

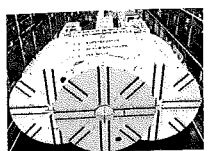
トンネルと地下 **6** vol. 39 no. 6 2008

Tunnels and Underground

側壁脚部に軟弱層を伴う地山を地表より改良
蛇紋岩地山での変形抑制と新しい吹付け応力測定法への取り組み
最新の土木技術により既設鉄道を地下化
大深度立坑から東京航路を横断する水道シールド
繊維補強型RCライナーの継手部耐火性能評価

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号線環状線飯田橋駅
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

(交通新聞提供)

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パイオニアとして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06619-6



4910066190682
01500

日本トンネル技術協会誌



信頼の品質

技術提案に好適!!
デンカの特種混和材

デンカの酸性液体急結剤
 初期強度発現がバツグン

《デンカクリアショット》

酸性液体急結剤 **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 85/50

- ・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

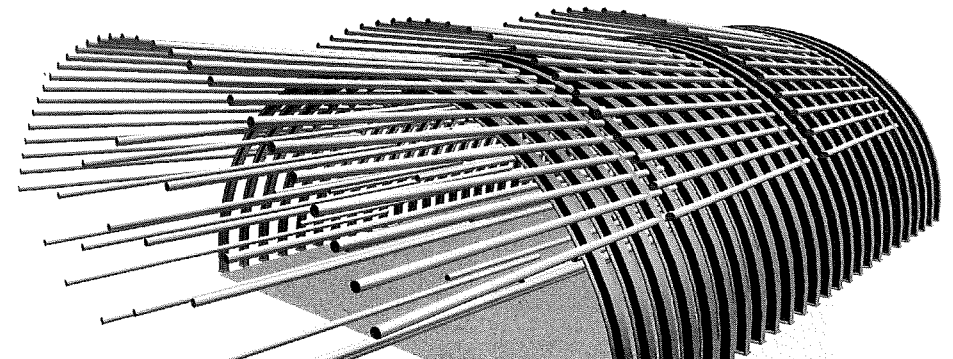
電気化学工業株式会社

特殊混和材事業部
 東京都中央区日本橋室町2-1-1
 電話 03-5290-5558

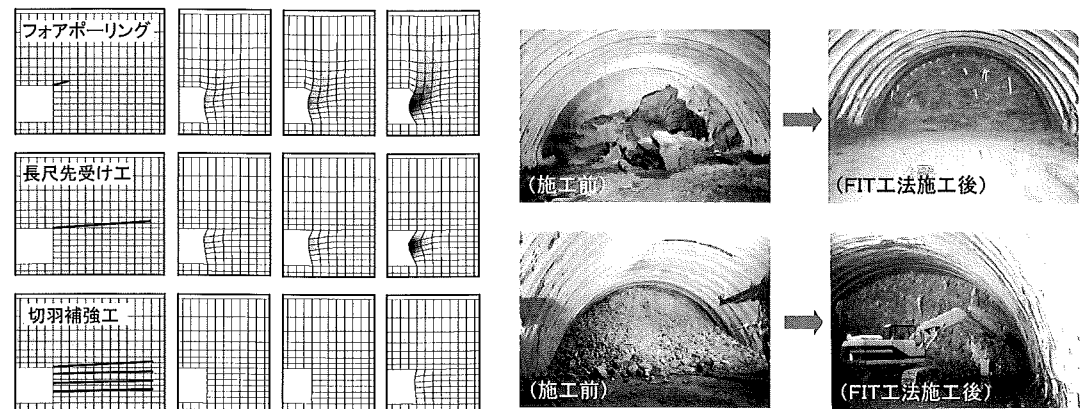
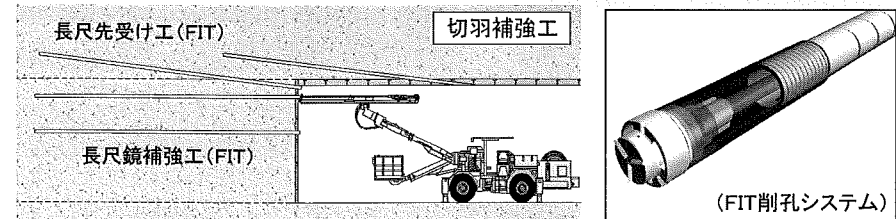
全方位 GFRP 管長尺補強システム

NETIS登録
 (No. CB-030065)
 施工実績 150 件以上

FIT 工法
 FRP INJECTION TUBE



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)

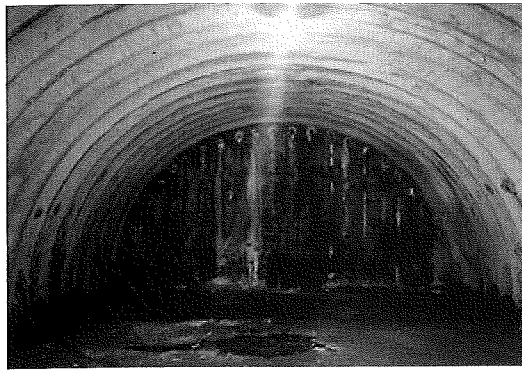
KFC 株式会社 ケー・エフ・シー

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

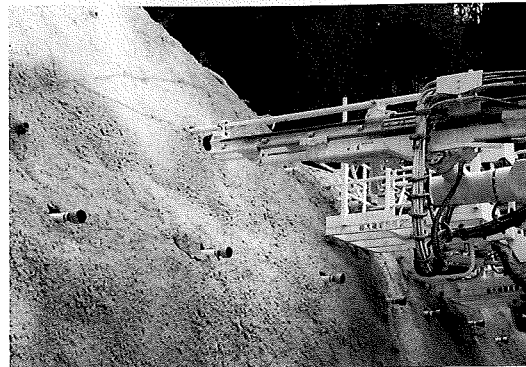
ホームページ <http://www.kfc-net.co.jp/>

日本で生まれ、世界へ広がる。 NATMの補助工法

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



(施工例)断面内からの無拡幅AGF工法



(施工例)鏡面への小口径二重管削孔システム

AGF工法のバリエーション

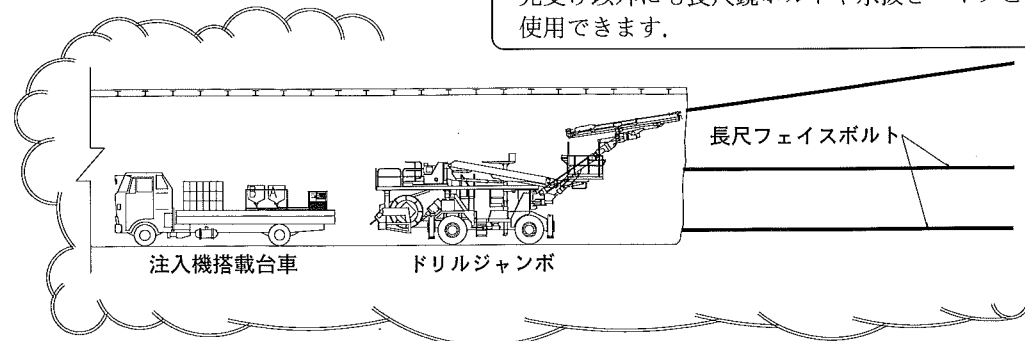
プロトタイプ
無拡幅タイプ
最小拡幅タイプ

小口径二重管削孔システム

鋼管径φ89.1mm～60.5mmまで対応ができ、鋼管・スリット管・特殊樹脂管が選べます。

先受け以外にも長尺鏡ボルトや水抜きパイプとして使用できます。

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



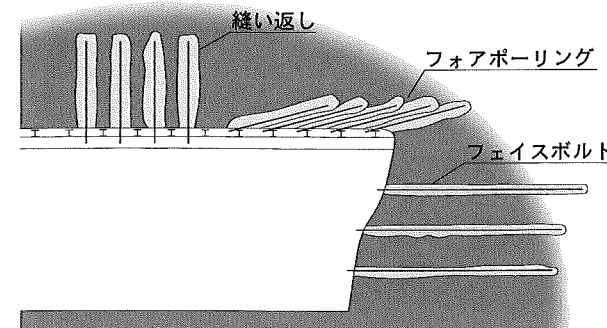
注入材のバリエーション

- シリカレジ注入材
 - ・スーパーSRF(標準タイプ)
 - ・スーパーSRF(Sタイプ)
 - ・スーパーSRF(低粘度タイプ)
- ウレタン注入材
 - ・ガンバンスーパーS
- 無機系注入材
 - ・シリカセーフ



(施工例)固結状況

注入ボルトのバリエーション



注入式フォアボーリングや鏡ボルト等に使用する注入ボルトとして、

- ・PUボルト
 - ・KATアンカー
 - ・GPRマルチタイプロックボルト
- 等があり、地山条件や使用目的に応じて選択できます。

主要営業品目

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

KATECS

株式会社 カテックス
建設資材事業部

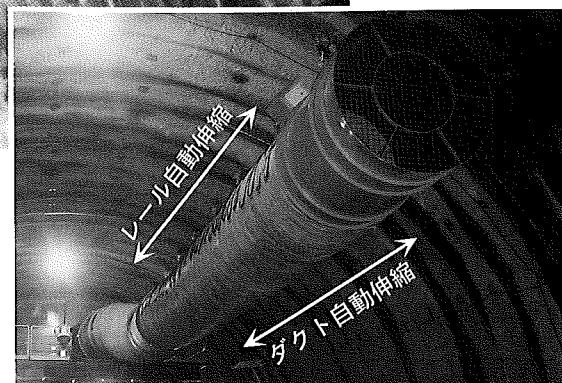
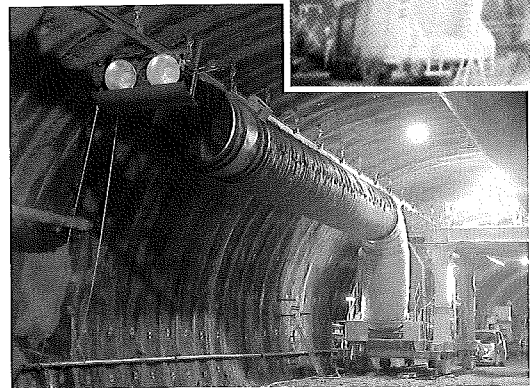
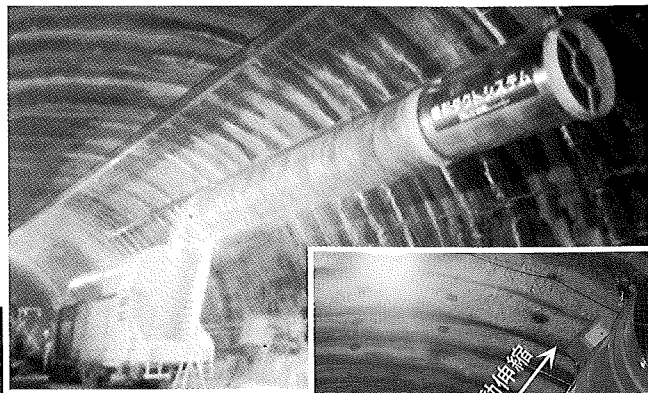
ホームページ <http://www.katecs.co.jp/>

技術営業部
TEL)052-331-8821 FAX)052-332-0164
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

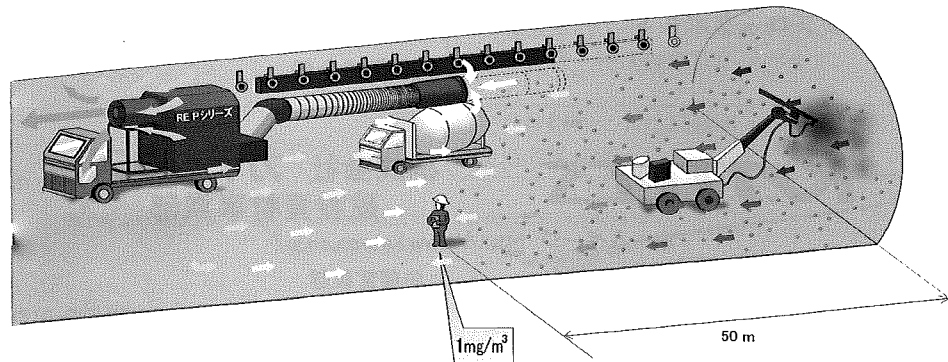
吸引ダクトシステム

業界初 吸引ダクトシステム特許取得〔第3883483号〕
 粉じん障害防止規則を大幅に満たす $1\text{mg}/\text{m}^3$ 達成!!



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

- ・発生源粉塵対策の決定版。
- ・ダクトはもちろん、吊下げレールも無線リモコンで楽々前進。
- ・掘削工法や作業サイクルに適應。操作にお手間をとらせません。
- ・最低限の切羽送気量と後方の高い清浄空間の確保で換気コストとランニングコストの大幅なコストダウンに。
- ・適應径は $\phi 600 \sim \phi 1650$ 、負圧 -2kPa 、収縮率 $1/5$ 、 100m 以上もレンタルで対応可。移動照明を使用することで切羽作業効率、安全性が大幅にアップ。その他の口径・延長はご相談下さい。



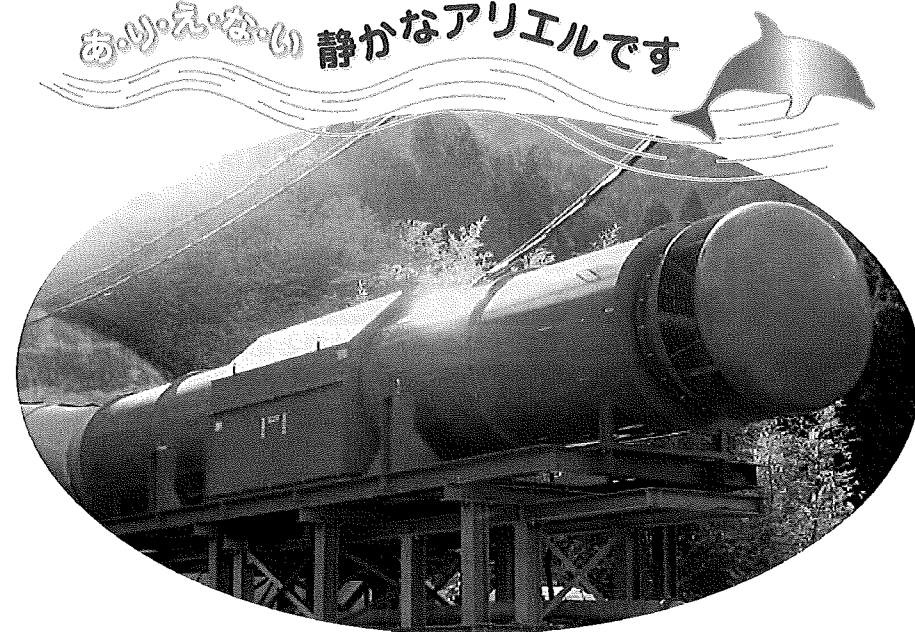
株式会社 流機 エンジニアリング

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

本社 / 〒108-0073 東京都港区三田 3-4-2 COI聖坂ビル
 TEL: 03 (3452) 7400(代) FAX: 03 (3452) 5370
 つくば / 〒308-0114 茨城県筑西市花田90-1
 テクノセンター TEL: 0296 (37) 7680(代) FAX: 0296 (37) 7681

超低騒音・三軸反転ファン エアロ★MAX アリエル

あつえい、静かなアリエルです



今時、静かなのは当たり前!!

ファンの性能を保持したまま、より低騒音に、よりスタイリッシュに。

シールド、都市NATMなどの都市環境や

大断面長大トンネルの施工環境に対応する換気ファンを400台以上保有。

必要なとき、必要な容量の設備を提供します。

超低騒音: エアロMAXは最小値78dB(A)、アリエルは当社比 -5dB

省エネ: インバータでファンの回転数を制御するため無負荷電流がなく、人- Δ 直動方式や可変ピッチ方式より大幅に省エネができます。

高効率: 固定翼、インバータ制御で広い性能点で効率のいい運転。

制御: ダストセンサーによる自動制御、集塵機との連動運転が可能。

(特許 第1742880 ダストセンサーによるインバータ制御)

使い易さ: 軽量、INV高調波対策も万全、ソフトスタートでダクトを痛めずファンのメンテナンスも軽減。

高価なフリッカ対策設備も不要。

コンサルティング: 長年にわたって経験して参りました弊社の換気のノウハウを生かし、換気計画後、 $5.5\text{kW} \times 2 \times 200\text{kW} \times 2$ の幅広い品揃えで対応します。

換気のご相談はお気軽に本社・営業部までどうぞ。

株式会社 流機 エンジニアリング

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

本社 / 〒108-0073 東京都港区三田 3-4-2 COI聖坂ビル
 TEL: 03 (3452) 7400(代) FAX: 03 (3452) 5370
 つくば / 〒308-0114 茨城県筑西市花田90-1

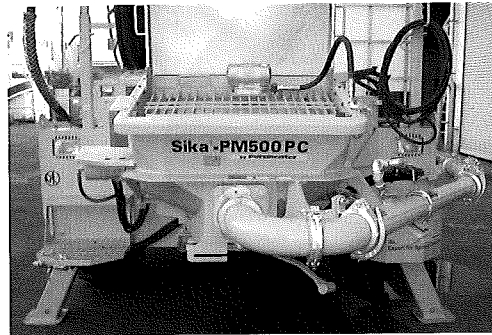
テクノセンター TEL: 0296 (37) 7680(代) FAX: 0296 (37) 7681

吹付けコンクリートシステム



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

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

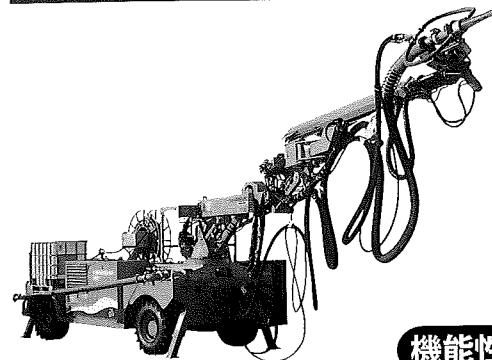


特にコンクリート吹付機の要はコンクリート圧送ポンプです。

プツマイスター圧送ポンプの特長

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

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



コンパクトで群を抜く使いやすさ!

機能性、機動性の基に理想的な機械化を実現!

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

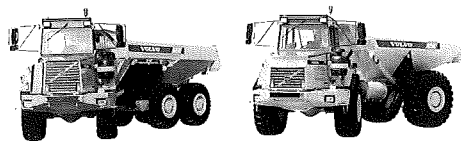
トンネル関連製品

吹付けコンクリートシステム

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

一体型吹付機・特殊型吹付機
設計・製作: 東友エンジニアリング株式会社

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

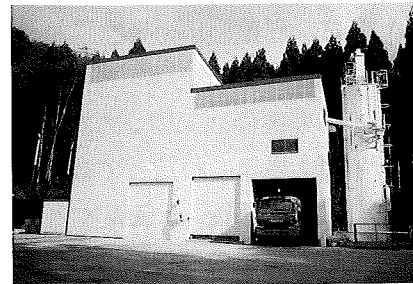


Volvo East Asia(Pte)Ltd

その他、トンネル施工機械全般

バッチャプラント

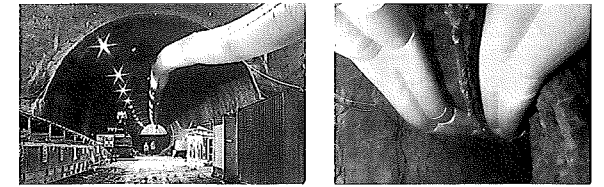
(全自動式, 3槽クラム式, 簡易型, 特殊型)



設計・製作: 名岐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

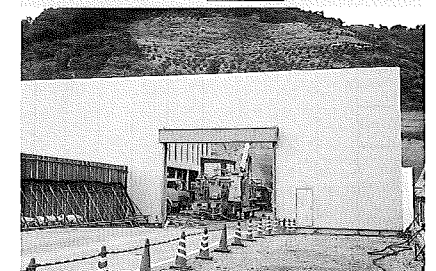
騒音防止システム

エコフラット -35db Cタイプ



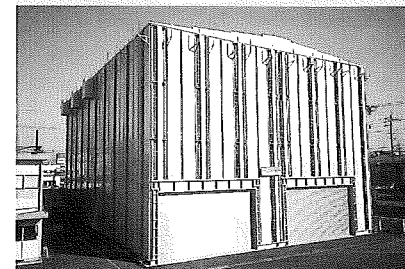
美観を重視した高性能の防音ハウス

エコパネル防音壁 -15db Aタイプ



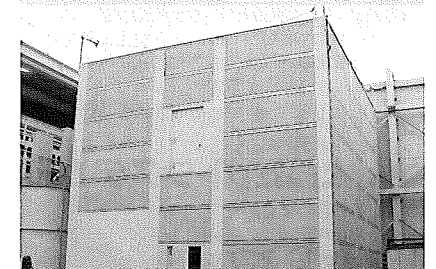
適応性の優れた防音パネル

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

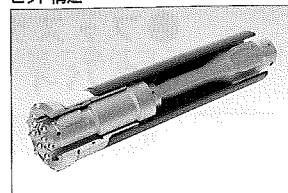
三菱マテリアルの補助工法用削孔工具システム

■用途 注入式鋼管先受け工法・脚部補強・水抜き・フェイスボルト・パイプルーフ・基礎工・アンカー

●**ウルトラメックスビット (UMB) 打撃削孔式リングロストタイプ**

- ・崩壊性地盤から硬質地盤まで対応する高い削孔性能
- ・独自のロッキング構造とワンタッチ式勘合により回収時のトラブルを克服
- ・穴曲がりを極力抑えたハイスピード削孔を実現
- ・水平方向を含め、安定した全方位削孔が可能

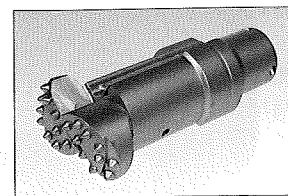
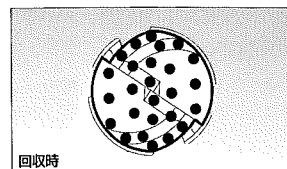
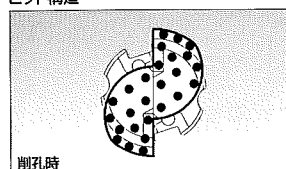
ビット構造



●**スーパーメックスビット (SMB) 打撃削孔式拡張径タイプ**

- ・国内外で多くの使用実績を誇るヘッド全可動式拡張径タイプ
- ・ヘッド全可動式が可能とする安定した削孔性能
- ・ヘッド全面を取り替える為、高いコストパフォーマンスを実現
- ・軟・中硬岩に幅広く対応

ビット構造

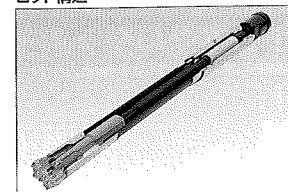


●**スモールP (Small-P) システム**

●**小孔径 (2~2.5インチ) 打撃削孔式ビットロストタイプ**

- ・崩壊性地盤から硬質地盤まで対応する高い削孔性能
- ・独自のロッキング構造とワンタッチ式勘合によりインナーの回収時のトラブルを克服
- ・穴曲がりを極力抑えたハイスピード削孔を実現
- ・水平方向を含め、安定した全方位削孔が可能

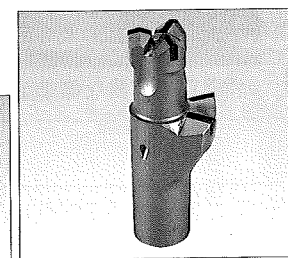
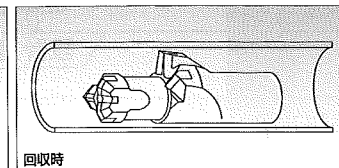
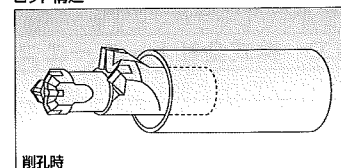
ビット構造



●**かん太郎ビットシステム打撃削孔式鋼管内偏芯回収タイプ**

- ・軟質層等軟岩用簡易拡張
- ・独自の形状・構造の為、使い易い
- ・シンプル形状の為、製品剛性が高い

ビット構造



※鋼管サイズ・削孔径等の条件に合わせ、各種設計承ります。

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。

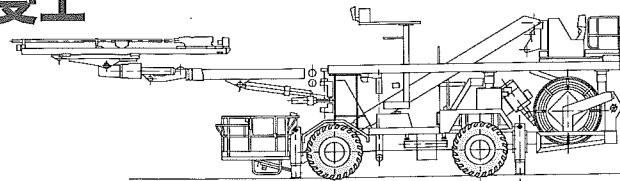
皆さまには、◇さらなる技術投資、
◇供給のより高い安定性に向けて、
より広範囲の製品およびサービス、
ならびに拡大された製造施設/サプライ
ポイント・ネットワークへのアクセス、
◇爆薬、技術サービス、ANおよび起爆
システム製品の信頼できるデリバリー
——をご期待いただけます。

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。

環境対応型長尺鋼管先受工

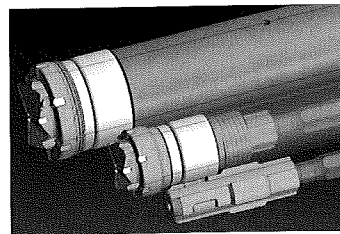
TOHO **AGF** System

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

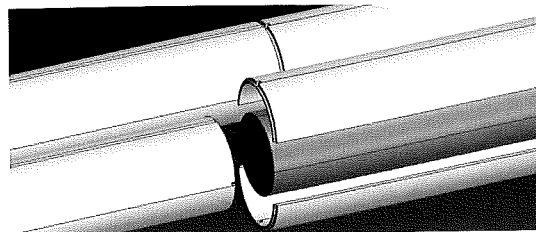


AGF-Me工法

- 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。



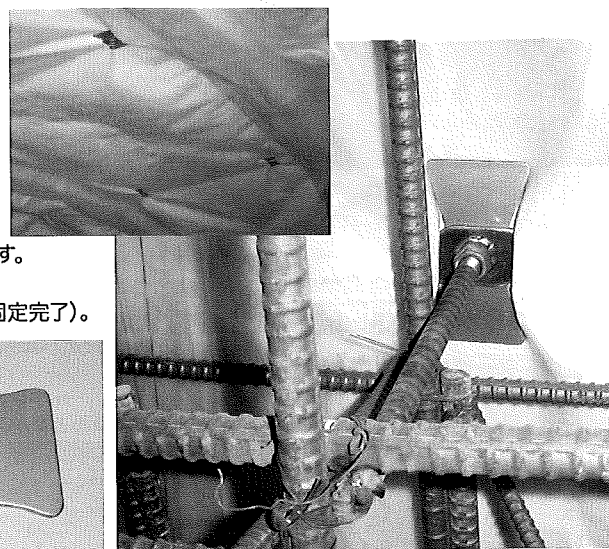
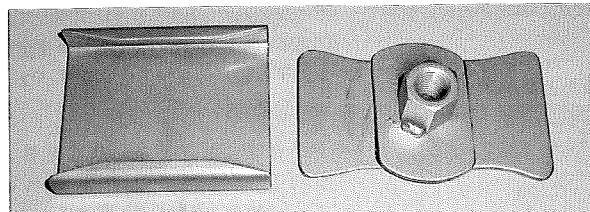
防水シート非貫通型鉄筋吊り金具

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 トーキソール

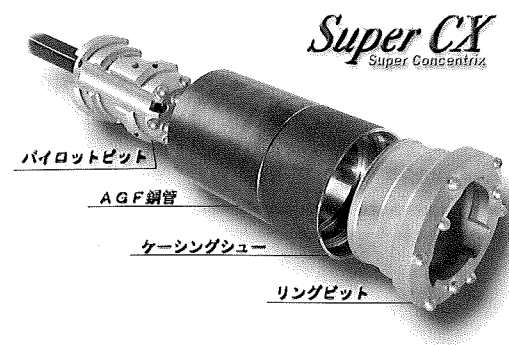
〒210-0854
神奈川県川崎市川崎区浅野町4-11
Tel: **044-333-0012** Fax: **044-333-0321**
(お問い合わせ先)

TFT のトンネル資材

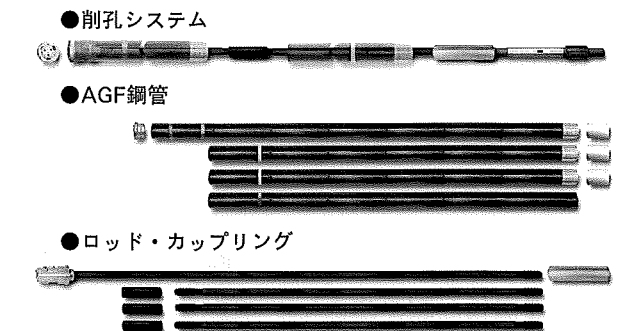
▼ AGF工法

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

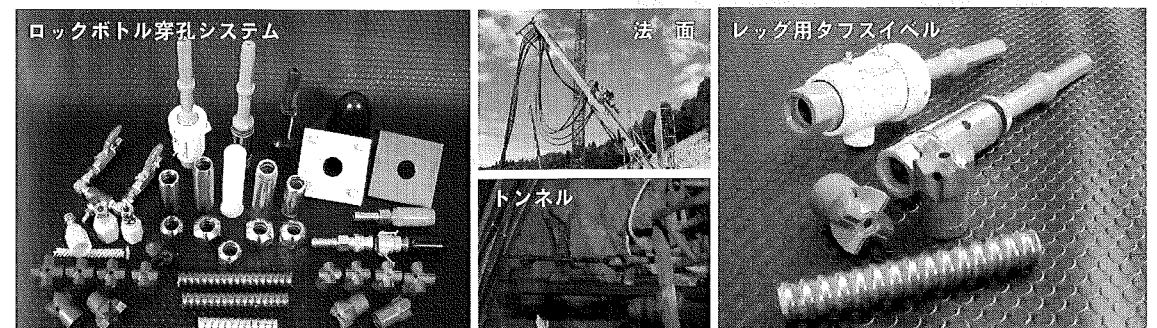


▼ タフボルト (自穿孔ロックボルト)

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)



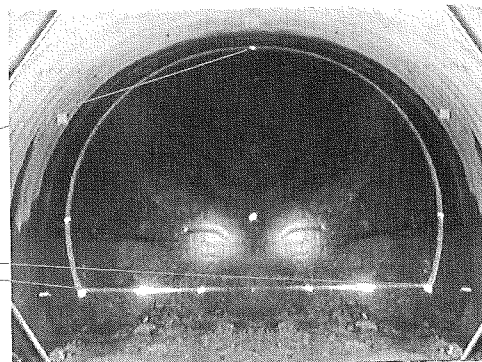
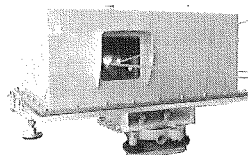
TFT 株式会社 **ティーエフティー**
Tube Forming & Technological

〒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

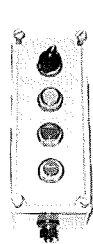
レーザーマーキングシステム

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

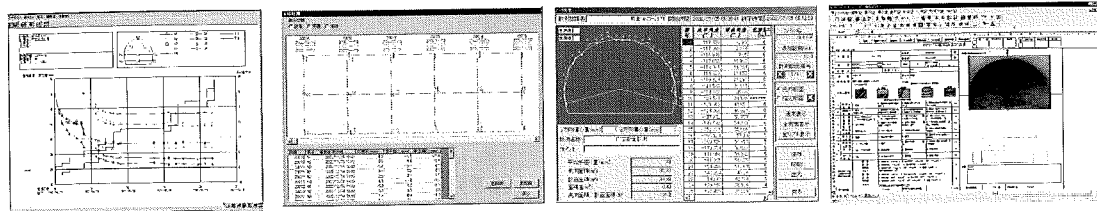


現場環境に耐え得る頑強なコントローラー

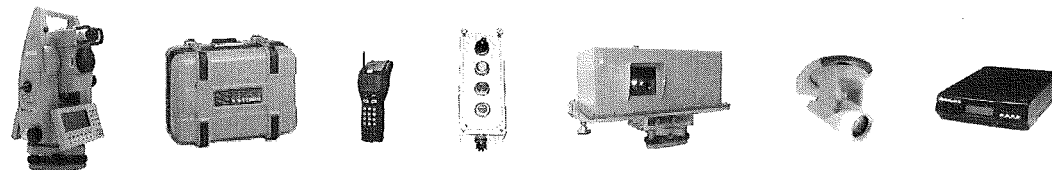


ジャンボに取付けて使用可
AC200V対応

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。

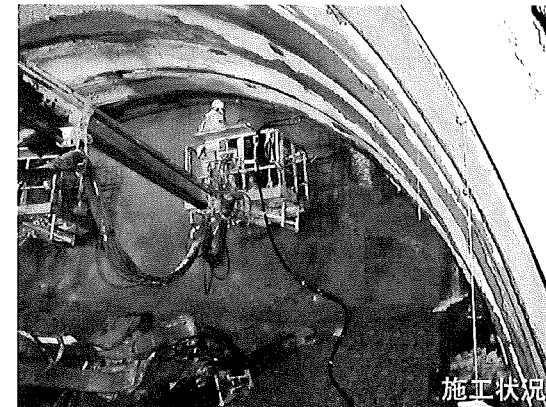
MAC マック株式会社
〒272-0832 千葉県市川市曾谷8-16-3
TEL (047) 371-3191 FAX (047) 371-3190

〔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

補助工法・注入材のことならティーエムシー

■AGF-OFP工法

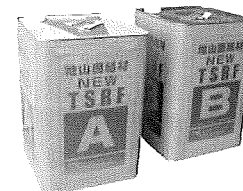
当社が提案するAGF-OFP工法(注入式長尺先受工法)は、長尺の先受を鋼管打設と注入により構築するもので、現場で通常使用されているドリルジャンボで施工できる、汎用性の高い長尺先受工法です。鋼管・削孔資材から注入材まで、全部まとめてお任せください。



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

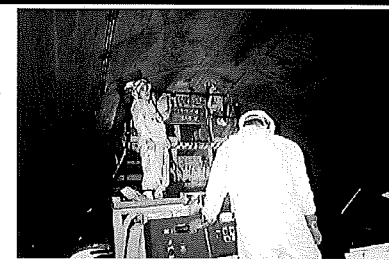
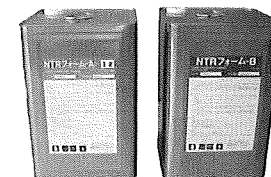


©リサイクルコンテナ(左)と現場への搬入風景 当社のリサイクルコンテナシステムなら、一斗缶の産業廃棄物処理がなくなるため、工事もスムーズに進みます。現場にも環境にもやさしいシステムです。

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。



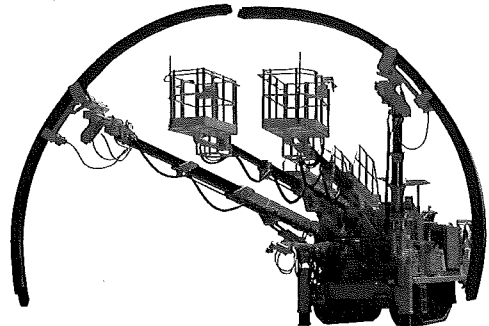
上記の各種注入材の他、ドリルジャンボ、集塵機をはじめ各種機械も取り扱っております。お気軽にお問い合わせください。

TMC 株式会社ティーエムシー ホームページ : <http://www.tmc-net.com/>
お問い合わせ・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

当社取扱機種ラインナップ

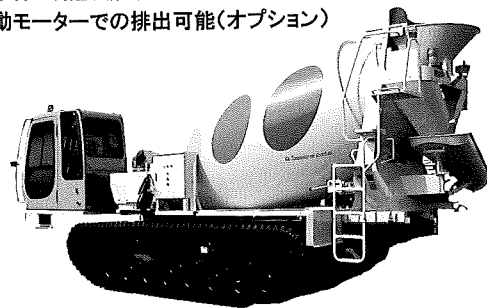
SCORPION スコーピオン (特許申請中)
ゴムクローラー式一体型エレクター



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
二次対策適合機(オフロード法対応予定)

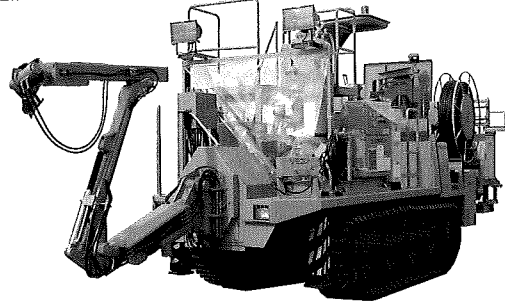
ゴムクロ・ミキサー車 (特許申請中)

車両年次検査不要
悪条件の路盤を克服
電動モーターでの排出可能(オプション)



二次排ガス規制適合機

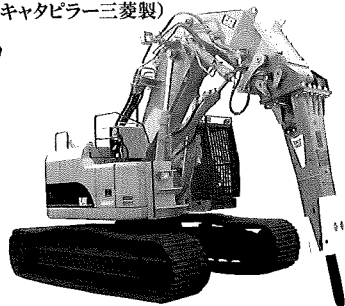
MBTL ミニビートル



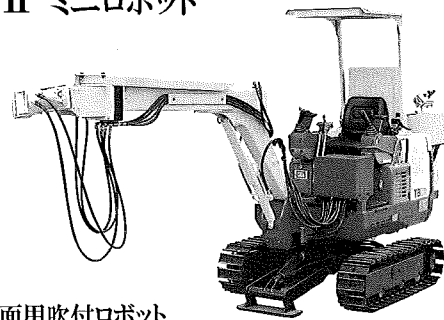
小断面(20㎡)適用可能一体型吹付機

REGA325C(新キャタピラー三菱製)

油圧ショベル・ブレーカ



MR-II ミニロボット



小断面用吹付ロボット
避難抗、連絡坑の吹付けに最適

ローダーフロント

超小旋回ベースマシン
ローダーフロントブームでの水平移動

大型3tブレーカー仕様 ランマーG90

油圧回路へのダスト侵入を防止
破壊力抜群

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 長野県東御市祢津字元会下1080-9

TEL 0268(62)1426 FAX 0268(62)1999

E-mail: tonneru-rental@luck.ocn.ne.jp

常設展示



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

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



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

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



管路に継手差口をねじこみ



継手受口に差しこむだけ



これで接続完了。

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

※特許・意匠出願中

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

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

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

東京本社 〒106-6117 東京都港区六本木6-10-1 (六本木ヒルズ森タワー17F)

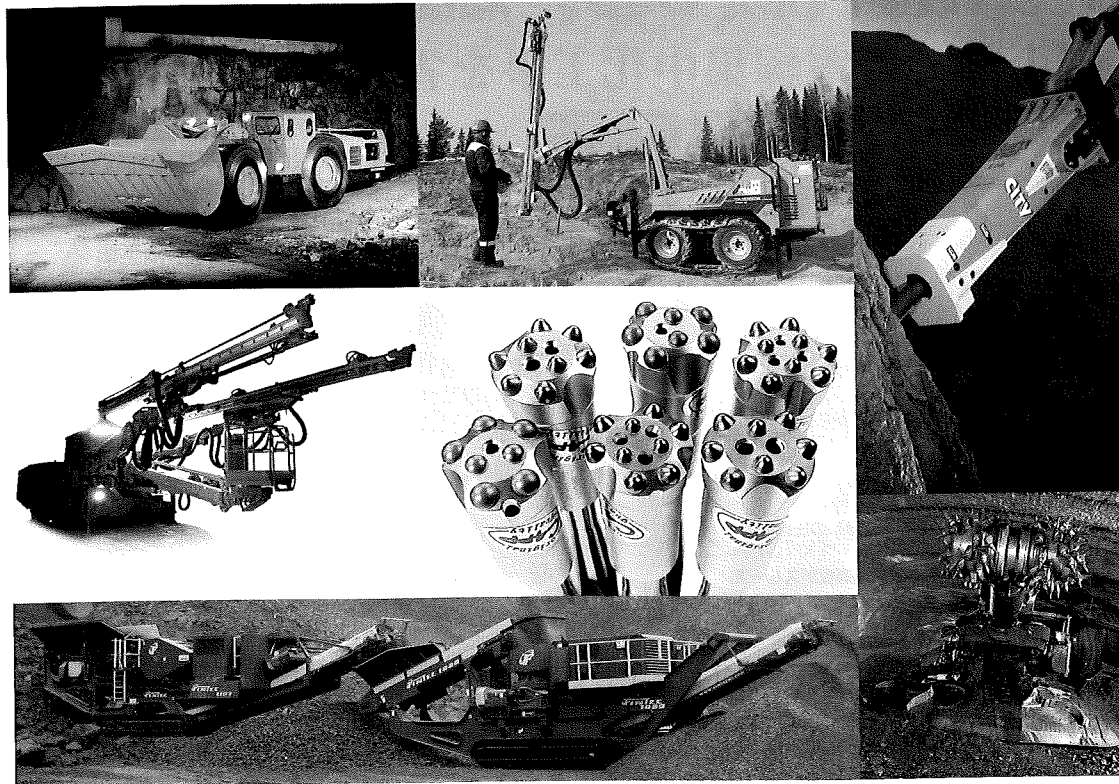
TEL(03)5770-5111 FAX(03)5770-5130

大阪本社 〒530-6017 大阪市北区天満橋1-8-30 (OAPタワー17F)

TEL(06)6881-0767 FAX(06)6881-0769

営業所 札幌・仙台・横浜・金沢・名古屋・神戸・広島・高松・福岡・鹿児島
直営工場 北海道・仙台・栃木・千葉・滋賀・愛東・広島・四国・九州

SANDVIK



Productivity in Action

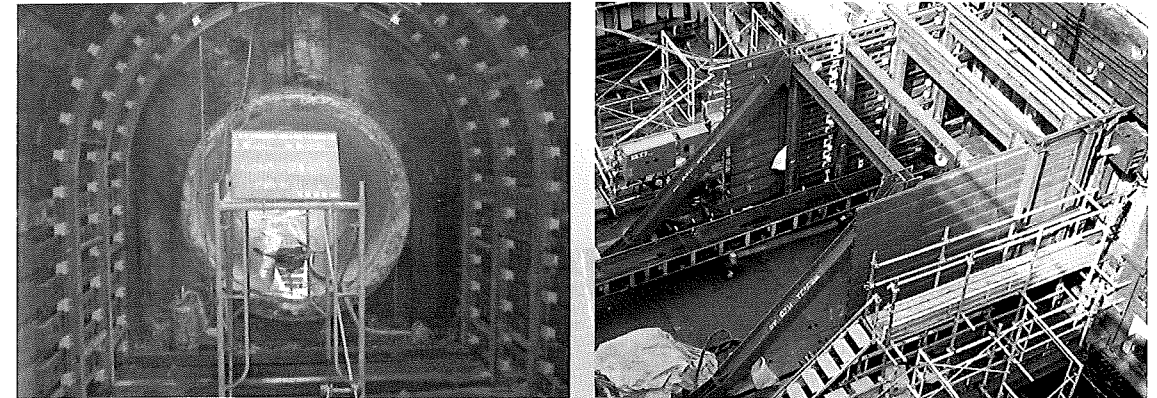
サンドビック マイニング アンド コンストラクションは、鉱山、建設業界においてトータルソリューションをご提供する世界のリーディングカンパニーです。私たちの製品は、鉱山機械、建築機械、一般土木機械に広く対応し、製品群は、掘削機、クラッシャー、油圧ブレーカ、スクリーン、及びその消耗品類と広くカバーしております。それらは、長い歴史で培った経験と知識が生かされた優れた設計に基づいた製品であり、また万全のアフターセールスサポートにより貴社を強力にバックアップいたします。長い歴史を持つサンドビックは、お客様とのパートナーシップを大切にします。私たちは、お客様とのより密なパートナーシップにより、お客様の生産性、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 TEL045-478-0862/FAX045-478-0861

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

アーストンネル掘削工法に最適 SS-メッセル工法



30年の実績(工法指導致します)

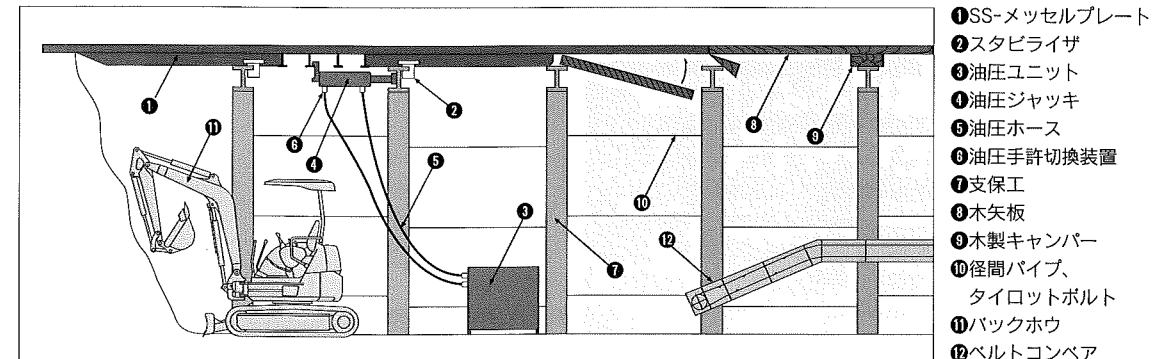
特徴

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

実績

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

SS-メッセル工法概略図



- 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://www16.ocn.ne.jp/~sietech/>

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

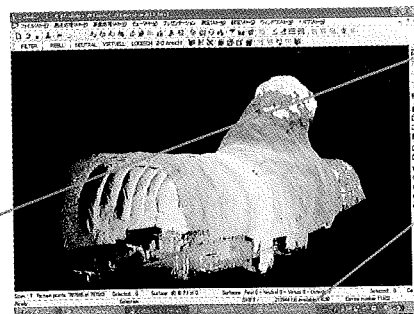
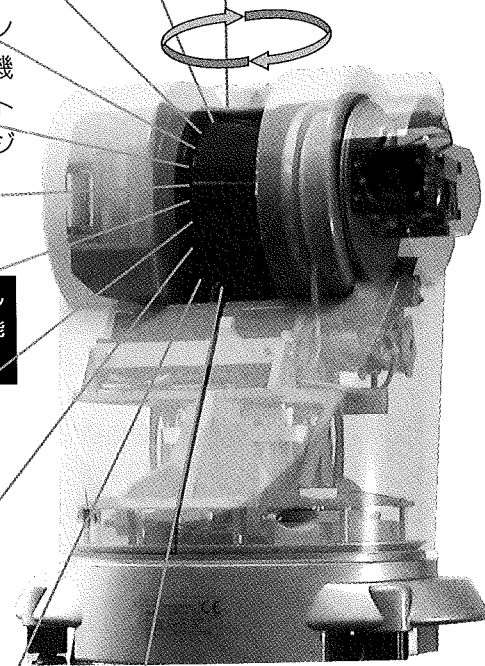
Callidus™ レーザースキャナー

3次元トンネル断面計測機

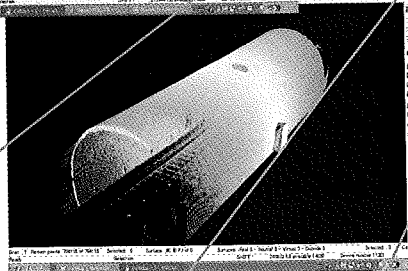
測距精度±5mmで、1秒に1000点以上計測する3次元トンネル断面計測機。1つの機械点からトンネルの約20m⁽¹⁾の範囲を10分で計測できます(機械点前後)。測定データの3次元展開図は、まさにトンネルを絵画のように詳細表示します。又、内蔵デジタルカメラで測定範囲を写真として記録可能です。

(+) 直径約8mのトンネルの場合

全周360°を10分でスキャン



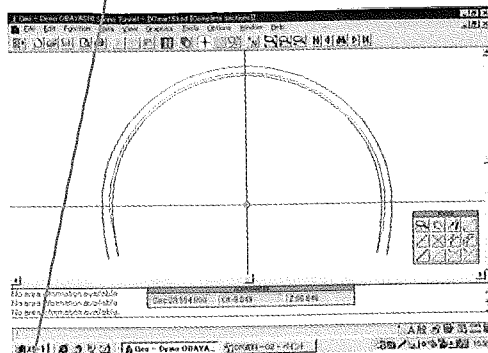
特殊なトンネル形状も対応可能です。



単独スキャンを合成し、トンネル全体を簡単に3次元表示できます。

データ解析および製図「GEOWIN」

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



■ 販売・レンタル 株式会社ソーキ

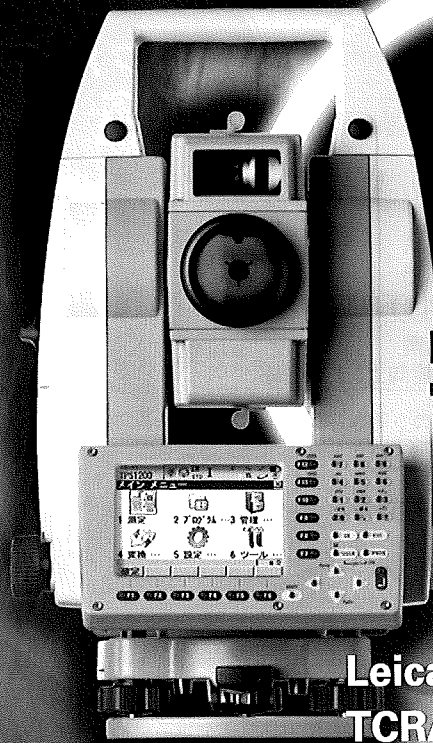
〒550-0025 大阪市西区九条南4-2-4
TEL: 06-6586-1707 FAX: 06-6586-1277
URL: <http://www.sooki.co.jp/>

■ 製造元 トリンブルジャパン株式会社

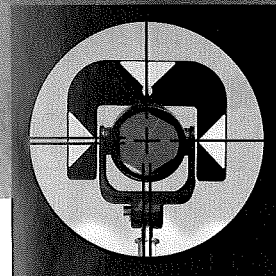
〒135-0007 東京都江東区新大橋1-8-2
新大橋リバーサイドビル101
TEL: 03-5638-5022 FAX: 03-5638-5016

ユニバーサル測量システム

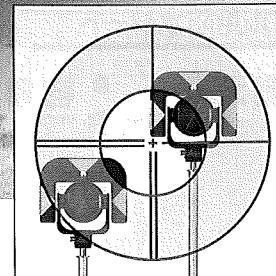
トンネル設計者の要望に応え、さらに進化 ライカTPS1200+シリーズ、ついに登場



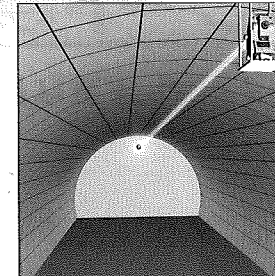
Leica TPS1200+
TCRA+1205



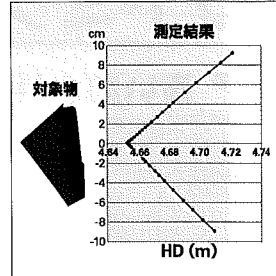
精度が向上した自動視準
プリズムの観測回数を上げると共に、CCDカメラの解像度を細かくすることで、自動視準の内部処理スピードや精度が向上。



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

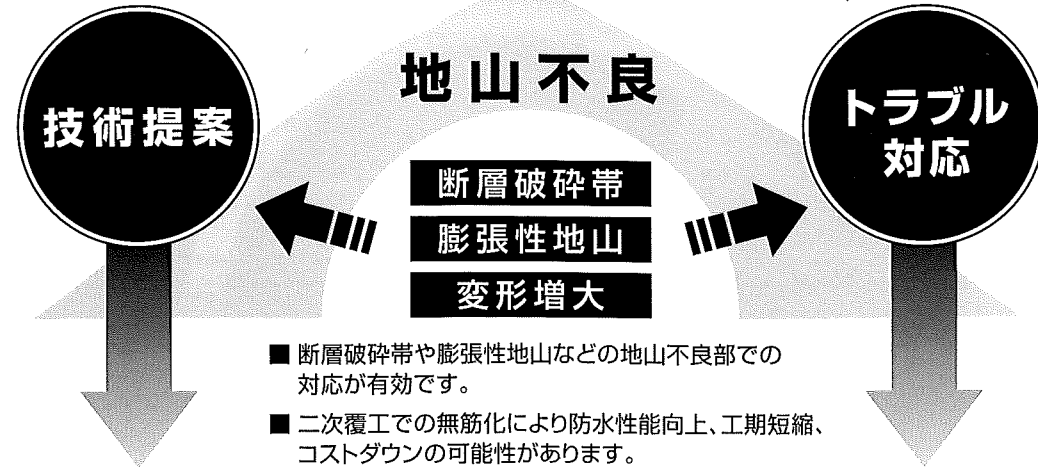
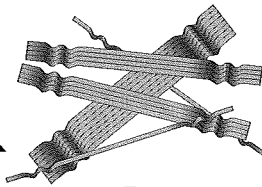
Leica
Geosystems

BRIDGESTONE

厳しい条件下の施工に迅速な対応・信頼のブランド

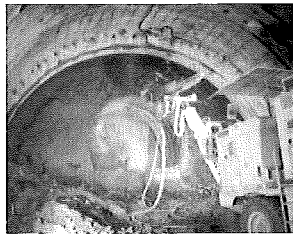
コンクリートをより強く、よりしなやかに。

タフグリップ コンクリート補強用鋼繊維



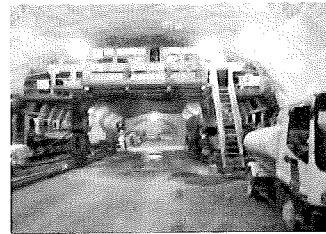
一次吹付

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



二次覆工

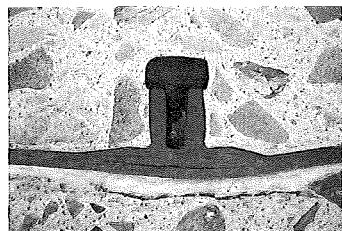
- 内空変位増大対策
- 無筋化
- 剥離・剥落防止



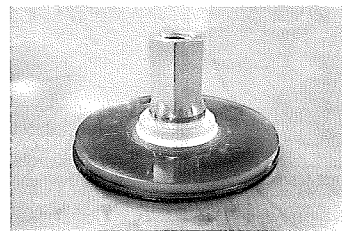
防水への信頼性・施行性の向上へ

ナトミックシート トンネル用防水シート

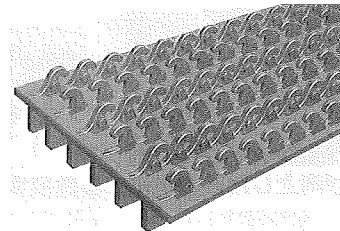
- 高い防水性
- 豊富な品揃え
- 容易な施工性



ウォーターバリア



吊鉄筋金具



クイックバー

株式会社ブリヂストン

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

マックス・シェルレ 著

推進工法の理論と実際

野田典宏 訳 中本 至・石橋信利・金城英夫 監修

B5判 437頁 税込 8,925円 送料450円



本書はドイツ人工学博士マックス・シェルレの著「Scherle Rohrvorrieb」の翻訳本である。挿図を多く用い推進工法の理論をわかりやすく解説している。研究・開発、計画・設計、あるいは、施工に携わる多くの実務者に最適。

〈主要目次〉

- 第1章 推進工法の技術
- 第2章 推進工法の機械・器具
- 第3章 推進管に作用する荷重とその計算方法
- 第4章 推進工法の計画、設計および施工
- 第5章 管布設の欠陥と損傷

推薦のことば

推進工法によって、下水道をはじめ多くの管渠が布設されている。下水道については1960年にはわが国の普及率は15%に過ぎなかったが、今日では60%近くになっている。当初、年間1500kmしか施工実績がなかったが、近年の施工延長は年間15000kmになっている。下水管渠の施工方法の選定にあたって、施工条件や建設環境、地下埋設物や地盤条件などの関係から、開削工法より推進工法などの特殊工法が選定されることが多くなり、その中でもとくに推進工法の適用は多くなった。ところが、わが国では推進工法に関する実務書は多いが理論面を記述したものはあまり見当たらず、推進工法の一層の発展のためにも理論書が求められていた。

本書では、ドイツで推進工法の研究開発で著名なマックス・シェルレ博士が推進工法におけるいろいろな疑問について理論的に解明した古典的な名著である。博士は理論面のみではなく、実際の施工にも従事し、実務にも精通していたので、実務面の良さも持っている。

私たちは、野田氏(訳者)の翻訳を監修したわけだが、推進工法の理論面と実務面を実に詳細に解説している点に驚いた。したがって推進工法に従事し、一層活躍しようとする人たちに本書を推薦したいと思う。

中本 至・石橋信利・金城英夫

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、下記の申込書に部数・送付先・氏名・電話番号を明記のうえ、お申し込みください。

株式会社 土木工学社

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

《書籍申込書》

推進工法の理論と実際 冊 申し込みます

住所(〒)

事業所名

TEL

部課名

申込者

㊞

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

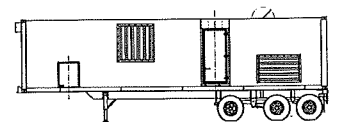
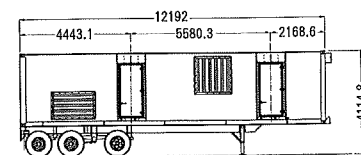
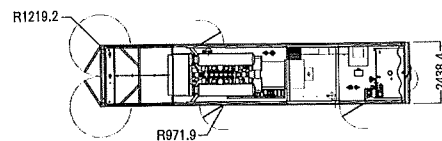
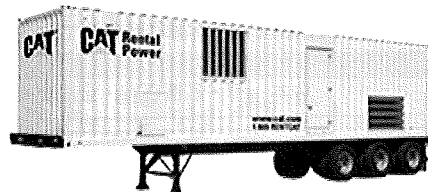
0~20 (約2年) 20~30 (1年6か月)
30~40 (約1年) 40~50 (6か月)

【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



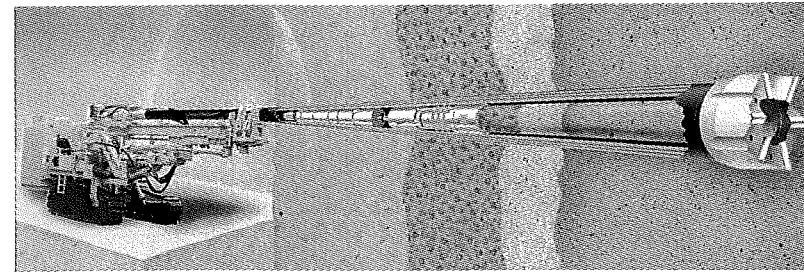
		2000kVA	
		50	60
周波数	Hz	50	60
出力	KVA	2,000	2,281
出力	kW	1,600	1,825
電圧	V	400	440
電流	A	2,887	2,993
燃料		軽油	軽油
容量/燃料タンク	L	4,730	4,730
燃料消費量	L/h	260	307
燃料消費量(75%負荷時)	L/h	—	—
全長	mm	13,500	13,500
全幅	mm	2,439	2,439
全高	mm	4,115	4,115
乾燥質量	kg	40,370	40,370
整備質量	kg	33,636(車台含む)	33,636(車台含む)

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

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

トンネル掘さくの安全施工に アロードリル前方探査システム

パーカッションワイヤーライン サンプリング工法



■ 特長

- ①断層破砕帯や湧水をともなう難地層のコアサンプリングをスピーディかつ確実に行え、施工時間が大幅に短縮できます。
- ②2重管ワイヤーライン サンプリングシステムにより、地質条件にかかわらず、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>

21世紀の地球環境を見つめる土木専門図書

ブロック理論と岩盤工学への応用

R.E.グッドマン, G.H.シー著/吉中龍之進・大西有三訳
A5判 360頁 税込5,097円 送料340円

建設工事の保安地質学【改訂版】

石井康夫 著
A5判 474頁 税込6,300円 送料340円

建設工事の地質診断と処方

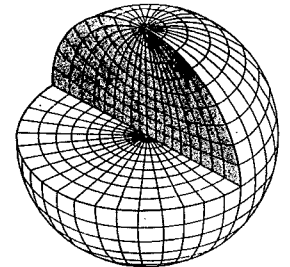
石井康夫・矢嶋壯吉 共著
A5判 324頁 税込4,515円 送料340円

岩盤地下空洞の設計と施工

E.フック, E.T.ブラウン 共著
小野寺透・吉中龍之進・斉藤正忠・北川隆 共訳
B5判 444頁 上製本 税込10,290円 送料450円

山岳トンネルの新技術

ジェオフロンテ研究会 編集
B5判 500頁 税込15,301円 送料450円



わかりやすいトンネル力学

福島啓一 著
B5判 286頁 税込6,116円 送料340円

岩盤の計測と解析

工学博士 鈴木光 著
A5判 244頁 税込4,410円 送料340円

地質工学概論

菊地宏吉 著
B5判 276頁 税込4,994円 送料340円

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

FURUKAWA
ROCK DRILL

FRD
FURUKAWA

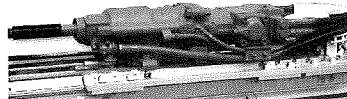
様々なトンネル工事に挑戦し、実績を積み重ねてきた各種製品と
全国に広がる安心のサービス網でお客様をバックアップします。

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。

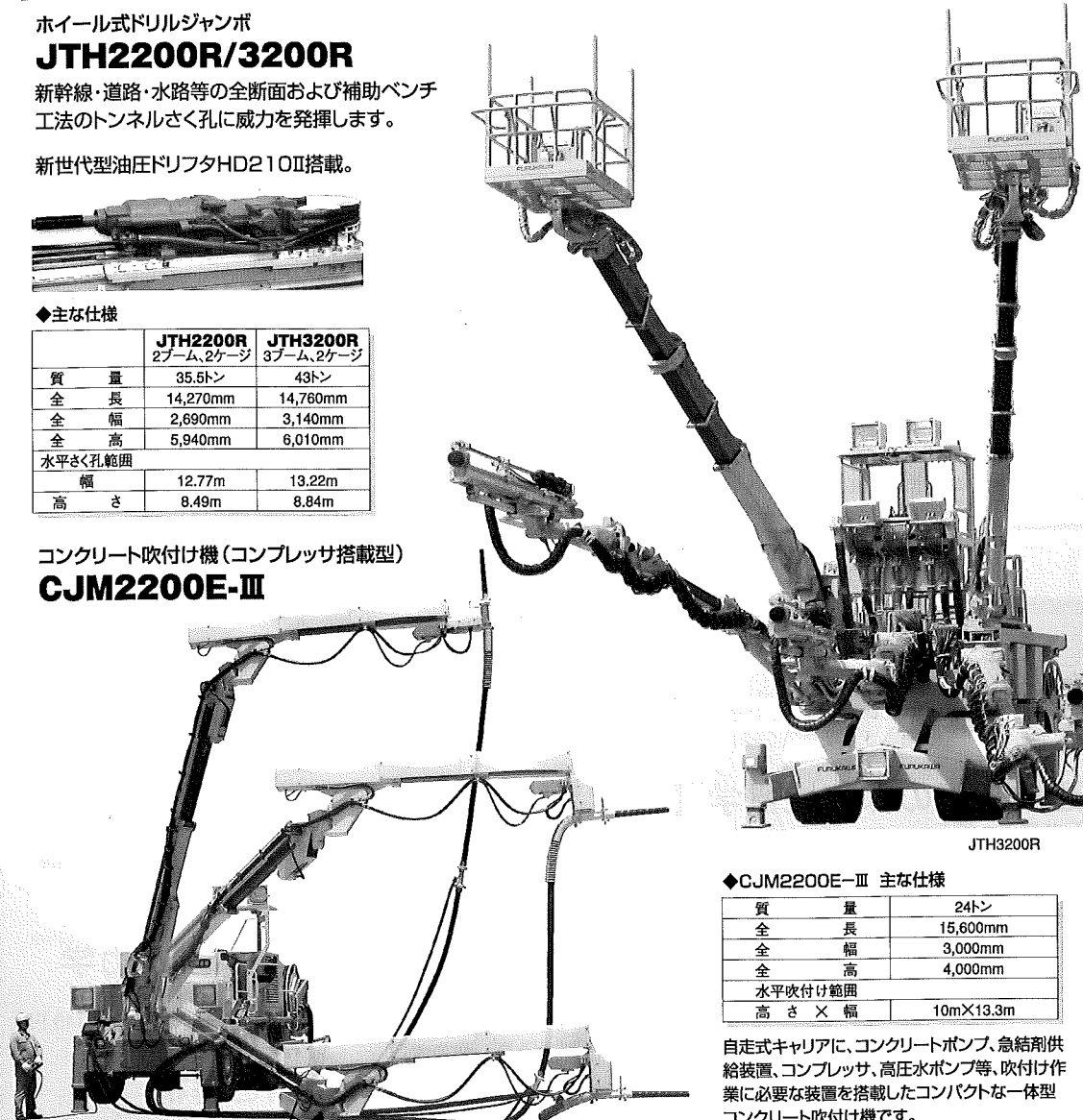


◆主な仕様

	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。

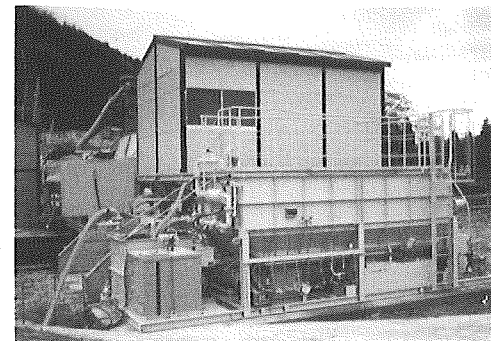
△古河機械金属グループ

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

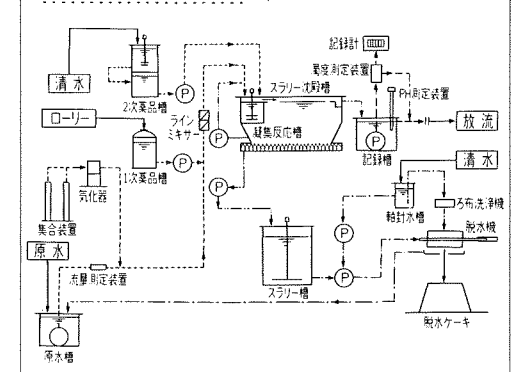
本社 〒103-0022 東京都中央区日本橋室町二丁目3番14号 古河ビル8F 特機部 電話：(03) 3231-6966
 札幌支店 011-861-3261 東北支店 022-384-8991 関東支店 027-326-9611 名古屋支店 0568-77-7700
 関西支店 06-6475-8221 広島営業所 082-832-3542 四国営業所 087-815-1708 九州支店 092-948-2010

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が少ない。
又、加圧型脱水方式の為無薬注で脱水出来る。
 3. シックナー内流速を最少にする設計であることより清澄度の高い処理水が得られ、再利用が可能である。
 4. 運転管理が容易である。
原水流入に合せた自動運転方式を採用している。パトライトによる異状警報装置を標準装置備している。
 5. 多種多様な原水に対応出来る。
凝集反応槽攪拌機及び集泥用レーキにインバーターを採用し、水量及び濃度に幅広く対応する。
 6. 豊富なオプション装置
高分子凝集剤の自動溶解装置
処理水返送装置 (異状警報装置と連動)
炭酸ガス後中和処理装置
鉄分除去処理装置 (エアレーション装置等)
スラリー再濃縮装置
脱水助材添加装置
自動汙布洗浄装置
- 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。
- 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

CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS

■巻頭言

道路を管理する立場から見たトンネル

小川 篤生5

■研究

繊維補強型RCライナーの継手部耐火性能評価

森山 守・寺田光太郎43

■施工

側壁脚部に軟弱層を伴う地山を地表より改良

—東北新幹線 上北トンネル, 赤平トンネル—

斎藤 莊英・石山 民一・田野 彰一・芳賀 宏7

蛇紋岩地山での変形抑制と新しい吹付け応力測定法への取り組み

—北海道横断自動車道 東占冠トンネル—

安藤 武義・小澤 隆二・内田 渉・谷 卓也17

最新の土木技術により既設鉄道を地下化

—東急東横線 渋谷～代官山—

津守 澄男・関 高・山崎 仁27

大深度立坑から東京航路を横断する水道シールド

—東京都水道局 東南幹線—

原蘭 一矢・対馬 一郎・太田 健視・赤坂 茂37

■連載講座

シールド工事の施工に関するQ&A(12)

JTA都市トンネル小委員会55

■現場だより

「琉球の国」沖縄県那覇市より

津中 重彦15

「本州一広大な町」岩手県岩泉町より

向田 恵三16

■資料

トンネル千夜一夜(42)

小野田 滋34

土木情報

編集部36

文献紹介

編集部54

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65

トンネルワールドニュース

JTA国際委員会67

■会報

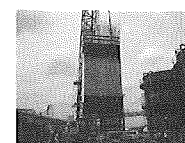
会報

日本トンネル技術協会70

【表紙説明】

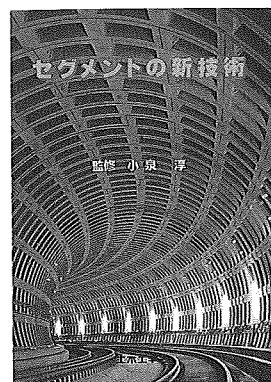
大深度立坑から東京航路を横断する水道シールド

—東京都水道局 東南幹線—



本工事は、東南幹線の未整備区間(約10km)のうち、豊洲～八潮間約6.4kmの東京航路横断部(約2.4km)を、コンクリートカッティング量において国内最大級となる深さ70mの大深度RC地中連続壁を築造し、泥水式シールド工法によりトンネルを施工するものである。写真は新素材のGRMによるNOMST壁の設置状況である。

(写真提供：東京都) (本文37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」編纂委員会を作り、個々のセグメントに加筆、修正を加え、より充実した内容にまとめたものである。

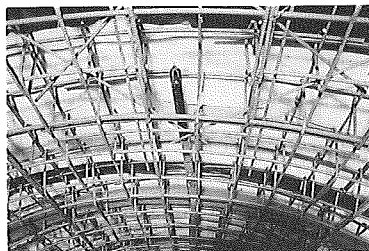
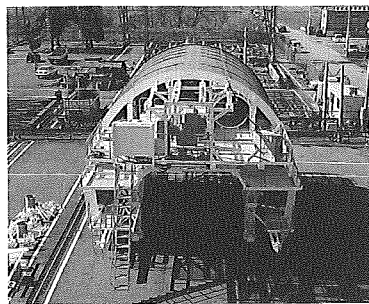
高品質なトンネル覆工に挑む

高品質なトンネル覆工を実現する 引抜パイプレータ締固システム

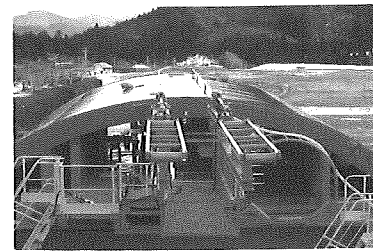
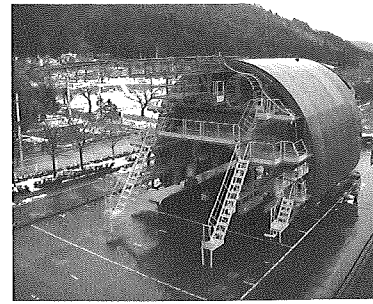
トンネルの二次覆工コンクリートには、トンネルクラウン部の締固め方法に課題があり、結果として漏水や空隙の発生など、覆工コンクリートの品質に問題が生じるケースがありました。また、覆工コンクリートの締固め作業は、狭隘部での苦渋作業という問題もあります。そこで、引抜パイプレータ締固めシステムを用いることにより、上記の課題を克服し、高品質な覆工コンクリートの構築を可能としました。

【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

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

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/>

会誌 W G 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	千 葉 隆 清水建設株式会社土木技術本部 地下空間統括部部长
伊 藤 範 行 鹿島建設株式会社土木管理本部土木工務部 グループ長	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 株式会社アオバ取締役会長
久多羅木 吉治 東亜建設工業株式会社土木事業本部技術部長	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
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	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
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	領 家 邦 泰 大成建設株式会社土木本部土木技術部 トンネル技術室部長

編 集 顧 問 の 構 成 (五十音順・敬称略)

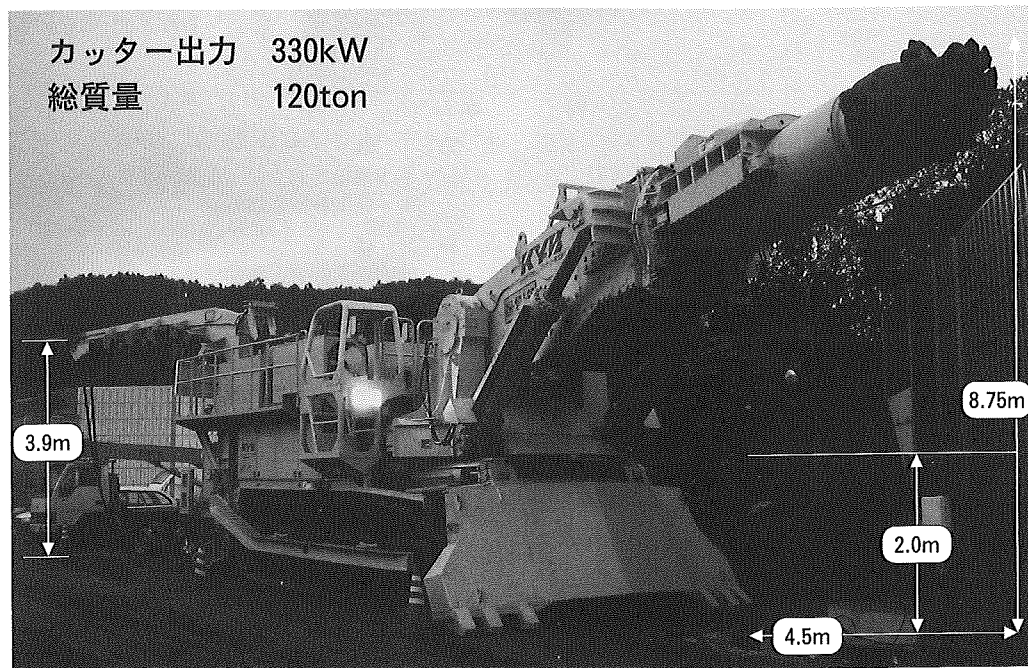
伊吹山 四 郎 攻玉社工科短期大学名誉学長	林 博 西松建設株式会社専務取締役
島 田 隆 夫 鉄建建設株式会社社友	松 本 崇 義 (元)東京都理事
高 橋 彦 治 伸光エンジニアリング株式会社技師長	丸 安 隆 和 東京理科大学教授
田 島 利 男 NPO法人いきいきハイウェイ支援全国ネット トンネル担当	山 口 啓 二 株式会社熊谷組代表取締役副社長
西 松 裕 一 東京大学名誉教授	

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ビック消費量低減。
- ・接地圧が低く、軟弱地盤にも対応。

KYB カヤバシステム マシナリー株式会社

KAYABA SYSTEM MACHINERY CO.,LTD.

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

(旧社名: 日本鉦機株式会社)

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

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

西部支店 〒812-0013 福岡県福岡市博多区博多駅東2丁目6番26号 安川産業ビル TEL 092-411-4998

三重工場 〒514-0396 三重県津市雲出鋼管町6番地2 TEL 059-234-4111

編集委員会の構成 (五十音順・敬称略)

〔編集委員長〕

大島 洋志 国際航業株式会社上席フェロー技術センター長

〔編集参与〕

今田 徹
東京都立大学名誉教授

定塚 正行
日本シビックコンサルタント株式会社
参与・技師長(山岳トンネル担当)

高橋 良文
東京都下水道局技術開発担当部長

橋本 定雄
(元)東京都公営企業管理者下水道局長

濱 建介
株式会社アオバ取締役会長

〔委員〕

木谷 日出男
財団法人鉄道総合技術研究所
防災技術研究部部长

坂根 良平
東京都下水道局建設部設計調整課長

佐山 順二
東京電力株式会社電力流通本部工務部
設備渉外・調整グループ課長

清水 満
東日本旅客鉄道株式会社東京工事事務所
立体交差課長

城間 博通
株式会社高速道路総合技術研究所
道路研究部トンネル研究担当部長

田村 聡志
東京都水道局建設部工務課長

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

西村 聡
東京地下鉄株式会社鉄道本部改良建設部
第二工事事務所所長

野邑 敏行
東京都交通局建設工務部計画改良課長

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

掲載頁
7

側壁脚部に軟弱層を伴う地山を地表より改良
—東北新幹線 上北トンネル, 赤平トンネル—

鉄道・運輸機構 斎藤 荘英

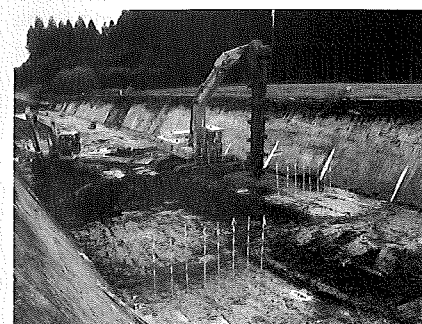
東北新幹線上北トンネル, 赤平トンネルは, 八戸—新青森間における小土かぶり未固結地山のトンネル群(全13トンネル, 総延長約18km)のうちでも, 土かぶりがきわめて小さいため, 地表面からトンネル周辺地山を改良したうえで山岳工法により掘削を行う「地山改良工法」を採用した。また, 両トンネルはトンネル下部に軟弱な粘土層があることに加えて, 地下水位も高かったことから, 支保工脚部の沈下に伴うとも下がりや層境からの湧水による支保工脚部の泥濘化の抑制のために地山改良範囲を施工基面まで深くして門形の改良体を形成することとした。

本稿では, 施工基面まで深くした門形改良体とその周辺地山のトンネル掘削に伴う挙動について, 解析およびトンネル計測結果をもとに報告する。

Behaviour of Tunnel Ground-stabilized to the Formation Level—Kamikita Tunnel and Akahira Tunnel, Tohoku Shinkansen—

By Shohei Saito, Japan Railway Construction, Transport and Technology Agency

Even in the group of small overburden unconsolidated ground tunnels between Hachinohe and Shin-Aomori



写真は浅層混合改良施工状況

on the Tohoku Shinkansen line (13 tunnels, total length: approx. 18 km), the overburdens of the Kamikita and Akahira Tunnels are extremely small. Therefore we adopted the "Ground Stabilization Method" that conducts excavation with the NATM after having stabilized the ground surrounding the tunnel from the ground surface. Further, in addition to the existence of a soft clay under the tunnels, the groundwater level was high, for the sake of controlling the foot settlement of support causing the surface settlement and the softening the ground at the foot due to water welling, we decided to construct ground stabilization to the depth of the formation level with portal shaped.

This report is based on the analysis and monitoring results of portal structures and the ground.

掲載頁
17

蛇紋岩地山での変形抑制と新しい吹付け応力測定法への取り組み
—北海道横断自動車道 東占冠トンネル—

東日本高速道路(株) 安藤 武義

脆弱な蛇紋岩地山区間において早期閉合による変位抑制を行った結果, 予想を超える応力が支保に作用し, インバートの吹付けコンクリートがトンネル延長280mにわたって変状が生じた。この変状に対し, 吹付けコンクリートの応力測定結果や計測のデータを分析して, インバートに適切な支保を施し, その後の同様な地質条件下での施工において地山を効果的に安定させ, 着実な進行を得ることができた。

本稿では, 発生したインバート変状の要因を分析し, 計測データを示して実施した対策工の効果を述べるほか, 当該区間で実施した吹付けコンクリートの応力計測に関する新たな計測・評価技術への取り組みについて, 計測手法の概要と現場計測結果を報告する。

Deformation Control in Serpentine and Measurement of Stress of Shotcrete Structure—Higashi Shimukappu Tunnel, Hokkaido Odan Expressway—

By Takeyoshi Ando, East Nippon Expressway Company Limited

As a result of conducting control of deformation with early casting of invert in soft serpentine sections, more stress than expected was put on the supports and deterioration of invert shotcrete occurred over a tunnel length of 280m. With respect to this deterioration, the stress measurements of the shotcrete structure and measurement data were analyzed, appropriate supports were put in place and after that, it was possible to effectively stabilize and obtain solid progress in excavation under similar geological conditions.



写真は切羽崩落状況(葉片状蛇紋岩)

This report, as well as analyzing of the causes of the invert deterioration and stating the effects of the construction countermeasures that were reflected in by measurement data, also gives an outline of new measurement and evaluation technologies with regard to shotcrete stress measurement.



全断面対応トンネル高速施工掘進機

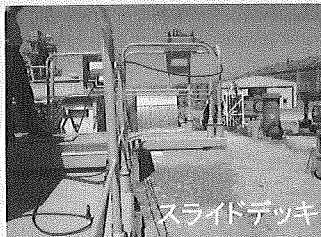
ロードヘッド SLB-350S

トンネル掘削状況

大断面トンネルの高速施工を目指して

特徴

- 国内最大の350kW・4/6P定出力型2速切換式電動機を搭載しており, 軟岩トンネルはもとより, 中硬岩トンネルにおいても十分な掘削能力を発揮します。
- 切削部には中折れブームを採用しており, ベンチ長は最大5mまで確保できます。又, 中折れブームを取り外しての全断面掘削, 及び上半掘削も可能です。
- 中折れブームの取り外し, 及び低速掘削を行うことにより, 機体安定性と掘削トルクが増加し, 中硬岩トンネル掘削時において高い効果を発揮します。(硬岩用ドラム使用)
- 油圧式のスライドデッキを機体両サイドに装備しており, 機体幅より各々1mの張り出しが可能であるため, 下部掘削時におけるオペレータの視界が大幅に改善されます。^{※1,2}
- ディーゼルエンジンの搭載により, ロードヘッド単独での走行が可能です。よって, 機体移動に際し配線替えや別途発電機の準備が不要となり, 作業時間が短縮されます。



スライドデッキ

※1 ディーゼルエンジンはオプション仕様となります。
※2 遙寄・コンベヤ仕様の場合, ディーゼルエンジンは搭載されません。

販売・レンタル 及びメンテナンス **ミイケ機材株式会社** 本社 / 〒116-0013 東京都荒川区西日暮里5丁目11番7号西日暮里ワイエムビル
TEL. 03-3241-4711 FAX. 03-5615-1180 E-mail kizai@r4.dion.ne.jp

札幌営業所 TEL. 011-817-5220 / 大阪営業所 TEL. 06-6308-1090 / 福岡営業所 TEL. 0944-59-6201

製造元 **株式会社三井三池製作所** 本店 / 〒103-0022 東京都中央区日本橋室町2丁目1番1号 三井ビル2号館
販売元 **産業機械営業部** TEL. 03-3270-2008 FAX. 03-3245-0203

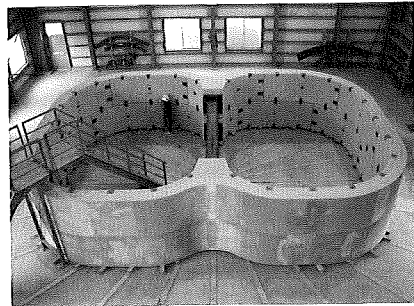
http://www.mitsumiike.co.jp E-mail sanki@mitsumiike.co.jp

東急東横線渋谷駅～代官山駅間地下化工事は、渋谷駅～代官山駅間の約1.5kmを地下化し、渋谷駅で東京メトロ副都心線と相互直通運転することにより、東武東上線・西武池袋線から東京メトロ有楽町線・副都心線を経て、東横線およびみなとみらい線までをひとつの路線として結ぶ事業の一環である。首都圏の広域的なネットワーク化を図ることを目的とし、2012年度の相互直通運転開始を目指して工事を進めている。

本稿では、地下化工事のうちシールド工事、開削工事などの計画概要について紹介する。

Underground Installation of Existing Railroad with New Technology—Tokyu Toyoko Line Shibuya～Daikanyama

By Sumio Tsumori, Tokyu Corporation



写真はセグメント仮組み状況

The construction work pertaining to the underground installation of the Tokyu Toyoko Line between Shibuya and Daikanyama stations entailed burying approx. 1.5 km of the line. This is a part of a project to link the Toyoko and Minato Mirai Lines on one line by means of mutual direct operation with the Tokyo Metro Fukutoshin Line at Shibuya Station, passing through the Tokyo Metro Yurakucho and Fukutoshin Lines from the Tobu Tojo and Seibu Ikebukuro Lines. With the aim of designing wide area networking in the Tokyo metropolitan area, we are progressing with construction leading to beginning mutual direct operation in the 2012 fiscal year.

This report introduces an outline of plans for the underground installation including shield and cut-and-cover work.

本工事は、東南幹線の未整備区間(約10km)のうち、東部建設事務所が管轄する範囲(豊洲～八潮間約6.4km)の東京航路横断部(約2.4km)において、φ1,800mmの送水管新設に先立ち、シールドトンネルを築造するものである。具体的には、品川埠頭北端に発達立坑をRC地中連続壁により築造し、豊洲埠頭内に別工事で築造済みの到達立坑に向かって、日本の産業社会を支える重要な国際物流拠点である東京航路下を、東京のシンボルであるレインボーブリッジを横断するかたちで泥水式シールド工法によりトンネルを施工するものである。

本工事における発達立坑は、連壁掘削深さ70mの大深度立坑で、コンクリートカッティング量において、国内最大級のものである。また、シールドトンネルは、土丹層を約2.3kmにわたり連続的に掘削するなど、事例の少ない環境下での施工である。

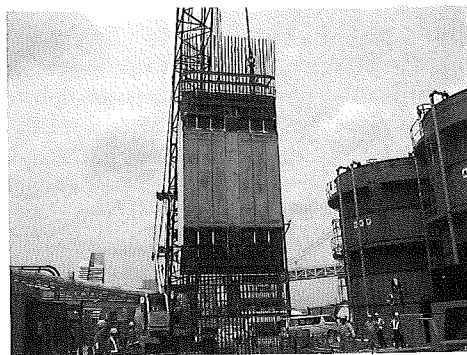
本稿では、これらの施工概要について報告する。

Water Supply Tunnel crossing Tokyo Sea Routes from Deep Shafts—Bureau of Waterworks, Tokyo Metropolitan Government South-east Trunk Line—

By Kazuya Harazono, Tokyo Metropolitan Government Bureau of Waterworks

This work entails the construction of a shield tunnel before the installation of a φ1,800 mm water pipe in the unmaintained section (approx. 10 km) of the South-east Main Line of the Tokyo sea route crossing section (approx. 2.4 km) in the control district of the Eastern Construction Office (approx. 6.4 km between Toyosu - Yashio). The slurry shield started at the departure shaft that was built at the northern extremity of Shinagawa wharf by RC underground diaphragm wall, and, aiming for the arrival shaft that has already been completed in a another construction project within Toyosu Wharf.

The departure shaft is a shaft of 70 m in depth and, in terms of the volume of concrete cutting, it is the largest in Japan. Further, the shield tunnel is the first large-scale undersea tunnel for use as a water supply in Japan, and this construction was conducted in ground condition with few precedents such as the continuous excavation over approx. 2.3 km of a hard clay. This report gives an outline of this construction.



写真はNOMST 部材

東海北陸自動車道飛騨トンネルでは、工程短縮、コスト削減、および品質向上を目的として、二次覆工を省略したプレキャスト部材であるRCライナーを適用した。このRCライナーは、二次覆工構造部材の一部であるため、トンネル火災時の耐火性が求められた。具体的な要求性能としては、以下の2項目が挙げられる。

①有機繊維を混入したRCライナーコンクリートが、RABT加熱曲線(加熱60分)に従う加熱を受けた場合に、かぶりコンクリートが爆裂しない有機繊維混入量を明らかにし、そのときに主筋の受熱温度が350℃以下となるようにかぶりを設定すること。

②隣り合うRCライナーを接続するボルトの受熱温度が350℃以下となるように、ボルトボックスに充填する材料が耐火性を有していること。

本稿では、これらの技術的課題の中でボルトボックス充填材の耐火性実験、および受熱後コンクリートの火害診断により検討し、得られた知見について述べる。

Fire Resistance Evaluation of the Joint of Fibre Added RC Segmental lining

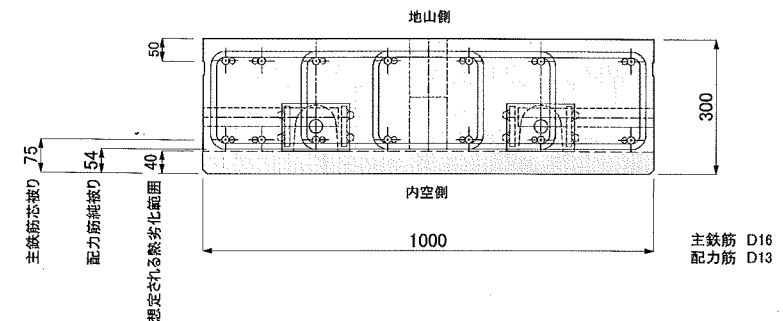
By Mamoru Moriyama, Central Nippon Expressway Company Limited

In the Hida Tunnel of the Tokaihokuriku Expressway, with the aims of reduction of the works time and cost and improvement of quality, we applied RC Liner which is a pre-cast fibre added RC omitting the secondary lining. As this RC Liner is a part of the secondary lining structure, resistance in the case of tunnel fires was required. The specific required performance is shown below.

①When liner concrete with added organic fibres is heated according to the RABT heating curve (60 mins. heating), the volume of organic fibres added so that the concrete cover does not explode is determined and the cover thickness is set at that time to a main reinforcement with a receiving temperature of less than 350℃.

②In order to make sure that the bolts connecting the adjoining RC liner have a receiving temperature of less than 350℃, the materials stored in the bolt box should be fire resistant.

This document contains the expertise gained from, among these technological tasks, fire resistance experiments on bolt box storage materials and investigations of concrete after receiving heat through fire damage diagnosis.



図は爆裂抑止型ライナー構造断面図案



道路を管理する立場から見た トンネル

西日本高速道路(株)執行役員管理事業本部長(本協会理事)

小川 篤生

西日本高速道路会社が民間会社として設立されてから3年近くになる。西日本高速道路会社が民間会社として社会に広く認知され、そして存続・発展していくために会社としてのグループ理念を決定した。それは「私たちはお客様満足度を高め、地域の発展に寄与し、社会に貢献する企業グループを目指します」というものである。私が担当する管理事業は、まさしくお客様との接点であり、その満足度と信頼感がそのまま会社の評価につながるようになる。

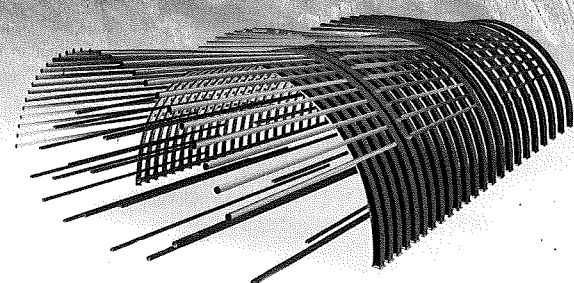
そこで、管理事業部の基本方針として、お客様への100%の安全・安心の提供と顧客満足度の更なる向上を目指すこととした。

さて、西日本高速道路会社が管理するトンネルは、全部で815本、総延長で710kmになる。道路トンネルはその圧迫感や閉塞感から、とくに交通量の多い路線のトンネルでは、しばしば渋滞の原因となっている。西日本高速道路会社の管内では中国自動車道の宝塚トンネルが関西での渋滞ポイントとしてよく知られている。

また、道路トンネルは、防災上も非常に厳しい構造物でもある。いったん火災事故が発生すれば、社会的に大きな問題となる。そのため、交通量が多くしかもトンネル延長の長い防災等級AAランクのトンネルでは、非難誘導装置や水噴霧設備などの設備を整備しなくてはならず、供用後は24時間監視し続けなければならない。そのようなトンネルが25本あり、その1ランク下の防災等級Aランクのトンネルは221本もある。また、自動車の排気ガスの換気やトンネル内照明には、年間16,000万kWhの電気を消費しており、その電気代が約27億円にも上っている。

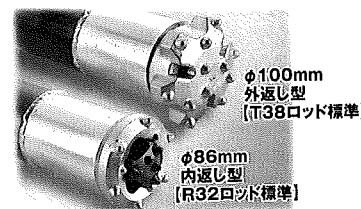
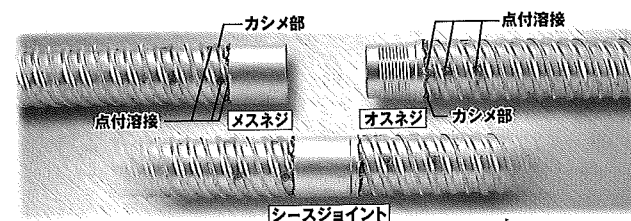
これらの管理上の課題以上に最近対策に苦慮しているのが、トンネルの覆工コンクリートの剥落事故である。高速道路を利用されるお客様にコンクリート片が落下して損害を与えることがないように、定期的に目視点検や、コンクリートたたき点検などを実施しているが、残念ながらトンネルの覆工コンクリート片が落下する事故を絶滅させることはできていない。

ユニークな発想と高品質・自信の価格



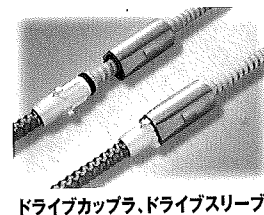
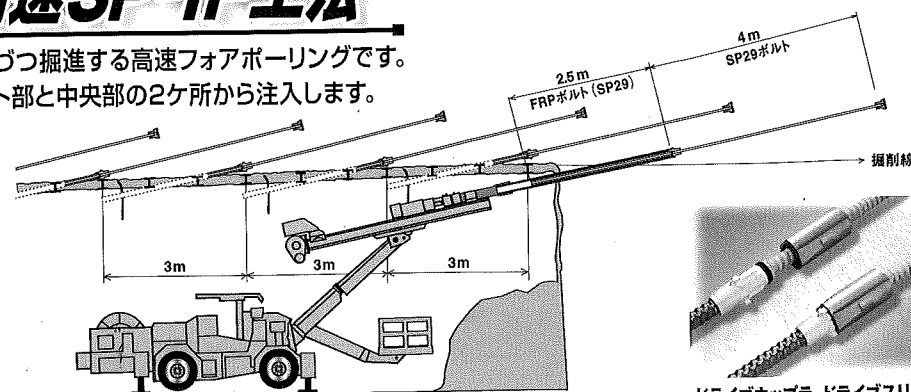
FIXチューブ工法

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

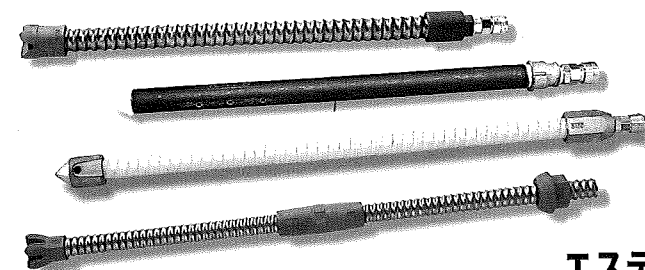


高速SP-IF工法

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



自穿孔ボルト&注入管



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

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>

幸い大きな事故になっていないから良いものの、剝落事故がお客様に与える影響は重大なものであると考えている。

覆工コンクリートの剝落は主にコンクリートの打ち継ぎ目に起きていることが多いことは、トンネルに携わる技術者の方々は、良くご存知のことと思う。トンネル覆工の品質・出来形管理については、旧JH時代の平成14年に施工管理要領が出されている。その中で、目地部でのひび割れを抑止するために切り欠き構造を設けることやコンクリートの品質について定めている。それにもかかわらず、その後のトンネルでも初期ひび割れの発生が見られているのが現状である。

近年、発注者側の技術者は、発注業務や、対外業務、また工事進捗を指導監督する業務などに忙殺され、直接工事に携わるという機会も極端に少なくなっている。確かに、工事発注において、透明性や競争性を確保するために各種の手続きや書類作成、照査にかかる時間が従来の比ではなくなっており、また現場を担当する人員も少なくなっているのが現実である。一方、直接施工される請負人の方々も、発注者への提出書類が増え、更には、経費削減のために人員が発注者以上に削減されているために、なかなか現場に集中することができなくなったことから、長大トンネルでもない限り、個別のトンネルに責任と愛着をもっとも持っているのは誰かということが判然としなくなっているように感じる。

このことは、トンネルに限らず、土木構造物に共通する問題でもあるといえよう。

土木構造物は建築と異なり、無名碑とよくいわれる。土木構造物は限られたエンジニアのスタンドプレーではなく、多くのエンジニアが力を合わせて作るものだという連帯感を醸成する意味では望ましい考え方なのかもしれないが、反面、問題が生じたときに一身に責任を感じるようなエンジニアが少ないということになる。その結果として、トンネルなどの構造物に管理上の問題が生じたときに、施工時の状況に詳しい技術者がわからないということになる。

トンネル施工を直接担当する現場のエンジニアが少なくなり、また、書類作成など内業が増加している現状で、施工時の安全確保や技術的課題を克服していかなければならないというだけでも大変なことであるが、トンネルは完成後社会に永く供用されるということを十分に認識していただき、愛着と情熱を持ってトンネル掘削から、覆工コンクリートの施工に至るまで入念に施工していただきたいと思っている。

施工

側壁脚部に軟弱層を伴う地山を地表より改良

—東北新幹線 上北トンネル、赤平トンネル—

鉄道・運輸機構東北新幹線建設局十和田鉄道建設所所長 齋藤 荘 英
鉄道・運輸機構東北新幹線建設局十和田鉄道建設所担当副所長 石山 民 一
鉄道・運輸機構東北新幹線建設局十和田鉄道建設所 田 野 彰 一
熊谷・本間・南・西田特定建設工事共同企業体上北トンネル作業所所長 芳 賀 宏

1 はじめに

東北新幹線上北トンネル、赤平トンネルは、八戸駅から新青森方に約32kmの青森県上北郡東北町に位置し、延長は625m(上北トンネル)、220m(赤平トンネル)の新幹線複線断面トンネルである(図-1)。

地山は未固結砂層および軟弱な粘土層などの互層であり、土かぶりは東北新幹線八戸—新青森間の小土かぶり未固結地山のトンネル群(全13本、

総延長18km)の中でもきわめて小さく、上北トンネルが6m以下、赤平トンネルが2m以下である。また、両トンネルとも地上の大部分は耕作地である。

従来であれば開削トンネル工法により計画されるトンネルであるが、本トンネルにおいては経済性、施工性などの理由から事前にトンネル周辺地山を改良したうえで、山岳工法(NATM)により掘削を行う工法(以下、「地山改良工法」)を採用した。

地山改良工法は、東北新幹線の他のトンネルにおいて既に実績があったが、上北トンネル、赤平トンネルでは地質条件などを考慮して地山改良範囲を施工基面まで深くして門形の改良体を形成することとした。

本稿では、施工基面まで深くした改良体とその周辺地山の掘削に伴う挙動について、解析とトンネル計測結果をもとに報告する。

2 地質概要

地質は、トンネル基盤部以下に新第三紀鮮新世～第四紀洪積世の海成段丘群における固結度の低い野辺地砂層とシルト主体の野辺地粘土層が互層を呈しており、その上に更新世の未固結な火山灰質段丘堆積物(高館段丘堆積物)と軟弱な火山灰

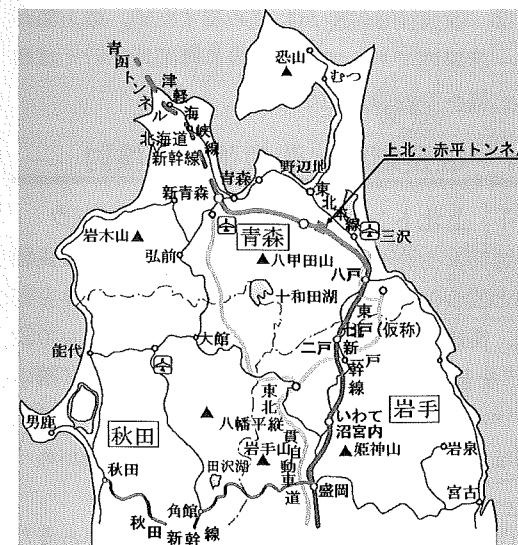


図-1 トンネル位置図

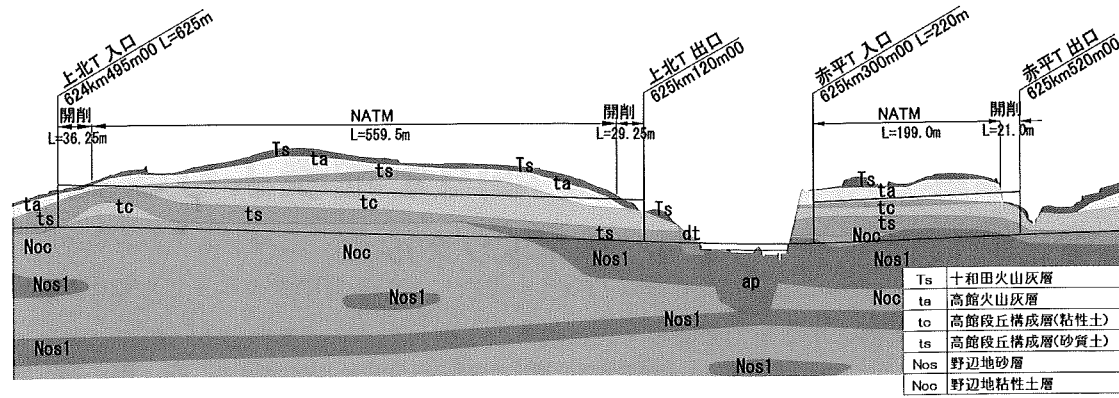


図-2 地質縦断面図



写真-1 開削施工状況

質粘性土・ローム層(高館火山灰層)が堆積している(図-2)。また、両トンネルともに地下水位はトンネル上位に位置する。

3 地山改良工法の特徴

地山改良工法は、地表面からトンネル天端付近まで開削し(写真-1)、トンネル周辺地山の一部分を浅層混合および事前混合盛土により改良し(写真-2)、改良後開削部分を速やかに埋め戻して山岳工法(NATM)により掘削を行う工法である。したがって、地山改良工法は、上北トンネル、赤平トンネルのように土かぶりがかわめて小さく、地上部において開削に対する制約がない場合に適した補助工法であり、他の掘削対策工と比べて次のような特徴を有する。

- ① 施工基面まで開削を行う開削トンネル工法と比べて、事前地山改良のための開削幅およ

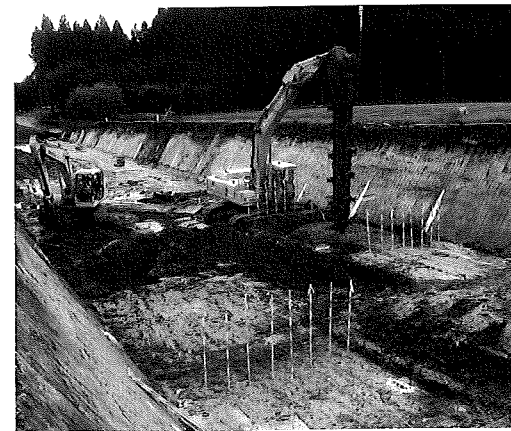


写真-2 浅層混合改良施工状況

び開削土量は少なく、基本的には地山改良以外の補助工法は不要であるため経済的である。
② 改良後は速やかに埋め戻すため、地上部が農耕地であっても、改良を農閑期に行えば農耕への制約期間が短い。

4 改良範囲と改良強度の検討

4-1 上北トンネルにおける改良スペック

当初、上北トンネルにおける地山改良の改良範囲と改良強度(スペック)は、類似の地質条件を有し、実績のあった東北新幹線の他のトンネルの設計¹⁾を基本とし、上半上部までの地山改良(基本スペック)を考えていたが、適用にあたっては軟弱な地質などの条件から以下のような課題があった。

- ① トンネル下部に強度の低い粘土層があるため、掘削内空の沈下に伴う改良体のとも下が

- りが生じやすい。
- ② 地下水位がトンネル上位と高く、層境からの土砂を伴う湧水の発生と、それによる掘削盤の泥濘化が生じる可能性がある。

そこで、上北トンネルにおいては、沈下や湧水を抑制するため、浅層混合改良を改良体の支持層となる施工基面付近まで深くして門形の改良体を形成することとした(表-1)。

表-1 各トンネルの地山改良スペック

	地山改良スペック	地上条件、土かぶりなど
基本スペック		上半上部までの改良 [キロ程] 東京起点623km295m50 [地上条件] ・耕作地で、用地幅の制約なし [土かぶり] ・5m程度
上北トンネル		施工基面までの改良 [キロ程] 東京起点624km690m00 [地上条件] ・耕作地で、用地幅の制約なし [土かぶり] ・3m程度
赤平トンネル		施工基面までの改良 [キロ程] 東京起点625km422m30 [地上条件] ・民家が近接し、県道・町道と交差 [土かぶり] ・2m程度

4-2 FEM解析による安定検討

4-2-1 解析概要

地山改良範囲を施工基面まで深くすることによる効果を施工前に確認しておくため、基本スペック(ケース1)と改良範囲を施工基面まで深くしたスペック(ケース2)について2次元線形弾性FEM解析により比較検討を行った。解析モデルは図-3、地山および改良体の物性値は表-2、支保部材の物性値は表-3に示すとおりである。

4-2-2 解析結果

3段目掘削後の解析結果応力値をモール・クー

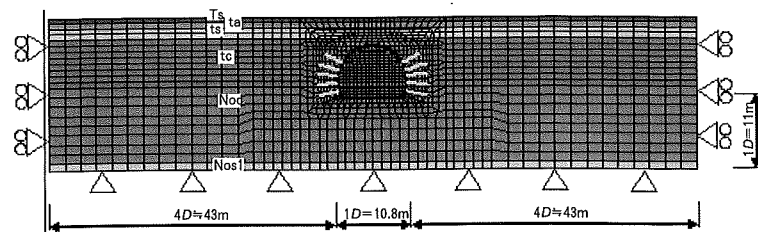


図-3 解析モデル

表-2 地山および改良体の物性値

名称	単位体積重量 (kN/m³)	変形係数 E (kN/m²)	ポアソン比 ν	粘着力 C (kN/m²)	内部摩擦角 φ (°)
十和田火山灰層 (Ts)	14	5,000	0.40	48	—
高館火山灰層 (ta)	14	5,000	0.40	101	—
高館段丘構成層 砂質土 (ts)	17	60,000	0.35	—	39
高館段丘構成層 粘性土 (tc)	15	15,000	0.40	114	—
野辺地粘性土層 (Noc)	14	10,000	0.40	110	—
野辺地砂層 (Nos1)	17	25,000	0.35	—	30
事前混合盛土 (q _u =1.0N/mm²)	19	100,000	0.35	288	30
浅層混合 (q _u =0.5N/mm²)	19	50,000	0.35	144	30

表-3 支保部材の物性値

名称	仕様	変形係数 E (kN/m²)	ポアソン比 ν	断面積 A (m²)	断面係数 Z (m³)	断面二次モーメント I (m⁴)
吹付けコンクリート	t=20cm	3.4×10⁶	0.2	—	—	—
鋼製支保工	H-150	2.1×10⁸	0.3	3.965×10⁻³	2.16×10⁻⁴	1.62×10⁻⁵
ロックボルト	φ22, L=3m	2.1×10⁸	—	3.801×10⁻⁴	—	—

ロンの破壊条件にあてはめた場合の安全率とせん断ひずみ分布を表-4に示す。

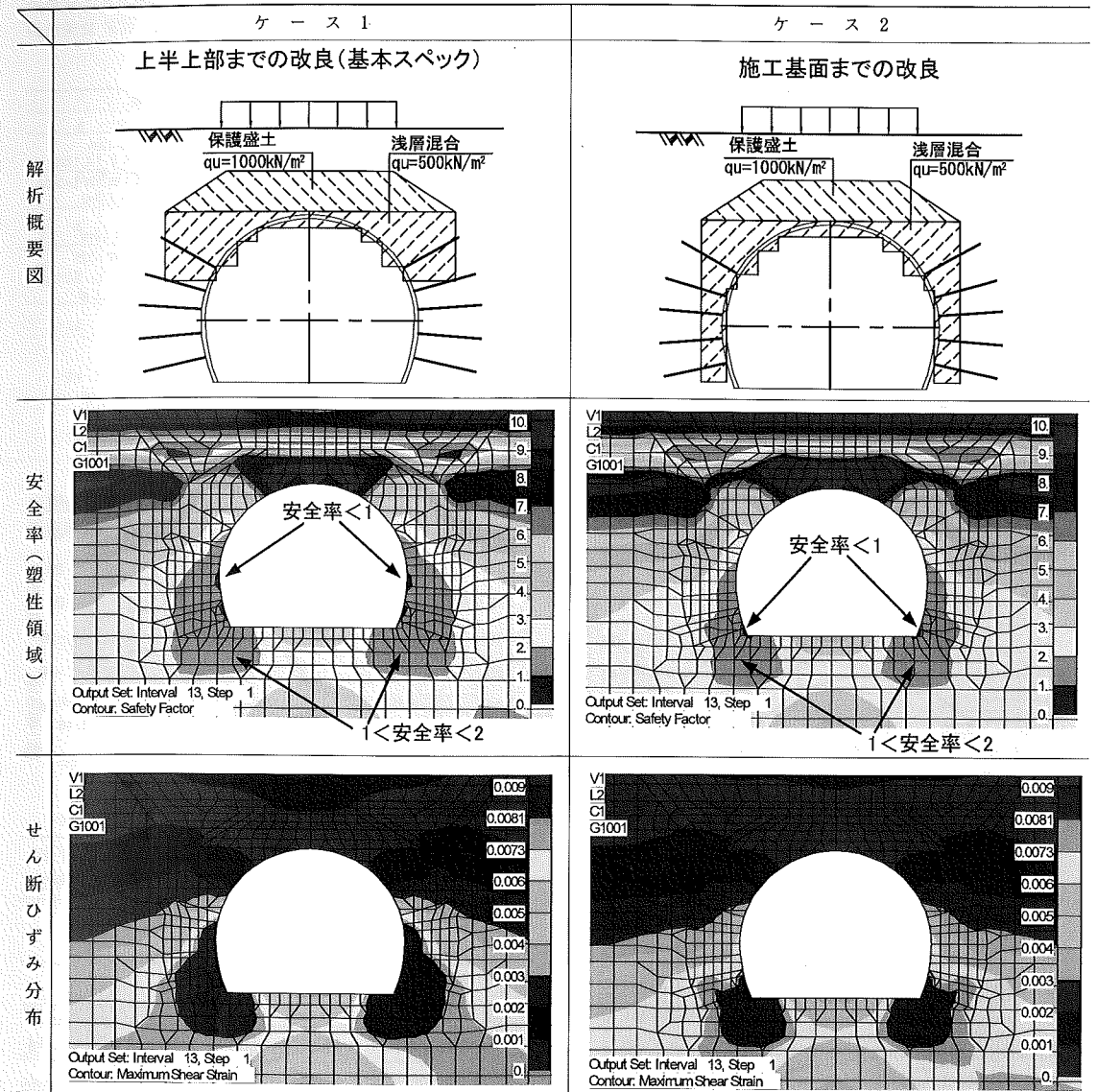
ケース1では、安全率<1となるゾーンがトンネル側壁から底盤部にかけて広がっているのに対して、ケース2ではトンネル底盤部にわずかに発生するのみである。また、1<安全率<2のゾーンが、ケース2ではケース1の1/2に抑えられている。せん断ひずみ分布についても、限界ひずみ0.007~8を超える不安定領域が、ケース1ではトンネル側壁から底盤部にまで発生しているのに対して、ケース2では不安定領域は底盤部のみであり、側壁部には発生していない。

これらのことから、地山改良範囲を施工基面まで深くすることによって、トンネル側壁部の塑性化、不安定化が抑制されることが確認できた。

4-3 赤平トンネルにおける改良スペック

赤平トンネルにおいては、上北トンネルと同じくとも下がりや湧水の懸念があったことに加えて、土かぶりが平均1.7mときわめて小さいこと、民家が近接し、交差道路が多いことなどの課題もあったことから、上北トンネルと同様に改良範囲を施工基面付近まで深くし、安全に掘削を行うために脚部の改良強度を大きくすることとした。なお、冬期施工などのためトンネル天端部についても浅層混合改良とした。

表-4 解析結果



5 計測結果

5-1 計測概要

赤平トンネルでは、A計測(天端沈下計測、内空変位計測)に加えて事前地山改良による安定メカニズムの分析、安全性の確認などを目的として図-4に示すようなB計測も実施した²⁾。なお、各計測断面のキロ程、地質条件、土かぶりは、表-1に示すとおりである。また、比較のため基本スペックで施工済の他のトンネルの計測結果¹⁾もあわせ

て報告する。

5-2 坑内挙動

図-5, 6にそれぞれ赤平トンネルおよび基本スペックトンネルでのA計測の結果を示す。また、表-5は各トンネルの坑内計測(沈下、内空変位)と、上半変位率(最終沈下量に対する上半掘削時の沈下量の比率)である。それぞれのトンネルには土かぶりの違いがあるため絶対量での評価は困難であるが、沈下の傾向としては施工基面まで改良を行った上北トンネルおよび赤平トンネルでは、上半変

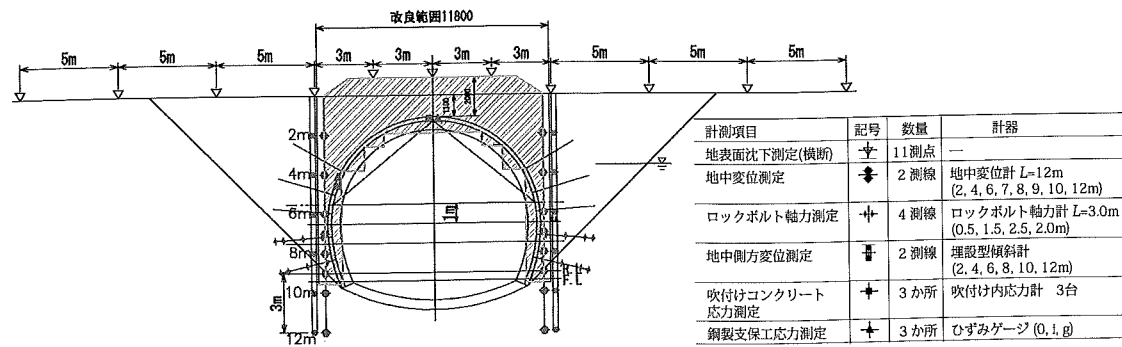


図-4 赤平トンネル計測項目

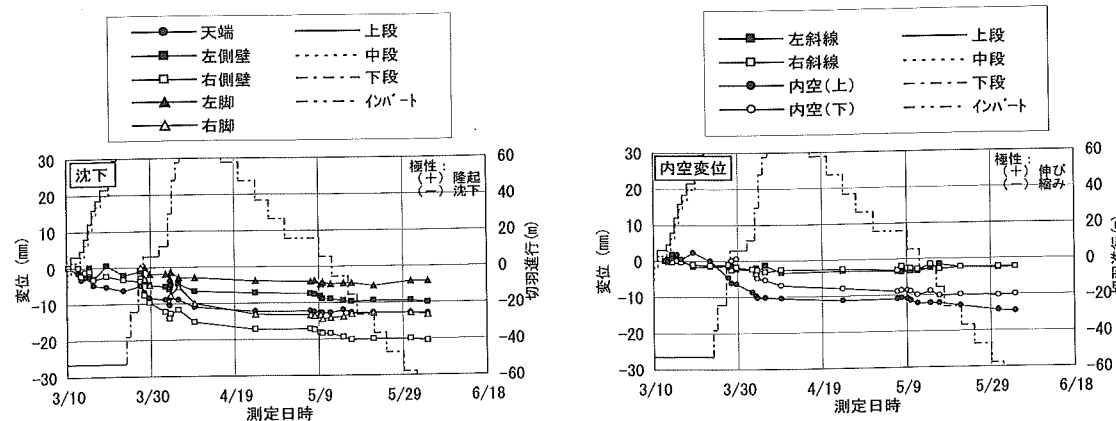


図-5 赤平トンネルの坑内計測結果

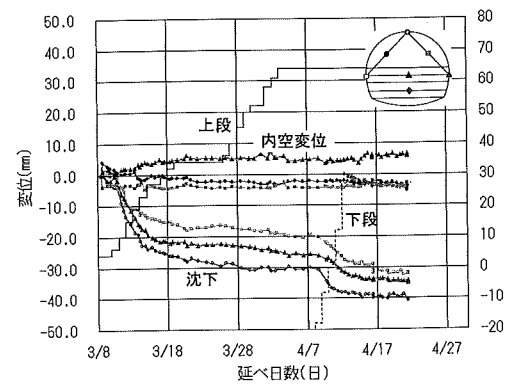


図-6 基本スペクトンネルの坑内計測結果

位率が10~40%と比較的小さく、下半施工により大半の沈下が生じている。これに対して、上半上部まで改良を行った基本スペクトンネルでは、上半変位率が60%程度であり、上半施工時に大半の沈下が生じている。

内空変位についても沈下計測結果と同様の傾向が見られ、上北トンネル、赤平トンネルでは下半

表-5 各トンネルの坑内変位計測結果

項目	天端沈下	左脚部沈下	右脚部沈下	上半内空	下半内空
上北トンネル					
上半(上・中段)最終	-3.9	-1.0	-3.5	1.2	
下半(下段)最終	-11.6	-8.8	-13.0	-9.2	1.3
最終沈下量	-12.9	-10.0	-12.5	-9.7	0.4
上半変位率	30%	10%	28%	-12%	
赤平トンネル					
上半(上・中段)最終	-5.3	-2.0	-3.9	-4.8	
下半(下段)最終	-11.8	-7.9	-18.0	-11.5	-9.0
最終沈下量	-12.8	-9.9	-20.3	-9.0	-10.1
上半変位率	41%	20%	19%	58%	
施工済トンネル					
上半(上・中段)最終	-31.1	-18.9	-24.6	6.5	
下半(下段)最終	-43.9	-29.7	-37.1	10.4	-4.0
最終沈下量	-50.6	-34.2	-38.1	11.3	-5.0
上半変位率	61%	55%	65%	58%	

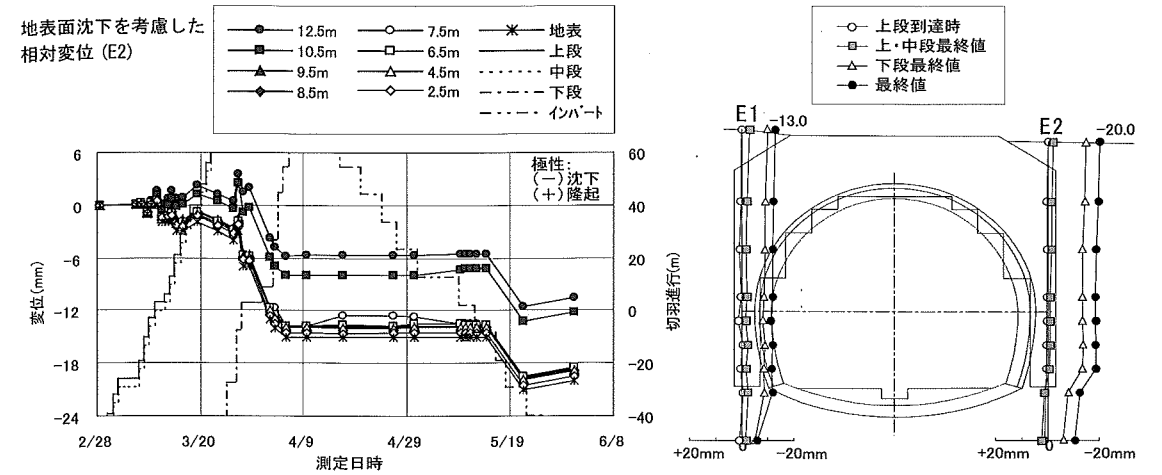


図-7 赤平トンネルの地中沈下計測結果

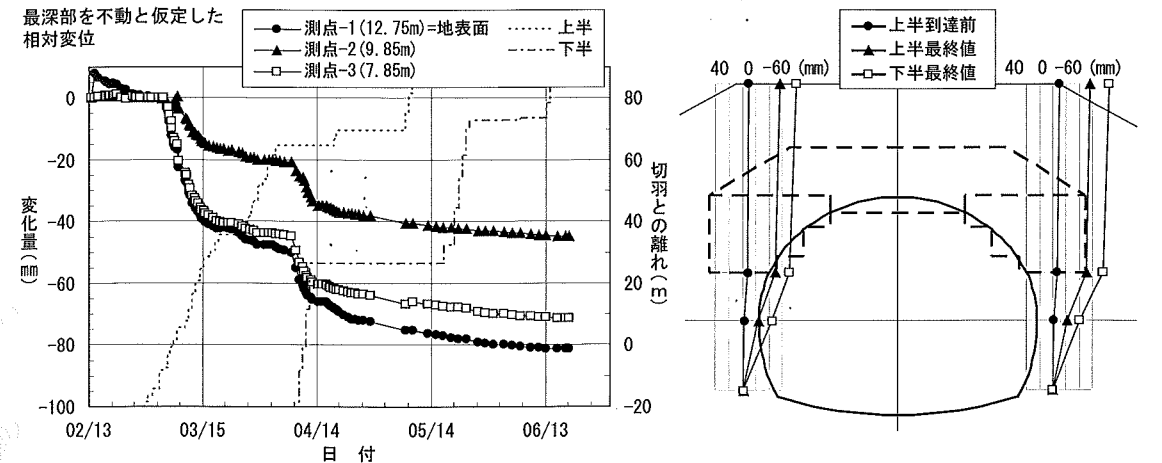


図-8 基本スペクトンネルの地中沈下計測結果

施工時に大半の変位が生じているのに対し、基本スペクトンネルでは変位の大半は上半施工時に発生している。また、上北トンネル、赤平トンネルでは変位はおおむね内空側に縮小しているのに対し、基本スペクトンネルでは改良体脚部がトンネル外側に拡がる現象を示している。これはトンネルに作用する土荷重と改良強度の違いに起因するものと思われる。

5-3 地中沈下・側方変位計測結果

図-7, 8は地中沈下計測結果の比較である。赤平トンネルでは坑内挙動と同様に、地中沈下においても上半施工に伴う変位量は小さく、下半掘削により変位が発生する傾向が見られ、沈下挙動には

施工段階ごとに収束する傾向が見られる。また沈下量分布から、赤平トンネルでは改良体脚部(トンネル底盤部)において圧縮ひずみが発生していることがわかる。これに対して、基本スペクトンネルでは、坑内挙動と同様に上半施工時から大きな沈下が発生しており、改良体下部(トンネル側壁部から底盤部)において圧縮ひずみが発生している。

図-9, 10は地中側方変位測定結果の比較である。赤平トンネルでは、地中側方変位も上半施工時の変位は非常に小さく、下半施工に伴ってトンネル上半部で地山側にわずかな変位、改良体脚部においてトンネル内空側に1.6mm程度の変位が生じて

いる。脚部において変位が発生する傾向は、坑内挙動や地中沈下計測結果と一致しており、脚部では沈下とともにトンネル方向への側方変位も発生することがわかる。また、絶対量は比較的小さいことから、改良体脚部を深くすることによって、改良体がトンネル内空側に作用する水平土圧に抵抗し、側方変位を抑制できるといえる。これに対して、基本スペクトトンネルでは、改良体脚部はトンネル外側に、改良体下部においてはトンネル内空側に変位しており、とくに改良体下部における側方変位が大きい。

以上の計測結果は、FEM解析で得られたトンネル周辺地山の挙動と同様の傾向があり、計測結

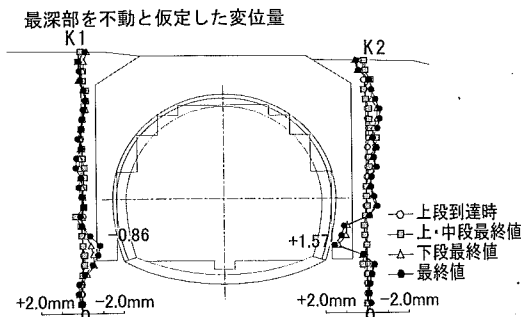


図-9 赤平トンネルの地中側方変位計測結果

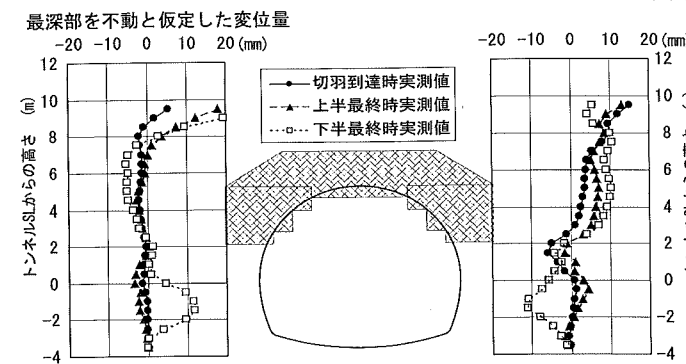


図-10 基本スペクトトンネルの地中側方変位計測結果

果からも施工基面まで深く地山改良を行うことにより、トンネル側壁部から底盤部までの地山の安定性が向上することが確認できた。

5-4 施工基面までの改良による安定メカニズム

上北トンネル、赤平トンネルのように施工基面付近まで地山改良を行った場合の変形モードは、脚部が根入れされた門形改良体に上乗荷重が作用した状態に近いと考えられる。また、トンネル掘削により生じる変位は、解析結果とも符合して側方変位は抑制され、改良体脚部付近の沈下についても支持地盤の圧密程度であることから、門形の地山改良がトンネル周辺地山の緩みを含めた全体の変位抑制を果たしているものと考えられる。

6 ま と め

上北トンネル、赤平トンネルで施工した門形の地山改良工法は、解析・施工・計測の結果から、地山改良以外の補助工法を要さない合理的な工法であると同時に、大規模な補助工法の併用による山岳工法(NATM)や開削工法などの従来工法に、新たな選択肢として加えられるものであり、同様の地山条件での採用拡大が期待できる。

最後に、本稿の作成にあたり、ご指導、ご協力いただきました関係者各位に厚くお礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 北川隆・飯田廣臣・蓼沼慶正・奥津一俊・玉井靖広：低土被り土砂地山における地山改良工法の検討，構造工学論文集，Vol.50A，pp.45-52，2004.3.
- 2) 日本鉄道建設公団：NATM設計施工指針，1996.2.



「琉球の国」沖縄県那覇市より

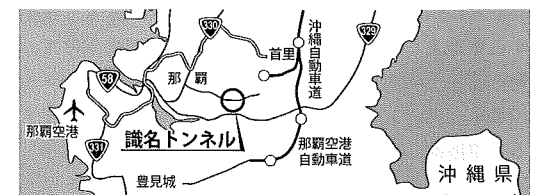
津 中 重 彦

沖縄は、大小160もの島々からなる、豊かな自然が息づく地域で、日本で唯一、亜熱帯気候に属し、一年中温暖な気候に恵まれ紺碧の空とエメラルドグリーンに海に囲まれた南のリゾート地である。また、世界一の長寿国となった日本にあって、沖縄はもっとも長寿の島、そして食文化とさまざまな魅力あふれる美しい島国である。

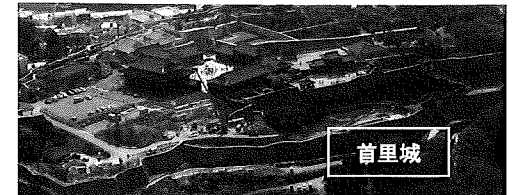
人口は、現在137万3千人。大都市を除く地域では人口減少が続く、農村では深刻な過疎化に悩んでいるなか、沖縄県では人口が増え続け、住宅建設などによる経済効果も生まれ、農地転用が進みバブル経済の再来を懸念する声もあるほどだ。

那覇中心街に近い丘陵に築かれた古都・首里は、現在も城下町のたたずまいを残している。450年にわたって琉球王朝の政治・文化の中心だった首里城をはじめ中城城跡など「琉球王国のグスク及び関連遺産群(9件)」が、平成12年12月に世界遺産として登録されている。施工箇所周辺に、その中のひとつである「識名園」がある。回遊式庭園にたたずむ琉球独特の建築様式が美しい、琉球王家最大の別邸と庭園で、かつては四季の花が楽しめたため、国王一家の保養所や外国使臣の接待などに利用されていた。

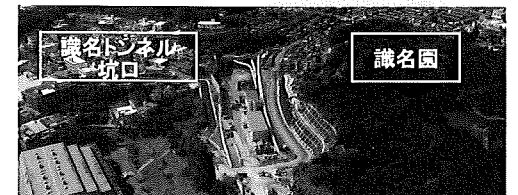
交通に関しては、戦後の沖縄には軌道系の交通機関が敷かれなかったため、長い間バスや自家用車が県民の主な交通手段であったため、慢性的な交通渋滞を起こしていた。鉄道がない沖縄唯一の公共交通機関が、2003年8月に開通した、沖縄都市モノレール線「ゆいレール」である。那覇空港より那覇市首里までを結ぶ路線は全長12.9kmで、観光にショッピングにと市民の新たな足になっている。



位置図



上空から望む首里城



上空から望む識名トンネルと識名園

さらに、那覇中心市街地を東西に横断し、那覇インターにつながる重要な幹線道路として位置づけられているのが、延長約3,970mの「都市計画道路真地久茂地線」である。その一部である識名トンネルは、線形の悪く狭隘な区間をバイパスとして線形を改良し、4車線に拡幅整備するものである。施工箇所の地質は、新第三紀島尻層群と那原層の新鮮泥岩で、沖縄では通称「クチャ」と呼ばれる島尻泥岩が基盤となり、その上部の琉球石灰岩で構成されている。島尻泥岩は、風雨にさらされるとすぐに風化しクラッキーとなり、切土部の崩壊が幾度となく発生している。

識名トンネルは、2本(東・西行線)の超近接のメガネトンネルで構成され、最大土かぶりも40m以下と浅い深度での掘削となる。施工箇所は市街地のため、坑口周辺およびトンネル地上部には多くの住宅が張り付いている。このような施工環境条件のなか、技術と英知のすべてを結集して鋭意施工にあたり、また地元の方々のご理解とご協力をいただきながら、那覇市中心市街地と郊外を結ぶ機能的な交通網の確立と歩行者空間の創出を図るべく、発注者および関係各位のご指導のもと、作業所員・協力業者一丸となり、無事故・無災害で貫通を目指している。

(大成・仲本・内間特定建設工事共同企業体識名トンネル作業所所長)

続きみの庭にも温泉が出る

その後の温泉開発と建設の考え方

石井康夫・俣野恭寛 共著 新書判 217頁 本体定価 1,200円 (〒210円)



株式会社 土木工学社

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



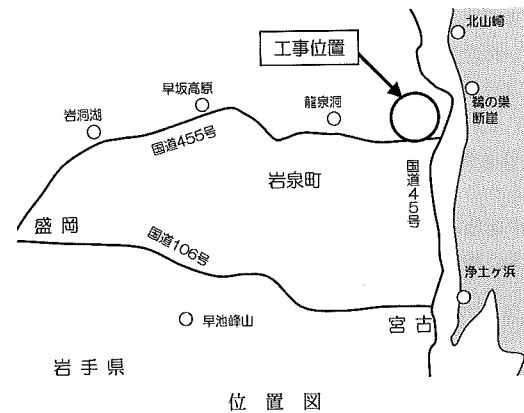
「本州一広大な町」岩手県岩泉町より

向田 恵三

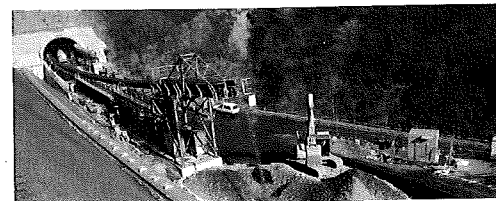
岩泉町は、豊富な山林と河川に恵まれた本州一広大な町(993km²)で、松茸の宝庫として知られている。岩泉松茸は、特有の赤松林の中に数多く自生し、日本有数の収穫量を誇る。また、日本三大鍾乳洞の「龍泉洞」がある町としても知られ、周囲には「鶴の巣断崖」などの景勝地が多くある。

この地区は自然に恵まれており、食材が非常に豊富だ。去年の7月より現地へ乗り込み、トンネル工事の準備を始めたが、まずわれわれを迎えてくれたのが近隣の宮古市の魚菜市場に豊富に並ぶ、夏の味覚の代表格「ウニ」、そして独特の珍味の「ホヤ」であった。8月に入ると「サンマ」に「戻りガツオ」、それに歯ざわりが「ミノ」に似ている「マンボウの胃」(「こわだ」と呼ばれている)を串焼きでがぶり。秋に入ると「サケ」が遡上して来るし、「松茸」が出てくる。松茸はやはり焼いて食べるのが一番だ。軽くティッシュでふき取って根元の汚れた部分を削ぎ取り、丸ごと焼いてから裂いて、醤油と少量のゆずを絞って食べれば最高である。冬に入れば「海の小判」と呼ばれる「アワビ」が解禁となり市場に並びはじめる。この地区では、中華材料にする「干しアワビ」も作られているようで、そうすると余った「トシル」(肝)が市場に出てくる。トシルの味噌煎煮は絶品珍味。冬には「毛ガニ」や「ナマコ」、春になれば海藻や山菜が出てくる。お酒の好きな方やグルメには堪えられない。

ただし、不便を感じることもある。岩泉トンネルの



鶴の巣断崖



起点側坑口部

工事場所周辺には飲食店がほとんどないし、交通の便も良くない。そのため、寄宿舎で日々お酒を酌み交わし、健康的な(?)生活を送っている。

さて、当工事は国土交通省東北地方整備局発注の「一般国道45号岩泉トンネル工事」で、国道45号の隘路解消を目的に計画された中野バイパスの一部である。縦断勾配上り4%、延長1,986mの2車線道路トンネルを発破掘削で施工するもので、主な地質は、硬質な板状チャートと粘土岩の薄層を挟む横木沢層となっている。湧水はそれほど多くないが、土かぶり30~95mと小さく、地表の沢水などを引き込む可能性があるため、慎重に施工を進めている。また、トンネル上部には民家が点在しているため、発破振動低減対策として制御発破を採用し、掘削を進めている。ずり出しには、環境面・安全面を考慮して、連続ベルトコンベヤシステムを採用している。

2007年11月より掘削を開始し、2008年4月現在で450mほどの進捗を得ており、6月からは覆工も開始する予定となっている。平成22年6月竣工に向けて、発注者・関係各位のご指導のもと、高品質なトンネルの構築に取り組むとともに、「安全はすべてに優先する」の基本方針にもとづき、全員一丸となって無事故・無災害完工を目指していく。

(ハザマ岩泉トンネル作業所所長)

施工

蛇紋岩地山での変形抑制と新しい吹付け応力測定法への取り組み

—北海道横断自動車道 東占冠トンネル—

東日本高速道路(株)北海道支社帯広工事事務所工事長 安藤 武義
東日本高速道路(株)北海道支社帯広工事事務所技師 小澤 隆二
大成建設(株)・(株)奥村組特定建設工事共同企業体所長 内田 渉
大成建設(株)土木設計部トンネル地下設計室課長代理 谷 卓也

1 はじめに

東占冠^{しむかっぶ}トンネルは、北海道横断自動車道(夕張~十勝清水間)のうち占冠IC~トマムIC間の山間部に位置する延長約2.5kmの山岳トンネルである(図-1)。発破掘削による補助ベンチ付き全断面掘削工法を採用し、平成16年12月に坑口付けを行い、平成19年9月に無事貫通している。

本工事では、東側坑口から約1,100m区間の蛇紋岩併入区間(以降、「蛇紋岩区間」と称す)において、掘削初期段階で急激な変形が生じ、片側のみの押し出しが顕著であるという、偏圧が作用したような異常な変形が観測された¹⁾。また、切羽の崩壊や地山のクリープ的な挙動、それに伴うインバートの変形も発生した。これらの困難な状況

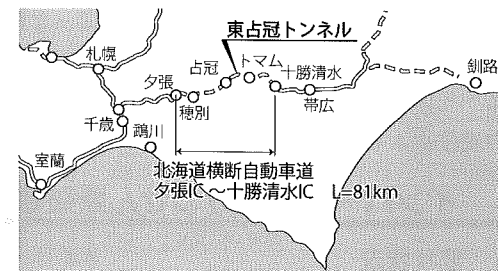


図-1 位置図

に対し、早期の断面閉合による変位抑制や、長尺鏡ボルトによる切羽の安定化など、トンネル掘削に伴う地山の挙動を分析し、適切な対策を施すことで着実な進行を得、安全かつ経済的な施工を行ってきた²⁾。

本稿では、この蛇紋岩区間のうちSTA.855+50~858+30で発生したインバート変状の要因を分析し、実施した対策の効果について述べるほか、当該区間で実施した吹付けコンクリートの応力測定に関する新たな技術への取り組みについて、その概要と現場における測定・評価結果を報告する。

2 施工概要

2-1 地形・地質

東占冠トンネルの地質概要を図-2に示す。本トンネルは、大きく中部エゾ層群、空知層群、イドナップ層が四つの断層を介して存在する複雑な地質状況である。当初の地質想定では、イドナップ層のハイアロクラスタイトや泥岩の分布域に蛇紋岩の併入が予想されていたが、実際の切羽ではほぼ全面に葉片状蛇紋岩が分布し(写真-1)、ハイアロクラスタイトや泥岩は、蛇紋岩中に塊状岩として取り込まれているという状況であった。蛇紋

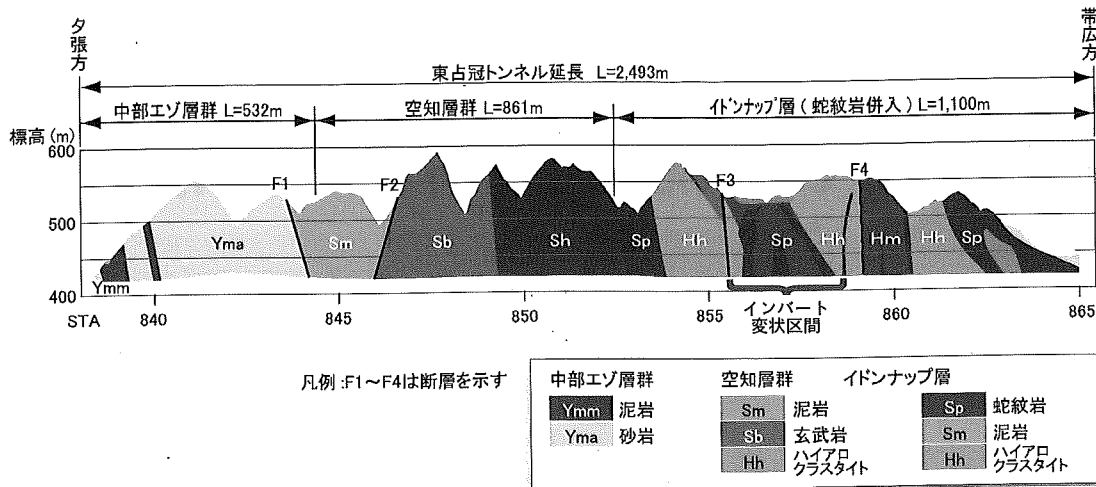


図-2 東占冠トンネル地質縦断面図



写真-1 切羽崩落状況(葉片状蛇紋岩)

岩の片状構造は、トンネル軸方向に対して60°斜交し、65°傾斜の流れ盤として現れた。トンネル軸線は鶴川沿いの山体斜面の中腹域にあり、山側と比較して川側の土かぶり小さいため、地形的には山側からの偏圧を受けやすいと考えらる。しかし、観測された片押しの変位は、川側から偏圧を受けたような変形モードであったため、土かぶりよりも片状構造の影響を大きく受けたと推察される。

2-2 施工状況

地山等級がDIIと判定された蛇紋岩区間では、補助ベンチ付き全断面掘削工法に加え、上半切羽より約7m後方でインバート吹付けによる早期の断面閉合を行った。また、切羽鏡面の押し出し崩壊が連続して発生する地山に対しては、長尺鏡ボルトと鏡吹付けコンクリートを併用して切羽の安定化を図った。長尺鏡ボルトはφ74mmの中空FRP製で、定着材には急硬性モルタルを使用し

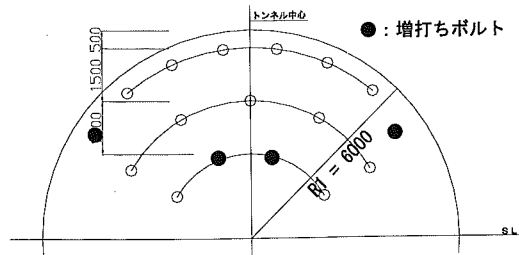


図-3 長尺鏡ボルト配置図

た。ボルトは上半1断面あたり12.5mの長さで13本配置し、1シフトを9m、ラップ長を3.5mとした。もっとも脆弱な区間ではラップ長不足による切羽の崩壊が発生したため、ボルト本数を17本、ラップ長を4.5mに増強して鏡面の崩落防止に対処した(図-3)。

また、支保の軽減が可能な硬岩・中硬岩クラスの地山においても変形量は大きく、片側からの押し出し変位のみが顕著な変形モードとなった。その影響で、一部区間で覆工巻き厚を確保するために縫い返しが必要となった。このような偏った変形に対しては、従来の相対変位による計測管理に加え、光学的に各計測ポイントの座標値を計測し、絶対変位による計測管理も併用した。

3 インバート吹付けのせん断破壊

3-1 変状状況

早期閉合の効果により変位量の増加は急激に抑

制され、坑内観察でも支保には異常は見られず、地山が安定したかに思われた。しかし、変位は2mm/週程度で微増し続け、収束に至る前に再び増加傾向に転じた。そのため、インバート埋戻し土を撤去して吹付け面の調査を実施したところ、インバート吹付け面に大きな亀裂を確認した。亀裂は、インバートと側壁の接合部付近(トンネルの隅角部)で発生し、トンネル軸方向に延びており、せん断破壊の様相を呈していた(写真-2)。

インバートの隅角部近傍は、曲率半径が小さく、断面内でもとくに応力が集中する。トンネル掘削

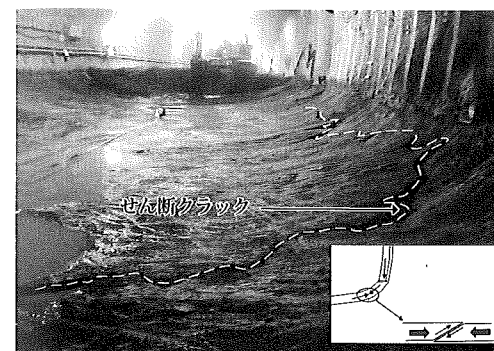


写真-2 インバートの変状状況(切羽より坑口に向かって撮影)

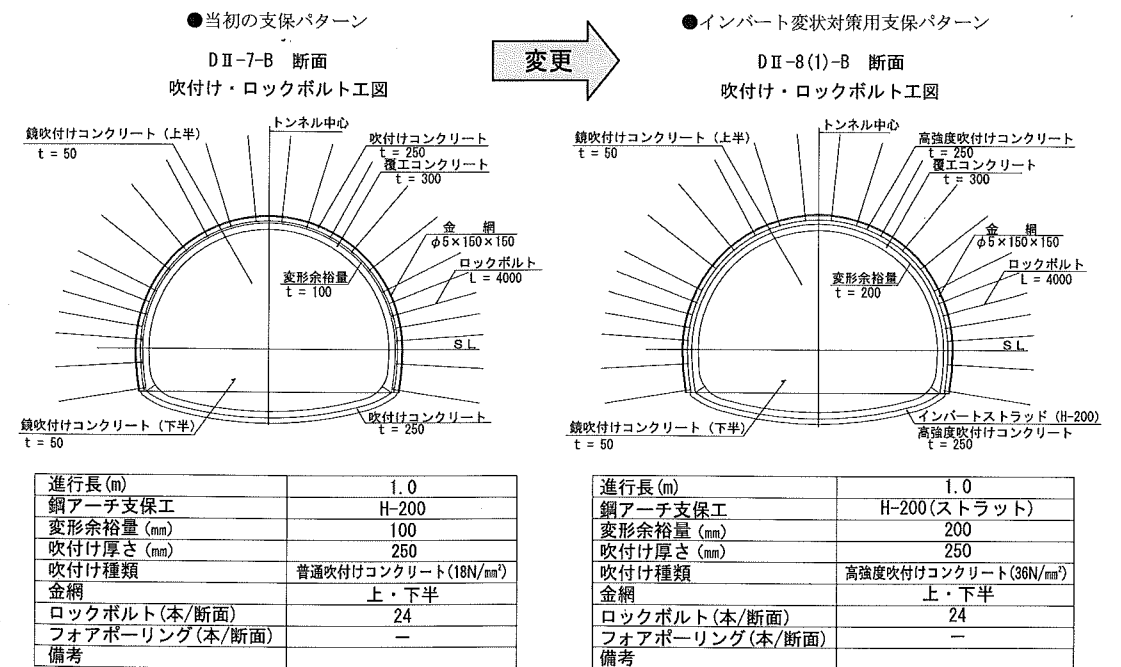


図-4 蛇紋岩区間の支保パターン

に伴う地山の変位が大きい蛇紋岩区間では、支保部材に周方向応力が発生した際、隅角部にはより大きな応力が作用すると考えられる。インバートには鋼アーチ支保工が設置されていないため、吹付けコンクリートが脆性的に破壊したと推察された。

さらに、この破壊の影響で、縁切れのない一体となっている近傍の吹付けコンクリートに、破壊した部分が負担していた荷重が新たに加わることになり、トンネル軸方向に破壊が逐次進展していったものと考えた。

3-2 支保パターンの変更(対策工)

インバート変状区間に対しては、隅角部の曲率半径の緩和なども検討したが、実際には高強度吹付けコンクリートによるインバートの増し吹付け(t=10cm)を行い、変位を監視することにした。その後、変位は徐々に収束に向かうことを確認したが、これ以降の区間で地山の剛性がさらに低下する場合も想定されたため、以下の特徴を有する新しい支保パターンを追加した(図-4)。

- ① せん断抵抗力を増強するインバートストラット(H-200)を設置。



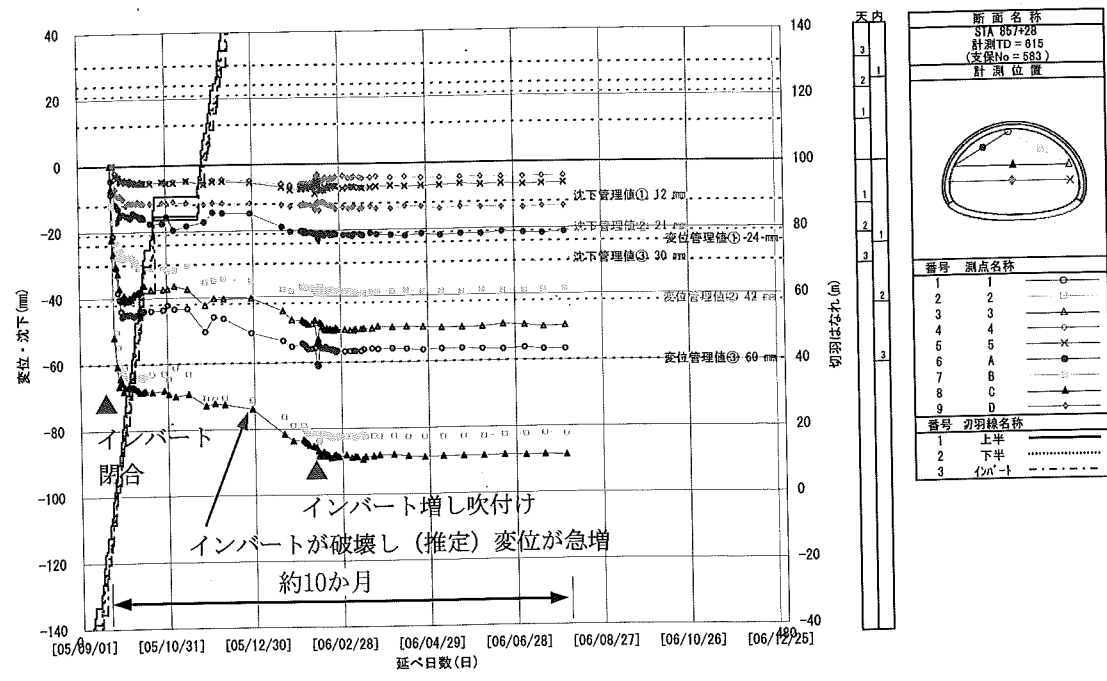


図-5 計測A経時変化図(STA.857+28)

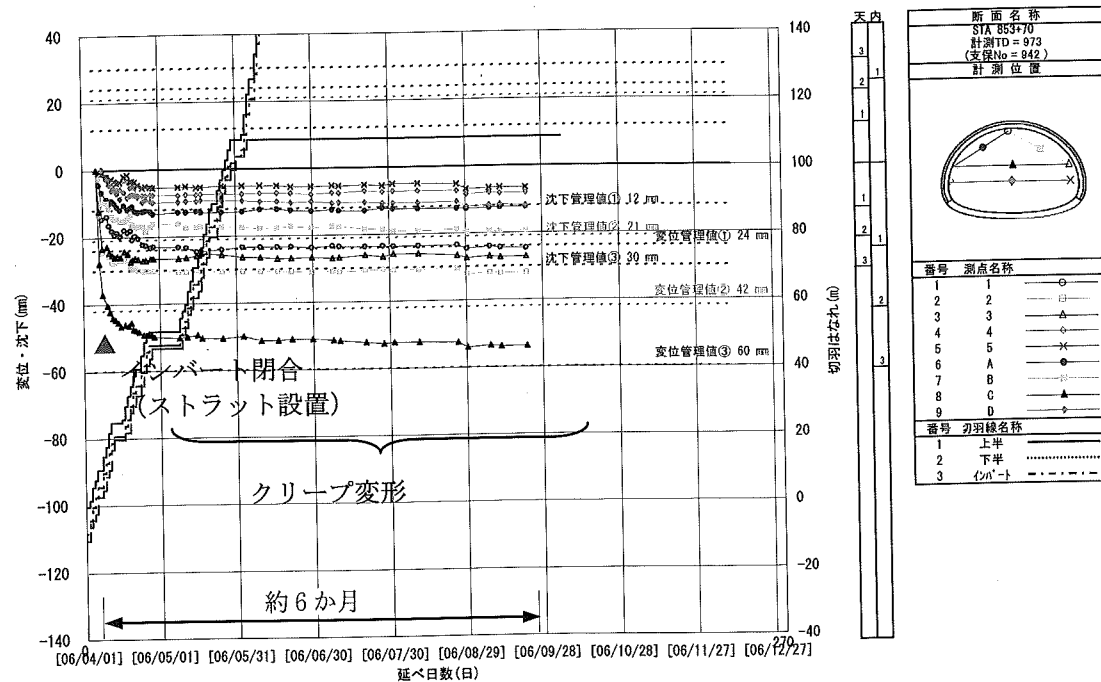


図-6 計測A経時変化図(STA.853+70)

② 支保剛性を高めるため普通吹付けコンクリート ($f'_{ck}=18\text{N/mm}^2$) から高強度吹付けコンクリート ($f'_{ck}=36\text{N/mm}^2$) に変更。ただし、吹付け厚 ($t=25\text{cm}$) は変更せず。

③ さらに、支保能力が不足する場合に対処できるように、増し吹付けコンクリートの施工できるように、変形余裕量を10cmから20cmに増加。

インバートの変状が生じた区間以降も、同様な脆弱な地山が続き、図-4に示した支保パターンで施工を行った。

4 対策工の効果

A計測による変位量について、当初の支保パターン[DII-7-B]で施工した断面(STA.857+28)の経時変化図を図-5に、新しい支保パターン[DII-8(1)-B]で施工した断面(STA.853+70)の経時変化図を図-6に示す。

当初の支保パターンによる施工区間では、初期の内空変位量が70mm程度と大きいものの、内空断面の早期閉合により変位はすぐに収束傾向となった。

しかし、変位はそのまま収束せずわずかに増加をし続け、約4か月後にインバートが破壊した影響で変位が再び増加傾向となっている。変位量の増加はインバートの増し吹付けを実施するまで続き、増し吹付け後の収束性は良好である。

一方、新しい支保パターンで施工した断面では、初期の内空変位量は50mm程度に抑えられ、そのまま収束傾向となっている。長期的に見るとわずかな変位の増加は見られるものの、約6か月で収束している。

同一の断面(STA.853+70)において実施したB計測により、図-7, 8に示す鋼アーチ支保工の軸力およびせん断力の分布状況を確認した。

図-7に示した軸力分布からは、天端や左肩部で2,000kN、インバートや側壁部でもおおよそ1,000

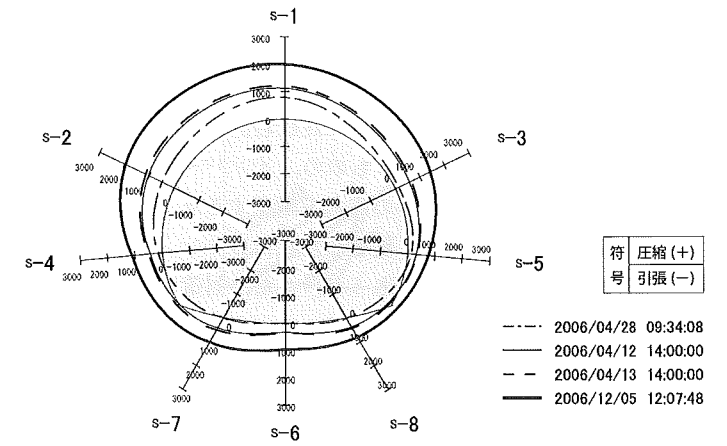


図-7 鋼アーチ支保工の軸力分布(STA.853+70)

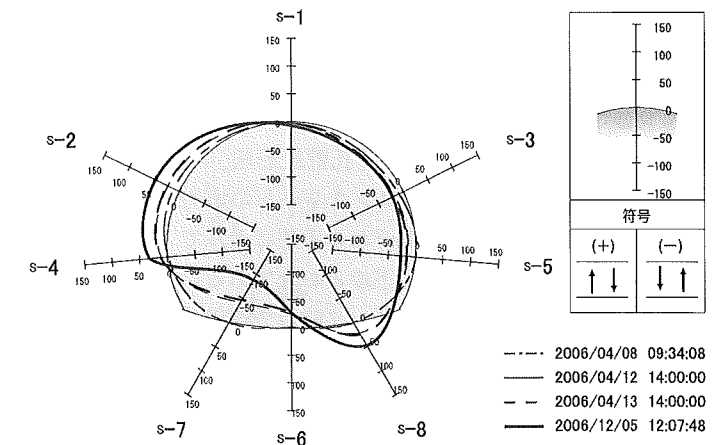


図-8 鋼アーチ支保工のせん断力分布(STA.853+70)

kNの軸力が発生しており、早期の断面閉合の効果により、十分な荷重が鋼アーチ支保工で負担できていることが確認できた。図-8に示したせん断力の分布では、インバートの隅角部に近い計測点で50~100kNのせん断力が生じており、A計測の経時変化で示した変位の抑制効果とともにH形鋼のストラットがインバートに作用するせん断に抵抗し、トンネル変形の抑止効果を発揮していることがわかった。

また、STA.853+70では、コンクリート主応力計を用いて吹付け応力を計測している。ここでは、インバートの中央部で20MPaを超える応力が生じており、インバートストラットと合わせ、支保パターンに高強度吹付けを採用したことの妥当性についても確認することができた。

5 吹付けコンクリートの応力測定

5-1 概要

吹付けインバートに変状を生じた蛇紋岩区間にはB計測断面が設定されているものの、インバート部には吹付けコンクリートの応力を測定するセンサーは設置されておらず、破壊した吹付けインバートに生じた応力は不明であった。また、対策として実施した増し吹付けについても、コンクリート主応力計を設置していない任意の点で応力を確認することは難しい。

変状区間の対策には、現状の吹付けコンクリートに生じている応力が重要な情報となる。また、吹付け部材に生じた最大応力を推定できれば、同様な地質条件で採用する新しい支保パターンの設定に有益な情報を与えることができる。そこで、岩盤の応力測定で実績のある「孔壁変形法」と「コア法」に着目し、吹付けコンクリートの応力測定への適用を考えた。それぞれの手法によって評価される応力の特徴は、以下のとおりである。

孔壁変形法：オーバーコアリング時点で作用している応力

コア法：過去に経験した最大の応力もしくはサンプル取得時点の応力(ただし、一軸圧縮強度の50%程度まで)

孔壁変形法、コア法ともに経時的な応力変化は把握できないものの、吹付けコンクリートの施工時にセンサーを埋設しなくても任意の点で応力を評価できる。

孔壁変形法は、測定時に作用している応力が評価でき、その理論も明解である。一方、コア法については、吹付けコンクリートの応力評価手法としては研究段階の技術であり、検討すべき課題はあるものの、材料に生じた過去の最大値を評価できる点は興味深い。

以下に、各手法による応力測定および評価方法について述べる。

5-2 測定・評価方法

5-2-1 孔壁変形法

孔壁変形法は応力解放法による応力測定方法の

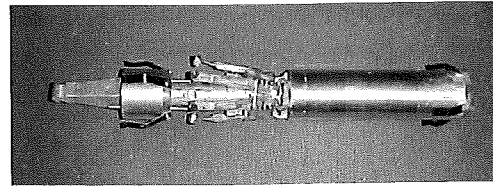


写真-3 応力測定プローブ(全長約25cm)



写真-4 パイロットホール削孔(インバート部の測定点)。
作業性は悪いが水中での計測も可能である



写真-5 プローブの挿入(側壁部の測定点)



写真-6 オーバーコアリング(側壁部の測定点)

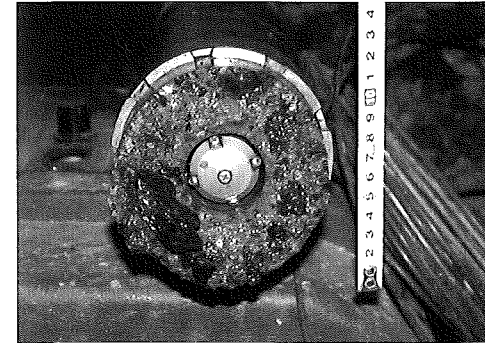


写真-7 オーバーコアリングのビット、吹付けコンクリートコアとともに回収したプローブ(この後、空気圧により簡単に固定を解除して回収できる仕組みになっている)

一つである。実際の現場測定では、北海道大学が開発したプローブ(写真-3)を使用した。このプローブには六つのカンチレバー式変位計が取り付けられており、3方向の孔径変化を測定することができる⁹⁾。

孔壁変形法の測定手順は、まず直径39mmのパイロットホールを穿孔し(写真-4)、データロガーを起動して応力測定プローブを挿入する(写真-5)。次に、直径150mm程度のビットを用いてオーバーコアリング(写真-6)を行って応力解放時の孔径変化を記録する。その後コアと一緒にプローブを回収し(写真-7)、パソコンにデータを取り込み、応力解放時の孔径変化からポアホール軸に垂直な面内の応力状態を算出する。また、別途現場から回収した試料による室内試験を行い、ヤング係数およびポアソン比を求めて評価に反映する。

5-2-2 コア法

コア法は、現場でコアを採取して実験室へ搬送し、一軸圧縮試験のくり返し載荷試験を行って原位置の応力を評価する簡易な方法である。コア法も孔壁変形法と同様に岩盤応力測定に用いられており、岩石では実績がある方法である。

図-9に示すように、履歴応力の最大値を境にして、岩石の有する塑性的な性質により、その変形率がわずかに変化する現象を利用した応力の推定方法である。コア法の中でも、変形率の変化を抽出する方法の違いにより、DRA法や接線ヤング

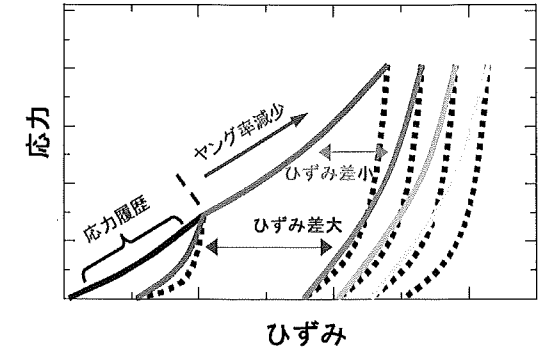


図-9 コア法による応力評価の概念図

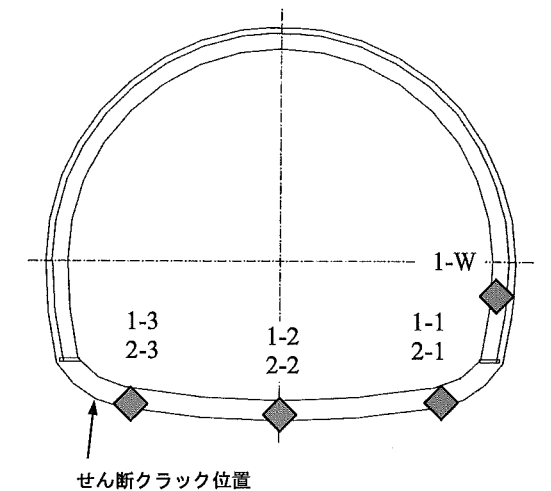


図-10 吹付け応力計測位置と測点番号(切羽に向かって)

率法といった多くの評価手法が提案されている⁹⁾。

コア法による応力評価に用いる試料は、孔壁変形法によるデータの収集を行った後、直近に試料採集するためのボーリングを別途行って得た。この試料から、トンネル周方向が載荷軸となるようにコアを抜き、一軸圧縮試験用の試験体を作成した。

5-2-3 応力測定位置

吹付け応力の測定は以下の2断面で実施した。
断面①：インバート変状区間のSTA.857+28
断面②：断面①ほど顕著な変位増加が見られず、インバート損傷の程度が小さいと推定されたSTA.856+97

いずれの断面も当初の吹付けインバート(標準吹付け部)に、増し吹付けが施されている状態であった。増し吹付けの厚さは、設計で100mmであ

表-1 吹付けコンクリートの応力測定結果

計測断面	測定No.	孔壁変形法			コア法	測定位置		
		周方向応力 [MPa]	主応力 [MPa]			断面内 (切羽に向かって)	深さ方向測定点 [mm] (※MP測定位置)	
			σ_1	σ_2			向き	孔壁変形法
断面① STA.857 +28 (インバートの破壊が顕著)	1-1	3.4	3.7	2.7	5~6(35) 5(140)			
	1-2	2.4	2.6	0.4	7~8(170) 9(190)			
	1-3	3.4	3.4	2.1	4(55) 5(145)			
	1-W	2.2	2.5	0.7	2(120) 2(180)			
断面② STA.856 +97	2-1	3.5	3.5	1.6	8(265) 9~12(300)			
	2-2	3.0	4.4	2.6	5~7(145) 9(160)			
	2-3	6.7	7.1	2.6	10~12(240)			

るが、応力測定位置におけるコアの観察によれば、150~200mmであった。断面内の測定点は図-10に示すインバートの3か所と、断面①についてはスプリングラインより1m下がった側壁部の合計7点とした。

孔壁変形法では、増し吹付け部の応力を確認するため、吹付け厚さ方向の計測位置(深さ)については、断面①、②ともに、破壊後に行った増し吹付け位置の応力を測定することとした。ただし、増し吹付けが実施されていない側壁部の測定点1-Wでは、標準吹付け部で応力を評価した。

コア法では、断面①では増し吹付け側、断面②では標準吹付け部で応力を評価することにした。ただし、断面①の測定点1-2においては一軸試験が可能なコアが作製できなかったため、標準吹付け部(下側)のコアで応力を評価した。

部(下側)のコアで応力を評価した。

5-3 応力測定結果

孔壁変形法およびコア法による吹付けコンクリート応力の測定結果を表-1に示す。

5-3-1 孔壁変形法

断面①のインバート部における最大主応力は2.6~3.7MPaと評価された。断面①における値は、インバートの破壊で応力が解放された後に施された吹付けコンクリート(増し吹付け)の応力である。

断面②では、最大主応力は3.5~7.1MPaと評価された。もっとも大きい7.1MPaと評価された測定点2-3は、インバートの破壊位置にもっとも近い。断面②は断面①と比較して、インバートの破壊の程度が小さかったことから、隅角部における応力集中の影響が残っており、増し吹付けが新たな

にその荷を負担した可能性がある。

なお、最大主応力の方向は、おおむね周方向であるが、断面①の二つの隅角部の測定点1-1、1-3と断面②の中央の測定点2-2では、トンネル軸方向の応力と周方向の応力が同等もしくはトンネル軸方向が卓越する評価結果となった。また、壁面の測定点1-Wでは、やや傾いているものの周方向の応力が卓越しており、近傍のB計測によるコンクリート主応力計で計測された値とも同等レベルであった。

5-3-2 コア法

断面①のインバート部では、孔壁変形法と同じ増し吹付け部を測定した測定点1-1と1-3において、応力の評価値は4~6MPaであった。これは、孔壁変形法と比較して3~5割大きい値である。ただし、側壁部の測定点1-Wでは、孔壁変形法とほぼ同じ2MPaと評価している。標準吹付け部を評価した測定点1-2では、7~9MPaと他の測定点と比較して大きく、標準吹付け部には、設計基準強度(18N/mm²)の50%程度の応力が作用していた(あるいは、作用している)可能性を示唆している。

断面②では、すべて標準吹付け部で測定を行い、5~12MPaの評価値を得た。これは、同じ標準吹付け部で測定した断面①の測定点1-2の結果と同等の値となっており、とくに隅角部の測定点2-1、2-3では12MPaという設計基準強度の70%近い値となった。

5-3-3 吹付け応力測定結果のまとめ

孔壁変形法による応力評価の結果から、増し吹付け部には断面①で2~4MPa程度、断面②においても3~7MPaの応力が測定時に作用していたと考えられる。また、コア法により評価した応力が、その吹付け部材に作用した最大応力を示しているとすれば、断面①においても断面②と同等の応力が当初に施工された標準吹付け部のインバートに作用していたと考えられる。今回発生したインバートの変状は、隅角部の吹付けにせん断強度を超える応力が作用し、破壊に至ったものと推察される。現状では、高強度吹付けによる増し

吹付けの効果で内空変位も収束し、支保に発生している応力も設計基準強度の30%以下であり、健全性は確保されていると考えられる。

5-4 新しい吹付け応力測定手法の適用性と課題

5-4-1 孔壁変形法

採用した孔壁変形法用の計測機器は、プローブ内部にデータロガーを備えている。そのため、データ取得用のデータ転送ケーブルが必要なく、市販のコア抜き用ボーリングマシンが使用できる点で、現場への適用性が高かった。また、孔壁変形法そのものの利点としては、ひずみゲージを貼付する方法と比較して簡易であり、測定者の違いによる評価結果のばらつきがほとんどないこと、湧水箇所や湿気の多い箇所などひずみゲージの貼付が難しい条件においても計測が可能であることが挙げられる。

5-4-2 コア法

コア法に必要なコアは、ボーリングマシンと必要な径のビットがあれば、試料が採取できる。応力を評価したい方向にコアを抜く必要があるが、現場での作業も容易なため、吹付けコンクリートの応力測定への適用性は高いと考える。現在のところ、材齢28日が経過した吹付けコンクリートについて、7割程度の確率で先行応力が評価できることがわかっている⁹⁾。また、今回の応力測定結果も、インバートの変状要因を推定するうえで、参考となる評価結果であったといえる。

ただし、吹付けコンクリートは岩石と性状や力学的な特性が異なる部分があり、また、岩石においても実用化にあたっては、含水状態や拘束圧の影響など、種々の検討課題があることが指摘されている⁹⁾。今後の基礎的な研究や評価データの蓄積による評価精度および信頼性の向上を期待したい。

6 おわりに

脆弱な蛇紋岩地山区間において早期閉合による変位抑制を行った結果、予想を超える応力が支保に作用し、インバートの吹付けコンクリートにト

ンネル延長280mにわたって変状が生じた。この変状に対し、吹付けコンクリートの応力測定やA計測、B計測のデータを分析してインバートに適切な支保を施し、その後の同様な地質条件下の施工において地山を効果的に安定させ、着実な進行を得ることができた。また、クリープ的な変位については、変位の収束に約10か月を要したものの、RC構造の覆工への変更やトンネル断面形状の変更には至らず、経済的な施工を行うことができた。ただし、クリープ変形が予測される地山に対しては対策代(増し吹付け、覆工のRC構造化など)としての十分な変形余裕量を予め設定しておく必要があると感じた。また、トンネル断面形状については、扁平な形状ほど経済的になるものの、曲率半径が小さい箇所や、形状が変化する箇所には応力集中が起こるので、設計ではこの点について十分な配慮が必要であると考えている。

本工事における変位抑制への取り組みをとし、地山を極力緩ませることなく剛性の高い支保を早期に設置し断面閉合できる補助ベンチ付き全断面掘削工法は、土かぶり比較的小さく湧水などの影響もとくにない条件においては、蛇紋岩地山に対する合理的かつ適切な施工方法となることが実証できたと考える。また、今後、本工事で採用した対策工、計測手法や計測管理手法が、同様な地質条件下での施工技術の向上や施工の効率化につ

ながれば幸いである。

最後に、吹付けコンクリートの応力測定について北海道大学大学院工学研究科の藤井義明教授、菅原隆之技術専門職員には、評価方法や精度の確認、現場測定技術に関して多くのご指導・ご協力をいただいた。誌面を借りて、厚くお礼を申し上げる。

参考文献

- 1) 安藤武義・小澤隆二・中田主税・内田渉：脆弱な蛇紋岩区間におけるトンネルの変状とその対策，2007北海道土木技術会トンネル技術研究発表会論文集，pp.7-14，2007.2.
- 2) 安藤武義・小澤隆二・中田主税・内田渉：脆弱な蛇紋岩地山のトンネル掘削に伴い発生した変状とその対策，第60回施工体験発表会(山岳)論文集，pp.65-72，2007.9.
- 3) Ghimire, H. N., Ishijima, Y., Sugawara, T. and Nakama, S.: Development of Stress Measuring System by Overcoring Method Suitable for Soft Rocks, J. MMIJ, Vol.120, No.1, pp.32-38, 2004.
- 4) 菅原勝彦：岩盤応力測定に関する研究の動向，資源と素材，Vol.114, No.12, pp.834-844, 1998.
- 5) 谷卓也・新谷猛・藤井義明：コア法による吹付けコンクリートの応力測定に関する研究，土木学会第62回年次学術講演会論文集，pp.291-292, 2007.9.
- 6) 藤井義明・大高憲道・中川嘉文・児玉淳一：接線ヤング率法の三つの岩種に対する適用性と同方法における封圧の影響，J. MMIJ, Vol.124, pp.120-128, 2008.

『トンネルと地下』投稿原稿応募のご案内

1. 原稿は弊社ホームページ(<http://www.tunnel.ne.jp>)に掲載されている投稿規定により執筆して頂きます。
 2. 原稿のボリュームは、原則として刷上がりで8頁以内とします(図・表・写真含む)。
 3. 原稿掲載の採否は、本誌編集委員会が審査のうえ決定します。
 4. 掲載論文については当社規定の原稿料をお支払いいたします。
 5. 原稿は、原則として返却いたしません。
(注：「現場だより」の投稿は受け付けておりません)
- 送付先 株式会社土木工学社 編集部 投稿係
〒162-0832東京都新宿区岩戸町16 メイジャー神楽坂
電話 (03) 3267-2888(代)

施工

最新の土木技術により既設鉄道を地下化

—東急東横線 渋谷～代官山—

東京急行電鉄(株)鉄道事業本部工務部第一工事事務所事務所長 津 守 澄 男
東京急行電鉄(株)鉄道事業本部工務部第一工事事務所課長補佐 関 高 仁
東京急行電鉄(株)鉄道事業本部工務部第一工事事務所主事 山 崎 仁

1 はじめに

東京急行電鉄(株)(以下、「当社」)は、東横線・目黒線・田園都市線・大井町線・池上線・東急多摩川線・こどもの国線の鉄道7路線と世田谷線の軌道1路線の計8路線、営業キロ100.1kmで営業している。2006年度の輸送人員は民鉄として初めて10億人を超え、10億1,849万人(1日あたり約279万人(自社線内相互乗換え人員は除く))となった。

東横線は渋谷～横浜間を結ぶ延長24.2kmの路線で、沿線には田園調布、自由が丘、代官山などの高級住宅地や、慶応義塾大学、神奈川大学など学校が多いことが特徴である。2006年度は約3億9,974万人(1日あたり約110万人)のお客様にご利用いただいております。田園都市線と並ぶ当社の基幹路線である。

東横線と他社線との相互乗り入れの歴史は古く、1964年に東京メトロ日比谷線との相互直通運転を開始し、2004年には、横浜エリアにおける鉄道ネットワークの拡充を図るため、横浜～桜木町間を廃止し、みなとみらい線との相互直通運転を開始している。この間にも東横線の混雑緩和を目的として1987年には特定都市鉄

道整備事業計画の認定を受け東横線複々線化工事に着手し、2000年には目黒～武蔵小杉間の目黒線と東京メトロ南北線・都営地下鉄三田線との相互直通運転を開始し、現在も武蔵小杉～日吉間線増工事を鋭意推進している。

当社では、東横線のさらなる混雑緩和と利便性向上のため、2005年に東横線渋谷～横浜間改良工

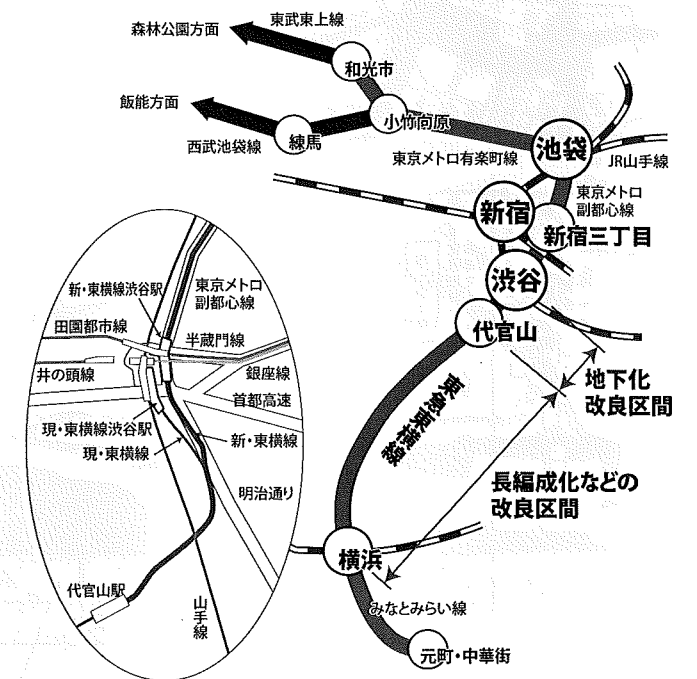


図-1 路線ネットワーク図

事の特定期都市鉄道整備事業計画認定を受けて事業を進めており、本稿で述べる東横線渋谷駅～代官山駅間地下化工事はその一環として位置づけられている。

本工事は運輸政策審議会答申第18号の整備路線の一つとして盛り込まれた東横線と東京メトロ副都心線との相互直通運転を行うための工事であり、それにより、東武東上線・西武池袋線から東京メトロ有楽町線・副都心線を経て、東横線およびみなとみらい線までがひとつの路線として結ばれ、

首都圏の広域的なネットワークの一翼を担うこととなる(図-1)。

2 工事概要

東京メトロ副都心線渋谷駅は東急文化会館跡地前の明治通り下に築造されるため、地下化後の東横線は、渋谷駅で副都心線と接続し、国道246号、民有地、明治通りと現東横線との間にある渋谷川およびJR線と交差し、現東横線直下を通過して代官山駅にて現在線と接続する。なお、渋谷駅～



図-2 東急東横線地下化工事平面図および縦断面図

代官山駅間の唯一の踏切である渋谷1号踏切道は、東横線の地下化により除却される(図-2)。

渋谷駅～代官山駅間の工事総延長は約1.5kmである。東京メトロとの共同使用駅である渋谷駅の工事はホーム中心を境に東京メトロと当社で事業範囲が分かれており、当社事業範囲は311mとなっている。ホーム中心から89mが2008年6月に副都心線が開業するために必要な範囲であり、残りの222mが2012年度の東横線と副都心線との相互直通運転時に必要な範囲である。

渋谷駅と代官山駅の駅間工事は、渋谷駅工事端部の立坑を発進し、JR線交差点手前の到達立坑までのシールド工事約500m、シールド到達とJR線交差点部工事施工のための立坑開削工事約80m、JR線交差点部工事約30m、現東横線直下での開削工事約600mに分けられる。

構築完成後は地下化切り替えのための設備を設置し、一晩で軌道を地下に切り替え、東京メトロ副都心線との相互直通運転を開始する。

本稿では、渋谷駅と代官山駅との駅間工事の計画概要について紹介する。

2-1 シールド工事

シールド工事は、泥土圧シールド工法による掘進延長約500m、最大土かぶり約15.7m、最小土かぶり1D以下の約4.7m、最小曲線半径160m、最急勾配3.5%で、トンネル形状はトンネル幅10,300

mm、トンネル高さ7,100mmの2連矩形断面のトンネル築造工事である。

発進立坑から約370mまでの区間には上総層粘性土、残りの約138mの区間には想定礫径450mmの東京層礫層・東京層砂層および粘性土が広がっている(図-3)。

2-1-1 シールド

本工事では、最小土かぶり、最小曲線半径、東京層礫層の存在などを考慮して、機長8,950mmで中折れ装置を装備し、2台のメイン回転ドラム上に回転式カッタを設置した幅10,640mm、高さ7,440mmの2連矩形断面のシールドを採用した。メイン回転ドラムは低速で公転し、回転式カッタは外周速49mm/mmで高速に自転しながら必要断面を掘削する方式である。

土かぶり1D以下の施工でもカッタヘッド形状により掘削断面の外周部がドーム形状となることで、アーチ効果により掘削断面の安定を図ることができる(図-4)。

メイン回転ドラムは低速で公転するため回転式カッタの確実な位置制御が可能となり、コーナー部や矩形上下凹部においても通常断面同様に確実な施工ができ、最小曲線半径160mの急曲線施工も余掘り量を正確に算出し、無理なく施工できる(図-5)。なお、中折れを行うことにより、シールド前胴の重心位置が曲線内側に移動するためロー

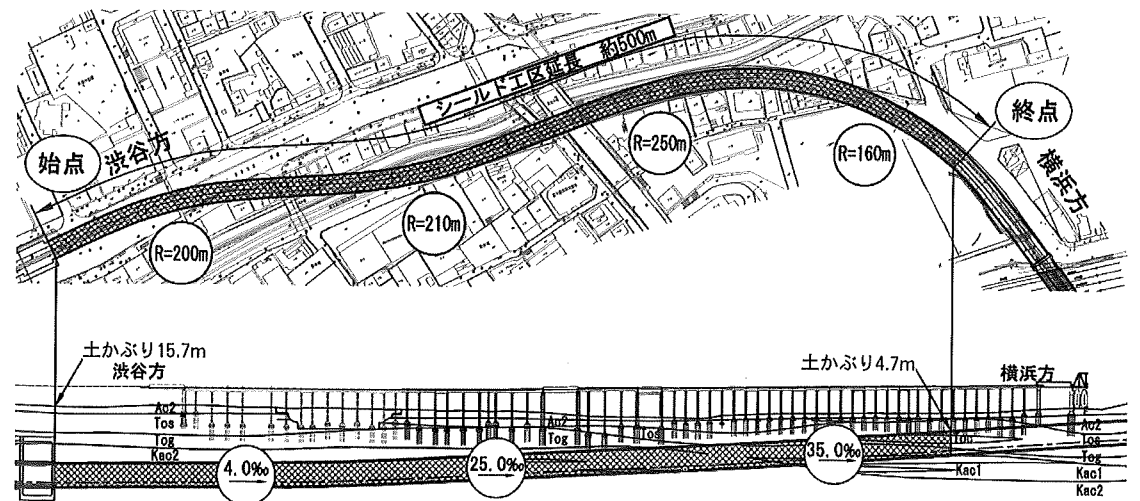
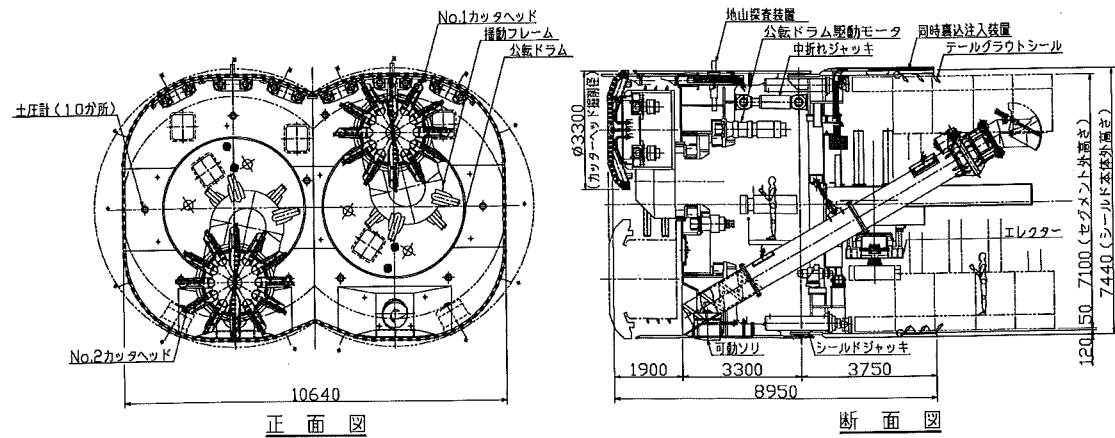


図-3 シールド工事区間平面図および縦断面図



外寸法	高さ7440mm×幅10640mm
幅	8950mm
シールドジャッキ	上部2500kN×1300st×34, 3MP×26本 下部3000kN×1300st×34, 3MP×9本
総推力	89000kN
切羽面積当り推力	1236kN/m ²
中折れ角度	右2.0°, 左1.5°, 上下±0.5°
中折れジャッキ	2500kN×350st×34, 3MP×20本
可動ソリ	2500kN×70st×30MP×2本
ムーバブルフード	500kN×1000st×21MP×6本

形式	アボロカッター(2連)
公転周期	4min/rev. (0.25rpm)
カッタヘッド No.1, No.2	回転数 4.7min ⁻¹ トルク 720kN-m
揺動フレーム No.1, No.2	回転数 0~0.9min ⁻¹ トルク 1900kN-m
公転ドラム No.1, No.2	回転数 0~0.9min ⁻¹ トルク 2200kN-m
カッター	超硬チップ付カッター
コピカストローク	20~max. 70mm

型式	リングドラム片降式
押込力	200kN
吊荷重	最大 5 ¹ / ₂ 100kg
回転数	高さ1.04, 920.5, 1180.05min ⁻¹
伸縮ストローク	max. 1490mm
横き制御ストローク	max. 950mm
前後揺動ストローク	前 100mm, 後 150mm
スライドストローク	右 50mm, 左 50mm
引込みストローク	max. 100mm
角柱保持機構	押し付ストローク max. 900mm×2 前後揺動ストローク 前100mm, 後150mm×2 スライドストローク 右 50mm, 左 50mm×2 保持固定ストローク max. 80mm×2

スクリー羽根径×ピッチ	φ700mm×P600mm
回転数	0~12min ⁻¹
トルク	常用 70.3kN-m×2本
油圧モータ形式	ME 2000x2台×2本
排土量	141m ³ /H×2本

図-4 シールド全体構造図

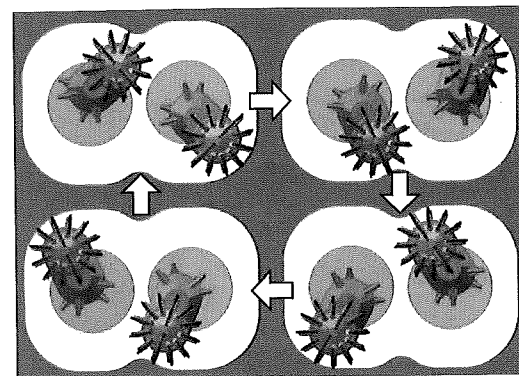


図-5 2連矩形断面施工イメージ

リングが発生しやすくなるが、本工法では2台の回転ドラムの公転方向によりローリングモーメントを制御できるため、ローリング修正にも有利である。

東京層礫層でのコーナー部およびかもめ部の掘

削は回転式カッターで回転掘削するため、伸縮カッターにより掘削する伸縮スポーク方式や同期逆転方式に比べ、礫により伸縮カッターが縮まないなどの故障や動作不良の影響を受けにくく、より安定した掘削ができる。

2-1-2 セグメント

本工事で製作するセグメントの形状は、トンネル幅10,300mm、トンネル高さ7,100mm、セグメント桁高400mm、セグメント幅1,100mm、セグメント分割数10分割で中柱とかもめ部を有する。また、トンネル覆工の剥落を確実に防止するために開発された、EXPセグメントを上部5ピースに採用することとした(図-6, 写真-1)。

EXPセグメント(EXfoliation Prevention Segment)は、製作時に繊維シートをあらかじめセグメント型枠内表面に敷設(写真-2)し、その上

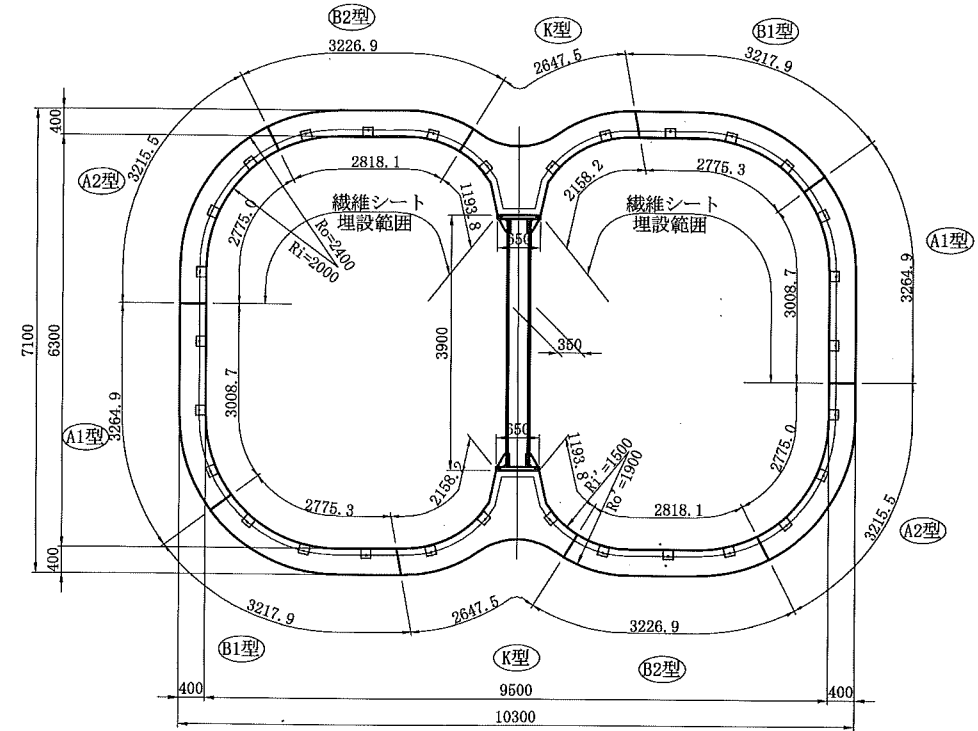


図-6 セグメント全体構造図

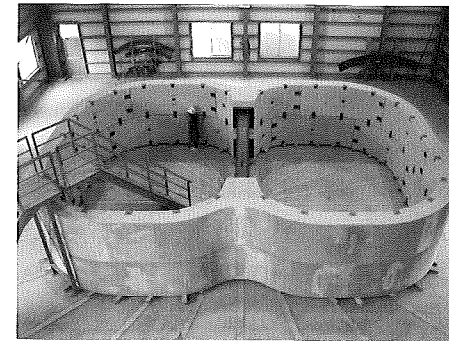


写真-1 セグメント仮組み状況

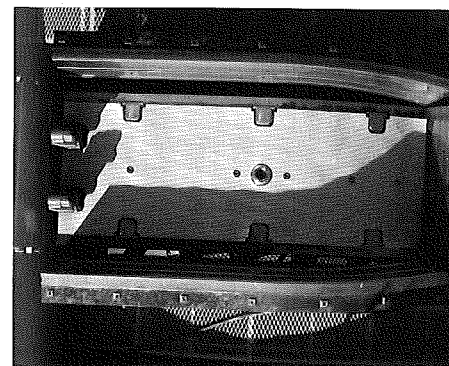
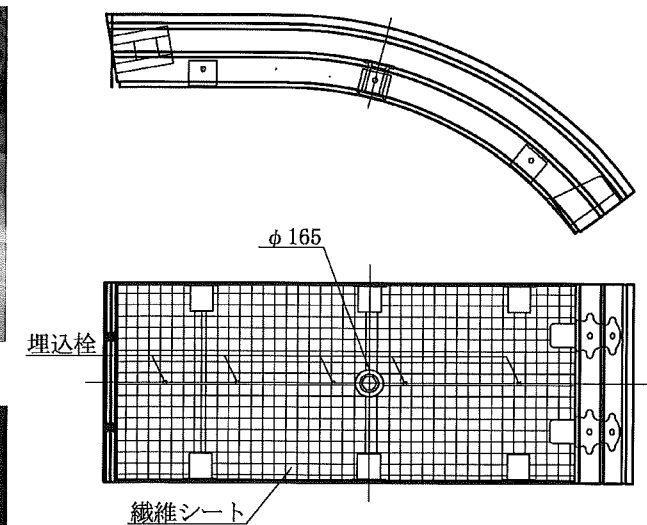


写真-2 繊維シート敷設状況



繊維シートの仕様

- 材質: 耐アルカリガラス繊維
- 格子サイズ: □7.0×5.0 (mm)
- 織密度: タテ 45.3±1, ヨコ 3.3±1 (本/25mm)
- 引張強度: タテ 1500以上, ヨコ 950以上 (N/25mm)
- 単位質量: 400以上 (g/m²)
- 厚さ: 0.85±0.2 (mm)

図-7 繊維シート敷設概要図

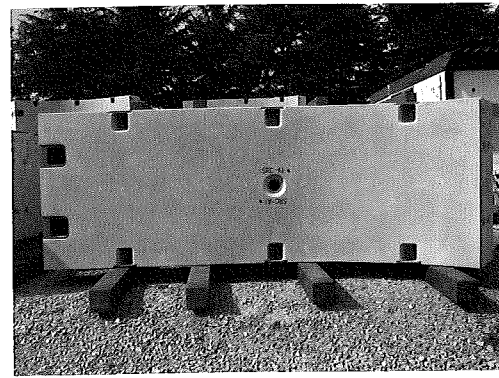


写真-3 EXPセグメント内表面の状況

に鉄筋かごを設置してコンクリートを打設することにより、セグメント内表面全体が繊維シートで覆われるため(図-7)、コンクリートにクラックが生じた場合でも、コンクリート片の剥落を確実に防止することができる。

使用するシートは繊維をメッシュ状に織り込むことによって剥落片を確実に保持できる形状を選定するとともに、使用コンクリートはセメントペーストを繊維シートの表面に十分に回り込ませることができる流動性の高い粉体系高流動コンクリート(目標スランプフロー65±5cm、目標空気量2.0±1%)を採用した。

写真-3は、EXPセグメントの内表面の状況であるが、繊維シートの縞模様はほとんど認められず、セメントペーストが繊維シートの表面に十分に回り込み、完全に覆っていることが確認できる。

2-2 JR線交差部工事

JR交差部は、東横線地下躯体の土かぶり小さいことから、JR東日本(株)と協議し、工事中における山手線および山手貨物線の安全な運行を確保するため、JR東日本(株)に施行を委託している。

2-3 現東横線直下での開削工事

現東横線直下での開削工事は、高架橋部、盛土部での箱形トンネルの構築、および盛土部のU形擁壁の構築に分かれている。開削工事区間はいずれも用地が狭隘で、側道もないため、作業ヤード・搬出入経路の確保が非常に困難な状況での施工となる。

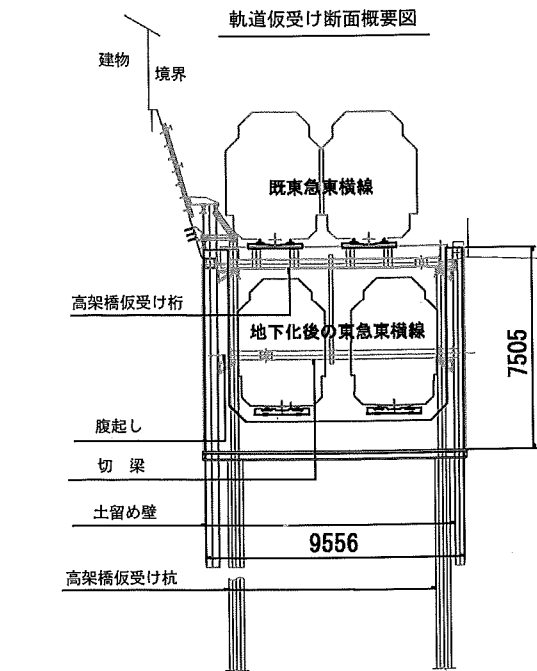
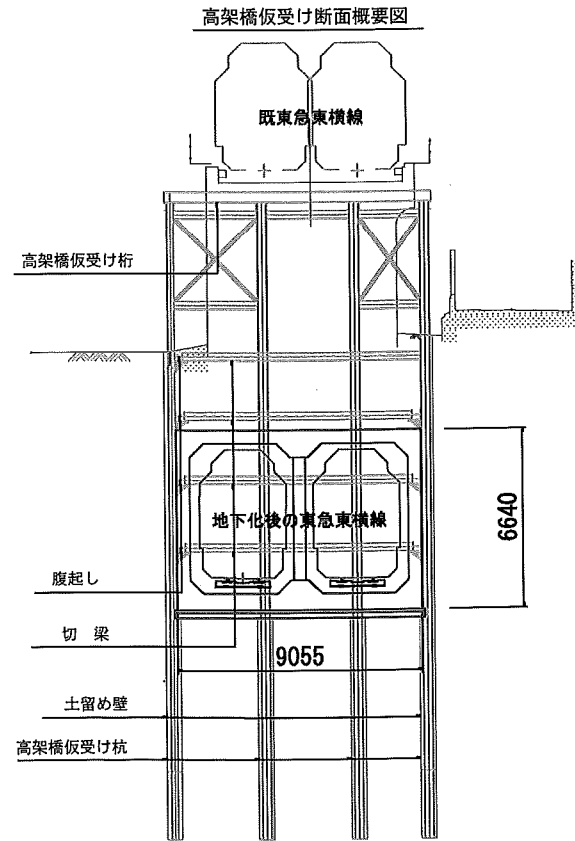
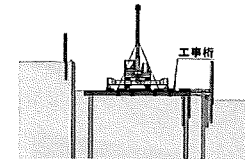
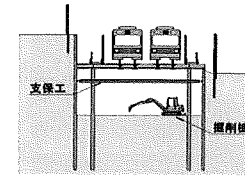


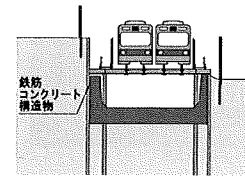
図-8 高架橋および軌道仮受け断面概要図



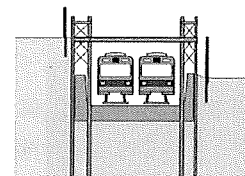
1) 軌道を仮受するための杭を打設し、その杭に工事桁を架設し、軌道を仮受する。



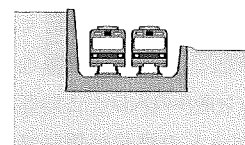
2) 軌道仮受完了後、線路の下を掘削し、支保工を設置しながら所定の深さまで掘り下げる。



3) 掘削完了後、構造物を構築する。



4) 構築完了後、地下化切替のための門構等の設備を設置し、一晩で工事桁を打上もしくは降下し、地下に切り替える。



5) 地下化切替後、仮設物の撤去、残りの構造物を構築し、地表面を整備して完了。

図-9 切り替え工事区間施工順序図

高架橋部での箱形トンネル構築については、高架下のため空頭制限があるが、昼間施工が可能なことなどから、仮受け杭、土留め杭にBH杭を採用している。杭打設後は高架橋のスラブ面での仮受けを行い、掘削、構築の順序で施工する。

盛土部の箱形トンネル構築については、仮線を敷設せず、軌道脇の狭隘な用地約1.5mを利用し、BH-Wを採用している。この工法を採用することにより、盛土区間の約8割の土留め杭の昼間施工を可能とした。やむを得ず約1.5mの用地が確保

できない箇所についてはPIP杭を採用し、線路閉鎖作業において杭打設を行っている。杭打設後は工事桁の架設、掘削、構築の順序で施工する。工事桁の架設は、線路閉鎖作業時間内で、レールを破線し、掘削を行い、工事桁を架設し、再びレールを締結するまでの一連の工事を施工するものである。

U形擁壁の構築は、盛土部よりさらにスペースが狭隘なため、土留め壁の芯材を本体構築に巻き込む親杭横矢板形式を採用して、必要躯体幅を確保することとした。

図-8に現東横線直下での開削工事における高架橋およびU形擁壁部仮受けの断面概要図を示す。

なお、U形擁壁部については、将来計画線への切り替え工事区間となるが、先述したとおり、この区間においても限られた鉄道用地しかなく、また周辺は住宅や商業ビルが密集した市街地であるため、切り替え工事の際に切り替え部の仮線を用いず、終電から始発までの短時間で線路を地下に切り替える工法であるSTRUM工法(Sifting Track Right Upper/Under Method)を採用した(図-9)。

現在の進捗は高架橋部で仮受け杭の支柱立ち上げを開始し、盛土部では工事桁架設の準備を行っている。また代官山駅部ではホームの仮設化、杭打設および工事桁架設の準備などを行っている。

3 おわりに

東横線渋谷駅～代官山駅間地下化工事は、小土かぶり、曲線半径160mなどの難条件下でのシールド工事、現東横線近接での用地制約の大きい開削工事といった困難な工事であるが、2012年度の東京メトロとの相互直通運転開始に向け、当社社員と施工業者が一丸となって乗り越え、全力で取り組んでいく決意である。



■旧トンネルの保存と活用

こうして湊川隧道の役割は新湊川隧道へと受け継がれ、水路トンネルとしての機能を取り戻したが、残された旧トンネルの保存方法は、白紙の状態であった。このため、新湊川隧道の完成が近づきつつあった2000(平成12)年2月、関西大学・西田一彦教授を委員長とする「会下山トンネル保存検討委員会」が設置され、その保存・活用方法についての検討が開始された。委員会では、5回にわたる会合を重ねた結果、地域の歴史を伝える文化的遺産として保存すべきであるとする提言がまとめられ、管理者側である兵庫県は、提言に沿って保存・公開のための整備を推進することとなった。

旧トンネルを見学するためのアプローチトンネルは(写真-1)、新湊川隧道建設の埋め戻しに際して新設された幅4m、高さ4.8m、延長80m、7分の1勾配の一種の斜坑で、側壁部分に湊川隧道の歩みやその役割を示すパネルが展示された。旧トンネルとして保存された中間部の約400m区間のうち、40m区間は鋼板により、また別の40m区間は吹付けコンクリートにより、それぞれ内巻き補強が行われたほか、照明などが設置された。インバート部分は、当初、見学者の便を考慮して碎石が敷かれていたが、歩きにくいことや、特徴のひ



写真-1 アプローチトンネルの入口

つつである切石によるインバートの構造が隠れてしまうため、兵庫県産の間伐材を用いた幅2.5mの木道とした。このほか、新トンネルからの逆流を防止するためのマウンドの設置、アプローチトンネルに対する門扉の新設などが行われ、一般市民が安全に見学できる設備が整えられた。

■友の会の発足と活動

湊川隧道に友の会を設立することとなったきっかけは、2000(平成12)年11月に開催された最後の検討委員会における慰労会の席上で出た「友の会を作ってみてはどうだろうか」という話題に端を発する。そして、同年12月20日に開催された新湊川トンネルウォークで、見学者に「湊川隧道保存友の会(仮称)へのお誘い」と題したチラシを配付したところ、約1,500名の参加者のうち約300名から趣旨に賛同する旨の申し出があった。

こうして、湊川隧道の保存・活用を支えるためのボランティア組織として湊川隧道保存友の会が発足することとなり、同年7月に設立総会が開催された。そして、会長に神吉和夫・神戸大学助手が選ばれ、地元住民や行政担当者、学識経験者からなる役員が承認されて、規約などの運営体制が整えられた。友の会の役割は、①会が主催または共催する行事に対する参加者への説明、誘導、整理、②会報の発行、③総会・講演会の開催とされ、第1回目の見学会が2002(平成14)年10月20日に実施された。この見学会は、同会顧問の馬場俊介・岡山大学教授、同会監事の久武勝保・近畿大学教授の案内により、会員限定で行われたが、同年11月14日には一般市民にも公開され、兵庫県知事をはじめとして、約1,200人の見学者がトンネルを訪れた。

その後、見学会は不定期で開催されていたが、2006(平成18)年5月20日からは、年10回の一般公開が開始されたほか、講演会、学習会、トンネル内でのミニコンサートや写真展など、多彩なイベントが開催されるようになった。湊川隧道保存友の会がまとめた『湊川隧道と共に歩む』(湊川隧道保存友の会・2007)によれば、会の運営は決して平坦ではなかったようであるが、さまざまな立場の人の献身的な努力によって活動を継続し、現在に至っている。

■湊川隧道を訪れる

湊川隧道へは、神戸市営地下鉄湊川公園駅または神戸電鉄湊川駅から、湊川沿いに徒歩10分程度でたどり着くことができ、上流方の呑口の坑口付近にアプローチトンネルの入口がある。筆者が訪れた2008(平成20)年3月15日の一般公開では、折よく近隣の神戸学院大学附属高等学校吹奏楽部によるミニコンサートが開催されており、百年以上の歳月を重ねたトンネル内に、吹奏楽の美しい音色が響きわたっていた(写真-2)。なお、湊川隧道の内部の見学は、現在、2月と3月を除く第3土曜日の13:00~16:00を原則としているが、関連行事などの都合で日時が変更される場合もあるた

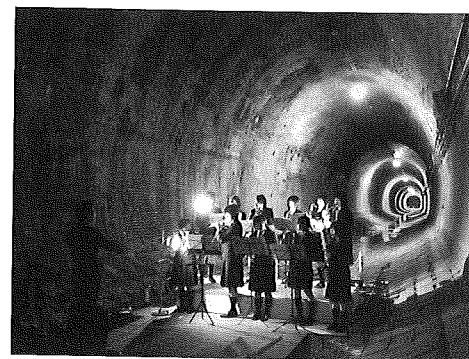


写真-2 トンネル内でのミニコンサート

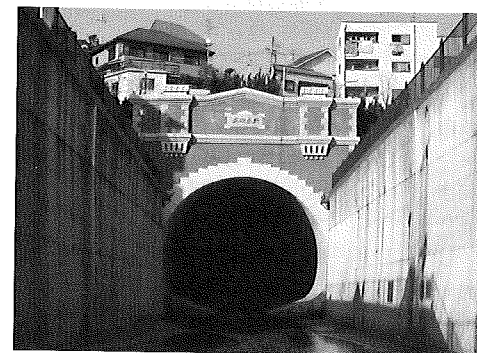


写真-3 旧坑門を模した新湊川隧道吐口方の坑門

め、湊川隧道保存友の会のホームページなどで確認していただきたい。

トンネルの保存は、地下に設けられた内部の空間そのものに存在価値がある。湊川隧道は、震災によってそのシンボルであった坑門を失い、旧状を模した新しい坑門が設けられて往時の姿を甦らせた(写真-3)、残念ながらそれ自体に文化財としての価値はない。むしろ、内部に入らなければ体験できない地下空間のスケール感や、今となっては再現が困難な煉瓦積みによる覆工の構造などにトンネルの真価があり、湊川隧道が保存された意義もそこにある。湊川隧道の存在は、土木遺産としてのトンネルにとって、ほんとうに後世に伝えなければならないものは何かを明快に示している。

近代化遺産として保存された歴史的土木建造物は全国各地に散在するが、行政と市民が一体となって公開を継続している事例は少なく、湊川隧道保存友の会の活動がそのモデルケースとして、ますます発展することを期待したい。

土木情報 No.420

今月の主な入札結果
(4月10日～5月9日)

事業主体	工事名	請負会社	請負額 単位 百万円
北陸農政局	佐渡(二期)農業水利事業小倉幹線用水路(その28)	青木あすなる建設	278
関東地整	圏央道山口T	佐藤工業	1,830
"	外郭放水路第1・第3工区覆工	フジタ	475
"	新4号上三川横断函渠設置	増淵組	230
中日本高速道路	第二東名高速道路生平T	奥村組土木興業	3,790
"	紀勢自動車道駒T	不動テトラ	3,190
新潟県	(仮称)椎谷Tその2	福田・水倉JV	999.8
都・水道局	墨田区業平三丁目地先から同区押上一丁目地先間配水本管(800mm)布設替	大盛工業	369
"	江東区豊洲六丁目地先から港区港南五丁目地先間送水管(1,800mm)T内配管	大成・佐藤JV	1,040
横浜市	第二山手隧道補強(その2)	大林組	270
"	都岡幹線口径38インチ送水管更新(川井～都岡その5)	小雀建設	193.99
川崎市	堀川下水幹線その1	大恵建設	177
"	" その2	織戸組	173
"	渋川2-3号雨水管	重田組	179.8
"	江川4-1号雨水管	福田・福田道路・京浜JV	470
"	野川地区ほか下水枝線第15号	藤原・真成JV	258
"	宿河原1号雨水幹線その3	オリエンタル白石・川崎組JV	267.5
名古屋市	新鳴海雨水幹線下水道築造(その6)	安田	103.22
"	中村区稲葉地町1丁目地内荒子幹線改良	機動建設工業	283.5
"	中村区稲上町3丁目地内荒子幹線改良	機動建設工業	288.23
神戸市	大容量送水管(奥平野工区)整備	間・西武・不動テトラJV	3,082

E. フック・E. T. ブラウン共著

岩盤地下空洞の設計と施工

理学博士 小野寺透・工学博士 吉中龍之進・斉藤正忠・北川隆 共訳

B5判・442頁・上製本 本体価格9,800円(〒450円)

株式会社 **土木工学社**

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

施工

大深度立坑から東京航路を横断する水道シールド

—東京都水道局 東南幹線—

東京都水道局建設部長 原 蘭 一 矢

東京都水道局建設部工務課課長補佐 対 馬 一 郎

東京都水道局東部建設事務所工事第一課第一係長 太 田 健 視

大成・佐藤建設共同企業体東南幹線作業所長 赤 坂 茂

1 はじめに

東京都水道局では、効率的な水運用や地震などの非常時におけるバックアップ機能の強化を目的として、浄水場および給水所間を連絡する送水管ネットワークの構築を進めている。

東南幹線は、東京都水道局三郷浄水場から現在築造中の東海給水所(東京都大田区)に至る延長約43kmに及ぶ大規模送水管である(図-1)。

本工事は、大規模な水道管用海底トンネルとして日本初であり、土かぶり50mを超え高水圧かつ硬質地盤(土丹層)でのシールド発進・掘進・到達という難易度の高い工事であった。

今回、トンネル工事の着手から貫通に至るまでさまざまな課題解決について取り組みの一部を報告する。

2 工事概要

本工事は、東南幹線の未整備区間(約10km)のうち、港区港南5丁目から江東区豊洲6丁目までの区間(約2.4km)でφ1,800mmの送水管新設に先立ち、シールドトンネ

ルを築造するものである。具体的には、品川埠頭北端に発進立坑を築造し、豊洲埠頭の到達立坑に向け、泥水式シールド工法により施工したものである(写真-1)。

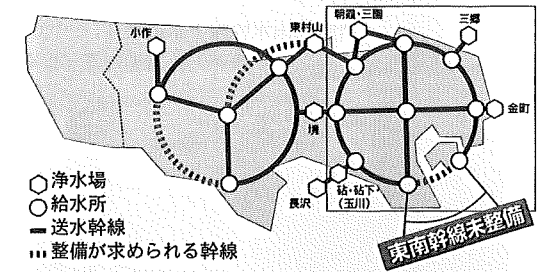


図-1 送水管整備概要図

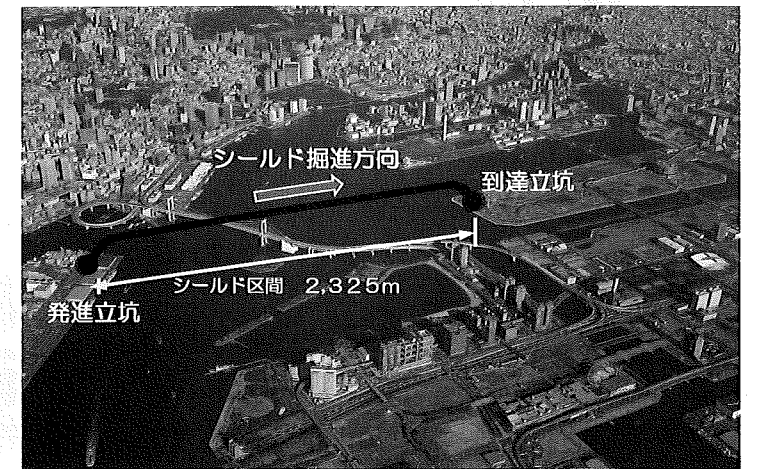


写真-1 作業エリア上空

3 課題と取り組み

3-1 東京港海上部のボーリング調査

海上部のボーリング調査は、船舶航行の非常に多い東京港での調査となり、東京海上保安部をはじめ関係機関との綿密な調整が必要となった。

そのため、学識経験者、海事関係者、関係官公庁で構成する「船舶航行安全対策委員会」を立ち上げ、航行する船舶の安全や航路の確保などについて詳細な検討を行った。

具体的な調査・検討については、以下の項目で行った。

- ① 東京港の気象状況
- ② 港湾施設の利用状況
- ③ 船舶の航行状況
- ④ 河航幅(航路の幅員)の検討

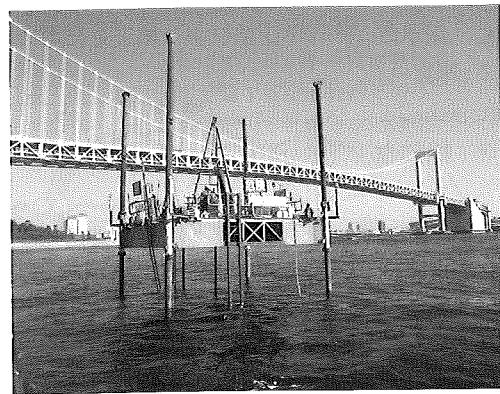


写真-2 海上部ボーリング作業

これらの検討の結果、ボーリング調査位置は船舶の航行に支障を与えないよう配置することとした。

調査は、品川埠頭から東京港を経て豊洲埠頭までの範囲を実施した。

海上部でのボーリング作業は、海上ボーリングで使用するスパット台船にヤグラを組み、調査地点まで曳航し、アンカーロープで固定・設置して調査を実施した(写真-2)。

シールド通過位置の土質は、海底下が砂層を挟在する北多摩層であり、豊洲埠頭側については、N値50以上の砂および砂礫で構成される江戸川層であった(図-2)。

また、ガス調査の結果、北多摩層の固結シルトに挟在する砂層から、メタンガスおよび一酸化炭

地層凡例

地質年代	地層区分	地層記号	地層名称
現世	人工	B	埋土・盛土
完新世	沖積層	Yu-o	上部有楽町層(粘性土)
		Yl-o	下部有楽町層(粘性土)
		Na-o	七号地層(粘性土)
		Na-g	七号地層(砂レキ土)
		Bt	埋没ローム層(粘性土)
更新世	新規段丘堆積層	Hbq	埋没段丘礫層(砂レキ土)
		To-o	東京層(粘性土)
	洪積層	To-s	東京層(砂質土)
		To-g	東京層(砂レキ土)
		Ha-o	晴海層(粘性土)
		Ha-s	晴海層(砂質土)
		Ha-g	晴海層(砂レキ土)
		Ed-o	江戸川層(粘性土)
		Ed-s	江戸川層(砂質土)
		Ki	北多摩層

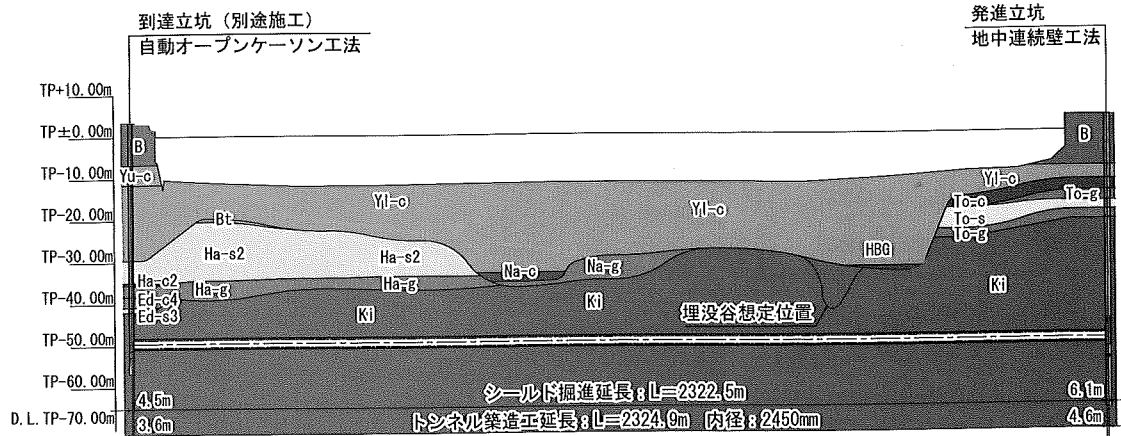


図-2 土質断面図

素の賦存が確認された。とくに、港南5丁目の発進立坑付近では高濃度の一酸化炭素が検出され、江戸川層からも高濃度メタンガスの賦存が確認された。

3-2 大深度連続壁の施工

立坑形状は12.2mの円形で、掘削深さ70mの6割以上を硬い北多摩層が占めるため、硬質地盤に適している地中連続壁工法を採用した(図-3)。

本工事では、連壁掘削深さが非常に深く、先行エレメントの鉄筋籠サイズが非常に細長いものとなり、後行エレメント施工時のトラブル発生リスクが非常に高いため、先行エレメントを3ガット1エレメント、後行側を1ガット1エレメントの

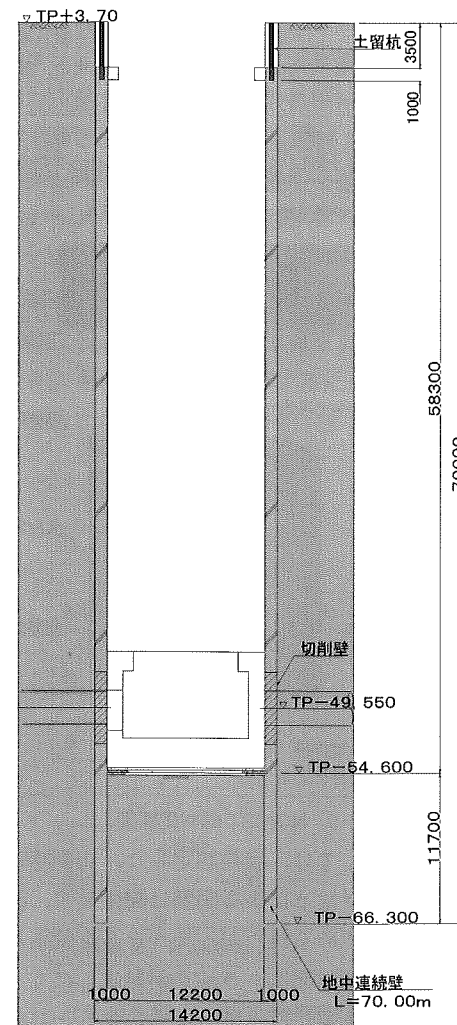


図-3 発進立坑断面図

コンクリートカッティング工法を選定した。検討段階では、立坑のサイズとガットサイズの制約により先行と後行のラップ部となる台形状のカッティング量が非常に大きく、施工性の著しい低下が掘削機械の振動の原因となり、トラブル発生率を高くしてしまうことが大きな問題となった。

このため、先行エレメントにおけるガット割り付けを調整してカッティング量の低減を図ることとした(図-4)。

また、施工精度向上のためAPS(絶対位置測定システム)を採用し、リアルタイムに掘削機の絶対変位を計測しながら確実に施工をするともに連壁掘削機の姿勢制御を細かく操作できるようにアジャスターを改造し、連壁全体の施工精度を向上させた。

さらに、地山掘削時とは異なるビット配列に変更して掘削を実施した。

これらの工夫により、カッティング方式における課題を克服し、掘削深さ70mでありながら、最大変位25mmという高精度を実現した。

3-3 狭隘な立坑からのシールド発進

道路上の常設作業帯の中に設置した発進立坑であるため、資材の揚重作業時の安全性向上と、作業員の動線確保を目的としてセンターホールジャッキ工法による発進方式を採用した(写真-3)。

従来工法は仮組みセグメントをセットしシールドの油圧ジャッキを用いて掘進を行うが、本工法は、シールドの油圧ジャッキを推進力として使用せず、シールド外部に設置したセンターホールジャ

【変更後】
コンクリートカッティング方式
先行:3ガット1エレメント
後行:1ガット1エレメント

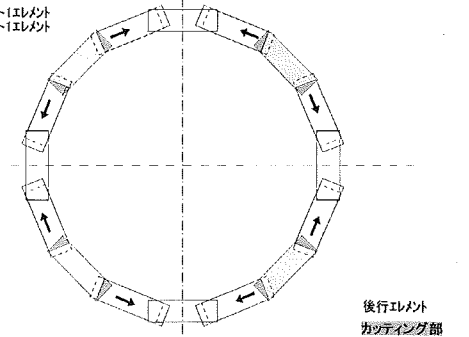


図-4 変更ガット割り図

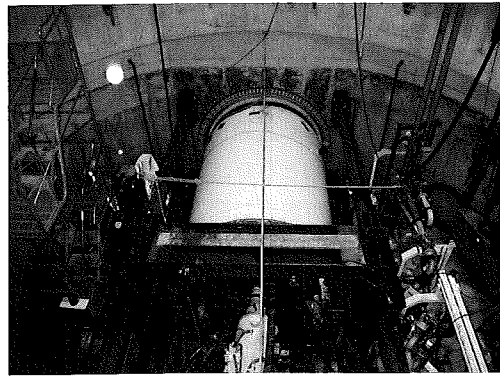


写真-3 センターホールジャッキ施工状況

キにより推力を得るため、①仮組みセグメントを必要とせずにマシン後方に空間を確保できるので、初期掘進時におけるセグメントの搬入や、配管および配線類の取り回しなどが非常に容易にできる。②空間が生まれることにより、作業員の動線を確保しやすく安全面でも非常に大きなメリットを供することができる。③バックアンカー棒を坑口まで圧入して、固定するために、セグメントの摩擦により反力が得られるまでの反力材としても活用でき、非常に有効な空間が得られるなどの効果があった。

3-4 NOMST部材の改良

シールド発進防護工は、NOMST壁である。従来型のNOMST壁(ロッドタイプ)では、掘進時に発生する振動などによる悪影響も少なくないのが現状であるため、新素材であるGRM(Grid Reinforced Mortar)によるNOMST壁を採用した(写真-4)。

- また、従来型NOMST壁の課題として、
- ・CFRPロッドが閉塞の原因となる
 - ・シールド掘進時に振動が出る

以上2点の問題点も想定され、応力部に炭素繊維を格子状のシートに加工したネフマックを使用し、石灰石コンクリートにかわってモルタルによる部材を製作した(図-5)。

現況においては、GRMが柱部材として製作されているため、この柱部材の上部と下部を鋼材で固定し、シアコッターにより応力を伝達し、一体のNOMST壁とした。

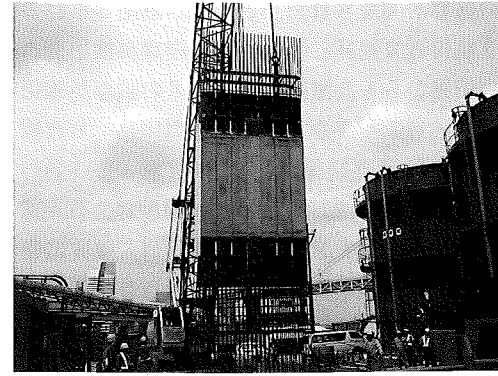


写真-4 NOMST部材

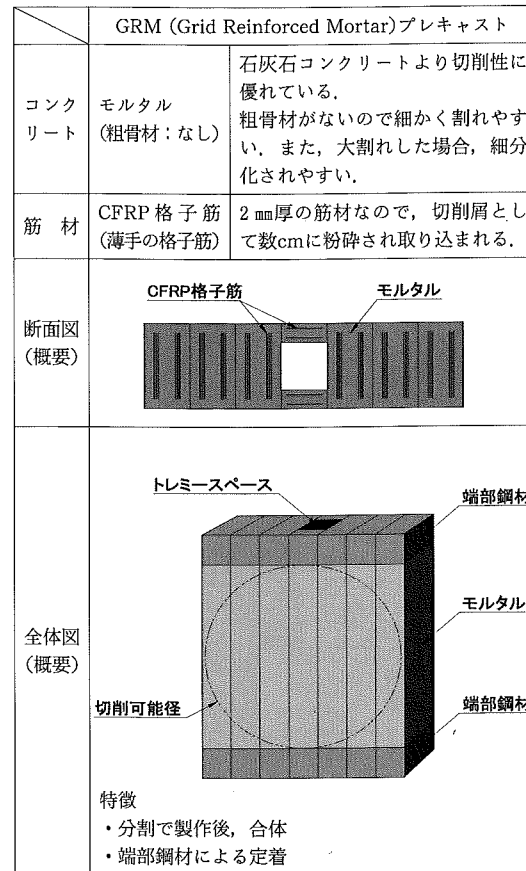


図-5 NOMST部材概要図

施工実績としては、当初想定した、切削時における振動や筋材などによる閉塞は発生せず、改善効果が大きく認められたが、モルタルを使用したことにより、切削部にクラックが発生しにくく、メインビットを押し付けてしまうかたちとなり、マシンのカッタートルクの上昇により切削効率が低

下してしまった。NOMST壁の採用に際しては、切削実験を行い適正な条件を見出すことが今後の課題といえるだろう。

3-5 環境に配慮した掘削泥水の再利用

近年、地球環境の悪化が深刻化し、環境問題が世界的にも大きな課題となっている。本工事においては「東京都水道局環境計画(2007~2009)」の環境基本方針を踏まえシールド掘削泥水の再利用の徹底を図った。

再利用の目的は、地下鉄東京メトロ副都心線の新設工事において埋戻し材として使用される流動化処理土の原料とするものである。このとき、シールド掘進に伴う余剰泥水をそのまま搬出することも可能であるが、本工事では、この余剰泥水の比重をコントロールすることにより濃縮して減量化を図り、泥水運搬車の延台数の削減を推進した。

本工事での濃縮化には、処理能力30m³/hrのデカンタと呼ばれる遠心分離機を2基使用した。また、デカンタより排出されるオーバー水は希釈水として再利用し、産業廃棄物の発生を徹底的に抑えて施工を実施した(図-6)。

このことにより、搬出泥水量を約13,000m³減量化でき、泥水運搬車に換算すると約1,900台の削減に成功した。

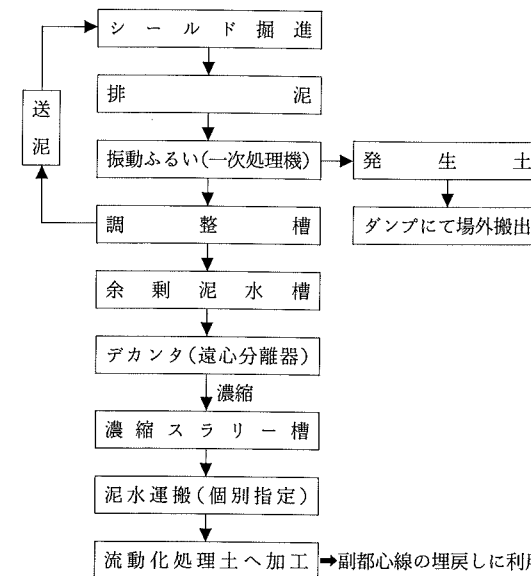


図-6 泥水再利用フロー図

3-6 シールド掘進時の安全対策

事前の土質調査より、メタンガスの賦存を確認したため防爆型シールドを採用した。

シールドの電気関係部品は防爆型のものを使用し、位置制御のために搭載するジャイロコンパスに関しても防爆型ケース内に設置した。さらに、セグメントを機内で揚重するホイストは、圧縮空気で作動するエアホイストを使用し、さらに、セグメントボルトを締め付けるレンチもエアレンチを使用した。

監視システムとしては、24時間連続計測ができるガス監視システムを導入し、センサーを切羽部、坑口部、立坑覆工直下部、防音ハウス天井部をはじめ、坑内においては300mごとに設置した。さらに、異常が認められれば直ちに中央監視室などにサイレンや回転灯で知らせることができるようにするとともに、施工時、ポータブルのガス感知器を携行したガス監視員を配置して万全の監視体制を敷いて施工した。なお、万が一、ガスが発生しても、爆発事故を未然に防ぐことを目的とした換気システムとしては、鋼製の風管を使用し、ジョイント部には漏風防止措置を施すなどの工夫をすることにより、坑内風速を確保し施工した。

また、東京港海底下の大深度施工であるため、トンネルに作用する水圧は、0.5MPaという高水圧に対応することが必要である。このため、K形セグメントは軸挿入式とし、セグメントシールドは、つなぎ目がなく、各セグメントピース形状に合わせて加工されたシームレスタイプを採用して、施工した。

3-7 土丹層におけるシールド閉塞対策

本工事の対象土質は、泥水式での掘削は難しいといわれている土丹層であった。土丹層のシールド掘進が難しいとされるのは、泥水の粘性が上がりやすく、ひとたび粘性が上昇するとシールドの面板やそのカッタービットの周りに土丹片が付着し、地山の掘削性能を著しく低下させ、さらに、面板のスリット部にも多重に付着・固結し、面板閉塞を発生させるなど、掘削残土の流体輸送を不可能にしてしまうことにある。本工事においても同様



写真-5 切羽チャンバ内閉塞状況

な現象に見舞われたが、初期掘進時に幸運にもチャンバ内に数回入ることができたので、閉塞状況も早期に確認することができた(写真-5)。

閉塞対策としては、まず、分散剤・浸透剤といった添加剤を使用して面盤洗浄を実施した。また、面板を一部分切断し、開口率を約2倍にすることで掘削残土の取り込み性能の向上を図った。これにより、面板閉塞による掘削不能状態に陥ることは回避でき、粘性上昇によって掘削スピードが5

mm/min程度以下まで低下したものが、通常時の標準掘削スピードである25~30mm/minをおおむね確保できるようになった。しかし、いったん粘性が上がると、チャンバ内のみならず、排泥管にも閉塞が発生しやすく、管内に土塊が付着することでシールド後部のエルスターホースが大きく揺動するため、排泥管の固定補強を施すなど、万が一の泥水噴出に備えた。

また、より泥水の希釈効率を高めるため地上設備の改造を行うなどした結果、円滑な施工を実施できた。

4 おわりに

本工事は、海底トンネルで、かつ大深度、高水圧下における施工という技術的に難しい工事であった。ボーリング調査をはじめ、各関係機関の多大なるご協力により成功に導けたことに感謝するとともに、立坑工事およびシールド工事における新技術や施工実績が、類似工事の参考になれば幸いである。



多様化するシールド掘進技術

監修 シールド工法技術協会
B5判 141頁 本体価格2,500円

本書は、「トンネルと地下」に約1年間にわたり連載した『多様化するシールド掘進技術』をベースとして、掲載しなかった工法、技術などを整理、体系化するとともに、各種工法の境界、システム・考え方の違い、適用での留意点が、よりわかりやすいように手を加え再度同名の図書としてシールド工法技術協会が監修を行ったものである。



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

研究

繊維補強型RCライナーの継手部耐火性能評価

中日本高速道路(株)金沢支社金沢保全サービスセンター工務担当課長 森山 守
中日本高速道路(株)名古屋支社清見工事事務所所長 寺田 光太郎

1 はじめに

東海北陸自動車道飛驒トンネルでは、工程短縮、コスト縮減、および品質向上を目的として、二次覆工を省略したプレキャスト部材であるRCライナーをTBM掘削区間の一部で適用した。このRCライナーは、覆工としての構造部材そのものであるため、トンネル火災時の耐火性が求められた。ここでいう耐火性とは、RABT加熱曲線(加熱60分)(図-1)¹⁾に従った加熱を受けたときに、RCライナーの主筋温度、および隣り合うRCライナーを接合するボルトの受熱温度が350℃を上回らないことである。RABT加熱曲線は、最近、日本でトンネル火災によるコンクリートの損傷を考慮する場合に用いられることが多く、飛驒トンネルにおいても採用した。鋼材の受熱温度の上限を35

0℃としたのは、受熱温度350℃までの鋼材引張強さの低下²⁾が、設計上許容できる範囲内であること、および加熱冷却後の鋼材引張強さが、加熱される前の引張強さまで、ほぼ回復³⁾することから定めたものである。

火災時のRCライナーの主筋受熱温度が350℃を上回らないためには、RCライナーの内空側表面に、耐火板⁴⁾や耐火吹付け⁵⁾などの耐火層を設ける方法や、RCライナーのかぶりコンクリートを耐火層とする方法がある。飛驒トンネルでは、工期短縮を主要な目的としてRCライナーを採用した経緯から、施工工程が短縮できる後者を採用した。この場合、RCライナーのかぶりコンクリートは、火災時の爆裂により剝離してはならない。そのため、火災時の受熱によるコンクリートの爆裂を抑止する方法としては、近年、建築分野で用いられている、コンクリートに有機繊維を混入する方法⁶⁾を採用した。ただし、図-1に示すとおり、トンネル火災時の温度上昇を想定したRABT加熱曲線(加熱60分)の方が、建築分野のコンクリートの耐火性検討に用いられているISO加熱曲線よりも温度上昇速度が速いため、より爆裂を生じやすいと考えられた⁷⁾。そのため、有機繊維を混入したRCライナーコンクリートが、RABT加熱曲線(加熱60分)に従う加熱を受けた場合でも、耐火性を有していることが必要であった。

RCライナーの耐火性に要求されるもうひとつの項目は、隣り合うRCライナーを接合するボルトの受熱温度が、350℃を上回らないことである。

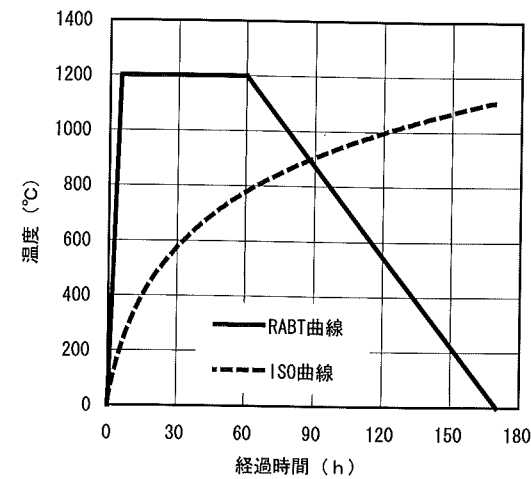


図-1 標準加熱曲線

このため、ボルトを収納している継手部ボルトボックスに、耐火性を有する材料を充填してボルトを保護することとした。この充填材料はRCライナーコンクリートと同様に、RABT加熱曲線(60分加熱)に従う加熱を受けた場合でも爆裂せずに、ボルトの受熱温度を350℃以下に保つことが必要である。

さらに、今回採用したRCライナーの耐火仕様では、主筋温度が350℃を上回らない範囲での、かぶりコンクリートの受熱による劣化を許容している。そのため、供用開始後に実際にトンネル火災に暴露された場合に、RCライナーコンクリートの損傷範囲と損傷程度を把握する方法が必要とされた。

以上に述べた、飛驒トンネルRCライナーや充填材の耐火性に関連する技術的課題を、具体的な項目として示すと、以下に整理できる。

- ① RABT加熱曲線(加熱60分)に従う加熱を受けた場合に、かぶりコンクリートが爆裂しない有機繊維混入量を明らかにし、そのときに主筋の受熱温度が350℃以下となるようにかぶりを設定すること。
- ② 隣り合うRCライナーを接合するボルトの受熱温度が350℃以下となるようなボルトボックス充填材を選定すること。
- ③ RCライナーコンクリートやボルトボックス充填材の火害損傷度の診断手法を確立すること。

本稿では、これらの技術的課題の中でボルトボックス充填材の耐火性実験、および加熱後の火害損傷度評価項目の適用性検討から得られた知見を示す。

2 二次覆工省略型RCライナーの設計

2-1 部材耐力の検討の背景

二次覆工省略型RCライナーは、RCライナーそのものが地山を支える重要な構造部材である。そのため、部材の欠損は、構造の不安定化につながる。今回、二次覆工省略型RCライナーの部材耐

力の検討にあたっては、想定する火災規模が、構造物の対象とする火災温度時間曲線が、構造物の耐用期間内に発生する確率の小さい、きわめて大規模な火災であることより、火災に暴露されたRCライナーの終局耐力が、常時許容応力以上であることを確認する。

2-2 飛驒トンネル覆工の耐火機能の考え方

RCライナーの耐火方式は、吹付け式耐火被覆方式、耐火板方式、爆裂抑制型セグメント方式、が候補となる。本工事は、都市部のシールドトンネルとは異なり岩盤中の山岳トンネルであることを考慮すると、シールドトンネルで適用されている耐火構造と同等の性能までは必要ないと考えられ、実証試験結果および経済性を勘案して有機繊維混入コンクリートを用いた爆裂抑制型セグメント方式とした。言わば、「火災時にトンネルが建築限界に影響のない変形で保持されるならば、事後の補修も可能である。」という考え方にもとづいた耐火性能とした。

2-2-1 部材耐力の検討

火災時にはRCライナーが直接火炎に曝されても、有機繊維混入コンクリートとすることで爆裂を抑制することができるが、コンクリートや鉄筋が高温になることによって耐力が低下する。ここでは、火災時の構造安定性について考察する。

火災中の耐力計算は『国土交通省住宅局建築指導課：2001年版耐火性能検証法及び計算例とその解説』に記載されている以下の考え方にもとづいて実施した。

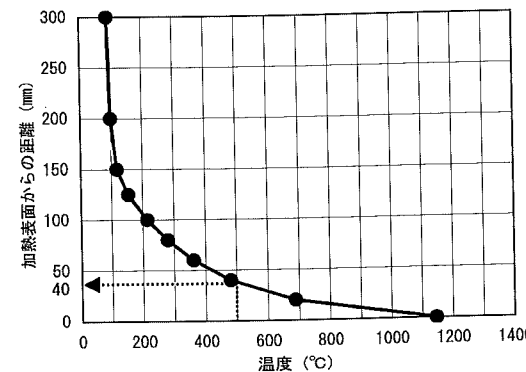


図-2 加熱試験体コンクリート内部の最高履歴温度

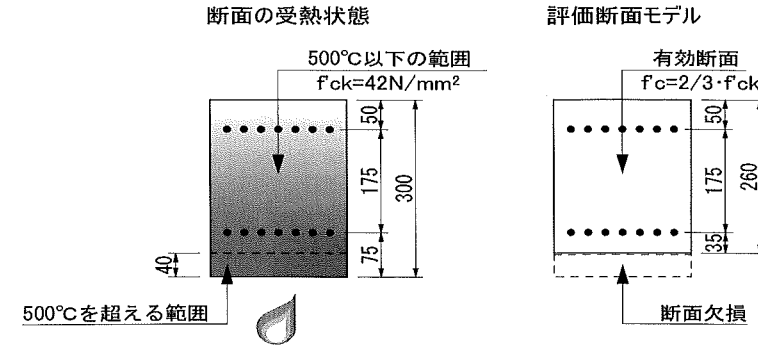


図-3 断面の受熱状態と評価断面モデル

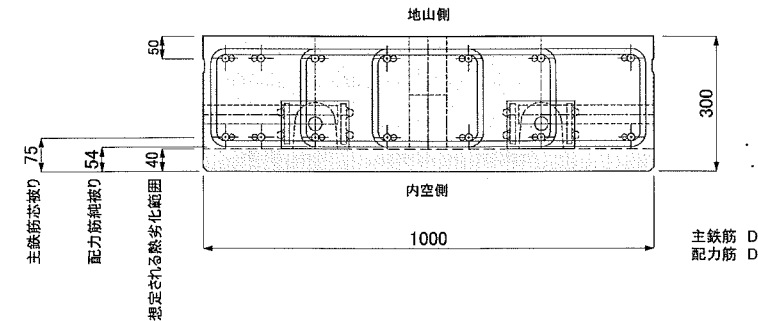


図-4 爆裂抑制型ライナー構造断面図案

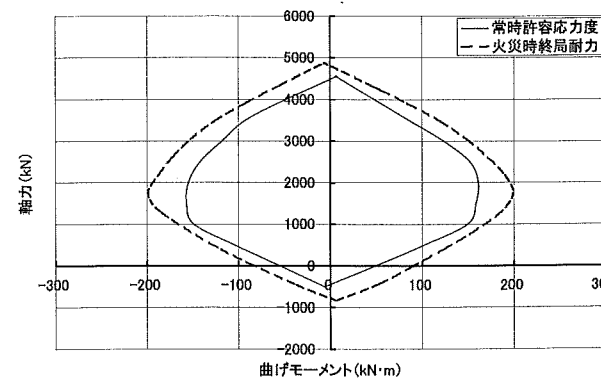


図-5 常時許容応力度MNカーブと火災時終局耐力の比較

- ① 受熱温度が500℃以下のコンクリートの圧縮強度は、強度を設計基準強度の2/3とする。
- ② 受熱温度が500℃を超えるコンクリートの圧縮強度は、強度を零とし、断面計算に考慮しない。
- ③ 受熱温度が500℃を超える部分を熱劣化深さと定義し、残存曲げ耐力は、熱劣化深さがかぶり厚さに達した時点で常温の半分、劣化深さがかぶり厚さの2倍に達した時点で零と

する。

RABT曲線で加熱されたコンクリート内部の温度分布は図-2のようになる。これは800mm×800mm×300mmの有機繊維混入コンクリート試験体をRABT曲線に従って加熱した実験結果(5体の平均値)である。

この結果から、図-3,4のモデルを設定し、火災時の終局耐力は以下の条件で算定した。

- 有効断面高さ：260mm
- コンクリート強度：
 $f'_c = 2/3 \times f'_{ck} = 2/3 \times 42 = 28 \text{ N/mm}^2$
- 鉄筋降伏強度残存比：受熱温度が約300℃であることから0.8とする。
- 安全係数：材料係数 $\gamma_s = 1.3$ 、部材係数 $\gamma_b = 1.15$

図-5に、常時の許容応力度相当のMNカーブと火災時の終局耐力MNカーブを示す。火災時の断面欠損や受熱による一時的な強度低下を考慮した終局耐力MNカーブの方が常時の許容応力度相当MNカーブより大きいことがわかる。

したがって、大規模火災を受けたとしても、爆裂を抑制することにより覆工内部の温度上昇が抑えられ、一時的に断面耐力は低下するものの終局的なトンネル覆工の構造安定性は確保される。

3 ボルトボックス充填材の耐火性実験

3-1 実験内容

3-1-1 供試体

ボルトボックス充填材は、3種類を選定した。表-1にベースとなるRCライナーコンクリートの配合を、表-2にボルトボックス充填材を示す。

材料Aは軽量骨材を使用した軽量モルタルにポ

表-1 供試体の配合

粗骨材の最大寸法 (mm)	スランブ (cm)	空気量の範囲 (%)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単 位 量(kg/m ³)					
					水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	混和剤 Ad	織 維 PP
20	16±2.5	2.5以下	36.5	52.0	177	485	878	826	4.85(1.0%)	1.5 or 1.2

表-2 ボルトボックス充填材の種類

材 料 種 類	材料 A	材料 B	材料 C
有機繊維の種類	ポリプロピレン		
有機繊維の量 (kg/m ³)	1.82	2.4	2.4
配合(粉体:水)	25:4.63	25:3.75	25:3.20

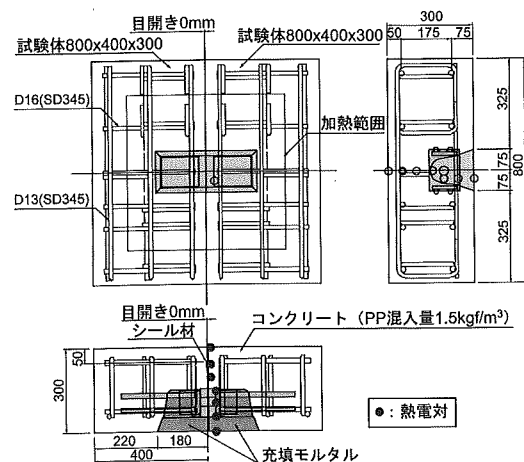


図-6 ボルトボックス供試体の形状・寸法

ポリプロピレン繊維を混入したもの、材料B、Cはポリマーセメントモルタルにポリプロピレン繊維を混入したものである。材料Aは、この実験のために調整・製造した材料で、材料B、Cは、市販のポリマーセメントモルタルをベースとしたものである。

図-6に供試体の形状・寸法を示す。供試体中央部にRCライナーで使用するものと同じボルトボックスを埋設し、ボルトを装着したものである。温度計測のための熱電対は、深さ方向に7か所(加熱面からの深さ0, 60, 108, 155, 190, 220, 300mmで、このうち190, 220, 300mmはコンクリート内、それ以外はボルトボックス内の位置)に設置した。なお、ボルトボックス内のもっともかぶりの小さな鋼材位置は、加熱面から深さ60mmの位置



写真-1 試験体設置の様子

表-3 供試体の使用材料

使用材料	種 類	物 性 値
セメント	普通ポルトランド	密度3.16g/cm ³
細骨材	山砂	密度2.61g/cm ³ , 吸水率2.15%
粗骨材	砕石	密度2.67g/cm ³ , 吸水率0.74%
混和剤	高性能減水剤	-
有機繊維	ポリプロピレン	φ18μm, 長さ10mm, 密度0.91g/cm ³

である。コンクリートの配合と使用材料は使用するRCライナーと同一で、ポリプロピレン繊維を1.5kg/m³混入したものである。

3-1-2 実験方法

供試体の加熱は、RCライナーコンクリートの耐火実験の供試体と同時に行ったため、前述の方法と同じである。ただし、ボルトボックス内の充填モルタルには、実構造物においても圧縮力は作用しないと考えられるため、PC鋼棒による圧縮力導入は行わなかった。

3-1-3 測定項目

充填モルタルの圧縮強度と含水率は、耐火実験時と同時に製作し、同一の現場封かん養生を行ったφ50×100mmの円柱供試体で測定した。加熱実験時には、図-6に示した熱電対取り付け深さの温度の経時変化と、爆裂発生の有無を確認した。また、加熱冷却後に供試体表面の損傷程度を目視で

表-4 ボルトボックス充填材の圧縮強度と含水率(耐火試験時)

供試体 No.	充填材の種類	圧縮強度(N/mm ²)				含水率 (wt%)
		データ			平均	
継手部①	A材	37.3	35.8	30.7	34.6	11.29
継手部②	B材	61.1	62.7	64.2	62.7	6.45
継手部③	C材	79.0	79.0	74.4	77.5	7.11

確認し、爆裂が生じている場合には断面欠損深さを測定した。

4 実験結果

4-1 充填モルタルの物性値

表-4に充填モルタルの圧縮強度の経時変化を示す。耐火実験時(材齢39日)の含水率は、材料Aが11.29%、材料Bが6.45%、材料Cが7.11%であった。

4-2 供試体内部温度分布

図-7~9に供試体内部の温度履歴を示す。また、図-10に測定深さごとの最高温度を示す。

図-7の材料Aと図-9の材料Cは、加熱面(深さ0mm)の温度がいったん上昇したのちに、急激に低下し、しばらくして再び急激に温度上昇する現象が見られた。これは、モルタル中の有機繊維が溶融し、水が蒸気として失われたためと思われる。温度が100℃となったのは、水蒸気の温度を測った結果、そのような温度になったものと思われる。一方、図-8の材料Bは、写真-3の外観状況で示すとおり、一部に爆裂が生じたため、加熱面(深さ0mm)の温度は、炉内温度とほぼ同じ、1,200℃に加熱開始直後から達している。ただし、図-10に示すとおり、モルタル内部の継手金物(深さ60mm)の位置の温度は、3種類のモルタルともに350℃以下に保持できていた。

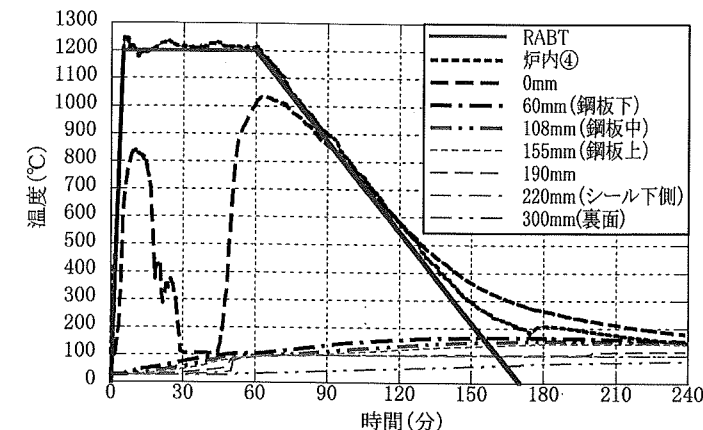


図-7 試験体内部温度と時間の関係(継手部①)

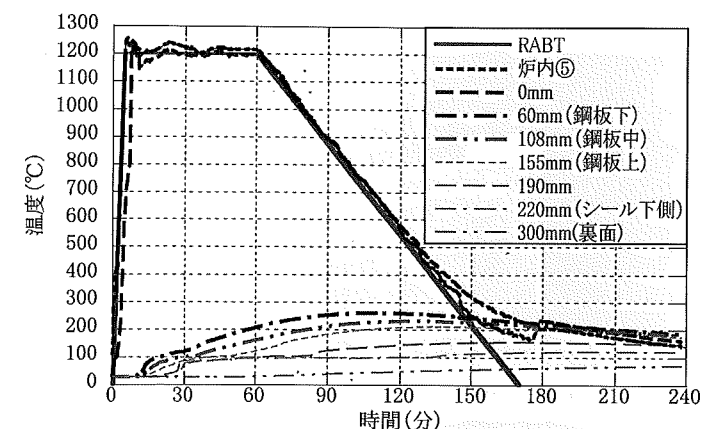


図-8 試験体内部温度と時間の関係(継手部②)

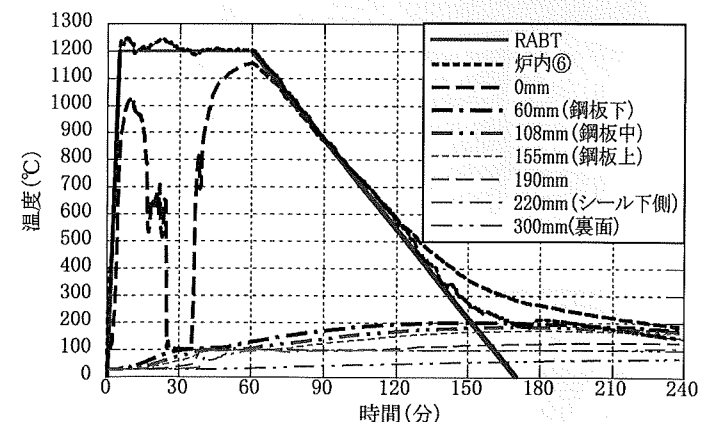


図-9 試験体内部温度と時間の関係(継手部③)

4-3 外観状況

写真-2~4に加熱後供試体の表面状況を示す。写真-3の継手部②は、加熱開始直後に爆裂を生じ、加熱後に測定した最大断面欠損深さは40mmであっ

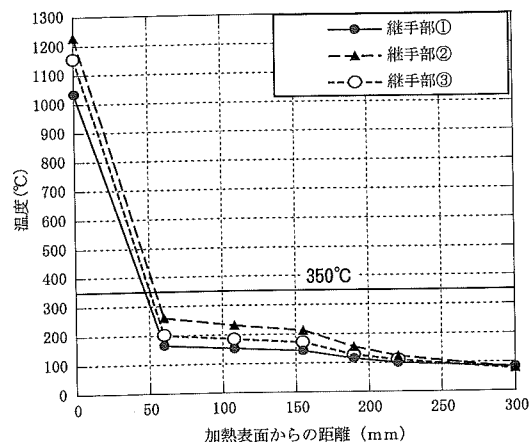


図-10 試験体コンクリート内部の最高履歴温度(継手部①~③)

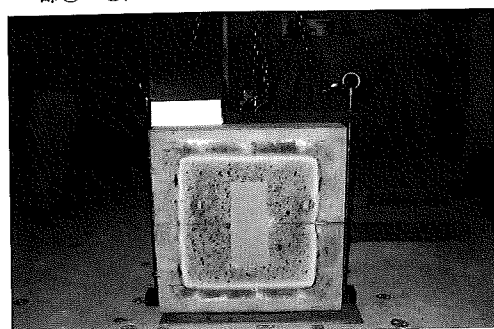


写真-2 加熱前後の様子(継手部①)

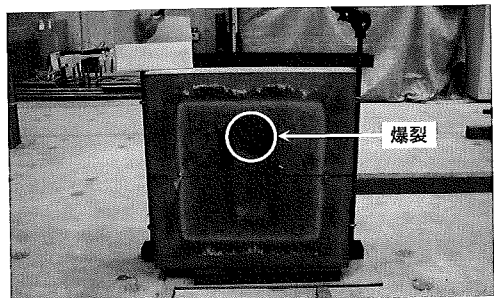


写真-3 加熱前後の様子(継手部②)

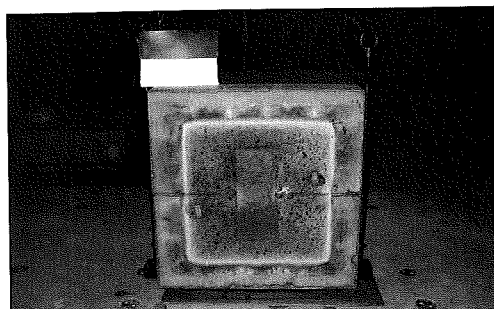


写真-4 加熱前後の様子(継手部③)

た。

4-4 充填材耐火性実験結果のまとめ

3種類のコルタルをボルトボックスに充填し、RABT加熱曲線(加熱60分)に従い加熱した結果、継手部①と③に爆裂が生じず、ボルトボックス内部の鋼材に対する耐火性が確保できることが確かめられた。また、この2種類のコルタルは、加熱時にコルタル内部の水が水蒸気として失われることにより、加熱面の温度が一定時間の間100°Cを保持する現象が見られた。

5 加熱後供試体の火害損傷度評価

表-5に加熱後供試体における評価項目を示す。各評価は、加熱後供試体に対して、表中に示す各試験を行った。打音確認と反発硬度測定については加熱前にも行い、加熱後との比較を行った。

圧縮強度、残存繊維確認、中性化深さ、密度(気乾密度・絶乾密度)、引張強度、ビッカース硬さについては小径コアで行った。小径コアは、試

表-5 加熱後供試体の火害損傷度評価項目

評価項目	評価方法	試験数量
表面観察	デジタルカメラによる撮影とひび割れ密度の解析	継手部①~③
打音	打音検査ハンマーによる確認	継手部①~③
反発硬度	シュミットハンマーによる測定	継手部①, ③ 各9点
圧縮強度	φ30×30mm, φ24mm×25mmの小径コアを深さ方向に採取して圧縮強度を測定	同上
残存繊維確認	圧縮強度測定後のφ30×30mmのコア割裂面でマイクロスコープにより観察	同上
中性化深さ	残存繊維確認後のφ30×30mmのコア割裂面でフェノールフタレインにより測定	同上
密度	圧縮強度、引張強度測定後のコアで気乾密度と絶乾密度を測定	同上
引張強度	φ50×35mmの小径コアを深さ方向に採取して割裂引張強度を測定	同上
ビッカース硬さ	φ50×100mmの小径コアを採取し、加熱面から内部方向にビッカース硬さを測定	同上

験項目ごとにφ24, φ30, φ50mmの径で長さ300mm(ビッカース硬さのみ長さ100mm)のコアを採取し、深さ方向に所定の寸法に切断して各試験に供した。

ビッカース硬さは、菱形の先端形状をした針を一定荷重で測定対象に載荷し、そのとき発生するくぼみの面積から測定対象の硬さを測定するものである。ここでは、コンクリートの深さ方向へビッカース硬さを測定するが、コルタル部分を目視により確認しながら針を貫入させて測定した。

5-1 表面観察

ひび割れ密度は、加熱後供試体表面のデジタル画像からウェーブレット解析によりひび割れを抽出したものである。また、表-6にひび割れ画像からひび割れ幅0.1mmごとのひび割れ長さを示す。

継手部①~③は充填コルタルであるが、加熱時に爆裂が生じた継手部②は、爆裂が生じなかった継手部①, ③に比べひび割れ密度が高いことがわかる。また、爆裂が生じなかった継手部①, ③の充填コルタルはRCライナーに比べひび割れの発生が少ないことも定量的に確かめられた。

5-2 打音

打音確認は加熱前に比べ、継手部①, ③の充填コルタルでは、加熱後にも浮きは認められなかったが、加熱前に比べて金属音的な高い音であった。これは、高温に熱せられたことから石英分がガラス化したためと考えられる。継手部②は加熱後に爆裂による損傷が見られたため、打音検査の対象から除外した。

表-6 ひび割れ長さ分布

ひび割れ幅(mm)	ひび割れ長さ(mm)			
	継手部①	継手部②	継手部③	RCライナー
~0.1	36,958	43,951	34,937	45,170.7
0.1~0.2	4,202	5,287	4,176	4,772.4
0.2~0.3	969	1,186	945	998.9
0.3~0.4	24	35	27	22.5
0.4~0.5	11	17	13	9.2
0.5~	0	1	0	0
ひび割れ長さ合計(mm)	42,164	50,477	40,098	50,937.7
ひび割れ密度(m/m ²)	117	140	111	142

5-3 反発硬度

表-7に加熱前後のシュミットハンマーによる反発硬度の測定結果を示す。ただし、加熱後に爆裂の見たれた継手部②については測定の対象から除外した。

加熱により、充填コルタル、RCライナーともに表面の反発硬度は低下している。

5-4 圧縮強度

図-11, 12は充填コルタルにおける深さ方向への圧縮強度の分布である。充填コルタルはボルトボックスに充填したもから採取したため、深さは最大150mm程度までである。また、充填コルタルについては、粗骨材が入っていないため、小径コアの寸法効果による圧縮強度の見かけの増加は小さいと思われるため、寸法効果に対する補正は行っていない。

継手部①の加熱後小径コアの圧縮強度は、表面から深さ150mm程度まではほぼ一定で、初期強度34.6N/mm²の50%程度となった。一方、継手部③の加熱後小径コアの圧縮強度は、表面から深さ50mm程度までの低下が比較的大きく、それより深い位置から深さ150mm程度まではほぼ一定で、初期強度77.5N/mm²の70%程度となった。

5-5 残存繊維確認

表-8に有機繊維の残存が確認された深さを示す。残存繊維の観察は、所定の深さごとに切断した小径コアを割裂し、その断面を拡大鏡により目視観察し、ポリプロピレン繊維の有無を確かめた。

表-7 シュミットハンマーによる反発硬度の測定結果

供試体No.	反発硬度						
	加熱前			加熱後			
	34	33	39	平均	平均	平均	
継手部①	34	33	39	35.3	15	17	16
	—	—	—		20	22	21
	—	—	—		18	24	22
継手部②	36	42	36	38	爆裂のため測定不可		
	—	—	—		—		
	—	—	—		—		
継手部③	41	41	42	41.3	24	28	28
	—	—	—		32	34	32
	—	—	—		30	34	30

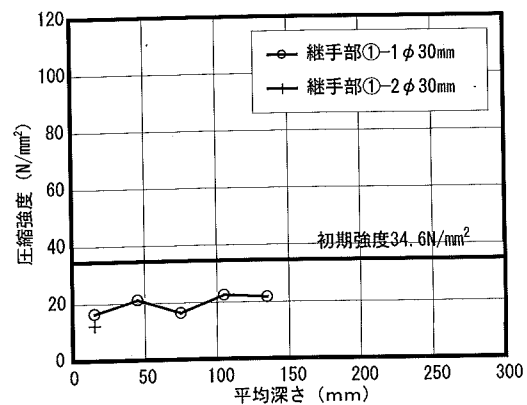


図-11 継手部①φ30×300mm小径コア圧縮強度

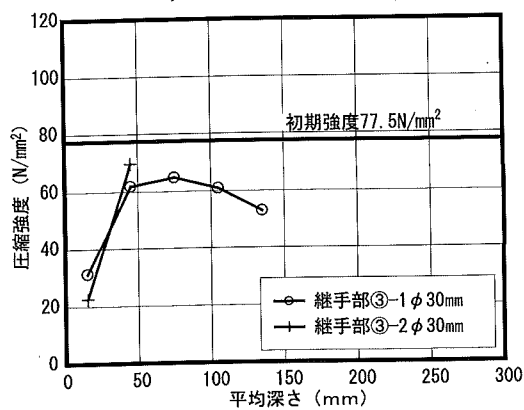


図-12 継手部③φ30×300mm小径コア圧縮強度

表-8 有機繊維の目視確認結果

供試体No.	観察深さ(mm)					
	0	30	60	90	120	150
継手部①	-	-	-	○	○	○
継手部②	-	-	-	-	-	-
継手部③	-	-	-	○	○	○

○:あり, -:なし

その結果、充填モルタルの継手部①では深さ83mm、継手部③では深さ90mmで繊維の残存が確認された。

これらの深さの受熱温度は200℃をやや下回る温度であり、ポリプロピレンの融解温度とされる185℃程度とほぼ一致する。これらのことから、ポリプロピレン繊維を混入したコンクリートやモルタルが火災に暴露され加熱された場合には、コンクリート内部の繊維残存深さを確認することで、受熱温度が200℃程度を上回った範囲を確認する

表-9 加熱後小径コアの中性化深さ

供試体No.	中性化深さ(mm)
継手部①	12.9
継手部②	5.9
継手部③	7.7

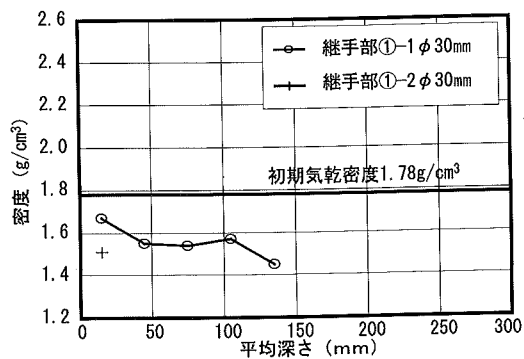


図-13 継手部①φ30×300mm小径コア気乾密度

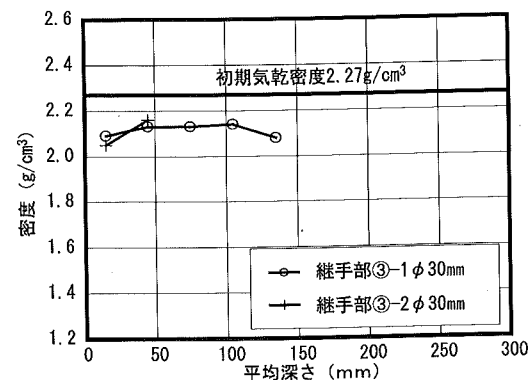


図-14 継手部③φ30×300mm小径コア気乾密度

ことができると思われる。

5-6 中性化深さ

表-9に中性化深さの測定値を示す。中性化深さは、充填モルタルの継手部①は12.9mm、継手部②は5.9mmであった。一般にセメント系材料は、受熱温度500℃程度で水酸化カルシウムが酸化カルシウムと水に分解して中性化を示すとされている。参考文献10)によれば、受熱温度500℃に達した深さは、40mm程度と考えられ、実際の中性化深さとの違いが大きい。

この理由として、RABT加熱曲線(加熱60分)における、加熱開始から5分間で1,200℃に達するような急激な温度上昇では、受熱温度が500℃

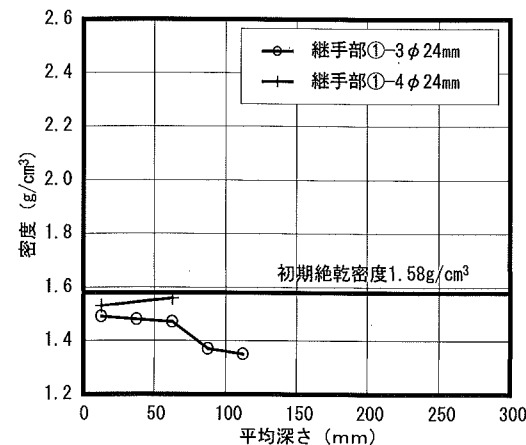


図-15 継手部①φ24×300mm小径コア絶乾密度

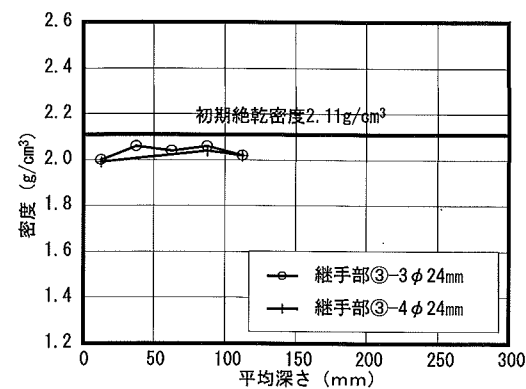


図-16 継手部③φ24×300mm小径コア絶乾密度

に達してもすべての水酸化カルシウムが反応できないためではないかと考えられる。

5-7 密度

図-13, 14に加熱後小径コアによる気乾密度の測定結果を示す。気乾密度は、圧縮強度を測定した後のφ30、φ24mmのコアと、引張強度を測定した後のφ50mmのコアで、強度を測定した後の気乾状態で測定した。また、図-15, 16に加熱後小径コアによる絶乾密度の測定結果を示す。絶乾密度は、気乾密度を測定したφ30、φ50mmのコアに対して、110℃乾燥炉に2日間静置した後に測定した。

深さ方向への密度の分布は、気乾密度と絶乾密度ではほぼ同じ傾向を示している。また、小径コアによる圧縮強度の分布とも同じような傾向を示しているが、深さ方向への受熱温度の違いによる影響は、圧縮強度ほど明確には現れていないよう

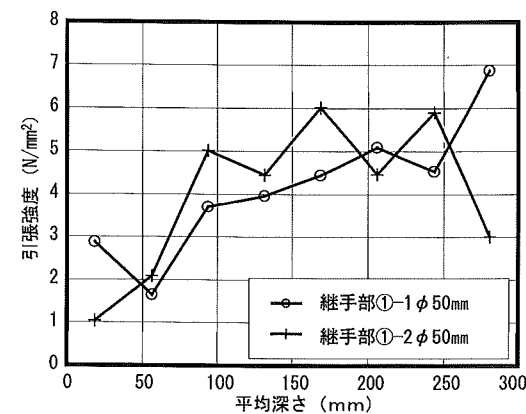


図-17 継手部①φ50-L35mm小径コア引張強度

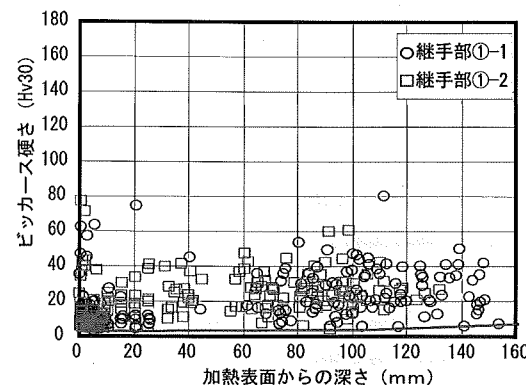


図-18 継手部①小径コアビッカース硬さ

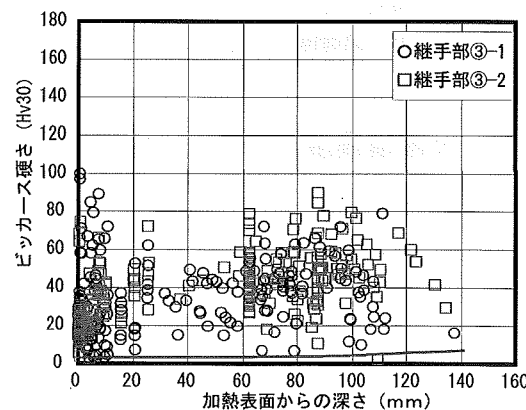


図-19 継手部③小径コアビッカース硬さ

ある。

5-8 引張強度

図-17に加熱後小径コアによる割裂引張強度の測定結果を示す。加熱表面から深さ70mm程度までの引張強度が低下していることがわかるが、コンクリート内部では引張強度のばらつきも大きい。

表-10 火害損傷度評価への適用性

測定項目	火害評価への適用性	長 所	短 所
表面観察	○	ひび割れ密度分布による劣化程度の定量的な評価ができる。	ひび割れ密度分布の解析には手間と時間を要する。
打音	◎	平面的な劣化の範囲を簡易的に知ることができる。	火害コンクリートの表面を傷め、コア採取に配慮を要する。
反発硬度	◎	平面的な劣化の範囲を定量的に知ることができる。	火害コンクリートの表面を傷め、コア採取に配慮を要する。
圧縮強度	○	深さ方向への圧縮強度の分布を直接把握できる。	小径コアの採取、整形に手間と時間を要する。
残存繊維確認	○	200℃程度の受熱温度範囲を知ることができる。	繊維の目視確認に手間と時間を要する。
中性化深さ	△	500℃以上の受熱温度範囲を知ることができる。	RABT加熱では中性化先端の受熱温度が500℃とはならない。
密度	△	圧縮強度の低下傾向を間接的に知ることができる。	体積の測定に手間と時間を要する。
引張強度	△	深さ方向への引張強度の分布を直接把握できる。	引張強度の測定値のばらつきがやや大きい。
ピッカース硬さ	△	深さ方向へのコンクリートの硬さの変化を直接把握できる。	測定値のばらつきがやや大きい。

◎：適用性極めて良好，○：適用性良好，△：適用性可能，×：適用性不可

5-9 ピッカース硬さ

図-18, 19は充填モルタルの継手部①, ③に対するピッカース硬さの測定結果である。これら図中の太線は、同様にピッカース硬さの下限值包絡線を示すものであるが、コンクリートの場合と異なり、深くなるのに伴いピッカース硬さの下限值が大きくなる傾向が見られない。これは、深さ方向にはば一定の圧縮強度や密度であるためと考えられる。

6 火害損傷度評価への適用性

表-10に各測定方法の火害評価損傷度評価への適用性を示す。

各測定方法それぞれに長所と短所が考えられるが、平面的な劣化範囲を調査するには打音検査と反発硬度の測定が有効である。

また、深さ方向への劣化深さを調査するには、深さ方向への圧縮強度分布と残存繊維深さの確認が有効であると思われる。

実際の火災後の損傷評価には、ここで挙げた測定項目から、火災の規模に応じて必要と考えられる項目を選択して、それらの測定結果を総合的に判断することで、火害の程度と範囲を評価できると考えられる。

7 おわりに

繊維補強型RCライナーの継手部ボルトを火災から保護するため、ボルトボックス充填材の耐火性について実験により、評価した。その結果、軽量モルタルと一部のポリマーセメントは、モルタル内の水分が水蒸気として、失われることにより、モルタルの爆裂を抑制することがわかった。

また、コンクリートや充填モルタルなどの火害損傷度評価項目については、各評価項目に長所・短所はあるものの、適用性を明らかにすることができた。

今後、これらの知見が同様の建造物の耐火性を検討するうえで参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 森山守・小原伸高・六郷恵哲：大断面TBMにおける二次覆工機能を有した耐火RCライナーについて、コンクリート工学年次論文集，Vol.29，pp.453-458，2007.7
- 2) (社)土木学会：コンクリート標準示方書〔構造的な性能照査編〕，2002
- 3) (社)土木学会：トンネル標準示方書〔シールド工法編〕・同解説，1996.
- 4) (社)日本道路協会：道路橋示方書 I 共通編・IV

下部構造編，2002.

- 5) 日本道路公団：試験研究所技術資料第358号トンネル数値解析マニュアル，1998.
- 6) 西岡ほか：道路シールドトンネルにおける耐火工の施工計画および施工実績，土木学会第61回年次学術講演会.
- 7) (社)土木学会：コンクリート建造物の耐火技術研究小委員会報告ならびにシンポジウム論文集，pp.76-78，2004.10.

- 8) 国土交通省住宅局建築指導課：2001年版 耐火性能検証法の解説及び計算例とその解説，pp.205-208，1997.9.
- 9) 日本コンクリート工学協会：コンクリート建造物の火災安全性研究委員会，2002.6.
- 10) 土木学会：コンクリート建造物の耐火技術研究小委員会報告ならびにシンポジウム論文集，コンクリート技術シリーズ，No.23，2004.10.

わかりやすい トンネルの力学

B5判 286頁 本体価格 5,825円 円340円

福島啓一著

NATMの導入以来、トンネル工事の現場に計測が大幅に取り入れられるようになって、トンネルの力学がますます重要視されるようになった。

本書はトンネル力学の基礎的な事項に基づく問題点を経験則と理論則から説明し、設計・施工に携わる実務者がトンネルを掘るとき、また、計画・設計するときに考慮しなければならないトンネルの力学を主眼にした入門書である。

【目次】 ○従来のトンネル力学の考え方/トンネル力学の発展，NATM以前の考え方/ゆるみ高さの推定，ゆるんだ地山の釣り合い，沈下量の差により変わる土圧，切羽の安定，地山の分類による支保の設計，NATMの考え方/せん断破壊説，変形による圧力の低減，地山のゆるみ防止，アンカーボルトによる地山の補強，地山挙動の時間依存，せん断破壊説による設計法，経験的設計法，地山分類と地山等級に対応した支保工の標準設計，NATM力学についての問題点，○弾性論による解析/弾性学の基礎，軸対称円形トンネル，線対称円形トンネルの弾性解，円形トンネルの弾性解析，地表面に近いトンネル，だ円形のトンネル，球形空洞周りの応力と変位 ○弾そ性論による解析/そ性力学の基礎，軸対称円形トンネル，線対称円形トンネルの弾そ性解，円形トンネルで地山の自重を考えた弾そ性解析 ○弾そ性解以外の検討/トンネルの大きさの影響，時間の影響，表面の影響，山はね，ゆるみと締めり，地山のゆるみ，再圧密を考えた考察 ○その他の検討/二次覆工の役割とひび割れ，安全率，支保工の設計・観察・計測の解釈と逆解析，力学的に好ましい，または好ましくないトンネルの設計および施工法，有限要素法，トンネルと地下水



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

研究・開発

文献紹介



中川倫孝：H-CROSS工法，
地中の併設トンネルを機械
的に連結，建設機械，Vol.
44，No.3，2008.3.



小松原徹・奥野哲夫：天然
ガス高圧貯蔵(ANGAS)技術開発，神岡鉱山における
実証試験(200気圧の気密試験，300気圧の耐圧試験)に
成功，土木学会誌，Vol.93，No.4，2008.4.

白上勝章：推進T字側面接合工法，MELIT工法，建設
の施工企画，No.698，2008.4.

横沢圭一郎・藤田一宏・鈴木健之：防水シートの品質向
上に関する研究，建設の施工企画，No.698，2008.4.

施 工

森山守・寺田光太郎・松原利之・小林伸次：飛驒トンネ
ルプロジェクトにおける各段階での地盤工学的な問題
と対処法，土と基礎，Vol.56，No.1，2008.1.

尾留川剛・松井裕哉・操上広志・舟木泰智・森岡宏之：
幌延深地層研究計画における地下研究施設建設時の課
題と対応策，土と基礎，Vol.56，No.1，2008.1.

中家加津彦：コンクリート中詰め鋼製セグメントによる
シールド工について，農村振興，No.697，2008.1.

梅谷登志文：大阪港夢洲トンネル工事の概要，沈埋函の
製作・掘付，土木技術，Vol.63，No.2，2008.2.

長野敦・立川一彦・山下恭啓：阪和自動車道みなべIC，
南紀田辺ICの完成，新技術の採用と地域との共生に
よる「命の道，自立の道」の建設事業，土木技術，
Vol.63，No.2，2008.2.

井川正：非開削推進工法の採用と事例報告，土木技術，
Vol.63，No.2，2008.2.

使える立体交差化技術，短距離のカーブを短期間で掘る
技，日経コンストラクション，2008年2月22日号，
2008.2.

寺島善宏・益子直人・篠原浩史・鈴木正秋：大断面シー

ルドによる掘進・組立同時施工，首都高速中央環状新
宿線 本町シールド，建設機械，Vol.44，No.2，
2008.2.

津野和宏・守山和朗・佐藤亨・蛭川愛志・小池浩：アン
ダーピニング工事の情報化施工について，建設機械
Vol.44，No.3，2008.3.

大木孝一：SS-メッセル工法，アーストンネル掘削工法，
建設機械，Vol.44，No.3，2008.3.

通行止めせずにアーチ部材を架設，北九州都市高速4号
線トンネル補強工事(福岡県)，日経コンストラクショ
ン，2008年3月14日号，2008.3.

繊維補強コンクリートを410m圧送，亀の瀬地すべり対
策排水トンネル拡幅補強工事(大阪府)，日経コンスト
ラクション，2008年3月28日号，2008.3.

井上和敏：大規模揚水発電所における設計と施工，小丸
川発電所，建設の施工企画，No.697，2008.3.

横澤圭一郎・安井成豊：超近接トンネルの設計・施工検
討，建設の施工企画，No.697，2008.3.

正木幹了：世界最長1,447m(φ1000) 豊橋市における
超長距離推進工事報告，月刊推進技術，Vol.22，No.4，
2008.4.

大石敬司・友原建：スライドロックセグメント，東京メ
トロ副都心線への適用，建設機械，Vol.44，No.4，
2008.4.

維 持 管 理

真下英人：道路トンネルの維持管理技術の現状と課題，
土木技術，Vol.63，No.4，2008.4.

田村司郎：大口径管きよのTVカメラ調査実施例，土木
技術，Vol.63，No.5，2008.5.

そ の 他

アジアとヨーロッパをつなぐボスボラス海峡横断鉄道ト
ンネルプロジェクト，土木学会誌，Vol.93，No.2，
2008.2.

訂 正

第39巻，第5号，18頁の左段17行目に誤りがありましたので，訂正いたします。

誤
平成29年

正
平成27年



シールド工事の施工に関するQ&A(12)

JTA都市トンネル小委員会

Q 39. シールドトンネルに近接する既設構造物
への影響を防止する対策方法について教え
てください。

A. 既設構造物に近接してシールド工事を行う場
合には，事前調査を行い，シールド掘進に伴う周
辺地盤の挙動と既設構造物への影響を予測する必
要があります。その結果，既設構造物の機能およ
び構造に支障が生じるおそれがある場合は，状況
に応じて対策工を行います。

対策としては，①工法の選定による「施工法に
よる対策」，②施工管理により影響を低減する
「影響低減法」，③別途補助工法を用いたり，直接
補強を行う「補助工法や補強による対策工」など
が挙げられます。

以下に，既設構造物への影響を防止する対策方
法について説明します。

(1) 施工法による対策

1) シールド工法の選定

地盤変状のもっとも大きな要因として，切羽前
面の緩みが挙げられます。これより，地盤変状を
極力抑えるためには，切羽圧力を保持できる密閉
型シールドが前提となります。密閉型シールドに
は土圧式と泥水式があり，切羽保持に関して以下
の特徴が挙げられます。

① 土圧式シールド

土圧式シールドはチャンパ内の加圧された
土砂で切羽が保持されているため，前面の緩
みは少なくなります。ただし，掘進停止時に
は強制加圧を行わない機構が一般的であるた
め，近接区間は休止しないで通過するなどの

配慮が必要です。

② 泥水式シールド

泥水式シールドは切羽前面の土圧，水圧に
バランスした泥水圧で切羽を保持し，また掘
進休止時も加圧保持できるため，前面の緩み
は少なくなります。ただし，地山の性状によ
っては，泥水が前方に逸泥する可能性があり，
近接構造物の周辺に泥水が回り込んだり，場
合によっては既設構造物内に漏洩する場合も
あるので留意が必要です。

いずれにしても，構造物の種類や用途，シール
ドとの位置関係や土質などの条件を考慮して工法
を選定する必要があるといえます。

2) 裏込め注入工法の選定

シールドは掘進と同時にテールボイドが発生す
るため，その空隙を速やかに充填しなければ沈下
が発生します。裏込め注入は，掘進に併せて注入
を行う「同時注入」と，掘進直後に注入を行う
「即時注入」に分けられますが，近接構造物の影
響を最少に抑えるためには同時注入が必要不可欠
です。

なお，同時注入は，掘進開始と同時に注入を開
始する方法と，ある程度掘進が進んでから注入を
開始する方法に分けられますが，近接構造物への
影響をより少なくするためには，掘進開始と同時
に注入を開始できる方法が望ましいといえます。

(2) 影響低減法

施工管理によって，シールドによる周辺地山の
変状を抑える方法が影響低減法です。簡単にいえ
ば情報化施工やトライアル施工によって地盤の変
状を最小限に抑えることといえます。

シールド通過による地盤の変状は、理論解析のみで予測できるものではなく、より精度を高めるためには、実際の施工結果を踏まえて解析条件を見直し再計算するのが有効です。トライアル施工とは、近接構造物に及ぼす影響を最小限に抑えるために、通過前の類似地盤で地盤変状を確認し、その結果を施工に反映させるものです。

実際の施工では、地盤の変状に影響を与える要因である切羽圧力、裏込め注入圧・注入率、掘削土砂量などを事前に可能な範囲内で変化させて、最適値を見つけ出すことが肝要といえます。

(3) 補助工法や補強による対策工

シールドの通過により既設構造物の変状が管理許容値を超えると予測された場合、また、前述の影響低減法などの効果が不十分な場合は、①地盤の強化・改良、②遮断防護工、③既設構造物の補強などを施工します(図-1)。

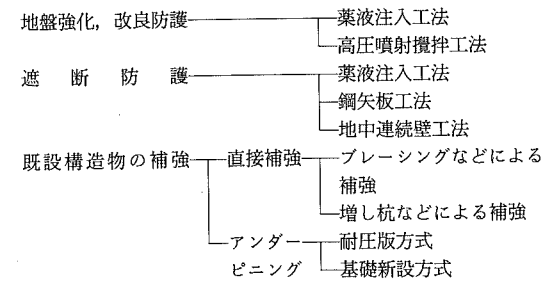


図-1 対策工法の例

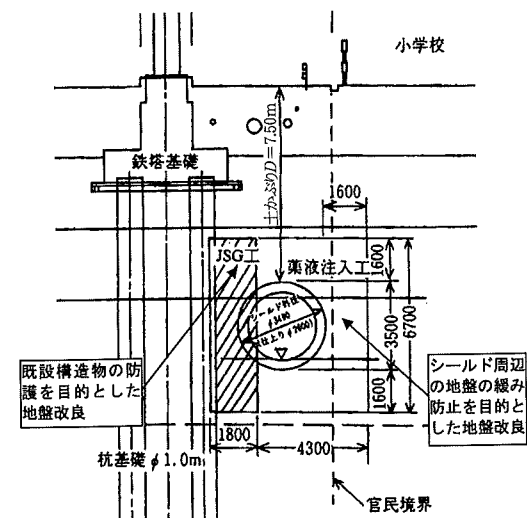


図-2 地盤の強化と改良による防護例²⁾

1) 地盤の強化・改良

地盤の強化・改良の工法としては薬液注入と高圧噴射攪拌工法などが挙げられます。図-2に高圧噴射攪拌工法と薬液注入とを併用した地盤改良による防護の事例を示します。ここでは高圧噴射攪拌工法により既設構造物を防護し、薬液注入でシールド周辺の地山の緩みを防止しています。

なお、地盤改良の施工そのものが既設構造物に有害な影響を与える場合もあるので、工法の選定には留意が必要です。

2) 遮断防護工

遮断防護工は、新設シールドと既設構造物の間を遮断する地中防護壁を施工し、シールド掘進に伴う地盤の変形・変位の伝播を抑制するものです。

図-3に鉄道の橋脚基礎に近接するシールドの防護工として、SMWによる遮断壁を施工した事例を示します。

この事例では、橋脚基礎間隔が小さいため、遮断壁芯材とシールドの離隔が10cm程度しか確保できませんでした。そのため、遮断壁の芯材の建込み精度とシールド基線の測量精度次第では、シールドと芯材が接触する可能性もあり、非常に厳しい施工管理が必要となりました。

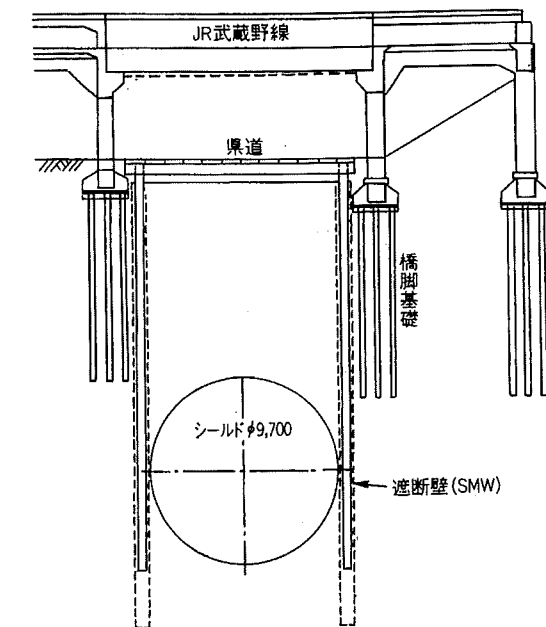


図-3 鉄道の橋脚基礎に対する遮断防護事例²⁾

3) 既設構造物の補強

既設構造物の補強方法としては、構造物を直接補強する方法と、アンダーピニングにて受け替える方法がありますが(図-4)、アンダーピニングが必要となるのは構造物の基礎杭を撤去するような場合であり、単にシールドが近接する程度であれば、構造物の補強などにより対処するのが一般的です。

図-5,6に、地下鉄の営業線に近接したために、既設構造物を内部から補強した事例を示します。

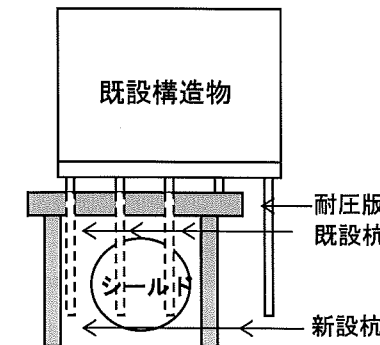


図-4 アンダーピニングの例

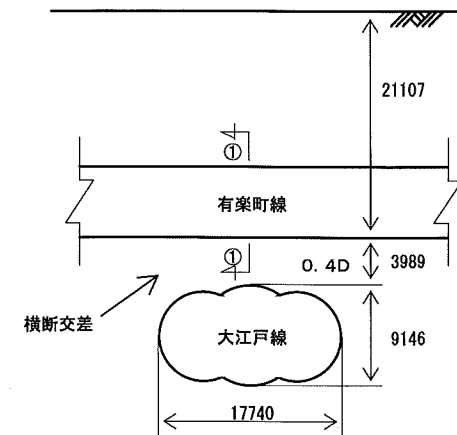


図-5 地下鉄に近接したシールドの例³⁾

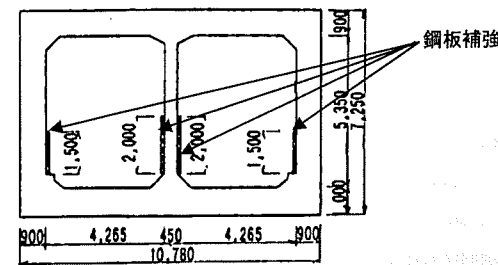


図-6 既設構造物の直接補強例(図-5①-①断面)³⁾

このケースは、既設の地下鉄トンネル(開削)の下部を0.4Dの離隔でシールドが通過するものであり、事前の解析では、既設トンネルが軸方向の変形に耐えきれないことが予測されました。そのため図-6に示すように、既設構造物の配力筋方向に鋼材で補強を行ったものです。

(4) まとめ

以上、既設構造物に対する影響を低減する方法を述べましたが、もっとも重要なことは、対策の検討に用いた地盤条件や周辺環境条件と実施工時の条件が一致しているかどうかということです。近接施工においては当初の仮定条件と実際の違いを常に監視し、条件が異なった場合は、再計算を行いチェックしたり、施工管理値を再検討するなどして管理していく必要があります。

(文責：河越 勝(株)/熊谷組)

参考文献

- (株)産業技術サービスセンター：シールドトンネル工事による近接施工例，近接施工技術総覧，1997.3.
- 八尾徳雄・前田美治・清水宏・焼田真司：JR武蔵野線橋脚部に超近接するシールド，埼玉高速鉄道 戸塚トンネル工区，トンネルと地下，Vol.31，No.4，pp.27-34，2000.4.
- 岩本利美・坂田政徳・佐々木博文・岡本達也：3心円泥水式駅シールド通過に伴う有楽町線防護計画と実績，土木学会年次講演会。

Q 40. 泥水式と土圧式を比較して、どのような場合においてどちらが有利となるか教えてください。

A.

(1) 工法選定の流れ

泥水式と土圧式の密閉型シールドは、切羽の状態を直接、目視で確認することができません。このため、計器を使用し間接的に監視、確認することになり、シールド工法の選定にあたっては、切羽の安定方法の特徴を理解しなければなりません。そして、経済的で、切羽の安定が図れる工法を選定することが重要となります。

工法選定は、基本条件となる断面、延長、土か

ぶり、平面線形、縦断線形などについて、整理することから始まります。一般的な工法選定は次のような流れで行います。

1) 調査

調査は次のような項目について行います。工法選定で重要なことは、切羽の安定であり、地盤条件(土質、地下水位など)の調査は重要となります。

- ・立地条件(工事用地、河川などの状況)
- ・地盤条件(土層構成、地下水位など)
- ・環境条件(振動・騒音・地盤変状など)
- ・支障物件(埋設物、地下構造物など)

2) 検討

工法選定のための検討項目を下記に示します。

- ・切羽の安定(土質などへの対応)
- ・地盤変状(影響範囲、鉛直変位などへの対応)
- ・環境条件(振動・騒音への対応)
- ・支障物処理など(埋設物などへの対応)
- ・発生土の処理
- ・作業用地
- ・対策工の検討(近接、併設などの対応)
- ・経済性

3) 比較検討し総合判断(工法決定)

検討項目を総合的に判断し工法を選定します。

以上のような流れで工法を選定しますが、ここでは、泥水式、土圧式の得失について記載します。

(2) 検討項目についての考え方

1) 切羽の安定(土質への対応)

基本的には泥水式でも土圧式でも適切な掘進管理により広範囲な土質に対して対応可能です。しかし、下記土質の場合には注意する必要があります。

泥水式の場合、砂および砂礫で透水性の高い地盤($k=1 \times 10^{-1}$ cm/秒程度)は、泥膜が形成しにくいいため、泥水が逸れ切羽圧を保持しにくくなります。また、均等係数の小さな粒径のそろった砂質土も、泥膜が形成されないおそれがあり、切羽保持が難しい土質です。このため、切羽の安定は非常に困難となる場合もあり、泥水性状や補助

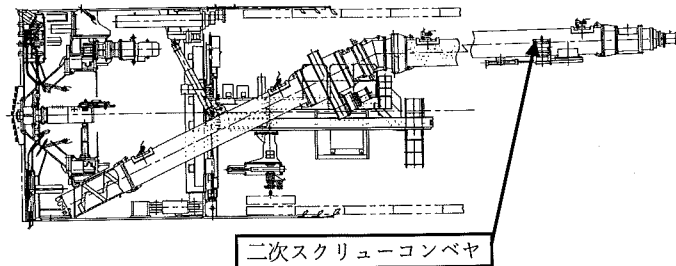


図-1 二次スクリーコンベヤの例

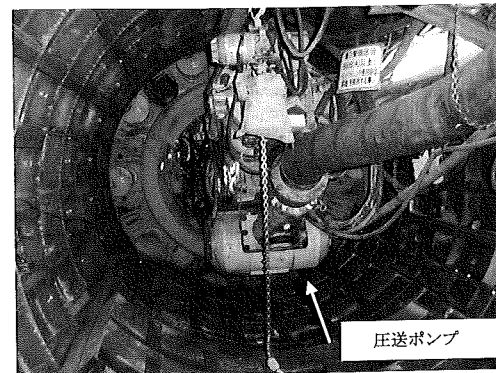


写真-1 圧送ポンプ直結の例

工法の検討を行います。

土圧式の場合、砂質土、砂礫土では塑性流動性を確保するために添加材が必要となります。また、高水圧の地盤では、排土用のスクリーコンベヤだけでは対応できない場合もあり、二次スクリーコンベヤの採用、各種圧力保持用フィーダーの装着、圧送ポンプの直結、掘削土の土質性状の改質などの検討が必要です。

2) 巨石・粗石の対応

泥水式は掘削土を流体輸送するため排泥管の径により対応可能な礫の径が決まります。一般に排泥管の径の1/3以下といわれており、排泥管は100~200mmの径が使用されており、対応可能な礫径は50~70mm程度となります。このため、それ以上の大きな巨石・粗石は切羽前面で割る必要があります。カット面にはローラーカットが配置されるので、摩耗について十分検討しなければなりません。

土圧式についてはスクリーコンベヤで排土するため、スクリーコンベヤの径により対応可能な礫径が決まり、泥水式に比べ大きな礫に対応可能となります。しかし、シールドに装備可能なス

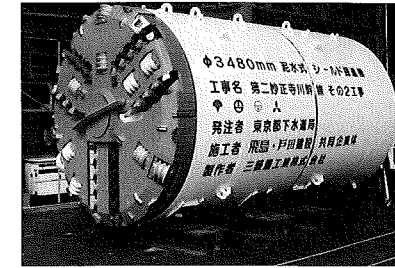


写真-2 切羽前面破碎タイプの掘進機

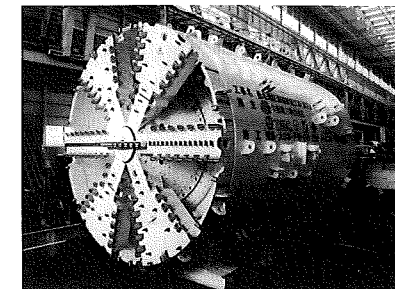


写真-3 粗石取り込みタイプの掘進機

クリューコンベヤの径は、シールドの径により限定されるため、対応可能な礫径も制限を受けます。この場合には、泥水式と同様に巨石・粗石を切羽前面で割り、カットスリットの幅をスクリーコンベヤで対応可能な礫径の幅に制限し対応する場合があります。

3) 地盤変状、近接施工

地盤変状などの対応については、泥水式、土圧式どちらの工法においても排土量、切羽土圧などの適切な施工管理により対応可能であり、事前に影響検討などを行い、場合によっては、対策工を検討します。

一般に泥水式は総合的に集中管理(泥水処理、泥水輸送、掘進)が行われており、土圧式に比べ有利といわれていますが、現状では、大きな差はないと考えられます。

4) 可燃性ガス対応

可燃性ガス発生の可能性のある層を掘削する場合には、排土のラインを地上まで密閉する対策があります。このため、泥水式は、切羽および坑内から地上までは圧送ポンプ、送排泥管で完全に密

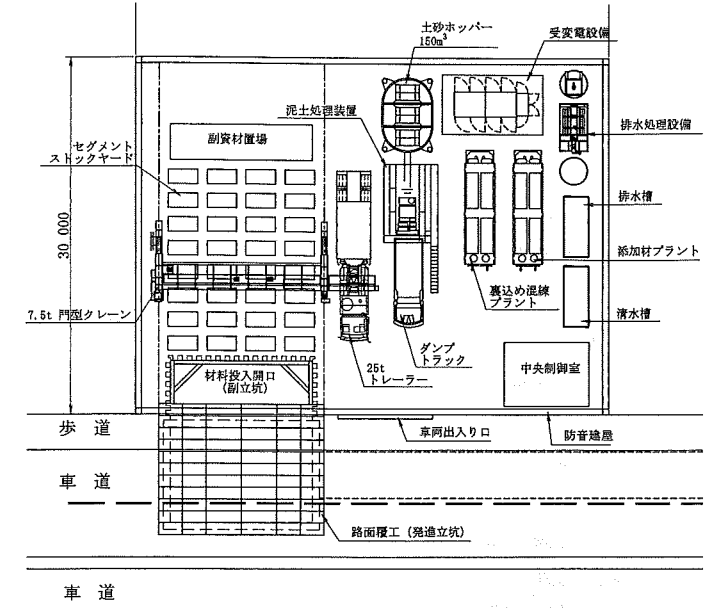


図-2 土圧式地上設備配置例(シールド外径5m級, 土砂圧送方式)

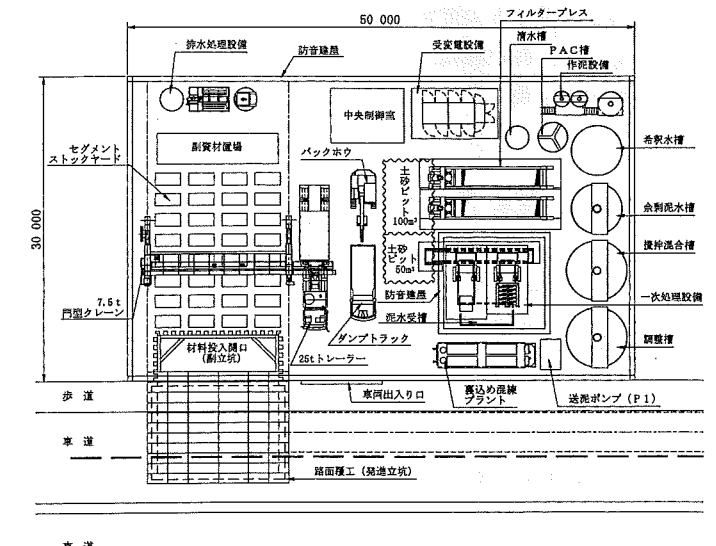


図-3 泥水式地上設備配置例(シールド外径5m級)

閉されており安全性が高いと考えられます。土圧式は、スクリーコンベヤで排出された土砂を排土口より直接土砂圧送ポンプに接続するなど、地上まで開放しないようする対策が必要となります。

5) 環境条件

都市部での施工であれば、どの工法でも防音ハ

ウスを設置することになります。とくに、泥水式は、土砂と泥水を分離する泥水処理設備が必要であり、振動、騒音、低周波音対策が必要となります。

6) 発生土の処理

泥水式の一次処理土は建設発生土、二次処理土は建設汚泥として処理されています。土圧式は、基本的には産業廃棄物(自治体の基準により対応が異なる)として、処理されています。このため、工法比較を行う場合には、泥水式は、物質収支計算を行い、一次処理土、二次処理土の量を確認する必要があります。

7) 作業用地

作業用地については、泥水式は泥水処理設備が必要で、土圧式に比べ広い用地が必要となります。

(3) 総合判断

以上に記載した項目ごとに比較検討を行い、安全・環境、経済性、工程などを総合的に判断し、工法を選定することが重要となります。また、施工条件により、長距離施工、大深度施工などについても検討が必要な場合もあります。

(文責：望月 崇/飛鳥建設(株))

参考文献

- 1) 土木学会：2006年制定・トンネル標準示方書，シールド工法・同解説，2006.7.
- 2) シールドトンネルの新技术研究会：シールドトンネルの新技术，土木工学社，1995.1.

Q 41. 泥水式シールド工法の逸泥や噴発に対する対処方法を教えてください。

A.

(1) はじめに

泥水式シールドは、チャンパ内に満たした泥水の圧力で、切羽面の水圧と土圧に対抗させ切羽の安定を図っています。このため、泥水の性状が悪く、泥膜が形成されなければ、逸泥を発生させ泥水圧を保持できなくなります。泥水圧の設定を大きくすると噴発を発生させ、小さければ土砂を取り込みすぎて切羽の崩壊、場合によっては陥没などを発生させてしまいます。このように泥水圧を

有効に作用させるためには、泥水圧の設定および泥水性状の管理が重要となります。

(2) 泥水圧

泥水圧の設定は、切羽の土質、土かぶり、土水圧などを総合的に勘案して、管理値を設定しています。このように設定した泥水圧の管理値は、掘進に伴う地上の変状、掘削土量、偏差流量、機械負荷などの計測値をもとに、掘進に併せ変更していくものであり、泥水圧を適正に保持していくことが重要となります。ここに、不適切な泥水で泥水圧を地下水頭より高く設定すると、浸透や地上への漏泥が始まります。さらに大きな泥水圧や泥水圧の変動は、逸泥や噴発につながるため適切な泥水の品質管理と泥水圧管理が必要です。

(3) 逸泥対策

1) 逸泥の確認方法

逸泥状態は、次の状況で確認することができます。

- ① 切羽泥水圧が保持できなくなる。
- ② 偏差流量が大きなマイナスの値を示す。

以上のような事象で逸泥状況を把握し、偏差流量については次のような関係になっています。

偏差流量： $\epsilon = Q_3 - Q$

$\epsilon > 0$ ：取り込み状態

$\epsilon < 0$ ：逸泥状態

計算による掘削体積： $Q = \pi/4 \cdot D^2 \cdot St$

Q：掘進時間あたりの計算による掘削体積

St：掘進時間あたりの掘進量

D：掘削外径

計測による掘削体積： $Q_3 = Q_2 - Q_1$

Q₁：送泥流量

Q₂：排泥流量

Q₃：計測による掘削体積

泥水が地山に浸透し、泥膜を形成する状況を想定し管理値を設定しているため、一般に偏差流量は若干逸泥状態(ϵ の値がマイナス)で管理されています。

2) 逸泥対策

Mullerらは切羽のろ過形態を3タイプに分類しています。

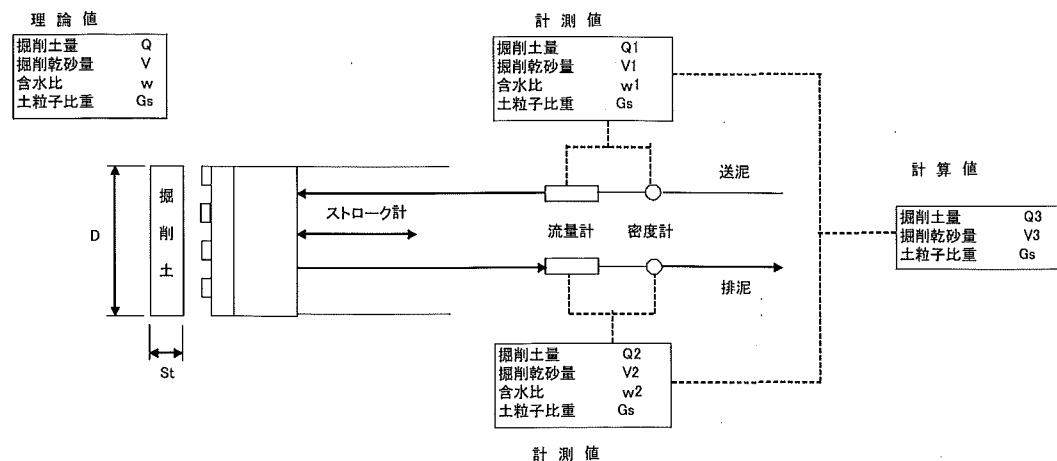
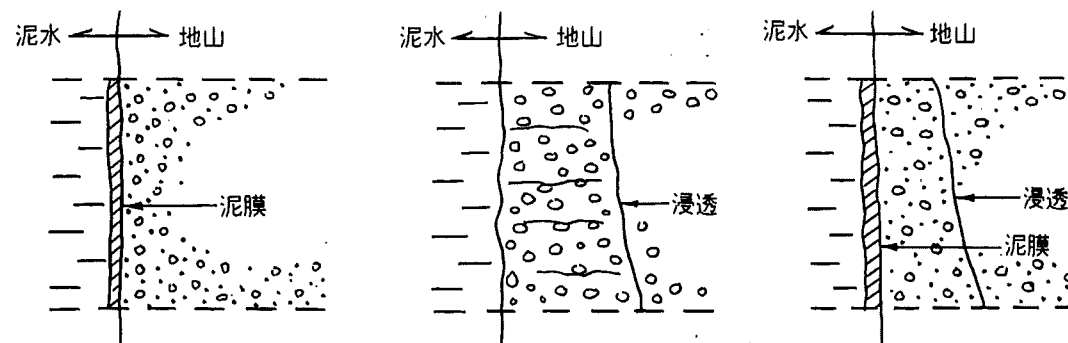


図-1 泥水式シールドの土量管理システム



タイプ-1 細砂上に泥膜が形成される。

タイプ-2 粗粒土粒子への浸透で表面ろ過はない。

タイプ-3 浸透とろ過の場合。

図-2 地山壁面における貫入とろ過

タイプ1：泥水の浸透がほとんどなく、泥膜のみ形成。

タイプ2：地山の間隙が大きく、泥水は浸透するのみで泥膜の形成がない。

タイプ3：タイプ1とタイプ2の中間で泥水が浸透しつつ泥膜を形成。

タイプ1のろ過形態は、逸泥に問題のない土質ですが、タイプ2は、透水係数の大きな砂礫層で見られる状況です。タイプ2でも地山に過度に浸透すると、切羽の安定には問題があります。したがって、透水係数の大きな砂質土層、砂礫層では泥膜の形成を向上する対応が必要となります。

透水係数の大きな地山における泥膜の形成には、泥水中の砂分の粒径および砂分量(砂分重量/粘土分重量)が大きく関係します。これは、地山の間

隙に砂分による目つぶしの効果が働くためであり、目つぶし効果が有効に機能するためには地山の間隙より大きな粒径および含有量が必要となります。また、泥水の粘性は、地山への逸泥抵抗を増加させる働きもあり、粘性の管理値を高く設定することも対策の一つになります。しかし、透水係数が $k = 1 \times 10^{-1} \text{cm/秒}$ 程度の場合には、泥水の品質管理だけでは対応が難しく、地盤改良などの検討が必要となる場合もあります。

(4) 噴発対策

泥水式シールド工法での噴発は、地上に泥水が一気に吹き上げる状態で、泥水圧が保持できず切羽崩壊につながります。噴発には次のような状況が考えられます。

- ① 排泥管で閉塞が発生した場合など、急激に

泥水圧が上がり、地上に泥水が噴く状態。

② 土かぶり小さい場合や、急激に土かぶりが変わる場合に、泥水圧の管理値を大きくしたため、泥水が地上に噴いてしまう状態。河川や海底部横断時にも同様なことが考えられます。

③ 地中障害物(開削施工残置物、旧建築物の基礎杭など)に遭遇した場合や、近接して施工した場合に、障害物に沿って泥水が噴き出してしまう状態。

泥水の比重を上げることで泥水特性は改善され切羽安定には有効ですが、泥水輸送設備や処理設備に大きな負荷がかかります。また、泥水比重を高く維持することが困難な土質もありますので、泥水管理が重要となります。

排泥管での閉塞対策としては、シールド隔壁および排泥ラインに緊急圧抜きバルブなどを装備するなどの対策が取られる場合がありますが、掘進中は送排泥状況を監視する必要があります。

地中障害物については、施工前の調査が必要であり、確認された場合には、地盤改良などの検討を行い、事前に対策を行っておく必要があります。(5) おわりに

逸泥、噴発防止には、事前の調査が重要であり、調査結果をもとに、泥水の性状、管理範囲を決め、泥膜の形成性を向上させ、有効に泥水圧を作用させることが重要です。また、初期に設定した泥水圧の管理値は、切羽土質や泥水性状の変化を勘案し掘進に伴う地上への影響、掘削土量、偏差流量、機械負荷などの計測値より管理値を見直し、変更していく管理を行うことが重要です。

(文責：望月 崇/飛鳥建設(株))

参考文献

- 1) 土木学会：2006年制定・トンネル標準示方書、シールド工法・同解説、2006.7.
- 2) シールドトンネルの新技术研究会：シールドトンネルの新技术、土木工学社、1995.1.

P.A.ドミニコ、F.W.シュワルツ著

地下水の科学

各B5判
全3巻

地下水の科学研究会 大西 有三 監訳

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

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



株式会社

土木工学社

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

トンネル ジャーナル

TUNNEL JOURNAL · TUNNEL JOURNAL · TUNNEL JOURNAL · TUNNEL JOURNAL

松ノ木トンネル貫通

鉄道・運輸機構が整備する北陸新幹線松ノ木トンネルで4月4日に貫通式が行われた。

同トンネルは6,720mの長大トンネルで、上越市西部の山地を貫く。2002年に着工し、両押しで施工を進めこのたび貫通した。同新幹線の長野～金沢間は2014年度の開業予定となっている。

雪沢第2トンネルが貫通

東北地整が新直轄方式で整備する日本海沿岸東北自動車道の大館北IC-小坂JCT(14.5km)間の雪沢第2トンネル(1,849m)が貫通し、4月11日、同トンネル内で貫通式が行われた。

同区間に位置する大茂内第一トンネルとともに、同トンネルの掘削土の一部にはセレン、砒素が溶出基準を上回ることが確認されており、高度な土砂処理を行いながらの掘削作業となった。

船津朝山トンネル貫通式

西日本高速道路が整備する山陰自動車道斐川IC-出雲IC(仮称)間のうち、船津朝山トンネルが貫通し、4月16日貫通式典が開催された。

同トンネルは、両IC間のほぼ中心に位置し、出雲市船津町から標高200m程度の山地を貫き、出雲市朝山町に至る延長1,961mのトンネル。平成17年8月に朝山町側から坑口付けを行い、爆破掘削方式による補助ベンチ付き全断面掘削工法を用い、約30か月を要し貫通に至った。

第12トンネル本坑貫通

京都府が整備する鳥取豊岡宮津自動車道(宮津野田川道路)の第12トンネル本坑が4月17日貫通した。

同トンネルは宮津市字喜多～須津地内を結ぶ工事延長L=3,809m、W=9.5mの発破方式NATMトンネル。TBM(φ5.0m)で掘削された避難坑を利用し、本坑を同方向2切羽により掘削して、工期を短縮した。

供用されれば府管理の道路トンネルとしては最長となり、唯一の避難坑を持つトンネルとなる。

新佐敷トンネル貫通

九州地整が整備する南九州西回り自動車道の田浦IC-芦北IC間の新佐敷トンネル(2,919m)が貫通し、4月20日に現地貫通を祝う式典があった。

同区間は全長8kmで、2008年度中の供用を目指し、新直轄方式で事業が進められている。

貫通した新佐敷トンネルは、供用されれば九州の直轄国道で最長になる。

「新風吹トンネル(上り)」の供用開始

和歌山県が整備を進めていた新風吹トンネル(上り)(673m)が、4月21日に供用を開始した。

貫通したのは、同トンネルを含む延長約3.3km区間で、府県境から同トンネルまでの1.7kmの間については2車線(幅員8.0m)の暫定供用で、同トンネル出口から広域農道までの1.6kmの区間は4車線(同20.0m)の全線供用。

同トンネルのある主要地方道泉佐野岩出線は大阪府泉佐野市を起点とし和歌山県岩出市に至る道路で、大阪府と和歌山県を結ぶ府県間道路。

関西国際空港、阪和自動車道泉南ICと直結する道路であり、周辺地域の産業・経済の発展および地域の連携・交流の強化を図る役割を担っている。

下り線トンネル(654m)について

は、2009年11月の完成を目指し、近く着工する予定とし、同路線の和歌山県側の全線4車線供用は平成21年度を目指している。

阪神高速8号京都線 稲荷山トンネルが開通

阪神高速道路と京都市が建設を進めてきた阪神高速8号京都線の一部(延長2.7km)が平成20年6月1日に開通する。

開通区間は山科出入口(京都市山科区西野山桜ノ馬場町)から鴨川東出入口(京都市伏見区深草中川原町)までの2.7km。同区間のほとんどを稲荷山トンネル(2.5km)が占める。

同トンネルは、平成10年12月に山科側からNATMで掘削を開始。平成13年3月に約1.5kmを掘削完了したのち、平成18年1月から西行トンネル約0.9kmを伏見側からシールド工法で掘削、平成18年12月に貫通した後、トンネル内部でシールドを転回させ、平成19年5月に東行トンネル約0.9kmを山科側から掘削を再開、平成19年12月に全線貫通した。

こんどの開通に伴い、京都東部方面から京都中心部へのアクセスに要する時間が大幅に短縮されるなど、京都市内の交通環境の向上に供するものと期待される。

飛驒トンネル 2008年7月5日開通

NEXCO中日本が建設を進めてきた東海北陸自動車道の飛驒清見IC～白川郷IC間の延長24.9kmが、7月5日に開通することになった。

今回の開通区間(24.9km)は、10本(計20.7km)のトンネルがある典型的な山岳道路区間。最長のトンネルは、初穂山を貫く飛驒トンネル(10.7km)で、日本の道路トンネルで2番目の長さとなる。高土圧と大

量・高圧の湧水に悩まされるなどの難工事を克服し、約9年半を要して2007年1月に貫通した。

同区間は2007年度内の開通をめざしていたが、貫通後も貫通点付近での崩落や、坑内の変状対策などに時間を要したため、安全の確保を万全に期したうえで、このたびの開通となる。

同社では開通を記念して、開通日から10月31日までの間、「東海北陸道全線開通記念割引」を実施する予定としている。

「SENS」が審査委員会特別賞を受賞

日刊工業新聞社が主催する第37回日本産業技術大賞の贈賞式が行われ、「NATMとシールドを融合した新しいトンネル工法(SENS)の開発と実用化」が審査委員会特別賞を受賞した。

同賞の受賞者は、鉄道・運輸機構、鉄道総合技術研究所、地域地盤環境研究所、熊谷組、三菱重工地中建設の5団体で、NATMとシールド工法の双方を組み合わせて、お互いの弱点を解消した点などが評価されての受賞となった。

平成19年度土木学会賞

土木学会は、2007年度の土木学会賞を発表した。全12部門で79件が受賞した。トンネル関係の主な受賞は次のとおり。

技術賞(I)は、「小土盛り・滞水土砂地山における経済的かつ適用性の高い新しいトンネル施工技術—東北新幹線八戸・七戸間トンネル群—」(鉄道・運輸機構)、「脆弱地山における超大断面長大道路トンネルの掘削—第二東名高速道路金谷トンネル—」(中日本高速道路、鹿島・竹中土木・青木あすなるJV、奥村組・大日本土木・太平工業JV)、「スピードが求められる時代に適合した建設プロ

ジェクト・マネジメント—都心部を貫く23.1km高圧ガス幹線【中央幹線】の建設—」(東京ガス)。

技術賞(II)では、「多目的ダムでは国内初の排砂バイパスの建設—美和ダム再開発洪水バイパス施設—」(国交省中部地整)。「地下都市高速道路の時代を開く“環状道路”の建設—首都高速中央環状線(新宿～池袋)」(首都高速道路)。

環境賞(I)に、「地下鉄営業線内における石綿除去」(東京地下鉄、大成建設、パシフィックコンサルタンツ)。

論文奨励賞に、「乗用車専用小型道路トンネルにおける火災時の煙挙動に関する模型実験」(菊本智樹)。

技術開発賞に、「大断面シールドトンネル切り開き技術の開発」(飯島啓秀、半野久光、土橋浩、並川賢治、川田成彦)、「大断面分割シールド工法(ハーモニカ工法)の開発」(山田紀之、大久保英也、森田泰司、高見澤計夫、望月修)。

THパイプルーフ技術協会通常総会および懇親会開催

THパイプルーフ技術協会は去る4月17日に東海大学校友会館(東京)で第11回通常総会および懇親会を開催した。

通常総会では、理事役員の改選が行われ、新会長に藤井輝彦・日特建設取締役事業本部長が選出されたほか、平成19年度事業報告、収支決算報告、平成20年度事業計画および平成20年収支予算を審議し、満場一致で承認された。

総会後に行われた懇親会の冒頭では、藤井会長より、協会も10周年を迎え、また、都市部でのニーズが高いことを例に挙げ、さらなる発展に意欲を示した。

懇親会では関係者と来賓者との交流の場が持たれ、大盛況のうち幕を閉じた。



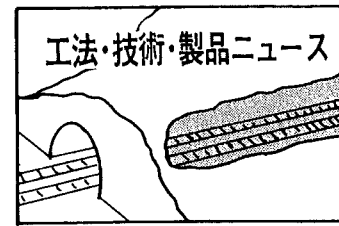
八田與一技師のアニメ映画今秋公開

八田與一(1886-1942)を題材とした映画が「パッテンライ!!南の島の水ものがたり」と題され、石黒昇監督により製作が進められている。

八田は、台湾南西部の灌漑事業である嘉南大圳の事業計画、設計、施工を指揮した土木技術者として知られており、台湾には、彼を顕彰する記念館もある。

製作にあたる虫プロダクションのHPによると、舞台は、日本統治時代の台湾。不毛の大地と呼ばれていた嘉南平原にやって来た土木技師・八田與一は、地元の農民に土地の一部を提供してほしいと告げる。この地に広大な灌漑施設を造るといふ。ダム建設の信憑性を疑う地元の農民は八田に対して敵意を抱く。その中に農民の子、英哲がいた。英哲は、しだいに八田の土木にける切実な想いに動かされ、ダムの必要性を理解し、自らも土木技師になる夢を抱くようになる。現場の近くの宿舎に移り住んだ日本人の中に、ススムという少年がいた。英哲と意気投合した二人は、互いの夢を語り合う。そんなある日、トンネル工事での爆発事故により、五十余名が殉職してしまう。被害者の中にはススムの父親もいた。工事の中止が囁かれ、八田は苦悩に陥る。工事の行方、そしてススムと英哲の友情の行方はいかに……。

映画はこの秋公開の予定。



新形式の浅層地下構造物構築法

戸田建設とジオスターは共同で、プレキャスト式地下構造物構築法「さくさくSLIT(Structuring of Lower Underground by Industrial Technologies)工法」を開発した。

同工法は、プレキャスト部材を用いた逆巻きの構築法を基本として、仮設土留め壁を兼用する側壁を構築した後に、プレキャストの頂版を先行して設置するなどして、覆工板を設置することなく、地上部を完成させてから内部の掘削・構築する開削地下構造物構築技術。

地上への影響を最小限に抑制するとともに工期の短縮を図り、通常は仮設材として取り扱われることが多い土留め壁を本体利用することで合理化を図り工費低減することを目的としている。

側壁部は、構築の本体となる部分をRCプレキャスト部材とし、その底部に施工時の支持および側方土圧に抵抗するH形鋼を連結した構造としている。また、建て込み後に止水板を配置できる構造としたことから、側壁部材間の止水性能を確実なものとした。

側壁部材と頂版部材のプレキャスト部材間の接合はモルタル式充填継手、場所打ちとなる底版と側壁の接合は、あらかじめプレキャストの側壁部材に機械式鉄筋継手を配置しておくことで、各部材間は剛結合となっている。

履带式ローダ2機種をフルモデルチェンジ

新キャタピラー三菱は、履带式ローダCAT 953D(バケット容量1.8m³、写真)とCAT 963D(同2.5m³)の2機種を発売した。

両機は、作業機(バケットおよびリフトアーム)油圧システムおよび冷却システムの進化により燃費低減を図り、また、排出ガスに含まれる有害物質を低減した環境対応型エンジンACERT®を搭載することで、省燃費、高環境性能を実現した。



ダンプトラックを新発売

新キャタピラー三菱は、CAT 772ダンプトラック(最大積載量46t)を発売した。

同機はCAT 771Dダンプトラックのモデルチェンジ機で、良好な前方視界とオペレータ環境をもつセンターマウントキャブを採用。また、排出ガスに含まれる有害物質を低減する環境対応型エンジンACERT®を搭載し、環境性能も向上させた。

ベッセルには耐摩耗性と耐衝撃性を備え、従来後付けされることの多かったスチールライナ(衝撃吸収材)を標準装備することで、維持費用の削減にも配慮している。



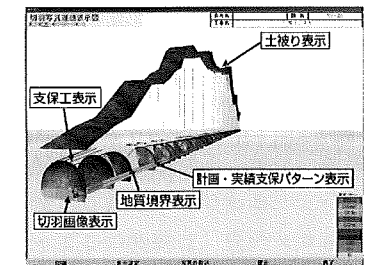
施工情報を一元管理するトンネル施工情報管理システム

飛鳥建設は、トンネル掘削工事における切羽(掘削面)地質状態の観察結果や画像情報、計画・設計情報を電子化し、一元管理することで、容易に検索、分析することを可能にする「トンネル施工情報管理システム」を開発し、実施工現場に採用した。

同システムは、①切羽撮影画像処理機能、②情報管理・分析・表示機能の2段階で構成される。

①切羽撮影画像処理機能は、切羽ごとに異なる撮影位置や倍率、レンズによるひずみを補正し、ひずみのない正射投影に自動変換することで、撮影画像を用いた画像計測(地質境界位置や掘削面積を計測可能)を行うもの。②の情報一元管理・分析・表示機能では、設計情報、施工実績情報、切羽観察情報、切羽画像情報を一元的に管理し、地質図の作成・予測を行うほか、切羽位置・切羽画像・支保パターンなどを3次元表示することで、土かぶりや切羽画像をトンネル線形に合わせてわかりやすく表示したり、マウス操作で対象地点の詳細情報を表示できる。

このシステムにより、地質情報の取得から電子化までの省力化や情報の精度向上が図られ、施工管理の合理化や施工品質の向上に貢献が期待され、とくに計画変更などの必要性が発生した場合において有効であるとしている。



約6kmの長距離圧送を実現

鹿島は、立花マテリアルと共同で、長距離のシールドトンネルにおけるパイプライン配管工事に適した中詰め材料および、その施工方法である「アワモル工法」を開発した。

同工法で用いる材料には、新たに開発した材料分離抵抗性に優れたベースモルタルと、所定の透気性を確保するために、エアモルタル中に連続する気泡を生成するための起泡剤を用いている。

これらを別々に圧送し、打設箇所近傍において所定の割合で適切に混合することにより、長距離圧送性や透気性、充填性に優れ、安定した密度や強度を確保する。

施工については特殊な混合装置を開発することにより、小型化と注入の自動制御を実現し、狭小トンネルにおいても高品質かつ安定した「アワモル」の製造を可能にした。

これらの性能は、圧送実験、実物大の充填実験、温度シミュレーション解析などにより確認され、長距離シールドトンネル内パイプラインの実工事にも適用を開始しており、施工上も品質管理上も良好な結果を得ている、としている。

これらの技術により、従来では施工できなかった長距離施工が可能になり、設備数や段取り替えが省略できるため、工事全体として、コストダウンや、工期短縮が可能となる。

帯水砂礫地盤でも安全・安定したシールド掘進を実現

銭高組と立花マテリアルは共同で、帯水砂礫地盤や巨礫・玉石がある地盤でも泥土圧シールド工法の安定した掘進を可能にする新添加材「クリー

ンゾル」を開発し、実用化した。

泥土圧シールド工法に適用する添加材は、①掘削土砂の塑性流動性を高める、②掘削土砂と攪拌混練して止水性を高める、③掘削土砂とシールドの付着を防止する、などの目的があるが、従来の添加剤では地盤によっては適合せず地下水の噴発や土砂の閉塞をくり返し、安定した掘進が難しく路面に悪影響を及ぼす場合や中断を招く場合もあった。

同製品は、帯水砂礫地盤での地下水の噴発の防止、帯水砂礫・玉石地盤での機械負荷の軽減など、安定した掘進を可能とするとともに、長距離圧送に適し、添加材注入率が小さい(間隙率以下)など、経済性にも効果がある。

ミニホイールローダを発売

日立建機(株)は、TCMと共同開発したホイールローダ6機種を発売した。

発売したのは、ZW20(標準バケット容量0.3m³)、ZW30(同0.4m³、写真)、ZW40(同0.5m³)、ZW50(同0.6m³)のミニホイールローダ4機種と、低車高型のZW20L(同0.36m³)、ZW30L(同0.46m³)の2機種。

先に発売した中型機と同一コンセプトで開発され、余裕のあるエンジン出力と車体安定性で作業効率を上げ、一般土木の補助作業などに適している。



自走式スクリーンを発売

日立建機は、自走式スクリーンVR516FSの発売を開始した。

同機は、カナダ・プレミアテック社から取得したIP(図面、技術資料、特許、ブランド使用权)をベースに開発した新型機。

クラス最大級のスクリーン面積とフィンガタイプスクリーンの採用により、目詰まりが少なく高い処理能力を持つほか、環境に配慮した排出ガス3次規制対応型エンジンの搭載、当社独自の油圧・電気制御システム、走行体一新など、信頼性、メンテナンス性を向上させた。

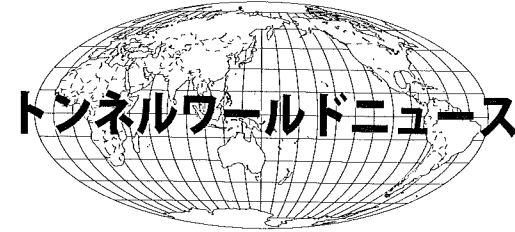


中型ホイールローダを発売

日立建機は、TCMと共同開発したホイールローダZW140(バケット容量2.0m³、写真)、ZW150(同2.3m³)の2機種を発売した。

昨年発売したZW180と比べコンパクトなモデルで、同シリーズは6機種がラインナップされたことになる。

11tダンプへの積み込みや、建設資材およびコンクリート用の砂・砂利・碎石などの製品骨材の運搬作業に適しており、走行性がよいことから除雪作業でも活躍が期待される。



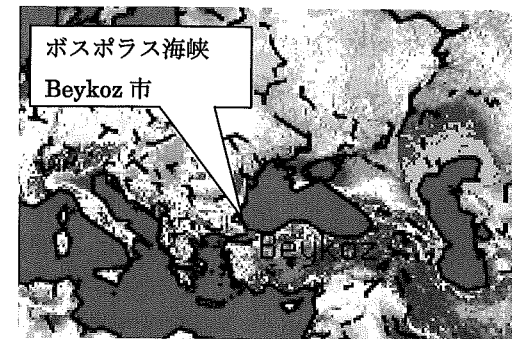
(社)日本トンネル技術協会
国際委員会

ロビンスのハイブリッド土圧マシン
がイスタンブールを浄化

イスタンブールのボスポラス海峡沿いで、市街を浄化する下水道整備事業 Kavacik-Beykoz Wastewater Tunnel のために、Robbins社により製作された硬岩掘削と土圧(シールド)掘削の双方に適応可能な直径3.1mTBMが着実に進行を確保している。

このTBMは中硬岩層を14インチのディスクカッタで掘進し、軟質土層ではタングステンカーバイトを溶射したドラッグビット(切削ビット)で掘進する。

硬岩層の掘進モードでは掘削土はTBMコンベ



ヤにより排土し、軟質土の掘進モードでは泥水ではなく土圧を掛けてスクリーコンベヤにより鋼車へ排土し、ずり搬出ができる。

このハイブリッドマシンはNTF社(施工会社)により延長4.1kmと延長3kmの2本の複合地質トンネル掘削に使用される。

近代化計画により下水道事情が悪化傾向にあるイスタンブールにおいて、この2本の下水トンネルは未浄化の下水を自然流下で海岸沿いの下水処理場に運ぶことになる。

とは言うものの掘削はそう簡単ではない。ここでは地震の多発地帯で地質的にはシルト粘土層から粘板岩さらには石灰岩層(一軸圧縮強度75~100MPa)まで幅が広い、また多層断面層破砕帯がトンネルのルート近くに存在する。

そのような中、2007年8月現在、延長4.1kmのBeykozトンネルのうち1.1kmを掘進中で、掘進完了予定は同年の12月である。

1本目のトンネル掘進が完了すると、Kavacik立坑に運ばれ2008年12月までに2本のトンネルを完成させなければならない。

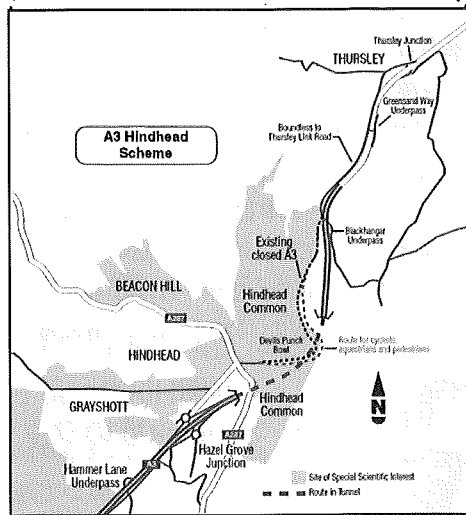
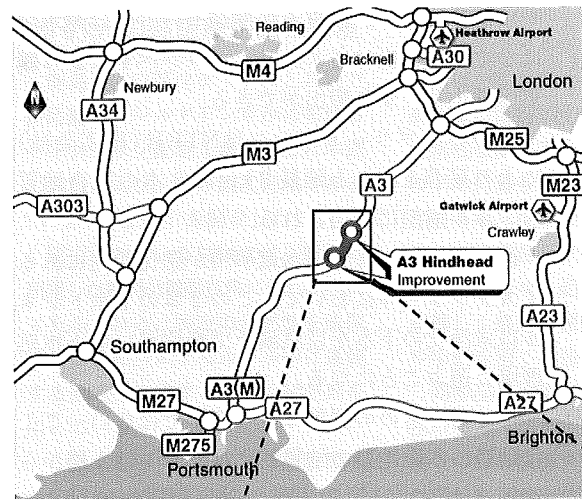
(WT '07.11 担当:篠原慶二・前田建設工業(株))

英国Hindheadトンネルで
Sandvik社のジャンボが活躍

現在、イギリスにおいて進行中の大きなトンネルプロジェクトの一つであるA3道路のHindheadトンネルが、Sandvik社のジャンボを使用して建設される予定である。

請負者の中の主要なメンバーであるBalfour Beatty社は、1.8kmに及ぶ双設トンネル掘削に使用するバスケットブームを備えた2ブームのジャンボ(DT820-AC)3台の供給を受ける契約をスウェーデンのSandvik社と結んだ。このうちの2台は、自穿孔ガラス繊維強化プラスチックボルトの挿入と探りボーリングに使用され、残る1台は、鋼管先受け工の削孔に使用される予定である。

Sandvik社にとってこの契約は、先のスコットランドGlendoe水路計画に続くものである。ここでは、Sandvik社の各種削孔機が使用されている。



請負金額7億4千万USドルのA3道路 Hindhead 計画は、2007年1月に開始されたが、トンネル掘削は2008年の1月に開始されることとなっている。2011年に工事が完了したあかつきには、Hindheadトンネルは、ロンドンとポーツマス間を結ぶ新しい片側2車線道路の最後の6.7km区間として脚光を浴びるとともに、現在のA3道路とA287道路の交差点(信号機によりコントロールされている)付近の交通渋滞を軽減するであろう。

このトンネルでは、覆工は吹付けコンクリートにより、坑門は場所打ちコンクリートにより施工される予定である。トンネルの最大土かぶりは、Gibbet Hillにおいて65mとなる。また、約0.1km

の開削トンネルも含まれる予定である。

Balfour Beatty社によると、この計画では、請負者を早い段階で計画に参画させ、設計や法令手続きの手助けを行わせるという、新しいアーリー・デザイン&ビルドの手法を採用しているとのことである。

(WT '07.12 担当：清田三四郎・鉄道・運輸機構)

南アフリカGautrain プロジェクトのトンネル掘削が最盛期に

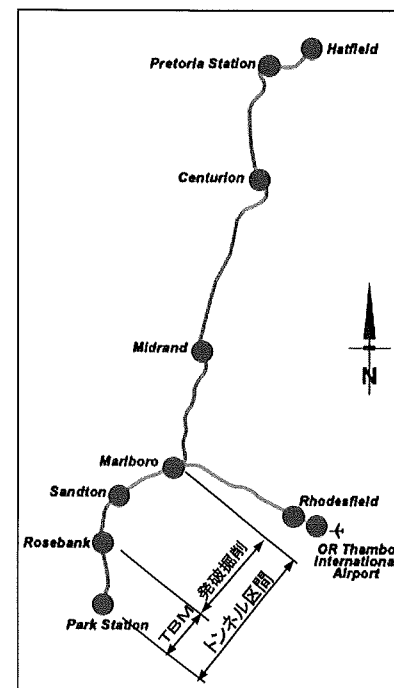
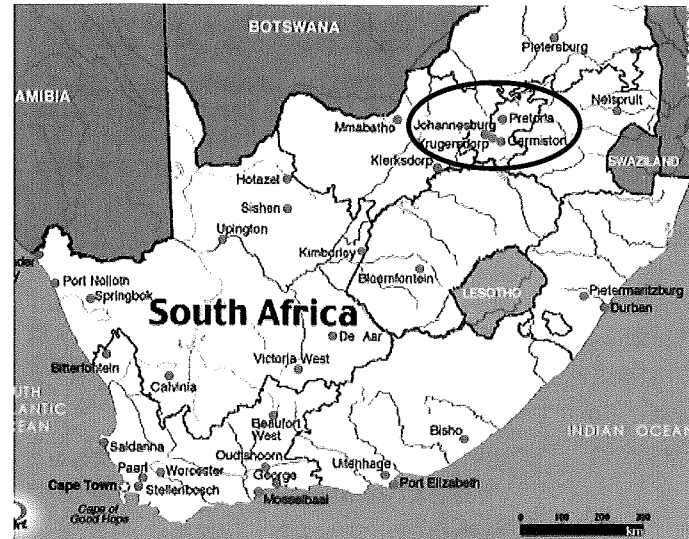
南アフリカのGautrainプロジェクトにおけるトンネル掘削が2008年早々に最盛期を迎える。直径6.68mのTBMが組み立てられ、施工中の発破掘削区間のトンネルと接続される。

最盛期には8か所の切羽で同時に掘削作業が行われる。内訳は発破掘削が7か所、TBMが1か所であり、Bombela Civils JV のプロジェクトディレクターである Charles-Etienne Perrier 氏はT&TI誌の取材に「大いなる挑戦」と語った。

ヨハネスバーグやいくつかの都市部と Thambo 国際空港を結ぶ77kmの鉄道路線のうちトンネル総延長は、Park 駅～Marlboro 駅間の駅部を除く16kmとなる。そのうち13km以上は発破掘削方式で施工され、そのほとんどが単線断面である。2007年11月時点で、発破掘削区間のうち1,000m以上の掘削が完了している。

請負者であるBouygues社では、トンネル区間の2/3を占める単線断面区間(断面積45m²)において、地質の違いにより月進120~140mを、また複線断面(断面積74m²)区間では月進150mを見込んでいる。1サイクルあたりの進行長は、地山等級ごとに1~5.8mで行う予定である。

プロジェクトでは15台の油圧ジャンボが使用さ



れる。その内訳は3ブームタイプが2台、2ブームが9台、シングルブームが4台であり、そのほとんどがコンピュータージャンボである。

Herrenknecht社製EPBM(形式S-386)は、Rosebank 駅からPark 駅へ向けての2,820m以上を掘削する予定である。仕様はカット出力が2,450 kW, カットトルクが5,685kNm, 総推力は40,500kNである。

路線上の対象地質は主に風化花崗岩であるが、一部でシルトや粘土、また硬質な巨礫も存在する。地下水位は最小25mの深さであり、またいくつかの断層も存在する。土かぶりは地形により18~80

mに変化する。

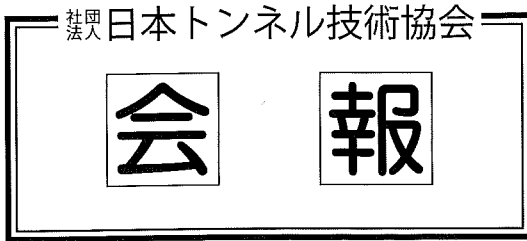
トンネル構造はAtkins社によって設計され、Bouygues社は覆工用コンクリートセグメントの設計を行い、地元の専門工事会社に型枠を提供する。このPPP鉄道プロジェクトは、Bombela Concession 社が主導している。

(T&TI '07.12 担当：谷川隆之・佐藤工業(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ご配慮のほどお願い致します。なお、応募方法の詳細につきましては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)



評議員

旧	新	所属 役職
青江 淳 岡野 哲	山口 温朗 河口 浩二	(独)水資源機構技師長 本州四国連絡高速道路(株)東京事務所上席調査役
長崎 光男	鷺尾 淳俊	青木あすなる建設(株)常務執行役員

③第34回通常総会議案(案)を承認

3. 委員会の開催状況(4月1日~30日)

①運営広報関係委員会

◎総務委員会: 4/16(日月俊昭委員長ほか10名)理事会議題を検討

広報小委員会

会誌WG: 4/2(大島洋志主査ほか12名)5月号の会誌と3か月計画を検討

◎国際委員会

ITA統括WG: 4/11(石田積主査ほか8名)ハノイ理事会報告ほか

海外文献小委員会

海外ニュースWG: 4/23(小島宗隆主査ほか8名)海外ニュースを翻訳

合計 4回開催 42名出席

1. 会員の現状

	4月25日現在
正会員	2,043名
団体会員	383名
個人会員	1,660名
名誉会員	1名
計	2,044名

2. 第190回理事会, 第65回顧問・評議員会

日時: 平成20年4月21日(月)12:00~13:00

場所: 東京商工会議所8階「東商スカイルーム」

出席者: 理事25名, 監事3名, 顧問2名, 評議員22名

議題:

①14名の入会と11名の退会を承認

②理事の選任, 評議員の交替を承認

理事

旧	新	所属 役職
川合 勝 山口 啓二	増永 修平 船本 隆則	鹿島建設(株)常務執行役員 (株)熊谷組専務執行役員

4. 国際会議の開催予定

会議名	開催日	場所	主催者等
第34回ITA総会およびコンGRESS 「より良い環境と安全のための地下空間を目指して」	2008. 9. 19~25	ニューデリー (インド)	CBIP(灌漑・水力中央委員会) International Tunnelling and Underground Space Association(国際トンネル協会) http://www.cbip.org

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

5. 平成20年度催物開催現況

催物名	開催日	人数	場所
(見学会)			
名古屋市下水道現場研修会	2008. 6. 19	20	愛知県
名古屋市地下鉄現場研修会	2008. 6. 20	30	愛知県
(施工体験発表会)			
第62回(山岳)	2008. 10. 23	200	東京都(71頁参照)
「周辺の環境条件を配慮し, 新技術を駆使したトンネル工事」			
第63回(都市)	2008. 10. 24	200	東京都(71頁参照)
「都市部の特殊条件下でのトンネル工事」			
(講演, 講習会)			
第10回トンネル技術ステップアップ研修会(シールド部門)			
第11回トンネル技術ステップアップ研修会(山岳部門)			

第62回(山岳), 第63回(都市)施工体験発表会発表者募集のご案内

このたび恒例のトンネル工事に携わっている現場技術者による施工体験の発表希望者を, 下記のとおり募集いたします。昨年度から発表者の意欲向上と発表会のレベルアップを図るため導入した表彰制度の第2回目であり, 優秀発表者を表彰することとしております。わが国のトンネル施工技術発展のために奮ってご応募くださるようご案内申し上げます。

— 記 —

課題: 第62回(山岳)「周辺の環境条件を配慮し, 新技術を駆使したトンネル工事」

(周辺環境, 安全対策, 災害対策, 海外工事等)

第63回(都市)「都市部の特殊条件下でのトンネル工事」

(大断面, 急勾配, 急曲線, 近接施工, 軟弱地盤等)

開催時期: 第62回 平成20年10月23日(木)

第63回 平成20年10月24日(金)

開催場所: 両回とも東京にて開催

発表時間: 1題20分程度(発表件数により増減)

発表方法: 発表テキスト原稿とプロジェクター(パワーポイント)

応募方法: 概要を1,200字程度に取りまとめ(様式自由), 題名, 所属・役職, 氏名, 連絡先, 電話番号,

メールアドレスを記載のうえ, 6月13日(金)までに下記事務局宛て提出してください。

FAX, メールでも結構です。

〒104-0041 東京都中央区新富2-14-7 新光第一ビル

社団法人日本トンネル技術協会 担当: 山之内

TEL: 03-3553-6174 FAX: 03-3553-6145 E-mail: gori@japan-tunnel.org

発表者通知: 発表者には選考のうえ, 7月上旬に本人宛てご連絡いたします。発表者は8月下旬までに

テキストの原稿(約10,000字)を提出していただきます。

その際には, 原稿作成要領等改めてご連絡します。

その他: 発表会後に優秀発表者の審査を行い, 表彰者には後日あらためてご案内いたします。

7月号予告[7月1日発売予定]

- 京成電鉄 稲毛～みどり台駅間都市計画道路立体交差工事
 - 新東名高速道路 今里第一トンネル
 - 京都市高速鉄道東西線 二条～太秦天神川間
 - さいたま市 南浦和2号幹線
- 【連載講座】
- シールド工事の施工に関するQ&A(13)

*内容等は変更になる場合がございます

編集後記

◆ミャンマーで起きたサイクロンの被害は、死者・行方不明者合わせて10万人、中国・四川省の地震による被害は、死者・行方不明者合わせて1万人を超える未曾有の大災害です。同じアジア人として何らかの援助をしたいと思っております。

◆さて、この時期は1年のうちでもっとも過ごしにくい季節ではないでしょうか。長雨の場合は、日照時間が短いため肌寒く感じる「梅雨寒」と呼ばれるものや、その反面、梅雨の晴れ間の気温が高く、湿度も高い「梅雨晴れ」と呼ばれるものがあります。前者は温暖化の影響か最近ではほとんど記憶にありませんが、後者は年々厳しくなっています。外出すると雨に濡れているのか汗なのか、服はいつも濡れています。意外と夏より熱中症になる人が多い時期でもあります。数値的にもこの時期の10年前の最高気温が25度だったのに対し、昨年は27度と2度も上昇しています。また、夏の前後には集中豪雨による被害がたびたび発生し、農作物に甚大な被害をもたらします。

◆昨今、食料自給率という言葉が頻りにメディアなどで報じられていますが、ご存知のとおり日本は先進国の中で最低の40%です。言い換えれば最大の食品輸入国でもあります。世界的に穀物の価格が高騰し、小麦を主原料とする食品価格がここにきて見直され、その結果、家計を圧迫しつつあります。石油の高騰と合わせて消費者にとって消費の減速がはじまりつつあります。これは経済にとっては、マイナス要因ですが、よい方に考えれば物の大切さを改めて認識する良い機会かもしれせん。

◆来月は、洞爺湖サミットが開催します。2000年に日本で開催した九州・沖縄サミットから8年が経過しました。ちょうどその年は、今回の開催地である洞爺湖の南に位置する有珠山が噴火し温泉街や国道などに大きな被害をもたらしたのも記憶に新しいのではないのでしょうか。

(K.Y)

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

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

トンネルと地下

第39巻 第6号 [通巻454号]

ISSN 0285-631X

Tonneru to chika

平成20年5月20日 印刷

平成20年6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。

新刊案内

トンネル発破技術のバイブル

わかりやすい

トンネルの発破技術

監修 山田隆昭 B5判 76頁 定価 1,500円+税(送料別途)

火薬類や発破技術の基礎から最新技術まで!
振動や騒音の環境問題を詳述!!

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

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

〈主要目次〉

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

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

株式会社 土木工学社

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

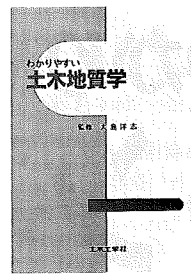
土木工学社の地質学書

[好評発売中]

わかりやすい**土木地質学**

大島洋志 監修

B5判 209頁 税込2,625円 送料340円



主要目次

序編 トンネルと地質の関わり

1. 地質学とは、応用地質学とは 2. トンネルと地質

第I編 トンネル工事に必要となる基礎的地質学

1. 地球の構造 2. 地層や岩石の分類 3. 地質作用 4. 地質構造 5. 地形と地質との関わり 6. 日本の地質 7. 地下水

第II編 トンネル工事と地質条件

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

第III編 地質調査法

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

第IV編 工事を対象とした地質調査の進め方

1. 調査の基本 2. 地山条件の調査の流れ 3. トンネル工事のための地山評価法 4. 調査の成果

[その他の既刊図書]

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

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

地下水の科学 P.A.ドミニコ・F.W.シュワルツ 共著 大西有三 監訳

第I巻 地下水の物理と科学 B5判 235頁 税込4,281円 送料340円

第II巻 地下水環境学 B5判 252頁 税込4,485円 送料340円

第III巻 地下水と地質 B5判 197頁 税込3,873円 送料340円

岩盤地下空洞の設計と施工 E.フック・E.T.ブラウン 共著 小野寺進・吉中龍之進・斉藤正忠・北川隆 共訳

B5判 444頁 税込10,290円 送料450円

ブロック理論と岩盤工学への応用 R.E.グッドマン・G.H.シー 共著 吉中龍之進・大西有三 共訳

A5判 360頁 税込5,097円 送料340円

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

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

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

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

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

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

【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. 立坑の設計と施工設備○立坑の設計と施工○シールド機の構造と装備○仮設備の計画○シールド工事による自動化 3. 掘進と施工管理○シールド掘進と施工管理○シールド発進と到達○裏込め注入工法と注入効果○曲線施工と地中接合○補助工法の種類と選定 4. 近接施工と環境対策○近接施工と対策○アンダーピニングおよび支障物対策○シールド工事と環境対策○新工法の現状と将来展望○ECL工法 5. 切羽の安定と地盤変状防止○切羽安定の理論と実際○泥水式シールド工法の切羽安定○土圧シールド工法の切羽安定 6. 地盤変位の理論と実際 付録 1. セグメントの設計例 2. 地盤変位予測解析手法の例 3. シールド工事の施工計画

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

きりり線

《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

④

TAIKU



CL301E型 カッタローダ

強力な掘削

最大掘削高さ6.6m

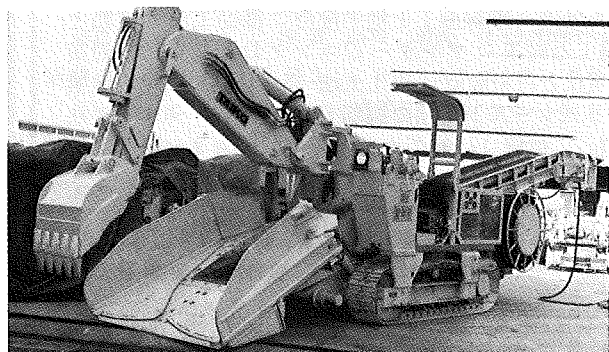
特長

1. カッタ駆動モータは、110kW電動機搭載
2. 散水装置により、ビット冷却と粉塵抑制
3. パワーコントロールにより、岩質等に応じて、自動的にドラム送り制御
4. ケーブルリールにより、電源ケーブルのさばきが容易
5. 走行移動用ディーゼルエンジン搭載

トンネル掘進機の本命・カッタローダ

山岳土木の豊富な実績を基に、なお開発に挑戦します。

RL型タフローダ



RL10

油圧式ズリ積機

アタッチメントとして
カッタヘッド
油圧ブレーカ搭載可能

型式	RL16	RL10	RL5-1
適用ズリ取断面	10~32㎡	7~30㎡	4~14㎡
油圧パワーパック	53kW	45kW	31kW
ベルトコンベア能力	150㎡/H	150㎡/H	70㎡/H
質量	16.5トン	12.6トン	9.2トン

製造・販売・レンタル 株式会社 **タイクウ**

本社 〒144-0047 東京都大田区萩中三丁目6番5号 ☎(03)3741-3131(代表) FAX(03)3741-6457

コンパクトで大出力
坑内ダンプの革命児!!

KUT300

輸送重量27t・3軸4輪駆動



コンパクト

- クラス最小の車体寸法
・全長7,980mm
- クラス最小の回転半径
・5,850mm
(後・後輪リフトアップ時)

大出力

- クラス最大級のエンジン出力
・212Kw/2,300min⁻¹

クリーン

- 万全の環境対応
・第2次排ガス基準クリア
・セラミック製黒煙浄化装置

安全

- 安全性
・4段階調整式リターダ
・後方カメラ&モニター

■両サイドダンプ

モデル名	バケット容量 (m ³)
80ZV	2.6
90ZV	3.2

ズリ積込機も運搬機もカワサキにお任せ下さい

■ロードホールダンプ

モデル名	バケット容量 (m ³)
M7	2.0
M8	3.0
M9II	4.0
M10	5.0
M12	6.5
M14	7.0



ONE FOCUS
Complete Solutions

Kawasakiは一人ひとりのお客様を大切にします

川崎重工業株式会社

建設機械ビジネスセンター

東京本社 〒105-6116 東京都港区浜松町2-4-1(世界貿易センタービル)
☎(03)3435-6959 HPアドレス <http://www.khi.co.jp/kenki/>