トンネルと地下　平成17年12月1日発行第36巻第12号　昭和45年11月18日第3種郵便物認可
出版元　株式会社土木工学社　東京都新宿区岩戸町16番地メイジャー神楽坂

三菱重工



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。

三菱重工業株式会社　本社　地中建機事業ユニット　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　地中建機事業ユニット　営業課　神戸市兵庫区和田崎町1-1-1 〒652-8585　TEL078(672)2876

定価 1,575円
本体価格1,500円
雑誌06619-12
4910066191252
01500

昭和45年11月18日第3種郵便物認可　平成17年12月1日発行（毎月1回1日発行）　第36巻第12号　通巻424号　ISSN 0285-631X

トンネルと地下 12

vol. 36
no. 12
2005

地すべり地帯の国道直下を土かぶり3mで掘削
開放型矩形シールドによるバリアフリー施設の整備
超高強度プレキャストパネルを用いて有効断面を確保
下水道普及困難地域解消のための旧江戸川横断シールド
ファイバーコンクリート用の再生PET繊維の開発と適用例

日本トンネル技術協会誌



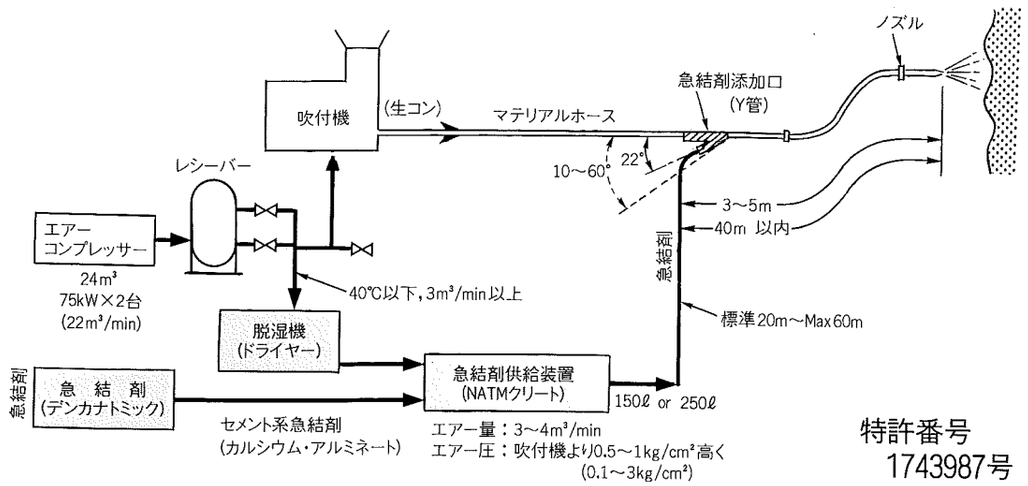
世界に誇る日本のNATMトンネル

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、剝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) 有振動	かさ比重(標準) 無振動	真比重(標準)	標準使用量(×C%)	主成分	性能および主な用途
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機能混和剤
- デンカ サブショット…小断面トンネル（TBM）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…地盤注入およびフォアパイリング定着材
- 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 100R…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

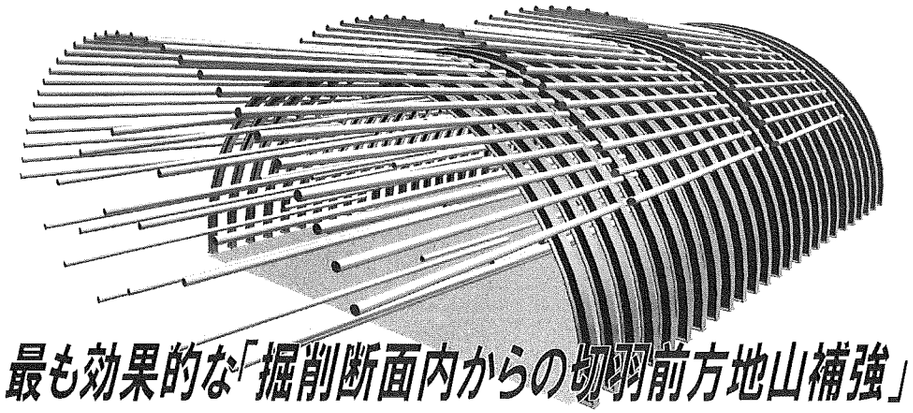
本社●特殊混合材事業部
東京都中央区日本橋室町2-1-1 〒103-8338
電話 03-5290-5558

全方位 GFRP 管長尺補強システム

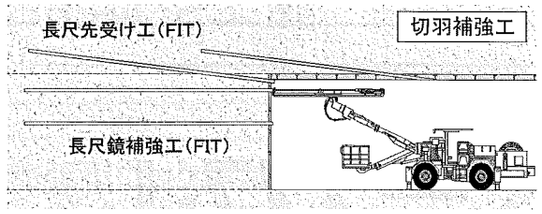
NETIS登録
（No. CB-030065）
施工実績 150 件以上

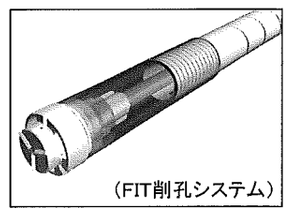
FIT 工法

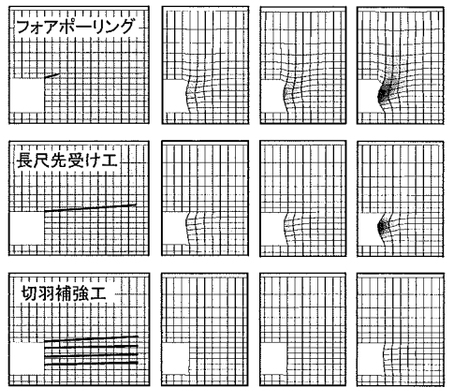
FRP INJECTION TUBE

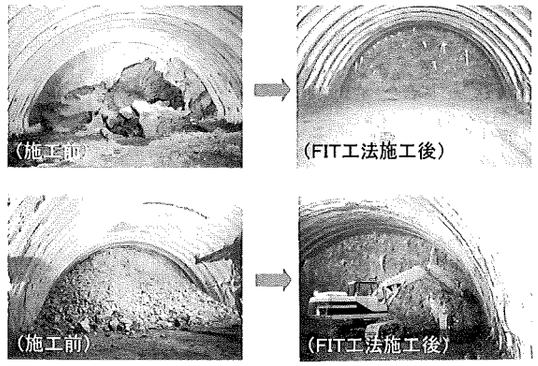


最も効果的な「掘削断面内からの切羽前方地山補強」









（数値解析による切羽補強効果の検証例）

KFC 株式会社 ケー・エフ・シー

東京土木営業部	TEL(03) 3798-8511	FAX(03) 3798-8516
大阪土木営業部	TEL(06) 6363-1884	FAX(06) 6313-0755
名古屋支店	TEL(052) 223-1050	FAX(052) 223-1059
札幌支店	TEL(011) 751-4681	FAX(011) 751-4682

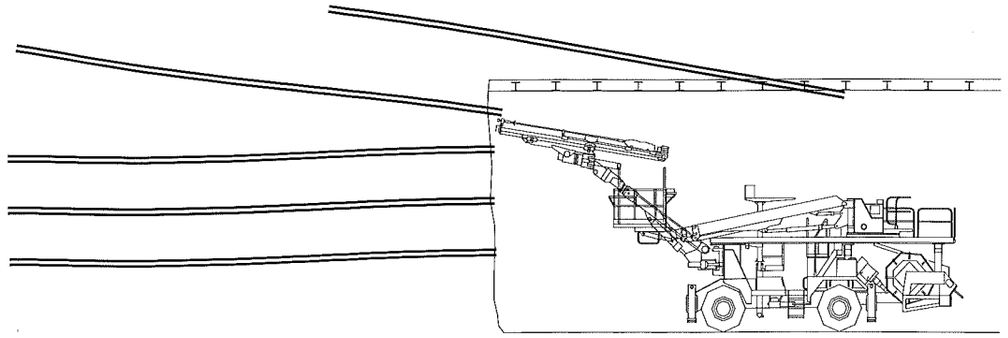
ホームページ http://www.kfc-net.co.jp/

KATECS

全方位切羽補強工法

パノラマ工法

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



アルカリフリー型液体急結剤

AFK－777J

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

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



「ヨロケ」とは昔 鉱山で呼ばれたじん肺のことです

KATECS

発泡型シリカレジン

SR－L

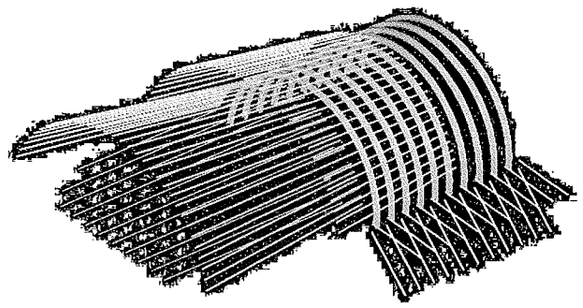
SR－Lは、シリカレジンをベースとして従来のセメント系や無機系定着材の欠点を克服し、パノラマ工法の定着材として開発された発泡タイプの定着材です。
砂層、粘土層及び亀裂の多い崩壊性岩盤や破砕帯に注入することにより、高強度の複合シリカレジンを形成し芯材を確実に地山に定着させ、さらに発泡性能によって亀裂に充填されることにより芯材周囲の地山を改良できます。

注入式長尺先受工法

AGF工法
AGF－P工法
AGF－S工法

小口径長尺先受工法

Small-P工法



鋼管膨張型ロックボルト

タイムリーアンカー

無機系注入材

シリカセーフ

KATECS
株式会社 カテックス 建設資材事業部
http://www.katecs.co.jp/

本　　社　〒460-8331　名古屋市中区上前津1丁目3番3号
技術営業部　TEL 052-331-8821　FAX 052-332-0164

中部営業部　〒460-8331　名古屋市中区上前津1丁目3番3号　TEL 052-331-8821　FAX 052-332-0164
東京支店　〒112-0014　東京都文京区関口1丁目15番3号　TEL 03-3260-8321　FAX 03-3266-1648
関西営業所　〒550-0015　大阪市西区南堀江4丁目1番18号　TEL 06-6578-3235　FAX 06-6578-3237
広島事務所　〒735-0022　広島県安芸郡府中町大通1-2-13　TEL 082-285-6601　FAX 082-285-6651
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　㈱エイチ・アール・オー　TEL 011-821-5868　FAX 011-821-6644

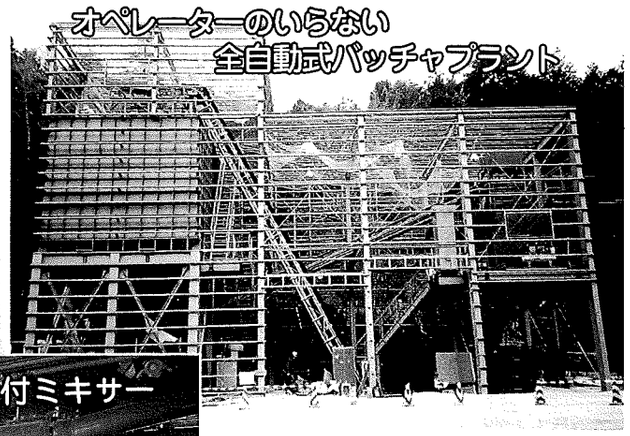
高品質・SEC・高強度対応型　吹付プラント

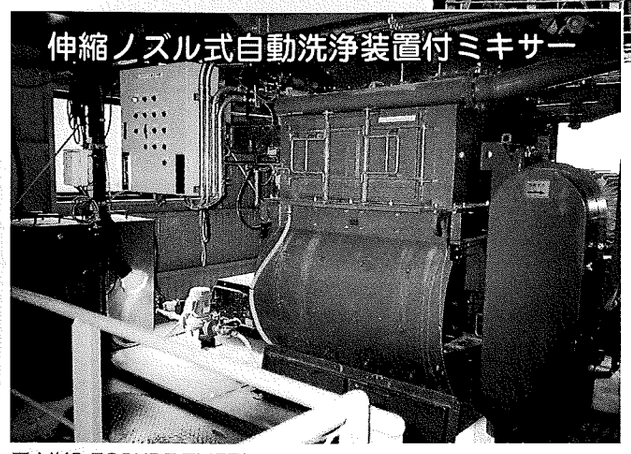
全自動式 バッチャプラント

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。





■ MKS-500KBE-TME型

長工期
トンネルに適し
人件費の
大幅削減！

ミキサー洗浄水
トラミキ洗浄水
リサイクル

■ 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・重タンプ用・40ton通過）

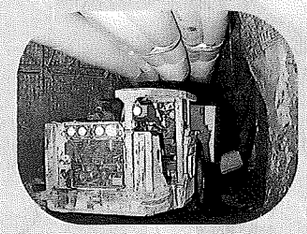
名岐機器株式会社

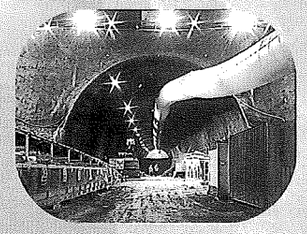
本　　社　岐阜県養老郡養老町有尾600-100
〒503-1227　TEL（0584）35-3735㈹
FAX（0584）35-3736

本巣工場　岐阜県本巣市神海
〒503-1235　TEL（0581）32-5066
FAX（0581）32-5565

ABC
VENTILATION SYSTEMS

●ファスナー式風管　●ツインダクト風管
●スパイラル風管　●帯電防止型風管



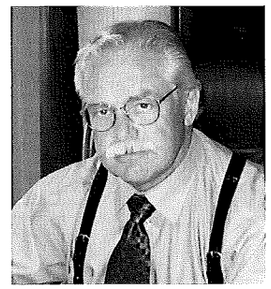


親愛なる日本の皆様

ABCカナダは，1968年の設立以来，トンネル掘削・鉱山用高品質換気システム開発に常に斬新な改革を続けてまいり，現在ではそれらの多くの現場において世界で最も優れた風管メーカーとしての地位を得ております．

ABCカナダの最も重要な使命は，風管メーカーとして如何にお客様の要望に応え，如何にお客様に満足を与えることが出来るか常に努力を続けることであり，それがお客様の幸せに貢献できるものと信じております．そのためにABCカナダはいち早くISO9001をクリアし，品質管理面においても常にお客様の満足度を満たすために努力をしております．

37年間の悲願としてこのたび日本のマーケットに参入できることはABCカナダにとり大きな喜びであり，日本国内総代理店である東友エンジニアリングと共に日本のお客様に十分満足していただける商品とサービスをお届けしていきたい所存です．



Darryl C. Yausie
President
ABC Ventilation Systems

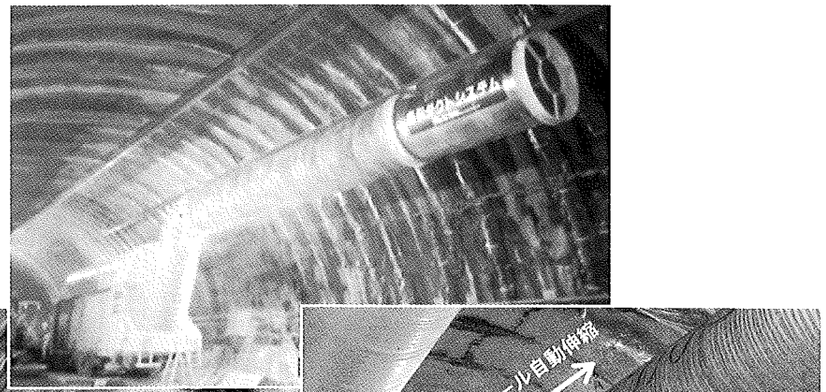
総代理店　東友エンジニアリング株式会社　代表取締役社長　泉　俊憲

〒102-0073　東京都千代田区九段北３丁目２番地５号　東伸24九段ビル８階
TEL 03-3234-8901　FAX 03-3234-8900

TOYU GROUP　株式会社トーユーエコサポート　TEL 03-5226-5971　FAX 03-5226-5974
（取り扱い商品：防音システム）
トーユーサービス株式会社石岡工場　TEL 0299-27-6211　FAX 0299-27-6233

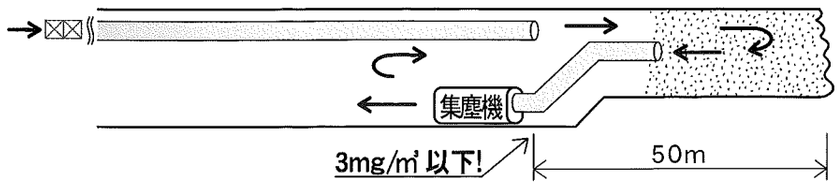
吸引ダクトシステム

ガイドラインをクリア(※)0.5mg/m³達成!!



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

- 発生源粉塵対策の決定版。
- ダクトはもちろん、吊下げレールも無線リモコンで楽々前進。
- 掘削工法や作業サイクルに適応。操作にお手間をとらせません。
- 最低限の切羽送気量と後方の高い清浄空間の確保で換気コストとランニングコストの大幅なコストダウンに。
- 適応外径はΦ600～Φ1800、負圧－2kpa、収縮率1/5、100m以上もレンタルで対応可。

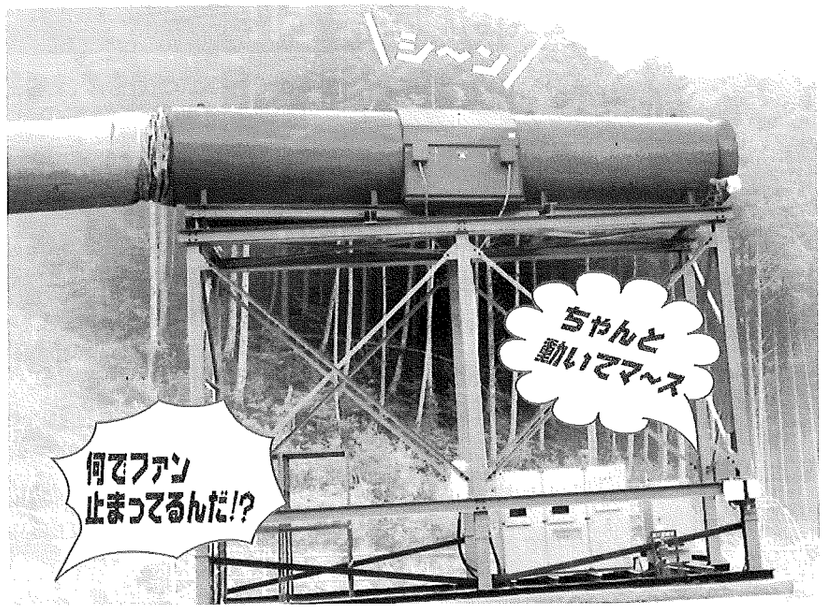


宇宙・原子力・環境など開発部門の人材を募集しています

株式会社流機エンジニアリング
本　社／〒108-0073 東京都港区三田 3-4-2 プロフィットリンク聖坂
TEL：03 (3452) 7400 (代) FAX：03 (3452) 5370
つくば／〒308-0114 茨城県筑西市花田84-6
URL：http://www.ryuki.com E-mail：eigyobu@ryuki.com リースセンター TEL：0296 (37) 7680 (代) FAX：0296 (37) 7681

超低騒音・二軸反転ファン エアロ★MAX

耳をすまして下さい！●●サ・ア・～これ、ファンの音なんです。



今時、静かなのは当たり前!!

シールド、都市NATMなどの都市環境や
大断面長大トンネルの施工環境に対応する換気ファンを400台以上保有。
必要なとき、必要な容量の設備を提供します。

超低騒音：**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。
ｺﾝｻﾙﾃｨﾝｸﾞ：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。

宇宙・原子力・環境など開発部門の人材を募集しています

株式会社流機エンジニアリング
本　社／〒108-0073 東京都港区三田 3-4-2 プロフィットリンク聖坂
TEL：03 (3452) 7400 (代) FAX：03 (3452) 5370
つくば／〒308-0114 茨城県筑西市花田84-6
URL：http://www.ryuki.com E-mail：eigyobu@ryuki.com リースセンター TEL：0296 (37) 7680 (代) FAX：0296 (37) 7681

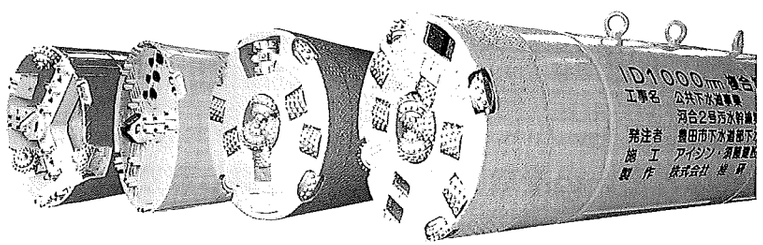
岩盤推進を創めて20年

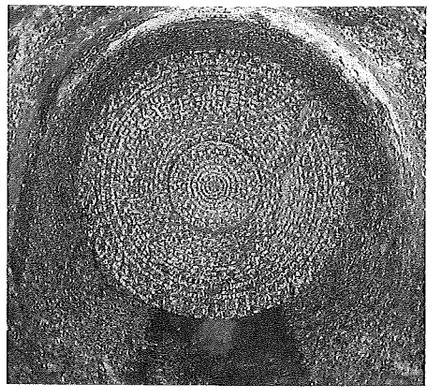
軟弱土から硬岩まで!!

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 堆研

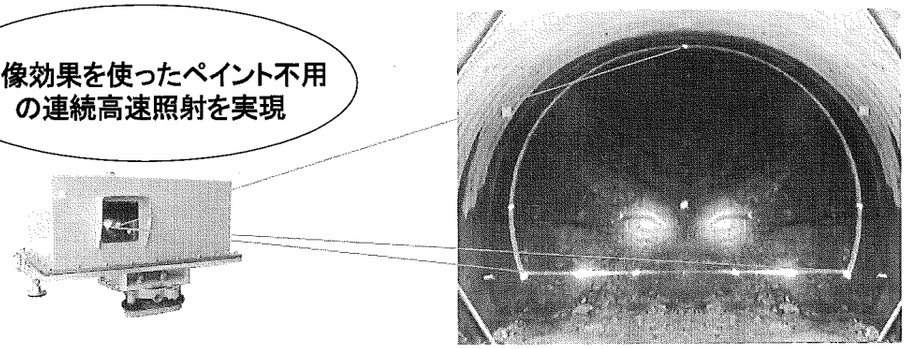
本　社 〒547-0002 大阪市平野区加美東4-3-48
TEL 06-4303-6026
FAX 06-4303-6029

研究所 〒569-1044 大阪府高槻市上土室3-29-7
TEL 0726-94-6164
FAX 0726-92-0186

レーザーマーキングシステム

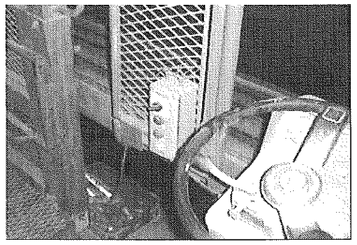
国内、海外特許取得済み

残像効果を使ったペイント不用
の連続高速照射を実現



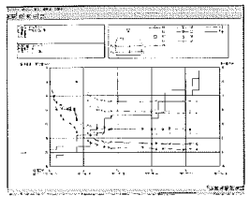
現場環境に耐え得る
頑強なコントローラー



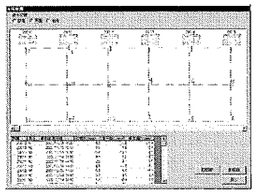


ジャンボに
取付けて使用可
AC200V対応

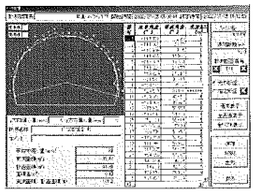
各種トンネル計測関連ソフトも標準装備。もちろんネットワークにも対応。



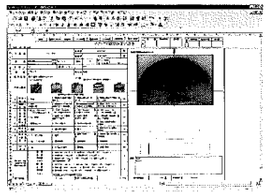
A計測データ処理



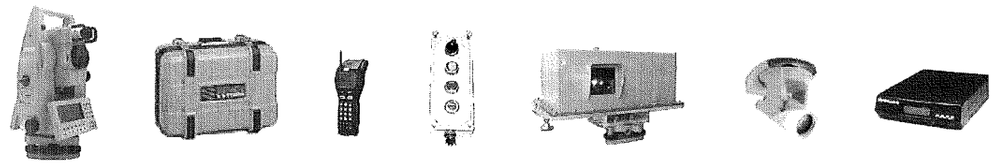
支保工立込精度、変形量



内空、巻厚検査



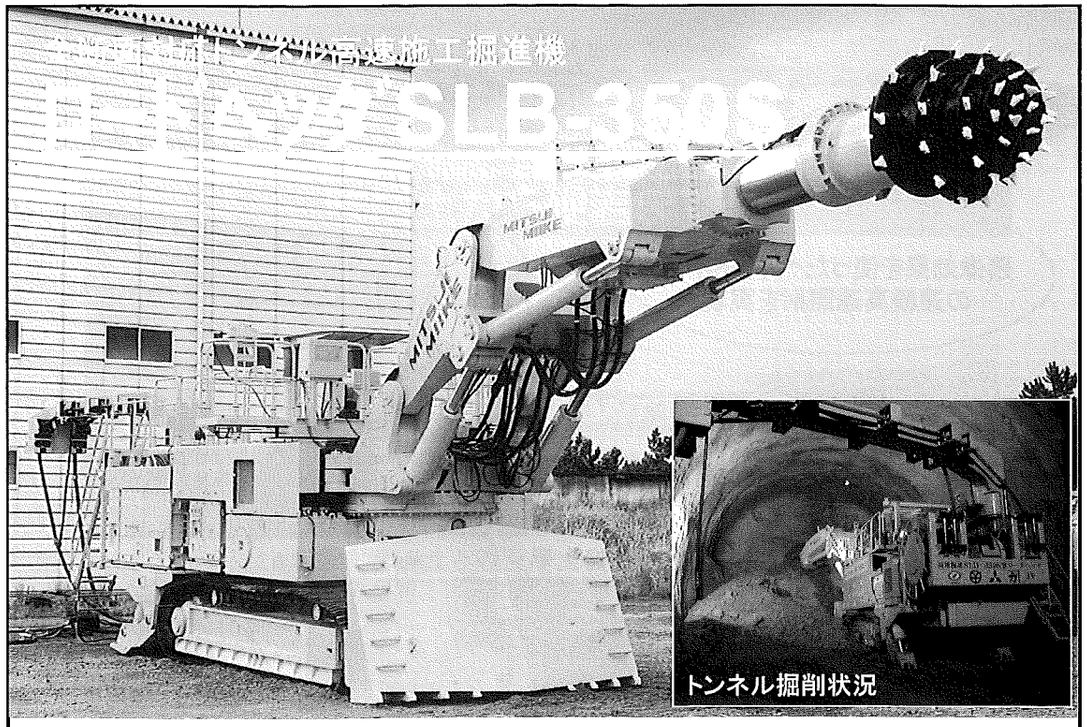
切羽観察、etc



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 千葉県市川市曽谷8−16−3
TEL (047) 371-3191　FAX (047) 371-3190

〔販売元〕
古河ロックドリル株式会社
伊藤忠建機株式会社
株式会社レント



大断面トンネル高速施工掘進機
自走式 SLB-350S

大断面トンネルの高速施工を目指して

特　徴

- 国内最大の３５０ｋＷ-４／６Ｐ定出力型２速切換式電動機を搭載しており、軟岩トンネルはもとより、中硬岩トンネルにおいても充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。
- ディーゼルエンジンの搭載[※1,2]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。

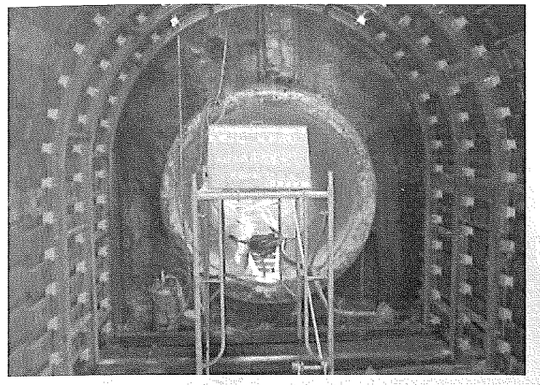


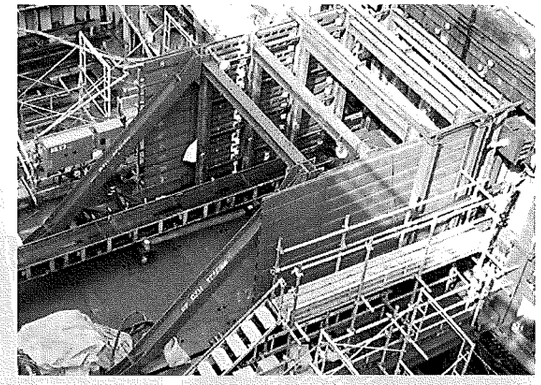
※1 ディーゼルエンジンはオプション仕様となります。
※2 掻寄・コンベヤ仕様の場合、ディーゼルエンジンは搭載されません。

製造元 販売元 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.mitsuimiike.co.jp E-mail koken@mail.mitsuimiike.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

アーストンネル掘削工法に最適
SS-メッセル工法





30年の実績（工法指導致します）

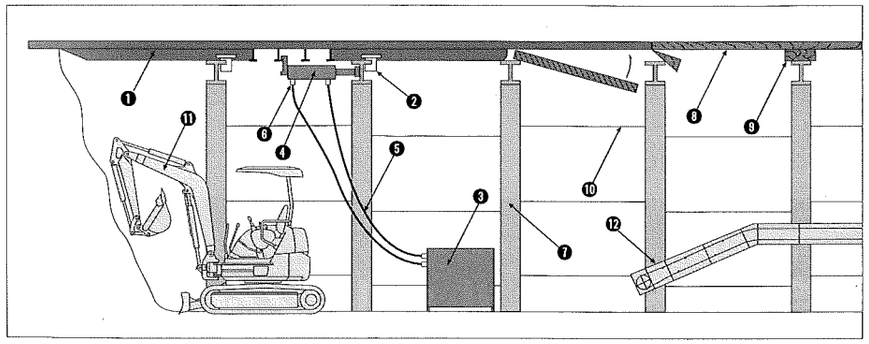
特徴

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

実績

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

SS-メッセル工法概略図



❶SS-メッセルプレート
❷スタビライザ
❸油圧ユニット
❹油圧ジャッキ
❺油圧ホース
❻油圧手許切換装置
❼支保工
❽木矢板
❾木製キャンバー
❿径間パイプ、タイロットボルト
⓫バックホウ
⓬ベルトコンベア

SIETECH 株式会社 シーテック
URL http://www16.ocn.ne.jp/~sietech/

〒102-0072 東京都千代田区飯田橋4丁目4番5号 TEL.(03)3263-7457(代) FAX.(03)3262-0915

Tonneru no Rental

安全と効率を追求

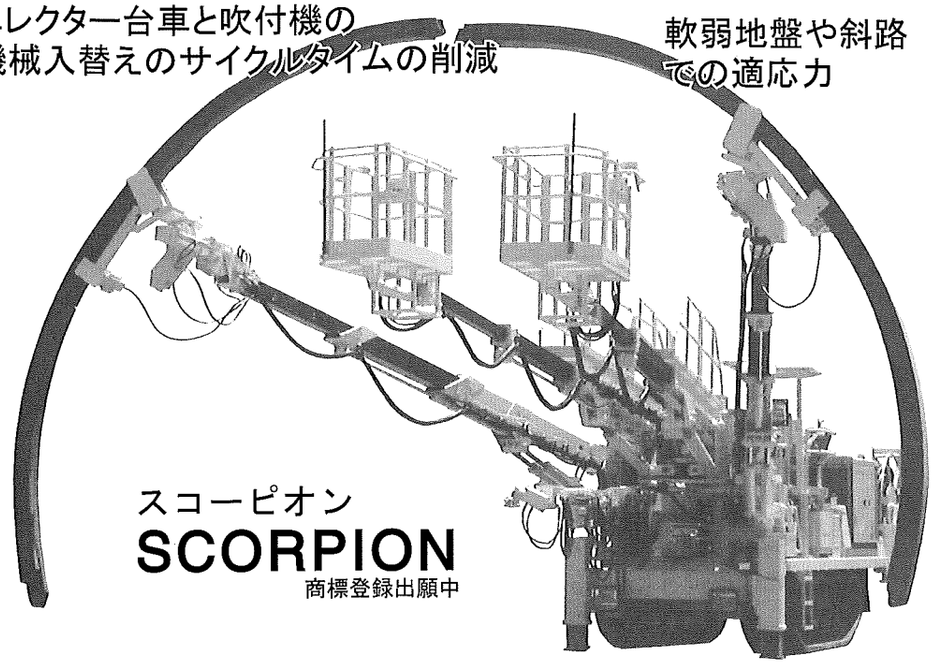
特許出願済

ゴムクローラ式エレクター

Scorpion

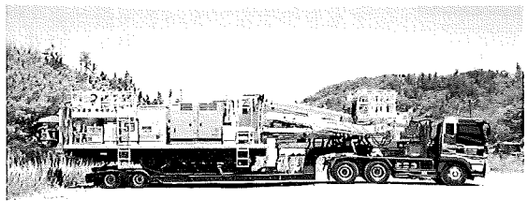
エレクター台車と吹付機の
機械入替えのサイクルタイムの削減

軟弱地盤や斜路
での適応力



スコーピオン
SCORPION
商標登録出願中

■仕　様
新型吹付機　AL−２８６
新型吹付ロボット
コンプレッサー　２台
急結剤補給装置



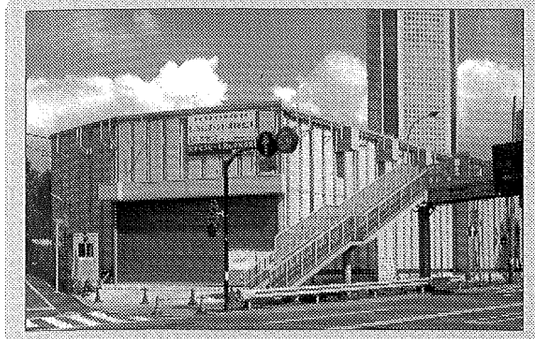
●現場への輸送に解体・分離不要

小断面用、中断面用各吹付機のオリジナル・ラインナップ所有

株式会社 トンネルのレンタル

〒389-0514 長野県東御市加沢字大谷地２８６−１
TEL 0268(62)1426　FAX 0268(62)1999
URL: http://www.tonneru-rental.co.jp/
E-mail: tonneru-rental@luck.ocn.ne.jp

大丸の防音システム

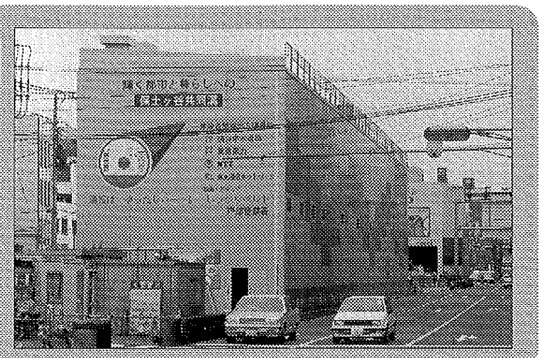


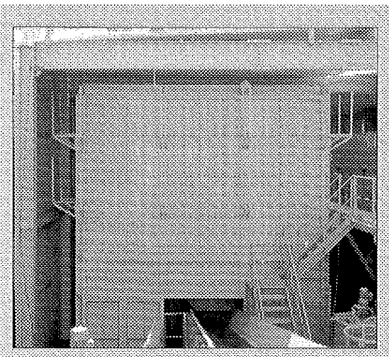
サイレントハウス(Bタイプ)

- 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

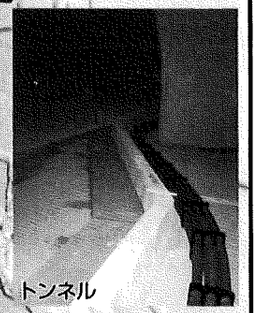
http://www.daimaru-bouon.co.jp
本　社　〒104-0043 東京都中央区湊2-4-1　TOMAC ビル2F
TEL. 03-3537-6700（代表）　FAX. 03-3537-6701
営業所　〒564-0062 大阪府吹田市垂水町3-28-16 オーベクスビル
TEL. 06-6821-6151　FAX. 06-6821-6477

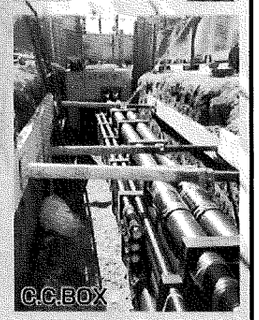
電力・通信ケーブル用多条保護管

カナパイプPV型

Kanaflex
ISO9001
認証取得

トンネル内埋設工事を省力化・効率化


トンネル


C.C.BOX

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(定尺5m)
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

自削孔 NTロックボルト PAT.P

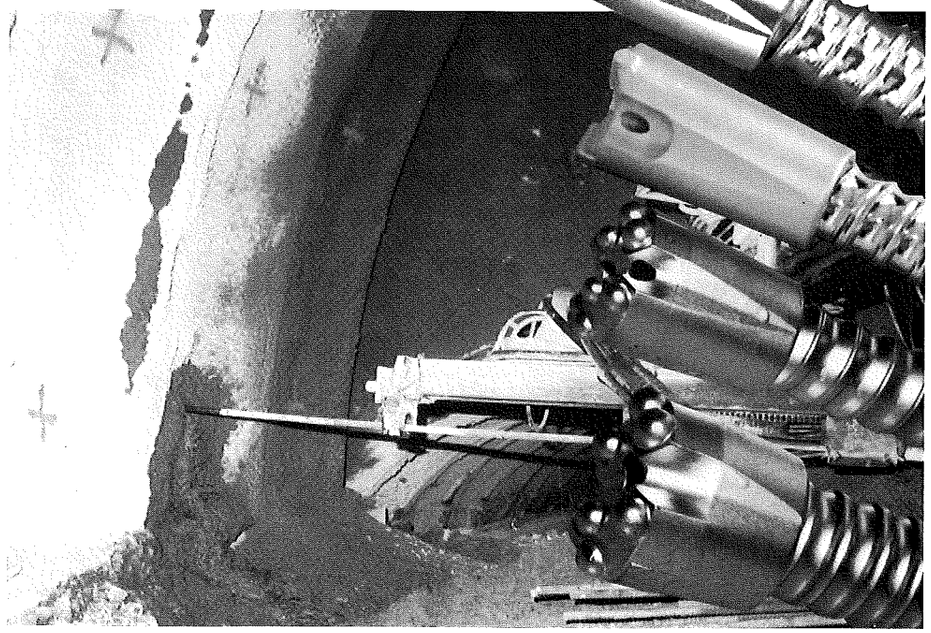
特　徴

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。
全長左ネジで、カップリングで接続でき、長尺ボルトの打設が可能。

多様化：適応地山、使用目的に適応した4種類のロックボルトと各種ビットがある。



NTロックボルト本体仕様

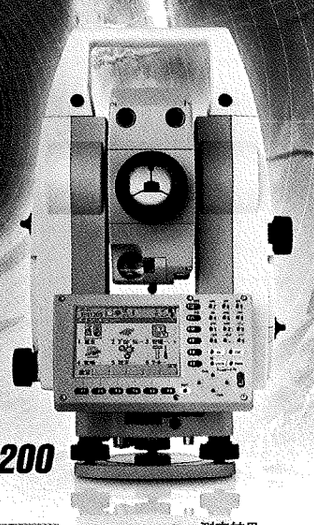
種　類	RB－30	RR－32	RA－40	FP－73
材質及び形状	特殊鋼、台形ネジ	特殊鋼、ロープネジ	特殊鋼、台形ネジ	特殊鋼、台形ネジ
寸　法	28.5D＊11d(P13.0)	31.0D＊16d(P12.7)	39.6D＊18d(P13.0)	72.0D＊54d(P8.0)
重　量	3.5kg	3.5kg	6.6kg	12.5kg
耐　力	≧19tf	≧19tf	≧35tf	≧60tf
破断荷重	≧25tf	≧25tf	≧50tf	≧80tf

製造元　**日東鐵工株式会社**

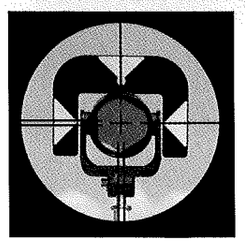
本　社　〒142-0043 東京都品川区二葉4－1－20 MC中延ビル
TEL　03－5702－0161(代表)
FAX　03－5702－0165
中国営業所　〒700-0824 岡山県岡山市内山下1-5-11 YAF内山下ビル
TEL　086－234－4800
FAX　086－234－4000
相模原工場　〒229-1112 神奈川県相模原市宮下1－1－38
TEL　042－773－4111(代表)
FAX　042－774－0939

トンネル測量システム

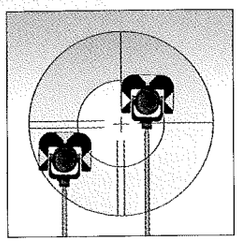
トンネル計測者の声を聞き、さらに進化。
ライカTPS1200シリーズついに登場。



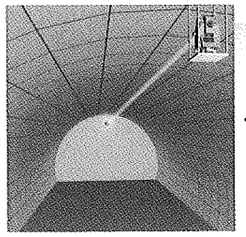
TCRA1200



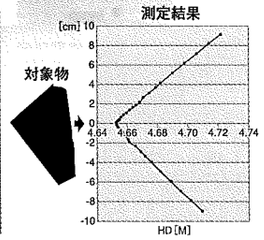
精度が向上した自動視準
プリズムの観測回数を上げると共に、CCDカメラの解像度を細かくすることで自動視準の内部処理スピードや精度が向上。



自動視準視野が変更可能
制御コマンドを使用して視野を1/3にすることにより、プリズムが近くに並んだ状態でも測定可能。



ノンプリズムの距離延長
新特許技術PinPointR300によりノンプリズム測距範囲500m㎡まで可能。これにより、器械のターニング回数が減少。※対象物反射率90%のとき



ノンプリズム精度の向上
PinPointR300ノンプリズム測定なら、測定対象物の正確なデータ取得が可能。

ライカ ジオシステムズ株式会社
http://www.leica-geosystems.co.jp

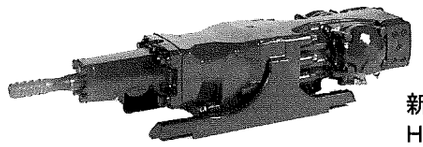
本社	〒113-6591	東京都文京区本駒込2-28-8 文京グリーンコート	Tel.03-5940-3020 Fax.03-5940-3056
テクニカルセンター	〒113-6591	東京都文京区本駒込2-28-8 文京グリーンコートB1F	Tel.03-5940-3035 Fax.03-5940-3059
大阪支店	〒540-6131	大阪市中央区 城見2-1-61 Twin21 MIDタワー31F	Tel.06-6910-3871 Fax.06-6910-5733
福岡営業所	〒812-0016	福岡市博多区博多駅南1-3-6 第三博多偕成ビル6F	Tel.092-432-8201 Fax.092-432-8221
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	Tel.011-669-1101 Fax.011-669-1102

Leica Geosystems

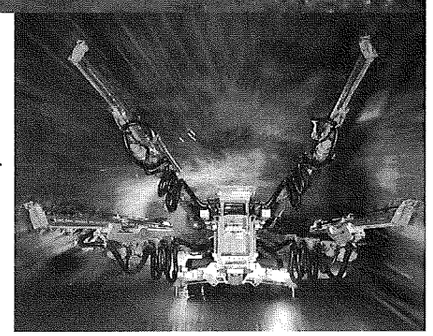
TOYO SANDVIK

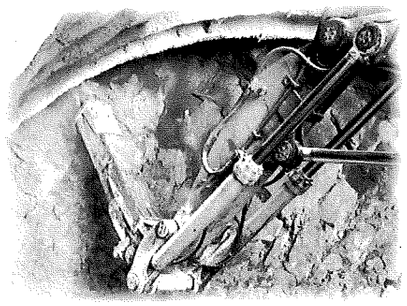


サンドビックトーヨーは、高速さく孔と
作業環境改善の実現をお約束します



新型高性能ドリフター
HLX5





TOYO EJC Rammer
TAMROCK TORO

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

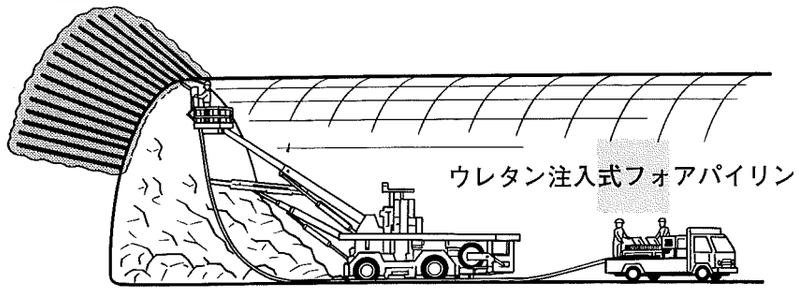
Tel: 045-478-0660 Fax: 045-478-0661
URL: http://www.SMC.sandvik.com

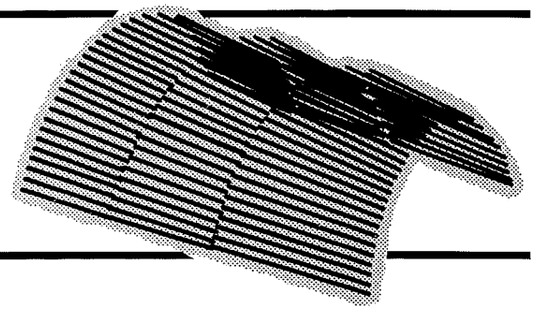
BRIDGESTONE

厳しい条件下の施工に
迅速な対応・信頼の
ブランド

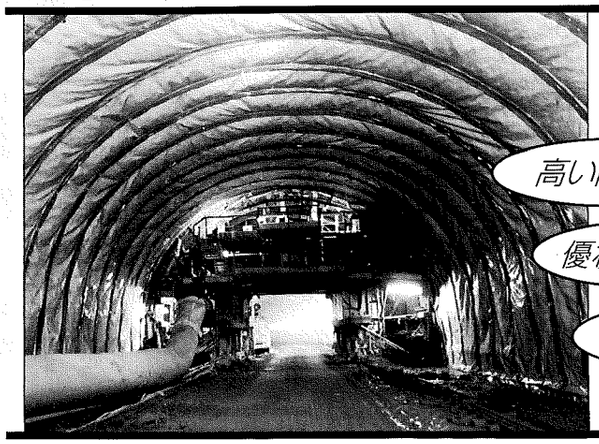
ブリヂストンのトンネル資材

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





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
東京都中央区八重洲1丁目6番6号 〒103-0028
電話　東京(03)5202-6870

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！！



三菱マテリアル

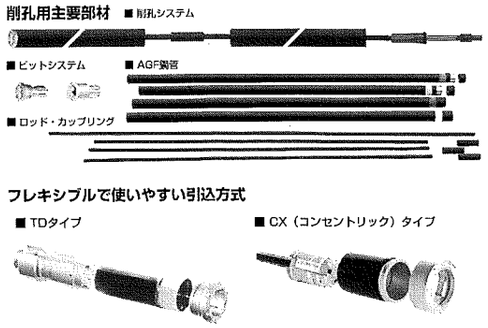
東京支店 ☎03-5819-5263　岐阜駐在 ☎0584-27-5082
大阪支社 ☎06-6355-1053　海外グループ ☎0584-27-5011
九州営業所 ☎092-573-7372

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。

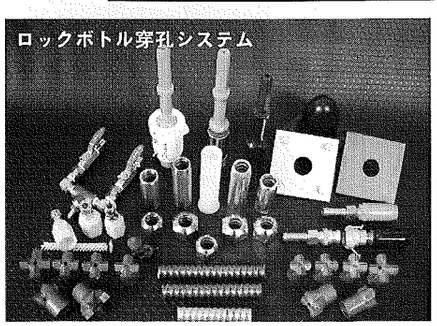


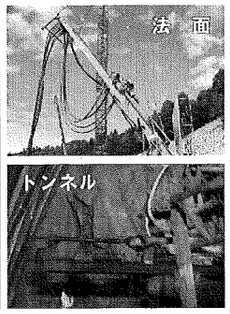


▼ タフボルト（自穿孔ロックボルト）

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～φ65㎜と広く準備されています。

品　名	外径㎜	断面積㎟	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 Tube Forming & Technological 株式会社 **ティーエフティー**
〒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

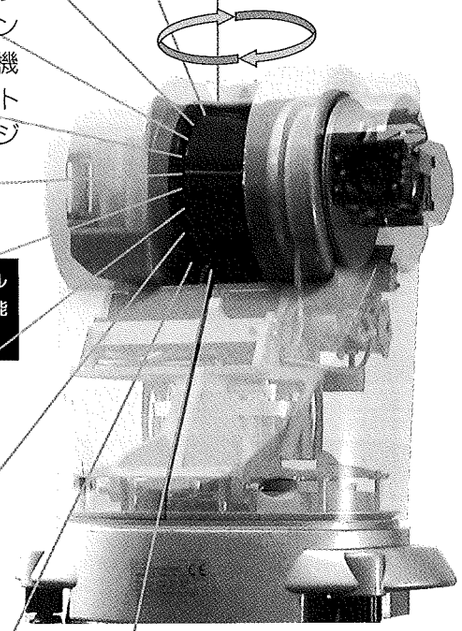
Callidus™ レーザースキャナー

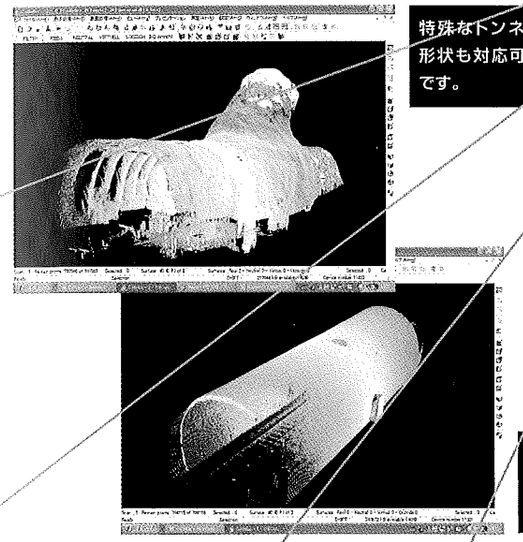
3次元トンネル断面計測機

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

(1) 直径約8mのトンネルの場合

全周360°を10分でスキャン



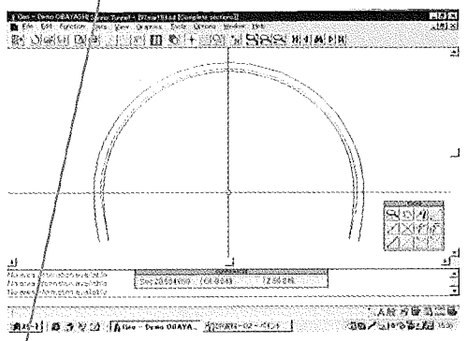


特殊なトンネル形状も対応可能です。

単独スキャンを合成し、トンネル全体を簡単に3次元表示できます。

データ解析および製図「GEOWIN」

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



■ 販売・レンタル **株式会社ソーキ**
〒550-0025 大阪市西区九条南4-2-4
TEL : 06-6586-1707 FAX : 06-6586-1277
URL : http://www.sooki.co.jp/

■ 製造元 **トリンブルジャパン株式会社**
〒135-0007 東京都江東区新大橋1-8-2
新大橋リバーサイドビル101
TEL : 03-5638-5022 FAX : 03-5638-5016

新製品

CyberWorksシリーズ **PictureMAGIC**

自動デジタルカメラ搭載型測量機と最新3Dステレオ処理による高精度空間測量システム



3Dカメラスキャナー
自動測量、自動撮影
遠隔リモートコントロール
軽量ポータブル

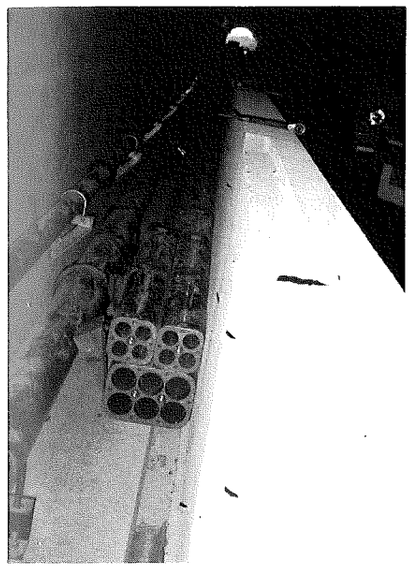
株式会社演算工房　本社　〒604-0847 京都市中京区烏丸通押小路上る 日土地京都ビル4階　TEL075-213-7200 FAX075-213-7201

http://www.enzan-k.com/　enzan　enzan

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〕

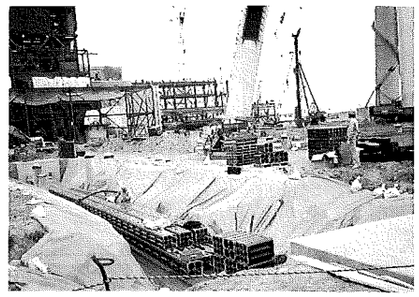
地下ケーブルの保護に
杉江の多孔陶管

セラダクト

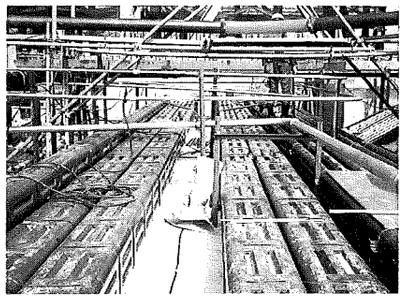
燃えない　錆びない　壊れない

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㈱〕



▲ 広野火力発電所〔東京電力㈱〕

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。

sugie 杉江製陶株式会社

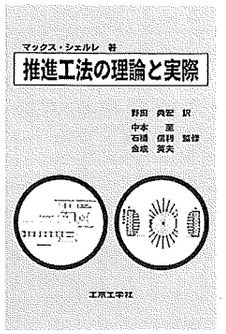
本社・工場　愛知県知多郡武豊町字上山1－76　〒470-2387　☎(0569) 35-2360(代)　FAX (0569) 35-4087
東京支店　東京都渋谷区恵比寿1－21－8　〒150-0013　☎(03) 3442-6181(代)　FAX (03) 3442-1691
大阪支店　大阪市都島区御幸町1－3－1　〒534-0012　☎(06) 6922-6991(代)　FAX (06) 6922-2498
札幌連絡所　札幌市北区新川2条10丁目575-28　〒001-0922　☎(011) 763-8907(代)　FAX (011) 763-8790

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 Rohrvorieb」の翻訳本である．挿図を多く用い推進工法の理論をわかりやすく解説している．研究・開発，計画・設計，あるいは，施工に携わる多くの実務者に最適．

〈主 要 目 次〉

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

推薦のことば

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

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

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

中本　至・石橋信利・金成英夫

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 工木工学社

〒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　　㊞

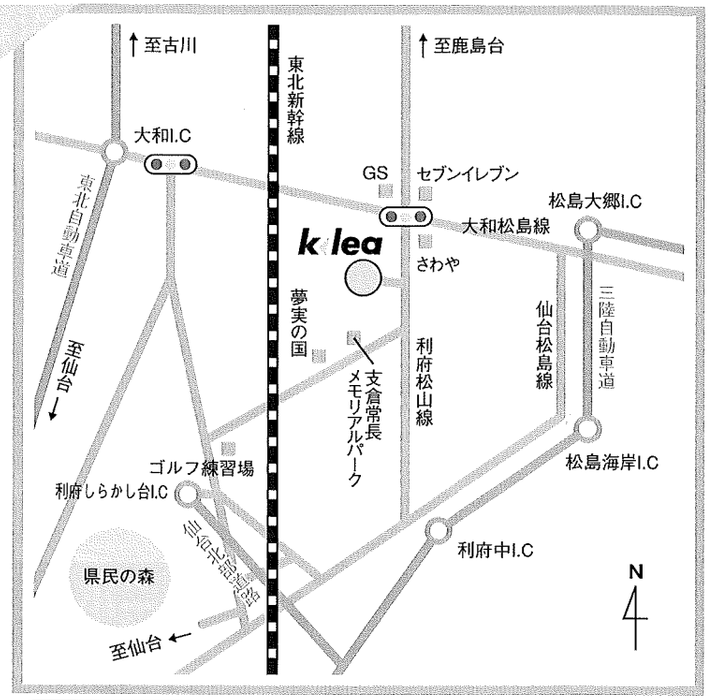
仙　台

〒981-3522
宮城県黒川郡大郷町東成田字薬師堂24-4
TEL/022(359)5331
FAX/022(359)5313

e-mail
r0klsens@tces.scm.co.jp

アクセス
車の場合／東北道大和I.Cより20分
三陸道／松島大郷I.Cより15分
三陸道／利府中I.Cより15分
仙台北部道路／利府しらかし台I.Cより10分

電車の場合
東北線／松島駅より タクシーで20分



klea
株式会社 ケイ・リー
仙台：TEL.022-359-5331
東京：TEL.03-3661-5651
大阪：TEL.06-6838-1372

URL　http://www.klea-cat.com

トンネル工事からパンクを追放

坑内用特殊複層タイヤ



特許第1610830号

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

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

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

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

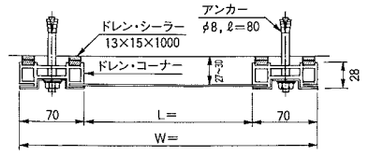
中濃産業株式会社
代表取締役　土 田 義 式

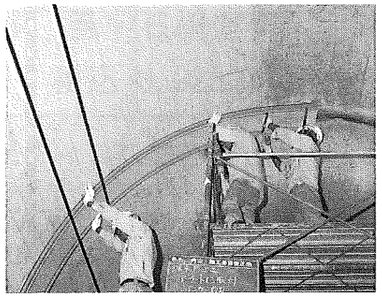
本　社　〒501-1534 岐阜県本巣市根尾神所 362-1
TEL(0581)38-2241㈹　FAX(0581)38-3383
営業所　〒501-1203 岐阜県本巣市文殊 64-387
TEL(0581)34-3990㈹

トンネル・カルバート・地下構造物の漏水対策に

アーチ・ドレン導水樹

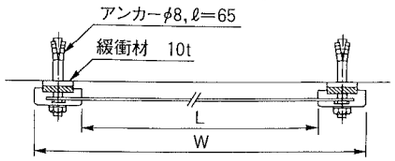
■特　徴
・漏水幅に応導水幅の選択が可能
・導水プレートはアクリル変性P.V.C強化樹脂で驚異的な耐衝撃性有り
・寒冷地型、Box カルバート用勾配型、etc 有。





コンクリート剥落対策に

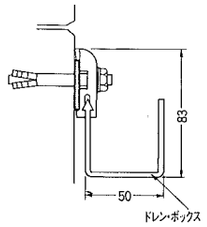
アーチ・パネル



JH 水戸　大久保トンネル、etc。

水平導水樹に

サイド・ドレン



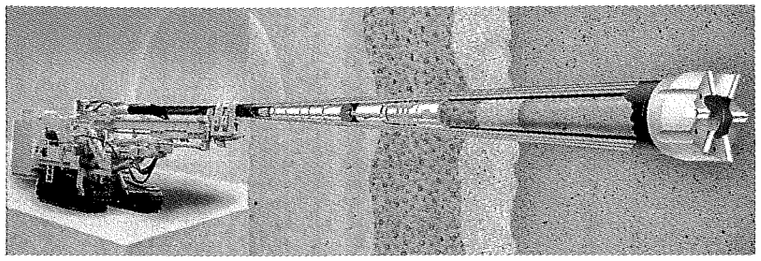
■特　徴
・スプリングライン等の水平方向からの漏水対策に最適
・ドレン・ボックスは必要に応じサイズの変更が可能

ニホン・ドレン工業株式会社

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

トンネル掘さくの安全施工に
アロードリル前方探査システム

パーカッションワイヤーライン サンプリング工法



■特長

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

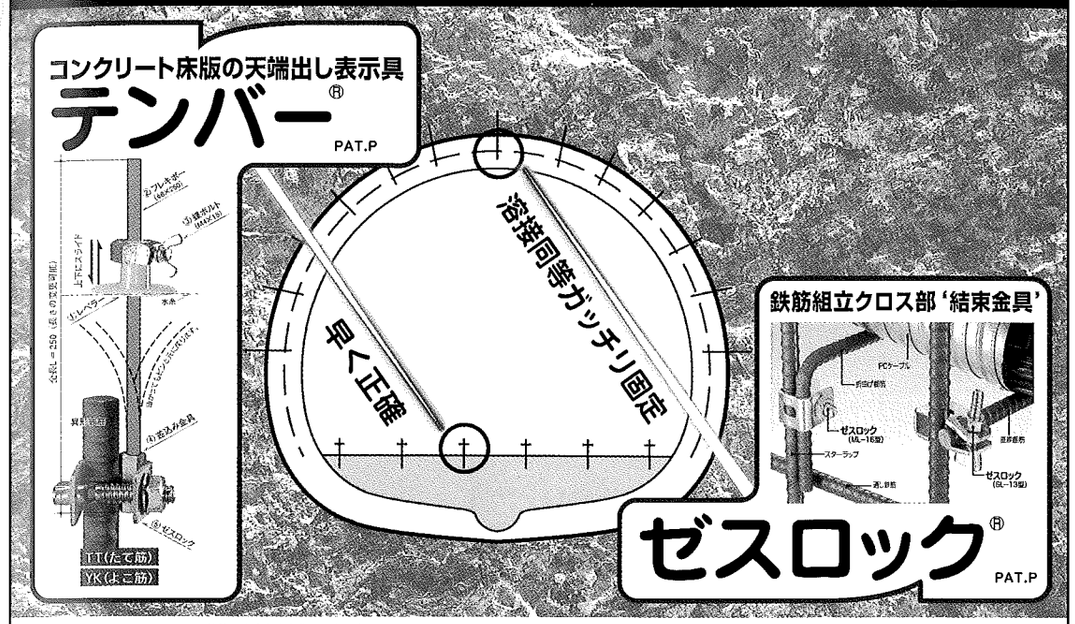
②2重管ワイヤーライン サンプリングシステムにより、地質条件にかかわりなく、コアサンプルの採取率が従来とくらべて大幅に向上しました。

KOKEN 鉱研工業株式会社

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

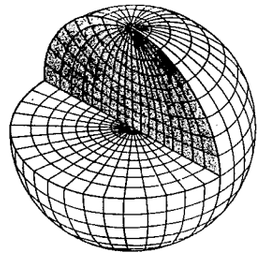
お問い合わせ先　：　エンジニアリンググループ
TEL. (03)3366-3123　FAX. (03)3366-3365
http://www.koken-boring.co.jp/

安全・作業効率・経済性を追求した“トンネル副資材”!!



建設の安全と省力化にアタック
ゼン技研株式会社
〒818-0105 太宰府市都府楼南５－16－13
TEL(092)925-8161 FAX(092)925-3449
URL http://www.zen-g.co.jp/

21世紀の地球環境を見つめる土木専門図書



ブロック理論と岩盤工学への応用
R.E.グッドマン，G.H.シー著／吉中龍之進・大西有三訳
A5判　360頁　税込 5,097円　送料 340円

建設工事の保安地質学【改訂版】
石井康夫　著
A5判　474頁　税込 6,300円　送料 340円

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

岩盤地下空洞の設計と施工
E.フック，E.T.ブラウン　共著
小野寺透・吉中龍之進・斉藤正忠・北川隆　共訳
B5判　444頁　上製本　税込 10,290円　送料 450円

山岳トンネルの新技術
ジェオフロンテ研究会　編集
B5判　500頁　税込 15,301円　送料 450円

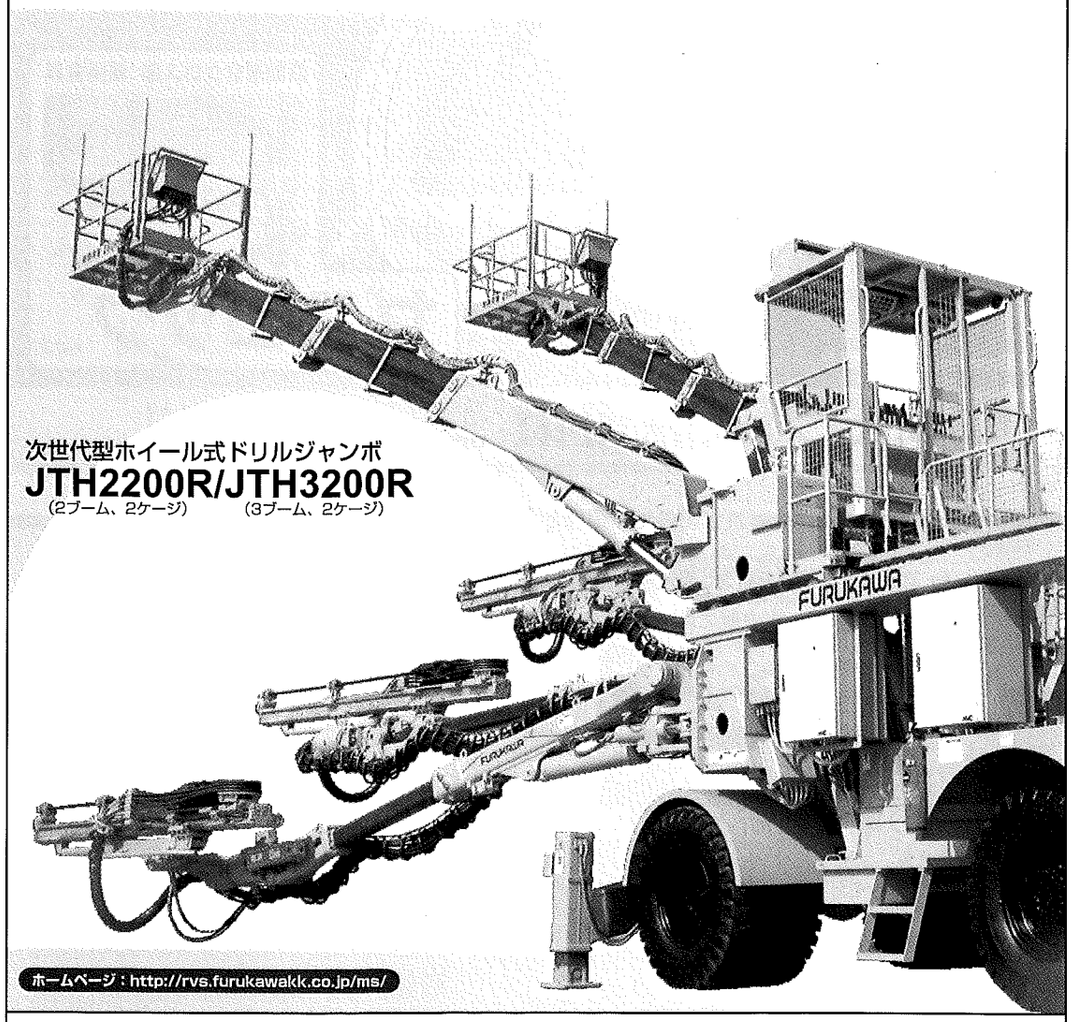
わかりやすいトンネル力学
福島啓一　著
B5判　286頁　税込 6116円　送料 340円

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

様々なトンネル工事に挑戦し、実績を積み
重ねてきた各種ドリルジャンボ製品。
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。



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)

ホームページ：http://rvs.furukawakk.co.jp/ms/

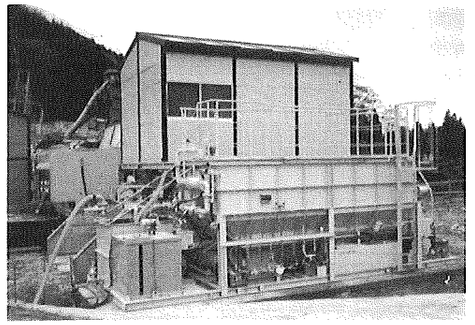
古河機械金属グループ
古河ロックドリル株式会社
(旧社名：古河機械販売株式会社)

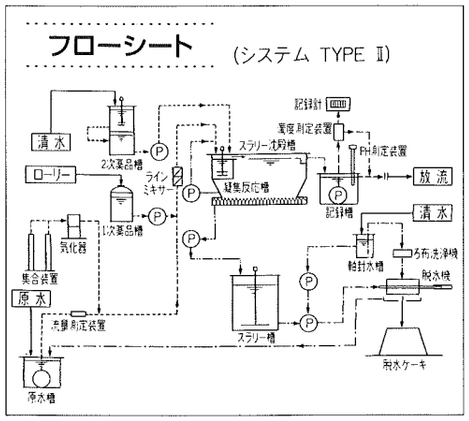
本　　社　〒101-0047　東京都千代田区内神田2丁目15番9号　古河千代田ビル　特機営業部　TEL：03-3252-2544

札　幌 ☎011-861-3261　東　北 ☎022-356-5771　関　東 ☎027-322-5953　名古屋 ☎0568-77-7700　静　岡 ☎054-620-1641
関　西 ☎06-6475-8221　広　島 ☎082-231-5621　四　国 ☎087-833-4833　九　州 ☎092-948-2010
整備工場　関東工場 ☎027-460-7011　名古屋工場 ☎0568-77-6363　大阪工場 ☎06-6475-8461　九州工場 ☎092-948-2010

TWS型シリーズ 濁水処理装置

コンパクトながら 大きな処理能力





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せにより効率の良い中和が出来炭酸ガス使用量の節約になる。角型シックナー沈降面積及び容積をより大きく設計しており又傾斜板を採用していることから一次、二次薬品が少量でも効率の良いSS処理が出来る。複式沪板型の脱水機を採用していることから沪布等の消耗費が少ない。
又、加圧型脱水方式の為無薬注で脱水出来る。

3．シックナー内流速を最少にする設計であることより清澄度の高い処理水が得られ、再利用が可能である。

4．運転管理が容易である。
原水流入に合せた自動運転方式を採用している。パトライトによる異状警報装置を標準装備している。

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

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

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

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

Waste Water Treatment System

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㈹　FAX (076)452-1617

トンネルと地下　12月号目次

Vol.36, No.12, 2005 Dec.

CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS

■巻　頭　言

技術は技量を駆逐する？

西村　和夫……5

■研　　究

ファイバーコンクリート用の再生PET繊維の開発と適用例

越智　恒男・大久保誠介・福井　勝則……43

■施　　工

地すべり地帯の国道直下を土かぶり３ｍで掘削

―国道33号越知道路　野老山トンネル―

奥谷　　正・川田　昭彦・毛利　浩徳・日高　英治……7

開放型矩形シールドによるバリアフリー施設の整備

―大阪市営地下鉄第８号線　蒲生四丁目駅地下連絡通路―

山口　博章・吉久　良治・芳崎　貴彦・瀧川　信二……15

超高強度プレキャストパネルを用いて有効断面を確保

―東上田水力発電所導水路トンネル改修―

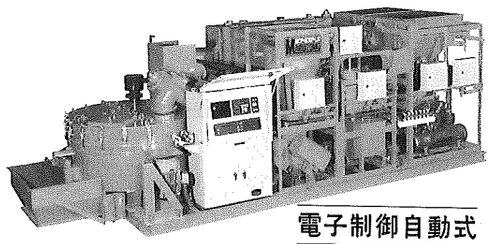
小林　憲・棚橋　秀夫・織田　晃治……27

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)

丸友機械株式會社

本　　社　名古屋市東区泉一丁目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)

CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS

下水道普及困難地域解消のための旧江戸川横断シールド

―東京都下水道　妙見島管路敷設工事―

山田　勝久・岸　　勘治・青屋　鉄弘・中野　定司……35

■連載講座

山岳トンネルにおける工事用機械の選定（最終回）

斜坑，連載を終えるにあたって

「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

■現場だより

「真田の街」長野県上田市より

須貝美代治……26

■資　　料

トンネル千夜一夜(12)

小野田　滋……24

土木情報

編　集　部……34

トンネルジャーナル

編　集　部……42

工法・技術・製品ニュース

編　集　部……52

文献紹介

編　集　部……65

「トンネルと地下」平成17年・年間総目次

編　集　部……67

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……71

海外文献速報

JTA研究開発委員会……72

■会　　報

会　　報

日本トンネル技術協会……75

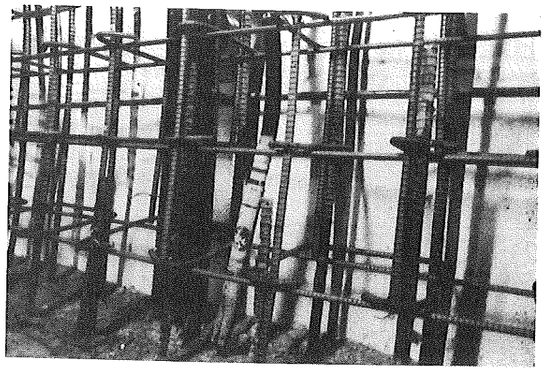
【表紙説明】

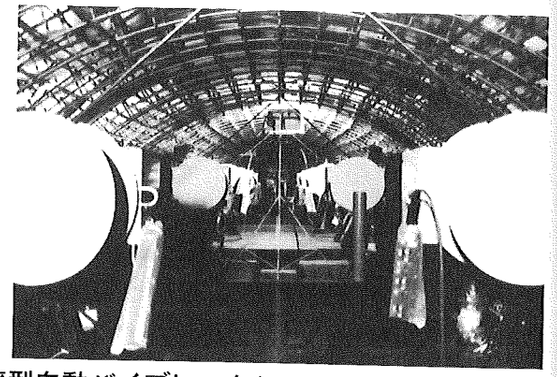
超高強度プレキャストパネルを用いて有効断面を確保
―東上田水力発電所導水路トンネル改修―



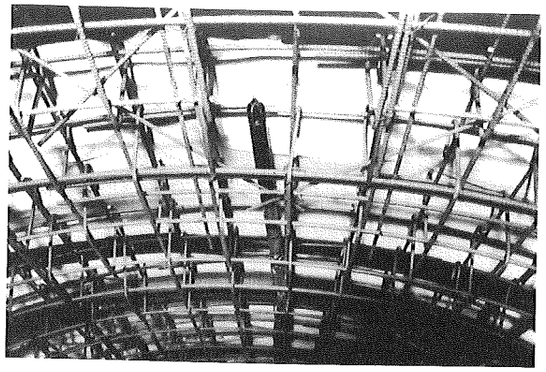
飛騨川上流域に位置する東上田水力発電所は，昭和29年の運転開始以来約50年が経過し，継続的な設備保全を図るためには適切な維持管理が必要となった．今回，革新的な材料技術にもとづく新材料である超高強度繊維補強コンクリート(Reactive Powder Concrete：RPC)を用いたプレキャストパネルを使用することで，従来工法に比べ工期短縮を図るとともに，経済性，環境特性に優れたトンネル改修工事を実施した．写真は，既設コンクリートはつり状況．〔**写真提供**：中部電力(株)〕(本文27頁参照)

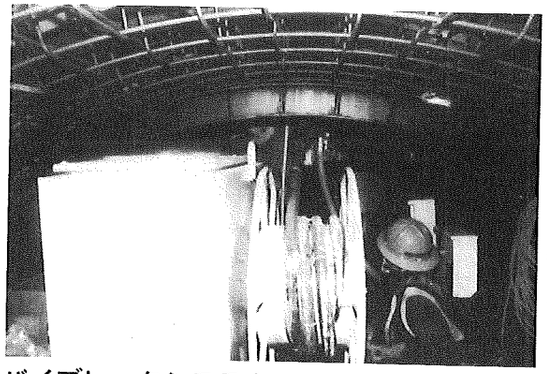
コンクリート打設の新技術



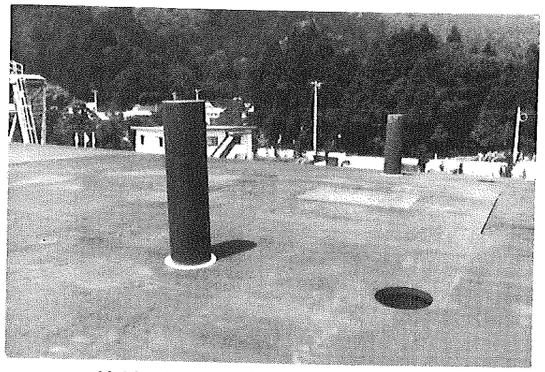


コンクリート感知センサー内蔵型自動バイブレータシステム
（バイブレータに内臓されたセンサーがコンクリートを感知し自動的に巻き取る）

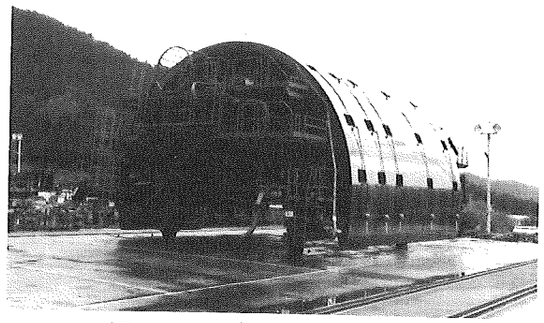




トンネル天場部の引抜式バイブレータシステム
（トンネルの天場縦断を締固める）



伸縮式バイブレータシステム



浮きバイブレータシステム

岐阜工業株式会社
GIFUKOGYOU CO.,LTD
GIFU KOGYO
本　　社　岐阜県本巣市十四条１４４番地　〒501-0464
本社工場　TEL (058)323-2000(代)　FAX (058)323-1176

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

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

会誌委員会の構成（五十音順・敬称略）

〔委員長〕

大島洋志　国際航業株式会社上席フェロー技術センター長

〔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

久多羅木吉治
東亜建設工業株式会社本社土木部門技術部長

千葉隆
清水建設株式会社土木技術本部
技術第二部部長

永島茂
東京地下鉄株式会社鉄道本部工務部次長

長島芳雄
株式会社竹中土木取締役技術本部長

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

濱建介
株式会社アオバ取締役会長

松尾勝弥
飛島建設株式会社土木本部トンネル統括部長

三浦正彦
株式会社大林組土木技術本部技術部長

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

山田邦博
国土交通省大臣官房技術調査課技術企画官

山田隆昭
中日本高速道路(株)中央研究所
トンネル研究主幹

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

島田隆夫
鉄建建設株式会社社友

高橋彦治
伸光エンジニアリング株式会社技師長

田島利男
株式会社ロードエンジニアリング代表取締役

西松裕一
東京大学名誉教授

林博
西松建設株式会社専務取締役

松本崇義
(元)東京都理事

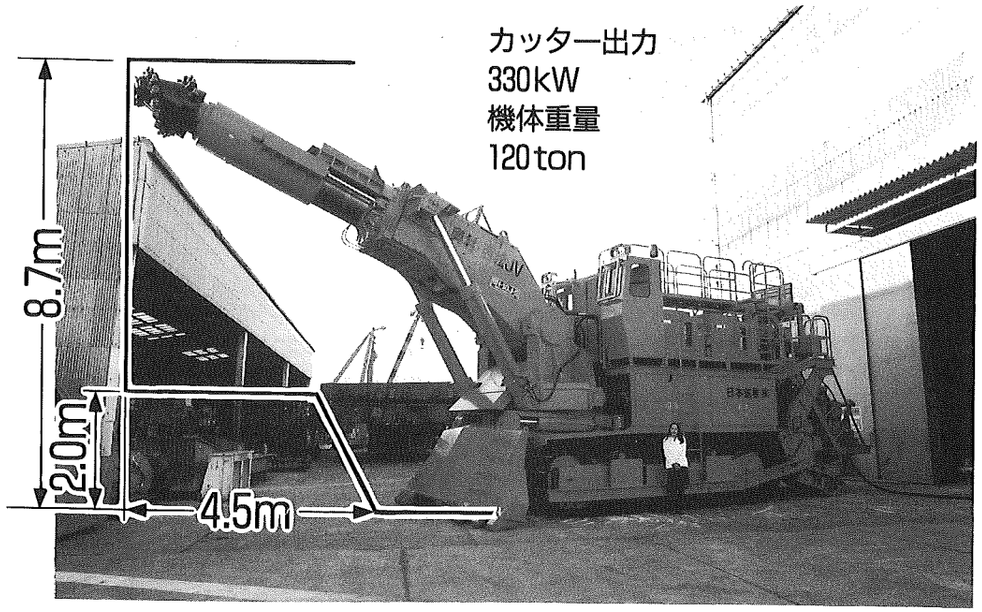
丸安隆和
東京理科大学教授

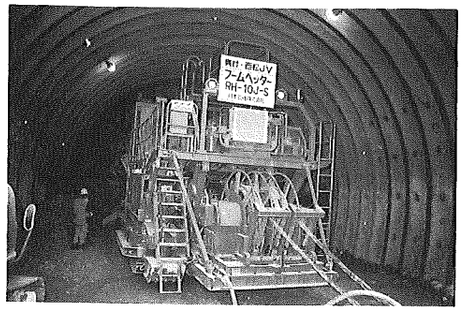
吉川新吉
東京発電株式会社常任監査役

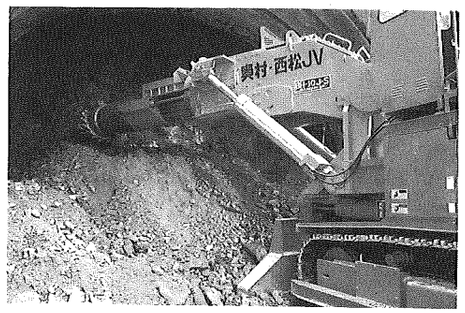
吉村恒
吉村とんねる・らぼ

渡邊和夫
株式会社熊谷組執行役員副社長

RH-10J-S ミニベンチ機械掘削工法 ブームヘッダー







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。

KYB カヤバ システム マシナリー株式会社 建設機械部
KAYABA SYSTEM MACHINERY CO.,LTD.
http://www.kyb-ksm.co.jp
旧社名: ㊀日本鉱機株式会社

本社・営業 カスタマーサービス 〒105-0012 東京都港区芝大門2丁目5番5号 住友不動産芝大門ビル6階 TEL 03-5733-9441
中部支店 〒514-0396 三重県津市雲出鋼管町62番地2 TEL 059-234-4139
西部支店 〒812-0013 福岡県福岡市博多区博多駅東2丁目6番26号 安川産業ビル TEL 092-411-4998
三重工場 〒514-0396 三重県津市雲出鋼管町62番地2 TEL 059-234-4111

編集委員会の構成（五十音順・敬称略）

〔編集委員長〕

大島洋志　国際航業株式会社上席フェロー技術センター長

〔編集参与〕

今田　徹　東京都立大学名誉教授
定塚正行　株式会社コンテク代表取締役社長
鈴木　章　月島機械株式会社顧問
橋本定雄　不動建設株式会社特別顧問
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〕

城戸　務
東京都水道局建設部工務課長

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

坂根良平
東京都下水道局建設部設計調整課長

佐藤　亘
東京電力株式会社電力流通本部・工務部
設備渉外・調査グループ課長

佐野正生
東京都交通局建設工務部計画改良課長

清水　満
東日本旅客鉄道株式会社建設工事部
構造技術センター課長

津金昭一
独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構
鉄道建設本部工務部工務第一課総括課長補佐

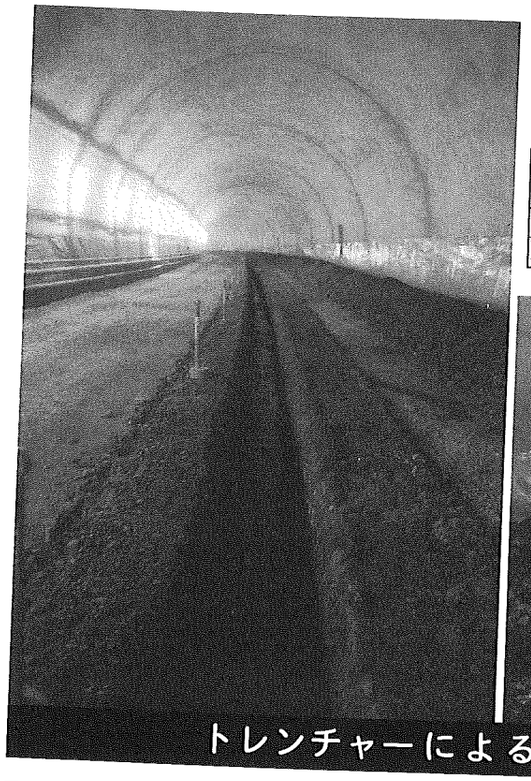
西村　聡
東京地下鉄株式会社建設部
新宿工事事務所所長

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)

山田隆昭
中日本高速道路(株)中央研究所
トンネル研究主幹

岩盤切削機 トレンチャー

TRENCOR inc.



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

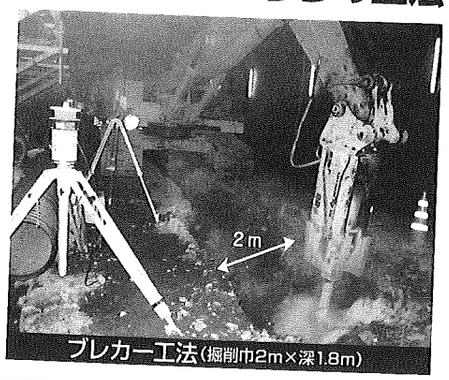
トンネル	排水溝寸法（矩形）		進行と掘削時間	
	巾（m）	深（m）	m／時	時／日
新幹線	0.8	1.8	10～25	2～4
高速道路	0.6	0.9	20～50	4～5



トレンチャーによる中央排水溝掘削

	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？



ブレカー工法（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

トンネルと地下 VOL.36 No.12 掲載概要

掲載頁 7

地すべり地帯の国道直下を土かぶり 3 mで掘削
—国道33号越知道路 野老山トンネル—

国土交通省 奥谷 正

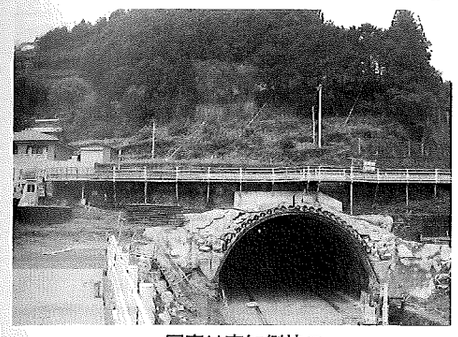
野老山（ところやま）トンネルは，地域高規格道路として指定されている高知松山自動車道の一部（越知道路L＝4.0km）に属する総延長340mのトンネルで，両坑口が指定地すべり地帯の端部に位置し，高知側坑口はさらに現国道の直下（土かぶり約 3 m）を掘削するため補助工法としてパイプルーフ工が計画された．

工事は松山側坑口（終点側）から，下り勾配で掘削を開始した．坑口から86mはDⅢaパターンで計画されていたが，坑口部から崩積土を含む強風化岩が連続し切羽の自立が得られず，各種補助工法を約100mにわたり適用した．また，高知側坑口部の国道には，重要な埋設物があり，掘削による沈下が懸念されたためFEM解析により沈下量の予測と対策工の検討を行った．その結果，国道表面の最終沈下量は35㎜程度となり，管理基準値内に収めることができた．

Tunnel Excavation in Landslide Zone with Cover of 3m — Tokoroyama Tunnel Project

By Tadashi Okutani, Ministry of Land, Infrastructure and Transportation

Tokoroyama Tunnel is one part of Ochi Road with a length of 4.0km that belongs to Kochi-Matsuyama Highway that is a high grade road, and has a length of 340m. The both portals of this tunnel are located in the landslide zone. The pipe-roof method was adopted in the portal at Kochi side as an auxiliary method because this portal is beneath the existing national road with the cover of 3m. The down-grade excavation started from the portal at Matsuyama side. In 86m from this portal, the adoption of support of DⅢa pattern was planned but some auxiliary methods were used because the geology was debris and seriously weathered, and the face was unstable. In the area of portal at Kochi side, some lifelines exist beneath the national road. The ground behavior was analyzed with the FEM and some appropriate measures were adopted to mitigate surface settlement. The surface settlement of national road was up to 35㎜ and was not over the control limits.



写真は高知側坑口

掲載頁 15

開放型矩形シールドによるバリアフリー施設の整備
—大阪市営地下鉄第 8 号線 蒲生四丁目駅地下連絡通路—

大阪市交通局 山口 博章

大阪市営地下鉄第 8 号線では既設地下鉄線と 4 駅で連絡するが，そのうち既設第 7 号線との接続駅となる蒲生四丁目駅において，バリアフリー経路としての改札内地下連絡通路をシールド工法により施工した．

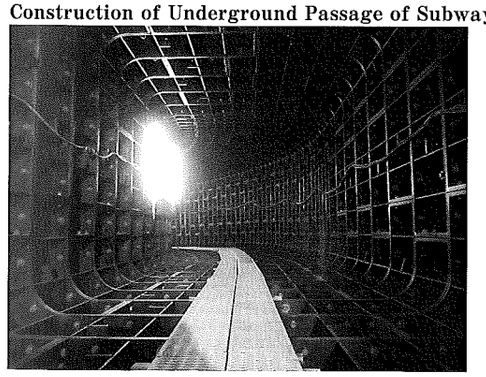
地下連絡通路は交通量の多い国道 1 号の交差点直下に位置しており，その施工については，地盤条件，既設構造物や大型埋設物などとの位置関係，トンネル線形などの施工条件ならびに安全性を勘案し，「高圧噴射工法による全断面地盤改良を併用した開放型矩形シールド」を採用した．

本稿は，このシールド工事においてとくに重要であった「シールド区間の地盤改良」，「矩形・急曲線・急勾配が複合したなかでの掘進」，「改良型ミニパッカーの開発」を中心に，施工報告するものである．

Construction of Underground Passage of Subway by Rectangular Open Type Shield

By Hiroaki Yamaguchi, Transportation Bureau of Osaka Municipal Government

Osaka Municipal Subway No.8 joins existing subway lines at 4 stations and intersects Osaka Municipal Subway No.7 at Gamo-4-Chome Station. The underground passage having the function of barrier free to connect the both lines in the paid area was constructed with the rectangular open type shield method and the jet grouting method as an auxiliary method because this passage is located beneath National Road No.1 having heavy traffic volume and many substructures exit. The ground improvement, the sharply curved alignment and the steep grade characterize this project. The main topic of this report is the development of advanced mini-packer system.



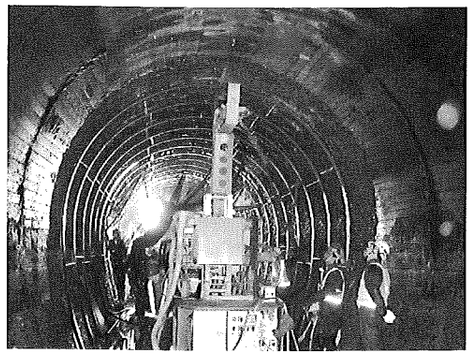
写真は一次覆工全景

掲載頁 27

超高強度プレキャストパネルを用いて有効断面を確保
—東上田水力発電所導水路トンネル改修—

中部電力(株)　小林　憲

飛騨川上流域に位置する東上田水力発電所は，昭和29年の運転開始以来約50年が経過し，河川からの流入土砂による水路の摩耗，洗掘などが生じ，継続的な設備保全を図るためには適切な維持管理が必要となった．従来，水路トンネル改修工事では，既設の覆工コンクリートを撤去し，新たにコンクリートを打設する工法が採用されてきたが，今回は革新的な材料技術にもとづく新材料である超高強度繊維補強コンクリート(Reactive Powder Concrete：RPC)を用いたプレキャストパネルを使用することで，従来工法に比べ工期短縮を図るとともに，経済性，環境特性に優れたトンネル改修工事を実施した．本稿では，その施工概要を報告する．



写真ははつり状況

Repair Works of Water Tunnel using Prefabricated Concrete Panels

By Ken Kobayashi, Chubu Electric Power Co., Ltd.

Higashi-Ueda Hydropower Plant that is located in the upstream of Hida river has been operated for 50 years since 1954. The repair and maintenance of waterway was required due to the abrasion and scour by earth and sand flowing in from the river. Conventionally, in the repair work of water tunnel, inner surface of existing concrete lining is removed and it is replaced with newly placed concrete. In the repair work of this water tunnel, the newly developed prefabricated concrete panel was used to reduce the construction period and to save the construction cost. This paper reports this repair work.

掲載頁 35

下水道普及困難地域解消のための旧江戸川横断シールド
—東京都下水道　妙見島管路敷設工事—

東京都下水道局　山田　勝久

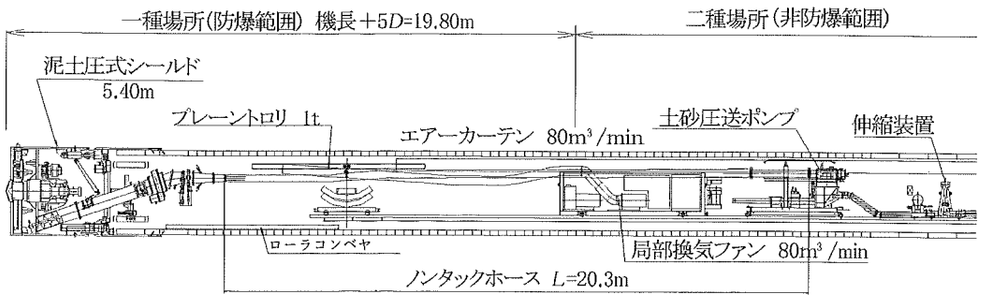
工事は，東京都江戸川区内の下水道普及困難地域である江戸川区東葛西三丁目「妙見島地区(面積約10ha)」に下水道管路施設を敷設するものである．妙見島は，都県境を流れる旧江戸川(一級河川)の中州であり，最近まで公道の認定を受けなかったことなどが障害となり下水道の整備が遅れていた．

工事の概要は，島内の下水を1か所に集め，サイホン方式で旧江戸川を横断し，対岸の既設人孔に接続させるもので，河川の耐震護岸基礎杭下方を通過させるために，大深度の立坑ケーソン工事(2か所)と河川横断シールド工事および既設人孔に接続する推進工事などが含まれる．

Old Edo River Shield Project to spread Sewerage System in very difficult Construction Condition—Myoukenjima Sewerage System Projekut in Tokyo

By Katsuhisa Yamada, Sewerage Bureau of Tokyo metropolitan Government

This paper describes the sewerage project that was performed in 3-Chome, Higashikasai, Edogawa Ward, Tokyo where it is difficult to spread the sewerage system because geologically and geographically, this area is in a sandbank of Old Edo River, and politically, roads in this area had not been authorized as public roads. This project consisted of the construction of two shafts, one shaft to collect sewer pipes inside the sandbank and another outside the sandbank, and the sewer main jointing the existing shaft outside the sandbank, passing through Old Edo River and piles in the bank of it. The sewer main was constructed with the shield method and the shafts were constructed with the caisson method.



図はシールド坑内設備配置図

掲載頁 43

ファイバーコンクリート用の再生PET繊維の開発と適用例

(株)サンゴ　越智　恒男

使用済みのPETボトルから再生したPET繊維を発案するとともに，その製造法も開発した．試作したPET繊維を用いて手練りによる混練試験を実施したところ，3％程度まで容易にPET繊維が混ざることが判明した．PET繊維の第一の特徴は扱いやすさといえよう．なお，PET繊維の開発にあたって危惧された点は耐アルカリ性であったが，通常のコンクリート中ではとくに問題ないことが判明した．本稿では，菱刈鉱山の坑道支保と林道舗装に適用した例を述べるが，今後の用途としては一般的なトンネル支保のほかに環境の厳しい海岸近辺や海底下に設けられる構造物への応用が考えられる．さらに，PET補強コンクリートには火災時の爆裂防止効果も認められるので，RC構造の高層建築物への適用も考えられる．

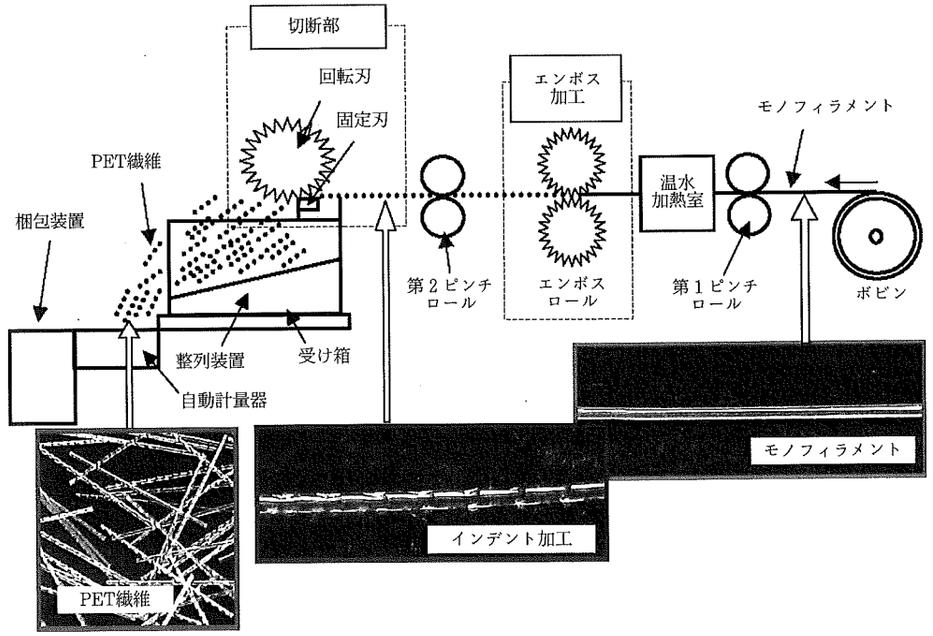
Fiber made from Polyethylene Terephthalate Bottles(PET Bottles) to be applied to Fiber-Reinforced Concrete

By Tsuneo Ochi, Sango, Co., Ltd

This paper reports the recycle of PET bottles to make fibers for fiber-reinforced concrete.

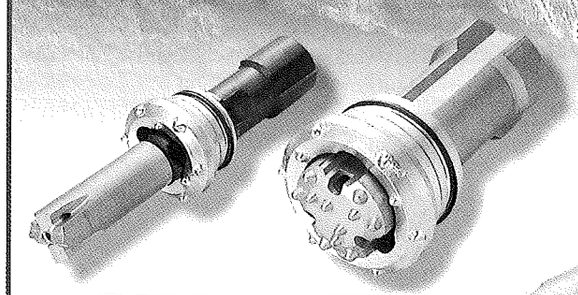
The merit to use this fiber as a fiber for reinforcement of concrete is easy to treat it in mixing because the mix proportion of it can be up to 3%. Fiber-reinforced concrete using this fiber has sufficient performance for the alkali resistance in usual conditions.

We applied this concrete to the lining of Hishikari Mine and the pavement of woodland path. We plan to apply this concrete not only to tunnel lining but also to marine structures or undersea structures in more severe environmental condition, and high-rise buildings because this concrete has good performance against explosion in fire.



図はPET繊維のエンボス・切断装置

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。



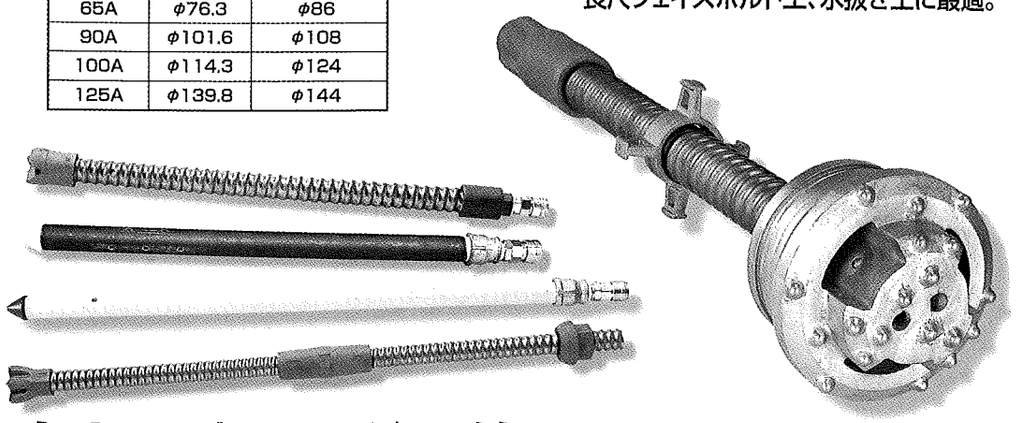
STD BITS

（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

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

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。

※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

巻頭言
（題字　小森　博会長）



技術は技量を駆逐する？

首都大学東京　都市環境学部教授
西村和夫

平成11年の覆工の剝落事故を受け，土木学会で山岳トンネル覆工に関するライブラリーをまとめるときにNATM以前の覆工について遡って調べる機会があった．また，覆工に関する委員会，新潟県中越地震の委員会など，覆工の今昔に触れるにしたがって，最近，技術は技量を駆逐しているのではないかと感じている．

明治４年に開削トンネルで煉瓦積み覆工が施工されて以後，覆工材料として煉瓦や石ブロックが，その後，安価なコンクリートブロックが多く用いられた．当時は技術と言っても機械的技術ではなく，構築方法としての職人芸的な技術であったと思うが，古いから品質が劣るとは限らない．新潟県中越地震でも地上の推定震度６強の地域にいくつかのブロック積み覆工があったが相対的に被害程度が大きいわけではなかった．

明治34年に完成した兵庫県の新湊川の湊川隧道（会下山トンネル）の覆工は煉瓦積みであるが，側壁とインバートの接続部はつなぎの形状をも考慮した堅固な御影石造りである．またインバート表面には河川トンネルであることを踏まえて，洗掘，摩耗対策として３～４段に積まれた煉瓦の上に御影石が敷き詰められている．煉瓦と言ってもいくつかの方向に抜いたコアの一軸圧縮強度で18～41MN/m^2，目地を含めても21～30MN/m^{2}の強度が確認されている．また，トンネル背面は余掘りが少ないことに加え，裏込め石がしっかり充填されている．兵庫県南部地震では下流側坑門部は倒壊したが，トンネル区間では煉瓦積みに割れや亀裂の発生，一部区間で天端部の変形や沈下が認められた程度であった．この隧道はきれいな写真もあることから兵庫県の許可を得てあちこちで紹介している．当時は木製支柱式支保工の時代であったが，今見ても非常に丁寧な施工で高い評価がなされており，乏しい技術を補う当時の技量が凝集されているようにも感じる．

昭和30年前後から広く用いられた矢板工法では鋼製支保工により上半部の広い空間が確保でき，機械化施工が可能となったが，逆巻きとなる場合の側壁の打ち込み，施工機械の能力不足や矢板による背面空洞などの問題があった．最初のトンネル標準示方書（昭和39年）はわずか26頁であるが，逆巻きやコンクリートの打ち込み方法についてそれ

ぞれ条が設けられており，覆工背面への注入は独立した章となっている．このことから，これら問題の重要性は当時から十分認識されていたことがわかるが，覆工の剝落事故や新潟県中越地震における被害には，これらの問題による典型的な傾向が見られる．これらの一因として当時の施工方法，施工機械の技術的限界は認めざるを得ないだろう．しかし，当時のすべてのトンネルに同様な問題が存在しているわけではなく，技術を補う技術者の技量も深く関連していると思う．

NATMになっても覆工の課題は未だに残されている．ある現場に携わった方と話をしたことがある．「先生，うちの現場は覆工が良いですよ．是非見に来て下さい．そもそもコンクリートを打設していると，のろなんかが上がってきますが，バケツで汲み上げる気の利いた坑夫さんがいればその現場の覆工は良くなりますよ．」．バケツで汲み上げるだけで覆工が良く仕上がるとは思わない．あくまで端的な例としての話と思うが，気の利いた坑夫さんは，ただ気が利いているだけではなく，優れた腕前，手並みを持っているから気が付き，それなりの対応や工夫ができるのだろうし，締め固めなどにも工夫をしている現場だったから坑夫さん以外の現場の技術者も同じ意識を持っているのだろう．本来の意味とは違うかもしれないが，自らの経験と知識にもとづいて自信を持って判断，行動し，場合によっては立場を越えた意見交換ができること，それが技量ではないだろうか．

最近の覆工型枠にはいろいろなシステムが付いているし，打設するコンクリートも管理されている．しかし，それだけで物事が解決するわけではない．覆工の品質は施工法の変化と施工機械の性能向上によって大きく改善したが，全断面一括の施工による一回の打設量は多い．反面，型枠と地山に挟まれたアーチ状の薄いコンクリート構造体をトンネル内空側から施工せざるを得ない状況は変わりないうえに，覆工厚さが薄くなったことから，施工空間は幅が狭く，一方で面的に広いものとなり，施工には厳しい環境となっている．覆工の品質を確保するためにはシステム技術にだけ頼っていてはうまくいかないだろう．

覆工を例に書いてきたが，トンネルの計画から調査，設計，施工，維持管理までも同じことと思っている．「仕事が多くなり，複雑になり，専門化されて，万事共同作業が必要になって来た今日」，「理屈なしに妥協的になり勝ち」では現状の問題は解決できない．ここで，「 」で囲った文言は昭和８年に鐵道省熱海建設事務所から出版された「丹那トンネルの話」の中に出てくる文言そのままである．

いつの時代になっても技術者の意識に課せられた課題は同じなのかもしれない．

施工

地すべり地帯の国道直下を土かぶり３mで掘削

—国道33号越知道路　野老山トンネル—

国土交通省四国地方整備局土佐国道事務所所長　奥谷　正
国土交通省四国地方整備局土佐国道事務所工務課長　川田昭彦
国土交通省四国地方整備局土佐国道事務所越知吾川建設監督官　毛利浩徳
(株)間組野老山トンネル作業所所長　日高英治

1　はじめに

国道33号は，高知市—松山市を結ぶ幹線道路であるが，山間部を中心に線形不良箇所が多いうえ，大雨による事前通行規制区間があるなど課題の多い路線となっている．

野老山(ところやま)トンネルは，地域高規格道路として計画されている高知松山自動車道の一部(越知(おち)道路 $L=1.0$km)に属し，とくに線形が悪く，さらに地すべり地帯である野老山地区に最初に着手する工事である．

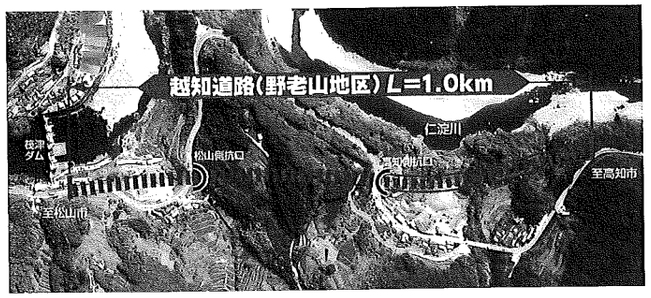


図-1　位置平面図

2　工事概要

本トンネルの施工箇所は，山体が仁淀(によど)川に対して半島状に突き出した形状をしており，現況の国道33号はこれに沿った線形となっている．野老山トンネルはこれを貫通し，盛土および高架橋を介して現道に取り付くように計画されている(図-1)．終点側(松山側)坑口はボックスカルバートの現道上を，起点側(高知側)坑口では現道直下を通過する．高知側坑口では，国道直下を

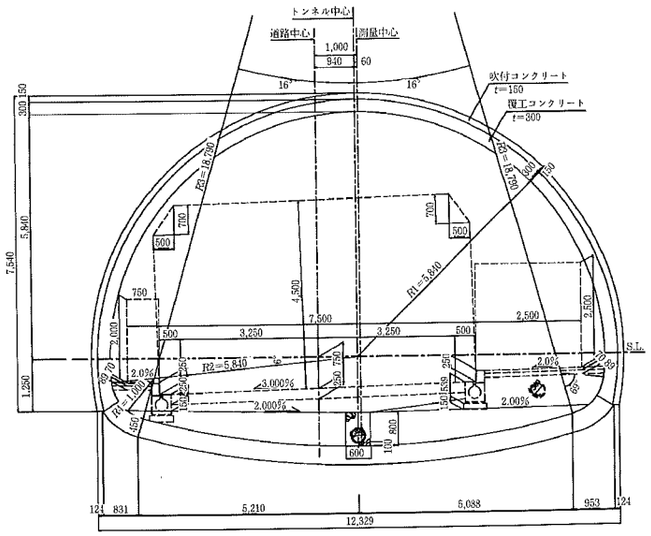


図-2　標準断面図

掘削するための補助工法としてパイプルーフ工法を採用している．トンネル掘削は，松山側から下り勾配で行った．工事概要を以下に示す．

工事名称：野老山トンネル工事
施工場所：高知県高岡郡越知町野老山
発注者：国土交通省四国地方整備局
工期：平成15年３月20日～
　　平成16年５月31日
　　平成16年４月１日～
　　平成16年11月30日(その２工事)
トンネル延長：L＝340m
掘削方式：機械(ブレーカ)，発破
掘削工法：ショートベンチカット工法
道路規格：第３種２級
　　車道3.75m×２車線
　　歩道2.50m

3　地形・地質概要

地質縦断図を図-3に示す．地質は，中生代ジュラ紀に属する緑色岩を主体に薄層の砂岩および粘板岩が互層の形で挟在する．基盤である緑色岩は一軸圧縮強度が80N/㎟程度の硬岩地山であるが，比較的亀裂が発達している．

最大土かぶりは約80mであり，土かぶり２D以下の坑口部のパターン延長は，松山側で86m，高知側では57mと，全長340mの約４割を占める．両坑口は地すべり地帯を有しており，それぞれ次のような状況を示している．

(１)　松山側坑口

西側に地すべり地形が広がっている(旧建設省指定の野老山地すべり区域)．比較的緩傾斜をなしているが，坑口は本線下を通る国道に向かい，15～20mの落差で急傾斜となっている．坑口付けは，ボックスカルバート内に現道を切り替え，盛土を施工した後，ボックスカルバート上から行った．

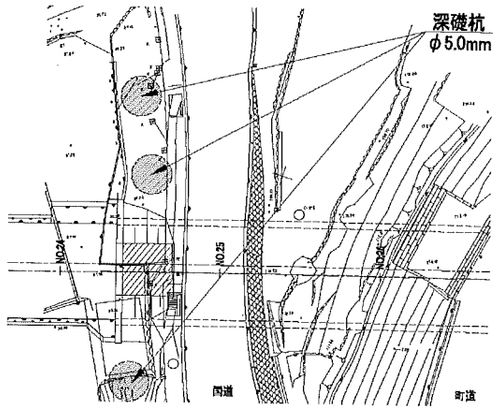


図-4　高知側坑口付近平面図

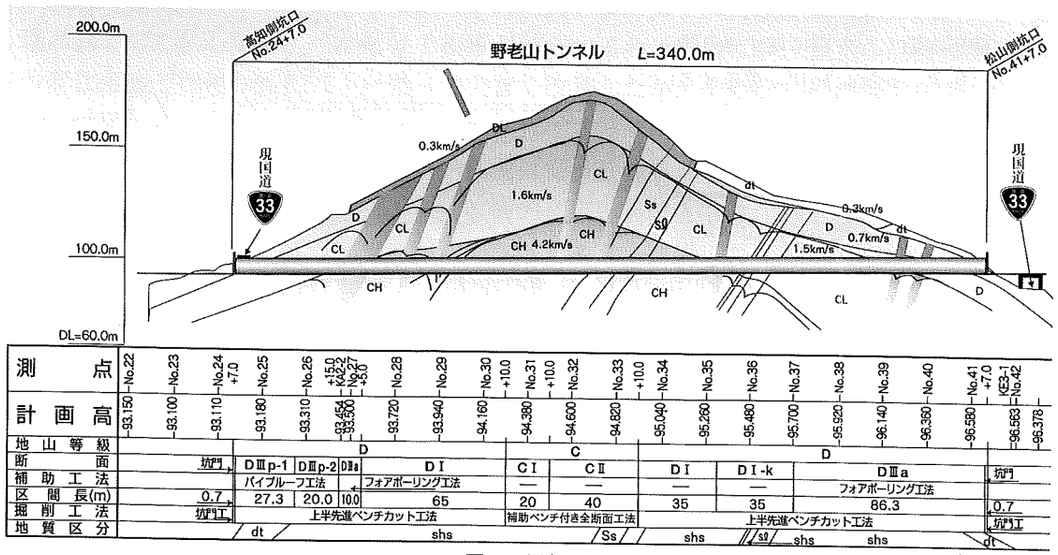


図-3　縦断図

(２)　高知側坑口

尾根地形をなしており，西側で地すべり地形(農林水産省指定の地すべり区域)に隣接し，N値15程度の崖錐堆積物が分布する．トンネルの掘削後の地すべり安全率は0.86(現状安全率は1.05)になるので，トンネルの施工に先立ち，抑止工として現国道沿いにϕ5.0mの深礎杭３本を施工し，計画安全率を1.20とした(図-4)．

4　松山側坑口および深部の施工状況

4-1　松山側坑口付近

坑口付け時の明かり掘削の状況から，切羽全体が礫混じりの土砂であることが確認された．当初設計で計画されている充填式フォアポーリングでは効果が期待できないと判断し，ウレタン系注入式フォアポーリングおよび注入式長尺鋼管先受け工法(AGF工法，ウレタン系注入式)に変更して掘削を開始した．

また，鏡面の安定化対策として，鏡吹付けコンクリート，注入式鏡ボルト(ウレタン系L＝4.0m)を採用した(図-5)．

掘削の進行に伴い，上半左脚部においてブレーカの打撃を要する岩が転石状に出現するようになったものの，土砂状に風化した緑色岩が切羽面のほとんどを占める状況が続いた．そのため，先受け工と鏡の安定化対策が必要となり，AGF工法と注入式鏡ボルトによる施工を継続した．AGF工法の次シフトの採否にあたってはジャンボによる探りボーリングの結果(削孔速度や排出岩砕の変化など)を参考としたが，地山状況の変化が見られず最終的に計10シフトのAGF工法を施工した．

AGF工法および注入式鏡ボルトの注入量については，AGF工法は175kg/本(14kg/m/本)，注入式鏡ボルトは10kg/m/本を目標注入量として施工した．地山が緩いため注入時に圧力が規定値まで上昇しないものが多く，AGF工法では注入量の上限値を目標値の３倍として設定していたが，上限値まで注入を行った鋼管がほとんどを占めた．掘削時の状況としては，AGF鋼管の間からの地山の抜け落ちは生じなかったが，鋼管に接する部分の地山の剝落による鋼管の露出や，鏡吹付け面の崩落などがしばしば発生した．

脚部沈下の抑制対策としては，とくに地山が悪い右側脚部において下半掘削前にレッグボルト(ウレタン注入式)による補強などを行った．天端沈下はインバート施工後の収束値として最大で10cm程度発生した．

地すべりへの影響については，孔内傾斜計，伸縮計および地表面変位測定による動態観測を行った．掘削に伴い地表面は全体的に法面下方に移動する動きを示し，伸縮計・傾斜計においても同様の傾向が観測されたが，変位速度は緩やかであり地すべりの兆候は見られなかった．トンネル直上には重要構造物などが存在しなかったため，トンネル自体の沈下抑制対策のみを行い施工を継続した．

その結果，地表面沈下は最大で14cm程度となった．天端沈下量と地表面沈下量を土かぶりと合わせて図-6に示す．

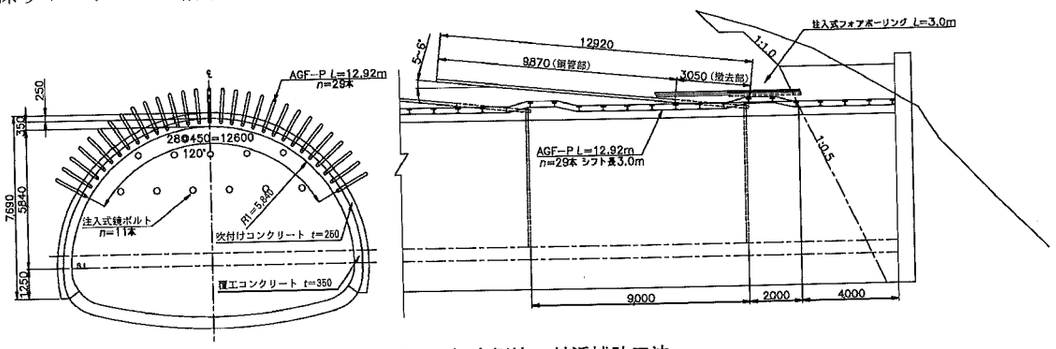


図-5　松山側坑口付近補助工法

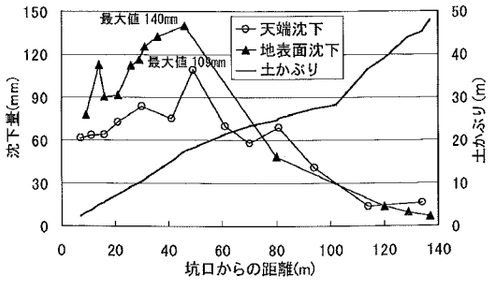


図-6　松山坑口付近沈下量

4-2　地山深部

10シフト目のAGF工法施工区間において切羽に占める土砂状に風化した地山の割合が減少したため，以降の区間は先受け工なしで切羽の安定が図れると判断し，ＤＩ－kパターンにより掘削を行った．発破掘削方式への切り替えは，民家への発破振動の影響を考慮して定められた当初の位置で行った．

発破掘削方式に切り替えた後の地山は，全体的に節理が発達した緑色岩が主体であったため，通常より少ない薬量での発破施工であった．ＣⅡおよびＣＩパターンにより計画されていた区間においても同様な地山が続いたため，ＤＩパターンにより施工した．

5　高知側坑口における課題とその検討

5-1　坑口付近対策工の概要

高知側の坑口付近は，農林水産省構造改善局による地すべり防止区域に指定されているほか，トンネルは現道と土かぶり３mで交差しており，国道下には光ファイバーケーブルや情報ボックスが埋設されている．このため，トンネルの掘削にあたっては地すべりへの影響ばかりでなく，国道や埋設物への影響も考慮する必要がある．

松山側坑口部の施工ではAGF工法による先受けや注入式鏡ボルトの施工を行ったにもかかわらず，最大で10cm程度の天端沈下が生じたことから，高知側の坑口付近においても同様の沈下が発生することが懸念された．

当初設計では，地すべりの影響や国道下掘削のための対策として，深礎杭，パイプルーフ工，ウイングリブ付き鋼製支保工を計画している．

なお，光ファイバーケーブルの管理者から提示された沈下量の許容値は，地盤沈下量20㎜，ケーブル移動量30㎜であった．

5-2　FEM解析と管理基準値の設定

トンネル掘削による沈下量を予測し，必要な地表面沈下の抑制対策を検討するため，二次元FEM解析を実施した．

パイプルーフ工法以外の補助工法については，注入式長尺鏡ボルト，脚部補強ボルトを考慮した．また，掘削工法について当初計画の上半先進ベンチカット工法以外に，ベンチ長を短くしたミニベンチカット工法とした場合を考慮した．

沈下量について解析を行ったところ，当初計画のパイプルーフ工法のみで掘削を行った場合，国道上の地表面沈下は100㎜程度となり，上半先進ベンチカット工法による掘削では，脚部補強ボルトなどの補助工法を施しても90㎜程度の沈下が発生する結果となった．一方，インバート吹付け・鋼製支保工を施工するミニベンチカット工法により早期閉合を行った場合には沈下量は33㎜となった(図-7～9)．

以上の解析結果より，上半先進ベンチカット工法による掘削では地表面沈下量は光ファイバーケーブルの管理者から提示された許容値を大きく超えるため，ミニベンチカット工法を採用することにした．解析上は全断面掘削として設定したが，実施工では数mのベンチ長を要するため沈下量は解析値より大きくなることが予想される．そこで，管理基準値を40㎜と設定して光ファイバーケーブルの管理者と協議した結果，管理基準値を40㎜にした．管理基準値を表-1に，追加対策工を図-10に示す．追加対策工の適用範囲はパイプルーフ施工区間のうち，覆工コンクリートについて国道の活荷重を見込んだ計算を行っているＤⅢp-1区間とした．また，パイプルーフ鋼管と鋼製支保工との間を確実に密着させて沈下を抑制することを目的として，プレロードシェル工法を採用することとした．

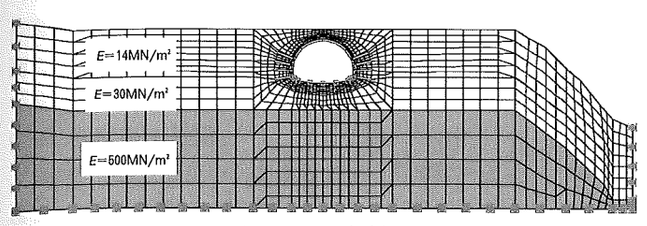


図-7　FEM解析モデル

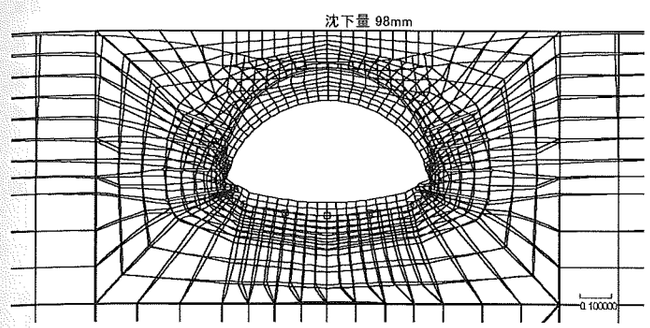


図-8　最終変形図(当初設計，上半先進ベンチカット工法)

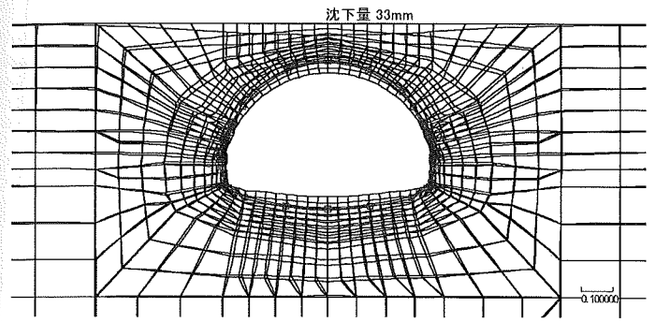


図-9　最終変形図(当初設計＋補助工法，ミニベンチカット工法)

表-1　地表面沈下の管理基準値

管理レベル	管理基準値	施工体制と対応
Ⅰ	20㎜ 40×50%	通常体制A 定時計測，計測値の確認
Ⅱ	30㎜ 40×75%	注意体制B 計測頻度強化 対策工の検討
Ⅲ	40㎜	要注意体制C 計測体制の強化 軽微な対策工の実施 交通規制の検討
		厳重注意体制D トンネル施工の中止 応急対策 交通規制の実施 今後の方針検討

6　高知側坑口付近の施工状況

6-1　パイプルーフ工

２台のボーリングマシンにより計25本の鋼管の圧入を行った．架台・反力壁構築に約１か月，鋼管圧入に約2.5か月，架台撤去に約0.5か月を要した．

トンネル掘削時の先行変位を計測し，沈下の傾向を早期に把握することを目的として，トンネル中心の鋼管内には圧力式沈下計を７点設置した．

6-2　ＤⅢp-2区間およびその前後

パイプルーフ施工区間の手前では，断層区間において注入式フォアポーリ

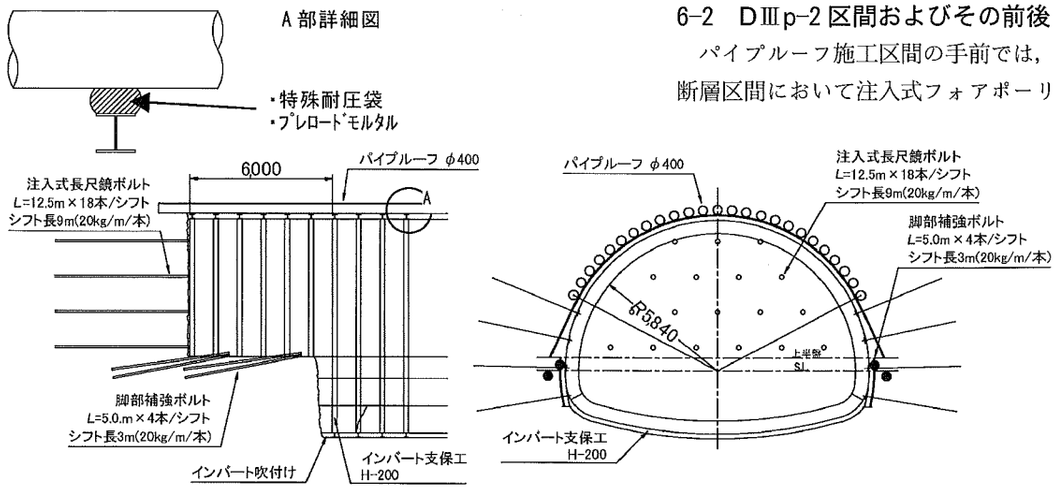


図-10　高知側追加対策工

ングと注入式鏡ボルトを施工したほかは，当初設計のパターンにより施工を行うことができた．また，パイプルーフ施工区間のDⅢp-2区間においても，核残しと鏡吹付けにより切羽面の保持は可能であった．

DⅢp-1区間から注入式長尺鏡ボルト(FITボルトL=12.5m，18本，ウレタン系注入式)，プレロードシェル工法およびインバート吹付け・鋼製支保工の施工を開始した(**写真-1, 2**)．なお，DⅢp-1区間の施工からは，非常時の対応を考慮して昼間のみの1方施工として行った．

DⅢp-1区間の手前2～3mからトンネル天端に土砂状に強風化した地山が出現し，掘削の進行に伴い上半切羽全体を占めるようになっていたが，注入式長尺鏡ボルトにより鏡面の安定を保つことができた．インバートの掘削は下半掘削と同時に行い，切羽は鏡吹付けのみにより自立する状況であった．



写真-1　プレロードシェル施工状況

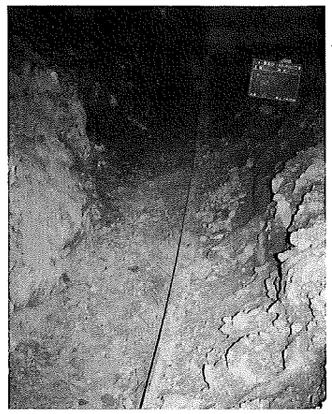


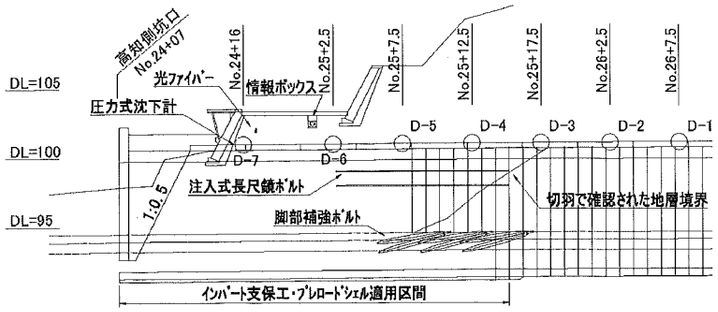
写真-2　インバート支保工施工状況

DⅢp-2区間の掘削完了時における地表面沈下量とパイプルーフ鋼管沈下量を**図-11**に示す．既掘削部の変位については，地表面沈下のほうがパイプルーフ鋼管の沈下より大きくなる結果となった．これは，地表面の変位が鉛直方向だけでなく斜面下方へ向かう水平変位を伴っているためであると推定される．地すべりに対しては，地表面変位のほか伸縮計および傾斜計により監視していたが，管理基準値を超える変位は観測されなかった．

国道直下の掘削においては，土砂状の地山がインバート下までの切羽全面を占めることになり，先行変位の増加，上半脚部支持力の減少，下半掘削時の鏡面の崩壊が予想される．掘削が進行し国道の沈下量が大きくなってからでは対応ができないため，**表-2**のように補助工法の見直しを行った．

表-2　補助工法の見直し一覧

補助工法＼区間		No.25+15.2～No.25+06.2	No.25.+6.2～No.24+14.2(国道直下)	摘要
注入式長尺鏡ボルト	本数	18本	22本	先行変位抑制
	注入圧	上限 初期圧+2.5MPa	上限3.5MPa	
	注入量	上限200% (40kg/m)	上限300% (60kg/m)	
脚部改良ボルト	注入圧	上限 初期圧+2.5MPa	上限3.5MPa	脚部沈下抑制
	注入量	上限200% (40kg/m)	上限300% (60kg/m)	
下半長尺鏡ボルト	本数	—	6本	下半切羽の自立
	注入圧	—	上限 初期圧+2.5MPa	
	注入量	—	上限200% (40kg/m)	



パターン	DⅢp-1				DⅢp-2		
土かぶり(m)	3.0	3.0	6.0	9.1	11.3	15.0	17.5
地表面沈下(mm)	0.4	1.8	16.5	31.2	40.9	46.0	45.3
パイプルーフ沈下(mm)	1.9	0.4	6.6	21.9	27.7	32.7	38.0

図-11　DⅢp-2区間掘削完了時の沈下量

6-3　国道直下付近

No.25+7.5以降，切羽全体が土砂化した状態となった．注入式長尺鏡ボルト(2シフト目)の施工では注入圧の上昇がみられず，ほぼすべてのボルトの注入量が上限値程度に達した．インバートの掘削は上半切羽から6基後方にて行ったが，下半に追加した注入式長尺鏡ボルトにより，安全に施工することができた．

国道直下の掘削に入って間もなく，トンネル天端付近に礫層が出現した．掘削の進行に伴って礫層の範囲は広がり，国道中央部の掘削中にパイプルーフ間からの抜け落ちが生じた(**写真-3**)．対策として，ウレタン系注入式フォアポーリング(L=3m×10本，L=1.5m×6本)をパイプルーフ間に施工し，礫層を固結させて掘削を行った．

また，支保工脚部についても横断方向に自穿孔ボルト(ウレタン系注入式)を打設して，極力沈下



写真-3　パイプルーフ間からの礫層の抜け落ち

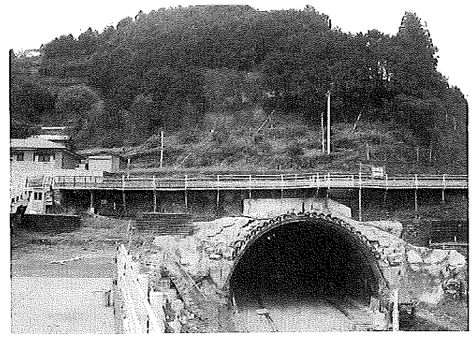


写真-4　高知側坑口

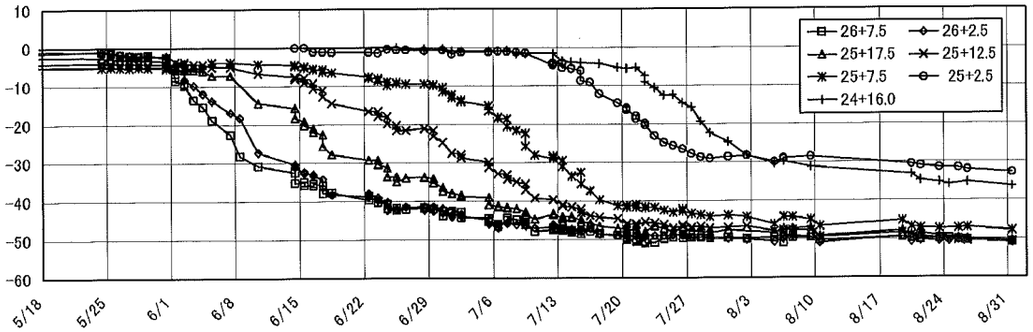


図-12　高知側坑口地表面沈下経時変化

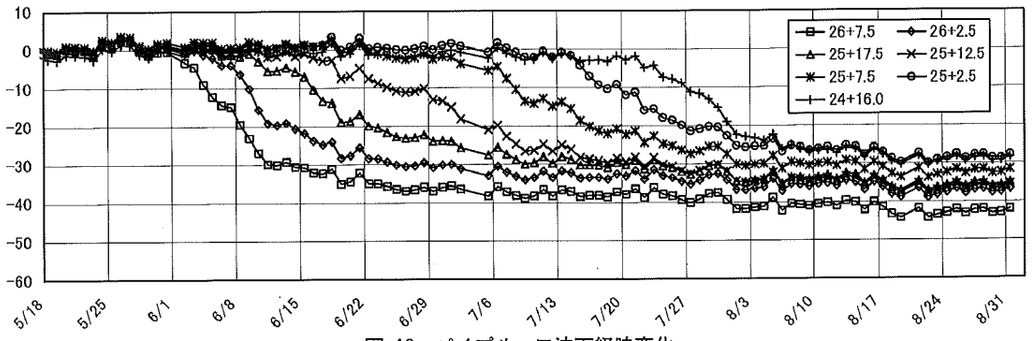


図-13　パイプルーフ沈下経時変化

を抑制する対策をとって掘削を行い，無事貫通に至った(写真-4)．

6-4　計測結果

地表面沈下とパイプルーフ沈下の経時変化図を図-12, 13に示す．国道の最終沈下量は35㎜程度で，FEM解析による予測値である33㎜とほぼ同程度となり，管理基準値として設定した40㎜以内で掘削を完了することができた．

なお，光ファイバーケーブルの管理者から提示された許容値である地盤沈下量20㎜，ケーブル移動量30㎜は超える結果となったが，点検の結果，光ファイバーケーブルおよびその収納管に異常はないことを確認している．

7　おわりに

地すべり地帯において国道直下を掘削するという厳しい条件の工事であったが，光ファイバーケーブルなどの埋設管への影響もなく，無事掘削を完了することができた．

松山側坑口部においては比較的大きな地表面沈下が発生したが，同様な地山条件である高知側国道直下において35㎜程度の地表面沈下に抑えることができたのは，インバート吹付け・鋼製支保工による早期閉合と注入式長尺鏡ボルトによる先行変位抑制の効果が大きく現れた結果であると考えている．

本報告が，同種工事計画の参考になれば幸いである．

参　考　文　献

1)（社)日本トンネル技術協会：地中構造物の建設に伴う近接施工指針，1999.2.
2) 日本道路公団試験研究所道路研究部トンネル研究室：試験研究所技術資料，第359号，トンネル数値解析マニュアル(都市部トンネル解析留意事項編)，2002.3.

【新刊紹介】



新しい補強土擁壁のすべて—盛土から地山まで—

龍岡　文夫 監修

A５判　416頁　本体価格3,800円　総合土木研究所

本書は，日本で開発された新しい補強土擁壁の原理・設計・施工と最近20年近くでの多くの建設事例を，第一線の研究者と技術者が要領よくまとめたものである．

〔主要目次〕

第Ⅰ編　基礎編
　第１章　補強土工法の概要　第２章　補強メカニズム　第３章　補強土壁と地山補強土の施工原理　第４章　補強土構造物の耐震性　第５章　地山補強土における補強効果　第６章　盛土補強土擁壁　第７章　地山補強土擁壁　第８章　補強土擁壁工法の応用
第Ⅱ編　盛土補強土擁壁　実務編
　第１章　盛土補強土擁壁の設計　第２章　補強材の評価　第３章　盛土補強土擁壁の施工
第Ⅲ章　地山補強土擁壁　実務編
　第１章　地山補強土擁壁の設計　第２章　補強芯材　第３章　地山補強土擁壁の施工
第Ⅳ編　実務工編
　第１章　補強土擁壁の実施工例　第２章　地山補強土の実施工例

施工

開放型矩形シールドによるバリアフリー施設の整備

—大阪市営地下鉄第８号線　蒲生四丁目駅地下連絡通路—

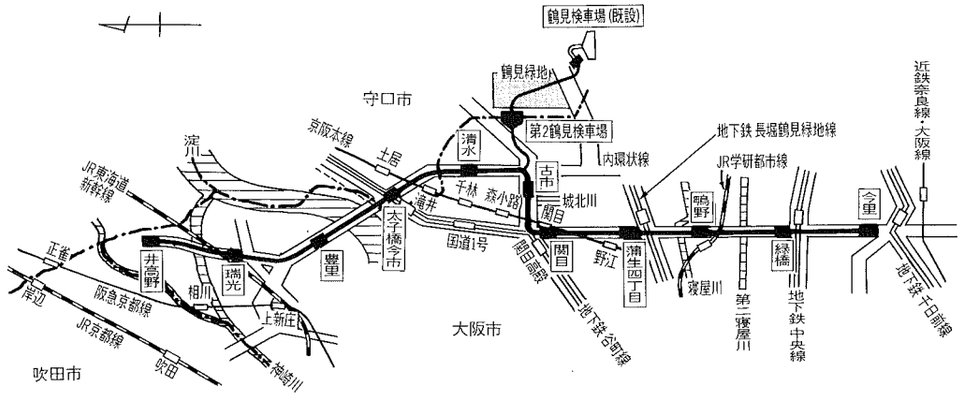
大阪市交通局建設技術本部建設部古市建設事務所所長　山口博章
フジタ・淺沼・東海興業特定建設工事共同企業体地下鉄８号線作業所所長　吉久良治
フジタ・淺沼・東海興業特定建設工事共同企業体地下鉄８号線作業所監理技術者　芳崎貴彦
(株)タック専務取締役　瀧川信二

1　はじめに

大阪市では，市営地下鉄第８号線井高野～今里間12kmを平成11年度から建設中である(図-1)．

現在，土木工事は本線トンネルのシールド工事(既報：Vol.35, No.9(2004年９月号))から出入口，連絡通路などの付帯工事に移行している．

第８号線では既設地下鉄線と４駅で連絡するが，平成12年11月「高齢者，身体障害者等の公共交通機関を使った移動の円滑化の促進に関する法律(いわゆる「交通バリアフリー法」)」の施行を受けて，各駅において移動円滑化された経路の整備を含めた乗り継ぎ利便性向上を図ることとしている．そこで，既設の長堀鶴見緑地線(以下，「第７号線」と称す)との接続駅となる蒲生四丁目駅においては，バリアフリー経路として改札内地下連絡通路をシールド工法により施工した．地下連絡通路は交通量の多い国道１号の交差点直下に位置しており，その施工については，地盤条件，既設構造物や大型埋設物などとの位置関係，トンネル



(新設駅名はすべて仮称)

図-1　地下鉄８号線路線概要図

線形などの施工条件ならびに安全性を勘案し，「高圧噴射工法による全断面地盤改良を併用した開放型矩形シールド」を採用した．

本稿は開放型矩形シールドによる施工実績について報告するものである．

2　工　事　概　要

2-1　工事の特徴

地下連絡通路の計画を図-2に示す．本工事は，施工延長68mと短い区間ではあるが，次のような厳しい施工条件での工事であり，安全確実な施工法が求められた．

① 交通量の多い国道1号交差点直下での施工．
② 第7号線の出入り口通路とシールドトンネルとの約4mの空間に築造(必要な一次覆工内空断面，幅3.1m×高さ2.8m)．
③ φ1,500㎜水道管と約1mの離隔で近接．
④ ②～③に示す位置関係から，線形は半径10mの急曲線で5％超の下り急勾配．
⑤ 東大阪海成粘土に分類される軟弱超鋭敏な沖積粘性土層での施工．
⑥ 過去の多くの工事で施工された未知の仮設物が残置されている可能性が高いこと．

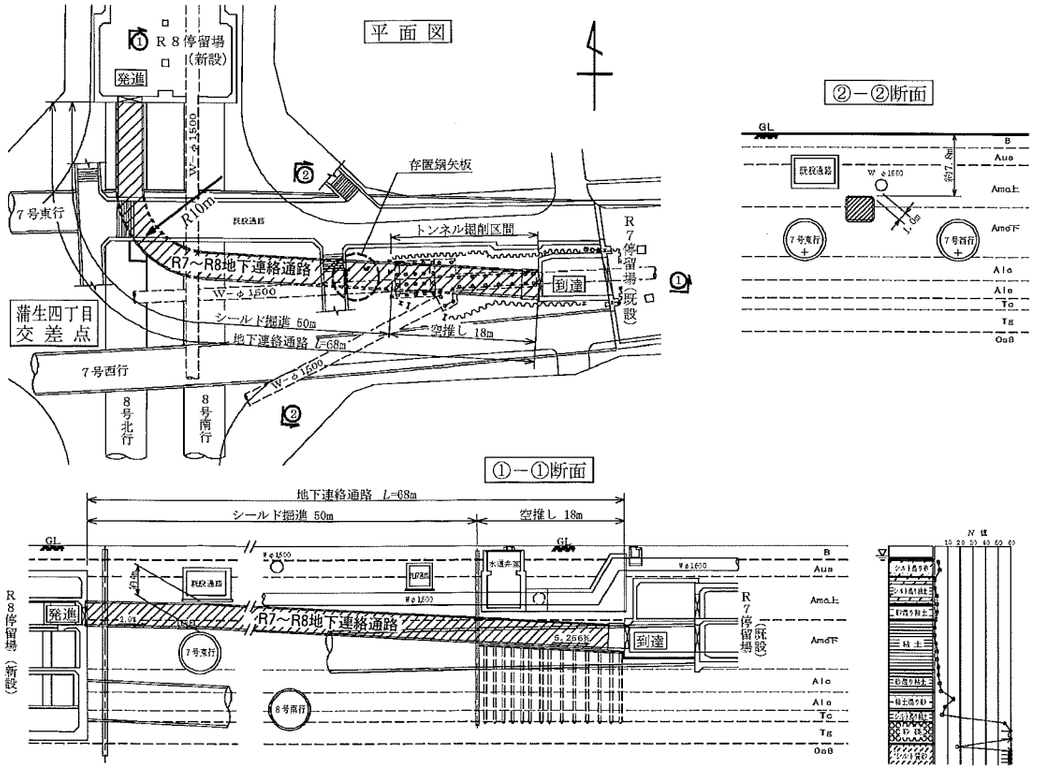


図-2　地下連絡通路全体計画図

2-2　工法の選定

前述の特徴を踏まえ，地下連絡通路の施工法として，「高圧噴射による地盤改良を併用した開放型矩形シールド」を選定した．選定の経緯を以下に示す．

(1)　シールド工法の選定

第7号線のシールドトンネルおよび出入り口通路，ならびに水道管φ1,500が輻輳しているため，開削工法では土留め杭の根入れ不足が生じ，また被圧地下水対策ができないことから，シールド工法を選定した(表-1)．

(2)　矩形シールドの選定

円形シールドでは，第7号線の出入り口通路とシールドトンネルとの約4mの空間に必要な通路断面を確保できないため，断面的に有利な矩形シールドを選定した．

(3)　開放型シールドの選定

切羽での障害物撤去の必要性，矩形・急曲線・急勾配での確実な線形確保，経済性などを勘案して開放型シールドを選定した．なお，切羽の安定については，急曲線施工および近接施工のための防護工への適用も考慮し，信頼性の高い高圧噴射工法による地盤改良を併用することとした(図-3，

表-1　開放型と密閉型の工法比較表

シールド前面の構造	開放型		密閉型	
シールド形式	半機械掘り式(セミメカ)		土圧式－泥土圧	
切羽の安定性	・掘削対象地盤が軟弱な沖積粘性土であるため，切羽の安定を図るために地盤改良などの補助工法が必要	△	・チャンバ内に掘削土砂を充満して圧力保持することで切羽の安定を図ることができる．	○
急曲線の施工性	・余掘り状況を目視確認しながら掘進できるため，線形修正などは密閉型よりも容易 ・密閉型よりもマシン推力が小さいため，曲線施工時の側方へのマシン反力は小さい	◎	・中折れ機構コピーカッタにより急曲線の施工は可能 ・曲線施工時の側方へのマシン反力は，開放型に比べて大きい	△
近接施工	・切羽を直接目視で確認できるため，既設構造物との近接状況を確認できる	○	・切羽における既設地下通路や7号シールドトンネルなどへの近接状況を確認できない	△
障害物撤去	・シールドの構造上，切羽が広いため作業性は良い ・予期せぬ障害物でも切羽で目視確認が可能	◎	・狭いチャンバ内での作業であり，カッタスポークにより，作業性は悪い ・バルクヘッドがあるため，資材の出し入れが困難 ・別途切羽の安定のための地盤改良工法などの補助工法が必要 ・予期せぬ地中障害物への対応は困難	△
掘削土の性状	・掘削土は土砂または礫状であり，搬送が容易である．	○	・掘削土は泥土状であり，含水比が高い．	△
工程	・シールド掘進期間：約4か月 ・シールド全体工程：8か月	○	・シールド掘進期間：約3か月 ・シールド全体工程：8か月	○
経済性	・地山の安定を図る必要があるため地盤改良費は高額となるが，シールド機械費が泥土圧シールドに比べて安価であるため，総額では経済的となる．	○	・シールドが，開放型シールドよりも高価となる． ・予期せぬ地中障害により切羽に出る必要が生じた場合は，別途地盤改良にコストがかかる．	△
汎用性	・開放型の施工例，とくに圧気シールドの施工例は近年非常に少ない．	△	・密閉型，泥土圧シールドは，近年もっとも多用されている．	○

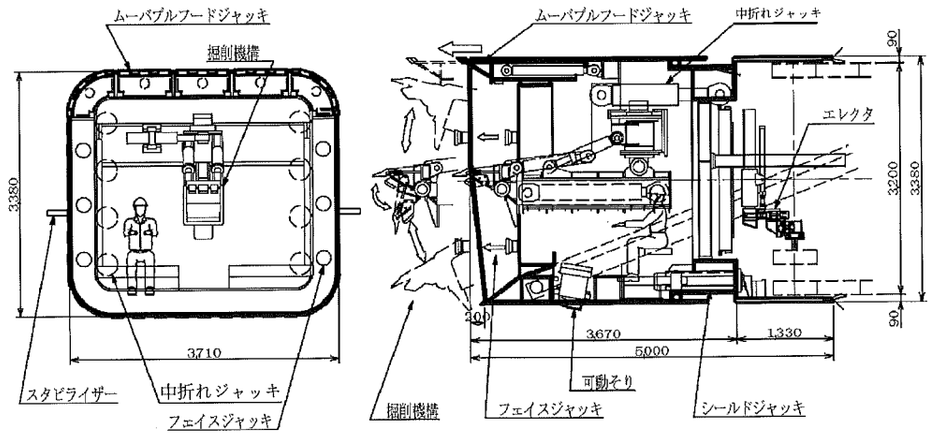


図-3　シールド構造図

写真-1)．

2-3　シールド工事概要

シールド工事概要を表-2に示す．

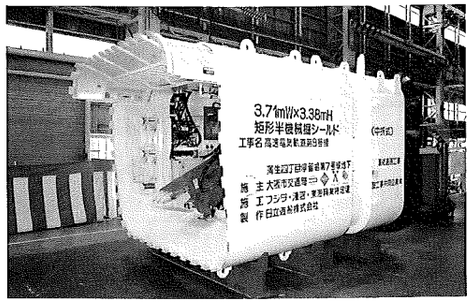


写真-1　矩形半機械掘り式シールド

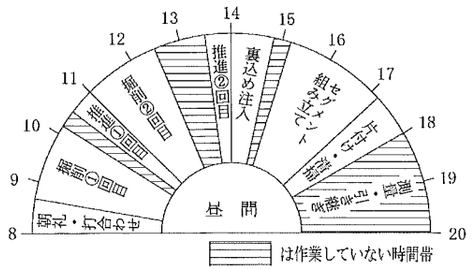
表-2　シールド工事概要

工　　法	矩形半機械掘り式シールド
延　　長	シールド掘進：50m　空推し：18m
土　　質	軟弱で鋭敏な沖積粘性土
土かぶり	7～9 m
自然水位	GL－1.5m
勾　　配	－2.0%→±0.0%→－5.256%
曲　　線	最小曲率半径：R＝10m　CL≒15m
補助工法	高圧噴射攪拌工法
セグメント	鋼製　外寸法：(幅)3.5m×(高)3.2m 内寸法：(幅)3.1m×(高)2.8m 長　さ：直線部　W＝600㎜ 曲線部　W＝256㎜
シールド	寸法　外　径：(幅)3.71m×(高)3.38m 機　長：全長5.0m(3.67＋1.33) 装備　中折れ機構：左15.5deg，上下1.0deg シールドジャッキ：1,000kN×14本 ムーバブルジャッキ：300kN×5本 フェースジャッキ：200kN×6本 掘削機突き出しジャッキ：400kN 可動そり：950kN×2本

3　矩形半機械掘り式シールドの施工

本工事は，平成15年8月着工後，まず第7号線蒲生四丁目駅の西側に設置する到達立坑の築造に着手した．また，到達立坑から約18mの区間については，水道弁室および曲管防護部がPC杭(φ350)で支持されており，シールド掘進に支障するため，到達立坑を基地としてトンネル掘削を行い，水道弁室および曲管防護部の仮受けおよびPC杭の撤去を行った．さらにシールド区間の地盤改良を行った後，平成17年4月4日にシールド掘進を開始し，シールド延長68mのうち50mの掘進を行い，平成17年6月14日にトンネル掘削部西端に到達した．その後，トンネル掘削区間の18mについてはシールドの空推し，セグメント組み立てを行った(表-3)．

難易度の高い施工条件のため50mの掘進に2.5か月を要した．直線区間の標準施工サイクルを図-4に示す．



主な所要時間
30cm掘進　⇒1時間30分
30cm推進　⇒30分
裏込め注入　⇒50分
セグメント組み立て⇒2時間

図-4　標準施工サイクル

表-3　実施工程表

	H15					H16												H17											
	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
準備工	―	―	―	―	―																								
開削工						―	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―								―	―
地盤改良工												―	―	―	―	―	―	―	―	―									
シールド仮設備																				―	―				―	―			
シールド掘進工																					―	―							
空推し・シールド解体																							―	―					
計測管理										―	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―

このシールド工事の特徴について，施工上とくに重要であった以下の内容について述べる．

①　シールド区間の地盤改良
②　矩形・急曲線・急勾配が複合した中での掘進
③　改良型ミニパッカーの開発

3-1　シールド区間の地盤改良

シールド区間の地盤改良を計画するにあたっては，GL－6 m付近に水道管(φ1,500㎜)がある中でも欠損を生じさせないために，φ3.5mの改良径を確保できる「SJM(Superjet-midi)工法」を基本に配置した．

改良体の強度に関しては，切羽の自立は必要であるが，強度が高くなり過ぎると掘削効率が大幅に低下するため，掘削断面について強度を抑制することとした．すなわち，地盤改良は3列を標準配置としていることから，中央の掘削断面(H＝3.38m)のみ低強度仕様とした(図-5)．

低強度仕様とは，通常12分/mの造成引き上げ速度を6分/mに速めることにより，改良体の発現強度を抑制する方法である．

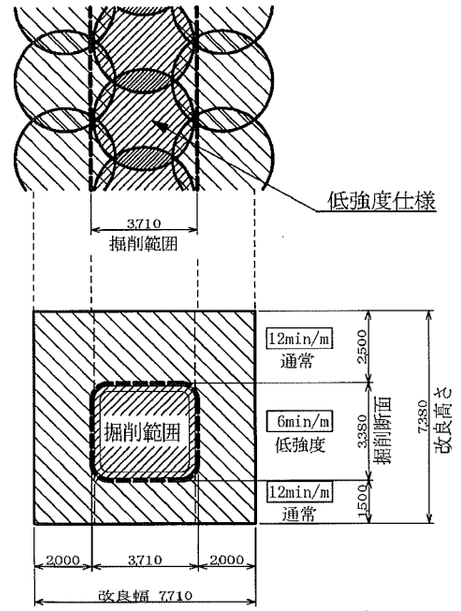


図-5　地盤改良参考図

表-4　SJM改良強度確認結果

	一軸圧縮強度(MN/m²)	
	設計基準強度	試験結果
通　常	1.00	平均 1.40
低強度	0.30 (想定)	平均 0.47

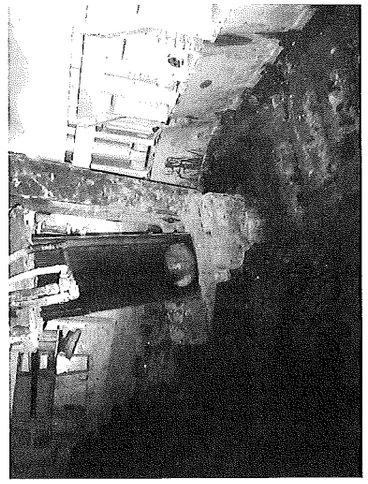


写真-2　掘削状況(切羽)

過去の試験施工結果によると，低強度仕様での改良体の一軸圧縮強度は通常施工の30～40%である．

地盤改良後，ボーリングにより改良体をサンプリングし，一軸圧縮強度を確認したが，試験結果は表-4に示すとおりで通常施工に対して33.6%であった．

シールド掘進時の施工状況は，切羽は安定した状態であり，かつ掘削機のみでの切り崩しが可能であったことから，「低強度仕様」の有効性を確認することができた(写真-2)．

3-2　矩形・急曲線・急勾配が複合した中での掘進

矩形シールドの場合，円形シールドと異なりローリングにより出来形に影響が生じる．とくに今回は急曲線・急勾配が複合することにより，セグメントの出来形確保やシールドの姿勢制御において特別な対策が必要となる．

(1)　セグメントのローリングについて

半径10mの線形に対し，セグメント幅を外寸法

301㎜・内寸法211㎜として計画した．この矩形セグメントを組み立てる場合，5.256%の勾配により，内側は1リング前よりも11.1㎜(211㎜×0.05256)下がるのに対し外側は15.8㎜(301㎜×0.05256)下がり，4.7㎜の差が生じる．このため，内外の差により徐々に右下がりとなり，対策を講じなければ曲線出口では内外の差は164㎜(2.68deg)となる(図-6)．

そこで，毎リング4.7㎜プレローリング(0.077deg)させ，常にセグメントを左右水平に修正した．図-7に示すように，通路の最終形状は内側と外側の勾配が異なることとなる．

プレローリングは，シールドを反力にしてジャッキアップする方法とした(図-8)．

(2)　シールドの姿勢制御

シールド本体についてもセグメントと同様にプレローリングが必要であるため，実施工において以下の対策を講じた(図-9)．

①　右の可動そりを60～80㎜伸ばして施工した．

②　シールド下部の左側を50㎜余掘りした．

③　右側面の掘削形状を100㎜程度斜めにすることにより右上部の抵抗を大きくした．

前胴の計画ローリングは0.77degである．1.5degをオーバーするとセグメントを水平に組むことができないため，ローリングの許容値を1.3degとしていたが，実施工においては1.05deg以下で制御できたことにより，一次覆工は所定の線形・形状で完成している．

(3)　余掘り管理

急曲線内において後胴を水平に制御する場合，5%超の急勾配下では水平中折れ14.75degにおいて前胴が0.77deg右側にローリング(前胴左右差50㎜)することとなる(図-10)．

水平急曲線の場合は左右の余掘りのみで問題ないが，「前胴がローリングしていること」，「シールド内側と外側の進む距離に差があること」により，上下左右において余掘りが必要となる．

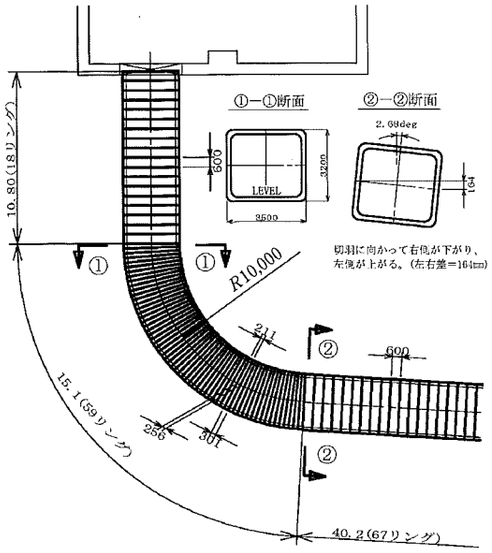


図-6　セグメントのローリング

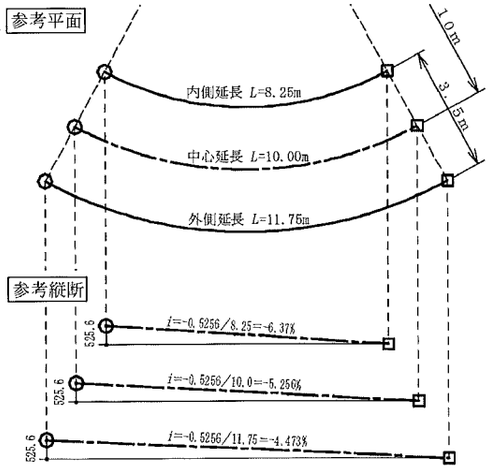


図-7　内側と外側の通路勾配

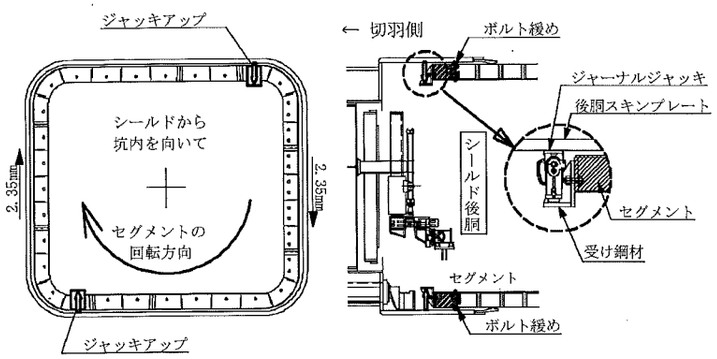


図-8　セグメントローリング要領

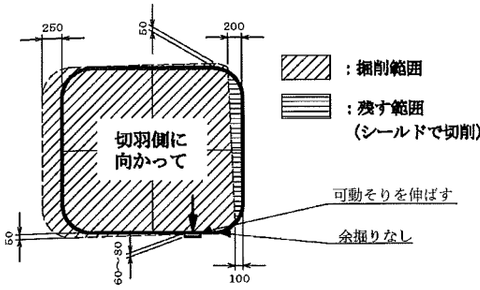


図-9　シールド推進時のローリング方法

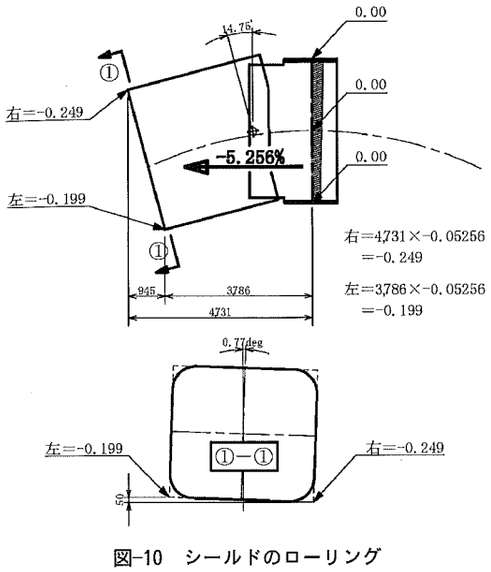
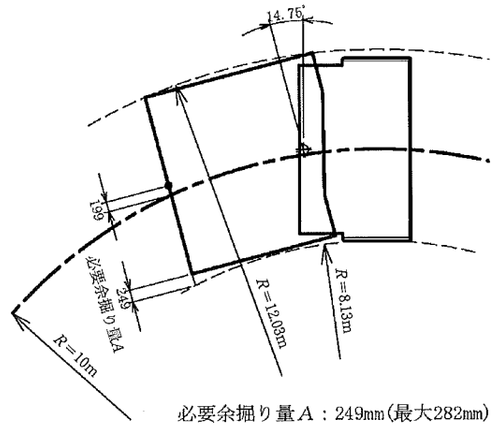


図-10　シールドのローリング



必要余掘り量A：249㎜(最大282㎜)

図-11　水平シミュレーション参考図

なお，必要余掘り量は以下の手順で算出した．

①　急曲線を2次元でシミュレーションし，必要余掘り量Aを算出(図-11)．

②　前胴のローリングによる余掘り補正量Bを算出(図-12)．

③　シールド中心先端との進む距離の差を考慮した余掘り補正量Cを算出(図-13)．

A+B+Cを計画余掘り量とした．

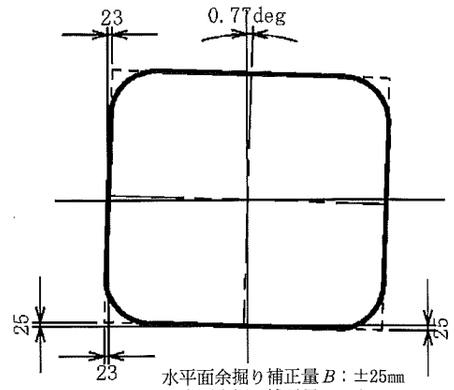
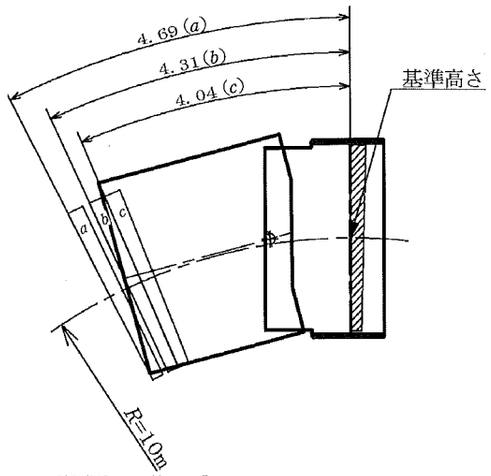


図-12　ローリングによる余掘り補正量



[標準高さと比べて]
高さa=4.69×－0.05256=－0.247
高さb=4.31×－0.05256=－0.227
高さc=4.04×－0.05256=－0.212
内側余掘り補正量C：－247－(－227)⇒下へ20㎜
外側余掘り補正量C：－212－(－227)⇒上へ15㎜

図-13　内外の先端位置による余掘り補正量

3-3　改良型ミニパッカーの開発

急曲線部の施工においては，ジャッキ反力を確保する必要があるため，裏込め注入の役割はとくに重要である．しかしながら急曲線部では余掘り量が増大するため，テール直後で裏込め注入を行

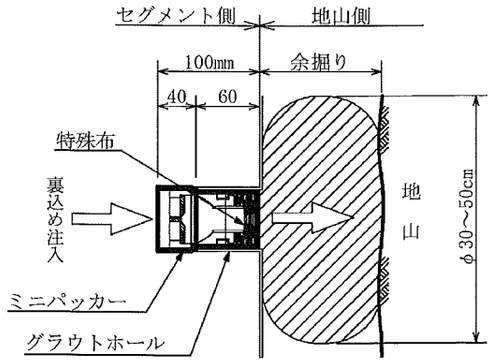


図-14　ミニパッカー(標準タイプ)

うと注入材がシールド側部の余掘り部に回り込み，シールドに固着し掘進に支障をきたす危険性がある．このため，本工事においては，裏込め注入材の回り込み付着を防止するとともに，セグメントの固定(ジャッキ推力の反力確保)を確実に行う目的でミニパッカー工法(限定裏込め注入工)を採用した．この工法は昭和57年に大阪市営地下鉄第１号線地下線路工事(７工区)におけるR＝160mの急曲線部においてジャッキ反力に対するセグメントの早期安定を目的に採用されて以来，急曲線シールドなどで豊富な実績がある．

ミニパッカー工法とは，**図-14**に示すように円筒の中に特殊布で作成した袋を折り込んだものをグラウトホールに差し込み，その中に裏込め材を注入することで，セグメント背面にφ300～500㎜程度のザブトン状の硬化物を形成するものである．裏込め材は袋内に止まるため，シールド後方のセグメント周りに限定注入することができる．

ミニパッカーはグラウトホールに継ぎ足して使用するが，出代が40㎜程度とコンパクトであり，そのまま存置しても支障しない．

今回の施工では急曲線外側の余掘り量が最大290㎜となるため，標準タイプでは，パッカーが垂れ下がり，地山への押し付けが不十分となることが懸念された．そこで以下に示す改良を加えた．

① 袋生地を伸縮しにくいパラシュート生地に変更した．

② パッカーに芯筒を組み込み，裏込め材の重量を支える構造とした．

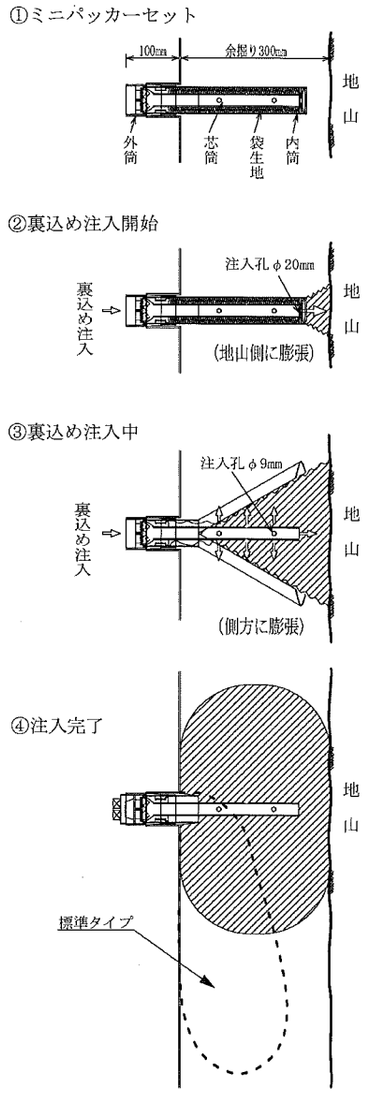


図-15　ミニパッカー(改良型)模式図

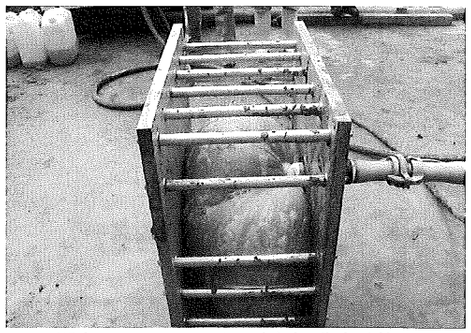


写真-3　ミニパッカー(改良型)実験状況

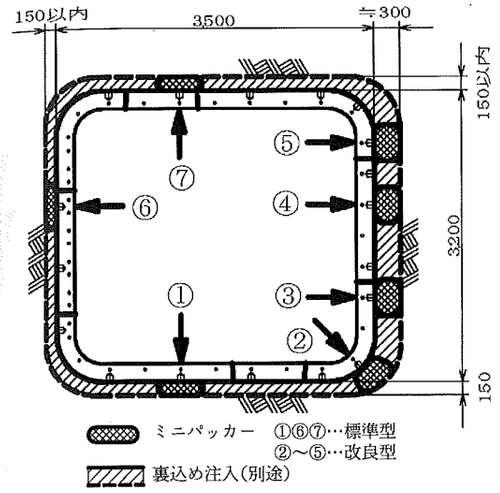


図-16　裏込め注入断面図

この改良型ミニパッカーは，裏込め注入開始とともに地山側に膨らみ，地山に接したのち注入圧力で内筒が半割れし，さらに芯筒側部の孔から裏込め材が流出し，均等に膨張するものである(**図-15，写真-3**)．

ミニパッカーは，推進抵抗力を地盤に伝達可能な箇所数とし，急曲線部においては**図-16**に示すように７か所/リングとした．結果として，全周への裏込め注入を施さなくても，推進に伴うセグメントの変位，近接構造物への影響も見られず，ミニパッカーの効果が十分であったと判断できる．なお，パッカー部以外の空隙については，シールド側に回り込まないように時間をおいて別途裏込め注入を実施した．

今回採用した「改良型ミニパッカー」は，岩盤などを掘進するオーバーカット量の大きなシールドなどにおいても，裏込め注入のシールドへの回り込みを回避しながら確実にセグメントを固定する方法として，十分に利用可能であると考えられる．

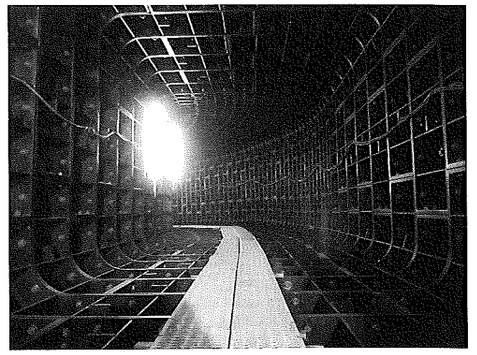


写真-4　一次覆工全景

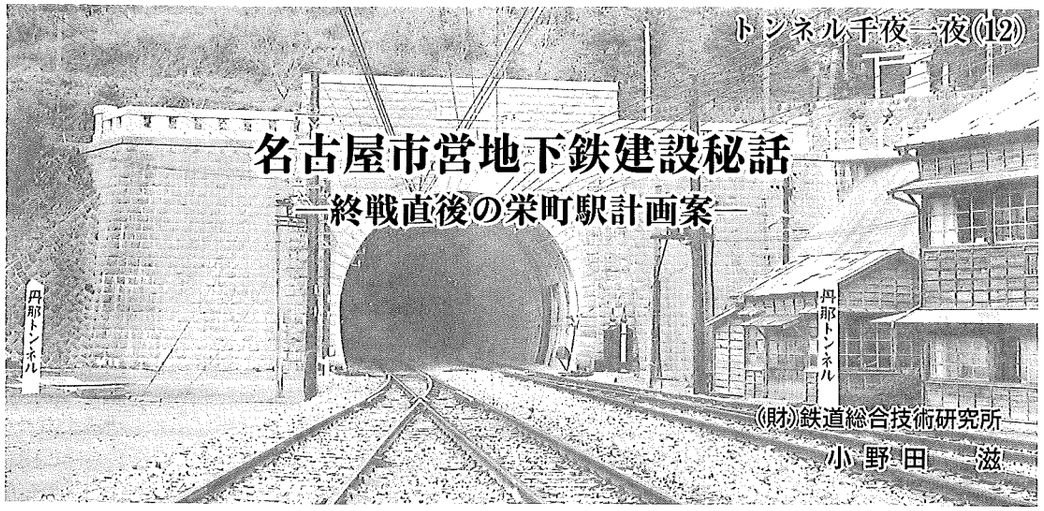
4　おわりに

近年，開放型シールドでの施工はごくまれであるが，今回は現地の施工条件などを考慮し開放型の矩形半機械掘り式シールドを採用した．

施工に際しては，「ローリングさせながらの姿勢制御」や「大きな余掘り部に対応できる改良型ミニパッカーの開発」などの対策を講じることにより，近接する重要構造物に影響を及ぼすことなく，また十分な施工精度を確保して無事貫通することができた(**写真-4**)．

なお，円形セグメントの場合はテーパーセグメントを回転させての微調整が可能であるが，矩形の場合は一定の組み方に限定され，テーパー量の調整ができない．そこで，とくに今回のような急曲線の場合は微調整用の修正リングまたはライナーなどが必要となる場合も考えられる．

地下構造物が輻輳する都市部では，さまざまな制約の中で通路・管路などを築造する工事が必要であり，今回の報告が類似工事の参考になれば幸いである．



名古屋市営地下鉄建設秘話
—終戦直後の栄町駅計画案—

(財)鉄道総合技術研究所
小野田　滋

■名古屋市の地下鉄計画

筆者の手許に1949(昭和24)年12月付で作成された『名古屋市高速度鉄道栄町駅基本計画』と題した小冊子がある．終戦直後の質の悪い酸性紙に謄写印刷されたもので，触るとボロボロに崩れてしまいそうな代物であるが，そうした困難な時代に地下鉄建設に国土復興の夢を託した貴重な記録でもある．

この『基本計画』については，名古屋市の編纂した『名古屋市高速度鉄道建設史』(名古屋市交通局・1959)などでも触れられていないので，この機会に紹介しておきたいと思う．

名古屋市における地下鉄の歴史は，わが国で3番目の地下鉄として1957(昭和32)年11月15日に名古屋～栄町(のち「栄」に改称)間が開業したことに始まる．しかし，その計画はすでに戦前からあり，1936(昭和11)年には第1次計画案が，1940(昭和15)年には第2次計画案が作成された．これらの計画は，戦争のために棚上げされたものの，終戦直後の1946(昭和21)年9月には早くも名古屋市高速度鉄道協議会が発足し，その実現へと動き出した．そして，翌年10月には6路線，総延長55kmが第3次計画案として立案され，1949(昭和24)年2月にはこのうち1号線(東山線)名古屋～池下間と2号線(名城線)市役所～金山間の免許が申請されて，翌年1月に免許状が下付された．

■昭和24年の栄町駅計画案

名古屋市では，免許の申請と並行して，1959(昭和24)年6月に1号線と2号線の交差駅となる栄町駅の基本計画の立案を，復興建設技術協会に委託した．

復興建設技術協会は，海外や旧植民地からの引き揚げ技術者の失業救済を目的として1946(昭和21)年に設立された社団法人で，現在の「復建」の名を冠したコンサルタント企業の母体となった組織である．協会では，石川栄曜(東京都建設局長)，伊藤滋(元運輸省建築課長)，橋本敬之(元大阪市電気局長)，釘宮磐(東大教授)，久保田敬一(元運輸次官)，平井喜久松(元運輸省工務局長)，平山復二郎(元運輸省建設局長)，星野茂樹(元運輸省熱海地方施設部長)など旧鉄道省OBを中心とする14名に委員を委嘱し，同年6月23日，7月27日，10月17日の3回にわたって委員会を開催して12月に成案が報告された．

この『基本計画』では，1号線の駅を上，2号線の駅を下として直角に交差させ，それぞれ島式ホーム，相対式ホームで建設した場合について5通りの案を比較検討し，最終的に1号線を島式，2号線を相対式とした(**図-1**)．また，1号線は前後を高架とする計画であったため，土かぶりはわずか1.2mとなったほか，架空線式による私鉄との相互乗り入れを考慮して，レール面からのトンネル天端までの内空高さは5mを確保した．さらに，駅本屋は地上に設けることとしたが，これは市内中心部における地下鉄用地を，幹線道路の裏側に確保したためであった(**図-2**)．

このほか，施工は開削工法を用い，路面覆工の必要がないため上部は法面工とし，下部のみ土留め工を行って工事費を節約すべきであるとの提案がなされた．

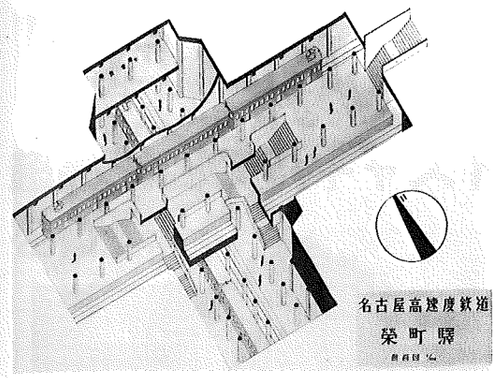


図-1　名古屋高速度鉄道栄町駅(筆者所蔵)

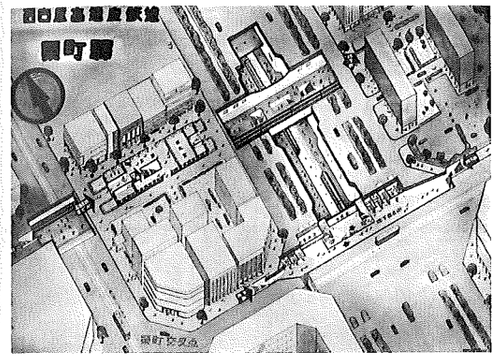


図-2　栄町駅付近断面図(筆者所蔵)

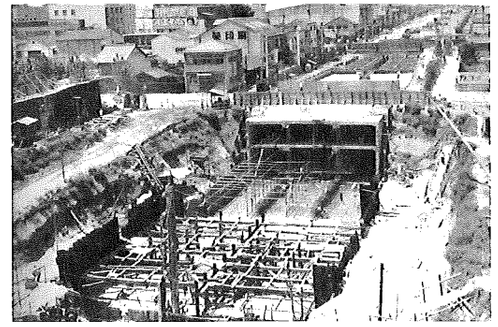


写真-1　栄町駅の建設(提供：名古屋市交通局)

■その後の計画変更と栄町駅の施工

1949(昭和24)年の免許申請時点における1号線は，名古屋駅の手前で地上に顔を出し，当時使われていなかった国鉄名古屋駅0番線ホームに高架線で乗り入れる計画であった．また，覚王山方も栄町駅の東で高架とするほか，将来は名鉄と名古屋，大曽根，水分橋，新川で，近鉄と八田でそれぞれ相互直通運転を行う予定であった．しかし，名古屋駅乗り入れは国鉄側の都合で不調に終わり，工事費を勘案すると架空線式の大型断面のトンネルを掘るよりも，第三軌条，全線地下方式で建設する方が有利との判断から，1953(昭和28)年に起業目論見書の変更を行って，現在の名古屋地下駅が建設されることとなった．また，地下鉄用地も，地下鉄の建設に併せて道路用地として利用することとなった．

栄町駅は，『基本計画』を踏襲して1号線を島式ホーム，2号線を相対式ホームとしたが，地上部分を道路とすることになったため，地下1階を駅部のコンコース，地下2階を1号線のプラットホームとし，2号線のプラットホームはさらに地下3階に設けることとした．このため，掘削深さは地表面下16mに及び，補助工法としてウエルポイントを採用したほか，『基本計画』の提言に従って，上部を法面工，下部を土留め工とした(**写真-1**)．しかし，この工法は杭抜きやコンクリート打設時に困難を生じたため，『建設誌』ではトンネルが深い場合でもそれに応じた長い杭を用いるべきであったと反省点を述べている．

その後，栄町駅は1965(昭和40)年10月に名城線が開業し，さらに乗降人員の増加とともに1976(昭和51)年～1979(昭和54)年にかけて駅の拡張工事が行われた．名古屋市の地下鉄は，今や総延長89.1kmに達し，昨年はわが国の地下鉄としては初の環状運転を開始したほか，今年は愛知万博の旅客輸送に貢献するなど，多くの人々の足として利用され，今日に至っている．

現場だより
平成17(2005)年

「真田の街」長野県上田市より

須　貝　美代治

長野県上田市(真田町・丸子町・武石町とともに平成18年３月合併予定)は，戦国時代に真田昌幸が天正11(1583)年に築城して栄えたところである．天正13(1585)年に徳川方と最初の上田合戦が始まり軽く撃破した．続いて慶長5(1598)年にかの有名な関が原に向かう徳川秀忠を足止めにした．また，これより50年前，武田信玄がまだ若かりしころ村上義清に惨敗した戦が行われた上田が原がある．ここには信玄の傳役である板垣信形(板垣退助の祖先)の墓があり，現在も花が手向けられている．

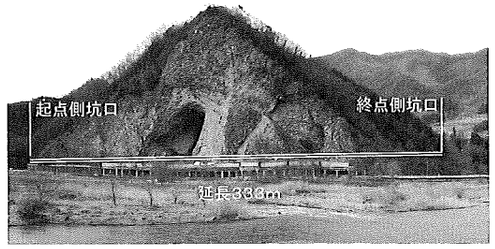
ここ上田市は標高約400mにある山国である．北側には東の浅間山(2,568m)から西の太郎山(1,301m)に続く山並みと，南側には東の八ヶ岳(2,899m)・蓼科山(2,530m)から西の姥捨山(1,252m)に続く山並みに囲まれている．中央にははほ南東から北西に向かい千曲川が雄大に流れ，西側に千曲川両岸に迫った急崖がある．

ここに伝説が残っている．

「遠い昔のこと，上田の西には岩山が続いていて，上田の盆地は満々と水をたたえた湖でした．岩山のまた西には豊な田畑が続いてた．いつの頃かねずみの大群が現れ，作物を荒らすようになった．『中国には，ねずみの怖がる猫がいるそうな』．里人が苦心の末，連れてきた猫に追われたねずみの群れは，湖の岸の岩山を食い破り，湖の水は千曲川となり，岩山は北が塩



位　置　図



半過岩鼻と上田(岩鼻)トンネルの位置

尻岩鼻(いわはな)，南は半過岩鼻(はんが)と呼ばれるようになった．」

現在この半過岩鼻は，比高100mのほぼ垂直(一部オーバーハング)で，中央部分には幅20m×高40m×奥行30mほどの穴が開いている．どうしてできたのか不思議な造形である．この半過岩鼻にトンネル工事を行うこととなった．

仮称：上田トンネル(後に，岩鼻トンネルと決定)は，一般国道18号の交通容量不足による慢性的な交通渋滞や騒音などの環境の悪化，交通事故の危険性などの改善を目的として計画された上田市篠ノ井バイパスに位置する．本バイパス計画は上田市上塩尻から長野市篠ノ井塩崎間の延長27.3kmで，このうちの起点側の4.9kmが「上田坂城バイパス」として事業が進められている．本トンネルは，このバイパスの起点側から約2.3kmを坑口とした延長333mの国土交通省関東地方整備局発注の工事である．

地質は，泥岩層に貫入した新第三紀中新世後期の(角)閃緑ひん岩である．岩鼻の上方には猛禽類が生息していたため，防音施設の設置，低振動のための制御発破(導火管付き非電気式雷管を使用した多段発破)などの振動騒音対策を徹底的に行い，振動計測システムと猛禽類監視システムを組み合わせた監視体制のもと掘削を行った．また，坑口切土量を大幅に低減し自然環境の保全に努めた．このたび雛が無事巣立つことができ，これまでの苦労が報われる思いであった．

地元上田市や坂城町をはじめとする周辺のみなさまの大きな期待に応えるべく，無事故で高品質なトンネルを是非ご提供したい．

((株)フジタ上田トンネル作業所長)

施工

超高強度プレキャストパネルを用いて有効断面を確保

—東上田水力発電所導水路トンネル改修—

中部電力(株)岐阜支店飛騨電力センター土木課課長　小　林　　憲
中部電力(株)岐阜支店飛騨電力センター秋神ダム管理所担当　棚　橋　秀　夫
中部電力(株)岐阜支店飛騨電力センター土木課担当　織　田　晃　治

1　はじめに

中部電力には全社管内に183か所の水力発電所があるが，そのうち約８割は運転開始以来50年以上が経過し，設備が高経年化している．とくに導水路トンネルをはじめとする水路は，河川からの流入土砂による摩耗，洗掘などが生じ，継続的な設備保全を図るためには適切な維持管理が必要となっている．

東上田水力発電所は，飛騨川上流域に位置する最大出力35,000kWの水路式発電所であり，昭和29年の運転開始以来約50年が経過している．水路点検の結果，当発電所の導水路トンネルは経年劣化が進行していることがわかり，水路全線にわたりアーチ・側壁の防水工事，亀裂補修工事を行うとともに，とくに劣化が著しい72m区間については覆工コンクリートの改修工事を実施した．

当発電所の導水路トンネルは，水路延長約12kmの無圧水路で，その断面は内径4.42m，覆工厚30cm(アーチ部60cm)の馬蹄形である．トンネル経過地点の地質は中生代白亜紀の濃飛流紋岩類(火砕岩)および花崗閃緑斑岩からなるが，覆工コンクリートの改修工事区間は河川横断部で土かぶり厚が約６mと小さく，周辺地盤の地質状況も玉石混じりの砂礫などであることから，トンネルの自立性が悪くなっている．このため，当該覆工コンクリートは構造上重要な役割を果たしており，今回改修が必要と判断した(図-1)．

改修に際して，既設覆工コンクリートを撤去し，新たにコンクリートを打設する従来工法では，工

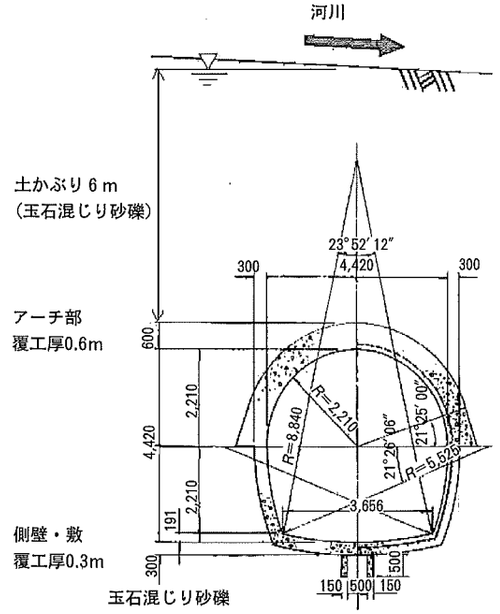


図-1　導水路トンネル

事中のトンネルの安定性を十分確保することが難しく，既設覆工コンクリートの切削量を低減する新たな工法を検討した．その結果，革新的な材料技術にもとづく新材料である超高強度繊維補強コンクリート(Reactive Powder Concrete：RPC)を用いたプレキャストパネルを使用する工法を採用することとした．本稿では，その施工概要を報告する．

2　工　事　概　要

東上田水力発電所導水路トンネル改修工事の全体概要は以下のとおりである．

工 事 名：東上田水力発電所導水路トンネル改修工事
工事場所：岐阜県下呂市
工　　期：平成15年10月１日～
　　平成16年３月19日
断水期間：平成15年11月26日～
　　平成16年２月17日
工事延長：水路トンネル延長 12.807km
水路トンネル改修：はつり工　853m²
　　覆工内巻き工　72m
水路トンネル補修：アーチ・側壁の防水工
　　2,900m²，
　　亀裂補修　500m

水路全体における工事箇所を**図-2**に，水路断面を**図-3**に示す．当発電所は飛騨川上流域の重要な発電所であることから，水路改修に伴う断水期間(発電停止期間)は，極力短縮することが要求され，準備工を除いた実質施工日数は84日間である．改修工事前のトンネル状況を**写真-1**に示す．

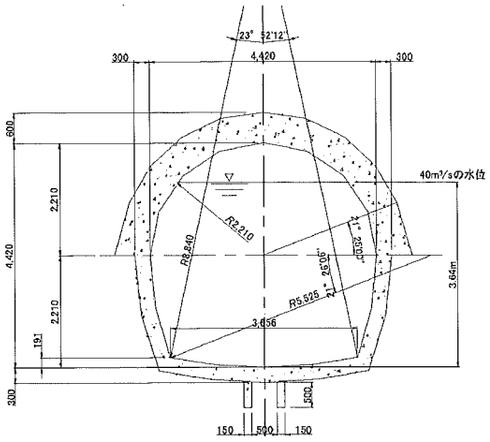


図-3　トンネル断面図


写真-1　工事前トンネル状況

3　改修工法の選定

3-1　要求事項

導水路トンネルの覆工コンクリートに対する一般的な要求事項は，

①　通水能力を確保するため，所定の断面と粗度係数を有すること
②　地圧，水圧などの外圧に耐える強度を有すること

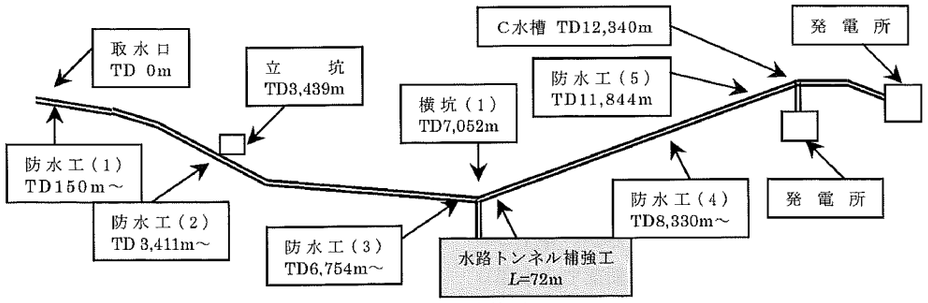


図-2　工事箇所

ること

であるが，今回の改修工事にあたっては，これらのほかに，

③　周辺地盤の地質状況に配慮し，改修工事期間中のトンネルの安定性を確保するため，既設コンクリートの切削厚さを最小限とすること
④　改修工事に伴う減電損失を低減するため，導水路トンネルの断水期間を極力短縮すること

が要求されている．このため，上記の全要求事項に配慮して，工法選定を行った．

3-2　改修工法の検討

既設覆工コンクリートを撤去し，新たにコンクリートを打設する従来工法では，要求事項③の工事期間中のトンネルの安定性を確保することができないため，切削厚さの低減を目指し，PCL(Precast Concrete Tunnel Lining)工法を基本としたプレキャストパネルの薄肉化を検討した．

一般的にパネル材料としては，RC版，鋼板などが使用されるが，今回は革新的な材料技術にもとづく新材料である超高強度繊維補強コンクリート(RPC)を選定した．RPCは，セメントを基材として珪砂，反応性微粉末などの各種構成材料に，専用繊維，専用減水材を混合して製造される無機系複合材料である．今回使用したRPCの配合を**表-1**に示す．

表-2にはRPCと高強度コンクリートの強度特性比較を示すが，RPCは高強度コンクリートよりさらに高い強度特性を有しており，所定の荷重に対して，パネルの薄肉化が可能である．また，RPCは工場内で型枠に打設し蒸気養生により製作するため，高い流動性(フロー値(JIS R 5201) 250～270㎜)を有しており，任意形状のパネルを製作することができる．さらに，優れた凍結融解

表-1　RPCの配合表

呼び強度 (N/㎟)	鋼繊維混入率 (%)	W/C (%)	スランプフロー (cm)	単位重量 (kgf/m³)				
				W	C	珪砂，シリカ	鋼繊維	Ad
180	2.0	22	25～27	180	818	1,479	157	24

表-2　RPCの強度特性

	単　位	RPC	高強度コンクリート
密　　度	g/cm²	2.56	2.40
圧縮強度	N/㎟	～210	～60
曲げ強度	N/㎟	～45	～9
引張強度	N/㎟	～9	～4

抵抗性，耐塩害性，耐摩耗性を有していることから，メンテナンス周期の延伸に伴うコスト削減効果が期待できる．また，鋼板のように塗装の必要性もないことから，メンテナンス面でも優れたトンネル補修材料として期待される．

3-3　改修後の覆工断面の検討

既設コンクリートの切削厚さは，要求事項③を考慮して，最小限の表面劣化部分50㎜とするが，切削に伴う耐荷力低下を補うため，高さ50㎜，幅100㎜の高強度薄型H形鋼(BH-50×100×9/12：SS540)を鋼製支保工として，切削面の内側に建て込む．RPCプレキャストパネルは，その表面が平滑であり新設コンクリートと同等以上の粗度係数(0.013以下)が確保できることから，現状の劣化が進行したコンクリートに比べ同じ通水断面でも通水能力が増大し，水路内空断面を半径50㎜縮小できる．さらにRPCの超高強度特性を活かし，厚さ30㎜まで薄肉化が可能なため，鋼製支保工の内側に設置しても改修前の通水能力を確保することが可能である．

また，既設コンクリートはその表面は劣化が見られるが，内部は約21N/㎟(設計基準強度18N/㎟)の圧縮強度を有していること(圧縮試験結果)から，既設コンクリートの切削量を最小限とし，

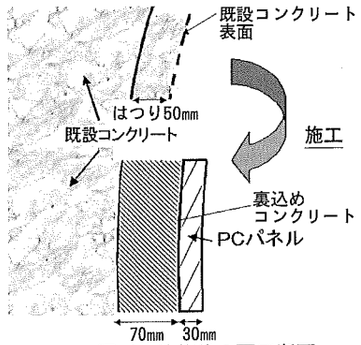


図-4　改修後の覆工断面

改修後も有効に活用することで，改修工事の経済性向上を図ることが可能である．そこで，RPCプレキャストパネルと既設覆工コンクリートの隙間70㎜は裏込めコンクリートを打設して新旧コンクリートを一体化し，外力に抵抗する設計とした．改修後の覆工断面を図-4に示す．

4　施　工　概　要

導水路トンネル改修工事の施工フローを図-5に示す．

4-1　はつり工

既設覆工コンクリートの切削に際しては，振動および打撃系切削工法では設計切削厚50㎜以深の既設コンクリートを痛める可能性があるため，ウォータージェットによる静的切削工法を採用した．ウォータージェット工法の特徴を以下に示す．

① ブレーカ，削岩機などの打撃破壊とは異なり，ノズルから噴射された高圧水のエネルギーにより，コンクリートのセメントモルタル部分を破壊するメカニズムであるため，振動が非常に小さく，環境特性に優れた工法である．

② コンクリート構造物に与える変形，ひずみ，残留応力が少なく，マイクロクラックもほとんど発生しない．

③ 自由な形状に切削が可能であり，切削面の凹凸が多く，接着面積が拡大するため，新旧コンクリートの一体化に有効である．

④ 適切な圧力，流量をコントロールすることにより，鉄筋を傷めずにコンクリートの劣化部分だけを除去する選択的なコンクリート除去処理が可能である．また，対象物の塗膜や付着物だけを除去することも可能である．

⑤ 対象物とノズルが接触しないため，機械の遠隔操作化が可能である．また，機械化により均一な施工品質が得られる．

ウォータージェットによるはつり作業は，アーチ部および側壁部に関しては機械式(ロボット)，根足部は人力式(ハンドガン)で施工した．ウォータージェット工法は，高圧水の確保と高圧ポンプ設置場所が必要であるが，導水路坑内にはこれらの設備を設置するスペースを確保できないことから，施工区間上部に20m³水槽とポンプユニットを設置し，ボーリング孔(φ100㎜)を削孔して高圧ホースにより導水路坑内に高圧水を供給した．機器配置図を図-6に，機器の仕様を表-3に示す．

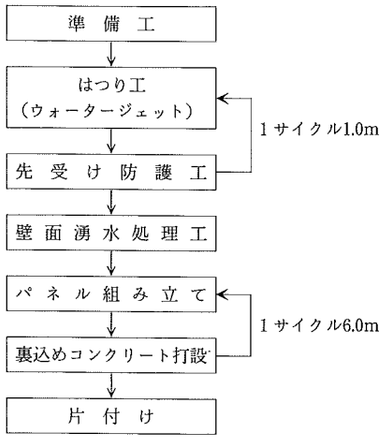


図-5　施工フロー

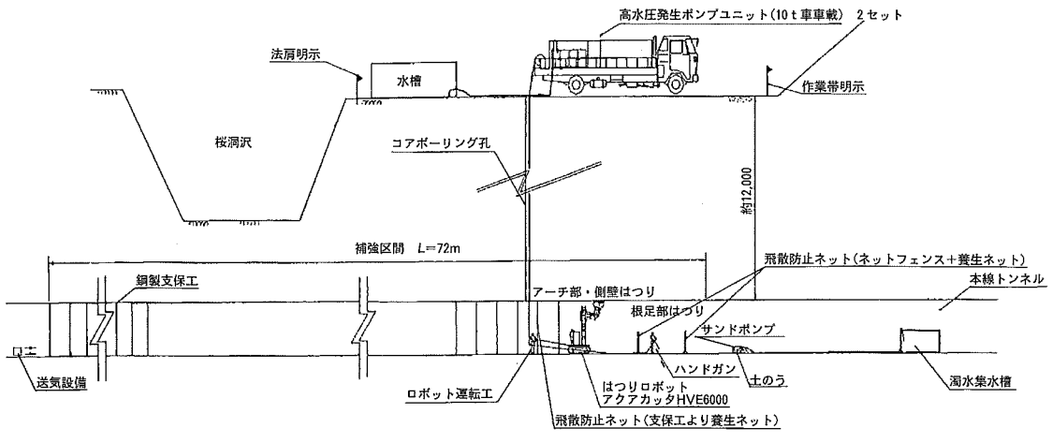


図-6　機器配置図

表-3　機器仕様

機　器　名	アクアカッタ　HVE-6000		
全　　長	2,730㎜	重　　量	1,800kgf
有効作業幅	2,000㎜	はつり高さ	1,570～6,000㎜
実働圧力	80MPa	実働流量	150ℓ/min
ノズル径	3.2㎜	横行速度	80～100㎜/sec
揺動回数	1.5回/sec	パス回数	2～4回/sec
移動速度	40㎜/sec		
機　器　名	ハンドガン(直射ガン)		
実働圧力	150MPa	実働流量	16ℓ/min
機　器　名	WOMAポンプ　480ZP40		
運　転　圧	100MPa	吐　出　量	193ℓ/min

表-4　施工実績

	施工数量	施工機器	施工速度
アーチ部	701m²(9.85m²/m)	ロボット	31.86m²/日
根足部	152m²(2.00m²/m)	ハンドガン	6.90m²/日
計	853m²	—	38.77m²/日

施工延長：72.0m　施工日数：22日

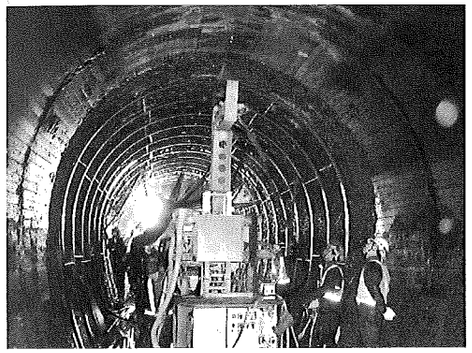


写真-2　はつり状況

ら，施工区間上部に20m³水槽とポンプユニットを設置し，ボーリング孔(φ100㎜)を削孔して高圧ホースにより導水路坑内に高圧水を供給した．機器配置図を図-6に，機器の仕様を表-3に示す．

はつり作業の工期短縮を図るため，ロボットは1組，ハンドガンは2組のパーティで，ロボットを昼間，ハンドガンを夜間作業とした．また，夜間作業に備え，地上部には防音シート遮へいによる防音対策を実施した．施工実績を表-4に，施工状況を写真-2に示す．

4-2　先受け防護工

パネルの組み立てに先立ち，既設コンクリートを50㎜切削するため，断面欠損により施工中は覆工耐荷力が減少する．そこで，切削と同時に耐荷力が回復できるよう，切削後速やかに鋼製支保工による先受け防護工を実施した．

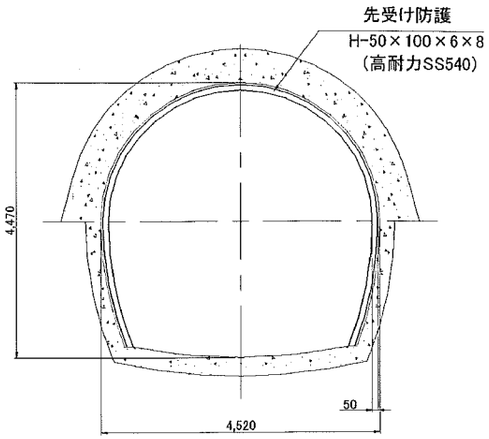


図-7　先受け防護工

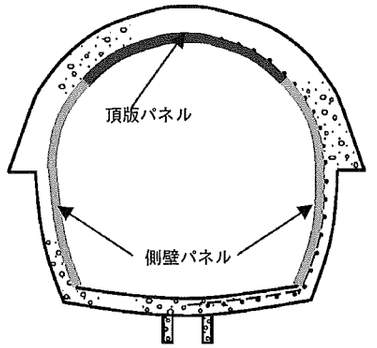


図-8　パネル施工分割図

鋼製支保工は，建て込み間隔を1.0mとし，切削深さ50㎜に合わせ，高さ50㎜，幅100㎜の高強度薄型H形鋼(BH-50×100×9/12：SS540)とした．鋼製支保工の脚部はケミカルアンカーにて既設コンクリートに固定し，設置済みの鋼製支保工とタイロッドで連結した．切削面との隙間は木製キャンバーにてブロッキングした(図-7)．

4-3　パネルの組み立てと裏込めコンクリート

パネルは施工性を考慮して，頂版および側壁を3分割とした(図-8)．また，パネル間の継手は，各接合面を2か所のボルトで連結し一体化を図ることとした(図-9, 10)．

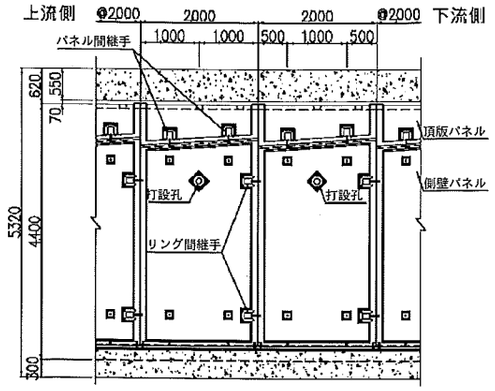


図-9　パネル側面図

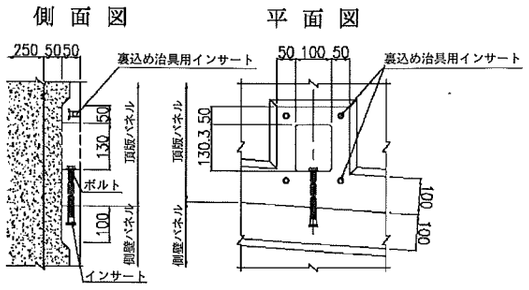


図-10　パネル継手詳細部

パネルの組み立ては，前述の鋼製支保工に側壁パネルを連結し，あらかじめ側壁パネルの自立を図ったうえで，頂版パネルを連結した．これにより，パネル組み立ての施工性と精度の向上を図った(パネル間の段差３㎜以内)．パネルの組立方法を**図-11**に，設置状況を**写真-3**に示す．

パネルと既設コンクリートは裏込めコンクリートにより一体化するが，ウォータージェットによる切削で既設コンクリートに細かな凹凸を付けるとともに，本来表面が平滑なパネルの裏面にも細

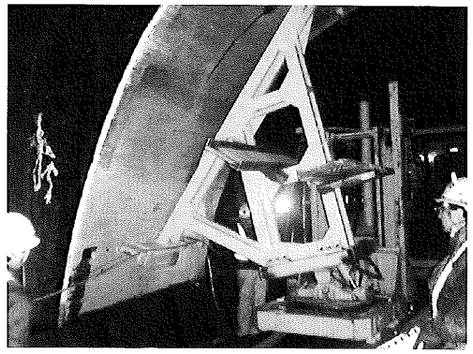


写真-3　パネル設置状況

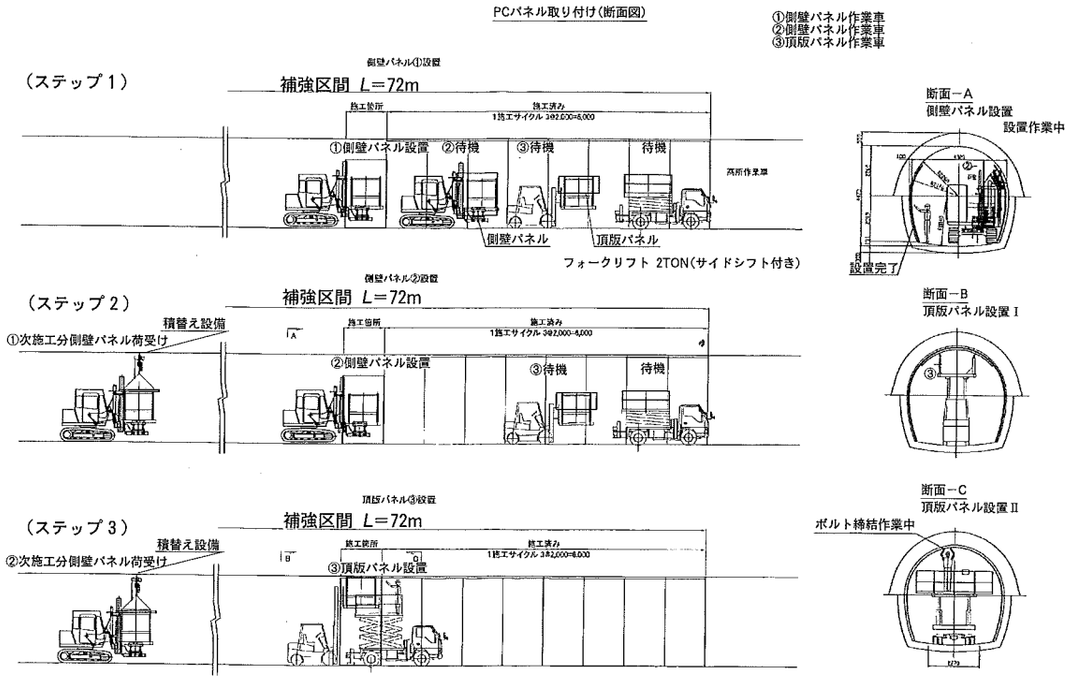


図-11　パネル組立方法

表-5　裏込めコンクリートの配合

呼び強度 (N/㎟)	W/C (%)	スランプフロー (cm)	単位重量 (kgf/m³)				
			W	C	S	G	Ad
45	37.4	60	186	503	733	854	2.93

※)最大骨材寸法　15㎜

表-6　施工実績

施工延長	72.0m(L＝2ｍ×36リング)
施工数量	853m³(7.9m²×36リング×３分割)
パネル重量	側壁パネル：640kgf，頂版パネル：690kgf
施工実績	施工速度：2.6リング/日 施工日数：14日 打設回数：10回 打設時間：６時間

かな凹凸を付け，裏込めコンクリートとの付着力向上を図った．また，裏込めコンクリートの厚さは70㎜と薄いため，バイブレータによる締め固めが困難であることから，充填性能の高い高流動コンクリートを採用し，左右の側壁各１か所，頂版２か所の計４か所の打設孔より入念に打設を行った．

なお，これらの打設孔およびリング間継手部の開口部より充填状況を確認した．裏込めコンクリートの配合を**表-5**に示す．

裏込めコンクリートの打設はコンクリートポンプを使用し，生コン運搬は，キャリヤダンプを改良してアジテーターを搭載したものを使用した．打設足場は，キャリヤダンプに単管で足場を組み，移動式として使用した．施工実績を**表-6**に示す．

5　効　　果

改修後のトンネルの状況を**写真-4**に示す．

今回，東上田水力発電所水路改修工事において，RPCプレキャストパネルを採用したことにより，当初の目的である既設覆工コンクリートの切削量を低減し，改修工事中のトンネル安定性を確保することができた．本工法は，切削量が従来工法の

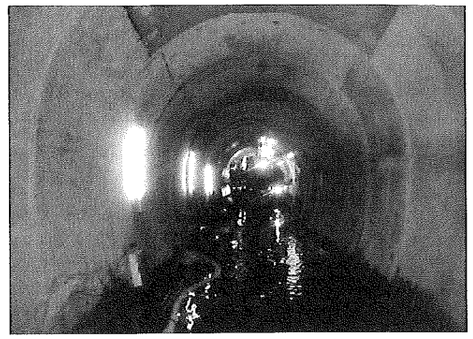


写真-4　改修後トンネル状況

約50％であり，廃棄物の発生を大幅に抑制することができるため，廃棄物処理費用の削減，環境負荷の低減につながる優れた工法である．

また，従来工法の型枠工を省略することで，発電停止期間を，従来工法より約８日間短縮することができ，減電損失を含めた総合的な経済性において高い評価を得ることができた．

6　おわりに

RPCプレキャストパネルは，RPCの優れた耐摩耗性などにより，一度施工すれば従来工法以上に長期間にわたり改修効果が継続し，メンテナンス周期の延伸によるコスト削減効果も期待できることから，今後はその効果を継続的に評価していきたい．また，今後の課題としては，多様な断面に対応できる組立機械の開発やパネルのピース分割による軽量化，継手方法の改善などによる施工性のさらなる向上が期待される．本工法は，経済性，環境特性に優れた工法であり，同様な施工条件における他地点への適用を今後積極的に検討していきたい．

最後に，本施工の実施にあたり多大なご協力をいただいた熊谷・シーテック・金子共同企業体の関係者の方々に感謝の意を表します．

土木情報 No.390 今月の主な入札結果

（10月5日～10月28日）

事業主体	工事名	請負会社	請負額 単位百万円
北開・札幌	新雨竜(二期)地区雨竜大幹線用水路豊里工区	日本基礎技術・坂本建設・道興加茂JV	237
〃	〃 3丁目線工区	盛興建設	180
〃	一般国道275号深川市幌加内T	佐藤・奥村・岩田JV	3,049
北開・旭川	びっぷ地区共栄幹線用水路6号工区	荒井建設	388
北開・帯広	下浦幌(二期)地区浦幌2号排水路太平工区	宮坂建設工業	313
石狩西部広域水道企業団	送水施設創設9号送水管新設その11	石山組・日栄建設・北宝建設JV	186
関東地整	圏央道真里谷第4Tその2	ハザマ・不動JV	2,180
中部地整	三遠南信川路T	吉川建設	620
近畿地整	大阪港夢洲T咲洲側換気所土留矢板打設	大林・大豊JV	1,030
〃	美浜東BP佐柿T	東洋建設	1,280
〃	163号古市緑電線共同溝	大林道路	1,060
東北農政	最上川中流国営造成土地改良施設整備事業西部幹線T改修(その2)	ハザマ	158
中国四国農政	吉野川下流域農地防災事業北部幹線水路1号水位流量調整施設	佐伯建設工業	305
〃	那賀側(一期)農地防災事業那賀川幹線水路T	徳倉建設	250
首都高	SJ34工区(1-4・2)西新宿北連絡路T(その2)	ハザマ・五洋・本間JV	1,222
〃	SJ32工区(2-2)SJ33工区(1)立坑躯体・換気洞道	飛島・三井住友・日本国土JV	818
阪神高速	新湊川第2工区(その3)開削T	西松・淺沼JV	990
群馬県	補助公共道路改築事業(国道)(仮称)松谷第2T	鹿島・岩井・久住・吉澤JV	2,100
千葉県	江戸川浄水場排水池築造	三井住友建設	365
〃	江戸川第二終末処理場第二放流幹線(1工区)	フジタ・みらい・古谷JV	1,984.5
〃	〃 (2工区)	五洋・三井住友・松浦JV	1,968.75
〃	江戸川左岸流域下水道管渠築造(市川幹線701工区)	大林・岡本JV	888
都・財務局	地下車路出路築造	木原・永光JV	1,690
都・水道局	足立区保木間一丁目地先から小右衛門間送水管(1600㎜)トンネル内配管及び立坑築造並びに送水管(1600㎜)新設	鹿島・日本国土JV	1,250
都・下水道局	第二立会川幹線	鹿島・飛島・三井住友JV	4,683
〃	港区芝公園一丁目，芝大門二丁目付近再構築	奥村組土木興業	152
〃	墨田区石原四丁目付近再構築	小樽工業	194.876
〃	北区志茂三丁目，神谷三丁目付近再構築	西松建設	182.384
〃	馬込西二号幹線その3	りんかい日産・森本組JV	1,250
都・新都市建設公社	八王子市下恩方町3165番地先外下水道築造	森屋建設	147.3
京都府	乙訓－宇治・木津系連絡管地下埋設	星山・奥田JV	206.8
広島県	一般道豊浜蒲刈線橋梁整備(トンネル工区)	清水・格正JV	1,538
大分県	平成17年度道改国第8-3-2号T	安部建設・協和産業JV	1,100
島根県	一般国道485号郡バイパス改築(改良)(仮称)山田T	森本組・金田・石橋工務店JV	2415
〃	(一)中村津戸港線中村下工区(改築)鮎返しT	金田・徳畑JV	644
福岡県	江曲・藤吉枝線下水道築造	青木あすなろ・川口JV	106
札幌市	東苗穂幹線新設その1	石山組・共創技建JV	113
さいたま市	谷田排水区東口雨水幹線築造	とだか建設	134
横浜市	南部処理区伊勢佐木地区下水道再整備	岳南建興	119
〃	〃 大岡右岸幹線(第1工区)下水道整備	三井住友・三ツ和JV	1,415
〃	〃 黄金第二幹線下水道整備	竹中土木・保土ヶ谷JV	1,330
〃	〃 吉野地区下水道再整備(その7)	浅井建設	105.12
〃	栄処理区戸塚地区下水道整備(その69)	信友建設	122.1
〃	港北処理区新羽末広幹線(太尾・駒岡区間)第二工区下水道整備	鹿島・佐藤・松尾JV	2,230
名古屋市	自由ヶ丘雨水調整池整備	戸田・白石・太平JV	1,250
京都市	中部第一排水区千本(二)1号幹線改修(その5)公共下水道	広川組	182.5
大阪市	鶴浜地区下水管渠築造(その2)	錦建設工業	231.071
神戸市	磯上通地区他汚水管改良	田村建設	128.6

施工

下水道普及困難地域解消のための旧江戸川横断シールド

—東京都下水道　妙見島管路敷設工事—

東京都下水道局中部建設事務所工事第一課長　山田勝久
東京都下水道局北部建設事務所工事第二課工事第三係長　岸　勘治
東京都下水道局北部建設事務所工事第二課工事第三係主任　青屋鉄弘
前田建設工業(株)関東支店東葛西作業所所長　中野定司

1 はじめに

東京の区部下水道は，平成6年度末において普及率100%(概成)を達成した．一方，普及面積全体に比べて，きわめてわずかであるが，未普及地域が存在している．この要因としては，区画整理事業との調整，道路未認定，不法占拠および河川や飛び地による地域の分断などが挙げられる．

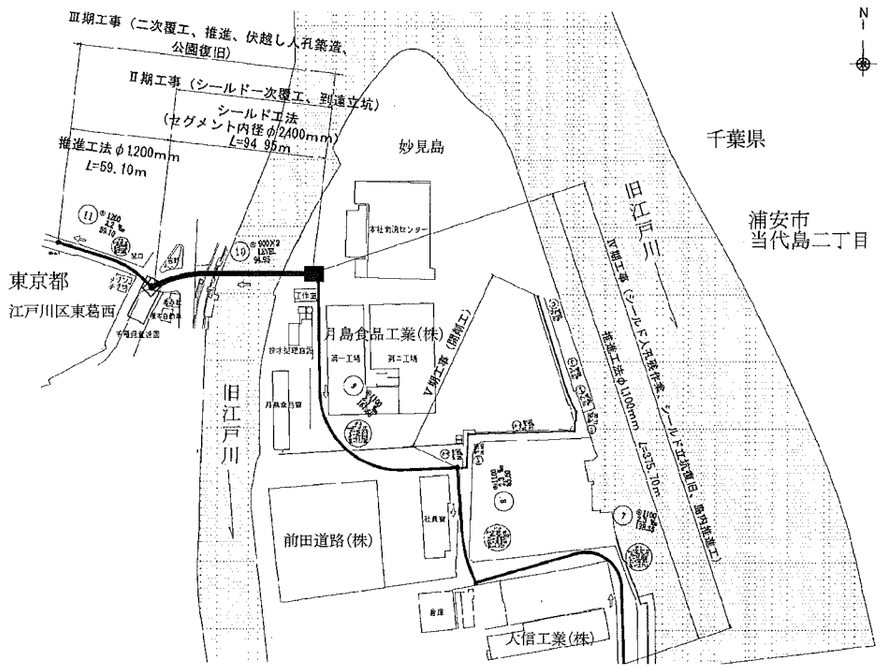


図-1　全体計画平面図

今回紹介するこの地域は，千葉県との都県境を流れる旧江戸川(一級河川)に挟まれた位置にあり，通称「妙見島」と呼ばれ，下水道未普及地域とされている場所である．

この地域の下水道管路敷設については，長期にわたり関係機関と協議を継続してきたが区道と認定されたことから，平成15年３月に工事を着工した．工事の全体計画は図-1に示すように，四方を河川に囲まれているため，河川管理者との協議の結果，高潮護岸の改良体下端からの離隔を1.5Dとしたため，旧江戸川の河床を横断する大深度の伏越し構造となった．また，河川に近接して発進立坑を築造するなどから慎重な施工が求められていたが，シールドが貫通したのでその概要を報告する．

2　地　質　概　要

シールド工事河川横断部の地質概要は図-2に示すように，旧江戸川によって形成された沖積低地であり，地質学的に洪積世に堆積した沖積層として取り扱われている七号地層が分布している．この地層は，東京湾の荒川・中川・江戸川沿いの南北に発達する地下谷に沿って分布し，有楽町層と江戸川層の間に不連続に堆積している．発進立坑部では，GL－20m付近から層厚15～20mで七号地層砂質シルト(N値5～7)と同細砂層(N値16～50)が互層状に混じり，GL－30m付近では固結シルトをブロック状に挟む微細砂(N値50以上)となり粒子が均一化している．

発進部のケーソン工事では，圧入沈下の最終段

表-1　地中ガス調査結果

地　点	深　度	地　層	地下水溶存ガス分析(メタン)	
			空気補正濃度 (vol%)	発　生　量 (mℓ/ℓ)
Bor.No.7 (到達部)	GL－22.0～－23.0m	Nas1	75.1	48.8
	GL－34.0～－35.0m	Nas2, Nac	70.1	19.5
Bor.No.8 (発進部)	GL－25.0～－26.0m	Nac	10.7	0.47
	GL－31.0～－32.0m	Nas2	71.8	13.1

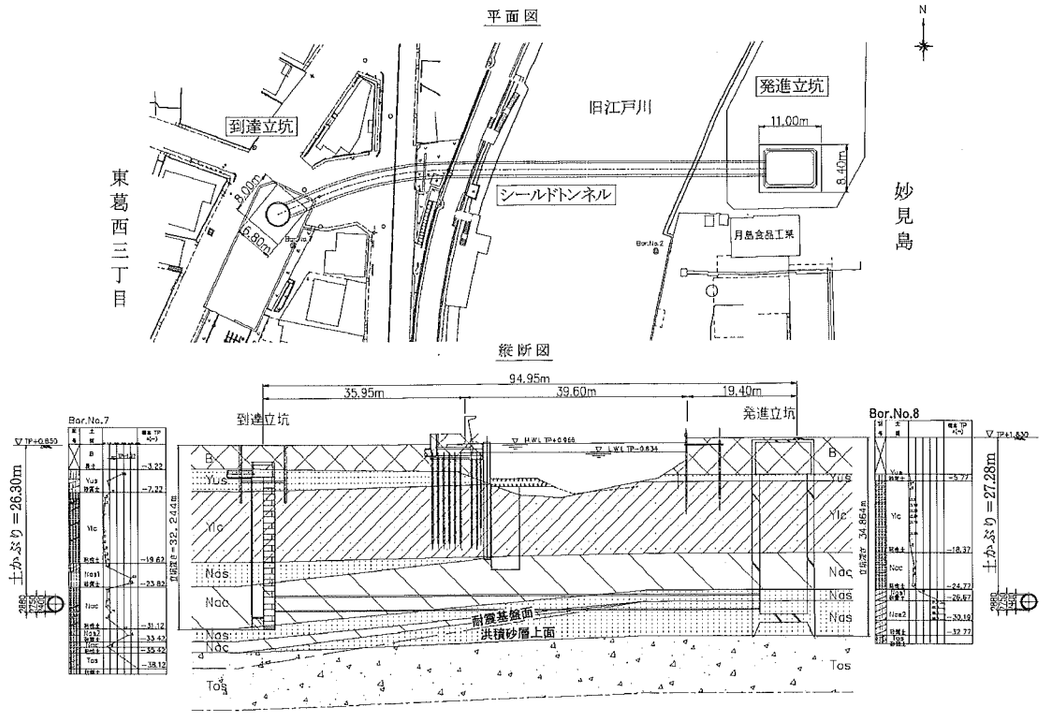


図-2　地質縦断図

階においてこの固結シルトの抵抗による圧入力不足が懸念された．また当該地は，東京湾岸低地特有の地下ガスの存在が予測され，調査の結果，表-1に示すように，Bor. No.7(到達部)とBor. No.8(発進部)ともGL－22.0～－35.0mの七号地層および東京層において，遊離メタンガスは検出されていないものの地下水中の溶存メタンガスが多く検出されており，施工中に地下水が大気圧に開放された場合，気化メタンガスが発生する危険性があることが確認された．このことから，今回のシールド工事においてはメタンガス対策を講じた施工が必要と考えられた．

3　工　事　概　要

3-1　立坑工事

立坑の施工は，発進・到達立坑とも圧入工法で施工したが，発進立坑は現場打ちコンクリートによる矩形体，到達立坑は鋼製セグメントによる円

表-2　ケーソン圧入力比較表

比　較　項　目			発進立坑	到達立坑
Bor.No.7(到達部)			現場打ち矩形ケーソン	鋼製セグメントケーソン
形　状	寸　法	(m)	矩形(11.10m×8.50m)	円形(ϕ4.31m)
	断面積	(m^2)	94.4	14.6
沈下抵抗力(計　画)	計	(kN)	53,110	4,227
	1m^{2}あたり		563	290
自　重	計		31,378	433
	1m^{2}あたり		332	30
必要圧入力(計　画)	計		21,732	3,794
	1m^{2}あたり		230	260
グラウンドアンカー	1本あたり		2,750	950
	構　造	—	残置式	除去式
	本　数	(本)	8	4
	合　計	(kN)	22,000	3,800
必要圧入力(実　績)	計		20,500	4,000
	1m^{2}あたり		217	274



必要圧入力＝(周面摩擦力＋刃先抵抗力＋浮力)－自重

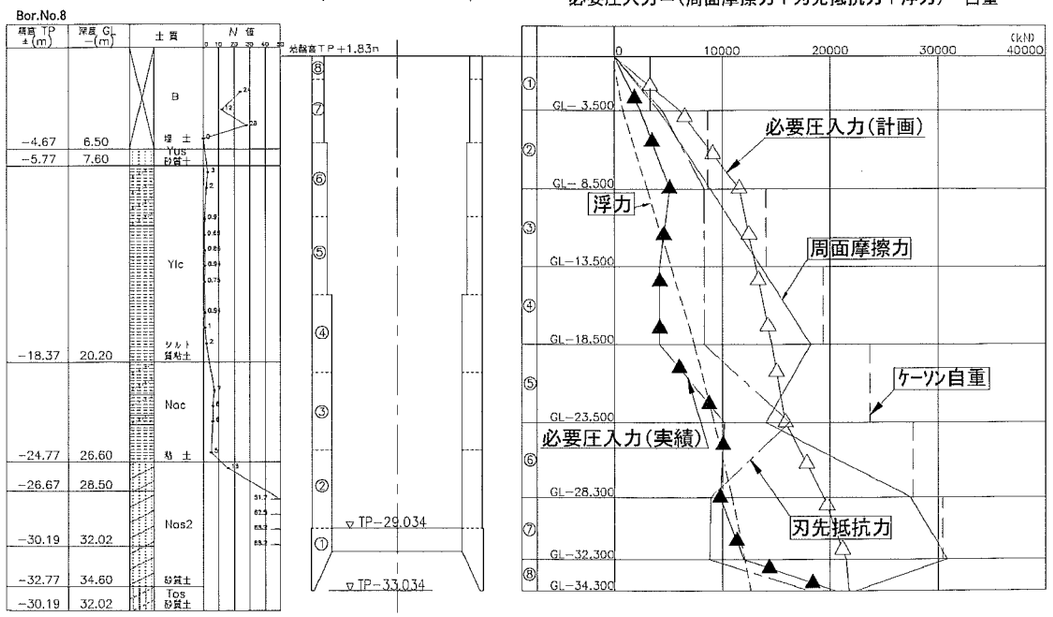


図-3　現場打ち矩形ケーソン圧入沈下曲線

形体と形状的に相違している．**表-2**にそれぞれの立坑の計画圧入力を比較し，グラウンドアンカーの設備規模と実績圧入力を示すが，これによると，発進立坑の現場打ち矩形ケーソン工法と到達立坑の鋼製セグメントケーソン工法には自重の違いはあるものの単位面積あたりの必要圧入力には大差ないことがわかる．

3-1-1　現場打ち矩形ケーソン工(発進)の施工

図-3に現場打ち矩形ケーソン工の沈下関係図と，計画時の沈下抵抗力と施工時の実績圧入力を示す．発進部におけるGL－20.0mまでの有楽町層では，地盤が非常に軟弱で，コンクリート打設時に躯体が自重で沈下する恐れがあった．そこで，掘削深さを刃口先端から1.0～1.5m上方にとどめ，刃口側部の地山を常時残すことで刃口抵抗力を増加させた．しかし，終盤の7，8ロットでは逆に，七号地砂層内にブロック状に挟む層厚5～10cmの固結シルトが硬く，掘削および圧入作業が難航した．とくに，刃口側部には固結シルトの付着があり，クラムシェルによる水中掘削での掻き落し作業に手間取ったが，最終実績圧入力は計画値とほぼ同等であった．

表-3　現場打ち矩形ケーソン工施工精度

ロット	傾斜量(mm)	傾斜精度	偏芯量(mm)	摘　要
2	4	1/2,250	13	—
3	3	1/4,420	22	—
4	8	1/3,116	22	—
5	12	1/2,000	25	—
6	11	1/2,614	34	—
7	10	1/3,644	30	—
8	10	1/3,430	30	最終沈下

施工精度は，**表-3**に示すとおりで，躯体の傾斜を四隅の圧入ジャッキで制御することにより高い精度が得られた．しかし，底盤コンクリートの止水性は必ずしも十分ではなく一時漏水も見られたが，これは，矩形ケーソンコーナー部の刃口構造に起因し，掘削およびスライム処理の難しさが関係していると考える．

3-1-2　鋼製セグメントケーソン工(到達)の施工

到達立坑は次期推進工事の発進基地となることから路下式での施工形態であり，まず鋼矢板による一次土留めを施工し，その後鋼製セグメントによるケーソン工を実施した．なお，セグメント内の掘削における地下水の遮水対策として，周囲に

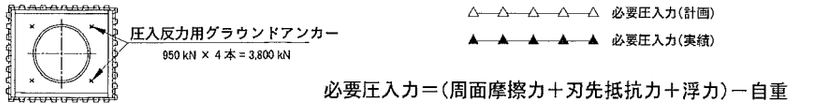


図-4　鋼製セグメントケーソン圧入沈下曲線

表-4　鋼製セグメントケーソン工施工精度

リング	傾斜量(mm)	傾斜精度	偏芯量(mm)	摘　要
4	19	1/211	5	—
8	13	1/615	6	—
12	10	1/1,200	10	—
16	12	1/1,333	12	—
20	14	1/1,429	12	—
24	14	1/1,714	15	—
27	14	1/1,964	16	最終沈下

CJG工法により止水壁を造成した．CJG杭とセグメント躯体との離隔が少ないことから，刃口抵抗の増加による圧入力不足が懸念されたが，掘削断面内に改良体の出現が数回みられたにもかかわらず，実績圧入力は計画値とほぼ同等で，改良体による影響はほとんどなかった(**図-4**参照)．この工法は躯体自重が小さく発進立坑の現場打ち矩形ケーソンにおけるコンクリート荷重のように急激な増加が少ないことから，刃口側部に近接して掘り込むことが可能である．掘削は天井クレーンを使用して油圧バケットにより施工したが，刃口テーパー量が現場打ち矩形ケーソンの1.15mと比較して0.15mと小さく，確実に刃口側部の土砂を取り除くことが可能であった．したがって，掘削最終時においても確実な掘削およびスライム処理の施工が容易となり，その結果，底盤コンクリートの止水性を確保できた．また，施工精度は**表-4**のとおり高い精度が得られた．

3-2　シールド工事

3-2-1　防爆対策

シールド掘進設備は**図-5**に示すとおり，シールドおよび各種設備を防爆対応構造とし，シールド後方の延長19.8m区間(機長＋5*D*)を1種防爆場所としてエアカーテン設備により坑内通気を遮断した．また，送・排気組み合わせ方式による換気設備も設置した．さらに地下水に溶存しているメタンガスの坑内での気化防止対策として掘削残土の搬出を配管による土砂圧送方式とした．防爆対策設備概要は**表-5**のとおりである．

3-2-2　シールド発進工

シールド発進工は，**図-6**に示すようにケーソン躯体の発進口仮壁にFFU材(樹脂補強発泡ウレタン材)を埋め込み，直接発進方式(SEW工法)により施工したが，そのほかに坑口のエントランスパッキン(2段)と発進口の地盤改良(CJG工法)を実施した．仮壁切削開始時は，切削物によるチャンバ内壁付着防止対策として，あらかじめチャンバ内にゲル状の加泥材を充填した結果，良好な排土が得られた．切削中はカッタトルクの著しい上昇が見られたが，カッタディスクおよびシールドジャッ

表-5　シールド工防爆設備概要

場所	切羽からの距離	仮設備	仕　様
1種場所	5.40m	シールド	電気機器，油圧機器類を防爆構造にする
	5*D*＝14.40m	照明設備	坑内の照明機器類を防爆構造にする
		運搬設備	セグメント運搬設備を防爆構造にする
		土砂圧送ホース	シールドスクリューとの直結方式
2種場所	19.8～66.2m	換気設備	集中・送・排気組み合わせ方式
			滞留式エアカーテン方式
		土砂圧送設備	圧送ポンプで地上ピットまで圧送方式

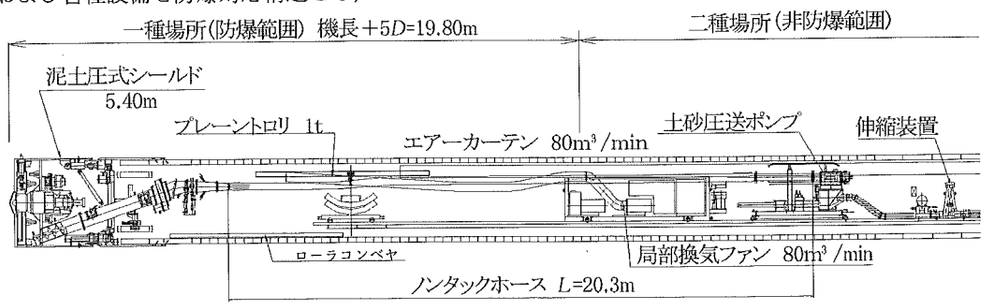


図-5　シールド坑内設備配置図

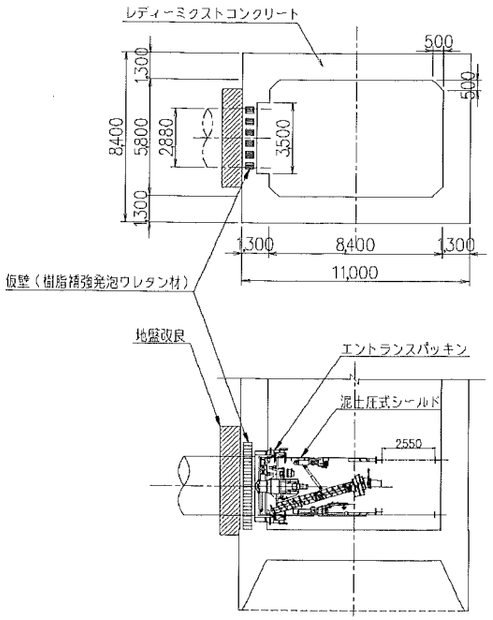


図-6　シールド発進工(直接発進方式)

キの断続運転(平均ジャッキスピード：0.3～0.4mm/min)により上昇を抑制した．

掘進地盤は，前半は七号地砂層で後半は七号地シルト層であった．砂層区間では，加泥材によりブロック状に挟む固結シルトを砂と混合させ，流動性に富む排泥土に変えて土砂圧送を行った．とくに今回は，防爆対応設備のため，シールドと圧送ポンプ間の距離が約20mと非常に離れていることから，加泥材の使用量が増加した．

シールド掘進中の漏水は，テール部やセグメントからまったく見られなかったことから，メタンガスの異常な数値は確認されなかった．

3-2-3　シールド到達工

シールド掘進(⑩路線 L＝94.95m)は施工延長が非常に短いため，シールド後続設備を発進基地の地上に設置した初期掘進の状態で，油圧関係ホースおよび電気関連ケーブルなどを人力により坑内に送り込んで施工した．到達工は，**図-7**に示すように，到達部をCJG工法および二重管ストレーナ工法により地盤改良した後，到達立坑鋼製セグメントを切断して開口し，立坑内に流動化処理土を充填した隔壁を設置してシールドを貫通させた．

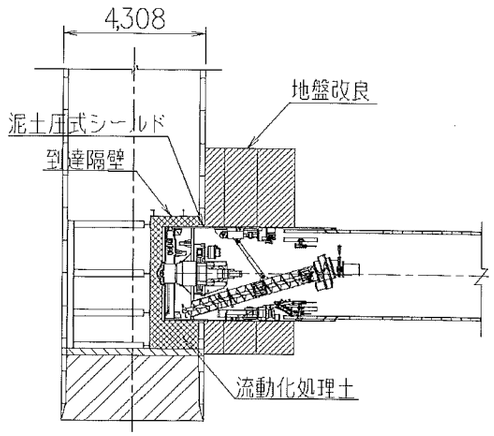


図-7　シールド到達工(隔壁方式)

この立坑セグメントの開口作業時において，スキンプレートの変形による湧水が確認された．鋼製セグメントによる立坑は，立坑築造時においては止水性に優れているが，シールド到達立坑として使用する場合は，土留め構造が柔構造で変形しやすい難点がある．今回は隔壁方式にて到達が可能となったが，最善策を考慮すると坑口パッキンを含む仮設備の設置が必要と考えられる．

3-2-4　計測工

立坑およびトンネルの施工場所は，護岸から約10mと近接していることから，施工中は構造物に計測点を設け鉛直変位と水平変位を定期的に計測し，変状を調査確認した．その結果，発進立坑の地盤改良(二重管ストレーナ注入)施工時に一部隆起が生じ，一方ケーソン施工時には，躯体周面のフリクションカットに起因する周辺地盤の沈下傾向が見られたが，すべて許容管理値の一次管理範囲内(±12mm)で施工することができた．また，シールド施工時においては，地上構造物の変状挙動は確認されなかった．

3-3　既設人孔接続工事

シールド到達立坑と既設人孔間(⑪路線 L＝59.10m)の施工方法は，既設人孔部周辺の環境対策を考慮し，路上での作業を極力少なくするために特殊泥濃式推進工法(ヒューム管推進工法)により施工した．この工法は，推進管を外殻にした掘進機により推進工事を行うもので，既設人孔到達

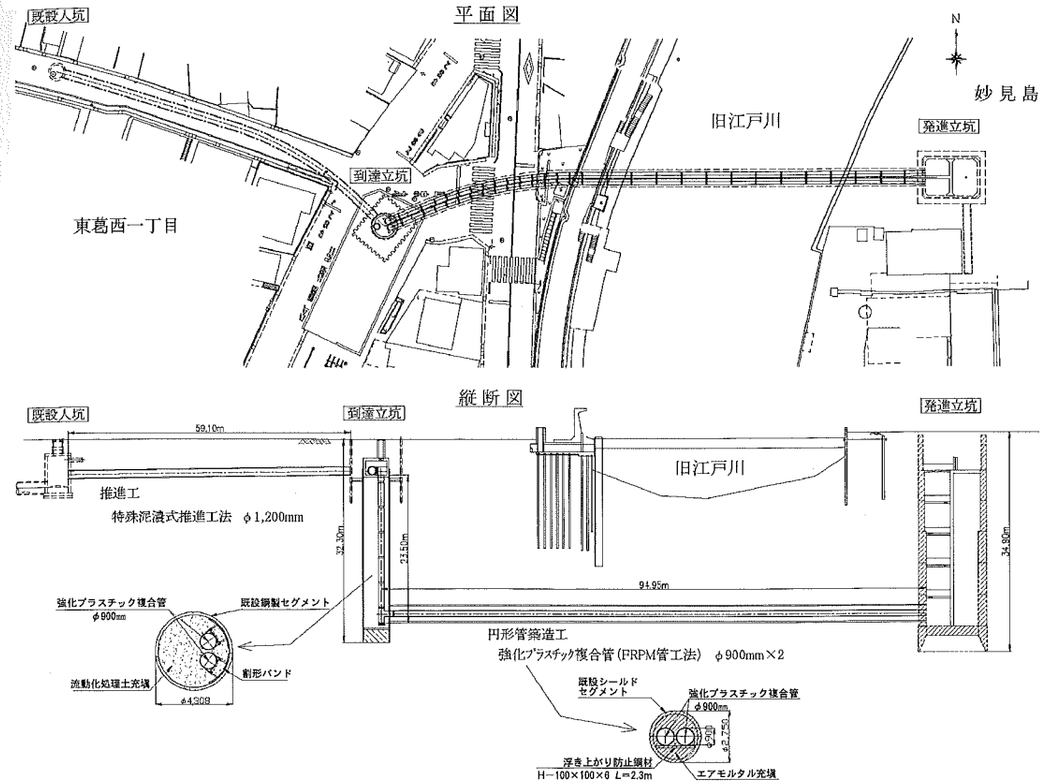


図-8　二次覆工概要図

後に外殻を残置して管内のカッタ設備などの諸設備を撤去し，人孔と接続させるものである．したがって，推進到達立坑を設置せずに既設人孔との接続が可能となる．施工対象地盤は透水性の高い有楽町層砂層であったが，泥水と攪拌混合した高濃度泥水を作成することにより切羽と管外周部の安定を図り，道路面を変状させることなく施工を完了した．

3-4　二次覆工工事

二次覆工形状は**図-8**に示すように，シールド部および立坑部において強化プラスチック管を用いて築造したが，これはFRPM管工法と呼ばれ，近年下水道管渠の二次覆工工法として多く採用されている．今回，シールド部の二次覆工では，セグメント内を強化プラスチック管により横２条で配管し，周辺部をエアモルタルで充填した．到達立坑部では，縦２条により配管し周辺部を流動化処理土で充填した．この工法の特徴は，管渠本体の耐震性や耐酸性の向上に加えて工期短縮に対しても有効である．今回，到達部工事に対しては，地域住民からの要望もあり，早期完成が望まれていたが，この工法により，通常の二次覆工工事に比べて工期短縮が可能となった．

4　おわりに

今回工事は，東京都建設局(河川管理者)，区役所，地元住民の方々との調整を図りつつ進めてきたが，到達立坑側は既に下水道が整備されている地域であり，公園内に立坑を築造することに対して，一部の住民の方々から不満の声が出たが，粘り強く説得し，理解と協力を得て工事に着手した．

東京都下水道局では，再構築，浸水対策，合流式下水道の改善など施策別に事業を推進しているが，今回工事などの経験を踏まえ，未普及地域の早期解消を目指し積極的に事業展開を図っていくこととしている．

トンネル ジャーナル

TUNNEL JOURNAL·TUNNEL JOURNAL·TUNNEL JORNAL·TUNNEL JOURNAL· TUNNEL

ボスポラス海峡横断鉄道トンネルのシールド完成

大成建設が受注したトルコ・ボスポラス海峡横断鉄道建設工事に使用する岩盤泥水式シールド5機のうち，4機を日立造船が，もう1機をカナダのメーカーが製作する．このほど日立造船が製作する4機のうち，1号機が完成した．

同工事は，1,000億円を超えるビックプロジェクトでイスタンブール市のアジア側とヨーロッパを鉄道トンネルでつなぐ．海底部は沈埋工法を，地下鉄路線部はシールド工法を適用，ヨーロッパ側はNATMで構築する．高水圧下の掘削作業のため,新しいシール技術を，沈埋函とシールドの接合には，特殊な工法を採用する予定．

金沢共同溝のシールド発進

関東地方整備局横浜国道事務所が，横浜市金沢区で事業中の「金沢共同溝」でϕ5.6mの泥土圧式シールドが10月11日に発進した．

同工事は，横浜市磯子区新杉田～同金沢区幸浦1丁目に至る延長2,284m，内径5,000㎜の共同溝を構築するもので，電気や通信，ガス，水道，下水道を集約する．

横須賀港で埠頭間連絡道路構想

神奈川県横須賀市は，横須賀港で埠頭間連絡道路(臨港道路)の新設を計画している．

市の中心街に隣接する新港埠頭と横浜市界に近い追浜地区の岸壁を国道16号を迂回する形で結ぼうとするもので，沈埋函による海底トンネルなどを想定している．港湾機能を向上させることが目的で，東京湾の港口部に位置する横須賀港のメリットをアピールするのが狙い．また，ルート途中に米軍の基地が存在し，基地前面を通過することになるため，整備に際しては協議が不可欠になる見込みで，具体化にあたって最大の課題になりそうだ．現段階では，具体的なスケジュールなどは未確定だが，今後おおむね10年先を策定した市港湾計画に将来構想として位置づける．

宇佐山トンネル貫通

近畿地方整備局滋賀国道事務所が整備を進めている一般国道161号西大津バイパスの4車化事業で，大津市内を通る宇佐山トンネルが開通した．

同トンネルは，大津市南志賀1丁目から錦織町までの延長500m，2車線(幅員9.5m)，半径5.05m，断面積58.79m^2．掘削は，NATM上半先進ベンチカット工法を採用．大半が未固結地山のため，湧水に悩まされ，北側坑口付近が主要県道下鴨大津線の直下を通過し，土かぶり10m以下であることから，補助工法として注入式フォアパイリングを採用．全体として月進70mを確保した．この開通は，同バイパス事業にとって大きな進展となる．

地底30mでファッションショー

首都高速中央環状新宿線の神山町・代々木シールドトンネル工事現場で「地底ファッションショー」が開催された．

主催は，首都高速道路(株)東京トンネリックス製作委員会，協力は大成・フジタ・戸田JVと鹿島・熊谷・竹中土木JV．ショーには，新宿線の現場で働く作業員がモデルとして登場．衣装を提供するのは，昨年パリコレクションで日本の土木作業員から発想を得た作品を発表したベルンハルト・ウィルヘル氏の日本のディストリビューターであるバスストップが協力．同社は民営化を契機に若手を中心に土木の魅力や効果をPRするための手法の検討が各部署で行われている．

急曲線，複合地盤クリア

戸田建設は，大阪府河内長野市の「大和川下流流域下水道天野川幹線(第6工区)管渠築造工事」において，急曲線で岩を含む複雑な地盤に対応できるシールドトンネル施工技術を適用し，延長約2kmの小口径長距離トンネルの掘削を完了した．

同工事は，内径1.2mの下水道管渠を築造するもので，ルート内には曲線半径が50m以下の急曲線が20か所もあり，しかも丘陵地帯に位置し，岩，砂礫，砂，粘土で構成される複雑な地盤での掘削となった．そのため，最小曲線半径15mに対応できる中折れ装置と，急曲線でもスムーズに掘削できるスライド装置を搭載．複雑な地盤を効率よく掘削する目的で土砂対応型と岩盤部対応型の二つのタイプのカッタを地中で交換できる方式も採用．同社は，この経験を，今後の急曲線工事施工管理に反映させていく方針．

東京湾横断シールドが貫通

東京電力が，富津火力発電所(千葉県富津市)と東扇島火力発電所(神奈川県川崎市)のLNG基地間で進めていた「東西連係ガス導管」新設工事で，東京湾海底下を横断するシールドトンネルが貫通した．

同工事は，延長約18km，内径3.0mを富津，扇島の2工区に分けそれぞれ泥水式シールドで9.3kmを掘削し，東京湾中央部海面下57mで機械式地中接合を行った．1台のシールドの掘削距離としては世界最長となる．

研　究

ファイバーコンクリート用の再生PET繊維の開発と適用例

(株)サンゴ技術顧問　越　智　恒　男
東京大学工学系研究科地球システム工学専攻教授　大久保　誠　介
東京大学工学系研究科地球システム工学専攻助教授　福　井　勝　則

1 はじめに

トンネルや岩盤内構造物用のコンクリート補強材の一つとして，鋼繊維，ガラス繊維，プラスチック繊維などが使用されてきた[1),2)]．しかしながら，鋼繊維を補強材とする鋼繊維補強コンクリートでは，長期間使用した場合，表面に露出した鋼繊維が錆びるといった問題のほか，吹付け時における鋼繊維の跳ね返りや，露出面で衣服の損傷や身体を切創する可能性がある[3)]．プラスチック繊維の中でも比較的多く使用されているポリプロピレン繊維は，疎水性で，比重が水より小さいため，繊維が浮上して一様に分散しにくいので，繊維の表面にプラズマ照射や親水基界面活性剤の塗布などの表面処理が必要である．ポリビニルアルコール繊維には，温水で加水分解しやすいなどの問題がある．

本研究では，強度，親水性，耐薬品性の点で比較的良好な特性を示し，さらに材料コストの安いペットボトルより再生したPET樹脂に着眼し，これに特殊なインデントを加工してコンクリートとの付着力の向上を図った再生PET繊維(以下，PET繊維)を開発した．ついで，PET繊維補強コンクリートの諸特性を明らかにし，トンネル・坑道覆工などへの適用を検討した．なお，PETとは，Polyethylene Terephthalate(ポリエチレンテレフタレート)の略であり，ポリエステル系の樹脂の一種である．PET樹脂は，燃焼時に人体に悪影響を及ぼす有毒ガスを発生することがなく，また，リサイクルした製品は，再生PET樹脂リサイクル推奨マークの使用が認められ，グリーン購買の対象となる[4)]．

2 PET繊維の製造法

ペットボトルの回収・リサイクルシステムは，「容器包装に係わる分別収集及び商品化の促進に関する法律(容器包装リサイクル法，1995年6月制定)」が，1997年4月にスタートして以来急速に確立され，2002年には回収率(収集量/生産量)は50%を超えるまでに至った[4)]．使用済みペットボトルは，一般家庭の消費者が分別排出し，主として，市町村が責任を持って分別収集する．ついで，中間処理施設にて選別，圧縮減容化され，法で定める分別基準適合物として一次保管されるが，これを再生事業者が運搬・引き取った後にフレークやペレットとする．なお，分別収集計画量214千トンに対し，再商品化施設の処理能力は2003年度で292千トンであり，収集されたものを再商品化するための十分な能力が確保されている[4)]．

本研究では，ペットボトルから再生されるペレットを原料としてPET繊維を製造することにした．その際，できあがったPET繊維の品質を確保す

るために，ペレットは(財)日本容器包装リサイクル協会の規定するPETボトル再商品化製品の品質基準を満足するものでなくてはならないとした．

PET繊維の製造法の開発にあたっては，①ペットボトルのリサイクルへの貢献，②リサイクル認証マークの取得，③耐アルカリ・耐薬品性，④親水性と付着力，⑤繊維の引張強度，⑥コンクリート中での分散性，⑦製造コスト，に留意した．一般的にプラスチック繊維は製造方法により特性が大幅に変わることが知られている．通常の加工法では，ペレットを溶融した後にダイスから押し出し，温かいうちに引っ張る(延伸)．引き伸ばすと高分子が繊維の長手方向に配向する．配向の程度が進むと，例えば強度が1桁以上向上する．適切な加工を施せば強度が増すことは鋼繊維などでも同じであるが，プラスチックでは格段にその度合いが高い．

種々の検討を経た後に，**図-1**に示す押し出し成形装置により，PET繊維の素材となるモノフィラメントを製造することにした．押し出し機にペレットを入れて溶融させた後に，押し出し機先端のダイスから20～100本の繊維を押し出す．ダイスは円盤状で多数の小孔が空けられており，この小孔から繊度60,000dtex(デシテックス，長さ10,000mあたりのグラム数)の繊維が押し出される．押し出し成形において難しいのが温度管理であるが，試行錯誤の後に，押し出し機内温度250～280℃，ダイス温度260～280℃とした．押し出された繊維はゴデットロール(godet roll)に引っ張られて，熱間延伸され25,000dtexとなる．さらに，冷水の満たされた延伸槽内で延伸されスナップロール(snub roll)に至ったときには5,000dtex(直径約0.7㎜)となる．

上記のようにして製作されたモノフィラメントは凹凸のない円形断面の繊維である．これまでの鋼繊維における経験や簡単な予備試験結果から推して，何らかのインデント(凹凸)をつけないと，コンクリートから繊維が簡単に引き抜かれると判断した．そこで，**図-2**に示すエンボス・切断加工装置を開発することにした．図の右端のボビンにはモノフィラメントが巻かれており，このモノフィラメントが第一ピンチロールに引っ張られて順次繰り出される．このモノフィラメントに，凹凸のついたローラでインデントを加工することにした．なお，正確に同じインデントを加工するには温度管理が重要なので，事前に温水加熱室にて加熱した．温度の管理範囲は試行錯誤の後に68～73℃としたが，これはPET樹脂のガラス転移点近辺である．

インデントを加工した後に繊維を切断した．PET繊維の長さは，これまでの経験，簡単な計算，予備的な実験から30㎜と40㎜とした．繊維が長いほど補強効果が上がるが，一方，コンクリートとの練り混ぜが困難となる．

PET繊維の製作方法が確立したので，品質管理基準を定めることにした．開発から日が浅いので今後の見直しが必要と思われるが，現在の品質管理基準は下記のとおりである．

(1)　材　質

・化学名：ポリエチレンテレフタレート(PET)

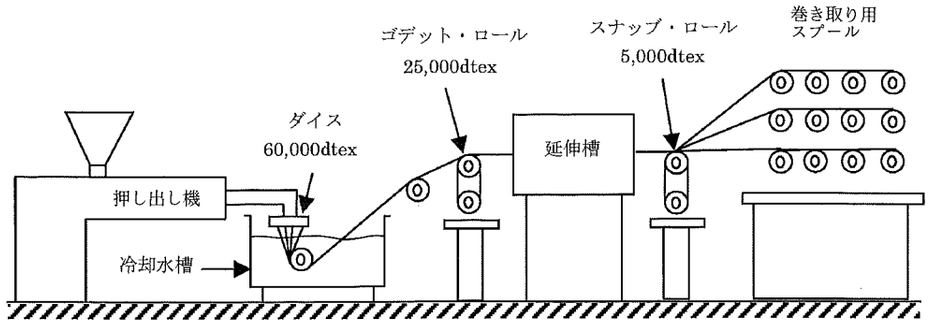


図-1　モノフィラメントの押し出し成形装置

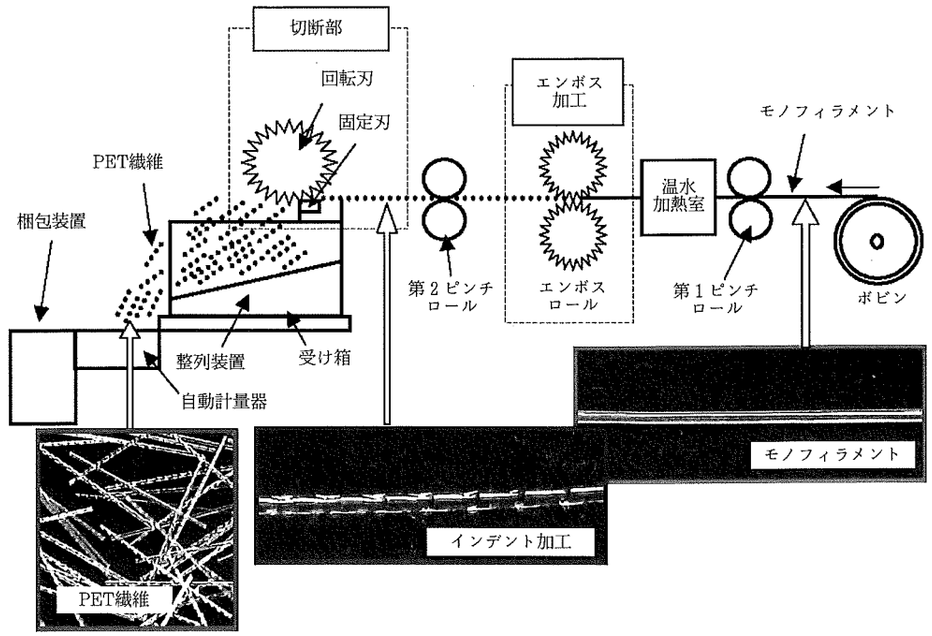


図-2　PET繊維のエンボス・切断装置

・成分および含有量：PET99%以上

・化学式：$(OCO-C_6H_4-COO-CH_2CH_2)_n$

(2)　比　重：1.34±0.02

(3)　寸　法

直径0.7㎜，長さ30および40㎜を標準とする

(4)　表面形状

インデント型で，限度見本による目視判定

(5)　品質規格

・繊維の引張強度：450MPa以上

・繊度許容差：5,080dtex×±5%

・長さ許容差：30±1㎜，40±2㎜

・質量許容差：

長さ30㎜の場合，15.2mg/本±15%

長さ40㎜の場合，20.3mg/本±15%

・外　観：品質のばらつきや劣化から生じる色調の変化や表面，端部の形状上の不均一および繊維の癒着があってはならない

3　PET繊維の基本特性

PET繊維の親水性と耐アルカリ性は，繊維補強コンクリートの補強効果やアルカリに対する耐久性に重要な影響を及ぼす因子なので，PET繊維がコンクリート補強用繊維として適合するか否かを，室内試験により評価した．耐アルカリ性評価は，「短繊維補強コンクリートに係わるJIS原案(廃案になる)」の耐アルカリ試験方法に則り行った．

さらに，本章では，重要な特性と考えられる燃焼特性についても述べる．なお比較のため，これまでコンクリート補強用繊維として使用されてきたポリプロピレン(PP)とポリビニルアルコール(PVA)を適宜比較対象とする．

3-1　親水性

繊維がコンクリートと付着するには，繊維の表面がぬれることが必要である．親水性はぬれ特性を評価するもので，その試験方法として，JIS K 6768およびASTM D 2578がある．ぬれ特性の変化の要因として，温度が高くなるほど表面張力は小さくなる，結晶化が進むと密度が大きくなり表面張力が上昇する，分子量が小さくなると表面張力は小さくなる，ことが挙げられる．

親水性に関する試験方法としては，親水性評価用試験液のぬれ張力を30.0～45.0mN/mまで変化させて評価した．試験結果を**表-1**に示す．これか

表-1　親水性試験結果

繊維	試験液 30.0mN/m	試験液 35.0mN/m	試験液 40.0mN/m	試験液 45.0mN/m
PET	親水性	親水性	親水性	やや親水性
PP	やや親水しているが水滴あり	水滴あり，撥水性	水滴あり，撥水性	水滴あり，撥水性
PVA	親水性	親水性	親水性	親水性

PET：ポリエチレンテレフタレート
PP：ポリプロピレン
PVA：ポリビニルアルコール

らわかるように，PPは，試験液30.0～35.0mN/mにかけて親水性があるように見えるが，試験液40.0～45.0mN/mになると水滴ができ撥水性が見られた．PVAは試薬45.0mN/mまですべて親水性が認められた．PETは，試験液30.0～40.0mN/mにかけて親水性が認められた．試験液45.0mN/mになるとやや親水性があるとの結果を得た．試験結果から，PETの親水性はPVAよりやや劣るもののPPよりは良いといえる．

3-2　耐アルカリ性

プラスチック繊維補強コンクリートが大きく発展するためには，アルカリ水溶液に対する耐久性を正確に評価することが必要である．しかしながら，現在のところ，試験方法と試験結果の評価方法が十分に整備され統一されているとは言いがたい．本研究では，検討の後に，(社)日本建材産業協会にて策定中のJIS規格原案「短繊維補強コンクリートのセメント・アルカリ温水浸漬または乾湿繰返しによる耐久性試験」にもとづきPET繊維の耐アルカリ性評価試験を行った．

水酸化ナトリウム10gを1 dm³(ℓ)の蒸留水に溶解したアルカリ水溶液を用いて浸漬試験を行った．浸漬期間は120時間で，この間は温度を60±2℃に保った．なお，浸漬温度は，40℃または80℃でも行われているが，もっとも多く使われている60℃とした．

浸漬前後の引張強度を測定した結果を**表-2**に示す．その結果，PETは浸漬前後の引張強度保持率98.9%で劣化はほとんど認められないことがわかった．PPの強度保持率は86.2%であった．また，

表-2　耐アルカリ性試験結果

繊維	引張強度(MPa)		強度保持率 (%)
	浸漬なし	浸漬120時間	
PET	352	348	98.9
PP	170	147	86.2
PVA	360	202	56.2

表-3　燃焼による発生ガス分析結果

燃焼条件	試験片の質量(g)	0.1
	燃焼設定温度(℃)	750
	着火時間(s)	26
	燃焼時間(s)	10
発生ガス	一酸化炭素(mg/g)	75
	二酸化炭素(mg/g)	1,900

PVAの強度保持率は56.2%でかなりの劣化が認められた．今回の試験結果から判断して，PETはコンクリート補強繊維として十分な耐アルカリ性を持っているといえる．

3-3　燃焼特性

火災などにより高温に曝された際にコンクリート中に混入したPET繊維から人体に有毒なガスが発生しないか，発生しても人体に影響を及ぼさない程度であるかを確かめるために，(財)化学技術戦略推進機構高分子試験センターにて，JIS K 7217「プラスチック燃焼ガスの分析方法」にもとづき，PET繊維の燃焼試験を行った．発生ガスの分析結果を**表-3**に示す．あらかじめ予想されたように，PETはC，H，Oの三元素から構成されているので，有毒ガスは発生しないことがわかった．

4　PET繊維の混練性

トンネルや岩盤内構造物用のコンクリート補強材として用いる際には，繊維の混練性が重要である．例えば，繊維補強コンクリート中で，繊維がファイバーボール(fiber ball)などを生じずに一様に分散する必要がある．そこで，手練りと機械練りにおける混練性について検討した．

4-1　手練りによる混練試験

表-4に示す配合で，手練りによる混練試験を行った．まず計量したセメントと細骨材をバケツに入

れてよく混ぜ合わせた後に，水を所定量まで徐々に加えながらスコップで8分間練り混ぜた．こうして得られたモルタルに，PET繊維を3～4回に分けて投入し繊維混入率(体積混入率)を0.76%とし，さらに8分間練り混ぜた．混練状況を注意深く観察したが，ファイバーボールの発生は皆無で，その他の異常も認められなかった．繊維の配向性を調べるため，練り上がったPET繊維補強モルタルを直径75㎜，高さ150㎜の型枠2個と，直径100㎜，高さ200㎜の型枠1個にスコップを用いて打設したが，このときの流動性は良好で，木ハンマーで型枠を叩いて突き固めてもPET繊維の浮き上がりはまったく見られなかった．なお，型枠に打設した後に残ったPET繊維補強モルタル約2 dm³(ℓ)に，繊維46.9gを追加投入し，混練を行った．このときの繊維混入率は約3%であるが，ファイバーボールの発生は皆無であり，粘性は増加したものの流動性は保たれていた．

硬化後に型枠から外した3本のPET繊維補強モルタルの試験体を，**図-3**のように6か所で輪切りにした．モルタル中のPET繊維は目立たないため，切断面に露出したPET繊維に色をつけて，その本数を数えた．3本の試験体の切断面を観察したところPET繊維は偏りなく分散していた．6か所の切断面に露出した繊維本数およびその試験体の高さ方向の配向係数を求めると**表-5**のようになった．繊維本数は試験片#2の切断面①を除いて，偏りなく分散している．配向係数はいずれの試験片でも2次元ランダム配向での理論値0.64よりも低く，3次元ランダム配向での理論値0.5[1]付近の値であり，ほぼ均等に配向していると考えられる．

以上から，モルタル中におけるPET繊維の分散性は，鋼繊維などの既存の繊維と比較して遜色ないと考えられる．

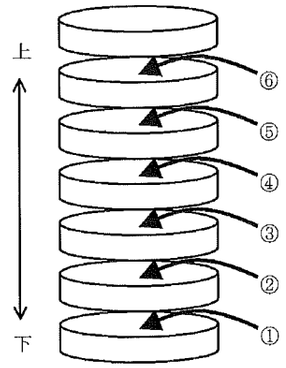


図-3　円柱試験体の輪切り

表-4　コンクリートの配合

		水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m³) セメント	水	細骨材	粗骨材	繊維混入率 (%)	繊維長 (㎜)	骨材最大寸法 (㎜)	スランプ (cm)
混練試験	手練り	50.0	100	681	341	1,129	0	0.76	30	－	
	機械練り	69.2	55.7	325	225	992	789	0, 0.5, 1, 1.5	30	15	18.5*
曲げ試験		65.0	56.5	334	217	973	743	0 0.5 1.0 1.5	30	15	16.5 16.0 3.5 4.0
		60.0	55.5	358	215	947	754	0 0.5 1.0 1.5	30	15	9.5 8.0 4.5 4.0
		55.0	54.5	389	214	918	761	0 0.5 1.0 1.5	30	15	7.0 6.0 7.0 5.5
菱刈鉱山坑道	吹付け	40	50.0	538	215	973	585	0.3	30	10	18.0
林道舗装		64.0	49.8	285	182	890	898	0.75	40	20	8.0

＊プレーンコンクリートの場合

表-5　切断面に露出した繊維本数と配向係数

試験体番号		#1	#2	#3
試験体断面積(cm²)		44	44	79
切断面に露出した繊維本数(本)	切断面⑥	31	52	73
	切断面⑤	20	52	78
	切断面④	31	60	73
	切断面③	43	42	91
	切断面②	51	44	75
	切断面①	37	14	67
	平均	36	44	76
単位面積あたりの繊維本数(本/cm²)		0.80	1.00	0.97
配向係数		0.47	0.58	0.56

4-2　機械練りによる混練試験

表-4に示す配合で，機械練りによる混練試験を行った．まず計量したセメントと細骨材を容量55 dm³(ℓ)の2軸ミキサに入れて15秒間攪拌機で混練し，次に所定量の水を加え30秒間攪拌した後，粗骨材を入れさらに60秒間混練した．こうして得られたコンクリートを100㎜×100㎜×400㎜の型枠3個に打設した後に，振動機を用いて型枠に振動を与えて突き固めて曲げ試験用の試験体を作製した．その後，残ったコンクリートを練り混ぜながら所定量のPET繊維を45秒間かけてミキサに投入し，PET繊維補強コンクリートの曲げ試験用の試験体を作製した．すべての混練状況を注意深く観察したが，ファイバーボールの発生は皆無で，その他の異常も認められず，型枠に打設する際には流動性も保たれていた．

以上から，PET繊維補強コンクリートの混練性は機械練りでも良好と考えられる．

5　PET繊維補強コンクリートの力学的特性

5-1　曲げ試験

水セメント比を65，60，55%とした3種類の配合で，PET繊維の体積混入率を0%，0.5%，1.0%および1.5%の4種類とした合計12配合について曲げ試験を行った．なお，配合条件は表-4に示した．

試験体(寸法100㎜×100㎜×400㎜)の3等分点荷重による4点曲げ試験結果を**表-6**に示し，**図-4**に水セメント比60%の曲げ強度を示す．図-4の縦線は標準偏差を表しており，ばらつきはみられるものの，繊維混入率が1%まではさほど曲げ強度は変化しないが，1.5%では曲げ強度の増大が見られる．これは鋼繊維補強コンクリート[5]と同様の傾向である．**図-5**に水セメント比60%の試験体の曲げ靭性曲線を示した．繊維混入率0%(プレーンコンクリート)では変位(荷重点の変位)が0.2～0.3㎜程度で最大荷重となり，その後荷重は急激に低減する．繊維混入率1.5%ではプレーンコンクリートが最大荷重となった変位と同じ時点でひ

表-6　曲げ試験結果

水セメント比	繊維混入率(%)	曲げ強度(MPa)	仕事量(N・m)	曲げ靭性係数(MPa)
65%	0.0	3.82	4.3	0.62
	0.5	3.72	13.7	2.01
	1.0	4.12	22.1	3.24
	1.5	4.80	32.8	4.82
60%	0.0	4.12	4.4	0.64
	0.5	3.97	17.9	2.63
	1.0	4.21	25.1	3.68
	1.5	5.29	33.0	4.86
55%	0.0	4.21	4.3	0.67
	0.5	4.41	16.5	2.42
	1.0	4.85	25.6	3.76
	1.5	5.73	35.7	5.24

仕事量：荷重－たわみ曲線の面積(たわみ2㎜まで)
曲げ靭性係数＝(仕事量)・(スパン)/(たわみ)/(試験体幅)/(試験体高さ)²

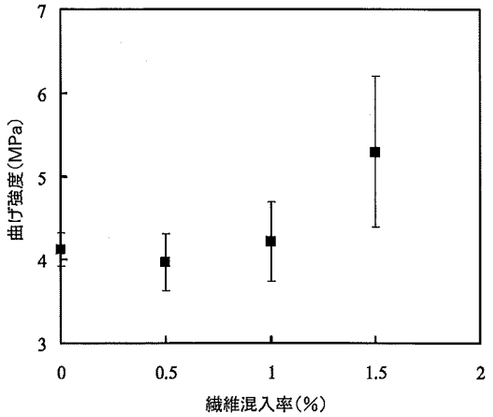


図-4　水セメント比60%の曲げ強度の繊維混入率による変化(図中の縦線は標準偏差を表す)

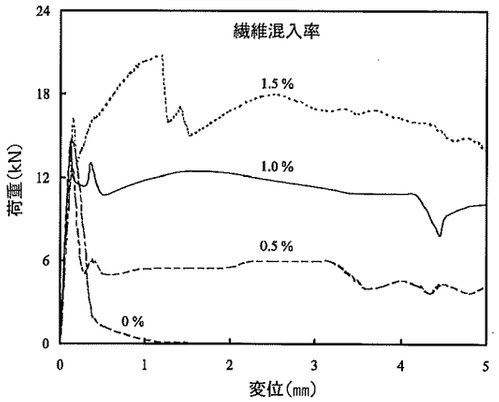


図-5　水セメント比60%のコンクリートの曲げ靭性曲線

び割れが生じるが，PET繊維によって荷重が支えられるため荷重は増加し，変位1.2㎜のときに最大荷重21kNとなっている．それ以降は，増減をくり返しながら，変位が5㎜となっても荷重は14kNと靭性が大きいことがわかる．繊維混入率に関係なく，ひび割れが入る時点まではほぼ同じような挙動を示すが，それ以降は，混入率に比例した荷重が現れていることが図からわかる．これは鋼繊維コンクリートと同じである[5]．また曲げ強度は4～5MPaで，鋼繊維補強コンクリート[5]と比較して遜色ない．

5-2　圧縮試験

圧縮試験体の種類は曲げ試験と同様で合計12通りとした．試験体は直径100㎜，高さ200㎜の円柱形で，4枚の歪みゲージを貼り，ヤング率とポアソン比を実験的に求めた結果を**表-7**に示す．試験結果から，鋼繊維[6]と同様にPET繊維を混入しても圧縮強度は変化しないことがわかった．最大荷重時には，縦歪みは約0.4%，横歪みは約0.2%であった．

5-3　繊維の引き抜き抵抗試験

試験では4種類の繊維を用いた．そのうち，3種類は市販のものである．最後の1種類は，予備試験結果から適切と判断した，ピッチ1.6㎜，深さ0.02～0.05㎜のインデントを持つPET繊維である．直径50㎜，高さ100㎜の円柱型枠にコンクリートを流し込み，全長30㎜の繊維を半長だけ埋め込んだ．気中養生後の試験体を，**図-6**のように10 kN万能試験機に取り付け，繊維を1本ずつペンチで引き抜いたときの最大荷重を測定した．

モルタル材齢7日目に引き抜き試験を行った結果を**表-8**に示す．ここで，単位面積あたりの付着力(付着強度)とは，最大引き抜き荷重を，[繊維断面の周長]×[埋め込み深さ(15㎜)]で除した値である．試験中，繊維は破断せず，すべて引き抜けた．PET繊維の最大引き抜き荷重はほかよ

表-7　圧縮試験結果

水セメント比	繊維混入率(%)	圧縮強度(MPa)	ヤング率(10⁴MPa)	ポアソン比	比重
65%	0.0	32.1	2.13	0.20	2.35
	0.5	31.4	2.13	0.20	2.27
	1.0	34.8	2.22	0.21	2.28
	1.5	34.1	2.23	0.20	2.27
60%	0.0	34.8	2.65	0.16	2.28
	0.5	38.8	2.63	0.28	2.28
	1.0	39.6	2.15	0.20	2.27
	1.5	38.8	2.15	0.20	2.26
55%	0.0	45.1	2.16	0.16	2.30
	0.5	45.6	2.09	0.20	2.31
	1.0	47.8	2.33	0.20	2.28
	1.5	43.7	2.25	0.20	2.28

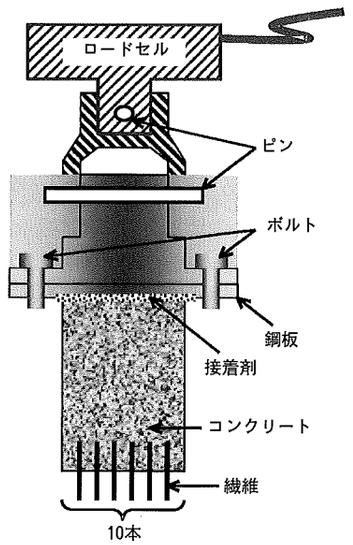


図-6　引き抜き試験装置

表-8 引き抜き抵抗測定結果

繊維	最大引き抜き荷重(N)	単位面積あたりの付着力(MPa)	備考
PET繊維	91	2.8	インデント型エンボス
PP繊維A	130	2.9	表面処理しないもの
PP繊維B	186	2.9	界面活性剤塗布したもの
PVA繊維	125	3.6	エンボスのないもの

りも低いが，単位面積あたりの付着力は，PP繊維と同程度の2.8～2.9MPaであった．

6 PET繊維補強コンクリートの適用事例

6-1 トンネル内吹付け

繊維補強吹付けコンクリートは，トンネルの覆工や法面の保護・補強などに採用されており，比較的小規模な機械設備で型枠を用いないで複雑な形状をした構造物を施工できる長所を有している反面，熟練した吹付け作業を要することなど施工が悪いと，吹付けたコンクリートの緻密さがなく水密性に劣ったり，表面が平滑でなく，吹付けコンクリートの跳ね返りが多くなったり粉塵を生じるなどの短所を有する．

これまでに述べた試験結果によれば，PET繊維は，トンネル覆工コンクリートの剝離・剝落対策として，日本道路公団の「トンネル施工管理要領(繊維補強覆工コンクリート編)」の各基準に適合しており，各種トンネル・坑道に適用できる．そこで，PET繊維を混入した吹付けコンクリートを，世界ではじめて，住友金属鉱山(株)菱刈鉱山[7]に導入した．その結果を次に述べる．

菱刈鉱山は，日本の産金地帯の一つである北薩地方に位置し，その鉱床は浅熱水性含金銀氷長石石英鉱床で主要鉱脈と多数の細脈からなっている．4 m×4 mの断面を有する坑道において，2004年1月より，PET繊維補強コンクリートを適用し，その施工性と性能評価を行った．天端の浮石1 m³に相当する24kNを保持できることを条件として，2時間コンクリート養生で2 MPaの強度を有するような配合とし，吹付け厚さを5 cm以上，PET繊維の体積混入率を0.3%とした．その配合を表-4に示す．吹付け表面を観察したところ，PET繊維は適度に分散し，浮き上がりや偏りはみられず，比較的円滑な表面状態であった．また，岩盤状況に応じて，繊維混入率を変化させたが，混入率を1%以上にした場合でも通常の混練時間で均質なPET繊維補強コンクリートが得られ，圧送時の管閉塞などのトラブルやコンクリート付着不良は見られなかった．なお，PET繊維補強コンクリートのリバウンド率は重量比で14.4%であった．

6-2 狭隘部の舗装

施工中のトンネルや岩盤内空洞の通路，あるいは都市部の小道，さらには林道などは幅員が狭く，かつ曲がりくねったり傾斜のきついことがある．このような狭隘部の道路舗装へのPET繊維の適用は有望と考えられる．本研究では，林道に適用した例を紹介する．

林道舗装はアスファルト舗装が多いが，舗装場所の地質条件が悪く，地山や路盤の崩壊しやすい地域には一部，溶接金網入りコンクリートが使用される．溶接金網入りコンクリート舗装では，舗装の前に路盤の不陸整正と転圧を必要とし，林道の舗装幅に合わせた溶接金網の加工が必要で手間がかかる，溶接金網を舗装厚の中央に敷設するためコンクリートの打設が2度打ちになる，などの欠点がある．そのため，鋼繊維補強コンクリートの林道への適用が検討されてきたが，タイヤがパンクするおそれがある，コストが高い，などの理由であまり普及していない．

本研究では，PET繊維補強コンクリートを早戸川・金沢線林道(神奈川県県央地区)に適用した．2004年3月26日に，舗装延長20m，舗装幅員3.6～4.9mの施工を行った．なお，路床が岩盤であったため，路盤材を敷くことなく施工を実施した．

ベースコンクリートを生コン工場から施工現場に搬送し，アジテータ車によりPET繊維を混練りしてPET繊維補強コンクリートを製造した．練り上がったPET繊維補強コンクリートを，路床面に一度に舗装厚13cmになるよう打設した．なお，コンクリートの配合は表-4のとおりとした．

表-9 林道舗装での施工手順と施工時間

項目	PET繊維工法	在来工法
施工面積	40.74m²	48.275m²
施工手順	PET繊維補強コンクリート打設 →荒コテ仕上げ	生コン打設 →溶接金網敷き →生コン打設 →荒コテ仕上げ
打設人工	4.15人・時	9.0人・時
荒仕上げ	0.28人・時	0.73人・時
人・時/m²	0.11	0.20

比較のため行った溶接金網入りコンクリート舗装(在来工法)では，アジテータ車にて搬入された生コンクリートを，舗装厚の1/2まで打設し，荒コテ仕上げした後，溶接金網を敷き，さらに15cm厚まで打設した．PET繊維工法と在来工法の施工手順，時間について**表-9**に示した．これからわかるように，PET繊維補強コンクリートを使用した工法は，効率的な工法であるといえる．追跡調査を半年後に実施したが，両工法ともひび割れ，角欠けなどの不具合はなかった．

7 まとめ

本研究で，再生PET繊維を発案するとともに，その製造法も開発した．試作したPET繊維を用いて第4章で述べた手練りによる混練試験を実施したところ，容易にPET繊維が混ざることが判明した．しかも興味深いことに，徐々に3%程度までPET繊維の体積混入率を増加させてもなんら問題なく混ざりあうことがわかった．この結果からもわかるように，PET繊維の第一の特徴は扱いやすさといえよう．最初に導入した菱刈鉱山を，2005年4月5,6日に訪れて追跡調査をしたが，扱いやすさから現場では重宝しているとのことであった．

PET繊維の開発にあたってもっとも危惧された点は耐アルカリ性であった．この点は慎重に調べた結果，通常のコンクリート中ではとくに問題ないことが判明した．

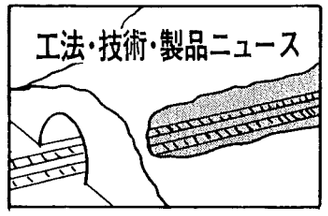
PET繊維の利用拡大には価格の問題があるが，同じ体積で比較した場合，現状では鋼繊維と同程度である．現在，第二名神高速道路のトンネルをはじめとして，トンネルの吹付けや覆工などに使用され始めており，今後の需要の増大が見込まれる．図-2に示したエンボス・切断装置は月産20トンの供給能力があり，PET繊維の原料であるペレットは現状でも余剰があるので，エンボス・切断装置をふやすことによって供給能力の増強も可能である．

今後の用途としては一般的なトンネル支保のほかに環境の厳しい海岸近辺や海底下に設けられる構造物(LPガス水封式地下岩盤貯槽など)への応用が考えられる．また幅員が狭く曲がりくねったり，傾斜した地点の道路舗装への適用なども考えられる．いまだ予備試験の段階であるが，PET補強コンクリートには火災時の爆裂防止効果も認められるので，トンネルや岩盤内構造物のほかにもRC構造の高層建築物への適用も考えられる．

最後に，種々ご協力いただいた住友金属鉱山(株)菱刈鉱山，(株)サンゴ，東京大学工学系研究科開発機械学研究室の関係各位に対しまして感謝の意を表します．

参考文献

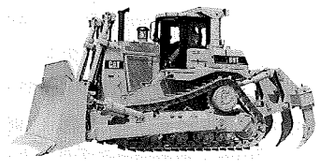
1) 小林一輔：繊維補強コンクリート，オーム社，1981.
2) 河野清・田澤栄一・門司唱：新しいコンクリート工学，朝倉書店，1994.
3) 藪英伸・狭川義弘・大久保誠介・福井勝則：菱刈鉱山における吹付けPET繊維補強コンクリートの試用，資源・素材学会秋季大会講演集(資源編)，pp.173-174，2004.
4) PETボトルリサイクル推進協議会ホームページ：http://www.petbottle-rec.gr.jp.
5) 大久保誠介・福井勝則・楊勤・西松裕一・下村弥：吹き付けた鋼繊維補強モルタルの曲げ強度，資源・素材学会誌，Vol.114，No.2，pp.87-92，1998.
6) 楊勤・福井勝則・大久保誠介・高見法侑：吹き付けた鋼繊維補強モルタルの一軸圧縮応力下での挙動，資源・素材学会誌，Vol.113，No.9，pp.655-661，1997.
7) 堂山弘幸・狭川義弘：菱刈鉱山における支保技術改善の現況，資源と素材，Vol.120，No.4,5，pp.235-239，2004.



大型ブルドーザに新シリーズ登場

新キャタピラ三菱は，大型ブルドーザの新シリーズCAT®D8T/D9Tの2機種を新発売した．

同シリーズは，キャタピラ社の最先端技術の結晶「ACERT」エンジンをブルドーザでははじめて搭載．燃料効率のアップと，排ガス中の有害物質のダウンを実現し，国土交通省第2次排出ガス基準値をクリア．また，新たに開発した大型キャブを採用してオペレータの快適性・利便性の向上を追及し，質の高い居住環境を提供している．



鋼繊維入りコンクリートを使ったセグメント

大林組，首都高速道路，石川島建材は，鋼繊維を混入した高流動コンクリートを使い，品質と耐久性を向上させたSFRC(鋼繊維補強高流動コンクリート)セグメントを共同開発した．

同セグメントは，鋼繊維を混入することで，せん断強度とじん性が向上するのが特徴．これにより，鉄筋量を減らせるうえ，鉄筋の加工や組み立ての手間も省け，割れや欠けも防止できる．また，高流動コンクリートを使用することでテーブルバイブレータが不要となり，従来工場で行っていた製作が現場で行えるようになり，運搬費の縮減につながったほか，重量制限にとらわれることなく1ピースの大きさを決めることができる．

同セグメントは，首都高速中央環状新宿線ですでに適用されており，今後，シールドトンネルの品質向上を図る技術として同セグメントを積極的に提案していく．

潜函工法を完全無人化

白石は，ニューマチックケーソン工法を完全無人化できる「SIニューマ」を開発した．

SIニューマは，新たに開発したケーソンロボットシステムや設計支援システムを駆使することで，合理的に設計した地下構造物を大深度でも効率的で安全に施工できるのが特徴．潜函工不足に対応でき，作業環境の改善やヒューマンエラーの防止などにも効果的な工法として同工法の積極的な採用を関係機関に提案していく方針．

非開削で免震化

前田建設工業は，東京電力と共同で既設構造物を簡単にかつ安価に免震化できる「注入式SCUT工法」を開発した．

同工法は，地下構造物直上に非開削で免震材を注入し免震層を形成することで，地盤の横揺れを吸収．同工法により，地震時の水平力を80%，変位を40%低減可能．構造部周辺を地盤改良する従来工法に比べ約40%のコスト縮減が図れる．

MF式分岐・合流シールド工法

熊谷組は，特殊三円形シールドを用いた「MF式分岐・合流シールド工法」を開発した．

同工法は，本線トンネルとは別に，ランプ部の枝線トンネルに特殊三円形シールドを使用し，先に構築した本線トンネルのセグメント開口部の上下に枝線を近接させる．接合時の地山を極力露出させないことによって，在来工法に比べて地盤改良を最小限に抑え，外部の構造部材も不要となり，工期短縮，コスト削減が図れる．

アンダーパス急速施工

オリエンタル建設は，道路や鉄道の路線下につくる立体交差の急速施工法として新たに「PCRダブルエレメント置換推進工法」を開発した．

同工法は，角形鋼管内部に搭載したオーガスクリューで掘削・貫通した後，鋼管後方に「ダブルエレメント」と呼ぶRCセグメントを接続し鋼管2本を押し込み置き換える．従来の鋼管1本ずつを置き換えるPCR工法に比べ，10～15%の工期短縮を実現．建設コストも15～25%削減できる．

測量データのデジタル化に即応

ライカジオシステムズは，デジタルセオドレイトの新時代を創る「スマートセオ　ビルダー」3タイプを発売した．

同器は，レーザ求心，電気気泡管などの独自の技術により器械操作がスマートに行える．従来器と比較し，作業時間が20～80%短縮し，とくに工事測量用途でメリットを発揮する．



連載講座

山岳トンネルにおける工事用機械の選定(最終回)

斜坑，連載を終えるにあたって

「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

1. はじめに

わが国における斜坑の実績を見てみると，昭和30年代後半から昭和40年代にかけて，新幹線のトンネル工事において，数多く施工されている．鉄道トンネルにおける斜坑は，坑口付近の地形的制約条件から，坑口取り付けが困難な場合の作業坑として，あるいは工期短縮のために，トンネル途中に斜坑を設置する場合が多い．

道路トンネルにおいても，換気を目的として斜坑が設置されているが，工事延長が短く，維持管理上有利な立坑が採用される場合が多く，斜坑の施工例は少ない．

また，水力発電所では，水圧管路の用途とした斜坑が多い．このほか，大深度地下施設である液化石油ガス，天然ガスなどの貯蔵施設あるいは宇宙線観測施設といった新しい地下利用にも計画されるようになってきている．

斜坑と横坑を分類する場合，斜坑の明確な定義は示されていない．斜坑と横坑の区別は，インクライン設備を有するものを斜坑，タイヤ方式によるもの(通常，1/8以下の勾配)を横坑と呼ぶことが一般的である[1]が，1/4勾配をタイヤ方式で施工した例もある．

本連載講座においては，工事用機械の選定という観点から，勾配によってではなく，タイヤ方式によるずり運搬方式は「斜路」とし，タイヤ方式以外を「斜坑」と定義することとする．

2. 斜坑の掘削方式

掘削方式は，斜坑の勾配，断面，延長，用途，工期，工費などの施工条件によりもっとも適した工法を採用する．

斜坑の場合，斜坑下部の既設トンネルの有無や，地上の作業ヤードなどの制約条件も重要となる．

工法によって，特殊な機械を選定する必要があるため，以下にそれぞれの工法について記述する．

2-1　全断面爆破掘り下がり工法

斜坑を上から下に向って発破掘削していく工法である．支保は，吹付けコンクリートとロックボルトおよび鋼製支保工を用いる工法と，鋼製支保工と矢板を用いる工法に区分される．穿孔は，切羽に足場を設け，レッグドリルで穿孔を行う方法と，油圧ジャンボにより穿孔を行う方法がある．

斜坑の勾配が25%より緩く，しかも坑内で機械の入れ替えが可能な場合は，油圧ジャンボや油圧ショベルを坑内に配置し，順次入れ替えを行いながら掘削していくが，急勾配の場合は，インクライン設備によって穿孔機械，ずり積み，ずり出し機械，支保作業用機械を作業ごとに坑外で入れ替えながら掘削する．

2-2　全断面爆破掘り上がり工法

全断面爆破掘り上がり工法は，足場を用いて上向き穿孔し，下から上に向かって発破掘削していく工法である．

この工法の特長は，発破ずりを自然落下させ，坑底で積み込み，搬出の集中作業が可能となるため，ずりの運搬設備をほとんど必要としないことで，運搬コストが他の工法に比べて経済的である．

(1)　クライマー工法

スウェーデンにおいて開発された小断面の硬岩用掘り上がり工法で，ガイドレールに沿って上下する作業足場(アリマッククライマー)を用いる．

延長の長い掘削は困難であり，地山条件の悪い場合も適用は困難である．斜坑の延長が長くなる場合には，途中に作業横坑を設ける必要がある．

一般的に用いられるクライマーの仕様を**表-1**に，また油圧削岩機を搭載したクライマーを**写真-1**に示す．

クライマーには，エアモータ駆動式と電動モータ駆動式，ディーゼル油圧駆動式のものがあるが，電動式のものが多く使用されている．

クライマーは，坑道壁面に設置されたガイドレールに沿って自走するラックピニオン構造である．

(2)　ステージカットブラスティング工法

斜坑上部より下部坑道に向けて穿孔し，このボーリング孔に上部から爆薬を装填し，下部から1.5～5.0mのス

テージで上部に向かって分割発破して掘り上がる工法である．

この工法では，装薬作業はすべて斜坑上部フロアーで行われ，斜坑下部には人が入らないので安全である．

斜坑のため，発破位置のボーリング孔の配置や精度の確保および装薬深度の管理には十分注意が必要である．

2-3　導坑先進拡大掘削工法

導坑先進拡大掘削工法は，クライマー工法やレイズボーラー工法により，まず小断面の斜坑(導坑)を掘削した後，導坑をずり出し用として上部より下部に向けて拡幅しながら掘り下がる工法である．

表-1　クライマーの仕様

形　　式	STH-5E	RCM-6
駆動方式	電動モータ式	電動モータ式
最大積載荷重	420kg	1,000kg
本体重量	1,050kgf	5,500kgf
昇降速度	18m/min(50Hz), 21m/min(60Hz)	16m/min
削岩機	空圧式 (レッグドリルなど)	油圧式ドリフタ装備
最大掘削距離	100～200m程度	600m
留意事項	直接人力で削孔するため，安全上問題がある	機械重量が大きいため，軟弱な岩質には不適である

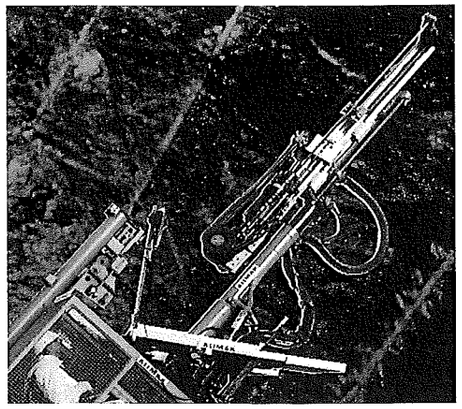


写真-1　クライマー(RCM－6型)

クライマー工法については「2-2　全断面爆破掘上がり工法」を，レイズボーラー工法については「2-4　機械掘削工法」をそれぞれ参照されたい．

拡大掘削時には，トンネル上部または地表部にウインチを設置し，掘削作業架台をインクラインにより，巻き上げ，巻き下げを行い，穿孔から支保工までの作業を行う．

斜坑では，立坑と異なり路盤にレールを設置していくことが必要となる．

2-4　機械掘削工法

斜坑における機械掘削工法には，レイズボーラーによる方法，TBMによる方法および自由断面掘削機による方法がある．

このうち，自由断面掘削機による方法は，全断面爆破掘り下がり工法と掘削方式が異なるだけで，ずり出しなどの機械・設備は同様である．また，TBMに関しては，当連載講座にて紹介済みであることから，ここでは割愛する．

レイズボーラー工法は，斜坑の導坑先進拡大工法のずり出し導坑掘削に用いられる．

まず小口径のパイロット孔を上から下向きに掘削し，下部坑道に貫通させる．次に，リーミング用ビットを上向きに取り付け，パイロット孔を下から上向き掘削する工法である．

斜坑においては，パイロット孔の掘削勾配を精度よく施工することが重要となるため，立坑に比べると距離の長い斜坑の掘削には適さないと言える．

レイズボーラー工法の特徴を**表-2**に，レイズボーラーの仕様を**表-3**に示す．

表-2　レイズボーラー工法の長所・短所

長　　所	短　　所
・立坑内に人が入ることがなく作業の安全性に優れている ・適用範囲では,比較的掘削効率が高い ・TBMに比べて経済的である	・掘削径に限界がある ・硬岩では切削のためのカッタコストが高くなる ・軟弱地山・破砕帯などでは支保工の方法がないため，孔壁の崩壊を引き起こし，掘削できなくなる場合もある

表-3　レイズボーラーの仕様

形　　式		BM-500A	BM-150A	BM-100N	RHINO 2006DC	RHINO 1298DC	ROBBINS 61RS
標準パイロット径	mm	349	270	250	381	311.1	279.4
標準リーミング径	mm	2,440～ 6,121	1,470，1,770， 2,070	1,150，1,450， 1,750	3,412，4,740， 5,102	2,438，3,660	1,220，1,830
スピンドル回転数	rpm	0～43	0～55	0～57	0～50	0～56	0～54
トルク	Nm	450,000	114,000	70,000	460,000	310,000	135,000
最大スラスト	kN	4,810	2,200	1,600	6,940	4,020	2,620
本体(ドリル)寸法	mm	*L* 3,607 ×*W*3,000 ×*H* 6,850	*L* 7,205 ×*W*2,106 ×*H* 5,520	*L* 4,540 ×*W*1,640 ×*H* 4,370	*L* 2,600 ×*W*2,223 ×*H* 5,408	*L* 3,200 ×*W*1,800 ×*H* 5,380	*L* 1,600 ×*W*1,270 ×*H* 5,105
本体(ドリル)重量	tf	35.5	15.0	13.0	24.1	18.0	7.6

3.　ずり出し方式による機械選定

斜坑のずり出し方式としては，掘り上がる工法では斜坑下部に自然落下させる方法と，掘り下がる工法では上部に搬出する方法がある．

ここでは，斜坑掘削のなかで，上部にずりを搬出する場合のずり出し機械の選定について述べる．

ずり出し方式は，斜坑の断面積や勾配，距離，単位時間あたりのずり出し量によって決定される．

一般的な，ずり出し方式の比較を**表-4**に示す．

表-4　ずり出し方式別の比較表

項　目	ベルトコンベヤ方式	インクライン方式	タイヤ方式
ずり搬出能力	良　好	延長が長くなると低下する	良好(ベルトコンベヤ方式より劣る)
作業環境	良　好	安全性に対して注意が必要	排ガス処理が必要，路面の保守管理が必要
坑底設備	ホッパフィーダ，クラッシャなど大規模となる	スキップ使用の場合にはずりの積み替え設備が必要となる	積み込み機械が必要となる
坑外設備	積み込み設備が必要となる	積み込み設備が必要となる	特別に必要としない
勾配および延長	1/4程度	1/4程度が多いが用途により急勾配も可能	1/7～1/12.5，延長は大となる

3-1　ベルトコンベヤ方式

ベルトコンベヤによるずり出しは，一般的に斜坑の施工時に用いられるのではなく，斜坑施工完了後，本坑などの掘削ずりの搬出用として用いられる場合が多い．

ベルトコンベヤは，ずりのスリップや転がりの限界から最大18°程度までずり出しが可能であるが，安全性を考慮して1/4勾配(約14°)を標準として用いられている．

ベルトコンベヤの選定には，勾配，延長のほか，ずりの最大寸法を考慮して，ベルト幅を決定し，サイクルタイムからずり出し能力を設定しなければならない．

斜坑の施工中に用いるベルトコンベヤとして，インクラインドベルトコンベヤシステムがある．これは，斜坑の施工に従い，順次ベルトを延伸していく機能をもち，更に，ずりを2枚のベルトで挟み込む構造であるため，急勾配でも適用できるシステムである．

3-2　インクライン方式

インクライン方式は，ベルトコンベヤ方式に比べると急勾配の斜坑への対応が可能である．

インクライン方式には，スキップを使用するものと，ずり鋼車を直接巻き上げる方法とがある．いずれの方式ともずり出しが断続的となるため，輸送能力はベルトコンベヤ方式に比べ小さい．

作業用斜坑で延長が長い場合，輸送能力の差から施工時にはインクライン方式を用いるものの，完成後はベルトコンベヤ方式に変更する場合も多く見受けられる．

インクライン方式において必要な設備を**表-5**に示す．ずり積み機には，以下の種類がある．

- ロッカーショベル(レール式)(**写真-2**参照)
- 斜坑マッカー(特殊レール式)(**図-1**参照)

表-5　インクライン方式の主要設備

項　　目	設　備　名
斜坑巻き上げ機設備	斜坑巻き上げ機，斜坑用ロープ，シーブ，ロープ受けローラ，軌道
ずり処理設備	ずり積み機，ずり運搬車両
車　　両	人車，ずり搬出用車両，資機材輸送用車両
安全設備	車両の逸走防止装置ほか

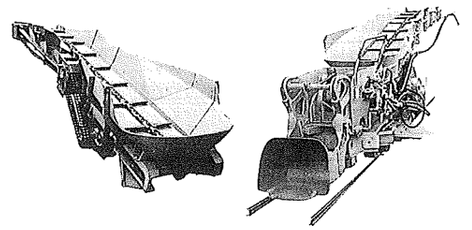


写真-2　斜坑用ロッカーショベル[1)]

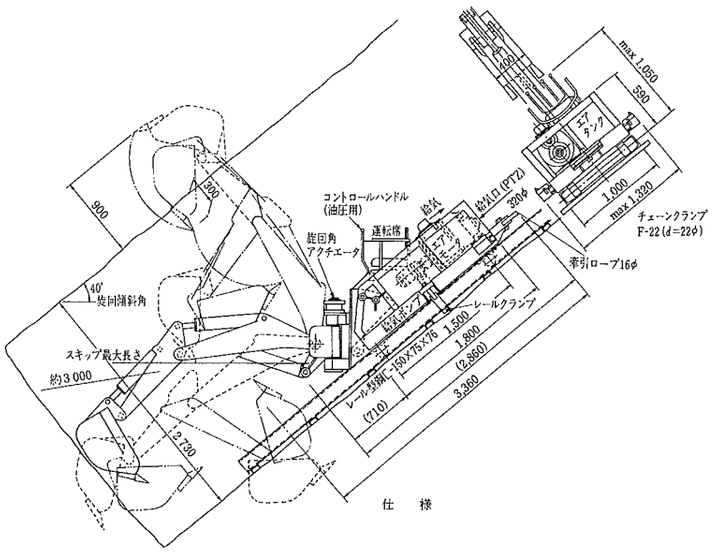


図-1　斜坑マッカー[1)]

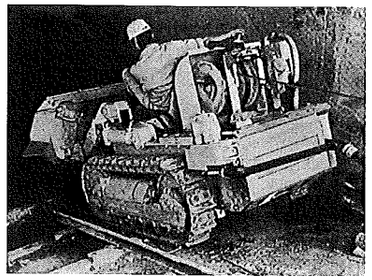


写真-3　斜坑用サイドダンプローダー[1)]

・サイドダンプローダー(履帯式)(写真-3参照)

ずり積み機は，斜坑の勾配が20°程度まではレール式，履帯式ともに水平用ずり積み機を斜坑用に改造したものが使用されているが，勾配が20°以上になると，特殊なレール式斜坑マッカーが一般に使用される．

ずり運搬車には，以下の種類があり，勾配やずりの量，使用するずり積み機との組み合わせなどから選定する必要がある．

・鋼車(勾配が15°程度まで)
・スキップカー(15°より急勾配で使用)(図-2参照)
・シャトルカー(小断面で1発破分積み込めれば有利)

インクライン方式によるずり搬出例を図-3に示す．

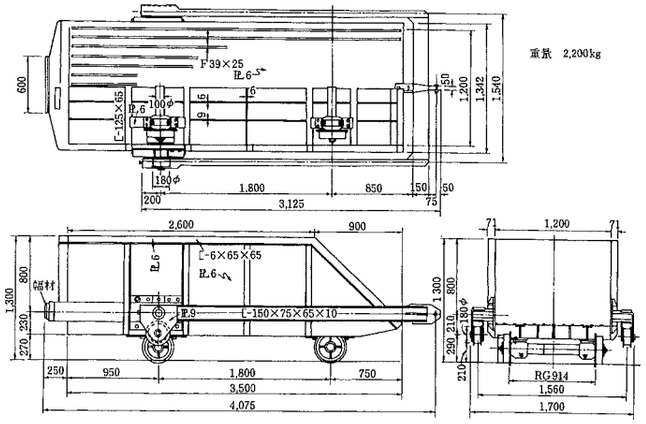


図-2　スキップカー(3.0m³)[1)]

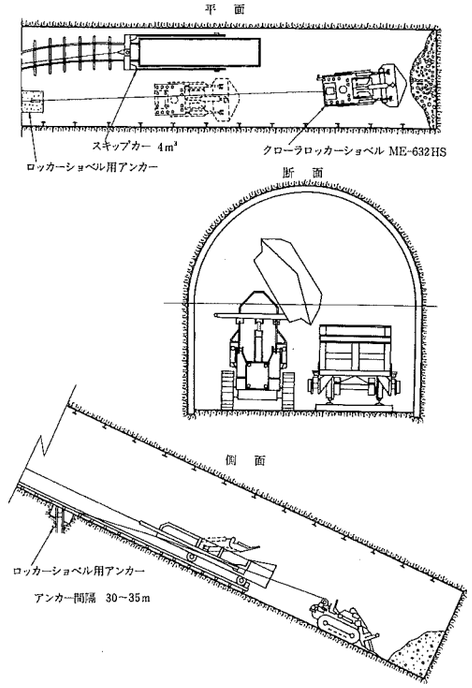


図-3　インクライン方式によるずり搬出例[1)]

4.　斜坑のその他設備

4-1　覆工・型枠設備

水平坑と同様に，スライドセントル，コンクリートポンプあるいは，スクリュークリートが使用される．いずれも斜坑の勾配を考慮した安全対策を講じることが必要である．

斜坑用のスライドセントルが，水平坑のセントルと異なるのは，荷重を受けるメインのジャッキやフレームの配置と，ずれ防止装置が取り付けられていることである．セントルの移動は，一般に，斜坑ずり出しに使用する斜坑巻き上げ機が使用される．

コンクリートの打設は，斜坑坑口にコンクリートポンプを設置し，配管により圧送する方法と坑口でスクリュークリートに積み込み，セントル設置位置まで運搬する方法がある．斜坑の延長に応じて設定する．

4-2　揚水設備

(1)　斜坑施工中の揚水設備

施工中は，図-4のとおり通常切羽の隅に釜場を掘り，小型水中ポンプで後方の釜場に揚水し，さらにそこから大型のポンプで坑口まで揚水する．切羽が進むにつれ釜場の数を増し，ポンプを増設し，中継して坑口まで揚水する．

釜場の間隔は，通常70～100m程度に取られているが，維持管理上はできるだけ高揚程ポンプを使用して釜場の間隔を広げた方がよい．

釜場掘削が困難な場合には水槽を使用するが，通過物を考慮した寸法構造とする．

また，大量の湧水が予想される場合には，故障に備えて2系列のポンプラインと非常用発電設備を準備するなどの計画をする必要がある．

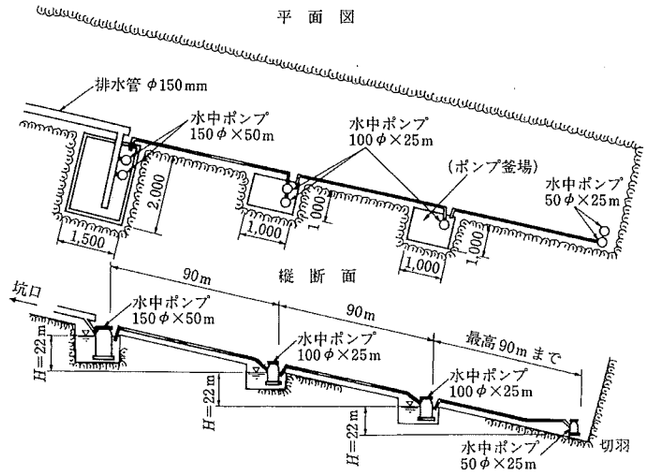


図-4　斜坑施工中の揚水設備例[1)]

(2)　施工完了後の揚水設備

施工完了後の揚水設備計画にあたっては，予想湧水量，ポンプ設備の維持管理，故障時の予備設備などを考慮し，容量，揚程に十分な余裕を持たせた計画とする必要がある．

揚水設備としては，斜坑底の沈殿槽，貯水槽，揚水ポンプ，斜坑内に配水管，場合によっては中継設備，坑外には水量計，予備発電設備などが必要である．

(文責：北川義人・大成建設(株))

参　考　文　献

1) 土木学会：山岳トンネルの立坑と斜坑，トンネル・ライブラリー第7号，1994.8.

5.　斜坑(51°勾配)施工事例：奥清津第二発電所水圧管路斜坑工事(下段斜坑)

5-1　工事概要

奥清津第二発電所工事は，既設の奥清津発電所(新潟県湯沢町)に隣接して増設された揚水式発電所で，水圧管路斜坑工事は，ずりが自然落下できる51°の急勾配であるため，ずり出し用の導坑を先行掘削する導坑先進拡大掘削工法で施工した．その水圧管路斜坑掘削のうち断層や変質帯が多い下段斜坑は，導坑掘削をレイズボーラー工法，切り拡げ掘削はクローラジャンボ，バックホウによる爆破掘り下り工法にて施工した．斜坑縦断図を図-5に示す．

5-2　地質概要

当地点は，信濃川水系清津川上流部にある苗場山を頂点とする山塊の東側斜面の端部に位置し，斜坑の地質は第四紀の石英安山岩からなっている．上段斜坑は堅硬であるが，下段斜坑は断層がやや多く断層や節理に沿って顕著な風化が進んでおり，岩質は全般にやや不良である．

5-3　下段斜坑掘削機械の選定

(1)　導坑掘削(グローリーホール)

下段斜坑における導坑掘削は，上段斜坑で採用したクライマー工法に換えて，不良地山に対し安全性の高いレイズボーラー工法を選定した．これまでレイズボーラー工法は鉱山通気立坑工事において約450mの施工実績はあったものの，斜坑でしかも250mとなると国内に

表-6　斜坑工事概要

工　事　名	奥清津第二発電所新設工事第2工区
発　注　者	電源開発(株)
工 事 場 所	新潟県南魚沼郡湯沢町三国
工　　期	平成4年6月～平成8年8月
斜 坑 延 長	上段斜坑 L=396m，　下段斜坑 L=258m
斜 坑 断 面 積	上段斜坑 A=28.9m²，下段斜坑 A=23.3m²
斜坑掘削方法	上段斜坑：(導坑掘削)クライマー工法 (切り拡げ掘削)ガントリージャンボによる爆破掘り下がり 下段斜坑：(導坑掘削)レイズボーラー工法 (切り拡げ掘削)重機搬入による爆破掘り下がり
ずり出し方式	自然落下方式(勾配51°)

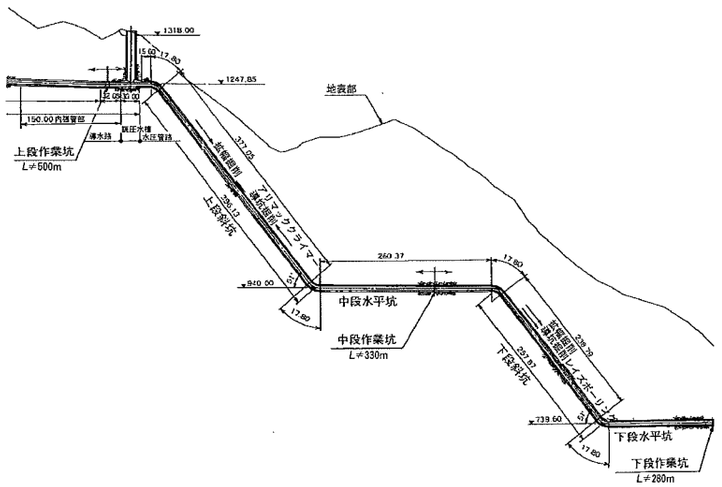


図-5　斜坑縦断図

おいては実績もなく未知数であった．今まで大型レイズボーラー機による傾斜パイロット孔の精度実績は，掘削長に対し孔曲偏差率1.3%程度であった．斜めボーリングにおいてはノーズダウンする傾向にあり，鉛直ボーリングに比較して孔が曲がりやすく，施工難度がはるかに高い．しかも，今回の下段斜坑では高さ5.3m，断面積23m²と限定された斜坑断面内にボーリング貫通点が収まらなければならないという高い施工精度が要求された．しかし，工程上の制約があるものの孔曲がり測定回数を多くし，機器の改良，掘進精度を確保するための適切な施工管理を行えば，制御が非常に難しい地質不良箇所が存在しても克服可能との判断からレイズボーラー工法を採用した．

また，グローリーホールの大きさを決めるにあたっては，切り拡げ掘削時における発破ずりの大きさと不良地山でのグローリーホール孔壁保護としてのケーシングパイプ(内径φ1,200㎜)の設置を考慮し，レイズボーラーの掘削径を1,470㎜とし，最新の大型レイズボーラー機を導入した(**写真-4**)．

実施工においては，約30mごとにロッドビットを抜管し孔曲がり測定を行い精度の確認をするとともに，開口亀裂帯での逸泥箇所や風化帯での孔壁強化改善箇所では，セメンテーションなどを行って掘削した結果，掘削精度は孔曲偏差率0.42%，偏差1.04mと斜坑断面内に貫通点があり良好な結果であった(**図-6**)．レイズボーラー工法の仕様を**表-7**に，φ1,470㎜リーミングビットを**写真-5**に示す．

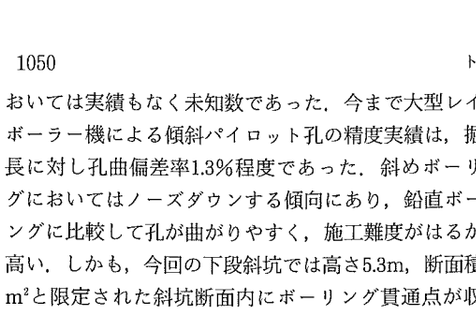


写真-4　レイズボーリングマシン(BM－150)

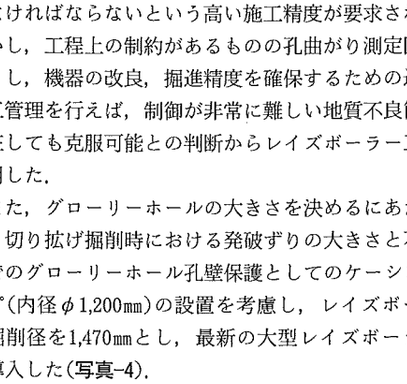


図-6　斜坑断面図

(2)　切り拡げ掘削

下段斜坑切り拡げ掘削は，次の理由により専用の重機台車にバックホウを乗せ切羽まで運搬しなければならない．

① レイズボーラーにより掘削されたグローリーホールをずり出し坑として発破方式で施工するため，レイズボーラーの施工精度からグローリーホールの位置が掘削断面内のどこにあっても，ずりの掻き寄せ搬出に対応できるよう切羽面を水平にしなければならないこと(水平切羽面は楕円形)．

② グローリーホールの位置にかかわらず，ずり掻き寄せが自由にできる機械が必要なこと．

このため，作業ごとに斜坑上部の重機格納横坑(**写真-6**)からジャンボ(削岩機)とバックホウを交互に入れ替え搬入して，掘削を進める掘り下り工法を採用した．切り拡げ掘削における主要設備・機械を**表-8**に，斜坑設備配置平面図を**図-7**に示す．また，クローラジャンボによる穿孔状況，バックホウによるずり出し状況を**写真-7，8**に示す．

表-7　レイズボーラー工法の仕様

名　称	パイロット孔	リーミング孔
ビット径	φ270㎜(スリーコンビット)	φ1,470㎜(ローラーカッタ12個)
大口径岩盤掘削機	BM-150A (原動機110kW-4P，トルク114,000Nm)	
ドリルロッド径	9インチ (φ232㎜×1.50m/本，重量約345kgf/本)	
ドリルポンプ	MG-75A(ベントナイト泥水)	MG-75A (清水：洗浄・冷却)

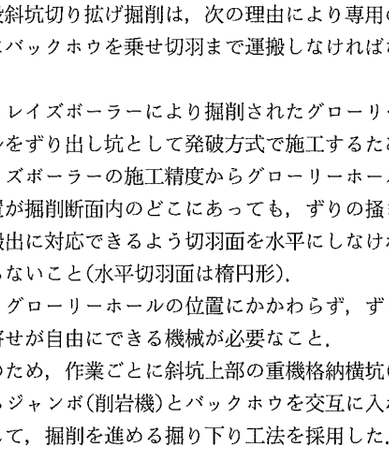


写真-5　リーミングビット(φ1,470㎜)

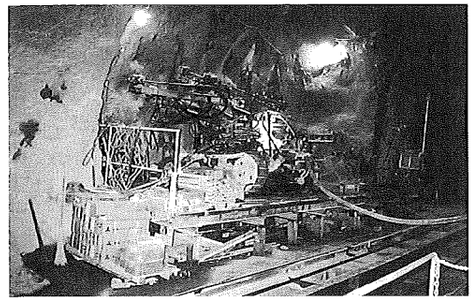


写真-6　斜坑上部重機格納横坑

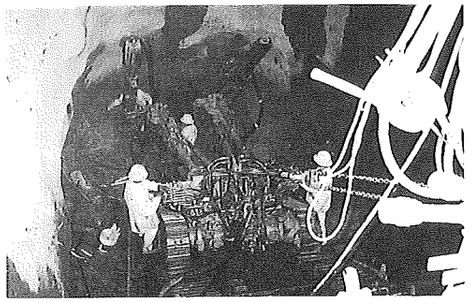


写真-7　クローラジャンボによる穿孔状況

表-8　下段斜坑切拡げ掘削機械一覧表

	機械名	型式・仕様	台数
切羽	クローラジャンボ	2ブーム空圧式M110（古河)重量約6.65tf	1
	バックホウ (0.25m³)	超ショートリーチLS1600FJ2-SR（住友） 重量6.72tf	1
	油圧ブレーカ	S25（ランマー)質量430kg	1
斜坑上部	吹付け機	SBS-C1乾式15m³/h（配管2.5インチ）	1
ずり出し(下段水平坑)	ホイールローダ	サイドダンプCAT-926	1
	ダンプトラック	11t車	2

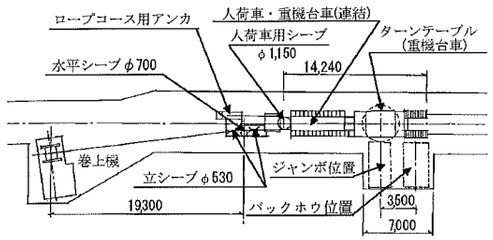


図-7　斜坑設備配置平面図

(3)　巻き上げ機および重機台車・人荷車設備

斜坑の規模，施工方法により巻き上げ機を複数設置することもあるが，下部斜坑は延長も約250mと短いことから重機台車と人荷車を連結して1台の巻き上げ機で巻き上げ，巻き下げを行った．また，重機台車への重機の積み込み・搬入は，重機台車に組み込まれているターンテーブルへ重機が自走したあと，90°方向転回して重機をトンネル方向に転換させるとともに，斜度51°での搬出入となるため，下方に滑り落ちないよう電動チェーンブロック(5t)とレバーブロック(2t×2台)にて確実に重機台車に緊結して，昇降速度20m/minで切羽まで搬入した(**図-8**)．インクライン設備の仕様を**表-9**に，巻き上げ機，斜坑上部インクライン設備を**写真-9, 10**，人荷車・重機台車を**写真-11, 12**に示す．

5-4　施工実績

導坑掘削完了後，孔壁保護の目的でケーシングパイプ(φ1,200㎜，t＝8㎜)を挿入したが，φ1,200㎜では，発破時にずりが口元を塞ぐことが多々あり，バックホウのバケットを切羽で油圧ブレーカに取り替え小割りして対

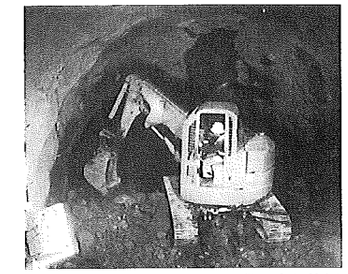


写真-8　バックホウによるずり出し状況

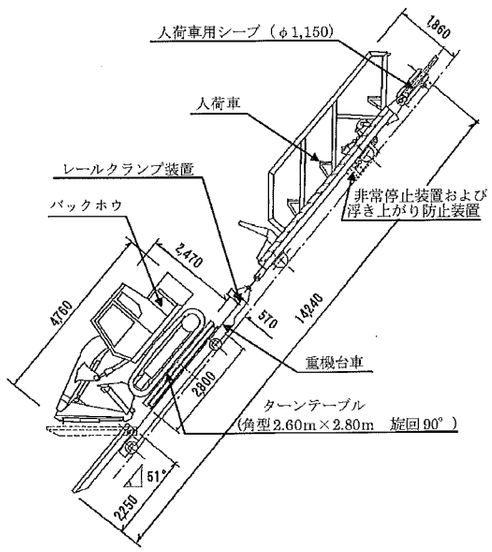


図-8　人荷車・重機台車(連結タイプ)

処しなければならなかった．ケーシングパイプは装薬前に吊り足場作業床をグローリーホール内に挿入して一発破進行長2m分をガス切断し，引き上げ撤去した．吹付けコンクリートは，斜坑上部の中段水平坑に乾式吹付け機を配置し配管(2.5インチ)・ホースにて切羽まで圧送して，ノズルをバックホウに固定して吹付けた．

レイズボーラーによるパイロット孔の掘進は，計測，セメンテーションを含めて約1か月で貫通した．リーミ

表-9　インクライン設備の仕様

機器名称	型式・仕様		
巻き上げ機	電動機出力		77kW
	ロープ速度		Max40m/min
	ロープ径		φ33.5㎜
	牽引力		12.74tf
人荷車（RG2,000㎜）	定員		6名(@70kgf)
	積載荷重		600kgf
	自重		4,750kgf
重機台車（RG2,000㎜）	外形寸法		7,080×2,600×900
	積載物重量		6,720kgf
	ターンテーブル	旋回角度	90°（シリンダφ80×500）
		傾斜角度	39°（シリンダφ150×220）
	台車自重		6,000kgf

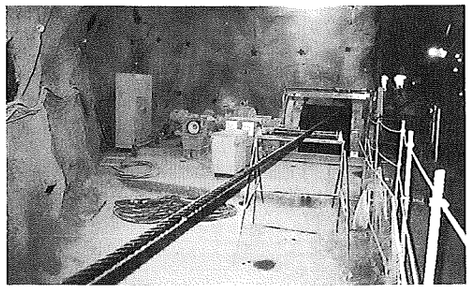


写真-9　斜坑巻き上げ機(電動機出力77kW)

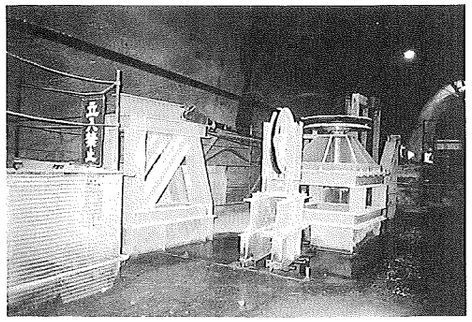


写真-10　斜坑上部インクライン設備

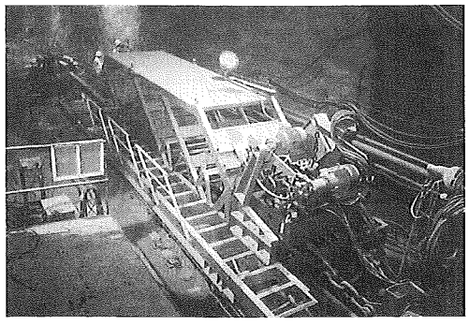


写真-11　人荷車・重機台車

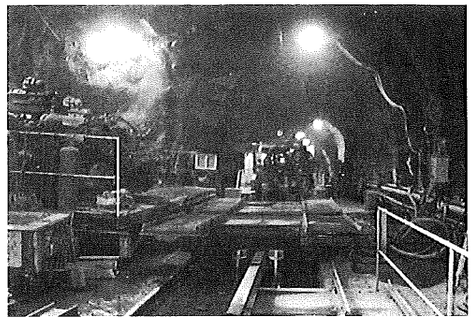


写真-12　人荷車・重機台車

ング掘進はトラブル(ビットスタビライザーの改造，モーター故障)の14日を含め約40日間で終了した．なお，掘り下りによる切り拡げ掘削は，1方/日(冬季中)と2方/日による施工があることから，1方による進行長で表わすと平均1方進行長は1.1m/方であった．

(文責：阿久津秋秀・(株)奥村組)

6.　斜坑施工事例：津江導水路都留斜坑

6-1　工事概要

津江導水路は熊本県菊池川水系の迫間川に多目的ダムとして建設された竜門ダムへの導水を目的とした導水路トンネルである．導水路の全長はL=12.2kmで取水口は筑後川上流の下筌ダム貯水池内に設け，注水口は竜門ダムの鳳来地区に位置する．県境を越えて導水する「流域外導水」が大きな特徴である．都留工区は，導水路のほぼ中央部に位置し，作業用の都留斜坑(完成後は管理用として使用)約700mと本坑4,500mを担当した．

6-2　斜坑の施工

(1)　斜坑の勾配と内空断面

斜坑は，本坑施工のための作業坑として長期間使用されるが，その勾配や内空断面は本坑のずり搬出方式やコンクリートの搬入方法，斜坑および本坑使用機械(ドリルジャンボ・ずり積み機・コンクリート運搬打設機械など)の車両通過限界および送気管，送水管，揚排水管などの仮設材の配置ならびに作業通路などを総合的に検討

表-10　工事概要

工事名称	津江導水路都留工区工事
発注者名	国土交通省九州地方整備局
施工場所	大分県日田郡上津江村
工期	昭和62年10月～平成14年3月
工事内容	斜坑掘削断面積　28.7m² 斜坑延長　668m 斜坑底部　248m 勾配　25% 全断面掘削工法，矢板工法 本坑延長　2号トンネル(上流側)2,100m 3号トンネル(下流側)2,400m

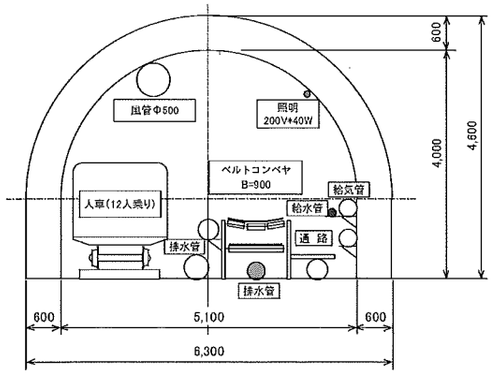


図-9　斜坑断面図

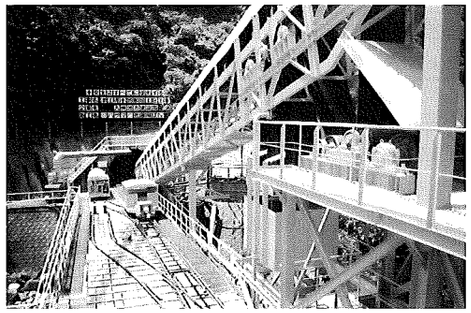


写真-13　坑外インクラインおよびベルコン設備

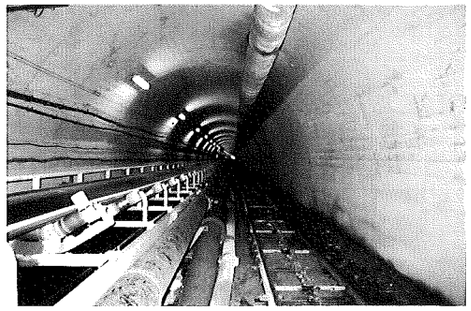


写真-14　斜坑内状況

して決定される．都留斜坑では，本坑からのずり搬出をベルトコンベヤ方式，生コンクリートや使用資機材の搬出入をインクライン方式としたため，勾配は25%(θ=14°)とし，内空断面は幅5.10m×高さ4.00mとした．**図-9**に斜坑断面を，**写真-13**に坑外インクラインおよびベルコン設備を，**写真-14**に斜坑内状況を示す．

(2)　掘削

掘削は，爆破方式による全断面工法とし，支保構造は大量の湧水発生が予想されたため，当初計画のNATMを矢板工法に変更した．

削孔は，クローラ式2ブームドリルジャンボ(ドリフタ重量100kg級)を使用し，ずり出しは，サイドダンプ

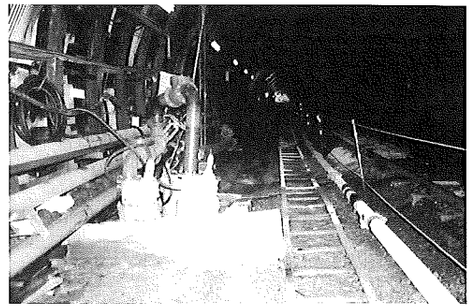


写真-15　斜坑の釜場

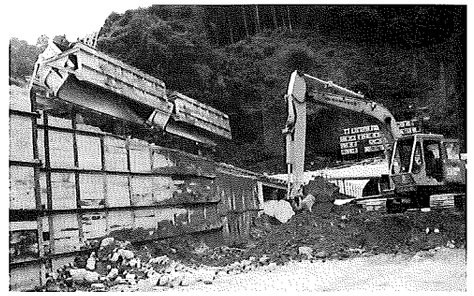


写真-16　掘削時のずり鋼車による排出状況

式トラクタショベル(1.5m³)で鋼車(4.5m³×2両連結)に積み込み，坑外に設置した巻き上げ機(200kW)を使用して搬出するインクライン方式を採用した．

斜坑掘削の最大の問題点は湧水の処理である．突っ込み施工となるため坑内湧水が常に切羽に集中し，掘削作業に支障をきたすばかりでなく，場合によっては坑内が水没し作業中断の事態が発生しかねないためである．

都留斜坑でも最大10m³/minの湧水の発生をみたが，下記に示す各種対策工を実施することで，切羽作業の能率低下を防いだ．

① 濁水処理設備の能力に制約があるため，濁水処理区間を切羽～50m間とし清濁2系列での排水処理方式とした．

② 切羽が約25m進行するごとに底盤コンクリートを打設し，湧水による底盤の洗掘とずり積み機のキャタピラによる路盤の泥ねい化を防止した．

③ 釜場は100mおきに側壁部を拡幅し，鋼製水槽を設置し維持管理が容易になるようにした．

写真-15に斜坑の釜場を，**写真-16**に掘削時のずり鋼車による排出状況を示す．

(3)　覆工

覆工は，坑外にて生コン車より生コンをコンクリートプレーサ(被けん引式6.0m³)に積み替え，斜坑巻き上げ機(200kW)により打設箇所まで運搬し打設した．打設順序は坑底部から坑口方向とし，スライドセントルはL=

表-11　斜坑掘削・覆工機械一覧

工　種	機　械　名	規　格	単位	数量
削　孔	ドリルジャンボ	クローラ式2ブーム ドリフタ重量100kg級	台	1
ずり出し	トラクタショベル	サイドダンプ式・クローラ型, 山積み1.5m³	〃	1
	ずり鋼車	側開転倒式4.5m³	〃	2
こそく掘削補助	バックホウ	油圧式・クローラ型 山積み0.28m³	〃	1
ずり放出	鋼車転倒装置	4.5m³×2	〃	1
ずり積み込み（坑　外）	バックホウ	油圧式・クローラ型 山積み0.45m³	〃	1
ずり運搬（坑　外）	ダンプトラック	ディーゼル10t積	〃	2
コンクリート運搬・打設	コンクリートプレーサ	被けん引式6.0m³	〃	2
移動式型枠	スライドセントル	L=9.0m　r=2,550	基	1

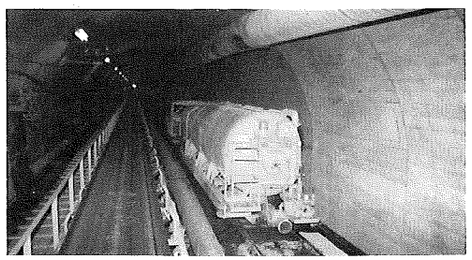


写真-17　コンクリートプレーサ巻き降し状況

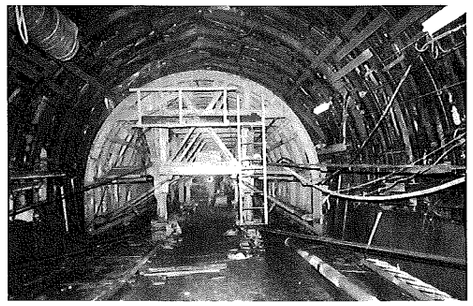


写真-18　斜坑用セントル

9.0mを使用した．表-11に斜坑掘削機械・覆工機械一覧を，写真-17にコンクリートプレーサ巻き降ろし状況を，写真-18に斜坑用セントルを示す．

6-3　斜坑底設備

斜坑底は本坑との接続部であり，ずりピン，ずり小割設備，材料置場，充電所，坑底貯水槽，揚水ポンプ設備などの諸設備が必要であるが，その構造については，掘削施工時の安全性確保，および本坑施工時のずり出しや生コンクリート搬入などの作業性を考慮し，可能な限り複雑な構造にならないよう計画し決定した．図-10に斜坑底平面図を，図-11に斜坑底水槽およびずり搬出ベルコン断面を示す．

（1）　斜坑底貯水槽

斜坑および本坑の湧水処理のための揚水基地として，斜坑底に貯水槽を設置した．貯水槽の有効容量は停電時の予備電源切り替え時間や坑内作業員の退避時間などを考慮し，30分間貯水できる大きさとした．

8.0m³/min（斜坑恒常湧水量）×30min＝240m³

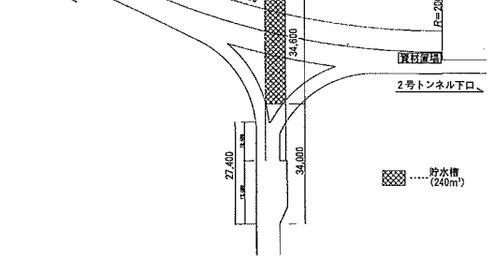


図-10　斜坑底平面図

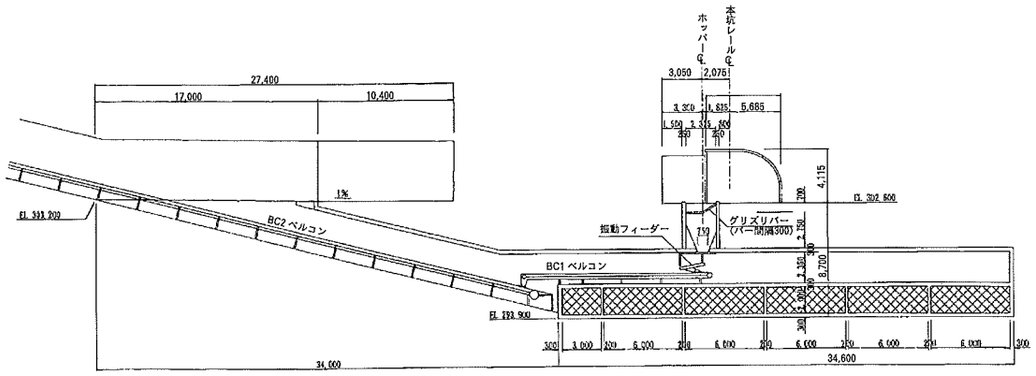


図-11　斜坑底水槽およびずり搬出ベルコン断面

（2）　斜坑底揚水設備

斜坑底貯水槽から斜坑口までの1段揚水方式（高低差h=180m）とし，計画最大揚水量を30m³/minとし，予備ポンプを含め表-12に示す設備とした．なお，本坑からの排水処理は濁水処理プラントの処理能力（450m³/h）に制約があるため，清濁分離方式とした．

（3）　ずり出し設備

斜坑のずり出し設備は，斜坑底から坑口までの延長が約700mと長大であること，本坑が2切羽であることなどから，効率的（連続的）で安全な搬出作業が可能であるベルトコンベヤ方式を採用した．ずりビンでは300㎜間隔にグリズリバーを設置し，これより大きなずりは油圧ブレーカ（300kg級）にて小割りし，ずりビン下部に設置したプレートフィーダによりベルトコンベヤ（B=900㎜）に送り出し坑外へ搬出した．写真-19にプレートフィーダおよびベルコンを示す．

表-12　斜坑底，揚水ポンプ設備

清濁区分	ポンプ容量（揚水量/台）	単位	台数
清　水	150kW水中ポンプ（2.5m³/min/台）	台	12
濁　水	165kW水中ポンプ（3.0m³/min/台）	台	2

（4）　充電設備

本坑の掘削・覆工作業はレール方式を採用しているため，斜坑底に2.8tの天井クレーンを設備し8tバッテリー用の充電設備を設置した．

（5）　本坑用資材置場

本坑施工時に使用する鋼製支保工，矢板，水中ポンプ，

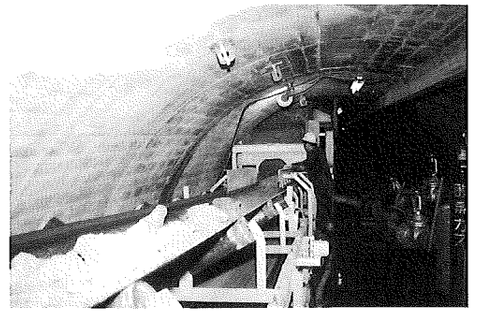


写真-19　プレートフィーダおよびベルコン

表-13　斜坑および斜坑底、仮設備一覧

設備区分	機　械　名	規　格	単位	台数	設備区分	機　械　名	規　格	単位	台数
斜坑巻き上げ設備	ウインチ	鼓胴型単胴式 200kW 巻き上げ 9tf×100m/min 巻き代 40㎜×1,050m	台	1	排水設備（斜坑施工時）	水中ポンプ（清水）	口　径　200㎜ 揚　程　60m 容　量　37kW	台	9
						水中ポンプ（濁水）	口　径　150㎜ 揚　程　30m 容　量　19kW	台	16
	人　車	12人乗り	台	1	斜坑底揚水設備（本坑施工時）	水中ポンプ（清水）	口　径　150㎜ 揚　程　200m（高揚程） 容　量　150kW	台	12
	材料台車	R・G＝762㎜	台	3					
	逸走防止機	エアーシリンダ式	基	7		水中ポンプ（濁水）	口　径　150㎜ 揚　程　200m（高揚程） 容　量　165kW	台	2
斜坑ずり出し設備	油圧転倒装置	固定型2～8m³用	基	1	濁水処理設　備	濁水処理プラント	丸型シックナ・ 鋼板製 処理能力　150m³/h	基	3
	ずりピン	60m³	基	1		加圧脱水機	フィルタプレス式 ろ過面積　100m²	基	1
	油圧ブレーカ	300kg級 バックホウ0.1m³ （電動式）	台	1		中和処理設備	炭酸ガス式 処理能力　150m³/h	基	3
	プレートフィーダ	100t/h	基	1	受変電設　備	高圧受電盤	VCB6,600V-，600A	台	1
	ベルトコンベヤ（No.1）	ベルト　幅900㎜ 機　長　L=13m	基	1		トランス	50～500kVA	台	18
	ベルトコンベヤ（No.2）	ベルト　幅900㎜ 機　長　L=722m	基	1	予　備発電設備	発動発電機	ディーゼルエンジン 駆動　1,000kVA	基	1
	ベルトコンベヤ（No.3）	ベルト　幅900㎜ 機　長　L=16m	基	1			ディーゼルエンジン 駆動　600kVA	基	2
給水設備	小型多段遠心ポンプ	口　径　50㎜，3.7kW	台	1	充電設備	天井走行クレーン	2.8t	基	1
	水中ポンプ	口　径　100㎜，11kW	台	1		整流器	シリコンサイリスタ 制御式　6～8t	台	1
	水　槽	鋼　製　10m³	基	1	荷役設備	タワークレーン（坑外）	2.8t×20m	基	1
給気設備	空気圧縮機	定置式スクリュー型 12.0～12.3m³/min， 75kW	台	2		天井走行クレーン（斜坑底）	2.8t	基	1
	空気槽	6.0m³	基	1					
換気設備	ファン	風量　115m³/min ターボ遠心式　37kW	台	1					
	風　管	スパイラル風管 φ500㎜	m	700					

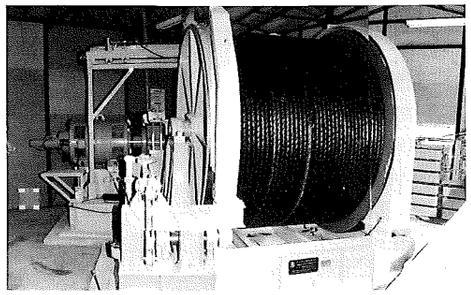


写真-20 斜坑巻き上げ用ウインチ

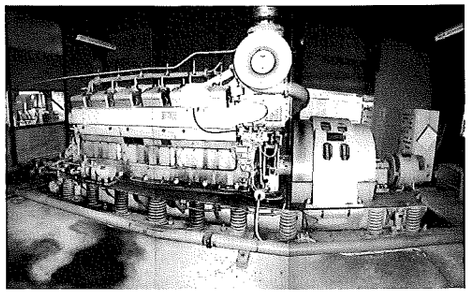


写真-21 非常用発電設備

工具，照明器具などの資材置場を両本坑入口部に設置し，吊り上げ用に2.8t天井クレーンを設備した．

（6） 濁水処理設備

坑外仮設ヤードに処理能力200m³/hの濁水処理プラントを設備した．斜坑の湧水状況や本坑の突発湧水などを考慮し，増設可能な設備配置とした．処理方式は仮設ヤードのスペースに余裕がないこと，放流対象河川の水質基準が厳しく安定した濁水処理が要求されたことなどから機械処理方式とした．本坑での湧水増加に伴い，最終的には処理能力を450m³/hまで増設し対処した．

（7） 予備電源設備

非常時の坑内作業員の退避，斜坑巻き上げ機や排水ポンプの運転などのため，自家発電設備（ディーゼル発電機1,000kVA）を坑外に設置した．本坑湧水量の増加に伴い，最終的にはさらに600kVA×２台を増設した．**表-13**に斜坑および斜坑底の設備一覧を，**写真-20**に斜坑巻き上げ用ウインチを，**写真-21**に非常用発電設備を示す．

6-4 まとめ

津江導水路都留斜坑は，導水路本坑の施工のための斜坑であり，斜坑の掘削設備や機械とともに，本坑掘削用の斜坑底設備も設置している．本坑位置が深いため，全長約700mもの長大斜坑の施工であったが，無事工事を終えることができた．今後計画される際の参考になれば幸いである．

（文責：鈴木雅行・(株)間組）

連載講座を終えるにあたって

一昨年の10月号から始まった当講座も今回で完結することとなった．26回の連載は「山岳トンネルの新技術」についで長い講座となった．このように長くなった理由の一つは，施工条件によりさまざまな機械が開発されてきた証であり，トンネル工事の進歩を物語っている．トンネル工事は，地山の掘削，運搬，支保のくり返し作業であり，トンネル工事に携わったことのない方には単純に思えるかもしれない．本当は，すべてが手作り品で同じものは存在しないのである．なぜなら，同じ地山は存在しないからである．戦う相手が違えば，武器も当然違ってくる．青の洞門はノミと槌だけで掘られたが，今では硬い岩はジャンボに搭載した削岩機でせん孔し，火薬を装填し爆破する．また，近年では硬い岩を強力な推進力と回転力により壊していくTBMも使われる．軟らかければ自由断面掘削機で削り取る．

もう一つトンネル工事用機械が多い理由としては，断面の大きさによる制約が大きいことによる．トンネル工事は自ら掘削した中で作業を進めなければならない．ビルや橋のように外から吊り上げてつくることができない．このため，小断面と大断面ではおのずと違った形で機械が進歩してきた．トロ，ベルコン，ダンプによるずり出しの違いのように．

トンネル工事は，いかに早く，安全に完成するかである．このため，機械化は重要な課題である．NATMの導入後，種々の補助工法が開発され大断面での掘削が可能となった．大断面トンネルでも補助ベンチ付き全断面掘削工法が一般的になり，機械の大型化，能力アップにより工期も短縮され安全性も改善された．また，コストの削減にも大きく寄与している．近年，TBMやTWSによる施工も試みられており，山岳トンネルにおいてもさらなる機械化，自動化が進んでいくものと思われる．

本講座は，単に工事用機械を紹介したものではなく，トンネルの施工手順にしたがって施工条件にあった機械やシステムを解説するとともに，施工事例を具体的に紹介することにより，実践的な工事用機械の選定が可能となるように努めた．愛読していただいた方は，計画されたトンネルや周辺の山々を想像すると，動き回っている各種機械が目の前に浮かんでくるようになったのではないだろうか．ぜひ，現場で活用していただきたいと思う次第である．最後に連載講座小委員会の委員の皆様，執筆をお願いした皆様に厚く御礼を申し上げ，連載講座を閉じることとする．

（文責：山田隆昭・中日本高速道路(株)）

文献紹介

設 計・理 論

菊本統・岸田潔・木村亮・田村武：降下床実験による離隔のない双設トンネルに作用する土圧の評価手法の構築，土木学会論文集，Ⅲ-72，No.799，2005.9.

松長剛・熊坂博夫・小島芳之・朝倉俊弘：地山強度の経時劣化を考慮したトンネル変状の予測と対策に関する研究，土木学会論文集，Ⅲ-72，No.799，2005.9.

有泉毅・金子俊輔・塩冶幸男・山崎剛・日下部治：軟弱粘性土地盤の圧密に伴うシールドトンネルの長期荷重に関する解析的研究，土木学会論文集，Ⅲ-72，No.799，2005.9.

阿部修三：経済的な設計手法の合成鋼管柱を採用した開削駅，土木施工，Vol.46，No.9，2005.9.

施 工

緒方明・千葉秀則・後藤一広：ダブルジャッキ式同時掘進シールド工法による施工，東京水道多摩丘陵幹線第一次整備区間・第１工区，建設機械，Vol.41，No.8，2005.8.

西村高明・今井龍雄・吉永旭：低空頭下での銀座線高架橋下受工事，建設機械，Vol.41，No.8，2005.8.

青木智幸・浦川信行：急峻な岩盤面の崩落防止アンカーの設計・施工，土木技術，Vol.60，No.8，2005.8.

相沢文也・清水満・鈴木尊：高被圧水下における鉛直グラウンドアンカー施工例，土木技術，Vol.60，No.8，2005.8.

小泉俊一・周治諭：雨水対策として採用した２分割型超大口径管推進工法による施工計画について，月刊下水道，Vol.28，No.8，2005.8.

大熊昌孝：２分割管による超大口径管推進工法について，分離と回収・再利用が可能な掘進機の採用，月刊下水道，Vol.28，No.8，2005.8.

豊田正美：浸水から地域を守る和田弥生幹線（前編），月刊下水道，Vol.28，No.8，2005.8.

糟谷哲之：「アイエムリバース工法」による改築推進の事例について，月刊下水道，Vol.28，No.8，2005.8.

八木弘・橋本昌朗・米倉文雄：新しい支保部材の採用とその効果，第二東名高速道路金谷トンネル，ハイウェイ技術，No.30，2005.8.

菊地富良・古川幸則：無導坑式めがねトンネルの設計・施工，建設の施工企画，No.667，2005.9.

河田孝志・岩崎智治・佐藤渉：GPS自動計測監視システムを使った地盤変位計測，土と基礎，Vol.53，No.9，2005.9.

田中洋介・加藤稔・山本泰幹・野村貢：地域環境保全を図る山岳トンネル，土と基礎，Vol.53，No.9，2005.9.

後田徹・堀康夫・安仲努：福岡外環道路，平成18年春の都市高速との直結にむけて福大トンネル（仮称）の進捗状況と土木技術，土木技術，Vol.60，No.9，2005.9.

榎村康史：美和ダム再開発の設計と施工，土木技術，Vol.60，No.9，2005.9.

東野寛・廣瀬陽介：神田川・環状７号線地下調節池，建設機械，Vol.41，No.9，2005.9.

入江健二・沼澤憲二郎・景山良：東京地下鉄13号線建設工事，建設機械，Vol.41，No.9，2005.9.

野間達也：割岩工法による小断面トンネル掘削，FONドリル工法による自由断面形成で硬岩トンネルを割岩掘削，建設機械，Vol.41，No.9，2005.9.

伊藤三夫・三上豊・大石豊：内面平滑型４分割セグメントの採用によるコスト縮減，落合川雨水幹線工事シールド工事，建設機械，Vol.41，No.9，2005.9.

北嶋秀昭・田中幹雄・荒井造成：放電衝撃破砕工法とその施工例，建設機械，Vol.41，No.9，2005.9.

池田建太郎・木内勉・木全宏之・若林成樹・西村晋一：AGF工法の超長尺化技術，ELPS工法の開発，建設機械，Vol.41,No.9，2005.9.

田山聡・細野泰生・神澤幸治・平野宏幸：第二東名高速道路引佐第二トンネルの情報化施工，建設機械，Vol.41，No.9，2005.9.

里道喜義：幅広セグメントを採用したシールドトンネル，土木施工，Vol.46，No.9，2005.9.

神田大：山岳トンネル工法における新しい防水工の施工，土木施工，Vol.46，No.9，2005.9.

坂巻清：軟弱で土かぶりが薄い鉄道直下の大断面シールド，土木施工，Vol.46，No.9，2005.9.

浅田元弘：既設構造物に近接する沖積軟弱粘土層におけるシールド掘削，土木施工，Vol.46，No.9，2005.9.

黒岩厚夫：高速道路直下を超低土かぶりで掘る，土木施工，Vol.46，No.9，2005.9.

小野顕司：超近接併設シールドの施工，土木施工，Vol.46，No.9，2005.9.

中尾光夫：大口径下水幹線直下における角形鋼管エレメント推進工法，土木施工，Vol.46，No.9，2005.9.

維 持 ・ 管 理

小山幸則：地中構造物の変状と維持管理の課題，基礎工，Vol.33，No.8，2005.8.

小島芳之・佐藤豊・小西真治：都市部における鉄道トン

ネルの維持管理の現状と課題，基礎工，Vol.33，No.8，2005.8.
渡辺志津男・種岡利則：下水道間の維持管理，補修・更新の現状と課題，基礎工，Vol.33，No.8，2005.8.
石川和秀：下水道管渠の改築技術，基礎工，Vol.33，No.8，2005.8.
吉村雅宏・浜崎智洋：高速道路における横断管の維持・管理について，基礎工，Vol.33，No.8，2005.8.
木下賢：地下鉄トンネルのリニューアルの取組み，基礎工，Vol.33，No.8，2005.8.
岡田昌澄：首都高速道路におけるトンネルコンクリート片剝落防止工について，基礎工，Vol.33，No.8，2005.8.
巽良雄・網谷力：下水道管路施設の更生技術，更生工法選定の1例，基礎工，Vol.33，No.8，2005.8.
伊藤浩一：3Sセグメント工法：硬質塩化ビニル製セグメントによる管きょ更生工法，基礎工，Vol.33，No.8，2005.8.
野永健二・瀬野康弘・浅井正二・新谷毅・岩井稔：地中構造物の診断技術，基礎工，Vol.33，No.8，2005.8.
寺戸秀和・竹本憲充：トンネル維持管理に関する研究開発，建設の施工企画，No.666，2005.8.
山田雅利：下水道コンクリート構造物の防食工事に求められる品質管理，防水ジャーナル，Vol.36，No.8，2005.8.
日本防食協議会：積層防食作業における下水道工事の品質管理と性能確保，防水ジャーナル，Vol.36，No.8，2005.8.
日本下水道施設修復モルタル協会：修復モルタルにおける下水道工事の品質管理と性能確保，防水ジャーナル，Vol.36，No.8，2005.8.
シートライニング工法協会：シートライニング工法における下水道工事の品質管理と性能確保，防水ジャーナル，Vol.36，No.8，2005.8.
全国上下水道エポキシ工事業協会：エポキシ樹脂ライニングにおける下水道工事の品質管理と性能確保，防水ジャーナル，Vol.36，No.8，2005.8.
A・Bエポマー工法協会：ブラックライト発光管理技術による下水道工事の品質管理と性能確保，防水ジャーナル，Vol.36，No.8，2005.8.
JER認定施工協会：適材適所のコンクリート防食システムで高品質施工と性能保障を実現する，防水ジャーナル，Vol.36，No.8，2005.8.
アイカ工業(株)：エポキシ樹脂＋特殊シート防食工法による浄化センター新設工事，防水ジャーナル，Vol.36，No.8，2005.8.
(株)大林組・旭化成ジオテック(株)：光硬化型FRPシートによる既存建物地下ピット改修工事，防水ジャーナル，Vol.36，No.8，2005.8.
昭和電工建材(株)：光硬化型FRP工法による下水道の改修工事，防水ジャーナル，Vol.36，No.8，2005.8.

シールドトンネルの新技術

シールドトンネルの新技術研究会編　代表　鈴木　　章

B5判 285頁　本体価格4,660円　〒340円

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

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

「トンネルと地下」2005年1～12月号総目次

〈平成17年・年間総目次〉

巻 月号 頁

巻頭言

平成17年の年頭にあたって……三谷　浩　36 1 5
土木技術者に期待すること……磯島　茂男　36 2 5
地震とトンネルと謙虚さ……吉田　幸一　36 3 5
「防災」と「減災」……赤井　憲彦　36 4 5
禍を福としよう……髙橋　昭夫　36 5 5
土木のファン作りはまず現場から……杉　晟　36 6 5
思っても見なかったこと……村田　正信　36 7 5
環境保全の今昔……中島　浩昭　36 8 5
三十年と三百年……日月　俊昭　36 9 5
地下空間の未来……只腰　憲久　36 10 5
経験の重み……子安　哲雄　36 11 5
技術は技量を駆逐する？……西村　和夫　36 12 5

挨　拶

就任にあたって……小森博・佐藤信彦・葉山莞児　36 9 7

祝　辞

トンネル技術協会の30周年を祝して……佐藤　信秋　36 9 12

記念講演

社会資本整備の方向と技術力の継承……森地茂　36 9 14

年　表

社団法人日本トンネル技術協会30年の歩み……日本トンネル技術協会　36 9 26

計　画

明治通り下池袋～渋谷間の地下鉄シールド工事の概要〈東京メトロ13号線〉……藤木育雄・中村博征・景山良　36 1 35
中之島新線建設工事の概要……長瀧元紀・泉谷透　36 4 41
世界最深沈埋トンネルプロジェクトの建設始まる〈ボスポラス海峡横断鉄道プロジェクトの概要〉……栄枝秀樹・Niyazi ZALGI　36 4 49
市街地狭隘道路下でシールド切替型推進工法を採用〈東京都下水道　谷川雨水幹線〉……高相恒人・松井邦恭・山本一郎　36 6 35
京都市高速鉄道東西線延伸計画〈二条～天神川間〉……古川衛・小川実・山本篤史　36 7 41
各種工法を採用した都上水道東南幹線シールド工事……山田廣・忍亮　36 10 39

研　究

都市内道路シールド分合流の非開削拡幅技術の開発〈サイドランプ接続部の大地下空間の構築方法〉……寺山徹・山本泰幹・今田徹・田家学　36 1 49
光ファイバによるトンネル覆工の変状監視法……小島芳之・栗林健一・朝倉俊弘・伊藤裕昌　36 2 47
長尺先受け工の挙動に関する現場計測……笹尾春夫　36 3 49
ロータリーパーカッションによる覆工背面の空洞調査…大嶋健二・伊藤哲男・本多眞・西村晋一　36 4 57
押し出し性地山を克服するための戦略メニューの提案…高橋浩・進士正人・中川浩二　36 5 25
東京礫層での地中掘削のリスク管理と変形予測の一考察…高橋浩一・大河内保彦・龍岡文夫・金澤博　36 6 43
道路シールドトンネルにおける耐火構造と性能確認〈秋田県　秋田中央道路シールド工事〉……本田武志・進藤敏博・西岡巌・小原伸高　36 7 49
小口径バーンカットの破砕機構に関する実験的検討……河野興・吉永正雄・小松正三・中川浩二　36 8 51
波線を用いた従来弾性波探査にトモグラフィ的解析法を適用……三木茂・吉田幸信・進士正人・中川浩二　36 10 51
内空変位量および天端沈下量と地山条件の相関に関する考察……竹林亜夫・松井保　36 11 45
ファイバーコンクリート用の再生PET繊維の開発と適用例…越智恒男・大久保誠介・福井勝則　36 12 43

報　告

シールド発進・到達工実態調査報告(1)……JTA都市トンネル小委員会　36 1 59
シールド発進・到達工実態調査報告(2)……JTA都市トンネル小委員会　36 2 55

シールド発進・到達工実態調査報告(3) ……
……JTA都市トンネル小委員会 36 3 61
新潟県中越地震における鉄道トンネルの被害……
……清水満・栗栖基彰・加藤正二 36 5 37
JTA-COB第7回技術交流会議報告 ……
……JTA国際委員会企画調整幹事会 36 5 45
ITA2005世界トンネル会議に出席して……
……三谷浩 36 9 37
「第31回ITA総会」報告……
……日本トンネル技術協会 36 9 43
イスタンブール世界トンネル会議技術調査報告(1) ……
…… JTAイスタンブール技術調査団 36 10 61
新潟県中越地震における道路トンネルの被害……
……真下英人 36 11 55
イスタンブール世界トンネル会議技術調査報告(2) ……
…… JTAイスタンブール技術調査団 36 11 65

解　説

トンネル工事のリスク〈Zimmerbergベーストンネルにおける検討と手順〉……
K.Kovari・M.Bosshard・(訳)近藤達敏 36 6 53

施　工

【鉄道トンネル】

極小土かぶりにおける保護盛土を用いたトンネル掘削〈北陸新幹線　高社山トンネル南工区〉……
依田淳一・今村庄一・川島康広・木村亮之 36 1 7
鉄道直下の函体けん引に鏡補強ボルトを採用〈里塚・上野幌連絡線　JR上野幌駅構内アンダーパス工事〉……
小西康人・海原卓也・小野隆利・須川智久 36 2 7
小土かぶりの未固結地山を地盤改良併用の補助工法で施工〈北陸新幹線　第1黒部トンネル〉……
……矢部司彦・土井充・奈良聡 36 3 7
場所打ち支保システムによる山岳密閉シールド〈東北新幹線　三本木原トンネル〉……
佐々木幹夫・佐原圭介・井浦智実・川嶋潤二 36 4 7
東北新幹線八甲田トンネルが全貫通……
……木村裕俊・佐々木幹夫 36 6 7
異常な膨圧現象が発生する擾乱帯を多重支保方式で突破〈北陸新幹線　飯山トンネル(木成工区，板倉工区)〉…
中村敦・玉井達毅・松原外喜雄・森田隆三郎 36 7 7
道路トンネル直下を計測管理により掘削〈北陸新幹線　高丘トンネル北工区〉……
依田淳一・浅利浩二・古川深夫・日野泰宏 36 8 7
単線断面でトンネルワークステーションに挑戦〈JR吾妻線付替　横壁トンネル〉……
岡野法之・辻　徹・中島純也・河南幸治 36 10 7
多亀裂・褶曲を有する第四紀未固結シルト地山への挑戦〈北陸新幹線　高丘トンネル南工区〉……
依田淳一・椎葉俊政・山木昇・岡村光政 36 11 7

【道路トンネル】

洪積砂礫層の小土かぶりめがねトンネル〈南多摩 新滝山街道　戸吹トンネル〉……
田中隆行・黒川清和・荒川真一・森田篤 36 1 17
導坑も先進坑覆工もなしでめがねトンネルを施工〈主要地方道茨木亀岡線　大門寺トンネル〉……
高橋明生・木村文憲・本藤敦・櫻井孝臣 36 2 17
小土かぶりの大規模地すべり地帯を情報化施工で突破〈第二東名高速道路　引佐第二トンネル〉……
田山聡・竹國一也・神澤幸治・平野宏幸 36 3 15
世界最大の泥土圧シールド〈首都高速中央環状新宿線　中落合シールド〉……
…土橋浩・櫻井裕一・中山正夫・染谷明 36 4 17
未固結地山における超大断面トンネルの施工〈箕面有料道路　箕面トンネル南工区〉……
武友憲重・久保田英雄・西村誠一・安田亨 36 5 7
大断面双設泥水式シールドによる近接施工〈首都高速中央環状新宿線　上落合シールド〉……
亀ヶ谷勲・小西由人・村上初央・宗澤敦郎 36 6 17
スコリヤ堆積層を無機系超微粒子注入材で克服〈山中湖忍野富士吉田線　忍野トンネル〉……
若尾洋一・殿岡徳仁・佐藤勉・志村武彦 36 7 19
大規模断層破砕帯に双設大断面トンネルを貫く〈第二東名高速道路　富士川トンネル(下り線)〉……
……大西昌彦・川俣和久・楠本太 36 8 19
既設導水路トンネルとの近接交差部の施工〈国道230号虻田町　青葉トンネル〉……
…荒野広・甲斐明・福田裕紀・斉藤義浩 36 9 55
供用中のトンネルに避難連絡坑を接続〈湯浅御坊道路　川辺第一トンネル〉……
……緒方健治・橋豊・阿部俊・谷口拓也 36 10 17
地すべり地帯の国道直下を土かぶり3mで掘削〈国道33号越知道路　野老山トンネル〉……
奥谷正・川田昭彦・毛利浩徳・日高英治 36 12 7

【地下鉄トンネル】

渋谷駅前の銀座線高架橋基礎の受け替え〈13号線・東横線相直　渋谷駅建設工事〉……
……西村高明・今井龍雄・鷲見博由 36 2 29
わが国の技術を駆使したバンコク地下鉄〈チャロム・ラチャモンコン線建設工事〉……
……大月喜雄・山本昭・浅上裕司 36 3 27
地下鉄出入口直下の軟弱地盤における連絡通路の建設〈都営新宿線一之江駅～自転車駐車場間連絡通路〉……
佐野正生・中村茂之・野中均・斉藤健司 36 5 17
直上にφ3,250雨水幹線をかかえながら開削駅を施工〈横浜市高速鉄道4号線　高田町駅工区〉……
……伊佐見孝夫・遠嶽信幸・原岡充 36 6 27
地下水位の上昇から地下駅を守る〈東北新幹線　上野地下駅〉…久須美賢一・小池健司・保野聡裕 36 8 33
総重量5,000tfの地下鉄丸ノ内線を受ける〈地下鉄13号線　新宿三丁目駅〉…岡田龍二・小山浩史 36 9 67
つくばエクスプレスの地下構造物〈秋葉原駅～綾瀬川トンネル〉……
……赤澤有二・富田能民・阿部修三 36 10 27
都営新宿線シールド直上に開削で駅を築造〈地下鉄13号線　新宿三丁目二工区〉……
……岡田龍二・木村創 36 11 17
開放型矩形シールドによるバリアフリー施設の整備〈大阪市営地下鉄第8号線　蒲生四丁目駅地下連絡通路〉
…山口博章・吉久良治・芳崎貴彦・瀧川信二 36 12 15

【サービストンネル】

ダブルジャッキ式シールドによる施工〈東京水道多摩丘陵幹線　第一次整備区間第1工区〉……
……佐藤常男・小泉美彦・青木康治 36 1 27
環境に配慮したシールド工事の施工と市民PR〈京都市下水道　有栖川中央幹線〉
……大楽尚史・上田昌三・植松浩 36 2 37
大深度の地中接合を凍結工法で克服〈東京都下水道　南台幹線シールド〉……
…芝山浩司・浅川康・清水伸彦・城俊明 36 3 37
ライナー立坑円弧状部で初めての直接発進・到達〈東京都下水道　落合川雨水幹線シールド〉……
……伊東三夫・三上豊・滝沢究 36 4 31
既設洞道接続工事の凍結工法による変位予測と対策〈中部電力　牛島町超高圧洞道新設工事〉……
高木敏雄・下平義明・神保幸則・遠藤伸治 36 7 31
既設導水路の近接施工における振動低減対策〈北海道新桂沢ダム取水導水路トンネル〉……
……石井三郎・井上孝俊 36 8 41
大口径長尺推進管の現場製造と施工〈東京電力　川崎火力発電所電気洞道工事〉……
柴田昌之・矢口悟・元永隆章・姫井国正 36 9 77
石灰岩および上部未固結礫岩における大量湧水を克服〈中国電力　新帝釈川発電所導水路トンネル〉……
二岡克己・小西克文・村田和郎・井岡政俊 36 11 25
長距離・高速施工の内水圧対応シールドトンネル〈霞ケ浦導水事業　石岡トンネル第2工区〉……
……飛島幸則・川端僚二 36 11 33
超高強度プレキャストパネルを用いて有効断面を確保〈東上田水力発電所導水路トンネル改修〉……
……小林憲・棚橋秀夫・織田晃治 36 12 27
下水道普及困難地域解消のための旧江戸川横断シールド〈東京都下水道　妙見島管路敷設工事〉……
山田勝久・岸勘治・青屋鉄弘・中野定司 36 12 35

連載講座

山岳トンネルにおける工事用機械の選定(15)〈TBM(2)－断面別－〉……「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 36 1 67
多様化するシールド掘進技術(11)〈既設シールド撤去工法，DSR工法〉……
……土橋浩・濱井武・倉持豊・岸梅博 36 1 79
山岳トンネルにおける工事用機械の選定(16)〈TBM(3)－特殊掘削用－〉……「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 36 2 65
多様化するシールド掘進技術(12)〈自由断面シールド工法，OHM工法，MMST工法〉……
鎮守達美・一原正道・山田淳・立石洋二 36 2 77
山岳トンネルにおける工事用機械の選定(17)〈TBM(4)－付属設備(掘進自動制御)－〉 …「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 36 3 69
多様化するシールド掘進技術(13)〈ロングジャッキ式同時施工シールド工法，ダブルジャッキ式同時掘進シールド工法〉……
白井伸一・日比谷穣・永森邦博・小倉剛 36 3 79
山岳トンネルにおける工事用機械の選定(18)〈TBM(5)－付属設備(前方地山探査と補助工法設備)－〉……
……「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 36 4 69
多様化するシールド掘進技術(最終回)〈充填式シールド急曲線工法，連載を終えるにあたって〉……
……磯陽夫・滝本邦彦 36 4 81
山岳トンネルにおける工事用機械の選定(19)〈支保工〉
……「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 36 5 59
山岳トンネルにおける工事用機械の選定(20)〈補助工法

(1)－切羽安定対策－〉……「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 36 6 67
山岳トンネルにおける工事用機械の選定(21)〈補助工法(2)－その他－〉……「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 36 7 59
山岳トンネルにおける工事用機械の選定(22)〈仮設備(1)－坑内設備(換気設備)－〉……「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 36 8 61
山岳トンネルにおける工事用機械の選定(23)〈仮設備(2)－坑内設備(IT技術)－〉……「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 36 9 87
山岳トンネルにおける工事用機械の選定(24)〈仮設備(3)－坑外設備－〉……「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 36 10 71
山岳トンネルにおける工事用機械の選定(25)〈立坑〉……「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 36 11 75
山岳トンネルにおける工事用機械の選定(最終回)〈斜坑，連載を終えるにあたって〉……「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 36 12 53

現場だより

『東九州自動車道の玄関』小倉より ……小田尚生 36 1 16
「肉じゃが発祥の地？」呉より …馬場謙二 36 1 34
『日本一のダム』岐阜県藤橋村より ……高山幸雄 36 2 27
「百万石の景観都市」金沢より …柴田宗明 36 3 36
「歴史と産業のクロスポイント」鳥栖より ……星野孝則 36 4 16
『国境の島』対馬より ……永渕 信 36 5 16
「歴史と自然が調和する街」上越市より ……五十里好孝 36 5 36
「ロケット発祥の地」秋田県由利本庄市岩城より ……澤田和也 36 6 16
「維新のふるさと」萩より ……宮本周一 36 7 18
『「鉄道員」のまち』南富良野より ……澤谷和仁 36 7 30
「甲子街道をゆく」会津下郷町より ……佐藤周治 36 8 32
「但馬中央の郷」養父市妙見山麓より ……實松茂幸 36 9 36
「芸術と文化と健康福祉が調和した町」尾道市御調町より……藤田英治 36 10 26
「青い森の国」青森市より……熊谷 弘 36 11 44
「真田の街」長野県上田市より ……須貝美代治 36 12 26

トンネル千夜一夜

還暦を迎えた新幹線のトンネル…小野田滋 36 1 46
土木学会田中賞と日本最初のシールドトンネル……小野田滋 36 2 62
トンネルの絵本……小野田滋 36 3 46
わが国最初の鉄道トンネルの地を訪れる……小野田滋 36 4 28
山古志村の手掘り隧道－中山隧道と映画「掘るまいか」－……小野田滋 36 5 34
北京のアンダーグラウンド(1) …小野田滋 36 6 64
北京の地下空間を探る(2) ……小野田滋 36 7 28
「トンネル餅」はいかがですか …小野田滋 36 8 30
「隧道十訓」と足立貞嘉 ……小野田滋 36 9 64
セントバルバラと「山の神」……小野田滋 36 10 48
安藤忠男の地中美術館を訪ねて…小野田滋 36 11 42
名古屋市営地下鉄建設秘話－終戦直後の栄町駅計画案－……小野田滋 36 12 24

『トンネルと地下』投稿原稿応募のご案内

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

(注：「現場だより」の投稿は受付けしておりません)

送付先　株式会社土木工学社 編集部 投稿係
〒162-0832東京都新宿区岩戸町16　メイジャー神楽坂
電話 (03) 3267-2888(代)

トンネルワールドニュース

（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

ストックホルムで水圧破砕工法によるトンネル補修

水圧破砕工法が，Muskövと南ストックホルム諸島とを結ぶスウェーデンの海底道路トンネル補修工事において最適な工法として選定された.

高圧ウォーター・ジェット補修機Conjet Robot363MPAは，化学的作用と外部からの浸透水によって劣化したトンネル天端の吹付けコンクリート損傷箇所を撤去する補修工事に有効な機械である.

“Stora Skramasö” の直下に位置する延長3,000mの曲線山岳トンネルは，1963年に発破工法によって完成した.

断面積40m²，地表からの最大深度約65mのこのトンネルは，主として天端部をロックボルトと吹付けコンクリートで支保されている.

地質が不良な箇所では，溶接金網を配した吹付けコンクリートによって補強された.

スウェーデンNational Road Authorityのストックホルム支局である“Vägverket”が最終的な運営上の責任者となった.

Vägverket支局による調査で，吹付けコンクリートの劣化原因は海水の浸透と判明し，岩との付着を悪化させ，崩落の危険があるため，修復の必要性が確認された.

吹付けコンクリートの撤去方法の試験を行い，吹付けコンクリートの劣化箇所を撤去するための高水圧を利用した水圧破砕工法は，健全な吹付けコンクリートに全く損傷を与えないことから選定された.

さらに，水圧破砕工法は非常に粗い不陸な面を作りだし，新しい吹付けコンクリートを吹付けする際に接合部の付着を強化する.

延長480mのトンネル区間の4,800m²の範囲に相当する吹付けコンクリート修復工事の契約は，スウェーデンにおいて最大で，ヨーロッパにおいても大企業の1つである水圧破砕工事の専門企業Water jet Entreprenad AB社と行われた.

修復作業は夜間に行われ，ウォーター・ジェットには，トンネル天端に届く多目的なアームを備え，道路を走行可能なホイール式Conjet Robot 363MPA機が使用された.

550kWの電力ユニットに接続された363MPA Robot機は，劣化した吹付けコンクリートの厚さ30㎜を撤去するために，105MPaの圧力で毎分234ℓの清水を圧送した.

この水圧破砕システムは，新しい吹付けコンクリートを吹付けするために粗い表面を提供し，Vägverket支局によると，この工法は技術的にも経済的にも成功であったとのことである.

(T&TC　'06.6　担当：武井秀永・佐藤工業(株))

研究論文募集のお知らせ

弊誌「トンネルと地下」では，研究論文（実験，技術開発など）を募集いたします．大学や技術研究所などからの貴重な研究成果を多数お待ちしておりますので奮ってご応募下さい．とくに若手トンネル技術者の技術向上を主眼としておりますので，平易・簡潔にまとめていただくようご配慮のほどお願い致します．なお，応募方法の詳細につきましては32頁に掲載の『投稿原稿応募のご案内』を参照のうえ，ご応募下さい.

問い合わせ先　株式会社 土木工学社 編集部
〒162-0832　東京都新宿区岩戸町16メイジャー神楽坂　電話（03）3267-2888（代）

海外文献速報

（社）日本トンネル技術協会
研究開発委員会

発電所のTBMによる掘削の記録/Karahnjukar powerhouse excavation nearly complete as TBMs roll Karahnjukar

Tunnelling & Trenchless Construction November, 2004

アイスランド国内における最大規模の水力発電所が建設中である．導水路トンネルは，3本あり，そのうち2台は直径7.2m，1台は7.6mのTBMを用いている．地盤によっては1日あたり65mの進捗を記録した．一方，地盤の悪い場合は1日あたり3～5mの進捗であった．最大月進は1,195m

表-1　10月末現在の進捗

工事内容	進捗	工事数量
導水路トンネル　TBM-1	775.0m　5.5%	14,067.0m
導水路トンネル　TBM-2	351.4m　3.0%	10,251.2m
導水路トンネル　TBM-3	2,169.8m 40.0%	5,477.0m
Halslon power intake	711.0m　38.0%	1,850.0m
Main dam fill	2,210,920m³ 26.2%	8,500,000m³

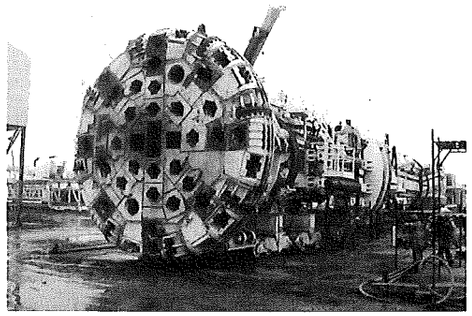


写真-1　TBM-1

であった(世界記録)．掘削対象地盤は，「moberg」といわれる氷河時代の火山噴火によってできた玄武岩質の岩石である．発電所の地下空洞は，高さ34m，幅14m，長さ115mである．吹付けコンクリートには1m³あたり40kgの鋼繊維を配合している．

（文責：守山　亨・佐藤工業(株)）

Uetliberg トンネル：建設の現況と拡幅掘削機TBE/Uetliberg Tunnel: Stage reached by Work and Findings with the Enlargement Tunnel Boring Machine TBE

Tunnel 4/2004, June, pp.56-66

Uetliberg トンネルは，チューリッヒ西バイパスのもっとも長いトンネルで，延長約4.4kmの双設道路トンネルである．トンネルはほぼ東西方向で，東側に約1.6%のほぼ一定勾配で傾斜している．トンネルはEichholzとUetlibergの2区間に分かれ，Eichholz区間の岩盤(モラッセ)部約500mと軟弱地盤区間(主にモレーン)の掘削は完了している．

延長約2.8kmのUetliberg区間の岩盤(モラッセ)部のトンネルは，直径5mのTBMをそれぞれ使用して中央導坑を掘削した．次に，直径14.4mのback-cutting方式による拡幅掘削機TBEを使用して，トンネルを切り拡げる．**図-1**にトンネルの標準断面を，**写真-2**にTBEのカッタヘッドを示す．

中央導坑にグリッパを固定してカッタヘッドを引き付けることにより推力を与え，カッタヘッドを回転してローラーカッタにより岩盤を掘削する構造である．**写真-3**には，予め掘削されていた双設トンネルの連絡トンネル部にTBEが到達した様子を，**写真-4**には，ローラーカッタと掘削された切羽の様子を示す．

現在は，双設トンネルのうち北側のBaselトンネルの掘削を行っており，2004年5月までに約1.35kmを順調に掘削した．掘削2方とメンテナンス1方のシステムで，週進35～49mを達成している(週5日稼働)．最大日進は12mである．モラッ

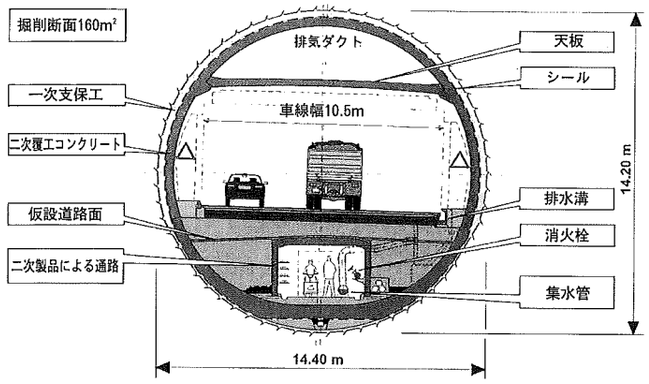


図-1　トンネル標準断面図



写真-4　トンネル拡幅機TBE-ディスクカッタと掘削された切羽

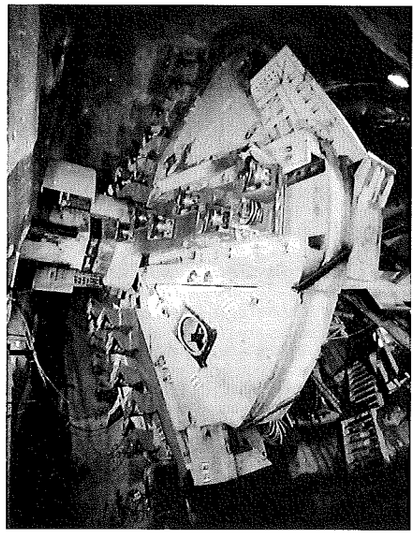


写真-2　トンネル拡幅機TBE-カッタヘッド

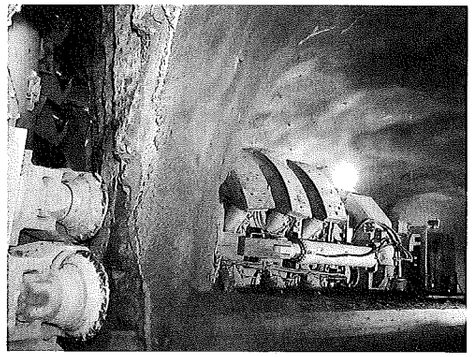


写真-3　トンネル拡幅機TBE-グリッパ
（連絡トンネルに到達した様子,左側にカッタヘッドのローラーカッタが見える）

セの水平堆積構造により天端などに崩落を生じることがあるが，カッタヘッドの直後で金網とロックボルトを打設することができるため，柔軟に対処できた．支保パターンは，20～30cm厚(5cm厚の一次吹付けを含む)の吹付けコンクリートと5～6m長のケーブルボルトである．掘削と並行して切羽後方では二次覆工のコンクリート打設が行われている．

拡幅掘削は2006年の年末までに終了の予定で，2008年の開業を目指している．

（文責：青木智幸・大成建設(株)）

アジアにおける長距離推進/Long distance pipe jacking in Asia

By Jim Broomfield: T&TI, JULY, 2004, pp.40-42

1990年代からアジアにおける推進工法はバンコクにおける実績が注目されていた．大きな下水道プロジェクトや高圧電気ケーブル敷設，送水管トンネルなどが推進工法にて活発に実施されてきた．最近ではその市場がバンコクからシンガポールに変遷しつつある状況で，大規模下水道幹線プロジェクトで多く採用されている．

シンガポールにおける推進工法を用いた下水道管渠敷設建設延長は70kmを超えており，管径は400～3,000㎜の範囲である．バンコクの地盤は非常に柔らかい粘性土に対して，シンガポールは種々さまざまで柔らかい海性粘土から非常に固い岩盤

が存在し，その変化が著しいことが特徴として挙げられる．最近ではカーブ推進も実施されており，延長591m，管径2,400㎜，曲線半径1,800m，泥土圧推進工法(Herrenknecht社製)で進められている．

また，香港でも同様に多くのトンネルプロジェクトで推進工法が採用されている．

非常に硬い花崗岩層が存在し，岩盤対応推進の開発が望まれている．2002年にHerrenknecht社製のAVN1800機がケーブルトンネルのプロジェクトに採用され，一軸圧縮強度400MPa相当の花崗岩推進実績を残している．

以下にバンコクと香港の推進工事実績について紹介する．

バンコクにおける送水管推進

発　注　者：バンコク都市水道局(MWA)
プロジェクト名：Contract　PIT-711
　(送水管敷設)
請 負 業 者：Salcon Engineering Berhad
　(マレーシア)
専 門 業 者：IMC Engineering Ltd(バンコク)
施 工 延 長：7,100m
管径，管種：1,500㎜，鋼管
施 工 場 所：Min Buri地区
　(バンコク郊外北東部)
対 象 土 質：軟弱粘性土
推 進 工 法：土圧式(Herrenknecht社製)，
　2004年完了予定
施工最大スパン：600m
施 工 環 境：交通量の多いNimitnai Road下での施工
特　　徴：600mの長スパン推進であったが自動滑材(ベントナイト)注入システムによってジャッキ推力軽減を確保(平均周面摩擦力0.05t/m²)，日進量36m/24時間(推進，管配置，管溶接含む)

香港における下水道プロジェクト

発　注　者：香港下水道局
プロジェクト名：The Wanchai East and Northpoint Sewerage Project
請 負 業 者：Leighton-Kumagai JV
専 門 業 者：Fine Projects Ltd(一部請負)
施工延長，管径：3,100m(φ1,800㎜)，800m(φ1,200㎜)，短距離(φ600㎜)
管　　種：鉄筋コンクリート管
施 工 場 所：YeeWo　Street下(Wanchai～Northpoint)
対 象 土 質：海性堆積層，埋立層，沖積世粘土混じり砂層，風化花崗岩層
推 進 工 法：泥水式(Herrenknecht社製)，2005年12月完了予定
曲 線 半 径：350～750m
施工最大スパン：480m
特　　徴：さまざまな複合地盤であったが，φ1,800㎜推進では日進量8m/1方．硬質花崗岩層においても6m/1方を確保．転石，護岸捨石層の出現により，途中推進を中断し，カッタビット交換も強いられたが，自動滑材(ベントナイト)注入システムを採用することで，ジャッキ推力軽減効果が付与された．

(文責：山口　英・五洋建設(株))

〔土木工学社図書案内〕

岩盤の計測と解析　　工博　鈴木　光著

A5判　箱入　244ページ　本体価格4,200円　(〒380円)

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

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

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

社団法人 日本トンネル技術協会 会報

1. 会員の現状

	9月25日現在	10月25日現在
正　会　員	2,036名	2,036名
団体会員	354名	354名
個人会員	1,682名	1,682名
名 誉 会 員	1名	1名
計	2,037名	2,037名

2. 委員会の開催状況(10月1日～31日)

①調査研究関係委員会

◎施工技術委員会
ITA長大トンネル部会対応分科会：10/7(田村栄二郎主査ほか2名)レポートを検討
◎研究開発委員会：10/18(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総括WG：10/6小野田滋主査ほか7名)原稿を検討
同　編集・構成WG：10/11(木梨秀雄主査ほか9名)方針を検討
◎保守管理委員会：10/13(吉田幸一委員長ほか14名)編集方針を検討
◎東北新幹線トンネル技術委員会幹事会：10/24，25(田村武幹事長ほか62名)現地視察
同　機械化WG：10/31(田村武幹事長ほか19名)設計を検討
◎耐震設計検討特別委員会幹事会：10/20(蒋宇静幹事長ほか13名)作業方針を検討
計　8回開催　151名出席

②運営広報関係委員会

◎国際委員会
国内広報WG：10/11(光木香幹事長ほか8名)海外文献を査読
対外広報WG：10/21(光木香幹事長ほか6名)査読原稿を検討
◎会誌委員会：10/5(大島洋志委員長ほか13名)11月号の会誌と3か月計画を検討
計　3回開催　30名出席
合計　11回開催　181名出席

3. 国際会議の開催予定

会議名	開催日	場所	主催等	備考
国際シンポジウム：地下掘削とトンネル技術 環境保護を考慮したトンネルの建設	2006. 2. 2～ 4	バンコク （タイ）	Underground Excavation and Tunneling Group,Geotechnical Chapter, Engineering Institute of Thailand タイ技術協会，地質工学分会，地下掘削・トンネル技術グループ	http://www.eit.or.th/engineering/geotech/ISUET2006
国際会議と展示会 21世紀におけるトンネルと非開削技術	2006. 3. 7～ 9	セランゴール （マレーシア）	The Institution of Engineers, Malaysia Tunnel and Underground Space Technical Division, IEM マレーシア工学会 トンネルおよび地下空間部会	http://www.iem.org.my/
第32回ITA総会およびコングレス 「地下空間の安全」	**2006. 4.22～27**	**ソウル （韓国）**	**International Tunnelling Association Korean Tunnelling Association 国際トンネル協会 韓国トンネル協会**	http://www.ita2006.com
第10回吹付けコンクリート国際会議	2006. 9.12～16	ウィスラー （カナダ）	Engineering Conferences International 国際技師会議事務局	http://www.engconfintl.org/6ad.html
第４回アジア岩盤力学シンポジウム 「都市部における地下空間利用」	2006.11. 8～10	シンガポール （シンガポール）	International Society for Rock Mechanics (ISRM)and the Tunneling and Underground Construction Society of Singapore (TUCSS) 国際岩盤力学協会 シンガポール地下建設協会	http://www.arms2006.org/ Call for paper
第１回国際シンポジウム 「都市部における地下空間の利用」	2006.11. 6～ 7	シャルムエルシェイク （エジプト）	Egyptian Tunneling Society エジプトトンネル学会	http://www.egyts.com/ Call for paper

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

4. 平成17年度催物開催現況

催物名	開催日	人数	場所
（見学会）			
イスタンブール国際トンネル会議技術調査	2005. 5. 7～18	26	トルコ，スイス，フランス
神戸市地下鉄現場研修会	2005. 7. 8	20	兵庫県
京都市地下鉄現場研修会	2005. 7.22	25	京都府
大強度陽子加速器施設現場研修会	2005. 8.24	19	茨城県
北陸新幹線現場研修会	2005. 9.15,16	15	新潟県
北海道地区道路トンネル現場研修会	2005.10. 6, 7	27	北海道
九州新幹線現場研修会	2005.11.17,18	30	佐賀県
HEP＆JES工法現場研修会	2005.11.30	20	栃木県
（発表会）			
第56回（山岳）「特殊環境下におけるトンネル工事」	**2005.12.12**	**200**	東京都
第57回（都市）「都市トンネルにおけるリニューアルと補強工事」	**2005.12.13**	**200**	東京都
（討論会）			
第３回モグラ研究会「設計変更」	2005. 5.26	15	東京都
第４回モグラ研究会「近隣対策」	2005. 7.15	13	東京都
第５回モグラ研究会「技術の伝承」	2005.10. 4	11	東京都
（講演，講習会）			
第８回トンネル技術ステップアップ研修会(山岳部門)	2005. 6.23,24	32	富山県
第７回トンネル技術ステップアップ研修会(シールド部門)	2005.10.26,27	36	東京都
トンネル技術特別講演会	**2006. 2.16**	**300**	**東京都**

第56回（山岳），第57回（都市）施工体験発表会開催のご案内

恒例となりました施工体験発表会を下記により開催することといたしました．今回は本会設立30周年の記念事業のひとつとして特別講演を盛り込みました．トンネル工事関係者にとりましては，施工における各種の現場事例を通じて技術力向上のよい機会であると存じますので，多数ご参加下さいますようご案内申しあげます．

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

— 記 —

開催場所：北の丸公園　科学技術館地下　「サイエンスホール」(案内図参照)
千代田区北の丸公園2-1　TEL：03-3212-8485
地下鉄東西線　「竹橋」　駅下車徒歩約 7 分

開　催　日：第56回(山岳)施工体験発表会　平成17年12月12日(月)
第57回(都市)施工体験発表会　平成17年12月13日(火)

定　　員：各200名

参　加　費：第56回，第57回それぞれ個人会員12,000円，団体会員15,000円，一般18,000円

申し込み方法：この案内書添付の申し込み用紙に記載のうえ，郵送またはFAXをもってお申し込み下さい．電話での申し込みは受け付けませんので，ご了承願います．
〒104-0041　東京都中央区新富2-14-7　新光第一ビル
社団法人日本トンネル技術協会　施工体験発表会係
TEL：03-3553-6174　FAX：03-3553-6145

支払い方法：上記申し込みの後，郵便振替用紙通信欄に行事名と参加者氏名記入のうえ，下記にお振込み願います．現金書留でも結構です．
郵便振替口座 00160 -7-196331　日本トンネル技術協会

そ　の　他：①参加費の払い戻しはいたしかねますが，代理参加は差し支えありません．
②テキストを事前に送付いたしますので，住所など連絡先は必ず記載してください．

第56回，第57回　施工体験発表会参加申し込み書
（参加する回を○で囲んで下さい．）

氏名（ふりがな）		年齢	歳	TEL	— —
会社名					
所属役職					
会社住所	〒　　—				

第56回(山岳)施工体験発表会

開　催　日：平成17年12月12日(月)
プログラム：

司　会〈事業委員会委員〉大成建設(株)土木本部土木技術部トンネル技術室長　端　　則夫
9：05　開会挨拶　〈事業委員会委員長〉日本交通技術(株)代表取締役社長　桑原　彌介
9：10　特別講演「トンネルの地震被害とその教訓」
京都大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻教授　朝倉　俊弘
10：10　休　憩
10：20　高圧・多湧水を伴う山岳トンネル工事(三池トンネル)
(株)間組九州支店土木部三池トンネル作業所工事主任　横内　静二
10：50　掘削岩埋立造成地の湿地復元対策による自然環境保全に配慮した地下発電所工事
大成建設(株)土木本部土木設計部トンネル地下設計室長　岩野　政弘
11：20　急傾斜不安定坑口部の施工(番所トンネル)
五洋・金本・山一建設共同企業体番所トンネル工事事務所副所長　高橋　剛士
11：50　昼　食
司　会　〈事業委員会委員〉鹿島建設(株)土木管理本部土木工務部グループ長　伊藤　範行
12：50　超膨圧区間を多重支保工法により掘削(飯山トンネル)
(独)鉄道・運輸機構北陸新幹線建設局上越鉄道建設所所員　玉井　達毅
13：20　多量湧水を伴う鉱化帯の施工(八甲田トンネル)
(株)奥村組八甲田トンネル折紙工事所所長　岩崎　　光
13：50　八甲田トンネルで発生する鉱化変質岩の環境対策
(独)鉄道・運輸機構東北新幹線建設局青森鉄道建設所所員　長谷川利春
14：20　絶滅危惧種の生息地域におけるトンネル施工(上田トンネル)
(株)フジタ関東支店上田トンネル作業所工事担当課長
鈴木　信行
14：50　休　憩
15：00　火山地帯における重金属含有ずりの処理実績(青葉トンネル)
鹿島建設(株)青葉トンネル工事事務所所長　斉藤　義浩
15：30　多量・高被圧水下におけるトンネルの構築(筑紫トンネル)
前田建設工業(株)九州支店新幹線筑紫作業所工事主任　青柳　貢司
16：00　地下水位低下を抑制した重要構造物直下の施工
(株)熊谷組安芸府中トンネル作業所技術主任　尾畑　　洋
16：30　小断面長大トンネルの施工　飛島建設(株)道公天生作業所工事課長　山田　　博
17：00　閉　会

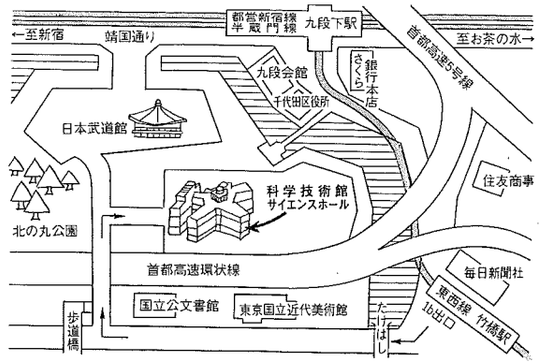
以下の 2 編は論文のみ掲載いたします.
＊重金属を含んだ掘削土の処理方法(下白滝トンネル)　前田建設工業(株)
＊トンネル掘削に伴う重金属含有土の処理(三豊トンネル)　清水建設(株)

第57回(都市)施工体験発表会

開　催　日：平成17年12月13日(火)
プログラム：

司　会　〈事業委員会委員〉飛島建設(株)土木本部トンネル統括部長　松尾　勝弥
9：05　開会挨拶　〈事業委員会委員長〉日本交通技術(株)代表取締役社長　桑原　彌介
9：10　特別講演「都市トンネルにおける維持管理とリニューアル」
東京地下鉄(株)鉄道本部工務部構築物構造改善プロジェクトチーム担当部長　宮田　信裕
10：10　休　憩
10：20　都市部における山岳トンネル低土被り区間における薄肉鋼板補強工
飛島建設(株)札幌支店北電京極作業所所長　藤田　　聡
10：50　紫外線の硬化型(FRP)シートによる道路トンネルの大規模補修
鉄建建設(株)名古屋支店日本坂作業所所長　佐藤真二郎
11：20　非開削による既設シールドトンネル撤去工法の開発
(株)大林組東京本社土木技術本部技術第二部シールドグループ　日野　義嗣
11：50　昼　食
司　会　〈事業委員会委員〉(株)熊谷組土木事業本部シールド技術部長　木戸　義和
12：40　営業線地下鉄躯体の拡幅リニューアル工事(阪神春日野道駅)
鹿島建設(株)関西支店工事課長代理　三木　浩司
13：10　「３Sセグメント工法」による管きょリニューアル事例
前田建設工業(株)土木技術部プロジェクト推進グループ課長　伊藤　浩一
13：40　薄肉鋼板補強工法による地下鉄シールドトンネル二次覆工補強
(株)熊谷組首都圏支店土木事業部新宿三丁目作業所所長　相見　秀毅
14：10　休　憩
14：20　昭和初期に構築された地下鉄駅の大改良工事
(株)間組関東土木支店中野坂上作業所所長　水越　英世
14：50　営業線直下の耐震補強工事
大成建設(株)関西支店地下鉄３号線アーチ補強工事作業所工事課長　森岡　孝夫
15：20　透し掘り連続壁工法　東京地下鉄(株)早稲田工事事務所２級建設係　長野　敏彦
15：50　湿式吹付け工法による地下鉄トンネルの断面修復工事
東急建設(株)技術本部土木エンジニアリング部　早川　健司
16：20　新潟県中越地震で被災した和南津トンネルの復旧工事
西松建設(株)技術研究所土木技術研究課課長　高橋　秀樹
16：50　閉　会
(発表内容が変更になる場合がございます)

〔案　内　図〕



1月号予告[1月1日発売予定]

- ●めがねトンネルから超近接トンネルへ
- ●台湾新幹線プロジェクトにおける山岳トンネルの設計・施工
- ●長野県　番所トンネル
- ●都営大江戸線汐留連絡線　東新橋工区
- ●北海道電力　京極発電所放水路トンネル

【連載講座】

- ●都市トンネル工事の計測(1)

＊内容等は変更になる場合がございます

編集後記

◆早いもので，2005年も師走を迎えました．1年を振り返るとJRの脱線事故，郵政民営化の賛否を問う形となった衆議院の解散総選挙，道路4公団の民営化，海外では，アメリカ南部を襲ったハリケーン「カトリーナ」，パキスタンの地震，自爆テロなどいろいろなことが起こりました．

◆この中でも，アメリカ南部を襲ったハリケーン「カトリーナ」による被害は，想像をはるかに超えており，超大国アメリカで死者1,200人，被害総額約4兆円といわれる大きな被害をもたらしました．中でもジャズの町として有名なニューオリンズでは8割が水没し，復興まで何年かかるかわからない状況です．標高が低く堤防によって湖や川の氾濫を防いでいましたが，予算不足などで修復が遅れ，さらに州兵がイラクに派遣されていたため救出にあたる人が足りず自然災害に人的災害が加わった形となり被害を拡大させたといわれています．ハリケーンは，発生後の予想進路は予測可能ですが，何年後にどれくらいの規模のハリケーンが来るのかを予測するのは不可能です．

◆太平洋側では過去の同地域の大地震の周期から東海，東南海をはじめ大きな地震がいつ起きても不思議ではないと予測されています．「カトリーナ」は，予想外の規模で突然発生した災害ですが，必ず訪れると予測されている大地震に対しては，戦略を作成し被害を最小限にとどめる努力が必要です．そのために，建設業界が果たす役割は計り知れません．首都圏に直下型地震が起きたときの被害額の予想は，国家予算をはるかに超えており「公共工事」が税金の無駄使いの代名詞となって縮小されておりますが，災害に対する投資をしていかなければ，被害が起きてからでは，より多くの税金を使うことになるのではないでしょうか．

◆地球温暖化の影響で赤道付近の温度も上昇し，台風の発生する回数も増加し，予想を超える自然災害がいつ起きても不思議ではない時代では，「災害は，忘れたときにやってくる」ではなく，「災害は，毎年やってくる」と思っていた方が良いのでは……．

(K. Y)

★購読の申し込み，または，送付先変更などの問い合わせは(株)土木工学社までご連絡ください．
★(社)日本トンネル技術協会会員の方の住所(送付先)変更は直接(社)日本トンネル技術協会へご連絡ください．

トンネルと地下
第36巻 第12号〔通巻424号〕
ISSN 0285-631X
Tonneru to chika
平成17年11月20日　印刷
平成17年12月1日　発行

社団法人日本トンネル技術協会
会長　小森　博
〒104-0041　東京都中央区新富2丁目14番7号(新光第一ビル)
TEL：03-3553-6174
FAX：03-3553-6145
http://wwwsoc.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
TEL：03-3267-2888
FAX：03-3267-2807
http://www.tunnel.ne.jp
発行人　山本 育徳
編集人　山本 勝誉
印　刷　新協印刷株式会社

本誌の購読について

■購読をご希望の方は，書店または土木工学社へ直接お申し込みください．

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

購読料
1冊　1,575円(送料108円)
　　(本体価格　1,500円)
1年　15,000円(前納)
振替　00110-8-190072

本誌広告のお申し込み方法

本誌への広告掲載は小社「トンネルと地下」営業部までご連絡ください．
TEL：03-3267-2888

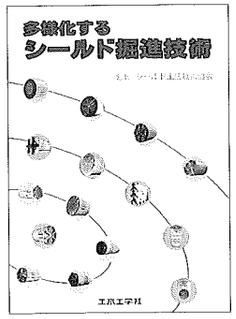
本誌掲載記事を無断で複写(コピー)および転載することは，著作権上での例外を除き，禁じられております．本誌から複写または転載を希望される方は，小社(03-3267-2888)までご連絡ください．

近日発行予定

多様化するシールド掘進技術

監修　シールド工法技術協会

B5判　140頁程度　本体価格2,500円(予価)



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

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

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

〔掲載工法〕

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

本書は東京都立大学名誉教授の山本稔先生よりご推薦いただいております

問い合わせ先
㈱土木工学社　〒162-0832　東京都新宿区岩戸町16メイジャー神楽坂
TEL：03-3267-2888　　FAX：03-3267-2807

【好評発売中】

シールドトンネルの新技術

シールドトンネルの新技術研究会編　代表　鈴木　　章

B5判　約280頁　本体価格4,660円　送料 340円

〔推薦の言葉〕　東京都技監兼下水道局長・工学博士　村田 恒雄

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

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

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

主　要　目　次

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

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》

シールドトンネルの新技術 _____ 冊　申込みます．

所在地　〒(　　)

事業所名　　☎

部課名　　申込者名　　㊞

【好評発売中】

セグメントの新技術

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，コスト縮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，シールド工事費の縮減のためにはセグメントの製造コストの縮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，「セグメントの新技術」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「セグメントの新技術」編纂委員会を作り，個々のセグメントに加筆，修正を加え，より充実した内容にまとめたものである．

〈セグメントの新技術〉

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

セグメントの新技術 _____ 冊　申込みます．

所在地　〒(　　)

事業所名　　☎

部課名　　申込者名　　㊞

TAIKU

CL301E型
カッタローダ



強力な掘削

最大掘削高さ6.6m

特長

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

トンネル掘進機の本命・カッタローダ

山岳土木の豊富な実績を基に，なお開発に挑戦します。

RL型タフローダ



RL10

油圧式ズリ積機

アタッチメントとして
カッタヘッド
油圧ブレーカ搭載可能

型式	RL16	RL10	RL5-1
適用ズリ取断面	10～32㎥	7～30㎥	4～14㎥
油圧パワーパック	53kW	45kW	31kW
ベルトコンベア能力	150㎥/H	150㎥/H	70㎥/H
質　　量	16.5トン	12.6トン	9.2トン

製造・販売・レンタル　株式会社 タイクウ

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

Kawasaki

コンパクトで大出力
坑内ダンプの革命児!!

KUT300
輸送重量27t・3軸4輪駆動



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

大出力
■クラス最大級のエンジン出力
• 212Kw/2,300min⁻¹

クリーン
■万全の環境対応
• 第2次排ガス基準クリア
• セラミック製黒煙浄化装置

安全
■安全性
• 4段階調整式リターダ
• 後方カメラ&モニター

ずり積込機も運搬機もカワサキにお任せ下さい

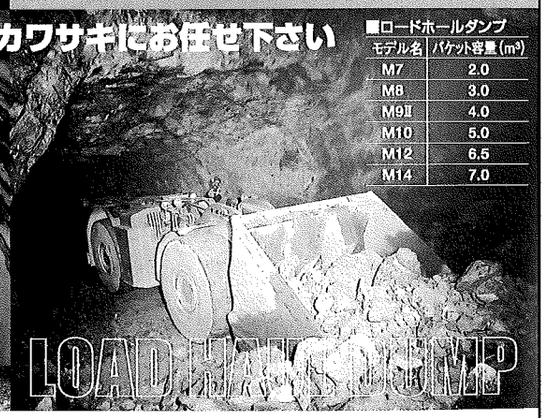
■両サイドダンプ

モデル名	バケット容量(m³)
80ZV	2.5
90ZV	3.2

■ロードホールダンプ

モデル名	バケット容量(m³)
M7	2.0
M8	3.0
M9Ⅱ	4.0
M10	5.0
M12	6.5
M14	7.0





ONE FOCUS
Complete Solutions
Kawasakiは一人ひとりのお客様を大切にします

川崎重工業株式会社
建設機械ビジネスセンター
東京本社　〒105-6116 東京都港区浜松町2-4-1（世界貿易センタービル）
☎(03)3435-6959　HPアドレス http://www.khi.co.jp/kenki/