

トンネルと地下 4

vol. 40
no. 4
2009

Tunnels and Underground

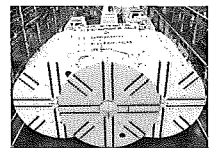
切土施工中の地すべりにより道路構造をトンネルに変更
銀座線に近接した地下歩道を複合円形シールドで築造
市街地狭隘道路下におけるシールド切替型推進工法の施工
未固結地山の小トンネル群をSENSで一本化
開削とNATMで計画したトンネルをシールドに変更

日本トンネル技術協会誌



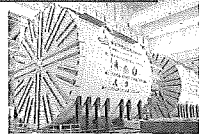
トンネル開発技術に

60余年のヒストリー！



1995

〈3心円泥水式駅シールド〉
地下鉄12号線環状部飯田橋駅
工区建設工事で活躍



1993

〈世界最大級の泥水式シールド〉
東京湾横断道路工事で活躍



1989

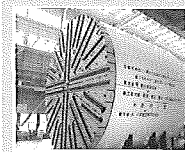
英仏海峡トンネルT-5工区貫通式
完成にわく関係者たち



1939

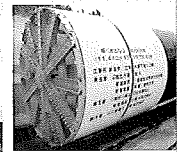
〈日本最初の本格的シールド〉
関門トンネル工事で活躍

(交通新聞社)



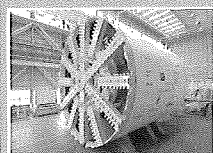
2004

〈大断面SENS工法シールド〉
東北新幹線三本木原トンネル
工事の建設で活躍



2006

〈ドバイLRT用シールド〉
ドバイの交通網の発展に貢献



世界中で
1677台の
実績！

昭和14年(1939年)我が国初の本格的シールド式トンネル掘削機を開発して以来、三菱重工はトンネル開発技術のバイオニアとして60余年にわたり国内や海外で数多くの実績を築いてきました。豊かな21世紀を育むために、三菱は最先端のジオテクノロジーでさらに前進しています。

※平成19年4月1日より、三菱重工のトンネル事業は三菱重工地中建機株式会社として生まれ変わりました。

三菱重工地中建機(株)のシールド式トンネル掘削技術

三菱重工地中建機株式会社 本社 明石市二見町南二見1番地 TEL.078-672-4575
東京事務所 東京都港区港南二丁目16番5号 TEL.03-6716-4092
神戸事務所 神戸市兵庫区和田宮通七丁目1番14号 TEL.078-672-2850

定価 1,575円
本体価格1,500円

雑誌06619-4



4910066190491
01500

信頼の品質

技術提案に好適!!
デンカの特種混和材

デンカの液体急結剤
 初期強度発現がバツグン
《デンカクリアショット》
 NETIS:KT-080020
 液体急結剤 **デンカナトミックLSA**
 粉体助剤 **デンカナトミックUSS**

- ・脅威の低粉じん吹付けが可能
- ・確かな初期強度、長期強度発現性
- ・付着性が大きく、跳ね返りが少ない
- ・粉体急結剤と同様の吹付け性状
- ・湧水、低温にも強い

優れた低粉じん吹付け
《デンカスラリーショット》
 デンカナトミックUS-32
 デンカナトミックUS-50
《粉じん低減剤》
デンカクリアップ2

- ・安定した低粉じん吹付けが可能
- ・確かな初期強度、長期強度発現性
- ・付着性が大きく、跳ね返りが少ない

実績の粉体急結剤
 一般吹付け・高品質吹付け
デンカナトミックTYPE-5
 高強度吹付け
デンカナトミックTYPE-10
 瞬結吹付け・初期高強度吹付け
デンカナトミックTYPE-10S
デンカΣショットS

- ・安定した初期強度・長期強度発現性
- ・付着性が大きく、跳ね返りが少ない

覆工コンクリート
 ひび割れ抑制・耐久性向上
コンクリート用膨張材
デンカパワーCSA
有機無機複合型被膜養生剤
デンカクラッコフ
コンクリート補強用合成繊維
STRUX 85/50L

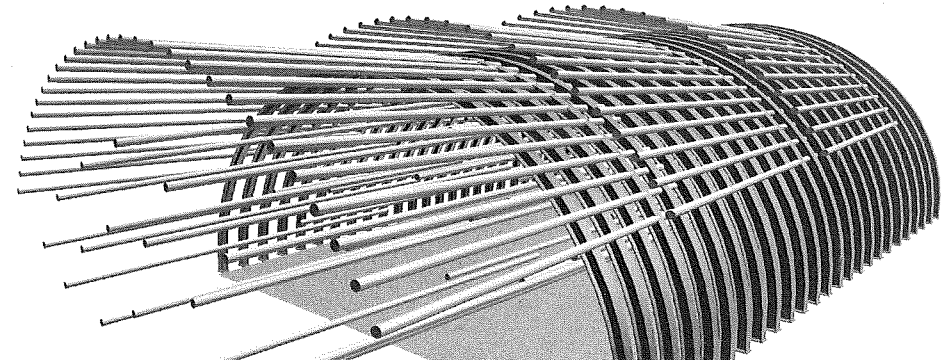
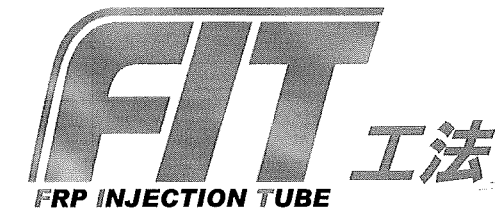
- ・高品質な覆工コンクリートが得られます

- ◆トンネル関連製品
- ・デンカPFモルタル、PFモルタルTYPE-K・・・小断面・TBM用吹付けモルタル
 - ・デンカライフセッター・・・吹付けコンクリート用凝結調整剤
 - ・FTN-30・・・吹付けコンクリート用高性能減水剤
 - ・デンカES/ES-L・・・無公害なセメント系土質安定用急硬材
 - ・デンカコロイダルセメント/コロイダルスーパー・・・微粒子、超微粒子セメント
 - ・デンカPモル・・・注入式ロックボルト定着材
 - ・デンカCG-1000、CG-2000・・・可塑性モルタル用混和材

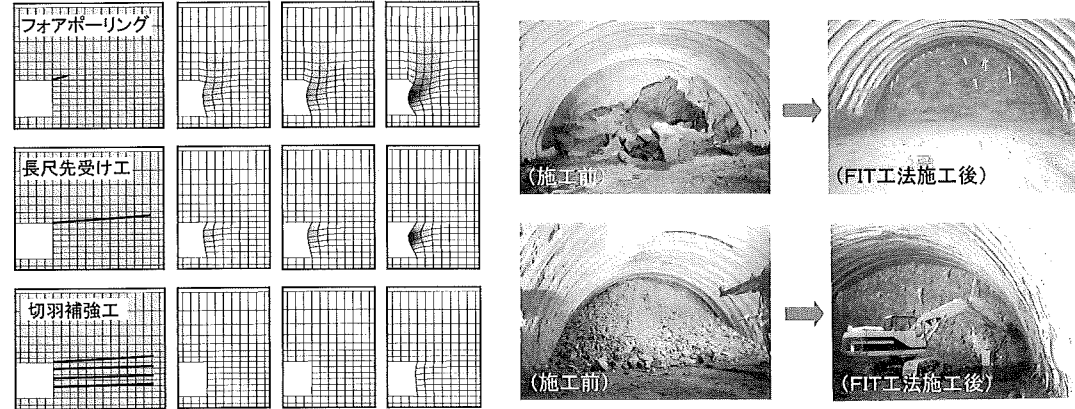
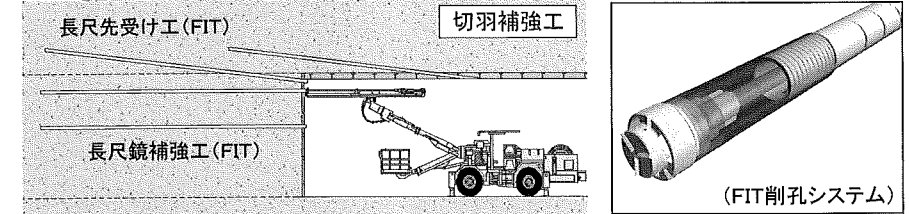
DENKA
 電気化学工業株式会社
 セメント・特混事業部 特殊混和材部
 東京都中央区日本橋室町2-1-1
 電話 03-5290-5558

全方位 GFRP 管長尺補強システム

NETIS登録
 (No. CB-030065)
 施工実績 150件以上



最も効果的な「掘削断面内からの切羽前方地山補強」



(数値解析による切羽補強効果の検証例)

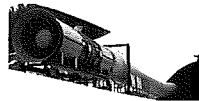
KFC 株式会社 ケー・エフ・シー

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

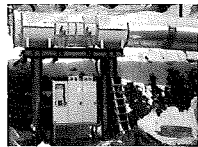
ホームページ <http://www.kfc-net.co.jp/>

ホンモノしか残らない...

...1960~ 1970~ 1980~ 1990~ 2000.....



大容量ファン



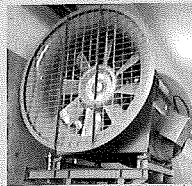
二軸反転
サイレントファン



可変翼やインバーター
での風量制御ファン



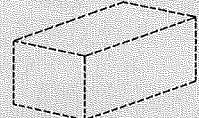
中型集塵機
ノッカー払落し式



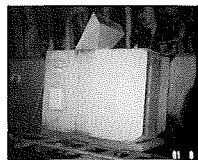
単段ファン



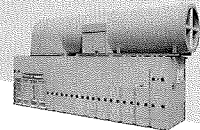
中型集塵機湿式



中型集塵機電気式



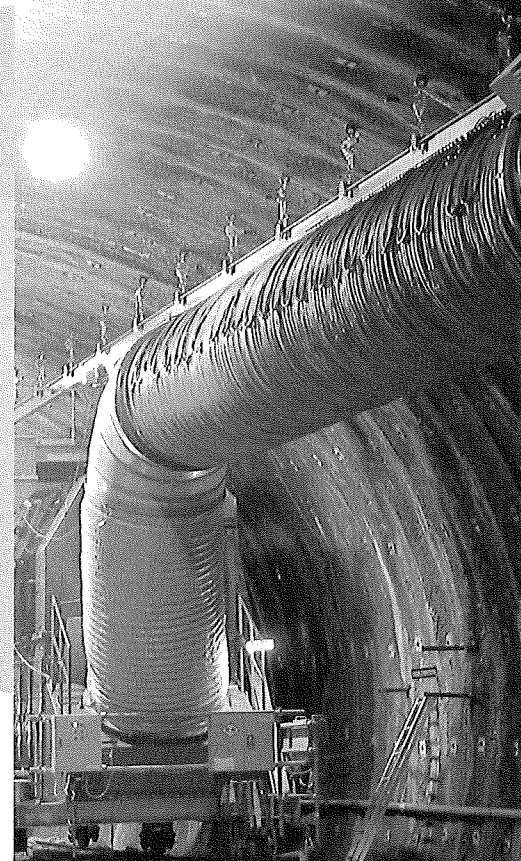
中型集塵機
フィルタ交換型



大型集塵機
1000~4000m³/min
30000hメンテナンス
フリー、トンネル
用は清浄度0.1mg/
m³以下保証

吸引ダクト SUPER LIGHT〔新型〕

自走式伸縮ダクト、自走レール、
全体の重量が半減！
φ600~1700、最長130m、
切羽照明で安全UP



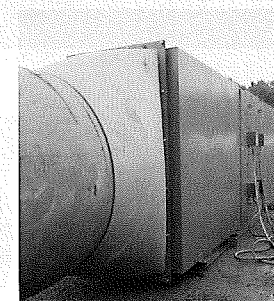
換気・環境技術は進化しています

2009.....



密着

コンクリート密着養生システム
コンクリート自身を持つ水分と水和熱により自然な状態で硬化



〔新型〕
大風量中圧ファン
EZ-2000Q
(2000m³/min, 2.9kpa,
148kw)

重量1/2に半減!!

漏れない風管シリーズ〔新型〕

従来のビニール・鋼管の風管に比べて漏風がほぼゼロのため、
中継なしで長距離送風が可能で大幅な省エネ
負圧=ピタジョイントダクト(超軽量鋼管)
正圧=ノンリークダクト(FRPリング式ビニール)

2010.....



コンパクト大型集塵機
(低動力・ガス吸着・冷房除湿)
(高効率運転・再資源化...)

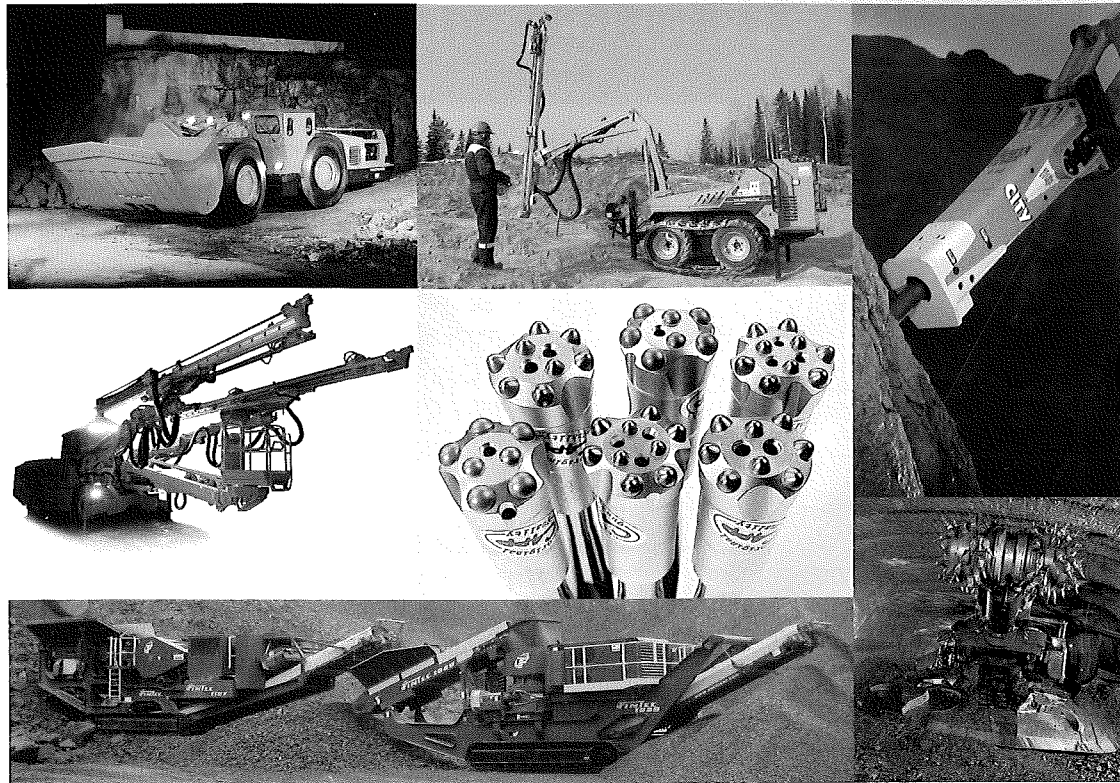
最適環境を創造する

株式会社 流機 エンジニアリング

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

〒108-0073 東京都港区三田 3-4-2 COI聖坂ビル TEL: 03(3452)7400

SANDVIK



**Productivity
in Action**

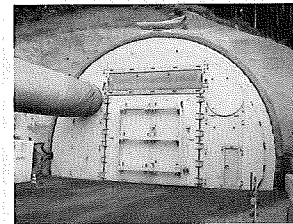
サンドビック マイニング アンド コンストラクションは、鉱山、建設業界においてトータルソリューションをご提供する世界のリーディングカンパニーです。私たちの製品は、鉱山機械、建設機械、一般土木機械に広く対応し、製品群は、掘削機、クラッシャー、油圧ブレーカ、スクリーン、及びその消耗品類と広くカバーしております。それらは、長い歴史で培った経験と知識が生かされた優れた設計に基づいた製品であり、また万全のアフターセールスサポートにより貴社を強力にバックアップいたします。長い歴史を持つサンドビックは、お客様とのパートナーシップを大切にします。私たちは、お客様とのより密なパートナーシップにより、お客様の生産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

サンドビック マイニング アンド コンストラクション ジャパン株式会社

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

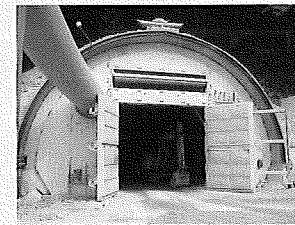
URL <http://www.miningandconstruction.sandvik.com/jp/>

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



【防音扉】

HFS 型 マーク II
HFS 型 ロック式
HFS 型 マーク II 10c
HFS 型 マーク II 15c



防音扉には生産物賠償責任保険(対人)が付いております。

『防音扉マークII』の音響性能

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

『防音扉ロック式』の音響性能

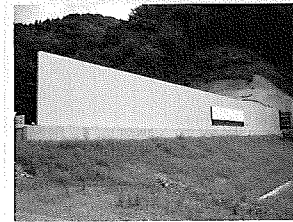
対策	騒音レベル	低周波音圧レベル
1 基設置	19 dB(A)	17 dB
2 基設置	28 dB(A)	26 dB

『防音扉マークII 10c』の音響性能

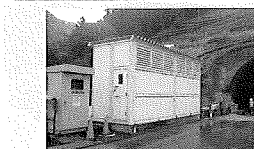
対策	騒音レベル	低周波音圧レベル
1 基設置	19 dB(A)	20 dB
2 基設置	29 dB(A)	33 dB

『防音扉マークII 15c』の音響性能

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



**【防音壁】
【防音ハウス】
【防音シェルター】
【防音ボックス】**

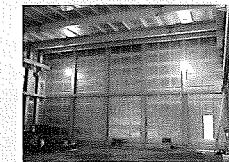


S タイプ(スタンダードタイプ)

D タイプ(デラックスタイプ)

H タイプ(ハイデラックスタイプ)

SU タイプ(ステンレスタイプ)



『防音パネルSタイプ』の音響性能

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

『防音パネルDタイプ』の音響性能

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

『防音パネルHタイプ』の音響性能

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

『防音パネルSUタイプ』の音響性能

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

【建設騒音対策協会】

株式会社 牛尾商店
株式会社 野佐和商会
株式会社 カテックス
株式会社 ビーエスアイ
株式会社 ティーエムシー
古河ロックドリル 株式会社
日豊 株式会社
松茂工販 株式会社
E-mail : souon@fuse-ind.co.jp

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

株式会社 ヒューズ

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

Kanaflexの電力・通信ケーブル保護管

都市部での電線集中化工事を省力化・効率化

電力・通信ケーブル用多条保護管 特許出願中

カナレックスML

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

1. 独自構造（波付き管と管台一体型リブの連続構造）

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

2. 可とう性に優れる

- ・上下左右に曲がり、既設物や障害物の回避が容易。

3. 優れた性能

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

4. 摩擦係数が低く整直性が良い為通線がスムーズ



ハンドホール工事の工期短縮・工費削減に現場の加工作業を大幅に軽減できる
ワンタッチ継手付ハンドホール



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

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

※特許・意匠出願中

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

カナフレックスコーポレーション株式会社 ISO 9001認証取得
株式会社 インテック

東京本社 〒106-6117 東京都港区六本木6-10-1 (六本木ヒルズ森タワー17F)
TEL(03)5770-5111 FAX(03)5770-5130
大阪本社 〒530-6017 大阪市北区天満橋1-8-30 (OAPタワー17F)
TEL(06)6881-0767 FAX(06)6881-0769
営業所 札幌・仙台・横浜・金沢・名古屋・神戸・広島・高松・福岡・鹿児島
直営工場 北海道・仙台・栃木・千葉・滋賀・愛東・広島・四国・九州

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.oricamining.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

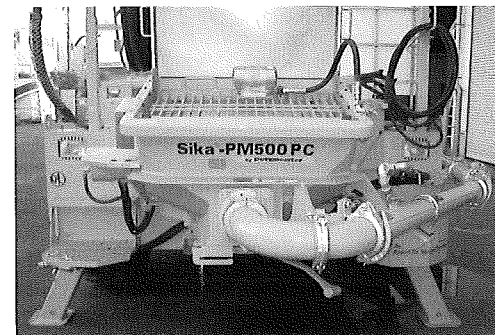


吹付けコンクリートシステム



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。

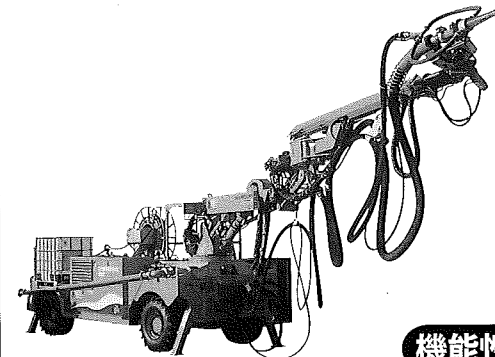


特にコンクリート吹付機の要はコンクリート圧送ポンプです。

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(株)

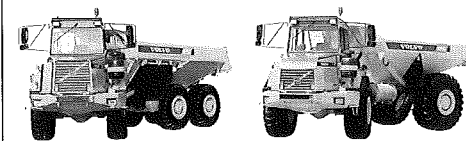
トンネル関連製品

吹付けコンクリートシステム

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

一体型吹付機・特殊型吹付機
設計・製作：東友エンジニアリング株式会社

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

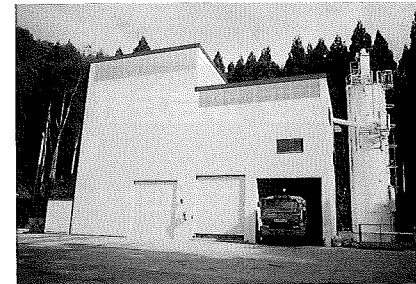


Volvo East Asia(Pte)Ltd

その他、トンネル施工機械全般

バッチャプラント

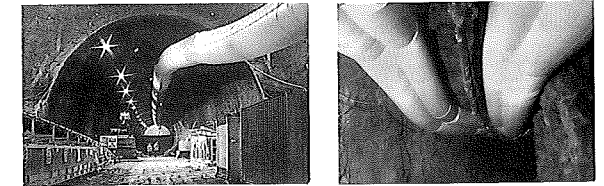
(全自動式、3槽クラム式、簡易型、特殊型)



設計・製作：名岐エンジニアリング株式会社

トンネル換気システム

ABC
VENTILATION SYSTEMS



- ファスナー式風管
- ツイングダクト風管
- 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

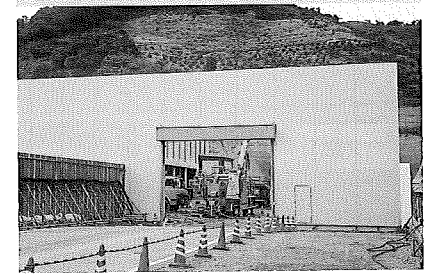
騒音防止システム

エコフラット -35db Cタイプ



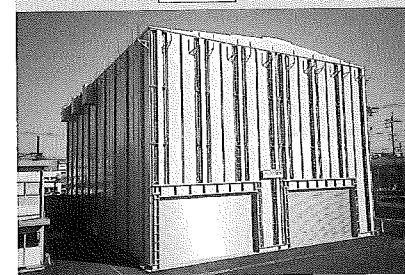
美観を重視した高性能の防音ハウス

エコパネル防音壁 -15db Aタイプ



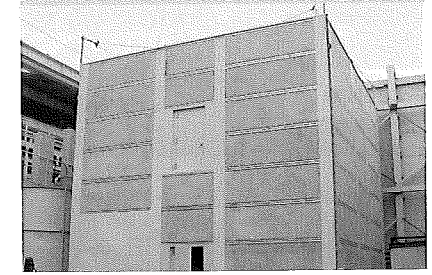
適応性の優れた防音パネル

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 株式会社トユーエコサポート

建設業界に貢献する TOYU GROUP

東友エンジニアリング株式会社

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

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

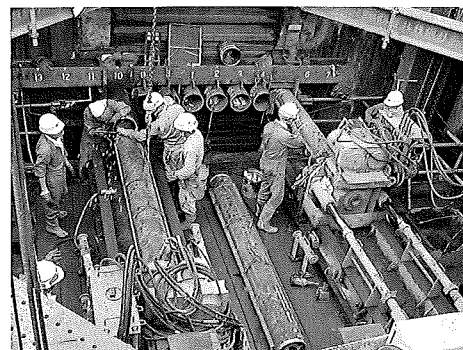
THパイプルーフ工法

空間を確実に確保

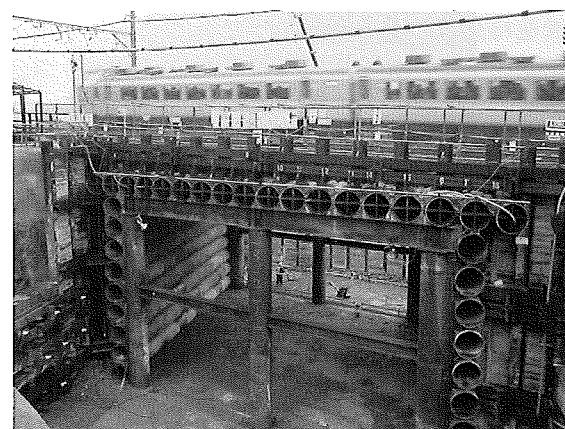
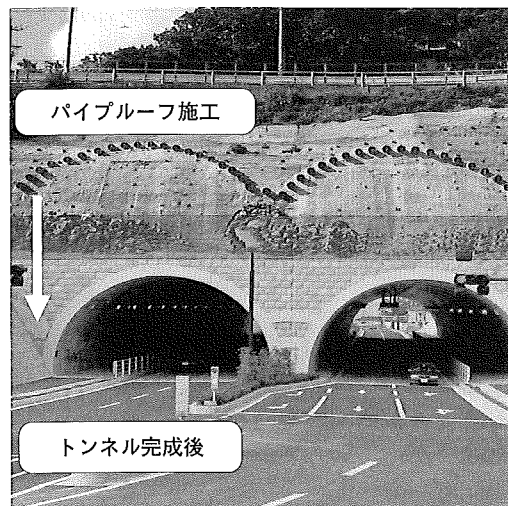
高精度・全地盤型 水平鋼管圧入システム

★特徴★

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



パイプルーフ打設状況(立坑内)



パイプビーム工法

【会員】 ※会員募集中(お問い合わせは下記事務局へ)

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

サン開発工事(株)	大阪府	TEL 072-641-4951
東邦地下工機(株)	東京都	TEL 03-3474-3143
日本基礎技術(株)	東京都	TEL 03-3476-5701
(株)大阪防水建設社	大阪府	TEL 06-6762-5621
多田建設(株)	福島県	TEL 024-535-6161
九州グラウト(株)	福岡県	TEL 092-583-3232

(順不同)

<http://www.piperroof.jp> (新ホームページです。ここから資料が取り出せます。)

THパイプルーフ技術協会

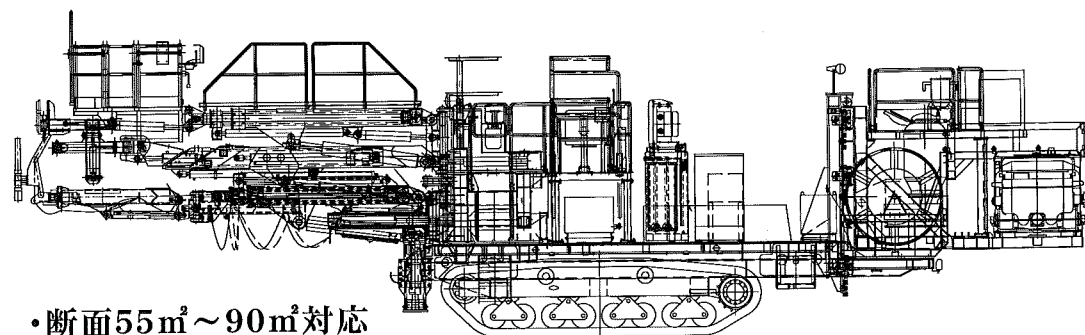
〒140-0002 東京都品川区東品川4丁目4番7号 東邦地下工機(株)内
 TEL 03-3474-3143 FAX 03-3474-3163
 E-mail: jimukyoku@piperroof.jp



スコーピオンに新型(Ⅱ型) 一般断面に適合

特許申請

Ⅰ型 フル規格適合(C/P搭載)

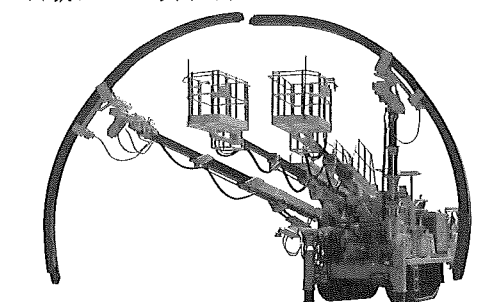


- ・断面55㎡～90㎡対応
- ・車体幅 2700mm/m
- ・ポンプ式 アリバー式兼用

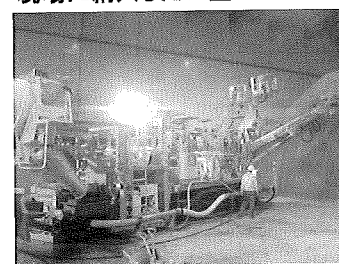
スコーピオンⅠ型
 ☆オフロード法認可
 ☆排ガス三次規制認可



現場に納入したⅡ型

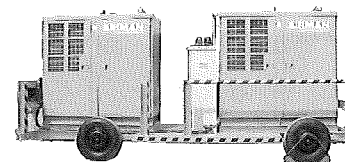


エレクター2基 バスケット2基 ロボット 吹付機
 コンプレッサー 急結剤補給装置(オプション)搭載のマルチ機



小断面用ポンプ台車

コンプレッサー牽引台車(別途)



ホームページにアクセス下さい 機械図、動画あり
 URL <http://www.tonneru-rental.co.jp/>

株式会社トンネルのレンタル

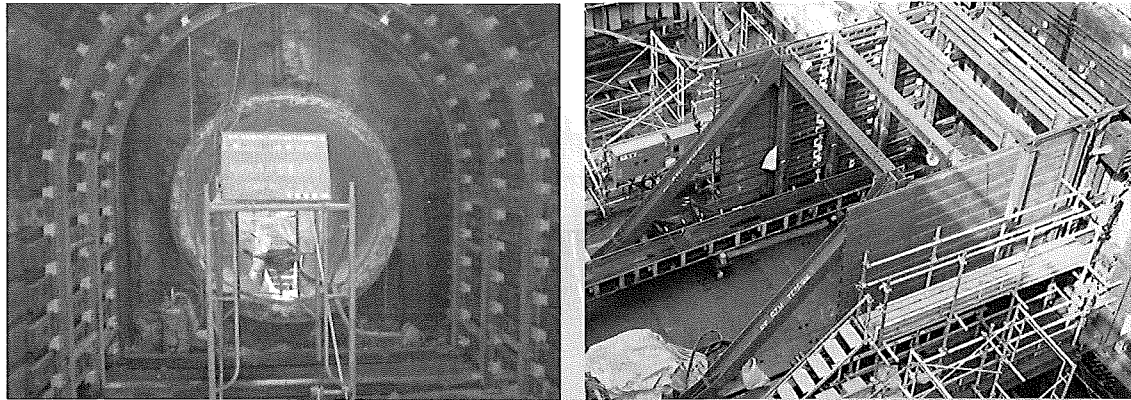
〒389-0506 長野県東御市柵津字元会下1080-9
 TEL 0268(62)1426 FAX 0268(62)1999
 E-mail: tonneru-rental@luck.ocn.ne.jp

常設展示



アーストンネル掘削工法に最適

SS-メッセル工法 Stabilizer System Messer



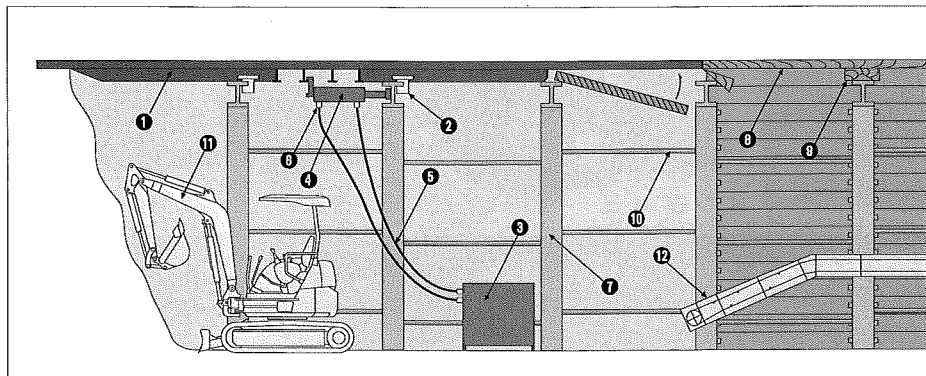
特徴

- 地山をゆるめず任意の断面形状のトンネル掘削ができます。
- 余掘りがなく切羽の掘削と一次覆工がSS-メッセルを介して同時に安全に施工できるので地表面が沈下しません。(都市トンネル工事では最適)
- SS-メッセルプレートとスタビライザが一体となり、正確に推進する機構になっているので、安全で確実に掘進することができます。
- SS-メッセル工法に使用される断面は、支保工の形状に従って、円形・角形・アーチ形・馬蹄形、のいずれでも自由に選べます。

実績

- 線路下横断構造物工事。鉄道・道路・下水道・共同溝・地下連絡通路などトンネル工事に多数の実績をもっています。

SS-メッセル工法概略図



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



株式会社シーテック

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

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

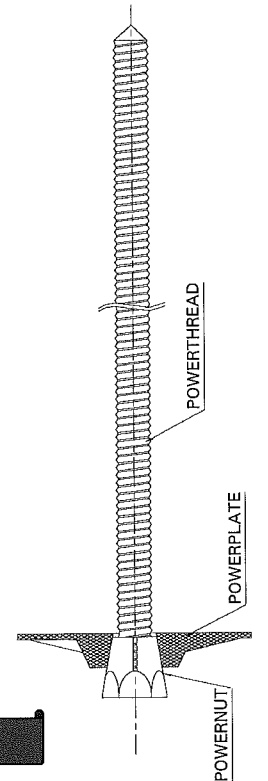
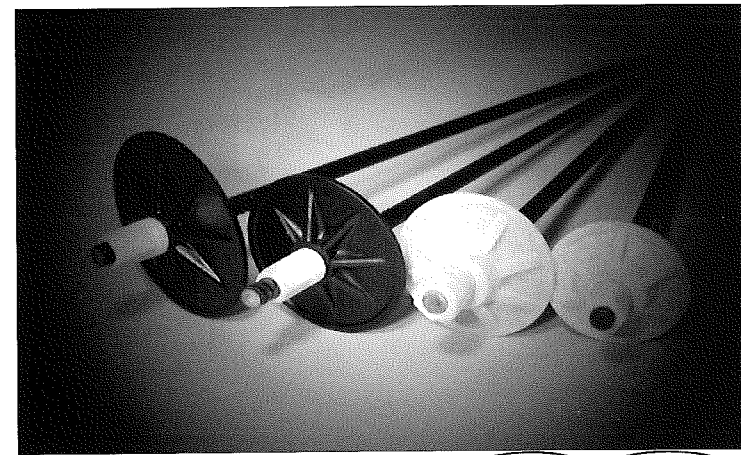
パターンボルトのGRP化

POWERTHREAD

耐食機能に優れたロックボルト

POWERTHREADは、POWERNUT/POWERPLATEを組み合わせることにより、
全てGRP製に！！

※ GRPとは、Glassfiber Reinforced Plastic
(ガラス繊維強化プラスチック)の略。



- 棒鋼型ロックボルトと同等の耐力を有する。
- 軽量である。
- 腐食しない。錆びない。
- 導電しない。耐電しない。
- 製造過程でのCO₂排出量が少ない。

環境にやさしいロックボルトシステム

KATECS

株式会社 カテックス
建設資材事業部

ホームページ <http://www.katecs.co.jp/>

技術営業部

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

東京支店

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

九州営業所

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

中部営業部

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

関西営業所

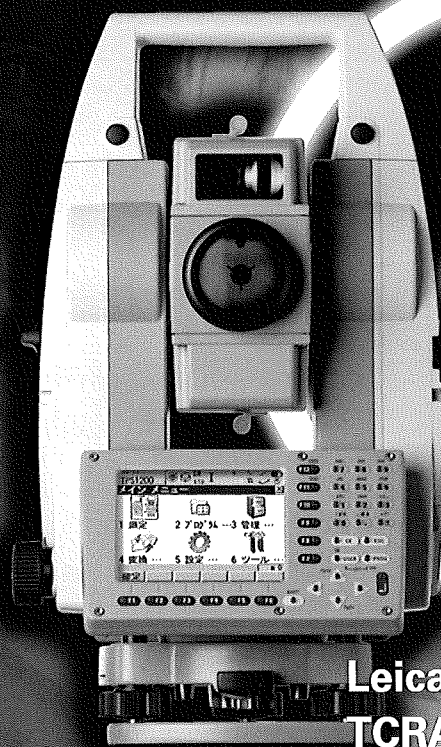
TEL)06-6578-3235 FAX)06-6578-3237

北海道地区(株エイチ・アール・オー)

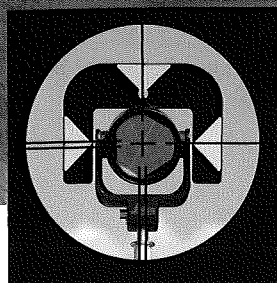
TEL)011-821-5868 FAX)011-821-6644

ユニバーサル測量システム

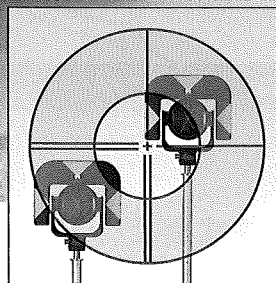
トンネル設計者の要望に応え、さらに進化 ライカTPS1200+シリーズ、ついに登場



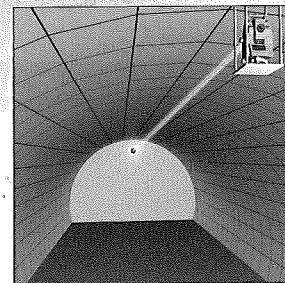
Leica TPS1200+
TCRA+1205



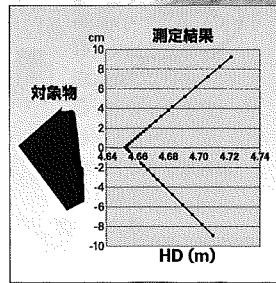
精度が向上した自動視準
プリズムの観測回数を上げると共に、CCDカメラの解像度を細かくすることで、自動視準の内部処理スピードや精度が向上。



自動視準視野が変更可能
制御コマンドを使用して視野を1/3にすることにより、プリズムが近くに並んだ状態でも測定可能。



ノンプリズムの距離延長
新特許技術 PinPoint R1000によりノンプリズム測距1000mまで可能。これにより、器械のターニング回数が減少。※対象物反射率90%のとき



ノンプリズム精度の向上
PinPoint R1000ノンプリズム測定なら、測定対象物の正確なデータ取得が可能。

ライカ ジオシステムズ株式会社

本社 〒113-6591 東京都文京区本駒込2-28-8 文京グリーンコート
Tel. 03-5940-3020 Fax. 03-5940-3056
<http://www.leica-geosystems.co.jp>

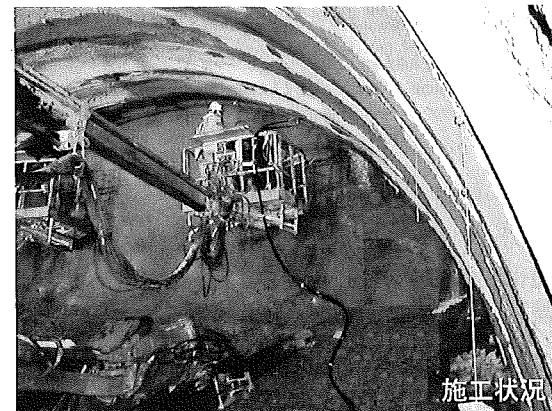
- when it has to be right



補助工法・注入材のことならティーエムシー

AGF-OFP工法

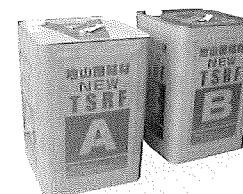
当社が提案するAGF-OFP工法(注入式長尺先受工法)は、長尺の先受を鋼管打設と注入により構築するもので、現場で通常使用されているドリルジャンボで施工できる、汎用性の高い長尺先受工法です。鋼管・削孔資材から注入材まで、全部まとめてお任せください。



施工状況

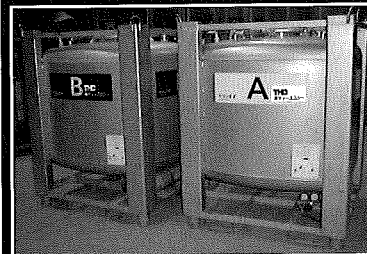
各種注入材

NEW-TSRF
(シリカレジン)
NEW-TBU
(ウレタン)



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

環境に配慮したリサイクルコンテナシステム



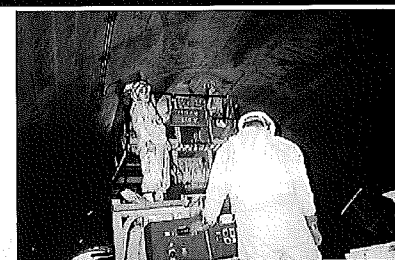
◎リサイクルコンテナ(左)と現場への搬入風景

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

トンネル補修もティーエムシーにお任せください

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

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



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

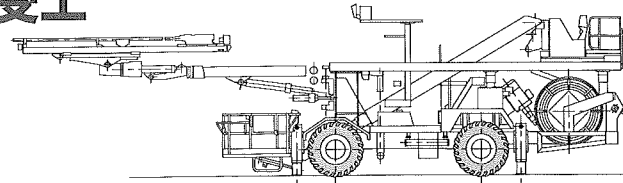
TMC 株式会社ティーエムシー ホームページ : <http://www.tmc-net.com/>
お問合わせ・お見積のご相談はお近くの当社事務所まで

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

環境対応型長尺鋼管先受工

TOHO **AGF** System

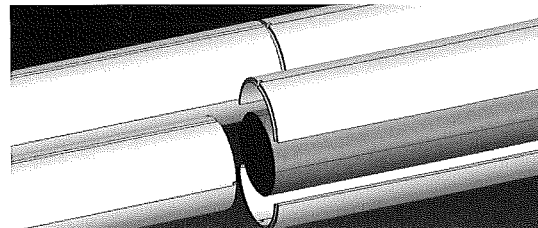
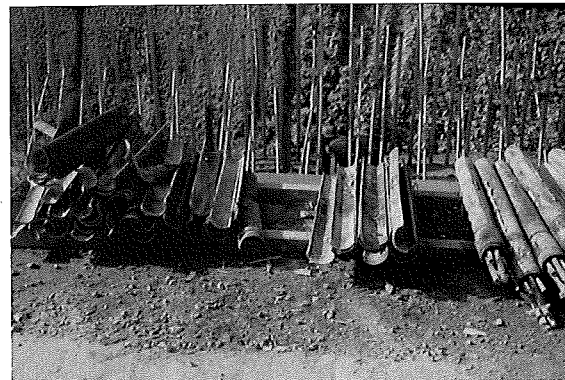
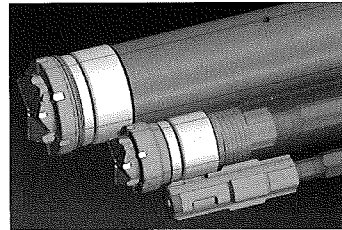
All Ground Fastening;
Long-Distance, Fore-Piling Method



AGF-Me工法

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

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



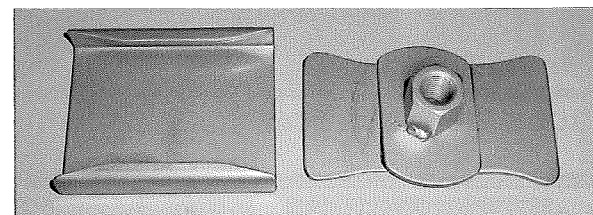
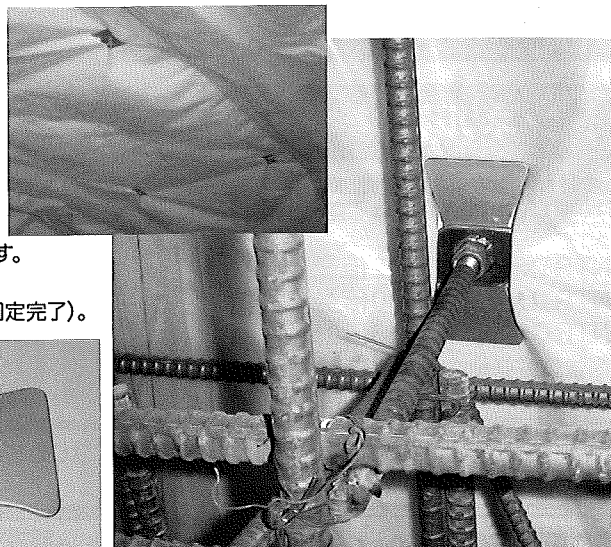
防水シート非貫通型鉄筋吊り金具

TKグリッパー

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

固定方法は3ステップ

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



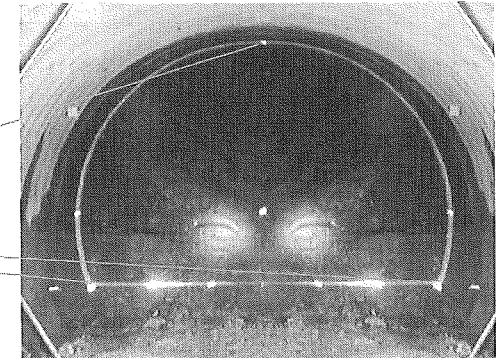
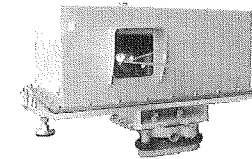
東邦金属株式会社 東京営業部
TOHO KINZOKU Co., LTD
〒105-0003
東京都港区西新橋3丁目2番1号 共同ビル(西新橋)10F
Tel:03-5401-6211 Fax:03-5401-6218
URL: <http://www.tohokinzoku.co.jp>

株式会社 トーキョーオール
〒210-0854
神奈川県川崎市川崎区浅野町4-11
Tel:044-333-0012 Fax:044-333-0321
(お問い合わせ先)

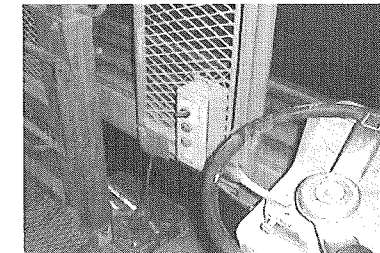
レーザーマーキングシステム

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

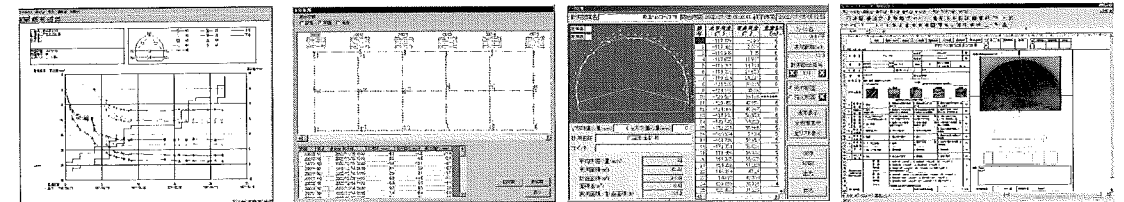


現場環境に耐え得る
頑強なコントローラー

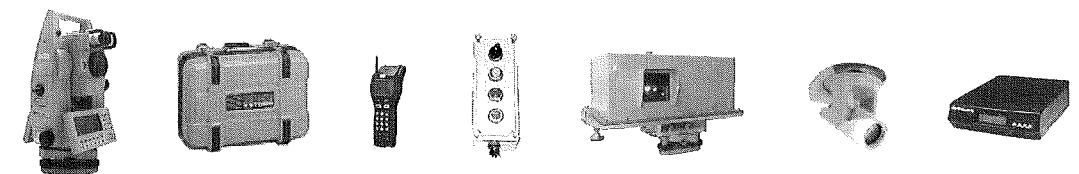


ジャンボに
取付けて使用可
AC200V対応

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

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

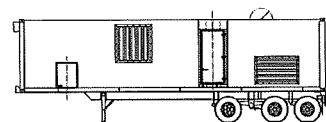
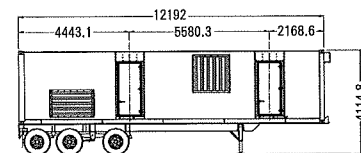
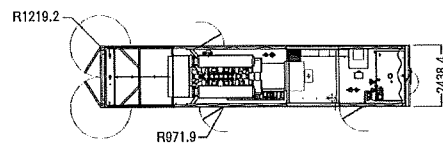
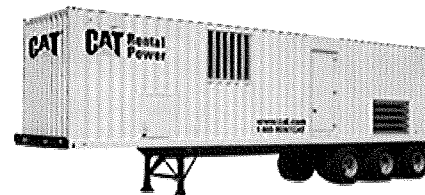
0~20 (約2年) 20~30 (1年6か月)
30~40 (約1年) 40~50 (6か月)

【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)

大型発電機 レンタル

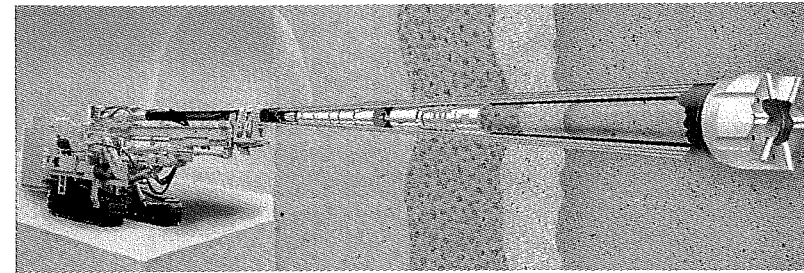


		2000KVA	
		50	60
周波数	Hz	50	60
出力	KVA	2,000	2,281
出力	KW	1,600	1,825
電圧	V	400	440
電流	A	2,887	2,993
燃料		軽油	軽油
容量/燃料タンク	L	4,730	4,730
燃料消費量	L/h	260	307
燃料消費量(75%負荷時)	L/h	—	—
全長	mm	13,500	13,500
全幅	mm	2,439	2,439
全高	mm	4,115	4,115
乾燥質量	kg	40,370	40,370
整備質量	kg	33,636(車台含む)	33,636(車台含む)

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

トンネル掘さくの安全施工に アロードリル前方探査システム

パーカッションワイヤーライン サンプリング工法



■ 特長

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

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

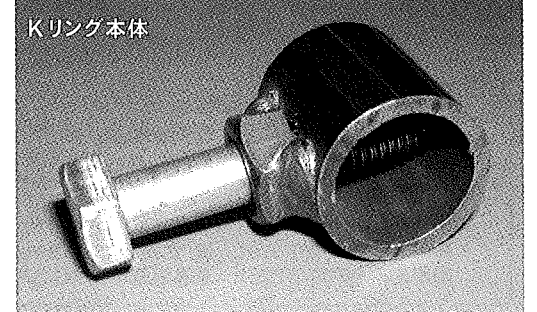
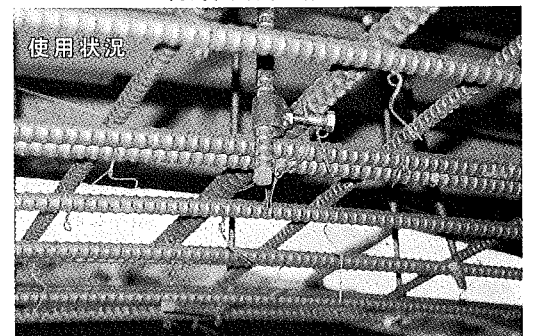
お問い合わせ先: 工事営業本部
TEL. (03)6907-7512 FAX. (03)6907-7522
<http://www.koken-boring.co.jp>

コストダウンを可能にする Kリング

特許出願中 (特願2001-309314号)

①アーチ鉄筋組立金物

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



②鉄筋加工業務

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

製造・販売元 静岡スチール

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

FURUKAWA
ROCK DRILL

FRD
FURUKAWA

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

ホイール式ドリルジャンボ

JTH2200R/3200R

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

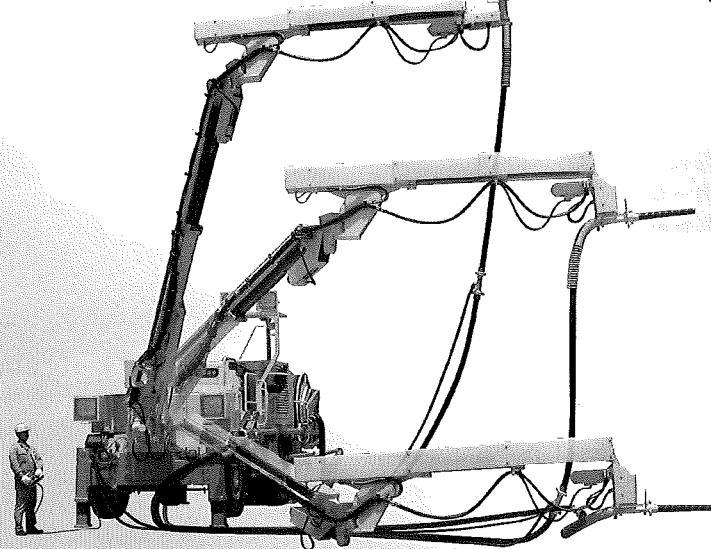
新世代型油圧ドリフタHD210II搭載。



◆主な仕様

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

コンクリート吹付け機(コンプレッサ搭載型)
CJM2200E-III



JTH3200R

◆CJM2200E-III 主な仕様

質量	24トン
全長	15,600mm
全幅	3,000mm
全高	4,000mm
水平吹付け範囲	
高さ×幅	10m×13.3m

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

写真は吹付け姿勢の合成写真です。

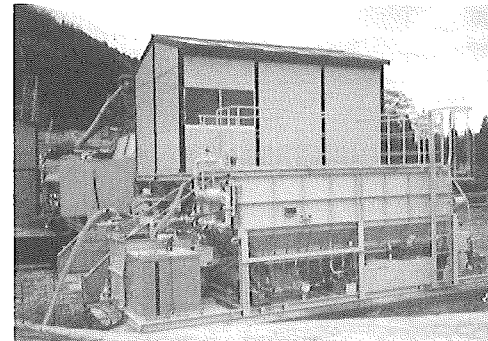
△古河機械金属グループ

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

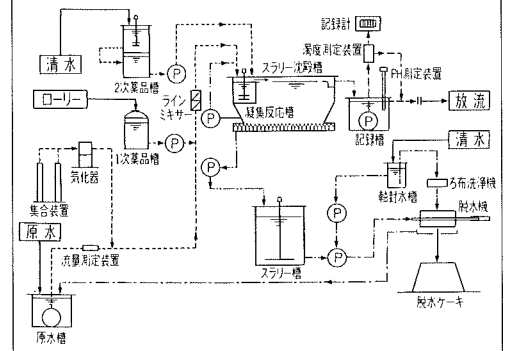
本社 〒103-0022 東京都中央区日本橋室町二丁目3番14号 古河ビル8F 特機部 電話: (03) 3231-6966
札幌支店 011-861-3261 東北支店 022-384-8991 関東支店 027-326-9611 名古屋支店 0568-77-7700
関西支店 06-6475-8221 広島営業所 082-832-3542 四国営業所 087-815-1708 九州支店 092-948-2010

TWS型シリーズ 濁水処理装置

コンパクトながら
大きな処理能力



フローシート (システム TYPE II)



特長

1. 基礎、土木工事の期間が短く安価である。
設置面積が小さくフラット基礎で設置可能である。
2. 運転経費が少ない。
ラインミキサー及び余剰ガス循環システムの組み合わせにより効率の良い中和が出来炭酸ガス使用量の節約になる。角型シックナー沈降面積及び容積をより大きく設計しており又傾斜板を採用していることから一次、二次薬品が少量でも効率の良いSS処理が出来る。複式汙板型の脱水機を採用していることから汙布等の消費費が少ない。
又、加圧型脱水方式の為無薬注で脱水出来る。
3. シックナー内流速を最少にする設計であることより清澄度の高い処理水が得られ、再利用が可能である。
4. 運転管理が容易である。
原水流入に合せた自動運転方式を採用している。パトライトによる異常警報装置を標準装備している。

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

5. 多種多様な原水に対応出来る。
凝集反応槽攪拌機及び集泥用レーキにインバーターを採用し、水量及び濃度に幅広く対応する。

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

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

詳細資料請求、お問い合わせは

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

Waste Water Treatment System

■巻頭言

危機管理

日野 峻栄5

■計画

未固結地山の小トンネル群をSENSで一本化

—北海道新幹線 津軽蓬田トンネル—

長谷川正明・小伊豆俊博37

開削とNATMで計画したトンネルをシールドに変更

—阪神高速道路8号京都線 稲荷山トンネル—

山内 幸裕・雪本 雄彦・西岡 敬治・足立 幸郎43

■施工

切土施工中の地すべりにより道路構造をトンネルに変更

—新東名高速道路 大和田トンネル—

岸本 光弘・藤井 剛7

銀座線に近接した地下歩道を複合円形シールドで築造

—上野中央通り地下歩道土木工事—

若林 正則・佐野 弘幸・奥村 一正17

市街地狭隘道路下におけるシールド切替型推進工法の施工

—東京都下水道 谷川雨水幹線—

岡野 敏彦・佐川 幸治27

■連載講座

山岳トンネル先進ボーリング入門(最終回)

—施工事例(3): 施工中に切羽から実施する地質調査ボーリング—

山岳トンネル先進ボーリング連載講座小委員会51

■現場だより

「サッカーのまち」藤枝から

岩本 俊一16

「十勝平野の風を釧路湿原へ」浦幌町より

三木 忍36

■資料

トンネル千夜一夜(52)

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68

■会報

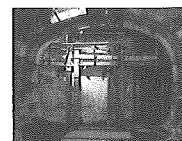
会報

日本トンネル技術協会71

【表紙説明】

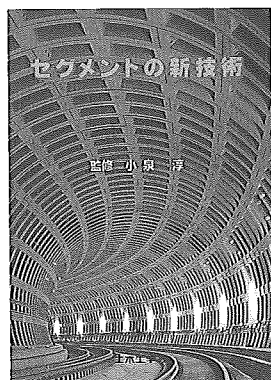
銀座線に近接した地下歩道を複合円形シールドで築造

—上野中央通り地下歩道土木工事—



当事業は、上野広小路地区の中央通りにおいて地下鉄銀座線に近接して地下歩行者専用道を築造するものである。このうち大江戸線連絡通路に関して、当初開削工法で出件されたが、事業主から「社会的要請に基づく技術提案」を求められ、シールドの転活用や発進立坑を設けずに同時に施工している地下駐車場の構築を利用することなどを提案し、シールド工法への変更が採用された。写真は、大江戸線接続部土留め支保工の状況である。

〔写真提供：東京地下鉄(株)〕(本文17頁参照)



セグメントの新技术

監修 小泉 淳

B5判 132頁 本体価格 2,000円 円290円

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

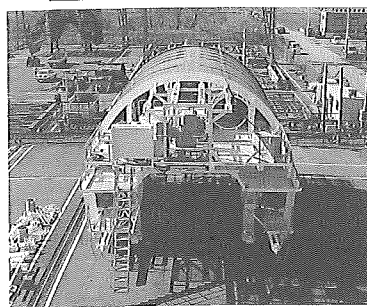
高品質なトンネル覆工に挑む

高品質なトンネル覆工を実現する 引抜バイブレータ締固システム

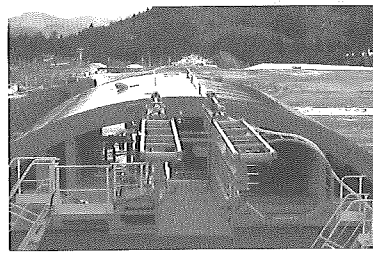
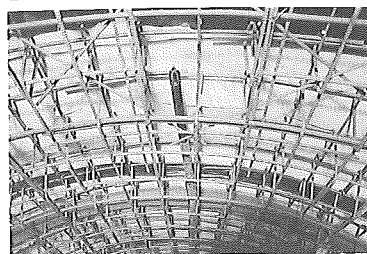
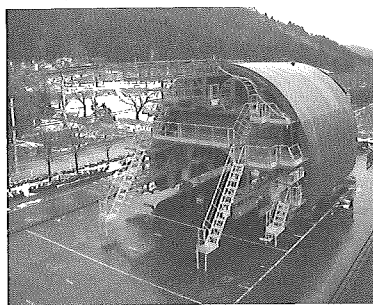
トンネルの二次覆工コンクリートには、トンネルクラウン部の締固め方法に課題があり、結果として漏水や空隙の発生など、覆工コンクリートの品質に問題が生じるケースがありました。また、覆工コンクリートの締固め作業は、狭隘部での苦渋作業という問題もあります。そこで、引抜バイブレータ締固めシステムを用いることにより、上記の課題を克服し、高品質な覆工コンクリートの構築を可能としました。

【特許出願中】

ホースパイプ巻取り式



パイプパイプ伸縮式



特願 2000-073694・2002-329301・2004-021814・2004-021817

効果・特徴

1. 覆工コンクリートの品質が向上する。
2. トンネルクラウン部の締固めが省力化できる。
3. 作業環境が改善でき、狭隘なヶ所での作業が無くなります。
4. 鉄筋、無筋区間での共用が可能で、経済性に富んでいます。



岐阜工業株式会社
GIFU KOGYO CO.,LTD

本社 岐阜県本巣市十四条144番地 〒501-0464
本社工場 TEL (058) 323-2000(代) FAX (058) 323-1176

本社営業部 (058) 323-2001
東京支店 (03) 5836-0531
仙台営業所 (022) 259-2239
九州営業所 (092) 713-5265

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

総務委員会広報小委員会会誌WGの構成 (五十音順・敬称略)

(主 査)

大島 洋志 国際航業株式会社上席フェロー技術センター長

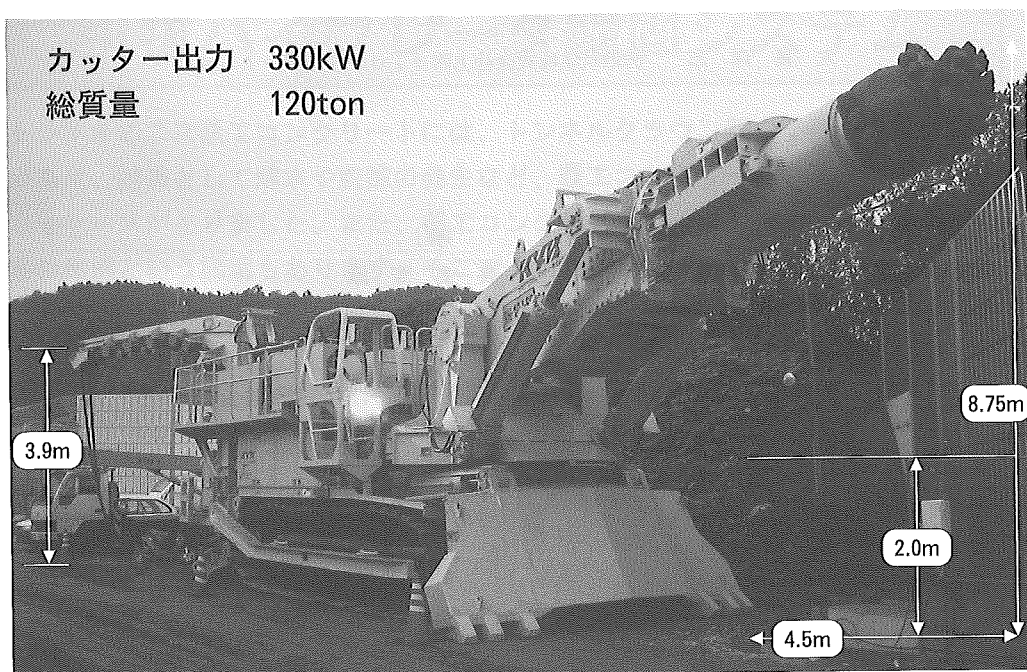
(幹 事)

池田 豊人 国土交通省大臣官房技術調査課技術企画官	長島 芳雄 株式会社竹中土木常務取締役
大石 敬司 東京地下鉄株式会社建設部工事課課長	濱 建介 (元)日本鉄道建設公団理事
久多羅木 吉治 東亜建設工業株式会社土木事業本部技術部長	福家 佳則 鹿島建設株式会社土木管理本部土工務部 トンネルグループ長
城間 博通 株式会社高速道路総合技術研究所 道路研究部トンネル研究担当部長	松原 利之 飛鳥建設株式会社土木事業本部技術統括部 トンネル技術グループ部長
高瀬 昭雄 独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構 鉄道建設本部計画部計画課長	山道 哲二 株式会社大林組東京本社生産技術本部 統括部長
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	領家 邦泰 大成建設株式会社土木本部土木技術部 トンネル技術室参与

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>

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

編集委員会の構成 (五十音順・敬称略)

〔編集委員長〕

大島 洋志 国際航業株式会社上席フェロー技術センター長

〔編集参与〕

今田 徹 東京都立大学名誉教授	高橋 良文 東京都下水道サービス(株)管路部長
定塚 正行 日本シビックコンサルタント株式会社 参与・技師長(山岳トンネル担当)	橋本 定雄 (元)東京都公営企業管理者下水道局長
	濱 建介 (元)日本鉄道建設公団理事

〔委員〕

木谷 日出男 財団法人鉄道総合技術研究所 防災技術研究部部長	中本 忠道 独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構 鉄道建設本部工務部工務第一課総括課長補佐
佐山 順二 東京電力株式会社電力流通本部工務部 設備渉外・調整グループ課長	西村 聡 東京地下鉄株式会社鉄道本部改良建設部 第二工事事務所所長
清水 満 東日本旅客鉄道株式会社東京工事事務所 立体交差課長	野邑 敏行 東京都交通局建設工務部計画改良課長
城間 博通 株式会社高速道路総合技術研究所 道路研究部トンネル研究担当部長	巖 滋之 東京都下水道局建設部設計調整課長
田村 聡志 東京都水道局建設部工務課長	真下 英人 独立行政法人土木研究所 道路技術研究グループ長

掲載頁
7

切土施工中の地すべりにより道路構造をトンネルに変更
—新東名高速道路 大和田トンネル—

中日本高速道路(株) 岸本 光弘

大和田トンネルは、新東名高速道路・金谷IC(仮称)～森掛川IC(仮称)間に位置するトンネルである。当該箇所は当初切土構造で計画していたが、平成15年と16年の降雨により地すべりが発生し、応急対策として押さえ盛土を実施した。その後恒久的な地すべり対策を検討し、押さえ盛土を存置し、その中をトンネル掘削する構造に変更した。

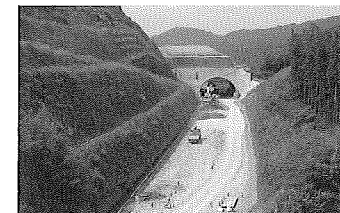
地すべり安定主対策として、押さえ盛土の追加、深礎杭による抑止力の補強、トンネル掘削時の切羽安定と地すべり抑止対策としての坑外からの垂直縫い地ボルトによる押さえ盛土の補助対策、地すべり土塊内の降雨時の排水促進・水位上昇抑制のための排水トンネルを行った結果、小土かぶり盛土における大断面トンネルの掘削について、ゆるみを最小限に抑えることができた。

Converting Structure Type to Tunnel due to Landslide during Construction—Owada Tunnel, New Tomei Expressway—

By Mitsuhiro Kishimoto, Central Nippon Expressway Company Limited

Owada Tunnel is located between Kanaya IC (temporary name) and Mori Kakegawa IC (temporary name) on the New Tomei Expressway.

Initially there was a plan to conduct cutting construction in this section but a landslide caused by rainfall in 2003 and 2004 occurred and a counterweight fill was used as an emergency measure. This was followed by a design of permanent landslide countermeasures, the counterweight fill has remained and the structure type was converted to a tunnel through this.



写真は坑口全景

With additional counterweight fill and the reinforcement of resistance using caisson pile as the main landslide stability measures and with counterweight fill support measures using vertical pre-reinforcement bolts from the outside of the tunnel as face stabilizing measures when excavating the tunnel and for landslide control measures, and as a result of constructing a drainage tunnel in order to promote drainage in the landslide mass during rainfall and to control the rise of groundwater levels, it was possible to keep looseness to a minimum with respect to the excavation of the large tunnel in a small cover embankment.

掲載頁
17

銀座線に近接した地下歩道を複合円形シールドで築造
—上野中央通り地下歩道土木工事—

東京地下鉄(株) 若林 正則

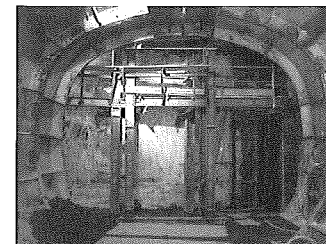
当事業は、上野広小路地区の中央通りにおいて地下鉄銀座線に近接して地下歩行者専用道(大江戸線連絡通路:延長約158m)を築造するものである。当初開削工法で出件されたが事業主から「社会的要請にもとづく技術提案」を求められ、シールド工法への変更を提案し、採用された。

本稿では、シールドの転活用法や発進立坑を設けずに同時に施工している地下駐車場の構築を利用することなどを提案し、所定の工期、費用にて安全に施工を完了した経緯について報告する。また、シールド工法における小土かぶり対策、開削部とシールド部との接続工や、シールド到達後の既設構築との接続工などについてもあわせて報告する。

Construction of Underground Walkway adjacent to Ginza Line using a Multi Diameter Curves Shield—Public Subterranean Tunnel Works beneath Chuo Dori, Ueno—

By Masanori Wakabayashi, Tokyo Metro Co., Ltd

These works consist of the construction of an underground pedestrian walkway (connecting corridor between Ginza line and Oedo Line: approx. 158m long) adjacent to the Ginza Subway Line beneath Chuo Dori in the Ueno Hirokoji district.

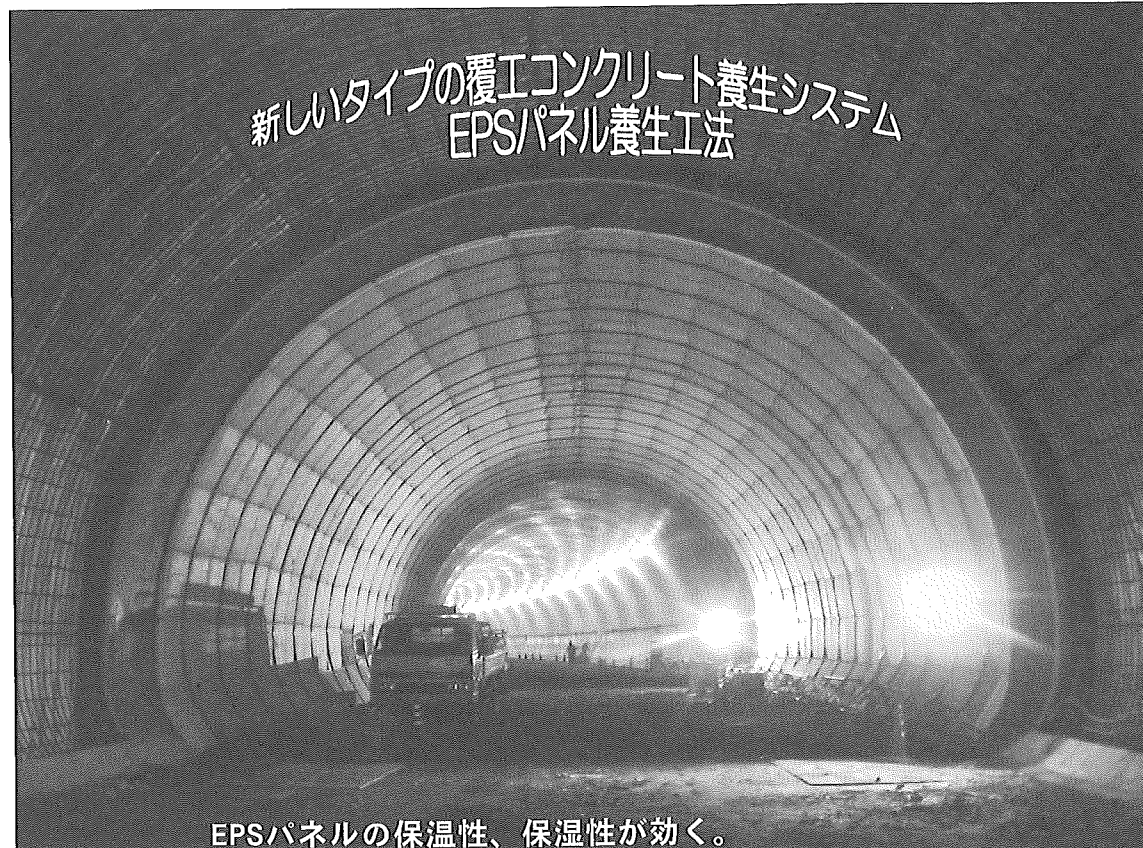


写真は大江戸線接続部土留め支保工 structures between shield tunnel and the RC structures.

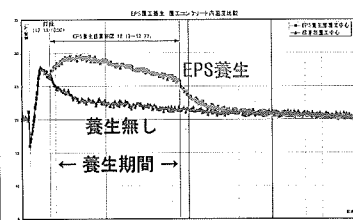
Initially the cut-and-cover method was proposed but the client requested "a design proposal based on the requirements of society" and a change to the shield method was proposed and employed.

This report contains information on proposals using the adjacent basement car park under construction as starting shaft without creating a new one and reusing the shield, the sequence of events that allowed the safe completion of construction within the prescribed period and budget. In addition, this report also contains information on small cover measures in the shield method, joint

新しいタイプの覆工コンクリート養生システム
EPSパネル養生工法



EPSパネルの保温性、保湿性が効く。



温度測定結果

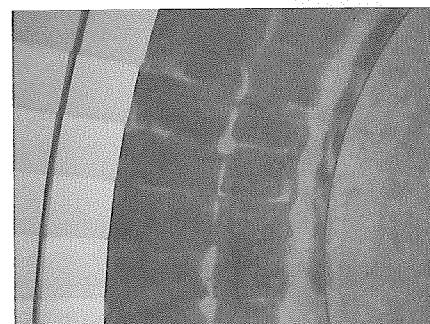
	養生無し	EPS養生
反発度(平均)	33.8	36.3
推定強度 N/mm ²	24.9	28.1
強度比	1.0	1.13

強度測定結果
(シュミットハンマー)

- 温度測定結果より、保温養生効果を確認。
- シュミットハンマーテスト(材令28日)の結果より、強度の増進を確認。
保温・保湿養生の効果。
- 弾性波レーダーによる鋼球接触時間測定結果より、表層の硬さ(弾性係数)の増大を確認。
表面の乾燥収縮ひび割れに対する抵抗性の増大。

実績および採用決定(平成21年1月現在)

施主	実績	採用決定
国土交通省	2	5
NEXCO	2	3
地方自治体	1	5
合計	5	13



EPSパネル取り外し直後の状態

株式会社 不動テトラ

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

特許登録番号第3977849号

大栄工機株式会社

〒526-0842 滋賀県長浜市春近町90番地
TEL 0749-64-0246 FAX 0749-63-6765

【営業品目】
各種鋼製型枠(セントル)の設計・製造・販売
トンネル用機材一般/土木資材の販売
鋼製支保工の製造販売

実施権許諾第10396号



QJ 01466/ISO 9001:2000

市街地狭隘道路下におけるシールド切替型推進工法の施工

—東京都下水道 谷川雨水幹線—

東京都下水道局 岡野 敏彦

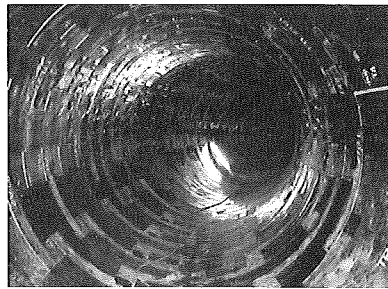
東京都区部の下水道は老朽化施設の再構築、浸水対策、合流式下水道の改善など、さまざまな課題を抱えており、100%普及後も下水道施設の計画的な整備を進めている。これらの事業の実施にあたっては、整備する施設の品質確保や施工中の安全対策に加え、騒音・振動対策や道路交通への影響など、市街地特有の制約にも適切に対処する必要があり、現場条件にあった施工方法の選択が工事の進捗を左右する。

本稿では、浸水対策事業として実施した谷川雨水幹線整備工事において東京都下水道局で初めて採用した「シールド切替型推進工法」の施工状況と今後の課題について報告する。

Construction beneath Narrow Road in Urban Area using the Convertible TBM —Yagawa Stormwater Sewer Main, Tokyo Metropolitan Sewerage System—

By Toshihiko Okano, Bureau of Sewerage, Tokyo Metropolitan Government

Wards in Tokyo Metropolitan Area have many tasks such as re-constructing deteriorating sewage facilities, installing anti-inundation measures and improving combined sewer system and they are progressing with the systematic servicing of sewage facilities even after attaining almost 100% coverage. At the time of carrying out these projects, in addition to guaranteeing the quality of facilities to be installed and safety measures during



写真は二次覆工(急曲線部)

construction, it is also necessary to make a suitable response to restrictions that are particular to urban areas such as noise and vibration measures and influence on road traffic, and the selection of construction methods appropriate to site conditions is influenced by the progress of construction work.

This report contains information on construction conditions with the "Convertible TBM (Pipe Jacking/Shield)" that was employed for the first time by the Tokyo Metropolitan Government Bureau of Sewerage in the servicing construction of the Yagawa stormwater sewer main carried out as an anti-inundation measure project as well as information on tasks for the future.

未固結地山の小トンネル群をSENSで一本化

—北海道新幹線 津軽蓬田トンネル—

鉄道・運輸機構 長谷川正明

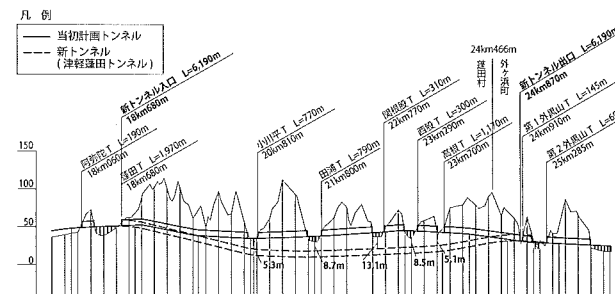
北海道新幹線本州方のトンネル群は、未固結な砂を主体とする蟹田層が基盤である。蟹田層を対象とした過去のトンネル施工記録では、土砂崩壊や流砂事故が数多く発生しており、本トンネル群においても切羽の不安定化が予想された。このため、当初計画した11トンネルのうち6トンネル区間についての縦断勾配を変更し、ひとつの新トンネルとして、東北新幹線において同様な含水未固結地山における実績を有し、安全性、施工性および経済性に優れたSENS(シールドを用いた場所打ち支保システム)による機械化施工を行う計画に変更した。

本稿では、施工計画を変更するために行った検討などについて報告する。

Unify the Small Tunnels in Unconsolidated Bedrock with SENS—Tsugaru Yomogita Tunnel, Hokkaido Shinkansen—

By Masaaki Hasegawa, Japan Railway Construction, Transport and Technology Agency

Kanita Formation which is mainly unconsolidated sand is the ground of the tunnels on the Honshu side of Hokkaido Shinkansen. In past construction records of tunnel involving the Kanita Formation, many ground failure and quicksand incidents occurred and the destabilization of the faces of these tunnels was also



図は当初計画トンネルと津軽蓬田トンネル縦断図

anticipated. For this reason, the part of vertical alignment was changed to unify the six short tunnels. The tunnel driving method was also changed to adopt mechanized construction using SENS (the shield tunnelling by pushing the cast-in-place concrete lining) which is superior in safety, drivability and economy and has achievements in similar unconsolidated ground in aquifer on the Tohoku Shinkansen line.

This report contains information on investigations conducted in order to change construction plans.

開削とNATMで計画したトンネルをシールドに変更

—阪神高速道路8号京都線 稲荷山トンネル—

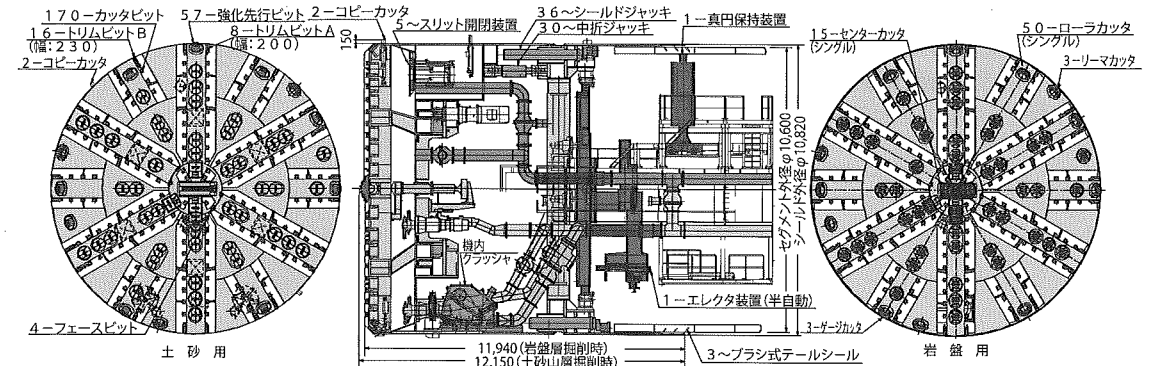
阪神高速道路(株) 山内 幸裕

稲荷山トンネルは、京都市山科区と伏見区を結ぶトンネルで、丹波層群からなる稲荷山山地と大阪層群からなる住宅地が広がる伏見平野部(稲荷山麓部を含む)に建設された。伏見平野部では、当初都市部山岳工法と開削工法による施工法が計画されていた。しかしながら事業化後の詳細検討の結果、市街地での大規模な開削工法の実施が困難であること、大阪層群での都市部山岳工法の適用にあたっては地下水環境への影響とそれに起因する地盤沈下が懸念されたことから、最終的に一部の開削区間を除きシールド工法が適用された。シールド工法により地盤沈下などの影響なく、地元の方々にも安心していただけた工事が施工でき、供用を迎えることができた。

Tunnel Planned with Excavation and NATM Changed to Shield—Inariyama Tunnel, Hanshin Expressway Route 8—

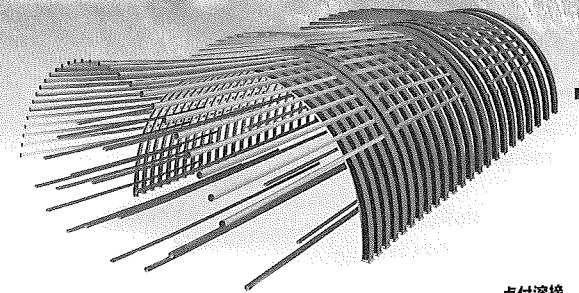
By Yukihiro Yamauchi, Hanshin Expressway Company Limited

The Inariyama Tunnel links Fushimi and Yamashina in Kyoto City and was constructed in the Inariyama mountain area consisting of Tamba group and the Fushimi plains (including the piedmont of Mt. Inariyama) consisting of Osaka group on which the residential area is formed. Initially, excavation through the Fushimi plains was planned with the earth tunnelling method and the cut-and-cover method. However, as a result of detailed investigations after being put into operation, due to the fact that it was difficult to carry out large-scale cut-and-cover method construction in an urban area and concerns over the effects on the groundwater environment at the time of applying the earth tunnelling method in the Osaka group and land subsidence caused by this, eventually the shield method was applied with the exception of a part of cut-and-cover section. There were no effects such as land subsidence by the shield method and it was possible to carry out construction works giving peace of mind to local people and to put the tunnel into service.



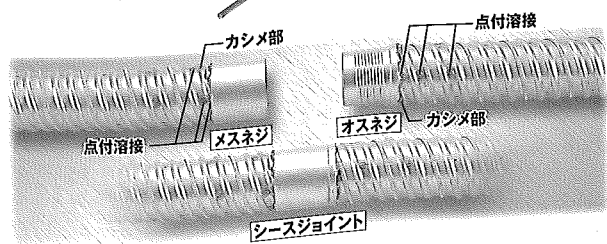
図はシールド構造図

ユニークな発想と高品質・自信の価格



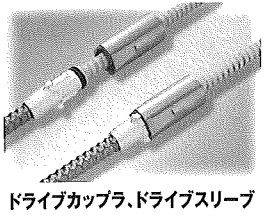
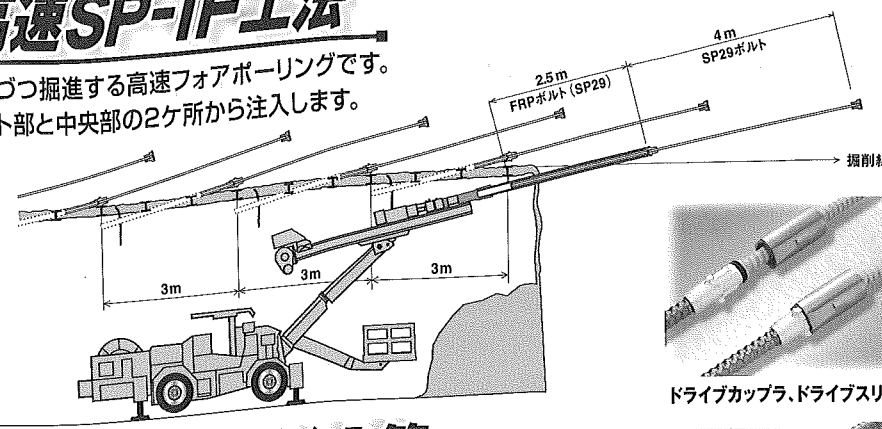
FIXチューブ工法

※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。

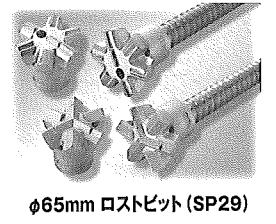
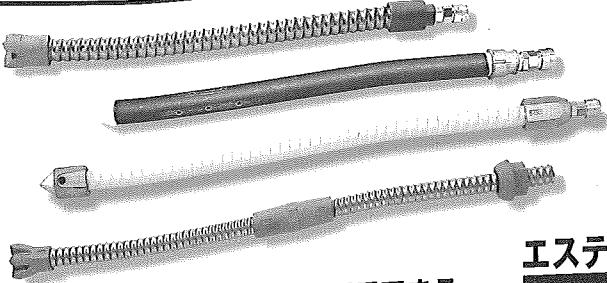


高速SP-IF工法

※3mづつ掘進する高速フォアボーリングです。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。

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

巻頭言

(題字 小森 博会長)

危機管理



大日本土木(株)代表取締役副社長(本協会評議員)

日野 俊栄

いま起こっている危機は、アメリカのサブプライムローンに端を発した世界的な同時不況による経済危機で、深刻な問題となっている。去年までは、エネルギー危機、資源の危機、食料危機、テロの危機など、いずれもグローバルな危機が大きな議論を呼んでいたが、現在もなお消え去っているわけではないことは言をまたない。

現下の経済危機の対処方針については、すでに各国政府や議会をはじめ、多くの識者がそれぞれの分野で数多く意見を述べている。企業の責任と政府の支援のあり方、ならびに景気対策としての財政出動の規模などについて、各国ともコンセンサスを得るのに時間がかかっているようである。

元来、危機には、国家レベルのもの、地域レベルのもの、会社や団体レベルのもの、個人レベルのものなど大小種々ある。また、その原因が自然現象によるもの、人為的に起こったもの、またその複合によるものなどがある。

自然現象によるものとして、台風、地震などによる河川の氾濫、高潮、津波、土砂崩れ災害などがよく取りあげられる。

もし、堤防が決壊したら、また大地震が起こったらどうなるのか。過去には、カスリーン台風、伊勢湾台風のような大被害をもたらした台風が来襲し、また、阪神淡路大地震、中国四川の大地震、今年の岩手・宮城地震での天然ダム(土砂ダム)など、危機的な大災害があった。

先日、内閣府から「荒川堤防が決壊して氾濫したときの地下鉄等の浸水被害想定」が発表された。100近くの駅や百数十kmのトンネル部分が浸水するとの調査結果が公表された。これは、現状程度の止水対策を前提としているが、地下鉄駅などの出入り口やトンネル坑口に止水対策を施せば完全な止水でなくても大幅に浸水区間を少なくすることが可能であるということである。

危機とは、通常考えられる危険の範疇を超える事象とするならば、危険を排除する、

すなわち安全を事前に確保することがまず必要であり、もし、それを超えるような事象が想定できるならば、あらゆるケースをシミュレートして、自然災害、地震、台風、津波、河川の氾濫、土石流、土砂崩れなどに対処しなければならない。

堤防やダム建設、建築物の補強、建て替えなどハード対策に加えて、住民への広報活動、緊急避難体制の確立、緊急避難経路の確保、連絡体制の整備などソフト対策も重要な課題である。

一方、人為的な要因による大きな危機としては、テロ、紛争、戦争、原子力事故、飛行機事故、列車事故、交通事故などがあげられるが、まず、担当当事者が事前によく何が起きるかよくシミュレートして、判断が遅れたり、間違ったりしないように、準備しておかなければならない。

起こりうる事象をできるだけ多く、深く想定して、その対策を考えておかなければならない。そのとき問題となるのは、起こったときの被害の程度・規模とその起こる確率、また、その対策に要するコストである。

被害が人命にかかわるような場合や、経済的に甚大な被害が予想されるような場合は、仮に起こる確率が低いとしても、費用の大きさにかかわらず優先的に対策を実施すべきであろう。とくに数多くの人命を奪ってしまうようなことが想定されるのであれば、なおさら重大な問題となる。

これらに関して、諸外国に参考になる多くの事例があると思われるので、海外から学ぶことはもちろん大切であるが、逆に日本が得意としている分野については、日本から諸外国に積極的に発信することが今後ますます重要になってくると思われる。トンネルに関しては当協会が加盟している国際トンネル協会(ITA)でもさらに積極的に活動していければいいと思う。

現下の喫緊の課題である世界同時不況に対する緊急経済対策は、考えられるあらゆる政策・対策を総動員しなければならないほど、わが国にとって最重要課題である。思いきった景気対策、雇用対策を実行するなかで、とくに重要な防災対策、交通対策などを積極的に実施する必要がある、それがもっとも効果の高い景気対策、雇用対策になることは明らかである。

いま、平成20年度の第2次補正予算とその関連法案が国会で審議されている。また、平成21年度の予算に関しても年度内に確実に成立させ、前倒し執行を図ることなどにより、早期の効果発現が望まれるところである。

施工

切土施工中の地すべりにより道路構造をトンネルに変更

—新東名高速道路 大和田トンネル—

中日本高速道路(株)東京支社掛川工事事務所工事長 岸本光弘
(株)大林組第二東名大和田工事事務所所長 藤井剛

1 はじめに

新東名高速道路は、交通量の増加に伴う渋滞などにより機能が低下している現東名と交通機能を分担し、わが国の東西交通を支える基幹的の道路である。今回報告する大和田トンネルは、新東名高速道路のうち金谷IC(仮称)～森掛川IC(仮称)間に位置するトンネルである(図-1)。

当該箇所は当初切土構造として計画されたが、平成15年8月の豪雨により、施工中の切土のり面に変状が確認され、応急的に押さえ盛土を施工した。その後複数の対策を検討したなかで、押さえ盛土を存置し、抑止杭を併用したトンネル構造を採用した。



図-1 位置図

切土のり面は押さえ盛土、抑止杭、切土のり面への排水トンネルの施工により安定状態となった。その後、本坑トンネルを側壁導坑を併用した上半断面先進ベンチカット工法で施工し、本坑掘削および覆工ともに完了した。本稿では、これまでのり面変状経緯と地すべり安定対策の設計経緯および各種対策工の施工結果ならびに観測結果について報告する。

2 大和田トンネル工事の工事概要

2-1 工事概要

当工事区間は静岡県掛川市市街地北方5kmに位置する原野谷川の左岸側である。

工事内容は以下のとおりである(図-2)。

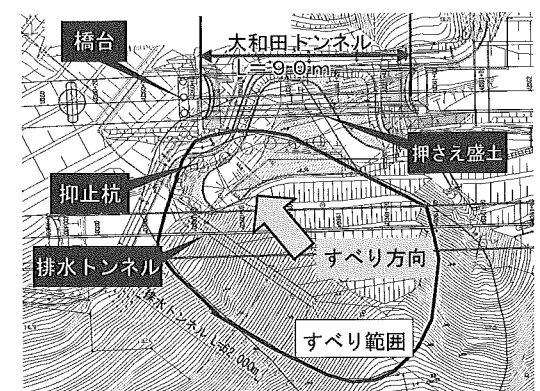


図-2 平面図

トンネル工(NATM) $L=90m$
 (掘削断面積 $163.6m^2$)
 押さえ盛土 $Q=28,500m^3$
 垂直縫い地ボルト工 $L=18,467m$
 注 入 工 $Q=9,135m^3$
 抑 止 杭 工 $\phi 5m, L=40m/本,$
 $7本$
 排水トンネル(NATM) $L=62m$
 (掘削断面積 $14.5m^2$)
 坑内水抜きボーリング $L=1,005m$
 橋 台 1基

2-2 地形・地質概要

当該地区は、東西方向に流れる原野谷川が戸綿泥岩層の軟質部を浸食したことにより、幅100m以上の広い谷底地形を形成しており、両岸には標高200~300mの段丘が発達している。

その左岸側(南側)に位置する切土のり面背後には平坦~緩傾斜面となる尾根構造がある。斜面上部には地すべり頭部と推定される段差地形、滑落などがみられ、斜面下部に崩壊跡地形がみられる。段差地形が東側に深く入り込むガリー浸食がみられ、全体としては尾根付近まで伸びる潜在的な地すべり面が存在する可能性が推定されたが、明確な地すべり地形ではないため、計測管理による情報化施工で計画した。大和田地区の基盤は新第三紀中新世倉真層群の松葉累層であり、土中に存する場合や切土直後などには硬岩としての性格が強いが、いったん外気に触れると風化が進行し、強度が低下していく性状を有する。

3 のり面変状経緯と応急対策

当該地はこれまでに3回、のり面変状が観測されている。

最初の変状は平成15年8月の豪雨(2度にわたり総雨量 $491mm/6日$)を要因とするもので、2回目は平成15年12月に、のり面直下を通過する下り線トンネルの掘削に伴う変状が発生した。なお、この時点での孔内傾斜計計測結果では、深度45m付近での変位の変曲点が確認できたことから、その深度をもってすべり面(大規模すべり線)として

対策を検討した。

対策として、平成15年9月に水抜きボーリングを実施、さらに平成15年12月~平成16年2月にかけて応急対策として押さえ盛土(他工区岩ずり)を実施し、安定を確認した。

しかし、3回目として、平成16年10月の台風に伴う豪雨($802mm/10日$)により変状を受け、平成16年12月に再度水抜きボーリングを実施した。計測結果から、前述の深度45m付近での変位は見られなかったが、深度15~25m付近にせん断的な変位傾向が新たに確認され、すべり面が形成されつつある可能性が考えられた。そのため、本工事では大規模すべり線に対しては、動態観測により注視しつつも、新たに確認されたすべり面(中規模地すべり線)について、 $F_s \geq 1.2$ となる対策工を検討することとした。

4 地すべり安定対策検討と設計方針

4-1 地すべり安定主対策の比較検討

道路構造の決定にあたり、安全率の確保・長期的な信頼性を主眼に、下り線の既設トンネルとのり面の位置関係、のり面変状要因などを考慮して主対策工法について比較検討した(図-3)。

その結果、グラウンドアンカー工を用いたオープンカット案(第2案)では、地すべり方向に対して効果的な施工が困難なことやアンカーが長尺となり削孔精度の確保が困難であることから、対策の信頼性に劣ると判断した。また、オープンカット案(第2案および3案)では、押さえ盛土撤去により地山の安定状態が損なわれ、深部の変状がすべりに進展する危険がある。さらに、これらの対策工では将来変状が発生した場合、追加対策が困難である。

一方、応急押さえ盛土を維持した状態での追加押さえ盛土と抑止杭工を用いたトンネル案(第1案)では、対策効果が地すべり方向に影響されない確実な抑止効果が期待できることや将来的な変状状態に応じた追加対策への対応も可能である。ただし、このトンネル案では応急押さえ盛土内に大断面のトンネルを構築するといった新たな課題

計 画 案	第1案	第2案	第3案	
上り線形式	トンネル	オープンカット		
対 策 工	押さえ3段盛土工(抑制工)+ 深礎杭工(抑止工)	グラウンドアンカー(抑止工)	深礎杭工(抑止工)	
設計の考え方	中規模すべり対象			
工 法 概 要	盛土工(3段盛土)と深礎杭工の併用案。 押さえ盛土工と深礎杭工で抑制、抑止効果を分担させ、盛土区間は上り線をトンネル工とする。	グラウンドアンカーによる抑止工。最小限の地表面成形を行うが、現況斜面を極力変更することなく施工が可能となる。 抑止工ですべりに抵抗するため、上り線を土工で施工することができる。	杭による抑止工。 杭をすべり面下部の不働層まで根入れし、片持ち梁(押さえ杭)またはせん断杭(くさび杭)的な効果で移動土塊を不働層と一体化し、地すべりを抑止する。抑止工ですべりに抵抗するため、上り線を土工で施工することができる。 現況斜面からの施工のため、杭長が長くなる。	
概 要 図				
対策工の仕様	盛 土 工 : ソイルセメント 深 礎 杭 : $P=10,000kN, \phi 5.0m$ $L=33.0\sim 44.5m,$ $1段, 7列@10.0m$ トンネル工 : 延長 $L=93m$	グラウンドアンカー : $T_a=950kN, \phi 135mm$ $L=20\sim 25m, 8段$ $28列@2.5m$: $T_a=500kN, \phi 90mm$ $L=20m, 3段$ $20列@2.5m$ 受圧盤 : PC受圧盤	深礎杭 : $P=3,000kN, \phi 4.0m$ $L=20\sim 30m, 2段,$ $8列@8.0m$: $P=10,000kN, \phi 4.0m$ $L=50m, 2段,$ $9列@8.0m$	
大 影 響 評 価 小	長期的信頼性・抑止効果	長期的でなおかつ、すべりの方向によらない確実な抑止効果が期待できる。 ◎	25m級のアンカーが密集し、削孔制度の確保が困難なこと、すべりの方向により抑止効果が望めない。 ×	長期的でなおかつ、すべりの方向によらない確実な抑止効果が期待できる。 ◎
	大規模地すべり発生時の対応	大規模地すべり発生時に深礎杭の増杭で対応が可能。 ◎	大規模地すべり発生時に追加対策が困難である。 ×	大規模地すべり発生時に追加対策が困難である。 ×
	施工時の安全性	現況盛土による安定状態を確保しながら施工できる。 ◎	アンカーを施工しながら現況盛土を除去する配慮が必要となる。 △	深礎杭施工後に現況盛土を除去する工程配慮が必要である。 △
	景 観 性	地中部に埋設されるため、景観性を損なわない。 ◎	のり面全域にアンカーが配置され、景観性を損なう。 △	地中部に埋設されるため、景観性を損なわない。 ◎
	施 工 性	杭長が長く中硬岩を対象とした人力施工となり施工性に劣る。 ○	施工期間は比較的短く、上り線を土工で施工できる。 ◎	杭長が長く中硬岩を対象とした人力施工となりことと多段杭のため施工性に劣る。 △
経 済 性	第1案との対比 (1.00)	第1案との対比 (0.24)	第1案との対比 (0.97)	
総 合 評 価	経済性には若干劣るが、長期的信頼性・抑止効果が他案に比べ優れている。なおかつ、現況盛土による安定状態を確保しながら施工でき、変状発生時の追加対策が可能であることと、安全面、景観性にもっとも優れている。 ◎	すべりの方向により抑止効果が望めない。また現況盛土からアンカーへの荷重再配分がなされ、安定状態が変化し、変状状態に応じた追加対策の追加は困難である。膨大なアンカーが景観性を損ねる。 ×	現況盛土から杭への荷重再配分がなされ、安定状態が変化し、変状状態に応じた追加対策の追加は困難である。杭長が長いことと多段杭のため施工性に劣る。 △	

図-3 主対策工法比較表

が発生するため、トンネル掘削に伴う応急押さえ盛土の緩み拡大や土塊(トンネル断面内)除去による地すべり安全率の低下が懸念された。

4-2 設計方針

上記検討を踏まえ、地すべり安定主対策として、応急押さえ盛土上部へのソイルセメントによる盛

土の追加を実施し、かつ押さえ盛土単独では不足する抑止力を補う深礎杭(径 $5.0m, L=40m$ を7本)を配置し、トンネル構造を採用することとした。さらに、地すべり発生要因となるトンネル掘削時のゆるみを抑制することを目的として坑外からの垂直縫い地ボルトによる押さえ盛土の補強対

策を実施することとした。

4-2-1 抑止杭配置と押さえ盛土形状

ここで、抑止杭の配置および盛土形状に関しては、以下のように地すべり土塊に対して有効で経済的な配置、形状を選定した。

(1) 抑止杭の配置検討

本来、抑止杭の配置は地すべり方向に対して直交方向に配置することが一般的であるが、当該地は新東名高速道路の上下線間に位置するため、抑止杭の配置は位置的な制約を受けた。そのため当初、地すべり土塊の主側線方向に対して千鳥配置、逆アーチ状の配置、杭頭部連結といったさまざまな配置を検討したが、将来的な追加対策(追加抑止杭)の施工スペースを確保しつつ、可能な限り地すべり土塊の主側線方向に配置することとした(図-4)。

(2) 押さえ盛土形状の検討

当初、押さえ盛土は切土面に平行となるように計画されていたが、地すべり土塊の主側線方向を包括するように盛土形状を変更することで、より効果的な抑制が可能となり盛土量の低減を図ることができた。また、それにより最上段部を安定勾配で盛土することが可能となり、景観的にも周辺地形との融和が図れた。

4-2-2 地下水水位低下対策

地すべり土塊内の地下水水位は地すべりの安定を図るうえで重要なファクターである。そこで、大規模および中規模地すべり対策として、降雨時の地すべり土塊内の迅速な地下水の排水を目的として、排水トンネルおよび坑内からの水抜きボーリングを実施した。

4-2-3 トンネル構造と切羽安定対策

(1) トンネルの構造

トンネルの施工においては、地すべ

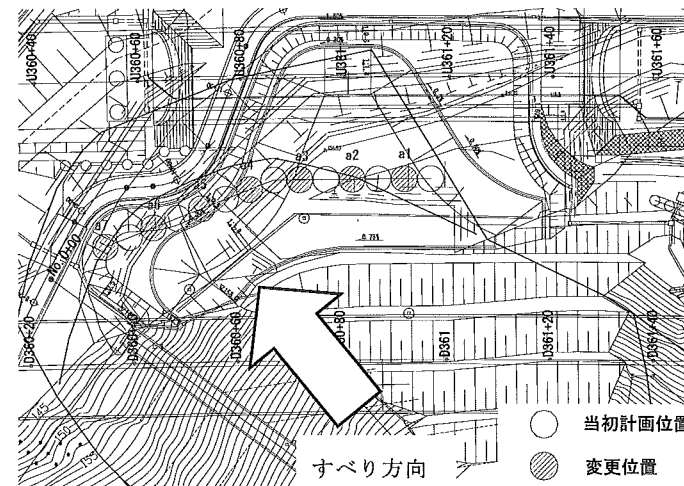


図-4 抑止杭平面配置検討図

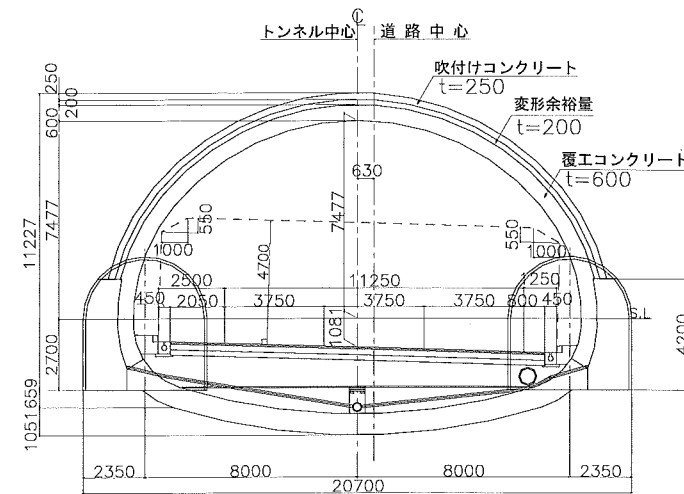


図-5 トンネル標準断面図

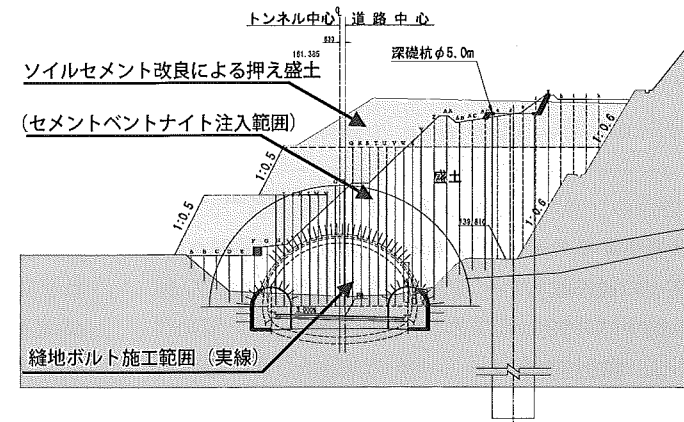


図-6 補助工法概略図

りを誘発しないよう掘削時のゆるみ、ならびに変位抑制が重要な課題であることから、掘削工法は側壁導坑を併用した上部半断面先進ベンチカット工法を採用し、支保構造は鋼アーチ支保工(HH-200)と高強度吹付けコンクリート($t=25\text{cm}$)とした。また地すべり対策である押さえ盛土内を施工するため、変形余裕量を200mm見込み、余裕をもった構造とした(図-5)。

(2) トンネル切羽安定対策

トンネル掘削時の切羽安定対策としての補助工法としては、長尺先受け工法、垂直縫い地工法、地山改良工法などが挙げられ、一般に長尺先受け工法が多く用いられるが、トンネルのゆるみ防止を考慮し、垂直縫い地工法(芯材異形鋼棒D29、トンネル掘削断面内φ22ファイバーボルト)とセメントベントナイト注入による地山改良工法を併用するものとした(図-6)。

5 各種対策工の施工方法と結果

5-1 トンネル切羽安定対策(応急押さえ盛土の安定化対策)

5-1-1 設計上の課題

本工事において十分な転圧を行う時間も無く施工された応急押さえ盛土の改良は、トンネルの施工や将来の安定のために不可欠なものである。

(1) 応急押さえ盛土の改良効果の信頼性

本来、垂直縫い地ボルト工は削孔孔内に鉄筋を挿入してグラウト材を充填注入することにより、土中に杭体を構築し、地山のせん断抵抗を増す工法であり、地山と芯材を定着させるだけのものが一般的である。

本工事では転圧不十分な応急盛土の空隙にグラウト材(セメント・ベントナイト溶液)を注入することとし、トンネル掘削に伴う事前切羽安定を行うものと位置づけた。かつ、設計においては、改良後の盛土本体の粘着力 $C=50\text{kN/m}^2$ として、盛土の改良目標一軸圧縮強度を $100\text{kN/m}^2(C=q_u/2)$ とし、過去の実績などから応急盛土体積の40%を改良することとした。

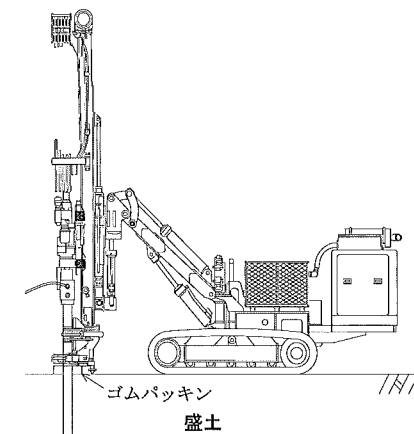


図-7 ケーシング注入

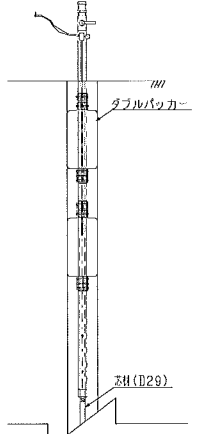


図-8 パッカー注入

しかしながら、改良率40%の適合については不確定であるため、複合地盤としての必要強度と注入率の関係を把握し、注入管理を行う必要があった。

(2) 打設間隔の決定

当初設計では打設間隔を1.5mの格子配列としたが、未改良ゾーン出現もあり、改良材の配合・打設間隔・注入率を検討するために試験施工を行い、以下のような注入条件を決定した。実施工においては注入率を確保する方策として、パッカー注入・ケーシング注入を採用することにより確実な垂直縫い地ボルト・注入工を施工した。

5-1-2 注入方法

施工にあたり、注入管理方法と注入率確保のための方策を以下に示す。

(1) 注入管理方法

注入対象体積部位を均質に改良することを目的として、注入は規定量、圧力上昇、リークの有無により管理した。

(2) 注入率確保のための方策

盛土強度を確保するためには均質な改良が必要となり、適切な注入を実施する必要があったため、特殊な注入方法を以下のように試行錯誤し実施した。

- ① ケーシング注入：ケーシングの先端位置からグラウト材を均質に対象地盤に行き渡らせるため、鋼管口元と地山との間にゴムパッキンを配置し、圧力を加える方法である(図-7)。

② パッカー注入：口元2.0m位置での注入の際、現場で考案、製作した特殊パッカー（芯材がある状態でのダブルパッカー仕様）を用い、圧力を加える方法である（図-8）。

5-1-3 施工結果と注入状況

(1) 孔内水平載荷試験と標準貫入試験

比較的注入率の小さい箇所において原位置試験を行って粘着力Cを確認した結果、設計粘着力50 kN/m²を十分に満足する値を得ることができた。また、ボーリングによる改良体のN値とコア状況を確認した結果、垂直縫い地注入工の充填性が確認できた。

(2) 掘削による充填性確認

抑止杭掘削時における孔壁または切土面にて充填状況を目視確認した結果、地山全体に十分注入材が充填されていることが確認できた。

(3) 工程短縮

前記の特殊注入パッカーの使用により、注入作業と削孔作業を同時に行うことが可能となり、縫い地全体工程11か月を9か月と、約2か月短縮できた。

5-2 地すべり土塊内の排水対策

5-2-1 排水トンネルと坑内水抜きボーリングの施工

排水トンネルおよび坑内水抜きボーリングは降雨後、迅速に地すべり土塊内の排水を図る目的で施工した。

排水トンネル(L=62m)の施工計画位置は想定地すべり線(大規模および中規模)を貫通し、既設の下り線トンネルの上部を1D(4.5m)の離隔で交

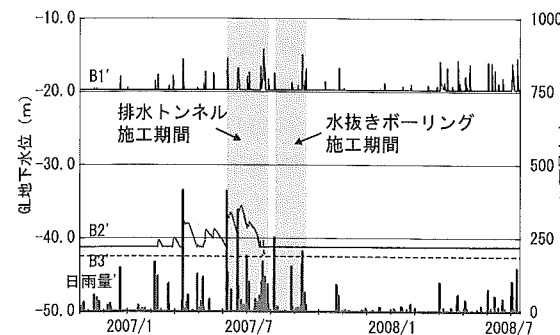


図-9 水位計経時変化図

差する計画とした。

坑口部を除く延長のほとんどが爆破掘削であり、発破振動による地すべり土塊への影響と既設トンネルへの影響を極力抑えるため、試験発破を行い1孔あたりの薬量を抑えた多段発破とした。

坑内からの水抜きボーリング(総延長1,005m)は排水トンネル軸方向に対して斜め前方かつ斜め上方に等間隔で打設(1本L=20~50m)した。

5-2-2 掘削影響と地山水位上昇抑制効果

計測結果から、排水トンネル掘削時の発破による地すべり土塊への影響および既設トンネル覆工コンクリートへの影響はまったくなく施工を完了することができた。

また、地山地下水位については図-9の水位計経時変化図に示すように、日雨量に連動して水位上昇し、数日かけて徐々に低下していた施工前に比べて、施工後は日雨量に連動した水位上昇は見られず、地山水位の低下が図れている。実際の降雨後の排水状況を写真-1に示す。最大約190m³/日の排水が見込まれた。

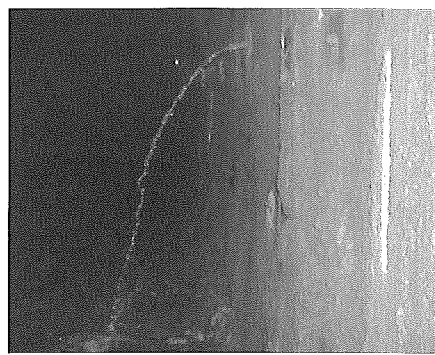
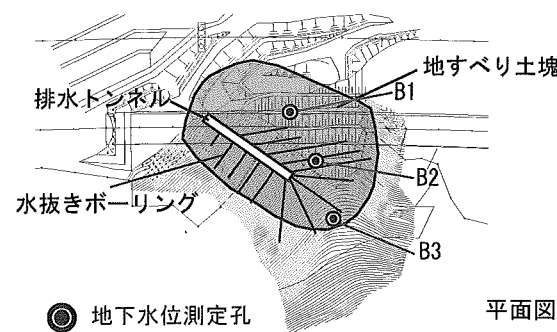


写真-1 水抜きボーリング排水状況



● 地下水位測定孔

平面図

5-3 抑止杭

5-3-1 抑止杭の施工方法

(1) 杭の施工基面の設定

抑止杭の高さは応急盛土形状により定められており、各杭の標高が均一でなかった。さらに、施工にはクレーンなどの大型機械が必要となるため相応の施工ヤードが必要となる。そこで、各杭の標高と既設切土のり面との位置を吟味し、のり面の安定および有効な施工ヤードを確保できる施工基面を定め、効率的な施工を行った。

(2) 掘削方法と土留め構造

抑止杭は杭径5mの深礎で計画し、土留め構造は土砂部をライナープレート、硬岩部を吹付けコンクリートライニングで設計した。当初設計では吹付けコンクリートのみであったが、発破による吹付けコンクリートの剥落が懸念されたため、溶接金網を追加し、吹付けコンクリートの剥落防止を図った。ライナープレート区間はロングマウンテンクラムシェルでの機械掘削工法とし、吹付けコンクリート区間では爆破掘削工法を採用した。

(3) 安全対策と近隣対策

抑止杭の施工では墜落災害や飛来落下災害が予想されるため、立坑上部の周囲1mを区画割りして、その場所には資材を存置しないこととした。また、クレーンでの資材移動は回転灯と音楽で連絡することで、立坑内の作業員は5mごとに設置した半月天蓋(写真-2)に退避を徹底して作業を行った。

発破による近隣住民対策は、発破アナウンス設

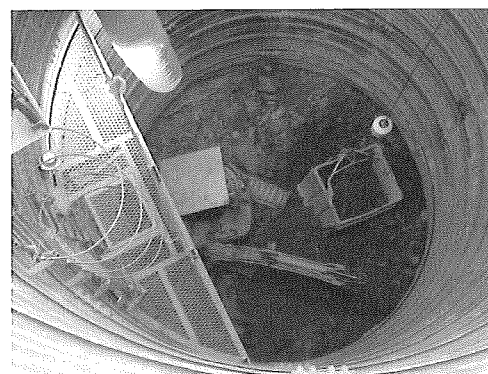


写真-2 安全対策(半月天蓋)

備を設け、硬岩部の発破作業時に放送することで対応した。

5-3-2 抑止杭の施工結果

抑止杭の施工では、土砂部において孔壁の崩壊が懸念されたが、事前に施工した注入工による注入効果が見られ、孔壁は安定した状態で施工できた。

6 本線トンネルの施工

6-1 トンネルの施工法

当初設計では、機械掘削による側壁導坑併用上半断面先進ベンチカット工法であったが、側壁導坑は硬岩が主体であり、機械掘削が困難であると予想された。そこで、多段雷管を用いた制御発破での発破工法を検討した。発破による応急盛土への影響が考えられるため、地表面計測を強化することで対応した。

左右の導坑は交互併進掘削とし、側壁コンクリートは簡易セントルで打設した。

上半断面は、応急盛土と硬岩の境界であったため、大型ブレーカ(4t級)による機械掘削工法を採用し、硬岩部は一部爆破掘削とした。

下半断面は、硬岩が主体であったため、先行盤打ち発破工法と大型ブレーカによる機械掘削の併用により掘削を進めた。

6-2 切羽の安定性

事前に地表から垂直縫い地ボルトおよびセメントベントナイトの加圧充填注入による切羽安定対策の結果、1mごとの掘削進行に対して常に芯材



写真-3 トンネル上半切羽状況写真

と改良ゾーンが出現し(写真-3), また鏡吹付けコンクリートと核残しを徹底することで切羽の安定性を図った。これにより, 小土かぶり盛土内の大断面掘削という厳しい施工条件にかかわらず, 非常に安定した状態で掘削作業を進めることができた。

6-3 トンネル掘削による地山挙動

側壁導坑掘削時および本坑掘削時の坑内外の変位挙動(経時変化)を図-10に示す。

6-3-1 側壁導坑掘削時の地山挙動

地表面沈下量は, 側壁導坑掘削により全体で1.5~4 mm発生し, 谷側に2~3 mm変位する結果であった。切羽前方10m程度から影響が現れ, 切羽到達前までに地表面最終沈下量の約60~70%が発生し, 切羽通過後20m以内で収束が確認できた。

坑内変位は天端沈下が最大3 mmであり, 内空変位はなかった。

6-3-2 本坑掘削時の地山挙動

本坑上半掘削においても側壁導坑同様に切羽到達10m程度前から影響を受け, 収束する切羽通過後1.5Dまでに約6~15mmの沈下が発生した。この

うち切羽到達時までの変位量は約25~50%であった。その後, 下半掘削の影響で1~1.5mm, 降雨の影響で1 mm程度の沈下が見られたが, 大きな沈下もなく無事掘削を完了している。地表面の水平変位は谷側に2~8 mmの挙動を示し, 偏圧を受けやすい盛土形状を反映した結果となった。

また, 坑内変位に関しては, 沈下卓越挙動を示し, その量は3~7 mmと地表面沈下量の約50~60%であった。

小土かぶり盛土における大断面トンネル掘削という条件下であった(写真-4)が, トンネル掘削に

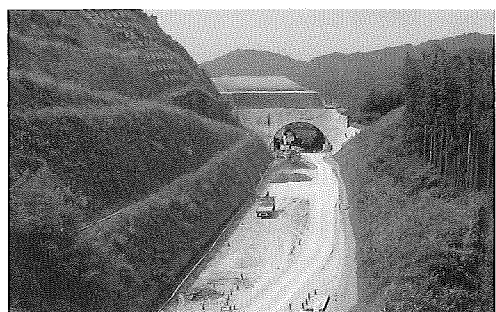


写真-4 坑口全景

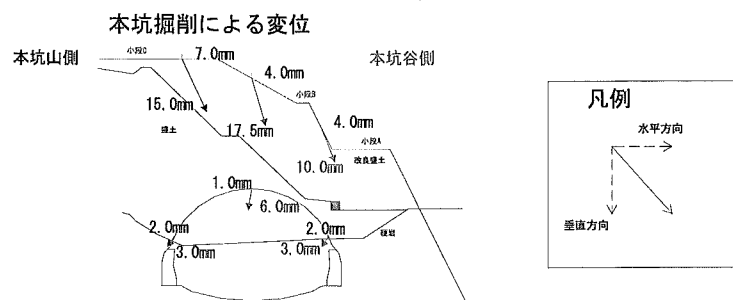
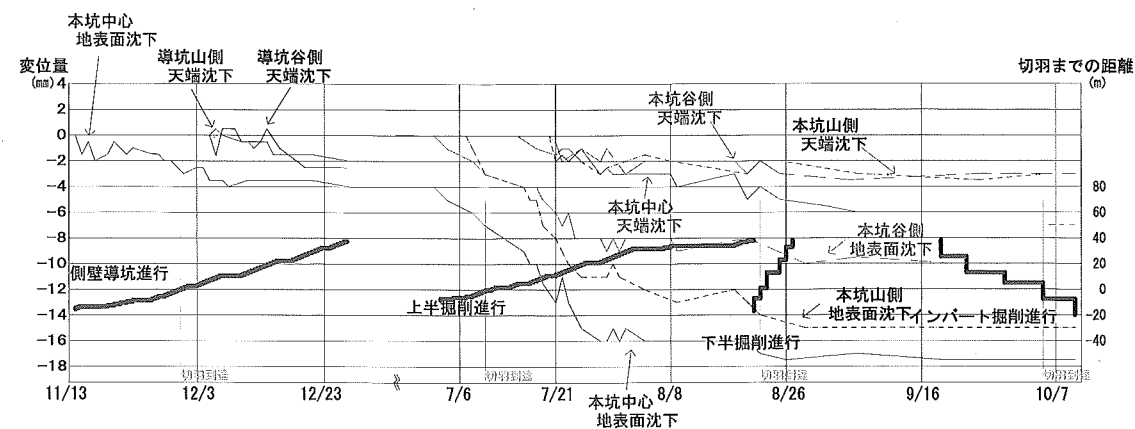


図-10 トンネル掘削時変位挙動図

よる地山のゆるみは最小限に抑えられたと判断でき, これにより背面の地すべり土塊への影響もなく施工を進めることができた。

安定した状態でトンネル掘削を進めることができたのは, 排水トンネルによる地下水位上昇抑制効果, 垂直縫い地ボルト+注入改良効果, セメント改良による押さえ盛土, 抑止杭, さらに側壁導坑先進工法による上半脚部の支持力確保といった対策工の複合効果であると考えている。

7 おわりに

当該工事は地すべり土塊を背面に背負った盛土区間の大断面トンネル掘削というあまり例のない工事であったが, より信頼性の高い対策工を選定・実施することにより, 地すべりに影響を与えることなくトンネル工事を終えることができた。これまで計画・設計・施工と携わった関係機関, 関係者の方々に謝意を表するものである。

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力学に関心のある地球物理学者, または, 地質学を学ぶ学生など広範に満足させる内容となっている。

<第I巻 主要目次>

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

<第II巻 主要目次>

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

<第III巻 主要目次>

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

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



「サッカーのまち」藤枝から

岩本 俊一

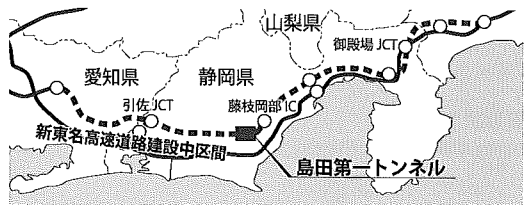
静岡県のほぼ中央部に位置する藤枝市は、市内を流れる清流“瀬戸川”を中心として、南北に細長いかたちをしている。気候は温暖で、北は南アルプスに連なる緑豊かな山々、南は大井川下流の左岸まで、水・花・緑といった豊かな自然に囲まれたところである。東京と名古屋の中間にあり、JR東海道本線、東名高速道路など交通の便も発達し、東海道ベルト地帯の交通の要衝となっており、静岡市のベッドタウンとしても栄える人口13万人の中核都市である。

藤枝は、サッカーの盛んなところとして知られている。市内にある県立藤枝東高校は強豪であり、多くの日本代表、Jリーガーを輩出している。その歴史は古く、大正時代に旧制志太中学校(現在の藤枝東高校)の校技としてサッカーが採用されたことに始まる。その後は、各種大会に優勝し、卒業生はオリンピックや国外の大会に出場するようになった。

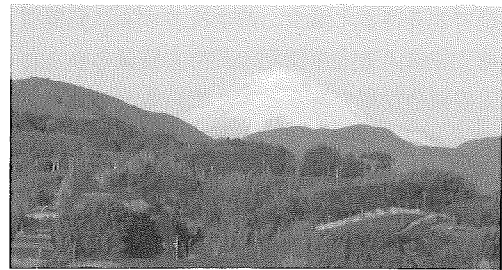
昭和39年にはサッカースポーツ少年団が全国に先がけて結成され、昭和42年には藤枝東高校が高校総体・国体・選手権大会の三冠王となり、45年には小学校、中学校、高校の各年代が全国大会で優勝をするなどして、文字どおり「サッカーのまち」となった。

「サッカーのまち」のシンボルとして、2002年日韓共催ワールドカップでセネガル代表の公認ベースキャンプ地となったことを契機に造られた、収容人員13,000人のサッカースタジアム、陸上競技場、多目的広場を持つ市総合運動公園がある。

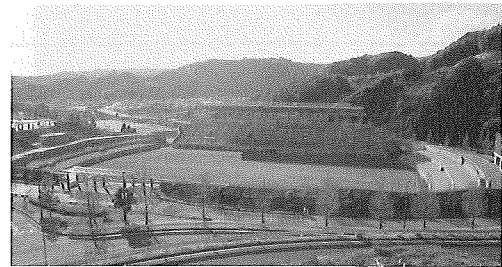
現在施工が進められている第二東名高速道路は、御殿場JCTから引佐JCTまでの162km区間の平成24年度開通を目指している。最近では、「新東名高速道路」という名称を積極的に使用しており、「新東名」と呼ばれることが多いようである。



位置図



現場から富士山を望む



市総合運動公園

島田第一トンネル上り線工事は、延長2,646mで静岡県内の「新東名」で4番目に長いトンネルであり、供用予定区間で最後に発注された大断面3車線の長大トンネルである。地質状況は非常に悪く、大きな変位が発生しており、AGF、長尺鏡パイル、脚部補強などの補助工を実施しており、新東名開通にとってクリティカルな工事となっている。

工事は平成18年5月に本格的に着工し、同年11月より本坑トンネル掘削に着手した。

平成20年12月末時点で、本坑上半1,850mを掘進し、残り800mの年内貫通を目指している。

今後、二次覆工も本格的に開始となり最盛期となるが、地元のご理解を得て、発注者を始めとする関係各位のご指導をたまわりながら、JV職員および協力業者が一丸となって、安全第一で早期貫通を目指し努力していく所存である。

当現場のパンフレットはウェブで公開しています。
<http://shimada.tunnel-work.com/>
(第二東名島田第一トンネル上り線工事(株)大林組・(株)熊谷組・(株)フジタ共同企業体所長)

施工

銀座線に近接した地下歩道を複合円形シールドで築造

—上野中央通り地下歩道土木工事—

東京地下鉄(株)鉄道本部改良建設部第一工事事務所所長 若林 正則
東京地下鉄(株)鉄道本部改良建設部第一工事事務所技術課第二担当課長 佐野 弘幸
鹿島・戸田・勝村建設工事共同企業体所長 奥村 一正

1 はじめに

東京都台東区の上野地区では、歩行者の安全性や利便性の向上と駐車場不足の解消のために、中央通りの道路下に地下歩行者専用道と地下駐車場を一体として整備する工事が2002年12月より進められ、2009年3月16日に開業を迎えた。

地下歩行者専用道は既存の上野駅周辺地下通路と地下鉄大江戸線上野御徒町駅のコンコースとを接続する延長320mの地下通路であり、これによ

り地区の8駅をつなぐ地下歩行者ネットワークが完成した(図-1)。また、地下駐車場は約300台の収容台数があり、地区における路上駐車車の減少と道路交通の円滑化に寄与するものとして期待されている。

本稿は地下歩行者専用道工事のうち、南側の大江戸線連絡通路の施工に関して、当初の開削工法からシールド工法に変更した経緯とその施工実績について述べるものである。

2 事業全体の概要

当該事業区間は全線にわたり東京メトロ銀座線の直下あるいは直近にあるため、地下歩行者専用道の事業主である東京都と地下駐車場の事業主である台東区から東京地下鉄(株)が工事を受託し、各施工業者に工事を発注した。

事業の全体図を図-2に示す。地下歩行者専用道と地下駐車場を合わせて構築する区間は2003年5月に工事を開始し、延長105m、幅38~58m、深さ26.4mの構造物を開削工法にて施工した。

断面形状は東京メトロ銀座線を抱え



図-1 全体平面図

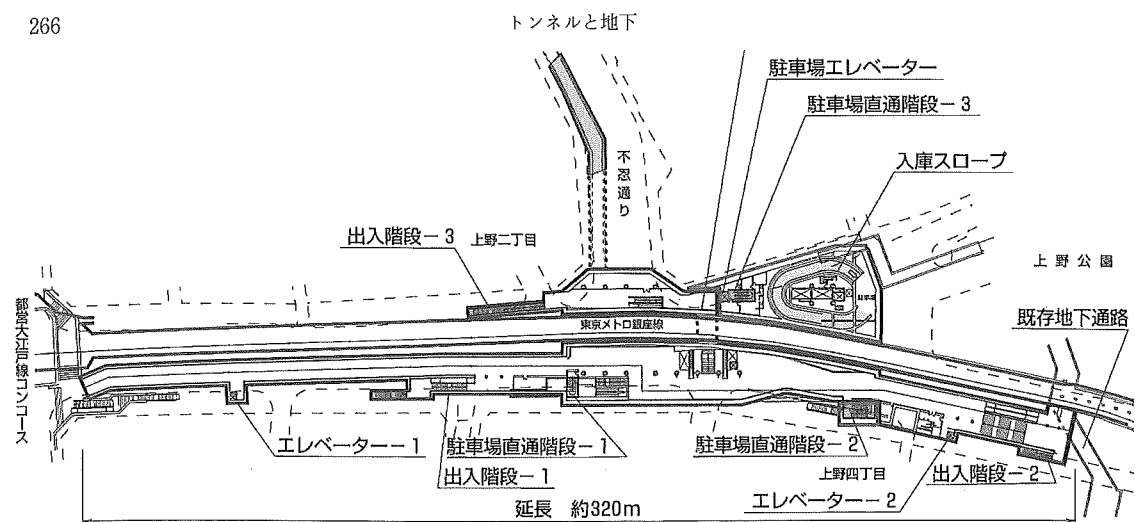


図-2 事業の全体図

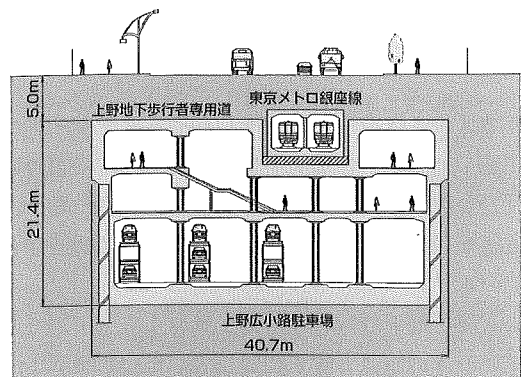


図-3 上野駐車場部横断面図

込む形で地下1階から3階までの3層となっており、地下鉄とほぼ同レベルの地下1階が歩行者専用道で、地下2階には駐車場の入・出庫バスがあり、地下3階は車両の格納庫部となっている(図-3)。

地下駐車場部を既設地下通路と接続する通路区間は南側工区(延長約158m)と北側工区(延長約55m)に分かれており、2006年7月に工事を開始した。このうち南側工区では通路部をシールド工法、出入口部を開削工法で、北側工区では全面開削工法で工事を行った。

当初は南側工区もすべてを開削工法で施工する計画であったが、夜間作業帯の制約などから工期の延伸を余儀なくされる懸念があった。

また一方で、既に地下駐車場工事により大規模な開削工事が進められていた地元からは、開削工

法以外での工事を強く要望された。このため、事業主から「社会的要請にもとづく技術提案」を求められ、シールド工法への変更を提案したところ、

- ① 工期を遵守すること
 - ② 開削工事と同等の費用で実施すること
- の2点を満たすことを条件に了承された。

3 シールド工事への技術提案

3-1 シールド工法への変更に伴う課題

大江戸線連絡通路の工事は、延長が158m程度と短く、銀座線に近接し、また土かぶり4~8m程度と小さい。このため、開削工法からシールド工法に変更した場合には、近接施工や小土かぶりといった施工上の課題や工事費の問題を解決しなければならない。とくに、工事費は開削工事と同程度に抑える必要があり、掘進延長が短い場合に不利となる、シールドの製作費やRCセグメントの型枠の製作費を低減する必要があった。

3-2 工事費の低減

シールド製作費の低減を図るため主に他現場での使用機器を転用してコスト低減を図った(図-4)。ただし、機器を転用しても整備を行うと一般的には各機器の部品費は新品の70%程度に留まり、新規製作分を含めたシールド全体では5%程度のコストダウンしか期待できない。このため、使用時間が短いことから、シールドジャッキとカッターモータについては、検査のみとして整備を行わず

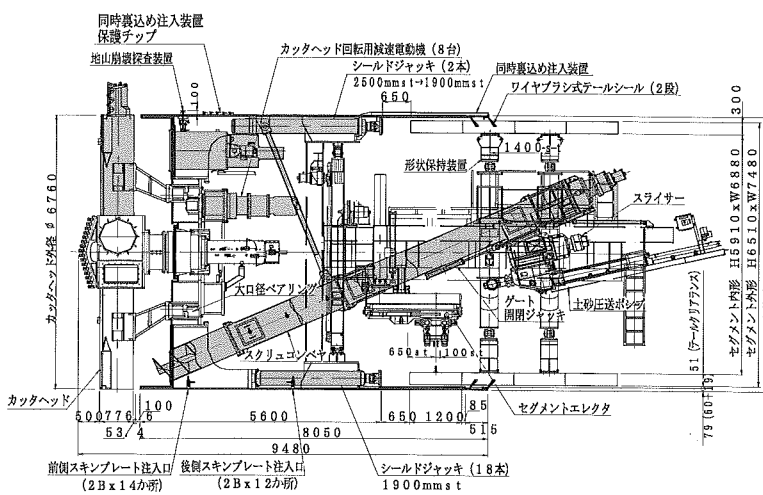
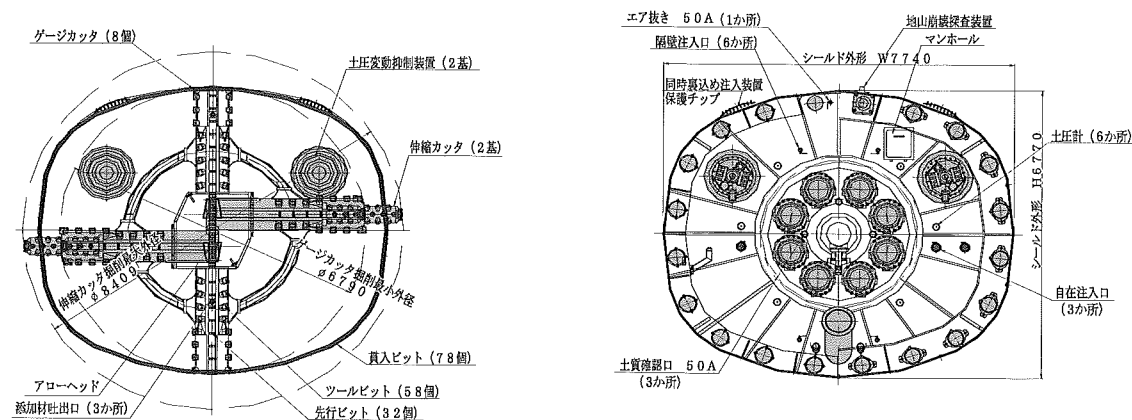


図-4 シールド転活用図

に装備することとした。

また、発進立坑を設けずに同時に施工している地下駐車場の構築を利用することにより発進立坑の構築費用削減と、工程促進を図った(図-5)。

断面形状を決定するにあたり、次の2種類について提案した(図-7)。

- ① 当初計画の躯体内空を包含する形状
- ② 建築限界を確保する形状

その結果、②の方法による必要最低限の断面形状として、3心円からなる複合円形断面が採用された。

4 シールド工事の実施に向けての計画

4-1 線形および断面計画

平面線形は、通路が到達部分で折れ曲がっていることから、発進および到達の取付け位置との関係とシールドの姿勢制御を考慮して1,000Rおよび500Rの2か所の曲線から構成した。このため、路線長全体の48%を曲線が占めている。また、縦断勾配は発進時から-2.83%の一定勾配とした(図-6)。

4-2 覆工構造

建築限界断面に合わせて矩形断面を採用した場合には、断面耐力の大きな合成構造あるいは鋼製セグメントを用いることが一般的であるが、3心円断面であることから、コスト・耐久性に優れたRCセグメントを一般部には採用した。3心円断面は扁平な断面であるため、Kセグメントが抜け落ちやすく、これを防止するために軸方向挿入

名称	整備内容	数量
シールドジャッキ	耐圧試験のみ	20本
カッターモータ	絶縁検査のみ	8台
伸縮カッター	整備	2台
土圧変動抑制装置	パッキンなどの交換	2台
スクリーコンベヤ	長さ改造	1台

式とした。また、型枠数を減らし、テーパセグメントの自由度をあげるために上下互いに挿入方式が逆になるKセグメントを配置した(図-8)。

開削工事部分との接続部には施工性と偏荷重への対応を考慮してコンクリート中詰め鋼製セグメント(SSPCセグメント)を採用した(図-9)。

また、出入口部に併設されているが、開口を設置する必要のないところについては将来の躯体形状に合わせたセグメント(背合せ部SSPCセグメント)を使用した。

施工時にはシールドの推力を受けるため、一般部のセグメントと外形形状を合わせるために仮設の鋼製セグメントを本設セグメントの外側に付ける構造とした。この部分は躯体構築時に撤去した(図-10)。

セグメントのタイプ別の数量を表-1に、各セグメントの主な仕様を表-2にそれぞれ示す。

4-3 地質概要

図-11に示すように、発進部ではN値 5~25と

表-1 セグメント数量表

名称	用途	数量
RCセグメント	一般部	71R
開口部：SSPCセグメント	接続部	38R
背合わせ部：SSPCセグメント	接続部で開口を設ける必要がないところ	15R

表-2 各セグメントの主な仕様

項目	RCセグメント	開口部 SSPCセグメント	背合せ部 SSPCセグメント
コンクリート強度	$f'_{ck}=54\text{N/mm}^2$	$f'_{ck}=24\text{N/mm}^2$	$f'_{ck}=24\text{N/mm}^2$
鉄筋量	1.48%	—	—
使用鋼材	—	SM490A	SM490A
リング間継手	Duet継手	普通ボルト継手	普通ボルト継手
セグメント間継手	普通ボルト継手	普通ボルト継手	普通ボルト継手

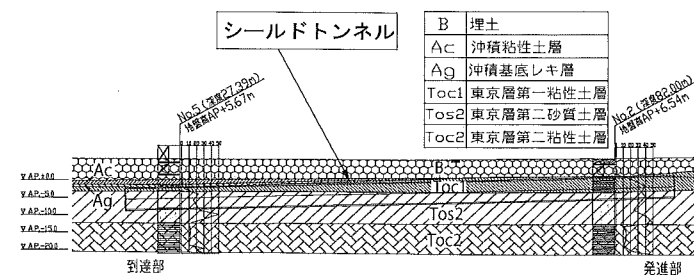


図-11 地質縦断面図

硬い粘性土層が上部 2/3 程度を占めるが、到達付近ではほぼ全断面がN値25~40の砂質土層となる。この土層は、均等係数が4程度の粒度が均等な砂で構成されており、AP+2.34m(GL-4.7m)まで被圧する帯水層である。

5 シールド工事の計画

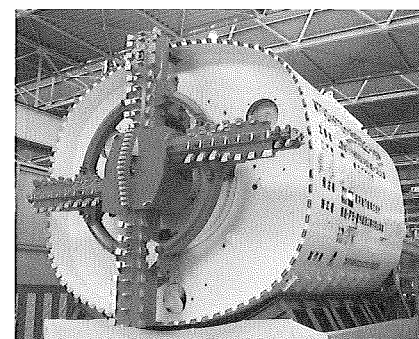
5-1 複合円形シールド

シールド工法は、掘削深度、断面形状などから泥土圧式複合円形シールド工法とした。掘削機構には伸縮カッタを2本使用したEX-MAC(イー・マック)工法を採用した(写真-1)。本伸縮カッタはカッタスポークの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(写真-2)。また、伸縮カッタの伸縮に伴うチャンバ内容積の変動による切羽圧の変動を抑えるために、土圧変動抑止装置を2基装備している(図-12)。

5-2 シールド設備

(1) 土砂圧送設備

コストなどを考慮した場合には鋼車方式による土砂搬出の採用が一般的で



シールドの主な仕様

総推力×推進速度	49,000kN(5,000tf)×30mm/min
回転数	0.69min
トルク	5,880kN・m(600tf・m)
減速機付き電動モータ	55kW×4p×400V×50Hz×8台
伸縮カッタジャッキ	470kN(48tf)×830mmst ×20.6MPa(210kgf/cm ²)×2本
掘削断面積	44.172m ²

写真-1 シールド

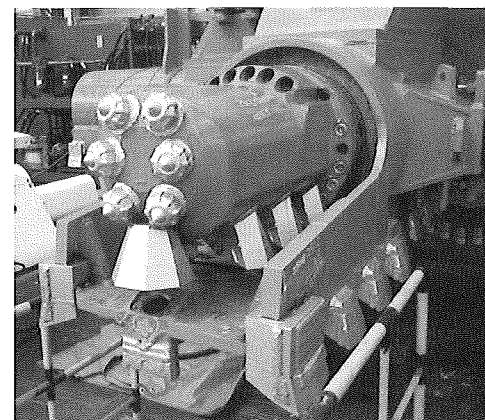
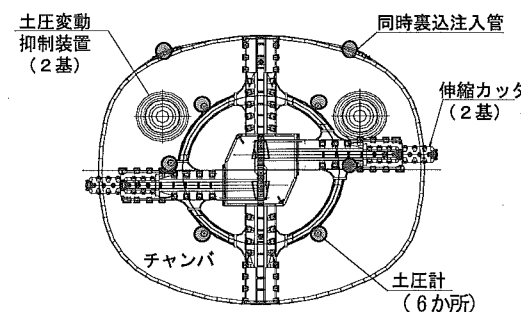


写真-2 伸縮カッタ



名称	内容
切羽土圧計	左右3段、計6個の切羽土圧計を装備し、掘進管理システムに圧力勾配を表示させた
土圧変動抑制装置	伸縮カッタの出入りによるチャンバ内容積変化を抑制するために採用
同時裏込め注入(土圧計付き)	130%程度の注入率は確保
地山崩壊探査装置	シールド直上の空洞の有無を検出するために装備

図-12 計測設備図

あるが、スクリーコンベヤからの土砂の噴出による地表沈下の防止や切羽の安定のために、圧送方式を採用した。スクリーコンベヤ後端に設置した圧送ポンプ(P0ポンプ)1台により、路上の土砂ピットまで圧送を行った。土砂ピットには組立て式角型水槽(110m³)を使用した。

なお、土砂の改質は行わず、すべてを産廃処理とした。

(2) 裏込め・加泥注入設備

裏込め注入材は充填性とみ、初期に強度を発現する二液性可塑型注入材を用いた。同時注入方

式により、シールド上部の左右に1本ずつ配置した注入管を用いて注入した。注入率の初期値は130%とした。

加泥材には、当初、地山中の粘性土分と反応して凝縮するアクリル系ポリマー複合品を使用した。掘進途中に加泥材が路上に染み出したことがあり、増粘性を向上させることを目的としてセルローズ系ポリマー複合品に変更した。フィッシュテールを主として、カッタスポークと合わせて、切羽への注入を行った。

裏込め材、加泥材ともに発進基地に設置したポンプのみで切羽まで圧送した。

(3) 計測設備

バルクヘッドに土圧計を6台設置して、切羽土圧の管理を行った。また、地盤崩落を防止するうえで、切羽圧管理と同様に土量管理を重要ととらえ、圧送配管内に電磁流量計を設置した。また、トラックスケールにより、ダンプトラックごとの積載重量を計測し、土量を算定した。さらに、シールド上部に地山崩壊探査装置を取付け、地山の強度確認を行った。

(4) 立坑揚重設備

開削工事との競合の中での揚重作業となるため、橋型クレーンなどの固定設備は設けず、25tラフテレンクレーンを使用してセグメントなどの揚重作業を行った。

5-3 発進・到達防護

発進防護の地盤改良は、高圧噴射攪拌杭工法(SJM工法)と薬液注入工法(ニューマックス工法)を併用して行った。改良延長は機長+2リング分の11.8mとした。

到達防護の範囲も発進防護と同様として、近接する既設構造物を考慮して決定した。

6 シールド工事の施工実績

6-1 掘進実績

シールド掘進工における実績工程を図-13に示す。

当工事での最大掘進リング数は、8R/日であり、平均では、初期掘進1.54R/日、本掘進4.38R/日

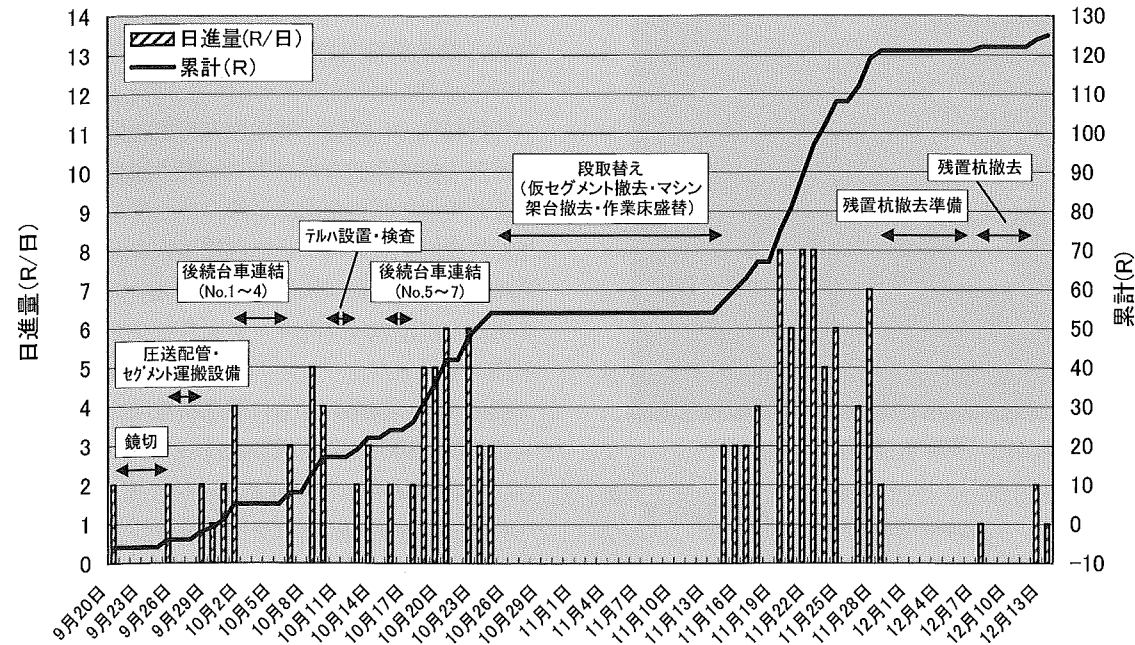


図-13 シールド進捗図

あった。

6-2 切羽土圧管理

バルクヘッドに設置した土圧計による切羽圧の計測結果は管理画面にて常時監視した。掘進中は手動にて、主にスクリーコンベヤの回転数を制御し、予め設定した管理土圧に従い管理を行った。作業休止中は、スクリーコンベヤのゲートを閉塞し、排土ルートを遮断し切羽圧を維持した。

6-3 銀座線への影響

銀座線への影響は、銀座線内に設けた水盛式沈下計と銀座線の構内測量、シールドと銀座線間の地山に設けた傾斜計により管理した。この結果、銀座線自体の変位は1mm程度であった。また、シールド～銀座線間の地山の最大水平変位は19mm(シールド側への変位)であった。

7 シールド部との接続工事

7-1 開削部との接続

開削工法で築造した出入口部とエレベータ部との接続はセグメントの切り開きにより行った(図-14)。

開削部ではシールド掘進前に、土留め壁の築造

と路面覆工架設を行った。シールドと干渉しない側はSMW工法の土留め壁として、シールド側では、シールド通過予定位置から下側を地盤改良(SJM工法)による土留め壁(遮水壁)とした。

シールド通過後にセグメント上部に鋼矢板を打設してシールドより上側の土留め壁とした。

掘削に先立ち、シールドの変位による銀座線への影響を最小限にするために、シールド上部付近に地盤改良(SJM工法)による先行地中梁を造成した。これは鋼矢板の根固めも兼ねるものである。

シールド上部までの掘削を完了した段階で、開削部の躯体を逆巻き工法にて築造して、シールドおよび銀座線の安定を早期に図った。シールドとの取り合い部分ではセグメントのスキムプレートを撤去して、セグメントの主桁を逆巻きスラブに巻き込みながら構築を築造した。

逆巻きスラブ下での掘削では、土留め反力を、セグメントに局部的に作用させない目的で、シールド内部に斜梁を設けたのち、掘削を行った。

床付け後、順巻き工法にて構築の築造を行った。シールドとの取り合い部の補強が完了した後、盛り替え柱を設けながら、セグメントの主桁を撤去

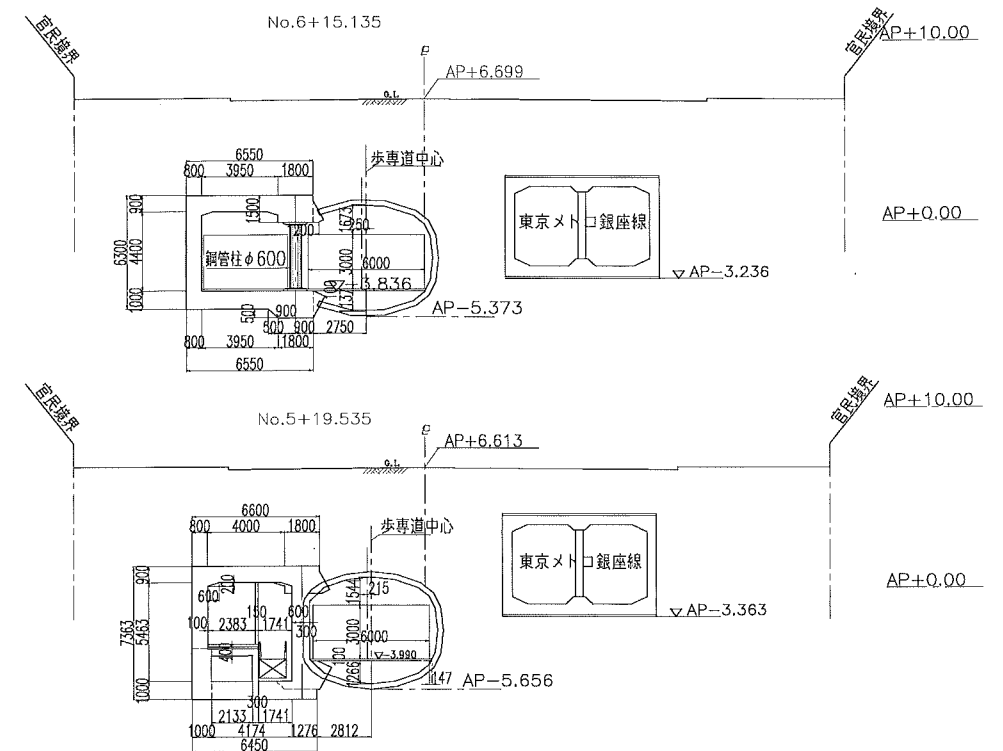


図-14 接続部セグメントの切り開き

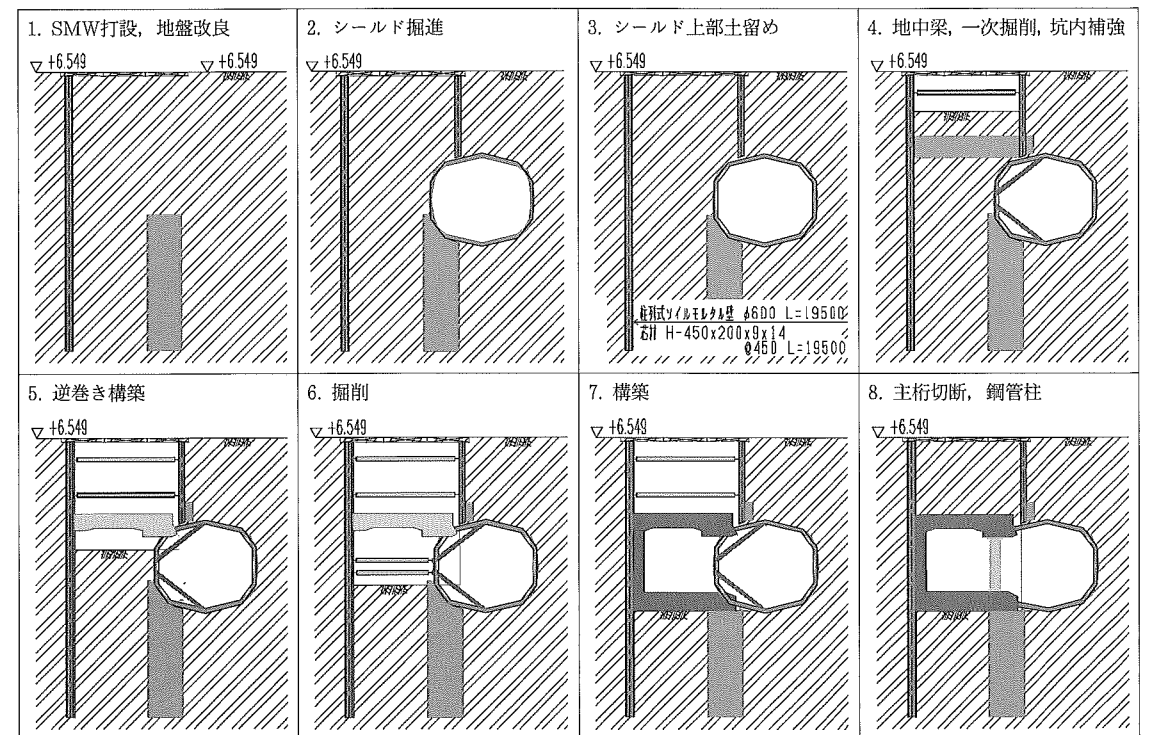


図-15 開削部との接続の手順

シールド切替型推進工法区間：
φ1,800mm, 延長=283.80m

3 工法選定の経緯

谷川雨水幹線の布設ルートには半径12mの急曲線部がある。この急曲線部は、狹隘な道路の交差点となっているうえ、多摩川支流の丸子川にも隣

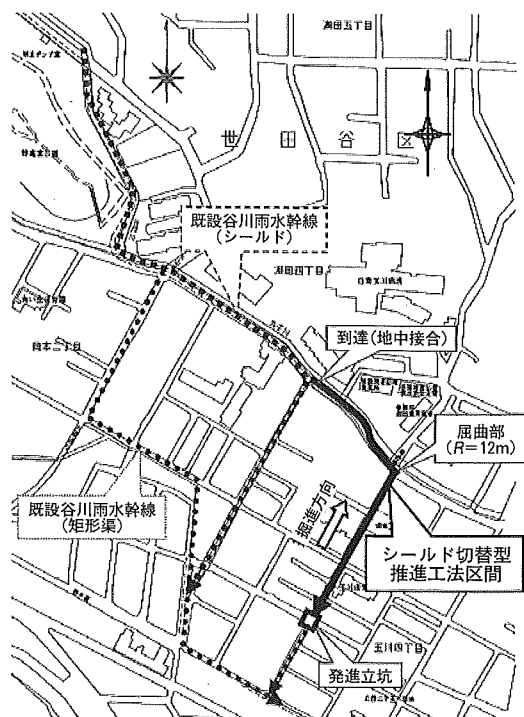


図-2 路線位置図

接しているため、中間立坑設置による民地や河川への影響が工法選定の重要な要素となった。

工法選定にあたっては、従来の「泥濃式推進工法」、「土圧式シールド工法」のほか、新技術にも目を向け、シールド工法と推進工法の切替えが可能な「シールド切替型推進工法」を加えた3工法について比較検討した。

検討の結果、推進工法は中間立坑を設置する際の地盤改良範囲が民地や河川区域にも及ぶため施工困難と判断した。シールド工法は中間立坑を設けずに急曲線部を施工できるが、推進工法に比べプラント設備の規模が大きくなるうえ、工事費も高くなる。

シールド切替型推進工法は発進立坑側の直線部を推進工法で、急曲線部から到達部(既設部分に地中接合)までをシールド工法で施工できるため、中間立坑が不要で工期が短く、工事費ももっとも安価となる。これらのことから、シールド切替型推進工法を採用することとした。

4 施工環境

発進立坑の設置場所は、幅員5.0~6.0mの道路の交差点内に計画されており、施工時の車両通行止めは避けられないうえ、区立玉川小学校の通学路となっている。また、マンション、小学校、保育園などに囲まれた閑静な住宅地で、騒音や振動

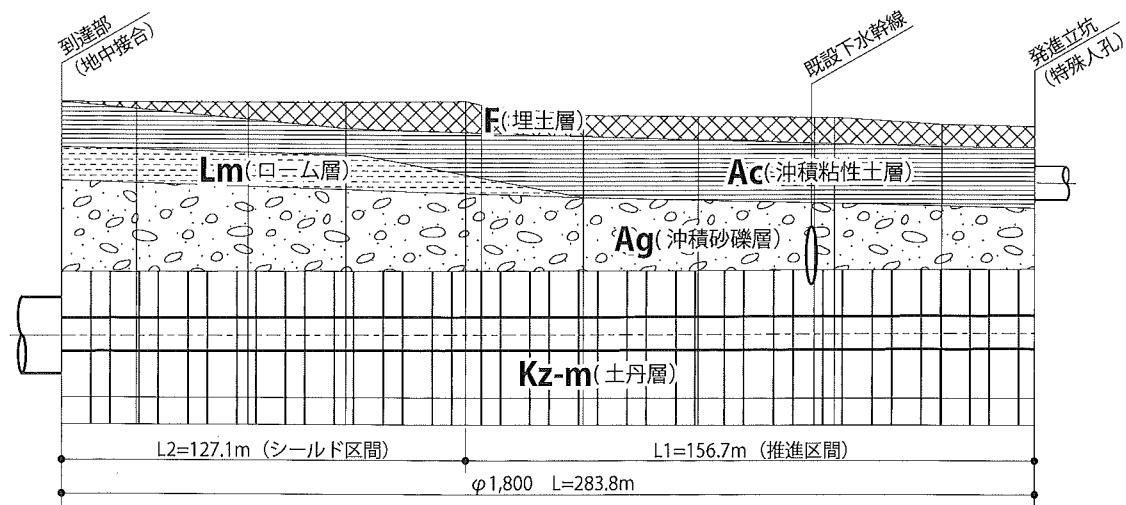


図-3 地質縦断面図

などに対する住民意識も高い地域である。そのため、掘進機器(排土装置、送泥プラントなど)の使用、工事用車両(バキューム車など)の運行などについて、細心の注意を払う必要があった。

工事区間の地質は、地表面から順に、埋土層、沖積粘性土層、ローム層、沖積砂礫層、土丹層が分布している。トンネル掘削部の対象土層は、N値50以上の強固な土丹層である(図-3)。

5 施工状況

工事区間の線形は、発進立坑から中間地点までの約150mがR=200mの曲線部と直線部で構成された区間、中間地点から到達部(地中接合)までの約130mがR=12~35mの急曲線部と短い直線部で構成された区間となっている。

施工手順は、前半部分のほぼ直線に近い区間が泥濃式推進工法、後半部分の急曲線区間が泥濃式シールド工法である(図-4)。

5-1 掘進機の仕様・構造

掘進機は、推進用掘進機の後方にシールド工事のセグメント組立て用ジャッキ筒を配置した。本路線では推進機外殻が残置となること、R=12mの急曲線があることを考慮し、推進用掘進機をベースとして次のような仕様・構造とした。

(1) 掘進機

R=12mの急曲線を掘進するため3分割の2段中折れ式の構造とした。

また、掘進軌道が最小となるように、先導管とジャッキ筒をほぼ同じ長さにして、各パーツの長さを決定した(図-5、写真-1)。実施工では、事前のシミュレーションで想定した中折れ角度を超えることなく、急曲線進入部をスムーズに曲がることのできた(図-6)。

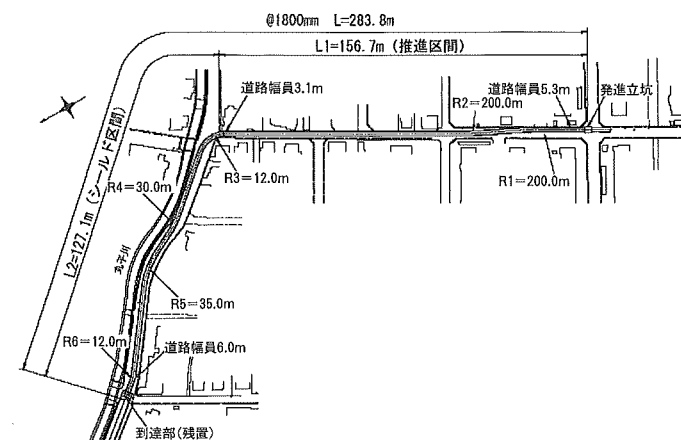


図-4 路線平面図

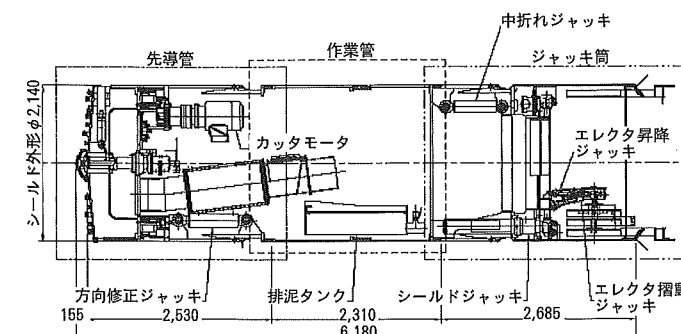


図-5 掘進機概略図



写真-1 掘進機全景

(2) コピーカッター

R=12mの急曲線施工時に必要な余掘り量は、掘進機の寸法から114.2mmとしたが、十分な余裕を考慮してコピーカッターのストロークを250mmに設定した。実施工では、ストロークを180~200mmで制御し、急曲線の掘進線形を確保した。

(3) テール部

通常、シールド掘進機のテールブラシは、止水

ると一時的に土圧が0.15MPaまで上昇したが、全般を通じて管理土圧はほぼ一定であった。地表面の沈下量計測結果は1mm前後となっており、掘進区間の全線において、地盤変状は認められなかった。また、掘進速度は、推進工法施工時で30~35(mm/min)、シールド工法施工時は曲線箇所が多くあったため20~25(mm/min)であった。

6-2 推力管理

推進区間の推力は、計画最大推力2,570kNに対し初期値が2,200kN、終盤の最大値でも2,450kNと推力の増加はほとんど認められなかった。これは、自立性が高く、透水性が低い地山のため、逸泥や泥水の希釈がなく、継続的に滑材が充填されたものと判断できる。

シールド区間の推力は、計画推力1,424kNに対し、実施工ではローリングの修正作業を行った区間で一時的に計画推力を越えることがあったが、全般を通して1,100~1,300kNで施工できた。これは、オーバーカット量、泥水管理が適切であったこと、急曲線部においても片押しを避けた掘進に努めたことによるものと判断できる。

6-3 進捗実績

本工法は、推進工法とシールド工法を同一の掘進機と設備で行う工法であるが、各々の施工方法自体は従来の工法と変わるところはない。

しかし、今回の施工では、掘削土が硬質の粘性土であったこと、実績の少ない工法であったこと、急曲線が連続したことなどから、標準工法と比較した場合、シールド区間での日進量に大きな差が生じた。

平均日進量は、推進区間で5.8m/日、シールド区間で2.1m/日であった。シールド工法で施工したR=12m急曲線部では、日進量が0.9m/日(3リング/日)と非常に少なかったが、これはシールド切替え直後の急曲線部であったことに加え、本工事で使用したセグメント(中詰めコンクリートタイプ)の剛性がきわめて高いため、真円に組立てないと継手ボルトが取り付けられず、とくに急曲線部において高い施工精度を必要としたことなどが要因として考えられる。

7 今後の課題

今回の工事は大きなトラブルもなく完了したが、この工法の更なる発展と普及拡大には使用材料や環境対策の面で課題が明らかになった。

7-1 管渠材料(推進管, セグメント)

推進管, セグメントとも強度, 止水性, 真円度には問題がなかった。しかし, 中詰めコンクリートタイプのセグメントは, 標準セグメントと推進管の寸法をもとに仕様を設定したため, 厚みに余裕がなく, ボルトレスタイプの継手を採用できなかった。今後, 管径が小さい場合には, 施工性なども考慮し標準寸法にとられない管材計画を立てる必要がある。

7-2 掘進工法の切替え

推進工法からシールド工法への切替えはスムーズに行うことができた。とくに, 切替え位置をR=12m急曲線始点から3.0m手前に設定したことが, 急曲線施工での応力対策だけでなく, 直線から急曲線, 推進管からセグメントへの切替えにおける緩衝区間として機能したものと考える。

7-3 掘進機の機能, 装備

掘進機は, 推進工法とシールド工法を施工できること以外に特別な機能, 装備を装着していないが, 入念な施工検討とシミュレーションを行った結果, 施工段階での問題は発生しなかった。今回の施工では, ローリングが発生した際の修正を中折れ部のジャッキで行ったが, 今後, さまざまな土質条件下での施工を考えた場合, 全方位制御のジャッキやスタビライザなどを装備することも検討する必要がある。

7-4 二次覆工

二次覆工は, 覆工厚の制限から樹脂ライニング工法を採用した。このライニング材は, セグメント製作時に工場ですり付けているため仕上がりは良好で, 当初懸念された施工時の破損や損傷もなかった。しかし, セグメント設置後に施工するボルトボックスとグラウトホールの穴埋め箇所数が多く, さらにすべて手作業となるため施工性に課題が残った。今後, 穴埋めの省略や簡易な方法へ

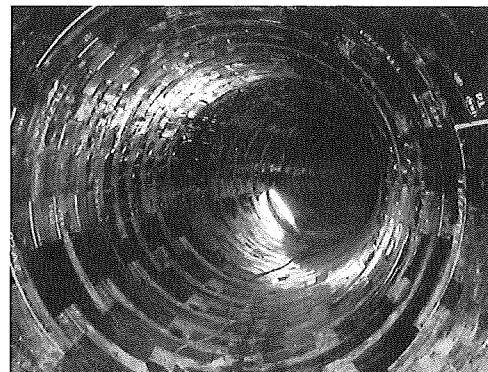


写真-6 二次覆工(急曲線部)



写真-8 到達状況



写真-7 防音シート(吸引装置)

の改良が望まれる(写真-6)。

7-5 環境対策

本工事は昼間施工のみで夜間には道路を開放する必要があった。そのため, 道路上の作業帯の設置, 撤去を毎日行う必要があり, 坑内作業時間が1割程度制限された。また, 発進基地周辺には集合住宅と保育園が隣接していたため, 騒音・振動対策として低騒音型の装置を配備した。吸引装置の音圧レベルは環境基準(昼間時55dB)以下であったが, 閑静な住宅地での施工のため, 吸引装置が発する「ブーン」という耳慣れない音(低周波音)により, 騒音に関する苦情が多く寄せられた。そのため, 排気口にサイレンサーを設置するとともに, 吸引装置下部にはボールダンパーを設置した。さらに装置全体を三重の防音シートで囲う対策を講じた(写真-7)。今後は, 夜間作業の有無にかかわらず, 周辺環境に応じた施工サイクルと騒音・振動対策を行うことで, さまざまな条件下での適用が可能になるものと考えられる。

8 評価

推進工法とシールド工法を地中で切替えて施工した本現場では, 急曲線を含む路線線形ながら, 垂直方向+14mm, 水平方向7mmの高い精度で工事を完成させることができた(写真-8)。本工法の適用により, 中間立坑をなくして周辺環境への影響を極力少なくしたことや工事コストを縮減できたことなど, 初の試みながら十分評価できる成果が得られたものと考えられる。

9 今後への期待

本工事の経験から, 本工法は, ①推進工法の坑外設備でシールド工法が施工できること, ②坑内の後続設備を掘進機内に収めることで小口径断面(φ1,000mm)にも適用できること, ③直線・緩曲線区間と急曲線区間との延長比率や線形配置によってはコスト削減効果が大きいことなど, 非開削工法の新たな可能性を示唆しているものと考えられる。

そして, 更なる施工事例のデータ蓄積や分析と施工段階での工夫や改善を加え, シールド切替型推進工法が市街地におけるより有効な非開削工法となることを期待する。

参考文献

- 1) 高相恒人・松井邦恭・山本一郎: 市街地狭隘道路下でシールド切替型推進工法を採用, 東京都下水道谷川雨水幹線, トンネルと地下, Vol.36, No.6, pp.35-42, 2005.6.



■トンネルが集まる場所

日本各地にはトンネルが特定の地域に集中している場所がいくつかある。交通の要路で、地形的な制約条件がある場合は、鉄道にしても道路にしても類似したルートを選択せざるを得ず、結果的に何本ものトンネルが掘削されることになる。今回紹介する静岡市と焼津市の間も、標高約200～400mの山々が立ちほだかり、東海道の昔から難所として知られていた(図-1)。

ここには、旧東海道に沿った宇津ノ谷峠を越える旧東海道、県道208号線、国道1号線の各道路トンネルが、またその南東の日本坂峠から大崩海岸付近にかけては東海道本線と東海道新幹線の鉄

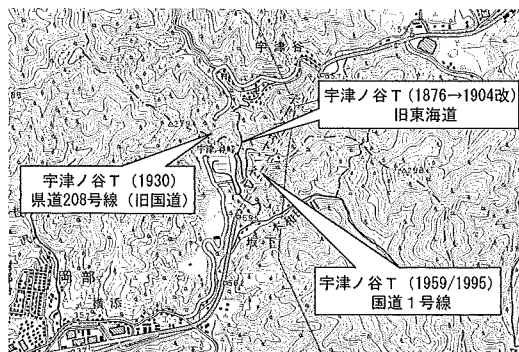


図-1 宇津ノ谷トンネルの位置
〔国土地理院・2.5万分の1地形図「静岡西部」平成6年修測に加筆〕

道トンネル、県道416号線、国道150号線、東名高速道路の道路トンネルがそれぞれ貫いている。

今回は、このうち、宇津ノ谷峠に建設されたトンネルについて紹介してみたい。

■失業救済で完成した初代・宇津ノ谷トンネル

東海道を横断する主要河川は、江戸幕府によって架橋や渡船が禁じられ、陸上交通の妨げとなっていたが、明治維新とともにこれを整備する気運が高まった。静岡市の西を流れる安倍川は、宮崎総五(1829～1909：代々、安倍川の川越人足の総取締だった富農で、のちに安倍郡郡長、貴族院議員などを歴任)によって、1874(明治7)年に橋が完成したが、工事は架橋によって失業する川越人足を雇用して行われ、新たな生活の糧とした。

宮崎は、川越人足を養うため、安倍川に続くプロジェクトとして、もうひとつの難所であった宇津ノ谷峠にトンネルを掘削することを計画し、岡部地区の名主であった杉山喜平次(1839～1886：のち志太郡郡長)ら7名からなる「結社」を結成し、1873(明治6)年12月に官許を得た。工事は、手掘りによって翌年5月に着工し、1876(明治9)年6月に完成した。トンネルの長さは123間(約221m)、幅3間(5.4m)、高さ2間(約3.6m)であった。測量は、下小田村(現・焼津市)の古谷道生

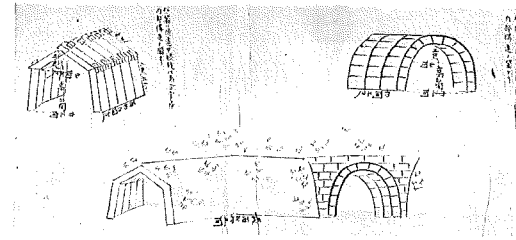


図-2 初代・宇津ノ谷トンネルの構造図(部分)
〔個人蔵：『東海道宇津ノ谷峠』東海道弥次喜多研究会(1993)より〕

(1815～1888：関孝和を祖とする関流算学者のひとりで、下小田村に道場を開設して和算を広めた)とその門弟によって行われたが、この時に完成したトンネルは、中央で「く」の字に曲がっていたのが特徴であった(図-2)。この点については、測量の誤差を途中で修正したためとする説と、すれ違いを避けるために故意に角度をつけたためとする説があるが、定かではない。

トンネルのうち、宇津ノ谷方の10間3尺(約19m区間)は地質が脆弱であったため、硬質の「青石」でアーチ型の覆工を巻いた。また、岡部方は地質が良好であったため素掘りでも十分であったが、通行人が地山を見て恐怖心を抱かないよう、木材で合掌型の覆工を組み立ててこれを覆った。

当時、鉄道でも1874(明治7)年に開業した大阪～神戸間に3本の短いトンネルが完成したばかりであったが、これらはイギリス人技師の指導によって完成したもので、明治維新後に日本人が独力で計画したトンネルとしては、初の試みであったと考えられる(明治初期を代表する道路トンネルである栗子トンネル(福島・山形県境)が完成するのは1880(明治13)年であった)。

■わが国最初の有料トンネル

こうして完成した宇津ノ谷トンネルは、わが国最初の有料トンネルとして利用されることとなった。すでに、1871(明治4)年の太政官布告第648号で、のちの有料道路の原型とも言うべき制度が発足し、有志の者が結社を作って道路を開削したり架橋を行って交通の便を増進した場合は、その工事費に応じて年限を決めて料金を徴収すること

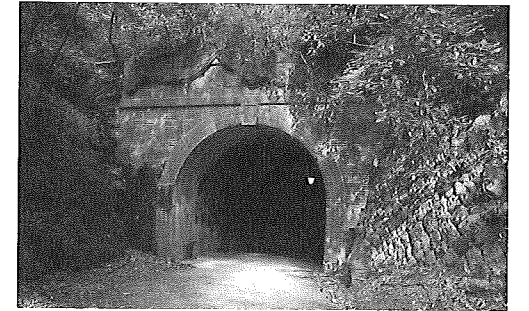


写真-1 保存・整備された初代・宇津ノ谷トンネルが認められていた。宇津ノ谷トンネルは、トンネルとしては初めてこの太政官布告の適用を受け、50年を期限として大人2厘、子供1厘(のち大人6厘、子供4厘となる)の料金を徴収した。

通行料は、年間約2,000～2,600円の収入があり、うち約1,100～1,800円を修繕費に充てていたが、1889(明治22)年にこの地に鉄道(東海道本線)が開通するとトンネルの利用は激減した。さらに、1896(明治29)年(1899(明治32)年とも)に照明として用いていたカンテラの火が木製覆工に燃えうつり、トンネルの一部が崩落して通行ができなくなってしまった。

こうして初代の宇津ノ谷トンネルはいったん放棄され、再び旧東海道を利用して峠道を越えなければならなかった。このため、修復工事が県の事業として行われることとなり、1902(明治35)年3月に着工し、1904(明治37)年4月に完成した。工事は、天城山トンネルでも紹介した静岡県技師・橋爪誠義(1869～1912)が担当したが(本誌2007年3月号参照)、修復にあたっては宇津ノ谷方を掘り直して「く」の字に曲がっていたトンネルを直線とし、「青石」による覆工部分は放棄された。また、覆工と坑門はすべて煉瓦で巻き直し、長さ203.4m、幅4m、高さ3.9mのトンネルとして生まれ変わった。

初代・宇津ノ谷トンネルは、1930(昭和5)年に新しいトンネルが完成するまで利用されていたが、その後は旧道として放置されたままであった。そして、1997(平成9)年、近代化遺産としての価値が評価され、国の登録有形文化財となり、周辺を散策路に整備して今日に至っている。



「十勝平野の風を釧路湿原へ」浦幌町より

三木 忍

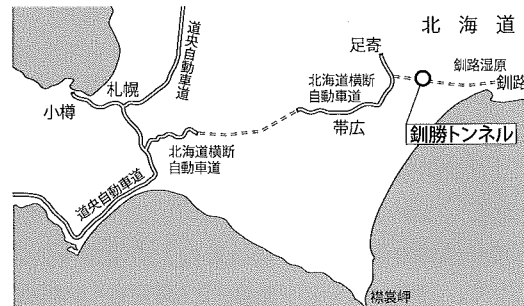
北海道横断自動車道は、札幌と釧路・根室間の高速交通網を形成し、物流、観光ルートの短縮化および円滑化を図る重要な路線として順次建設が進められている。このうち、釧勝トンネルは、十勝支庁と釧路支庁との間にそびえる釧勝峠を貫く全長L=4,459.7m(今回工事は浦幌側L=2,520.7m)の長大トンネルである。

始点側となる浦幌町は、十勝管内の最東端に位置する、南北に細長い町である。「浦幌」という地名は、アイヌ語の「オーラポロ」(河口に大きな落の葉が群生する所の意)から来ており、太平洋と広大な大地に恵まれ、その地形を生かしたさまざまな産業が栄えている。

厚内から十勝太に至る海岸線は美しく、昆布刈石展望台から見る地平線は絶景である。初夏から秋にかけて町の花でもあるハマナスなど、高山植物が300種咲き誇る豊北原生花園は、その大きさに花好きの人でなくても見とれてしまう。また、沿岸には豊富な漁業資源があり、漁業基地である厚内漁港は、秋になるとサケやシシャモ漁が盛んとなり、大きな賑わいを見せる。

大地には馬鈴薯や甜菜畑が広がり、9~10月に収穫の最盛期を迎える。近年は畜産も盛んで、十勝太には浦幌模範牧場と称する放牧地が広がり、「浦幌和牛」と称し、ステーキやハンバーグはもちろん、町内には牛の握りずしを出すお店もあるという。

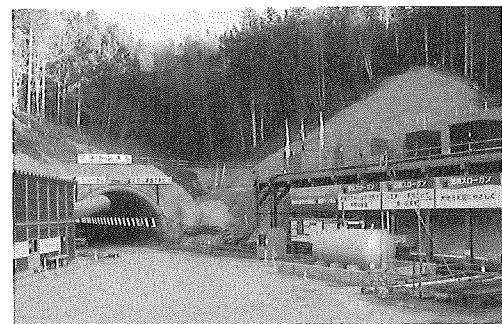
当トンネルは、この町の最北東端の森林地に位置し、「浦幌町史」によると、この近傍に点在する集落は明治後期より入植が始まり、当時は原生林を切り拓きながら凍てつく浦幌川の上流を目指し形成されたという。



位置図



昆布刈石展望台



坑口全景

大正時代からは、木材を下流のパルプ工場へ搬出していたが、当時の道路状態は悪く、「スラ」(切り出した丸太を上へのせ滑らせて下に落とすため、斜面と平行に並べる丸太)と馬で運んでいたという。今ではなだらかな平原で、見渡すかぎり甜菜畑が広がるが、100年ほど前はまだ原生林で一面覆われていたことを想像すると、開拓者の逞しさを感じずにはいられない。

12月中旬現在、360mまで掘削が進んでいるが、破砕質な砂岩泥岩地山が続く、慎重に掘削を進めている。『〜十勝平野の風を釧路湿原へ〜 道東の夢乗せ掘進む釧勝トンネル』をスローガンに掲げ、豊かな自然に配慮しつつ、無事故無災害で高品質なトンネルを築くべく、職員・作業員一丸となって開拓者の精神で、険峻な釧勝峠を貫いていきたい。

(戸田建設(株)・(株)熊谷組・伊藤組土建(株)建設共同企業体釧勝トンネル作業所長)

計画

未固結地山の小トンネル群をSENSで一本化

—北海道新幹線 津軽蓬田トンネル—

鉄道・運輸機構東北新幹線建設局工事第一課長 長谷川 正 明
鉄道・運輸機構東北新幹線建設局外ヶ浜鉄道建設所担当副所長 小伊豆 俊 博

1 はじめに

北海道新幹線(新青森・新函館(仮称)間)津軽蓬田トンネルは、青森県東津軽郡蓬田村から外ヶ浜町に至る延長6,190mの新幹線複線断面トンネルである。

北海道新幹線本州方のトンネル群は、未固結な砂を主体とする蟹田層が基盤である。蟹田層を対象とした過去のトンネル施工記録では、土砂崩壊や流砂事故が数多く発生しており、本トンネル群においても切羽の不安定化が予想される。

そのため、切羽の不安定化がとくに予想される

ところに、東北新幹線において同様な含水未固結地山における実績(三本木原トンネル)を有し、安全性、施工性および経済性に優れたSENS(シールドを用いた場所打ち支保システム)による機械化施工¹⁾を採用することとした。また、施工の経済性を高めるため、当初計画した北海道新幹線本州方のトンネル群11トンネルのうち、6トンネルの縦断勾配を変更し、ひとつの新トンネル(津軽蓬田トンネル)として施工することとした(図-1)。

本稿では、津軽蓬田トンネルの施工にSENSを用いるに至った検討および実施を行うための検討について報告する。

凡例

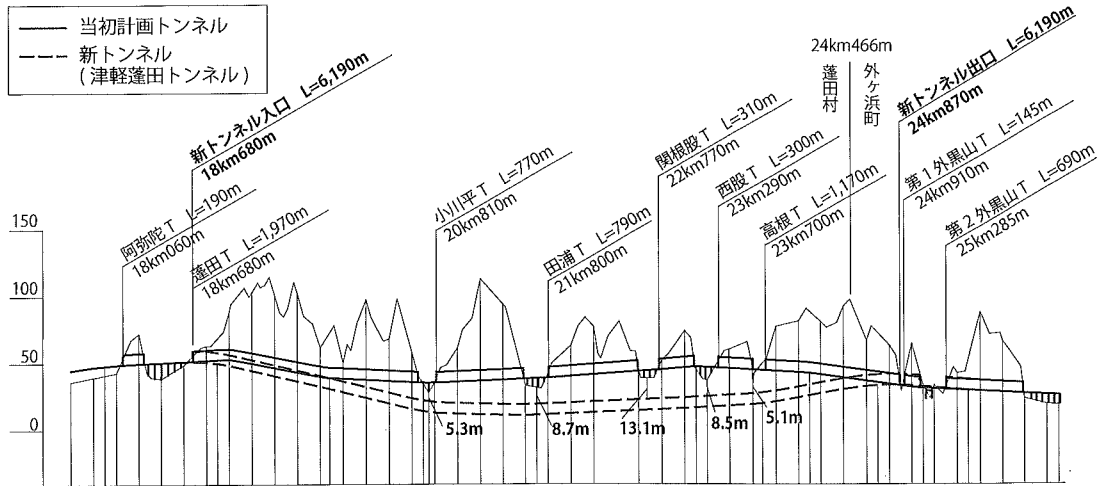


図-1 当初計画トンネルと津軽蓬田トンネル縦断面図

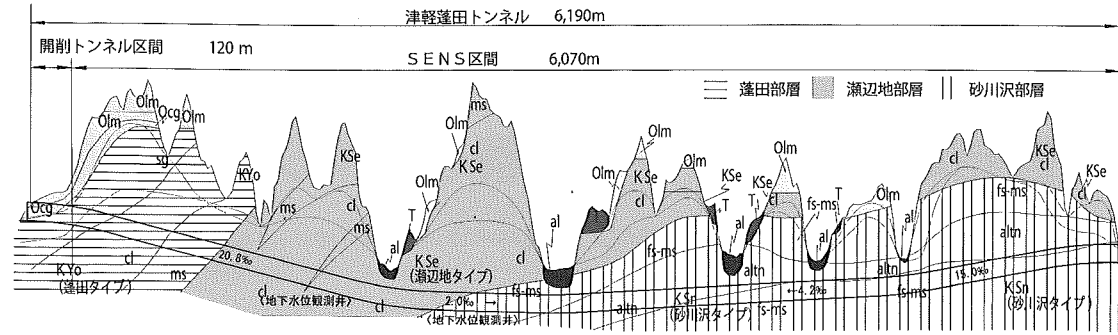


図-2 津軽蓬田トンネル地質縦断面図

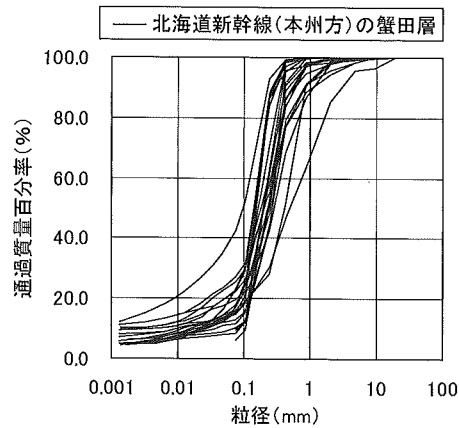


図-3 蟹田層の粒径加積曲線

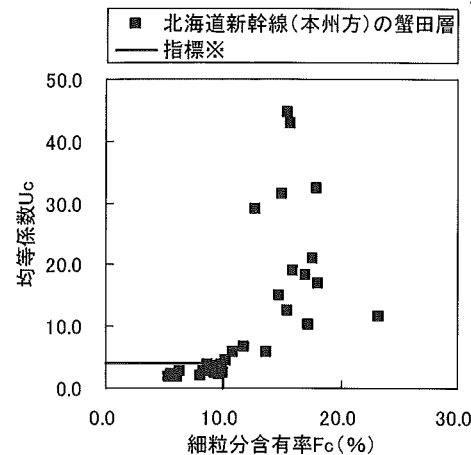


図-4 蟹田層の細粒分含有率・均等係数の関係

2 北海道新幹線本州方トンネル群の地質

北海道新幹線本州方トンネル群の地質は、昭和50年代後半～60年代に施工した津軽海峡線津軽トンネルなどと同様な未固結な砂を主体とする蟹田層が基盤である。

蟹田層は地質的特徴から、蓬田部層、瀬辺地部層、砂川沢部層に分類される。

蓬田部層は、全体として固結度が低く帯水層となっており、層相は、側方または上下方向に大きく変化する特徴を有する。

瀬辺地部層は、軽石質凝灰岩と中・細粒砂の薄互層によって特徴づけられる。

砂川沢部層は、全体として均質で塊状無層理の固結した砂岩層からなる。

次に、津軽蓬田トンネルの地質縦断面図を図-2に示す。

地下水位は、おおむねトンネル天端以上であり、高いところでは、天端+34mになる。また、凝灰岩やシルト岩の薄層が不規則に存在し、層境の地下水位に対しては、十分な水抜き効果が得られないと予想される。

蟹田層の粒径加積曲線(図-3)および蟹田層の細粒分含有率・均等係数の関係(図-4)を示す。

『トンネル標準示方書 山岳工法・同解説』²⁾では、複数の地山の流動化を示す指標例を示している。

このうち土木学会の指標では、

- ・細粒分含有率 $\leq 10\%$
- ・均等係数 ≤ 4

を判定指標としている。

蟹田層は、土木学会の判定指標に該当することからも、切羽の不安定化(地山の流動化)が予想される(図-4)。

表-1 トンネル統合案

	縦断変更案1	縦断変更案2	縦断変更案3	縦断変更案4	縦断変更案5
蓬田T~高根T L=6,190m	蓬田T~高根T L=6,190m	蓬田T~小川平T L=2,900m	蓬田T~第2外黒山T L=7,295m	阿弥陀T~高根T L=7,470m	蓬田T~館沢T L=9,630m
最急勾配	最急勾配20.8%	最急勾配31.5%	最急勾配38%	最大勾配15%	最急勾配39%

※縦断線形を機械施工が可能な瞬き区間(沢部)を通過するときの最小土かぶり5mとして縦断勾配を検討

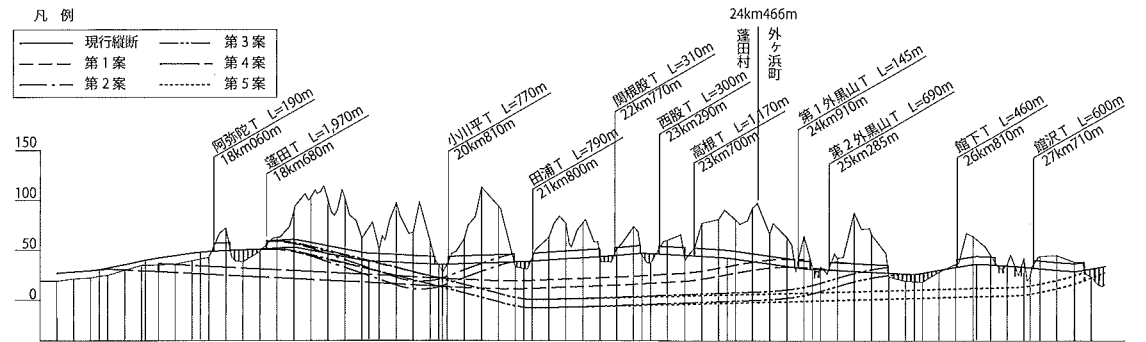


図-5 トンネル統合案縦断面図

3 津軽蓬田トンネルの設計・施工計画

北海道新幹線本州方トンネル群は、2章で述べたように地山が悪く、施工中切羽の不安定化が予想される。このため、切羽の不安定化が予想される区間での施工について検討を行った。この検討では、施工法に留まることなく、線形も含め検討を行った。

ここでは、SENSで施工を行う場合の検討について報告する。

SENSはシールドで掘削を行うため、切羽の安全性は十分に確保されるが、シールド製作などの初期投資が大きいため、経済性を高めるため、可能な限り施工延長を伸ばす必要がある。このことから、トンネル群の統合という線形の変更を含め、施工計画検討を行った。線形の比較案を表-1および図-5に示す。

このうち、案2、3および5は、運営会社であるJR北海道の新幹線線路技術心得(実施基準)の勾配に関する制約条件「列車の走行区域におけるこう配は、1,000分の25以下を標準とする」に当てはまらないため、除外した。

残された縦断変更案1および4の経済性および

表-2 変更案1、4の経済性および保守管理

	経済性	保守管理
案1	・マシン1台で施工可能 ・認可額(NATMによる6トンネル案)と同程度	・瞬き5か所減 ・トンネル湧水の強制排水が必要
案4	・工程上2台のマシンで掘削を行わざるを得ないため割高 ・当初盛土構造区間をトンネルとするため工事費増	・瞬き6か所減 ・トンネル湧水の強制排水が必要 ・入口方トンネル部のU形土留めに対する雪害対策が必要

保守管理面での比較を行ったものが表-2である。

表-2から経済性および保守管理面で縦断変更案1が優れている。このことから、当初の実施計画の縦断勾配を変更し、新たなトンネル(津軽蓬田トンネル)をSENSで施工することとした。

4 SENSマシンの仕様

津軽蓬田トンネルは、延長6,190mの長大トンネルを片押しで施工するため、長距離施工に必要な検討や工期短縮に向け高速施工の検討を行い、マシンの仕様を選定している。

ここでは、マシンの仕様の検討状況について報告する(図-6)。

4-1 SENS断面

津軽蓬田トンネルは、新幹線複線断面トンネル

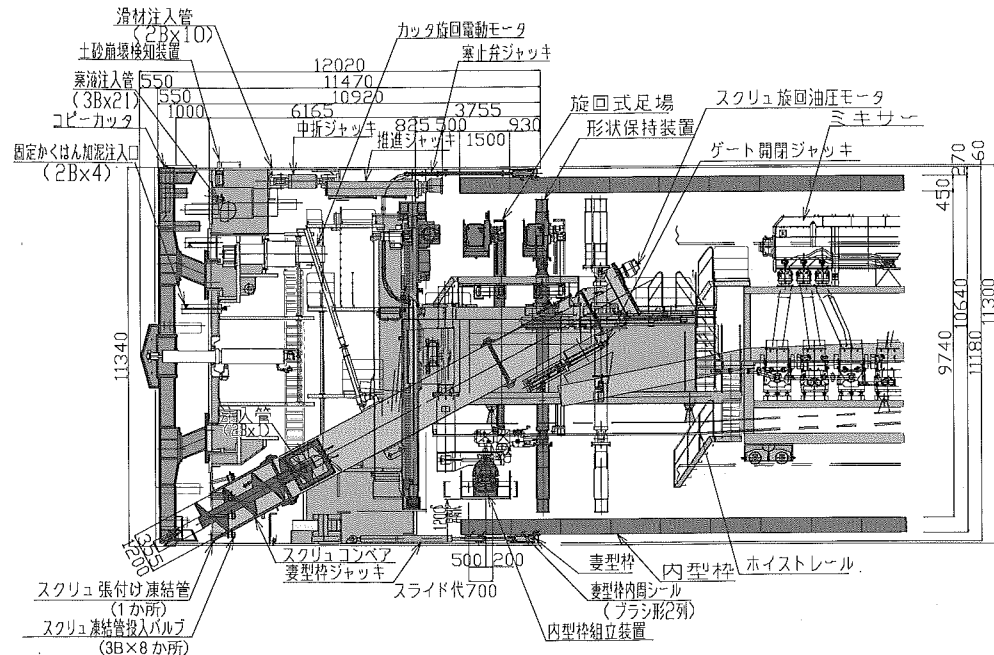


図-6 SENSマシン前方部イメージ図

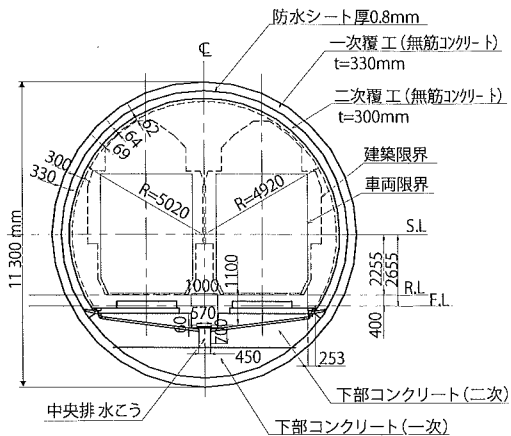


図-7 SENS断面図

であり、平面線形は、全区間直線である。このことから津軽蓬田トンネルのトンネル断面は、カントやシフトがない。

内空径は、建築限界、供用後の保守設備設置などに必要な余裕量50mm、施工余裕100mm(蛇行余裕+変形余裕)を加味し、10,040mmとした。

トンネル掘削径は、二次覆工厚は新幹線トンネルの無筋区間の二次覆工厚を参考に300mm、一次覆工厚は、三本木原トンネルと同じ330mmとし11,300mmとした(図-7)。

4-2 SENSの掘削方式

SENSの掘削方式については、泥水式シールド工法と土圧式(泥土圧)シールド工法の2方法が考えられる。

工法の選択には、施工条件への適応性やコストの比較を行い、選定を行った。

津軽蓬田トンネルでは、泥水式と土圧式(泥土圧)を比較した場合、施工性においては明確な差異はなかった。

経済面では、一般的に土圧式(泥土圧)は、設備費は高いものの掘削費が抑えられ、泥水式より安価となるが、発生土処理費が高額となる場合が多く、総額では土圧式(泥土圧)の方が高額となる。

津軽蓬田トンネルでは、土圧式(泥土圧)で発生する発生土を近隣事業に再利用できることから、泥水式より低価格となる試算結果となった。このため、土圧式(泥土圧)を採用した。

4-3 SENSマシンの仕様

SENSマシンの仕様は、東北新幹線での施工実績である三本木原トンネルで用いた仕様を基本としながらも、以下三つの検討を行い、改良を行った(表-3)。

表-3 三本木原トンネルと津軽蓬田トンネルのマシン性能比較

変更項目	三本木原トンネル	津軽蓬田トンネル	変更理由
平面線形	R=8,000m	直線	—
内空径(施工外径)	10,180mm(11,440mm)	10,040mm(11,300mm)	カント・シフトが不要
推進ジャッキ総推力(単位切羽推力)	90,000kN (875kN/m ²)	105,000kN (1,047kN/m ²)	施工条件による変更 (地山条件が異なる)
妻型枠ジャッキストローク長	900mm	1,600mm	施工実績による改善 (メンテナンス業務の軽減)
排土方式	No.1 軸付きスクリーコンベヤ No.2 軸付きスクリーコンベヤ	No.1 軸付きスクリーコンベヤ No.2 ベルトコンベヤ	更なる長距離施工工 (マシンの耐久性向上)
カッタビットの配置	2段配置 (特殊先行, メインビット)	4段配置 (特殊先行×2, メインビット×2)	更なる長距離施工工 (ビットライフの向上)
一次覆工コンクリート打設ポンプ台数	6台 (12ポートに切替えて接続)	12台 (12ポートに直接接続)	更なる高速施工工 (単位時間打設量の向上)
内型枠リング幅の延長	1,200mm	1,500mm	更なる高速施工工 (型枠脱型等時間の削減)

- ・土かぶり、地下水位など現地の施工条件への適応
- ・施工実績を踏まえた施工性改善
- ・更なる長距離化・高速施工工

4-3-1 土かぶり、地下水位など現地の施工条件への適応

津軽蓬田トンネルは三本木原トンネルSENS区間より最大土かぶり(約90m)や最大地下水位(約30m)が大きい。このことに伴う掘削時の推進力増加に対応するため、推進ジャッキ総力を三本木原トンネルの90,000kNから105,000kNへと増強を行う。

また、局所的な高水圧などに対応するため、バルクヘッド内の圧力をジャッキにより調整する装置(土圧変動抑制装置)の新設などを行うこととしている。

4-3-2 施工実績を踏まえた施工性改善

三本木原トンネルでは、妻型枠に設けられたワイヤーブラシを交換する場合、妻型枠のジャッキストロークが小さいため(900mm)、専用装置を内型枠に連結し、ワイヤーブラシの交換を行っていた。この作業を簡略化するため、妻型枠のジャッキストロークを1,600mmに延長し、ワイヤーブラシの交換作業を簡略化する。

4-3-3 更なる長距離化・高速施工工

津軽蓬田トンネルは、ほぼ中央に位置する最深

表-4 カッタビットの磨耗量

項目	特殊先行ビット	メインビット
2段配置	45.7mm	17.2mm
4段配置	先45.7mm 後30.7mm	先15.4mm 後7.8mm

(3,000m掘削した場合の計算例)

部に排水設備などを設けるために立坑の設置を予定しており、この立坑でマシンメンテナンスをすることが可能である。このため、カッタビットライフは、少なくとも約3,000mの耐久性を有する必要がある。カッタビットライフを確保するため、三本木原トンネルで行ったビットの2段差配置を更に、特殊先行ビットを2段、メインビットを2段に配置(計4段)することとしている。磨耗の試算例を表-4に示す。

三本木原トンネルでは、排土用のスクリーコンベヤを2連で用いていた。排土用のスクリーコンベヤは、磨耗が激しい機器である。

このことから、津軽蓬田トンネルでは1基をベルトコンベヤに変更し、メンテナンスの低減を行うこととしている。

また、津軽蓬田トンネルでは、一次覆工コンクリート打設ポンプを三本木原トンネルの2倍の12台設置することや1.5m内型枠を採用することなどにより三本木原トンネルを上回る高速施工を目指すこととしている。

5 おわりに

北海道新幹線本州方のトンネル群は、未固結な砂を主体とすることから施工の安全性が懸念される。津軽蓬田トンネルでは、施工の安全性向上の方法として、NATMによる補助工法の検討という手法ではなく掘削工法の検討から行いSENSを採用することとした。本報告では、津軽蓬田トンネルの施工計画を工事発注前の検討状況を含め整理した。津軽蓬田トンネルの施工に関しては、北海道新幹線トンネル施工技術委員会(委員長：足立紀尚・京都大学名誉教授)、同機械化施工WG

(座長：小山幸則・京都大学大学院教授)において現在も検討中である。

最後に、本稿の報告は、同委員会およびWGにおける現在までの検討結果を整理したものである。今後は委員会およびWGの検討を通して安全かつ円滑に工事を進めるとともに高速施工を目指していきたい。また、その結果についても随時報告したいと考えている。

参考文献

- 1) 土木学会：トンネル標準示方書，山岳工法・同解説，p.36，2006.7.

【書籍紹介】



ドボク・サミット

ドボク・サミット実行委員会 編
A5判変型 196頁 武蔵野美術大学出版局 本体2,000円
2009年4月15日発刊予定

見られることを意識しない「土木的な」巨大建造物に魅せられた名物鑑賞者たちが一堂に集結，サミットを開催！ それぞれの対象をどのように発見し，伝導してきたか，人々が魅了されてならない人気の秘密とは何か？「ドボク」の現状と未来を語る。

PRESENTATION：ダム…萩原雅紀 団地…大山 顕 工場…石井 哲 鉄塔…長谷川秀記
水門…佐藤 淳一

FRONTIER：ライト・ドボク・ジュブナイル…バドン 工場景観…八馬 智 ガソリンスタンドを追う日々…松村静吾 壁…杉浦貴美子

SYMPOSIUM STUDY：私たちのための景観ガイド…石川 初 土木をつくる，景観をつくる…御代田和弘 ドボク・エンタテインメント宣言…佐藤淳一

お問い合わせ先：武蔵野美術大学出版局 TEL：0422-23-0810 FAX：0422-22-8309
E-mail：izuchi@musabi.ac.jp URL：http://www.musabi.co.jp

計画

開削とNATMで計画したトンネルをシールドに変更

—阪神高速道路8号京都線 稲荷山トンネル—

阪神高速道路(株)技術部長((元)阪神高速道路公団京都建設事務所工務課長) 山内 幸裕
阪神高速道路(株)大阪建設部長((元)阪神高速道路公団京都建設部調査設計課長) 雪本 雄彦
阪神高速技術(株)技術企画部長((元)阪神高速道路公団京都建設部設計課長) 西岡 敬治
阪神高速技術(株)維持事業部調査点検課長((元)阪神高速道路(株)京都建設部調査設計・審査グループアシスタントマネージャ) 足立 幸郎

1 はじめに

平成20年6月1日に、新しい京都の都市高速道路の一部をなす稲荷山トンネルが完成、供用した。なお施工の詳細は、本誌Vol.39, No.12に掲載されたが、その計画段階での技術的な経緯をとの要望があり、今回前後逆となったが追記することとしたものである。

このトンネルは、京都市山科区と伏見区を結ぶトンネルで、主に丹波層群からなる稲荷山山地と大阪層群からなる伏見平野部に建設された。伏見平野部(稲荷山山麓部を含む)においては、当初、都市部山岳工法(以下、「都市NATM」と記す)と土かぶり小さいところに開削工法を用いた施工工法が計画されていた。しかしながら、事業化後の詳細検討の段階で、工事用道路の確保が困難な当該地域での大規模な開削工法の実施が非常に困難であったこと、さらに大阪層群での都市NATMの適用にあたっては地下水環境への影響とそれに起因する地盤沈下が懸念されたことから、当該地域のトンネル施工にあたっては、一部の開削区間を除きシールド工法が適用された。シールド工法の適用により、地盤沈下などの影響はなく、安全

にさらに地元の方々にも安心いただけた工事が施工できた。

ここでは、稲荷山トンネルの事業化前から事業化後に至る検討過程を述べることにし、なぜシールド工法を採用するに至ったかについて明らかにする。

2 稲荷山トンネルとは

稲荷山トンネルは、図-1に示すように京都市内で計画されている都市高速道路網のなかで、京都市伏見区と山科区とを結ぶ全長約2.7kmの2種2級往復4車線道路である「新十条通」の一部として建設された。当該トンネルは、京都東山連峰の南端に位置する稲荷山を横断し、さらに伏見平野部、とくに稲荷山山麓に広がる住宅地直下を掘削する位置にあり、東行き線と西行き線の全長約2.5kmの二つのトンネルからなっている。

図-2に稲荷山トンネルの地質縦断面を、写真-1に平成19年7月時点の航空写真を示す。山科側の稲荷山山地直下の約1.5km区間は山岳NATM、伏見側の約0.1km区間は開削工法で施工が行われ、その間の約0.9km区間がシールド工法によって建設された。

シールド区間は、開削工法区間の東端部に立坑を設け、約4mの小土かぶり状態で東に向けて発進し、その直後に京都市の重要な上水施設である

琵琶湖疏水を通し、その後さらに約12mの小土かぶり状態で京阪電鉄本線およびJR奈良線と交差した。さらに、その後伏見平野部の住宅地直下

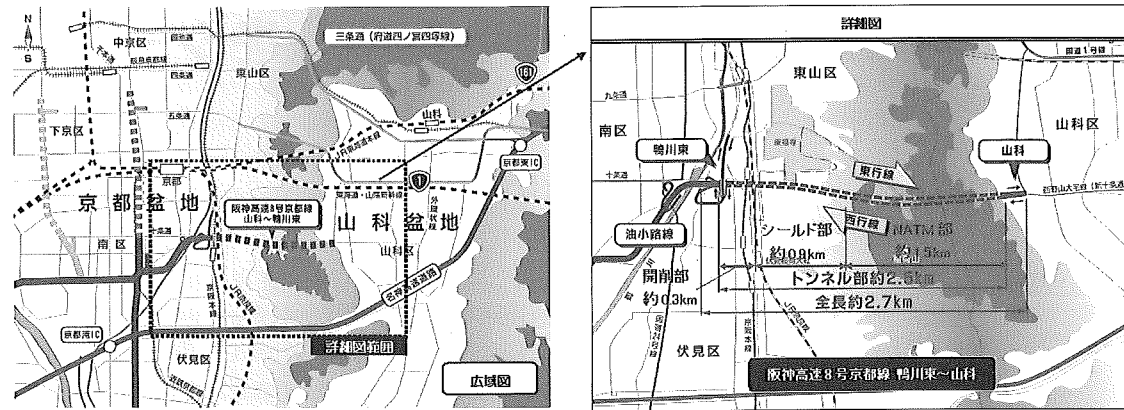


図-1 稲荷山トンネル位置図

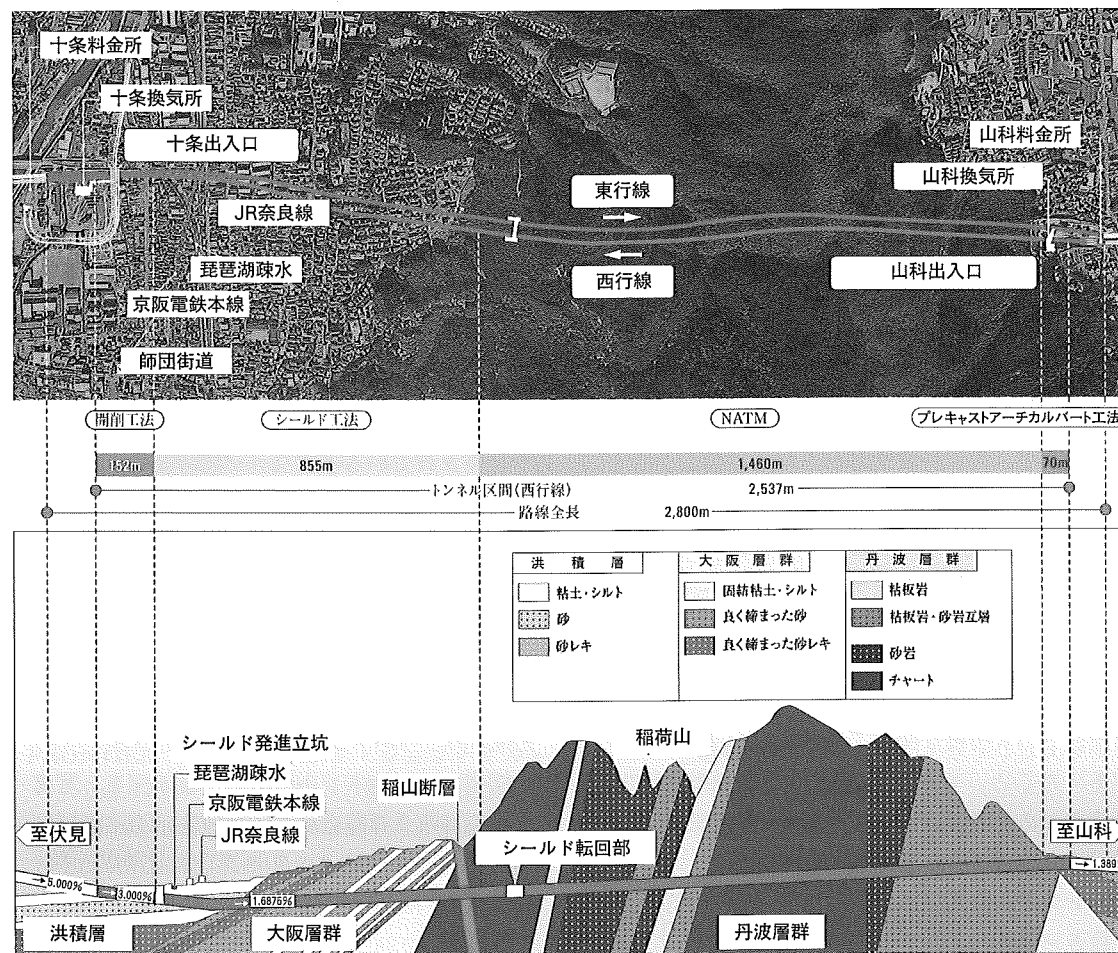


図-2 稲荷山トンネルの地質縦断面

の大坂層群を掘削し、約40mの小土かぶり地点でビット交換を経たのち稲荷山山地の丹波層群を掘削した。NATMで掘削した転回抗内で方向転回したのち、シールド発進立坑まで鉄道および水路直下を掘削した。また、到達時は先行トンネルと近接状態での施工となった。このように、稲荷山トンネルのシールド区間は、都市域ならではの難工事と土砂部と岩部を1台のシールドにて掘削するという非常に困難な工事となった。

本トンネルは、平成18年1月より掘進を開始し、平成19年12月に掘進を完了したのち、トンネル設備工事、舗装工事の後、平成20年6月に無事高速道路としての供用を開始している。

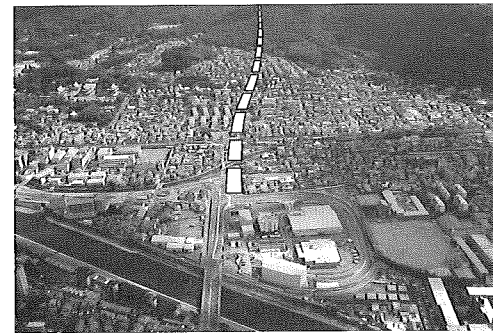


写真-1 稲荷山トンネルのうち伏見地区のトンネル直上の状況

3 事業化前の稲荷山トンネルの計画

稲荷山トンネルとして完成した「新十条通」については、昭和40年代当初に初めて道路整備計画が検討されはじめた。京都東山を横断する道路は当時も現在も少なく、京都市の交通上のボトルネックとなっていた。「新十条通」は京都市南部の十条通を東に山科区内まで延伸するという、画期的な道路計画としてその後も検討が進められてきた。このころの計画段階では稲荷山山地直下はトンネルで通過するものの、伏見平野部では経済性から高架構造が検討されていた。その後景観性を重視した都市計画のなかで見直しが進められ、高架構造からトンネル構造に変更された。

その後昭和62年の都市計画決定の段階では、稲荷山山地直下は山岳NATM、伏見平野の住宅地直下のいわゆる大坂層群は都市NATM、洪積層がトンネル直上に現れる小土かぶり部は開削工法が計画された。ただし、開削区間に位置していても、鉄道交差部についてはパイプルーブ工法を採用した非開削工法が計画された。

図-3に当時の検討状況を「都市計画時」として示す。

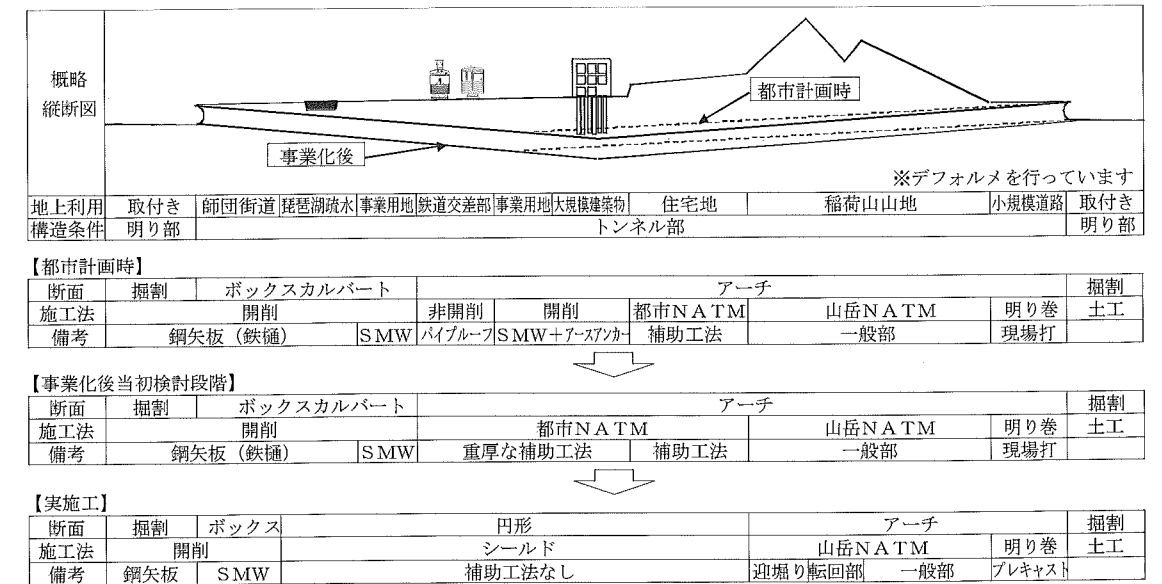


図-3 稲荷山トンネル施工法検討の変遷

4 事業化後の稲荷山トンネルの工法検討

昭和62年の都市計画決定、平成5年4月の阪神高速道路公団法の改正、事業アセスメントなどの手続きを経て、稲荷山トンネルについては、当社(当時、公団)において事業が進められることとなった。

事業を進めるにあたって関係機関と協議などを重ね施工条件を詳細に検討するにつれ、次の重要な施工上の問題点が明らかとなった。

- ① 開削トンネル部は、事業用地内掘削後覆工板を設置しそれを工事進入路として計画されていたが、鉄道交差部以東へのアクセスに不可欠な鉄道仮踏切の設置が困難であること。
- ② 当該地は旧市街地特有の必ずしも十分な街路整備状況にあるとはいえず、十条通からしか事業用地内への工事車両の進入ができないこと。
- ③ 上記にからみ鉄道交差部以東にある地下埋設物の移設が困難であること。
- ④ さらに鉄道交差部以東の開削工法適用部では、比較的深度が深く、さらに広幅員掘削が必要であったことから、グラウンドアンカー併用土留め工が計画されていたが、用地制約上の観点から適用が困難であること。

また、一方では当時は都市NATMの技術が著しく向上し、本州四国連絡道路の一部として計画

された小土かぶりかつ住宅地直下に計画された舞子トンネルにおいては、安全に都市NATMで掘削することができていた。さらに、当社の神戸山手線長田トンネルも同じく住宅地直下に建設が予定されていたが、当初設計で計画されていたシールド工法から都市NATMに施工法が変更されるなど、都市NATMの信頼性が高まっていた。

上述の困難な施工条件および都市NATM建設技術の向上を背景に、鉄道交差部から大規模建築物までの区間についても非開削で進めることが妥当であると判断され、その施工法として都市NATMを最有力候補として、詳細な検討が進められていった。

当該地は、トンネル部分は大阪層群であるものの上部は舞子トンネルの条件よりも悪いと判断された洪積層が位置することから、慎重な都市NATM施工法、鉄道交差部への影響、大規模地下埋設物への影響など力学的な面から精力的に検討され、おおむね都市NATMでの施工は可能と判断されつつあった。この時点で検討されていた、都市NATM検討図を図-4に示す。

5 施工法決定は地下水環境の保全

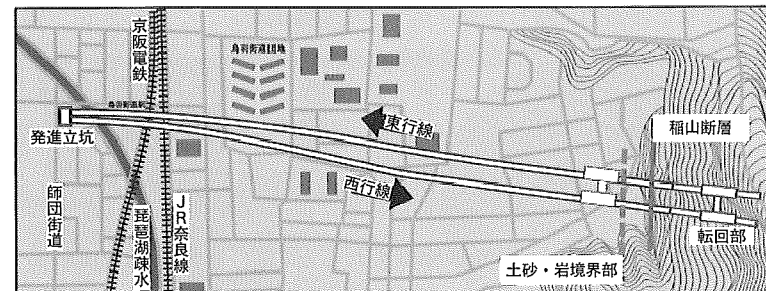
上述の力学的な面からの検討と並行して、水文学的な面からの検討も実施した。検討は、当然のことながら上述した都市計画時の開削区間を都市NATMに変更する区間だけでなく、伏見平野部住宅地直下を掘削する都市NATM施工区間も対

区間	鉄道交差部区間	事業用地区間	大規模建築物近接区間	住宅地直下区間
施工法概念図				
補助工法	パイプルーフ工法	フォアパイリング+地盤改良工法		フォアパイリング工法

図-4 事業化後当初検討段階での都市NATM施工検討概要図

表-1 都市NATM施工を推奨した地下水環境への影響による地盤沈下量の推定

区間	沈下量
鉄道交差区間	3mm
事業用地区間	3~5mm
大規模建築物近接区間	3~5mm
住宅地直下区間	5~35mm



比較案	工期	概算工事費	課題
NATM	66か月	—	施工時の地下水、地表面沈下などの影響
シールド工法+土砂部転回	49か月	NATMと同程度	土砂部での大断面転回の施工 NATMでの稲荷山断層部の施工
シールド工法+岩盤部転回	48か月	NATMと同程度	土砂・岩盤対応シールド

図-5 都市NATMとシールド工法の概略比較検討図

象として実施した。

当該トンネルは土砂部に位置することから、非排水トンネルとして設計されている。しかしながら、非排水状態で掘削することは困難であるため、掘削時には切羽安定に地下水位低下工法を図ることが不可欠である。この地下水位低下の影響は、当然のことながら、鉄道交差区間などの小土かぶり区間においては影響は小さいものの、土かぶりがあり力学的には安定して掘削できる住宅地部分での影響が大きく、住宅地東端部(稲荷山西端部)では沈下量が35mmと推定された。表-1に地下水環境の影響を仮定して計算された推定沈下量を示す。

さらに、伏見平野部には昭和30年代に造成された閑静な住宅地が広がっているが、古地図などと現在の地形図とを比較した結果、複雑で急峻な旧沢地形、旧山地形が確認されており、それらが造成されていることから、旧沢部ではかつて池であった箇所の盛土を含み、沢筋に沿って盛土がなされていることが想定されていた。そのため、局所的には盛土部の沈下については、層状地層としてモデル化した計算結果を超える沈下が懸念された。以上の検討結果より、地下水環境に及ぼす影響を最小限に抑えることがもっとも重要な課題となった。その結果、地下水環境にもっとも影響が少なく近接施工にも有利と判断されるシールド工法が浮上し、以降採用を本格的に検討することとなった。

しかしながら、シールド工法の採用にあたっては、多くの技術的課題が山積していた。

- ① 発進・到達立坑の位置選定にあたっては十

分な土かぶりが確保されることが不可欠であるが、シールドなどの重量物の搬入可能な場所の観点から計画された発進・到達立坑は師団街道十条付近、すなわち琵琶湖疎水のすぐ西側であり、約4mの小土かぶり状態での発進・到達が必要であった。また、上下線のトンネルも0.8mと超近接状態での施工が必要であった。

- ② 上記の結果、シールドの初期掘進データを取得する間もなく、琵琶湖疎水と交差することとなり、さらに、発進後100mもしないうちに2本の鉄道直下を土かぶり約12mで掘進しなければならなかった。

- ③ シールド工法の経済的な成立性を考慮した場合、シールドの上下線掘削利用が不可欠であるが、大阪層群部でシールドの転回坑を設置した場合、上述の地下水環境に及ぼす影響が懸念されることから、どうしても転回坑は良好な岩盤部で設置する必要があった。そのためにはシールドは土砂部と岩盤部の両方の地盤を1台で掘削しなければならなかった。

このように、市街地交通環境の保全、地下水環境の保全を最重要課題としてトンネル施工法の選択を行った結果、

- ①超小土かぶり状態での発進、
- ②小土かぶり状態での重要ライフラインとの交差、
- ③1台のシールドで土砂部および岩盤部を掘削と

いう非常に技術的に難しいシールド工法を採用することになったものである。最終的な検討結果は図-5のとおりである。

なお、本施工法決定の重要な要因の一つに、大断面シールド工法の適用事例の増大とそれに伴う技術開発による施工費用の経済性の向上により、都市NATMと同等の経済性が確保されるとの結論に至ったことも重要な後押し要因であったことは言うまでもない。

6 岩盤対応型泥水式シールド工法の概要

以上の検討経緯を踏まえ、当該区間ではシールド工法が採用された。シールド区間の断面図を図-6に示す。その工法上の最大の特徴は、非常に複雑な地盤を掘削することであった。

図-7に改めてシールドの掘進する地質を示し詳述すると、発進立坑から約160m区間は硬質の洪積粘性土層と洪積砂礫層の互層、その後の約520m区間は大阪層群の砂礫層、粘性土層の互層とな

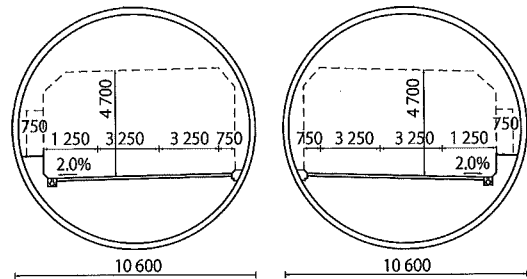


図-6 シールド区間の断面図

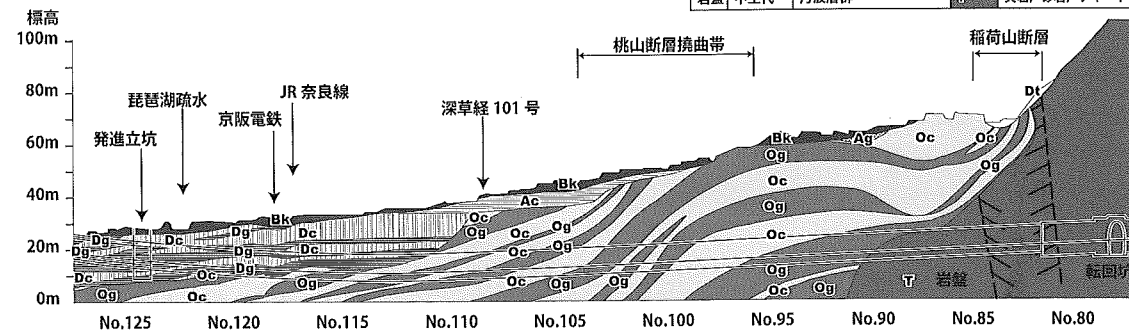


図-7 シールド区間の地質概要図(図-2では未調査区間であった情報を付加)

ているが、残りの175m区間は頁岩とチャート主体の破碎帯を含む丹波層群であった。西麓部からの斜めボーリング調査や既設山岳NATMトンネル側からの水平ボーリングにより地質調査を行った結果では、岩盤部の強度は最大140N/mm²程度も確認されたが、破碎が進んでいることから一軸圧縮強度は最大80N/mm²と設定して、以降のシールドの設計などに反映した。

ビット装填は、土砂用のそれと岩盤用のそれは異なる。シールドを計画した平成10年時点では、シールドの内側からビットを交換する技術は未熟であり、さらに高強度の岩盤を掘削する装備としては問題点が山積していた。そこで土砂部と岩盤部の層境部でビット交換を行うことを前提に、ビット交換を想定した「岩盤対応型シールド」を採用することとなった。なお、岩盤部には稲荷山断層が確認されており、最悪の岩盤の破碎状況を考えた場合、泥土圧方式の採用も検討されたが、かなり古い年代に活動を停止した断層であり粘土化が進んでいることが想定されたこと、さらに小土かぶりでの重要ライフラインとの交差を考慮し、泥水式シールドを採用することとした。

シールド構造概要図を図-8に、ビット配置状況を写真-2に示す。シールドの特徴は次のとおりである。

凡例	区分	地質時代	地層名	記号	構成
土砂地盤	第四紀	新第四紀	盛土	Bk	粘土～砂礫
			崖堆積物	Dt	粘土～砂礫
			沖積層	Ac	粘土
				Ag	砂～砂礫
		第四紀～新第三紀	洪積層	Dc	粘土
				Dg	砂～砂礫
			大阪層群	Oc	固結粘土
中生代	丹波層群		Og	よく締まった砂～砂礫	
			T	頁岩、砂岩、チャート	

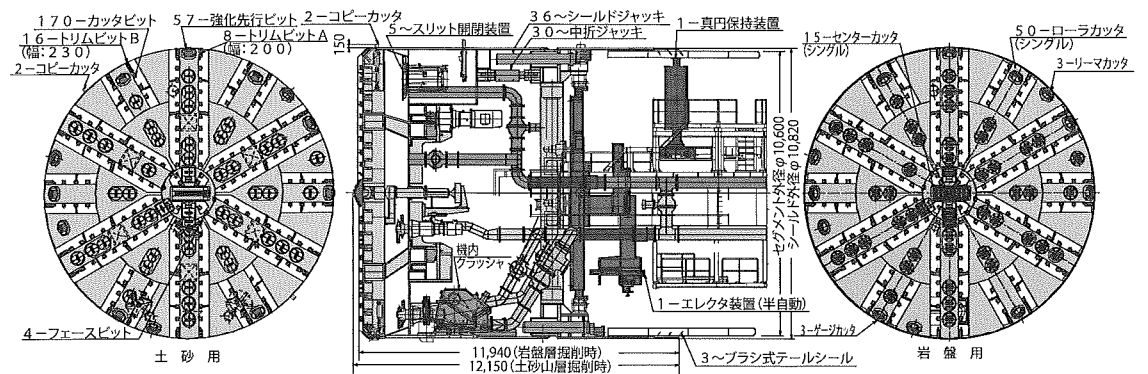
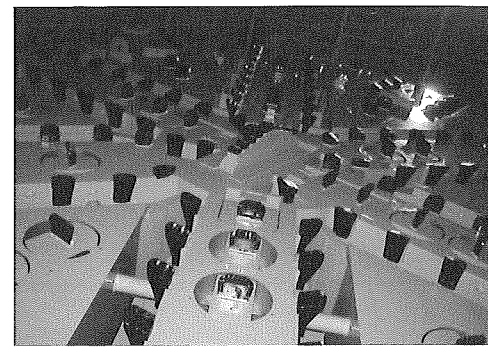


図-8 シールド構造図



(1) 土砂掘削用



(2) 岩盤掘削用

写真-2 土砂/岩盤対応ビットの配置状況

- カッターヘッドは岩盤掘削を考慮してセミドーム型を採用し、中間支持方式とした。
- 岩盤掘削用にディスクカッターを68個配置した。これらのディスクカッター取付場所に、土砂地盤掘進時には強化型先行ビットを設置し、チャンバ内からの交換が可能な構造とした。
- カッター駆動にはインバータ制御電動機を採用し、カッター回転速度を変化できるようにした(岩盤部1.9rpm, 土砂部0.5rpm)。
- 岩盤掘削時の礫破碎用にシールド内および後方台車に水中クラッシャを各1台装備した。
- 岩盤掘削時および縦断勾配変化部での方向制御として中折れ機構を装備した。なおこれにより、ビット交換時にカッター前面に隙間を設けることができ、ビット交換が容易となる。
- そのほか、岩盤掘削時の姿勢安定などを目的として前胴と後胴にグリッパ装置を装備、岩

盤部でのチャンバ内作業時の山留め装置として、チャンバ内上半部にスリット開閉装置を装備した。

7 ビット交換の概要

先行トンネルの掘削では、土砂部から岩盤部へ地盤が変化する。既施工のNATMトンネル部から導坑を施工し、施工ヤードを設けたのち、そこから土砂と岩盤部の境界付近の土砂部に地盤改良を行った。もっとも重要な地盤改良位置の特定にあたっては、地上からの放射法探査などが有効であるが、ここでは既施工のNATMトンネルから水平ボーリングを実施し、実施場所を特定した。位置の特定には細心の注意を払ったが、シールド下部に岩盤が出現し、先行強化ビットが写真-3に示すように激しく損傷した。ビット交換作業については、合計57個のビットを全22日昼夜2交代で作業を行った。交換作業状況を写真-4に示す。

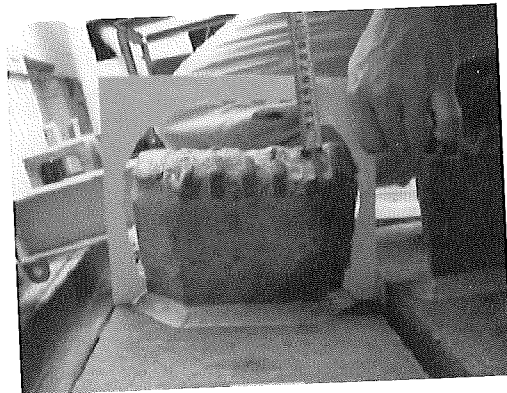


写真-3 先行強化ビットの損傷状況



写真-4 ビット交換状況

粘土層の掘削に困難をきたすことが想定されたため、ローラービットの摩耗に合わせて先行強化ビットが機能する段差ビット方式を採用した。段差ビットのイメージ図を図-9に示す。

さらに、ビット交換は東行き線鉄道交差部の手前でも実施し、鉄道交差部と琵琶湖疏水交差部を新しいビットで通過した。

以上の一連の計画されたビット交換により、土砂部から岩盤部にいたる複雑な地層におけるシールド掘削を安全に完了することができた。

8 近接施工

小土かぶりでの琵琶湖疏水および鉄道との交差も、本シールド施工では重要な技術的課題であった。ここでは補助工法を行わずにトライアル計測を含む情報化施工により掘削を実施したが、誤差程度の地表面への影響で収めることができ、安全で安心な施工で工事を完了した。

9 おわりに

複雑な地層部に建設された本トンネルは、計画段階から実施工の段階に至る間に、多くのトンネル技術の適用が検討され、その間の技術革新もあり、最終的にシールド工法が採用された。地下水環境に安全でやさしいシールド工法の採用により、地表部での沈下はほとんど観測されずに掘削を完了することができた。しかしながら、その背景には、複雑な地盤に対する綿密に計画された一連のビット交換工事が功を奏したものと考えている。本施工で養った技術が今後のトンネル技術に役立てば幸いである。

最後に、本トンネルの建設にあたっては、京都高速道路トンネル技術委員会(委員長：足立紀尚・京都大学名誉教授、幹事長：大西有三・京都大学名誉教授)から多大なご指導をいただいた。ここに記して感謝の意を表します。

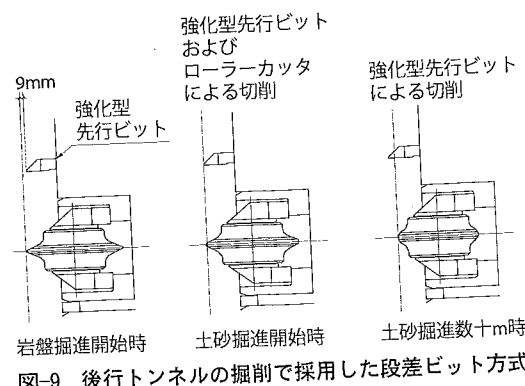


図-9 後行トンネルの掘削で採用した段差ビット方式

シールドはあらかじめNATMで施工された転回坑での方向転回時に、さらにビットの改良を実施した。後行トンネルでは岩盤部から土砂部へ地盤が変化する。ローラービットを装着したままでも土砂部の掘削は可能であるが、大阪層群の硬質

地質情報

山岳トンネル先進ボーリング入門(最終回)

—施工事例(3)：施工中に切羽から実施する地質調査ボーリング—

山岳トンネル先進ボーリング連載講座小委員会

7 PSワイヤライン工法の事例(八甲田トンネル(大坪工区))

7-1 はじめに

東北新幹線八甲田トンネルの周辺には多くの旧鉱山があり、トンネル全域にわたり鉱化作用を受けた岩石(鉱化変質岩)が分布しています。この鉱化変質岩がトンネル掘削に含まれて空気や水に触れると、酸性水が発生するとともに重金属を溶出し、周辺環境を汚染することが懸念されました。この対策として、鉱化変質岩の判定基準を定めて、酸性水を発生させる可能性のある「管理型」

と、その可能性のない「一般型」にトンネル掘削ずりを分別し、「管理型」の掘削ずりは管理型土捨場に処分しました¹⁾。

トンネル掘削ずりの分別手順の一環として、常時100m程度の地質調査ボーリングによって、あらかじめ切羽前方の鉱化変質岩の分布状況を把握しました²⁾。この地質調査ボーリングについて、大坪工区での実績を紹介しします。

7-2 工事概要

八甲田トンネルは、東北新幹線八戸～新青森間に位置し、八甲田山系の北東部を貫く全長26.455kmの長大山岳トンネルです。図-1に示すように、

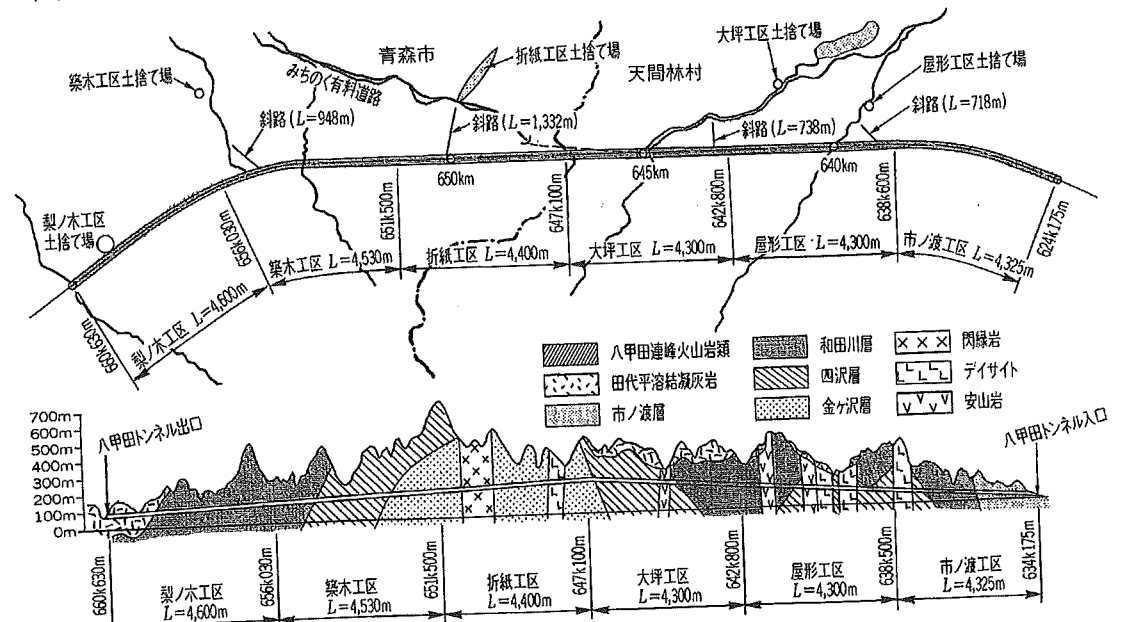


図-1 八甲田トンネル全体図²⁾

トンネルは6工区に分割して施工されました。大坪工区は八甲田トンネル入口(八戸側坑口)から3番目の工区で、その工事概要を以下に示します。

工 事 名：東北幹，八甲田T(大坪)他1, 2, 3工事

発 注 者：鉄道・運輸機構

工 事 場 所：青森県上北郡七戸町

工 期：平成12年3月23日～

平成19年3月15日

延 長：トンネル全体：26,455m

工 区 延 長：本坑 4,300m

斜路 738m

掘 削 断 面 積：本坑 75.0～80.0m²

斜路 33.9～52.7m²

掘 削 工 法：補助ベンチ付き全断面工法

上半先進ベンチカット工法

掘 削 方 式：発破掘削

ずり出し方式：連続ベルトコンベヤ方式

7-3 地形・地質概要

八甲田トンネルは八甲田山北東部の標高約400mの屋形森，四本桂山，約900mの折紙山，約400mの葉抜橋山，檜木森山の山地を通過し，トンネルの最大土かぶりは約600mです。このうち大坪工区は，比較的なだらかな地形で，最大土かぶりは約240mです。

大坪工区の地質は，図-1に示すように斜路および本坑約2km区間には凝灰岩・安山岩を主体とする第三紀中新世の和田川層が分布しています。一軸圧縮強度は30～100N/mm²前後，弾性波速度はV_p=4.0～5.0km/secの比較的良好な岩質です。それ以奥の2kmは，玄武岩・石英安山岩等を主体とする四沢層で，一軸圧縮強度は10～30N/mm²，弾性波速度はV_p=2.0～3.0km/secです。この四沢層の石英安山岩および泥岩において，鉍化変質岩が多く含まれていました。

7-4 トンネル掘削ずりの処理方法

掘削ずりを分別する判定方法の基本的な条件を以下のとおりとして，掘削ずりを処理しました¹⁾。

- ① 切羽ごとにずりを分別することは不可能なため，1日の掘削ずり全量を単位として管理

する。

- ② 判定に日数を要すると，その日数分の大容量のずり仮置き場が必要となるため，24時間以内に判定結果が得られるようにする。

- ③ 地質の急変に対応して，管理型ずり量を事前に把握するために，常時水平先進ボーリングによりあらかじめ前方の地質を確認する。トンネル掘削で発生したずりは，図-2に示すよ

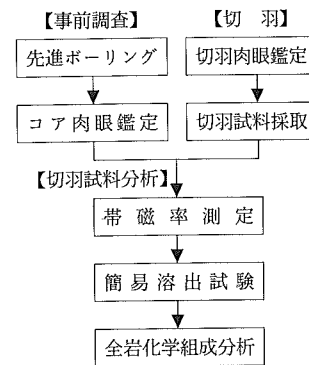


図-2 岩石判定の流れ²⁾



写真-1 坑口ずり仮置き場

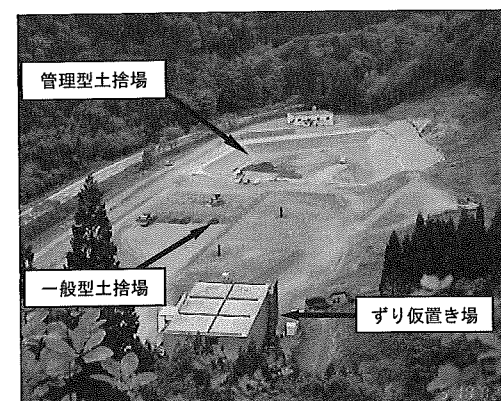


写真-2 大坪工区土捨場全景

うに先進ボーリングのコア鑑定，掘削時の切羽肉眼鑑定，さらに帯磁率測定，簡易溶出試験，全岩化学組成分析によって，管理型と一般型の判定をしました。また，切羽資料採取から判定結果が得るまでに1日かかるため，写真-1に示すように，2区画に区分したずり仮置き場に1日分ずつのずりを区別して仮置きしました。岩石の判定後に土捨場へ運搬することによって，管理型ずりを確実に管理型土捨場(写真-2)に処分しました。

7-5 地質調査ボーリングの施工実績

7-5-1 ボーリングの目的

地質調査ボーリングには，前項で説明した鉍化変質岩を把握することも含めて，以下に示すような目的がありました。

- ① 前方の鉍化変質岩の分布状況を把握して，予想と比較することによって，管理型ずり量を事前に推定します。
- ② 地質調査ボーリングのコアを詳細に観察し，その結果をトンネル掘削時に切羽肉眼鑑定を行う際に参考にします。
- ③ 湧水量，削孔速度などのボーリング時の情報とコアの観察結果から地山を評価して，支保パターンを事前に想定します。

7-5-2 ボーリングの方法

(1) ボーリング工法

大坪工区の斜路および本坑の全線にわたって地質調査ボーリングを実施しました。斜路坑口からのボーリングと，斜路と本坑交点から八戸方へのボーリングは，切羽作業に影響しないので，シールドリバース工法で200～300m程度のボーリングを行いました。

このほかの切羽から実施するボーリングは，①切羽の進行に極力影響を与えないこと，②2日間で100m程度のボーリングができること，③コアが採取できること，をねらいとして，PSワイヤライン工法を採用しました。

(2) 削孔位置・方向，削孔径

切羽での削孔位置は，側壁から1m程度離れた位置で，高さはロッド継ぎ作業のやりやすいベンチ上1m程度の高さで実施しました。鉛直方向の削孔方向は，トンネル勾配に合わせて，斜路では下向き5%，本坑では上向き1%としました。水平方向は，ボーリング孔からの湧水が切羽に影響しないように，3°トンネル外側方向へ向けました。

削孔径は，シールドリバース工法とPSワイヤライン工法それぞれの削孔径を表-1に示します。

7-5-3 ボーリング実績

大坪工区での地質調査ボーリングの実績を表-2にまとめて示します。

(1) シールドリバース工法

シールドリバース工法によるボーリングは2回で，削孔長は330m，200mでした。斜路坑口からのボーリング状況を写真-3に示します。

(2) PSワイヤライン工法

PSワイヤライン工法によるボーリングは斜路で5回(平均削孔長：85m)，本坑で57回(平均削

表-1 八甲田トンネル(大坪工区)地質調査ボーリングの削孔径

工法	シールドリバース工法	PSワイヤライン工法
削孔径	330m削孔の場合のケーシング径 φ216(口元管) : 14m φ165(内管φ130) : 74m φ130(内管φ105) : 218m φ105(内管φ80) : 330m	PS-89 削孔径 : φ101 アウターチューブ : φ89 インナーチューブ : φ60.5 ドリルロッド : φ89

表-2 八甲田トンネル(大坪工区)地質調査ボーリング実績

トンネル別	トンネル延長(m)	工法・使用機械	ボーリング回数(回)	ボーリング延長(m)		
				総延長	1回あたり延長	平均延長
斜路	738	シールドリバース工法 TOP-LS13	1	330	330	330
		PSワイヤライン工法 RPD-150SL	5	425	67～104	85
本坑	4,300	シールドリバース工法 TOP-LS13	1	200	200	200
		PSワイヤライン工法 RPD-130C RPD-150SL	57	4,283	42～156	75
合計	5,038	—	64	5,238	—	—

孔長：75m)実施しました。ボーリングの頻度は2週間程度ごとで、土・日の切羽作業休止日2日間を利用しました。削孔機は、斜路切羽からのボーリングにはスキッドタイプを使用し、本坑切羽からのボーリングには主にクローラタイプの機械を使用しました。

このうち、スキッドタイプの削孔機を使用した

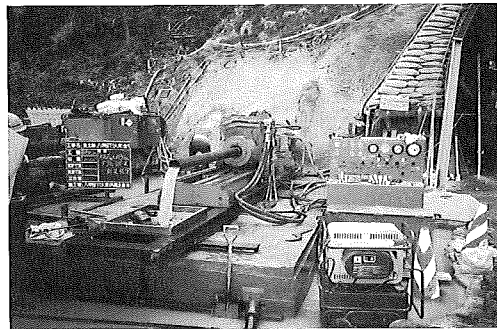


写真-3 シールドリバース工法ボーリング状況(斜路坑口)

表-3 PSワイヤライン工法(スキッドタイプ)の主要機械

機械名	仕様	電動機出力(kW)	台数(台)
削孔機	RPD-150SL-K3	55	1
パーカッションワイヤラインツール	PS89	—	1式
削孔ポンプ	MG-25	18.5	1
水中ポンプ	2インチ	1.5	1
水槽	3.6m ³	—	1
発電機	45kVA	41(エンジン)	1
コンプレッサー	5m ³ /min	38(エンジン)	1

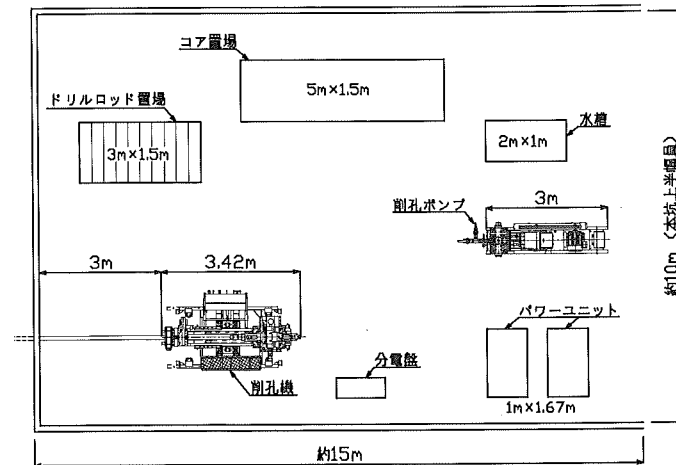


図-3 PSワイヤライン工法(スキッドタイプ)の機械配置

場合の主要機械と機械配置状況を表-3、図-3に示します。

また、本坑切羽でのクローラタイプの削孔機によるボーリング状況を写真-4に示します。

7-6 地質調査ボーリングの評価

大坪工区の全線にわたる地質調査ボーリングによって以下のような情報と効果が得られました。

7-6-1 鈹化変質岩の分布状況の把握

詳細なコア観察を行い、黄鉄鈹が確認される箇所および変質を受けていると推定される箇所については溶出試験も実施して、鈹化変質岩の分布状況を把握しました。これによって管理型土捨場の必要容量を事前に推定できましたので、ずり処理に遅れることなく管理型土捨場の容量を確保し、管理型ずりを適切に処理することができました。

また、先進ボーリングのコア観察によって、鈹脈の位置を正確に捉えることができ、コア観察の結果をトンネル掘削時の切羽肉眼鑑定の際の参考とすることで、切羽試料の分析も含めて、掘削したずりの判定を1日以内の短時間に行うことができました。この結果、ずり仮置き場の必要容量は2日分の容量に抑えることができました。

7-6-2 切羽前方の地山状況の把握

コア観察によってコアの状況を評価点で評価し、ボーリング時の情報も勘案して、あらかじめ支保パターンの想定と補助工法の検討を行いました。ま

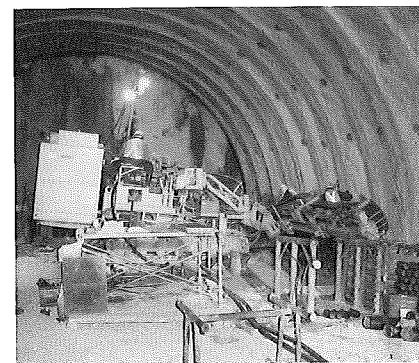


写真-4 PSワイヤライン工法ボーリング状況(本坑切羽)

た、ボーリング時に得られた湧水状況、不良地山などの地山情報からも補助工法の検討を行いました。これによって、作業の安全性が確保されるとともに補助工法の資材を事前に準備する時間的な余裕が生まれたため、切羽を長期間停止するようなトラブルもなく、順調に掘進することができました。

(文責：伊藤範行・鹿島建設(株))

参考文献

- 1) 服部修一・太田岳洋・木谷日出男：鈹山地域におけるトンネル掘削ずりの管理手法に関する検討、トンネル工学研究論文・報告集、Vol.12、pp.53-60、2002.11.
- 2) 服部修一・藤沼慶正・太田岳洋：八甲田トンネルの掘削近況と鈹化ずりの管理手法、トンネルと地下、Vol.34、No.11、pp.7-14、2003.11.
- 3) 野々村政一：鈹化変質帯を貫く八甲田トンネルの岩質判定手法と処理方法について、土木学会関西支部平成17年度講習会テキスト・地盤の可視化とその評価法、pp.S1-S8.

⑧ 小断面TBMからの先進ボーリングの事例(第二東名高速道路富士川トンネル西工事)

8-1 はじめに

TBM工法の特徴は、高速掘進性にあります。これを発揮させるためには、純掘進速度とともに稼働率を向上させる必要があります。断層破碎帯などで切羽前方地質が事前に把握できていれば、

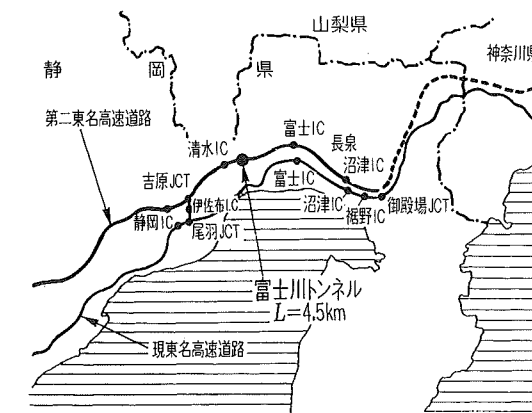


図-4 富士川トンネル位置図

これに起因するトラブルを予測することができません。その結果、TBM掘進モードの選択、支保パターンの変更、押し出し性地山での拡幅掘削工準備などの、適切な対策工や補助工法が選択できるようになります。

ここでは、第二東名高速道路富士川トンネル西工事(図-4)で採用した、ずり運搬用の直径3.5m小断面TBMからの先進ボーリングの事例を紹介します。ロータリーパーカッション式のボーリングで、ワイヤラインによるコア採取をしています。さらにボーリングマシンに掘進速度、推力、トルクなどのセンサを取り付け、ボーリング時の穿孔エネルギーを指標化し、TBMの掘削エネルギーや地山等級との対比も行っています。

8-2 工事概要

以下に、工事概要を示します。

工事名：富士川トンネル西工事
 発注者：日本道路公団
 工事場所：静岡県
 工期：平成8年3月～平成11年2月
 延長：4,800m
 内空断面：9.6m²
 掘削工法：TBM
 ずり出し方式：ベルトコンベヤ方式

8-3 地質概要

図-5に富士川トンネルTBM坑の地質縦断図を、表-4に地質層序を示します。トンネルの地質は、トンネルのほぼ中央部で交差する入山断層を境に、西側は新第三紀鮮新世の浜石岳累層の砂岩、礫岩および泥岩が向斜構造で分布します。岩自体は硬質ですが断層帯の影響を受けて、亀裂が発達した地山です。

東側は第四紀更新世の泉水砂礫、岩淵火山岩層、鷺の田礫層が分布します。

入山断層帯の中央部には非常に軟質な緑色の断層粘土が分布しており、地山強度比0.4以下と押し出し性の地山が存在します。

泉水砂礫層は入山断層付近に分布する最大直径50mmの円礫を多量に含む半固結状態です。岩淵火山岩は東側ほぼ全域に分布し、安山岩、凝灰岩が

数m間隔でめまぐるしく変化し、また硬軟の差が大きく、凝灰岩は土砂状のものも存在する地層です。

切羽湧水は、浜石岳層部の向斜軸底辺で2t/min、有瀬川直下付近で3~5t/minありました。

全体的に湧水は岩淵火山岩で多く確認されましたが、いずれも約1週間で枯渇しました。鷺の田礫層は岩淵火山岩の上位層で、円礫が多く存在する帯水層で大量湧水が予測されましたが、懸念した鷺の田礫層はTBM掘削断面内には出現しませんでした。

表-4 地質層序

地質時代	地質名	記号	
新 生 代	完新世	沖積世	dℓ
		崖錐堆積物	dt
		段丘堆積物	tf
	第四紀 更新世	鷺ノ田礫層	Sg
		礫・砂・シルト互層	Saℓ
		岩淵火山岩層	Itb
		安山岩溶岩	Il
		泉水砂礫層	Seg
	第三紀 鮮新世	浜石岳累層 中部層	H2s
		砂岩優勢層	H2g
礫岩優勢層		H2g	
	安山岩類	Ha	

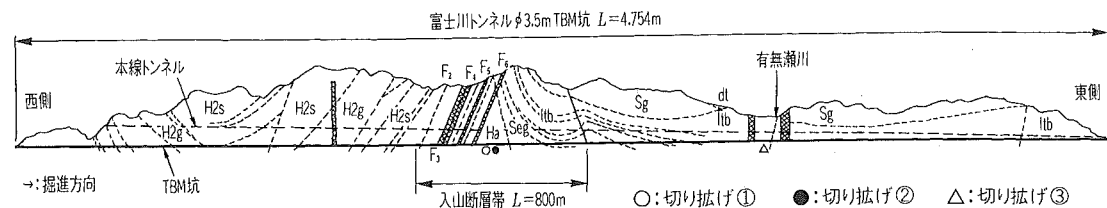


図-5 TBM坑の地質縦断面図

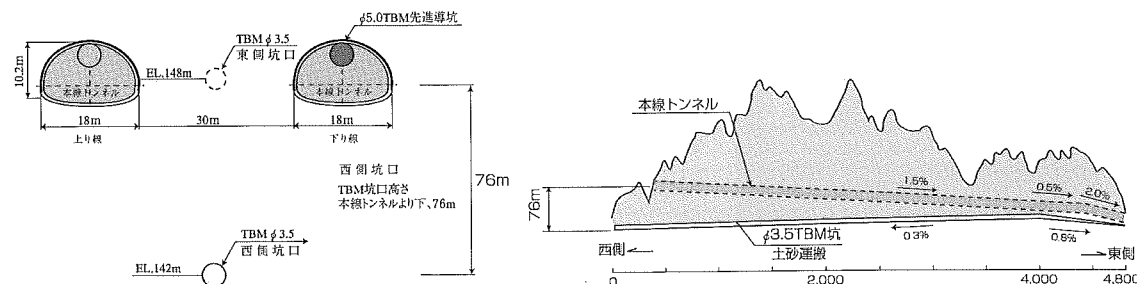


図-6 TBM坑と本坑の位置関係

8-4 施工概要

直径3.5mのTBM坑は、本線トンネルの施工に先立って本線断面外に掘進するものです。TBM坑の目的は、①東工区の本線工事発生土をTBM坑を利用し、ベルトコンベヤで西側に搬出し本線盛土へダンプ運搬する、②本坑掘削に向けての地質状況の把握と湧水調査の基礎データを収集するなどです。直径3.5mTBMと本坑の位置関係を図-6に示します。

トンネルのほぼ中央部には入山断層帯(1本の断層ではなく断層帯として定義され、粘土化した破碎帯、亀裂帯が連続する)が約800m存在することがわかっていました。この入山断層帯を突破するために、ラップ長をとりながら先進ボーリングをくり返し実施しました。

8-5 TBMの仕様

写真-5にTBMの外観を、表-5にTBMの仕様を示します。

TBM掘進時のずり出し設備は、延伸ベルトコンベヤを採用し、TBM坑掘削完了後も東工事発生土の運搬に使用できるよう残置しています。そのため、ベルトコンベヤの運搬能力は東工事からの発生土量の運搬能力で計画しています。

8-6 先進ボーリング

大規模な入山断層帯および泉水砂礫層と岩淵火

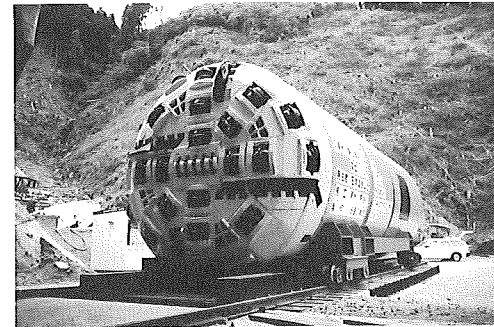


写真-5 TBMの外観

表-5 TBMの仕様

形式	フルシールド	グリッパ力	max 1,440tf
外径	φ3,500mm	ストローク	150mm
全長	9,200mm	ずり出し能力	max 100m³/h
主推力	max 800tf	カット個数	27個
ストローク	1,100mm	総出力	約750kW
推進速度	max 8 cm/min	TBMデータ	モニタ表示
補助推進力	max 800tf		自記録

表-6 ボーリングマシンとツールの仕様

ボーリング機械	全油圧式ロータリーパーカッションドリル アロードリル(RPD-100SF)		
データ収録装置	BDR-3SF		
ポンプ	MG-15hFV		
ツール	ビット	φ133×137mm	二重管部
		φ89×101mm	単管部
	ドリルロッド	φ133×1.0m	22本(二重管)
		φ89×1.5m	36本(単管)
コアサンプラー	φ89×1.0m	60本(単管)	
コアサンプラー	ワイヤライン方式		

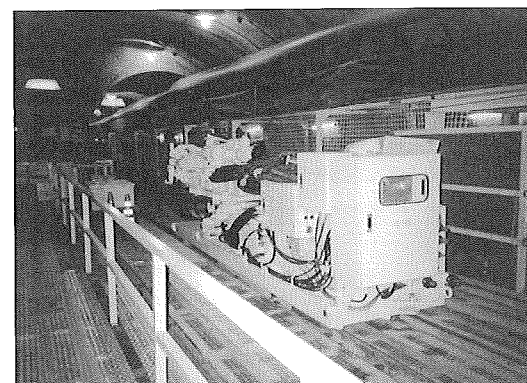


写真-6 平台車搭載ボーリングマシンの外観

表-7 ボーリングの仕様

削孔位置	孔口部	深部
孔口からの深度(m)	0~10	10~100
孔径(mm)	φ137	φ101
ツール	二重管(φ133)	単管(φ89)

山岩層の地質境界付近で、地質調査と水抜きを兼ねた先進ボーリングを実施しました。

8-6-1 ボーリングマシン

作業効率とコア採取率などを考慮し、ノンコアでの高速削孔と急速コアサンプリングが可能な全油圧式パーカッションドリルを採用しました。ボーリングマシンは平台車に搭載し、バッテリーロコで牽引しました。

表-6にボーリングマシンとツールの仕様を、写真-6に平台車に搭載したボーリングマシンの外観を示します。

8-6-2 ボーリングの仕様

表-7に先進ボーリングの仕様を示します。有効探査長を長くするため、ボーリングの掘進開始位置はフルシールドタイプのTBMの後胴直後としました。掘進方向は進行方向左側に外向き5°、勾配は水平としました。TBMに近接する区間では、地山のゆるみや削孔水の影響を考慮して二重管削孔とし、それ以奥は単管削孔を基本としました。

掘進長は100m以上を目標としました。途中で掘進できなくなった場合は、ラップ長20mをとって次回のボーリングを行いました。

先進ボーリングでは、ワイヤラインサンプリングによるコア採取を行いました。また、掘進速度、推力、トルクなどのボーリング機械データを掘進長4cmごとに測定しました。

8-6-3 先進ボーリングの手順

図-7にボーリングの実施状況を示します。先進ボーリングの手順は以下のとおりです。

- ① ボーリングマシンは平台車に搭載し、バッテリーロコで搬入し、TBM後続台車の横を通り、所定の位置で停車させます。
- ② ボーリング時の掘進反力を取るため、台車と枕木をチェーンブロックで固定します。
- ③ 口元をエアハンマーではつり成形します。

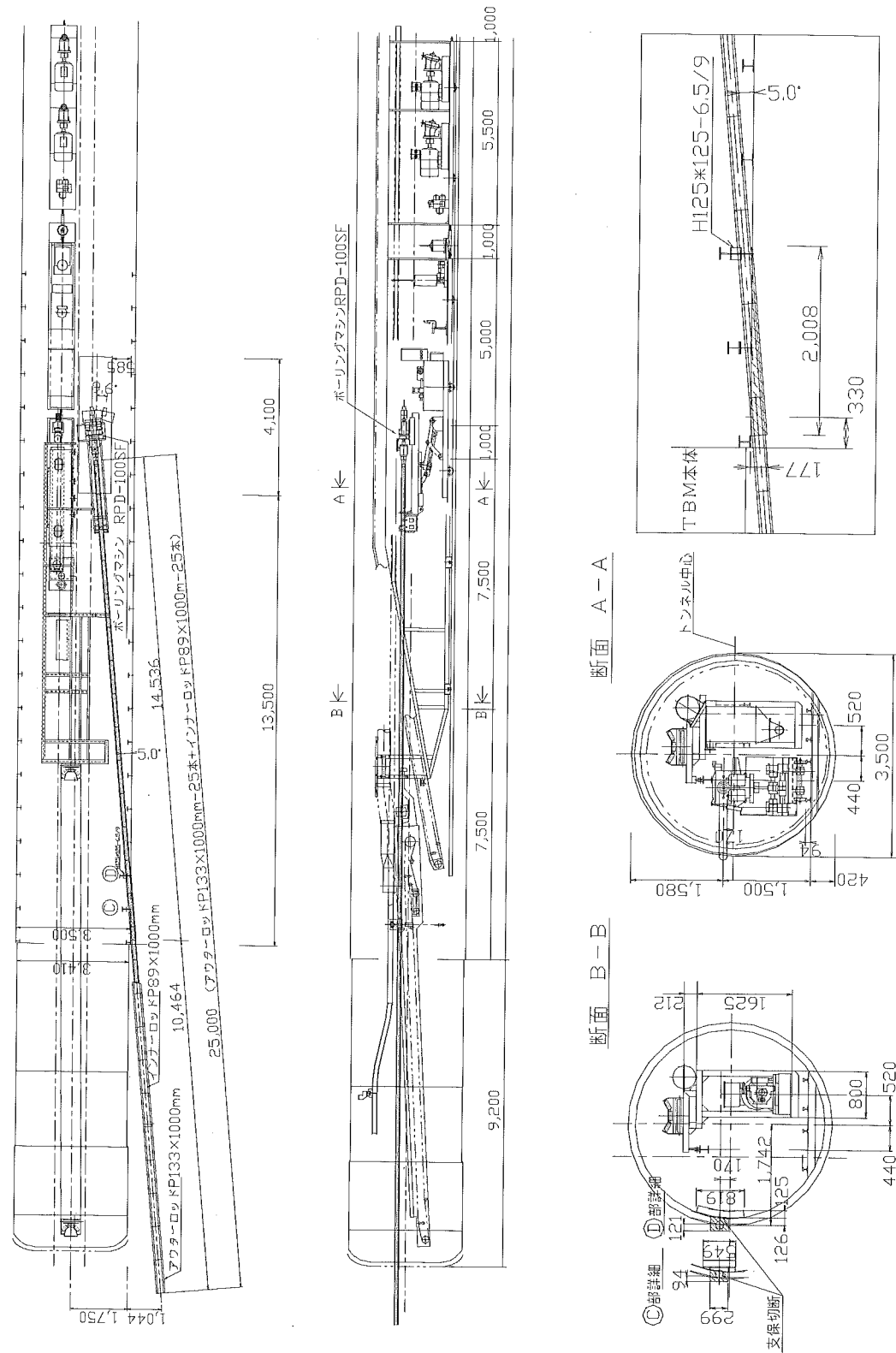


図7 先進ボーリングの施工状況

- ④ 外向き5°という鋭角で掘進するため、手前の鋼製支保工(H-100)2基がドリルロッドに当たります。そのため、補強鋼材を溶接したうえでドリルロッドに当たる部分を切り取ります。
- ⑤ ボーリングマシンと孔口が離れるので、鋼製支保工にL形鋼を溶接して、ドリルロッドを支えるようにしました。

8-6-4 ボーリングの作業工程

表-8にボーリングの作業工程を示します。昼夜作業で3日間でL=100mの先進ボーリングを実施しています。

作業日	第1日 昼	第1日 夜	第2日 昼	第2日 夜	第3日 昼	第3日 夜
(1)準備工						マシン設置
(2)孔口部削孔						二重管(0~10m)
(3)深部削孔						単管(10~100m)
(4)あと片づけ						

8-7 穿孔エネルギーの測定

8-7-1 穿孔エネルギーの計算

穿孔時には、ボーリング機械データを4cm間隔で測定し、打撃エネルギーE(kgf・m)、打撃回数n(bpm)、穿孔速度V(cm/min)および穿孔断面積A(cm²)を用いて、穿孔エネルギーE_p=E×n/V/A(MPa)に指標化しました。

このE_pとトルク、送水圧力の深度軸での変化およびスライムや部分コアの観察結果などにより、先進ボーリング区間の地山等級を推定しました。

8-7-2 穿孔エネルギーと地山等級の対比

図-8に入山断層帯での先進ボーリング機械データとTBM機械データ、およびこれらからの推定地山等級、当初設計時の地山等級、TBM掘削時の坑内観察調査結果からの実施支保パターンを対比して示します。

これらの結果から、以下のこ

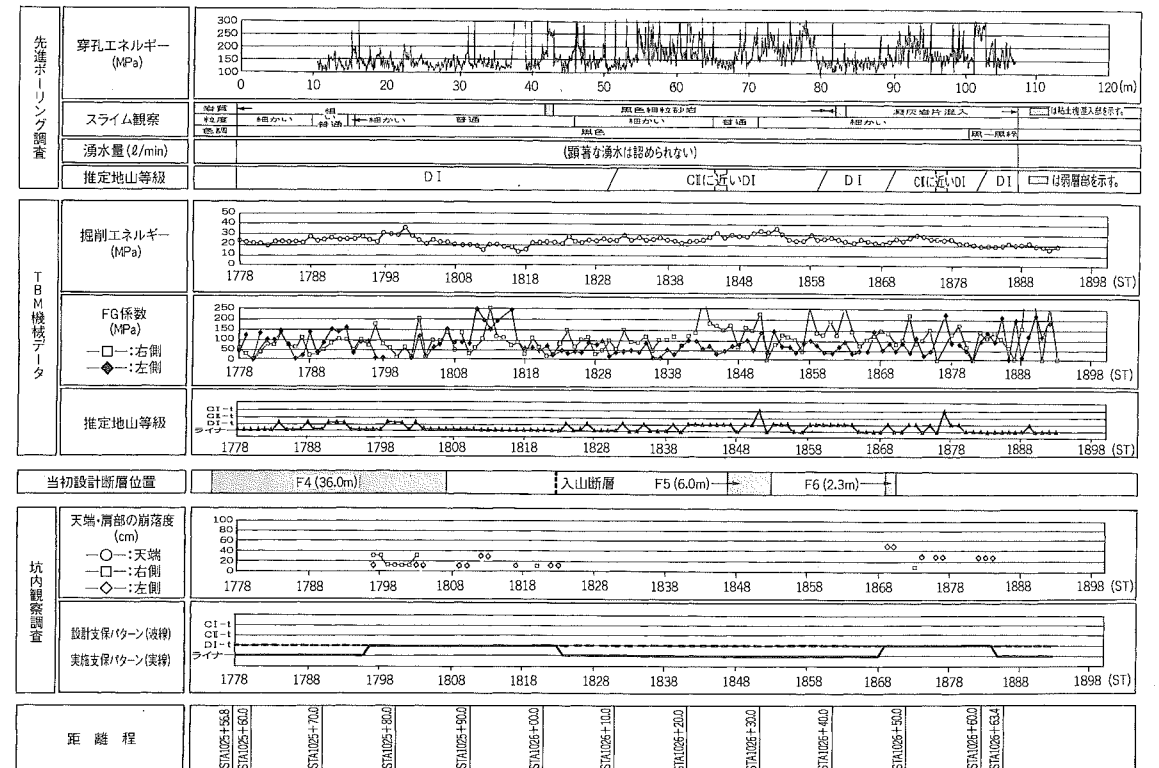


図-8 先進ボーリングの穿孔エネルギーと地山等級の対比



写真-7 先進ボーリングからの大量湧水

とがわかりました。

- ① ボーリング機械データからの穿孔エネルギーと、TBM機械データからの掘削エネルギーの変化の様子は同様であり、これらの数値の変化により地質の硬軟が識別できます。
- ② スライムの色調や粒度などの変化から地山等級を判定するのは難しいですが、これらに加えてボーリング機械データと評価基準値などによる数値化により、地山等級のC、Dの判定は可能でした。
- ③ 実施支保パターンは切羽前後の地山性状の変化などを加味して決定するので、結果的にはボーリング機械データからの穿孔エネルギーとの対応は困難でした。

8-8 水抜き

泉水砂礫層と岩淵火山岩層の境界で実施した先進ボーリングでは、最大3t/minの大量湧水を確認しました。写真-7に先進ボーリングからの大量湧水の状況を示します。

泉水砂礫層はマトリックスがシルト質で透水性が低く、背後の岩淵火山岩類の開割れ目に滞留していた地下水が大量湧水となったものと判断しました。湧水量の減少傾向が確認できたので、湧水量の減少を待ってTBMの掘進を再開しました。

8-9 先進ボーリングの評価

小断面TBMからの先進ボーリングの事例を紹介しました。従来のノンコアでスライムから推定していたのに比べて、ワイヤラインサンプリングによりサンプルを採取して確認することで、格段に地質の判定がしやすくなりました。

また、ボーリングマシンの機械データから、穿孔エネルギーを指標化し、切羽前方の地山等級の予測に役立てることができました。TBMの高速掘進を達成するため、先進ボーリングは有効な調査方法であることが確認できました。

また、先進ボーリングで突発大量湧水を確認し、先進ボーリングの水抜き効果により、TBMを掘進することができました。

(文責：泉谷泰志・清水建設(株))

参考文献

- 1) 清水建設(株)編：富士川トンネル西工事，工事誌。

連載講座を終えるにあたって

トンネル工事に携わっている技術者でも、現場でさまざまなボーリング技術にお世話になっているものの、ボーリング技術について深く理解していない場合があります。当小委員会では8回にわたって、ボーリングの歴史、各種ボーリング工法、ボーリング機器とその性能について紹介しました。また、先進ボーリングの適用性や効果、あるいは実際に先進ボーリングを計画する際の施工計画の基本について解説するとともに、地質調査や水抜きボーリングなどの最新の施工事例を8事例紹介しました。

最近の先進ボーリング技術の効果がはっきりと現われている事例として、第5回や事例⑧で紹介したTBMの掘進における先進ボーリングが挙げられます。最近のTBM掘削では、切羽前方へ短尺の先進ボーリングである削孔検層を取り入れている例が多くあります。それにより、事前に断層破砕帯などの不良地山を把握して、それを到達前に対策することで容易に突破し、TBMの高速掘進を確保しています。それを導入する以前は、前方がわからないまま破砕帯など不良地山に突っ込み、TBMが拘束される事態が多く発生していました。削孔検層は、TBMの高速掘進という実力を発揮させるための有効な道具になってきたと言えます。

大土かぶりなどで断層破砕帯の位置や規模など、事前の地質調査が十分といえない場合に、先進ボーリングで切羽前方地山を把握することはトンネルの安全な掘削と合理的な施工に欠かせません。高圧・大量湧水地山で前方地山状況を読めない状況でトンネル掘削する場合、湧水を伴う切羽崩壊によるトンネルの埋没や地表面陥没などが発生する場合があります^{1),2)}。地山条件などから、そのような事象の発生が考えられるトンネル工事では先進ボーリングで地質・帯水帯を把握し、水を抜いて水圧を下げるのが肝心です。このようなボーリングの追加の判断には難しいものがありますが、事前調査や地山の状態、ボーリングの追加による工費・工期の増加と災害に至ったときのリスクなどを総合的に検討することが必要です。

通常のトンネル掘削は、第4回での表現を借りれば、薄暗い中を手探りで歩くようなものかもしれません(第4回では「暗闇」としているが事前地質調査で最低限の情報はあるものとしてここでは「薄暗い中」と表現しました)。そこに、先進ボーリングなどにより切羽前方地山の様子を知ることができれば、薄暗い中を懐中電灯で安全を確かめて歩くことができます。土かぶりが大きくなれば事前調査の精度も悪くなりますから「薄暗が

り」は「暗闇」になり、懐中電灯は道具としてますます重要になってきます。

長尺水平ボーリングの削孔速度や削孔延長の向上などドラスティックなボーリング技術の進歩や削孔データ処理の技術、加えて前方探査技術などが発達し、懐中電灯がヘッドライトになればトンネル掘削もより安全・合理的になるものと思います。当該分野の今後の発展に期待するところです。

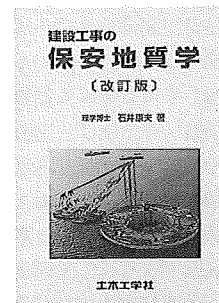
最後に、施工情報を提供していただいた各社・機関に感謝するとともに、忙しいなか執筆していただきました小委員会各委員に御礼を申し上げます。

当連載講座がトンネルに従事する技術者の実務の参考になれば幸いです。

(文責：城間博通・(株)高速道路総合技術研究所)

参考文献

- 1) 都築保勇・黒岩清貴・福入博文・杉本憲一：高水頭未固結砂岩層の大崩落とその克服，北陸新幹線 飯山トンネル(上倉工区・富倉工区)，トンネルと地下，Vol.39, No.8, pp.7-14, 2008.8.
- 2) 藤田芳・谷井敬春・高橋浩・菊地裕一：土かぶり130mの地表面陥没に至った大崩落，上信越自動車道日暮山トンネル東工事，トンネルと地下，Vol.34, No.1, pp.7-14, 2003.1.



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

土木情報 No.430

今月の主な入札結果

(2月10日～3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	国道115号松ヶ房T	大成・鴻池JV	2,757
関東地整	矢切函渠その5	不動テトラ	1,110
"	" その6	青木あすなる建設	935
"	" その7	大林組	2,424
"	圏央道南浅川T	大成建設	710
"	" 笠森Tその3	若築建設	1,408.5
"	付替県道3号T	青木あすなる建設	983.8
"	" 4号T	鉄建建設	1,020
"	付替国道145号(立馬地区)函渠他	佐田建設	253
"	堀之内地区函渠その2	東洋建設	1,395.4
"	さがみ縦貫川尻T	大林組	4,009.2
中部地整	熊野尾鷲道路大吹T大泊工区	清水建設	3,670
"	" " 新鹿工区	大林組	2,626
"	" " 亥谷山T賀田工区	鉄建建設	2,898
"	155号豊田南BP美山南道路建設	間組	2,043.5
"	紀勢線古里第2T	戸田建設	1,037
"	302号緑地共同溝	飛島建設	4,043
"	19号棧T	戸田建設	1,881
近畿地整	大阪北共同溝枚方交野地区	鹿島建設	4,334
"	" " 寝屋川門真地区	鹿島建設	3,835
"	永平寺大野道路大袋T	飛島建設	2,516
"	" " 小矢戸T	飛島建設	2,253
"	" " 杉俣T	銭高組	842.5
"	十津川道路大津呂T	飛島建設	2,345
"	" " 折立地区防災その他	飛島建設	1,370
"	9号京都西立体アプローチ部整備	鹿島建設	2,218
中国地整	仁摩温泉津道路新清水T	福田組	1,036
"	" " 天河内第1T	大本組	1,138
"	尾道・松江自動車道野呂谷第1T外北	佐藤工業	1,668.8
"	" " " 南	鹿島建設	2,373.56
"	浜田・三隅道路吉地第2T	アイサワ工業	2,363.5
四国地整	H20-22川北T	西松建設	1,109
"	H20-22中畑T	鹿島建設	837
九州地整	東九州道(蒲江～県境)葛原T北新設	前田建設工業	2,471
"	" " (佐伯～蒲江)大越T新設	前田建設工業	2,436
"	長崎251号眉山T新設	フジタ	2,655
"	宮崎10号宇和田T新設	前田建設工業	3,153
水資源機構	南摩ダム仮排水路T及び放流管敷設T	前田建設工業	1,448
中日本高速道路	舞鶴若狭自動車道中郷T	不動テトラ	1,364
"	" " 鈴ヶ嶽T	銭高組	1,149
西日本高速道路	関門T床版補修	大成建設	1,850

トンネル ジャーナル

TUNNEL JOURNAL · TUNNEL JOURNAL · TUNNEL JOURNAL · TUNNEL JOURNAL

静清共同溝シールド 貫通

中部地整静岡国道が整備する国道1号静清共同溝12.8km(清水駅前交差点～南安倍交差点)のうち、静岡市葵区長沼～川辺町交差点の区間(3.4km)で、2月10日シールドが貫通した。

同機は、平成18年12月に長沼発進立坑を出発し、このたび、川辺町交差点に到達したもの。今後は、地下と地上を結ぶ立坑工事を行う。

阪和自動車道長峰トンネルが貫通

NEXCO西日本関西支社が建設を進めている阪和自動車道海南IC～有田IC間(9.8km)の4車線化拡幅事業において、長峰トンネルが貫通し、2月11日式典が行われた。

同事業は、昭和59年にI期線として2車線で開通した同区間について、利用交通量の増加にともない頻発していた渋滞を解消する目的で、4車線化するもの。この区間にある3トンネルなかでは同トンネルが最後の貫通となった。

掘削は既設のI期線トンネルの避難坑を拡幅するかたちで行われ、補助ベンチ付き全断面工法による発破NATMが用いられた。避難坑としての機能を可能なかぎり保持しながらの施工としたため、掘削断面付近では落石防護用のプロテクターを設置し、また、発破に伴う爆風、爆音が営業中道路へ影響を与えないために掘削断面より前方の避難坑と避難連絡坑にそれぞれ防爆扉を設置するなどの対策を取りながらの施工となっていた。

冷水トンネルで工事祈願祭

北海道が整備する余市赤井川線赤井川村ほか道路改良冷水トンネル工

事が起工し、2月17日、安全祈願祭が坑口で行われた。

同トンネルは、延長1,281mで、2011年11月末の完成予定。

梅谷トンネル貫通

岐阜県が整備する、県道岐阜関ヶ原線(仮称)梅谷トンネルの貫通式が2月23日、同トンネル工事現場で行われた。

同トンネルは、揖斐郡池田町と不破郡垂井町を結ぶ延長2,156m、幅員6.0(全幅9.0)mの2車線のトンネル。開通の際には国道21号を補完する東西幹線道路として、交通渋滞が軽減するほか、企業誘致や観光産業への支援など、圏域の活性化につながるかと期待されている。

白田トンネル貫通

関東地整長野国道が整備する中部横断自動車道白田トンネル(仮称)が貫通し、2月28日現地式典が催された。

同トンネルは全長約800m、車道幅10.5mの2車線道路で、昨年11月には、ゾウの臼歯と切歯片が発見されており、式典ではこれら化石についての講演なども行われた。

JAPANプロジェクト国際賞

3月9日、JAPANプロジェクト国際賞の授賞式が東京で行われ、基隆河分水路トンネル(設計、施工＝鹿島建設)など7プロジェクトが受賞した。

「JAPANプロジェクト国際賞」は国土交通省が創設した賞で、日本企業が海外において携わった設計、建設工事、不動産開発などプロジェクトに対し贈られるもの。表彰により日本企業とそのプロジェクトが世界的に注目を集めることによる海外におけるプレゼンスの向上をおし

海外進出を支援する。

また、海外で高い評価を得たプロジェクトを日本国内にもわかりやすく伝えることによって、子供や学生の興味や関心を高めることも期待される。

受賞プロジェクトは下記のとおり、国土交通大臣賞：基隆河分水路トンネル工事・サハリンLNGプラント建設工事・天津オリンピックセンタースタジアム

審査委員長賞：英国王立アレクサンドラ子供病院PFIプロジェクト・ケニア国ソンドゥ＝ミリウ水力発電所建設プロジェクト・ラオス・タイ第2メコン橋国際橋建設工事

学生審査委員賞：四川大地震復興プロジェクト一成都市華林小学紙管仮設校舎

新佐呂間トンネル 開通

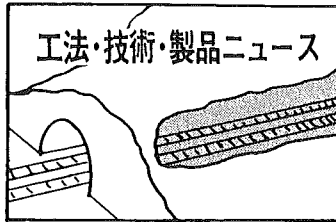
北海道が整備する一般国道333号新佐呂間トンネルが、3月14日(土)、開通し、これに伴い前後区間も開放された。

同区間は佐呂間防災事業として整備され、土砂崩落などが発生する恐れのある箇所を延長5.7kmのバイパスにより迂回した。

緊急車両に対し安全・確実なルートが確保されるとともに、確実な広域交通ネットワークが確保され、物流の効率化や広域周遊観光ルートの形成などの効果が期待される。また、オホーツク圏の中心都市北見市と遠紋圏の中核都市遠軽町を連絡し、オホーツク圏の生活を支えるとともに、オホーツク圏と道北・道央圏の中核都市を結ぶ延長約102kmの幹線道路の一部として機能する。

同トンネル工事では2006年11月7日に発生した竜巻により作業員用のプレハブ小屋周辺が被災、9人が亡くなっていた。

工法・技術・製品ニュース

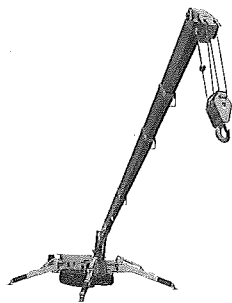


新型かにクレーン 発売

前田製作所は、海外専用機種のかにクレーン<MC405C>を一部仕様を変更し国内での発売を始めた。

同機は、海外専用機として2007年に発売し、欧州を中心とした海外へ年間100台輸出していたが、同機に対する国内顧客からの問い合わせが多かったことや、新たな市場を開拓するため発売に踏み切った。国内のクレーン製造規格に合わせ吊り能力を3.0t未満とし、国内の同型クレーンとしては最大級の仕様とした。

主な仕様は、クレーン容量2.98t×3.5m・最大作業半径16.0m×0.21t・最大地上揚程16.8m。



安定した品質の コンクリート打設を実現

東亜建設工業は、コンクリート打設作業において、関係各所を連携する情報ネットワークを構築して、運行・品質管理情報をリアルタイムに共有できる「コンクリートのトータル打設管理システム」を開発した。

同システムは、コンクリート打設作業において、出荷工場、荷卸し箇所、現場事務所それぞれにPCを、打込み箇所にはPDA端末を配備し

て、携帯電話やPHSなどの通信機器を利用したコンクリート打設管理ネットワークを構築する。

このネットワークにより、運行・品質管理の両面において、関係各所が正確な情報をリアルタイムに共有することが可能になるとしている。

充填検知システム

東洋建設と曙ブレーキ工業は共同で、コンクリート構造物の信頼性を高めるための技術として、「締め固め検知機能を付加したコンクリートの充填検知システム」を開発した。

同システムは、過去に両社が開発したコンクリート充填検知システムで使用するセンサを用い、充填確認とともに振動加速度を測定して締め固めの程度の判定を可能としたもの。

コンクリートの打ち込み時には、高周波コンクリート棒形振動機による締め固めが一般的に行われることから、充填確認のみならず、同時に確実な締め固めがなされたか否かを判断するシステムが望まれていた。

水中ロボットを用いた 配管内面検査

三井造船は、原油タンカーから原油を製油所に送る海底管の内面検査を同社製の水中ロボットを用いて調査を完了させたと発表した。

今回の配管検査で使用した水中ロボットは、多くの実績を有する水中テレビロボのうち、長さが1,200mある清水中性浮力型水中ケーブルを装着したRTV-100MK IIで、内径1mの配管内も、また屈曲部の多い配管内でもスムーズに内面検査ができる小型水中ロボット。

同社では、管路の入口と出口の距離が長い、水の流れがある、管路の断面が小さいなどの条件により、ダイバーによる点検ができない管路の内部点検に同社製の小型水中ロボットが活躍が期待できるとしている。

光る変位計

鴻池組は、山岳トンネル工事における安全管理技術を整備し、「計測結果見える化プロジェクト」を推進するために、神戸大学と北斗電子工業が共同で開発した「光る変位計」を国内で初めて山岳トンネル工事に適用した。

同プロジェクトではLEDを装着した変位計を用い、変位を感知した瞬間に、その大きさに応じて異なる光の色を発し、危険度をリアルタイムで光の色にして表示する。

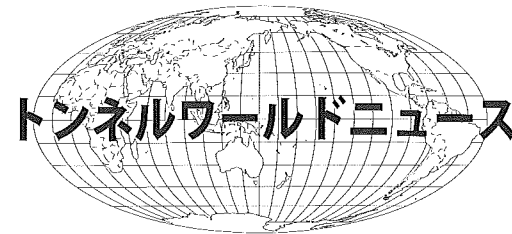
「光る変位計」は五色に変わるLEDを使い、変位量の大きさに応じて色を変化させ、危険度を作業員へ認識させることができる装置で、剛性の高いケーブルに10cm間隔でLEDを取り付け、パネの長さの変化をLEDの光の色に変換する仕組み。例えば、普段は青色に設定し、変位が大きくなり危険度が高まるにつれて赤色に変化するなどして危険の認知性を高める。

建設機械騒音の アクティブ消音技術

戸田建設は、建設機械の低周波騒音をアクティブ消音技術で低減する技術「TANC(タンク)」を開発し、実験で効果を確認したと発表した。

同技術は、建設機械による騒音の発生源であるマフラーから出ている音をマイクロホンで拾い、その音を打ち消す逆位相の音を消音制御装置で発生させ、マフラー付近に設置したスピーカーから出すことにより、騒音を打ち消すもの。TOAの開発したアクティブ消音システムを一部採用している。

この技術を使うことにより、掘削重機騒音(0.7m³クラス)では63Hz帯域において-27dBの低減効果、発電機では50Hz帯域において-17dBの低減効果が実験により確認された。



(社)日本トンネル技術協会
国際委員会

プラハ環状道路の双設トンネルを NATMで掘削中

Metrostav社は、プラハのSpelc双設トンネルでAtlas Copco社製ジャンボRocket Boomer L2 Cを2台使用し、トンネル全長3kmのうち約2/3のNATM区間の掘削を行っている。トンネルは北から南に向かって掘削され、Vltava川の下を通過し、プラハ市内の環状道路のうちBlanka区間6.4kmの一部を形成することになる。

トンネル掘削は、上半掘削(65m²)、下半掘削(35m²)、インバート掘削(25m²)に分けて行われる。支保工は、厚さ300mmの吹付けコンクリート、ラチスガーダ、金網、摩擦式ロックボルトである。

8月末までに、北行きトンネルは約3/4となる1,180mの掘削を完了し、南行きトンネルは約半分となる870mの掘削を完了している。また、これまでに4方施工で最大月進147mを達成している。

S字を描くトンネル沿いの地質は、先進坑で確認されており、砂質頁岩、粘土質頁岩、細粒珪岩で構成されている。また、先進坑からは圧力注入が実施されている。

圧力注入とジェットグラウトによる地盤改良が必要となった含水砂礫層は、延長160mの小土かぶり区間に分布しており、この区間の土かぶりは最大でも14.5mとなっている。

Spelc双設トンネルは2011年に供用開始予定であり、楕円形のトンネル内空は2車線断面(123.7m²)と3車線断面(172.6m²)からなる。ポリプロピレン繊維で補強される厚さ400mmの覆工には、ポリエチレン製の防水シートが使用される。

(T&TI '08.9 担当:伊藤 彰・(株)間組)

上海の揚子江下を通る 双設トンネルが完成

15.43mの世界最大径を有する2台のシールドによって掘削が行われていた、上海の揚子江下を横断する2本のトンネルが完成した。

2台のHerrenknecht社製ミックスシールドは、揚子江に位置する長興島(Changxing island)の立坑に到達した。この全長7,472mのトンネルによって、上海の浦東(Pudong)と長興島が結ばれた。このS-318型ミックスシールドは、全区間が帯水層で全長7.5kmのトンネルを20か月で掘削し、9月5日に立坑へ到達した。もう一方のシールドは、これよりも3か月早い5月28日に到達している。

2本のトンネルは、完成時にはともに2層構造となり、上層階は3車線の道路として、下層階は地下鉄として利用される。

2010年に上海で開催される万国博覧会に間に合わせられるように完成する必要があり、当初計画よりも10~12か月早く完成した。このトンネルによって、上海~長興間の移動時間が1時間から20分に短縮され、現状のフェリーによる連絡に取って代わることになる。

Herrenknecht社製の2台のシールドは、ともに長さ125m、重さ2,300tであり、地下水を含む砂および粘土層を通るトンネル掘削を行った。水圧は水底から65mより下で最大6.5気圧であった。

トンネル掘削の最大週間進捗は142m、最大日進は26mであった。トンネルの到達精度は高く、Herrenknecht社によると、全長7.5kmの計画路線で27mmそれただけであった。

Herrenknecht社のスポークスマンは、「上海揚子江河底トンネルの貫通は、シールド技術において、画期的な出来事である。すなわち、シールド技術のノウハウを用いることにより、工程、予算、安全の要件が満たされ、大断面トンネル掘削におけるその適合性が証明された」と述べている。

このトンネルは、Changxing Tunnel & Bridge Construction社と、Shanghi Tunnel

Engineering社、Bouygues社およびHerrenknecht社からなるコンソーシアムによって建設された。

(WT '08.10 担当：清田三四郎・鉄道・運輸機構)

BrisbaneのBoggoバス専用トンネルが貫通

Brisbane市のBoggo道路トンネルを掘削していたATM105型のロードヘッダーが先月の終わりにトンネルを貫通させた。これにより、オーストラリアでもっとも長い地下のバス専用道路が完成したことになる。

このロードヘッダーによる作業は、2007年8月以来、延長640mの掘削を行ってきた。トンネルの形状は馬蹄形で、その幅は14m、高さは7m(最終仕上がり内空高さ6m)の掘削が行われた。天端から5.5mのところから1.2mのベンチを設けて掘削し、平均的な掘削断面積は105m²である。

トンネル掘削沿いの地質は変化しており、風化したあるいは硬質の凝灰岩、シルト岩、砂岩から構成されている。支保工は、吹付けコンクリート、鉄筋支保工、ロックボルトで構成されている。

トンネル掘削の多くは、小土かぶりでの施工であり、ある文化遺産下では建物直下6mを通過した。

しかしながら、自立した切羽面を目視しながら掘削したのでトンネル掘削軸に沿っての先行ボーリングによる地質調査を行うことが可能であった。最大土かぶり厚は、掘削幅よりもわずかに大きい15.5mであった。

この計画の承認前の段階で入手できた地質モデルによって、請負者とコンサルタントは、連携して準備作業を行うことにより最良の掘削工法と支保工の方法を選択することができた。

この請負者はThiess社であり、コンサルタントはSinclair Knight Merz社である。この両者はクイーンズランド州政府と共同でこの事業計画を行っていた。また、早い段階からのクイーンズランド州政府との緊密な共同作業は、事業費用の

面においてもより大きな効果をもたらすことになった。

この緊密な共同作業による技術的な検討成果には、文化財となっている建物下での支保工として鉄筋支保工を選択する一方で、一次支保工として吹付けコンクリートを採用したことが含まれている。

天端付近での地質の変化に対応するため、トンネル上部を削孔してアンカーで固定するレジカプセルボルト、またはグラウト注入式ロックボルトで施工した。

延長1.5kmのバス専用道路(その大部分はトンネルであるが)、来年半ばに運用を開始する計画である。

(T&TI '08.10 担当：平山義貴・東京都交通局)

イスタンブール地下鉄でTBMが駅部に到達

Lovat社製TBM(RME257SE Series23100)がGuney Sanayi駅に到達したとGulermak-DogusのJVは発表した。

このTBMはイスタンブール地下鉄拡張工事である。当JVが調達した3台目のLovat社製のマシンである。径6.5m、ミックスフェイスの土圧バランス式であり、Basak Konutlari駅から発進し、Mahmutbey駅までの6,450mの路線の内3,640mまで掘削を終えたことになる。

平均進行は16m/dayであり、最大で22m/dayまで達した。

地質条件は主として粘土・シルト・砂で構成された軟弱地盤であり、土圧は最大で0.5MPaであった。

このマシンは引き続きGuney Sanayi駅から発進し、1,900m先のIstoc駅を經由し、さらに910m先のMahmutbey駅まで掘削する予定である。

(WT '08.11 担当：大村洋史・(株)大林組)

SELI社の新しいDSUマシンがデビュー

イタリアのCrevola Toce III水力発電所工事において、標準のオープン型マシンによる掘削の代

により掘削速度の向上や安全性の向上はもちろんのこと、さまざまな地質条件に対応できると付け加えた。

このTBMは三つの掘削モードがあり、硬岩部でのグリッパ掘削、軟弱部でのグリッパ掘削、さらに破碎帯など弱層部でマシン本体を短くしての単胴シールド掘削である。なお、このマシンには前方探査に加えロックボルトを打設できるドリルを装備している。

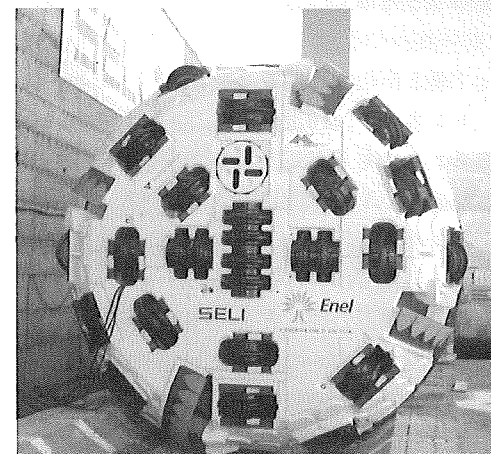
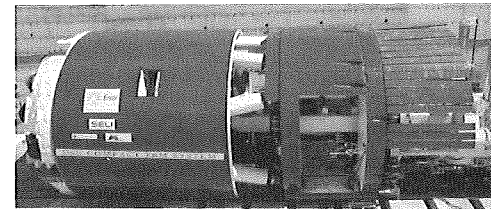
覆工はNATM方式で施工し、セグメントを使用する場合には、プレキャストRCセグメントではなく、スチールセグメントを組み立てるためのエレクタを装備している。後続設備の全長は50~65mと短い、同クラスTBMの倍の能力を持つ集塵機を搭載している。

Crevola Toce III水力発電所プロジェクトの地質は、片麻岩、雲母片岩、大理石、石灰質片岩、ドロマイトの堆積物で構成されている。このシールド(DS-0420-121号機)は19インチのディスクをカット装備し、カットヘッドの回転速度は11r.p.mである。トンネル覆工は鋼製支保工、吹付けコンクリート、ロックボルト、ライニングプレートからなる。

トンネル掘削は吐口側から約6,150mをTBM掘削し、さらに中間地点で約540mはNATMで掘削する。またTBMは坑内で解体され、反対側の呑口側で再組立てを行い発進する。呑口側のトンネル弱層部はNATMで掘削される。

施工会社はSELI・Monti・Giacomini JVで、請負金額は3,550万ユーロ(2007年10月の時点でUS\$ 5,010万ドル、現在はUS\$ 4,580万ドル)であり、工期はトンネル掘削とその他関連工事、2010年末である。

(T&TI '08.11 担当：篠原慶二・前田建設工業(株))



案でコンクリートセグメントを使用しない新しいシステムのコンパクトDSUタイプTBM(ダブルシールドユニバーサル型)のマシン本体、後続設備、ずり輸送設備をSELI社がデビューさせた。

Enel社が発注したこの工事ではSELI社のねらいは、コンパクトDSUシステムによる掘削でNATMより施工速度を上げることであり、この発電量増強のためのCrevola Toce III水力発電所プロジェクトでは、掘削外径4.2m(内径3.9m)でトンネル全長(9,128m)のうち約94%にあたる8,589mをTBM掘削する。

このマシンは、チリのLos Bronces 鉱山プロジェクトで使用したコンパクトDSUマシン(φ4.5m、L=8,125mを掘削)を改造したものである。

SELI社は以下のように語った。このコンパクトDSUシステムは、DS(ダブルシールド)の優位性を維持しながら、システム全長を短くシンプルにし、運転性を向上させ、さらにボルト接合式により解体しやすく設計した。また、統合システム



(社)日本トンネル技術協会 国際委員会

ローザンヌで建設中のm2地下鉄/ Building Lausanne's new m2 metro

World Tunneling, May, 2008, pp.14-16
スイスのローザンヌ(人口25万人)で現在あらたな地下鉄を建設中である。本m2プロジェクトは3億1,700万米ドルの予算で年間2,500万人の乗降客となる計画であり、本年中に開通予定である。本路線は全線で6kmとなり、ジュネーブ湖の湖岸(海拔373m)からEplonges郊外(海拔711m)の高低差338m間を結んでいるため「エレベーター」と名付けられている。このような高低差より6%から12%の勾配を有し、タイヤ式の完全無人自動運転となり、このような急勾配ではもっとも速いスピードとなる。本線は、このうち2.9kmが新規トンネル、2kmが開削工法、0.5kmが旧トネ

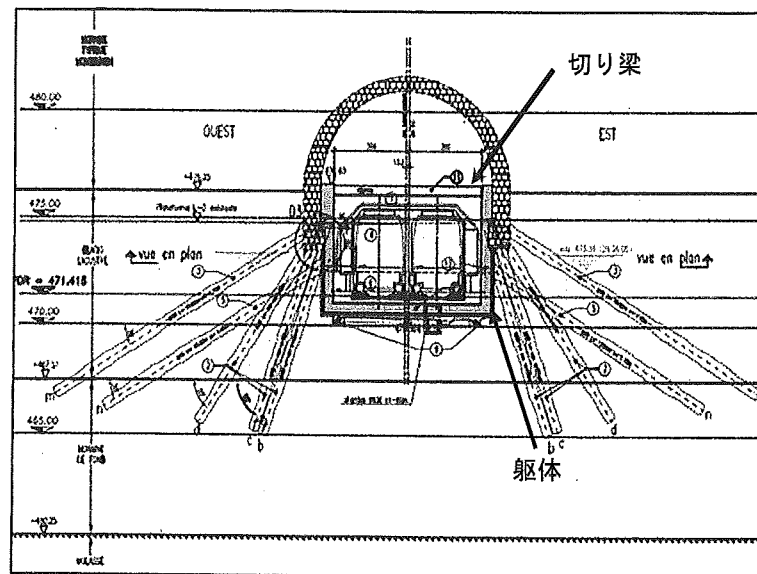


図-1 改築トンネルの模式図

ルのリニューアルとなり、14駅が設置される。m2プロジェクトにおけるトンネルのほとんどは、地下15~25mの位置の比較的良好な地質に建設されるが、いくつかの特徴的なトンネルが含まれている。このうち特筆すべきトンネルとしては、既存のLOトンネルの改築である。このトンネルはジュネーブ湖と市街地を結ぶヨーロッパ初のケーブルカートンネルで、19世紀に建造された歴史的な石積トンネルである。このトンネルを地下鉄仕様とするために、5mの盤下げが必要であった。この盤下げに伴う既設トンネルやトンネル上部構造物に損傷を与えてはいけないことは明らかである。このため、以下の施工とした(図-1参照)。

- ① 既設トンネルの脚部沈下を抑制するために、斜め下方向に3重のジェットグラウト打設による脚部補強の施
② 2mの盤下げ
③ 地山の改良と水平方向の変位抑制のための45°斜め下方向へのジェットグラウトによる地盤改良
④ さらに2mの盤下げとジェットグラウト後、1mの最終掘削
⑤ 躯体の構築と水平方向の変位抑制用切り梁

躯体上部に設置
既設トンネルの安全性の確保と天端沈下の抑制のため、以下のような補助工法を採用した。
・トンネル天端部でのフォアポーリング
・既設トンネル保護のためのグラスファイバー塗布
・ジェットグラウト
・セメントグラウトによる地盤改良
これらの工事を経験しながら、予定工期となる3年半でほぼ完成する予定である。(文責：野間達也・(株)フジタ)

アローヘッドトンネルへの挑戦/The Arrowhead tunnels challenge

By Brian Fulcher, Mike Bell: Tunnels & Tunneling, July, 2008, pp.40-42

アローヘッドトンネルプロジェクトは、南カルフォルニアの乾燥地帯に水を供給するための水路トンネルを建設するもので、トンネル総延長15.6m(東トンネル:9.2km, 西トンネル6.4km)をφ5.8mのTBMで掘進している。

地質は花崗岩・片麻岩・砂岩からなり、世界的に有名なアンドレアス断層を含む17の断層を通過するため、強い押し出し性や高圧・多量湧水が予測された。

これらの地山に対して、TBMにはパーカッションドリルが装備され、先進ボーリングによる切羽前方地質の調査やグラウト注入などの補助工法を駆使して掘進している。TBMの設計水圧は10bar(1MPa)、セグメントは最大水圧27barに対する設計がなされている。

2002年に始まった本プロジェクトは、2008年4

月時点で進捗率96%である。この間、グラウト注入の施工に施工期間の最大70%を費やしながらもTBMは3度拘束される困難な地山条件であったが、2009年には無事完成する予定である。

(文責：内藤将史・戸田建設(株))

地下低温LNG貯蔵において構築されるパイロット空洞周辺の排水システム評価/Evaluation of drainage system around a lined pilot cavern for underground cryogenic LNG storage

Tunnelling and Underground Space Technology, July, 2008, pp.360-372

韓国大田(Daejeon)における地下低温LNG貯蔵施設はソウルから約200km南に位置する。本地下LNG貯蔵は岩盤冷却方式によるため排水システムの検証が重要となりパイロット空洞を用いた水理実験が2002年に開始された。

パイロット空洞の形状は馬蹄形であり、幅4.52m、高さ4.02m、長さ10.64m、地上からの土かぶ

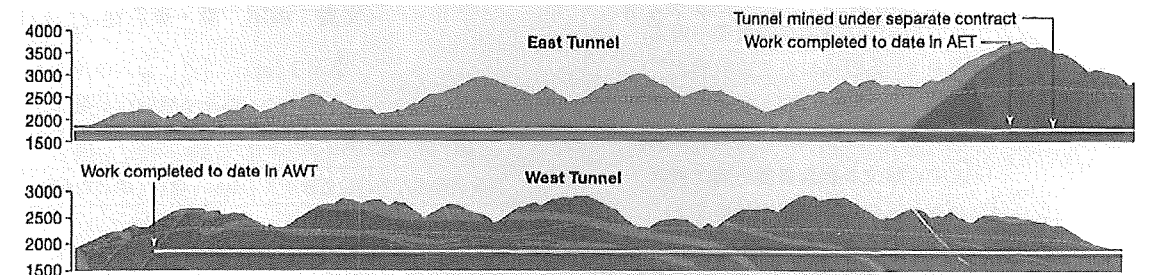
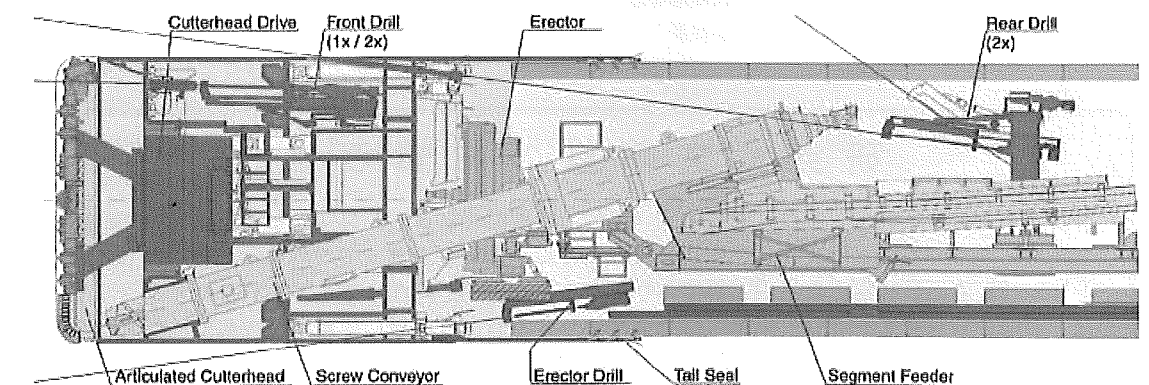


図-1 地質縦断面図



(※南カリフォルニア Inland Feeder Project のパンフレット：「Arrowhead East Tunnel Breakthrough」より)

図-2 ハイブリッドハードロックTBM(ドイツ Herrenknecht 社製)

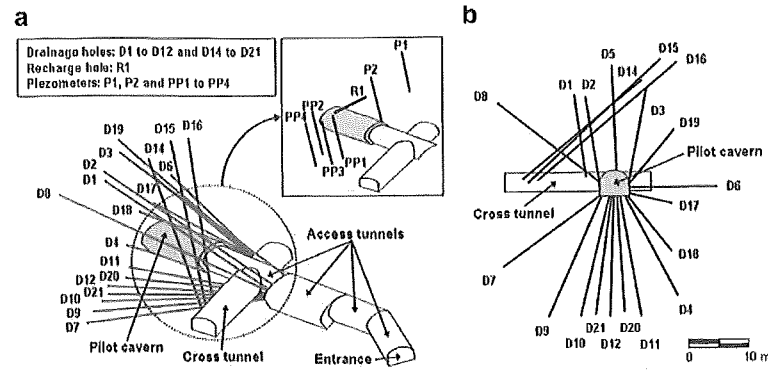


図-1 パイロット空洞の模式図 (a) 排水孔、リチャージ孔、ピエゾメータの配置図、b) 排水孔正面図

りは20m以上である。地質は黒雲母花崗岩を主体とし、ペグマタイト、石英などを含んでいる。

空洞周辺の亀裂調査を行い、最適な排水孔の方向を検討した後、15本の排水孔を設置した(図-1)。実験に入る前にまず排水システムにより周辺岩盤をドライにした後、6か月間かけて液体窒素を空洞周辺岩盤に注入し、岩盤冷却を行った。空洞周辺に十分な冷却ゾーンが形成された後、再び地下水の流入を許すと空洞周辺に1~2mのアイスリ

ングが形成され、これが地下水圧に対抗することになる。2003年4月の乾期に効果試験が実施されたが、側壁の一部で漏水が見られた。さらに3本の排水ボーリングを側壁部で実施し2003年8月の雨期に再び検証を行ったが、今度はパイロット空洞底盤からの漏水が見られたため、底盤に2本の削孔およびグラウト注入を実施した。その結果排水システムは有効に作用したことが確認された。これらの一連の実証実験より以下の事項が明らかとなった。

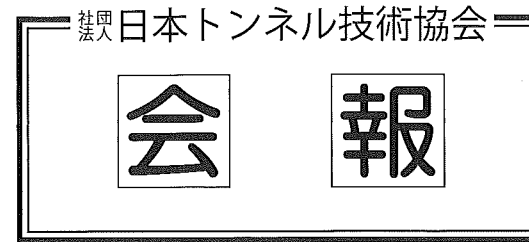
- 排水システムにより空洞周辺からの流入水の97%を処理することができた。
- 排水孔の効率は、地下水の流動条件に大きく依存する。
- 排水孔の間隔や数量が排水効率に及ぼす影響が大きい。

(文責：満尾 満・東急建設(株))

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26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)



1. 会員の現状

	2月25日現在
正 会 員	1,835名
団体会員	334名
個人会員	1,501名

*名誉会員でありますITA初代会長のMuir Wood氏におかれましては本年2月1日ご逝去され、さらに当協会第2代会長の尾之内由紀夫氏におかれましては本年2月12日ご逝去されました。ここにお二方のご生前における当協会への多大なるご貢献に対し改めて感謝いたしますとともにご冥福をお祈り申し上げます。

2. 第193回理事会

日 時：平成21年2月25日(水)12:00~13:00
場 所：東京商工会議所8階「東商スカイルーム」
出席者：理事27名、監事3名 計30名
議 題：

- ①7名の入会と78名の退会を承認
- ②評議員の交替を承認

旧	新	所 属 役 職
清水六三郎	菅野 幸裕	若築建設(株)代表取締役専務

③第35回通常総会議案および進行計画ならびに議案要綱を承認

④当面の主要行事日程を承認

3. 委員会の開催状況(2月1日~28日)

①調査研究関係委員会

◎技術委員会(2/3)

今田徹委員長ほか17名、各小委員会活動報告および21年度計画を検討

4. 国際会議の開催予定

会 議 名	開 催 日	場 所	主 催 者 等
第35回ITA総会およびコンGRESS「都市と環境のための安全なトンネル工法」	2009. 5. 23~28	ブダペスト(ハンガリー)	Hungarian Tunnelling Association (ハンガリートンネル協会) International Tunnelling and Underground Space Association(国際トンネル協会) http://www.wtc2009.org

保守管理小委員会(2/12)

林康雄委員長ほか15名、データ活用事例を検討
山岳工法小委員会支保WG(2/25)
深沢成年主査ほか14名、インバート施工事例を検討

◎特別委員会

飯山トンネル他特別委員会(2/9)

足立紀尚委員長ほか41名、施工データを検討
小土かぶりトンネル特別委員会(2/19)

田村武委員長ほか23名、設計手引書案を検討
相鉄・JR・東急直通線検討委員会打合せ会(2/24)

小山幸則座長ほか7名、委員会資料を検討
北海道新幹線(本州方)トンネル施工技術委員会機械化施工WG(2/26)

小山幸則座長ほか40名、要素実験機等の視察ほか
計 7回開催 164名出席

②運営広報関係委員会

◎総務委員会(2/18)

日月俊昭委員長ほか7名、第193回理事会議題案を検討

企画運営幹事会(2/10)

高山博文幹事長ほか9名、決算見込みと予算案ほかを検討

広報小委員会誌WG(2/4)

大島洋志主査ほか12名、3月号の誌と3か月計画を検討

◎国際委員会

海外文献小委員会海外文献WG(2/5)

大久保誠介主査ほか13名、海外文献を査読

海外文献小委員会海外ニュースWG(2/19)

小島宗隆主査ほか6名、海外ニュースを翻訳

◎事業委員会(2/17)

桑原彌介委員長ほか18名、催物事業計画を検討
計 6回開催 71名出席

合計 13回開催 235名出席

5月号予告[5月1日発売予定]

- 北陸新幹線 第二魚津トンネル
 - 四国横断自動車道 新角谷トンネル
 - 浅草線新橋・大門間環状第2号線交差部工事
 - 1号静清共同溝静岡東地区工事
- 【連載講座】
- 沈埋トンネル(1)

*内容等は変更になる場合がございます

編集後記

◆今月号の報文は、鉄道、道路(山岳、都市)、歩行者道、下水道とほどよいバランスで各種トンネルが掲載されました。一見、無関係に見える各工事ですが、よくながめると、人気米国大統領のキャッチフレーズである「CHANGE」というキーワードでまとめられるかもしれません。

◆ここに掲載された「CHANGE」＝「変更/切替」をみると、さまざまな目的、手段を持ってCHANGEがなされていることがわかります。縦断線形「変更」による施工性・経済性の向上、土工からトンネルへの構造「変更」による安全性の向上、開削またはNATMからシールド工法への「変更」による周辺環境対策、施工条件に即した推進方法に「切替」可能な新型掘進機の採用。これらを読むと、関係者の柔軟な発想と実行力により、社会の要請に的確に対応しながら堅実なインフラストラクチャーの整備がおこなわれているさまを確認できます。

◆日本でも、1995年に人気野球選手による「変わらなきゃ」という自動車メーカーのキャッチフレーズが流行語となっていました。当時はバブルが崩壊し、その後の低迷期に入っていくところでした。同メーカーは「変わらなきゃ」「変わらなきゃも 変わらなきゃ」と唱えながら、その後、外資の導入により急激な回復を見せました。

◆不況になると「変わる」という言葉がキーになるのは変わらないものなのか、と感じながら今月号を編集していただいです。

(K.K.)

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

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

トンネルと地下

第40巻 第4号 [通巻464号]

ISSN 0285-631X

Tonneru to chika

平成21年3月20日 印刷

平成21年4月1日 発行

社団法人日本トンネル技術協会

会長 小森 博

〒104-0041 東京都中央区新富2丁目14番7号(新光第一ビル)

TEL: 03-3553-6174

FAX: 03-3553-6145

http://www.japan-tunnel.org

発行所 株式会社土木工学社

〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16

番地メイジャー神楽坂

TEL: 03-3267-2888

FAX: 03-3267-2807

http://www.tunnel.ne.jp

発行人 山本 育徳

編集人 山本 勝誉

印刷 新協印刷株式会社

本誌の購読について

■購読をご希望の方は、書店または土木工学社へ直接お申し込みください。

■お申し込みの際は、誌名、購読期間、住所、所属、氏名などを明記のうえ、FAX(03-3267-2807)にてお申し込みください。後日、小社より振込用紙をお送りいたします。

購読料

1冊 1,575円(送料108円)

(本体価格 1,500円)

1年 15,000円(前納)

振替 00110-8-190072

本誌広告のお申し込み方法

本誌への広告掲載は小社「トンネルと地下」営業部までご連絡ください。

TEL: 03-3267-2888

本誌掲載記事を無断で複写(コピー)

および転載することは、著作権上での例外を除き、禁じられております。本誌から複写または転載を希望される方は、小社(03-3267-2888)までご連絡ください。

好評発売中

トンネル発破技術のバイブル

わかりやすい

トンネルの発破技術

監修 山田隆昭 B5判 76頁 定価 1,500円+税(送料別途)

火薬類や発破技術の基礎から最新技術まで!
振動や騒音の環境問題を詳述!!

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

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

〈主要目次〉

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

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

株式会社 土木工学社

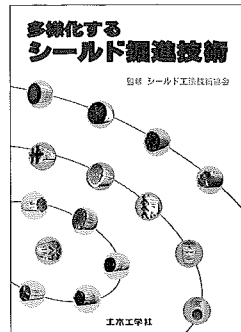
〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16メイジャー神楽坂
TEL 03-3267-2888 FAX 03-3267-2807

好評発売中

多様化する シールド掘進技術

監修 シールド工法技術協会

B5判 141頁 本体価格2,500円



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

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

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

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

【掲載工法】

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

本書は東京都立大学名誉教授の山本稔先生よりご推薦いただいております

申し込み先
(株)土木工学社 〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16メイジャー神楽坂
TEL: 03-3267-2888 FAX: 03-3267-2807

【好評発売中】

シールドトンネルの新技术

シールドトンネルの新技术研究会編 代表 鈴木 章
B5判 約280頁 本体価格4,660円 送料 340円

【推薦の言葉】

東京都技監兼下水道局長・工学博士 村田 恒雄

泥水式、土圧式シールドの開発と実用化により、切羽の崩壊や地盤沈下の防止はもとより、適用地盤の拡大、施工性や作業環境の改善なども飛躍的に進み、都市トンネルの施工法としてシールド工法は一般化されてきた。そして、今日では、立坑の設置や発進などの工夫や、特殊な断面形状や多円形のシールド工法の開発など、今日的なニーズや用途に応じた技術が誕生している。これらの技術は、国内はもとより英仏海峡トンネルの建設でも活用されるなど、広く海外でも日本で育ったトンネル技術として社会基盤造りに貢献している。

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

本書の刊行が、シールド工事のより一層の安全性や経済性に寄与するとともに、新しいシールド技術の発展に貢献するものと確信するものである。

主要目次

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

株式 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
会社 電話 (03) 3267-2888 (代) 振替 00110-8-190072

きりーとーりー線

《ご注文票》

シールドトンネルの新技术 _____ 冊 申込みます。

所在地 〒 ()

事業所名 _____

部 課 名 _____

申込者名 _____

㊞

覆工コンクリート湿潤養生システム

パラソル30ミスト工法

1. 一週間湿潤状態を保ち乾燥収縮によるひび割れを抑制
2. パラソル内でミストを噴出するため坑内の視界が良い
3. 天井部から吊っているためレール敷設が無く移動が簡単
4. ミストのため効率的な養生が出来て路盤の泥濘化を防止

新製品



NATMトンネル二次覆工コンクリートを最適に仕上げます

特許出願中



菅機械工業株式会社

URL <http://www.suga-kikai.co.jp>

本社・大阪支店	〒550-0015	大阪府大阪市西区南堀江3-9-27	TEL 06(6541)7931
東京支店	〒101-0021	東京都千代田区神田司町2-8-4	TEL 03(5296)0551
福岡支店	〒812-0013	福岡県福岡市博多区博多駅東1-13-9	TEL 092(431)7181
名古屋営業所	〒455-0008	愛知県名古屋市港区九番町3-37	TEL 052(653)2491
京都営業所	〒615-0022	京都府京都市右京区西院平町25	TEL 075(314)4460

本製品は特許出願中の技術であり、弊社はその特許出願について製品の実施権許諾を受けております

TFTのトンネル資材

▼ AGF工法

トンネル工事において軟弱地山の先行ゆるみ抑制のためAGF鋼管を打設し、その後注入をおこなうことにより地山を安定させ掘削を可能にする工法で、「AGF-φ工法」等があります。

当社はこれらの「ビットシステム」「AGF鋼管」「ロッド・カップリング」等をご提供します。



削孔用主要部材

●削孔システム



●AGF鋼管



●ロッド・カップリング

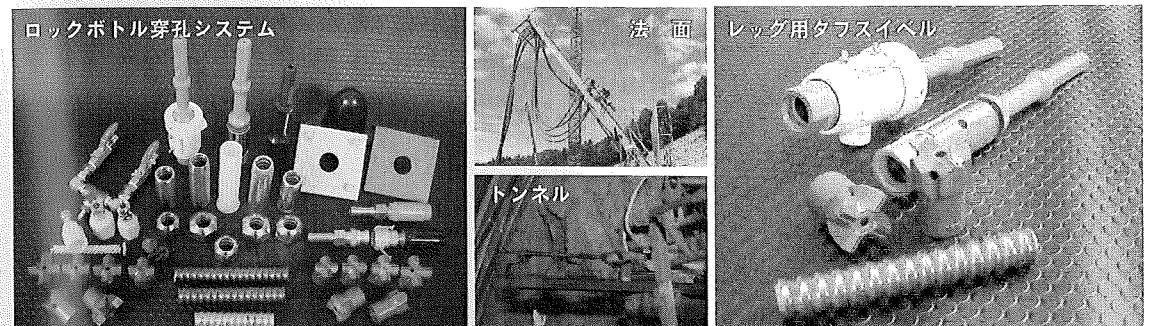


▼ タフボルト (自穿孔ロックボルト)

トンネルのフォアパイリング用ボルトから法面用ロックボルトまで幅広く使用されています。どんな削孔機でも施工でき、しかも小型削岩機も使用可能であり足場費の低減が図られます。

また削孔ビットもφ45～φ65mmと広く準備されています。

品名	外径mm	断面積mm ²	引張荷重	降伏荷重	せん断荷重
TF22	31.5	375	235kN (24Tf)	196kN (20Tf)	125kN (12.7Tf)
TF26	31.5	420	274kN (28Tf)	215kN (22Tf)	176kN (18.0Tf)



TFT 株式会社 ティーエフティー

Tube Forming & Technological

〒220-0051 神奈川県横浜市西区中央1丁目29番16-201号

TEL 045-320-1701 Fax 045-320-1702