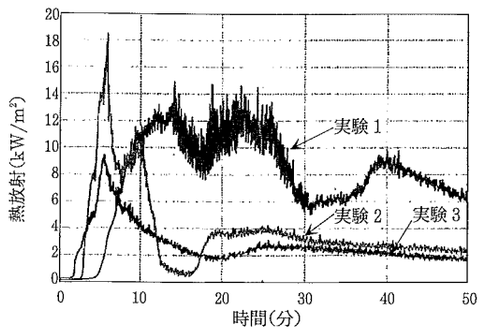


図-4 風上側10mの熱放射

を耐火防護パネルで保護したが，さらに25mのトンネル壁面(燃焼部付近)も防護ボードで保護した．

第一回目の実験中および実験後に，防護区域の風下側，風上側の両方で大きな岩石が道路に落下した．

また，風下側のトンネル天井は，出口までのほぼ全区間にわたって火災の影響を受けた．**図-3**は，実験1の風上側の温度を示したものである．風上側40m地点で100℃以上の温度が長時間続いていること，100m風上でも温度が100℃に近いことがわかる．

(3) 熱放射レベル

高温になると熱放射が増大し，消防士の消火活動に支障がでる．耐熱防護服を着用した実験では，約5 kW/m²の熱量を超えると作業が困難となり，約5分で苦痛を感じる．

図-4に示す風上10m地点の熱放射は，すべての場合においてこの限界を超えていることがわかる．風上20m地点の熱放射レベルは，すべての実験の熱量が危険レベルの5kW/m²を下回っており，消防隊は20mまで接近して消火作業にあたることが可能である．

ただし，80～100℃で岩盤の肌落ちが発生することが記録されており，風上側20m地点の岩盤が火災の熱に対して防護されていなければ，消防作業が阻害される危険性がある．

また，いずれの実験においても，風下側5m地点では延焼危険レベル(12.5kW/m²)を超えており，車両へ延焼する危険性が認められた．その危険性の持続時間は，実験1では55分間に及んだが，その他の実験では7～10分間であった．

本稿は「UPTUN研究計画と共同で，ノルウェーRunehamarトンネルで実施された大規模火災実験の要約報告書」にもとづいている．報告書，写真，

ビデオクリップを収録した無料CDはinfo@promat-tunnel.comにeメールで申し込めば入手できる．

(文責：畑生浩司・鉄建建設(株))

油田および鉱山を対象とした大規模地下構造物の現地調査におけるボーリング・検層技術の指針/Apport des techniques petrolieres st minieres de forage et diagraphie a la reconnaissance des grands ouvrage souterrains

Recommandations de l'AFTES：TUNNELS ET OUVRAGEES SOUTERRAINS JUILLET/AOUT 2004

緒 言
1. 序 文
1.1 指針の目的
1.2 現地調査に関する現在の欠陥
1.3 トンネルプロジェクトにおける現地調査の特殊性
2. 現地調査の目的－土質技術者の必要性
2.1 現地調査の目的
2.2 暫定地質モデル
2.3 岩盤の土質力学・水文地質学的特徴の区分基準
2.4 参考文献
3. ボーリング
3.1 油田と鉱山のボーリング型式の比較
3.2 油田のボーリング
3.3 鉱山のボーリング
3.4 リヨン―トリノ鉄道トンネルプロジェクトで使用された併用技術
3.5 参考文献
4. 検 層
4.1 序文
4.2 測定方法
4.3 実施方法
4.4 検層による現地調査結果の利用方法
4.5 検層により得られるRMRの提案
4.6 参考文献
5. 水文・土質力学的調査
5.1 序文
5.2 地表部および深層部の水文・土質力学的調査
5.3 計測のための水文・土質力学におけるパラメータ
5.4 現地調査目的と計測方法の妥当性
5.5 計測の計画とその分析
5.6 数値モデル化
5.7 調査工機器
5.8 結論
5.9 参考文献
6. 土質力学現場試験
6.1 技術の現状
6.2 体積膨張計による試験
6.3 水圧破砕試験(HTPE)
6.4 参考文献
7. 契約に関わる事項
7.1 序文
7.2 費用負担計画
7.3 業務成功のための要点
7.4 指導および監修
7.5 契約上の戦略
7.6 保険
7.7 報奨金
補足事項

(文責：高野佳博・(株)千代田コンサルタント)

社団法人 日本トンネル技術協会

会報

1. 会員の現状

	4月25日現在	5月25日現在
正会員	2,054名	2,054名
団体会員	359名	359名
個人会員	1,695名	1,695名
名誉会員	1名	1名
計	2,055名	2,055名

2. 第176回理事会

日　時：平成17年5月20日(金)　15時30分～16時
場　所：東京商工会議所8階「東商スカイルーム」
出席者：理事31名，監事3名
議　題：第31回通常総会進行次第を承認

3. 第177回理事会

日　時：平成17年5月20日(金)　16時30分～16時40分
場　所：東京商工会議所8階「東商スカイルーム」
出席者：理事31名，監事3名
議　題：役員の5役互選を承認

4. 第31回通常総会

日　時：平成17年5月20日(金)　16時
場　所：東京商工会議所7階「国際会議場」
出席者：招集総数2,054名のうち
　出席255名，　委任状1,048名　計1,303名
議　案：
第1号議案　平成16年度事業報告(内容省略)
第2号議案　平成16年度事業収支決算(別表参照)
第3号議案　平成17年度事業計画
①協会改革の成果を踏まえ，各種国内戦略，海外戦略に取り組む．
②地下利用技術に関する今日的な諸問題を会員の要望に踏まえて取り組む．
③ITAとの良好な関係を維持するとともに，海外技術者との技術交流を深める．
④設立30周年を迎えるにあたり各種記念事業を実施する．
⑤契約積算委員会：山岳トンネルにおけるずり出しシステムについての実態調査実施
⑥施工技術委員会：吹付けコンクリート，ロックボルトおよび鋼製支保工が協調して支保効果を発揮するメカニズムについて検討
⑦安全環境委員会：トンネル工事の安全環境に関する調査研究
⑧研究開発委員会：大深度地下利用技術に関する調査研究
⑨保守管理委員会：トンネルの保守に関する調査研究
⑩地下利用委員会：地下利用技術に関する調査研究
第4号議案　平成17年度事業収支予算(別表参照)
第5号議案　役員の選任(役員，顧問，評議員名簿参照)

委員会の開催状況(5月1日～31日)

①調査研究関係委員会

◎施工技術委員会
TBM工法小委員会幹事会：5/27（高津壮太幹事長ほか16名)原稿を検討
都市トンネル小委員会幹事会：5/16（服部公一幹事長ほか8名)作業方針を検討

◎研究開発委員会
トンネル技術白書小委員会総括WG：5/18（小野田滋主査ほか9名)原稿を検討
同　編集WG：5/18（木梨秀雄幹事ほか12名)作業方針を検討

◎保守管理委員会：5/23)(内田浩二幹事ほか11名)原稿を検討
◎飯山トンネル他特別委員会：5/19（足立紀尚委員長ほか39名)施工法を検討
◎新埋戻し材特別委員会：5/23（赤木寛一委員長ほか23名)試験計画を検討
計　7回開催　125名出席

②運営広報関係委員会

◎総務委員会：5/20（日月俊昭委員長ほか8名)理事会議題を検討
同　受託業務検討WG：5/30（藤原基文主査ほか7名)現状報告

◎国際委員会
国内広報WG：5/26（光木香幹事長ほか8名)海外文献の査読

◎事業委員会：5/25（長谷川孝治委員ほか3名)発表会課題を検討
◎会誌委員会：5/11（橋本定雄委員長ほか11名)6月号の会誌と3か月計画を検討
計　5回開催　42名出席
合計　12回開催　167名出席

6. 国際会議の開催予定

会議名	開催日	場所	主催等	備考
国際シンポジウム —世界最大のトンネル市場 — 中国	2005. 9. 7～ 9	上海 (中国)	Tunnel and Underground Works Branch, China Civil Engineering Society, Intex Shanghai Co. Ltd. 中国土木学会トンネルおよび地下建設分科会	http://www.tunnel-china.com
国際会議 「長大トンネルのデザイン，建設，管理・雪山トンネル開通記念」	2005. 11. 7～10	台北 (台湾)	Chinese Taipei Tunnelling Association 台湾トンネル技術協会	http://www.longtunnel2005.taneeb.gov.tw
第32回ITA総会およびコングレス 「地下空間の安全」	**2006. 4. 22～27**	**ソウル (韓国)**	**Korean Tunnelling Association 韓国トンネル協会 国際トンネル協会**	**http://www.ita2006.com**
第10回吹付けコンクリート国際会議	2006. 9. 12～16	ウィスラー (カナダ)	Engineering Conferences International 国際技師会議事務局	http://www.engconfintl.org/6ad.org Call for papers

＊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．社団法人日本トンネル技術協会 TEL：03-3553-6174

第56回(山岳)，第57回(都市)施工体験発表会発表者募集のご案内

拝啓　時下益々ご清祥のこととお慶び申しあげます．また，日頃から本会の事業活動に対しましては，格別のご支援，ご協力を賜り誠に有り難うございます．

さて，このたび恒例であります施工体験発表会の発表希望者を，下記のとおり募集致しますので，奮ってご応募くださいますようご案内申しあげます．

－記－

1. **課　　題**：①第56回(山岳)「特殊環境下におけるトンネル工事」
(高温岩盤，寒冷地，高圧・多量湧水，可燃性ガス湧出，有害鉱物・重金属胚胎層，稀少動植物生息環境化等)
②第57回(都市)「都市トンネルにおけるリニューアルと補強工事」
2. **開催時期**：第56回(12/1)，第57回(12/2)ともに東京にて開催
3. **発表時間**：1題20分程度(発表件数により増減)
4. **発表方法**：液晶プロジェクターの使用を原則とします．
5. **応募方法**：概要を1,200字程度に取りまとめ(用紙自由)，題名，所属役職，氏名，連絡先，電話番号を記載のうえ，きたる7月30日までに事務局宛て提出してください．FAX，メールでも結構です．
〒104－0041東京都中央区新富2－14－7 新光第一ビル
社団法人日本トンネル技術協会　担当：山之内
TEL：03-3553-6174　　FAX：03-3553-6145
E-mail：gori@sepia.ocn.ne.jp
6. **発表者通知**：選考のうえ，9月上旬に本人宛てご連絡致します．発表者は，10月下旬までにテキストの原稿(約10,000字)を提出して頂きます．その際には，改めてご連絡します．
7. **そ の 他**：発表者には記念品を贈呈します．

平成16年度事業収支予算総括表

（単位：円）

科目	平成16年度				増減 ①−②
	会計①	一般会計	受託業務会計		
（収入の部）					
1. 会費収入	125,880,000	125,880,000	0		
2. 講演会等事業収入	30,650,000	30,650,000	0		
3. 受託業務収入	185,000,000	0	185,000,000		
4. 図書事業収入	4,700,000	0	0		
5. 雑収入	130,000	130,000	0		
当期収入計 (A)	346,360,000	156,660,000	185,000,000		
前期繰越正味財産額 (B)	102,226,936	95,896,102	0		
合計 (C)＝(A)＋(B)	448,586,936	22,556,102	185,000,000		
（支出の部）					
1. 管理費	114,770,000	114,770,000	0		
2. 一般事業費	36,390,000	36,390,000	0		
3. 講演会等事業費	27,650,000	27,650,000	0		
4. 30周年記念事業費	2,500,000	2,500,000	0		
5. 受託調査研究費	158,000,000	0	158,000,000		
6. 図書関係事業費	2,700,000	0	0		
7. 退職給与引当金繰入	4,200,000	4,200,000	0		
8. 什器備品減価償却費	150,000	150,000	0		
9. 受託業務管理費	0	△ 27,000,000	27,000,000		
当期支出計 (D)	346,360,000	158,660,000	185,000,000		
当期収支差額 (A)−(D)	0	△ 2,000,000	0		
予備費	102,226,936	93,896,102			
期末正味財産額 (E)＝(C)−(D)	—	—	—		
合計 (D)＋(E)	448,586,936	252,556,102	185,000,000		

科目	平成16年度				増減 ①−②
	図書事業会計	予算②	決算		
（収入の部）					
1. 会費収入	0	125,540,000	125,686,000		340,000
2. 講演会等事業収入	0	27,850,000	20,483,800		2,800,000
3. 受託業務収入	0	185,000,000	199,866,450		0
4. 図書事業収入	4,700,000	3,500,192	4,068,000		1,199,808
5. 雑収入	0	199,416	1,737,912		△ 69,416
当期収入計 (A)	4,700,000	342,089,608	351,842,162		4,270,392
前期繰越正味財産額 (B)	0	104,277,392	104,277,392		△ 2,050,456
合計 (C)＝(A)＋(B)	4,700,000	446,367,000	456,119,554		2,219,936
（支出の部）					
1. 管理費	0	108,200,000	114,795,373		6,570,000
2. 一般事業費	0	42,410,000	43,942,328		△ 6,020,000
3. 講演会等事業費	0	24,850,000	20,536,421		2,800,000
4. 30周年記念事業費	0	—	—		2,500,000
5. 受託調査研究費	0	158,000,000	168,214,393		0
6. 図書関係事業費	2,700,000	2,980,000	1,636,974		△ 280,000
7. 退職給与引当金繰入	0	5,500,000	4,595,000		△ 1,300,000
8. 什器備品減価償却費	0	150,000	172,129		0
9. 受託業務管理費	0	0	0		0
当期支出計 (D)	2,700,000	342,090,000	353,892,618		4,270,000
当期収支差額 (A)−(D)	2,000,000	△ 392	△ 2,050,456		—
予備費					
期末正味財産額 (E)＝(C)−(D)	8,330,834	104,277,000	—		△ 2,050,064
合計 (D)＋(E)	—	—	102,226,936		—
	11,030,834	446,367,000	456,119,554		2,219,936

平成17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)代表取締役社長
専務理事	宮口尹秀	(社)日本トンネル技術協会専務理事
常務理事	清水啓治	(社)日本トンネル技術協会常務理事
理事	日月俊昭	首都高速道路公団理事
〃	田村恒一	阪神高速道路公団理事
〃	土谷幸彦	(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構理事
〃	村田正信	本州四国連絡橋公団理事
〃	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
〃	只腰憲久	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
〃	手塚昌信	関西電力(株)取締役
〃	吉田幸一	東日本旅客鉄道(株)建設工事部長
〃	平出亨	東京都地下鉄建設(株)常務取締役
〃	小林俊介	東京湾横断道路(株)常務取締役
〃	岡崎治義	(社)日本建設機械化協会副会長
〃	市川義博	(財)高速道路技術センター理事長
〃	伊藤住吉	(株)大林組専務取締役
〃	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)代表取締役副社長
〃	渡邊和夫	(株)熊谷組執行役員副社長
〃	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
〃	磯島茂男	清水建設(株)代表取締役副社長
〃	小林覚	(株)竹中土木代表取締役副社長
〃	小山忠	鉄建建設(株)取締役執行役員副社長
〃	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)取締役執行役員常務
〃	鈴木紘	西松建設(株)常務取締役
〃	友野希成	(株)間組代表取締役副社長
〃	剣持三平	(株)フジタ顧問
〃	峯本守	前田建設工業(株)代表取締役副社長
〃	中島浩昭	三井住友建設(株)専務執行役員
監事	入江健二	東京地下鉄(株)建設部長
〃	前田泰生	電源開発(株)取締役
〃	子安哲雄	(株)鴻池組専務取締役

区分	氏名	所属役職
顧問	尾之内由紀夫	
〃	内田隆滋	
〃	浅井新一郎	
〃	岡田宏	
〃	萩原浩	
〃	三谷浩	
評議員	伊吹山四郎	攻玉社工科短期大学名誉学長
〃	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	東京都立大学名誉教授
〃	小野紘一	京都大学名誉教授
〃	青江淳	(独)水資源機構技師長
〃	小森和男	首都高速道路公団工務部長
〃	石崎浩	阪神高速道路公団工務部長
〃	高津俊司	(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構鉄道建設本部東京支社長
〃	森谷俊美	本州四国連絡橋公団総務経理部東京分室上席調査役
〃	西村高明	東京地下鉄(株)調査設計担当部長
〃	宇田川孝之	日本下水道事業団技術監理部長
〃	菊池浩一郎	電源開発(株)エンジニアリング事業部長代理
〃	古川俊明	東京都交通局参事
〃	佐伯謹吾	東京都下水道局計画調整部長
〃	大塚正博	東京電力(株)工務部部長
〃	橋本徳昭	関西電力(株)土木建築室土木グループチーフマネジャー
〃	伊藤泰司	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
〃	熊新六	(社)日本土木工業協会専務理事
〃	小鷺茂	(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
〃	水谷敏則	(財)先端建設技術センター専務理事
〃	逢澤潔	アイサワ工業(株)代表取締役社長
〃	長崎光男	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
〃	内田興太郎	大豊建設(株)代表取締役社長
〃	内山茂樹	(株)地崎工業専務取締役
〃	渡辺正男	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
〃	笠原繁雄	りんかい日産建設(株)会長
〃	中原昭夫	日本国土開発(株)常務執行役員
〃	高橋昭夫	不動建設(株)代表取締役社長
〃	土岐康夫	(株)森本組取締役専務執行役員
〃	清水六三郎	若築建設(株)取締役常務執行役員
〃	木村哲夫	新日本製鉄(株)建材開発技術部専門部長
〃	渡部充成	三菱重工業(株)鉄構建設事業本部都市開発施設部長

8月号予告[8月1日発売予定]

●小口径バーンカットの破砕機構について
●北陸新幹線　高岳トンネル北工区
●第二東名高速道路　富士川トンネル下り線工事
●上野地下駅の地下水上昇対策工
●新桂沢ダム取水放流設備導水路トンネル
【連載講座】
●山岳トンネルにおける工事用機械の選定(22)

＊内容等は変更になる場合がございます

編集後記

◆昨年春に虎ノ門立坑を発進した「麻布・日比谷共同溝」のシールドが，1,424mを掘進し，この6月に日比谷立坑に到達した．この共同溝は，正式な名称よりも「東京ジオサイトプロジェクト」の事業としての方が，一般的な認知度は高いのかもしれない．2003年に共同溝法の制定40周年を記念してはじまった同プロジェクトは，共同溝事業のPRにとどまらず，土木の魅力ぜんたいをPRしつづけ，またその試みは成功してきたように見える．なかでもWEBサイト(http://www.geo-site.jp/)の人気が高いようだ．サイトを覗くとその人気の理由の一端が納得できる気がした．サイトに掲載されたあらゆる写真がすばらしい．そもそも，下水，電気，通信ケーブルなどを収容するための空間じたいが，明らかに非日常な空間であるが，地下にある構造物という特性により，工事現場として必要十分な控えめな光量，その光をやわらかく反射するコンクリートの表面，整然と配置された仮設備などをとおして，その非日常性が写真に表現される．地上の空間はどこも商業主義的なさまざま欲望の表現に満ち溢れているが，それとは対照的な，工学的な合理性にしたがった形と，ものづくりの現場がつくりだす光景に，ある種の癒しを感じる人が多いのではないだろうか．

これまでにジオサイトプロジェクトは，3回開催され，狂言，カフェ，写真展などのイベントが行われた．シールドの到達にあわせて，第4回が夏にも開催されるらしい．次は，はじめての夏の開催となる．季節がらビアガーデンでもやっていただけないだろうか．

★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36巻 第7号〔通巻419号〕
ISSN 0285-631X
Tonneru to chika
平成17年6月20日　印刷
平成17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．

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 土木資材営業部　〒103-0023 東京都中央区日本橋本町4-8-15 ネオカワイビル7F　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