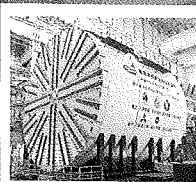


2003
《超大断面・大深度・長距離掘削用シールド》
神田川・環状七号線地下調整池の建設で活躍



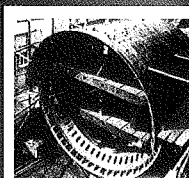
1995
《3心円泥水式駅シールド》
地下鉄12号線環状部飯田橋駅工区建設工事で活躍



1993
《世界最大級の泥水式シールド》
東京湾横断道路工事で活躍



1989
英仏海峡トンネルT-5工区貫通式完成にわく関係者たち



1939
《日本最初の本格的シールド》
関門トンネル工事で活躍

トンネル開発技術に60余年のヒストリー

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

世界中で、1630台の実績!

三菱重工のシールド式トンネル掘削技術

三菱重工業株式会社 本社 都市開発施設部 地中建設事業ユニット営業グループ 東京都港区港南2-16-5 〒108-8215 TEL03(6716)3111
神戸造船所 建設機械部 営業課 神戸市兵庫区和田崎町1-1-1 〒652-8585 TEL078(672)2876

出版元 株式会社土木工学社 東京都新宿区岩戸町16番地マイジャー神楽坂

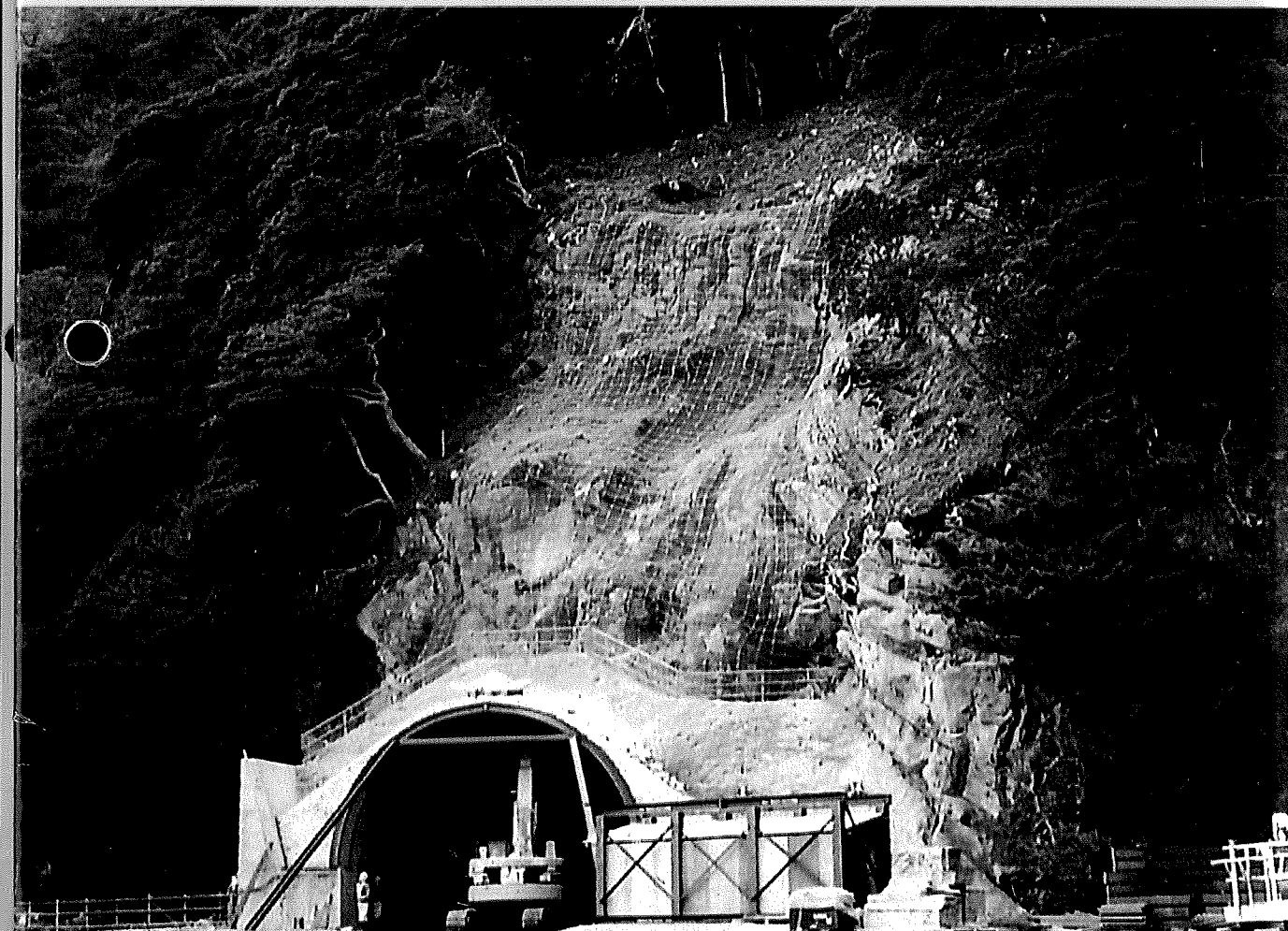
定価 1,230円 雑誌06619-6
本体価格 1,171円

トンネルと地下 6

vol. 35
no. 6
2004

地下水位低下工法による土砂地山トンネルの施工
新島近海地震災害を新設トンネルで復旧
断層破砕帯を矢板工法で貫き大深度立坑に到達
地下1,000mの立坑工事に着手
西大阪延伸線建設工事の計画概要

日本トンネル技術協会誌



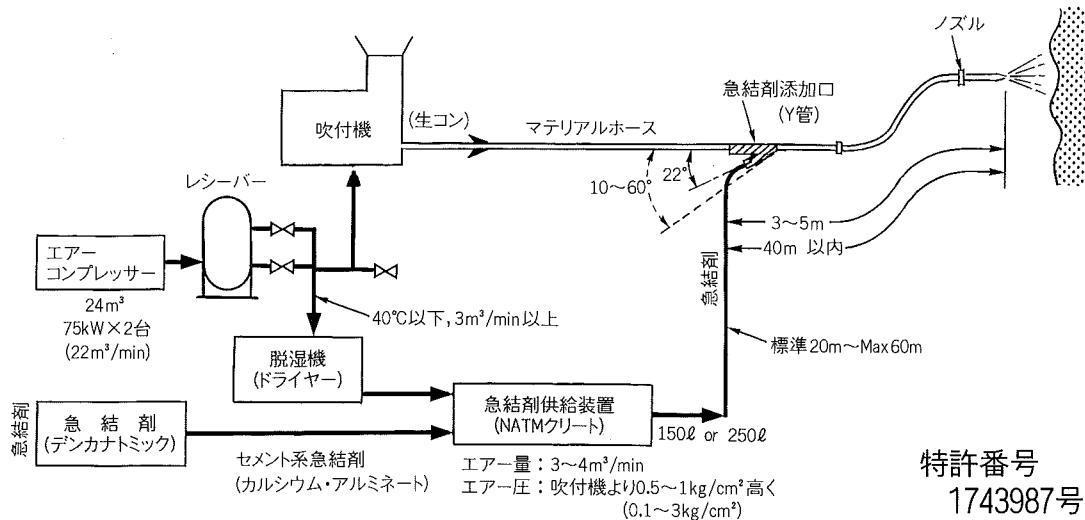
世界に誇る日本のNATMトンネル

安全性・経済性・高品質

技術者が選ぶ

デンカナトミック
吹付けコンクリート用急結剤

NATMトンネル吹付けシステム (デンカナトミック使用時)



特許番号
1743987号
2060759号
2118718号

湧水、剥落をシャットアウトする

急結力

- 湧水に強い
- 急結性が優れている
- 付着性が大きく、はね返り損失が少ない
- 短時間強度・長期強度とも優れている

《デンカナトミック》 種類

*: TYPE-Lは、液状急結剤です。

TYPE	かさ比重(標準)		真比重(標準)	標準使用量 (X/C%)	主成分	性能および主な用途
	有振動	無振動				
3	1.03	0.73	2.48	3~6 (標準5)	無機塩	一般吹付け工事、用排水路・法面吹付け工事、他
5	1.22	0.78	2.68	5~10 (標準7)	急結性セメント鉱物	高急結性一般吹付け工事、湧水部の吹付け工事、ナトムトンネル用万能タイプ
10	1.18	0.70	2.86	10~25	超急硬性セメント鉱物	高強度用 緊急・補修吹付け工事、ぼうあつトンネル工事、膨張性地山工事、地下貯蔵用タンク
L*	—	—	1.47	4~8	無機塩	一般吹付け工事 トンネル・用排水路・法面吹付け工事

■ トンネル関連製品

- デンカ Σ-ショット…高強度吹付けコンクリート用混和材
- デンカ FTN…吹付けコンクリート用高性能混和剤
- デンカ サブショット…小断面トンネル (TB M) 用吹付けモルタル
- デンカ Pロック…長尺ボルト・ケーブルボルト用定着材
- デンカ ウレタン/MIF…地盤注入およびコアパイルリング定着材
- デンカ AGF…AGF工法用セメント系定着材
- デンカ ES…無公害な土質安定用急硬材
- デンカ CSA 100 R…トンネル2次巻きのひびわれ抑制に (水和熱抑制型膨張材)
- デンカ GK-10…セメント系裏込注入材

チャレンジする化学

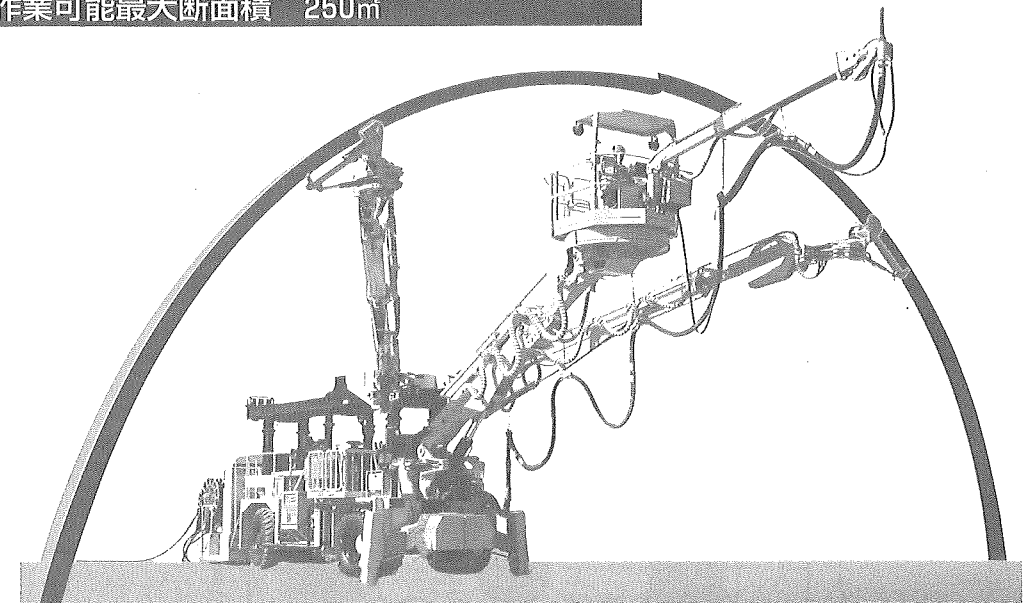
デンカ
電気化学工業株式会社

本社 ● 特殊混和材事業部
東京都千代田区有楽町1-4-1 〒100-0006
電話 03-3507-5358

Normet Spraymec 2000 WPC Boomin

大断面トンネル対応型 エレクター機構付コンクリート吹付機

作業可能最大断面積 250㎡



高い生産性

- * 高性能エレクターとコンクリート吹付機を合体させた高機能トンネル作業用ロボット (建て込み可能最大支保工重量 1t、最大コンクリート吐出量 25m³/h; 実績)
- * 作業機械 (エレクター ⇄ 吹付機) を入れ替えるためのロス時間削減

安全なコンクリート吹付作業

- * 肌落ち等が発生しても安全なプラットフォームでの吹付操作可能
- * 補助ベンチ付全断面掘削工法においても安全・効率的な支保工の建込及び吹付操作可能

液体急結剤対応可

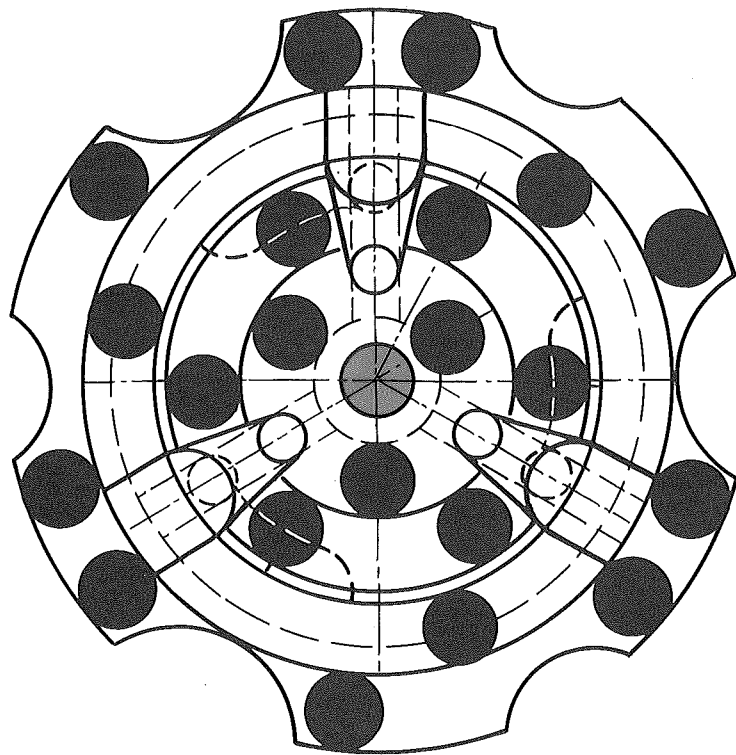
- * 環境にやさしい液体及び粉体どちらの急結剤にも対応可能

normet
Your partner for tough jobs

総発売元
株式会社 ケー・エフ・シー
東京土木営業部
〒105-0014 東京都港区芝2-5-10
TEL: 03-3798-8511
FAX: 03-3798-8516

長尺先受工法 KAT SYSTEM による安全かつ合理的施工

KAT-革命



KAT(カット)とは...

Katecs、オーストリアの提携会社 Alwag 社、Techmo 社のパートナー・イニシャルです。

NATMトンネル防水

カテックス スーパーシート

KATECS

吹付けコンクリート用液体アルカリフリー急結剤

MAPEI AFK777J

KATECS

吹付けコンクリート用高性能減水剤

MAPEI X504・X404 シリーズ

KATECS

無拡幅長尺先受工法

AGF-PI工法

KATECS

切羽対策工法

Small-PI工法

KATECS

ロックボルト孔壁自立工法

ホールキーパー

KATECS

カタログ等お問い合わせは ◆

——日本で生まれ、世界へ広がる。 **NATMの補助工法** ——

株式会社 カテックス 建設資材事業部

本社 ES.グループ 〒460-8331 名古屋市中区上前津1丁目3番3号

中部営業部 TEL 052-331-8821 FAX 052-332-0164

東京支店 〒112-0014 東京都文京区関口1丁目15番3号

TEL 03-3260-8321

FAX 03-3266-1648

関西営業部 〒550-0005 大阪市西区西本町1丁目6番6号

TEL 06-6578-3235

FAX 06-6578-3237

九州営業所 〒816-0932 福岡県大野城市瓦田4-15-26

TEL 092-574-0856

FAX 092-574-0846

北海道地区 〒003-0011 札幌市白石区中央1条5丁目8番2号

株式会社 H・R・O TEL 011-821-5868

FAX 011-821-6644

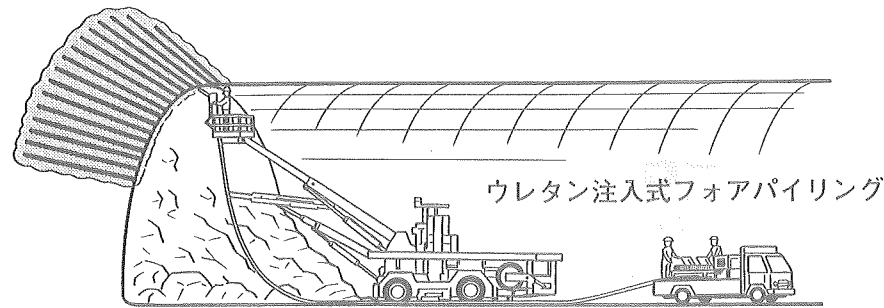
BRIDGESTONE

厳しい条件下の施工に
迅速な対応・信頼の
ブランド

ブリヂストンのトンネル資材

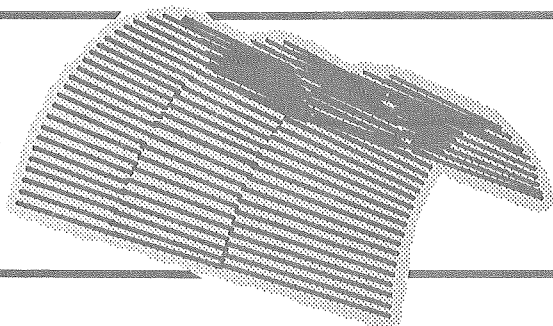
切羽の安定化対策用補助工法

エバーライトGK工法 ウレタン注入式岩盤固結工法

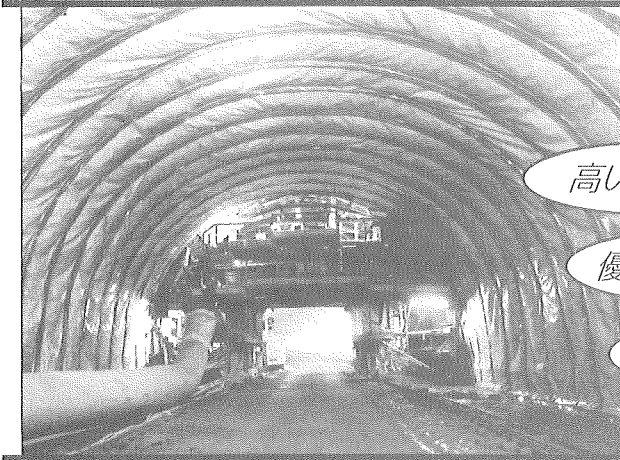


ウレタン注入式フォアパイリング

注入式長尺先受工法
(AGF工法)



ナトミックシート トンネル用防水シート



高い防水性

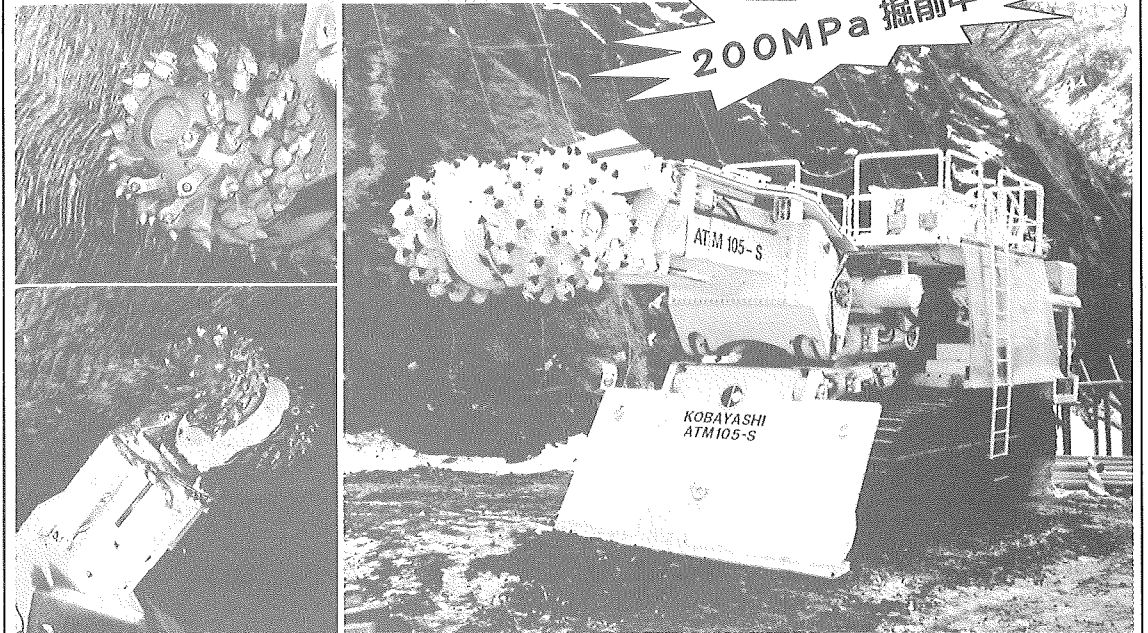
優れた耐久性

容易な施工性

株式会社ブリヂストン

土木・海洋商品販売部
東京都中央区京橋1丁目10番1号 〒104-0031
電話 東京 (03) 5202-6873

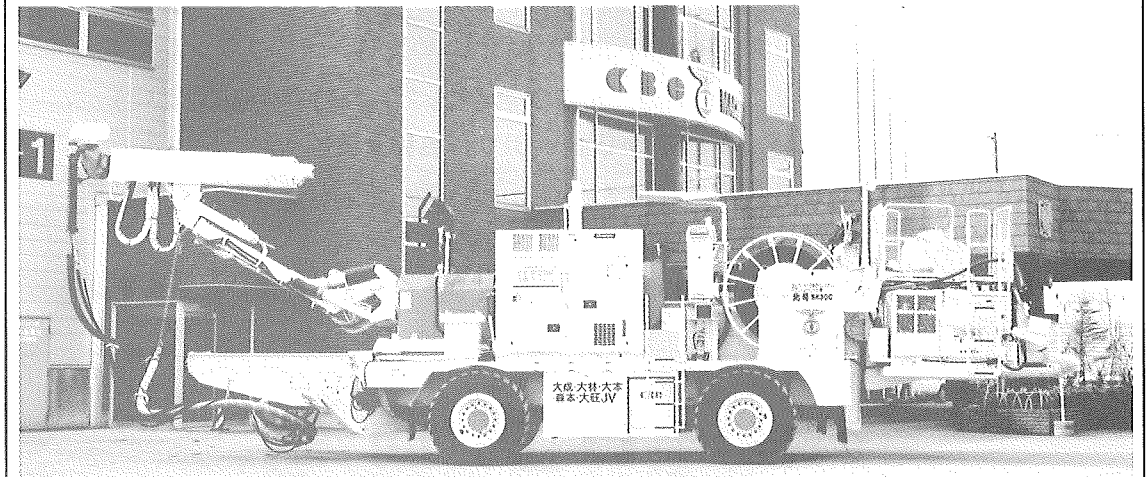
世界の仲間たちと作り上げました
スーパーヘッダ 神威 ATM105-S



PURE MADE IN JAPAN

北斗 SK30C

国内最大の納入実績
あらゆるコンクリート吹付けシステムに対応可能



株式会社コバヤシ
KOBAYASHI Co.,Ltd.
旧社名 小林物産(株)

〒061-3241 本社 石狩市新港西3丁目737-1 TEL:0133-72-5110 FAX:0133-72-5177
〒061-3241 本社工場 石狩市新港西3丁目737-1 TEL:0133-72-8056 FAX:0133-72-8037

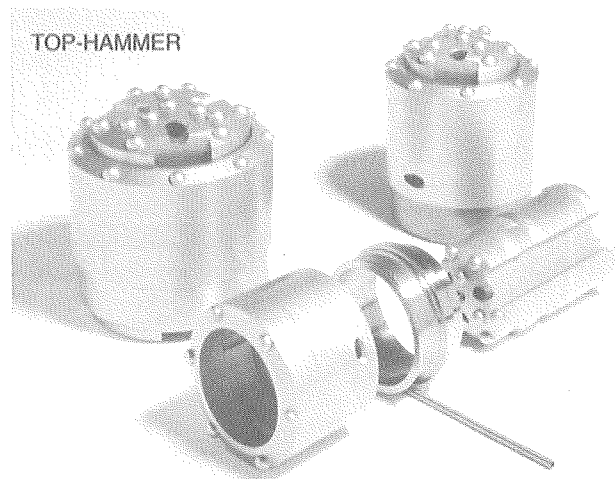
北海道新幹線早期着工を

青函トンネルから生まれた会社が25年経ちました

SX-BIT

ROTEX OY

SYMMETRIX® for overburden drilling



トップハンマーによる長尺鋼管先受け工法に最適

- SYMMETRIX® は、ROTEX 社 (Finland) のオリジナルブランドです。
- 平成15年4月より、SYMMETRIX (シンメトリックス・通称SX-BIT) として、販売いたします。(CX-BIT から SX-BIT に名称変更)
- Speedy・Smooth・Straight・Easy to Retrieve を特長とし、専用工具も取り揃えた、「Simple is Best」のさく孔システム。
- パイプサイズφ66mm～φ139mmまで、確実なさく孔をお約束いたします。

にっ こう しょう かい
合資会社 日高商会

〒103-0023 東京都中央区日本橋本町4-14-2 ミマツビル TEL.03-3663-0561 FAX.03-3667-5443

立川センター

〒190-0033 立川市一番町4-42-1 TEL.042-531-7228 FAX.042-531-7210

高品質・SEC・高強度対応型 吹付プラント

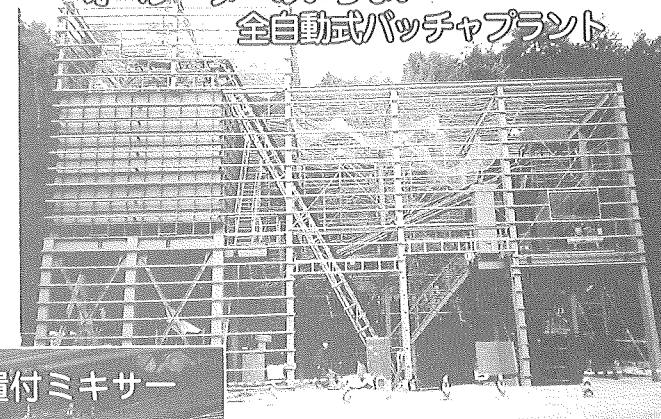
全自動式 バッチャプラント

吹付コンクリート用

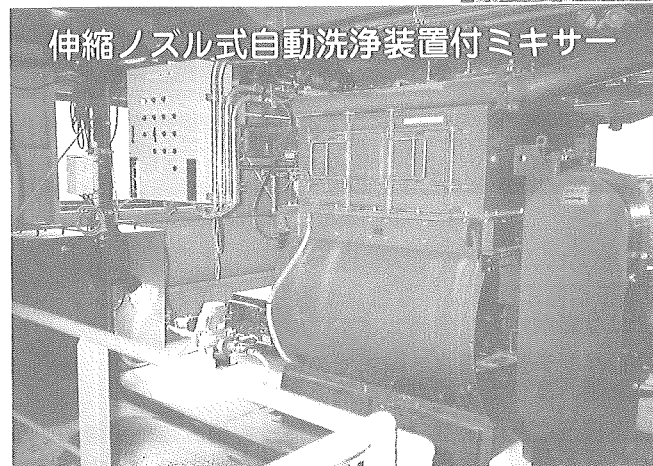
自動スランプ調整装置

バッチャプラントの水分補正は
名岐の自動スランプに
おまかせ下さい。

オペレーターのいない
全自動式バッチャプラント



伸縮ノズル式自動洗浄装置付ミキサー



■ MKS-500KBE-TME型

生コン洗浄水処理装置

- ◆ スチールファイバー供給設備
- ◆ 濁水処理プラント (能力 10T/H~100T/H) ユニットタイプ
- ◆ 砕石プラント・産廃プラント・ベルトコンベアー 設計・製作
- ◆ 油圧バケット、特殊クレーン設計・製作
- ◆ ターンテーブル (30ton・重タンブ用・40ton通過)

ミキサー洗浄水

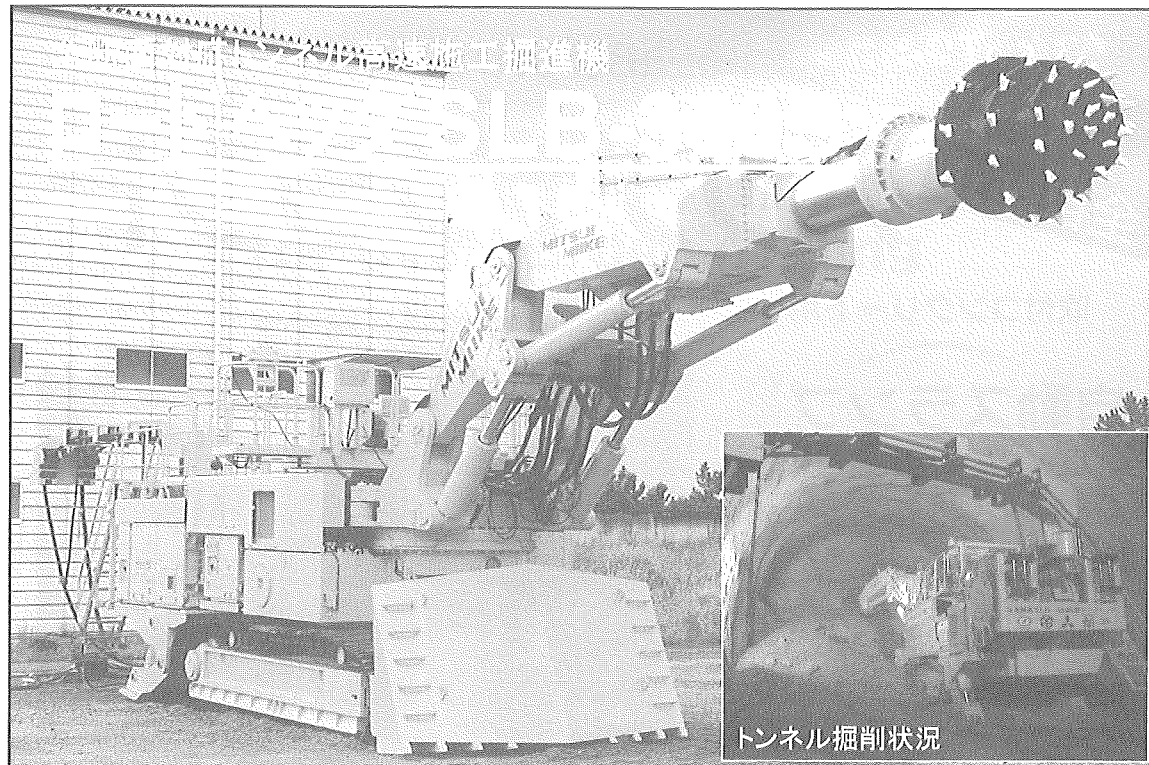
トラミキ洗浄水

リサイクル

MK 名岐機器株式会社

本社 岐阜県養老郡養老町有尾600-100
〒503-1277 TEL (0584) 35-3735(代)
FAX (0584) 35-3736

本巢工場 岐阜県本巢郡本巢町神海
〒503-1235 TEL (0581) 32-5066
FAX (0581) 32-5565



大断面トンネルの高速施工を目指して

特徴

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

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

製造元 株式会社 三井三池製作所 本店 / 〒103-0022 東京都中央区日本橋室町2丁目1番1号 三井ビル2号館
 産業機械部 TEL. 03-3270-2006 FAX. 03-3245-0203
 札幌支店 TEL. 011-251-5211 FAX. 011-221-3704 / 大阪支店 TEL. 06-6448-6851 FAX. 06-6441-6537
 福岡支店 TEL. 092-271-8871 FAX. 092-271-0653
<http://www.mitsumiike.co.jp> E-mail koken@mail.mitsumiike.co.jp

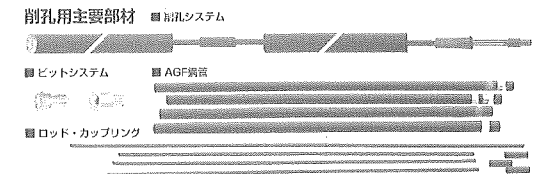
メンテナンス ミイケ機材株式会社 本社 / 〒103-0021 東京都江戸川区中央1丁目13番19号
 TEL. 03-3241-4711 FAX. 03-5678-4105

TFTのトンネル資材

▼ AGF工法

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

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



フレキシブルで使いやすい引込方式

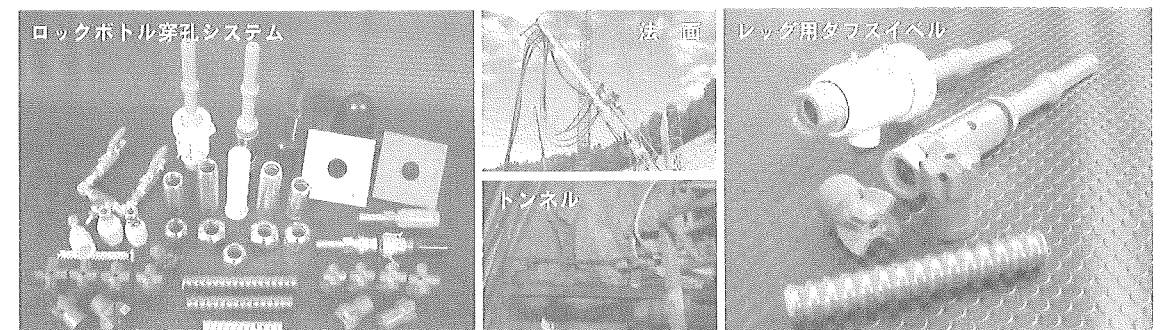


▼ タフボルト (自穿孔ロックボルト)

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

また削孔ビットもφ45~φ65mmと広く準備されています。

品名	外径mm	断面積mm ²	引張荷重	降伏荷重	せん断荷重
TF22	31.5	375	235kN (24Tf)	196kN (20Tf)	125kN (12.7Tf)
TF26	31.5	420	274kN (28Tf)	215kN (22Tf)	176kN (18.0Tf)
TF32	34.0	500	353kN (36Tf)	274kN (28Tf)	216kN (22.0Tf)



TFT 株式会社 ティーエフティー

Tube Forming & Technological

〒220-0051 神奈川県横浜市西区中央1丁目29番16-201号

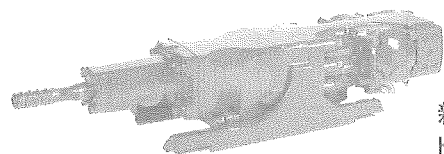
Tel 045-320-1701 Fax 045-320-1702

TOYO

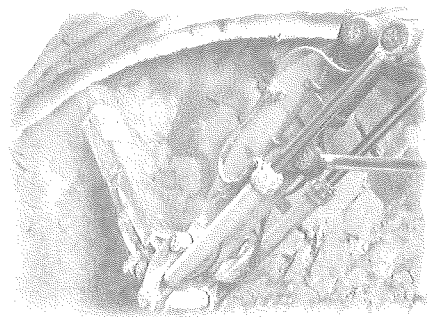
SANDVIK



サンドビクトーヨーは、高速さく孔と作業環境改善の実現をお約束します



新型高性能ドリフター HLX5



TOYO EJC Rammer
TAMROCK Toro

サンドビクトーヨー 株式会社
〒224-0023 神奈川県横浜市都筑区東山田4-33-7

Tel: 045-590-4111 Fax: 045-590-4315
URL: <http://www.SMC.sandvik.com>

MITSUBISHI DIABIT 地山の維持・補修用工具システム

☆玉石・軽石混じり砂礫層掘削に威力を発揮!! ☆掘削しながら同時にケーシングが挿入できる!!

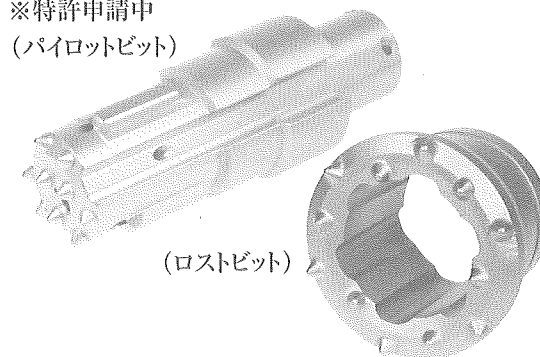
スーパーメックスビット

工具システム(ビット回収タイプ)
特許 No.2730253 他



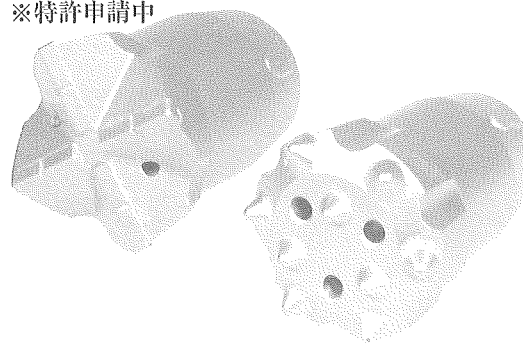
ウルトラメックスビット

工具システム(アウタービットロストタイプ)
※特許申請中
(パイロットビット)



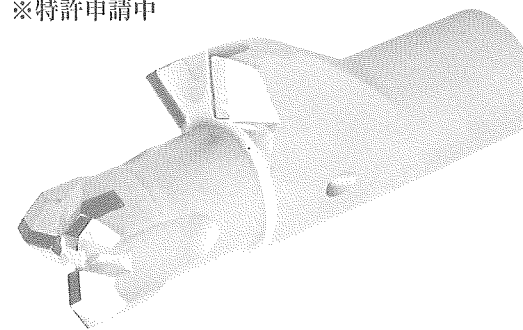
スモールP用ビット

工具システム(ロストビットタイプ)
※特許申請中



かん太郎ビット

工具システム(ビット回収タイプ)
※特許申請中



主な用途

- トンネル..... 鋼管先受け工
水抜きボーリング
- 法面..... アンカー
水抜きボーリング
鏡ボルト
鏡補強
- 基礎..... 地盤改良
- 調査..... ボーリング



注入式長尺先受工法 (AGFI工法)

三菱マテリアル

東京支店 ☎03-5819-5263 岐阜駐在 ☎0584-27-5082 大阪支店 ☎06-6355-1053
九州営業所 ☎092-573-7372 海外グループ ☎0584-27-5011
<http://mrt.mitsubishicarbide.com/>

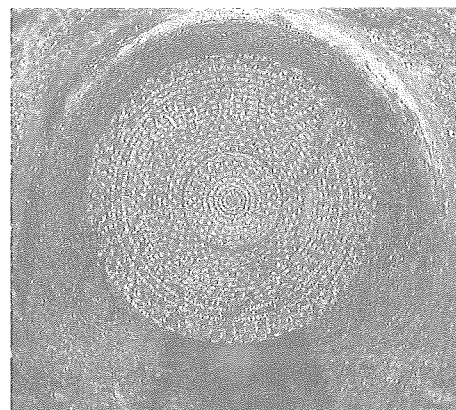
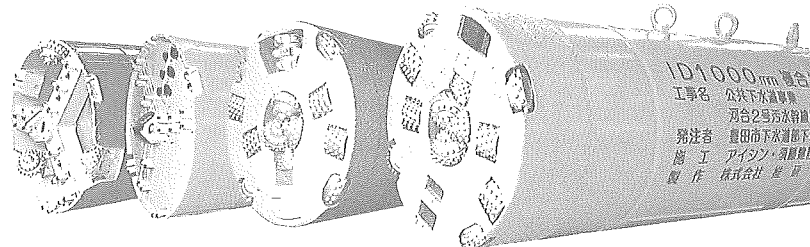
岩盤推進を創めて20年

軟弱土から硬岩まで!!

複合推進工法 (C.M.T工法)

- 800mm~3000mmまで対応
- 機内よりビット交換が可能です。
- 岩盤と普通土との互層土質も施工可能です。
- 長距離曲線推進も可能です。

■ CMT工法で使用される様々なカッターヘッドの一例



C.M.T工法協会
株式会社 推研

本社 〒547-0002 大阪市平野区加美東4-3-48
TEL 06-4303-6026
FAX 06-4303-6029
研究所 〒569-1044 大阪府高槻市土土室3-29-7
TEL 0726-94-6164
FAX 0726-92-0186

Kanaflex
ISO9001
認証取得

電力・通信ケーブル用多条保護管 カナパイプPV型

トンネル内埋設工事を
省力化・効率化

用途

- トンネル・道路・橋梁
- レジャー施設
- 電線共同溝 (C.C.BOX)
- 大規模プラント

難燃ポリエチレン製の多条ユニット(定R5m)
ワンタッチで管路接続、作業性抜群です。
配管間隔が狭い省スペース施工に威力を
発揮します。

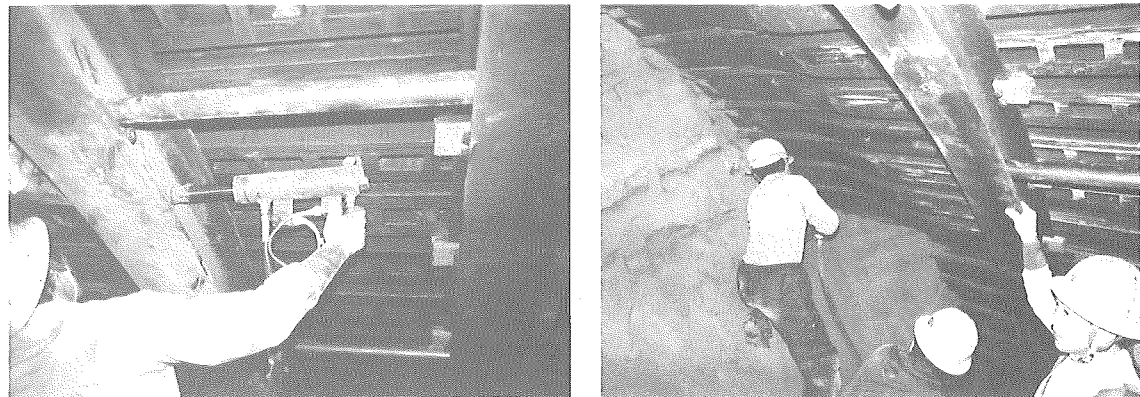
カナフレックスコーポレーション株式会社

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)6881-0776 FAX(06)6881-0760
札幌営業所 TEL(011)271-8770 仙台営業所 TEL(022)792-3055 横浜営業所 TEL(045)241-7511 新潟営業所 TEL(025)226-5111
静岡営業所 TEL(054)275-2258 金沢営業所 TEL(076)234-5660 名古屋営業所 TEL(052)955-1511 神戸営業所 TEL(078)360-6173
広島営業所 TEL(082)240-0609 高松営業所 TEL(087)861-4600 北四国営業所 TEL(0875)57-6120 福岡営業所 TEL(092)474-2630
鹿児島営業所 TEL(099)224-8404
直営工場 北海道工場 仙台工場 栃木工場 千葉工場 滋賀工場 愛東工場 広島工場 四国工場 九州工場
URL <http://www.kanaflex.co.jp>

トンネル

C.C.BOX

アーストンネル掘削工法に最適 SS式メッセル



30年の実績（工法指導致します）

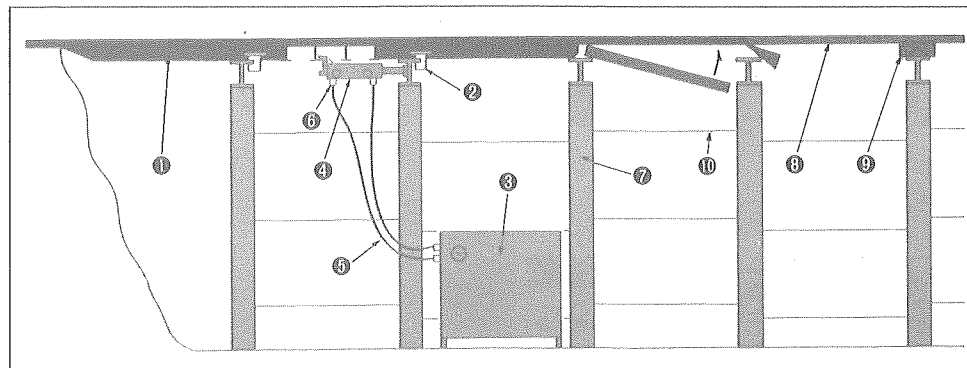
■特長

- メッセルプレートにより内部が保護されているので、地山の肌落ちがなく安全です。
- 余堀が非常に少なく、地山の弛みもなく、地表面の沈下がない。
- メッセルプレートと特殊な案内金具との組合せにより、メッセルの離脱及びノーズダウンを防止する構造になっている。直線・曲線掘進に適應します。

■実績

- 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。
- 実績では、JR等線路直下横断工事、トンネル（鉄道・道路・下水道・共同溝）などに多数の実績をもっています。

メッセル工法概略図



- ①メッセルプレート
- ②案内金具
- 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、
タイロッドボルト

SHINOHARA CO., LTD.

URL <http://www.10.ocn.ne.jp/~messer/>

〒102-0072 東京都千代田区飯田橋4丁目4番5号(ポンピアンビル) TEL(03)3263-7457 FAX(03)3262-0915 本社営業部

トンネル測量システム

トンネルを知り尽くした
システムインテグレータが選ぶ、**ライカ。**

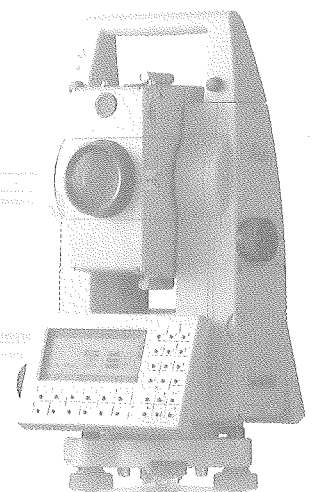
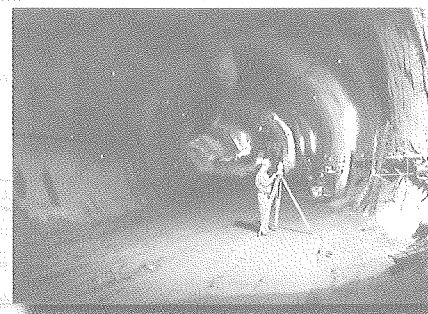


写真:GUS74搭載モデル

関西工事測量(株)、(有)デベロ、その他。国内有数の実績を誇る計測システムのインテグレータが、ライカ独自のセンシング技術を活用した最新のトンネル計測ソリューションを実現します。

モーター駆動

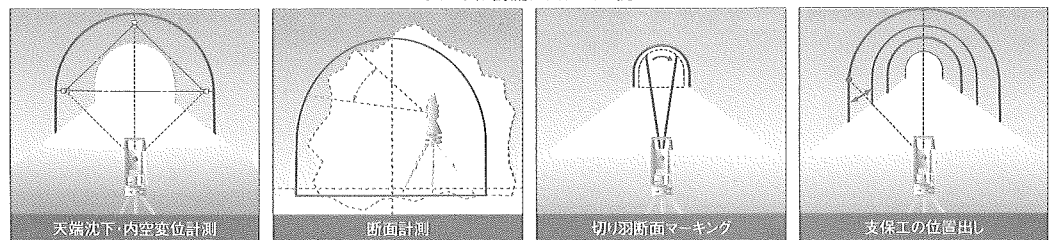
自動視準・追尾

ノンプリズム200m測距

高出カレーザーガイド

自動視準・自動追尾/ノンプリズムトータルステーション
TCRA1103XR
国土地理院認定2級A1-トータルステーション

トンネル計測システムの例



ライカ ジオシステムズ株式会社

本社 〒113-6591 東京都文京区本駒込2-28-8 文京グリーンコート
 テクニカルセンター 〒113-6591 東京都文京区本駒込2-28-8 文京グリーンコートB1F
 大阪支店 〒540-6131 大阪府中央区城見2-1-61 Twin21 MIDタワー31F
 福岡営業所 〒812-0016 福岡市博多区博多駅南1-3-6 第三博多階ビル6F
 札幌出張所 〒063-0829 札幌市西区発寒9条13丁目1-10 プレサント発寒ステーション3F
 GIS & Mapping システムグループ 〒101-0047 東京都千代田区内神田2-3-3 千代田トレードセンタービル6F
 Tel.03-5910-3020 Fax.03-5940-3056
 Tel.03-5940-3035 Fax.03-5940-3059
 Tel.06-6910-3871 Fax.06-6910-5733
 Tel.092-432-8201 Fax.092-432-8221
 Tel.011-669-1101 Fax.011-669-1102
 Tel.03-3526-5291 Fax.03-3526-5292

Leica
Geosystems

自削孔 NTロックボルト PAT.P

特徴

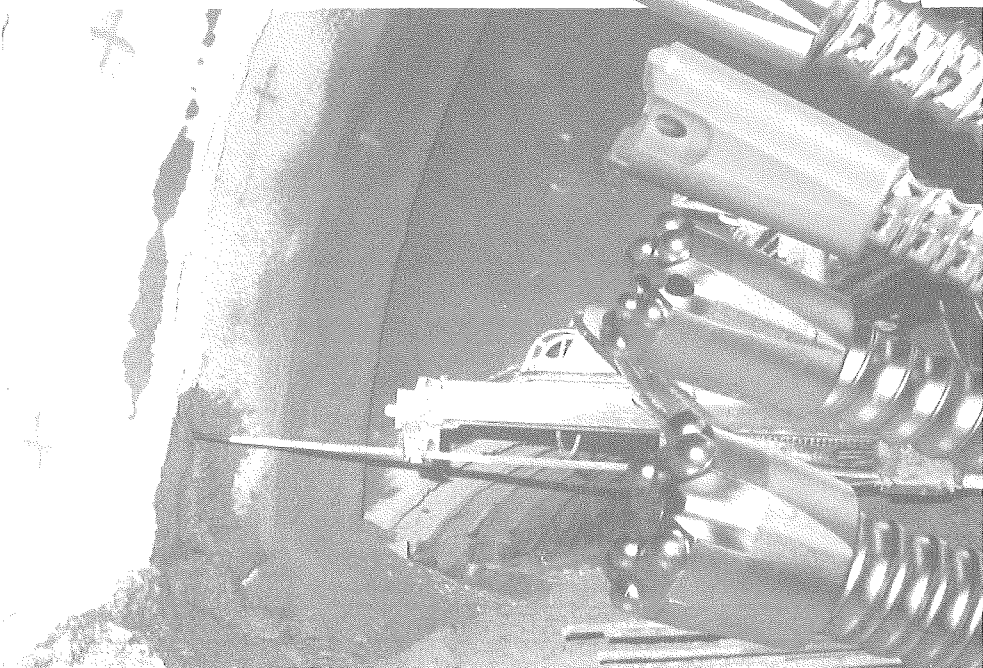
自削孔: 削孔時には、ビットとロッドの役割をなし、削孔後には、中空ロッド内からグラウト材を充填し、完了するもので、中空ロッド自体がロックボルトの役割をなす。

施工性: スイベルスリーブを使用し、グラウト材をフラッシングとして、削孔すれば、削孔完了が注入完了となり、施工性が大幅に上昇する。

左ネジ: 削孔時のズリ排出が容易。
グラウト材との付着が良く引抜き抵抗が高い。

多様化: 全長左ネジで、カップリングで接続でき、長尺ボルトの
適応地山、使用目的に適応した4種類のロックボルト
ある。

打設が可能。
と各種ビットが



NTロックボルト本体仕様

種類	RB-30	RR-32	RA-40	FP-73
材質及び形状	特殊鋼、台形ネジ	特殊鋼、ローブネジ	特殊鋼、台形ネジ	特殊鋼、台形ネジ
寸法	28.5D*11d(P13.0)	31.0D*16d(P12.7)	39.6D*18d(P13.0)	72.0D*54d(P8.0)
重量	3.5kg	3.5kg	6.6kg	12.5kg
耐力	≥19 tf	≥19 tf	≥35 tf	≥60 tf
破断荷重	≥25 tf	≥25 tf	≥50 tf	≥80 tf

製造元



日東鐵工株式会社

本社 〒142-0043 東京都品川区二葉4-1-20 MC中延ビル
TEL 03-5702-0161(代表)
FAX 03-5702-0165

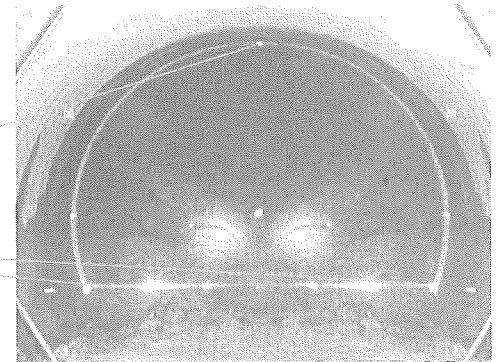
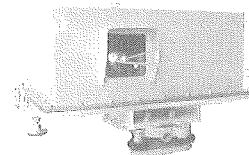
中国営業所 〒700-0824 岡山県岡山市内山下1-5-11 YAF内山下ビル
TEL 086-234-4800
FAX 086-234-4400

相模原工場 〒229-1112 神奈川県相模原市宮下1-1-38
TEL 042-773-4111(代表)
FAX 042-774-0939

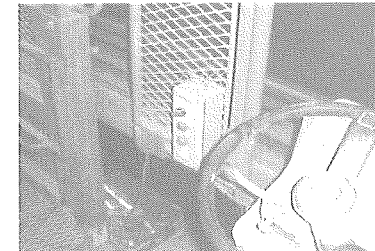
レーザーマーキングシステム

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

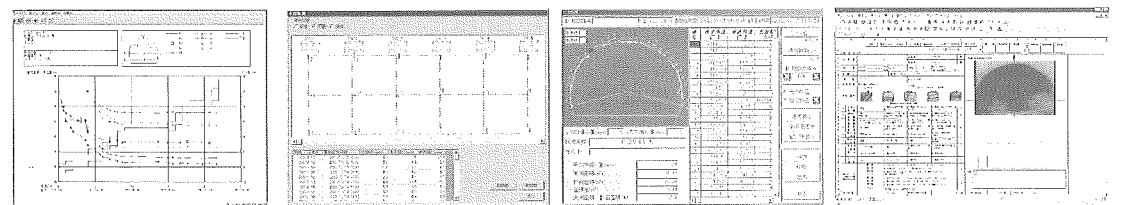


現場環境に耐え得る
頑強なコントローラー

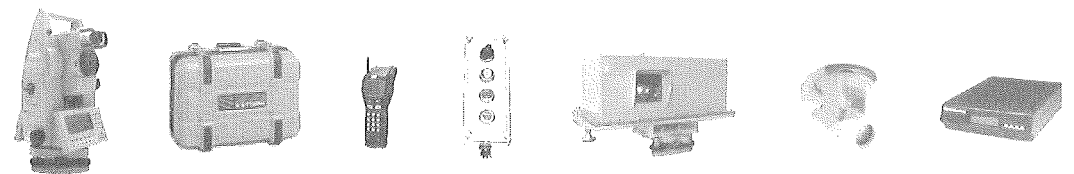


ジャンボに
取付けて使用可
AC200V対応

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

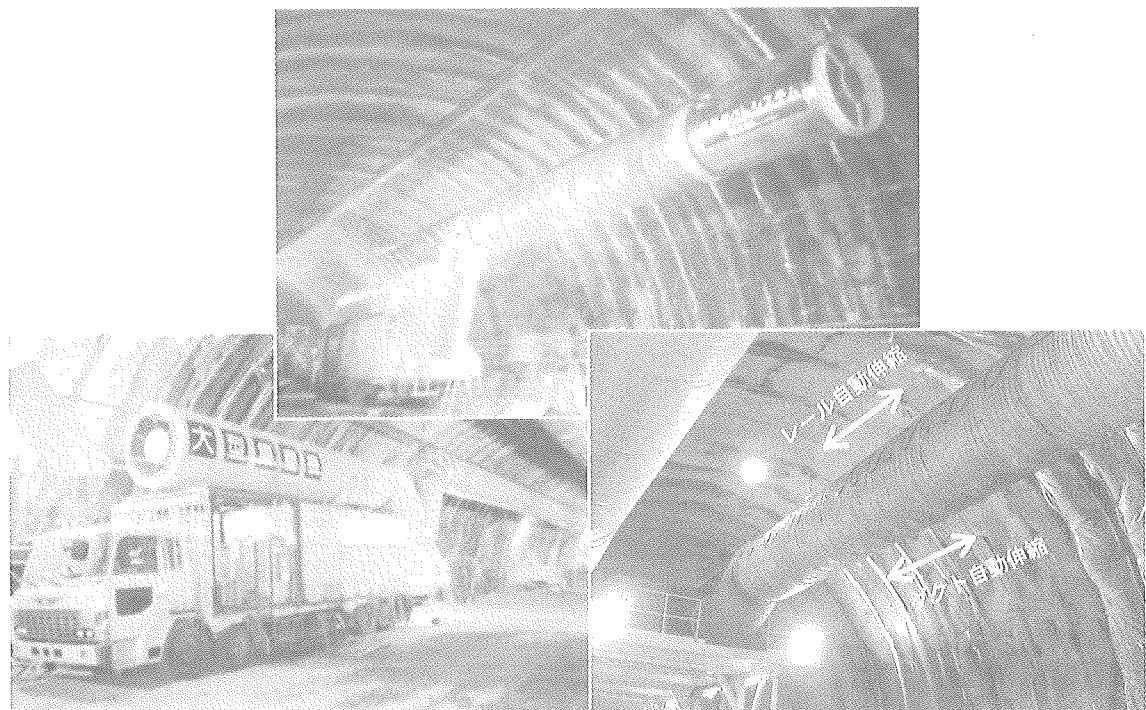
〒272-0832 千葉県市川市曾谷8-16-3
TEL (047) 371-3191 FAX (047) 371-3190

〔販売元〕

古河機械販売株式会社
伊藤忠建機株式会社
株式会社レント

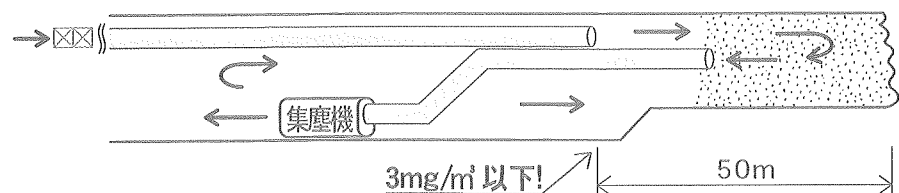
吸引ダクトシステム

ガイドラインをクリア(*) 0.5mg/m³達成!!



(*)諸条件はお問合せください。

- ・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応。操作の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・ランニングコストの大幅なコストダウンに。
- ・ダクト外径はΦ600~Φ1800、負圧-2kpa、収縮率1/5、100m以上もレンタルで対応可。



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。

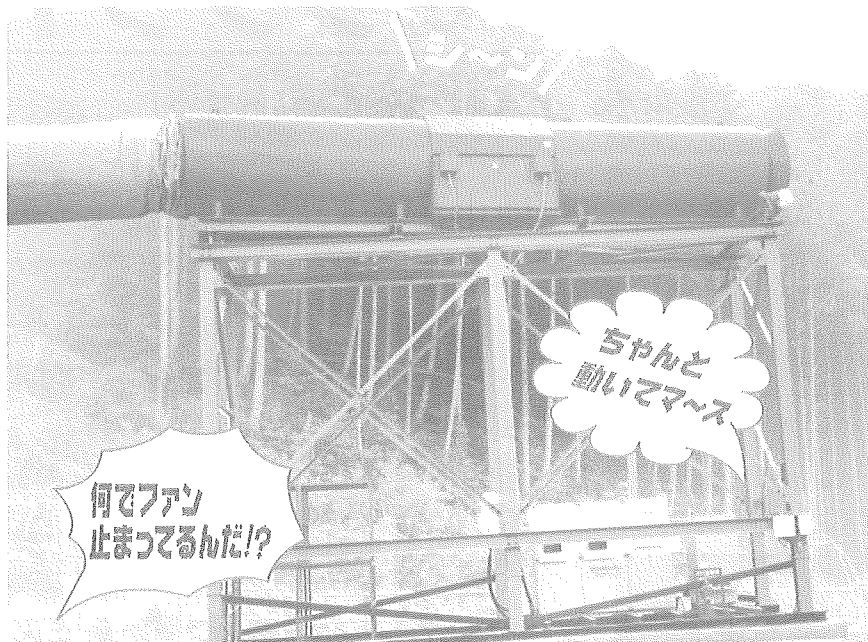
株式会社 流機 エンジニアリング

本社/〒108-0014 東京都港区芝5丁目16番7号 芝ビル
TEL: 03 (3452) 7400 (代) FAX: 03 (3452) 5370
つくば/〒308-0114 茨城県真壁郡開城町大字花田字西山84-6
リースセンター TEL: 0296 (37) 7680 (代) FAX: 0296 (37) 7681

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

超低騒音・二軸反転ファン **エアロ★MAX**

耳をすまして下さい! ●✦♫〜これ、ファンの音なんです。



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350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: 標準78dB(A)、オプションサイレンサーで60dB(A) 以下も可能。
- 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: 長年にわたってつちかっ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の幅広い揃えで対応致します。
換気のご相談はお気軽に本社・営業部までどうぞ。

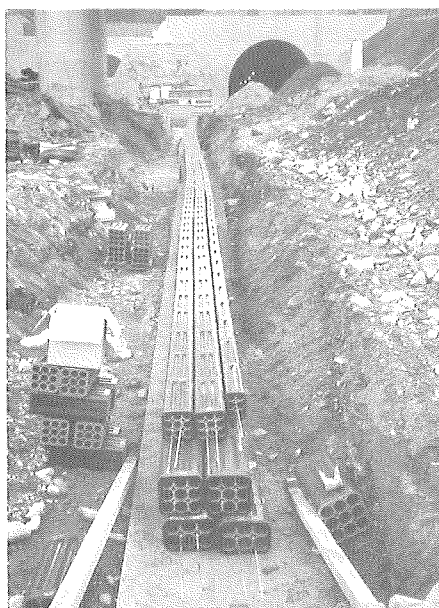
今時、静かなのは当たり前!!

株式会社 流機 エンジニアリング

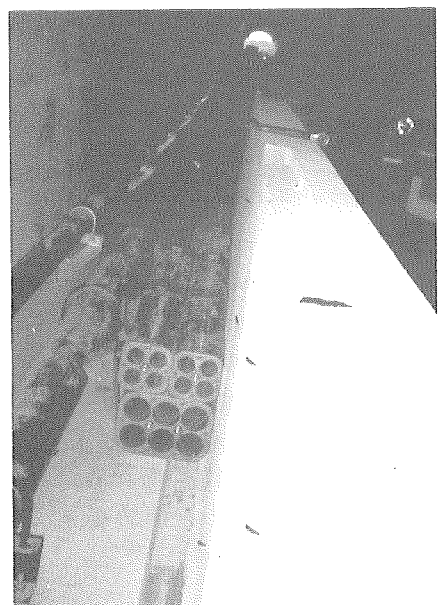
本社/〒108-0014 東京都港区芝5丁目16番7号 芝ビル
TEL: 03 (3452) 7400 (代) FAX: 03 (3452) 5370
つくば/〒308-0114 茨城県真壁郡開城町大字花田字西山84-6
リースセンター TEL: 0296 (37) 7680 (代) FAX: 0296 (37) 7681

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

永久施設に永久管路



▲ 宇治トンネル (日本道路公団)



▲ 関南トンネル (日本道路公団)

地下ケーブルの保護に
杉江の多孔陶管

セラダクト

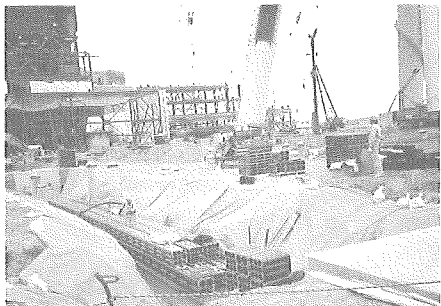
燃えない

錆びない

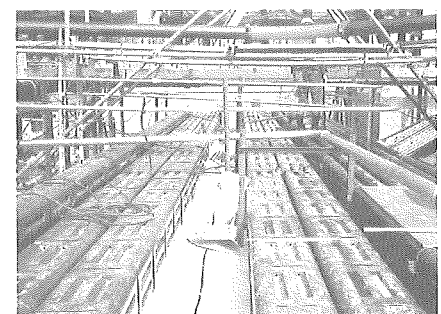
壊れない

地中配線管路材 (JIS C 3653)

トンネル内の狭い空間の
多条数のケーブル布設に
最適な管路です



▲ 川越火力発電所 (中部電力株)



▲ 広野火力発電所 (東京電力株)

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



杉江製陶株式会社

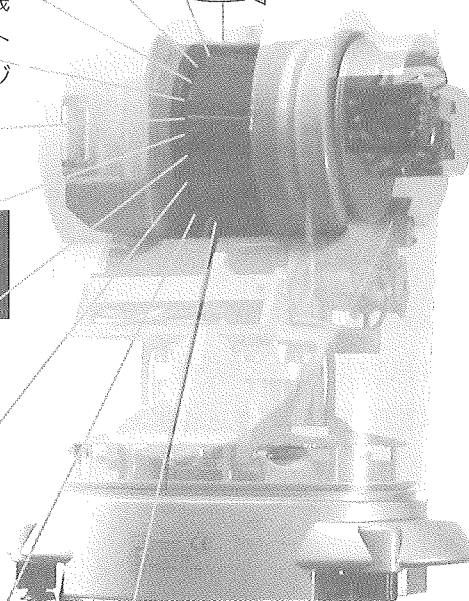
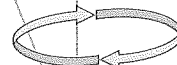
本社・工場 愛知県知多郡武豊町字上山1-76 ☎470-2387 ☎(0569) 35-2360(代) FAX (0569) 35-4087
 東京支店 東京都渋谷区恵比寿1-21-8 ☎150-0013 ☎(03) 3442-6181(代) FAX (03) 3442-1691
 大阪支店 大阪市都島区御幸町1-3-1 ☎534-0012 ☎(06) 6922-6991(代) FAX (06) 6922-2498
 札幌連絡所 札幌市北区新川2条10丁目575-28 ☎001-0922 ☎(011) 763-8907(代) FAX (011) 763-8790

Callidus™ レーザースキャナー

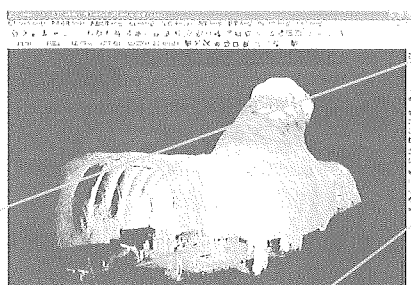
3次元トンネル断面計測機

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

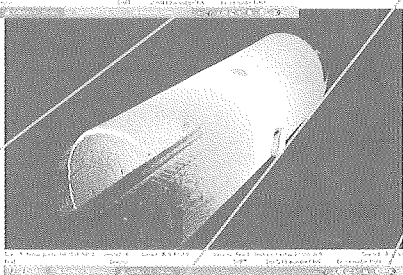
全周360°を10分でスキャン



(1) 直径約8mのトンネルの場合



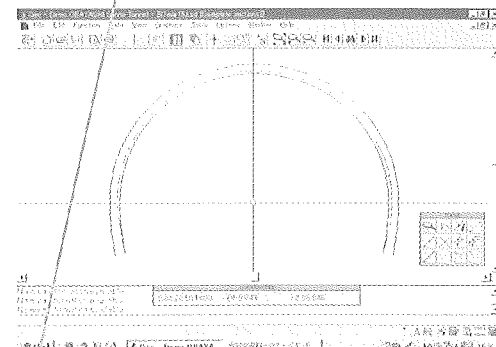
特殊なトンネル形状も対応可能です。



単独スキャンを合成し、トンネル全体を簡単に3次元表示できます。

データ解析および製図「GEOWIN」

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



■ 販売・レンタル 株式会社ソーキ

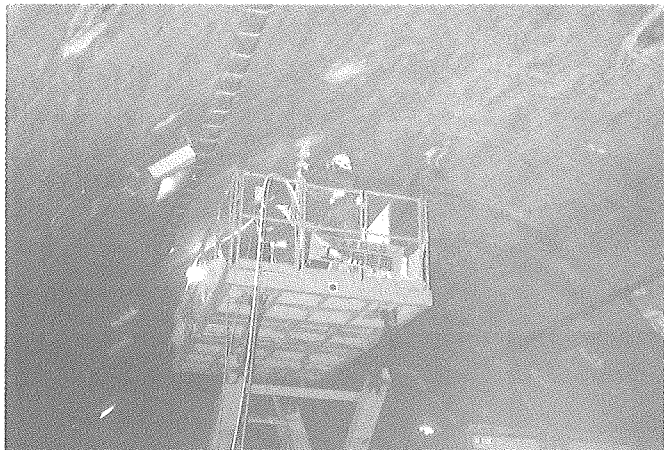
〒550-0025 大阪市西区九条南4-2-4
 TEL : 06-6586-1707 FAX : 06-6586-1277
 URL : <http://www.sooki.co.jp/>

■ 製造元 トリン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

硬質発泡ウレタン セツフォーム工法

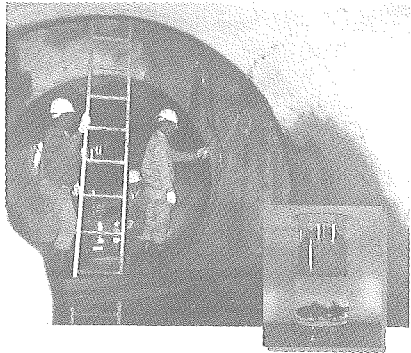
急結性・高性能空隙充填材



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

漏水を瞬時にストップ! SF-A工法

長期耐久性に優れた
無溶剤タイプの
ウレタン系止水材



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

ケミカルフォーム協会会員

アルス株式会社	〒956-0022 新潟県新津市さつき野3-6-3	TEL 0250-21-2288
エコシビックエンジ株式会社	〒135-0047 東京都江東区富岡1-12-4 み満きビル	TEL 03-3643-7241
株式会社エレホン・技研	〒780-8010 高知市棧橋通1-8-19	TEL 088-833-8080
株式会社共シヨウ	〒103-0014 東京都中央区日本橋蛸殻町1-12-6	TEL 03-3668-8416
株式会社共和	〒462-0832 名古屋市北区生駒町7-148-1	TEL 052-911-3984
寿建設株式会社	〒960-0231 福島市飯坂町平野字東地藏田8-1	TEL 0245-43-0511
四国リニューアル株式会社	〒780-0804 高知市日の出町2-12	TEL 088-878-0050
シビルリニューアル株式会社	〒162-0824 東京都新宿区湯場町2-14 原田飯田橋ビル	TEL 03-3513-0484
ショーレジ株式会社	〒104-0032 東京都中央区八丁堀3-14-4 直平ビル	TEL 03-3551-8391
太平洋テクノ株式会社	〒116-0014 東京都荒川区東日暮里1-5-7 三ノ輪ビル	TEL 03-3805-6521
日本総合防水株式会社	〒151-0051 東京都渋谷区千駄ヶ谷4-20	TEL 03-3403-0170
フジモリ産業株式会社	〒105-0021 東京都港区東新橋1-2-17 第12中央ビル	TEL 03-3574-0520
マシノスチール株式会社	〒733-0822 広島市西区庚午中1-19-23	TEL 082-507-2737
株式会社松井商店	〒007-0870 札幌市東区伏古10条2丁目11-8	TEL 011-782-4441
株式会社マノール	〒142-0043 東京都品川区二葉1-18-8	TEL 03-3787-1131
株式会社三原工業	〒531-0073 大阪市北区本庄西3-7-5	TEL 06-6371-9947
株式会社山三商事	〒103-0023 東京都中央区日本橋本町2-6-13	TEL 03-3662-0253

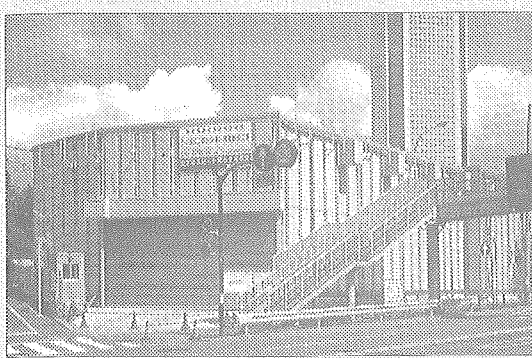
協会事務局

〒123-8585 東京都足立区西新井栄町1-18-1
ニッシンボウ・エンジニアリング(株)内 TEL.03-3886-4110

製造元 日清紡 化成事業本部

本社 〒103-8650 東京都中央区日本橋人形町2-31-11 TEL.03-5695-8939
名古屋支店 〒460-0008 名古屋市中区栄5-2-38 TEL.052-261-6218

大丸の防音システム



サイレントハウス(Bタイプ)

- 工期の早い標準型
- 音源対策から大型プラントまで

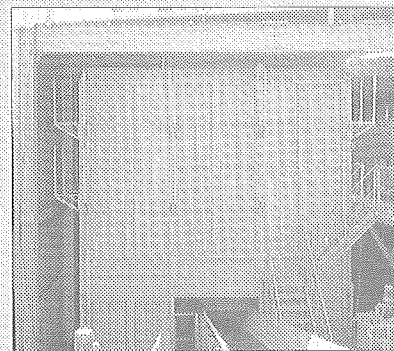
コスモス(Cタイプ)

- 防音効果が最大
- 環境問題の解決に



VLFシステム

- 超低周波音対策に
- 16Hzで-26dB(実績)



設計・施工 東京都知事許可(般-13)第76001号 鋼構造物工事業
建設コンサルタント登録 建13第5745号

DMR
Daimaru

大丸防音株式会社

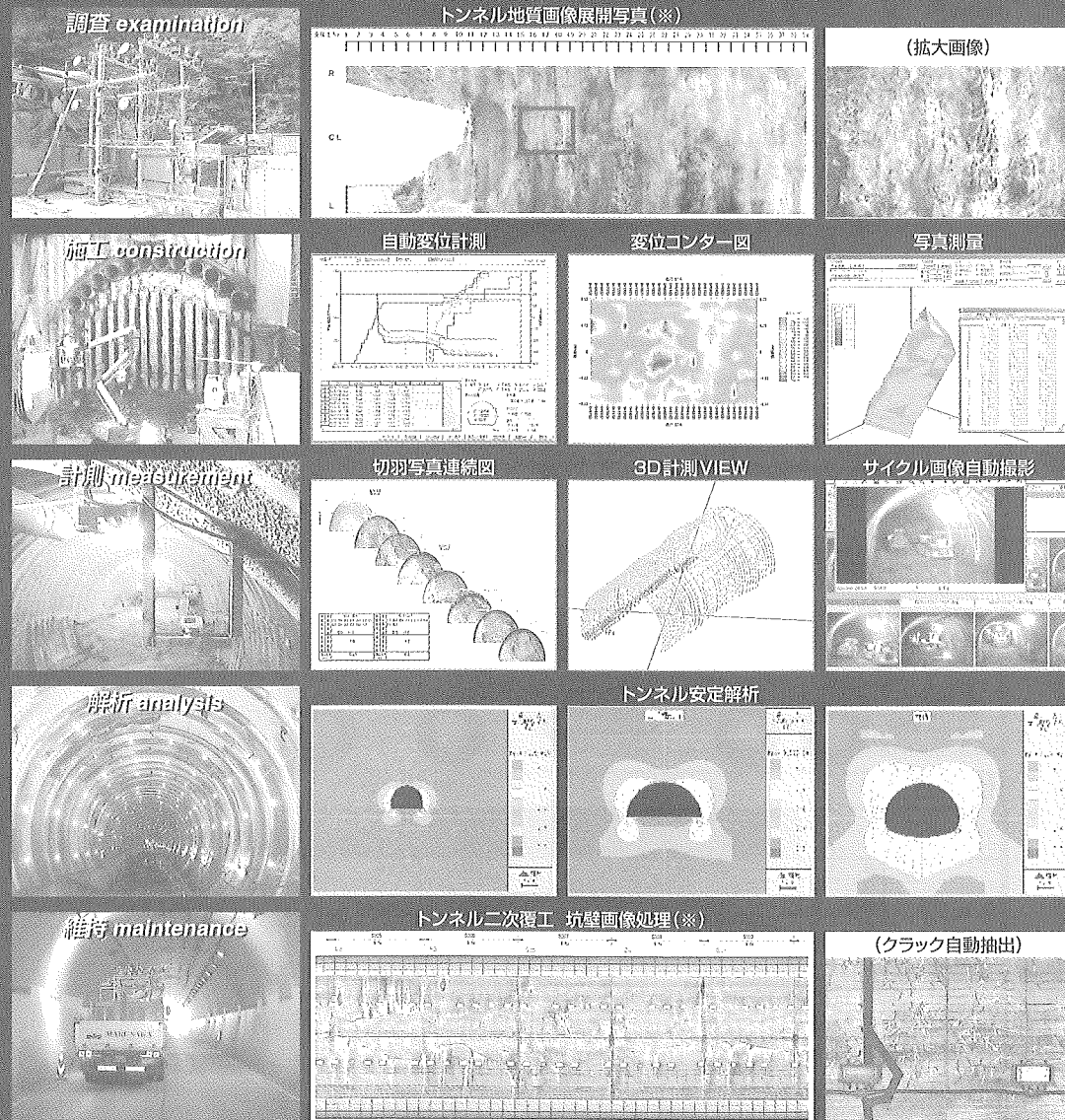
<http://www.daimaru-bouon.co.jp>

本社 〒104-0043 東京都中央区湊2-4-1 TOMACビル2F
TEL.03-3537-6700(代表) FAX.03-3537-6701
営業所 〒564-0062 大阪府吹田市垂水町3-28-16 オーベクスビル
TEL.06-6821-6151 FAX.06-6821-6477

新製品

建設情報化施工 **Cyber WORKS** シリーズ CYBER NATM

Cyber NATMは山岳トンネルNATM工法における数値化・情報化施工を実現するための先進次世代ツールです



Cyber Worksは "Innovation for QoC" を基本に、これからの演算工房が提供する新しいコンセプトです。演算工房は、今後建設の各分野に対して、新しいシステムをご提供いたします。QoCとはQuality of Constructionの略語です。

Purpose 建設施工に必要な品質の向上とコストの削減を最適化するために、工事の調査～施工～維持管理までをカバーする情報化技術の提供を目的とします。

Technology 次世代のハード、ソフトウェア技術を導入し、これまでの既成概念を変えます。

Service 従来から評価の高いオンサイトサポートはそのままに、遠隔サポートを拡充させます

Organization 顧客ニーズに応じ、ハードウェア・ソフトウェア・エンジニアリングの各部門が迅速に対応いたします。

本社 京都市中京区烏丸通押小路上る秋野々町535番地 日土地ビル4F
〒604-0847 TEL: 075-213-7200 FAX: 075-213-7201
東京Office 東京都千代田区神田錦町3-15-5 川崎パークビル17F
〒101-0054 TEL: 03-3518-2588 FAX: 03-3518-2589



Visit Our Web Site: www.enzan-k.com

Allianced with

(※)は株式会社エマキとの業務提携によります

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〉

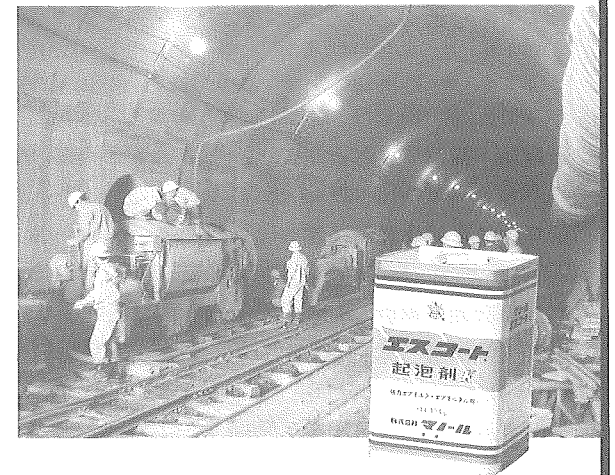
プレミックス急硬モルタルと
特殊ラテックスの
複合材で
短時間で実用強度が得られる
即日補修工法です。



- 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 マルイ

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

土木工学社の地質学書

[新刊図書]

わかりやすい土木地質学

大島洋志 監修 平成12年11月 発行

B5判 209頁 税込2,625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. 地質踏査 5. 弾性波探査 6. 電気探査 7. その他の物理探査法
8. ボーリング調査 9. ボーリング孔を利用して行う調査 10. 室内試験 11. 調査坑調査(施工・維持管理段階の調査含む)
12. 水文調査・地下水調査 13. 立地条件調査

第IV編 工事を対象とした地質調査の進め方

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

[既刊図書]

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

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

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

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

第II巻 地下水環境学 B5判 252頁 税込4,485円 送料340円

第III巻 地下水と地質 B5判 197頁 税込3,873円 送料340円

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

B5判 444頁 税込10,290円 送料450円

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

A5判 360頁 税込5,097円 送料340円

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

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

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

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

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

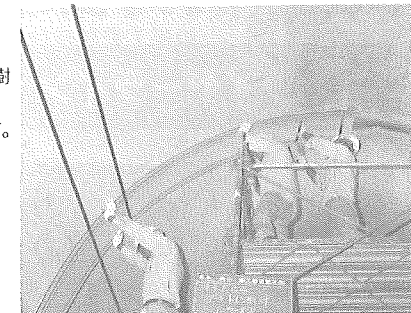
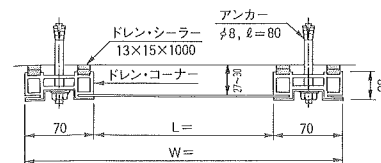
株式会社 **土木工学社**

〒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

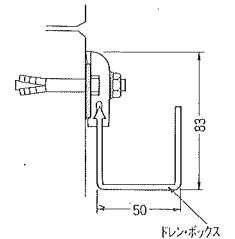
トンネル・カルバート・地下構造物の漏水対策に アーチ・ドレン導水樋

■特徴

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



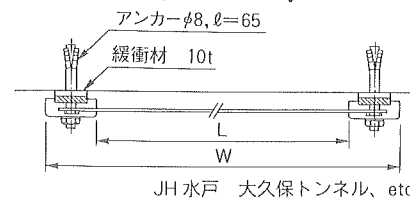
水平導水樋に サイド・ドレン



■特徴

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

コンクリート剥落対策に アーチ・パネル



ニホン・ドレン工業株式会社

〒910-2166 福井市小路町4-12-1

☎0776(41)3725 FAX0776(41)3455

e-mail n-doren@sky.hokuriku.ne.jp

トンネル工事からパンクを追放

坑内用特殊複層タイヤ

特許第1610830号



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

- タイヤ間の間隙が無いため石を噛まない
- サイドの切断に強い
- 石および普通釘に強い
- 弾性波

0~20 (約2年) 20~30 (1年6か月)

30~40 (約1年) 40~50 (6か月)

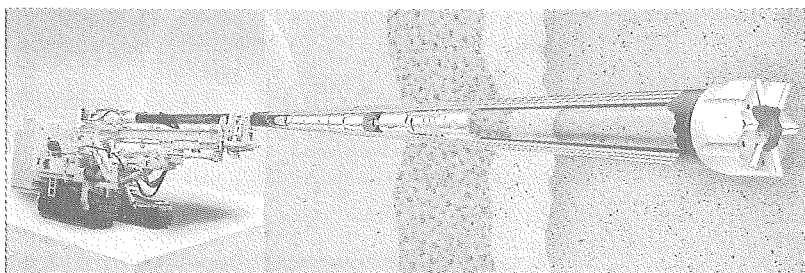
【営業品目】 複層タイヤ / 油圧ホース / マテリアルホース / 各種中古車 / 触媒 / 線路 (中古)

中濃産業株式会社
代表取締役 土田 義 式

本社 〒501-1534 岐阜県本巣郡根尾村神所362-1
TEL(0581)38-2241(代) FAX(0581)38-3383
営業所 〒501-1203 岐阜県本巣郡本巣町文珠64-387
TEL(0581)34-3990(代)

トンネル掘さくの安全施工に アロードリル前方探査システム

パーカッションワイヤーライン サンプリング工法



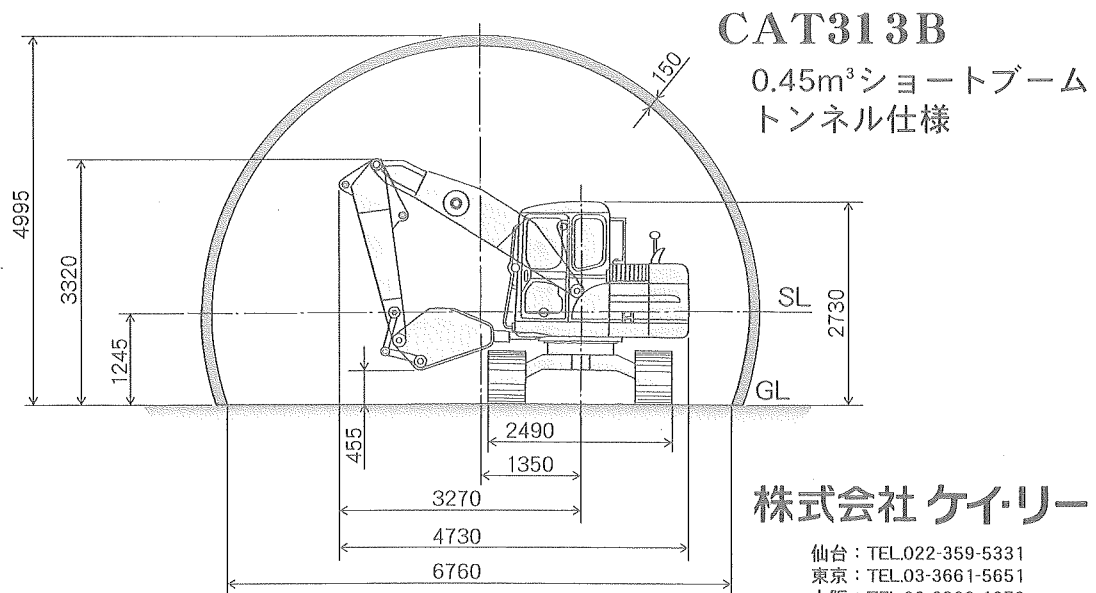
■ 特長

- ①断層破砕帯や湧水をとまなう難地層のコアサンプリングをスピーディかつ確実に、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 鋳研工業株式会社
 本社 〒164-8650 東京都中野区中央1-29-15
 TEL (03)3366-3111(大代表) FAX (03)3366-3341

お問い合わせ先 : エンジニアリンググループ
 TEL. (03)3366-3123 FAX. (03)3366-3365
<http://www.koken-boring.co.jp/>

小断面にも入ります?



CATERPILLAR (キャタピラー) 及びCATはCaterpillar Inc.の登録商標です。

コストダウンを可能にする Kリング

特許出願中 (特願2001-309314号)

トンネル工事におけるインバート、アーチ鉄筋組立金物

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

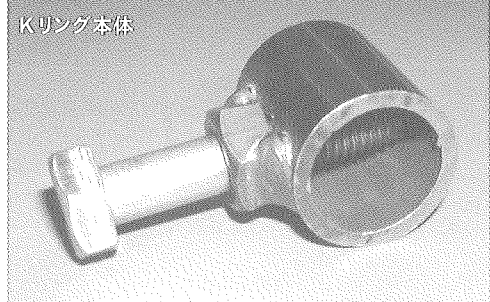
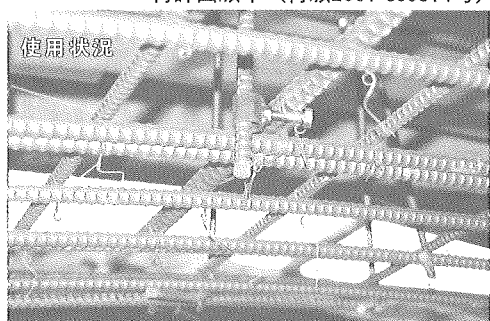
ご納入実績

鹿島・西松・大豊共同企業体 第二東名高速道路 富士川トンネル東工事
 大林・白石・地崎工業共同企業体 第二東名高速道路 掛川第三トンネル工事
 興村組・名工建設・矢作建設工業共同企業体 第二東名高速道路 島田第五トンネル工事

製造・販売元

KTK
 ケーティーケー

〒436-005 静岡県掛川市弥生町 105 番地
 Tel : 0537-24-5988 Fax:0537-24-3859
 E-mail : ktk@r5.dion.ne.jp
 URL : <http://www.h7.dion.ne.jp/~ktk>



21世紀の地球環境を見つめる土木専門図書

ブロック理論と岩盤工学への応用

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

建設工事の保安地質学【改訂版】

石井康夫 著
 A5判 474頁 税込6,300円 送料340円

建設工事の地質診断と処方

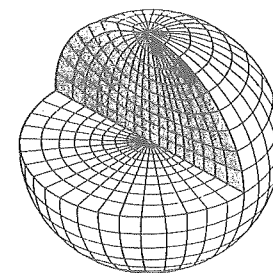
石井康夫・矢嶋壯吉 共著
 A5判 324頁 税込4,515円 送料340円

岩盤地下空洞の設計と施工

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

山岳トンネルの新技术

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



わかりやすいトンネル力学

福島啓一 著
 B5判 286頁 税込6,116円 送料340円

岩盤の計測と解析

工学博士 鈴木光 著
 A5判 244頁 税込4,410円 送料340円

地質工学概論

菊地宏吉 著
 B5判 276頁 税込4,994円 送料340円

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

step-up 21
創造への新たな技術

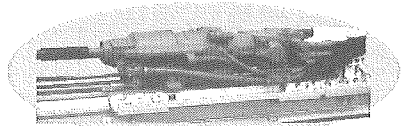
FURUKAWA

次世代型ホイール式ドリルジャンボ JTH2200R / JTH3200R

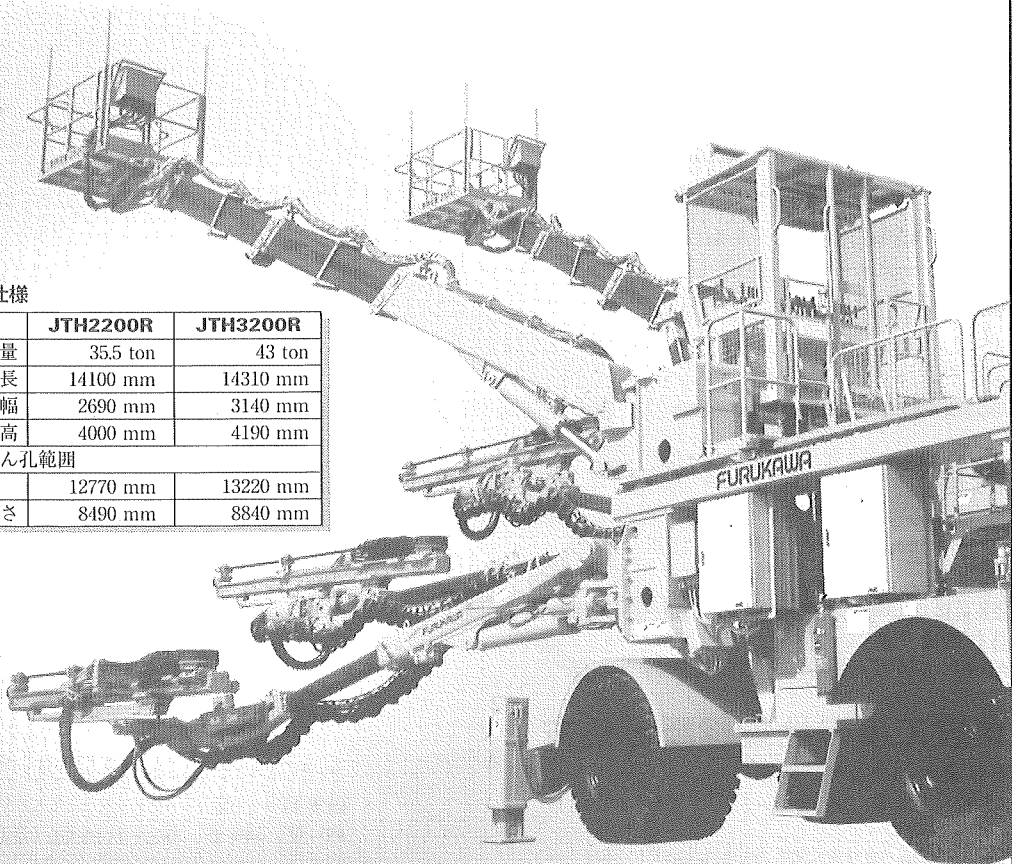
(2ブーム、2ケージ) (3ブーム、2ケージ)

新型油圧ドリフタHD210、アルミ製ガイドシェル、ブーム、チャージングケージetc.全ての動きがスピードアップ。せん孔作業の違いがわかる次世代型ホイール式ドリルジャンボ新登場。

新型油圧ドリフタHD210搭載



デュアルタンク内蔵の新型油圧ドリフタHD210搭載。クラス最高のせん孔性能と消耗品ライフの向上を実現。



◆主な仕様

	JTH2200R	JTH3200R
質量	35.5 ton	43 ton
全長	14100 mm	14310 mm
全幅	2690 mm	3140 mm
全高	4000 mm	4190 mm
水平せん孔範囲		
幅	12770 mm	13220 mm
高さ	8490 mm	8840 mm

製造元 ▲古河機械金属株式会社

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の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。

総販売元 ▲古河機械販売株式会社 ホームページ: <http://rvs.furukawakk.co.jp/ms/>

本社 〒101-0047 東京都千代田区内神田2丁目15番9号 古河千代田ビル 特機営業部 ☎03-3252-2544

札幌支店 ☎011-861-3261 東北支店 ☎022-356-5771 関東支店 ☎027-322-5953 名古屋支店 ☎0568-77-7700
 静岡出張所 ☎054-620-1641 関西支店 ☎06-6475-8221 広島支店 ☎082-231-5621 四国支店 ☎087-833-4833
 九州支店 ☎092-948-2010
 整備工場
 関東 ☎0274-60-7011 名古屋 ☎0568-77-6363 関西 ☎06-6475-8461 九州 ☎092-948-2010

■巻頭言	維持と伝承	戸田建設(株)	香西 慧	5
■計画	地下1,000mの立坑工事に着手	核燃料サイクル開発機構	今津 雅紀	31
	瑞浪超深地層研究所研究坑道掘削工事	"	佐藤 稔紀	
		"	坂巻 昌工	
	西大阪延伸線建設工事の計画概要	阪神電気鉄道(株)	原田 大	43
		"	河野 克司	
		"	増味 康彰	
■施工	地下水位低下工法による土砂地山トンネルの施工	(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構	田辺 宏	7
	東北新幹線八戸～新青森間 六戸トンネル	"	長谷川雅彦	
		"	梅木 信夫	
		大成・不動・浅沼・ユニオン共同企業体	平野 逸雄	
	新島近海地震災害を新設トンネルで復旧	東京都	吉山 順一	15
	都道211号 平成新島トンネル	"	梅田伊久男	
		大成・前田・京急共同企業体	吉野 雅一	
		鹿島・東亜・前田共同企業体	山本 泰三	
	断層破碎帯を矢板工法で貫き大深度立坑に到達	関西電力(株)	田中 一雄	23
	関西電力 国文都市付近管路新設工事	"	田中 耕三	
		鴻池・大林・西松・東急共同企業体	葛原 茂	
		"	石川 恭義	
■連載講座	山岳トンネルにおける工事用機械の選定(8)	「山岳トンネルにおける工事用機械の選定」連載講座小委員会		53
	掘削機械(6)一機械掘削(軟岩・土砂)一			
	多様化するシールド掘進技術(4)	大豊建設(株)	加島 豊	65
	泥土加圧シールド工法, ケミカル・プラグ・シールド工法	"	武内 秀行	
		(株)鴻池組	石倉 洋一	
		"	阪部 久敬	
■現場だより	名峡「帝釈峡」の発電所新設工事	奥村組・アイサワ工業・佐藤工業・東急共同企業体	村田 和郎	30
	「玉杵名の里」玉名市より	不動・株木・岩永・池田共同企業体	赤松 弘幸	74
■資料	土木情報		編集部	75
	トンネルジャーナル		編集部	76
	海外文献速報	JTA研究開発委員会		77
	トンネルワールドニュース	JTA国際委員会国内広報ワーキング		79
	工法・技術・製品ニュース		編集部	80
	文献紹介		編集部	81
■会報	会報	日本トンネル技術協会		82
■グラビア	眼で見るトンネル工事		編集部	1

表紙説明 新島近海地震災害を新設トンネルで復旧・都道211号 平成新島トンネル

本工事は、地震により通行不能となった都道の付け替え道路新設に伴うトンネル工事である。被災後、短時間で計画・調査・設計が行われた。若郷側坑口は硬質の岩盤が露出し自立した斜面であるが、縦横へのブロック状の亀裂が多く、掘削の発破に伴う振動により落石を誘発する危険性があった。坑口付けに先立ち、ロープネット工を施工し、より安全を期するため坑口を5m手前に延伸した。写真は若郷側坑口。(写真提供:東京都)(本文15頁参照)

コンパクトで計量精度は抜群

丸友の移動式 コンクリートプラント

製造・販売・リース
生産量 10~90m³/H



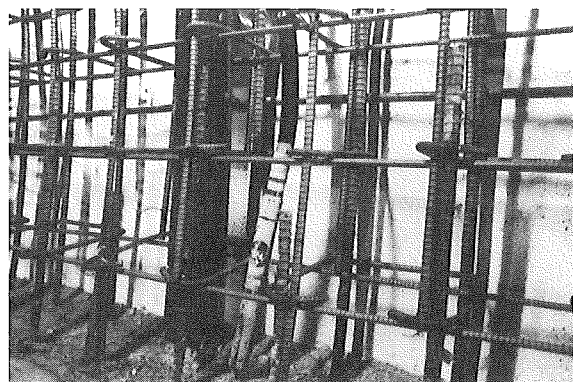
電子制御自動式
(印字自動記録装置付)

丸友機械株式会社

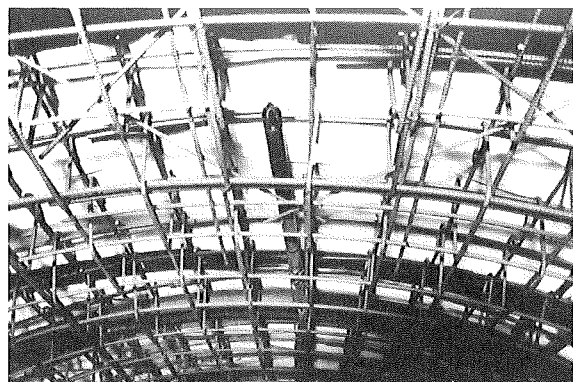
本社 名古屋市中区泉一丁目19番12号
〒461-0001 電話 (052) (951) 5 3 8 1 (代)

東京営業所 東京都千代田区神田和泉町1の5
〒101-0024 ミツバビル 電話 (03) (3861) 9461 (代)
恵那工場 岐阜県恵那市武並町藤字相戸2284番地
〒509-7121 電話 (0573) (28) 2 0 8 0 (代)

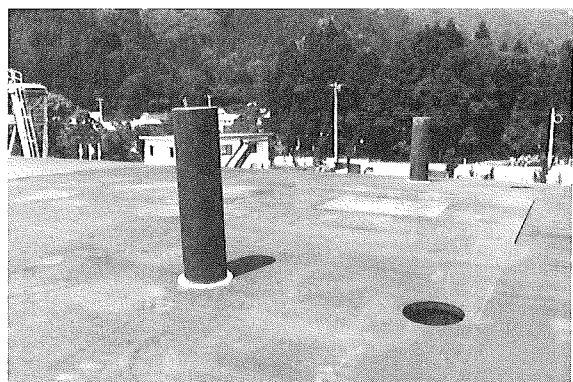
コンクリート打設の新技術



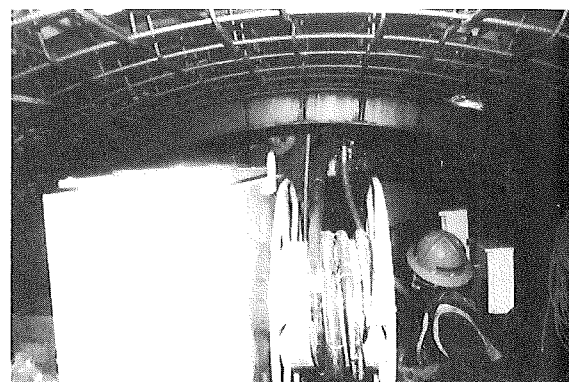
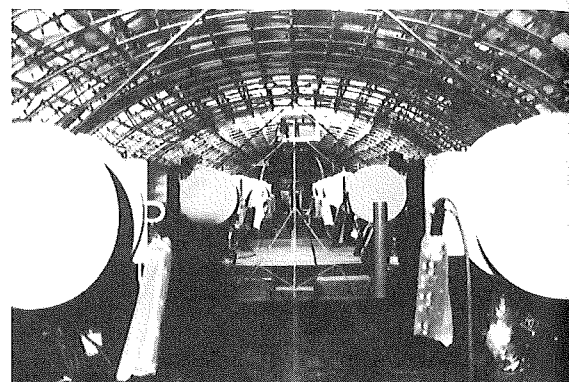
コンクリート感知センサー内蔵型自動バイブレーションシステム
(バイブレーションに内蔵されたセンサーがコンクリートを感じし自動的に巻き取る)



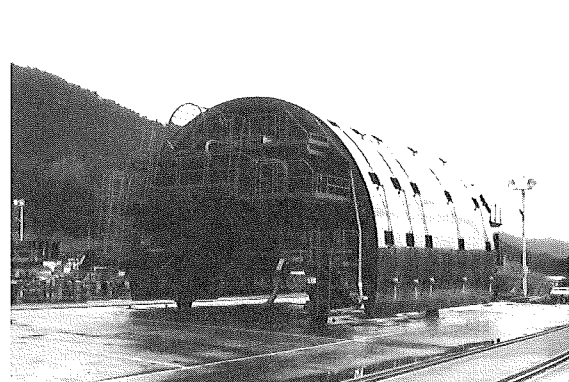
トンネル天場部の引抜き式バイブレーションシステム
(トンネルの天場縦断を締固める)



伸縮式バイブレーションシステム



浮きバイブレーションシステム



岐阜工業株式会社
GIFU KOGYO CO., LTD.

本社 〒501-0464 岐阜県本巣郡真正町十四条144
本社工場 TEL (058) 323-2000 (代) FAX (058) 323-1176

東京支店 (03) 3262-1285 (代)
仙台営業所 (022) 259-2239
九州営業所 (092) 713-5265

Tunnels and Underground

CONTENTS

Vol. 35, No. 6 June

Tunneling through Soil Ground Foundation by Dewatering Method—Hachinohe Tunnel between Hachinohe and Shin-aomori on Tohoku Shinkansen Line (pp.7)

By Hiroshi Tanabe, Japan Railway Construction, Transport & Technology

The track extension work is being carried out between Hachinohe and Shin-aomori on the Tohoku Shinkansen Line. This tunneling section is planned to form a mountain tunnel of 3,810m total length.

The tunnel runs through the diluvial deposit highland at an altitude of 60 m, with earth cover thickness of about 13 m average. There exist mainly farm land and housing area on its land surface, crossing over many roads, railway lines and canals very closely.

Taking into consideration stability to be maintained for the crown and excavated face of tunnel, possible drop of ground water level and environmental impact, a variety of auxiliary methods are used for construction of the tunnel. In this text, a focus is put mainly on the construction summary and dewatering method.

Restoration from Earthquake Damages in Coastal Seas of Niijima Island by New Tunnel Construction—Heisei Niijima Tunnel on Tokyo Metropolitan Highway No. 211 (pp.15)

By Jyunichi Yoshiyama, Tokyo Metropolitan Ohshima Local Office

Niijima Island of Tokyo Metropolitan Territory was stricken by earthquake which took place on July 15 2000 in the coastal seas of the island, with a record of magnitude six (6) and aftershock continued for the following more than two (2) months. The existing sole island highway was damaged by fallen stones and slope surface collapse and the connection between the northern and central zones was severed by fallen stones and slope surface collapse. Afterward, the traffic function of the highway could be restored just temporarily by provisional road construction. To improve the road to be resistible against any possible disasters, the project was undertaken to construct two (2) tunnels. This text refers to construction of Niijima No.2 Tunnel (of temporary nomination).

Sheet Pile Construction through Fault-fractured Zone down to Greater Depth Shaft Level—New utility tunnel construction near International Culture Cuty (pp.23)

By Kazuo Tanaka, Kansai Electric Power Co.

This is construction of the utility tunnel of 1,843.2 m length and 34m² section area with connection between the shafts of departure (461.7m in depth) and arrival (196.8m in depth). The construction made use

of the full face excavation method by the conventional method of sheet piling. The shaft-to-shaft construction in a greater depth was carried out by the mountain tunneling method. To carry mucking and concrete in and out of the tunnel, a long train of nine (9) wagons at maximum had to be put into service in the tunnel. The special working conditions required all those arrangements. In the face of greater land collapse of 120m³ in volume on the way to the destination, greater pains had to be accompanied by considering appropriate measures against any such difficulties in work operation. This text mentions construction experiences on horizontal tunneling and arriving shaft at a larger depth.

Shaft Construction Start at 1,000m-deep Underground—Research Tunnel Excavation by Mizunami Underground Research Laboratory (pp.31)

By Masanori Imazu, Japan Nuclear Cycle Development Institute

The ongoing project for establishment of the underground research laboratory being promoted by the Japan Nuclear Cycle Development Institute (Tono Geoscience Center) made its start in 1996 FY to proceed with excavation of the research tunnel to establish an underground research laboratory, thereby excavating a research tunnel. At present, the construction work is under way to reach a depth of 1,000 m underground by the target year 2009. The project consists of two (2) shafts of 1,000 m depth and a group of horizontal tunnels. With all these completed, the Research Institute will be one of ver few facilities utilizing underground deep space in the world.

This text refers to fundamental conditions of research tunnels and their associated facilities, together with their designing and work planning.

Construction Project Outline on Nishi - Osaka Railway Extension Line (pp.43)

By Harada Hiroshi, Hanshin Railway Co.

The project is planned to construct a new urban rapid railway to form a new network with the existing railways being operated in Osaka City and to serve better a wide-coordinated traffic flow between Kobe and Nara by combined trackage of both Hanshin Line and Kintetsu Line. The total line length of new construction amounts to about 3.4 km consisting of 0.7km for the elevated section, 0.2km for the retaining wall section and 2.5 km for the underground section. For the underground section, the open cut and cover will apply to a length of 1.3km and the shield method, to a remaining length of 1.4km. The work is now under way in full swing. This text describes the project plan and schedule.

Supervision

Japan Tunnelling Association
Shinko Dai-ichi Bldg., 14-7,
2 chome, shintomi, Chuo-ku,
Tokyo, 104-0042, Japan.

Publisher

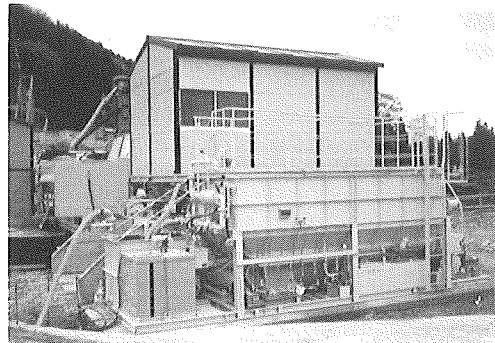
Doboku Kogakusha Co., Ltd.
Major Kagurazaka, 16 Banchi,
Iwatocho, Shinjyuku-ku,
Tokyo, 162-0832, Japan.

Tunnels and Underground

One copy : US \$ 15 (Seamail)
Subscription Rate
One year : US \$ 180 (Seamail)

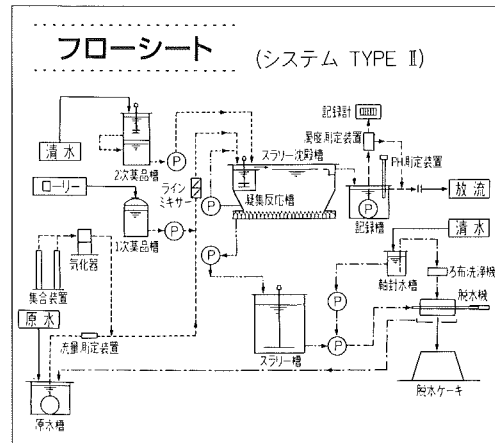
TWS型シリーズ 濁水処理装置

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. シクナー内流速を最少にする設計であることより清澄度の高い処理水が得られ、再利用が可能である。
4. 運転管理が容易である。
原水流入に合わせた自動運転方式を採用している。パトライトによる異状警報装置を標準装備している。



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

5. 多種多様な原水に対応出来る。
凝集反応槽攪拌機及び集泥用レーキにインターターを採用し、水量及び濃度に幅広く対応する。
 6. 豊富なオプション装置
高分子凝集剤の自動溶解装置
処理水返送装置 (異状警報装置と連動)
炭酸ガス後中和処理装置
鉄分除去処理装置 (エアレーション装置等)
スラリー再濃縮装置
脱水助材添加装置
自動汙布洗浄装置
- シクナー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

会誌委員会の構成 (五十音順・敬称略)

〔委員長〕

橋本定雄 不動建設株式会社特別顧問
(元)東京都下水道局長

〔委員〕

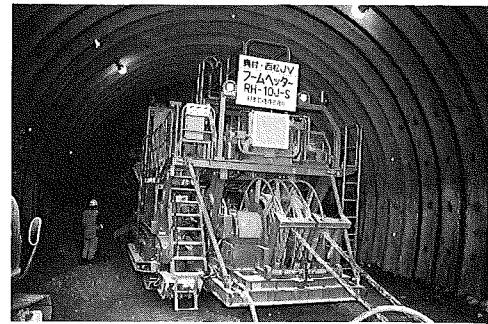
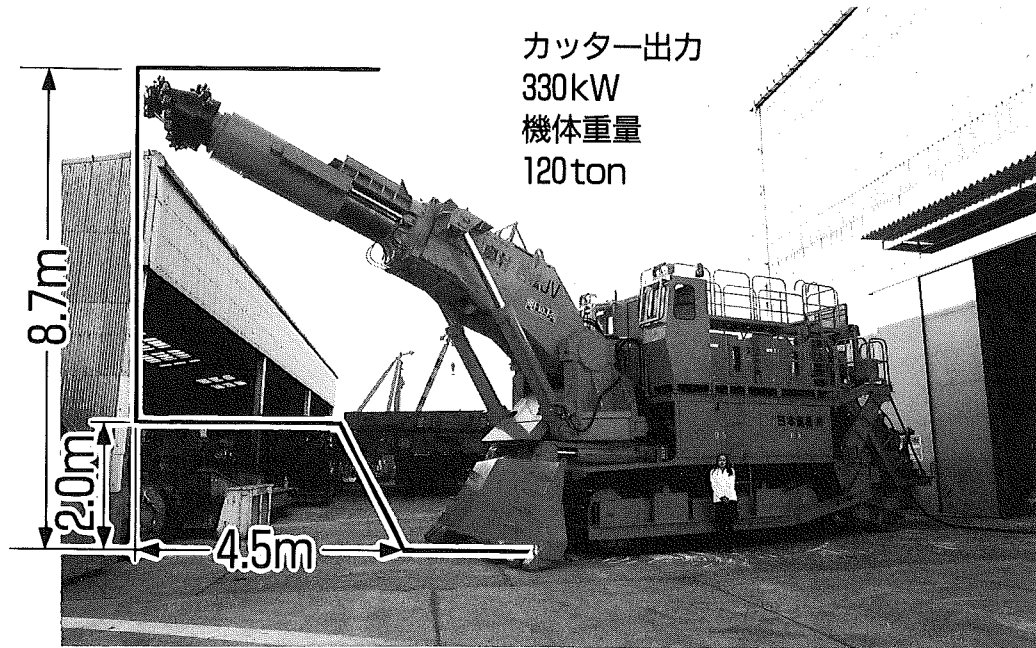
- | | |
|---------------------------------------|---|
| 伊藤 範行
鹿島建設株式会社土木管理本部土木工務部
グループ長 | 端 則夫
大成建設株式会社土木本部土木技術部
トンネル技術室室長 |
| 猪俣 正
飛鳥建設株式会社執行役員技師長 | 濱 建介
株式会社アオバ取締役会長 |
| 久多羅木 吉治
東亜建設工業株式会社土木営業本部技術部長 | 深沢 淳志
国土交通省大臣官房技術調査課技術企画官 |
| 田川 弘義
株式会社竹中道路取締役社長 | 三浦 正彦
株式会社大林組土木技術本部技術部長 |
| 千葉 隆
清水建設株式会社土木事業本部
技術第二部部长 | 宮林 秀次
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 |
| 永島 茂
東京地下鉄株式会社鉄道本部工務部次長 | 山田 隆昭
日本道路公団技術部調査役 |

編集顧問の構成 (五十音順・敬称略)

- | | |
|-------------------------------|------------------------|
| 伊吹山 四郎
攻玉社工科短期大学名誉学長 | 林 博
西松建設株式会社専務取締役 |
| 島田 隆夫
鉄建建設株式会社社友 | 松本 崇義
(元)東京都理事 |
| 高橋 彦治
伸光エンジニアリング株式会社技師長 | 丸安 隆和
東京理科大学教授 |
| 田島 利男
株式会社ロードエンジニアリング代表取締役 | 宮川 房夫
株式会社熊谷組専務執行役員 |
| 長友 成樹
株式会社構造技術センター顧問 | 吉川 新吉
東京発電株式会社常任監査役 |
| 西松 裕一
東京大学名誉教授 | 吉村 恒
吉村とんねる・らぼ |

RH-10J-S ミニベンチ機械掘削工法 ブームヘッド

カッター出力
330kW
機体重量
120 ton



RH-10J-S型は

- ① 積込機、NATM関連機器等、従来機との組合せでミニベンチ工法が出来ます。
- ② トップデッキを外すことにより、ショートベンチ工法の上半にも使えます。

油圧カヤバの建機部門

日本鉦機株式会社 建機部

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

本社 〒105-0012 東京都港区芝大門2丁目11番1号(富士ビル) 電話(03)3431-9331(代)
福岡支店 〒812-0013 福岡市博多区博多駅東2丁目6番26号(安川産業ビル9階) 電話(092)411-4998
工場 〒514-0301 三重県津市雲出鋼管町(カヤバ工業(株)三重工場) 電話(0592)34-4111

編集委員会の構成 (五十音順・敬称略)

〔編集委員長〕

橋本定雄 不動建設株式会社特別顧問
(元)東京都下水道局長

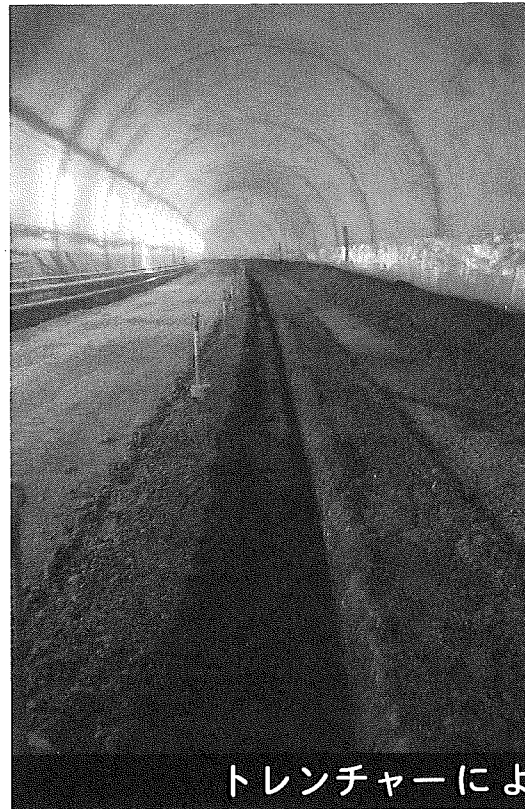
〔編集参与〕

伊藤良行	株式会社復建エンジニアリング 第一技術部部长	定塚正行	株式会社コンテク代表取締役社長
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	鈴木章	日本下水道事業団理事
今田徹	東京都立大学名誉教授	濱建介	株式会社アオバ取締役会長
		水谷敏則	(財)先端建設技術センター 専務理事

〔委員〕

大月喜雄	東京地下鉄株式会社建設部 新宿工事事務所所長	清治均	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
榎尾恒次	東京都交通局建設工務部保線課長	高橋良文	東京都下水道局計画調整部事業調整課長
木谷日出男	財団法人鉄道総合技術研究所 防災技術研究部主任研究員	竹内信次	東京電力株式会社工務部送変電建設センター 土木グループマネージャー
篠原斉四郎	東京都水道局建設部工務課長	真下英人	独立行政法人土木研究所 基礎道路技術研究グループ 上席研究員(トンネル担当)
清水満	東日本旅客鉄道株式会社建設工務部 構造技術センター課長	山田隆昭	日本道路公団技術部調査役

岩盤切削機 トレンチャー **TRENCOR** inc.



トレンチャーによる中央排水溝掘削

トレンチャーによる
工期短縮とコスト合理化の実現

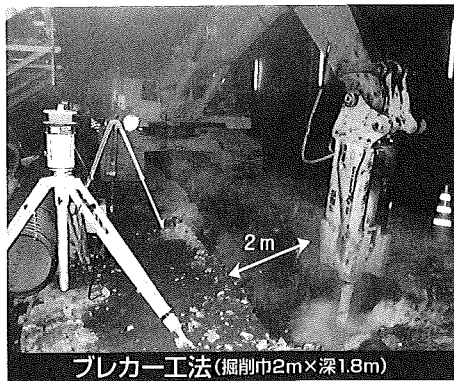
トンネル中央排水溝掘削例

トンネル	排水溝寸法(矩形)		進行と掘削時間	
	巾(m)	深(m)	m/時	時/日
新幹線	0.8	1.8	10~25	2~4
高速道路	0.6	0.9	20~50	4~5



	切削巾	切削深	用途
トレンチャー	0.3~2.4m	0.5~10.0m	深溝掘削 ⇒ トンネル中央排水溝、道路、造成地内溝
ロードマイナー	3.0~4.8m	0.9~1.9m	広幅掘削 ⇒ トンネル下半、道路盤、造成工事
ロックソー	0.1~0.3m	0.9~1.4m	狭溝掘削 ⇒ 光ケーブル、電力線、その他

—— どちらの工法を選びますか？ ——



フレカー工法(掘削巾2m×深1.8m)



トレンチャー工法(掘削巾0.8m×深1.8m)

TRENCOR INC.
TEXAS, U.S.A
www.trencor.com

総代理店 **オオヤマ & Co.** (Ohyama & Co.)
〒121-0813 東京都足立区竹の塚 1-27-9
TEL.03-3885-0864 FAX.03-3885-0864
mail: ohyama@mui.biglobe.ne.jp

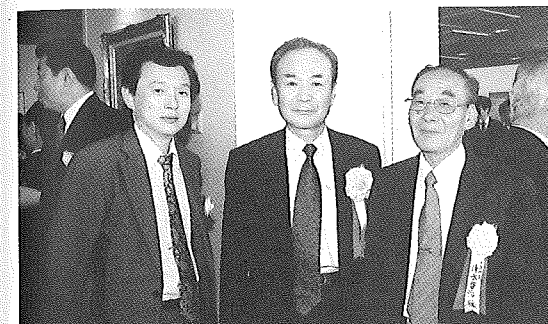
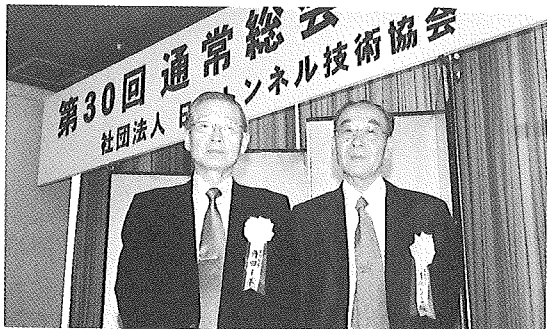
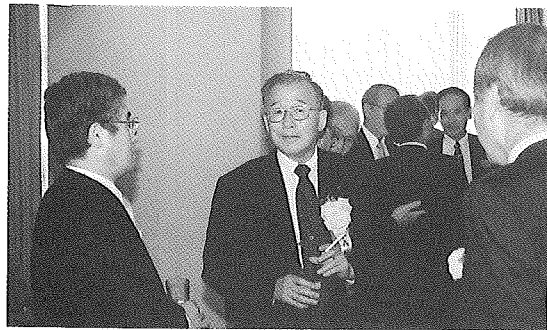
眼で見るトンネル工事

第30回通常総会開催さる 日本トンネル技術協会



(社)日本トンネル技術協会は去る5月17日、東京・千代田区の東京商工会議所(東商ビル)にて「第30回通常総会」を開催した。総会は、三谷浩会長のあいさつで始まり、平成15年度事業報告・事業収支決算、平成16年度事業計画・事業収支予算、役員選任について審議を行い、原案どおり満場一致で承認された。

懇親会に トンネル技術者集う



巻頭言

(題字 三谷 浩会長)

維持と伝承

香西 慧



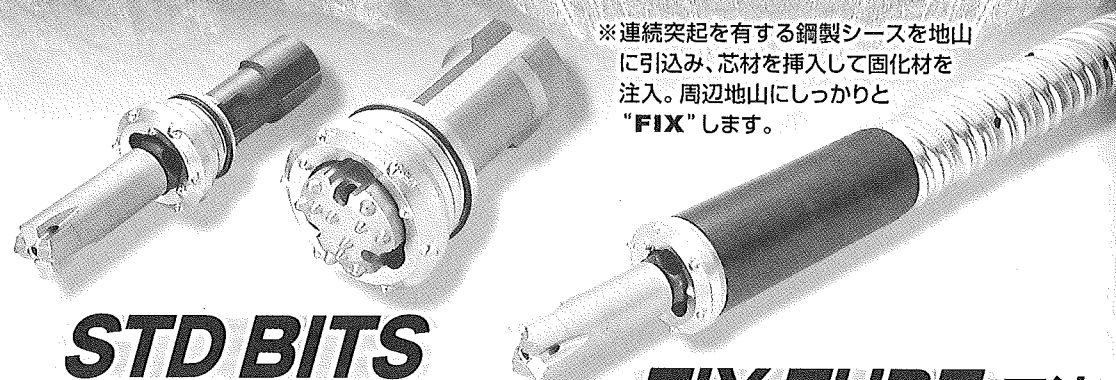
各地に残る古の洞門は、ノミと槌で精魂込めて掘られた。例えば、禅海和尚で有名な大分県の“青の洞門”は、今から250年ほど前に約30年を費やして完成したとされる。洞門が造られる以前は鎖戸(鎖渡し)といわれる命綱となる鎖が渡され、岩盤を穿って差し込まれた軸木(腕木)に横木を渡し、栈橋の上を鎖を手繰りながら渡っていた難所で、命を落とす人馬があったと聞く。兵庫県山崎町の“与位の洞門”の揖保川に面した側部岩盤面には、青の洞門完成とほぼ同じ時代に設けられたと推定されている。栈橋の腕木を差し込んだ四角の穴が今も数多く残されており、両洞門とも類似した往時の状況が想像される。これらの洞門は栈橋通行の後設けられたものであるが、昔の人々が生命の危険回避や生活上やむにやまれぬ必要性から、歳月と労力を費やし、信念を持って安全な通路を確保してきた様子がかがえる。

歴史の変遷や生活様式の変化などによる社会の要請が多くの土木事業を成立させてきたが、古来、将来を問わず、それぞれの時代の切実な要求が、着実な土木技術の進歩につながる。近年の発展した施工技術や新材料、数値解析などの手法を活用するための基礎となるものは、先達諸氏から教えられたさまざまな経験、知識、ならびにそれらによって培われるべき技術と、その伝承ではなかろうか。土木事業を通じて己の利を捨て人のためにつくす先達のたまざる努力と勇気、知恵を学び、それを基に体験し会得することが、時代を問わず大切であり土木技術発展の礎になると考える。コンピュータの能力を最大限に使いこなし、情報収集、数値解析を行うことも不可欠であろう。しかし、その前に自然や材料を観察し、五感を駆使して理解しておくことこそ、よりの確な結果を引き出す前提条件であることを忘れてはならない。自然と対峙するのではなく対話し、教えを乞い、知ることこそが重要であることを、次世代を担う多くの土木技術者の人たちに伝えていきたいと考えている。

トンネル施工技術はこのような先人の教えを脈々と引き継ぎ、不断の努力の結果としての進歩には目を見張るものがあるが、同時に日本経済を担って諸外国との経済競争力を確保し、

ユニークな発想と高品質・自信の価格

※連続突起を有する鋼製シースを地山に引込み、芯材を挿入して固化材を注入。周辺地山にしっかりと“FIX”します。



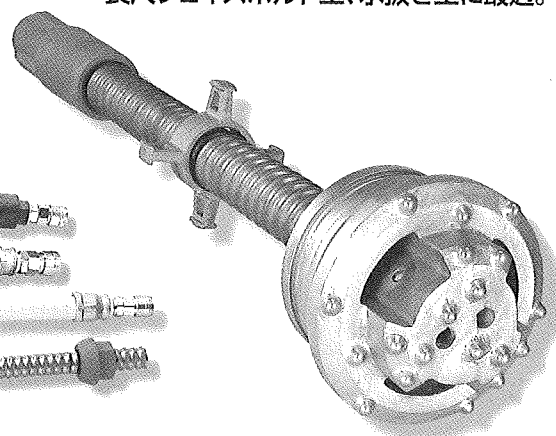
STD BITS

(ロストリング方式)

呼称	鋼管径	リングビット径
65A	φ76.3	φ86
90A	φ101.6	φ108
100A	φ114.3	φ124
125A	φ139.8	φ144

FIX TUBE 工法

長尺フェイスボルト工、水抜き工に最適。



自穿孔ボルト&注入管

AGF-SP 工法

R38自穿孔ボルトで二重管打設してロッドを回収しない、高速・高剛性長尺先受け工法です。坑口などでのミニパイプルーフとして最適。

名称	形状		降伏荷重 (kN)	破断荷重 (kN)
	外形状	内径		
SPアンカー	R29	φ13	204	>255
	R32	φ17	204	>255
	R38	φ16	400	>500
SPミニパイプ	R51	φ29	600	>750
	R73	φ50	960	>1200
注入管	鋼管	φ27.3 / φ15	155	>215
	GFRP	φ28 / φ17	-	>180

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

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

〒581-0869 大阪府八尾市桜ヶ丘3丁目101番地
TEL.0729-90-0250 FAX.0729-90-0251
E-mail: steng@kawachi.zaq.ne.jp

かつ国民が安心して生活するための社会資本整備の推進にも、トンネルの用途、工法を問わず従来と変わらぬ、またそれ以上の重要性を維持し続けなければならない。そのためには機械や材料、工法などの進歩に加え、将来の社会要請に向けた研究開発を着々と推進しておく必要がある。これらを実現することは、社会資本整備の今後に明るい光を投げかけてくれるものと信じている。

一方では、建設されてきた構造物も、人と同じく歳をとり経年変化していく。供用過程で重要な使命を担い耐えてきたこれらの構造物は、ほかに代え難い国民の共有財産である。今後の社会経済情勢を考慮するに、必要不可欠な社会資本の着実な整備と併せ、既設構造物の維持管理に早期予防的資金投入を実施することが、ますます重要性を増すと考えられる。時代の背景と要求にもとづき、とくに高度経済成長期以降大量に整備されてきた社会資本は、今後5年ないし10年以降には、建設後40～50年以上を迎える構造物が増加していく。これらの構造物は、維持管理を通じていわばその寿命を長くすることが不可欠である。そのためには構造物の現状と将来を把握、予測する診断と維持に係わる技術や、それを的確に適用できる専門技術集団の増加、マネジメントシステムなどが一層必要となろう。トンネルでも点検手法が多く実用化されており、より正確に診断するためのさまざまな研究がなされている。人と同じく予防と健康維持、若返りのための診断である。構造物の知りたい状態が非破壊で簡便かつ安価、安全、短時間に精度よく判定可能とする技術も、近々には実用化されるであろうと考えている。経年変化が把握された構造物の補修、補強の要否判定と施工方法も含め、維持管理の重要性が一層高まっていくこの時期にこそ、今後のための技術を確かなものとして、伝えていくべきである。

わが国の社会経済と文化の維持、発展を支えるために、各種トンネルやさまざまな構造物に依存することが多くなり、ますます複雑かつ難工事に挑む必要がある。国民がこれらの社会資本を安心して有意義に利用し続けるには、築きあげられた貴重な財産を維持・活用するとともに、新しい時代に向けた日々の研鑽が求められており、私もその一翼を担っていかねばならないと考えている。

本協会理事

戸田建設株式会社代表取締役副社長



施工 地下水位低下工法による土砂地山トンネルの施工 東北新幹線八戸～新青森間 六戸トンネル

田辺 宏* 長谷川 雅彦**
梅木 信夫*** 平野 逸雄****

1. はじめに

東北新幹線は、平成14年12月1日に盛岡～八戸間が着工以来11年の歳月を経て開業し、現在、八戸～新青森間で延伸工事が行われている。この区間(81.2km)にはトンネルが18本あり、路線長の6割を占めている。このうち八戸方の12本のトンネルは、新第三紀～第四紀にかけて堆積した洪積台地に位置し、小土かぶりの未固結地山を掘削することとなっている。

六戸トンネルは、東京起点611k450mを入口とする延長3,810mの山岳トンネルである(図-1)。トンネルは標高60m程度の洪積台地(三本木原台地)を貫いており、地質は含水未固結砂質土、土かぶりは平均で13m程度となっている。地表部の土地利用は主に耕地、宅地であり、トンネルは多数の道路、鉄道、水路とも近接交差する。このため、天端・切羽の安定、地下水位の低下、周辺に

与える影響の低減などのため、各種の補助工法を用いてトンネルの施工を行っている。

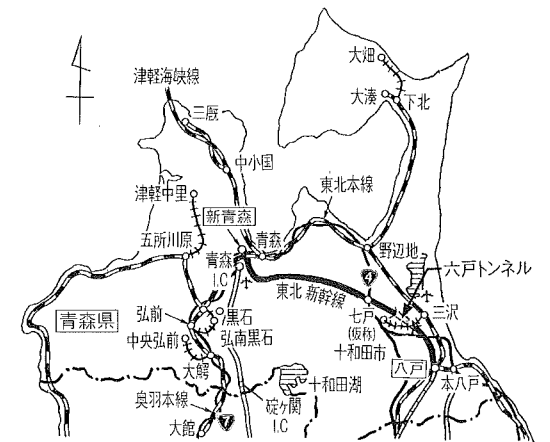


図-1 六戸トンネル位置図

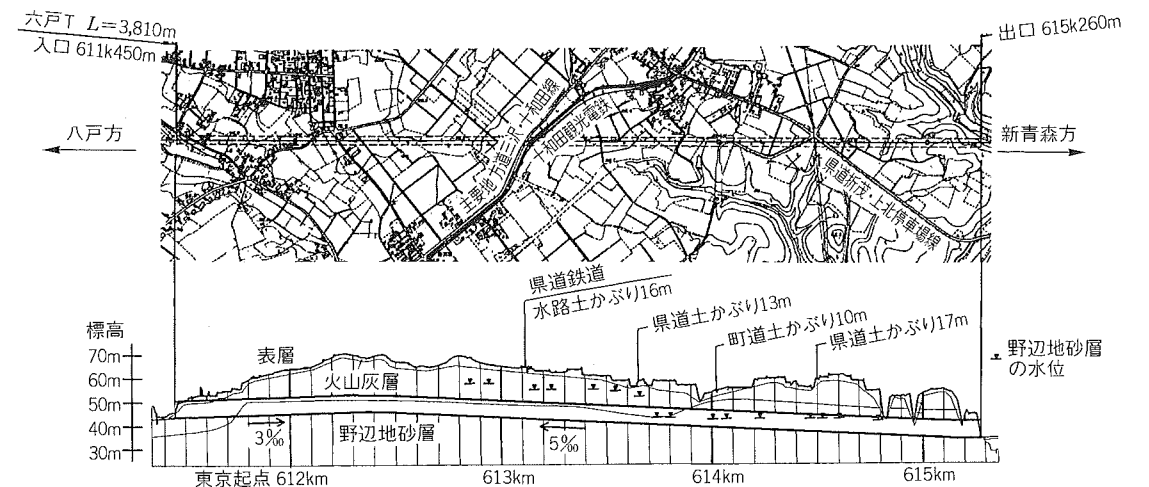


図-2 線路平面・縦断面図

* (独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構盛岡支社七戸鉄道建設所担当副所長
** 総括課長補佐
*** (独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構盛岡支社八戸鉄道建設所長
**** 大成・不動・浅沼・ユニオン東北新幹線六戸トンネル他特定建設工事共同企業体六戸トンネル作業所所長

本稿では、六戸トンネルの施工の概要について、地下水位低下工法に焦点をあてて報告する。

2. 地形・地質の概要

図-2に線路平面・縦断面図を示す。

三本木原台地は、新第三紀鮮新世から第四紀更新世にかけて堆積した野辺地砂層が基盤層となっており、その上部に八甲田山由来の火山灰層が分布している。六戸トンネルは主に野辺地砂層に位置する。表-1に野辺地砂層の土質特性を示す。野辺地砂層は細粒分含有率8~20%程度、均等係数平均14程度の比較的バインダー分の少ない粒のそろった砂層であるといえる。図-3に六戸トンネル周辺の野辺地砂層の細粒分含有率と均等係数の分布を

表-1 野辺地砂層の土質特性

土粒子の密度 ρ_s	2.6~2.8g/cm ³
間隙比 e	0.8~1.1
細粒分含有率 F_c	8~20%
均等係数 U_c	平均14
含水比 w_n	22~36%
相対密度 D_r	100%以上
N値	20~50以上

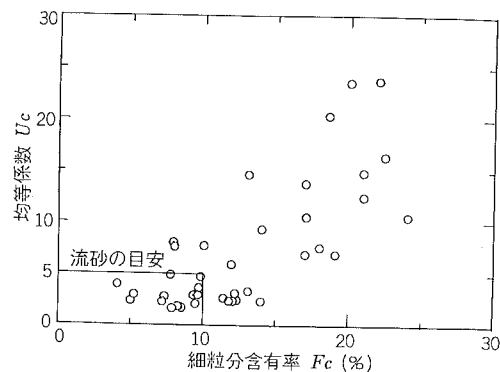


図-3 野辺地砂層の細粒分含有率と平均係数の分布

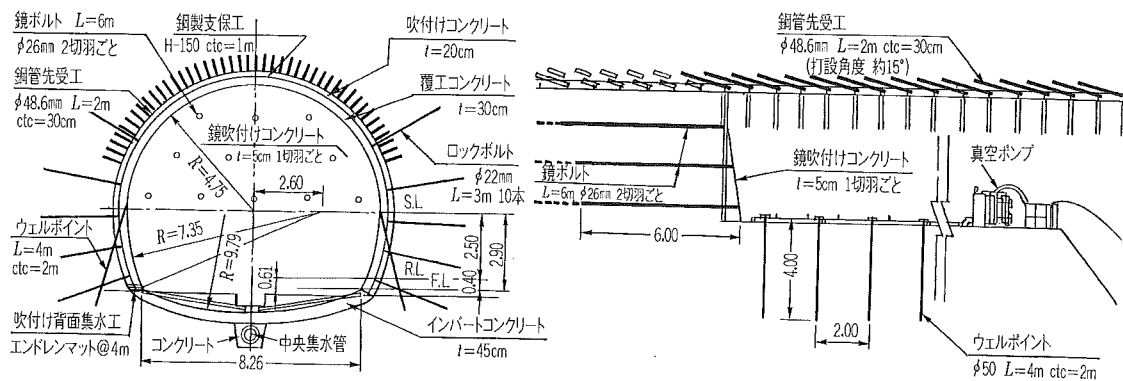


図-4 トンネル標準図

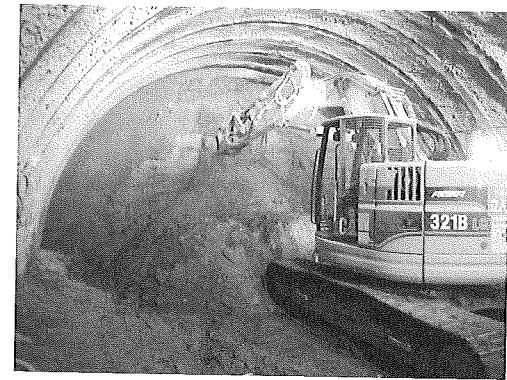


写真-1 六戸トンネル掘削状況

に導水マットを配置して排水することとした。

4. 補助工法

4-1 切羽安定対策

切羽安定対策としては、肌落ち対策として鋼管先受工(15°範囲)を行うこととした。φ48.6mm、L=2mの鋼管をドリルジャンボにより、削孔による地山の緩みを避けるために水を使わず回転+打撃により30cm間隔で1切羽ごとに圧入し、先受けとする。これにより、掘削時の切羽天端部からの小土塊の肌落ちを防止することができた。その他、土かぶりの小さい坑口部80m間および、途中の2か所の沢部については、長尺先受工(AGF)を施工した。鏡面の対策としては、鏡吹付けコンクリート(t=5cm、1切羽ごと)と鏡ボルト(L=6m、12~16本/断面2切羽ごと)を行っている。

4-2 地下水対策工

事前のボーリング調査の結果によると、地下水位は新青森方ではおおむねトンネル天端付近、八戸方ではトンネル天端+5~+10m程度にあり、切羽の安定の確保のためには何らかの地下水対策が必要となる。六戸トンネル上部の地表の土地利用は水田、畑が主体で住宅地などは散在しているが多くなく(写真-2)、周辺に与える影響に対する制約が厳しくないことから、地下水位低下工法を用いることとした。図-5に野辺地砂層の粒径加積曲線と地下水位低下工法の適用範囲との比較を示す。ここで、図を見やすくするため連続した線ではなく点で表示している。トンネル周辺の野辺地砂層はD₂₀=0.1mm程度であり、Creagerによる透水係数の目安³⁾によればk=1.8×10⁻³cm/sec程度と想定された。また、地下水位低下工法の適用範囲との比較より判断すると野辺地砂層はディープウェルの効果が期待できる下限に近い。しかし、排水能力が大きいこと、土かぶりが小さくディープウェルの削孔長が比較的短くて済むこと、地表から施工可能で切羽進行の妨げとならないことなどから、沢部を通過し地下水位が高くなる614k800m~八戸方では地下水対策工としてディープウェルを採用することとした。なお、614k800m~新青森方は沢が発達して地下水位が低かったため

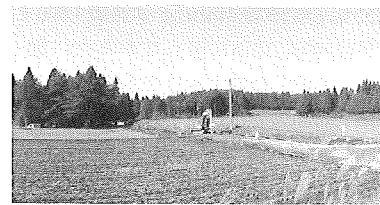


写真-2 六戸トンネル上部の状況

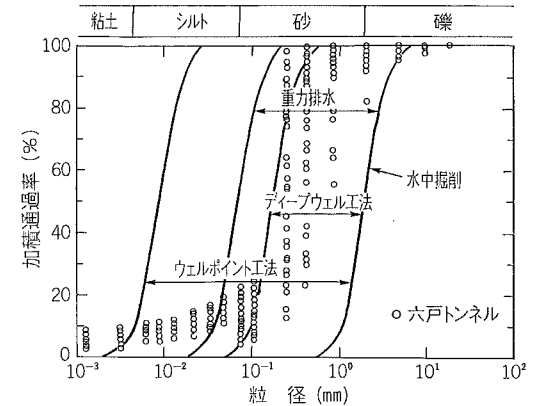


図-5 野辺地砂層の粒径加積曲線と地下水位低下工法の適用範囲(文献2)を一部修正)との比較

坑内からの先進水抜きボーリングおよびウエルポイントを用いて施工することとした。ディープウェルの詳細については次章以降で説明する。

5. ディープウェルの計画

5-1 基本計画

図-6にディープウェルの基本計画を示す。隣接区、過去の実績などより20mピッチの千鳥配置とし、深度はインバート下10mまでとしている。試すいによる調査の結果、トンネル周囲の地盤は、上部に火山灰層、下部に野辺地砂層となっているが、野辺地砂層は層内に粘性土層をはさみ、帯水条件としては、図に示すように3つの帯水層からなることがわかった。以後、これらを上から第1~3帯水層と称する。第1帯水層は細粒分含有率80%程度以上の火山灰層であり、ここから水を引くと地盤沈下を誘発する恐れがあるため、インバート下端を中心とした20m間を集水範囲としスクリーンを設け、第2帯水層から揚水することとした。なお、第1帯水層~第2

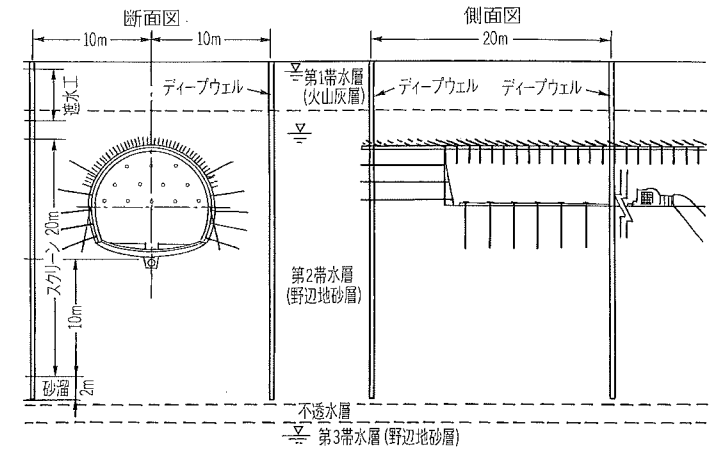


図-6 ディープウェルの基本計画

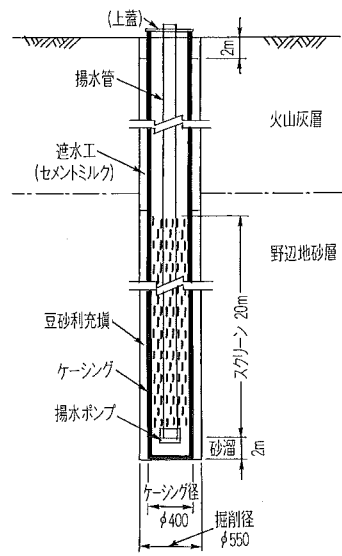


図-7 ディープウェルの構造

帯水層間はセメントミルクで遮水し、第1帯水層の水は揚水しない構造としている。図-7にディープウェルの構造を示す。

5-2 揚水試験

(1) 試験概要

実施工に先立ち揚水試験を行った。揚水試験は代表的な値を得ることを目的としてトンネルの中間613k355m付近で実施することとし、ケーシング径φ400mm、20m千鳥配置としてDW1~DW5の5本のディープウェルと、DW1を中心とした半径300mの範囲に計14本の観測井を施工した。試験は単孔揚水試験と群井揚水試験の2種類である。図-8にディープウェルと観測井の配置平面図を

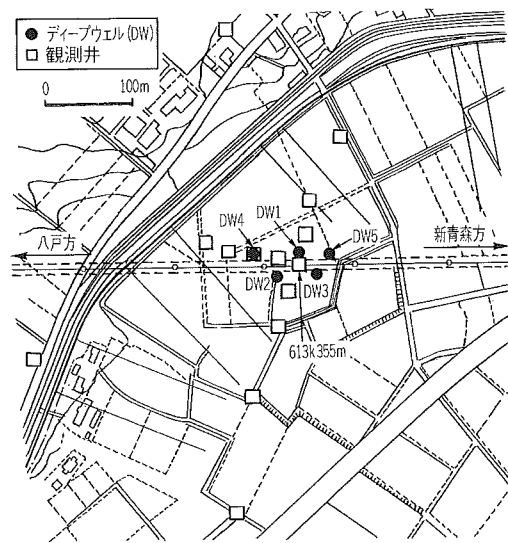


図-8 ディープウェルと観測井の配置平面図

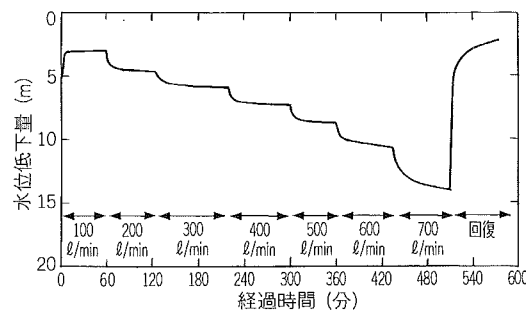


図-9 DW1の孔内水位の経時変化

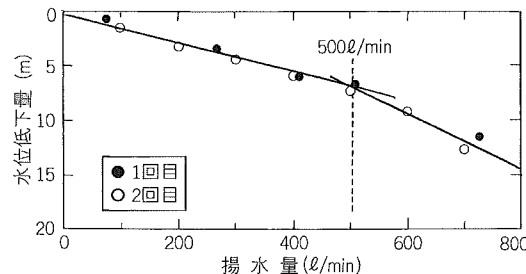


図-10 揚水量とDW1の孔内水位との関係

示す。

(2) 単孔揚水試験

まず、ディープウェルDW1を用いて単孔揚水試験を行った。揚水量を100~700 l/minまで100 l/minずつ増加させながら一定時間(約1時間)定揚水量で揚水を行い、孔内水位の変化を観察した。図-9にDW1の孔内水位の経時変化、図-10に揚水量とDW1の孔内水位との関係を示す。500 l/min付近で揚水量~孔内水位の関係に変化が見られ、急に孔内水位が低下する傾向が生じている。これは砂を引き始めたことによると考えられる。また、揚水量400 l/min程度を超えると少量の砂が揚水中に混じることが観察されている。この結果から限界揚水量として400 l/minを想定することとした。なお、Theisの式⁹⁾を用いた数値解析によるシミュレーションの結果、透水係数は 8×10^{-3} cm/sec、貯留係数は 5×10^{-4} という結果が得られた。

(3) 群井揚水試験

次に、ディープウェルDW1~DW5までの5本を用いて10日間連続で揚水を行い、第2帯水層の水位の変化を観察した。なお、揚水量としては平均400 l/minを目標としたが、最大でも平均260 l/min(5本合計1,300 l/min)程度で、目標値400 l/minに至らなかった。図-11、12に第2帯水層の観測井の地下水位を示す。定常状態となったときの第2帯水層の水位低下量は最大9m程度で、FLまでの低下は達成できなかったが、ディープウェルによりある程度の低下が可能であることが確認できた。また、DW1から300m離れた観測井でも水位の低

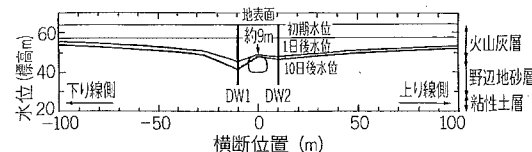


図-11 第2帯水層の観測井の地下水位(横断面図)

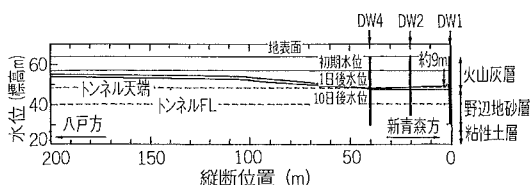


図-12 第2帯水層の観測井の地下水位(縦断面図)

下が観測されており、ディープウェルの影響範囲は300m以上あることもわかった。

5-3 ディープウェルの稼働本数、ピッチ

(1) 検討条件

揚水試験の結果、5本のディープウェルでは水位がFLまで低下しないことがわかった。このため、実際の稼働本数、ピッチについてはTiemの群井公式⁹⁾により決定することとした。検討条件を表-2に示す。透水係数 k 、貯留係数 s 、揚水量 Q は、揚水試験結果よりそれぞれ $k=8 \times 10^{-3}$ cm/s、 $s=5 \times 10^{-4}$ 、 $Q=260$ l/minとした。計算は、ディープウェル本数 n 、ピッチ l を変化させて行った。

(2) 検討結果

検討結果のまとめを表-3に、定常状態における地下水位を図-13、14に示す。ディープウェル本数 n が多いほど、また、ピッチが狭いほど定常状態の水位も低くなり、

表-2 検討条件

初期水位	標高55.1m(天端上+6.5m)
透水係数 k	8×10^{-3} cm/sec
貯留係数 s	5×10^{-4}
揚水量 Q	260 l/min
ディープウェル本数 n	15~23本
ピッチ l	15m, 20m

表-3 検討結果のまとめ

ケース	本数 n (本)	ピッチ l (m)	トンネル下端まで水位が低下するか	評価
1	15	15	×: 低下せず	×
2	17	15	×: 低下せず	×
3	19	15	○: 低下	×: 総施工本数多
4	19	20	×: 低下せず	×
5	21	20	×: 低下せず	×
6	23	20	○: 低下	○: 採用

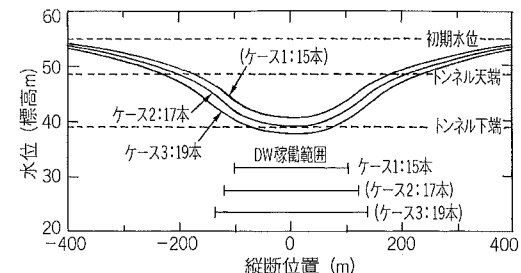


図-13 定常状態の地下水位(ピッチ=15m)

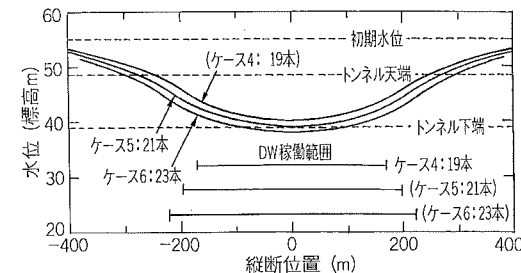


図-14 定常状態の地下水位(ピッチ=20m)

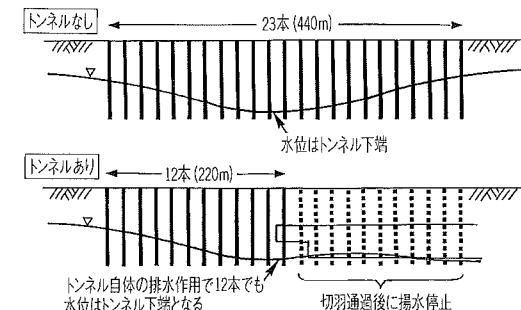


図-15 トンネルの効果を考慮した稼働本数の考え方

ケース3と6の2ケースがトンネル下端まで水位が下がるという結果となった。ただし、ケース3についてはディープウェルの総稼働本数(運転開始から切羽が到達して運転停止するまでの稼働本数)が少なくなるものの、総施工本数が多くなり、不経済となる。このため、ケース6(ピッチ20m、稼働本数23本)を採用することとした。ここで、検討結果によればディープウェルを $n=23$ 本同時に稼働させていないと水位をトンネル下端付近に維持できないことになる。しかし、検討上はモデル化しなかったが、実際にはトンネルが存在しトンネル自体の排水効果も期待できることから、 $n=23$ 本の半分として切羽前方に $n=12$ 本のディープウェルを常に稼働させることとした(図-15)。

5-4 ディープウェル稼働開始時期、低水位区間の稼働本数

(1) 解析条件

実施工におけるディープウェルは614k800m付近より

開始するが、614k800m付近～613k800m付近にかけては初期水位が揚水試験実施箇所より低いため、稼働開始時期、稼働本数については改めて群井戸理論を用いた非常解析により決定することとした。解析条件を表-4に示す。ここで、貯留係数 s については、揚水を開始する614k800m付近が沢部に近いことを考慮し、揚水試験結果を補正した $s = 5 \times 10^{-2}$ を用いた。また、初期水位も揚水試験を実施した613k355m付近に比べて低いことも考慮している。

(2) 解析結果

解析結果のまとめを表-5に、地下水位の経時変化を図-16に示す。ディープウェル本数 n を増加させることにより早く水位が低下することがわかる。 $n=5$ 本ではト

表-4 解析条件

初期水位	標高42.6m(天端上+0.3m)
透水係数 k	8×10^{-3} cm/sec
貯留係数 s	5×10^{-2}
揚水量 Q	260 l/min
ディープウェル本数 n	5, 13, 23

表-5 解析結果のまとめ

ケース	ディープウェル本数 n 本	トンネル下端まで水位低下所要日数	評価
1	5	低下せず	×
2	13	15	○
3	23	9	(総稼働本数多)

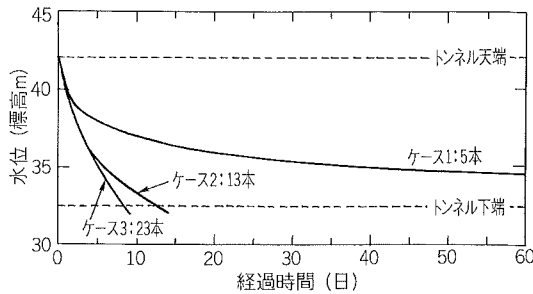


図-16 地下水位の経時変化

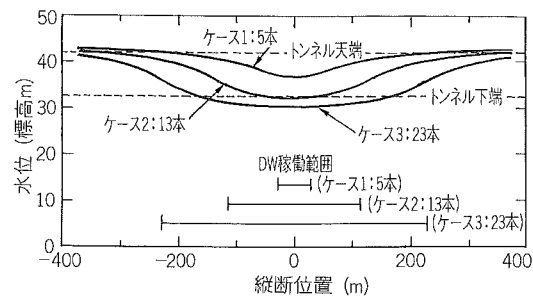


図-17 揚水開始15日経過後の地下水位

ンネル下端まで水位が低下せず、また、 $n=23$ 本では水位低下の日数は早いですが、ディープウェルの総稼働本数(運転開始から切羽が到達して運転停止するまでの稼働本数)が多くなり、不経済であると考えられる。揚水開始15日経過後の地下水位を図-17に示す。図より、 $n=13$ 本のときにトンネル下端付近まで水位が下がっていることがわかる。これらの結果から、切羽が614k800mに到達する15日前に13本のディープウェルを稼働することとした。また、初期水位が低い本区間においては、切羽が進んだ場合には、前述したトンネル自体の排水効果を考慮して、切羽前方に $n=7$ 本のディープウェルを常に稼働させることとした。

6. 揚水の状況

6-1 地下水位

ディープウェルは農閑期となる冬季に掘削し、揚水は2003年2月10日に開始した。ディープウェルの効果により、掘削時、切羽からの湧水はほとんど生じなかった。図-18に観測井別の地下水位の経時変化を示す。ディープウェルを稼働させることにより当初トンネル天端付近にあった地下水位が上半切羽到達時には5～8m程度下がっており、地下水位低下の効果が確認された。しかし、

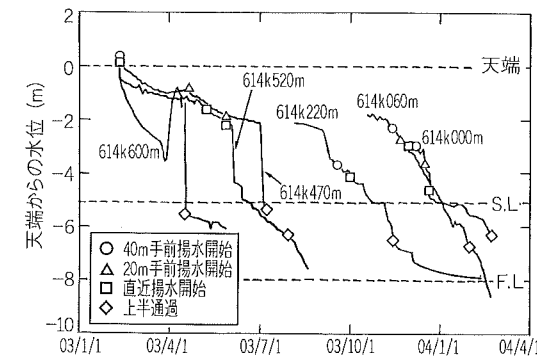


図-18 観測井別の地下水位の経時変化

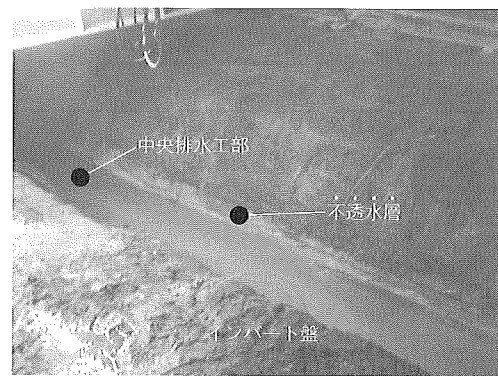


写真-3 インバート直下の不透水層

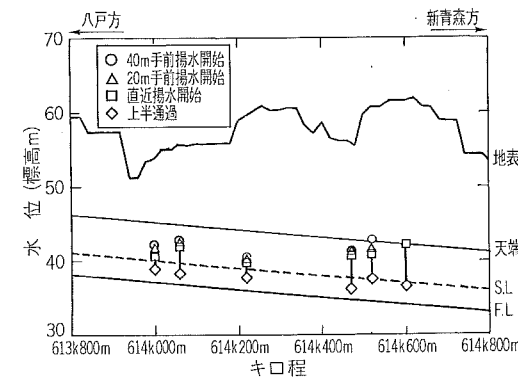


図-19 観測井別の地下水位の変化

これは揚水試験での水位低下量(=9m)よりやや少ない。上半切羽が到達するころの地下水位はSL程度で、上半掘削時は地下水が問題となることはないが、下半掘削時に問題とならない程度(FL程度)までは低下していないことになる。これは、ディープウェルはインバート下10mまで入っているものの、不透水層(粘性土層)の位置が予想より高く、インバート直下(写真-3)、下半・インバート部分の地下水が抜けにくい位置関係になっていることが原因の一つと考えられる。図-19に観測井別の地下水位の変化を示す。観測井から20m, 40m離れたところにあるディープウェルが揚水を開始しても地下水位にはあまり影響がなく、直近のディープウェルが揚水を開始して初めて水位が大きく低下し始める傾向がある。水位低下速度については、キロ程や上部地形による差は見られなかった。

6-2 揚水量

図-20にディープウェル別の揚水量の経時変化を示す。揚水開始直後は一時的に200 l/min程度の揚水量が見られたが、その後急激に揚水量が低下する傾向がある。図-21に揚水量の分布を示す。八戸方に切羽が進むにつれ揚水量が大きくなる傾向はあるが、定常状態の平均揚水量は揚水試験の260 l/minを下回る平均約100 l/min程度である。これは、揚水試験を実施した613k335m付近

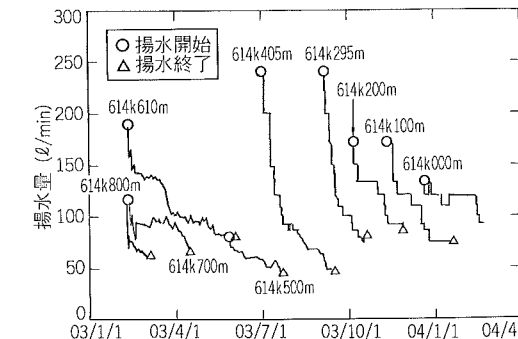


図-20 ディープウェル別の揚水量の経時変化

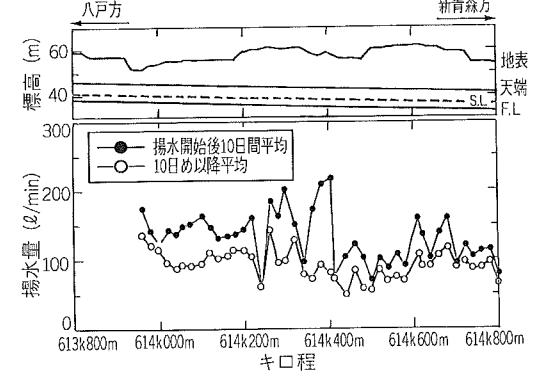


図-21 揚水量の分布

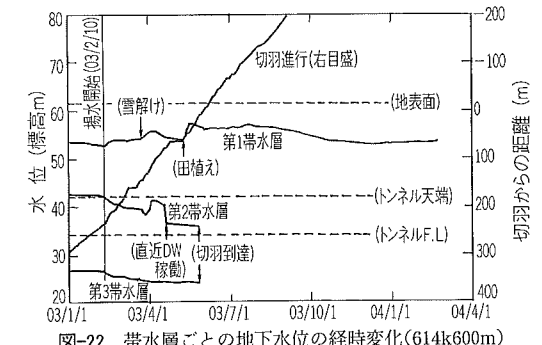


図-22 帯水層ごとの地下水位の経時変化(614k600m)

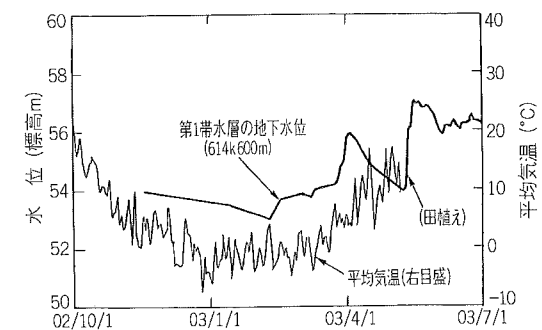


図-23 第1帯水層の地下水位と平均気温との関係

より初期の水位が低いこと、インバート直下に不透水層があることによるものと考えられる。なお、図中に地形、トンネル位置も同時に示したが、地形による明瞭な差はみられなかった。

6-3 地表面、第1帯水層への影響

図-22に614k600mに設けた観測井における帯水層ごとの地下水位の経時変化を示す。第2, 第3帯水層のみ水位が低下し、第1帯水層の水位は低下していないことがわかる。また、地表面沈下計測の結果、数mm程度の沈下しか生じておらず、第1帯水層の圧密沈下は少ないことが確認された。なお、2003年4月上旬に、第1, 第2帯水層の地下水位の急な上昇が観測されている。図-23に第1帯水層の地下水位と平均気温との関係を示すが、

両者に相関が見られること、3月中旬以降は平均気温が0℃以上となっていることから雪解けによる影響と考えられる。なお、2003年4月20日頃に第2帯水層の地下水位が4mほど低下しているが、これについてはトンネルの進行に伴い新たに近くのディープウェルの運転を開始したことによるものと考えられる。

6-4 考察

ディープウェルの効果により、切羽からの湧水はほとんど生じなかった。また、観測井によれば、切羽到達時にはFL~SL間まで水位が低下していることから、総合的に判断すればディープウェルの本数、開始時期については現状で妥当と考えられる。ディープウェル本数を増加させる、あるいは、揚水開始時期を早めれば、もう少し水位が低下すると考えられるが、FLまで水位が低下しない主因がインバート直下の不透水層による溜まり水と考えられることから、ディープウェルだけの対応は難しいものと推察される。溜まり水による上半盤の泥ねい化や下半切羽の不安定化に対しては上半盤からウェルポイント(L=4m)を施工することにより対応を図っている(図-4)。ウェルポイントの施工により泥ねい化などが防止でき、問題なく施工できている。また、これに伴い、トンネル上半切羽がディープウェルの位置を通過し

た後ディープウェルの運転を停止している。

7. おわりに

本稿では、小土かぶり未固結土砂地山を掘削している六戸トンネルの概要と、ディープウェルの計画、揚水試験の結果、揚水の状況について紹介した。今後、掘削が進むにつれて、地下水位が高く、湧水量が増加することが予想される区域に入ってゆく。そのため、ディープウェルの稼働本数や運転開始時期について、今後も検討を加える予定である。また、ディープウェルの運転が地表面に与える影響についても引き続き計測・解析などを行い、周辺環境や用水路、十和田観光電鉄、県道などの重要構造物に与える影響の低減に努めていきたい。

最後に、当工事の設計・施工に際し、東北新幹線トンネル施工技術委員会(委員長:足立紀尚・京都大学名誉教授)をはじめ関係各位からさまざまな貴重な御意見・御支援を賜った。ここに記して感謝の意を表したい。

参考文献

- 1) 日本鉄道建設公団: NATM設計施工指針, 1996.
- 2) 土質工学会: NATM工法の調査・設計から施工まで, 1986.
- 3) 土質工学会: 掘削のポイント, 1975.
- 4) 土木学会: 山岳トンネルの補助工法, 1994.

建設工事の地質診断と処方

石井 康夫・矢島 壯吉/共著

A 5判 価格4,515円(送料380円)

近年、建設技術の高度化と複雑化に伴い、建設コンサルタント、地質・土質調査業務の果たすべき役割と責任は重要なものになってきている。なかでも、建設工事の基礎になる地質の理学的な理解度と光学的な応用力が設計・施工の良否につながるというも過言ではない。自然界の創り出す地質的諸現象にぶつかるたびに、如何に地質学とはむずかしいものかを痛感する。この書が多少なりとも、建設技術者・土木技術者の各位に参考となり、利用されれば幸いです。

目次

1. 地質の基礎知識
2. 地盤・岩盤の地質診断法
3. 軟弱地盤と特殊土の地質診断と処方
4. 地盤・岩盤の評価
5. 地すべり・斜面崩壊の地質診断と処方
6. 山岳トンネル工事の地質診断と処方
7. 都市トンネル工事の地質診断と処方
8. ダム工事の地質診断と処方
9. 一般土工と基礎工事の地質診断と処方

株式会社 土木工学社

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



施工 新島近海地震災害を新設トンネルで復旧
都道211号 平成新島トンネル

吉山 順一* 梅田 伊久男**
吉野 雅一*** 山本 泰三****

第一トンネル)、新島第二トンネル(仮称)(以降、第二トンネル))が着工となった。

本稿は、このうちの第二トンネルについての施工報告である。

2. 工事概要

本工事は、平成12年7月15日に発生した新島近海地震以来通行不能となっている都道211号線(一般都道若郷新島港線)の付け替え道路新設に伴うトンネル工事である(図-2~4)。

工事名称: 新島第二トンネル(仮称)整備工事
施工場所: 東京都新島村内
発注者: 東京都
工期: 平成13年10月10日~平成15年11月20日
トンネル延長: L=2,878m

若郷側区 1,587m
(大成・前田・京急JV施工)
本村側区 1,291m
(鹿島・東亜・前田JV施工)

掘削工法: NATM(補助ベンチ付き全断面工法)
仕上がり径: R=4,300mm
幅員構成: 車道 3.25m×2
管理用通路 0.75m×2

3. 新島の地質概要

3-1 地質概要

新島は南北に約11km、東西に4km以下と細長い。海岸線の長さは約30kmで、砂質海岸が半分近くを占める。新島の火山は、北部の若郷火山を除いていずれも流紋岩質であり、10万年前以降に次々と活動したと考えられる単成火山である。

島の南部は1000年ほど前の噴火(向山溶岩の活動)により陸地として形成された。火砕サージからなる平坦地は本村地区の居住地・農地として利用されている。

北部はより古い溶岩円頂丘の集合である。北西部に火

1. はじめに

平成12年7月15日に発生した新島近海地震により震度6弱の揺れを記録した新島は、その後も震度4を越す地震が2か月以上続き、島内の各所に甚大な被害を及ぼした。都道では15か所で落石や斜面崩壊が発生し、とくに檜山、木戸坂、峻険坂の3か所の被害は大規模で交通が遮断された。このため、北部に位置する若郷地区と中央部に位置する本村地区は、両地区を結ぶ唯一の道路である都道の被災により分断されてしまった。

その後、仮設道路の開通により暫定的に交通機能は回復したが、今後の緊急時にも確実に両地区を連絡できるように2本のトンネルによって安全に配慮した災害に強い道路整備を行うこととなった(図-1)。

しかし、斜面崩壊による災害復旧によってこれほど大規模なトンネルを新設することはきわめて異例であり、また被災後非常に短期間で計画・調査・設計が行われた。

このような中で、被災からわずか15か月で2本のトンネル工事(新島第一トンネル(仮称)(以降、

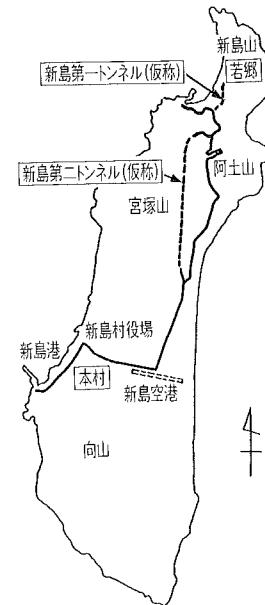


図-1 新島第二トンネル(仮称)位置図

- * 東京都大島支庁新島出張所道路復旧工事担当係長
- ** " " " " 道路復旧工事担当係主任
- *** 大成・前田・京急建設共同企業体新島第二トンネル(仮称)整備工事(その1)監理技術者
- **** 鹿島・東亜・前田建設共同企業体新島第二トンネル(仮称)整備工事(その2)監理技術者

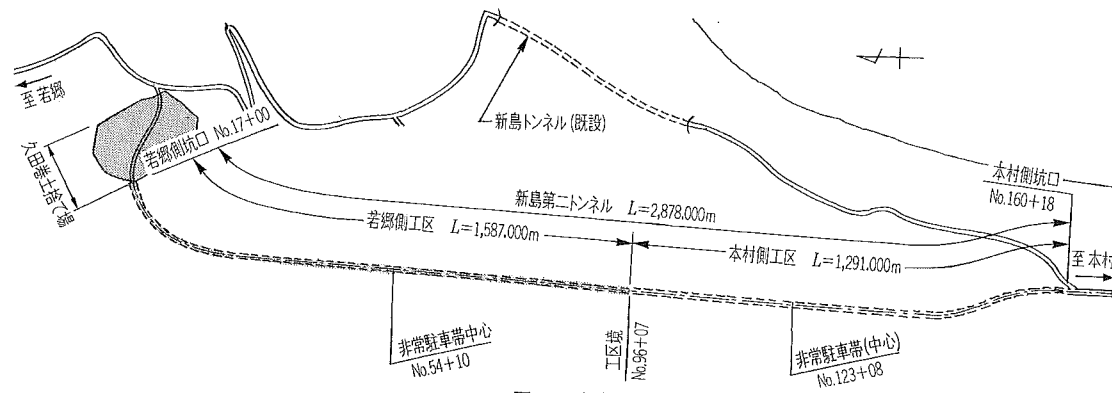


図-2 平面図

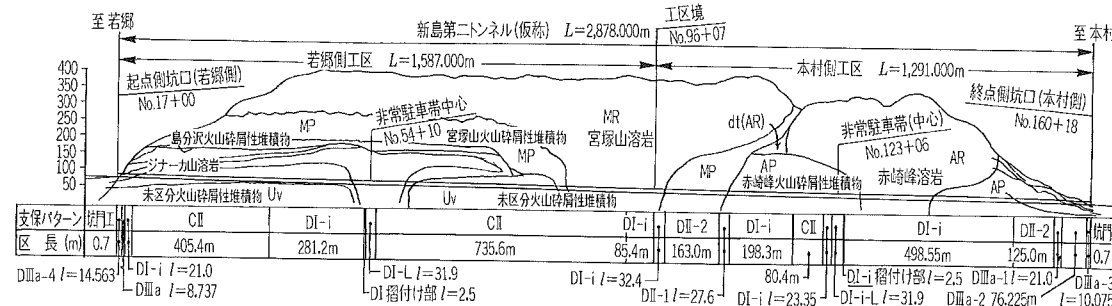


図-3 縦断面図

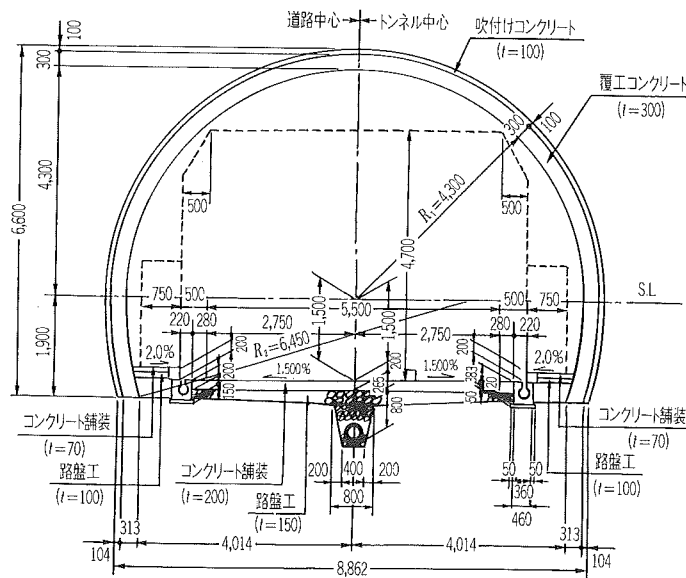


図-4 標準断面図

口起源と思われるいくつかの低地があり、若郷地区の居住地や農地として利用されている。

第二トンネルは、北部の若郷地区と南部の本村地区とを隔てる山岳地帯にある。

この地域には、いくつかの溶岩円頂丘が南北に連なるように分布している。本村地区の平坦部から北に向かっ

て、峰路山、赤崎峰、宮塚山、および阿土山が分布し、久田巻農地として利用されている火口地形を経て、若郷地区の低地へと至る。

この地域における溶岩円頂丘は、平坦で広い頂部と、これを取り巻く急峻な斜面を形成する溶岩および、その下部に広がる緩やかな傾斜をなす火山砕屑性堆積物からなる。山麓には崖堆積物が発達する。山麓には崖堆積物が発達する。その模式的な断面図を下記に示す(図-5)。

3-2 地質構造発達史

新島の火山活動は、ジナーカ山火山の活動から始まる。新島北部地域では、ジナーカ山火山の活動後は、島分沢火山砕屑性堆積物の堆積に続き、赤崎峰～宮塚山火山が活動する。この赤崎峰火山と宮塚山火山では、溶岩噴出に先立ち、火砕サージ(主にベースサージなど)が発生し、火山砕屑性堆積物を堆積している。宮塚山火山の活動後は、若郷および阿土山でお釜状の火口を形成する火山活動が起こり、阿土山火山の活動終了により、北部での火山活動は一応終焉している。その後は、新島南部の向山火山の活動により、南部と北部の山体が陸続きとなり、現在の地形が

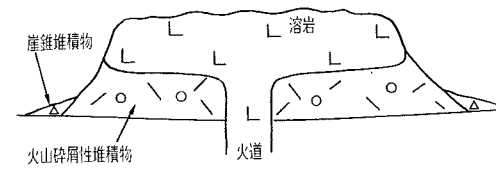


図-5 溶岩円頂丘の概略図

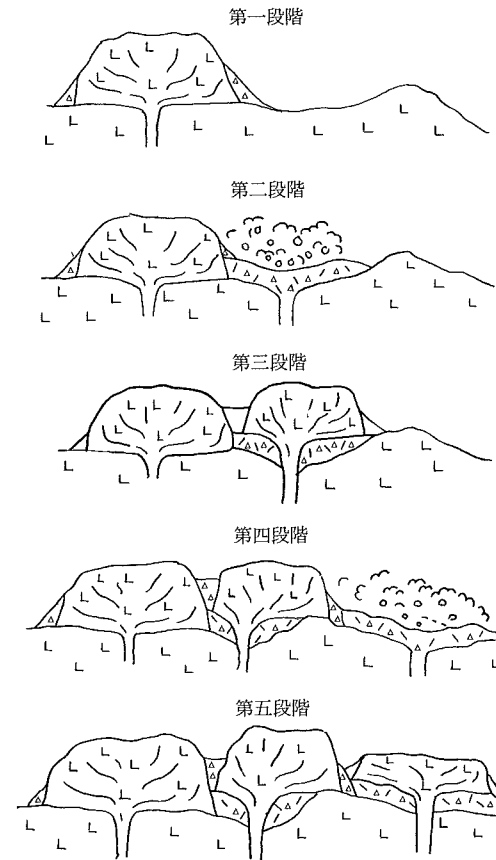


図-6 地層形成模式

形成された。

新島北部は、大磯溶岩、ジナーカ山溶岩を最下層とした火山形成史が編まれているが、この大磯溶岩、ジナーカ山溶岩の基盤が何であるのかを記載した文献は存在しない。しかし、さらに古い堆積物もしくは溶岩などが存在することは間違いなく、この地層を未区分火山砕屑性堆積物と呼ぶ。

第二トンネルルート周辺の地質構造発達史を模式図として概念的に示すと以下のとおりである(図-6)。

- (1) 第一段階：赤崎峰火山の活動
ジナーカ山もしくは未区分火山砕屑性堆積物を基盤とし、火砕サージおよび溶岩が噴出。溶岩円頂丘を形成する。
- (2) 第二段階：宮塚山火山の活動その1
赤崎峰の北部で噴火。火砕サージの発生などにより、

火山砕屑性堆積物が堆積し、火山砕屑丘(ホマーテ)を形成する。

(3) 第三段階：宮塚山火山の活動その2
火山砕屑性丘の上位に溶岩が噴出し、溶岩円頂丘を形成する。

(4) 第四段階：阿土山火山の活動その1
宮塚山の北東、ジナーカ山の東で噴火。ジナーカ山の山体を吹き飛ばすなどし、いくつかの火口が形成される。火山砕屑丘が形成される。

(5) 第五段階：阿土山火山の活動その2
形成された火口1つから溶岩が噴出。溶岩円頂丘が形成される。これにより新島北部は、おおむね現在の地形・地質状況が完成される。

4. 被災から発注まで

4-1 短期間での作業

本トンネルは災害復旧事業であり、被災直後から緊急調査が実施され、計画策定、査定設計を経て、わずか3か月で災害査定を受けている。

その後、発注に向けた地質・測量調査、実施設計が行われるとともに、国立公園特別地域内における行為のため自然公園法上の手続きを経て、被災からわずか10か月で工事の起工に至っている。

地質調査に関しては、既設トンネルなどの既存データを最大限に活用することで、短期間での計画・設計が実現された。

4-2 トンネル延長の延伸

災害復旧事業は原形復旧が原則であるため、現道を斜面復旧することによって、回復されるべきであった。しかし、檜山地区の被災箇所においては、比高差200m、延長500mにわたる崩壊斜面を復旧し、現道を通行させることは安全性、経済性から現実的でない判断された(原形復旧不相当)。このため、被災箇所を迂回するトンネルの設置により、従前の効用を回復させることとなった。なお、トンネルによる復旧が認められたとはいえ、必要最小限の区間を迂回するものであるため、既設の新島トンネルに接続する最短ルートが選択された(図-7)。

檜山地区から約2km北に位置する峻険坂地区は、ヘアピンカーブが連続する急峻な地形であり、ここでも地震により大規模な斜面崩壊が発生し都道の交通が遮断された。

また、付近にはゴミ処分場などがあり早急な回復が求められた。このため、本箇所では現道復旧による災害復旧が行われたが、恒久的な安全性を確保するため、将来線形改良の必要があった。

そこで、檜山地区に加え峻険坂地区の危険箇所を回避

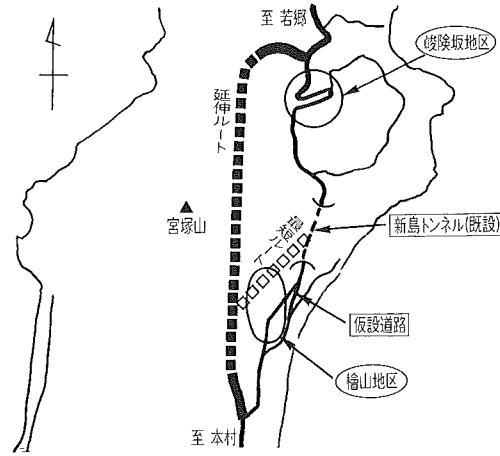


図-7 トンネルルート図

するため、トンネル延長が延伸されることとなった。

5. 島しょ地域の特殊性

5-1 海上輸送

工事の施工にあたっては、島しょ地域であることによる課題がいくつか挙げられるが、一番の課題は、すべての資機材を海上輸送に頼らざるを得ないことであった。

トンネル工事は昼夜連続作業であり、作業の進捗が天候に左右されない。そのうえ、2本のトンネル工事を同時に施工しているため、安定した資機材の供給が求められた。セメント、急結材、鋼製支保工などの使用材料は毎日のように貨物船から荷揚げされる状態であった。また、トンネル工事に使用する機械は部品を含め、すべて内地より輸送しなければならなかった(写真-1)。

このため、冬場の非常に強い季節風や台風によって貨物船の欠航が続くことで、材料のストックが不足することもあり、資機材の計画的かつ長期的な安定した調達が求められた。とくに火薬類の海上輸送については、火薬庫を備えた貨物船による運搬に限られるうえ、火薬以外の資材との混載ができないこと、火薬を取り扱える内地の港湾に限られていること、基本的に週1回の運搬であ



写真-1 使用資機材海上輸送



写真-2 楡山地区仮設道路

ること、島内に設置した火薬庫の最大貯蔵量が限られていることなどから、火薬を不足させないための調達が非常に重要、困難であった。また、地山が急変するなどの不測の事態についても、特殊な資材の調達などの対応に時間を要するため、想定が可能な限り対策準備を事前しておく必要があった。

それでも現実に資機材の不足は発生したが、東京都の仲介により施工業者間の協力で工事を中断することなく施工することができた。

5-2 島内の陸上輸送

島内の道路交通は、平成12年12月に楡山地区の仮設道路が開通したことで、若郷地区と本村地区が5か月ぶりに結ばれた。しかし、仮設道路は幅員3.0mの1車線、縦断勾配15%、400m区間を約4分待ちの信号で相互通行するなど、生活機能を確保するための応急的な道路である。悪天候の際は通行止めになることもあり、大型車は規制され工事車両は通行制限が設けられていた(写真-2)。

このため、トンネル工事では工事箇所ごとに資機材を荷揚げする港湾が指定されており、仮設道路を使用せずに港湾・工事現場間の島内輸送ができる計画となっていた。また、自走できる大型機械のドリルジャンボ、吹付け機などは警察のパトカー先導で港湾から自走して現場に搬入した。

5-3 島内の電力設備

新島の電力は、島内の火力発電所で発電し、島民需要のみを考慮した能力であるため、同時期に施工の第一トンネルとあわせて3施工業者分の工事用電力を供給するだけの能力はなかった。このため、各施工業者には100kVAが給電されたのみであった。

工事用電力は500kVA必要であり、そのため専ら発電機に頼り、200kVAの発電機を4台設置し、並列運転で同時に3台を使用してまかなった。

また、発電機の使用量は、最大1,100ℓ/日で28,500ℓ/月、合計で319,200ℓとなった。

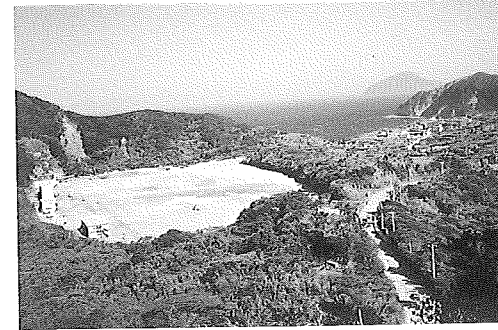


写真-3 久田巻農地全景

5-4 トンネル残土の処分

トンネル残土の処分方法は、島しょ地域では処分の方法が限定され、島外への搬出となると膨大な運搬費用が必要となる。

新島の2つのトンネルでは、主に島内の2か所においてトンネル残土を処分した。

1つは、新島港の埋め立て土砂として、第二トンネルの本村側から発生した約7万m³を処分した。

2つは、若郷側坑口前面に位置する約5万m²の久田巻農地を利用し、第一トンネルと第二トンネルの若郷側から発生した約16万m³を処分した。ここでは、トンネル残土を埋め立て、埋め立て完了後

農地に復旧されている。なお、新島では良質な畑土が貴重であることから、既存の畑土は、埋め立て前に一時移設・仮置し、埋め立て完了後に表土として再利用されている(写真-3)。

6. 施工

6-1 若郷側工区の施工

6-1-1 トンネル掘削

平成14年1月の坑口付けから平成15年4月の貫通まで、全線にわたり補助ベンチ付き全断面NATMで掘削を行った。月ごとの進捗は表-1のとおりであるが、最大月進は148mを記録し、平均月進は105mであった。図-8に実施工程表を示す。

掘削の約9割が発破による掘削であった。岩質は、主に流紋岩質溶岩であり、切羽は安定した状態が多かったが、岩自体の強度は決して高いとはいえずハンマーの軽打で砕ける程度であった。

いわゆるしわい岩であり、火薬の使用量の割に発破の効きが悪かった。

表-1 月ごとの進捗状況

年 月	平成14年												平成15年			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4
月進(m)	11	46	127	73	108	102	110	92	108	122	136	107	113	132	147	53

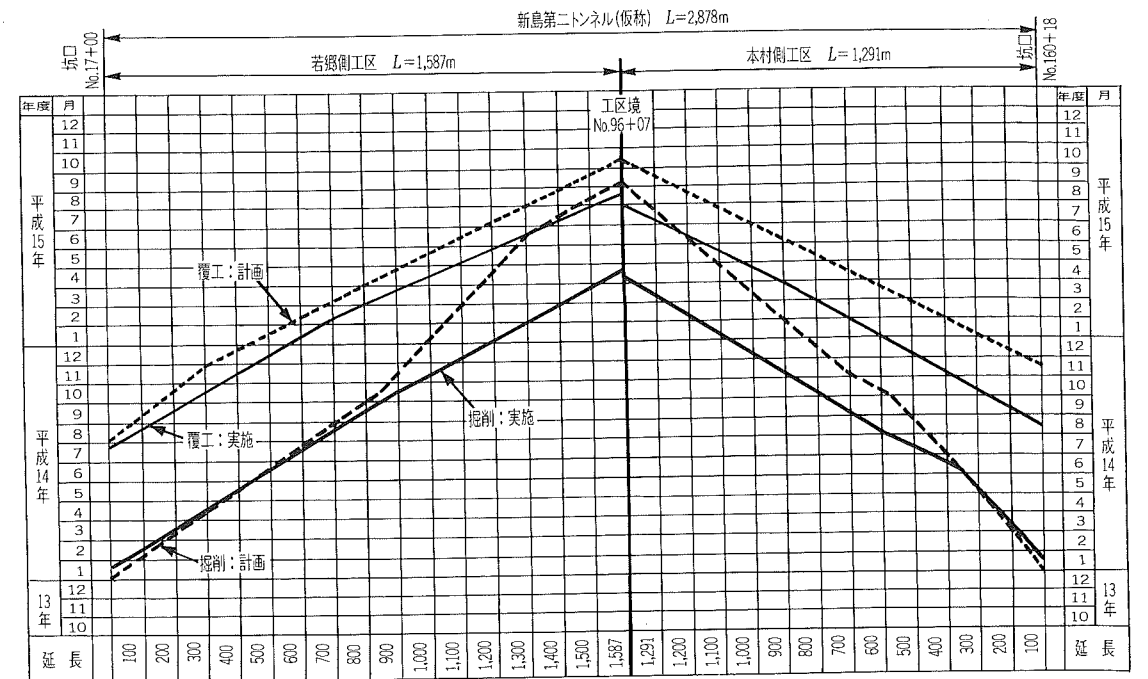


図-8 実施工程表

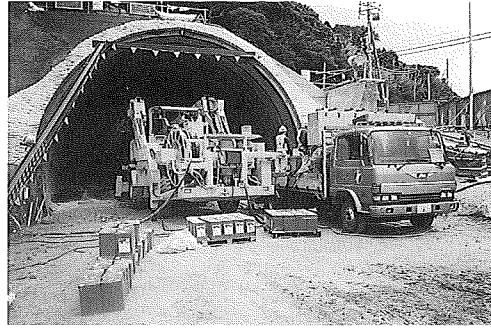


写真-9 AGF施工状況



写真-11 貫通発破直後の切羽

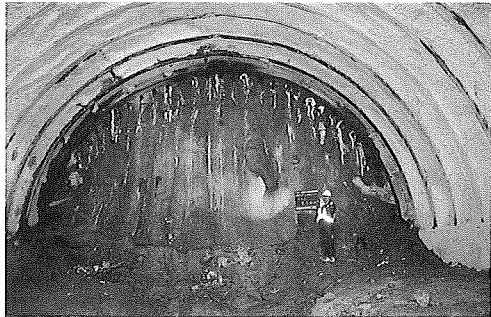


写真-10 AGF施工1シフト完了

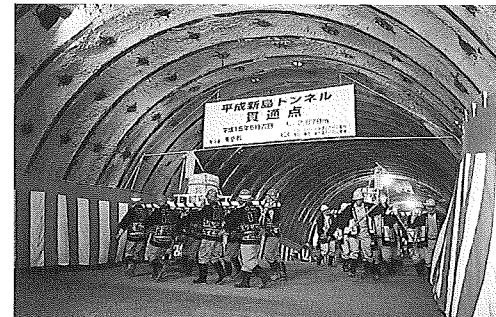


写真-12 貫通式典

が2D以下の区間については、補助工法としてAGF工法(長尺鋼管フォアパイリング)を実施した(図-10)。

AGF工法は、長さ12.5m、径114mmの25本の鋼管を、天端部にアーチ状に進行方向へ打設し、打設後鋼管を通して周辺地山に薬剤を注入し、鋼管周りに改良体を形成するもので、使用する薬剤は高分子系のうちシリカレジンを採用した(写真-9, 10)。

しかし、掘削前に試験施工を実施したところ、比較的浸透性の高いシリカレジン地山の亀裂や空隙からの逸脱が多く改良体が形成されず、所定の効果を発揮しないことが判明した。また、掘削開始直後に地表部にまで達する天端抜け落ちが発生するなど、安全確実な補助工法の施工が求められた。

そこで、薬剤の種類および注入量を変え再試験を行ったところ、高分子系の中でもシリカレジンに比べゲルタイムが速く、発泡率が高いウレタン系を使用することで、浸透による逸脱を防止し、改良体が形成されることが確

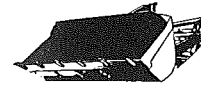
認された。この結果、土かぶり2D以下の区間において、大きな崩壊を発生させることなく掘削することができた。

7. おわりに

平成14年1月にトンネル掘削を開始し、平成15年4月に貫通、8月に覆工コンクリートが完了し、5月の貫通式典では、震災以降不自由を強いられてきた島民の方々の多くの喜びの声を聞くことができた。このトンネルは、平成の大地震にちなみ「平成新島トンネル」と命名された(写真-11, 12)。

平成13年10月10日の着工以来、島しょという特殊な地域におけるさまざまな状況変化に対し、工事を中断させることなく適切な対応を図ることができたのは、島民の方々をはじめ関係者の皆様のご協力のおかげであります。この場をお借りして厚く御礼申し上げます。

最後に、平成新島トンネルが平成16年4月24日に念願の開通となったことをご報告致します。



施工 断層破壊帯を矢板工法で貫き大深度立坑に到達 関西電力 国文都市付近管路新設工事

田中 一雄* 田中 耕三**
葛原 茂*** 石川 恭義****

1. はじめに

関西電力(株)では、将来の電力安定供給のため、大阪府箕面市大字粟生間谷の西大阪変電所から大阪市中央区

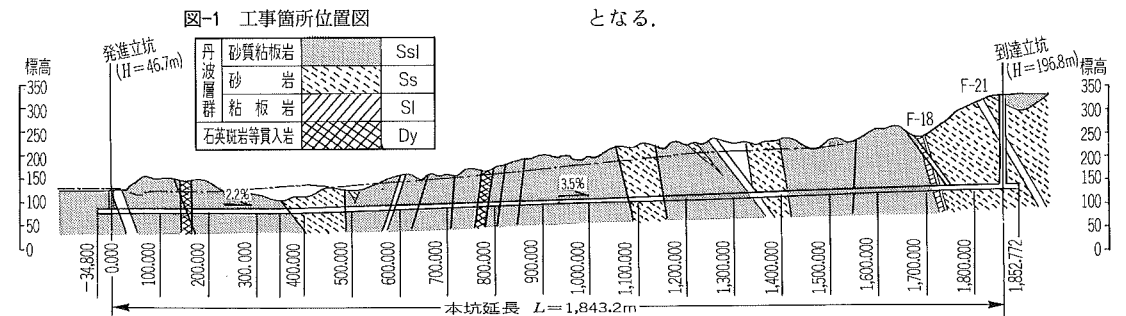
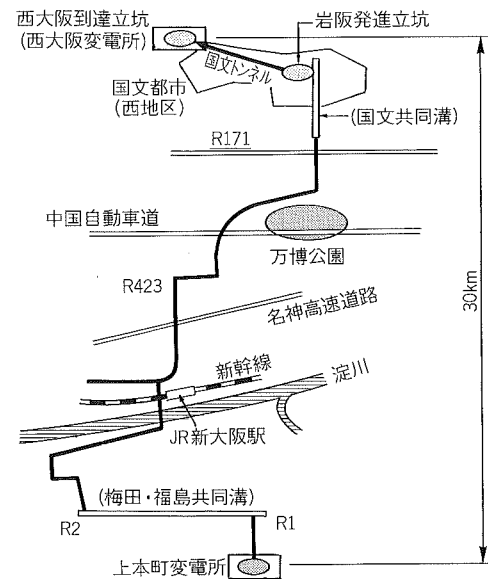


図-2 地質縦断面図

の上本町変電所に至る約30kmの地下トンネルルートを作成した。

地下トンネル工事は、北摂地域の山岳トンネル工事と市内を中心とするシールドトンネル工事からなり、山岳トンネル工事では、大深度立坑施工、立坑間のトンネル施工、急曲線施工、シールドトンネルでは、長距離・高速掘進、地中接合、本線からの分岐トンネル技術など最新の技術を導入している(図-1)。

本稿は、上記工事のうち、立坑間山岳トンネル(国文トンネルL=1,843.2m)と掘削深度約200mの大深度立坑(到達立坑)施工について報告する。

2. 地質概要

工事箇所付近を構成する基盤岩は中生代ジュラ紀に形成された丹波層群(砂岩・砂質粘板岩・粘板岩)と、白亜紀後期に丹波層群に貫入した貫入岩(石英斑岩・ひん岩)の岩脈からなる。

山岳トンネル通過地の地質は、弾性波速度4.3~5.2km/secの砂岩硬質部とトンネル延長1,843m間に21本の破砕帯の影響を受けた軟質部からなる。なお、到達立坑では工事箇所周辺地域最大規模の箕面断層を貫通する施工となる。

* 関西電力(株)電力システム技術センター大阪北部地中送電線工事所所長
** " " " " 大阪北部地中送電線工事所担当

*** 鴻池・大林・西松・東急共同企業体国文トンネル工事事務所所長
**** " " " " 国文トンネル工事事務所工事主任

事前の地質調査においては、弾性波探査と6本の調査ボーリングに加えて、岩盤透水試験・各種岩石物理試験・電気探査比抵抗試験などの詳細にわたる調査が実施された(図-2)。

これらの調査結果より、本トンネル地質は硬軟の差が著しいことが予測された。

なお、岩盤透水試験結果より、トンネル経過地の岩盤透水係数が2ルジオン未満であり、施工中の大量出水の可能性は低いと推定された。

3. トンネルの設計

3-1 平面線形・縦断勾配

国文トンネルは、大阪北部の茨木市と箕面市にまたがる国際文化公園都市(通称:彩都)開発区域内にあり、その平面曲線は地上の官民地境界の制約により曲線部が12か所あり、曲線延長は全体の35%に及び、しかも山岳トンネル工法ではあまり例のないR=100mの曲線部が3か所(S字含む)含まれる。

また、縦断勾配はトンネル施工法(レール工法)を考慮した3.5%の上り勾配で設計された。

3-2 トンネル断面

トンネル標準断面は、送電線設備の配置計画から最大掘削断面積49m²、内空断面積34m²の3心R馬蹄型トンネルである(図-3)。

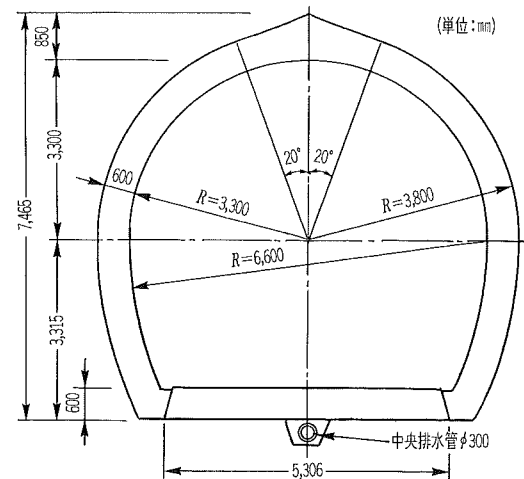


図-3 トンネル標準断面図

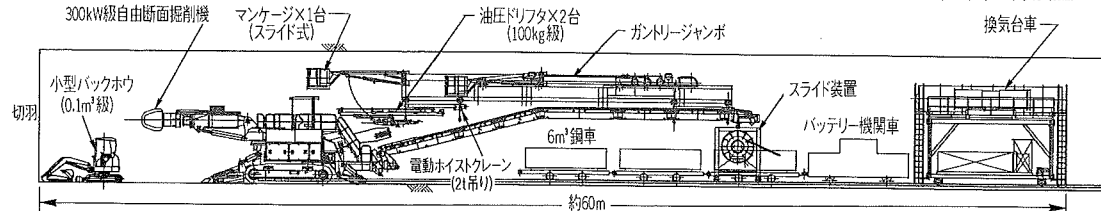


図-4 切羽付近機械配置縦断図

3-3 トンネル支保

本トンネルは、全延長の大部分が国際文化公園都市内(民地)にあるため、用地外へロックボルトが突出しないこと、および経済比較検討結果から全線在来矢板工法(発達立坑近傍はNATM)で設計された。

4. トンネルの施工

4-1 切羽機械の組み合わせ

本トンネルは、機械掘削が主で全延長の約94%を占め、残りの6%は発破掘削の設計であった。坑内運搬はレール方式とした。掘削には岩盤切削能力の高い自由断面掘削機(国内最大級300kW級)を採用し、掘削ずりは第1、2ベルトコンベヤを通じて後方の鋼車へ積み込む方式を採用した。ベルトコンベヤへの積み込みは自由断面掘削機前面の掻き寄せ装置を利用して行うが、補助機械として小型バックホウを必要とした。発破用の削孔・鋼製支保工建込み・木矢板掛けには、門形の架台にドリフトブームを2基とマンケージを1基搭載したガントリージャンボを新規に製作・導入した。このガントリージャンボは自由断面掘削機と容易に離合できるとともに、電動ホイストを装備し鋼製支保工(H-200 重量450kgf)の切羽への運搬が可能な構造としている。図-4に切羽付近の機械配置縦断図を示す。

4-2 ずり揚げ設備

発達立坑(H=46.7m)におけるずり揚げ設備には、スキップ方式・コンベヤ方式・キブル方式などが考えられるが、当工事では経済性・安全性・施工性・立坑占有スペースなどを検討しスキップ方式を採用した(表-1)。なお、スキップベッセル容量は、ずり鋼車1台分と同様の6.0m³とした(写真-1,2)。

4-3 二次覆工スライドセントル

本トンネルは在来工法による施工のため、二次覆工も重要な支保部材であり、一次覆工後、速やかにコンクリートを打設する必要がある。しかしながら、切羽付近の機械配置などの制約により、最速でも切羽から200m後方における施工となった。このため、スライドセントルはL=12mとし掘削速度に追従可能なものとした(当現場では地元住民の要望から工事用車両の現場周辺運行が9:00~17:00に制限されていたこと、1回の打設量が最

表-1 ずり揚げ設備適用検討結果

ずり搬出方式	スキップ方式	垂直コンベヤ方式	キブル(バケツ)方式
運搬方式	切羽より鋼車で運搬されてきたずりを、立坑直下で鋼車1台分ずつスキップ設備に移し替え、坑外に搬出する。	切羽より鋼車で運搬されてきたずりを、一旦仮受けホッパーに移した後、エプロンフィーダを介してジョークラッシャーで粒径を80mm以下に調整し、垂直コンベヤにて坑外に搬出する。	切羽より鋼車で運搬されてきたずりを、立坑直下でキブルに移し、大型クレーンにて坑外に吊り上げ搬出する。
主用機械設備	積み込み部シュート・ベッセル・上部フレーム・ガイドレール・巻き上げ機・排出シュート	仮受けホッパー・エプロンフィーダ・ジョークラッシャー・横送りベルトコンベヤ・垂直コンベヤ	80tクレーン・6m ³ キブル
特徴	立坑占有スペースが、コンベヤ方式より劣るが設備はシンプルであり維持管理が容易である。	立坑占有スペースは少ないが、クラッシャー設備が必要であり、坑底設備が複雑となるため、維持管理に問題あり	立坑占有スペースが最小であるが、キブルの形状、鋼車よりの移し替え作業に難あり。
	ずり粒径の制約がない	ずりの粒径80mm以下	ずり粒径の制約がない
	実績多数あり	騒音が小さい	立坑深度20m以内では、採用実績多数あり
	騒音対策を要する可能性あり	連続運転が可能	クレーンの運転による騒音あり
	巻き上げワイヤーロープの交換が必要	維持管理に難あり	積み込み、転倒に別途作業員必要 維持管理は容易
経済性	△	×	○
搬出能力	△ 70m ³ /h	○ 80m ³ /h	×
安全性	○	○	×
総合評価	○ 安全性など総合的に優れている	△ コスト・維持管理に問題あり	×



写真-1 スキップ地上槽設備

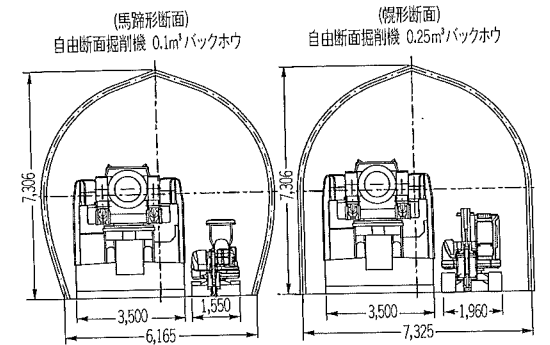


図-5 トンネル掘削断面変更図

また、トンネル平面線形曲線部分(R=100m)を考慮し、中折れ式で前後2分割が可能(6m+6m)な構造とし曲線部分では前後間にライナープレートを設置することで対応した。

4-4 掘削断面形状の変更

トンネル前半部の施工結果から、曲線部におけるガントリージャンボの通過、前述のずり積み込み補助機械(小型バックホウ0.1m³級)の切羽でのずり積み込み作業に多くの時間が費やされ、後述の切羽崩壊対策も含めて予定工程にかなりの遅れを生じた。このため、対策として、掘削断面を馬蹄型から幌型断面へ変更してトンネル底盤幅を広くし、ずり積み込み補助機械および発破ずり小割ブレーカ機械を大型化することで、サイクルタイムの短縮を図った(図-5)。

この結果、トンネル後半部は地山状況も前半部に比較して良好であったことも幸いしたが、同支保タイプ1サ

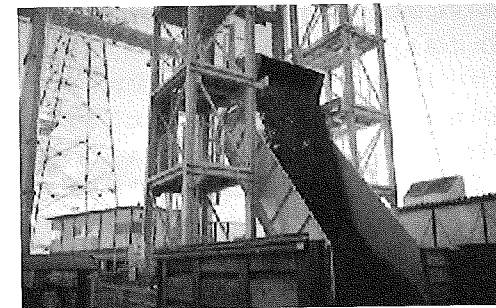


写真-2 スキップずり揚げ状況

大195m³に及ぶ(巻き厚t=60cm)こと、発達立坑を経由したコンクリート運搬となることなどから1回/2日の打設が最速であった、進行6m/日)。

イクルで、従来機械配置に比較して約30%の時間短縮が可能となり予定工程をクリアすることができた。

5. 断層破砕帯対策

トンネル掘削開始以来、切羽の小崩落は数回発生していたが、発進立坑より550m付近切羽において大規模断層破砕帯に遭遇し、約120m³に及ぶ天端部の地山崩落が発生した(写真-3)。

以下に崩落対策の詳細を記述する。

(1) 崩落対策工(図-6)

- ①、② バルクヘッド構築，モルタル充填
- ③ 天端部空洞充填(エアモルタル，空洞充填用ウレタン系薬液)
- ④ 仮巻きコンクリート打設
- ⑤ 前方探査ボーリング
- ⑥ 崩積土改良(セメント系薬液注入)

(2) 縫い返し補強工(図-7)

- ① 先受け長尺鋼管打設
- ② 長尺鏡ボルト打設
- ③ ウレタン系薬液注入工法

(3) 崩積土撤去・鋼製支保工縫い返し

なお、崩落以前においても坑内変位が大きく(最大変位量約250mm)、種々の変位抑制対策を実施していた。在



写真-3 切羽崩落状況

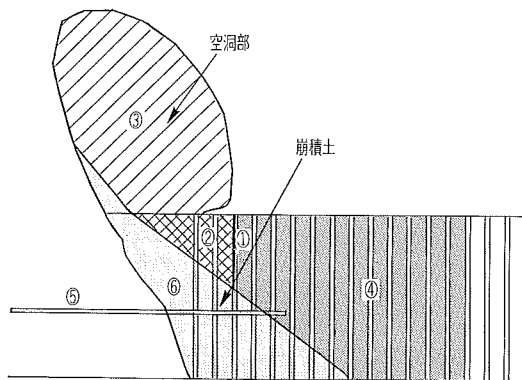


図-6 崩落対策工図

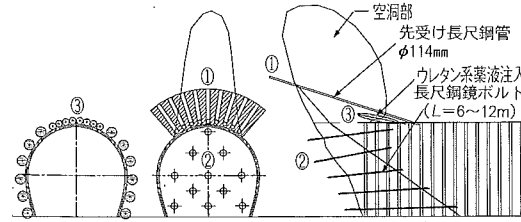


図-7 縫い返し補強工図

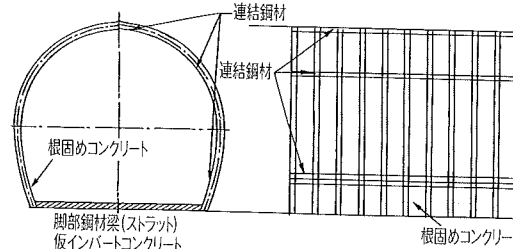


図-8 変位抑制対策工図

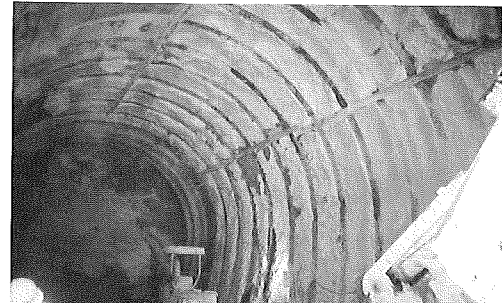


写真-4 トンネル全周仮巻きコンクリート

来矢板工法ではNATMに比較してトンネル縦断方向の支保剛性が小さく、初期の地山ゆるみも大きいため、地山不良部では変位を抑えることが困難であった。当初から考えられるさまざまな対策を実施して変位抑制を図ったものの最終的には吹付けコンクリート施工がもっとも効果的な変位抑制対策であり、吹付けコンクリートの支保効果が非常に高いことを再認識する結果となった(地上ヤードに簡易コンクリート製造設備と坑内吹付け設備を新たに導入)。

吹付けコンクリート設備導入前の変位抑制対策には、簡易なものも含めて以下の対策を実施した(簡易な工法から順に列挙(図-8))。

- ・縦断方向鋼材による鋼製支保工の連結
- ・脚部鋼製支保工間コンクリート打設(根固めコンクリート)
- ・鋼製支保工脚部ストラット(鋼材梁)設置
- ・仮インパットコンクリート打設(t=200mm)
- ・全周仮巻きコンクリート打設(t=250mm)(写真-4)

変位抑制対策は、簡易なものから実施し変位が収束するまで各種工法を組み合わせるまで実施した。

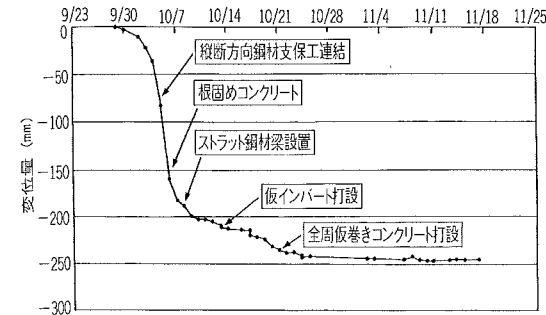


図-9 鋼製支保工変位経時変化図

図-9に在来工法施工箇所における坑内変位経時変化図例を示した。

6. 大深度立坑の施工

(1) 概要

到達立坑の掘削深度は、発進立坑との標高差、本坑トンネルの最小土かぶり厚の確保、トンネル施工法(レール工法)による勾配の制約などから、196.8mの大深度となっている。

また、内空断面は立坑内に設置される送電線設備の配置計画からφ8.0mの円形断面となっている(図-10)。

(2) 地質

立坑位置における事前のボーリング調査結果から、地盤面からGL-14mまでは変電所敷地造成盛土、GL-27mまでは砂礫層、それ以深は砂岩と砂質粘板岩となっている。断層破砕帯は3か所確認され、とくにF21破砕帯は工事箇所付近において最大規模(名称:箕面断面活断層)である。また、地下水位はGL-102m付近にあり、地下水位以深の岩盤透水試験結果のP-Q曲線は直線状で最大注水圧力が地下水頭を上回っていることから施工中の大量出水の可能性は低いと推定された。

(3) 施工法

立坑の施工は、坑底に到達する本坑トンネルより先行する必要がある。標準工法である全断面爆破掘り下り工法(ショートステップ工法)を採用した。ショートステップ工法は、削孔・装薬・発破・ざり出し・一次覆工を1サイクルごとに行う掘削時の安全性が高い工法である。当工事では、1サイクル長を岩級区分C級で1.5m、D級で

1.0mとし、D級ではリング鋼製支保工H-125を建込んだ。なお、立坑底から2本の水平トンネル(本坑、待避坑)を分岐掘削するため、GL-185.0~196.4m間は、分岐施工や補強工の容易なNATMで施工を行った。

(4) 施工

削孔は、5ブーム空圧アンブレラジャンボを採用し、ざり出しにはスカフォード(立坑内円形足場床)底面に取

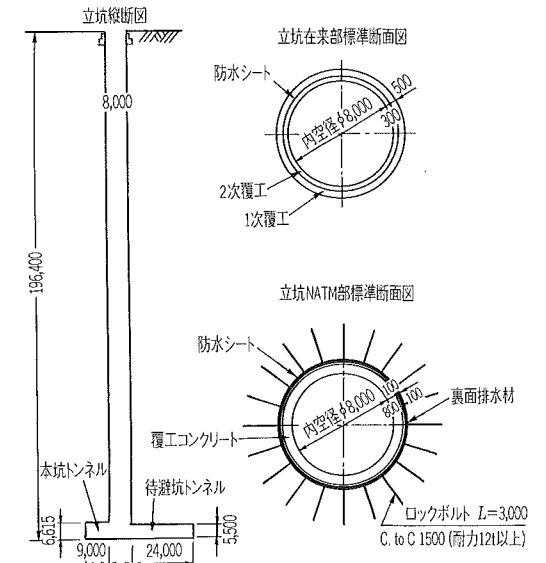


図-10 到達立坑概要図

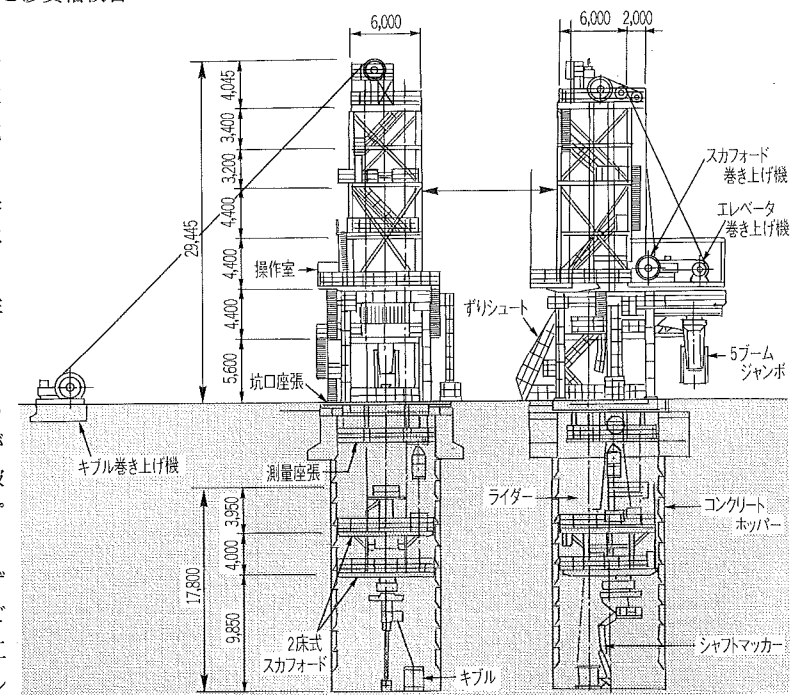


図-11 到達立坑施工概要図



名峡「帝釈峡」の発電所新設工事

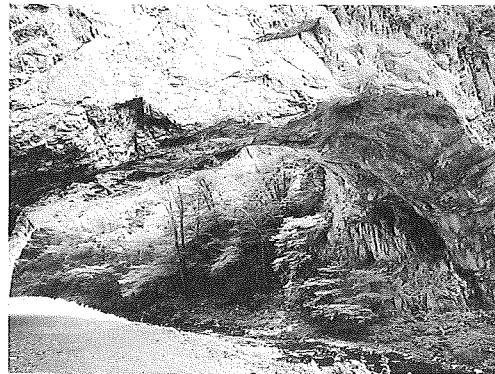
村田 和 郎

日本5大名峡の一つである国定公園『帝釈峡』は、広島県の北東部に位置し、帝釈高原の中央を南北に流れる帝釈川の沿岸18kmの渓谷には、兩岸の原生林の中にもっとも高い絶壁(220m)を誇る太郎岩をはじめ100mを超える石灰岩の大岩壁がそそり立っている。雄橋、雌橋などの天然橋や「白雲洞」に代表される80以上もある鍾乳洞、魚が上れないほどの急流「断魚溪」など、自然が創り出した力強い不思議な景観が点在する。

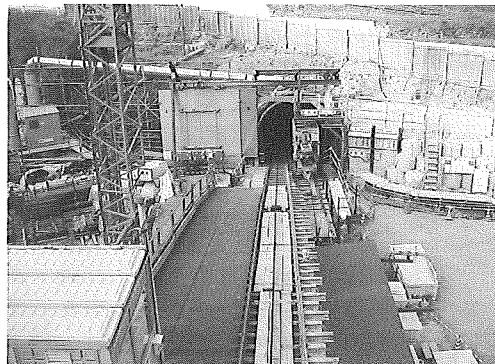
なかでも有名な国の天然記念物の雄橋は、全長90m、幅18m、厚さ24m、川床からの高さが40mと迫力ある大きな橋で、スイスのプレピッシュ、アメリカのロックブリッジとともに世界3大天然橋といわれている。

さて、中国電力(株)発注の新帝釈川発電所新設工事は、大正13年の完成以来約80年を経過している中国電力最古の帝釈川ダムの保全対策工事を実施のうえ、現帝釈川ダムの未利用落差の有効利用を図るため、圧力水路を有するダム水路式の発電所(有効落差129m、最大11,000kWの発電能力を有する)を新設し、帝釈川発電所を再開発するためのものである。

われわれが担当するのは、導水路トンネル総延長4,485mのうち、上流部450m(第1工区分)を除く4,035



雄橋(神の橋)



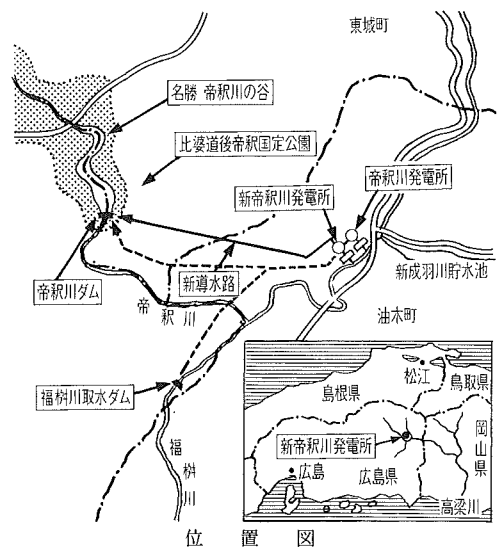
2号作業坑(斜坑)

mの区間とサージタンク、鉄管路基礎、発電所基礎、放水路および放水口である。

長大トンネルである導水路トンネルは、2本の作業坑を設け、第2号坑口(斜坑 L=205m)を作業基地とする第1号トンネル下口と第2号トンネル上口、第3号坑口(水平坑 L=169m)を作業基地とする第2号トンネル下口と第3号トンネルに大別され、4切羽に分割して同時施工としている。

平成15年8月に掘削を開始し、現在、導水路トンネルの進捗は4,035mのうち850m程度であるが、発注者、JV、作業員が一丸となって、平成18年6月の運転開始を無災害で迎えたいと願っている。

(奥村組・アイサワ工業・佐藤工業・東急建設共同企業体所長)



地下1,000mの立坑工事に着手

瑞浪超深地層研究所研究坑道掘削工事

今津 雅紀* 佐藤 稔紀**
坂 巻 昌 工***

1. はじめに

核燃料サイクル開発機構(以下、サイクル機構)が進めている超深地層研究所計画は、高レベル放射性廃棄物の地層処分技術に関する研究開発の基盤となる地層科学研究の一環として実施するものである。超深地層研究所は、「原子力の研究、開発および利用に関する長期計画(平成12年11月24日、原子力委員会)」(以下、原子力長計)に示された深地層の研究施設のひとつであり、岐阜県瑞浪市においては、結晶質岩(花崗岩)を主な調査研究の対象としている(堆積岩を対象とした研究施設については、北海道幌延町において計画を進めている)。本計画において掘削する研究坑道は、深部地質環境の総合的な調査技術の確立および深地層における工学技術の基礎研究を行う場としての役割を担うとともに、原子力長計に示されているように国民の地層処分に関する研究開発の理解を深める場として活用される。

超深地層研究所計画は、1996年度から開始され、当初は岐阜県瑞浪市明世町吉に位置するサイクル機構の用地(正馬様用地)において進められていたが、2002年1月に瑞浪市との賃貸借契約を締結し、岐阜県瑞浪市明世町山野内の瑞浪市市有地に瑞浪超深地層研究所(以下、研究所)を設置し、研究坑道の掘削を行うこととなった。2002年7月、造成工事に着手した後、2003年3月、研究坑道掘削工事を契約し、現在、仮設設備の一部や坑口下部工区間の土木工事などを本格的に開始している段階であり、2009年度の1,000m到達を目指している。研究所は、深度1,000m程度まで達する2本の立坑と500mおよび1,000mの深度における水平坑道群など(以下、2本の立坑および水平坑道を総称して研究坑道と称す)からなり、世界的にも例を見ない大深度の地下空間施設である。本稿では、研究所に求められる要件を満足するために

*核燃料サイクル開発機構瑞浪超深地層研究所
** " " チームリーダー
*** " " 所長

立案した施設計画、すなわち研究坑道および関連施設の基本条件やその設計および施工計画について報告する。

2. 設計における基本条件

2-1 立地条件

研究所を設置する場所は、図-1に示す瑞浪市市有地である。研究用地は約7.8haであり、このうち造成した約1.2haの敷地に研究坑道を掘削するための諸設備を設置する。

ここでは、地層科学研究のほか、地震研究や地下空間を利用する研究など、深地層の特性を生かす学術的な研究を幅広く実施することとしている。用地の周辺には市民公園や体験学習施設などの多数の公共施設があるため、施工にあたっては、学童を含む一般市民が多く訪れることに配慮する必要がある。

2-2 地質概要

研究所周辺の地形は、標高200m程度の丘陵地であり、敷地内を普通河川の狭間川が流れている。この地域には中生代白亜紀の花崗岩類(土岐花崗岩)が基盤として広く分布しており、これを新第三紀の堆積岩(瑞浪層群)が覆っている。立坑の掘削位置における地層境界は、深度約170mと想定している。近傍の正馬様用地(前述)のMIU-1号孔(L=1,011m、土岐花崗岩)における新鮮な地山部分のP波速度は4,500m/sec(コアの試験値5,480m/sec)であり、土岐花崗岩における一軸圧縮強度は図-2に示すように、150~200N/mm²程度である。

2-3 研究坑道に求められる機能

研究坑道を構成する立坑や水平坑道の寸法およびその形状は、掘削作業の効率性や経済性、搬入する資機材、研究のためのスペースなどを考慮して決定した。研究坑道のレイアウトを図-3に、その求められる機能を2-3-1~2-3-6に示す。

2-3-1 アクセス方式

アクセス方式としては、立坑およびらせん坑道を含む斜坑が考えられるが、立坑には掘削土量や掘削影響領域

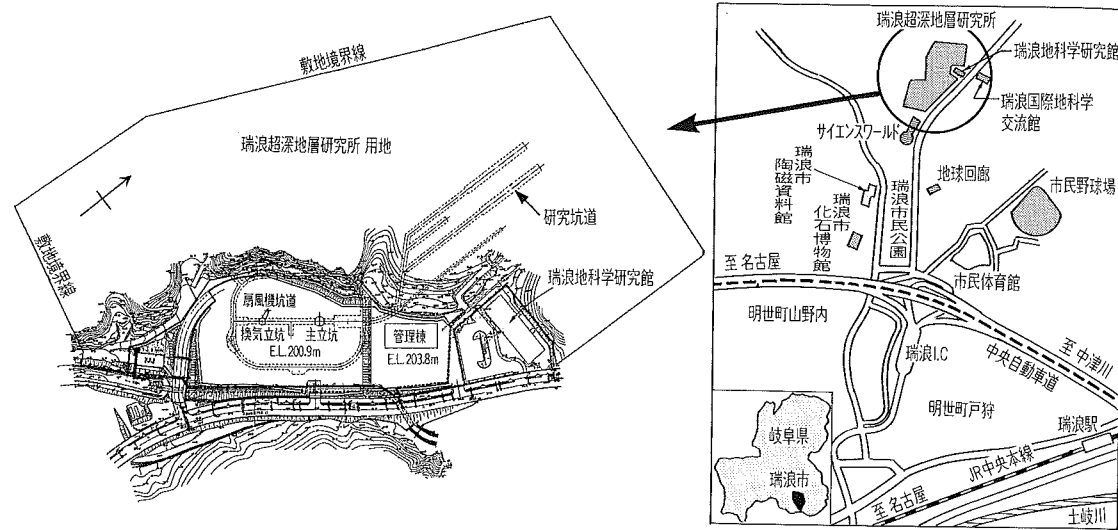


図-1 瑞浪超深地層研究所研究坑道の位置

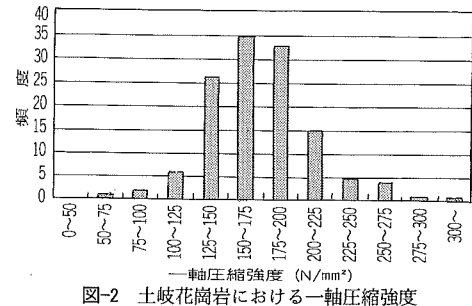


図-2 土岐花崗岩における一軸圧縮強度

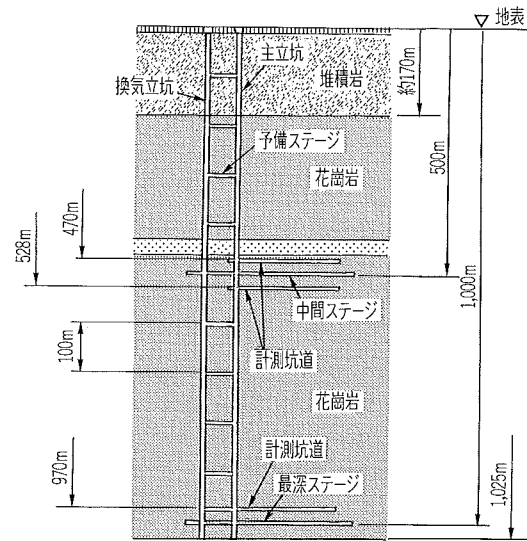


図-3 瑞浪超深地層研究所研究坑道のイメージ図

とも少ないなどの利点がある。また、研究所の用地形状や研究坑道とのレイアウト配置、排出できる土量が少ないなどの理由から立坑方式を採用した。

2-3-2 立坑本数

通気制御により安全区画を確保し、入坑者が安全に地表まで避難できる防災システムを考えた場合、入気立坑2本、排気立坑1本を設置し、どちらかの入気立坑から避難することが望ましい。しかしながら、当用地においては、敷地の制約もあるため、防災の基本コンセプトとしては、火災発生時に研究坑道内の避難所に待避し、消火後、地表に退避することとした。このため、坑内へ安全に避難できる場所(避難所)を設置し、立坑の本数は、主立坑1本、換気立坑1本の計2本とした。

2-3-3 立坑坑道設置間隔

トンネル標準示方書「山岳工法編」²⁾によれば、トンネル中心間隔を掘削径の2倍(地山が完全弾性体と考えられる場合)~5倍(軟弱な地山の場合)とすればほとんど相互に影響がないとされていることから、2立坑の設置間隔は掘削径(7.3m)の約5倍、すなわち40m(立坑の中心間距離)とした。

2-3-4 立坑形状

研究空間や立坑としての利用形態、施設・設備の建設や維持管理および応力的な安定性などから、総合的に判断して「円形断面」を選択した。

2-3-5 立坑内径

立坑の内径は、以下の理由により、主立坑6.5m(掘削内径7.3m)、換気立坑4.5m(掘削内径5.3m)とした。

- ① 2009年度に深度1,000m到達(目標工程)の確保
- ② 資機材の搬入スペース、安全性を考慮した坑内設備の設置スペースおよび坑内配管スペースの確保
- ③ ショートステップ工法による立坑施工実績を総合的に評価し、最小必要径として設定

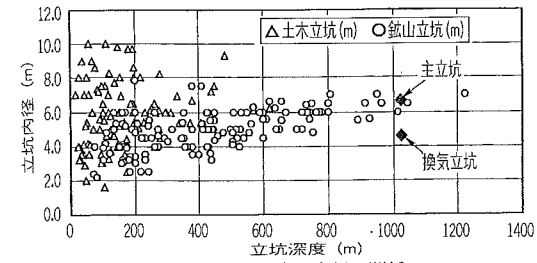


図-4 立坑の深度と内径の関係

これまでの立坑掘削実績³⁾に対して、研究所における主立坑および換気立坑の位置づけを図-4に示す。

2-3-6 立坑深度

サイクル機構の調査・研究では、地層処分技術的信頼性を確認する場としての地質環境は、深度数百mから深度1,000m程度までの岩盤とされていることより⁴⁾、結晶質岩系を対象とした研究所では、深度1,000m程度までの坑道を掘削する計画とした。主立坑における長さ1,025mのうち最深部25mは、ポンプ座の設置スペースとして坑底設備深さを確保するためのものであり、換気立坑における長さ1,010mのうち最深部10mは、将来設置する換気立坑エレベータの坑底設備深さを確保するためのものである。

研究坑道を構成する各坑道などの機能は、以下のとおりである。

- ・主立坑：水平坑道掘削のずりの搬出および掘削作業に必要な重機の搬出入のルートとしての立坑

- ・換気立坑：深度1,000m掘削完了後に昇降設備(エレベータ)を設置するスペースおよび研究坑道全体の排気機能を持つ立坑(扇風機坑道含む)
- ・予備ステージ：両立坑の連絡、研究坑道での湧水処理のための排水ピットおよび排水設備・給水設備・変電設備・空調設備の設置スペース、および深度依存性を研究するための坑道
- ・中間ステージと最深ステージ：坑道を利用した研究段階の主要な研究を行うステージ、試験坑道(水平坑道の掘削を伴う試験を実施する坑道)3本、TBM坑道、ループ坑道、立坑間連絡坑道、試験座などからなる坑道
- ・計測坑道：中間ステージおよび最深ステージの掘削に伴う計測を実施する坑道

2-4 工程

超深地層研究所建設に伴う研究成果については、原子力発電環境整備機構(以下、原環機構)が行う処分事業および国の安全基準や指針の策定に反映されるように適宜取りまとめる予定である。立坑掘削の成果は、2010年代を目途に原環機構が行う精密調査地区の選定に必要な技術基盤として、その成果を反映させることを想定し、2009年度頃を目安に立坑を深度1,000mに到達させることを大きなマイルストーンのひとつとして設定している。

この前提にもとづいた研究所における全体工程を、表-1に示す。

表-1 瑞浪超深地層研究所研究坑道の全体工程

	2003		2004		2005		2006		2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014	
	1	4	7	10	1	4	7	10	1	4	7	10	1	4	7	10	1	4	7	10	1	4	7	10
主立坑	土留め工、坑口上部工、坑口下部工、防音設置工																							
	主立坑掘削(51~500m)																							
	主立坑掘削(500~970m)																							
	主立坑掘削(970~1,025m)																							
水平坑道	中間ステージ																							
	計測坑道																							
	最深ステージ																							
換気立坑	土留め工、坑口上部工、坑口下部工、防音設置工																							
	換気立坑掘削(46~500m)																							
	換気立坑掘削(500~1,010m)																							
	換気立坑エレベータ設置工																							

*：立坑掘削には予備ステージ掘削を含む。

3. 施設設計

3-1 地上設備

図-5に地上設備の配置案を示す。主な設備(坑内設備含む)は、下記に示す3-1-1~3-1-9のとおりである。

3-1-1 立坑坑口設備

主立坑および換気立坑坑口周辺には、図-5に示すような設備を効率的に配置し、各々の設備全体を防音ハウスで囲むものとする。櫓関連設備は、下記の理由により1,000m仕様を基本とし、ずりキブルおよび人キブルのロープ長のみ当初500m仕様(ただし、スcaffordのロープ長は1,000m仕様)とした。

- 設備の設計・製作および基礎工事は、1,000mに対応したもの場合、一度のみの設置となる。
- 500mに対応した設備を設置すると、その撤去および1,000mに対応した設備の新たな設置が必要となるとともに、防音設備や巻上機についても同様に撤去と設置が必要となる。
- これら設備の撤去・設置の際、数箇月程度の掘削中断期間が生じるが、ロープの取り替えだけに限定すると、2週間程度で済む。

ロープの仕様を表-2に示す。ロープの安全率は、適用法規よりずりキブル用が5以上、スcaffordおよび人キブル用を10以上とした。

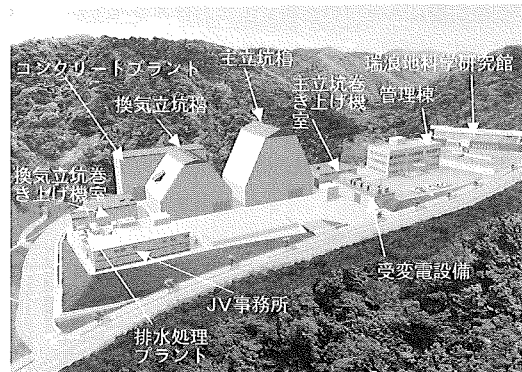


図-5 地上設備の配置(当初案)

表-2 ロープの仕様

区分	径(mm)		破断荷重(kN)		種類	適用法規 (労働安全衛生法)
	主立坑	換気立坑	主立坑	換気立坑		
ずりキブル	47.5	36	1,550以上	943以上	非自転性ロープ	クレーン等安全規則 クレーン構造規格
スcafford	45	31.5	1,700以上	831以上	耐摩耗用ロープ	ゴンドラ安全規則 エレベータ構造規格
人キブル	30	28	610以上	540以上	電纜入ロープ	エレベータ構造規格 エレベータの定期自主検査指針

立坑坑口設備の主なものは、下記のとおりである。

- 立坑櫓(主立坑:バックステー柱脚あり,換気立坑:バックステー柱脚なし)
- ずりキブル転覆装置
- ずり仮置場(主立坑:103m²,換気立坑:57m²)
- シャフトジャンボ搬入設備
- ずりキブル・コンクリートキブル待機ヤード
- 自走式キブル台車およびそのレール
- 集塵機(主立坑:1,200m³/min,換気立坑:500m³/min)
- 扇風機坑道(換気立坑のみ)

3-1-2 立坑巻上機室

主立坑および換気立坑にスcafford,ずりキブル,人キブルなどを巻き上げるための巻上機室を設置する。また、ワイヤ交換のために、ワイヤ交換時巻き取り機基礎をあらかじめ設置したうえで、ロープ巻き取り装置を用いて水平シーブなどの交換時に使用する予定である。主立坑の櫓と巻上機の概要図を図-6に示す。また、櫓設備・巻上機の基本仕様を表-3に示す。

3-1-3 立坑掘削設備

立坑掘削設備として、図-7に示す3段からなるスcaffordを用いる。上段デッキ上には人員乗降用のプラットフォームおよびコンクリートホッパーを備え、中段デッキは作業スペースとして伸縮旋回シュートや制御盤など電気制御装置を設置する。下段デッキには、ずりキブルを付けるためのずりキブル付け替え装置があり、デッキ最下段の切羽側にシャフトマッカが取り付けられ、掘削の際に用いるシャフトジャンボ(通常は地上部に据え置き)を脱着するための取り付け設備がある。表-4にずりキブルおよびコンクリートキブルの容量を示す。

3-1-4 コンクリートプラント

施工サイクル上、コンクリートの打設が夜間になることもあるため、地下-50m程度(以下、GL-50m程度と表示)以深の一般部における立坑の覆工コンクリートと研究坑道(主に、NATM区間)の吹付けコンクリートを供給するため、専用コンクリートプラントを現地に設置することとした。ただし、主立坑GL-51mおよび換気立坑GL-45.5mまでの坑口上部工および坑口下部工においては、昼間のみの施工のため、レディーミクストコンクリートを使用することとした。コンクリートプラントの主な仕様は、

- プラント供用期間:2005年~2015年頃(約10年間)

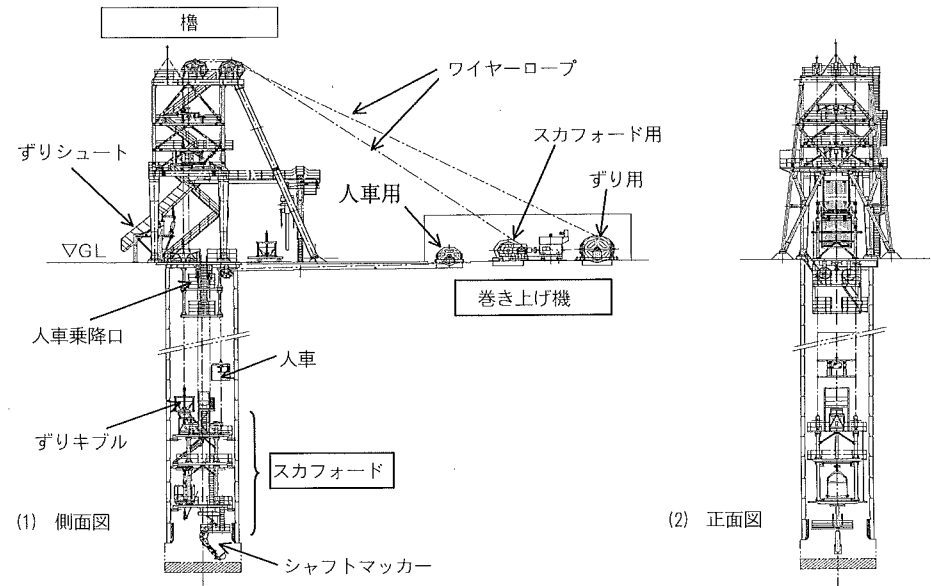


図-6 櫓と巻上機(主立坑の場合)

表-3 櫓設備・巻上機の基本仕様

項目		主立坑	換気立坑
立坑掘削径		φ7.3m	φ5.3m
立坑仕上がり径		φ6.5m	φ4.5m
深 度		1,025m	1,010m
ずりキブル	最大運搬重量	152kN	93kN
	最大巻き上げ速度	300m/min	300m/min
	ずりキブル容量	6m ³ (2基)	2m ³ (2基)
スcafford	コンクリートキブル容量	2.5m ³ (2基)	2.5m ³ (2基)
	デッキ数	3段	3段
	最大巻き上げ速度	5.5m/min	5.5m/min
	シャフトマッカキブル付け替え設備	あり	あり
最大自重	237kN	120kN	
人キブル	搭乗人員	12人	5人
	巻き上げ速度	150m/min	150m/min

表-4 キブルの容量

	ずりキブル	コンクリートキブル	人キブル
主立坑	6m ³	2.5m ³	12人乗り
換気立坑	2m ³	1.5m ³	5人乗り

- ミキサー容量:1.0m³/1バッチ
- コンクリート供給量:覆工コンクリート25m³/h
吹付けコンクリート4m³/h
- 骨材ビン:4基(砂利用11m³2基,砂用7m³2基)
- 設備仕様:SEC(Sand Enveloped with Cement)練り対応,コンパクトな設備
- セメントサイロ:30tクラス2基

3-1-5 給・排水設備

(1) 給水設備

地上部の給水設備として、給水ポンプ2.2kW(2台)と給水タンク10m³を1槽設置し、主立坑および換気立坑に敷設したφ100A(内径100mmを表す)の配管を通じて給水し、予備ステージごとに8m³の給水タンクを設置し、中継するものとする。

(2) 排水設備

坑内の排水設備として、予備ステージ内に地下式排水ピット(12m³)を設置し、3槽(1槽は空調設備の冷却水排水用)に間仕切り、超高揚程ポンプ(φ150A,110kW,揚程140m,2.5m³/min)を設置する。なお、予備ステージに到達するまでの施工中は、予備ステージ間100mの立坑内深度33mおきに2か所、立坑覆工を掘り込んで中継ポンプ座(揚程35m以上のポンプ2台を設置できる場所)を設け、切羽排水(湧水含む)を処理するものとする。

(3) 排水処理設備

総排水量は、①立坑(主立坑および換気立坑)内の湧水2.0m³/min,②施工による排水量0.4m³/minの合計2.4m³/min(空調設備のための冷却水1.2m³/minは別系統)を処理できる150m³/hの排水処理設備を想定している。なお、設備設計に際しての立坑湧水量は、通常、根切り工事に用いられることが多い簡易式を用いて算定した⁹⁾。

3-1-6 換気設備

中間ステージ位置(GL-500m)へ到達までは、各立坑の坑口防音建屋内に設置した換気ファンと集塵機により、各立坑切羽からスパイラル鋼管による吸出方式で排気する。切羽での風速確保のため、予備ステージに設置した

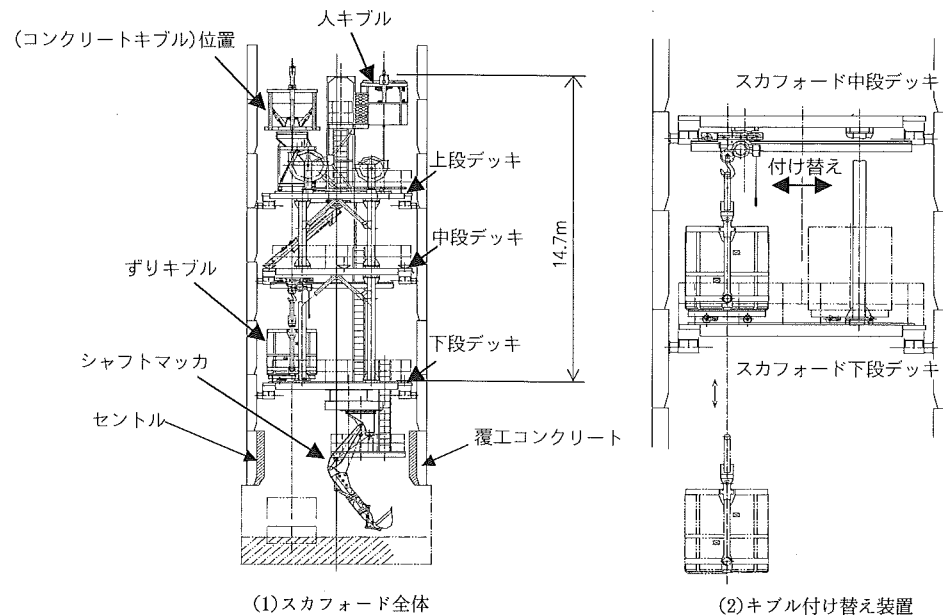


図7 スカフォード(主立坑の場合)詳細

補助ファンを用いて送気を行う。中間ステージ位置到達後は、主換気ファンを中間ステージ位置に移設するとともに、扇風機坑道ファン設備を設置し、坑道換気に切り替える予定である。坑道換気方式は、主立坑から入気させて換気立坑から排気する方式である。その際、予備ステージ両側および換気立坑坑口付近に風門を設置して、換気立坑横に施工する扇風機坑道から排気する。扇風機坑道の概念図を図-8に示すが、設備の設計にあたっては通気解析⁹⁾を行い、扇風機坑道上部(地上部)に主換気ファン2,100m³/min、中間ステージに局所換気ファン450m³/minを置くものとした。

3-1-7 電気設備

電力受変電設備は、商用電力と非常用発電設備(3,500kVAを超えた時点で、一部を常用発電設備として使用)を併設するため、停電時に瞬時の電源切り替えが可能な自動切り替え装置を設備することとしている。

非常用発電設備として、ディーゼル発電機、低騒音型で定格出力800kVAの発電機を設置する。この800kVA発電機の必要台数は、GL-300m施工時までは2台であるが、GL-300m以深は、増設が必要となり、最終的に4台必要となる。また、非常用発電装置は、商用電源の停電信号を受け自動的に運転を開始するシステムとして

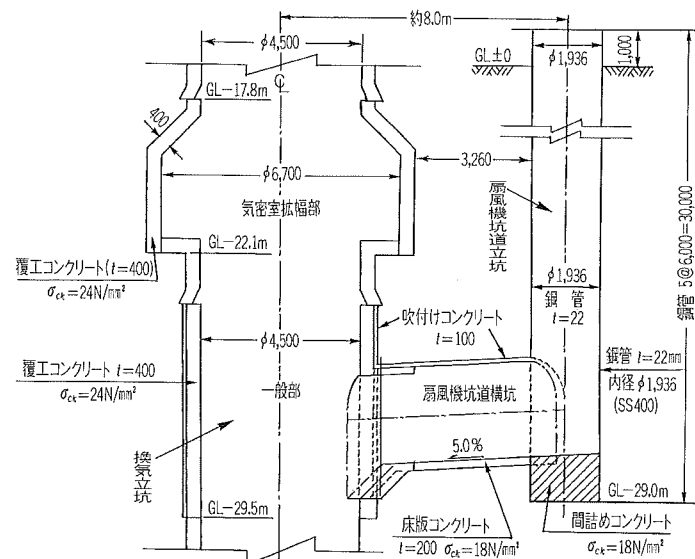


図8 坑道換気のための扇風機坑道(左側は換気立坑)

いる。発電機用燃料タンクは、商用電源が停電になった後、12時間運転できる容量としているが、それ以上になる場合は、タンクローリーを準備する。主な特徴を挙げると、以下のとおりである。

- ・受電方式は、三相3線式60Hz、6600V受電とする。
- ・電力会社との取り決めにより、契約最大電力は3,500kVAとする。
- ・GL-500m(中間ステージ)以深では、最大電力が3,500kVAを超え、ピーク時4,700kVAと予想される

ため、非常用発電設備を常用発電設備として使用する。

- ・変電設備は、地上部および予備ステージ内に設置する。
- ・キブル巻き上げ機起動時の電圧変動対策として、アクティブフィルタ方式のフリッカ抑制装置を設置する。
- ・坑内配線は、火災発生時の避難時間を考慮して、耐燃性ケーブルを使用する。

3-1-8 給気設備・空調設備

給気は、地上に設置した電動コンプレッサーなどによって行うこととし、給気用配管を主立坑および換気立坑それぞれに1本ずつ配管する。坑内の空調については、GL-500m以深の施工時に、空調設備用のクーリングタワーおよびクーリングシステムを地上および予備ステージなどの坑内に設置する予定である。

3-1-9 安全設備

火災時の緊急時においては、避難所での待避を基本コンセプトとし、その仕様は、設置位置の避難人数に応じて表-5の3種類とする。非常用給気配管(φ75A)を通して、待避者への給気を確実にするため主立坑と換気立坑双方からの2系統による給気配管とする。通信設備についても、同様に2系統とする。また、これまでの災害事例や想定災害にもとづき、立坑内の安全対策システムとして、①入出坑管理、②坑内火災管理、③坑内環境管理、④坑内通信管理からなるそれぞれが独立したシステムを

表-5 避難所の仕様

名称	サイズ	人数	床面積	場所	対象者
避難所A	W3.0m×L6.0m	7人	9m ²	予備ステージ	施工者の避難を想定
避難所B	W3.0m×L7.0m	12人	12m ²	中間ステージ 最深ステージ 計測坑道	施工者および一部の研究者の避難を想定
避難所C	W3.5m×L18.0m	50人	52.5m ²	中間ステージ 最深ステージ	研究者・見学者の避難を想定

表-6 立坑一般部・接続部の支保パターン

区分	支保パターン	ロックボルト			支保工	吹付け厚(cm)	覆工厚(cm)	金網	矢板掛率(%)	ライナープレート
		長さ(m)	周方向(m)	延長方向(m)						
一般部	B	—	—	—	—	40	—	—	—	—
	CH	—	—	—	—	40	—	—	—	—
	CM	—	—	—	—	40	—	—	—	—
	CL	—	—	—	H-125	40	—	30	—	—
	D	—	—	—	H-125	40	—	30	—	—
接続部 (下部:拡幅部)	E	—	—	—	H-125	40	—	30	—	有
	B	—	—	—	—	5	40	—	—	—
	CH	3.0	1.7	1.3	—	10	40	—	—	—
	CM	3.0	1.6	1.3	—	10	40	—	—	—
	D	3.0	1.1	1.3	H-150	15	40	全周	—	—

* : 接続部5.8mのうち、拡幅部3.2mを表す。

採用する。

3-2 立坑

3-2-1 支保パターンの設定

立坑や水平坑道における支保パターンの設定については、岩盤分類に応じて設定する一般トンネルの方法に準拠した。ただし、深度が深いことと、立坑と水平坑道の接続部分などの特殊な部分が存在することから、数値解析結果も併用して設定した。

岩盤の状況や数値解析において入力する条件については、研究所用地に近接する既存のボーリング孔(DH-2号孔;深度501m)や、正馬様用地(研究所用地から約2km離れた場所)のボーリング孔(MIU-1号孔;深度1,011m)⁷⁾の調査結果などから設定した。岩盤に作用する応力と岩盤の状態(健岩・一般部:岩盤等級B/CH/CM, 風化・破砕帯部:岩盤等級CL, D, 断層部:岩盤等級E)をパラメータとして解析を実施し、その解析結果および日本道路公団や鉄道建設公団の標準示方書^{8),9)}を参考として、立坑の一般部および接続部の支保パターンを表-6のように設定した¹⁰⁾。

3-2-2 立坑一般部(在来工法)

主立坑一般部(GL-51m以深)および換気立坑一般部(GL-45.5m以深)における標準断面は、図-9に示す覆工コンクリート厚さ40cmの内径6.5mおよび4.5mのものである。支保パターンB/CH/CMにおいては覆工コンクリート内に鋼製支保工(125H)を巻き込んだ形で打設するものとする。支保パターンEにおいてはライナープレート補強のうえ、覆工コンクリート内に鋼製支保工(125H)を巻き込んだ形の支保とした。

3-2-3 立坑接続部(NATM)

原則として100mごとにある予備ステージや中間ステージ・最深ステージ、計測坑道へのアクセスおよび立坑周回用の安

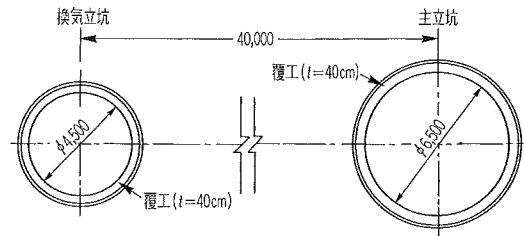


図-9 立坑の標準断面

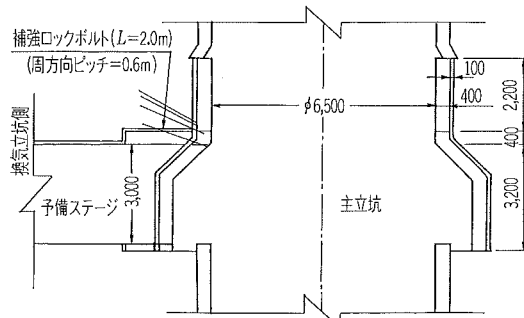


図-10 接続部付近の断面(主立坑の場合)

全通路確保のため、高さ5.8m、直径8.7m(主立坑の場合)を示す、換気立坑においては高さ5.8m、直径6.7m)の図10に示す接続部を設ける。

3-3 予備ステージ

予備ステージは、図-3に示した主立坑および換気立坑を100mごとに結ぶ幌型のトンネル(掘削はNATM)で、その諸元は延長32.3m、幅3.0m、高さ3.0mである(表-7、図-11参照)。予備ステージ内には、排水ピットおよび避難所1か所(トンネルの断面形状は予備ステージと同じ、延長6m)を設置する。予備ステージ位置は、GL-500mの位置を除き深度100mごとに1か所ずつ9か所(最深

部はGL-970m位置)に計画している。

3-4 中間・最深ステージ

中間ステージ(GL-500m位置)および最終ステージ(GL-1,000m位置)は、地層科学研究のためのメインステージで、表-8に示す12タイプの坑道などからなり、その形状は図-12に示すとおりである。

立坑や水平坑道の寸法は、掘削作業の効率性や経済性、搬入する資機材、研究のためのスペースなどを考慮して決定し、研究項目やその内容の詳細については現在、計画中である。

3-5 計測坑道

計測坑道は、中間ステージおよび最深ステージ掘削時に、先行あるいは並行して掘削し、先行変位や間隙水圧変化などの計測を行うスペースで、主立坑側に設置し、主立坑と反対側に、計測坑道の掘削ずりを搬出するための水平坑道を設置する。設置深度としては、中間ステージの上部GL-470mと下部GL-528mおよび最終ステージの上部GL-970mの3か所で、その断面形状は幌型(幅3.5m×高さ3.5m、避難所Bのみ幅3.0m×高さ3.0m)であり、その平面は図-13に示すとおり、1か所あたり242.2mの延長である。

3-6 耐震設計

研究坑道は、その深度が1,000m程度に達することから、通常の地中構造物と比較して鉛直方向への広がりが多い。

静的解析手法により等価震度(動的なせん断応力を静的な震度に置き換えたもの)を与えた時の立坑の覆工コンクリートと周辺岩盤の応力状態を解析し、それぞれの許容応力と比較することにより健全性を確認した結果、覆工コンクリートに発生する応力は小さく、圧縮破壊に

表-7 予備ステージの支保パターン

支保パターン	ロックボルト			鋼アーチ支保工		吹付け厚(cm)	覆工厚		金網
	長さ(m)	周方向(m)	延長方向(m)	上半	下半		アーチ	インバート	
B	—	—	—	—	—	3	—	—	—
CH, CM	1.5	3.0	1.5	—	—	5	—	—	—
CL, D	1.5	1.0	1.0	H-100	H-100	10	—	—	上下半

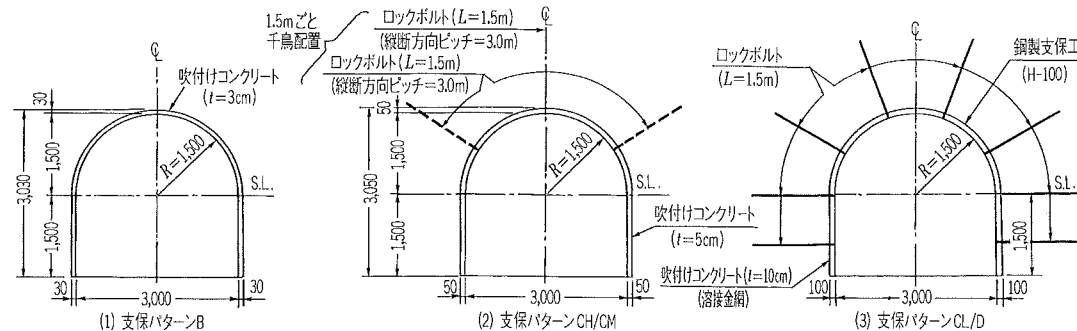


図-11 予備ステージの標準断面

表-8 中間ステージ・最深ステージを構成する坑道

No.	坑道名称	坑道寸法	延長	箇所	備考
1	ループ坑道	幌型3.5m×3.5m(幅×高さ)	188.6m	1	掘削と並行して研究者が坑内に入坑して研究することを考慮して、安全通路が確保できる形状寸法を設定
2	ループ坑道離合部	幌型6.7m×3.5m	10.5m	1	掘削機械や機器搬入時の離合、退避スペース
3	ループ坑道試錐座	ループ坑道の一部を高さ8.0m、幅4.5mに拡幅	18m	4	試錐用大型ボーリング用スペースを確保
4	立坑間連絡坑道	幌型4.0m×4.0m	29.5m	1	換気、給排水、電気設備の設置スペース、集塵機、ファンの組立据付時の作業スペース、および側壁部配管の維持管理スペースの確保として設定
5	試錐座	ループ坑道の一部を高さ8.0m、幅4.5mに拡幅	8m	4	試錐用大型ボーリング用スペースを確保
6	接続坑道	幌型5.0m×5.0m	10m	1	試錐用大型ボーリング機器を搬入するスペースを確保
7	避難所B	幌型3.0m×3.0m	7m	1	収容人数12人、有効床面積12m ² 、立坑間連絡坑道中間部に設置
8	避難所C	幌型3.5m×3.5m	17m/18m	2	収容人数50人、有効床面積52.5m ² 、ループ坑道・アプローチ坑道各々に1か所設置
9	試験坑道1/2/3	幌型3.5m×3.5m	237.1m	1	各試験に必要な寸法として設定
10	試験坑道1/3	幌型5.0m×5.0m	100m	1	同上
11	TBM発進基地	幌型8.0m×6.5m	20m	1	TBMアセンブリホールとしての必要空間を確保
12	TBM坑道	円形φ2.2m	90m	1	TBMにより掘進する坑道

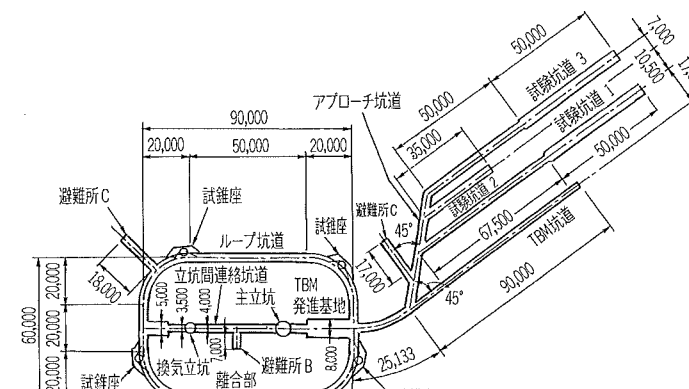


図-12 中間ステージおよび最深ステージ

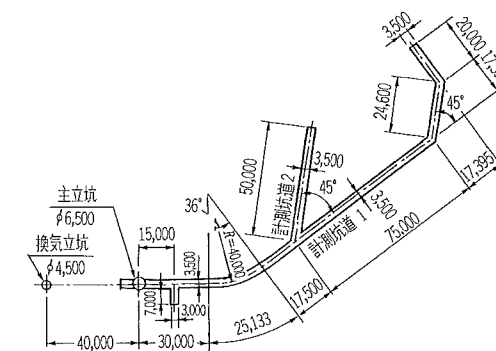


図-13 計測坑道

至らないこと、立坑周辺の岩盤においては、地震時に新たに塑性域が発生する領域はほとんどないことが確認された¹⁾。

3-7 通気解析

研究坑道においてもっとも起こりうる災害のひとつである火災については、火災が発生した場合の避難路と避難時間の確保がもっとも重要である。そこで、鉾山において適用実績の多い通気網解析を用いて火災を想定した解析⁹⁾を行った。その結果、避難所まで歩行にて避難が可能で、安全管理システムの稼働により、避難時間に余裕がある位置に避難所を設置するレイアウトとした。

4. 施工方法

4-1 上部工および下部工

4-1-1 上部工

坑口上部の基礎は、主立坑・換気立坑とも岩着(ここでは、泥岩)させる直接基礎形式としており、主立坑でGL-9.0m、換気立坑でGL-10.5mを上部工の底盤位置とした。敷地が狭小であることから、採用する工法としては、親杭横矢板・切梁工法を選定し施工した、その施工状況(換気立坑の場合)を写真-1に示す。

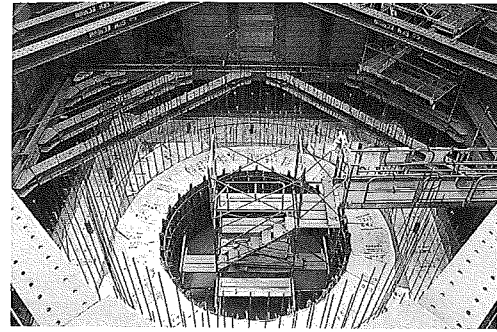


写真-1 坑口上部工施工状況(換気立坑の場合)

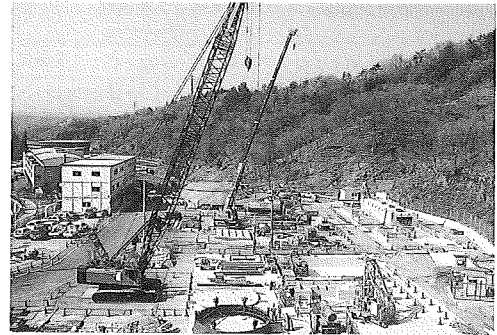


写真-2 坑口下部工施工状況(手前が主立坑)

4-1-2 下部工

坑口下部工区間は、立坑一般部を本格的に掘削するための櫓やスcaffordなどの設備が設置できる深度に至るまでの区間である。その施工には移動式クレーンを用いて掘削ずりの搬出や資機材の搬入を行う。その延長として、主立坑で42m(上部工とあわせて、51m)、換気立坑で35m(上部工とあわせて、45.5m)の下部工区間が設けられている。

施工方法として、ショートステップ工法やライナープレートによるロングステップ工法および立坑NATMが考えられるが、安全性および工期や経済性などの観点から、1掘進長1.0mで覆工コンクリート長1.0mの1ステップ方式ショートステップ工法を採用することとした。下部工の施工状況(手前が主立坑)を写真-2に示す。

4-2 研究坑道の掘削工法

4-2-1 立坑の掘削工法

立坑の掘削工法としては、発破による工法として在来工法やNATM、機械による工法として自由断面掘削やTBMやレイズボラーを用いた工法などがある。また、覆工の打設時期により、ロングステップ工法とショートステップ工法に分けられる。発破工法のうち、発破と覆工を短区間で交互にくり返す従来の工法によるショートステップ工法は、実績も多く岩盤状態の悪い場所での施工例も多く、掘進速度が速い工法である。そこで、一般部

においては、全断面発破の掘り下がりショートステップ工法を採用した。ただし、接続部はNATMとした。

削孔は、地上から坑底へ搬入する形式の油圧式150kg級ドリフター(主立坑:3台、換気立坑:2台)を搭載したシャフトジャンボにて行う。立坑においては切羽に排水や湧水が溜まることに配慮し、安全性の観点から「非電気式雷管」と「含水爆薬」を使用することとした。また、削孔効率の低下による削孔時間の増大を抑制するために、「データジェント削孔(圧縮空気に加圧水を混ぜた削孔水で削孔する)方式」を採用する予定である。ずり出しは、「シャフトマッカによるずり出し方式」を採用し、シャフトマッカ(主立坑:0.4m³、換気立坑:0.2m³)およびずりキブル(主立坑:6m³、換気立坑:2m³)2缶とスcafford最下段にあるキブル付け替え装置を用いた替えキブル方式とした。

次に、裏面排水工・支保工・矢板工(支保パターンCL/D/Eの場合のみ)の後、坑壁観察などの研究を行い、覆工を施工する。覆工は、現場コンクリートプラントより一次運搬した覆工コンクリートを地上のキブル運搬台車に据え置いたコンクリートキブル(主立坑:2.5m³、換気立坑:1.5m³)を用いて投入する。地上においてコンクリートキブル2缶を効率よく入れ替えることにより、コンクリート運搬時間の短縮を図ることとした。

4-2-2 水平坑道の掘削工法

水平坑道の掘削工法としては結晶質岩系が対象であることより、主に硬岩に用いられるNATMによる発破工法を採用する。また、坑道掘削影響試験などの研究を目的として、中間ステージおよび最深ステージにおいては、機械掘削すなわちTBMにて掘削する坑道も計画している。水平坑道における1サイクルあたりの地質観察など(研究)のための時間を2時間確保した。

4-2-3 ずり搬出およびサイクルタイム

立坑掘削においては、深度が深くなるにつれて発破したずりの搬出時間が全体の掘削作業時間に占める割合が大きくなる。このため、効率のよいずり出し方法として、替えキブル方式を採用した。また、掘削のサイクルと1回あたりの発破進捗の関係を検討し、安全かつもっとも効率の良い掘削サイクルとして、1.3mの発破を2回くり返して、2.6mのコンクリート覆工を打設する変則のショートステップ工法を採用した。ただし、Eパターンにおいては、1発破進行長1.3mごとに1.3mの覆工コンクリートを打設する本来のショートステップ工法を予定している。1サイクルあたり、坑壁の地質観察など(研究)のために時間(2.6m覆工の場合:3時間、1.0mおよび1.3m覆工の場合:1.5時間)を確保した。図-14に深度500m位置でのサイクルタイム例を示す。

	1 日 目												2 日 目											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
削孔・装薬・発破	1.3m												1.3m											
ずり出し																								
覆工																2.6m								
研究(壁面観察など)																3時間								
測量・機械設備点検・修理等																								
休み(交替時間)																								
← 1 サイクル目 →																								

図-14 立坑掘削のサイクルタイム例(GL-500m, 花崗岩, パターンBの場合)

4-3 覆工・吹付コンクリート工

本坑で使用されるコンクリートは、密実なコンクリートを打設できるように、コンクリート中の骨材の表面を水セメント比の小さいペーストで造殻し、セメントの分散性やコンクリートの品質と耐久性を向上させたSECコンクリート(覆工コンクリートおよび吹付コンクリートとも)を基本的に採用する。ただし、坑口部上部工・下部工においては、レディーミクストコンクリート(JIS A 5308)の標準品を用いるものとする。また、覆工コンクリート工においては、ショートステップ工法で行うことから、早強ポルトランドセメントを使用する。吹付コンクリートも含めたコンクリートの仕様を表-9に示す。

4-4 集排水工

覆工背面の湧水については、縦断方向に90°間隔で連続した縦断方向排水材を4箇所設置し集水するとともに、25mごとに設置する円周方向の円周方向排水材を用いて集水する。湧水の多い箇所については、適宜、増設する予定であるが、図-15に示すように、円周方向排水材の設置箇所すなわち深度100mに4か所、全長1,000mでは40か所程度のウォータリングを設置し集排水する。25mごとのウォータリングに集まった湧水については熱線式流量計にて、4か所を取りまとめた100mごとの予備ステージ内排水ピットに流入する湧水については電磁流量

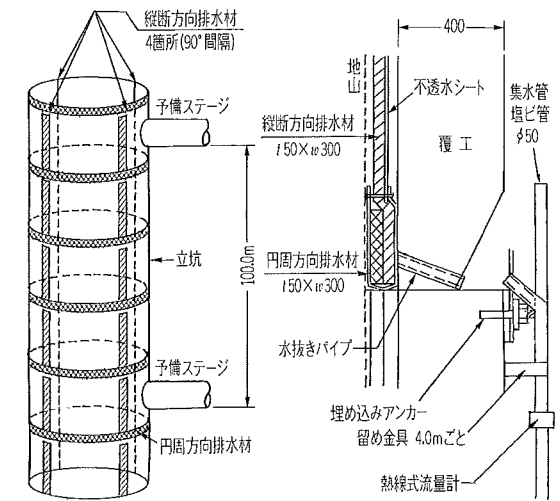


図-15 集排水工の設置箇所

計にて測定する。

4-5 計測工

計測は、切羽観察と内空変位計測の一部を除き自動計測を基本とし、地上および100mごとの予備ステージに設置するデータロガーにて計測データを収集し、無線LANユニットあるいは光ファイバーなどを介して地上の計測管理室のコンピュータに収録するものとする。そ

表-9 覆工コンクリートおよび吹付けコンクリートの仕様

区 分	種 類	呼び強度 (N/mm ²)	スランブ (cm)	粗骨材の最大寸法 (mm)	セメントの種類	
坑 口 部	上 部 工	24	12	25	高炉セメント	
	下 部 工	24	12	25	早強ポルトランドセメント	
覆 工	接続部(CL, D, E)	高強度覆工	40	12	25	早強ポルトランドセメント
	一般部・接続部(B, CM, CH)	一般覆工	24	2	25	早強ポルトランドセメント
吹 付 け	水平坑道接続部(避難所周辺12m含む)	高強度吹付け	36	18	15	普通ポルトランドセメント
	水平坑道一般部	一般吹付け	18	8	15	普通ポルトランドセメント

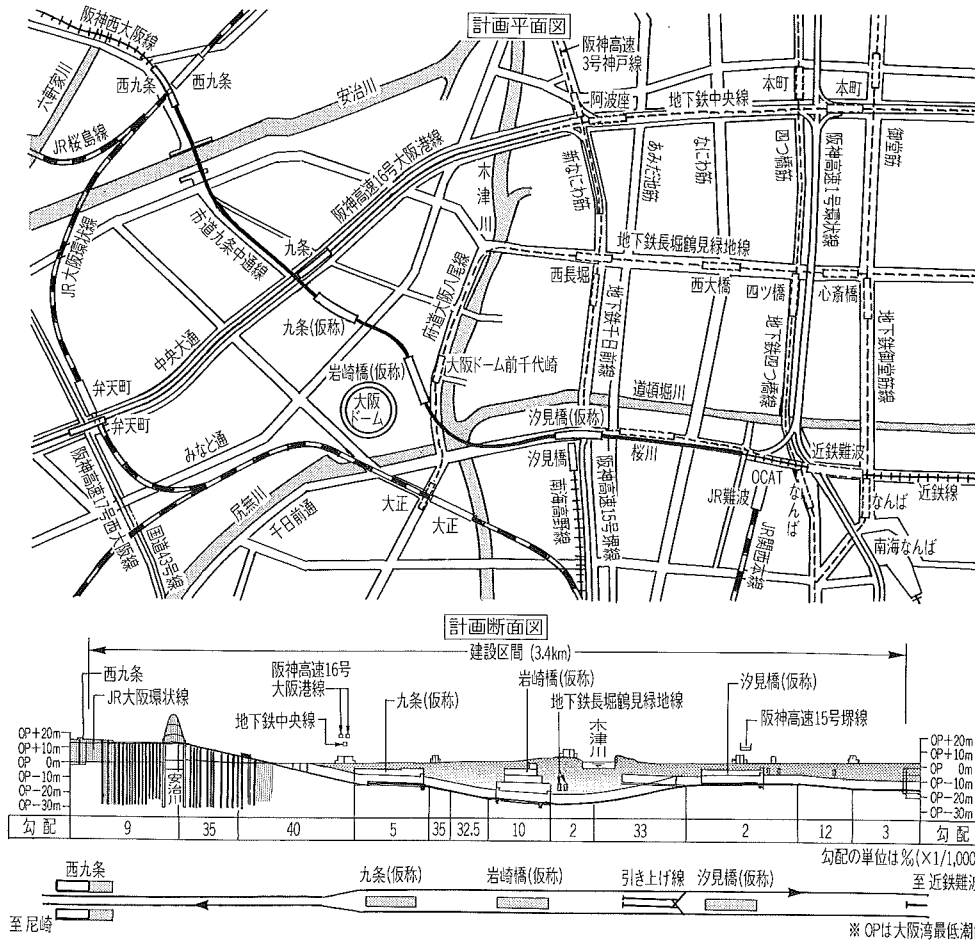


図-2 西大阪延伸線計画図

式である近鉄難波駅西方の折り返し線に至る建設延長3.4kmの路線である。また、地下区間に九条駅、岩崎橋駅、汐見橋駅(駅名はすべて仮称、以下同じ)を設ける計画である(図-2、表-1参照)。

2-2 路線計画

2-2-1 西九条駅～九条駅

起点となる阪神西九条駅が高架構造であることから、西九条駅付近は高架式とし、平面線形としては、阪神電鉄が鉄道用地としてその大部分をすでに取得していることから、その用地を利用する形で九条駅に向けて東進する。途中、JR大阪環状線および安治川を橋梁形式で横断し、その後、九条駅までの区間において地下に移行する計画である。地下移行部では、現在25m幅員で供用中の市道九条中通線を36m幅員に拡幅整備したうえで、同道路の東行き車線を橋梁形式で斜横断して道路中央部に入り、擁壁区間を経て地下に移行する計画としている。なお、この道路拡幅部の用地についても、すでに阪神電鉄が大部分を取得している状況である。

縦断線形としては、橋梁で横過する安治川における船舶航行の関係上、OP+12.25mの航路制限高さを確保する必要があること、地下への移行区間を可能な限り短くしたいこと、地下埋設物と鉄道躯体との離隔を確保したいことなどから安治川横断後の縦断勾配については、35%および40%の急勾配を採用している。

2-2-2 九条駅～岩崎橋駅

九条駅から岩崎橋駅に向けては、市道九条中通り線の道路線形に合わせて東進したのち、R=160mの急曲線で岩崎橋駅に至る。

縦断線形は、岩崎橋駅東方で地下鉄長堀鶴見緑地線(第7号線)および木津川下を横過する必要があることから、駅間の一般部については35%および32.5%の急勾配で岩崎橋駅に向かって下る計画としている。

2-2-3 岩崎橋駅～汐見橋駅

岩崎橋駅から汐見橋駅に向けては、地下鉄長堀鶴見緑地線(第7号線)の構造物との離隔を確保しつつ、道路橋の基礎および民間建物をそれぞれ避けるため木津川を曲

表-1 路線計画概要

区間	(起点)大阪市此花区西九条3丁目 (終点)大阪市浪速区幸町1丁目、桜川1丁目
建設キロ	複線 3.4km
営業キロ	複線 3.8km
軌間	1,435mm
電圧	1,500V
集電方式	架空線方式
車両	阪神 長さ: 18.98m, 幅: 2.8m 近鉄 長さ: 20.72m, 幅: 2.8m
建設費	1,071億円
構造形式・工法	高架, 擁壁, 地下式(開削工法, シールド工法)
工期	事業着手 平成13年度 土木工事等 平成15年度～平成20年度
駅	新設3駅(九条, 岩崎橋, 汐見橋, いずれも仮称)
変電所	1か所
その他	西九条駅ホーム延伸, 引き上げ線新設
信号・通信設備	地上信号方式 空間波方式(地上区間), LCX方式(地下区間)
運転保安設備	自動列車停止装置, 列車集中制御方式 プログラム列車制御方式

線で横過し、その後、千日前通(市道難波境川線)に入り道路線形に合わせて東進し汐見橋駅に至る。途中、汐見橋駅西方の道路下に引き上げ線(折り返し線)を設ける計画としている。

縦断線形は、岩崎橋駅に一般トンネル部の排水機能を持たせるため、上り勾配で東進することとし、地下鉄および木津川河川の下を通過する部分と汐見橋駅西方の分岐部分は2%、その中間部は33%としている。

2-2-4 汐見橋駅～近鉄難波駅

汐見橋駅から近鉄難波駅に向けては、千日前通(市道難波境川線)の北側部分には地下鉄千日前線(第5号線)が、同道路の中央部には阪神高速15号堺線橋脚があることから、同道路の南側部分の地下を利用する形で道路線形に合わせて東進し、近鉄難波駅西方の引き上げ線(折り返し線)に接続する計画である。

縦断線形は、地下鉄千日前線(第5号線)桜川駅の地下通路、幹線下水を避けた線形としている。

2-3 駅計画

駅位置については、沿線における大規模施設への対応、都市交通ネットワークの形成、他の既存施設などの諸条件から総合的に判断し、九条駅、岩崎橋駅、汐見橋駅の3駅を新設する計画としている。九条駅は地下鉄中央線(第4号線)との、岩崎橋駅は地下鉄長堀鶴見緑地線(第7号線)との、汐見橋駅は地下鉄千日前線(第5号線)な

らびに南海高野線との乗り換え駅となり、既存の阪神西九条駅および近鉄難波駅と合わせて、大阪市内の鉄道ネットワークの充実に寄与することとなる。また、岩崎橋駅は大阪ドームの近傍に設置されることからドーム来場者の対応駅となる。

新設する3駅はすべて島式ホームで、九条駅および汐見橋駅は地下2層で計画されているが、岩崎橋駅については、前述したように、地下鉄および河川下を横過する必要があることから、地下5層の大阪でもっとも深い駅の1つとなる。

プラットホームの有効長は、阪神・近鉄の相互直通運転計画を踏まえ、近鉄10両列車の停車が可能な長さを確保する計画としている。ホーム幅員および階段幅員については、新設各駅の予測乗降人員からラッシュピーク時でのホーム必要幅員ならびに階段必要幅員を求めるとともに、バリアフリーの観点から移動円滑化基準、移動円滑化整備ガイドラインなどの基準を遵守していることを検証している。また、ホーム柵などの線路への転落防止施設については、相互直通運転を行う近鉄車両と阪神車両の車両諸元(車両長さ、扉位置)の相違により、現時点で設置計画はないが、ホーム幅員の算定やホームの設計における荷重条件の設定にあたっては、将来ホーム柵の設置が可能となるように対応している。なお、阪神西九条駅については、近鉄10両列車の停車が可能となるように、プラットホームを西大阪延伸線側へ延伸するとともに、バリアフリーに対応した改札口を新設する計画としている。

2-4 その他施設計画

各駅の建築施設は、バリアフリー対応として、すべての駅において地上からプラットホームまでエレベーターでの移動経路を最低1経路設けるとともに経路上の改札口には車いす利用者などが円滑に通行できるように広幅員の改札機を設置する予定としている。また、旅客サービスの観点から、各駅とも上り・下り専用のエスカレーターをそれぞれ設置する計画としている。

防災施設は、消防法、建築基準法、地下鉄道の火災対策基準にもとづき、換気、排煙設備などを設置する計画としている。換気、排煙計画については、駅部は各駅単位で給排気を、シールドトンネル内は各駅間で給排気を行う縦流換気方式を採用しており、駅部および難波立坑部に換気機械室を設けて、付近地上部に換気塔を設置する予定である。なお、汐見橋駅西方の引き上げ線についても、専用の換気機械室を設け、給排気を行う計画としている。

軌道施設は、保守作業の削減を図るために一部の区間を除きコンクリート道床とし、騒音・振動の低減を図る目的から防振効果のある弾性まくら木やロングレールを

採用している。

電気施設は、基本的に運営主体(第二種鉄道事業者)である阪神電鉄の仕様と同様に直流1,500Vの架空線方式を採用しており、九条駅部に地下変電所を設置する計画である。

3. 建設の経緯

阪神西大阪線の難波への延伸は、当初、阪神電鉄が本線尼崎駅～梅田駅間の輸送力補完を目的として、戦後まもない時期から計画されたもので、阪神電鉄は、昭和34年に千鳥橋駅～難波駅間の軌道敷設の特許を取得し、昭和39年にその第1期工事として千鳥橋駅～西九条駅間を開業させ、昭和42年に第2期工事として西九条駅～九条駅間の建設に着手したが、諸事情により工事を一時中断した。その後、鉄道輸送需要の伸びが鈍化したことや建設費の高騰などにより、工事再開ができなくなっていた。

しかしながら、西九条～難波間の路線は、昭和46年の都市交通審議会答申第13号および平成元年の運輸政策審議会答申第10号において最重要路線として位置づけられ、その後、計画ルートが岩崎橋地区に大阪ドームが開業するなど、整備に対する社会的な要請が高まってきていた。

しかし、本路線の整備事業が成立するためには公的助成が不可欠であるため、阪神電鉄は、大阪市などに対して有効な助成の働きかけを行っていた。その結果、平成13年度の政府予算において、本路線の整備に対し、第三セクターが行う新線建設についても公営事業者並みの補助が受けられるよう拡充した地下高速鉄道事業費補助を適用することが盛り込まれることとなり、国および自治体の協力の下、第3セクター方式による本路線の整備が実現する運びとなった。表-2に平成13年度政府予算案成立以降の経過を示す。

4. 環境アセスメント調査

西大阪延伸線は建設延長が3kmを超えることから、大阪市環境影響評価条例にもとづく環境影響評価が必要

表-2 事業経過

平成13年7月	西大阪高速鉄道(株)設立
平成13年9月	大阪市、大阪府の出資により西大阪高速鉄道が第三セクター化
平成13年11月	阪神電鉄が第二種鉄道事業許可を、西大阪高速鉄道が第三種鉄道事業許可を取得
平成14年12月	大阪市による都市計画決定
平成15年1月	西大阪高速鉄道が工事施行認可を取得
平成15年6月	土木工事入札、施工会社の決定
平成15年10月	大阪ドームにおいて起工式挙行
平成20年度	竣工予定

となるが、この手続きについては、大阪市において、西大阪延伸線の都市計画決定手続きと並行して進められた。今後は、事業の進捗に応じて、建設工事中および鉄道運行時の騒音・振動などの調査を実施していく予定である。

5. 地形および地質概要

西大阪延伸線の建設地域は、大阪平野の西方に位置しており、海拔0m地帯として知られる沿岸部と上町台地に挟まれた地域である。

地質構成は、全体的に上部より表土盛土、沖積層の上部層・中部粘土層・下部層、洪積層の第1砂礫層(第1天満層)・粘土層(Ma12層)・第2砂礫層(第2天満層)よりなる。沖積上部層は砂主体層であり、中部粘土層はN値がきわめて低い軟弱な粘土層である。下部層は砂質土層と粘土層よりなる。沖積層直下の洪積砂礫層(第1天満層)は、N値が50以上と高い。その下の洪積粘土層(Ma12層)はN値の比較的高い層である。さらに下の洪積第2砂礫層は、OP-60m付近において粘土層と砂層との互層部分が存在し、確実に洪積粘性土層と判別できるのはOP-100m付近である。

以上の層相区分は、起点方ではほぼ水平に分布しているものと思われるが、既往の文献などから桜川とう曲と呼ばれる断層により、木津川付近から終点方に向かっては変化がみられることが判明している。現地ボーリング調査およびコア採取による室内分析の結果、洪積粘土層(Ma12層)の厚さが終点方に向かって尖滅し消滅していることが判明した。また、この傾向に伴いその下部の洪積砂礫層も浅くなる傾向を示しており、かつ、その層相区分も複雑さを呈している。

計画路線全体を見ると、起点方の高架、擁壁区間では、支持層となる第1天満層まで基礎杭を施工することとなるが、土質試験の結果より、地震時の沖積上部砂層の液化性が考えられ、設計上の配慮が必要となる。一方、地下区間においては、大部分が沖積層を通過しているが、岩崎橋駅付近においては、一部洪積第1砂礫層(第1天満層)を通過することから、駅部開削区間における洪積第1砂礫層および第2砂礫層の被圧地下水による盤陥れ対策が必要となる。また、前述したように、汐見橋駅付近については、Ma12層の消滅により不透水層に期待した遮水工法が困難な施工区間が存在する。

図-3に地質縦断面図を示す。

6. 構造形式

6-1 明かり区間

6-1-1 高架部

高架部分のうち、安治川横断部(河川幅約80m)につい

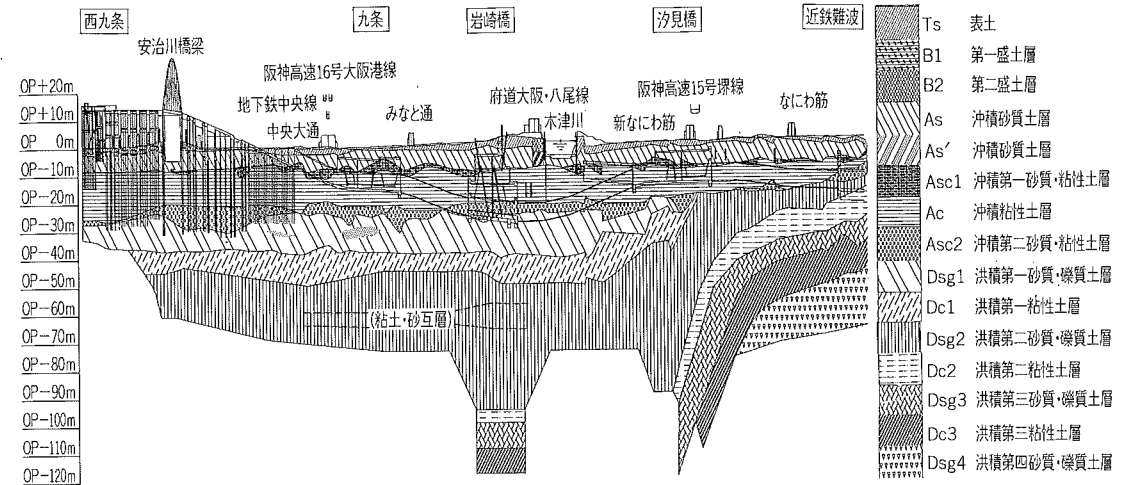


図-3 西大阪延伸線地質縦断面図

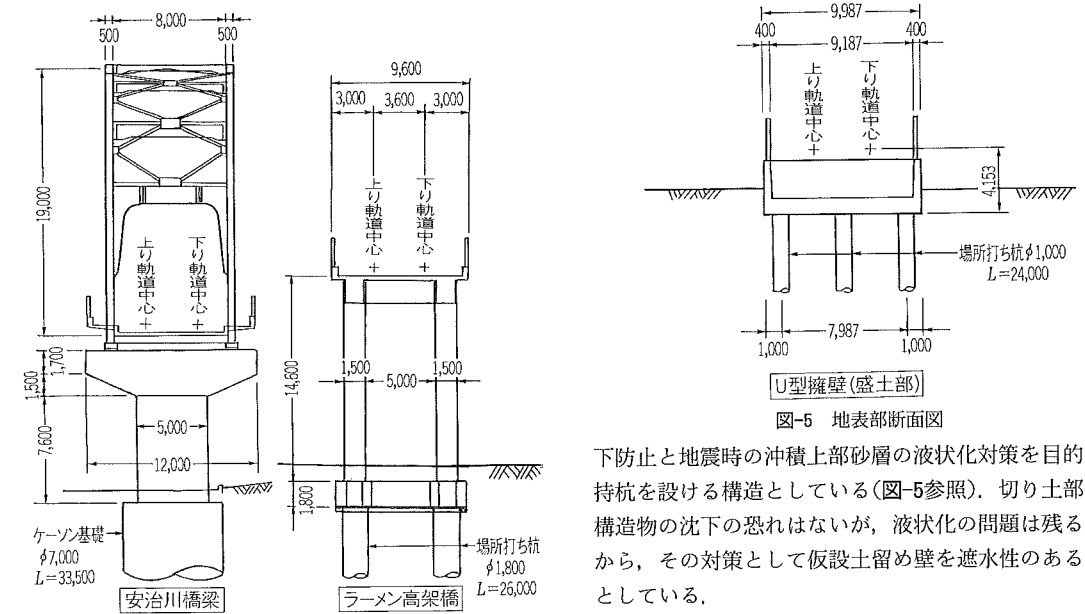


図-4 高架部断面図

ては、経済性、景観性などを考慮し、橋長89mの鋼トラスラングラー桁を計画している。また、桁高が制限されるJR大阪環状線横断部および市道九条中通線の斜横断部については、箱形の鋼合成桁とSRC桁をそれぞれ採用している。その他の区間については、経済性、施工性などを考え、標準支間15mの1層2柱式のラーメン高架橋を基本とし、道路横断部については、道路幅員に応じてコンクリートT形桁、PC桁を組み合わせた構造としている(図-4参照)。

6-1-2 地表部

U型擁壁構造の盛土および切土を用いている。盛土部は、直下の沖積粘土層が軟弱であることから構造物の沈

下防止と地震時の沖積上部砂層の液化化対策を目的に支持杭を設ける構造としている(図-5参照)。切り土部は、構造物の沈下の恐れはないが、液化化の問題は残ることから、その対策として仮設土留め壁を遮水性のある構造としている。

6-2 地下区間

6-2-1 駅部

駅部については、すべて開削工法を採用しており、その両端(九条駅西端部を除く)については単線併設シールドの発進、到達立坑を兼用している。構造形式については、土かぶりの比較的小さい九条駅および汐見橋駅は2層函型構造を用い、土かぶりの深い岩崎橋駅は2層から5層までの函型構造としている(図-6参照)。なお、汐見橋駅西方に設ける引き上げ線部についても1層函型構造としている。

6-2-2 一般部

駅間の一般隧道部は、建設費の低減、工事時の周辺地域への影響の低減などから、基本的に単線併設シールド

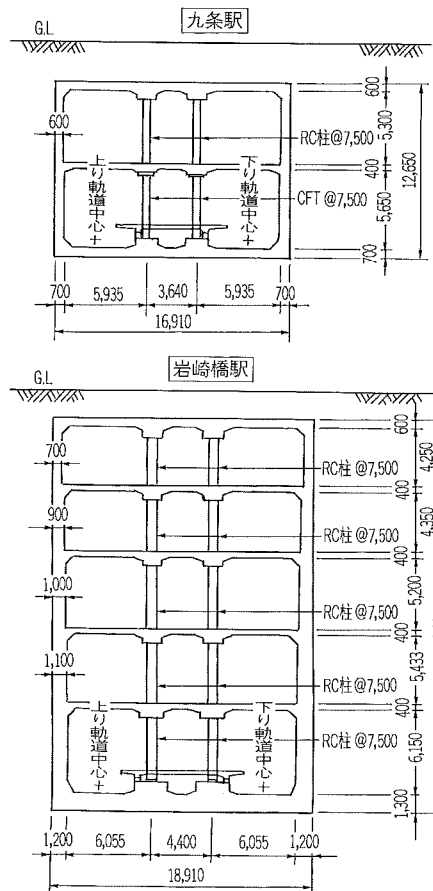


図-6 駅部トンネル断面図

トンネルを採用する。ただし、トンネル始端から九条駅間については土かぶり小さいため開削工法を採用することとして、1層の函型構造としている。

九条駅～岩崎橋駅間および岩崎橋駅～汐見橋駅間については、シールド土かぶりがかなりあることから、両区間とも、桁高250mm、幅1,250mmのダクタイルセグメントを採用している。また、土かぶり差による上載荷重の違いや民地下または中学校校庭下を通過することによる将来の建物荷重などの荷重条件の相違により、軽荷重型や重荷重型のダクタイルセグメントを一部使用することとしている。汐見橋駅～近鉄難波駅間については、土かぶりが小さいことから、桁高300mm、幅1,200mmのRCセグメントを採用している(図-7参照)。

シールド外径については、近接する鉄道構造物や道路構造物、地下埋設物、河川構造物との離隔を最大限確保すべく、可能な限り縮小することを考え、架空線方式の普通鉄道では最小に近い外径6,800mmを採用している。このように外径を小さくしたことから、建築限界外余裕があまりなく、建築限界の立体偏りが大きくなる急曲線

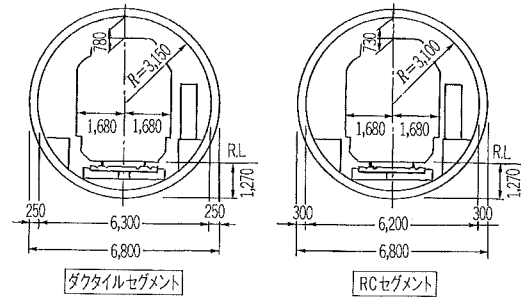


図-7 一般部トンネル断面図

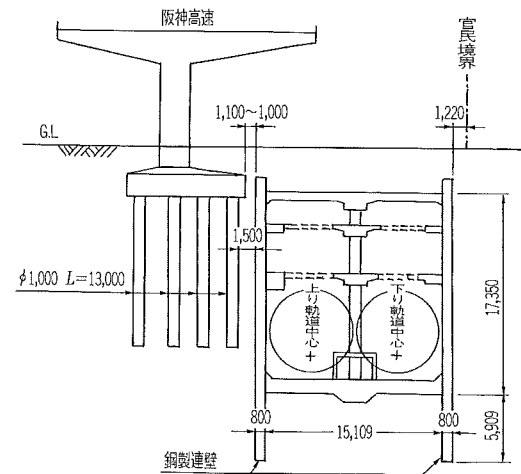


図-8 難波立坑部トンネル断面図

($R=160m$, $R=280m$ など)区間については、曲線に合わせてシールド中心線を軌道中心線からずらしていく必要があり、シールド施工時にはより慎重な掘進管理が必要となる。

6-2-3 難波立坑部

汐見橋駅～近鉄難波駅間については、前述したように単線併設シールドを採用していることから、近鉄難波駅引き上げ線端部にシールドUターンのための立坑が必要となる。この立坑は、阪神高速15号堺線の橋脚基礎との離隔が約1mと近接しているため、施工条件が厳しいことから、本体利用の鋼製連続壁工法を採用している(図-8参照)。

7. 施 工

7-1 発注方法

一般的に地下鉄工事は、大規模かつ複雑であり、工事期間が長期に及ぶため、設計変更による工期の延伸、工事費の増大を招きやすいという傾向がある。そこで、今回の工事発注にあたっては、当初目標の工期および予算内で工事を完成させるために、発注者は目的構造物とその施工条件を指定するにとどめ、仮設、施工方法その他

別途発注することとしている。

7-2 工区割りおよび施工概要

今回の建設対象区間については、工事始点側のJR大阪環状線跨線橋部と工事終点側の難波立坑部を除く全線を4つの工区に分け、昨年6月に土木工事を発注している。図-10に工区割りおよび工事概要を示す。なお、JR大阪環状線跨線橋部と難波立坑部については、基本設計の段階からそれぞれJR西日本、近畿日本鉄道と詳細に協議を行っており、現在、工事施行の委託について協議を行っている。

函型構造となる駅部や引き上げ線部についてはすべて開削工法とし、周辺環境への影響に配慮して遮水工法を採用することとしている。駅間については一部を除きシールド工法を採用することとしており、シールド工法の選定にあたっては、土質条件、シールド発進基地の規模などを勘案した結果、全区間において泥土圧式シールドとした。また、全区間において可燃性ガスを含有する層を掘進するため、防爆仕様とした。以下に工区別の施工概要を記す。

7-2-1 第1工区

当工区は、西九条駅から九条駅までの区間において、高架橋656m、擁壁210m、開削トンネル(九条駅部を含む)485mを施工する。

(1) 高架区間

西九条駅から擁壁区間までは、ラーメン高架橋および安治川橋梁などの下部工を建設する。

当該区間は、高架橋と隣接民地との離隔が非常に小さい区間が多いため、施工にあたっては隣接家屋への影響や施工中の騒音・振動について十分な配慮が必要である。

なお、安治川橋梁などの上部工については、今後の工事発注に向けて架設計画を検討中であり、河川管理者などとの協議を進め、具体化したいと考えている。

(2) 擁壁～開削トンネル(九条駅部)

当該区間で大きな課題となるのが、大阪市内でも有数の交通量を誇る中央大通(片側5車線)との交差点部での施工である。本交差点には、ガス中圧管($\phi 600mm$)を始めとする多数の地下埋設管が輻輳しているだけでなく、上空には地下鉄中央線(第4号線)と阪神高速16号大阪港線の高架橋があるため、埋設管の移設や防護、大規模な土留め欠損部の発生、空頭制限による土留め作業効率の低下などの課題があり、工程の遅延が懸念されていた。そこでこれらの課題を解消するために、交差点の一部区間において非開削工法の検討を進めている。

九条駅部については、SMW工法により土留め壁を施工するが、道路官民境界線からの離隔が1m未満となる箇所土留め壁を造成しなければならない箇所もあり、

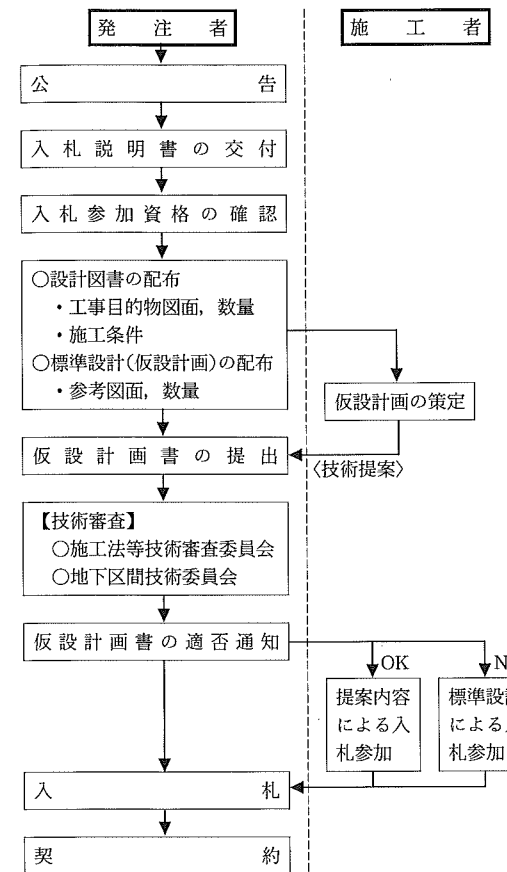


図-9 契約までの手続きフロー

目的構造物を完成させるための一切の手段について施工者の自由裁量とし、施工者の技術提案を受付ける「任意仮設方式」を採用した。これにより、目的構造物および施工条件に変更が生じない限り、原則的に設計変更を行わないこととなる。

技術提案受付の具体的な流れとしては、入札に先立ち施工者から提案された仮設計画(主に地下区間における土留め工などの重要仮設物)について、西大阪高速の社内に「施工方法等技術審査委員会」を、社外に学識経験者を含めた「地下区間技術委員会」をそれぞれ組織し、その安全性・経済性・妥当性について審査を行った。審査に合格すればその提案内容にしたがって入札することとし、提案内容が不適切なものについては、発注者が示した標準設計にしたがって入札することができることとした。また、契約については、工事完成までを一括で契約する「複数年契約方式」とした。図-9に契約までの手続きフローを示す。なお、高架区間におけるPC桁や安治川橋梁などの上部工、駅出入口や換気塔などの付帯施設工事、建築・設備・電気・軌道の各工事については、

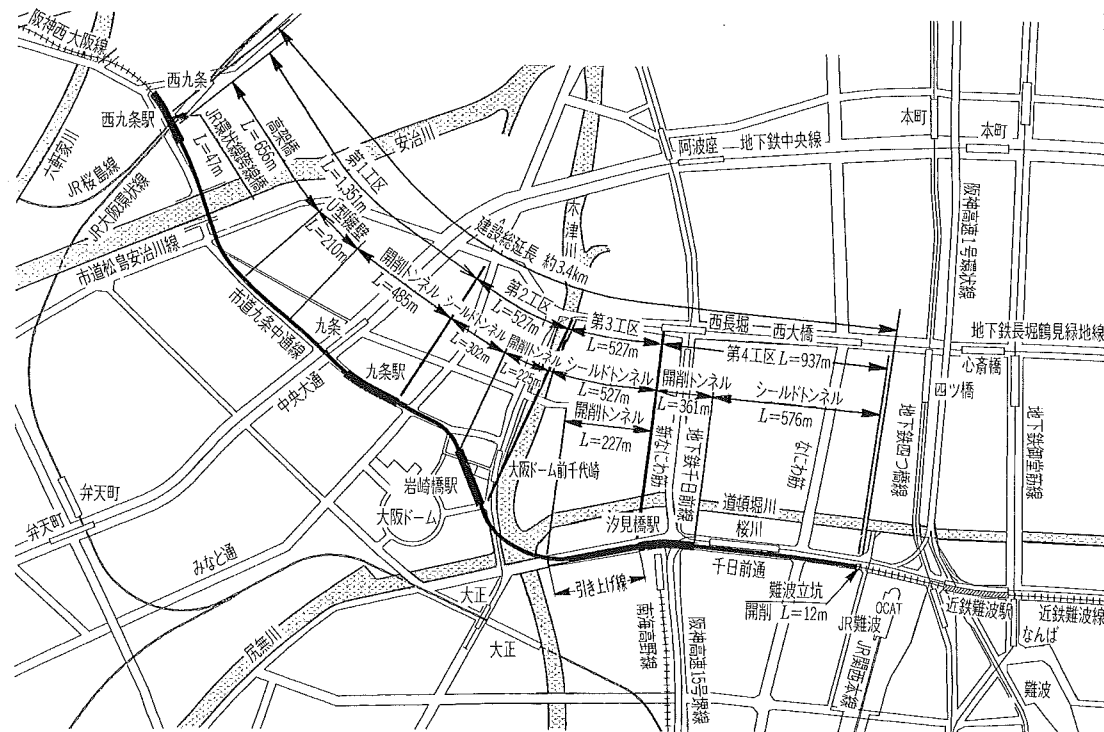


図-10 工区割りおよび工事概要

工事施工にあたっては沿道の方々と十分に調整をして進めていく必要がある。なお、盤ぶくれ対策としては、第1天満層の下層(Ma12層)まで土留め壁を造成し、遮水を行うこととしている。

7-2-2 第2工区

当工区は、大阪ドーム前に設置する岩崎橋駅部の開削トンネル225mと、九条駅～岩崎橋駅間シールドトンネル302mを施工する。

(1) 岩崎橋駅部開削トンネル

岩崎橋駅部は、開削トンネルの大半を道路区域外に建設するため、施工に支障する地下埋設管はほとんど存在しないが、掘削深さが約30mに及ぶため、止水性の観点から施工精度の高い土留め壁の造成が要求される。一方で、後述のとおり駅部両端からシールドが発進することから工程面でもっとも厳しい区間となっている。これらを総合的に勘案した結果、土留め工についてはTRD工法とした。

盤ぶくれ対策としては、第1天満層に対してはMa12層まで土留め壁を造成し、第2天満層に対しては側部の遮水注入および底板部の地盤改良を行うこととした。図-11に岩崎橋駅部の仮設計画断面を示す。

(2) 九条駅～岩崎橋駅間シールドトンネル

岩崎橋駅北端の発進立坑より掘進を開始し、九条駅東端立坑にてUターンを行い、再び岩崎橋駅へ戻るとい

施工手順を予定している。

7-2-3 第3・第4工区

第3工区は、引き上げ線部(開削トンネル)227mと岩崎橋駅～汐見橋駅間(シールドトンネル)527mを施工する。第4工区は、汐見橋駅部(開削トンネル)361mと汐見橋駅～難波立坑間(シールドトンネル)576mを施工する。当該区間は、大阪市内でも有数の交通量を誇る東西軸の一つである千日前通(一部を除き片側5車線)を両工区合わせて約600mの区間において開削することとなり、準備工の段階より道路占用・使用、交通規制に関する多くの管理者と協議を重ね、ようやく本年1月より準備工事に着手している。

(1) 岩崎橋駅～汐見橋駅間シールドトンネル

岩崎橋駅南端の発進立坑より掘進を開始し、汐見橋駅西端立坑にてUターンを行い、再び岩崎橋駅へ戻るとい施工手順を予定している。途中、地下鉄長堀鶴見緑地線(第7号線)シールドトンネル、木津川護岸などの重要構造物の下を通過するため、高度な掘進管理が要求されるものと考えている。

(2) 引き上げ線部開削トンネル

当該引き上げ線は、現在の近鉄難波駅西方折り返し線2線分の代替機能を果たす施設である。土留め工法としては、引き上げ線区間西側約半分において約4%の道路縦断勾配があるためにSMW工法では施工性に課題が

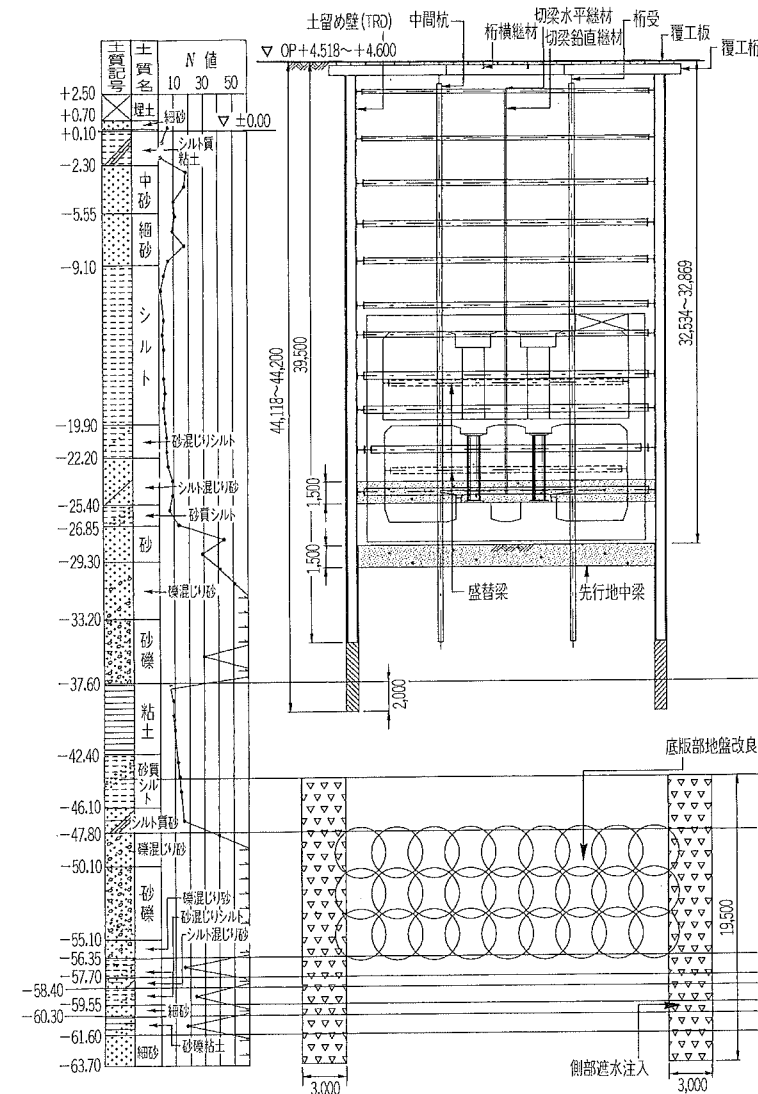


図-11 岩崎橋駅部の仮設計画断面図

あったが、支障埋設管を事前に移設できたことで、TRD工法を採用することとした。なお、東側半分については、SMW工法により施工する予定である。

盤ぶくれ対策としては、第1天満層に対してMa12層まで土留め壁を造成して対応することとしているが、桜川とう曲の影響によりMa12層の上端が西方から東方に向かってせり上がっているため、土留め壁の施工にあたっては、十分な注意が必要である。

(3) 汐見橋駅部開削トンネル

当該区間の土留め工は、SMW工法としているが、本工区においても一部区間で阪神高速15号堺線の桁下制限を受けるため、当該部分は低空頭型SMW機により施工する予定である。しかしながら、新なにわ筋との交差点

に設置されている横断歩道橋部については低空頭型でも施工が不可能であるため、工事中は横断歩道橋を一時撤去し、工事完了後に駅出入口を含めた地下通路にて機能復旧することとしている。

盤ぶくれ対策としては、桜川とう曲を境に、西側は第1天満層に対してMa12層まで土留め壁を造成することとし、東側は第2天満層の下層の粘土層が非常に深いため、第2天満層内で土留め壁造成を延長するとともに側部の遮水注入および底板部の地盤改良を行うこととした。

(4) 汐見橋駅～難波立坑間シールドトンネル

当該区間は、汐見橋駅東端の発進立坑より掘進を開始し、難波立坑にてUターンを行い、再び汐見橋駅へ戻るとい手順を予定している。このうち、汐見橋駅東端の発進立坑付近には、阪神高速15号堺線橋脚基礎、幹線下水シールド、地下鉄千日前線(第5号線)桜川駅出入口通路などの重要構造物が近接しているため、シールドの初期掘進管理がきわめて重要となっている。

8. 今後の課題

高架区間については、今年の3月より安治川橋梁下部工(ケーソン基礎)工事に着手しており、順次ラーメン高架橋の構築、安治川橋梁などの架設を行っていく予定である。本工事は、住宅密集地における大規模土木工事であり、工事に対する住民の理解、協力を得ることが工程を守るうえでの課題となるが、一部の住民の方々により鉄道事業法にもとづく工事施行認可の取り消しを目的とする行政訴訟が提起されている。今後は、全体工事工程に影響が出ないように、十分な説明を行い工事に対する理解が得られるように努めていきたいと考えている。

開削トンネル区間については、昨年の秋より埋設企業体による埋設管などの移設工事を開始し、順次並行して街路樹移植、歩道切削などの準備工を現在進めている。

道路区域外での施工が大半となる岩崎橋駅部については、他の工区に先行して本年2月より土留め工、中間杭工を開始している。また、シールドトンネル区間については、各駅部開削端部の発進立坑構築後、平成19年度より掘進開始予定としている。

9. おわりに

西大阪延伸線の土木工事は、現在、一部の区間を除い

て地下埋設物など工事支障物の移設工事がおおむね完了し、工事が本格化している状況である。

今後は、各区間、各工区とも土木工事の工程をきめ細かく掌握し、引き続き施工する建築、設備、電気、軌道の各工事の工程を見極め、当初の竣工予定を遅らせることなく、平成21年の開業に向けて、工事の安全施工とともに周辺環境にも配慮しながら建設を進めていきたいと考えている。

P.A.ドミニコ, F.W.シュワルツ著

地下水の科学 各B5判 全3巻

地下水の科学研究会 大西 有三 監訳

第I巻 地下水の物理と化学	価格4,281円	〒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。

<第I巻 主要目次>

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

<第II巻 主要目次>

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

<第III巻 主要目次>

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



株式
会社

土木工学社

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

連載講座

山岳トンネルにおける工事中機械の選定(8)

掘削機械(6) — 機械掘削(軟岩・土砂) —

「山岳トンネルにおける工事中機械の選定」連載講座小委員会

1. 概要

機械掘削については、本年2月号においてその概要について述べるとともに、掘削機の選定、掘削機の種類、性能およびその機構などについて詳しく述べられているので、ここでは、それらについては省略することとする。

近年、大都市圏においては、交通渋滞緩和のため、大量交通輸送手段としての鉄道や環状道路の建設が求められる中、もはや都会の密集地では高架による建設は不可能に近いのが現状である。代案として地下化が提案されているが、工事費が高むこと、また、昨今の公共工事批判論を受けて少しでも安くということで、シールド工法からNATMへの見直しが盛んに行われている。また、地方都市においても、住宅地の郊外化が進み、生活道路の確保の観点から、丘陵下のトンネルの新設および旧トンネルの拡幅などの工事も増えつつある。他方、エネルギーの多様化により、各種配管トンネル(小断面)の建設も各地に拡がりつつある。こうした傾向は、以前はトンネルといえば発破によるNATMが主流であったのに対し、最近では、発破掘削工法と機械掘削工法がほぼ半々ぐらいの件数で施工されているのを見ても、社会のニーズを反映しているものといえる。

このように、都市部におけるトンネル建設は都市NATMと呼ばれ、土砂、軟岩を対象としたトンネル掘削が主体となる。まれに振動・騒音の問題から、中・硬岩、硬岩における機械掘削を余儀なくされる場合もあるが、最近はこのような地質にも対応すべく、大型自由断面掘削機や大型割岩機の開発も急ピッチで進められ、その実績も増えつつある。土砂、軟岩を対象としたトンネルは、切羽の自立、空洞の安定化のためのさまざまな補助工法を必要とする。コンピューターの普及により、解析技術も日進月歩であり、各々の地山物性値に見合った適切な補助工法の組み合わせにより、ほとんどのトンネルはNATMで施工可能となってきた。

こうした中、土砂、軟岩地山といえども、工期短縮が

コスト評価の大きな要因として見直しされるようになり、急速施工が求められてくるようになってきた。ここで紹介する事例は、大断面トンネルにおける急速施工を目指したものの2件、小断面で騒音対策としての機械掘削および省力化のためのシャフロードとツインヘッダの一体化機械について紹介する。

峰山トンネルにおいては、軟岩地山(一軸平均圧縮強度100kg/cm²)における新幹線断面を、ミニベンチ工法で月進200mをクリアしようという、今までの機械掘削の常識を覆すような計画のもと、150m³/hの掘削能力をもつ超大型自由断面掘削機が開発、採用され活躍している。

山王トンネルにおいては、自由断面掘削機を搭載した超大型ガントリー架台を採用し、このガントリーにロックボルト打設用削岩機、吹付けロボット、支保工建て込みエレクタなどが装備され、いわゆるトンネルワークステーション(TWS)と呼ばれる多機能型トンネル掘削機が登場し、急速施工に貢献した。

他方、小断面トンネルにおいては、限られた狭い空間で効率よく、かつ合理的に作業を進めるうえで、掘削機とずり出し設備の選定は重要な要素になる。ここでは、小断面・長大トンネルの事例と、掘削・ずり出しに創意工夫を施した事例を紹介し、その選定経緯と採用結果の良し悪しを述べ、今後の施工計画などに活かしてもらいたいと思う。

このように、切羽の自立が困難で、補助工法を多く採用せざるを得ないトンネルは別とし、地山条件と掘削機械がうまくマッチングすれば、機械掘削であっても発破掘削と同等もしくはそれ以上の掘削スピードが得られるようになってきた。今後はプロジェクトに係わる事前調査に今まで以上の時間と費用を確保し、地質、地山条件に合致した掘削工法、掘削機械を選定することにより、工事途中の変更を極力少なくし、安全で早くより経済的なトンネル工事の建設を目指し、発注者、施工者の努力が望まれるところである。

(文責: 古賀雄三・清水建設(株))

2. 大断面機械掘削工事例：ロードヘッダー
(北陸新幹線 峰山トンネル(西)工事)

2-1 工事概要

峰山トンネルは、北陸新幹線上越一糸魚川間のほぼ中間に位置する延長7,090mの長大トンネルである。このトンネルを東西2工区に分けて掘削を行い、西工事は終点側の3,790mを担当するものである。トンネル工事概要を表-1に、標準断面図を図-1に示す。

2-2 当工事の地質概要

施工場所の周辺地域には峰山(標高599m)を最高峰とする山地が分布しており、全般に標高200~400m程度の丘陵性の地形を呈している。

表-1 トンネル概要

工事名	北陸新幹線峰山トンネル(西)工事	
発注者	(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構鉄道建設本部北陸新幹線建設局	
工事場所	新潟県西頸城郡能生町	
工期	平成13年10月1日~平成18年7月17日	
延長	横坑：376m	本坑：3,790m
掘削断面積	横坑：33.1m ² (一般部) 52.2m ² (拡幅部)	本坑：78.9~80.4m ²
掘削工法	横坑：NATM 全断面工法	本坑：NATM 補助ベンチ付き 全断面工法
ずり出し方式	タイヤ方式	

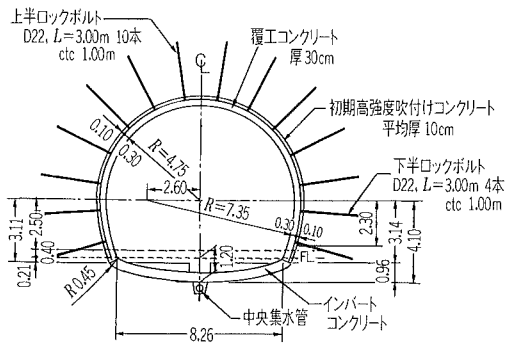


図-1 標準断面図

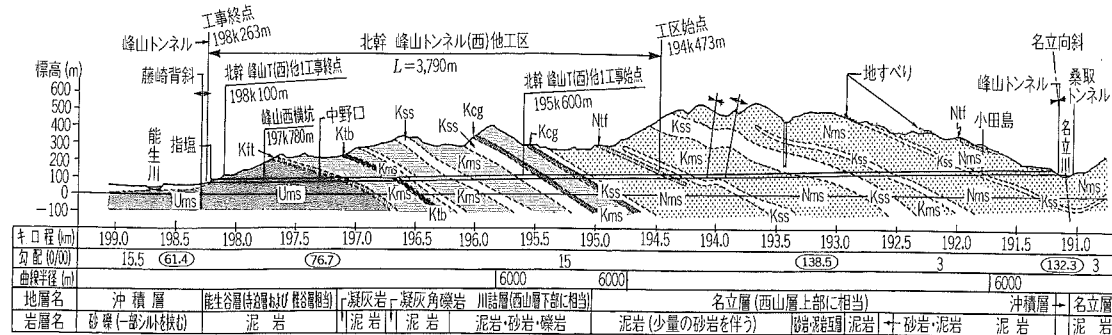


図-2 地質縦断面

また、この地域には西頸城地方の黒色泥岩を主体とする新第三紀層が分布しており、地すべりの多発地帯となっている。

当トンネルの地質構造は、西側坑口に藤崎背斜、東側坑口に名立向斜軸が形成されており、発達した同斜構造を成している。

地質は、新第三紀中新世~鮮新世初期の能生谷層、鮮新世の川詰層および名立層からなる。能生谷層は、塊状無層理の泥岩を主体とし、所々に砂岩層を挟む。川詰層は、泥岩や砂岩泥岩互層が発達するほか、礫岩や砂岩の粗粒堆積物で特徴づけられる。名立層は、塊状な泥岩が主体であり砂岩を所々に挟む(図-2参照)。

2-3 当工事の特徴

- (1) 調査坑の施工実績から、本坑の能生谷層区間では比較的良好な地山が出現することが予想されている。
- (2) 地山良好区間では、掘削サイクルタイムの短縮を図るため従来の鋼製支保工を省いて、初期高強度吹付けコンクリート(材齢10分で3N/mm²以上の強度発現)とロックボルトによる新支保パターンと新しい技術を導入してトンネルの高速掘進(月進200m以上)を目指す。

2-4 掘削機械選定の経緯

2-4-1 コンセプト

峰山トンネル掘削においては、高速掘進を目指した施工計画が行われ、大能力掘削機械の導入など掘削サイクルタイムを短縮する種々の検討を行っている。そして、個々の機械に求められる能力を有する機械を開発・導入した。

図-3に峰山トンネルの切羽掘削に係る施工次第図を、表-2にその主要機械の仕様一覧を示す。

2-4-2 作業上の課題と対応

(1) 掘削に要する時間の短縮

高速掘進の計画において、月進200m以上を目標として掘削サイクルタイムを試算したところ、能力150m³/hの掘削機械が必要であることがわかった(表-3)。強度10MPaの地山に対して最大77m³/hの切削能力を持つ現存

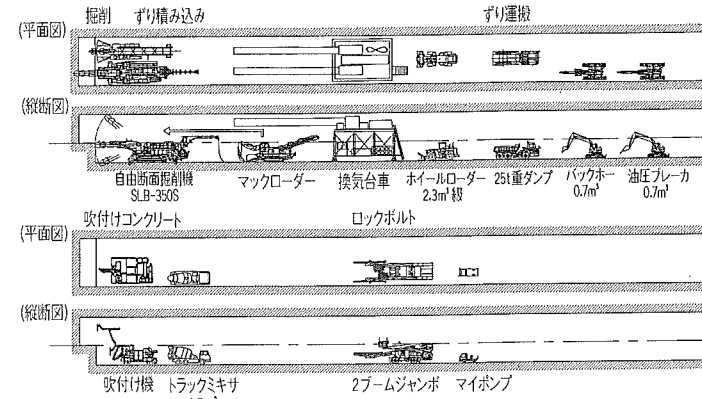
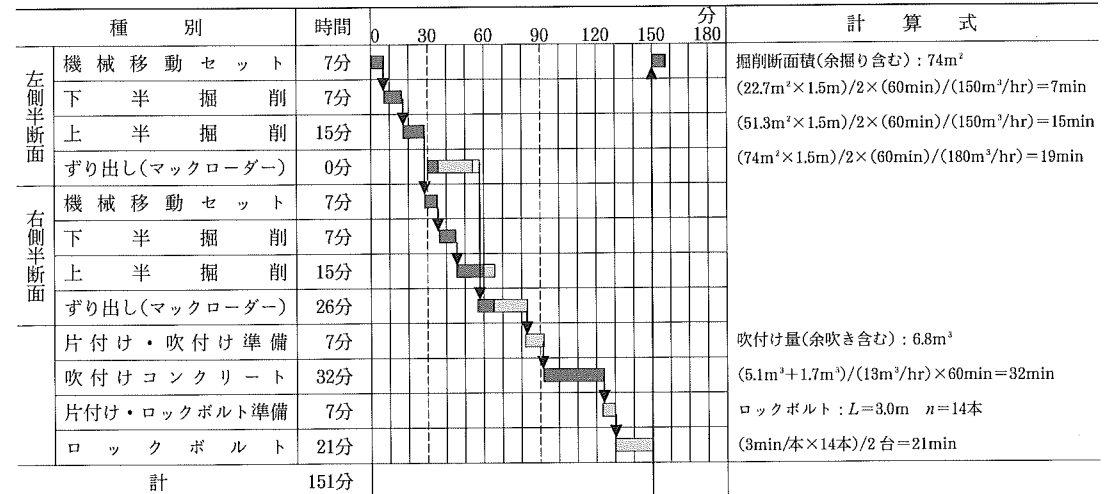


図-3 施工次第図

表-2 主要機械の仕様一覧

掘削・積み込み	機械名	形式	性能	台数
掘削・積み込み	自由断面掘削機	SLB-350S	カット出力350kW	1
	マックローダー	ML-300	300m ³ /h積み込み能力	1
	ホイールローダー	950G	2.5m ³	1
	油圧ブレーカ	321B-LCR+HB20G	1,300kg級	1
	油圧ショベル	321B-LCR	0.7m ³	1
鋼製支保工	2ブームホイールジャンボ	JTH2RS-190E		1
	吹付けコンクリート	一体型吹付け機 急結剤供給装置	アリバ285	1 1
ロックボルト	2ブームホイールジャンボ	JTH2RS-190E		1
	モルタルポンプ			1
運搬	ダンプトラック	ME985-T20	20t	1
	ダンプトラック	A25CTS 6×6	25t	5
	トラックミキサ		4.5m ³	3
	支保工運搬台車		4tユニック	1

表-3 掘削サイクルタイム



246m/月 ←

7.15サイクル/日

の最大級の機種であるSLB-300Sでは対応不可能ということが判明し、新たに国内最大級の機械SLB-350Sを開発・製作し、掘削に要する時間の短縮を図ることとした。

① 切削電動機出力の増加

従来機(SLB-300S)の切削電動機出力が300/200kWであるのに対し、国内最大の350/350kW定出力2速切り換え型のものとし、トルクを従来機(SLB-300S)の117%まで向上させている。

② 新型平ピックの採用

切削抵抗の少ない新型平ピックを採用することで、同一列2本のピック配列が可能となり、切削速度を2倍に向上させている。

③ ドラムの大型化

切削電動機の出力増加および新型平ピックの採用によって切削抵抗を減少させ、ドラム径を20%増加することが可能となり、ドラム周速が速くなり切削能力を向上させている。

④ 機体重量の増加

切削ドラムの押し付け反力を向上させるため、機体重量をSLB-300Sの95tから120tに、クローラ

長を3.8mから5.0mに改良し、走行時の機体安定度の増加、掘削時の機体支持力の増加を図っている。

2-4-3 地質的課題への対応

従来型の掘削機ではベンチ高さ3m、ベンチ長3m程度のミニベンチ工法であったが、今回製作を行った全断面掘削機SLB350-Sについては、より地山の変化に対応できるようにブーム、ドラム部に中折れ機構を持たせた機構とし、ベンチ高さ3m、ベンチ長5m程度まで可能とする仕様とした(写真-1)。

(1) 掘削ずり出しに要する時間の短縮

掘削ずり出しに要する時間の短縮を図るために全断面掘削機SLB350-Sとずり積み機マックローダーML-300を切羽に並列に並べ、掘削とずり出しを並行作業で行い作業時間の短縮を図っている。

(2) 自動掘削制御システム(NARAIシステム)による余掘りの低減および施工性の向上

高速掘進を可能にするために人力測量を廃止し、自動掘削制御システムを掘削機本体に搭載した。自動掘削制御システムとは、常時掘削機の機体位置・姿勢を測量してリアルタイムに切削ドラムの位置を演算するシステムで、追尾装置、坑内ステーション、無線ユニット、切削ドラム位置演算のためのコントロールユニットで構成されている。

2-5 施工実績

これまでの掘削実績を図-5に示す。従来の同程度のトンネルの掘進実績を上回るものである。平成15年5月、6月は硬質な凝灰岩が出現し、平成15年12月、16年1月には未固結の砂岩が出現して鋼製支保工を用いた支保パターンに変更したことなどで一部進行が下がったものの、目標の高速掘進を長期間維持することができた。

掘削機については、上の実績が示すとおりミニベンチで円滑に掘削して、当初計画どおりの性能を発揮することができた。また、自動掘削制御システム(NARAIシ

ステム)の採用により出来形も滑らかで、掘削後の内空断面も高精度で仕上がっている。

1-6 今後の課題

ずり積み機マックローダーML-300に関してはベルトコンベヤの搬送能力は十分な能力を発揮できたが、実際に

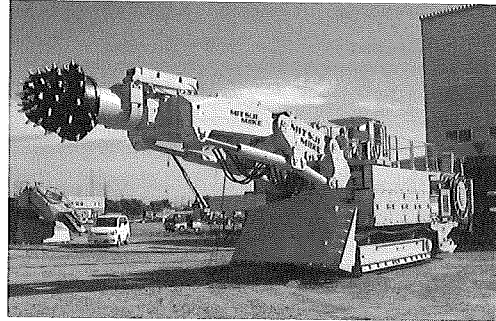


写真-1 全断面掘削機SLB-350S



写真-2 マックローダーML-300

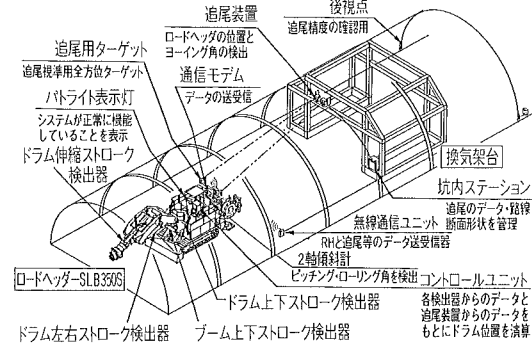


図-4 NARAIシステム概念図

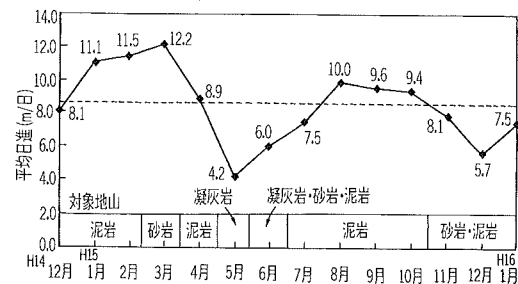


図-5 月別平均日進の実績

切羽で使用するにあたってはベルトコンベヤの受け台フレーム構造の補強、ずりかき寄せアームの強度増さらには出力アップのための油圧装置改良などの課題も残った。

(文責：森直樹・清水建設(株))

3. 大断面機械掘削施工事例：TWS

(北陸自動車道 山王トンネル工事)

3-1 工事概要

山王トンネルは、新潟県能生町に位置する北陸自動車道上越IC～朝日IC間の4車線化に伴う延長2,227mのⅡ期線トンネルである。トンネル概要を表-4に示す。

3-2 地形・地質概要

3-2-1 山王トンネルの立地と地形

山王トンネルは能生町の海岸に平行して約1.5kmの山側に位置している。この付近の地形は標高100～200m程度の山地で、土かぶりは坑口部を除き30～120m程度である。この付近は地すべり地形が多く、当トンネルの西坑口は地すべり地形を呈していた。

3-2-2 地質

この地域はフォッサマグナの最北端に位置し新第三紀の泥岩、砂岩の互層(泥岩卓越)が厚く広く分布している。地質構造は山王トンネル西坑口より約500mの焼山背斜軸を境に西側が流れ盤、東側が受け盤となる単斜構造となっている。

- ・地層名：新第三紀中新世能生谷層
・岩質：泥岩卓越、泥岩・砂岩互層

トンネル掘削時の切羽観察では、比較的良好な泥岩と

表-4 トンネル概要

Table with 2 columns: Item (e.g., 工事名, 発注者, 工事場所) and Description (e.g., 北陸自動車道山王トンネル(その1, その2)工事, 日本道路公団北陸支社).

ともに含水比の高い軟質な風化泥岩および亀裂が発達し目目を持つ破碎泥岩が分布している(図-6)。また、砂岩については白色(薄い褐色一切削後白色に見える)の硬質砂岩と暗青灰色の固結度の低いシルト質砂岩が見られた。岩石強度は切羽原位置試験(針貫入試験)で泥岩で3～10MPa程度、硬質砂岩では20MPa以上であった。

3-3 軟岩TWSの開発と採用経緯

NATMでは、掘削、吹付けコンクリートおよびロックボルトなど工種ごとに切羽での機械の入れ替えに時間を要し、サイクルタイム短縮の障害となっている。これらの問題を解決するために、軟岩地山におけるトンネルの急速施工を主目的とした多機能型全断面掘削機(TWS)が開発された(写真-3)。

山王トンネル工事では、工期短縮、およびトンネル掘削の合理化を図るため、瞬結吹付けモルタルや全周型枠コンクリート(NTL)などの新支保システムとともにTWSを導入することとした。

3-4 TWSの機能と構造

3-4-1 TWS開発コンセプト

TWSの開発は、以下のコンセプトにもとづき開発された。

- ① 早期閉合によるトンネルの安定
軟岩特有の変位挙動抑制への対応と支保合理化
② 機械の集約化による切羽付近の人力作業の軽減
切羽施工の安全性の向上と迅速化

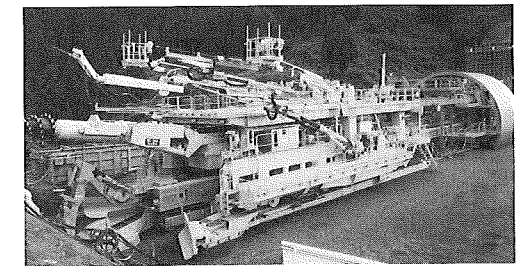


写真-3 山王トンネルTWS

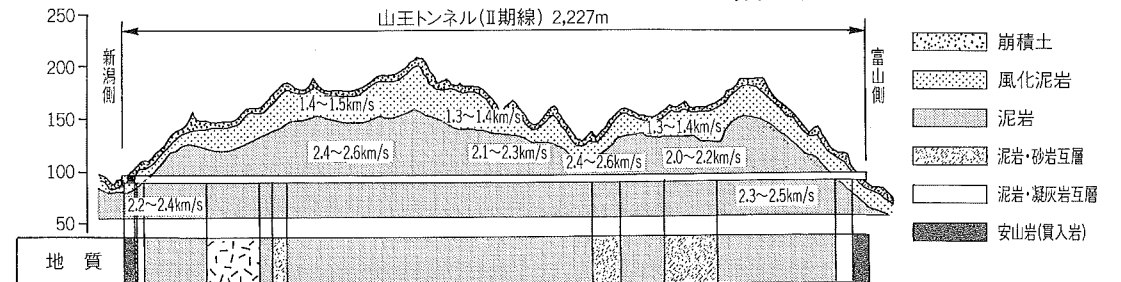


図-6 山王トンネルの地質概要

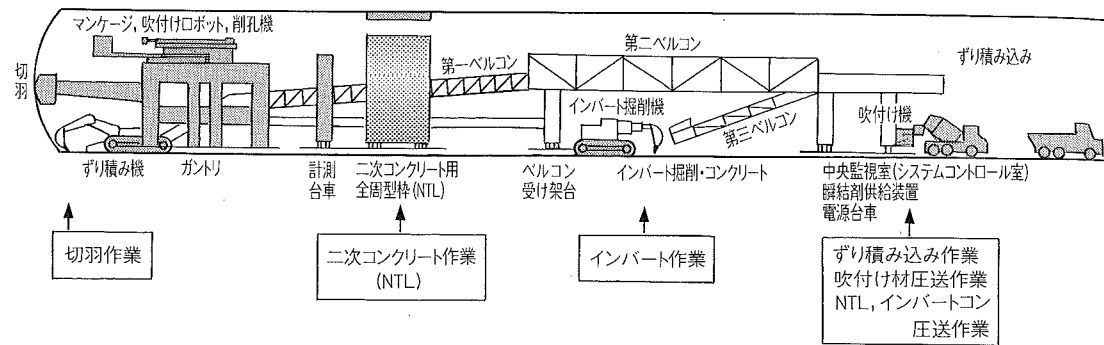


図-7 TWS構成模式図と並行作業

③ 機械の集約化によるサイクルタイムの短縮

並行作業による作業時間の短縮, 施工速度の向上
これらのコンセプトにもとづき切羽～インパート閉合までの工程において円滑な並行作業が可能な機械構成とした。図-7にTWSの構成模式図を示す。

3-4-2 TWSの機械構成

TWSの機械全長は109.5mで、総重量は594tf(ずり積み機, インパート掘削機は除く)である。また、TWSでは従来の切羽での測量が困難であるため、コンピューター制御による自動運転が可能な全自動掘削システムを採用した。機械の仕様について表-5に示す。

3-4-3 TWS施工に対応した新支保方式

TWSを効率的に稼働させ、急速施工を実現するために、以下の新しい支保方式を採用した。

- ① インパートの早期閉合による支保の合理化
- ② 鋼製支保工の省略による切羽作業の簡略化と、速効性支保の採用(瞬結吹付けモルタル, KIボルト)

- ③ 一次, 二次吹付けの分離並行施工による支保時間の短縮(瞬結吹付けモルタル+NTL)

3-5 施工実績

TWSにより施工を実施したII期線の施工実績とI期線の施工実績を比較したものを図-8に示す。平均進行長は、I期線が67m/月であったのに対して、II期線では

表-5 TWS機械仕様

機 械	実施仕様, 規格, 能力	台数	仕様, 規格, 能力等設定の考え方
自由断面掘削機 ①カッタ伸縮量 ②ヘッド径	240kW級(カッタ出力) 1,200mm 1,000mm	1	対象 $q_u \leq 10\text{MPa}$ 掘削能力 $50\text{m}^3/\text{h}$
一次吹付け(吹付け)	$12\text{m}^3/\text{h}$ (アリバ 285)	1	乾式瞬結性モルタル
一次吹付け(流し込み)	全周型棒(液圧対応)	1	吹付け用コンクリート設計巻き厚 10cm
削孔機 ①ドリフター ②ガイドセル	150kg級 150kg級	3	対象 $q_u \leq 10\text{MPa}$ ガイドセルは全断面を考慮し規格アップ
マンネージ	搭載重量 350kg	2	
ずり積み込み機	積み込み能力 $300\text{m}^3/\text{h}$ (ベルコン能力)	1	バケット容量 0.7m^3 積み込み時間 15分/サイクル
第一ベルトコンベヤ (ずり積み込み機後方)	ベルト幅 900mm (能力 $300\text{m}^3/\text{h}$)	1	平均 $250\text{m}^3/\text{h}$ の積み込み能力 相当の搬送能力
第二ベルトコンベヤ	ベルト幅 900mm (能力 $300\text{m}^3/\text{h}$)	1	ベルト速度を上げて, 小型化, 高能力化
第三ベルトコンベヤ	ベルト幅 900mm (能力 $300\text{m}^3/\text{h}$)	1	(同上) テール部は昇降式
インパート掘削機	油圧ショベル 0.8m^3 伸縮式ブーム ブレーカ 600kg級 ツインヘッド 1000T	1 1 1 1	
アウトリガー ①カッタガントリー	全 沓 幅: $600 \times 3,000$ ジャッキ: 130t 全 沓 幅: $600 \times 1,500$ ジャッキ: 50t	2 2	
②後方ガントリー	全 沓 幅: $600 \times 2,000$ ジャッキ: 70t 全 沓 幅: $600 \times 1,500$ ジャッキ: 50t	2 2	
ガントリー移動機構	ジャッキ推力: 40tf	2	全設計推進力 74t
自動測量・自動掘削装置	自動追尾, ジャイロ ピッチング・ローリング計	1	
ずり出し	20t坑内用ダンプトラック		

117m/月を確保した。TWS発進当初は機械の故障や操作の不慣れなどにより100m/月の進行が確保できなかったが、平成9年7月と10月には170m/月以上の進行を確保し、施工速度はI期線施工時の約2倍となった。

3-6 山王トンネルTWSの評価

本格的なTWSを用いたトンネル掘削は初めての試みであり、掘削機械としてTWSを選定する場合、以下の

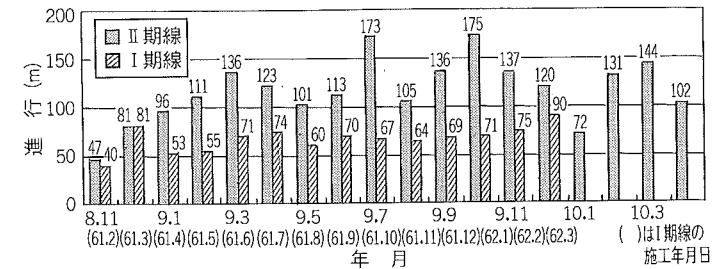


図-8 月別進行とI期線実績との比較

評価事項を参考にできる。

3-6-1 開発コンセプトに対する評価

(1) 早期閉合によるトンネルの安定

TWSシステム内でのインパート施工は計画どおり実施することができ、インパート用ベルコンについても当初の計画どおり機能した。インパート施工場所がベルコンによる高さ制限のため伸縮ブームタイプのインパート掘削機を使用する必要があった。

(2) 機械の集約化による切羽付近の人力作業の軽減

鋼製支保工の省略を主とする一次支保の軽減により切羽での人力作業は大幅に減少し、掘削・積み込みについても自動化や遠隔操作により切羽より離れて施工が可能となった。

一方、掘削機のビット交換などが切羽近傍での作業となり今後の課題となった。

(3) 機械の集約化によるサイクルタイムの短縮

切羽作業時間は短縮され、標準工法(ベンチ工法)に比べ約2倍程度の急速施工の可能なことを実証できた。一方、NTL, インパート作業は切羽の進行に干渉され、作業時期が制限されることがあった。

3-6-2 TWS機械設備の評価

(1) 掘削・積み込み・ずり搬送

機械個別の能力が計画どおり発揮でき、適切な仕様による組み合わせであった。

(2) 一次吹付け設備

100m以上の長距離圧送(乾式)のため吐出量が5~6m³/hと少なく、計画能力(12m³/h)を確保できなかった。

(3) NTL方式の全周型棒設備

高流動コンクリートを使用したため仕上がりは非常に良好であった。

一方、型棒長が6.5mであったため切羽進行がそれ以上の場合に2回/日の作業が必要となった。また、超早期脱型用に採用した急結コンクリートの取り扱いが難しくシステム的な解決が必要と考えられた。

(4) 自動測量・掘削システム

非常に良好に機能し、測量時間を大幅に短縮することができ、また高精度で平滑な施工により、余掘りを低減

させた。

(5) 全体的なシステム

トンネル掘削では、切羽の後方において地山の変位や支保の変位が発生し補強工を必要とする場合がある。したがって、支保補強作業を容易に行えるよう、TWS本体の後退機能を充実させるべきであった。

また、汎用機械の投入や入替えが容易にできるようガントリー下部スペースを大きくすれば、自由度が格段に向上すると考えられた。

(文責: 金田勉・(株)大林組)

4. 小断面機械掘削施工事例: カッターローダ (静岡ガス 第二駿河幹線 蒲原トンネル)

4-1 工事概要

第二駿河幹線は、静岡ガス(株)がさらなる天然ガス普及に対して、富士・富士宮を含む静岡県東部地区への輸送能力および供給の安定性を確保するため計画された口径600mm, 設計圧力6.86MPa, 全延長28,143mのガス輸送幹線である。

当幹線のルートである静岡市清水・富士市間のメイン道路は国道1号線であり、交通量も非常に多い。そのため管理設工による交通や沿線住民への影響を考慮し、興津川付近から富士川付近までを山岳トンネルを主体とするルートが選定された。

蒲原トンネルは本計画の中央付近に位置し、現在ガス輸送専用山岳トンネルとしては日本で最長となるものである。表-6にその工事概要を示す。

4-2 地形・地質概要

4-2-1 蒲原トンネルの立地と地形

当工事は、富士川町, 蒲原町, 由比町に位置し、向田川, 蛭沢川, 堰沢川, 八木沢川が駿河湾へと流下している。当工区はその大部分が東海道新幹線の蒲原トンネル

表-6 トンネル概要

工 事 名	第二駿河幹線建設工事神沢・蒲原トンネル工区
発 注 者	静岡ガス(株)
施 工 者	JFEエンジニアリング(株) 清水建設(株)
工 事 場 所	静岡県庵原郡由比町由比471-1地先~富士川町中之郷2604-1地先
工 期	平成12年9月1日~平成16年6月30日
延 長	蒲原トンネル L=4,345m
掘削断面積	一般断面: 7m ² , 軌道車両幅: 14m ²
掘削工法	NATM全断面工法 機械掘削 3,275m, 発破掘削 1,070m
ずり出し方式	レール方式

から約65m離れた山中を並行して計画されている。

4-2-2 地質

新第三紀末～第四紀にかけて堆積した庵原層群と呼ばれる地層で、庵原層群は更に新第三紀鮮新世の蒲原累層(蒲原礫岩)と、第四紀更新世の岩瀨累層(岩瀨火山岩)に区分される。

① 蒲原累層は、ロックシュミットハンマによる一軸圧縮強度がおおむね5~25N/mm²程度を主体とする地層であり、西坑口より約3,000m分布している。かなり堅硬な露頭も地表に出現している。

② 岩瀨累層(岩瀨火山岩)は、安山岩溶岩(同じくおおむね30~100N/mm²程度)と凝灰角礫岩(同じくおおむね30N/mm²程度)を主とする地層から構成されている。地質縦断・平面図を図-9に示す。

4-3 当工事の特徴

(1) φ600Aのガス輸送導管設置であり、掘削可能な最小断面で計画され、しかも、掘削延長が4,345mと全国的にも珍しい長い小断面のトンネルである。

(2) 山岳トンネル(NATM)であり、吹付けロボットも考案し試験吹きをしたが、断面の制約から均等な吹付け厚の確保が難しいことにより人力による吹付け作業になる。

(3) 断層破砕帯・湧水を伴い崩落の危険性がある区間が総延長で約400m存在し、補助工法としてシリカレジンを注入式フォアポーリングが計画されている。

(4) 縦断線形は、西側から0.22%の上り勾配、東側は坑口に築造する発進立坑(φ10m、深さ30m)から1.07%の上り勾配の両押しによる。

4-4 掘削機械選定の経緯

4-4-1 機械掘削区間の施工

蒲原礫岩層区間の特徴から、機械選定は以下の点に配慮した。

① かなり堅硬な部分が多く露頭に認められたことと、途中で貫入岩(安山岩)が存在するため、掘削能力が大きいことが要求される。

② 破砕帯部分などの探り削孔・補助工法に対処するために削孔設備が必要である。

使用機械の比較検討を行い、掘削能力の大きいロードヘッダPH75にドリフト(フィード長2m)を搭載し(写真-4)、神沢トンネル(蒲原トンネル西側のL=740m、同じく礫岩層)で試験施工を行った。その結果、少量の湧水でも支持路盤の泥濘化が激しくなり機械の身動きに支障が生じた。

このことより掘削能力はいく分下がるが、レール式のカッターローダ(写真-5)を採用することにした。

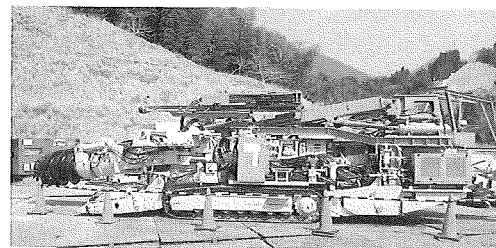


写真-4 ロードヘッダ(ドリフト搭載)

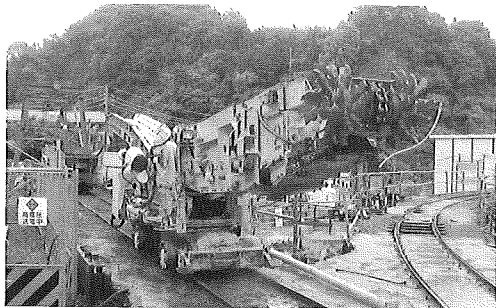


写真-5 カッターローダ

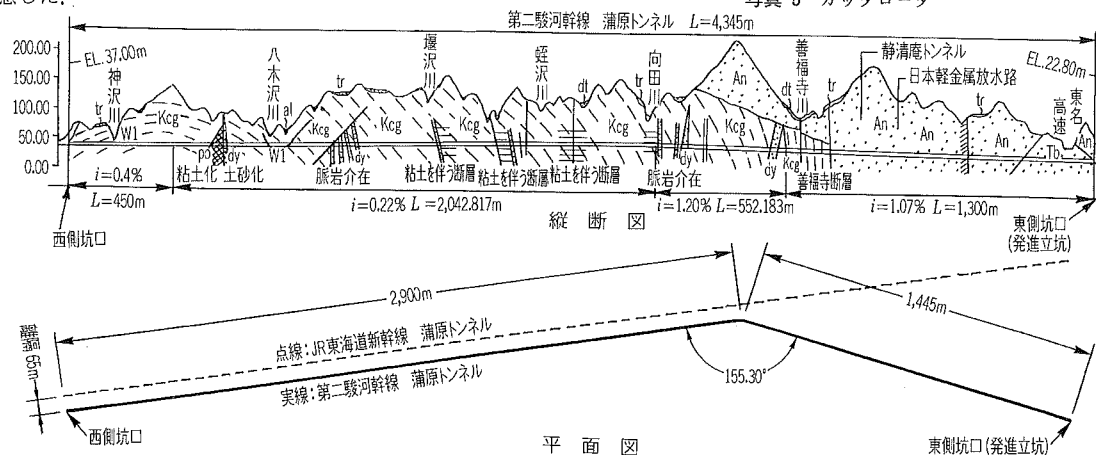


図-9 地質縦断図・平面図

機械掘削比較検討表を、表-7に示す。

4-4-2 発破掘削区間施工

機械選定は以下の点に配慮した。

① 機械掘削などへの切り替えに対処が容易であること

② 立坑からの発進であるため可能な限り機械配置上のスペースを小さくすること、機械の入れ替えに時間を要さないこと。

以上より削孔はレール式1ブームドリルジャンボを考えたが、工期短縮の観点よりレグドリルの採用と、ずり出しはシャフロダとした。

機械掘削工程別機械配置図を図-10に、

主要機械を表-8に示す。

4-5 掘削施工実績

4-5-1 全体の掘削施工実績

全長4,345mのトンネル掘削実績は、平均月進捗で131mである。

① 小断面トンネルの掘削において、機械選定・機械の故障と路盤管理への対応がいかに重要かを再認識させられた工事であった。

② カッターローダはレール方式を採用することにより路盤の管理ができやすく、蒲原礫岩掘削においていく分機械本体の補強改良を試みた結果、十分その機能を発揮してくれた。

③ 支持路盤について、不良路盤箇所は補強コンクリート打設を行うなど維持保守管理を徹底した結果、軌道車輛機械の機動性に問題が生じることがほとんどなかった。

④ 機械故障については、レール式であり簡単に坑口まで引き出せる利点がある、また、機械の汎用性もあるため対応が素早くできた。

4-5-2 発破掘削区間の掘削施工実績

① 騒音・振動対策として坑口部385mと終点側の56m区間を機械掘削に

表-7 蒲原トンネルの機械掘削比較検討表

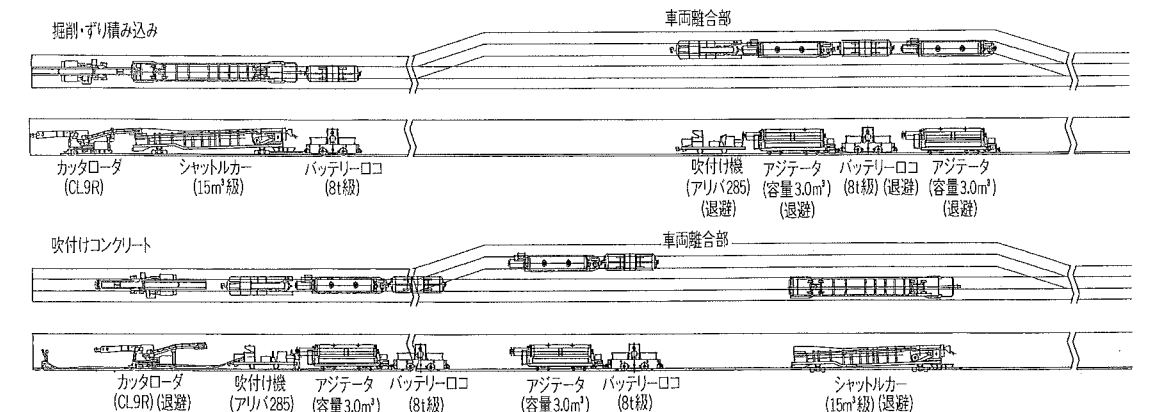


図-10 機械掘削工程別機械配置図

表-8 主要機械一覧

工種	機種	規格	台数	適用
掘削工	掘削機械	カッターローダ	2	自走装置付き
	レグドリル		4	
	ずり積み機	シャフロダコンベヤ 能力70m³/h	1	
	機関車	バッテリーロコ8T	4	
	ずり運搬機	シャトルカー12m³	1	
吹付け工	コンクリート吹付け機	6~10m³/h	1	
	アジテータカー	3m³	1	
	掘削機	バッテリーロコ8T	2	
	機関車	バッテリーロコ8T	2	

切り替えてカッターローダを投入し中間の629mは計画どおり発破掘削で施工を行った。

② 機械選定については、坑口より凝灰角礫岩部のコアボーリングを行い同機の採用可能と判断した。実施中の掘削途中には部分的に硬い岩石も含まれており、騒音・振動を極力少なくするために、静的破砕剤・低振動破砕剤を機械掘削の補助として使用したがあまり大きな効果は得られなかった。したがって、かなり無理をした機械掘削となってしまった。この区間は441mあり平均月進長は約55mであった。

4-6 おわりに

第二駿河幹線建設工事のうち、当トンネル以外で延長4,000mを超える由比トンネル(静岡市清水・由比町間4,050m)も同規模、同時期に施工され、現在当幹線でのトンネル部掘削工事はすべて終了し、トンネル内配管工事・トンネル内エアームタル充填工事を進め、平成16年6月末の竣工を予定している。

(文責：山田幹夫・清水建設(株))

5. 小断面機械掘削施工事例：ツインヘッド搭載シャフロダ(反町駅地下化工事(第3工区)左右坑)

5-1 工事概要

東急東横線反町駅の地下化(第3工区)は、営業線軌道直下に3連のNATMトンネルを施工する工事である。

トンネル概要を表-9に、反町駅計画図を図-11に示す。

表-9 トンネル概要

工事名	みなとみらい21線と東横線の相互直通運転に伴う東白楽～横浜駅間地下化工事(第3工区)土木工事	
発注者	東京急行電鉄(株)	
工事場所	神奈川県横浜市神奈川区反町3丁目	
工期	平成12年3月24日～平成15年3月31日	
延長	180m	
掘削断面積	中央坑：57～84m²	左右坑：32～40m²(片側)
掘削工法	中央坑：NATM 上半先進ショートベンチカット工法	左右坑：NATM 上半先進ショートベンチカット工法
ずり出し方式	中央坑：タイヤ方式 (クローラ式)	左右坑：タイヤ方式 (クローラ式)

結シルト(土丹)層の地山強度は、3～6MPa程度である。地質縦断面図を図-12に示す。

5-3 当工事の特徴

- (1) 本工事は、営業線軌道直下(土かぶり約20m)に上下2線と島式ホームの地下駅を3連トンネル構造のNATMで施工するものである。
- (2) 軌道仮受け直下の立坑を発進基地として、渋谷側に40m、横浜側に140m掘削する。勾配は、渋谷側から横浜側への0.5%下り勾配である。
- (3) トンネルの形状は3連メガネの特殊断面であり、中央坑掘削後、内部の躯体を構築した後、左右坑を施工する。標準断面図(一例)を図-13に示す。

5-4 左右坑掘削機械選定の経緯

中央坑では、掘削機械として油圧ショベル(0.45m³)に搭載のツインヘッド(1,100kg)を、ずり積み機としてサイドダンプ式クローラショベル(1.5m³)を採用した。

左右坑では、以下の理由から掘削兼ずり積み機としてツインヘッド(550kg)搭載シャフロダ(写真-6)を採用した。

- ① 左右坑の断面では、ずり積み機に油圧ショベルを使用すると旋回が非常に窮屈であり、非旋回タイプのずり積み機が必要である。
 - ② 左右坑のトンネル幅は約4mであり、坑内での重機の入れ替えが困難である。シャフロダにツインヘッドを搭載することにより、掘削、ずり積みを一機の機械で施工でき、坑内での重機の入れ替えがなくなる。
- ツインヘッド搭載シャフロダの特徴として、以下があげられる。
- ① シャフロダに短時間で交換可能なアタッチメント交換装置を採用することでツインヘッドだけでなく、バケットやブレイカも使用できる(写真-7)。
 - ② シャフロダの電動機にツインヘッドを駆動させる電動機(37kW)を1台増設することで必要油量、油圧を確保できる。
 - ③ シャフロダのブームが同等クラスの油圧ショベ

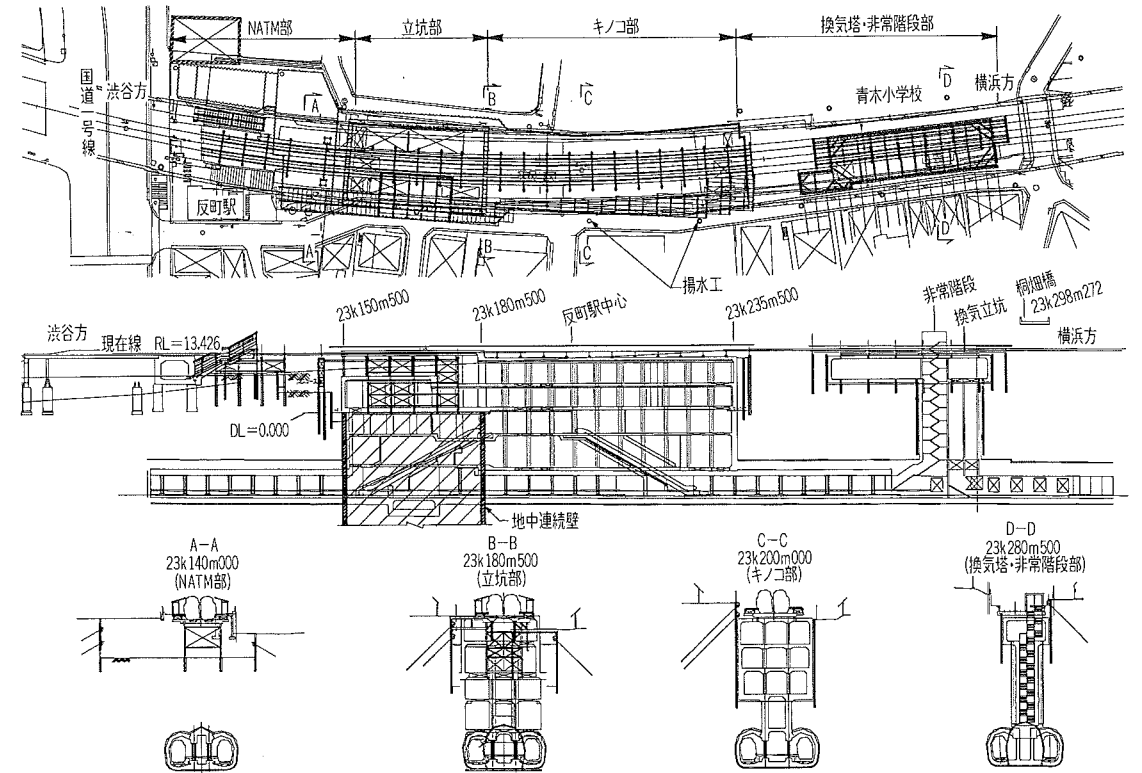


図-11 反町駅計画図

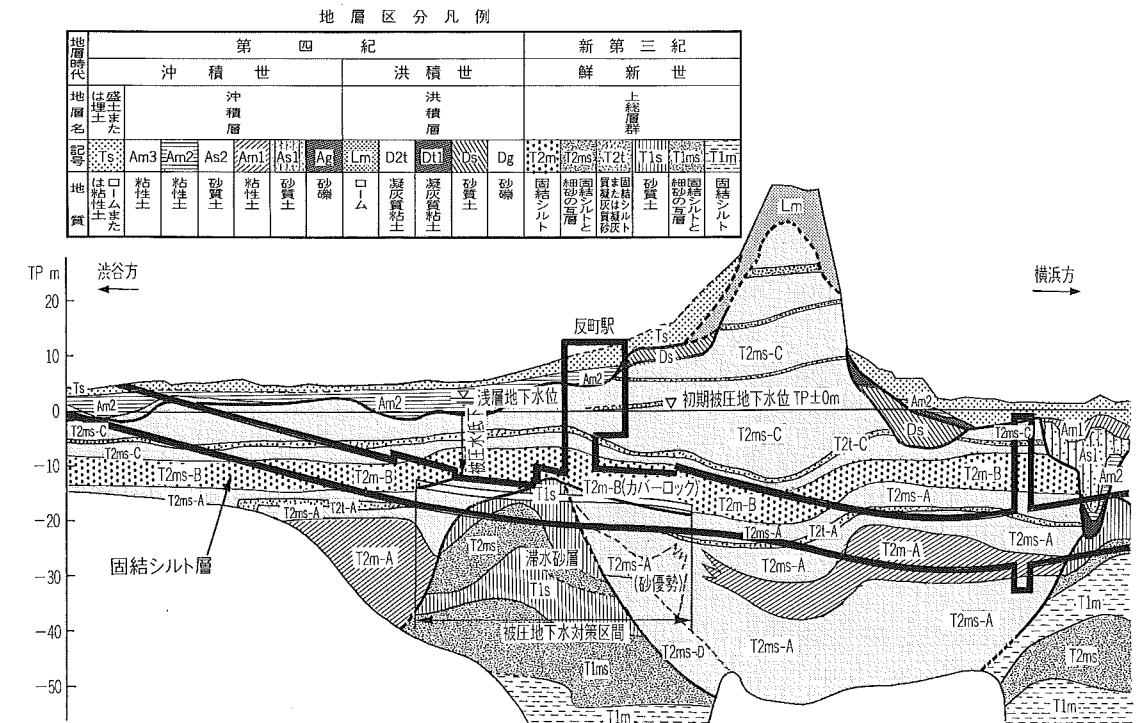


図-12 地質縦断面図

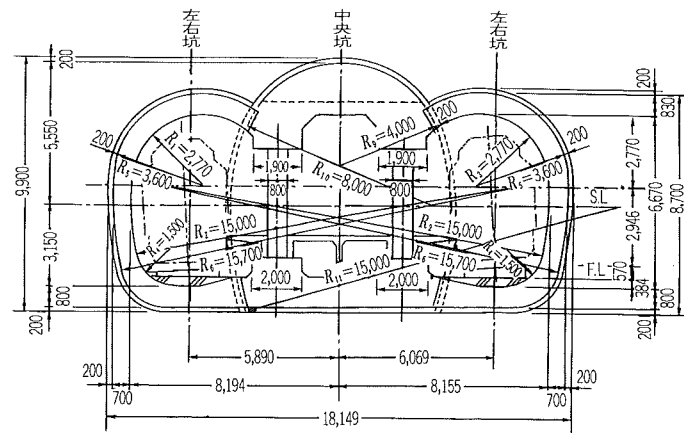


図-13 標準断面図(一例)

表-10 左右坑主要機械一覧

工種	機種	規格	台数	摘要
掘削	掘削機	ツインヘッド・550kg	1	
	ずり積み機	クローラ式シャフローダ 150m³/h	1	ツインヘッド 搭載
	ずり運搬機	キャリアダンプ 4t	1	
吹付け	バックホウ	0.1m³	1	
	コンクリートポンプ	35m³/h	1	定置式
フォアポーリング・支保工建て込み	吹付けロボット	15m³/h	1	
	ドリルジャンボ	クローラ式油圧・ 2ブーム・1バスケット ドリフタ75kg級	1	吹付けロボッ ト搭載
残土処理	垂直ベルコン	80t/h	1	
	バックホウ	0.45m³	1	スライド式

表-11 掘削施工実績

	計画	実績
上半進行	3.6m/日	3.8m/日
下半進行	8.2m/日	11.6m/日
掘削能力	7.5~12.5(m³/h)	20.5(m³/h)
ビット消費量	0.01~0.03(本/m³)	0.013(本/m³)

ルのアームよりも自重があり強いため、掘削能力の向上が期待できる。

また、ずりはクローラ式の4tキャリアダンプで立坑まで運搬し、垂直ベルコンで地上まで搬出した。左右坑の主要機械一覧を表-10に示す。

5-5 左右坑施工実績

左右坑は、上半先進ショートベンチカット工法で掘削し、中央坑へ偏圧が作用しないよう左右の切羽を交互に掘進した(写真-8)。掘削機に若干の故障はあったが、

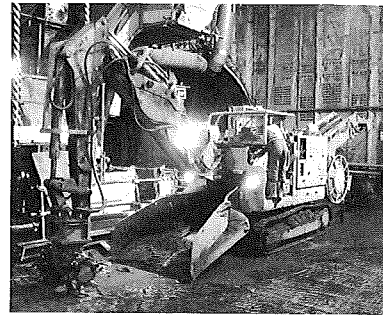


写真-6 ツインヘッド搭載シャフローダ

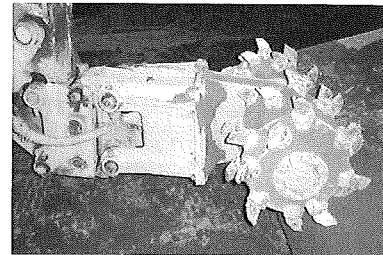


写真-7 アタッチメント交換装置

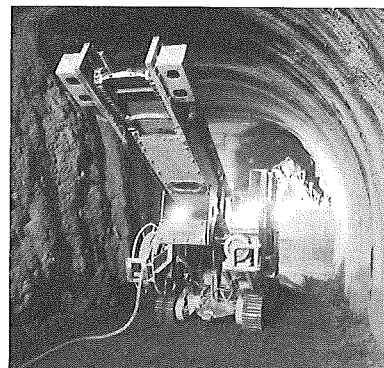


写真-8 掘削状況

表-11に示すように当初の計画を上回る実績を残し、全体で約0.5か月の工期短縮となった。

(文責：堀田匡彦・鹿島建設(株))

参考文献

- 1) 島村祐司・小林理志・関聡史・岩村巖：鉄道営業線直下のNATM施工，東急東横線東白楽～横浜駅間地下化工事，トンネルと地下，Vol.33，No.5，pp.7-15，2002.5.
- 2) 小林理志・関聡史・岩村巖：鉄道営業線直下のNATM施工(その2)，東急東横線東白楽～横浜駅間地下化工事，トンネルと地下，Vol.33，No.12，pp.7-15，2002.12.

連載講座

多様化するシールド掘進技術(4)

泥土加圧シールド工法，ケミカル・プラグ・シールド工法

加島 豊* 武内 秀行**
石倉 洋一*** 阪部 久敬****

工法原理図を図-1に示す。

泥土加圧シールド工法

1. 工法概要

1-1 工法概要

泥土加圧シールド工法は、土圧式シールド工法に分類される泥土圧シールドの代表的な工法であり、1,000件以上の実績を有しており、近年、もっとも多く実施されているシールド工法である。

1-2 工法原理

本工法は、下記の3つの基本原理から構成される。

(1) 掘削土を泥土に変換する

掘削した土砂に作泥土材(添加材)を注入し、練り混ぜ翼で練り混ぜることで塑性流動性と不透水性を持つ泥土に変換する。

(2) 泥土で切羽を保持する

作泥土室(チャンバ)内およびスクリュコンベヤ内に泥土を加圧充満させ、泥土圧を保持することで地下水圧と土圧に対抗して切羽の安定を図る。

(3) 泥土圧により掘進管理する

バルクヘッドに取り付けた土圧計を監視しながら、掘進速度と排土量を制御することによりチャンバ内の泥土圧を地山が安定する土圧域に保ちながら掘進する。

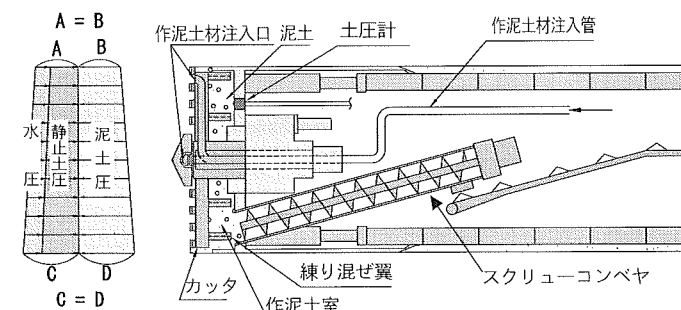


図-1 泥土加圧式シールド工法原理図

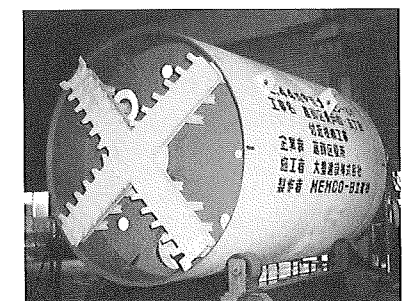


写真-1 泥土加圧式シールド1号機φ2,440mm

*大豊建設(株)技術本部副本部長
** " " 技術開発部技術開発課長

*** (株)鴻池組土木設計部部長
**** " " 主任

本工法は、昭和53年に(財)建設機械振興協会の機械振興協会賞を受賞した。また、工法の幅広い普及を図るため、昭和57年に泥土加圧シールド工法協会を設立し、その後、平成11年のシールド工法技術協会の設立とともに加盟して現在に至っている。

3. 工法の特徴

3-1 工法の特徴

(1) 広範囲な土質に適用性がある

砂・砂礫・硬質シルト粘性土およびこれらの互層に対しても作泥土材を用いることで塑性流動性と不透水性を有する泥土に変換できるので多種多様な土質に適用できる。

(2) 沈下量を最小限に抑えられる

切羽は泥土によって保持されており地山の変化はほとんどなく、地表面の変位を最小限に抑えられる。

(3) 大深度・高水圧にも適用できる

実験結果で述べたように、0.7MPaに対する止水性能を確認しており大深度・高水圧に適用できる。

(4) 立坑用地は最小限で施工できる

大規模なプラント設備を必要としないため、立坑用地を最小限に計画でき、とくに都市部での施工に最適である。

(5) 残土処理に大規模処理設備を必要としない

残土の固化処理設備は土質の変化に影響を受けることが少なく小規模に収められる。

3-2 作泥土材

作泥土材は、砂や砂礫の粒子間に働く内部摩擦力の低減と硬質粘性土などの高粘性を低下させる目的で、ベントナイトと粘土系、高分子系、またベントナイトと高分子を併用したものが使用される。濃度・注入量は、主にシルト・粘土の細粒土分の含有率によって決定される。

3-3 カッタビット

土質に応じてティースビット・ルーフビット・シェルビットなどの形式を選択している。ルーフビットは、屋根型の形状をしており一つのビットで左右どちらの回転にも対応でき、幅広い土質に適用できる。シェルビットはチップが貝殻状に埋め込まれており、玉石が介在する砂礫地盤用に開発されたものであるが、先行掘削用のビットとしても使用されている。また、芯抜き機能と中央部の面圧を抑えるために、フィッシュテールビットをカッタ中央部に設けている。

3-4 土圧計

本シールドはカッタヘッドがスポーク型で切羽面が開放されているため、土圧計によって切羽の土水圧の状態を正確に把握できる。一般的には、小口径ではシールド

中央部に左右に一对の土圧計を装備し、大口径ではさらに上方・下方に複数装備し、交換可能な土圧計も使用されている。

4. 工法の適用

工法の適用事例を施工条件やシールドの規模などについて特徴的なものを数例ずつ挙げる。

4-1 大断面シールドへの適用事例

大口径シールドでは泥水式が多く採用されてきたが、近年、シールド径がφ10mを超える大断面でも本工法が適用されている(表-1参照)。

4-2 大深度への適用事例

泥土圧の保持によって止水性が確保できるため、大深度の高水圧下にも適用できる(表-2参照)。

4-3 小土かぶりの適用事例

切羽は単位体積質量が地山と同程度の泥土で抑えられているため、小土かぶりに適している(表-3参照)。

表-1 大断面シールドへの適用事例

用途	シールド外径	施工延長	土質
地下道路	φ12,020mm	2,018m	砂礫, 砂
調整池	φ11,520mm	690m	粘性土, 砂質土
地下鉄道	φ10,800mm	225m	シルト, 粘性土
地下鉄道	φ10,480mm	541m	砂礫

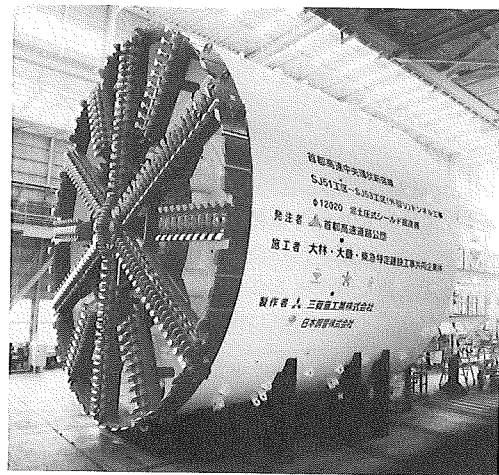


写真-2 地下道路φ12,020mm

表-2 大深度への適用事例

用途	シールド外径	最大土かぶり	最大水圧
下水道	φ2,130mm	57m	0.28MPa
下水道	φ2,690mm	51m	0.42MPa
電力洞道	φ5,150mm	45m	0.25MPa
通信洞道	φ3,270mm	42m	0.35MPa

表-3 小土かぶりの適用事例

用途	シールド外径	土質	最小土かぶり
下水道	φ2,680mm	礫	1.0m 0.4D
雨水幹線	φ4,430mm	シルト, 砂	2.2m 0.5D
鉄道	φ7,450mm	砂, シルト	3.6m 0.5D
下水道	φ3,690mm	砂, 礫	2.7m 0.7D

4-4 砂礫地盤への適用事例

砂礫地盤では外周リングを設け、シェルビットを併用することでビットの耐久性を図っている。玉石などに対してはローラービットも使用する(表-4参照)。

表-4 砂礫地盤への適用事例

用途	シールド外径	最大礫径	N 値
下水道	φ2,130mm	1,500mm	26~50
下水道	φ3,280mm	900mm	30~40
地下鉄道	φ6,710mm	800mm	50以上
地下鉄道	φ2,130mm	600mm	50
下水道	φ4,530mm	500mm	50

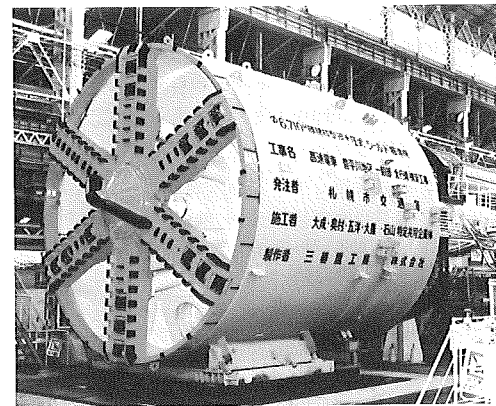


写真-3 地下鉄用φ6,710mm

4-5 土丹, 岩盤および特殊土の適用事例

岩盤への対応にはローラービットを装備している。また、自立性に乏しい特殊土ではとくに泥土圧管理が重要となる(表-5参照)。

表-5 土丹, 岩盤および特殊土の適用事例

用途	シールド外径	土質	N 値
下水道	φ4,985mm	腐葉土	0~1
電力洞道	φ3,664mm	しらす	10~15
電力洞道	φ5,032mm	泥岩	50以上
下水道	φ4,430mm	マサ土	50以上
上水道	φ3,480mm	風化花崗岩	50以上

4-6 河川や海底横断の適用事例

止水性および切羽の安定性に優れていることから地下

表-6 河川や海底横断の適用事例

用途	シールド外径	土かぶり	横断長	横断対象物
下水道	φ3,290mm	9.0m	515m	放水路
下水道	φ3,910mm	8.0m	470m	高雄港(海底)
電力洞道	φ4,030mm	17.5m	280m	河川
下水道	φ3,480mm	9.8m	106m	河川

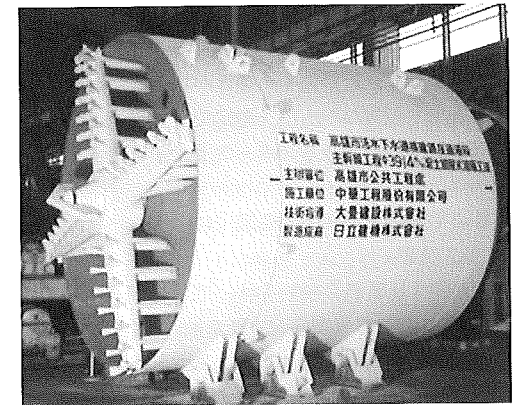


写真-4 海底横断—高雄港(台湾)

水が豊富な河川や海底下においても採用されている(表-6参照)。

5. 最新の施工例

5-1 工事の概要

工事場所: 茨城県筑波郡伊奈町~谷和原村

発注者: 日本鉄道建設公団関東支社

工事内容: トンネル延長 303m×2(往復)

シールド外径 φ7,450mm(写真-5)

セグメント外径 φ7,300mm

セグメント種類 RC軸挿入型

セグメント厚さ 300mm

セグメント幅 1,500mm

土かぶり 約3.7~7.1m<1D

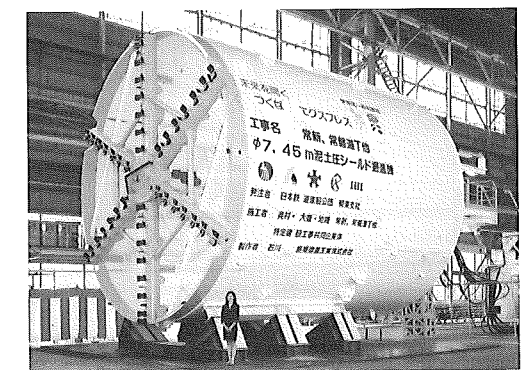


写真-5 φ7,450mm

地質 細砂・シルト質細砂
N値=6~25

5-2 施工概要

本工事は、1D以下と土かぶり小さい条件下で常磐高速自動車道を平面交差22度の角度で2回にわたって横断した。回転立坑を設けたUターン施工でトンネルの離隔が2mと近接していた。地盤は成田層といわれ、掘削断面がほぼ細砂でN値=6~25、断面上部および土かぶり部が凝灰質粘土でN=2~4であった。

小土かぶりに、近接施工の条件が加わっており、切羽保持が確実に正確な泥土圧を測定でき、高速道路の路面へ影響を最小限にできるスポークタイプの泥土加圧シールドが採用された。

路線の平面図・縦断面図を図-2に示す。

5-3 施工結果

切羽の泥土圧管理については、アプローチ区間(土かぶり0.5D)において管理切羽土圧を検討し、最適と思われる「主働土圧+水圧」と「静止土圧+水圧」の中間値とし、管理幅を±0.015MPaとした。泥土圧を検知する土圧計はバルクヘッドに球面交換型5個、カッタスポークに固定型2個を取り付けた。添加材にはセルロース系高分子材を使用し、配合15kg/m³とし、注入量は25~30%が最適な注入率であった。

排土量管理は、地盤変状を監視しながら、電磁流量計とγ線密度計により、前10リングの平均値を管理値とし、管理幅を±5%とした計測管理で良好な結果を得た。

また、土かぶりが小さいために地盤変状防止対策とし

て、フリクションカットのみを目的とした滑材注入を行い、オーバカット量の容積に相当する350ℓ/リングを注入した。裏込め注入は、オーバカット量も含めて130%となった。路面の自動変状計測と地中変位計測を実施しており、路面の沈下量は、先行シールド掘進後3.1mm、後行シールド掘進後の最終沈下量は4.1mmとなった。また、沈下量からの逆解析により応力解放率を算出した結果、解放率は10%であった。

小土かぶりと近接施工の条件下においても路面の変状値は高速道路の走行に影響を与えるものではなかった。

6. おわりに

本工事は、軟弱地盤での確実な切羽の安定性を図るために開発を行ったが、大隙が介在する砂礫や泥岩層などの広範囲な土質に対する実績を積み重ね、小土かぶり、大深度、大断面、急曲線、および厳しい施工条件への適応性を実証してきている。

近年、年間に採用されるシールドの約7割を占めて、もっとも信頼できる工法として位置づけられており、本工法の「泥土加圧」による切羽保持の方法は、DOT工法や偏心多軸シールド工法など各種の特殊シールドに採用され、多くの用途でトンネル建設に貢献している。

(文責：加島 豊・武内秀行/大豊建設(株))

参考文献

- 1) 加島豊・杉江哲也：泥土加圧シールド工法の紹介と実績、トンネルと地下、Vol.8, No.7, pp.35-43, 1977.7.

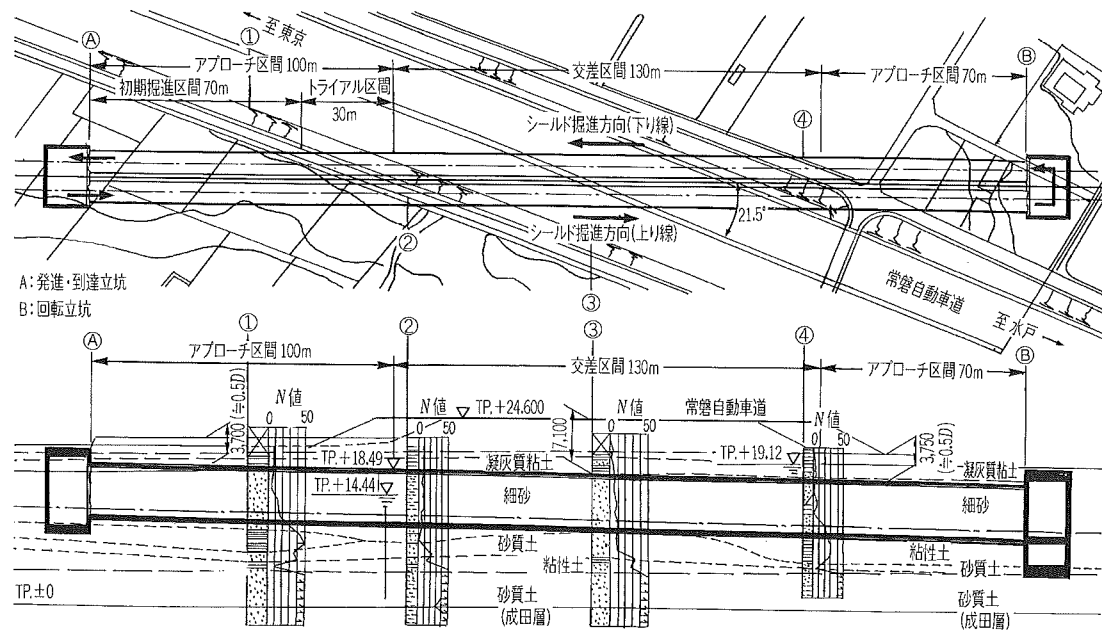


図-2 平面図・縦断面図

- 2) 北原正弘：被圧滞水砂層における大断面泥土加圧シールド、トンネル技術講習会テキスト(土木工学社)、pp.111-118, 1982.4.
- 3) 近藤紀夫・富沢勉・宮本克彦・岸剛毅：泥土加圧シールド工法の耐水圧実証実験、土木学会第45回年次学術講演会、1990.9.
- 4) 鈴木信一・黒岩厚夫・松永卓也・岸本章士：高速道路直下の極薄土かぶりを掘進管理で克服、トンネルと地下、Vol.35, No.1, pp.29-36, 2004.1.

ケミカル・プラグ・シールド工法

1. 工法概要

ケミカル・プラグ・シールド工法(以下、CPS工法と称す)は、従来、泥水式で施工されていた大深度の高水圧地盤に適用可能な高水圧対応型の泥土圧式シールド工法である。泥土圧式シールド工法は、土質の適用範囲が広い、掘進速度が速い、巨礫に対応能力が高いなど優れた工法であるが、さらに水圧の高い砂層や礫層の掘進を可能にしたものがCPS工法である。

CPS工法の概要図を図-1に示す。CPS工法とは、泥土圧式シールド工法で使用する掘削添加材とともに主剤(CP-M)をチャンパ内の掘削土砂に混合し、さらに助剤(CP-S)をスクリュコンベヤ後半部で注入することによって土砂が改良され、止水プラグを形成しながら排土する方法である。これより高水圧が作用する帯水砂礫地盤においても、切羽圧力を保持しながら噴発による切羽の崩壊や地盤変状を防止して安全確実に掘進を行うことができる。

2. 開発の経緯

CPS工法は、流動性の高い軟弱な掘削土砂をスクリュ

コンベヤ内で改良するものであり、確実な止水プラグの形成と機械装置を中心に開発を進めた。その内容は次のとおりである。

- ① 短時間で泥土を改良し、かつシールド施工に使用できる薬剤の開発
- ② 掘削土砂と薬剤を混合し、泥土を改良するスクリュコンベヤの開発
- ③ 改良した土砂をスクリュ後半部に詰めて、切羽水圧に対抗する止水プラグを形成するスクリュコンベヤの開発

泥土改良の目標は、砂礫に添加剤を加えて数秒から十数秒以内にスランプ値がゼロ程度の非流動性の土砂に改良することであり、天然高分子(多糖類)を用いた泥土改良剤を開発した。これは粉末状であり、シールドチャンパ内で使用するには、その特性である吸水・吸湿性を防止する必要がある。この粉末に特殊なコーティングを行った主剤(CP-M)を掘削添加材に混合して切羽に添加し、スクリュコンベヤでこのコーティングを解除する液体である助剤(CP-S)を添加する方法により、シールド掘削環境でこの改良剤を取り扱えるようにした。薬剤とその効果を写真-1に示す。

次に、実大模型(写真-2)によりスクリュコンベヤの止水プラグ形成実験と耐圧試験を実施した。スクリュは外周駆動方式のリボンスクリュとし、トラフ回転閉塞効果によりスクリュ後半部に改良土砂を圧密して詰め、切羽を圧力的密閉機構とすることで止水プラグの形成ができること、また、スクリュ内で泥土を改良するタイミングを助剤CP-Sの添加時期および位置により自在にコントロールできることを確認した。0.8~1.0MPaの圧力下で排土口を100%開放しても安定した排土が可能となった。

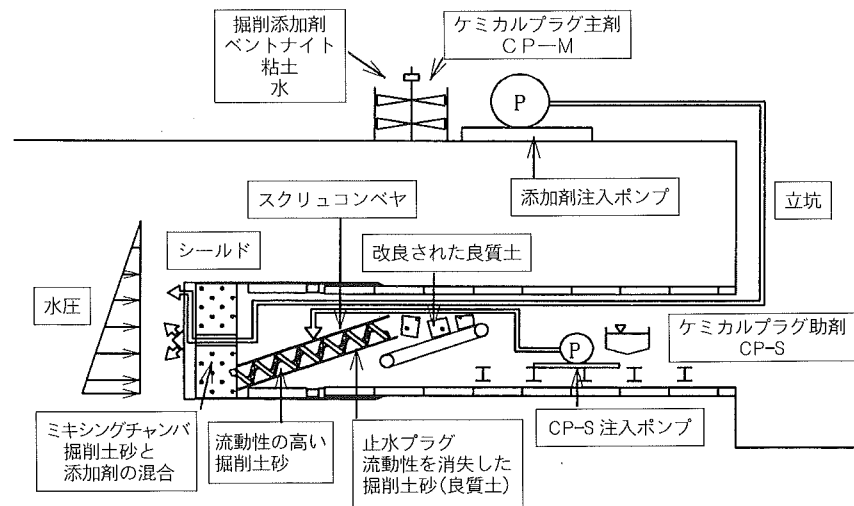
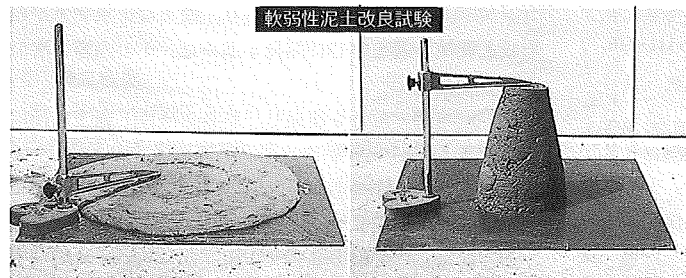


図-1 CPS工法概要図



※改良剤添加前のスランプ試験 (スランプ値25cm) ※改良剤を残土1.0m³に1.0kg添加し攪拌後のスランプ試験(スランプ値1cm)

写真-1 薬剤とその効果

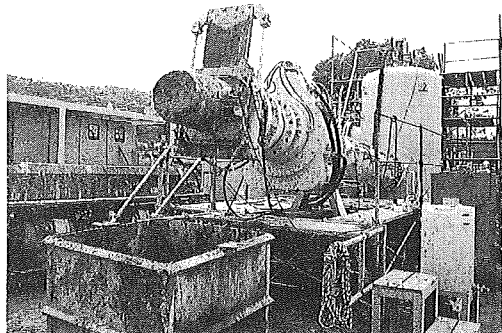


写真-2 実大模型実験状況

3. 工法の特徴

本工法は、次のような特徴を有する。

- ① 大深度の高水圧砂礫地盤を土圧式で掘進する。
1.0MPaまでの高水圧地盤を確実に保持し、噴発や切羽崩壊を防止しながら安全に掘進できる。
- ② 地質や地下水の条件に柔軟に対応できる。
CPS薬剤添加量の調整および通常のスクリュー式シールドへの変更が容易にできる。
- ③ 良質な残土に改良する。
掘削残土は流動性を消失した良質土に改良され、一般残土として搬出することも可能である。
- ④ 環境にやさしい安全な材料を使用する。
使用する薬剤は、主剤・助剤とも、人体・動植物に対して安全で、改良土砂は中性域である。
- ⑤ 都市部での発進基地の確保に有利である。
泥土圧シールドと同規模の立坑基地で施工できるため、用地の確保に有利である。

4. 工法の適用

4-1 適用地盤

CPS工法の適用地盤は、泥土圧シールド工法の適用地盤と高水圧(1.0MPa以下)の作用する地盤である。

具体的には次のとおりである。

- ・粘性土層、砂層、砂礫層、玉石混じり層およびこれらの互層地盤
 - ・高水圧(1.0MPa以下)が作用する地盤
 - ・路線の一部分に帯水砂礫層が挟在する地盤
- ただし、掘削添加材や泥土改良剤の作用を阻害する次のような地盤では事前の検討を要する。
- ・薬液注入などで地下水が強アルカリとなった地盤

- ・火山噴出物などで地下水が強酸性となった地盤
- ・薬剤の反応を阻害するイオンが含まれる地盤
- ・海岸地域など掘削添加材の粘性や膨潤性に影響を与えるおそれのある箇所

4-2 使用材料

(1) 掘削添加材

掘削添加材は粘土・ベントナイトを主体とするが、泥土改良剤の効果に影響を与えない材料とする。

(2) 主剤CP-M

CP-Mは天然高分子(多糖類)を主成分とする凝集剤である。

(3) 助剤CP-S

CP-Sは安全性の高い酸性の液体である。原料はポリリン酸系の薬剤である。

4-3 止水プラグ

図-2に掘削土砂の性状の変化を示す。

(1) A区間：カッターヘッドチャンパ内

掘削土砂とCP-M剤、掘削添加材が混合され、土砂は止水性が高まり塑性流動化している。チャンパ内に発生する泥土圧によって切羽の安定を図る。

(2) B区間：スクリューコンベヤ前半部(CP-S添加孔より切羽側)

掘削土砂は塑性流動状態のままスクリューコンベヤで搬送される。

(3) C区間：CP-S添加孔からスクリュー2~3ピッチ後方(止水プラグ作成ゾーン)

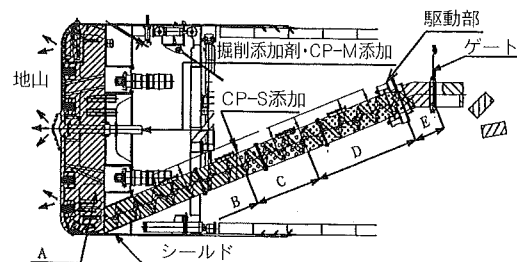


図-2 掘削土砂の性状変化

CP-Sの添加により、CP-Mの特殊コーティングが解除されてCP-Mの改良効果が発揮される。

(4) D区間：スクリューコンベヤ後半部~駆動部(止水プラグゾーン)

C区間で改良された土砂は流動性を失って搬送され、通過抵抗の大きな駆動部箇所より切羽側のスクリュー内に充填され止水プラグを形成する。

(5) E区間：駆動部~ゲート間(プラグ形成ゾーン)

外周駆動部からゲートまでをプラグ形成ゾーンと称し、排出土砂の抵抗となって、止水プラグの形成に寄与する。

5. 最新の施工例

5-1 工事概要

工事名：高速鉄道海岸線和田岬~中之島間地下線路工事(新川工区)

施工場所：神戸市兵庫区三石通2丁目~中之島1丁目

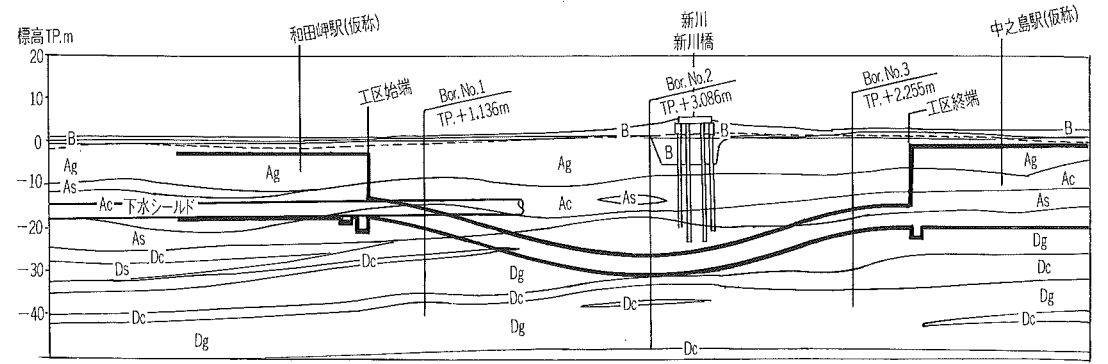
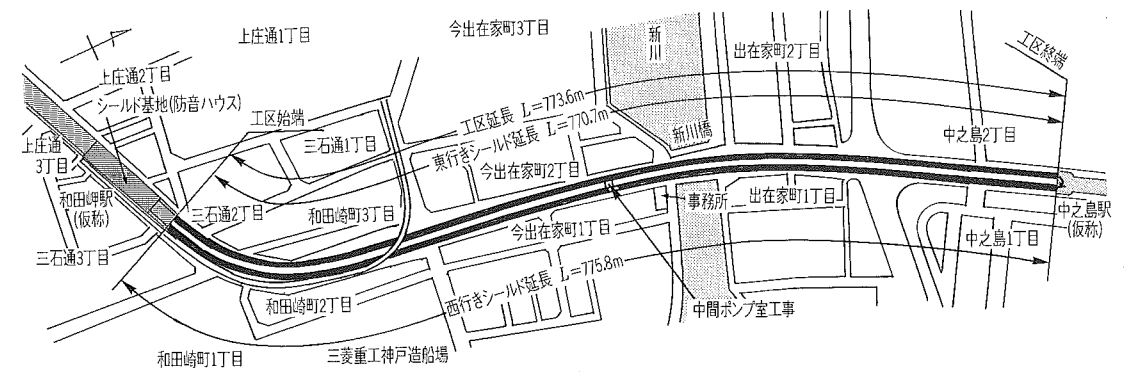
工期：平成7年3月~平成12年3月

発注者：神戸市交通局

施工者：鴻池・鉄建・不動特定建設工事共同企業体

シールド外径：φ5,440mm

施工距離：単線並列 771m+776m(Uターン)



凡例 沖積層 B:盛土 Ac:粘性土 As:砂質土 洪積層 Dc:粘性土 Ds:砂質土 Dg:礫質土

図-3 平面・縦断面図

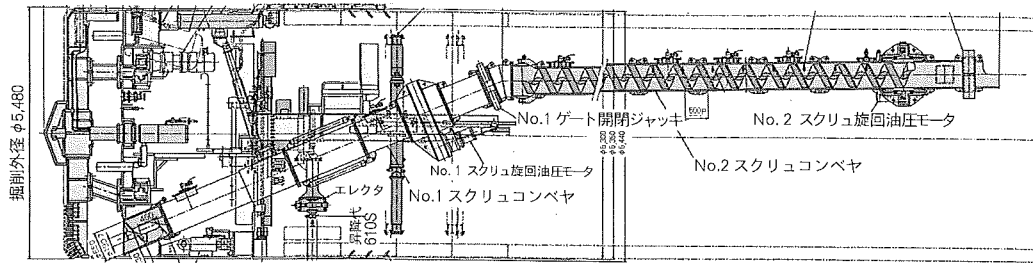


図-4 泥土圧シールド

がって当現場では優れた親水性と著しい増粘効果をもつ無公害のエマルジョンタイプの凝集剤と高粘度・高膨潤性を有する良質のベントナイトを掘削添加材としてチャンバに送ることにより、切羽の安定を充分に図りながら掘削土の塑性流動化を図った。

5-4 掘進管理と止水プラグの形成状況

掘削土砂の性状を管理する際の判定基準を表-1に示す。これより止水プラグ形成状況は4ランクに分類できる。

(1) Aランク

薬剤の改良効果が発揮されて、良好な止水プラグが形

表-1 止水プラグの判定基準

ランク	排土口の土砂の性状	落下口の性状	排土速度	参考スランプ値	参考図
A	ゲートの開口形状を保持して土砂が排出される。	自立する	一定	0~5cm	
B	ゲート開口断面より土砂の形状が小さくなる。	自立する	加速	5~15cm	
C	ゲート開口断面を保持できない。	自立しない	加速	15~20cm	
D	噴発	—	—	20cm以上	

※スクリュコンベヤ長は4.0m以上とする

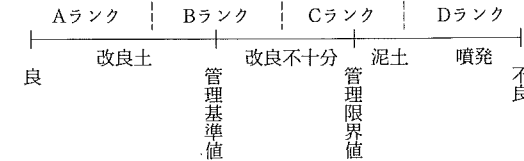


図-5 管理値の設定

成されている。ゲートが全開できれば円筒状に、半開であれば円筒を1/2にした状態で排土される。ゲートから落下口までに形状がくずれることなく、落下時に切断された面は自立して、砂や礫分の識別が可能である。排土の速度は一定である。

(2) Bランク

薬剤による効果が不十分であるか、掘削土の含水比が高くなった状態を示している。排土時にゲート開口部分の形状が保持できないが、落下時の切断面では、砂や礫の識別は可能である。排土の速度は一定もしくは徐々に速くなる。止水プラグの効果が低下しつつある状態である。

(3) Cランク

ゲート開度断面を保持できずに、落下口から連続的に落下する状況である。薬剤による改良が部分的に見られる場合もあるが、止水プラグとしての役割を果たせない状況である。

(4) Dランク

薬剤の改良効果がなく、スクリュコンベヤ内の掘削土砂がすべて流動化して噴発する状況である。

今回工事では排土の低速化とスクリュ摩耗量の増大を避けるため止水プラグはAランクとBランクの間を目指して行った。発進・到達部近傍の地下水圧が低い区間について切羽土圧と排土状況を監視しながらBランクから徐々にDランクの噴発のない状態変化を確認することによってCPS薬剤の添加を停止し、通常の泥土圧方式に戻した。

掘削添加材とCPS薬剤の標準配合は事前のスランプ試験により決定し、シールド掘削時の止水プラグの改良状態はスクリュコンベヤのトルクを判定指標とし、図-5のような管理値を定めて行った。図中のランクは止水プラグの形成状況のランクを示す。

管理基準値は止水プラグの形成状況を判定する指標で、



写真-3 現場排土状況

掘削対象土質やCP-S剤の添加位置により異なる。初期のトルク管理基準値は無負荷駆動時の2.5倍とした。

管理限界値とはトルクがこの値を下回るとゲートを全閉する値である。スクリュコンベヤ無負荷駆動時の1.5倍の値を採用した。

写真-3に現場排土状況を示す。スクリュコンベヤの巡回圧力の実績値は、No.1 スクリュが3.8~6.0N/mm²に対して、No.2 スクリュが8.0~11.5N/mm²(管理限界値は8.0 N/mm²)で約2倍の値を示し、No.1スクリュ内では流動化している土砂が、No.2スクリュ内では流動性を失い止水プラグが形成されていることがわかる。また、管理限界値以上の値を保つことによって、スクリュゲートはほぼ100%開の状態で最大0.3MPaの切羽水圧に対し噴発することなく安全に排土できた。

シールド掘進実績は、通常の泥土圧方式とCPS工法を採用した区間において作業日あたりの進捗はほとんど変化なかった。

6. おわりに

近年のシールドトンネルは長距離化や立地条件の制約からトンネル設計勾配、土質、土かぶりの急激な変化や地下水圧が大きく変動する場合など多種多様な掘進条件となる場合が多いが、これらに対してケミカル・プラグ・シールド工法は適用範囲が広く安全確実なシールド掘進が可能となる。

(文責：石倉洋一・阪部久敬/鴻池組)

きみも金鉱を発見できる

金鉱の有望地域と探し方

理学博士 石井康夫著 新書判 202頁 価格 1,029円(〒210円)

株式会社 土木工学社

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



「玉杵名の里」玉名市より

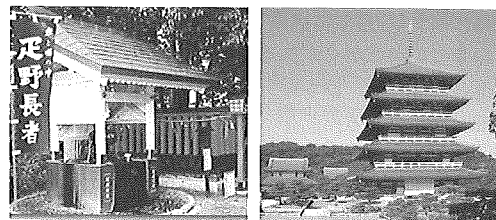
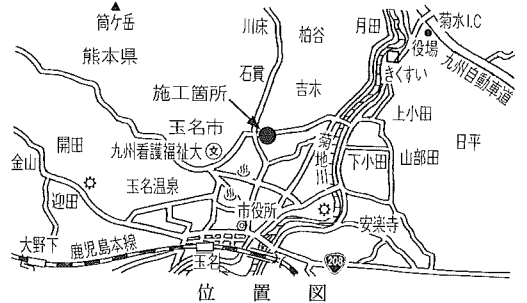
赤松 弘幸

玉名地方の歴史は古く、縄文時代には貝塚が多く分布し天恵の地として知られ、弥生時代には早くも大陸と交流を持っていた。古墳時代には、華麗な副葬品と日本最古の文字が刻まれた太刀で有名な船山古墳や舟形石棺(山下古墳)、装飾古墳(ナギノ横穴群)などがあり、玉名地方には考古学上貴重な遺跡が豊富にある。その後、この地方を玉杵名と呼び、日置氏、大野氏、菊池氏の支配のもと産業が興り、社寺が造営され玉名地方の中心として基礎ができた。当時、伊倉津・高瀬津の港は一時倭寇の根拠地ともなり、中国大陸や南方向けの貿易港として栄え、切支丹も広がった。

戦国時代には諸大名争奪の地となり焼土と化したのが、加藤清正公が入国して、治水と干拓に力を注ぎ、穀倉地帯を築き、文化、経済、商業の中心地として繁栄をきわめた。また、朱印船貿易にも力を注ぐなど海外貿易の拠点としても発展した。

この地を流れる繁根木川右岸には、開湯以来千三百余年の歴史を持ち、市民を癒し続けてきた閑静な温泉がある。この玉名温泉はかつて立願温泉と呼ばれ、伝説によると、傷ついた白鷺が湯あみをし、やがて元気良く飛び去る様子を見た『足野長者の小五郎』が温泉の発見者とされている。泉質は、無色透明、ややツルツとしたすべりのよい弱アルカリ性単純泉で、リューマチ、神経痛に効くと市外からの人気も高い。

この玉名温泉を発見したとされる『足野長者の小五郎』ゆかりの足野神社は、「続日本後紀」や「延喜式」にも登場する熊本県内でも有数の歴史ある神社であり、当時の面影を残し、長者の泉(温泉)が境内に今なお湧き出ている。



長者の泉

蓮華院誕生寺五重塔



坑口全景

現場の西方にある蓮華院誕生寺には、日本一大きい五重塔や九州一高い仁王尊像が建立されている。また、奥之院には世界一の大梵鐘「飛竜の鐘」があり、鐘の音は海を隔て、30キロ離れた対岸の島原まで届く。また、毎年11月3日に行われる『奥ノ院秋の大祭』では日本の国技である大相撲の横綱が土俵入りを奉納することでも知られている。

現在では、文化と歴史、美しい自然が調和した豊かな温泉都市として発展している。

当現場は、この温泉街より車で10分程の北方に位置し、九州新幹線工事の一環で、工事延長2,088.5m、トンネル区間655.5m、明かり工事1,433mを施工している。トンネル区間の地質は強風化の花崗岩で、トンネル全区間に渡り土かぶり小さく(ほとんどの区間で1D程度)、また、トンネル露出部が3か所、近接して精密機器工場や農業用利水溜池が存在するなどの条件下のトンネルである。

現在、最初のトンネル露出部の掘削を無事完了し、明かり工事も合わせ最盛期を迎えたところである。

地域住民のご理解・ご協力を得ながら、今後も無事故・無災害で竣工するよう、所員をはじめ協力業者一丸となって工事をすすめる所存である。

(不動・株木・岩永・池田共同企業体大坊トンネル作業所長)

土木情報 No.372 今月の主な入札結果

(3月16日～3月31日)

事業主体	工事名	請負会社	請負額 単位 百万円
沖縄事務局	那覇港道空港側立坑	清水・竹中土・東洋JV	858
小樽開建	国道229号神恵内村ウエンクナイT	岩田・北野・協成JV	215
"	" 積丹町草内T	飛島・田中JV	340
室蘭開建	国道230号虻田町三豊T	清水・地崎・岩倉JV	1,142.8
"	" " 青葉T	鹿島・三井住友・北興JV	910
"	国道336号えりも町新宇遠別T	前田・飛島・新太平洋JV	56
中四農政	正法寺川・旧正法寺川サイホン	ハザマ	530
東北地整	胆沢ダム付替国道5号T	大日本土木	1,150
関東地整	古屋洞門その2	高山工業所	270
近畿地整	大阪港夢洲T沈埋函(3号函)	鹿島・若築・川重JV	3,020
"	" (4号函)	東亜・佐伯・神戸JV	2,580
"	" (5号函)	清水・奥村・石播JV	2,670
中国地整	殿ダム仮排水路	飛島建設	735
四国地整	03～05年度粟井坂T	三井住友建設	1,272
"	" 法花T	清水・大本JV	2,899
九州地整	福岡202号外環状共同溝第1工区	銭高組	680
"	" 2Aシールド第1立坑	森組	390
"	" " 第2立坑	徳倉建設	327
"	" " 第4立坑	福田組	540
鉄運・北陸	北陸幹(上・糸)飯山T上倉工区他3	鉄建・りんかい・守谷・長野JV	529
鉄運・九州	九幹鹿, 新田原坂T他1	鹿島・大日本・丸昭・橋口JV	4,820
道公・北海道	北海道横断道穂別T西避難坑	前田・伊藤組JV	1,970
道公・東北	日本海東北道ニ古T	東急・鉄建JV	3,000
道公・東京	北関東道岩瀬T	大林・若築JV	4,800
道公・中部	東海北陸道寺本T	ハザマ・白石JV	2,980
"	" 山田T	坂川・ケイコンJV	1,072
道公・関西	近畿道(紀勢線)藤白T南	竹中土・銭高JV	2,250
道公・中国	鳥取道高津原T	大本・奥村土JV	1,680
営団	13号線南池袋A線工区	大林・東亜・大日本JV	4,337
"	" " B線工区	前田・戸田・五洋JV	4,266
"	" 戸山工区	西松・西武・みらいJV	2,590
"	" 神宮前工区	鹿島・大豊・東急JV	4,395
都・水道局	八王子市千人町1～緑町地先間送水管	熊谷・みらいJV	1,385
"	" 舟木町1～中野上町5送水管立坑	大林組	728
"	港区東新橋1～中央区銀座8配水管本管移設	地崎工業	317
兵庫県	農道整備南淡路地区T	新井組	425
川崎市	第1導水ずい道黒川急下水路	ハザマ・小沼JV	478
大阪市	千島～此花下水処理場雨水滞水池2-1	鴻池・三井住友・竹中土・大鉄JV	473.6
"	豊野導水管(寝屋川市打上)布設替	浅沼・近畿JV	700
阿南市	蒲生田T	飛島・西野・土橋JV	503
北九州市	戸畑ポンプ場雨水滞水池	清水・九鉄JV	598
都・新都市建公	八王子市西寺方町1061下水道(公28)	浅沼・拓栄JV	420
"	" " 483下水道(公29)	大明・木下JV	512
"	" 宮下町586下水道(公27)	大日本・都南JV	458
京都府道公	宮津野田川道第12T	鹿島・飛島・鉄建・公成・吉村JV	11,500

トンネル ジャーナル

TUNNEL JOURNAL · TUNNEL JOURNAL · TUNNEL JOURNAL · TUNNEL JOURNAL · TUNNEL

地域高規格道路新規指定

国土交通省は、地域高規格道路の調査区間に16区間(136km)、整備区間に6区間(34km)をそれぞれ新規指定した。

【調査区間】▽新庄酒田道路(山形県)戸沢村11km▽常総・宇都宮東部連絡道路(栃木県)宇都宮市～高根沢町10km▽上信自動車道(群馬県)嬭恋村11km▽新山梨環状道路(山梨県)甲府市7km▽金谷御前崎連絡道路(静岡県)相良町10km▽静岡東西道路(同)静岡市3km▽西知多道路(愛知県)東海市～常滑市18km▽鈴鹿亀山道路(三重県)鈴鹿市～亀山市10km▽福井港丸岡IC連絡道路(福井県)春江町～丸岡町10km▽江府三次道路(鳥取県、広島県)日南町～西城町9km▽岡山環状道路(岡山県)岡山市5km▽大洲・八幡浜自動車道(愛媛県)大洲市～八幡浜市12km▽西彼杵道路(長崎県)佐世保市3km▽熊本本草幹線道路(熊本県)本渡市4km▽大分中央幹線道路(大分県)大分市2km▽都城志布志道路(鹿児島県)有明町～志布志町11km

【整備区間】▽上信自動車道(群馬県)渋川市中村～同金井5km▽銚子連絡道路(千葉県)光町から八日市場市5km▽新滝山街道(東京都)八王子市～あきる野市5km▽新山梨環状道路(山梨県)敷島町～双葉町5km▽金沢外環状道路(石川県)松任市～金沢市5km▽北薩横断道路(鹿児島県)宮之城町～高尾野町9km。

大洲北只～西予宇和間が開通

日本道路公団四国支社が建設を進めている松山自動車道の大洲北只IC～西予宇和IC間15.7kmが4月17日に暫定2車線で開通した。同区間は、土工は9.6km(61%)、橋梁は1.9km(12%)、トンネル4.2km(27%)、

5年で3,000km電線地中化

国土交通、経済産業、総務、警察の4省庁と電力、通信、ケーブルテレビの電線管理者は4月14日、本年度からの「無電柱化推進計画」に合意した。

市街地の幹線道路を中心に、今後5年間に計3,000kmの道路で電線類を地中化する。市街地の幹線道路の無電柱化率は現在9%だが、本年度中に10%に、計画最終年度の08年度には17%に高める。計画では主要な非幹線道路も整備対象に加えた。国土交通省は、地中化推進に向けたコスト縮減や技術開発にも着手する考え。

広野IC～常磐富岡ICが開通

日本道路公団東北支社が6年がかりで工事を進めていた東京を起点に、埼玉、千葉、茨城の各県を経由し、福島県浜通りを北上して宮城県仙台市に至る全長352kmの常磐自動車道の一部、広野～常磐富岡間16.4kmが4月14日開通した。

今回の開通により、電源地域を背景とした工業団地と小名浜港が結ばれるなど沿線の発展が期待される。

大阪地下鉄8号線9工区のシールド発進

大阪市市営地下鉄8号線の城東区今福西3丁目～同区嶋野東2丁目間(9工区)のシールドが発進した。

泥土圧シールド工法(外径5,330)で北行き線(延長781m)と南行き線(同)のトンネルを2本構築。土かぶり16.3～32.9m。掘進は嶋野停車場から北行き線を掘進し、蒲生4丁目停車場に到達後、シールドをUターンさせ、南行き線を掘進する。施工のポイントは、喜多大橋の基礎杭を避けるため縦断勾配が最大±5%と急勾配、同基礎杭との離隔が2.67m

と近接。

また、蒲生4丁目交差点では在来地下鉄との離隔が1.1mしかない。さらに地質が軟弱な沖積土層から硬い洪積土層と変化することや被圧水の水頭が高いなど厳しい施工条件となっている。

大洲北只～西予宇和と56号連結部開通

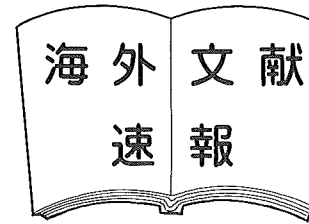
日本道路公団四国支社が建設を進めていた松山自動車道大洲北只IC～西予宇和IC間(15.7km)と、四国地方整備局が建設を進めていた56号大洲道路の同区間の連結部が4月17日、開通した。

大洲道路は全線供用となった。今回の開通により、愛媛県南予地域と松山市、関西圏とのアクセスが向上し、経済や産業、文化の発展が促進されることが期待される。

シールド工法技術協会定時総会を開催

シールド工法技術協会は5月19日、東京(センチュリーハイアット東京)にて「平成16年度 定時総会」を開催した。総会の冒頭、上原忠会長は、「今後の都市再生プロジェクトにはシールド工法技術は不可欠で、発注者の期待に添うよう更なる技術向上が必要」と述べた。また、海外への広報活動として、ITAのプライムスポンサー参加の意向も発表した(ITAのプライムスポンサーになると、ITAのホームページのTOPにアイコンを掲載することができ、シールド工法技術協会のホームページにリンクができる)。

総会は、「入・退会員の報告」の後、「平成15年度事業活動報告および収支決算」、「平成16年度事業活動計画および収支予算」について審議し、満場一致で承認された。



(社)日本トンネル技術協会 研究開発委員会

レーザーシェルのSCL工法の先頭に立つ/ LeserShell leads the way for SCL tunnels By Cokin Eddie, Chritian Neumann : T & TI June, 2003, Vol.35, No.6, pp.38-42

英国において、SCL工法(吹付けコンクリート・ライニング工法)は、効果的で実行可能な施工法として認知されているが、地質によっては切羽の崩落(または滑落)の危険が存在することが大きな問題となっている。

今回、Morgan Est社およびBeton-und Monierbau社が、繊維補強吹付けコンクリートを用いた新しいSCL工法(レーザーシェル工法)を開発し、軟弱地盤に適用したので紹介する。

本工法は、当初切羽における作業員の安全向上の必要性に応えるために開発されたものであるが、今は自動化されたシステムとして用いられている。

レーザーシェル工法は、傾斜切羽掘削法を採用しており、また、リアルタイムで掘削状況と吹付けコンクリート形状の両方をコントロールできる「トンネルビーマー」を搭載している。

鉄筋支保工を使用しない場合には、掘削や吹付けする際、断面形状を把握することは困難である。「トンネルビーマー」はレーザー式距離計を搭載しており、掘削面や吹付け面にレーザーを投射し(図-1)、三次元位置情報を得ることができる。データは、設計上の位置と比較され、この比較情報は運転室内のモニタに常時表示されることにより、オペレータは断面形状をコントロールすることができる。

レーザーシェル工法は、切羽の安定性と作業員の安全性を向上させるために傾斜切羽掘削法を採用している。施工順序を図-2～5に示す。

本工法の利点を以下に示す。

- ・作業員のリスク低減
- ・傾斜切羽による地表面沈下量の低減
- ・進捗速度およびリング閉合に要する時間の大幅改善
- ・吹付けコンクリートの品質と耐久性向上

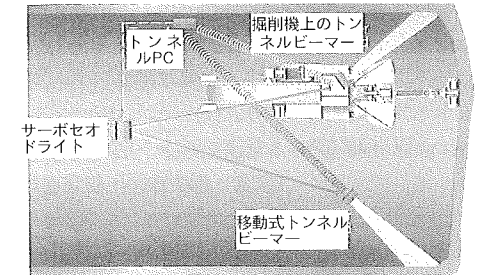


図-1 トンネルビーマーシステム

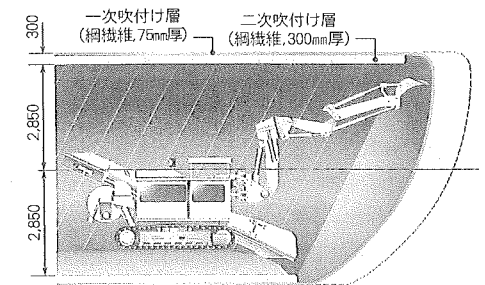


図-2 切羽上部70%を掘削

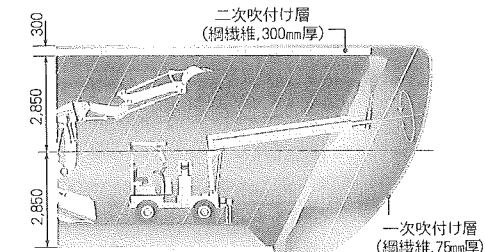


図-3 切羽上部70%を一次吹付け

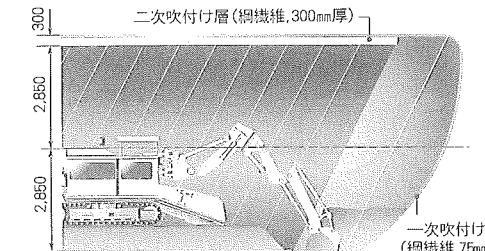


図-4 切羽下部30%を掘削

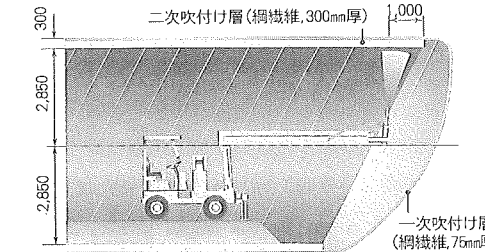


図-5 二次吹付け(360度)

・吹付けコンクリートの形状、厚み、位置 出来形精
度向上

この工法は現在、英国内の主要な道路トンネルや鉄道
トンネルで使用されており、ロンドンのKing's Cross St
Pancras 駅の再開発にも使用される予定である。

(文責：畑生浩司・鉄建建設(株))

施工中のトンネルの換気に関する指針：フラン
ストンネル協会第27作業部会/AFTES
Recommandations relatives a la Ventila-
tion des Ouvrage Souterrains en Cours de
Construction

1. 指針作成にあたって

- 1.1 指針の必要性
- 1.2 換気計画の基本

2. 坑内の環境保全に関わる障害

- 2.1 リスクを明確にする手順
- 2.2 規制法規
- 2.3 リスク分析

3. 換気計画

- 3.1 遵守すべき規定
- 3.2 坑内換気的基本的な考え方

- 3.3 設備計画のための与条件
 - 3.4 換気設備設計のための基本
 4. 施工
 - 4.1 換気設備
 - 4.2 現場にての設置
 - 4.3 換気設備使用の手順および留意事項
 - 4.4 作業員のための安全設備
 5. 維持管理および制御
 - 5.1 一般
 - 5.2 維持管理および点検
 - 5.3 換気設備の運転制御
 6. 管理組織
 - 6.1 管理体制
 - 6.2 コンサルタントの役割
 - 6.3 施工業者による換気計画
 7. 法規等に関する参考資料
 - 7.1 関連法規
 - 7.2 基準等
- 補足資料-1：設計手法
補足資料-2：用語の解説

(文責：高野佳博・(株)千代田コンサルタント)

推進工法の理論と実際

B5判 437頁 価格8,925円 送料450円

マックス・シェルレ 著

野田典宏 訳 中本 至・石橋信利・金成英夫 監修

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

〈主要目次〉

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

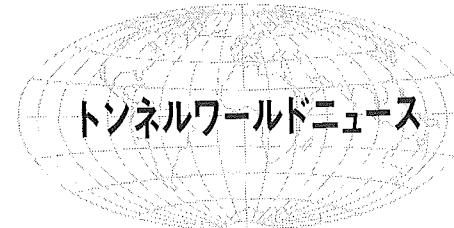
お申し込みは、当社へFAX、または、お近くの書店にてお申し込みください。FAX(03-3267-2807)



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
国際委員会国内広報ワーキング

チベット高原の鉄道トンネル工事

チベット最初の鉄道路線において、延長3.4kmのトン
ネルが2003年10月に貫通した。

標高4,264mに位置するYangbajainトンネルは、首都
ラサの北約80kmの地点にあり、これにより新線ルート
上の7つの主要トンネルすべてが貫通したことになる。

延長1,110kmの本路線は、チベット高原を横断しており、
その最大標高は5,100mである。工事に従事する作
業員は、希薄な空気に対応するべく酸素マスクを着用し、
路線が開業した際には、航空機と同様に与圧された構造
の車両が運行される。

本路線は、中国政府の方針にもとづき、貧困な西部地
域の開発を促進し、裕福な東部地域とを結ぶべく、2001
年6月に工事着手されたものであり、2007までには完成
予定である。

(T&TI '03.11 担当：小島健一・(独)鉄道建設・運輸
施設整備支援機構)

改造TBMによる送水路トンネルの貫通

2003年の夏、ポルトガルのAlgarve地方のOdelouca
ダムとFunchoダムを結ぶ上水道の送水路トンネル、延
長8kmがTerratec社の改造によるロビンス社製のTBM
(外径3m)により貫通した。

仏国のSpie Batignolles社がRamalho Rosa Cobetar
社とEtermar社の協力により不測の地質状況を乗り越え、
堆積岩の中を掘削して工期どおりに貫通したものである。
現場責任者であるFrantz Fournier氏は、地形的にい
えば、一生に一度の難工事であり、工期どおりに終わった
ということは、機械と業者の選定に間違いがなかった
ということ嬉しく思う、と述べている。

この送水路トンネルは、新しいダムの一部として施工
されているものである。既存のFunchoダムは、1985年
以来、この観光地の飲料水のほとんどを賄っているが、
Algarve地方の人口がここ何年も上がり続けており、そ

れだけ飲料水の需要も増えている。それを満たすために
この新しいアースダムが現在、建設されているのである。

使用されたTBMは、80mの深さまで達する発進斜坑
から発進している。この斜坑は、油圧ハンマーのブ
レカにより掘削され、馬蹄形鋼製アーチ支保工と吹付け
コンクリートにより支保されている。

TBMの組み立て据付けの期間は、わずか5週間で完
了し、その後、掘削が直ちに開始されている。地質の形
成は、片岩の褶曲地形となっている。掘削中におよそ
258mの長さの断層にぶつかったが、そこでは状況に応
じて施工されたアトラスコプロ社のSwellexボルトと吹
付けコンクリートとともに鋼製支保工が使用されている。
一次支保工としてトンネル全体に16,000本の1.8m長さの
ロックボルトが使用された。

TBMは、最高で96.8m、平均で27.5mの日進を上げて
いる。月進の最高は、1,062mであった。TBMのカッタ
の摩耗は低く、それぞれのカッタは、交換が必要となる
まで1kmの掘進を上げている。

TBMは、ロックボルトの打設用に手動の削岩機と乾
式吹付けコンクリートの粉塵対策に集塵機を装備してい
る。前方地質探査のボーリングも行われていた。

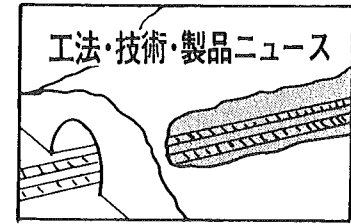
トンネルは、24mの長さのCIFAセントルを3台使用
して現場打ちコンクリートにより内径2.4mの覆工が進
められている。

このOdelouca-Funchoトンネルのルートに沿っては、
地質調査ボーリングがほとんどなされておらず、請負者
にとって非常に限られたコア資料の情報しかなかった。
岩質のほとんどが40~100MPaの強度の砂岩と予測され
ていた。

この工事の予算では、新しいTBMの購入は問題外と
考えられていた。しかし、本工事の地質と掘削径は、オ
ーストラリアで1987~1988年の間にTBMにより掘削され
たMangrove Dam to Boomerang Creekプロジェクト
の施工条件とうまく合致していた。このオーストラリア
のプロジェクトは、11kmのトンネル延長で30~80MPa
の砂岩掘削であった。

このTBMの所有者であったオーストラリアの建設会
社のThiess社は、非常に優れた維持管理を行っており、
主要部分の劣化はほとんどなく、電気系統を新しくすれ
ば良いだけであった。TBMは、Terratec社により改造
されレール方式のずり運搬システムに合うように設計さ
れ、本工事に供用されていた。工事は、2002年の4月に
開始され、2003年7月に予定どおりに完成している。

(T&TI '03.11 担当：税所陽一・前田建設工業(株))



ハーモニカ工法のセグメント接合性能確認

大成建設、石川島播磨重工業、石川島建材工業の3社は、小型シールドで道路トンネルの断面を小分割で掘削した後、それらを結合して大断面トンネルを構築する「ハーモニカ工法」のセグメント間の接合性能を確認した。供試体を使い、分割小断面を大断面にする際の接合部の微小な断面変化について、構造上の耐力変化を実験で実証した。

切羽前方地質を高精度探査

戸田建設と西松建設は、山岳トンネル工事の切羽前方探査システム「NT-EXPLORER」を確立し、保有技術の相互利用を進めている。現在は5か所の現場で同システムが稼働中。いずれも安全施工で優れた効果を上げており、今後は両社の標準的な探査工法として利用していく方針。同システムは、①TDEM(電磁波探査)、②TSP(弾性波反射法)、③DRISS(穿孔探査)の三つの探査方法で構成され、施工条件に応じて最適な方法を組み合わせるなどして地山の状況を探査する。物性値の違いから総合的に地山の状態を評価するため、高精度の探査が可能になる。

掘削土を連続脱水

五洋建設とテルナイト、富国工業の3社は、泥土圧式シールド工事で発生する掘削土を連続的に脱水処理し、リサイクルする「エコスクリュシステム」を共同開発した。

同システムは、浚渫土脱水システムをシールド工事に改良、物理的な脱水システムのため、固化処理と違って養生期間が要らず、処理後すぐに運搬再利用ができる。

粉じんの後方拡散抑制

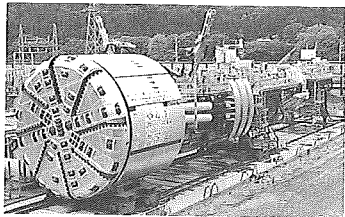
清水建設は、切羽で発生した粉じんが後方に拡散することを防止する「換気システム」を開発した。

粉じんを切羽近傍に封じ込め、後方への拡散を抑えながら処理する。切羽の作業空間は坑外から送られた新鮮な空気で満たし、作業環境を飛躍的に改善する。

鉄道トンネルに全断面TBM

清水建設は、西松建設、ハザマとの3社JVの鉄道トンネルで国内初の全断面TBM工法を採用、300mの試験施工区間で性能確認を終え、延長約4,000mの本掘削を施工中。

同JVが施工するTBM掘進(掘削径φ6.82m)の施工にあたっては、①掘進精度の確保、②高速施工の挑戦、③確実なTBM掘進、という3つの目標を設定。各種技術を投入して、それらの実現を目指している。



薄肉セグメントで2次覆工

三井住友建設と太陽鉄工は、内面を特殊樹脂加工した薄肉セグメントを使う下水道管渠向けシールド2次覆工工法を共同開発した。

2次覆工を省略するシールド工法の採用が増える中で、下水道合流部だけは耐久性確保の観点から2次覆工を使用するケースが多く、コスト高の要因ともなっている。同工法は、

対磨耗・耐薬品性能を持つ薄肉セグメントの使用によって覆工厚を縮小しながらも、十分な強度を持った管渠を低コストで構築できる。

高速・リサイクル水路インバート改修工法

奥村組は、小断面既設の水路トンネルを対象に、短工期で経済的に改修できる「高速・リサイクル水路インバート改修工法」を開発した。

同工法は、インバート切削機、はつりガラ収集台車、貯留台車、コンクリート混練台車、インバートフィニッシャーで構成、内空断面幅2.5m前後の小断面トンネルのインバート改修工事を機械化した。施工速度で2倍、10%のコスト削減が図れる。

分岐・接合非開削工法

三井住友建設は、シールドトンネル内から安全かつ容易に分岐・接合トンネルを施工できる「JUC工法」を下水道トンネルで初適用した。

急曲線部でも分岐・接合が可能となる同工法の特長を生かし、半径15mという急曲線部に位置する合流部で特殊セグメントの組み立てを実施。施工性、組み立て精度ともに一般部で使用している標準鋼製セグメントと同等であることを確認した。

覆工背面空洞を正確に把握

日本道路公団、清水建設、古河機械金属は、3者で共同開発した「既設トンネルの覆工背面空洞調査システム」(PVMシステム)の性能を、高速道路トンネルの2件の調査工事で実証した。

同システムは、トンネル地山と覆工コンクリート間に生じた空洞の規模や覆工の厚さを把握するもの。調査工事では空洞の高さや覆工の厚さの最大誤差を15mmの精度で判定できたほか、従来に比べて大幅に調査時間を短縮できることが実証された。



調査・計画

文献紹介



- 大西順一・井上能充：みなとみらい線の計画と施工、新しい鉄道ネットワークをめざして、土木施工、Vol.45, No.2, 2004.2.
- 田島夏与：米国ボストンにおける高速道路の地下化と環境対策、ビッグディグ(セントラル・アーテリー/トンネル)プロジェクト、土木施工、Vol.45, No.2, 2004.2.
- 浦辺信二・高良哲治・伊是名興治・中澤貴志：風を読み、美ら海に築く、那覇港臨港道路空港線 沈埋函沈設工事、土木施工、Vol.45, No.2, 2004.2.
- 城所靖夫：シンガポールの地下開発事情、KPEプロジェクトにおける道路トンネルC424区工事、土木施工、Vol.45, No.2, 2004.2.
- 加藤順：九州新幹線(新八代・西鹿児島間)建設の軌跡、建設計画・ルートの概要、新技術の採用と建設コストの低減、土木施工、Vol.45, No.3, 2004.3.
- 井上能充・松岡正幸：みなとみらい線の概要、土木技術、Vol.59, No.3, 2004.3.

設計・理論

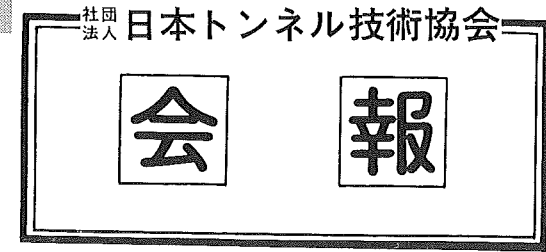
- 北川修三：軟岩トンネルの膨圧現象の挙動と地質特性、応用地質、Vol.44, No.5, 2003.12.
- 山崎幹男・加藤 覚・若原敏裕・岡崎真人・上野 眞・藤野陽三：超高速鉄道トンネル内の圧力変動に対する覆工構造の設計、土木学会論文集、No.752, 1-66, 2004.1.
- 西岡勉・運上茂樹：せん断変形量に基づく円形シールドトンネル横断面の耐震計算法、土木学会論文集、No.752, 1-66, 2004.1.
- 中山隆義・星野直則・横山哲哉：立坑TBM工法ざり搬送性能を確認、同工法の実用化にめど、建設機械、468, Vol.40, No.2, 2004.2.
- 岡田喬・畔高伸一・広瀬俊文・岡本哲也：爆薬装填作業の安全性向上と効率化、山岳トンネル工事における遠隔装填システムの導入、建設機械、468, Vol.40, No.2, 2004.2.
- 二瓶正康：トンネル覆工点検システムの開発について、効率のよい打音点検システムを目指して、建設機械、468, Vol.40, No.2, 2004.2.
- 武石学・芳賀佳之・長沢教夫：プレライニング工法の概要と施工事例、建設機械、468, Vol.40, No.2, 2004.2.

施工

- 岸梅博：内胴引抜再利用型シールド工法「DSR工法」、月刊下水道、Vol.27, No.2, 2004.2.
- 花村哲也：「都市再生」から見た大深度地下利用と開発技術の変遷、国内外の事例を交えながら、土木施工、Vol.45, No.2, 2004.2.
- 杉本賢司・池田良子：世界の地下空間事始め、地下の文化と技術、土木施工、Vol.45, No.2, 2004.2.
- 山田隆昭・大窪克己・海瀬忍・下田哲史：トンネル分野における技術開発の動向、ハイウェイ技術、No.27, 2004.2.
- 佐藤宏志・渡辺仁・品部耕二郎・小泉淳：ダクタイルセグメントの耐食性と耐久性に関する調査研究、土木学会論文集、No.756, VI-62, 2004.3.
- 三木茂・寅岡千丈・吉田幸信・進士正人・中川浩二：再解析に基づくトモグラフィの解析法に適した測定計画の検討、土木学会論文集、No.756, VI-62, 2004.3.
- 林康啓・今井淳次郎・吉塚守・鈴木雅行・重田佳幸・中川浩二：自然災害に起因した大変状トンネルの復旧対策工選定基準、土木学会論文集、No.756, VI-62, 2004.3.
- 上村正人・梨本裕・梶山孝司・青木宏一・進士正人・中川浩二：センターピラーを構築しないめがねトンネル工法の実用化と検証、土木学会論文集、No.756, -62, 2004.3.
- 小島芳之・吉川和行・六車崇司・小林朗・若菜和之・松岡茂・朝倉俊弘・呉智深：繊維シート接着工によるトンネル覆工コンクリートの剥落対策設計法、土木学会論文集、No.756, VI-62, 2004.3.
- 新治均：都営大江戸線六本木駅の施工、都市高速鉄道における大深度掘削、土木施工、Vol.45, No.2, 2004.2.
- 瀧本倫義：九州新幹線(新八代・西鹿児島間)建設の軌跡、中央構造線の大断層を克服した長大トンネル、田上トンネル、土木施工、Vol.45, No.3, 2004.3.
- 星田直也：九州新幹線(新八代・西鹿児島間)建設の軌跡、トンネル直上の高盛土を考慮した二次覆工、第1紫尾山トンネル、土木施工、Vol.45, No.3, 2004.3.
- 今村光明：九州新幹線(新八代・西鹿児島間)建設の軌跡、九州四万十帯を貫くトンネル施工、第3紫尾山トンネル、土木施工、Vol.45, No.3, 2004.3.

安全・環境

- 渡部勇市：地下鉄火災における駅構内の煙流動シミュレーションの試み、韓国大邱市地下鉄中央路駅の場合、土木施工、Vol.45, No.2, 2004.2.



1. 会員の現状

	3月25日現在	4月25日現在
正会員	2,128名	2,097名
団体会員	302名	326名
個人会員	1,826名	1,771名
名誉会員	1名	1名
計	2,129名	2,098名

2. 第171回理事会, 第57回評議員会

日時: 平成16年4月26日(月) 11:00~12:00

場所: 東京商工会議所8階「東商スカイルーム」

出席者: 理事30名, 監事1名, 顧問1名, 評議員30名

議題:

①評議員の交替を承認

評議員		所属役職
旧	新	
田中 健二	高津 俊司	(独)鉄道・運輸機構鉄道建設本部 東京支社長
桜井 義紀	宇田川孝之	日本下水道事業団技術管理部長
落合 和雄	山田 豊彦	東急建設(株)代表取締役社長
福田 誠	高橋 昭夫	不動建設(株)代表取締役社長
谷田部 稜	赤井 憲彦	東洋建設(株)代表取締役社長

②25名の入会と47名の退会を承認

③第30回通常総会議案を承認

3. 委員会の開催状況(4月1日~4月30日)

①調査研究関係委員会

◎契約積算委員会

山岳トンネル小委員会: 4/9(加藤英樹委員長ほか19名)今後の活動方針を検討

同 幹事会: 4/22(峰田勲幹事長ほか10名)調査報告書を検討

◎施工技術委員会

ITA長大トンネル対応分科会: 4/6(田村栄二郎主査ほか4名)掲載原稿を検討

支保幹事会: 4/27(富澤直樹幹事ほか24名)報告書原稿を検討

同 打合せ会: 4/7(木梨秀雄主査ほか13名)編集方針を検討

TBM工法小委員会幹事会: 4/21(岡田喬幹事ほか12名)資料を検討

都市トンネル小委員会: 4/14(鈴木喜三委員長ほか25名)調査結果を検討

◎研究開発委員会: 4/7(大久保誠介委員長ほか17名)海外文献を査読

トンネル技術白書小委員会: 4/23(朝倉俊弘委員長ほか26名)今年度計画を検討

同 幹事会: 4/12(岩田充功幹事長ほか14名)作業方針を検討

同 Aグループ打合せ会: 4/6(小野田滋主査ほか6名)原稿を検討

同 Bグループ打合せ会: 4/12(松尾勉主査ほか9名)幹事資料を確認

同 Cグループ打合せ会: 4/12(木梨秀雄主査ほか4名)幹事会資料を確認

◎保守管理委員会: 4/20(吉田幸一委員長ほか14名)取りまとめ方針を検討

計 14回開催 211名出席

◎運営広報関係委員会

◎総務委員会: 4/19(日月俊昭委員長ほか12名)理事会議議案を検討

同 幹事会: 4/12(土谷幸彦幹事長ほか9名)改革実施状況を検討

◎国際委員会

国内広報WG: 4/1(小島健一幹事長ほか6名)海外文献を査読

同 同: 4/27(小島健一幹事長ほか8名)海外文献を査読

対外広報WG: 4/14(小島健一幹事長ほか8名)校正刷を検討

国際ビジネス支援WG: 4/23(岡米男主査ほか7名)方針を検討

◎事業委員会: 4/22(桑原彌介委員長ほか8名)催物事業計画を検討

◎会誌委員会: 4/7(橋本定雄委員長ほか12名)5月号の会誌と3か月計画を検討

計 8回開催 78名出席

合計 22回開催 289名出席

4. 国際会議の開催予定

会議名	開催日	場所	主催等	備考
イギリストンネル協会講座「トンネルデザインと建設」	2004. 6. 30~7. 4	サリー (イギリス)	British Tunnelling Society, U.K. イギリストンネル協会	http://www.britishtunnelling.org
第2回吹付けコンクリートの技術開発に関する国際会議	2004. 10. 4~6	ケアンズ (オーストラリア)	Australian Shotcrete Society and the American Shotcrete Association オーストラリア吹付けコンクリート学会 アメリカ吹付けコンクリート協会	http://www.regoce-ntre.com/eds2004
世界技術者会議 2004	2004. 11. 2~ 6	上海 (中国)	World Engineers' Convention Secretariat 世界技術者会議事務局	http://www.wec2004.org
第31回 ITA総会およびコンgres「地下空間利用: 過去の分析と未来への教訓」	2005. 5. 7~12	イスタンブール (トルコ)	TRA Turkish Road Association トルコ道路協会 国際トンネル協会	http://www.ytmk.org.tr
第5回 国際シンポジウム 軟弱地盤における地下建設の地質工学の現況	2005. 6. 15~17	アムステルダム (オランダ)	TC28 Symposium 国際地盤工学会第28回技術委員会	http://www.tc28-amsterdam.org
第1回国際会議 トンネルと地下空間利用2004—世界最大のトンネル市場—中国	2005. 6. 16~17	上海 (中国)	Tunnel and Underground Works Branch, China Civil Engineering Society, Intex Shanghai Co. Ltd. 中国土木学会トンネルおよび地下建設分科会	http://www.tunnel-china.com

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

第54回(山岳), 第55回(都市)施工体験発表会発表者募集のご案内

このたび、恒例となっております施工体験発表会の発表希望者を、下記のとおり募集致しますので、奮ってご応募くださいますようお願い申し上げます。

—記—

課題: ①第54回(山岳)「山岳トンネルの難工事克服事例」

(大湧水, 破砕帯, 膨張性地山, 低土かぶり, 立地条件など)

②第55回(都市)「都市トンネル(山岳工法を含む)の環境対策事例」

(掘削土砂処理, 地下水, 日照, 振動・騒音, 環境負荷低減技術)

開催日: 第54回(平成16年11月18日), 第55回(平成16年11月19日)

場所: 東京

発表時間: 1題20分程度(発表件数により増減)

発表方法: 液晶プロジェクターの使用を原則とします。

応募方法: 概要を1,200字程度に取りまとめ(用紙自由), 題名, 所属役職, 氏名, 連絡先, 電話番号を記載のうえ, 来たる6月30日までに事務局宛て提出してください。FAX, メールでも結構です。

〒104-0041 東京都中央区新富2-14-7 新光第一ビル 社団法人日本トンネル技術協会 担当: 山之内

TEL: 03-3553-6174, FAX: 03-3553-6145, E-mail: gori@sepia.ocn.ne.jp

発表者通知: 選考のうえ, 7月下旬頃までに本人宛てご連絡致します。発表者は, 8月下旬までにテキストの原稿(約10,000字)を提出していただきます。その際には, 改めてご連絡します。

その他: 発表者には記念品を贈呈します。

編集後記

■先日、地下鉄(東京メトロ)に乗っていると、大きな路線図(有楽町線)を抱えた少年が乗り込んできた。この路線図は車両のドアの上あたりに掲示してある厚紙でできたものである。世の中を擦れてしか見ることができない中年の大人にはこの少年がどこかの車両から拝借してきたのではと思ってしまった。近くにいたおばさん3人組の一人の方が事情をよくわきまえているようで、その少年に「いくらだったの」などと問いかけていた。よくよく両者の話を聞いていると「帝都高速度交通営団」時代の遺物を一般に販売しているとのことだった(帝都高速度交通営団は今年の4月1日より、東京地下鉄(東京メトロ)として生まれ変わった)。

心の中で少年に対し「疑って申し訳ない」という気持ちになった(両者の話を確認したわけではないので実際に販売されているかは定かではありません)。

■先に述べた有楽町線に「こうじまち」という駅がある。駅ホームに表示されている駅名は2種類の漢字が使用されている。1つは「麴町」で、もう1つが「麴町」である。地下鉄の路線図では旧字の「麴町」が使われているが、実際の駅のホームでは「麴町」のほうが多いようだ。よく乗る電車だけにこの駅を通過するたびにどちらが正式の表記なのか気になってしょうがない。一般の方はたぶん気にならないと思うが、われわれのような編集に携わっている者には非常に気になってしまう。ある意味職業病と言えるかも知れない。

次号(7月号)予告

巻頭言.....	前田 正博
盛土と切土による既設トンネルの変形挙動の実態と予測法.....	小島 芳之
PASSによる低土かぶり・未固結地山への挑戦.....	依田 淳一
北陸新幹線高丘トンネル南工区におけるPASS工法.....	芳賀 康司
	山本 昇
	岡村 光政
連続カーブベルコン(R=30m)を用いたTBM導坑の効率的な施工.....	藤田 俊樹
第二東名高速道路 清水第四トンネル	野田 雅夫
	秋好 賢治
	金 瑞夫
液状急結剤による吹付けコンクリートの粉じん低減対策.....	田島 功
国道361号 権兵衛トンネル	木全 俊雄
	宮内 國一
	合田 稔
ターミナル駅直下における大規模地下駅の建設.....	藤本 英己
みなとみらい線・東急東横線横浜地下駅	藤原寅士良
	新堀 敏彦
高速道路橋脚に超近接して大断面急曲線シールドを施工.....	黒住 光浩
東京都勝島ポンプ所連絡管渠工事	今 孝彦
	飯島 進
	秋本 猛

[連載講座]
山岳トンネルにおける工事用機械の選定(9)
.....「山岳トンネルにおける工事用機械の選定」連載講座小委員会
多様化するシールド掘進技術(5).....
桶川 宏司
桜井 秀明
福居 雅也

トンネルと地下 [通巻406号]

(無断転載を禁ず)

ISSN 0285-631X

Tonneru to Chika

平成16年5月20日 印刷

平成16年6月1日 発行

(毎月1日発行)

社団法人日本トンネル技術協会

会長 三谷 浩

〒104-0041 東京都中央区新富

2丁目14番7号(新光第一ビル)

電話 (03)3553-6174

FAX (03)3553-6145

http://www.soc.nii.ac.jp/jta

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

電話 (03)3267-2888

FAX (03)3267-2807

http://www.tunnel.ne.jp

編集・発行人 山本 育徳

印刷所 新協印刷株式会社

本誌の購読について

※購読ご希望の方は、書店または小社へ直接お申込みください。
※小社への申込みは振替用紙をご利用ください。その他適宜ご送金ください。

※お申込みの節は、誌名、購読期間、住所、氏名、所属などを明記のうえ、送金を添えてお申込みください。

購読料

1 冊 1,230円(送料108円)

(本体価格 1,171円)

1 半年 14,760円 送料共

※振替番号 00110-8-190072

※取引銀行

みずほ銀行飯田橋駅前支店

(普通)6011339

東京三菱銀行神楽坂支店

(普通)0836984

本誌広告のお申込み方法

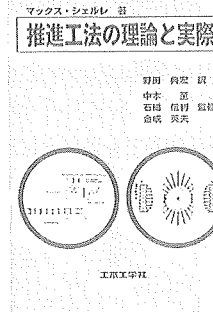
本誌への広告掲載は「トンネルと地下」営業部までご連絡ください。
電話 (03) 3267-2888

マックス・シェルレ 著

推進工法の理論と実際

野田典宏 訳 中本 至・石橋信利・金城英夫 監修

B5判 437頁 税込 8,925円 送料450円



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

〈主要目次〉

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

推薦のこぼ

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

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

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

中本 至・石橋信利・金城英夫

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

株式会社 土木工学社

〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16メイジャー神楽坂

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

《書籍申込書》

推進工法の理論と実際 冊 申し込みます

住所(〒 -)

事業所名

TEL

部課名

申込者



【好評発売中】

セグメントの新技术

監修 小泉 淳

B5判 132頁 税込 2,100円 送料 290円

いわゆるバブルがはじけたここ数年、コスト削減はすべてに優先する至上命題となっており、シールド工事もその例外ではない。シールド工事の直接費に占めるセグメント費の割合は約4割程度と言われているが、シールド工事費の削減のためにはセグメントの製造コストの削減は避けて通ることのできない課題の一つとなってきている。

このような状況を受けてここ10年ほどの間に、急激にいろいろなセグメントが提案され実用化された。

これらのセグメントのうちにはよく似たものも多く、名称もバラエティに富み、その特徴や適用範囲などが明確でないため混乱が起きている例もある。

このため「トンネルと地下」の編集委員会では過去10年間に開発され、実用化されたセグメントを中心に開発中のものも含めてアンケート調査を実施し、また、土木学会の年次学術講演会における発表状況も参考にして34件のセグメントを抽出し、「セグメントの新技术」の連載講座を設けてこれらのセグメントを順次紹介した。セグメントの名称、特徴、開発目的、適用範囲などは同じフォーマットで掲載され、また、最終回では、そこで紹介されたセグメントを整理分類し、新しいセグメントの開発の動向や今後の展望を総括した。

本書はこの連載講座をもとに新たに「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。

〈セグメントの新技术〉

- | | |
|-------------------------|-----------------------|
| 1. 薄型化・高強度セグメント | 18. シンプロセグメント |
| 2. サンドイッチ型合成セグメント | 19. WBセグメント |
| 3. 矩形トンネル用合成セグメント | 20. リングロックセグメント |
| 4. NMセグメント | 21. KLセグメント |
| 5. 二次覆工省略型ダクティルセグメント | 22. コーンコネクターセグメント |
| 6. リングシールド工法用セグメント | 23. FRP-Key継手 |
| 7. コンクリート中詰め鋼製セグメント | 24. ほぞ付きセグメント |
| 8. DNAシールド | 25. HOTセグメント |
| 9. ガイドロックセグメント | 26. インサート継手(その1:アーチ形) |
| 10. ウイングセグメント | 27. インサート継手(その2:NF型) |
| 11. ハニカムセグメント | 28. CPIセグメント |
| 12. CONEX-SYSTEM | 29. PPCセグメント |
| 13. スパイラルセグメント | 30. FBRセグメント |
| 14. コッター・クイックジョイントセグメント | 31. NRTセグメント |
| 15. ワンパスセグメント | 32. タイドアーチセグメント |
| 16. ASセグメント | 33. 遠心力締固めRCセグメント |
| 17. マルチブレード式継手セグメント | 34. 高流動コンクリートセグメント |



株式会社 土木工学社

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

-----きり-----と-----り-----線-----

《ご注文票》

セグメントの新技术 _____ 冊 申込みます。

所在地 〒()

事業所名 _____

部 課 名 _____

申込者名 _____

①

現在から未来への地球環境を見つめる土木専門図書

トンネル工学

シールドトンネルの新技术

シールドトンネルの新技术研究会編
B5判 285頁 税込4,893円(〒340円)

セグメントの新技术

監修 小泉 淳
B5判 132頁 税込2,100円(〒290円)

推進工法の理論と実際

野田典宏 訳 中本至・石橋信利・金城英夫 監修
B5判 437頁 税込8,925円(〒450円)

山岳トンネルの新技术

ジェオフロント研究会編
B5判 500頁 税込15,301円(〒450円)

わかりやすいトンネル力学

福島啓一 著
B5判 286頁 税込6,116円(〒340円)

わかりやすいトンネル技術入門

〈都市トンネル編〉
橋本定雄・松本崇義・松本正敏 共著
A5判 204頁 税込2,940円(〒290円)

トンネル工事の衛生と環境保全

臼谷三郎・橋本康孝・友田 孝 共著
A5判 211頁 税込3,360円(〒340円)

岩盤工学・地質工学

地下水の科学 I~III (全3巻)

P.A.ドミニコ・F.W.シュワルツ 共著
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
B5判 235頁 税込4,281円(〒340円)
第II巻 地下水環境学
B5判 252頁 税込4,485円(〒340円)
第III巻 地下水と地質
B5判 197頁 税込3,873円(〒340円)

岩盤地下空洞の設計と施工

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

ブロック理論と岩盤工学への応用

R.E.グッドマン・G.H.シー 共著
吉中龍之進・大西有三 共訳
A5判 360頁 税込5,097円(〒340円)

岩盤の計測と解析

鈴木 光 著
A5判 244頁 税込4,410円(〒340円)

建設工事の保安地質学【改訂版】

石井康夫 著
A5判 474頁 税込6,300円(〒340円)

建設工事の地質診断と処方

石井康夫・矢嶋壯吉 共著
A5判 324頁 税込4,515円(〒340円)

わかりやすい土质地質学入門

池田和彦・大島洋志 共著
A5判 224頁 税込1,995円(〒290円)

わかりやすい土质地質学

大島洋志 監修
B5判 209頁 税込2,625円(〒340円)

地質工学概論

菊地宏吉 著
B5判 276頁 税込4,994円(〒340円)

土木一般・その他

海洋資源開発

福田善紀 著
A5判 247頁 税込3,570円(〒340円)

ジオテクスタイル設計マニュアル

T.A.Jaliburton・D.Lawmaker・V.C.McGuffey 共著
田中 茂・山岡一三・廣田泰久 共著
A5判 405頁 税込8,400円(〒340円)

続 きみの庭にも温泉が出る

石井康夫・俣野恭寛 共著
新書判 220頁 税込1,260円(〒210円)

きみも金鉱を発見できる

石井康夫 著
新書判 200頁 税込1,029円(〒210円)

※FAXでのお申込みは03-3267-2807

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

TAIKU



CL301E型 カッタローダ

強力な掘削
最大掘削高さ6.6m

特長

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

トンネル掘進機の本命・カッタローダ

山岳土木の豊富な実績を基に、なお開発に挑戦します。

RL型タフローダ



RL10

油圧式ズリ積機

アタッチメントとして
カッタヘッド
油圧ブレーカ搭載可能

型式	RL10	RL5
適用ズリ取断面	7~30m ²	4~14m ²
油圧パワーバック	45kW	31kW
ベルトコンベヤ能力	150m ³ /H	70m ³ /H
重量	12.6トン	9.2トン

製造・販売・レンタル 株式会社 **タイクウ**

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

新発売

コンパクトで大出力
坑内ダンプの革命児!!

Kawasaki

KUT300

輸送重量27t・3軸4輪駆動



コンパクト

大出力

クリーン

安全

- クラス最小の車体寸法
 - ・全長7940mm
 - クラス最小の回転半径
 - ・5.850mm (後輪軸リフトアップ時)
- クラス最大級のエンジン出力
 - ・212kW/2300min⁻¹
- 万全の環境対応
 - ・第2次排ガス基準クリア
 - ・セラミック製黒煙浄化装置 (オプション)
- 安全性
 - ・4段階調整式リタータ
 - ・後方カメラモニター

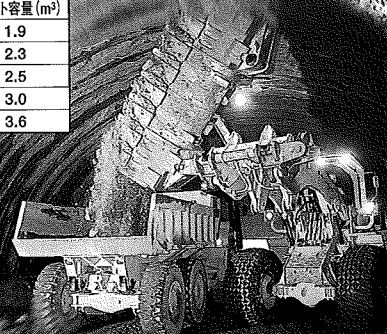
ずり積込機も運搬機もカワサキにお任せ下さい

両サイドダンプ

モデル名	バケット容量(m ³)
70ZA-2	1.9
80ZA-2	2.3
85ZA-2	2.5
90ZA-2	3.0
97ZV	3.6

ロードホールダンプ

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



SIDE DUMP

LOAD HAUL DUMP



ONE FOCUS
Complete Solution

Kawasakiは一人一人のお客様を大切にします

川崎重工業株式会社

建設機械ビジネスセンター

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