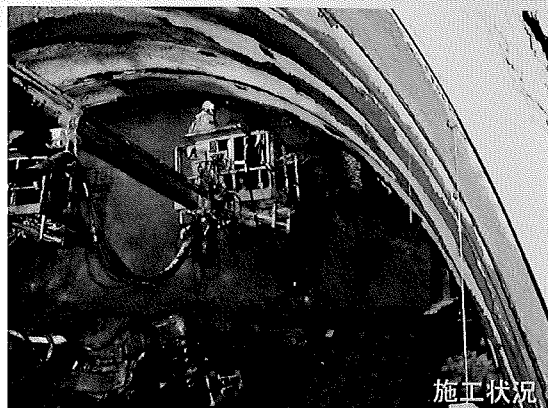


補助工法・注入材のことならティーエムシー

■AGF-OFP工法

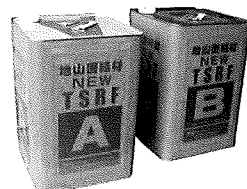
当社が提案するAGF-OFP工法(注入式長尺先受工法)は、長尺の先受を鋼管打設と注入により構築するもので、現場で通常使用されているドリルジャンボで施工できる、汎用性の高い長尺先受工法です。鋼管・削孔資材から注入材まで、全部まとめてお任せください。



施工状況

■各種注入材

- NEW-TSRF (シリカレジン)
- NEW-TBU (ウレタン)

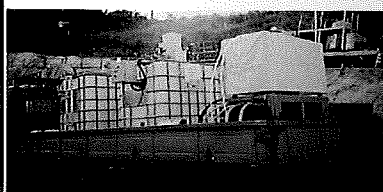


※その他各種工法、セメント系注入材など、詳しくは当社ホームページをご覧ください。

環境に配慮したリサイクルコンテナシステム



◎リサイクルコンテナ(左)と現場への搬入風景



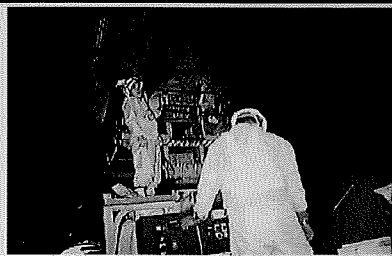
当社のリサイクルコンテナシステムなら、一斗缶の産業廃棄物処理がなくなるため、工事もスムーズに進みます。現場にも環境にもやさしいシステムです。

トンネル補修もティーエムシーにお任せください

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

- NTRフォーム12(12倍発泡)
- NTRフォーム30(30倍発泡)
- NTRフォーム40(40倍発泡)

※強度等詳細は当社ホームページにてご確認ください。



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



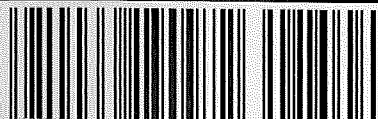
株式会社ティーエムシー ホームページ : <http://www.tmc-net.com/>

お問い合わせ・お見積のご相談はお近くの当社事務所まで

本社	〒116-0013 東京都荒川区西日暮里5-23-3 冠第二ビル5F	TEL: 03-3891-8211
仙台支店	〒984-0826 宮城県仙台市若林区若林2-5-5 SKビル3F	TEL: 022-286-5111
名古屋支店	〒486-0844 愛知県春日井市島居松町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
九州営業所	〒839-0809 福岡県久留米市東合川3-12-40 74・ソリューションビル1F	TEL: 0942-40-8151
小牧物流センター	〒485-0825 愛知県小牧市大字下末1636-9	TEL: 0568-44-7786

定価 1,575円 雑誌06619-9

本体価格1,500円



4910066190972
01500

トンネルと地下 9

vol. 38
no. 9
2007

供用中の新幹線トンネルで発生した路盤隆起の原因とその対策
大断面シールドで都市部の長距離掘進に挑む
2方向からの駅部急曲線進入・Uターンで4本のシールドを併設
SPR工法でロサンゼルスの大口径馬蹄形下水道管を更生
全断面早期閉合による施工法の考え方とその実例
「ITA総会および世界トンネル会議(プラハ)」報告

日本トンネル技術協会誌

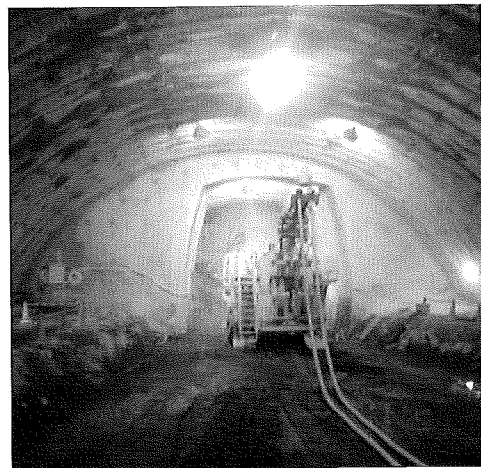


ミニベンチ工法 両用型 ショートベンチ工法

RH-10J-SS 強力型ブームヘッダー



カッター出力 330kW
総質量 120ton



主な特長

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

KYB カヤバシステム マシナリー株式会社

KAYABA SYSTEM MACHINERY CO.,LTD.

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

(旧社名: 日本鋳機株式会社)

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

中部支店 〒514-0396 三重県津市雲出鋼管町62番地2 TEL 059-234-4139

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

三重工場 〒514-0396 三重県津市雲出鋼管町62番地2 TEL 059-234-4111

FURUKAWA
ROCK DRILL



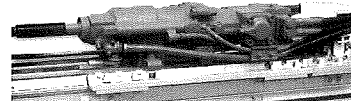
様々なトンネル工事に挑戦し、実績を積み重ねてきた各種製品と
全国に広がる安心のサービス網でお客様をバックアップします。

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。

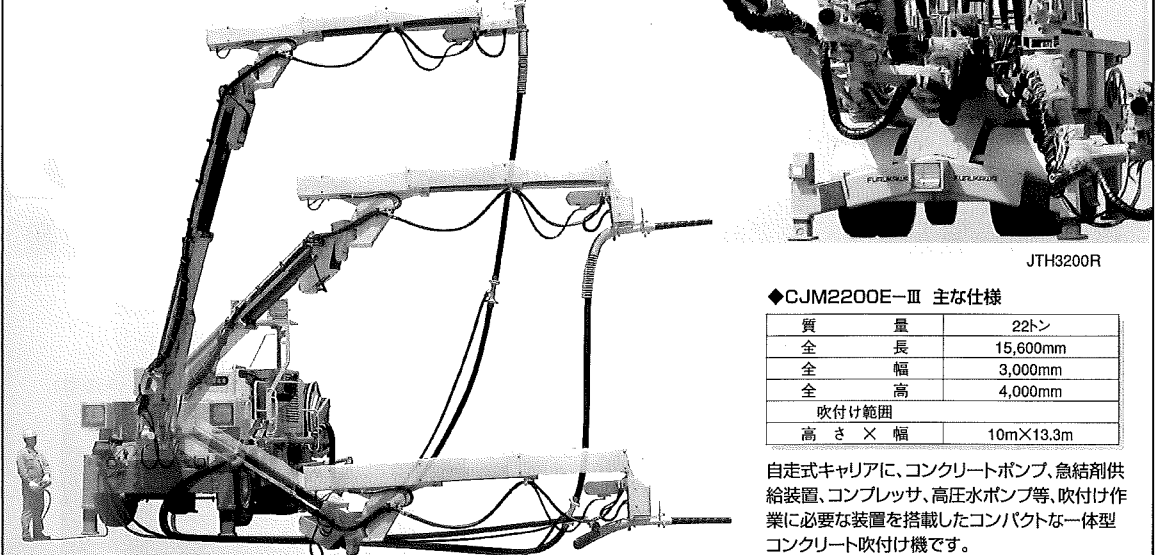


◆主な仕様

	JTH2200R 2ブーム, 2ケージ	JTH3200R 3ブーム, 2ケージ
質量	35.5トン	43トン
全長	14,270mm	14,780mm
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



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

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。

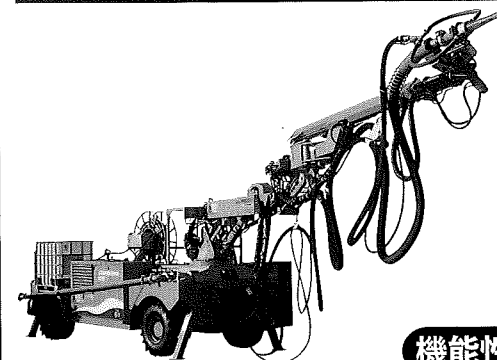


特にコンクリート吹付機の要はコンクリート圧送ポンプです。

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)

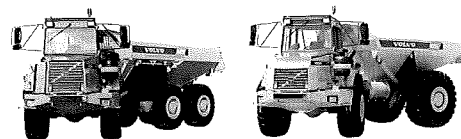
トンネル関連製品

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

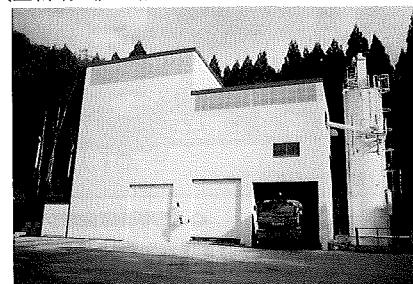
VOLVO ダンプトラック
(A25C-TS, A25C-TR, A20/30C-T)



Volvo East Asia(Pte)Ltd

その他、トンネル施工機械全般

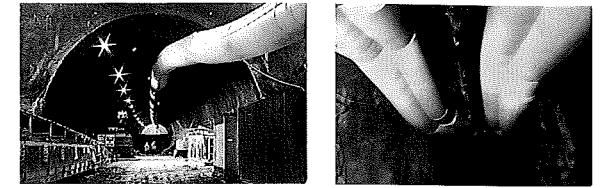
バッチャプラント
(全自動式, 3槽クラム式, 簡易型, 特殊型)



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

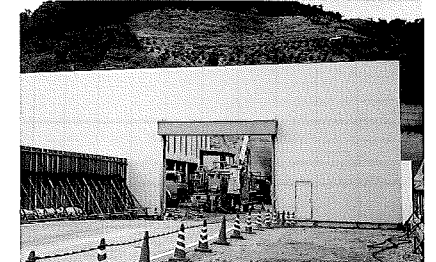
騒音防止システム

エコフラット -35db Cタイプ



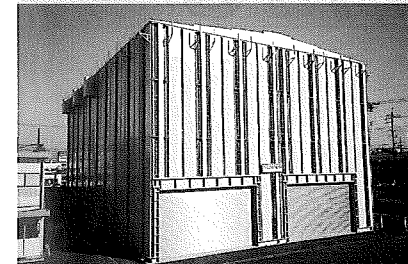
美観を重視した高性能の防音ハウス

エコパネル防音壁 -15db Aタイプ



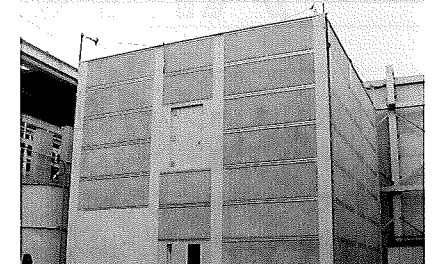
適応性の優れた防音パネル

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

〒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

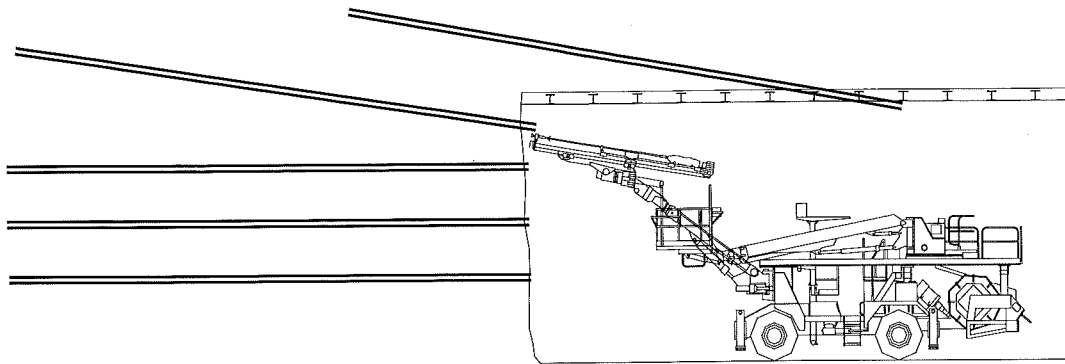
トユーサービス株式会社石岡工場 TEL: 0299-27-6211 FAX: 0299-27-6233

KATECS

全方位切羽補強工法

パノラマ工法

パノラマ工法は切羽から長尺樹脂管(GRP管)を打設しシリカレジン注入することで切羽前方地山を効果的に拘束するための全方位マルチパターン地山補強工法です。特殊強化樹脂管を切羽から全方位に打設することで、天端部の先受工と併せて鏡面補強も同時に施工することができ、切羽の安定性を高め、掘削の安全性を向上させます。



アルカリフリー型液体急結剤

AFK-777J

『AFK-777J』は、コンクリートとの混合が良く付着性に優れ、液体急結剤を少量のエアで添加するため、従来の粉体急結剤と比較して、粉じんやリバウンドが低減されます。

また、液体急結剤吹付けコンクリート用高性能減水剤『404シリーズ』を併用することで、安定した品質の吹付けコンクリート施工が実現できます。



「ヨロケ」とは昔 鉱山で呼ばれたじん肺のことです

KATECS

トンネルの補助工法

注入式長尺先受工法

AGF工法

AGF-P工法

AGF-S工法

AGF-WOO工法

AGF-E工法

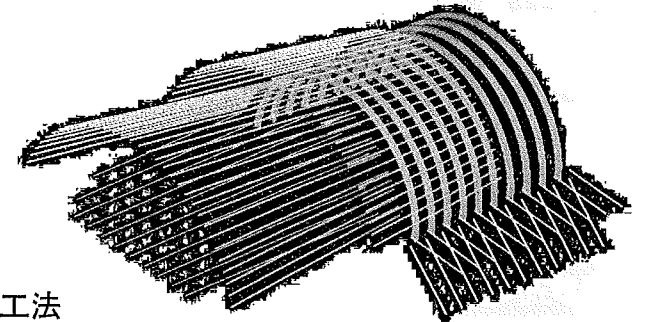
小口径長尺先受工法

SMALL-P工法

FBE工法

全方位マルチパターン地山補強工法

パノラマ工法



発泡型シリカレジン

スーパーSRF

無機系注入材

シリカセーフ

KATECS

株式会社 カテックス 建設資材事業部

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

本社 〒460-8331 名古屋市中区上前津1丁目3番3号

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

中部営業部

〒460-8331 名古屋市中区上前津1丁目3番3号

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

東京支店

〒112-0014 東京都文京区関口1丁目15番3号

第2麻生ビル2階

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

関西営業部

〒550-0015 大阪市西區南堀江4丁目1番18号

十川産業西堀江ビル7階

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

九州営業部

〒816-0932 福岡県大野城市瓦田623-4

リバーサイド大野城A号

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

北海道地区(株)エイチ・アール・オー

〒003-0011 札幌市白石区中央1条5丁目8番2号

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

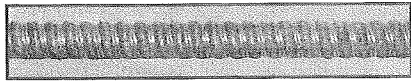
— NATM を支える —

技術と信頼!

ケー・エフ・シーの ロックボルト

全ネジFRP ロックボルト

CG22S



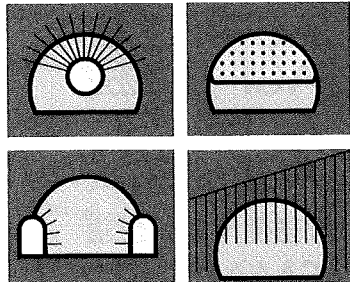
(中実タイプ)

CGR32

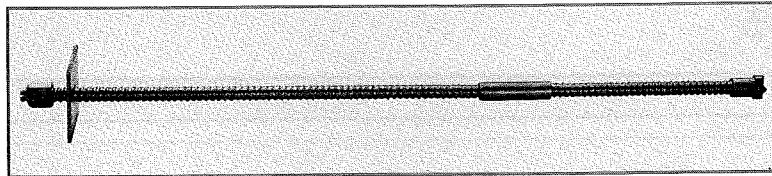


(中空タイプ)

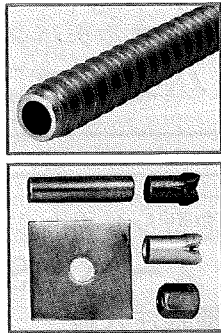
FRP ボルトに全ネジ加工することによって、ナット取付け、カブラー接続が簡単にできます。



自穿孔 IBO アンカー

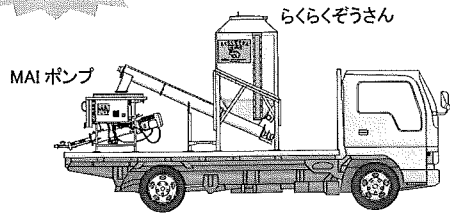


現場での取扱いが非常にし易い R32 ネジを全長にわたって
転造した中空ロックボルトです。

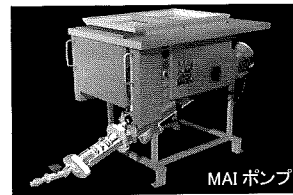


MAI ポンプ&らくらくぞうさん(モルタル投入システム)

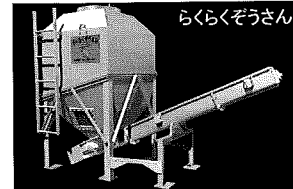
ECO システム!



現場ゼロエミッションに貢献します。



MAI ポンプ



らくらくぞうさん

特許第 3256532 号
(らくらくぞうさん)



環境にやさしいパッケージ
「ふたたびくん」

KFC 株式会社 ケー・エフ・シー

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

ホームページ <http://www.kfc-net.co.jp/>

1本1本が大切! だから

次世代 防食 ロックボルト

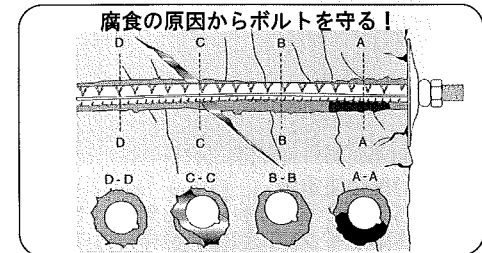
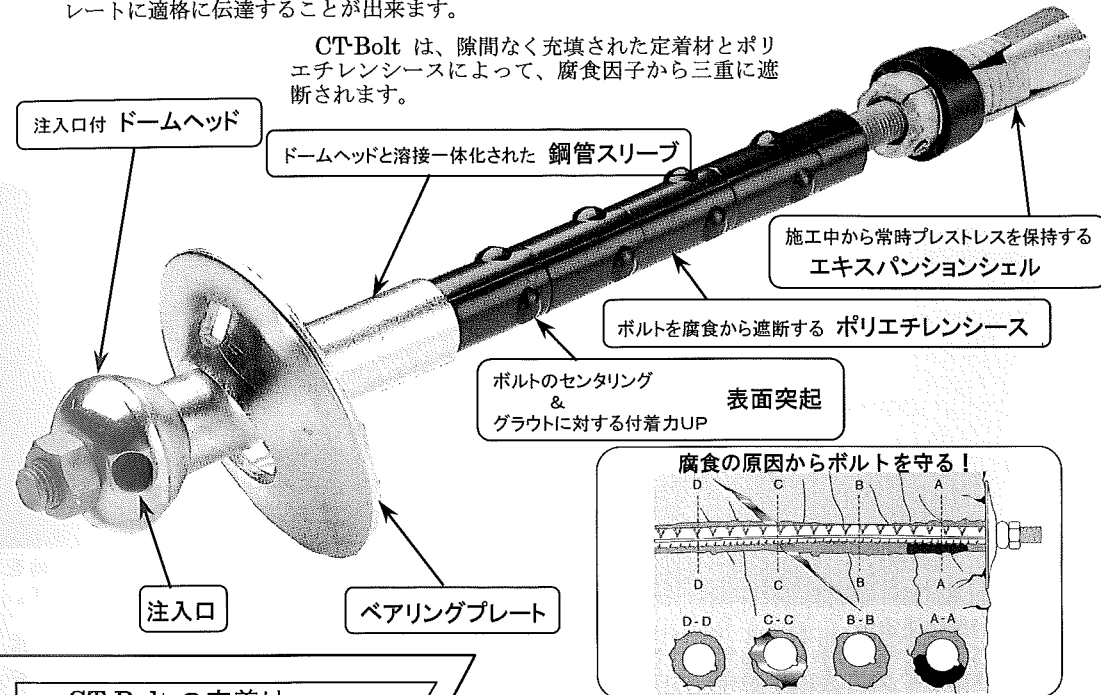
CT-Bolt

Ørsta Stål

通常施工により超長期支保

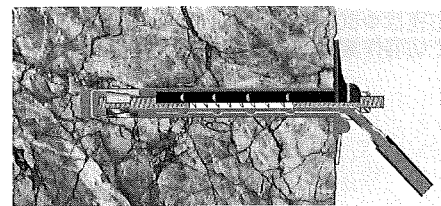
CT-Bolt は、施工直後からプレストレスを導入し、特殊半球型ドームヘッドにより、地山の動きに伴う荷重をベアリングプレートに適格に伝達することが出来ます。

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



CT-Bolt の定着は・・・

即時に支保効果をもたらす先端定着と、時期を選んで行える全面定着グラウト充填のコンビネーションです。施工直後から施工後長期にわたって、ボルト支保効果を最大限に活用することが可能です。ポリエチレンスリーブがボルトを覆う構造により、仮に空洞や偏芯、或いは湧水によって部分的にグラウトが逸失している場合にも、腐食促進成分がボルトと接触しません。



用途：
山岳トンネル・海底トンネルに
立坑・地下空洞支保に
石油備蓄基地等地下施設建設に
斜面安定・補強土工に
その他 腐食対策の必要な地盤に

完全充填

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

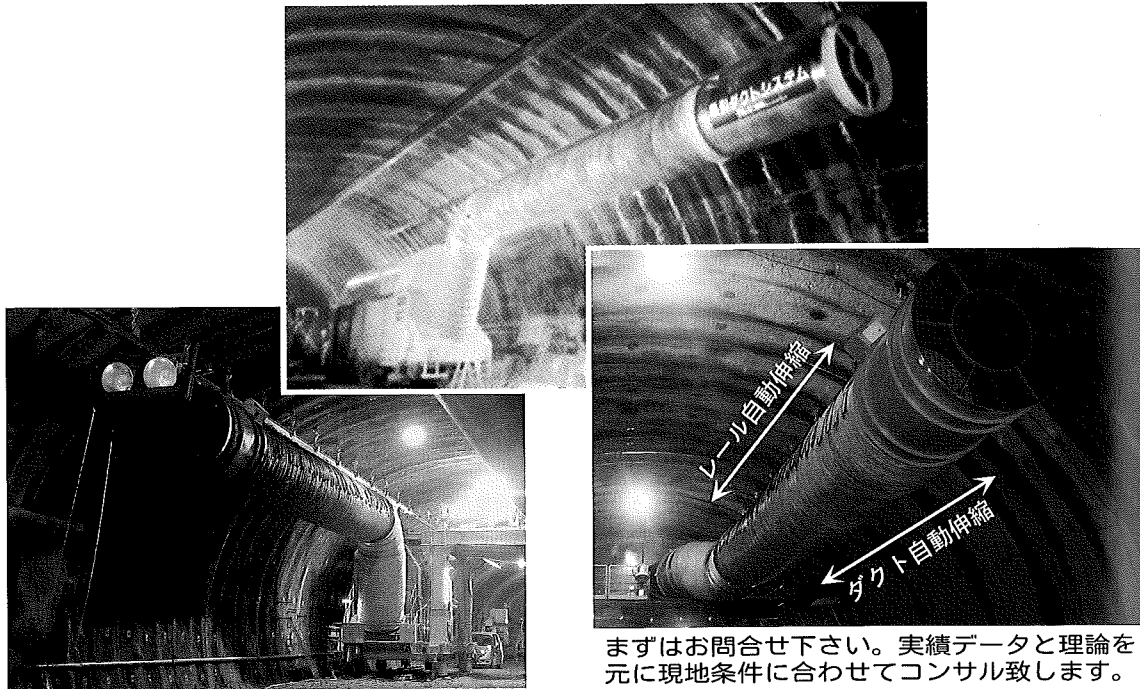
総発売元 Your Fastening Partner

KFC 株式会社 ケー・エフ・シー

〒105-0014 東京都港区芝 2-5-10
お問い合わせ先 TEL: 03-3798-8517
技術部 FAX: 03-3798-8850

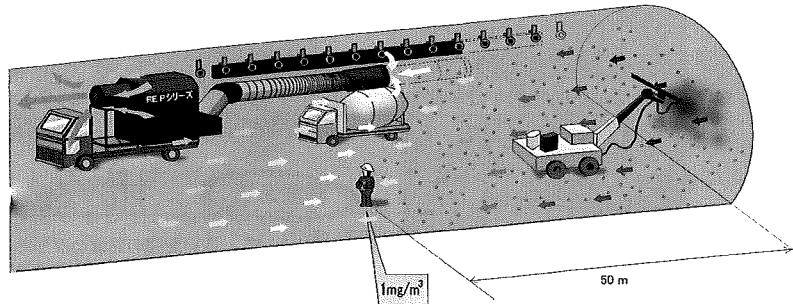
吸引ダクトシステム

業界初 吸引ダクトシステム特許取得〔第3883483号〕
ガイドラインをクリア 1mg/m³達成!!



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

- ・発生源粉塵対策の決定版。
- ・ダクトはもちろん、吊下げレールも無線リモコンで楽々前進。
- ・掘削工法や作業サイクルに適應、操作にお手間をとらせません。
- ・最低限の切羽送気量と後方の高い清浄空間の確保で換気コストとランニングコストの大幅なコストダウンに。
- ・適應径はφ600～φ1500、負圧-2kPa、収縮率1/5、100m以上もレンタルで対応可。移動照明を使用することで切羽作業効率、安全性が大幅にアップ。その他の口径・延長はご相談下さい。



宇宙・原子力・環境など開発部門の人材を募集しています

30th Anniversary

株式会社 **流機** エンジニアリング

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

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

超低騒音・三軸反転ファン エアロ★MAX アリエル

あゆみながら 静かなアリエルです



ファンの性能を保持したまま、より低騒音に、よりスタイリッシュに。

シールド、都市NATMなどの都市環境や

大断面長大トンネルの施工環境に対応する換気ファンを400台以上保有。

必要なとき、必要な容量の設備を提供します。

- 超低騒音: エアロMAX 最小値75dB(A)、アリエル 当社比-5dB
- 省エネ: インバータでファンの回転数を制御するため無負荷電流がなく、人-△直動方式や可変ピッチ方式より大幅に省エネができます。
- 高効率: 固定翼、インバータ制御で広い性能点で効率のいい運転。
- 制御: ダストセンサーによる自動制御、集塵機との連動運転が可能。
(特許 第1742880 ダストセンサーによるインバータ制御)
- 使い易さ: 軽量、INV高調波対策も万全、ソフトスタートでダクトを痛めずファンのメンテナンスも軽減。
高価なフリッカ対策設備も不要。
- コンサルティング: 長年にわたって経験して参りました弊社の換気のノウハウを生かし、換気計画後、5.5kW×2～200kW×2の幅広い品揃えで対応します。
換気のご相談はお気軽に本社・営業部までどうぞ。

宇宙・原子力・環境など開発部門の人材を募集しています

30th Anniversary

株式会社 **流機** エンジニアリング

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

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

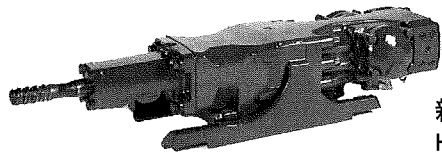
今時、静かなのは当たり前!!

TOYO

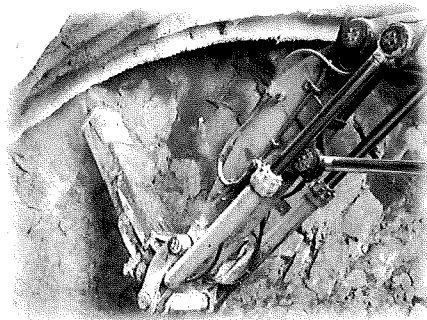
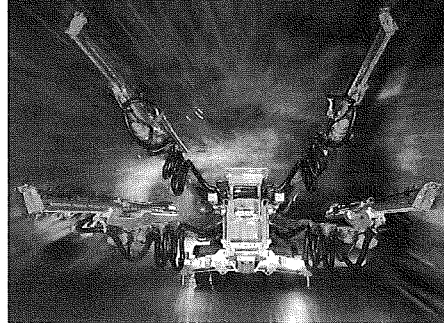
SANDVIK



サンドビクトーヨーは、高速さく孔と作業環境改善の実現をお約束します



新型高性能ドリフター HLX5



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

TOYO EJC Rammer

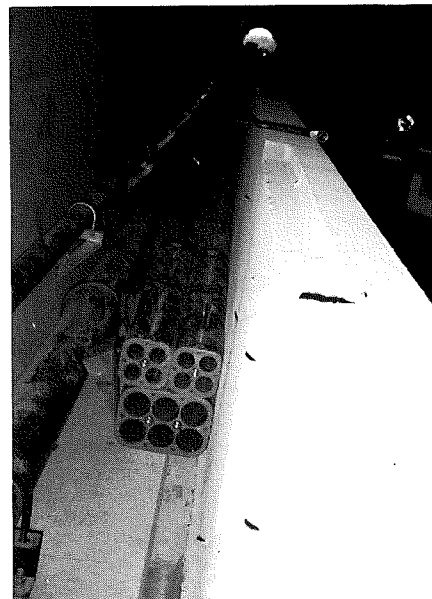
TAMROCK TORO

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

永久施設に永久管路



▲ 宇治トンネル (日本道路公団)



▲ 関南トンネル (日本道路公団)

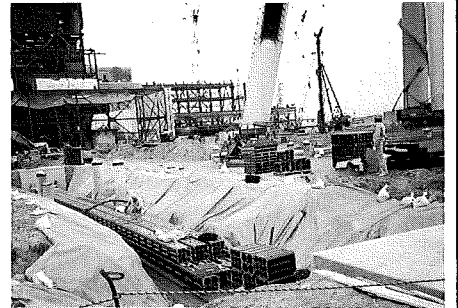
地下ケーブルの保護に
杉江の多孔陶管

セラダクト

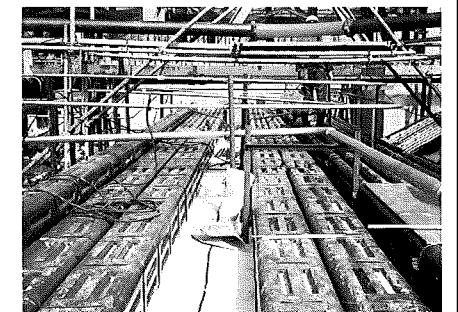
燃えない 錆びない 壊れない

地中配線管路材 (JIS C 3653)

トンネル内の狭い空間の
多条数のケーブル布設に
最適な管路です



▲ 川越火力発電所 (中部電力株)



▲ 広野火力発電所 (東京電力株)

狭い空間(トンネルetc)での制約された条件下でも施工が簡単、迅速に行える、杉江の“多孔陶管”は多条数ケーブル布設に最適です。予備孔も安価に設けられる等、管路省力化工事に是非お役立て下さい。



杉江製陶株式会社

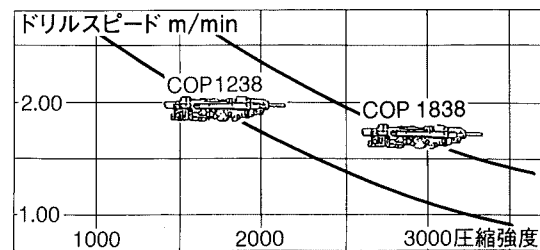
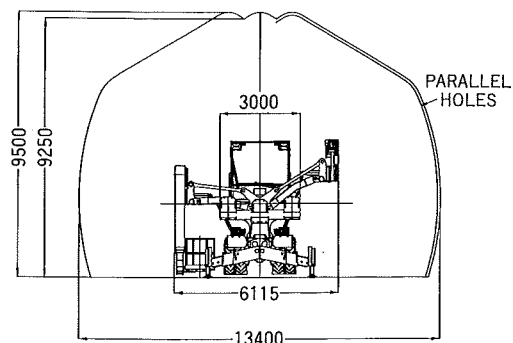
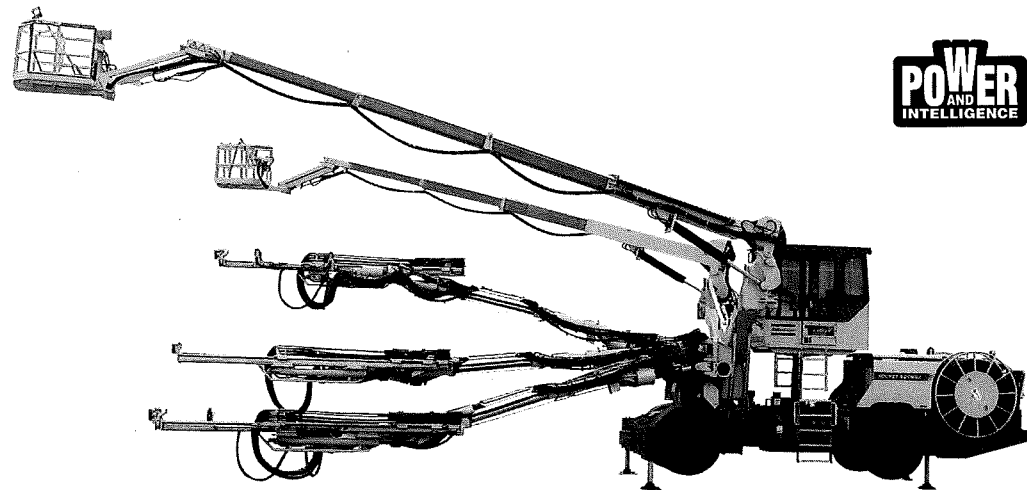
本社・工場 愛知県知多郡武豊町字上山1-76 ☎470-2387 ☎(0569) 35-2360(代) FAX (0569) 35-4087
東京支店 東京都渋谷区恵比寿1-21-8 ☎150-0013 ☎(03) 3442-6181(代) FAX (03) 3442-1691
大阪支店 大阪府都島区御幸町1-3-1 ☎534-0012 ☎(06) 6922-6991(代) FAX (06) 6922-2498
札幌連絡所 札幌市北区新川2条10丁目575-28 ☎001-0922 ☎(011) 763-8907(代) FAX (011) 763-8790

アトラスコプコ・コンピュータジャンボ

The Next Generation ロケットブーマーL3C-2B

COP1838油圧ドリフター搭載

3ブーム・2バスケット



ドリルマシン株式会社 DRILL MACHINE CO., LTD.

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

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。

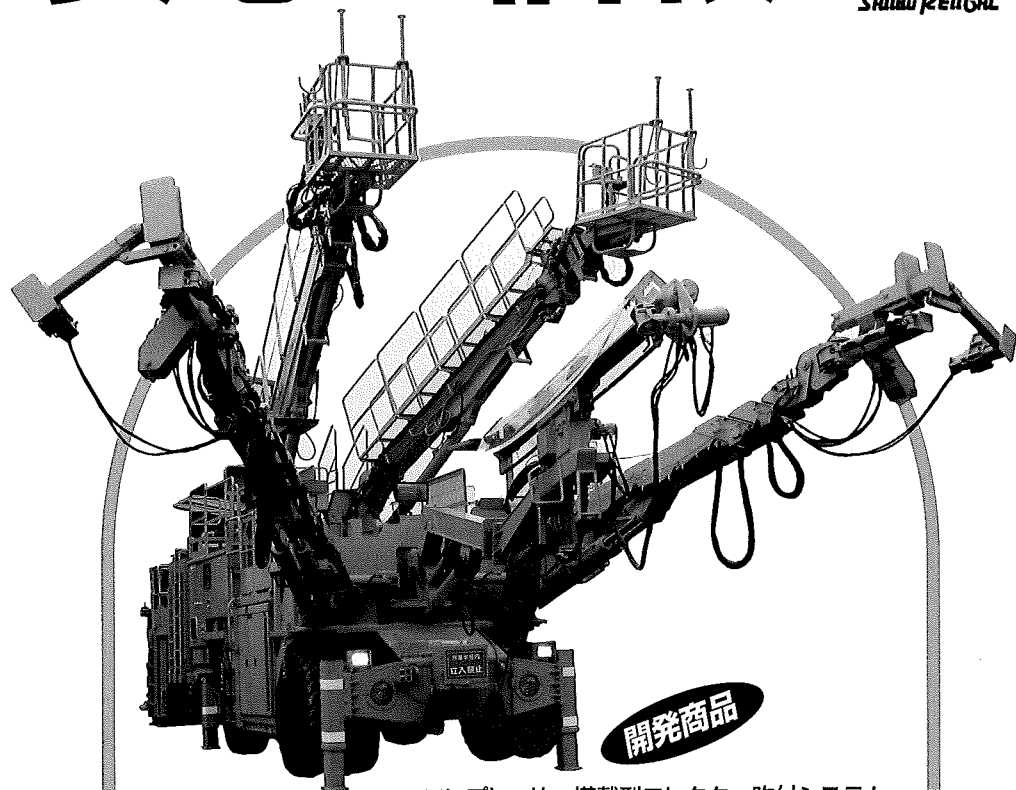
皆さまには、◇さらなる技術投資、
◇供給のより高い安定性に向けて、
より広範囲の製品およびサービス、
ならびに拡大された製造施設/サプライ
ポイント・ネットワークへのアクセス、
◇爆薬、技術サービス、ANおよび起爆
システム製品の信頼できるデリバリー
——をご期待いただけます。

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



安心と信頼



開発商品
コンプレッサー搭載型エレクター吹付システム
(ホイール式)

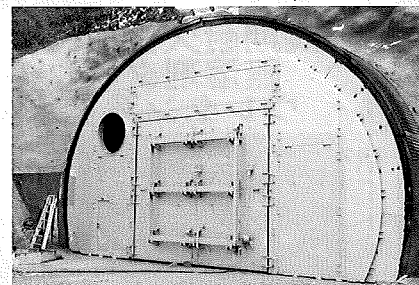
〈1台2役のすぐれモノです!〉

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

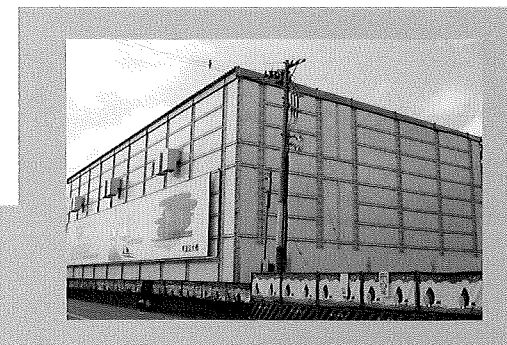
トンネル機械の総合レンタル 三興レンタル株式会社

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

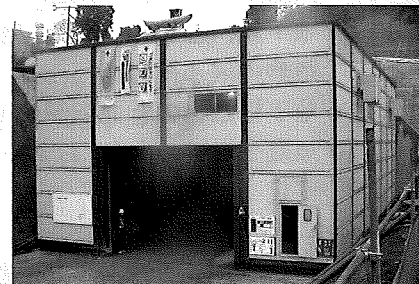
快適な作業環境を約束する騒音対策システム



- 防音扉-HFS型 マークII
パネル厚さ=150mm
- 防音扉-HFS型 新・マークIIc
(コンクリート充填タイプ)
パネル厚さ=150mm+コンクリート=100mm



- 防音ハウス-Hタイプ
(ハイデラックタイプ)
HFD-125パネル使用 パネル厚さ=125mm



- 防音シェルター-Dタイプ
(デラックタイプ)
HFD-100パネル使用 パネル厚さ=100mm



- 防音壁-Sタイプ
(スタンダードタイプ)
HFS-100パネル使用 パネル厚さ=100mm

【建設騒音対策協会】(旧 騒音対策研究会)

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

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

ISO9001取得～防音設備の設計、製造、施工、リース

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



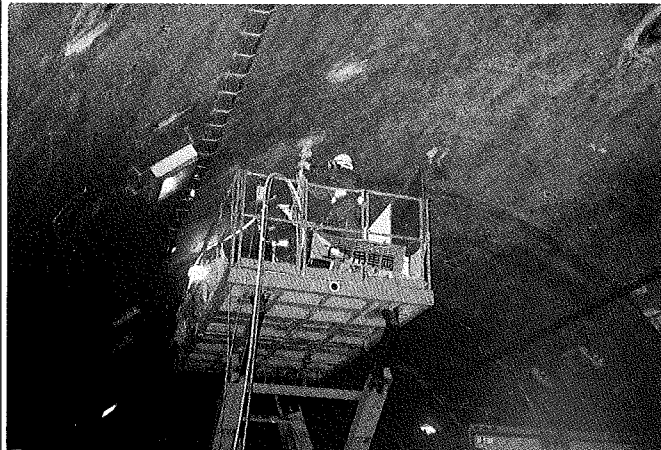
ヒューズ工業株式会社

FUSE INDUSTRIES CO.,LTD.

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

硬質発泡ウレタン セツフォーム工法

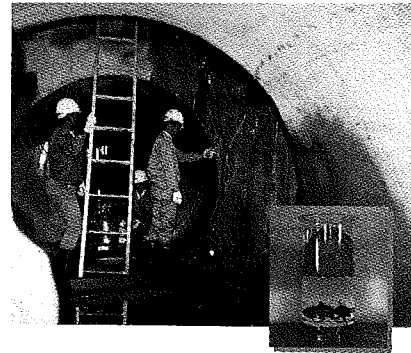
急結性・高性能空隙充填材



- シールドにおける滞水層、軟弱地盤の全面裏込め注入
- シールド急曲線部の裏込め注入(即時地盤反力の効果)
- トンネル構造物などの背面空洞充填
- 深基礎工法の裏込め(止水,裏込め後の即時掘削可能)

漏水を瞬時にストップ! SF-A工法

長期耐久性に優れた
無溶剤タイプの
ウレタン系止水材



- 山岳トンネル, 下水道, 共同溝, 地下鉄, 地下室, その他地下構造物の漏水補修
- 地下構造物の背面空洞の充填
- 地盤や岩盤の止水, および固結安定

ケミカルフォーム協会会員

アルス株式会社	〒950-0944	新潟市中央区愛宕 1-4-25	TEL 025-280-0337
株式会社内田工業	〒332-0032	埼玉県川口市中青木 2-12-2	TEL 048-257-0848
エコシビックエンジ株式会社	〒135-0047	東京都江東区富岡 1-12-4 み満きビル	TEL 03-3643-7241
MC山三ポリマーズ株式会社	〒103-0023	東京都中央区日本橋本町3-6-2小津本館ビル	TEL 03-3662-0253
株式会社共ショウ	〒103-0014	東京都中央区日本橋蛸殻町 1-12-6	TEL 03-3668-8416
株式会社共和	〒462-0832	名古屋市北区生駒町 7-148-1	TEL 052-911-3984
寿建設株式会社	〒960-0231	福島市飯坂町平野字東地藏田 8-1	TEL 024-543-0511
四国リニューアル株式会社	〒780-0804	高知市日の出町 2-12	TEL 088-878-0050
ショーレジック株式会社	〒104-0032	東京都中央区八丁堀 3-14-4直平ビル	TEL 03-3551-8391
成和リニューアルワークス株式会社	〒163-0610	東京都新宿区西新宿 1-25-1	TEL 03-5326-0720
株式会社西日本サイベックス	〒755-0032	山口県宇部市寿町 3-5-23	TEL 0836-21-2666
日本総合防水株式会社	〒171-0022	東京都豊島区南池袋 3-11-10ペリエ池袋	TEL 03-5950-8211
林建設工業株式会社	〒998-0023	山形県酒田市幸町 1-6-6	TEL 0234-23-3322
フジモリ産業株式会社	〒141-0022	東京都品川区東五反田2-17-1オーバルコート大崎マークウエスト	TEL 03-5789-2206
株式会社マシノ	〒733-0822	広島市西区庚午中 1-19-23	TEL 082-507-2737
株式会社松井商店	〒007-0870	札幌市東区伏古 10条 2丁目 11-8	TEL 011-782-4441
株式会社マノール	〒142-0043	東京都品川区二葉 1-18-8	TEL 03-3787-1131
株式会社三原工業	〒531-0073	大阪市北区本庄西 3-7-5	TEL 06-6371-9947

協会事務局

〒101-0032 東京都千代田区岩本町1-12-4 大洋ビル
日清紡ポスタルケミカル(株) TEL 03-5833-5161

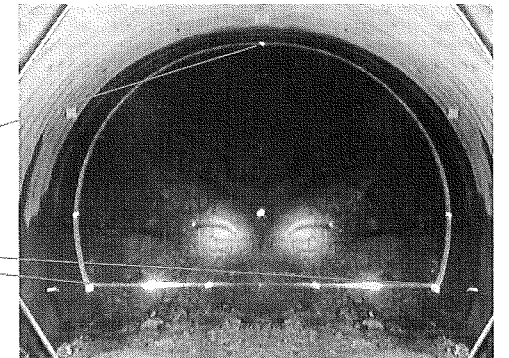
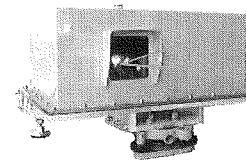
製造元 日清紡 化学品事業本部

〒103-8650 東京都中央区日本橋人形町2-31-11 TEL 03-5695-8939

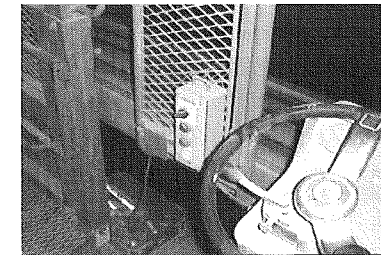
レーザーマーキングシステム

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

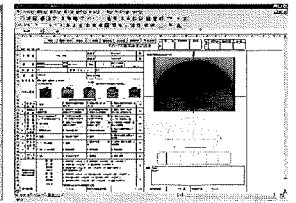
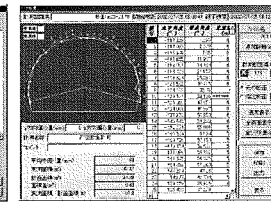
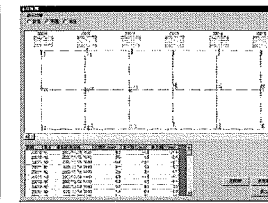
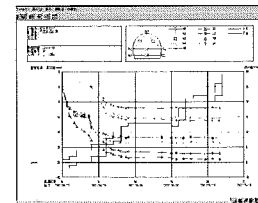


現場環境に耐え得る
頑強なコントローラー



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。

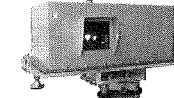
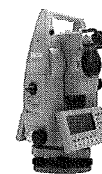


A計測データ処理

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〕

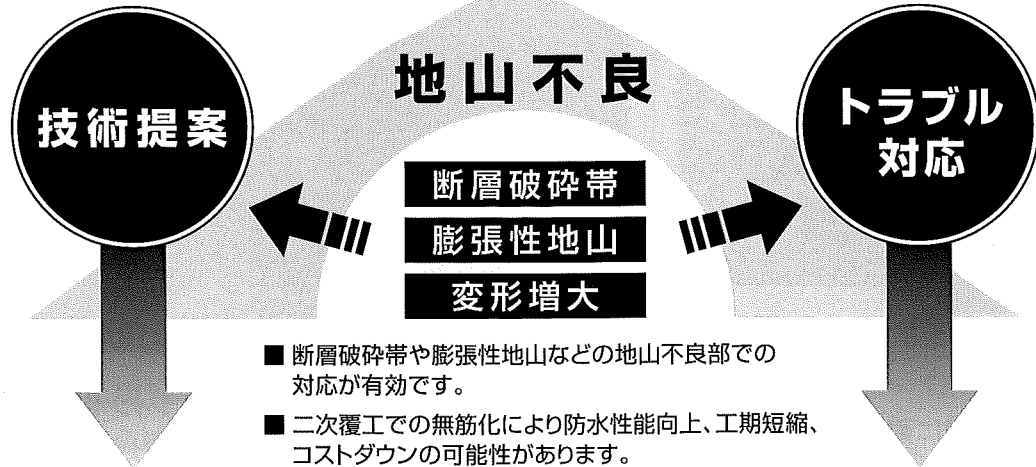
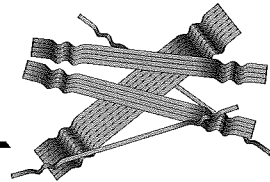
古河ロックドリル株式会社
伊藤忠建機株式会社
株式会社レント

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



- 断層破碎帯や膨張性地山などの地山不良部での対応が有効です。
- 二次覆工での無筋化により防水性能向上、工期短縮、コストダウンの可能性があります。

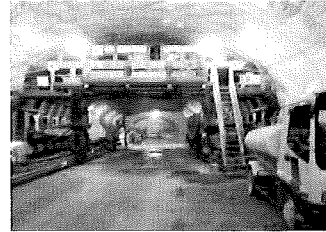
一次吹付

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



二次覆工

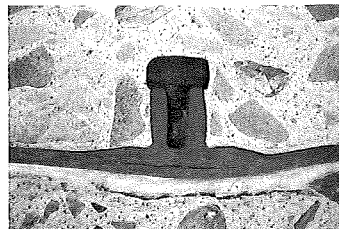
- 内空変位増大対策
- 無筋化
- 剥離・剥落防止



防水への信頼性・施行性の向上へ

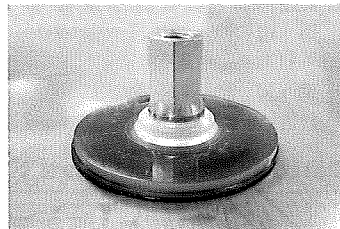
ナトミックシート トンネル用防水シート

高い防水性



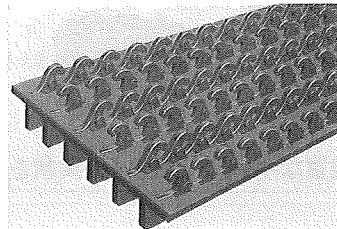
ウォーターバリア

豊富な品揃え



吊鉄筋金具

容易な施工性



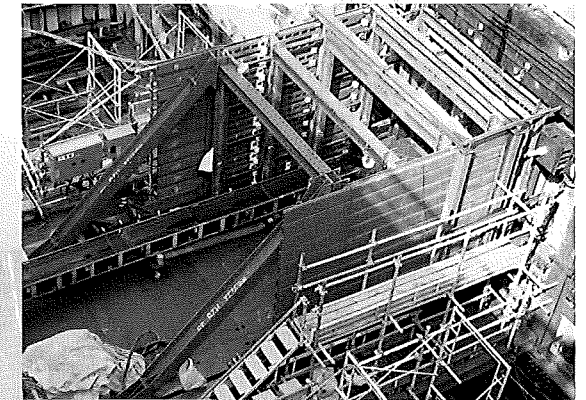
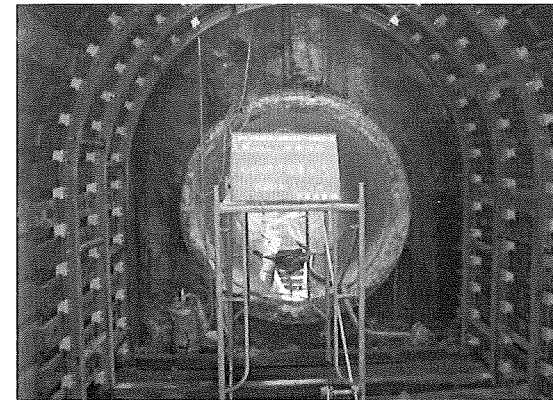
クイックバー

株式会社ブリヂストン

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

アーストンネル掘削工法に最適

SS-メッセル工法



30年の実績(工法指導致します)

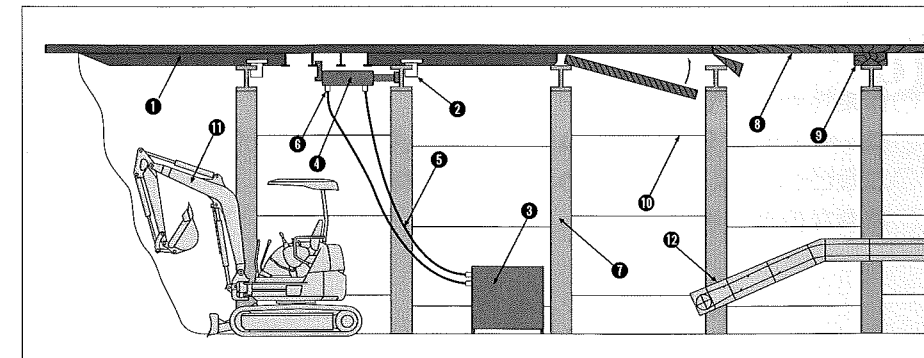
特徴

- 地山をゆるめず任意の断面形状のトンネル掘削ができます。
- 余堀りがなく切羽の掘削と一次覆工が同時に安全に施工できるので地表面が沈下しません。(都市トンネル工事では最適)
- SS-メッセルプレートとスタビライザとの組合せにより、メッセルの離脱及びノーズダウンを防止する構造になっています。直線・曲線掘進に適応します。
- 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 バックハウ
- ⑫ ベルトコンベア



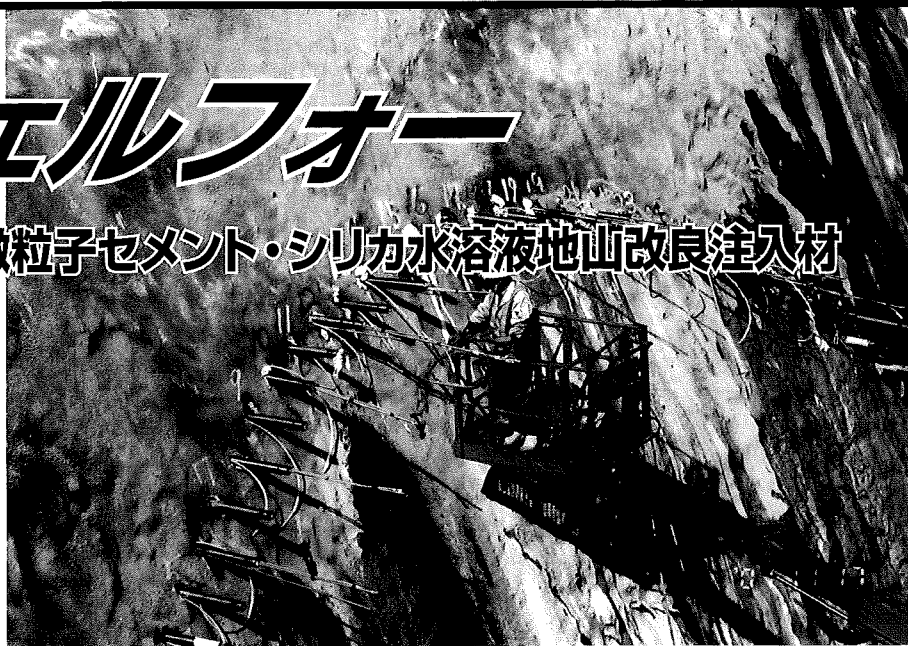
株式会社シーテック

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

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

ジェルフォー

特殊超微粒子セメント・シリカ水溶液地山改良注入材



ジェルフォーは、山岳トンネル掘削補助工法に使用する完全無機系・ゲル化特性を持つ高浸透性・高強度・低価格の注入材です。

- 完全無機系の為、BOD, CODの心配が無く、環境に優しい
- ゲルタイムが1~2分
- 3~4 μ mと超微粒子
- ホモゲルは1日で1.5~3.0MN/m²
- 1.5ショットで注入

太径自穿孔パイル

AGFST工法

- 作業性が抜群(実績21m/本)
- ロッド外径 ϕ 78がローブねじの為、注入材との付着が良好
- 二段ビットにより、位置決めと直進性が良好
- 特別な作業足場は不要



高強度ねじふしロックボルト
NOSHボルト

岡部シビルエンジ株式会社

〒130-0002 東京都墨田区業平3-14-4 日土地押上ビル
TEL.03-3624-5116 FAX.03-3624-5189
ホームページ <http://www.okabe-doboku.com/>

北海道 電話 011-837-2030 東北 電話 022-288-8484 関東 電話 03-3624-5116
新潟 電話 025-287-7700 新潟 電話 025-287-7700 中部 電話 0568-76-5611 関西 電話 06-6535-0621
九州 電話 092-624-5878

湿式吹付けコンクリート用高性能減水剤 NT-1000シリーズ

急結剤と併用することにより、
高品質で経済的な吹付けコンクリートを実現。

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

アルカリフリー・低アルカリ型液体急結剤 メイコ®SAシリーズ

成分中にアルカリ分をほとんど含まない液体急結剤。

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



二酸化ケイ素を主成分とした球状で超微粒子のシリカフェーム。

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

シリカフェーム メイコ®MS610

吹付けコンクリートの練置きを1~16時間まで自由にセットコントロール。

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

湿式吹付けコンクリート用セットコントロール剤 デルボクリート

(株)エヌエムビー(株)ポゾリス物産・BASFコンストラクションシステムズ(株)の3社は、2007年4月1日付で合併により経営統合いたしました。

BASFポゾリス株式会社

●本社/東京都港区六本木3-16-26
混和剤営業部: TEL03-3582-8811(直) FAX.03-3583-3800

●支店/仙台、東京、名古屋、大阪、福岡

●営業所/札幌、宇都宮、千葉、横浜、上越(松本・金沢)、静岡、広島、高松、鹿児島

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

URL <http://www.pozzolite.basf.co.jp>



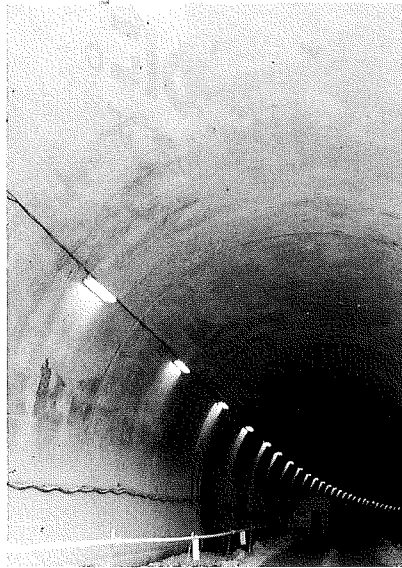
●BASFポゾリスは開発センターと茅ヶ崎工場において、ISO9001およびISO14001の審査登録をしております。

BASF
The Chemical Company

コンクリートの劣化, 欠陥箇所の改修, 補修……

急硬性改修モルタル

ドクターQ改修工法



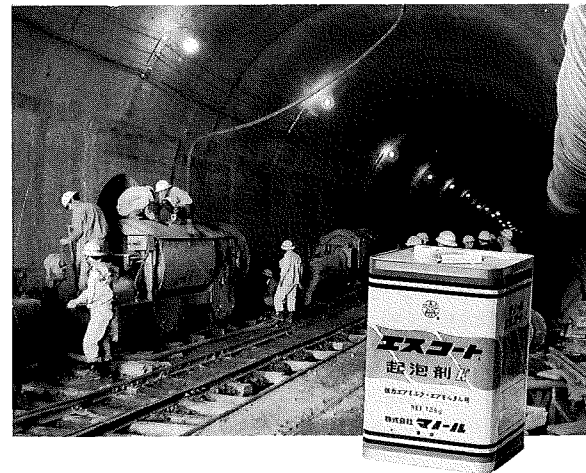
〈工期短縮, 即日仕上り〉
プレミックス急硬モルタルと
特殊ラテックスの
複合材で
短時間で実用強度が得られる
即日補修工法です。

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

エアモルタル裏込め注入……

エスコート L & K 起泡剤

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



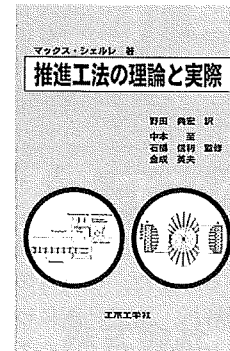
◆ 土木資材の総合プランナー ◆
株式会社 マイル 〒142-0043 東京都品川区二葉1丁目18番8号
 TEL 03 (3787) 1131 (代)

マックス・シェルレ 著

推進工法の理論と実際

野田典宏 訳 中本 至・石橋信利・金城英夫 監修

B5判 437頁 税込 8,925円 送料450円



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

〈主要目次〉

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

推薦のことは

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

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

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

中本 至・石橋信利・金城英夫

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

株式会社 **土木工学社**

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

《書籍申込書》

推進工法の理論と実際 冊 申し込みます

住所(〒)

事業所名

TEL

部課名

申込者



【好評発売中】

シールドトンネルの新技术

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

【推薦の言葉】

東京都技監兼下水道局長・工学博士 村田 恒雄

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

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

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

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位防止 ○ 切羽安定の理論と実際 ○ 泥水式シールド工法の切羽安定 ○ 土圧シールド工法の切羽安定 6. 地盤変位の理論と実際

付録 1. セグメントの設計例 2. 地盤変位予測解析手法の例 3. シールド工事の施工計画

株式会社 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

きりーとーりー線
《ご 注 文 票》

シールドトンネルの新技术 _____ 冊 申込みます。

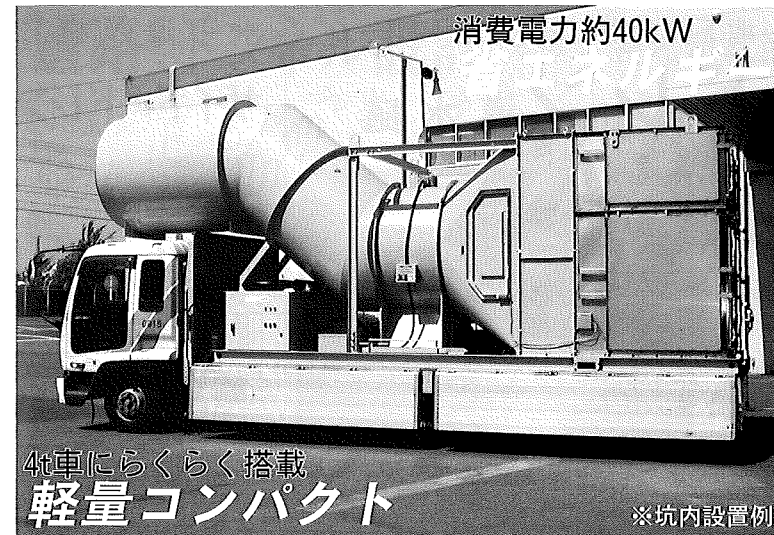
所在地 〒 ()

事業所名 _____

部 課 名 _____

申込者名 _____

Ⓔ



RENT

取扱レンタル商品

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

National電気集塵機クリンジェット(2,000m³/minタイプ) ※坑内設置例

株式会社 レント 特機営業課 担当者 工藤・篠崎

〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町3-12-9 NIビル8階 TEL: 03-5642-6750 FAX: 03-3249-0415

URL: <http://www.rent.co.jp> E-mail: kudo.yuji@rent.co.jp

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

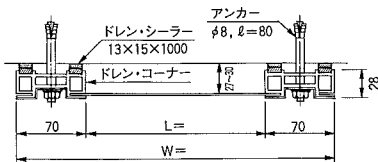
本社 〒501-1534 岐阜県本巣市根尾神所 362-1
TEL(0581)38-2241(代) FAX(0581)38-3383
営業所 〒501-1203 岐阜県本巣市文殊 64-387
TEL(0581)34-3990(代)

トンネル・カルバート・地下構造物の漏水対策に

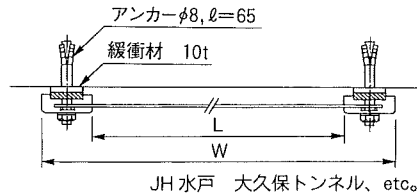
アーチ・ドレン 導水樋

■特徴

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

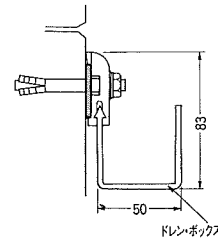


コンクリート剥落対策に
アーチ・パネル



JH水戸 大久保トンネル、etc。

水平導水樋に
サイド・ドレン



■特徴

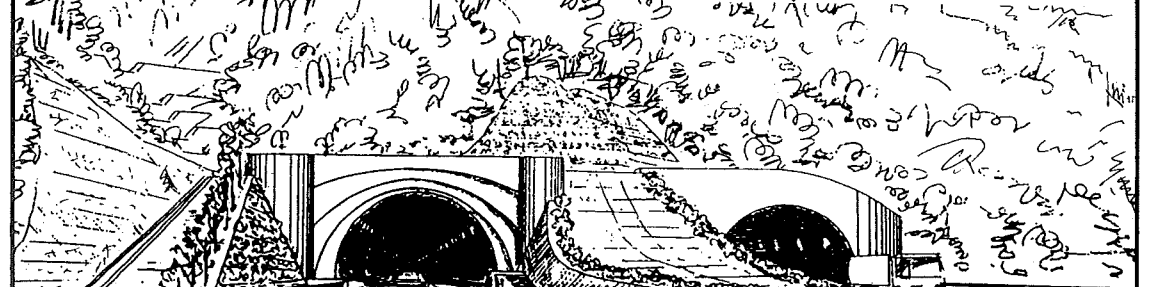
- ・スプリングライン等の水平方向からの漏水対策に最適
- ・ドレン・ボックスは必要に応じサイズの変更が可能

ニホン・ドレン工業株式会社

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

道路、トンネル設計 (本体工、換気、防災、照明、施工管理他)

トンネル現場診断



(社) 建設コンサルタンツ協会会員 ISO9001取得

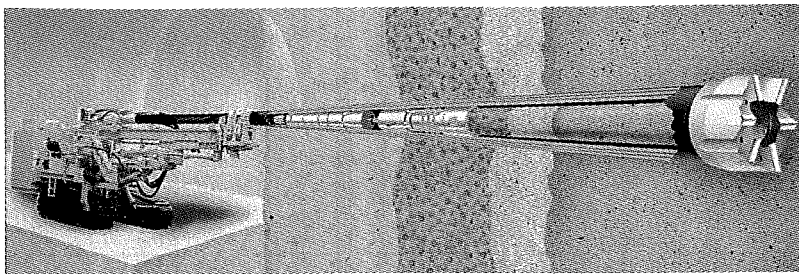
株式会社 ロード・エンジニアリング

代表取締役社長 清水 洋(技術士)
取締役副社長 山田 憲夫 (技術士・土木学会フェロー会員) 本誌編集顧問
常務取締役 堀内 浩三郎(工学博士)
大阪支店長 亀甲谷 義高(技術士) 福岡支店長 朽網 新

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

トンネル掘さくの安全施工に アロードリル前方探査システム

パーカッションワイヤーラインサンプリング工法



■特長

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

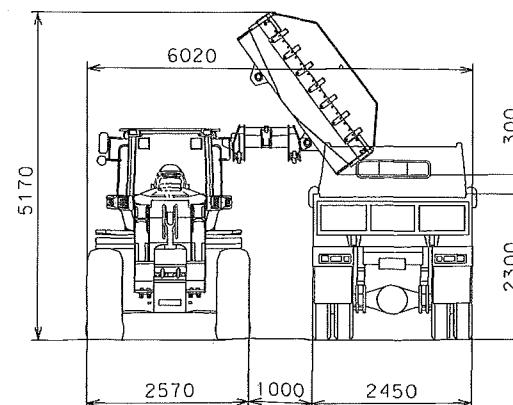
KOKEN 鉤研工業株式会社

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>

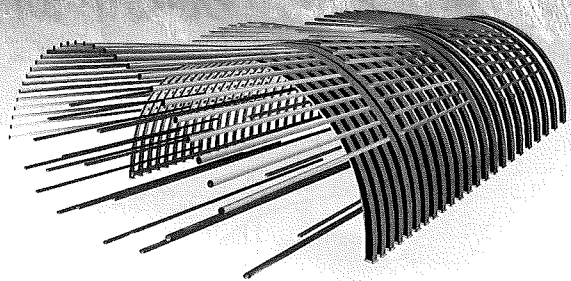
2.3m³の後継機種!!

1.9m³ CAT938G



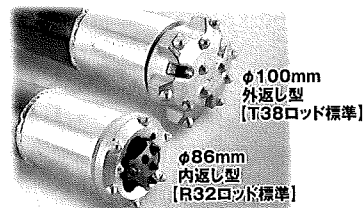
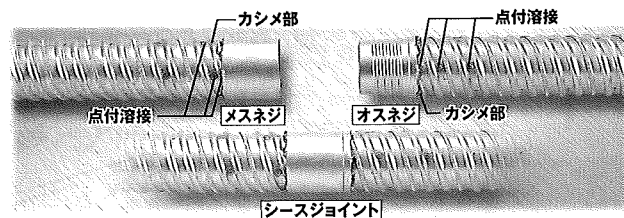
株式会社 ケイリー
k lea
仙台: TEL.022-359-5331
東京: TEL.03-3661-5651
大阪: TEL.06-6838-1372
URL <http://www.klea-cat.com>

ユニークな発想と高品質・自信の価格



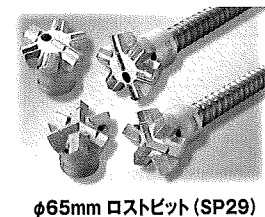
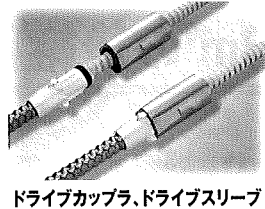
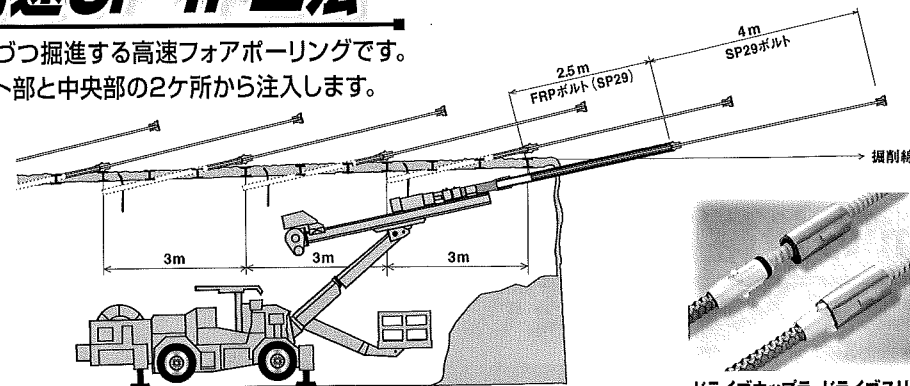
FIXチューブ工法

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

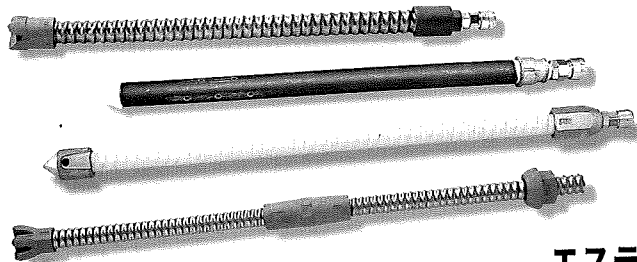


高速SP-IF工法

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



自穿孔ボルト&注入管



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



エステーエンジニアリング株式会社

ST ENGINEERING CORPORATION

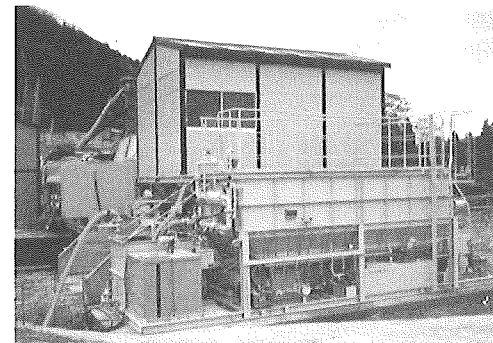
〒581-0833 大阪府八尾市旭ヶ丘1丁目108番地2

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

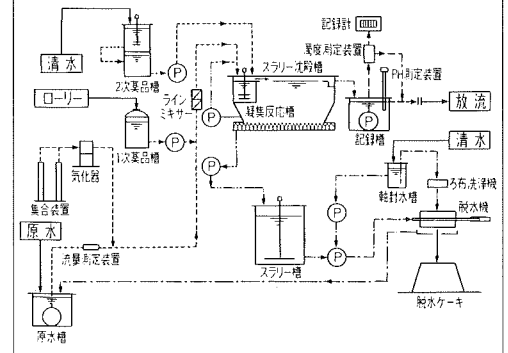
http://www.st-eng.co.jp

TWS型シリーズ 濁水処理装置

コンパクトながら 大きな処理能力



フローシート (システム TYPE II)



特長

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

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

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

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

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

詳細資料請求、お問い合わせは

株式会社 フジテックス

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

Waste Water Treatment System

CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS

■巻頭言

欧州トンネル現場を視察して

入江 健二5

■研究

全断面早期閉合による施工法の考え方とその実例

御手洗良夫・森崎 泰隆・今田 徹51

■報告

「ITA総会および世界トンネル会議(プラハ)」報告

日本トンネル技術協会63

■施工

供用中の新幹線トンネルで発生した路盤隆起の原因とその対策

渡邊 康夫・藍郷 一博・鈴木 尊7

大断面シールドで都市部の長距離掘進に挑む

—首都高速中央環状新宿線 代々木シールド—

波津久毅彦・則竹 啓・森口 敏美・長谷川勝哉17

2方向からの駅部急曲線進入・Uターンで4本のシールドを併設

—大阪市地下鉄今里筋線 清水駅～新森古市駅間—

太田 拓・伊藤 博幸・村上 考司・北岡 隆司29

SPR工法でロサンゼルスの大口径馬蹄形下水道管を更生

Tommy Sung・Anthony Howard・菅原 宏・大平 晃聡45

■連載講座

シールド工事の施工に関するQ&A(3)

JTA都市トンネル小委員会73

■現場だより

「歴史の町」海南省下津町より

加藤 和夫41

「大自然のかおるまち」釧路市阿寒町より

宇治川徳夫44

■資料

トンネル千夜一夜(33)

小野田 滋42

トンネルジャーナル

編集部85

土木情報

編集部62

工法・技術・製品ニュース

編集部86

■会報

会報

日本トンネル技術協会87

ヤマモト (岩がんき) 無騒音 無振動 静かな破碎

超大型油圧破碎機
YTB 1120
トンネルビッカー

ヤマモトロックマシン株式会社

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

工場 広島県庄原市東城町36番地 ☎(08477) 2-2137(代)

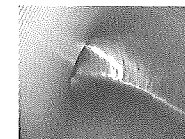
仙台営業所 (022) 262-4531(代) 大阪営業所 (06) 6531-1571(代) 高知営業所 (0888) 22-1367(代) 九州営業所 (092) 471-0381(代)



【表紙説明】

SPR工法でロサンゼルスの大口径馬蹄形下水道管を更生

米国ロサンゼルス郡の下水道「Joint Outfall "A" Unit」は、全長2,100kmの下水幹線の一部で、管渠の形状は幅2.9m、高さ2.9mの馬蹄形であり、使用後80年以上経過している。本下水道管更生工事は、施工距離2,234m、3か所のカーブ(90度：曲率半径18m：R/D=6.6)を有し、老朽化した管渠を掘り起こすことなく、構造強度改善、表面腐食防止、および流下性能を確保するものである。今回の工事では、急曲率のカーブ部があるため、非開削工法の一つであるSPR工法を採用した。写真は施工後の坑内状況である。



(写真提供：Sanitation Districts of Los Angeles County)(本文43頁参照)

Kanaflexの電力・通信ケーブル保護管

都市部での電線集中化工事を省力化・効率化

電力・通信ケーブル用多条保護管 特許出願中

カナレックスML

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

1. 独自構造 (波付き管と管台一体型リブの連続構造)

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

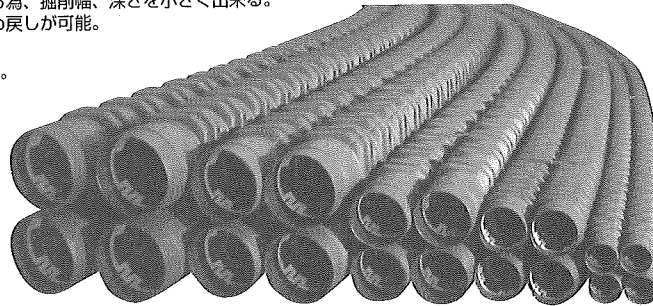
2. 可とう性に優れる

- ・上下左右に曲がり、既設物や障害物の回避が容易。

3. 優れた性能

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

4. 摩擦係数が低く整直性が良い為通線がスムーズ



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



※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

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〕

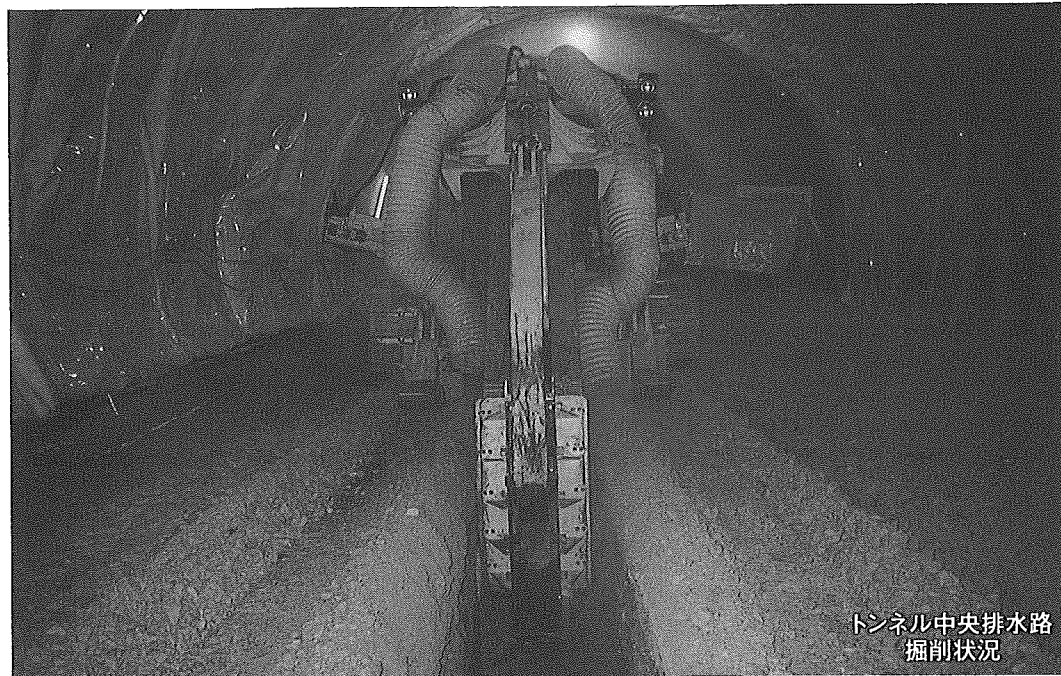
伊 藤 範 行 鹿島建設株式会社土木管理本部土木工務部 グループ長	端 則 夫 大成建設株式会社土木本部土木技術部 トンネル技術室室長
大 石 敬 司 東京地下鉄株式会社建設部工事課課長	濱 建 介 株式会社アオバ取締役会長
久多羅木 吉治 東亜建設工業株式会社土木事業本部技術部長	松 尾 勝 弥 飛鳥建設株式会社土木本部トンネル統括部長
鈴 木 明 独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構 鉄道建設本部計画部計画課長	池 田 豊 人 国土交通省大臣官房技術調査課技術企画官
千 葉 隆 清水建設株式会社土木技術本部 地下空間統括部部長	山 田 隆 昭 株式会社高速道路総合技術研究所 道路研究部トンネル研究担当部長
長 島 芳 雄 株式会社竹中土木常務取締役技術・生産本部長	山 道 哲 二 株式会社大林組東京本社土木技術本部技術 第二部部長

編 集 顧 問 の 構 成 (五十音順・敬称略)

伊吹山 四 郎 攻玉社工科大学短期大学名誉学長	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	

トレンチャー

硬質地盤の溝堀はトレンチャーをお試し下さい。



トンネル中央排水路
掘削状況



施工例

トレンチャーによる
施工

トレンチャーの性能・諸元

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

※掘削岩の硬さは目安になります。詳細はご相談ください。

編集委員会の構成 (五十音順・敬称略)

〔編集委員長〕

大島 洋志 国際航業株式会社上席フェロー技術センター長

〔編集参与〕

今田 徹

東京都立大学名誉教授

定塚 正行

日本シビックコンサルタンツ株式会社
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

中黒建設株式会社顧問

濱 建介

株式会社アオバ取締役会長

〔委員〕

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

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

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

山田 隆昭

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



ワールド開発工業株式会社

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

掲載頁
7

供用中の新幹線トンネルで発生した路盤隆起の原因とその対策

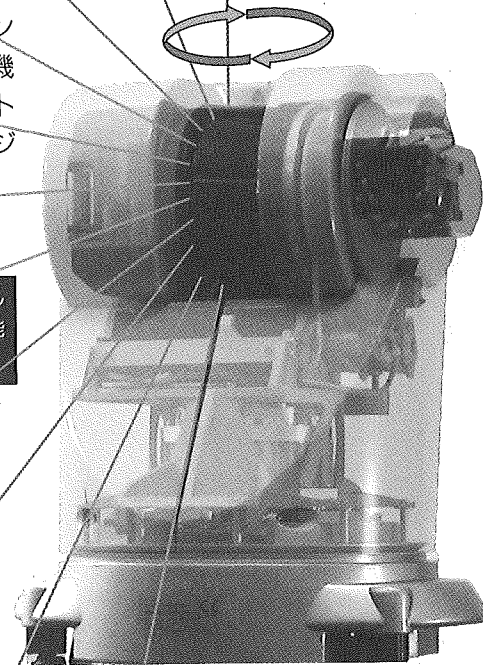
東日本旅客鉄道(株) 渡邊 康夫

Callidus™ レーザースキャナー

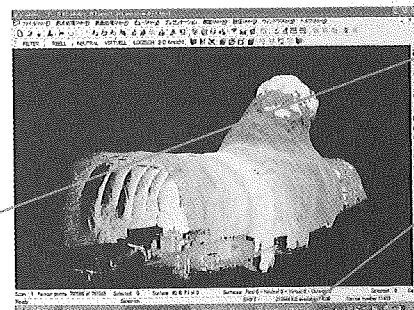
3次元トンネル断面計測機

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。

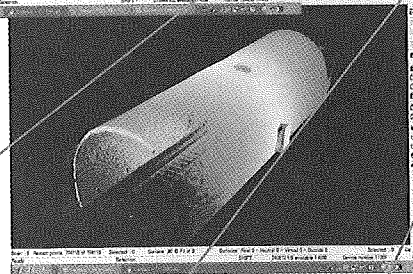
全周360°を10分でスキャン



(1) 直径約8mのトンネルの場合



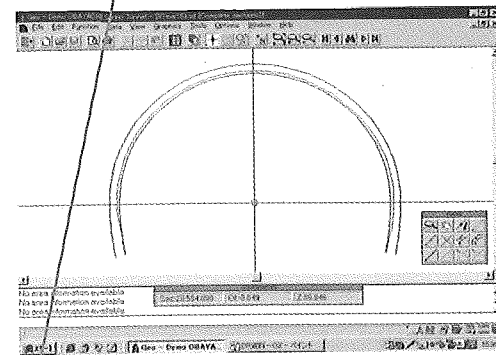
特殊なトンネル形状も対応可能です。



単独スキャンを合成し、トンネル全体を簡単に3次元表示できます。

データ解析および製図「GEOWIN」

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

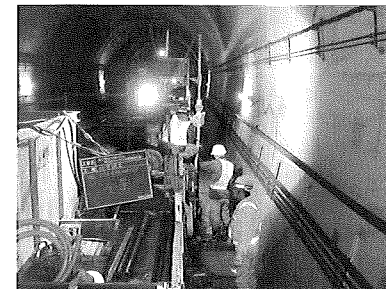


■ 販売・レンタル 株式会社ソーキ

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

■ 製造元 トリンブルジャパン株式会社

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



写真はボーリング調査状況

掲載頁
17

大断面シールドで都市部の長距離掘進に挑む
—首都高速中央環状新宿線 代々木シールド—

首都高速道路(株) 波津久毅彦

首都高速中央環状新宿線の一部をなす代々木シールドトンネルは、延長約2.7kmの併設道路トンネルである。本工事では、直径が13mを超える大断面土圧シールドで、東京礫層・上総層群からなる硬質な地盤を長距離掘進し、さらに切削可能な土留め材などを複数箇所掘進したため、ビットの摩耗対策をおこなった。また、工期短縮のため、シールド掘進と道路床板を同時施工した。さらに、トンネルが東京の幹線街路である環状第6号線(山手通り)の直下に位置し、鉄道や陸橋などと近接施工となるため、種々の対策を行いつつ慎重に掘進した。坑内作業の観点からは、都市内の限られた施工空間で、併設トンネルを同時施工することから、既施工トンネルを作業基地とするなど、狭隘な空間を有効活用する方策がとられた。

Long Distance Excavation under Metropolis with Large Section Shield—Yoyogi Shield, Expressway Chuo Ring Road Shinjuku Line—

By Takehiko Hatsuku, Metropolitan Expressway Company Limited

The Yoyogi shield tunnel is a parallel road tunnel of length 2.7km, forming a part of the Expressway Chuo ring road Shinjuku line. In this construction, bit wearing countermeasure was done, because a EPB shield with a diameter of over 13 m bored through the hard ground of Tokyo gravel bed and Kazusa group for a long distance, and the earth-retainings in some locations. Also, to reduce the construction time, tunneling and building the slab were done at the same time. Moreover, since these tunnels lay directly under one of the trunk roads of Tokyo, the ring road no.6 (Yamate-dori) and adjacent to railroads and bridges, hence we carried out the construction with extreme precaution while taking various measures. From the point of view of works in tunnel, in the limited space available for construction in the city, we took measures to use the little space as an existing tunnel for base of the work, etc.



写真はシールド掘進管理システム

2方向からの駅部急曲線進入・Uターンで4本のシールドを併設 —大阪市地下鉄今里筋線 清水駅～新森古市駅間—

大阪市交通局 太田 拓

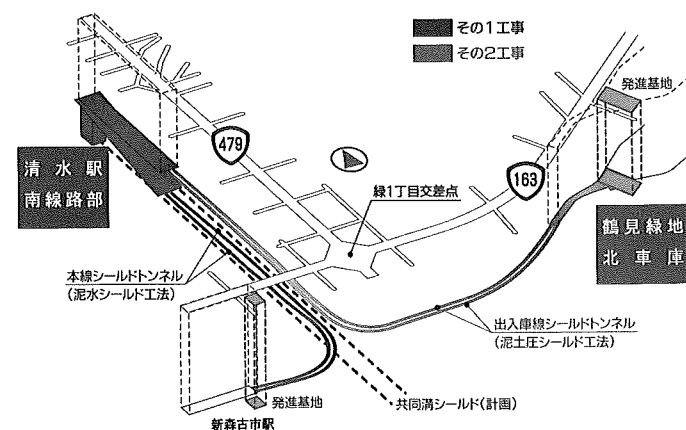
大阪市地下鉄8号線(今里線)は、大阪市東部地域において都心に対して放射線状に整備されている既設鉄道路線と連絡することにより、既設路線の混雑緩和、東部地域における移動の円滑化、さらにはまちづくりの促進や地域の活性化にも寄与する路線である。このうち4工区では密集した都市域においてシールドトンネルの4本併設と急曲線の連続施工を行うことから、地盤変状の防止、先行トンネルを含む既設構造物への影響を最小限に抑制することが求められた。

本稿は、4工区のシールド施工について、その特徴を交えて線形計画・施工方法の検討、覆工・地盤計測結果および得られた知見などについて述べるものである。

Construction of Four Parallel Shield Tunnels with Curving Sharply and Making U-turn—Osaka Subway Imazato line Shimizu Station—Shimmori-Furuichi Station Section—

By Hiromu Oota, Osaka Municipal Transportation Bureau

By connecting to existing subways that are radially constructed from the city center in the eastern part of Osaka, the Osaka subway line no. 8 (Imazato-suji line) will contribute to reducing congestion, smooth mobility in the eastern part of Osaka, and also helps in promoting community in the area. It was necessary to execute continuously sharp curved tunnels and proximately parallel tunnels by shields under the congestion area and it was expected to prevent settlement and minimize the impact on proximate structures and constructed tunnels.



図は工区概要図

This article reports on insight gained through the characteristics of the shield tunnelling, alignment planning, construction planning, and measurement results of lining and settlement.

This article reports on insight gained through the characteristics of the shield tunnelling, alignment planning, construction planning, and measurement results of lining and settlement.

SPR工法でロサンゼルスの大口径馬蹄形下水道管を更生

Sanitation Districts of Los Angeles County Tommy Sung

米国ロサンゼルス郡の下水道「Joint Outfall “A” Unit(以下、JOA)」は全長2,100kmの下水幹線の一部で管渠の形状は幅2.9m、高さ2.9mの馬蹄形であり、使用後80年以上経過している。JOAでの下水管更生工事での目的は老朽化した管渠を掘り起こすことなく、構造強度改善、表面腐食防止、および流下性能を確保することである。今回の工事では、急曲率のカーブ部があり、大きな課題の一つであった。

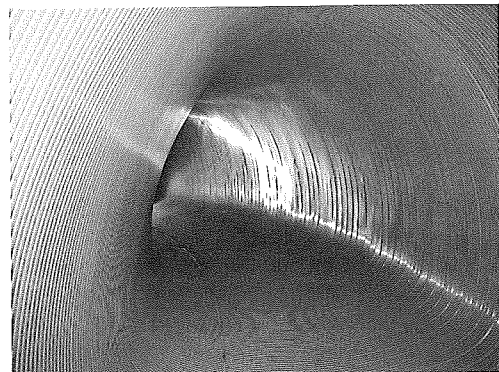
本稿では非開削工法の一つであるSPR工法による、施工距離2,234m、3か所のカーブ(90度、曲率半径18m、 $R/D=6.6$)を有するJOAでの下水道更生工事について報告する

Rehabilitation of Large Horseshoe-shaped Swerage in Los Angeles using SPR Method

By Tommy Sung, Sanitation Districts of Los Angeles County

The Swerage “Joint Outfall “A” Unit(henceforth, JOA)” is a part of total length of 2,100 km in Los Angeles county, the swerage is horseshoe-shaped with width 2.9 and height 2.9m, and it is more than 80 years old. The aim of the Sewerage rehabilitation is to strengthen of the structure, prevent corrosion of the surface, and preserve the flow ability without digging out. The swerage alignment included steep curves, and this was one of the main issues.

This article reports on the work of JOA using SPR method, which rehabilitated the swerage of the total distance of 234 m, and three curves (90 degree, curved radius 18m, $R/D=6.6$) without cutting open.



写真は曲がり部施工後

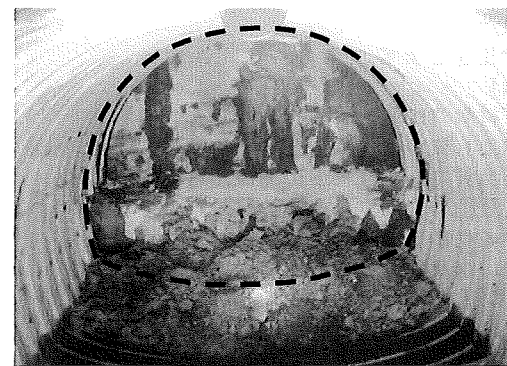
全断面早期閉合による施工法の考え方とその実例

(株)熊谷組 御手洗良夫

近年、山岳トンネル工法の適用範囲は、その信頼性の向上やトンネルの社会的なニーズの多様化などによって、一層の広がりが見られる。さらに都市部などのきわめて厳しい条件下においても採用される事例が増加している。トンネル周辺の条件によっては、トンネル掘削の周辺への影響を最小限に抑制することが必要となる場合がある。このような場合、補助工法を採用して施工する機会が多いが、現状では、その費用対効果に疑問を感じる。本稿は、トンネルの基本である「断面の早期閉合」に着目し、その有用性を現場の計測データおよび数値解析手法により評価し、さらに3例の種々の条件の施工事例から、早期閉合による効果を検証する。

Method of Early Closure of All Tunnel Cross-sections and its Case Studies

By Yoshio Mitarai, Kumagai Gumi Co., Ltd.



写真は断面の閉合状況

In recent years, the applicability of mountain tunnelling method has broadened because of a diversification of social needs for tunnels and an increase in reliability. Moreover, they have been used in extremely difficult conditions, especially in urban area. Depending on the surroundings of the tunnels, it is necessary to minimize the impact by the tunnelling. In such cases, some auxiliary methods are generally used, but there are doubts about its cost effectiveness. This article focuses on the early closure of cross-sections, which is the basic concept of tunnelling, and evaluated its effectiveness through measurement data of the sites and numerical analysis, and verified the effectiveness of early closure through three case studies having various conditions.

「ITA総会および世界トンネル会議(プラハ)」報告

日本トンネル技術協会

第33回ITA総会は、2007年5月5～10日チェコのプラハコンgresセンターで加盟52か国中、43か国が出席して開催された。また、総会に併せてチェコトンネル委員会主催の世界トンネル会議(WTC)2007も開催した。

総会では、事業報告、活動報告や役員改選などが行われた。2010年の開催地にカナダのバンクーバーに決定した。

世界トンネル会議のプログラムは、基調講演、オープンセッション、テクニカルセッションおよび現場視察で構成された。

ITA Annual Meeting and World Tunnel Congress (Prague) Report

By Japan Tunnelling Association

The 33rd ITA annual meeting was held from 5th to 10th May 2007 in Prague, Czech, with 43 of 52 member nations of ITA. Along with the meeting, the World Tunnel Congress (WTC), organized by ITA and Czech Tunnelling Committee, was held.

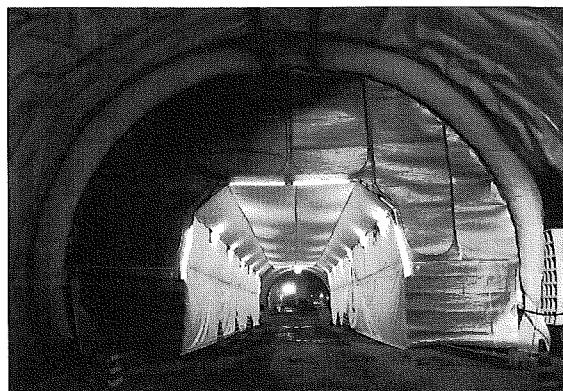
In the meeting, business reports and activity reports were presented, and the new executive council was selected. The location of annual meeting in 2010 was decided to be Vancouver in Canada.

The program of the WTC consisted of the keynote session, opening session, technical discussion, and site observation.

トンネルバルーン覆工コンクリート トータル養生工法

長期耐久性に優れた高品質な
覆工コンクリート施工を実現します！

NETIS登録
(No. HR-040005)



セントル温度養生バルーン

打設後から脱型までセントルをバルーンで覆い温度養生をします。

【特徴】

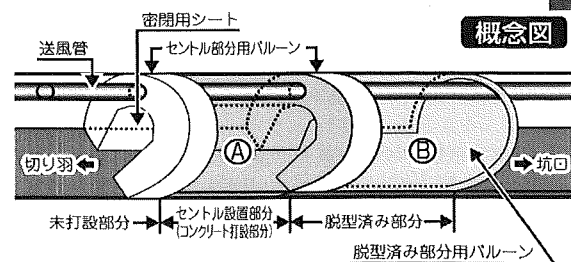
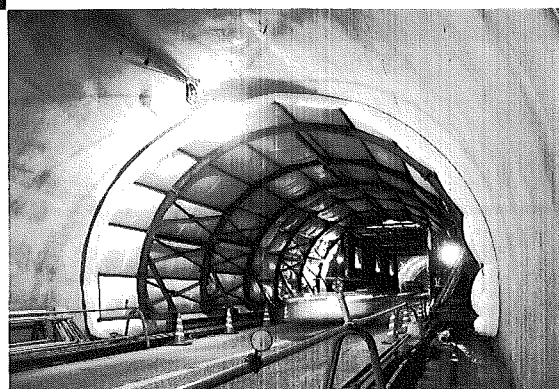
1. 若材齢時に温度管理をすることで初期強度が向上します。
2. 高品質コンクリートの確保が可能です。
(脱型時コンクリートの付着が減少します)
3. サイクルタイムの短縮が可能です。
4. 洗いが車両通行部に落ちません。

覆工養生バルーン

脱型後の覆工コンクリートを覆います。

【特徴】

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



概念図

① セントル (コンクリート型枠) を両サイドのバルーンと密閉用シートではさんで空気層をつくり保温・保護する
② 打設後のコンクリートに薄い両状のバルーンを密着させ保温・保護する

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

2005年『日経BP技術賞 建設部門』受賞



岐阜工業株式会社
GIFU KOGYO CO., LTD.

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

TOUKOU 株式会社 東 宏

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

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

欧州トンネル現場を視察して



東京地下鉄(株)建設部長(本協会監事)

入江健二

今年5月、プラハ国際トンネル会議への技術調査団にはからずも団長として参加することとなった。訪問先では国際会議への参加やトンネル施工現場の視察など日常得がたい経験をさせていただいた。視察現場の施工状況などは本誌の報告で詳述されるのでそちらに譲るとして、このときの見聞でいろいろ感じたこと、考えたことについて記すこととしたい。

トンネル施工現場は全部で4か所視察した。訪問順にウィーン(1か所、鉄道)、プラハ(1か所、道路)、ライプチヒ(2か所、鉄道と道路)で、施工法でいうとライプチヒの鉄道トンネルにおいて開削工法とシールド工法が採用され、その他のトンネルはすべてNATMであった。

ヨーロッパ大陸のほぼ中央に位置する国々のトンネルを視察したことになるが、何といっても地盤条件の違いを実感させられた。視察箇所すべてが岩盤を対象とした工事であり、固い地盤をいかに安全かつ効率的に掘るかということが課題であった。また、地震がない地域であるということも、現場で耐震対策について特別言及がなかったことに加えて、市街において石を積み上げた古い精緻な建造物が昔のままの姿で残り、現在も使われているのを目の当たりにして了解できた。地震時の検討と対策、軟弱な地盤での切羽の安定などに頭を悩ませなければならぬわが国から見るとうらやましい限りである。

トンネルの設計について、開削トンネル現場では地下連続壁に内巻きの本体壁を打設すると説明を受けたが、その厚さが双方とも1mほどもあるというので驚いた。それを事もなげにむしろその厚さを得意気に話すのにはやや不思議な感じさえした。時間の関係もあって詳しい理由は聞きそびれたが、地盤条件などを考えると日本ではありえない設計で、逆に壁が極厚となったその設計手法に強い興味を覚えさせられた。NATMの設計に関しても、調査団にはその方面の専門の方が多くいたので、いろいろな意味で刺激を受けた点があるのではないと思う。

2007年(平成19年)9月

— 5 —

さらに、施工環境や作業条件の違いにも感ずるところが大きかった。施工環境は都市部、郊外部ともに施工ヤードが広く確保されて、作業を進めていくうえで大変恵まれているように見受けられた。これは、私の業務がこれまでずっと東京都心部を対象としたものであるために、ことさら強く感じられたのかも知れない。一方、現場の管理状況、とくにハード面では日本では考えられないいい加減さであった。資材は置き放たれ、通路はデコボコ、都市部の現場では歩行者と重機が稼働している所とが、容易に動かせる簡易な柵を並べて仕切られた程度の所も多い。開削現場の地下通路も脇には簡単な手すりしかなく、掘削状況を見ようと身を乗り出すことさえはばかれる状況であった。彼我の現場管理に対する考え方の違いと言ってしまえばそれまでかも知れないが、現場における形の乱れは施工の不安全や規律の乱れに直結し、周辺にも迷惑をかけると考えるのが日本人の普通の考え方であり、このような感性は絶対になくしてはならないとの思いを強く抱いたところである。

現場作業が昼夜連続で行われているのは日本と変わらないが、休工日について、ある現場ではクリスマスのみ、またある現場では完全に不休というのには正直驚かされた。ヨーロッパは労働条件には大変厳格というのが私のイメージであり、まったく予想外であった。作業員個人には決められた休みがあると思うが、徹底した成果主義と流動的な労働力事情がそのような状況を可能にするのであろうか。調査団の方でこの話を参考にして、自分の担当現場に現地の事情やわが国の規準などに合致させた形で取り入れ、大幅な工期短縮を可能にしたという話を先般会合でご本人から伺った。わが国でも条件を整えば、いわゆる盆暮れ正月の休みは絶対必要という先入観にとらわれずにいろいろな作業形態を検討すべきであり、それによって安全かつ効率的な現場運営が可能であることを示唆していると思われる。

トンネル施工現場では正負両面が見えたところであるが、今回訪れた都市の景観にはその美しさ、重厚さに圧倒され、日本の街並みがいかに貧弱であるかを再認識した。都市計画の歴史や景観に対する認識度合いの違い、全体を俯瞰することが不得手な日本人の性格など、いろいろな要素が絡み合って生じた結果であると思う。

今回の視察を通じ、トンネル技術者として、日本の現場管理の丁寧さ、緻密さを大切に守り続けていくことと、日本の都市景観向上の一方策として、インフラの地下化進展や、地下駅・地下街など地下空間を充実させていくことがいっそう重要になっていることに思いを強くした次第である。

施工

供用中の新幹線トンネルで発生した路盤隆起の原因とその対策

東日本旅客鉄道(株)高崎支社設備部施設課担当課長 渡邊 康夫

東日本旅客鉄道(株)設備部構造物管理G課長 藍 郷 一 博

東日本旅客鉄道(株)建設工事部構造技術センター主席 鈴木 尊

1 はじめに

北陸新幹線高崎・長野間は、1997年10月に整備新幹線として開業した延長約117kmの路線である。このうち、群馬県と長野県の県境に位置する安中榛名・軽井沢間の大部分は、秋間トンネル(L=8,295m)、一ノ瀬トンネル(L=6,165m)、碓氷峠トンネル(L=6,092m)の山岳トンネルが占めている(図-1)。

一ノ瀬トンネルでは、インバート区間の一部において供用開始後の累積軌道隆起量が20mmを超えていることが2005年1月に確認されたため、現地調査のうえ、路盤隆起対策として下向きのロックボルトを施工した。また、このときに実施した類似箇所調査において、隣接する碓氷峠トンネルでもインバート未施工区間において3mm/年の速度で軌道隆起が確認されたため、2006年に下向きの

ロックボルトによる対策工を実施した。

いずれのトンネルにおいても、現在急激な隆起は収まっているが、長期的な安定を確認できるまで、監視を続けている状況である。

本稿では、両トンネルで発生した路盤隆起の変状と対策工について述べるとともに、推定される変状原因について、碓氷峠トンネルで実施した地質調査の内容と調査結果を含めて報告する。

2 一ノ瀬トンネルでの事例

2-1 一ノ瀬トンネルの概要

一ノ瀬トンネルは、北陸新幹線安中榛名・軽井沢間に位置し、山岳工法(NATM)により1990～1994年にかけて建設された、延長6,165mの新幹線複線断面トンネルである。地質は、工事誌によれば、火山活動により堆積した凝灰岩・凝灰角礫岩・火山角礫岩を主体とし安山岩が貫入する複雑な構造で、膨圧性地質および多量の湧水区間が存

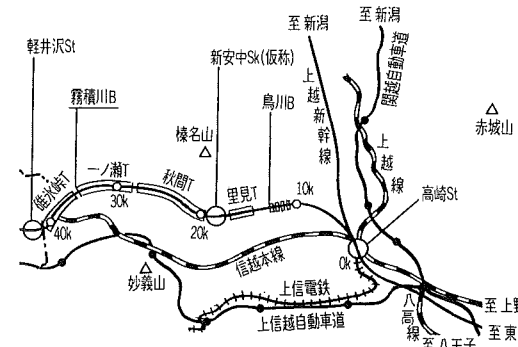


図-1 北陸新幹線位置平面図

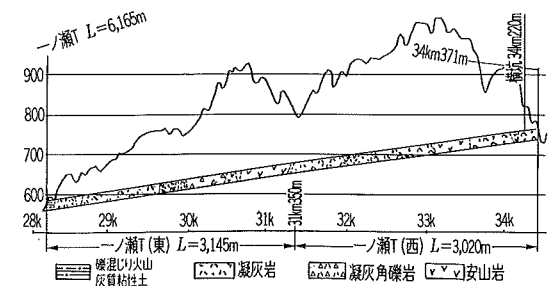


図-2 一ノ瀬トンネル地質縦断面図

在している(図-2)。

2-2 変状の概要

今回路盤隆起が発生した箇所は、一ノ瀬トンネルのほぼ中間、高崎起点32k028m付近であった。軌道検測車による測定データでは、開業以来2004年3月までの間、40m弦で1mm/年程度の軌道隆起が確認されており、その間に二度、レール面整正の軌道整備を施している。しかし、2004年3月ごろから軌道の隆起速度が1mm/月と急増し、2005年1月に再度軌道整備を行うこととなった(図-3)。この時点で、開業時からの軌道の累積隆起量は400m弦で20mmを超えており、通常の軌道整備では軌道構造上、残り3mm程度の隆起までしか対応できない状態となった。特殊な軌道締結装置を用いれば軌道隆起に対応は可能であるものの、その準備には時間を要し、このままの速度で上昇すると3か月後には整備基準値を超え、徐行を余儀なくされる恐れがあった。2004年3月からの急激な軌道隆起状況を考えると、トンネル本体に変状が発生している可能性がきわめて高く、その場合は構造物に対して直ちに対策を行う必要があるため、現地調査を行い、対策工の検討を行った。

2-3 変状状況

現地調査の結果、以下の点が確認された。

- 中央通路底部に、線路方向にひび割れが発生していた(写真-1)。ひび割れは、その幅、食い違い量から内部の中埋めコンクリート、インバートコンクリートにも達していると思定された。なお、ひび割れ延長は、線路方向

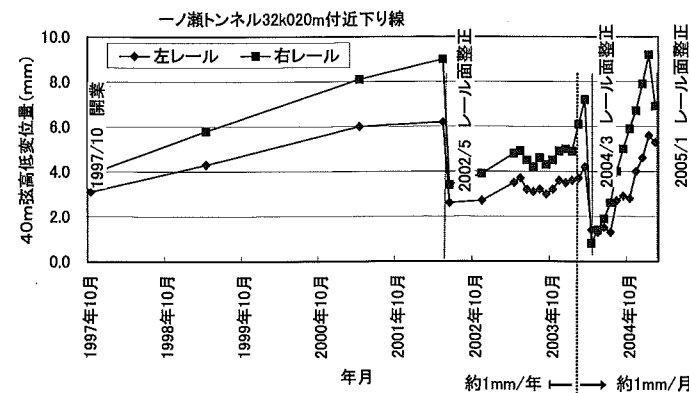


図-3 軌道検測データによる軌道隆起の推移(1)

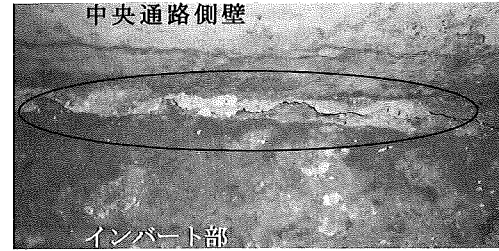


写真-1 中央通路底部のひび割れ

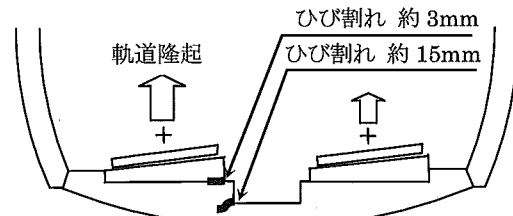


図-4 変状概要図



写真-2 中央通路側壁部のひび割れ

に約13mにわたり発生していた(図-4)。

- 中央通路側壁部に、鉛直方向のひび割れが多く発生していた(写真-2)。
- 側壁部に垂直方向のひび割れが多く発生していた。

以上の変状より、線路方向ひび割れ範囲内のインバートコンクリートが損傷したことにより、軌道隆起が発生したものと判定された。

また、施工時の記録や施工業者からの聞き取りでは、次のような点が確認された。

- 工事誌によると、当該箇所付近は、一ノ瀬トンネルの中でも地山不良区間であり、内空変位量が300mm

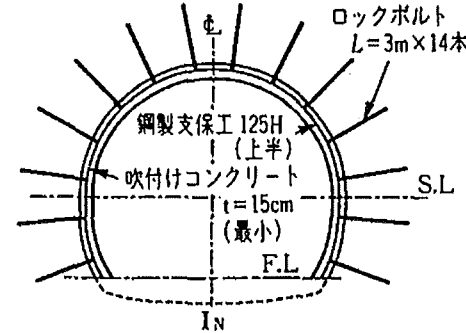


図-5 一ノ瀬トンネルにおける一般的な支保パターン

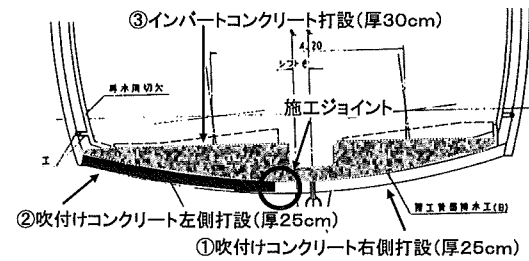


図-6 インバートコンクリート想定打設順序図

を超える箇所が存在していた。また、膨張性地山も一部の区間で確認されていた。

- 当該箇所の支保構造は、鋼製支保工H-150、ロックボルトはアーチ部にL=3.0m×7本、側壁部にL=6.0m×12本、吹付けコンクリート厚さ20cmであり、他の区間(図-5)と比較すると重い支保構造であることから、建設当時の苦勞が同え、不良地山であったことが想定される。
- インバートの施工手順として、インバート掘削時の変位を抑えるために、左右半断面ごとの掘削を行い、それぞれの掘削直後に吹付けコンクリートによる早期閉合を図っている。その後、インバートおよび中埋めコンクリートの打設を行ったが、その際には浮き型枠を用いて約10mスパンで一体構造として打設を行った(図-6)。

2-4 変状原因の推定

現地調査結果および聞き取り調査などを総合的に判断し、以下の点が考えられた。

- 建設当時の内空変位状況から、当該区間の地山は膨張性を示し、供用後もトンネルには地

圧が作用していたと考えられる。

- 覆工部の支保構造(ロックボルトL=6.0m)とインバート部の支保構造(吹付けコンクリートのみ、下向きロックボルトなし)を比較すると、相対的に下からの地圧に弱い構造となっていた。
- インバート吹付けコンクリートの左右分割施工により、中央通路周辺で施工継目となり、構造的に弱点箇所となったと考えられる。
- 側壁に発生した垂直ひび割れは、下からの地圧によるものと考えられる。

これらより、当該箇所はトンネル周囲から大きな地圧を受けており、そのうちの下からの地圧により、インバート吹付けコンクリートの施工継目(弱点箇所)から損傷が発生し、インバート内部で軸力の伝達が行えない状態になり、そのままインバートを押し上げ、直上の軌道変状となって現れたものと考えられる。

以上の原因を踏まえて、対策工の検討を行った。

2-5 対策工

現地調査結果から、変状を継続的に監視し、その傾向を見ながら対策の検討を行う時間的な余裕はないと判断し、現在の調査結果をもとに、早急に対策工の検討に入った。

対策工としては、インバートと地山の一体化、および損傷したインバートの一体化、トンネル下からの地圧に対するアーチ形成効果などを期待して、下向きロックボルトの施工が効果的であると判断した。

ロックボルトの打設本数は、当該箇所が枠型スラブ軌道区間であることから、枠内に1本、中央

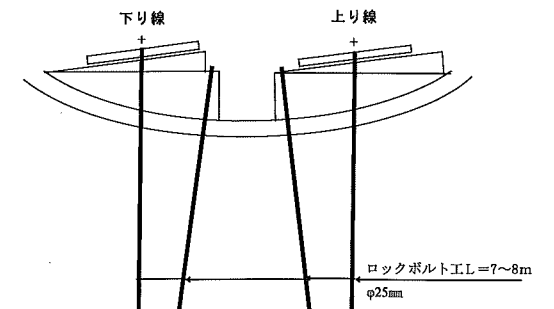


図-7 ロックボルト打設断面概要図

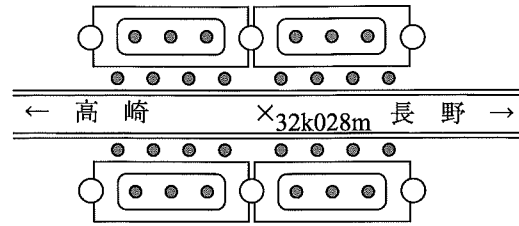


図-8 ロックボルト打設平面概要図

通路よりに1本とし、トンネル断面あたり4本とした(図-7)。線路方向の範囲は、変状位置を中心に、左右にそれぞれスラブ2枚分(延長約20m)、ボルトは約1m間隔に千鳥に打設することとし、ボルト本数は28本とした(図-8)。

使用するロックボルトは、φ25mmの全ねじ棒鋼とし、モルタル充填による全面定着式とした。長さは、当該箇所のアーチ部に施工されているロックボルト(L=6.0m)と同程度の長さで施工することとした。ただし、施工は軌道面からとなるため、中埋めコンクリートおよびインバートコンクリート分の厚さを考慮し、打設位置によってボルト長を7~8m程度とした。

ロックボルト工の削孔には、ドリルジャンボ、またはボーリングマシンによる削孔があるが、今回の施工は実作業時間約2.5時間という短時間での作業となること、機動性を考慮しトロリー台車上からの作業となること、またトンネル内作業であることなどから、確実性や安全性を考慮し、ボーリングマシンでの削孔とした。

ロックボルトの品質確認方法として、引抜試験を打設全数に対して実施することとし、管理値は100kNとした。また、中央通路よりのボルトは、インバート破壊箇所(想定)を縫い付けることを期待して斜めに施工することとし、角度は5度とした。

2-5 施工

新幹線保守工事は、限られた夜間の保守間合いで行うため、効率的な作業編成が求められる。今回はトンネル中間部での施工となることから、使用す

る施工機械を軌道上のトロリー台車に載せ、モーターカーで運搬することとした。編成は、対策箇所からもっとも近い軽井沢保守基地(現地から約10km)に留置した。

今回の施工箇所においては、施工機械の搬出入時間を差引き、現地での作業時間は正味2.5時間程度であった。対策は緊急を要することから、2本/日の施工が必要であり、その施工手順は綿密な打合わせのもと策定した。先行作業として削孔箇所の路盤コンクリートおよびりょう盤コンクリートをコア抜きし、位置出しの時間短縮および本削孔時間の短縮を図った。サイクルタイムを図-9に示す。また、現地での作業状況を写真-3に示す。

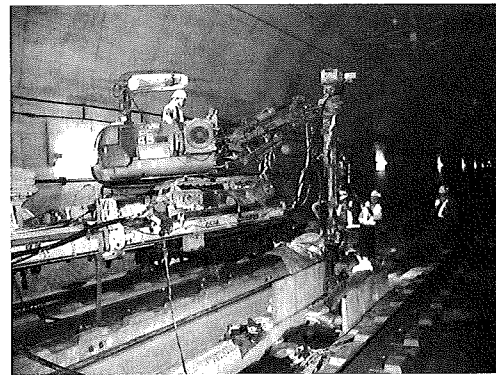


写真-3 ボーリングマシンによる削孔状況

		0時		1時		2時		3時	
		30	00	30	00	30	00	30	00
準備	M C 現場到着								
	10tトロ切り離し								
1本目	MC移動・位置合わせ								
	削孔準備(ポンプセットなど)								
	削孔								
	ケーシング引き抜き								
2本目	MC移動・位置合わせ								
	削孔準備(ポンプセットなど)								
	削孔(8m)								
	ケーシング引き抜き								
片付け	ボルト建て込み・注入								
	後作業(MC連結含む)								
M C 基地収容									

図-9 ロックボルト打設サイクルタイム

2-6 対策工の検証

通常、10日に1回程度軌道検測車による測定を行っており、今回はその検測により変状が発覚した。対策終了後も引き続き変状箇所のデータを監視しているが、現時点では軌道変状は落ち着いて

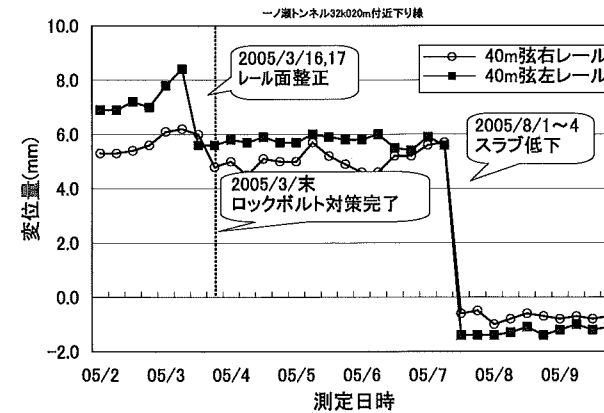


図-10 軌道検測データによる軌道隆起の推移(2)

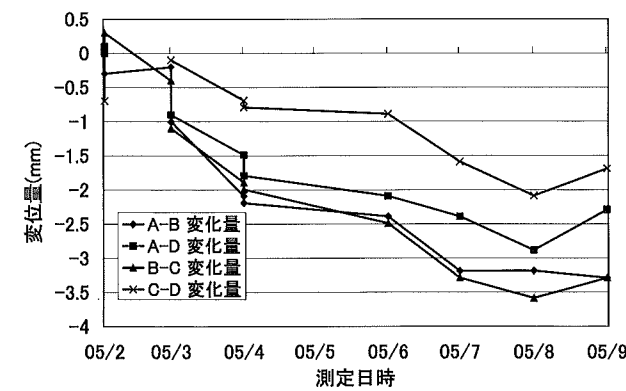


図-11 内空断面の動き

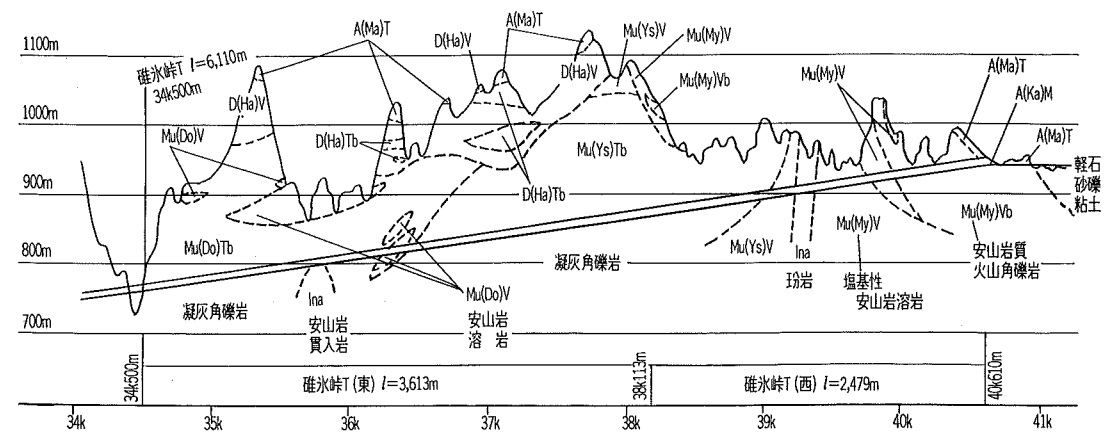


図-12 碓氷峠トンネル地質縦断面

いる(図-10)。また、トンネル内空断面計および水準測量からは、路盤部の隆起は見られないが、内空断面に関して全体的に縮小傾向の動きが見られる(図-11)。

各計測状況から考えて、今回の下向きロックボルトの対策工により急激な路盤隆起は抑えられていると考えている。しかし、一部計測値には測定誤差や季節変動を含んでいる可能性があるため、今後も計測を継続し、経過を観察することとしている。

3 碓氷峠トンネルでの事例

3-1 トンネルの概要

碓氷峠トンネルは、北陸新幹線安中榛名・軽井沢間に位置し、山岳工法(NATM)により1989~1995年にかけて建設された、延長6,092mの新幹線複線断面トンネルである。地質は起点方から約4km間は新第三紀の凝灰角礫岩が主体で、終点方は安山岩溶岩および火山角礫岩が主体であるが、一部には貫入岩に伴う変質帯がみられ、このような箇所では強度低下や膨張性の可能性がある(図-12)。このような地質であるが、トンネルの建設はほぼ全線にわたり軽めの支保パターン(ロックボルト3m×6本、吹付けコンクリート厚10cm)が採用されていることや、インバートコンクリートは採用せずによりょう盤コンクリート構造(厚さ25cm)であることから(図-13)、

ながら、長期間にわたる挙動については、今後も継続的に監視を行うこととし、効果の確認を行っていく。

3-4 変状原因調査

3-4-1 調査概要

碓氷峠トンネルでは、一ノ瀬トンネルのような膨圧区間の記録はなく、支保構造から考えても建設時に大きな問題はなく掘り進んだことが伺える。しかしながら、先に述べたような変状が発生したことから、今後の対策工の有効性の検証や対策方針検討のために、変状原因の推定を試みることにした。

今回の路盤隆起の発生原因としては、塑性圧や、緩み土圧などの地圧の影響や、トンネルの構造不良などによるものが考えられた。そこで、変状発生箇所の地質状況を詳細に調査するとともに、当該箇所の施工状況や支保パターンなどを調査し、構造不良があるか確認した。これらの調査により、変状原因の推定を試みた。

3-4-2 地質調査内容

今回実施した地質調査は、トンネル内部において変状の発生している箇所3か所、変状の発生していない箇所2か所の合計5か所で行った。調査は、地山の岩質および土質を把握するために、トンネル内部から路盤下へのボーリング調査を実施し、採取されたコアおよびボーリング孔を使用して、物理的性質を把握するためPS検層、超音波伝播速度試験、力学的性質を把握するため一軸圧縮試験、鉱物化学的性質を把握するためX線回

折分析、CEC試験、浸水崩壊度試験をそれぞれ実施した。調査項目の一覧を表-1に示す。

調査作業は、対策工と同様に新幹線作業時間帯の短時間作業とトンネル内という狭隘な作業環境のため、ボーリングマシンをトロリー台車に積載し、トロリー上からの掘進作業とした(写真-6)。調査には、現地調査作業に2か月間、室内試験などに1か月間の計3か月間の工期を要した。

3-4-3 地質調査結果

調査結果を表-2, 3に示し、詳細を以下に述べる。

表-1 地質調査項目

調査項目	主な確認内容
ボーリング調査	地質全般
P S 検層	緩み範囲
一軸圧縮試験	地山強度比
超音波伝播速度測定	緩み範囲
浸水崩壊度試験	スレーキング特性
X線回折分析	膨張性粘土鉱物
CEC試験	粘土鉱物の容量

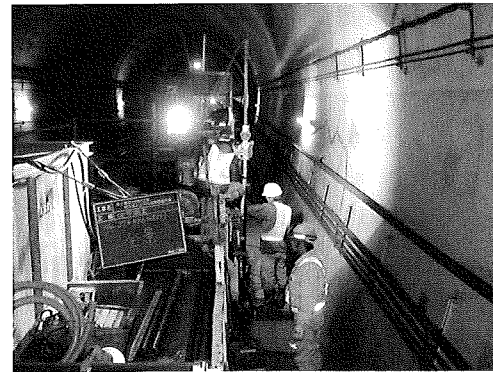


写真-6 ボーリング調査状況

表-2 地質調査結果集(その1)

地点	変状	調査深度(m)	主な岩種	状態	地山強度比 G_n	浸水崩壊度	スメクタイト	CEC値 (meq/100g)
37k128m(下り)	有	10	破碎質凝灰角礫岩	節理、不規則クラックなど多い。	1.2	D	有	51.2
37k496m(上り)	有	9	強変質凝灰角礫岩	乳緑灰色の変質色を呈する。軟化し、クラック多い。	0.8	D	有(多量)	64.4
37k501m(上り)	有	2	変質凝灰角礫岩	淡灰色の変質色を呈し、粘土～細礫状。	-	-	有	66.4
37k508m(下り)	無	5	安山岩質凝灰角礫岩	クラックの少ない硬質岩。	9	A	有	14.9
38k070m(下り)	無	6	安山岩	クラックの少ない硬質岩。	11	A	有	27.5

当該箇所付近の地質は建設時の調査によれば新第三紀中新世の霧積層であり、今回の地質調査で確認されたものは、霧積層の中の凝灰角礫岩と考えられる。変状箇所から採取されたコアからは、全体に乳灰色や淡灰色を呈し粘土状のものも確認されるなど、強い熱変質作用を受けたと考えられるものがあつた。一方、変状の少ないあるいは発生していない箇所から採取されたコアは、安山岩を主としていた。

土かぶり厚は200m前後あり、一軸圧縮強度か

表-3 地質調査結果(その2)

	深度(m)	PS検層速度 (m/S)		超音波伝播速度(m/S)	
		P波	S波	P波	S波
37k128m(下り) (隆起あり)	0.85~1.0	1,900	920	—	—
	2.3~3.5	2,800	1,350	2,620	1,130
	4.1~5.4	3,200	1,300	3,080	1,220
37k496m(上り) (隆起あり)	0.65~0.75	2,160	880	—	—
	2.6~3.8	2,850	1,150	1,481	614
	5.05~5.7	3,250	1,400	1,703	770
37k508m(下り) (隆起なし)	0.8~0.9	2,150	940	—	—
	1.25~1.6	4,000	1,900	3,955	1,991
	4.0~4.52	4,000	1,900	4,198	1,908
38k070m(下り) (隆起なし)	0.38~0.5	2,600	1,200	—	—
	1.5~1.9	4,500	2,200	4,020	2,206
	5.0~5.4	4,500	2,200	4,132	2,086

表-4 地山の膨張性を示す指標の例(土木学会 トンネル標準示方書³⁾)

日本鉄道建設公団(1977)	大塚ほか(1980)	仲野(1975)
地圧発生の可能性が非常に大きいもの ①岩石中の主要粘土鉱物がモンモリロナイト。 ②2μm以下粒子含有率≥30% ③塑性指数≥70% ④陽イオン交換容量 [*] ≥35meq/100g ※CEC値と同様 ⑤浸水崩壊度D ⑥ボーリングサンプル中破碎部多い 膨圧発生の可能性あり ①岩石中の主要粘土鉱物がモンモリロナイト。 ②2μm以下粒子含有率≥20% ③塑性指数≥25% ④陽イオン交換容量 [*] ≥20meq/100g ※CEC値と同様	①変形係数≤8,000kgf/cm ² ②一軸圧縮強度≤40kgf/cm ² ③単位体積重量≤2.05gf/cm ³ ④自然含水比≥20% ⑤液性限界≥100% ⑥塑性指数≥70% ⑦液性指数≥20% ⑧2μm以下粒子含有率≥30% ⑨陽イオン交換容量 [*] ≥35meq/100g ※CEC値と同様 ⑩膨張率≥20%	$G_n = \sigma_c / \gamma H$ σ_c : 一軸圧縮強度 γ : 単位体積重量 H : 土かぶり厚 ① $G_n \leq 2$ 押し出し性～膨張性 ② $2 < G_n \leq 4$ 強度の押し出し性～地圧が大きいと推定される ③ $4 < G_n \leq 6$ 地圧が大きいと推定可 ④ $6 < G_n \leq 10$ 地圧があると推定可 ⑤ $10 < G_n$ 地圧がほとんどないと推定可

地山であるといえる。変状のない箇所では、全く変化が見られなかった。

PS検層と採取コアによる超音波伝播速度測定では、変状発生箇所では深度が増すにつれて速度も徐々に速くなる様子が見られた。これは、トンネル掘削に伴う緩みが発生していると考えられる。変状のない箇所では、いずれの速度にも有意な差は見られず、緩みのない状態と考えられた。

なお、10m程度のボーリング調査を考えていたが、変状未発生箇所では硬岩が出現したことにより5～6mで調査を終了した。

3-4-4 構造および資料調査

当該箇所付近の施工時の状況を、工事資料をもとに聞き取りも含めて調査した。また、図面により当該箇所の支保構造を把握することとした。

工事誌や聞き取りによれば、当該トンネルの建設時には特筆すべき施工困難箇所はなく、掘進速度も100m/月以上を記録するなど、地質の問題は考えられなかった記録が多数を占め、トンネル全体としては良好な地質であったことが伺える。このため、当該箇所の支保構造は前述したように吹付けコンクリート厚平均10cm、ロックボルト長2～3m×6本/断面と軽めの支保構造が採用され、路盤にインバートの設置はなく、りょう盤コンクリート構造であった(図-13)。しかしながら、建設当時の切羽観察日報によれば、一部の変状箇所近傍において膨圧発生の可能性を示唆する記述(表面は油肌様で、水および空気膨張する可能性があると思われる)もあり、部分的に変質した箇所があったことが伺えた。

3-5 変状原因の推定

変状発生箇所におけるトンネルの構造は、吹付けコンクリート厚が10cm、ロックボルト長は2～3mで6本/断面であり、りょう盤コンクリート構造である。このことから、建設当時の地山評価としては、この変状発生箇所も他の良質地山区

間と同様に一般地山と判断されたと思われる。しかしながら今回の調査では、この区間の地質は膨張性が高く、地山強度比が著しく小さいことが確認され、建設当時の記録のひとつである切羽観察日報によっても一部の箇所近傍において膨圧発生の可能性を示唆する記述が確認された。

このことから、この区間における路盤隆起は、この箇所のトンネル構造が地山に適切に対応していなかったことが原因と考えられ、これにより長期的なトンネル周辺地山の変位を抑制することができず、路盤隆起に至ったものと考えられる。

4 おわりに

今回の一ノ瀬トンネル、碓氷峠トンネルでの対策工は、新幹線を供用しながらの施工のため、夜間の限られた時間で実施することとなった。このため、対策には一ノ瀬トンネルにおいては延長10m区間に対して約50日の期間とトンネル建設とほぼ同程度の費用を要するものとなった。また、碓氷峠トンネルにおいては、対策工のみでなく、詳細な調査も実施したため、対策延長20mに対して約200日の期間とトンネル建設時の約3倍の費用を要するものとなった。このような規模の補強工事は通常のメンテナンスの域を越えるものであり、このことはインバートの設置基準や設計・施工法が確立しているとは言いがたく、今後早急に解決すべき重要な課題であると考えられる。

今回、両トンネルで対策工を実施した箇所や碓氷峠トンネル内に存在する6か所の未対策箇所については、現状の隆起量や隆起速度より緊急を要する事態には至っていない。しかし、今後更なる変状の増大や変状箇所の増加などが危惧されるため、厳重な監視、検査体制のもと、必要に応じ適切な処置を講じ、北陸新幹線の走行安全性を確保していく所存である。

施工

大断面シールドで都市部の長距離掘進に挑む

—首都高速中央環状新宿線 代々木シールド—

首都高速道路(株)東京建設局設計第一グループ 波津久 毅 彦
首都高速道路(株)東京建設局新宿工事グループ 則 竹 啓
鹿島・熊谷・竹中土木特定建設工事共同企業体所長 森 口 敏 美
大成・フジタ・戸田特定建設工事共同企業体所長 長谷川 勝 哉

1 はじめに

首都高速中央環状新宿線の代々木シールドは、直径約13mの大断面併設道路トンネルである。泥水式の本シールドは、東京礫層と上総層群を含む地盤を約2.7km掘進し、途中同時期に建設を進めている2か所の換気所部では土留め壁を切削するなど掘進の難易度が高く、ビットの摩耗・欠損対策を行った。また、鉄道3路線と交差し、山手通りの陸橋2か所と近接したため、防護工や計測管理を行い、安全を確認しつつ施工を進めた。

さらに、工事全体の工期を短縮するため、シールド掘進と道路床版の設置を同時施工したほか、シールドトンネルの完成後にセグメントを切開いて出入口・連絡路・換気所を構築する箇所に鋼製セグメント(鋼殻)を、偏荷重が作用する箇所にダクタイルセグメントを適用するなど、多種多様な技術を採用した。本稿では、代々木シールドで採用したこれらの技術を紹介する。

2 工事概要

2-1 首都高速中央環状新宿線

首都高速中央環状線(以下、「中央環状線」)は、新宿都心部から半径約8kmに位置する延長約47kmの環状道路である(図-1)。

このうち中央環状新宿線(以下、「新宿線」)は、環状第6号線(山手通り)の地下にトンネル構造で計画された延長11kmの路線である。新宿線は、既設路線とのジャンクション、出入口、換気所により、大規模かつ複雑なトンネル構造物となるうえに、山手通りには、鉄道・河川や大規模なライフラインを含むインフラが輻輳している(図-2)。

そこで、周辺への影響を最小限にすることを目的として、新宿線では、トンネル区間約10kmのうち約7割にφ11～13mの大断面のシールド工法を採用した。さらに、コスト削減と工期短縮を図

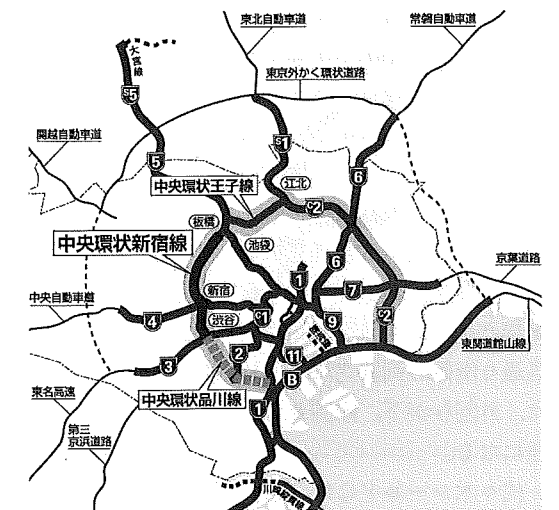


図-1 首都高速道路ネットワーク

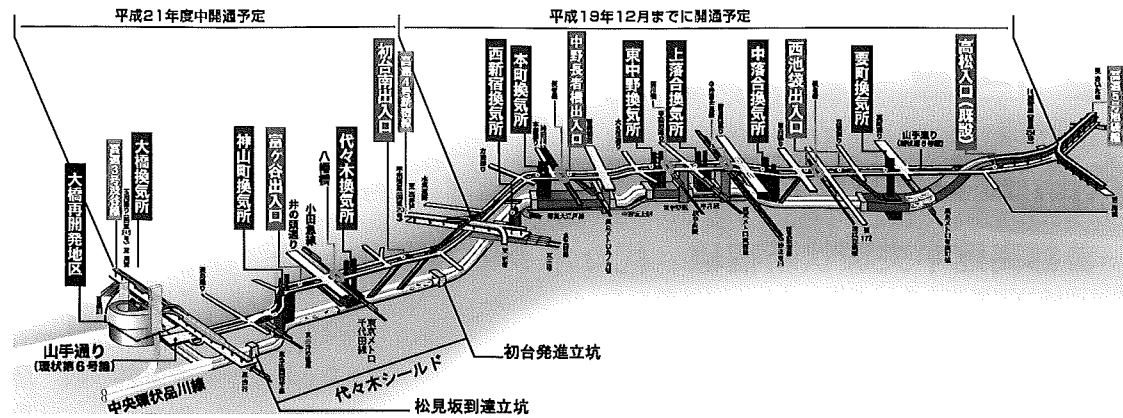


図-2 新宿線の路線概要図

るため、出入口や換気所の一部では、併設されるシールドトンネル間の地盤を掘削し、シールドトンネルと出入口などのRC躯体を接合する「切開き工法」を新たに開発し、シールド掘進の長距離化を図っている。

2-2 代々木シールド

代々木シールドは新宿線の中で、高速4号新宿線と3号渋谷線を結ぶ4.3kmの区間のうち、施工延長2,660mの併設トンネルであり(表-1)、表-2に示すとおり九つの新宿線シールドの中で最長を誇る。本工事では、大断面シールドにおける切羽安定保持の信頼性と実績に加え、排土効率の優位性がある泥水式シールド工法を採用した。

シールド外径は、内・外回りトンネルでそれぞれ13.06mと13.05mで、国内の道路シールドトンネルとしては最大級である。渋谷区初台一丁目の山手通り内に位置する発進立坑(初台立坑)では、外回りシールドが先行する並列発進となり、目黒区青葉台四丁目の淡島通り南側の到達立坑(松見坂立坑)では、外回りが下、内回りが上の縦列到達になる。

代々木シールドには、富ヶ谷出入口、初台南出入口、西新宿ジャンクション

表-1 工事概要

		外回りシールド	内回りシールド
工 事 名		SJ11工区(4)~SJ31工区(外回り)トンネル工事	SJ11工区(4)~SJ31工区(内回り)トンネル工事
工 事 場 所		東京都目黒区青葉台四丁目~渋谷区初台一丁目	
施 工 者		鹿島・熊谷・竹中土木 特定建設工事共同企業体 大成・フジタ・戸田 特定建設工事共同企業体	
施 工 延 長		2,660m	
シールド	外 径	13,050mm	13,060mm
	工 法	泥水式シールド	
セグメント	外 径	12,830mm	
RCセグメント	幅	1,200mm・1,500mm	1,200mm
	桁 高	500mm	
	種 類	GT(ギア式継手)セグメント	JPJ(鋼管挿入式継手)セグメント
鋼 殻	幅/桁高	1,200, 1,050, 950mm/532mm	1,200, 1,050, 1,000mm/532mm
	幅/桁高	1,200mm/450mm, 1,200mm/400mm (DRCセグメント)	1,200mm, 1,000mm/450mm
床 版	構 造	プレキャストPC床版 プレキャストPS床版	プレキャストRC床版
	幅	1,500mm	
	長さ/厚さ	8,010mm/240mm 6,500mm/280mm	8,010mm/290mm
施工方法	シールド掘進と同時施工		

表-2 新宿線シールドトンネル

新宿線工区・トンネル名	シールド掘進延長(*回転施工)	セグメント外径	RCセグメント桁高	RCセグメント形式(継手形式)
大 橋	860m*	12.65m		鋼殻・ダクトイルセグメント
代々木(外回り)	2,660m	12.83m	50cm	ギア式継手セグメント
代々木(内回り)	2,660m	12.83m	50cm	鋼管挿入式継手(軸方向のみ)
西新宿	1,200m*	13.00m	55cm	短ボルト継手
本 町	1,540m*	11.36m	45cm	短ボルト(インサート継手)
東中野	1,040m*	11.90m	40cm	コッタークイックジョイント
上落合	1,140m*	11.22m	40cm	短ボルト(インサート継手)
中落合(外回り)	2,020m	11.80m	45cm	水平コッタープッシュグリッ プジョイント
中落合(内回り)	2,020m	11.80m	45cm	ハニカムセグメント

連結路の3か所のランプトンネルが切開き工法にて建設される。これらの切開き部には、掘削時の土留めの安定を目的とした先行地中梁として高圧噴射攪拌工法が施工されている。また、神山町換気所、代々木換気所の2か所の換気所では、妻壁(トンネル直角方向の躯体壁)などにNEFMAC, NOMST, SEW杭が施工されており、これらの構造物を切削しつつシールドを掘進した。さらに、本シールドは、東京メトロ千代田線、小田急小田原線、京王井の頭線の直下を通過するほか、内回りシールドは、山手通りの橋梁である八幡橋、渋谷陸橋と近接施工となった。

2-3 地質概要

地質縦断図を図-3に示す。トンネル掘削部に出現する主な土層は、東京礫層、上総層群砂質土および粘性土であり、いずれもN値50以上の非常に硬質な地盤である。内回りトンネルでは、全線のほぼ90%にあたる約2,400m区間の上半部に東京礫層があり、下半部は上総層砂質土が存在する。さらに、発進立坑から約200~700m付近において、上総層粘性土がトンネル中心付近に出現する。また、到達立坑付近には、全断面に上総層の砂質土または粘性土が存在する。一方、外回りトンネルは、路線のほぼ中間点である発進立坑より約1,300m付近までは内回りトンネルと同様な条件であるが、続く約1,100mの区間では土かぶりが大きくなるため、主として上総層砂質土を通過する。最後に、発進立坑から約2,400m付近より、

内・外回りとも上総層粘性土と砂質土が全断面に互層で出現する。

2-4 シールドの仕様

当工事で使用した大断面泥水式シールドの仕様を表-3に示す。

内・外回り両シールドは、装備推力や装備トルクなどの基本仕様がおおむね同様である。カットフェイスの形状は、従来の泥水式シールドと大きな違いはないが、長距離掘進と、硬質な礫地盤を掘進し、連壁などの切削を可能とするために、内・外回りとも、それぞれ可動式先行ビットやビット交換装置を設けるなどの工夫がなされている。

さらに、複雑な縦断線形(縦断勾配3.0~3.9%)と平面曲線(最小半径約240m)に対応するため、中折れ装置(内回り一左右1.7°, 外回り一左右2°, 上下0.5°)を備えている。

2-5 セグメントの仕様

代々木シールドでは、新宿線のほかのシールドトンネルと同様に、一般部にRCセグメント、シールド切開き部に鋼殻、偏荷重が作用する箇所にはダクトイルセグメントを基本とし、とくに継手構造は、各種の特徴的なセグメントを採用している。その他、ダクトイルセグメントと鉄筋コンクリートを一体化させたDRCセグメントを採用している。各セグメントの数量を表-4に示す。

なお、新宿線のシールドトンネルでは二次覆工を省略しているため、基本的にすべてのセグメントに耐火工が施工されるほか、鋼殻とダクトイル

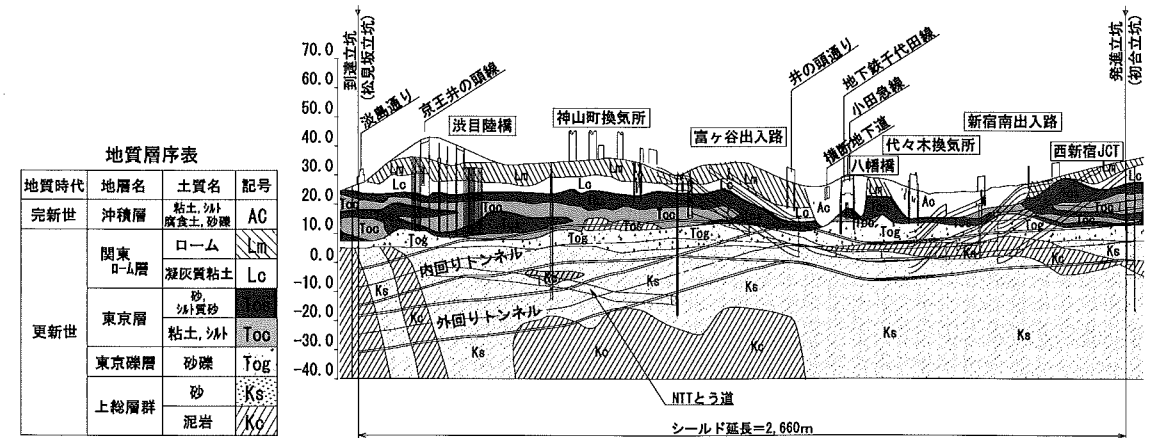


図-3 地質縦断図

表-3 シールドの仕様

項目	詳細項目	外回りシールド	内回りシールド
本体シールド	外径	φ13,050mm	φ3,060mm
	機長	12,800mm	12,340mm
	テールシールド	ワイヤーブラシ耐圧型×4段	
推進装置	シールドジャッキ	3,490kN×2,450st×48本	4,000kN×2,200st×42本
	総推力	167,520kN	168,000kN
	スポーク本数	主スポーク8本+補助スポーク8本	
カット装置	開口率	33.0%	31.3%
	支持方式	中間支持方式	
	装備トルク	23,180kN-m	24,174kN-m
	カット回転数	0.44rpm	0.37rpm
	余掘り装置	コピーカット4基	
攪拌装置	中央部	なし	アジテータ1基
	外周部		アジテータ4基
裏込め注入部	注入方法	同時注入方式	
	注入箇所	シールド本体上部4か所	
流体輸送設備	送泥管	送泥管14B, 排泥管12B	
	排泥流量	19m ³ /min	19m ³ /min
	礫処理装置	ロータリー式クラッシャー56t/h (最大破砕礫径: 300×200×180mm)	

表-4 セグメントの数量

シールド名	項目	RC(m ³)	DC(ton)	ST(ton)	DRC(ton)	合計
代々木(外)	リング数	844	276	886	114	2,120
	数量	18,035	5,048	27,239	6,650	
代々木(内)	リング数	806	578	865	-	2,249
	数量	18,731	10,641	26,128	-	

セグメントには防食塗装が施された。

2-5-1 RCセグメント

一般部に使用されるRCセグメントは、内・外回りで継手形式が異なる。ここではその概要を示す。

(1) ギア式継手(GT)セグメント

外回り一般部RCセグメントに採用された「ギア式継手セグメント」は、リング間継手のウェッジロックピンにより組立て時間の短縮が可能であること、またピース間継手のウォームホイール継手によりリング間の増締めが可能であるとともに、リングとしての剛性も確保できることが利点である。これに加え、当工事では1リング9等分割、さらに直線部ではセグメント幅1.5mを採用することで、さらなる組立て時間の短縮を図った(図-4)。

(2) 鋼管挿入式継手セグメント

内回りRCセグメントのリング間継手には、鋼管挿入式継手が使用されている。これは、内径φ44mmの鋼管(コンダクター)の中に、外径φ45mmの

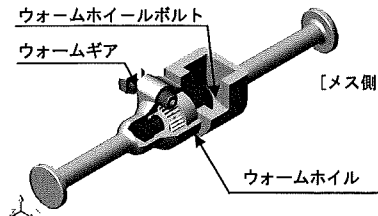
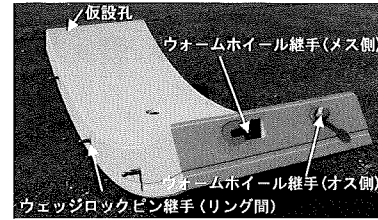


図-4 ギア式継手セグメント

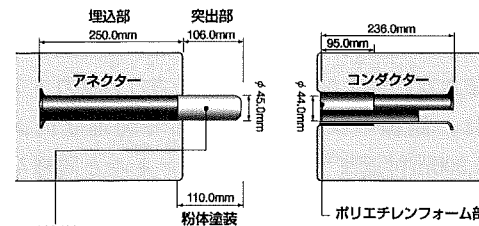
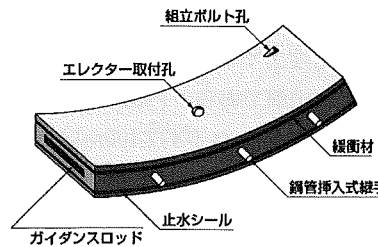


図-5 鋼管挿入式継手セグメント

鋼管(アネクター)をシールドジャッキの推力を用いて挿入することで締結を行うリング継手である。アネクターには挿入時の焼付き防止と引抜き抵抗向上のため、粉体塗装を施してあり、また、コンダクターの周囲にはポリエチレンフォームを巻くことで、挿入時の膨らみを吸収している。今回の仕様では、セグメント継手には構造的な継手はなく、ガイドンスロッドと1ピースに1本の組立てボルトにより、位置決めと組立てを行っている。本工事では、シールドジャッキによる押込みのみで組立てが可能という本セグメントの特徴を生かし、ロボットによる全自動組立てを行い工期の短

表-5 鋼殻の仕様

項目	詳細項目	外回りシールド	内回りシールド
基本仕様	幅/桁高	1,200, 1,050, 950mm / 532mm	1,200, 1,050, 1,000mm / 532mm
	分割	9等分割	10等分割
	塗装	一次防食: 無機ジンクリッチプライマー 重防食: 変性エポキシ樹脂塗装	一次防食: 無機ジンクリッチプライマー 重防食: 変性エポキシ樹脂塗装
	ボルト強度区分	10.9	
ボルト防食	ダクロタイズ処理		
	ボルト防食	ダクロタイズ処理	
主桁	材質	SM490YB, SM520C-H, SM570-H	SM490YB, SM520C-H, SM570-H
	厚さ	32~113mm	31~95mm
継手板	材質	SM520C-H, SM570-H	SM520C-H, SM570-H
	厚さ	51~94mm	47~105mm
縦リブ	材質	SM490YA	SM490YA
	厚さ	13mm	13~15mm
	箇所数*	108	90
断面形状	T型, L型		
	断面形状	T型	
スキンプレート	材質	SM490YA	SM490YA
	厚さ	6mm	
リング間ボルト	本数	108	90
	ボルト径	M30~M45	M30~M42
ピース間ボルト	本数	54	60
	ボルト径	M30~M56	M30~M52

*縦リブ箇所数には継手板を含む

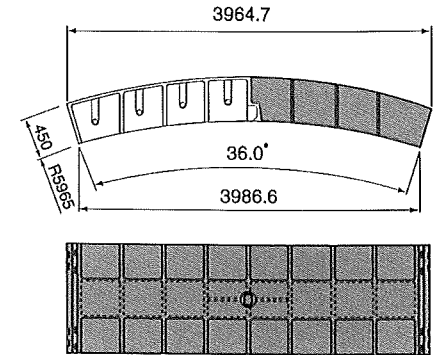
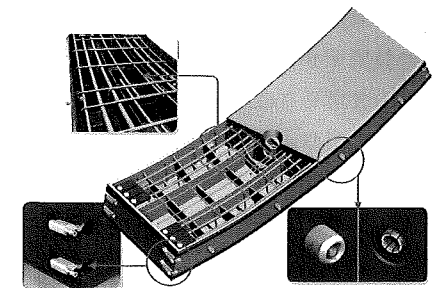


図-6 DCセグメント



ASジョイント アンカージョイント (セグメント継手) (リング継手)

図-7 DRCセグメント

縮を図った(図-5)。

2-5-2 鋼殻

代々木シールドでは、出入口などの「切開き部」である延長約760mに鋼殻を採用した。表-5に内・外回りの鋼殻の仕様を示す。鋼殻は、トンネル完成時のみならず、切開き工事の各ステップに対し逐次解析を行い、その結果を反映して設計した。

さらに、富ヶ谷非開削切開き部では、トンネル内から下向き大径曲線パイプルーフで内外回りシールドを接続するために、セグメント中に切削可能なガラス繊維強化プラスチック部材を取り付け、発進・到達部のスキンプレートを直接切削できるようにした。

2-5-3 DCセグメント

DCセグメントは、近接施工部や切開き躯体を構築し偏土圧が作用する箇所など、通常より大きな荷重が作用する区間に採用された。具体的には、第4章に示す近接施工部のほか、出入口・連絡路や換気所躯体の直下である。図-6にDCセグメントの一例を示す。

2-5-4 DRCセグメント

外回りシールドでは、初期掘進部で高剛性を得ること、工期短縮を図ることを目的とし、DRCセグメントを114リング採用した。DRCセグメントは外殻がダクタイト、内殻がRC構造の合成セグメントであり、剛性が高いことが特徴である。これにより、セグメント桁高を、ダクタイトの450mmに比べて50mm低い400mmに抑えることが可能であった。また、継手構造はワンパス式のアンカージョイントを採用したため、10等分割ではあるものの、1リングあたり約40分で組立てることが可能であった(図-7)。

3 硬質な地盤の長距離掘進

3-1 カッタビットの摩耗対策

代々木シールドは、内・外回りとも東京礫層と上総層群を含む硬質な地盤を、中間立坑なしで2,660m掘進する。また、途中の代々木換気所では、妻部の泥土モルタル壁芯材に設置されたFRP格子筋(NEFMAC)を切削する。さらに内回

りシールドでは、神山町換気所妻部のNOMST壁(CFRPで補強した切削可能な高強度コンクリート)と中間杭であるSEW杭(硬質発泡ウレタン樹脂をガラス長繊維で強化した部材を接着積層した杭)を切削するため、カッタビットの摩耗対策が必要であった。

外回りシールドでは、上記の条件のほか、到達部約500mの上総層粘性土(土丹層)の掘削などを想定し、カッタ内部からカッタビットを交換可能とするビット交換装置「リレービット」を、カッタの180°のスポークに対し39本装備した。リレービットの位置図および交換方法を図-8に示す。

施工においては、砂・礫層掘削時における最外周ビットの摩耗が想定以上に大きく、さらにビット欠損も発生したため、当初3回を計画していたビット交換は8回となった。

一方、内回りトンネルでは、外回りよりも東京礫層の掘進延長が長く、以下の対策を実施した。

- ・高さの異なるカッタビットを同一パスに配置し、高いビットが摩耗するまで低いビットが温存されるようにした。

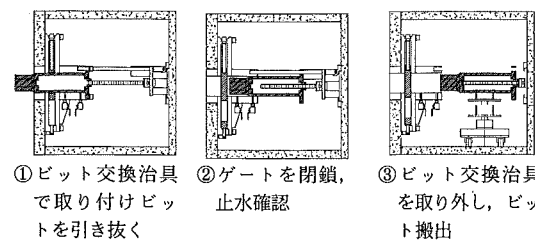
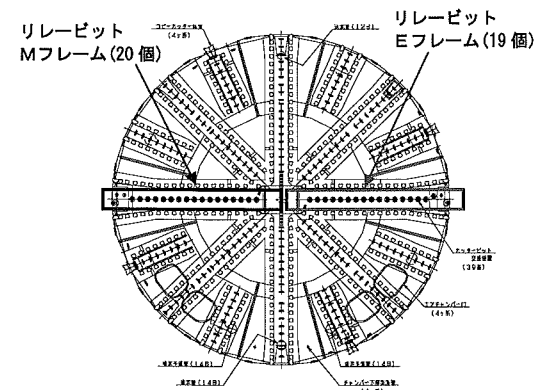


図-8 リレービットの位置図および交換方法

トンネルと地下

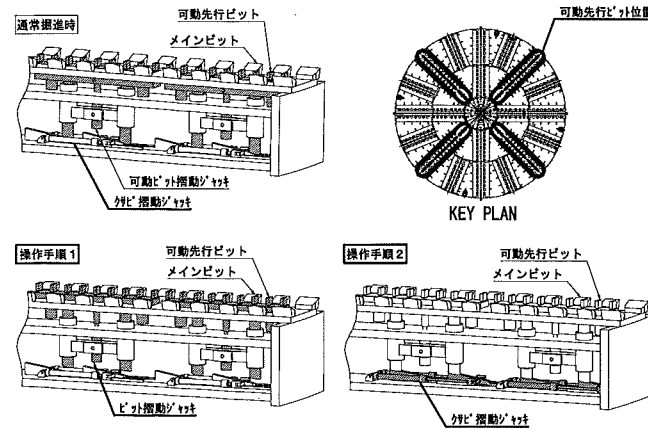


図-9 可動式先行ビット

- ・さらに、NOMSTの切削および長距離掘進によりビットの摩耗が進行した場合を想定して、油圧ジャッキにより前面に押し出せる「可動式先行ビット」を4本のスポークに装備した(図-9)。
- ・神山町換気所の土留め壁通過時には、シールドよりも外側に突出している同時裏込め注入管の破損が懸念された。このため、シールド外周側に向かって土留め壁を切削するNOMST切削装置をシールド前胴部に装備した。

3-2 セグメントの輸送・組立て

大口径セグメントの組立て時の安全性を確保するため、切羽に到着したセグメントの供給装置までの搬送、エレクタへの供給・把持、エレクタでの位置決め・組立ての各作業を自動化した。内回りでは、鋼殻・ダクタイトセグメントの搬送、供給、粗位置決めまでを自動で行い、リモコンによる手動操作で位置を決め、人力でボルト締結した。さらにRCセグメントでは、ボルトレスセグメントが採用されており、組立てボルトの締結までを自動化している。これにより1リングの組立てに要した時間は、平均して60分程度であった。

3-3 泥水シールドの掘進管理

東京都心部での掘削であるため、既設の重要構造物との近接施工を伴うことから、切羽の安定を目的として、多様な土質条件・土かぶり厚を考慮しつつ、泥水管理・切羽水圧管理をはじめ間隙水圧などを計測し慎重に掘進を進めた。また、掘削

表-6 泥水シールドの管理値

項目	詳細項目	外回りシールド	内回りシールド
泥水性状	泥水比重	1.15~1.40	1.20~1.30
	泥水の粘性	20~40秒	20~40秒
	泥水中の砂分	20%以下	12%以下
	濾水量	-	50ml以下
	イーロードバリュウ	-	30~100dyn・s/cm ²
裏込め注入管理	注入圧	切羽水圧+200kPa(元圧)	切羽水圧+150kPa(テール土圧)
	注入量	テールボイド量×120%以上(土質条件による)	
出来形管理	ゲルタイム	6~12秒	
	A液フロー値	8~11秒	
	一軸圧縮強度	$\sigma_{1h}=0.04N/mm^2$ 以上 $\sigma_{2s}=3.0 N/mm^2$ 以上	$\sigma_{1h}=0.02N/mm^2$ 以上 $\sigma_{2s}=3.0 N/mm^2$ 以上
	セグメントセグメント蛇行量	一次管理値±55mm 二次管理値±100mm以下	管理上限値±100mm以下
目開き量	目開き量	5mm以下	3mm以下
	目違い量	±5mm以下	
	セグメント内空寸法	水平鉛直±55mm以下	

土量の管理については、送泥量・排泥量・地山掘削土量をデジタルデータで常時監視し、切羽の安定を確認しながらの掘進を行った。掘進に関する管理値を表-6に示す。

本工事の特徴として、発進防護部の地盤改良体以外に、開削切開き部の土留め下端部に施工された高圧噴射攪拌工法の掘進が挙げられる。この改良体は、掘進方向延長約700mに先行施工されており、その取込みによる泥水の劣化が懸念された。その対策として、外回りシールドでは、炭酸ガスによる泥水中和装置を設け、泥水性状の安定を図った。

3-4 シールド総合施工管理システムと掘進管理システム

外回りシールドで、シールド掘進管理に採用したシールド総合施工管理システムおよびシールド掘進管理システムを紹介する(写真-1)。

総合施工管理システムは、西新宿トンネル内の中央管理室に設置したパソコンから、シールド、流体輸送設備、泥水処理設備、裏込め注入設備、土砂搬出設備などの遠隔制御と集中監視を行うシステムであり、切羽と処理プラントなどの後方設備の管理および連絡が1か所に対応可能なため、長距離掘進においては、有効なシステムである。



写真-1 シールド掘進管理システム

また、掘進管理システムは、シールドおよび周辺設備の情報を一元管理し、数値データにもとづいてシールド工事の各種管理を自動化することを可能とする。本工事では、掘進管理画面をJV事務所を確認できるように電話回線で接続したため、JV事務所と中央監視室との両方で詳細な掘進管理が可能であった。

とくに、後述する千代田線、山手通りの上の渋谷陸橋などの重要構造物に対する近接施工時は、掘進管理室およびJV事務所に監視モニターを設置し、リアルタイムで変位などの計測データを得ることで、より安全な掘進管理を行うことができた。

4 近接施工

ここでは、代々木シールドと東京メトロ千代田線と山手通りの橋梁との近接施工について述べる。代々木シールドと千代田線との最小離隔は6.4m(約0.5D)であり、この箇所については、協議にもとづき設計時点で千代田線躯体下部に改良厚さ5.0mの防護注入を計画した。しかし、代々木シールドに先行した他のシールド(φ4.5m)が千代田線直下を通過した際に、その沈下量が0.1mmと微小であったことから、この計測結果にもとづき、逆解析と影響解析を再度行い、最終的に1.6mの改良厚さに変更した。実施工では、千代田線躯体近傍で小田急線上下線間内に直径5m、深さ13mの深礎工法により注入用立坑を構築し、水平削孔に引き続き、恒久注入材(超微粒子セメント系懸濁型注入材)を注入した。図-10に工事概要を示す。

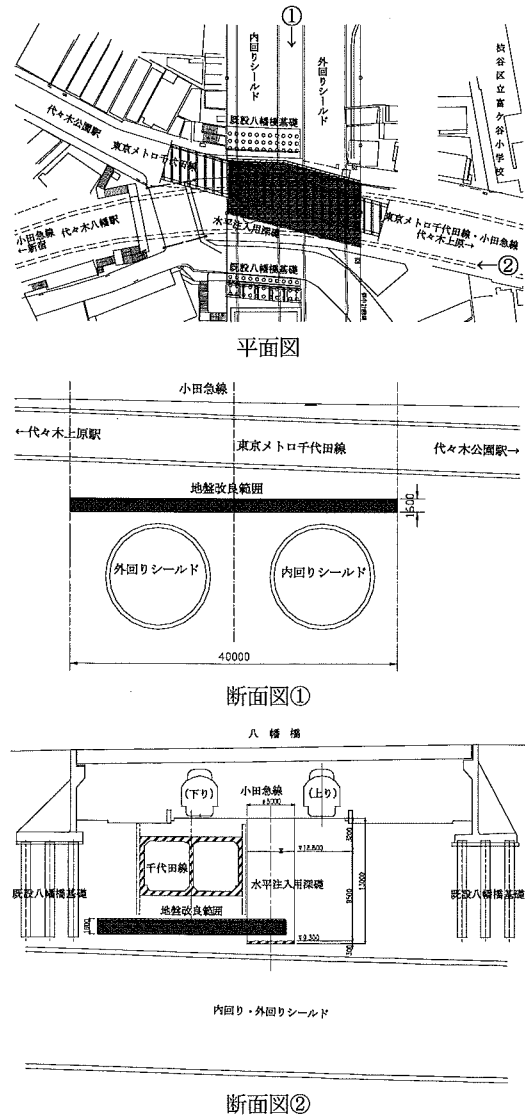


図-10 千代田線近接施工部

防護注入完了後の平成16年12月に外回りシールドが、続いて平成17年1月に内回りシールドが千代田線直下を通過した。その際の最大沈下量は0.5mmであり、営業線への影響はなかった。

内回りシールドは、八幡橋、波目陸橋の橋台基礎杭直下を通過し、基礎杭先端とシールドの最小離隔は、それぞれ0.8、1.5mであった。影響検討として、両橋台に対して2次元弾性FEMによる予測解析を行い、シールド通過時には計測を行いながらの掘進管理を行った。予測解析の条件としては、地盤の変形係数(表-7参照)を、孔内水平載

表-7 変形係数

地層区分	孔内水平載荷試験結果	(kN/m ²)	
		解析に使用した値(2,800N相当)	
八幡橋	B	1,400* ¹	5,600
	Ac	3,300	13,200
	Tog	97,000	388,000
	Ks	88,000	352,000
	Lm	4,840* ²	19,360
	Lc1	8,940* ²	35,760
波目陸橋	Lc2	3,240* ²	12,960
	Tos1	13,410	53,640
	Toc1	3,860* ²	15,440
	Tos2	13,410	53,640
	Toc2	10,030* ²	40,120
	Tos3	18,410	73,640
	Tog	211,000	844,000
	Ks1	73,820	295,280
	Ks2	86,700* ²	346,800
	Kc	94,750* ²	379,000

*1: 700Nとして算出
*2: 一軸圧縮試験結果を採用

荷試験による変形係数の4倍(2,800N相当)とし、シールド掘進時の解放率を10%(内側から泥水圧を載荷しない)とした。

予測解析による最大沈下量は、八幡橋が3.6mm、波目陸橋A2橋台が10.8mmとなり、波目陸橋A2橋台においては、許容値である沈下10mm、傾斜3分を超える変位が推定された。また、橋台フーチングの応力も許容値を超える可能性があったため、波目陸橋A2橋台については、基礎杭先端からトンネル頂部にかけての範囲を恒久グラウト注入にて地盤改良した。これにより、解析による沈下量の推定値は許容値以下の9.1mmとなり、フーチング応力も許容値以下となることが確認された。

シールド通過による両橋台の変位計測結果は以下のとおりであった。

- ・八幡橋: 2.0mm(予測値: 3.6mm)
- ・波目陸橋: 5.3mm(予測値: 9.1mm)

実際の変位量は両橋台ともに予測値の6割以下に収まっており、良好な施工ができたことがわかる。予測値より実際の変位が小さくなった主な要因としては、①地盤の変形係数が過小評価されていた、②余掘り量を少なくし、適切に泥水圧の管理がなされた、ことが考えられる。

波目陸橋のP4橋脚については、当初の解析で

は11.2mmの沈下を予測していたが、上記の結果を予測解析に反映させ再度解析した結果、最大沈下量が4.7mm以下に収まり、地盤改良などの補助工法が不要となった。シールドが通過した際のP4橋脚の変位計測結果は予測解析の結果に一致し、許容変位量以下で施工することができた(図-11)。

5 限られた作業基地空間の有効活用

5-1 既施工シールドトンネルと立坑の活用

発進立坑となる初台立坑の路上では、工事用地に制約があり大断面泥水式シールド2機の発進基地を同時に確保することが困難であった。このため、北側に隣接する既施工の西新宿トンネル坑内と初台立坑から640m離れている西新宿立坑内部を活用した。

まず、内・外回り640mの西新宿トンネル内を、セグメントなどの資材ストックヤードとしたほか、泥水処理設備(一次処理設備・フィルタープレス・調整槽・濁水処理設備など)も同トンネル内に設置し、西新宿立坑から垂直ベルコンにて土砂を地上に搬出した。残土は、西新宿地上部ヤードに内・外共有設備として残土ピットを設置し、バックホーにてダンプへ積み込み、搬出した。なお、初台立坑の路上は、セグメントなどの主要資材の搬入用として使用した。(図-12)

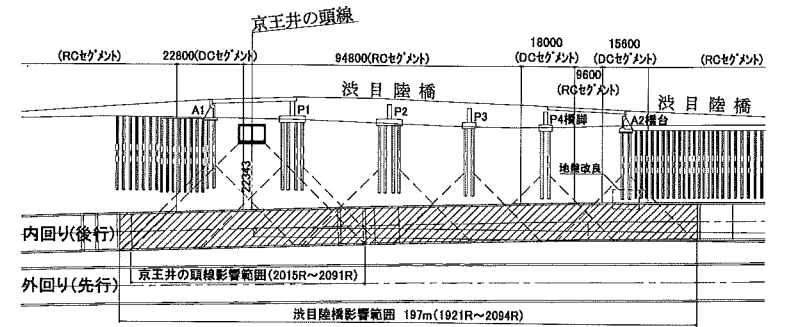


図-11 波目陸橋・京王井の頭近接状況図

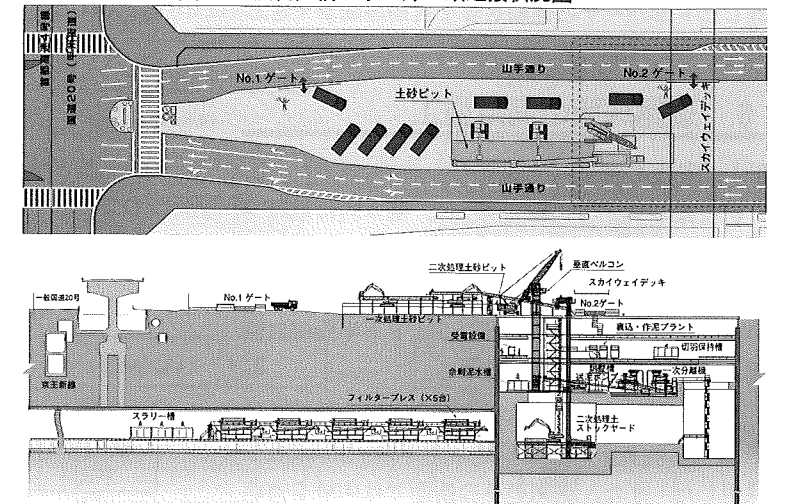


図-12 西新宿立坑および西新宿トンネル坑内設備

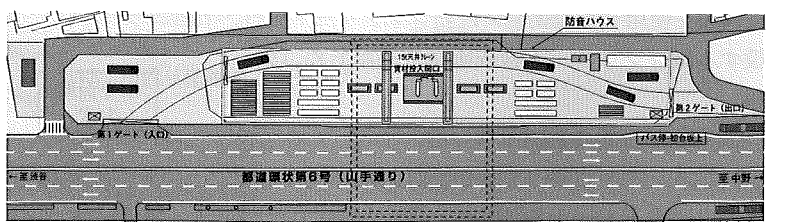
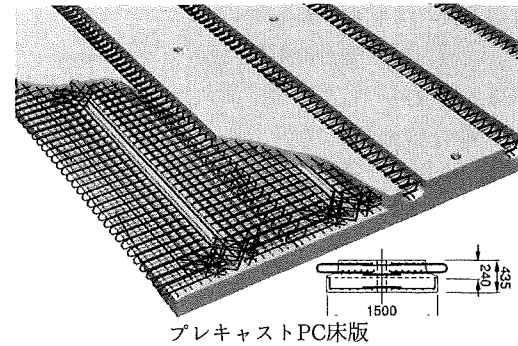


図-13 初台立坑内設備

5-2 初台立坑の共用

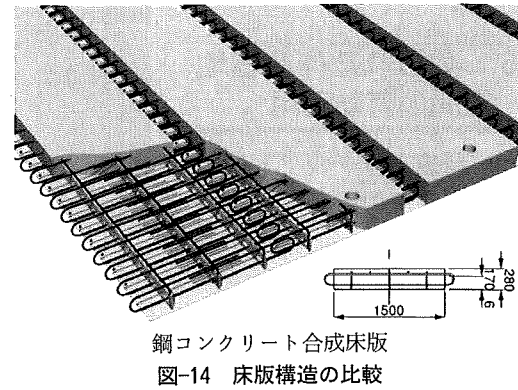
初台立坑は限られた空間を内・外回り2工区で共用するため、効率の良い資材の投入作業が求められた。立坑上の揚重設備は、内・外回り各1基の20t吊り天井クレーンに加えて、セグメント・高速揚重対策として、17t吊り高速門型クレーンを共用設備として設置した。この高速門型クレーンは、セグメント、鋼製枕木、配管材などを把持する専用の吊り装置を装備しており、立坑下に設置したトラバサと連動させて自動運転ができるものとした。(図-13)



6 道路床版の同時施工

6-1 床版の形式

新宿線のシールドトンネルは、基本的に道路床版下の空間を換気断面とする横流換気方式であり、中壁により排気ダクトと送気ダクトに分離されている。床版は、この中壁とシールド下半両側に設置される側壁で支持されている。



鋼コンクリート合成床版
図-14 床版構造の比較

この床版下のスペースが送排気となる断面には、鉄筋コンクリート構造のプレキャストPC床版を採用した。また、送気のみ断面では中壁を省略して工期短縮を図ることを目的として、床版下面に鋼板を使用しその上面に鉄筋コンクリートを打設する鋼コンクリート合成床版を採用した。(図-14)

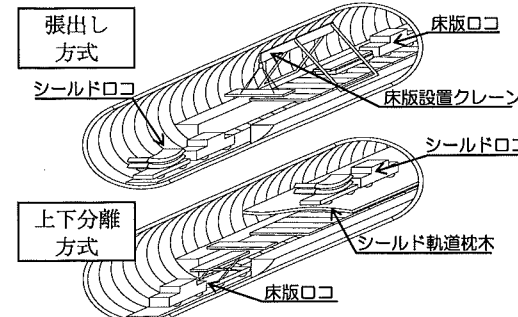


図-15 シールド掘進と道路床版の同時施工による方策

6-2 床版の同時施工

代々木シールドでは工期を短縮するため、これらの構造物をシールドの掘進と同時に施工した。シールド掘進と床版を同時施工する方法として、「張出し方式」と「上下分離方式」がある。前者は、設置した床版の上からクレーンなどを用いて床版を前方に延ばし、シールド掘進資材は枕木下を搬送する方式であり、後者は、シールド掘進軌道の下で床版施工を行う方式である。図-15に同時施工による床版設置方法を示す。

外回りシールドでは、

- ① シールド工事が最優先であること、
- ② 切開き工事区間のシールド内に内部支保工があることや、切開き部の施工が行われるこ

とで軌道の確保が困難であること、

- ③ 側壁などの施工作业がシールド軌道と重なることを避けること、

などの理由から上下分離方式を採用し、枕木上でシールド掘進、枕木下で床版工を施工した(図-16)。一方、内回りシールドでは、同一トンネル内にてシールド掘進、床版施工、内部支保工設置などの複数の工事を同時に進めるため、物流量を削減することが不可欠であることから、張出し方式を採用したうえで以下の方策をとった。

- ① 下部軌条方式により枕木材を大幅に軽量化

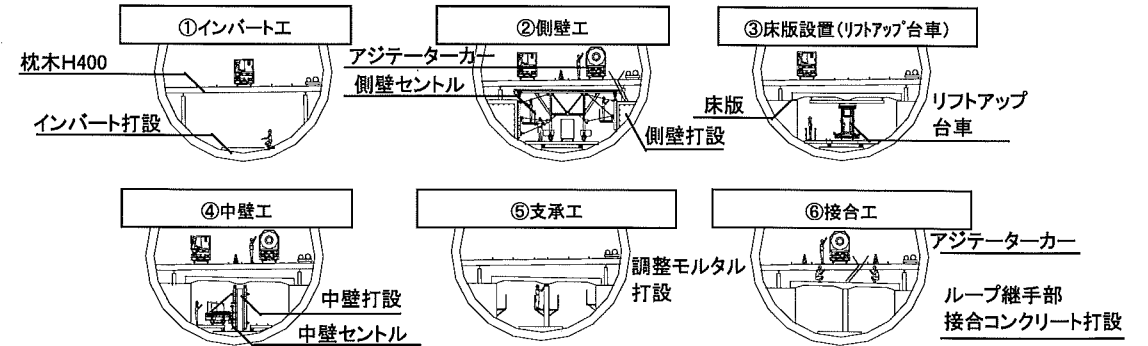


図-16 外回り床版施工ステップ

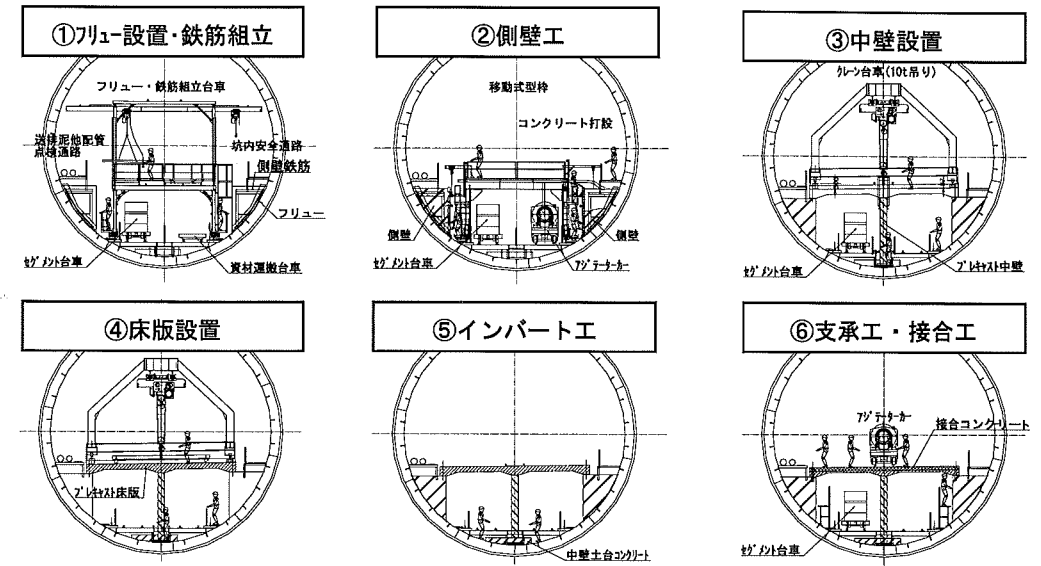


図-17 内回り床版施工ステップ

(1.7t/R→0.3t/R)した。

- ② 側壁形状の見直し、中壁のプレキャスト化によりコンクリート量を低減した。

下部軌条方式とした区間の物流については、下部軌条にてシールド工事のセグメントと床版工事のコンクリート運搬を行い、既設床版上に敷設した上部軌条を利用してプレキャスト製の床版と中壁を運搬した。床版と中壁の設置は、既設床版の端部から切羽側に張り出した移動式床版クレーンを用いて行った(図-17)。

7 掘進施工実績

代々木シールドでは、前述のとおり発進立坑(初台立坑)内の作業空間が限られたために、内・

外回りシールドの組立時期を調整した。これにより、外回りシールドは平成15年3月に、内回りは8か月の期間をあけて同年12月に発進した。その後、途中の切開き工区、換気所工区との工程を調整しつつ掘進した結果、最大月進量は外回りで183.0m/月、内回りで202.8m/月、平均月進量は外回りで137.0m/月、内回りで102.9m/月であった。

とくに、代々木換気所のNEFMAC壁2か所の切削に約10日、神山町換気所のNOMOST壁2か所の切削に27日、SEW杭群の切削に44日を費やすなど、換気所部では慎重に施工を行った(図-18)。

最終的に、外回りシールドが平成18年3月23日に、内回りシールドが同年6月12日に到達立坑である松見坂立坑前にて掘進を完了した。ここで、松

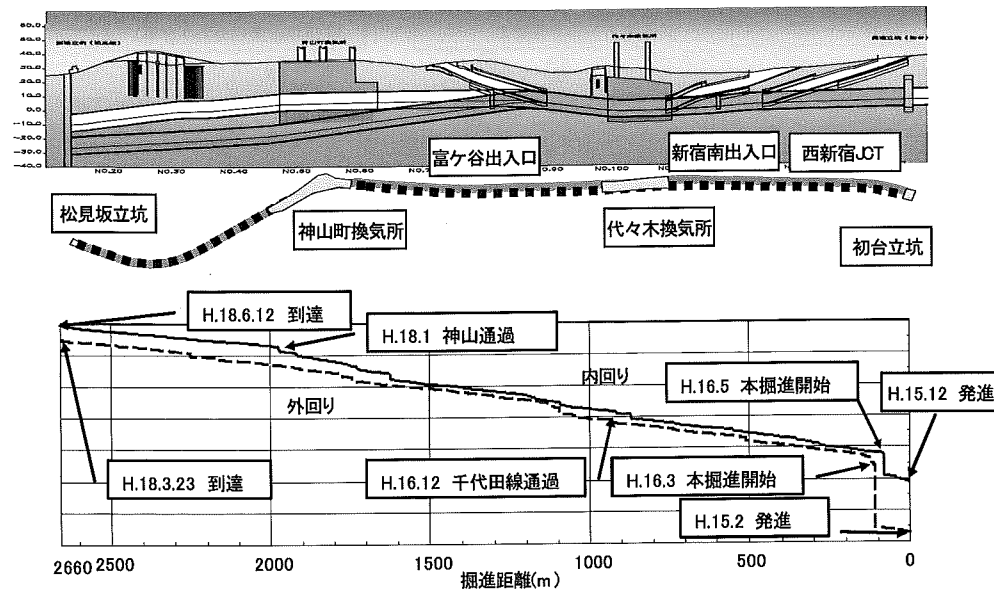


図-18 掘進施工実績

見坂立坑は、さらに南行する大橋シールドの発進立坑として使用することから、松見坂立坑への接続は、大橋シールドの工程と調整を取りつつ施工される計画である。床版工は引き続き平成19年3月に完了し、平成19年度は内装工事を進めている。

8 おわりに

今回は、東京礫層・上総層群を含む硬質な地盤を、大断面泥水式シールドで長距離掘進した代々木シールドの事例を紹介した。本シールドでは、硬質な地盤を長距離掘進したことに加え、切削可能な土留め部材などを複数箇所掘進するため、ビットの摩耗対策を行った。また、工期短縮のため、シールド掘進と道路床版を同時施工した。さらに、トンネルが東京の幹線街路である環状第6号線(山手通り)の直下に位置し、鉄道や陸橋などと近接施工となるため、種々の対策を行いつつ慎重に掘進した。今回の施工で得られた知見をもとに、今後も安全かつ効率的な都市内道路トンネルの設計・施工に努めていきたい。

最後に、今回の工事では、東京都建設事務所、

東京地下鉄(株)、小田急電鉄(株)、京王電鉄(株)をはじめとする関係者の皆様からご指導をいただき、安全かつ円滑に完工することができた。この場を借りて深く感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 川瀬修・並川賢治・遠藤蔵人・西岡巖：都心でわが国最大級の双設シールドトンネルを掘る—首都高速中央環状新宿線西新宿トンネル—、トンネルと地下、Vol.33, No.3, 2002.3.
- 2) 土橋浩・櫻井裕一・中山正夫・染谷明：世界最大の泥土圧シールド—首都高速中央環状新宿線 中落合シールド—、トンネルと地下、Vol.36, No.4, 2005.4.
- 3) 亀ヶ谷勲・小西由人・村上初央・宗澤敦郎：大断面双設泥水式シールドによる近接施工—首都高速中央環状新宿線 上落合シールド—、トンネルと地下、Vol.36, No.6, 2005.6.
- 4) 荒神敏郎・江水淳・後藤真吾・柴田佳彦：2000tfの大断面シールドを立坑内でUターン—首都高速中央環状新宿線 東中野～中野坂上間—、トンネルと地下、Vol.37, No.5, 2006.5.
- 5) 原田哲伸・寺島善宏・篠原浩史・北浦健：中折れ式大断面シールドの急曲線到達とUターン再発進—首都高速中央環状新宿線 本町シールド—、トンネルと地下、Vol.38, No.1, 2007.1.

施工

2方向からの駅部急曲線進入・Uターンで4本のシールドを併設

—大阪市地下鉄今里筋線 清水駅～新森古市駅間—

大阪市交通局鉄道技術本部工務部長 太田 拓
 大阪市交通局鉄道技術本部工務部担当係長 伊藤 博幸
 (株)大林組本店土木工事第一部長 村上 考司
 (株)大林組土木技術本部シールド技術部グループ長 北岡 隆司

1 はじめに

大阪市地下鉄第8号線(今里筋線)は、既成市街地で人口が高度に集積する大阪市東部地域において、都心に対して放射状に整備されている既設鉄道路線と連絡することにより、放射状路線の混雑緩和や東部地域における移動の円滑化、さらには同地域のまちづくりの促進や地域の活性化にも寄与する路線である。建設工事は平成12年3月に着手、平成18年12月24日に開業している。

この路線は営業延長が11.9kmで、東淀川区の井高野から東成区の今里までをほぼ南北に結ぶものである。駅数は11で、このうち6駅(太子橋今里駅、関目成育駅、蒲生四丁目駅、鳴野駅、緑橋駅、今里駅)で既設地下鉄路線(谷町線、長堀鶴見緑地線、中央線、千日前線)やJR学研都市線、京阪本線と連絡して、鉄道ネットワークを強化している。

4工区は、本路線のほぼ中央に位置し、営業線(本線)と車庫からの車両を供給する車庫線(出入庫線)を施工する重要な工区で、シールドトンネルが4本併設でかつ急曲線というわが国でも例のない特殊なものである。

本稿は、4工区のシールド施工について、その特徴を交えて施工方法の検討や得られた知見などについて述べるものである。

2 4工区工事概要

2-1 工事概要と周辺の状況

4工区はその1工事とその2工事の二つの工事で構成されている。その1工事は、清水駅南線路部の開削工事および同南線路部～新森古市駅を結ぶ本線シールドトンネル工事、その2工事は、鶴見緑地北車庫の一部を開削工法で行う工事と同車庫～清水駅南線路部を結ぶ出入庫線シールドトンネル工事である。トンネル総延長は約2.9kmで発進到達回数は合計8回に及ぶ。

図-1に4工区概要図、表-1に4工区工事諸元を示す。

工事路線は、その1・その2工事とも交通量の多い内環状線(国道479号)と国道163号直下となっており、道路沿線にはマンション、工場、大型スーパーなどが密集している(写真-1)。また、地下埋設物も緑1丁目交差点の関西電力φ1,400管路や路線全線に存在するφ1,500水道管をはじめとして、電気、通信、上下水道、ガス中圧管など多く

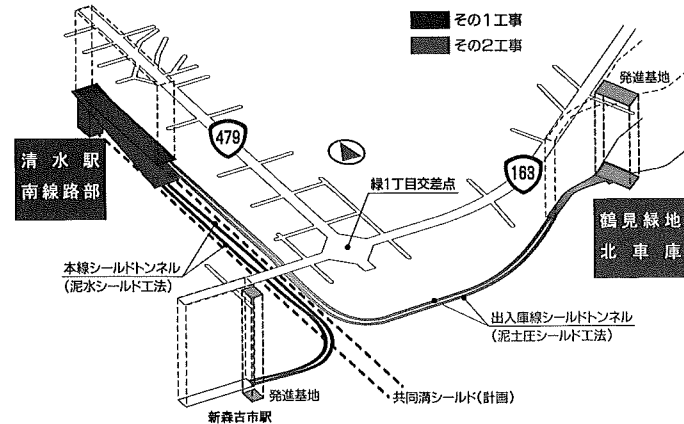


図-1 4工区概要図

表-1 4工区工事諸元

	その1工区	その2工区
開削区間	名称 清水駅南線路部	名称 鶴見緑地北車庫
	施工延長 205m	施工延長 164m
	掘削幅 約16~21m	掘削幅 約11~49m
	掘削深度 約17~24m	掘削深度 約11~13m
	SMW壁工 11,788m ²	SMW壁工 8,011m ²
	路面覆工 3,740m ²	路面覆工 3,268m ²
掘削工	67,152m ³	35,868m ³
	支保工 1,575t	支保工 498t
	躯体工 14,600 m ³	躯体工 7,797 m ³
シールド区間	名称 本線シールド (新森シールド)	名称 出入庫線シールド (緑シールド)
	施工延長 1,183m(単線m)	施工延長 1,753m(単線m)
	北行線: 585m	出庫線: 886m
	南行線: 598m	入庫線: 867m
	シールド φ5,540mm	シールド φ5,440mm
	泥水シールド	泥土圧シールド
	セグメント外径 φ5,400mm	セグメント外径 φ5,300mm
	最小曲線半径 83mR	最小曲線半径 60mR
	最大勾配 20%	最大勾配 32%
	土かぶり 14.0~17.5m	土かぶり 6.0~11.5m
掘削対象土 洪積砂礫土	掘削対象土 洪積粘性土 洪積砂礫土 沖積粘性土	

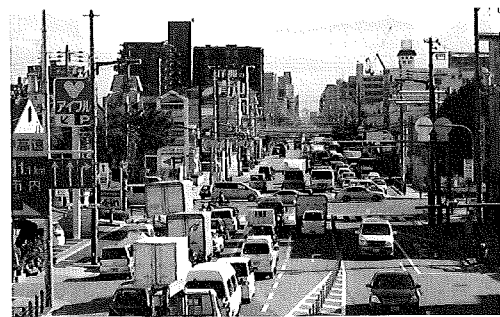


写真-1 内環状線状況

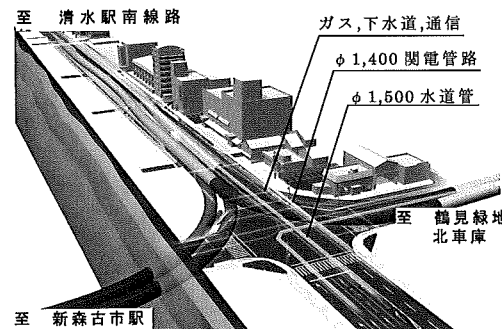


図-2 緑1丁目付近の主な埋設概要図

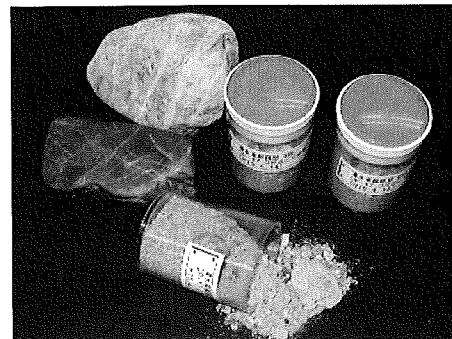


写真-2 Tg12層採取試料

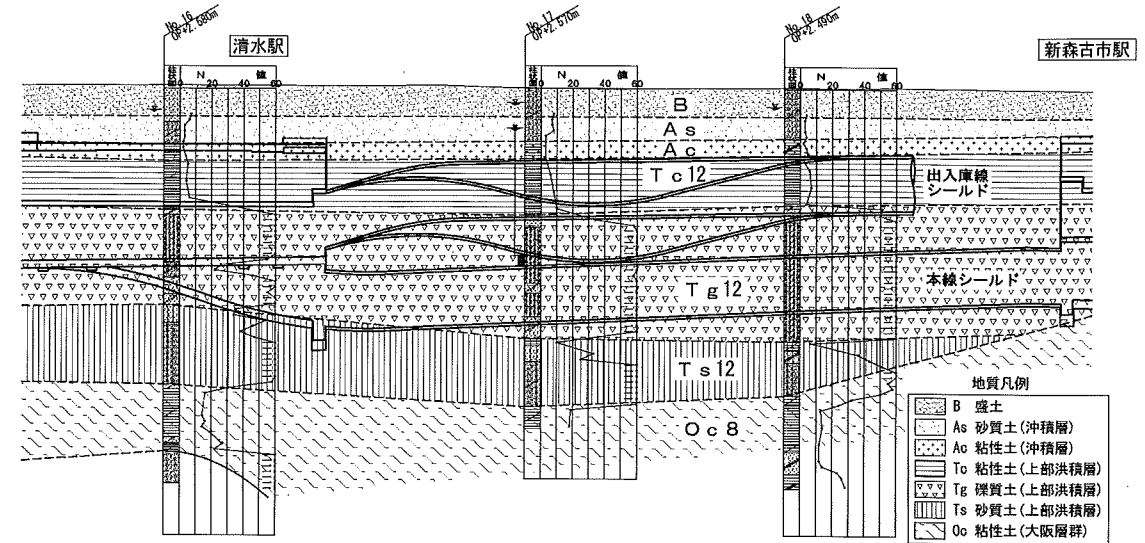


図-3 地質概要図

性が極めて高い東大阪鋭敏粘土に属する土質で、地盤変状に非常に鋭敏であると予想された。

地質概要図を図-3に示す。

3 シールド線形と施工手順

3-1 シールド線形

シールド線形は、本工事の大きな特徴のひとつとして挙げられる。東西方向に延びる国道163号と南北方向の内環状線の交差点である緑1丁目交差点からみると、北に清水駅南線路部、西に新森古市駅、東に鶴見緑地北車庫が存在し、これらの駅や車庫をシールドトンネルで結ぶことになる。これらの区間は交差点内を通過するに際して、工場や店舗などが立地している民地下をできるだけ横切らないような急曲線を設定する必要があったので、本線シールドは曲率半径83m、出入庫線シールドは同60mのわが国地下鉄路線で最小の曲率半径とした。

本線・出入庫線合計4本のシールドトンネルは、すべて清水駅南線路部につながるため、緑1丁目交差点以北の内環状線区間は、4本のシールドトンネル併設区間となる。内環状線は道路幅が25mしかなく、しかも前述のようにφ1,500水道管や新森歩道橋基礎、関西電力管路など多くの地中構造物が存在する。

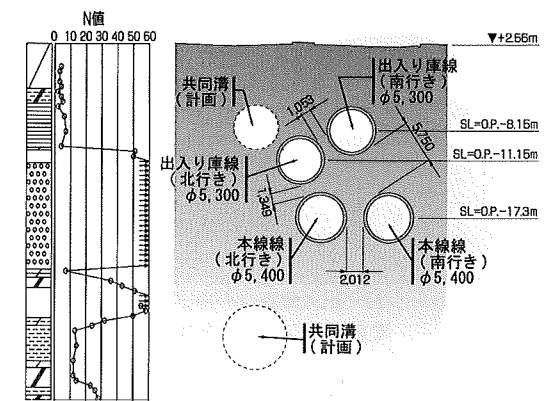
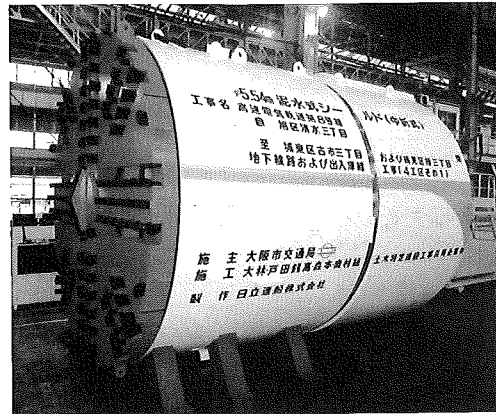


図-4 併設部断面図

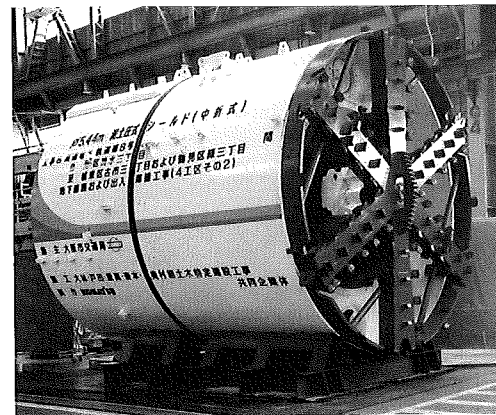
さらに将来、内環状線には共同溝シールドトンネルが2本計画されており、これらコントロールポイントを勘案して併設トンネルの線形計画を実施した結果、トンネルの最小離隔は図-4に示すように1m程度となった。以上に述べた6本のシールドトンネル併設配置は、わが国でも例を見ないものとなる。

3-2 シールド工法

本工事のシールド工法は、当初、泥土圧シールドで計画していたが、本線シールドは前述のように掘削対象地盤が全線にわたり洪積砂礫層であることに着目し、そこから発生残土処分、施工ヤード、発進・到達部の構造、切羽の安定性、隣接区との工程調整などについて検討を深めた結果、



(1) 本線シールド



(2) 出入庫線シールド
写真-3 シールド全景

本線シールドトンネルは施工条件に適した泥水式シールド工法とし、出入庫線シールドトンネルは、元設計どおり泥土圧シールド工法とした(写真-3)。

また、発進基地は2か所とし、シールドは、Uターン工法を採用して2台で4本のトンネルを掘進することとした。

従来、主に地下鉄工事などで、発進基地を同一として複数台のシールドで複数のトンネルを掘進した事例は数多くあるが、工法を異にして2か所の発進基地から4本のシールドトンネルを掘進した例はあまりなく、このことから、本工事は特殊であったと思われる。

3-3 施工順序

本工事は今まで述べてきたように施工条件が非常に特殊であるがゆえに、施工による地盤変状や既設トンネルへの影響などをいかに抑制するかと

いうことが重要な課題であり、これについて施工前から発注者・施工者が一体となって取り組んだ。4本のトンネルの施工手順もそのひとつで、これは4工区内での開削工との調整という問題にとどまらず、4工区に隣接する他の工区の工程にも影響するものであることから非常に重要な案件であった。

上記工程調整に加え、上下トンネルの施工方法、併設急曲線施工時の影響、土質、発進・到達部構造、さらには緑1丁目交差点付近に存在する地中障害物撤去など多岐にわたる事項について検討した結果、図-5に示す施工順序とした。

このように、本施工では、本線シールドと出入庫線シールドが、独立した発進基地を有して同時施工しながらも、とくに4本併設区間では互いの施工を連携させるという、いわゆるシンクロ施工を実施した。

4 シールド施工の課題と対策

4-1 4工区工事における課題

当工事の課題は、地盤変状の防止、先行トンネルを含む既設構造物への影響を最小限に抑制すること、さらには併設区間と急曲線区間の連続掘進を円滑に行うことと考えられた。これは、均等係数から崩壊性を有する可能性のあるTg12層や表層部の軟弱地盤といった地盤条件、さらには4本併設というトンネル配置および急曲線施工によって地盤変状が単に各トンネルの変状値の累積にとどまらず、拡大増加することが懸念されたことによる。

4-2 対策

上記課題の対策を検討した結果、以下の基本対策を行うこととした。

- ① 4本併設区間においては、上位トンネル(出入庫線シールド)はもとより、下位トンネル(本線シールド)掘進時から地盤変位・緩みを極力抑制するよう留意する
- ② 掘進時の地盤変位傾向・程度および既設構造物、とくに先行トンネルへの影響を把握し、施工にフィードバックする

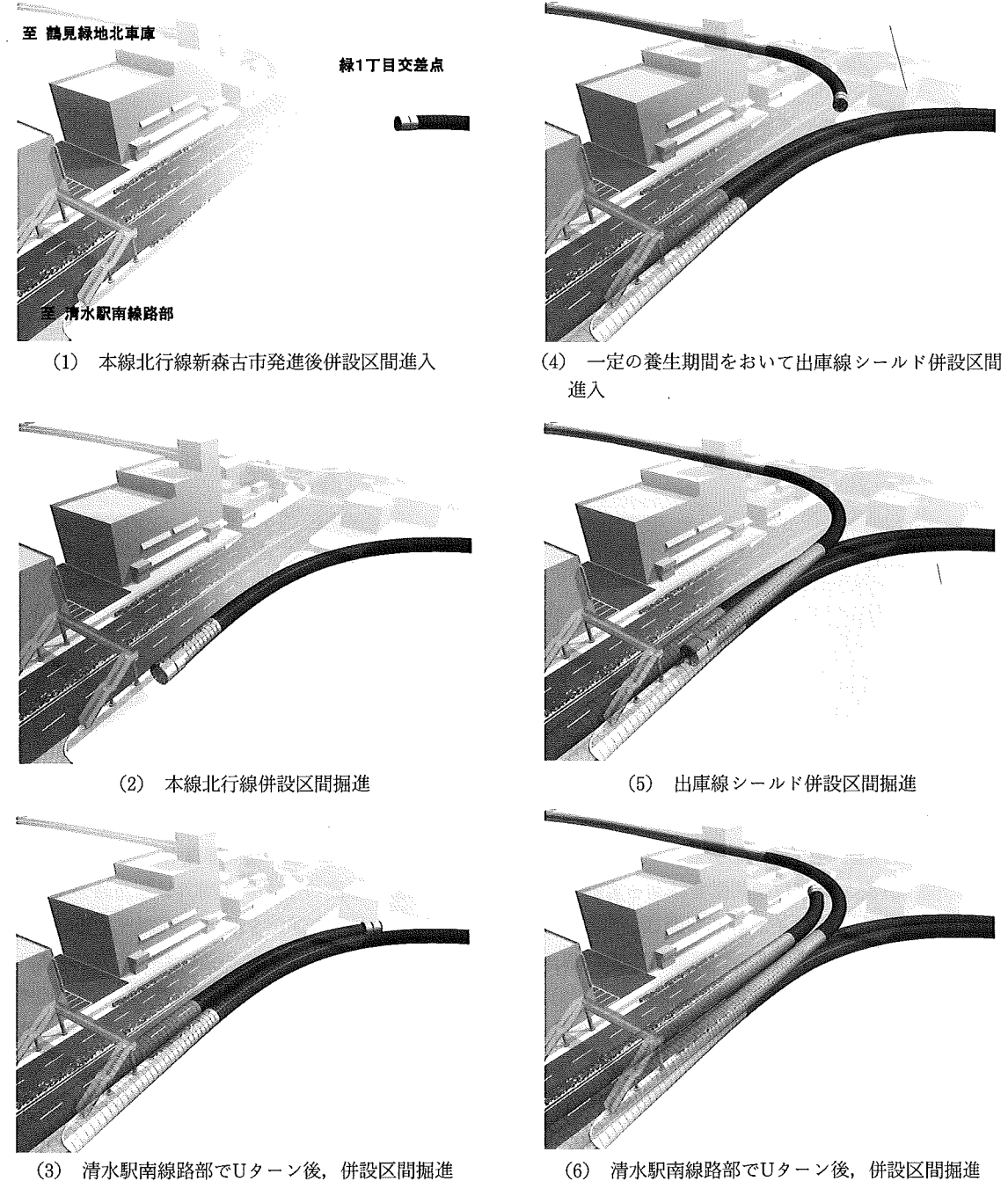


図-5 施工手順図

これら基本方針を実行するための具体策として以下の項目を検討することとした。

- ① 4本併設部、急曲線部での計測計画
- ② 施工条件下での裏込め注入材強度発現状況の検証

- ③ 砂礫層における適正な泥水配合の把握
 - ④ 切羽安定、地盤変状に有効な設備計画
- 以下にこれら具体策について述べる。

4-2-1 計測計画

4工区シールド工事は施工条件がきわめて厳し

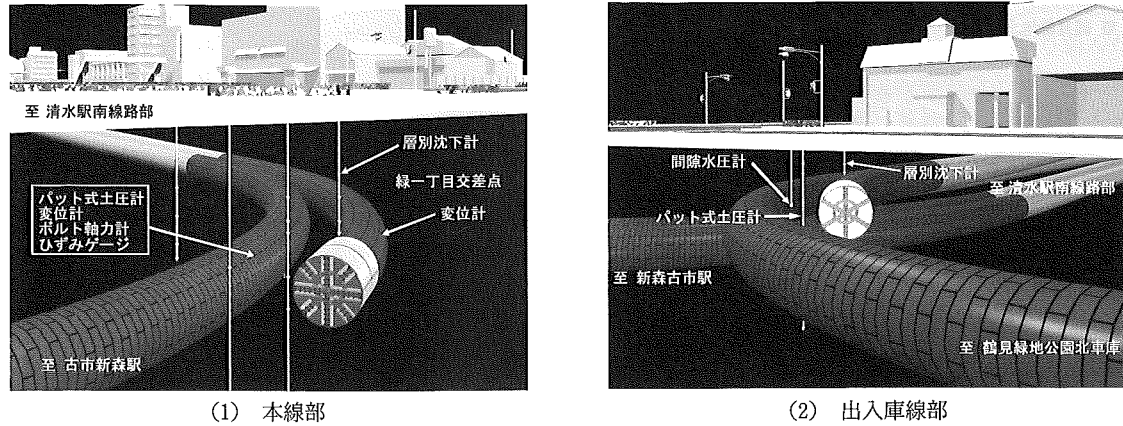


図-6 急曲線計測機器配置図

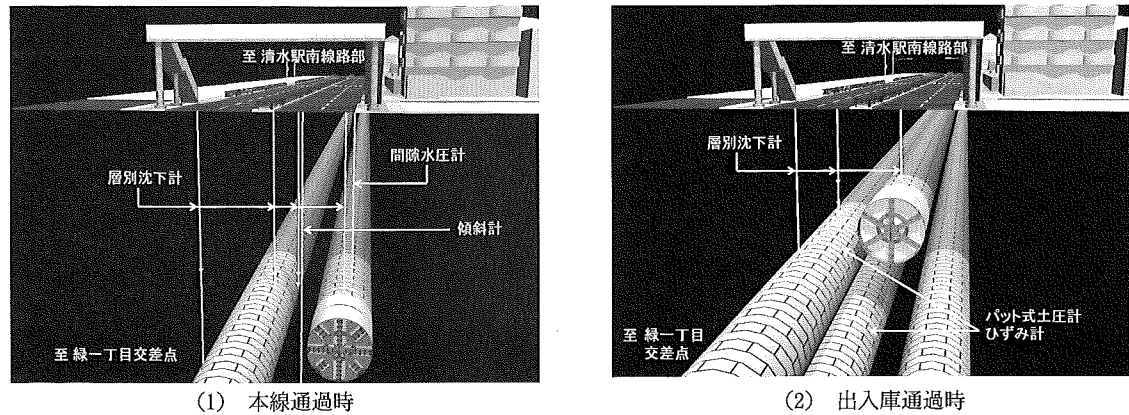


図-7 輻輳部影響計測機器配置図

いことから、通常実施するトライアル計測のほかに、急曲線計測および輻輳部影響計測を実施することとした。急曲線計測の計測断面は、本線で2断面、出入庫線で1断面とし、輻輳部影響計測は、4本併設区間でもっともトンネル離隔が小さくなり、新森歩道橋基礎にも近接する位置に1か所設けた(図-6, 7)。

これら計測断面で、地盤の層別沈下、水平変位、間隙水圧、セグメントに作用する土圧や発生するひずみ、さらには目開き・目違いを計測し、施工管理に活用することとした。

4-2-2 裏込め注入材

裏込め注入材は、シールド施工によって発生する地盤変状を抑制するものであるが、地盤や材料特性などによって変状の程度が左右される。また、今回の施工では、掘進速度を50mm/min程度に設

定したため、このような進捗にも対応できる材料を必要とした。

材料特性からの選定を進めた結果、大阪の地盤で十分実績のある2液瞬結性エア入りモルタルを採用することとした。また、進捗への適用性を検証するため、施工に先立ち、加圧下での強度発現実験を実施した。

実験は、エア量0、13.5、31.5%の3ケース(加圧下では6%も用意)の材料を用意し、大気圧下と0.1MPaの加圧下の2ケースで30分の養生を行って供試体を作成した(写真-4)。これらの供試体について一軸圧縮試験で強度を測定し、グラフ化したのが図-8である。この結果、A液のエア比率が15%の裏込め材料は、加圧下でも2液混合後約30分で地山の強度以上になることを確認した。これにより、同時裏込め注入装置とあいまって地

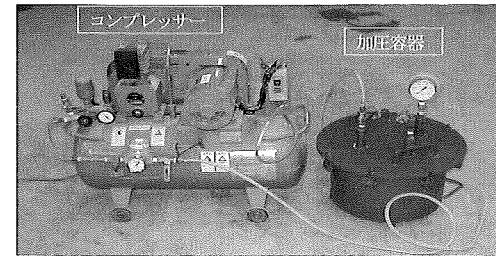


写真-4 加圧実験装置

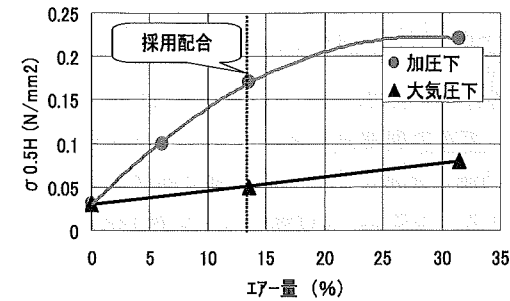


図-8 養生条件と一軸圧縮強度の関係(養生時間30分)

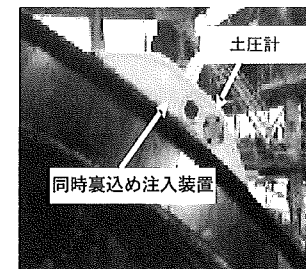


写真-5 裏込め注入吐出圧力計

盤変状を最低限に抑制しながらの高速掘進が可能であることを確認できた。

裏込め注入関係の設備では、急曲線・併設掘進対策として、同時裏込め注入装置吐出口横に注入圧力を測定する土圧計を合計2基装備したほか、急曲線・併設区間セグメントには貫通型グラウトホールを採用し、さらには出入庫線シールドの後方設備に後注入用設備を搭載した(写真-5)。これらによって、掘進中、適正な圧力で裏込め注入が行われているかを吐出で監視することが可能となり、また、とくに離隔の小さい併設区間や急曲線部で後注入の必要性が生じた場合でも迅速に対応できるようにした。

4-2-3 泥水材料

泥水材料は、とくに砂礫層の掘進では切羽の安

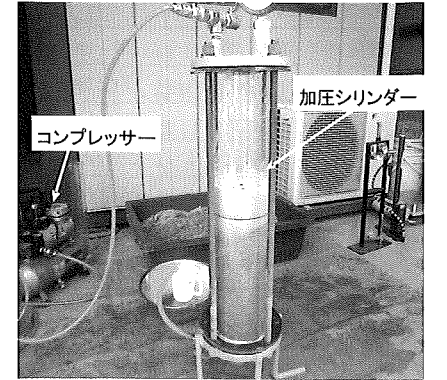


写真-6 加圧型泥水実験機

表-2 泥水材料と判断基準

試験項目	目標値	判断基準
ファンネル粘性試験	30~35秒	左記範囲内
比重測定試験	標準: 1.2 低比重: 1.15	左記管理値
濾水量測定試験	30ml以下	濾水量少量が優
マッドケーキ厚測定試験	1~2mm	左記範囲内
浸透透過試験	①浸透距離: 20cm以下 ②泥膜形成: 5mm以下 ③濾水量: 200cc以下	①浸透距離短が優 ②濾水量と反比例し泥膜形成厚が優 ③濾水量少が優

定を図るために重要な役割を担う。今回の施工では、下位トンネル(本線トンネル)から変状を抑制しておかないと上位トンネル(出入庫線トンネル)掘進時に変状が異常発生する可能性があるとの認識から、泥水に関する検証が必要であった。そこで、開削工施工時に採取した実際に掘進する土砂を試料として実験を行うこととした。実験には標準的な砂礫対応型泥水と、低比重型の泥水の2種類を用意した。低比重型泥水を選定対象のひとつとしたのは、砂礫分を流体輸送することによって泥水比重が急激に上昇した場合への対応を想定したことによる。

実験では、加圧機構を備えた実験設備(写真-6)を用いて、切羽圧力相当の圧力下での泥膜形成状況、浸透距離などのほか、表-2に示す各項目について測定し、これらを比較検討して適性を判断した。

表-3 泥水実験結果

泥水種類	材料	配合	FV	比重	ろ過	マッドケーキ	透過水量	浸透距離	泥膜厚
標準泥水	CMC	1.5kg/m ³	30.2秒	1.2	5.2cc	0.7mm	262cc	8.0cm	1.7mm
	ベントナイト	20kg/m ³			/			8.0cm	
	粘土	320kg/m ³			400cc			8.5cm	
	清水	869ℓ			/			(平均)	
低比重泥水	ディップドロップ	5kg/m ³	31.9秒	1.15	3.3cc	1.1mm	158cc	3.0cm	2.5mm
	特殊ベントナイト	240kg/m ³			/			2.0cm	
	清水	905ℓ			400cc			(平均)	

表-3に試験結果を示す。これより、低比重型泥水が本工事の掘削対象地盤に適していることが確認できたため、これを採用することとした。

5 施工状況および計測結果

本線シールドは、平成15年12月に新森古市駅を発進後、本線シールドと出入庫線シールドの同時施工を実施し、出入庫線シールドが平成17年4月に無事鶴見緑地北車庫に到達した。最盛期には、上記の各シールドの同時施工に加え、開削部2か所の合計4か所での同時施工となった。これら工事はいずれも規模の大きなもので、この間の施工管理は、工程調整や安全管理をはじめとして多くの項目にわたって実施された。

シールド工事においては、併設区間において掘進音が聞こえるほどの近接施工を実施したが、既設トンネルに影響は全くなかった。工程調整も円滑に行われ、当初工程よりも早く最終シールドの到達を迎えることができた。

以下に、計測結果を交えて掘進状況について記述する。

5-1 地盤計測結果

5-1-1 本線シールド

本工事の最初の掘進となる本線北行線シールドのトライアル計測では、地表面での沈下量が-2.6mmと国道の累積変位管理値である±15mmを大きく下回っていたことから(図-9)、掘進に先立って設定した掘進管理値はそのままその後で使用することとした。

急曲線区間でも、余掘り、裏込め注入、排土量

の各管理を適切に行った結果、本線北行・南行両トンネルの掘進完了後において、地表面沈下量-1.5mmと非常に小さい沈下量で掘進することができた。ただし、北行線と比べて南行線通過による沈下量は、若干大きな値を示した(図-10)。これより、併設区間でも4本のシールドトンネルの総沈下量は、各トンネルの掘進によって生じる沈下量の累計にはならない可能性が高いと考えられた。

本線先行トンネルの輻輳部影響計測断面通過時における地表面沈下量は、最大で-0.7mm程度であった。しかし、後の3本のトンネル掘進によって変位量が増幅される可能性があったため、本線南行線の掘進に先立ち、北行線の掘進データをもとに掘進管理値の再検討を行うことにした。この結果、南行線掘進による地表面沈下量を-0.7mm、北・南行線掘進による総沈下量を-1.4mmに抑えることができた。ただし、南行線直上1mの地中変位は、北行線掘進時の同位置沈下量が-1.1mmであったのに比べ、-2.9mmと比較的大きな値となった(図-11)。

5-1-2 出入庫線シールド

本線シールドと同様、発進直後にトライアル計測を実施した。計測結果は、地表面沈下量-3.6mmと国道での管理値(累計変位量15mm)以下であったものの、本線シールドに比べて大きな値であった(図-12)。これは土かぶりか1D程度と小さいことに加え、当初推測されたように掘進に対して地盤が敏感に反応することが原因であると考えられた。

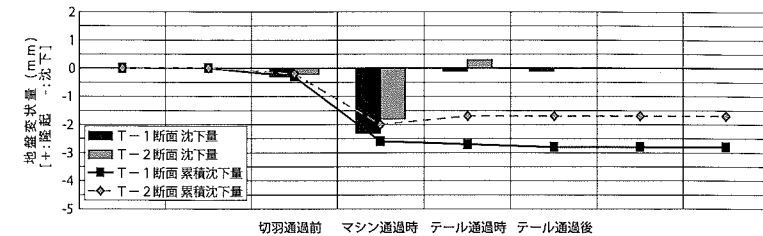


図-9 本線トライアル計測結果

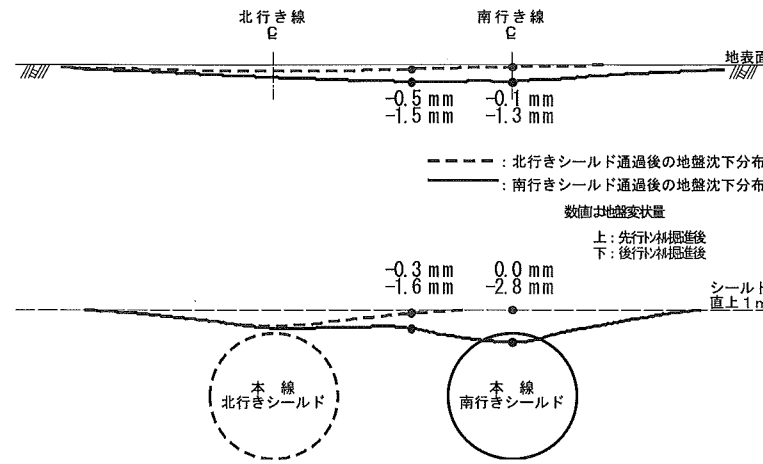


図-10 本線急曲線トライアル計測結果

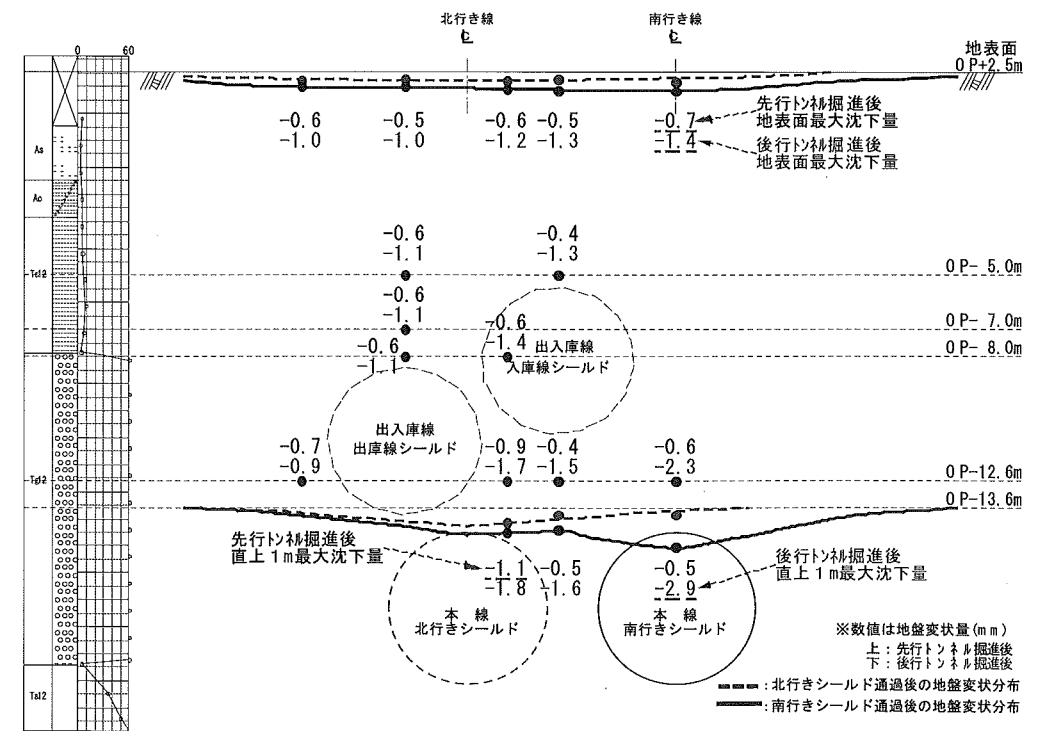


図-11 本線輻輳部影響計測結果

これまで述べたとおり、後行トンネル掘進時には沈下量が増幅傾向にあること、表層の地盤はシールド掘進に敏感に反応することなどが確認されたため、とくに併設区間掘進に向けて最適な掘進管理値を求めるべく解析を行うこととした。検討には、計算した切羽圧力などの管理値を今までの掘進データを考慮した2次元FEM結果と比較する方法を用いた。また、解析は掘進データからもっとも沈下量が大きいシールド通過時(シールド前半部)で行うこととした。この結果、出庫線シールドでは切羽圧を0.16MPaに、入庫線シールドでは切羽圧を0.12MPaにそれぞれ設定するのが最適であると判断した(図-13)。このとき

の各トンネル単独の沈下増加量は、出・入庫線とも-1mmと予想された。

事前検討から得られた掘進管理値によって併設

部のシールド掘進を実施した結果、出庫線掘進のみによる最大地表沈下量が-1.2mm、同じく入庫線掘進による最大沈下量が-1.4mmと予想沈下量とほぼ同じ値となった(図-14)。

4本を通じた沈下の傾向として、南行線通過時は北行線と比較し若干大きい値を示し、累積すると南行線直上で最大沈下が生じている。

また、出庫線施工時には南行線直上が、入庫線施工時には入庫線直上がもっとも沈下している。全体的には、出庫線施工時は先行シールドの南行線直上で最大沈下量を示すものの、概して後行シールド直上付近においてももっとも沈下が大きくなる傾向にあり、必ずしも単線で生じる沈下量の足し合わせとなっていないことがわかる。

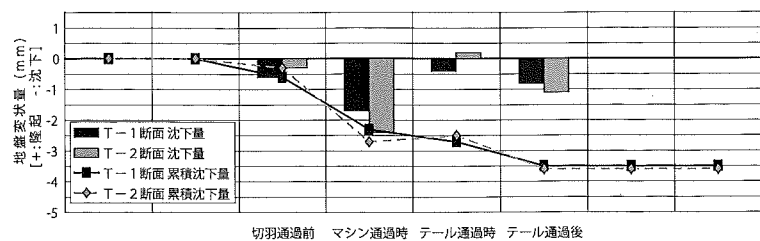


図-12 出入庫線トライアル計測結果

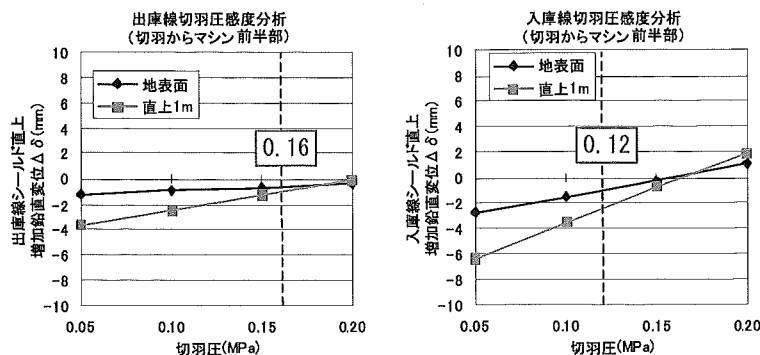


図-13 出入庫線併設部切羽圧検証結果

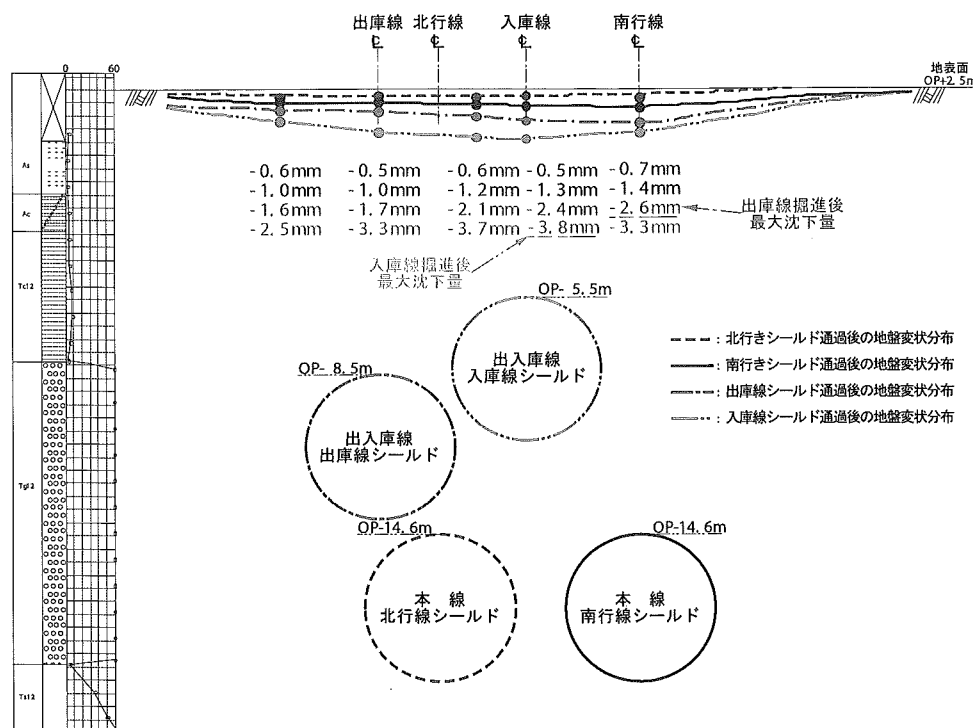


図-14 出入庫線輻輳部影響計測結果

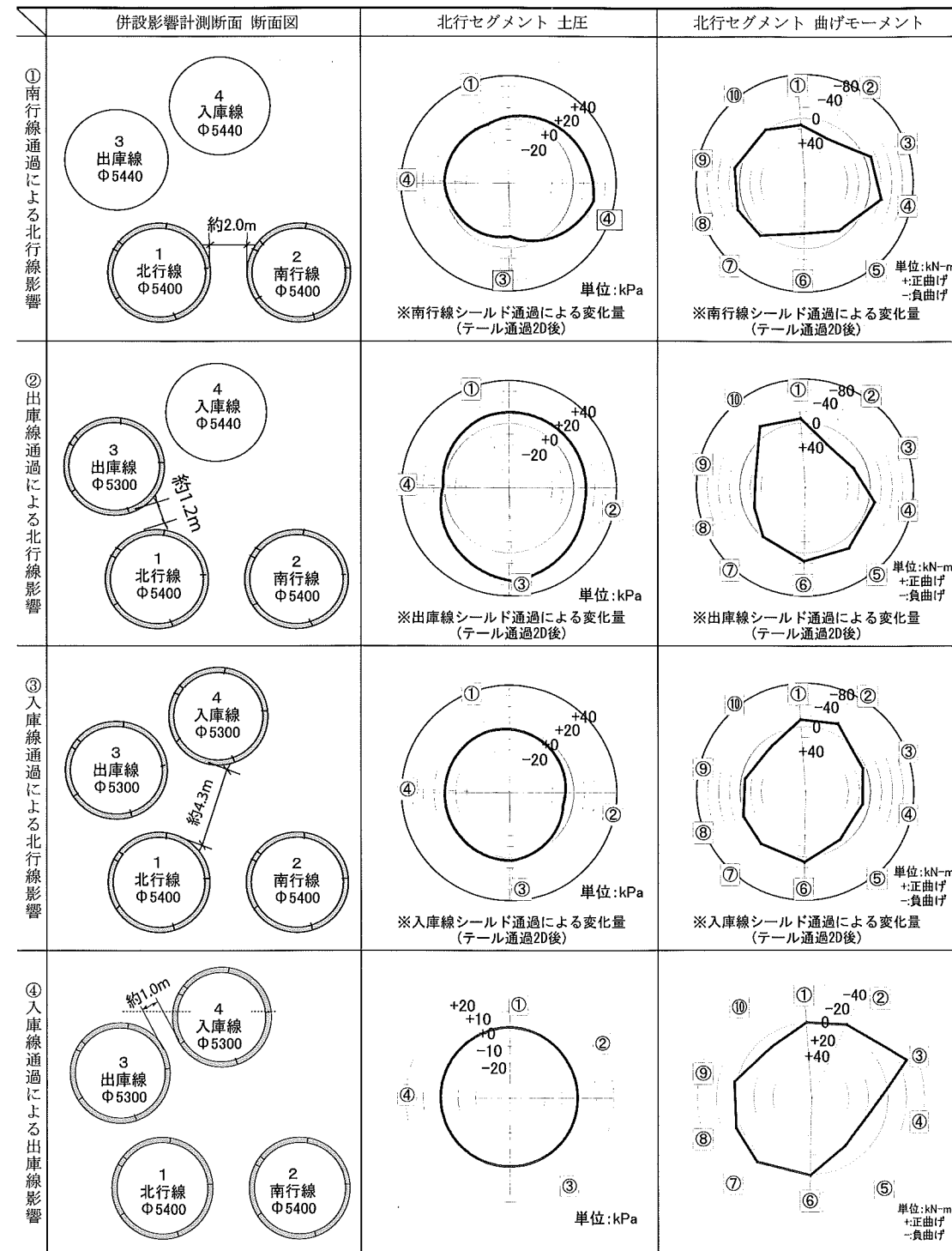


図-15 後行シールドに対する先行シールドの影響

5-2 覆工計測結果

4本併設による覆工への影響を分析するために、本線北行線と出入庫線出庫線の覆工土圧と覆工断面力を測定した。図-15に後行シールドテール通過2D後の先行シールドの土圧と曲げモーメントの増分を示す。

覆工土圧に関して、南行線および出庫線による北行線の影響(図中①、②)は、後行シールド側の土圧増加が確認されるが、その他では減少しているケースもあり、一義的な傾向は確認されない。これは、地盤変状でも述べたように地盤条件、施工位置(離隔)などによるものが影響しているものと推測される。

一方、曲げモーメントに関しては、後行シールド側に負曲げのモーメントが生じるという一義的な傾向が確認された。

6 おわりに

本工事では、密集した都市域でシールドトンネルの4本併設と急曲線の連続施工を行ったが、綿密な施工計画と慎重な掘進管理によって地表面や周辺構造物への影響を最小限に抑制することができ、またシールドの挙動についても貴重な計測データを得ることができた。本工区内ではさらに2本のシールド(共同溝)工事が計画されているように、都市域でのシールド工事では限られた地下空間の有効活用の観点から、今後多くの大型埋設物との近接施工が増加してくると想定され、本稿が、同様のシールド工事で参考になれば幸いである。

最後に、本工事を実施するにあたり助言をいただいた方々に厚くお礼を申し上げます。次第です。

現場だより



和歌山県内では、南に向かい高速道路が順次開通し、白浜温泉などの紀南方向へは便利になったものの休日の渋滞が顕著化している状況にある。

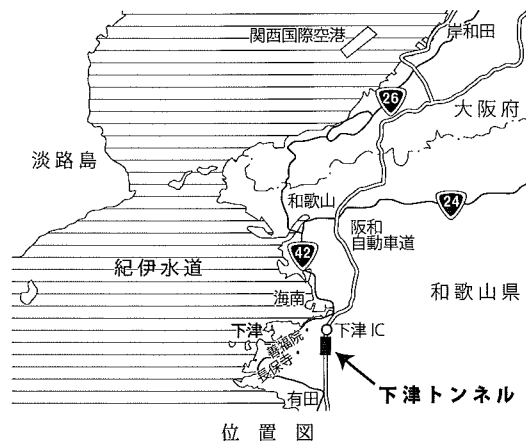
下津トンネルは海南市下津町に位置し、阪和自動車道(海南～吉備)の4車線化工事として施工される藤白トンネルと長峰トンネルにはさまれた延長1,287mのトンネルである。

海南市は平成17年4月1日に旧海南市と旧下津町が合併して誕生した人口約6万人の市で、北は和歌山市・紀の川市、東は紀美野町、南は有田市・有田川町に隣接し、西は紀伊水道に面している。

下津の歴史は古く原始時代に始まる。古代には、この地が紀北にあったという地理的關係から、紀伊国の統制を受け、奈良朝以来、熊野詣が盛んになるとその通過地となり、大和朝廷の文物の流入が行われ、中央との結びつきが深まった(「熊野古道」で有名)。

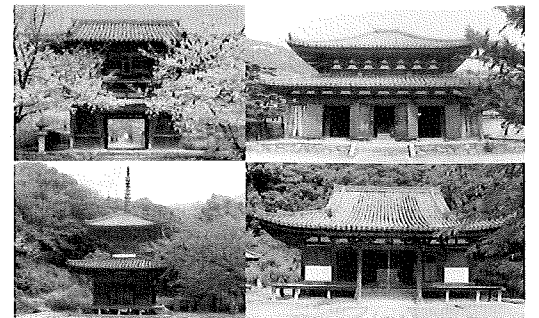
中世になると、藤原摂関家に属する荘園となった。藤原家の没落ととともに、宮座を中心とする惣村が形成された。

近世になると封建領主の支配下に統治され、この地の特産であるみかん栽培は、徳川御三家の一つである紀州徳川家の保護政策の下で大きく発展した。また大阪・江戸を結ぶ海上交通の発展とともに、寄港地として賑わい、「紀伊国屋文左衛門の船出の地」としても有名である。



「歴史の町」海南市下津町より

加藤 和夫



下津町の国宝建造物(左上:長保寺大門, 左下:長保寺多宝塔, 右上:善福院釈迦堂, 右下:長保寺本堂)

近代に入り、新しく繊維・木材工業などの産業が興り、下津港は木材積出港として発展した。その後、石油会社の進出で石油港へと姿を変えたが、鉄道・道路の時代を迎え、かつての回船寄港地の賑わいを残す面影は少ない。しかし、文化財は多く、下津の長保寺には国宝建造物が三つもあり、全国でも法隆寺以外にはないほどである。

下津町は、

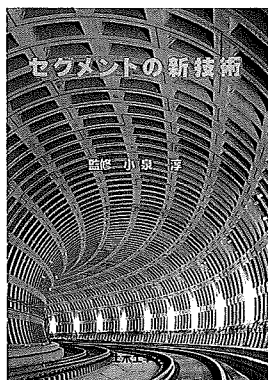
- ・びわ・みかんの栽培(時期遅れの「蔵出しみかん」)
- ・シラス・鱧の海産物(京都への鱧の出荷地)
- ・熊野古道(ご存知、「世界遺産」)
- ・文化財の宝庫
- ・商業港としての長い歴史(石油の町)

が有名で、「みかんと石油と文化財の町」である。

気候も年平均気温16.7℃と温暖で、海・山に囲まれ、豊かな情操を育んでくれる下津町で、歴史に残る「熊野古道」に代わる高速道路を「未来への遺産」として建設している。

当現場では快適職場の取り組みにも力を入れており「安全に良い仕事を」をモットーに施工に取り組んでいる。工事は今年2月に掘削を開始し、10月からは覆工コンクリートも始まり最盛期を迎える。発注者・施工者や地元関係者の皆様のご指導のもと、まずは無事貫通を目指している。

(飛鳥建設・ロッテ建設共同企業体下津トンネル作業所長)



セグメントの新技术

監修 小泉 淳

B5判 132頁 本体価格 2,000円 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「セグメントの新技术」編纂委員会を作り、個々のセグメントに加筆、修正を加え、より充実した内容にまとめたものである。



株式会社 土木工学社

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



■トンネル水族館とは？

トンネル水族館と言えば、最近あちこちで流行っているトンネル水槽のある水族館を思い浮かべる方も多いと思うが、千葉県鴨川市の内浦と天津の間(旧・天津小湊町)にあるトンネル水族館は、トンネルの内部に海底の世界をペイントで描いた水のない水族館である。

鴨川市内浦は、東京駅から外房線の特急に乗って2時間弱の太平洋岸に位置し、内浦湾の周辺には国の天然記念物に指定されているマダイの生息地・鯛ノ浦や、内浦海水浴場、日蓮聖人の生誕地・誕生寺などの観光地をはじめ、リゾートホテルや民宿が点在している。その内浦湾と西隣りの天津を結ぶ国道128号線に沿って、実入歩道トンネルという名の歩行者専用のトンネルが貫いているが、ここがそのトンネル水族館なのである。

■トンネル水族館ができるまで

実入歩道トンネルは、内浦と天津の間を結ぶために、1979(昭和54)年、千葉県によって完成した。その北側にはほぼ平行して国道128号線の道路トンネルが貫いているが、交通量の増加とともに歩行者の通行が危険になったため、新たに延長233mの歩行者専用のトンネルを設けたのである。しかし、幅3.0m、高さ3.6mと断面積が小さいため

圧迫感があり、しかも一直線であることから延長以上に長く感じられ、覆工のコンクリートが延々と続く空間は殺風景そのものであった。また人通りが少ないことから防犯上の不安などもあって、歩行者の評判は必ずしも芳しくなかった。

ここをトンネル水族館に改装することとなったきっかけは、千葉県大網白里町に在住する大森良三画伯の発案によるものである。2003(平成15)年12月、天津小湊町で個展を開いた経験のある大森画伯は、この付近の風景の美しさに感動し、「実入歩道トンネルに海辺の風景や魚を描いてはどうか」と役場に進言したことに始まる。この提案は、管理者である千葉県にも伝わり、「地域の活性化につながれば」ということで話はトントン拍子に進み、地元有志による「トンネル水族館を完成させる会」が発足し、町が全面的に支援することとなった。

しかし、歩道トンネルとは言え、延長233mにわたって手作業で絵を描くことは容易ではない。このため、女子美術大学(神奈川県相模原市)から学生約20人がボランティアとしてかけつけ、大森画伯の指導を受けながら、地元の民家に合宿し、これを仕上げたそうである。作業は、トンネルの表面を清掃した後、塗料が付着しやすくなる薬品を塗布し、水性アクリル塗料で魚たちを描くという順序で行われた。

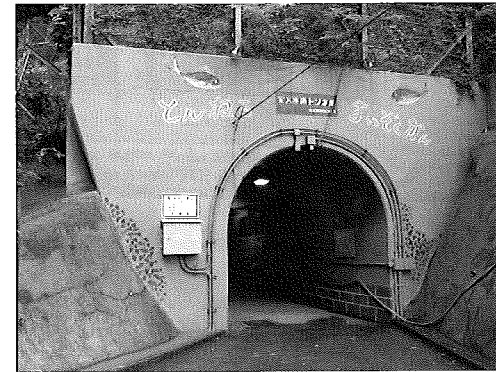


写真-1 実入歩道トンネルの内浦方の坑門

ボランティアは、女子美術大学のほかに、地元の青年会議所やボーイスカウト、大森画伯の後援会、役場の職員有志などが加わり、延べ約900人が手伝った。制作は2004(平成16)年1月から2005(平成17)年11月にかけて進められ、同年11月17日に完成式が行われた。

■トンネル水族館を訪ねる

実入歩道トンネルは、外房線・安房小湊駅で下車して、国道128号線に沿って西に約15分ほど歩くとたどり着く。坑門にはトンネルの建設年などを記した銘板とともに、「とんねるすいぞくかん」の文字が描かれているので、地図がなくてもすぐにわかる。

トンネルの内浦側には、内浦湾の風景が描かれ、ほどなく海底の世界が広がるが、トンネルの奥へ進むほど海は深くなり、再び浅くなって出口付近で天津側の海岸の絵となる。あいにく筆者は“さかなクン”のような専門知識はないので、あとでネットで調べたところ、チョウチョウウオやマツカサウオ、ゲンロクダイ、キンメダイ、ヒブダイ、ナガブダイ、ホウボウなどが描かれているそうである。魚以外にも、イカやタコ、カニ、クラゲ、クリオネ、ウミガメ、シャチ、ダイバー、はては絶滅したはずのイクチオザウルス(?)の姿まであり、あれこれと眺めているうちにいつの間にかトンネルの出口へとたどり着く。

はじめは、「トンネルの覆工にペイントで魚の絵を描いただけ」と思っていたが、さすがにこれ

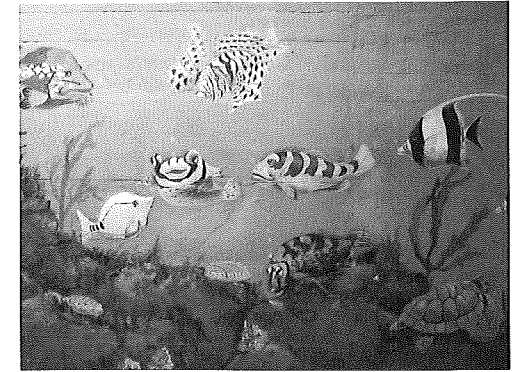


写真-2 描かれた魚たち

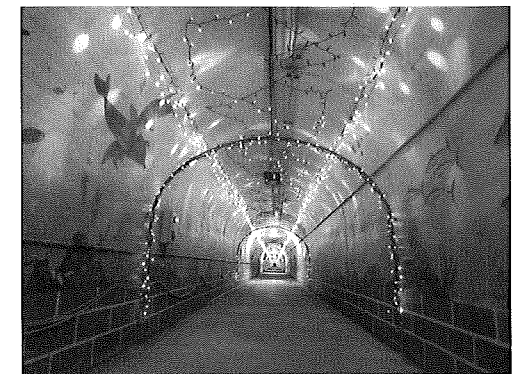


写真-3 ライトアップされた夜のトンネル水族館

だけの長さにわたって描かれていると壮観で、手づくり感覚あふれる肉筆の魚たちに、制作に携わった人々の温もりを感じることができる。

今年は、7月21日～8月31日の19:00～22:00にかけて、「光のアーチ」と呼ばれる夜のライトアップが行われ、トンネル内は赤、青、緑の約5万個の電球に照らされて、より幻想的な世界が演出された。最近、マスコミにとりあげられる機会も増え(筆者も朝のテレビ番組ではじめて知った)、天津小湊の新名所として人気を集めているようである。

なお、トンネル水族館の近くには、千葉大学海洋バイオシステム研究センター付属の「こみなと水族館」もあり、無料で見学することができる。大学の研究施設付属の水族館ということもあって、派手なアトラクションや巨大な水槽はないが、房総半島近海の魚たちを集めたレトロな雰囲気の水族館として、トンネル水族館とともに訪れたい。



「大自然のかおるまち」釧路市阿寒町より

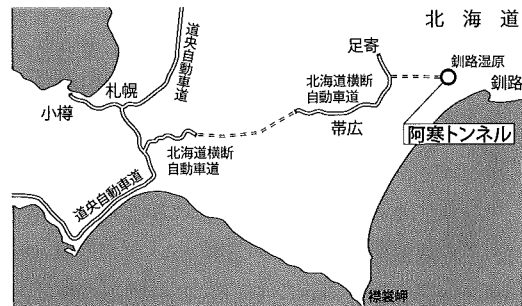
宇治川 徳 夫

北海道の東部、太平洋岸に位置するここ釧路市(阿寒町)は、「釧路湿原」「阿寒」の二つの国立公園をはじめとする雄大な自然に恵まれた地域であり、道東の中核・拠点都市として社会、経済、文化の中心的機能を担っている。酪農を主力とする豊かな農業生産、豊富な森林資源を有する林業、そして国内有数の水揚げ量を誇る水産業など、日本の食料基地といえる地域であり、また、特別天然記念物「マリモ」や「タンチョウ」が生息するなど、大自然のかおるまちである。

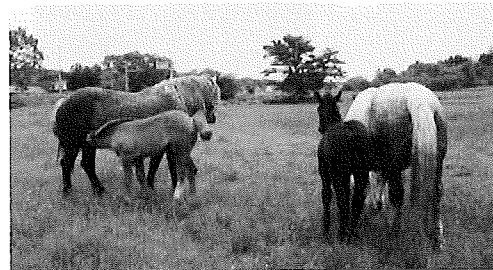
阿寒トンネル工事は、北海道横断自動車道のうち、本別～釧路区間の建設事業の一部であり、阿寒町で国道240号と交差する全長1,173mの高速道路トンネルである。この道路は、広大な面積を有する道東地域において、釧路圏域と十勝圏域を結ぶ大動脈として、移動時間の短縮や災害時の代替路、交通事故の低減などを目的に建設される道路で、阿寒トンネルは釧路方の最東端のトンネルである。

平成19年1月より本格的にトンネルの掘削を開始し、現在約400m地点を掘削中である。地質は泥岩主体であり、一部風化砂岩がある。工事は釧路側からの片押し掘削で行っており、坑口付近は天端部の安定対策として注入式長尺鋼管フォアパイリング(AGF)を採用した。

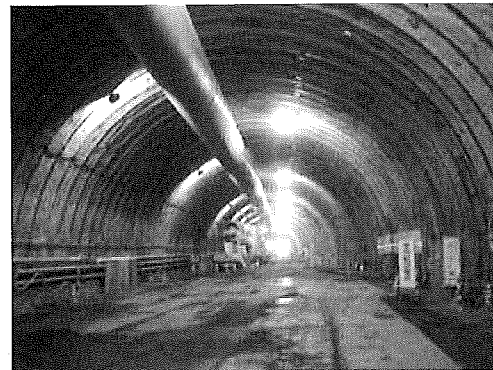
現在の当現場の主な取り組みは、坑口から約700m離れた場所にいる道産子(馬)の騒音対策である。この道産子は出産を控えていたので、非常に音に対して神経質になっていた。当初、坑口に防音壁を設置して厩舎からの騒音測定および発破薬量を制御しながら掘



位置図



道産子(馬)



坑内全景

削を行った。しかし、進行が進むにつれて岩盤強度も上がり、薬量の増加が余儀なくされる状態となったため、坑口の防音壁に追加して坑内に防音バルーンを設置した。出産間近では、道産子同様、現場でも神経質になり極力音を発生させないよう気を配った施工を行った。その甲斐もあって(?)道産子は無事産まれた。2頭目については出産直後に立ち会うことができ、馬主さんとともに喜びを共有することができた。現場は産後も騒音には継続して気を配り施工している。

今後は、掘削に加えてインパットコンクリート、10月からは覆工コンクリートの施工も始まり、最盛期を迎える。発注者および関係各位のご指導のもと、また地元の方々のご協力を賜りながら、地域発展に寄与することを願い、無事故・無災害で貫通、そして竣工することを目指し鋭意努力している。

(清水・竹中土木・岩倉特定建設工事共同企業体作業所長)

施工

SPR工法でロサンゼルスの大口径馬蹄形下水道管を更生

Assistant Departmental Engineer, Sanitation Districts of Los Angeles County Tommy Sung

Supervising Engineer, Sanitation Districts of Los Angeles County Anthony Howard

積水化学工業(株)環境土木システム事業部ソリューションセンターセンター長 菅原 宏

積水化学工業(株)環境土木システム事業部 大平 晃 聡

1 はじめに

米国ロサンゼルス郡の下水道「JOINT OUTFALL "A" UNIT」(以下「JOA」)は、使用開始後80年以上経過している全長2,100kmの幹線下水の一部である。施工後50年以上経過した下水道は、その使用環境により老朽化による漏水、道路の陥没などが深刻な環境問題を引き起こすケースがある。このような場合、早期の下水管の補修、改築などの対策が必要不可欠であるが、その対応は現場状況を判断して行う必要がある。具体的には老朽化した下水道管を開削、掘り返して交換するか、あるいは、非開削工法により管内面を更生するなど下水道管の形状や大きさ、老朽化の程度や現場条件などを考慮し選定される。

本稿では、日本で開発された自由断面SPR工法による下水道幹線JOAの下水道管更生工事について、工法の概要、工事概要と結果などを報告する。

2 SPR工法とは

SPR工法は、老朽化した管渠の非開削更生工法として開発された。昭和63年ごろから日本国内で実施され、平成16年度末で約450km程度の管渠延長実績がある。管径対象サイズは、250～5,000

mmであり、円形のほか、矩形や馬蹄形など非円形断面の用水路などでも更生することができる。また、大規模な施工資機材を使用せず、管渠内で使用する機材の搬入はすべてマンホールから行い、管渠内で容易に組み立てられる設計となっており、作業環境の安全が確保できる水量レベルでは水を流しながら工事が行えるなど、さまざまな施工環境に柔軟に対応することができる。

この施工品質が海外でも認められ、2003年ごろより韓国、2004年から米国ロサンゼルス、2006年からロシア連邦、2007年現在、中国香港といった施工実績を持っている。

3 SPR工法について

SPR工法は、両端に嵌合部を有する帯状の硬質塩化ビニル樹脂製の更生材(以下「プロファイ

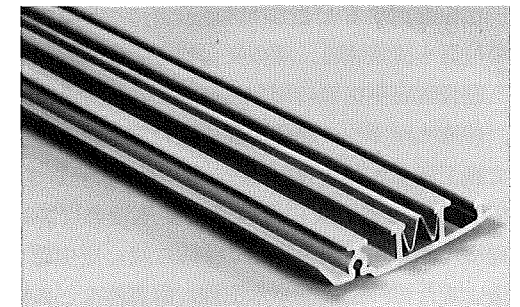


写真-1 プロファイル

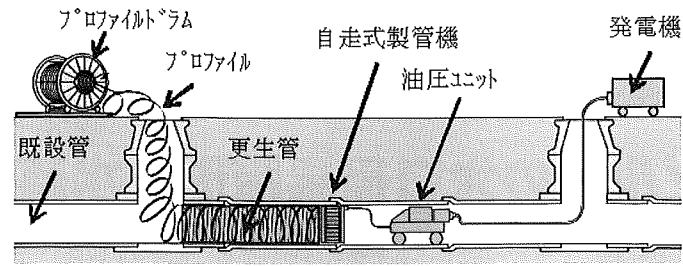
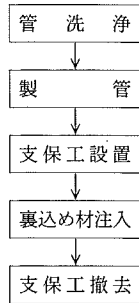


図-1 施工(製管工程)概念図



「管洗浄」と呼ぶ(写真-1)を地上より既設下水道管内に送り込み、管内を螺旋状に巻きながら嵌合させて更生管を製管した後、既設管と更生管の間隙部に特殊裏込め材(特殊モルタル)を注入して、これらの材料が相互に一体化すること

により、老朽管を補強、更生する工法である(図-1)。

本工法は要求される更生目的に応じて、使用するプロファイルを適切に設定し、構造設計することができるため、例えばコンクリートや鋼鉄製の新設管渠表面の防食加工といったライニングや、更生管単体で埋設強度を満足することもできる。さらに、直線管路だけでなく、急曲線(曲率半径/管径(幅方向)=6Dまで)や急傾斜(原理的には90度でも施工可能)での施工も可能な更生工法である。

施工手順としては、既設管の洗浄を行い、図-1に示したように既設管内を自走しながら更生管を形成することのできる製管機によって更生管を形成した後、更生管内面に支保材を設置して更生管の形状を固定するとともに、既設管に対する更生管の位置を固定する。この支保材を設置した状態で、既設管と更生管の間隙に特殊モルタルを充填し、特殊モルタルの硬化・養生後に支保材を撤去して施工完了となる(図-2)。

SPR工法は製管後に既設管と更生管の間隙に特殊モルタルを注入・硬化し強固な複合更生管を築造するため、耐食性や水密性、耐震性などに優れており、下水流下性能を落とさずに、強固な複

合管として老朽管を更生できる。また施工においては、作業者の安全が確保できるレベルの流水環境では、管渠内に下水を流しながらすべての施工工程に対応することができ、長距離・曲線管路や矩形渠・馬蹄渠など円形管以外の断面形状にも対応可能で、しかも非開削工法であることから、工事に伴う産業廃棄物の発生はほとんどない。

なお、本工法は、交通量の多い大都市において、交通に支障を与えず、限られた時間の中で施工できるように、すべての施工資機材をφ600mmのマンホールから搬入して管内で簡単に組み立て、施工できるようにシステム化されている。

4 ロサンゼルス郡工事概要

4-1 工事概要

工事名：JOINT OUTFALL "A" UNITS 2,3 A AND 3B UNK SEWER REHABILITATION, PHASE II
 発注者：COUNTY SANITATION DISTRICT LOS ANGELES COUNTY, CALIFORNIA(カリフォルニア州ロサンゼルス郡公衆衛生局)

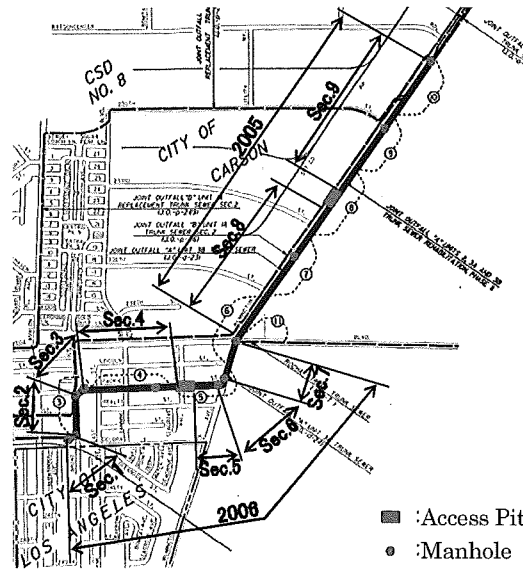


図-3 施工場所

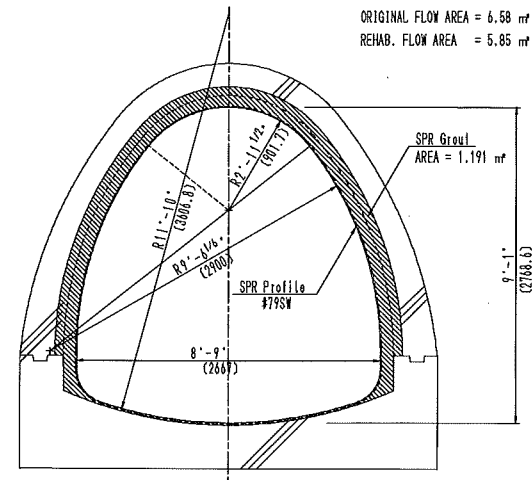


図-4 既設管形状と更生管形状

施工場所：CITY OF CARSON, CALIFORNIA(カーソン市)(図-3)

工事内容：製管工法による下水道管更生

- ① 更生目的：構造強度復元と表面腐食防止および流下性能確保
- ② 既設管仕様：鉄筋補強コンクリート構造体の表面に素焼きタイル貼り(表面腐食防止)
- ③ 形状：既設管114"(2,896mm) 馬蹄形管渠
更生管109"(2,769mm) 馬蹄形管渠(図-4)
- ④ 工事全長：2,234m
- ⑤ 工事期間：2005、2006年度 2か年工事(施工時期は雨期を除く4~10月)

4-2 工事実施上の課題

本工事にあたっては、日本と異なる現場環境の中、大きく二つの克服すべき課題があった。

一つ目は工事可能な季節が限定されることである。JOAは降雨ピーク時には最大2.7m³/sの流量があるため、工事ができるのは、他の下水道に分流可能な、乾期の4~10月に限られる。この7か月間に約1,000mの施工を完了させる施工速度が必要である。

二つ目の課題は本幹線が有している曲率18m(R/D=6.6)の急曲線部(合計3か所)の更生である。

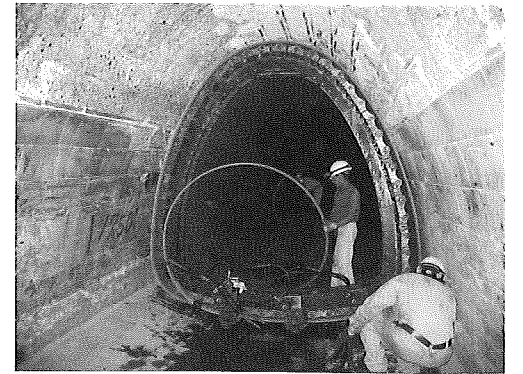


写真-2 既設管と製管機設置状況

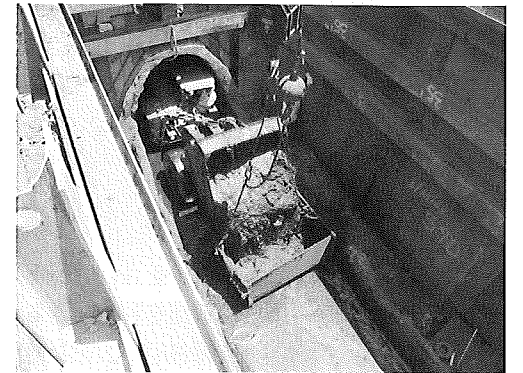


写真-3 重機での土砂搬出

4-3 工事方法と施工結果

4-3-1 現場環境と既設管の状況

東京都など、日本の大都市とは異なり、高層ビルが少なく、平面的に都市拡大しているロサンゼルスは、基盤の目に片側2~3車線の幹線道路が整備され、車社会を支えている。

今回の工事現場も4車線道路下に敷設された、築80年以上経過した馬蹄管渠であり、素焼きの粘土タイル貼りで、腐食しにくい工夫が施されている(写真-2)。

しかし、タイル自体は腐食しないが、目地の部分から腐食が進行して脱落し、既設コンクリートが100mm程度腐食により減肉し、鉄筋が露出している。喫水線よりも下の部分は、腐食はなくタイルも健全である。

4-3-2 洗浄

管渠内には脱落したタイルや上流からの土砂が1m以上堆積しており、管更生工事を行うためには、この大量の土砂を事前に取り除かなければなら

らない。そこで、車道1車線を工事期間中完全に占有し、2005年度工事区画の中央に開口部(幅5m×延長15m)を設けて、そこから重機を搬入し、土砂を搬出した(写真-3)。

4-3-3 製管、裏込め材注入工程(直線部)

本工法の施工工程は、大きく、製管工→支保工→裏込め材(モルタル)注入工の3工程からなる。

製管は地上にプロファイルドラムを配置し、既設マンホールや状況に応じて仮設したマンホールからプロファイル供給し(写真-4)、製管進捗状況にあわせて、効果的にプロファイルを供給できるよう、マンホール(とプロファイルドラム)を移動しながら、全長を連続的に製管した。

続いて支保材を更生管の内面に設置し、更生管を設計寸法に規制した状態でモルタル注入時の浮力や圧力により、更生管が浮上したり変形するのを防止する。日本ではφ600mmのマンホールから搬入できる大きさに分割したものを管内で組み立てるが、本工事では大きな開口部を利用できるため、支保組立→支保設置→支保移動の大幅な時間短縮を図るべく、移動、支保設置が容易にできる専用支保を準備した(図-5)。

そして施工現場では予め地上で組み立てた支保材に車輪を設置して、管内を人力で簡単に移動させることができるようにした(写真-5)。

モルタル注入については、設備能力から1日あたりの注入量を設定し、注入区画を分割することにした。1区画の延長は約70mであり、2.4mの支保材を30セット連結し、注入したモルタルが隣の



写真-4 仮設マンホールからのプロファイル供給

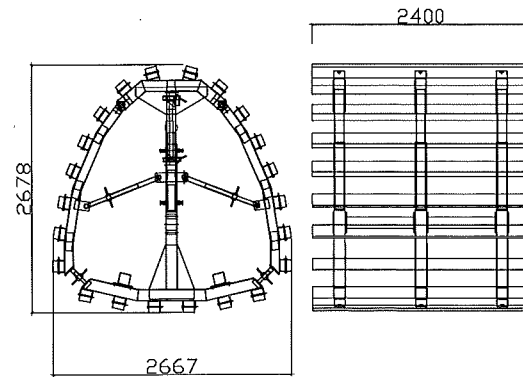


図-5 支保

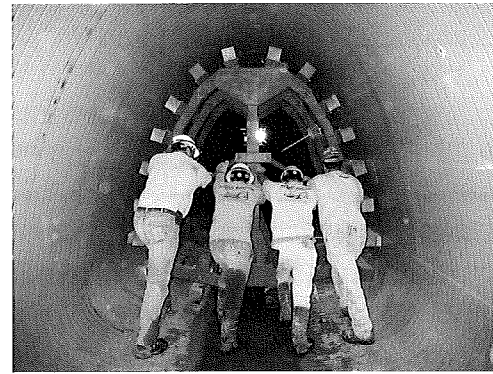


写真-5 支保移動状況

区画に浸入しないように支保材を設置した状態で間仕切り壁を設置して注入を行った。

1区画の注入が完了すると、休日の間、モルタルを養生し、月曜日からの2日で支保材30セットの解体、移設、設置を行い、水曜日に間仕切り壁の設置、木曜日からの2日間でモルタル注入を行い、1区画を1週間というサイクルで、全線モルタル注入を終えることができた。

4-3-4 曲線部施工

JOA工事では、従来技術では施工困難と考えられていた急曲線部(曲がり角度90度、曲率半径18mR、 $R/D=6.6$)の施工が大きな課題の一つと考えられていた(写真-6)。

既設管の曲がっている部分の更生管の製管にあたっては、カーブ用プロファイルを使用した。カーブ用プロファイルは伸縮するベローズと呼ばれるU字形状部位を有していることが特徴である(図-6)。

通常はこのカーブ用プロファイルを施工環境下

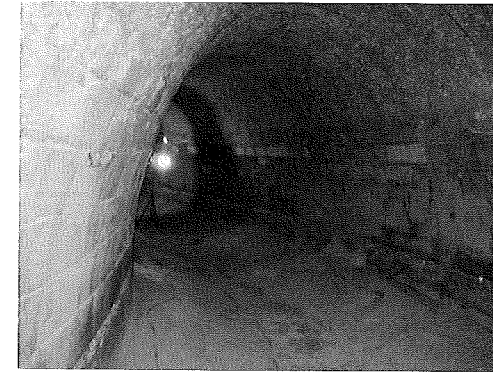


写真-6 曲がり部施工前

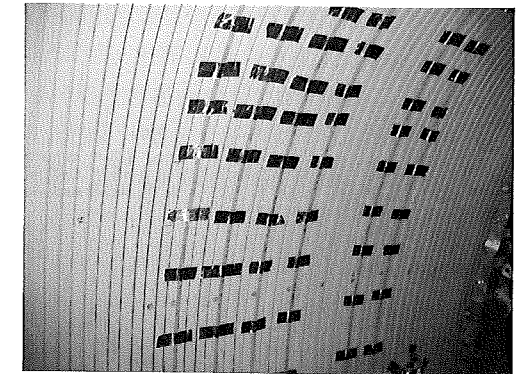


写真-7 ヒーター加熱状況

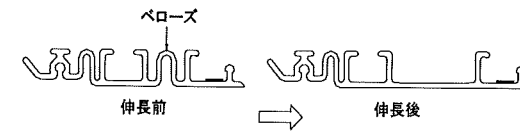


図-6 カーブ用プロファイル

の温度で引き伸ばして使用する。しかし本工事は大口径で、かつ急曲線な現場のため、プロファイルの幅伸張率は最大113%が必要であり、引き伸ばし力として約3t以上が必要であることが判明し、その反力、安全性を考慮し通常の施工方法は断念した。

そこで、少ない力で引き伸ばすことができ、かつ残留応力を発生させず、安全な方法として、上記プロファイルを用いて製管した後、カーブ外周部のベローズ部分のみをガラス転位温度まで昇温させて、引き伸ばすことで、既設管の曲がり追随した曲率を有する更生管を得る方法を採用した。加熱方法は、施工速度の大幅な低下を防ぐために、さまざまな方法を検討したが、迅速かつ、均一にベローズ部分のみをガラス転位温度に昇温でき、また下水管内でも容易にかつ、安全に使用できるラバーヒーター(100V-800W/本)を採用した。

曲線部製管にあたっては、製管(約1m)→加熱(約5分)→引き伸ばし(既設管曲がり追随)のサイクルをくり返すこととし、約1m製管するごとに、ベローズ部分に、ベルトヒーターを密着させるよう嵌めこみ(写真-7)、加熱し、ガラス転位温度到達後、更生管のカーブ外周部を既設管のカーブに追従するように引き伸ばし、プロファイル1枚あたり最大2cmの幅拡張を行った(写真-8)。

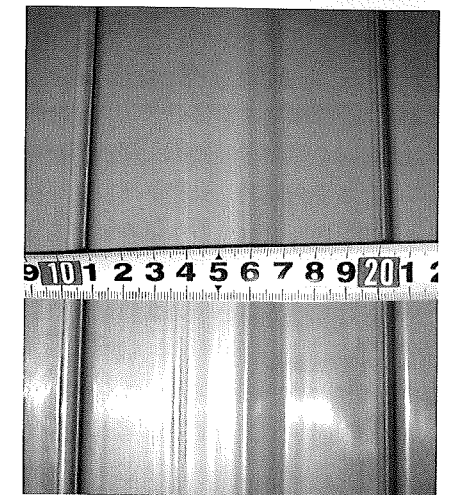


写真-8 プロファイル引き伸ばし後

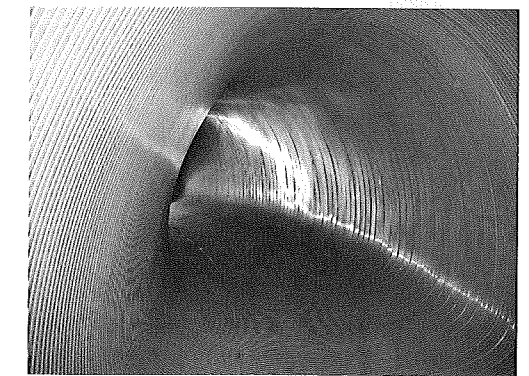


写真-9 曲がり部施工後

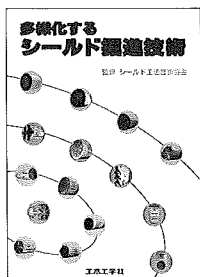
上記方法により、製管日進量10mを安定的に達成した(写真-9)。

5 おわりに

本稿では、JOAでの、直線部分と三つの曲線

部分(曲率 $R/D=6.6$)を有する全長2,234mの大口径馬蹄形下水道管(口径2.7m)の更生工事について報告した。下水道管は、人々が生活するうえで、もっとも重要なインフラの一つであり、維持、管理にはその地域ごとの使用状況によって、維持整

備、更生に最適な方法、技術を選ぶことが不可欠である。今後も、地域、状況に応じた最適な下水道管の維持、管理を行っていきたいと考えている。最後に本工事を行ううえでご協力いただいた各関係機関の方々に感謝の意を表したい。



多様化する シールド掘進技術

監修 シールド工法技術協会
B5判 141頁 本体価格2,500円

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

(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



株式会社 土木工学社

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

研究

全断面早期閉合による施工法の考え方とその 実例

(株)熊谷組土木事業本部トンネル技術部部长 御手洗 良 夫
(株)熊谷組土木事業本部トンネル技術部課長 森 崎 泰 隆
東京都立大学名誉教授 今 田 徹

1 はじめに

近年、わが国の山岳トンネルの標準工法であるNATMは、その主要な支保部材である吹付けコンクリートやロックボルトの改良が行われ、より信頼性の高い技術となり、掘削技術の向上とも相まって成熟した工法となった。また、種々の補助工法の開発・改良も多く、適切な補助工法の適用により安全で合理的な施工が可能となってきた。

その一方で、種々の数値解析手法にもとづくトンネル掘削の影響評価や安全性評価の精度が向上しており、NATMは、ソフト・ハードの両面で、洗練された工法となった。

山岳トンネル工法の適用範囲は、その信頼性の向上やトンネルの社会的なニーズの多様化などによって、一層の広がりが見られ、都市部などのきわめて厳しい条件下での施工例も増加している。都市部の場合、地表面に家屋が多数存在したり、重要構造物に隣接した条件下でのトンネル施工となることが多い。こうした場合、トンネル掘削の影響を極力抑えた施工が不可欠であり、そのために、種々の補助工法を適用して対処する必要性が生じる。しかしながら、比較的大掛かりな補助工法を採用しているにもかかわらず、現状では費用対効果が十分に得られていない場合もある。

NATMの導入時には、トンネル技術者はこの工法を理解し、活用しようとして、活発で熱い議

論を戦わせた。そこでの主な議題は、地山状態と支保の施工時期、断面の早期閉合、地山の応力状態が良いトンネル形状、掘削速度と地山の応力状態など、トンネルを安全に合理的に施工するにはどうあるべきかというトンネル設計・施工についての原理・原則にかかわることであった。

NATMが導入されて約30年経過した現在、成熟した技術となった山岳トンネル工法(NATM)は、広く普及されるようになった。種々の条件下での施工例も数多くあることもあり、トンネルを設計・施工する技術者は、これまでの施工事例をそのまま踏襲し設計・施工している傾向があるように感じる。その一例として、トンネルの設計に関することを挙げる。トンネルの補助工法のうち、注入式長尺先受け工法(AGF工法)は開発以来その採用件数が1,200件以上を数え、少し地山条件が悪くなると、すぐにAGF工法を補助工法として設計に織り込むことが多く見られる。AGF工法が安全性向上のために重要な役割を果たしていることは、疑いないことであるが、今後、さらに技術を発展させるために、今一度、改めてトンネルの合理的設計とは何か、本当に補助工法が必要であるか、費用対効果はどうかなどについて議論する必要があるのではないだろうか。

本稿では、上記の議論を促進させる意味でも、まず現在のトンネル設計の考え方について考察したうえで、山岳トンネル施工の基本の一つである

「断面の早期閉合」に着目し、実際に断面の早期閉合を実施した現場の実績を示し、断面の早期閉合の効果について、実施工の計測結果や数値解析結果にもとづき具体的に検証する。さらに、トンネル掘削の影響を極力小さく抑えなければならないような条件のトンネルの設計・施工の方向性を検討するものである。

2 最近の山岳トンネルの設計・施工の考え方

山岳トンネル工法を適用する基準の一つとして、地山を支保する支保部材が十分な効果を発揮するまでの間、切羽の安定性が維持されているか否かが挙げられる。これまで、切羽の安定性を維持する方法として、掘削断面を小さくする方法や一掘進長を短くする方法が採用されてきた。NATMが採用され始めたころより、切羽前方地山を補強する方法としてフォアポーリングや鏡ボルトが用いられ、最近ではAGF工法に代表される長尺先受け工法が多用されるようになり、切羽の安定性

向上に効果を発揮している。

NATM導入以前のトンネル設計は、掘削された後の支保のみに着目して行われていたが、NATM導入後のトンネルの設計では切羽前方地山の挙動も考慮するようになり、とくに不良地山の場合、いわゆる切羽前方地山の先行ゆるみが、地表面の沈下の増大や切羽通過後のトンネル荷重の増大となって、トンネル挙動に大きな影響を及ぼすことが明らかとなってきた。

現在では、トンネル切羽前方地山、切羽自体、切羽後方の三つの部分を考慮した設計が行われるようになっている。

図-1~3に、①補助工法がない場合、②長尺先受け工のみを採用した場合、③長尺先受け工+長尺切羽補強工を採用した場合、それぞれの地表面沈下、天端沈下、切羽の押し出し量についての三次元数値解析結果を示す¹⁾。また、図-4~6に、上記①~③の条件における切羽周辺地山の最大せん断ひずみ分布を示す。この結果、変位量は長尺先受け工あるいは長尺切羽補強工などの補助工法

を採用すれば小さくなるが、図-3の切羽の押し出し量や図-4~6の最大せん断ひずみ分布をみると、切羽前方地山を補強しなければ十分に先行ゆるみ(先行ひずみ)の発生を抑制できないことがわかる。

切羽前方地山については上述の先行ゆるみの防止、切羽においては計測で実態を把握することは難しいが切羽の押し出しの防止などを設計時に考慮しなければならない。また、切羽後方については、断面の早期閉合と十分な支保能力の確保を考慮する必要がある。

実際の施工例を見ると、切羽前方地山と切羽自体の補強方法である注入式長尺鋼管先受け工法やフォアポーリングあるいは鏡補強ボルトが広く用いられている。注入式長尺鋼管先受け工法は、山岳トンネル工法の代表的な補助工法であり、すでに1,200件以上の採用実績があり、その施工効果は周知されている。しかし、注入式長尺鋼管先受け工法は、図-5,6に示すように、切羽前方の上部地山は補強、改良するが、切羽前方地山の改良効果は小さいため、確実な先行ゆるみの発生防止は期待できない場合もある。

フォアポーリングあるいは鏡補強ボルトは削孔したうえで充填材を注入し、芯材を挿入するため、悪い地山では長時間孔壁を維持できず、長尺のものを打設することは困難である。そのため、十分な先行ゆるみ発生抑制効果は期待できない。

最近、こうした課題を克服する工法として長尺切羽補強工が開発・適用されている。

この工法は、切削可能なグラスファイバー補強プラスチックチューブ(以下、「GFRPチューブ」)や鋼管をケーシングとして2重管方式により穿孔し、このチューブを補強部材としてウレタン系やセメント系の注入材を注入するものである。これにより、切羽前方にコア(地山改良体)を形成することが可能であり、切羽の安定性向上のみならず、切羽前方の先行ゆるみの発生を防止できる。切羽前方地山の先行ゆるみの抑制と切羽自体の安定性向上によって、大きな加背で掘削しても切羽の安定性を維持できるようになることから、最終断面の閉合を早期に達成するための有効な手段の一つ

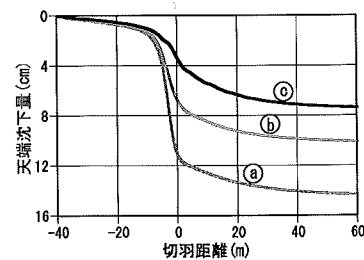
と考えられる。

切羽後方の支保の早期閉合は、トンネルにおける基本であり、ゆるみの進行の抑制や変位の抑制に効果がある。言い換えると、効果的に支保能力を発揮させるには、最終断面を早期に閉合させる必要がある。

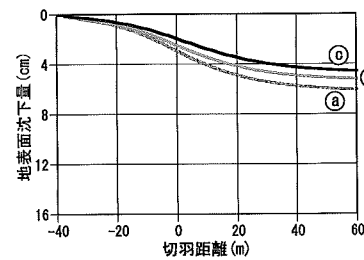
しかし、現在の設計では、地質が未固結で軟らかい場合は、機械方式で、ショートベンチカット(上半先進)工法を採用することが多い。図-7に上半掘削と全断面掘削した場合のトンネル周辺地山の応力状態を示す²⁾。この図で示すように、ショートベンチカット工法で上・下半分離施工を行った場合、ウイングリップを付けることによって突起部ができ、上半脚部には大きな応力集中が発生し、地山劣化が生じる可能性が高いことが考えられる。これにより、沈下の発生を助長することにもなる。

図-8に補助ベンチ付き全断面工法とショートベンチカット工法の概略図を示す。

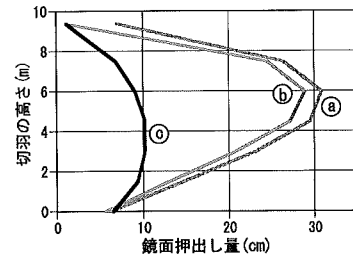
インバートの閉合可能な位置は、補助ベンチ付き全断面工法の場合、切羽から約5mであるのに対して、ショートベンチカット工法の場合、50m程度となる。ショートベンチカット工法における支保パターンを例を図-9に示す。ショートベンチカット工法の場合には、この50m間に、沈下抑制のための手段として、ウイングリップ付き支保工の採用やレッグパイルの打設あるいは上半仮インバートの打設など種々の対策を施している場合が



①補助工法なし
②長尺先受け工
③長尺先受け工+長尺切羽補強工
図-1 天端沈下量の経距変化



①補助工法なし
②長尺先受け工
③長尺先受け工+長尺切羽補強工
図-2 地表面沈下量の経距変化



①補助工法なし
②長尺先受け工
③長尺先受け工+長尺切羽補強工
図-3 切羽面押し出し量

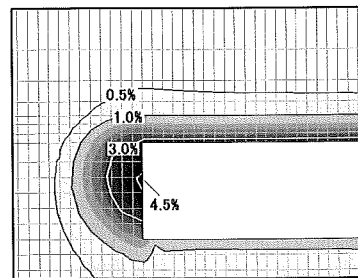


図-4 最大せん断ひずみ分布(補助工なし)

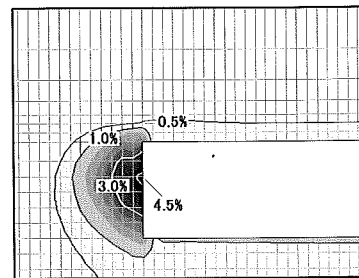


図-5 最大せん断ひずみ分布(長尺先受け工)

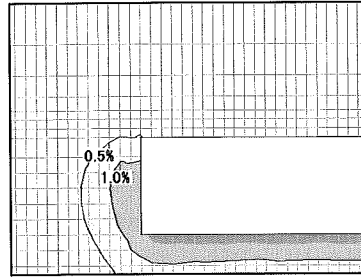


図-6 最大せん断ひずみ分布(長尺先受け工+長尺切羽補強工)

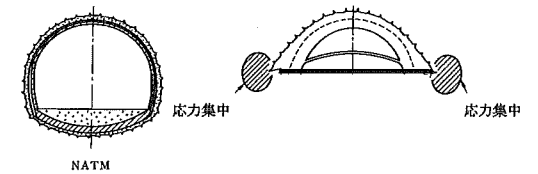


図-7 トンネル周辺地山応力状態

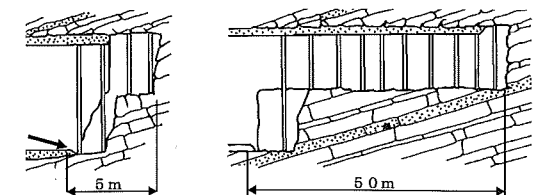


図-8 補助ベンチ付き全断面工法(左)とショートベンチカット(上半先進)工法(右)の概略図

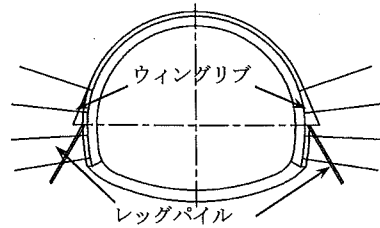


図-9 上半工法の支保パターン例

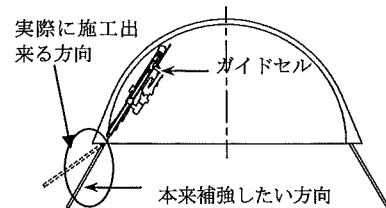


図-10 レッグパイル施工状況図

多い。こうした対策は、必ずしも十分な費用対効果を上げてはいない場合もあると考える。

例えば、ウイングリブ付き支保工は建て込みのために上半脚部を掘り込まなければならず、形状が滑らかでなくなり、先に示したように、脚部周辺に応力集中が生じ、ゆるみの拡大となり、沈下発生あるいはトンネル荷重の増大を引き起こしている可能性が高い。レッグパイルは、施工方法によっては以下のような不都合が生じる。

- ① 切羽近傍での施工を行うが、先行ゆるみが生じている箇所には打設するので、大きな効果が期待できない。
- ② 削孔によって、かえって地山を乱すこともある。
- ③ 通常のジャンボを使用して打設すると、図-10に示すように力学的に有効な方向に打設できない。
- ④ 十分なパイル頭部の処理を行わないと、効果が半減する。

一方、補助ベンチ付き全断面工法や全断面工法は、切羽近傍で全断面に近い形で掘削を完了するので、煩雑な対策を打つ必要がなく、簡便な施工ができる。

全断面早期閉合による施工システムの利点は次のことが挙げられる。

- ・施工が簡素化される

- ・一定の速度で掘削される
- ・断面形状が良くなり、周辺地山の応力状態が良くなる
- ・支保工効率が高くなる
- ・トンネル掘削の影響を最小限に抑制できる

このことから地山状態が悪く、トンネル掘削の影響を極力小さく抑える必要があるトンネル条件のところでは、設計は全断面あるいは補助ベンチ付き全断面掘削工法とし、最終断面の早期閉合が可能な施工システムを採用することが最良であると考えられる。ただし、全断面を早期閉合することによるリスクとして切羽面の安定性低下が考えられる。先述の長尺鏡補強工の採用などにより、対応可能な事例も多いと考えられるが、非常に大量の長尺鏡補強工を施工する必要がある場合などでは高価となる可能性もあり、さらに安価な補助工法の開発も必要であろう。また、湧水により切羽の自立性が低下する場合などは、全断面であっても上半先進であっても問題となる場合があり、切羽の補強、湧水状況の把握を含めた管理を行う必要があるであろう。

3 全断面早期閉合の効果

全断面早期閉合の施工システムの利点については、前章で述べたが、本章で具体的にその効果を、計測結果や数値解析結果にもとづいて述べる。

3-1 現場計測データによる評価³⁾

早期閉合によるトンネル内空変位の抑制効果について現場の計測結果により記述する。適用した現場は、坑口部がなだらかな地形であり、坑口部付近より民家などの地表面沈下を抑制するため上半切羽から5mの位置でインバート部を鋼製支保工と吹付けコンクリートで閉合を行った。地質は一軸圧縮強度2N/mm²の泥岩であり、坑口部より地質は比較的均質で土かぶりは10~20m程度であった。図-11に内空変位が収束するまでの切羽からの距離を示す。早期閉合区間については、内空変位、天端沈下ともに切羽通過後1D以内で収束しているのがほとんどであるのに対し、早期閉合を行わない区間については、内空変位で1~2D、

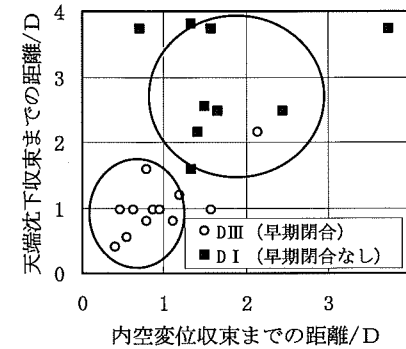


図-11 天端沈下と内空変位の収束時期

天端沈下で2~4D間に収束しているものが多く、早期閉合により変位が早期に収束していることがわかる。

3-2 数値解析による評価例

3-2-1 二次元数値解析による評価事例

早期閉合による地表面沈下の抑制効果について検討するため二次元弾塑性FEM解析を行った。本検討は、上半先進工法と早期閉合による全断面工法について種々の地山条件で地表面に与える影響にどの程度の差異があるかを評価した事例である。通常、上半先進工法では、地表面沈下対策として前述のウイングリブ付き支保工や脚部補強パイルを施工するが、支保の施工を早期に行うことによる地表面沈下への影響を評価するため、これらの対策は考慮していない。

(1) 解析モデル

解析モデル図(トンネル周辺)を図-12に示す。地山の物性値は、参考文献4)を参考に設定した。支保部材は、はり要素でモデル化し、道路トンネルのDIIパターンの物性値とした³⁾。また、解析ケースは表-1とし、応力解放率は40~60%とした。

(2) 解析結果

1) 地山の塑性化の抑制効果

図-13に最終ステップ時の代表的なトンネル周辺地山の塑性領域図を示す。図中の着色部が塑性領域を示している。塑性領域は、トンネル隅角部付近に発生しているが、いずれの場合も上半先進工法と比較して、早期閉合による全断面工法の場合、周辺地山の塑性領域が小さく、塑性化の抑制効果が表れていると言える。

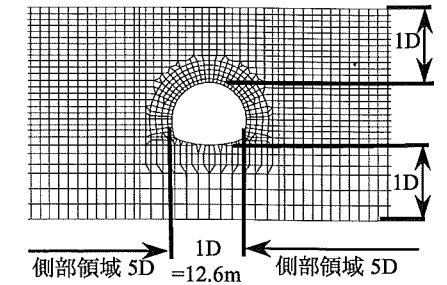


図-12 解析モデル図(トンネル周辺)

表-1 解析ケース

内部摩擦角 ϕ (°)	粘着力 C(kN/m ²)				
	200	100	50	25	10
10	○△	○△	○△	○△	○△
20	○△	○△	○△	○△	○△
30	○△	○△	○△	○△	○△

○: 早期閉合 △: 上半先進

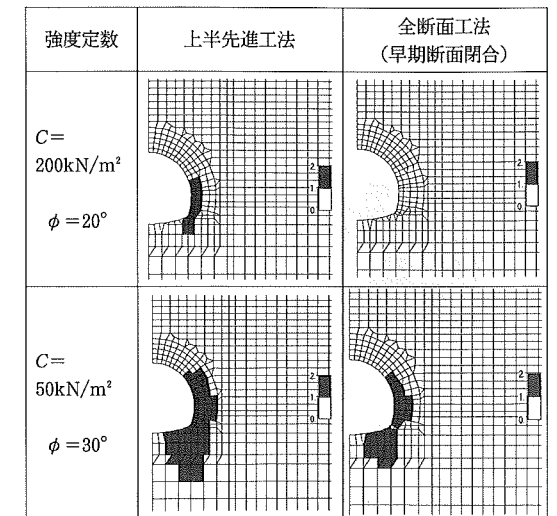


図-13 トンネル掘削による塑性領域図

2) 地表面沈下の抑制効果

図-14に最大地表面沈下の解析値を示す。いずれの工法の場合もC、 ϕ の値の減少に伴い、最大地表面沈下量が増加しているがその傾向は上半先進工法の方が顕著である。この結果より、C、 ϕ の値が小さくなるほど、早期閉合による全断面工法の地表面沈下抑制効果が大きいことがわかる。

3-2-2 三次元数値解析による評価事例

上記に二次元の数値解析による早期閉合の変位抑制効果に関する評価例を示した。早期閉合を採用した実現場の事例では、上半のベンチ長を最低

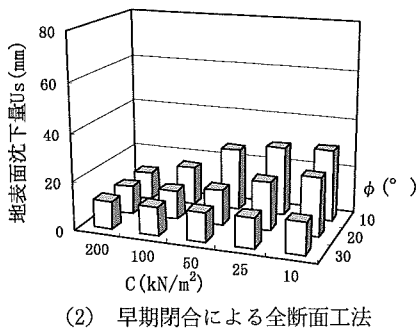
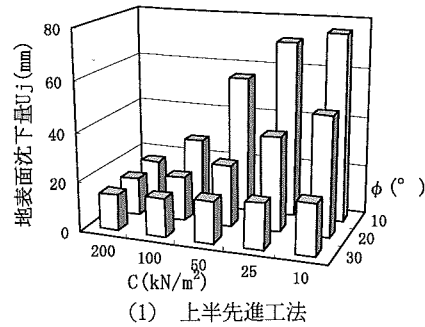
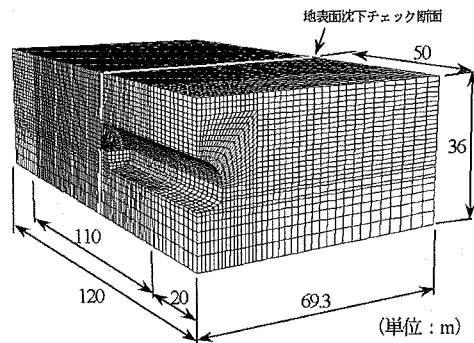


図-14 最大地表面沈下の抑制効果の比較



3 m程度は残し、補助ベンチ付き全断面工法で施工されている場合が多い。また、長尺の切羽補強工法を採用している例が多く、一次インバートの施工時期も上半切羽からの離れはさまざまであり、1 mごとに施工した事例や数mごとに施工している事例がある。

これらの事項を二次元の数値解析に盛り込むことは非常に困難であり、さらに精度を向上させるためには、三次元の数値解析を用いる必要があると考える。以下に、上記の条件を再現した有限差分法による三次元数値解析を行い、実現場の地表面沈下と比較した例を示す。

表-2 解析条件
(1) 地山条件

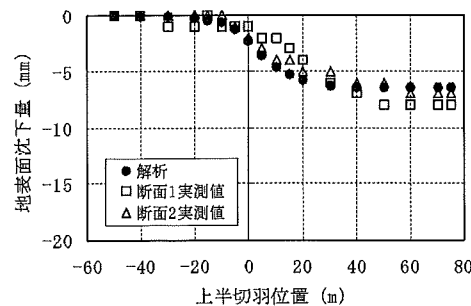
条件	名称	単位	数値
地山 泥岩	弾性係数E	MPa	200
	ポアソン比ν	—	0.38
土かぶり H=14.4m S _{tp} =1.96	単位体積重量γ	kN/m ³	20
	粘着力C	kPa	190
	内部摩擦角φ	度	22

(2) 支保の規模

支保	項目	弾性係数E(MPa)	断面積(m ²)	備考
上・下半	吹付け コンクリート (t=300)+ 鋼製支保工 (H200)	8,362	0.3	上半のベンチ長は4mとし、上・下半を1m施工するごとに一次インバートを1mずつ閉合距離5mで施工
	インバート			
インバート	吹付け コンクリート (t=200)+ 鋼製支保工 (H200)	10,544	0.2	

(3) 長尺先受け工、長尺鏡ボルト

補助工法	部材	延長	ラップ長
長尺フォアパイリング	鋼管φ114.3mm, 30本	12.5m	3.5m
長尺鏡ボルト	GFRP管φ76mm, 12本	15.0m	3.5m



(1) 解析モデルと解析条件

対象の事例は、後述の4-3における豊見城トンネル⁹⁾の先進坑の事例である。解析モデルと解析条件を図-15、表-2に示す。

(2) 解析結果

図-16に地表面沈下の解析結果と実測値の比較を示す。この結果より、実測値が解析値と比較して若干大きくなっているものの、本手法により地表面沈下の挙動をおおむね捕らえていると考えられる。

以上、早期閉合による変位抑制効果について評価例を記述したが、これらの適用については現場の特性により十分に予測手法を検討したうえで行う必要があると考えられる。

4 早期断面閉合を実施した山岳トンネルの事例

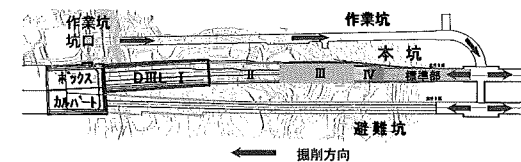
切羽の安定性向上を図り、大きな断面で掘削し、早期断面閉合を行い、種々の課題を克服した三つのトンネル事例を示す。

4-1 箕面トンネル⁶⁾

箕面トンネルの南坑口部はトンネル内に流出入ランプを設けた構造で、そのためトンネル掘削断面は順次変化し、南坑口部は最大掘削断面積が313m²になる道路トンネルである。

図-17に箕面トンネル南坑口部の平面図を示す。

地質は中生代の付加体である丹波帯の頁岩であり、地下水も存在し、トンネルの直上、約40mの地表にある福祉施設建物にトンネル掘削の影響が及ばないことが要求された。このため、全断面に近い加背割りで施工し、インバートの早期閉合が



【区間】	超大断面部	大断面部	標準部
【掘削面積】	313m ²	262m ²	205~228m ² (128~168m ²)
【掘削方式】	側壁導坑先進工法	上半先進工法	全断面工法

図-17 箕面トンネル南坑口部平面図

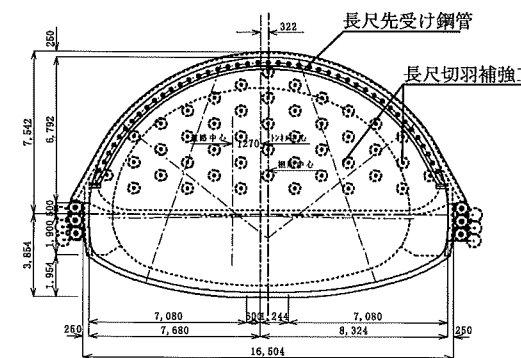
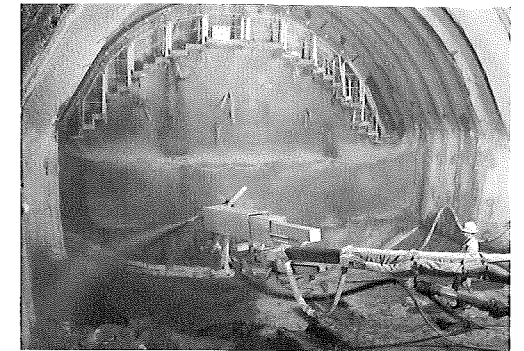
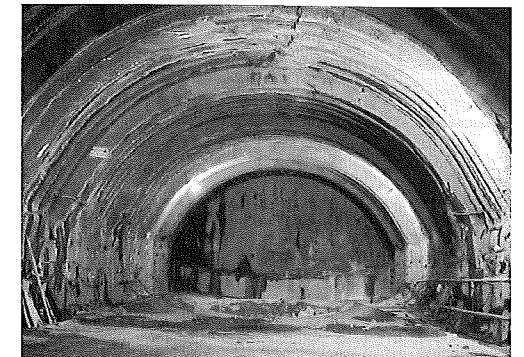


図-18 箕面トンネル補助工法パターン



(1) 切羽直近でのインバート吹付け状況



(2) 切羽直近での本インバート打設状況
写真-1 切羽直近でのトンネル断面閉合状況

できる施工システムを採用した。切羽の自立性を確保するため図-18に示す補助工法を採用した。1シフト延長は7mとし、先受け工はオールラップ、切羽補強工は5m程度のラップとなるよう配置した。ほかに鋼アーチ支保工背面と脚部にプレロードシェル、上半脚部の先行補強工、鏡吹付け、上半仮閉合(吹付け)を実施した。施工手順は、「下半盤を施工基面とした各種補助工の完了後、上半1シフト分7mを掘削、すぐさま下半、インバートを追いかけて、切羽直近までの断面閉合を完了させる」といった全断面施工に近い施工形態を採用した。早期閉合による施工システムの採用により、福祉施設建物の沈下は最大でも26mm程度で収束した。また、最大傾斜は0.8/1,000rad程度で収束した。

4-2 飯山トンネル⁷⁾

飯山トンネルは、掘削断面積が約80m²の新幹線トンネルである。地質は新第三紀の中新世の泥岩が主体で未固結の砂層や凝灰岩、亜炭層が介在

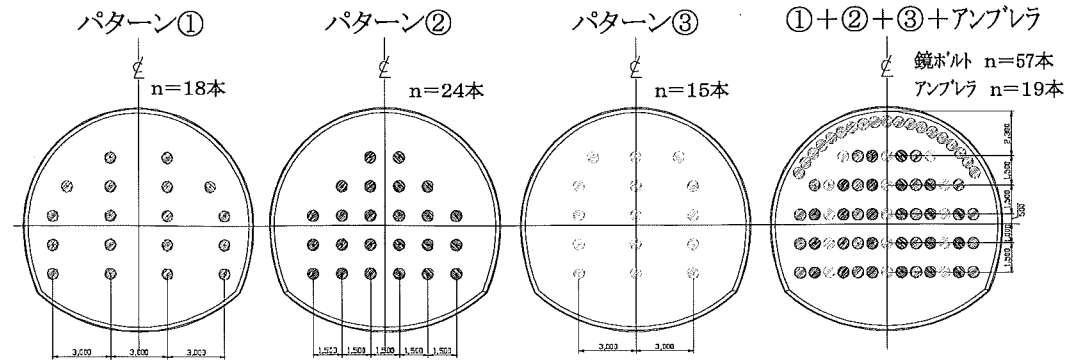


図-19 長尺切羽補強工パターンの一例

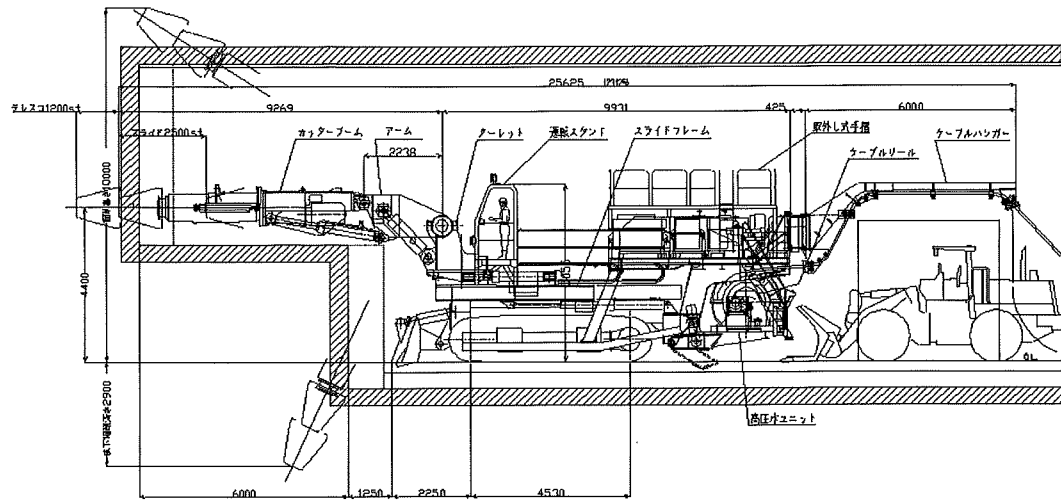


図-20 掘削機ブームヘッダーRH-250-MBSL

し、断層や褶曲の影響を受けた箇所が多数存在している。地山強度比は1以下を示す区間が大半を占め、地山は強い押し出しが顕著にみられた。こうした膨張性地山での施工のため、補助ベンチ付き全断面掘削工法が採用され、トンネルの変状を最小限に抑制することを目的とし、インバートによる早期閉合を行った。地山の押し出し量が大きく(所によっては1m以上)、もともと地山強度が低く、切羽の安定性が著しく悪い状態で切羽の安定性を向上させ、早期閉合を達成させるために長尺切羽補強工が採用された。長尺切羽補強工のパターン図の一例を図-19に示す。長尺切羽補強工の効果によって、補助ベンチ付き全断面工法の施工が可能となり、多重支保工法の効果と相まって、膨張性地山を克服した。

掘削方式は、ブームヘッダーによる機械掘削と

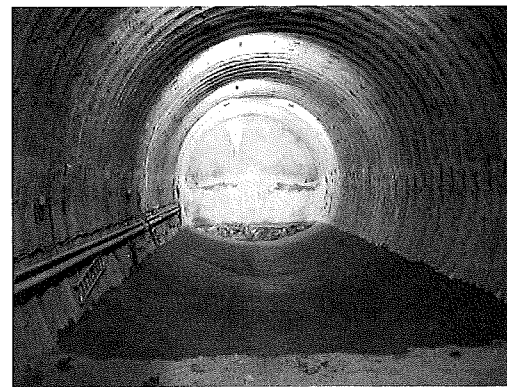


写真-2 一次インバートコンクリート

し、全断面掘削を可能とするだけでなく、切羽安定のため、ベンチ長6m程度が確保できるスライド機構、およびインバート掘削も可能なブームを採用した。本機械の採用により、切羽直近まで、一次インバートを施工することができ、早期閉

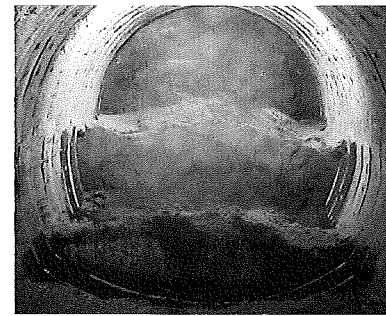


写真-3 インバートストラット

合を可能としている(図-20)。

写真-2には1回/週の一次インバートコンクリートを打設した事例で写真-3は切羽直近でインバートストラットを施工した事例である。

図-21に長尺切羽補強工を採用した区間と採用しない区間の内空変位の測定結果を示す。明らかに長尺切羽補強工を採用した区間の変位が小さく抑えられていることがわかる。

4-3 豊見城トンネル⁸⁾

豊見城トンネルは、延長1,074mの道路トンネルである。東側のその1工事は、坑口部付近では、土かぶり5~20mでトンネルルート上部に交通量の多い幹線道路や民家が存在する条件で、上下線のトンネル離隔距離が最小0.44mの超近接トンネルである。地山は、一軸圧縮強度が2N/mm²と非常に低強度であり、浸水による強度低下が顕著な島尻泥岩である。

このような施工条件の中、地表面への影響を最小限に抑えることが求められ、沈下に対する管理が重要となった。そのため、断面の早期閉合を行うため補助ベンチ付き全断面工法で施工を行った。東坑口部の断面図を図-22に示す。トンネル掘削の影響を極力小さくするために、長尺切羽補強工の採用により、先行ゆるみ発生抑制と全断面早期閉合を達成できる施工システムを採用した。東坑口より約60mはパイプルーフ工法を採用し、その先は長尺先受け工法を採用した。長尺先受け工法を採用区間の支保パターン図を図-23に

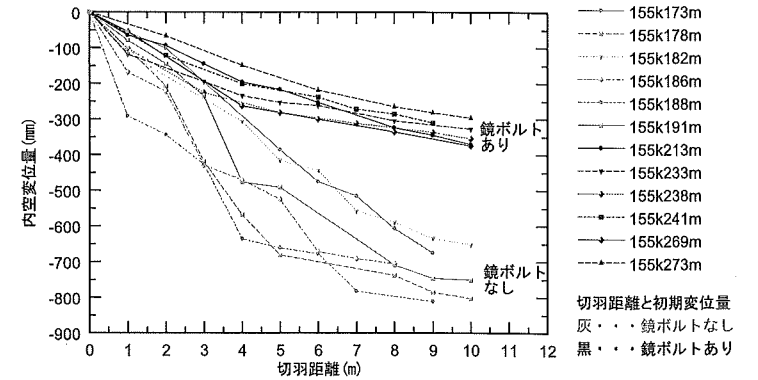


図-21 内空変位測定結果

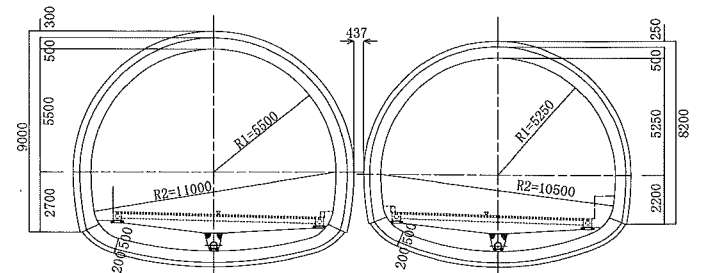


図-22 東坑口部断面図

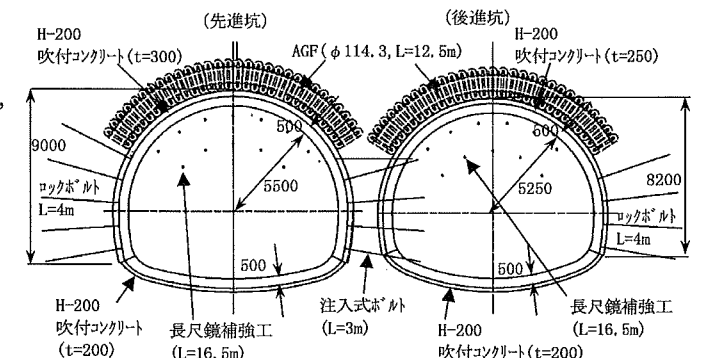


図-23 支保パターン(長尺先受け工法採用区間)

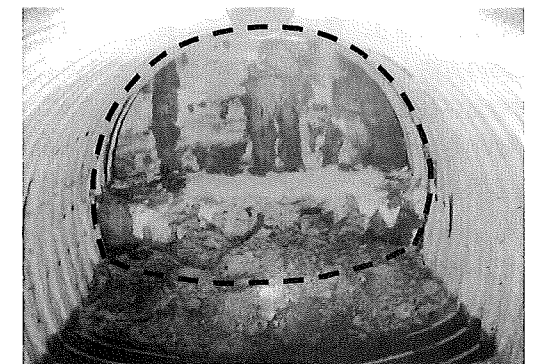


写真-4 断面の閉合状況

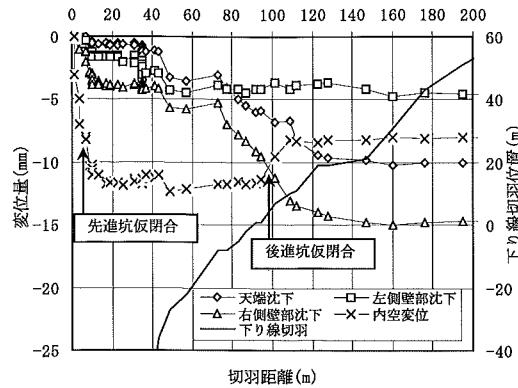


図-24 内空変位計測結果

示す。施工は、上下線とも上半切羽から5mの位置で鋼製支保工と吹付けコンクリートにより断面を早期に閉合した(写真-4)。施工の結果、A計測の代表的断面(先進坑)の計測結果を図-24に示す。このようにトンネル内空変位を小さな値に抑制することができ、その結果として地表面沈下も最大20mm程度で施工を行うことができた。

5 切羽安定性向上の方法

全断面早期閉合を達成するためには、切羽近傍で全断面掘削を完了しなければならない。そのために、切羽の安定性を確保し、大きな加背で掘削する必要がある。4章で示した事例では長尺切羽補強工を採用して、切羽の安定を図った。この工法は、切羽の安定性を向上させるばかりではなく、切羽前方地山の先行変位(ゆるみ)の発生を抑制するという点でも十分な効果を発揮し、トンネル掘削の影響の拡大防止に大きく寄与している。しかし、十分な効果を発揮させるには打設本数が多くなる場合もあり、費用が掛かる。費用を軽減するための方法として、切羽自体の形状を変えることが考えられる。

切羽の形状を変える方法として、次の二つが考えられる。

- ① 斜め切羽
- ② 球面切羽

斜め切羽の概略図を図-25に示す。斜め切羽は、ヨーロッパで昔から採用されていたが、支保工の設置方法に課題がある。球面切羽はわが国でも採

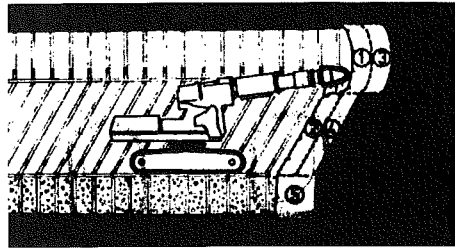
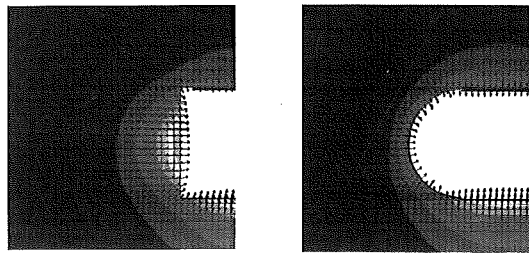
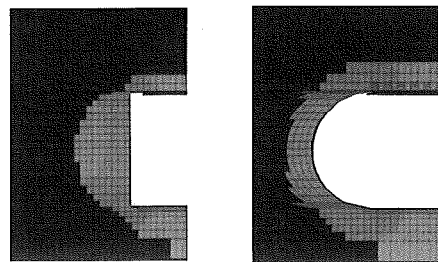


図-25 斜め切羽概要図



(1) 直切羽 (2) 球面切羽

図-26 地山変位コンター図



(1) 直切羽 (2) 球面切羽

図-27 地山塑性領域図

用を検討し、一部試験的に実施された⁹⁾。球面切羽は、始める箇所での球面形状をきっちりきめることが不可欠であり、数mは補助工を活用して掘削する必要がある。

ここでは球面切羽についての効果を見るために、三次元解析の結果を示す¹⁰⁾。図-26に通常の切羽形状、球面切羽における変位コンター図を、図-27に地山の塑性領域図を示す。これらの結果より、明らかに球面切羽の場合は切羽面での変位は小さく、塑性領域も切羽面近くに抑制されている。切羽の安定性をこれらの指標だけで評価することはできないと考えられるが、今後検討を行う必要がある。

堆積岩と火成岩が強風化したトンネルの切羽の崩壊状態をビデオで撮ったものを観察すると、通常の切羽で地山変位や塑性領域との関連がある最

大せん断ひずみが発生している上部付近から、地山の塊がせん断面に沿って崩落している。また、強風化した火成岩の場合、堆積岩と同じ箇所から、潜在的に存在していた不連続面と考えられる部分から岩塊がずれ落ちるような崩壊を起こしている。この両者ともに、掘削に伴う応力の再配分過程で発生するせん断ひずみによって自重を持ちこたえられなくて崩壊していると推察される。したがって、せん断ひずみの発生が小さい切羽形状にすれば切羽の安定性は向上すると考える。

以上、球面切羽や斜め球面切羽の採用と長尺切羽補強工の併用によって、経済的で確実な切羽安定性が確保され、これにより、全断面早期閉合による施工システムの採用が十分可能となることから、2章で挙げた5項目の利点が得られる。

6 おわりに

これまで、地山条件が著しく悪く、切羽の安定性の維持が困難な場合、切羽安定化の一つの方法として切羽の加背を小さくする方法が取られていたが、最終のトンネル断面を掘り終え、断面を閉合するまでに相当な時間を要した。そのため、十分な支保効果を発揮することができず、大きなトンネル変形や地表面沈下の発生あるいはゆるみ領域の拡大によるトンネル荷重の増大という結果を引き起こし、施工に難渋することがあった。

また、上下半に分割し、上半部を比較的大きな加背で掘削する計画をした場合でも、上半部の沈下防止のために、ウイングリブやレッグパイルといった補助工法を採用することもあり、上半のベンチ長によっては全断面の閉合までには時間を要した。

上記の3事例のトンネルでは、長尺切羽補強工を採用して切羽の安定性を向上させ、大きな加背で掘削して全断面の早期閉合を達成させる施工システムによって、トンネル掘削による周辺への影響を抑制することができた。

断面の早期閉合は、トンネル技術者であれば最

初に教えられる基本のことであるが、必ずしも実施されているとはいえないのが現状である。実際には、変状が発生して、はじめて断面閉合を急いで行うことが多く、施工当初から、明確なコンセプトに従って早期断面閉合される施工を行うことは少ない。

今後、報告した検討結果などを参考に、明確なコンセプトにもとづく設計を行い、この施工システムの適用による、より合理的なトンネル施工が行われれば幸いである。

参考文献

- 1) 御手洗良夫・松尾勉・手塚仁・岡本哲也・西村誠一・松井保：山岳トンネルにおける長尺鏡補強工の作用効果の評価，土木学会論文集No.743/III-64, pp.213-222, 2003.9.
- 2) 谷本親伯：NATM 1, 森北出版, pp.18-29, 1984.
- 3) 森崎泰隆・新城喜弘・川崎正和・原守哉・小田原秀明：早期閉合による超近接トンネル施工の地表面沈下抑制効果，トンネル工学研究報告集, Vol.16, pp.135-140, 2006.
- 4) 日本道路公団：トンネル数値解析マニュアル, 1998.
- 5) (社)日本道路協会：道路トンネル技術基準(構造編)・同解説, 2003.
- 6) 武友憲重・久保田英雄・西村誠一・安田亨：未固結地山における超大断面トンネルの施工，箕面有料道路 箕面トンネル南工区, トンネルと地下, Vol.36, No.5, pp.7-15, 2005.5.
- 7) 依田淳一・益田光雄・川原一則・高橋秀典・杉本憲一：膨張性地山の支保構造事例，第54回施工体験発表会(山岳), pp.17-24, 2004.
- 8) 照屋正史・高良哲治・駒谷恒雄・森崎泰隆：地表面の構造物直下における超近接トンネルを全断面早期閉合により施工，豊見城東道路 豊見城トンネル(その1)工事, トンネルと地下, Vol.38, No.7, pp.17-24, 2007.7.
- 9) 田名瀬寛之・細川裕・山本宏司・菅正：軟岩トンネルの高速施工をめざしたTWSの開発，北陸自動車道山王トンネル, トンネルと地下, Vol.28, No.8, pp.15-23, 1997.8.
- 10) 森本真吾：トンネル切羽の安定性に与える地山物性および形状に関する研究，山口大学修士論文, 2004.

土木情報 No.411

今月の主な入札結果

(7月10日～8月9日)

事業主体	工事名	請負会社	請負額 単位 百万円
東北農政局	隈戸川農業水利事業 羽鳥ダム取水T	佐藤工業	1,180
関東農政局	中信平二期農業水利事業梓川幹線その3	青木あすなる建設	685
中国四国農政局	吉野川下流域農地防災事業南部幹線水路(富吉工区その1)	青木あすなる建設	383.1
北海道開発局	北海道横断自動車道浦幌町炭山第1T	熊谷組・戸田建設・荒井建設特定JV	3,385
〃	樺戸(二期)農業水利事業徳富ダム徳富T	ハザマ	645
〃	北海道横断自動車道浦幌町釧勝T	戸田建設・熊谷組・伊藤組土建特定JV	5,200
九州地整	新若戸道路沈埋T部(5号函)製作	五洋建設・みらい建設JV	1,930
近畿地整	大阪港夢洲T夢洲側アプローチ部(Y4工区)築造	鴻池組	940
中国地整	出雲BP神立地下道外	トガノ建設	214
東日本高速道路	北海道横断自動車道長和T	鴻池組	2,500
成田国際空港	D誘導路横断道路Tその他	浅沼組	433
北海道	留萌小平線留萌市, 小平町道路改良留平T	宮坂建設工業・堀口組・堀松建設工業JV	1,830
宮城県	小平T本体	日特建設・上の組JV	1,693
埼玉県	利根川右岸流域下水道上里幹線管渠築造 1工区3号	小川・新井JV	940
都・下水道局	千代田区西神田二丁目, 神田神保町二丁目付近再構築	勝村建設	428
〃	中央区日本橋本町四丁目, 千代田区神田美倉町付近再構築	馬淵建設	264.6
〃	江東区門前仲町二丁目, 富岡一丁目付近管渠改良	大蔵工業	101.38
〃	〃 東砂二, 三丁目付近再構築その3	石川徳建設	343.35
〃	墨田区菊川三丁目, 立川四丁目付近再構築	坂田建設	283.72
〃	荒川区南千住五丁目付近再構築その4	東亜グラウト工業	235.52
〃	足立区千住寿町, 千住四丁目付近再構築	大豊建設・ピーエス三菱JV	860
〃	大田区千鳥三丁目, 下丸子一丁目付近枝線	新日本工業	444.73
〃	板橋区板橋四丁目付近再構築	明治・和光リース建設共同企業体	328.81
〃	豊島区南池袋一丁目, 目白二丁目付近再構築	大盛工業	499
〃	南部港湾理立地区下水道整備その7	松崎建設	217.35
〃	中川汚水幹線その14	竹中土木	2,712.15
〃	芝浦水再生センターから森ヶ崎水再生センター間送泥管敷設その3-3	星輝	119.64
都・水道局	世田谷区東玉川二丁目地先から大田区田園調布一丁目地先間配水管(700mm)新設	大明建設	293
新潟県	国連改17-1号一般国道459号交通連携(国道改築)事業当麻T	福田組・巴山組JV	514
長野県	19年度国補ダム建設(治水ダム)・松川ダム(再開発)松川ダム1工区	木下建設	172
和歌山県	国道424号(仮称修理川1号Tその2)道路改築	小池組	772
〃	国道371号(仮称温川2号T)道路改築	三友工業	620
〃	泉佐野岩出線(仮称新風吹T下り)道路改築	森本組・関組特定JV	999
広島県	県営広域営農団地農道整備事業東城2期地区三国山T	森本組・鴻治組JV	999.9
水戸市	国補公下千波第1雨水幹線	三ツ和総合建設業協組・豊島工務店JV	353
さいたま市	鴨川第10-1排水区下水道(北建-19-2)	石川建設	100.53
藤市	錦町雨水管渠築造(19-1工区)	島田建設工業	167.9
入間市	藤沢中央公園地下調整池設置	島村工業	205.16
野田市	南部4号幹線管渠築造(その1)	不動テトラ	162
横浜市	関内線口径800mm配水管新設	ドリーム建設	116.5
〃	鶴見幹線口径700mm送水管新設(その2)	紅梅組	153
〃	田谷線～上倉田線口径900mm配水管新設(その7)	立川開発工業	147.25
川崎市	中島地区他地下水枝線第106号	熊谷・神明JV	161.39
小田原市	平成19年度公下第4工区	司建設	115.41
高砂市	米田塩市2号雨水幹線	和宏開発	158

報告

「ITA総会および世界トンネル会議(プラハ)」報告

日本トンネル技術協会

国際トンネル協会(ITA)の第33回総会が、2007年5月5～10日にチェコのプラハコングレスセンターで開催された。また、ITA総会に併せてチェコ・トンネル委員会主催の世界トンネル会議(WTC)2007が“地下空間利用—巨大都市の4次元利用—”のテーマのもとで開催された。ITA総会には52か国のメンバーのうち43か国の代表者と作業部会のメンバーが、またWTCには約1,200名が参加した。以下に、その概要を報告する。

1 ITA 総会

1-1 出席国

南アフリカ, ドイツ, オーストラリア, オーストリア, ブラジル, ブルガリア, カナダ, 中国, コロンビア, 韓国, クロアチア, デンマーク, エジプト, スペイン, アメリカ, フィンランド, フランス, ギリシア, ハンガリー, インド, アイスランド, イスラエル, イタリア, 日本, マレーシア, メキシコ, ノルウェー, オランダ, ポーランド, ポルトガル, ルーマニア, イギリス, ロシア, シンガポール, スロバキア, スロベニア, スウェーデン, スイス, チェコ, タイ, トルコ, ウクライナ。

(欠席国: アルジェリア, サウジアラビア, チリ, インドネシア, イラン, レソト, モロッコ,

ベネズエラ, ベトナム)。

1-2 役員の改選

総会で役員の改選が行われ、以下の新しい体制が承認された。なお、日本からは、小野紘一副会長(京都大学名誉教授)が任期満了により退任し、福本勝司氏((株)大林組)が理事に選任された。

- 会長 M. Knights (イギリス)2010年まで
- 名誉会長 A. M. Muir Wood (イギリス)
- 前会長 H. Parker (アメリカ)2010年まで
- 副会長 P. Grasso (イタリア)2010年まで
- 副会長 E. Grov (ノルウェー)2010年まで
- 副会長 Y. Leblais (フランス)2010年まで
- 副会長 I. M. Lee (韓国)2010年まで
- 理事 W. Liu (中国)2008年まで
- 理事 S. Eskesen (デンマーク)2010年まで
- 理事 福本 勝司 (日本)2010年まで
- 理事 I. Hrdina (チェコ)2010年まで
- 理事 M. Thewes (ドイツ)2010年まで
- 理事 V. Umnov (ロシア)2010年まで
- 理事 G. N. Mahur (インド)2008年まで
- 出納長 F. Vuilleumier (スイス)2010年まで
- 事務局長 C. Berenguier (フランス)2008年まで
- 準理事
- 内部監査員 S. Calinescu (ルーマニア)2008年まで

2009年開催国 P. Kocsonya

(ハンガリー)2009年まで

1-3 会員状況

総会で19名の新会員(法人会員13名, 個人会員6名)の登録を承認した。退会者を考慮し, 総会員数は52の加盟国と280名の会員(法人会員140名, 個人会員140名)となった。

1-4 主要な議決事項

(1) ITAの戦略計画2007の一環として, 協会の名称を次のように変更することを議決した。なお, ITAの略称とロゴマークは従前どおり。

“International Tunnelling and Underground Space Association”

“Association Internationale des Tunnels et de l'Espace Souterrain”

“国際トンネル地下利用協会”

(2) 情報連絡, 教育・訓練および運営組織体制の強化を含む「戦略計画2007」を承認した。

(3) 新たな委員会の創設を議決した。

- ・教育・訓練委員会(Committee on Education and Training(CET): A. Assis委員長)
- ・地下利用委員会(Committee on Underground Space(CUS))

(4) 2010年の総会とWTCの開催地について, カナダが立候補し, 5月15~20日にバンクーバーで開催することが議決された。

なお, 2008年9月20~25日の総会はインドのAgra(WTC: “より良い環境と安全のための地下空間施設”)で, 2009年5月23~28日の総会はハンガリーのブダペスト(WTC: “都市と環境のための安全なトンネル建設”)で開催予定。

2 ITA情報連絡会議

情報連絡に関する活動報告と2007年の活動方針の検討がなされた。

2-1 機関誌“TRIBUNE”

2007年の年報は, チェコに関する記事に焦点をあてるほか, 29か国の加盟国からの報告, 総会のオープンセッションの論文概要, ITAプライムスポンサーと協力会社の報告を掲載しており, 総会

の開催にあわせて刊行・配布した。

2-2 メール配信“ita@news”

2006~2007年は, ニュース配信を6回行った。その内容として, ITA, ワーキンググループ, 加盟各国, 開催予定の会議, 姉妹機関などのニュースを取り扱った。メールは, 3,400の読者および加盟国や会員あてに送付した。

2-3 雑誌“Tunnelling and Underground Space Technology (TUST)”

2006年(第21巻)は6回刊行し, 合計700ページであった。第21巻3-4合併号には, ソウルで開催のWTCにおける203の論文概要を掲載するとともに, 全論文を巻末添付のCD-ROM(およびScience Direct: www.sciencedirect.com)に収録した。

2-4 ITAウェブサイト

ウェブサイトは1,000ページの文書と875のpdf文書で構成されており, 10,000ページが印刷可能である。アクセス数は現在1か月に約25,000件, 年間で延べ500,000件に達する(昨年の50~30%増)。ワーキンググループでは, メンバーのメーリングリストや大容量のファイル交換ができるFTPを利用するなど, ウェブをより良い連絡手段として活用している。“世界の地下構造物”のページを作成中であり, 会員限定のページを検討中である。

3 ITA委員会とワーキンググループ会議

3-1 地下施設安全管理委員会(ITA Committee on Operational Safety of Underground Facilities (COSUF))

(委員長: F. Amberg <ITA>, 副委員長: D. Lacroix <PIARC>, チュータ: C. Berenguier <ITA>)

ITA-COSUFは2005年トルコで開催された第31回ITA総会において創設された。2006年10月末にポーランド国立トンネル委員会とポーランド中央消防学校の協力を得て, COSUFのワークショップを開催した。また, ITA-COSUFはITAが組織する会議のほか, 国際ワークショップ(10月上旬

のロンドン(BASF主催), 11月のシャルム・エル・シェイク(エジプト)とリヤド(サウジアラビア))などにも参加した。

第33回ITA総会とプラハWTCの開催時期に合わせて2007年5月10日に, 第1回ITA-COSUFワークショップ“トンネル安全における新しい局面”を開催するとともに, ITA-COSUFの総会を開催した。

ITA-COSUFはITAが組織する専門分野の催し物のすべてに参加する予定である。現在, 法人会員の数は50名に上っている。

3-2 ワーキンググループ会議

3-2-1 WG 2: 研究開発

(部会長: E. Leca <フランス>, 新副部会長: C. Yoo <韓国>, チュータ: S. Eskesen <デンマーク>)

13か国(オーストリア, 中国, 韓国, デンマーク, スペイン, フランス, イタリア, オランダ, イギリス, アメリカ, スウェーデン, チェコ, トルコ)から20名が参加した。

“軟弱地盤におけるトンネル掘削による地盤沈下”の勧告を本年のTUST誌に掲載した。WGの成果を普及する一環としてこれを訓練の教材として準備し, 後述するプラハ会議のトレーニングコースで初めて使用された。このほか2つの資料“現場調査の戦略”と“地下建設作業の監視と管理”については, プラハ総会の会期中に原案を査読し, 来年には完成予定である。

危機管理の分野に関しては, その普及に役立つ教材やマニュアルの作成などがある。これは2004年にWG2が刊行した“トンネル掘削実施ガイドライン”を補足するものであり, 危機管理への取り組みのさまざまな場面や, 危機管理が上手く利用された事例に関する考察も含まれている。

3-2-2 WG 3: 地下工事における契約

(部会長: A. Dix <オーストラリア>, 副部会長: M. Smith <イギリス>, チュータ: M. Knights <イギリス>)

現代のあらゆる契約において, 地下条件に十分注意を払うべきであるとして, 契約慣例について

の方針説明書の作成が急務であることを確認した。このドキュメントは, 地下建設における最重要課題とそれに対する契約上の適切な対処法を示したもので, ITAによる契約関連の表明としては初めてのものとなる。

3-2-3 WG 5: 作業の安全と衛生

(部会長: D. Lamont <イギリス>, 副部会長: M. Vogel <スイス>, チュータ: V. Umnov <ロシア>)

プラハ総会の会期中にWGを2回開催し, 加盟各国から9名の参加があった。

“掘削における安全”の冊子は, 現在7か国語に翻訳されており, 現在ノルウェー語とポルトガル語の翻訳作業中である。

“トンネル工事におけるより良い健康と安全な施工のための指針”の改訂版はプラハにて完成した。

2つの新たな作業が始まった。1つは“汚染された土壌におけるトンネル掘削”, もう1つは“トンネル工事中の順応性のある換気ダクトのために必要なもの”であり, 情報の収集中である。

3-2-4 WG 6: トンネルの保守管理

(部会長: H. Russell <アメリカ>, 副部会長: R. van den Bosch <オランダ>, チュータ: W. Liu <中国>)

14か国(アメリカ, オランダ, スイス, スウェーデン, ノルウェー, イギリス, ハンガリー, オーストラリア, 中国, 韓国, 日本, その他)から18名が参加した。日本からは高野佳博氏が出席した。

本部会は, 鉄道トンネルの耐火構造指針の作成を目標としているが, その目的を明確にするため2006年に仮決めした標題を改め, “Guidelines for Structural Fire Resistance for Underground Metro System (地下鉄の耐火構造にかかわる指針)”とした。

今回の部会では, 下記の指針の章立てとその執筆担当を決定した。

序文および適用範囲

第1章 時間温度曲線(すでに完了)

第2章 トンネルの構成要素

第3章 駅 部

第4章 その他の防火空間

第5章 トンネル火災の事例調査

この章立ては、2004年5月に完成している“Guidelines for Structural Fire Resistance for Road Tunnels(道路トンネルの防火構造の指針)”を参考に、駅、連絡通路などを有する鉄道の特徴を考慮して構成されたものである。

日本(JTA)は、「第5章 トンネル火災の事例研究」のうち、鉄道トンネル火災例とし「Kaprun鉄道トンネルの火災(オーストリア)」を担当している。このほか、「EUREKA火災実験」,「テグ駅火災(韓国)」などの大規模火災、火災実験については、すでに資料を収集しているが、各国において、鉄道トンネルの小規模火災の事例があれば、これを報告することとした。

本指針は、2007年末までに完了し、理事会の承認を得てITAウェブサイトに掲載する予定である。また、本部会中に、オランダのG.J. Klokが金網メッシュと吹付けを用いたトンネルの防火システム(RWS温度時間曲線の火災に対して防火性能を有する)を、H. Russellがメモリアルトンネルにて実施された火災実験の発表を行った。さらに、スウェーデンでは、防火構造として施工される吹付け中に合成短繊維を混入するが、混練りに問題を生じており、その配合が検討課題であるとの報告があった。

(文責：高野佳博・JR東日本コンサルタンツ(株))

3-2-5 WG11：沈埋・浮きトンネル

(部会長：C. Ingerslev <アメリカ>、副部会長：J. Baber <イギリス>、チュータ：Y. Leblais <フランス>)

14か国(オーストラリア、カナダ、チェコ、デンマーク、フランス、オランダ、ノルウェー、スウェーデン、トルコ、イギリス、アメリカ、フィンランド、ドイツ、イタリア)から19名が参加した。

世界中のプロジェクトや開発に関しての情報交換と今後12か月のWG活動について議論し、検索可能なデータベースについては、まず技術論文としてアップロードすることとした。

3-2-6 WG12：吹付けコンクリート

(部会長：T. Celestino <ブラジル>、副部会長：石田 積 <日本>、チュータ：E. Grov <ノルウェー>)

13か国(ノルウェー、スウェーデン、スイス、フランス、チェコ、ドイツ、スペイン、南アフリカ、イギリス、フィンランド、ハンガリー、ブラジル、日本)から21名が参加した。日本からは石田積氏が出席した。

20か国からの情報を集めた吹付けコンクリートの調査報告書が完成し、ITA-WG12ウェブサイトで閲覧し入手できる。今会議ではチェコにおける吹付けコンクリートの現状と今後について報告があり、その資料をITAウェブサイトに掲載する予定である。

耐火吹付けモルタルの調査研究を進め、これまでの成果を昨年10月のトンネル耐火工学の研究会で報告した。その内容はITAウェブサイト(イギリスの活動報告ページ)で確認できる。新しい材料の情報が入り次第、内容を更新し、時期を見て論文にまとめる予定。

吹付けノズルマンの資格に関する調査研究を進めてきた。担当したフランスからの出席者がこれまでの成果を今回のWTCに投稿している。部会でEFNARC(特殊建設用化学製品とコンクリートシステムに関するヨーロッパ連邦)から資格認証の策定作業の報告があり、共同でノズルマンの資格認可に関する指針作成を検討することにした。

繊維補強吹付けコンクリートテストを継続しており、部会では試験内容を議論し、初期材齢(12時間、3日)の評価も試験に加えることにした。スイスのハーゲルバッハ試験トンネルでの吹付け試験を計画しており、評価する繊維を増やすために繊維メーカーに繊維の提供を募っている。

(文責：石田 積・電気化学工業(株))

3-2-7 WG14：機械化掘削

(部会長：福本勝司 <日本>、副部会長：F. Amberg <スイス>、チュータ：小野紘一 <日本>)

11か国(オーストラリア、カナダ、チェコ、フ

ランス、ドイツ、ハンガリー、日本、ノルウェー、スロバキア、スイス、アメリカ)から20名が参加した。福本部会長から昨年の部会活動について以下の報告があった。

- TBMに関する単語集はスペイン語が完成し、合計7か国語の単語集がITAウェブサイトに掲載されている。
- 前回の部会で理事の査読中であると報告された「トンネルボーリングマシンのキーワードによる分類と定義」は理事会でITA ウェブサイトには掲載しないことが決定された。
- ITAのガイドラインに代えて、集めることとなったメンバー各国の示方書、マニュアルなどは、オーストラリア、EU、フランス、ドイツ、日本から合計7編の情報が集められITAのウェブサイトに掲載されている。
- 機械化掘削によるチャレンジングな施工例はオーストラリア、オーストリア、中国、日本、韓国、ロシア、スロバキア、スペイン、スイスの10か国から42例集められた。ITA事務局と掲載方法を相談のうえ、なるべく早い時期にITAウェブサイトに掲載する。
- 「メンバー各国の示方書、マニュアル等」、「機械化掘削によるチャレンジングな施工例」は最低年に1回はメンバー各国に連絡をとり、最新情報を集めて更新することが確認された。次に本年度の活動として、Vision 2020に挙げられた項目の中から重点的課題として選ばれた3項目を推進するために、3つのサブグループが組織され、グループリーダーが選出された。
- (1) リスクマネジメントと保険(リーダー：L. Babendererde <ドイツ>)
機械化掘削におけるリスクを明確にするとともに保険会社を啓蒙することができるような資料を作成する。リスクマネジメントについて活動している他のWGと連携を取ることが必要である。
- (2) 若手技術者と作業員を対象としたトレーニングコース(リーダー：M. Herrenknecht <ドイツ>)
若手技術者と作業員を対象として機械化掘削に

についての基礎的な知識と実践的な知識を教えるトレーニングコースの企画をする。WG18、教育・訓練委員会ならびに事務局と連携を取ることが必要である。

(3) 山岳工法と比較した機械化掘削工法の長所について(リーダー：T. Peach <オーストラリア>)

機械化掘削の長所についてまとめる。WG17とも連携を取ることが必要である。

各リーダーは3か月以内にレポートの概要をまとめ部会長に報告する。

(2)については、トレーニングプログラムを作成するとともに、このようなトレーニングをとくに必要としている中国とインドで、1週間程度のトレーニングコースを開催する。トレーニングコースを開催する大学の選定に際してはWG18、教育・訓練委員会ならびに事務局と連携する。講師はHerrenknecht社とLovat社が準備し、費用についてはBASF社、Herrenknecht社、Lovat社がスポンサーとなることを表明した。また、ITAの理事会を通じて他のプライムスポンサーにも参加を呼びかける。現部会長が理事に選出された場合に備え、次期部会長候補としてL. Babendererde氏が選出された。

(文責：福本勝司・(株)大林組)

3-2-8 WG15：環境

(部会長：J. Rohde <ノルウェー>、副部会長：J. Kaneshiro <アメリカ>、チュータ：I. M. Lee <韓国>)

7か国から8名が参加した。部会では“地下利用のための環境と持続可能な理由(最終案)”を査読し、2007年5月発刊の予定で準備を進めている。部会では、鉄道トンネルの振動、トンネル内および換気塔周辺の大気質、地下鉄の延伸、ずり処理、さまざまな環境側面、地下空間利用の利点と挑戦など6件の発表があった。また、地下空間利用に関してさまざまな話題やWGの今後の作業方針を議論し、地下施設からの振動、空気や水に関すること、掘削土などのさまざまな観点からのリストを今年6月末までに準備することとした。長期の

目標は地下施設に関する環境側面についてガイドラインや勧告を作成することである。

3-2-9 WG16: 品質

(部会長: C. Oggeri <イタリア>, 副部会長: A. Sagy <イスラエル>)

すでに発刊されたWG報告書に添付する巻末資料(付録)の内容に関する討議を行った。具体的には、品質マネジメントとリスクマネジメントの関連づけやトンネルプロジェクトにおける各マネジメントの実施事例、今後のマネジメントのあり方などについて取りまとめた。今年度中に付録を含めたWG報告書の最終版を提出する予定。

3-2-10 WG17: 長大土かぶりトンネル

(部会長: G. Seingre <スイス>, 副部会長: 下河内稔 <日本>, チュータ: P. Grasso <イタリア>)

12か国(カナダ, 中国, フランス, インド, イタリア, 韓国, ノルウェー, スロバキア, スロベニア, スウェーデン, スイス, イギリス)から19名が参加者した。

部会では2つの話題(新しいアルプスペーストンネルとヒマラヤ水力用トンネルの事例発表, および大深度長大水力トンネルに関するWGの次期報告)に焦点が当てられた。

3-2-11 WG18: トレーニング

(部会長: D. Peila <イタリア>, 副部会長: H. Admiraal <オランダ>, チュータ: M. Thewes <ドイツ>)

ブラジル, チェコ, フランス, イタリア, ドイツ, ルーマニア, スウェーデン, フィンランド, オランダの各国から9名が参加した。

ソウル会議後に行われてきた作業に関する討議が行われ, さらにITAに認可されている大学院修士課程についても説明がされた。

また, 新設される教育・訓練委員会とWGとのかわり方などについても討議された。WGは委員会設立の趣旨が総会で承認され, 委員会とWGの共同で協力体制の枠組みを作成することになればそれを支持すると表明した。また, ITAウェブサイト上のトレーニングのページに新しい資料を

どのように提供するか戦略を決めた。討議はメンバーの今後の活動についての状況や次の会議での提案概要などについてもなされた。

3-2-12 WG19: 山岳工法

(部会長: H. Ehrbar <スイス>, 副部会長: R. Galler <オーストリア>, チュータ: F. Vuilleumier <スイス>)

16か国から26名が参加した。日本からは伊藤文雄氏が出席した。

(1) 報告書: 「NATMのガイドライン」

本部会はNATMによる掘削を取り扱うことを目的としている。

近年, 英国ヒースロー空港トンネルの事故などを契機に, NATMに対するリスク評価が保険業界において大きなテーマとなっている。さらに, 発展途上国においては, 企業者側のNATMに対する理解が必ずしも一様ではなく, 契約, 品質管理方法などについての対応は異なっているのが現状である。そこで, 本部会は, NATMに対する世界共通のガイドラインを設けることを目的として討議を重ねてきた。その成果である報告書はITAの承認を得たのち数週間以内に発行することになった。

(2) 今後の活動方針

NATMに関する重要なテーマとして,

- ・モニタリング
- ・契約形態

の2つを採り上げ, 以下に示すように, 各国の事情を反映した議論を行うこととなった。

1) 地下工事におけるモニタリング: その応用と評価

このテーマは, オーストリアのトンネル協会が今年10月に発表予定の「モニタリングのガイドライン」の概要紹介とともに(Graz工科大学Schubert教授から)提案されたものである。ガイドラインの枠組みは以下のとおりである。

- ・モニタリングの準備
- ・モニタリングの計測機器
- ・モニタリングの適用と評価
- ・モニタリングの可視化と解釈

・安全のマネジメント

モニタリングは, NATMの柔軟性に対する指針であると同時に, 施工時におけるリスク管理の重要な手法の一つである。また, モニタリングは, 次に議論する契約形態に対しても非常に大きな影響を及ぼす項目である。

日本の土木学会の標準示方書にもモニタリングについての位置づけが述べられていることから, 該当箇所の内容をITAウェブサイトに掲載する方向で検討することとした。

2) 契約形態

このテーマは, アメリカのMunpha氏から提案されたものである。

欧米では, すでに競争入札の原理にもとづき, さまざまな契約形態が存在し, その内容と評価は各国の状況で異なることが議論の結果明らかとなってきた。契約のリスク管理として, アメリカのGeo-technical Baseline Report(GBR)にもとづく施工時の地山挙動の予測とリスク評価, 欧州のモニタリングの観点からのリスク管理, 保険会社の持っている評価手法や考え方について議論がなされた。今後, 契約形態とその利点, 欠点を整理し, 各国の作業結果を集約したうえで, 再度議論することとなった。

(3) 日本にとってのメリット

国内市場の縮小などの背景から, 海外での受注活動はさらに活発化すると考えられる。この場合, ITAの作成したガイドラインが, 各国の起業家側の一つの指針として位置づけられ, 契約~施工時の参照図書となる可能性は高い。

この意味において, 本部会で取り上げられるテーマについて, 各国の考え方および成果を入手するとともに, 必要によりわが国の考え方を発信することは重要である。

(文責: 伊藤文雄・大成建設(株))

3-2-13 WG20: 地下利用による都市問題解決

(部会長: M. Thewes <ドイツ>, 副部会長: G. Arends <オランダ>, J. Nishi <日本>, チュータ: H. Parker <アメリカ>)

12か国から18名が参加した。本作業部会は, 都

市における典型的な挑戦となる都市計画と, 地下空間利用により提示される解決策の概要を, 報告書にまとめるという目標に向けて順調に進展した。WGの最初の成果物は, 都市問題と地下空間利用による解決策に関する33ページからなる報告書の草案と, 重要な決定要因が最終稿へ向けて承認された。いくつかのユニークなプロジェクトの事例が報告書に追加選定された。

4 トレーニングコース

「都市部のトンネル掘削」のテーマのもとで5月3~4日にチェコ工科大学で開催され, チェコ以外の国からの38名を含む125名が参加した。

D. Peila氏(WG18部会長), F. Gruebl氏(ITA理事), J. Bartak氏(ITA/WTC2007科学委員会会長)が進行役を務めた。

講師は14か国からの21名であり, うち5名がITAプライムスポンサー, 13名はITA理事/部会長であった。日本からはプライムスポンサーとしてシールド工法技術協会の法花眞治氏およびWG14部会長の福本勝司氏が講師を務めた。

都市部における従来の掘削方式(NATM)や機械掘削方式に関して, 理論的な観点および多数の事例研究について12時間にわたる素晴らしい講演が行われた。参加者の積極的な討議が興味の高さを表していた。

5 世界トンネル会議

ITA-AITES世界トンネル会議2007(ITA WTC 2007)はチェコトンネル委員会の主催により, 2007年5月7日(月)からチェコ共和国の首都プラハのコングレスセンターにおいて開催された。

会議のモットーは「地下空間利用—巨大都市の4次元利用」であり, プログラムは, 基調講演, オープンセッション, テクニカルセッションおよび現場視察により構成された(現場視察の内容については, 次号の技術調査団報告の中で紹介する)。

5-1 基調講演
開会式において, トンネル業界の現在の状況について, 世界のトンネル専門家により下記のテー

マで講演があった(講演内容の詳細は、チェコトンネル協会誌「Tunnel」Vol. 16, 2007に掲載: JTA所蔵)。

① 主要都市のトンネル—地表面沈下

Z.D. Eisenstein教授(カナダ)

② TBMによるトンネル掘削—技術の現状

M. Thewes教授(ドイツRuhr大学)

③ 岩盤におけるトンネル掘削—現状と将来

J. Zhao教授(ローザンヌ大学)

④ 硬質粘土におけるトンネル掘削

—現状とニーズ

D. Powell氏(Mott MacDonald社)

5-2 オープンセッション

オープンセッションのテーマは“トンネル工事契約における新しい資金調達の見直しと結果”であり、Y. Leblais氏とF. Vuilleumier氏の司会のもとで下記の講演があった(講演内容の詳細は、ITA協会誌「Tribune」No.29, 2007: <http://www.wtc2007.org/>)。

① ヨーロッパの展望

H. Marty-Gauquie氏(欧州開発銀行)

② なぜ利権ビジネスへの投資か

V. Piron氏(Vinci社)

③ 新しい資金調達の傾向/投資家と契約者の観点からの経済的な取組みの変化

M. Holfelder氏(Bilfinger-Berger社)

④ トンネルのためのPPP—エンジニアリング会社の展望

Y. Leblais氏(ITA副会長)

⑤ トンネル工事契約における新しい資金調達の傾向と結果

A. Dix氏(WG3部会長)

⑥ 一般的な危機管理戦略としての保険の適用

H.P. Wannick氏(ミュンヘン再保険会社)

⑦ チェコの交通施設プロジェクトにおけるPPPの可能性

E. Šíp氏(チェコ交通省副大臣)

このセッションでは、利害関係者(公的投資家、個人投資家、請負業者、エンジニアリング会社、弁護士、保険会社および企業体)を包含するPPPの全体概要が発表された。セッションでは、利害関係者から要求される長期的な関与、関係者の厳

格なマネジメントの必要性、公平なリスクの負担のあり方、加えて、建設および長期にわたる維持管理の両面において成功するためには入札の早い段階から設計への強い関与が必要であることが強調された。最後に、これは大きなビジネスチャンスを与えてくれることを強調した。

5-3 テクニカルセッション

技術プログラムは、下記の広範囲にわたるトピックスについて論文を公募した。全体で316編の応募があり、そのうち口頭発表が129編、ポスター発表が68編であった。

(1) 地下都市設計、地下建設計画

(2) 地質調査および地盤改良

(3) 密集地の地下建設における研究、開発、設計

(4) 都市内のトンネル工事と観測

—NATMとTBM

(5) 密集地における開削工事

(6) 地下建設におけるコンクリート

(7) トンネル工事におけるリスクとマネジメント

(8) トンネル施設: 火災と安全管理

(9) 経年の地下建設: 地下構造物の維持と再構築

日本からの発表論文は36編であった(表-1参照)。

5-4 展示会

WTCの会場のロビーにおいて、材料メーカー、TBM・土木機械メーカー、トンネル換気機メーカー、フランストンネル協会、コンサルタントほかの73社・団体の展示ブースが設営された。

展示は、パネルやパンフレットによる方法に加えて、動画入りのCDの配布、問合せ先のE-mailアドレスを誇張したブースがほとんどであり、今までの展示会場とはやや様変わりした状況を感じた。

(1) 材料メーカー

欧州におけるトンネル火災への意識の高まりから二次覆工コンクリートの耐火性の品質改善材料の展示、および開催地プラハの土地がら、都市部のトンネル施工時に避けられない地下水対策に必要な材料の展示に特化したメーカーの数が多いのが目立った。

(2) TBM・土木機械メーカー

展示の主役ともいえるべき位置づけでHerrench-

表-1 日本からの投稿論文(世界トンネル会議 2007)

Topic No.	論文題名(抄訳)	著者	機関名
1	地下換気所と地下高速道路トンネルの接続方法	小西由人・ほか	首都高速道路(株)
1	大都市ターミナル駅直下における大規模地下駅建設の技術	新堀敏彦・ほか	東日本旅客鉄道(株)
2.1	ロードヘッダの機械データを利用した地山物性の評価	塚本耕治・ほか	(株)奥村組
2.2	比抵抗トモグラフィによる地山改良の性能評価	清水智明・ほか	(株)奥村組
3	大断面シールドチャンバー内の泥土流動制御技術を用いた設計施工	土橋 浩・ほか	首都高速道路(株)
3	三次元FEMモデルによるシールド施工時荷重に対する設計手法	春日清志・ほか	首都高速道路(株)
3	切羽ボルトに関する模型実験および数値解析	徐 景源・ほか	首都大学東京
3	地下空間利用情報マネジメントの展開: 道路トンネル維持管理	大西有三・ほか	京都大学
4.1	偏在する高圧帯水層の地山における水圧管理を用いたトンネル掘削	高原英彰・ほか	鉄道・運輸機構
4.2	軟弱シルト上に存在する高速道路直下のNATM対策工	藤本浩志・ほか	鉄道・運輸機構
4.2	割岩工法 EG スリッターの開発と実証実験	原 敏昭・ほか	戸田建設(株)
4.2	在来工法(NATM)による都市部トンネル施工における沈下影響の制御	小松敏彦・ほか	(株)前田建設工業 JV
4.2	低土盛り未固結地山における大断面4連めがねトンネルの概要	森 正明・ほか	西日本高速道路(株)
4.2	小断面立体交差構造物の開発	清水 満・ほか	東日本旅客鉄道(株)
4.2	未固結地山での超大断面トンネルの挙動に関する研究	武友憲重・ほか	大阪府道路公社
4.2	都市地域における NATM の補助工法の選定	依田淳一・ほか	鉄道・運輸機構
4.3	土圧シールドの泥土と加泥材の特性に関する総合研究	花村哲也・ほか	岡山大学
4.3	新幹線駅構内直下を横断するシールドトンネルの施工	小島淳史・ほか	東日本旅客鉄道(株)
4.3	東京湾を横断する長距離海底シールドトンネルの完成	白井伸一・ほか	東京電力(株)
4.3	三次元地盤構造モデルから見たシールドマシンの挙動	杉本光隆・ほか	長岡科学技術大学
5	交差部直下のパイプルーフ施工による地下鉄建設	川上和孝・ほか	東京地下鉄(株)
6.1	高性能吹付けコンクリート材料の開発と支保工への適用性の評価	金澤 博・ほか	鉄道・運輸機構
6.1	シングル覆工用の高品質吹付けコンクリートの強度特性と品質管理方法	登坂敏雄・ほか	鉄道・運輸機構
6.2	覆工コンクリートの若材令時のひび割れ発生抑制に関する実験	高山博文・ほか	鉄道・運輸機構
6.2	短繊維樹脂コンクリートを用いた耐火セグメントの研究	関 伸司・ほか	清水建設(株)
6.2	山岳トンネルの覆工コンクリートの耐震性に関する基礎的研究	宮林秀次・ほか	鉄道・運輸機構
7	含水未固結地山の変化に応じて補助工法仕様を変更したトンネルの施工	古川深夫・ほか	(株)前田建設工業
7	TBMリスクマネジメントシステムの開発と適用	村上浩次・ほか	鹿島建設(株)
7	SWING法を適用したトンネル工事における地下水リスク評価法	大西有三・ほか	京都大学
7	地質不良部におけるトンネル挙動と対策工について	八木 弘・ほか	中日本高速道路(株)
8.1	ウォータースクリーンによるトンネル火災の区画化効果の数値解析	村上 信・ほか	鹿島建設(株)
9	超過密都市東京における環境に配慮した地下鉄工事	入江健二・ほか	東京地下鉄(株)
9	リスクマネジメント手法を用いたトンネルの維持管理計画の研究	小西真治・ほか	(財)鉄道総合技術研究所
9	外圧の作用を受けたトンネル覆工の変状に関する解析的研究	真下英人	(独)土木研究所
9	トンネル変状の歴史と中越地震における鉄道トンネルの変状に関する事例研究	清水 満・ほか	東日本旅客鉄道(株)
9	建設から75年が経過した地下鉄トンネルの診断と補修	山本 努・ほか	東京地下鉄(株)

nechtに代表される世界的なメーカーから小さいメーカーにいたるまで多く展示があった。TBMの硬岩～軟岩にいたる広い適用性、土木機械の大型化・迅速性を強調していた。

(3) トンネル換気機メーカー

材料メーカーの展示にあったように、欧州ではトンネル火災時の換気運用がかなり議論されており、模擬火災試験や数値シミュレーションを紹介していた。

(4) フランストンネル協会

フランス国内の多数のトンネル関連メーカーを引き連れ、トンネル技術の一つのパッケージとしてフランスのブランドを売り込む戦略とも受け取られた。

JTAとしても検討に値する戦略と考えられる。

(5) コンサルタントほか

東欧の中小コンサルタントが中心となって多く

の展示ブースを展開しており、後の欧州マーケットをにらんだ広告戦略が感じられた。

施工会社単独の展示ブースは、開催地が東欧であることからか、地元の建設会社が展示していたに過ぎなかった。

日本からは材料メーカーの(株)タックの展示があった。

先に述べた、フランスのほかロシア、ノルウェー、ハンガリー各国のトンネル協会のように、わが国の多くの施工経験を生かして世界と勝負できる技術を、JTAが主体となって展示して行く方法を考えていけば、今後の世界市場への足がかりとなるチャンスを作れる場となる可能性もあると考えられる。なお、今回展示されたパンフレット、CDなどはJTAで保管しているので参考とされたい。

(文責：伊藤文雄・大成建設(株))

『トンネルと地下』投稿原稿応募のご案内

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

建設特撮

シールド工事の施工に関するQ&A(3)

JTA都市トンネル小委員会

Q7. シールドトンネルを地中で正面同士、あるいは側面に接合を行う場合の方法と施工上の留意点を教えてください。

A. ここでは、主にシールド正面接合について述べますが、側面接合については正面接合と共通事項が多いため、正面接合に準ずるものとして下さい。

(1) シールドの地中接合方法について
シールドを正面同士で地中接合する場合、下記の方法があります。

1) 補助工法による場合

薬液注入、高圧噴射攪拌、地下水位低下、凍結(図-1参照)、圧気などの補助工法により安定させた地盤で人力によるトンネル内接続作業をする旧来の方法。

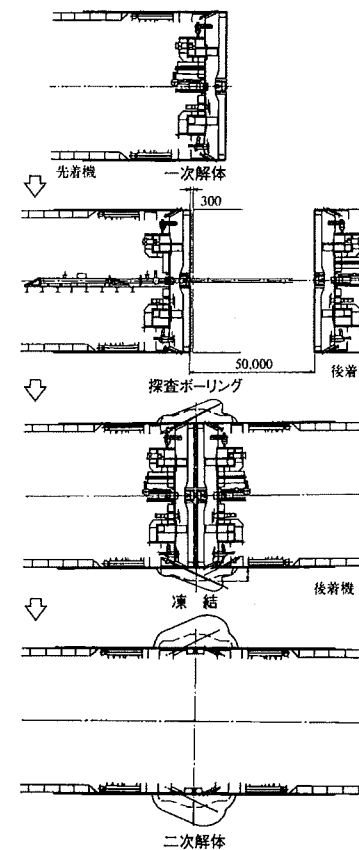


図-1 凍結による地中接合事例

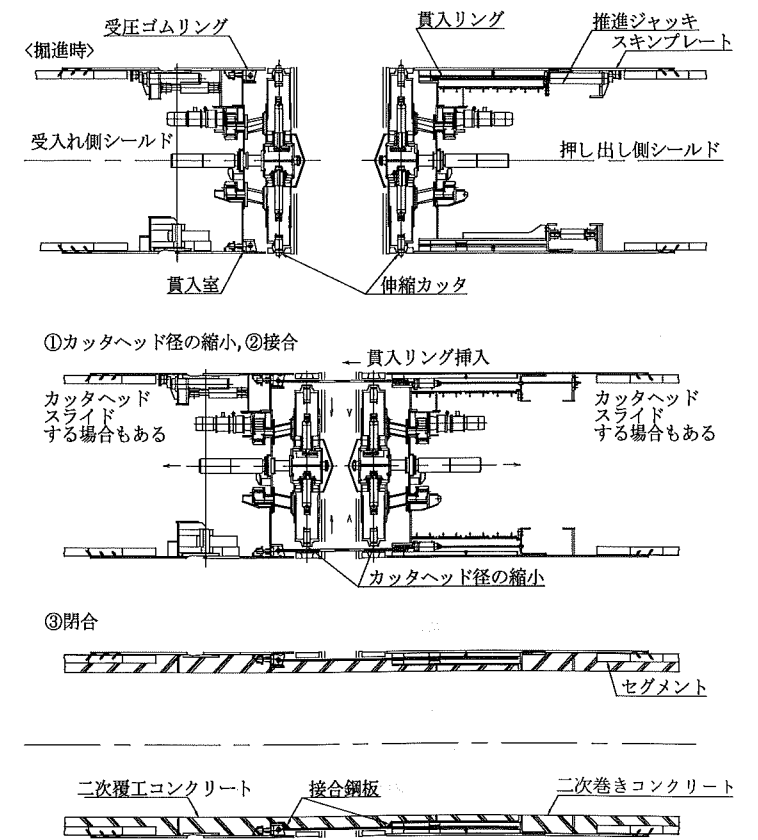


図-2 機械的接合による地中接合事例¹⁾

2) 機械的接合による場合

補助工法の削減や工期短縮などを目的とし、シールドに機械的接合機能を持たせた方式(図-2参照)¹⁾。

近年はシールド工事の大深度・高水圧下での安全性確保や工程短縮が求められることなどから機械的接合の施工方法が普及し、施工事例が増えています²⁾。

機械的接合には下記に示すようにシールドの各機構に工夫をした方法があります。

① MSD工法：図-2に示すようにカッタスポーク収縮後、受入れ側シールドのチャンパ内「貫入室」に装備された受圧ゴムに向けて貫入側シールドから貫入リングを油圧装置により押し出し、貫入リングの押し付け力が高い止水性を確保する方法(図-3参照)¹⁾。

② A-DKT工法：カッタスポーク収縮後、カッタヘッド(内筒)引き込み機構を有する受入れ機と、カッタヘッド貫入機構を有する貫入機を正面接合させ、さらに接合時には受入れ機の外筒内面に装備した補助ゴム膜チューブを膨張させ、止水シール板を貫入機内筒に強く押し付けることで高い止水性を確保する方法(図-4参照)³⁾。

③ CID工法：カッタスポーク収縮後、カッタヘッド(内筒)引き込み機構を有する受入れ機と、受入れ機の外筒内面側に貫入する貫入機を正面接合させ、接合箇所固化材を注入し止水する方法(図-5参照)。

④ その他の工法：接合時の止水シールを貫入側シールドの外側に取付けた方法など。

また、接合するシールドの径が同径の場合や異なる径の場合があり、外径10mのシールドと外径7mのシールドで機械的接合(正面)をした例⁴⁾も

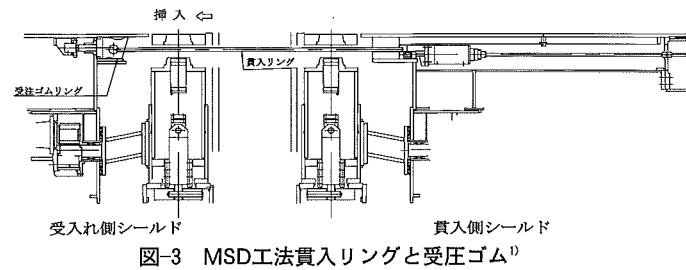


図-3 MSD工法貫入リングと受圧ゴム¹⁾

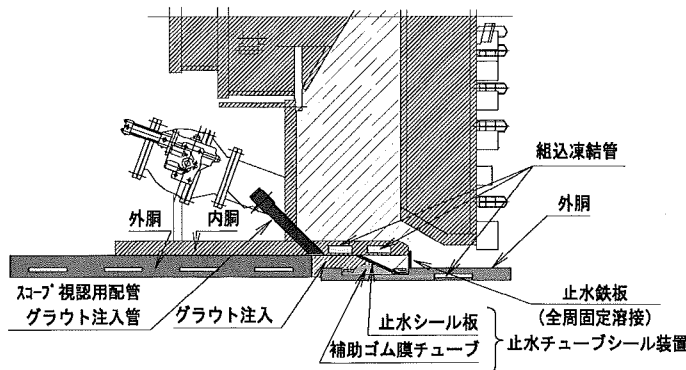


図-4 A-DKT工法の接合止水概要³⁾

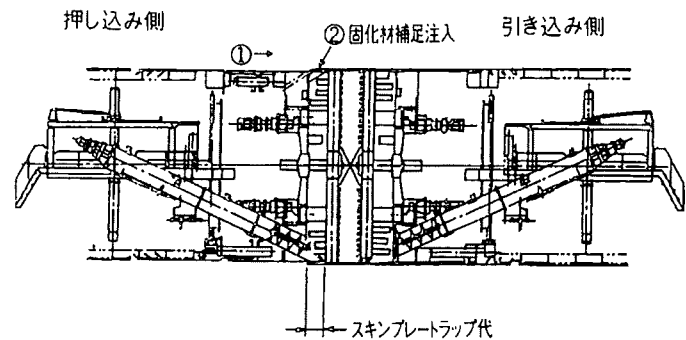


図-5 CID工法概要
①押し込み側を所定のスキンプレートラップ代まで掘進
②固化材補足注入

あります。先着シールド到達から地中接合作業までの期間については、1年後に接合したような事例もあります。長期にわたる場合には、チャンパ内を高濃度ベントナイト溶液などの固結しない充填材で充填しておく必要があります。

一方、側面接合には、掘進を完了し地中に残置されたシールド側面に後行シールドが接合する場合と、既設のトンネル覆工側面(セグメントなど)

(2) 施工上の留意点について

1) 補助工法による場合

接合地点の地盤の改良効果(未改良箇所がないか、地下水が噴出している箇所はないか)などを注意深く確認することが大事です。これはシールドの発進や到達時の留意点と同様で、万一の事態に備え、速やかに補足の薬液注入などの対処ができるよう準備しておくことが望まれます。

2) 機械的接合の場合

① 施工誤差と相互位置確認

接合地点での相互位置ずれや面角度ずれはシールド設計の際に設定する接合時最大誤差以内に納めることが重要です。そのため、シールド掘進延長が長い場合には両方のシールド延長と坑内測量の精度を見極めて必要に応じた測量用チェックボーリングを地上から実施するなり、シールド相互の位置確認のための水平ボーリングを実施する必要があります。水平ボーリングは地盤条件や地下水圧を考慮して工法を選定します。接合地点の20m手前から外径150mm鋼管の小口径推進工法を施工し、鋼管内空を使って相手方測量ポイントを直接視準した事例があります。また、最近の超長距離掘進での地中接合事例では2台のシールドでそれぞれ9km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・アイントープ・センサーにより正確な相互位置を確認しています。

② 接合時の機械作動の確認

接合時には、掘進中に固定されていたシールド各所の機械的ロックの解除や、カッタスポーク収縮、カッタヘッドスライド、止水板作動、あるいは貫入リング伸張など数多くの機械的作動が行われますが、これらの作動は実際に目に見える箇所ではなく地中で行われているため多くは電気的信号や油圧機器のメーターなどに頼って作動を確認しています。これら機械類は長期間にわたる掘進で一部は摩耗変形、振動、衝撃などを経験しているため

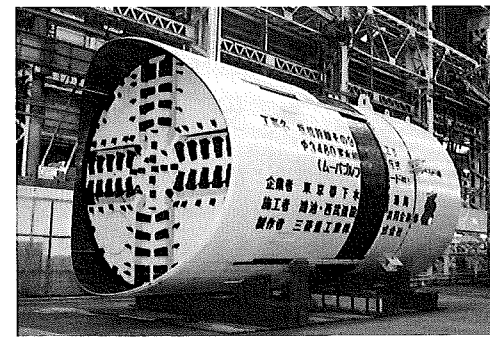
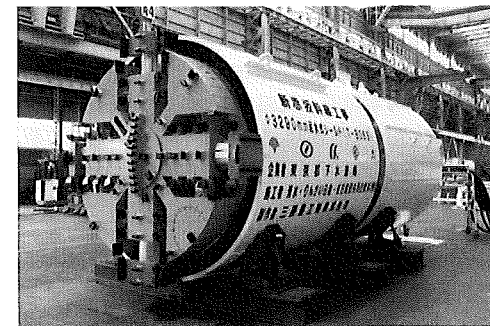
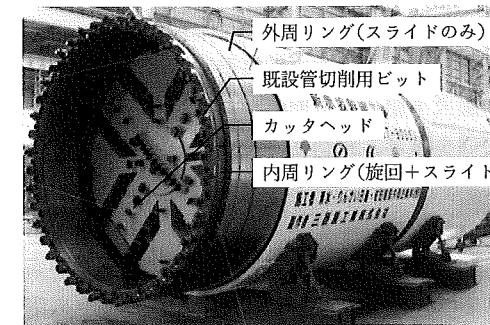


写真-1 側面接合用フード押し出し式シールド (東京都下水道局工事パンフレットより)



掘進状態



切削完了状態

写真-2 側面接合用切削貫入リング式シールド (東京都下水道局工事パンフレットより)

にシールドが接合する場合があります。

側面に接合を行う場合の方法は正面接合の場合とはほぼ同様であり、地盤改良など補助工法による接合方法や、機械的にシールドのフードを押し出すことで、補助工法による接合作業時の地山の露出を少なくし安全性を向上させた方法(写真-1参照)と、特殊なビットを装備した貫入リングを回転させ、既設トンネルの覆工を直接切削して接合するT-BOSS工法(写真-2参照)があります。

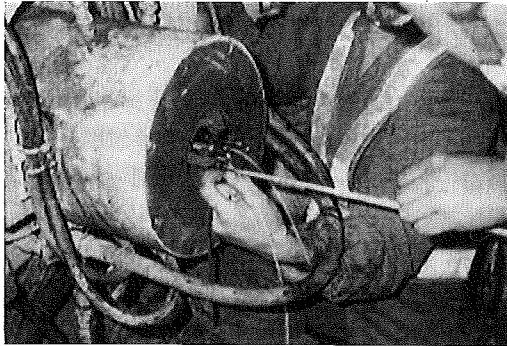


写真-3 スポーク縮小確認状況(ワイヤー使用)¹⁾

万一の作動不良、信号誤作動、断線などに備え、重要な作動箇所については複数の方法(できるだけ装置の動きが目視で確認できる方法)で確認できるようにしておくことと安心しましょう(写真-3参照)。

③ 接合部の異物除去(清掃)

シールドの接合は止水装置の作動により確実なものになります。止水効果を発揮する貫入リング先端と受圧ゴム面の辺り、あるいは止水チューブシールド装置のまわりの異物除去(砂礫などを含む)は時間をかけて実施します。ジェット噴射装置や洗浄ブラシなどが装備・使用された実績があります。

④ 止水性の確認

接合後、シールドの隔壁に取り付けてある注入孔のバルブを開にしてチャンパ内の水圧を低下させた後、再度バルブを閉にしてチャンパ内水圧の回復状況を確認します。止水性が悪い場合は接合部周辺の止水注入などの措置を行います。

3) 共通の留意点

補助工法による場合と機械的接合による場合の共通の留意点を以下に述べます。

- ① 作業標準の作成と打ち合わせの実施
- ② 換気とガス検知の実施
- ③ 下水や貯留管の場合など、急激な増水の可能性がある場合の隔壁設置や緊急避難方法の決定
- ④ すでに下水が長期間滞留している場合、隔壁撤去時の動水による水中の溶存有毒ガス

(硫化水素ガス)放出の対策実施
(文責：久原高志/清水建設(株))

参 考 文 献

- 1) シールド工法技術協会：技術資料集，MSD工法，技術資料，PDF，<http://www.shield-method.gr.jp/gijyutsu/msd.pdf>
- 2) 鈴木実・磯陽夫・外裏雅一：連載講座 多様化するシールド掘進技術(9)，MSD工法，地下茎シールド工法，T-BOSS工法，トンネルと地下，Vol.35，No.11，pp.65-76，2004.11.
- 3) 富所達哉・高橋聡・米沢実・京屋直正：特集：東京湾横断のガス導管用シールド工事，長距離掘進後の高水圧下における機械式地中接合，トンネルと地下，Vol.37，No.7，pp.53-60，2006.7.
- 4) 中山範一・木村宏・梶田覚：シールドマシンの拡張とメカニカル地中接合，臨海副都心線 大井町駅，トンネルと地下，Vol.30，No.6，pp.7-14，1999.6.

Q 8. 発進準備工の計画および施工上の留意点を教えてください。

A.

(1) 発進準備工の施工フロー

発進準備工は発進立坑築造後、シールドを立坑内に搬入・組立、仮組みセグメントなどの反力受け設備を設け、鏡切までの一連の作業のことをいいます。

図-1に、ずり鋼車、土砂ピットで土砂を搬出する土圧式シールドにおける、一般的な発進準備工の施工フローを示します。泥水式シールドの場合は、これに送排泥設備と泥水処理設備が追加されます。このフローに沿ってその内容と計画および施工上の留意点を述べます。

(2) 計画および施工上の留意点

1) 発進坑口

シールドが地山に貫入するとき、また、貫入後セグメントと発進坑口からの土砂、裏込め注入の流出を防止するため、エントランスパッキンを設け、坑口コンクリートを設置し、施工の確実性、安全性を図ります。

エントランスパッキンの材質、形状、寸法は、地山の状態、シールドの形状、同時裏込め装置、

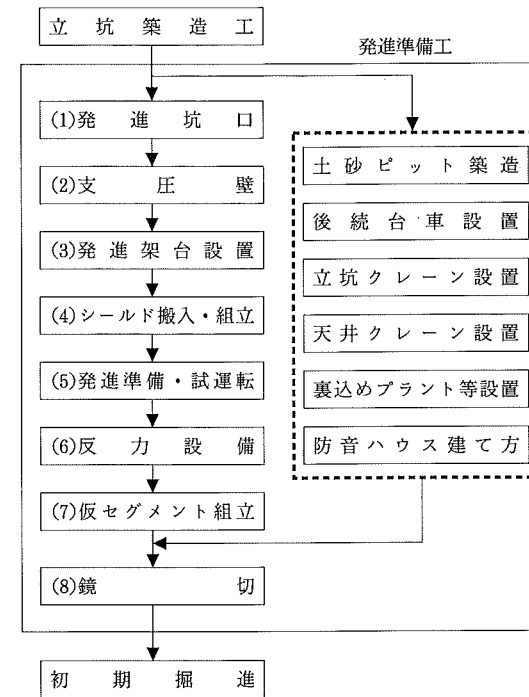


図-1 発進準備工施工フロー

セグメントなどに配慮し決定する必要があります。パッキンの反転防止はスライド式とフラップ式がありますが、現在ではフラップ式が一般的です。

水圧が高い場合はエントランスパッキンを2段にししたり、チューブ式エントランスパッキンを採用します。

2) 支圧壁

支圧壁は初期掘進時のシールド推力を受け持ちます。支圧壁の耐力については、壁本体のほか、立坑壁、立坑背面の地山耐力についても検討する必要があります。また、支圧壁は初期掘進後撤去するのが一般的で、撤去を考慮し立坑壁と支圧壁が容易に分離できる構造も検討します。

3) 発進架台設置

発進架台は設計上の中心位置、高さ、勾配を基本的にシールドが適正な位置になるよう設置します。一般的に、シールドの重心位置は前方にあるので、発進時シールドが地山に十分貫入するまでに頭を下げる傾向があります。それを考慮し、あらかじめ若干量(2~3cm程度、出来形の許容値による)上げ越して設置したり、勾配を上向きにすること

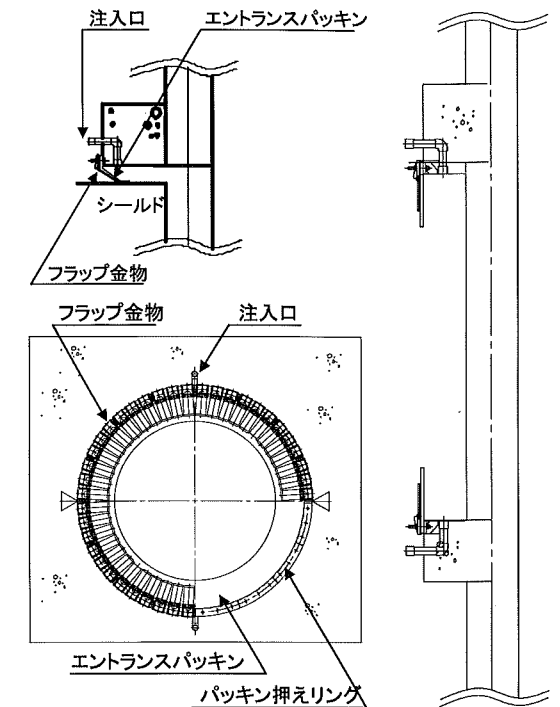


図-2 発進坑口構造図

もあります。

4) シールド搬入・組立

シールドを搬入し、投入するとき留意する点を以下に示します。

- ① シールド現場搬入、投入時の高さ制限
 - とくに各家庭への電話、電気などの引き込み線に注意する必要があります。
 - ② クレーン据え付け場所の養生
 - ・アウトリガー設置場所の地下埋設物の有無およびそれらへの影響
 - ・立坑山留め壁への影響
- シールドは輸送上の制約から、ほとんどの場合、分割搬入し現場で組み立てます。シールドの組み立てはシールドメーカーが行いますが、組み立て後、溶接や寸法などの検査を行い、完成品として、問題のないことを確認します。

シールド投入時、組立時に使用する大型クレーンは、道路法の規制で回送に、特殊車両通行許可を取る必要があります。通常申請から許可を取得するまで約1か月はかかるので、

書類作成も含め少なくとも2か月前には詳細計画をたて、クレーンの組立場所の確保も含め、余裕をもって準備する必要があります。

近年、立坑位置の制約から、シールドを投入する開口部と発進坑口位置が異なる場合があります。この場合、立坑底版に鉄板を布設し、この鉄板の上をシールドを載せた発進架台を移動用ジャッキなどで移動し、所定位置に設置します。このとき以下のような点に留意する必要があります。

- ・敷き鉄板の平坦性の確保。
- ・発進位置に合わせ、発進架台の高さを計画、調整すること。
- ・移動用ジャッキの反力の取り方。
- ・発進架台はシールド自重、移動用ジャッキの推力を考慮し、十分な強度を持つこと。

5) 発進準備・試運転

シールドは地山に入ると到達まで外から確認することはできないので、組立後の試運転はとくに念入りに行う必要があります。過去の経験から試運転での留意点を以下に示します。

- ・カッタ回転方向、コピーカッタの位置とストローク(実測値と計器)
- ・中折れジャッキのストローク(実測値と計器)
- ・土圧計の動作(予備の土圧計も含む)
- ・加泥材の噴出状況
- ・ピッチング・ローリング計(実測値と計器)、予備のチェック用下げ振りの確認
- ・ジャイロ方位角の確認

6) 反力設備

支圧壁と仮セグメント間にH形鋼を主材とした反力設備(仮支保工)を設けます。反力設備は必要な推力に対し十分な強度、および有害な変形を生じない剛性を確保すること、また、土砂の搬出、セグメント他資材の坑内への搬入を行うに足る空間の確保が必要です。このとき、本セグメント1リング目の発進坑口に対する位置を考慮し、仮セ

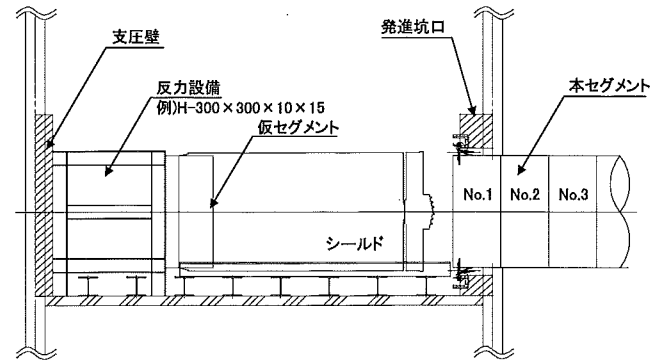


図-3 反力設備計画図

グメント1リング目、反力設備の位置を決める必要があります。

7) 仮セグメント組立

仮セグメントの組立についての留意点を以下に示します。

① 真円に組む

1リング目の仮セグメントの組立精度によりそれ以降のセグメントの真円度が決まってきます。シールドとセグメントのクリアランスが上下左右均等になるようできる限り真円に組みます。

② 設計勾配に合わせて組む

③ シールドとセグメントのクリアランスを維持する

シールド内で組んだセグメントを掘進に合わせて押し出すと、発進架台とセグメント間にテールボイド分の隙間ができます。この隙間にはキャンバなどを入れてセグメントの落下を防止します。

④ セグメント浮き上がり防止

仮セグメントと発進架台との隙間はキャンバを入れて落下しないようにしますが、浮き上がる可能性があります。とくに鋼製セグメントはRCセグメントに比べ軽いので、浮き上がりやすく、その対策として、ワイヤーを発進架台からセグメントにとります。

8) 鏡切

発進方法は薬液注入工法、置換工法、凍結工法などで地山の自立を図る方法や、NOMST工法、

SEW工法などで仮壁のまま切削する方法があります。

仮壁のまま切削する場合は、とくに鏡切を行う必要はありませんが、地山の自立を図る方法では、鏡切を行う前に自立性、止水の状態を確認する必要があります。一般に、土留め壁が鋼矢板の場合はガスで小孔を空け、また、コンクリートの場合は壁にボールバルブを取り付けボーリングマシンで削孔し確認します。立坑壁の材質、厚さ、地下水圧などを考慮し確認方法を検討します。シールド断面にもよりますが、少なくとも2か所(上下)は確認する必要があります。

また、できる限り鏡切を能率よく行い、鏡の開放時間を短縮するよう検討する必要があります。それとともに、万が一の出水の対策として、止水のための薬液注入の段取りや、鏡の閉鎖の材料、排水設備の準備などを計画します。

(3) まとめ

発進準備工の計画の良否は、初期掘進、段取り替えの工程や一次覆工の品質に大きな影響を与えます。例えば、発進架台の設置を誤ると勾配や平面的なずれが生じ品質上大きな問題となります。

計画を立てる際は、単に、発進の準備をするというだけでなく、それ以降の施工への影響を考慮し、十分な検討をする必要があります。

(文責：相良 拓/東亜建設工業(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.
- 2) JTA都市トンネル小委員会：シールド発進・到達工法実態調査報告(1)、トンネルと地下、Vol.36, No.1, pp.59-66, 2005.1.
- 3) JTA都市トンネル小委員会：シールド発進・到達工法実態調査報告(2)、トンネルと地下、Vol.36, No.2, pp.151-157, 2005.2.
- 4) 米島賢二・荻野竹敏・山村学：シールド内からの支障物探査と狹隘立坑での回転、宮田半蔵門線 住吉工区、トンネルと地下、Vol.33, No.7, pp.39-47, 2002.7.
- 5) 荒神敏郎・江水淳・後藤真吾・柴田佳彦：2,000tfの大断面シールドを立坑内でUターン、首都高速中央

環状新宿線 東中野～中野坂上間、トンネルと地下、Vol.37, No.5, pp19-25, 2008.5.

Q9. 密閉式シールドでの切羽圧の設定方法の考え方と留意点について教えてください。

A. シールドにおける切羽の安定についての考え方は、開放型シールドと密閉型シールドとでは大きく異なっており、開放型シールドの場合、基本的には地山の強度や自立性に期待するもので、必要に応じて圧気や地盤改良、山留めジャッキなどを併用して掘削を行います。

これに対し密閉型シールドの場合の考え方を泥水式シールドの場合を主体として説明します。

泥水式シールドでは、シールド隔壁前面に満たした泥水を適正に加压し、掘削に伴って切羽で解放される土水圧を積極的に押さえながら掘削を行う工法です。

ここで、泥水などの加压が不足した場合、切羽前面での崩壊が生じやすくなるため地盤沈下の危険性が高くなり、過大になると泥水の噴発や地盤隆起の危険があるため、掘削対象地盤に適合した切羽圧の設定が必要となります。

(1) 切羽圧の設定と管理

1) 事前調査

切羽圧力の設定では、まず最初に掘削対象地盤の地盤定数や地下水圧(間隙水圧)を把握する必要があります。シールド路線沿線でのボーリング調査を行います。調査の間隔については200mピッチ程度で行うのが一般的なようですが、事前調査の情報により追加する場合や、過去の工事における調査データなどを参考にボーリング箇所数を低減する場合もあります。

2) 切羽圧の設定

切羽圧力の設定にあたっては、地下水圧、土圧などから切羽面の変形や地盤沈下の防止などを考慮して決定します。

通常、シールドの中心高さに相当する深度を代表値として選定し、土圧としては、静止土圧、主働土圧、ゆるみ土圧が挙げられ、掘削対象地盤により使い分けられます。静止土圧は掘削によって

解放される圧力なので、これを用いて圧力設定した場合には切羽面の変形もなく理想的な値となりますが、切羽圧力が高くなり、装備する設備が大きくなってしまいます。主働土圧は切羽が崩壊する直前の圧力と考えられるため、切羽圧の最小値と考えることができます。また、地盤が良質で土かぶり大きい場合には地山のアーチ効果が期待できるため、主働土圧に代えてゆるみ土圧を用いて評価する場合もあります。

3) 切羽圧の管理

施工にあたっては、適当な間隔の掘削断面の土質に対して、掘進に伴う対象地盤の変化などを考慮し、上限値と下限値を設定しておき、この範囲内での管理を行います。

一般的に用いられている切羽圧の管理範囲としては、

(上限圧) P_{max} = 地下水圧 + 静止土圧 + 変動圧

(下限圧) P_{min} = 地下水圧 + 主働土圧 + 変動圧
であり、先述のように主働土圧に代えてゆるみ土圧を採用する場合があるほか、間隙水圧 + 変動圧を切羽圧と考える場合などがあります。

また、変動圧については施工に伴う圧力変動などを補完するもので、通常10~20kPa程度の値が用いられます。

図-1に切羽圧管理図の例を示します。

(2) 特殊条件下での切羽管理

切羽管理の概要については前述のとおりですが、実際の施工にあたっては各種条件からいろいろな留意点が発生するため、そのうちの代表的なものについて以下に説明します。

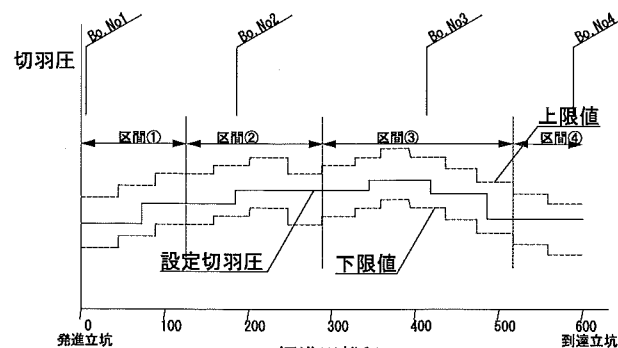


図-1 切羽圧管理図(例)

1) 地下水位が変動する場合

河川に近接していたり、透水性地盤内を掘削する場合には、河川の水位変動・季節や天候などから地下水位が変動を受ける場合があります。この点に考慮した切羽管理を行う必要があります。

2) 大断面シールドの場合

大断面シールドでは、掘削断面内に複数の土質を介在する場合があります。この場合には各土質の性状を勘案し、全体としての管理圧力および管理幅の設定を行う必要があります。

また、大断面シールドでは、天端部と底部の深度差が大きく、とくに泥水式シールドで泥水比重の設定を低めにしている場合などに部分的な切羽圧の過不足が発生することがあるので注意が必要です。

3) 小土かぶりの場合

小土かぶりの場合、許容される切羽圧力の管理幅が小さくなるため、細心の注意が必要となります。また、地中障害物に遭遇する危険も高く、これらによる排土装置の閉塞から切羽圧が急上昇し、泥水が噴発した例、閉塞解除作業中に周辺土砂を過取り込みし、大規模な陥没事故を引き起こした例などもあるので切羽圧以外にも慎重な施工が必要となります。

さらに、単に地表面からの深さだけでなく、側方に構造物や河川などがある場合もあり、これらに対する検討が必要な場合もあります。

4) 急勾配の場合

急勾配施工では掘進に伴い土かぶりが刻々と変化するため、水圧が変化することに加え、土層も刻々と変化するため、切羽圧もそれに合わせて適切に変化させてゆく必要があります。

とくに近年では球体シールドなどにより、立坑などのために垂直に掘進するシールドも事例が増えており、この点での管理上の技術も確立されてきています。

5) 軟弱粘性土地盤の場合

東京の下町地区を中心に分布する有楽町層などに代表される、沖積粘性土地盤は鋭敏性が高く、切羽圧などの微細な変化によって乱

され、圧密沈下を起こしやすいことが知られています。

このような地盤での掘進にあたっては極力設定切羽圧を変動させないことが重要で、掘進開始時や終了時に、急激なスピード変化による切羽圧変動を与えないこと、泥水シールドでは流体輸送における切羽循環と後方バイパス運転との切替え時、平衡圧力をきちんと調整しておくことなどの施工上の配慮が重要となります。

6) 長期休止時対策

段取り替えや、長期休暇、到達立坑施工との兼ね合いなどによりシールドを長期にわたって停止する場合があります。このような場合、地山の変形を抑える意味でも切羽圧管理値を上限値近くに設定することが望ましいと言えます。

しかしながら実際の現場管理上は、段取り替え時などに設備面から高い圧力保持が難しい場合があるほか、休止期間の長さや土質条件、周辺条件などを勘案し十分な検討が必要となります。

また、最近ではチャンバ内の泥水を休止中ゲル化しておき、解ゲルした後に再発進するという工法もあります。

(3) 土圧式シールドの留意点

土圧式シールドの場合の切羽管理については泥水式の場合と基本的には同様に考えることができますが、切羽と隔壁の間に充填するものが、泥水でなく掘削土砂であるという点が異なります。

切羽の安定に必要な土圧を保持し、シールドの掘進量に合わせた土量の排出を行うためには、カタチャンバ内に充填した掘削土が適正な流動性・止水性を有することが重要になります。このため、泥土圧シールドの場合には、掘削対象地盤の性状に適した添加材を注入し、強制的に攪拌することにより、掘削土の塑性流動性を高め、止水性を有する泥土に改良しながら掘削を行います。

ここで、添加材と地山の不適合などにより適正な塑性流動化が行えない場合、チャンバ内で掘削土砂が圧密され、付着・固化してしまうことがあり、排土不良の原因となる場合があります。この場合、適切な切羽圧管理や排土ができないことか

ら、周辺地盤に影響を与える、計画どおりの速度での掘進ができない、などのトラブルが生じることが考えられます。このことを防止するために、

- ① 計画段階での添加材選定を適正に行なう
- ② 添加材注入口を複数用意し、適宜変更する
- ③ 切羽土圧計を複数設置し、塑性流動化の状況を逐次監視する
- ④ スクリューコンベヤから排出される土砂の性状を逐次監視し、添加材の性状・注入量を適宜調整する

ことが重要となります。

また、停止時の切羽圧管理について、泥水式の場合には切羽圧保持回路により加圧状態を保持することができますが、土圧式の場合には停止時の切羽土圧を加圧状態に保持することができないので、自然水位を十分に監視する必要があります。

(文責：渡辺重人/大成建設(株))

参考文献

- 1) 土木学会, 2006年制定トンネル標準示方書, シールド工法・同解説, 2006.7.
- 2) 地盤工学会編, シールド工法の調査・設計から施工まで, 1997.2.

Q 10. シールド近接施工における現場計測管理について教えてください。

A. シールド工法は、開削工法と比較して、適切な施工管理を行うことにより、周辺地盤への影響を比較的小さく抑えられるうえ、道路交通の阻害が少なく、騒音振動の発生も比較的抑制できることから、都市部における鉄道、道路、電気・通信、上・下水道などの工事で多く採用されています。

これら都市部での工事においては、周辺に多くの重要構造物が存在するため、それぞれの構造物に対する影響度合いを予測し、必要な防護措置などを行ったうえで施工しますが、予測時のモデル化誤差や施工管理上の問題から、予想外の影響が発生することも想定されます。

このため、施工に合わせ実際に構造物の挙動を測定・監視することが重要であり、現場における

変状計測を行っています。

(1) 計測項目と計測方法

計測計画の立案にあたり、まず最初に計測範囲(影響範囲)の設定を行います。一般的にはシールドトンネル下端から、 $45^\circ + \phi/2$ (ϕ :内部摩擦角)の範囲内を計測範囲とし、この範囲内に存在する構造物の中から各構造物の管理者と協議のうえで計測対象を決定します。

それぞれの構造物では、①計測対象構造物の重要性と社会生活への影響度、②予想される挙動と許容値、③構造物・地盤の挙動把握の方法、などが異なるため、これらを考慮した計測計画を立案します。ここでは、各構造物に対する工事の影響

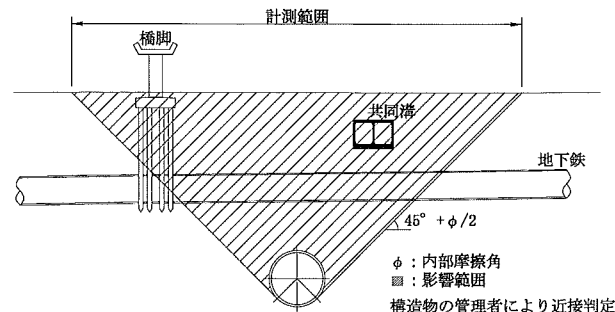


図-1 計測範囲の決定

をリアルタイムに把握し、速やかに工事に反映させることが重要であり、パソコンなどを利用した自動計測システムを採用し、NTT回線などを利用して管理事務所などで常時監視できるシステムとすることが一般的です。

表-1にシールド工事における一般的な計測対象物と計測項目、計測目的、使用する計器の例を、表-2に計測項目ごとによく使われる各計器の特徴を示します。

(2) 計測管理

現場計測の計測管理は、①事前計測、②本計測(通過時計測)、③事後計測、の3段階に分かれます。

- ① 事前計測：シールドが影響範囲に到達する前に実施し、構造物の日常的な挙動や計測誤差を予め把握する(通常1か月程度)。
- ② 本計測：シールドの影響による構造物の挙動を把握し、構造物の安全管理をリアルタイムで行う。
- ③ 事後計測：シールドが影響範囲を通過した後の、後続挙動を確認するほか、挙動の収束により計測の継続・打ち切りを決定する(1~3か月程度)。

表-1 計測項目

計測対象	計測項目	目的	計器
地上構造物 (鉄道、道路などの橋脚およびビルなどの建造物)	鉛直変位	シールド通過に伴う構造物の鉛直変位・水平変位・傾斜を計測し安全性を確認する。	・トータルステーション ・水盛式沈下計
	水平変位	シールド通過の事前、事後を通じて計測することにより施工の影響の有無を確認する。	・電子レベル・スタッフ
	傾斜		・固定式傾斜計
周辺構造物 (地下構造物(鉄道、道路施設、地下道、通信施設および上下水道など))	鉛直変位	シールド通過に伴う構造物の鉛直変位・水平変位・傾斜を計測し安全性を確認する。	・トータルステーション ・水盛式沈下計
	水平変位	シールド通過の事前、事後を通じて計測することにより施工の影響の有無を確認する。	・電子レベル・スタッフ
	傾斜		・固定式傾斜計
	セグメント目開き	シールド通過における既設シールドなどの目開き量・目違い量・内空変位を計測し安全性を確認する。	・目開き計 ・継目計
	セグメント目違い	シールド通過の事前、事後を通じて計測することにより施工の影響の有無を確認する。	・カンチレバー式変位計 ・継目計
周辺地盤	内空変位		・ワイヤー式変位計 ・レーザー距離計
	地表面鉛直変位	地表面を測量することにより施工の影響による鉛直変位の有無を確認する。	・水準測量(手動) ・水盛式沈下計
	地中層別鉛直変位	シールド施工による地中内層別の沈下量を計測する。	・層別沈下計
	地中水平変位	シールド施工による地中水平変位量を計測する。	・挿入式傾斜計 ・多段式傾斜計

このうち、シールド施工の影響が即時に表れるのは本計測の期間であり、この期間の日常管理体制を充実する必要があるため、この期間中のデータは施工の進捗状況と合わせて検討し、構造物の安全性を確認するとともに、逐次結果を施工に反映させてゆきます。

表-2 各計器の特徴

計測項目	計器名称	長所	短所
水平・鉛直変位	トータルステーション	・変位3成分が計測可能である。 ・視通の効く範囲内にプリズムを配置することにより計測可能。 ・各測点への配線作業が不要。 ・設置作業、撤去作業が比較的容易である。	・測定距離に比例して誤差が大きくなる。 ・環境(温度、湿度、大気状態)による影響を受けやすい。 ・1回あたりの計測に時間を要する。
鉛直変位	電子レベル・スタッフ	・設置作業、撤去作業が比較的容易である。	・環境(温度、湿度、大気状態)による影響を受けやすい。
	水盛式沈下計	・定期的なメンテナンスをすることにより長期的に安定した測定が可能である。	・測点ごとに配線のほかに水管、エア管の配管が必要である。 ・温度変化の影響を受けやすい。
傾斜	固定式傾斜計	・計測ごとの誤差が小さい。 ・長期的に安定した計測が可能である。	
セグメント目開き	目開き計	・設置が容易である。	・セグメント間の相対変位量の測定となる。
セグメント目違い	変位計	・設置が容易である。	・セグメント間の相対変位量の測定となる。
内空変位	レーザー距離計	・計器とターゲット間の距離をリアルタイムに計測できる。	・遮蔽物があると測定が不可能である。
地中層別沈下	ワイヤー式変位計	・ボーリング孔内の層ごとにアンカーを設置することにより各層別の鉛直変位測定が可能である。	・地上部に変換器を設置および配線する必要があり、施工上の支障となる場合がある。
地中水平変位	挿入式傾斜計	・測定精度が高い ・測定管のみ設置のため、維持管理が容易である。	・手動測定のため、測定上にさまざまな制約を受ける場合がある。 ・自動計測システムに組み込むことが不可能。
	多段式傾斜計	・自動計測システムに組み込み可能である。 ・測定に際し天候や現場作業上の制約を受けない。 ・計測頻度を上げることにより、リアルタイム計測が可能である。	・測定精度が挿入式より若干劣り、埋設ピッチの関係から測定結果は全体の傾向を示す程度となる。 ・挿入式傾斜計を精査用に併設することが望ましい。

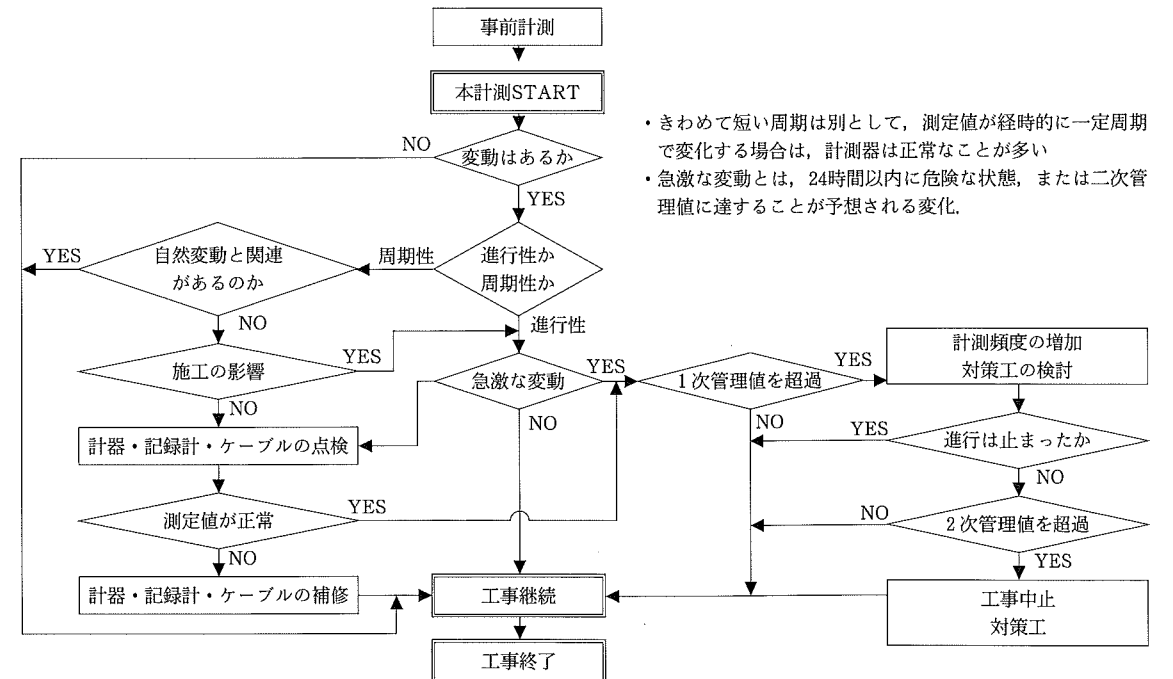


図-2 本計測時における日常管理フロー

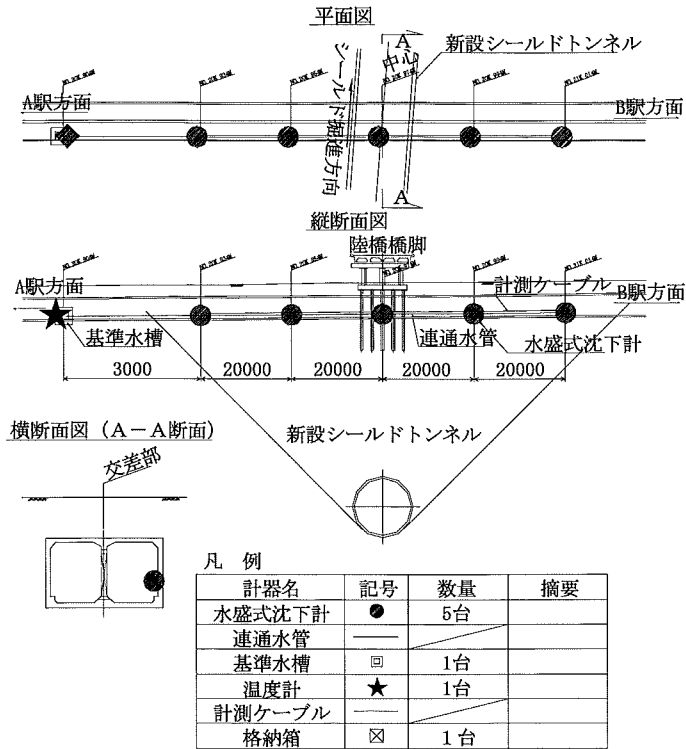


図-3 計器配置図

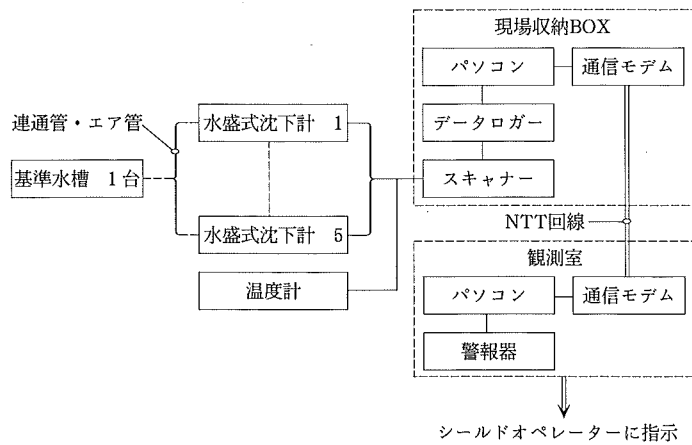


図-4 システムフロー図

また、近接構造物に対する現場計測は、対象構造物の機能の維持・保全を目的とするため、例えば許容値に対し70%(1次管理値)、80%(2次管理値)などの管理値をあらかじめ設置しておき、それぞれの管理値に達した時点での対策・連絡体制などをあらかじめ決定しておきます。

これら、許容値の考え方や管理方法などについては、各構造物の施設管理者が各々で基準を有し

ている場合が多いので、計画策定時にはこれらに従うことになります。

図-2に一般的な日常管理のフローを示します。

(3) トライアル施工

近接施工における計測管理では、先に述べたような重要構造物の挙動確認のほかに、重要構造物付近を掘削する前に周辺地盤などへの影響を確認し、施工管理上の各管理値の妥当性を確認(場合によっては事前修正)しておくことを行う場合があります、これをトライアル施工といいます。

例えば、シールド発進基地内などに層別沈下計などを設置しておき、その地点での地盤変状解析と比較し、解析時に使用した地盤常数や解放率が適正であったかを事前に照査しておくことなどがこれにあたります。

(4) 計測計画の実施例

既設地下鉄トンネルをシールドが下越した場合は計測計画例として、図-3に計器配置図を、図-4にシステムフロー図を示します。

(5) 計測管理における留意点

ここまででは現場計測管理における計画や考え方について述べましたが、実際の計測管理においては、出力されたデータに対する評価や分析が重要になります。

大きなトラブルの前には必ず予兆があるとされていますし、反対に現場に異常がなくても機器の故障や温度変化などで異常値を検出する場合があります。

立派な計測を実施し多くのデータを収集したとしても、最終的に判断し対策を講じるのはわれわれ技術者であるということを忘れず、計測データを十分に生かした施工管理を行ってください。

(文責：渡辺重人/大成建設(株))

トンネル ジャーナル

TUNNEL JOURNAL · TUNNEL JOURNAL · TUNNEL JOURNAL · TUNNEL JOURNAL

第27回エンジニアリング
功労賞が決定

エンジニアリング功労者賞は、(財)エンジニアリング振興協会が、エンジニアリング産業の振興発展に著しく貢献したグループ(チーム)および個人を表彰するもので、グループ表彰として11件、個人表彰として1件が選定された。

トンネル技術では、「南田中トンネル築造工事チーム(東京都建設局・大成建設)」がエンジニアリング振興部門で受賞した。環状8号線の建設における地下水流動保全対策として、海洋土木技術である沈理工法の原理を都市土木に適用した水中躯体移動設置工法を成功させた、先駆的な実績と技術が評価された。

第9回国土技術開発賞

「国土技術開発賞」は、(財)国土技術研究センターが(財)沿岸技術研究センターとの共催で建設産業における優れた新技術およびその開発に貢献された技術開発者を対象に表彰する事業。今回は最優秀賞1点、優秀賞3点、入賞5点が選ばれた。

トンネル技術では、優秀賞として、「大断面分割シールド工法(ハーモニカ工法)」が選定された。大断面シールド工法に比べ小土かぶりでの施工が可能で、掘進に伴う仮設備が小型化できること、線形の自由度が高いこと、従来の非開削工法に比べ、工期の短縮やコストの低減を可能としたことなどが評価された。

鳥越トンネルが貫通式を挙

福岡県が整備を進めてきた「緊急地方道路整備事業・主要地報築紫野大幸府線トンネル新設工事」の「鳥越トンネル」が貫通式、貫通式を迎えた。

同トンネルは2車線の道路トンネルで、延長234m。NATMによる片押し施工で、約5か月で貫通した。

三陸縦貫釜石山田道路
両石トンネル貫通

岩手県釜石市と山田町を結ぶ三陸縦貫自動車道釜石山田道路の両石トンネルの貫通式が釜石市両石町の同トンネル内で開かれた。

両石トンネルは、延長1,209m、幅員12m(2車線)で、2006年2月から本格的な掘削を始めた。今後トンネル内部などを整備し、2008年3月に完成する予定。

釜石山田道路(延長23km)のうち、同トンネルを含む釜石市片岸町から両石町の先行整備区間4.6kmは、2010年度中の開通を目指す。

三遠南信自動車道
久井田トンネル(仮称)が貫通

長野県飯田市(中央自動車道)と東名高速三ヶ日JCTを結ぶ三遠南信自動車道の一部で、愛知県新城市と静岡県浜松市を結ぶ「三遠道路」にある五つのトンネルのうち、久井田トンネル(仮称)が貫通した。

同トンネルは、延長1,598m、幅9.5mの2車線。2005年12月から掘削を開始して20か月で貫通した。

五つのトンネルのうち、すでに別所トンネル(仮称)L=948mが貫通しており、今後、掘削中である三遠トンネル(仮称)(L=4,525m)、大島トンネル(仮称)(L=172m)、掘削準備中である名号トンネル(仮称)(L=1,056m)などの工事を進め、第二東名引佐JCT(仮称)から鳳来IC(仮称)までの約14km区間について、早期開通を目指し工事を進める。

海底トンネルが完成

新日本石油は、グループ企業であ

る新日本石油化学川崎事業所において、2006年8月から川崎地区と浮島地区間の海底下で進めていた海底配管を敷設するトンネル工事が完成したと発表した。

海底トンネルの規模は直径2.2m、全長1.2km。工事は推進工法が採用され、特殊な掘進機および推進管を使用し、同工法としては例を見ない長距離、大深度(地下30m以上)での工事であった。

国道201号バイパス
鳥尾トンネル貫通

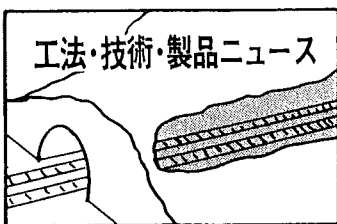
福岡県飯塚市と田川市を結ぶ国道201号飯塚庄内田川バイパスの「鳥尾トンネル」(仮称)が貫通し、貫通式が挙行された。国や県、両市の関係者らが出席し、通り初めなどで祝った。同トンネルは飯塚市から糸田町までの延長1.54km、有効幅員10.5m(2車線)で、来年度中の開通を予定している。

福島西道路PIで
トンネル案を選定

国土交通省福島河川国道事務所・福島県・福島市が検討していた福島西道路の南伸について、「トンネル案」を概略計画として確定した。今後は、福島県において「都市計画と環境影響評価」の手続きが進められることとなる。

同事業では、福島都市圏の慢性的な交通渋滞解消を図り、幹線道路の円滑な交通を確保するための「福島西道路のあり方と必要性も含めた南伸の検討」をPI手法により平成17年度から行っていた。

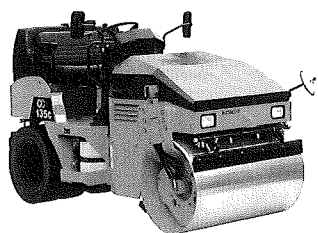
高架橋案とトンネル案の比較から、冬季間の通行安全性、生態系の分断への影響の少なさ、高架橋に比べ維持管理費が少ないことなどについてトンネル案が優位となった。



振動ローラ 4機種を新発売

日立建機は、振動ローラ 4機種 (CC135-3A, CC135C-3A, CC150-3A, CC150C-3A) を新発売した。4機種とも、オフロード法の排出ガス第3次基準値をクリアしており、また国土交通省指定の超低騒音型建設機械の基準値もクリアしている。

CC135-3A, CC150-3Aはタンデム型の振動ローラで、CC135C-3A, CC150C-3Aはコンバインド型。いずれも乗り降りが楽なヒューマンステップを採用し、コンパクトかつ低重心の設計で高い操作性を実現している。また、独自の油圧ポンプと油圧モータを組み合わせた駆動方式で、スムーズな発進・停止が可能。



HILTI新製品が3種発売開始

HILTIは、ハツリ機、ダイヤモンドコア抜き機、レーザー距離計を新発売した。

5kgクラス最高のハツリ機であるTE500-AVRは、打撃力向上による高い生産性、無段変速スイッチによるスムーズなスタートおよび空打ち防止機構による高い作業性、低振動、空冷システムによる高い操作性を実現させた。

ダイヤモンドコアツールであるDD120は20×15cmのベースプレー

トと高さ60cmのスタンドを含んだ総重量9.8kgで、3種類のチャックを選択でき、現有コアビットを無駄にすることがない。また、2速のギアによりモーターへの負担を低減し、コアの長寿命化を実現した。

手持ち式多機能レーザー距離計PD42は、フル・デジタル化を実現。誤差1.0mmの高精度で、低反射面や明るい場所での距離測定能力も大幅に向上させた。

自走式木質系破砕機のモデルチェンジ

新キャタピラー三菱は、環境リサイクル機械「SOCIO」シリーズの自走式木質系破砕機をモデルチェンジした。新発売する製品は、タブグライNDER-TG440TX, TG540TX。

今回のモデルチェンジでは、従来機の特長を承継しつつ、エンジン出力をアップしたことにより、安定した粒度で品質の高い木質チップの生産を効率化できる。

ミニ油圧ショベル新機種を追加

新キャタピラー三菱は、CAT®ミニ油圧ショベル「REGA」Cシリーズに、超小旋回機のCAT 302C SR「REGA」を加え新発売した。

国土交通省の排出ガス3次規制や超低騒音の基準値をクリア。また、作業機の操作レバーを運転席の前方から左右の位置に移動。足もとスペースも大きく広がり、作業性を向上させた。

オフロード法排出ガス基準値対応の新型ホイールローダ

川崎重工は、オフロード法排出ガス基準値に適合した新型ホイールローダ2機種、AUTHENT 97ZV-2, AUTHENT 115ZV-2を新発売した。

これらはオフロード法に適合した新型エンジンの採用に加えて数々の

新技術を盛り込むことで、現行機に比べ作業効率、耐久性、信頼性を高めた。また、ログクランプやハイリフトアームなど、さまざまな用途に対応できるように各種アタッチメント・オプションを拡充した。



微生物の働きで、セメント混じりの建設汚泥を再生

清水建設と日清製粉は、共同開発した「バイオニュートラル工法」を、今後清水建設が施工するダム・トンネル現場で大量に発生する建設汚泥の再生に、積極的に活用していくと発表した。

同工法は、建設現場で発生するセメント混じりの汚泥を、微生物の働きで中性化し、埋め戻し土として再利用する工法。両社は今回、本工法を発展させ、汚泥の中性化から一歩進めて、緑化土壌への再生技術を確立した。

今回両者が同工法を発展させて確立した技術は、中性化土壌を良質な植生基盤へ再生する技術で、パーク堆肥と化成肥料を一定割合混合し、作物の生育に適する状態に促進することで、植生基盤へ再生することに成功した。

開発に伴う実証実験では、pH値10.5のスラリーに発酵促進材を混合。これを脱水処理して脱水ケーキに成形した後、30日間の嫌気発酵によって、pH値8.5以下に中性化。さらにパーク堆肥を15%混合、化成肥料を0.3%混合し最終的に建設汚泥は緑化土壌に再生した。

この再生土壌で芝を生育したところ、非常に良好な生育結果が得られたとしている。

日本トンネル技術協会

会 報

1. 会員の現状

	7月25日現在
正 会 員	2,189名
団体会員	407名
個人会員	1,782名
名 誉 会 員	1名
計	2,190名

2. 委員会の開催状況(7月1日~31日)

①調査研究関係委員会

◎技術委員会

保守管理小委員会：7/11(林康雄委員長ほか13名)データの活用事例を検討

共通技術小委員会

ざり出し方式調査WG：7/24(小暮誠主査ほか8名)解析結果を検討

都市トンネル小委員会Q&A施工WG：7/25(中島泰彦主査ほか18名)原稿を検討

3. 国際会議の開催予定

会 議 名	開 催 日	場 所	主 催 者 等
第34回ITA総会および कांग्रेस「より良い環境と安全のための地下空間を目指して」	2008. 9. 22~27	ニューデリー (インド)	CBIP(灌漑・水力中央委員会) International Tunnelling 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

飯山トンネル他特別委員会：7/31, 8/1(足立紀尚委員長ほか60名)施工状況報告ほか

同 幹事会：7/12(岡田勝也幹事長ほか28名)設計施工法を検討

高炉セメント利用検討委員会：7/23(魚本健人委員長ほか24名)試験方法を検討

効率的掘削工法特別委員会：7/27(西村和夫委員長ほか23名)目次案ほかを検討

計 7回開催 181名出席

②運営広報関係委員会

◎総務委員会

広報小委員会

会誌WG：7/4(大島洋志主査ほか14名)8月号の会誌と3か月計画を検討

◎国際委員会(企画調整幹事会合同)：7/27(山田隆昭委員長ほか11名)ITA総会報告ほか

海外文献小委員会

ニュースWG：7/25(小島宗隆主査ほか7名)海外ニュースを翻訳

ITA統括WG：7/30(福本勝司主査ほか9名)ITA総会ならびに作業部会報告

計 4回開催 45名出席

合計 11回開催 226名出席

4. 平成19年度催物開催現況

催物名	開催日	人数	場所
(見学会)			
プラハ国際トンネル会議技術調査	2007. 5. 3~13	18	オーストリア, チェコ, ドイツ
首都圏トンネル現場研修会	2007. 5. 30	14	東京都
首都高速新宿線現場研修会	2007. 6. 14	19	東京都
上野地区地下構造物建設現場研修会	2007. 6. 28	17	東京都
横浜市下水道トンネル現場研修会	2007. 7. 4	25	神奈川県
西大阪延伸線建設工事現場研修会	2007. 7. 27	16	大阪府
横浜市下水道トンネル現場研修会	2007. 8. 23	20	神奈川県
(発表会)			
第60回(山岳) 「厳しい条件を克服した山岳トンネル工事」	2007. 9. 26	200	東京都(88頁参照)
第61回(都市) 「地下重要埋設物をはじめとする各種制約下での都市トンネル工事」	2007. 9. 27	200	東京都(88頁参照)
「若手に伝えたい都市トンネル施工技術」 (講演, 講習会)	未定		
第9回トンネル技術ステップアップ研修会(シールド部門)	2007. 11. 1, 2	30	東京都
第10回トンネル技術ステップアップ研修会(山岳部門)	2007. 10. 25, 26	30	東京都

第60回(山岳), 第61回(都市)施工体験発表会開催のご案内

恒例となりました施工体験発表会を下記により開催することといたしました。この発表会も60回をむかえることになり、今回から発表者の発表技術およびその意欲を高めるとともに、参加者の資質向上を図るために優秀発表者を表彰する制度を設けました。

トンネル工事関係者にとりましては、施工における各種の現場事例を通じて技術力向上のよい機会であると存じますので、多数ご参加下さいますようご案内申し上げます。

なお、本研修会は(社)土木学会のCPDプログラムに認定されているほか、土木学会トンネル工学委員会後援事業でもありますことを申し添えます。

—記—

開催場所：北の丸公園 科学技術館地下「サイエンスホール」(案内図参照)

千代田区北の丸公園 2-1 TEL: 03-3212-8485

地下鉄東西線「竹橋」駅下車徒歩約7分

開催日：第60回(山岳)施工体験発表会 平成19年9月26日(水)

第61回(都市)施工体験発表会 平成19年9月27日(木)

定員：各200名

参加費：第60, 61回それぞれ個人会員12,000円, 団体会員15,000円, 一般18,000円

申し込み方法：この案内文書添付の申し込み用紙に記載のうえ、郵送またはFAXをもってお申し込み下さい。

電話での申し込みは受け付けませんので、ご了承ください。

〒104-0041 東京都中央区新富 2-14-7 新光第一ビル

社団法人日本トンネル技術協会 施工体験発表会係

TEL: 03-3553-6174 FAX: 03-3553-6145

支払方法：上記お申し込みののち、郵便振替用紙通信欄に行事名と参加者名記入のうえ、下記にお振込み願います。現金書留でも結構です。

郵便振替口座00160-7-196331 日本トンネル技術協会

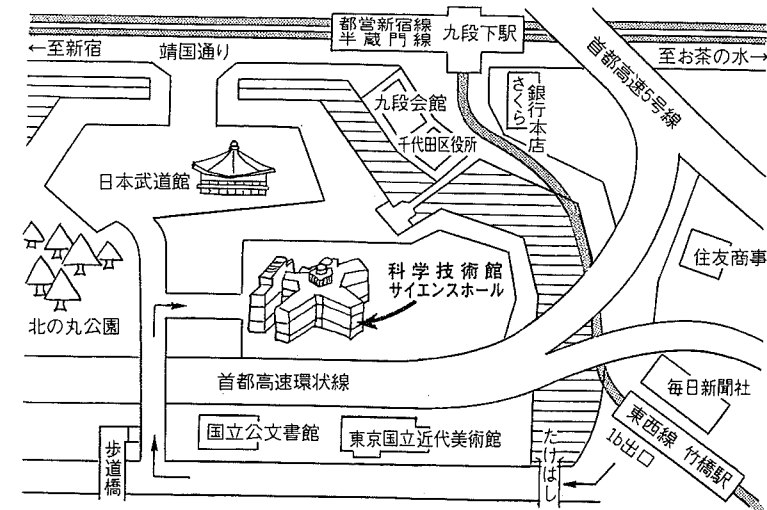
その他：①参加費の払い戻しはいたしかねますが、代理出席は差し支えありません。

②テキストを事前に送付いたしますので、住所等は必ず記載してください。

下記申し込みにかかわる個人情報につきましては、他に利用するものではありません。

第60回, 61回施工体験発表会参加申し込み書(参加する回を○で囲んで下さい)				
ふりがな 氏名		年齢	歳	TEL
会社名				
所属役職				
会社住所	〒 — — — —			

〔案内図〕



第60回(山岳)施工体験発表会

開催日：平成19年9月26日(水)

プログラム：

- 司会 (株)間組土木事業本部技術部長<事業委員会委員> 寺内 伸
- 09:55 開会挨拶 日本交通技術(株)代表取締役社長<事業委員会委員長> 桑原 彌介
- 10:00 トンネル発破掘削における防音扉の低周波低減効果の一事例
佐藤工業・若築建設共同企業体末宗トンネル作業所所長 樋口 隆
- 10:30 土被り6mの盛土区間を長尺先受けなどの補助工法を駆使して突破
大日本土木(株)手結山第2トンネル作業所現場代理人 植村 徹
- 11:00 市街地における浅層大断面4連めがねトンネル
大成建設(株)関西支店小路トンネル作業所課長代理 大島 基義
- 11:30 既設トンネルを閉合しながらのNATMトンネル施工
西武建設(株)知谷トンネル作業所所長 坪井 幸男
- 12:00 昼食
- 司会 鹿島建設(株)土木管理本部土木工務部グループ長<事業委員会委員> 伊藤 範行
- 12:40 蛇紋岩特有の押し出し性地山の掘削時の挙動
前田建設工業(株)北海道支店穂別トンネル西作業所副所長 梶山 孝司
- 13:10 湧水を伴う未固結地山と掘削補助工法
東亜建設工業(株)西目トンネル作業所所長 村松 紀夫
- 13:40 四国カルスト直下の地芳トンネルにおける高圧大量湧水帯の施工
鹿島建設(株)地芳トンネルJV工事事務所工事課長 藤井 広志
- 14:10 厳しい施工環境下における都市域NATMの施工
清水建設(株)土木東京支店八王子南バイパス浅川トンネル工事作業所工事課長 厨川 弘樹
- 14:40 休憩
- 14:50 脆弱な蛇紋岩地山のトンネル掘削に伴い発生した変状とその対策
大成建設(株)札幌支店東占冠トンネル工事作業所所長 内田 渉
- 15:20 土砂地山における国道交差部の施工
戸田建設(株)東北支店高館トンネル作業所監理技術者 小沼 宏嗣
- 15:50 TBMによる全断面斜坑掘削
(株)奥村組東京支社土木統括部神流川工事所工事課長代理 伊藤 拓也
- 16:20 長崎自動車道と小土被りで交差するトンネルの施工
(株)間組九州支店筑紫トンネル作業所副所長 坂田 和幸
- 16:50 閉会

第61回(都市)施工体験発表会

開催日：平成19年9月27日(木)

プログラム：

- 司会 (株)熊谷組土木事業本部シールド技術部長<事業委員会委員> 木戸 義和
- 09:55 開会挨拶 日本交通技術(株)代表取締役社長<事業委員会委員長> 桑原 彌介
- 10:00 泥土圧シールドによるJR横断施工
戸田建設(株)東京支店都下水北区西ヶ原シールド作業所所長 香西 利幸

- 10:25 重要都市施設直下での親子シールドによる地下鉄トンネル工事
前田建設工業(株)東京支店南池袋作業所副所長 白川 元彦
- 10:50 急曲線S字カーブと狭隘な立坑用地における連続ベルコンの適用
飛鳥建設(株)金沢シールド作業所機電主任 堀部 貴宏
- 11:15 軟弱地盤における地下鉄シールド施工に伴う支障物撤去
(株)間組関東土木支店地下鉄高田西作業所監理技術者 高橋 潤
- 11:40 Kc層内での大断面シールドの鏡切工・発進防護工の施工
清水建設(株)土木東京支店首都高大橋作業所工事担当 杉本 高
- 12:05 昼食
- 司会 鉄建建設(株)東京鉄道支店副支店長<事業委員会委員> 大和 修二
- 13:00 地下鉄換気塔におけるセグメント圧入工法
東京地下鉄(株)建設部工事課2級事務係 新田 修平
- 13:25 挿入式拡径式親子シールド工法を用いた共同溝工事
(株)大林組東京本社土木本部土木技術本部シールド技術部 森 理人
- 13:50 大深度、高水圧下、巨礫層での気泡シールドの施工
清水建設(株)神戸支店土木部工事長 山中 利明
- 14:15 複線地下鉄シールド(泥土圧)での掘削土のコンベヤ搬送
(株)フジタ横浜支店土木部担当課長 住吉 浩二
- 14:40 休憩
- 司会 東京地下鉄(株)建設部沿道調整課長<事業委員会委員> 川澄 邦康
- 14:50 長距離シールドトンネルの高速施工
大成建設(株)千葉支店神明蘇我共同溝作業所監理技術者 高田 知博
- 15:15 AGF-WOO工法による横坑施工
(株)熊谷組東北支店三本木原トンネル作業所工事主任 川端 一史
- 15:40 軟弱地盤での同径地中側面接合および正面地中接合推進工事
(株)奥村組名古屋支店土木部技術課課長 広野 和正
- 16:05 シールド切替型推進工法による谷川雨水幹線の整備
東京都下水道局南部建設事務所工事第二課工事第一係主任 廣瀬 隆士
- 16:30 閉会

10月号予告[10月1日発売予定]

- 軟弱粘土中シールド建設での地盤変形メカニズム
- 東北新幹線 三本木原トンネル
- 東海北陸自動車道 飛驒トンネル
- 地下鉄のトンネル構築補修について
- 幌延深地層研究計画地下施設工事
- プラハ国際トンネル会議技術調査現場視察報告【連載講座】
- シールド工事の施工に関するQ&A(4)

*内容等は変更になる場合がございます

編集後記

◆3月に能登半島地震、そして7月に新潟県中越沖地震と今年に入って大きな地震がすでに2件発生しています。また、九州地方を中心に台風が上陸して、大きな被害をもたらしました。被災された方に心よりお見舞い申し上げます。

◆日本の人口は、半数が3大都市圏に集中しており、それ以外の地域では高齢化が加速しております。今回の災害でも被災された方々のほとんどが高齢者です。高齢者の多いところでは、地域の連携が欠かせません。中越沖地震でも家屋の下敷きになった高齢者を近所の人が協力して助け出したという例もあります。行政だけに頼ると人手不足からいつ到着してくれるのかわかりません。そんなときこそ、普段から付き合いのある地域の助けが必要です。

◆都会では、なかなか近所付き合いがありません。マンションなどでは、隣の人の顔も知らない。当然挨拶もしない。そんなことは珍しくありません。生活スタイルがまちまちな都会の生活では、自分の家族ともすれ違いという方も少なくありません。災害だけでなく、防犯の点からも近所との付き合いも必要ではないでしょうか。インターネットの普及によりコミュニケーションが欠落している現代人にとって地域とのかかわりが自分を含め家族の尊い命を守ってくれるかもしれません。

◆9月は、台風のもっとも発生しやすい時期です。隣近所と連携して災害から身を守りましょう。

(K.Y)

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

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

トンネルと地下

第38巻 第9号 [通巻445号]

ISSN 0285-631X

Tonneru to chika

平成19年8月20日 印刷

平成19年9月1日 発行

社団法人日本トンネル技術協会

会長 小森 博

〒104-0041 東京都中央区新富2丁目14番7号(新光第一ビル)

TEL: 03-3553-6174

FAX: 03-3553-6145

http://www.japan-tunnel.org

発行所 株式会社土木工学社

〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16

番地メイジャー神楽坂

TEL: 03-3267-2888

FAX: 03-3267-2807

http://www.tunnel.ne.jp

発行人 山本 育徳

編集人 山本 勝誉

印刷 新協印刷株式会社

本誌の購読について

■購読をご希望の方は、書店または土木工学社へ直接お申し込みください。

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

購読料

1冊 1,575円(送料108円)

(本体価格 1,500円)

1年 15,000円(前納)

振替 00110-8-190072

本誌広告のお申し込み方法

本誌への広告掲載は小社「トンネルと地下」営業部までご連絡ください。

TEL: 03-3267-2888

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

吹付けコンクリート用急結剤

「太平洋ショットマスター」



急結性に
優れています

セメント鉱物系ならではの
シャープな急結性が得られます
そのため 吹付けコンクリートを急速に硬化させ
岩盤への優れた付着性
跳ね返りの低減が実現できます

短時間強度長期耐久性が
良好です

吹付け後 短時間で高い強度が得られ
以後の強度発現性も優れています
また セメント鉱物系ですので
長期耐久性も良好です

3 塩化物を
含んでいません

塩化物を含んでいませんので
ロックボルト・鋼製支保工等の鋼材を腐食させません

優れた付着性!!

「太平洋ショットマスター」は、太平洋セメント株式会社が特殊セメントやセメント用各種混和剤の開発技術をもとに、鋭意研究開発したセメント鉱物系を主成分とした吹付けコンクリート用急結剤です。セメント鉱物ならではの急結性を有し、吹付けコンクリートの岩盤への優れた付着性・跳ね返りの低減が実現できます。

 太平洋マテリアル株式会社

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