

トンネルと地下 4

vol. 39
no. 4
2008

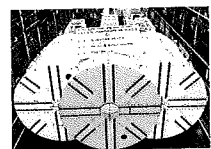
Tunnels and Underground

九州新幹線筑紫トンネルの貫通
システマチック養生台車による覆工コンクリートの品質向上
都市部での大口径シールドの課題をさまざまな創意工夫で克服
温度制御噴霧式覆工コンクリート養生法の開発

日本トンネル技術協会誌

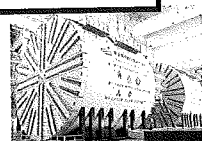
トンネル開発技術に

60余年のヒストリー!



1995

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



1993

(世界最大級の泥水式シールド)
東京湾横断道路工事で活躍



1989

英仏海峡トンネルT-5工区貫通式
完成にわく関係者たち



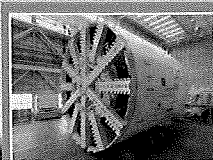
1939

(日本最初の本格的シールド)
関門トンネル工事で活躍



2004

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



2006

(ドバイLRT用シールド)
ドバイの交通網の発展に貢献

世界中で
1677台の
実績!

昭和14年(1939年)我が国初の本格的シールド式トンネル掘削機を開発して以来、三菱重工はトンネル開発技術のパイオニアとして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。

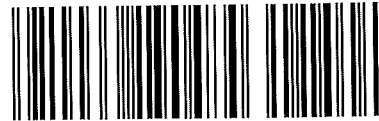
※平成19年4月1日より、三菱重工のトンネル事業は三菱重工業中機株式会社として生まれ変わりました。

三菱重工業中機(株)のシールド式トンネル掘削技術

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

定価 1,575円
本体価格1,500円

雑誌06619-4



4910066190484
01500

信頼の品質

技術提案に好適!!
デンカの特種混和材

デンカの酸性液体急結剤
 初期強度発現がハツゲン

《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

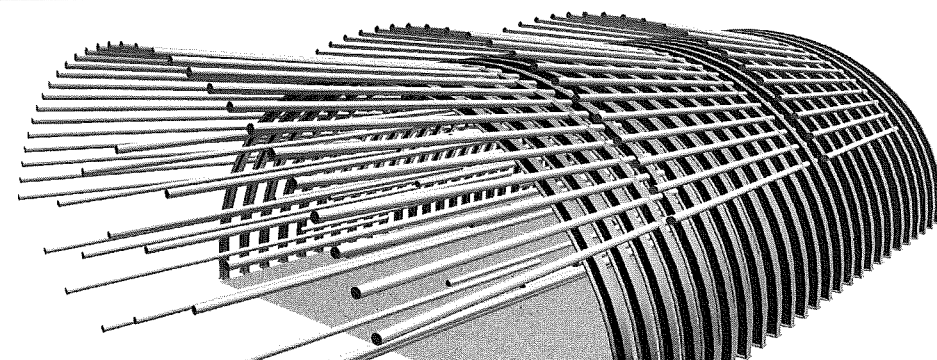
電気化学工業株式会社

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

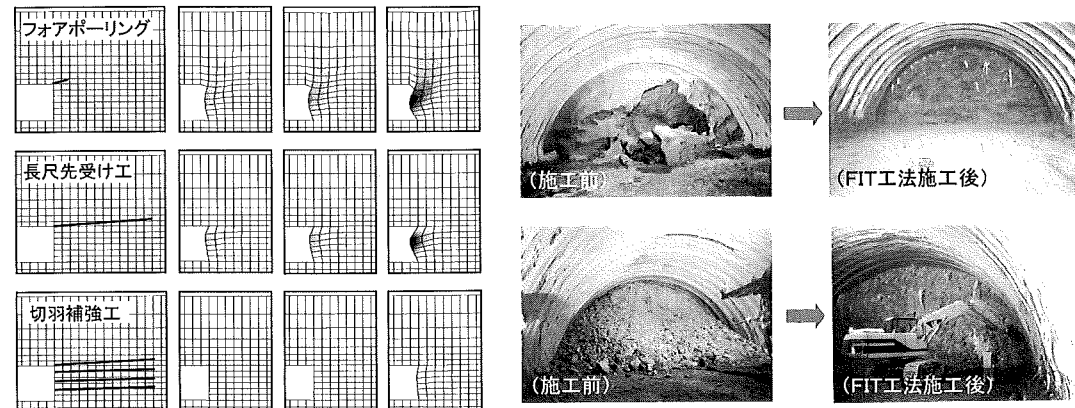
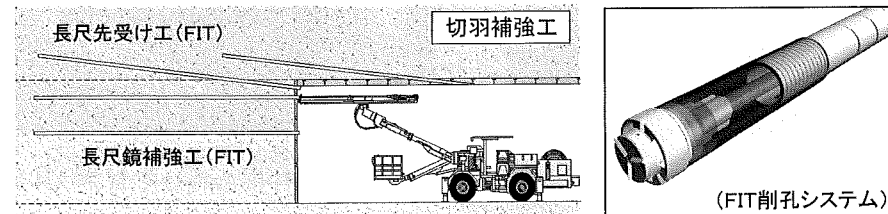
全方位 GFRP 管長尺補強システム

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)

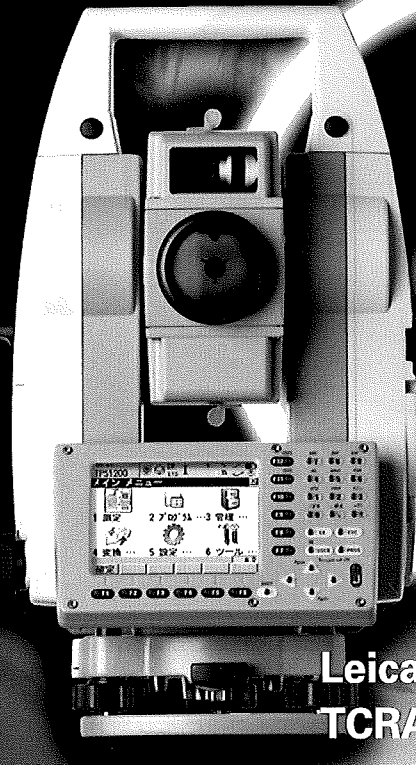
KFC 株式会社 ケー・エフ・シー

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

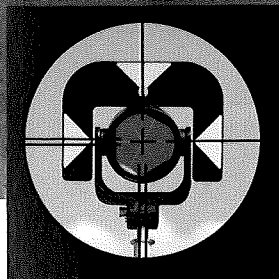
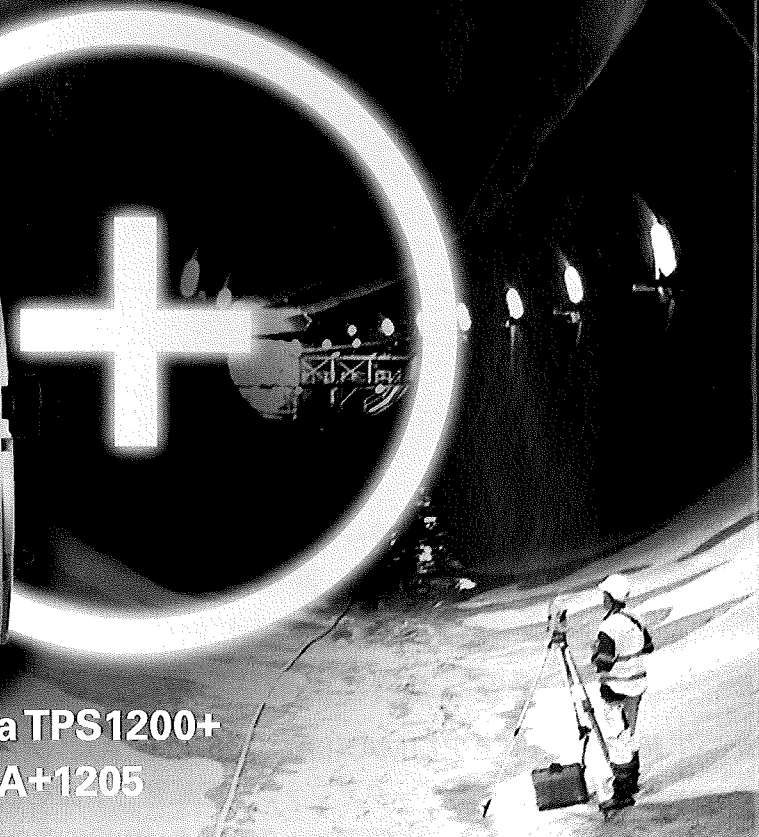
ホームページ <http://www.kfc-net.co.jp/>

ユニバーサル測量システム

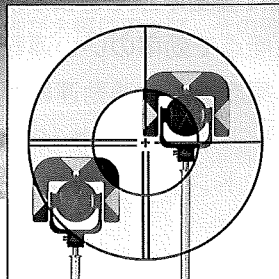
トンネル設計者の要望に応え、さらに進化
ライカTPS1200+シリーズ、ついに登場



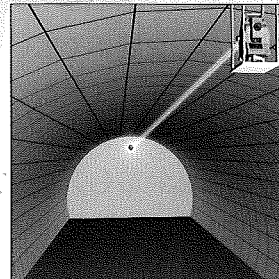
Leica TPS1200+
TCRA+1205



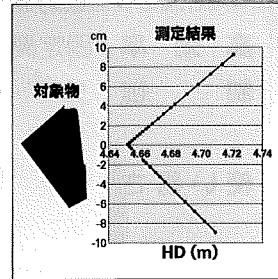
精度が向上した自動視準
プリズムの観測回数を上げると共に、CCDカメラの解像度を細かくすることで、自動視準の内部処理スピードや精度が向上。



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

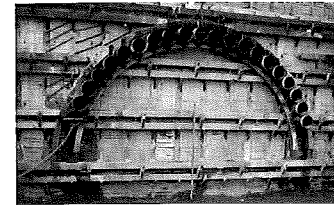
Leica
Geosystems

THパイプルーフ工法

高精度・全地盤型 水平鋼管圧入システム

★特徴★

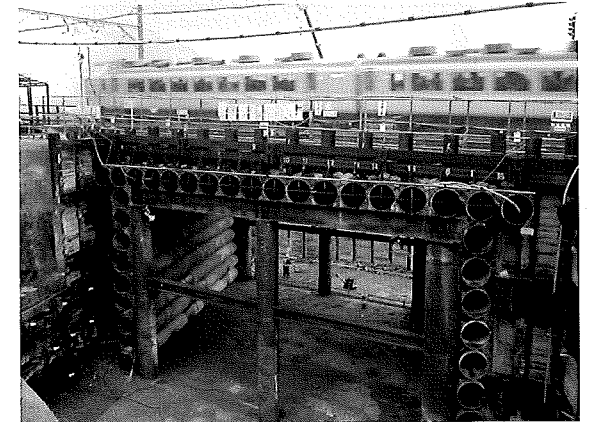
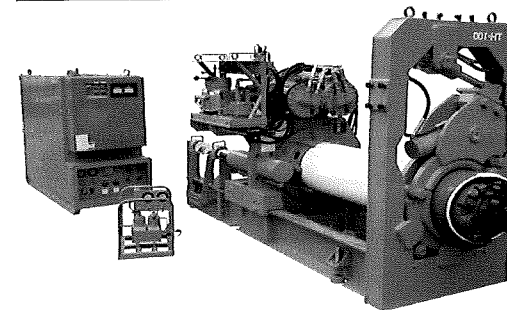
- ・本体掘削時の沈下抑制補助工法です。
- ・常時管芯チェックが可能で、方向修正方式を採用(精度が良いため支保作業が容易)。
- ・オーガ中掘り掘削。地山との空隙に同時注入もできます。
- ・推進途中でのビットの交換が可能で地層変化に対応できます。
- ・適応管径はφ200～φ1200mmです。
- ・最大推進長は、約70～100mです。
- ・推進機は推力100t、200t、300tがあります。



パイプルーフ打設状況(山岳トンネル)



パイプビーム工法



【会員】 ※会員募集中

九州基礎(株) 福岡県 TEL 0946-22-7445
 (株)小宮山土木 長野県 TEL 0267-56-1299
 (株)進栄機工 北海道 TEL 011-382-3361
 東洋地工(株) 福井県 TEL 0776-53-5335
 日特建設(株) 東京都 TEL 03-3542-6401
 ケミカルグラウト(株) 東京都 TEL 03-5575-0511
 (株)最上機工 山形県 TEL 0233-32-3885

サン開発工事(株) 大阪府 TEL 0726-41-4951
 東邦地下工機(株) 東京都 TEL 03-3474-3143
 日本基礎技術(株) 東京都 TEL 03-3476-5701
 (株)大阪防水建設社 大阪府 TEL 06-6762-5621
 多田建設(株) 福島県 TEL 024-535-6161
 九州グラウト(株) 福岡県 TEL 092-583-3232

(順不同)

<http://www.piperroof.jp>



THパイプルーフ技術協会

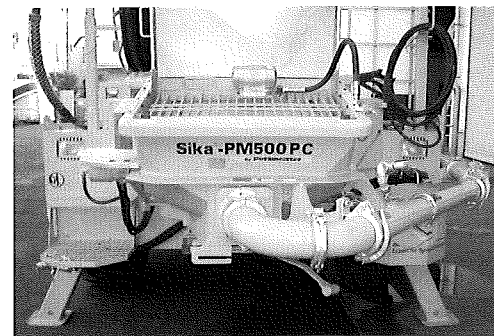
〒140-0002 東京都品川区東品川4丁目4番7号 東邦地下工機(株)内
 TEL 03-3474-3143 FAX 03-3474-3163
 E-mail: jimukyoku@piperroof.jp

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。

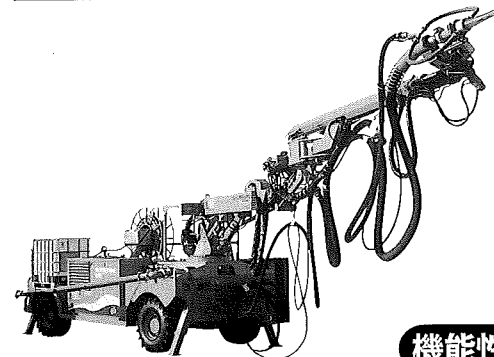


特にコンクリート吹付機の要はコンクリート圧送ポンプです。

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
- ② S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

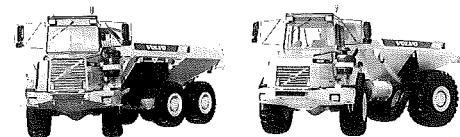
吹付けコンクリートシステム

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)

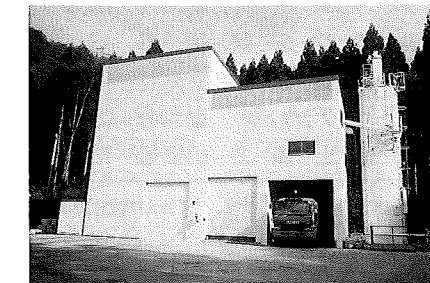


Volvo East Asia(Pte)Ltd

その他、トンネル施工機械全般

バッチャプラント

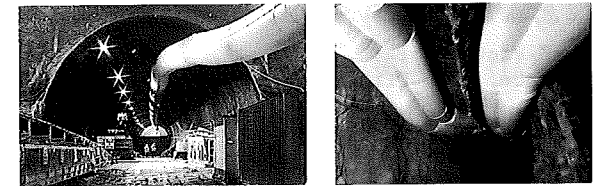
(全自動式、3槽クラム式、簡易型、特殊型)



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

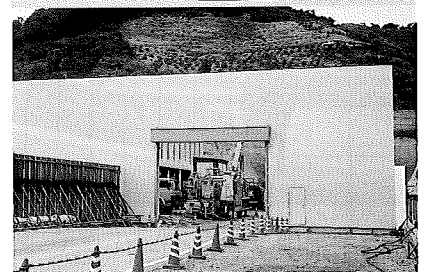
騒音防止システム

エコフラット -35db Cタイプ



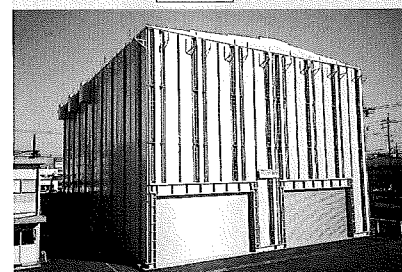
美観を重視した高性能の防音ハウス

エコパネル防音壁 -15db Aタイプ



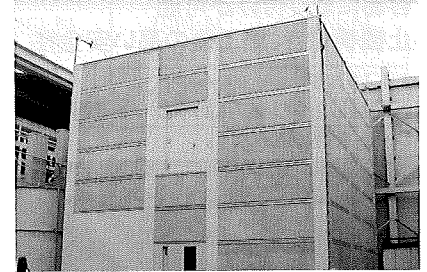
適応性の優れた防音パネル

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

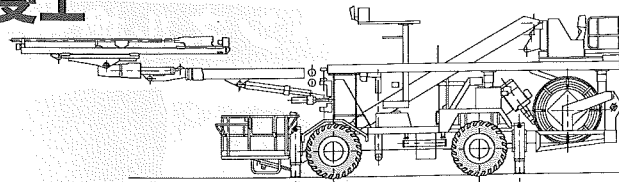
<http://www.toyu.co.jp>

〒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

環境対応型長尺鋼管先受工

TOHO **AGF** System

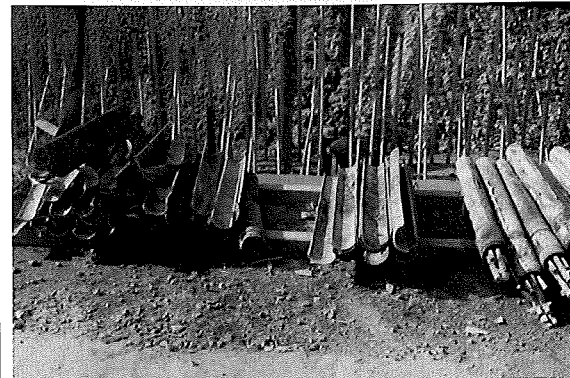
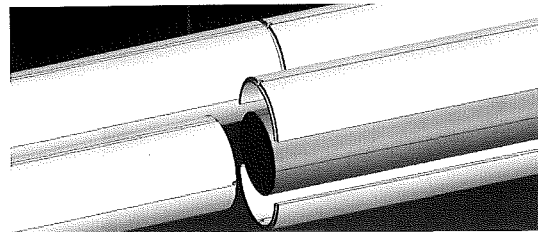
All Ground Fastening;
Long-Distance, Fore-Pilling Method



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。



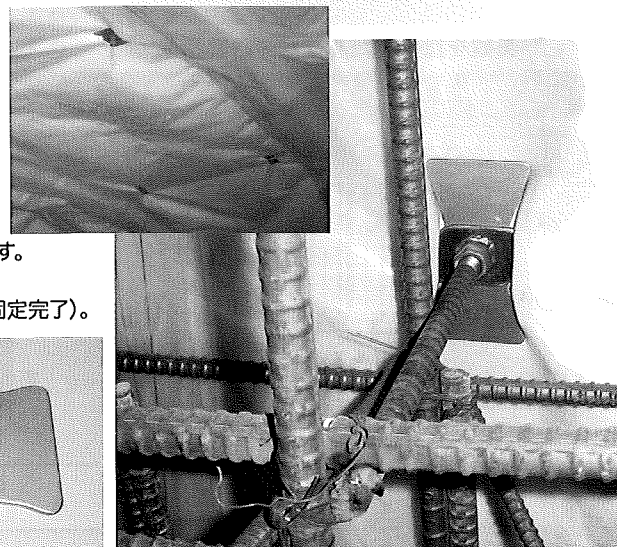
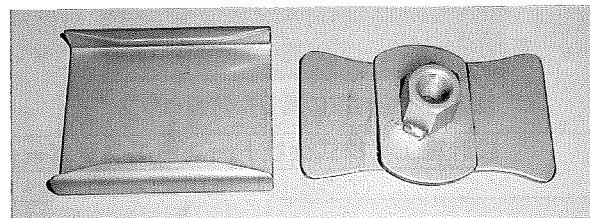
防水シート非貫通型鉄筋吊り金具

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

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



東邦金属株式会社 東京営業部
TOHO KINZOKU Co., LTD

〒105-0003
東京都港区西新橋3丁目2番1号 共同ビル(西新橋)10F
Tel: 03-5401-6211 Fax: 03-5401-6218
URL: <http://www.tohokinzoku.co.jp>

株式会社 トーキョーオール

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

TFT のトンネル資材

▼ AGF工法

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

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



削孔用主要部材

- 削孔システム



- AGF鋼管



- ロッド・カップリング

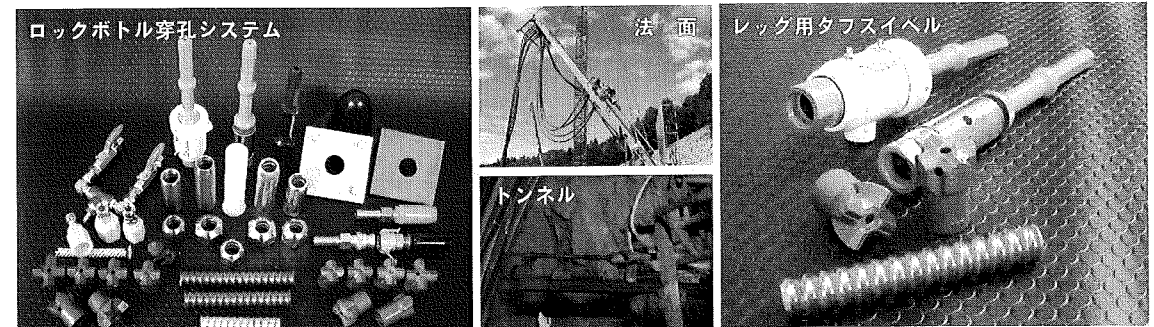


▼ タフボルト (自穿孔ロックボルト)

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

また削孔ビットもφ45～φ65mmと広く準備されています。

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



TFT 株式会社 **ティーエフティー**

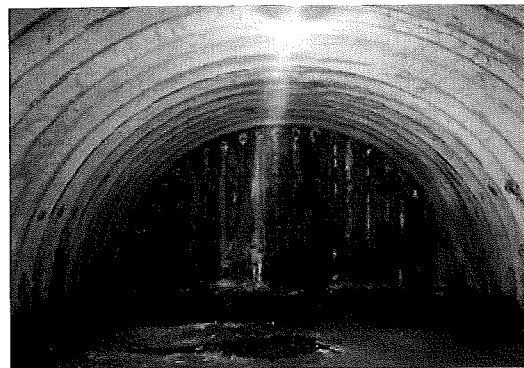
Tube Forming & Technological

〒220-0051 神奈川県横浜市西区中央1丁目29番16-201号

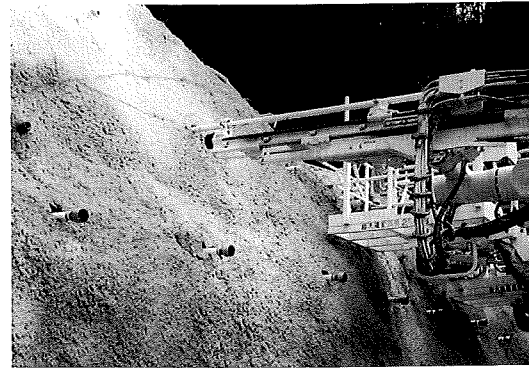
Tel 045-320-1701 Fax 045-320-1702

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

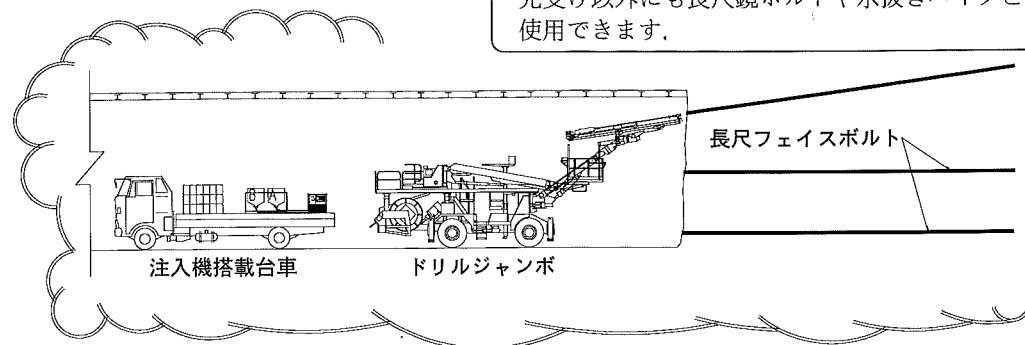
プロトタイプ
無拡幅タイプ
最小拡幅タイプ

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、注入式フォアポーリングとAGF工法の間を埋める工法！



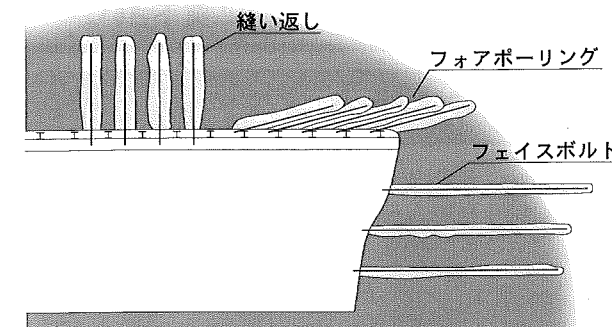
注入材のバリエーション

- シリカレジン注入材
 - ・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



注入式フォアポ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
- ・注入式フォアポーリング
- ・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/>

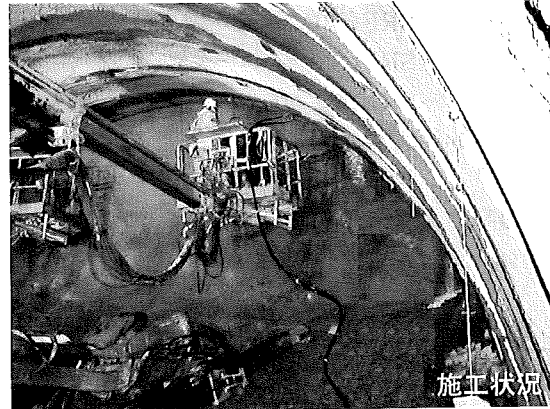
技術営業部
TEL)052-331-8821 FAX)052-332-0164
東京支店
TEL)03-3260-8321 FAX)03-3266-1648
九州営業所
TEL)092-574-0856 FAX)092-574-0846

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

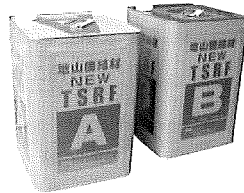
補助工法・注入材のことならティーエムシー

■AGF-OFP工法

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



■各種注入材
NEW-TSRF
(シリカレジン)
NEW-TBU
(ウレタン)



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

環境に配慮したリサイクルコンテナシステム

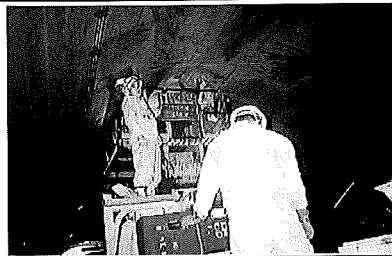


当社のリサイクルコンテナシステムなら、一斗缶の産業廃棄物処理がなくなるため、工事もスムーズに進みます。現場にも環境にもやさしいシステムです。

トンネル補修もティーエムシーにお任せください

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

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



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

TMC

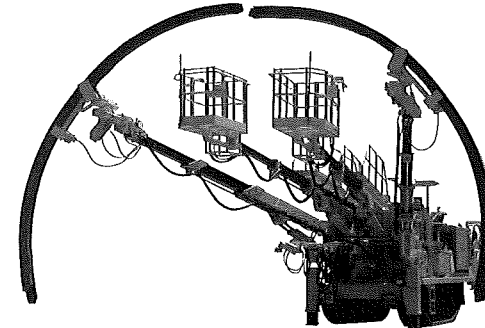
株式会社ティーエムシー ホームページ : <http://www.tmc-net.com/>

お問合わせ・お見積のご相談はお近くの当社事務所まで

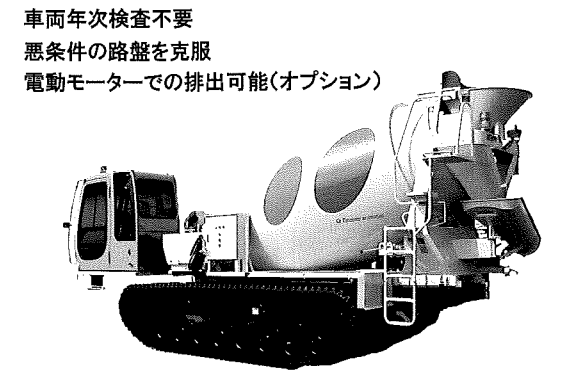
本社	〒116-0013 東京都荒川区西日暮里5-23-3 冠第二ビル5F	TEL: 03-3891-8211
仙台支店	〒984-0826 宮城県仙台市若林区若林2-5-5 SKビル3F	TEL: 022-286-5111
名古屋支店	〒486-0844 愛知県春日井市島居松町4-165 春日井中央ビル4F	TEL: 0568-56-4288
大阪支店	〒578-0903 大阪府東大阪市今米1-2-1 中辻第3ビル3F	TEL: 072-966-6280
富山営業所	〒933-0806 富山県高岡市赤祖父707 古川ビル2F	TEL: 0766-28-8355
九州営業所	〒839-0809 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・ミキサー車 (特許申請中)
ゴムクローラー式一体型エレクター



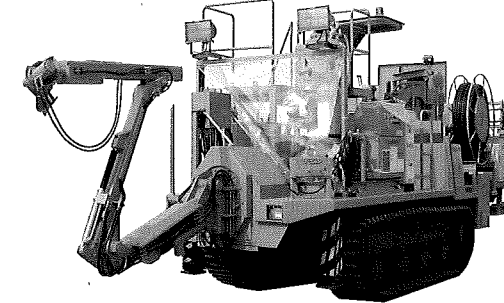
エレクター2基 バスケット2基 ロボット 吹付機
コンプレッサー 急結剤補給装置(オプション)搭載のマルチ機
二次対策適合機(オフロード法対応予定)



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

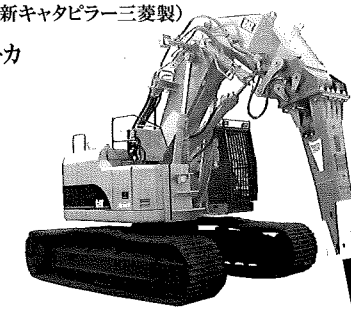
MBTL ミニビートル



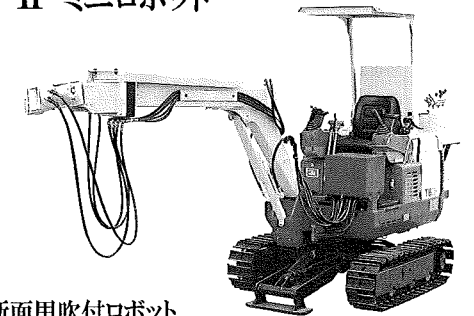
小断面(20㎡)適用可能一体型吹付機

REGA325C(新キャタピラー三菱製)

油圧ショベル・ブレイカ



MR-II ミニロボット



小断面用吹付ロボット
避難坑、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ブレイカー仕様 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

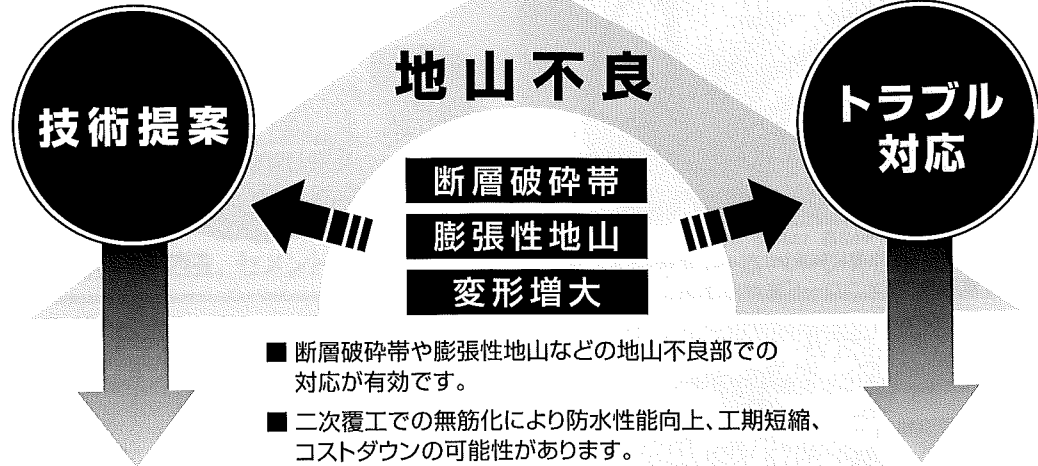
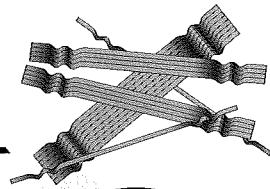


BRIDGESTONE

厳しい条件下の施工に迅速な対応・信頼のブランド

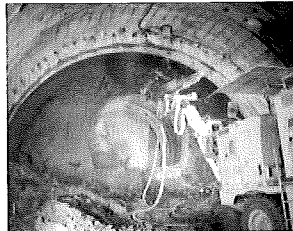
コンクリートをより強く、よりしなやかに。

タフグリップ コンクリート補強用鋼繊維



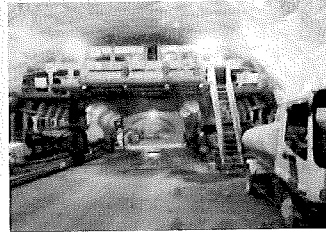
一次吹付

- 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

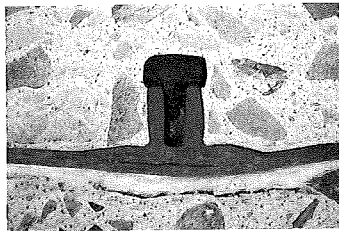
- 内空変位増大対策
- 無筋化
- 剥離・剥落防止



防水への信頼性・施行性の向上へ

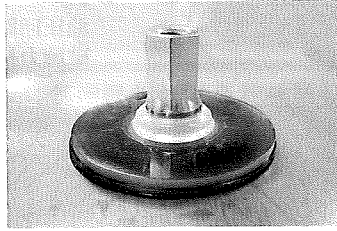
ナトミックシート トンネル用防水シート

■ 高い防水性



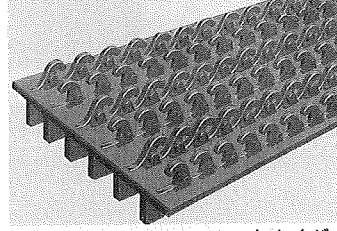
ウォーターバリア

■ 豊富な品揃え



吊鉄筋金具

■ 容易な施工性



クイックバー

株式会社ブリヂストン

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

拡大された能力。 継続的なお客さまへの コミットメント。



www.oricaminingservices.com

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

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

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

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

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

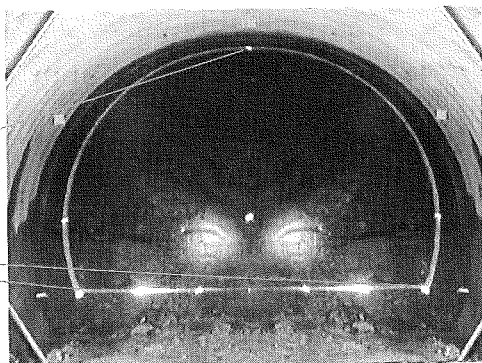
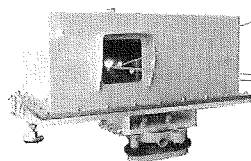
オリカジャパン株式会社
〒105-0001
東京都港区虎ノ門3丁目7-11
虎ノ門三須ビル7階
Tel: 03 5777 4681 Fax: 03 5777 4682



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

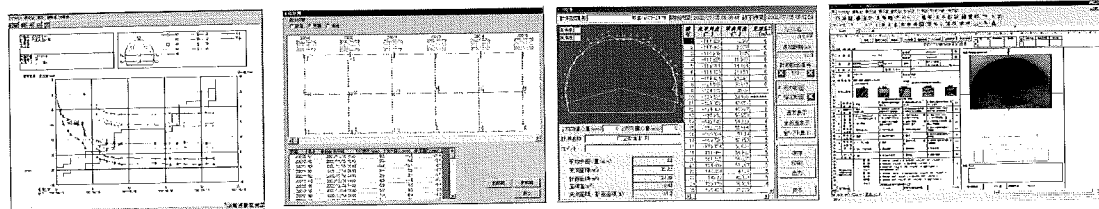


現場環境に耐え得る
頑強なコントローラー

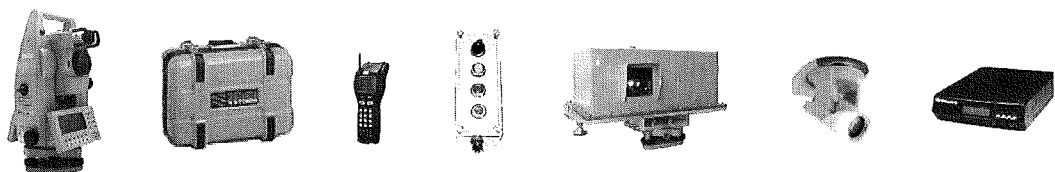


ジャンボに
取付けて使用可
AC200V対応

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

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

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

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



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

接続はカンタン

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、確実に行えます。

※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。

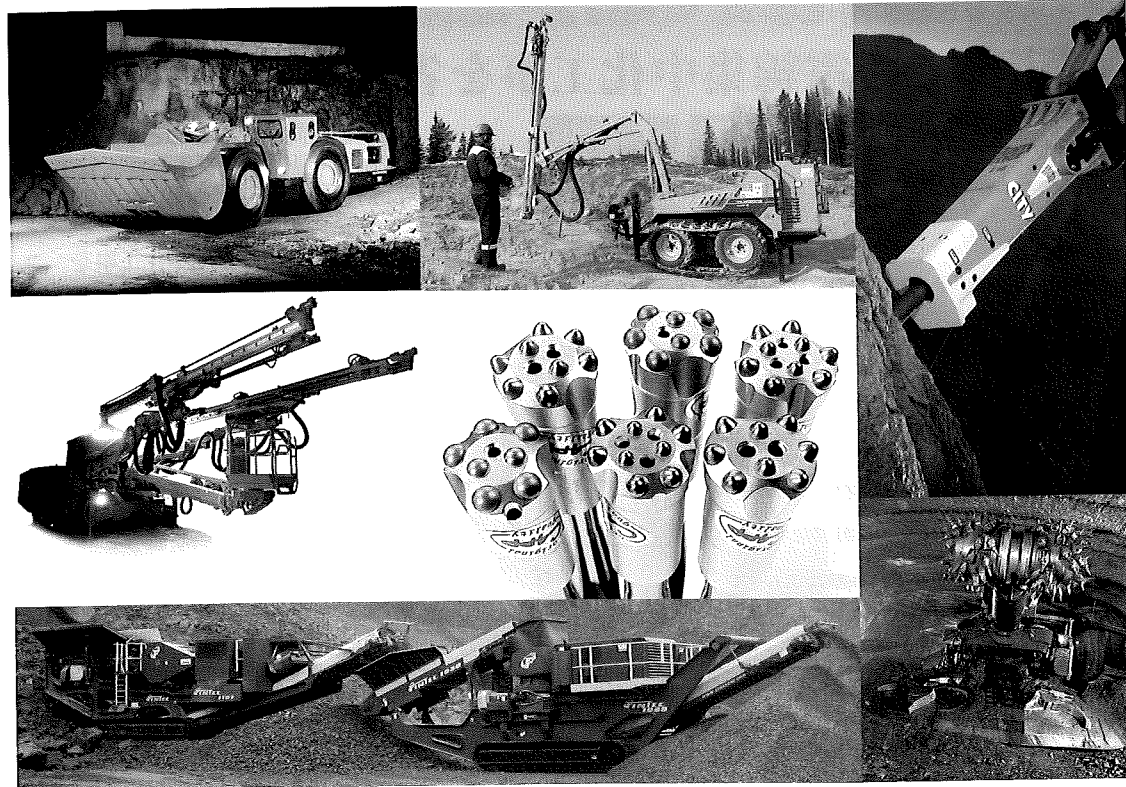
TVコマーシャル放映中 テレビ朝日系「サンデープロジェクト」(日曜 朝10:00~11:45)

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、油圧ブレイカ、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 神奈川県横浜市長北区新横浜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/>

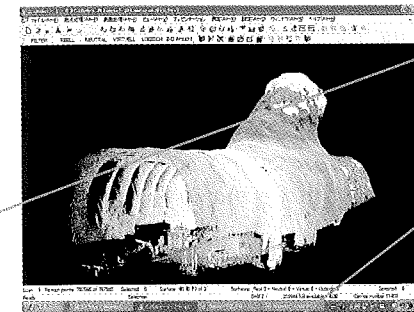
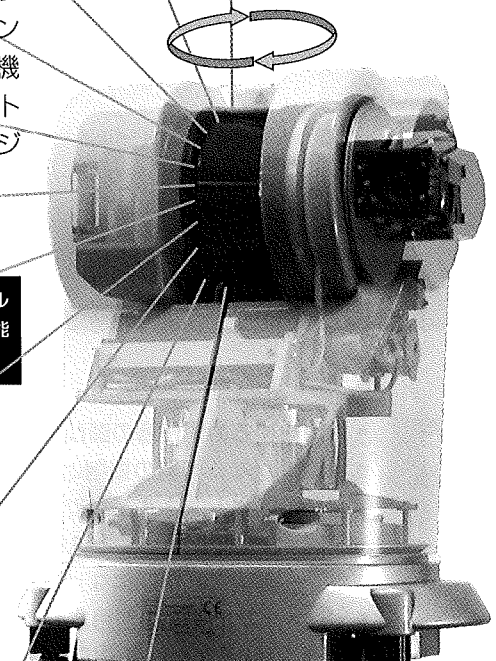
Callidus™ レーザースキャナー

3次元トンネル断面計測機

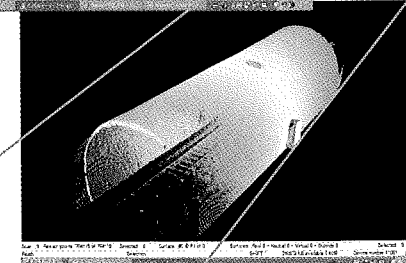
測距精度±5mmで、1秒に1000点以上計測する3次元トンネル断面計測機。1つの機械点からトンネルの約20m⁽¹⁾の範囲を10分で計測できます(機械点前後)。測定データの3次元展開図は、まさにトンネルを絵画のように詳細表示します。又、内蔵デジタルカメラで測定範囲を写真として記録可能です。

(1) 直径約8mのトンネルの場合

全周360°を10分でスキャン



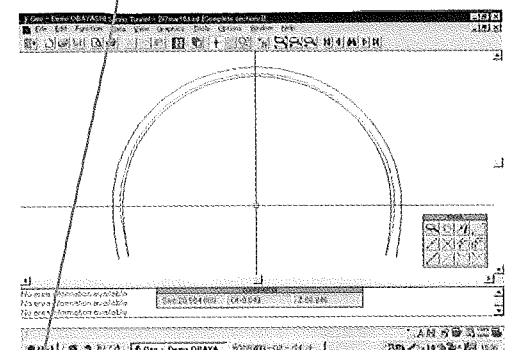
特殊なトンネル形状も対応可能です。



単独スキャンを合成し、トンネル全体を簡単に3次元表示できます。

**データ解析および製図
「GEOWIN」**

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



■ 販売・レンタル **株式会社ソーキ**

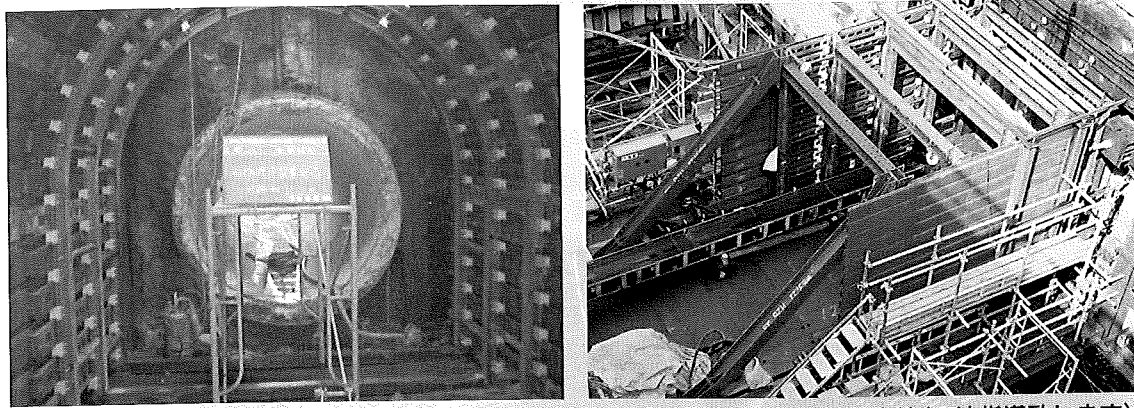
〒550-0025 大阪市西区九条南4-2-4
TEL : 06-6586-1707 FAX : 06-6586-1277
URL : <http://www.sooki.co.jp/>

■ 製造元 **トリンプ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

アーストンネル掘削工法に最適

SS-メッセル工法



30年の実績(工法指導致します)

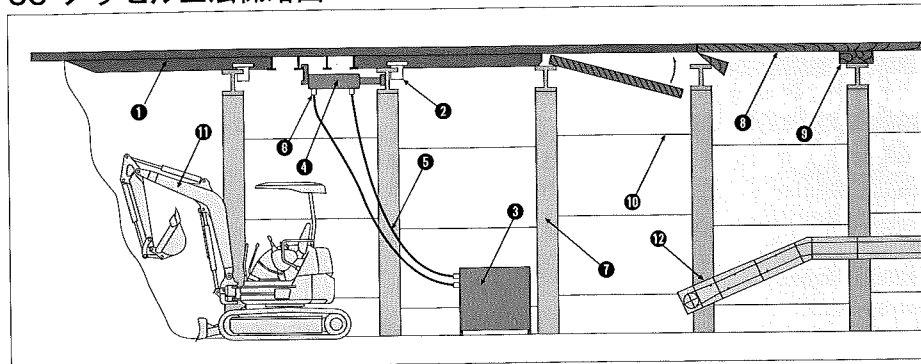
特徴

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

実績

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

SS-メッセル工法概略図



- 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 木製キャンパー
- 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

SIETECH 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

MITSUBISHI
三菱マテリアル

DIABIT

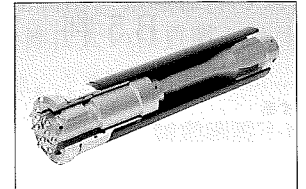
三菱マテリアルの補助工法用削孔工具システム

■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

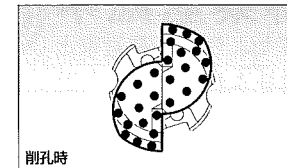
ビット構造



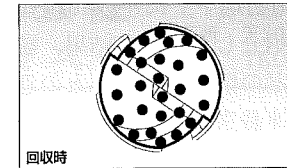
●スーパーメックスビット (SMB) 打撃削孔式拡張タイプ

- 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

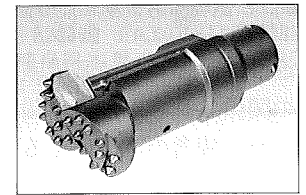
ビット構造



削孔時



回収時

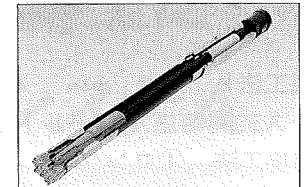


●スモールP (Small-P) システム

●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

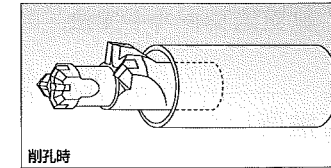
ビット構造



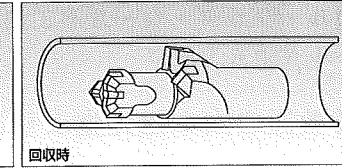
●かん太郎ビットシステム打撃削孔式鋼管内偏芯回収タイプ

- 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

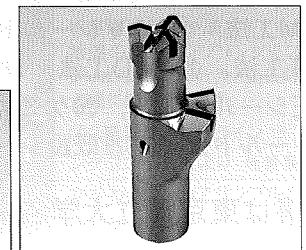
ビット構造



削孔時



回収時



※鋼管サイズ・削孔径等の条件に合わせ、各種設計承ります。

三菱マテリアル

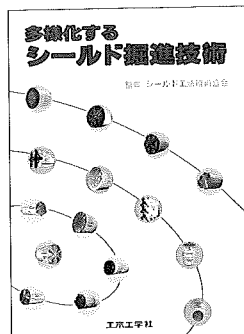
●東京支店 ☎(03) 5819-5263 ●大阪支店 ☎(06) 6355-1053 ●九州営業所 ☎(092) 573-7372 ●海外グループ ☎(0584) 27-5011

好評発売中

多様化する シールド掘進技術

監修 シールド工法技術協会

B5判 141頁 本体価格2,500円



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

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

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

【掲載工法】

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

本書は東京都立大学名誉教授の山本稔先生よりご推薦いただいております

申し込み先

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

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)



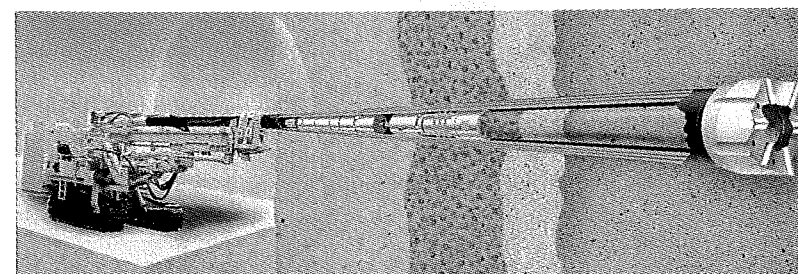
中濃産業株式会社

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)

トンネル掘さくの安全施工に アロードリル前方探査システム

パーカッションワイヤーライン サンプリング工法



■ 特長

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



KOKEN 鉦研工業株式会社

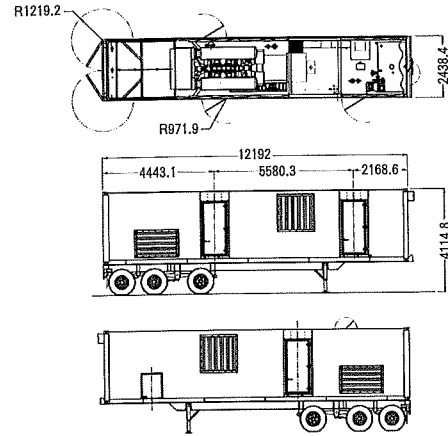
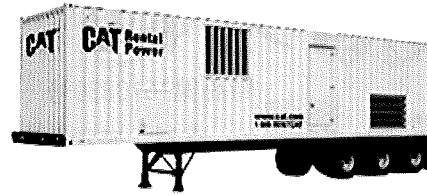
本社 〒171-8572 東京都豊島区高田2-17-22 目白中野ビル1F
TEL (03)6907-7888(大代表) FAX (03)6907-7527

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>

大型発電機レンタル



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

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

コストダウンを可能にする Kリング

特許出願中 (特願2001-309314号)

①アーチ鉄筋組立金物

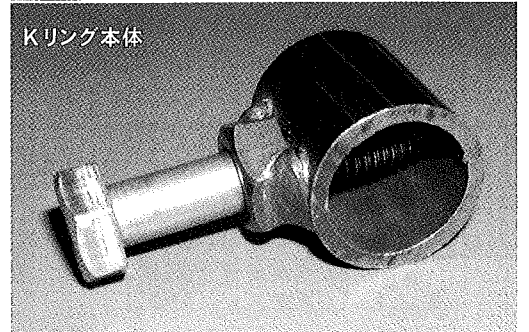
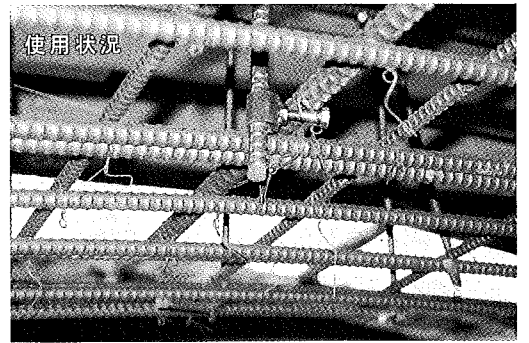
トンネル施工時の覆工工事における、鉄筋補強工事は、坑内上部・壁部にアンカーを打ち、そのアンカー筋に段取り筋を溶着し、それにアーチ筋を取付けていましたが、“防水シートを焦がす”、“塵肺作業である”、“作業効率が悪い”等問題点が指摘されていました。当社開発のKリングを使用することにより、スピードアップ、コストダウンを可能にすると同時に諸問題をすべて解決することができました。

②鉄筋加工業務

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

製造・販売元 静岡スチール

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

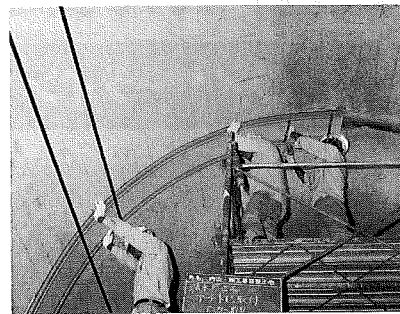
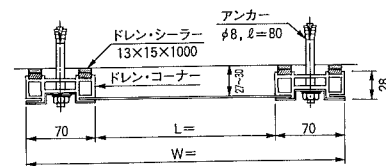


トンネル・カルバート・地下構造物の漏水対策に

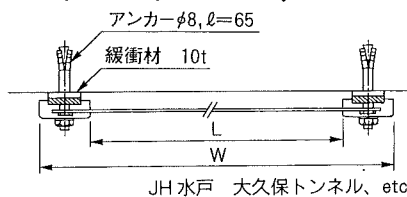
アーチ・ドレン導水樋

■特徴

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

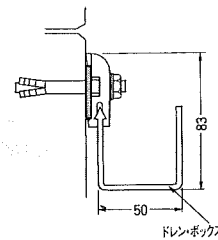


コンクリート剥落対策に
アーチ・パネル



水平導水樋に

サイド・ドレン



■特徴

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

ニホン・ドレン工業株式会社

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

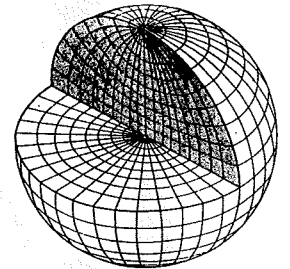
石井康夫・矢嶋壯吉 共著
 A5判 324頁 税込4,515円 送料340円

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术

ジェオフロント研究会 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メイジャー神楽坂 **土木工学社** 振替 00110-8-190072 ☎03(3267)2888

FURUKAWA
ROCK DRILL



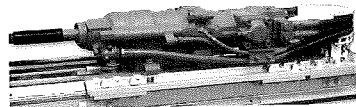
様々なトンネル工事に挑戦し、実績を積み重ねてきた各種製品と
全国に広がる安心のサービス網でお客様をバックアップします。

ホイール式ドリルジャンボ

JTH2200R/3200R

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

新世代型油圧ドリフタHD210搭載。

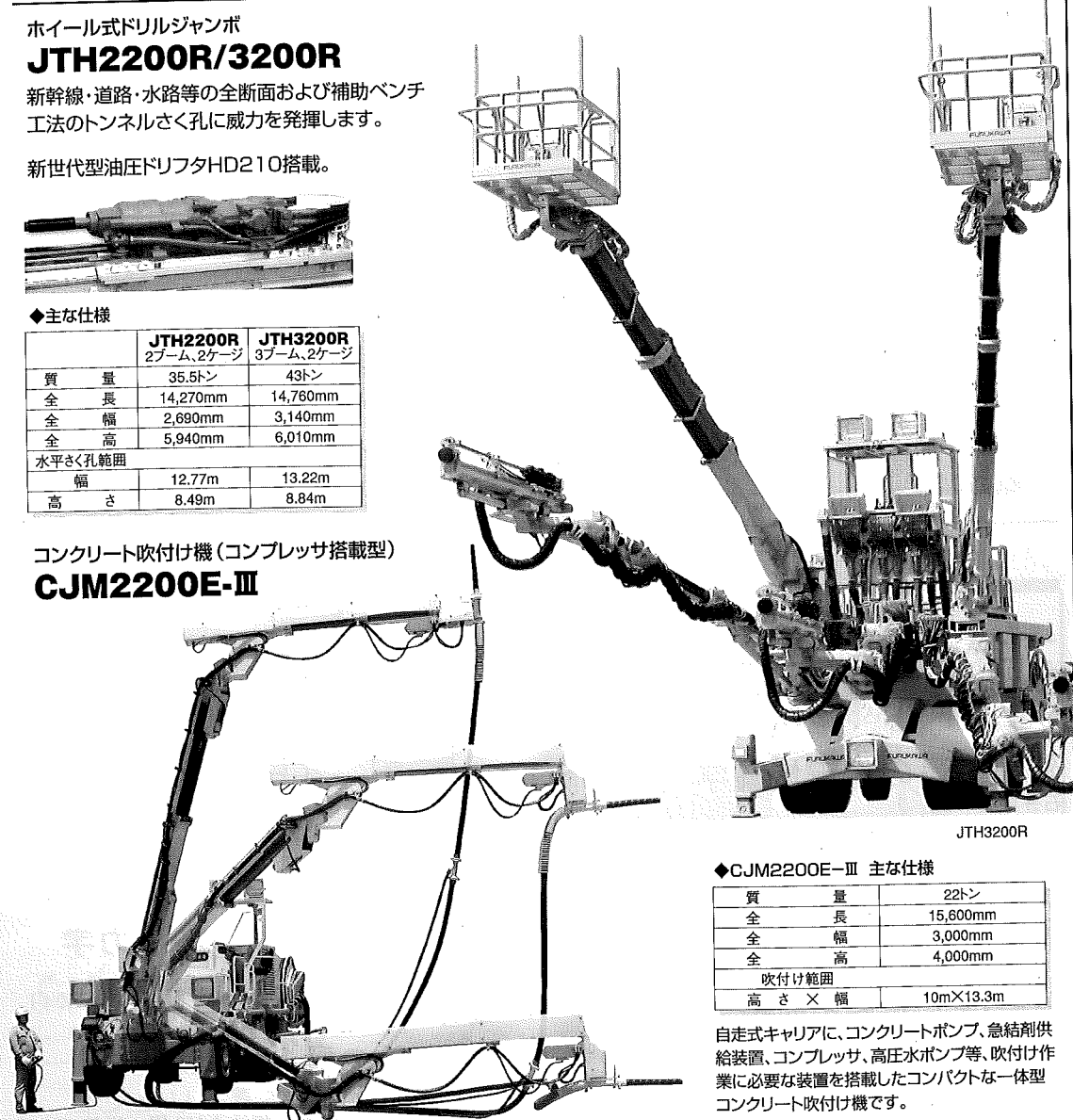


◆主な仕様

	JTH2200R 2ブーム、2ケーシ	JTH3200R 3ブーム、2ケーシ
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	22トン
全長	15,600mm
全幅	3,000mm
全高	4,000mm
吹付け範囲	
高さ×幅	10m×13.3m

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

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://rvs.furukawakk.co.jp/ms/>

本社 〒103-0022 東京都中央区日本橋室町二丁目3番14号 古河ビル8F 特機部 電話：(03) 3231-6966
札幌支店 011-861-3261 東北支店 022-384-8991 関東支店 027-322-5953 名古屋支店 0568-77-7700
関西支店 06-6475-8221 広島営業所 082-832-3542 四国営業所 087-815-1708 九州支店 092-948-2010

soilmec
Drilling and Foundation Equipment

TREVI Group

**ソイルメック多目的油圧削孔機
SM-401のご紹介**

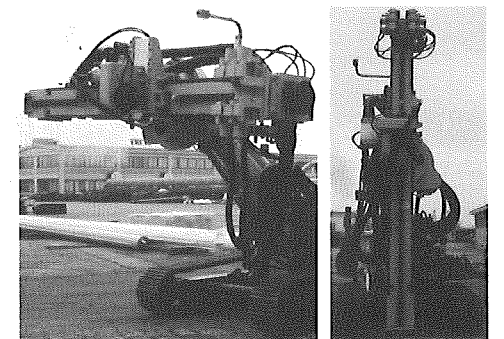
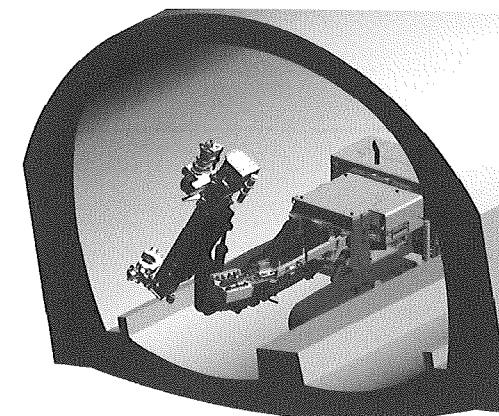


マイクロパイル、アンカー、ジェットクラウト、コア採集、ドレーン、井戸掘削、など様々な施工現場に対応可能な多目的油圧削孔機械であるSM401

世界中でベストセラーとなっているこのSM401のもうひとつの顔として、ショートマストバージョンがあります

このショートマスト仕様により、狭いトンネルの中でも削孔可能。SM401の万能性を証明しております。
(現場に応じたロッド長く1-2m)を選択可能)

是非、御社の施工マシンとしてご検討ください！



ソイルメックジャパン株式会社

〒103-0024 東京都中央区日本橋小舟町3-12
サンバードビル3F
TEL:(03)5643-1271 FAX:(03)3664-6451

■巻頭言

社会資本を造るということ

高山 博文5

■研究

温度制御噴霧式覆工コンクリート養生法の開発

山田 浩幸・後藤 裕一・水町 実・坂本 全布45

■施工

九州新幹線筑紫トンネルの貫通

—周辺環境を考慮したルート選定と施工—

佐々木幸一・芳賀 康司・直江 久永7

システムチック養生台車による覆工コンクリートの品質向上

—鳥取自動車道 智頭用瀬トンネル南工事—

辺見 泰造・野々山栄治・溝手 一憲・小野 稔17

都市部での大口径シールドの課題をさまざまな創意工夫で克服

—東京メトロ副都心線 新宿御苑工区—

亀山 勝・的場 純一・渡辺 重人29

■連載講座

シールド工事の施工に関するQ&A(10)

JTA都市トンネル小委員会57

■現場だより

「河内木綿のふるさと」八尾より

岡田 豊27

「万葉のロマン」熊本県芦北町より

伊藤 典彦28

「開府400年祭で賑わう水の都」松江市より

中山 悦美41

■資料

トンネル千夜一夜(40)

小野田 滋42

トンネルジャーナル

編集部44

土木情報

編集部54

文献紹介

編集部56

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

海外文献速報

JTA国際委員会69

■会報

会報

日本トンネル技術協会71

【表紙説明】 システムチック養生台車による覆工コンクリートの品質向上

—鳥取自動車道 智頭用瀬トンネル南工事—



トンネルの覆工コンクリートの施工は、ほとんどの現場でコンクリート打設の翌日には脱型しており、養生期間が短いと言わざるを得ない。そこで、覆工コンクリートの養生を目的とした室内試験を実施し、その試験結果に合致した一連の設備を備えるシステムチック養生台車による現場実験を実施した。写真は、封緘養生用のシステムチック養生台車の外観である。
〔写真提供：西日本高速道路(株)〕(本文17頁参照)

近日発売

わかりやすいトンネルの発破技術

監修 山田 隆昭

B5判 84頁 予価1,500円(本体価格)送料別

【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

株式会社 土木工学社

お申し込みは、書名、部数、送付先、氏名、電話番号を明記のうえ、
当社へFAX(03-3267-2807)、または、書店でお申し込みください。

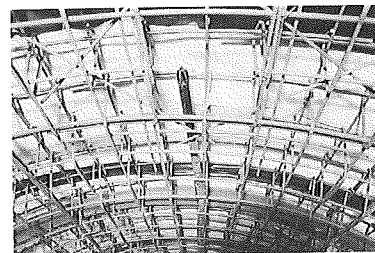
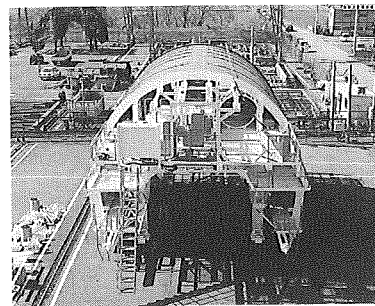
高品質なトンネル覆工に挑む

高品質なトンネル覆工を実現する 引抜バイブレータ締固システム

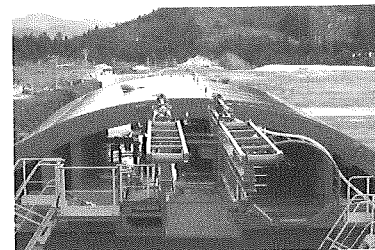
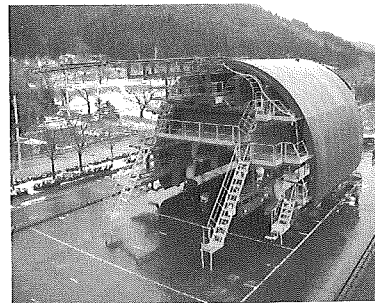
トンネルの二次覆工コンクリートには、トンネルクラウン部の締固め方法に課題があり、結果として漏水や空隙の発生など、覆工コンクリートの品質に問題が生じるケースがありました。また、覆工コンクリートの締固め作業は、狭隘部での苦渋作業という問題もあります。そこで、引抜バイブレータ締固めシステムを用いることにより、上記の課題を克服し、高品質な覆工コンクリートの構築を可能としました。

【特許出願中】

ホースパイプ巻取り式



パイプパイプ伸縮式



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14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) 3262-1285(代)
仙台営業所 (022) 259-2239
九州営業所 (092) 713-5265

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

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〕

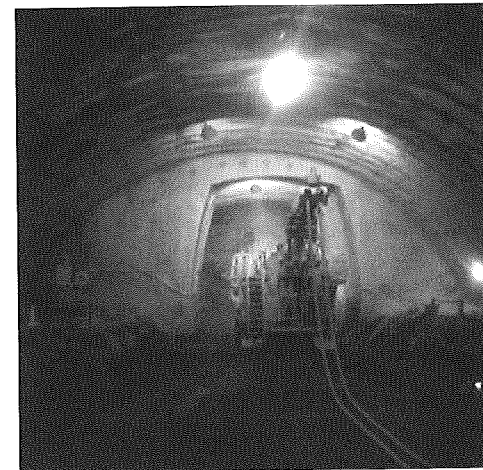
池 田 豊 人 国土交通省大臣官房技術調査課技術企画官	千 葉 隆 清水建設株式会社土木技術本部 地下空間統括部部长
伊 藤 範 行 鹿島建設株式会社土木管理本部土木工務部 グループ長	長 島 芳 雄 株式会社竹中土木常務取締役
大 石 敬 司 東京地下鉄株式会社建設部工事課課長	端 則 夫 大成建設株式会社国際事業本部 国際土木支店土木部部长
久多羅木 吉治 東亜建設工業株式会社土木事業本部技術部長	濱 建 介 株式会社アオバ取締役会長
城 間 博 通 株式会社高速道路総合技術研究所 道路研究部トンネル研究担当部長	松 原 利 之 飛鳥建設株式会社土木事業本部技術統括部 トンネル技術グループ部長
鈴 木 明 独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構 鉄道建設本部計画部計画課長	山 道 哲 二 株式会社大林組東京本社生産技術本部 トンネル技術部部长

編 集 顧 問 の 構 成 (五十音順・敬称略)

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

ミニベンチ工法 両用型 ショートベンチ工法

RH-10J-SS 強力型ブームヘッダー



主な特長

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

KYB カヤバシステム マシナリー株式会社

KAYABA SYSTEM MACHINERY CO.,LTD.

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

(旧社名: 日本鉤機株式会社)

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
防災技術研究部部長

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

津金 昭一

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

西村 聡

東京地下鉄株式会社建設部
新宿工事事務所所長

野邑 敏行

東京都交通局建設工務部計画改良課長

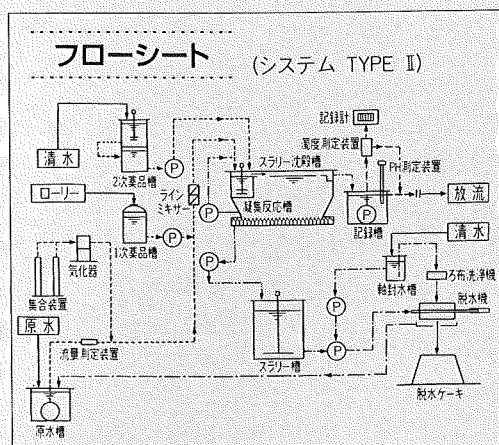
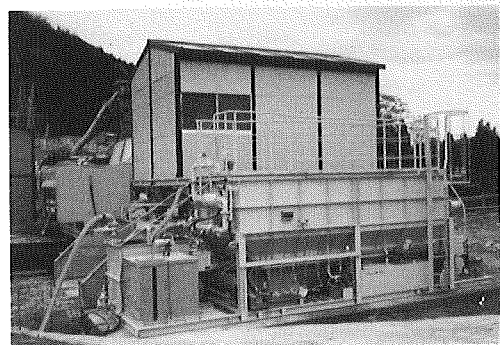
真下 英人

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)

TWS型シリーズ 濁水処理装置

コンパクトながら 大きな処理能力

Waste Water Treatment System



特長

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

掲載頁
7

九州新幹線筑紫トンネルの貫通
—周辺環境を考慮したルート選定と施工—

鉄道・運輸機構 佐々木幸一

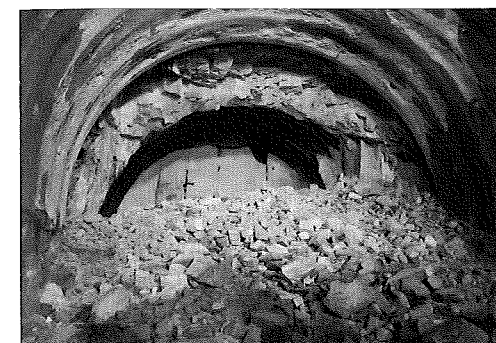
筑紫トンネルは、福岡県那珂川町と佐賀県鳥栖市を結ぶ延長11.935kmの九州新幹線最長の山岳トンネルである。本トンネルは福岡県と佐賀県にまたがる背振山系の東側に位置し、福岡都市圏の水源地となっている背振山周辺を貫くこととなる。このため、水資源などの周辺環境を可能な限り維持しつつ、経済的かつ合理的にトンネルを設計・施工する必要があるのである。

本トンネルにおいては、被圧地下水を貯留すると想定された花崗岩地山を対象とする電気探査や、長尺ボーリングなどによる地質構造の調査のほか、トンネル掘削時の坑内湧水量、地下水位低下量、およびその影響範囲の事前予測を行い施工している。これら、本トンネルで実施した調査および施工実績について報告する。

Breakthrough of Tsukushi Tunnel, Kyushu Shinkansen—Route Selection and Construction Considering the Surrounding Environment—

By Koichi Sasaki, Japan Railway Construction, Transport and Technology Agency

Tsukushi tunnel, with the length of 11.935 km is the longest mountain tunnel on Kyushu shinkansen, connecting Nakagawa in Fukuoka prefecture and Tosu in Saga prefecture. It penetrated through the eastern side of Sefuri mountains, which is the water resources for the Fukuoka region. Hence, the design and construction of this tunnel must be executed for environmental conservation as water resources, etc.



写真は筑紫トンネル全貫通状況

For this project, we have carried out electrical prospecting and boring survey for Granite ground that were expected to contain confined groundwater, analyzed the quantity of water inflow into tunnel, fluctuation of groundwater level, and these influences of excavation in advance. This report gives an outline of the investigations and results in this tunnel construction.

掲載頁
17

システマチック養生台車による覆工コンクリートの品質向上
—鳥取自動車道 智頭用瀬トンネル南工事—

西日本高速道路(株) 辺見 泰造

トンネルの施工は、さまざまな過程を経てできあがるが、最終的にトンネルの姿を代表するのは覆工コンクリートの表面状態であり、完成時の印象に大きな影響を与えるばかりでなく、トンネルの最終仕上がりとして大きな役割を担っている。しかし、トンネルの覆工コンクリートの施工は、ほとんどの現場でコンクリート打設の翌日には脱型しており、養生期間が短いと言わざるを得ない。そこで、覆工コンクリートの養生を目的とした室内試験と、室内試験結果に合致した一連の設備を備えるシステマチック養生台車による現場実験を実施した。

Improvement in Quality of Lining Concrete through Systematic Curing Train—Chizumochigase Tunnel, Tottori Expressway—

By Taizo Henmi, West Nexco co., Ltd.

The surface of the lining concrete ultimately represents the appearance of the tunnel, and not only does it heavily influence the impression, but it also plays an important role in the finish. However, in most lining, the form is removed the day after the pouring concrete, and we cannot help but say that the curing time is very short.

We carried out indoor experiments and in-situ experiments by using systematic curing train according to the result of the indoor experiment.



写真はシステマチック養生台車(封緘養生用)

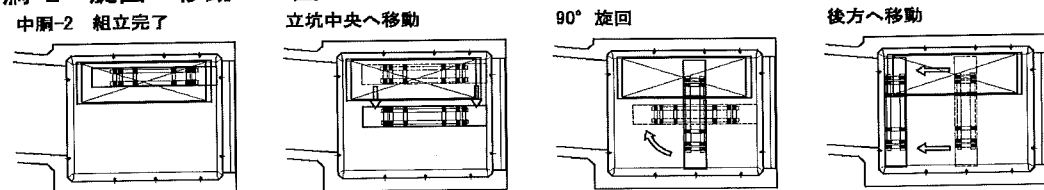
東京メトロ「副都心線」における新宿三丁目～北参道駅間の複線トンネルを築造する新宿御苑工区土木工事に関する施工報告である。シールド(φ10.0m)の組み立ては、埋設管などの条件から幅3.5mと非常に小さく制限された開口を用いて行った。セグメントについては、一部を海外にて製作することで経済性を図ったほか、幅広対応(W=1,600)として、テール内形状保持システムを採用し、掘進中のセグメントの挙動計測を実施した。環境負荷低減を目的として、シールド掘進に伴う余剰泥水をインバート材や立坑部の埋め戻し材などに再利用した。

Innovative Solutions to Problems in Large Shield in the Metropolis—Shinjuku Gyoen Section, Tokyo Metro Fukutoshin Line—

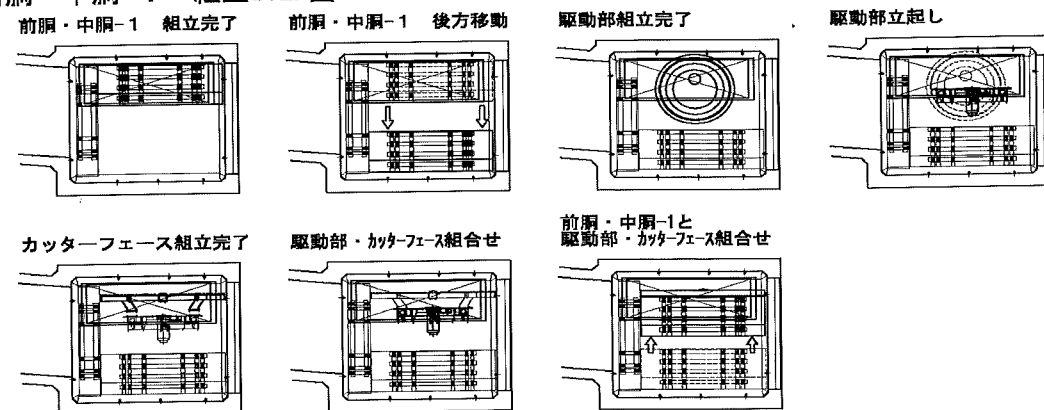
By Masaru Kameyama, Tokyo Metro Co., Ltd.

This is a report regarding the Shinjuku Gyoen section building double track tunnels between Shinjuku Sancho-me and Kita Sando on the Tokyo metro Fukutoshin line. The shield (φ10.0m) was assembled in shaft with very narrow opening of 3.5 meters, because of conditions of embedded pipes. We gained economic advantage using a part of the segment fabricated in Korea, and adopted the system for maintaining the shape of segment lining for the wide segmets (W=1600), and monitored the deformation of lining being constructed. With the purpose of reducing the burden on the environment, we re-used treated slurry as invert materials, filling material of the shaft.

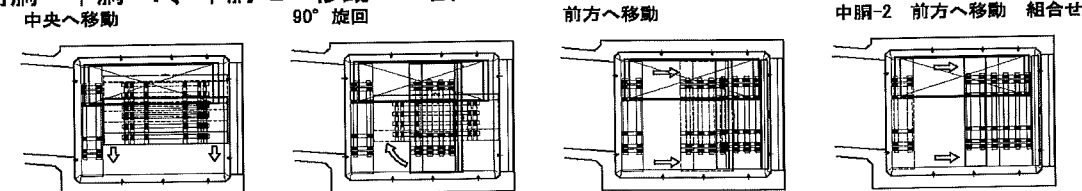
中胴-2 旋回・移動STEP図



前胴・中胴-1 組立STEP図



前胴・中胴-1、中胴-2 移動STEP図

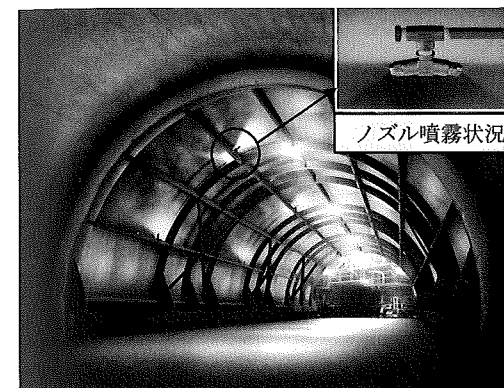


図はシールド組立時の移動・旋回状況

トンネル覆工コンクリートの打設、脱枠後の養生は特殊な場合を除き一般に実施されていない場合が多くあったが、コンクリート構造物に対しての長寿命化(高品質、高耐久性化)によるライフサイクルコスト低減への要望の高まりに対して“温度を制御した噴霧による湿潤状態を維持する覆工コンクリートの養生方法”を行う工法を新たに研究開発した。これにより従来のトンネル覆工コンクリートに比べ初期および長期強度が大幅に増進し品質・耐久性の向上が可能となった。本工法の施工にあたっては特別な配合の変更、混入材などは必要とせずコンクリート本来の性能を引き出すことで高品質・高耐久性が確保される合理的な養生工法となることを実証実験および数値解析にて確認した。

Development of Curing Lining Concrete Method of Temperature and Moisture Control

By Hiroyuki Yamada, Konoike Construction co., Ltd.



図は養生台車と噴霧ノズル(CGイメージ)

Curing after pouring concrete and removing the form of lining concrete is generally not done except under certain special conditions. However, with the increase in the demand of reduction of life-cycle costs due to longevity (through high quality and durability) of concrete structures, we newly developed a “method of curing lining concrete by maintaining the moisture by spray through a temperature controlled”. With this method, it was possible to improve initial and long-term quality and durability as compared to traditional curing. With this construction method, it is not necessary to change the composition and proportion of existing concrete or to add special chemical admixtures and we experimented and proved using numerical analysis that it is a rational curing method that ensures high quality and durability.

社会資本を造るということ



鉄道・運輸機構理事(本協会理事)

高山 博文

社会人となって今月でちょうど33年が過ぎてしまった。大学に入学してからだと、かれこれ40年近くが経過してしまったことになる。

単にダムのような大きな物を造ることに憧れて土木工学という分野に関心を持ち、調べるにつれこの学科が輩出した目も眩むような先輩方そして業績に、俺も……と青春の血を滾らせた日々を思い出している。

そのときからこの年月を経て、今、社会資本の整備を担う世界はどういう状況だろうか？ その代表である建設業界は、この10年間で建設投資が約30兆円も減少し、“市場の減少に業者数の減少が追いつかない”という表現さえされるような状況にある。

昨今の状況からすれば、今後もこの市場規模は減少をしていくことは確実である。

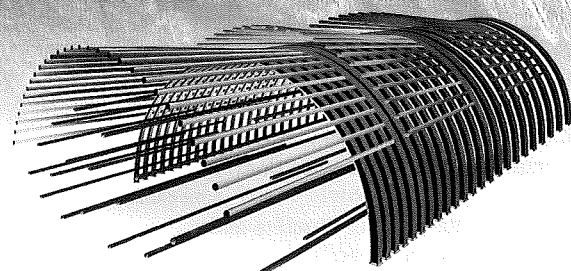
そのことの是非については、さまざまな見方があると思うのでここでは触れないが、こういった状況などを背景とした建設業界全体の色々な意味での疲弊と凋落は目に余るものがある。

このような状況は、現在その中にいるわれわれにとってさまざまな面で大変な問題であることは論を待たないところであるが、若者、とくに高校を卒業し、これから大学に入学しようとしている、あるいは社会に出ようとしている若者の視界は、このような状況、業界をどう捉えているのか、自分の将来の仕事としてどう捉えているのかということが大変気がかりである。言わずもがな、冷やかな見方であろうことは疑いがない。

そんな世界にしてしまったのは、物造りに代表されるような額に汗して働く仕事よりも、マネーゲームに興ずる方が遥かに収入がよく世の中からも持ち上げられる、といった社会にそもそもの原因があるとは思いますが、まずは、現在インフラ整備に直接かかわる世界に身を置くわれわれ自身の責任が問われなければならない。

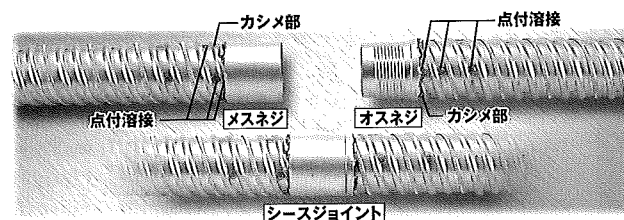
多少極端に言えば、自分の会社、あるいは業界の当面の利益だけしか考えない、そんな体質が若者に魅力のない昨今のような世界を作ったそもそもの大きな原因ではないのかと思う。

ユニークな発想と高品質・自信の価格



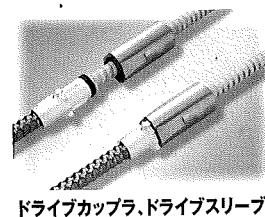
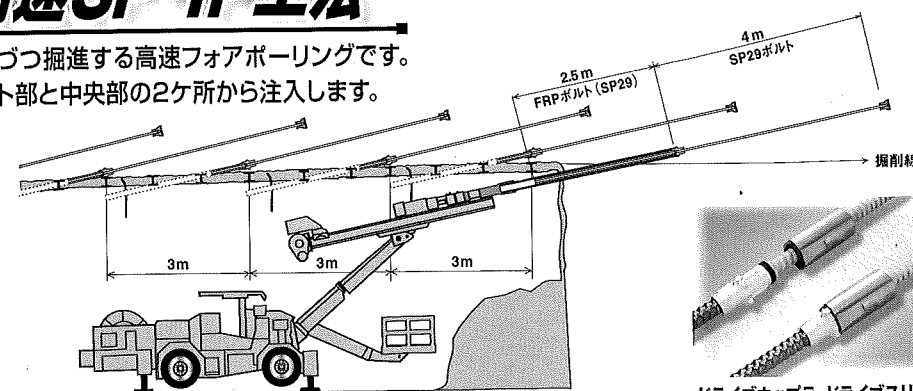
FIXチューブ工法

※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。

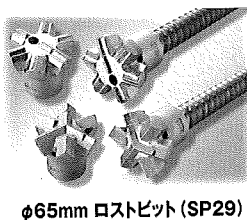
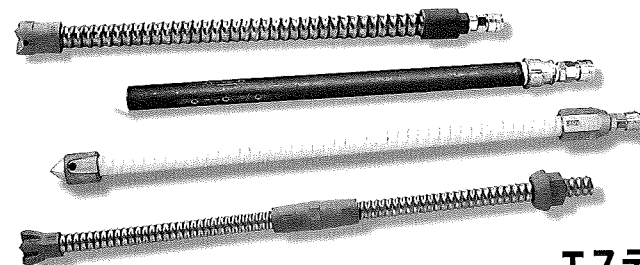


高速SP-IF工法

※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

われわれが整備に携わる社会資本の何たるかを全く考えない、あるいはすっかり忘れ去ってしまった結果である。

今年、わが国を代表する社会資本である青函トンネルや本四連絡橋が二十歳を迎える年である。

やっと成人式である。これらに代表される社会資本を、今後も国民の道具として健全に機能させていくには、これらの構造物を造るのと同程度、場合によってはそれ以上の技術力がそのベースとして必要であることをどれ程の人達に理解していただいているのかと思う。

もっと卑近な話として、建設後50年を越えるいわゆる“高齢橋”が、2030年頃には高速道路、一般道路で全体の約半数に達するというデータもある。放置することができないのは自明である。

一方、労働力という観点から眺めてみると、2030年には、いわゆる“労働力人口”は、今より約1,000万人減少するとの試算があり、それを、定年延長や女性の参画を促すことで500万人程度はカバーできるとしている。残りは経済規模を縮小するかあるいは外国人の労働力に期待するということになるのであろうか。

これも現実であり、現在のまま推移するとすれば、他産業に比し建設業界の労働力はさらに厳しい状況となるであろうことは容易に推測できる。

トンネル技術協会は、“土木の本道”を歩む方々の集合体である。自らの所属する企業などに帰れば、各々の利益を最大限に追求することは当然のことであるが、協会では、トンネルという代表的な社会インフラを通して、各々の枠を越えてわれわれの共通の目指すべき社会資本整備の理念を語り合い、将来この世界に多くの若き頭脳を参集させる努力を重ねることが必要であるし、また、それができる唯一の場であると思う。

その道筋は、土木の偉人達のすべてが心に秘めた“国民のための”という社会資本整備の基本理念をわれわれがしっかりと認識し、その上でそのことを世の中に向かって積極的にかつ謙虚に、正直にわかりやすく発信し続けること、によってしか将来の担い手の共感を得ることはできないのではなかろうか。

逆に、若者たちの共感を得られないとしたら、今後の社会資本の健全な維持と整備は不可能であり、結果として国民は大きな不便とそれ以上に大きな不幸を背負うことになる。

その意味からは、われわれ土木技術者が、若者達から見て魅力ある世界、ぜひ携わりたいと思う世界を作っていく努力は国民に対する責務であるとも言えよう。

そのような役割を果たし得るトンネル技術協会の更なる発展を、今、とくに期待したい。

施工

九州新幹線筑紫トンネルの貫通

—周辺環境を考慮したルート選定と施工—

鉄道・運輸機構九州新幹線建設局工事第一課長 佐々木 幸一
 鉄道・運輸機構九州新幹線建設局鳥栖鉄道建設所主任 芳賀 康司
 鉄道・運輸機構九州新幹線建設局那珂川鉄道建設所 直江 久永

1 はじめに

福岡市から鹿児島市を結ぶ九州新幹線鹿児島ルート(延長256.8km)は、新八代～鹿児島中央間(延長127.6km)が平成16年3月13日に先行開業し、現在、新規着工区間である博多～新八代間(延長121.1km)が平成22年度末完成に向け建設中である。

このうち、筑紫トンネルは福岡県那珂川町と佐賀県鳥栖市を結ぶ延長11.935kmの九州新幹線最長の山岳トンネルである。本トンネルは福岡県と佐賀県にまたがる背振山系の東端に位置し、福岡都市圏の水がめにもなっている背振山周辺の地下を貫くこととなる(図-1)。このため、水資源などの周辺環境を可能な限り維持しつつ、経済的かつ合理的なトンネルを設計・施工する必要がある。

本トンネルでは、事前に被圧地下水を貯留すると推定された花崗岩地山を対象とする広範な電気探査や、長尺ボーリングなどによる地質構造の調査のほか、トンネル施工時の坑内湧水量、地下水位低下量、およびその影響範囲の事前予測を行い施工している。また、本トンネルは平成19年11月に全掘削を完了しており、一部インバートコンクリートおよび覆工コンクリートの施工を残すのみとなっている。本稿では、本トンネルで実施した地質・水文調査および施工実績について報告する。

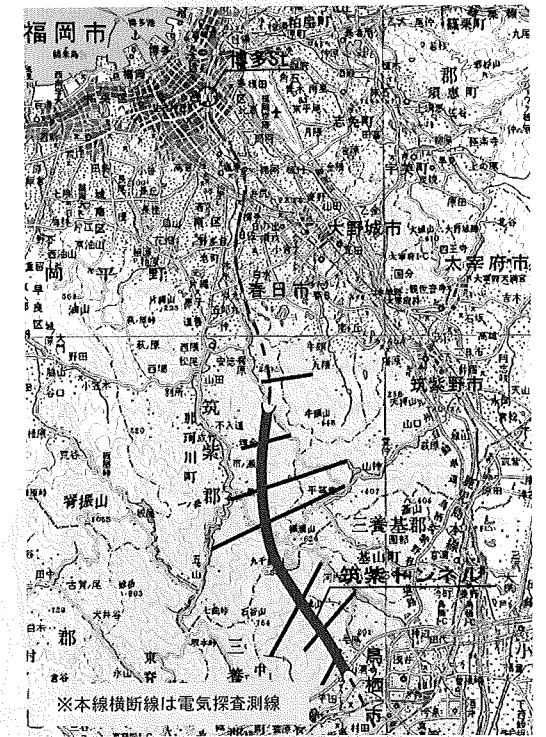


図-1 筑紫トンネル付近ルート路線図

2 地質・水文調査

2-1 全体地質概要

筑紫トンネルの地質は、中生代白亜紀に形成された基盤岩である三つの花崗岩類を主体としている。これらは北から南へ早良型花崗岩、糸島型花

崗閃緑岩、深江型花崗岩に区分され、それを覆う新生代第四紀の段丘堆積物および崖錐堆積物で構成される。花崗岩自体の強度は高いものの、花崗岩類とマグマとの接触部や脈状岩の見られる箇所などでは、亀裂および水みちを形成することが考えられた。とくに、形成年代の異なる花崗岩類の境界では劣化が極度に進行していることも想定された。

一方で、本線ルート周辺には、福岡都市圏・佐賀県東部に生活・農業用水を供給する4か所のダムがあり、また、地表面に自噴水が確認されている場所もあることから、岩盤中に豊富な被圧地下水を貯水していると考えられ、また岩盤亀裂部では地質劣化が進行していることも想定されることから、トンネル掘削に影響を及ぼすことが懸念された。

2-2 広範囲にわたる地質・水文調査

本トンネルにおいては、昭和49年から、ボーリングによる地質調査をはじめ、観測井での水位測定、河川流量測定など、各種調査が旧国鉄により断続

的に実施されてきた。これらの調査では、本線ルートの選定調査も含め、ボーリング調査のほか、弾性波探査や地表踏査が実施されており、この結果、幅100~200m程度の5断層(梶原、埋金、平等寺、大谷、貝方)が本線を横断することが確認された。このうち、梶原断層については、平成8年の本線調査坑の施工により、トンネル断面内には断層が出現しないことが確認されている。

その後、トンネル施工に先立ち、平成13年度から鉄道・運輸機構(旧鉄道公団)により、さらに詳細かつ広範囲な地質調査が実施された。そして、この調査の一つがトンネルを横断する7測線とト

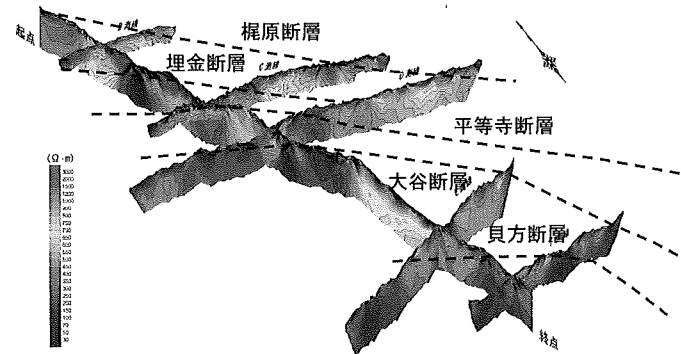


図-2 高密度電気探査解析図

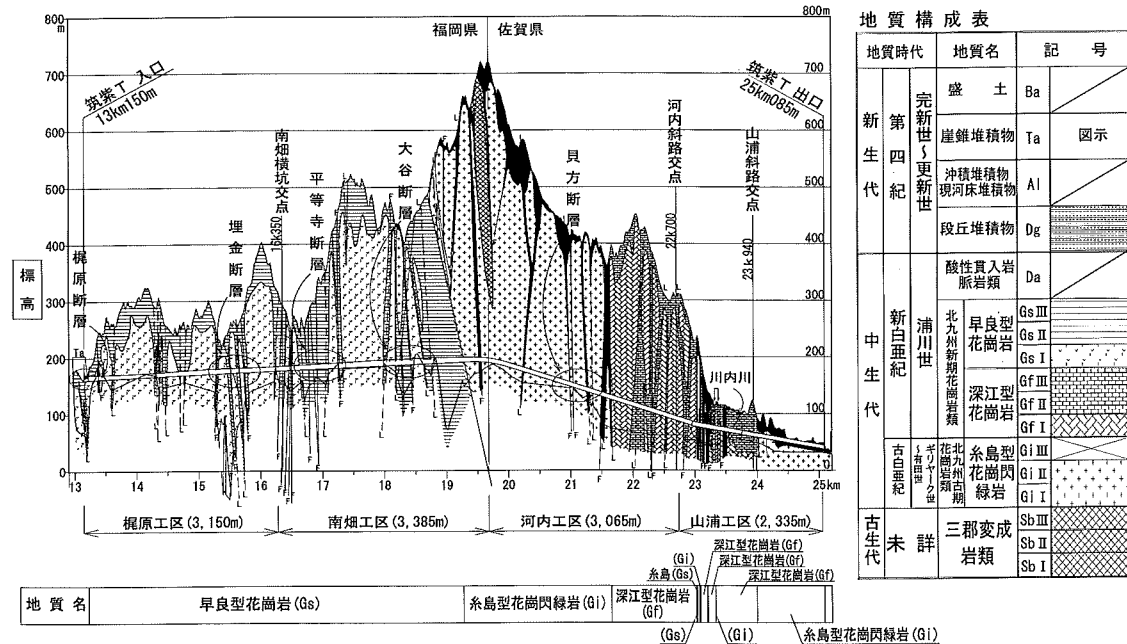


図-3 筑紫トンネル地質縦断面

ンネル縦断方向1測線の高密度電気探査であり、この調査では、探査深度が最大500m以上、総測線長は35kmに達し、調査範囲は標高300~700mの本線ルート周辺にある南畑、山神、河内、牛頸などのダムまでの東西約5km×南北約10kmの範囲とした(図-2)。これは、透水係数 10^{-3} cm/secと推定した断層破碎帯の平面的な広がり方が場合によっては、近隣ダムへの影響が懸念されたためである。

さらに、平成14、15年度には、埋金、平等寺、大谷、貝方の各断層部に、本線と交差する河内川下部を含めた5か所で、地表からの長尺斜め地質ボーリングを実施した。

以上、これまでの詳細な地質調査の結果を整理すると、以下のとおりである。

- ① 横断方向の電気探査から、トンネルから周辺4か所のダムへと直接つながる地質の劣化部は確認されない。
- ② 縦断方向の電気探査および地表からの長尺斜め地質ボーリングから、4か所の断層破碎帯の性状を把握した。また、河内川下層部では、地質の堅硬部と劣化部が数m~数十m程度の幅で互層になって構成されており、当初想定されていた100~200m程度の連続した大破碎帯ではない。
- ③ 別途実施した3次元の水収支シミュレーションによる影響範囲の結果も考慮すると、トンネル施工による影響は近隣ダムまで達しない結果となった。

これらの地質調査結果とトンネル施工の実績を踏まえ、整理した筑紫トンネルの地質縦断面図を図-3に示す。また、これら調査後にも、トンネル掘削の進捗に伴い、追加の河川流量・観測井水位観測を逐次実施し、掘削に伴う地表への影響を確認している。

3 周辺環境を考慮したルート選定

本トンネルのルートは、福岡県から佐賀県へほぼ南北方向に縦断しており、平面線形は、起点方に $R=6,000$ m、終点方に $R=9,000$ mの曲線区間を

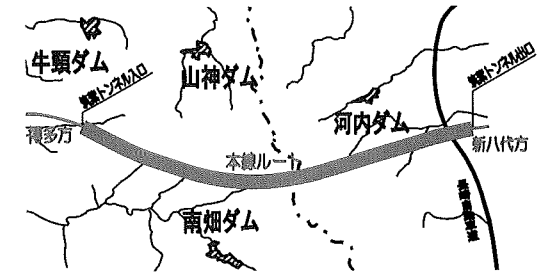


図-4 筑紫トンネル周辺図

採用したS字形をしている。これは、前述したように、ルート付近には4か所のダムがあることから、平面線形に曲線を用いることで、各ダムの影響範囲から極力離れたルートを選定したためである(図-4)。

さらに、縦断線形は新幹線の最急勾配である35%を採用し、本線標高をできるだけ高くすることでトンネル区間の土かぶりを極力小さくしている。こうした平面・縦断的なルート選定をすることで、トンネル施工に伴うルート周辺の水資源などへの影響範囲を可能な限り小さくするよう計画している。また、施工時の排水処理や完成後の水の分岐を考慮して、分水嶺となる福岡・佐賀両県の県境付近を頂点とした拌み勾配としている。

4 トンネル施工実績

本トンネルは、福岡県方2工区と佐賀県方2工区の計4工区に分割し掘削を行った。施工方法はNATMで、山浦工区小土かぶり区間を除き、主として4工区とも補助ベンチ付き全断面工法での発破掘削であり、地質状況に合わせベンチカット工法による発破掘削も採用した。

また、各工区ともトンネル坑内より長尺ボーリング(L=100~120m/本)を施工した。これにより、事前に切羽前方地山の帯水・地質状況を確認し、切羽前方地山の水位を低下することで、切羽の安定性を確保しながら掘削を進めることが可能となった。

4-1 月進200mを記録した梶原工区

4-1-1 工区・地質概要

梶原工区は、筑紫トンネルの博多方坑口からのトンネル区間3,150mと、坑口より起点方の250m



写真-1 梶原工区切羽状況(堅岩部)

区間を合わせた3,400mからなる工区で、土かぶりは約100~200mである。

当初計画では、坑口部の支障家屋を考慮し、本坑150m地点に取り付け斜路(L=164m)を先行施工し、その交点部より本坑掘削を行う予定であったが、支障物移転協議が早期に終了したことより、本坑坑口からの掘削に変更した。

地質は早良型花崗岩からなり、新鮮部では堅固(最大約170MPa)であるが、部分的に地質脆弱部が出現しマサ状となっている。工区全体をとおして岩質は比較的堅固であるが(写真-1)、大半は亀裂が発達した層である。当初想定されていた本坑口付近の梶原断層は、トンネル断面内には出現せず、埋金断層(15k500m付近)のみ確認された。

筑紫トンネル区間については、平成15年12月に本坑掘削を開始した。以後、長期中断することなく掘進を続け、平成18年9月に本坑掘削を完了している。

4-1-2 地質脆弱部の施工

掘削工法は、基本的に補助ベンチ付き全断面工法を主としたが、擾乱帯(14k800m~14k870m付近)や埋金断層(15k250m~15k650m付近)においては上半先進ショートベンチカット工法を採用した。これら脆弱層では、注入式長尺鏡ボルト工などによる切羽安定対策を行うとともに、摩擦定着式ロックボルトにより側壁部の大きな初期変位を抑制した。

また、水抜き孔を兼ねた長尺ボーリング(ロータリーパーカッションドリル使用、L=約100m/本)と短尺さぐり削孔(ジャンボ使用)を併用した

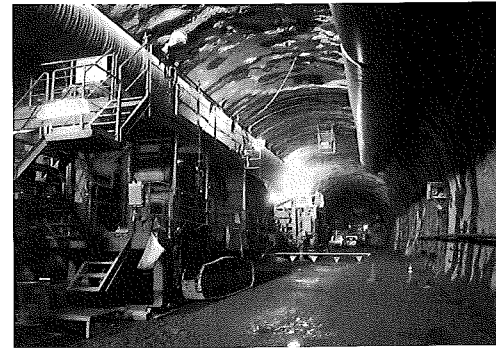


写真-2 大型集塵機併用送気式坑内換気システム

坑内からの切羽前方地質調査による調査結果は、適切な施工法を事前選定するうえできわめて有効な資料となった。

4-1-3 トンネル施工の効率化と坑内環境改善策

掘削後のずり出しには隣接する南畑工区と同様に高出力の自走式クラッシャーを組み合わせた連続延伸ベルトコンベヤシステムを採用し、施工の高速化と坑内環境の向上を両立した。

また、このベルコンによるずり出しとともに坑内環境改善に寄与した設備として大型集塵機併用送気式坑内換気システムが挙げられる(写真-2)。これは切羽後方約150mの場所に大型集塵機を搭載した換気設備台車(切羽の進行とともに前方に移動)を設置し、切羽付近の空気を伸縮式吸引ダクトにより集塵機に取り込む換気手法であり、吸引ダクトの先端位置を掘削サイクルに合わせて前後に移動させることで合理的な坑内換気を確保した。

これら、坑内設備によるトンネル施工の効率化や作業環境の改善による作業事故予防、また、比較的安定した地山性状により、最大月進200mを達成し、当初掘削工程を約3か月短縮することが可能となった。

平成15年12月から本坑掘削を開始し、以後長期中断することなく掘進を続け、平成18年9月に本坑掘削を完了した。

4-2 難航断層帯を突破した南畑工区

4-2-1 工区・地質概要

南畑工区は、作業坑(横坑)741mと本坑3,385mからなり、本坑土かぶりは、100mから最大500m

以上と比較的大きい。地質は、工区起点方に早良型花崗岩が、終点方に糸島型花崗閃緑岩が分布する。また、事前の地質調査から平等寺断層と大谷断層の2か所の断層が確認されていた。これら二つの断層は、幅100mを超える断層帯であり、東西方向でトンネルと交差し、この二つの断層帯に付随して数多くの派生断層が確認された。とくに、大谷断層は破砕帯部が連続し、断層延長が長いのが特徴である。

4-2-2 大谷断層の施工

大谷断層(18k650m~19k050m付近)は、土かぶりが300mを超え、かつ非常に軟弱破砕帯であることから、大きな地圧が発生した。とくに、18k660m付近では、マサ化し膨潤性粘土を挟んだ地山が出現し、内空変位の初期変位速度は205mm/日を記録した。これは、集中的な湧水を伴った切羽右前方からの片押しによる変位と考えられたことから、切羽および右側壁付近に長尺鏡ボルト工を施工し、地山補強した。同時に、鋼製支保工の剛性向上(H-125→H-150)や高強度吹付けコンクリート($\sigma_{28}=36\text{N/mm}^2$, $t=250\text{mm}$)の採用、インバートストラット(H-150)による早期下半仮閉合を行っている。その後も地質脆弱部は継続し、段階的に支保工の剛性を上げ、最終的には、鋼製支保工(H-200)、高強度吹付けコンクリート($t=30\text{mm}$)、インバートストラット(H-200)を採用することで、大きな内空変位を抑制することが可能となった。

4-2-3 支保パターンおよび補助工法の妥当性検証

上記大谷断層部での、支保パターンおよび実施した補助工法(長尺鏡ボルト工)の妥当性検証のため、支保工の断面力測定、切羽前方地山の変位計測および長尺鏡ボルト工の軸力測定を行った。これは、本トンネルの掘削当初より当機構がさまざまなご助言をいただいている、筑紫トンネル特別委員会でのアドバイスを踏まえ、検討を行ったものである。

まず、支保工の断面力について、鋼製支保工の軸力および吹付けコンクリート応力について測定を行った(図-5)。測定結果を整理すると、以下の

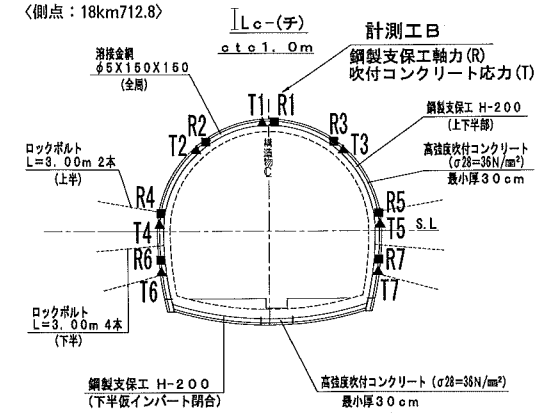


図-5 断面力測定パターン図

ようになる。

- ① 鋼製支保工軸力(H-200) 7測点
最大発生軸力(天端部) 956.7N/mm²
>鋼材降伏応力 $\sigma_y=235\text{N/mm}^2$ (図-6(1))
- ② 吹付けコンクリート応力($t=300\text{mm}$) 7測点
最大発生圧縮応力(天端部) 30N/mm²
<設計圧縮応力 $\sigma_{28}=36\text{N/mm}^2$ (図-6(2))

以上より、支保工には大きな応力が発生しており、結果的に鋼製支保工には降伏応力を上回る応力が発生したが破壊には至らなかった。これは、高強度仕様の吹付けコンクリートを採用したことにより、許容応力内に収まったためと考えられた。

また、切羽前方地山に地山変位計と、長尺鏡ボルト工の軸力計を設置し、掘削に伴う地山挙動と長尺鏡ボルト工の有効性について検証を行った(図-7)。測定結果を整理すると、以下のようになる。

- ③ 切羽前方地山変位計測(L=20.0m) 8測点
切羽が測点から1D程度まで接近すると地山の変位が計測され、0.5D未満では、切羽の押し出し変形が顕著になる(図-8)。
- ④ 長尺鏡ボルト工の軸力測定(L=12.6m) 8測点

切羽が測点から3~5mまで接近すると、軸力がもっとも大きくなる傾向が見られ、継ぎ手部(引張強さ約200kN)が破断した箇所も

あると想定される(図-9)。

以上より、切羽前方約9~10m付近から地山の先行変位が計測されたことから、長尺鏡ボルト工(L=12.6m)の長さについては、妥当であると確認された。また、軸力測定結果から、鏡ボルト工

1本において、継ぎ手部の破断もしくは破断に近い数値が計測されたことから、長尺鏡ボルト工の施工本数は過大ではないと考えられた。

当初、大谷断層は延長200mほどの連続した大きな断層と想定されていたが、実際は、明確な岩境がなく早良型および糸島型花崗岩が入り乱れた状態で、かつ、硬軟異なる層が交互に出現する状況であり、結果的に、数百mにわたる断続的な破

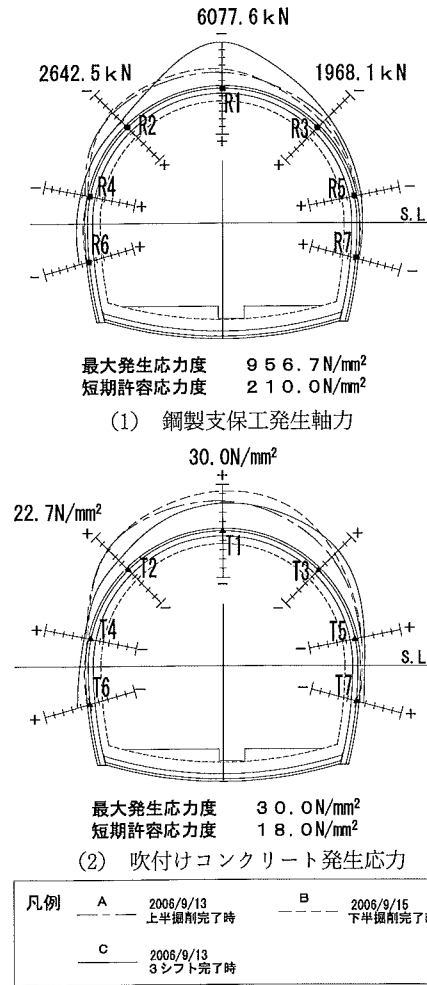


図-6 支保工断面力測定結果

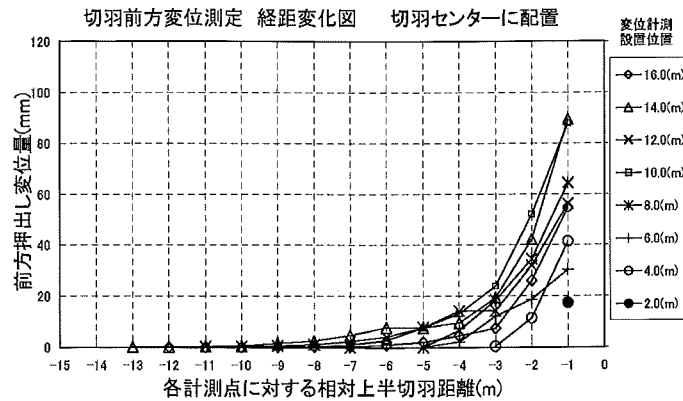


図-8 地山変位計測結果

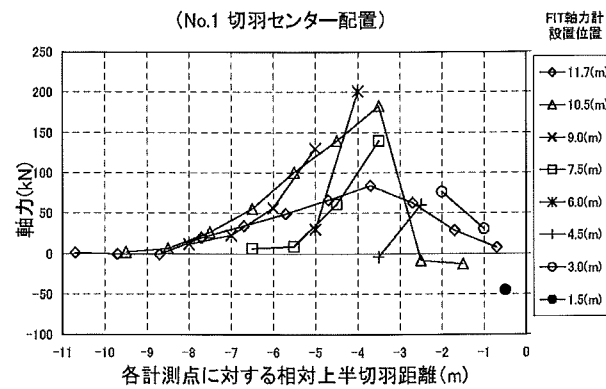


図-9 長尺鏡ボルト工軸力測定結果

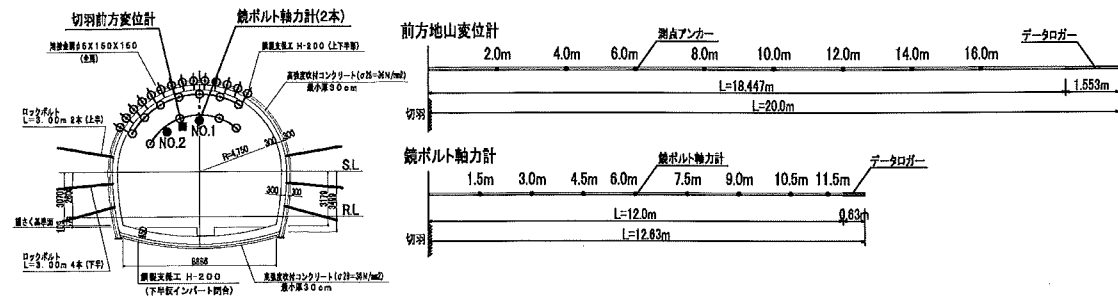


図-7 切羽前方地山変位計測および長尺鏡ボルト軸力計測配置図

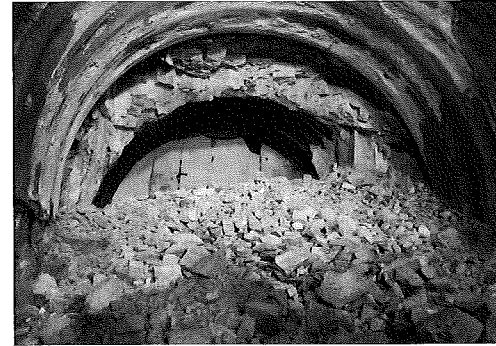


写真-3 筑紫トンネル全貫通状況

砕帯の集合体であった。しかし、土かぶりが多い区間に位置し、非常に軟弱な地山であったことから、掘削は難航したが、事前の長尺ボーリングによる水抜きや、長尺鏡ボルト工などの補助工法を適切に施工することにより、無事掘削を完了することができた。

平成15年11月に横坑掘削に着手後、平成16年6月に本坑掘削開始、平成19年11月に本坑掘削が完了し、筑紫トンネルの全貫通となった(写真-3)。

4-3 大量湧水帯に直面した河内工区
4-3-1 工区・地質概要

河内工区は、作業坑(斜路、下り勾配8.5%)738mと本坑3,065mからなり、本坑土かぶりは、200mから最大500m以上と比較的大きい。また、事前の地質調査で貝方断層が確認されており、県境付近の高土かぶり区間では、高被圧地下水による突発湧水が懸念された。地質は、おおむね糸島型花崗閃緑岩と深江型花崗岩からなり、岩塊自体は比較的硬いが、亀裂からの湧水が多く見られる。平成14年7月に斜路掘削に着手後、平成15年7月に本坑掘削開始、平成19年2月に本坑掘削が完了した。

4-3-2 多量・高被圧湧水区間の施工

本工区では、3区間の多量・高被圧湧水帯が確認され(表-1, 写真-4)、もっとも多量・高被圧の湧水が発生した③区間では、約130mの湧水区間の中で、長尺ボーリング(L=100m程度)を5本、短尺ボーリング(L=20m程度)を20本程度施工するに至った。また、各ボーリング孔からは、2.0~3.5 t/分の湧水量が確認され、当該区間の総

表-1 多量・高圧湧水区間

区間	区間長	区間総湧水量	最大湧水量
① 21k930m~21k970m付近	40m	2.3 t/分	2.0MPa
② 21k810m~21k860m付近	50m	4.4 t/分	1.5MPa
③ 21k970m~21k100m付近	130m	10.0 t/分	—

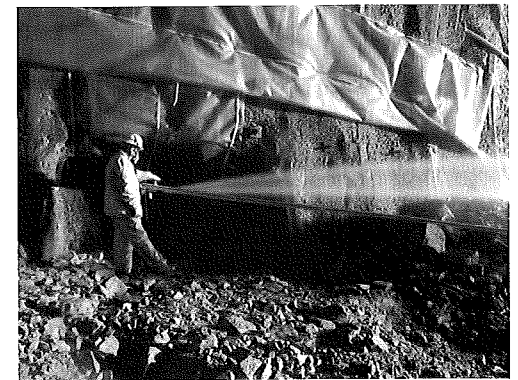


写真-4 長尺ボーリングからの湧水状況

湧水量は最大10 t/分に達した。さらに、地山状況は粘土化した強風化層が介在し、切羽では一部土砂流出などが生じたため、一時的に切羽は不安定な状況が続いた。そこで、長尺ボーリングに加えて、切羽付近からパターン化した短尺ボーリング(20m×3~6本/断面)を約10mピッチで施工することで水抜きを行い、切羽付近の水位および水圧低下対策を実施した結果、掘削を進めることが可能となった。さらに、切羽の安定が必要な場合には、注入式の長尺鏡ボルト工や長尺先受け工などの補助工法を採用することで、無事に湧水帯を突破した。

本工区は、筑紫トンネル4工区の中で、もっとも湧水が多く、工区の総湧水量は一時18 t/分を超えた。多量・高被圧湧水帯区間も長い工区であったが、幸いトンネル湧水の大半が亀裂の中に存在する裂か水であったため、長尺・短尺ボーリングによる切羽周辺の水抜き効果が大きく現れた。

この間、坑内湧水に伴って、地表面へ影響が現れることも想定されたことから、井戸水位や河川流量計測も継続して行っており、地域住民への影響を観測しながら掘削を進めた。結果的には、大

大きな影響は発生していないことを確認している。

また、トンネル委員会でのご助言を受け、事前に適切な対策を講じたことで、薬液注入などの大掛かりな補助工法を適用することなく切羽の安定が確保でき、経済性も考慮した掘削ができたと考えている。

なお、坑内からの長尺ボーリングの施工には、油圧式トップハンマー方式(ロータリーパーカッション)を採用する場合が一般的であるが、本工区では、高被圧地下水下のトンネル施工を踏まえ、長尺ボーリングの施工に、エネルギー伝導のロスが少なく、硬岩質および長尺掘進(100~200m)に適した水圧式ダウンザホールハンマーを採用した(写真-5)。

4-3-3 貝方断層部の施工

河内工区では、20k700m付近(土かぶり約300m)で貝方断層に遭遇した。断層幅は約15m程度であったが、本坑に対して約30°の角度で交差したため、

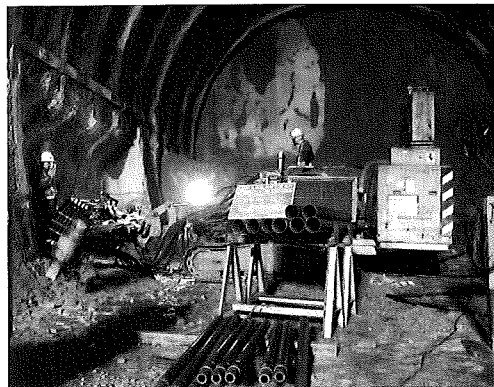


写真-5 長尺ボーリング施工状況

本坑延長約50m間でトンネル内空への大きな押し出し(最大約350mm)が生じ、一部吹付けコンクリートにもクラックが発生した。これは、前後の地山が比較的堅固な岩盤である間に、粘土化した破碎帯が挟まれる状態で存在したため、掘削に伴う応力解放によって断層区間の地山が塑性変形したことや、粘土化した地質に膨潤性の粘土鉱物(スメクタイト)が含まれていたこと、比較的高い土圧や被圧地下水の存在などが原因と考えられる。

変位状況は、水平方向の変位が卓越し、初期変位速度が約100mm/日と大きいため、鋼製支保工(H-200)や摩擦定着ボルト(L=6.0m)をパターンボルトとして採用、さらに増しボルト(L=6.0m)、仮インバートによる早期閉合などにより対応した。部分的には支保工の縫い返しを行った区間もあり、また本インバート施工後も数箇月間にわたり、変位速度が1.0mm/月を超える区間もあった。このため、長期的な覆工コンクリートの耐荷能力向上とひび割れ抑制のため、一部区間は覆工RC構造とした。

平成14年7月に斜路掘削に着手後、平成15年7月から本坑掘削を開始、平成19年2月に本坑掘削が完了した。

4-4 小土かぶり区間を安全に施工した山浦工区

4-4-1 工区・地質概要

山浦工区は、作業坑(斜路、下り勾配10%)252mと本坑2,335mおよび一部明かり区間45mからなる。本工区は、背振山系からのなだらかな扇状地

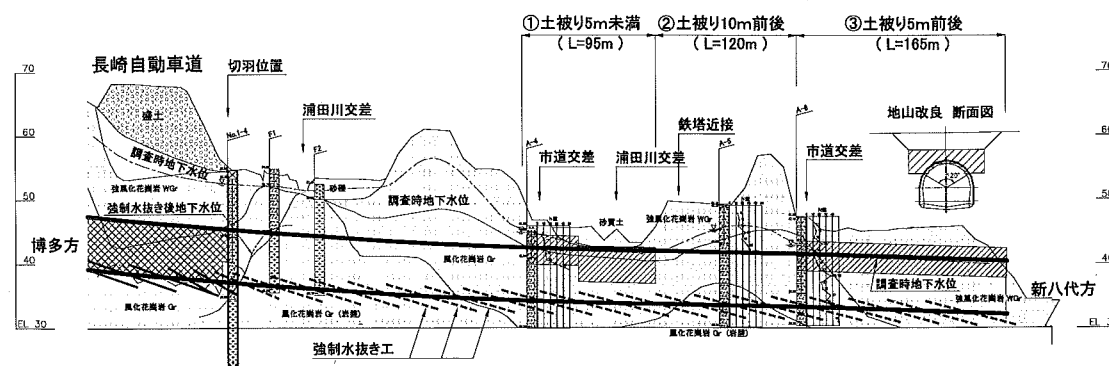


図-10 山浦工区小土かぶり区間地質縦断面図

形に位置し、本坑の約45%が小土かぶり(土かぶり0~30m程度)区間の施工となる。地質は、おおむね花崗岩が風化したまき土であり、事前に行ったボーリング結果から、小土かぶり区間は全体的に水位が高いことも確認されている。また、トンネル直上には、長崎自動車道、市道、河川および送電線鉄塔など、重要構造物が多数存在している(図-10)。

一方、本線周辺には豊富な地下水があり、本線近傍の家屋は井戸水を利用していることから、トンネル施工に伴い水位低下の影響が発生することが懸念された。このため、地下水への影響を確認するため、トンネル施工に先立ち本線付近に観測孔を設置し、必要に応じて迅速に応急給水対策などを実施する体制をとりながら施工を進めた。この結果、浅井戸に若干数の影響が見られたものの、大きな湧水は生じることもなく施工を進めることができた。

平成14年11月に斜路掘削に着手後、平成15年6月に本坑掘削開始、平成19年1月に本坑掘削が完了した。

4-4-2 強制水抜き工による切羽安定対策

前述のとおり、土かぶりが小さく地下水位が高い区間では、本線直上には種々の支障物がある。このような状況下で、トンネル施工を安定して施工するために、トンネル切羽近傍の高い地下水位を低下させ、切羽面の自立を確保することが重要な要素となった。このため、水平水抜きボーリングとウェルポイントを融合させた強制水抜き工を採用した(図-11)。

これは、切羽前方やや下向きの水平ボーリング

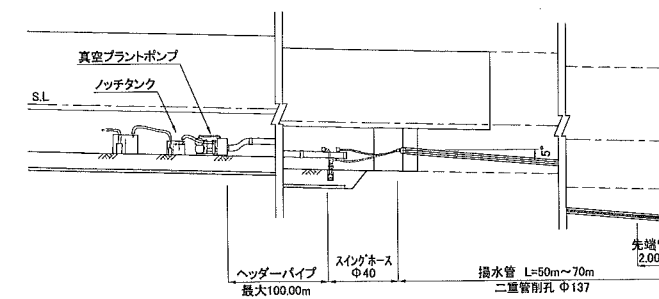


図-11 強制水抜き工設備配置図

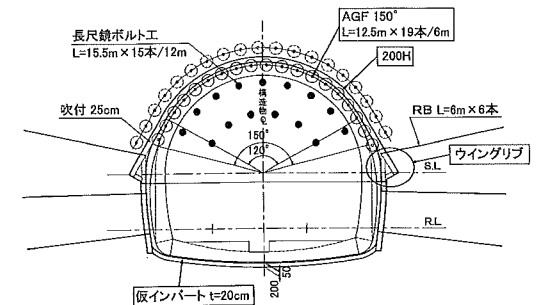


図-12 長崎自動車道区間基本掘削パターン

を実施し、真空ポンププラントにより揚水するもので、事前に試験施工での水位低下効果の確認後、本格導入した。長崎自動車道付近から築紫トンネルの出口までの約800m全区間で実施し、その効果を本線付近に設置した観測孔での地下水位観測により確認しながら掘削を進めた。この結果、顕著な地下水位低下効果が見られ、おおむね、切羽到達前には下半盤付近までドライな状態で掘削を行うことが可能となった。

4-4-3 長崎自動車道との交差点区間

長崎自動車道との交差点部(24k370m~24k460m付近)は、未固結のマサ土および盛土で構成される約20mの小土かぶり区間であり、自然地下水位も高い。このような状況下で、地表面沈下量20mm以内を目標とする沈下量の管理を求められた。このため、強制水抜き工による確実な地下水位低下を図ったうえで、長尺鋼管先受け工や、長尺鏡ボルト工による地表面の先行沈下抑制対策を採用しながら、かつ、上半支保工脚部のウィングリブによる脚部沈下抑制対策、地山状況に合わせた支保パターンの選定など、管理値を遵守した適切なトンネル施工を行った(図-12)。

また、同区間では、長崎自動車道路面への自動計測による24時間の監視体制をとり、その計測結果の適切なフィードバックにより、対策の妥当性を検証しながら、合理的かつ経済的なトンネル施工を行った。

長期的な長崎自動車道への影響を確認するため、地表面沈下量の計測は、トンネル施工終了後も同区間の覆工コンクリー

ト施工完了まで継続して行い、変化はみられないことを確認し、計測管理を終了している。

長崎自動車道から出口までの約800m区間も土かぶり0~20m程度であり、また、市道や河川との交差部があった。このような地表支障物との交差部についても、坑内からの長尺鋼管先受け工や長尺鏡ボルト工を必要に応じて実施し、また、経済性に優れた地表からの地山改良工を、切羽到達前に事前に実施するなどすることで、無事掘削を完了した。

5 おわりに

筑紫トンネルの掘削は、平成14年7月に河内工区斜路の掘削を開始して以来、南畑工区本坑の貫通まで約65か月を経て完了した。この間、沿線自治体や筑紫トンネル特別委員会など、関係者の貴重なご助言、ご協力をいただいた結果、順調に工事を進めることができた。

当初懸案事項とされていた湧水問題に関しては、綿密な地質・水文調査や、適切な線路線形を採用

することで、影響範囲を最小限にすることができたと考えられる。また、事前の水収支シミュレーションによる影響範囲の推定を行うことで、必要な場合には事前に応急給水対策などを実施できるような対応策を検討しておき、実際に影響が生じた場合には、迅速に対応できる体制をとりながら施工を行うことが可能となったと考えている。現在は、地質・湧水状況などトンネル全体の施工実績をもとに、水収支シミュレーションの精査を進め、トンネル湧水に伴う本線周辺への影響範囲や恒常湧水量の再検証を行っており、今後湧水対策などの検討に活用することを考えている。

筑紫トンネルの全貫通は無事迎えられることになったが、九州新幹線鹿児島ルートの中線開業までには、多くの時間は残されていない。工期の遵守と高品質なトンネル施工、工事の安全を忘れず、筑紫トンネルの全完成を目指すとともに、今後多方面の関係者の皆様のご指導・ご協力をお願いしたい。

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

施工

システムチック養生台車による覆工コンクリートの品質向上

—鳥取自動車道 智頭用瀬トンネル南工事—

西日本高速道路(株)中国支社山口高速道路事務所長 辺見 泰造
西日本高速道路(株)中国支社津山工事事務所岡山工区長 野々山 栄治
(株)熊谷組広島支店土木事業部土木部 溝手 一憲
(株)熊谷組土木事業本部トンネル技術部 小野 稔

1 はじめに

トンネルの施工は、さまざまな過程を経て完成に至るが、最終的にトンネルの姿を代表する覆工コンクリートの表面状態は、完成時の印象に大きな影響を与えるばかりでなく、その後、供用されている間はトンネルの最終仕上がりとして使用者への安全性・快適性などの役割を担っている。覆工コンクリートの表面状態の良否によって、供用後のクラックの発生などに大きな差異が現れる。

しかしながら、ほとんどの現場において覆工コンクリートを打設した翌日にはセントルを脱型しており、養生期間が短いのが現状である。このため、脱型後のコンクリート表面が直接外気に触れ、水和反応に必要な水分が乾燥しやすい状態にある。

このような背景から、コンクリートの仕上がり面の品質向上を目的として、バルーンによる外気遮断タイプや水を噴霧する加湿タイプなどの養生方法が開発・実用化されているが、その効果の程度や養生方法による差異については、十分な情報が得られていないのが現状である。

そこで当工事では、覆工コンクリート表面の品質を向上する目的で、2種類の養生方法を組み合

わせた移動式覆工養生設備(ここでは「システムチック養生台車」と呼ぶ)を現場に適用し、養生方法の検討を行った。

システムチック養生台車を適用するにあたり、はじめに4種類の養生条件で室内基礎実験を行い、その実験結果に合致した一連の機構をもつ設備とした。この養生台車は、コンクリート表面を約1週間養生することが可能で、養生方法も外気遮断養生を経たのちに湿潤養生を行う構成とした。

以下にシステムチック養生台車を採用するために実施した室内基礎実験と、現場適用の過程で実施した現場実験の結果について記述する。

2 工事概要

2-1 智頭用瀬トンネル南工事の概要

中国横断自動車道・姫路鳥取線は、兵庫県姫路市を起点として、鳥取県鳥取市に至る高速自動車道であり、山陽・山陰および中国地方の山沿いの地域を山陽自動車道・中国自動車道と連結しながら一体的に結び、輸送時間の短縮、沿線地域の産業や経済・生活・文化の発展を図る目的で計画されている。鳥取県側の事業延長は24.7kmであり、智頭町、鳥取市の1市1町を通過する。

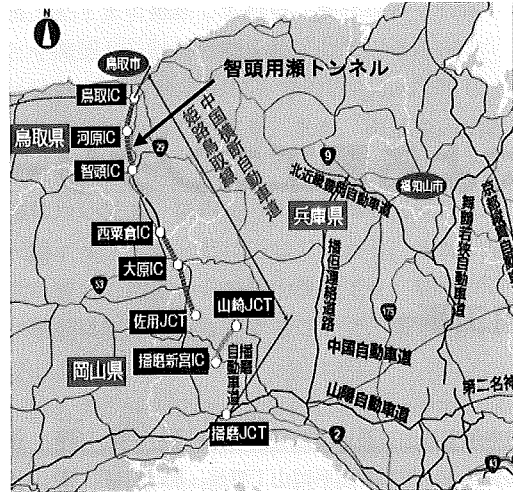


図-1 位置図

智頭用瀬トンネルは智頭〜鳥取間の最南端に位置する全長2,472mであり、智頭町側と鳥取市側の双方より施工する発注方式をとっている。本稿の智頭用瀬トンネル南工事は智頭町側から鳥取市に向かう施工延長1,416mである。トンネル掘削は補助ベンチ付き全断面発破掘削で、掘削断面積は標準部が85m²、非常駐車帯部が106m²である(図-1)。

3 室内基礎実験

3-1 実験条件

実験条件の設定にあたっては、過去の覆工コンクリートの養生事例¹⁾を参考にした。

事例ではコンクリート打設翌日の脱型直後に散水を行ってひび割れが発生したことが報告されている。これは、打設翌日のコンクリートは水和熱により温度が高い状態にあるため、翌日に散水すると養生水による冷却と気化冷却の影響でコンクリート温度が急激に低下し、コンクリート表面に温度収縮を生じて発生した温度ひび割れと考察している。さらに、脱型直後に散水養生した区間が、比較的早い時期にひび割れが発生したのに対して、脱型後1日空けて散水養生した区間には逆にひび割れが発生していないことから、乾燥収縮による影響ではない可能性が高いとしている。

上記のように初期の散水養生は、ひび割れ発生

表-1 実験条件

実験条件	型枠 存置期間	封緘 養生期間	湿潤 養生期間	養生 終了後	備考
No.1	2日	なし	なし		基準条件 無養生
No.2	2日	2日	4日 (溜水)	温度 20℃	現場採用 条件
No.3	2日	4日	2日 (溜水)	湿度 60%RH	現場比較 条件
No.4	2日	2日	養生剤 塗布		水の代替 養生剤

表-2 コンクリートの配合(室内練り)

水セメント比 W/C(%)	スランパ (cm)	空気量 (%)	細骨材率 S/a(%)
49	21	4.5	52
単 位 量(kg/m ³)			
セメント	水	細骨材	粗骨材
347	170	855	923
			混和剤
			3.47

※最大骨材径40mm

に対して悪影響を及ぼす恐れがあるため、現場ではバルーンによる封緘タイプの養生と湿潤タイプの養生を組み合わせることを基本方針とした。このため室内基礎実験では、①型枠養生期間、②外気遮断(以下、「封緘」と呼ぶ)養生期間、③湿潤養生期間の順に養生期間を設け、適切な条件を選定することを目的とした。

実験条件を表-1,2に示す。実験条件は4種類とし、No.1は基準となる無養生である。実験条件No.2,3は現場で適用することを計画している内容で、封緘養生と湿潤養生を組み合わせるそれぞれ期間を変化させ、各々の期間の長短による影響を把握する。実験条件No.4は湿潤養生と比較する目的で水の代替として養生剤を用いた。なお、それぞれの養生が終了した後は、実験条件における差異を明確にするために、いずれの供試体も温度20℃、湿度60%RHの養生室に静置した。

3-2 測定項目と供試体

表-3に計測項目を示す。養生の効果としては、主として収縮量の減少、コンクリート組織の緻密化および圧縮強度・引張強度の増大がある。そこで、測定項目は収縮ひずみ量、圧縮強度およびコンクリート組織の状況把握のため細孔量、結合水

表-3 測定項目

No.	供試体	試料数	測定項目	測定数
1	10×10×40cm 収縮供試体	4体 (1体/1実験条件)	収縮ひずみ	1点/1体
			温度	1点/1体
2	30×30×30cm 供試体	4体 (1体/1実験条件)	小径コア強度	29日
			細孔量	29日、表面、 内部の2試料
			結合水率	
3	封緘養生供試体	6体/1バッチ	圧縮強度	29日

率とした。作製した供試体の種類は以下のとおりである。

3-2-1 10×10×40cm収縮供試体

図-2に、10×10×40cm収縮供試体を示す。養生方法は、型枠存置期間では打設面をビニルシートで覆い、脱型後の封緘養生期間はコンクリート面のすべての面より1cmの空間を確保できる封緘容器に入れておき、湿潤養生期間では上記封緘容器の空間に注水することで湿潤状態を確保した。無養生では脱型後は暴露状態とし、実験No.4では封緘養生後に養生剤を塗布した。

本供試体は各実験条件で養生を行い、収縮ひずみおよび温度を測定した。

3-2-2 30cm×30cm×30cm供試体

図-3に、30cm×30cm×30cm供試体を示す。養生は、一つの面が覆工コンクリート表面に相当するとみなし、その面を養生対象とし、他の面は型枠を存置した。

この供試体では、φ25mmの小径コアを用いた圧縮強度試験、φ100mmコアを用いた水銀圧入法による細孔量および結合水率の測定を行った。圧縮強度試験を小径コアで実施した理由としては、養生の違いによる影響はコンクリート表層部で顕著であると考えられるが、φ100mm供試体による試験では表層部のみ強度を評価するのが困難なためである。試験方法は、「小径コア試験による新設の構造体コンクリート強度測定要領(案)」²⁾に準じた。

3-2-3 封緘養生供試体

φ10×20cm円柱供試体で、封緘養生供試体を作製し、基準となる養生方法による圧縮強度を測定した。

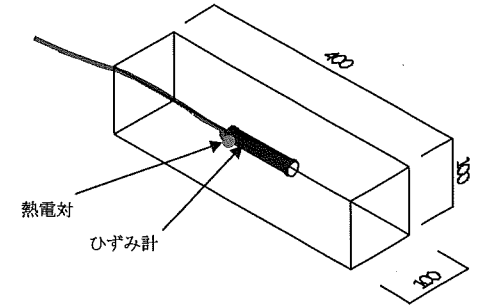


図-2 10×10×40cm供試体

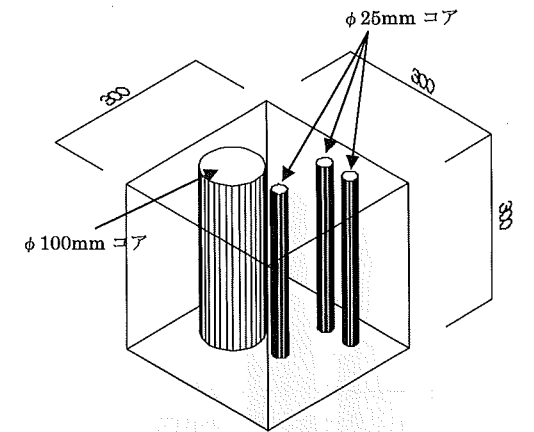


図-3 30cm×30cm×30cm供試体

封緘養生供試体の作製はφ10×20cmプラモールドの打設面をφ10cmの鉄板で覆い、その上からビニルカバーで保護して試験材齢まで脱型せずに養生を継続した。

3-3 実験結果

3-3-1 小径コア圧縮強度

小径コア強度および封緘養生供試体強度の試験結果を表-4に示す。また、同一バッチの封緘養生供試体強度を基準とした圧縮強度比を表-5、図-4に示す。

圧縮強度比をみると、深さ0~5cmの表層部の強度は、養生を施した実験条件No.2~4がおおむね1.0であるのに対し、無養生のNo.1は0.80と約2割小さい値となっている。深さ5~10cmの深部の強度についても同様な傾向にあることがわかる。

このことから、圧縮強度は無養生では小さくなるといえる。しかし、養生を施したNo.2~4での顕著な違いは認められない。

表-4 小径コアおよび封緘養生圧縮強度(材齢29日)

実験条件	φ25mmコア強度(N/mm ²)		封緘養生供試体強度(N/mm ²)
	深さ0~5cm	深さ5~10cm	
No.1	28.7	31.5	36.1
No.2	32.4	36.1	33.3
No.3	35.9	36.2	33.8
No.4	35.2	37.3	34.0

表-5 封緘養生強度を基準とした圧縮強度比

実験条件	深さ0~5cm	深さ5~10cm	平均
No.1	0.80	0.87	0.84
No.2	0.97	1.08	1.03
No.3	1.06	1.07	1.07
No.4	1.04	1.10	1.07

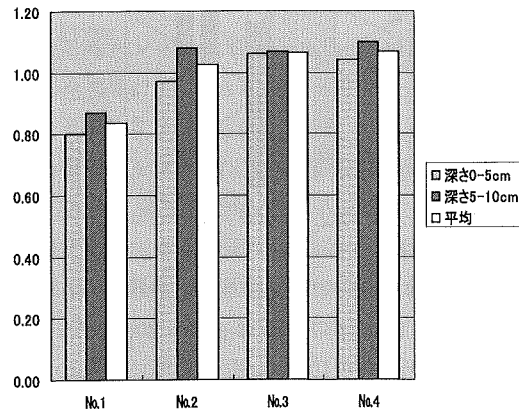


図-4 封緘養生強度を基準とした圧縮強度比

3-3-2 収縮ひずみ

表-6に、収縮ひずみ(材齢34日)を、また、図-5に収縮ひずみの経時変化を示す。養生を施した実験条件No.2~4供試体の収縮ひずみは、無養生のNo.1供試体のそれよりも80~130×10⁻⁶小さい。無養生の実験条件No.1を基準にすると実験条件No.2~4は80~90%である。このことから、養生により収縮量が小さくなると判断できる。

3-3-3 細孔量および結合水率

総有効細孔量を図-6に、結合水率を図-7に示す。セメントは水と反応(水和反応)し、発熱しながら水を含む化合物すなわ水と生成物を生成する。水和した水は、乾燥などでは蒸発しない結合水となる。コンクリートの水和反応は、強度増加と同様に、材齢の経過とともに進行する。しかし水和反

表-6 収縮ひずみ(材齢34日)

実験条件	収縮ひずみ(×10 ⁻⁶)	比
No.1	698	1.00
No.2	569	0.82
No.3	612	0.88
No.4	565	0.81

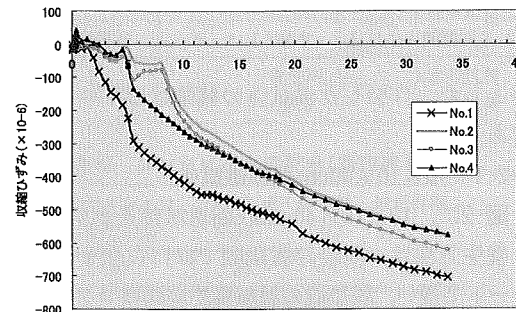


図-5 収縮ひずみの経時変化

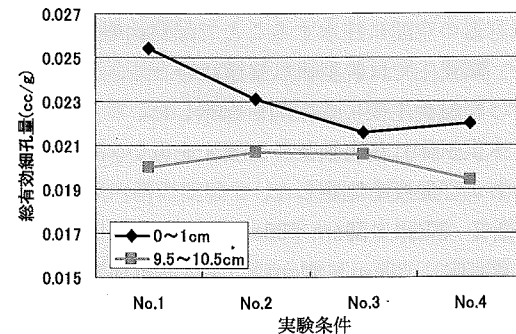


図-6 総有効細孔量

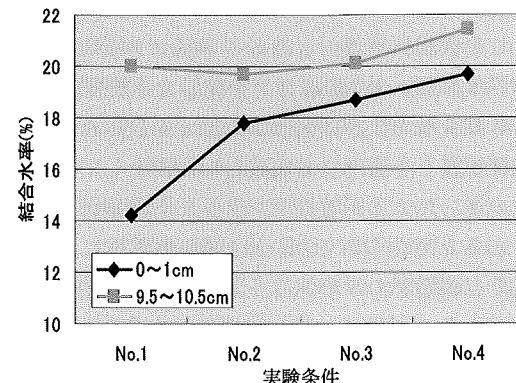


図-7 結合水率

応は、セメントと水の反応のため、反応する水およびセメントが存在なくなると反応なくなり、どちらかが不足した場合、生じる結合水量も少なくなる。結合水率の違いを把握することにより、

水和の進行度合いを確認する。

総有効細孔量については、表層(0~1cm)と比べて深部(9.5~10.5cm)では少なくなる傾向を示している。このことは、深部における水和が表層よりも進行したことを示している。実験条件No.1(無養生)の供試体は、表層と内部の細孔量の差が大きい。実験条件No.2,3の封緘養生を行った供試体およびNo.4の塗膜養生では、表層と内部の細孔量の差が小さく、養生することで表面の水和が進行していることがわかる。また、実験条件No.4の塗膜養生については、封緘養生と似たような傾向を示している。

結合水率は、総有効細孔量と同様であることから、無養生の場合は供給水となる水の供給が、とくに表面で十分とはいえない状態と推測される。

3-4 室内基礎実験結果の考察

この室内基礎実験は、バルーンによる封緘タイプの養生と湿潤タイプの養生の組み合わせにおいて、適切な条件を選定することを目的として実施した。その結果、以下のことがわかった。

- ① 小径コア圧縮強度については、無養生の供試体は、養生を行ったものと比較して明らかに強度が小さくなるが、養生を実施した場合には内容の違いによる差異は明確には現れなかった。
- ② 収縮ひずみの測定結果からは、養生した場合の収縮ひずみは、無養生に比較して明らかに小さく抑えることができ、とくに実験条件No.2(封緘2日、溜水4日)では約80%にまでひずみ量を抑えることができた。
- ③ 細孔量および結合水率については、ともに深部(9.5~10.5cm)における測定結果に有意な差はみられないが、表層(0~1cm)では実験条件No.1(無養生)と養生を実施した実験条件No.2~4との間には顕著な差が認められ、養生によって水和がより進行していると判断できる。
- ④ これらを総合して考察すると、無養生の場合と養生を実施した場合は、明らかに養生を実施した場合がコンクリートにはよい影響

をもたらすことがわかる。

それぞれの実験結果において実験条件No.2~4を比較すると、細孔量と結合水率では実験条件No.3がやや優れているのに対し、収縮ひずみでは実験条件No.2が良好な値を示している。このことからコンクリートの緻密性では実験条件No.3が優位と考えられる。しかしながら、ひび割れの直接要因として考えられる収縮ひずみの結果を重視すると、当現場においては実験条件No.2を養生条件とするのが適当と判断される。

4 現場適用実験

4-1 養生方法の概要

室内基礎実験の結果から、現場に適用する養生条件は、実験条件No.2に相当する封緘養生2日間、その後湿潤養生4日間を確保する養生条件を採用することとした。

採用した養生条件を実行するためには、封緘、湿潤の2種類の養生に対応することが要求される。さらに、封緘養生2日間、湿潤養生4日間を確保する必要がある。

また、覆工コンクリートの打設サイクルが1回/2日であることから、養生に用いる台車の構成を図-8に示す配置で施工することを決定し、この組み合わせで構成する一連の養生台車をシステムチック養生台車と命名した。上記に対応するため、養生台車も2種類製作する必要がある。そこで封緘養生用としてバルーン装着の外気遮断タイプの養生台車を1台、湿潤養生用として湿潤シートを装備した密着・給水タイプの養生台車を2台製

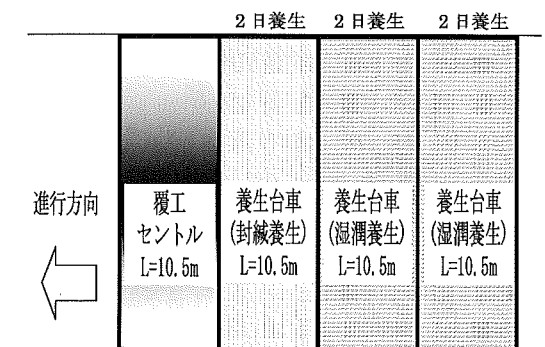


図-8 システムチック養生台車配置

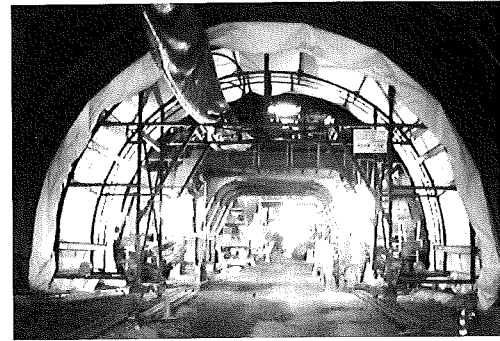


写真-1 システマチック養生台車(封緘養生用)



写真-2 システマチック養生台車(湿潤養生用)

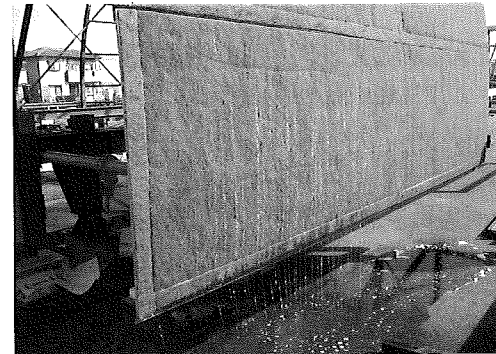


写真-3 システマチック養生台車(湿潤シート面側)

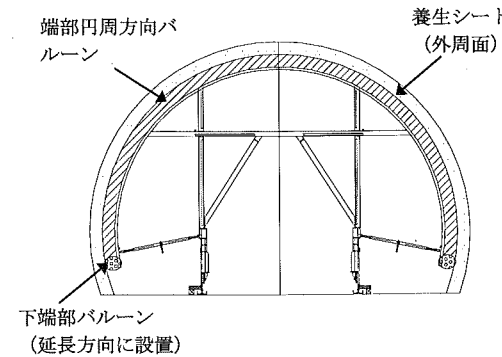


図-9 封緘養生台車の概要

作した。

養生台車の外観を写真-1~3に示す。

養生台車による養生方法の概要を以下に記述する。

① 封緘養生台車

封緘養生台車は、図-9に示すように養生台車外面に養生シートが敷設してあり、これを押さえるように養生台車の両端部および下端部に設置したバルーンに送気して膨らませる。これにより、覆工コンクリート面がシートで密封されて直接外気に触れることなく、乾燥を防止する仕組みとしている。

② 湿潤養生台車

湿潤養生台車は、養生台車の外周一面を厚さ9mmの塗装合板で覆い、この塗装合板の外側に厚さ2cmのステラシートを貼り付けている。この養生台車には、ステラシートを湿潤状態に保つために、トンネル断面の天端部と両肩部に有孔パイプを延長方向に設置し、

このパイプ内部に通水することでステラシートに養生水を供給する仕組みとした。

4-2 実験条件

現場実験の条件は、現場で採用した養生条件(封緘養生2日間、湿潤養生4日間)と、脱型後は一切養生をしない無養生との2条件とし、それぞれ1スパンずつ測定器を設置して測定した。実験条件を表-7,8に示す。

コンクリートの配合が室内基礎実験と異なっているのは、以下の理由による。

第一の理由として、現場における覆工コンクリートは、非鋼繊維混入コンクリートと通常コンクリートの2種類を、地山条件すなわち支保パターンによって使い分けているが、掘削当初から地山条件が悪く、室内実験時には非鋼繊維混入コンクリートを適用する区間が多いと判断し、その配合で実験を実施した。しかし、現場適用実験の時点では通常コンクリートが全体に占める割合が多くなり、室内実験と同じ配合で覆工する箇所まで実験を延

表-7 実験条件

実験No.	実施スパン	養生条件
No.1	70BL	封緘2日間+湿潤4日間
No.2	71BL	脱型後無養生

表-8 コンクリートの配合(実機練り)

水セメント比 W/C(%)	スランプ (cm)	空気量 (%)	細骨材率 S/a(%)
63	15	4.5	44.4

単位量(kg/m³)

セメント	水	細骨材	粗骨材	混和剤
270	170	819	1,027	2,700

※最大骨材径20mm

期すると計測期間が短くなることから通常コンクリートのスパンにおいて実験を実施した。

第二の理由として、非鋼繊維が混入していないコンクリートで実験することで、養生実施スパンと非養生スパンの差異が明確になると考えたことによる。

4-3 計測項目および計測機器の配置

計測項目を表-9に、各計測機器の配置を図-10に示す。

計測機器の配置は、実験No.1,2ともに同配置である。各計測項目の計器は、打設前に覆工厚30cmの中間となる覆工内空面から15cmの深さに設置した。表面ひずみについては養生台車が移動した後の養生終了後に設置した。

4-3-1 内部ひずみ

設置位置での実ひずみ(コンクリートに実際に生じているひずみ)を測定し、覆工コンクリートの円周方向の実ひずみを把握する。

4-3-2 コンクリート有効応力

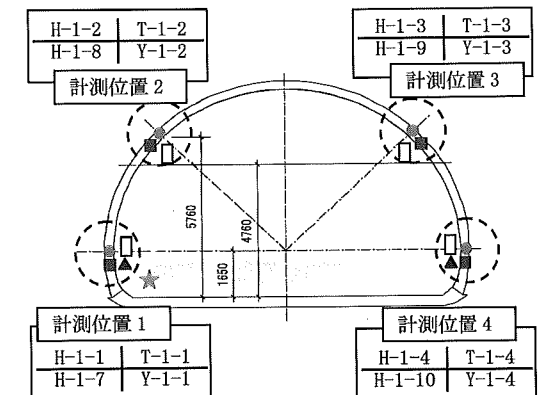
覆工コンクリートに発生する有効応力(外部拘束、内部拘束など、何らかの拘束によって生じる応力)を計測する。

4-3-3 表面ひずみ

覆工コンクリートの内空面側の表面ひずみを計測する。とくに、今回の実験ではコンクリート表面に対して異なる養生条件のもとで実験を実施することから、養生条件の違いによる結果の差がもっとも期待される。

表-9 計測項目

計測項目	計測器	数量	備考
内部ひずみ	ひずみ計	8	4台×2断面
自由ひずみ	ひずみ計	4	2台×2断面
	無応力容器	4	2台×2断面
コンクリート有効応力	コンクリート有効応力計	8	4台×2断面
コンクリート温度	熱電対	8	4台×2断面
表面ひずみ	表面ひずみ計	8	4台×2断面
外気温および湿度	温湿度計	1	計測断面近傍
結合水率	マッフル炉	8カ所	コア採取φ50×150



※：上記計測位置に付記した計器番号に対応する計器種別

計測位置 n	内部ひずみ計	自由ひずみ計	コンクリート有効応力計	表面ひずみ計
計測位置 1	H-1-1	T-1-1	H-1-7	Y-1-1
計測位置 2	H-1-2	T-1-2	H-1-8	Y-1-2
計測位置 3	H-1-3	T-1-3	H-1-9	Y-1-3
計測位置 4	H-1-4	T-1-4	H-1-10	Y-1-4

記号	計測器	計器番号
●	ひずみ計+熱電対	H-1-1~H-1-4
▲	無応力容器+ひずみ計	H-1-5, H-1-6
■	コンクリート有効応力計	Y-1-1~Y-1-4
□	表面ひずみ計	H-1-7~H-1-10
★	温湿度計(両実験兼用)	外気温

※：上記は実験No.1の場合、実験No.2ではH-1-1→H-2-1とする

図-10 計測機器の配置

4-3-4 結合水率

結合水率測定のためのコア採取は、実験No.1,2ともに計測位置1および計測位置4で実施した。

4-4 実験結果

現場実験は、実験No.1を平成17年11月30日に、実験No.2を12月2日に打設し、打設直後から平成18年6月30日までの約7か月間計測を継続した。

各計測項目の計測結果を以下に記す。

4-4-1 内部ひずみ

内部ひずみの経時変化図を図-11に示す。なお、図中のグラフでマーカー塗りつぶしが実験No.1(養生実施スパン)、マーカー白抜きが実験No.2(無養生スパン)を示している。

経時変化図をみてわかるように、内部ひずみはすべて圧縮方向に生じており、打設完了後20日程度ではほぼ最大値となり、それ以降は緩やかな変動を示している。この緩やかな変動は、コンクリート温度とほぼ同調していることから、温度変化によるコンクリート躯体の膨張収縮の影響によるものと考えられる。

最終計測時点でのひずみ値を比較してみると、養生スパンである実験No.1のH-1-2、H-1-3の2か所がほとんどひずみを生じておらず、またH-1-1、H-1-4の値は-80 μ 程度である。これに対して無養生スパンである実験No.2はH-2-2のひずみはほとんど生じていないが、その他3か所の値は120 μ 前後生じており、実験No.1と比較して、発生箇所数、ひずみ値とも

に約1.5倍となっている。これらのデータを総合的に判断すると、養生スパンは無養生スパンより内部ひずみが小さい傾向にあり、初期養生を実施することで、内部ひずみの発生量を抑制することができると考えられる。

4-4-2 コンクリート有効応力

コンクリート有効応力の経時変化図を図-12に示す。

経時変化図をみると、打設後からすべての計測器に圧縮応力が加わりはじめ、その後も徐々に圧縮力が増加して約3か月後には定常状態に至っている。

最終計測時点での値を比較すると、養生を実施した実験No.1ではY-1-2が最小値でほぼ初期値

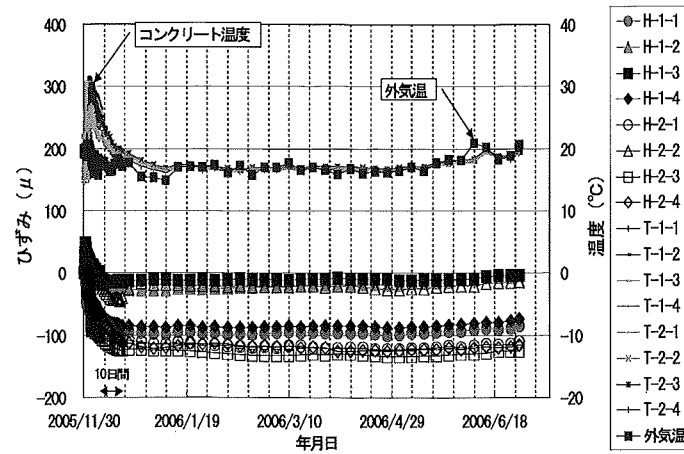


図-11 内部ひずみ

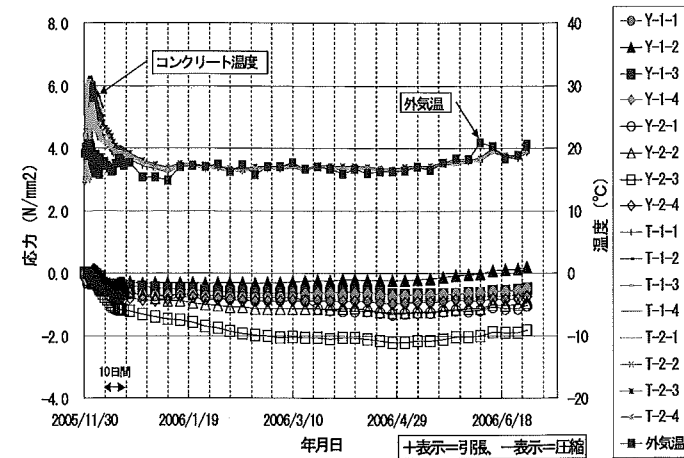


図-12 コンクリート有効応力

と同じ値を示し、他の値もバラツキが小さく初期値に近い。

これに対し、無養生とした実験No.2ではややバラツキが大きく、すべての計測値が実験No.1の最大値を上回っている。

このことから内部ひずみ同様に、養生スパンは無養生スパンより発生する有効応力が小さい傾向にあり、初期養生を実施することで、コンクリートの圧縮応力を抑制することができると考えられる。

4-4-3 表面ひずみ

表面ひずみの経時変化図を図-13に示す。

経時変化図の実験No.1の挙動をみると、H-1-10は計測期間中を通じてほとんど変動がみられな

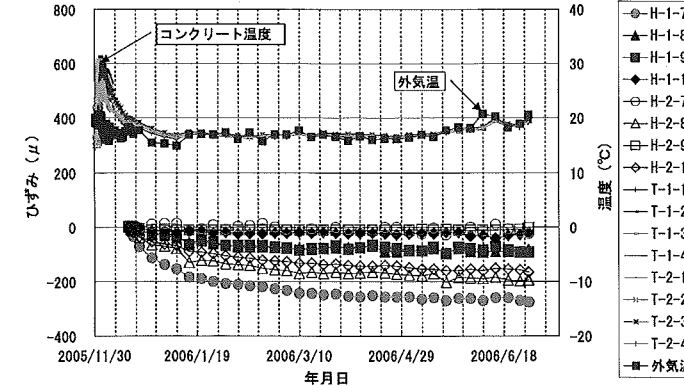


図-13 表面ひずみ

い。これに加えて、H-1-8とH-1-9もひずみ量が小さく、緩やかに圧縮が進行して約3か月で定常状態にいたっているとみてとれる。ただし、H-1-7についてのみ、他の計測箇所と大きく異なる挙動を示しており、圧縮ひずみは漸増して計測終了時点においても定常状態にはいたっていないようにみられる。この挙動は、H-1-7設置箇所である計測位置1における内部ひずみ、有効応力の挙動とも異なっている。仮に、このデータが実際の挙動を反映しているとするれば、養生を実施したにもかかわらず無養生箇所よりも大きなひずみが発生したことになる。その要因としては湿潤養生による温度応力が考えられるが、打設直後のコンクリート温度には低下したデータが見受けられず、最終計測時点においてひび割れも確認できていない。また、表面状態に関して比較対象となるデータもなく、この突出した挙動について説明することは困難である。これらのことから、H-1-7のデータの取り扱いには注意が必要であるが、ここでは特異データとして除外するのが妥当と考える。

一方、実験No.2の挙動では、H-2-7、H-2-9は計測期間中を通じてほとんど変動がみられないが、H-2-8、H-2-10は計測器設置後から圧縮が進行して計測終了時点においても定常状態には至っていないようにみられる。

前記のことから、表面ひずみについては明確な傾向はみてとれないが、実験No.1のうち特異データと考えられるH-1-7を除いた場合、養生スパンの実験No.1は無養生スパンの実験No.2と比較

してデータのバラツキおよび変動量が小さいといえる。

4-4-4 結合水率

計測終了後に養生実施スパン(実験No.1)と無養生スパン(実験No.2)の両スパンからコアを採取し、結合水率の測定を実施した。実験結果を表-10、図-14に示す。

実験の結果から、結合水率は、表面からの距離0~1cmでは、養生スパンの平均で21.8%、無養生スパンの平均で20.9%と、養生を実施したスパンが0.9%大きい値を示している。一方、表面からの距離4.5~5.5cmおよび14.5~15.5cmでは、両方のスパンで結合水量に差は認められなかった。

今回はコンクリート打設後6か月以上経過したコンクリートで測定を実施したため、長期的な水和の進行によって双方の値がほぼ同程度となり、室内実験結果のような明確な差異があらわれなかった。

4-5 現場実験結果の考察

室内基礎実験の結果を踏まえて、その効果を確認する目的で現場実験を行った。その結果、以下

表-10 コンクリート結合水率

深度(cm)	養生スパン			無養生スパン		
	計測位置1	計測位置4	平均	計測位置1	計測位置4	平均
0~1	21.7	21.8	21.8	20.8	21.0	20.9
4.5~5.5	21.8	22.3	22.1	21.8	22.4	22.1
14.5~15.5	22.1	22.5	22.3	22.4	22.4	22.4

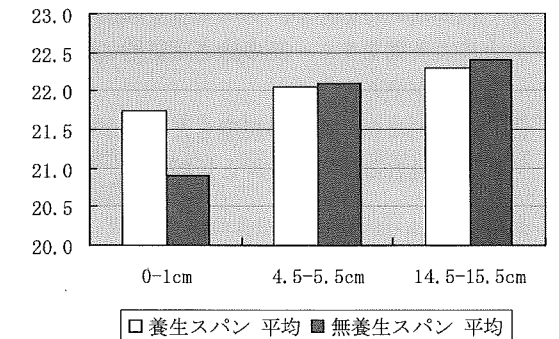


図-14 コンクリート結合水率

のことがわかった。

- ① 内部ひずみについては、養生を実施することで無養生の場合よりひずみ値が小さくなる傾向がみられる。初期養生を実施することで、内部ひずみの発生量を抑制することができると考えられる。
- ② コンクリート有効応力の計測結果から、養生を実施した場合は計測値のバラツキが小さく、発生応力が無養生の値より小さい傾向にある。初期養生の実施によって圧縮応力が小さく抑えられると考えられる。
- ③ 表面ひずみについては、全体的にややデータにバラツキがあるが、特異データを除いた場合には、内部ひずみや有効応力と同様に初期養生効果がみとれる。
- ④ 結合水率の測定では、室内基礎実験の結果と比較すると、実験条件による差異はほとんどなく、初期養生による効果は明確に現れなかった。

5 ま と め

覆工コンクリートの品質や仕上がりについての要求が向上しており、これに応えることを目的としてシステムチック養生台車を適用して実験を行った。室内基礎実験を経て、検討・開発・現場適用したことで以下の内容の見解を得ることができた。

- ① 室内基礎実験の結果からは、最初の2日間は封緘養生を、以降の4日間は湿潤養生を行うのが収縮ひずみの抑制には適当であることがわかった。
- ② 現場実験結果から、初期養生を実施することによる効果を、一部を除き定量的に確認することができた。
- ③ 総合的には、従来の脱型した直後から外気に直接接触するような条件と比較して、システ

マチック養生台車を現場適用することで養生条件が改善でき、コンクリートの品質向上に良い影響を及ぼすことを定量的に評価することができた。

また、最終覆工コンクリート打設完了から約3か月経過した時点でクラック調査を実施したが、注目していたひび割れの発生が極端に少なかった。これはシステムチック養生台車を導入した効果であり、コンクリートのひび割れ防止と仕上がり面の向上におおいに貢献したものと考えている。

しかしながら、上記のような効果とは裏腹に、養生条件については数少ない室内基礎実験条件から選定したことから、いまだ検討の余地があり、湿潤養生についてもコンクリート面への養生水の供給にやむを得ないなどの技術的な問題、また、覆工セントルと3台の養生台車を1度に移動させなければならないなどの作業上の問題点などが残った。

今後は、このような問題点を解消した有効な養生方法が開発され、トンネル覆工コンクリートの打設後の養生が通常作業として組み込まれることが望まれる。

6 お わ り に

システムチック養生台車の現場適用試験にあたりご指導をいただきました、中川浩二・臨床トンネル工学研究所理事長をはじめ、関係機関・関係者の方々に謝意を表します。

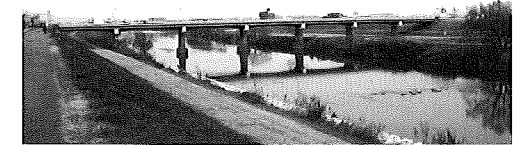
参 考 文 献

- 1) 東京電力(株)・(株)熊谷組：葛野川発電所新設工事(I期)のうち土木工事(導水路工区)、コンクリートの品質に関する検討書、1996.9.
- 2) (株)錢高組・前田建設工業(株)・日本国土開発(株)・(独)土木研究所：小径コア試験による新設の構造体コンクリート強度測定要領(案)、2006.5.



「河内木綿のふるさと」八尾より

岡田 豊



大和川



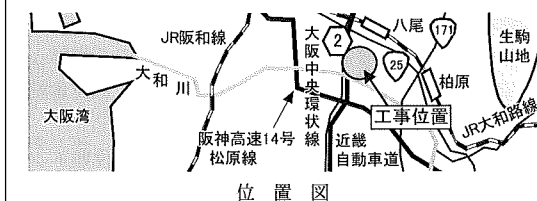
シールド坑内(180m付近)

河内平野の中部に位置するここ八尾は、河内木綿の産地として有名な町である。市の南部に位置する大和川は、元々は河内平野を貫いて淀川水域と合流するように流れていた。川が運ぶ肥沃な土砂のおかげで古代から田畑が開かれていたが、常に洪水の危険が付きまっていた。江戸時代、十数回に及ぶ堤防の決壊などによる大水害が起きたことがきっかけで、1704年に中甚兵衛氏らによって付け替え工事が行われ、西向きを変えて、堺から大阪湾に流れるようになった。付け替えで生まれた川底の砂地に新田が作られ、綿が栽培されるようになり、紡績が盛んな地域となった。

しかし、昭和中期には木綿の生産が衰退し、変わって歯ブラシの生産が盛んとなり、今では全国生産量の四割を占める。メジャーなところでは、「ああ、えんやこらせーどっこいせー」の節回しで有名な河内音頭の発祥の地でもある。

現場のすぐ北側には八尾飛行場がある。1934年に開港し日本では珍しい交差滑走路を持つ。那覇空港と同じ第二種空港であるが、現在は定期便の就航はない。現場上空にはヘリコプターが低空飛行している。

元来、河内平野は東は生駒山地、西は上町台地に挟まれた低地である。自然特性から降雨時はポンプによる強制排水を強いられ、浸水被害が起こりやすかった。さらに都市化の進展により、田畑が住宅地やビルに変わり、ほとんどの道路も舗装されたことで、雨水が地下に浸透しなくなった。その結果、集中豪雨時は一時に下水管に流れ込む量が増え、流入量の増大により流下能力が不足し、浸水被害が発生するようになった。そこで、オーバーフローする雨水を新たな管で排水することにより、浸水防除を図る目的で増補幹線が計画された。1994年度に着手し、2000年度から一部供用を開始して、事業の効果を発揮しつつある。



位置図

さて、飛行場南増補幹線(第3工区)は、八尾市大田3丁目の発進立坑から、泥水式シールド工法(シールド外径φ7,160mm)により仕上がり内径φ6,000mm、延長1,964mの増補管を築造するものである。施工区間の直上には1985~87年にかけて泥土圧シールド工法で弊社が施工した供用中の下水管(φ3,500mm)が土かぶり5mの位置にある。担当技術者の中には当時この工事に従事していた者がおり、発進立坑内で吊り防護によってセグメントが22年ぶりに健全な姿で目の目を見たときは、目に光るものがあつたと聞いている。

22年の間に周辺環境が急変し、田畑であった場所にはマンションが立ち並び、発進基地は住宅に囲まれた位置とならざるを得なかった。住宅地の真真中に突然できた大きな工場のような防音ハウスに、周辺住民の関心は高く、今までに地元見学会を6日間開催した。坑口には見学者用のステージを設置し、シールドトンネルを高い位置から見渡せるベストスポットとなっている。

工事は、2007年5月7日にシールドを投入し、7月9日に発進式を行い、2008年1月末現在で750mの位置まで順調に掘り進んでいる。

今後、発注者・関係各位のご指導のもと、全員一丸となって無事故・無災害での到達と高品質の管渠築造を目指して努力していく所存である。

(奥村・西松・東急・浅沼・奥村組土木JV所長)



「万葉のロマン」熊本県芦北町より

伊藤典彦

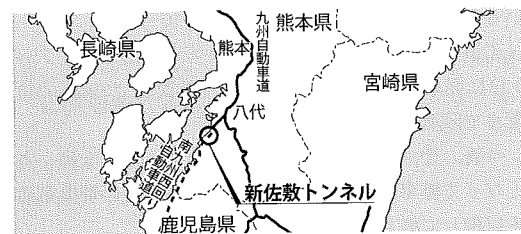
熊本県南部に位置する芦北町は、万葉のロマン漂う歴史の町である。「日本書紀」によれば、古代、景行天皇(ヤマトタケルノミコトの父)が熊襲征伐時に芦北から八代の水島に向けて船出したことが記されている。その後、持統天皇の御世に九州・太宰府に派遣された長田王は芦北の地にも足をのびた。その折、長田王が景行天皇を偲んで詠んだ歌が「万葉集」におさめられている。

芦北の野坂の浦ゆ船出して

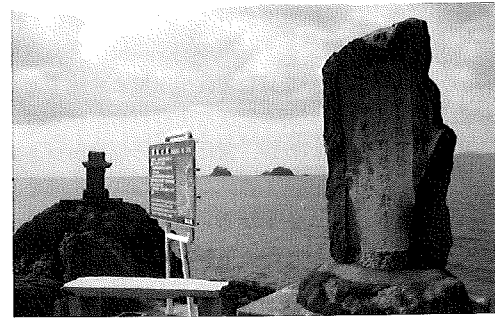
水島へ行かむ波立つなゆめ

歌の大意は「芦北の野坂の浦から船を出して、景行天皇が行かれた水島へ自分も行きたいと思う。だから波よ荒れないでくれ」。長田王が船出した野坂の浦は、芦北町の佐敷港あたりといわれ、御番所の鼻に長田王の歌碑が建っている。寛永10(1633)年には、初代細川藩主忠利公の父・忠興公も野坂の浦を訪れたという。文政元(1818)年佐敷を訪れた頼山陽は、漢詩に寄せてその眺望を「芸洲に似たり」と絶賛した。野坂の浦は万葉の昔から景勝の地として知られ、多くの人々を魅了してきた。

芦北付近の道に目を転ずると、江戸時代以前からの薩摩街道があり、この中の難所に佐敷太郎峠がある。この難所を克服するために、明治時代には旧国道3号に現存する延長430mの「佐敷隧道」が建設された。時代の流れとともに整備が進められ、昭和39年、現国道3号に延長1,570mの「佐敷トンネル」が建設され、現在も九州の動脈として約18,000台/日の通行量がある。そして現在、次世代へ続く道として、南九州西回り自動車道の建設が進められており、この中に延長2,919mの「新佐敷トンネル」がある。



位置図



野坂の浦



対策工を駆使した切羽

当現場は、南九州西回り自動車道日奈久芦北道路の田浦地区に位置し、佐敷太郎峠のトンネルとして3代目となる新佐敷トンネルの日奈久側を施工している。坑口周辺は、甘夏みかんやデコボンなどの果樹園に囲まれ和やかな雰囲気が漂っている。トンネルの地質は基盤岩が秩父帯に属する古生代二畳紀の与奈久層および時代未詳の貫入岩類である。粘板岩、チャートそして砂岩が混在したメランジュ層が主体となっており、付加帯地質の特徴がよく見られる。平成17年4月に掘削を開始したが、度重なる大量突発湧水や地山崩落に見舞われ、当初の予想を超える厳しい状況での施工を余儀なくされた。また地山は膨張性を呈し、その対策として鏡部補強工、天端部補強工、早期閉合および地山改良などの対策工を駆使しながら工事を進め、本年3月に貫通した。8月竣工を目指し、地元のご理解とご協力を賜りながら国土交通省の指導の下、鋭意奮闘中である。

(五洋・竹中土木特定建設工事共同企業体新佐敷トンネル工事所長)

施工

都市部での大口径シールドの課題をさまざまな創意工夫で克服

—東京メトロ副都心線 新宿御苑工区—

東京地下鉄(株)建設部工事課課長補佐 亀山 勝
東京地下鉄(株)建設部新宿工事事務所主任 的場 純一
大成・ハザマ・鉄建建設共同企業体所長 渡辺 重人

1 はじめに

東京メトロ「副都心線」は、池袋(豊島区)を起点として、雑司が谷(豊島区)、新宿三丁目(新宿区)、明治神宮前(渋谷区)を経て終点の渋谷(渋谷区)に至る延長8.9kmの新路線である。

当工区は新宿三丁目駅～北参道駅間889mを掘削外径φ10.03mの泥水式シールドで築造した。

当工区の特徴としては、重要都市機能を持つ新宿に発進立坑が位置しているため、地下には電力・通信・水道などのライフラインが数多く張り巡らされている。これら地下埋設物を考慮して、立坑を設置しているため、立坑の大きさ、立坑開口の条件が厳しく設定された。地中障害物として発進部には隣接ビル施工用除去式アンカーの定着部およびシース、到達部には東電人孔築造時の残置杭があり撤去する必要があった。都市重要構造物との近接施工となるため、慎重な掘進管理が必要であった。また、掘進で発生する余剰泥水(産業廃棄物)の活用も行っている。セグメントは幅広セグメントを使用し、施工時の挙動把握のため計測を行った。

本稿では、当工区のシールド工事のうち、狭隘な立坑開口でのシールド組立、幅広セグメント

(幅1,600mm)の施工時における工夫と挙動計測結果、および環境負荷低減を目的としたシールド掘進に伴う余剰泥水の再利用を中心に報告する。

2 工事概要

2-1 路線概要

本工事は、延長約889mの複線シールドトンネルを泥水式シールドにより築造する工事である。工事概要を表-1、トンネル標準断面図を図-1、工区平面図を図-2に示す。

新宿御苑工区トンネルは新宿三丁目駅を発進基

表-1 工事概要

工事名称		13号線新宿御苑工区土木工事
施工場所	東京都渋谷区千駄ヶ谷5丁目33番地先 ～東京都渋谷区千駄ヶ谷4丁目6番地先	
企業者	東京地下鉄(株)	
施工者	大成・ハザマ・鉄建建設共同企業体	
工期	平成15年11月26日～平成18年4月10日	
主な工事内容		
トンネル	掘進延長	889.0m
	外径	φ9,800mm
	内径	φ9,000mm
	掘削径	φ10,030mm
線形	平面線形	半径162～715m
	縦断勾配	-7.0～-10.0‰ 土かぶり: 9.59～14.40m

地として、新宿三丁目駅終端部の立坑から発進し、都道305号(通称：明治通り)直下を渋谷方向へ向かい北参道駅まで掘進するルートである。

平面線形は、五つの曲線部を有し、発進部には曲線半径162m、到達部には曲線半径227mの急曲線があり、路線全体の75%が曲線部となっている。

縦断勾配は、発進部から到達部に向かい-7~

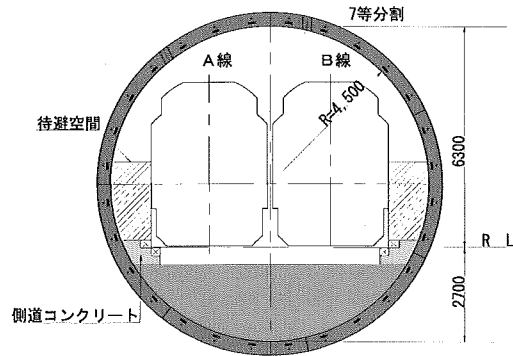


図-1 トンネル標準断面図

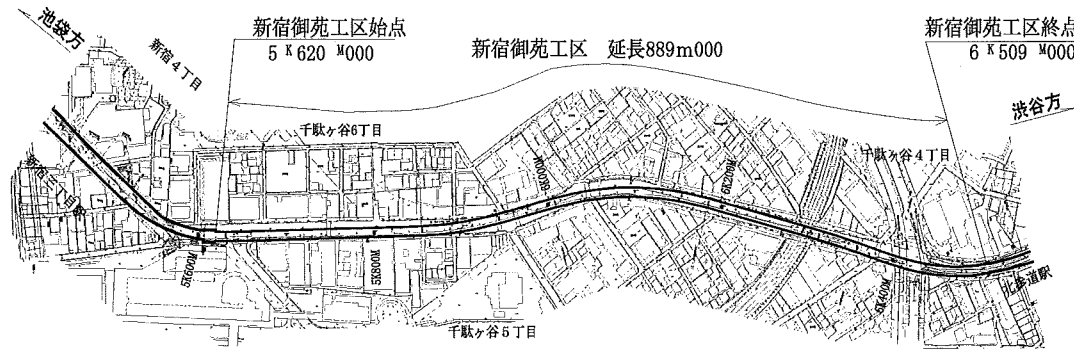


図-2 工区平面図

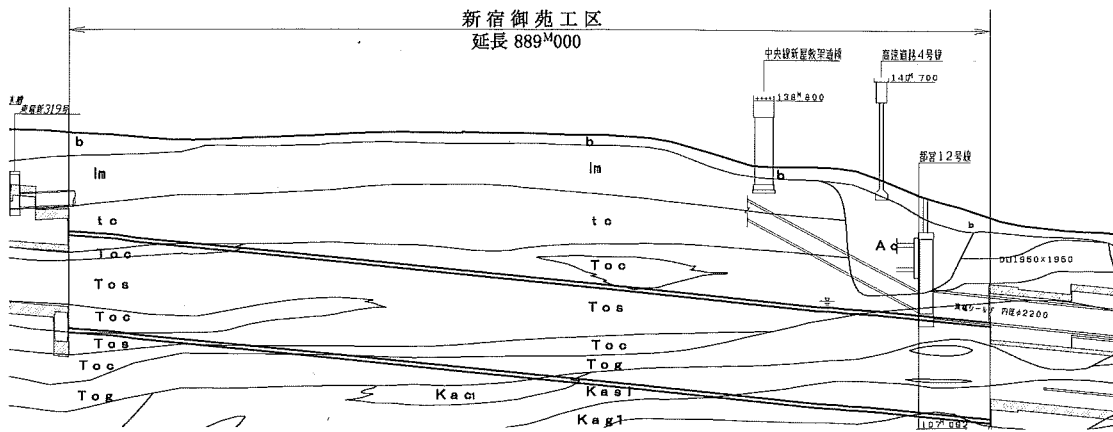


図-3 地質縦断面図

-10%の下り勾配となっている。土かぶりは、発進部で9.59m、到達部で10.26m、最大土かぶりは14.40mと比較的浅い位置で複線シールドトンネルの築造を行った。

全線にわたり城南島清流復活導水路トンネル、東電鞘管との近接となり、到達部付近ではJR中央線新屋敷架道橋、首都高速4号線橋脚、都営大江戸線シールドトンネルと交差、東電シールドトンネル、下水道トンネルと近接する位置関係にある。

2-2 地質概要

本工区の地質を図-3に示す。シールド掘進断面の地質は、発進部から250mの区間は掘削断面下半から東京層砂質土(Tos層)、東京層粘質土層(Toc層)、火山灰粘質性土(Tc層)が互層となっている。250m以降は、東京礫層(Tog層、最大礫径70mm程度)、上総層群砂質土(Kas1層)、上総層礫質土(Kag1層)が徐々に出現する。さらに、到達部側ではトンネル上部に沖積層粘性土(Ac層)

が堆積している部分がある。

3 施工計画

3-1 シールド

シールドは泥水圧式シールドとし、シールドの概要を図-4に、シールドの基本仕様を表-2に示す。シールドの設計にはとくに以下の点に配慮した。

3-1-1 狭隘な発進立坑

発進基地となる新宿三丁目駅端部に位置する立坑は、長さが12.5mであり、セグメント幅が1.6mと大きく、さらにキーセグメント挿入形式が軸方向挿入型のシールドの立坑部長さとしては小さな立坑であった。

図-5に、同径クラスにおけるセグメント幅、キー

セグメント挿入形式およびテールブラシ段数を考慮したシールド長とシールド外径の関係図を過去のデータと比較して示す。図を見ると、今回使用

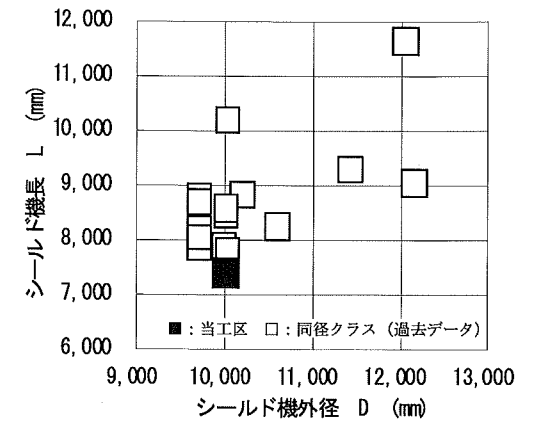


図-5 シールド機長Lと外径Dの関係

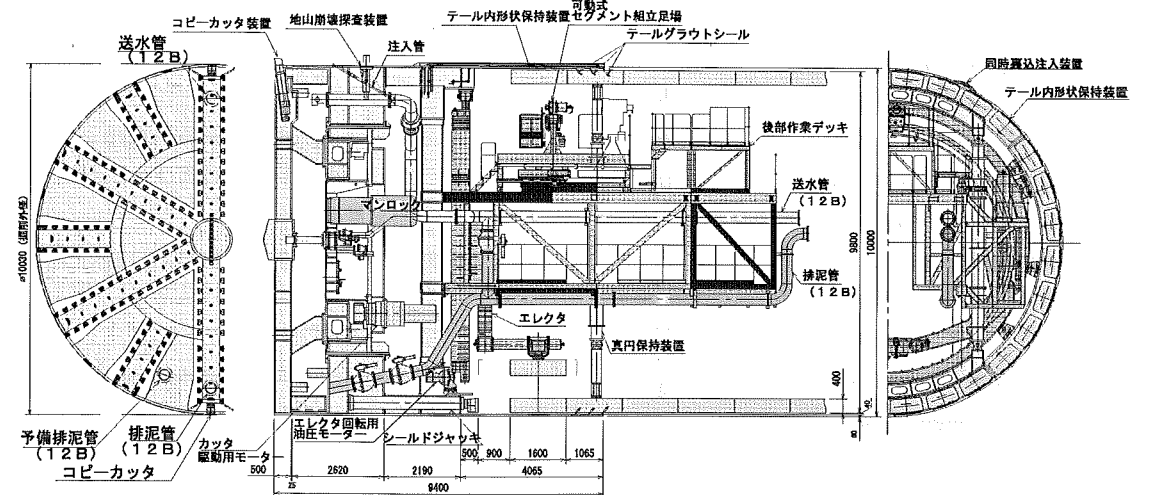


図-4 泥水式シールド概要図

表-2 シールド基本仕様

シールド本体		カット・送排泥管		付属設備	
形式	泥水圧式	カットフェイス	スポーク式：外周12本 内周6本	マンロック	1台
外径	φ9,800mm	開口率	25.4%	同時裏込め注入装置	2台(油圧シリンダー方式)
機長	9,400mm	支持方式	中間支持	セグメント組立装置	リングドラム式
ジャッキ	推力：2,500kN×28本 ストローク：2,550mm	駆動方式	電動駆動	機内注入管	2B×6本
テールシールド	3段	トルク	11,100kN-m	テール内形状保持装置	エアージャッキ式(28台)
セグメント挿入方式	軸方向挿入型	回転速度	0.51min ⁻¹	真円保持装置	作業デッキ懸垂形 上下拡張式
		送泥管・排泥管	主管300A×1本 主管300A×1本	余掘装置	コピーカッター方式
		バイパス管	300A×1本	攪拌装置	攪拌翼形式

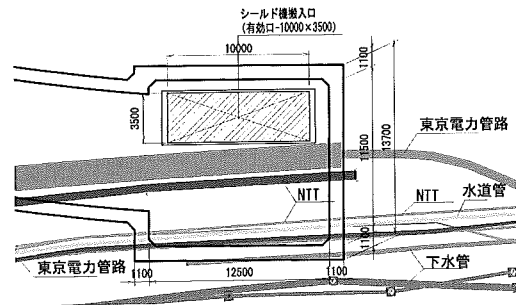


図-6 地下埋設物と立坑開口位置図

したシールドは、過去の同径クラスのシールドよりも機長をできる限り短縮したことがわかる。

3-1-2 非常に小さいシールド搬入開口

図-6に、発進立坑部における埋設管の状況を示す。図から発進立坑となる新宿三丁目駅端部は、東京の副都心でもある新宿に位置しているため数多くのライフラインが存在していた。このため、埋設管がシールド搬入開口を妨げる状態で埋設されていたことから開口寸法が非常に小さくなった。

シールド組立時にシールド本体の分割数を工夫することで、非常に小さな搬入開口でもシールドの搬入、立坑内での組立てを可能にした。

3-1-3 急曲線施工

トンネル到達部には曲線半径227mの急曲線を有しており当工区の急曲線と同程度の条件下においては、曲線施工性を向上させるために中折れ装置を搭載することが一般的である。しかしながら当工区では、過去における東京地下鉄の都市部におけるシールド工事施工技術の蓄積と、当工区の掘削対象地盤が洪積硬質地盤であることから、中折れ装置を排除しシールド機長を短くすることで、急曲線を施工できると判断した。

3-1-4 立坑とシールドの最小離隔

発進立坑の内寸寸法は長さ12.50m×幅11.50m×高さ14.15mである。立坑内の高さは、上床スラブ下面からシールド天端までが約1.1m程度、両側壁とが0.75mと非常に狭い立坑であることから、立坑側壁には横引き機能を、上床スラブ下面には吊り機能を設置してシールドの組立てを行った。

3-2 セグメント

当工区のセグメントは、鉄筋コンクリートセグ

メント平板型を採用しており、直線部用(幅1,600mm)、曲線部用(幅1,200mm)の2タイプを使用した。セグメント分割数は7等分割で、Kセグメントは軸挿入型とした。セグメント継手は硬質地盤を対象に経済性、長期耐久性向上を目的として新規開発されたBEST継手構造とした。

製作は国内のほか、韓国の製作工場においても製作しており、全セグメント数の約1/4、全継手数の約1/2の製作を行い国際化・経済化を図った。なお、幅1,600mm用型枠については、韓国でのセグメント製作完了後、国内に海上輸送し国内でのセグメント製作に再使用している。韓国の現地工場には日本のセグメントメーカーより製作管理者を常駐させ、検査を徹底し製作した。

4 施 工

4-1 実施工程

開削工区から平成17年1月9日に新宿三丁目駅の立坑部を引き継ぎ、発進準備を進めた。工事中の資機材の搬出入、掘削土砂および余剰泥水の搬出は、新宿三丁目駅から行うこととした。

シールドは平成17年6月新宿三丁目駅から北参道駅へ向け発進し、平成17年11月30日到達した。

また、掘進中にインパットコンクリートの打設を行い、到達後は側道コンクリートを発進部と到達部から施工し工程促進を図った。

4-2 掘進管理

4-2-1 切羽泥水圧管理

切羽泥水圧は、地表面に掘削に伴う先行隆起を発生させないために、予備圧(20kN/m²)を考慮し、泥水圧管理値を設定した。切羽泥水圧は、路面変状の計測結果を泥水圧管理値に反映させる管理方法を行った。泥水圧管理値の変化点においては、路面変状の監視を強化し切羽泥水圧の変更を行った。とくに、シールド土かぶりに沖積層粘性土(Ac層)を有する到達部については、長期的な後続沈下を誘発する先行隆起を起こさないように路面変状の計測管理を強化した。

4-2-2 泥水物性管理

泥水物性は、シールド掘削断面の大部分を占め

ている東京層群砂質土(Tos層)、逸泥の可能性が高い東京層群礫質土(Tog層)、上総層群礫質土(Kag1層)ならびに到達部のシールド土かぶり部に沖積層粘性土(Ac層)、東京層群礫質土(Tog層)が出現する区間を対象として泥水浸透実験を実施し、泥水物性管理値を決定した。泥水試験結果を表-3に示す。

比重および粘性の管理は、比重が高いことにより礫層掘進における礫の輸送性が向上することから、泥水輸送設備のポンプ能力の範囲内で管理値よりも高めの管理を行った。また、泥水の山留め機能と輸送機能を確保するため、管理値を下回らないように管理を行った。

砂分含有率は、泥水輸送配管の閉塞を考慮し、管理上限値を上回らないように管理を行った。

掘削土量は、掘進総合管理システムによる掘削偏差流量・掘削土砂量・掘削乾砂量の監視により、地山・地下水の取り込み量の管理を行った。掘削排泥量を的確に把握し、安全かつ円滑な掘進を行

表-3 泥水試験結果

	泥水物性管理値		
	比 重	ファンネル粘性度	砂分含有率
一般部	1.15~1.30	26~35s	10~15%
到達部	1.25~1.30	30~40s	10~15%

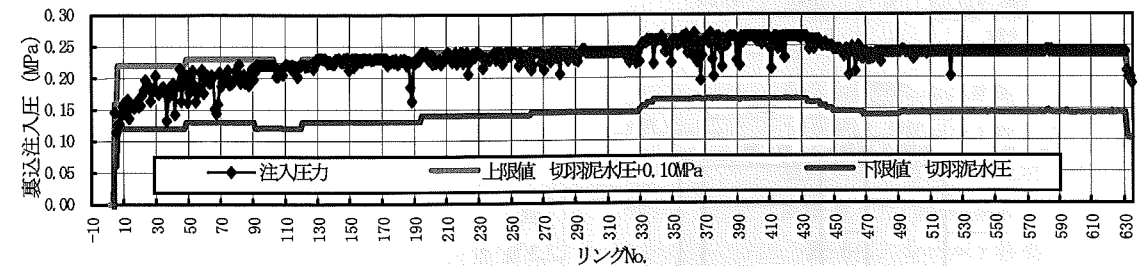


図-7 裏込め注入圧管理図

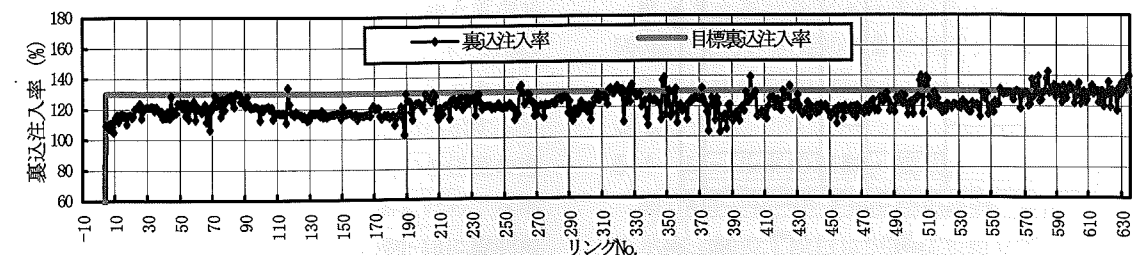


図-8 裏込め注入率管理図

うために、電磁流量計とγ線密度計を設置した。これにより排泥流量を計測し、直近のデータと過去50リングのデータを比較することで異常を迅速に判断し、施工に反映した。

4-2-3 裏込め注入管理

掘進上部が軟弱な地盤であることから、裏込め注入は同時裏込め注入を行った。裏込め注入管はスキンプレート上部に左右1か所ずつ設置し、掘進速度と連動させて左右2系統からの注入とした。また、シールド土かぶり部の土質は崩壊性の高い地盤であることから、地山の早期安定を図るため、初期強度の立ち上がり大きい2液可塑状注入材を採用した。

裏込め注入圧は周辺地盤の隆起を防止するため、切羽水圧+100kN/m²を上限値とした圧力管理を行い、注入量は地山への加圧を考慮して理論ボイドの130%を基本とした。図-7に裏込め注入圧管理図を、図-8に裏込め注入率管理図を示す。

図より裏込め注入圧は、テールボイド発生状況が各リングにより異なるため注入圧力にばらつきがでていものの、上限値よりの管理ができており十分な充填が行われたと判断できる。

裏込め注入率の管理結果は、初期掘進区間では平均121%、本掘進区間では平均120%、到達部で

は平均126%となった。

以上の管理結果および路面変状の計測結果に異常が見られなかったことから、掘進管理は適正に行われたと判断できる。

5 狭隘な立坑開口でのシールド組立

5-1 発進立坑構造

発進立坑におけるシールド搬入開口は立坑に対し端部のみに制限されており、開口有効寸法が長さ10.0m×幅3.5mしか作ることができなかった(図-6参照)。

5-2 シールド・シールド受け台の分割

狭隘な立坑構造の問題を解決するため、立坑内での移動・旋回を伴った組立手順を立案し、この計画に合わせシールド本体を18分割、カットディスクを9分割とした。また、シールド受け台もシールドの分割数に合わせ4分割とした。表-4にシ-

表-4 シールドの分割数と受け台の分割長さ

部 位	シールド		受け台
	分割数	長さ(mm)	長さ(mm)
カットディスク	9	525	300
前胴	6	2,620	3,650
中胴-1	4	1,030	
中胴-2	4	1,760	
後胴	4	3,465	4,090

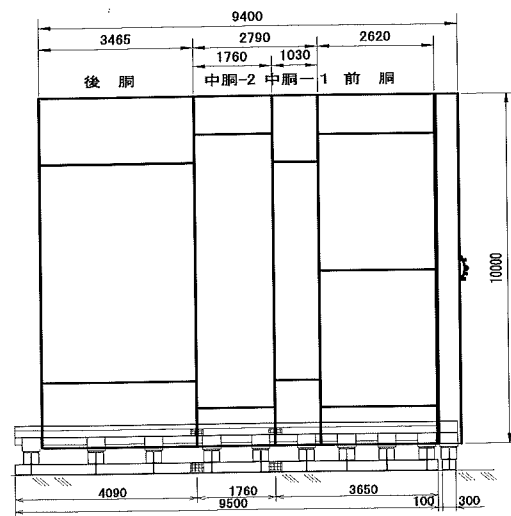


図-9 シールドと受け台の分割図

ールド各部位の分割数と長さ、シールド受け台の分割長さ、また図-9にシールドと受け台の分割図を示す。

5-3 組立諸設備

シールドの組立てにおける地上からのシールドの投入は、交通条件を考慮して夜間施工のみとした。シールド本体を分割した個々の重量を、表-5に示す。クレーンを使用する吊り上げ作業のうち最大吊り上げ重量は、駆動部の組立てが完了して、縦置きするときであり、そのときの最大重量は735kNである。そのため、施工ヤード、シールド搬入開口の位置、吊り荷の最大重量とクレーン能力を考慮し、吊り上げ能力が4,000kN吊り(400t吊り)クレーンを使用し効率的に作業を進めた。

シールド投入開口が端部に偏っているため、開口直下で組み立てたシールドを立坑内部へ移動させる必要がある。このため、立坑内部にシールドを引き込むための設備を設置する必要があった。しかしながら、本工事において、立坑が狭く、大規模な移動設備を設置することができないことから、立坑内部のスペースを有効利用するために発進立坑の側壁部にアンカーを設置し、アンカーよりシールドを発進架台ごと引っ張り、滑らせながら移動させる構造とした。移動・旋回用アンカーの配置図を図-10に示す。

シールド内部の諸設備および後胴の組立ては、シールドの移動・旋回が完了した後に組立てを行うため、立坑の上床スラブ下面に吊り治具を設置し各部材を立坑内部に引き込み・組立てを行う計画とした。図-11に上床スラブ下の吊りインサート配置図を示す。

シールド組立前には、立坑下面に鉄板を隙間がないよう敷き並べており、発進架台の下面には、

表-5 各部材の重量

部 位	分割数	最大重量(kN)
カットディスク	9	151
前胴	6	310
中胴-1	4	85
中胴-2	4	195
後胴	4	140

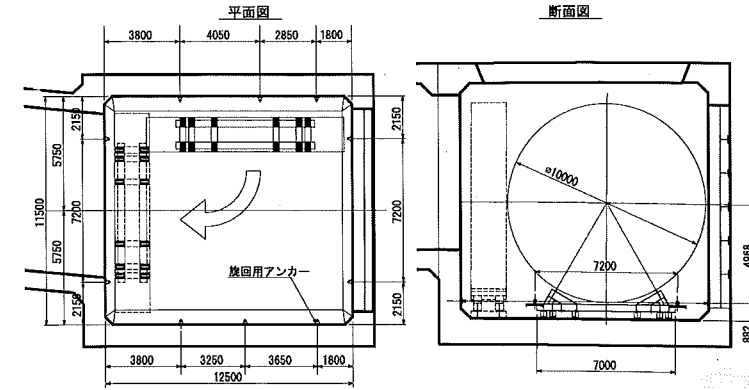


図-10 旋回用アンカー配置図

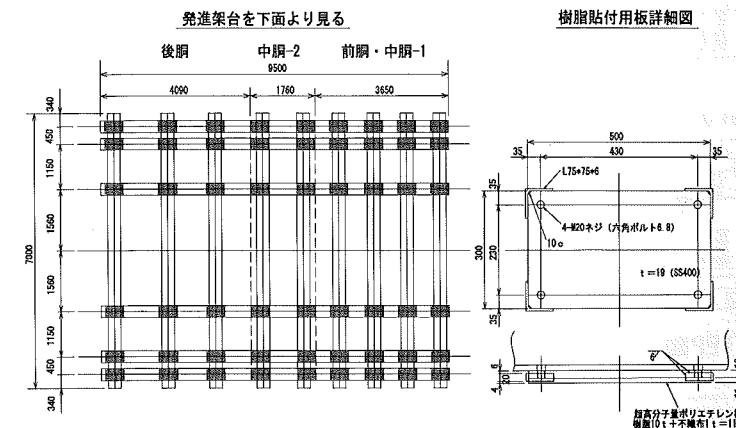


図-12 樹脂プレート貼り付け位置および詳細図

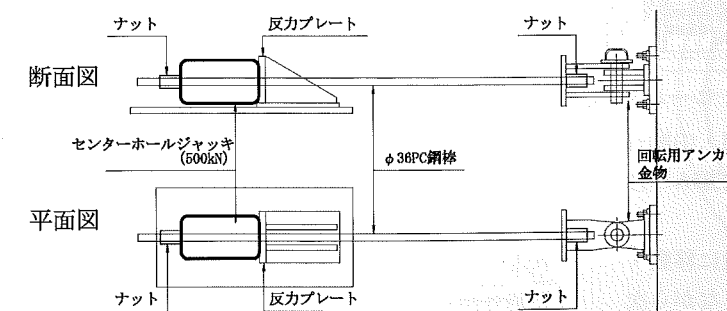


図-13 旋回用アンカーと水平牽引装置構造図

より移動を効率的に進めるため、超高分子量ポリエチレン樹脂プレート(500mm×300mm、t=11mm)を54か所に配置した。図-12には、ポリエチレン樹脂プレート貼り付け配置図と詳細図を示す。

シールドの移動・旋回は、シールドを任意の方向に任意の量を移動させる必要があるため、水平牽引装置による工法を採用した。図-13に旋回用アンカーと水平牽引装置図を示す。

センターホールジャッキのストロークは最大500mmであり、所定の位置に到達するまでジャッキの盛り替えを行いながらシールドの移動をくり返し行った。

5-4 シールドの移動・旋回

図-14に、シールド組立時の移動・旋回状況図を示す。図の1段目は中胴-2の組立て・移動を示し、2段目は前胴・中胴-1の組立てからカット

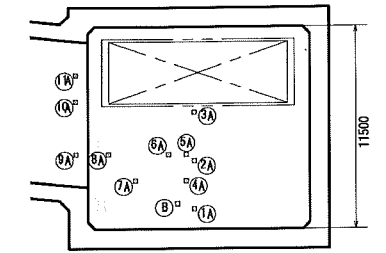


図-11 吊りインサート配置図

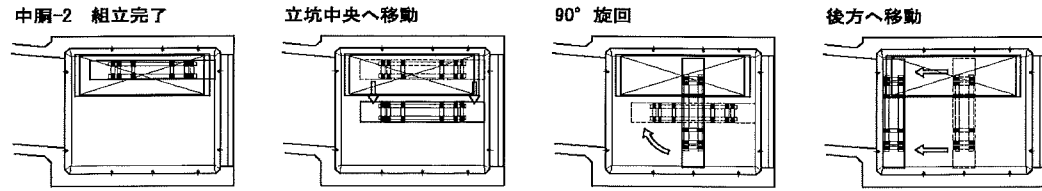
表-6 シールド移動時の重量と移動距離

部 位	重量(kN)	移動量(mm)
中胴-2	1,160	4,000中央移動 +90°旋回 +6,000後方移動
前胴・中胴-1	2,260	6,350後方移動
カットフェイス ・前胴・中胴-1	4,530	90°旋回 +3,020前方移動
中胴-2	1,160	5,840前方移動

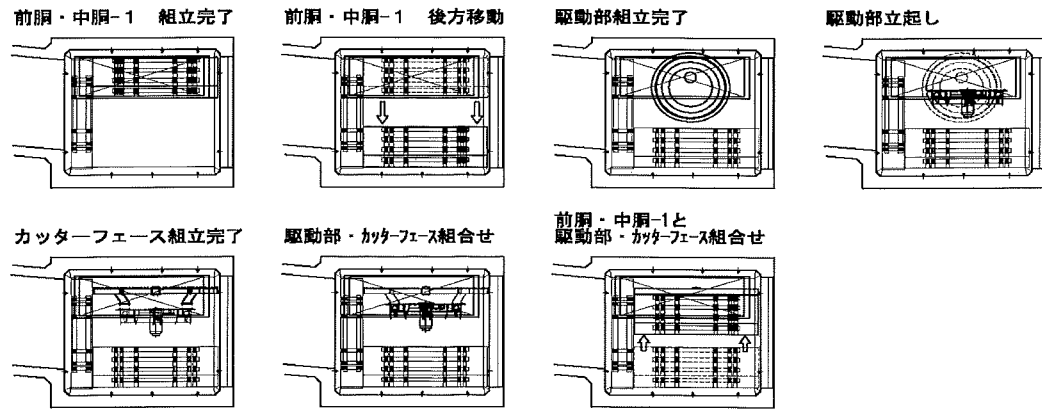
水平牽引装置は、旋回用アンカー金物と反カプレート間にPC鋼棒を通しセンターホールジャッキにて移動させる構造となっている。また、移動量はジャッキ制御を集中管理することにより微小移動を可能にした。移動・旋回には500kN用のセンターホールジャッキを2台使用した。移動・旋回用アンカーは、シールド組立の大きさ、旋回角度を考慮して立坑内に10か所配置した(図-10参照)。

表-6に、シールド移動時の重量と移動距離を示す。

中胴-2 旋回・移動STEP図



前胴・中胴-1 組立STEP図



前胴・中胴-1、中胴-2 移動STEP図

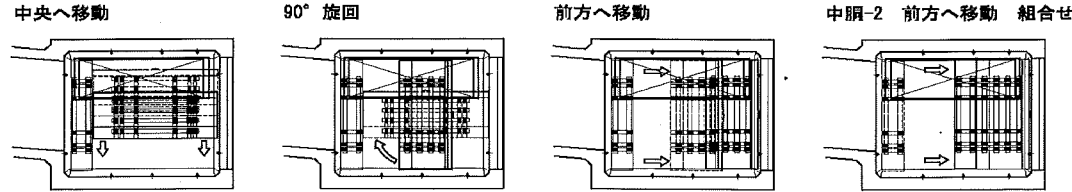


図-14 シールド組立時の移動・旋回状況

駆動部との組み合わせを、3段目は前胴・中胴-1の90°旋回移動、そしてシールド発進位置への移動と中胴-2の移動までを示している。

図を見ると、シールドを組み立てた後に移動・旋回をくり返し、組立スペースを確保しながら次の組立てを行っている。また、組み立てられたシールドは2回の90°旋回移動を、立坑中央部にて行った。これは、組み立てるシールドに対して立坑の内空寸法が狭いため空間を最大限利用するためである。組み立てたシールドの移動を行った後に、搬入開口直下に空間をつくりシールドの中心部であるカッター駆動部の組立て、カッターフェイスの組立てを行い、その後でカッターフェイスとの組み合わせを行った。

最終的にシールドが所定の位置にセットされた状況を見ると、搬入開口が組み立てられたシールドによって半分塞がっている状況がわかる。この状況のもとで、前述した立坑スラブ下面に設置した吊り冶具を使用しながら、シールド内部の諸設備および後胴の組み立てを行った。

6 セグメントの挙動計測

東京メトロ副都心線新設工事では、工程短縮・工期削減の目的からセグメントの幅広化(W=1,600mm)による施工速度の高速化が図られた。しかしながら、近年他工事において幅広セグメント使用時の施工時荷重による影響が指摘されており、この点の対策として今回使用したシールドには、

シールド掘進中にセグメントに発生する応力を緩和する目的で、シールド後方スキンプレート部に膨縮自在である空圧式膨張体を設置し、組み立てたセグメントリングを周囲から拘束するテール内形状保持システムを装備した。

テール内形状保持システムの有効性の確認と実際に覆工するセグメントを使用した幅広セグメントリングへの影響を調べる計測を行った。計測位置平面図を図-15に、測定項目を表-7に示す。計測位置は発進立坑から54mの直線区間とした。

6-1 断面変形

図-16に、43リング組立て直後の断面変形の計測結果を示す。測定結果を見ると、広い上半部においては、真円に対して-20~10mmの範囲で変位しているが、下半部ではほぼ真円である。

6-2 テールクリアランス

図-17は、43リングセグメント組立て直後のテールクリアランスの測定結果を示し、図-18は、43リングセグメントの44リング掘進時における切羽に向かって3時方向のテールクリアランスの経時変化を示している。組立て直後の結果から、上半部で70~80mmと広く、下半部で20~30mmと狭くなっていることがわかる。また、掘進時の測定結果を見るとテール内形状保持システム解除後、一時的にセグメントリング切羽側端部が拡径しており、2段目(St=800)、3段目(St=1,200)のブラシ接触により縮径する傾向にあるものと推察される。測定結果より、テール内形状保持システムの使用

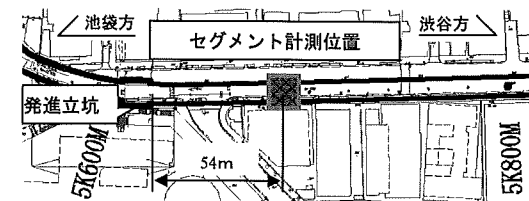


図-15 計測位置平面図

表-7 セグメント測定項目

目的	計測項目
施工時荷重の影響把握	・断面変形 ・土圧 ・内部応力
テール内形状保持システムの有効性実証	・テールクリアランス ・継手変位

により、シールドテール内でセグメントの挙動が0mmで推移していることが確認できる。また、解除後においても、セグメントの挙動を5mm以下に抑えることができる。

6-3 土圧の測定

図-19に44リング掘進時の43リング土圧計の経

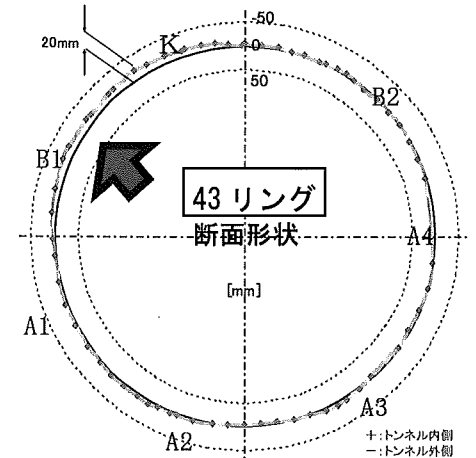


図-16 43リング断面変形測定結果

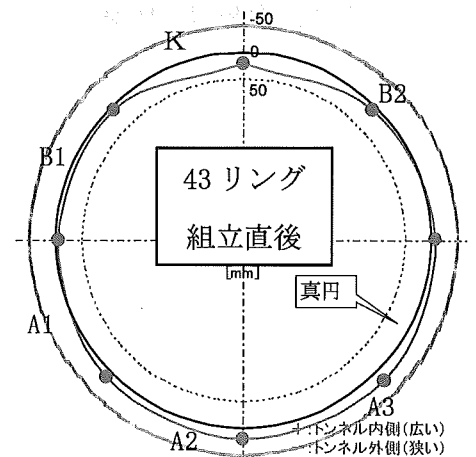


図-17 テールクリアランス

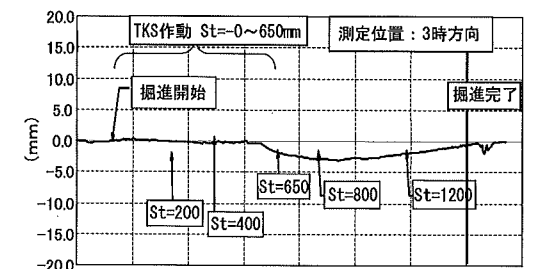


図-18 43リングのテールクリアランス時系列変化

時変化を、図-20に45リング掘進時の43リング土圧計の経時変化を示す。測定位置は、45°ピッチの8か所とした。

図-19の掘進ストローク1,200mmの圧力分布に着目すると、テールブラシの接触に伴い、テールクリアランスの狭い135°、180°の測点で一時的に高い圧力を感知していることがわかる。最大圧力は400N/m²であるものの、掘進完了後は150kPaまで減少していることがわかる。

図-20を見ると、掘進中は、テールブラシ接触

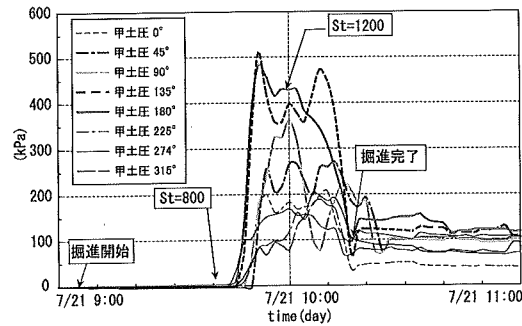


図-19 44リング掘進時の土圧計経時変化

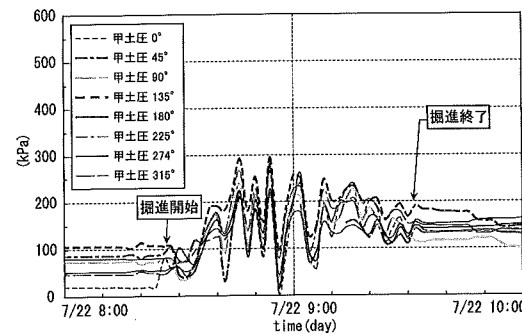


図-20 45リング掘進時の土圧計経時変化

と裏込め注入圧の影響を同時に受け、0~300N/m²の範囲で変動しているが、掘進終了時では、各測点ともに100~200N/m²となっている。

以上より、テール脱出時に受ける圧力変化は、裏込め注入圧よりもテールブラシ接触圧力の方が大きくなる傾向にあることがわかる。

6-4 内部応力

図-21に、43リングセグメントの周方向切羽側の鉄筋応力を示す。

図より、テール拘束時ではテールブラシ接触の

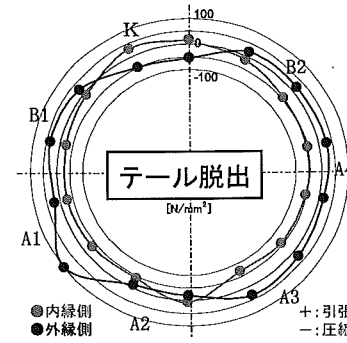
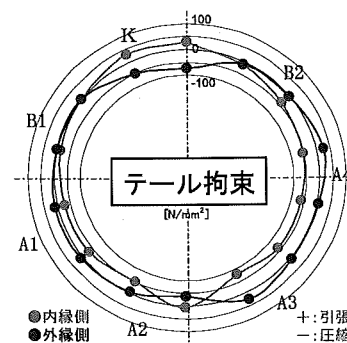


図-21 43リングの周方向切羽側の鉄筋応力

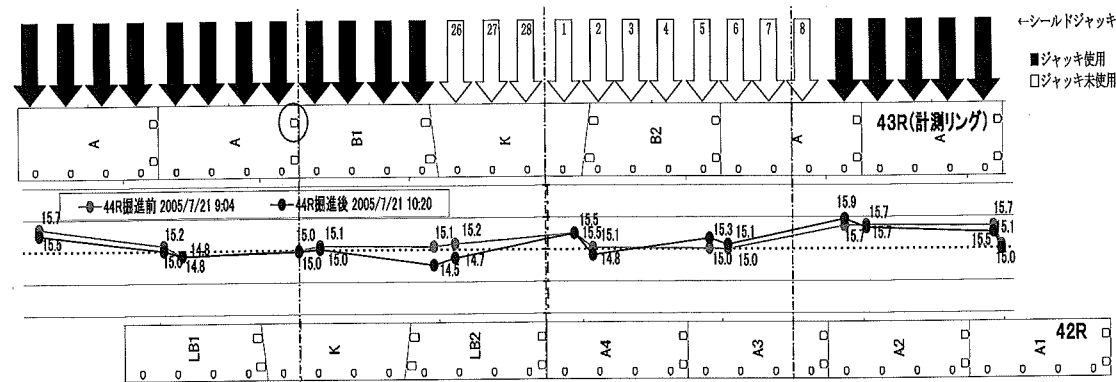


図-22 目違い計測結果

影響を受けて、上半部で正曲げ、スプリングライン付近で負曲げが生じている。その後、テール脱出の影響を受けて若干変動するが、以後も内部応力は残留する傾向にある。

6-5 継手変位

図-22に、43リングセグメントのピース間目違い変位の測定結果を示す。

図から、各測点とも目違いは±1mm以内に収まっていることがわかる。

以上のセグメント測定結果から、幅広セグメント対応として、テール内形状保持システムを使用することによりシールドテール内でのセグメント挙動を抑制することを確認した。

7 余剰泥水の再利用

環境負荷低減と発生土の有効利用を目的とした「産業廃棄物再生活用(個別指定制度)」により、泥水式シールド工区から発生する余剰泥水を東京メトロ副都心線建設工事のインバート材および立坑部の埋戻し材に再生活用した。

当工区における余剰泥水の活用方法を表-8に示す。また、当工区において東京地下鉄(株)新木場車庫内を造成し再生工場(流動化処理土など製造設備)の設置を行った。余剰泥水搬出工区は当工

表-8 余剰泥水の再生活用方法

製造設備	・東京地下鉄(株)新木場車庫内を造成し再生工場(流動化処理土など製造設備)の設置と維持管理
余剰泥水の処理	・産業廃棄物収集運搬業者にて、すべて、保管場所(新木場再生場)に運搬
再生活用材の利用	・新木場再生工場にて製造したインバート材および流動化処理土を受け取り打設

区のほか、新宿工区、南池袋B線工区の計3工区である。

7-1 搬出実績

当工区における余剰泥水の搬出実績数量と実績比重を図-23に示す。

目標比重1.23に対して平均比重は1.20であった。これは、遠心分離機などの比重調整装置を自工区内に設置していなかったため、比重調整ができなかったためである。

現場における比重管理としては、比較的簡易なマッドバランスによる比重測定を泥水タンク車の1編成が1巡回するごとに1回実施した。余剰泥水の搬出実績は、予定数量26,665m³に対し32,403m³であった。

7-2 打設実績

当工区におけるインバート材および流動化処理土の打設実績数量を表-9に示す。

以上の結果、当工区におけるシールド掘進で発生した余剰泥水はインバート材および埋戻し材に100%再生活用され、「産業廃棄物再生活用(個別指定制度)」の目的である環境負荷低減と発生土の有効利用に貢献することができた。

8 おわりに

本工事は、東京メトロ副都心線の建設を担い、平成17年3月に新宿三丁目駅発進立坑にてシールド

表-9 打設実績数量

種別	設計数量(m ³)	打設数量(m ³)
インバート材	9,551	9,861
流動化処理土	9,384	9,774

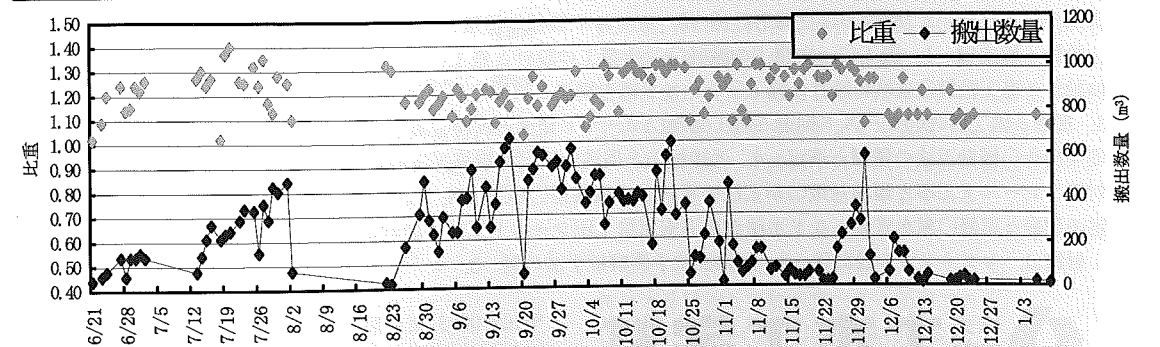


図-23 余剰泥水の搬出数量と比重

ドの建設を始めた。平成17年6月に新宿三丁目駅を発進し、複線シールドトンネルを掘進し、平成17年10月末に北参道駅に到達した。施工途中では、多くの困難な課題を克服する必要があり、工事関係者が一丸となり、課題に取り組み対処した結果、予定工期内で到達させることができた。

また、工事期間中には、地元の方々に工事に対するご理解をいただくため、何度も見学会を開催し多くの方々に見学していただき、地元の方々に工事に対するご理解や関心を持っていただけたものと感じている。工事に関係された皆様のご努力に感謝いたします。

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 285頁 本体価格4,660円 円340円

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している。また、これらのことを実務にすぐさま活用できるように、付録としてセグメントの設計、地盤変位予測解析、施工計画についての計画・設計例も紹介し、実務者をはじめトンネル技術者のニーズに応えた内容となっている。

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

株式会社 土木工学社

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



「開府400年祭で賑わう水の都」松江市より

中山悦美

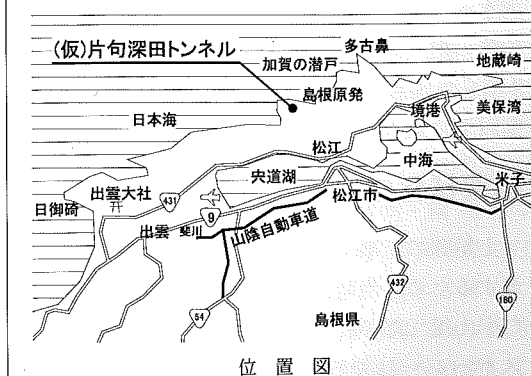
島根県松江市は、宍道湖・中海・堀川など多様な水域に恵まれた水郷都市で、1607(慶長12)年、堀尾吉晴公により「城下町松江」のまちづくりが始まり、5年の歳月をかけ、松江城と城下町が完成した。

400年の時が流れた今も、松江城をはじめ、城を囲む堀川、武家屋敷など江戸情緒を随所に残している。

松江市では2007年度から築城完成400年にあたる2011年度までの5年間を「松江開府400年祭」とし賑わいを見せている。市の中心部に位置する松江城は、千鳥が羽根を広げたように見える千鳥破風の屋根が見事なことから、別名「千鳥城」とも呼ばれている。明治維新の時には解体の危機を、市民の力によって守られ、松江市のシンボルとして多くの観光客で賑わっている。大名茶人として有名な7代目藩主松平不昧公によりお茶と和菓子の文化が根付き、「怪談」の作者として知られる小泉八雲(ラフカディオ・ハーン)が、松江市のすばらしさを文学として伝えている歴史と文化の街でもある。

しじみで有名な宍道湖は、時がたつにつれさまざまな表情を変える夕景の美しさは絶景で、湖面に浮かぶ夕日はたとえようのない安らぎをあたえてくれる。また、8月に行われる水郷祭での水上から打ち上げられる花火も湖面に写し出され2倍の楽しみを味わうことができる。

片句深田トンネルは、松江市の北部の日本海沿いに位置し、天候の良い日は遠く隠岐の島を望むことができ、工事に疲れたときの私たちの心を和ませてくれる。



位置図



宍道湖の夕景



貫通式

さて、当工事は、島根原子力発電所に隣接する松江市発注の「市道片句深田線トンネル建設工事」で、トンネル延長285mをNATMで施工するものである。地質は、層状の節理・亀裂が非常に発達した泥質岩、砂質岩類を伴う新第三紀層の流紋岩質凝灰岩が主体であり、トンネル中心部では多量の湧水もみられた。起点側の坑口部には大きな地すべり跡と推測される馬蹄形の崖錐性堆積斜面が発達し、さらに、終点側坑口にも破碎帯層が大きく分布していたため、両坑口とも補助工法を施工しながらのトンネル掘削となった。

その掘削も、平成19年11月末には無事貫通を迎え、現在は覆工コンクリートに着手している。

最後に、平成20年7月の竣工まで、発注者関係各位のもと企業体職員、協力業者一丸となって、無事故・無災害を目指して鋭意努力する所存である。(森本組・サビイ特別共同企業体所長)



■陸軍の火薬は信用せず

「東京日々新聞」(現・毎日新聞)の鉄道番記者として活躍し、華北交通東京支社次長や日本国有鉄道百年史編纂委員などを歴任した青木槐三の著書『鉄路絢爛』(交通協力会・1953)、『嵐の中の鉄路』(交通協力会・1955)には、清水トンネルと佐藤周一郎にまつわるエピソードがいくつか紹介されている(写真-1)。

清水トンネル土合工区の工事主任であった佐藤は、国産火薬(桜印、松印)の信頼性が低く、凍結時にしばしば爆発事故を起こしたため、安全性の高いイギリス・ノーベル社製ハンマー印のダイナマイトを優先的に使用していた。当時、工事現場の近くの高崎には、陸軍造兵廠の岩鼻火薬製造所

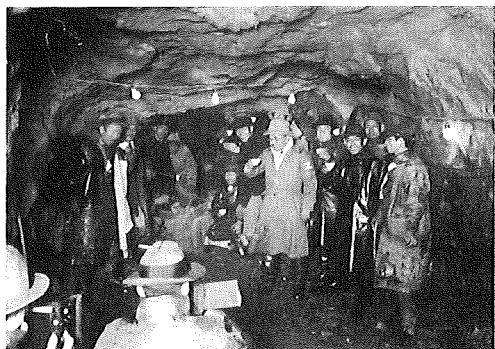


写真-1 清水トンネルの導坑貫通点で祝杯をあげる工事関係者(中央の人物の左後ろが佐藤周一郎技師)

があり、陸軍側から鉄道省に対して、国産火薬を使用しないのは「愛国心に欠ける」などと難癖がつけられた。

このため佐藤は一計を案じ、陸軍側に対してトンネル工事の見学方々、陸軍が製造する火薬の使用状況をぜひお目にかけたいと招待した。案内役の佐藤は、坑内で工事概要などをひとつひとつ説明していたが、突然、あちこちで爆発音が轟き、周囲に硝煙が立ちこめたため、さすがの陸軍将校もこれには驚き、その後、国産火薬の使用は控えられるようになったと言われる。

爆発のタイミングがあまりにも良かったため、あらかじめ佐藤が仕掛けておいたのではないかと噂されたが、これをきっかけとして国産火薬も改良され、爆発事故も減少したとされる。ちなみに、清水トンネルの工事誌もこのことを裏付けており、佐藤の担当した土合工区の火薬使用量のうち、約8割を外国製が占めたが、反対側の土樽工区は3割以下に過ぎなかった。

■機械化施工への貢献

上越線の工事では、トンネルの機械化施工を推進するため、当時、本院工務局建設課技師であった平山復二郎の肝いりで、アメリカからマイヤースホーレー社製のずり積み機が導入され、1920(大正9)年に棚下トンネルで使用したのち、清水

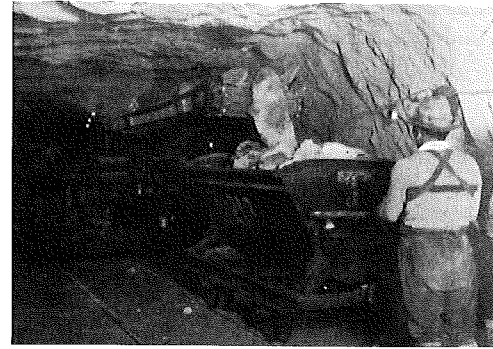


写真-2 マイヤースホーレーによるずり積み作業

トンネルへ転用された。しかし、うまく使いこなすことができないまま放置され、坑外の碎石運搬などに細々と使用されていた。佐藤は、施工能率の向上のためにもこれを何とか実用化したいと改良に取り組み、切れやすいベルトコンベヤをキャンパス地からゴム製に交換するとともに、補充部品の国産化を図り、オペレータの養成に努めた。その結果、1929(昭和4)年3月以降、導坑の掘削に威力を発揮し始め、好成績をおさめた(写真-2)。同じマイヤースホーレーの扱いで苦慮していた満洲の撫順炭礦からは、はるばる視察に訪れたほか、メーカー側からも感謝されたと伝えられる。のちに関門トンネルの工事で活躍した星野茂樹は、派遣先のアメリカから「佐藤でかした」とほめ言葉を送り、その労をねぎらった。

■佐藤周一郎と川島芳子

川島芳子は、別名「東洋のマタ・ハリ」「男装の麗人」などと呼ばれ、波乱の生涯を終えた女性として、小説やドラマの題材にもなっている歴史上の人物であるが、国家反逆罪で刑場の露と消えた際、その亡骸を引き取ったのが、ほかならぬ佐藤周一郎であった。

川島芳子の一生はさまざまなメディアで紹介されているが、1907(明治40)年に清朝・^{しゅうしんのう} 肅親王の王女・^{あいにんかくらげんし} 愛新覚羅頤珣として生まれ、辛亥革命で日本に逃れて川島家の養女となり、松本で育った(このため、松本市の日本司法博物館には川島芳子記念室がある)。そして、清朝復活をめざして関東軍の謀略工作に協力したが、のちに満洲国の

あり方を批判したことで関東軍からも狙われることとなり、戦後は国民党によって逮捕されて、「漢奸」(売国奴)として1948(昭和23)年3月25日、北京(当時は北平)で銃殺刑に処せられた。

当時、佐藤は北京に残留して日本人の安全確保と引き揚げに奔走しており、中国側との交渉などにあたっていた。上坂冬子の『男装の麗人・川島芳子伝』(文藝春秋・1984)によれば、川島の担当弁護士から北京在住の日本人に対して遺骸引き取りの要請があり、僧侶・古川大航(静岡県興津・清見寺住職)を代表とする数名が刑場へ向かうこととなった。このときのメンバーの中に佐藤周一郎が含まれ(上坂の著書には「旧華北交通、佐藤修一郎」として登場する)、おそらく日本人の世話役の一人としてこれに加わったものと考えられる(青木槐三の著書では、佐藤が一人で刑場へ向かったような書き方になっているが、関係者の証言によれば実際は上記のような経緯であった)。遺骸は、古川や佐藤たちに見守られて朝陽門外の火葬場で荼毘に付されたが、北京にいた川島の親類も、漢奸の係累として取り調べられることをおそれ、だれも葬儀に参列できなかった。

川島の胸ポケットには遺書があり、のちに親類によって真筆と確認されたものの、引き取った日本人の中に生前の川島をよく知る者がいなかったため(佐藤は生前の馬上姿を一度見たとされる)、このことに尾ひれがついて今でも根強い替玉・生存説がある。佐藤は、たちまち時の人となって新聞記者に追いつけられたが、「漢奸でも戦犯でも、死ねばこれを葬るのが東洋の習慣である」と語り、この説明に漢奸に憎悪を抱いていた中国人も納得したと伝えられる。そして、遺品として川島のセーターを譲り受け、佐藤はこれを日本に持ち帰ってその娘が愛用したとされる。

川島の遺骨は、その年の9月に古川禅師とともに日本へ「帰国」し、長野県の野尻湖畔に住んでいた養父・川島浪速の許に届けられた。数奇な運命に翻弄された時代の申し子は、こうして日本人のトンネル技術者によって弔われ、松本市の正隣寺で永遠の眠りに就いている。

トンネル ジャーナル

TUNNEL JOURNAL · TUNNEL JOURNAL · TUNNEL JOURNAL · TUNNEL JOURNAL

上浅貝トンネルが貫通

福島県いわき市が整備を進める都市計画道路台山水野谷町線(仮称)上浅貝トンネルの貫通式が1月28日行われた。同トンネルは、L=317mで幅員14m。

九州新幹線鹿児島ルート
全15トンネルが貫通

鉄道・運輸機構が整備を進める新田原坂トンネルで2月14日に貫通式が催された。

新田原坂トンネルは新玉名-熊本を結ぶ全長2,940mで、地質は金峰山を起源とする安山岩、凝灰角礫岩を基盤とし、それを阿蘇の火砕流堆積物が覆う。土かぶりが最小約4m、最大約30mとトンネルの大部分が小土かぶり区間で、トンネル直上付近には20軒ほどの家屋が点在している。

このような条件のもと、同区間ではもっとも遅い2006年6月に着工、機械掘削によるNATMで施工を進め、2008年1月に貫通した。

九州新幹線鹿児島ルートは2004年3月に新八代-鹿児島中央間が部分開業。建設中の博多-新八代間の用地取得もほぼ終わっており、全線開業後は博多-鹿児島中央間が約1時間20分で結ばれる。

用瀬第二トンネルが貫通

中国地整が整備する、鳥取自動車道用瀬第二トンネルが2月14日に貫通した。

同トンネルは智頭IC~河原IC間の鳥取市用瀬町に位置する延長2,827m。鳥取自動車道(智頭~鳥取間)の7本のトンネルのうち一番長いトンネルで、最後の貫通となった。地山は比較的良好な花崗岩が主体であったが、破碎帯やヒン岩が貫入する部分では入念な検討のうえ地山崩

落防止対策を採用し、無事故・無災害で貫通した。

以布利トンネルの貫通

高知県が土佐清水市以布利地区で整備する国道321号以布利バイパスの以布利トンネルの貫通式が2月16日行われた。

同トンネルは全長504m、幅12.6mの2車線。県では同トンネルの開通を年内に、BPの全開通を2010年度に予定している。

唐沢山トンネルが貫通

東日本高速道路が整備する北関東自動車道唐沢山トンネルの貫通式が2月19日行われた。

同トンネルは栃木県下都賀郡岩舟町で東北縦貫自動車道に接続する岩船JCT(仮称)に隣接する上り線2,165m、下り線2,151mの並列トンネル。2006年度からJCT側より同時に片押しで掘削し、掘削土砂をジャンクションの盛土に利用しながらの施工で、途中、約130m間にわたって水田直下を2.0m程度の小土かぶりで通過した。同トンネルの位置する太田桐生~岩舟JCTは2011年度の開通を予定している。

世界初の海底トンネルの
開通50周年

関門トンネルが3月10日に開通50周年を迎えた。

同トンネルは、1939(昭和14)年に着工、戦時中に一時中断したが、1951(昭和26)年に工事が再開され、1958(昭和33)年3月10日に「世界初の海底道路トンネル」として開通した。

前日の3月9日には、国交省、西日本高速道路が主催した記念式典が開かれ、参加した市民などでぎわった。これまでに約4億台が通行して

いるといい、現在、日平均交通量約34,000台が利用する。

青函トンネルが開業20周年

青函トンネルが、3月13日で開業20周年をむかえた。

青函トンネルは、1964(昭和39)年に吉岡調査斜抗で着工し、1985(昭和60年)に本坑が全開通。1988(昭和63)年3月13日に津軽海峡線の営業が開始された。現在も鉄道トンネルとしては世界一の長さを誇る。

2005年には北海道新幹線の新青森~新函館間が着工され、2015年度の開通が予定されている。

また、今年は青函連絡船が開業から100年を迎える節目でもある。

レインボーブリッジ下に
水道管用海底トンネルが完成

東京都が整備する東京港横断「水道管用海底トンネル」で3月19日貫通式が催された。

同トンネルは、都都区部における給水の一層の安定性を確保するため進めてきた送水管のネットワーク化整備のうち、江東区豊洲六丁目から港区港南五丁目間を東京港を横断してつなぐ東南幹線の一部。効率的な水運用や非常時におけるバックアップ機能を強化し、三郷・金町浄水場の送水区域を拡大して信頼性の高い送水システムを構築する。

泥水式シールド工法により深さ約50mに、延長2,325m、内径2,450mmで施工された。

仙台市東西線卸町工区が着工

仙台市が整備する地下鉄東西線卸町工区で安全祈願祭が行われた。卸町工区は(仮称)卸町駅から薬師堂駅に至る大和町トンネルを泥土圧気泡シールドで施工する工事で延長1,340mの単線並列トンネル。

研究

温度制御噴霧式覆工コンクリート養生法の開発

(株)鴻池組大阪本店土木技術部(山岳トンネル担当)課長 山田 浩 幸

(株)鴻池組大阪本店土木技術部(山岳トンネル担当)主任 後藤 裕 一

(株)鴻池組技術研究所土木・環境技術部門(コンクリート担当)主任 水町 実 希

(株)マシノ本社技術部技術部長 坂本 全 希

1 はじめに

近年の公共投資のコスト縮減を受け社会資本の合理的な整備の観点からトンネルを含むコンクリート構造物のライフサイクルコスト(維持管理、修繕更新費用)の低減、長寿延命化が強く求められるようになり、構造物の重要な構成要素であるコンクリートの高品質化、高耐久性化が必要となってきている。また、覆工コンクリートの剥落事故などを受け、既設のトンネルはもとより新設トンネルの覆工コンクリートに対しても、ひび割れなどの変状、充填不足による空洞などの施工不良などの欠陥は、供用中に重大な事故発生の要因となる場合があり、工事完了時の調査確認、ひび割れの補修などが必要となっている。

2 現況と課題

これまでトンネル新設時の覆工コンクリートについては、トンネル坑内環境の特殊性(坑内温度一定、高湿度状態)により特別な養生は必要ないとされ、施工時の経済性や工期の問題から、コンクリート打設後24時間以内での早期脱枠が一般的に実施されてきた¹⁾。

しかしながら、近年のトンネル坑内作業環境の改善のため大容量の工事中の換気設備の導入や、トンネル貫通後は、覆工コンクリート養生環境の悪化(通風による急激な温度変化、乾燥)が生じている。また、トンネル断面の大断面化に伴う覆工

厚さの増大、設計強度を確保するための単位セメント量の増大など厳しい条件が増えてきている。さらに廃棄物・リサイクルに関連する行政施策のうち建設事業に関するグリーン購入法にもとづき公共工事にかかわる資材などの調達の中で、高炉セメントの利用促進が図られてきた。高炉セメントは水和熱抑制効果や長期強度の増進効果があるとされている反面、養生状態によっては初期強度発現の遅延や乾燥収縮量の増大などによる覆工コンクリートへの影響が懸念されている²⁾。

そのため、これまでの無養生の状態での覆工コンクリートにおいては、乾燥収縮ひび割れや温度応力に伴うひび割れなどが生じている(写真-1参照)。これらの覆工コンクリート表面の欠陥(ひび割れなど)は補強鉄筋区間においては塩害、中性化を生じ、無筋区間においては剥落の発生などの長期耐久性に問題を生じる原因となる。この改善

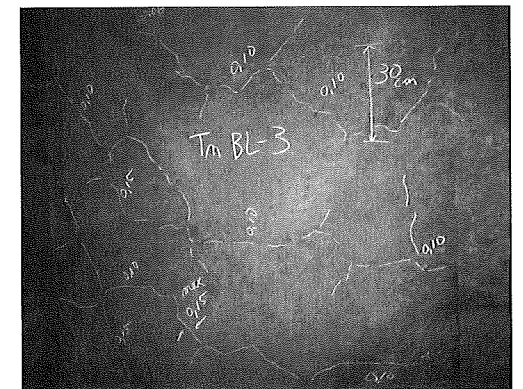


写真-1 覆工コンクリート乾燥収縮ひび割れ

策としてコンクリートの養生方法が開発適用されてきている。代表的なトンネル覆工コンクリート養生方法として、

方法①：覆工コンクリート表面の密閉養生方法（空気膜密閉方式）

方法②：乾燥収縮低減剤などの被膜養生材の表面への撒布、もしくは塗布方法

が挙げられるが、これらはコンクリート表面からの水分の蒸発を防ぎ乾燥収縮の低減を主目的としたものであり、水和反応を積極的に促進するものではない。また、方法①においても台車据え付け、移動時の養生中断などによる乾燥はまぬがれず、方法②においても養生被膜の均一な形成は難しい面がある。

そこで、それらを改善した方法として、覆工コンクリートのセトル脱枠後に覆工全面を覆うシートを有した養生台車(図-1参照)を用いコンクリート面に微粒の水を霧状に噴霧し湿潤状態を維持することによりコンクリート材齢初期の水和反応の促進と、養生温度を制御する方法を研究開発した。これにより特別な混和材の混入などの配合の変更を伴わなくとも、標準配合本来のコンクリートの品質を確保・向上することが可能であり、本工法を、コンクリート養生技術「温度制御噴霧式覆工コンクリート養生工法(K-tics)」と称した。

本稿では、養生方法の概要および養生条件の違いによるコンクリートの強度特性について比較検証した実験、および温度応力解析による検討結果について述べる。

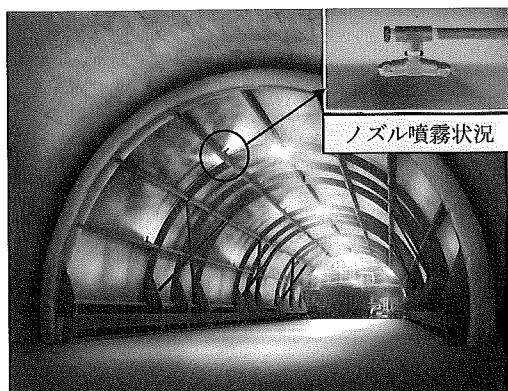


図-1 養生台車と噴霧ノズル(CGイメージ)

3 温度制御噴霧式覆工コンクリート養生工法

3-1 養生技術の概要

本工法は、覆工セトルの後方に移動式の3スパン相当の養生台車を連結させることにより(図-2参照)、コンクリートを一定期間、湿潤状態で養生できるように工夫した工法である。

3-2 養生台車および温度制御システム

養生台車には遮水シートおよび端部締め切り用の空気充填膜が取り付けられており、コンクリートとの間に30~60cm程度の密閉された養生空間を確保することができる。

養生空間に取り付けた噴霧装置より霧を発生させることで湿度90~100%の湿潤状態をつくる。

また、温度検知センサーと噴霧水の温度制御システムにより養生温度を制御し最適な養生状態を保持することが可能であり、コンクリートへの急激な温度変化などの影響を与えることなく連続的な水和反応の持続を維持できる(図-3参照)。

覆工コンクリートの打設条件の違いにより3スパンの養生空間をスパンごとに材齢の違いなどを考慮して温度制御することも可能であり、最適な養生条件を設定できる。

3-3 噴霧養生のながれ

覆工コンクリートは全断面スチールフォームセトルを使用し、工事仕様書の品質管理規定に従い通常と同様の打設方法にて施工する。

セトル型枠は、各々のトンネルの断面、地山状況、コンクリートの種別などの条件による脱枠時期の検討結果に従い、コンクリートが所定の強度に達したことを確認した後に脱枠する。

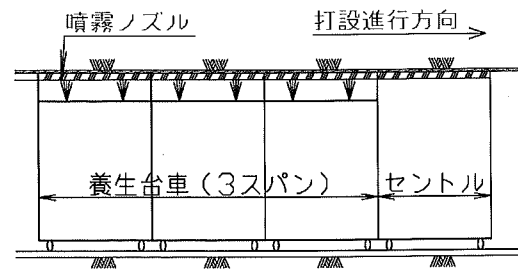


図-2 噴霧台車配置図

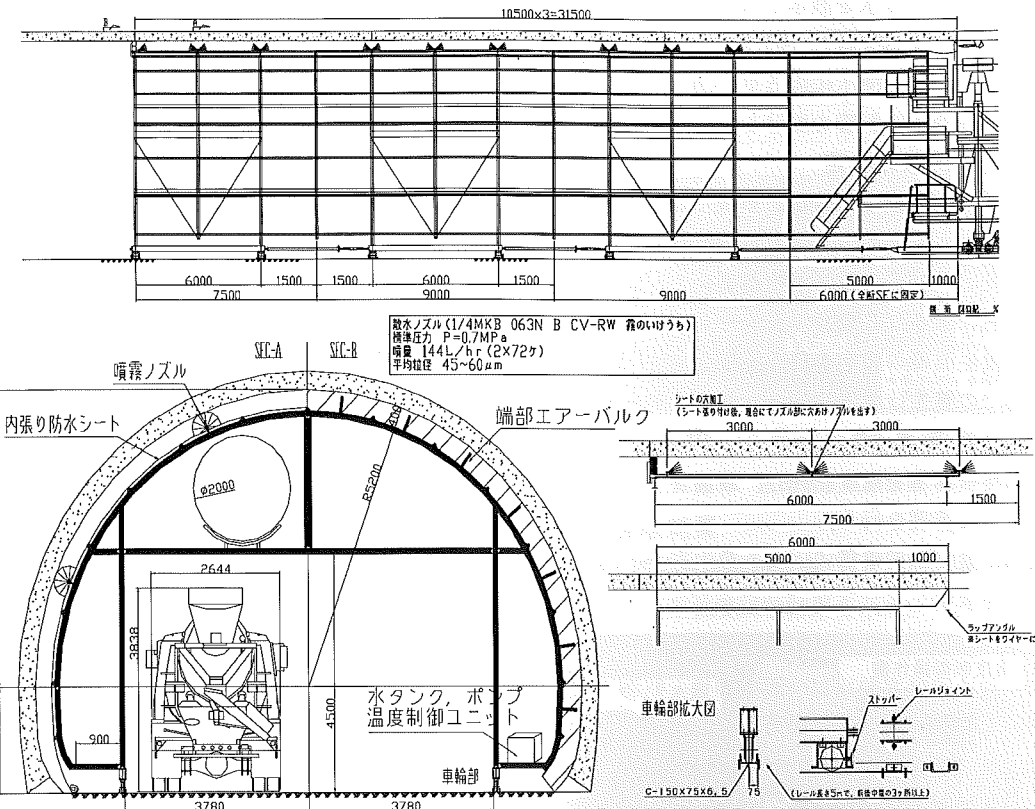


図-3 養生台車断面詳細図

脱枠完了後、セトル型枠は次打設スパンへ移動・据え付けを行う。

脱枠完了後の覆工コンクリートの出来形確認検査完了後、噴霧台車を移動、据え付けを行う。

噴霧台車は図-2に示すように覆工3スパン分(L=10.5×3=31.5m)の延長とした。

これによって標準的な覆工コンクリートの打設サイクルによる施工(1回/2日=1週間に3スパンの打設)で、コンクリート標準示方書による標準養生期間である1週間(7日)のコンクリート初期材齢における湿潤養生が可能となる。

噴霧台車の据え付け後、セトルラップ側端部とのシート接続、噴霧台車端部エアバルブによる締め切り密閉後、噴霧養生を開始する。

3-4 噴霧装置

養生に用いる噴霧水は工業用微霧発生用ノズルを用いることにより粒形45~60μm程度の微粒の霧(表-1)を発生させる。よって霧を発生させるた

表-1 霧の定義

霧(気象庁定義)	微小な浮遊水滴により視程が1km未満の状態。
大きさについて(ノズルメーカーの分級による)	
も	10μm以下
霧	10~100μm
霧雨	100~300μm
しとしと雨	300~1,000μm(0.3~1.0mm)
並みの雨	1.0mm以上

めの超音波加湿器や水蒸気発生用加熱装置などの設備は必要としない。これにより密閉空間内部の湿度を90~100%程度に保持し微粒の霧が密閉空間に浮遊することによりトンネルアーチ空間に均一な湿潤養生状態を保つことができる。

霧を発生させ空間に充満させるための必要水量は144ℓ/hr(ノズル72個/1台車標準)程度の少ない供給量でまかなえる。よって養生水による路盤の泥濁化が避けられる。また一般の散水養生のよ

うに粒形の大きな水を散水しないためコンクリート表面の水による洗われ、筋状の水だれ跡などの影響もない。また流水によるコンクリート成分の逸失、強度低下の影響を受けることがない。

3-5 養生状態の設定

養生状態の調整はあらかじめ覆工コンクリートの打設条件、配合、トンネル坑内温度などを考慮した温度応力解析による養生温度シミュレーションの実施による。このシミュレーションにもとづき最適養生温度の設定を行う。

現場での養生は温度検知センサーのデータを温度制御装置(写真-2参照)へフィードバックさせながら適時噴霧水を温度管理し、最適養生温度を保てるように管理を行う。

図-4に温度制御噴霧式による養生方法の設定のフローを示す。

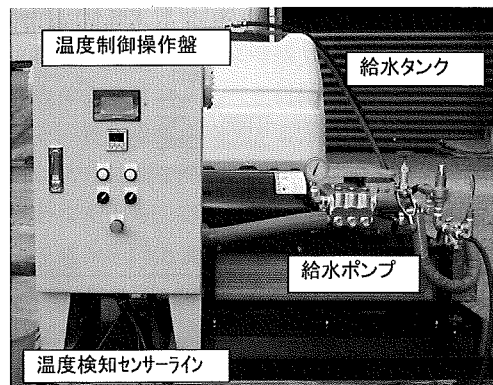
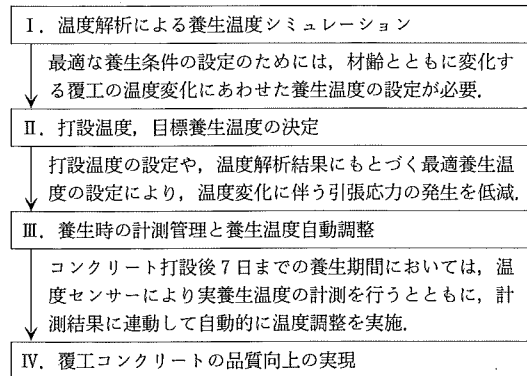


写真-2 温度制御装置、給水設備



温度の制御、湿度維持により最適な養生管理の結果として表面の緻密化、強度発現の増進により表面の欠陥の発生を低減。覆工コンクリートの品質性能の向上を図る。

図-4 養生状態の設定フロー図

4 噴霧養生の効果確認実験

本工法(噴霧養生)の効果を確認するために、供試体での要素実験を実施した。試験は、養生の違いがコンクリートの強度特性などに与える影響について検討を行った(写真-3)。

また、(株)マシノ工場にて温度制御装置、給水

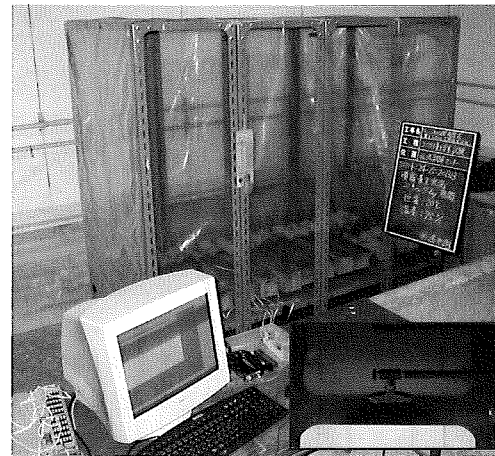


写真-3 供試体要素実験(当社技術研究所恒温室内)

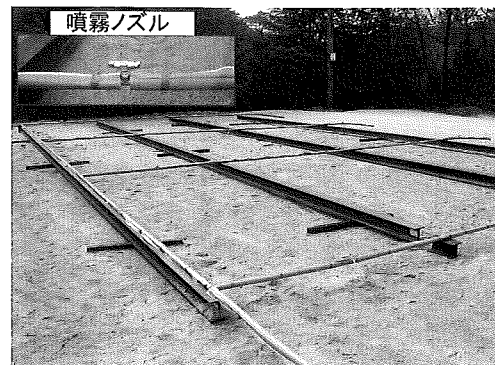


写真-4 噴霧状況確認((株)マシノ工場ヤード)

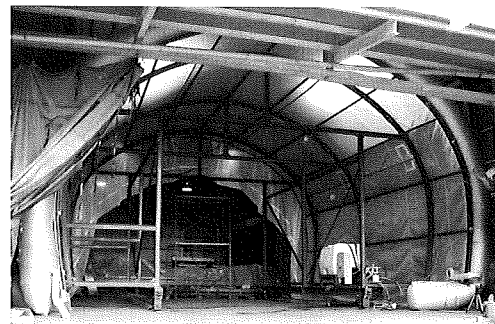


写真-5 工場仮組み立て状況

表-2 配合

最大骨材寸法(mm)	スランプ値(cm)	水セメント比(%)	細骨材率(%)	単 位 量(kg/m ³)				
				水	セメント	細骨材	粗骨材	AE減水剤
20	15±2.5	55.0	44.3	181	329	755	979	0.823

表-3 養生条件

材 齢(日)	7	14	21	28
噴霧養生	噴霧	気中(70%RH)		
気中養生	90%RH	気中(90%RH)		
	70%RH	気中(70%RH)		
	50%RH	気中(50%RH)		
標準養生	水中(20℃)			

設備および噴霧ノズル配管一式(覆工1スパンL=10.5m養生対応)の仮組立てを行い噴霧状況の確認、温度の制御管理の確認を実施した(写真-4, 5)。

4-1 実験方法

4-1-1 実験項目

実験は、強度特性を比較検討するために、①圧縮強度試験、②引っかき試験、③シュミットハンマー試験(反発度)の3項目について、またコンクリート細部構造の緻密化を検討するために水銀圧入式による空隙率測定試験を実施した。

4-1-2 配合

コンクリートは、一般的なトンネルの覆工コンクリートと同等配合であるレディーミクストコンクリートの24-15-20BB高炉(表-2)とした。

4-1-3 養生条件

供試体は、コンクリートを打ち込み、型枠を付けた状態で20℃の恒温室内で養生した後、一般的なトンネルの施工(NATM)での覆工コンクリートの脱型時期を考慮し、脱型強度(2N/mm²程度)を確認し材齢18hで脱型を行った。その後、各々の供試体について、表-3に示す噴霧養生、気中養生(50, 70, 90%RH)、標準水中養生の5種類の養生を所定の試験材齢まで実施した。なお、いずれの養生も20±3℃の恒温室内で実施した。

噴霧養生には、実際のシステムで使用する噴霧ノズルを用い、20±3℃の水道水を材齢7日まで噴霧し続け、その後は気中養生(20℃, 70%RH)を実施した。

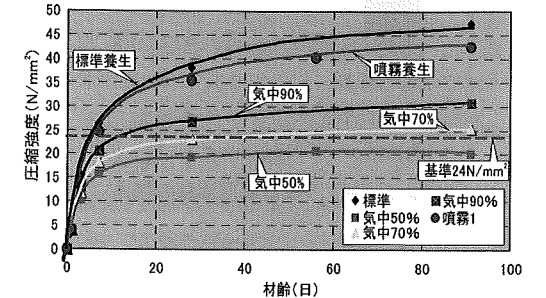


図-5 圧縮強度試験結果

4-2 実験結果

4-2-1 圧縮強度試験結果

図-5に圧縮強度試験結果を示す。

気中養生の供試体の圧縮強度は、湿度の影響を大きく受け、湿度が低いほど強度発現が低く、また、湿度の高い90%の環境下であっても、材齢28日では27.1N/mm²と標準養生と比較すると8割弱ほどの強度であった。このことは、気中養生では、湿度を高く保持しても、コンクリート表面からのわずかな水分の逸脱があるものと考えられ、このことにより水和反応が阻害されるために、強度発現が低下したと考えられる。一方、噴霧養生を実施した供試体は、強度発現が早く、かつ噴霧養生を実施しない材齢7日以降も順調に強度が増加し材齢28日では35.4N/mm²と標準水中養生(20℃恒温水槽内)の供試体と同程度であり、材齢7日まで噴霧養生を実施することが、コンクリートの強度発現にきわめて有効的に作用することが確認できた。

このことは、材齢7日までの初期材齢中に、コンクリート表面からの水分の逸脱をなくし、また、噴霧による水分の供給により、コンクリートが緻密化したことによると考えられる。

図-6に養生方法と覆工コンクリートの表面部の湿度の関係を示す。

本試験結果より、脱枠後のコンクリート表面の湿度を高く保持する養生方法は、気中養生(90%

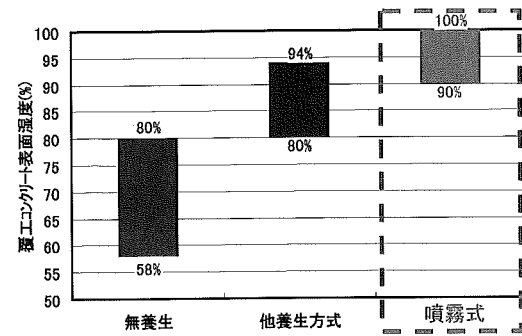


図-6 養生方法と表面温度の関係

RH)に相当し、無養生と比較すると、強度発現が増加するが、標準水中養生と比較すると、十分に強度が発現しているとはいえない。一方、噴霧による養生では、標準水中養生と同等の強度が発現しており、十分な養生効果を有していることがわかった。

4-2-2 引っかかり試験結果

図-7に引っかかり試験(表面強度)の結果を示す。なお、引っかかり試験器(写真-6)は、日本建築仕上げ学会³⁾のものを使用し、引っかかり幅は、クラックスケールを用いて測定した。引っかかり圧の大きい0.10MPaでの引っかかり幅の値に着目すると、気中養生(70%RH)の表面強度は、材齢が経過してもあまり増加が見られない。

一方、噴霧養生の場合は、材齢7日以降は噴霧を実施していないにもかかわらず、材齢の経過に伴い表面強度が大幅に増加(緻密化)することが確認できた。

このことより、表面強度は、若材齢時の養生条件の大きな影響を受けることがわかった。

4-2-3 シュミットハンマー試験(反発度測定試験)

図-8にシュミットハンマー試験(反発度)の測定結果を示す。シュミットハンマーは低強度用P型を使用し角柱供試体を載荷試験機で固定し側面、底面を対象としハンマーの反発度を測定した。これによると噴霧養生による反発度の増加が認められ、表面部の強度増進が促進されていることが確認された。

4-2-4 空隙率(ポロシティ)測定試験

材齢7日、28日の供試体より破碎試料(2.5~5.0

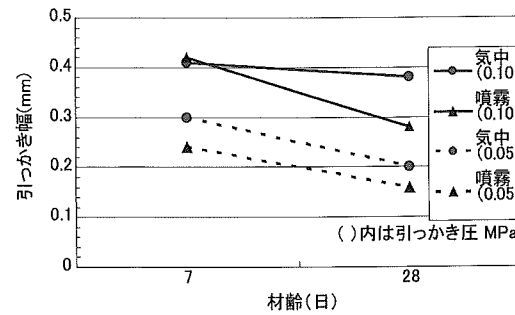


図-7 引っかかり試験結果



写真-6 引っかかり試験器

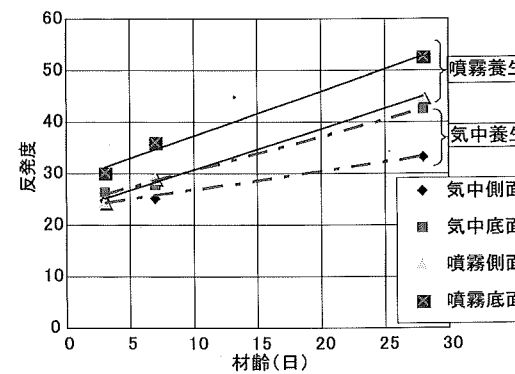


図-8 シュミットハンマー反発度経時変化

mm粒度調整;表層,内部)を採取しアセトンで水和反応を停止させ、水銀圧入式ポロシメータによる有効細孔量測定を行った。図-9の記号W7 OUTは養生条件,材齢,試料採取位置を示し、[噴霧養生:W,なし:D][材齢7,28日][表層:OUT,内部:IN]を示す。

また、水銀圧入法で得られたデータは試料のペースト部分での評価とするために10%塩酸による溶解試験を実施して不溶残分の質量から溶解率(ペースト率)を求めて、有効細孔量とした(細孔直径の

の細孔割合が多い=粗い),十分に水和反応が進行し強度増進に寄与⁴⁾している。

と推察される。

5 数値解析による効果の検証

5-1 温度応力解析による解析手法

本検討では、コンクリートの温度応力をコンクリートの温度によるヤング係数の変化を考慮した温度応力解析によって解析し、コンクリートの非線形温度応力解析が可能な2次元有限要素解析コードASTEAMACS(Ver.5.0;計算力学研究センター)を用いた。

覆工コンクリートに発生するひび割れ発生要因のうちコンクリート打設後材齢7日以内の初期段階のひび割れ発生の原因になると考えられる作用応力として、脱枠後の覆工コンクリートの自重による発生応力、および水和熱による温度応力の影響を考慮した。

これらの条件のもと、噴霧養生の温度を5,10,15,20および30℃とした場合について、ひび割れ指数の算定を行い、その変化について比較検討した。

5-2 解析モデル

図-10に本検討で用いた解析モデルを示す。

形状は一般的な2車線道路トンネル断面とし覆工コンクリートの厚みは30cm,補強鉄筋はないものとした。モデルは平面ひずみ要素とし、鋼製支保工は無視した。

覆工脚部のインバートコンクリートは、強度発現および発熱は終了しているものと仮定した。

また、覆工コンクリートが外接する吹付けコンクリート面はアイソレーションシートにより拘束を受けないものとした。

5-3 解析ステップ

解析ステップは、実際の覆工コンクリートの打設にあわせ以下の施工サイクルを解析ステップに組み込んだ。

- ① コンクリート打設(7h) 9:00~16:00
- ② セントル養生(18h) 16:00~翌日10:00
- ③ 脱枠(1h) 翌日10:00~11:00
- ④ 養生開始 翌日11:00~7日間

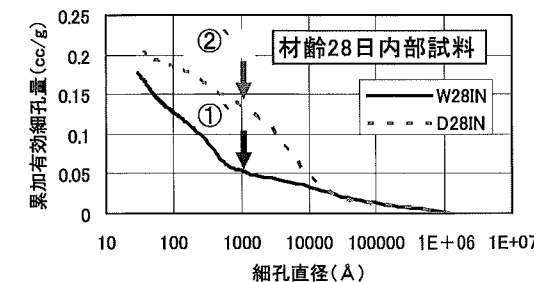
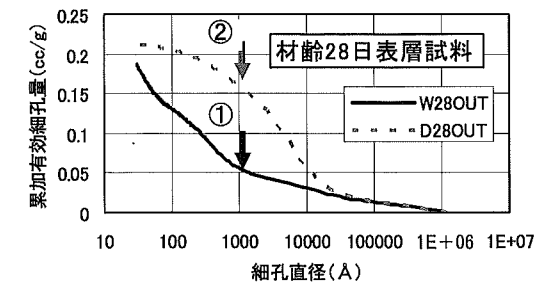
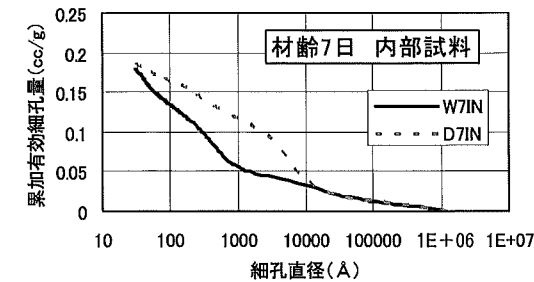
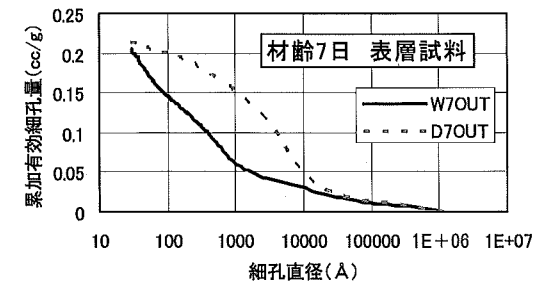


図-9 有効細孔量測定試験結果

単位:10Å=1nm)。

測定結果より、

- ・噴霧養生では表層,内部の細孔構造の差異が小さい(図中①-①')。養生なしでは差が認められる(図中②-②')。
- ・養生なしでは、材齢28日でも粗な状態が続く。
- ・噴霧養生では養生なしと比較して細孔構造の緻密化が進み(①'; 0.05/0.18=28% < ②'; 0.13/0.20=65%, 養生なしでは1,000Å以上

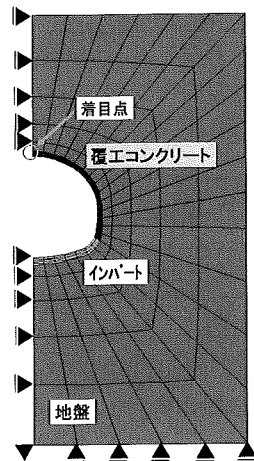


図-10 解析モデル

表-4 入力物性値

項目	数値など	単位
セメントの種類	高炉セメントB種	-
単位セメント量	278	kg/m ³
断熱温度上昇式	$Q(t) = 42.8 \times (1 - e^{-0.002t})$	-
坑内温度	15 (一定)	°C
コンクリートの打設温度	20	°C
熱伝導率	コンクリート	2.7
	地盤	3.2
比熱	コンクリート	1.15
	地盤	0.79
線膨張率	コンクリート	10×10^{-6}
	地盤	8.0×10^{-6}
熱伝達率	セントル	14
	脱型後(大気)	14
	地盤	2

5-4 入力条件

表-4に解析に用いた物性値⁶⁾を示す。

5-5 解析結果

打設温度20°C、坑内温度15°Cを同一条件とし、噴霧養生の温度を5、10、15、20および30°Cとした場合について検討した結果を図-11に示す。本条件では、ひび割れ指数がもっとも大きくなるのは、15°Cの場合であり、その値は1.7でありひび割れの発生はほぼ抑制できる結果となった。しかし、養生温度が極端に高い場合や低い場合は、ひび割れ指数は15°Cの場合より小さくなり、適切な

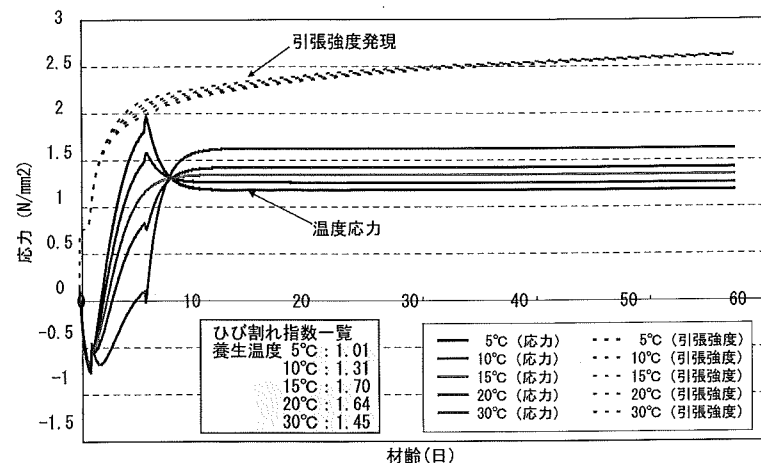


図-11 解析結果

養生温度にすることがひび割れ発生抑制に対して有効であることが確認できた。

今後は、実際の現場環境条件に則した検討を行うとともに、実施工に適用した際のデータの蓄積および検討結果の妥当性評価を行う予定である。

6 噴霧養生システム導入の効果のまとめ⁷⁾

- ・噴霧による湿潤養生でコンクリートの水和反応の積極的な促進、強度の増進が得られる。
- ・十分な水和反応の持続によるコンクリート表面の細部構造の緻密化が得られる。
- ・温度の制御による覆工内外の温度差による内部拘束の低減、温度ひび割れ発生抑制効果が得られる。
- ・乾燥収縮によるひび割れの発生が低減できる。
- ・上記効果の総合的な成果として長期耐久性の向上によりライフサイクルコスト(維持管理、修繕更新費用)の低減、長寿命化が得られる。

7 おわりに

覆工コンクリートの品質確保のためには、配合、運搬、打ち込み、養生といったそれぞれの工程での工夫が必要となるが、本システムでは、初期の養生(打ち込み後7日程度)に着目し、事前の温度解析結果により予測した最適な養生温度で湿潤状

態を保つことにより、初期強度の増進と乾燥収縮によるひび割れの発生が抑制できる。

これまでの山岳トンネルにおける覆工コンクリートの施工では、明かり構造物と異なり、密閉された空間であるという理由から特別な養生は行われていないのが実情である。しかしながら、昨今のコンクリート剥落事故以来、利用者被害に関する関心も高まり、より良い品質の覆工コンクリート施工技術の確立が要望されている。

今回の要素実験により、「温度制御噴霧式覆工コンクリート養生システム」の効果(強度増進、乾燥収縮抑制効果)が確認された。本システムの適用により、これまで養生が不十分であったトンネルの覆工コンクリートにおいて合理的、かつ最適な養生の実施が可能となり、高品質、高耐久性の覆工コンクリートの施工を実現できると考えられる。

現在、島根県発注の国道488号長沢バイパス改築(改良)工事長沢1号トンネル(仮称)にて「温度制御噴霧式覆工コンクリート養生システム」1号機を導入、噴霧養生を行っている。現場にて実施データを収集中であり結果がまとまりしだい施工報告を行う予定である。また、中日本高速道路(株)第二東名高速道路岩中工事のうち本線を横断して設置するアーチカルバート(L=147.7m)の構築時養生方法として適用する準備を行っている。

このように、本工法は他のコンクリート構造物(部材厚の大きいアーチカルバート、ボックスカルバートなど)への適用も容易であり、今後の建設される山岳トンネルの覆工コンクリートの品質・耐久性向上によるライフサイクルコスト(維持管理、修繕更新費用)の低減、および長寿命化に貢献できるものと考えられる。

参考文献

- 1) 土木学会：トンネルライブラリー第12号、山岳トンネル覆工の現状と対策、pp.58-59.
- 2) 西村和夫：トンネル技術の発展と現状、地盤工学会誌、Vol.54, No.11, pp.1-5, 2006.11.
- 3) 関口博康：コンクリート表面強度の簡易測定法仕上学会認定「引っかき試験器」に関する考察、日本建築仕上学会論文集、Vol.12, No.72, pp.52-53, 2000.9.
- 4) (財)電力中央研究所：フライアッシュコンクリートのポズラン反応に伴う強度発現メカニズムについての考察、電中研報告、No.6018, 2007.6.
- 5) 日本コンクリート工学協会編：コンクリート便覧、セメントペースト硬化体の性質、pp.37-39, 1996.2.
- 6) 土木学会：2002年制定・コンクリート標準仕方書[施工編]、pp.41-47, 2002.4.
- 7) 後藤裕一・山田浩幸・為石昌宏・水町実：高品質、高耐久性を確保するためのトンネル覆工コンクリートの新しい養生方法、第62回土木学会年次学術講演会、2007.9.

『トンネルと地下』投稿原稿応募のご案内

1. 原稿は弊社ホームページ(<http://www.tunnel.ne.jp>)に掲載されている投稿規定により執筆して頂きます。
 2. 原稿のボリュームは、原則として刷上がりで8頁以内とします(図・表・写真含む)。
 3. 原稿掲載の採否は、本誌編集委員会で審査のうえ決定します。
 4. 掲載論文については当社規定の原稿料をお支払いいたします。
 5. 原稿は、原則として返却いたしません。(注：「現場だより」の投稿は受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)

土木情報 No.418

今月の主な入札結果
(2月10日～3月9日)

事業主体	工事名	請負会社	請負額 単位 百万円
九州農政局	H19筑後川下流白石平野(一期)農業水利事業佐賀西部導水路白石線(下惣工区)	東洋建設	519
"	"	(祖子分西工区) 大豊建設	343.5
"	"	(馬場工区) 東急建設	401.5
緑資源機構	19下閉農用道2号T他	五洋建設	1,721
東北地整	一般国道45号鶴住居第1T	飛鳥建設	1,418
"	" 恋の峠T	フジタ	665
関東地整	上田BP函渠	鹿熊組	213.7
"	中部横断自動車道百々川函渠	鹿熊組	242.36
"	圏央道城山八王子T(その2)	前田建設工業	5,484.8
"	金沢共同溝(その3)	小田急建設	259
北陸地整	能越道水見第7T	青木あすなろ建設	745
"	" " 第10T	間組	2,279
"	魚川東BP田伏T	戸田建設	574
"	日沿道山元T	日本国土開発	694
中部地整	紀勢線道瀬T	間組	3,125
"	" 始神T	間組	2,315
"	" 紀伊長島T	清水建設	1,546
"	" 馬越T	前田建設工業	3,798.3
"	41号高山国府T国府工区	飛鳥建設	3,670
"	熊野尾鷲道路玄谷山T三木里工区	間組	3,090
"	" 逢神曾根T	鹿島建設	3,880
"	23号蒲郡BP坂野T	間組	933.7
近畿地整	大阪北道路北巢本地区連続函渠その他	竹中土木	1,656
"	" 上馬伏地区連続函渠その他	熊谷組	1,775
"	波賀町防災引原T拡幅	佐田建設	352
"	金山BP旗護山T	飛鳥建設	2,917
"	和田山八鹿道路枚田T	飛鳥建設	1,530
中国地整	尾道・松江自動車道大万木T	飛鳥建設	4,246
"	" 上本谷外T	戸田建設	1,512
"	" 三玉T	不動テトラ	495
"	三原BP第1T	福田組	887
"	" 第2T	戸田建設	688
"	浜田・三隅道路塚ヶ原山T	戸田建設	2,751.6
"	東広島・呉道路郷原T	東亜建設工業	920
九州地整	宮崎10号大峽T新設	飛鳥建設	1,720
"	東九州道(蒲江～県境)浦之迫T北新設	前田建設工業	1,668.64
"	新若戸道路沈埋T部(6号函)製作	大林組	1,900

事業主体	工事名	請負会社	請負額 単位 百万円
水資源機構	豊川用水二期東部幹線併設水路大原工区	間組	1,045
"	" " 萩平工区	間組	1,083
鉄道・運輸機構	山梨リニア実験線, 黒駒T他	前田・鴻池・東洋JV	4,348.8
"	" 御坂T(西)他	大林・東亜・小田急JV	4,681.2
"	" " (中)	鉄建・東急・りんかい日産JV	3,838
"	" " (東)	鹿島・飛鳥・佐藤JV	4,864.2
"	仙台東西線, 亀岡T他	奥村・不動テトラ・熱海JV	2,559.2
"	北海道新幹線, 渡島当別T・西2	鉄建・伊藤・岩田地崎・松本JV	2,330
"	" " 東2	大成・岩田地崎・岩倉・加藤JV	2,726
東日本高速道路	首都圏中央連絡自動車道小西	大成建設	5,880
群馬県	利根川上流(県央処理区)流域下水道建設事業(管渠築造)玉村・北橋境幹線第1-S-6・7工区	栗原工務店	173
"	流域下水道建設事業(管渠築造)赤堀・東・境幹線第10-3・11-1工区	島久建設	185
埼玉県	利根川右岸流域下水道児玉幹線管渠築造2工区1号	ユーディケー	109.7
"	" " " 3号	ケイワールド日清	186
"	" " 上里幹線管渠築造2工区4号	初雁興業	132.5
都・水道局	港区海岸三丁目1番地先から同区海岸二丁目4番地先開配水本管(800mm)布設替及び日の出橋専用橋架替	奥村組土木・地崎道路JV	602.8
都・下水道局	足立区花畑七丁目付近枝線その2	大日本土木	281
"	台東区三ノ輪一丁目, 下谷二丁目付近再構築その2	五洋・安藤・名工JV	1,300
"	港区南麻布一, 二丁目付近再構築その2	熊谷・日本国土開発JV	782
"	豊島区東池袋二, 三丁目付近再構築その2	井上工業	329
"	中野区中野一丁目, 中央二丁目付近枝線立坑設置	奥村組	231.43
"	小台幹線その2	大豊建設	730
"	馬込西二号幹線その4	りんかい日産・森本JV	321
千葉県	平田T	日本国土開発	295
"	千葉地区送水管布設替	総電建	113.46
兵庫県	178号余部道路油良・間室T	間・寄神・株本JV	1,496
新潟市	東下45号木戸排水区雨水貯留施設築造	飛鳥・鴻池・ノバック・坂詰JV	4,020
"	東下58号曾野木排水区雨水5号幹線K2下水道	星田建設	142.5
"	下管30号中部下水処理場合流改善	大沢組	230.12
"	西下122号五十嵐排水区五十嵐第3雨水幹線32下水道	加和太建設	166.22
"	東下63号横越上排水区枝線B17～B18下水道	テックアサヒ	114.19
横浜市	北部処理区北綱島第二幹線下水道整備(その8)	千代田アクタス	513.59
"	神奈川処理区たちばなの丘多目的雨水調整池築造(その2)	保土ヶ谷工業	178.20
"	" 仏向地区下水道整備(その87)	岡田建設	193.46
"	港北処理区川向地区下水道整備(その24)	土志田建設	161.15
"	" 新横浜駅前第二幹線下水道整備	日特建設	1,282.5
"	都筑処理区中希望が丘雨水幹線下水道整備(その3)	相鉄建設	133.64
茅ヶ崎市	合流式下水道緊急改善	小田急・土志田・浅岡JV	1,315.8
京都市	七条東幹線(その2)公下	吉川組	185
大阪狭山市	西除川第8-1分区雨水幹線管渠布設(第1工区)	土屋組	184.84
伊丹市	西部7号雨水幹線築造・同付帯	銭高組	721



研究・開発

文献紹介

松浦将行・高久節夫・横田正和・小泉淳：二次覆工一体型セグメントの実用化に関する研究，土木学会論文集F, Vol.63, No.4, 2007.11.

相馬宣和・大野哲二・中島貴弘・中間茂雄・浅沼宏：コア採取ボーリング削孔時の掘削振動の多成分信号処理法と地下構造推定法の検討，土木学会論文集C, Vol.63, No.4, 2007.12.

富田敦紀・姥名孝仁・戸井田克・白鷺卓・岸田潔・足立紀尚：低拘束圧下における堆積軟岩空洞の破壊現象の考察，土木学会論文集C, Vol.63, No.4, 2007.12.

小林一三・戸井田克・笹倉剛・太田秀樹：等含水比線と等飽和度線を用いた締め固めベントナイトの圧縮・膨潤挙動の解釈，土木学会論文集C, Vol.63, No.4, 2007.12.

登坂敏雄・阿部敏夫・朝倉俊弘：トンネル覆工の単一構造化における現場計測による検証と適用に関する研究，土木学会論文集C, Vol.63, No.4, 2007.12.

安原英明・木下尚樹・操上広志・中島伸一郎・岸田潔：温度・応力に依存する化学溶解・沈殿現象を考慮した珪質岩石の透水性経時評価，土木学会論文集C, Vol.63, No.4, 2007.12.

調査・設計

佐藤良一・島田淳次：ライフサイクルコストと長大トンネル内舗装の温度特性に基づく舗装構造の検討，土木学会誌, Vol.93, No.1, 2008.1.

竹村次朗：海外のMRT工事事故とその対応に学ぶ土留め掘削設計・施工の課題，基礎工, Vol.36, No.2, 2008.2.

施工

エアバッグで地山を押さえて掘削，相沢病院地下通路建設工事，日経コンストラクション, 2007年12月14日号, 2007.12.

廣瀬隆士：新技術を採用した谷川雨水幹線，シールド切替型推進工法，月刊下水道, Vol.30, No.14, 2007.12.

石塚一郎：台湾高雄地下鉄CR4工区建設工事における現場運営，台湾・日本JVによる世界最大規模の円形連続壁構築，土木施工, Vol.48, No.12, 2007.12.

中川裕康・松井雅志：マレーシア下水プロジェクト，ア

ジアにおける技術移転への取り組み，土木施工, Vol.48, No.12, 2007.12.

望月明彦：パームジュメイラ海底トンネルプロジェクト，先陣 in Dubai, 土木施工, Vol.48, No.12, 2007.12.

原廣：大規模地下構造物築造工事における安全管理，20kL LNG地下タンク建設工事(土木)，建設機械, Vol.44, No.1, 2008.1.

木原晃司：東京ガス高圧ガス輸送幹線「中央幹線」建設，都市部における長距離，大深度下での高圧ガス管路の建設，建設機械, Vol.44, No.1, 2008.1.

西村聡：シールド機の水中到達とUターン施工，シールド機の水中引き抜きと狭い立坑での回転・吊り上げ施工，建設機械, Vol.44, No.1, 2008.1.

寺田光太郎・森山守：東海北陸自動車道飛弾トンネルの設計・施工，吹付けコンクリートによる新たな覆工構造について，土木技術, Vol.63, No.1, 2008.1.

岩田謙次郎・白波瀬雅史：名駅南雨水幹線における上向きシールド工法の設計・施工について，土木技術, Vol.63, No.1, 2008.1.

半野久光・川田成彦・白鳥明：首都高速道路における大規模土留め工の変形挙動に着目した検討，基礎工, Vol.36, No.2, 2008.2.

館山勝：鉄道における掘削土留め工の諸問題，基礎工, Vol.36, No.2, 2008.2.

佐野弘幸：地下埋設物の輻輳する上野地下歩行者専用道・駐車場における土留め工の事例，基礎工, Vol.36, No.2, 2008.2.

橋本正・太田拓・向井寛行：関西の地盤特性に応じた開削工事事例，基礎工, Vol.36, No.2, 2008.2.

定藤誠一郎・天野健次・中川達也：FFU横矢板を用いた土留め欠損防護工，基礎工, Vol.36, No.2, 2008.2.

春田義信・安仲努・和田格・山口斉：大規模開削工事に伴う地盤のリバウンドによる地下鉄への影響検討，基礎工, Vol.36, No.2, 2008.2.

維持管理

高橋光彦・紺野路登・鈴木秀輔・毛利行洋：工期短縮・コストダウンが期待できるトンネル内コンクリート舗装の補修工法，タイヤチェーン装着下で10冬経過した明色エポアス舗装，道路建設, No.704, 2007.11.

東邦和・宮村貫雄・青木進：横浜市地下鉄におけるコンクリート側壁の塩害の調査と耐久性診断システムによる評価，建設の施工企画, No.693, 2007.11.



シールド工事の施工に関するQ&A(10)

JTA都市トンネル小委員会

Q 33. 土質ごとに対する裏込め注入管理上の注意点について教えてください。

A.

(1) はじめに

シールドで掘進する地盤は、安定した地盤を選んで施工できるわけではなく、シールドトンネルが取り付く構造物の位置や、シールドトンネルが必要とする勾配や線形などで計画されます。これにより、シールドで掘進する地盤には、さまざまな土質が想定され、併せて地下水の影響を無視することもできません。ここでは、土質ごとの裏込め注入管理上の注意点を、過去の調査結果を踏まえ紹介します。

(2) 裏込め注入管理

1) 注入材料

図-1に、注入材料別裏込め注入工の実績調査結果を示します。

この結果より、二液可塑性と二液瞬結を合わせると、全体の約9割を占めることがわかります。双方とも二液混合後の早期強度発現を特徴としており、テールボイドの早期安定に努めていることが伺えます。

2) 注入時期

図-2に、図-1と同時に実施した、注入時期別裏込め注入工の実績調査結果を示します。

この結果より、シールドスキンプレートの外側に設けられた注入管より、機側から掘進中に行う同時注入と、セグメントのグラウトホールから掘進中に行う同時注入を合わせると、全体の9割以上となることがわかります。これにより、ほとん

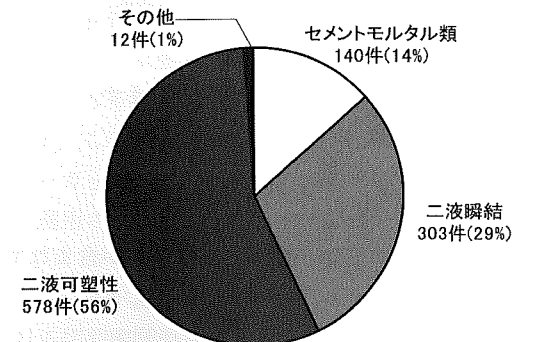


図-1 注入材料別裏込め注入工の実績¹⁾

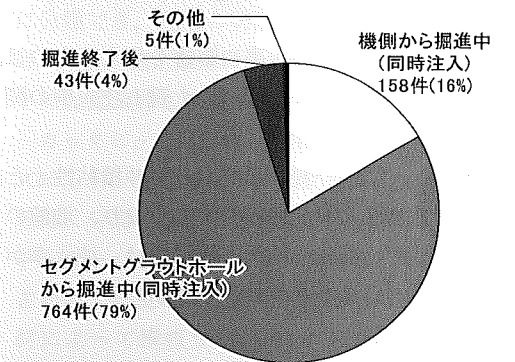


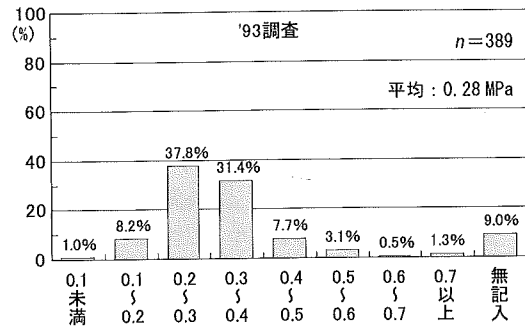
図-2 注入時期別裏込め注入工の実績¹⁾

どの地盤で、掘進により残されたテールボイドの早期充填に努めていることが伺えます。

3) 注入圧力

一般的に裏込め注入圧力は、切羽圧に0.1~0.2 MPaをプラスした圧力とします。

図-3に、裏込め注入圧力(坑内吐出圧)の実績を示します。このグラフからは、シールドトンネルの高水圧下における施工実績の増加に伴い、注入圧力が0.7MPaを超える施工も行われていることがわかります。

図-3 注入圧力の実績(坑内吐出圧)²⁾

4) 注入量・注入率

注入量は一般的に次式で計算されます。

$$Q = V \times \alpha$$

V : 理論ポイド量

α : 注入率

この注入率 α には、さまざまな要素が含まれていますが、代表的なものを以下に示します。

- ① 注入圧による圧密
- ② 地盤への浸透
- ③ 切羽への漏洩

この中で、土質が注入率に影響を与えるものは、②の地盤への浸透です。図-4に土質と注入率の関係を示します。

図-4より、地盤の変形量が大きい沖積粘性土と、砂・玉石では注入率が比較的大きくなり、地盤の変形量が小さい洪積粘性土と軟岩では、注入率が小さくなっていることがわかります。

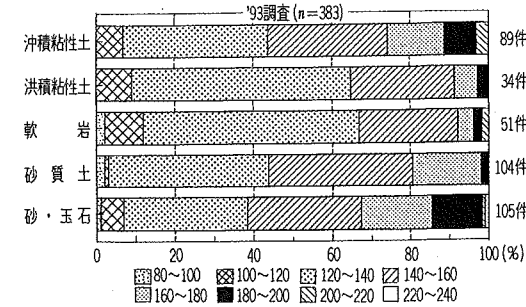
5) 充填の確認

充填の確認は、設計注入量と実注入量の比較が一つの目安となりますが、同時に注入圧力による管理も重要となります。注入完了後は、スチールセグメントを叩く打音による充填状況の確認や、グラウトホールなどから空洞の確認を行います。注入が不完全な場所へは、二次注入を行うことも必要です。

(3) 土質ごとの裏込め注入管理上の注意点

1) 砂層

砂層は崩壊性の高い地盤なので、テールポイドの発生と同時に裏込め注入を行うことを推奨します。

図-4 切羽代表土質と注入率²⁾

粒子間のすきまに注入材が浸透しやすく、注入率は比較的大きくなりますが、注入量と注入圧に注意を払い、充填の状況を確認してください。

2) 軟弱粘性土層

軟弱粘性土層は、地盤が軟らかいため、土水圧により地盤を早期に変形させることがあります。また、砂質土に比べると後続沈下が発生することが多く、数箇月にわたって継続する場合があります。この主な原因は、過大な注入圧力や注入による地盤の乱れや過剰間隙水圧の消散過程に伴う二次圧密です。

そのため、注入圧力が上がらないからといって、むやみに注入量を増やすとかえって沈下を誘発する場合がありますので、地表面沈下などの計測データをフィードバックしながら注入量や注入圧力を決めていくことが大切です。

3) 礫、玉石層

礫、玉石層は河川付近によく見られる地盤で、地下水を大量に含むことが多く、注入材が地下水により希釈されることが考えられます。注入の状況より、注入率が大きくなるようであれば、注入材のゲルタイムを短くするなどの工夫も必要となります。

しかし、ゲルタイムを極端に短くすると、十分に充填される前に注入圧が大きくなることも考えられるため、注入量と注入圧により、充填の状況を確認してください。

4) 泥岩、洪積粘性土

泥岩、洪積粘性土は、地盤の崩壊性が低い安定した地盤です。テールポイドの崩壊も少なく安定しているため、他の地盤に比べると比較的小さい

注入率での施工が可能です。

地下水が少なく注入材が希釈されることもない場合には、セメントモルタル類での注入も可能です。

(4) 特殊状況下での裏込め注入管理

1) 高水圧

シールドトンネルの高水圧下で大きな注入圧力が必要となるケースが増えています。高水圧下で掘進距離が長くなる場合などは、地上のグラウトポンプは脈動の少ないスクリー式ポンプの選定や、坑内のシールド後方台車への注入専用グラウトポンプの設置など、切羽圧に対抗する安定した注入を考えることが必要です。

2) 小土かぶり

土かぶりの小さい場所やシールド路線付近に井戸がある場合などは、注入圧力をあまり大きくすることができません。

いくら注入しても注入圧が上がらず、注入量が設計注入量を超えるような場合は、地上への噴出や井戸への注入材の流入が考えられるため、地上や井戸の監視を十分に行い、施工する必要があります。

(5) まとめ

裏込め注入の積算では、土質の状況にかかわらず、一律130%の注入率を算定することが多いようですが、計画時には土質ごとに過去の実績より注入量を想定し、施工中は計測データとの比較をこまめに行うとともに、地上への裏込め材の噴出、地表面の沈下、地下埋設物への影響などへも常に注意を払い、無事、施工が完了するよう管理していただくことを願います。

(文責：廣渡智晶/(株)竹中土木)

参 考 文 献

- 1) 土木学会トンネル工学委員会示方書小委員会示方書改定準備会シールド分科会：シールド工事実績に関するアンケート結果報告(平成13年11月30日)，資料-1, 11p.
- 2) JTA都市トンネル小委員会：「裏込め注入」に関する実態調査報告書(1)，トンネルと地下，Vol.26, No. 6, p.38, 1995.6.

Q 34. カッタビットの摩耗量の予測方法と摩耗を低減する方法を教えてください。また、カッタビットを機械的に交換する方法と留意点を教えてください。

A. 都市機能の複雑化・多様化に伴って、都市の地下空間利用はますます深層化・幅域化しています。都市トンネルの標準工法としてのシールド工法は、その多様化する社会的ニーズに対応するために長距離シールドが増加しています。この長距離シールドに要求される技術要素の一つとして、カッタビットの耐久性向上および交換技術があります。ここでは、岩盤シールドなどに使用するローラーカッタには触れず、一般的な土砂シールドに適用されるビットについて記述します。

(1) カッタビットの種類と構成要素

シールド工法では、泥水式と土圧式とに大別される切羽密閉型シールドが主流となっています。そのカッタヘッド形状は、面板型とスポーク型とに分類でき、地盤の切削を直接担うカッタビットは、地質や施工条件に合わせて選定し、カッタヘッドに配置装備されます。

カッタビットは形状と使用用途によって、ティースビット、先行ビット、強化型先行ビットなどの名称に分類できます。カッタビットは、タングステンカーバイトとコバルトを焼結して製造されるきわめて硬質な超硬チップ材とそれを固定する母材によって構成され、チップの材質(E3種、E5種など)、チップの取付方法(貼付けタイプ、差し刃タイプ)、カッタビットの先端角度(すくい角、逃げ角)、およびカッタビットの取付方法(ボルトタイプ、ピンタイプ、溶接タイプ)などについて、地質や施工条件を考慮して組み合わせ、選定することになります。また、摩耗が懸念されるカッタビットの母材には、表面にクロム、タングステン、マンガンを含む硬化肉盛り溶接で母材摩耗を防ぎます。

写真-1は、摩耗したビットを写したものです。上段のビットで強化型先行ビットの効果が見て取れます。下段のビットは、強化型先行ビットが摩

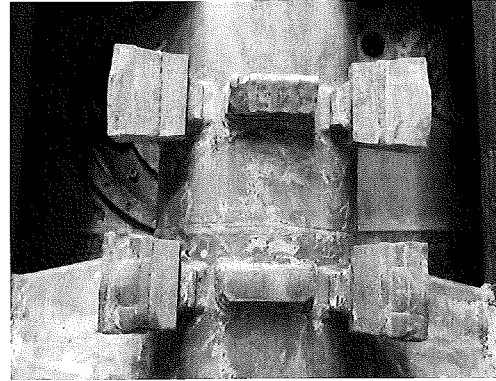


写真-1 ビットの摩耗状況

表-1 カッタビット摩耗係数(mm/km)
(E5種, 掘進速度20~30mm/min)

地質区分	土圧式	泥水式
沖積粘性土	0.0030~0.0035	0.0017~0.0024
洪積粘性土	0.0080~0.0159	0.0050~0.0113
砂質土	0.0106~0.0197	0.0048~0.0152
砂礫土	0.0159~0.0296	0.0098~0.0230

耗したことでティースビットが激しく摩耗しています。

(2) カッタビット摩耗量の推定

カッタビットの摩耗量については、一般的にカッタビットの摺動距離をパラメーターとして施工実績にもとづいた摩耗係数で推定しています。

$$\delta = K \times \pi \times D \times N \times L / V$$

δ : 摩耗量(mm) (対象ビットの摩耗量)

K : 摩耗係数(mm/km) (地質, 工法など)

D : シールド外径(mm) (対象ビット回転径)

N : カッタ回転数(rpm)

L : 掘進距離(km)

V : 掘進速度(mm/min)

摩耗係数(K)についてはさまざまな数値が提案されていますが、その参考値を表-1に示します。

カッタビットの摩耗量は、掘削対象となる地質特性、カッタビットの配置・パス数を含めたカッタヘッド構造、工法の相違およびシールド掘進に伴う切削負荷状態などの摺動距離以外の影響を受けますので、その精度がばらつくことになります。また、推定式は標準的な施工条件での統計値ですので、標準の範囲を外れて外挿する場合には注意

を要します。

礫質土などでは、チップの欠けや脱落により急激な摩耗となることが知られています。また、切削時の土砂の流れを停滞させるようなビットの配置をしますと、局所的にビットの摩耗が進みます。したがって、ビットの耐久性は摺動距離による摩耗量の検討だけでは不十分なことを念頭に置くべきでしょう。ビット交換の必要性を判断する難しさはここにもあるので、摩耗量を推定するうえでの多くは安全側に重点を置いたものとなります。

一方、カッタビットの摩耗推定量に対する限界摩耗量は、一般的に埋め込みチップ材長の0.4~0.5倍を指標として設定しているようです。

(3) カッタビットの耐久性向上対策

一般的に、カッタビットの耐久性向上に関しては、次のような対策が取られます。

- ① 切削土砂がスムーズに取り込まれることを考慮したビット配置、間隔の選定
 - ② 超硬チップを固定している母材の表面を硬化肉盛り溶接などによる母材の摩耗低減
 - ③ ビットの欠けが懸念される地質では耐衝撃性に優れた超硬チップ材質(E5種)を選定
 - ④ 地質条件により耐摩耗性に優れた超硬チップ材質(E3種)を選定
 - ⑤ 先行ビット, 強化型先行ビットの活用
 - ⑥ カッタビットパス数の増加
 - ⑦ カッタビットの高さを変えたビット配置(段差配置)
 - ⑧ 限界摩耗量の大きな大型ビットの選定
- 近年では、ティースビットの保護を目的として先行ビットを配置する事例が増えていますが、この場合、0.6などの低減係数により評価することもあります。また、パス数と摩耗量は線形関係にはなく、パス数を増やすことの摩耗低減効果は明確ではないようです。
- 以上のように、上記対策の組み合わせを評価したうえで、カッタビットの耐久性を精度良く予測することは、現状ではまだ難しいと言わざるを得ません。このため、近年では、摩耗検知装置(油圧式, 電気式, 超音波式, 電磁波式など)を配備

することが増え、カッタビットの摩耗状況が把握できるようになっています。

(4) カッタビット交換方法

1) 通常のカッタビット交換方法

長距離シールドや砂礫, 石英分の多い土質などを掘削対象とするシールドでは、カッタビットの摩耗量が限界摩耗量を超えてビット交換が必要となる場合があります。

通常、中間立坑を設置し立坑でビット交換する方法や、地盤改良などの施工によりチャンパ内でビット交換する方法で対応しています。しかし、これらの方法は、立坑用地確保の問題や立坑築造・地盤改良などに大きな費用が発生すること、または、ビット交換が狭隘な作業空間での危険作業となるため、近年ではあらかじめ機械式交換システムを搭載して、機内で安全かつ効率的にビットを交換する方法が実用化されています。

2) 機械式カッタビット交換方法

以下に主な機械式カッタビットの交換方法を示します(図-1)。

- ① ビット押し出し方式
ビットが摩耗した段階で、面板あるいはスポークに内蔵されたビットを油圧ジャッキなどで地山側に押し出す方式。
- ② スライド交換方式
面板あるいはスポーク部において、ビットの取り付け台をスライド可能なガイドで支持し、ビットをシールド中心部に引き込み、交換したビットを中心部から半径方向に押し出してビット交換を行う方式。
- ③ スライド回転交換方式
カッタビットをスポーク内で回転させ、交換位置までスライドさせ機内で交換した後、再びスポーク裏側から新しいビットを反転させて交換を行う方式。
- ④ 球体式ビット交換方式
シールド本体に回転可能な球体を内蔵させ、

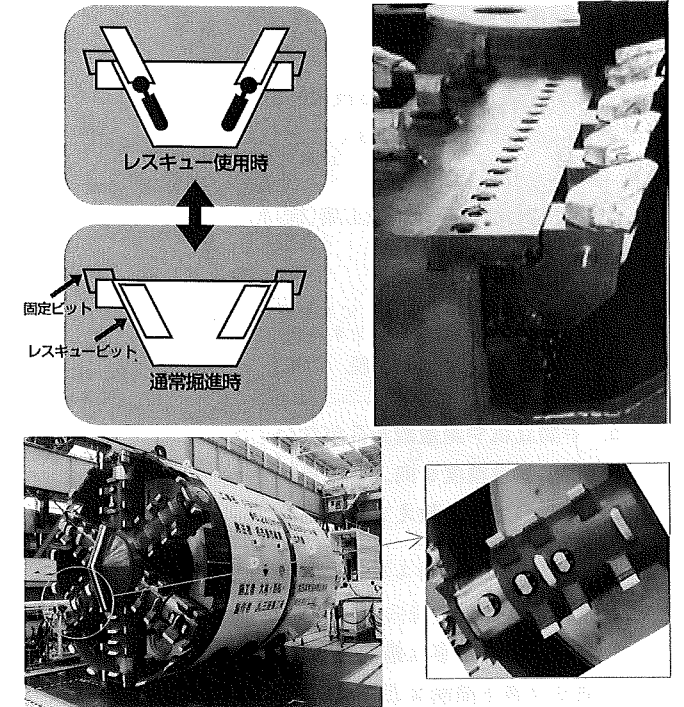


図-1 機械式ビット交換の例

- ⑤ カッタヘッド全体を機内側に回転させ、機内でビット交換を行う方式。
 - ⑥ カッタヘッド内交換方式
カッタヘッド内部に作業者が入ってビットを引き込み、カッタヘッド内で交換する方式。
- いずれの交換方法においても、高水圧下での止水技術が課題であり、交換システムの装備費用に対する従来の地盤改良や中間立坑での費用との経済比較検討が必要となるでしょう。また、適用できるシールド径や交換できるビットの種類などについて制限もあり、適用に際しては詳細な検討が望まれます。
- (5) おわりに
今後は、近年のカッタビットの摩耗実績データや新しい知見による分析を加えることで、カッタビットの配置などに関する詳細な評価と、より精度の高い摩耗予測が期待できます。また、機械式カッタビット交換技術については、要素技術として実用段階にありますが、装置の耐久性や適応性など課題は多く残っています。しかし、長距離シールドに対する社会的ニーズは高く、これらのこと

が重要な技術となるものと思われます。したがって、現時点でのカットピットの耐久性や交換方法に関する技術評価や信頼性などを明確にしておくことも重要であると考えます。

(文責：八坂光洋/前田建設工業(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.

Q 35. 中間立坑や測量観測孔がない場合に到達精度を向上させる坑内測量の方法を教えてください。

A.

(1) はじめに

近年、シールド工事は錯綜する既設構造物への影響回避やコスト削減などの社会的要請を受け、長距離・大深度施工が増えています。このような場合、測量観測孔の設置が困難であり、到達精度を向上させるためには、坑内測量の精度向上が不可欠となります。ここでは、中間立坑や測量観測孔が設けられない場合に、到達精度を向上させる坑内測量の方法を紹介します。

(2) 坑内測量の目的と方法

坑内測量は、坑外測量にもとづいて坑内に測点を設置し検測を行うものであり、シールド掘進に際して行う掘進管理測量の基本となります。坑内測量により既設セグメントの蛇行量や現在のシールドの位置座標・掘進方向の情報を得て、その後の掘進計画に反映させます。

坑内測量には、路線測量と水準測量があります。このうち路線測量は、トンネルが線状構造物であるため、図-1のような開放トラバース測量で行われています。しかし、この測量法は計測した測点の誤差を検知・解消できないことから、閉合トラバース測量に比べ精度が劣ります。とくに長距離や急曲線では測点数が多くなるため、誤差が累積・増大し、精度が落ちやすくなります。なお、水準測量は直接水準測量で行われており、精度は比較

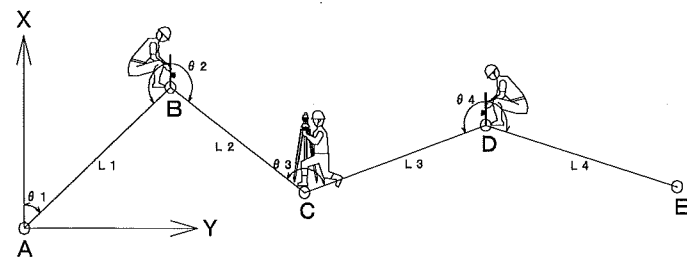


図-1 開放トラバース測量

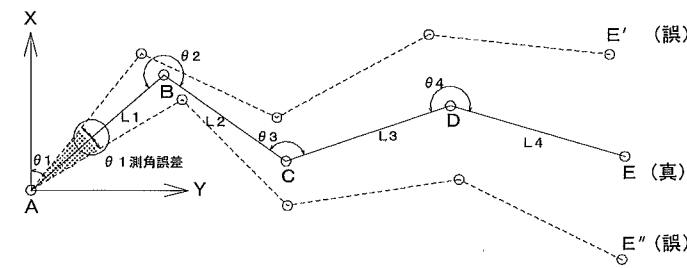


図-2 測量誤差の累積・増大

的に良いようです。

(3) 到達精度を向上させる坑内測量法

坑内測量の路線測量では、測点をシールドの掘進に伴い、順次前方へ移設していきますが、途中の測量成果に誤差が含まれると、その誤差は図-2のように、掘進延長が延びるにしたがい増大し、結果として到達精度が落ちます。

以下に、到達精度を向上させるための坑内測量の方法を挙げます。

1) 測点の設置・管理

坑内測量の測点は、シールド掘進に伴い、順次前方へ移設していきますが、組み立てたセグメントが、シールド掘進時の推力や裏込め注入の影響および浮力などにより動くことがありますので、切羽に接近した箇所に設置するのは避けるべきです。

これらの測点は、施工中はもちろんのこと、貫通後の各種測量の基準点としても使用するため、長期間の使用に耐えるような構造としなければなりません。例えば、他の作業の支障とならない場所に設置し、他作業による接触損傷を防止するために十分に養生しておきます。

また、併設トンネルにおける先行トンネルでは、後続シールドの掘進の影響によりセグメント自体が変位する場合があるため、必ず定期的に測点を

検測するようにします。図-3にセグメントの変位状況を示します。

測点の設置間隔は、トンネル断面の大きさや線形などのほかに、各種作業設備との関連、坑内の見通し、使用する測量機器などを考慮し設定しなければなりません。一般的には、曲線部で10~20m程度、直線部で50m程度が多いようです。測点を前方に移動する場合には、後方の測点を重複させて位置決めし、なるべく早い時期に地上・立坑下基準点や他の坑内測点との関連を検測するようにします。

なお、坑内の測点は鋼材にポンチを打って設置することもあります。ベースの鋼材が錆びると見えなくなり、ポイントの再現が困難になってしまいます。したがって、測点の状態確認・清掃・防錆処理などによる維持管理が重要となります。

2) ジャイロランシットによる基線測量

シールドの掘進が進み、坑内にある程度の直線区間が確保できた段階で坑内に基線を設置し、ジャイロランシットにより基線測量を行います。ジャイロランシットによる測量では、高精度の方位角が測定できるため測角値の補正ができ、坑内測量の精度向上が図れます。また、基線は長いほど精度が上げられます。

掘進距離が長い場合や、曲線施工が多数含まれる場合には、測点の盛り替え回数が多くなるため、測量誤差が大きくなります。このような場合には、あらかじめ、ジャイロランシットによる基線測量を行う位置を計画しておき、坑内測量結果を補正することで、坑内測量の精度を向上させることができます。図-4にジャイロランシットによる基線測量結果による補正の概要を示します。

3) 水平ボーリングの実施

長距離シールド同士の地中接合の場合、地中接合直前に坑内から水平ボーリングを実施することにより、到達精度をより向上させることができます。水平ボーリングを行う位置は、水平ボーリン

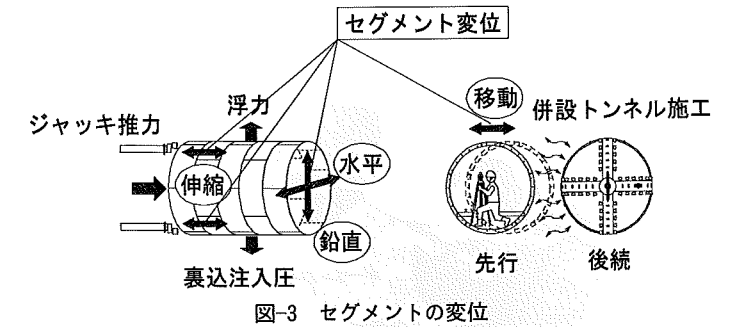


図-3 セグメントの変位

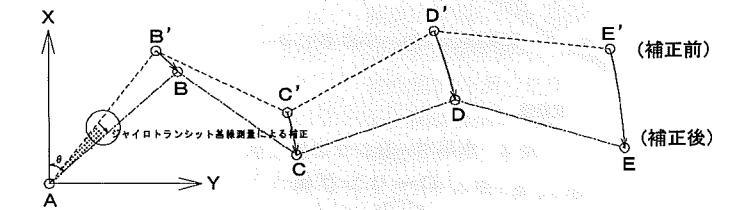


図-4 基線測量結果による補正

グの精度・シールド方向修正量などを考慮して、到達位置(接合位置)からある程度手前とし、位置確認した後、必要に応じて方向を修正しながら到達(接合)します。

図-5に水平ボーリングの施工例を示します。

この施工例では、2台のシールドでそれぞれ9 km掘進後、50m離れた位置から小口径推進工法による水平ボーリングを行い、ボーリング孔を利用した磁気センサーとラジオ・アイソトープ・センサーにより正確な相互位置を確認しています。

(4) 急曲線施工での坑内測量

急曲線施工時には、シールドの姿勢が中折れ状態となっています。このとき、坑内測量から求めたシールドの座標値にもとづいて、シールド姿勢(シールド方位角・中折れ角・ローリング角・ピッチング角)を考慮して、現在の切羽位置を計算により求めます。したがって、坑内測量には高い精度が要求されます。図-6に急曲線施工時のシールド切羽位置の状況を示します。

急曲線区間では、測量時の見通しが悪くなり、測点の盛り替え回数が増えるため、測量誤差がより大きくなります。この誤差をできるだけ小さくするためには、当該急曲線部の前方区間(切羽側)で、ジャイロランシットによる基線測量を行い、測点の補正を行うのが効果的です。

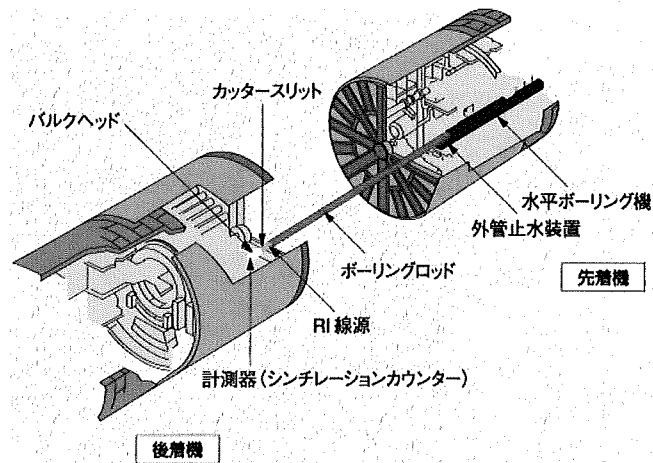


図-5 水平ボーリングの施工例¹⁾

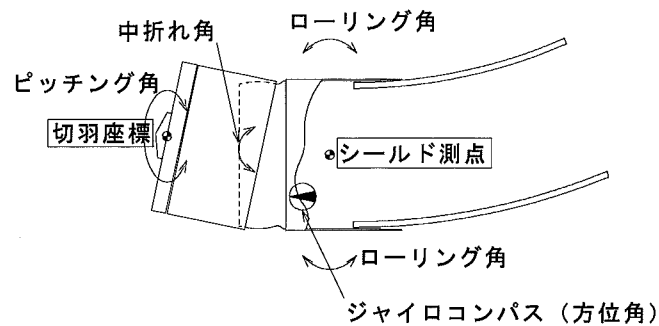


図-6 急曲線施工時のシールド切羽位置

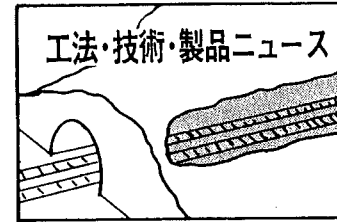
(5) まとめ

坑内測量は、測量方法自体は従来と変わっていませんが、トータルステーションやジャイロトランシットの導入など、測量機器は大幅に改良されてきています。それに伴い測量精度も向上し、長距離・急曲線掘進も可能になってきました。また、測量結果をCADデータにプロットすることで、蛇行量の確認・掘進指示の立案などへの反映も容易に行えるようになってきています。このような状況下で、到達精度をより向上させるには、ジャイロトランシットの活用が有効ですが、基本的には測定の定期的な検測と維持管理が重要となります。

(文責：横崎照将・奥利明/(株)不動テトラ)

参考文献

- 1) 鹿島建設(株)：超長距離シールド技術の粋を集め世界最長の泥水式シールドトンネル(9 km)が機械式地中接合完了、鹿島プレスリリース、2005.10.20.



アルカリフリー液体急結剤シグニット®-L53AF(JP)

東友エンジニアリングはスイス・シーカ社と契約を締結し、本格的に急結剤市場に参入することになった。これに伴い、同社では石岡工場内に施工現場で実際に使用する材料を用いて吹付け試験を行える体制を整えた。

アルカリフリー液体急結剤シグニット®-L53AF(JP)は、付着性、初期強度の発現、粉じんおよびバウンドの低減化を実現し、坑内での吹付け作業において問題視される粉じん対策に有効な材料として期待される。また、従来の液体急結剤と比較して低添加率での施工も可能となる。

開削トンネル工事におけるコスト削減と施工性の向上

阪神高速道路と三井住友建設は、開削トンネルの構築方法として、「側壁盛替え工法による開削トンネルの構築技術」を共同開発した。

仮設土留め工と本体構築物の構築が主たる開削トンネル工事では、技術面・経済面において仮設土留め工の比重が大きく、仮設工も含めた合理的な開削トンネルの構築技術の開発が課題となっている。

同工法は、切梁支保工が負担している反力を側壁により片持ち梁状態で受替えながら、切梁支保工を撤去し、躯体を構築する。このため側壁へ盛替える際に発生する構築物の施工時応力に対する取り扱いが重要となる。この施工時応力を合理的に本体構築物の設計に考慮するために、

「逐次的分離ークリブ応力緩和法」という概念を取り入れ、応力が構築物構築過程に伴うクリープ変形によって緩和する量を評価し、緩和後の残留応力を逐次的分離計算法によって本体構築物の設計に反映する。

これにより、内梁の設置・撤去に要するコスト削減および工期短縮、狭所・高所での重架設作業がなくなることによる安全性および施工性の向上、側壁内に既設切梁を残置しないことによる躯体コンクリートの品質の向上、が図れるとしている。

可視光通信を用いた3次元位置計測システム

慶応義塾大学、中川研究所、三井住友建設は共同で、可視光通信を用いた3次元位置計測システムを開発した。

同システムは、市販の高解像度デジタル一眼レフカメラと画像解析用のパソコンおよび標点となるLED光源から構成される。

座標がわかっている位置に基準点用光源と、計測したい位置に測量点用のLED標点を設置し、それら全体をデジタルカメラによって任意の2か所より撮影し、パソコンで画像解析を行うことにより、各光源の位置の算出およびID番号を受信し、2か所から撮影したデータより各測量点の3次元座標が算出される。

試作機による模擬測量実験の結果、現在使用されている測量機器と同程度の精度を有することが確認されており、これまでの測量が苦手としていた夜間の測量や測量の自動化にも効果を発揮し、橋梁建設時の形状管理や地すべり地帯の自動観測のほか、トンネル構内で変状が懸念される部位にLED光源を設置しておき、一定間隔で自動撮影することで、そのデータをネットワーク経由で監視室などに伝送することにより、遠隔的に変状監視を行うことが可能となる

など、建設時の精度向上、省力化、安全性向上に貢献するツールとして活用が期待される。

斜面計測監視システム

ハザマは、ハザマ斜面計測監視ICT(情報通信)システム「ハモニス」を開発した。

同システムは、多種の地山計測器データを自動的に整理するとともに、独自に考案した判定手法を用いて地山の安定性を瞬時に評価するもの。地山変状計測の結果をWebで表示し、関係者がリアルタイムに斜面計測監視することを可能とした。

システム構成は、①監視状況図、②経時変化グラフ、③全計測器による変位ベクトル平面図、④全計測器による変位ベクトル断面図および地すべり安定性評価結果、からなり、システムのトップページである①監視状況図では、対象とする地点の地表および地中における全計測箇所的位置を平面図に表示し、自動的に算出される計器の変位レベルが一覧できる。画面下部には地山安定性評価結果がリアルタイムで表示される。

また、④全計測器による変位ベクトル断面図および地すべり安定性評価結果では、地すべりの代表断面図などにおいて、複数の地表計測結果および地中計測結果を自動的に表示し、独自に考案した「地すべり評価判定フロー」(特許申請中)を用いることにより、リアルタイムで想定すべり形状の妥当性を評価するとともに、地下水位の変化に伴う土塊の安全率の変化を表示でき、斜面の危険度が定量的に判断できる。

今後は、地山不良箇所や地すべり地帯におけるトンネルや道路造成などの山岳土木工事現場において、安全および品質管理手法として積極的に導入するとともに、一般的な地すべり現場などにおける防災管理業務の実績を増やす予定としている。



セグメントの新技術

監修 小泉 淳

B 5判 132頁 本体価格 2,000円 千290円

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



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

コンクリート剥落対策に 特化したシート工法

鉄建建設と宇部日東化成は共同で、コンクリートの剥落防止に特化した補修補強工法である「タフメッシュ工法」を開発した。同工法は超軽量・高強度な特殊ポリプロピレン繊維と透明樹脂で構成された製品を対策箇所に貼り付けるもの。

タフメッシュは、特殊ポリプロピレン繊維が主材のフィルム状に成型したもので、コンクリートの剥落防止に特化した機能を持たせることを主眼に開発された。

特長として、フィルムが薄くて軽いので施工性がよい、作業工数が少ないため経済性がよい、硬化は接着剤によるため紫外線装置が不要、紫外線劣化が少ない、ほぼ透明で事後の下地状況の観察が可能、湿潤面にも対応可能、10%程度の伸び性能も有するため目地部の施工も可能、などがある。

明色アスファルト舗装用 タイヤローラ

大成ロテックは、国内で初めて明色アスファルト舗装用のタイヤローラを開発した。

同製品は舗装面を汚さないホワイトタイヤローラで、路面の輝度を高めるのに効果がある。タイヤ自体の製造が難しかったため、簡単に脱着できるタイヤカバータイプの構造を開発し、通常のタイヤローラのタイヤに厚さ10mmの耐熱性白色ゴムを取り付ける方法を採用している。

明色舗装はトンネル内の照明効果や夜間視認性に優れる半面、通常のタイヤローラで転圧すると、タイヤに含まれるカーボンブラックがタイヤ跡として表面に汚れを残してしま

う問題があった。

適用現場で、17,551m²を施工したところ、施工面の汚れ、タイヤカバーの摩耗損傷、横ずれ、タイヤカバー固定装置の破損などはなく、実用性が確認された。

日立建機 国内向け全製品 販売価格改定

日立建機は、2008年4月1日から、取り扱い全製品を対象に販売価格を平均で5~10%値上げすると発表した。

背景にはここ数年の鉄鋼や鋳物をはじめとする鋼材・素材関係の高騰がある。原価低減活動で吸収するなどの企業努力のみでコストアップを吸収することは困難と判断し、必要最小限の値上げを行うこととした。

オフロード法対応の 小型油圧ショベル

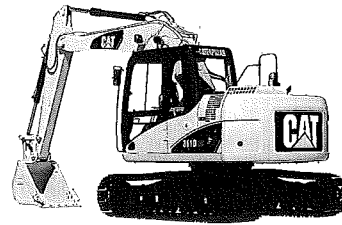
新キャタピラー三菱は、11トンクラスの汎用小旋回機CAT 311D RR「REGA」(バケット容量0.45m³、運転質量11.9t、写真)と、12トンクラスの標準機CAT 312D「REGA」(バケット容量0.50m³、運転質量12.5t)を発売した。

それぞれ、CAT 311C UとCAT 312Cのモデルチェンジ機で、従来機に比べ燃料消費量の低減を図るとともに「エコノミーモード」を新たに採用するなど、昨今の燃料価格高騰を背景に高まる省燃費へのニーズに応えた。また、排出ガスに含まれる有害物質を大幅に低減する新世代環境対応型エンジン「ACERT®」を搭載し、オフロード法に適合するとともに、国土交通省超低騒音型建設機械にも適合(申請中)する環境性能を備える。

さらに、アタッチメント回路設定

を容易に選択可能で、幅広い用途に対応可能な汎用性を確保した。

このほか、車両のさまざまな情報を集約表示可能な新開発フルグラフィックカラーモニターの採用や建設機械の稼働状況やメンテナンス情報の遠隔管理装置を標準装備したことなどにより、サービス・メンテナンス性も大きく向上させた。



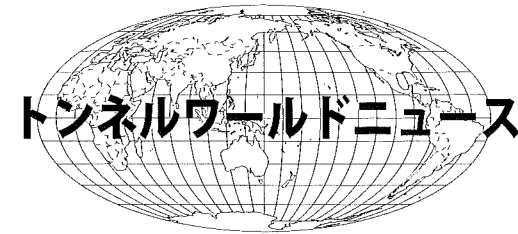
工事騒音リアルタイム評価・ 対応システム

飛鳥建設は、「工事騒音リアルタイム評価・対応システム」を開発し、実用化した。

同システムは、監視地点の騒音レベルを記録・解析し、影響レベルの検出を自動で行うため、従来に比べ大幅な省力化を図れるとともに、管理基準値を超えた場合の警告により、迅速な騒音低減対策の実施を可能としたもの。

建設工事現場周辺の住宅地などの騒音監視地点へ伝搬する工事騒音について、監視地点での騒音レベルが管理基準値を超えた場合に、監視地点に影響する工事騒音の影響と暗騒音(自動車騒音・犬・鳥の鳴き声など)の影響を自動的に判別し、工事騒音だけをリアルタイムに評価する。高いレベルで工事騒音監視体制を要求される工事などでの展開が期待されており、現在、トンネル工事を中心に展開を図っている。

今後は、ダム工事や都市土木工事、建築工事への適用拡大を図る予定。



(社)日本トンネル技術協会
国際委員会

パリA86環状道路の 最後のトンネルが貫通

パリのA86環状道路で未整備となっていた西側区間で、最後の5.5km区間のトンネル掘削がTBMにより貫通を迎えた。

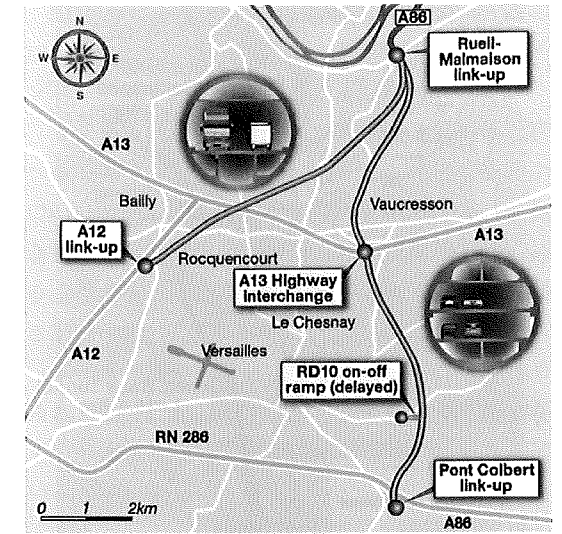
未整備区間を完成させ、環状道路を形成するために、径11.56mのHerrenknecht社製ミックスシールド型TBMは、Pont Colbert(Jouy-en-Josas)から北向きに掘削を開始し、A13インターチェンジ区間(Vaucresson-Le Chesnay)で貫通を迎えた。このTBMは、最初に着手した南向き掘削区間の施工を完了した後、2005年中ごろに再発進したものである。

トンネル線形沿いの地質は、石灰岩層・砂層・粘土層・泥灰土層・チョーク層で構成されている。トンネルの土かぶりには10~100mで、縦断勾配は最大4.5%である。TBMは、ミックスシールドモードから泥水・泥土圧・オープン・セミオープンの各モードへの切り換えが可能となっている。カットヘッド出力は4,000kWで、カットトルクは16,360kN・mである。

総延長9.8km超となるこの道路トンネルは、2010年の完成が予定されている。最初に着手したRueil-MalmaisonからA13インターチェンジまでの区間は、2000~2003年にかけて同機「Emma」により南に向けて掘削された。

この南向きの掘削では、牽引機関車で火災が発生し、トンネルに損傷を与えた(T&TI, March, 2004, p.40-3)。施工が完了している4.5km区間は、2008年初めに供用開始予定である。

A86環状道路をなすこのトンネルは2階構造で



トンネル位置図(Rueil-Malmaison~Pont Colbert)

あり、それぞれ一方通行で二つの車線と路肩が設けられる。また、トンネル内には200mごとに避難路が設けられる。

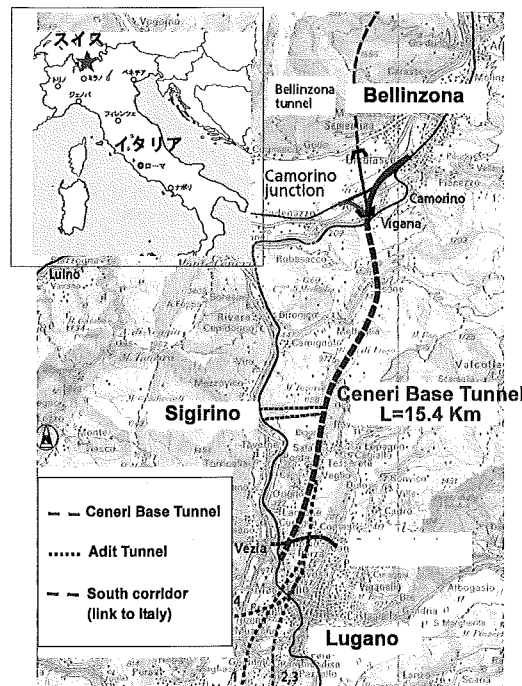
トンネルの営業権はCofiroute社に与えられており、施工はSocatop共同企業体が行っている。Socatop共同企業体に参画しているVinci社・Eiffage社・Colas社は、Cofiroute社への出資会社である。

(T&TI '07.10 担当:伊藤 彰・(株)間組)

CeneriトンネルでRobbins社製 TBMが発進

TBMメーカーのRobbins社は、ヨーロッパのトンネルで近年もっとも大きなプロジェクトの一つである、スイスのCeneri Baseトンネルを掘削する最初のTBMはメインビームを改造したものになる、と発表した。直径9.7mのTBMは、2.4kmの横坑を掘削するのに使用される。

この発表は、Robbins社と、CSC社、Lugano社、Frutiger SA社、Thun社、Rothpletz社、Lienhard+Cie社、Aarau社からなるConsorzio Monte Ceneri(CMC)JVとの正式契約を受けたものである。イタリアのミラノでカットヘッドの直径を7.6mから9.7mに大きくするなどの改造完了後、Alp Transit計画で初めて19インチカット



Ceneriトンネル位置図

を使うことになるスイスの現場まで輸送される。

このマシンは、以前アイスランドのKarahnjukar水力発電プロジェクトのメンテナンス掘削で成功を収めた機械である。

CeneriトンネルはスイスのCanton Ticino地域にあり、Gotthard山脈とCeneri山脈を貫くトンネルを通して効率的な鉄道貨物輸送を実現するためのAlp Transit計画の一部である。

南北方向2本の全長15.4kmのトンネルであり、アルプス山脈に多い急勾配のトンネルに比べ、貨物列車では極力緩勾配にする必要がある。トンネルの開通により、チューリッヒからミラノまでの移動時間が短縮され、LuganoとBellinzona間などのいくつかのルート上の所要時間が半減されることになる。

Sigirinoに位置する横坑交差部は、本坑のほぼ中央に位置する。地質は一軸圧縮強度が30~130MPaの片岩、スイスモラッセ、Ceneri片麻岩より構成されている。膨張性地山や大量湧水などが生じる恐れはなく、TBM掘削は順調に推移する見通しである。

TBM前方の地質状況を確認するために、Robbins社の新しい削孔機が使用される。地質に応じて、ロックボルト、リングビーム、吹付けコンクリートといった一次支保が施工される。掘削ずり物は、コンクリート用の砕石として使用するために、現場用地内に一時仮置きされる。

17インチのディスクカッタが使用されたGotthard Baseトンネルと同じ地質を最新のディスクカッタで掘削する。Karahnjukar水力発電プロジェクトに続き、17インチカッタに比べ重量があり、またカッタライフの長い19インチカッタを使用することにより、カッタ交換の回数を減らす。

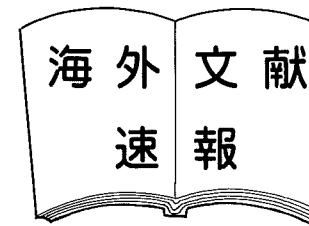
(WT '07.10 担当：吉田 敦・大成建設(株))

研究論文募集のお知らせ

弊誌「トンネルと地下」では、研究論文(実験、技術開発など)を募集いたします。大学や技術研究所などからの貴重な研究成果を多数お待ちしておりますので奮ってご応募下さい。とくに若手トンネル技術者の技術向上を主眼としておりますので、平易・簡潔にまとめていただくよう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53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)



(社)日本トンネル技術協会 国際委員会

Transbay市街地鉄道の延伸/Transbay's downtown rail extension

By Bradford F. Townsend, Derek Penrice, Steve Klein: Tunnels & Tunneling International, April, 2007, pp.27-31

サンフランシスコ湾岸地区のターミナルビル建設(TTC)および市街地鉄道Caltrainの2.5km延伸(DTX)を総合したTransbay Transit Center計画がTransbay共同公社(TJPA)によって進められている。

鉄道延伸部分はNATMトンネル1,000m、開削トンネル1,542m、既存の地上路線との接続部である開削部756mである。トンネルの断面は、複線および三線であり、ほとんどが市有地の道路の下に計画されている。

地質は中生代の破砕、せん断された砂岩、頁岩を主体としたメランジ(混成岩)である。また、一部に堆積土、崩積土がみられ、掘削前の土質改良が必要である。地下水位は地表より3.3~6.6mである。

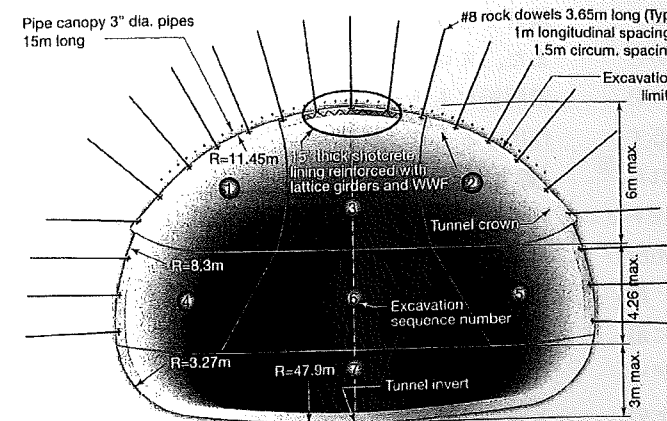


図-1 3線トンネル断面図

NATMによる3線トンネルは、幅20.1m×高さ13.1mであり、上半3分割、下半3分割およびインバートの7段階で掘削される。

トンネル掘削に先立ち、トンネル上部の建造物へのリスクを考慮して、長尺フォアパイリング(76~102mmの鋼管)を300mm間隔に打設する。1掘進長は1mであり、掘削後、鉄筋支保工を建て込み、厚さ15cmの吹付けコンクリートを施し、長さ3.65mのロックボルトを21本打設する。

本工事の概要設計は工事の進捗と併行して進められており、2007年末までに決定される。2012年までの入札に続いて、2013年の契約が予定されている。

(文責：畑生浩司・鉄建建設(株))

Kallidromoトンネルにおける新しい設計手法/Designs on Kallidromo

By Prof. Dr.-Ing. W. Wittke, Dr.-Ing. B. Wittke-Schmitt, Dr. A. Kapenis, N. Diasakos: Tunnelling & Trenchless Construction, July/August, 2007, pp.20-21

ギリシャのアテネ・セサロニキ間を結ぶ高速鉄道が建設中であり、これには2本の単線断面で長さ9kmのKallidromoトンネルが含まれている。本トンネルは、約35mの離隔距離でトンネル掘削を開始し、トンネル中心では離隔距離は65mとなり、最大土かぶりは530mである。2002年に両断面とも両坑口から約1.5km進行した段階で押し出し性

地山により切羽が不安定となり、トンネル上半の崩壊が見られたため工事は中断された。残りの6kmのトンネルについては設計を見直し、2007年年頭に工事が再開された。

トンネル掘削の残りの部分の地質は、シルト質粘土、オフィオライト帯、石灰岩で構成されている。粘土層における安定解析は、すでに掘削された南側坑口部の計測値から逆解析により得られた結果を用いているが、これより掘削対象地山は非常に高い変形特性と低

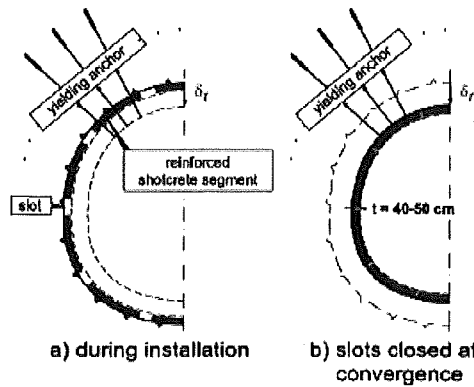
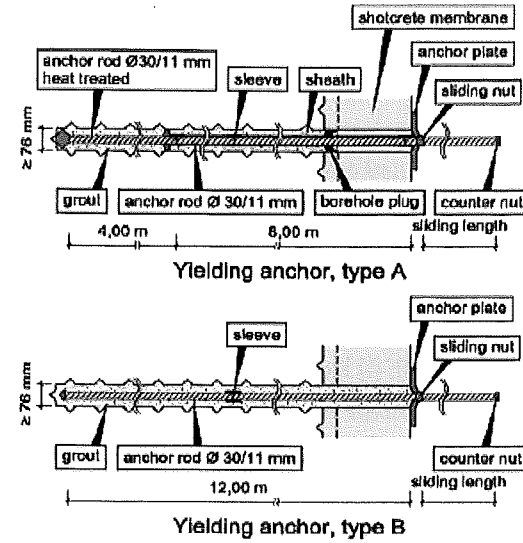


図-1 可縮支保

い強度という結果が得られた。この部分の土かぶりは最大220mであり、低い強度よりも今後のトンネル掘削地山は押し出し性となることが予想された。

すでに掘削されたトンネル南側の1,370mにおける粘土層の土かぶりは約150mである。上半先進工法を採用し、吹付けコンクリートは最大厚さ35cm、多数のロックボルトを打設するとともに切羽にはグラスファイバーの鏡ボルトを打設した。天端沈下の管理値は月に25cm以内とし、先進した右側のトンネルではこれを超過すると上半仮インバートを打設した。これによりトンネルの変位は収束したが、後進となる左側のトンネルの掘進とともに大きな変位の発生が認められ、上半仮インバートの増し打ちによりいったん変位は収束したものの、約1か月後に再度変位の上昇とともにトンネル上半は崩壊した。

これより既存の剛性の高い支保パターンでは、この押し出し性地山には適さないことが明らかとなり、設計の見直しが必要となった。粘土層における新しい設計断面として、押し出し性に対応するための可縮支保部材と全断面掘削が採用された。この可縮支保部材は、図-1に示すようなスロットを伴う吹付けコンクリートとYielding anchor(可延型ロックボルト)により構成されており、地山の膨張に伴うトンネルの半径方向への収縮に追随可能な構造となっている。変形後の地山はアーチアクションが形成され、吹付けコンクリートのスロットは閉塞しロックボルトは緊張される。

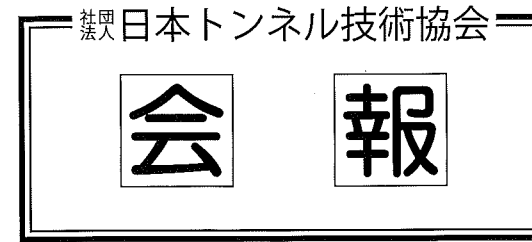


参考図 Yielding anchor (ISRM NEWS JOURNAL, Vol.9, No.2, 2006より)

安定解析より、粘土層の中でも強度が小さく比較的土かぶり大きい部分では、支保の崩落を防ぐためには半径方向の変形として80~120cmを許容する必要があった。このような大変形に追随するには、吹付けコンクリートに多くの比較的長いスロットを形成する必要がある。さらに、Yielding anchorも特殊なタイプが必要となる。これは、解析より地山の変形領域が大きく長尺のYielding anchorが必要となり、大きなひずみが発生するためである。

Yielding anchorは1本4mを3本つなぐことより長さ12mとした。これは特殊に熱処理された鋼材であり、破断する前に大きな塑性変形を伴う。また、スロットの閉塞に追随させるため、有限要素解析にもとづきベアリングプレートに70kNが作用するとスライドするナットを取り付けている(参考図)。スロットが閉塞した後は、Yielding anchorには緊張力が働き、支保部材として作用する。工事期間は、Yielding anchorの軸力の計測を継続する予定である。設計断面は、地質や土かぶりの変化、また予想外の地山に対応可能とするため、さまざまなパターンの支払い断面、スロット幅、吹付けコンクリート厚さとしている。

(文責：野間達也・(株)フジタ)



1. 会員の現状

	2月25日現在
正会員	2,052名
団体会員	394名
個人会員	1,658名
名誉会員	1名
計	2,053名

2. 第189回理事会

日時：平成20年2月22日(金)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22名、監事3名

議題：

- ①7名の入会と91名の退会を承認
- ②評議員の交替を承認

旧	新	所属役職
柴田 陽一	原田 喜文	りんかい日産建設(株)執行役員

③第34回通常総会議案および進行計画を承認

④第34回通常総会議案要綱を承認

⑤当面の主要行事日程を承認

3. 委員会の開催状況(2月1日~29日)

①調査研究関係委員会

◎技術委員会

都市トンネル小委員会

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gres「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

Q&A施工WG：2/27(北川滋樹幹事ほか16名)原稿を検討

保守管理小委員会：2/29(林康雄委員長ほか14名)事例を検討

相鉄・JR・東急直通線トンネル特別委員会：2/18(小山幸則委員長ほか27名)現地視察ほか

北陸新幹線小土盛りトンネル研究特別委員会：2/20, 21(田村武委員長ほか38名)現地視察ほか

筑紫トンネル特別委員会：2/26(橋本武委員長ほか33名)現地視察ほか

飯山トンネル他特別委員会幹事会：2/27(岡田勝也幹事長ほか33名)施工法を検討

計 6回開催 167名出席

②運営広報関係委員会

◎総務委員会：2/19(日月俊昭委員長ほか10名)理事会議題を検討

企画運営幹事会：2/7(高山博文幹事長ほか10名)決算見込みと予算案を検討

広報小委員会

会誌WG：2/5(大島洋志主査ほか12名)3月号の会誌と3か月計画を検討

◎国際委員会

海外文献小委員会

海外ニュースWG：2/28(小島宗隆主査ほか6名)海外ニュースを翻訳

◎事業委員会：2/15(桑原彌介委員長ほか14名)催物事業計画を検討

計 5回開催 57名出席

合計 11回開催 224名出席

5月号予告[5月1日発売予定]

- 岸谷生麦線(生麦方面行き)トンネル
- 東北中央自動車道 栗子トンネル東避難坑
- 仙台市高速鉄道東西線 薬師堂工区・御町工区・六丁の目工区
- 宇和島道路 石丸トンネル
- 横浜市新羽末広幹線(太尾・駒丘区間) 第一工区
- 【連載講座】
- シールド工事の施工に関するQ&A(11)

*内容等は変更になる場合がございます

編集後記

◆新名神高速道路が部分開通しました。草津田上IC～亀山JCT間延長49.7kmに位置する、四つのトンネル(金勝山(栗東)、鈴鹿、安坂山、甲南)について、1999年から本誌で施工報文が掲載されてきたところです。

◆新名神高速道路の目玉となる構造物はやはり、近江大鳥橋(栗東橋)になるのでしょうか。アメリカ人デザイナーによるこのエクストラロード橋のデザインパスを初めて見たときは、その奇抜さに驚きました。当時は生物の形態をモチーフとしたデザインの豊田大橋や有機的といわれるカラトラバ設計の一連の橋やシュテーデルホーフェン駅の駅地下空間などをまとめて、恐竜系大規模構造物と一緒にたに了解していましたが、実は日本を代表する鳥である「鶴」をイメージしたもののようです。

◆地下の恐竜系構造物ということでは、先日、東京メトロ副都心線と東急東横線をつなぐ渋谷駅の建設現場が公開され、安藤忠雄設計の駅構内に据えられた巨大な卵がその姿をあらわしました。卵なので、恐竜だろうがニワトリだろうが形は変わらないのですが、巨大ということで恐竜系大規模構造物という枠組みで理解しています。

◆それはともかく、地中構造物で有機的な形態を合理的に構造物として適用したのは、シュテーデルホーフェン駅地下くらしいか寡聞にして知りませんが、ダクタイルのセグメントなんかは存外そのままでも色・形状ともに合理的かつ有機的な雰囲気を感じます。そういえば、シールドトンネル自体がフナクイムシの掘る穴を模した構造物なので、意外とシールドトンネルこそが構造として合理的で有機的な真の恐竜系地下構造物といえるのでしょうか? (K.K.)

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

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

トンネルと地下

第39巻 第4号 [通巻452号]

ISSN 0285-631X

Tonneru to chika

平成20年3月20日 印刷

平成20年4月1日 発行

社団法人日本トンネル技術協会

会長 小森 博

〒104-0041 東京都中央区新富2丁

目14番7号(新光第一ビル)

TEL: 03-3553-6174

FAX: 03-3553-6145

http://www.japan-tunnel.org

発行所 株式会社土木工学社

〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16

番地メジャー神楽坂

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。

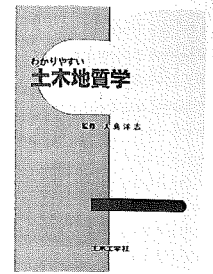
土木工学社の地質学書

[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. 地質踏査 5. 弾性波探査 6. 電気探査 7. その他の物理探査法 8. ボーリング調査 9. ボーリング孔を利用して行う調査 10. 室内試験 11. 調査坑調査(施工・維持管理段階の調査含む) 12. 水文調査・地下水調査 13. 立地条件調査

第IV編 工事を対象とした地質調査の進め方

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

[その他の既刊図書]

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

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

地下水の科学 P.A. ドミニコ・F.W. シュワルツ 共著 大西有三 監訳

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

第II巻 地下水環境学 B5判 252頁 税込4,485円 送料340円

第III巻 地下水と地質 B5判 197頁 税込3,873円 送料340円

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

B5判 444頁 税込10,290円 送料450円

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

A5判 360頁 税込5,097円 送料340円

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

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

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

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

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

株式会社 土木工学社

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

TAIKU



CL301E型 カッタローダ

強力な掘削
最大掘削高さ6.6m

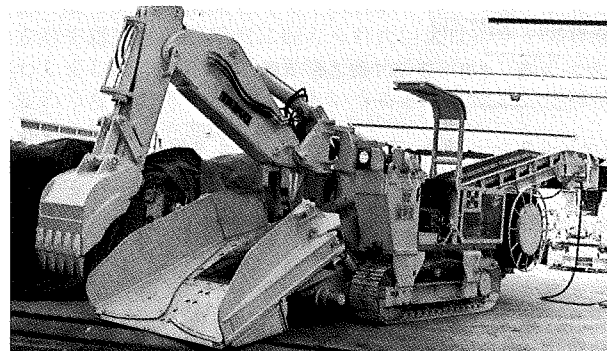
特長

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!!

Kawasaki 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段階調整式リタダー
・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(m³)
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(m³)
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/>