

# トンネルと地下 9

vol. 39  
no. 9  
2008

Tunnels and Underground

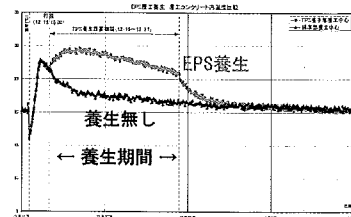
糸魚川-静岡構造線に近い断層破碎帯を貫く  
盛土上の公園直下を最小土かぶり3mで掘る  
大阪市営地下鉄今里筋線の建設工事と計測管理  
泥土・泥水切り替え型親子シールドによる長距離掘進  
下水道管路施設の改築・修繕計画のシステム化

日本トンネル技術協会誌



新しいタイプの覆工コンクリート養生システム  
EPSパネル養生工法

EPSパネルの保温性、保湿性が効く。



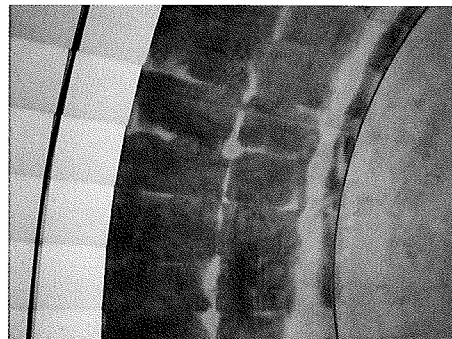
温度測定結果

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

強度測定結果  
(シュミットハンマー)

実績および計画

施主	実績	計画中
国土交通省	1	3
NEXCO	2	1
地方自治体		3



EPSパネル取り外し直後の状態

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

**株式会社 不動テトラ**

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

特許登録番号第3977849号

**大栄工機株式会社**

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

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

実施権許諾第10396号



定価 1,575円 雑誌06619-9  
本体価格1,500円



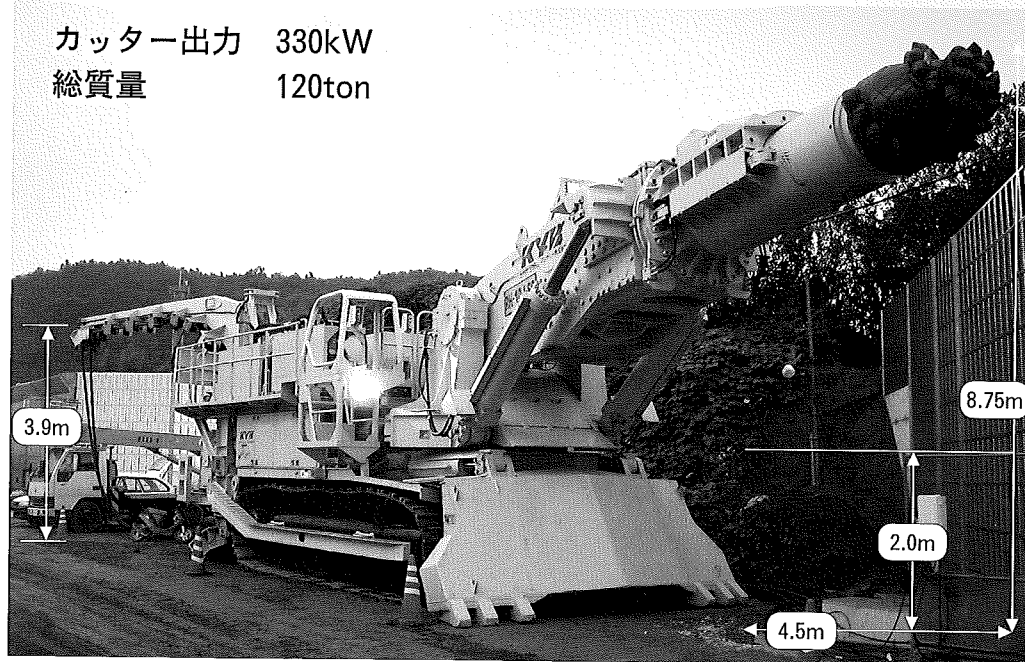
4910066190989  
01500



ミニベンチ工法 両用型 ショートベンチ工法

# RH-10J-SS 強力型ブームヘッダー

カッター出力 330kW  
総質量 120ton



## 主な特長

- ・カッター出力は330kWで、強力な切削力を発揮し、軟岩から硬岩まで幅広い地質に対応。
- ・機体寸法は、高さ3.9m×幅4.2m×長さ16.5m（ケーシングハンガーを除く）
- ・定位置最大切削範囲は、高さ8.75m×幅4.5m
- ・高圧水ジェット噴射で粉塵抑制とビック消費量低減。
- ・接地圧が低く、軟弱地盤にも対応。

**KYB** カヤバシステム マシナリー株式会社

KAYABA SYSTEM MACHINERY CO.,LTD.

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

(旧社名: 日本鉬機株式会社)

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

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

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

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

**FURUKAWA**  
ROCK DRILL

**FRD**  
FURUKAWA

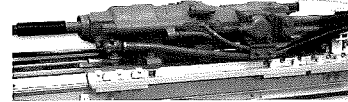
様々なトンネル工事に挑戦し、実績を積み重ねてきた各種製品と  
全国に広がる安心のサービス網でお客様をバックアップします。

ホイール式ドリルジャンボ

## JTH2200R/3200R

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

新世代型油圧ドリフタHD210II搭載。

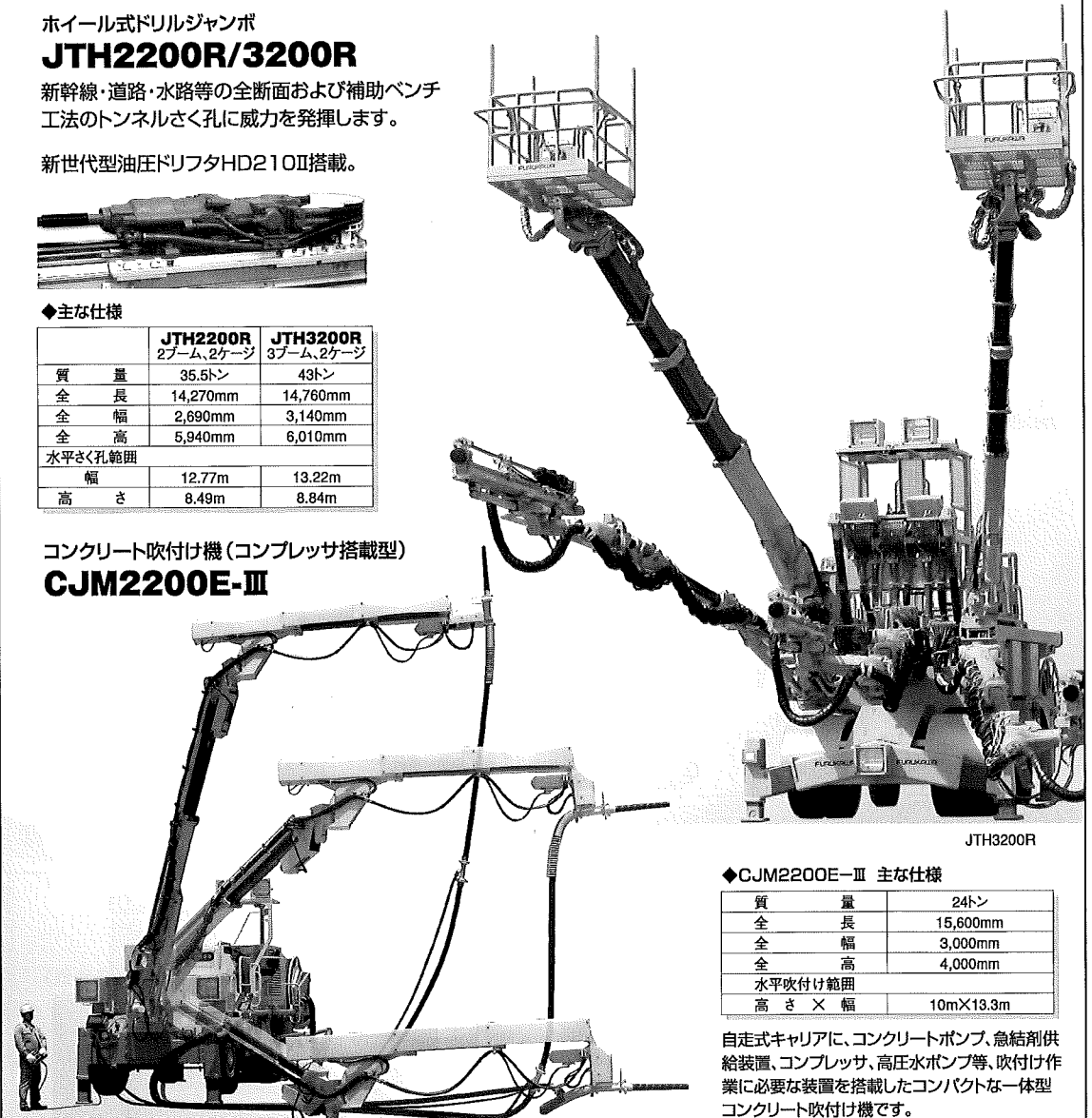


◆主な仕様

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

コンクリート吹付け機（コンプレッサ搭載型）

## CJM2200E-III



◆CJM2200E-III 主な仕様

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

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

写真は吹付け姿勢の合成写真です。

△ 古河機械金属グループ

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

本社 〒103-0022 東京都中央区日本橋室町二丁目3番14号 古河ビル8F 特機部 電話：(03) 3231-6966

札幌支店 011-861-3261 東北支店 022-384-8991 関東支店 027-326-9611 名古屋支店 0568-77-7700

関西支店 06-6475-8221 広島営業所 082-832-3542 四国営業所 087-815-1708 九州支店 092-948-2010

## 吹付けコンクリートシステム



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

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



特にコンクリート吹付機の要はコンクリート圧送ポンプです。

### プツマイスター圧送ポンプの特長

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

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

### コンパクトで群を抜く使いやすさ!

機能性、機動性の基に理想的な機械化を実現!

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

### トンネル関連製品

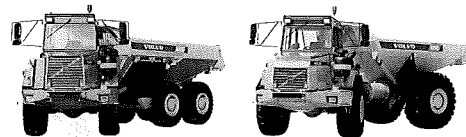
#### 吹付けコンクリートシステム

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

一体型吹付機・特殊型吹付機  
設計・製作: 東友エンジニアリング株式会社

#### VOLVO ダンプトラック

(A25C-TS, A25C-TR, A20/30C-T)

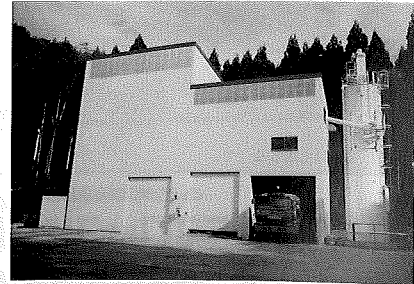


Volvo East Asia(Pte)Ltd

その他、トンネル施工機械全般

#### バッチャプラント

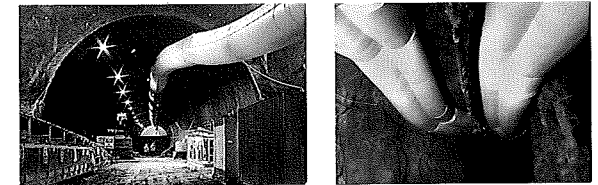
(全自動式、3槽ラム式、簡易型、特殊型)



設計・製作: 名岐エンジニアリング株式会社

## トンネル換気システム

**ABC**  
VENTILATION SYSTEMS



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

総代理店 東友エンジニアリング株式会社

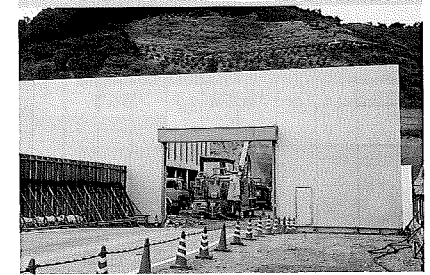
## 騒音防止システム

エコフラット -35db Cタイプ



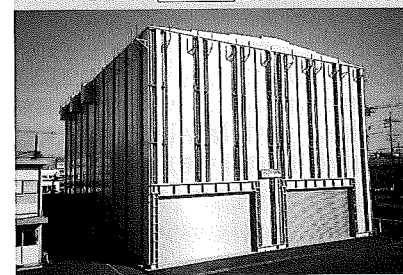
美観を重視した高性能の防音ハウス

エコパネル防音壁 -15db Aタイプ



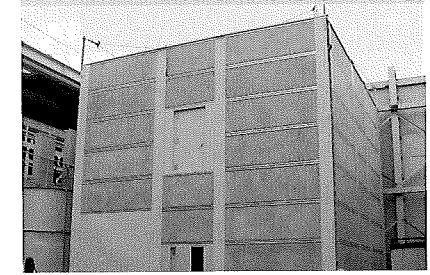
適応性の優れた防音パネル

エコユニット -30db Bタイプ



組立て容易な標準型防音ハウス

スーパーエコハウス 超低周波音 -25db



超低周波音対策に適した防音ハウス

設計施工 株式会社トユーエコサポート

建設業界に貢献する TOYU GROUP

東友エンジニアリング株式会社

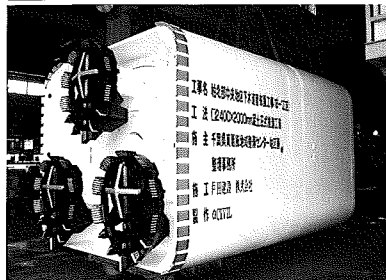
<http://www.toyu.co.jp>

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

# 超流バランスセミシールド工法

ボックスカルバート推進工法

施工場所：千葉県柏市若菜地内



多軸自転・公転掘進機(内空寸法□2400×2000)

本工法は、有効断面を最大限に確保し、低土被り、長距離、急曲線の安全で迅速かつスムーズな密閉型矩形推進工法を確立しました。

先行工事としての角鋼管水平土留工やボックスカルバートの密閉型推進工法に活用可能です。

- ◆低土被りが推進可能(H=1.5m程度まで可能)
- ◆PC・RCボックスカルバート函体および角鋼管にて対応可能
- ◆密閉型のため切羽の安定性に優れ、地山の緩みを防止可能
- ◆完全密閉型式多軸方式の高トルク掘進機のため、多様な土質に適用可能で迅速な施工を実現可能

リターン回収掘進工法

施工場所：東京都渋谷区神宮前



φ1016mm長距離パイプルフ掘進機(リターン回収型)

本工法は、掘進機を推進基地に迅速に引き戻せる機構としたことで、到達立坑が不要となり、大幅なコスト削減が可能となりました。

特に長距離、曲線パイプルフ施工として有効なため、工期短縮およびコスト削減が図れる画期的な工法です。

- ◆長距離・曲線パイプルフとして適用可能
- ◆通常のJIS鋼管にて対応可能(鋼管φ812~φ1219mm)
- ◆継ぎ手付鋼管においても先行継ぎ手カッターにてスムーズな掘進が可能
- ◆到達回収立坑が不要(発進側へ掘進機内部装置を回収可能)
- ◆密閉型掘進機機構ゆえに無水層~滞水層まで対応可能

巨礫・岩盤破碎型掘進工法

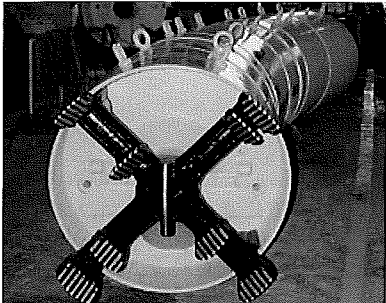


φ1500mm破碎型掘進機

本工法は泥濃式の取込方式の長所を生かしながら、破碎方式を兼ね備え、取込径以下の不要な破碎を行わないため、ビットの耐摩耗延長を従来の2倍以上とし、巨礫に対応しながら長距離推進を可能としました。

- ◆破碎型掘進機：呼び径φ600~φ1650に対応が可能
- ◆岩盤層実績 26件、延べ延長L=10.0km
- ◆巨礫層実績 47件、延べ延長L=15.6km
- ◆破碎型急曲線実績 R=15m(φ800、巨礫層)
- ◆破碎型長距離実績 L=619m(φ1000、巨礫層)

長距離・急曲線掘進工法



φ800mm超急曲線掘進機(R=9.3m対応機)

本工法は泥濃式の中でも特に高トルク、超急曲線機能・超長距離安定機能の開発を進め、玉石砂礫層~軟弱層の広範囲の土質に対応できる画期的な掘進機を開発してきました。

- ◆呼び径φ600~φ2400に対応が可能
- ◆排土口径が大きいため、取込型掘進機でも管呼び径の40%程度の玉石等の抽出が可能
- ◆通常の泥濃式の送泥水注入と固結型滑材注入に加え掘進機外周からテールボイド安定材の注入、さらにテールボイド拡幅装置(TRS)を装着することで切羽の安定と良好なテールボイドの構築が可能
- ◆超急曲線掘進機は多段中折れ機構により管呼び径の40~15倍程度まで曲線施工が可能

認証取得

ISO 9001  
ISO 14001

株式会社アルファシビルエンジニアリング(超流セミシールド協会)

〒812-0015福岡市博多区山王1丁目1番18号

TEL(092)482-6311 FAX(092)482-6363

E-mail: arfa@oregano.ocn.ne.jp

URL <http://www.alpha-civil.com>

建設コンサルタント登録番号：建18第8677号

測量登録番号：登録第(1)-30507号

建設許可番号：国土交通大臣許可(特-18)第19193号

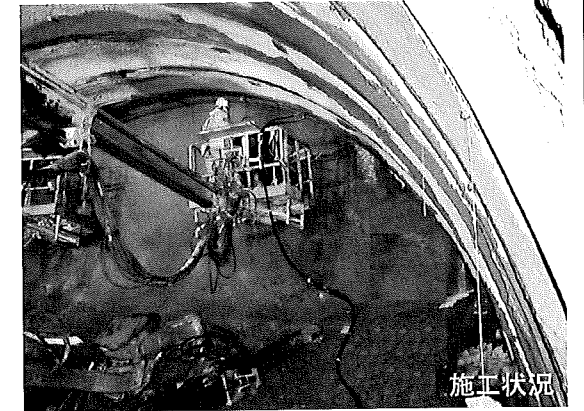
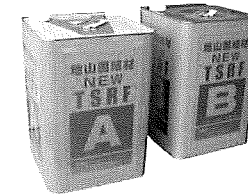
# 補助工法・注入材のことならティーエムシー

## AGF-OFP工法

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

## 各種注入材

NEW-TSRF  
(シリカレジン)  
NEW-TBU  
(ウレタン)



施工状況

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

# 環境に配慮したリサイクルコンテナシステム



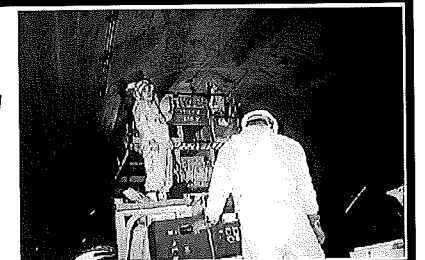
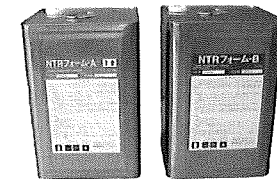
◎リサイクルコンテナ(左)と現場への搬入風景 当社のリサイクルコンテナシステムなら、一斗缶の産業廃棄物処理がなくなるため、工事もスムーズに進みます。現場にも環境にもやさしいシステムです。

# トンネル補修もティーエムシーにお任せください

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

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

※強度等詳細は当社ホームページにてご確認ください。



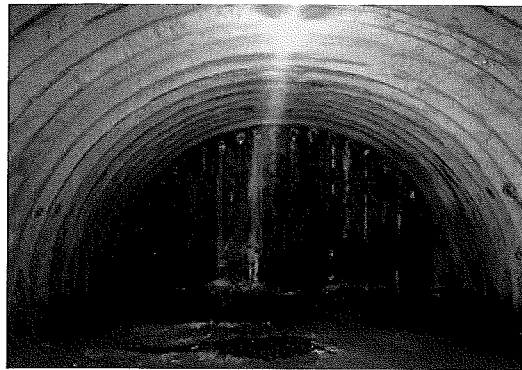
上記の各種注入材の他、ドリルジャンボ、集塵機をはじめ各種機械も取り扱っております。お気軽にお問い合わせください。

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

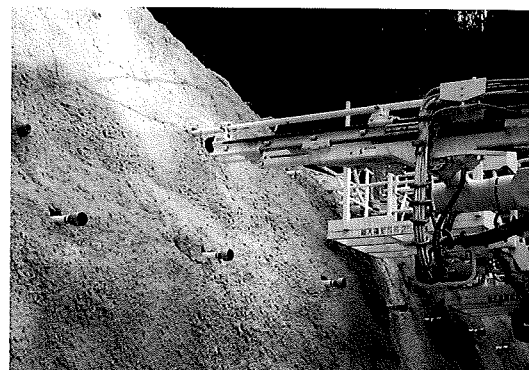
本社	〒116-0013 東京都荒川区西日暮里5-23-3 冠第二ビル5F	TEL: 03-3891-8211
仙台支店	〒984-0826 宮城県仙台市若林区若林2-5-5 SKビル3F	TEL: 022-286-5111
名古屋支店	〒486-0844 愛知県春日井市島居松町4-165 春日井中央ビル4F	TEL: 0568-56-4288
大阪支店	〒578-0903 大阪府東大阪市今米1-2-1 中辻第3ビル3F	TEL: 072-966-6280
富山営業所	〒933-0806 富山県高岡市赤祖父707 古川ビル2F	TEL: 0766-28-8355
九州営業所	〒839-0809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

# 日本で生まれ、世界へ広がる。 NATMの補助工法

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



(施工例)断面内からの無拡幅AGF工法



(施工例)鏡面への小口径二重管削孔システム

## AGF工法のバリエーション

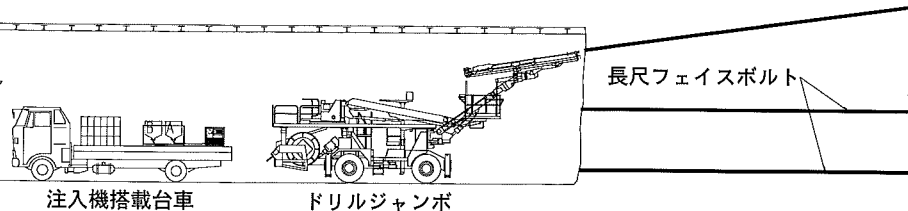
プロトタイプ  
無拡幅タイプ  
最小拡幅タイプ

## 小口径二重管削孔システム

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

↓  
先受け以外にも長尺鏡ボルトや水抜きパイプとして使用できます。

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



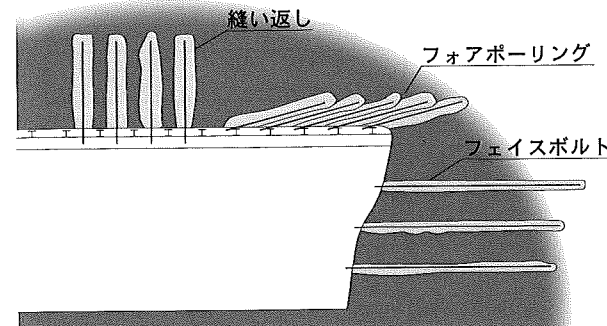
## 注入材のバリエーション

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



(施工例)固結状況

## 注入ボルトのバリエーション



注入式フォアボーリングや鏡ボルト等に使用する注入ボルトとして、

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

## 主要営業品目

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

# KATECS

株式会社 カテックス  
建設資材事業部

ホームページ <http://www.katecs.co.jp/>

技術営業部

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

東京支店

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

九州営業所

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

中部営業部

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

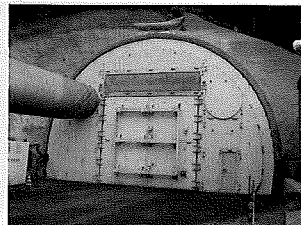
関西営業所

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

北海道地区(株エイチ・アール・オー)

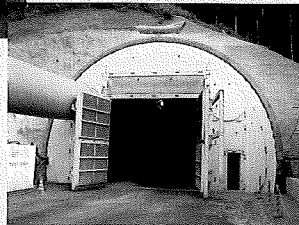
TEL)011-821-5868 FAX)011-821-6644

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



### 【防音扉】

- HFS型マークII
- HFS型ロック式
- HFS型マークII 10c
- HFS型マークII 15c



防音扉には生産物賠償責任保険(対人)が付いております。

『防音扉マークII』の音響性能

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

『防音扉ロック式』の音響性能

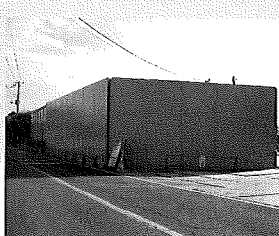
対策	騒音レベル	低周波音圧レベル
1 基設置	19 dB(A)	17 dB
2 基設置	28 dB(A)	26 dB

『防音扉マークII 10c』の音響性能

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

『防音扉マークII 15c』の音響性能

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



### 【防音壁】 【防音ハウス】 【防音シェルター】 【防音ボックス】

- Sタイプ(スタンダードタイプ)
- Dタイプ(デラックスタイプ)
- Hタイプ(ハイデラックスタイプ)
- SUタイプ(ステンレスタイプ)



『防音パネルSタイプ』の音響性能

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

『防音パネルDタイプ』の音響性能

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

『防音パネルHタイプ』の音響性能

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

『防音パネルSUタイプ』の音響性能

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

### 【建設騒音対策協会】

株式会社 牛尾商店  
福岡県福岡市博多区中洲 6-4-19  
〒810-0801 TEL. 092-281-2131

株式会社 カテックス  
愛知県名古屋市中区上前津 1-3-3  
〒460-8331 TEL. 052-331-8821

株式会社 ティーエムシー  
東京都荒川区西日暮里 5-23-3  
〒116-0013 TEL. 03-3891-8211

日豊株式会社  
東京都渋谷区渋谷 2-12-12  
〒150-0002 TEL. 03-3409-8041

株式会社 野佐和商会  
大阪府大阪市西区新町 2-10-3  
〒550-0013 TEL. 06-6532-5451

株式会社 ビーエスアイ  
北海道札幌市中央区北一条東 13-1-1  
〒060-0031 TEL. 011-241-6500

古河ロックドリル 株式会社  
東京都中央区日本橋室町 2-3-14  
〒103-0022 TEL. 03-3231-6961

松茂工販 株式会社  
東京都江東区豊洲 4-1-23  
〒135-0061 TEL. 03-3536-5531

協会幹事：株式会社 ヒューズ  
東京都江戸川区平井 6-35-5  
〒132-0035 TEL. 03-3617-8111

お問い合わせ E-mail souon@fuse-ind.co.jp

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

- ◆建設業登録 東京都知事許可 般-17 第75054号  
とび・土工工事業

【販売会社】株式会社 ヒューズ  
 □本社 東京都江戸川区平井 6-35-5  
 〒132-0035 TEL. 03-3617-8111 FAX. 03-3617-7565  
 □大阪営業所 大阪府大阪市北区豊崎 3-4-14 ショーレイビル  
 〒531-0072 TEL. 06-6359-2611 FAX. 06-6359-2288  
 E-mail info@fuse-ind.co.jp

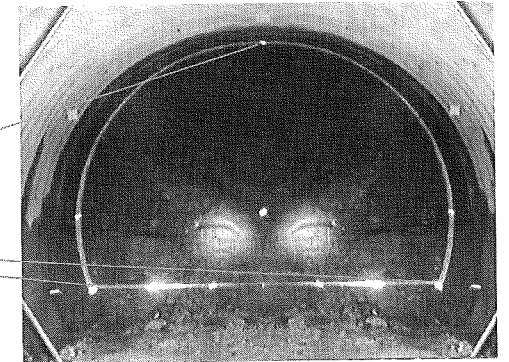
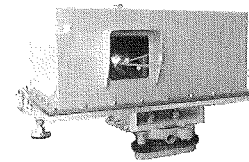
ヒューズ工業 株式会社  
 □本社 東京都江戸川区平井 6-35-5  
 〒132-0035 TEL. 03-3617-8333 FAX. 03-3617-7565  
 □つくばセンター 茨城県下妻市村岡 998-1  
 〒304-0824 TEL. 0296-30-7888 FAX. 0296-30-7655  
 E-mail hf@fuse-ind.co.jp

URL http://www.fuse-ind.co.jp

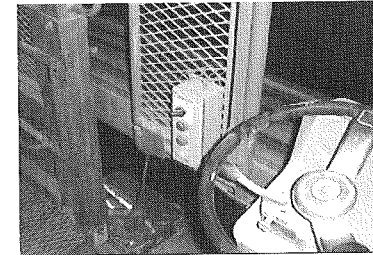
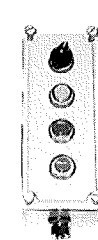
## レーザーマーキングシステム

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

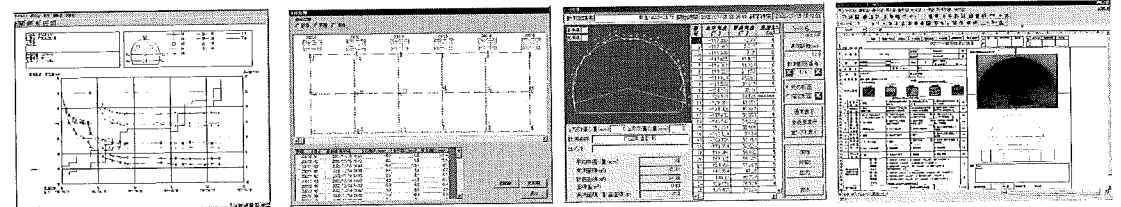


現場環境に耐え得る  
頑強なコントローラー



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。

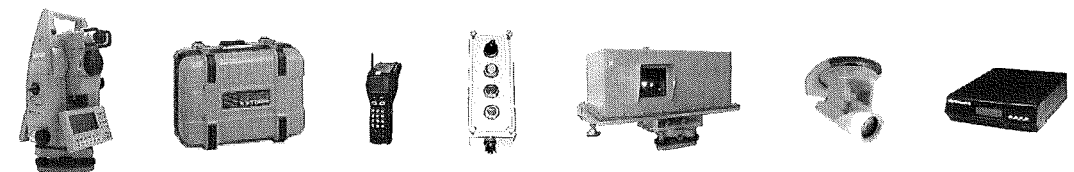


A計測データ処理

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

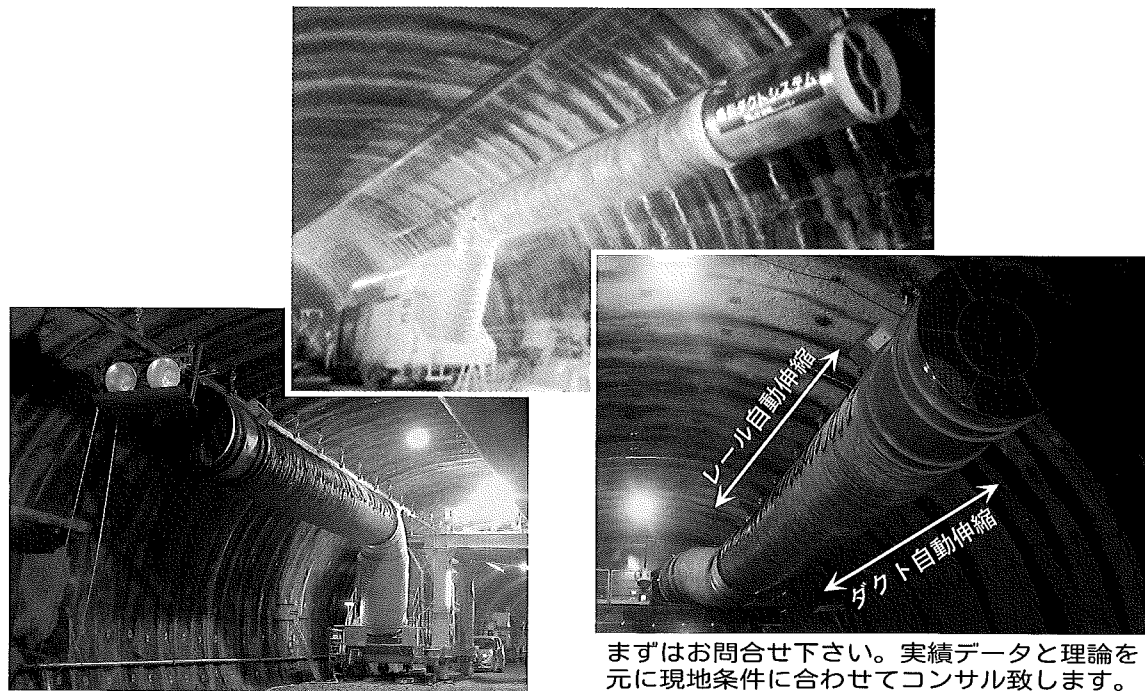
〒272-0832 千葉県市川市曾谷8-16-3  
TEL (047) 371-3191 FAX (047) 371-3190

【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

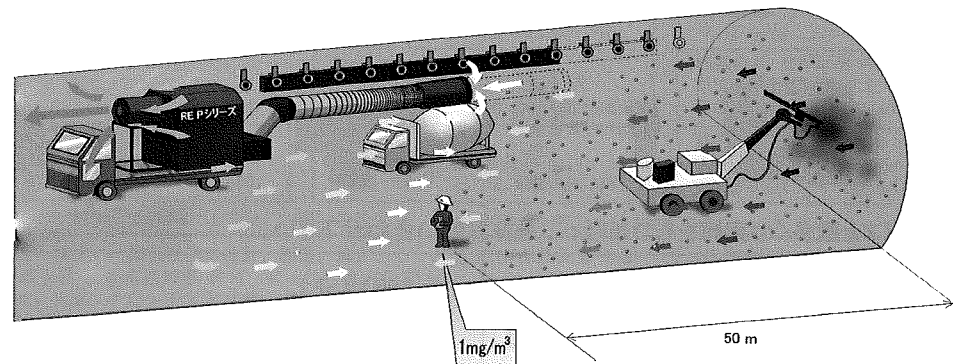
# 吸引ダクトシステム

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



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

- ・発生源粉塵対策の決定版。
- ・ダクトはもちろん、吊下げレールも無線リモコンで楽々前進。
- ・掘削工法や作業サイクルに適合、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。
- ・適応径はφ600～φ1650、負圧-2kPa、収縮率1/5、100m以上もレンタルで対応可。移動照明を使用することで切羽作業効率、安全性が大幅にアップ。その他の口径・延長はご相談下さい。

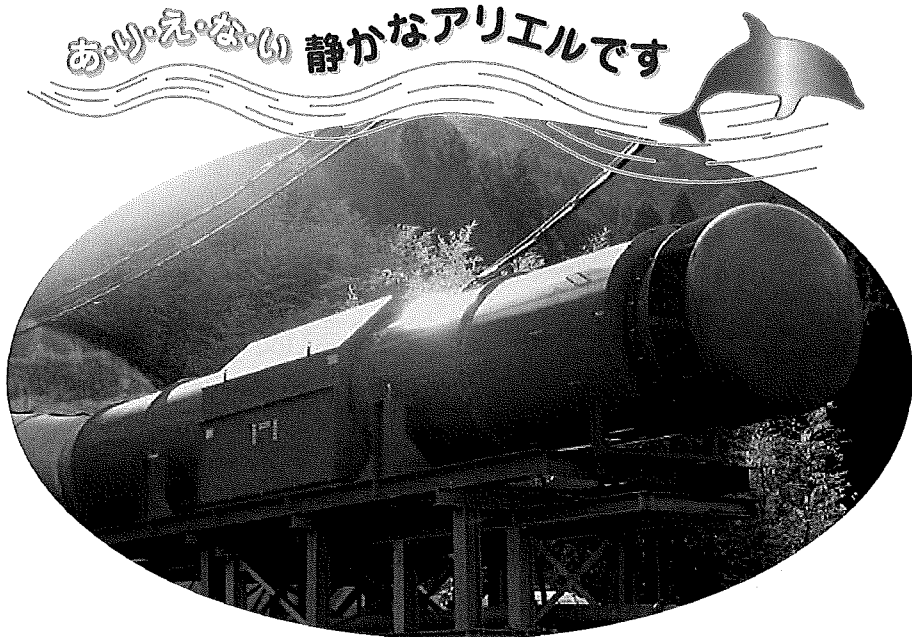


**株式会社 流機** エンジニアリング

URL: <http://www.ryuki.com> E-mail: [eigyobu@ryuki.com](mailto:eigyobu@ryuki.com)

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

# 超低騒音・三軸反転ファン エアロ★MAX アリエル



今時、静かなのは当たり前!!

ファンの性能を保持したまま、より低騒音に、よりスタイリッシュに。  
**シールド、都市NATMなどの都市環境や**  
**大断面長大トンネルの施工環境に対応する換気ファンを400台以上保有。**  
**必要なとき、必要な容量の設備を提供します。**

- 超低騒音:** エアロMAXは最小値78dB(A)、アリエルは当社比-5dB
- 省エネ:** インバータでファンの回転数を制御するため無負荷電流がなく、人-△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。

**株式会社 流機** エンジニアリング

URL: <http://www.ryuki.com> E-mail: [eigyobu@ryuki.com](mailto:eigyobu@ryuki.com)

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

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 ◆

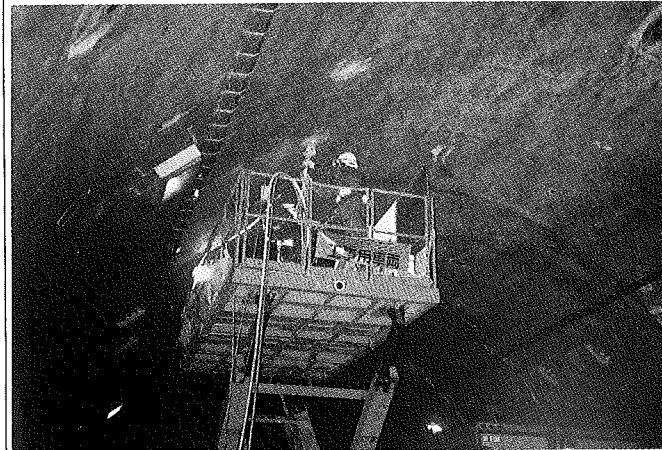


株式会社 **マイール**

〒142-0043 東京都品川区二葉1丁目18番8号  
TEL 03 (3787) 1131 (代)

## 硬質発泡ウレタン セットフォーム工法

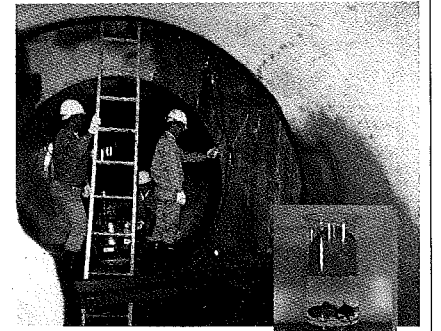
急結性・高性能空隙充填材



- 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ニアリング株式会社	〒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蔵田 8-1	TEL 024-543-0511
四国リニューアル株式会社	〒780-0815	高知市二葉町 3-5	TEL 088-878-0050
ショーレジン株式会社	〒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	〒531-0074	大阪市北区本庄東 1-22-3 四本ビル	TEL 06-6371-9947

### 協会事務局

〒103-8650 東京都中央区日本橋人形町2-31-11  
日清紡ポスタルケミカル(株) TEL 03-5644-7760

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

— 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



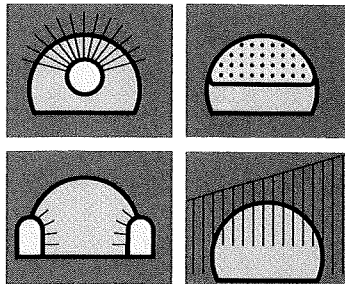
(中実タイプ)

CGR32

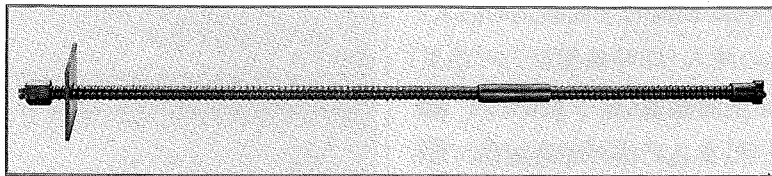


(中空タイプ)

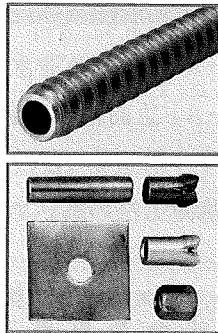
FRP ボルトに全ネジ加工することによって、ナット取付け、カプラー接続が簡単にできます。



## 自穿孔 IBO アンカー

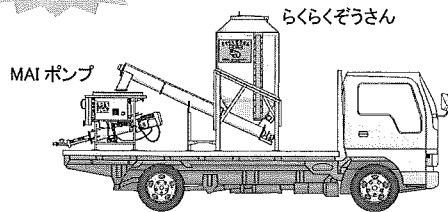


現場での取扱いが非常にし易い R32 ネジを全長にわたって  
転造した中空ロックボルトです。

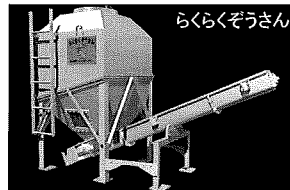
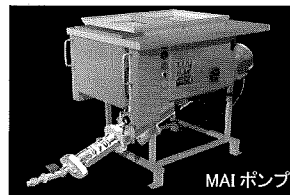


## MAI ポンプ&らくらくぞうさん(モルタル投入システム)

ECO システム!



現場ゼロエミッションに貢献します。



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

ホームページ <http://www.kfc-net.co.jp/>

1本1本が大切! だから

次世代 防食 ロックボルト

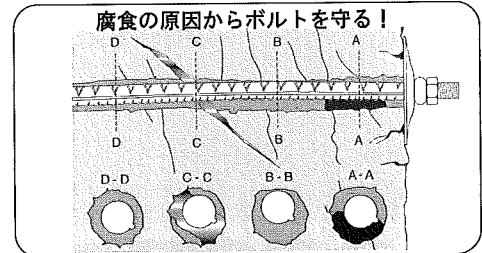
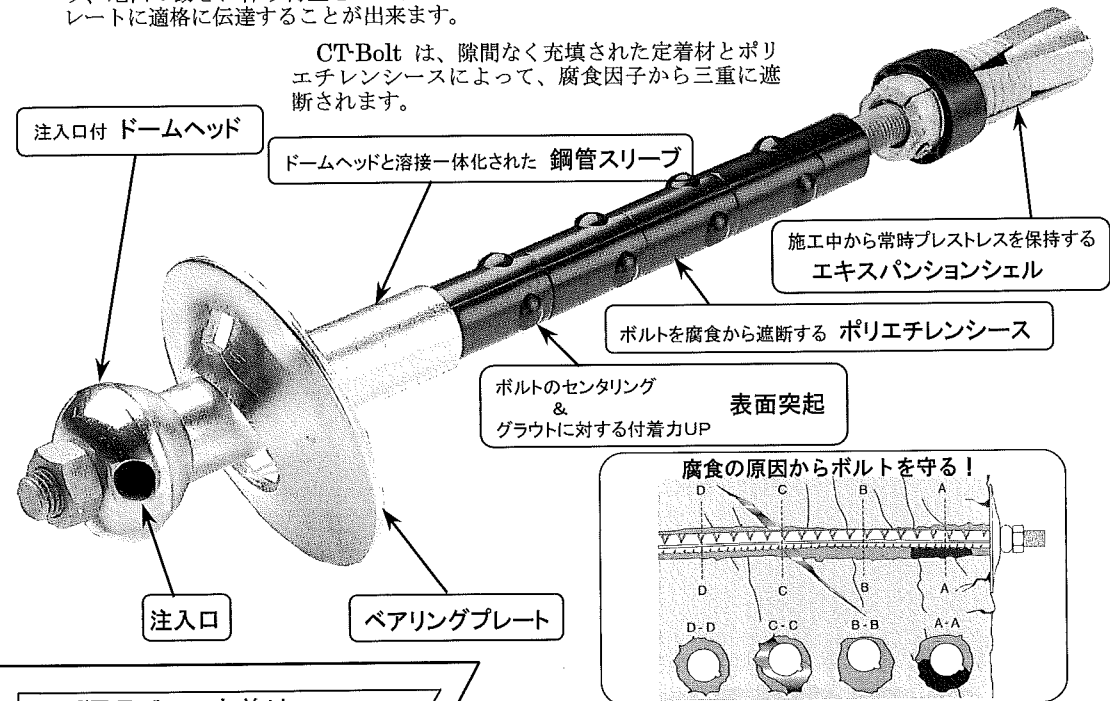
# CT-Bolt

Ørsta Stål

通常施工により超長期支保

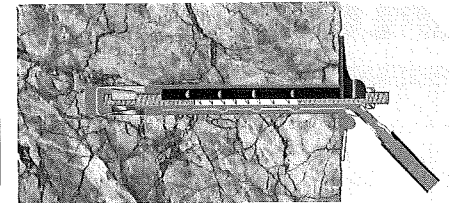
CT-Bolt は、施工直後からプレストレスを導入し、特殊半球型ドームヘッドにより、地山の動きに伴う荷重をベアリングプレートに適格に伝達することが出来ます。

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

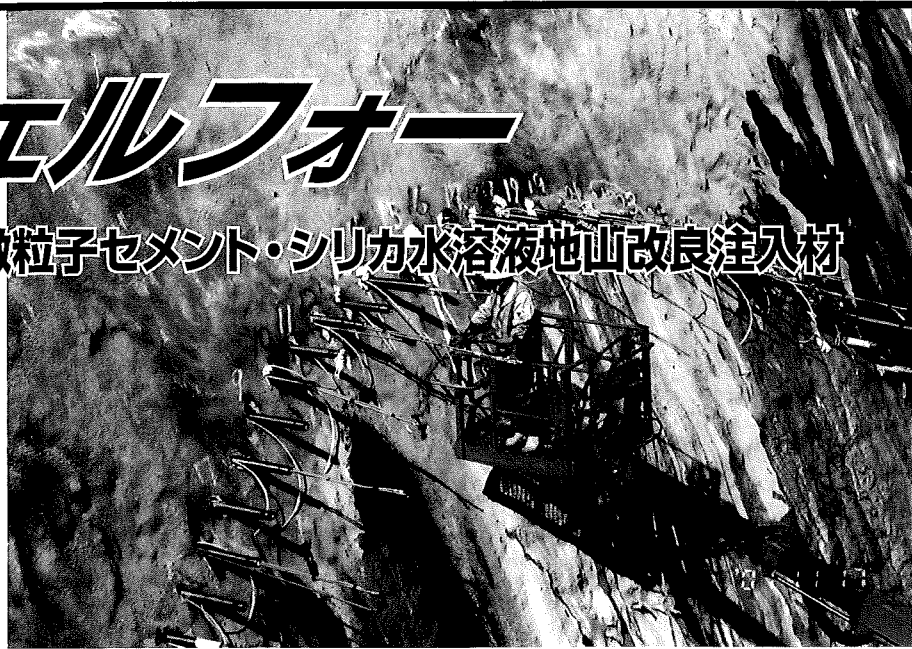
KFC 株式会社 ケー・エフ・シー

〒135-8073 東京都江東区青海2丁目45番タイム24ビル

お問い合わせ先 TEL: 03-3570-5182  
技術部 FAX: 03-3570-5191

# 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 $\mu$ mと超微粒子
- ホモゲルは1日で1.5~3.0MN/m<sup>2</sup>
- 1.5ショットで注入

太径自穿孔パイプ

## AGFST工法



- 作業性が抜群(実績21m/本)
- ロッド外径 $\phi$ 78がロープねじの為、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



 岡部シビルエンジニアリング株式会社

〒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 中部 電話 0568-76-5611 関西 電話 06-6535-0621  
九州 電話 092-624-5878

# 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](http://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。

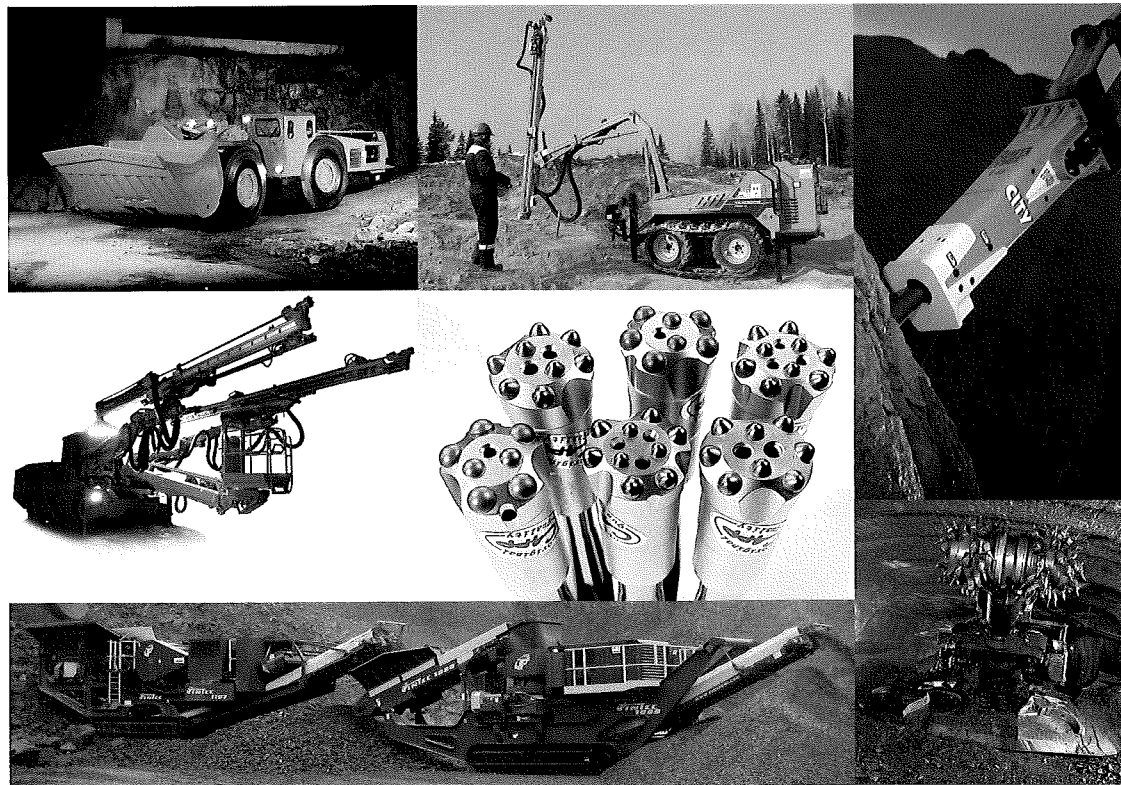
皆さまには、◇さらなる技術投資、  
◇供給のより高い安定性に向けて、  
より広範囲の製品およびサービス、  
ならびに拡大された製造施設、サプライ  
ポイント・ネットワークへのアクセス、  
◇爆薬、技術サービス、ANおよび起爆  
システム製品の信頼できるデリバリー  
——をご期待いただけます。

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

 **ORICA**  
MINING  
SERVICES

SANDVIK



Productivity  
in Action

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

サンドビック マイニング アンド コンストラクション ジャパン株式会社

〒222-0033 神奈川県横浜市港北区新横浜2-15-12 共立新横浜ビル6階TEL045-478-0862/FAX045-478-0861

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

熊本市 熊本3号トンネル

西日本高速道路株 第二名神 栗東トンネル

名四国道事務所 足助ハイパス 足助トンネル

高山国道事務所 中津縦貫道 前原1号トンネル

長年の多くの実績から得た豊富なノウハウという「宝物」を新しい技術に。いらなくなった物で必要な物を作り出す。それが私たちの技術です。

トンネル、電線共同溝、空港、工場敷地内、ありとあらゆるニーズにお答え出来ます。

資源循環型リサイクル製品「セラダクトA」。

# トンネル内専用として セラダクトA<sup>エース</sup> ネオ neo

— 特長 —

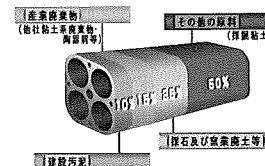
標準管の長さは65cmの新規格  
※従来のセラダクトAは60cm。

接続はカップリング方式で簡単  
スピーディー  
※従来のセラダクトAはバッキン介在ボルト締め



再生材料を使用  
投石および高純度土、陶磁粉 50%以上  
セラダクトAはエコマーク認定商品です  
第 04 131 014 号

セラダクトA<sup>エース</sup>シリーズは「エコマーク認定基準」に適合し、財団法人 日本環境協会から「エコマーク商品」として認定されました。



ISO 9001:2000取得

杉江製陶株式会社

本社・工場 愛知県知多郡武豊町字上山一丁目76番地 〒470-2387  
TEL(0569)35-2360代 FAX(0569)35-4087  
東京支店 東京都渋谷区恵比寿一丁目21番8号セラ51ビル 〒150-0013  
TEL(03)3442-6181 FAX(03)3442-1691  
大阪支店 大阪府都島区御幸町1丁目3番1号 〒534-0012  
TEL(06)6922-6991 FAX(06)6922-2498

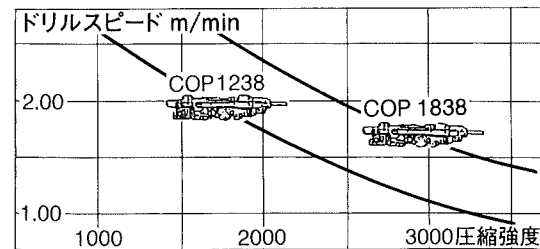
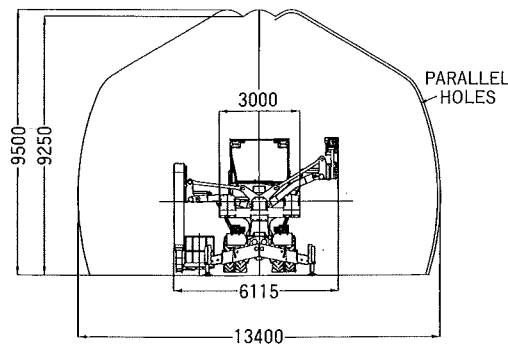
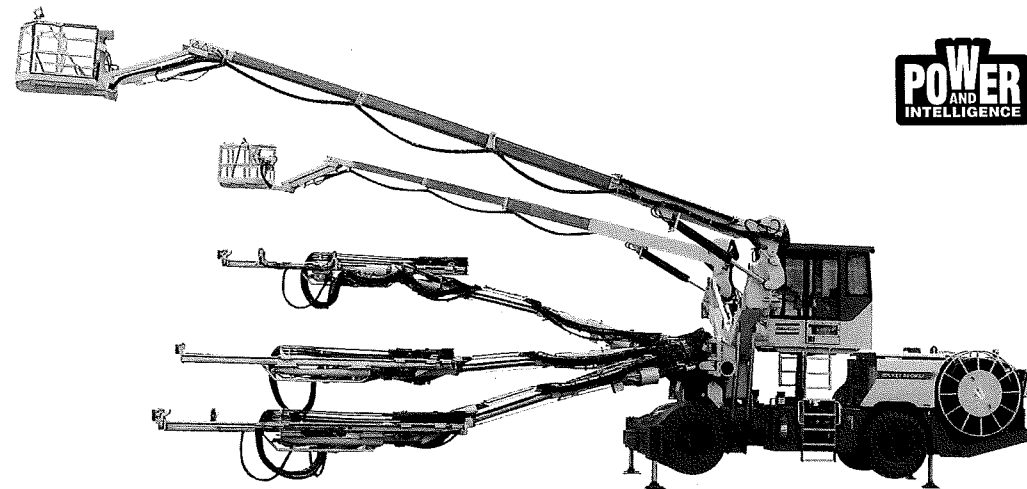
<http://www.sugie.co.jp/>

# 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



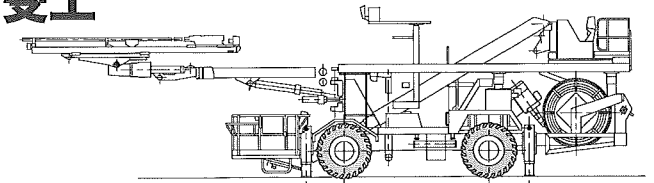
## ドリルマシン株式会社 DRILL MACHINE CO., LTD.

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

## 環境対応型長尺鋼管先受工

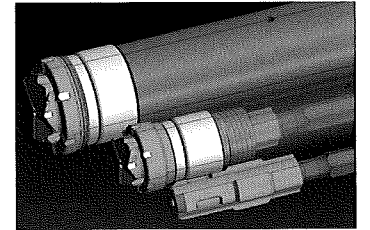
### TOHO AGF System

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

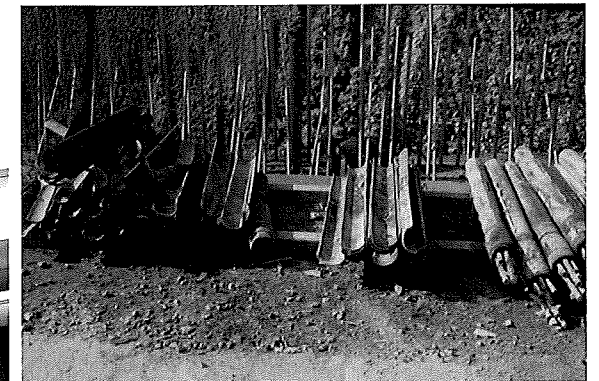
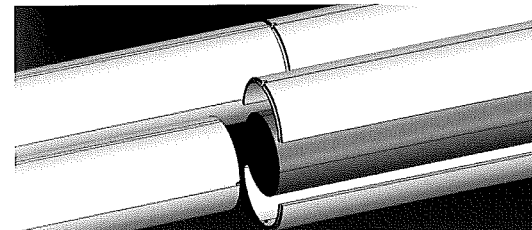


### AGF-Me工法

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



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



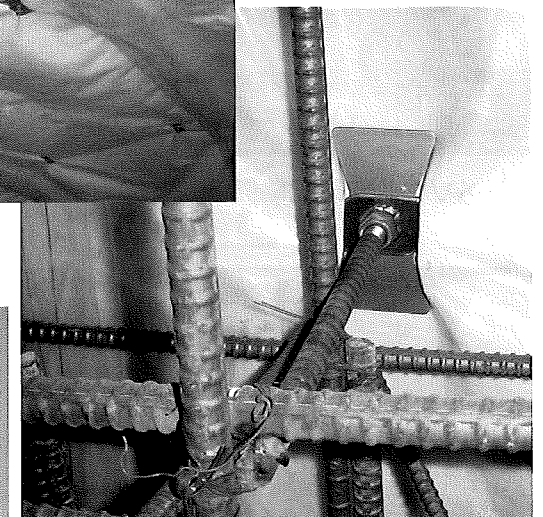
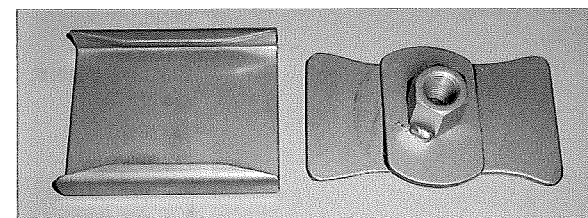
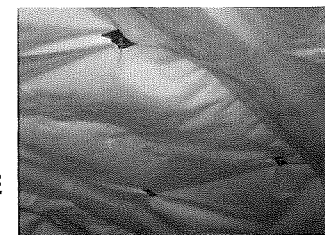
### 防水シート非貫通型鉄筋吊り金具

### TKグリッパー

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

固定方法は3ステップ

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



### 東邦金属株式会社 東京営業部 TOHO KINZOKU Co., LTD

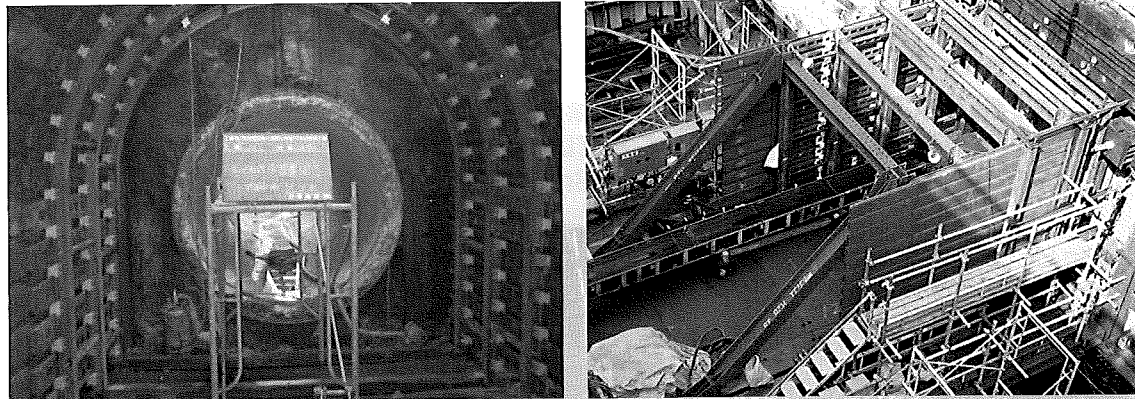
〒105-0003  
東京都港区西新橋3丁目2番1号 共同ビル(西新橋)10F  
Tel: 03-5401-6211 Fax: 03-5401-6218  
URL: <http://www.tohokinzoku.co.jp>

### 株式会社 トーキョーオール

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

アーストンネル掘削工法に最適

# SS-メッセル工法 Stabilizer System Messer



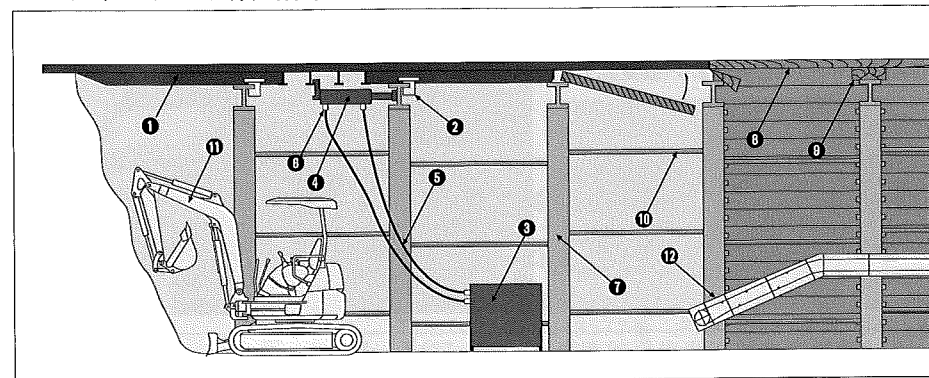
## 特徴

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


## 実績

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

SS-メッセル工法概略図



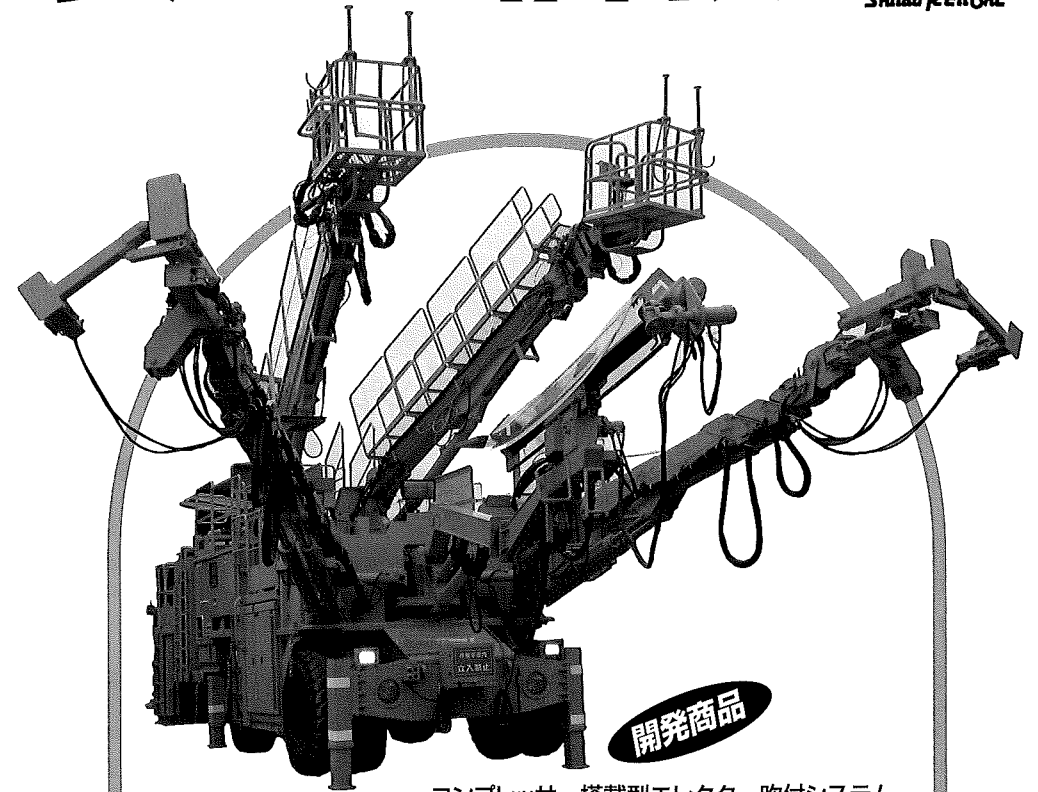
- ① SS-メッセルプレート
- ② スタビライザ
- ③ 油圧ユニット
- ④ 油圧ジャッキ
- ⑤ 油圧ホース
- ⑥ 油圧手許切換装置
- ⑦ 支保工
- ⑧ 木矢板
- ⑨ 木製キャンバー
- ⑩ 径間パイプ、  
タイロットボルト
- ⑪ バックホウ
- ⑫ ベルトコンベア

 **株式会社シーテック**

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

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

# 安心と信頼



開発商品

コンプレッサー搭載型エレクター吹付システム  
(ホイール式)

## 〈1台2役のスグレモノです!〉

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

トンネル機械の総合レンタル  
**三興レンタル株式会社**

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

湿式吹付けコンクリート用高性能減水剤  
**NT-1000シリーズ**

急結剤と併用することにより、  
高品質で経済的な吹付けコンクリートを実現。

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

アルカリフリー・低アルカリ型液体急結剤  
**メイコ®SAシリーズ**

成分中にアルカリ分をほとんど含まない液体急結剤。

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

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

二酸化ケイ素を主成分とした球状で  
超微粒子のシリカフューム。

- 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。

シリカフューム

**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

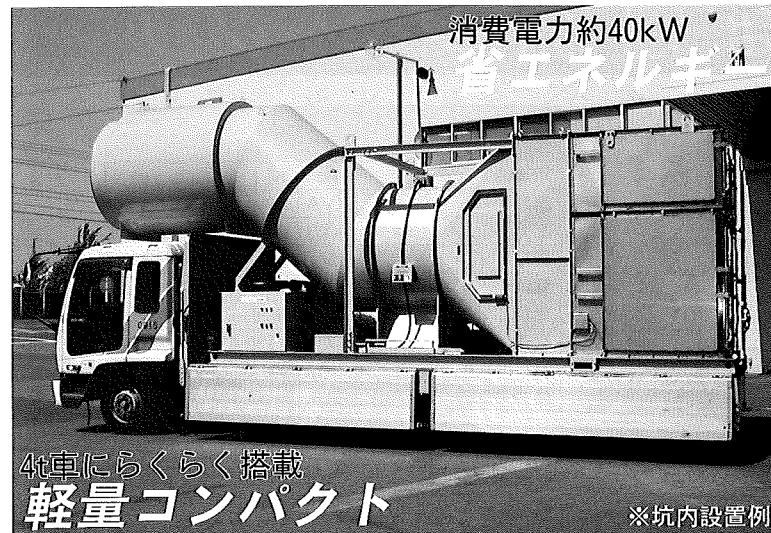
**デルボクリート**

**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
- 資料請求/詳しくは、本社混和剤営業部または、最寄りの事業所にお問い合わせください。  
URL <http://www.pozzolith.basf.co.jp>



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



消費電力約40kW

省エネルギー



取扱レンタル商品

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

4t車にらくらく搭載  
軽量コンパクト

※坑内設置例

National電気集塵機クリンジェット(2,000m<sup>3</sup>/minタイプ)

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](mailto: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

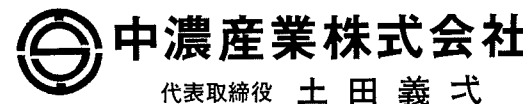


建設車両のタイヤのパンク、磨耗、破損を大幅に低減、車両の有効利用、修理に伴う人件費の削減等、工事の進捗に大いに貢献します。

- 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)

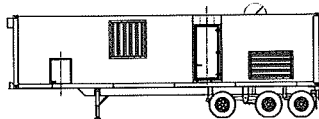
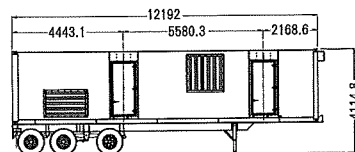
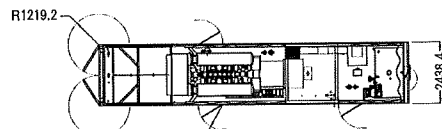
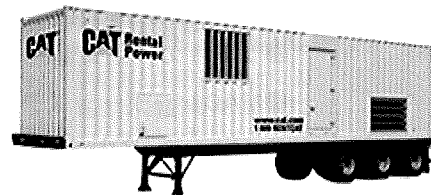
【営業品目】 複層タイヤ/油圧ホース/マテリアルホース/各種中古車/触媒/線路(中古)



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)

代表取締役 土田 義 式

# 大型発電機レンタル



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

株式会社 ケイリー

仙台: TEL.022-359-5331

東京: TEL.03-3661-5651

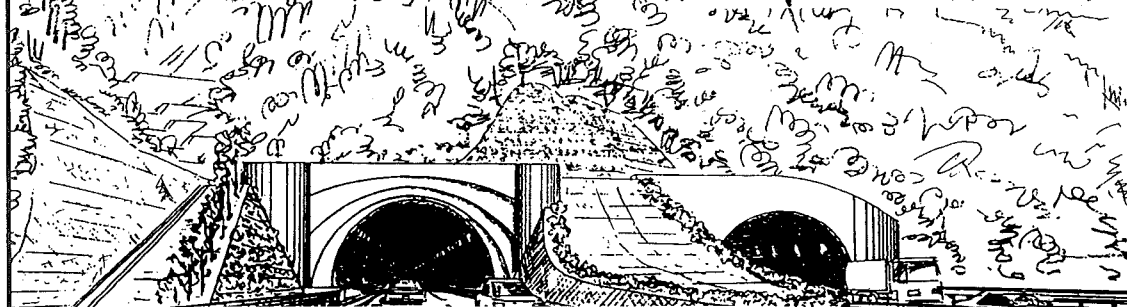
大阪: TEL.06-6838-1372

**klea**

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

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

会長 田島利男 代表取締役社長 清水洋(技術士)

(技術士・土木学会フェロー会員)

取締役副社長 山田憲夫 常務取締役 堀内浩三郎(工学博士)

大阪支店長 亀甲谷義高(技術士) 福岡支店長 朽網新

本社: 〒116-0013 東京都荒川区西日暮里5丁目24番7号 電話(03)3891-0711

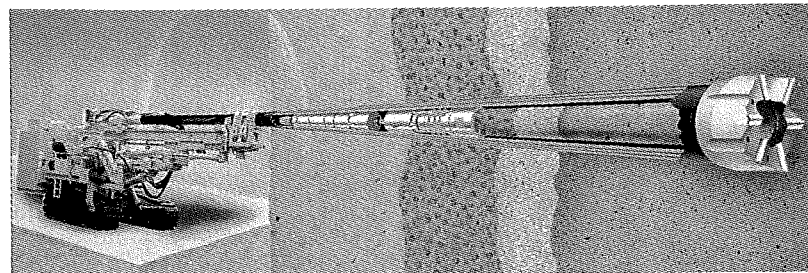
大阪支店: 〒569-1133 大阪府高槻市川西町2丁目21番38号 電話(072)691-0711

福岡支店: 〒812-0016 福岡県博多区博多駅南1丁目15番22号 電話(092)436-1588

沖縄営業所: 〒901-2122 沖縄県浦添市勢理客4丁目16番9号 電話(098)870-6411

## トンネル掘さくの安全施工に アロードリル前方探査システム

### パーカッションワイヤーライン サンプリング工法



#### ■ 特長

①断層破砕帯や湧水をとまなう難地層のコアサンプリングをスピーディかつ確実に、施工時間が大幅に短縮できます。

②2重管ワイヤーライン サンプリングシステムにより、地質条件にかかわらず、コアサンプルの採取率が従来とくらべて大幅に向上しました。

**KOKEN 鉦研工業株式会社**

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

お問い合わせ先: 工事営業本部

TEL. (03)6907-7512 FAX. (03)6907-7522

<http://www.koken-boring.co.jp>

〔好評発売中〕

## わかりやすい 土木地質学

大島洋志 監修

B5判 209頁 本体価格2,500円 円340円

### 主要目次

序編 トンネルと地質の関わり

1. 地質学とは、応用地質学とは 2. トンネルと地質

### 第I編 トンネル工事に必要となる基礎的地質学

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

### 第II編 トンネル工事と地質条件

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

### 第III編 地質調査法

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

### 第IV編 工事を対象とした地質調査の進め方

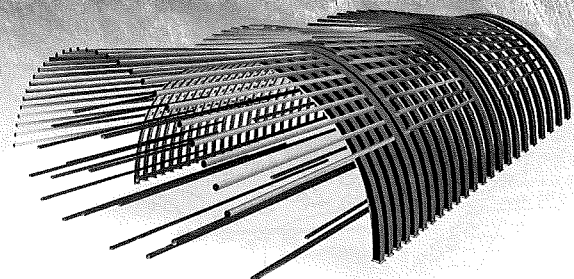
1. 調査の基本 2. 地山条件の調査の流れ 3. トンネル工事のための地山評価法 4. 調査の成果

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

株式会社 **土木工学社**

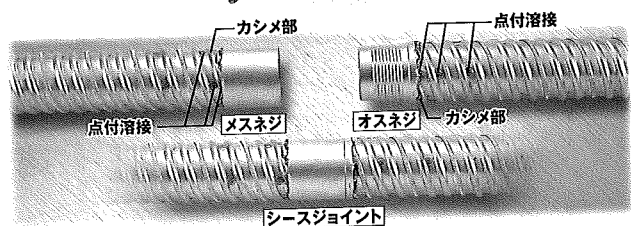
〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16メジャー神楽坂  
電話 (03)3267-2888 (代) 振替00110-8-190072

# ユニークな発想と高品質・自信の価格



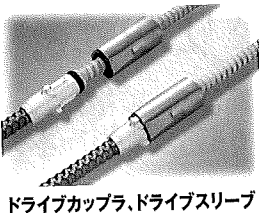
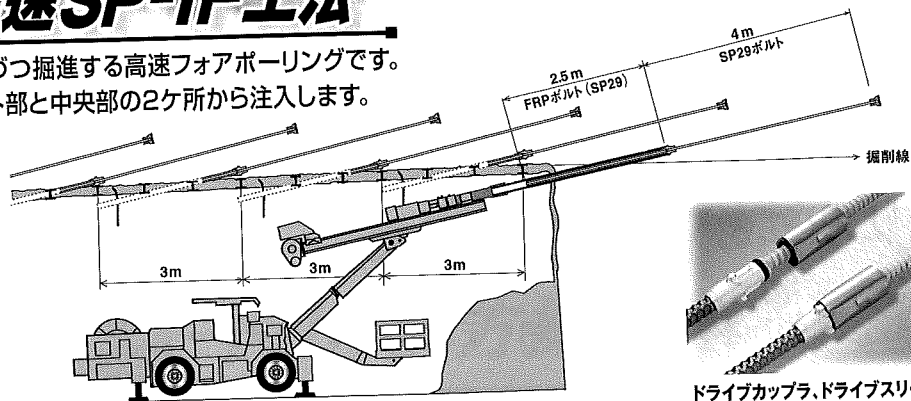
## FIXチューブ工法

※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。



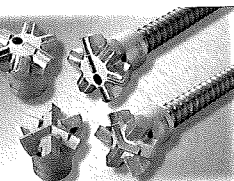
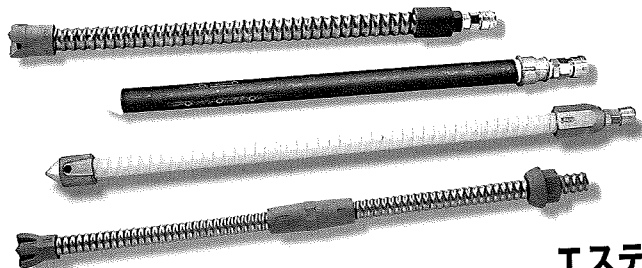
## 高速SP-IF工法

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



ドライブカップラ, ドライブスリーブ

## 自穿孔ボルト&注入管



φ65mm ロストビット (SP29)

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

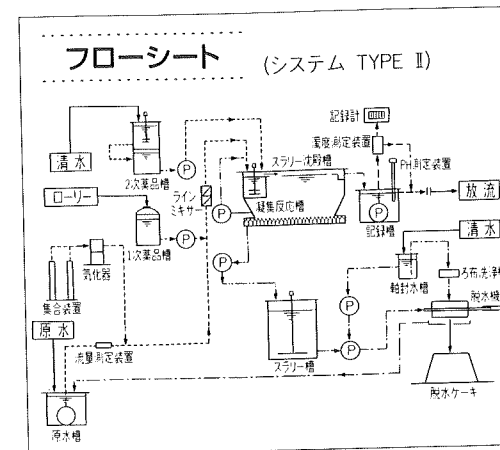
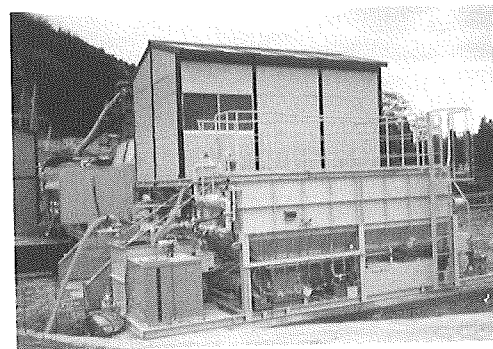


エスティーエンジニアリング株式会社  
ST ENGINEERING CORPORATION

〒581-0833 大阪府八尾市旭ヶ丘1丁目108番地2  
TEL:0729-90-0250 FAX:0729-90-0251  
http://www.st-eng.co.jp

# TWS型シリーズ 濁水処理装置

コンパクトながら  
大きな処理能力



## 特長

1. 基礎、土木工事の期間が短く安価である。設置面積が小さくフラット基礎で設置可能である。
2. 運転経費が少ない。ラインミキサー及び余剰ガス循環システムの組み合わせにより効率の良い中和が出来炭酸ガス使用量の節約になる。角型シックナー沈降面積及び容積をより大きく設計しており又傾斜板を採用していることから一次、二次薬品が少量でも効率の良いSS処理が出来る。複式汙板型の脱水機を採用していることから汙布等の消費費が少ない。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。
5. 多種多様な原水に対応出来る。凝集反応槽攪拌機及び集泥用レーキにインバーターを採用し、水量及び濃度に幅広く対応する。
6. 豊富なオプション装置  
高分子凝集剤の自動溶解装置  
処理水返送装置 (異状警報装置と連動)  
炭酸ガス後中和処理装置  
鉄分除去処理装置 (エアレーション装置等)  
スラリー再濃縮装置  
脱水助材添加装置  
自動汙布洗浄装置

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

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

詳細資料請求、お問い合わせは

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

Waste Water Treatment System

### ■巻頭言

#### 都市化(Urbanization)とトンネル技術

井上 年史 .....5

### ■解説

#### 下水道管路施設の改築・修繕計画のシステム化

谷 秀樹・山本 和弘・水江 功一 .....47

### ■施工

#### 糸魚川-静岡構造線に近い断層破碎帯を貫く

##### —北陸新幹線 新親不知トンネル—

東 光秋・小野 正文・寺本 哲・坂田 和幸 .....7

#### 盛土上の公園直下を最小土かぶり 3 mで掘る

##### —徳島南環状道路 法花トンネル—

門田 隆志・鎌村 禎英・高杉 英則・八木田茂生 .....15

#### 大阪市営地下鉄今里筋線の建設工事と計測管理

吉田 博・深海 未歩 .....29

### ■泥土・泥水切り替え型親子シールドによる長距離掘進

#### —京都府 いろは呑龍トンネル(第2号・3号管渠)—

駒路 勝男・福井 重明・美馬 健作・河田 利樹 .....39

### ■連載講座

#### 山岳トンネル先進ボーリング入門(1)

##### —ボーリング・先進ボーリングの概要—

山岳トンネル先進ボーリング連載講座小委員会 .....53

### ■現場だより

#### 「歴史と水の国」三島より

西海 康弘 .....25

### ■資料

#### トンネル千夜一夜(45)

小野田 滋 .....26

#### 工法・技術・製品ニュース

編集部 .....65

#### 土木情報

編集部 .....28

#### トンネルワールドニュース

JTA国際委員会 .....66

#### トンネルジャーナル

編集部 .....38

#### 海外文献速報

JTA国際委員会 .....68

#### 文献紹介

編集部 .....52

### ■会報

#### 会報

日本トンネル技術協会 .....74

#### 【表紙説明】

##### 泥土・泥水切り替え型親子シールドによる長距離掘進

##### —京都府 いろは呑龍トンネル(第2号・3号管渠)—



京都府では、平成7年度から桂川流域の雨水対策事業として、雨水排水路に雨水が溢れる前に取り込むために地下トンネル「いろは呑龍トンネル」の整備を行っている。

工事は、掘進延長3,993mをφ6.1mとφ3.0mの異なる断面で施工するもので、当初は泥土圧式親子シールドによる計画であった。子機区間がL=2,8763mと長いため、VE提案により長距離でもビット交換が不要な泥水加圧式を子機区間に採用し、泥土・泥水切り替え型親子シールドにより長距離掘進した。写真は親子分離部の坑内状況である。

(写真提供：京都府) (本文39頁参照)

**ヤマモト (くがんき)** 無騒音 無振動 静かな破碎  
 超大型油圧破碎機  
**YTB 1120**  
**トンネルビッカー**

**ヤマモトロックマシン株式会社**  
 本社 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号富士ビル ☎(03) 3201-0701(代)

工場 広島県庄原市東城町36番地 ☎(08477) 2-2137(代)

仙台営業所 (022) 792-4534(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)

# Kanaflexの電力・通信ケーブル保護管

## 都市部での電線集中化工事を省力化・効率化

電力・通信ケーブル用多条保護管 特許出願中

# カナレックスML

### 1. 独自構造 (波付き管と管台一体型リブの連続構造)

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

### 2. 可とう性に優れる

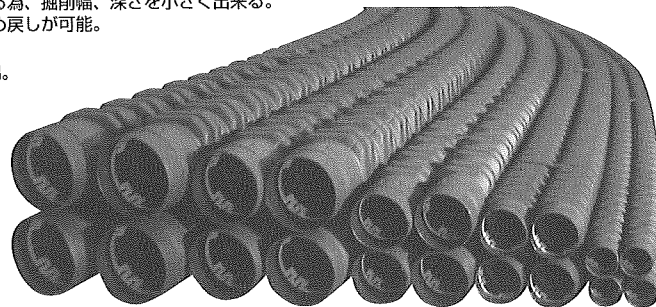
- ・上下左右に曲がり、既設物や障害物の回避が容易。

### 3. 優れた性能

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

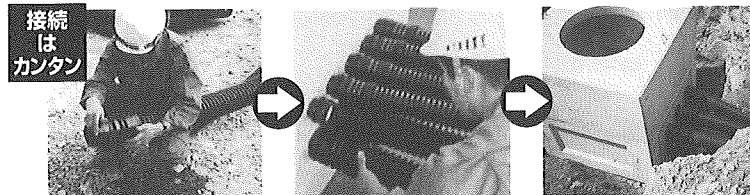
### 4. 摩擦係数が低く整直性が良い為通線がスムーズ

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



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

# ワンタッチ継手付ハンドホール



管路に継手差口をねじこみ 継手受口に差しこむだけ これで接続完了。

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

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

※特許・  
意匠出願中

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

カナフレックスコーポレーション株式会社 ISO 9001 認証取得

株式会社 インテック

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

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

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

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

営業所 札幌・仙台・横浜・金沢・名古屋・神戸・広島・高松・福岡・鹿児島

直営工場 北海道・仙台・栃木・千葉・滋賀・愛東・広島・四国・九州

## 総務委員会広報小委員会誌WGの構成 (五十音順・敬称略)

〔主 査〕

大 島 洋 志 国際航業株式会社上席フェロー技術センター長

〔幹 事〕

池 田 豊 人

国土交通省大臣官房技術調査課技術企画官

大 石 敬 司

東京地下鉄株式会社建設部工事課課長

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

城 間 博 通

株式会社高速道路総合技術研究所  
道路研究部トンネル研究担当部長

高 瀬 昭 雄

独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構  
鉄道建設本部計画部計画課長

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

長 島 芳 雄

株式会社竹中土木常務取締役

濱 建 介

株式会社アオバ取締役会長

福 家 佳 則

鹿島建設株式会社土木管理本部土木工務部  
トンネルグループ長

松 原 利 之

飛鳥建設株式会社土木事業本部技術統括部  
トンネル技術グループ部長

山 道 哲 二

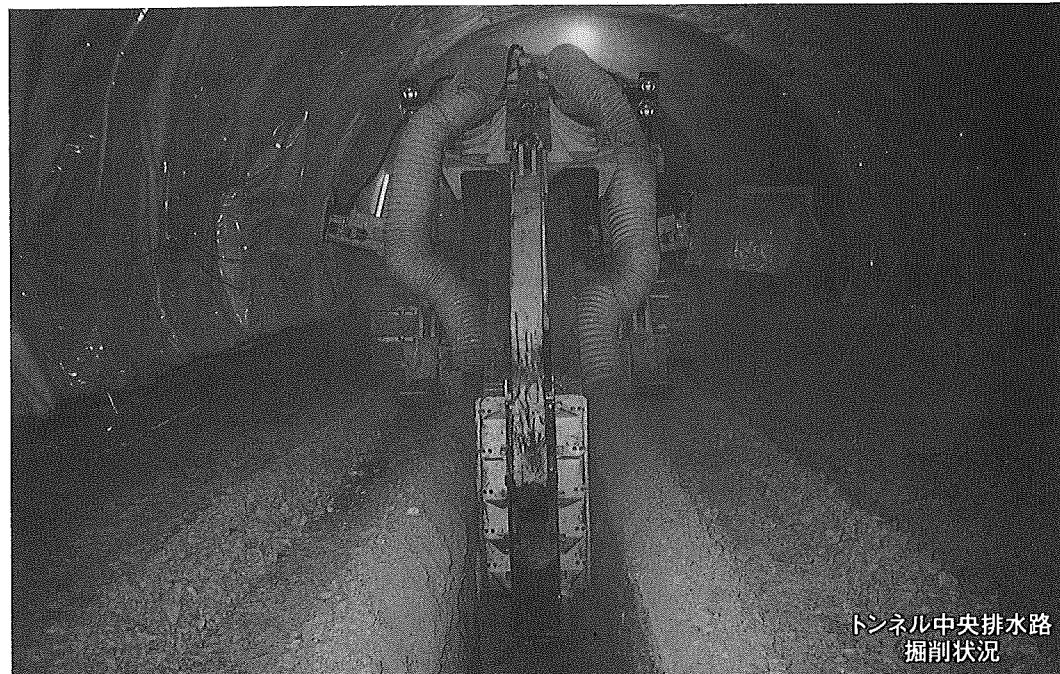
株式会社大林組東京本社生産技術本部  
統括部長

領 家 邦 泰

大成建設株式会社土木本部土木技術部  
トンネル技術室部長

# トレンチャー

硬質地盤の溝掘はトレンチャーをお試し下さい。



トンネル中央排水路  
掘削状況



施工例

トレンチャーによる  
施工

トレンチャーの性能・諸元

トレンチャーの種類	TRS-985	1175/D7	40/30	60/35
メーカー名	テスメック	テスメック	マステンブルグ	マステンブルグ
掘削幅(最小)cm	45	75	70	70
掘削幅(最大)cm	60	100	110	110
掘削岩の硬さ(最大)	500kg/cm <sup>2</sup>	700kg/cm <sup>2</sup>	700kg/cm <sup>2</sup>	1000kg/cm <sup>2</sup>
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ト株式会社  
参与・技師長(山岳トンネル担当)

高橋 良文

東京都下水道サービス(株)管路部長

橋本 定雄

(元)東京都公営企業管理者下水道局長

濱 建介

株式会社アオバ取締役会長

### 〔委員〕

木谷 日出男

財団法人鉄道総合技術研究所  
防災技術研究部部长

佐山 順二

東京電力株式会社電力流通本部工務部  
設備渉外・調整グループ課長

清水 満

東日本旅客鉄道株式会社東京工事事務所  
立体交差課長

城間 博通

株式会社高速道路総合技術研究所  
道路研究部トンネル研究担当部長

田村 聡志

東京都水道局建設部工務課長

中本 忠道

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

西村 聡

東京地下鉄株式会社鉄道本部改良建設部  
第二工事事務所所長

野邑 敏行

東京都交通局建設工務部計画改良課長

巖 滋之

東京都下水道局建設部設計調整課長

真下 英人

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



## ワールド開発工業株式会社

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

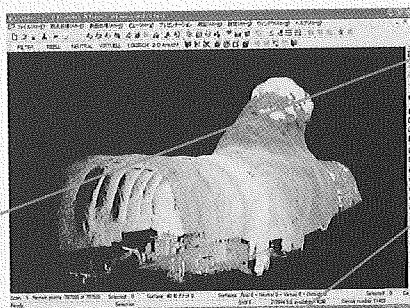
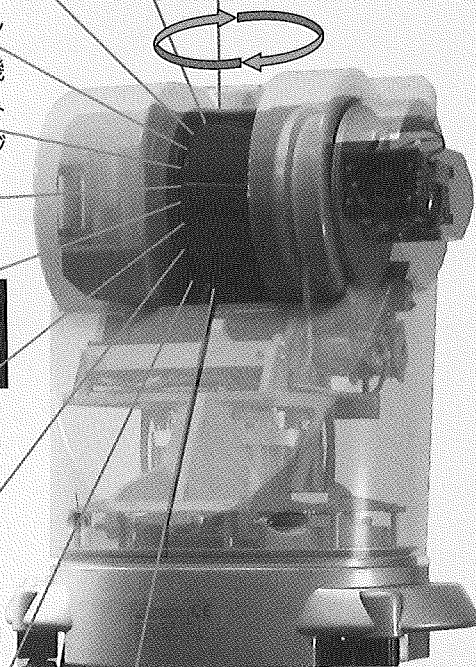
# Callidus™ レーザースキャナー

## 3次元トンネル断面計測機

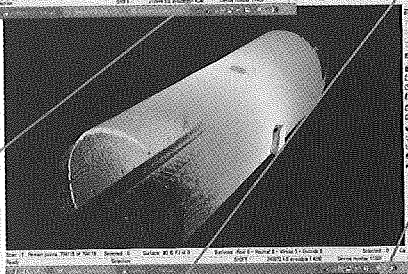
測距精度±5mmで、1秒に1000点以上計測する3次元トンネル断面計測機。1つの機械点からトンネルの約20m<sup>(1)</sup>の範囲を10分で計測できます(機械点前後)。測定データの3次元展開図は、まさにトンネルを絵画のように詳細表示します。又、内蔵デジタルカメラで測定範囲を写真として記録可能です。

(1) 直径約8mのトンネルの場合

全周360°を10分でスキャン



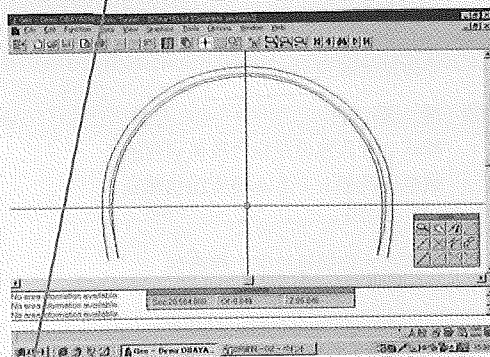
特殊なトンネル形状も対応可能です。



単独スキャンを合成し、トンネル全体を簡単に3次元表示できます。

### データ解析および製図「GEOWIN」

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



■ 販売・レンタル 株式会社ソーキ

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

■ 製造元 トリンブルジャパン株式会社

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

掲載頁  
7

### 糸魚川-静岡構造線に近い断層破碎帯を貫く —北陸新幹線 新親不知トンネル—

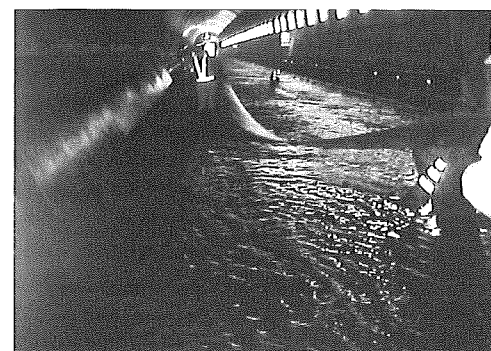
鉄道・運輸機構 東 光秋

北陸新幹線新親不知トンネルは、富山県との県境である新潟県糸魚川市に位置する全長7,336mのトンネルである。本トンネルは、フォッサマグナの西縁にあたる糸魚川-静岡構造線付近を通過していくが、周辺地域の地形・地質はさまざまな構造帯や構造線により複雑に構成されている。また、地表面には地すべり地形を呈している場所もあり、トンネル施工では大小数十の断層破碎帯や突発的な出水を経験した。

本稿では、これらの断層破碎帯の中でもとくに対策が困難であったF3断層、F4断層およびF33断層における施工方法や変状対策を中心として、本トンネル全体を通した施工結果を報告する。

Penetrate through Fault Fracture Zone near to Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line—Shin-Oyashirazu Tunnel, Hokuriku Shinkansen—

By Mitsuaki Higashi, Japan Railway Construction, Transport and Technology Agency



写真は出水状況(坑内)

The Shin-Oyashirazu Tunnel is a 7,336 m long tunnel located in Itoigawa City, Niigata Prefecture on the prefectural border of Toyama Prefecture. This tunnel passes through the Itoigawa-Shizuoka tectonic line, the fossa magna western edge but landform and geology around it is complexly formed by varied tectonic zones and lines. In addition, there are also places which present a landslide topography and we experienced various degrees of fault fracture zones and sudden flooding during the construction of the tunnel.

This report gives overall construction results for the tunnel focusing on construction methods and deformation countermeasures for fault fracture zones, in particular F3, F4 and F33.

掲載頁  
15

### 盛土上の公園直下を最小土かぶり3mで掘る —徳島南環状道路 法花トンネル—

国土交通省 門田 隆志

一般国道192号徳島南環状道路法花トンネルは、観音寺ICから大野IC間に位置し、徳島県文化の森総合公園の直下を通過する4車線の双設道路トンネルで、導坑先進ベンチカット工法のめがねトンネル区間とこの以奥の上半先進ベンチカット工法、中央導坑先進上半工法区間からなる。トンネル延長は627mで、このうちの約40%に相当する227mは小土かぶり盛土区間であり、県立図書館・21世紀館の建物に近接し、これらを供用しながらの施工制約を受け、高度で総合化した施工技術が求められるトンネル工事である。

本稿では、盛土地山に施工した小土かぶりトンネルの支保構造と施工方法および力学挙動特性について報告する。  
Digging an Embankment Directly under a Park with Three meters Minimum Overburden—Hokke Tunnel, Tokushima Minami Ring Road—

By Takashi Kadota, Ministry of Land, Infrastructure and Transport

The Hokke Tunnel on National Highway 192, the Tokushima Minami Ring Road, is located between Kannonji and Ono Interchanges and is twin road tunnels with 2 lanes each. They pass directly beneath Bunkanomori



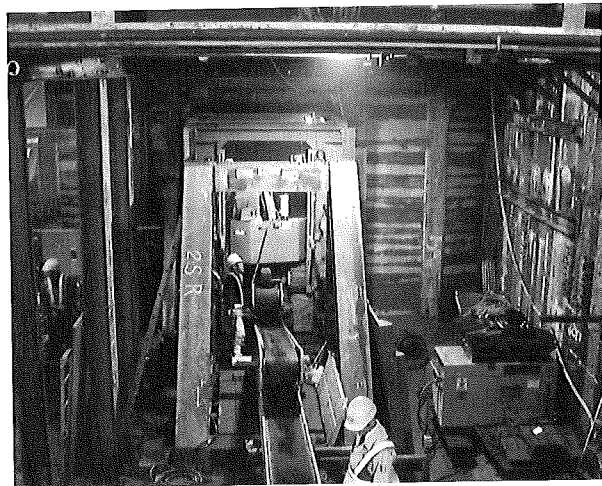
写真は本坑坑口付け状況(DⅢh3)

Public Park and is composed of the three sections, the first as entrance section using side heading and bench method, the second using the top heading and bench method and the third with center heading and upper section method. The tunnel is 627 m long and 227 m of the tunnel is planed under small overburden adjacent to the Prefectural Library and 21st Century Cultural Information Center buildings. This was a tunnel construction that had restrictions to have no effect on those facilities and demanded a high level of integrated construction technology.

This report concerns support structures, construction methods and dynamic behaviour characteristics for small overburden tunnels constructed in embankments.

大阪市営地下鉄第8号線(今里筋線)は、大阪市東部を南北に結び、既設6路線と連絡することにより、都心から放射状に延びる既設路線の混雑緩和や大阪市東部地域における移動の円滑化、さらには沿線のまちづくりの促進、活性化にも寄与する営業延長11.9km・11駅の新規路線である。建設工事は、平成12年3月に着工し、平成18年12月に開業した。本稿では、既報の「建設概要および開削工事」および「シールド工事の計画概要」を踏まえて、第8号線建設工事全体を振り返って、開削およびシールド工事、特殊施工部として既設地下鉄路線のアンダーピニングについて、計測事例などを踏まえながら統括して報告するものである。

Osaka Subway Imazatosuji Line Construction and Measurement Control  
By Hiroshi Yoshida, Osaka Municipal Transportation Bureau



写真は導坑掘削状況

Osaka Subway Imazatosuji Line is a new 11.9 km line with 11 stations linking the eastern part of Osaka City to the north and south and, by connecting with the existing six railway lines, relieves congestion on the existing lines that radiate from the city center, makes trips within the eastern part of Osaka City more smooth and further contributes to the revitalization of the areas along the railway line. Construction works began in March, 2000 and started the service in December, 2006. This report based on the previous reports "Construction Outline and Cut-and-cover section" and "Outline of Shield Section", looks back on the overall construction on Imazatosuji Line and concerns cut-and-cover and shield method and the underpinning of existing subway lines as a unique construction section while using respective measurement results.

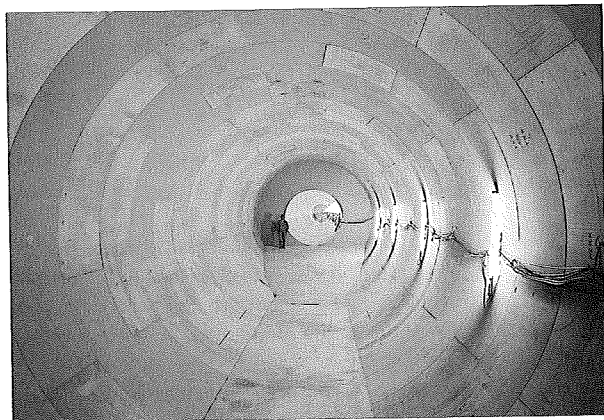
泥土・泥水切り替え型親子シールドによる長距離掘進  
—京都府 いろは呑龍トンネル(第2号・3号管渠)—

京都府では、平成7年度から桂川流域の雨水対策事業として、雨水で排水路に雨水が溢れる前に取り込むために地下トンネル「いろは呑龍トンネル」の整備を始めている。

工事では、掘進延長が3,993mの長距離で断面の異なるシールドトンネルを泥土・泥水切り替え型の親子シールドにより施工した。本稿では、泥土・泥水切り替え型親子シールドを採用した経緯、長距離掘進および高速施工にあたっての対策、親子シールドの分離を地盤改良も含めすべて地中作業のみで実施した施工手順について述べる。

Long Distance Excavation using EPB/Slurry Nest-type Shield—Iroha Donryu Tunnel, Kyoto Prefecture—

By Katsuo Komaji, Kyoto Prefecture



写真は坑内状況(親子分離部)

Kyoto Prefecture, as a flood protection project in the Katsuragawa river basin since 1995, has begun the construction of the "Iroha Donryu Tunnel", an underground tunnel whose purpose is to storage rainwater before the rivers overflow.

This construction involved a shield tunnel with a long distance excavation of 3,993 m and cross-sections of differing sizes constructed with a nest-type (big one: EPB type, small one: slurry type) TBM. This report includes reasons for choosing TBM, countermeasures for long distance and high-speed excavation, as well as construction procedures of launching small TBM from big one in underground including ground improvement works.

近年、下水道の老朽化に伴う事故が報告されているが、耐用年数を越えた老朽化管路は今後いっそう増加するため、同様な事故の拡大が懸念される。下水道管路施設においては、経過年数だけでなく、下水道特有の硫化水素が要因で劣化が進行する施設があり、緊急的な対策を必要とする場合もある。財政的がひっ迫する中、地方公共団体では、今後増加する老朽化施設の改築・修繕を行っていくうえで計画的な対策が望まれている。

本稿では、A市において携わった管路施設に対する既往診断結果や今後継続され追加される診断結果をもとに改築・修繕計画を合理的に策定する手法のシステム化について紹介するものである。

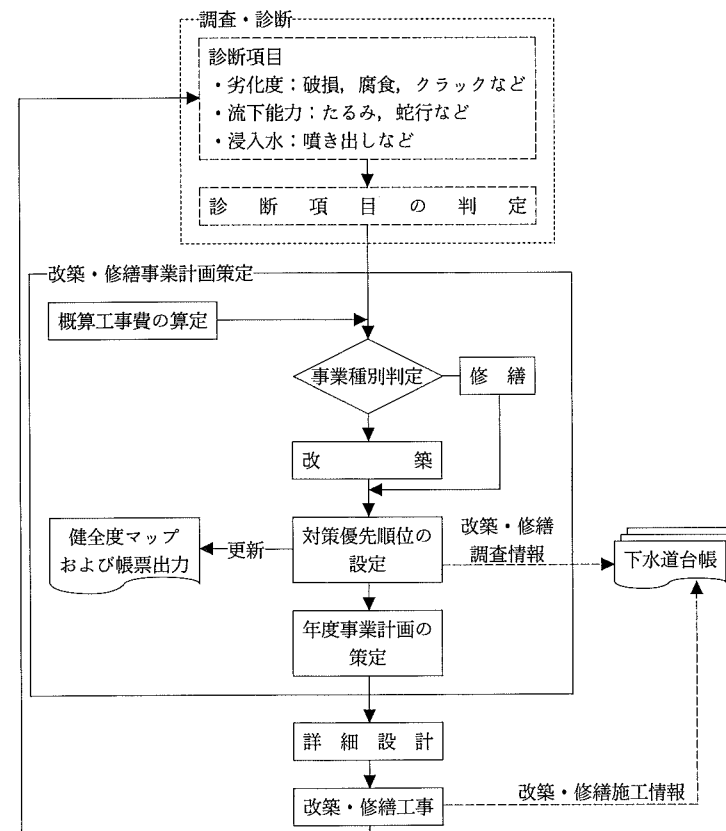
Systemization of Reconstruction and Repair Plans for Sewage Pipeline

By Hideki Tani, Nippon Civic Consulting Engineers Co., Ltd.

In recent years, there have been reports of accidents caused by the aged sewage pipes and as the number of aged pipelines that have exceeded their service life will increase in the future, inspections and counter-measures are being conducted on principal trunk lines nationwide. There are sewage pipelines that have advancing deterioration caused by not only their ages but hydrogen sulphide and there are some cases in which emergency measures are required.

Many local government that is the managing entity for sewers, while having a considerable number of eligible facilities, have tight finances and is looking to systematic counter-measures for reconstructions and repair of the increasing aged pipes.

This report introduces, from past diagnosis results for the considerable number of pipeline facilities and future continued and additional diagnosis results in City A, systemization aiming to determine quantitative, economical and systematic reconstruction and repair plans.

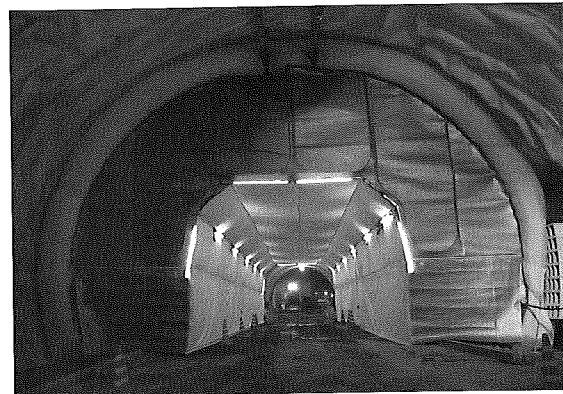


図は改築・修繕フロー図

## 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)



特許出願中

### 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】

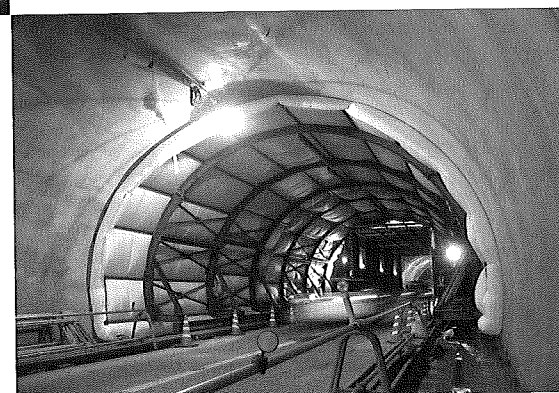
1. 長期材齢の強度アップ
2. 覆工コンクリートの表面を湿潤状態に保ちます。  
(乾燥収縮クラックの低減に貢献します)
3. 断熱効果が期待できます。  
(内部と表面の温度差が少ない⇒  
温度応力の低減)

### セントル温度養生バルーン

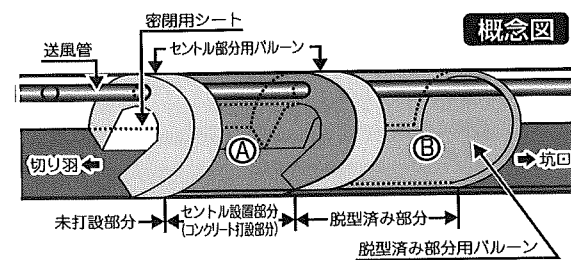
打設後から脱型までセントルをバルーンで覆い  
温度養生をします。

#### 【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。



特許3811478号



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・保湿する  
② 打設後のコンクリートに筒状のバルーンを密着させ保温・保湿する

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(5836)0531 Fax 03(5836)0532  
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/>

トウコウ 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  
東京支店 TEL 03(3683)8011 Fax 03(3683)8028  
道東営業所 TEL 0155(34)6311 Fax 0155(34)8494

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

## 都市化(Urbanization)とトンネル技術



三菱重工業中機(株)社長室長

井上年史

7月に開催された北海道洞爺湖サミットで、G8首脳は焦点だった地球温暖化対策で、2050年までに温室効果ガス排出量を半減させる長期目標について、世界全体で共有するよう求めることで合意した。難問は山積しているものの、このことも契機となり、各方面で環境対策の施策がとられ、環境対策投資や温暖化ガス排出量取引などの新ビジネスも盛んになっていくことは、想像に難くない。

一方、この2050年という目標年度に着目すると、世界的な都市化(Urbanization)の予測においても非常に象徴的かつ重要な意義を持つ年でもある。この都市化とトンネル技術の今後について思うところを述べてみたい。

2005年度版の「国連世界都市化予測」報告(UN World Urbanization Prospects)によれば、1900年に世界人口の13%、2.2億人だった都市人口は、2005年には32億人となり、人類の49%が都市に居住している。さらに国連人間居住計画(UN-HABITAT)の2006年次報告では2050年までに人類の3分の2にあたる60億人以上が都市に住むと予測している。

この大きなトレンドは、世界中で都市間競争が激しくなることを意味する。すなわち都市自体の文化、治安、行政サービス、税制、教育、医療などのソフトと環境、交通、産業・都市インフラなどハードの魅力がある都市には、人がさらに集中することになっていく。この都市間競争は、たとえば日本国内だけでなく、国際的な都市間競争になっていくと思われる。かつて作家の堺屋太一氏は、この都市間競争にふれ冗談めかして次のように語っている。

「都市間競争の一つの目安は、仮にご主人が転勤される場合に、その都市の名を聞いた奥様が一緒に転居してくれるか、単身赴任になるかで、たてることができます。」もちろんこれは、子供の教育の問題や、奥方の仕事などさまざまな要素も絡むので一概には言えないが、実際に日本国内の某大学の研究室メンバーの大半がシンガポールの大学に誘われ移った事例もあると聞く。このケースは、研究環境、報酬などのインセンティブが大きな要因ではある

うが、都市の魅力が許容値にあったことがうかがえる。この都市間競争激化の社会的・文化的影響の是非についてはここで触れないが、土木分野では都市のインフラストラクチャーに注目せずにはいられない。

とりわけトンネルに関しても近年、中国を中心に東南アジアにおいて大都市の交通渋滞緩和、排気ガス対策、産業振興、都市機能向上の観点から、道路あるいは、地下鉄、LRT(次世代型路面電車)向けトンネルに関する需要が増大している。またこれら需要に対して工事期間中の都市機能の低下の軽減、騒音対策の観点から複合地盤で鍛えられた日本のシールド技術が活躍している。この数年、トンネル工事需要が低迷した日本ですら、ようやく都市機能向上に関連した鉄道、道路トンネルの工事が始動していることは、ご既承のとおりである。とくに日本国内でも環境対策をテーマとするプロジェクトは少なくない。

都市インフラとしてのトンネルについて、もう一つの視点として都市洪水対策を挙げたい。地球温暖化の影響の一つは、そこから派生する水害である。2005年の米国ルイジアナ州を襲ったハリケーン・カトリーナの被害は記憶に新しいところである。温暖化による気象変化のために降雨パターンが変化し、集中豪雨が増える傾向にある。世界各地で都市の降雨時の排水量を越えた集中豪雨によって床上浸水、果ては、土木構造物や建築物の損壊に至るまで深刻な事態に陥った例は少なくない。日本国内では神田川・環状7号線地下調節池の直径13mのトンネルによって、1993年8月27日の台風11号(総雨量288mm)では浸水面積が85ha、浸水家屋が3,117戸もあった被害が、第1期事業稼働後の2004年10月9日の台風22号(総雨量284mm)では、浸水面積が1ha未滿、浸水家屋に至っては、7戸に激減し、その効果を示している。同様の都市洪水対策トンネルは、長大なチャオプラヤ川が中心に流れるタイのバンコックにおいても5km以上の都市洪水対策トンネル(Urban Flood Protection Tunnel)が建設され、やはり日本のシールド技術が採用されたことを付記しておく。

結びに代えて米国の人口学者ポール・アーリック氏が示した、地球環境負荷を考えるうえで意味深い計算式を紹介したい。

$$I = P \times A \times T$$

$I$ は「環境への負荷(Environmental Impact)」、 $P$ は「人口(Population)」、 $A$ は「一人あたりの消費量(Affluence)」、そして $T$ は「産業技術の質(Technology)」を表している。すなわち技術の革新が、地球環境への負荷を軽減する大きなファクターであることを如実に示しているともいえる。私どももシールド技術の研鑽を通じて、人口が増大する世界各都市の環境保全、発展に微力ながら力を尽くしたいと考えている。

## 施工

# 糸魚川-静岡構造線に近い断層破碎帯を貫く

## —北陸新幹線 新親不知トンネル—

鉄道・運輸機構北陸新幹線第二建設局工事第一課課長補佐 東 光 秋

鉄道・運輸機構北陸新幹線第二建設局糸魚川鉄道建設所 小 野 正文

(前)大成建設(株)・若築建設(株)・矢作建設工業(株)特定建設工事共同企業体所長 寺 本 哲

(元)間組(株)・東急建設(株)・(株)福田組特定建設工事共同企業体所長 坂 田 和 幸

### 1 はじめに

北陸新幹線、長野・金沢間(工事延長231.1km)は平成26年度末の完成に向け建設中である。

上記区間でトンネルを34本施工しているが、このうち新親不知トンネルは、新潟県と富山県の県境である新潟県糸魚川市内に位置する延長7,336mのトンネルで、飯山トンネル(22,225m)、朝日トンネル(7,549m)に続き三番目に長いトンネルである。

本トンネルはフォッサマグナ(Fossa Magna)西縁付近に位置し、北アルプス連峰の東端にあたる飛騨山脈が日本海に急崖となって没する天下の難所「親不知・子不知」の地区にある(図-1、写真-1)。比較的急峻な山岳地帯の一部である当地区は、斜面上方では地すべり地形、崩壊地形などが

多く見られる複雑な地形・地質条件となっている。

本トンネルは、日本海から約500m内陸に入ったところで海岸線とほぼ平行に位置しており、当該区間付近には既にJR北陸本線、北陸自動車道、国道8号が供用されている。既存の文献<sup>1),2)</sup>などによるとJR北陸本線の親不知トンネル、北陸自動車道の風波・親不知トンネルの工事は、地形的には地すべり対策、地質的には軟弱な破碎層での崩落や多量の湧水対策により難工事であったことが知られていた。JR北陸本線、北陸自動車道、国道8号ともに海岸線に沿うルートを選定しているため、本トンネルルート付近の地質調査結果が乏しかった。

本トンネルは約9年間の実工事期間を経て平成17年8月に貫通しているが、本稿では施工上とくに重要課題であった蛇紋岩と接触する断層破碎帯

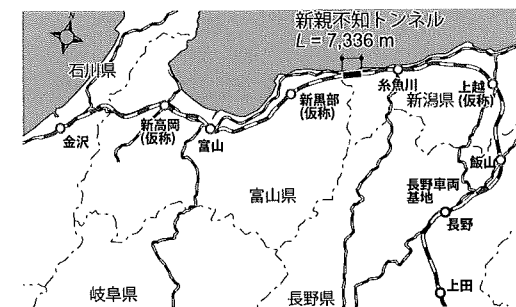


図-1 新親不知トンネル位置図

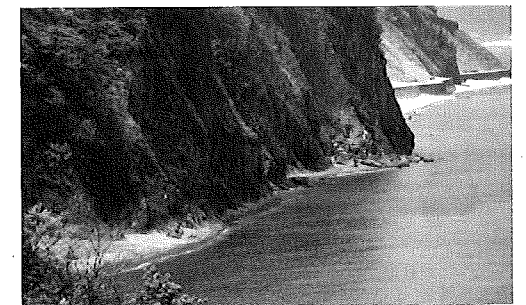


写真-1 海岸線を通る渚の道

での施工，河川直下の小土かぶり区間での施工を中心に報告する。

## 2 地形および地質概要

図-2に本トンネル全体の地質縦断図を示す。上越方坑口より220m間は、古第三紀～中生代の安山岩質凝灰角礫岩からなる。以降の630m間は蛇紋岩で、硬質な部分と断層付近の粘土化した部分の両方が共存した状態となっている。これより以奥は、中生代の砂岩・礫岩層があり、全体的に亀裂が多く頁岩の薄層は粘土化している。蛇紋岩の部分では、粘土化・破碎部などもあり不安定な状態である。事前の地質調査から、上越方坑口より910m付近にはF3断層と呼ばれる破碎帯の存在が想定されていた。

この断層は蛇紋岩層と砂岩・礫岩の互層の境界となっており、破碎帯の幅は10m程度と想定された。F3断層より東側の蛇紋岩層は粘土化しており透水性が低い一方、砂岩・礫岩層は相対的に透水性が高く、断層面が地上の沢部付近から緩やかな斜度下ってきているような位置となっていることから、集中湧水が発生することが予想された。

上越方坑口から2kmほどの地点で、最小土かぶり約7mで二級河川風波川の直下を通過する。これより終点方は、糸魚川-静岡構造線の北西端で、飛騨外縁帯を切断する地域になっている。そのため、東西系の地層構造とこれに直交する南北系の地質構造とが交差し、構成の乱れが激しい地帯である(F4断層)。周辺一体に分布する地質も古生代、中生代、古第三紀、新第三紀から第四紀にわたり、各種の火成岩類・変成岩類も加えて多彩な分布を示している。

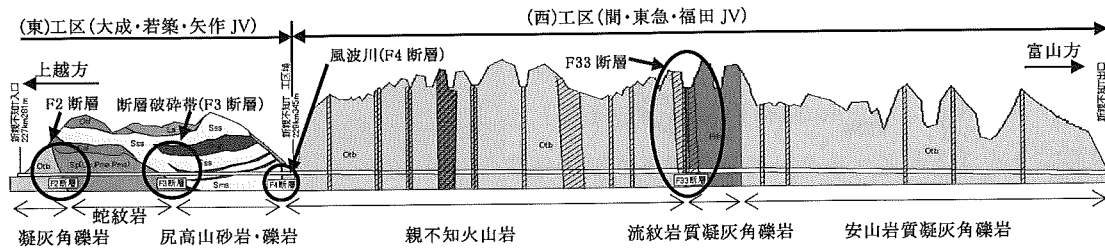


図-2 地質縦断図

風波川より西側の構成地質は、火山碎屑岩を主体とする古第三紀親不知火山岩層であり、古第三紀の安山岩質凝灰角礫岩ないし凝灰角礫岩、安山岩溶岩を主体とし、流紋岩質凝灰角礫岩、溶結凝灰岩、凝灰質頁岩などの薄層を挟在している。また、施工により大小20余りの断層が確認された。この破碎帯幅は、1m程度の小断層から100m以上の大断層までさまざまであった。

## 3 坑口防護工

本トンネルの上越方坑口付近で、二級河川外波川と平面交差することになるため、河川付け替え工事と付随する市道付け替え工事を行った。この工事では近接する斜面を掘削して河川および市道を工事することになるが、この斜面は施工当時も地すべりが進行している懸念があったことから、付け替え工事による更なる地すべりの誘発を防ぐために地すべり防止対策工(抑止杭)を行った。

また、坑口付近は新潟県が指定する急傾斜地崩壊危険区域にあり、過去に地すべりが発生した跡が見られる危険な場所であった。このため、トンネル間のうち坑口から130mはボックスカルバート構造とするとともに、底盤は河川付け替え工事で発生した巨大な転石を骨材として有効利用し、転石間にモルタルを充填する置換コンクリートと

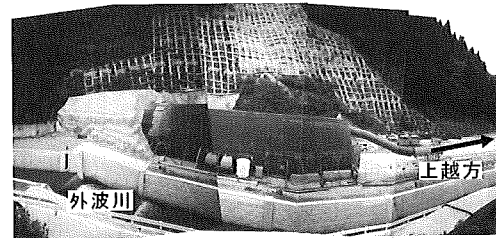


写真-2 掘削開始前の上越方坑口状況

した。また、工事期間中の対策を兼ねて斜面防護工を施工した(写真-2)。

さらに、当地区は多雪地域であることから、雪崩による構造物への被害を抑えるため、坑口上方斜面には雪崩防止柵を設置するとともに、ボックスカルバート上に衝撃を緩衝するための保護盛土を施工している。

## 4 トンネル施工実績

本トンネルは、上越方を(東)工区、富山方を(西)工区とし、施工方法はNATMの補助ベンチ付き全断面工法での発破掘削を基本として、地質状況に合わせベンチカット工法も採用した。各工区とも断層が多数存在し、地質が複雑かつ地層境界部から相当量の湧水が予想されたため、坑内より地質確認ボーリングや水抜きボーリングを約9mごとに施工し、切羽前方地山の地質状況や帯水の有無を確認しながら、地質の変化ごとに検討を重ね慎重に施工を行った。

### 4-1 強破碎帯・河川直下を突破した(東)工区

#### 4-1-1 (東)工区の概要

(東)工区は、本トンネルの東側に隣接する歌トンネル(1,743m)と新親不知トンネル東側(1,934m)および両トンネル間の橋りょうを含む工区であり、施工は大成・若築・矢作JVが担当した。当工区では工区用道路などの関係から、本トンネル掘削は歌トンネルの貫通後に施工することとしたが、歌トンネルの工事開始直後における東側坑口の地すべり対策工(写真-3)や、掘削における蛇紋岩破



写真-3 歌トンネル東側坑口地すべり対策

碎帯対策<sup>3)</sup>などで工事が難航したため、同トンネル工事開始から約3年後の平成14年3月に本トンネル掘削を開始した。

工事前の地質調査から、歌トンネル掘削時に非常に難航した粘土化された蛇紋岩層が、本トンネルにも出現することが予想されていた。そこで、事前にその存在位置や性状を把握するため、坑口から約240mの水平ボーリングを行った。その結果、坑口から170mの位置で幅約70mの断層破碎帯(F2断層)が確認された。

掘削を開始し、坑口から約200m間では大きな問題はなかったが、これより以降630m間にわたる蛇紋岩層では、粘土化された範囲や破碎された部分の影響で、切羽の崩落や天端の抜け落ちが数回発生した。

その後、坑口より900m付近のF3断層と呼ばれる箇所では、多数の破碎帯が存在したため掘削は難航し、切羽崩壊と突発湧水を引き起こした。さらに東西工区境付近の風波川直下の小土かぶり区間においては、崖堆積物に対する事前の地山改良が課題であった。

#### 4-1-2 F3断層掘削時の異常出水

尻高山砂岩・礫岩層には相当量の地下水の胚胎が想定され、掘削時に蛇紋岩との地層境界断層破碎部から湧水の発生が懸念された。このため、断層部における走向傾斜、断層幅、破碎の程度などの詳細な地質状況の確認と地下水の有無および水圧の確認を目的として、断層が想定される位置より約60m手前の位置から水平ボーリング(L=100m)を上半1本と下半1本実施した。その結果、F3断層(228km300m付近)と蛇紋岩層中の破碎帯(約40m)を掘むことはできたが、その時点では極少量の湧水はあったものの、多量の地下水の存在を確認することはできなかった。

掘削の進行により破碎帯に近づくると、切羽は粘土化された蛇紋岩が大部分を占めるようになり(図-3)、鏡面の押し出し・崩落が発生するようになった。この区間では、通常の支保工のみでは掘削に伴う変位が大きくなり、天端沈下が100mm程度となったため、先受け工(AGF)、鏡ボルト、

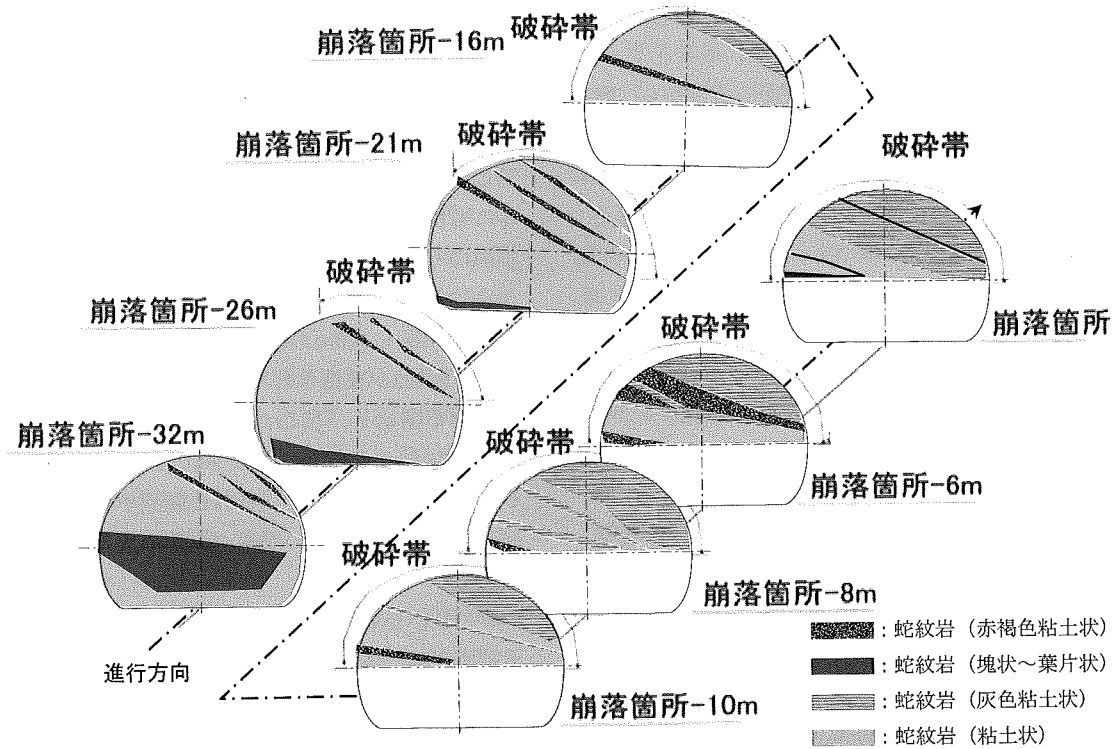


図-3 F3断層部における切羽状況(スケッチ)

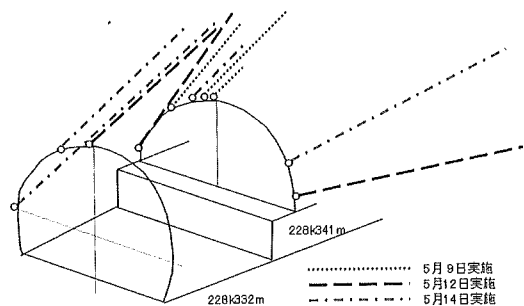


図-4 水抜きボーリング配置図

鏡吹付けを実施するとともに、長さ30mの探りボーリング(左右)を切羽ごとに実施し、前方の地質および地下水の確認をしながら慎重に施工した。

228km342mに達すると、AGF施工時に切羽左側から湧水が見られたため、水抜きを兼ねた探りボーリングを2本行った。その結果、それぞれ100、700 l/minの量を観測した。さらに、ボーリングを8本追加し水圧を測定したところ0.8MPa(水頭80m)もの高水圧が作用していることが判明した(図-4)。

このことから、鏡面への増吹き、大口径(φ165)



写真-4 崩落状況(228km340m付近)

ボーリングマシンによる水抜きの準備を行ったが、高水圧に起因する浸透破壊現象が徐々に進行し、最終的には切羽が崩壊に至った(写真-4)。直後に坑内に越流堤を設置したが、湧水量が急激に増加したため坑口まで退却を余儀なくされ、緊急避難的に近接する外波川に放流した。このときの湧水量は最大で29t/minを記録し、総湧水量は40万tを超えた(写真-5)。

流出した崩積土を採取したところ、当初の想定にはなかった安山岩が貫入岩として入り込んだ形状となっていた。貫入岩は周辺地層との相関性が

乏しく複雑なため、事前調査による確認は非常に困難である。そこで、今回の異常出水の背景には、安山岩の岩生成時に生じる亀裂の多い節理に多量の水を胚胎していたことがあったと考えられた。また、崩壊部直上の地形は沢地形となっているため、沢水をトンネル内に引き込んでいるかを調査するため、この湧水についてイオン濃度分析などの水質検査を行った結果、地表面の沢部からは直接浸透していないことが判明した。

その後、上方の空洞状況などを確認するため、調査ボーリングを16本実施した結果、切羽前方上方に広範囲の地山緩み領域を確認するとともに、流出した崩積土量は約2,400m<sup>3</sup>、空洞部の体積は500m<sup>3</sup>と推定した。

この変状区間について、崩落部の地山補強およびトンネル内への湧水を止水するため、側壁部には止水性と強度に優れる水ガラス特殊スラグ(RMG-S4)を注入し、クラウン部にはセメントベントナイト(CB)による荒詰め後、超微粒子特殊スラグ(シラクソル)を二次注入した。さらに、上方にはセメントベントナイトを注入し補強した

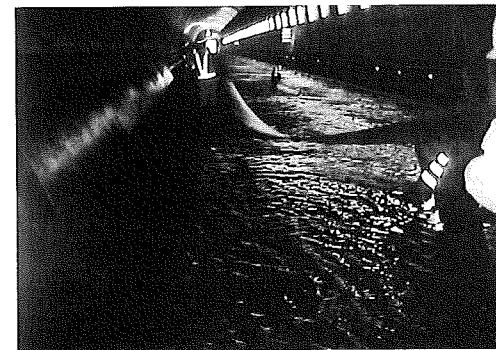


写真-5 出水状況(坑内)

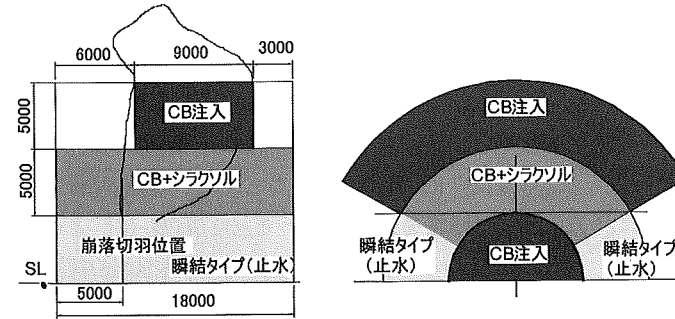


図-5 切羽崩壊部の薬液注入工(概要図)

(図-5)。なお、注入範囲の上方にある空洞部には、薬液注入完了後にエアモルタルにより充填した。

掘削を再開するにあたり、注入効果の把握のため改良部を削孔し、その孔壁をCCDカメラにより目視観察を行い、透水試験を行った結果、地山改良が十分に形成されていることを確認した。また、一部縫い返しを実施して約3か月後に掘削を再開した。

この後も、多数の先進地質調査ボーリングによる前方の地質調査と水抜きボーリングを行いながら施工を進めたが、大量の湧水が数回発生(最大1.6t/min、0.4MPa)し、切羽の崩落が生じたため、掘削が中断することもあった。

#### 4-1-3 河川直下の小土かぶり区間の施工

229km230m付近で本トンネルと交差する風波川は、比較的流量が多くトンネル直上には下流側に設けられた砂防ダム(本線右35m)で堰き止められた河床堆積物とダム建設前の低地堆積物が分布している。

また、地山は近隣の既設トンネルでの施工実績から、その区間のわずか手前に位置するF4断層の影響を受け激しく破碎され、強い風化作用を受けていることがわかっていた。このため、詳細な地質状況を把握するため、地表面からF4断層および河川直下の断層破碎帯に対する地質調査(鉛直・水平ボーリング、電気探査)を行った。その結果、径100~最大1,000mmの硬質転石・玉石が堆積していることを確認した。また、孔内水位が深度3~5mであり、不均一な地下水(伏流水)の分布が予想されたので、伏流水の調査を実施したところ、最大流速は1.2m/minを観測した。掘削に伴い、トンネル断面内への伏流水の流入が問題であったが、この対応策として

先行パイプルーフ、開削工法などの工法比較を行った結果、坑内からの補助工法だけでは掘削に伴う変位や坑内への湧水を防止することが難しいこと、大規模な仮設設備を搬入するための地表部への進入路の確保がほぼ不可能であることなどから、確実な止水および

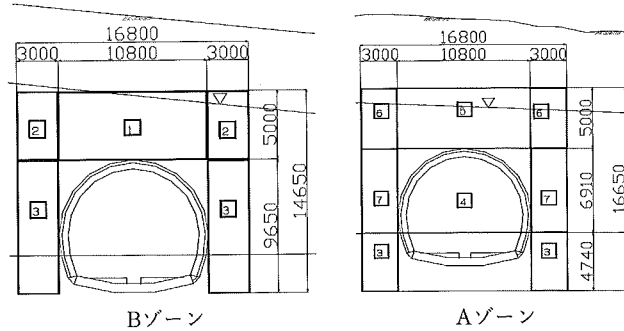
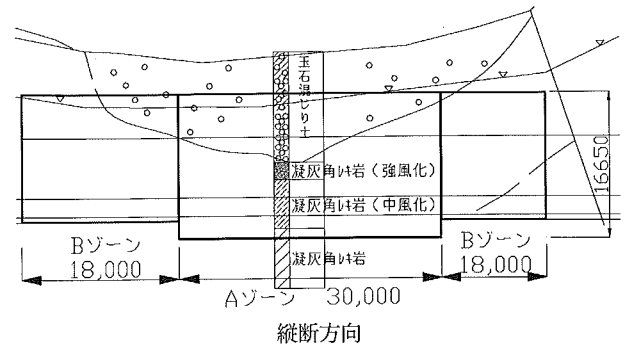


図-6 地盤改良概要図(注入ブロック)

表-1 薬液注入量(計画)

注入ブロック	1次注入		2次注入		注入率合計 (%)
	注入材	注入率 (%)	注入材	注入率 (%)	
1	CB	10	SK	25	35
2	S4	35	SK	15	50
3	S4	20	—	—	20
4	CB	20	—	—	20
5	CB	15	SK	25	40
6	S4	35	CB+SK	5+15	55
7	S4	20	SK	10	30

破碎部の地盤改良を目的として、トンネル外部(地表面)から二重管ダブルパッカー工法により薬液注入を行うこととした。この注入範囲は、線路方向に60m、止水壁を目的とするトンネル両側部3.0mの止水ゾーンを含む幅16.8mとした(図-6)。なお、注入範囲と注入材については、以下の考え方を基本として注入効果を確認する試験施工を行い、注入ブロック、注入材と注入量を決定した(表-1)。

① トンネル側部

ほとんどが風化岩であり、止水壁の構築と

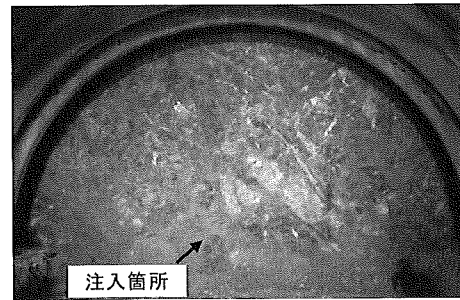


写真-6 改良区間の注入状況(白色部分)

注入材の逸出を防止する。注入材料は止水性と強度に優れた水ガラス特殊スラグ(S4)を選定した。

② トンネル上部

掘削時の上載荷重を支持する強度が必要である。注入材料は止水性と強度に優れた、注入材の逸出が少ない超微粒子特殊スラグ(SK)を選定した。

③ トンネル内部

掘削時の切羽の自立を確保するため、地山亀裂を詰めることが必要である。注入材料は安価なセメントベントナイト(CB)を選定した。

この注入計画をもとに、注入圧と注入量の双方による施工管理を行うこととし、透水係数において $10^{-4}$ cm/sec以上となるよう、横断方向には1.5mピッチ11列、縦断方向に1.4mピッチ40~49列の合計490本の地盤注入を行った。

注入完了後、効果を確認するため各注入ブロックに対して透水試験を行った。その結果、透水係数では、注入前は $10^{-2}$ cm/sec程度であったが、注入後はすべての注入ブロックにおいて $1 \times 10^{-5} \sim 1 \times 10^{-6}$ cm/secとなった。また、河床堆積物に対する改良効果(SK注入ブロック)の確認のため、孔内水平載荷試験を実施した。その結果、地盤の強度は注入前ではN値10前後の原地盤に対して注入後は7kN/m<sup>2</sup>の粘着力となり、期待どおりの良好な結果を得ることができた(写真-6)。この注入範囲については、改良部では機械掘削を採用し、改良部を緩ませないよう慎重に行った結果、トンネル内に水を引き込むこともなく、無事通過する

ことができた。

4-2 大小数多くの断層を突破した(西)工区

4-2-1 (西)工区の概要

(西)工区は、工区境から西側坑口までの延長5,272mの工区であり、施工は間・東急・福田JVが担当した。当工区は、平成6年7月に着手し、平成11年7月に工区境に到達した。坑口より1,780m付近までは、大小さまざまな断層破碎帯を経験したが(図-7)、補助ベンチ付き全断面発破工法により大きな問題もなく施工を行うことができた。

1,780m付近で切羽に向かって左側から茶色および緑色を呈する粘土を伴う断層破碎層がトンネル軸と約55°で交差、約70°の流れ目になって現れた。この断層破碎帯では粘土化した礫状破碎層と粘土層が互層となって現れ、トンネル延長で約150m間続いた。

この破碎帯に入ってから、地山の押し出しによるロックボルト座金の変形や鋼製支保工の変形などが数回発生した。この時点での内空変位量は40mm程度であったが、変位の加速傾向は見られなかった。しかし、切羽を進行させたところ、内空変位速度は急加速し始め、100~150mmの内空変位量に達した。それと同時に吹付けコンクリートが剥落し、ロックボルト孔から約300ℓ/minの湧水が吹き出し、この破碎帯区間からの全体湧水量は約1t/minとなった。内空変位に伴って鋼製支保工の各所に座屈が見られ、支保工の押し出し量は200mmを越えたため、縫い返し(L=81m間)を余儀なくされた。この区間を越えると、さらに大小の破碎帯を突破することになるが、事前の検討により大きな変状もなく掘削を行うことができた。

4-2-2 F33断層の掘削とトンネルの変状

F33断層(西側坑口より2,228m)の直前の区間は、

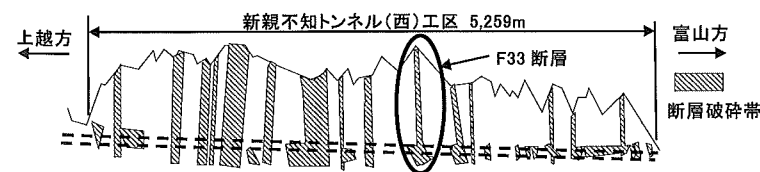


図-7 新親不知トンネル(西)工区における断層破碎帯

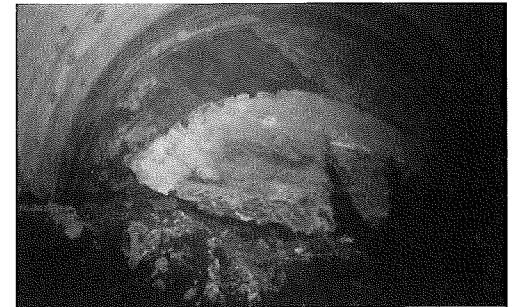


写真-7 破碎層の切羽(崩落)状況

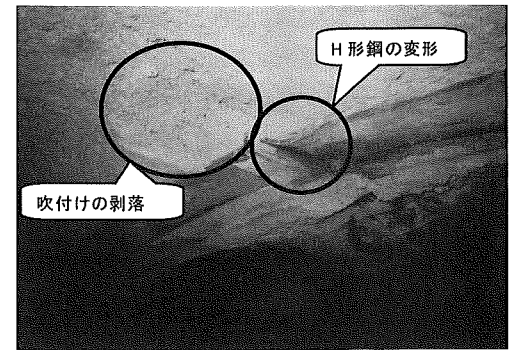


写真-8 支保工の変状状況

部分的に節理面が粘土化し、一部破碎された層があるものの、上半切羽はおおむね安定しており、吹付けコンクリートに生じたクラックには、増しロックボルトで対応することができた。それ以後、切羽が進行すると、次第に下半下部より礫状に破碎され粘土化した層が現れ始めた。この破碎層と上部の堅岩層との間には、厚さ10cm程度の断層粘土層が狭在していた。その後、この層は徐々に傾斜がきつくなり、土砂状に破碎され粘土化した層と、層理面に狭在する断層粘土層が切羽の大勢を占めるようになった(写真-7)。

これに対して、支保パターンを変更することで対応を試みたが、切羽の進行により内空変位速度が急速に加速し、最終的な変位は150mm程度まで達した。その結果、一部のロックボルトの変形、支保工の押し出しが見られ(写真-8)、内空変位が収束しなかった。切羽を休止することで変位の収束を期待したが完全には収束せず、最終的に縫い返しを行う必要が生じた。この変状の原

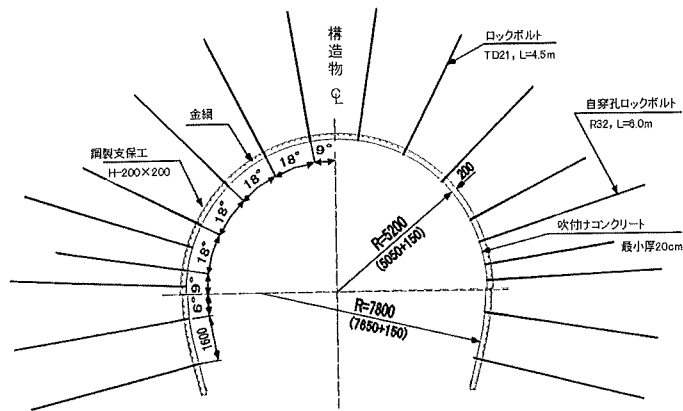


図-8 F33断層突破時の支保パターン

困としては、

- ① 凝灰角礫岩と粘土層からなる地山の強度不足
- ② 破砕帯に介在する粘土層が滑り面となり大きな偏圧を発生させた
- ③ 粘土層に微量に含まれているモンモリロナイトが原因で、緩やかなクリープの変位が発生し当該区間の設計支保パターンを超え、変位の増大とともに支保工・吹付けコンクリートに応力が作用し、支保工・吹付けコンクリートの変状に至った

と考えられた。

## 5 おわりに

「天下の険」と呼ばれる親不知子不知地区において、昭和30年代に北陸本線親不知トンネルが完成して以来、新親不知トンネルは鉄道トンネルと

して約40年ぶりの工事である。この間、トンネル技術は格段の進歩をしてきたが、工事開始前に予想したとおり、現在のトンネル施工技術をもってしても本トンネル工事には幾多の困難があった。

本トンネル工事では、数多くの断層破砕帯における軟弱地盤対策と湧水対策の連続であった。しかしながら、沿線自治体や沿線の住民の方などのご理解とご協力を賜り、機構・各JVともに幾多の困難を乗り越え、幸いにも大きな作業事故もなく無事工事を進めることができた。

最後に、本トンネル工事にあたり関係各位より、貴重なご意見をいただいたことをここに記し、感謝するとともに、本報告が今後のトンネル施工のための一助となれば幸いである。

## 参考文献

- 1) 日本国有鉄道岐阜工務局：北陸本線親不知道直轄施工工事誌，1967.12.
- 2) 日本道路公団新潟建設局：北陸自動車道 上越～朝日間工事誌，1989.3.
- 3) 宮崎竜聖・松尾利信・増田康男・崎山透：河川直下の断層破砕帯の掘削，北陸新幹線 歌トンネル，トンネルと地下，Vol.32，No.12，pp.7-13，2001.12.
- 4) 早坂治敏・西則義・坂田和幸・内山大：断層破砕帯の湧水を新たな水抜き工で突破，北陸新幹線 新親不知トンネル西工区，トンネルと地下，Vol.30，No.11，pp.7-15，1999.11.

## 『トンネルと地下』投稿原稿応募のご案内

1. 原稿は弊社ホームページ(<http://www.tunnel.ne.jp>)に掲載されている投稿規定により執筆して頂きます。
  2. 原稿のボリュームは、原則として刷上がりで8頁以内とします(図・表・写真含む)。
  3. 原稿掲載の採否は、本誌編集委員会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)

# 施工

## 盛土上の公園直下を最小土かぶり3mで掘る

### —徳島南環状道路 法花トンネル—

国土交通省四国地方整備局徳島河川国道事務所工務第二課長 門田隆志  
清水・大本特定建設工事共同企業体所長 鎌村禎英  
清水・大本特定建設工事共同企業体副所長 高杉英則  
清水・大本特定建設工事共同企業体工事主任 八木田茂生

## 1 はじめに

盛土地盤中に最小土かぶり3mの4車線めがねトンネルを計画し、計測工A、Bで動態計測を行いながら、先行する下り線を施工した。このトンネルは、県立図書館・21世紀館の建物に近接し、これらを供用しながら公園施設の直下を通過する施工制約を受け、高度で総合化した施工技術が求められるトンネル工事である。トンネル中央付近には、脆弱な断層破砕帯が出現し、新たなトンネル支保構造を設計、施工し、無事通過した。

本稿では、盛土地山に施工した小土かぶりトンネルの支保構造と施工方法および力学挙動特性について報告する。

## 2 工事概要

一般国道192号徳島南環状道路法花トンネル<sup>1)</sup>は、観音寺ICから大野IC間に位置し、徳島県文化の森総合公園の直下を通過する4車線の双設道路トンネルである(図-1)。

トンネル延長は627mで、このうちの約40%に相当する227mは小土かぶり盛土区間である。本工事は、導坑先進ベンチカット工法のめがねトンネル区間とこの以奥の上半先進ベンチカット工法、中央導坑先進上半工法区間からなる下り線工事で

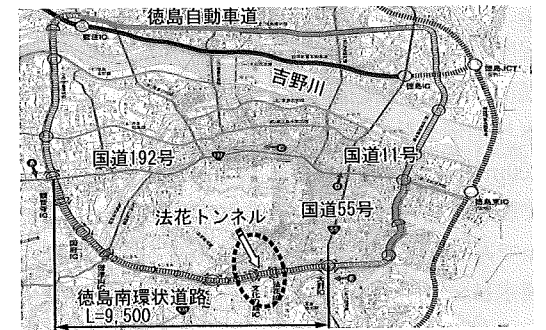


図-1 法花トンネル位置図

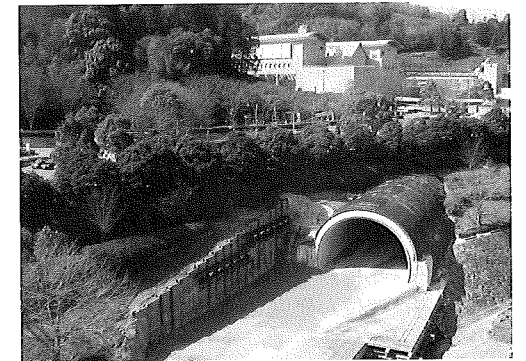


写真-1 終点側坑口全景

ある(写真-1)。

## 3 地形・地質概要

古生代～中生代の三波川帯に属し、泥質結晶片岩が主体に分布する。終点側坑口部めがねトンネ

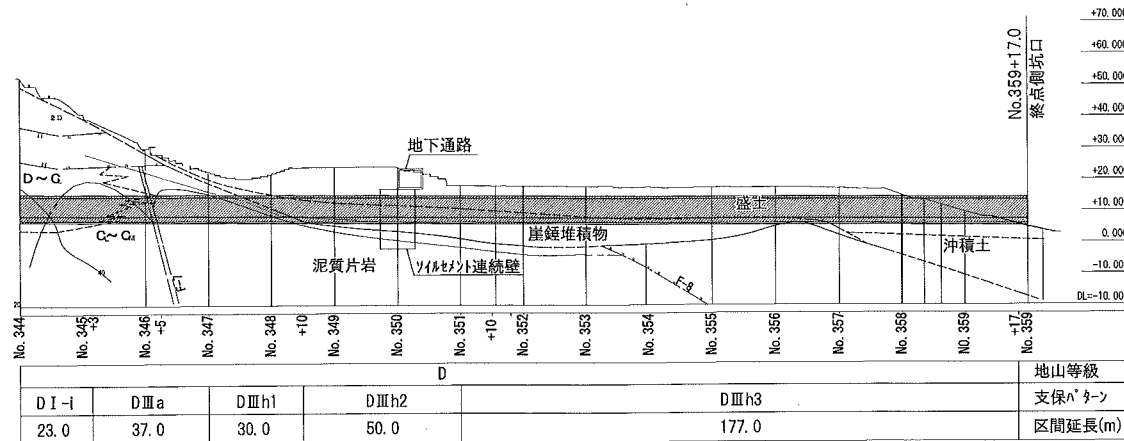


図-2 地質縦断面図(終点側小土かぶり盛土区間)

ル区間では、約20年前に造成した盛土層と旧地形の崖錐堆積物が10~20mの層厚で分布する(図-2)。盛土と崖錐層の性状に差異はなく、N値が10~15程度のシルト混じり砂礫であり、地耐力不足が課題である。到達地点である起点側坑口部は、地すべり地形をなす。また、トンネル中央付近の約200m間には、地山強度比が1を下まわる大規模で脆弱な破碎帯が分布し、ここでの土かぶりは55mである。トンネル全延長をとおして、切羽集中湧水はない。

#### 4 盛土区間の施工

##### 4-1 施工方針

未固結状盛土地山に施工する小土かぶりトンネルでは、トンネル掘削時のグラウンドアーチ形成によるトンネル支保構造体の自立安定確保は困難である。

トンネル底盤部に盛土やシルト混じり砂礫層が出現すると、支持力が不足し、トンネル掘削時に、過大で有害な変位が発生し、トンネル支保構造体は不安定になり地表施設に悪影響が及ぶなどが危惧された。このため、導坑掘削を先行させ、この中で地盤の地耐力を原位置試験で確認し、不足分の支持力は脚部補強工で補い、本坑掘削時のトンネル支保構造体の力学的安定を確保する。また、終点側トンネル坑口付けでは、坑口前面の河川敷内に仮棧橋を構築し、ここを作業ヤードとして、

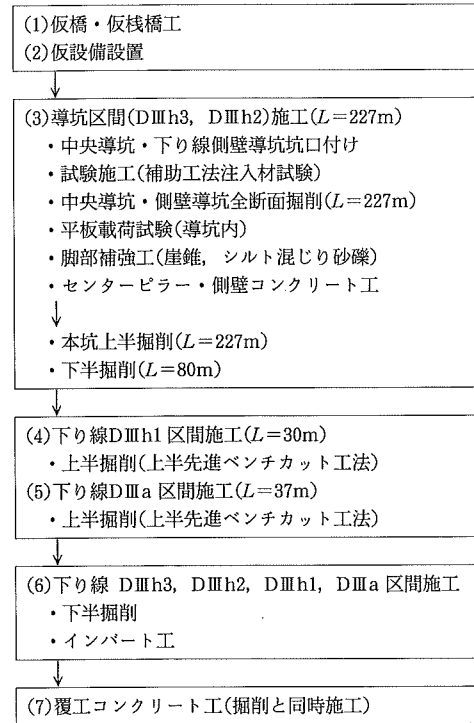


図-3 終点側坑口DIII区間施工フロー

公園施設駐車場法面勾配1:1.8に対して斜め約45度の角度で取り付ける。

これらのことを考慮し、図-3に示すような坑口DIII区間施工フローにもとづいて施工することにし、トンネル品質の確保と施工を安全、確実にする。

##### 4-2 公園施設使用制限

小土かぶり盛土区間の地表には、公園施設の駐

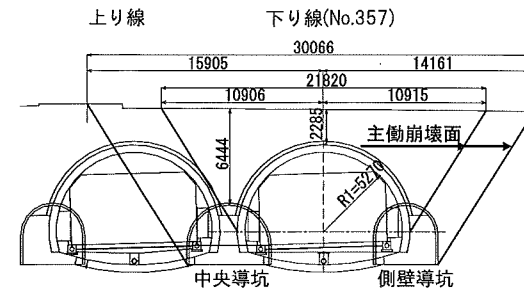


図-4 横断方向立入禁止範囲(導坑時、本坑時)

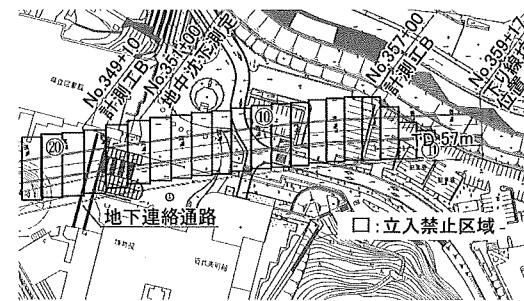


図-5 立入禁止区域割概要

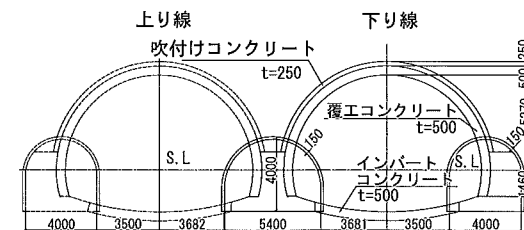


図-6 トンネル構造概要(DIIIh3)

車場や広場があり、これらを供用しながら施工する。このため、図-4に示すように、主働崩壊面より上側の地表に立入禁止範囲を設けて施工する。この範囲内は、1週間分の施工に対応させて25区域に区分けし、導坑施工時、本坑施工時に、切羽進捗に合わせて移動、切り替え、公園利用者の安全と利便性を確保する(図-5)。

##### 4-3 支保構造と補助工法

小土かぶり盛土区間の中央導坑と下り線側壁導坑および本坑のトンネル構造概要と支保構造仕様を図-6、表-1に示す。

また、地表への掘削影響抑制と確実な施工の要請から、補助工法として、鏡吹付けと注入式長尺先受け工のトレヴィチューブ工法および長尺鏡補強工を採用する(表-2)。

表-1 トンネル支保構造仕様

項目	中央・側壁導坑		本坑		
	DIIIh2	DIIIh3	DIIIh1	DIIIh2	DIIIh3
断面区分	DIIIh2	DIIIh3	DIIIh1	DIIIh2	DIIIh3
区間延長	50m	177m	30m	50m	177m
土かぶり厚	12m	7m	8m	8m	3m
1掘進長	1.00m		1.00m		
吹付けコンクリート厚(圧縮強度)	15cm (18N/mm <sup>2</sup> )		25cm (18N/mm <sup>2</sup> )		
鋼製支保工	H-150		H-200		

表-2 補助工法仕様

項目	中央・側壁導坑		本坑	
	先受け工	<ul style="list-style-type: none"> <li>注入式FP(L=3m) 10.5, 8.5本/断面(アーチ120°, p=600)</li> <li>注入材: シリカレジ(10kg/m/本)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>トレヴィチューブ(φ139.8, t=11.1, L=14.0m)27本/断面(アーチ120°, p=450)</li> <li>注入材: シリカレジ(10kg/m/本)</li> </ul>	
鏡補強工	<ul style="list-style-type: none"> <li>鏡吹付け(t=10cm)</li> <li>長尺鏡ボルト(φ76, t=6, L=12.5m)</li> <li>13, 9本/断面(半径×周, p=1.0m)</li> <li>注入材: モルタル系(12.25 ℓ/m/本)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>鏡吹付け(t=10cm)</li> <li>長尺鏡ボルト(φ76, t=6, L=14.5m)</li> <li>32本/断面(半径×周, p=1.0m)</li> <li>注入材: モルタル系(12.25 ℓ/m/本)</li> </ul>		
1シフト長	1.00m	11.00m		

##### 4-4 施工方法

小土かぶり盛土区間のトンネル掘削で使用する施工機械を表-3に示す。中央導坑と側壁導坑は、全断面機械掘削の同時施工である。本坑は、導坑コンクリート完了後に上半断面を機械掘削する。インバート工は、導坑DIIIh3、DIIIh2区間とDIIIh1、DIIIa区間の下半掘削後に、坑奥側から施工する。

##### 4-5 計測工概要

###### 4-5-1 導坑・本坑

支保構造仕様の照査およびトンネル挙動特性の把握を主目的に、計測工A、Bを実施する。計測工A断面は、トンネル進行方向10m間隔に設け、1断面あたり測点数は5点とし、三次元自動測量・計測システムを用いて、吹付けコンクリート表面に取り付けた測点の鉛直・水平方向変位を12~24時間ごとに測定する。計測工B断面は、支保部材

表-3 主要施工機械

(1) 導坑			
用途	名称	能力・出力	台数
掘削、補助	連続積込み機 (シャフローダ)	45kW	(1)
	油圧ショベル	0.15m <sup>3</sup> 級	1
	油圧ブレーカ	400kg級	1
ずり搬出	連続積込み機	45kW	1
	ダンプトラック	10t	2
吹付けコンクリート工	コンクリート吹付け機	5~21m <sup>3</sup> /hr	1
	トラックミキサー車	4.5m <sup>3</sup>	2
注入式フォアポーリング	油圧ホイールジャンボ	2B,HD150kg級	1
	1.5ショット注入ポンプ(2連)	10.6kW	1
長尺鏡ボルト工	油圧ホイールジャンボ	2B,HD150kg級	(1)
	モルタルポンプ (マイポンプ)	7.5kW	1
脚部補強工	削孔機械	45kW	2
	グラウトポンプ	3.7kW	1
(2) 本坑			
用途	名称	能力・出力	台数
掘削、補助	ツインヘッド	2,100kg級	1
	油圧ショベル	0.45m <sup>3</sup> 級	1
	油圧ブレーカ	1,300kg級	1
ずり搬出	ホイールローダ	2.8m <sup>3</sup> 級	1
	ダンプトラック	10t	3
吹付けコンクリート工	コンクリート吹付け機	5~29m <sup>3</sup> /hr	1
	トラックミキサー車	4.5m <sup>3</sup>	2
トレヴィチューブ工法	削孔機械 (トレヴィマシン)	92kW×2B	1
	1.5ショット注入ポンプ(3連)	10.6kW	1
長尺鏡ボルト工	油圧ホイールジャンボ	2B,HD150kg級	1
	モルタルポンプ (マイポンプ)	7.5kW	1

応力測定を基本とし、本坑土かぶり3mのNo.357+00と土かぶり8mのNo.349+10、地下連絡通路前面のNo.351+00の3断面を設ける(図-7)。本坑計測工B計器配置概要は図-8に示す。

4-5-2 地表面

小土かぶり盛土区間の地表には、公園施設、広場、駐車場が配置されており、切羽通過後の地表は開放するので、トンネル掘削影響を定量的に把

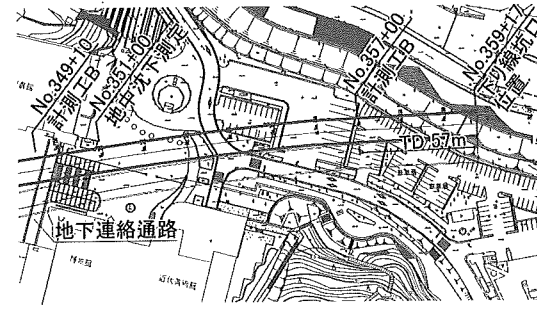


図-7 計測工B断面位置(No.349+10, No.357+00)

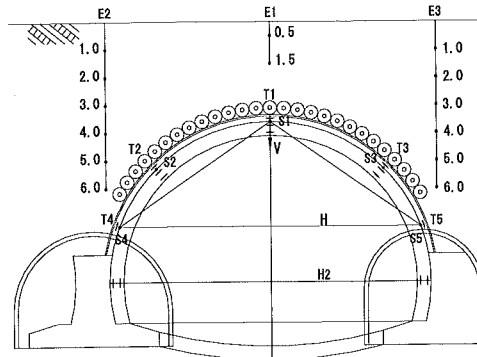


図-8 本坑計測工B計器配置概要(No.357+00)

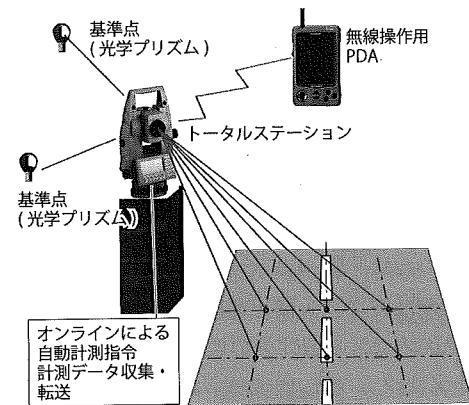


図-9 地表変位計測概要

握、評価する必要がある。このため、地表面にトンネル軸方向10m間隔に1断面あたり8測点の計測断面を設け、立入禁止区域内の地表変位を三次元自動測量・計測システムを用いてタイマーでリアルタイムに自動測定する(図-9)。

4-6 導坑掘削

4-6-1 施工状況

中央導坑は、側壁導坑に先行して坑口付けを行い、掘削を開始した。中央導坑切羽は、補助工法

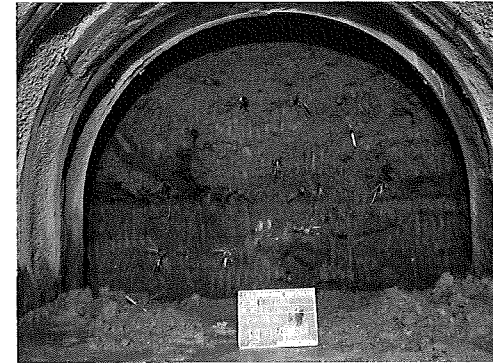


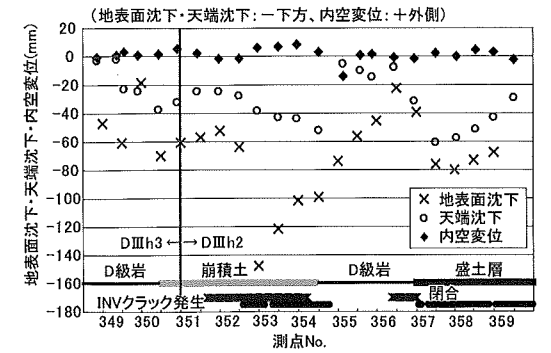
写真-2 中央導坑切羽状況(DIIIh2)

の採用により、切羽の自立安定は確保でき、側壁導坑とともに、計画どおりの同時施工ができた(写真-2)。中央導坑底盤部に崩積土が現れ切羽湧水をとまなう区間では、過大な地表沈下が発生し、延長約60m間は、吹付けコンクリートによる断面閉合で支保構造体の力学的安定を確保した。この延長約227mの導坑掘削に約5か月を要し、月進行は約45mであった。

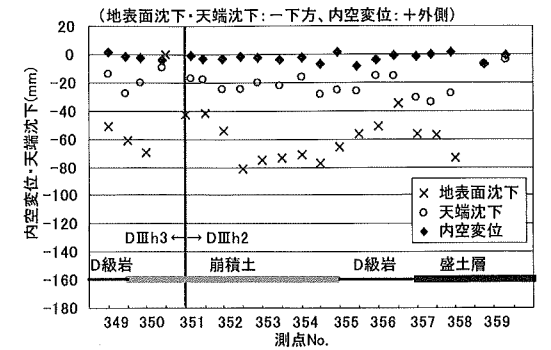
4-6-2 トンネル挙動特性

計測データは、導坑掘削が完了してから約20日後のものである。中央と側壁導坑のトンネル変位を、地表沈下とともに図-10に示す。これらから、以下のことがわかる。

- ① 地表面は、おおむね-50~-80mm沈下する。切羽湧水があり、底盤部が崩積土の中央導坑では、-100~-150mmの最大沈下を記録した。
- ② 天端沈下は、中央導坑で約-20~-60mm、側壁導坑で約-10~-30mm沈下し、断面形状が縦長の側壁導坑の方が小さい。底盤部がD級岩になると、約-20mm以下と小さくなる。底盤部が崩積土で断面閉合した区間では、この効果が現れ-40~-50mmの天端沈下であるが、地表沈下は大きい。
- ③ 側壁導坑の内空変位量は、-2~-10mm内空側に変位する。偏平な中央導坑は、底盤部がD級岩になると、-1mm程度の一般的な内空側の変形モードで変位する。盛土や崩積土では、断面閉合の有無に関係なく、地山側に2~10mm程度広がる。



(1) 中央導坑



(2) 側壁導坑

図-10 地表沈下とトンネル変位

4-6-3 支保構造体の安定性

中央と側壁導坑の吹付けコンクリート軸応力を図-11に、鋼製支保工軸力を全軸力に対する吹付けコンクリート分担率とともに図-12に示す。また、この換算最大軸力から推定した換算土圧を中央導坑について図-13に示す。これらから、以下のことがわかる。

- ① 吹付けコンクリート軸応力の最大値は、土かぶり12mのDIIIh2に生じており、中央導坑で3.3N/mm<sup>2</sup>、側壁導坑で1.9N/mm<sup>2</sup>の圧縮であり、圧縮強度18N/mm<sup>2</sup>の約1/5以下で安定する。
- ② 鋼製支保工軸力の最大値は、中央導坑で247kN、側壁導坑で292kNの圧縮となり、力学的に安定する。
- ③ 中央導坑の吹付けコンクリートは、支保構造体に発生する軸力の50~65%、側壁導坑では40~60%を分担する。
- ④ 吹付けコンクリート軸力から推定した導坑

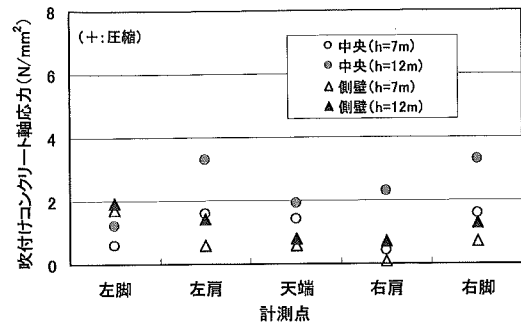
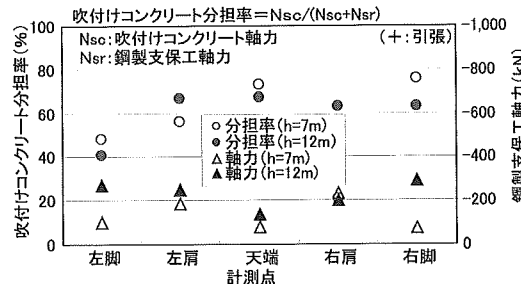
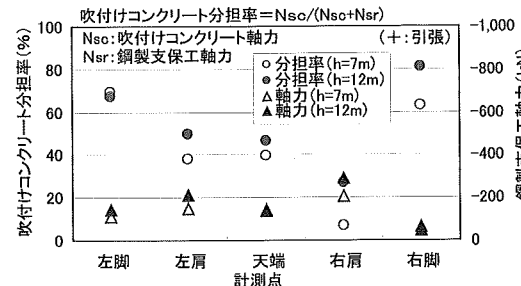


図-11 吹付けコンクリート軸応力



(1) 中央導坑



(2) 側壁導坑

図-12 吹付けコンクリート分担率

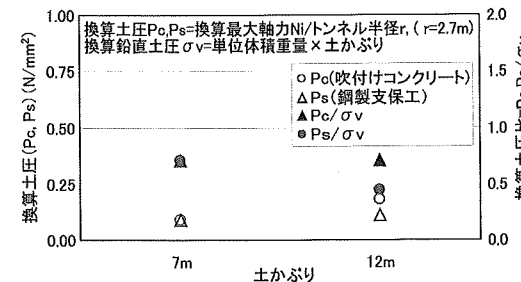


図-13 換算土圧(中央導坑)

作用土圧の最大値は、中央導坑の土かぶり7mで89kN/m<sup>2</sup>、12mで180kN/m<sup>2</sup>となり、盛土の単位体積重量を18kN/m<sup>3</sup>とすると、土かぶり7mで5m、土かぶり12mで10m相当

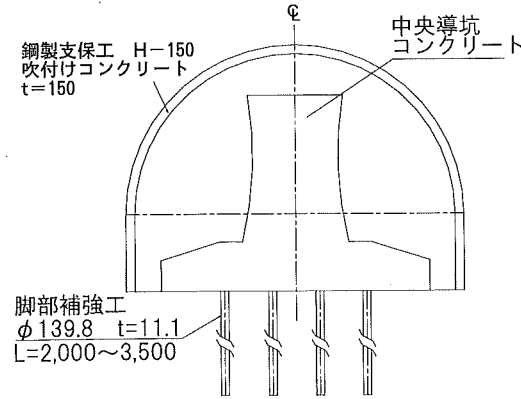


図-14 レッグパイル配置概要(中央導坑)

表-4 レッグパイル配置数量

導坑名	区間長 (m)	地層	支保パターン	必要定着長 (m)	1本あたり定着長 (m)	断面内配置
中央導坑	40	盛土	DⅢh3	3.5	1.0	4本×1列
	70	崩積土	DⅢh3	3.5	1.0	4本×1列
	10	崩積土	DⅢh2	18.5	2.5	4本×2列
側壁導坑	40	盛土	DⅢh3	1.5	1.0	2本×1列
	80	崩積土	DⅢh3	5.0	2.5	2本×1列
	30	崩積土	DⅢh2	15.0	4.0	2本×2列

の土圧作用が推察される。

4-7 脚部補強工

導坑底盤部に盛土、崩積土が出現する区間では、土荷重が地盤の極限支持力を上まわり、地耐力が不足する。この区間では、導坑掘削時に、平板載荷試験で地耐力を算出、評価し、これにもとづいて脚部補強工のレッグパイル工<sup>2)</sup>を計画する。これの仕様は、規格STK400、鋼管径φ139.8、厚さt=11.1mm、削孔径D=145mmを採用し、必要定着長は平板載荷試験結果の許容支持力から求めた不足支持力とレッグパイル1mあたり支持力を用いて算定する。

この導坑内配置は、導坑軸に対称配置とする(図-14)。レッグパイル定着長と配置数量を表-4に示す。

4-8 本坑掘削

4-8-1 施工状況

導坑コンクリート完了後に、本坑坑口付け工を行い、上半掘削を開始した(写真-3)。上半掘削の施工単位は1mとし、11m進行ごとに、補助工法を施工する(写真-4)。上半切羽は、補助工法の採用により、切羽の自立度は高まり、計画どおりの確実な施工ができた(写真-5)。上半掘削をDⅢh2まで施工した後に、上半掘削を停止し、導坑区間DⅢh3、DⅢh2の下半を約80m掘削した。この以奥の施工では、上半、下半、インバート工は交互施工とし、この坑口DⅢh区間延長257mの上半掘削に約5か月を要し、月進行は約50mであった。

4-8-2 トンネル挙動特性

本坑掘削後のトンネル中心地表沈下および天端沈下と上半脚部内空変位を図-15に、本坑掘削後地表沈下δに対する導坑掘削後地表沈下δ<sub>o</sub>の導坑比率を図-16に示す。これらから、以下のことがわかる。

- ① トンネル中心地表では、最大-150mm沈下し、土かぶり3mの方が大きく沈下する。
- ② 本坑天端沈下Vは-5~-14mm沈下する。

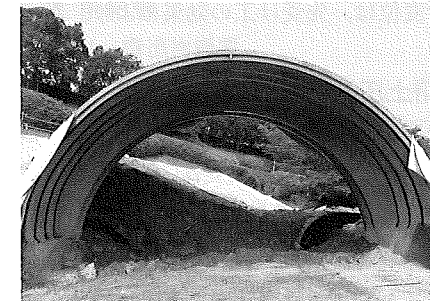


写真-3 本坑坑口付け状況(DⅢh3)

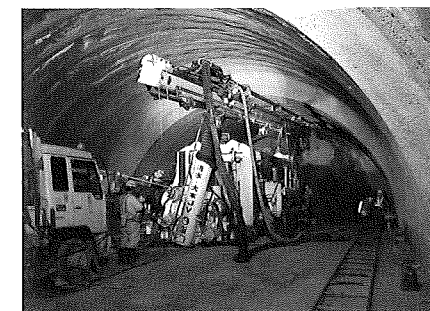


写真-4 トレヴィチューブ施工状況(DⅢh2)

上半脚部内空変位Hは、周辺地山物性分布の影響を受け、-7~6mm変位するが、土かぶり8mでは、全測点で内空側に変位する。

- ③ 地表沈下量δに対する導坑掘削後地表沈下量δ<sub>o</sub>の導坑比率は、おおむね60~80%であり、地表沈下に及ぼす影響は導坑掘削の方が大きい。また、土かぶり3mでは、本坑掘削の方が地表沈下に大きく影響する区間がある。

4-8-3 支保構造体の安定性

吹付けコンクリート軸応力を図-17に示し、これの軸力分担率を鋼製支保工軸力とともに図-18

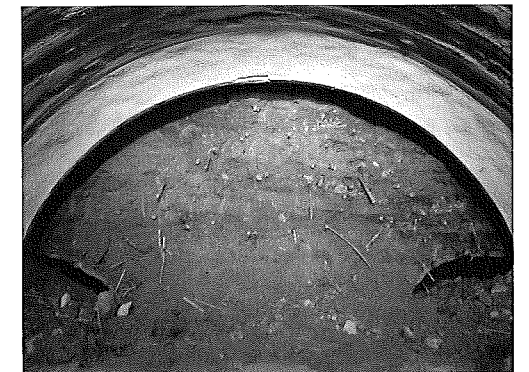


写真-5 上半切羽状況(DⅢh2)

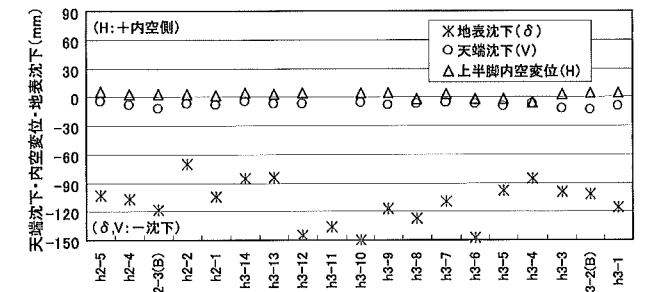


図-15 地表沈下とトンネル変位(本坑掘削後)

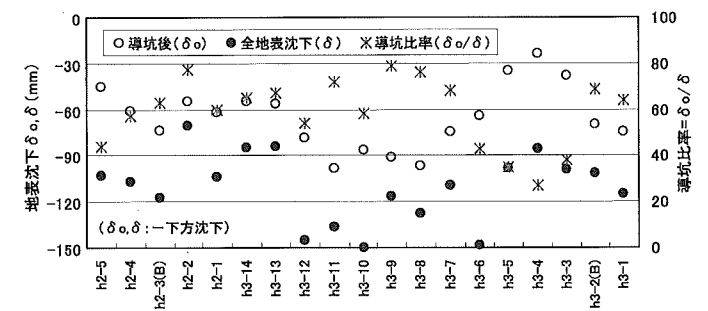


図-16 本坑後地表沈下δに対する導坑後地表沈下δ<sub>o</sub>比率

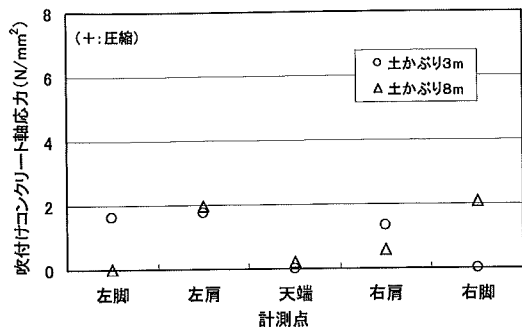


図-17 吹付けコンクリート軸応力

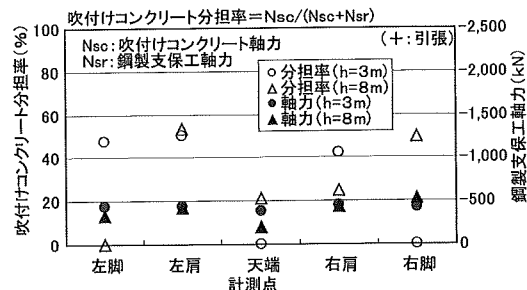


図-18 吹付けコンクリート分担率と鋼製支保工軸力

に示す。これらから、以下のことがいえる。

- ① 吹付けコンクリート軸応力の最大値は、左肩部に発生し、土かぶり3mで1.8N/mm<sup>2</sup>、8mで2.0N/mm<sup>2</sup>の圧縮であり、圧縮強度18N/mm<sup>2</sup>の1/9以下で安定する。また、最大軸応力は、導坑のものに比べて若干増加する程度であり、土かぶりやトンネル断面サイズの違いによる有意な差はない。
- ② 吹付けコンクリート軸応力は、盛土地盤物性分布と吹付けコンクリート仕上がり性状の影響を受け、データ間で大きくばらつき、天端部や片側脚部はゼロに近づく。
- ③ 鋼製支保工に発生する軸力は、最大500kNの圧縮であり、土かぶりの違いによる有意な差はない。
- ④ 吹付けコンクリートは、トンネル支保構造体に発生する軸力の20～50%を分担するが、天端部や支保工脚部端では、トンネル支保構造体への作用土圧分布性状の影響を受けやすく、鋼製支保工が約95%以上を分担する。

4-9 盛土地盤の挙動特性

土かぶり3mの盛土地盤内地中沈下は、図-19

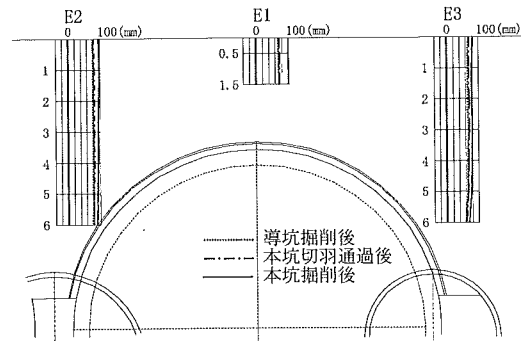


図-19 盛土地盤内地中沈下(No.357+00)

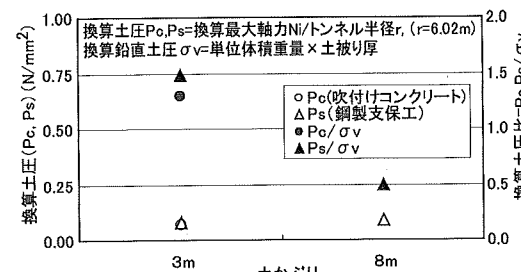


図-20 換算土圧と換算土圧比

に示すように、導坑掘削後に全深度で70～80mm沈下する。本坑掘削により20～30mm増加し、本坑掘削後は、全深度で90～100mm等沈下する。本坑掘削時の先行変位は、先受け工の効果により、数mmと小さい。

4-10 作用土圧

トンネル支保構造体に作用する換算土圧 $P_c$ (吹付けコンクリート)、 $P_s$ (鋼製支保工)は、支保部材に発生する換算軸力の最大値 $N_c$ 、 $N_s$ をトンネル半径 $r$ で除して算定すると0.07～0.09N/mm<sup>2</sup>となり、土かぶりや支保部材の違いによる有意な差はない(図-20)。また、作用土圧は土かぶり厚4～5mに相当し、土かぶりが3mでは換算鉛直土圧の1.3倍、8mでは0.5倍に相当する。

4-11 横断方向掘削影響

導坑掘削後と本坑掘削後の横断方向地表沈下を、最大地表沈下が生じたDⅢh2のNo.352+10と計測工Bの2断面について図-21に示す。これから、以下のことがわかる。

- ① 導坑掘削による影響範囲は、本坑中心から水平距離で20m以上におよび、導坑地盤隅で、

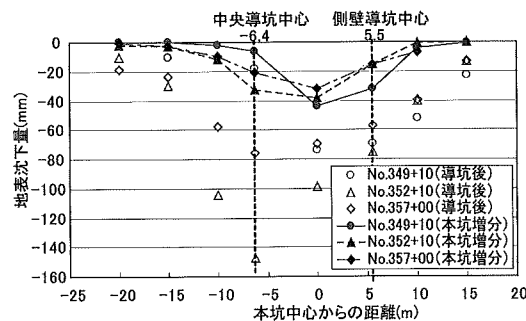


図-21 地表沈下量(横断方向)

鉛直から45度範囲内に大きく現れるが、底盤部に出現する地質の違いによる差は小さい。

また、導坑中心から15m以上離れたら、ここでの地表沈下量は、導坑中心の約20%以下に小さくなる。

- ② 本坑掘削影響は、トンネル中心で最大値となり、これから離れるにしたがい小さくなる。掘削影響域は、本坑中心から水平距離で15～20mに及ぶが導坑時に比べて小さい。

4-12 直上地中構造物への導坑掘削影響

4-12-1 構造物概要

終点側坑口から約190m位置に、地中壁ばり構造の地下連絡通路<sup>9)</sup>が既に施工されており、この底盤から3m直下にめがねトンネルの下り線側を施工する。この地下連絡通路は、プレッシング型式ポストテンション方式の箱形鉄筋コンクリート構造で設計され、高さ5.0m、幅5.7mの壁ばり構造である。この両端は杭基礎で支持され、径間は37mである。

ここでの断面区分はDⅢh2であり、地下連絡通路などの計測工概要を図-22に示す。

4-12-2 導坑掘削影響

地下連絡通路の二次元弾性骨組構造解析モデルを図-23に示す。

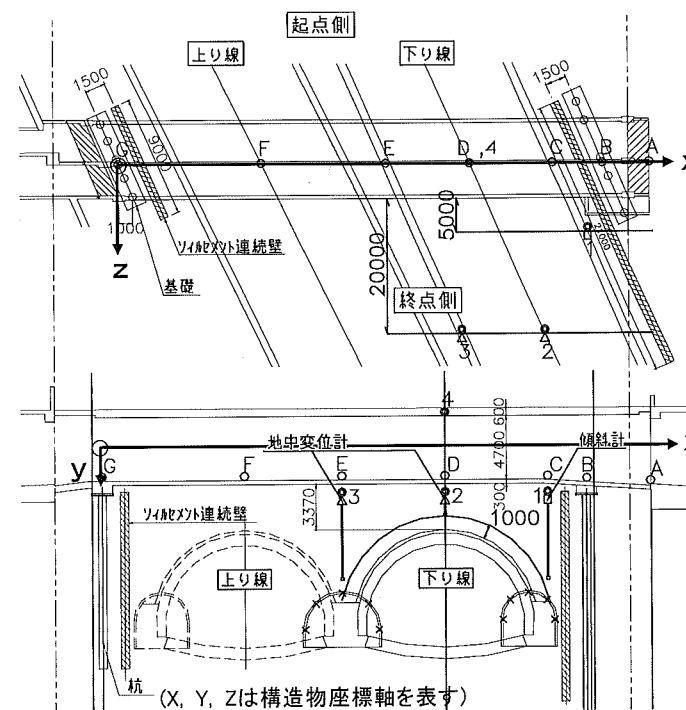


図-22 計測工計器配置と地下連絡通路解析断面

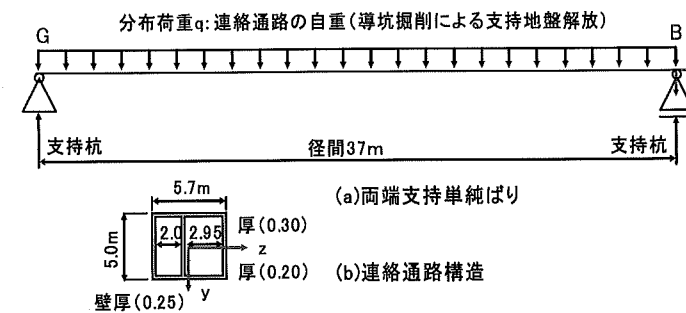


図-23 地下連絡通路解析モデル概要

連絡通路壁ばり底盤の沈下量とこれの解析値は、連絡通路手前約10m位置の導坑土かぶりが7mの地表沈下とともに図-24に示す。中央導坑中心の地中沈下は図-25に示す。これらから、以下のことがわかる。

- ① 地下連絡通路の自重による中央導坑中心位置での沈下量の計算値は8mmであり、ここでの計測値の約10mmと同等レベルである。また、土かぶり7m位置での中央導坑中心での盛土地盤の地表沈下量は約55mmであることから、地中壁ばり構造の地下連絡通路は、直下の導坑掘削によりこの下部地盤は沈下するが、

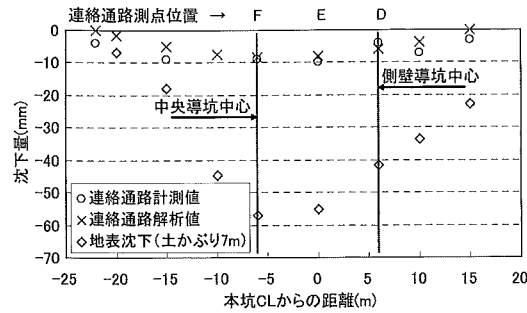


図-24 地下壁り底盤と地表沈下

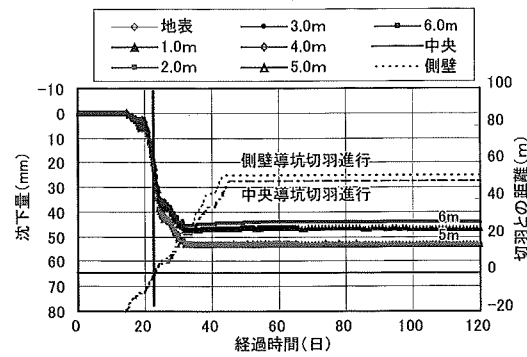


図-25 中央導坑中心地中沈下(No.351+00)

両端支持で安定する。

- ② 中央導坑天端上部の盛土地盤内地中沈下は、切羽が計測断面通過時に、全沈下量の約80%が発生、すべての深度で35~40mm沈下し、導坑天端直上の3m間は圧縮される。切羽が20m進むとほぼ収束し、45~55mmになる。

## 5 おわりに

花法トンネル下り線工事は、地表の公園施設を供用しながらの盛土地山の小土かぶりトンネル工事である。このことから、施工技術を総合化し、安全、確実に高効率な情報化施工をめざし、平成

17年7月20日から終点側坑口より導坑掘削を開始し、平成19年11月20日に、起点側坑口本坑内から無事貫通した。

その結果、①導坑内から地耐力を試験、確認でき力学的安定が確保できる導坑先進ベンチカット工法は、盛土地山でのトンネル施工を確実にする、②未固結地山の小土かぶりトンネルの掘削に、高剛性長尺先受け工のトレビチューブ工法と鏡補強工の注入式長尺鏡ボルトは、切羽の安定確保と先行変位抑制に有効である、③グラウンドアーチ形成によるトンネル支保構造体の自立安定が期待できない未固結地山の小土かぶりトンネルでは、標準的な坑口DⅢパターンと同等の支保耐力で力学的安定は確保できる、などが得られた。また、これによる力学挙動特性が明らかになり、トンネル施工方法の有効性が示された。

今後は、得られた計測データをもとにして数値解析手法などで分析、考察し、特殊地山環境下でのトンネル施工技術としてとりまとめ、別の機会に報告する予定である。

最後に、本工事を進めるにあたり、貴重なご意見をいただいた関係各位に、感謝する次第である。

## 参考文献

- 1) 石川浩・宮本馨・齋藤勝：徳島南環状道路・法花トンネル工事、最低土被り3mの山岳トンネルの施工、土木技術、Vol.61, No.7, 2006.7.
- 2) ジェオフロンテ研究会アンブレラ工法分科会：脚部補強工技術資料、1995.12.
- 3) 齋藤勝・鎌村禎英・楠本太：地中壁梁構造物に近接する小断面トンネルの挙動特性、第62回土木学会年次学術講演会、第Ⅲ部門、2007.9.

〔土木工学社図書案内〕

### 岩盤の計測と解析 工博 鈴木 光著

A5判 箱入 244ページ 本体価格4,200円 (〒380円)

最近では、有限要素法を利用し、地盤や構築物の変形や応力分布に関する予想解析が行われるようになりつつある。そのために入力などに信頼度の高い各種計測値が要求されるようになってきた。

このような理由から、建設工事では、従来にも増して計測や解析が重要となりつつある。

本書は、応用範囲も広く重要と思われる岩盤の計測と解析法の紹介と解説を試みた実務書である。

## 「歴史と水の国」三島より

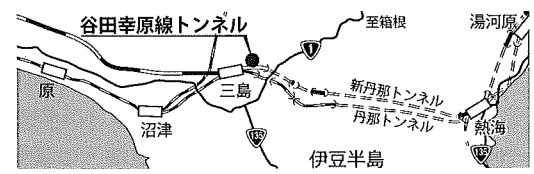
西海 康弘



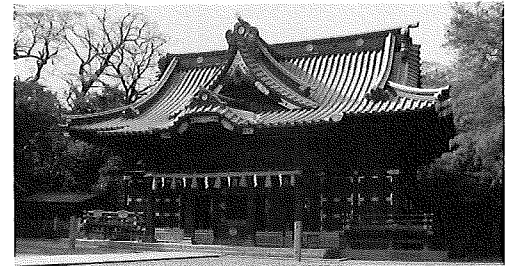
東京から箱根越えの丹那トンネルを抜けると濃い緑の彼方に富士を仰ぐ三島に着く。三島市は、箱根の南、伊豆半島の付け根に位置し、富士からおくられる豊富で清らかな地下水が市内の各所に湧き出る、せせらぎにつつまれた町である。初夏には蛍が舞い、水のきれいなところでしか育たない『三島梅花藻』という貴重な植物も群生する。三島梅花藻は、多年草で7~8月ごろに、梅の花に似た白い可憐な花を咲かせることから『梅花藻』の名が付いたそうである。また、三島の名物といえば三島大根とうなぎである。とくに硬水である富士の湧水を使用して活弁にしたうなぎは、身の引き締まった歯ごたえがあり格別おいしい。

三島はその昔、天下の険といわれた箱根越えで疲れた旅人を迎える東海道11番目の宿場として栄え、史跡も数多い。古くは鎌倉時代、とくに源頼朝とのつながりは深く、頼朝に関係のある神社仏閣や史跡は市内に数多く存在する。中でも、伊豆に流された源頼朝が源氏再興の祈願を寄せた三嶋大社は有名である。三嶋大社は伊豆一の宮として古くから人々の信仰を集め、1万5千坪の境内には壮麗な総檜素木造りの御殿、樹齢1,200年の金木犀や腰掛け石などの史蹟がある。この腰掛け石は源頼朝が百日祈願の際に必ず腰かけて休んでいたとされ、とによりには北条政子の腰掛け石がある。今でも事を起こそうとする人や、出世を願う人は、三嶋大社を参拝し、この石に腰をおろして祈願するとよいといわれている。

さて、谷田幸原線トンネルは東駿河湾広域都市計画道路計画のなかで、三島市と隣接する沼津市、清水町、長泉町を結ぶ市街地環状道路である谷田幸原線のうち、JR東海道本線、東海道新幹線の三島駅の東北東約1.3kmの位置に計画された延長377m、一部3車線のトンネルである。住宅地直下を貫くトンネルで、土かぶり



位置図



三嶋大社本殿



腰掛け石



坑口上部からの眺望

は全線2D以下であり、トンネル直上には団地がある。このような状況下で、周辺環境や近隣住民に配慮した施工が要求され、坑口部に防音ハウスを設置し、パイプルーフ、AGF、脚部注入などの補助工法を採用して地表面の沈下を抑制している。また、地域住民とのコミュニケーションを取り順調に工事を進めている。また、本トンネルはトンネルを抜けると真正面に富士山を望むことのできる数少ないトンネルであり、坑口上部の公園は三島市眺望地点に選ばれている。

今後も発注者をはじめ関係各位のご指導、地域住民の多大なるご協力のもと、作業所ならびに協力会社が一丸となり、無事故・無災害での竣工を迎えられるよう努力してゆく所存である。

(三井住友建設(株)谷田幸原線トンネル作業所副所長)



### ■鉄道作業局の記録

前号では、京都帝国大学を1903(明治36)年に卒業した奥平清貞の卒業論文『隧道修繕工事』の中から、東海道本線・牧ノ原トンネルの変状について解説したが、その直前に鉄道作業局によって行われた調査・施工記録が残されているので、この機会に紹介してみたい。

『鉄道作業局年報』の各年度の記述によれば、牧ノ原トンネルは地質が粗悪で、安全と認め難い状況であったため、以前よりその状況に留意し、第2線のトンネルの掘削にあたってはなお一層の注意を払っていたが、1901(明治34)年9月20日より坑内に亀裂が発生し、各部に拡大した。このため、第2線のトンネルの完成を待って同年12月23日に線路を切り換え、第1線トンネルの修繕工事が開始された。

これらの具体的記録は、当時の公文書を綴った『通信省公文』(鉄道博物館所蔵)の中に収められており、今もその詳細を知ることができる。

これらの具体的記録は、当時の公文書を綴った『通信省公文』(鉄道博物館所蔵)の中に収められており、今もその詳細を知ることができる。

### ■変状展開図の作成

『通信省公文』に収録された公文書のうち、1901(明治34)年10月18日付で立案された「牧ノ原

### 牧ノ原隧道内面之図

ス示フ所個ノ裂罅ハ線色紅  
ス示フ所個ノ剝落ハ線色樺

吹五拾為吋底以縦縮  
吹拾三為吋底以横縮

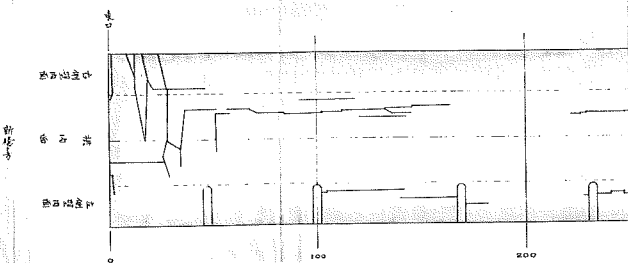


図-1 「牧ノ原隧道内面之図」の一部(鉄道博物館所蔵)

隧道崩壊予防工事急施ノ件」によれば、同年9月20日、牧ノ原トンネルの右側壁の下部に微細な亀裂の兆候が認められたため(別の記録では、剝落した煉瓦を支えていた支柱が緩んで蒸気機関車の両肩にあたったためとされる)、注意して監視していたところ、同年10月5日には亀裂の大きさが半インチ(約13mm)に達した。このため、列車を徐行運転させるとともに、近接して行われていた第2線トンネルの火薬の使用を中止させた。

同年10月15日には、のちに丹那トンネルのルート選定などで活躍した鉄道作業局技師・佐藤古三郎(1861~1914)によって図-1に示すような「牧ノ原隧道内面之図」が作成されたが、これは左側を

新橋方(起点方)、右側を神戸方(終点方)としてトンネル覆工を平面に切り開き、上側を右側壁、中央をアーチ、下側を左側壁として描いたいわゆるトンネル変状展開図であった。この展開図は、彩色図として描かれ、「紅色線」が亀裂の箇所、「樺色線」は剝落箇所を表していた。こうした保守管理のための変状展開図がいつごろから描かれていたのかは明らかではないが、牧ノ原トンネルの展開図は、現存するものとしてはもっとも初期の事例と言えるだろう。

一方、同じころ、神保小虎(1867~1924)・東京帝国大学地質学科教授が調査のために現地を訪れており、地質の悪さに起因すると考えられるものの、第2線のトンネルの掘削による影響の疑いもあるとコメントした。神保は1903(明治36)年1月に工学会で行った「土木工事ト山崩レ」(『工学会誌』第252巻(1903)所収)と題した講演の中でも東海道本線金谷付近の地形・地質の特異性について言及しており、「金谷ノ隧道ガ壊ハレテカラ、此辺ノ地勢ノ奇妙ナルコトガ目ニ着キマシタガ、ソレマデハ此地勢ニ注意シタモノハイナイ様デアリマス。」と述べ、周囲に見られる崩壊地形と関連させて、かつて大規模な山崩れがあった跡ではないかと推察した。神保の所見がどのように活用されたのかは不明であるが、奥平論文における詳細な地質に関する言及は、神保の地質調査の成果がある程度反映されたのではないかと考えられる。

### ■修繕工事の実施

現地では、「調査会」(一種の委員会組織のようなものか?)を設けてその対策工法について検討した結果、「牧ノ原隧道崩壊予防工事設計書」が作成され、崩壊区間に一種の内巻き補強工を3フィート(約0.9m)間隔で建て込むこととした。

内巻き補強工は図-2に示すような構造で、アーチ部は、半円形に加工したレールを支保工として建て込み、4か所をボルトで緊結した。アーチの脚部(スプリング)には鉄板を敷き、レールの外周と覆工の間には、密着を図るために小割り材を挟み込んだ。また、側壁部分には木材を加工し

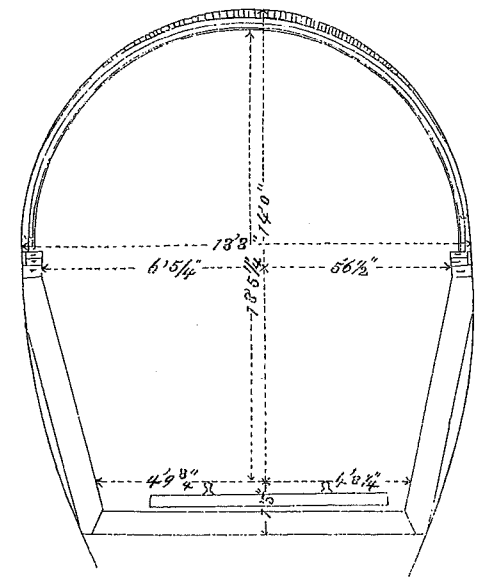


図-2 補強工の設計断面図  
(『鉄道時報』第111号(1901.11.2)より)

て建て込み、さらにまくらぎの下の路盤部で左右を連結させて断面を閉じた。レールを全周に巻かず、側壁や路盤に木材を使用した点が注目されるが、当時のレールはすべて輸入の時代であり(官営八幡製鉄所が国産レールの生産を開始したのは1901(明治34)年であった)、これを補強材として用いることは大英断であったと思われる。

工事にあたっては、とくに「牧ノ原第一線隧道従事者心得」が制定され、担当を「支保建設掛」(支保工の設置と建築限界のチェックを担当)、「異動調査掛」(トンネルの変状監視と異常時の列車停止手配を担当)、「測量掛」(中心線測量と高低測量を担当)、「保線掛」(軌道の監視と修繕を担当)、「事務掛」(資材の管理と工事日誌の作成を担当)の5班に分け、その果たすべき役割や監視体制、作業内容、異常時の対処方法などが細かく定められた。また、異常時の合図のために電鈴(ベル)や電話機が導入され、さらに電灯を用いるなど、当時としては最先端の器材を投入して万全を期した。

修繕工事は、鉄道作業局静岡保線事務所の監督(工事主任・佐藤古三郎技師)、合資盛陽会社(岩手県盛岡市)の作業員供給により、1902(明治35)年8月4日に着手し、翌年8月12日に竣工した。

# 土木情報 No.423 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
関東農政局	北総中央農業水利事業1号送水路その6	三幸建設工業	111.5
"	両総農業水利事業南部幹線用水路その43	清水建設	504.4
"	大須賀支線用水路その3	森組	197
北陸農政局	九頭竜川下流農業水利事業右岸幹線用水路その13	東急建設	640
関東地整	東京国際空港東側整備地区場周道路地下連絡通路築造	清水建設	2,029
近畿地整	排水T(7号)支線	りんかい日産建設	576
"	25号御堂筋共同溝	大成・五洋JV	3,700
"	和田山八鹿道路八鹿T	三井住友・竹中土木JV	4,860
中国地整	尾道・松江自動車道川尻T	東急建設	770.55
東海旅客鉄道	中部山岳地区大鹿村内水平ボーリング用作業坑掘削	鹿島・飛島・ジェイアール東海建設JV	1,610
"	早川町内	大成・名工・銭高JV	1,430
首都高速道路	中央環状新宿線大橋地区本線接続	鹿島・飛島JV	8,760
中日本高速道路	第二東名高速道路東上T他1T	清水建設	6,670
阪神高速道路	遠里小野第1工区開削T	清水・奥村JV	2,090
青森県	夏泊公園線地方道路交付金(道路改築)	前田・沢田・佐藤建設JV	1,041.17
都・下水道局	三河島水再生センター第二浅草系ポンプ室流入渠	五洋建設	532
"	中野区中野一丁目、中央二丁目付近枝線	戸田建設	736
"	第二溜池幹線ほか1幹線立坑設置	オリエンタル白石	1,490
愛知県	日光川下流域下水道事業管きょ布設(今工区)	加藤建設	250
和歌山県	国道424号道路改築	小池・夏山JV	560
岡山県	国道430号/2の1公共道路・玉野T	アイサワ・ナйкаイアーキッドJV	648
高知県	国道441号道路改築(網代T第1工区)	新進・藤本・伊与田JV	1,330
"	県道中平橋原線地方道路交付金(初瀬T)	ミタニ・須工ときわ・岩井JV	798
"	県道石鏡公園線(長沢T)	晃立・竹内JV	327
水戸市	国補公下緑岡第1雨水幹線	五洋・菅原JV	376
結城市	20国補公下第12-1号、逆井雨水幹線新設第1工区	岩沢・大結JV	115.3
千葉市	新港横戸町線3工区ボックス外築造	ハマダ・沢島JV	217
銚子市	導水第23号φ800mm新宿系導水管布設(第2工区その5)	島田建設	247.9
船橋市	高瀬幹線上流部管渠布設(その1)	森本組	180.9
市原市	南総2号幹線管渠築造	あおみ・太陽JV	251.8
狭山市	西河原雨水枝線築造(第6工区)	関東建設	108
"	鶴ノ木雨水幹線築造(その4)	日本国土開発・関東JV	470
草加市	長栄町第7公園下雨水貯留槽築造(20-5)	保永・草加JV	528.3
桶川市	公下20-5工区管渠	村本建設	149.3
横浜市	谷津川橋新設(その2)・金沢処理区谷津地区下水道整備(その9)	テクノジャパン	106.91
"	道志川系口径1500mm導水管改良及び減圧水槽撤去	長野工務店	193.58
相模原市	公下大野台地区雨水幹線整備(2工区)	丸豊建設	148.44
"	公下烏屋太井汚水幹線整備	丸豊・木本・富士JV	523.07
名古屋市	第3次千音寺幹線下水道築造	機動・山城JV	417
"	白水町雨水幹線下水道築造(その2)	大日本土木・山越JV	467.7
"	弥富第2雨水幹線下水道築造(その3)	大日本土木	107.8
柏原市	片山雨水ポンプ場放流幹線及び伏越人孔築造	岸本建設	389.76
久留米市	諏訪野地区貯留施設築造	若築・濱崎・橋爪JV	799.83

## 施工

### 大阪市営地下鉄今里筋線の建設工事と計測管理

大阪市交通局鉄道技術本部工務部担当係長 吉田 博  
 大阪市交通局鉄道技術本部工務部 深海 未歩

#### 1 はじめに

大阪市営地下鉄今里筋線(第8号線)は、大阪市東部の東淀川区井高野から東成区今里を南北に結び、既設地下鉄谷町線、長堀鶴見緑地線、中央線、千日前線およびJR学研都市線、京阪本線の6路

線と連絡することにより、都心から放射状に伸びる既設路線の混雑緩和や大阪市東部地域における移動の円滑化、さらには沿線のまちづくりの促進、活性化にも寄与する営業延長11.9km・11駅の新規路線である。図-1に地下鉄今里筋線の線路概要を示す。

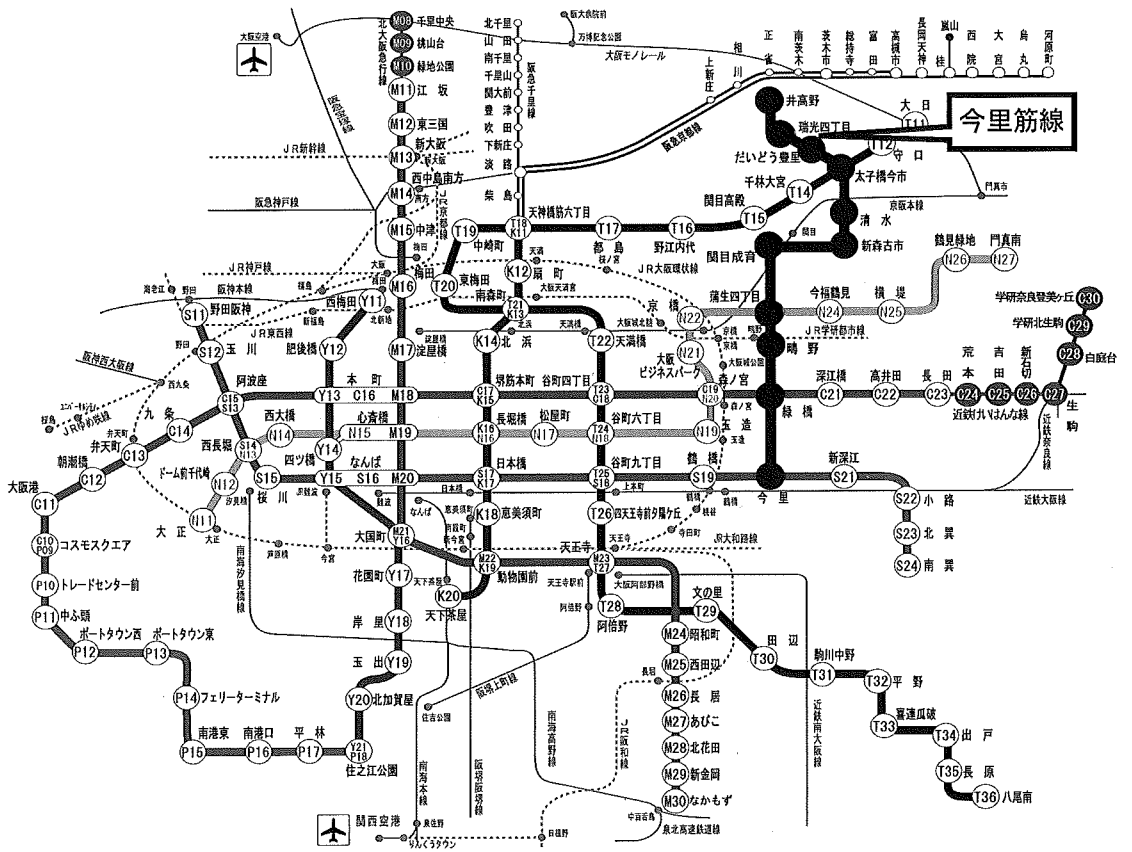


図-1 今里筋線線路概要図

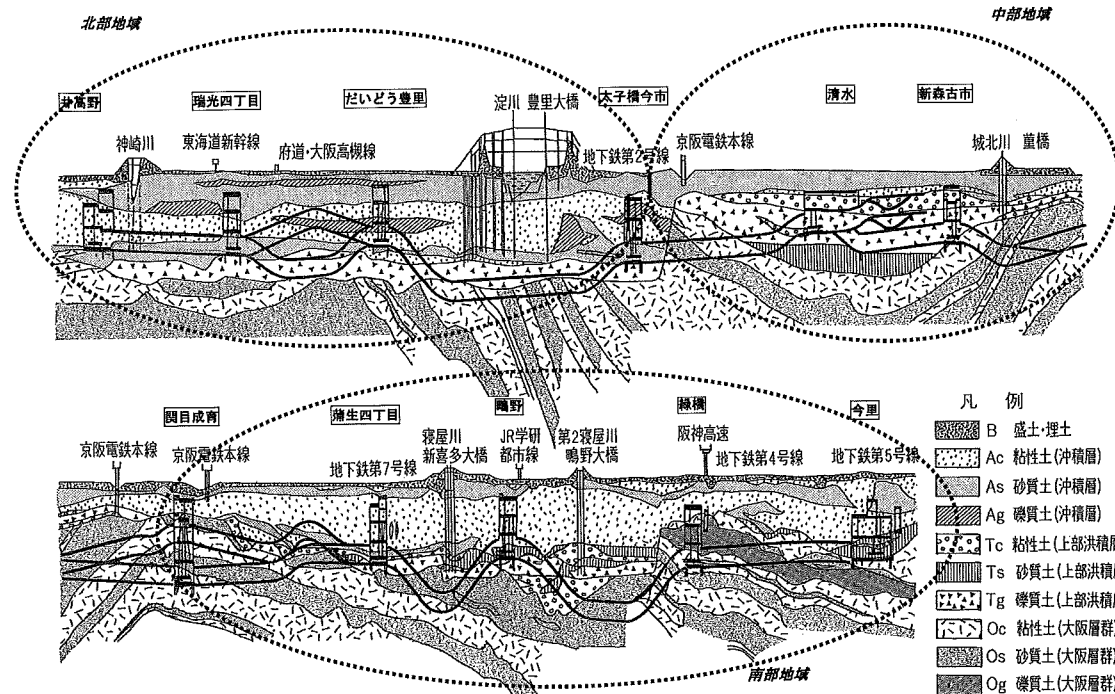


図-2 今里筋線土質概要図

建設工事は平成12年3月に着工し、平成18年12月に開業した。駅部で開削工法を、駅間トンネルで開削工法よりもコスト的に有利なシールド工法を採用し、車庫については、鶴見緑地公園内の地下に開削工法で設けることとした。なお、今里筋線車庫と長堀鶴見緑地線検車場とを連絡線で結ぶことにより車両工場の機能を共有することで建設コストの抑制を図った。

施工実績としては、開削工法で、ソイルセメント壁工が約127,000m<sup>2</sup>、路面覆工が約36,000m<sup>2</sup>、掘削工が約864,000m<sup>3</sup>、支保工約20,000t、鉄筋約31,000t、コンクリート約184,000m<sup>3</sup>、シールド工法では、シールド掘進延長が約24,000m、シールド土工が約550,000m<sup>3</sup>、使用セグメントがRCセグメント9,886リング、DCセグメント9,767リングに及ぶ大規模プロジェクトである。

今里筋線の土質は、図-2に示すように井高野～太子橋今市間の淀川を挟んだ北部地域、太子橋今市～関目成育間の中央地域、関目成育～今里間の南部地域と3区間に大別される。いずれの区間も洪積層の台地である上町台地の東側に位置し、古

代に内海であった部分を南北に通ることとなり、上部から沖積層、上部洪積層および大阪層群で構成されている。

その建設概要および開削工事<sup>1)</sup>およびシールド工事の計画概要<sup>2)</sup>については本誌の既報のとおりであるが、本稿では、前回の報告内容も踏まえながら今里筋線建設工事全体を振り返って、開削およびシールド工事、特殊施工部として既設地下鉄路線のアンダーピニングについて、計測事例などを交えて総括して報告するものである。

## 2 開削工事

### 2-1 大深度SMW工法における品質の確保

開削工事では、遮水工法を採用しており、遮水工法としての土留め壁の施工に際しては、非常に軟弱な沖積粘土層の掘削による土留め壁の変位を抑えることや、掘削底面下にある高い被圧水頭を持つ帯水層を遮断するという条件を考慮して、剛性が高く、遮水性に優れたSMW工法を主に採用している。SMW工法は、中深度の掘削工事の土留め壁としては優位であるものの、大深度掘削

工事では施工精度や不攪拌土の混入に起因する問題点が指摘されており、遮水性土留め壁として機能するには壁体の連続性をいかに確保するかが重要である。とくに今回は駅舎構築の深度が20m以上と深く、それに合わせて土留め壁も40mレベルの施工となることから、施工精度や造成される土留め壁の品質確保が課題となった。

そのため、今回の第8号線では、30mを超える削孔では、削孔径を従来の650mmから850mmに拡大して、ソイルセメントのラップ部分を増大させると同時に、削孔速度を慎重に管理することにより、ソイルセメントの均質性を高め、遮水性土留め壁の品質確保に努めた。図-3は、削孔径650mmと850mmの削孔精度を比較したものである。オーガが大きくなることにより、錐の硬度とベースマシンの安定性が向上し、削孔精度そのものの向上につながっている。

さらに、今里筋線工事では一部の区間において、これまでリーダーの鉛直度や芯材の建て込み精度の測定などによって管理してきた間接的・後追的な施工管理ではなく、削孔状況をオペレーターがリアルタイムに計測監視し、必要に応じてターニングをくり返しながら土留め壁の施工精度を高めることにより、壁体としての鉛直性を確保した。

### 2-2 掘削に伴う土留め変形の管理

掘削に伴う仮設構造物や近接構造物の安全性を確保するとともに、より合理的な施工を目指して、掘削に伴う土留め壁および背面地盤の変位を定期的に計測するとともに、揚水試験により掘削坑内の遮水性の確認を行う情報化施工を実施した。事例<sup>3)</sup>として、土留め壁変形～地盤内変位ベクトル～背面地表面沈下分布の1例を図-5に示す。

#### (1) 2～3次掘削

2～3次掘削終了時における土留め壁変形は、掘削深度よりも下部のAmc層中央付近で最大変

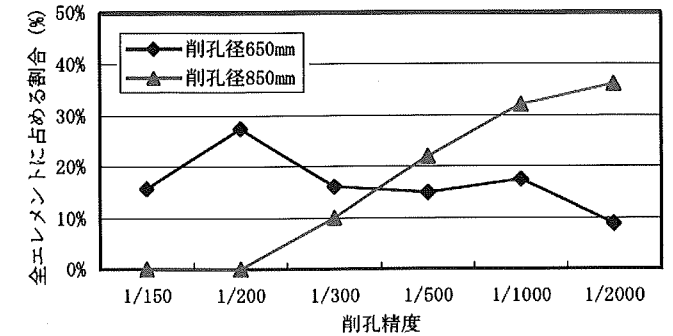


図-3 杭心通り方向の削孔精度

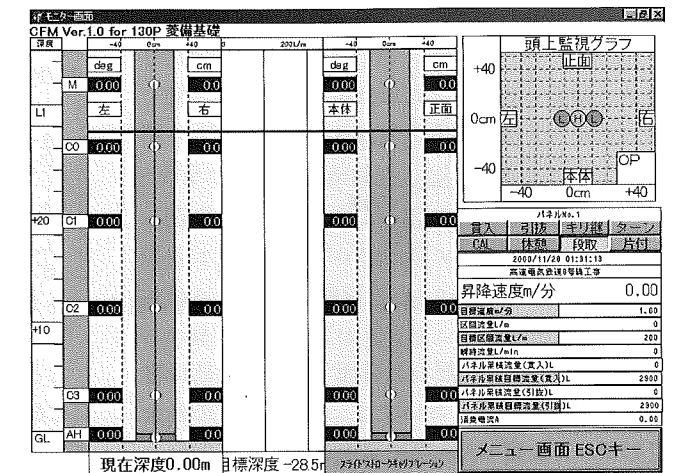


図-4 削孔精度計測システム事例

形量1.3～2.0cmが発生する腹みだしモードを示し、土留め壁芯材から背面へ約2m離れたNo.1では、土留め壁と類似した変形モードで、Amc層中央付近において最大変形量が約1.7cmであった。

一方、土留め壁芯材から背面へ約9m離れたNo.2についてはほとんど変形しておらず、土留め掘削に伴う影響度は小さいことが確認できた。

#### (2) 4次掘削

4次掘削終了時において、土留め壁最大変形量は、掘削底面やや下部GL-11.5m付近(Amc層中央部)で約3.3cm程度まで進行した。これは、土留め壁の変形に伴って掘削側地盤が乱され(変形量が大きくなり)、ひずみの増加に依存して初期状態の剛性がある程度低下したことが考えられる。これに伴いNo.1ではGL-10.5m付近(Amc層中央部)で約2.0cm程度の腹みだしが見られ、最大変

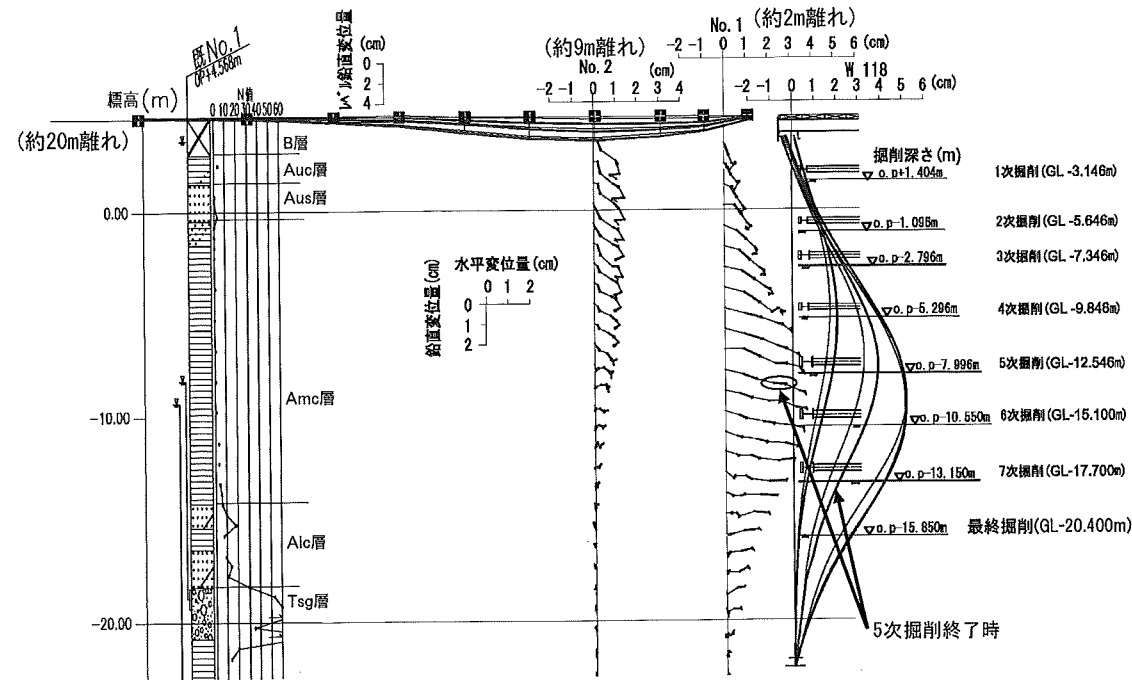


図-5 土留め壁変形～地盤内変位ベクトル～背面地表面沈下分布図

形発生深度は、2 m離れた背面で約 1 m 上部に移  
行した。またNo.2においては、1.0cm程度の最大  
変形量がAuc層～Aus層で発生しており、掘削に  
伴う影響がここまで及んでいることが確認できた。  
このように土留め壁の変形に引き寄せられるかた  
ちで、背面地盤が円弧すべりの斜め下方へ落ち  
込み、その影響が地表面までに達していることが  
確認できた。また地表面では、土留め壁から背面  
へ約 9 m 離れた地点で沈下量が最大となり、土留  
め壁近傍と土留め壁から約 20 m 離れた地点で沈下  
量がほとんどゼロになるようなU字形変形を示し  
た。これは、土留め壁近傍において土留め壁～地  
盤間の摩擦抵抗が作用して、沈下量が抑制されて  
いることが考えられる。

(3) 5～6次掘削

5～6次掘削終了時において、土留め壁最大変  
形量が掘削底面付近～少し上部のGL-14m付近  
(Amc層下部)において3.8～5.1cm程度まで増加  
しており、最大変形発生深度が、これまでの傾向  
とは異なる状況にあった。これは、背面側側圧と  
切梁軸力や掘削側地盤反力、さらには土留め剛性

など、全体の構造バランスにより、掘削底面付近  
に最大変形量が発生していたモードが、ある掘削  
以降残留してそのまま最大値を示している現象と  
考えられる。これに伴いNo.1もAmc層下部(GL-  
13m付近)において1.8～2.7cm程度の腹みだしが、  
No.2については、Auc層～Aus層(GL-4m付近)  
で1.2cm程度の最大変形量が発生した。

6次掘削終了時以降ほとんど変形が進行してい  
ないが、これは、Tsg層やOc3層による地盤反力  
大きいこと、プレロード工法を用いたことによ  
り、土留め壁の変形が抑制されたことが原因とし  
て考えられる。

土留め壁から背面側への離隔～土留め壁変形面  
積( $A_{s1}$ )および背面地盤変形面積( $A_{s2}$ )およ  
び背面地盤変形面積( $A_{s2}$ )関係の関係を図-6に示す。破線は、プロットされ  
た3観測点データをもとにした最小二乗法による  
近似曲線(指数関数)である。6次掘削終了時ま  
では、掘削に伴い等高線的に土留め壁変形面積お  
よび背面地盤変形面積が増加しているのに対し  
て、7次掘削終了時以降については、土留め壁変  
形量の増加量が少なくなったことから等高線モードも

抑制された。

また、背面地盤変形面積は、土留め壁から離れ  
るに従って減衰するが、その土留め壁変形面積に  
対する減衰率については、掘削段階にかかわらず

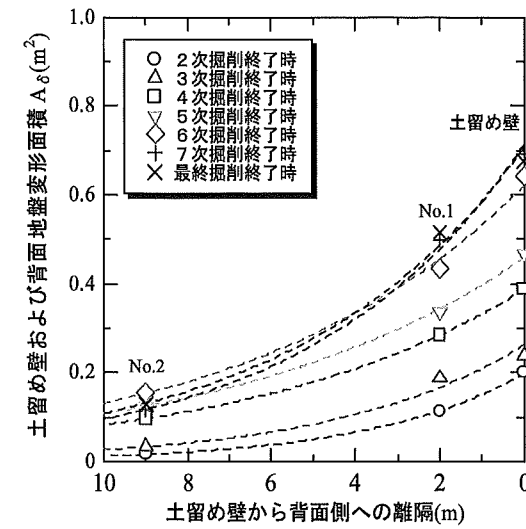


図-6 背面地盤への影響伝播状況

ほぼ一定しており、土留め壁から約 2 m 離れた背  
面側で約 70%、約 9 m 離れた背面側で約 25%であ  
った。

3 シールド工事

3-1 シールド掘進実績

今里筋線のシールド工事において、シールド型  
式の内訳は、土質および重要構造物などを考慮し、  
全12基中泥水式が4基、泥土圧式が8基である。  
また、急曲線をはじめとした線形コントロールを  
容易にするため、12基中9基で中折れ機構を装備  
した。

掘進実績は、平成15年6月に掘進を開始した豊  
里シールドを皮切りに順次掘進開始し、平成16年  
8月までに全12基が稼働した。

図-7に示すように、全線で1か月間の最大掘進  
延長は2.3kmであった。各シールド別では、1日  
あたりの平均掘進延長は3.9～7.7mで、1日あた  
りの最大掘進延長は大今里シールドの26m、1週

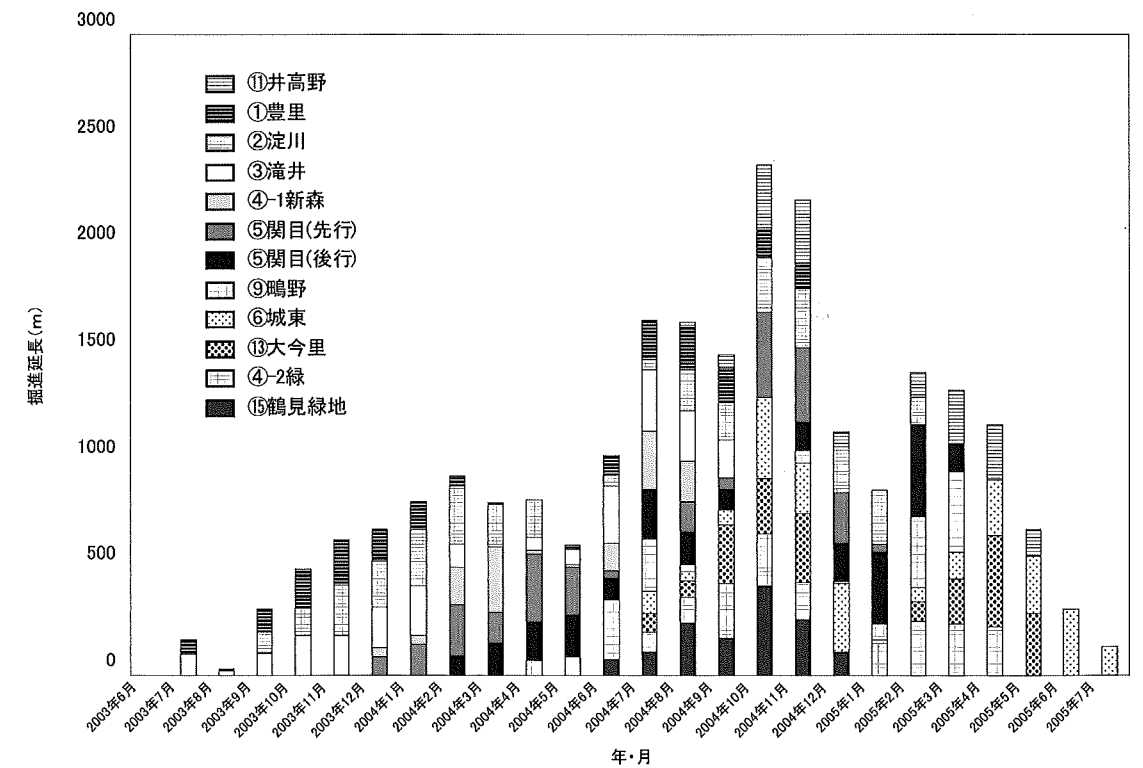


図-7 今里筋線シールド工事の掘進実績

間あたりでは城東シールドの150.8m, 1か月では関目シールドの後行が469.2mの実績を上げている。

### 3-2 トライアル計測

今里筋線では、これまでの実績を踏まえ、切羽の安定に優れた泥水式または泥土圧式のいわゆる密閉型シールドを採用するとともに、テールボイド対策としては、早期に強度発現が期待できるエア入りモルタルを掘進に連動して注入できる同時裏込め注入方式を標準としている。これらの装備に対して、切羽圧力や裏込め注入圧といった施工管理値をより最適なものとするため、各シールドとも発進初期に「トライアル計測」と称して層別沈下計を中心

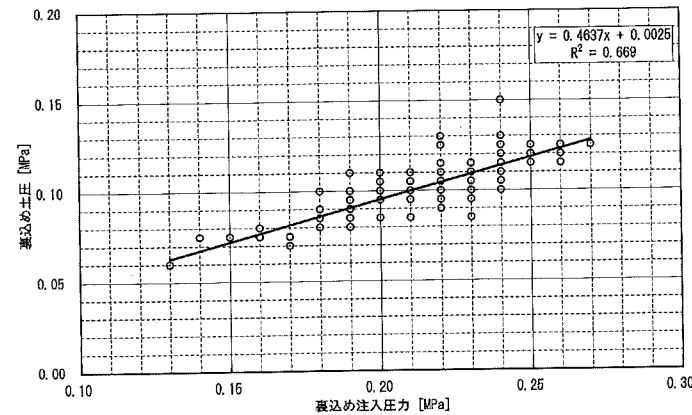


図-9 裏込め注入圧力と実測裏込め土圧の関係

#### (1) 切羽圧力

全般的には、先行沈下や切羽前沈下に影響を及ぼす切羽圧力は、主働土圧、静止土圧、両者の平均圧力の3者で大きな差はなく影響も小さかった。

#### (2) 裏込め注入圧力

テールボイド沈下に影響を及ぼす裏込め注入圧力は、全工区注入元圧(ポンプ圧力)で管理したが、注入管に隣接して土圧計を設けて、図-9に示す工区の事例のように、裏込め注入圧力(注入元圧)と実測土圧の関係から注入経路での圧力損失を正確に把握することにより、地盤に与える影響はとくに小さくなった。

#### (3) 沈下量

土質および沈下の種類ごとに分類したシールド直上1mにおける沈下量の平均値を図-10に示す。なお、沈下量はそれぞれの沈下種類における相対値で示す。沈下の絶対値としては、軟弱沖積粘性土地盤において見られた後続沈下を除くと全体的に抑制できている。また、断面1における計測結果を踏まえて、シールドの掘進パラメータを調整することにより、断面2では沈下量が抑制されていることがわかる。

合計沈下量に対する比率としては、切羽圧力や裏込め注入圧力が適切に管理されたことにより通常発生しやすい切羽前沈下やテールボイド沈下が抑制されたため、シールドスキンプレート通過中の通過時沈下が目立っている。

通過時沈下の原因としては、掘削外径(カット

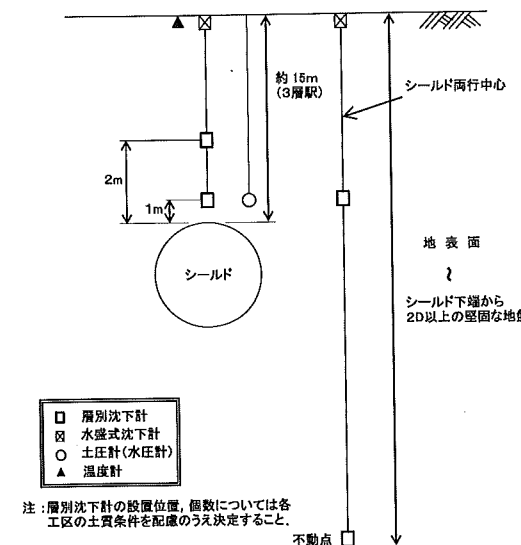
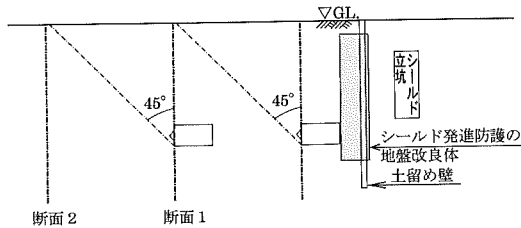


図-8 トライアル計測の概要

フェイスの外径)がシールド外径よりも10~15mm大きいことから、スキンプレート通過中は地山が全周にわたりいわゆるオーバーカットされた状態となって崩れやすい状態となっているためと考えられる。

### 3-3 近接構造物への影響

近接構造物への影響をみるため、重要構造物に対して鉛直方向または水平方向の変位量あるいは傾斜の計測を行った。全般的には一次管理値以内で施工できており、薬液注入などの地盤改良を併用することなく種々の重要構造物に対する影響を最小限度にとどめることができた。

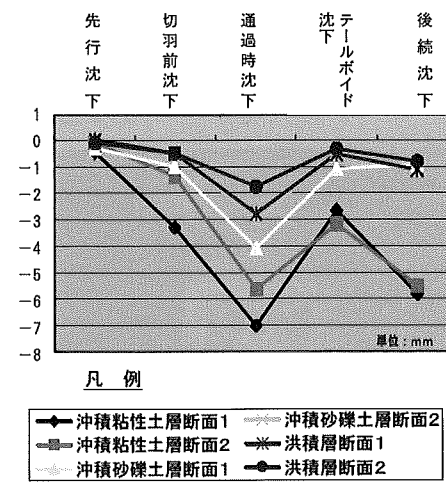
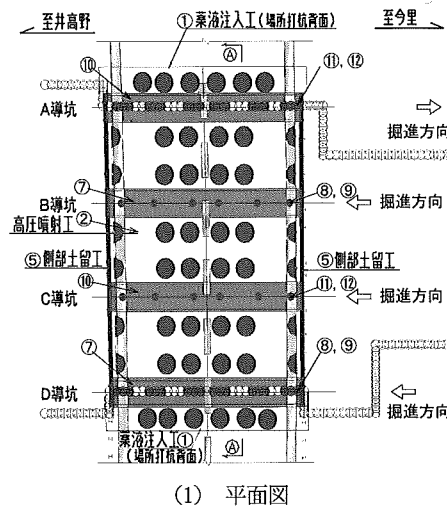


図-10 シールド直上での分類別変位発生量



(1) 平面図

## 4 既設交差駅のアンダーピニング

### 4-1 施工計画

地下鉄谷町線との連絡駅となる太子橋今市停留場では、アンダーピニングにより既設構造物(谷町線)を仮受けして、その下部に新設構造物を施工した。図-11に施工手順図を、図-12に施工順序を示す。

既設構造物は、交差点下に位置する2層2径間

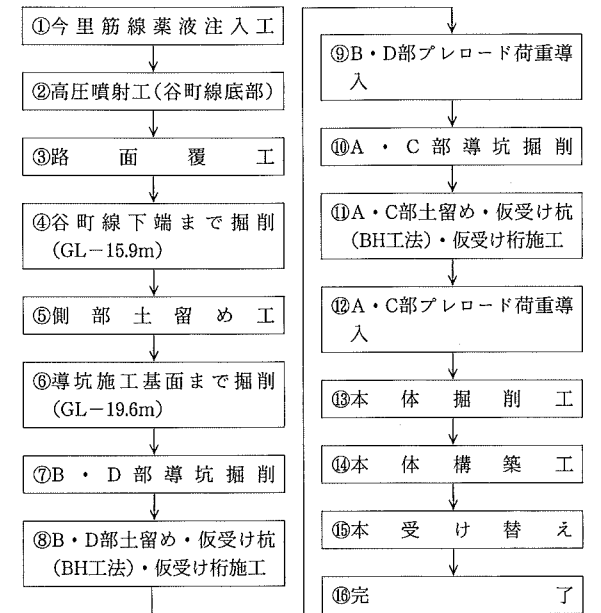
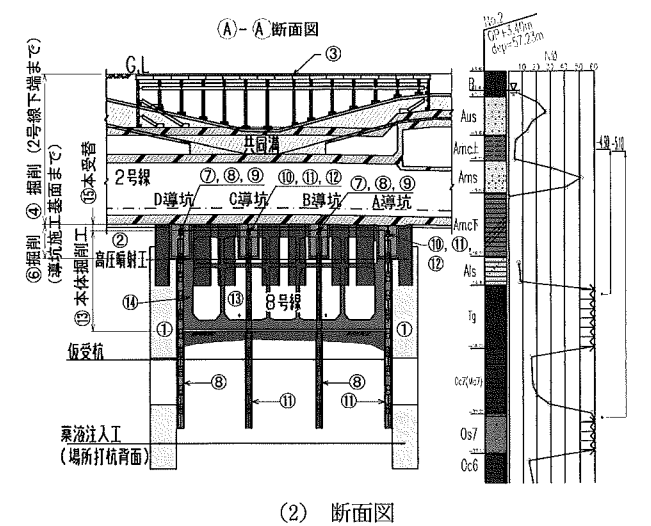


図-12 施工順序



(2) 断面図

図-11 施工手順図

ボックスカルバートであり、底面の深さはGL-15.9mである。支持地盤は、東大阪特有の鋭敏粘土(3.5m程度のAmc下層(自沈粘土)、相対含水比0.7~0.8、粘着力65~110kN/m<sup>2</sup>)であり、建設時に地下水水位低下の履歴を受けて過圧密状態にある。その下部には段丘砂礫層(Tg層)および大阪層群(Oc層・Os層)の洪積層が堆積しており、GL-8m程度の高い被圧水頭を有している。

施工計画は、1日約12万台に達する府下屈指の道路交通量や外径1,550mmの幹線下水を始めとした重要埋設物および既設構造物との位置関係、さらに工期および工費を総合的に評価し、既設構造物下に4本の導坑を掘削した後、その中で仮受け杭を造成して仮受けする下受け梁工法を採用した。仮受け完了後は、導坑間の切り抜けに続いて既設構造物の下部を掘削し、新設構造物を順巻きで施工した後、最終的に既設構造物を新設構造物で受け替えた。

#### 4-2 簡易推進機による導坑掘削

導坑掘削においては、軟弱鋭敏なAmc下層の乱れによる支持力低下を抑制するために、導坑掘削はできるだけ短期間が望ましいと考え、従来から多用されてきたメッセル工法に替わり、矩形形状フードとその内部に装備した小型電動バックホウ、油圧推進ジャッキならびに排土用コンベヤからなる簡易推進機(図-13)を採用した(写真-1)。矩形形状フードの先端は尖らせてあり、切羽を掘削することによって先端抵抗を減らしながらフードを元押しで推進させ、テール部で支保工の建て込みを行った。施工は、2機の簡易推進機により1本おきに導坑掘削を行った。掘削にあたっては、粘性土の軟弱かつ鋭敏な性状が懸念されたが、切羽は比較的よく自立していた。

#### 4-3 既設構造物の沈下計測

アンダーピニングの施工を適切に管理するため、既設構造物構内に水路式沈下計を設置し、リアルタイムで計測した。また、導坑掘削に伴う地盤改

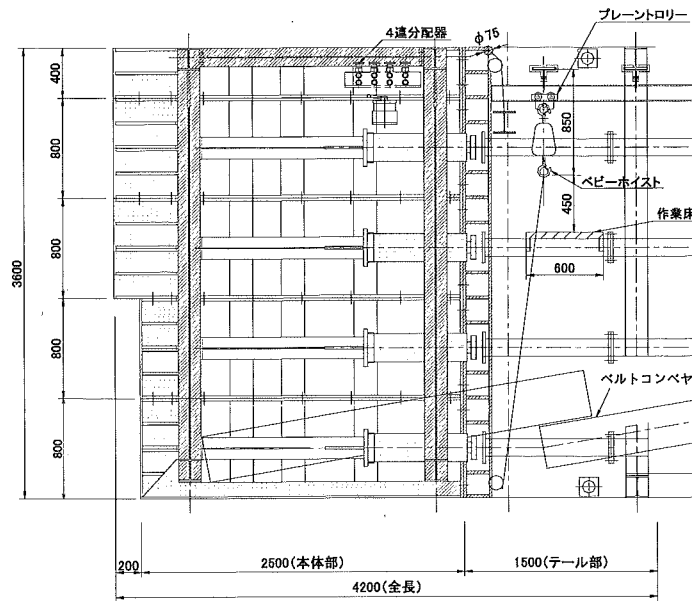


図-13 簡易推進機断面図



写真-1 導坑掘削状況

良体の荷重支持効果ならびに仮受け杭の配置に伴う荷重の再配分挙動について確認することを目的として、地盤改良体および仮受け杭にひずみ計を設置した。

工事施工中の既設構造物の鉛直変位(絶対変位)は、図-14に示すように、側部掘削(図中C期間)の完了時には、リバウンドなどにより平均値で約18mm隆起し、その後、施工に伴う変動が見られたが、新設構造物による本受け替え(図中G期間)の完了時には約18mmに戻る傾向を示した。

導坑掘削時(図中D期間)には既設構造物の沈下が約1mmと微小であり、除荷荷重が速やかに地盤

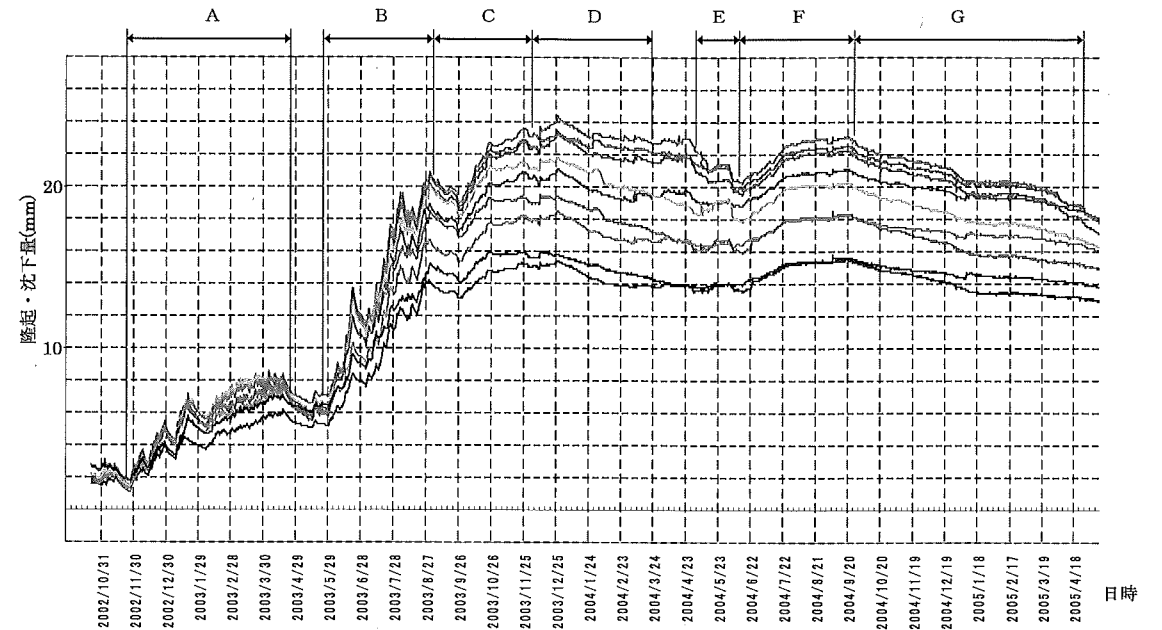


図-14 既設構造物の鉛直変位の経時変化

改良体に移行していることから、地盤改良体の荷重支持効果が確認できた。また、仮受け杭導入に伴い、地盤改良体から仮受け杭へ荷重が再配分されていることも定性的に確認できた。

既設構造物の下部掘削時(図中E期間)には地盤のリバウンドによる影響が顕著であったが、予測していたほど既設構造物が隆起することはなかった。これは、導入プレロードを低めに抑えたことも寄与していると考えている。また、杭頭荷重は、床付け掘削時でも設計値を超えることがなく、設計的には比較的余裕があったと考えている。

既設構造物の変位について、全体として、計測終了時まで1次管理値を超えることがなく、構造物や列車の走行に悪影響を与えず安全に施工できたと考えている。

## 5 おわりに

今里筋線は、既成市街地における主要幹線道路

での工事であったため、多くの重要構造物や大型地下埋設物との近接施工となった。いずれの工区においても、6年にも及ぶ長期間、万全の体制で工事を行い、無事に開業を迎えることができたことについて、本工事に携わった多くの関係者の方々に謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 采井信雄・坂口由弘・山口博章：新幹線など重要構造物の近接・交差に挑む、大阪市営地下鉄8号線駅部の施工計画、トンネルと地下、Vol.33, No.12, pp.31-40, 2002.12.
- 2) 塩谷智弘・廣瀬秀男・山口博章：既成市街地下を縦横に縫って掘り進む、大阪市営地下鉄今里筋線シールド工事、トンネルと地下、Vol.35, No.9, pp.27-38, 2004.9.
- 3) 伊藤博幸・柳川知道・豊田孝宏・早川清：土留め掘削に伴う土留め壁の変形と背面地盤の変形挙動の関係について、(社)土木学会トンネル工学報告集、Vol.16, pp.439-446, 2006.

### トンネル ジャーナル

TUNNEL JOURNAL · TUNNEL JOURNAL · TUNNEL JOURNAL · TUNNEL JOURNAL

#### 下水道展開催される

7月22(火)~25(金)日の4日間、パシフィコ横浜にて「下水道展'08横浜」(主催:日本下水道協会)が開催された。

出展会社の各ブースでは連日PR合戦が繰り広げられ、多数の来場者を迎えた。開催期間中、特別講演会やテクニカルツアーなども開催され大盛況であった。

4日間の来場者数は83,345人で出展会社数は320社であった。



#### 国道488号長沢トンネル貫通

島根県が整備する国道488号長沢バイパス「長沢トンネル」が貫通し、7月10日貫通を祝った。

同トンネルは平成19年3月に掘削を開始、貫通直前の今年2月に、掘削土中に自然由来のヒ素が含有している可能性があったことから、一時工事を中断していたが、6月に工事を再開し、このたび貫通した。

同トンネルが位置する長沢バイパスは益田市長沢町と同匹見町を結ぶ延長L=3.2kmの2車線道路で、今回開通した長沢トンネルのほか2号トンネルL=約1,260mも計画されている。

#### ハッ場バイパス 雁ヶ沢トンネル貫通

群馬県が、平成19年5月より掘削を進めてきた雁ヶ沢トンネルが貫通し、7月23日、現地で貫通式が行わ

れた。

同トンネルは延長815m、幅員12.5mのNATMトンネル。

同トンネルが位置する国道145号ハッ場バイパスは、ハッ場ダムの建設により付け替えが必要となった区間を地域高規格道路「上信自動車道」の一部として整備するもの。

整備により、交通難所の解消および防災の強化、周辺自治体の相互連携強化、観光の振興などの発現が期待される。

#### 姉山トンネル貫通式が開催

西日本高速道路が工事を進めている、山陰自動車道(斐川ICから出雲IC(仮称)間)の工事のうち、姉山トンネルが貫通し、これを記念して7月23日、同トンネル内で貫通式典が開催された。

同トンネルは、両IC間のほぼ中心に位置し、出雲市朝山町から出雲市所原町に至る延長820mのトンネルで、施工方法は機械掘削方式(上半先進ベンチカット工法・NATM)。平成18年9月に所原町側から坑口付けを行い、平成20年6月に実貫通に至った。

#### 新川汲トンネル開通

北海道が整備を進めてきた、新川汲トンネル(全長2,056m)の開通式が、7月28日、同トンネルの鉄山側坑口で行われた。

同トンネルは函館市中心部と旧南茅部地区を結ぶ道道函館南茅部線の川汲峠付近(函館市鉄山-同川汲)に位置し、駒ヶ岳噴火時の避難路や水産物の輸送路として重要な役割を担っている。

#### 能越道七尾氷見道路 麻生トンネル(仮称)貫通

北陸地整が整備する能越自動車道

七尾氷見道路事業において麻生トンネル(仮称)が7月31日、石川県区間では最初となる貫通を迎えた。

同トンネルは、昨年秋に着工し、今年の2月には24時間体制として掘削を進め、576mを掘進した。

七尾氷見道路の石川県区間では、現在3本のトンネルを整備中で、同トンネルは其中で最初に着手したもの。七尾トンネル(仮称)は今年2月、小栗トンネル(仮称)は今年8月に着手している。

#### 馬背トンネル貫通

福井県が整備する敦賀市縄間と美浜町竹波を結び、敦賀半島を東西に横断する馬背峠トンネルが8月5日、貫通した。

全体の開通は09年度末を予定している。

#### 中国横断道姫路鳥取線 今岡トンネル(美作)貫通

西日本高速道路が整備する山陽道播磨JCT(兵庫県のたつの市)と鳥取市を結ぶ中国横断道姫路鳥取線の今岡トンネルが貫通した。

同トンネルは延長622mのNATMトンネル。

#### 新長野トンネル開通

三重県が建設を進めてきた国道163号バイパスの新長野トンネル(延長1,996m)が完成し、7月12日から、同トンネルを含む2.4km区間が供用された。

現道の長野峠は、幅員狭小であり道路線形が悪いため通行に支障をきたしていたが、同バイパス整備により支障箇所が解消され、津市から伊賀市間が5分程度時間短縮される。

また、冬季の凍結区間についてもバイパス整備により緩和されるものと期待される。

## 施工

# 泥土・泥水切り替え型親子シールドによる長距離掘進

—京都府 いろは呑龍トンネル(第2号・3号管渠)—

京都府流域下水道事務所施設整備室副室長 駒路 勝 男

京都府流域下水道事務所施設整備室主任 福井 重 明

大林・鴻池・三井住友・ケイコン特定建設工事共同企業体桂川工事事務所所長 美馬 健 作

大林・鴻池・三井住友・ケイコン特定建設工事共同企業体桂川工事事務所工事グループ長 河田 利 樹

### 1 はじめに

京都市、向日市、長岡京市にまたがる桂川右岸流域は、昔から浸水被害に見舞われてきた地域で、約1,200年前にこの地で栄えた長岡京も桂川の二度にわたる氾濫などにより、わずか10年で平安京遷都に至ったという歴史がある。

近年では急速に都市化が進み、アスファルトの道路などが急激

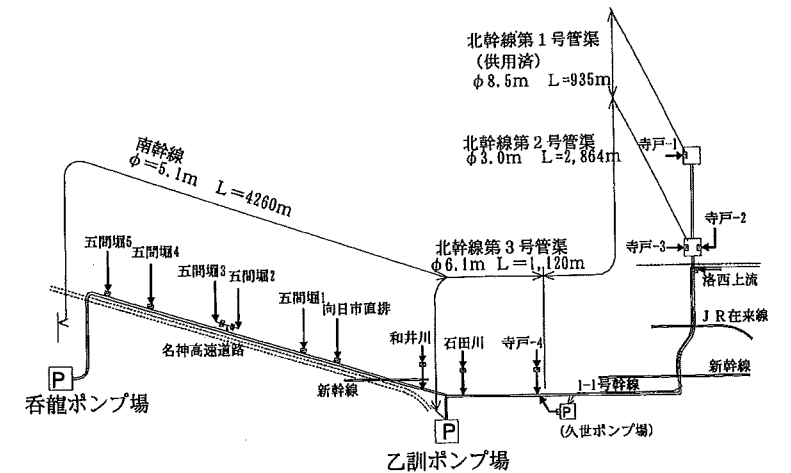


図-1 事業概要平面図

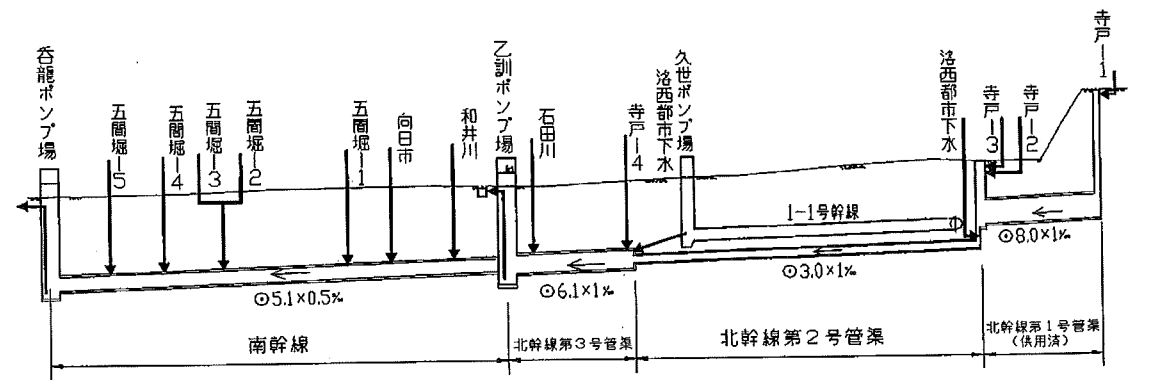


図-2 事業概要断面図

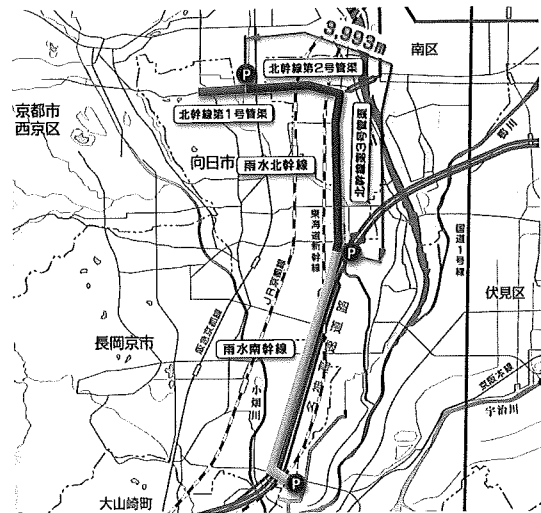


図-3 事業全体図

に増えたことによって、今までは土の中にしみ込んでいた雨水が一気に雨水排水路に流れ込むようになり、行き場を失った雨水が溢れ、頻繁に浸水災害が発生するようになった。

そこで京都府は、平成7年度から桂川流域の雨水対策事業として、雨水排水路が雨水で溢れる前に雨水を取り込むために延長約9.2km、対策量約24万<sup>どんりゅう</sup>m<sup>3</sup>の地下トンネル「いろは呑龍トンネル」の整備を始めた。これは、雨水が流入して増水した雨水排水路から水をトンネル内に取り込んで一時的に貯留し、排水先の河川や雨水排水路の水位が下がって安全を確認してから排水を行い、浸水被害を防ごうというものである。なお、全体計画完成時には、流入した雨水の一部を流下させる機能も有している。

## 2 工事概要

いろは呑龍トンネルの全体計画のうち、北西端部の北幹線第1号管渠(仕上がり内径8.5m、延長935m)については、すでに平成13年6月1日に供用が開始され、25mプール100杯分に相当する約5万m<sup>3</sup>の水を貯留することができるようになっている。当工事は、これに続く北幹線第2号管渠と第3号管渠の総延長3,993mの雨水貯留管渠をシールド工法により築造するものであった。今回の工事と流入施設や排水ポンプ場の完成により、さら

表-1 工事概要

工事名称	桂川右岸流域下水道幹線管渠工事 (雨水北幹線第3号・第2号管渠)
発注者	京都府
工事監理者	京都府流域下水道事務所
施工者	大林・鴻池・三井住友・ケイコン特定建設 工事共同企業体
工期	平成16年3月17日～平成20年3月25日
施工延長	3,993m(親機1,120m、子機2,873m)
掘削外径	親機φ6,810mm、子機φ3,550mm
掘削工法	泥土・泥水切り替え型親子シールド工法 (親機：泥土圧式工法) (子機：泥水加圧式工法)
セグメント	RCセグメント 親機(ワンピースセグメント2) 外径φ6,650mm、桁高275mm、幅1,300mm 子機 外径φ3,400mm、桁高200mm、幅1,300mm SSPCセグメント(急曲線部) 親機 外径φ6,620mm、桁高260mm、幅300mm 子機 外径φ3,380mm、桁高190mm、幅500mm
縦断勾配	+0.1%
最小曲率半径	親機：R=30m、子機：R=50m
土かぶり	19～23m

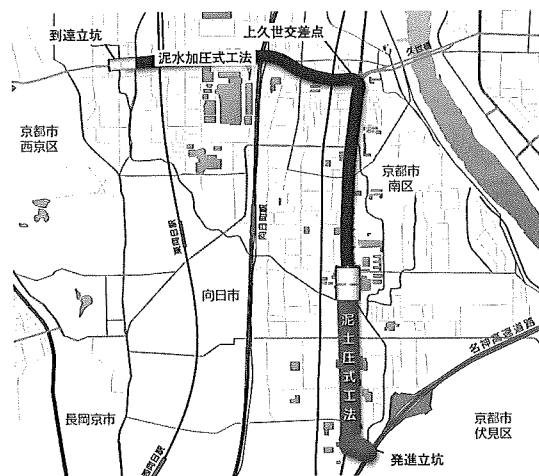


図-4 全体平面図

に約5万<sup>どんりゅう</sup>m<sup>3</sup>の水を貯留することができるようになる。

シールドは向日市鶏冠井町地内に建設(別工事にて施工)された発進立坑から発進し、国道171号を京都市内に向かって北上し寺戸川を横断、上久

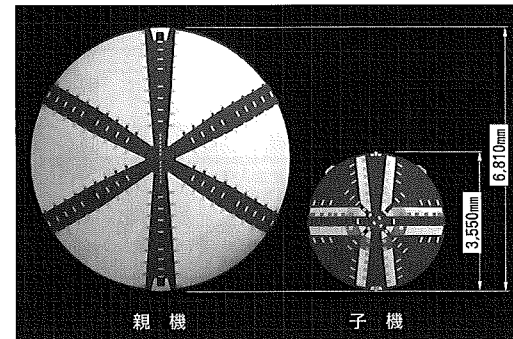
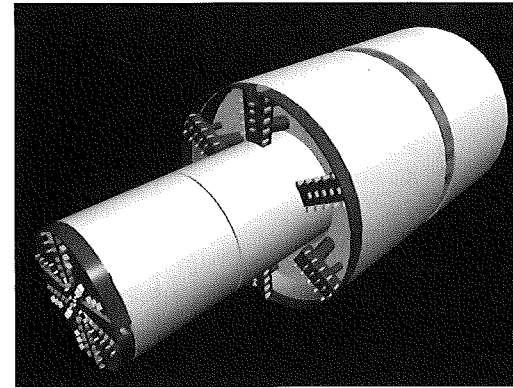


図-5 親子シールド分離概念図

世交差点より府道中山稻荷線に入る。その後、JR東海道新幹線・JR京都線・阪急京都線を順次横断して、向日市寺戸町地内の既設到達立坑(北幹線第1号管渠発進立坑)に到達する工事である。当工事では、断面の異なる管渠を親子シールドにより施工した。掘削工法としては、親機区間は泥土圧式工法、子機区間は泥水加圧式工法という泥土・泥水切り替え型工法を採用した。二次覆工省略型トンネルとして、一次覆工(親機区間)は「ワンピースセグメント2」(先付けコッター継手+プッシュグリップ継手)を採用しボルトレスとした。

## 3 土質概要

シールドが通過する部分の土質は、親機区間で

は洪積砂礫土(Dsg2)が主体であり、中間点以降では上半に洪積粘性土(Dc2)を含む。また、子機区間では発進から1,200mは洪積粘性土(Dc2)、次の1,000mは洪積砂礫土(Dsg2)、残りの600mは洪積粘性土(Dc3)がそれぞれ主体となる。洪積砂礫層(Dsg2)はφ2～20mmが主体であり全体に粘土分を含む。また、一部にφ50mm程度の礫を含むことから、最大礫径は100～150mmと想定される。N値は50～80で非常に密実である。透水係数は10<sup>-1</sup>～10<sup>-2</sup>程度で、非常に大きな値であり、シールド中心付近で約0.2MPaの被圧を有している。洪積粘性土(Dc2、Dc3)はN値10～15程度で、硬質な粘性土である。一部に細砂および有機物の混入が見られる。また、調査結果からは掘削する土層においては可燃性ガスの発生は認められなかった(図-6)。

## 4 入札時VE相互提案型競争入札

本工事は「入札時VE相互提案型競争入札」の試行工事であり、入札前に応札者からコスト縮減にかかわるVE提案を受け付け、技術的な審査を行った後、承認された提案項目についてはそれにもとづいて入札することとされていた。また、さらに発注者からのコスト縮減提案があり、それらの採用の可否を応札者が判断したうえで入札する形式であった。なお、VE提案を行った項目については、それにもとづいて施工を行うこととされており、受注後の変更は認めなかった。

## 5 泥土・泥水切り替え型親子シールド採用の経緯

当シールド路線は、非常に交通量の多い幹線道路直下に位置しており、地盤改良などのために地上道路部を占用して作業することが困難であった。

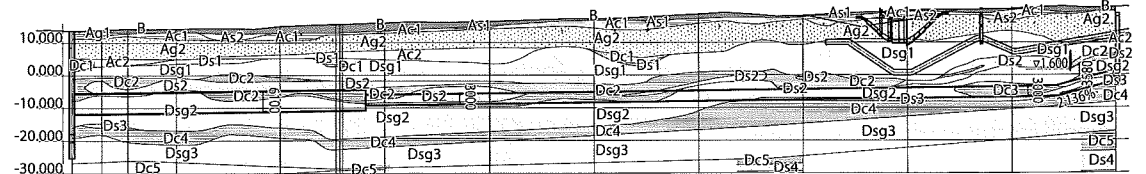


図-6 土質縦断図

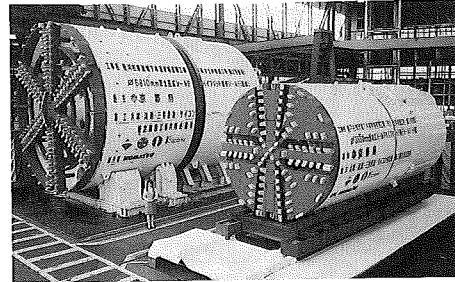


写真-1 泥土・泥水切り替え型親子シールド

当初設計では、親機・子機ともに泥土圧式工法となっており、子機区間でビット交換を1回実施し、それに伴う地上からの地盤改良が計画されていた。そこで入札時VE提案の際、応札者(請負者)において、ビットの磨耗が少ない泥水加圧式工法を採用することで、ビット交換を省略できないかを技術的および経済的な面から検討が行われた。通常、泥水加圧式工法は泥土圧式工法に比べ設備が大掛かりになることから工費が増大するが、今回の工事条件では掘進距離が長く断面が比較的小さい子機区間のみを泥水加圧式工法とした場合、設備費の増加が地盤改良およびビット交換を省略することで打ち消された。そして請負者の総合的な判断により泥土・泥水切り替え型親子シールドが提案され、発注者の承認の後に採用に至った。表-2に比較検討一覧表を示す。

### 6 長距離・高速施工の対策

#### 6-1 シールド

長距離掘進のために、シールドについては図-7, 8に示すような対策を施した。とくに、掘進

表-2 シールド工法比較表

	当初設計 (標準案)	案 1 (親子とも泥水)	案 2 (泥土・泥水 切り替え型)
工 法	親: 泥土圧式 子: 泥土圧式	親: 泥水加圧式 子: 泥水加圧式	親: 泥土圧式 子: 泥水加圧式
ビット交換	あり(1回)	なし	なし
地盤改良工	あり (地上からCJG)	なし	なし
掘削設備	小	大	中
親子分離作業	簡易な手順	簡易な手順	複雑な手順
経 済 性	1.0	1.2	1.0
評 価	△	×	○

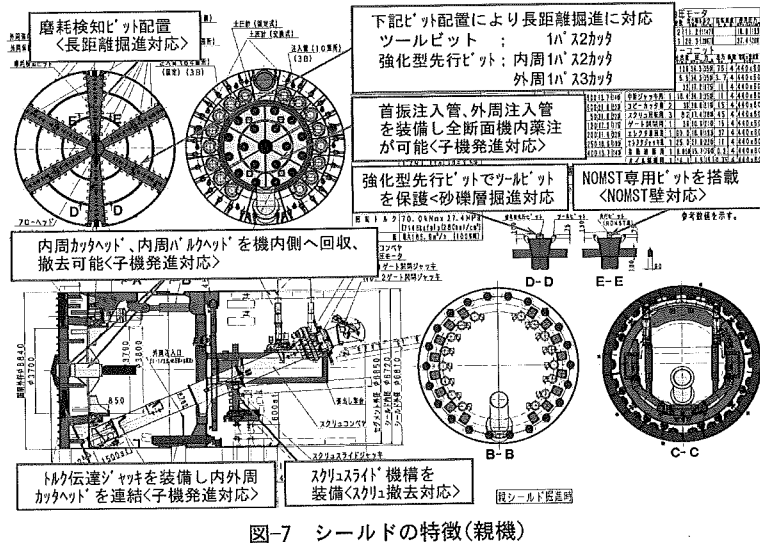


図-7 シールドの特徴(親機)

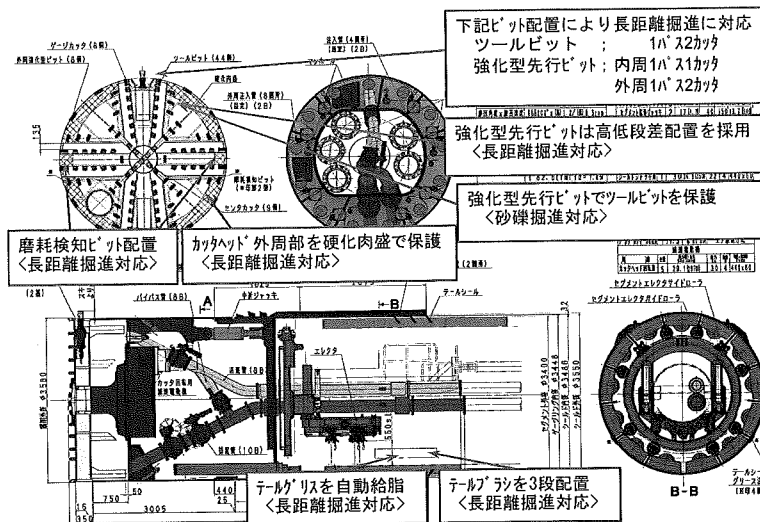


図-8 シールドの特徴(子機)

距離の長い子機については、

- ① カッタビットの配置数の増加
- ② 強化型先行ビットを段差配置
- ③ 磨耗検知ビットの配置
- ④ テールブラシの設置段数の増加
- ⑤ テールグリスの自動給脂

といった対策を施した。

また、通常の親子シールド(親子とも同工法)では親機のカッタフェイスをそのまま子機に流用できるが、今回は親機(泥土圧)と子機(泥水加圧)で工法が異なりカッタフェイスもスポークタイプから面盤タイプへ交換する必要があった。そのため親機バルクヘッドのうち、子機発進部分を機内へ引き込んでから新たに子機を発進させる手順としたため、親機内部にはバルクヘッド引き込み用のリングを装備した。

#### 6-2 セグメント

セグメントについては、当初設計で幅1,200mmであったが、さらに幅を大きくすることで組み立て回数を減らし施工速度の向上が図れないか、入札時VE提案の際に請負者において検討された。シールド機長と急曲線部での余掘り量の検討を行った結果、1,300mmに幅広化され、採用に至った。また、親機区間では、位置決めと同時に締結を完了し、ボルトボックス閉塞作業の必要のない内面平滑の「ワンパスセグメント2」を採用し、施工サイクルの向上を図った(図-9)。ただし、子機区間についてはセグメントの桁高が小さく(H=200mm)、組み立て時の継手の拘束によるクラックの発生が懸念されたため、ピース間は通常のボルト

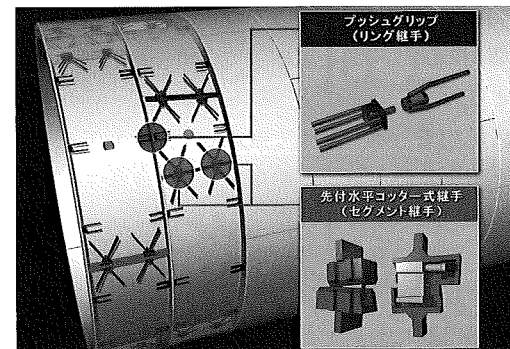


図-9 ワンパスセグメント概要図

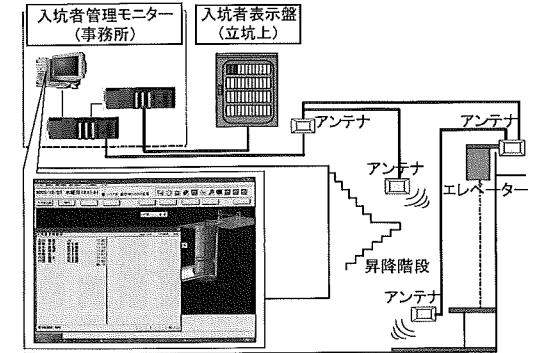


図-10 入坑管理システム概要図

継手とした。また、子機区間のボルトボックスの充填については、樹脂パネルと発泡ウレタンを使用した工法を採用し、工期短縮を図った。

#### 6-3 掘進サイクル

長距離施工にあたっては、セグメントを始めとする資材の搬入や掘削した土砂の搬出をいかに早く行うかが課題となるが、坑内での離合ポイントの配置計画および立坑下でのトラバサーを使用したずり鋼車(親機泥土圧区間)の入れ替え方法などについて事前に綿密な検討を行い、切羽で資材やずり鋼車待ちの時間ができないような最適な施工サイクルを確保できるようにした。

#### 6-4 安全対策

長距離のシールド坑内で万一災害が発生した場合、その時点での入坑者を正確かつ迅速に把握することが避難救護活動を開始するうえで重要なポイントとなる。今回の工事においては、坑内に入りする人員のヘルメットに小型IDカードを取り付けることにより、立坑エレベータ出入口および昇降階段出入口に設置したアンテナ下を通過(非接触)すると、入坑者の表示が事務所(中央制御室)および現場(立坑上坑内入口)に表示されるような入坑管理システムを採用した。これにより、現在の入坑者および入坑時間を正確かつリアルタイムに把握することができるようになった。

### 7 掘進実績

#### 7-1 長距離掘進

長距離掘進については、シールドのカッタビッ

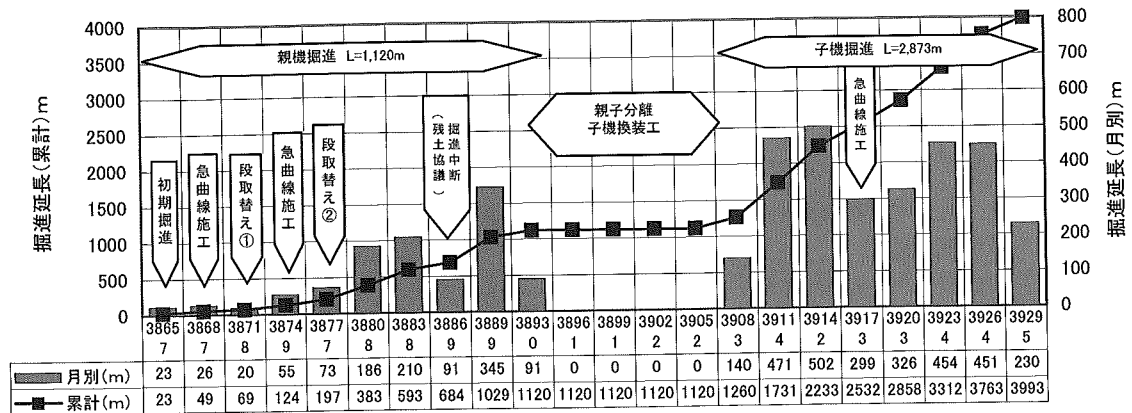


図-11 シールド進捗実績

トやシールドの耐久性といった機械・設備上の問題はなかった。子機のカタビットの磨耗量は、強化型先行ビットで実測最大30mm(許容40mm)、ツールビットで実測最大6mm(許容15mm)であり、ビット数の増加や多段配置の効果があつたと思われる。

7-2 高速施工

親機区間のシールド線形は、発進直後に曲率半径30mの急曲線区間が約80mあるため、本掘進が開始できるまでかなりの日数を要したが、本掘進開始以降は、日進量10m前後で順調に進捗した。

子機区間については発進時から本掘進設備での掘削が可能であったため、掘進開始当初は日進量20mを超える高速施工を実現できた。ただし、掘進距離が伸びるとともに流体輸送ポンプや配管の磨耗に伴う交換などの維持管理の頻度が多くなり、少しずつ進捗は落ちることとなったが、磨耗部材の厚みを頻りに測定し、破裂などの不具合が発生する前に、掘削サイクルの支障にならないタイミングを見計らって交換することで、進捗の低下を最小限に留めるよう努めた結果、最終的には日進量17mを確保することができた。

8 親子分離工

8-1 作業手順

今回の親子分離作業の特徴点を以下に挙げる。

- (1) 親機バルクヘッドのうち子機発進部分を機内へ引き込む  
親機と子機で工法が異なる(泥土圧, 泥水加圧)

ため、子機(泥水加圧)については面盤タイプのカタフェイスを持ったシールドを新たに発進させた。親機バルクヘッドのうち、子機発進部分を機内へ引き込んでから子機を発進させるまでの間、切羽が開放されるので、地山を自立させるための地盤改良が必要とされた。地盤は地下水が豊富な京都特有の砂礫地盤であり、止水性の確保上、非常に厳しい条件であった。

- (2) 切羽部の地盤改良(薬液注入)を機内から実施

地上からの薬液注入が困難な条件(国道の直下)であったため、機内から注入を実施した。親機のバルクヘッドおよびスキンプレートにあらかじめ注入用のバルブを装備しておいた。また、完全止水を目的として、親機バルクヘッド引き込み時に前面に固化材(非水ガラス系セメントミルクグラウト剤)を充填した。

- (3) 子機を立坑下で組み立てた後、一体で坑内を搬送

切羽の開放時間を短縮するため、切羽部での作業と並行して立坑下で子機を組み立て一体化した後、坑内を専用の台車で搬送した。そしてバルクヘッド引き込み後、速やかにシールドをエントランス内に貫入させた。

- (4) 種類の異なる2段のエントランスパッキンを採用

子機区間においては鉄道3路線という重要構造物の直下を通過するため裏込め注入については掘

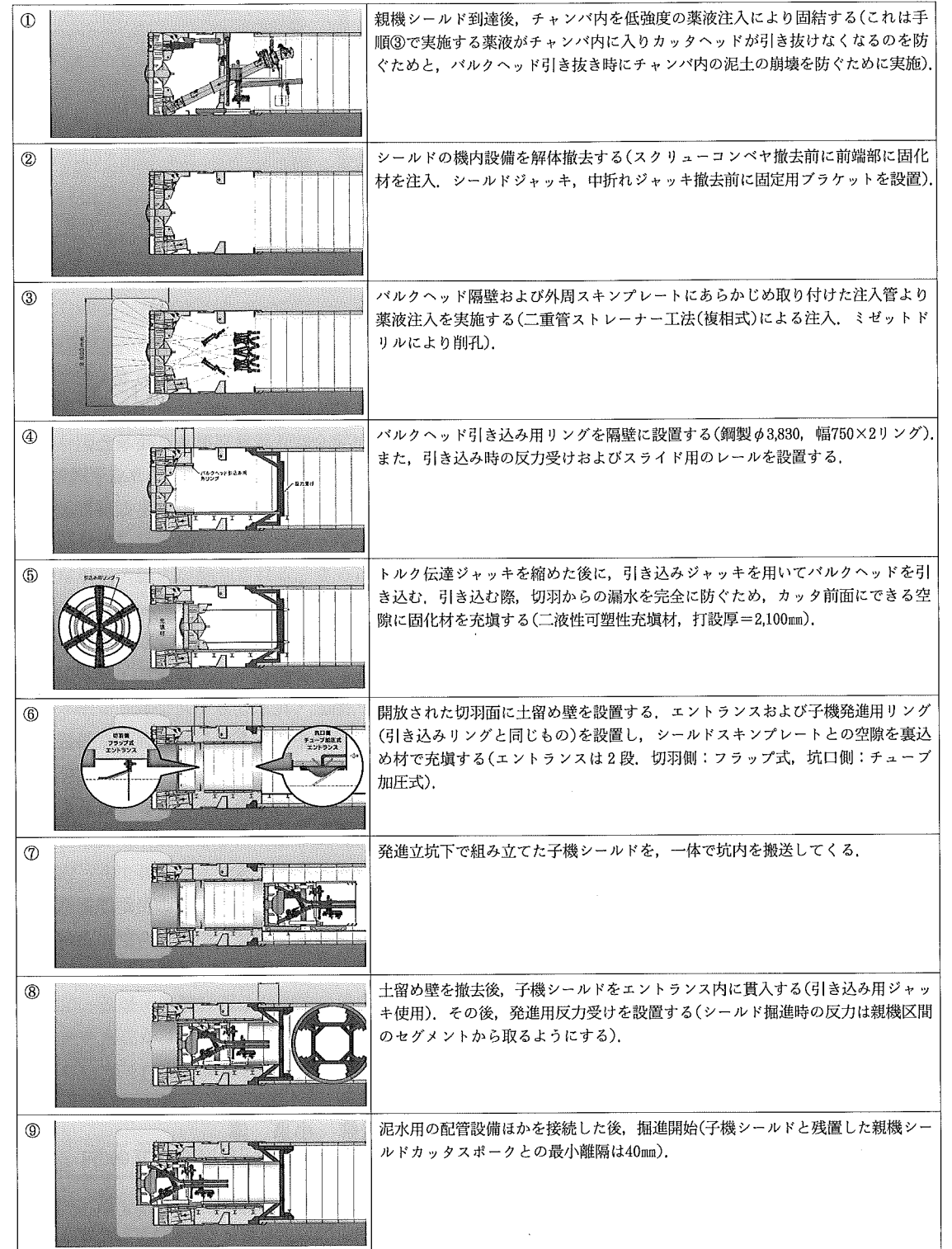


図-12 親子シールド分離手順

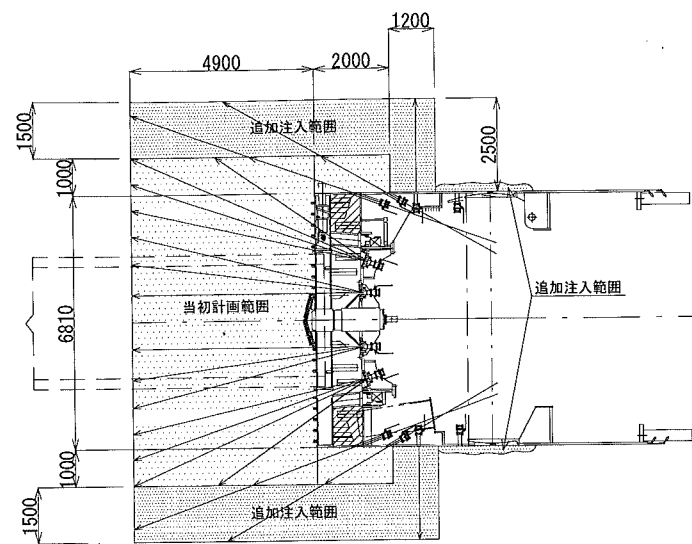


図-13 親子分離部薬液注入実施図

進と同時にテールボイドを充填することができる同時注入方式を採用した。そのため、子機のスキンプレート外周に注入管とその防護用ビットといった突起物が存在している。シールド発進時にこれら突起物まわりからの泥水噴発を防止するため、2段のエントランスパッキンを距離をおいて設置し、パッキンが常にシールドやセグメントの円形部分にきれいに当たるようにした。また、坑口側のパッキンは突起物をかわしてから作動できるようにチューブ式を採用した。

### 8-2 施工実績

切羽部の薬液注入工において、当初計画していた範囲をいったん施工したが止水が完全にはできなかった。これは、シールド周囲に沿った水みちあるいは改良厚の小さい外周部の水みちが残ってい

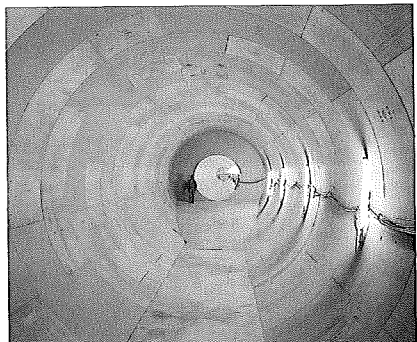


写真-2 坑内状況(親子分離部)

ることが原因であると考え、当初の注入計画範囲の外周を取り巻く形で追加注入を実施した。この追加注入により完全に止水することができた。

バルクヘッド引き込みから子機貫入・発進の作業については大きな問題もなく順調に施工できた。

## 9 まとめ

今回の工事は、路線途中の地上からの作業が困難であるという条件のもと、技術的・経済的な検討の結果、泥土・泥水切り替え型親子シールドという特殊な工法を採用した。また、工法の異なる親子シールドの分離作業もすべて地中で実施したことで、掘進延長3,993mのシールド掘進を路線途中の地上作業を全く行うことなく、文字どおりの長距離掘進を実現できた。

今後、同様な厳しい条件下での長距離掘進あるいは親子シールド工事において、今回の事例が役立てば幸いである。

## セグメントの新技术

監修 小泉 淳  
B 5 判 132頁 本体価格 2,000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、34件のセグメントを抽出し、同じフォーマットで紹介したものをもとに、新たに「セグメントの新技术」編集委員会を作り、個々のセグメントに加筆、修正を加え、より充実した内容にまとめたものである。

## 解説

# 下水道管路施設の改築・修繕計画のシステム化

日本シビックコンサルタント(株)大阪支店技術部水環境技術グループ課長 谷 秀 樹  
日本シビックコンサルタント(株)大阪支店技術部地下構造グループ課長 山 本 和 広  
日本シビックコンサルタント(株)水環境技術部上下水道施設整備グループ次長 水 江 功 一

## 1 はじめに

わが国全体の下水道整備延長は、平成17年度末で約39万kmに達している。近年、下水道の老朽化による陥没事故が報告されているが、耐用年数を越えた老朽化管路は今後いっそう増加するため、同様な事故の拡大が懸念される。さらに、下水道管路施設においては、経過年数だけでなく、下水道特有の硫化水素が要因で劣化が進行する施設があり、緊急的な対策を要する場合もある。

下水道普及率の向上とともに、適正な維持管理の重要性が認識されるようになり、下水道管路施設についても点検と対策が進められるようになってきた。しかしながら、財政がひっ迫する中で、地方自治体が今後増加する施設の改築・修繕に取り組むうえでは、費用対効果の高い事業計画の立案が望まれる。

こうした中で、A市では管路施設に対する既往の診断結果と今後継続して追加される診断結果をもとに、改築・修繕計画を合理的に策定する手法のシステム化が図られた。本稿では、筆者らがA市において携わった改築・修繕計画のシステム化について紹介する。

## 2 システム化の目的

A市では平成18年度末で約900kmの下水道管路施設が整備されている。管路施設の中にはすでに50年以上経過したものがあり、経過年数が長い施設を主体に順次調査が実施されている。調査は、

マンホール間のスパンごとに実施され、現時点では約2,000以上のスパン(延長約50km)で何らかの損傷が見られる結果となっている。施設の老朽化や劣化の進行を考えれば、最終的に数千スパンが対象になると想定されている。このような状況のもとで、緊急な対策を要する施設を定量的かつ合理的に抽出する手法が必要となり、事業計画立案のシステム化を図ることとなった。

## 3 下水道管路施設の改築・修繕

下水道法では、広義の管理を「設置」、「改築」、「修繕」、「維持」、「その他の管理」に分類している。『下水道施設改築・修繕マニュアル(案)』<sup>1)</sup>では、「改築」、「修繕」について以下のように定義されている。

改築：排水区域の拡張等に起因しない「対象施設」の全部又は一部(修繕に該当のものを除く)の再建設あるいは取り替えを行なうこと。

修繕：「対象施設」の一部の取り替え等を行なうこと。

管路施設の改築・修繕事業計画の基本的な流れは、図-1のように、①管路施設の調査・診断、②事業種別の判定、③対策優先順位の設定、④改築および修繕の詳細設計、⑤改築・修繕工事となるが、本システムはこのうち②、③を対象としている。

事業計画策定ステージでは、調査・診断を行い、その結果から当該路線が「改築」か「修繕」かの

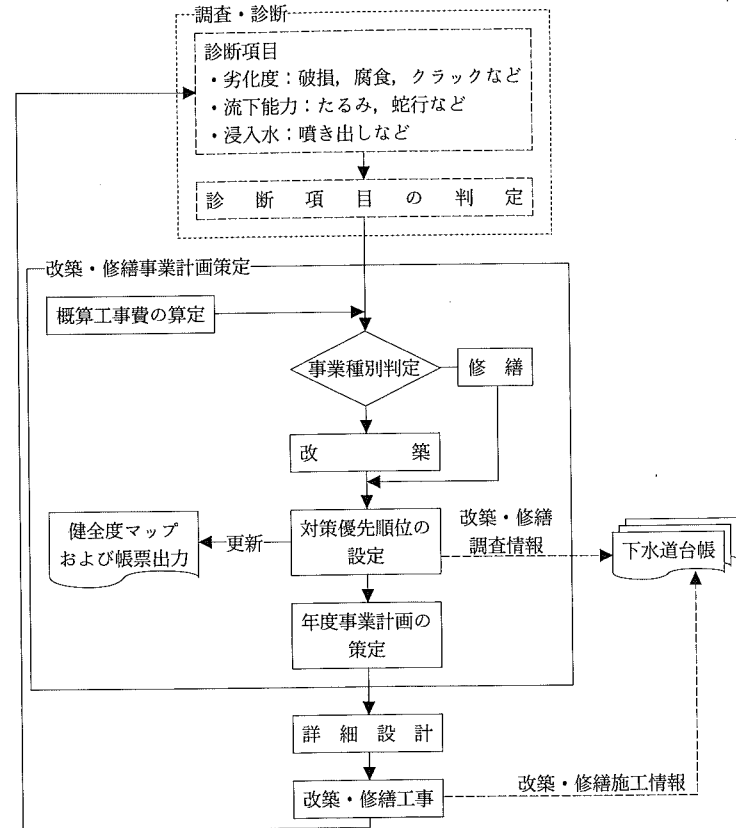


図-1 改築・修繕フロー図

事業種別の判定を行う。そして、判定を行った路線を取りまとめ、その健全度から全体的な対策優先順位を設定し、概算工事費と合わせて、改築・修繕の事業計画の策定を行うこととなる。

## 4 システムの概要

### 4-1 基本構成

システムは、表計算ソフトのエクセルの機能を用いて作成した。これは、今後の修正や更新が容易に行え、集計表の加工も簡易に扱えるよう意図したためである。システムは以下の4ステップからなる。

- ① 調査表入力
- ② 事業種別の判定
- ③ 優先順位の設定
- ④ 図化処理

#### 4-1-1 調査表入力

管路調査をもとにした診断判定基準としては、

一般的に表-1のような基準が用いられている。

しかしながら、調査請負会社はそれぞれ個別のソフトなどを用いてきたため、調査表や集計表の作成書式が異なる、入力項目や内容にばらつきがある、診断結果の集計が統一された内容でない、などの問題があった。

例えば、腐食に関する診断結果を、A市では管1本ごとに入力するのではなく、スパンを代表する1本だけを入力し、それ以外の状況は範囲を示す矢印記号や備考欄などで処理されていた。そのため、集計表では腐食は1か所だけ発生していることとなり、実状を把握しにくいものとなっていた。腐食による劣化は、危険度の高い項目であることから、このような実際の状況と異なった理解が生じないように、統一した書式による調査・診断情報の入力ができるように

した。これにより、既往の調査資料についても再度入力を実施し、集計を行った。

#### 4-1-2 事業種別の判定

改築と修繕の選別は、『下水管きょ改築等の工法選定手引き(案)』(以下、「手引き」という)を参考に、工事時点で投資する改築費用と修繕費用の年あたり減価償却額(定額制)の大小に着目して行った。修繕すると仮定した場合の1年あたりの減価償却額は、償却年数を標準的耐用年数から経過年数を差し引いた残存耐用年数として計算した。一方、改築すると仮定した場合の償却年数は、標準的耐用年数と同じ50年に設定した。減価償却率は全額償還で1.0として、下式により経済性の優劣を判定した。

・改築が優位な場合

$$\frac{\text{改築工事にかかわる費用}}{\text{新たな耐用年数}} \leq \frac{\text{修繕工事にかかわる費用}}{\text{残存耐用年数}}$$

表-1 判定基準表

項目		ランク	A	B	C
スパン全体の評価	①管の腐食		鉄筋露出状態	骨材露出状態	表面が荒れた状態
	②上下方向のたるみ	管きょ内径700mm未満	内径以上	内径の1/2以上	内径の1/2未満
		管きょ内径700mm以上1,650mm未満	内径の1/2以上	内径の1/4以上	内径の1/4未満
管きょ内径1,650mm以上3,000mm以下		内径の1/4以上	内径の1/8以上	内径の1/8未満	
管1本ごとに評価	③管の破損	鉄筋コンクリート管など	欠落 軸方向のクラックで幅5mm以上	軸方向のクラックで幅2mm以上	軸方向のクラックで幅2mm未満
		陶管	欠落 軸方向のクラックで管長の1/2以上	軸方向のクラックで管長の1/2未満	—
	④管のクラック	鉄筋コンクリート管など	円周方向のクラックで幅5mm以上	円周方向のクラックで幅2mm以上	円周方向のクラックで幅2mm未満
		陶管	円周方向のクラックで長さが円周の2/3以上	円周方向のクラックで長さが円周の2/3未満	—
⑤管の継手ずれ		脱却	鉄筋コンクリート管など:70mm以上 陶管:50mm以上	鉄筋コンクリート管など:70mm未満 陶管:50mm未満	
⑥浸入水		噴き出ている	流れている	にじんでいる	
⑦取り付け管の突き出し		本管内径の1/2以上	本管内径の1/10以上	本管内径の1/10未満	
⑧油脂の付着		内径の1/2以上閉塞	内径の1/2未満閉塞	—	
⑨樹木根侵入		内径の1/2以上閉塞	内径の1/2未満閉塞	—	
⑩モルタル付着		内径の3割以上	内径の1割以上	内径の1割未満	

ここで、施設の経過年数を残存耐用年数として考慮していることから、算定期間で改築か修繕の判定が異なる場合が生じるが、システム化により容易に対応可能となっている。

概算費用については、数千スパンを対象に行うことや管の補修工法が数多くあることから、計算を単純化するため、実績のある工法に限定し、改築であれば1mあたり単価を管路別に数式化して対応した(陶管や現場打ち管渠など現在では用いられていない口径も多数あるため)。

なお、本来、工事費は現地の施工条件などを考慮して設定されるべきであり、最終的な費用は詳細設計で算出することを前提とした。

#### 4-1-3 優先順位の設定

管路の状態をスパンごとに評価する判定基準と

表-2 ランクの判定基準

スパン全体のランク	不良発生率のランク		
	a	b	c
A	20%以上	40%以上	—
B	20%未満	40%未満	60%以上
C	0%	0%	60%未満

しては、表-2のような不良発生率が用いられている。「手引き」中の不良発生率は、不良管の本数をスパンの全本数で除して求めることとなっているが、A市の対象管路の中には現場打ちで継手がない一体構造の管路が多く含まれていたため、不良箇所数をスパン延長で除した値を不良発生率とした。

最終判定は、表-3に示す緊急度Ⅰ～Ⅲの3段階で区分することとなっているが、この区分だけで

は、数千スパンの対象施設に対して定量的な優先順位づけを行うことは困難である。よって、システム化に際しては、診断項目および箇所数に応じて自動的に加点を行い、不良箇所を評価点として数値化した。さらに、これをスパン長で除することで単位長さあたりに換算した点数を求め、緊急

表-3 緊急度の判定基準

緊急度の区分	判定基準
緊急度Ⅰ	3つの診断項目におけるスパン全体でのランクで、ランクAが2項目以上ある場合。
緊急度Ⅱ	3つの診断項目におけるスパン全体でのランクで、ランクAが1項目もしくはランクBが2項目以上ある場合。
緊急度Ⅲ	3つの診断項目におけるスパン全体でのランクで、ランクAがなく、ランクBが1項目もしくはランクCのみの場合。

- ・緊急度Ⅰ：速やかに措置が必要な場合
- ・緊急度Ⅱ：簡易な対応により必要な措置を5年未満まで延長できる場合
- ・緊急度Ⅲ：簡易な対応により必要な措置を5年以上に延長できる場合



図-2 健全度マップ

度分類も考慮しながら優先順位の設定を行った。評価点の基準は次の2種類に分類し、点数の重みづけを行っている。

- ① 陥没など人的被害のおそれがあるもの(破損、クラック、腐食など)
- ② 管路の流下能力に影響するもの(取り付け管の突き出し、樹木根の侵入など)

具体的には、表-1に示したランクA、B、Cの基本点数をそれぞれ100、10、1としたうえで、人的被害のおそれがあるもの、流下能力に影響があるものについて項目ごとに係数 $\alpha$ (1.0または0.5)を乗じて評価点としている。なお、本システムでは、流下能力に起因するものについて、新たに「清掃」の分類を設け、別途対策を実施する判断項目を追加した。

4-1-4 図化処理

健全度判定結果を平面図に色分けして視覚で確認するため台帳システムから各管路の座標情報を

取り込み、図-2のような健全度マップを作成できるようにした。このとき排水区単位では非常に広範囲となるため、台帳平面図に対応させて、診断内容を表示できるようにした。

この図化処理によって、現場を熟知する管理者の見識と容易に整合が図られ、実状に即した改築・修繕工事のスケジュールが立案できるようになった。

4-2 台帳システムとの整合

すでに運用されている台帳システムには管路の基本情報が備わっている。これを改築・修繕情報を一体化することにより、下水道台帳の維持管理情報のなかで改築・修繕情報が確認できるようにした。本システムは改築・修繕情報をすべてエクセルシート形式で整理しているため、取り扱いやすく、異なるシステムとのデータ交換が容易にできる形式となっている。

4-3 マンホールの評価

管路施設としてのマンホールも調査が実施されているため、マンホールについても管路と同様な調査結果集計システムを作成した。しかし、健全度の判定基準について管路で行ったような基準がないことから、管路の判定基準のうち管1本ごとの評価を参考に設定した。ただし、マンホールの場合は、標準マンホールから特殊な形状をしたものなど大小さまざまであり、また、有筋、無筋や部材厚など構造条件により対策工法が大きく異なることから、事業種別の判定は実施していない。

5 今後の課題

本システムにおける課題を整理すると、以下のことが考えられる。

スパン単位の不良発生率として優先順位の判定を行っているため、短い延長のスパンが優先順位の上位にくる傾向にある。これは、単純にスパン内に同じ箇所数の損傷があれば短いほうが上位となるためである。本システムでは、人的被害の可能性のあるものと流下能力に影響するものとの重みを分けたが、破損AとクラックAが同じでよい

かは議論の分かれるところである。要因と被害規模との関係から対策優先順位が設定できるようになれば、さらに合理的な事業計画の策定が行えるため、管路の健全度と事故の状況との関連に関する今後の調査研究に期待したい。

また、管路調査は、一般にカメラ調査および人力による目視調査で行っている。管の老朽化の判定の目安として、ほとんどの場合は経過年数が耐用年数を超えているかによっている。しかし、実状は下水道施設特有の硫化水素による腐食に伴う劣化により管耐力が低下する方が、劣化の進行度を考えれば注意を要する事項である。劣化した管渠の残存耐力を評価する場合は、土かぶりなどの埋設条件や基礎種別などの条件を考慮するとともにコア採取による腐食程度の数値的評価が必要となる。ただし、コア採取は供用中の下水道管路内での調査であること、小口径管での対応、地下水位以下での採取時の安全確保などの点から対象管路すべてに対して行うことは難しい。今後、管の残存耐力を簡易に評価できるようになれば、より合理的な判定を加えることができると考えられる。

6 おわりに

管路診断結果から概算工事費および優先順位の設定、台帳システムとの整合まで考えた一連のシステムは全国的にも少ないものと思われる。本システムは、平成19年度より稼働したところであり、システム化による種々の課題は、これからの運用を通して明らかとなるであろう。課題に対して前向きに取り組み、より良いシステムに改良できるよう努力していきたい。

最後に、関係者の方々のご協力に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 日本下水道協会：下水道施設改築・修繕マニュアル(案)，1998年版，1998.5.
- 2) 日本下水道協会：下水管きょ改築等の工法選定手引き(案)，2002.5.

## 研究・開発

## 文献紹介

- 熊谷浩二・金子賢治・弘中淳市：超微粒子スラグを用いた注入材料，基礎工，Vol.36, No.5, 2008.5.
- 古城誠：耐久性を有する薬液選定方法の提案，基礎工，Vol.36, No.5, 2008.5.
- 鈴木孝一・大河内保彦・駒延勝広：動的注入工法による品質改善効果，基礎工，Vol.36, No.5, 2008.5.
- 那須丈夫・榊原直樹・岡秀樹：軟弱地盤改良工法としての合理的な浸透注入施工技術のあり方，基礎工，Vol.36, No.5, 2008.5.
- 森長英二：推進工法に使用する滑材及び可塑性に求められる性能，月刊推進技術，Vol.22, No.6, 2008.6.
- 施工
- 堀俊和・毛利栄征・庭野孝一・松島健一・有吉充：軟質系注入材を用いたため池底樋周りの止水対策工法，基礎工，Vol.36, No.5, 2008.5.
- 桑原清・有光武：JR東日本における注入工法の施工・品質管理，基礎工，Vol.36, No.5, 2008.5.
- 松本正徳・鈴木規之・滝沢到：台湾で超近接5本併設シールドを施工，台北地下鉄CK570H工区多重交差を泥土圧シールドで掘る，土木学会誌，Vol.93, No.5, 2008.5.
- 大久保英也・武田伸兒・山田紀之：大断面分割シールド工法(ハーモニカ工法)，建設の施工企画，No.699, 2008.5.
- 後藤寿和・秋山大一・足田誠治：3m立坑から614mを推進，コマンド工法MGSシステム，月刊推進技術，Vol.22, No.5, 2008.5.
- 新川大一：均一な滑材注入と推進力監視を実施する推進力低減SMCシステム，月刊推進技術，Vol.22, No.5, 2008.5.
- 寺井徳雄：スーパーエル(二重滑材推進)工法による推進力低減システム，月刊推進技術，Vol.22, No.5, 2008.5.
- 高橋正二：DS(ダブルショット方式)によるNUC工法の推進力低減装置，月刊推進技術，Vol.22, No.5, 2008.5.
- 小田原豊・宮崎勝：緩み土圧を抑えテールボイドの安定維持を図る長距離推進システム(LVS)，月刊推進技術，Vol.22, No.5, 2008.5.
- 鶴巻達也：2液滑材被膜形成システムGIMSYS，月刊推進技術，Vol.22, No.5, 2008.5.

- 長久浩二：アングルモジュールと施工例の紹介，月刊推進技術，Vol.22, No.5, 2008.5.
- 入江健二：建設概要，東京メトロ副都心線の開通，基礎工，Vol.36, No.6, 2008.6.
- 大石敬司・森義也・南立修：開削トンネルの設計と施工，東京メトロ副都心線の開通，基礎工，Vol.36, No.6, 2008.6.
- 藤木育雄・荻野竹敏・橋口弘明：シールドトンネルの設計と施工，東京メトロ副都心線の開通，基礎工，Vol.36, No.6, 2008.6.
- 小宮一仁・赤木寛一：シールド工事に伴う地盤変状計測，東京メトロ副都心線の開通，基礎工，Vol.36, No.6, 2008.6.
- 末富裕二・斉藤正幸：シールド工事における計測管理(セグメント)，東京メトロ副都心線の開通，基礎工，Vol.36, No.6, 2008.6.
- 高橋聡・瀧澤仁：大断面複合円形シールドの施工，東京メトロ副都心線の開通，基礎工，Vol.36, No.6, 2008.6.
- 西村聡・原忠・安井克豊：シールド機Uターンにおけるマシン引抜き工法，東京メトロ副都心線の開通，基礎工，Vol.36, No.6, 2008.6.
- 沼澤憲二郎・守山亨・原忠：シールド工事における特殊施工，東京メトロ副都心線の開通，基礎工，Vol.36, No.6, 2008.6.
- 岡功・三木栄一・高山暢彦：河川の水環境改善に寄与した地下水処理，東京メトロ副都心線の開通，基礎工，Vol.36, No.6, 2008.6.
- 辻雅行：雑司が谷駅における高速・重層施工について，東京メトロ副都心線の開通，基礎工，Vol.36, No.6, 2008.6.
- 鈴木章悦：併設駅シールド部の連絡通路工事，東京メトロ副都心線の開通，基礎工，Vol.36, No.6, 2008.6.
- 村松泰：曲線パイプルーフで並列シールドを結んだポンプ室築造法，地下40mの空間にポンプ室を構築，東京メトロ副都心線の開通，基礎工，Vol.36, No.6, 2008.6.
- 佐藤尚・三木栄一・小野寺彰：函体推進工法による地下歩道築造工事，東京メトロ副都心線の開通，基礎工，Vol.36, No.6, 2008.6.
- 亀山勝・新田修平・長野敏彦：開削工事における特殊施工，東京メトロ副都心線の開通，基礎工，Vol.36, No.6, 2008.6.
- 瀬野健助：建設発生土・建設汚泥のリサイクル，東京メトロ副都心線の開通，基礎工，Vol.36, No.6, 2008.6.

## 連載講座

## 山岳トンネル先進ボーリング入門(1)

## —ボーリング・先進ボーリングの概要—

山岳トンネル先進ボーリング連載講座小委員会

## 連載をはじめるとあたって

トンネルの切羽周辺からその前方に向けて行う先進ボーリング技術はいまや山岳トンネルにおいて欠かせぬ存在になっています。今回の連載講座においては、この技術を取り上げることとしました。

筆者(大島)は、今を去る40年近く前に、大量の高圧湧水で難航していた山陽新幹線の福岡トンネルに高速の先進ボーリング機を導入し、その威力を実感したことがある一人です。

それは、本坑の底設導坑や左右の水抜き坑の最先端切羽から毎週1度を標準に地質調査と水抜きとを兼ねて行った高速の水平先進ボーリングでし

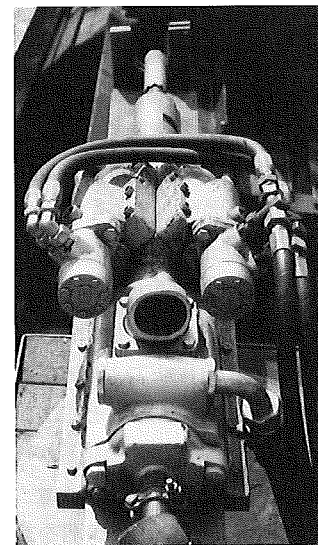


写真-1 福岡トンネルで活躍したビューラ

## 山岳トンネル先進ボーリング連載講座小委員会

委員長	大島 洋志	国際航業(株) 上席フェロー技術センター長
副委員長	城間 博通	(株) 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
委員	泉谷 泰志	潜水建設(株) 土木技術本部地下空間統括部主査
〃	伊藤 範行	鹿島建設(株) 土木管理本部土木工務部担当部長(トンネル担当)
〃	金田 勉	(株) 大林組生産技術本部トンネル技術部専任役
〃	北原 秀介	鉄道・運輸機構設計技術部総括課長補佐
〃	小松 敏彦	前田建設工業(株) 土木事業本部土木部トンネルグループ長
〃	田中 徹	鉦研工業(株) 工事営業本部営業推進室部長
〃	松原 利之	飛鳥建設(株) 土木事業本部技術統括部トンネル技術グループ部長
〃	山田 和男	(株) 竹中土木東京本店技術・設計部技術グループ部長
〃	領家 邦泰	大成建設(株) 土木本部土木技術部トンネル技術室部長(技術担当)
〃(兼幹事)	武藤 直樹	国際航業(株) 技術センター安達研究室主任研究員

た。ボーリングはトンネルの掘削作業に支障せぬように日曜日ごとの半日に当てられていた交代のための作業休みを利用して一週間の掘削予定長の約50mをボーリングで探ることを目的に、その条件に合う機械として、ダウンザホール型の機械(オーストリア製のビューラ; 写真-1参照)を選びました。この機械は半日で搬入→50m削孔→搬出という性能要求にもっとも沿ったものでして、約3,000mほど削孔した実績を平均しますと、搬出入を含め14時間半で43mを削孔したことになりま

す。したがって、切羽の掘削作業を支障することはほとんどありませんでした。

当然のことですが、ボーリングは約10mラップさせましたし、湧水が多い場合は数本追加するようにしました。本機の採用により、常に切羽の前方の地質状況(とくに水の有無)が確認され、しかも前方の水圧を事前にある程度軽減してくれるため、対策をたてやすく、作業員も安心して切羽作業に専念できるといったメリットがあり、この導入を喜んでくれました。

難航していた福岡トンネルにおける救いの神、新兵器となったわけですが、当時としてはこのように高速で掘進可能なボーリング機を一週間単位の掘削のサイクルタイムの中に組み込んだ使い方をした例はありませんでしたので、しばらくの間は結構話題にされたものです。

この当時、切羽付近から前方に向けて行う先進ボーリングは、津軽海峡の下を貫く青函トンネルにおいて大々的に用いられておりましたが、先に紹介した一週間掘削長という短い区間(短尺)を対象とした使い方ではなく、最低でも1~2か月の掘削長という長い区間(長尺)の切羽前方の地質確認に主目的をおいた使い方でありました。その技術に関し、当誌の連載講座で取り上げたことがあります。それは、今から約30年前のVol.9, No.8から5回にわたって連載された「水平長尺ボーリング入門」です。青函トンネル坑内で採用されている先進ボーリングの事例を骨格として以下のような目次で執筆されております。

1. はじめに
2. 青函トンネルにおける先進ボーリングの概要
3. ボーリング工法
  - 3-1 概説
  - 3-2 仮設
  - 3-3 掘進
  - 3-4 付帯作業
4. 坑道掘削への利用
5. エレクトロドリルによる水平長尺ボーリング
6. おわりに

記載のなかに、「作業坑などの平均的な坑道掘進速度を130m/月とし、300mごとにボーリング座(筆者注: 先進ボーリングを行うための専用の空間)を設置し、1孔延長650mを坑道掘削速度の約2倍の250m/月で掘進しなければならない」とありますから、先進ボーリングは、切羽付近から行う、前方の地質確認(切羽前方に行う注入計画には必須の基礎資料であった)を主目的としたものであることがわかります。

先進ボーリング技術が連載講座の中で取り上げられたのはあと1回あります。それは、20年ほど前のVol.18, No.3から37回にわたって連載された「山岳トンネルの新技術」の第2回目に、安房トンネルで実施された8本の水平ボーリングを事例に次のような目次で書かれたものです。

1. 平湯調査坑での長尺水平ボーリング
  - (1) 工法の選定
  - (2) 施工実績
  - (3) 使用機械などの開発・改良
  - (4) ボーリング精度(孔曲り)に関する考察
2. 今後のボーリングのありかた
  - (1) ノンコアボーリングの有効利用
  - (2) シールドパイプのプログラムと品質

これも、最後の段に「水抜きを主体として……水抜き用水平ボーリングを12本、延べ延長1,850mをTOP-LS機を用いて施工している……」ともあるが、主として前方の地質確認を目的とした先進ボーリングという観点で執筆されたものであり、施工性の向上に主眼をおいた記載とはなっておりません。

このように、先進ボーリング技術は、切羽前方の地質を事前に確認できるだけでなく、切羽前方の水圧を低減することで作業性の向上も期待できるわけですから、山岳トンネルにおいては、NATMが山岳工法の標準工法として定着するようになるもっと以前から、七つ道具の一つとして欠かせぬ技術であったわけであります。

導坑断面ではなく全断面で切羽を進めていくNATM全盛時代になりましてからは、切羽安定

には必須の水抜き(切羽の水圧軽減)を効果的に發揮する補助工法として、さらに必要性の高い技術として多用されるようになってきております。

2回目の連載発表から20年以上も経った現在、先進ボーリング技術も他の技術と同様に日進月歩がみられ、以下の4例でも明らかなように能力的にはかなり向上してきております。

- ① 筆者が関与した九州新幹線の筑紫トンネルでは、着工前の地質調査として、トンネルセンターの上部地表からトンネルに平行して斜め下方に向け掘り始め、施工基面付近に到達したところからトンネルに沿わせて掘進するコントロールボーリング(方向制御ボーリングともいう)技術を採用したことがあります。
- ② 同じく筑紫トンネルの土かぶり300m以上の花崗岩からなる切羽から延長200m程度の先進ボーリング(ノンコア)をなんとたったの18時間で行うということも経験しました<sup>1)</sup>。
- ③ スイス国鉄が進めている延長57kmのゴツタルド・ベーストンネルにおいては、計画段階に問題地質を確認のため、約5kmの調査横坑を掘り、その先端から多数のコントロールボーリングによる地質調査を行っているということを当地の技術者から伺い、かつ文献で確認したことがあります<sup>2)3)</sup>。
- ④ 東海北陸自動車道の大和町名皿部の平山トンネル(約1.4km)ではトンネル施工前に坑口から行った延長350m、550mの2本の水平ボーリングで毎分7m<sup>3</sup>および4m<sup>3</sup>の湧水をキャッチし、これが水抜きボーリングの役割を果たしてくれ、工事が比較的順調に進捗したということにも関与しました。

以上が、私が現場で関与したり、見聞した技術的向上やボーリング効用の実例であります(①、②、④の事例に関しては、連載の後半の事例紹介などで概説する予定です)。

こういった現状をうけ、編集委員会の中に筆者を委員長とする連載講座小委員会を設け、この技術の現状をまとめてみることにいたしました。

今回の連載では、過去の記述で欠けていた、補

助工法的な役割という視点も忘れず、また坑内切羽から行うボーリングに主眼はおくものの、それに限定することなく、坑外から行う水平ボーリングなどにも目を向けつつ、以下のような目次で執筆したいと考えます。

1. ボーリング・先進ボーリングの概要
2. ボーリング機器とその性能
3. 施工計画の基本および得られる情報と効果
4. 施工事例
5. 先進ボーリング技術の今後

なお、平成11年3月から17回にわたって筆者が委員長として連載した「応用地質学入門」の11回目(Vol.31, No.1)の中にもボーリング調査に関する記述があります(後に『わかりやすい土质地質学』<sup>4)</sup>として単行本化されている)。すでに10年近く経過していますし、あくまでも地質調査の一手法という観点でまとめたものですが、参考にしつつまとめていきたいと考えます。

## ① はじめに

ここでは、連載講座を始めるにあたってのイントロとして、①ボーリングとは、②ボーリング技術導入の歴史や発展、③ボーリング、先進ボーリングの目的・役割、④ボーリングの長さへの挑戦、⑤掘進速度を上げるための努力、⑥孔曲りの制御、⑦坑外から行う最新の長尺・超長尺のボーリング技術、などについて概説することといたします。

## ② ボーリングとは

ボーリング(boring)とは、広辞苑によれば、「孔をうがつこと 地質調査のために地中に錐で孔をうがつこと 地下水脈・温泉・鉱床探査などに用いる穿孔、試錐、鑿井」といった説明がなされています。昔の文献などでは「試錐」という言葉で表現されていることがよくあります。例えば渡邊貫の『地質工学』<sup>5)</sup>では、「壺掘又は坑道(出来れば堅坑)は深くなると相当の費用が嵩むため試錐を以て之に代用する外仕方ないことが多い。」といった具合であります。

紛らわしい言葉にボウリング(bowling)があり

ます。こちらは皆さんご存知の、片手でφ22cmのボールを転がして約18m先に三角形に並んでいる10本の木製のピンを倒し合う室内競技のことです。古い話でかつ余談で恐縮ですが、私が山陽新幹線の建設に汗を流していたころは、このボーリング全盛時代でした。その当時ボーリング調査を主力に地質調査を営んでいたKボーリング社には、ボーリングの予約電話がよくかかってきて迷惑していたことがあったとか、この会社は後にK地質と社名を変更された歴史があります。

### ③ トンネル工事へのボーリング技術導入の歴史・発展

#### 3-1 ボーリング技術導入黎明期の話(丹那トンネル)

さて、日本のトンネル建設の歴史において、地質調査のためのボーリング技術が導入されたのはどこだと思われませんか。

先述した渡邊の『地質工学』には次のような記述(枠内)があります。

北米の土木工学雑誌 Engineering News-Records の論説記者が……丹那隧道の世界的難工事であることを評し、“Without geological investigation and borings” でこの如き大隧道工事に着手したことは、日本人が如何に驚くべき大胆さを持ち合わせているかを知る、といった風の文句で暗に我が鉄道当局の無謀を揶揄している。

過半東京で開かれた World Engineering Congress でも、各国の技術者から丹那隧道の位置選定問題が組上に載せられ、各国の鉄道技師から工事着手前何故に地質調査に重きをおくかを実例をあげて報告され、最後に結局丹那隧道の難工事は日本の地質学者の無能と当局がボーリングの必要を認めなかった怠慢の結果であるとさへ非難された。

結局彼等の結論に従うと、日本人のやり方は『一文おしみの千両失い』だということになる。……地質学者の現地踏査および室内研究費やボーリングの工費等は 工事費から見れば九牛の一毛である。……いわんや地質調査をしなかったため如何ばかり巨額の工費を損失したかに想到する時、Bautechnikの論説記者の名文句“ Ohne bautechnische Geologie kein wirtsc-haftliche Bauen(土木地質学なしには経済的工事は不可能なり)” のスローガンに到達する

ことになろう。

要するに、丹那トンネルの難工事は、地質条件を軽視して路線を決定した姿勢そのものが、そもそもの原因なのだ、と欧米の技術者に批判を浴びていることを、彼らと一緒に時の当局に対して悲憤慷慨している姿が伺えます。わが国のトンネル調査においてボーリング技術が導入されたのは1919(大正8)年にスウェーデンから輸入した試錐機でノルウェー人お雇い技師の指導のもと行った関門海底トンネルです<sup>9)</sup>から、1918(大正7)年に着工した丹那トンネルでも計画段階は無理にしても、着工すぐのところから使おうと思えば使えたはずだったのではという気持ちもあつての記述かもしれません。

路線選定にあたってはこのような批判を浴びた丹那トンネルではありましたが、その後、難工事を解決するために採られたいくつかの解決策のなかに、①遅ればせながら欧米のボーリング技術の大々的な導入と、②地質屋を1923(大正12)年初めて採用(後述)、という項目があげられると思えます。

丹那トンネルにおけるボーリングは、地上からだけでなく、坑内から切羽前方へ向かう先進ボーリングもなされているのです。

ボーリングポケットブック<sup>9)</sup>という本の中に欧米からボーリング技術を導入したころの雰囲気伝える記述がありますので、部分的に引用(枠内)しながら紹介してみます。

「大正12年以来、……トンネル……の地質調査に金剛石試錐を用いることとなり、最初は技術の未熟のため外人技師の指導を仰ぎたるも……最近に至っては単に試錐技術のみならず、これによる地質判定の技術も著しく進歩せり。また、その利用範囲も拡張せられ、その後大正13年より昭和3年までに試錐せる箇所総数は合計35箇所及び、総試錐本数121本、その総深度6280フィートに達せり。」

丹那トンネルのボーリング調査としては、初めにスウェーデンから輸入したクレリウスAB型・ブラボーE型・バイナーED型などを使って、西口(大竹口)切羽から水平ボーリング(先進ボーリング)を実施して

いる。その後、丹那盆地下の地質構造を明らかにするため地表から4本の垂直ボーリングと後で斜めのボーリングを2本追加し、計6本のボーリングを行った。

当時、鉄道省のフォアマンとして活躍した西野辰次は、そのころの様態を次のように語っている。

「国産ボーリングメーカーがなかった時代であり、使用した試錐機はいずれもスウェーデンから輸入したクレリウス型のもので、動力は特殊設計の15馬力防湿低速回転の電動機であった。初めて見る機械なので、坑内付近で組立て方、操作方法、ドライブパイプの打込み方法などを教えてもらって坑内に運んだ。先生はガデリウス商会から雇い入れたスウェーデン人のエリクソンであった。

現場は水が多いので、三方をトタン板で囲い、床は水がのらない高さに板を敷きつめてあったが、裾付位置の少し手前では2枚合せのトタン板を突き破って、水が滝のように落ちているところもあった。……

クラウンやコアチューブなどの消耗の激しいものは、輸入商社では在庫品を多く持っていないので外国から取り寄せなければならず、これに2~3箇月を要することもあった。その当時削岩機の部品の製作納入をしていた利根商会の塩田岩治氏(後の利根ボーリング社長)が輸入部品のロッド、クラウン、鉄管類を自ら分析して国産化に努力し、続いて部品類だけでなくボーリング機械も国産化しようということになり、クレリウス型がわが国の地質に最も適しているということで、それに範をとって昭和2年に国産ボーリング機械1号機を完成した。また、……ダイヤモンドの植付けは……ずいぶん長い間この練習を続けたが、本物のダイヤモンドはなかなか植え付けさせてもらえなかった。」

『丹那隧道工事誌』(昭和11年刊行)によれば、「大正9年東口坑内起点900フィート付近において大崩壊が起こり、以後東西両口の地質また不良にして変化きわまりなく、未掘削区間、特に丹那盆地下の隧道通過箇所地質を調査する必要起こりたるも、当時は現在のように試錐作業も進歩しておらず、かつ、かくのごとき本格的な地質調査作業は初めてのことで、スウェーデン人……技師を招へいし、大正12年盆地における試錐作業を開始すると同時に、技術的な教授を受けることとした。……なにしろ、まだ新しい工事のことであり、かつ、いずれも孔深150m以上なるため従業員の苦労も並大抵でなかった。」と記されている。

鉄道省からは渡邊貫、広田孝一、佐伯謙吉の3人の大学を出たばかりの地質技術者が現地に派遣され、外人技師から試錐に関する技術を吸収し、ボーリングコアの地質鑑定とまとめに從事した。……このと

きつくられた「丹那盆地地質断面」(図-1)は、地質柱状図を含めてわが国では初めてのトンネル地質断面図といえる。これを見ても、A、B、C、Dの各孔とも異なった試錐機を用い……試錐深度が平均500尺(152m)といわれ、やぐらの高さだけでも70尺(21m)もあり、多数の人員を使って行われたものであろう。

なお、上記渡邊貫は1923(大正12)年東大理学部地質学科を卒業し直ちに鉄道省熱海線建設事務所へ配属された初代鉄道地質技術者の一人であり、後に日本における地質工学を築き上げられた偉人です。この時の採用は、1918(大正7)年に着工したものの難航していた丹那トンネルの工事に地質学の知識が必要と認識した鉄道省土木技術幹部の判断だったとされております。

#### 3-2 青函トンネル建設でボーリング技術飛躍的に向上

先のような経緯を踏まえながら、トンネル技術の一つとして徐々にボーリング技術はその地位を築いてきました。

ボーリングの掘進技術の中で、垂直に掘ること、水平に孔曲がりをせず掘進することはきわめて難しいこととされておりました。孔曲がりの程度を計測する方法や孔曲がりそのものを防止するいろいろな方法が考え出されてきました。また、数百m級のボーリングをする際のコアバレルの昇降(ロッドの先端に取り付けられたコアバレルを地上に上げて、コアを抜き取り、空にしたコアバレルを再度深部に下ろしてやるという作業)に要する時間を短縮するのに、ワイヤライン工法が全面的に用いられるようになったのは昭和34年ごろのことでした<sup>9)</sup>。

わが国のボーリング技術が不動の地位を築いたのは青函トンネルをメインとするビッグプロジェクト華やかにして、この時代にわが国のボーリング技術は飛躍的な進歩を遂げたのであります。

青函トンネルでは最長2,150mの水平先進ボーリングを行っていますし、幻となった中津川線(飯田・中津川間を結ぶ計画線であった)神坂トンネルでは先端駆動方式のエレクトロドリルを用い

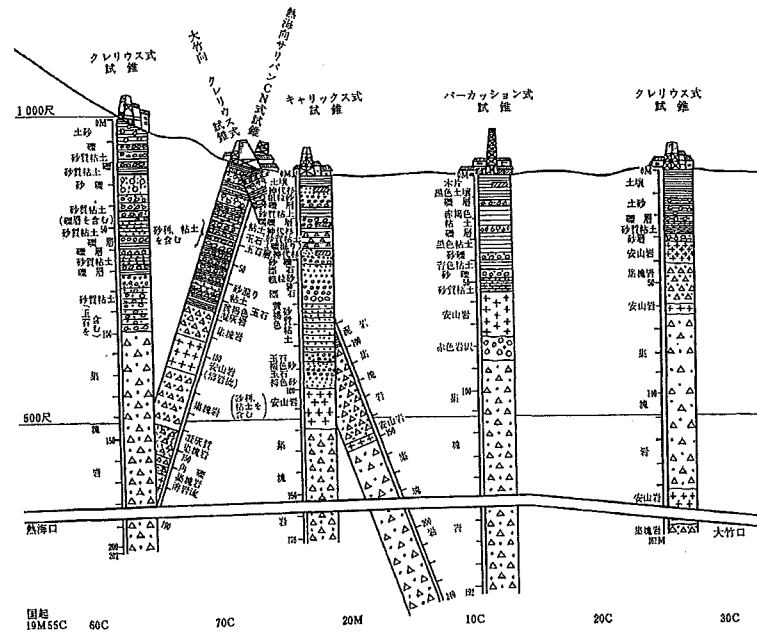


図-1 丹那盆地部で行われたボーリング調査から作成された地質断面<sup>9)</sup>

て約2kmの水平ボーリングがなされています(余談ですがこの調査ボーリングで掘り当てた温泉は昼神温泉の発端となっています)<sup>9)</sup>。また、二重管リバース方式による高速掘進技術の開発(例えば、利根ボーリングのTOP-LSや鉦研試錐のFS-60C)やコア採取率100%を可能にしたコアパックボーリング、換気立坑の早期施工を可能にしたビッグマン、などはその輝かしい成果の代表事例であります。

しかし、その後は青函・神坂トンネルで試みたようなボーリング調査法は定着しないなど、特筆すべき革新もなく、以前の技術のまま推移しているように感じます。一方、欧米諸国ではさらなる前進があったことは冒頭部分で紹介した事例①～③からも明らかです。この種の技術革新はくどいようですが、ビッグプロジェクトがなければなかなか育たないのかもしれない。

山岳トンネル掘削上の最大の課題は昔も今も変わることなく、湧水と土圧の問題であります。現在でもボーリングその他の地質調査によって、土圧や湧水の問題を精度良く予測することは至難の技であります。その意味で丹那トンネルのボーリング調査の教訓は、古くて新しい問題である、と

いうことがいえるのかもしれませんが、

#### ④ ボーリングの目的・役割

ボーリングは地質調査を目的とするほか、土木・建築や地下資源分野で下記のような多様な用いられ方をしています。

土木・建築：集水・排水、注入、アンカー、基礎杭工、通気・材料投入(トンネル・鉱山・地下発電所など)

地下資源：温泉、水井戸、地熱、鉦床調査、石油・ガス、地熱、地中熱(ヒートポンプ用)

これを、施工中のトンネルに

限定してみますと、ボーリングは以下の目的でなされているものが大部分でしょう。

- ① 地質調査ボーリング：切羽前方地質状況を事前把握
- ② 水抜きボーリング：切羽前方の水あるいはガスを事前に抜き、水圧やガス圧を軽減
- ③ 注入用ボーリング：切羽前方の不良地山を注入工法(グラウト)や凍結工法で改良するため
- ④ その他ボーリング：ロックボルトやアンカーの打ち込み、および通気・材料投入孔

#### 4-1 地質調査ボーリング

これは切羽を進めるにあたっての施工計画に資する地質情報を得ることを目的とするものです。通常はコア(core、岩芯ともいう。ボーリングで得られる棒状の岩石試料のこと)採取を前提としたコアボーリングがなされますが、場合によってノンコアボーリングが行われる場合もあります。この場合、スライム(slime、ボーリングすることで排出される削り粉のこと)や湧水量、掘進速度、回転数、推力、トルクなどから工学的に地質情報を推定することになります。ここでは、以下、「地質調査ボーリング」と呼びます。

コアボーリングとノンコアボーリングについて若干触れておきます。コアは地質調査ボーリングにとってはあったほうがよいですが、トンネル工事を進めるという意味においては、コアがなくても(ノンコアであっても)削孔の難易とか湧水量が十分な地質情報であるともいえます。

#### 〈ボーリングの難易は地質情報そのもの〉

ボーリングが順調に掘進できた場合はトンネルにとって良い地山、そうでない場合は悪い地山で難航する、といえます。ボーリングの難易や水量の多寡そのものが地質情報なのです。

事例1：安房トンネルでは、低速度帯の調査を目的に約700mのボーリングがなされましたが、大きなトラブルもなく順調に掘れました。ボーリング結果に関する筆者の「チャート地山から低速度帯(火山性の溶岩や凝灰岩などの堆積物からなる透水性の良い飽和層からなる)に移行以前に前方の水位低下をさせておきさえすれば、低速度帯は特に問題のない地質である」という判断は、間違っていないでした(水位低下をさせないまま層界に突入したため、大量の突発湧水で切羽が崩壊という事故がありました。お陰で水位は十分に低下してしまい、その前方の低速度帯は特段の問題なしに施工できたわけです)。

事例2：北陸新幹線飯山トンネルでは切羽崩壊で土かぶり190mの地表に達する陥没が起きたことがあります。この工区においては地質確認を目的とした1,000m以上の水平ボーリングが計画され、実施されましたが、700m過ぎたあたりで掘進不能となり、その奥の掘削を断念しております。陥没が発生した箇所は、まさにボーリング掘進不能となった前方奥部に相当していますから、ボーリングができなくなったということ自体が案外に大事な地質情報だったといえるのかもしれない。

#### 4-2 水抜きボーリング

これはNATM補助工法の一つとして位置付けられるもので、水を抜き、水圧を軽減させることによって切羽の自立性を高めることを目的とするものです。この観点でいけば、切羽前方斜め下向きに行われるウエルポイントもこの範疇に含める

ことができるかもしれません。以下、水抜きボーリングと呼びます。なお、天然ガスのようなガスをもった地山で行われるガス抜きボーリングもこの区分の中に含めて扱うこととします。

#### 〈水を抜くと何故切羽が安定するのでしょうか〉

水中にある土粒子は水の流が速くなると動き始めます。その動き始めの流速を限界流速と呼んでいます。Justinによれば、限界流速( $V_c$ )は土粒子の粒径( $d$ )、土粒子の真比重( $G_s$ )、重力の加速度( $G$ )との関係で次式で表されるとされています。

$$V_c = (2/3(G_s - 1) \times d \times G)^{1/2}$$

この式によると、土粒子の径が小さく、比重が小さいものほど小さな流速で流れ始めることになります。

では、地盤中の流速を支配するものは何でしょう。それは動水勾配(単位距離あたりの水頭差)と透水係数になります。透水係数は個々の地盤に固有のものだと考えられますから、個々の現場においては、動水勾配が流速を支配していることになります。動水勾配がきつくなればなるほど流速は増加しますから、動水勾配を小さい方から大きい方へ変えていったときに土粒子が動き出す動水勾配があります。この時限界流速に達しているわけですが、この動水勾配のことを限界動水勾配と呼んでいます。

水を抜くと切羽が安定するというのは、切羽付近の水の流速や動水勾配が小さくなるからなのです。

こういった解説は、「3. 施工計画の基本および得られる情報と効果」のあたりで踏み込んで記述しますが、その前に自分の著書<sup>7)</sup>の記述の中から自説を引用(枠書き部分)して紹介しておきます。

NATMが標準工法となる以前の、筆者が福岡トンネルの工事をやっていた頃は鋼製支保工、矢板を用いた工法が標準で、小断面の底設導坑や側壁導坑を先進させ、上部半断面を後から追いかけていました(図-2参照)。その頃の導坑は、いわば地質調査坑としての役割をもっており、その情報をもとに本覆工の設計に関する判断をしていました。かつ、先進水抜き坑としての大きな役割を發揮していたのです。しかるに、最前線の切羽を大きな断面で進めなけ

ればならないNATMが標準工法になって以降、先の地質状況が良くわからず、湧水を伴う山岳トンネルではしばしば補助工法として大掛かりな水抜き工法を必要とするなど難航するケースが多くなっています。以前の導坑方式の場合、それほど苦勞することなく導坑の切羽を進めることができ、かつその導坑を介して時間をかけて水を抜くことができたため、上半断面が到達する頃には乾いた状況に改善されており、苦勞することが少なかったようにも思います。

NATMを導入することによって、日本のトンネル技術は良質のトンネルを安全・確実に施工できるようになりましたが、一方で以前の工法の方が優れていたと思わざるを得ない事態がままあります。先進ボーリングでは水抜き効果が現れるのに時間がかかり過ぎてまどろっこしいというケースもこれに相当します。従来ならば、10m<sup>2</sup>以下の断面の水抜き坑を矢板工法で簡単に施工していたものが、NATMに慣れてしまった現在では、30m<sup>2</sup>以上で、しかも吹き付け+ロックボルトなしでは掘れないという体たらくというのが実態です。

大断面で先端の切羽を進めることが必ずしも得策ではないことがあることは、冷静になって考えれば自明の理かと思えます。『丹那トンネルの話』<sup>9)</sup>という名著には複線断面でなく単線断面で掘ればあれほどの難工事にならなかったのでは？との仮想質問に対して、「……如何に地質が悪く崩壊しやすい部分でも、一旦その個所に導坑を通すことに成功して、その付近の地下水を充分排除することさへ出来ればその後は楽に掘削できるのであります、たとえ大きな複線型トンネルの切羽をやっても、別に大した困難はなかったのであります。……」と答えています。十分に噛み締めるべき記述だと筆者は考えます。まして、土かぶりが大きく湧水量の多いトンネルの場合はNATMでは地下水が十分に低下しないうちに本坑のアーチや側壁部分の支保工や覆工をしなければなりませんので、切羽安定という観点から、どうしても過大な施工にならざるを得ません。このような実態

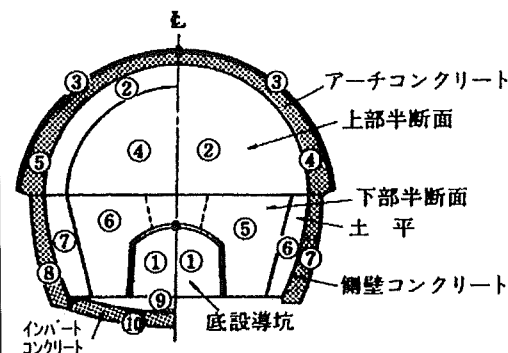


図-2 底設導坑上半工法の施工順序図

を考えると、少なくとも、かつての工法において導坑が果たしていた先行水抜きという役割を再評価しなければならぬ時期に来ているのではと思えてなりません。

#### 〈ボーリングだけでは水が抜けないことがある〉

水を抜いて切羽を安定させるという工法にはいろいろな方法が考えられますが、上で述べたように、水抜き坑に比較すると水抜きボーリングは劣る点があります。ボーリングだけで水を抜くというのは、本数を増やすことで対応可能な場合もありますが、効果をそれほどあげられないこともあります。

したがって、冒頭の福岡トンネルや4-1節の事例1で紹介した安房トンネルのように、水抜き坑の先端に水抜きボーリングを先行させながら掘り進めるというのが、理想的といえるのです。

#### 〈ボーリングが悪さをすることもあるから要注意〉

『蟻の穴から堤も崩れる』<sup>10)</sup>という諺があります。しっかりとした堤防であっても蟻があけた小さな孔が原因となって崩れることがあるように、ごく些細な注意不足がとんでもない事故に至ることがあるという戒めの言葉です。ボーリングを行う際にも、後から掘削がなされる本坑などに直接あるいは超近接するような位置に計画し、施工することのないように注意する必要があります。先行して地表から実施されていた地質調査ボーリングや、水抜き坑や作業坑からの先進ボーリングが本坑掘削に悪影響(例えば、本坑切羽がボーリング孔をみずみちとする湧水で崩壊!)を及ぼす例もありますから、要注意なのです。

かなり寄り道をしましたが、そろそろ話を本題に移します。

#### 4-3 注入用ボーリング

これは切羽前方の不良地山の強度や透水性を注入や凍結などで改善することを目的に行われるボーリングです。以下、「注入用ボーリング」と呼びますが、本講座では取り上げません。

#### 4-4 その他ボーリング

長めのロックボルトやアンカーの打ち込み用、

通気・材料投入孔(レイズボーリング(raise boring:パイロット孔を目的地点まで小口径のパイロットビットで掘り、次に大口径のリーミングビットに交換し上向きに拡孔させつつ目的の径の孔を仕上げる技術)で施工)、その他の目的で行われるボーリングなどです。

なお、地質調査ボーリング以外のボーリングであっても、コア、ノンコアのいずれであれ、地質情報をもっていますし、地質調査ボーリングでも水抜きの効果を併せ期待できることもありますので、この区分法にあまりこだわりを持つ必要はないかもしれません。

### ⑤ 大深度・長尺ボーリングへの挑戦と長さによる区分

ボーリング技術が生まれたころは、2章の冒頭で紹介したように壺掘りや立坑掘削に代わるものという立場から始まっていますから、せいぜい100m級だったと思われる。

地質調査業界の集まりである(財)全国地質調査業協会連合会では、ボーリングを深さによって浅掘り、深掘りと区分することがありますが、これは、下記のような曖昧な定義で用いられているようです。

浅掘り：簡易な試錐機で掘削可能な100m以浅の土質ボーリング。または、岩盤ボーリングでワイヤライン工法を使用するまでもないと思われる200m以浅のボーリング。

深掘り：簡易な試錐機では掘れない100m以深のボーリング。または、岩盤ボーリングでワイヤライン工法を使用した方が効率とされる200mを超えるボーリング。

ボーリングの技術は、主に石油や天然ガスの採掘、金属鉱床探査などの分野での必要性から一大飛躍を遂げて10kmを超えるようなボーリングも可能になっているのです。現時点での掘進長としてのギネスは、地殻調査を目的としてなされたロシアの12,216m(kola SG-3)がもっているようで

す。

わが国においては、海洋調査や石油探査などを目的とした調査分野ならびに竹下内閣のころ地域活性化策として故郷創生資金が援助されたころ日本中掘りまくっていた温泉ボーリング分野などで、ボーリングの大深度への挑戦がなされていました。トンネルを対象としたボーリングは3-2節で紹介した青函トンネルや神坂トンネルの例がありますが、長さへの挑戦は停滞気味だったといえましょう。

さて、切羽付近から行われるボーリングの延長に関しては数十mクラスから1,000mを超えるものまで目的に応じてさまざまに用いられております。

本講座では、これを下記のように概略の長さにより4区分することにします。

- ・短尺；20～50m前後
- ・中尺；数百m以下(短尺を除く)
- ・長尺；数百m以上(超長尺を除く)
- ・超長尺；1,000m以上

切羽とは、本来前方に向かって地山を掘削し新しい空間を作ることと目的としたトンネル作業の最先端ですから、先進ボーリングといえども、それを行うことが切羽掘進を遅らせるような事態になっているとしたら本末転倒と言われかねません。したがって、切羽作業を完全に止めて行わなければならない注入用ボーリングは別として、できるだけ短い間合い(半日、1日程度)に行える高い能力をもった機器の使用が望まれるのです。

機械の能力とボーリングへの要望の両面から、切羽先進ボーリングの大部分は短尺～中尺となっております。短尺ボーリングのきわめつきは、ドリルジャンボにセットされたドリフターで切羽前方20m程度までを探り削孔するというものです。前方の地質の硬軟とか水量程度しかわかりませんが、それでもないよりはかなりマシな地質情報となりうるのです。

長尺とか超長尺のボーリングは、切羽の掘進作業に影響を与えないで削孔ができるように、ボーリング座あるいはボーリングルームと呼ばれるボー

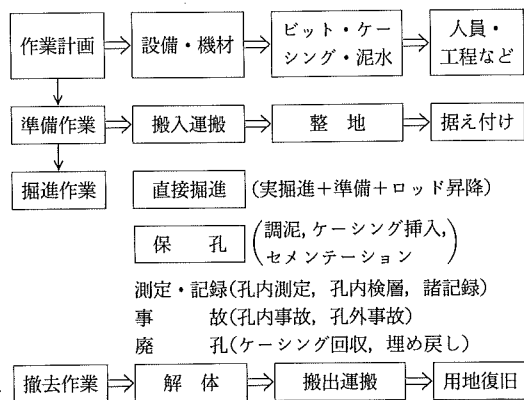
リング専用の空間を切羽の横に設ける必要があります。しかし、この空間を確保するためには、それができるまでの間、切羽作業をストップせざるを得なくなりますのでそこに投入されるボーリング機器は、長く掘れるという性能以外に、掘進速度の速いものであることが望まれるのです。

### ⑥ 先進ボーリングの掘進速度を上げるための努力

ボーリング作業を計画段階から撤去段階までに限って考えてみると、下記のように細区分できます<sup>6)</sup>。

計画や撤去部分も無視できませんが、ここでは掘進作業のみに限って考えてみます。さて、ボーリングの掘進能率を支配するものは何でしょう。掘進作業の主体をなす直接掘進は実掘進、準備、ロッド昇降に分解できます。実掘進に要する時間やロッド昇降に要する時間を短縮すること、すなわち掘進速度やロッド昇降速度を上げることが能率向上につながるのです。

ボーリングの実掘進は先端部のビットの回転(または打撃)、ビットへの荷重、および先端部からのスライムの除去(一般的には送水により排除)の3条件からなりたっています。これら3条件は個々に増やしてやれば掘進能率は向上することになりますが、全体が調和しなければ効果をあげることはできませんので、それほど単純ではないのです。ましてや、ボーリングの延長が長くなればなるほど、また、掘進方向が鉛直ではなく、横



(斜め下、水平、斜め上)向きになるとこれら3条件のロス(回転や荷重が先端ビットに効率よく伝達されない、スライムが途中で沈殿するなどして口元までスムーズに排出されない、など)は大きくなりますので、解決を要する課題が結構あるのです。

冒頭部分で紹介しました高速ボーリング機は、エネルギーの伝達ロスを極力少なくすることで、深くなるほど掘進速度が低下するという問題を抑えることに成功しているようであり<sup>7)</sup>。

### ⑦ ボーリングの孔曲がり制御

ボーリングはまっすぐ掘ることを前提としたものです。しかし、なかなか真っ直ぐには掘れないものなのです。青函トンネルの先進ボーリングでは海底を突き破ってしまって、ボーリング孔から魚が出てきたといった信じられないような出来事があったことを面白おかしく聞かされたものです。

例えば、φ10cmの直径で100mの削孔を考えてみます。直径と長さの比は1:1,000になります。比率をそのままにφ1mmの針金を考えてみますと、長さ10mとなりますから、こんな細長い針金の10m先端を手元だけで制御して動かすことをイメージすると、ボーリングで真っ直ぐ掘ることの大変さがわかってと思います。まして、延長が500mとか1,000mクラスになりますとさらに困難さが増すことは必然であります。

先に引用した文献<sup>8)</sup>に記載された「孔曲がり」の部分に私見を入れて要約しますと、以下のようになります。なお、詳しくは本講座の「2. ボーリング機器とその性能」、「3. 施工計画の基本および得られる情報と効果」あたりで詳述の予定です。

#### 7-1 孔曲がりの原因

- (1) 機械的条件によるもの
- ① 孔径に対しロッドの径が小さい場合
  - ② ロッドそのものの欠陥(曲がっている、摩耗している、肉厚が薄い、など)
  - ③ 6章で述べた3条件が不適な場合(送水量が少ない、摩耗が進んだビットの使用、など)

#### (2) 地質条件によるもの

- ① 層理、片理、節理など割れ目の発達した場合(これらの面に対し垂直になろうとする傾向がある)
- ② 硬軟の差が著しい場合

#### 7-2 孔曲がりの防止対策

精度の良い孔曲がり計測を適切な頻度で行いながら、前項(1)の機械的条件に起因する孔曲がりを極力防止するよう、下記のような注意をしながら掘進作業を進める必要があります。

- ① 無理のないビット回転数と荷重で掘進
- ② 切れ味のよいビットを常に使用
- ③ 孔径に近いロッドやコアチューブの使用
- ④ トルクの変動に注目(トルク上昇率の漸減は要注意)
- ⑤ 送水量を増やすなどスライムの排除に努める
- ⑥ スタビライザやドリルカラーの有効利用

### ⑧ 坑外から行う最新の長尺・超長尺ボーリングなど

#### 8-1 コントロールボーリング

冒頭の新技术で紹介したコントロールボーリングは、孔曲がりしやすいボーリングの性質を逆利用して、掘進方向を自由に制御しながら掘ろうとする優れた技術です。これに関しては、本講座の中で紹介の予定です。

#### 8-2 主に坑口付近から行うボーリング

トンネルの計画路線に沿った水平に近いボーリングが計画の全長にわたって事前に行うことができれば、理想的な地質調査といえます。それは無理としても、坑口から可能な限り奥までの地質を探ろうという水平ボーリングは結構採用されているのです。

先に紹介し、後に詳しく事例紹介する予定の東海北陸自動車道の平山トンネルでのボーリングはまさにその良き事例といえます。しかし、1~2kmの調査ボーリングとなると、筆者は先に紹介した幻の中津川線神坂トンネルの電極ドリルによる約2kmのボーリングしか思い浮かべる

ことはできません。

それは経済的な理由と、必要性を痛感されていないという面もありますが、長尺のボーリングではロッドに作用する摩擦抵抗を切ってロッドを押し込むということがあって、地質変化の激しいわが国においてはコンスタントに2~3km掘ることができず破砕帯に遭遇するとストップするなど、ボーリング技術の面でまだ実用段階にないというのも事実なのです。しかし、世界に目を向けますと、経済性やトンネルへの応用という問題は別として、長さへの挑戦は可能なレベルにあるように思われます。

例えば、Eastman Christensen社のナビドリル(ダウンホールモーター)は、循環流体を原動力とし、ドリルパイプを回転させないで孔内にてモーターでビットを回転させて掘削するという機構で、上述の摩擦抵抗の問題を解決しているようです。ただしノコアという機械のようです。

また、American Auger社のDD-330というボーリング機械(最大トルク68tm、最大引張り/押力150t、ロッド単位長9m(通常のボーリングロッドは3m))は、わが国では日本海洋掘削(株)が国内でもいくつか使用実績をもっているようですが、本講座が対象としているような目的での使用実績はありません。しかし、国産ボーリング機器としての最大能力をもつ(鉛直方向には3,500m)とされる鉱研工業のGSR-100改(本体重量10t、ストローク長0.8m、回転数35~730rpm、最大トルク12.5kN-m、最大引張り力330kN、最大押力230kN)と比較していかに巨大な能力をもつ機器であることがわかります。こういった能力をもった機械が、坑口部から先行してトンネルの事前探査や水抜きに実用できるようになれば、われわれの夢が一步現実のものになる可能性があるように感じています。

これに関しても、本講座の中で紹介の予定です。

### ⑨ おわりに(ボーリング技術のブレークスルーが必要)

こんな感じで、連載を始めます。わが国の土木

業界は、逆風の中、なかなか新規のビッグプロジェクトがスタートせず、若者の理科離れの傾向はかつて一世を風靡した土木工学系にこのほか厳しくのしかかってきております。この沈滞した空気を変えるものは夢を感じるような新たなプロジェクトの創出と、これを支える技術の革新だと思えます。

トンネルのボーリング技術は小さな技術領域ではありますが、この技術のブレークスルー(飛躍的進歩)があれば、土かぶりの大きな長大山岳トンネルへの挑戦も現在よりずっとリスクの少ないものになるはずと確信しています。

本講座は、こういう意気込みで始めるものです。読者諸兄に喜んでもらえる充実した内容になるよう努めることを誓って結びとします。

(文責：大島洋志/国際航業(株))

## 参考文献

- 1) 佐々木幸一・芳賀康司・直江久永：九州新幹線筑紫トンネルの貫通，周辺環境を考慮したルート選定と施工，トンネルと地下，Vol.39, No.4, pp.7-16, 2008.4.
- 2) 溝畑靖雄・大島洋志・増田達：21世紀へ向けたスイス国鉄の偉大なる挑戦，世界最長のアルプスゴットラドベーストンネル，トンネルと地下，Vol.31, No.9, pp.71-79, 2000.9.
- 3) 大島洋志：路線選定の段階から口を出そう，トンネルと地下，Vol.35, No.11, pp.5-6, 2004.11.
- 4) 大島洋志・監修：わかりやすい土質地質学(第4版)，土木工学社，pp.225, 2007.4.
- 5) 渡邊貫：地質工学(増補6版)，古今書院，1939.8.
- 6) (社)全国地質調査業協会連合会編：建設技術者のための新編ボーリングポケットブック，オーム社，1983.10(第1版)，2003.8(第4版).
- 7) 大島洋志：私の地質工学随想，pp.154, 2002.3.
- 8) 鉄道省熱海建設事務所：丹那トンネルの話，1933.12.

P.A.ドミニコ，F.W.シュワルツ著

## 地下水の科学

各B5判  
全3巻

地下水の科学研究会 大西 有三 監訳

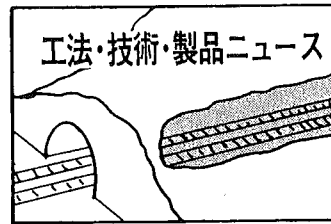
第I巻 地下水の物理と化学	価格4,281円	〒340円
第II巻 地下水環境学	価格4,485円	〒340円
第III巻 地下水と地質	価格3,873円	〒340円

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



株式会社 土木工学社

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



## 工法・技術・製品ニュース

### 油圧ショベル超小旋回機を発売

キャタピラージャパン((旧社名)新キャタピラ-三菱)は、8トンクラスの油圧ショベル超小旋回機CAT 308D SR「REGA」(バケット容量0.28m<sup>3</sup>)を発売した。

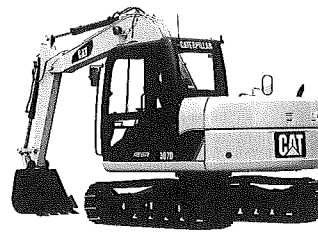
同機は、オフロード法と国土交通省低騒音型建設機械にも適合する優れた環境性能を備え、エンジン出力の向上、新油圧システムの採用などにより、従来機を上回る時間あたり作業量を実現するとともに、燃費低減機能により経済性も大きく向上させた。



### 7トンクラスの油圧ショベル

キャタピラージャパンは7トンクラスの油圧ショベルCAT 307D「REGA」(バケット容量0.28m<sup>3</sup>)を発売した。

同機はオフロード法と低騒音型建設機械に適合し、解体仕様機やブレード仕様機もラインアップするなど幅広い用途に対応可能となっている。



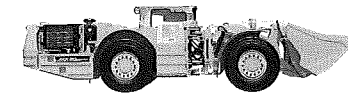
### 新型ロードホールドンプを発売

川崎重工は、新型ロードホールドンプ「MX80」を発売した。

ロードホールドンプは坑内用ローダとも呼ばれ、主に地下鉱山作業、地下開発工事や長大トンネルの施工に用いられる。

狭い坑内でも安全かつ機動的に施工するために、車体全高、全幅を大幅に抑えたコンパクトな車体を採用、また、坑内環境改善のために、COやNO<sub>x</sub>、黒煙など有害な排気成分の少ない高出力新型ディーゼルエンジンを採用しておりオフロード法の排出ガス基準をクリアしている。

また、転倒時保護構造、落下物保護構造および冷暖房を備えたオペレータキャビンを標準装備し、運転者の安全と居住性を飛躍的に改善させた。



### 人工震源でトンネル坑外から前方地山を透視

フジタと地球科学総合研究所は共同で、トンネル坑外で機械により人工地震を起こし、前方地山の地質状況を精度よく把握することに成功したと発表した。

両社は2001年に発破以外の震源を用い、150~300m程度前方まで探査が可能な手法として「トンネル浅層反射法探査」を共同開発(特許出願中)していたが、このたび、別所トンネル新設工事の掘削に先立ち、掘削開始側坑口において、人工震源としてパイプレータと油圧インパクトを使用した同探査法を実施、引き続いで実際の掘削によりその有効性を確認した。

これにより低コストでの地質の事前調査が可能となり、掘削工事の安全性向上、さらには工期の短縮などが期待できるとしている。

### スラリー脱水システムを泥水シールドの余剰泥水処理に適用

奥村組は、先に開発したダム湖堆積泥土脱水処理用「奥村式スラリー連続脱水システム」を、泥水式シールド工法の二次処理設備に適用し、同システムが微粒子分の多いスラリー材の処理にも適していることを実証した。

泥水シールドの二次処理土は、余剰泥水を脱水処理することにより減容化し、汚泥として処分されているが、再資源化率がとコンクリート塊や木材に比べて低いことから、再生利用が喫緊の課題となっていた。

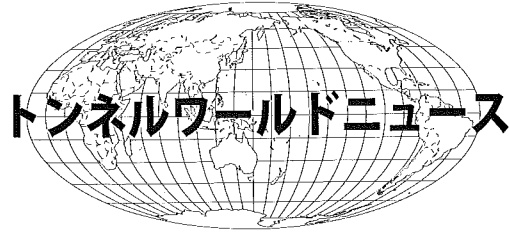
同システムは、通常用いるフィルタープレス機と比較して省スペース化、省力化、低コスト化、減容化などに有利なスクリュープレス機を用いた連続脱水機構で、処理土の含水比を任意に調整できる。凝集助材により、第3種処理土まで高強度化が図れるとともに、再生利用制度を活用すれば他工事の埋め戻し材として利用できるとしている。

### キャビテーション清掃車の導入

NEXCO西日本は、洗浄水の中のごく微小な気泡が物体に接触して、気体から液体に戻るときに大きな衝撃波を発生する現象(キャビテーション現象)を活用したキャビテーション清掃車(高速清掃装置)を世界で初めて導入した。

このキャビテーション清掃車は、トンネル照明灯具清掃など高速道路上での清掃作業の省力化と渋滞や事故の要因となる車線規制の廃止を目的として、同社などが4年間にわたり開発してきた。

この導入により、時速50km以上の走行を確保した清掃作業が可能となるため、トンネル照明灯具清掃にかかわる車線規制がなくなり、快適な走行環境の確保が期待される。



(社) 日本トンネル技術協会  
国際委員会

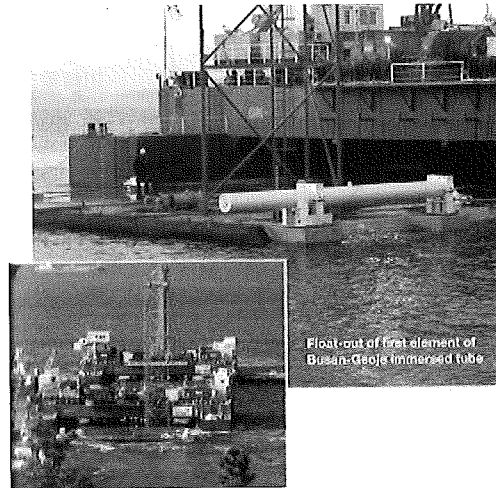
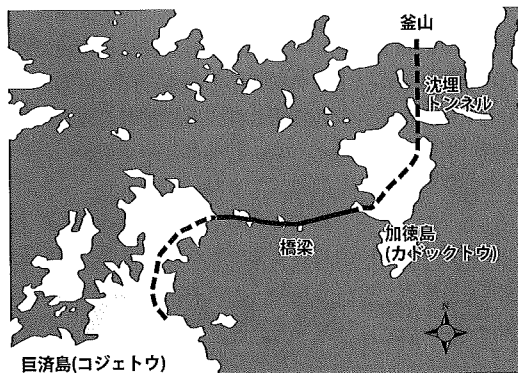
## 韓国の沈埋トンネルで最初の エレメントを沈設

韓国の沈埋トンネルで、最初の延長180mの鉄筋コンクリートエレメントが沈設され、その実現化に踏み出した。

3.2kmの長大トンネルは、釜山の港町と巨済島を結ぶ延長8.2km、58億US\$の道路プロジェクトの一部となる。18エレメントがその区間で沈設されるが、2010年に供用開始される際には、平均水面下48mの世界最深の沈埋道路トンネルとなる。

18エレメントの各々は長さ22.5mの八つのコンクリートセグメントから構成され、幅26.5m、高さ9.9m、中央通路トンネルを含む片側2車線の2本のトンネルとなる。これらは通常の双胴船を用いて曳航される間、PT締結装置により一つの躯体として保たれている。

二重の止水継手がセグメントの接合部に初めて使用される予定であり、また、エレメント間の許容誤差は±40mmが期待されている。トンネル片端部を構成する二つのエレメントは登坂車線をもち、その重量は各々48,000tである。



ドライドックで同時に四つのエレメントが製作され、仮栈橋で艀装した後、エレメントは設置場所まで35km曳航される。オランダの専門下請業者Mergor Underwater Engineeringによってあらかじめ浚渫された海底トレンチに沈設される。

課題として以下が挙げられる。

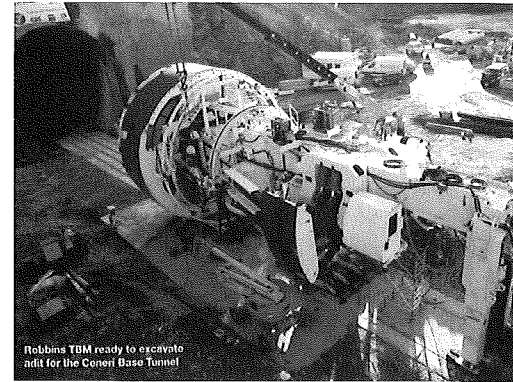
- ① 太平洋の強い流れにさらされること
- ② 大規模な土壌改良を必要とする軟弱な海底地盤
- ③ 台風シーズンに予定されている短期間での沈設作業
- ④ 地震帯の位置
- ⑤ 高波に適合した最大級の沈設船を用いなければならないこと

Daewoo Engineeringが請負業者の共同企業体のリーダーとなり、オランダのTEC社とHalcrow社によって用意されたコンサルタンツ会社が参加している。

(WT '08.4 担当：小島宗隆・鉄道・運輸機構)

## Ceneriトンネルで作業坑掘削に着手

スイスのSigirino地方のCeneri Base Tunnel工事で2月、Robbins社の掘削外径9.7mグリッパTBMがその作業坑掘削準備を開始した。延長2.4kmの作業坑は将来、双設トンネル(鉄道)となる本坑の発進基地まで掘進されるが、まだその本坑は落札されていない。作業坑の地質縦断は片岩・



片麻岩などモラッセ相堆積物(molasse層)で一軸圧縮強度は30~130MPaとなっている。施工者のConsorzio Monte Ceneri(CMC)JVは作業坑の掘進開始を今年の第三四半期までには予定しているが、本坑掘削のための拡幅坑掘削完了まで2年かかる。

このメインビーム型TBMは以前、アイスランドのKarahnjukar水力発電所の導水路トンネル39.6kmのうち14.65kmを掘進してきたマシンである。そしてこのマシンはミラノ近郊の街で掘削外径を7.6mから9.7mに改造され、19インチのディスクカッタを装備した。また、地質が膨張性地山

ではないものの大量湧水が予想されるため、このマシンにはRobbins社で新たに設計された前方探査用削岩機を搭載したと報じられている(T&TI '07.9 p.7)。

この作業坑は既設の調査坑に到達するように計画されており、本坑との交点で拡幅され本坑トンネルはそこから掘削される。また拡幅坑にはバッチャープラントも設置される。

CMC JV構成会社は、CSC社、Lugano社、Frutigar社、Thun社、Rothpletz社、Lienhard+Cie社とAarau社である。

本坑となる15.4kmの双設鉄道トンネルは発破工法とTBM工法で掘削される。北坑口からは8kmの双設トンネルを発破工法で掘削し、南坑口からは同じ工法により1.8km+1.8kmの2工区が掘削される。また南側からの残りの4kmの平行区間はTBM工法で掘削する計画である。発注者のAlpTransit社は2019年までにCeneri railルートを開通させる予定で、同社はまたGotthard Base Tunnelも建設中である(T&TI '08.2 p.11)。(T&TI '08.3 担当：篠原慶二・前田建設工業(株))



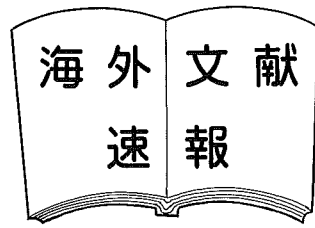
## 多様化する シールド掘進技術

監修 シールド工法技術協会  
B5判 141頁 本体価格2,500円

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

株式会社 **土木工学社**

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



(社)日本トンネル技術協会  
国際委員会

硬岩トンネルにおける沈下特性について/  
Subsidence over hard rock tunnels

By Erik Eberhardt, Christian Zangerl, Simon Low : Tunnels & Tunnelling International, March, 2007, pp.50-53

一般に、粘性土地山における圧密沈下 (consolidation settlement) 解析手法はテルツァギーの一次元圧密理論にもとづいている。圧密沈下における地盤の鉛直ひずみは、間隙水圧の変化を与えることによって算定される。しかしながら、本理論はトンネル掘削などで地盤が解放されることによる自由排水の境界条件、あるいは地盤の不均一性、透水性、異方性などを反映していない。最近の地盤数値解析手法は目覚ましい発展を遂げており、

圧密沈下解析の標準的な方法としてFEM解析(有限要素法)が採用されている。これは、地山を連続体として取り扱うものである。亀裂を有する岩においても、岩盤自体は連続体として解析されている。また、地盤が有する割れ目からの排水を考慮することも解析上可能であるが、その精度は十分とは言えない。

Zangerlは亀裂を有する結晶質岩の沈下特性 (consolidation subsidence) を説明するため、いくつかの変形モデルを開発した(図-1)。これらは水平方向の割れ目の閉合による鉛直方向変形の増大、あるいは有効応力の変化、また、鉛直方向の割れ目によって発生する滑りや排水状況による有効応力の変化について言及している。Zangerlの変形理論を裏付ける数値解析手法としてDEM解析(個別要素法)が挙げられる。本手法は地盤の不連続性を考慮しているものであり、割れ目における滑り、あるいは不連続面における割れ目の開閉、排水網など複雑な地盤の非線形的挙動を表現することが可能である。DEM解析は不連続性を持つ地盤解析手法として妥当なものであるが、詳細な現地調査による地盤特性の評価が解析の精度を左右する。

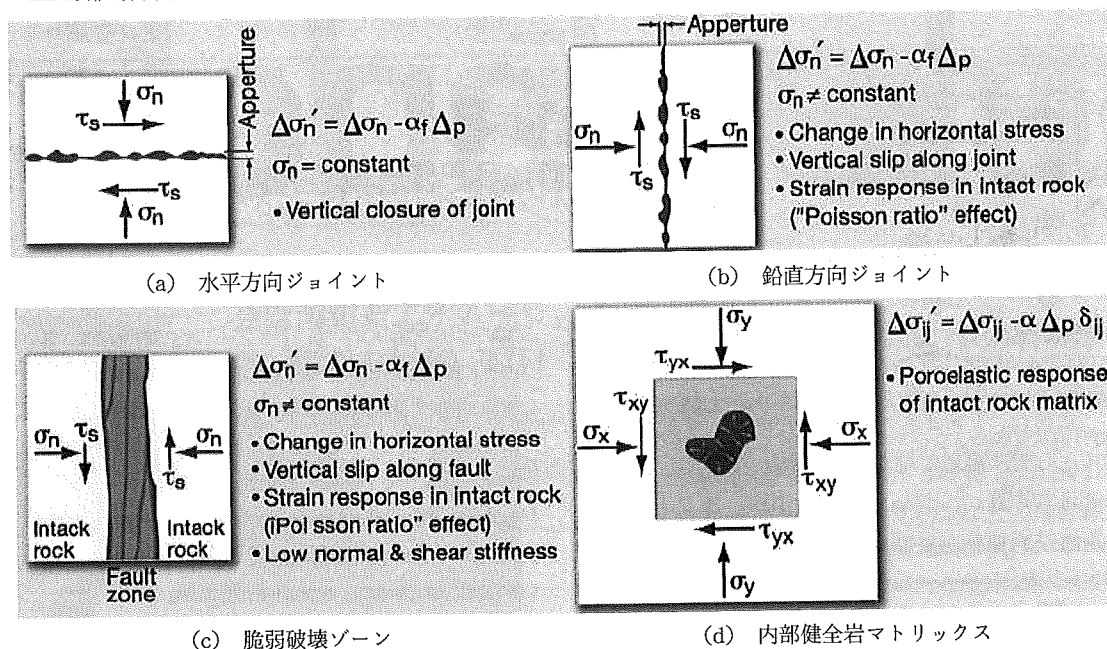


図-1 変形モデル概念図

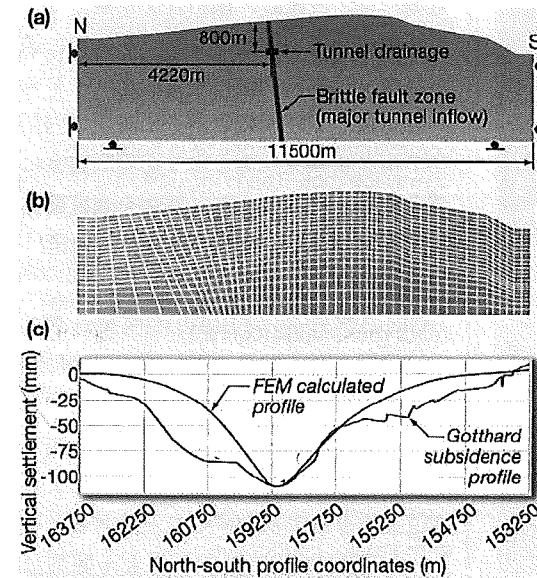


図-2 FEM解析結果

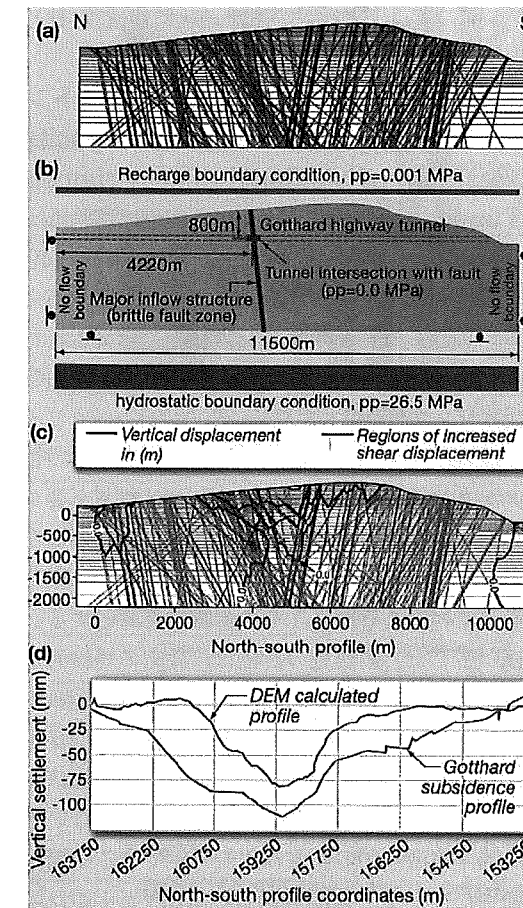


図-3 DEM解析結果

スイスのGotthardハイウェイトンネルは1970～1977年にかけて建設されたトンネルであるが、現在も地表面沈下の傾向が見られ、現地調査を実施し、FEM、DEMによる解析を試みた(図-2,3)。その結果、計測された最大沈下量の絶対値はFEM解析による結果に近く、沈下曲線の形状はDEM解析による結果と精度よく合致した。ちなみに、DEM解析で得られた最大沈下量は実測最大沈下量の75%であったが、これはDEM解析の限界であると言える。

(文責：白上勝章・五洋建設(株))

サン・ベルナルディーノトンネルの改修工事/  
New Inner Values for the San Bernardino Tunnel

By C. Mayer : TUNNEL, April, 2007, pp.70-75

スイス・アルプスの下を通るSan Bernardinoトンネル(供用後40年)の改修工事がまもなく完了する。この改修により、最新の安全標準を満たすトンネルに生まれ変わる。施工では車道の下に設けられていた換気トンネルを軌道搬送路として利用する(写真-1)などの工夫により、施工中のトン

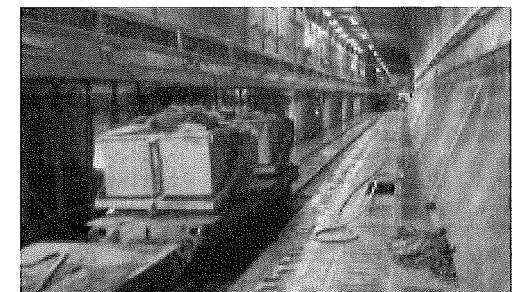


写真-1 軌道搬送路



写真-2 床版の解体作業

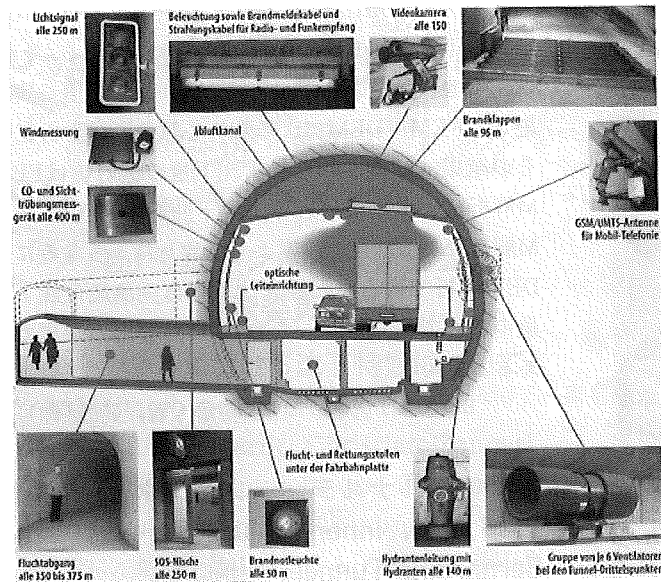


図-1 改修後のトンネル安全設備

ネル通行への影響の低減に努めた。老朽化した車道の床版を、ジョイントレスの場所打ちコンクリートに改修し(写真-2)、車道の下にあった換気トンネルを避難・救援トンネルとして利用できるように変更した(図-1)。トンネル壁面には、パールホワイト色のプレキャストコンクリートボード( $H=3.8m$ ,  $L=2m$ ,  $t=7.5cm$ ; 7,000枚)を設置した。この延長6.6kmのA13高速道路のトンネルは、2007年の夏から再供用される。

(文責：山本 肇・大成建設(株))

### 沈下ゼロを目指して/Striking out towards zero settlement control

By Shani Wallis : Tunnels & Tunneling International, June, 2007, pp.14-17

ハーグのHubertusトンネルは、延長1,500mの併設道路トンネルであり、 $\phi 10m$ のTBMにより建物やインフラ直下を通過する計画であった。そのため、事前に地質調査を行い、最新の解析技術により沈下の予測を行った。この情報全体は「Geographical Information System」としてまとめられた。また、施工時には、74台のRobotic Total Stations (RTS)によりモニタリングを行った。さらに、掘削の影響を受けやすい

区域には、変位計、傾斜計を設置して、情報が無線で中央処理コンピュータに送られた。これらのデータは、グラフィック表示にして観測時点から1時間以内にリアルタイムデータとして切羽制御室に送られた。これにより、警報を適宜発し、変位軽減措置(泥土圧、裏込め注入圧、TBM制御)がとられた。

GISのデータはTBMのオペレータに十分活用され、地表沈下は10mm以内に制御され、平均値は7mmであった。

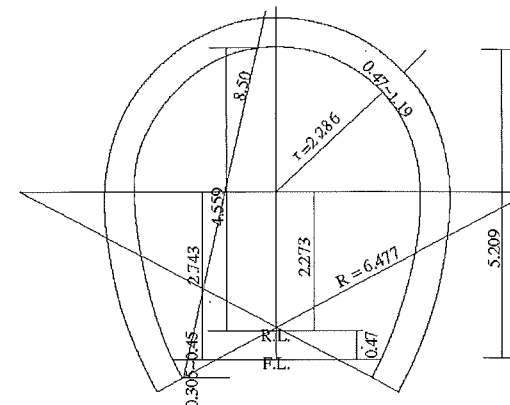
こうした装備の目標は、アムステルダム地下鉄南北線において、掘削による変位を $\pm 2mm$ に抑制することである。 $\phi 7m$ のTBMによるこのトンネル掘削は2009年に開始する予定である。

(文責：畑生浩司・鉄建建設(株))

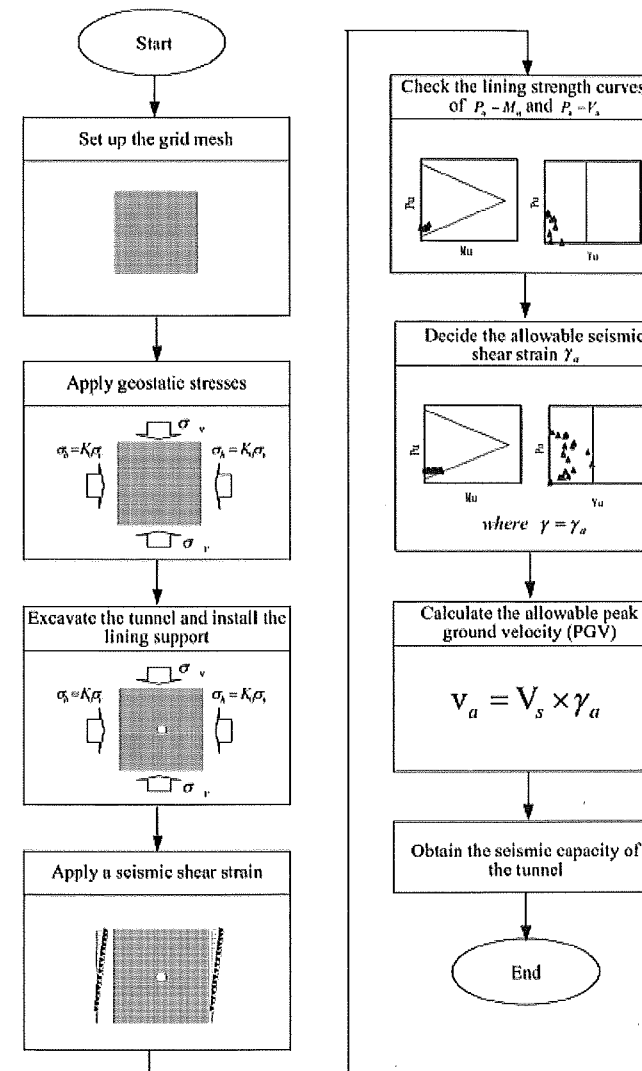
### 長い年月を経た三義(サンイー)鉄道トンネルの耐震性評価/Seismic capacity assessment of old Sanyi railway tunnels

Tunnelling and Underground Space Technology, Vol.22, July, 2007, pp.433-449.

三義の旧鉄道トンネル群は8本のトンネルからなる。これらは1908年にレンガ積みで構築されたが、1935年の新竹-台中地震(M7.1)で大きく影響を受けレンガが損傷した部分についてはコンクリートで置き換えられた。1998年には新たな1本の長大トンネルルートに置き換えられたため不必要なものとなったが、近年観光用に再利用されることが計画されており、1999年にも集集地震(M7.3)を受けていることから、その耐震性を評価する必要性が生じた。耐震性の評価は、従来の経験的手法と、本件で新たに提案したMCSR法(a Modified Cross-section Racking Deformation method)の二つの手法で行った。MCSR法は簡易で計算も速く、経験的手法では評価できない地山と地下構造物間の相互作用を考慮できる耐震性評価手法である。MCSR法による評価手順は以下のとおりである。



断面図



MCSR法の概略評価フロー

- ① メッシュ作成
- ② 初期地圧計算
- ③ トンネル掘削・支保設置
- ④ 地震時せん断歪みの付加
- ⑤ 支保の発生断面力の確認
- ⑥ 許容せん断歪み(インプット)の抽出
- ⑦ 地山せん断速度(PGV)の許容値の算出
- ⑧ 震度などの耐震性指標の評価

なおMCSR法による評価では、2次元差分法解析コードFLACを用いた。三義の旧鉄道トンネル群の耐震性の評価結果は、MCSR法の方が経験的手法に比べ、震度で1ランク程度高いものとなった。

また、過去2回の大地震における計測値、被害状況などと比較した結果、MCSR法での評価が十分信頼性の高いものであることが確認された。また、動的解析も実施し、MCSR法での評価と比較した結果、MCSR法ではヒステリシスなども考慮した真の意味での非線形性は評価できないものの、発生断面力の最大値などは十分評価できていることが確認された。今後より多くの実測データを収集し、MCSR法の適用性をさらに検証すべきであると考えられる。

(文責：横尾 敦・鹿島建設(株))

### 非開削工法に関する特集号

Tunnelling and Underground Space Technology, No.5-6, September-November, 2007.

1) 非開削工法による管敷設技術に関する開発ニーズ/Research needs for new construction using trenchless technologies (pp.491-502)

本論では、推進工法やHDD工法など、非開削による管敷設技術に関する技術開発ニーズ調査を以下の項目別で行っている。

- ① 一般的な問題
- ② 地盤と機械の相互作用

③ 管体, ジョイントなど

2) 非開削工法による管代替技術に関する開発ニーズ/Research needs for on-line pipeline replacement techniques (pp.503-514)

本論では, パイプバースト工法やパイプスプリッタ工法に代表される, 非開削での管取り替え工法に関する技術開発のニーズ調査を以下の項目別で行っている。

① 一般的な問題

② パイプバースト(burst)あるいはパイプスプリッタ(splitting)工法に関して

③ パイプイーティング(eating)あるいはパイプリーミング(reaming)工法に関して

④ パイプイジェクション(ejection)あるいはパイプイクストラクション(extraction)工法に関して

3) 圧力管あるいは非圧力管の更正技術に関する開発ニーズ/Research requirements in support of the renovation of pressure and non-pressure pipes (pp.515-523)

本論では, 圧力管と非圧力管に分けて今後の開発ニーズを総括している。

〈圧力管〉

① 鋳鉄管およびダクタイル管の腐食速度および性能低下に関する情報

② 取り替え前の既設管の遠隔診断システムおよび取り替え後の新設管の遠隔評価システム

③ 周辺地盤変位の季節変動およびそれに起因して管に作用する荷重の評価

など

〈非圧力管〉

① 粘性土地盤における管劣化をシミュレートするための遠心分離モデル

② 季節変動する水位の影響

③ 3次元的地盤変動の影響をやわらげるライニングの利用

など

4) 地下施設の位置特定と状態評価技術/Underground asset location and condition assessment technologies (pp.524-542)

都市の地下部には種々のネットワークが張りめぐらされており, 旧埋設施設の劣化や新施設の必要性から, 既設埋設施設の位置特定やその健全性診断が重要となってきた。

本論では主に地下施設の位置特定技術についてその適用性および限界に重点を置いて説明するとともに, その状態評価技術や今後の開発ニーズについても言及している。

5) 確率論的パイプライン管理システム/Probabilistic based integrated pipeline management system (pp.543-552)

パイプラインの構造的および機能的な劣化の予測手法はパイプラインの管理プロセスにおいて重要な役割を有する。

本論で提案されるパイプライン管理システムは確率論をベースとしており, 主に事業者内技術者がパイプラインの新設あるいは維持管理を行う際に, 適切な計画策定を支援することを目的とするものである。

6) 地下施設構築のための数値解析シミュレーション技術/Simulation modeling techniques for underground infrastructure construction processes (pp.553-567)

数値解析シミュレーションは, 実現象の解析に用いられるが, とくにトンネル工法あるいは非開削工法の施工過程を再現するには最適な手法である。本論で提案されるシステムは, 地下施設に関して, 管体の健全度, ルート選定, 対象地質構造の決定, 工期・工費の決定などに関する一連の作業を行うことができる。

7) マッピング アンダーワールド 最新技術レビュー/Mapping the Underworld—State-of-the-art review (pp.568-586)

英国が主導するMTU(Mapping the Underworld)の活動および三つの非開削調査技術(地中探査レーダ(GPR), 低周波数電磁波探査(VLF-EM), 音波探査(Acoustic))について個々の技術に関する最新情報およびこれらを組み合わせて使用した場合の効果などについてレビューされている。

8) コジャック(CoJack)—推進をシミュレート・コントロールするための新しい静力学計算プログラム/CoJack—A new statics method of computing and controlling pipe jacking (pp.587-599)

本論では, 推進工法における応力伝達リングの非線形性, 荷重履歴などを考慮することによりパイプに発生する応力を正確にシミュレートするためのプログラムを提案するものである。

9) 軟弱地盤における曲線推進のモデリング/Modelling the boring of curves in (very) soft soils during microtunnelling (pp.600-609)

マイクロトンネリングにおいては軟弱地盤における曲線区間の制御が問題となっている。本論では, 地盤反力係数, ジャッキの偏向荷重などを考慮したモデルにより, 曲線区間のマシン掘進に関するシミュレーションを実施している。

10) 水平掘進における内水圧のモデリング/Modeling of annular fluid pressures in horizontal boring (pp.610-619)

HDD工法適用時にボアホール内水圧による地盤破砕(fracturing)が周辺環境上問題となる。本論では, 種々の地盤条件における水圧破砕の可能性について, さまざまな構成則を仮定してシミュレーションを実施している。

11) HDD掘進におけるボアホール壁の安定性解析/Stability analysis of a borehole wall during horizontal directional drilling (pp.620-632)

HDD工法適用時におけるボアホールの孔壁安定性は, とくに緩い砂層の場合, ボアホール表面に低透水性のフィルター層が形成されるかどうか大きく依存する。本論では孔壁表面にフィルター層が形成される場合およびされない場合について, その孔壁安定性評価のための有限要素法解析を実施している。

12) HDD工法におけるパイプ引き抜き力計算のための理論モデル/Theoretical model for calculating pulling loads for pipes in horizontal directional drilling (pp.633-643)

HDD工法適用時においてパイプ引き抜き力を

計算するための理論モデルが提案されている。モデルでは引き抜き方向の変化やパイプと地盤あるいは流体との抵抗, パイプ自重などによる引き抜き力の補正が考慮されている。

13) 静的パイプバースト工法における引き抜き力数値計算のための簡易モデル/Simplified model for numerical calculation of pull forces in static pipe-bursting operations (pp.644-654)

本論では, パイプバースト工法適用時における必要引き抜き力について, 既設管の破砕抵抗, 既設管の地盤への押し込み抵抗などを考慮しながら計算することができる簡易モデルを提案するものである。

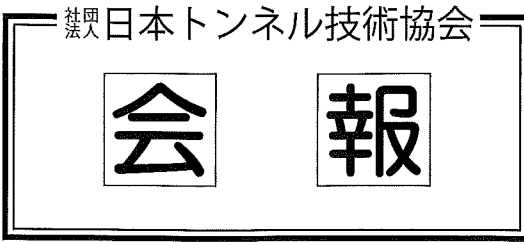
14) 地圧を受ける損傷した下水道におけるフレキシブルライニングの数値モデリング/Numerical modeling of tight fitting flexible liner in damaged sewer under earth loads (pp.655-665)

地圧の作用により損傷した既設下水道管に対してフレキシブルな内巻きライニング(HDPE)を施した場合の挙動について, 非線形FEMおよび理論解による解析が行われている。また室内実験値と比較することにより解析の妥当性について検証を行っている。

15) CIPPライニング材に発生した折り目がライニング応力に及ぼす影響に関する実験的, 解析的評価/Experimental and numerical evaluation of the impact of folds on the pressure rating of CIPP (cured-in-place-pipe) liners (pp.666-678)

鋳鉄管の中に張られたCIPPライニング材に折り目が発生した場合, その付近での応力集中によって管体の性能に影響を与えることになる。本論文では, 3次元FEM解析および室内試験によって折り目形状あるいは管内圧をパラメータとしてその存在による管体への影響について検証を行っている。

(文責: 満尾 淳・東急建設(株))



1. 会員の現状

	7月25日現在
正会員	1,962名
団体会員	351名
個人会員	1,611名
名誉会員	1名
計	1,963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

山岳工法小委員会打合せ会：7/3(深沢成年委員長ほか8名)作業方針を検討

都市トンネル小委員会打合せ会：7/8(小岩敏男委員ほか9名)作業方針を検討

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総会およびコンgres「より良い環境と安全のための地下空間を目指して」	2008. 9. 19~25	ニューデリー(インド)	CBIP(灌漑・水力中央委員会) International Tunnelling and Underground Space Association(国際トンネル協会) http://www.cbip.org
第35回ITA総会およびコンgres「都市と環境のための安全なトンネル工法」	2009. 5. 23~28	ブタペスト(ハンガリー)	Hungarian Tunnelling Association(ハンガリートンネル協会) International Tunnelling and Underground Space Association(国際トンネル協会) http://www.wtc2009.org

\* 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

北海道新幹線(本州方)トンネル委員会機械化WG:

7/2(小山幸則座長ほか36名)施工を検討

計 3回開催 56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: 7/2(大島洋志主査ほか15名)8月号の会誌と3か月計画を検討

◎国際委員会

対外広報WG: 7/14(小島宗隆主査ほか8名)英訳原稿を査読

海外文献小委員会

海外ニュースWG: 7/22(小島宗隆主査ほか7名)海外ニュースを翻訳

海外文献紹介WG: 7/30(大久保誠介主査ほか18名)海外文献を査読

◎事業委員会

打合せ会: 7/28(久多羅木吉治委員ほか5名)発表会応募概要を検討

同 : 7/29(秋本幸久委員ほか9名)発表会応募概要を検討

計 6回開催 68名出席

合計 9回開催 124名出席

4. 平成20年度催物開催現況

催物名	開催日	人数	場所
(見学会)			
名古屋市下水道現場研修会	2008. 6. 19	15	愛知県
名古屋市地下鉄現場研修会	2008. 6. 20	13	愛知県
交差点立体工事現場研修会	2008. 7. 25	20	神奈川県
都下水道現場研修会	2008. 7. 30	20	東京都
首都高速中央環状新宿線現場研修会	2008. 8. 19	20	東京都
福岡市下水道現場研修会	2008. 9. 12	20	福岡県
北関東自動車道トンネル現場研修会	2008. 9. 19	20	栃木県
北海道道路トンネル現場研修会	2008. 9. 25~26	50	北海道
北海道新幹線トンネル他現場研修会	2008. 10. 9~10	30	北海道(下記参照)
仙台東西線 青葉山トンネル他現場研修会(施工体験発表会)	2008. 10. 17	20	宮城県
第62回(山岳) 「周辺の環境条件を配慮し、新技術を駆使したトンネル工事」	2008. 10. 23	200	東京都(77頁参照)
第63回(都市) 「都市部の特殊条件下でのトンネル工事」(講演、講習会)	2008. 10. 24	200	東京都(77頁参照)
第10回トンネル技術ステップアップ研修会(シールド部門)	2008. 11. 6~7	30	東京都
第11回トンネル技術ステップアップ研修会(山岳部門)	2008. 11. 20~21	30	福島県(予定)

北海道新幹線トンネル他現場研修会開催のご案内

このたび(独)鉄道・運輸機構はじめ関係各社からご協力をいただき、北海道土木技術会との共催により北海道新幹線トンネルの現場研修会を開催することといたしました。

今回は、首都圏はもとより、東北、北関東との文化・経済交流の促進や新産業の創出など、さまざまな産業分野へ大きな経済波及効果をもたらす、北海道の活性化にきわめて大きな役割を果たす新幹線建設のうち、3か所のトンネル工事のほか、青函トンネルの斜坑底における諸施設を見学するものであります。

北海道における鉄道建設現場を見学するよい機会でありますので、多数ご参加下さいますようお願い申し上げます。

なお、本研修会は(社)土木学会の継続教育である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—

開催日：平成20年10月9日(木)、10日(金)

見学箇所および工事概況：

発注者	(独)鉄道・運輸機構鉄道建設本部北海道新幹線建設局		
見学箇所	渡島当別トンネル(西)	渡島当別トンネル(東)	新茂辺地トンネル(東)
	渡島当別トンネル全長=8,080m		新茂辺地トンネル全長=3,185m
施工者	鉄建・伊藤・岩田地崎・松本JV	大成・岩田地崎・岩倉・加藤JV	熊谷・東急・札建JV
工事概況	トンネル延長=3,880m ベンチカット、自由断面掘削機八雲層、頁岩、褶曲により乱された強度の低い区間が存在。	トンネル延長=4,200m ベンチカット、自由断面掘削機黒松内層、泥岩および砂岩主体、比較的安定している。	トンネル延長=1,800m 補助ベンチ付き全断面掘削

定 員：30名  
 参 加 費：会員(北海道土木技術会会員とも)26,000円、一般40,000円  
 行 程：

## 第1日目(10月9日)

13:00 函館駅前集合(時刻厳守), 昼食は各自, マイクロバスで移動  
 14:10 渡島当別トンネル(西)見学  
 15:00 現場出発  
 16:30 吉岡斜坑口~斜坑底~ポンプ場~斜坑底~作業坑口~定点~作業坑口~吉岡斜坑口  
 18:10 現場出発  
 18:30 松前町「矢野」着, 宿泊

## 第2日目(10月10日)

08:00 宿舎発, マイクロバスで移動  
 10:00 渡島当別トンネル(東)見学  
 10:50 現場出発  
 11:00 新茂辺地トンネル(東)見学  
 11:50 現場出発  
 12:20 函館駅前解散

申し込み方法：参加者氏名, 年令, 所属, 貸出しヘルメット・長靴の要・不要, 電話番号, FAX, e-mailを下記申し込み書に記載のうえ当協会宛にFAX(03-3553-6145)をもって申し込み下さい。受付番号をお知らせします。

支払い方法：上記申し込みののち, 郵便振替用紙通信欄に行事名と参加者氏名, 受付番号を記入のうえ下記へお振込み願います。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作業衣は各自持参願います。ヘルメット, 長靴も極力ご用意願います。  
 (遠方参加が必要な場合は, 必ず要に○印を付け, 足のサイズを明記して下さい。)  
 ②参加費の払戻しはいたしかねますが, 代理参加は差し支えありません。

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。

2008年 月 日

## 北海道新幹線トンネル現場研修会申し込み書

氏名： ふりがな	年齢： 才	ヘルメット：要・不要 長靴：要・不要 ( cm)	性別：
TEL： - -		喫煙： 無 ・ 有	
FAX： - -		e-mail：	
会社名：			
所属役職：			

## 第62回(山岳), 第63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。昨年からの発表者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せ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62回(山岳)施工体験発表会 平成20年10月23日(木)

第63回(都市)施工体験発表会 平成20年10月24日(金)

定 員：各200名

参加費：第62回, 第63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, ご了承願います。

〒104-0041 東京都中央区新富 2-14-7 新光第一ビル

社団法人日本トンネル技術協会 施工体験発表会係

TEL：03-3553-6174 FAX：03-3553-6145

支払い方法：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。

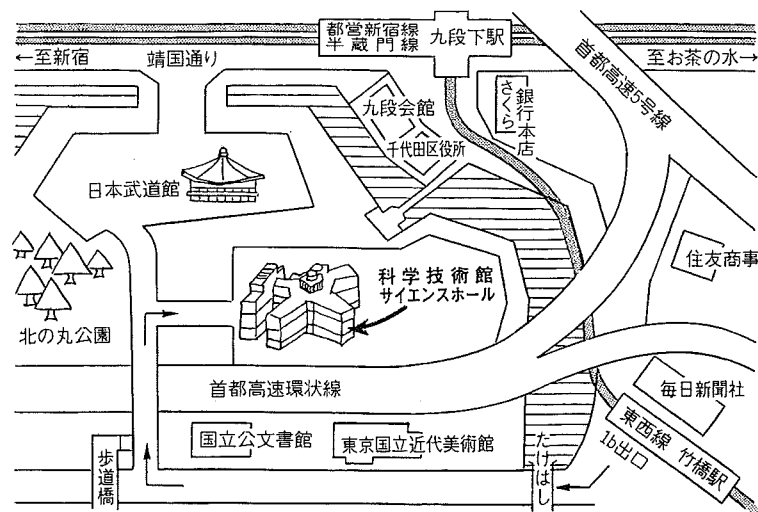
②テキストを事前に送付いたしますので, 住所等は必ず記載して下さい。

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62回, 63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)

氏名： ふりがな	年齢	才	TEL	-	-
会社名					
所属役職					
会社住所					

〔案内図〕



### 第62回(山岳)施工体験発表会

開催日：平成20年10月23日(木)

プログラム：

- 司会 (株)大林組生産技術本部トンネル技術部長〈事業委員会委員〉 三上 哲司
- 09:55 開会挨拶 日本交通技術(株)代表取締役社長 桑原 彌介
- 10:00 九州地方特殊土(灰土)地盤における小土被りトンネルの施工 鹿島建設(株)
- 10:25 民家及び養殖を営む漁場に近接した場所でのトンネル施工 (株)奥村組
- 10:50 地上構造物が存在する地すべり直下のトンネルの情報化施工 清水建設(株)
- 11:15 民家に近接したトンネル坑口部の施工における環境対策と新技術の適用 (株)鴻池組
- 11:40 膨張性地山区間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)
- 12:05 昼食
- 司会 清水建設(株)土木技術本部地下空間統括部部長〈事業委員会委員〉 千葉 隆
- 13:00 トンネル発破低周波音レベル80dB以下に挑戦 飛島建設(株)
- 13:25 崩壊跡地の河川敷をトンネルで横断 前田建設工業(株)
- 13:50 周辺環境に配慮した低層住居専用地域でのトンネル施工 (株)熊谷組
- 14:15 地すべり地帯における小断面排水トンネルの施工 (株)鴻池組
- 14:40 休憩
- 司会 前田建設工業(株)土木本部土木部トンネルグループ長〈事業委員会委員〉 小松 敏彦
- 14:50 小土被りの住宅・市道直下でのトンネル掘削における沈下抑制対策 (株)間組
- 15:15 超膨張性地山および未固結砂礫断層帯の施工 (株)大林組
- 15:40 民家に近接した山岳トンネルの施工 鉄建建設(株)
- 16:05 広域的地下水流動の保全を目的とした防水型トンネルの施工 大成建設(株)
- 16:30 閉会

### 第63回(都市)施工体験発表会

開催日：平成20年10月24日(金)

プログラム：

- 司会 東亜建設工業(株)土木事業本部技術部長〈事業委員会委員〉 久多羅木吉治
- 09:55 開会挨拶 日本交通技術(株)代表取締役社長 桑原 彌介
- 10:00 中央線東中野駅付近桜川橋改築・首都高交差部建設工事 鉄建建設(株)
- 10:30 東陽幹線その5工事に伴う支障物処理 東京都下水道局
- 11:00 大深度における地下河川トンネルの凍結工法による接合工事について 佐藤工業(株)
- 11:30 岩盤対応型泥水式シールド機による道路トンネルの施工 (株)大林組
- 12:00 昼食
- 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〉 金田 則夫
- 13:00 幹線国道直下・低土被り・玉石砂礫地盤・地下埋設物近接・地中障害物へ対応した国内最長150mパイプルーフ工 鹿島建設(株)
- 13:30 急曲線(R=10m)とシールド機内からの障害物撤去の施工 (株)奥村組
- 14:00 都市部に適応した上向きシールド工法と発進部セグメント 大成建設(株)
- 14:30 休憩
- 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
- 14:40 大深度、高水圧下での超長距離推進工の施工 清水建設(株)
- 15:10 岩盤急曲線における泥土圧式シールド工の施工実績 戸田建設(株)
- 15:40 軟岩層における小口径・長距離シールドの施工 (株)間組
- 16:10 閉会

#### 年金記録の確認にご協力ください

当協会所管機関からの「ねんきん特別便」にかかわる周知・広報の協力依頼により、下記のとおりご案内いたします。

本年10月までに社会保険庁よりすべての加入者の方に「ねんきん特別便」をお届けします。年金記録に「もれ」や「間違い」がないかご確認のうえ、誤りのあるなしにかかわらず必ずご回答くださいますようお願いいたします。

#### ご質問・お問い合わせ：

「ねんきん特別便専用ダイヤル」0570-058-555

月～金曜日：午前9時～午後8時

第2土曜日：午前9時～午後5時

または、

お近くの社会保険事務所・年金相談センター

\*詳しくは、<http://www.sia.go.jp/> まで

## 10月号予告[10月1日発売予定]

- 有害元素を含む掘削残土の分別処理法の検討
  - 小土かぶり・帯水土砂地山トンネルの補助工法(1)
  - 三遠南信自動車道 三遠トンネル
  - 中之島線 第3工区
- 【連載講座】
- 山岳トンネル先進ボーリング入門(2)

\*内容等は変更になる場合がございます

### 編集後記

◆直径10~数十kmの範囲の限られた地域に短時間に多量に雨が降る都市型の集中豪雨(ゲリラ豪雨)は、台風などと異なり予測が困難で、地形によっては土砂災害や洪水などの被害が起きやすい。原因はまだ解明されていないが、ヒートアイランド現象も影響しているといわれている。先月、東京でもゲリラ豪雨により被害をもたらされたが、地下鉄や地下街といった施設が多い都市でいったん浸水してしまうと都市機能が麻痺し、莫大な経済損失を招いてしまう。本号で紹介した「いろは呑龍トンネル」や以前本誌で紹介した「首都圏外郭放水路」、「神田川・環七地下調節池」もこのような都市型の浸水被害対策事業の一つである。今後各地でもこのような地下を利用した災害対策が増えて行くだろう。

◆自然災害が各地で頻繁に起き、しかも以前では想像できなかったような集中豪雨や大地震などが甚大な被害をもたらしている。昨今、公共工事が縮小され、業界全体も厳しい状況ではあるが、本誌を通じて地下施設やトンネルが災害に対していかに有効かを紹介し、予期できない災害に対して被害を最小限にとどめるような安全な国土形成に貢献していきたい。

(K.Y)

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

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

## トンネルと地下

第39巻 第9号 [通巻457号]

ISSN 0285-631X

Tonneru to chika

平成20年8月20日 印刷

平成20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

2  
短時間強度長期耐久性が  
良好です

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

3  
塩化物を  
含んでいません

塩化物を含んでいませんので

ロックボルト・鋼製支保工等の鋼材を腐食させません

### 優れた付着性!!

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

 太平洋マテリアル株式会社

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