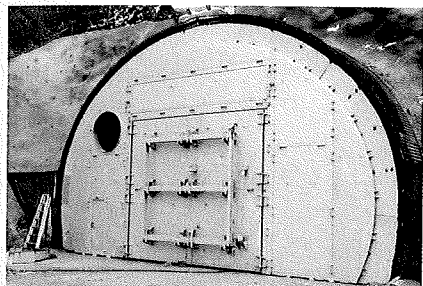


トンネルと地下 **3** vol. 38 no. 3 2007

快適な作業環境を約束する騒音対策システム

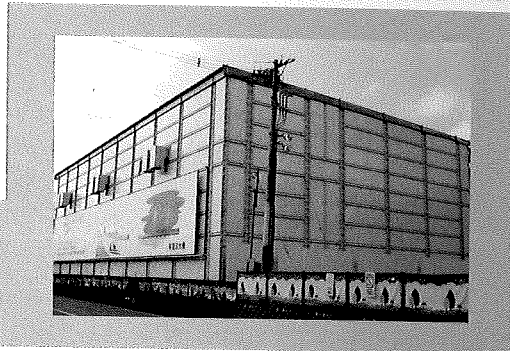


●防音扉-HFS型 マークII

パネル厚さ=150mm

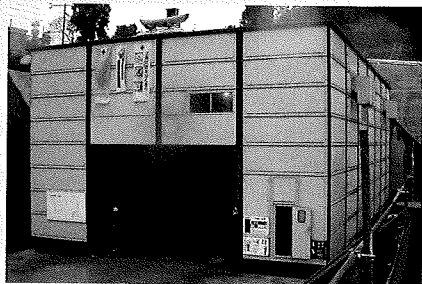
●防音扉-HFS型 新・マークIIc
(コンクリート充填タイプ)

パネル厚さ=150mm+コンクリート=100mm



●防音ハウス-Hタイプ
(ハイデラックタイプ)

HFD-125パネル使用 パネル厚さ=125mm



●防音シェルター-Dタイプ
(デラックタイプ)

HFD-100パネル使用 パネル厚さ=100mm



●防音壁-Sタイプ
(スタンダードタイプ)

HFS-100パネル使用 パネル厚さ=100mm

【建設騒音対策協会】(旧 騒音対策研究会)

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

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

ISO9001取得～防音設備の設計、製造、施工、リース

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



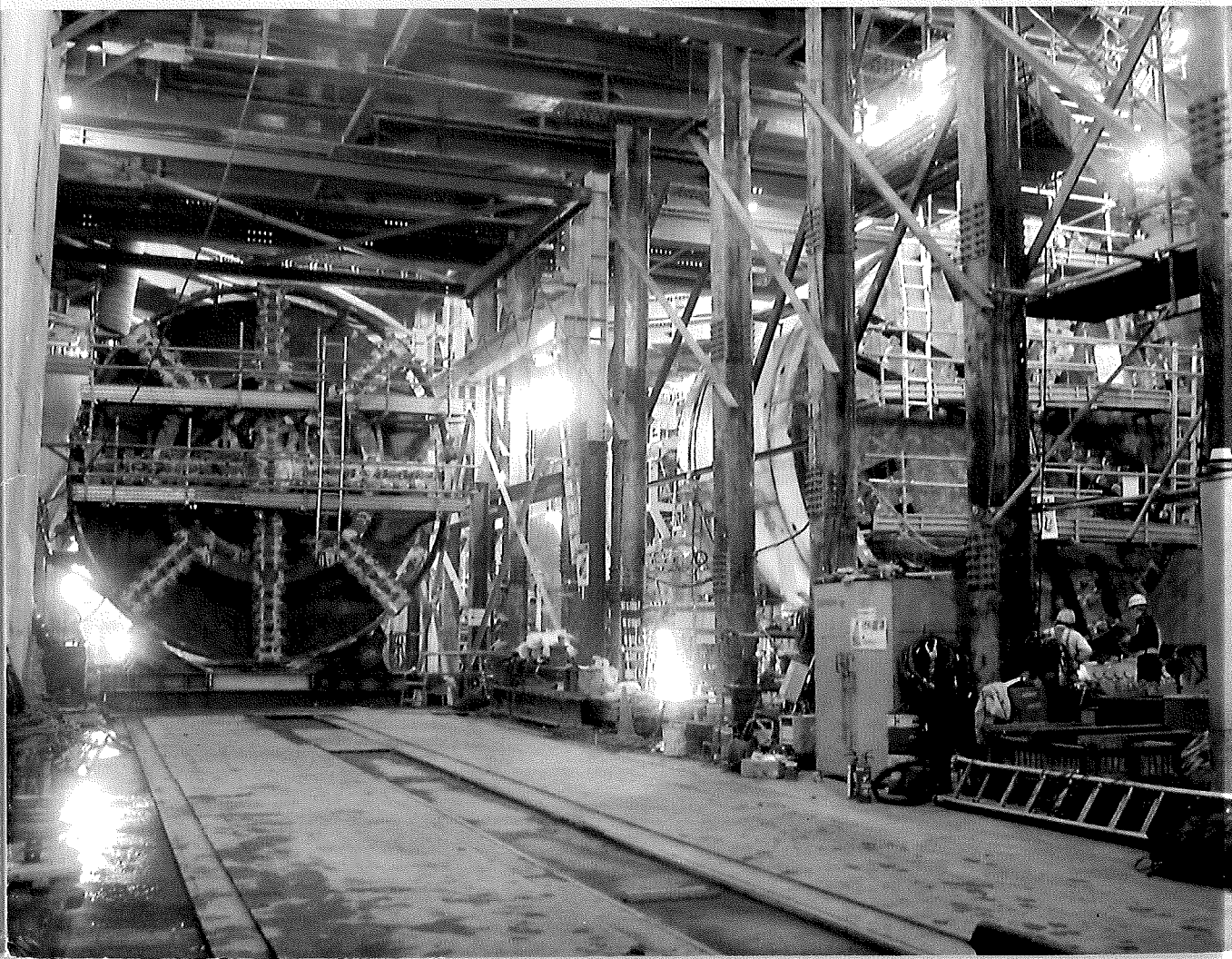
ヒューズ工業株式会社

FUSE INDUSTRIES CO.,LTD.

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

プレキャストコンクリートで瞬き区間を解消
 未固結沢部を小土かぶりで掘る
 付加体脆弱地質を切羽補強工で克服
 大断面複合円形シールドで環境負荷低減を実現
 親子シールドで駅部と駅間トンネルを築く

日本トンネル技術協会誌



定価 1,575円 雑誌06619-3
本体価格1,500円



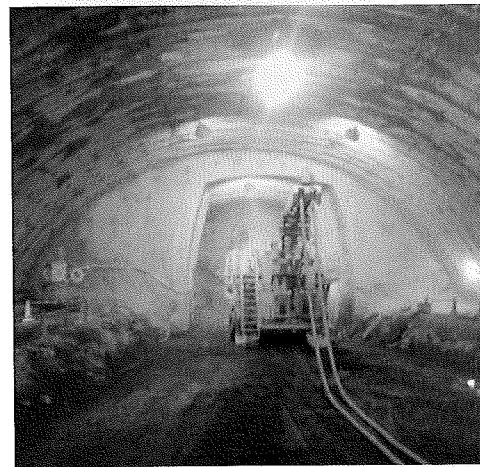
4910066190378
01500

ミニベンチ工法 両用型 ショートベンチ工法

RH-10J-SS 強力型ブームヘッダー



カッター出力 330kW
総質量 120ton



主な特長

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

KYB カヤバシステム マシナリー株式会社

KAYABA SYSTEM MACHINERY CO.,LTD.

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

(旧社名: 日本鋳機株式会社)

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

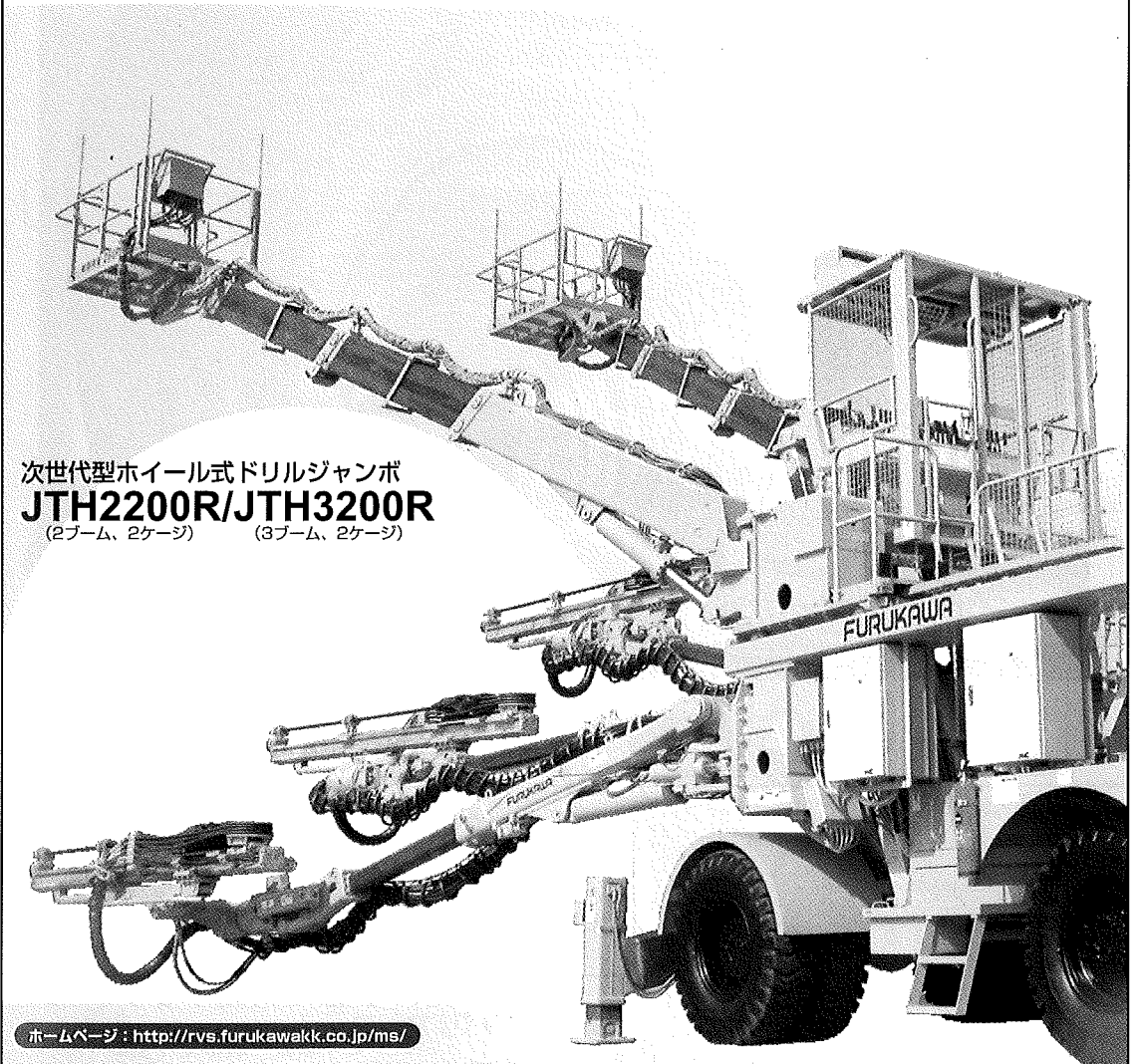
中部支店 〒514-0396 三重県津市雲出鋼管町6番地2 TEL 059-234-4139

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6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ケーシ) (3ブーム、2ケーシ)

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 〒103-0022 東京都中央区日本橋室町2丁目3番14号 古河ビル 特機営業部 TEL: 03-3231-6966

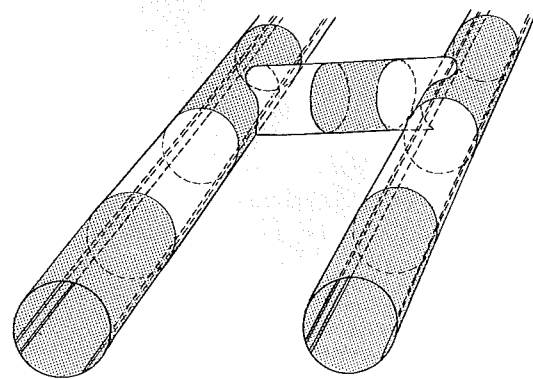
札幌 ☎011-861-3261 東北 ☎022-356-5771 関東 ☎027-322-5953 名古屋 ☎0568-77-7700 静岡 ☎054-620-1641

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

トンネル用シグナルレイヤー付防水シート CARBOBAHN カーボバーンシート

ヨーロッパでの長年の実績、優れた防水システム



- ◎柔軟性、耐薬品性に優れた改良型ポリエチレン製
- ◎破損個所が容易に発見できるシグナルレイヤー付き
- ◎厚さ1.5, 2.0, 3.0mm, シート幅1.75～5.1mの豊富なバリエーション
- ◎不測の事態に対応するウォーターバリアシステム
- ◎電磁誘導加熱による高品質施工システム

KFC 株式会社 ケー・エフ・シー 土木営業部

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

1本1本が大切! だから

次世代 防食 ロックボルト

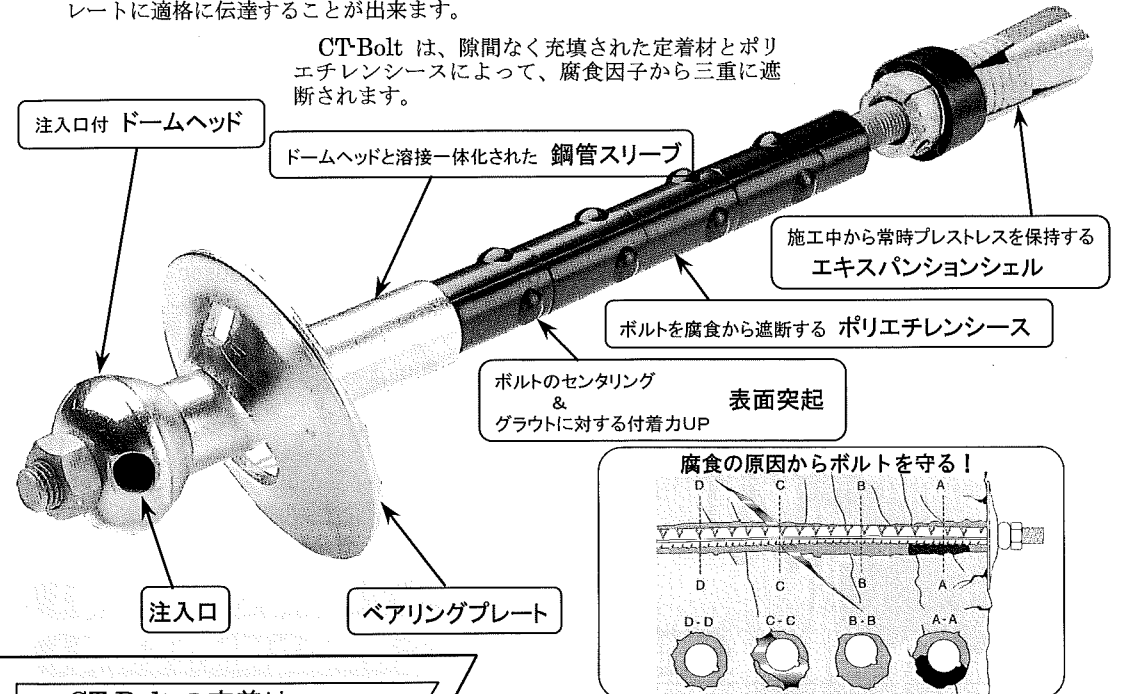
CT-Bolt

Ørsta Stål

通常施工により超長期支保

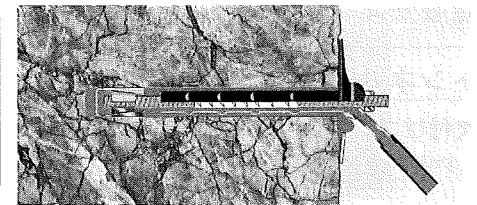
CT-Bolt は、施工直後からプレストレスを導入し、特殊半球型ドームヘッドにより、地山の動きに伴う荷重をベアリングプレートに適格に伝達することが出来ます。

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



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。



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。

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

総発売元

Your Fastening Partner

KFC 株式会社 ケー・エフ・シー

〒105-0014 東京都港区芝 2-5-10

お問い合わせ先 TEL: 03-3798-8517
技術部 FAX: 03-3798-8850

吹付けコンクリートシステム



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

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

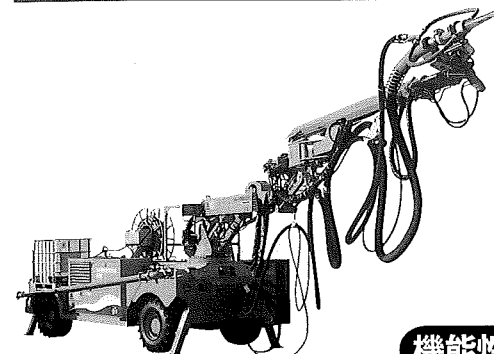


特にコンクリート吹付機の要はコンクリート圧送ポンプです。

プツマイスター圧送ポンプの特長

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

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



コンパクトで群を抜く使いやすさ!

機能性、機動性の基に理想的な機械化を実現!

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

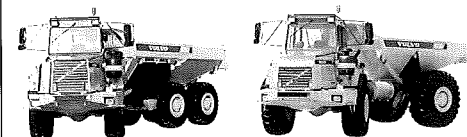
トンネル関連製品

吹付けコンクリートシステム

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

一体型吹付機・特殊型吹付機
設計・製作: 東友エンジニアリング株式会社

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

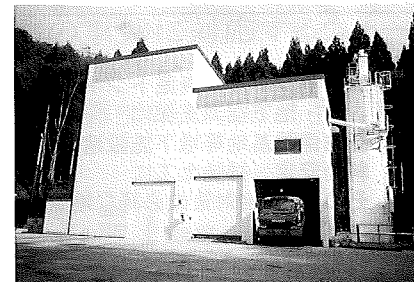


Volvo East Asia(Pte)Ltd

その他, トンネル施工機械全般

バッチャプラント

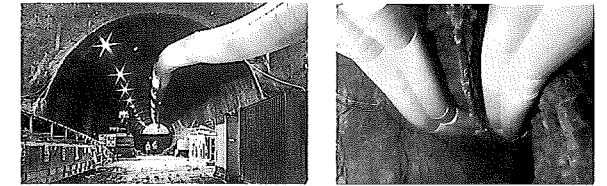
(全自動式, 3槽クラム式, 簡易型, 特殊型)



設計・製作: 名岐機器株式会社

トンネル換気システム

ABC
VENTILATION SYSTEMS



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

総代理店 東友エンジニアリング株式会社

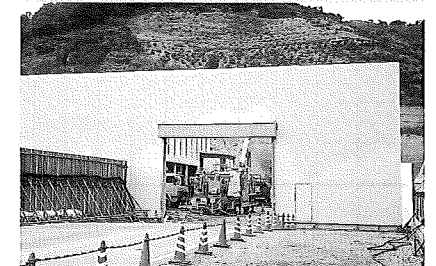
騒音防止システム

エコフラット -35db Cタイプ



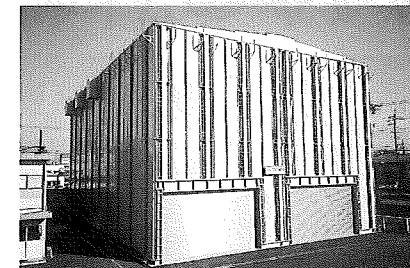
美観を重視した高性能の防音ハウス

エコパネル防音壁 -15db Aタイプ



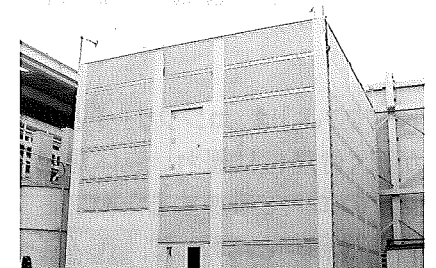
適応性の優れた防音パネル

エコユニット -30db Bタイプ



組立て容易な標準型防音ハウス

スーパーエコハウス 超低周波音 -25db



超低周波音対策に適した防音ハウス

設計施工 株式会社トーユーエコサポート

建設業界に貢献する TOYU GROUP

東友エンジニアリング株式会社

〒102-0073 東京都千代田区九段北 3-2-5 TEL: 03-3234-8901 FAX: 03-3234-8900

株式会社トーユーエコサポート TEL: 03-5226-5971 FAX: 03-5226-5974

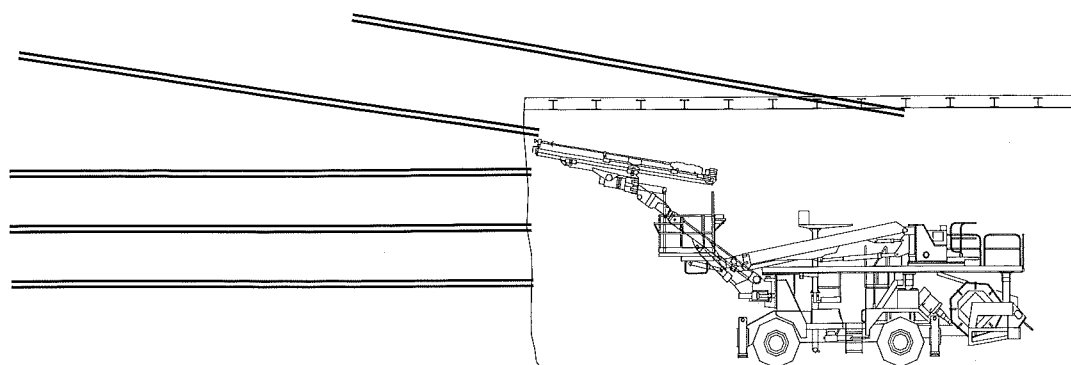
トーユーサービス株式会社石岡工場 TEL: 0299-27-6211 FAX: 0299-27-6233

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。



対策!

「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碎帯に注入することにより、高強度の複合シリカレジン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

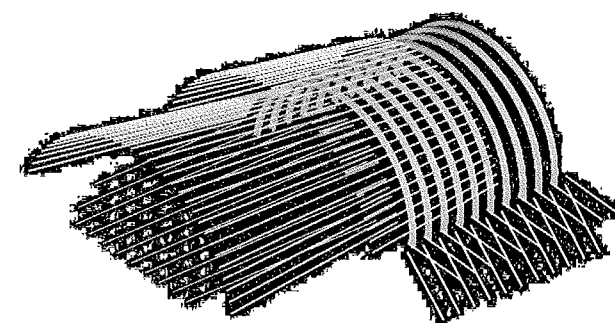
AGF工法

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

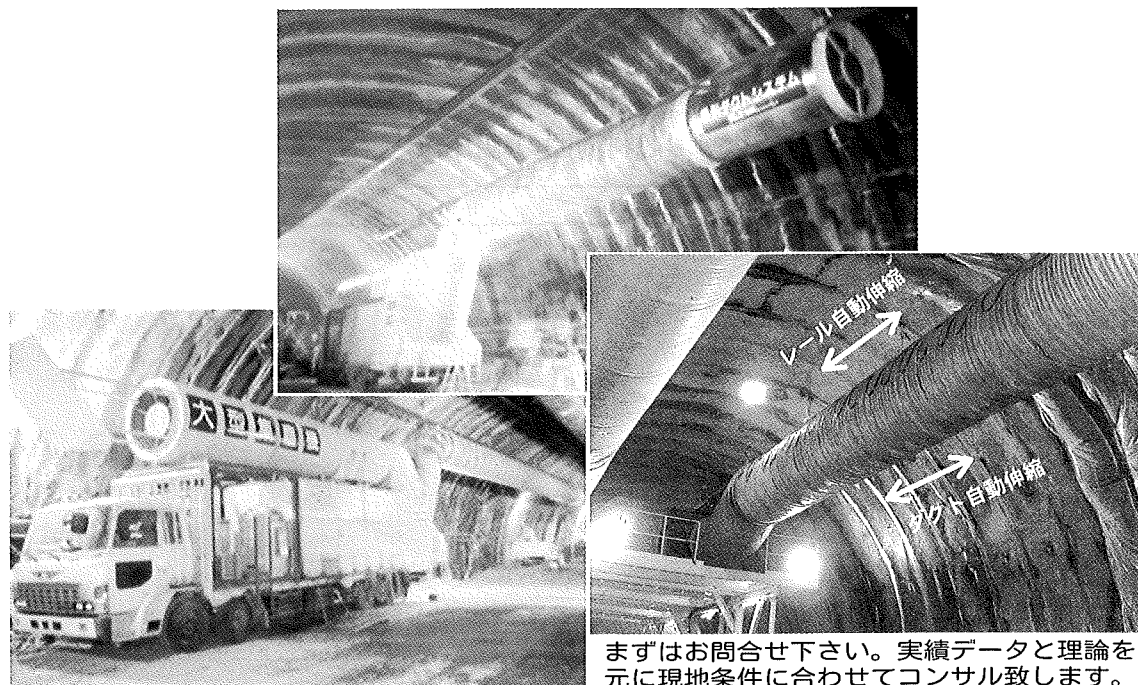
広島事務所 〒735-0022 広島県安芸郡府中町大通1-2-13
TEL 082-285-6601 FAX 082-285-6651

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
株式会社イー・アール・オー TEL 011-821-5868 FAX 011-821-6644

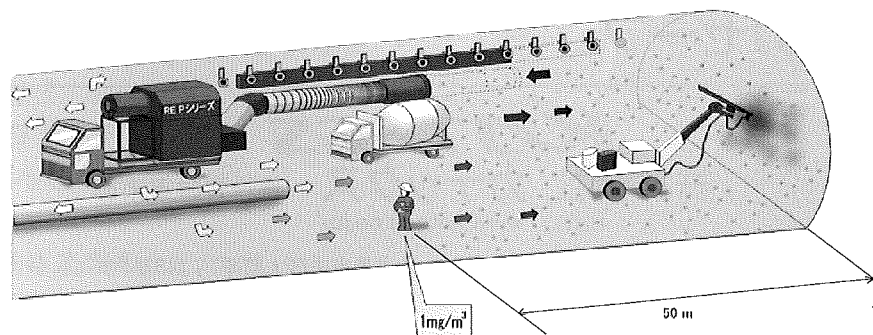
吸引ダクトシステム

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應。操作にお手間をとらせません。
- ・最低限の切羽送気量と後方の高い清浄空間の確保で換気コストとランニングコストの大幅なコストダウンに。
- ・適應外径は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

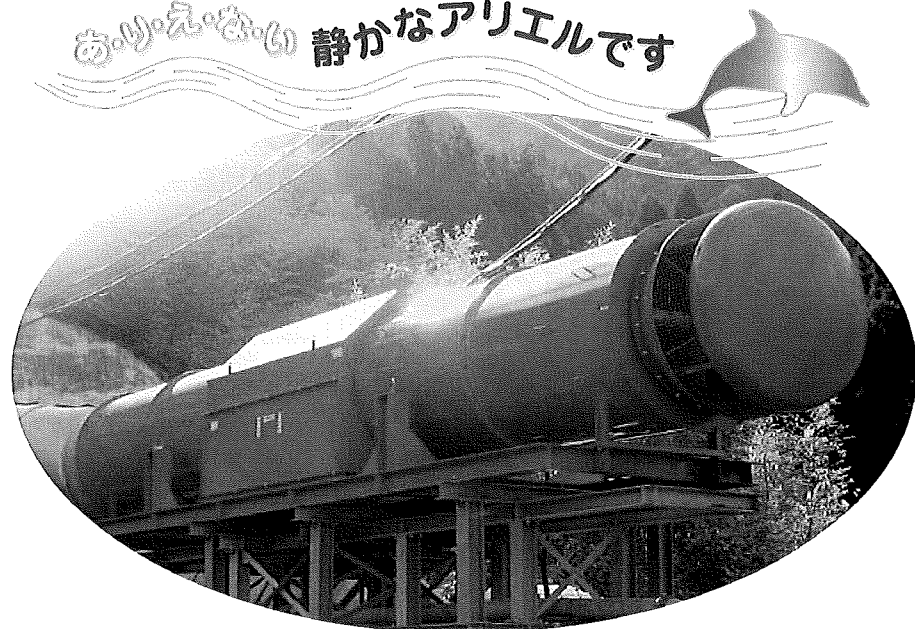
URL: <http://www.ryuki.com> E-mail: eigyobu@ryuki.com

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

リセクター TEL: 0296 (37) 7680 (代) FAX: 0296 (37) 7681

超低騒音・三軸反転ファン エアロ★MAX アリエル

あつえいさひり 静かなアリエルです



ファンの性能を保持したまま、より低騒音に、よりスタイリッシュに。

シールド、都市NATMなどの都市環境や

大断面長大トンネルの施工環境に対応する換気ファンを400台以上保有。

必要なとき、必要な容量の設備を提供します。

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

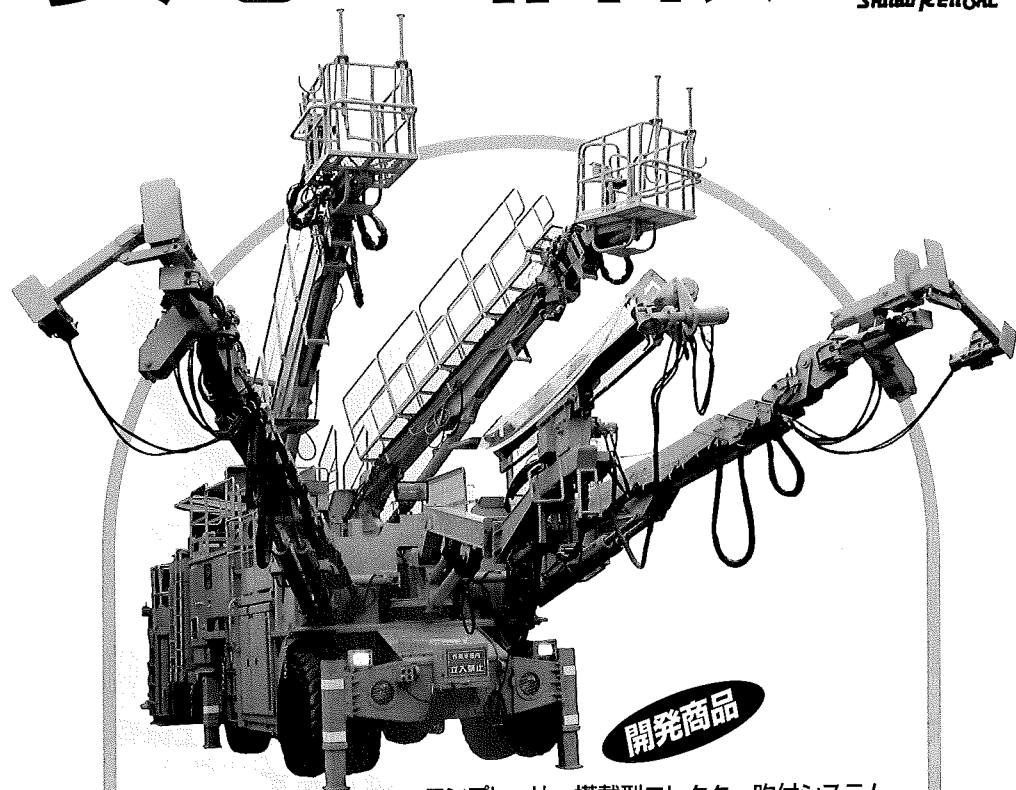
URL: <http://www.ryuki.com> E-mail: eigyobu@ryuki.com

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

リセクター TEL: 0296 (37) 7680 (代) FAX: 0296 (37) 7681

今時、静かなのは当たり前!!

安心と信頼



開発商品

コンプレッサー搭載型エレクター吹付システム
(ホイール式)

〈1台2役のスグレモノです!〉

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

トンネル機械の総合レンタル

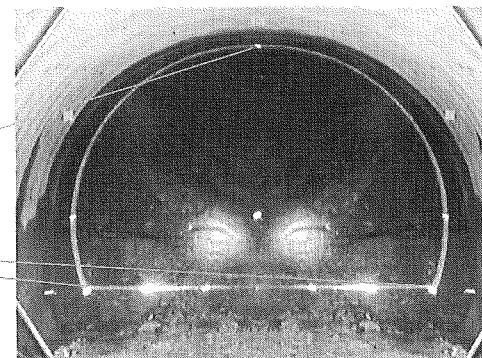
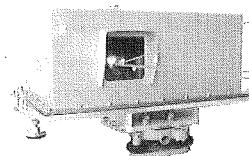
三興レンタル株式会社

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

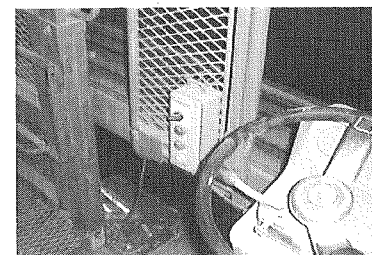
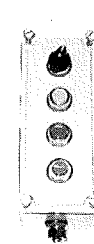
レーザーマーキングシステム

国内、海外特許取得済み

残像効果を使ったペイント不用
の連続高速照射を実現

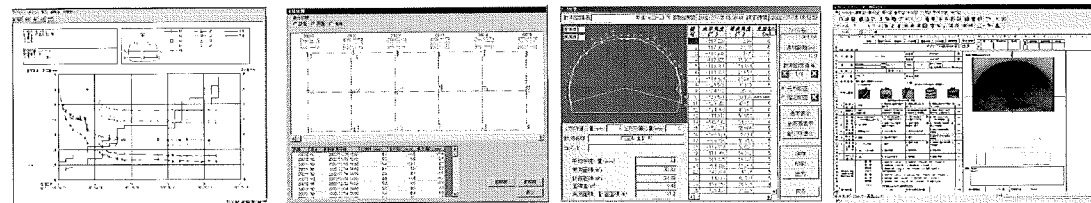


現場環境に耐え得る
頑強なコントローラー

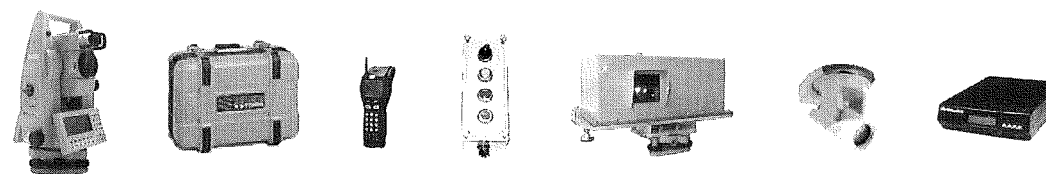


ジャンボに
取付けて使用可
AC200V対応

各種トンネル計測関連ソフトも標準装備。もちろんネットワークにも対応。



A計測データ処理 支保工立込精度、変形量 内空、巻厚検査 切羽観察、etc



豊富なキャリアと数多くの実績をもつ当社へ、是非お問い合わせ下さい。

MAC マック株式会社

〒272-0832 千葉県市川市曾谷8-16-3
TEL (047) 371-3191 FAX (047) 371-3190

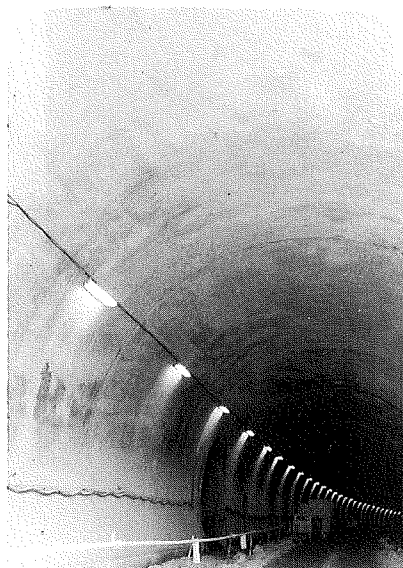
〔販売元〕

古河ロックドリル株式会社
伊藤忠建機株式会社
株式会社レント

コンクリートの劣化, 欠陥箇所の改修, 補修……

急硬性改修モルタル

ドクターQ改修工法



〈工期短縮, 即日仕上り〉

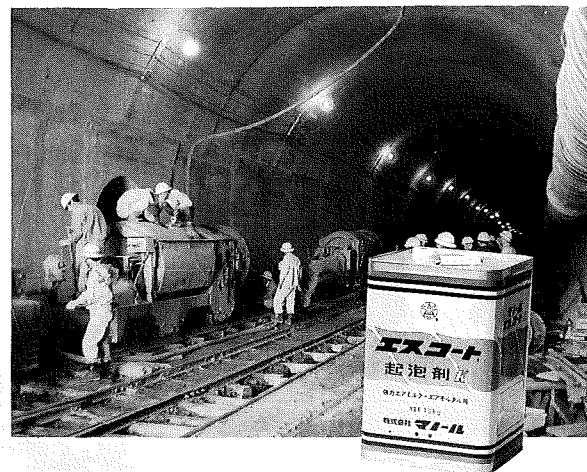
プレミックス急硬モルタルと
特殊ラテックスの
複合材で
短時間で実用強度が得られる
即日補修工法です。

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

エアモルタル裏込め注入……

エスコート L & K 起泡剤

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



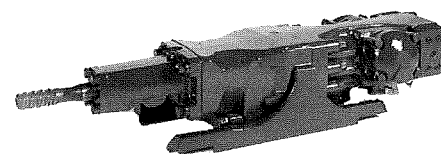
◆ 土木資材の総合プランナー ◆
株式会社 マイル 〒142-0043 東京都品川区二葉1丁目18番8号
 TEL 03 (3787) 1131 (代)

TOYO

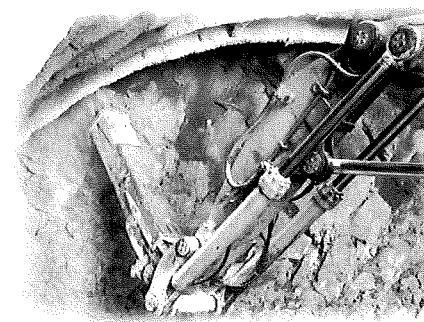
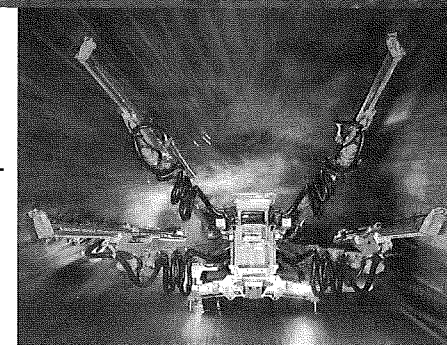
SANDVIK



サンドビクトーヨーは、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



サンドビクトーヨー 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

TOYO EJC Rammer
 TAMROCK TORO

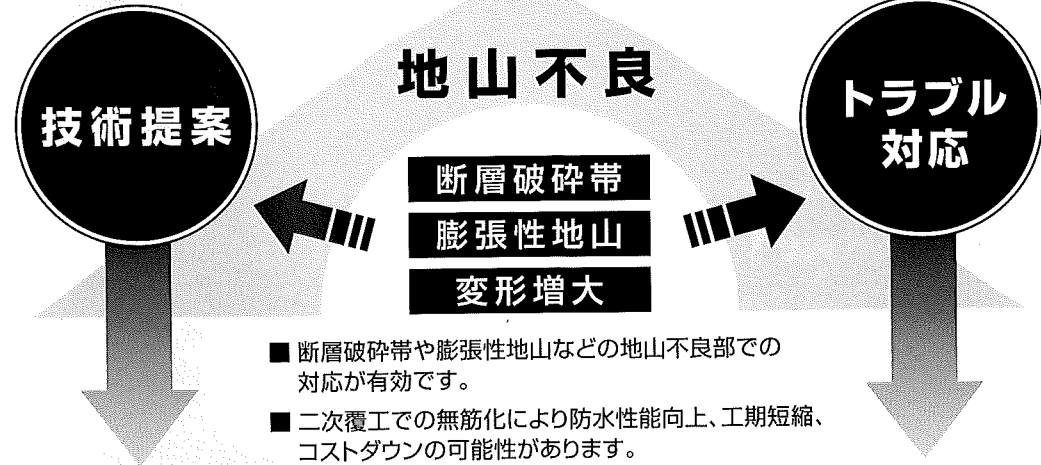
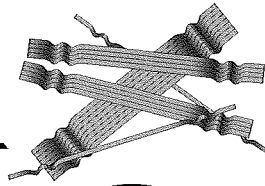
Tel: 045-478-0660 Fax: 045-478-0661
 URL: <http://www.SMC.sandvik.com>

BRIDGESTONE

厳しい条件下の施工に迅速な対応・信頼のブランド

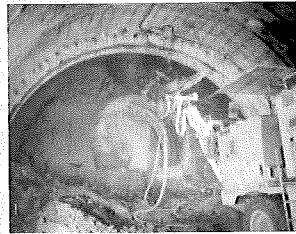
コンクリートをより強く、よりしなやかに。

タフグリッブ コンクリート補強用鋼繊維



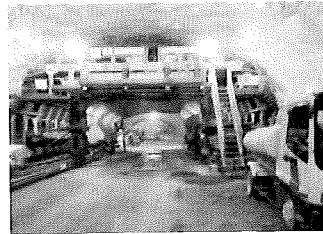
一次吹付

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



二次覆工

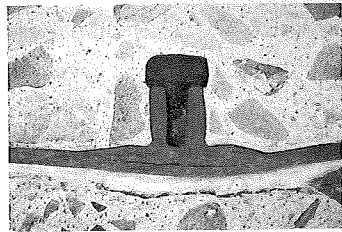
- 内空変位増大対策
- 無筋化
- 剥離・剥落防止



防水への信頼性・施行性の向上へ

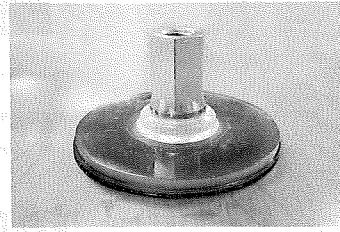
ナトミックシート トンネル用防水シート

高い防水性



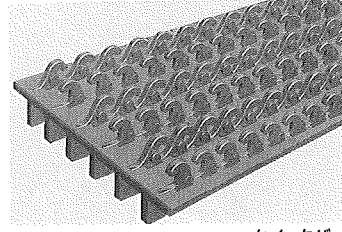
ウォーターバリア

豊富な品揃え



吊鉄筋金具

容易な施工性



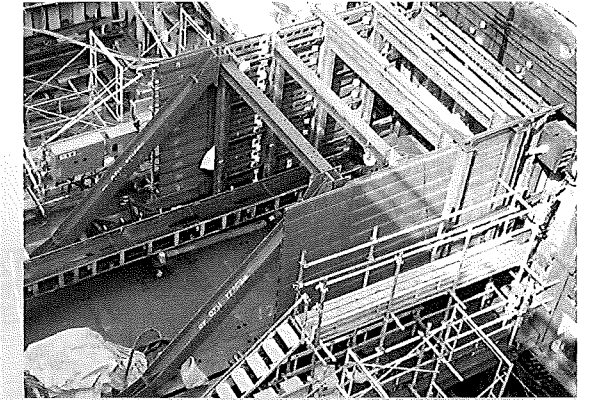
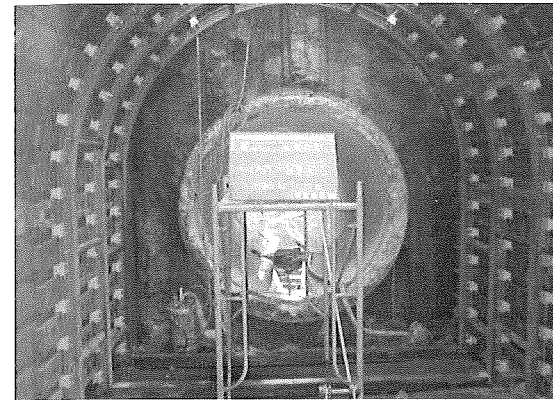
クイックバー

株式会社ブリヂストン

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

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)

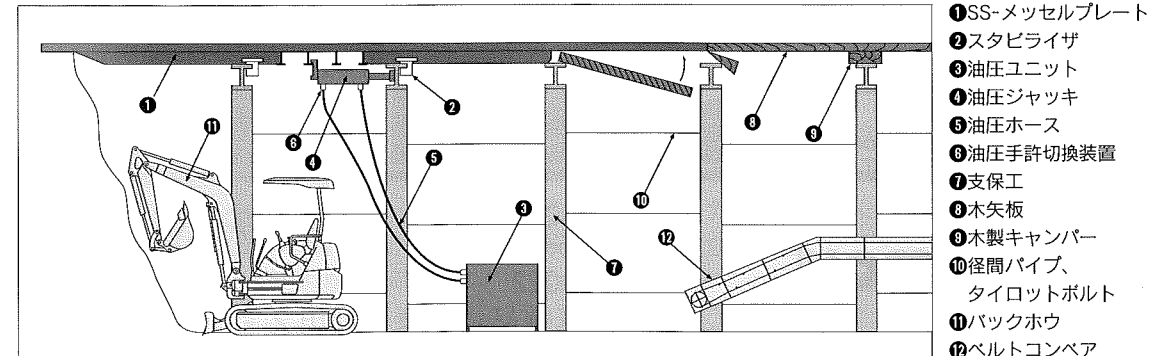
特徴

- 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・曲線掘進に適應します。
- 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



株式会社シーテック

URL <http://www16.ocn.ne.jp/~sietech/>

NEW F-Sボルト

—長尺鋼管注入式鏡ボルト—

掘削後の廃棄物処理が簡単でスムーズ!

NETIS No.KK-050087

F-Sボルト工法
長尺鋼管注入式鏡ボルト

1. 低価格
1. 簡単施工
1. 超長尺施工
1. 産業廃棄物軽減

fujimori

RPEロックボルト

—ZAM高耐食ボルト—

NETIS申請中

FKパネル

トンネル内面補強

NETIS No.CB-050021

AGF工法

—補助工法全般—

NETIS No.KT-000107

防水シート

—NATMシート—

SJKバーメッシュ

—エポキシ化鉄筋—

フジモリ産業株式会社

〒141-0022 東京都品川区東五反田2-17-1
オーバルコート大崎マークウエスト9F

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

- 東京本社	TEL : 03-5789-2384	FAX : 03-5447-2073	担当 : 平山
- 大阪支店	TEL : 06-6228-3864	FAX : 06-6228-3886	担当 : 南川
- 北海道営業所	TEL : 011-222-4171	FAX : 011-221-1370	担当 : 大黒
- 東北営業所	TEL : 022-263-1591	FAX : 022-223-0067	担当 : 村田
- 九州営業所	TEL : 092-262-8521	FAX : 092-262-6750	担当 : 北村

永久施設に永久管路

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

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。

▲ 宇治トンネル (日本道路公団)

▲ 川越火力発電所 (中部電力株)

▲ 広野火力発電所 (東京電力株)

▲ 関南トンネル (日本道路公団)

杉江製陶株式会社

本社・工場	愛知県知多郡武豊町上山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

湿式吹付けコンクリート用高性能減水剤
NT-1000シリーズ

急結剤と併用することにより、
高品質で経済的な吹付けコンクリートを実現。

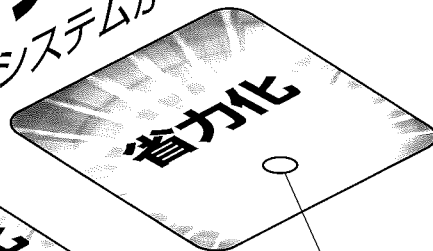
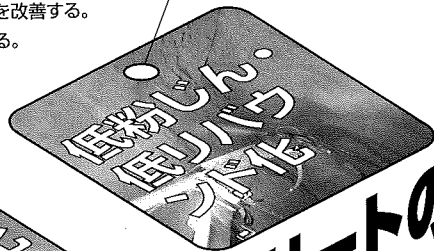
- 単位水量を減少し、急結性・付着性・強度発現性などの諸性状を改善する。
- 急結剤の使用量を低減する。

アルカリフリー・低アルカリ型液体急結剤
メイコ® SAシリーズ

成分中にアルカリ分をほとんど含まない液体急結剤。

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

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



二酸化ケイ素を主成分とした球状で超微粒子のシリカフェーム。

- ワーカビリティ、材料分離抵抗性、ポンプ圧送性などを改善する。
- 硬化コンクリートを高強度化し、水密性を増大させる。

シリカフェーム

メイコ® MS610

吹付けコンクリートの練置きを1~16時間まで自由にセットコントロール。

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

湿式吹付けコンクリート用セットコントロール剤
デルボクリート

株式会社 エヌエムビー
株式会社 ポズリス物産

- 本社/東京都港区六本木3-16-26
TEL:03-3582-8814 (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
- 資料送呈/詳しくは、本社混和剤営業部または、最寄りの事業所にお問い合わせください。
URL <http://www.pozzolith.basf.co.jp>



●(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。

BASF

The Chemical Company

拡大された能力。
継続的なお客さまへの
コミットメント。



www.oricaminingservices.com

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

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

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

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

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

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

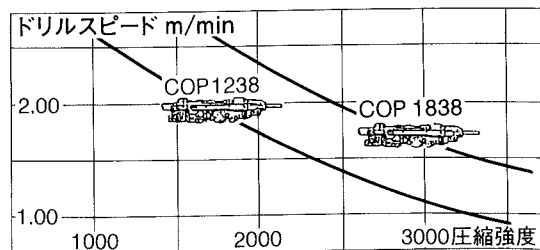
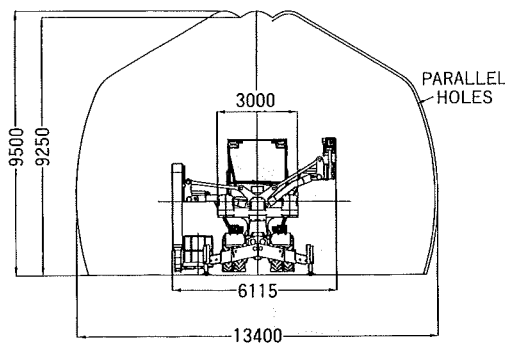
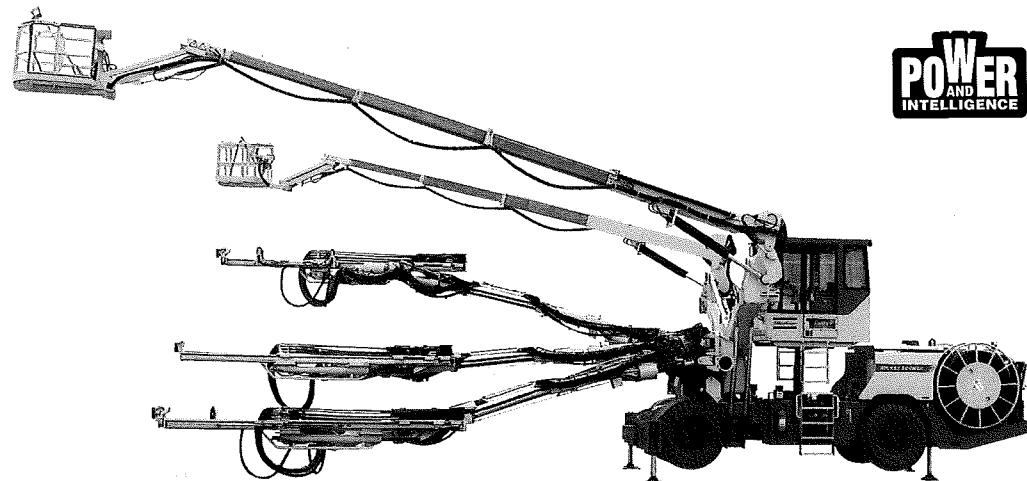


アトラスコプコ・コンピュータジャンボ

The Next Generation ロケットブーマーL3C-2B

COP1838油圧ドリフター搭載

3ブーム・2バスケット



ドリルマシン株式会社

DRILL MACHINE CO., LTD.

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

道路、トンネル設計 (本体工, 換気, 防災, 照明, 施工管理他)



(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 清水 洋(技術士)
 取締役副社長 山田 憲夫 常務取締役 堀内 浩三郎(工学博士)
 大阪支店長 亀甲谷 義高(技術士) 福岡支店長 朽網 新

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

トンネル工事からパンクを追放

坑内用特殊複層タイヤ

特許第1610830号



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

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

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

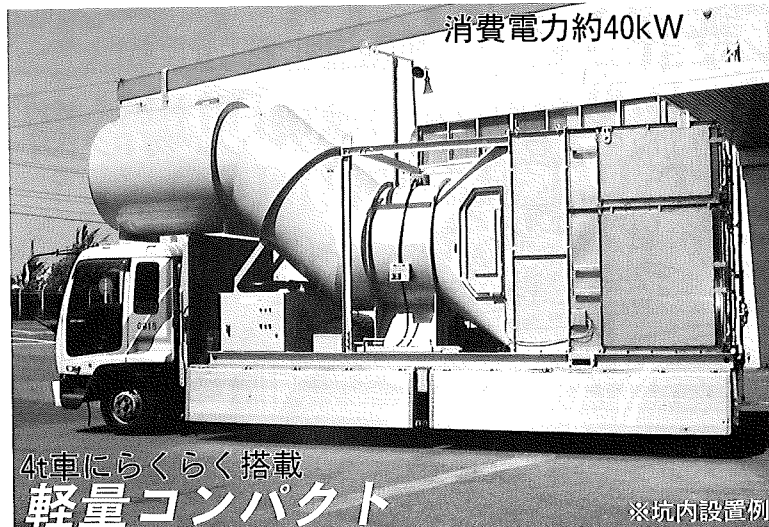
【営業品目】 複層タイヤ/油圧ホース/マテリアルホース/
 各種中古車/触媒/線路 (中古)



中濃産業株式会社

代表取締役 土田 義 式

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



消費電力約40kW

RENT

取扱レンタル商品

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

4t車にらくらく搭載
軽量コンパクト

※坑内設置例

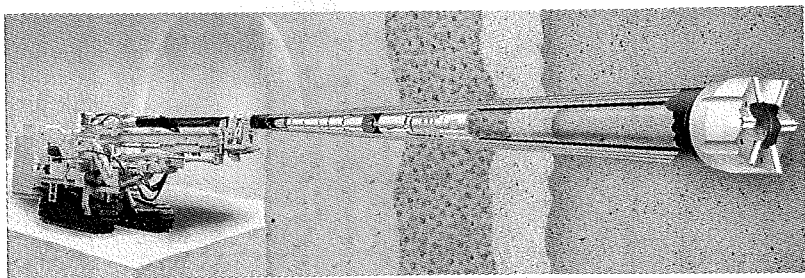
National電気集塵機クリンジェット(2,000m³/minタイプ)

株式会社 レント 特機営業課 担当者 工藤・近江

〒134-0093 東京都江戸川区二之江町1409-1 TEL: 03-5659-7502 FAX: 03-5676-0167
URL: <http://www.rent.co.jp> E-mail: kudo.yuji@rent.co.jp

トンネル掘さくの安全施工に アロードリル前方探査システム

パーカッションワイヤーライン サンプリング工法



■ 特長

- ①断層破砕帯や湧水をとま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、地質条件にかかわらず、コアサンプルの採取率が従来とくらべて大幅に向上しました。

KOKEN 鉾研工業株式会社

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

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

ブレーカ用エアコンプレッサ装置

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



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

klea

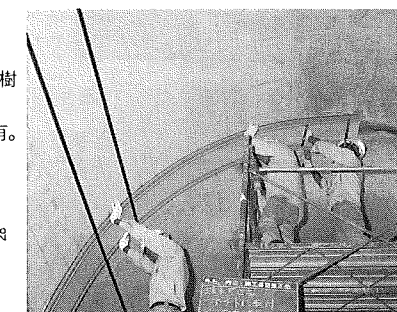
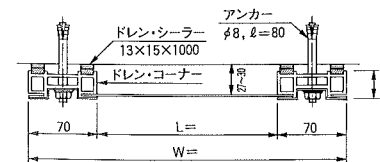
株式会社 ケイリー
仙台: TEL.022-359-5331
東京: TEL.03-3661-5651
大阪: TEL.06-6838-1372

URL <http://www.klea-cat.com>

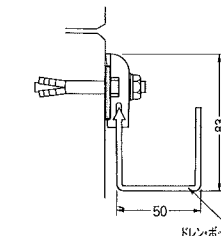
トンネル・カルバート・地下構造物の漏水対策に アーチ・ドレン 導水樋

■ 特徴

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



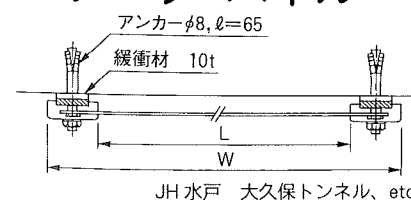
水平導水樋に サイド・ドレン



■ 特徴

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

コンクリート剥落対策に アーチ・パネル

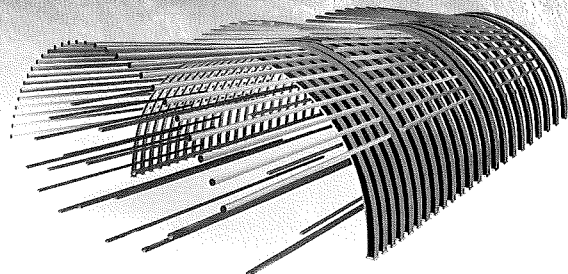


JH水戸 大久保トンネル、etc。

ニホン・ドレン工業株式会社

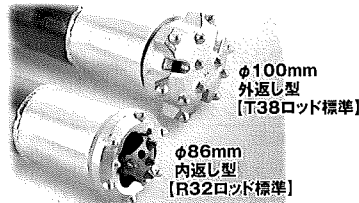
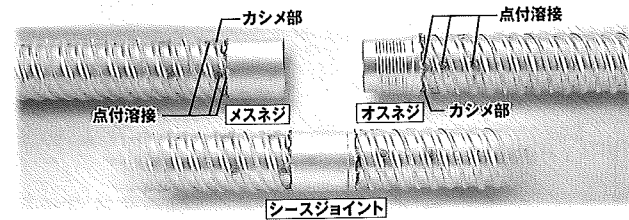
〒910-2166 福井市小路町4-12-1
☎0776(41)3725 FAX0776(41)3455
e-mail n-doren@sky.hokuriku.ne.jp

ユニークな発想と高品質・自信の価格



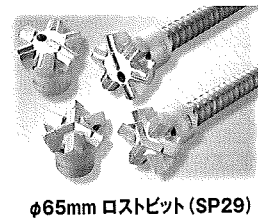
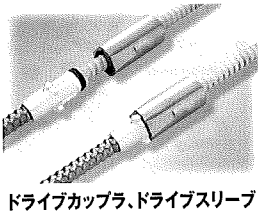
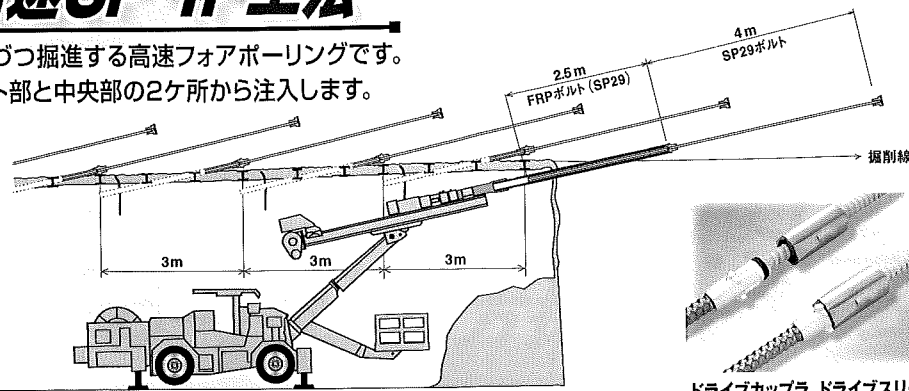
FIXチューブ工法

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

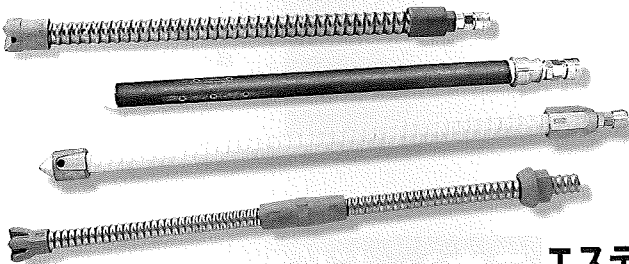


高速SP-IF工法

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



自穿孔ボルト&注入管



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



エスティーエンジニアリング株式会社

ST ENGINEERING CORPORATION

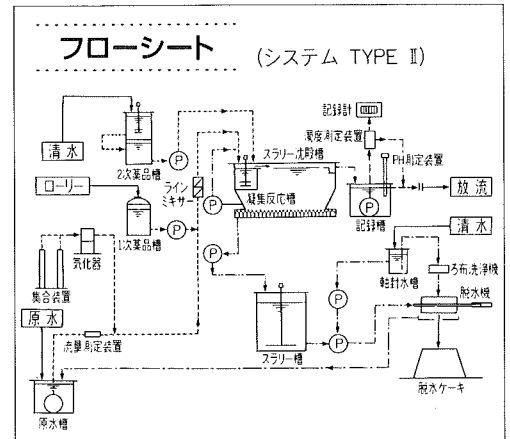
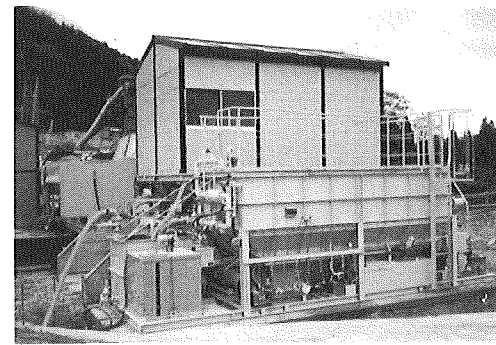
〒581-0833 大阪府八尾市旭ヶ丘1丁目108番地2

TEL:0729-90-0250 FAX:0729-90-0251

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

TWS型シリーズ 濁水処理装置

コンパクトながら 大きな処理能力



特長

1. 基礎、土木工事の期間が短く安価である。設置面積が小さくフラット基礎で設置可能である。
2. 運転経費が少ない。
ラインミキサー及び余剰ガス循環システムの組み合わせにより効率の良い中和が出来炭酸ガス使用量の節約になる。角型シックナー沈降面積及び容積をより大きく設計しており又傾斜板を採用していることから一次、二次薬品が少量でも効率の良いSS処理が出来る。複式汙板型の脱水機を採用していることから汙布等の消費が少ない。
又、加圧型脱水方式の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。処理水の水质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
自動汙布洗浄装置

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

詳細資料請求、お問い合わせは



株式会社 フジテックス

本社 〒930-0821 富山市飯野12-1
TEL (076)452-1616(代) FAX (076)452-1617

Waste Water Treatment System

■巻頭言

トンネルの効用と技術の方向

青野 捷人.....5

■施工

プレキャストコンクリートで瞬き区間を解消

—九州新幹線 三池トンネル南工区—

小林 寛明・長谷川正明・鴨川 悦夫・横内 静二.....7

未固結沢部を小土かぶりで掘る

—北陸新幹線 第2魚津トンネル—

久湊 豊・森近裕一郎・山本 一郎・藤野 晃.....15

付加体脆弱地質を切羽補強工で克服

—第二東名高速道路 引佐第二トンネル—

白田 芳彦・田中 一・神澤 幸治・平野 宏幸.....23

大断面複合円形シールドで環境負荷低減を実現

—東京メトロ副都心線 神宮前工区—

高橋 聡・川島 雅一・諸橋 敏夫・吉田健太郎.....37

親子シールドで駅部と駅間トンネルを築く

—東京メトロ副都心線 南池袋A線・B線工区—

辻 雅行・鈴木 章悦・足立 邦靖・白川 元彦.....45

■連載講座

発破技術の現状(5)

—新しい発破技術(1)—

「発破技術の現状」連載講座小委員会.....53

■現場だより

「海上国道58号線」奄美大島瀬戸内町より

阿部 弘美.....33

「民話のふるさと」遠野にて

吉井 司.....36

■資料

トンネル千夜一夜(27)

小野田 滋.....34

土木情報

編集部.....62

トンネルジャーナル

編集部.....63

工法・技術・製品ニュース

編集部.....64

トンネルワールドニュース

JTA国際委員会.....65

海外文献速報

JTA国際委員会.....67

■会報

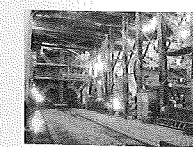
会報

日本トンネル技術協会.....69

【表紙説明】

親子シールドで駅部と駅間トンネルを築く

—東京メトロ副都心線 南池袋A線・B線工区—



東京メトロ副都心線は、池袋から渋谷に至る8.9kmの路線である。既に営業している新線池袋駅を除き、新たに7駅を設置し、新線池袋駅より有楽町線を介して、東武東上線および西武池袋線と相互直通運転を行う予定である。また将来的には、渋谷駅より東急東横線およびみなとみらい線とも相互直通運転を行う予定であり、埼玉南西部から副都心を経由し横浜方面をつなぐ大動脈として期待されている。

当工区では、シールド駅となる雑司が谷駅と雑司が谷駅～池袋間の単線シールドトンネルを並列親子シールドで築造した。写真はシールド機装替え・移動状況である。

〔写真提供：東京地下鉄(株)〕(本文45頁参照)

ヤマモト たくがんき 無騒音 無振動 静かな破碎

超大型油圧破碎機
YTB 1120
トンネルビッカー

ヤマモトロックマシン株式会社

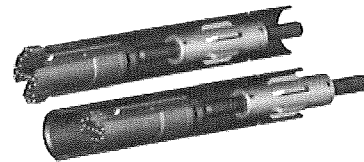
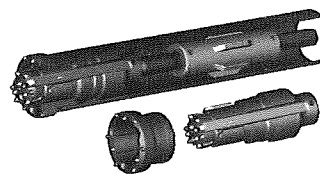
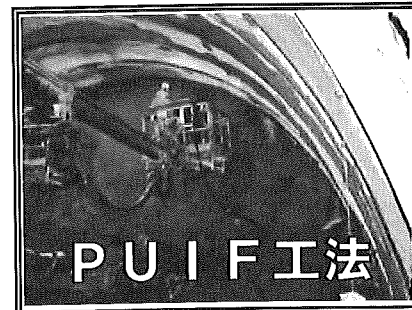
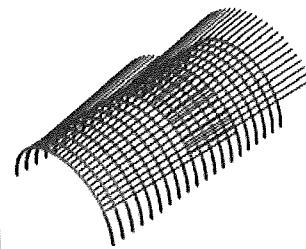
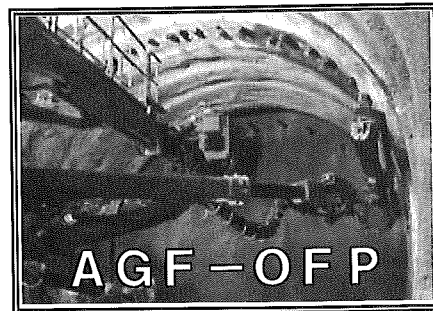
本社 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号富士ビル ☎(03) 3201-0701(代)

工場 広島県庄原市東城町36番地 ☎(08477) 2-2137(代)

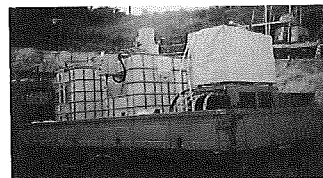
仙台営業所 (022) 262-4531(代) 大阪営業所 (06) 6531-1571(代) 高知営業所 (0888) 22-1367(代) 九州営業所 (092) 471-0381(代)

トンネル補助工法【岩盤固結材他】

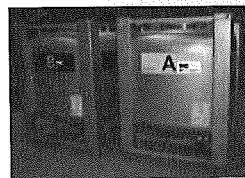
トンネル補助工法における資材の製造・販売



R (リサイクル) コンテナシステム



- ◎環境に配慮した注入システムであり1斗缶の産業廃棄物処理が無くなります。
- ◎R (リサイクル) コンテナが工場と現場を往復します。



岩盤固結材

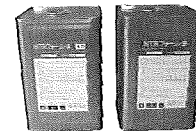
New-TSRF



New-TBU



NTRフォーム



* 平成18年6月から東海ゴム工業(株)より岩盤固結材に関する事業を継承し製造・販売を行っております。

TMC株式会社ティーエムシー

本社	〒116-0013 東京都荒川区西日暮里5-23-3 冠第2ビル5F	TEL.03-3891-8211	FAX.03-3803-6380
大阪支店	〒578-0903 大阪府東大阪市今米1-2-1 中辻第3ビル3F	TEL.072-966-6280	FAX.072-966-5720
仙台支店	〒984-0826 宮城県仙台市若林区若林2-5-5 SKビル3F	TEL.022-286-5111	FAX.022-286-5113
名古屋支店	〒486-0844 愛知県春日井市島居松町4-165 春日井中央ビル4F	TEL.0568-56-4288	FAX.0568-56-9219
九州営業所	〒839-0809 福岡県久留米市東合川3-12-40 アイ・ソリューションビル1F	TEL.0942-40-8151	FAX.0942-40-8152
小牧物流センター	〒485-0825 愛知県小牧市大字下末1636-9	TEL.0568-44-7786	FAX.0568-44-7787

会誌WGの構成 (五十音順・敬称略)

〔主 査〕

大島 洋志 国際航業株式会社上席フェロー技術センター長

〔幹 事〕

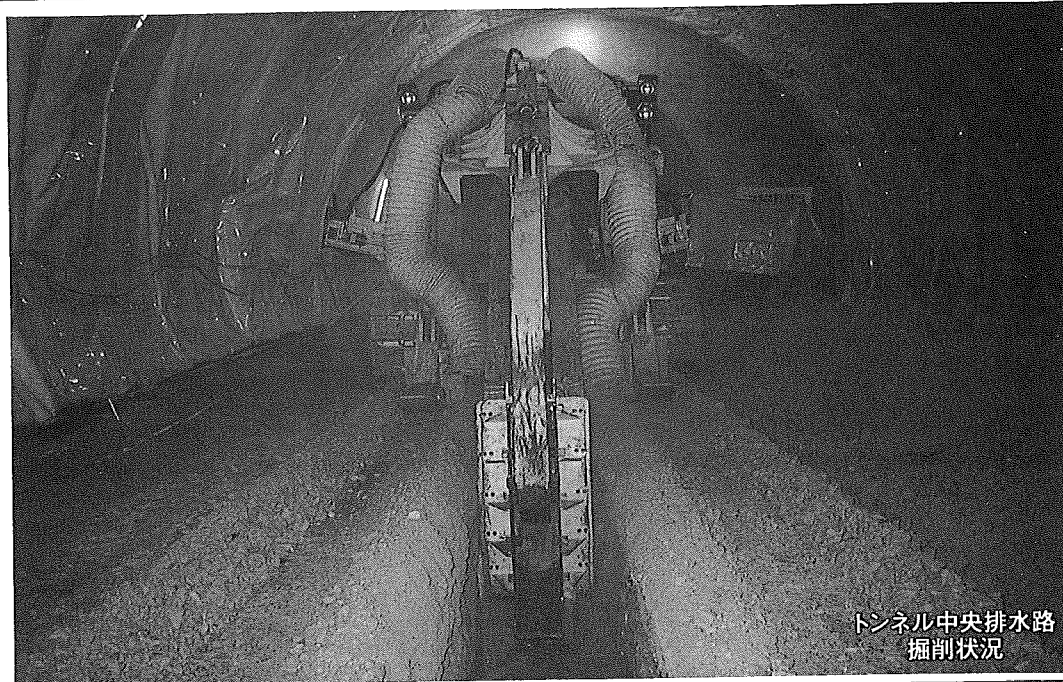
伊藤 範行 鹿島建設株式会社土木管理本部土木工務部 グループ長	端 則夫 大成建設株式会社土木本部土木技術部 トンネル技術室室長
大石 敬司 東京地下鉄株式会社建設部工事課課長	濱 建介 株式会社アオバ取締役会長
久多羅木 吉治 東亜建設工業株式会社本社土木部門技術部長	松尾 勝弥 飛島建設株式会社土木本部トンネル統括部長
鈴木 明 独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構 鉄道建設本部計画部計画課長	山田 邦博 国土交通省大臣官房技術調査課技術企画官
千葉 隆 清水建設株式会社土木技術本部 地下空間統括部部長	山田 隆昭 中日本高速道路株式会社中央研究所 トンネル研究主幹
長島 芳雄 株式会社竹中土木取締役技術本部長	山道 哲二 株式会社大林組東京本社土木技術本部技術 第二部部长

編集顧問の構成 (五十音順・敬称略)

伊吹山 四郎 攻玉社工科短期大学名誉学長	林 博 西松建設株式会社専務取締役
島田 隆夫 鉄建建設株式会社社友	松本 崇義 (元)東京都理事
高橋 彦治 伸光エンジニアリング株式会社技師長	丸安 隆和 東京理科大学教授
田島 利男 NPO法人いきいきハイウェイ支援全国ネット トンネル担当	山口 啓二 株式会社熊谷組代表取締役副社長
西松 裕一 東京大学名誉教授	吉村 恒 吉村とんねる・らぼ

トレンチャー

硬質地盤の溝掘はトレンチャーをお試し下さい。



トンネル中央排水路掘削状況



施工例

トレンチャーによる施工

トレンチャーの性能・諸元

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

※掘削岩の硬さは目安になります。詳細はご相談ください。

編集委員会の構成 (五十音順・敬称略)

〔編集委員長〕

大島 洋志 国際航業株式会社上席フェロー技術センター長

〔編集参与〕

今田 徹

東京都立大学名誉教授

定塚 正行

日本シビックコンサルタント株式会社
参与・技師長(山岳トンネル担当)

高橋 良文

東京都下水道サービス株式会社技術部長

橋本 定雄

中黒建設株式会社顧問

濱 建介

株式会社アオバ取締役会長

〔委員〕

城戸 務

東京都水道局建設部工務課長

木谷 日出男

財団法人鉄道総合技術研究所
防災技術研究部主任研究員

坂根 良平

東京都下水道局建設部設計調整課長

佐藤 亘

東京電力株式会社電力流通本部・工務部
設備渉外・調整グループ課長

清水 満

東日本旅客鉄道株式会社建設工事事務部
構造技術センター課長

津金 昭一

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

西村 聡

東京地下鉄株式会社建設部
新宿工事事務所所長

真下 英人

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

町田 俊二

東京都交通局建設工務部計画改良課長

山田 隆昭

中日本高速道路株式会社中央研究所
トンネル研究主幹



ワールド開発工業株式会社

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

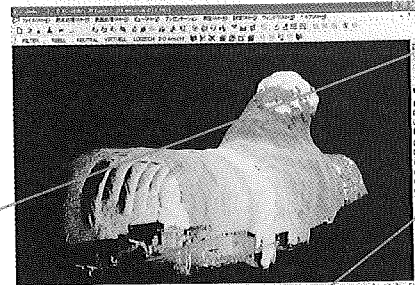
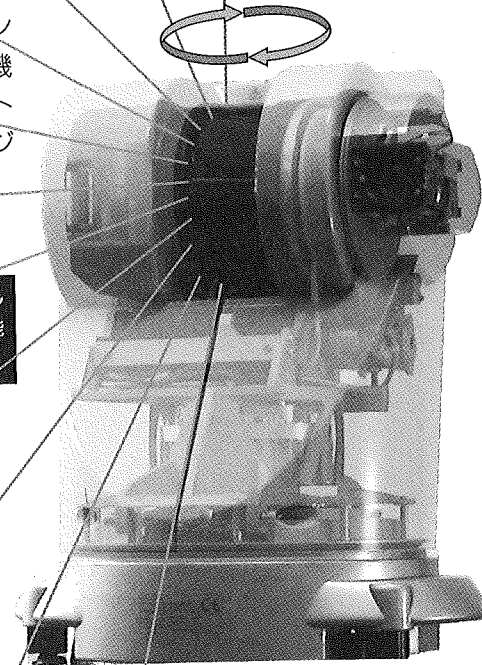
Callidus™ レーザースキャナー

3次元トンネル断面計測機

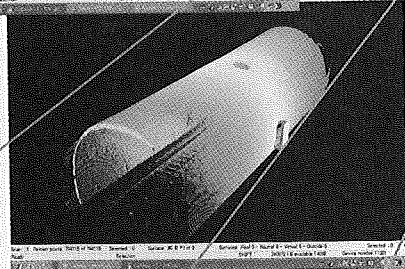
測距精度±5mmで、1秒に1000点以上計測する3次元トンネル断面計測機。1つの機械点からトンネルの約20m⁽¹⁾の範囲を10分で計測できます(機械点前後)。測定データの3次元展開図は、まさにトンネルを絵画のように詳細表示します。又、内蔵デジタルカメラで測定範囲を写真として記録可能です。

(1) 直径約8mのトンネルの場合

全周360°を10分でスキャン



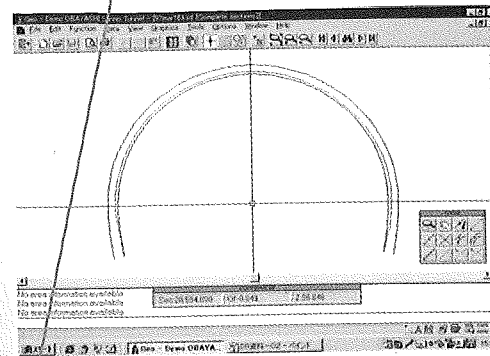
特殊なトンネル形状も対応可能です。



単独スキャンを合成し、トンネル全体を簡単に3次元表示できます。

データ解析および製図「GEOWIN」

AUTOCAD搭載の後処理ソフト「GEOWIN」は、測量計算ソフトを中心としたトンネル管理システムです。カリ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

掲載頁
7

プレキャストコンクリートで瞬き区間を解消 —九州新幹線 三池トンネル南工区—

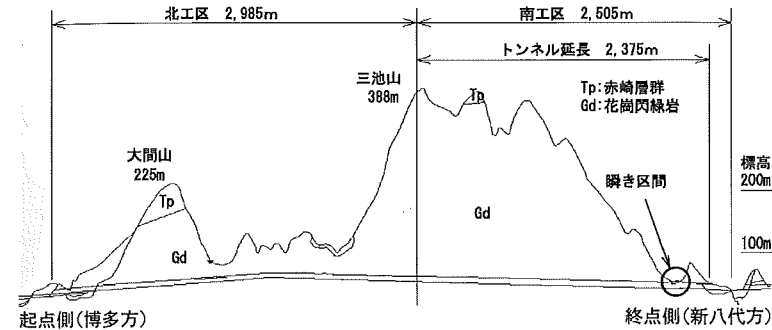
鉄道・運輸機構 小林 寛明

三池トンネルは九州新幹線の福岡県と熊本県の県境に位置する延長5,360mの山岳トンネルである。当該箇所はトンネル終点方から258mの箇所に、トンネル本体が現地地形に対して露出する区間(延長54.5m)がある。この区間の構造については路盤構造にすることも考えられたが、各問題点を解決するためにはトンネル構造とすることが最適であった。さらに、施工方法について検討した結果、施工性や現地状況の状況を勘案し、プレキャストコンクリートによる施工としたので報告する。

Dissolution of short section between portals of tunnel by prefabricated concrete—Kyusyu Shinkansen-South section of the Miike tunnel—

By Hiroaki Kobayashi, Japan Railway Construction, Transport and Technology Agency

The Miike Tunnel is a mountain tunnel of length of 5,360 m located in the prefectural border of Fukuoka and Kumamoto in the Kyushu Shinkansen. In the site, there is a section (length of 54.5m) where the tunnel outcrops caused by the local landform in the point of 258 m from the tunnel end terminal. As to this section, the construction by any embankment structure had be also considered, but it was most suitable to adopt a tunnel structure for solving each problem. Furthermore, as the result of examining the construction method, considering characteristics of construction and the site situation, we adopted the construction by prefabricated concrete and then report it.



図は三池トンネル概要図

建設による土留め構造も検討されたが、最も適当なトンネル構造を採用することになった。さらに、建設方法について検討した結果、施工性や現地状況の状況を勘案し、プレキャストコンクリートによる施工としたので報告する。

掲載頁
15

未固結沢部を小土かぶりで掘る —北陸新幹線、第2魚津トンネル—

鉄道・運輸機構 久湊 豊

北陸新幹線第2魚津トンネルは全長3,097mのトンネルで、新第三紀鮮新世後期から第四紀更新世の丘陵地および河段丘からなる未固結な砂・シルト・砂礫を主体とする地質となっている。本トンネル直上には2か所の沢部が存在し、それぞれ土かぶり11mと22mでトンネルと交差している。本稿では、第1の沢部手前で発生した流砂現象に伴う脚部沈下対策、湧水対策と沢部直下で実施した切羽安定対策、湧水対策、第2の沢部直下で発生した変状に対する対策工などを報告するものである。

Excavating unconsolidated valley with little over burden—Hokuriku Shinkansen, Uozu Tunnel No.2—

By Yutaka Hisaminato, Japan Railway Construction, Transport and Technology Agency

The No.2 Uozu Tunnel of the Hokuriku Shinkansen is a tunnel of overall length 3,097 m, and is a geological feature composed mainly of any unconsolidated sand, silt and gravel of hills and river terrace in later Pliocene



写真は砂の流出状況

Tertiary to Pleistocene Quaternary. There exist two valleys on this tunnel and they respectively intersect the tunnel with over burden of 11 m and 22 m. This paper reports the countermeasures to the foot settlement of leg part concurrent with quick sand, and the spring water arising on this side of the first valley, the countermeasure to collapse in cutting face and the countermeasure to the spring water performed at the subjacent of its valley, and the construction countermeasure to the deformation occurred at the subjacent of the second.

付加体脆弱地質を切羽補強工で克服
—第二東名高速道路 引佐第二トンネル—

中日本高速道路(株) 白田 芳彦

引佐第二トンネルは付加体脆弱地質で、トンネル中央部の混在岩(メランジュ)の区間では切羽崩壊の多発やトンネルの大変形が発生し、トンネルの施工は困難をきわめた。切羽崩壊に対しては、数多くの切羽補強工を採用し成果をあげた。とくにFIT工法は、切羽崩壊防止効果だけでなく、切羽前方の緩みを抑制することでトンネル周辺地山の塑性化の拡大を抑え、トンネルに作用する土圧を低減する効果が確認された。トンネルの大変形に対しては、早期閉合が有効であった。本論は、引佐第二トンネルで実施した、切羽補強工、変位抑制方法およびトンネルの計測結果を報告するとともに、付加体脆弱地質におけるトンネル施工の特徴について述べる。

Conquering the fragile geology of the accretionary zone by the strengthening works of cutting face

By Yoshihiko Usuda, Central Nippon Expressway Co., Ltd.

In the Inasa tunnel No.2, many collapse of cutting face or large deformation had occurred in the section of melange located at the middle of the tunnel because of its fragile geology of the accretionary zone, the construction works were extremely difficult.

To the collapse in face, we got good outcome by adopting many construction works for strengthening cutting face. Specially, in case of the FIT method, not only having prevention effect of collapse in face but also the effect of reducing earth pressure acting to the tunnel by suppressing loosening ahead of the cutting face, with preventing expansion of plasticization in the ground, were confirmed.



写真は切羽崩壊状況

To large deformation of tunnel, early execution of invert had been effective. This paper reports construction for strengthening cutting face, the method for suppression of deformation, and the results of measurement of the tunnel carried out in the No.2 Inasa tunnel, and describes the characteristics of the construction works of tunnel in a fragile geology of the accretionary zone.

大断面複合円形シールドで環境負荷低減を実現
—東京メトロ副都心線 神宮前工区—

東京地下鉄(株) 高橋 聡

神宮前工区土木工事は、東京メトロ副都心線の明治神宮前駅～渋谷駅間を結ぶ延長738.5m(458リング)にトンネル外径高さ8.4m、横幅9.7mの複合円形断面のシールドトンネルを施工するものである。複線シールドトンネルとして最適化された複合円形断面とすることで、トンネルの断面積を従来の円形断面に比べ約10%縮小し、不要空間に打設するインバート材料を円形断面に比べて約40%減少した。これにより、シールド掘進による発生土量の抑制、およびシールド製作・セグメント製作における建設資機材の減量が可能となり、環境負荷の低減に寄与するとともに、地下空間の有効利用を可能とした。

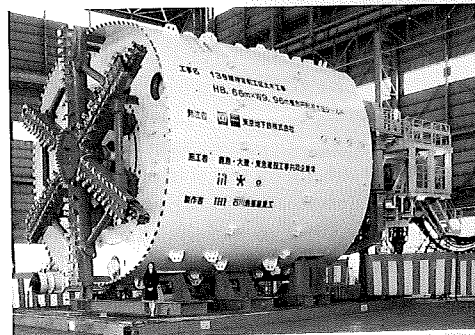
本稿では、本工場の施工概要および施工実績について述べる。

Fulfilling reduction of the environmental impact by complex circular shield of large section, Tokyo Metro Fukutoshin Line Jingumae section

By Satoshi Takahashi, Tokyo Metro Co., Ltd

Jingumae section is to construct by the shield of complex circular section having 8.4 m height of tunnel's outside diameter and 9.7 m width in the length of 738.5 m (458 rings) connecting Meiji Jingumae station to Shibuya station. We could reduce the cross section of tunnel as much as 10 percent and the invert material placed in unnecessary space as much as 40 percent, by making it into an optimized complex circular section as shield tunnel of double track, compared with the usual circular section. This, with suppressing the quantity of muck and reduction of materials in the shield machine and the segment, not only contributes to the reduction of the environmental impact, but also enables effective use of underground space.

This paper describes construction summary of this works and the result of the construction.



写真は複合円形シールド

親子シールドで駅部と駅間トンネルを築く
—東京メトロ副都心線 南池袋A線・B線工区—

東京地下鉄(株) 辻 雅行

東京メトロ副都心線は、池袋から渋谷に至る8.9kmの路線である。既に営業している新線池袋駅を除き、雑司が谷、西早稲田、東新宿、新宿三丁目、北参道、明治神宮前、渋谷駅の7駅を新たに設置し、新線池袋駅より有楽町線を介して、東武東上線および西武池袋線と相互直通運転を行う予定である。

また、将来には、渋谷駅より東急東横線およびみどり線とも相互直通運転を行う予定であり、東京都西北部および埼玉県西部から、神奈川県横浜方面をつなぐ大動脈として期待されている。

本稿では、シールド駅となる雑司が谷駅、雑司が谷駅～池袋間の単線シールドトンネルを並列親子シールドで築造した例について述べる。

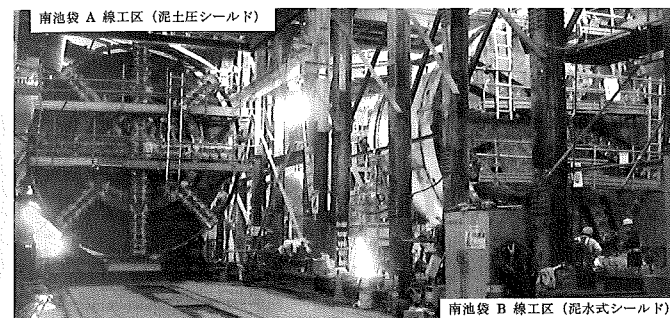
Construct a station and between stations by the double-type shield of Underground Separation type, Tokyo Metro Fukutoshin Line, Minami Ikebukuro Section, A Line & B Line

By Masayuki Tsuji, Tokyo Metro Co., Ltd

Tokyo Metro Fukutoshin line is the route of 8.9 km running from Ikebukuro to Shibuya. We will install seven stations comprising of Zoshigaya, Nishi Waseda, Higashi Shinjuku, Shinjuku 3 Chome, Kita Sando, Meiji Jingumae and Shibuya stations, except the Shinsen Ikebukuro station already operated, and plan to operate the mutual direct operation with the Tobu Tojo Line and the Seibu Ikebukuro Line.

Also in the future, we will plan to implement the mutual direct operation with the Tokyu Toyoko Line and the Minato Mirai Line from the Shibuya station, and then, this line will be expected as a trunk line connecting from the north-west region of Tokyo Metropolitan and the northwest region of Saitama Prefecture to Yokohama of Kanagawa Prefecture.

In the paper, we describe the Zoshigaya station constructed by shield and the shield tunnel of single line between Zoshigaya station and Ikebukuro is constructed by the parallel double-type shield of underground separation type.

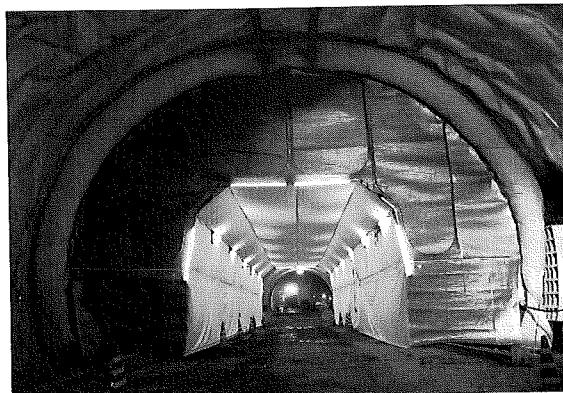


写真はシールド機装替え・移動状況

トンネルバルーン覆工コンクリート
トータル養生工法

長期耐久性に優れた高品質な
覆工コンクリート施工を実現します！

NETIS登録
(No.HR-040005)



セントル温度養生バルーン

打設後から脱型までセントルをバルーンで覆い温度養生をします。

【特徴】

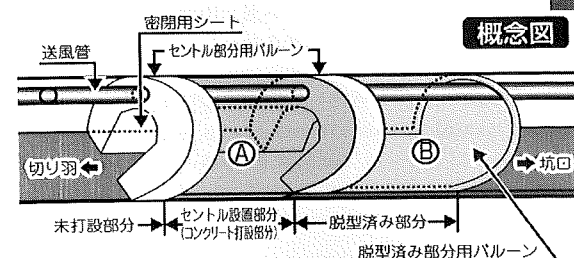
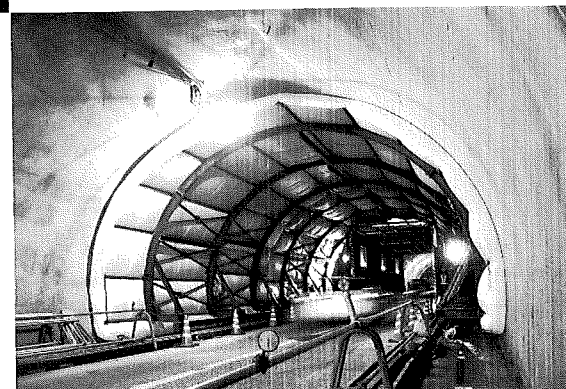
1. 若材齢時に温度管理をすることで初期強度が向上します。
2. 高品質コンクリートの確保が可能です。
(脱型時コンクリートの付着が減少します)
3. サイクルタイムの短縮が可能です。
4. 洗いが車両通行部に落ちません。

覆工養生バルーン

脱型後の覆工コンクリートを覆います。

【特徴】

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



① セントル(コンクリート型枠)を両サイドのバルーンと密閉用シートで囲って空気層をつくり保護・保湿する
② 打設後のコンクリートに薄い高圧のバルーンを密着させ保護・保湿する

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

2005年『日経BP技術賞 建設部門』受賞

岐阜工業株式会社
GIFU KOGYO CO., LTD.

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

TOUKOU 株式会社 東 宏

本社 北海道札幌市東区北20条東5丁目1番7号
Tel 011(742)3331 Fax 011(742)3333
関東支店 Tel 027(352)2061 Fax 027(352)6065
道東営業所 Tel 0155(34)6311 Fax 0155(34)8494

URL <http://www.k-toukou.jp/>

トンネルの効用と技術の方向



東日本高速道路(株)常務取締役

青野捷人

日本道路公団が、東・中・西の3つの高速道路株式会社に分割・民営化されてから、はや1年半が過ぎようとしている。東日本高速道路(株)は東北自動車道、関越自動車道などの高速道路と一般有料道路をあわせて3,347kmの管理と、東京外環道路や圏央道など525kmの建設を担当している。管理するトンネルは関越トンネルや東京湾横断道路トンネルなど275か所で273kmに及ぶ。また、建設中のトンネルは63か所80kmとなっている。供用後年数が経っているトンネルの割合が増えてきており老朽化対策をいかに効率的に行っていくかは会社の経営上も大きな課題である。

トンネルは昔から山越えや海岸沿いの断崖絶壁回避のため作られてきている。中越地震で被災した旧山古志村の村民がかつて冬季の危険な峠越えを避けるために、つるはしで掘った中山隧道もそうであるようにトンネル完成による地域経済に与える効用はきわめて大きい。山を貫くことで距離が短くなり時間短縮になるため高速道路においても当然のことながらトンネルが多く作られている。環境問題がクローズアップされる現代ではトンネルの効用に、森林を伐採せずに道路が作れる、距離が短くなるうえ縦断勾配も小さくできることから排気ガスも減らせるなど環境にやさしい道路構造であることも挙げられる。都市部では土地の有効活用や騒音対策、景観対策からもトンネルには大きな効用がある。

トンネルの難点としては建設コストがきわめて高いということ、またコンクリートの破片でも落ちてきたら重大事故につながる可能性があり補修が大変ということ、一方、お客様側からみれば単調で暗いなど快適性への不満や閉鎖空間での火災時の恐怖などが挙げられよう。

これらの課題に対しトンネル技術者が必死に研究開発し、トンネルは近年もっとも大

きく技術が進歩した土木構造物のひとつとなっていると思う。20年前と比較して建設コストは実質40%以上も下がっていると考えられる。しかも、防水機能やトンネルの安定性という観点からも品質向上が図られてきている。また、青函トンネルや東京湾横断道路のような海底トンネルも可能となり、2階建ての青梅トンネルや首都高速の中央環状線など都市部トンネルの施工技術も急激に発展した。保全に関しては、レーザーなどを使用したクラック調査技術や新たな補修材料も開発されてきているし、水をほとんど使用しないで高速で清掃ができる機械の研究なども進んでいる。照明もコストアップなしで演色性の高い蛍光灯が使用できるようになり、トンネルの視環境も改善されてきている。

このような技術の進歩はあるが、まだまだ課題も多い。トンネルを建設するには長い工期を要する。迅速な社会資本整備には工期短縮は欠かせない。複雑な地質がひと目でわかるような調査方法はないのか、更に効率よく掘削する方法や新しい支保材料はないのであろうか。また、既設トンネルの健全度を正確かつ迅速に判断できる非破壊検査方法なども個々の技術課題である。

国土の大部分が山地の日本はトンネル大国である。老朽化が進むトンネルに対して社会資本の効率的活用の観点からマネジメントをどうしていくかは今後の重要な課題である。トンネルは構造的にみて補修・補強が難しい。内空断面を道路空間として利用するため、トンネル覆工が大きく変状した場合、状況によっては現トンネルを壊さなければならない。一般にトンネルの補修は多大なコストと時間を要する。それだけでなく、補修のため通行止めが必要な場合にあっては迂回路が簡単には作れずかなりの大回りの迂回となることが多く、社会経済にとって大変な損失となる。

このようにトンネルの特殊性を考えると通常の土木構造物よりもはるかに長い期間のライフサイクルコストを考えたうえで計画・設計・施工をすべきではないだろうか。

われわれの子孫が何代にもわたって享受できる優れた文化資産としての高品質トンネルに向かってトンネル技術者たちの更なる挑戦を期待する。

施工

プレキャストコンクリートで瞬き区間を解消

—九州新幹線 三池トンネル南工区—

鉄道・運輸機構九州新幹線建設局大牟田鉄道建設所主任 小林 寛 明

鉄道・運輸機構九州新幹線建設局大牟田鉄道建設所所長 長谷川 正 明

鉄道・運輸機構東京支社工事第一部工事第三課課長補佐 鴨 川 悦 夫

ハザマ・福田・地崎・丸昭特定建設工事共同企業体三池トンネル作業所主任 横 内 静 二

1 はじめに

九州新幹線(鹿児島ルート)は平成16年3月に新八代~鹿児島中央間が部分開業し、現在は博多~新八代間を平成22年度末の完成を目指して工事を進めている。三池トンネルは九州新幹線の新大牟田駅(仮称)~新玉名駅(仮称)間に位置し、福岡県と熊本県に広がる筑肥山地の南西縁の大間山~三池山の山系を貫く延長5,360mの山岳トンネルである。概要図を図-1に示す。

地質は白亜紀花崗閃緑岩が広範囲に分布し、周辺部には古第三紀堆積岩類および阿蘇火砕流堆積物が分布している。

工事は2工区に分けて発注しており、起点側2,985mを三池トンネル北工区として博多方から

NATMにより掘削した。

一方、終点側の三池トンネル南工区は、トンネル終点方から258mの箇所、図-2のようにトンネル本体が現地地形に対して露出する区間(延長54.5m、以下「瞬き区間」と称す)があり、そこから起点方に向かってNATM(機械、発破方式)により掘削を行った。

本稿では起点方トンネルに引き続き施工する、瞬き区間および終点方トンネルの施工について検討した結果、瞬き区間においてはプレキャストコンクリートによるトンネルの施工を行ったので報告する。

2 構造および工法の検討

瞬き区間の現地盤高さとレールレベルとの高さ関係から、当該区間の本線構造は一般的に路盤構造(切取または盛土)とトンネル構造が考えられる。この瞬き区間は、図-2に示すように山地部の谷を新幹線が堰き止めるように横断することになるため、路盤構造とした場合には以下のような問題を解決する必要があった。

・豪雨時の軌道内への土砂流

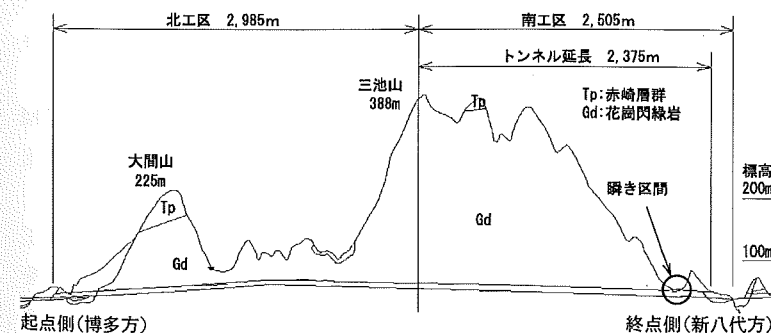


図-1 三池トンネル概要図

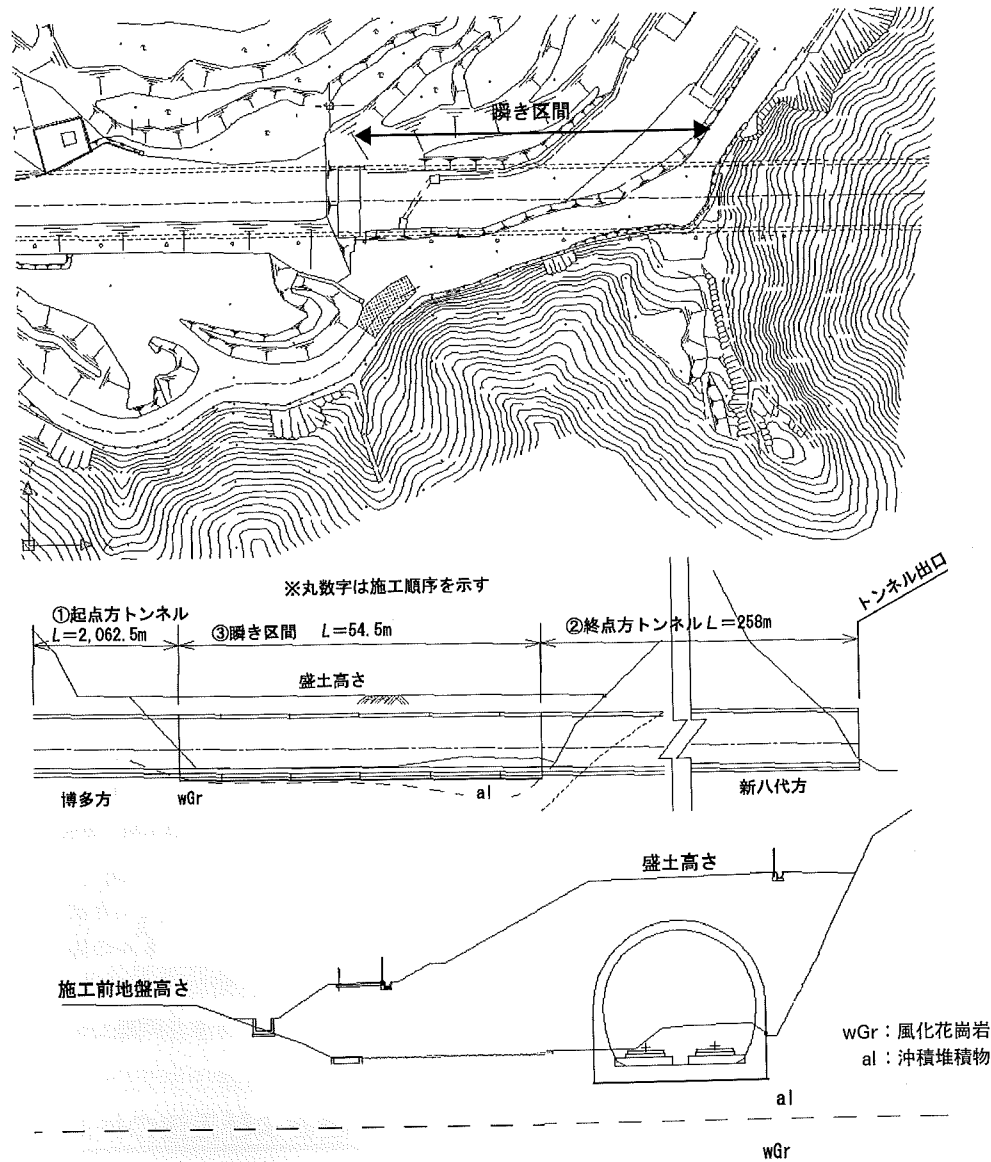


図-2 瞬き区間概要図

入に対する防護

・新幹線のトンネル微気圧波の緩和のため、起点、終点方のトンネル出入口部への緩衝工の必要性を検討

また、当該地域は台風などの災害が多いこともあり、トンネル構造とすることでこれらの問題に対処することとした。

次に、瞬き区間と終点方トンネルの施工方法としては、一般的に以下の二つの方法が考えられた。

① 終点方のトンネルを瞬き区間よりNATM

により掘削する。その後、瞬き区間を明かり巻き工法によりトンネル構築し、明かり巻きトンネル上部の盛土を造成する。

② 瞬き区間に盛土を造成し、通常NATMにより終点方からトンネルと瞬き区間の盛土を続けて掘削する。

本工区の場合、②の方法では終点方坑口への工事用道路の設置、路盤区間の盤下げなどの施工を掘削開始前に先行しなければならず、工程のロスが大きく、その期間の濁水処理費が過大になるこ

とや、起点方のトンネルを瞬き区間より掘削しているため、坑外設備が瞬き区間に設置してあることなどを考慮すると経済性、工程面において、①の方法が有利であると考えられた。

以上のとおり、瞬き区間のトンネル構築工法について検討した結果、明かり巻き工法を採用することとした。

3 明かり巻き覆工の施工方法の検討

明かり巻き覆工の施工方法は、現場打ちコンクリートとプレキャストコンクリートについて、表-1に示す比較検討を行ったうえで選定した。

現場打ちコンクリートの場合には、鉄筋組み立

表-1 明かり巻き覆工コンクリート工法比較一覧表

	現場打ちコンクリート案	プレキャストコンクリート案
横断面		
概要	・トンネルのセメントを内型枠として鉄筋コンクリート構造物を構築する。その後、盛土造成をする。	・プレキャストコンクリートを現場で組み立てる。その後、盛土造成をする。
施工順序	<ul style="list-style-type: none"> ①鉄筋組み立て ②型枠組み立て ③コンクリート打設 ④内型枠組み立て(セメント) ⑤鉄筋組み立て ⑥外型枠組み立て ⑦コンクリート打設 ⑧型枠撤去 ⑨施工延長に応じて①～⑧のくり返し ⑩防水工 	<ul style="list-style-type: none"> ①基礎工 ②プレキャストコンクリート組み立て ③インパットコンクリート打設 ④防水工
構造特性	<ul style="list-style-type: none"> ・アーチ構造で剛性は大きい部材厚が大きくなる。 ・外型枠が過大になる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・アーチ形状の特性により、部材の大幅な軽量化が図れる。 ・ヒンジ部は地震時の変位に対して十分許容できる変形性能を有している。 ・線路方向はボルト直結方式で一体化が図れる。
工期	<ul style="list-style-type: none"> ・工種が多く、型枠工および鉄筋工などの熟練が必要。 ・天候などの気象条件により影響を受ける。 	<ul style="list-style-type: none"> ・急速施工が可能。 ・部材の軽量化が図れるため、1台のクレーンで施工が可能。
安全性	<ul style="list-style-type: none"> ・鉄筋、型枠、コンクリートの各作業が輻輳するため、危険要素が多くなる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・作業が単一化するため、徹底した安全管理が可能。
品質管理	<ul style="list-style-type: none"> ・屋外でのコンクリート打設などの作業環境により品質管理が難しい。 	<ul style="list-style-type: none"> ・工場製品のため、品質管理が容易。
経済性	<ul style="list-style-type: none"> ・本体はプレキャスト案と変わらないが、施工期間中に必要となる濁水処理設備などを考慮すると割高。 	<ul style="list-style-type: none"> ・本体は現場打ち案とほとんど変わらない。
総合評価	△	○

てからコンクリート打設までの工程を底版と側壁、アーチ部で行い、さらに施工延長に応じてこれらの工程をくり返すこととなる。一方、プレキャストコンクリートは、クレーンによる二次製品の組み立ておよびインバートコンクリートの打設と工程が少なく、施工性、安全性において有利である。

また当該区間においては、経済性についても以下のような理由から、プレキャストコンクリート案が有利と判断された。

- ① 本工区は、瞬き区間より博多方2,062.5mのトンネルの掘削を行うために、すでに工事用道路が整備されており、現場へのクレーンや製品の運搬トレーラーの進入路が確保されている。
- ② 同様に、クレーンを据え付けて作業するスペースも確保されている。
- ③ 現場打ちコンクリートとは違い、内型枠として覆工セントルを必要としないため、プレキャストコンクリートと終点方のトンネル覆工作業を併行してできる。
- ④ 濁水処理設備が不要で、終点方トンネルの覆工コンクリートが完了すれば、設備を撤去できるため、経済的である。

以上の検討結果から、本工区ではプレキャストコンクリートにより明かり巻き覆工を構築することとした。

4 プレキャストコンクリートの設計

4-1 設計概要

明かり巻き覆工の構造は、アーチ形状特有の構造的合理性を持つ、多分割式2ヒンジアーチ構造のプレキャストコンクリートを採用した。図-3に概要図を示す。

設計の手順としては、L2地震動により部材断面諸元が決まる場合が多いため、まず、このプレキャストコンクリートの断面諸元を、周囲を地盤ばねにより支持された平面骨組解析により、限界状態設計法によって仮定した。設計荷重は、躯体荷重や土圧などの固定荷重と、列車荷重などの変

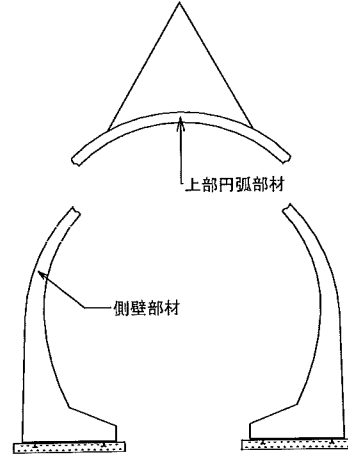


図-3 プレキャストコンクリート概要図

動荷重を考慮し、各限界状態によってそれらの組み合わせとした。次にL2, L1地震動に対する検討を静的非線形解析による応答変位法によって行い、プレキャストコンクリートのL2, L1地震動に対する耐震性能を確認した。なお、応答変位法の計算には(財)鉄道総合技術研究所で開発された「JRBOX」を使用した。

4-2 プレキャストコンクリートの耐震設計

4-2-1 設計地盤反力係数の算出

開削トンネルなどの地下構造物は、地震時には周辺地盤の挙動に大きく影響を受ける。よって、耐震設計においては地盤ばねの評価は重要であり、地盤反力係数の算定は適切になされなければならない。ここでは盛土をN値10の砂質土、底盤部をN値30の砂質土として評価し、そのN値から求まるせん断弾性波速度などから設計地盤反力係数を算出している。

4-2-2 地震時荷重の算出

(1) 躯体慣性力

躯体慣性力は、構造物重心に作用する加速度を重力加速度で除した設計水平震度と躯体重量の積で表される。この構造物重心に作用する加速度は、地表面および基盤面での最大加速度が直線的に変化する(図-4)として算定できる。

(2) 地盤変位および周面摩擦力

地盤と躯体が接する部分には、せん断力を考慮する。せん断力は、地盤変位を深度ごとに微分し

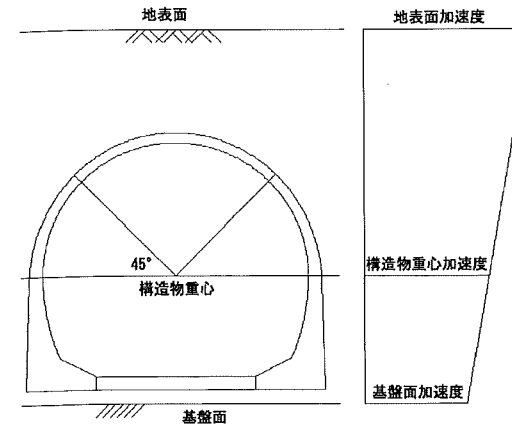


図-4 地表面—基盤面の加速度分布

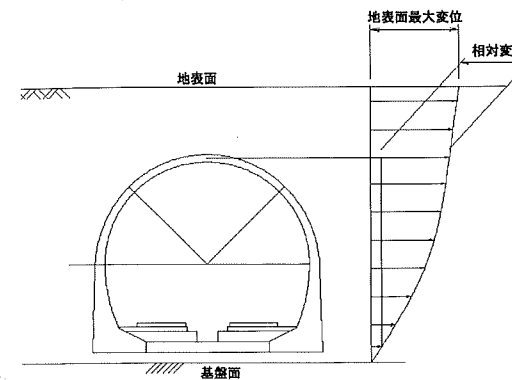


図-5 地震時地盤変位分布図

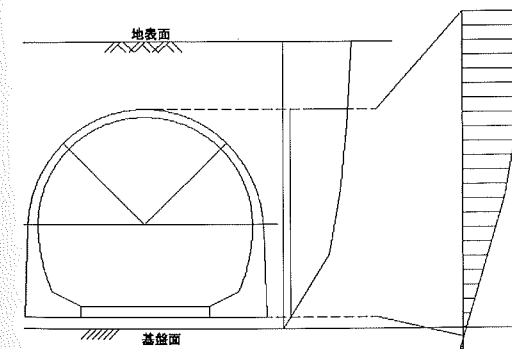


図-6 地震時せん断ひずみ分布図

て求まるせん断ひずみから算定できる。ここでの地盤変位は、表層地盤の固有周期から地表面における最大変位を求め、深さ方向に一樣な地盤として分布形状を仮定している。図-5に地盤変位の分布図を、図-6にせん断ひずみの分布図を示す。

4-2-3 地震時における検討

L2地震時における荷重を載荷した静的非線形

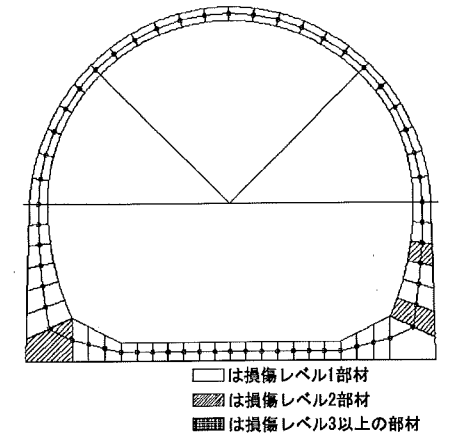


図-7 各部材の損傷レベル(L2地震時)

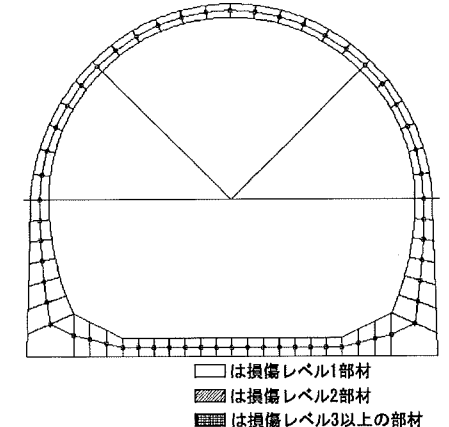


図-8 各部材の損傷レベル(L1地震時)

解析を行った。その結果、耐震性能Ⅱ^{II}に対応する部材損傷レベル2を超える部材はなく、耐震性能を満足する結果となった。図-7に各部材の損傷レベルを示す。同様にL1地震時においても損傷レベル1を超える部材はなかった(図-8)。

4-3 既設トンネルとの接合部について

NATMによる既設トンネル(起点方;平成16年8月(6か月前)、終点方;平成17年1月(1か月前)完了、図-9)とプレキャストコンクリートによるトンネル(図-10)では地震時の挙動が異なるため、接合部では縁を切っている。そのため地震時には接合部における止水性の確保や、土砂流入に対する検討が必要になると考えられた。そこで既設トンネルとプレキャストコンクリートの地震時の変位差について検討したところ、L1地震動では3mm、L2地震動では26mmとなった。L1地震動では

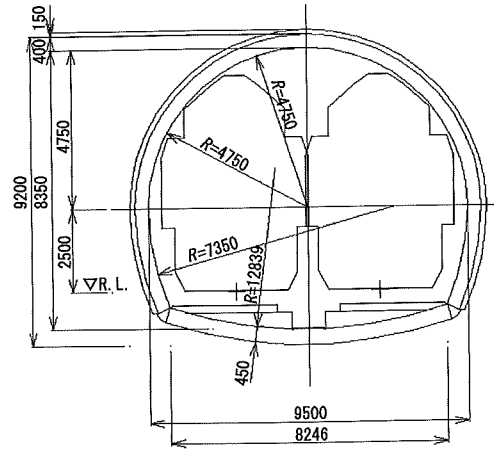


図-9 NATMトンネル部断面図

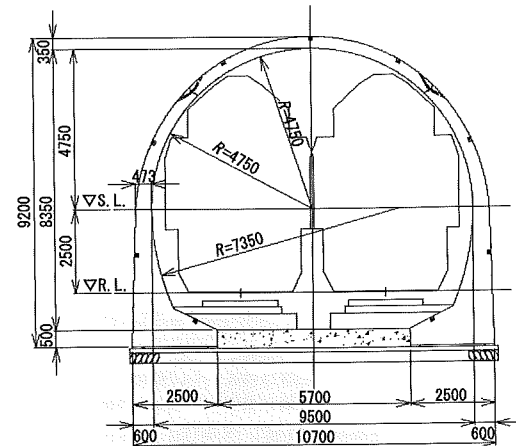


図-10 プレキャストトンネル部断面図

変位差は小さく、部材間の水膨張シール材などの可とう性で十分追従できる。しかし、さらに安全性を考慮して、既設の覆工コンクリートの防水シートとプレキャストの防水シートを重ね、外側から防水工も施工した。L2地震動に対しても構造物の耐震性能を、地震後に補修を必要とするが早期に機能が回復できる耐震性能Ⅱとしていることから、問題がないものと考えている。

5 明かり巻き覆工の施工

5-1 トンネル支持地盤の改良

トンネルの底盤部は、沖積堆積物(a1層)が2~3m堆積している。この堆積物は、強風化花崗岩の二次堆積物およびシルト、粘土で構成され、N値が1~4程度の非常に軟弱な層となっている。

鉄道における抗土圧構造物の直接基礎は、「①N値30以上の砂質土、②N値20以上の粘性土、③岩盤に支持させることが望ましい」とされているため、このa1層の範囲について地盤改良(トレンチャー式による固結工法)を実施した。

なお、支持地盤の設計圧縮強度 q_{uck} は、N値30の砂質土として推定される地盤の変形係数より換算して^{2),3)}、 $q_{uck}=1,000\text{kN/m}^2$ とした。

5-2 プレキャストコンクリートの特徴と施工

トンネル断面を構成するプレキャストコンクリートは、左右2本の自立する側壁部材と、上部円弧部材の3ピースから構成されている。左右の部材と、上部円弧部材の接合部分は高力曲がりボルトによって接合されており、地震時の変位に対しても高い変形性能を有している。

施工性に関しては、側壁部材が自立できるために、サポート用のクレーンなどを必要とせず、1台のトラッククレーン(160t吊り)で施工が可能であること、急速施工が可能で工期の短縮が図れること、後防水であるため防水工の仕上がりが良いなど、多くの利点があり、煩雑な作業がなく、高所作業が少ないことなどから安全性にも優れている。施工フローを図-11に示す。

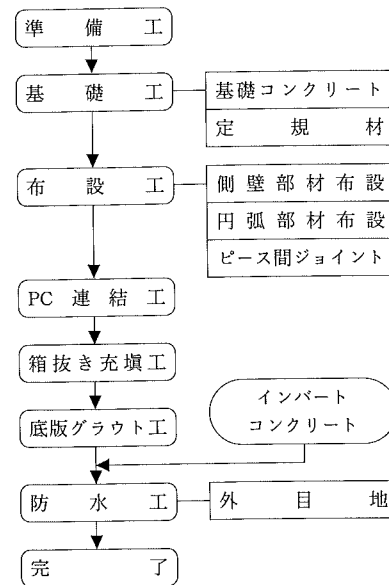


図-11 施工フロー

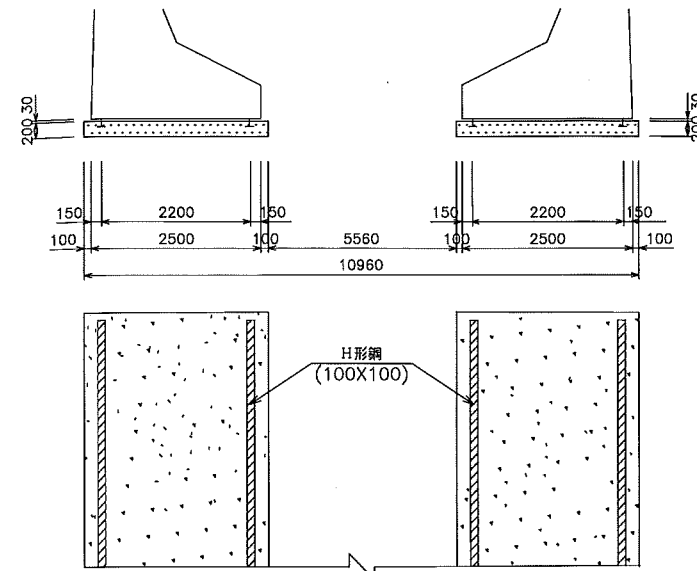


図-12 基礎工

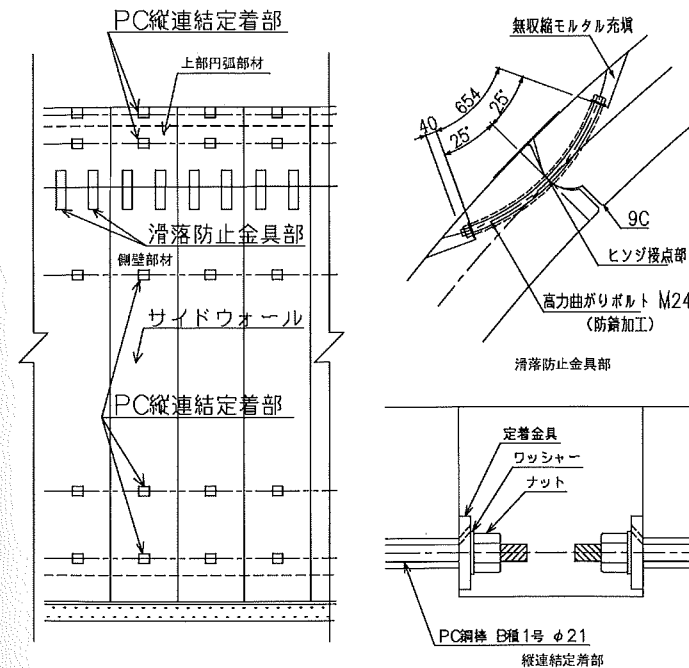


図-13 プレキャスト連結工

- ① 基礎工(図-12)
基礎は厚さ20cmのコンクリートで、側壁部材の布設の精度を高めるための定規材としてH形鋼(100×100)を埋め込む。
- ② 布設工
基礎コンクリートに側壁部材布設位置の墨

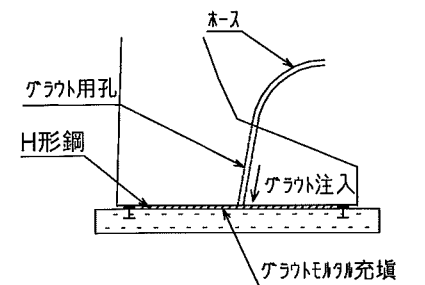


図-14 底版グラウト工

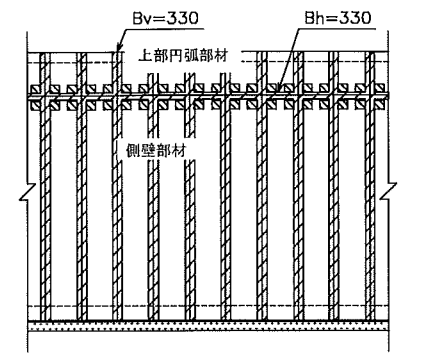


図-15 防水工(側面図)

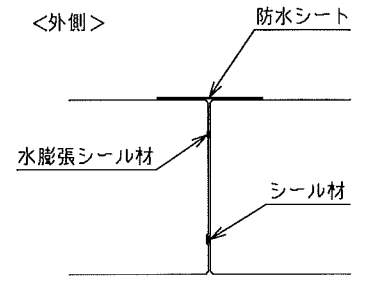


図-16 防水工(リング間)

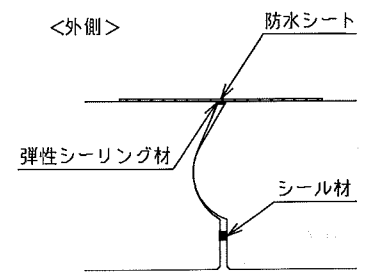


図-17 防水工(ピース間)

- ③ プレキャスト連結工(図-13)
縦断方向の連結をするために、1リングご
- 出しを行い、クレーンにより側壁部材を左右2本布設後、上部円弧部材を側壁部材の上に布設する。その後、1リングごとにピース間を高力曲がりボルトにより連結する。

とにPC鋼棒をシースに挿入し、ボルトによる締め付けを行う。連結完了後グラウトを注入し、定着箱抜き部を無収縮モルタルにより充填する。

④ 底版グラウト工(図-14)

側壁部材と基礎コンクリートとの間にグラウトモルタルを注入する。注入は予め側壁部材に設けられた注入孔より行う。

⑤ 防水工(図-15~17)

リング間の防水工は、リング間の接合面に水膨張シール材を現場搬入時に施工する。外側からは防水シートを継ぎ目に溶着する。

ピース間の防水工は、継ぎ目に弾性シーリング材と外側から防水シートを施工する。

6 ま と め

三池トンネル南工区では、瞬き区間のトンネル施工について検討し、施工性、安全性および経済

性の観点からプレキャストコンクリートによる施工を採用した。現在、瞬き区間の施工は無事完了しており、その特徴を発揮して施工管理、品質管理も容易であった。また、現在においても漏水などもなく、出来栄も良好である。ただし、他工事において同様な検討を行う場合には、経済性については現地の状況を勘案し、よく精査する必要があると思われる。

末筆ながら、本稿をまとめるに際しご指導、ご協力いただきました皆様に感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) (財)鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説耐震設計，1999.10.
2) (財)鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説基礎構造物・抗土圧構造物，1997.3.
3) (社)セメント協会：セメント系固化材による地盤改良マニュアル(第二版)，1999.

【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 予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



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

施工

未固結沢部を小土かぶり掘る

—北陸新幹線 第2魚津トンネル—

鉄道・運輸機構北陸新幹線第二建設局工事第5課課長補佐((前)朝日鉄道建設所所長) 久 湊 豊

鉄道・運輸機構北陸新幹線第二建設局朝日鉄道建設所 森 近 裕一郎

清水・佐藤・アイサワ・丸新志鷹特定建設工事共同企業体第2魚津トンネル作業所所長 山 本 一 郎

清水・佐藤・アイサワ・丸新志鷹特定建設工事共同企業体第2魚津トンネル作業所工事主任 藤 野 晃

1 は じ め に

北陸新幹線は高崎駅を起点とし、長野駅、上越駅、富山駅などを經由して金沢駅に至る延長約345kmの路線であり平成26年度末開業予定である。北陸新幹線第2魚津トンネルは、平成13年4月に認可された上越・富山間の路線内にあり、高

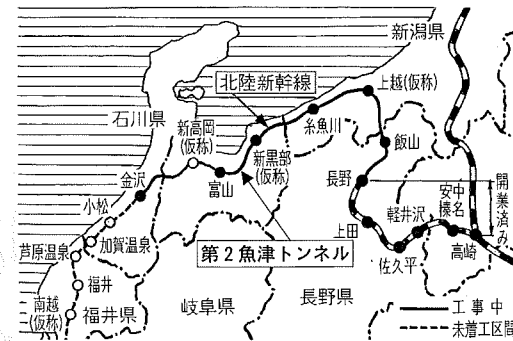


図-1 トンネル位置図

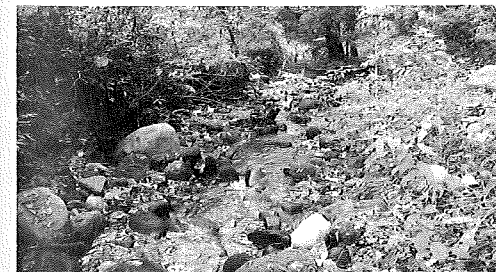


写真-1 第1の沢部の状況

崎起点260km897m~263km994m間に位置する延長3,097mの山岳トンネルである(図-1)。富山県内を通過するトンネルとしては2番目に長いトンネルであり、富山県魚津市内の台地(低位・中位段丘)や丘陵地を通過している。

本稿では、第1の沢部(写真-1)手前で発生した流砂現象に伴う脚部沈下対策、湧水対策と沢部直下で実施した切羽安定対策、湧水対策、第2の沢部直下で発生したクラック、脚部沈下などの変状に対する対策工などを報告するものである。

2 工 事 概 要

第2魚津トンネルは、新幹線複線断面の全線山岳NATMによる掘削工法を採用している。表-1に工事概要を示す。

表-1 工事概要

Table with 2 columns: Item Name (工事件名) and Details. Includes information about the project name, location (Toyama Prefecture), period (March 2013 to November 2020), length (3,097m), and construction method (NATM).

3 地形・地質概要

第2魚津トンネルは、開析扇状地、河岸段丘で構成される台地および丘陵地部を通過する。丘陵地部の土かぶりは約10~80mであり、地質は新第三紀鮮新世後期の室田累層の砂岩(Ms層)、礫岩(Mg層)、泥岩・シルト岩(Mc層)がトンネル断面内に出現する。台地である小土かぶり部分の土かぶりは4~28mであり、地質は第四紀更新世の玉石混じりの砂礫層が主体の下段累層(T1層)、礫、砂、粘土が主体の呉羽山礫層(Kg層)、砂が主体の呉羽山礫層(Ks層)がトンネル断面内に出現する。当初の地質調査では、いずれの地層も豊富な地下水と被圧地下水を有しており、施工の際には砂礫層との層境での湧水に伴う基質部の流砂現象・礫部の抜け落ち・崩落などが懸念された。台地(中位段丘)の地表部には田畑のほか県道や市道があり、台地(低位段丘)の地表部には県道や市道のほか民家や墓地がある(図-2, 3)。

なお、平均土かぶり4mの区間(238m)は、上

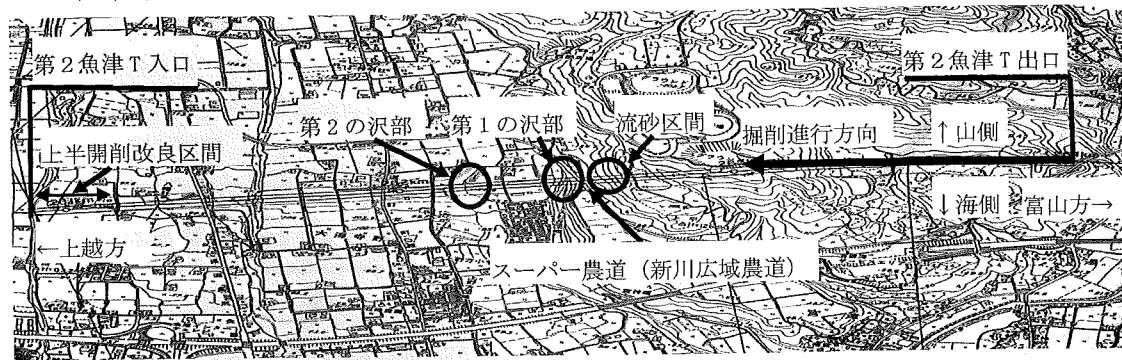


図-2 トンネル平面図

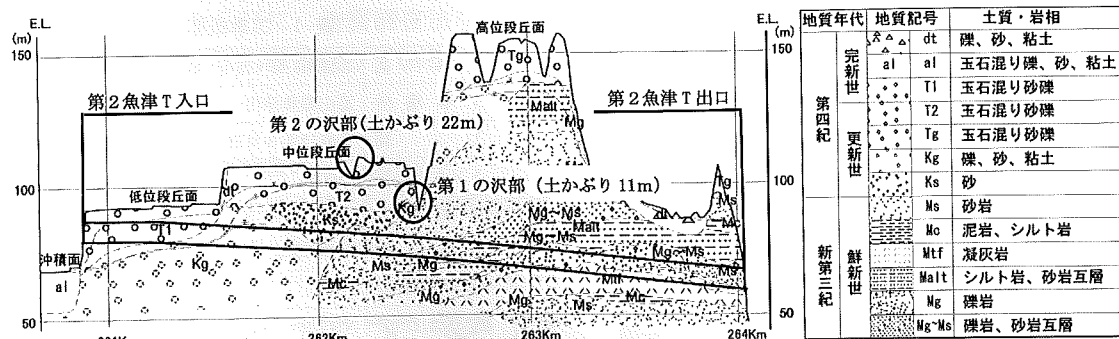


図-3 トンネル地質縦断面図

半部分を開削して地山改良した後に埋め戻し、NATMにより掘削する計画となっている。

4 第1の沢部手前で発生した流砂区間の施工

4-1 流砂の発生状況

第1の沢部手前において、上半山側根足部分から度重なる流砂現象が計4回生じた(写真-2)。この流砂現象による砂の流出量は1回あたり0.05~0.5m³であった。流砂区間(図-2)の地質は、細粒分含有率が高いが、含水比も高いことから飽和状態となっており、湧水により容易に流砂する地質

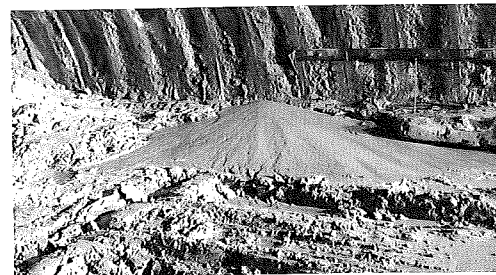


写真-2 砂の流出状況



写真-3 流砂区間の切羽状況



写真-4 補強工実施状況

であった(表-3)。とくにシルト層が上半脚部に出現した状態(写真-3)のとき、湧水とともに流砂現象が生じる結果となった。この影響によって脚部沈下量が管理基準値レベルⅢ(天端沈下42mm)を超える約90mmと激しくなり、脚部沈下とともに天端沈下も大きくなる共下がり現象が生じたが、ベアリングプレートや鋼製支保工、吹付けなどに変状は見られなかった。

4-2 流砂区間の対策

流砂現象があった地点においては、空洞により次第に地山が緩みさらなる変状を起こすことが懸念されたため、トンネル背面の注入を自穿孔ロックボルト(L=3.0m)により行った。また、根足部分からの流砂抑制として注入式FRPボルト(L=3.0m)を根足部分に打設して改良を行った。注入材は細粒分が多いため、低粘性型(ゲルタイム150±20s)の4倍発泡のシリカレジンを使用した。沈下抑制対策としては増しロックボルト(L=4.5m)や鋼製支保工をプレートおよびチャンネルによって連結を行い沈下を抑制した(写真-4)。

4-3 流砂区間以降の上半の対策

流砂区間(図-2)以降の上半掘削において、沈下による緩みから内空変位の増大が懸念されたため支保工のランクを125Hから150Hに変更した。また、上半脚部の沈下を防止するため鋼製皿板を上半支保工に敷設した。さらに、沈下の原因は上半根足部分の湧水に伴う流砂現象であったため事前に根足部分の注入をFRPボルト(L=3.0m)で上半掘削ごとに行うこととした。また、事前の沈下対策として随時鋼製支保工の連結を行うこととした。表-2に各対策工実施後の最大沈下量を示す。各対策工実施後は、事前に根足部分の流砂を防いだことや脚部の沈下対策を行ったことから大幅に沈下を抑制できた。

4-4 流砂区間以降の下半の対策

流砂区間はトンネル天端から約10m上方まで水位があり、下半掘削の際、流砂しやすい湧水を伴った緩い砂層が出現することから地下水位を下半部以下まで低下させるために坑内から以下の対策工を行った。

- ① 上半ウエルポイント(海側, 山側, L=4.0m)
- ② 短尺水抜きボーリング(上半山側側壁, FIT管, L=12.5m)
- ③ 自穿孔水抜きパイプ(上半山側, L=3.0m)
- ④ 短尺の水抜きボーリング(下半土平の山側からFIT管, L=15.5~21.5m)

また、下半の進行に合わせて下半ウエルポイント(海側, 山側, L=4.0m)を行って事前に水位を低下させインバート部掘削時の湧水を減少させた。また、下半掘削による沈下抑制対策としてインバートの仮閉合を行った。地上からのボーリング孔による地下水位ではトンネル周辺の正確な水位が把握できないため間隙水圧計を坑内から上半山側に

表-2 対策後の最大沈下量(上半掘削時)

対策工	天端沈下 (mm)	山側脚部沈下 (mm)
なし(125H)	80	90
150H	30	40
150H(鋼製皿板, 根足注入)	10	15

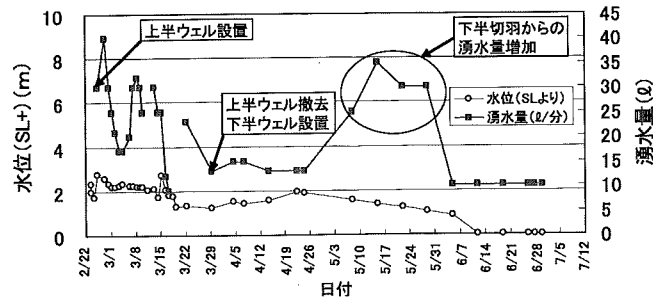


図-4 時系列ごとの水位、湧水量データ

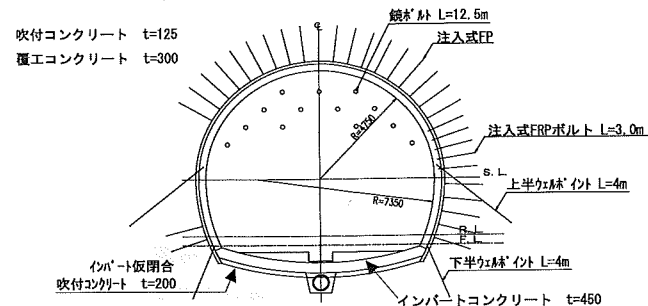


図-5 流砂区間対策工標準断面図

設置し、上半および下半で実施したウエルポイントの時系列湧水量と合わせて水位の管理を行った。その結果、ウエルポイントにより徐々に上半部の水位が低下していることが確認された(図-4)。

図-5に流砂区間以降に実施した対策工の断面図を示す。

流砂区間以降の切羽はある程度地下水位が低下していたため、以前のような流砂現象は生じなかったが、滴水程度で天端の肌落ち、鏡面の剥落などが生じていた。また、土かぶりも徐々に小さくなり、スーパー農道とも土かぶり27mで交差することから、天端は注入式フォアボーリング(L=3.0m、18.5本/断面)を毎切羽施工した。さらに、上半脚部の沈下対策として、150Hのウイングリブ付き鋼製支保工とともにフットパイル(L=3.5m)を上半根足部分に施工した。

5 第1の沢部直下の施工

5-1 沢部付近の地質と管理基準の設定

スーパー農道直下を通過後、さらに土かぶりが小さくなる第1の沢部(図-6)は丘陵

地と台地(中位段丘)の境界に位置し土かぶり約11mでトンネルと交差している。沢部付近の地質概要を表-3に示す。地質は新第三紀鮮新世後期の砂岩であるが、含水比が32.8%と高く、飽和状態となっており、一軸圧縮強度も小さく指圧で崩れる未固結な地質となっている。透水係数は 1.6×10^{-4} cm/sと小さく、透水性は低いが湧水を伴った場合容易に流砂する地質であった。

5-2 沢部の管理基準と対応策

沢部手前で発生したような激しい沈下によって地山が緩み沢水の流入による天端からの突発湧水と切羽崩壊が懸念されたため、沢部における管理基準の再設定を行った。表-3の変形係数と一軸圧縮強度から限界ひずみによる方法によって許

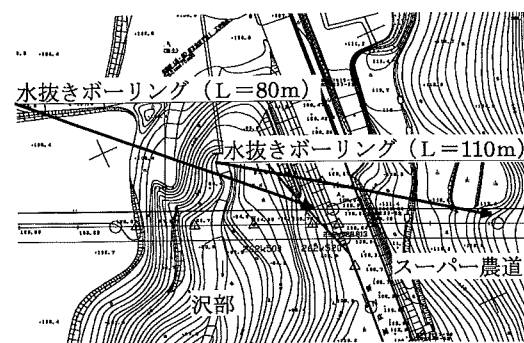


図-6 第1の沢部付近の地形

表-3 流砂区間および沢部付近の地質概要

位置	地山物性 (細粒分含有率%)	含水比 (%)	均等係数	変形係数 (kN/m ²)	一軸圧縮強度 (kN/m ²)	透水係数 (cm/s)
流砂区間	39.0	28.1	45	213,600	—	2.22×10^{-4}
沢部付近	56.6	32.8	22	87,400	116~193	1.6×10^{-4}

表-4 各管理レベルの変位量および対応策

管理レベル	天端沈下(mm)	内空変位(mm)	対応策
I	16.1	32.1	計測頻度強化
II	32.1	64.2	仮インバート、脚部補強工の検討
III	48.2(60%)	96.4	工法変更などの検討
最終管理値	80.25	160.5	

※()内は最終管理値に対する百分率

容変位を算出し比較した。その結果、許容変位量の小さい変形係数から求めた許容値を最終管理値として管理することとした(表-4)。なお、管理レベルI、IIはそれぞれIIIの1/3、2/3としている。

5-3 対策工の選定

沢部直下の地質状況を踏まえて、以下の3点から対策工について検討した。

- ① トンネル掘削サイクル内で行う坑内からの対策工(先受け工、水抜き工、ウエルポイント)
- ② 坑外(地上)から行う対策工(河川防護・止水注入、ディープウエル)
- ③ ①、②を併用する対策工

②の坑外からの湧水対策として地上からのディープウエルも検討したが、透水係数が 10^{-4} cm/sのオーダーであり、十分な効果が得られないことや地形的に施工が困難であることから坑内からの湧水対策を実施することとした。同様に地上からの止水注入も検討したが、細粒分が56.6%と多いことから注入材の浸透性が低いこと、コストがかかることから坑内からの先受け工により沢部からの湧水を防止することとした。今回の対策にあたっては以上の点から③を選択した。

5-4 沈下予測と坑内からの補助工法選定

沢部直下を掘削した場合、地山が緩み、亀裂が発生しトンネル坑内に沢部周辺の浸透水と砂を引き込み、大規模な崩落を誘発する可能性があった。そこで、事前に2次元FEM解析を行い、地表面沈下量、天端沈下量、脚部沈下量を求め、対策工を検討することとした。表-5に解析ケースを示す。インバート掘削後の地表面沈下に対する対策工の効果は無対策と比較して、AGFを併用した場合、ウイングリブで21%、上下半仮インバート工で32%の抑制効果を示している。また、天端沈下、脚部沈下についてもAGFを併用した場合、ウイングリブでそれぞれ26%、38%、上下半仮インバート工でそれぞれ35%、40%の低減効果を示している。これらの効果より、ウイングリブおよ

表-5 解析ケース

解析ケース	AGF (上半120°)	ウイングリブ	上下半仮 インバート
CASE 1	なし	なし	なし
CASE 2	あり	なし	なし
CASE 3	あり	あり	なし
CASE 4	あり	なし	あり

表-6 解析結果

解析 ケース	上半支保工設置後			インバート掘削後			
	地表面 沈下 (mm)	天端 沈下 (mm)	脚部 沈下 (mm)	地表面 沈下 (mm)	天端 沈下 (mm)	脚部 沈下 (mm)	内空 変位 (mm)
CASE 1	32.2	42.2	22.6	38.8	50.9	41.3	49.5
CASE 2	28.4	35.6	22.4	33.8	42.1	36.3	37.2
CASE 3	26.1	32.3	14.2	30.5	37.5	25.6	16.6
CASE 4	27.7	34.7	19.6	26.5	33.1	24.9	16.5

び上下半仮インバート工が沈下対策として有効であることがわかった。沢部においては天端崩落防止としてAGF、脚部沈下による緩み抑制対策として、ウイングリブ、下半仮インバート工を採用することとした。

5-5 坑内からの対策工実施状況

湧水対策として沢部の手前から計2本(L=110、80m)の長尺の水抜きボーリングを実施し(図-4)、事前に沢部付近の地質確認と地下水位低下を行った。湧水量は最大で約50 l/分であり、L=110mのボーリングではほぼ沢部直下の湧水量を減少させることができた。天端部からの湧水による崩落防止対策としてAGF工法を5シフト、7m(ラップ長5.5m)ごとにφ114.3mmの鋼管L=12.5mを22.5本/断面打設した。注入材は低粘性型のシリカレジンを使用し、注入量は約136kg/本と設定した。また、鏡面も頻りに肌落ちが生じていたため、FIT工法を5シフト、7m(ラップ長2.5m)ごとにφ76mmのGFRP管L=9.5mを9本/断面打設した。注入材は同じくシリカレジンを使用し、注入量は約200kg/本と設定した。また、脚部の沈下対策としてウイングリブ付き鋼製支保工200Hを使用し、あわせてフットパイル(L=3.5m)を上半脚部に海側、山側1本ずつ打設し、脚部の補強を行うこととした。沢部直下の早期閉合対策として上下

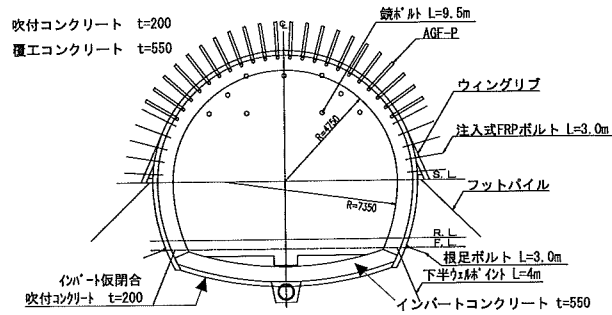


図-7 沢部直下の標準断面図

半の仮インバートを検討したが、沢部手前で実施した下半仮インバートのみで沈下抑制が可能であったため下半の仮インバート(吹付け厚20cm)のみを行うこととした。なお、ベンチ長は常に20~40mとし、上半を20m掘削した後下半を20m掘削する交互併進を行った(図-7)。

5-6 坑外からの対策工

本沢は、毎分5t/分程度流れており、事前に沢部から地山への水の浸透を防止するための対策工を比較検討した(表-7)。河床対策や河川改修を行った場合、施工時期が冬季に差し掛かっており、雪によって施工が困難となることから本沢においては短期かつ、工費も安い対策工として沢部切り廻し(河床対策なし)を選択した。沢部直下に切羽が到達する前に高密度ポリエチレン管(延長45m、管径800mm)で切り廻しを行い沢水の流入を防ぐこととした。

表-7 主な河川防護工の比較

	河川切り廻し (河床対策なし)	河川切り廻し (河床対策あり)	河川防護 (布製型枠)	河川改修
概要	上流側の締め切りにより、河川水をプレスト管で下流部に切り廻す	上流側の締め切りにより、河川水をプレスト管などで下流部に切り廻し、万一の越流に備え切り堤、河床部を吹付けモルタルで補強する	河川を布製型枠(ファブリフォーム)で一時的に防護し、河川水を地盤内へ透水させない	河川を三面水路などで改修し、河川水を地盤内に透水させない
安全性	万一越流した場合、トンネル内に河川水が流入する可能性がある	万一越流した場合でも、トンネル内に流入の可能性はほとんどない	設置期間は、トンネル内に河川水が流れ込む可能性はない	トンネル内に河川水が流れ込む可能性はない
環境	現状の河川断面を損なわない。復旧後も景観を維持できる	吹付けは撤去できないので、周辺環境には大きな影響を及ぼす	復旧後も景観を損なうことがない(ファブリフォームは撤去しやすい)	現状の河川断面とは異なる。永続的な構造とするため、景観が以前とは異なる
施工期間	短期			長期
経済性	費用小			費用大

5-7 施工結果

沢部直下では、事前の水抜きボーリングなどの湧水対策とAGF、フットパイルなどの補助工法により無事通過することができた。計測結果は、天端沈下量は上半通過時に約10mm、下半通過時には約30mmとなり、脚部沈下量は上半通過時に10mm、下半通過時に43mmとなったが、その後はいずれも収束傾向となった(図-8)。内空変位は上半通過時で約6mm、下半通過時で約32mmとなりその後は収束傾向となった。地表面沈下量は上半通過時に約26mm、下半通過時に約47mm、最大で63mmとなった。

沢部直下通過後の地上の状況は、事前の切り廻しにより沢水のトンネル坑内への引き込みを防止

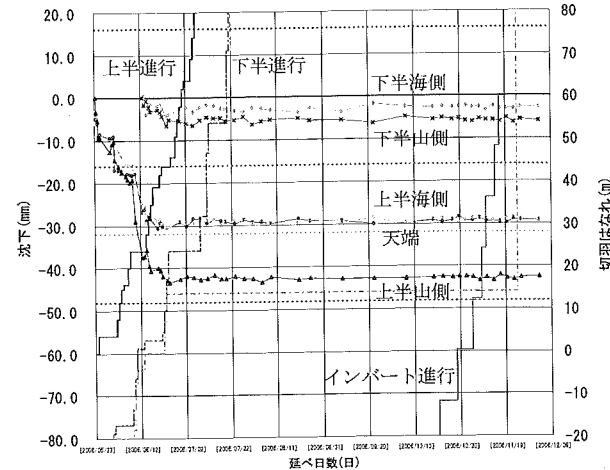


図-8 第1の沢部直下の計測結果

したことや坑内からの補助工法により地表面の変状は生じなかった。

6 第2の沢部直下の施工

6-1 沢部直下の地質および施工状況

第2の沢部は、台地(中位段丘)にあり、土かぶり約22m程度でトンネルと交差しており、現在は約3~4m盛土されている。この沢部直下では新第三紀の地質であるMs層(含水比30.7%、細粒分39%)と第四紀の地質であるKs層、Kg層との境界部分となっており非常に不安定な地質となっている(図-3)。とくにKg層とKs層との境において探り削孔(FIT管、L=21m)によって水とともに砂が15l/分流出するなど、トンネル掘削時の山側天端部からの湧水とそれによる切羽の崩壊が予想された。そのため、事前にAGF工法を7m(ラップ長5.5m)ごとにφ114.3mmの鋼管L=12.5mを22.5本/断面打設し、事前に注入し天端からの流砂を防止した。

当初、AGF工法のみで上半を掘削していたが、鏡面から、厚さ10cmの吹付けコンクリートを突き破って土砂が約10m³流出した。このため、鏡面の崩落を防止させるため、FIT工法を10m(ラップ長2.5m)ごとにφ76mmのGFRP管L=12.5mを13本/断面打設し鏡面の崩落を防止した。

6-2 変状発生状況とその対策

上記のような工法で切羽を進めていたが、上半通過後約10m後方の沢部直下において、厚さ15cm吹付けコンクリートにクラック(最大の開き20mm)が上半山側側壁部8m間に6本生じた。その際にベアリングプレートや鋼製支保工自体に変形などは見られなかったが、計測値は脚部沈下量で日変位量約20mmとなり、急激に変位量が大きくなった。このため、増し吹付けコンクリートを実施したが、半日後の変位量が33mmに拡大し累計65mmとなった。その後、増しロックボルト(L=4.5m)の打設、プレートによる鋼製支保工同士の連結、根足ボルト(L=3.0m)の打設、湧水に伴って流砂しているロックボルト孔の周辺に中空ボルト(L=3.0m)により注入を実施した(写真-5)。これらの

対策を実施した結果、脚部沈下量は最大で107mmとなったが、変位速度が減少し、収束傾向となった。最終的な追加の沈下抑制対策として上半仮インバート(吹付け厚25cm)を実施した結果、沈下量は119mmとなりほぼ収束した(図-9)。

変状発生直後から直上の沢部について監視を行っていたが異常は見られなかった。また、沢部付近の地下水位も変化していなかった。この変状区間についてはトンネル背面の緩みが広がっている可能性があることから、亀裂に対して懸濁型水ガラス注入材(LW)により裏込め注入を行うこととした。注入は坑内から実施し、後の縫い返し作業に支障させないため、FIT管(L=5.5m、山側計27本)を使用し、注入量は550l/本と設定した。また、上半部の水位を低下させるため、上半ウエルポイント(L=4.0m、山側計15本)を実施したが、湧水量は下半部の地質が細粒砂層であり透水係数が低かったため1本あたり1l/分となり、水位

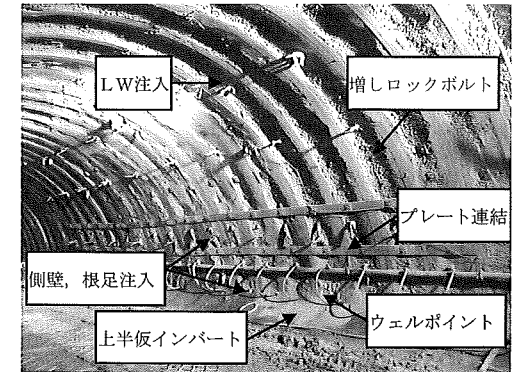


写真-5 補強工実施状況

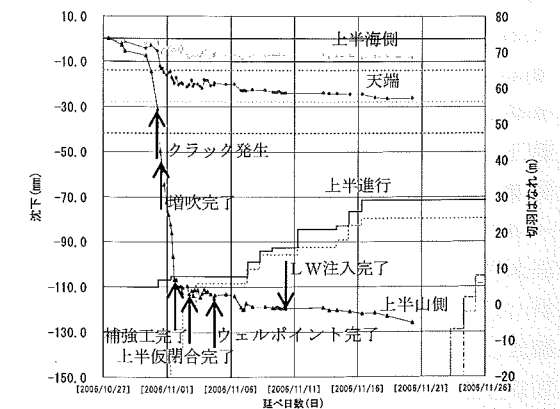


図-9 第2の沢部直下の計測結果

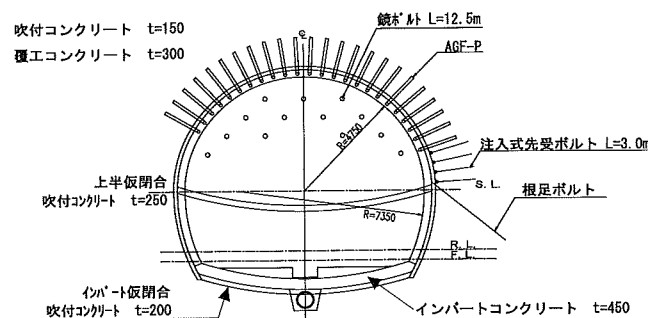


図-10 変状区間以降の標準断面図

を完全に下げることはできなかった。

変状区間以降も湧水を伴った砂層(Ks層)が切羽付近に出現し、天端崩落の危険性があるため上半掘削再開時に以下の補助工法を実施することとした(図-10)。

(1) 変状発生前に実施していた補助工法の継続

- ① AGF工法(L=12.5m, 24.5本/断面, ラップ長5.5m)
- ② FIT工法(L=12.5m, 13本/断面, ラップ長2.5m)

(2) 変状区間以降の上半で実施する補助工法

- ① 根足ボルト(L=3.0m, 山側1本)
- ② 上半支保工に鋼製皿板敷設
- ③ 上半仮インバート(吹付け厚25cm)

(3) 変状区間以降の下半で実施する補助工法

- ① 下半仮インバート(吹付け厚20cm)

7 ま と め

本トンネルの地質は、未固結の砂・シルト・礫層であり、切羽進行方向へ緩やかに傾斜した互層である。また、シルトなどの不透水層の影響で、切羽付近での湧水による天端からの肌落ち、脚部からの流砂現象が生じやすい地質構造であった。以下に施工結果をまとめる。

第1の沢部手前で発生した流砂現象には根足ボ

ルトによる注入、脚部沈下対策には、鋼製支保工のプレート連結および増しロックボルト、下半掘削時の湧水対策としては、ウエルポイントが効果的であった。第1の沢部では、脚部沈下対策としてウイングリブ付き鋼製支保工、フットパイル、下半仮インバートを併用することで変位抑制を行うことができた。

第2の沢部では、変状発生後の補助工法として根足ボルトが有効であり、脚部沈下対策としては上半仮インバートによる早期閉合が効果的であった。両沢部では、切羽崩壊対策として、AGF工法とFIT工法を併用し、無事通過することができた。

8 お わ り に

現在、切羽は、第四紀の砂礫層(Kg層)を掘削中であるが、今後、台地(低位段丘)において、土かぶりが4~12mとなり、地下水が豊富な第四紀の下段累層(T1層)を掘削することにより、突発湧水が生じる危険性があることから、地下水位低下工法の検討が必要となる。今後とも、切羽状況、計測状況などを監視しながら、施工を進め平成20年度の貫通を目指したい。

最後に、本トンネルを掘削するうえでご協力をいただいた各関係機関の方々に感謝の意を表したい。

参 考 文 献

- 1) 日本鉄道建設公団：NATM設計施工指針，pp.196-197, 1996.2.
- 2) 松野徹・山道哲二：台湾新幹線プロジェクトにおける山岳トンネルの設計・施工，台湾高速鉄道 C210・C215工区，トンネルと地下，Vol.37, No.1, pp.7-18, 2006.1.

施工

付加体脆弱地質を切羽補強工で克服

—第二東名高速道路 引佐第二トンネル—

中日本高速道路(株)横浜支社浜松工事事務所工事長 白田 芳彦

中日本高速道路(株)横浜支社建設事業部企画統括チームチームリーダー 田中 一

清水建設・戸田建設・大日本土木共同企業体所長 神澤 幸治

清水建設・戸田建設・大日本土木共同企業体工事課長 平野 宏幸

1 は じ め に

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

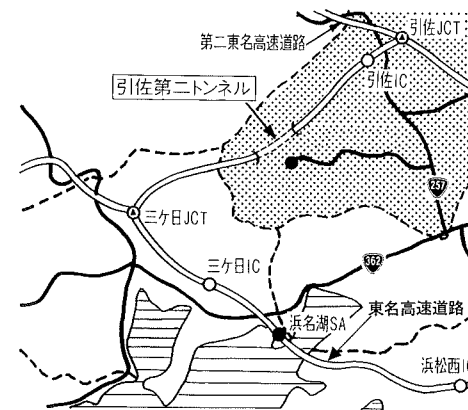


図-1 位置図

引佐第二トンネルは、南北の両坑口が大規模な地すべり地帯に位置していたので、地すべり対策工に加えて、数多くのトンネル対策工を採用してトンネルの緩みを抑制し、地すべりに及ぼすトンネル掘削の影響を極力抑えた^{1),2)}。

トンネル中央部は、付加体特有の脆弱地山であったため、切羽崩壊が多発し、大規模な切羽補強工が必要であった。

本稿では、トンネル中央部で実施した、切羽補強工、変位抑制方法およびトンネルの計測結果を報告するとともに、付加体脆弱地質におけるトンネル施工の特徴について述べる。

2 地形・地質概要

引佐第二トンネルは、御荷鉾帯と秩父帯の境界付近に位置し、両者は御荷鉾構造線とよばれる断層で接している。御荷鉾帯は、御荷鉾緑色岩類からなり、関東山地の御荷鉾山周辺をはじめ、三波川変成帯と秩父古生層帯との境界に分布し、低変成度の塩基性岩であり、最近ではジュラ紀後期~白亜紀前期の海底火山活動の産物であると考えられている。トンネル周辺は輝緑岩を主体とし、片理が発達した片状部分や局部的に蛇紋岩化した部分が認められる。また、塩基性の凝灰角礫岩などが挟在し、これらの分布は一様でなく混然として

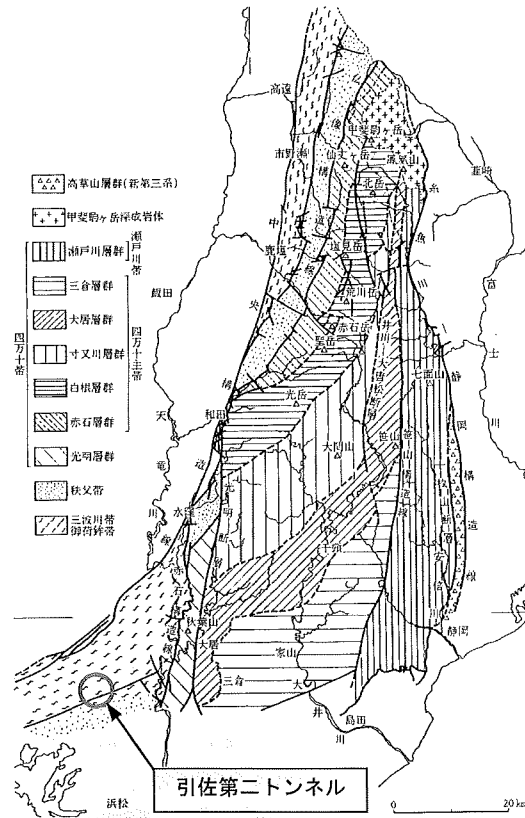


図-2 地質図

いる(図-2)。

秩父帯は粘板岩・チャート・輝緑凝灰岩などで構成されている。秩父帯と御荷鉾帯の境界である御荷鉾構造線は、起点側坑口付近よりNE-SW方向へ伸びるものと推定され、トンネル計画線上には秩父帯の地層は分布していないが、御荷鉾緑色岩類が広く分布し、この基盤岩を覆って沢部や山麓部には未固結な崖錐堆積物が分布する。また、一部には盛土や採石場のずりなどの人工土が分布する。

3 トンネル中央部の工事概要

トンネル中央部は土かぶり27~74mで、事前の調査ではおおむね弾性波速度4~5 km/sの地山等級B~CIIに区分される中硬岩~硬岩と推定されていた。また、地質的には塊状の輝緑岩を主とし、ところどころに片理の発達した片状岩(塩基性凝灰岩)が見られ、局所的に蛇紋岩化している

表-1 事前調査結果一覧表

岩石の密度	2.6~3.0g/cm ³ (平均2.92g/cm ³)
岩石の圧縮強度	29~198N/mm ² (平均67N/mm ²)
岩石の引張強度	13~22N/mm ² (平均9 N/mm ²)
地山の弾性波速度	4.3~5.1km/s
地山の变形係数	740~1,700MPa
平均的岩盤の透水係数	1×10 ⁻² cm/s

が、これらは一括して「輝緑岩」と表現されていた。事前調査結果の一覧を表-1に示す。

上記の事前調査結果を踏まえて原設計では、トンネル中央部の支保パターンにCI~CIIパターン(一部土かぶりの小さい区間はDIパターン)が採用されていた。しかし、実施工では、トンネル中央部の地質は輝緑岩に蛇紋岩や水冷破碎岩が介在する付加体のメランジュであり、部分的に粘土化著しい破碎帯であった。このため、切羽の自立度が著しく低く、ほぼ全線にわたってDIIパターンで、補助工法なしでは切羽の自立が確保できず、掘削は困難をきわめた。切羽崩壊防止の補助工法には、数種類の切羽補強工を採用したが、GFRP管による切羽補強工(FIT工法)がもっとも有効であった。また、トンネルの変位抑止にはインバートストラットによる早期閉合が効果的であった。

4 下り線トンネルの施工

先行する下り線トンネルは、北坑口部の地すべり区間を抜けた後、トンネル中央部に入り比較的良好な地山状況となった。岩片は硬質であったが多数の節理が発達し、鏡からの肌落ちが懸念されたため、原設計はCIパターンであったがDIパターンに鏡吹付けコンクリートを併用することで



写真-1 切羽崩壊状況(TD=706m)

掘削を行った。当初は鏡吹付けコンクリートにより切羽は安定し、トンネル変位も10~20mm程度であったが、TD=706m(STA.71+62)付近から地山状況が一変し、鏡吹付けコンクリートを施工していたにもかかわらず、切羽中央部の不連続面を境に約10m³に及ぶ大規模な切羽崩壊が発生した(写真-1)。その後の切羽は自立度が著しく低く、トンネル変位は最大150mmに達したため、切羽崩壊防止の補助工法およびトンネル変位抑制工を採用しながらの施工を余儀なくされた。この脆弱地山は到達側の南坑口まで続いた(図-3)。

4-1 切羽前方探査

TD=706mでの切羽崩壊は、輝緑岩主体の地山から破碎帯への変化点であり、この破碎帯は事前調査で予測されていなかった。また、DIパターンで掘削した区間は、事前調査では弾性波速度が5.0km/s以上あったにもかかわらず、切羽は節理が発達し肌落ちが多く、硬岩と呼ぶには程遠い軟岩であった。このように、事前調査結果と実際の地山状況に大きな相違があることから、付加体地質である当該地山は通常の地山と異なり、地質構成が複雑であるため、坑内切羽から詳細な地質調査を実施する必要があると判断した。よって、切羽前方探査方法として、一般的な切羽からの水平ボーリングのほかに、以下に示すような高精度弾性波探査を実施した。

高精度弾性波探査は、地盤に層構造を仮定する従来の弾性波探査(はぎ取り法)と異なり、トモグラフィ解析を行うもので、急激に層厚さが変化したり、深度とともに速度値が徐々に増加する地盤構造であっても高精度の解析が可能である。また、地表だけでなく測線上のボーリング孔やトンネル坑内で受振または起振させ、そのデータを解析に利用できる。このことから、複雑な地盤構造でも調査を行うことができ、当該地質のように弾性波速度と地山状況が一致せず、従来の弾性波探査では確認できなかった局所的な破碎帯の可視化に、高精度弾性波探査は有効と考えた。

図-4に下り線トンネルで実施した高精度弾性波探査の結果を示す。弾性波速度が速度コンターで

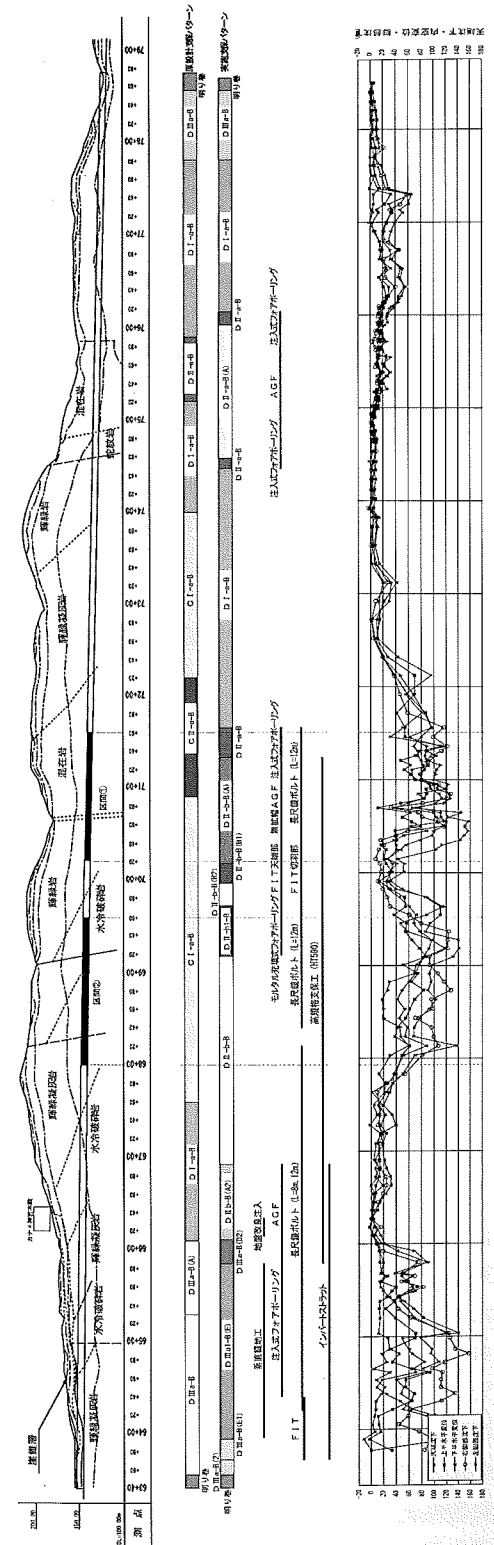


図-3 下り線トンネルの変位状況

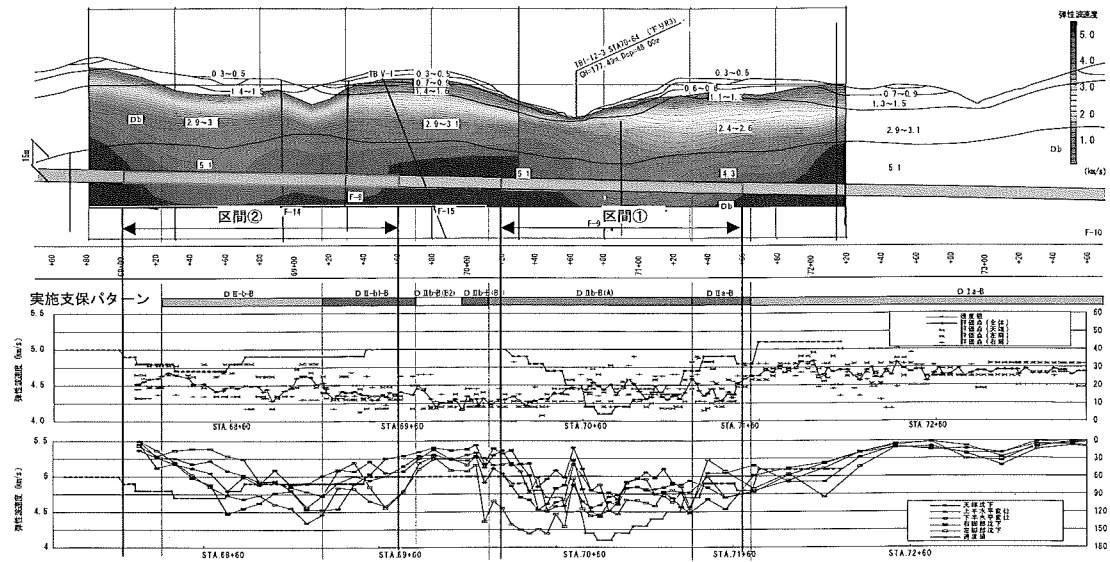


図-4 高精度弾性波探査結果とトンネル変位状況

表現されて見やすく、区間①(STA.70+20~71+60)と区間②(STA.68+00~69+60)に速度値の落ち込みがあり、この速度値の推移は切羽評価点および変位状況の推移とよく一致した。また、当該地質は事前調査で一括して輝緑岩となっていたが、地表踏査を実施したところ区間①付近は混在岩の破碎帯、区間②は水冷破碎岩と判定され、実際の切羽状況と一致した。また、トンネル掘削部の速度値の最低値は区間①で4.2km/sであり、事前調査で得られていた最低値4.3km/sとほぼ同じであった。この速度値は、一般的な輝緑岩で考えると地山等級CⅡに対応するが、実際は補助工法なしでは掘削ができないDⅡ地山であり、地山等級は2ランク以上低下する。このように当該地山では、弾性波速度の相対関係は地山状況と一致するが、絶対値と地山状況は大きく異なることがわかった。この弾性波速度の絶対値と地山等級の対応は、付加体地質におけるトンネル施工で近年報告されているものと同様の傾向を示し、不一致である³⁾。

4-2 トンネルの対策工

脆弱地山では、トンネルの緩みが大きく、トンネルに塑性土圧が作用して大変形に及ぶことが多い。引佐第二トンネルにおいても計測結果からト

ンネルの緩み範囲は、トンネル天端で最大12m以上に及んだ(図-10)。したがって、トンネルの変状を抑制する方法として、掘削後の支保部材だけで対応するのではなく、切羽前方地山を補強・改良して先行変位を抑制し、掘削後は早期に閉合を行い、トンネルの周辺地山の緩みを最小限に抑えることで、トンネルに作用する緩み土圧の低減を図ることを基本とした。

4-2-1 切羽補強工

当該地山は切羽の自立度が著しく低く、前述したTD=706mの切羽崩壊だけでなく、下り線のトンネル中央部だけで、切羽崩壊が7回発生した。よって、切羽状況に応じて数多くの切羽補強工を実施した。切羽補強工は、通常切羽の安定を確保し、切羽崩壊などを防止するために実施される。最近イタリアなどで提唱されているADECO-RS⁹⁾では、塑性挙動を示す地山において切羽前方地山を長尺鏡ボルトなどで補強・改良することでトンネル変位が抑制され、支保工に作用する荷重が小さくなり、これにより支保工の低減が図れる(以下、「支保の低減効果」という)とされている。上述したように、引佐第二トンネルではトンネル掘削による緩みが大きく、緩み領域の地山が塑性化することから、切羽補強工を実施することによ

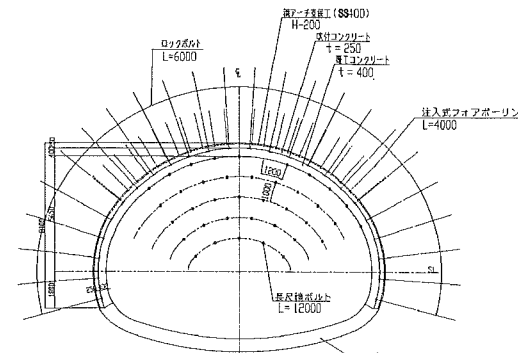


図-5 支保パターン図(DⅡ-a-B)

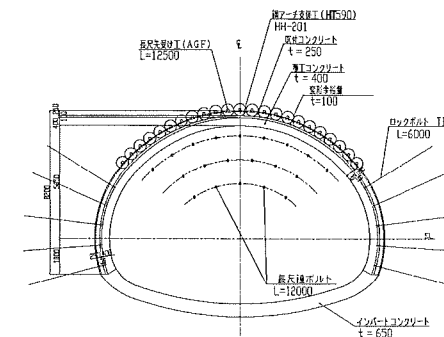


図-6 支保パターン図(DⅡ-b-B(A))

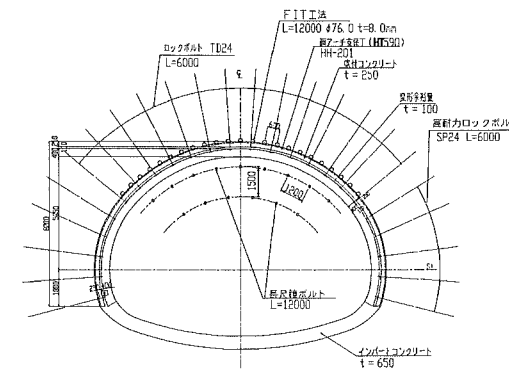


図-7 支保パターン図(DⅡ-b-B(B2))

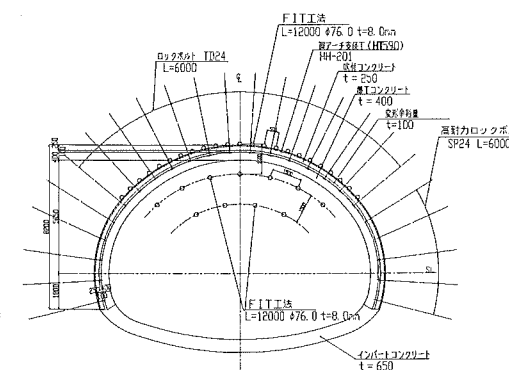


図-8 支保パターン図(DⅡ-b-B(B1))

り「切羽安定効果」だけでなく「支保の低減効果」も期待した。

TD=706mでの切羽崩壊直後は、切羽に長尺鏡ボルト(グラスファイバー製中空ボルトφ32, L=12m)を切羽進行9mごとに43~20本打設し、天端に注入式フォアポーリング(鋼製中空ボルトφ32, L=4m)を切羽進行2mごとに23本と24本の千鳥配置で打設した(図-5)。注入材は試験施工を実施し、もっとも注入効果が良好であったシリカレジンを採用した。その後、天端の安定に不安があったため、注入式フォアポーリングに替えて無拡幅AGF(φ114.3, t=6, L=12.5m)を採用した(図-6)。長尺鏡ボルトと無拡幅AGFの採用で、切羽および天端の安定が確保され安全に施工できた。また、シリカレジンは当該地山への適合性は高く、岩盤固結に効果を発揮し、ボルト間の地山の抜け落ちを防止した。ただし、AGF施工区間はトンネルアーチ部120°範囲にAGF鋼管があるため、アーチ部ロックボルトの打設が不可能となる。当該地質はトンネル上方の緩みが大きく、少なくともトンネル天端の12m上方から地山が動いていることが明白であり、トンネル天端部のロックボルトによる地山補強が重要と考えた。そこで、天端安定対策としてFIT工法(GFRP管φ76, L=12.0m)を採用し、天端の安定を確保しながら天端部のロックボルトの施工を可能にした(図-7)。FIT工法は、二重管削孔で打設しGFRP管の中で分室注入ができるため、先端注入の鏡ボルトより注入効果が期待できた。よって、切羽部の安定対策にも採用し、切羽状況に応じてFIT工法と鏡ボルトを使い分けて採用した(図-8)。

これらの対策工を採用した結果、TD=706m以降、部分的な切羽崩壊はあったが、その都度地山状況に応じた切羽補強工を採用することで大きな切羽崩壊を防止できた。

4-2-2 変位抑制工

トンネル変位はTD=706mの切羽崩壊以降増大し、最大150mm(脚部沈下)発生した(図-9)。また、既施工区間のロックボルトの破断、座金の変形が発生し、吹付けコンクリートにクラックが発生し

た(写真-2)。さらに、B計測を実施して吹付けコンクリートおよび鋼アーチ支保工に発生する応力を測定した結果、吹付けコンクリートに発生する応力は設計基準強度以下であったが、鋼アーチ支保工に発生する応力はSS400の降伏応力を超えた(図-10)。これらのことから、トンネルに大きな

土圧が作用することにより変位が増大していることが推察された。

この大変形区間のトンネル支保構造と施工方法として、変形余裕を設け変位状況に応じてインバートによる断面閉合を実施した。インバート形状は原設計で隅角部半径が1.5mであったが、構造解析を行ってTD=727m以降は隅角部半径2.0mに変更し、より力学的に有利な構造とした(図-11)。

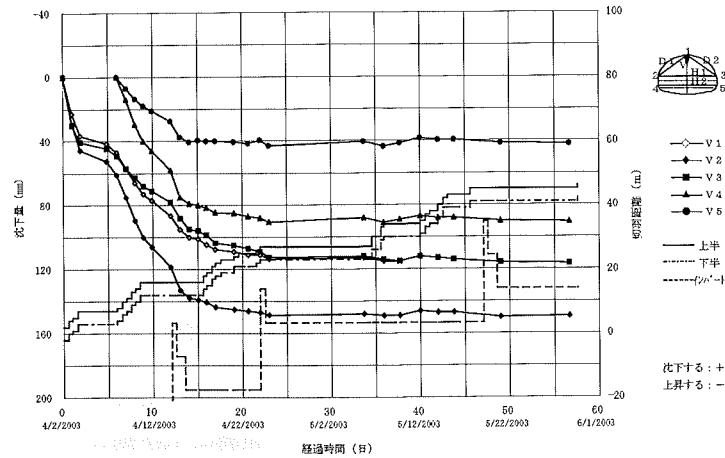


図-9 下り線A計測結果(区間①)

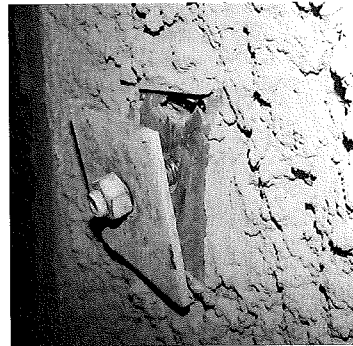


写真-2 既施工区間の変状状況

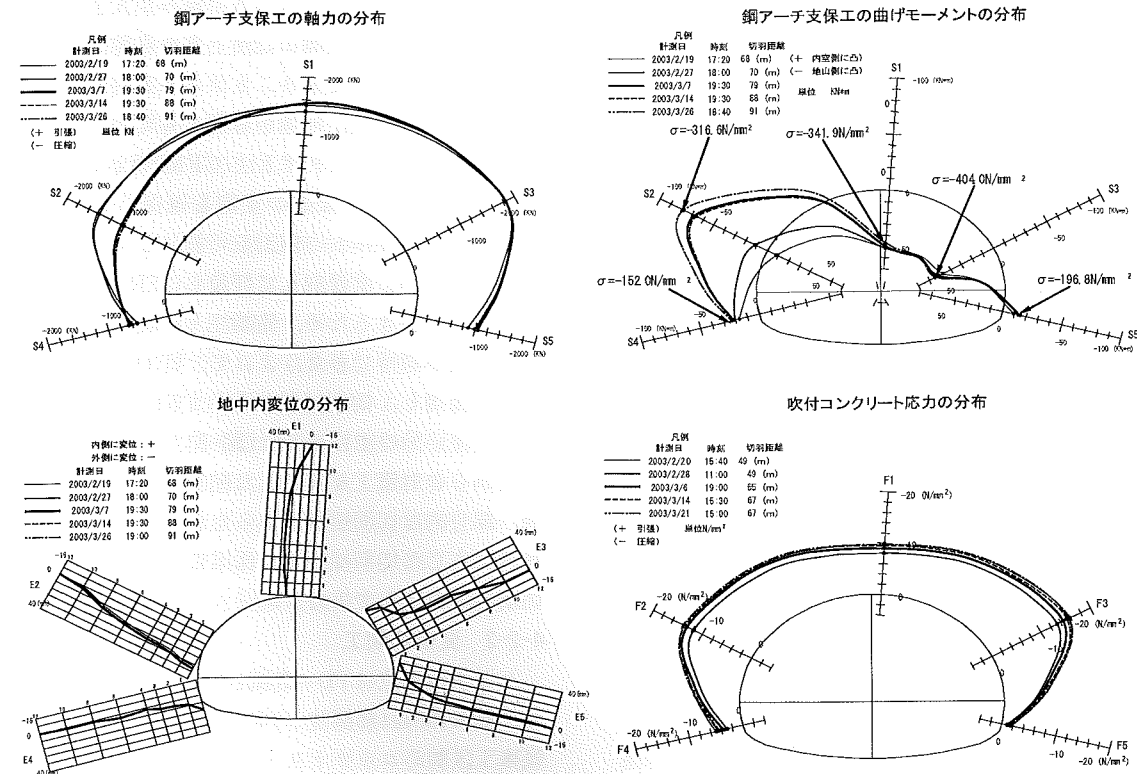


図-10 下り線トンネルのB計測結果(区間①)

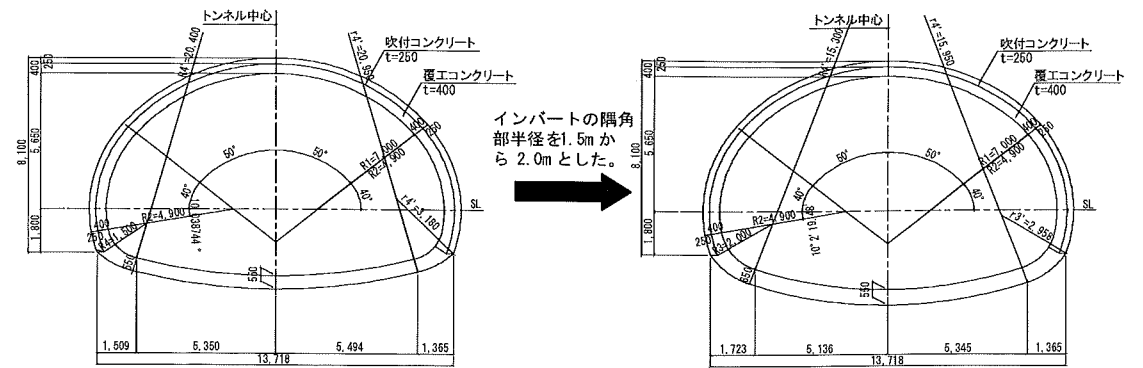


図-11 インバート形状の変更

また、支保部材の耐力を上げるために、ロックボルトを高耐力ボルト(SP24)に、鋼アーチ支保工を高規格支保工(HT590)に変更した。

以上の変位抑制工の適用により、変形余裕(10cm)の範囲内に内空変位を抑制することができ、縫い返しをすることはなかった。しかしながら、インバート閉合は、施工性を考慮して3週間で切羽を50~55m進め、その後1週間でインバートを5スパン(52.5m)施工したため、閉合までに約1か月を要し、最終変位量は脚部沈下で最大140mmであった。

5 上り線トンネルの施工

後行の上り線トンネルは、先行する下り線トンネルの施工状況から地山物性および当該地山に有効な対策工が把握できていたので、図-12に示す対策フロー図に沿って施工した。

5-1 施工状況

上り線も北坑口部の地すべり区間を抜け、比較的良好的な地質が続いた。その後、下り線と同様に混在岩の破碎帯が切羽に現われ、切羽状況は一変し、切羽補強工なしでは掘削できない不良地山となった(図-13)。

上り線は、トンネル中央部の土かぶり高が27~50mで下り線(土かぶり高40~60m)より小さいため、

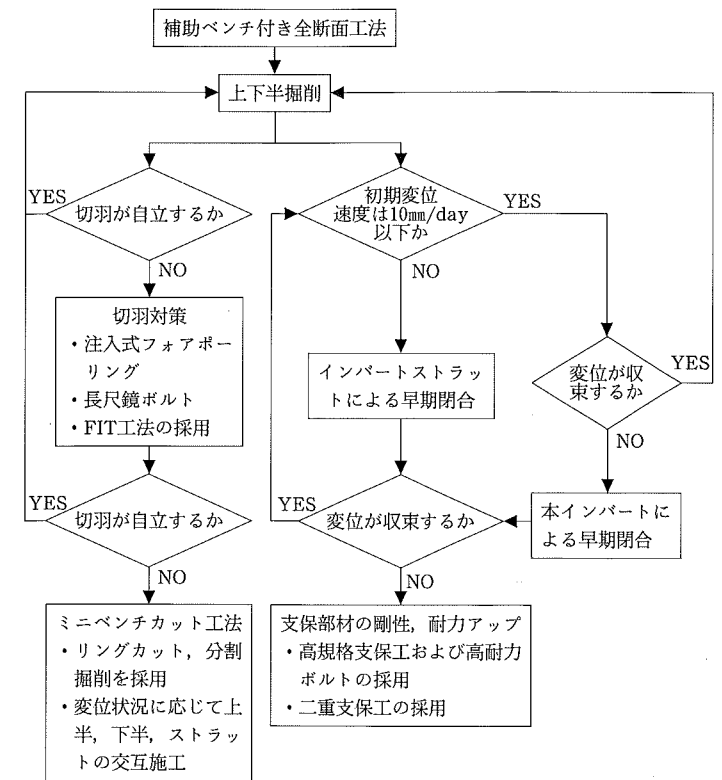


図-12 上り線トンネル対策フロー

地山条件が同じであればトンネル変位は下り線より小さいと推測していた。しかし、混在岩の破碎帯(区間③)に入ると初期変位速度40mm/dayの変位が発生し、直ちにインバート閉合を実施したにもかかわらず、最終変位は250mmに達した(図-14)。変位モードは、図-15に示すとおり極端な沈下卓越モードであり、下り線の変位状況と全く異なっていた。

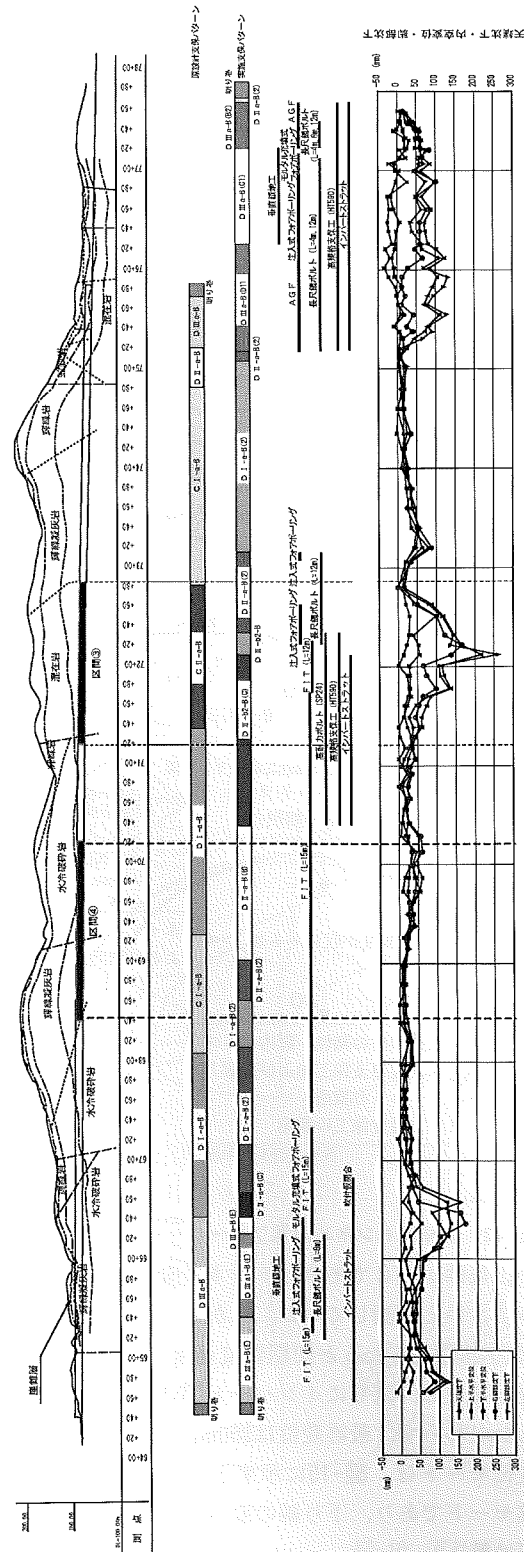


図-13 上り線トンネル変位状況

5-2 トンネルの対策工

トンネル対策工の基本的な考え方は下り線と同じで、切羽を補強して補助ベンチ付き全断面工法で掘削し、早期閉合を行った。地質の情報は下り線の施工状況で把握できていたため、迅速な対応が可能であった。

5-2-1 切羽補強工

上り線は切羽補強工として、天端に注入式フォアポーリング、切羽に長尺鏡ボルトを採用した。その後、切羽崩壊が2度発生したため、天端部および切羽部ともに下り線で実績のあったFIT工法を採用した。上り線で使用したFIT工法は、下り線で使用したものを更に改良を加えてGFRP管のジョイント部を補強し、15m打設を可能にした。この改良型GFRP管(φ80, L=15.0m)を図-16に示すパターンで打設した。打設は注入効果をより確実にするため、A, C列を打設後、6m掘進してB列を打設し、また6m掘進してA, C列を打設する手順で実施した。

以上の切羽崩壊対策の結果、切羽は安定し切羽崩壊はなかった。また、地形・地質条件がほぼ同一の下り線の区間②と上り線の区間④を比較すると、鏡ボルトを採用した区間②ではトンネル変位が最大140mm発生し高規格鋼アーチ支保工が必要であったが、FIT工法を採用して切羽の安定を確保した区間④ではトンネル変位が20~60mmで高規格のものは必要なかった。これは、切羽補強工による支保の低減効果であると考えられる。

5-2-2 変位抑制工

下り線では、インバート閉合により変位を抑制したが、上り線の変位速度は40mm/dayを超え、本インバートで対応していたのでは内空断面を侵してしまう。また、本インバートによる閉合では下半の根足を1スパン(通常10.5m)掘削し、翌日コンクリート打設となるため、沈下卓越の変位モードではインバート掘削時に変位を促進させることが懸念された。よって、インバートストラットによる断面閉合を採用し、掘削後直ちに閉合した。施工順序は切羽崩壊対策と合わせて、図-17のフローを基本に施工した。インバートストラッ

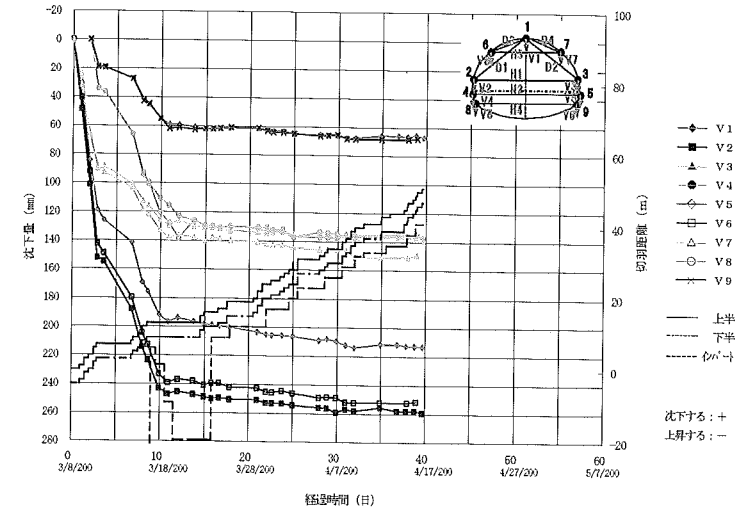


図-14 上り線のA計測結果(区間③)

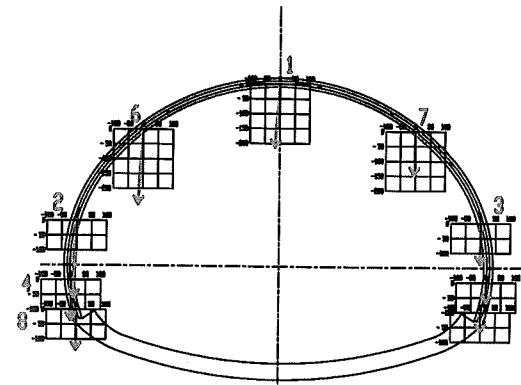


図-15 上り線の変位モード(区間③)

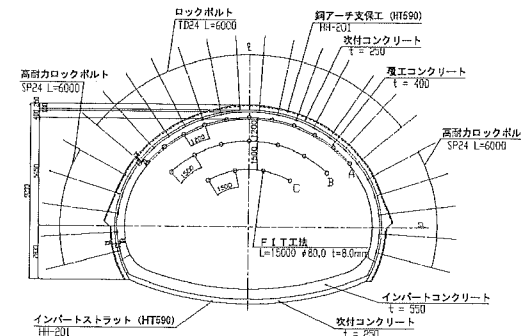


図-16 支保パターン図(D II-b2-B(C))

トは、切羽との閉合距離の自由度が高いので、変位状況に応じて閉合距離を短くしたり、週末には必ず切羽近傍まで閉合して変位抑制に努めた。また、インバートストラットによる閉合までの沈下を少しでも抑制するために、ウイングリブ付き支

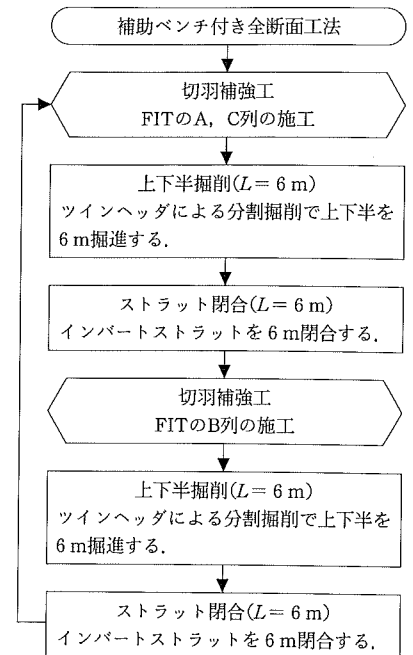


図-17 上り線トンネルの施工フロー

保工や脚部補強ボルトなどを施工した。

下り線の施工状況を考慮すると、100mmを超えるトンネル変位が発生する場合は、支保部材に大きな応力が発生することが予測された。よって、変位の大きい区間③では、支保部材の耐力を上げるために、下り線と同じく高耐力ボルト(SP24)と高規格鋼アーチ支保工(HT590)を採用した。

以上の変位抑制工の結果、トンネルの変位は60mm以下に抑制することができ、縫い返しを行うことはなかった。

5-3 上り線の先行した下り線に及ぼす影響

トンネル中央部の混在岩の破碎帯区間は、下り線施工時に最大150mmの変位が発生し、トンネル掘削による緩み大きいことが予測された。引佐第二トンネルは上り線と下り線の離隔は、2D(D:掘削径)の約30mあるが、このような脆弱地山では、後行の上り線の掘削による影響が下り線に及ぶことが懸念された。二次元FEM解析結果によると、上り線トンネルの掘削の影響で、下り線が天端部で12~20mm変位することが予想された。よって、下り線の覆工の施工は、上り線のトンネル掘削が下り線の影響範囲を抜けたことを確認してか

ら施工することとした。

実際の上り線トンネル掘削時には、下り線トンネルは最大10mmの天端沈下が確認され、上り線切羽が通過後はすぐに収束した。下り線覆工の施工は、下り線のトンネル変位が収束したことを確認した後、上り線切羽が十分(約650m)離れてから実施した。

6 おわりに

引佐第二トンネル中央部で実施した切羽補強工、変位抑制対策工およびトンネル計測結果を報告した。その際に、トンネル対策工の効果および付加体脆弱地質におけるトンネルの施工について、以下の知見が得られた。

- ・引佐第二トンネル中央部で実施した切羽補強工では、FIT工法が切羽安定に有効であった。また、切羽補強工により切羽安定が確保された区間については、切羽補強工による支保の低減効果も確認された。
- ・トンネルの変位抑制対策として、インバートストラットにより早期閉合の効果が確認された。この時、補助ベンチ付き全断面工法やミニベンチカット工法により閉合距離を極力短くすることが効果的である。
- ・付加体地山では、弾性波速度が大きくても実

施工では脆弱地山となっており、弾性波速度から判定される地山等級より2ランク以上低下することがある。これは、トンネル掘削により緩み範囲の地山物性が大きく低下するためであると考えられる。

最後に、本工事の実施にあたり、第二東名高速道路大断面トンネルの効率的な設計・施工に関する検討会(座長：今田徹・東京立大学名誉教授)および、第二東名高速道路静岡建設局管内のり面防災対策検討会(座長：奥園誠之・九州産業大学教授)の方々をはじめ関係各位に貴重な助言とご指導をいただいた。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 田山聡・竹国一也・神澤幸治・平野宏幸：小土かぶりの大規模地すべり地帯を情報化施工で突破—第二東名高速道路 引佐第二トンネル—, トンネルと地下, Vol.36, No.3, pp.15-26, 2005.3.
- 2) 白田芳彦・工藤和紀・神澤幸治・平野宏幸：地すべり対策区間におけるトンネル施工と地すべりの挙動, トンネル工学報告集, Vol.16, pp.149-156, 2006.11.
- 3) ジェオフロンテ研究会：付加体地質とトンネル施工, pp.31-117, 2004.11.
- 4) ジェオフロンテ研究会：切羽前方コアに着目した新しいトンネル工法, pp.1-84, 2002.11.

『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、本誌編集委員会が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」の投稿は受け付けておりません)
- 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)



「海上国道58号線」奄美大島瀬戸内町より

阿部弘美

沖縄の本土復帰に伴い鹿児島—沖縄間に国道が設置された昭和47年から2年後、西之表市(種子島)、名瀬市(奄美大島)の主要地方道路が国道に昇格した。そのうち58号線は奄美で唯一の国道で、笠利町から瀬戸内町古仁屋に至る延長88km、その起点は鹿児島市内の観光名所の一つ、城山町にある西郷隆盛像前から始まり、種子島、奄美大島を経て沖縄へ、沖縄唯一の河川・国場川の河口に架かる明治橋を越えた辺りが終点、総延長は905km(海上区間623km)となる。鹿児島—沖縄間は直線距離で約670km、三つの島を結ぶ1本の国道は全国でもここだけである。

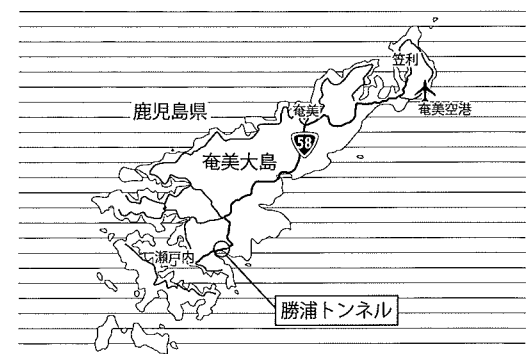


アマミノクロウサギ

奄美大島にはトンネルが多い。山が多い島だから交通の便を良くするためにはトンネルを掘るのが一番なのだろう。トンネルができるとそれまで通っていた道が使われなくなり旧道と呼ばれる。旧道はやがて自然に帰っていくことでさまざまな生物の環境にもトンネルは貢献していると島の人は言う。

奄美大島の自然は素晴らしい。ヒカケヘゴやハイビスカスなど亜熱帯特有の植物は美しく私たちを飽きさせない。東洋のガラパゴスと呼ばれ、アマミノクロウサギ、ルリカケスなど有名な稀少動植物の生きる島であり、海は美しく珊瑚の間を泳ぐ魚を見ていると別世界のような。しかし、自然は美しく感動的なのだけではない。ここは猛毒を持つハブが住む島の一つでもあり気軽には山へは入れない。

奄美大島といえば大島紬を思い浮かべる人も多いた



位置図

ろう。図面作成から完成まで実に500工程もあり、緻密な作業の連続だ。例えば、「泥染め」という工程は、車輪梅の染料で20回染め、泥田で1回染めるという工程を3回から4回くり返すことで車輪梅のタンニン酸と泥の鉄分が結合し糸が柔らかくなるだけでなく、独特の渋い黒の色調に染め上がるという大変な労力を掛けてできる細だ。

南部大島の奄美市住用町と瀬戸内町古仁屋を結ぶ区間にある網野子峠は、国道58号の中でもっとも急峻で落石による交通止めや交通事故などの多い隘路となっていた。これらを解消するために網野子バイパスが計画され、平成15年に事業着手した。

事業は、網野子峠、住用、網野子、勝浦の三集落を2本のトンネルで抜く計画で、ルートを選定にあたっては事前に環境調査を行い、自然環境への影響ができるだけ少なくなるよう配慮している。その計画ルートのうち当作業所は、瀬戸内町側の網野子・勝浦間1,122mを施工する。

トンネルの完成により網野子バイパスが開通すれば国道58号線の峠越え区間は解消し、大島本島内南北連絡の更なる時間短縮と安全性が確保され、また、観光ルートの形成により往時の賑わい以上の発展が期待されている。

作業所全員で無事故・無災害と地元地域への十分な環境対策を進め平成20年2月の完成を目指している。(勝浦トンネル戸田・山下(善)・泰江特定建設工事共同企業体所長)



■重要文化財・天城山トンネル

伊豆半島の中央部に位置する天城山トンネル[※]とえば、川端康成の『伊豆の踊子』や松本清張の『天城越え』などの小説で知られており、観光地・伊豆を代表する名所のひとつにもなっている。また、2001(平成13)年4月には、道路トンネルとしては初めて国指定の重要文化財となるなど、近代土木遺産としての価値も高い。

この天城山トンネルが建設されることになった経緯は、1889(明治22)年の東海道本線・三島駅の開業にさかのぼり、これを契機として三島と下田を結ぶ下田街道(現在の国道414号線に相当)を整備しようとする機運が高まった。当時、下田街道は伊豆南部への陸路として重視され、ロシアやアメリカの外交使節が下田から江戸へ向かうなど、歴史の上でも大きな役割を演じた。下田街道の改良工事は1893(明治26)年より静岡県の事業として開始され、^{さかさか}逆川～河津橋間を皮切りに順次進められた。天城山トンネルは、標高820mの天城峠のふもとを貫く延長445.5mのトンネルとして掘削され、1900(明治33)年～1902(明治35)年に第一期工事が行われて仮開通し、1903(明治36)年～

※一般に「天城トンネル」、「天城隧道」と呼ばれるが、トンネルの扁額には「天城山隧道」と書かれている。ちなみに、「天城山」という名称の山は存在しない。

1904(明治37)年に第二期工事が行われて完成した。今でこそ延長数百mの道路トンネルは珍しくないが、当時は1880(明治13)年に完成した延長880mの栗子トンネル(山形県・福島県境)に次ぐ長さであった。そして、この天城山トンネルの工事を担当した人物が、静岡県技師・橋爪誠義^{あきよし}であった(写真-1)。



写真-1 橋爪誠義
(1869～1912)

■悲運の技師・橋爪誠義

橋爪誠義は、1869(明治2)年9月19日、現在の山形県米沢市で幼名・虎吉として生まれた(会津藩出身との説もある)。1896(明治29)年7月、東京帝国大学土木工学科を卒業した橋爪は、ただちに兵庫県の播但鉄道(現在のJR播但線の前身)に入社し、生野～^{あきよし}新井間の建設工事に携わった。この区間には、同線で最長の生野トンネル(延長615m)があり、橋爪はここで実地にトンネル工事を経験したと考えられる。2年後には東京府技師となり、さらに1899(明治32)年には静岡県技師となって、宇津ノ谷トンネル(延長203m、1904年完成)や天城山トンネルの工事に従事した。

天城山トンネルの工事は、柏森精太郎の請負により行われ、総工費10万3千円のうち約5分の1を地元の上河津村(現・河津町)と上狩野村(現・伊豆市)が負担した。宇津ノ谷トンネル、天城山トンネルの完成によって橋爪は技術者としてもっとも充実した時期を迎えたが、その翌年、思わぬ悲劇が彼を襲うことになった。

1905(明治38)年12月10日、狩野川に^{おおひと}大仁橋が完成し、11時より県知事や来賓を迎えて開通式が挙行されたときのことである。式典は、担当技師の橋爪が工事の概要を報告し、続いて県知事が祝辞を述べて滞りなく終わったが、人々が渡り始めて間もなく橋が崩落し、十数名の重軽傷者をだす惨事となってしまった。

橋爪はこの工事にあたって、特殊な技術が必要とするため、県の直轄工事とすることを主張していたが、地元の強い要望で経験の浅い地元町村に一任され、危惧していたことが現実となってしまったのである。橋爪の胸中は、まさに痛恨の思いであっただろう。事故の原因は今となっては知る由もないが、耐荷試験を行った際には少なくとも約50トンの荷重に耐えたとされている。

失意の橋爪は、その年のうちに日露戦争で緊張状態にあった樺太へ渡り、樺太庁技師として2年間を過ごした。その後、山梨県技師として内地に戻り、この地を襲った水害の復旧工事にあたったが、1912(明治45)年2月4日、妻子を残したまま、働き盛りの42歳で急逝した。

■天城山トンネルの特徴

天城山トンネルは、伊豆半島南部へ至る交通の要路として使用され続けたが、1970(昭和45)年に延長800mの新天城山トンネルに主役の座を譲って旧道となった(新天城山トンネルは2000年まで有料)。

天城山トンネルの価値は、建設時からほとんど手を加えず、百年以上前の原型の姿を良好にとどめている点にあり、的確な設計・施工と保守管理が行われていたことを示している。その構造は、当時の鉄道トンネルにほぼ準じており、石積み

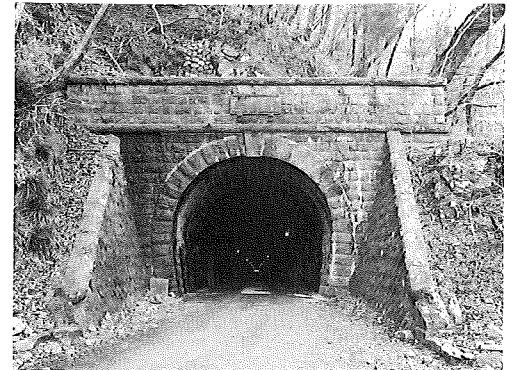


写真-2 天城山トンネル



写真-3 国指定重要文化財の碑

による坑門なども堅実なデザインでまとめられているが(写真-2)、アーチ部分にも石積みを用いるなど、注目すべき特徴も見られる。

この時代のトンネルは、坑門や側壁が石積みであっても、アーチ部分は煉瓦巻きとすることが一般的であったが(アーチ部分に重量のある切石を積むことが困難であったためとされる)、加工の容易な伊豆石は例外であったらしく、鉄道トンネルを含めてこの付近ではアーチ部分に石材を用いたケースが散見される。ちなみに、天城山トンネルの石材は、現在の伊豆の国市吉田から運ばれたと伝えられる。

旧道のトンネルとして余生を送る天城山トンネルであるが、重要文化財の指定を機会に照明や路盤が整備され、『伊豆の踊子』の風情を残す散策路として、今も多くの人々に親しまれている(写真-3)。思わぬ事故で静岡県を去らなければならなかった橋爪の無念も、これで少しは癒されたのではないかと思う。



「民話のふるさと」遠野にて

吉井 司

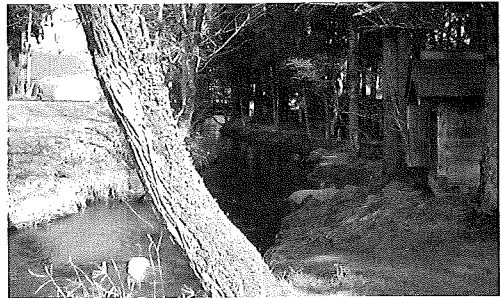
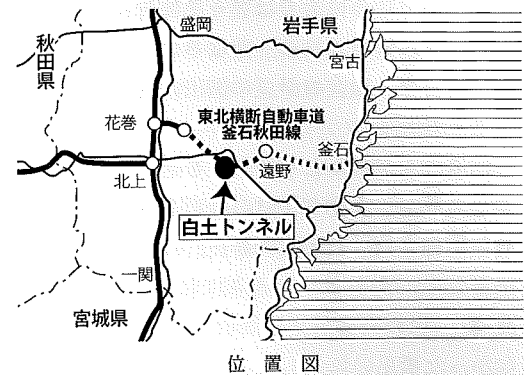
柳田國男の著書「遠野物語」で、民話のふるさととして広く日本中に知られている遠野市は、岩手県の南東部に位置し、北上山地の主峰、早池峰山(1,917m)山麓に広がる盆地の中にある。

この遠野物語では「カッパ」、「ザシキワラシ」、「オシラサマ」などの民話が多数紹介されており、「とおの昔話村」や「伝承園」で、語り部の方言を交えた独特なしゃべり方で、囲炉裏を囲みながら昔話を聞くことができる。遠野でもっとも有名な観光スポットは、常堅寺の裏にあるカッパ淵である。

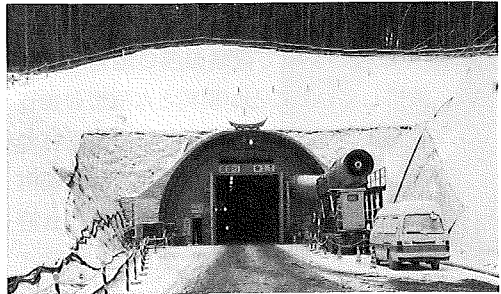
このカッパ淵は、川幅も狭く水深も浅くてどこにでもありそうな小川であるが、なんとなくカッパがいそうな雰囲気があり、観光客も必ず訪れる観光スポットである。また、遠野のカッパは、顔が緑色ではなく赤いのが特徴であり、カッパ捕獲許可証というものも発行してくれる。

さて、釜石自動車道は花巻～釜石間を結ぶ東北横断自動車道で、陸中海岸国立公園を有する三陸地方の釜石港や大船渡港などの重要港湾と内陸都市を結び、物流の効率化や観光の振興を図り、また、緊急時の迂回などのネットワークを強化するために施工されるものである。現在、花巻JCT～東和IC間(有料)がすでに供用されており、今回、新直轄方式で東和IC(仮称)～遠野IC(仮称)まで延伸するものである。

また、遠野～釜石間の一部は「仙人峠道路」として、国土交通省と岩手県の施工ですすでにほぼ完成しており、今年3月に供用開始される予定である。



カッパ淵



花巻市側坑口部

白土トンネルは、花巻市と遠野市の市境に計画された延長1,857mの対面道路トンネルである。地質は、蛇紋岩と流紋岩が主体で、とくに蛇紋岩には葉片状蛇紋岩といわれる片状に亀裂の多い脆弱な岩体も存在する。

トンネルルートは、比較的ならかな山の中間斜面を通る位置に計画されており、トンネル両坑口部分とも小土かぶり(1.5D)区間が長く続く(約140m)地形となっている。途中、劣化帯が5か所出現すると予想されており、この部分には補助工法が計画されている。

トンネルは、平成18年10月に坑口付けを開始し、2007年1月末現在、発破工法で130mを掘削したところである。工事の施工にあたり、地元のご理解とご協力を得ながら、事業主である国土交通省、ならびに発注者である東日本高速道路(株)のご指導のもと、JV、協力業者が一丸となり、平成21年3月の完成を目指し頑張っている。

(奥村組・銭高組特定建設工事共同企業体所長)

施工

大断面複合円形シールドで環境負荷低減を実現

—東京メトロ副都心線 神宮前工区—

東京地下鉄(株)建設部渋谷工事事務所所長 高橋 聡
東京地下鉄(株)建設部渋谷工事事務所技術課長 川島 雅一
鹿島・大豊・東急建設工事共同企業体監理技術者 諸橋 敏夫
鹿島・大豊・東急建設工事共同企業体工事課長代理 吉田 健太郎

1 はじめに

東京メトロ副都心線は、図-1に示すように既に営業している志木～和光市間の東武東上線、和光市～池袋間の有楽町線の延伸工事として2008年6月の開業を目指して、池袋～渋谷間の8.9kmを新たに建設するものである。渋谷駅では東急東横線との相互直通運転を行う予定である。これにより、埼玉県南西部方面から副都心を経由し横浜方面に至る広域的な鉄道軸が完成し、利用者の利便性の

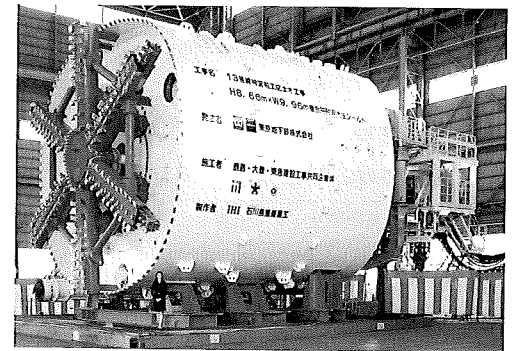


写真-1 複合円形シールド

向上と慢性的な道路交通渋滞の混雑緩和が期待されている。

本報告では、このうちの神宮前工区土木工事において採用した写真-1に示す伸縮カッタを用いた大断面複合円形シールド工法の概要と施工実績について報告する。

2 神宮前工区土木工事の概要

神宮前工区土木工事は、明治神宮前駅～渋谷駅間を結ぶ延長738.5mの複線シールドトンネルを築造するものである。トンネル断面は三つの異なる円弧からなる複合円形断面(非円形断面)であり、トンネル外径高さ8.4m、横幅9.7mとした。トンネル上下部の不要空間を減らすことにより、円形断面に比ベトン断面積を約10%減少、インバー

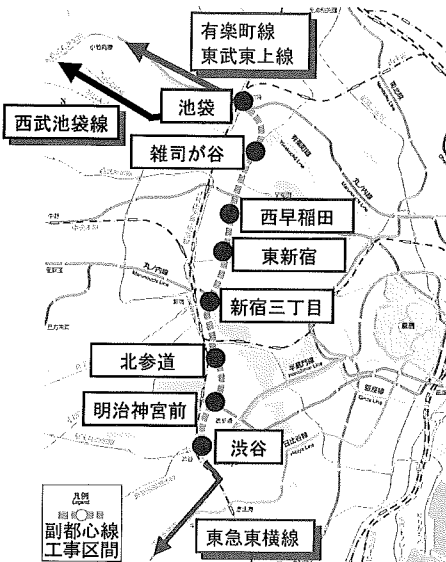


図-1 副都心線概要図

ト材料を約40%減少することができた。これにより、シールド掘進による発生土量の抑制、シールド製作・セグメント製作における建設資機材の減量が可能となり、環境負荷の低減に寄与するとともに、地下空間の有効利用を可能とした¹⁾。

2-1 線形概要

当トンネルは、明治神宮前を発進側、渋谷側を到達側として、明治通りの下に建設するものである。平面線形図を図-2に示す。全線にわたっておおむね曲線となっており、発進側から直線区間71.8mの後、曲線半径2,003mの右曲線が83m、曲線半径503mの左曲線が254mと続き、到達側で再び直線となる。

縦断勾配は、発進側から3.0%の一定の下り勾配となっており、到達側約100mで10.0%の下り勾配に変化する。また、東京電力渋谷神宮前洞道および城南河川清流復活導水管路がほぼ全区間にわたり近接している。

2-2 地質概要

本工区における掘進部(土かぶり約18m)の土質

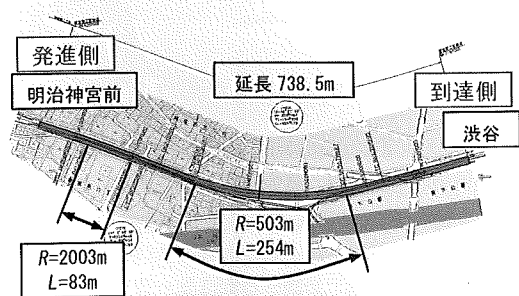


図-2 平面線形図

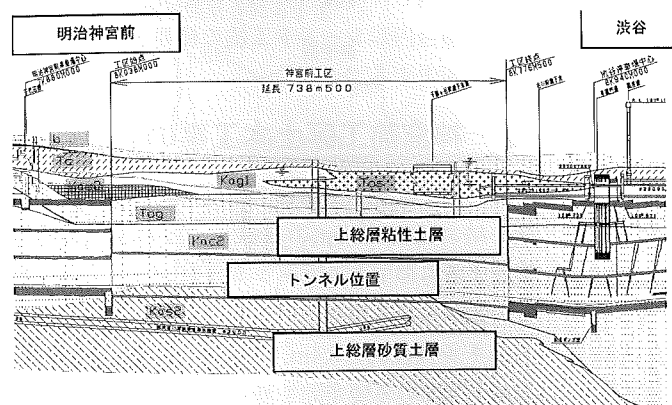


図-3 地質縦断図

は、全般にN値50以上の安定した上総層粘性土層であるが、発進側から到達部手前約100mまでは上総層砂質土層も介在しており、非常に高い被圧地下水を有している。透水係数は 10^{-6} ~ 10^{-4} cm/sec程度である。工事地点の地質縦断を図-3に示す。

2-3 覆工構造

本セグメントは、複合円形トンネルであることから、図-4に示す三つの曲線半径を有する形状とし、K型セグメントを除いて各ピース二つの曲線半径を有するセグメントとなっている。セグメントはすべてコンクリート製セグメントである。セグメント幅は、リング間継ぎ手の削減の観点から、これまでの実績では最大となる1,600mmとした。分割数は、テーパリングの転用や道路輸送・現場内の搬送の制約条件から8分割とした。セグメ

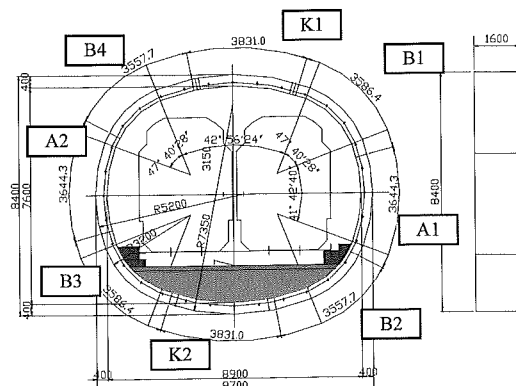
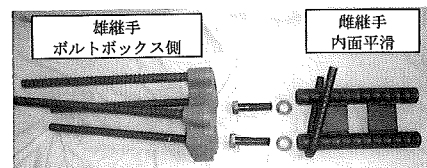
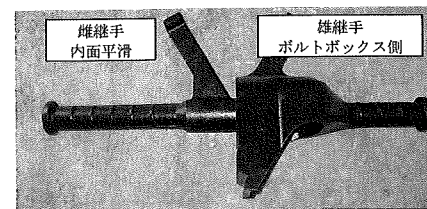


図-4 セグメント



(1) 高剛性継ぎ手(セグメント間継ぎ手)



(2) DUET継ぎ手(リング間継ぎ手)

写真-2 継ぎ手構造

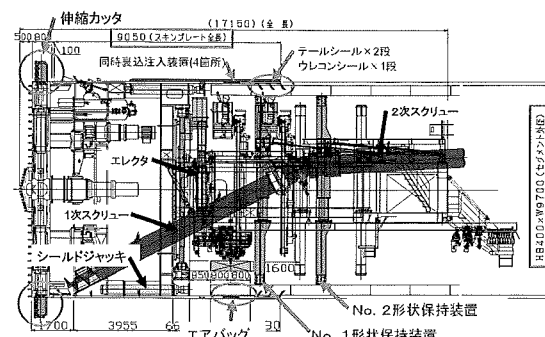
ント1ピースの重量は約6tで、形状は最大で3,831mm×1,600mm×400mm(K型)である。また、セグメント製作費の抑制(型枠数量の低減)を図るため、トンネル上下にK型セグメントを配置する構造とした。なお、継ぎ手には写真-2に示す高剛性継ぎ手(セグメント間継ぎ手)とDUET継ぎ手(リング間継ぎ手)を採用した。

3 施工計画

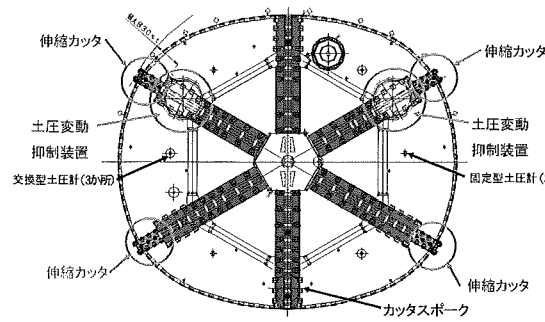
3-1 複合円形シールド

3-1-1 掘削機構

シールド工法は、土質条件から図-5および表-1に示す泥土圧式複合円形シールド工法とし、掘削機構には伸縮カッター方式を採用した。本伸縮カッターは、矩形シールド断面で多数の実績のあるWAC(Wagging Cutter Shield)工法²⁾の基礎技術を応用して、シールドのカッターを回転に応じて伸縮させることにより、複合円形状の掘削を可能としている。また、伸縮カッターの伸縮に伴うチャンバ内容積の変動により、切羽土圧が変動しない



(1) 側面図

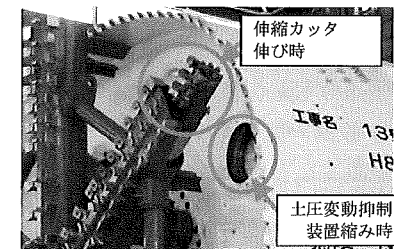


(2) 正面図

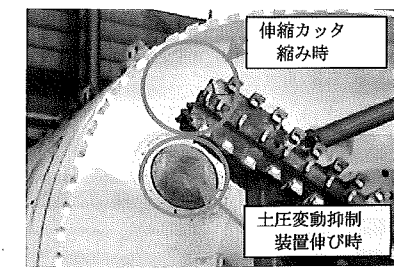
図-5 シールド構造図

表-1 シールド仕様一覧

シールド本体	形式	泥土圧式複合円形シールド
	外形寸法	高さH 8,660mm×幅W 9,960mm×機長L 9,050mm
	推進装置	総推力80,000kN (=2,500kN×32本) ジャッキ伸長速度55mm/min
カッター	構造形式	面板部：開放スポーク形 支持部：中間支持方式
	駆動部	電動駆動 最大トルク時：28,113kNm (トルク係数長径 $\alpha=19.0$) 常用時：18,742kNm (トルク係数長径 $\alpha=28.5$)
スクリーコンベヤ	伸縮カッター	490kN×20.6MPa×830mm×4本
	形式と形状	油圧駆動、 シャフト型： 径 ϕ 700mm×ピッチ p 510mm 排土量：257m ³ /h
	回転トルク×回転速度	1次：43kNm×24.2rpm 2次：67kNm×24.2rpm
エレクト	旋回部	リングギヤ式 回転数：0~0.9rpm, 回転角度： $\pm 200^\circ$
	ヘッド部	押し付け、摺動、引き込み、傾き
形状保持装置		エアバッグ式×1列, 上下拡張式×2列
同時裏込め注入装置		油圧ジャッキ開閉式 (注入圧検知用土圧計付き) A, B液先端混合方式 4基(上部左右2か所, 1か所あたり2本)



(1) 伸縮カッター伸び時



(2) 伸縮カッター縮み時

写真-3 伸縮カッターと土圧変動抑制装置

ように、2か所の土圧変動抑制装置を装備した。

伸縮カットと土圧変動抑制装置の作動状況を写真-3に示す。

3-1-2 形状保持装置

形状保持装置は、空気圧によりセグメント外部から圧力をかけてセグメントを安定させるテール内形状保持装置×1基、裏込め注入などによるセグメントの変形を抑えるために、セグメント内部からセグメントを支える門型形状保持装置×2基を設置した。テール内形状保持装置は、本セグメントが1.6mの幅広セグメントで、楕円形のトンネル形状であるため、無拘束状態での変形が大きいことが予想されることから、これを防止するために設置を行っている。配置されるエアバッグはジャッキ本数と同数の32個とし、使用圧力は組み立て時0.7MPa、掘進時0.5MPaとしている。

3-2 シールド設備計画

3-2-1 設備概要

発進立坑がある明治神宮前駅は、原宿の中心街に位置し、交通量が約3万台/日と非常に多い明治通りの下にある。このため、シールド設備は資材搬入用の防音ハウスと土砂搬出用の防音ハウスを除いてすべて新設駅構内に設置した。また、防音ハウスは、車線幅および車両限界を確保するため、写真-4に示すように下部の幅を狭めた形状としている。

主要シールド設備配置を図-6に示す。また、主要シールド設備一覧を表-2に示す。

3-2-2 残土搬出設備

マシンで掘削された土砂は、トンネル坑内を写真-5に示す延伸ベルコンで運搬し、垂直ベルコンにより地下約30mから地上に揚土後、パドルミキサで改質材と混練りする。その後、地上の土砂搬出設備内の土砂ピットに堆積される。堆積した土砂は、路上から約5mに設置したトラバサ上のバックホウにより、ダンプトラックに積み込まれて、場外に搬出を行う。

3-2-3 加泥材と設備

加泥材には、掘削土に流動性と止水性を持たせるとともに、面板やチャンバ内の掘削土の付着を

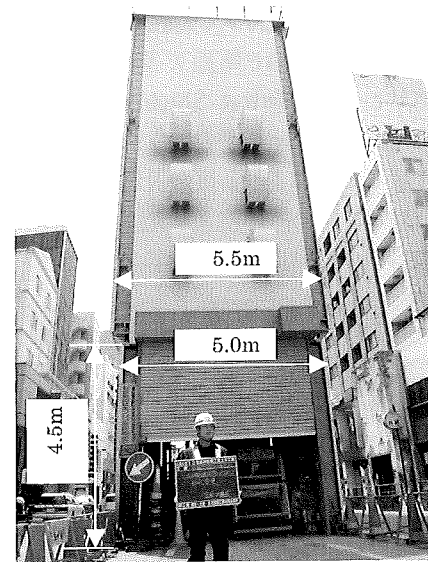


写真-4 土砂搬出用防音ハウス

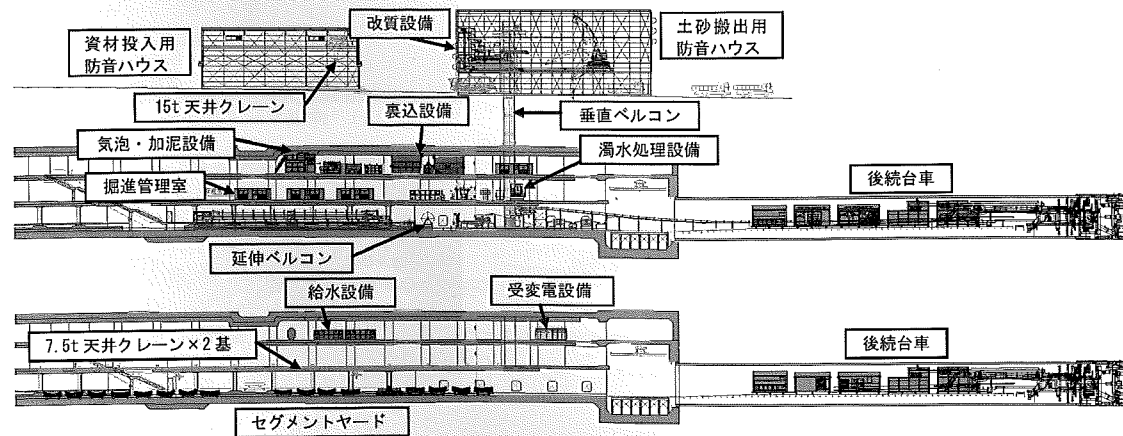


図-6 シールド設備配置図

表-2 主要シールド設備一覧

使用場所	設備名	機械名	仕様	台数	
地上設備	揚重設備	天井クレーン	15.0t	1台	
	土砂貯留設備	土砂ピット	280m³	1基	
		土砂搬出設備	垂直コンベヤ	150m³/h	1台
			No.1 搬出ベルコン	224m³/h	1台
		No.2 搬出ベルコン	274m³/h	1台	
	改質設備	パドルミキサ(連続処理型)	150m³/h	1基	
		固化材サイロ	30t	1基	
		固化材サイロ	15t	1基	
		固化材フィーダ		1基	
		助剤(高分子)タンク	1m³	1基	
助剤添加装置			1基		
防音ハウス	タイプC		2棟		
構築内設備	揚重設備	天井クレーン	7.5t	2台	
	土砂搬出設備	垂直コンベヤ	150m³/h	1台	
	濁水処理設備		40m³/h	1式	
	排水処理設備	バキューム設備		1式	
	裏込め設備	自動作液プラント		1式	
	添加材設備(分散材)	自動作液プラント		1式	
	添加材設備(起泡材)	自動作液プラント		1式	
	変電設備			1式	
	給水設備			1式	
	土砂搬出設備	連続ベルトコンベヤ	149m³/h	1台	
	揚重設備	揚重クレーン	20.0t	1台	
	土砂搬出設備	ベルト延長設備	テイルユニット	1式	
	軌条設備	サーボロコ	12t	1台	
換気・環境測定設備	構内換気設備	コントラファン	φ1,100	1式	
	ガス検知設備	定置および移動式検知器		1式	

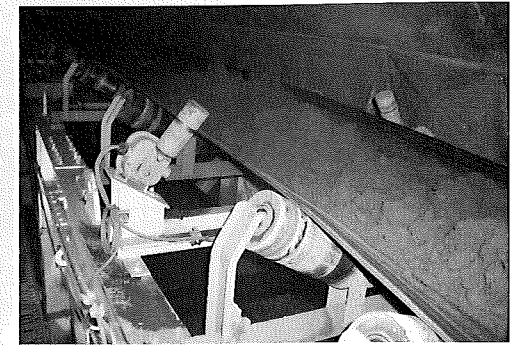


写真-5 土砂搬出用延伸ベルコン

3-2-4 裏込め注入材と設備

裏込め注入材は、充填性に優れ早期に強度を発現する2液性可塑性型注入材を用いた。セグメントが地山から受ける計算上の荷重が0.297N/mm²であることから、No.2形状保持装置を解放するまでの時間となる材齢3時間における三軸圧縮強度が0.3N/mm²以上となる配合とした。

裏込め注入は、同時注入方式とし、マシン上部左右に各2本配置された注入管の左右各1本を使用して注入を行った。土質が非常に硬質で密な上総層粘性土および砂層部であることから、注入率の初期値は120%とした。

4 施工実績

4-1 工程と掘進実績

2005年5月20日から防音ハウスなどの仮設工事設備やシールドの搬入・組み立てを行い、11月11日から初期掘進を開始した。仮組みセグメントやバックトラスの設置・解体、マシン後続設備の設置などの3回の段取り替えを経た後、2006年2月7日に本掘進を開始し、4月14日に渋谷駅に到達した。

実施工程を表-3に、トンネルの完成状況を写真-6に示す。

日進量は、特殊断面にもかかわらず初期掘進時で段取り替えなどを除いて4リング/日(6.4m)、本掘進時で8リング/日(12.8m)を達成した。

4-2 カッタトルクと推力管理

カッタトルクとジャッキ推力の関係を図-7に示す。計画時の設計カッタトルクは8,829kNm(平

防止するために、特殊起泡剤(OK-1)を使用した。特殊起泡剤と圧縮空気で作られたシェーピングクリーム状の気泡を、カッタスポーク外周、フィッシュテール付近、面板の3か所から切羽に注入を行った。

表-3 実施工程

年度	月	実施工程	位置
平成18年度	9	流動化処理土埋戻	7k880
	8	流動化処理土埋戻	900
	7	流動化処理土埋戻	920
	6	流動化処理土埋戻	940
	5	流動化処理土埋戻	960
	4	流動化処理土埋戻	980
	3	流動化処理土埋戻	8k000
	2	流動化処理土埋戻	20
	1	流動化処理土埋戻	40
平成17年度	12	流動化処理土埋戻	60
	11	流動化処理土埋戻	80
	10	流動化処理土埋戻	100
	9	流動化処理土埋戻	120
	8	流動化処理土埋戻	140
	7	流動化処理土埋戻	160
	6	流動化処理土埋戻	180
	5	流動化処理土埋戻	200
	4	流動化処理土埋戻	220
	3	流動化処理土埋戻	240
	2	流動化処理土埋戻	260
	1	流動化処理土埋戻	280

工事完了日:平成18年9月16日

工事着手日:平成16年3月17日～現場引渡日:平成17年5月20日

シールド機設計・検討・製作
セグメント製作検討・型枠製作・試作品検査・製作

2006年12月から製作開始

資材搬入用開口

始点:8k038m000

終点:8k776m500

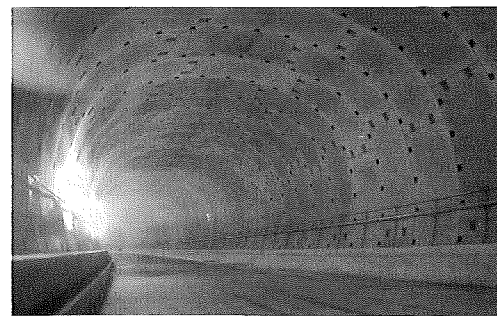


写真-6 トンネル完成時(渋谷側を望む)

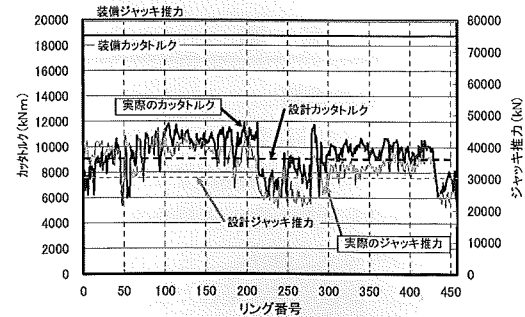


図-7 ジャッキ推力とカットトルク

均径φ9.31mで計算)で、装備カットトルクに対して2.12の安全率を有している。これに対して、実際の平均カットトルクは9,333kNmであり、設計に対して+5%とほぼ同じ値であった。また、設計ジャッキ推力は29,800kNで、装備ジャッキ推力に対して2.68の安全率を有している。実際の平均ジャッキ推力は33,943kNであり、設計に対して14%大きな値であった。しかしながら、実際

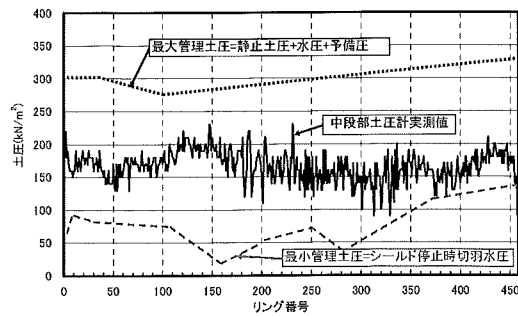


図-8 土圧管理結果

のそれぞれの値がおおむね設計どおりの値を示していることから、設計の妥当性が確認できたものと考えられる。

4-3 切羽土圧管理

計画時の管理土圧は、上総層粘性土層の自立性が高いことを考えて最小土圧を主働土圧+間隙水圧+予備圧(20kN/m²)とし、最大土圧を静止土圧+間隙水圧+予備圧として、この範囲で管理を実施するものとした。しかしながら、実際の土圧計によるマシン停止時の計測値は自然水圧程度しか示さなかった。このため、切羽の自立性が高く、地下水の影響が小さい地盤と判断して、過圧密および地盤変状抑制を考慮して、図-8に示すように管理土圧の最小土圧をシールド停止時の切羽水圧として切羽土圧の管理を行った。

掘進に伴う路面変状は、路線線形上の明治通り道路中心において、図-9に示す位置で行った。路面変状は図-10に示すように+2～-4mmの範囲

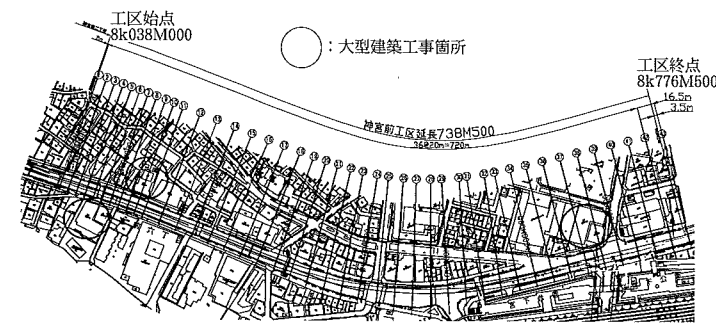


図-9 路面変状計測位置

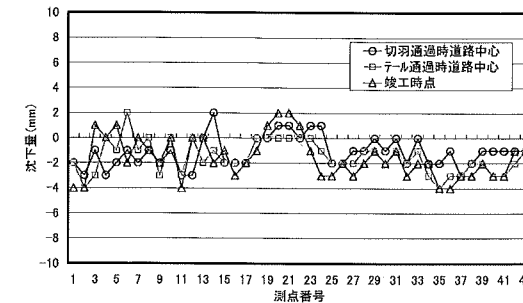


図-10 路面変状計測結果

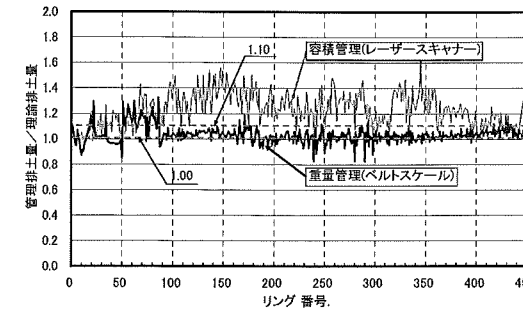


図-11 各リングの排土量

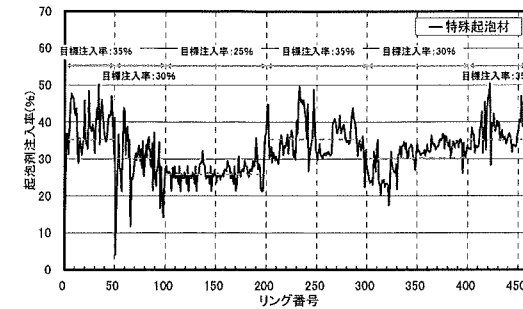


図-12 起泡剤注入率の実績

で収束しており、発進部、到達部における大型建築工事の影響による路面変状の影響も含まれているものの、本掘進における土圧管理が適切であったものと考えられる。

4-4 排土管理

チャンバ内土圧の管理のみでは、予期せぬ崩壊土層に対応できないことから、土量管理についてはレーザーキャナーによる容積計測、ベルトスケールおよびダンプスケールによる重量計測の三つの方法を用いて入念な管理を行った。各リングの排土量計測結果を、図-11に示す。レーザーキャナーは理論

排土量に対して0.90~1.50と容積を実際以上に大きく計測する傾向があるが、ベルトスケールは平均値1.05でばらつきも小さくほぼ一致することが確認できたため、施工時はベルトスケールによる重量計測主体の管理を行った。今後は、容積計測の精度向上と重量計測との併用方法の改善が必要であると考えられる。なお、ダンプスケールによる重量計測は、施工時におけるタイムラグはあるものの、理論排土量と一致しており、結果は良好であった。

4-5 加泥実績

計画時は、材料試験結果から標準起泡注入率を30%とした。実際の掘削では掘削土の状況に応じて図-12に示すように起泡注入率の調整を行った。最終的な起泡注入率の平均値は30.9%とほぼ計画どおりであった。

4-6 裏込め注入実績

裏込め注入は、テールボイドの確実な注入を測るために注入率(=120%以上)を主体に管理し、上限圧力(=間隙水圧+100kN/m²)を設定して確実な裏込めの充填と過度な圧力による地盤の変状の防止を図った。

5 まとめ

大断面複合円形シールド工法の計画と施工実績について述べた。本工法が、環境負荷を低減し、地下空間を有効に利用することが可能な複合円形断面トンネルの施工に有効であることを実証することができた³⁾。

本データのとりまとめにあたり関係各位より貴重なご意見をいただいたことをここに記して、感

謝する次第である。

参考文献

1) 矢萩秀一・藤木育雄・入江健二・大塚努：環境負荷低減を考慮した複合円形シールドトンネルの設計，第59回土木学会年次学術講演会講演概要集，pp.73-74，2004.9.

2) 中村浩・久保田敏和・古川衛・中尾努：大断面矩形シールドで渡り線部と一般線路部を施工，トンネルと地下，Vol.33，No.8，pp.27-33，2002.8.

3) 高橋聡・川島雅一・瀧澤仁・諸橋敏夫・吉田健太郎：伸縮カッターを用いた大断面複合円形シールドの掘進管理実績と評価，第16回トンネル工学報告集，pp.359-364，2006.11.

P.A.ドミニコ，F.W.シュワルツ著

地下水の科学 各B5判 全3巻

地下水の科学研究会 大西 有三 監訳

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

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

<第I巻 主要目次>

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

<第II巻 主要目次>

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

<第III巻 主要目次>

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

株式会社 土木工学社 〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16メイジャー神楽坂 電話 (03)3267-2888 (代) 振替0110-8-190072

施工

親子シールドで駅部と駅間トンネルを築く

—東京メトロ副都心線 南池袋A線・B線工区—

東京地下鉄(株)早稲田工事事務所所長 辻 雅行
 東京地下鉄(株)早稲田工事事務所技術課長 鈴木 章悦
 大林・東亜・大日本建設工事共同企業体主任技術者 足立 邦靖
 前田・戸田・五洋建設工事共同企業体副所長 白川 元彦

1 はじめに

東京メトロ副都心線は，池袋から渋谷に至る8.9kmの路線である。既に東京メトロ有楽町線として営業している新線池袋駅を除き，雑司が谷，西早稲田，東新宿，新宿三丁目，北参道，明治神

宮前，渋谷駅の7駅を新たに設置し，新線池袋駅より有楽町線を介して，東武東上線および西武池袋線と相互直通運転を行う予定である(図-1)。

また，将来は，渋谷駅より東急東横線およびみなとみらい線とも相互直通運転を行う予定であり，東京都北西部および埼玉県西部から，神奈川県横

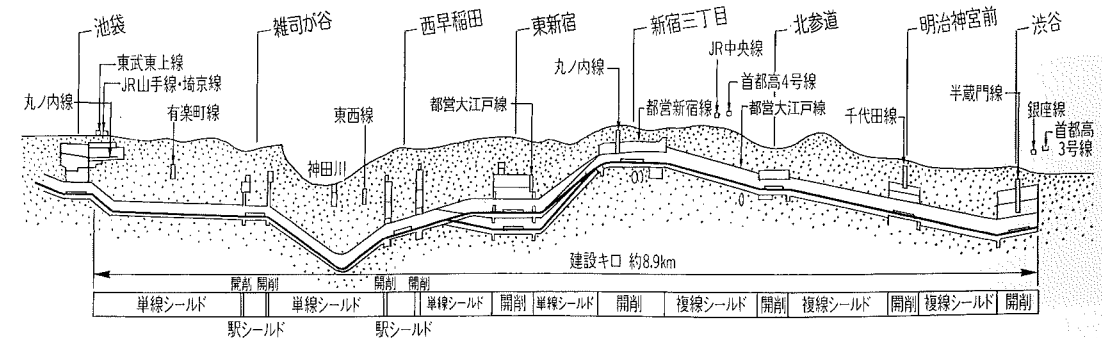
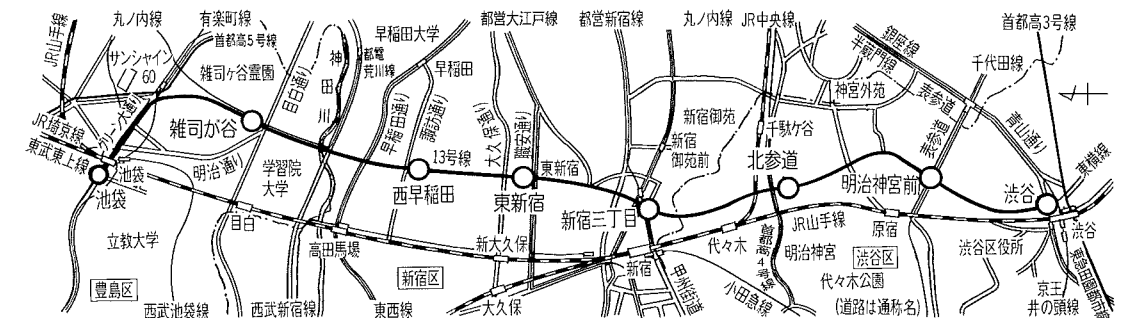


図-1 副都心線平面図・縦断面図

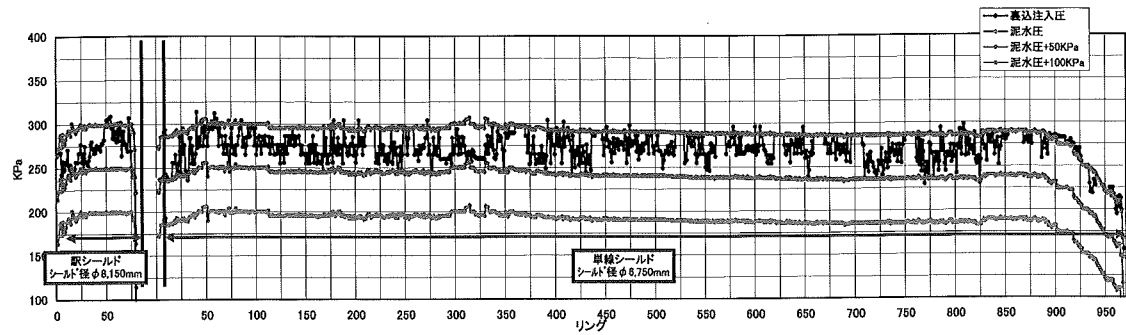


図-11 裏込め注入圧実績データ(南池袋B線工区)

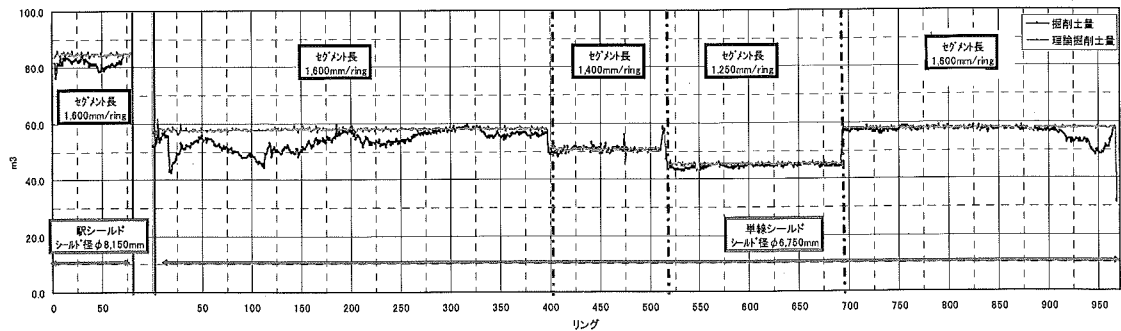


図-12 掘削土量実績データ(南池袋B線工区)

があったため、管理値は注入量を基本とし、注入圧に上限値(切羽圧+50~100kPa)を設けた(図-10, 11)。

5-3 排土性状管理(南池袋A線工区)

チャンバ内に注入した添加材は「土砂の流動性と止水性を高める」、「粘性土の付着を防止する」という特徴を有した気泡材(界面活性剤系)を基本として注入を行った。

5-4 排土量管理(南池袋A線工区)

排土量の管理は、体積で管理できる「光学式容積型装置」を主とし、「重量型計測装置」および搬出土砂量により管理を行った。なお、これらの計測装置は、後続台車上のベルトコンベヤ上に設置し計測を行った(図-12)。

5-5 近接施工

駅シールドおよび単線シールドの掘進にあたっては、都電荒川線や首都高速道路、東京メトロ丸ノ内線など、各種の重要構造物と近接施工となった。表-4に交差・近接構造物の一覧表を示す。

表-4 交差・近接構造物一覧表

交差・近接対象構造物	計測項目	計測方法	計測管理値	
			一次管理値	二次管理値
①都電荒川線	水準	手動計測	±6.0mm	±9.0mm
②首都高速5号池袋線	沈下	自動計測	±4.0mm	±5.0mm
	傾斜	計測	±2.4分	±3.0分
③東京メトロ有楽町線	沈下	手動計測	±3.5mm	±5.0mm
	傾斜	計測	±3.5分	±5.0分
④NTT千登世とう道	縦断方向	自動計測	引張：100μ 圧縮：-550μ	引張：300μ 圧縮：-
	内空変位	計測	水平：±1.0mm 鉛直：±1.0mm	水平：-10mm<x<4mm 鉛直：-4mm<y<-10mm
⑤東京メトロ丸ノ内線	沈下	手動計測	±3.5mm	±5.0mm
	傾斜		±3.5分	±5.0分
⑥西武鉄道	沈下	手動計測	±3.5mm	±5.0mm
⑦JR各線			±3.5mm	±5.0mm
⑧東武鉄道	沈下	手動計測	±3.5mm	±5.0mm

5-5-1 都電荒川線

都電荒川線においては、直下を最小土かぶり25mで掘進した(図-13)。計測はレール高さを10m間隔で手動計測により行った。沈下量は最大で

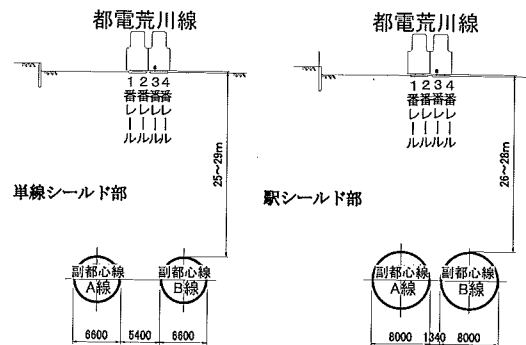


図-13 都電荒川線計測断面図

3.0mmとなり、一次管理値を超えることなく、都電の運行に支障を与えずに2本のシールドを通過させることができた。

5-5-2 首都高速道路(5号池袋線)

首都高速道路とは、最小で2.0mの離隔をもって掘進した(図-14)。計測は沈下計・傾斜計を設置し、リアルタイムで変動を把握できるよう、自動計測にて行った。

最大沈下量2.2mm、最大傾斜-0.7分でいずれも一次管理値を超えることなくシールド通過を完了

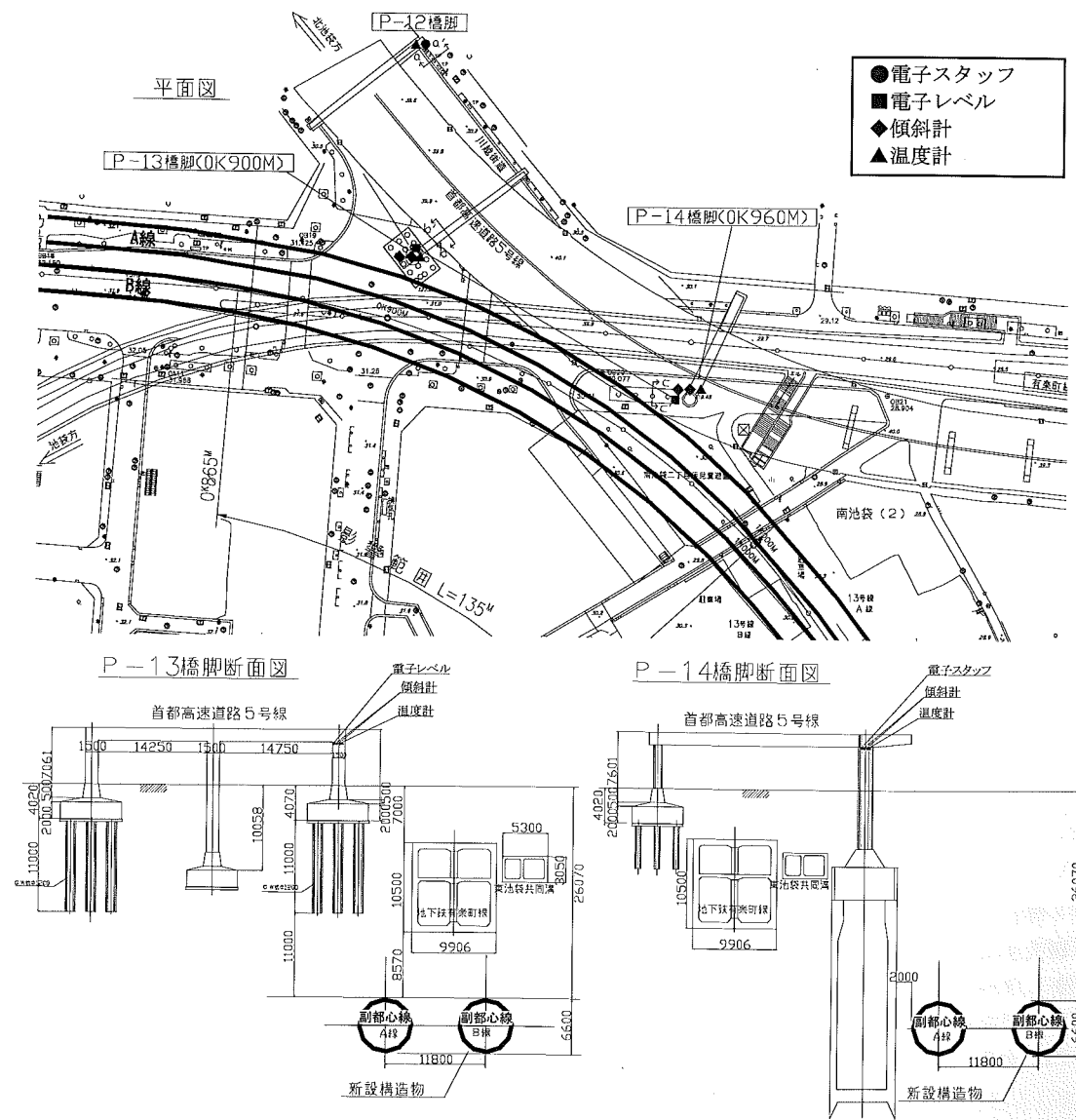


図-14 首都高計測平面図および断面図

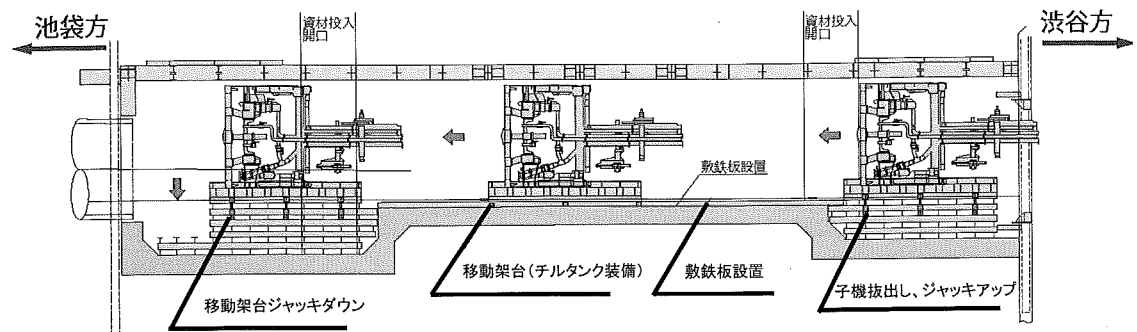


図-15 機装替え順序図

できた。

また、その他の重要構造物についても、大きく影響を与えることなく、シールド通過を完了することができた。

6 親子シールド立坑内機装替えおよび坑内移動

駅シールド掘進後、到達立坑にてシールドを引き出し、子機シールドへの機装替え、立坑内の移動(約30m)を行った。

機装替えは親機に内蔵済みの子機シールド部分を抜き出し、スキンプレートやカッターヘッドなどの外周部の取り付け、シールドジャッキの設置替え(28本→21本)などを行った。坑内移動は、チルトタンク(25t用×16基)を装備した移動架台に子機シールドを載せた状態で、50tセンターホールジャッキを4基使用して、移動架台を牽引した。

図-15に施工順序図、写真-1に移動状況を示す。

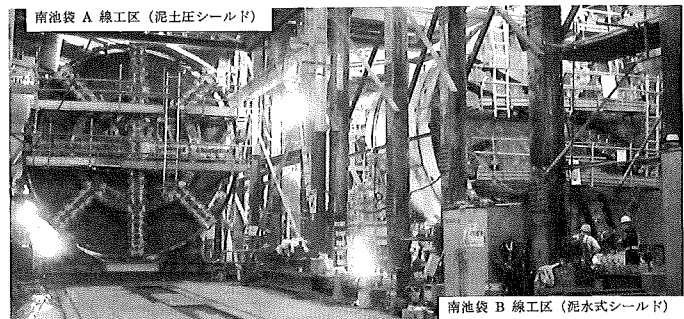


写真-1 シールド機装替え・移動状況

7 おわりに

雑司が谷～池袋間の建設において親子シールドの採用により、工事工程を遵守しかつ低コストでトンネルを貫通することができた。

東京メトロ副都心線は平成20年6月の開業を目標に現在工事を行っており、今後も安全かつ着実に工事を進めていく所存である。

研究論文募集のお知らせ

弊誌「トンネルと地下」では、研究論文(実験、技術開発など)を募集いたします。大学や技術研究所などからの貴重な研究成果を多数お待ちしておりますので奮ってご応募下さい。とくに若手トンネル技術者の技術向上を主眼としておりますので、平易・簡潔にまとめていただくようご配慮のほどお願い致します。なお、応募方法の詳細につきましては32頁に掲載の『投稿原稿応募のご案内』を参照のうえ、ご応募下さい。

問い合わせ先 株式会社 土木工学社 編集部

〒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)

発破技術の現状(5)

—新しい発破技術(1)—

「発破技術の現状」連載講座小委員会

① はじめに

爆破方式のトンネル掘削では、穿孔・装薬・爆破・ずり出し・支保工のサイクル施工が行われており、各々の段階で機械化・自動化が進められてきている。

このうちの穿孔および装薬の発破技術は、発破作業の機械化による作業効率向上と安全作業環境の創造などの要求とともに、ドリルジャンボや削岩機および爆薬の機械装填技術が高度化され、コンピュータ制御されるようになり、表-1のドリルジャンボの変遷に示すように、発破作業の機械化・

自動化が急速に具現化されてきている。

本章では、新しい発破技術として穿孔および装薬の機械化・自動化をとりあげ、実施事例を参照しながら、現状技術を紹介する。なお、爆薬の機械装填技術については次号で述べる。

② 穿孔の自動化

2-1 削岩機の流れ

打撃式の削岩機が1838年に発明され、1844年に、空気圧縮式の削岩機が発明された。1974～1975年に、海外で初めて油圧式削岩機が採用され、1977年には、国産の油圧式ジャンボが採用された。削岩機の電動モータ出力では、1980～1990年にかけて30kWが主体であったが、80年代後半に45kW(150kg級)が登場した。90年代に入ると、硬岩での穿孔速度の向上など高速施工の能力向上が進められ、55kW(170kg級)のものが製造された。

90年代後半には、硬岩対応として、ロケット削岩機に代表される打撃力の

表-1 ドリルジャンボ・削岩機の変遷

西暦	ドリルジャンボ	削岩機
1970	油圧ブーム搭載機の開発(A)	
	油圧削岩機搭載ジャンボ製造(T) 油圧削岩機搭載ジャンボ製造(A)	
1975	国内初の油圧式ジャンボ(F), 9ブームガントリージャンボ 3Bクローラジャンボ(F)	
1980	2B1バスケット(10kW)販売開始(A) 2Bクローラジャンボ	
1985	コンピュータ制御ジャンボ登場(T) 3B2バスケットホイールジャンボ(F), 3B1バスケット(関越トンネル)	12kW級新型油圧削岩機(A) 軟岩用削岩機(4,800bpm)(A)
1990	ミニベンチ対応3B2バスケット(A) コンピュータジャンボの開発・導入(F)	55kW削岩機(F) 55kWロケット削岩機(A)
1995		新型ロケット削岩機(55kW), 新型軟岩用削岩機(6,000bpm)
2000	2B1バスケットコンピュータジャンボ(A) 3B2バスケットコンピュータジャンボ(A)	

(F:古河ロックドリル, A:Atlas Copco, T:TAMROCK)

安定と増強が行われた。また、都市域軟弱地山のトンネルを対象として、オーガー主体の削岩機も登場した。2000年代に入ると、75kWに対応した削岩機も登場した。これらと同時期に、削岩機の穿孔時機械データを数値処理することにより、岩盤の硬軟特性の可視化や地質不良部の特定などが行われるようになった。

2-2 ドリルジャンボ

2-2-1 現状技術と変遷

90年代前半までは2ブーム1バスケットのホイールジャンボが大半であった。90年代後半になると、2ブーム2バケット、3ブーム2バスケットのホイールジャンボが主流になった。これらの機械は、オペレータの勤と経験で穿孔する手動操作である。

わが国においては、1980年ごろから第一次とでも呼ぶべき本格的なコンピュータジャンボのブームが訪れ、トンネル施工者と機械メーカーが果敢に開発に挑戦した時代があった。写真-1は、当時製作された全自動3ブームコンピュータジャンボを2台配置した状態である。

国内での製造実績は約20台であり、足回りはすべて当時主流のクローラタイプである。また、開発当時はコンピュータがようやく汎用化され始めたばかりで、一般的には、まだ馴染みがない時代であった。

削岩機も1970年代に油圧化はされたものの、各社ともに開発途中と言ってよいほどで、コンピュータ化の観点でみれば、安定した性能を発揮できるレベルにはほど遠い段階であった。また、開発に膨大な費用が投入され、1985年ごろまでに同時多

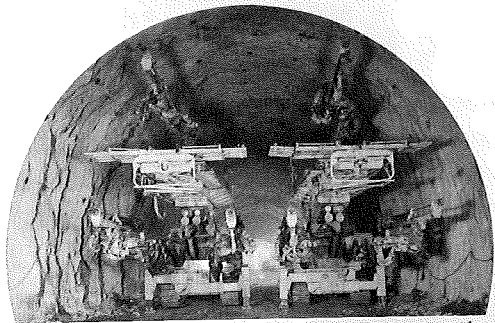


写真-1 全自動3ブームコンピュータジャンボ

発的に全国の現場へ投入が開始された。その後、稼働を開始してからわずか数年の実績を残し、現在に至るまでコンピュータジャンボが新たに現場へ納入されることはなかった。

原因として、メーカー側には機械構造上に起因する精度問題、劣悪環境下での送信ケーブルの断線問題に加え、莫大なコンピュータソフトの開発費問題があった。また、ユーザー側には取り扱い操作上の技能レベル問題、コンピュータに精通したメンテナンス要員の確保が困難なことが挙げられた。さらには日本特有の下請負業者制度も、コンピュータジャンボの普及を阻害する要因となった。

海外ではドリルジャンボの運転・穿孔操作を機械的に熟知した“ドリルマスター”が行うのに対し、わが国ではほとんどすべての工程を、複数人の作業員で受け持つスタイルが一般的であり、コンピュータジャンボ専属のオペレータを教育していくことは困難であった。

このような背景においては、ドリルジャンボのみをコンピュータ化しても省力化にはつながらず、根本的にトンネル掘削作業におけるすべての付帯作業を、視野に入れて解決を目指す必要があることが開発上の共通認識となった。

当時も現在も、主にコンピュータジャンボに期待するものは、技能作業員の不足を補うこと、穿孔精度の向上による余掘りの減少と発破効率を向上させることである。具体的に当時のコンピュータジャンボが目指した性能は次のとおりであるが、画期的な技術革新であったことは間違いないと言える。

- コンピュータに入力された穿孔パターンに対して、誤差±50mm以内に自動的にブームが移動し穿孔する。
- 岩質の変化に応じて、打撃数・回転トルク・回転数および穿孔速度を、連続的に自動制御することが可能である。
- 穿孔の孔尻位置を自動的に検出することで、すべての孔尻を正確にそろえることができる。
- ドリルジャンボ本体の姿勢制御機能がある。

2-2-2 全自動コンピュータジャンボ

(1) 概要と特徴

全自動コンピュータジャンボの一例として、3ブーム2バケット仕様の機械概要を表-2に示す。また、主な特徴として次のものが挙げられる。

- ジャンボに搭載しているコンピュータに、トンネル線形、発破パターンなどのデータを入力することにより、ワンマンによる全自動穿孔が可能である。
- 穿孔データは、自動的にPCカードに記録され、発破後と照らし合わせることで、次の掘削にフィードバックできる。
- 作業員の技量を必要とせず、穿孔精度が確保でき、余掘り・当たりが低減できる。
- 穿孔口位置のマーキングは不要であり、切羽に近づく作業時間が短くなり、安全である。
- 孔数、段数、装薬量が決まっているので、残火薬が少ない。

(2) 自動穿孔要領

自動穿孔作業は、図-1に示すように事務所と現場での作業からなる。自動穿孔作業概要を以下に示す。切羽でのジャンボセット状況を図-2に示す。

1) 事務所でのデータ作成

トンネルライン(坑口から出口までのトンネルの線形座標X, Y, Zを1m間隔で作成)、レーザーライン(ジャンボの位置測定用として、任意2点

表-2 全自動コンピュータジャンボ概要

型 式	L3C-2B	
製 造 会 社	アトラスコプコ社	
規 格 ・ 寸 法	長 さ	15.68m
	幅	3.9m(アウトリガー張り出し時)
	キャビン	3.66+1.1m(上昇式)
性 能	削 岩 機	COP1838
	電 気 総 出 力	237kW
	電 圧	690V
作 業 環 境	水 ポンプ	300ℓ/min
		室内騒音レベルは80dB以下
		キャビン昇降による広い視野の確保
		穿孔状況のディスプレイ表示
		キャビン内エアコンによる快適作業

のレーザー座標X, Y, Z)、ドリルプラン(発破パターンであり、切羽断面形状、穿孔口位置、差し角度、穿孔長など)のデータを、パソコンに入力する。発破パターンの作成では、1進行長、心抜き方法を決定し、試験発破で発破後の焼結状況、抵抗線間隔、孔尻残状況、余掘り・当たり状況な

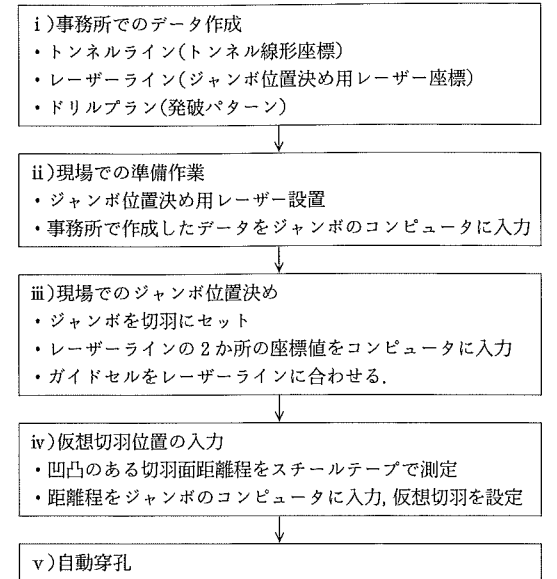


図-1 自動穿孔作業フロー

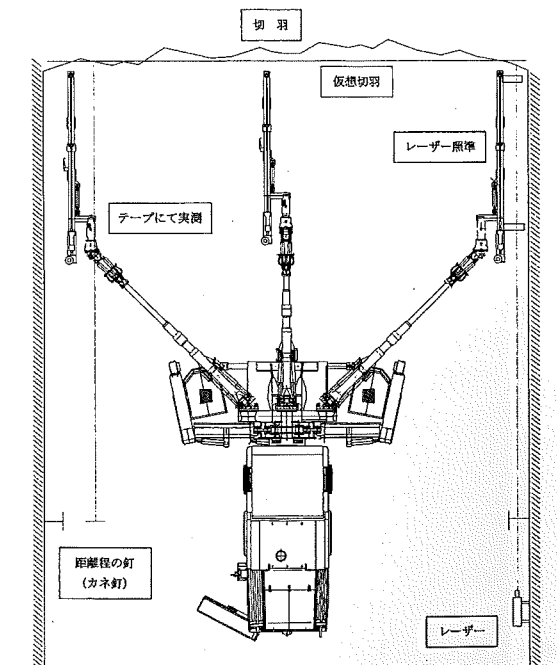


図-2 ジャンボセット状況

どを確認しながら穿孔間隔と外周孔差し角度を決定する。穿孔順序は、3本のブームを各発破孔に割り振り、ブーム同士が当たらないよう定める(図-3)。

2) 現場での準備作業

ジャンボ位置決め用レーザーを坑壁1か所に設置する。トンネルライン、レーザーライン、ドリルプランのデータが入っているPCカードをジャンボキャビン内オペレータパネルカードスロットに挿入し、ジャンボのコンピュータに入力する(写真-2)。

3) 現場でのジャンボ位置決め

ジャンボを切羽にセットする。ジャンボ位置決め用レーザーラインが通過する2か所の座標値X, Y, Zをジャンボのコンピュータに入力する。ジャンボのガイドセルにターゲット2枚をセットし、ガイドセルを移動させながらレーザーラインにターゲットを合わせる(図-4)。

4) 仮想切羽位置の入力

坑内既知点から凹凸のある切羽面位置までの距離

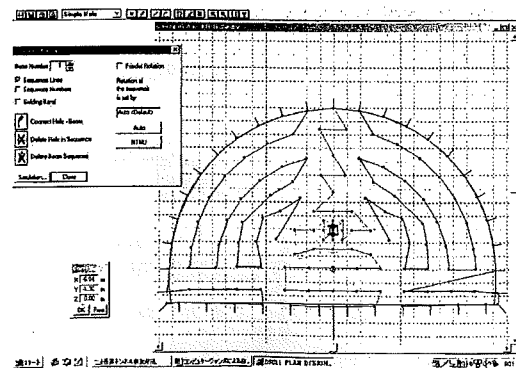


図-3 発破孔のブーム割り振りと穿孔順序

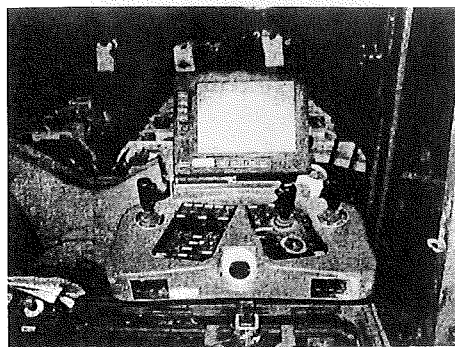


写真-2 ジャンボキャビン内オペレータパネル

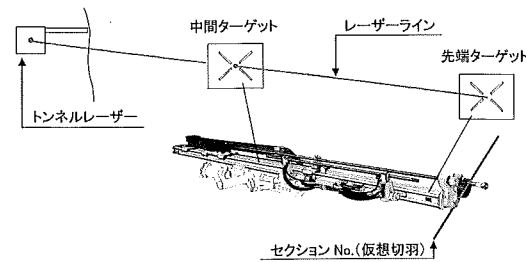


図-4 レーザー光を受けるターゲットセット

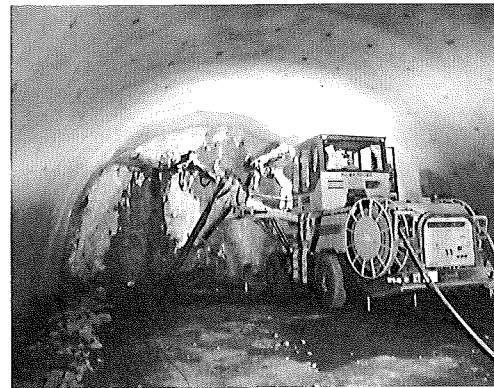


写真-3 自動穿孔状況

をスチールテープで測定し、距離程としてジャンボのコンピュータに入力する。ジャンボのコンピュータには、あらかじめ1mごとにトンネルラインが記憶してあるので、これとの対応でトンネルライン上の切羽位置(仮想切羽)が定まる(図-2)。

5) 自動穿孔

通常の穿孔作業では、3)、4)でジャンボをセットし、仮想切羽位置でのドリルプランにもとづいて自動穿孔する(写真-3)。ジャンボセット後から自動穿孔スタートまでの所要時間は約3分である。

(3) 実施例

日本初となる全自動コンピュータジャンボは、群馬県吾妻郡に施工された吾妻峡トンネル¹⁾で採用された。このトンネルは、全長1,768mの道路トンネルである。事前地質調査によると、地山等級Bの安定した地質は、トンネル延長の約86.5%を占めており、余掘り量の低減を目的として、3ブーム2バスケット全自動コンピュータジャンボ(L3C)を導入している。

1) 全自動穿孔実績

坑口より700m位置から自動穿孔を開始した。

手動穿孔と自動穿孔の違いは、余巻き厚さに現れ、地山等級Bの自動穿孔では、余巻き厚さの管理目標値23.0cm以下の20.5cmで施工でき、手動穿孔時の31.9cmに比べて余掘りを36%低減できている。

坑口から1,390m以奥の地山等級Bの245m区間では、当たりを出さずにどれくらい掘削できるかに挑戦し、最小余巻き厚さ10cmを目標とする掘削で初めて当たりが発生し、12cm程度までならコンピュータジャンボによる制御掘削は可能であることを確認している。

2) 評価

全自動コンピュータジャンボの現状技術での短所として、以下のものが挙げられる。

- ジャンボ位置決めのためのレーザーが必要である。
- 支保工の建て込みができない。
- ロックボルトの自動削孔ができない。
- 凹凸の激しい切羽では、仮想切羽位置の調整が必要である。
- 切羽に脆弱部分があっても、発破パターンの即座の変更は難しい。
- 孔荒れでジャミングすると、自動穿孔は一時停止する。
- 自動穿孔と手動穿孔を比較すると、穿孔時間に大きな差はない。
- 自動穿孔では、機械費が高い。

しかしながら、トンネル延長が1,000m以上で、鋼製支保工を必要としない地山等級Cが全体の約60%以上を占めれば、全自動コンピュータジャンボは経済的に有利である。また、穿孔精度を必要とする長孔発破での適合性は高く有効である。

2-2-3 半自動コンピュータジャンボ

(1) ナビゲーションシステム

トンネル掘削において、効率的で安定した発破作業を行うためには、ドリルジャンボによる切羽穿孔の際の、穿孔位置、差し角、孔尻深さなどの穿孔精度の確保が非常に重要であることは言うまでもない。

これらはすべて、穿孔オペレータの技能レベル

と経験に左右されることになり、目視で判断された感覚の良し悪しによって結果が決定づけられる。

ドリリングナビゲーションシステム(3ブームドリルジャンボ搭載機;写真-4)とは、穿孔オペレータに対し、切羽のどこを、どのような方向で、どれだけの深さで穿孔すべきかを、“カーナビ”同様に、穿孔作業を補助するシステムであり、作業そのものは従来どおり、オペレータが手動(写真-5)によりブーム操作および穿孔操作を行うものである。

システムの概要であるが、穿孔位置を算出するのに必要なセンサーを各ブームに取り付け、各関節角度およびスライド部のストローク長を検出、瞬時に穿孔オペレータ前のグラフィック画面(写真-6)に、穿孔位置および穿孔方向を表示するものである。オペレータはあらかじめ入力され映し出された目標穿孔位置に、画面を見ながらブームを移動し、位置決め後に穿孔作業を行うシステムである。

これによる効果は、以下のとおりである。



写真-4 3ブームドリリングナビゲーションジャンボ



写真-5 ドリリングナビゲーションシステムによる穿孔作業

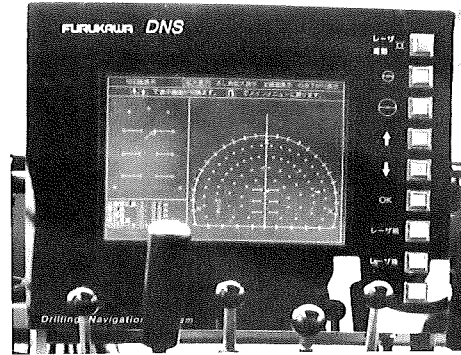


写真-6 グラフィック画面

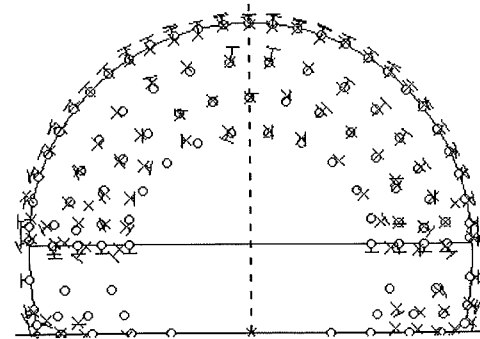


図-5 穿孔実績データ(例)

- ・切羽マーキング作業が不要である。
- ・各穿孔オペレータ特有の癖をなくし、標準化できる。
- ・余掘り量を低減できる。
- ・心抜き精度が向上し、発破効率を高めることができる。
- ・穿孔実績データ(図-5)が自動的に記録できる。

(2) 穿孔位置誘導システム

穿孔位置誘導システムとは、ドリリングナビゲーションシステムと同様、穿孔オペレータに対し、穿孔目標位置を案内するシステムである(図-6)。

それぞれのシステムの主な違いは、ドリリングナビゲーションシステムが、穿孔作業開始時に基準レーザーに合わせ、機械本体をセッティングした後は、すべてその状態を基準に各センサーを介して、演算により得られた穿孔位置をグラフィック表示するのに対し、穿孔位置誘導システムは、ドリルジャンボ後方に設置された自動追尾式トータルステーションが、機械本体をセッティングした後も、常にガイドシェル後部に組み込まれたター

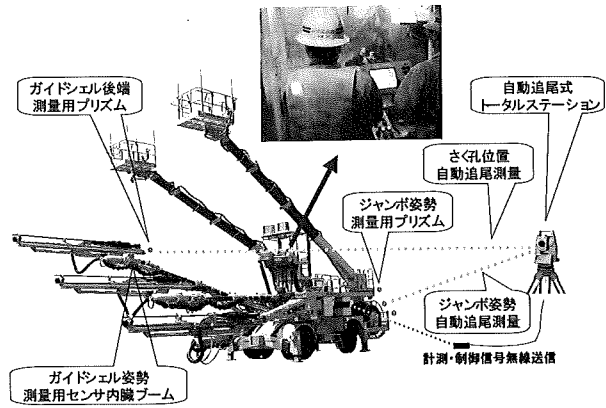


図-6 穿孔位置誘導システム

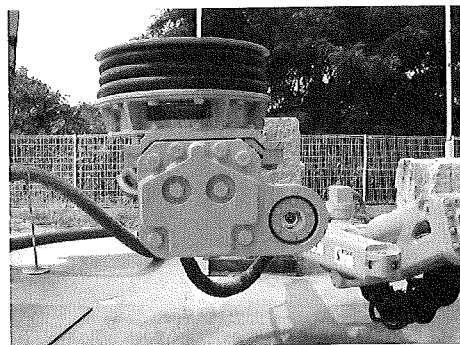


写真-7 ガイドシェル後部ターゲット

ゲット(写真-7)を自動的に追尾演算し、穿孔位置をグラフィック表示するシステムである。

このシステムの大きな特徴は、自動追尾による直接外部測量を行いながら、穿孔位置を誘導表示するシステムであり、ターゲットと穿孔位置との間で若干の集積誤差の発生は起こるが、穿孔位置精度としては非常に高い点である。また、ドリルジャンボ本体の姿勢などの位置が、穿孔途中に何らかの原因で動いてしまった場合でも、穿孔オペレータがトータルステーションを遠隔操作し、再度三次元姿勢計測を行わせることにより簡単に自動修正することができ、常に高精度での位置出しが可能で信頼性も高い。

ただし、特性上トータルステーションから切羽を見通せる範囲のみ有効であり、トンネル断面の大きさによって異なるが、ドリルジャンボ本体に遮蔽される範囲は使用できない。また、追尾したターゲットの位置情報をグラフィック画面に(写

真-8)表示するまでに、若干のタイムラグを生じる。

これによる効果は、以下のとおりである。

- ・切羽の外周マーキングが不要である。
- ・余掘り量が低減できる。
- ・スムーズブラッシング工法における穿孔精度が向上し、発破効率を高めることができる。
- ・穿孔オペレータが直接トータルステーションを操作し、支保工建て込み時の位置確認などが行える。
- ・穿孔実績データが自動的に記録できる。

ドリリングナビゲーションシステムと穿孔位置誘導システムには一長一短があるが、互いのシステムの持つ特徴を生かし、それらを融合させることによって更に使いやすくなり、現場にスムーズに受け入れられるシステムに成長していくことを期待したい。

このようなコンピュータ技術の進歩と現場への積極的な導入が、トンネル掘削工事の安全性向上および作業環境改善につながっていくことになる



写真-8 グラフィック表示画面

であろう。

(3) SB孔穿孔システム

1) 工事概要と地質

第二名神高速道路甲南トンネル下り線工事は、掘削断面積約180m²、トンネル延長約2,500mの長い大断面トンネルであるのでTBM導坑先進拡幅掘削工法を採用している。地質は、中世代白亜紀後期の貫入岩体である田上花崗岩が分布し、全体的に中硬質～硬質である。TBM導坑の先行掘削により、1掘進長2.0mとし、鋼アーチ支保工を必要としない地山等級C Iの区間延長は、約400mが予想された²⁾。

2) 穿孔システム概要と特徴

三次元自動測量・計測システムのもとで稼働する2ブーム全自動コンピュータジャンボ(L2C, HD-210kg級)と3ブームホイールジャンボ(L3, HD-150kg級)を上半切羽に2台配置し、曲面切羽によるElectronic Delay Detonator/Smooth Blasting発破とバルク含水爆薬機械装填を実施している(図-7)。これの採用理由は、以下のとおりである。

- ・EDD/SB発破により、周辺岩盤の損傷域を抑制し、自立度を高めるとともに、掘削面を平滑に爆破掘削することにより、当たり、余掘りを減らす。
- ・バルク含水爆薬機械装填による集中装薬と曲面切羽の採用により、発破効率を高め、サイクルタイムを短縮する。

3) SB孔穿孔要領

ノミ後を残すSB発破では、SB孔の穿孔精度が

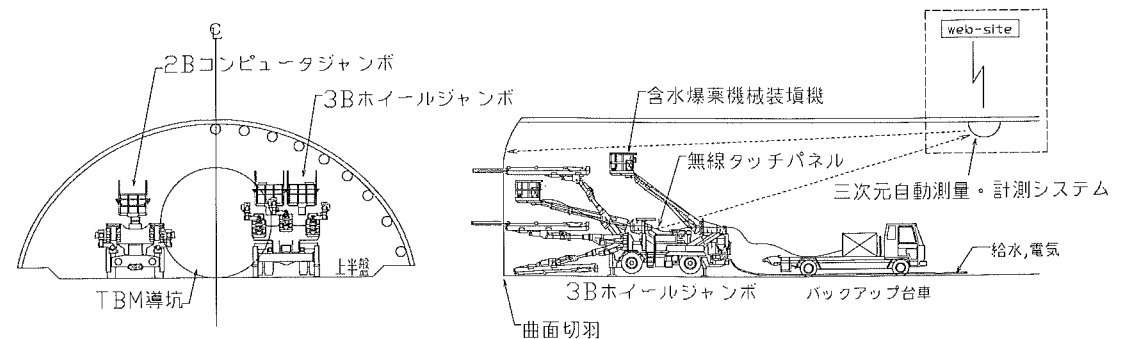


図-7 三次元自動測量・計測システムによるSB孔穿孔概念

低いと、掘削面に沿っての当たり取り作業や余掘りが多く発生する。このために、SB孔穿孔にあたって左右両隣の孔軸が放射状、等間隔になり、孔尻位置がそろそろよう穿孔角度と穿孔長の管理が必要である。

このSB孔と一つ内側の穿孔管理に、全自動コンピュータジャンボと三次元自動測量・計測システムのレーザーマーキング機能を活用している(図-8)。

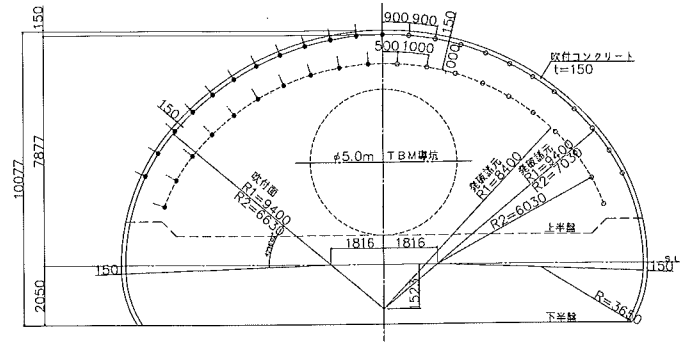


図-8 SB孔と一つ内側の払い助孔配置パターン(地山等級C1)

① コンピュータジャンボによるSB孔自動穿孔

穿孔要領は、全自動コンピュータジャンボの自動穿孔作業要領とおおむね同様であるが、主な相違点とともに、以下のとおりである。

i) 事務所のコンピュータにトンネルライン、レーザーライン、ドリルプランを入力する。ドリルプランの発破パターン作成では、SB孔とその一つ内側の払い助孔について、穿孔口元位置、穿孔長、差し角度を入力する。穿孔順序は、2本のブームを各発破孔に割り振り、ブーム同士が当たらないよう定める。

ii) 現場での準備作業

ジャンボキャビン内のオペレータパネルにあるカードスロットにPCカードを挿入し、トンネルライン、レーザーライン、ドリルプランデータをジャンボのコンピュータに入力する。

iii) ジャンボ位置決めと仮想切羽位置入力

ジャンボを切羽にセットする。トータルステーションの無線リモコンでレーザーラインを選択し、ジャンボ位置決め用レーザーラインを切羽に照射する。ジャンボのガイドセルに中間ターゲットと切羽位置距離測定を兼ねたプリズム付きターゲットをセットする。ガイドセルを移動させながらレーザーラインにターゲットを合わせ、ジャンボの位置決めと切羽位置の距離程を測定する(図-9)。ジャン

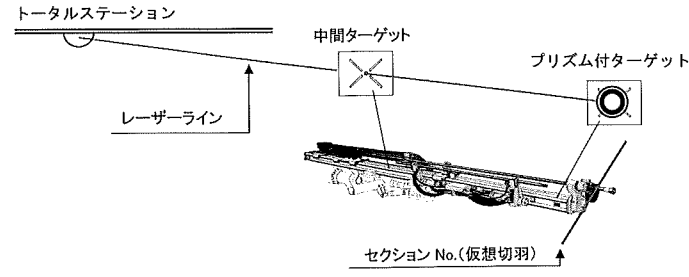


図-9 トータルステーションによるジャンボ位置決めと切羽距離程の測定

ボ位置決め用レーザーライン2か所の座標値X, Y, Zと切羽距離程をジャンボのコンピュータに入力し、トンネルライン上の切羽位置(仮想切羽)を定める。

iv) 発破孔の穿孔

SB孔と一つ内側の払い助孔の自動穿孔を優先する。これの完了後に、マニュアルモードに切り替えて、払い助孔を手動穿孔する。

② ホイールジャンボによるSB孔手動穿孔

SB孔位置と穿孔方向を規定する2点の座標値(SB孔口元位置と削岩機ターゲット位置)からなるSB孔発破パターンを、三次元自動測量・計測システムのデータベースに入力する。

SB孔口元位置は、凹凸のある切羽鏡面にレーザー照射し、この位置に人力でスプレーし、全SB孔をマーキングする。SB孔の差し角を考慮したガイドセルの手動セットは、無線リモコンでSB孔番号を選択し、三次元自動測量・計測システムのレーザーマーキング機能を用いて照射し、ガイドセルを移動させ

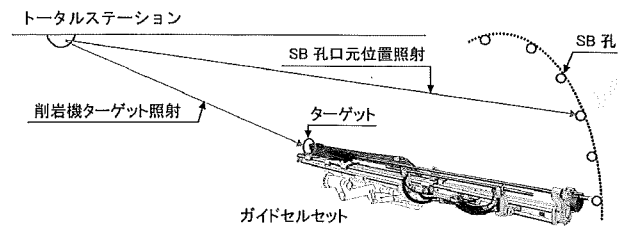


図-10 SB孔手動穿孔時ガイドセルセット概要ながら削岩機ターゲットをレーザー光に合わせる(図-10)。SB孔一つ内側の払い助孔では、専用定規を用いて、抵抗線長を確保しながら手動穿孔する。

4) 施工結果

コンピュータジャンボとホイールジャンボによる穿孔状況を写真-9に示す。掘削の当初は、コンピュータジャンボによるSB孔自動穿孔の方が掘削面は平滑であったが、坑夫の熟練度が向上するにつれ、SB孔手動穿孔側もコンピュータジャンボと同程度になった。また、この穿孔方法による上半掘削では、掘削面の平滑な爆破掘削により、余掘りと当たり作業は低減し、サイクルタイムは短縮でき、上半掘削進行は8~10m/dayを確保、



写真-9 上半SB孔穿孔状況

最大月進180mを記録し、高効率施工を可能にした。

参考文献

- 1) 原和利・及川修二・北川隆：日本発の全自動コンピュータジャンボによる施工，県道林吾妻線 吾妻峽トンネル，トンネルと地下，Vol.35, No.1, 2004.1.
- 2) 奥隅豊栄・大矢隆二・木村厚之・楠本太：TBM導坑先進により大断面トンネルを経済的に施工，第二名神高速道路 甲南トンネル(下り線)，トンネルと地下，Vol.37, No.11, 2006.11.

【図書のご案内】

ユニークな手法を駆使!! 建設災害を考慮してまとめた地質学書の決定版!!



建設工事の
保安地質学
(改訂版)

理学博士 石井康夫 著

A5判 上製本 475頁 価格6,300円 円340円

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

株式会社 土木工学社

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

土木情報 No.405 今月の主な入札結果

(12月13日～2月9日)

事業主体	工事名	請負会社	請負額 単位 百万円
東北地整	新唐桑T	奥村組	1,830
関東地整	王城山T新設	西松建設	599
九州地整	東日本橋～馬喰町共同溝	青木あすなる建設	302
九州農政局	長崎497号弓張T新設2期	大林組	1,560
緑資源機構	新若戸沈埋トンネル部(4号函)製作	若築建設・国土総合建設・本間組JV	1,296
"	農業水利事業浜ノ瀬ダム仮排水路	大林組	282.1
"	18美濃三工区農用道1号T	清水建設	1,388
"	18安房農用道3号T	西松建設	1,310
"	18南丹 丹瑞3工区農用道T	前田建設	1,162.23
首都高速道路	SJ22工区(2-1)富ヶ谷出入口T(その3)	大成・鹿島・鉄建JV	1,690
中日本高速道路	第二東名高速道路岩中	鴻池組	2,489.01
西日本高速道路	東九州自動車道中山	佐藤工業・若築建設JV	1,146.36
"	名神高速道路千里山T補修	ショーボンド建設	214.5
阪神高速道路	島屋北工区開削T	鹿島・銭高・東亜JV	3,730
"	大開南工区開削T	鴻池組	3,070
"	新湊川第1工区開削T	戸田・西松JV	2,538
"	新湊川第3工区(その1)開削T	青木あすなる	918
都・下水道局	港区南麻布一,二丁目付近再構築	熊谷組・日本国土開発JV	770
"	" 南青山二,四丁目付近再構築	日本国土開発	456.5
"	" 南青山一,二丁目付近再構築	ヤマト建設協同組合	343
"	北区中里一丁目,西ヶ原四丁目付近再構築その2	戸田・村本JV	705
"	豊島区東池袋二,三丁目付近再構築	真柄建設	449
"	浮間水再生センター放流渠その2	鹿島・佐藤工業JV	329
"	江東区森下三,四丁目付近再構築	井上工業	322.2
"	八広幹線立坑設置	大成・フジタJV	298
"	多摩川上流幹線その15	みらい建設工業	291.39
"	地蔵堀幹線再構築その3	三井住友建設	284.3
"	千代田区内神田三丁目,神田多町二丁目付近再構築	ナカノフドール建設	219
都・交通局	浅草線新橋・大門間環状第2号線他交差部(その2)	清水・青木あすなる・さとうベネックJV	1,786.52
山梨県	一般国道137号(川口二期BP)3号T(仮称)	秋山土建・大森工務店・富士土木JV	1,670
"	主地南アルプス公園線新青崖T(仮称)	長田組土木・近藤工業・扶桑建設JV	1,625
"	八ヶ岳地区須玉T第1工区	富士島・深沢土木工業・峡北JV	720
長野県	滝沢T本体	戸田建設	1,057
福井県	原子力発電施設等緊急時安全対策交付金工事(竹波工区)馬背T(仮称)	鹿島・森口・高崎JV	1,105
"	" (細間工区) "	鹿島・森口・高崎JV	1,099
和歌山県	小引漁港漁港開連道路整備(仮称小引T)	東洋・海邊特定JV	690
広島県	一般国道375号国補道路改良工事・門田T(仮称)	飛鳥・東洋・砂原組JV	1,570
"	市道梶矢下川根線道路改良・梶矢T(仮称)	増岡組・熊高組JV	661
島根県	(主)津和野田万川線邑輝II工区地方道路交付金(改良)(仮称)新昭和T	奥村組・半田組・河野建設JV	1,998
"	(一)浜乃木湯町線湯町工区地方道路交付金(改良)(仮称)花仙T	松江土建・豊洋建設JV	837
"	農林漁業用揮発油税財源身替農道整備事業延屋2期地区(仮称)延屋T	中筋組・祥洋建設JV	754.53
山口県	錦川総合開発事業平瀬ダム転流工	洋林・畑原JV	1,220.07
"	広域営農団地農道整備事業柳井大島地区茶臼山T	コプロス	373.56
愛媛県	(国)379号梅津T	堀田建設	380.6
福岡県	京築3期地区第4号隧道	大本組・大池組・坂平産業JV	1,059.01
"	都市計画道路曾根行橋線緑ヶ丘T(仮称)道路新設	三井住友建設・ピーエス三菱JV	1,048
"	広川幹線管渠築造(国道209号工区)	青木あすなる・機動建設・酒井組JV	1,007
仙海市	南蒲生浄化センター放流渠建設	大本組・深松組JV	354
千葉市	下水道排水施設(幕張7・18の1工区)	五洋建設・森川建設JV	165
さいたま市	鴨川第15処理分区下水道(北建-18-28)	中央建設共同組合	143.9
横浜市	舞岡川遊水池	戸田・小田急・京急JV	1,932.55
"	南部処理区大岡右岸幹線(第3工区)下水道整備	宮本土木	484.3
"	" 根岸地区下水道再整備(その12)	ドリーム建設	161.6
静岡市	山脇大谷線道路改良工事((仮称)賤機山T)	大成・静和・白鳥JV	1,170
名古屋	土市雨水幹線下水道築造	佐藤・りんかい日産・若築JV	1,268
"	服部北部幹線下水道築造	日本国土開発	184.5
福岡市	住吉(住吉1丁目外)地区下水道築造	フジタ・才田組JV	619.78

トンネル ジャーナル

TUNNEL JOURNAL・TUNNEL JOURNAL・TUNNEL JOURNAL・TUNNEL JOURNAL・TUNNEL

横浜市営地下鉄4号線 2008年3月開業予定

横浜市は、建設中の地下鉄4号線の開業見通しを発表した。同線は、一部計画地の用地取得が難航し、土地収用法にもとづく収用手続きにおいて、収用委員会の裁決が遅れていたため、開業時期を延期していたが、収用委員会の裁決により、対象地の工事着手時期が明確となり、工事工程の精査を行った結果、2008年3月末の全線開業が可能と判断した。

同線はJR横浜線中山駅～東急東横線日吉駅間の延長約13.1kmを結び、間には8駅が設けられる。



3次基準トンネル用排ガス 対策建機が初指定

国土交通省は、建設現場の作業環境の改善、機械施工が大気環境に与える負荷の低減を目的とした「排出ガス対策型建設機械指定要領」にもとづき、第3次基準値適合の排出ガス対策型建設機械5機種34型式、トンネル工事用排出ガス対策型建設機械1機種1型式を指定した。

3次基準値に適合するトンネル用排出ガス対策型建設機械の指定は今回が初めて。

伊勢湾横断ガスパイプライン

中部電力と東邦ガスは、伊勢湾の海底をシールドトンネルで横断する天然ガスパイプラインを共同で敷設する。伊勢湾横断ガスパイプラインは東邦ガス四日市工場～中部電力

川越火力発電所の5.5kmと同発電所～知多地区LNG基地の13km。川越・四日市と知多の基地間をパイプラインで接続することで、基地間のバックアップ体制が整い、柔軟かつ効率的な運用が可能になるとしている。13年度の完工を予定。

下水処理場間ネットワーク 幹線の貫通

神戸市が98年度から進めてきた下水処理場間ネットワークの最後の区間でシールドトンネルが到達した。これにより、総延長33.3kmの下水処理場間ネットワーク幹線がつながり、日本最長の下水道シールドトンネルとなる。

神戸市では阪神淡路大震災により東灘処理場が壊滅的な被害を受け、約100日間処理機能が停止したことを教訓に、下水道システムとしての耐震化を図ってきた。

災害復旧でトンネルを整備

国土交通省は、2005年9月の台風で被害を受け、通行止めになっている国道448号小崎地区について災害関連工事として整備することを決めた。整備案は現道を陸側に寄せた600m程度のトンネルを含む約1kmのバイパス案。

地下展 UNDERGROUND

空想と科学がもたらす闇の冒険

日本科学未来館(東京都江東区)では、2007年9月22日～2008年1月28日に、地下世界をテーマに企画展を行う。

地球の起源や環境、地下生命体、地震などの地下に関する最新の研究成果と、芸術、哲学、社会学などの中で探られてきた地下の世界観を織り交ぜ、地下とヒトのかかわりを体感できる。

北部福岡緊急連絡管が起工

北九州市と福岡都市圏を連絡管で結び、緊急時に水道用水を相互に融通する「北部福岡緊急連絡管事業」の起工式が行われた。

同事業は災害時など緊急時に福岡都市圏で相互に水の融通を図るため緊急連絡管(約50km)の整備を行うもの。10年度からの供用を目指す。

南足柄市一箱根町連絡道路 の検討方向性まとまる

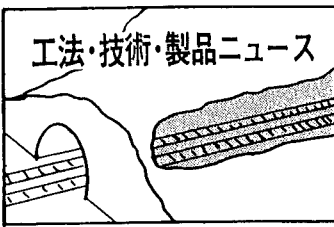
「南足柄市と箱根町を連絡する道路に関する研究会」は、昨年からの検討してきた観光振興および緊急時の代替路の確保のための両市町間の連絡道について、今後の検討の方向性を示した。検討のベースとなるのは約6kmのトンネル案を含む5案で、今後は、自然環境、事業手法、費用対効果などの観点から検討を深める。

第1狩勝トンネルが貫通

道央と道東を結ぶ北海道横断自動車道トマム・十勝清水間の第1狩勝トンネルが貫通し、11月末の区間開通にむけ前進した。第1狩勝トンネルは延長2,351m、幅員9.5m、トマム・十勝清水間21km区間で、広内(944m)、第2狩勝(2,576m)トンネルに続き、貫通を迎えた。

地下鉄13号線の名称が 「副都心線」に決まる

2008年6月開業予定の渋谷～池袋間を走る地下鉄13号線の路線名が「副都心線」に決まった。池袋・新宿・渋谷という東京の副都心を縦断して走る、という路線の特色をイメージして名づけられた。駅名も決定し、北から、雑司が谷・西早稲田・東新宿・新宿三丁目・北参道・明治神宮前・渋谷となる。

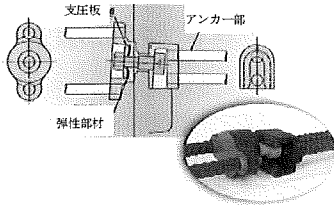


工法・技術・製品ニュース

「スライドロック継手」を 地下鉄工事に初適用

西松建設(株)は、高速施工が可能
な、ボルトレスタイプの新型セグメン
ト継手「スライドロック継手」を
地下鉄工事に適用し、セグメント組
立時間の短縮、組立精度の向上に有
効であることを実証した。

「スライドロック継手」は、従来
継手のようなボルト締結作業が不要
であるため、セグメントの組立時間
を70%程度短縮できる。また、継手
部材がセグメント内面に埋め込まれ
ているので内面が平滑で、二次覆工
のボルトボックスの充填が省略でき
コストダウンも可能。



長距離掘削を可能にする 新カットビットを開発

大林組は、シールド工事に用いる
シールド先端のカットビットに、独
自の方法で製造した超硬合金チップ
を用いることで摩耗を抑え、カット
ビットを交換せずに長距離掘削を可
能にした「LL(ロングライフ)ピッ
ト」を開発した。ビット交換が不要
になることで、工期の短縮やコスト
の削減が可能。

同製品は、掘削する地山の地質に
合わせて、性質の異なる2種類以上
の超硬合金チップを貼り合わせたカッ
タビットで、硬質で耐摩擦性に優れ

た金属と、粘りがあり耐衝撃性の高
い金属などを、掘削する地盤の状況
に応じて組み合わせて製作する。

新しい切削可能部材を 実工事へ適用

鹿島と芦森工業は、シールドの発
達・到達用の土留め芯材やセグメン
トの一部として、直接切削が可能
な新部材「SZパイル」、「SZセグメン
ト」を開発し実工事に適用した。

この新部材はガラス繊維強化プラ
スチック製の積層板であり、従来の
切削可能な材料よりも、施工性が良
好で、コスト面でもメリットがある
ことを確認した。

従来、直接掘削可能な土留め材と
しては炭素繊維、ガラス繊維が用い
られていたが、従来材料よりもさら
に切削しやすく、かつ、コストメリッ
トもある切削可能部材の開発が求め
られてた。

トンネル坑口の騒音低減 システムの吸音性能を確認

熊谷組、ガイアートT・K、ジオ
スターは共同で、トンネル坑口の騒
音低減システムを開発し、「サイレ
ントエコパネル」として、トンネル
工事に適用した。吸音パネル設置前
後で確認したところ9 dBAの騒音
低減効果があったとしている。

扁平型断面シールド工法の 掘削性能を確認

奥村組、石川島播磨重工業、石川
島建材工業の3社は、シールド工法
と都市部山岳工法の境界領域におけ
る都市トンネルの施工を目的に開発
した「扁平型断面シールド工法」の
主要技術である「扁平型シールド」
の掘削実験を公開した。本シールド
は、2車線道路トンネルを対象とし
た場合、円形断面に比べ、約15%縮
小した扁平断面形状での掘削が可能
となり、開発中の薄肉扁平形状のセ

グメントと併せて施工することで、
コストも約15%削減可能。

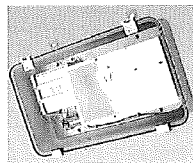
掘削実験では、シールド工法と都
市NATMの境界領域を想定した模
擬地盤を奥村組相模原工作所に設
け、実用機の約1/4.5スケールの実
験機により掘削性能を確認した。

トンネル用高効率照明

松下電工は、松下電器産業が開発
したHID白色系の高効率ランプと、
新開発の専用点灯装置内蔵の照明器
具を組み合わせた、SPD200シリ
ーズを発売する。

同製品は、HID白色系ランプで業
界最高効率の130lm/W。従来のマ
ルチハロゲン灯400Wとほぼ同等の
明るさで、消費電力は約50%。また、
ランプ寿命は18,000時間を実現す
るとともに光束維持率85%という特性
により、寿命末期まで安定した明る
さ維持できる。

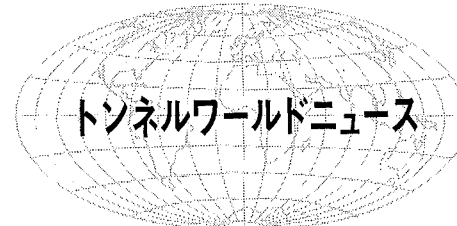
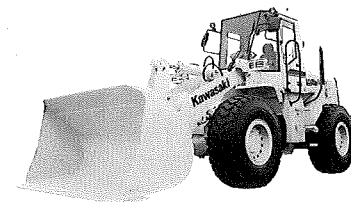
従来光源を使用するよりも、設置
台数を削減でき、また、交換に伴う
費用やメンテナンスを削減できると
している。



新型ホイールローダを出品

川崎重工は「除雪機会展示会」に、
新型ホイールローダ70ZV-2を参考
出品した。同機は現行の70ZVのモ
デルチェンジ機で作業効率、耐久性、
信頼性を向上させた最新鋭機。

発売開始は2007年4月を予定して
いる。



(社)日本トンネル技術協会
国際委員会

Teestaトンネルの発破掘削が順調

インド北東のSikkimでTeesta V水力発電プロ
ジェクトを請負うGammon社は、六つの切羽を
有する延長13.8kmの導水路トンネルで、予定よ
り4か月早く貫通できる見通しである。

このプロジェクトは総発電電力3,635MWを目的
とした、6期にわたる計画の最初のものである。

河川計画には、高さ95m、幅180mのコンクリ
ートダムとBalutarの発電所へ送る延長17.69kmの
導水路トンネルが含まれる。

Gammon社は、2001年に13.8kmの圧力導水路
トンネル工事を契約し、当該工事には総延長
1,083mになる3つの作業坑も含まれており、同
年7月より開始した。

同社は6台の2ブームジャンボ(Tamrock
Axera T68-296)を当該工事のために調達した。

T&TIは、「当該計画を成功するためには、高
効率な掘削装置が必要とされることをよく認識し
ている」と報じた。

まず、Gammon社が調達したTamrock社のド
リルジャンボにSandvik社の削孔ツールが取り付
けられ、三つの作業坑からそれぞれ上流側と下流
側に向けて、合計六つの切羽において直ちに作業
が開始された。ジャンボの掘削面には、径38mmの
火薬装填孔を最大70孔まで配置した。掘進長は2
~3mであり、地山状況によるが、穿孔間隔はお
おむね0.75~1.0m間で掘削を行った。支保には3
m長のロックボルトが1.5m間隔で打設され、こ
れもまた切羽状況によって変更が行われた。

トンネル延長の約75%区間に吹付けコンクリ
ートも必要とした。

Gammon社は7か月で作業坑を完成させ、そ
の後、導水路の上半掘削を開始した。

この作業では、請負人は一発破作業に径48mmの
火薬装填孔を最大80孔まで穿孔配置し、0.75m間
隔で詰めて施工した。穿孔長は可能時には4mで
開けられたが、不良地山区間では、たった1mに
減らさなければならなかった。上半は高さ6.8m、
幅10.5mで施工され、3.3mのベンチ高を確保して、
高さ10m、下半盤7.6mの断面に拡幅される。

支保の詳細は作業坑と類似しているが、鋼製支
保工を必要とする箇所が数区間あった。

もっとも問題となった箇所は第2作業坑と第3
作業坑の間2.54km付近にある貫通点で、全工区
で空洞箇所と遭遇したとは言え、当該箇所は延長
20mに及ぶ2か所の空洞と遭遇したことであった。

最初の事象を切り抜けるのに6か月を要し、2
番目を上手く切り抜けるには12か月以上を要した。

Gammon社のAsish Gupta総括所長は、「この
2か所は非常に揉まれた地質状況であり、まさに
前人未踏のケースである。難しい条件ではあった
が、われわれは成功した」と語った。

Tamrock社のジャンボは、主となる掘削段階
の間は90%の稼働率を達成した。45mmと38mmの
Sandvik社製ボタビットの寿命は平均400mで、
40~50mごとに磨き直しが行われた。その他の消
耗品はR38ドリフターロードが3,500m、H35シャ
ンクアダプターとカップリングスリーブは4,000
mの寿命であった。

プロジェクトの完成までに、約300万mの穿孔
が行われることとなる。Tamrock社の削岩機と
難しい地山状況に対して経験不足にもかかわらず、
Gammon社は完成を4か月早めた来年1月まで
と報告した。

(T&TI '06.7 担当: 下田哲史・中日本高速道
路(株))

Brenner基底トンネルの 調査坑工事が始まる

オーストリア、イタリア、ドイツ政府が、
Brenner基底トンネル(Brenner Base Tunnel)

のフィージビリティ・スタディの実施を決めてから20年の時を経て、調査坑工事の準備作業が2006年6月30日に始まった。

Brenner峠で催された式典では、政治家や来客が、オーストリア領土で延長24.46km、イタリア領土で延長29.21kmに及ぶ工事の着工を見届けた。計53.67kmとなるこの延長は、調査坑と作業坑の総延長であり、アルプス山脈を貫きオーストリアとイタリアを結ぶ双設鉄道トンネルの延長56kmのことではない。

調査坑の標準的な断面積は25m²である。作業坑は、おおむね本坑の計画路線上に位置する調査箇所まで掘削され、作業坑の標準的な延長は2～3kmで、断面積は85m²である。

作業坑と調査坑の工事は2006～2009年にわたり、工費は5億4,800万USドルである。この工事の主目的は、本坑の地質学的リスクの評価、および事業の財務計画の最適化を図ることである。また、作業坑と調査坑は、本坑の路線において、必要かつ適切と考えられる場合に、地山改良を施工するためにも使用される予定である。

工費の増大を抑制するために、作業坑および調査坑は、建設予定の本坑の非常時の救援作業、維持管理作業、排水設備にも使用できるように計画されている。

(T&TI '06.8 担当：伊藤 彰・(株)間組)

ボスポラス海峡にさらにトンネルを計画

ヨーロッパと中東とを隔てている両岸をつなぐ地下鉄建設工事であるMarmarayプロジェクトの開始に続き、この通行量が多く、狭い航路の下にさらに2つのトンネル計画が予定されていることが明らかになった。

そのうちのひとつ目は、海峡の下に2階建て道路トンネルを掘削するものである。鉄道、港湾、空港の建設を担当している運輸局長が、高度計画審議会にこのプロジェクトを承認するよう求めていると伝えられている。提案では、このトンネルは

トルコ政府の国庫からの保証がないBOTとして建設されることになっている。プロジェクトにかかる費用は、およそ3億7千万ドルであると予想されている。

また、モスクワの地下鉄建設業者であるMetrostroy社がIngeokom社とトルコのAlke社、STFA社の2社と協力して、ボスポラス海峡の下に送水トンネルを施工することが発表された。入札では、1億2,000万ドルの建設費で落札された。このトンネルは5.6kmであり、Melenプロジェクトの一部として、イスタンブールの15km北に建設されることになっている。計画には、Melen川からイスタンブールまでの飲料水用送水管の敷設が含まれている。

一方、Marmarayプロジェクトは、2005年末までに2億5,000万ドルをかけて、さらに今年は2億6,500万ドルをかけて進行中である。このプロジェクトは、GebzeとHalkali間の76.3kmを結ぶ輸送力増強のために、ボスポラス海峡の下を13.6km横断し、63kmの郊外鉄道をアップグレードするものである。ボスポラス海峡は、全長1.4kmの11ブロックに分割された耐震設計がなされた沈埋トンネルで、水面下56mにて渡される。この沈埋トンネルは、ヨーロッパ側のKazlıcesmeとアジア側のAyrilikcesmeからのシールドトンネルとつながっている。

新しい地下駅がYenicapi, Sirkeci, Uskudarに建設され、沿線の37の地上駅が建設あるいは改修される。Yenicapiにある駅では、イスタンブール地下鉄とライトレールが接続する。郊外線への輸送能力を1時間あたり75,000人まで増強するには、ほとんどの沿線に3本目の軌道を敷設する必要がある。GebzeからHalkaliまでの総所要時間は105分になる。

Marmarayプロジェクトの建設は、2004年3月に開始された。2009年に予定されている完成により、イスタンブールの鉄道利用者の割合が3.6%から27.7%に増加する見込みである。

(T&TC '06.10 担当：吉田 敦・大成建設(株))



(社) 日本トンネル技術協会 国際委員会

C852工区における土留め杭撤去用導坑/ Advance tunnels for pile removal on C852

By Blaise Mark Pearce, Yoke Khian Wong, Chun Nam Ow, Yip Kwong Lee :
Tunnels & Tunnelling International,
April, 2006, pp.21-25

シンガポールの新環状地下鉄線CCLは、全長33kmで29か所の駅があり地下部はφ6.6mのTBM2台によって施工する。C852工区Serangoon駅部において、既存西北線の建設時に留置された土留め杭があり、TBM掘削の障害となるため、導坑を掘削し撤去した。

導坑は、延長149mと126m、幅4～7mであり、供用中の駅の下に吹付け工法により掘削された。地質は砂、シルトの混在する風化花崗岩で、透水係数は $1 \times 10^{-8} \sim 1 \times 10^{-7}$ m/sである。

まず立坑(φ6m、深さ25m)を掘り、坑底より内径4m、延長10mの導坑を厚さ250mmの鋼繊維補強吹付けにより施工した。導坑はここで二股に分かれ、それぞれ二段ベンチで掘削した。地質に応じてFRP製フォアパイル(6m)を使用し、水圧を下げるため切羽の4m以上前方に水抜き孔を削孔した。

駅舎躯体の周囲の裏込め土については、トンネル内部から浸透グラウトを施したが、駅から8mの地点で500l/分の湧水が発生し、許容範囲内ではあったが8mmの地盤沈下が認められた。追加調査の結果トンネルと交差する新たな水みちが見つかり、掘削進行に伴う沈下量の増大が懸念され

た。国際的な水文、鉄道専門家を含めた検討の結果、グラウトによる広範囲な地質改善を中心とする工法が採用された。また、地下水位の低下による更なる地盤沈下を防止するために、掘削への影響を注視しながら地下水の再注入も計画実施された。さらに、帯水した埋戻し土層は、地表からジェットグラウトにより地盤改良が行われた。

周囲地盤の安全確認後、導坑掘削作業は再開され、1シフト12mのグラウトによる地山改良を実施しながら行った。削孔総延長は500mで、施工に約1週間を要した。

駅舎とトンネルの間の補強には、φ70mm×12mのパイプーフを使用した。土質条件によって最大3層として、止水性の不十分な箇所はパイプを通してグラウトを施した。この処理は削孔総延長300mで5日間を要した。掘削の進捗は平均1.5m/日であった。

(文責：畑生浩司・鉄建建設(株))

TBMがダウファン(Dahuofang)の前方に鳴り響く/TBMs roar ahead at Dahuofang

Tunnelling & Trenchless Construction,
April, 2006, pp.18-20

中国遼寧(リャオニン)省東部省での世界最長のTBM掘進による貯水池迂回路プロジェクトを紹介する。Dahuofang(ダウファン)水路トンネルは、Huanren(ホワンレン)とDahnofany(ダンファニ)貯水池を結ぶ水路の迂回路である。ホワンレンは多雨域であり、ダンファニ貯水池はShenyang(シェンヤン)内の多くの乾燥域、重工業地域に水を供給している。シェンヤンは500万人の人口を要する遼寧省の首都であり、工業生産や鉄鋼業の重要な地域である。

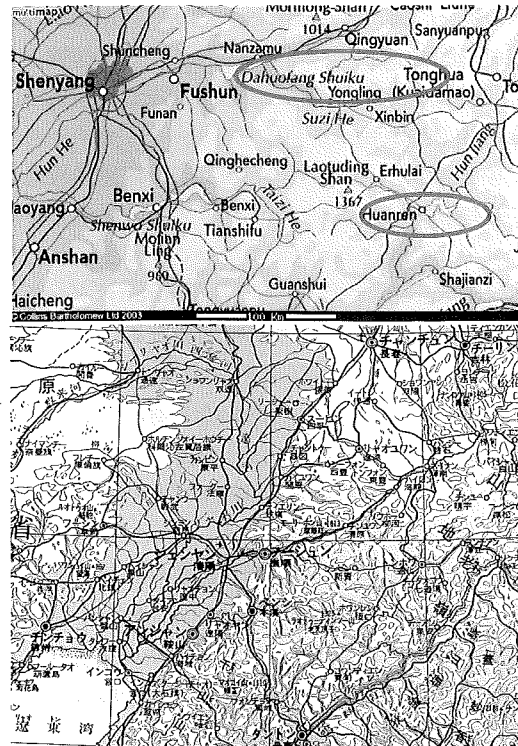
このプロジェクトは、世界最長のトンネル工事の一つであり延長85.3kmである。全延長のうち25kmは、発破工法により行われる。TBMのセクションは三つに分けられ、それぞれ約20kmの延長である。Lot1はBeijing Vibroflotation Engineering社、Lot2はChina Railway Group社、

Lot3はWater conservancy(Water保護局)と遼寧省のHydroelectric Power Construction(水力発電建設)である。

Lot1とLot3はRobbins社の8.03mの19インチのカッターオープンタイプTBM(どちらもほぼ同じ仕様のよう)、Lot2はWirth社のTBMである。掘進はTBM1(Lot1)が3.8km(8か月)、TBM3(Lot3)が4.0km(8か月)、TBM2(Lot2)が5.8km(14か月)であった。

全体的な地形は山岳地域に属し、セクション1が低山岳地、セクション2が繁茂した植生に覆われた山岳地域である。土かぶりは、60~560mであり、セクション1~3の順に土かぶり厚は小さくなる。

地質は、TBM工区全体の約50%の区間が角閃岩、斜長石片麻岩や花崗岩質片麻岩を含む混成岩(強度25~120MPa)であり、約30%の区間が、凝灰質角礫溶岩、砂岩状安山岩、流紋岩、火山角礫岩と凝灰岩などの火山岩(強度25~75MPa)からなる。その他の約20%区間が珪岩と閃長ペグマタ



イトの貫入を伴う斜長片麻岩、閃緑片麻岩、角閃岩の変成岩(強度50~120MPa)、凝灰質シルト岩、頁岩、黒色凝灰質砂岩の堆積岩(強度低い)となっている。

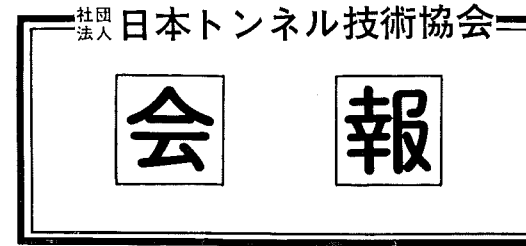
地質概要

TBMセクション1:大部分の地域の岩盤は、中~硬岩に属し、強度は25~120MPaの範囲にあり、平均圧縮強度は、約70~75MPaである。もっとも長い9.7km区間の最初は、主として角閃岩、斜長石片麻岩や花崗岩質片麻岩を含む混成岩からなる。二番目には、珪岩と閃長ペグマタイトの貫入を伴う斜長片麻岩、閃緑片麻岩、角閃岩(いずれも変成岩)である。これらは圧縮強度50~120MPaで変化する。第2の最長区間(8.4km)の大部分は正長斑岩で、これらは花崗斑岩混成岩中のchorismiteに貫入している。これらの2区間のほぼ87%は結合している。土かぶりは150~560mである。一般的な地形は、高い丘、険しい斜面、深いU字谷を伴う低山岳地の部類に属する。

TBMセクション2:この地域は、繁茂した植生に覆われた山岳地域に属する。土かぶりは150~450mである。この区間の約17.7km:80%は混成岩であり、圧縮強度は50~120MPaで平均70MPaである。4.4kmの区間で異なる地質からなっており、凝灰質角礫溶岩、砂岩状安山岩、流紋岩、火山角礫岩と凝灰岩である。圧縮強度は25~75MPaである。最後にTBMは凝灰質シルト岩、頁岩、黒色凝灰質砂岩(層状節理を有する)である。圧縮強度は低く、地下水圧のエリアはやわらかい。

TBMセクション3:セクション1,2と同じように、このセクションの約33%は、混成岩であり圧縮強度が50~120MPaである。しかし、このセクションの大部分(掘削の67%)は、凝灰質角礫溶岩、安山岩、流紋岩、火山角礫岩、凝灰岩、凝灰岩をベースとした粗粒砂岩、凝灰質アポグリットとしばしば泥岩を介在する複合ゾーンからなる。圧縮強度は、20MPa以下であり75MPaを超えるところもある。土かぶりは60~250mである。

(文責:伴 享・佐藤工業(株))



◎効率的掘削工法特別委員会:1/26(西村和夫委員長ほか20名)原稿を検討

◎東北新幹線トンネル委員会幹事会:1/30, 31(田村武幹事長ほか34名)現地視察ほか
計 8回開催 145名出席

②運営広報関係委員会

◎総務委員会

企画運営幹事会:1/30(土谷幸彦幹事長ほか9名)決算ならびに予算案を検討

広報小委員会(ホームページWG合同):1/19(大塚正博委員長ほか8名)広報内容を検討

会誌WG:1/9(大島洋志主査ほか14名)2月号の会誌と3か月計画を検討

◎国際委員会(企画調整幹事会合同):1/17(山田隆昭委員長ほか12名)ITA WG今後の方針を検討

海外文献小委員会

海外文献紹介WG:1/23(大久保誠介主査ほか14名)海外文献を査読

ニュースWG:1/31(平澤泰作主査ほか8名)海外ニュースを翻訳

◎事業委員会

第9回モグラ研究会:1/19(木戸義和委員ほか8名)技術の伝承を検討

事業委員会打合せ会:1/29(桑原彌介委員長ほか6名)ITA技術調査対策

計 8回開催 87名出席

合計 16回開催 232名出席

1. 会員の現状

	12月25日現在	1月25日現在
正 会 員	2,258名	2,254名
団体会員	414名	425名
個人会員	1,844名	1,829名
名 誉 会 員	1名	1名
計	2,259名	2,255名

2. 委員会の開催状況(1月1日~31日)

①調査研究関係委員会

◎技術委員会

共通技術小委員会:1/17(豊島英明委員長ほか12名)

サイト作成方針を検討

保守管理小委員会:1/24(林康雄委員長ほか12名)データ活用事例を検討

◎耐震設計検討特別委員会:1/30(今田徹委員長ほか16名)課題を検討

同 幹事会:1/16(蔣宇静幹事長ほか14名)載荷実験結果を検討

同 打合せ会:1/25(今田徹委員長ほか3名)資料を検討

◎飯山トンネル他特別委員会幹事会:1/25(岡田勝也幹事長ほか26名)設計施工法を検討

3. 国際会議の開催予定

会 議 名	開 催 日	場 所	主 催 者 等
第1回 国際フォーラム 「道路・鉄道トンネルの安全」	2007. 4. 23~25	リスボン (ポルトガル)	Tunnel Management International (トンネルマネジメントインターナショナル社) http://www.tmi-intelligence.com
第33回ITA総会およびコンGRESS 「地下空間:巨大都市の4次元利用」	2007. 5. 5~10	プラハ (チェコ共和国)	Czech Tunnelling Committee (チェコトンネル協会) International Tunnelling Association (国際トンネル協会) http://www.wtc2007.org
第34回ITA総会およびコンGRESS 「より良い環境と安全のための地下空間を目指して」	2008. 9. 22~27	ニューデリー (インド)	CBIP(灌漑・水力中央委員会) International Tunnelling Association (国際トンネル協会) http://www.cbip.org

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

プラハ国際トンネル会議および技術調査団への参加募集について

このたび、第33回国際トンネル協会(ITA)の通常総会に併せてチェコトンネル協会主催の「地下空間：巨大都市の4次元利用」と題する国際コンgresが、本年5月5日から5日間、プラハにおいて開催されます。この会議には当協会を通じて提出して採用された28編の論文も含まれ、ITA加盟国でありますわが国のトンネル関係者にとりましては誠に重要な国際技術交流の場であります。

この国際会議の参加に併せて別紙日程により、現場視察を含めた技術調査団を派遣することとなりました。視察する箇所は、オーストリアでは Wienerwald 鉄道トンネル、チェコでは会議併催のトンネル現場、ドイツでは Schmuecke 高速道路トンネルとライプチヒ中心部の交通量を緩和するために建設されるトンネルの現場であります。

トンネル技術関係者にとりまして誠に有益かつ有意義な機会であると存じますので、ぜひ多数ご参加いただけますようご案内申し上げます。

—記—

日 程：平成19年5月3日から13日の11日間(詳細別紙)

参加費用：780,000円 *航空ビジネスクラス追加分580,000円

(航空運賃、現地交通費、宿泊(一人部屋)・食事代、会議登録料ならびに国内諸経費を含む)

申し込み方法：申し込み書に記載のうえ、平成19年3月末日までに事務局宛てFAX送付願います。

TEL：03-3553-6174 FAX：03-3553-6145

〒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

注：全行程参加の申し込み者が20名に満たない場合は参加費用の変更あるいは同旅行を中止する場合があります。

国際トンネル会議技術調査参加申し込み書

下記申し込みに係る個人情報につきましては、他に利用するものではありません。

ふりがな 参加者氏名：	生年月日(西暦)：	年	月	日
会社名：				
所属役職：				
会社住所：〒				
TEL：	FAX：	E-mail：		
自宅住所：〒				
TEL：				
その他通信：航空ビジネス：希望の場合のみ○印して下さい。				

日 程 表

日	月日(曜)	都市, 滞在地名	現地時刻	交通機関	内 容
01	5/3(木)	東京(成田) 発 フランクフルト経由 ウィーン 着	9:55 14:35 16:05 17:25	LH-711 LH-3536 専用バス	(ウィーン泊)
02	5/4(金)	ウィーン 発		専用バス	Wienerwald 鉄道トンネル視察 (ウィーン泊)
03	5/5(土)	ウィーン 滞在	終日		現場資料整理 (ウィーン泊)
04	5/6(日)	ウィーン 発 プラハ 着		専用バス	国際会議出席準備 ウェルカムレセプション出席 (プラハ泊)
05	5/7(月)	プラハ 滞在	終日	専用バス	国際会議出席 (プラハ泊)
06	5/8(火)	プラハ 滞在	終日	専用バス	国際会議出席 (プラハ泊)
07	5/9(水)	プラハ 滞在	終日	専用バス	国際会議出席 (プラハ泊)
08	5/10(木)	プラハ 発 ライプチヒ 着		専用バス	会議併催トンネル現場視察 (ライプチヒ泊)
09	5/11(金)	ライプチヒ 滞在	終日	専用バス	Schmuecke 高速道路トンネルと The City Tunnel of Leipzig 視察 (ライプチヒ泊)
10	5/12(土)	ライプチヒ 発 フランクフルト経由	11:15 12:15 13:45	LH-1105 LH-710	(機内泊)
11	5/13(日)	東京(成田) 着	7:40		通関後、解散

4月号予告[4月1日発売予定]

- 中越地震における鉄道トンネルの被害調査結果
- 北陸新幹線 飯山トンネル
- 東海道線 関が原・柏原間藤下Bv新設工事
- 日本海沿岸自動車道 二古トンネル
- 新宿地下連絡通路工事

【連載講座】

- 発破技術の現状(6)

*内容等は変更になる場合がございます

編集後記

◆昨年大雪がうそのように今年の冬は暖かい。すごしやすいが、寒さを商売としているスキー場や冬物衣料など大きな影響があるだろう。

◆今月は、終戦後のベビーブームに生まれた、いわゆる「団塊の世代」が一斉退職を迎える。2007年問題などといわれ、とくに製造業などでマニュアル化できない経験を次世代にどのように伝えていくか、「技術・技能の継承」が技術大国といわれたわが国にとって大変重要である。とくに、経験工学といわれ、世界でもトップレベルの「トンネル技術」では、深刻な問題である。雇用の継続、新卒採用、中途採用など企業間でも対策に必死だが、多くの技術・技能を持ったベテラン(宝)を取り込もうとする動きもある。

◆また、わが国では年度末の時期として、卒業、引越、移動、移転など新たなスタートを迎える月でもある。桜の開花がはじまり、プロ野球の開幕など4月からのスタートに向けて大忙しな月でもある。

◆この時期、やっかいなのが「花粉症」。程度によってまちまちだが、街でマスクをした人を多く見かけるようになる。山間部より都会での発症率が高く、花粉症に使われる医療費は数千億円、経済損失も数百億円といわれている。この花粉症の8割がスギで、「スギ花粉症」＝「花粉症」といっても差し支えないだろう。スギはわが国の特産であり、このため、国民病ともいわれ、自然治癒ができないため年々患者数が増加していく。国でも、研究会等で対策を検討しているがこのままでは近い将来ほとんどの人が「花粉症」になってしまうかもしれない。

(K.Y)

★購読の申し込み、または、送付先変更などの問い合わせは(株)土木工学社までご連絡ください。

★(社)日本トンネル技術協会会員の方の住所(送付先)変更は直接(社)日本トンネル技術協会へご連絡ください。

トンネルと地下

第38巻 第3号 [通巻439号]

ISSN 0285-631X

Tonneru to chika

平成19年2月20日 印刷

平成19年3月1日 発行

社団法人日本トンネル技術協会

会長 小森 博

〒104-0041 東京都中央区新富2丁目14番7号(新光第一ビル)

TEL: 03-3553-6174

FAX: 03-3553-6145

http://www.soc.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

●営業本部高機能建材営業部 〒103-0023 東京都中央区日本橋本町4-8-15 ネオカワイビル8F TEL.03-3278-5319
○北海道支店/TEL.011-221-5855 ○東北支店/TEL.022-221-4511 ○東京支店/TEL.03-3278-5331
○北陸支店/TEL.076-234-1670 ○中部支店/TEL.052-452-7141 ○関西支店/TEL.06-6228-6660
○中国支店/TEL.082-261-7191 ○四国支店/TEL.087-833-5758 ○九州支店/TEL.092-781-5331