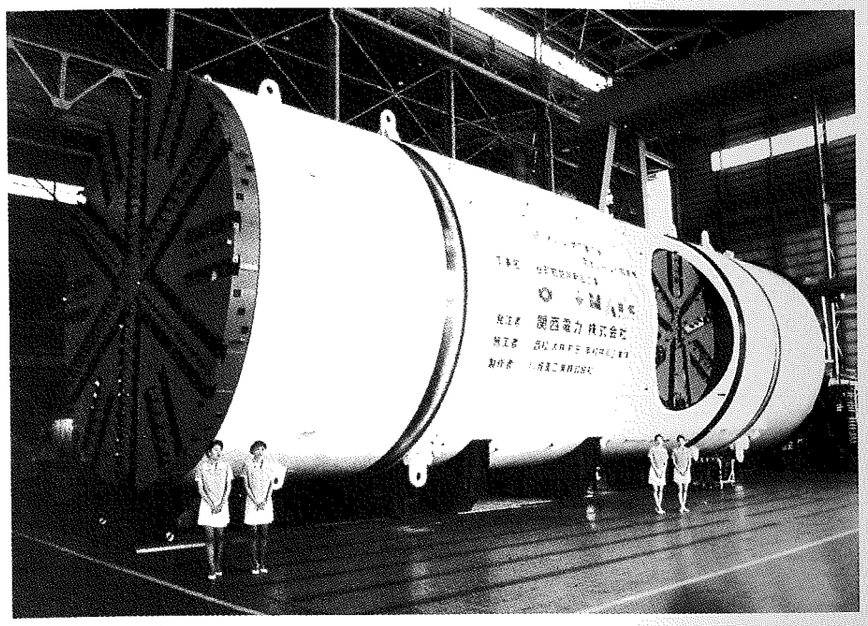
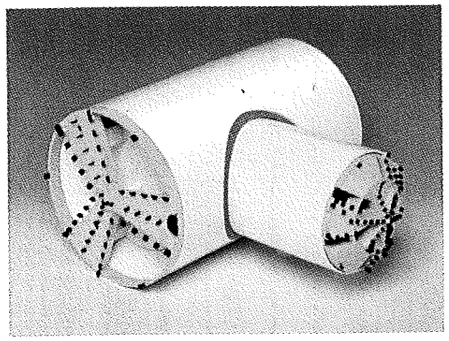
トンネルと地下　平成17年5月1日発行第36巻第5号　昭和45年11月18日第3種郵便物認可
出版元　株式会社土木工学社　東京都新宿区岩戸町16番地メイジャー神楽坂

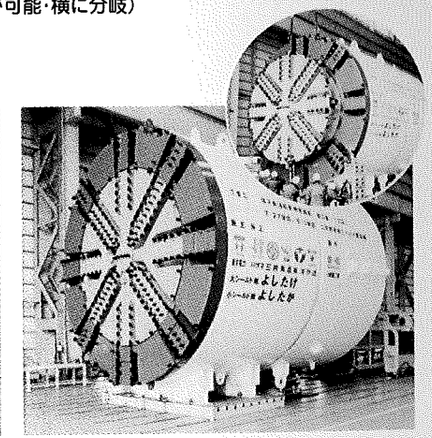
川崎重工の分岐シールド工法



●バージョン1
地下茎（親機に子機を内蔵し、分岐後に同時掘進が可能・横に分岐）



●バージョン2
直角分岐（新素材コンクリートを採用し、親機の主要部品を流用・横に分岐）



●バージョン3
2段式（親機の主要部品を流用・前に分岐）

川崎重工
鉄構ビジネスセンター　土木機械・機器営業部
東京本社：東京都港区浜松町2-4-1（世界貿易センタービル）　〒105-6116　(03) 3435-2387～9
関西支社：大阪市北区堂島浜2-1-29（古河大阪ビル）　〒530-0004　(06) 6348-8255

定価 1,575円
本体価格1,500円
雑誌06619-5
4910066190552
01500

昭和45年11月18日第3種郵便物認可　平成17年5月1日発行（毎月1回1日発行）　第36巻第5号　通巻417号　ISSN 0285-631X

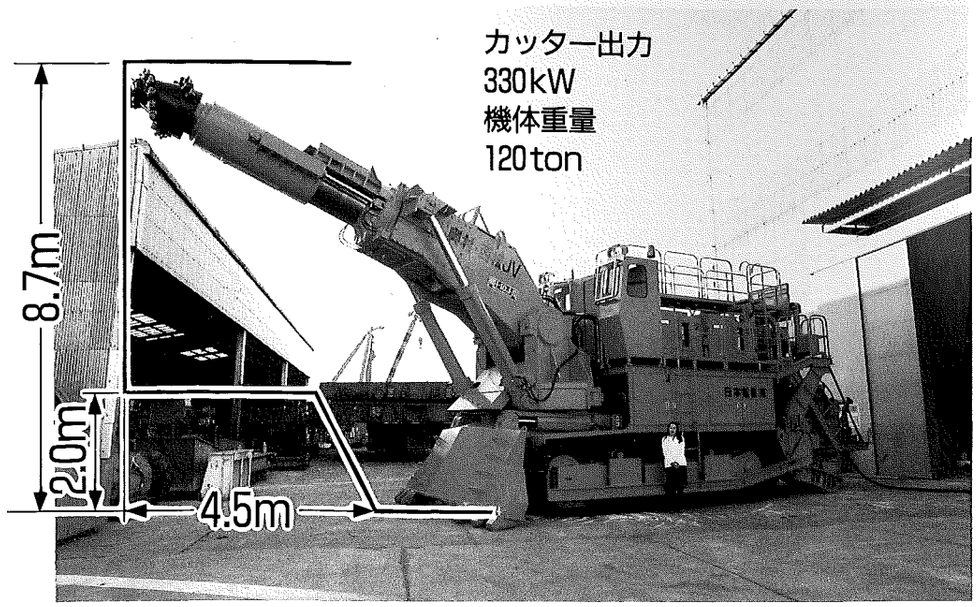
トンネルと地下 5

vol. 36
no. 5
2005

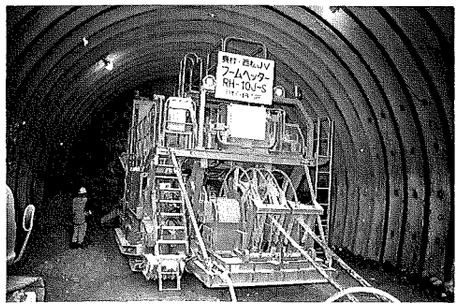
未固結地山における超大断面トンネルの施工
地下鉄出入口直下の軟弱地盤における連絡通路の建設
押し出し性地山を克服するための戦略メニューの提案
新潟県中越地震における鉄道トンネルの被害
JTA-COB第7回技術交流会議報告

日本トンネル技術協会誌

RH-10J-S ミニベンチ機械掘削工法 ブームヘッダー



カッター出力
330kW
機体重量
120ton



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: 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

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

環境にやさしい高浸透型注入材 TT2000

TT2000

- 高い浸透性と優れた止水性をあわせもった注入材です。特に未固結の砂質地盤の改良に威力を発揮します。
- 毒物・重金属を含んでおらず、引火・燃焼しない安全性の高い注入材です。
- 専用注入機の使用により取り扱いが容易、且つ薬液配合比率の設定で硬化時間の調整が可能です。

■アクリル酸塩系注入材によって自立している地山状況

ご案内

当社が所有する地山固結工法に関する特許権(特許番号第2056106号・第2784561号)に就いて、本誌2002年1月及び2月号に掲載した弊社広告の中でこの特許発明名称として、『地山固結工法(長尺先受工法)』と表示いたしましたが、(長尺先受工法)との部分は登録された発明の名称中に含まれるものではなく、また本件特許は長尺先受工法そのものを内容とするものではございません。

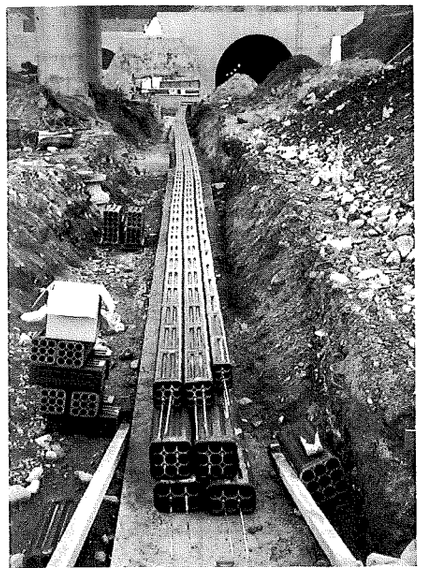
事実と異なった記述を掲載いたしましたことと、関係各位にご迷惑をお掛けいたしましたことをお詫び申し上げます。

なお、この特許(特許番号第2056106号)に関しましては係争中のことでもありましたので、お知らせが遅くなりましたことも、重ねてお詫び申し上げます。

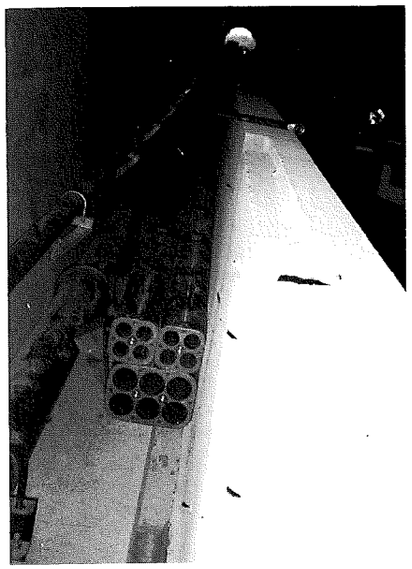
TRI TOKAI
東海ゴム工業株式会社

本　　社 愛知県小牧市東三丁目1番地 ☎(0568)77-1024(直通)
東京支社 東京都港区赤坂1丁目11番30号(赤坂1丁目センタービル2階) ☎(03)3585-1557(代表)
大阪支社 大阪市西区新町1丁目4番26号(栄泉四ツ橋中央ビル8階) ☎(06)6533-2125(代表)
名古屋支店 愛知県小牧市東三丁目1番地 ☎(0568)77-4908(代表)
広島支店 広島市中区紙屋町1丁目3番2号(銀泉広島ビル5階) ☎(082)248-1991(代表)
福岡支店 福岡市博多区東比恵3丁目16番7号 ☎(092)451-3261(代表)
札幌支店 札幌市中央区南1条西12丁目322番地(新永ビル2階) ☎(011)261-5586(代表)
東北支店 仙台市宮城野区宮城野1丁目26番-15号 ☎(022)293-3035(代表)
四国営業所 高松市城東町1-6-26(蓮井ビル4階) ☎(087)851-0556

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〕

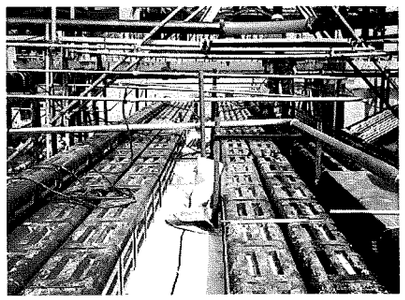
地下ケーブルの保護に
杉江の多孔陶管
セラダクト

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

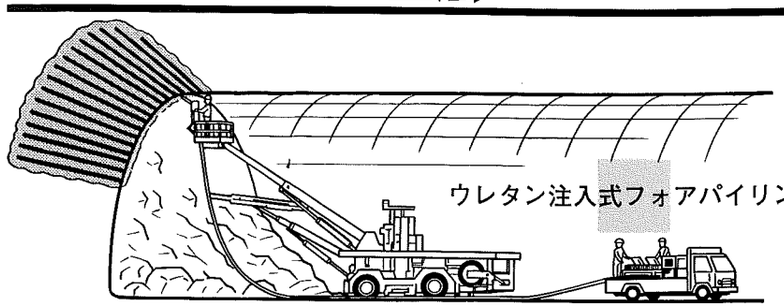
本社・工場　愛知県知多郡武豊町字上山1－76　〒470-2387　☎(0569)35-2360(代)　FAX (0569)35-4087
東京支店　東京都渋谷区恵比寿1－21－8　〒150-0013　☎(03)3442-6181(代)　FAX (03)3442-1691
大阪支店　大阪市都島区御幸町1－3－1　〒534-0012　☎(06)6922-6991(代)　FAX (06)6922-2498
札幌連絡所　札幌市北区新川2条10丁目575-28　〒001-0922　☎(011)763-8907(代)　FAX (011)763-8790

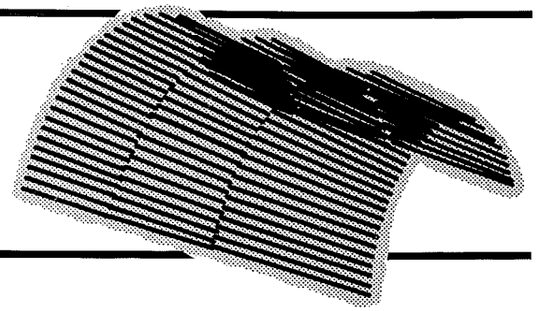
BRIDGESTONE

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

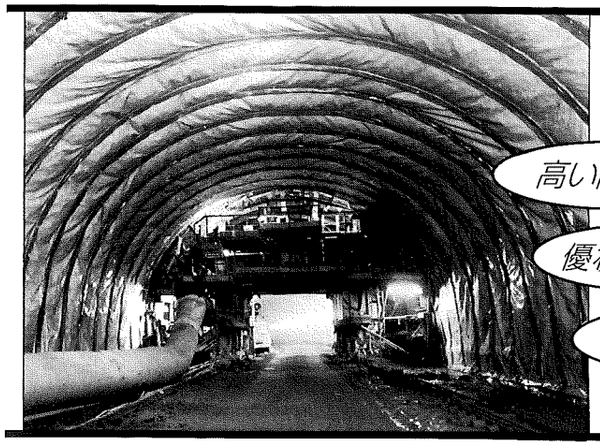
切羽の安定化対策用補助工法
エバーライトGK工法
ウレタン注入式岩盤固結工法





注入式長尺先受工法
（AGF工法）

ナトミックシート
トンネル用防水シート



高い防水性

優れた耐久性

容易な施工性

株式会社ブリヂストン　土木・海洋商品販売部
東京都中央区八重洲1丁目6番6号 〒103-0028
電話　東京(03)5202-6870

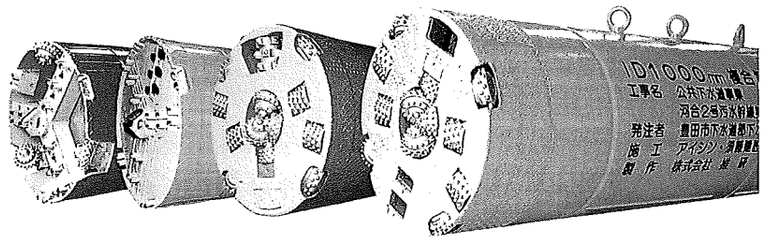
岩盤推進を創めて20年

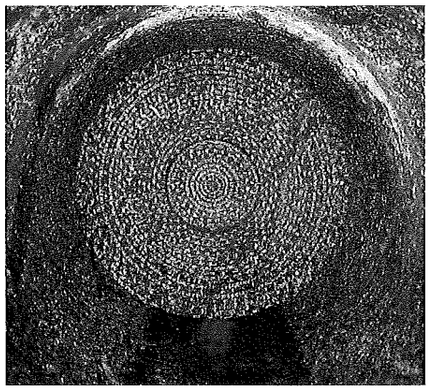
軟弱土から硬岩まで!!

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

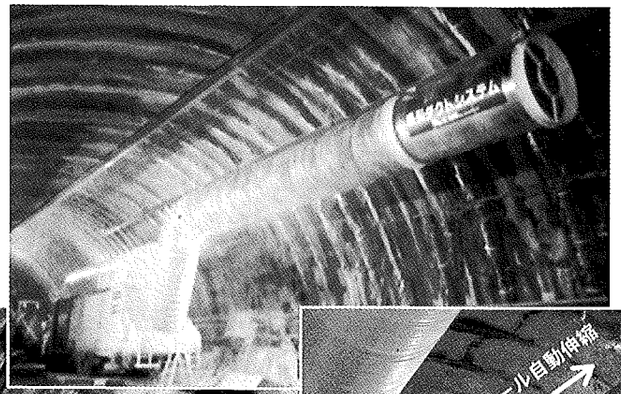


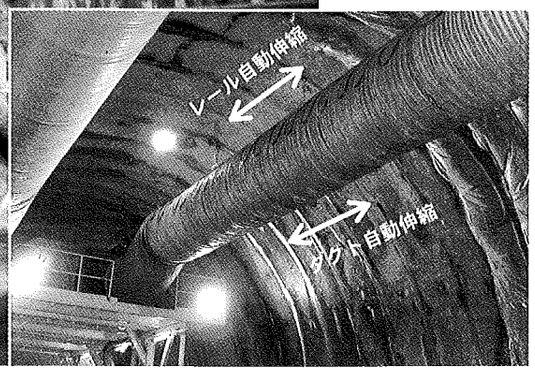


C.M.T工法協会
株式会社 椎研
本　社 〒547-0002 大阪市平野区加美東4-3-48
TEL 06-4303-6026
FAX 06-4303-6029
研究所 〒569-1044 大阪府高槻市上土室3-29-7
TEL 0726-94-6164
FAX 0726-92-0186

吸引ダクトシステム

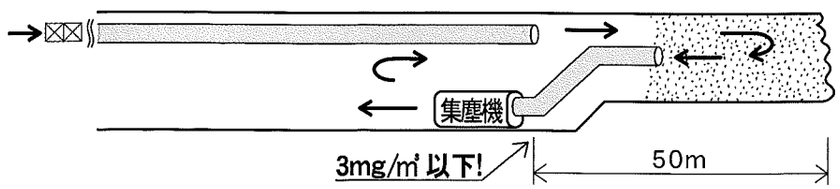
ガイドラインをクリア(※) 0.5mg/m³達成!!





(※)諸条件はお問合せください。

- 発生源粉塵対策の決定版。
- ダクトはもちろん、吊下げレールも無線リモコンで楽々前進。
- 掘削工法や作業サイクルに適応。操作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。



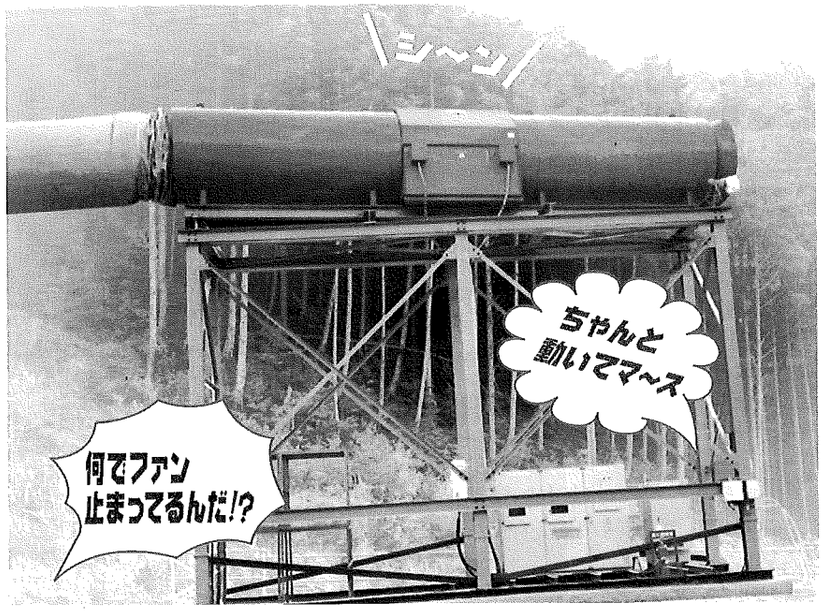
まずはお問合せ下さい。実績データと理論を元に現地条件に合わせてコンサル致します。

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

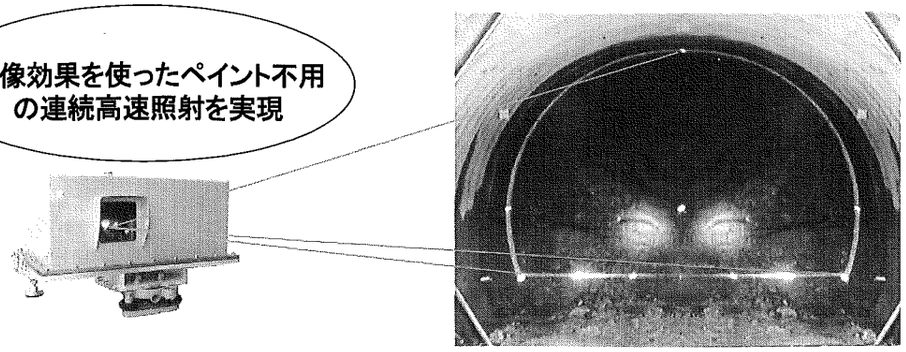
超低騒音：標準78dB(A)、オプションサイレンサーで60dB(A) 以下も可能。
省エネ：インバータでファンの回転数を制御するため無負荷電流がなく、人ー△直動方式や可変ピッチ方式より大幅に省エネができます。
高効率：固定翼、インバータ制御で広い性能点で効率のいい運転。
制御：ダストセンサーによる自動制御、集塵機との連動運転が可能。
(特許　第1742880　ダストセンサーによるインバータ制御)
使い易さ：軽量、**INV高調波対策も万全**、ソフトスタートでダクトを痛めずファンのメンテナンスも軽減。
高価なフリッカ対策設備も不要。
ｺﾝｻﾙﾃｨﾝｸﾞ：長年にわたってつちかって参りました弊社の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。

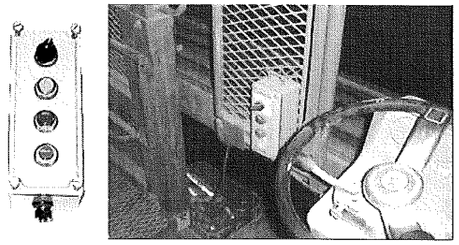
株式会社流機エンジニアリング
URL：http://www.ryuki.com E-mail：eigyobu@ryuki.com
本　社／〒108-0073 東京都港区三田 3-4-2 プロフィットリンク聖坂
TEL：03 (3452) 7400 (代) FAX：03 (3452) 5370
つくば／〒308-0114 茨城県筑西市花田84-6
ﾘｰｽｾﾝﾀｰ TEL：0296 (37) 7680 (代) FAX：0296 (37) 7681

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

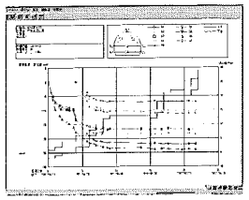




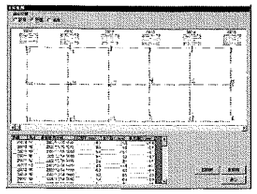
現場環境に耐え得る
頑強なコントローラー

ジャンボに
取付けて使用可
AC200V対応

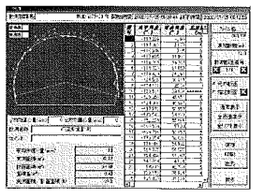
各種トンネル計測関連ソフトも標準装備。もちろんネットワークにも対応。



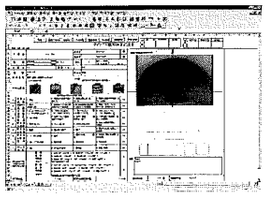
A計測データ処理



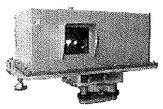
支保工立込精度、変形量



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。

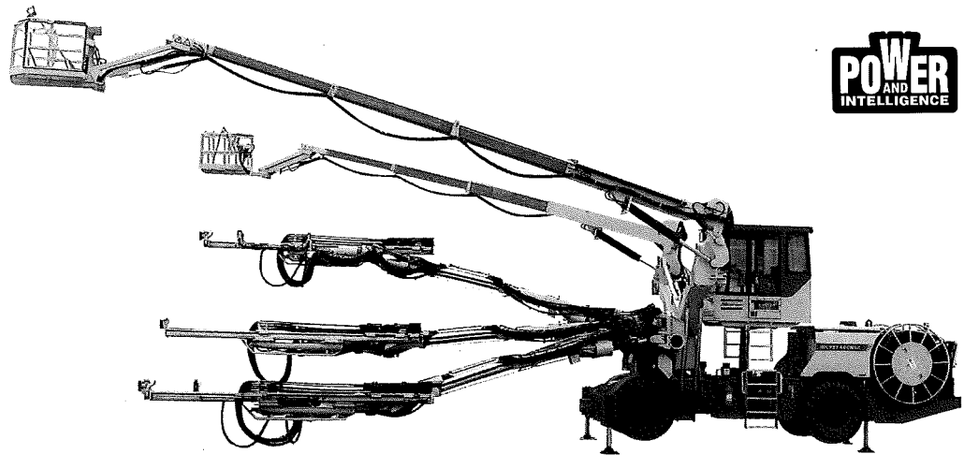
MAC マック株式会社
〒272-0832 千葉県市川市曽谷8—16—3
TEL (047) 371-3191　FAX (047) 371-3190

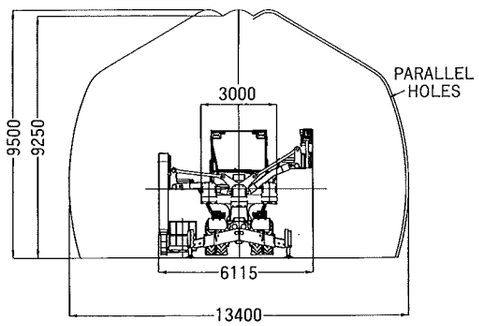
〔販売元〕
古河ロックドリル株式会社
伊藤忠建機株式会社
株式会社レント

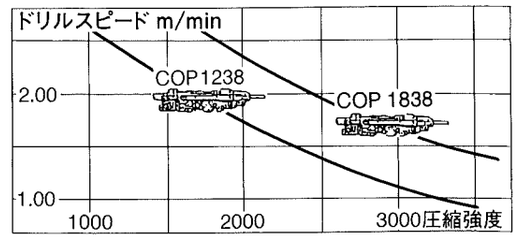
アトラスコプコ・コンピュータジャンボ

The Next Generation ロケットブーマーL3C-2B
COP1838油圧ドリフター搭載
3ブーム・2バスケット

POWER AND INTELLIGENCE







ドリルマシン株式会社
DRILL MACHINE CO.,LTD.

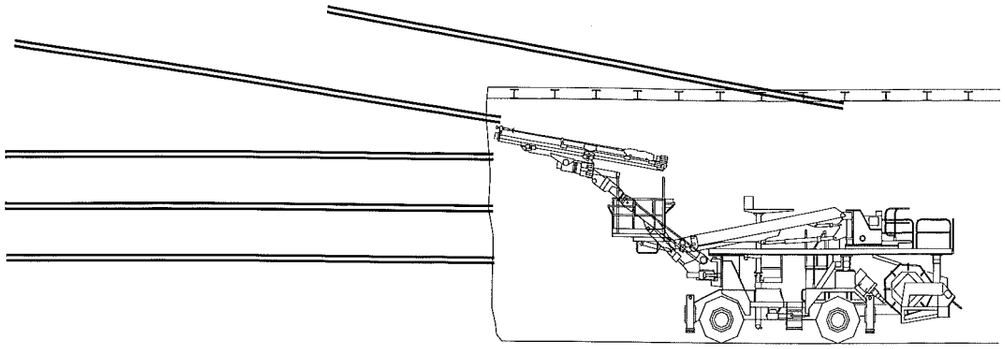
本　　社　〒116-0013 東京都荒川区西日暮里2-23-11
TEL (03) 3806-3377番　FAX (03) 3806-8461番
関西支店　〒657-0864 兵庫県神戸市灘区新在家南町5-8-4
TEL (078) 802-5551番　FAX (078) 802-5528番
九州支店　〒839-0841 福岡県久留米市御井旗崎1-6-14
TEL (0942) 43-5315番　FAX (0942) 43-5832番
飛騨高山営業所　〒506-0021 岐阜県高山市名田町4-3 ハイム楓2-2
TEL (0577) 33-8466番　FAX (0577) 32-3634番
焼津営業所　〒425-0072 静岡県焼津市大住638-1
TEL (054) 620-7301番　FAX (054) 620-7303番
兵庫工場　〒679-1332 兵庫県多可郡加美町大袋川端454-3
TEL (0795) 36-0461番　FAX (0795) 36-0467番

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

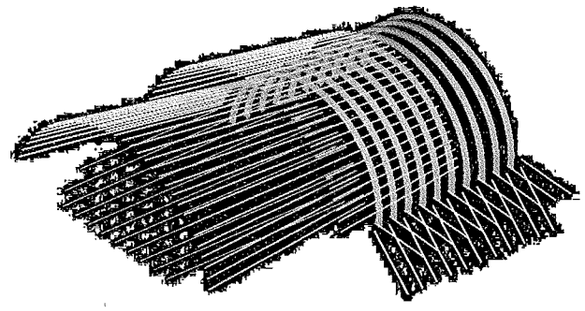
SR－Lは、シリカレジンをベースとして従来のセメント系や無機系定着材の欠点を克服し、パノラマ工法の定着材として開発された発泡タイプの定着材です。
砂層、粘土層及び亀裂の多い崩壊性岩盤や破砕帯に注入することにより、高強度の複合シリカレジンを形成し芯材を確実に地山に定着させ、さらに発泡性能によって亀裂に充填されることにより芯材周囲の地山を改良できます。

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

トンネル工事のコストダウンにご利用ください

高効率・低粉じん

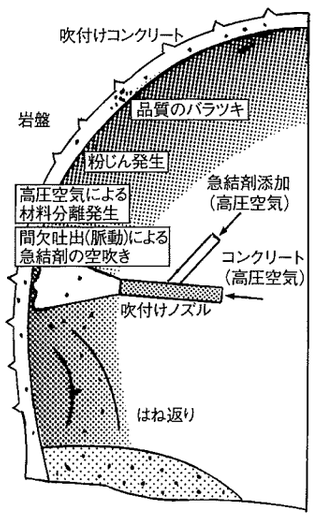
SEC吹付けコンクリート

建設技術審査証明（平成15年土木研究センター建技審証第0309号）

【性能向上のために分割練混ぜ（SEC）をしたコンクリート】

■はね返り率，粉じん発生量は，一括練りに対して10%以上減少する。
■材齢28日コア圧縮強度は一括練りに対して10%以上高い。

吹付けコンクリートの課題



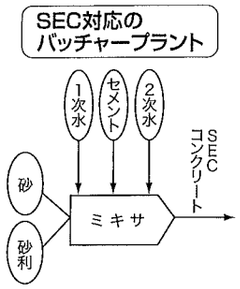
SECおよび高品質吹付け技術（シリカフューム・石灰石微粉末を活用して粘性の向上を計る）による課題の改善

SECの造殻効果

- 分離抵抗性の増大
- ホース内圧送抵抗の低減
- ポンプ圧送性の向上
- 急結剤・混和剤使用量の低減

高品質吹付けの効果

- 粘性の向上によるさらなる分離抵抗性の増大
- はね返り・発生粉じんの大巾な低減
- トンネル掘削コストの縮減



実績　湿式吹付け（一般）：140トンネル
高品質吹付け（新幹線・他）：120トンネル
初期高強度吹付け（新幹線）：4トンネル
高強度吹付け（第2東名・他）：5トンネル

SEC®（**S**and **E**nveloped with **C**ement）工法は，配合水を分割投入して練り混ぜることにより，低水セメント比のセメントペーストを骨材表面に付着（造殻）させるコンクリート工法です。

吹付けコンクリートにとって必要なコンクリートとは，過酷な加圧＆外力（ポンプ圧送圧，空気圧，壁面への衝突圧）に抗することができる粘性をもった材料分離が少ないコンクリートです。

これをSEC工法により経済的に製造することで吹付けコンクリートの施工性能が向上します。

SECコンクリート機械協会がお手伝いさせて頂きます。

SECコンクリート機械協会

正会員	リブコンエンジニアリング㈱	石川島建材工業㈱	㈱東洋製作所	㈱北川鉄工所
	光洋機械産業㈱	成和機工㈱	石川島建機㈱	㈱ティーエムシー
	日工㈱	名岐機器㈱	丸友機械㈱	村上工業㈱
特別会員	大成建設㈱	㈱大林組	清水建設㈱	㈱熊谷組
賛助会員	ユアサ商事㈱	東友エンジニアリング㈱	グレースケミカルズ㈱	㈱ポゾリス物産
	伊藤忠建機㈱	㈱イゲタプロテック	新和商事㈱	㈱フローリック
	日産機㈱	電気化学工業㈱	太平洋マテリアル㈱	

事務局　〒100-0006　東京都千代田区有楽町1丁目12番1号　新有楽町ビル　リブコンエンジニアリング㈱内
電話 03（3287）8011㈹　FAX 03（3287）8015　協会 http://www5.ocn.ne.jp/~ seckikai/

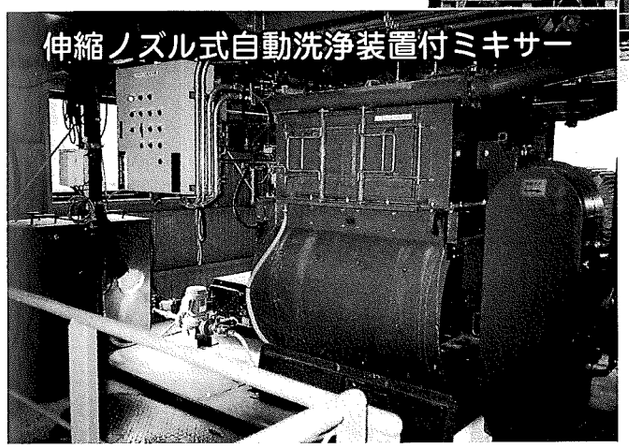
高品質・SEC・高強度対応型　吹付プラント

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！

生コン洗浄水処理装置　ミキサー洗浄水　トラミキ洗浄水　リサイクル

- 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

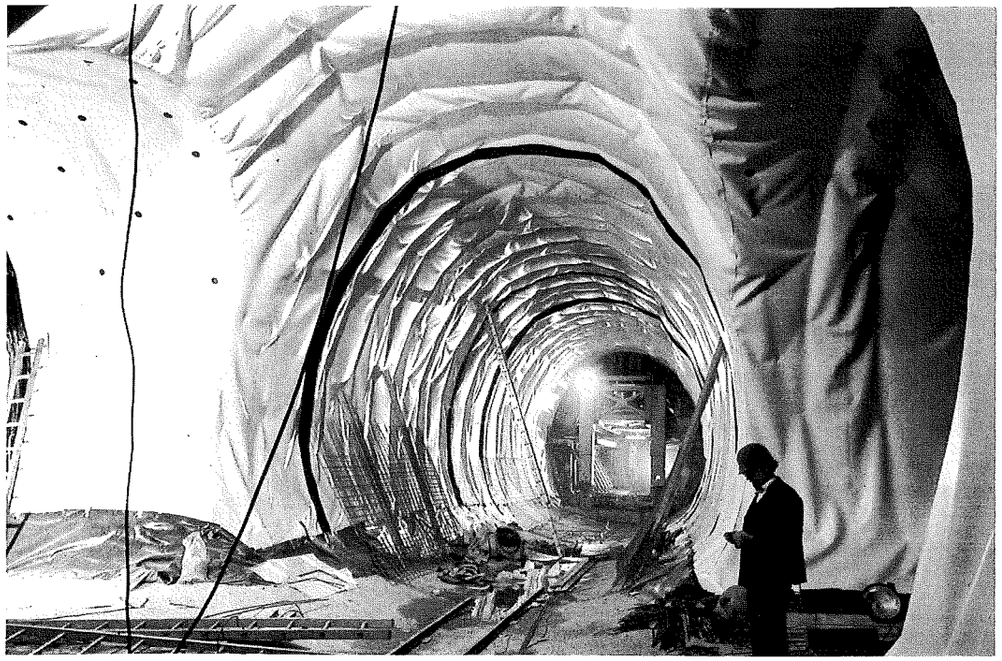
本社　岐阜県養老郡養老町有尾600-100
〒503-1227　TEL（0584）35-3735㈹
FAX（0584）35-3736

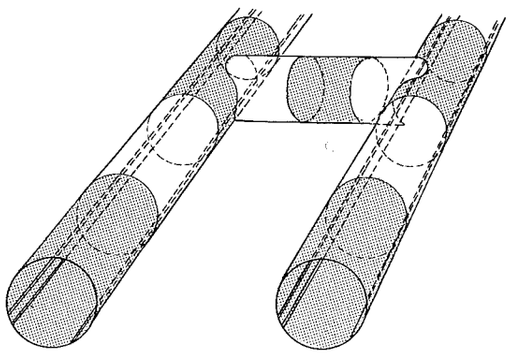
本巣工場　岐阜県本巣市神海
〒503-1235　TEL（0581）32-5066
FAX（0581）32-5565

トンネル用シグナルレイヤー付防水シート

CARBOBAHN
カーボバーンシート

ヨーロッパでの長年の実績、優れた防水システム





◎柔軟性，耐薬品性に優れた改良型ポリエチレン製

◎破損個所が容易に発見できるシグナルレイヤー付き

◎厚さ1.5，2.0，3.0mm，シート幅1.75～5.1mの豊富なバリエーション

◎不測の事態に対応するウォーターバリアシステム

◎電磁誘導加熱による高品質施工システム

KFC 株式会社 ケー・エフ・シー 土木営業部

〒105-0014 東京都港区芝2丁目5－10 ☎(03)3798-8511 FAX(03)3798-8516
〒530-0047 大阪市北区西天満3丁目2－17 ☎(06)6363-1884 FAX(06)6313-0755
〒460-0002 名古屋市中区丸の内3丁目14-32 ☎(052)223-1050 FAX(052)223-1059
〒065-0834 札幌市東区北34条東9－1－1 ☎(011)751-4681 FAX(011)751-4682

1本1本が大切！ だから

次世代 防食 ロックボルト

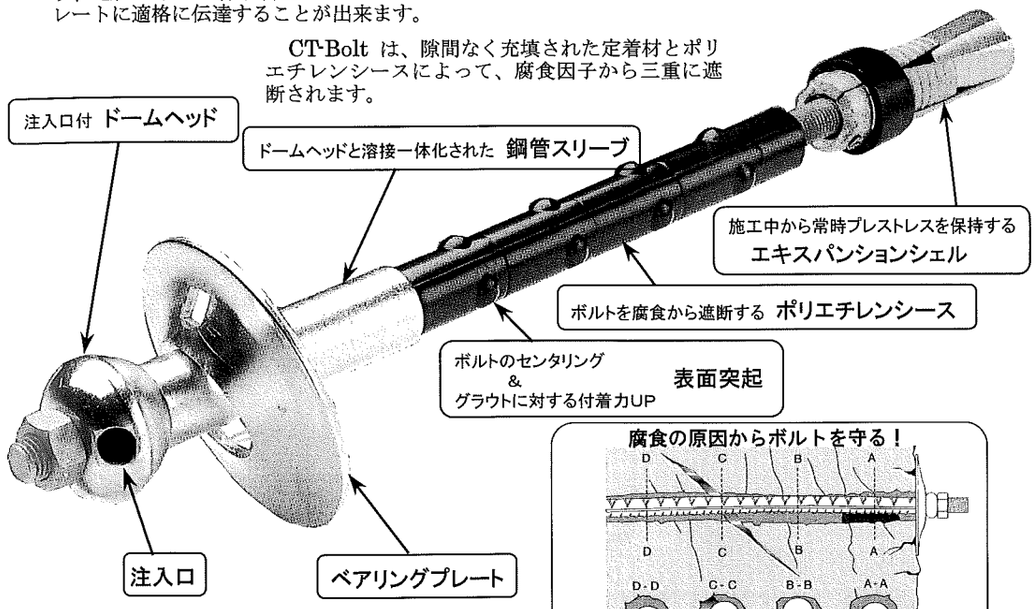
CT-Bolt

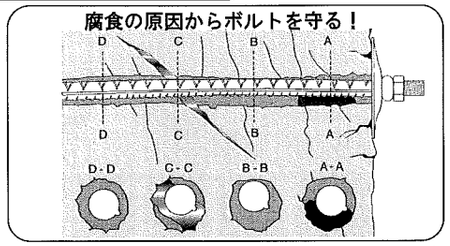
Ørsta Stål

通常施工により超長期支保

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

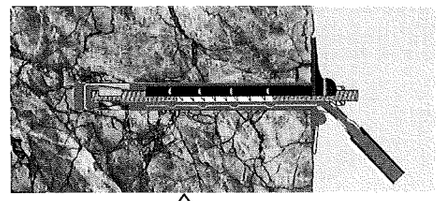
CT-Bolt は、隙間なく充填された定着材とポリエチレンシースによって、腐食因子から三重に遮断されます。





CT-Bolt の定着は・・

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



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

完全充填

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

総発売元 Your Fastening Partner

KFC 株式会社 ケー・エフ・シー

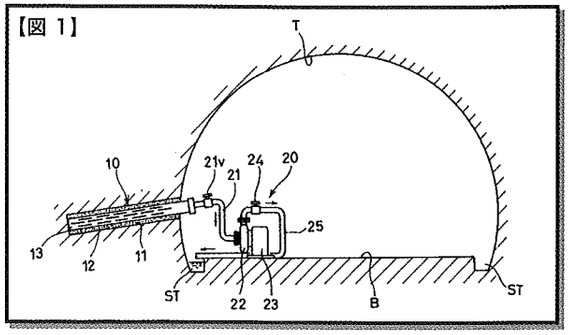
〒105-0014 東京都港区芝 2-5-10
お問い合わせ先 TEL:03-3798-8517
技術部 FAX:03-3798-8850

トンネル坑内 湧水濾過処理工法

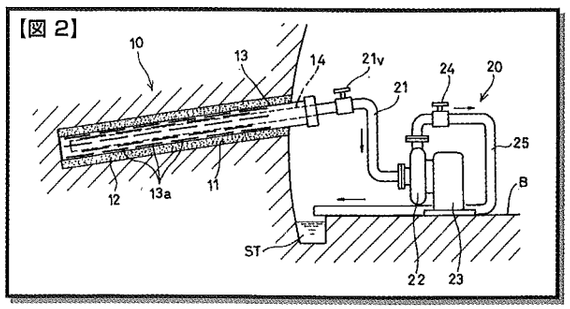
特許 第3497116号

トンネル坑内で掘削時に発生する湧水を濾過処理する湧水濾過処理方法において、掘削されたトンネル内に生じた湧水点又はその付近に削孔を掘削し、周囲の土に影響を及ぼさない濾過材でストレーナ管の外周を囲んだ濾過手段を上記削孔に装着し、この濾過手段で湧水を濾過して清水とし、その清水を所定の吸引圧で吸引して側溝へ排出するようにしたことを特徴とする湧水濾過処理方法。

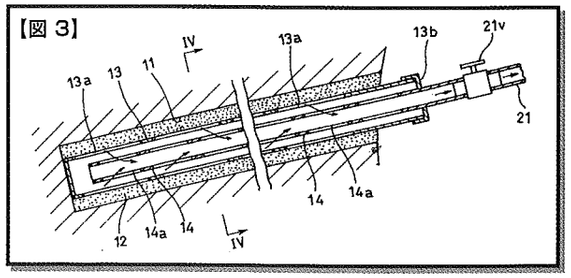
【図 1】



【図 2】

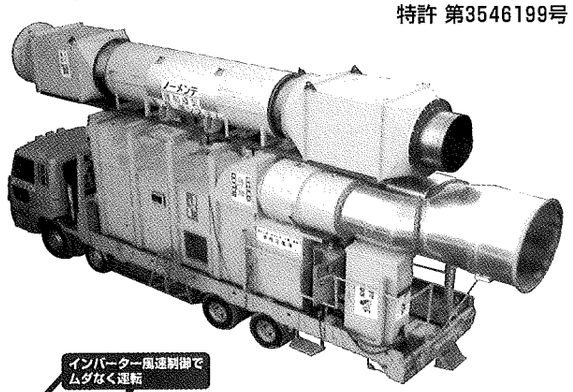


【図 3】



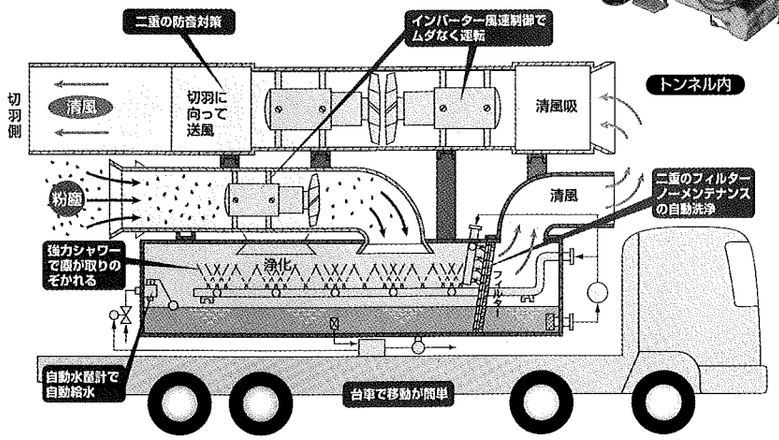
ノーメンテナンス“集塵機”強制換気システム

特許 第3546199号



集塵機の目的

- 人体に有害な粉塵の除去
- 作業員の視野の確保
- 周辺の環境の粉塵公害対策



【仕様表】

		集塵機	集塵機強制換気ファン	
		S−C−900	SW37	SW55
吸込ファン	型式	MFA90Pz 37kw	SW37kw 2連並列	SW55kw 2連並列
	口径	φ900	φ1,000	φ1,100
	風量	700m³	1,100m³×2 2,200m³	1,200m³×2 2,400m³
	全圧	全圧180mmAqδ×9.8=1,764pa	1台当り全圧180mmAqδ×9.8=1,764pa×2台	1台当り全圧240mmAqδ×9.8=2,352pa×2台
	回転数	1,450rpm 50Hz 1,800rpm 60Hz	インバータ 400rpm~MAX1,800rpm	インバータ 400rpm~MAX1,800rpm
送気ファン	型式	—	SW55kw 2連直列	SW80kw 2連直列
	口径	—	φ1,200	φ1,300
	風量	—	1,300m³×1 1,300m³	1,500m³×1 1,500m³
	全圧	—	全圧500mmAqδ×9.8=4,900pa	全圧500mmAqδ×9.8=4,900pa
	回転数	—	インバータ 400rpm~MAX1,800rpm	インバータ 400rpm~MAX1,800rpm
散水圧力ポンプ	型式			
	吐出量	1,000ℓ/min	1,000ℓ/min	1,000ℓ/min
	出力	7.5kW	11kW	11kW
	回転数	1,500rpm~1,800rpm	1,500rpm~1,800rpm	1,500rpm~1,800rpm
	装置寸法	L4,500 H2,800 W1,800	寸法は現場のニーズによる	寸法は現場のニーズによる
	能力	セメント粉塵 60% 岩切粉塵 40% 吸気1,000カウント~排気200カウント	セメント粉塵 60% 岩切粉塵 40% 吸気1,000カウント~排気200カウント	セメント粉塵 60% 岩切粉塵 40% 吸気1,000カウント~排気200カウント
	1カンウント	=1m³空気中に0.01mmgの粉塵量	=1m³空気中に0.01mmgの粉塵量	=1m³空気中に0.01mmgの粉塵量
その他		—	温度計、排水システム、記録計付きインバータ制御で、粉塵の状況に応じて風速も自由に変換できます	

株式会社 阪本商会
http://www.sakamoto-shokai.co.jp
本　　社：大阪市浪速区稲荷１丁目１０番４号
TEL.（06）6562-7657 FAX.（06）6562-7650
西営業所：兵庫県小野市大開町字南谷４１５-３０
関東営業所：静岡県田方郡天城湯ヶ島町佐野字奥野869-619

美しさと合理性をもつ多分割式アーチシステム

モジュラーチ®

「モジュラーチ」(MODULARCH)は、フランスのマティエール社(Matiere®)が開発した新製品を日本に技術導入した、大型の鉄筋コンクリート二次製品です。アーチ特有の形状-美しさと合理性をもつ多分割式アーチ形構造物です。

モジュラーチの特長の主なものは次の通りです。

(1) 多分割式のため**大断面の構造物**が構築できます。

(2) アーチ型構造物に加わる荷重によるモーメントが、最も小さい箇所で分割する**合理的な分割方式**です。

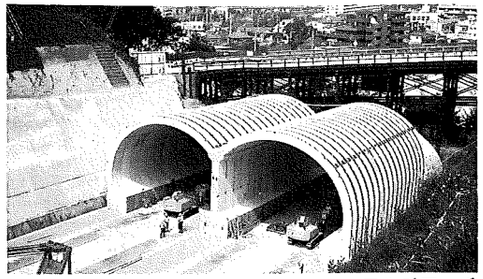
(3) 頂版部と側壁部の継手はヒンジ構造となっており、**耐震性**に優れた構造です。
(財)土木研究センターによる「モジュラーチ工法の耐震性向上に関する研究委員会」において、地震時に対する安全性について実験を行い、部材、継手とも安全上まったく問題ないことが確認されております。

(4) 側壁部材が自立する構造になっており、**安全性、施工性**に優れています。

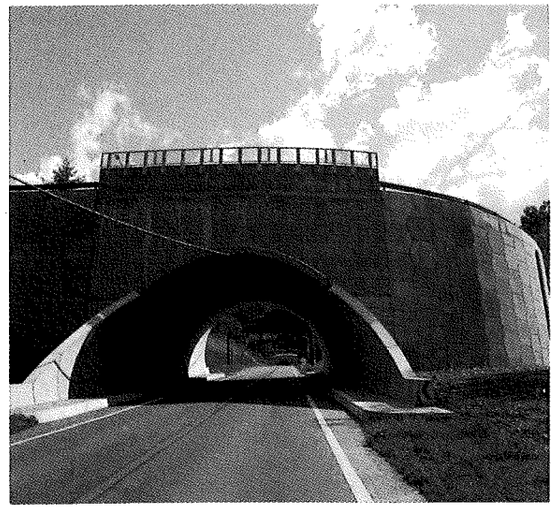
モジュラーチには次のものがあります。

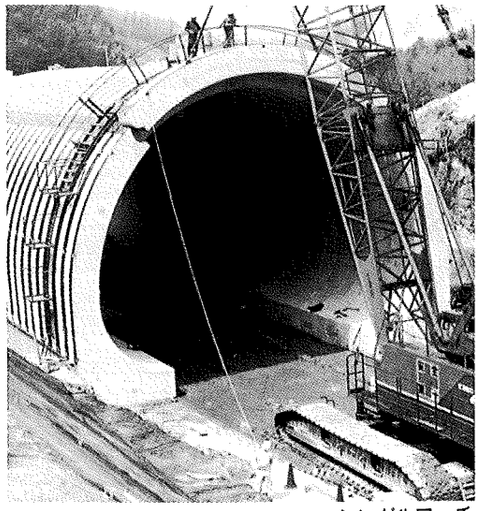
(1) シングルアーチ
4分割1組を単体としたもの

(2) マルチアーチ
4分割で中間側壁をもつ2連以上のもの



マルチアーチ





シングルアーチ

MODULARCH **モジュラーチ工法協会**

本部・事務局 〒101-0032 東京都千代田区岩本町1-10-5 TMMビル5F
日本ゼニスパイプ㈱内 TEL 03(3865)2618 FAX 03(3865)2625

会員会社

日本ゼニスパイプ㈱	TEL(03)3865-2611	FAX(03)3865-2630
ジオスター㈱	TEL(03)5844-1204	FAX(03)5844-1221
日本ヒューム㈱	TEL(03)3433-4114	FAX(03)3436-3275
オリエンタル建設㈱	TEL(03)3261-1174	FAX(03)3234-1949
日本コンクリート工業㈱	TEL(03)5462-1051	FAX(03)5462-1040

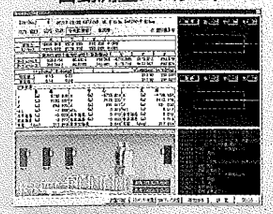
ROBOTEC SURVEY SYSTEM

シールド工事向け自動測量システム

実績 日本国内・アジア No.1

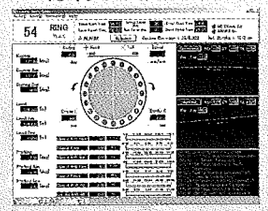
シールド工事における自動測量システムの納入実績は、国内はもとよりアジア地区でNo1となりました。数々の高速・高精度施工の新記録を打ち立て、現在も世界各国の現場で稼動しております。

自動測量システム

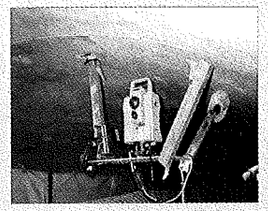


坑内は勿論離れた事務所からの遠隔測量も実現します

ガイダンスシステム



掘削オペレーターには解かり易いガイダンス画面を提供します



トータルステーションは施工工種や施工条件により弊社エンジニアが最適なスペックの機材を提案致します

ARiGATAYA V3.0

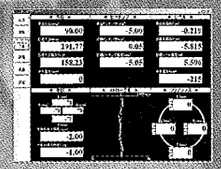
シールド工事向け掘進管理システム

各々の現場における要望等を最大公約数で取り入れ、システムアップし、常に進化しております。
弊社は強力なコンサルタント部門による提案型スタイルで、お客様にご満足頂いております。

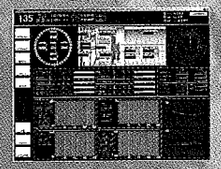
システムタイプ
- 泥土圧 泥水 TBM
- 上下水道 共同溝 地下鉄 道路 etc.
(各々専用のソフトをご用意しております)

オプション
- Shiled Broad Band(ブロードバンドシステム)
- FOG (光ジャイロシステム)
- 3D土量計測システム
- シールド測量パック
- セグメント内空・変位計測
- CG・VR・ホームページ作成

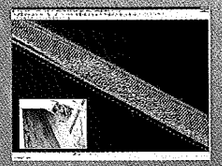
GEOMETRY GYRO



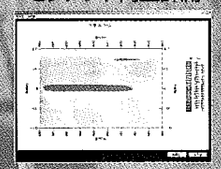
掘進管理



3D土量計測システム

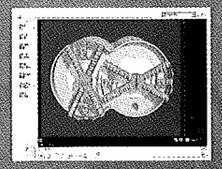


セグメント内空計測



Shiled Broad Band

CG・VR作成

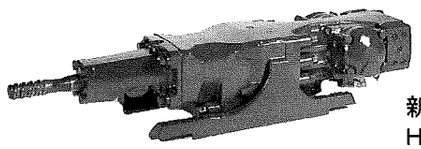


enzan Koubou

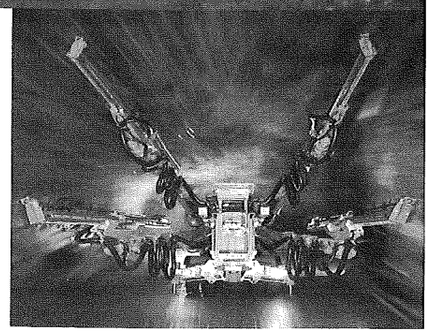
Visit Our Web Site : www.enzan-k.com

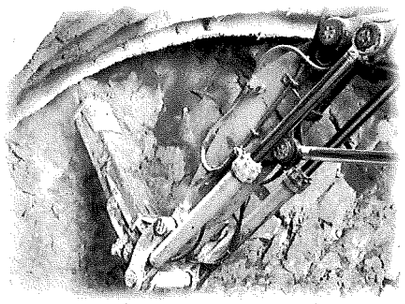
株式会社 演算工房
本社office:京都市中京区烏丸通押小路上る秋野々町535番地 日土地ビル4F TEL:075-213-7200 FAX:075-213-7201
東京office:東京都千代田区神田錦町3-15-6 川銀パークビル17F TEL:03-3518-2588 FAX:03-3518-2589

Cyber WORKS



新型高性能ドリフター
HLX5



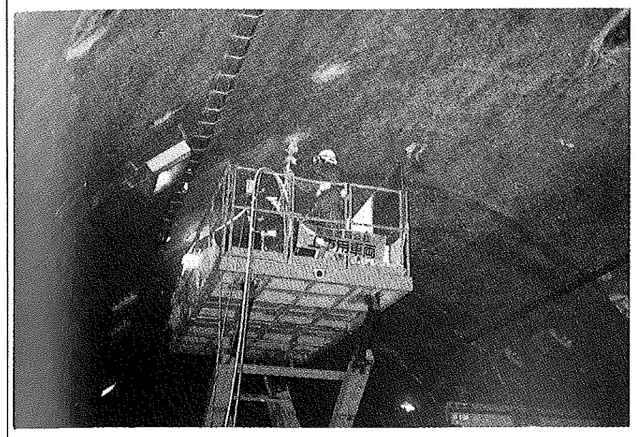


サンドビックトーヨー 株式会社
〒222-0033 横浜市港北区新横浜 2-15-12
共立新横浜ビル6F

TOYO EJC Rammer TAMROCK TORO

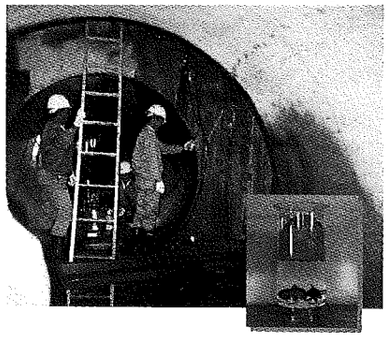
Tel: 045-478-0660 Fax: 045-478-0661
URL: http://www.SMC.sandvik.com

硬質発泡ウレタン
セットフォーム工法
急結性・高性能空隙充填材



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

漏水を瞬時にストップ!
SF-A工法
長期耐久性に優れた
無溶剤タイプの
ウレタン系止水材



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

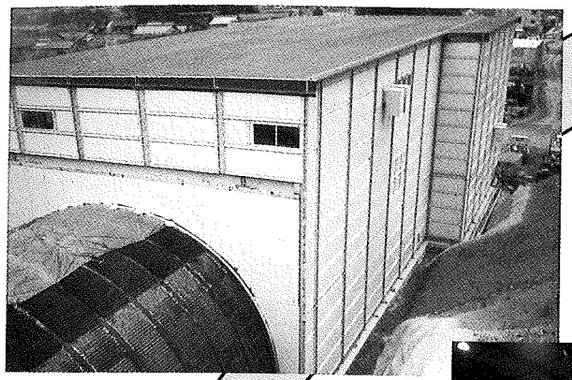
ケミカルフォーム協会会員

アルス株式会社	〒956-0022	新潟県新津市さつき野3-6-3	TEL 0250-21-2288
エコシビックエンジ株式会社	〒135-0047	東京都江東区富岡1-12-4 み満きビル	TEL 03-3643-7241
株式会社共ショウ	〒103-0014	東京都中央区日本橋蛎殻町1-12-6	TEL 03-3668-8416
株式会社共和	〒462-0832	名古屋市北区生駒町7-148-1	TEL 052-911-3984
寿建設株式会社	〒960-0231	福島市飯坂町平野字東地蔵田8-1	TEL 0245-43-0511
四国リニューアル株式会社	〒780-0804	高知市日の出町2-12	TEL 088-878-0050
シビルリニューアル株式会社	〒163-0609	東京都新宿区西新宿1-25-1	TEL 03-5326-0720
ショーレジン株式会社	〒104-0032	東京都中央区八丁堀3-14-4 直平ビル	TEL 03-3551-8391
太平洋テクノ株式会社	〒116-0014	東京都荒川区東日暮里1-5-7 三ノ輪ビル	TEL 03-3805-6521
日本綜合防水株式会社	〒171-0022	東京都豊島区南池袋3-11-10 ペリエ池袋	TEL 03-5950-8211
フジモリ産業株式会社	〒105-0021	東京都港区東新橋1-2-17 第12中央ビル	TEL 03-3574-0520
マシノスチール株式会社	〒733-0822	広島市西区庚午中1-19-23	TEL 082-507-2737
株式会社松井商店	〒007-0870	札幌市東区伏古10条2丁目11-8	TEL 011-782-4441
株式会社マノール	〒142-0043	東京都品川区二葉1-18-8	TEL 03-3787-1131
株式会社三原工業	〒531-0073	大阪市北区本庄西3-7-5	TEL 06-6371-9947
株式会社山三商事	〒103-0023	東京都中央区日本橋本町2-6-13	TEL 03-3662-0253

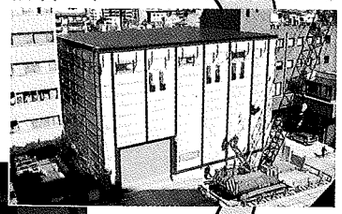
協会事務局
〒103-0007 東京都中央区日本橋3-34-5 浜町ビル
ニッシンボウ・エンジニアリング㈱内 TEL. 03-3668-5671

製造元 **日清紡** 化成品事業本部
本社 〒103-8650 東京都中央区日本橋人形町2-31-11 TEL 03-5695-8939
名古屋支店 〒460-0008 名古屋市中区栄5-2-38 TEL 052-261-6218

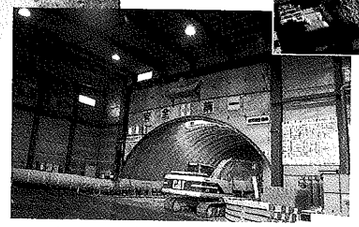
快適な環境を尊重し、理想の作業スペースをクリエイトする



防音シェルター　Dタイプ(デラックス)



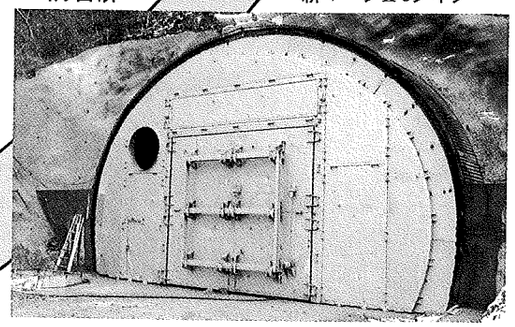
防音ハウス　Dタイプ(デラックス)



シェルター:ハウス内部

防音壁　Sタイプ(スタンダード)

防音扉　新マークⅡcタイプ



ISO9001認証取得　防音設備の設計、製造、施工、リース:MSA-QS-2351

◆計量証明事業登録 騒音レベル第913号 ◆建設業登録 とび・土工工事業(般-12 第75054号)

ヒューズ工業株式会社

FUSE INDUSTRIES CO.,LTD.

本　　社　〒132-0035　東京都江戸川区平井6-35-5 HFビル　TEL03(3617)8111　FAX03(3617)7565

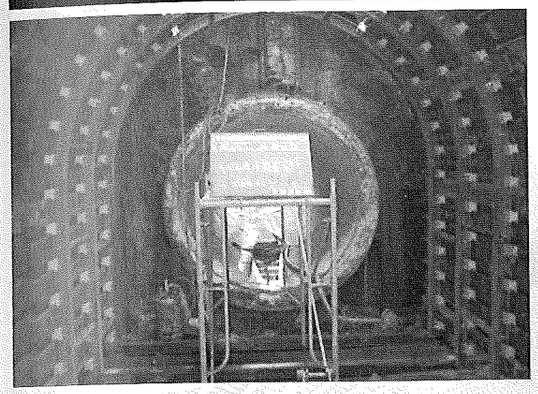
大阪営業所　〒531-0072　大阪市北区豊崎3-15-19 東洋東ビル　TEL06(6359)2611　FAX06(6359)2288

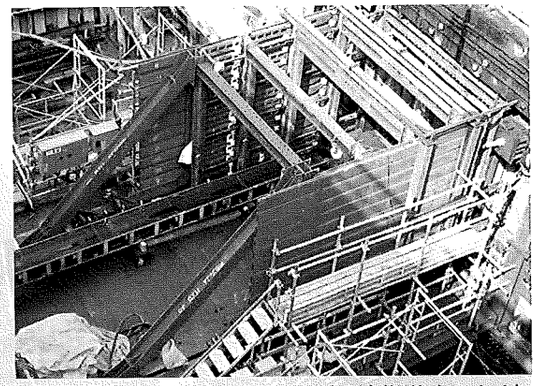
つくば資材センター　〒304-0824　茨城県結城群千代川村大字村岡998-1　TEL0296(30)7888　FAX0296(30)7655

URL　http://www.fuse-ind.co.jp　　E-mail　info@fuse-ind.co.jp

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)

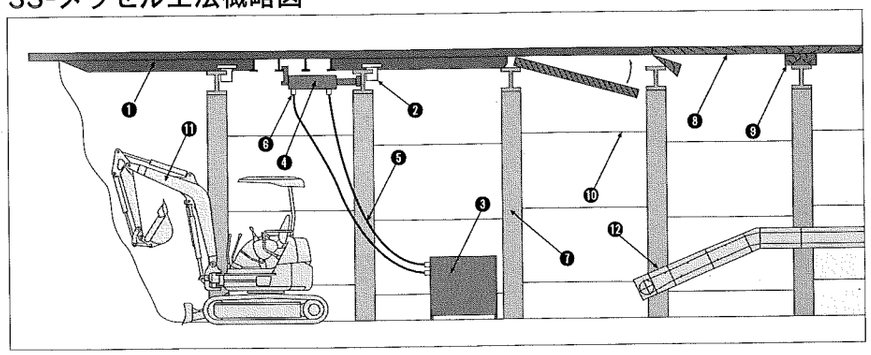
特徴

- 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木製キャンパー
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

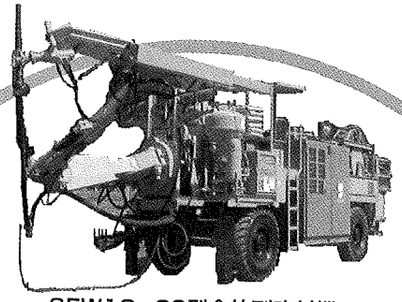
SIETECH　株式会社シーテック

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

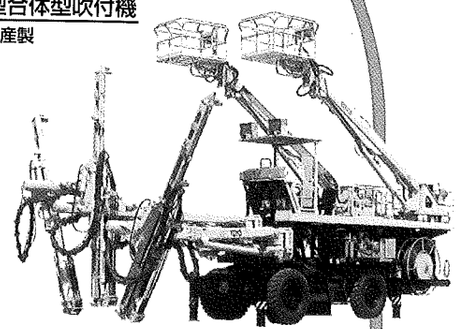
安心と信頼

SANWA RENTAL



SFW1C−6S型合体型吹付機
富士物産製

M26型坑内用ダンプ
新キャタピラー三菱製



THMJ3900型ジャンボ
サンドビックトーヨー製

お陰様で20周年を迎えることが出来ました。
〈経験と実績、メーカーとの一体型、安心と信頼〉
を追求し、お役に立つよう日々行動しています。

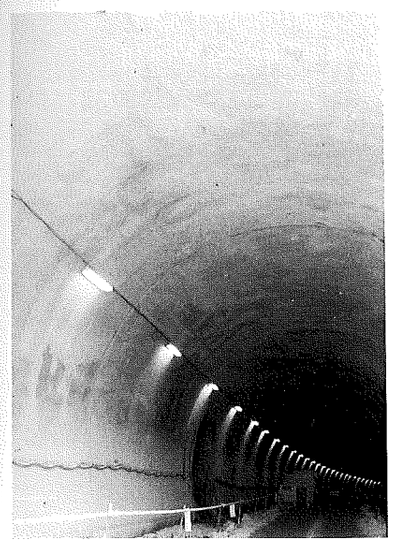
- ●TotalCost削減の為にサービスマン付レンタルを積極的に展開中です!
- ●メンテナンス対応=ご希望のサービス体制をお聞かせ下さい。
  40名のメンテナンスサービス員が、迅速に対応致します。
- ●ユーザーニーズに合った提供システム=現場のご予算をお聞かせ下さい。
- ●総保有機台数 450台=ブローカーにない強み!途中入替もOK!

トンネル機械の総合レンタル
三興レンタル株式会社
高槻事務所／〒569-0836 高槻市唐崎西2-26-1
TEL0726-77-2101㈹ FAX0726-77-2109

〈協賛〉
サンドビックトーヨー㈱
新キャタピラー三菱㈱
富士物産㈱

コンクリートの劣化，欠陥箇所の改修，補修……

急硬性改修モルタル
ドクターQ改修工法



〈工期短縮，即日仕上り〉

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

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

エアモルタル裏込め注入……

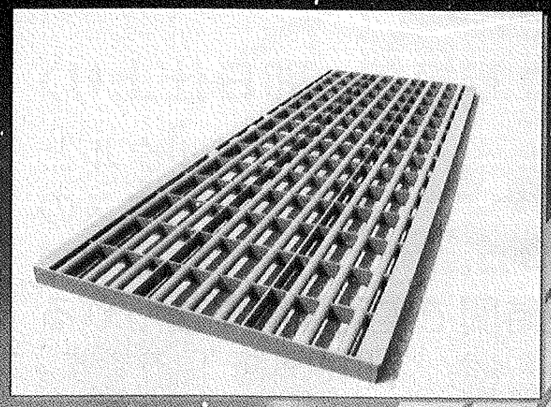
エスコート
L&K 起泡剤

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

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

NTロードマット

意匠登録済み特許出願中



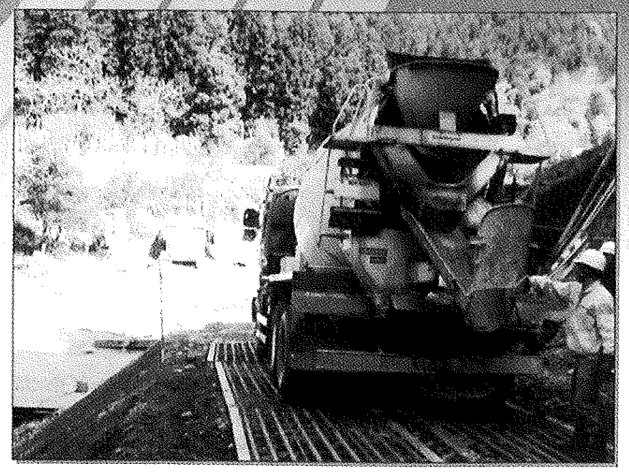
NTロードマットはパイプ表面の溝と
リブによって滑り止め効果が得られ
パイプによって沈み込みを防止し、
安定した仮設道路を作ることができます。

こんな現場に

- 雨や湧水で敷鉄板が滑りやすい
- 車のタイヤを痛めたくない
- 坂道で滑りやすい
- 軟弱地で沈み込みやすい

是非、お試し下さい。

寸法　4000×1500×90(mm)
質量　440(kg)



製造販売元　**日東鐵工株式会社**

URL　http://www.nittotekko.co.jp

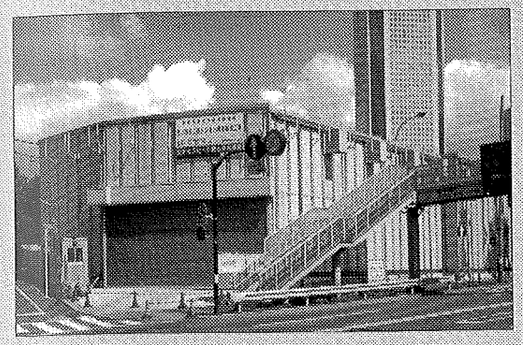
本　　社　〒142-0043　東京都品川区二葉4-1-20 MC中延ビル
TEL(03)5702-0161㈹　FAX(03)5702-0165

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

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

注:当仕様は改良のため予告なく変更させていただくことがあります。

大丸の防音システム

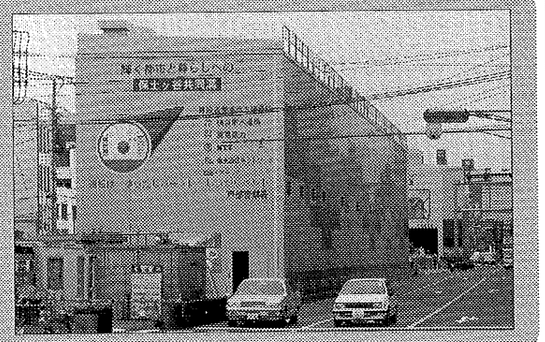


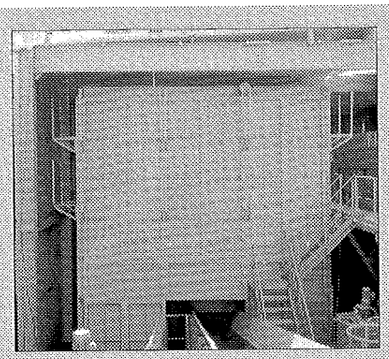
サイレントハウス(Bタイプ)

- 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(般ー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

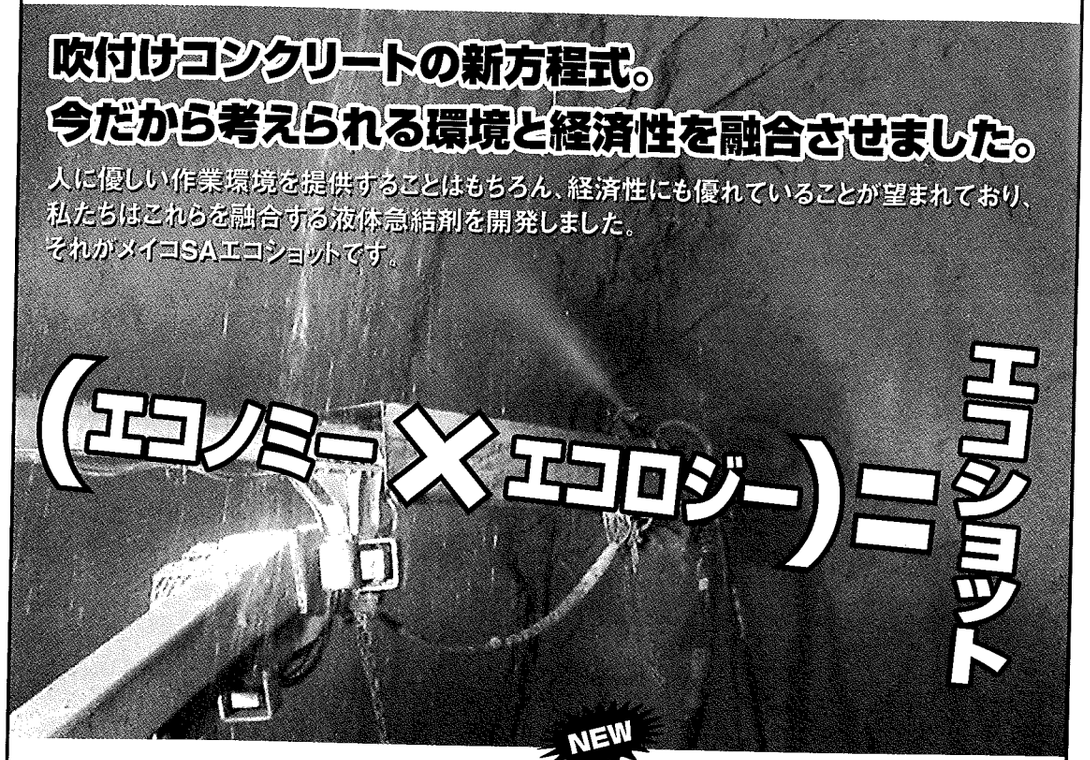
本　社　〒104-0043 東京都中央区湊2-4-1　TOMACビル2F
TEL.03-3537-6700（代表）　FAX.03-3537-6701

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

degussa.
creating essentials

吹付けコンクリートの新方程式。
今だから考えられる環境と経済性を融合させました。

人に優しい作業環境を提供することはもちろん、経済性にも優れていることが望まれており、私たちはこれらを融合する液体急結剤を開発しました。
それがメイコSAエコショットです。



NEW

「メイコSAエコショット」は、従来の液体急結剤よりさらに硬化特性を向上させ、特に単位セメント量が360kg/m³の一般強度吹付けコンクリートに適した性能を有しています。そのうえ成分中にアルカリ分を含まない液体急結剤で、作業員に対する安全性が著しく高く、しかも粉じんおよびリバウンドを大幅カット。作業環境と経済性を飛躍的に改善します。また、単位水量を大幅に低減する湿式吹付けコンクリート用高性能減水剤「NT-1000シリーズ」を併用することにより、さらに付着性や急結性、強度発現性などが優れる、品質の安定した経済的な吹付けコンクリートの施工を可能にします。

アルカリフリー液体急結剤
メイコ®SAエコショット

湿式吹付けコンクリート用高性能減水剤
NT-1000シリーズ

●高強度化・施工性の改善にはシリカフューム「メイコMS610」
●湿式吹付けコンクリートの練り置き時間を1～16時間できる「デルボクリート」

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

株式会社 エヌエムビー
株式会社 ポゾリス物産

●本社／東京都港区六本木3-16-26 TEL03-3582-8814(直) FAX.03-3583-3800
●支店／東京、大阪 ●営業所／札幌、仙台、宇都宮、千葉、横浜、上越、松本、静岡、名古屋、高松、広島、福岡、鹿児島
URL／http://www.degussa-cc.jp

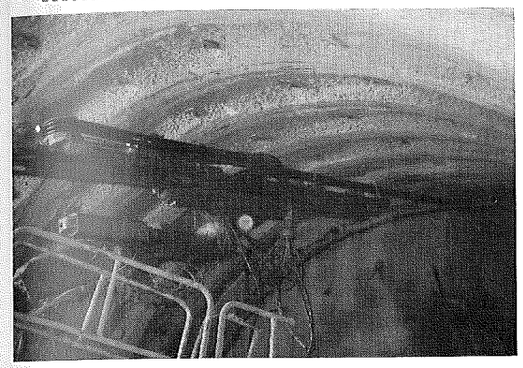
ISO 14001 登録番号 JSAE158

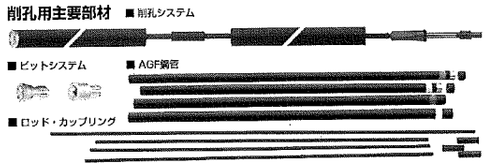
●(株)エヌエムビーは中央研究所と茅ヶ崎工場において、ISO9001およびISO14001の審査登録をしています。

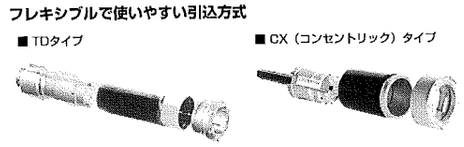
TFTのトンネル資材

▼ 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。



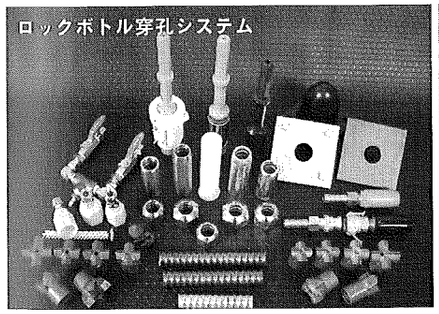


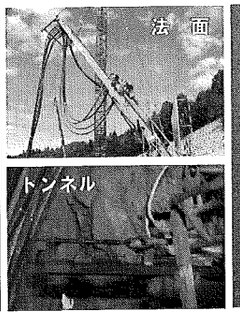


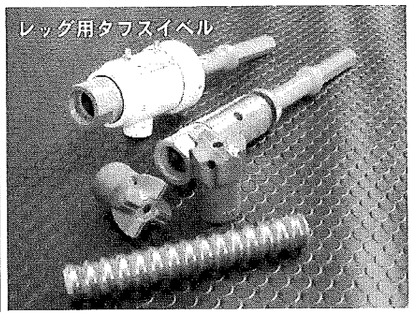
▼ タフボルト（自穿孔ロックボルト）

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)







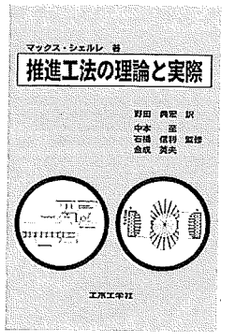
TFT Tube Forming & Technological
株式会社 ティーエフティー
〒220-0051 神奈川県横浜市西区中央1丁目29番16-201号
Tel 045-320-1701 Fax 045-320-1702

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　㊞

【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　税込 4,893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 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

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　　㊞

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

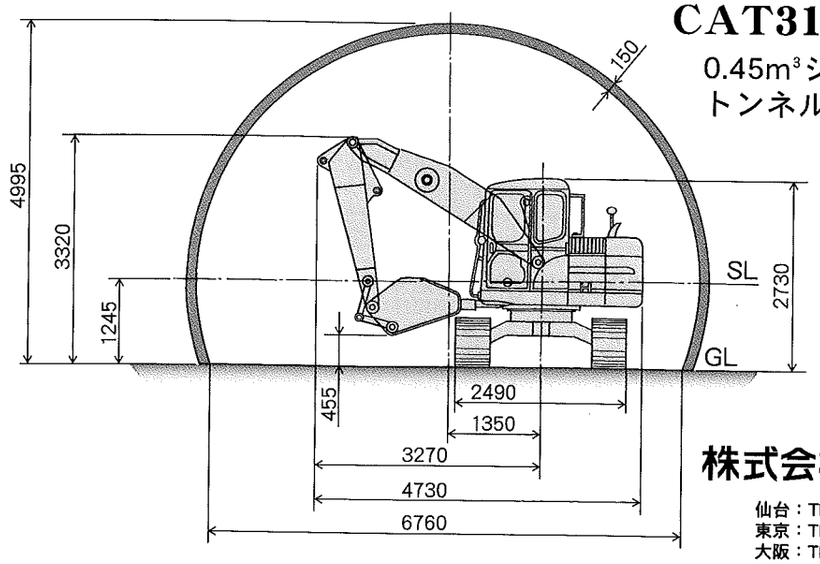
0～20（約２年）　20～30（１年６か月）
30～40（約１年）　40～50（６か月）

【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㈹

小断面にも入ります?



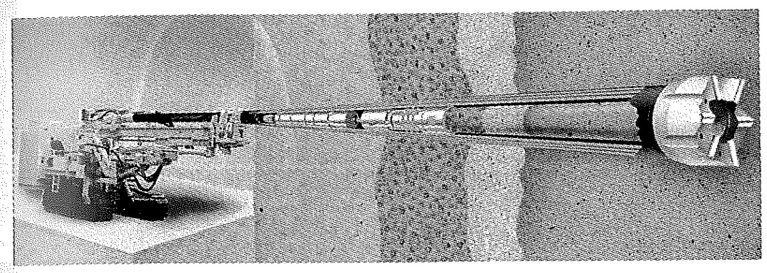
CAT313B
0.45m³ショートブーム
トンネル仕様

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

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

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/

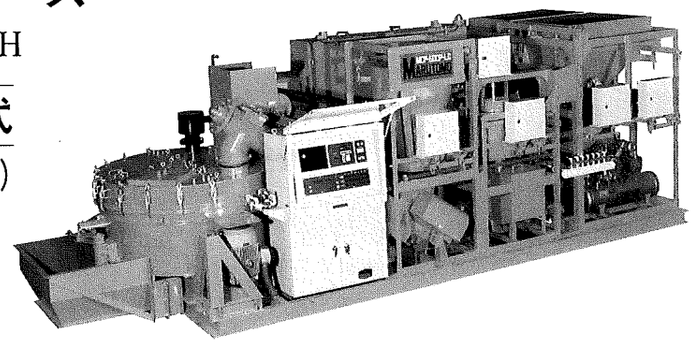
コンパクトで計量精度は抜群…

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)



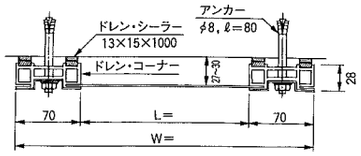
丸友機械株式會社

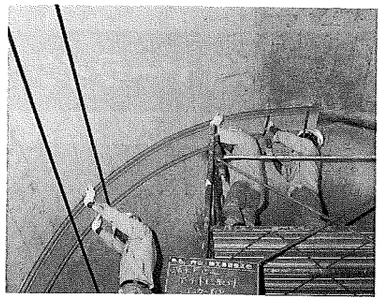
本　社　名古屋市東区泉一丁目19番12号
〒461-0001　電話〈052〉(951) 5 3 8 1 (代)
東京営業所　東京都千代田区神田和泉町1の5
〒101-0024　ミツバビル　電話〈03〉(3861)9461(代)
恵那工場　岐阜県恵那市武並町藤字相戸2284番地
〒509-7121　電話〈0573〉(28) 2 0 8 0 (代)

トンネル・カルバート・地下構造物の漏水対策に

アーチ・ドレン導水樋

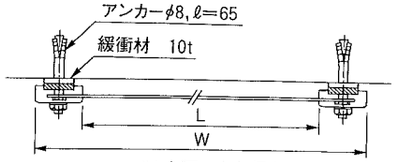
■特　徴
- 漏水幅に応導水幅の選択が可能
- 導水プレートはアクリル変性P.V.C強化樹脂で驚異的な耐衝撃性有り
- 寒冷地型、Box カルバート用勾配型、etc 有。





コンクリート剥落対策に

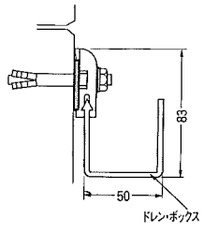
アーチ・パネル



JH 水戸　大久保トンネル、etc。

水平導水樋に

サイド・ドレン



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

ニホン・ドレン工業株式会社

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

数々の技術・豊富な実績が明日を築く東急の濁水処理設備

◀北陸新幹線碓氷峠トンネル（東）濁水処理設備

◘営業品目◘

トンネル工事濁水処理設備
都市土木工事
P. Hコントロール設備
炭酸ガス中和設備
水処理各種計器器材
上記　設計、施工、管理

TOKEN SANGYO

東建産業株式会社
(旧 東急設備㈱)

本　　社　東京都渋谷区渋谷1－16－14
〒150-0002　TEL 03(5466)9511
関西事務所　大阪市北区豊崎3－19－3
〒531-0072　TEL 06(6371)6447

21世紀の地球環境を見つめる土木専門図書

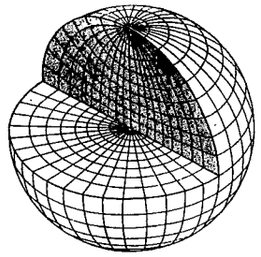
ブロック理論と岩盤工学への応用
R.E.グッドマン，G.H.シー著／吉中龍之進・大西有三訳
A5判　360頁　税込 5,097円　送料 340円

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　編纂
B5判　500頁　税込 15,301円　送料 450円



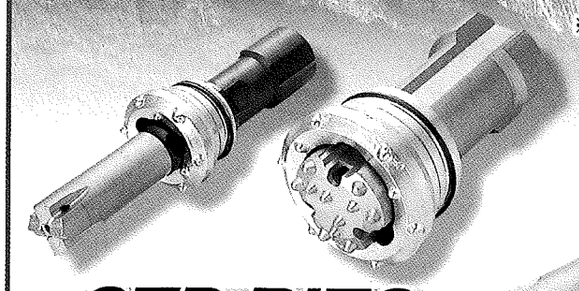
わかりやすいトンネル力学
福島啓一　著
B5判　286頁　税込 6116円　送料 340円

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

ユニークな発想と高品質・自信の価格



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

※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。

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

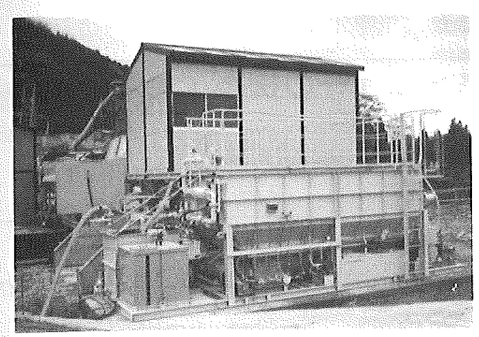
R38自穿孔ボルトで二重管打設してロッドを回収しない、高速・高剛性長尺先受け工法です。坑口などでのミニパイプルーフとして最適。

※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。

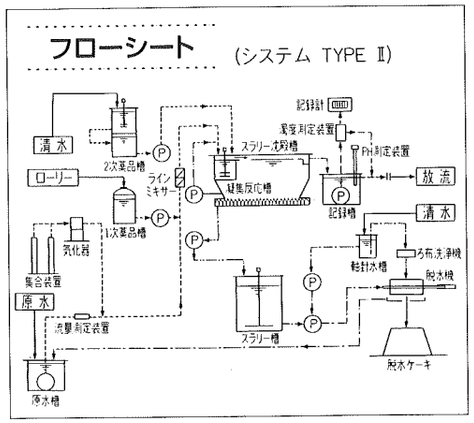
STE
エスティーエンジニアリング株式会社
ST ENGINEERING CORPORATION
〒581-0869　大阪府八尾市桜ヶ丘3丁目101番地
TEL.0729-90-0250　FAX.0729-90-0251
E-mail : steng@kawachi.zaq.ne.jp

TWS型シリーズ 濁水処理装置

コンパクトながら 大きな処理能力



フローシート　（システム TYPE Ⅱ）



特　長

1．基礎、土木工事の期間が短く安価である。
設置面積が小さくフラット基礎で設置可能である。

2．運転経費が少ない。
ラインミキサー及び余剰ガス循環システムの組み合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　5月号目次　Vol.36, No.5, 2005 May

CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS

■巻　頭　言

禍を福としよう
高橋　昭夫……5

■研　　究

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……25

■報　　告

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……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……45

■施　　工

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……7

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……17

CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS

■連 載 講 座

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……59

■現場だより

『国境の島』対馬より
永渕　信……16

「歴史と自然が調和する街」上越市より
五十里好孝……36

■資　　料

トンネル千夜一夜(5)
小野田　滋……34
土木情報
編　集　部……57
トンネルジャーナル
編　集　部……58
文献紹介
編　集　部……68
工法・技術・製品ニュース
編　集　部……69
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　…70
海外文献速報
JTA研究開発委員会……71

■会　　報

会　報
日本トンネル技術協会……76

【表紙説明】

新潟県中越地震における鉄道トンネルの被害

2004年10月23日，新潟県中越地震が発生し，東日本旅客鉄道の上越新幹線，上越線などの主要鉄道幹線をはじめ，国道17号線，117号線などの主要道路にも大きな被害が生じた．

今回の地震では，耐震性が高いと思われていたトンネルに多くの被害が発生したことと，比較的大きな被害がトンネル坑口部でなくトンネル中間部に発生したことが今回のトンネル地震被害の特徴である．

写真は，上越新幹線魚沼トンネルの被害状況である．

〔**写真提供**：東日本旅客鉄道(株)〕(本文37頁参照)

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

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

トンネル

C.C.BOX

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

会誌委員会の構成（五十音順・敬称略）

〔委員長〕

橋本定雄　不動建設株式会社特別顧問
（元）東京都下水道局長

〔委員〕

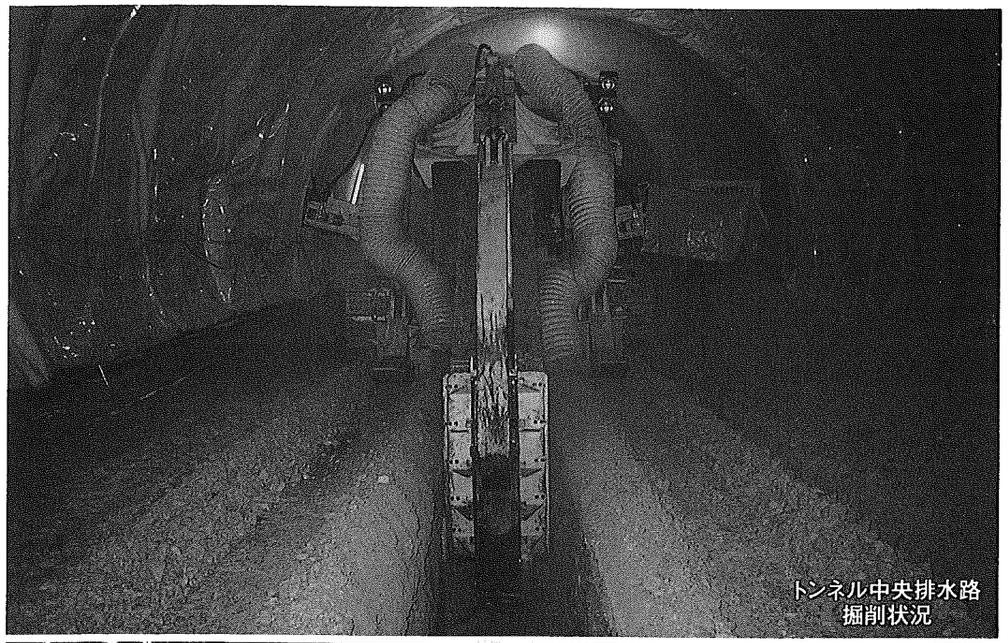
伊藤範行　鹿島建設株式会社土木管理本部土木工務部 グループ長
猪俣正　飛島建設株式会社執行役員技師長
久多羅木吉治　東亜建設工業株式会社土木営業本部技術部長
千葉隆　清水建設株式会社土木技術本部 技術第二部部長
永島茂　東京地下鉄株式会社鉄道本部工務部次長
長島芳雄　株式会社竹中土木取締役技術本部長
端則夫　大成建設株式会社土木本部土木技術部 トンネル技術室室長
濱建介　株式会社アオバ取締役会長
三浦正彦　株式会社大林組土木技術本部技術部長
宮林秀次　独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構 鉄道建設本部計画部計画課長
山田邦博　国土交通省大臣官房技術調査課技術企画官
山田隆昭　日本道路公団試験研究所調査役

編集顧問の構成（五十音順・敬称略）

伊吹山四郎　攻玉社工科短期大学名誉学長
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

トレンチャー

硬質地盤の溝堀はトレンチャーをお試し下さい。



トンネル中央排水路
掘削状況

施工例

トレンチャーによる
施工

トレンチャーの性能・諸元

トレンチャーの種類	TRS-985	1175/D7	40/30	60/35
メーカー名	テスメック	テスメック	マステンブルグ	マステンブルグ
掘削幅（最小）cm	45	75	70	70
掘削幅（最大）cm	60	100	110	110
掘削岩の硬さ（最大）	500kg/cm²	700kg/cm²	700kg/cm²	1000kg/cm²
重量 t	36	53	50	59
長さ m	13.0	10.8	14.0	15.4
幅 m	2.5	3.2	2.95	2.98
高さ m	3.30	2.86	3.00	3.20
エンジンの出力 PS	300	402	450	600

※掘削岩の硬さは目安になります。詳細はご相談ください。

ワールド開発工業株式会社

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

編集委員会の構成（五十音順・敬称略）

〔編集委員長〕

橋本定雄　不動建設株式会社特別顧問
（元）東京都下水道局長

〔編集参与〕

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
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　日本下水道事業団理事
濱建介　株式会社アオバ取締役会長
水谷敏則　(財)先端建設技術センター 専務理事

〔委員〕

大月喜雄
東京地下鉄株式会社建設部
新宿工事事務所所長

橿尾恒次
東京都交通局建設工務部保線課長

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

佐藤亘
東京電力株式会社工務部送変電建設センター
首都圏調査グループ課長

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

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

高橋良文
東京都下水道局計画調整部事業調整課長

原薗一矢
東京都水道局建設部工務課長

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

山田隆昭
日本道路公団試験研究所調査役

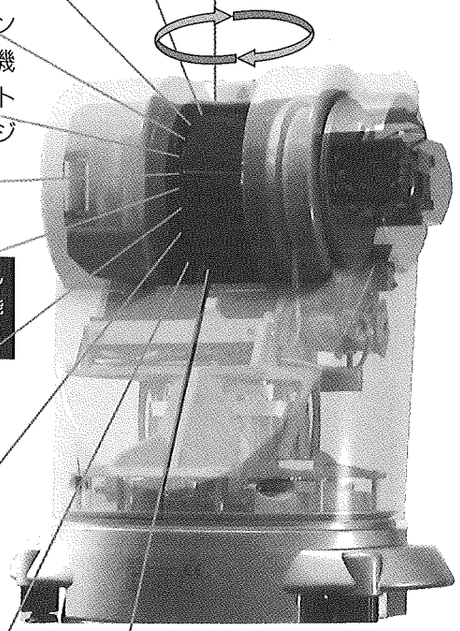
Callidus™ レーザースキャナー

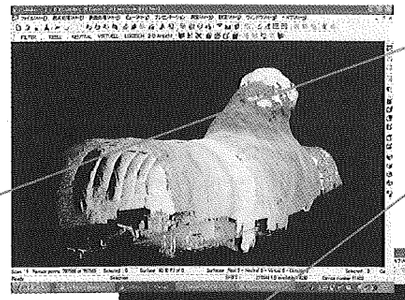
3次元トンネル断面計測機

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。

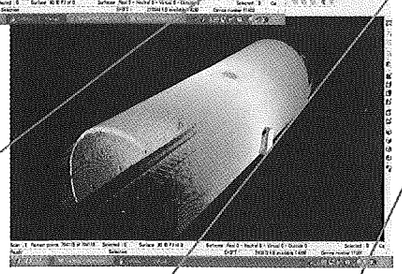
(1) 直径約8mのトンネルの場合

全周360°を10分でスキャン





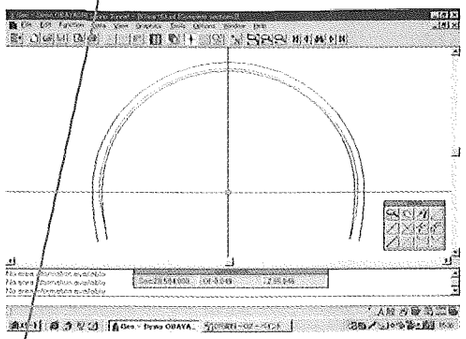
特殊なトンネル形状も対応可能です。



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

トンネルと地下 VOL. 36 No. 5 掲載概要

掲載頁 7

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—

大阪府道路公社 武友 憲重

箕面有料道路山岳トンネル築造工事（南工区）は，トンネル延長約5.6kmのうち，南側の約2.2kmを施工するもので，最大の特徴は，最大掘削断面積が313㎡という他に例を見ない超大断面トンネルの施工である．

本坑の施工に先立ち，作業坑の施工実績や，順次進められてきた作業坑交点部から南側の本坑施工実績を加味しながら，超大断面トンネルの施工に向けての設計・施工法の詳細検討を逐次行った．その結果，超大断面トンネル区間では，当初設計の多段サイロット先進工法や上半先進工法，側壁導坑先進工法などを再度比較検討し，最終的には側壁導坑先進工法を採用し施工に臨んだ．

補助工法としては，地質が大阪層群未固結地山で掘削断面積が300㎡を超える最大断面区間では，パイプルーフ工法（φ812.8㎜）を，それよりやや小さな断面（215～262㎡）の区間では長尺鋼管先受け工と長尺鏡補強工を採用し，切羽の安定化を図っている．

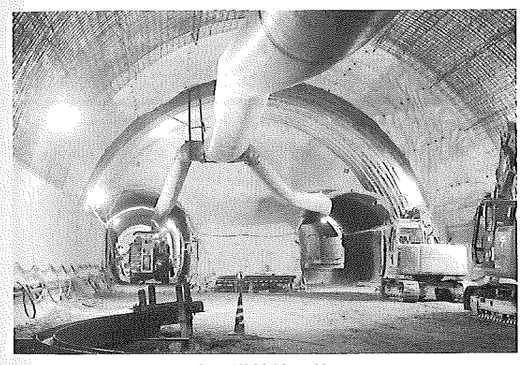
本稿では，超大断面トンネルの施工と坑内外の計測結果について報告する．

Construction of Tunnel having Very Large Section in Unsolid Ground – South Section of Minoo Tunnel

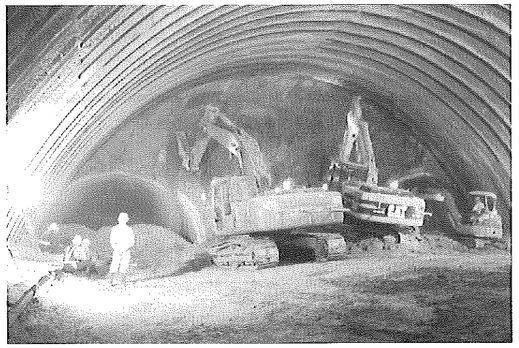
By Norishige Taketomo, Osaka Prefectural Road Public Corporation

Minoo Tunnel is one part of Minoo toll road and the length of south section of it is 2.2 km. It was constructed in Osaka Strata-Group, unsolid ground, and its excavation section area was up to 313 m². The construction records of heading before the excavation of main tunnel contributed to the design and investigation of construction method of main tunnel. The side wall drifts followed by benching method, the top drift followed by excavation method and the side drifts followed by excavation method were choices and the last one was selected.

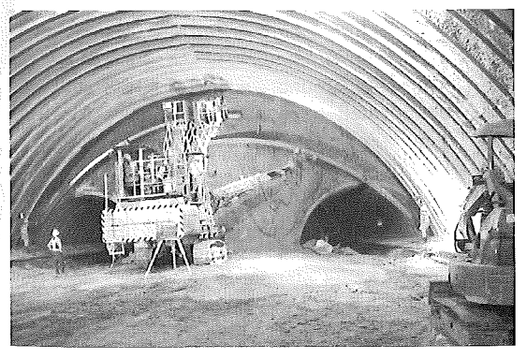
The pipe roof method was adopted as an auxiliary method if the section area was over 300m², and the forepoling and the face bolting were done if it was 300 m² or less. This paper reports the construction records of this tunnel with a very large section including the measurement.



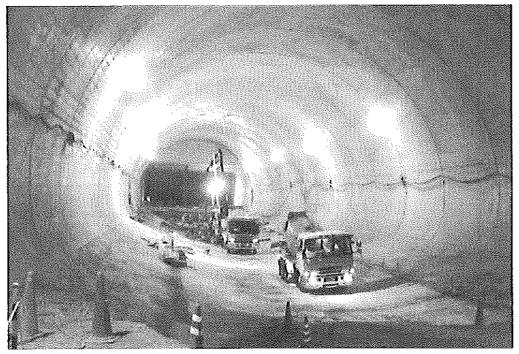
写真は導坑坑口状況



写真はアーチ掘削状況



写真は支保工建て込み状況



写真はインバートコンクリート打設状況

掲載頁 17

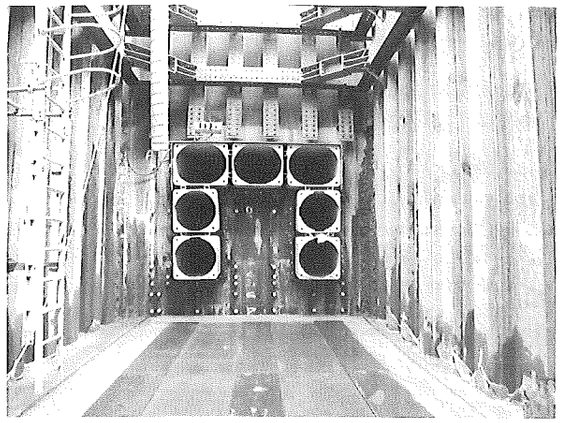
地下鉄出入口直下の軟弱地盤における連絡通路の建設
—都営新宿線一之江駅～自転車駐車場間連絡通路—

東京都交通局　佐野　正生

本工事は，現在江戸川区が施工中の自転車駐車場(地下１階構造，収容台数2,500台)と一之江駅環七側出入口をつなぐ地下連絡通路工事を東京都交通局が江戸川区から受託して施工した．

この工事は地下鉄出入口を閉鎖することなく，出入口直下に地下連絡通路を築造することから，開削工法と非開削工法を検討した結果，東京都交通局として始めてR&C(ルーフアンドカルバート)工法を採用した．

本稿では，R&C工法の概要と都営新宿線一之江駅自転車駐車場連絡通路等土木工事について報告する．



写真は箱形ルーフ推進完了状況

Construction of Connection Pass under Entrance/Exit of Subway constructed in Soft Ground–Pass jointing Ichinoe Station of Shinjuku Line, Tokyo Metropolitan Subway, and Bicycle Parking

By Masaki Sano, Tokyo Metropolitan Government

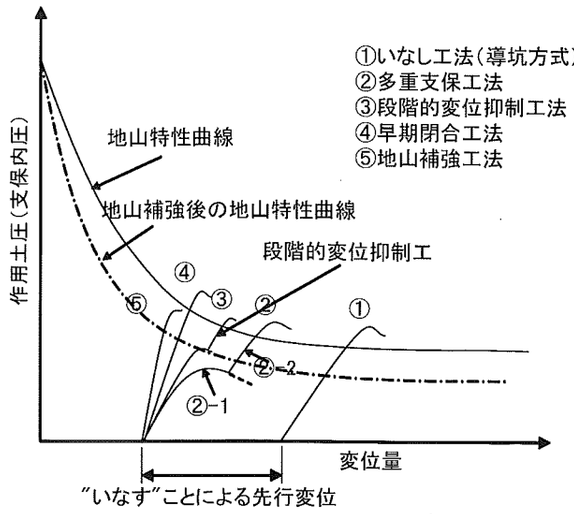
This paper presents the construction of pass jointing the underground bicycle parking having the capacity of 2,500 bicycles under construction and the entrance/exit of Ichinoe Station under operation. Edogawa Ward, Tokyo, awarded this project to Transportation Bureau of Tokyo Metropolitan Government. Transportation Bureau of Tokyo Metropolitan Government adopted the roof and culver method (the R&C method) to construct the pass without the interference to passengers using the entrance/exit. This paper also reports the outline of R&C method.

掲載頁 25

押し出し性地山を克服するための戦略メニューの提案

三井住友建設(株)　高橋　浩

押し出し性地山でのトンネル建設において，トンネル技術者は個々の経験にもとづき地山を評価し，変位抑制を目的とした支保構造や掘削工法などを経験的に選択しているのが実状と思われる．本研究では，臨床トンネル工学的アプローチから，公表されている押し出し性地山の施工事例をできる限り収集し，体系的に整理した．それをもとに，これまで難工事を強いられる場合が少なくなかった押し出し性地山を克服するための戦略メニューを提案することを目的とした研究を行った．その結果，2車線道路断面クラスおよび新幹線断面クラスのトンネルにおいて，事前に押し出し性地山のトンネル施工時の状況を判断・評価するための判断基準と設計方針の選択基準，施工方法の選択基準などを提案することが可能となった．



図は特性曲線による施工方法の概念図

Strategy of Tunnel Construction in squeezing Ground

By Hiroshi Takahashi, Sumitomo Mitsui Construction Co.,Ltd.

Tunnelling Engineer in charge designs support type of tunnel to be constructed in squeezing ground , where troubles and accidents often happen during tunnel construction, and make construction program including construction method, according to his own experience. We collected the construction records of tunnels in squeezing ground and classified them systematically. This study proposes the standards for design and construction method to execute road tunnels having two lanes and Shinkansen (Superexpress) tunnels in squeezing ground.

掲載頁 37

新潟県中越地震における鉄道トンネルの被害

東日本旅客鉄道(株)　清水　満

2004年10月23日，新潟県中越地震が発生し，当社の上越新幹線，上越線などの主要鉄道幹線をはじめ，国道17号線，117号線などの主要道路にも大きな被害が生じた．

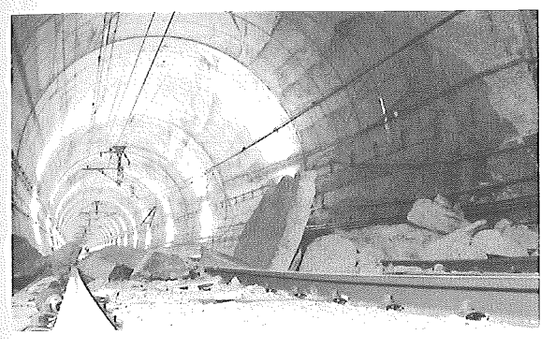
今回の地震では，耐震性が高いと思われていたトンネルに多くの被害が発生したことと，比較的大きな被害がトンネル坑口部でなくトンネル中間部に発生したことが今回のトンネル地震被害の特徴である．

本報告は，鉄道トンネルにおける全般的な被害状況と比較的大きな被害が発生した３トンネルを中心に，被害の概要とその復旧概要について述べる．

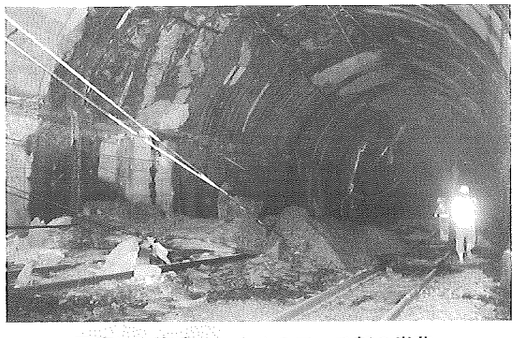
Damages of Railway Tunnels by Niigata Chuetsu Earthquake

By Mitsuru Shimizu, East Japan Railway Co., Ltd.

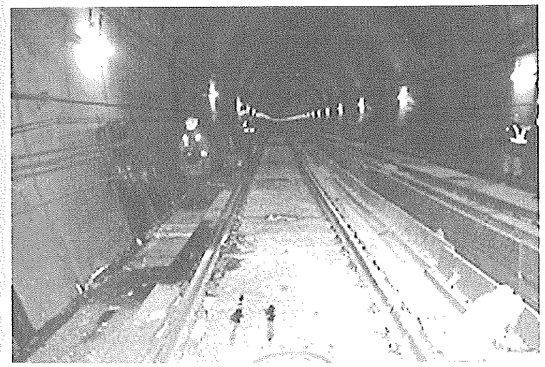
The transportation systems such as Joetsu Shinkansen (Superexpress railway), Joetsu railway, National Road No.17 and 117 were seriously damaged by Niigata Chuetsu earthquake on October 23, 2004. The damages of tunnels having high performance of aseismicity characterized this earthquake. They occurred not only at portals but also in intermediate section of tunnels. This paper reports the status of damages of railway tunnels and the repair works.



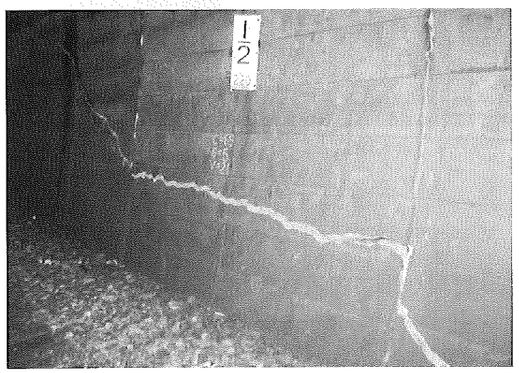
写真は魚沼トンネル被害状況



写真は和南津トンネルのアーチ部の崩落



写真は妙見トンネル被害状況



写真は天王トンネルの側壁部の開口ひび割れ状況

高品質なトンネル覆工に挑む

高品質なトンネル覆工を実現する
エレファントノズルシステム
第２東名高速道路・北陸新幹線工事で活躍中

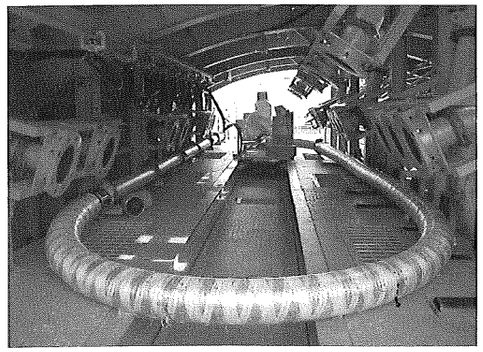
品質の向上

1. 多孔からのコンクリート投入が可能でブロック打設を実現します。
効果：コンクリート品質の低下を抑えられます。

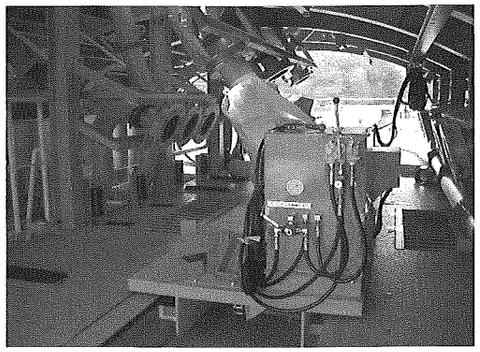
環境の改善

1. コンクリート配管を組解体する苦渋作業から解放します。
効果：迅速な配管切替えが可能で省力化が図れます。

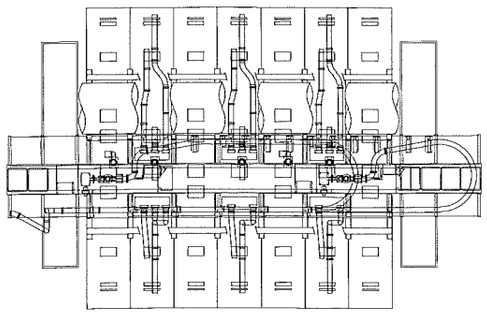
システム全景



配管挿入状態

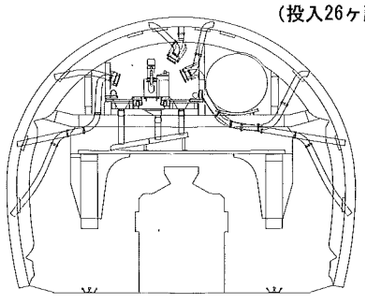


全体平面図



全体トンネル断面図

（投入26ヶ所）



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/

巻頭言

（題字　三谷　浩会長）

禍を福としよう

不動建設(株)代表取締役社長(本協会評議員)
髙橋昭夫

皆様ご承知のように，昨年は災害の年であった．例年の３倍以上の台風が日本に上陸し各地で大きな被害が発生，10月には新潟県中越地震によって多くのライフラインが被災した．そして，阪神・淡路大震災から10年の節目にあたる今年，昨年からの「災＝禍」をいまだ引きずるように，これまで大規模な地震の空白地域とみられていた九州北部において福岡県西方沖地震が発生し，住民の方々の生活に大きな影を落としている．まずは，被災地域の方々の生活環境が一日も早く完全に回復することを心からお祈りする．

日本は，四方を海に囲まれ急峻な山地と急流河川の河口付近に広がる軟弱な沖積平野を中心とし，複雑で変化に富んだ地質構造を有する地震多発地帯に位置する島国である．さらに，限られた平野部に１億2,000万人以上の人口の多くが集中している．このような自然条件，社会条件が，時として台風や地震などによる被害を大きくする要因となっていることは否定できない．しかしながら一方で，このような厳しい条件にやむを得ず立ち向かい克服することで，わが国の技術が進歩してきた面もある．

土木技術，トンネル技術も同様である．山岳トンネルでは，吹付けコンクリートとロックボルトを主体とするNATMの出現によって画期的な技術革新が生じた．この工法はオーストリアを発祥の地とするが，日本に導入以来，多くの先輩技術者の努力と苦労により複雑な日本の地盤にも対応した日本式NATMは，今や世界最高峰のレベルにあると言っても過言ではない．とくに，多様な補助工法と大型の施工機械の開発・実用化によって，高い安全性を確保しながらの安定した掘進が可能となっている．最近では，従来は施工が困難であった都市域における土砂トンネルにもNATMが適用される事例が見られるようになっている．

一方，都市域の代表的なトンネル工法であるシールド工法は，泥水式および泥土圧式工法に代表される密閉型シールド工法の採用とその技術進歩により，軟弱地盤から硬質地盤さらには岩盤まで，ほとんどすべての地盤に適用できる工法となっている．また，ここ10年ほど

の間に，大断面や特殊断面あるいは分岐，親子，拡幅など多くの新技術が開発・実用化され多様な条件に対応できるようになってきている．また，セグメントについても，二次覆工の省略や自動化・省力化，あるいは高速施工等を目的とした多種多様なセグメントが開発・使用されている．

さて，このようにここ20～30年で長足の進歩を遂げてきたトンネル技術であるが，残されている課題も多々あると考える．

その第一は，地山探査技術である．トンネルは地下に位置する線状構造物であり，地上の利用条件からの制約等もあり，事前に十分な調査を行うことが困難である場合が多い．このため，設計段階でトンネル全長にわたって十分な精度で必要な情報・条件が把握されていることはまれである．地中障害物や想定外の地質の変化などを事前に確認できれば，一層安全で円滑，かつ合理的な掘削が可能になるであろう．

次に，点検管理・維持補修技術の確立である．維持補修技術は，昨今トンネルに限らず，すべての土木構造物にとって最大の課題のひとつとなっているが，とくに，トンネル構造物は一旦供用を開始してしまうと，内部からの点検管理および維持補修作業が非常に困難となる．このため，たとえばトンネル内を走行しながら，あるいは外部から点検する技術などのアイデアを実現すべく土木技術者の力を合わせる必要がある．これは，地震によるトンネル災害に対して有効な対策手段となりうるであろう．

最後には，やはりコストダウンである．これは既に十分な努力が払われ，実現されている部分も多々ある．とくに山岳トンネルの工事費は，過去30年間ほどほぼ横ばいであり，この間に消費者物価指数が約2.5倍になっていることを考えると，大変なコストダウンが実現されていることになる．しかし，コストダウンに対する要求は，今後も一層強くなるはずであり，いかに優れた技術であろうと高いコストパフォーマンスを実現できなければ，その技術は生き残ることができない．

トンネル技術は，これまで主流であった鉄道や道路，下水道等を構築する手段に止まらず，より安全な地下物流施設，防災施設，あるいは非常用水・食料・医薬品等の地下貯蔵施設を構築する技術としても近い将来脚光を浴びるであろう．ここ20～30年ですさまじい進歩を遂げてきたが，今後の社会的な要求を考えると，その歩みを止めることは許されない．われわれ土木技術者は，常により安全な技術，価値の高い技術を追い求め実現することで，厳しい条件下のわが国において，安全で豊かな国土づくりに貢献する使命があると考えている．そして，冒頭に述べた数多くの禍を，技術向上の糧となすよう心掛けるつもりである．

施工

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—

大阪府道路公社箕面有料道路建設事務所工務課課長 武友憲重
大阪府道路公社箕面有料道路建設事務所工務課技師 久保田英雄
熊谷組・間組・竹中土木・大豊建設・森本組共同企業体箕面トンネル南工区工事事務所課長 西村誠一
パシフィックコンサルタンツ(株)大阪本社交通技術部技術部長 安田亨

1 はじめに

箕面有料道路は，大阪都心部と北大阪地域および京都府亀岡市を結ぶ主要幹線である一般国道423号(一部，国道171号，176号，173号を重用)のバイパスとして，大阪都心部から北へ伸びる新御堂筋をさらに北へ延伸し，箕面市萱野から同下止々呂美を結ぶ延長約7.3kmの自動車専用道路であり，将来的には第二名神高速道路と接続することにより，広域ネットワークの一環を形成するものとなる(図-1)．

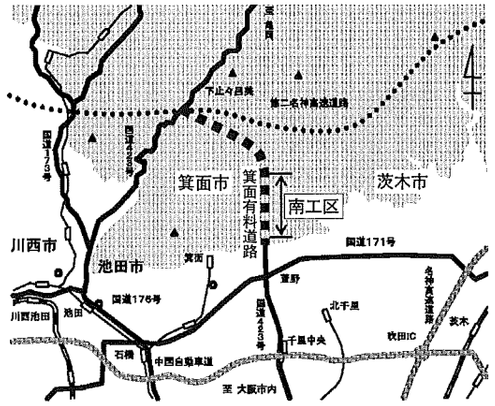


図-1 全体位置図

本事業区間のうち約5.6kmは大阪府北部の北摂山地(標高200～600m)を南北に貫く上下線を分離した2本のトンネルとして計画しているが，当面は一期事業としてトンネルを暫定対面2車線で供用するべく，現在5,623mの北行きトンネルを本坑，南行きトンネルを避難坑として施工中である．

箕面有料道路山岳トンネル築造工事(南工区)は，トンネル延長約5.6kmのうち，南側の約2.2kmを施工するもので，最大の特徴は，最大掘削断面積が313m²という他に例を見ない超大断面トンネルの施工である．

工事は本坑の施工に先立ち，これと平行する作業坑(掘削断面積41m²，延長347m)に着手したが，丹波帯強破砕頁岩層では切羽面が自立せず，鏡面の押し出しや崩壊，大変形といった事態に見舞われ，施工に難渋した経緯がある．

このような作業坑の施工実績や，順次進められてきた作業坑交点部から南側の本坑施工実績を加味しながら，超大断面トンネルの施工に向けての設計・施工法の詳細検討を逐次行った．

これらの結果，超大断面トンネル区間では，当初設計の多段サイロット先進工法や上半先進工法，側壁導坑先進工法などを再度比較検討し，最終的には側壁導坑先進工法を採用し施工に臨んだ．

補助工法としては，地質が大阪層群未固結地山で掘削断面積が300m²を超える最大断面区間では，パイプルーフ工法(φ812.8㎜)を，それよりやや

小さな断面(215～262m²)の区間では長尺鋼管先受け工と長尺鏡補強工を採用し，切羽の安定化を図っている．

本稿では，超大断面トンネルの施工と坑内外の計測結果について報告する．

2　概　　要

2-1　南坑口部の概要

図-2, 3に示すように，南坑口部は分合流車線をトンネル内に抱き込むことから，標準２車線断面から250m間で徐々に断面拡大している(**図-4**)．最大断面は，延長90mのDⅢL-Ⅰで，掘削断面積313m²の超大断面となっている．

2-2　地質概要

南坑口部の地質は図-3に示すように北摂山地を構成する中・古生層の丹波帯(頁岩主体)が分布し，その上に大阪層群(砂，礫，粘土)が被覆している．

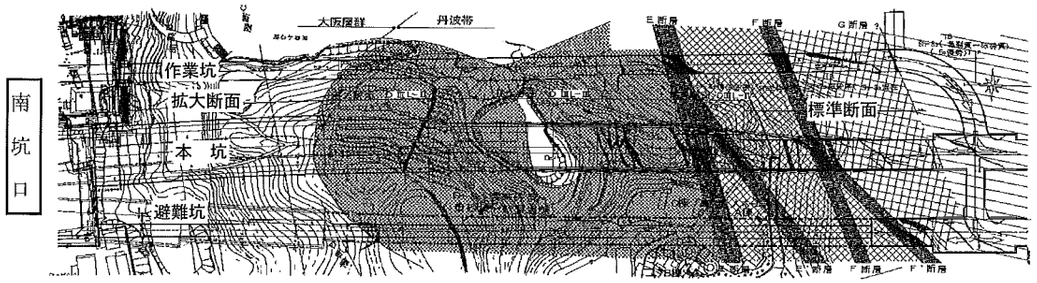


図-2　南坑口部平面図

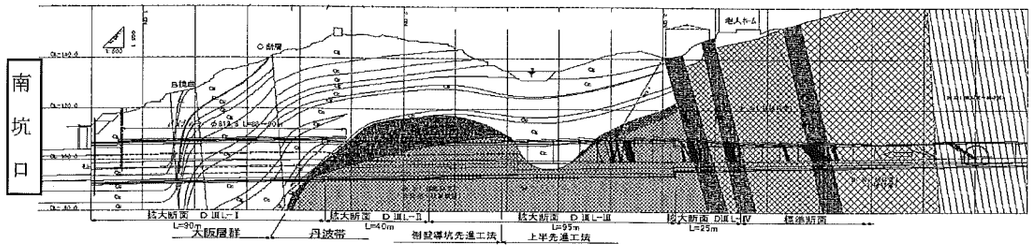


図-3　南坑口部地質縦断図

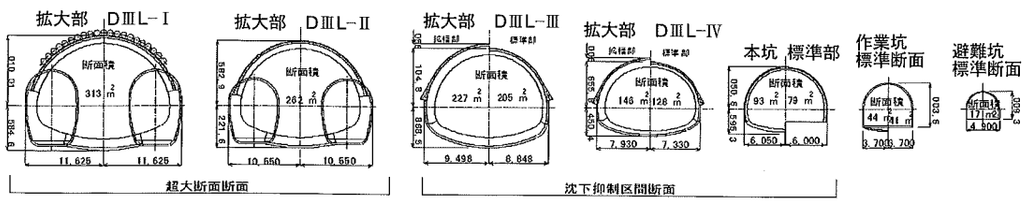


図-4　南坑口区間断面図

当区間では，有馬高槻構造線の派生断層が幾重にも分布し頁岩は強く破砕され，粘土化が著しい脆弱な地山となっている．

南坑口部での地山変形係数は，各種地質調査や試験，および施工中のトンネル変形をフィードバックした再現解析より大阪層群でおおむね80～100MPa，丹波帯(破砕頁岩)で55～70MPaとなっている．

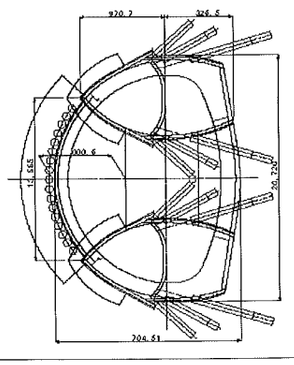
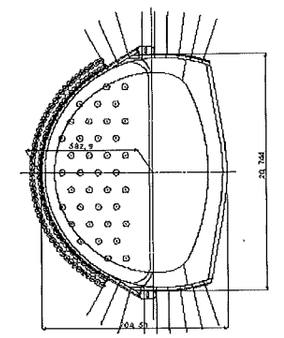
3　超大断面部の設計とその再評価

3-1　当初設計

超大断面部の当初設計は，**表-1**の第１案当初設計案に示すように多段サイロット工法とし，アーチ掘削時の切羽の安定性確保を目的に最大掘削幅および高さを制限した加背割りで計画していた．

しかし，さらなる安全性，施工性を追求するため，作業坑や本坑既施工区間の実績を定量的に再

表-1　工法比較表(DⅢL－Ⅱで比較)

概要図		第１案　多段サイロット工法(当初設計案)		第２案　側壁導坑先進工法		第３案　上半先進工法		
								
数値解析結果	天端沈下量(アーチ掘削時)	−58mm	△	−44mm	○	−54mm	×	
	天端沈下量(最終)	−63mm		−55mm		−115mm		
	支保工応力最大値	327N/mm²	△	301N/mm²	○	388N/mm²	×	
	吹付け応力最大値	14N/mm²		10N/mm²		7N/mm²		
安全性	導坑掘削時　切羽の安定性	加背高さに応じた分割施工が可	○	同左	○	—	—	○
	導坑掘削時　構造的安定性	天端部が鋭角なため応力集中する	×	側圧に対し１案より有利	○	—	—	○
	アーチ掘削時　切羽の安定性	加背が小さくもっとも有利	◎	切羽補強の併用により対応可	○	大がかりな切羽補強の併用により対応可	△	○
	アーチ掘削時　構造的安定性	側壁コンクリート高さが高く不安定	△	側壁コンクリート高さは適当で安定性がある	○	上半脚部地山の支持力不足が懸念される	△	○
	最終掘削時　構造的安定性	とくに問題はない	○	とくに問題はない	○	下半掘削時の共下がりが大きい	×	○
施工性	導坑時　掘削	天端部が狭く施工性に劣る	△	とくに問題はない	○	—	—	○
	導坑時　覆工	側壁コンクリート高さが高く不安定	×	側壁コンクリート高さは左記より低く有利	○	—	—	○
	アーチ～最終掘削時	アーチ掘削時，側壁との接合が難しい	△	とくに問題はない	○	大きな加背で施工性に優れる	◎	◎
総合評価		△		○(採用)		×		

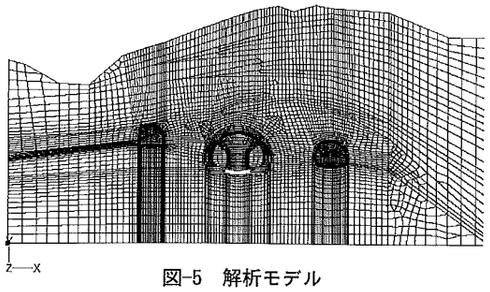


図-5　解析モデル

評価し，未施工区間の施工法を再検討することとした．

3-2　実績データにもとづく検証

上半先進工法により掘削した直前のⅢ断面の実績データから，丹波帯強破砕頁岩部では，

① 地山変形係数はE＝70MPa程度と脆弱な地盤である．

② 下半掘削時の脚部沈下量が想定より大きい．

③ これに連動し，共下がり的に天端部の沈下が促進されている．

④ 支保部材(鋼アーチ支保工，吹付けコンクリート，ロックボルト)の応力値が降伏状態に近い．

などの結果が得られたため，超大断面へのアプローチとなるⅢ断面の残区間(28m)，Ⅱ区間およびⅠ区間の施工法を再検討した．

検討は，脚部沈下の抑制や，これまでの施工実績から安全性が確認された地山の最大壁面ひずみを1.4%に収めることなどに着目し，①多段サイロット工法(当初設計案)，②側壁導坑先進工法，③上半先進工法，の３工法について比較検討を行った．

検討手法は，弾性非線形モデルによる二次元FEM解析を行い周辺地山の変位量やひずみ分布，支保部材応力などから安全性を評価した．さらに施工上の優位性を加味して，表-1に示したとおり，側壁導坑先進工法を採用することとした．なお，数値解析に用いたモデル図を図-5に示す．

4　超大断面部の施工

4-1　支保パターン

超大断面となるDⅢL-Ⅰ区間の支保構造，断面諸元を図-6および表-2に示す．

表-2に示すとおり，特殊な仕様のものは用いておらず標準的な支保部材の組み合わせである．

4-2　施工手順(施工フロー)

超大断面部の施工フローは図-7に示すように，左右の導坑掘削・側壁コンクリートの構築後，アーチ掘削に着手する．アーチ掘削時の荷重は側壁コンクリートで支持されるため，上半先進工法の弱点となった脚部沈下は大幅に低減できる優位性がある．

4-3　施工概要

4-3-1　導坑掘削工

側壁導坑は掘削断面積74m²，掘削高さ11mの縦長形状であり，従来の導坑といったイメージからはかけ離れた規模のものである(写真-1)．したがって，加背割りも上半，中半，下半，インバートの４分割とした．施工は上半・中半と下半・インバートの２ブロックに分け，それぞれ交互併進方式で掘削を行い，吹付けインバートによる早期断面閉合に留意した．

補助工法としては，注入式フォアポーリングをパターン化して採用した．また，切羽の自立が困難な砂層(均等係数Uc＝4.5)の出現箇所には，注入式二重管削孔長尺鏡補強工を必要箇所にのみ限定して採用した．

湧水対策としては，事前に予想した帯水砂層に対し導坑切羽より長尺水抜きボーリングを行い，ドライな状態での砂層掘削を心がけた．

4-3-2　導坑コンクリート工

掘削完了後，導坑コンクリートの施工に着手した．施工はその高さが7.7mにも及ぶことや，狭隘な導坑内での作業となることから，基礎部と壁部に分割して行った．

配筋仕様は内面主筋がD35@125の２段配置となり，加えてコーナー補強鉄筋，スターラップが高密度に配置されているため，施工にあたっては，①主筋，配力筋のユニット化，②ウェッジ圧入式継手の採用によるスターラップ組み立て作業の簡便化，などの合理化を図った．また，本体アーチ部およびインバート部との接合箇所には，ネジ・

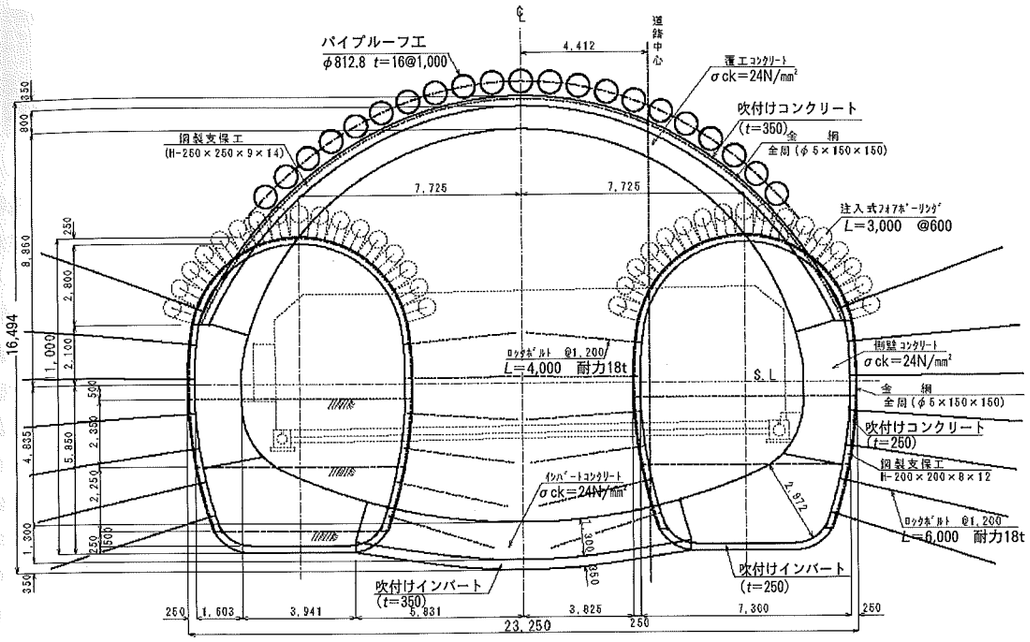


図-6　支保パターン図(DⅢL－Ⅰ)

表-2　支保構造および断面諸元

名　称	加背区分		備　考
	導坑部	本体部	
吹付けコンクリート	t=250	t=350	σ_{ck}=18N/mm²
鋼アーチ支保工	H-200	H-250	SS400
ロックボルト	L=6m	なし	地山側 n=７本
	L=4m		内空側 n=６本
掘削断面(設計)	全掘削断面(m²)		313
	導坑掘削(m²)		74 (片側)

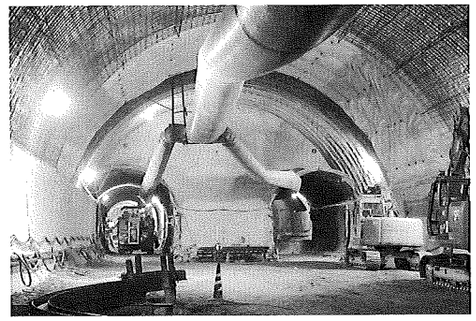


写真-1　導坑坑口

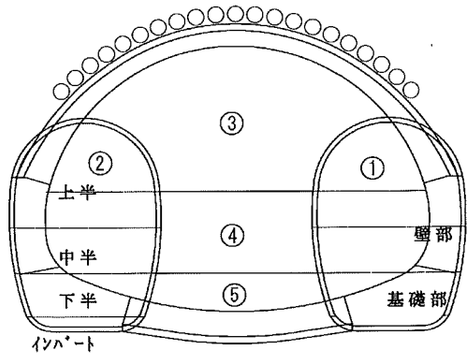


図-7　施工フロー図

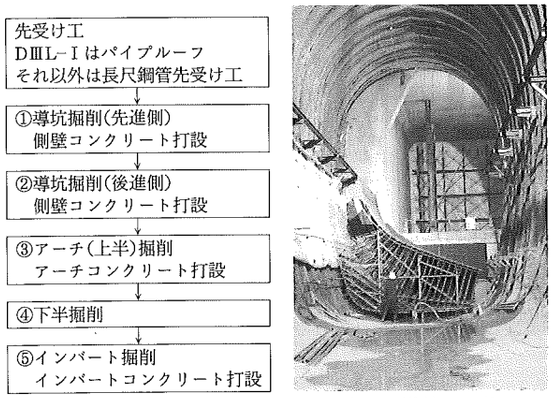


写真-2　導坑配置状況

スクイズ式鉄筋継手工法(機械式継手)を採用した(**写真-2**).

4-3-3　本体アーチ掘削工

導坑コンクリート完了後上半盤へのアプローチ盛土を行い，アーチ掘削を開始した．掘削は導坑支保部材(吹付けコンクリート，鋼アーチ支保工)を取り壊しながら進め，導坑内は掘削ずりを埋め戻しながら施工足場を確保した．

掘削機械は大型ブレーカ(ロングリーチ仕様)を用い，バックホウを並列にして効率的な掘削を行った(**写真-3**).

鋼アーチ支保工は片側14mもの長さとなるため導坑天端付近の位置で継手を設け，4分割で現場に搬入した．これを切羽付近の仮置場で接合し左右2本を専用エレクタで建て込んだ(**写真-4**).

補助工法としては，大阪層群未固結地山であり，かつ最大断面となるDⅢL-Ⅰ区間ではパイプルーフ工法(φ812.8)を，丹波帯強破砕岩盤地山のDⅢL-Ⅱ区間などでは無拡幅鋼管先受け工法を採用した．また導坑と同様，自立困難な砂層に限定して，注入式二重管削孔長尺鏡補強工を施工した．

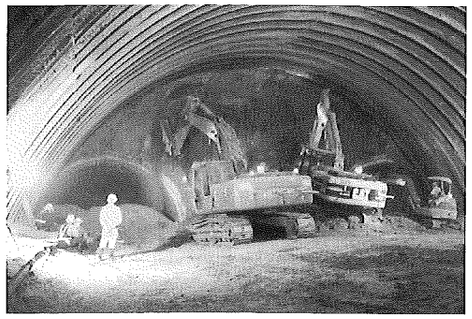


写真-3　アーチ掘削状況

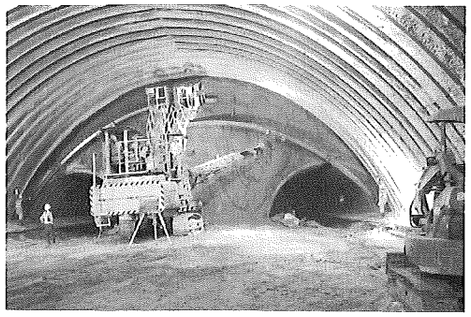


写真-4　支保工建て込み状況

写真-5　パイプルーフ掘進機

これら補助工の計画的採用や，全切羽での鏡吹付けの実施により，安全かつ安定した掘削作業が実現できた．

4-3-4　パイプルーフ工

パイプルーフの工法選定にあたっては，①長距離掘進であること(約90m)，②自立性に乏しい砂層や硬質粘土層などの土質変化が激しい地盤であること，③地下水湧出が懸念されること，④作業スペースに制約を受けること，⑤推進反力を既設構造物で受けなければならないこと，⑥到達側での先導体(掘進機)の回収ができないこと，⑦高精度の推進が不可欠なこと，などの施工条件から掘進機の管内回収が可能な泥土圧方式MMT(マルチマイクロトンネリング)工法を採用した(**写真-5**).

施工はトンネル坑口側に立坑を構築し，そこを発進基地として坑奥側に向けて推進した．施工精度は高く(約1/2,000)，トンネル掘削時にはきれいに並んで出現した．

なお，今回のパイプルーフはノンセクション方式を採用したが，パイプ間の抜け落ちもなく良好な先受け効果が発揮されていた．

4-3-5　アーチ覆工コンクリート工

当該区間のアーチ覆工においては次のような問題点・課題が予想された．

① 高密度配筋部のジャンカの発生，材料分離，充填不良箇所の発生

② アーチ天端部での充填不足(複鉄筋構造＋大巻き厚[最大125cm])

③ 大スパン，大巻き厚に伴う温度ひび割れ，乾燥・収縮に伴うひび割れの発生

これらの課題に対し最近その適用事例が増加している「高流動(自己充填)コンクリート：スランプフロー値60cm程度」の採用も検討したが，①側圧増加に伴うセントルの強度不足や，②型枠(とくに棲)からのコンクリートの流出，③コンクリート単価の高額化，などのデメリットも多く当現場では採用困難と判断し，新たなコンクリートを開発することとした．

表-3　準高流動コンクリート(膨張材添加)配合表

Gmax (mm)	セメント種別	W/C (%)	s/a (%)	σ_c (N/mm²)	スランプ (cm)	単位量(kg/m³)						
						C	W	S	G	P	E	AD
20	N	57	48	24	23	287	175	796	890	100	20	5.29 1.3%

P：石灰石微粉末　　E：水和熱抑制型膨張材(エトリンガイト・石灰複合系)　AD：高性能AE減水剤
※スランプフローは管理参考値として42cmを採用

開発にあたっては，フレッシュコンクリートの性状改善と，ひび割れ抑制といった硬化コンクリートの性状改善，の2つの観点から種々の検討，配合設計，試験練りをくり返した．最後に，実際に用いるセントル型枠の一部を使用してモデル施工を行い，実施工への適用性を判断した．また型枠への作用荷重を計測しセントル強度のチェックやその補強を検討した．

ひび割れに関しては3次元有限要素法を用いた温度応力解析を行い，膨張材の添加により天端部での最小ひび割れ指数が0.7から1.3程度に改善される結果となり，その採用を決定した．

開発されたコンクリートの性状，配合は**表-3**に示すとおりであり，施工結果も良好である．

覆工コンクリートの施工スパン長は1回の打設数量が200m³以下となるよう，6mを基本とした．

4-3-6　下半，インバートの施工

下半は導坑を取り壊しながら一気に掘削を行い，インバートは掘削，吹付けを逐次行い早期の断面閉合を図った．

最後に鉄筋およびインバートコンクリートを打

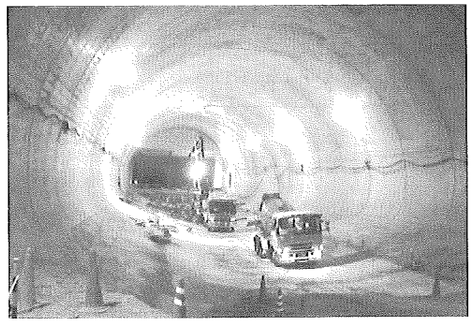


写真-6　インバートコンクリート打設状況

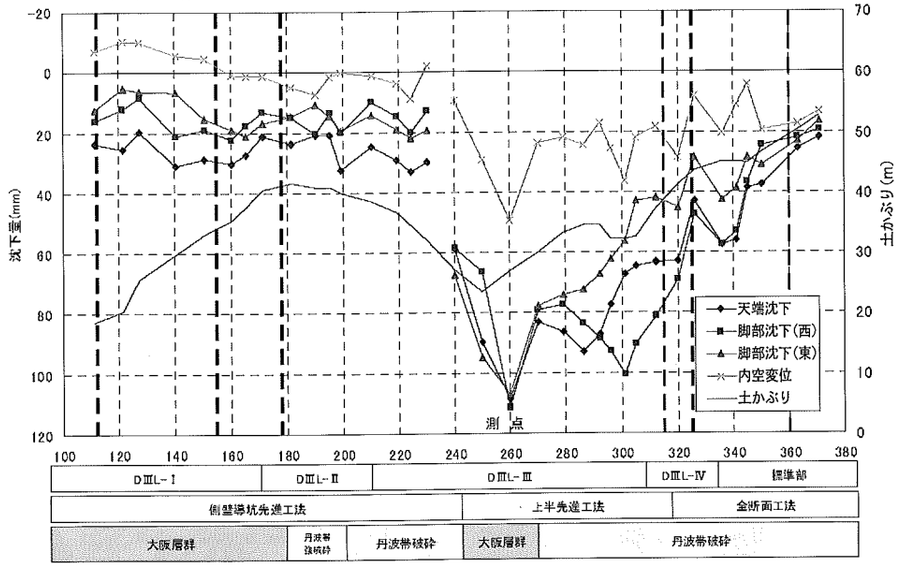


図-8　A計測結果縦断分布(導坑区間は上半アーチ部掘削時の計測結果)

設し本体工事の完了となる(**写真-6**).

4-4　計測結果

4-4-1　坑内A計測

図-8に示すA計測の結果，以下の結論を得た.

① 上半先進区間では，切羽が進むにつれて天端沈下は増加し最大で100㎜を超えたが，側壁導坑先進区間では大きな変化は見られずほぼ一定の値で推移している.

② 側壁導坑先進区間における天端沈下の収束距離は35～40m程度である．これは1.5 *D*～2.0*D*に相当する.

③ 脚部沈下の挙動の傾向は，天端沈下に連動しており，土かぶりとも相関性がみられる.側壁導坑区間における脚部沈下の天端沈下に対する比率は，平均で55%程度となっている.

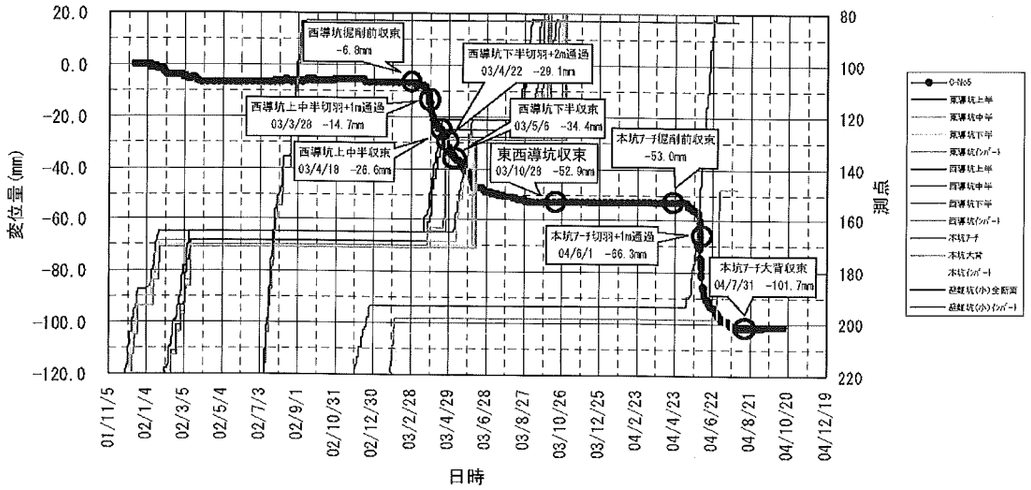


図-9　地中沈下経時変化図(絶対沈下量)No.1＋50

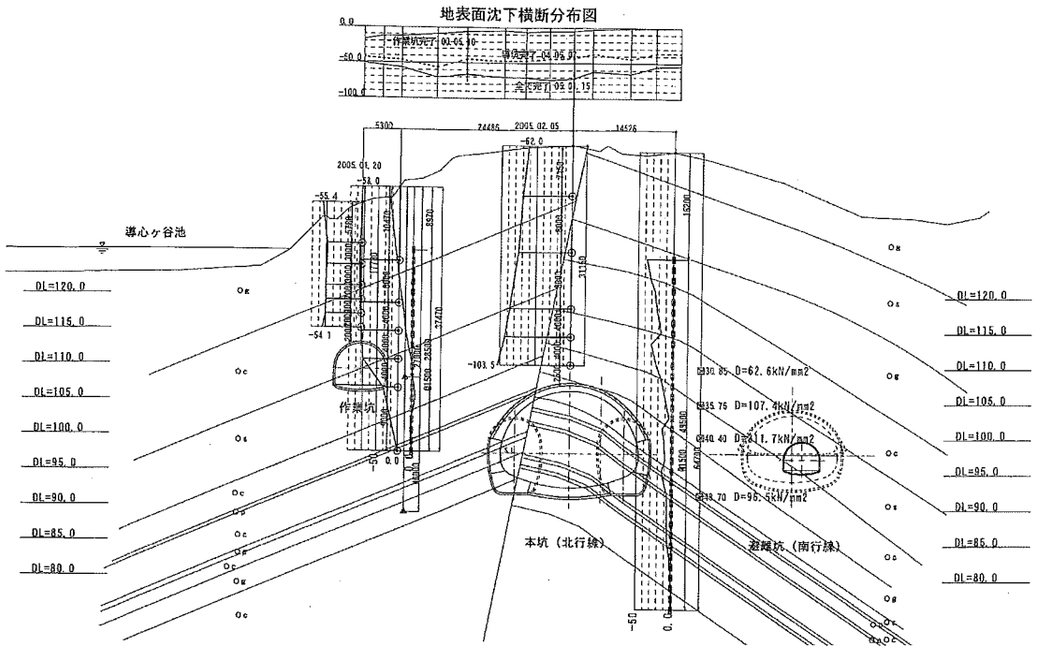


図-10　坑外計測のまとめ(No.1＋50)

4-4-2　坑外計測

図-9にトンネル天端上方2.5m位置の地中沈下計の経時変化図を示す．これによれば，導坑掘削前の先行変位は6.8㎜，導坑掘削後の収束変位は，52.9㎜となっている.

また，上半アーチ掘削完成後の収束変位は，大背掘削を含み101.7㎜となっており，上半アーチ掘削前を初期値とした上半アーチ掘削時の先行変位率は約27%という結果であった.

図-10に坑外計測に関する総括図を示す．同図に示すように，作業坑ではトンネル天端部から地表面まで共下がり的に一様沈下を起こしていたが，本坑に関しては，天端沈下に対する地表面沈下の比率が60%程度となっており共下がりは起こしていない．これは側壁導坑によって脚部の沈下を抑制した効果であると思われる.

以上のように，地山を必要以上に緩ませず安全に施工できたことから，側壁導坑先進工法の採用が良好な結果を導いたものと評価している.

5　おわりに

最大掘削断面積が300m²を超える他に例を見ない超大断面トンネルを未固結地山という悪条件下で施工する試みが，大きなトラブルもなく掘削を完了できたことは，現場で施工に携わった方々が常日頃より課題に取り組んで対処するとともに，日々の絶え間ない施工管理を行ってきた証であると思う.

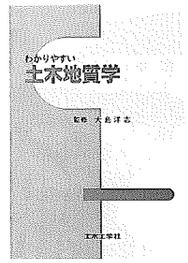
平成17年3月末現在，工事完了へ向けラストスパートを迎えており，本稿掲載の頃には若干の雑工を残すのみと思われるが，竣工まで気を緩めず無事故であることを願うのみである.

最後に，施工にあたりご指導を頂いた箕面有料道路トンネル技術研究会の大阪大学名誉教授・松井保委員長をはじめ委員の方々に誌面をお借りして心から御礼を申し上げます.

【好評発売中】

わかりやすい**土木地質学**

大島洋志 監修　B5判　209頁　本体価格 2,500円　〒340円



本書は，平成11年3月号より17回にわたって「トンネルと地下」に連載した「トンネル技術者のための応用地質学入門」をベースに，加筆および整理してまとめたものである．本書では，最新のトンネル技術，地質学，ならびに，地質調査法などを挙げ，学生から実務者まで広範に満足させる内容となっている.

〔主要目次〕

序　編　トンネルと地質の関わり
第Ⅰ編　トンネル工事に必要となる基礎的地質学
第Ⅱ編　トンネル工事と地質条件
第Ⅲ編　地質調査法
第Ⅳ編　工事を対象とした地質調査の進め方

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

現場だより
平成17(2005)年

『国境の島』対馬より

永渕　信

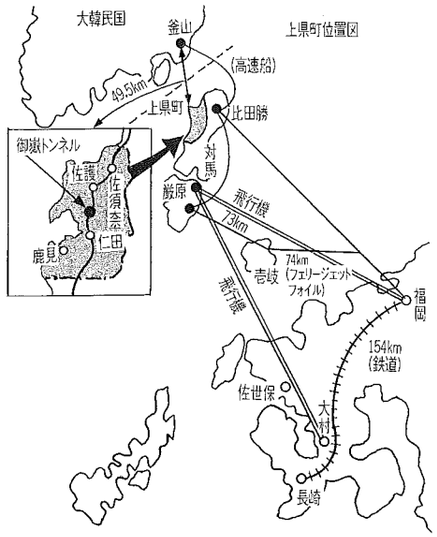
長崎県の対馬は，福岡から北西に138km，韓国へは最短距離で約50kmの九州最北端に位置する「国境の島」である．

観光地のひとつである上対馬町の韓国展望所(よく晴れた日は朝鮮半島の山並みが望めるほどの距離にある)で，備え付けの望遠鏡で釜山市のビル群が鮮明に見えたときは本当に距離の近さを実感した．

このような地理的条件から，古来より日本と大陸(朝鮮半島)の架け橋の役割を果たしてきており，文化遺産や言語などもその影響を深く受け，多くの痕跡を残している「歴史遺産の島」でもある．

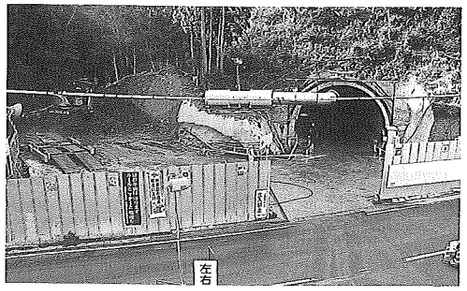
また，およそ一万年前までは大陸や九州と陸続きだったという地理的特異性から今でもツシマヤマネコをはじめとする大陸系の動植物が数多く生存し，かつそれらの生活する場も日本一長いリアス式海岸で代表されるように手つかずの自然がたくさん残っている「超自然の島」でもある．

対馬は東西に約18km，南北に約82kmと細長い島であり，交通手段としては北の上対馬町から南の厳原町に伸びる国道382号が基幹道路の役目をなしている．



位　置　図

韓国展望所(後方に見える水平線あたりが韓国)



坑口全景(前側道路が現道の国道382号)

しかし，国道の改良率は低く，道路の幅員が狭いところや急カーブ坂の多いことが特徴的である．

平成16年3月にこれまで6町に分かれていた対馬がひとつとなり対馬市が誕生した．今後，ますます産業経済を活性化させ，地域間交流の促進を進めていくために道路網の整備が必要となっている．

さて，この工事は一般国道382号のどう坂地区に位置し，幅員が狭く急カーブが多いうえに崖崩れなどでたびたび通行止めが起きる峠越えのルートを改良し御嶽トンネル(延長1.2km)を建設するものである．

地質は，対馬全域にわたって基盤岩を形成する対州層群で，堆積岩(頁岩と砂岩の互層)で構成されている．

平成16年6月より掘削を開始し12月末で約750m完了しており，平成17年5月初旬の貫通を目指している．

現道(国道382号)と近接しているため，とくに交通災害防止に力を入れ地元住民のご理解とご協力を得ながら，発注者・JV職員・協力会社が一丸となり無事故・無災害で早期に竣工できるよう施工中である．

(日本国土・小宮・榮JV御嶽トンネル作業所所長)

施工

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—

東京都交通局工務事務所所長　佐野正生
東京都交通局工務事務所工事第一係長　中村茂之
東京都交通局工務事務所工事第一係　野中均
清水・イケハタ建設共同企業体監理技術者　斉藤健司

1　はじめに

本工事は，都営新宿線一之江駅環七側出入口と江戸川区が施工中の地下自転車駐車場とをつなぐ連絡通路工事である．工事は東京都交通局が江戸川区から受託して施工した．

この工事では地下鉄出入口を閉鎖することなく，出入口直下に地下連絡通路を築造する必要があり，開削工法と非開削工法を検討した結果，東京都交

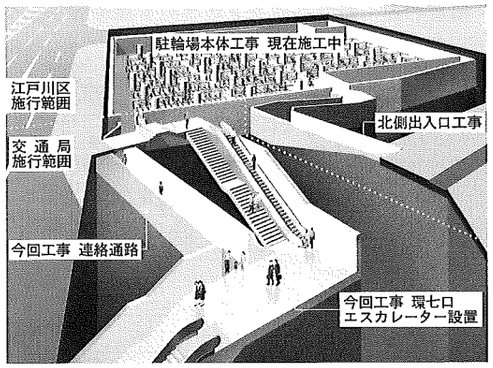
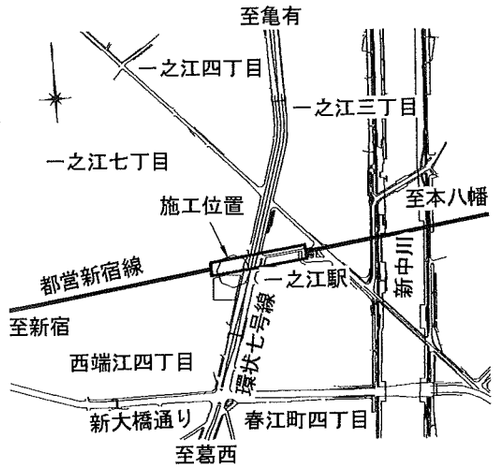


図-2　完成予想躯体内部図



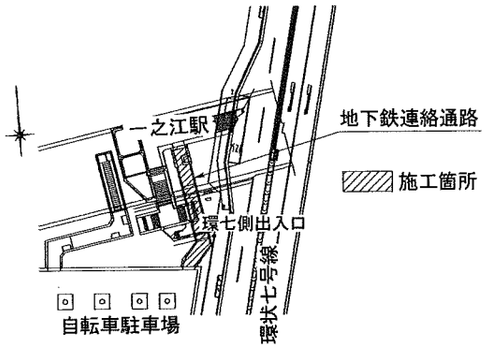


図-1　施工場所位置図

通局として初めて非開削工法のR＆C（ルーフアンドカルバート）工法を採用した．

本稿では，同工法を採用した都営新宿線一之江駅自転車駐車場連絡通路等土木工事について報告する．

図-1に施工場所位置図，図-2に完成予想図を示す．

2　工　事　概　要

連絡通路工事概要を以下に示す．

工 事 名：都営新宿線一之江駅自転車駐車場連絡通路等土木工事
工事場所：東京都江戸川区春江四丁目5番地先
工　　期：平成15年12月25日～平成16年11月30日（11か月）
発 注 者：東京都交通局
施 工 者：清水・イケハタ建設共同企業体
構造形式：箱型鉄筋コンクリート構造
　　幅 3.1m，高さ 3.3m，延長 25.8m
　　内訳：発進部L＝10.2m（現場打ち）
　　推進部L＝10.5m（工場製作）
　　到達部L＝ 5.1m（現場打ち）
主要工事数量は以下のとおりである．
発進立坑築造工：W5.4m×H6.8m×L11.4m
到達立坑築造工：W5.5m×H6.5m×L5.1m
地盤改良工（JSG工法）：ϕ2.0m L＝1.7m 30本
　　ϕ1.8m L＝7.0m 4本
薬液注入工（二重管複相式）：100.6kℓ
箱型ルーフ推進工：□800　12.0m/列　7列
函体製作工：工場製作　7函体（13t/函体）
　　（内空 W2.5m×H2.7m×L1.5m）
函体推進工：W3.1m×H3.3m×L9.28m
躯体構築工：2か所（発進部，到達部）
　　コンクリート　73m³
　　鉄　　筋　9t

図-3に施工計画図を示す．

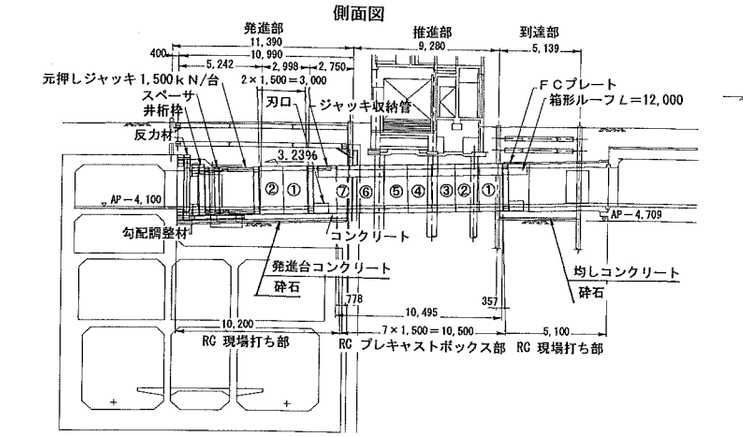


図-3　全体計画図

3　工　法　検　討

3-1　地　質　概　要

当該工事場所の江戸川区一之江付近一帯は，荒川と江戸川に挟まれた，東京低地の軟弱地盤帯である．

今回の推進範囲の対象層としては，GL－2.4～－6.0mの範囲でシルト混じり細砂が主で下部にシルト質微細砂層が存在し，粒子が細かく含水量の多いルーズな層である．

地下水位はGL－1.7mと高く，推進時の湧水は多いと想定され，薬液注入による地盤改良が必要である．なかでも，下部のシルト質微細砂の層は飽和度が非常に高いと想定されるため，確実かつ慎重な薬液注入が必要である．図-4に土質柱状図および到達立坑断面図を示す．

3-2　工　法　の　選　定

本工事において，工法を選定するうえでもっとも重要なポイントは次の点であった．

① 環七側出入口は1か所しかないため，工事期間中閉鎖することはできない．

② 環七出入口直下での作業で土かぶりが小さい（最小H＝0.5m）．

③ 環七出入口の基礎杭と新設構築物との離隔が少ないため，施工精度が要求される（最小H＝0.2m）．

まず，開削工法と非開削工法の選定においては，出入口をアンダーピニングした場合，空間が狭く受け桁が通路上床の構築に支障することから，開削工法は困難と判断した．

次に，非開削工法の工法選定について，刃口推進工法とR&C工法との比較検討を行い，刃口推進工法では出入口の基礎杭との離隔が小さいので，掘進の際に基礎杭に影響を与える恐れがある．また，刃口推進工法はR&C工法よりも掘進の施工精度が劣る．R&C工法は施工精度が高く，周辺地盤の影響が少ない．以上の点を詳細に検討した結果，箱形ルーフ推進を先行した後，函体推進を行うR&C工法を採用した．

3-3　R&C工法の概要

R&C工法とは，小断面の鋼製箱型ルーフにフリクションカットプレート（以下，FCプレート）を取り付け，これをボックスカルバートの計画位置に先行推進する．

その後，ルーフ後端に既製の函体を据え付けて推進し，同時に箱形ルーフの回収を行う工法である．

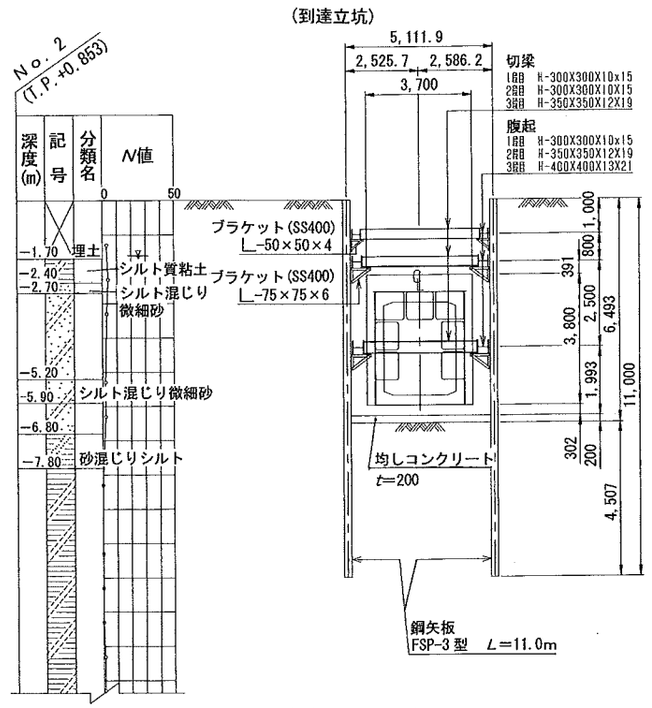


図-4　土質柱状図および標準断面図

4　施　　工

4-1　施　工　順　序

図-5に施工フローおよび施工順序図を示す．

4-2　施　工　概　要

4-2-1　底盤改良工（JSG工法）

発進立坑部は，既設駅舎の躯体上となるため，土留め鋼矢板の根入れが不足することから，JSG工法により，底盤部の地盤強化を行った．到達立坑部においては，土留め鋼矢板の変位量を

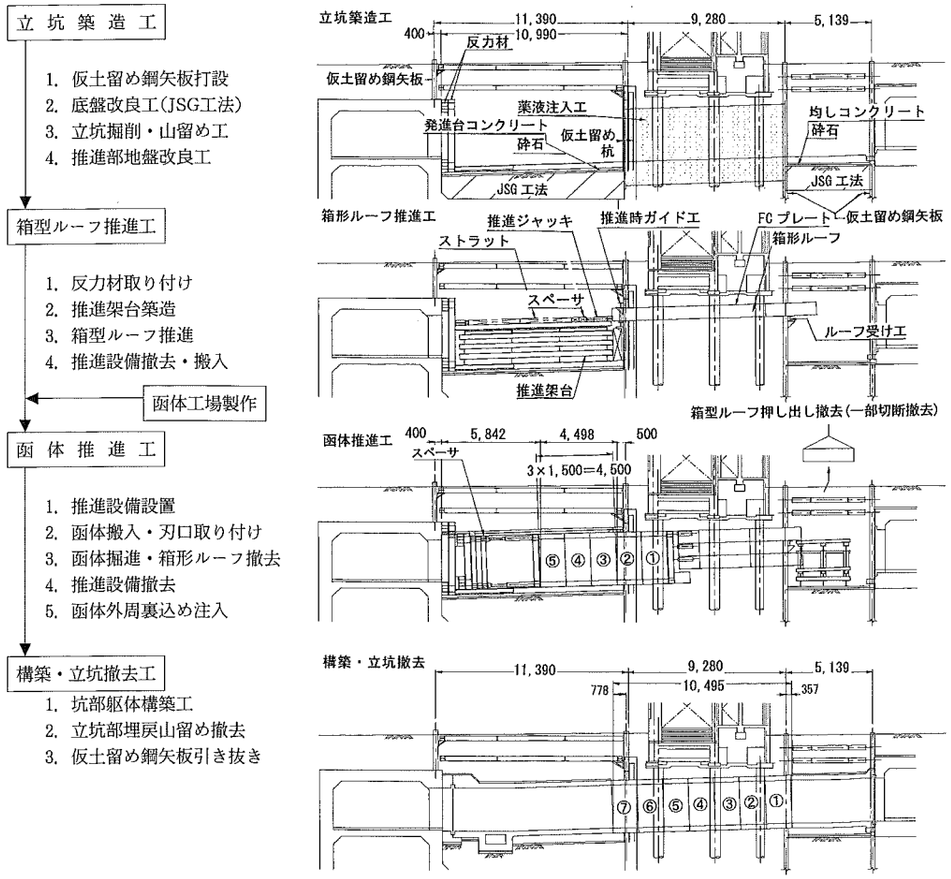


図-5　工法概要図

軽減させ近接埋設物の影響を抑える必要があることから，JSG工法による底盤改良を行った．

4-2-2　探査ボーリング

環七出入口基礎杭と連絡通路躯体との最小離隔は図面上20cmであった．基礎杭位置が図面と異なると，新設構造物のR&C函体施工が不可能となる．よって，基礎杭位置確認のため，薬液注入用ボーリングマシーンを用い，水平ボーリングによる基礎杭探査を行った．

探査結果は，図面上の位置とほぼ同じで，R&C函体施工に影響がないことが確認できた．

4-2-3　推進部地盤改良工

R&C函体推進地盤は非常にゆるい帯水微細砂層である．推進に伴う周辺地盤の変状を抑制する目的と地下水による流砂現象防止のため，薬液注入により地盤強化と止水性向上を図った．直上には既設構造物の躯体があるため，発進立坑からの水平注入で施工した．注入仕様については以下のとおりである．

① 注入方式：二重管ストレナー工法(複相式)
② 注入材料：水ガラス系注入材(溶液型瞬結材＋溶液型緩結材)
③ 注 入 率：ハードゾーン40.5%
　　ソフトゾーン30.5%

既設構造物および地下埋設物と近接しているため，薬液注入中は水準測量にて変位計測を実施した．管理値は各埋設企業者と協議を行い，一次管理値を6㎜，二次管理値を10㎜と設定した．施工中，一次管理値に近づく事態となったが，以下に述べる対策を講じ，慎重に施工した結果，最終的

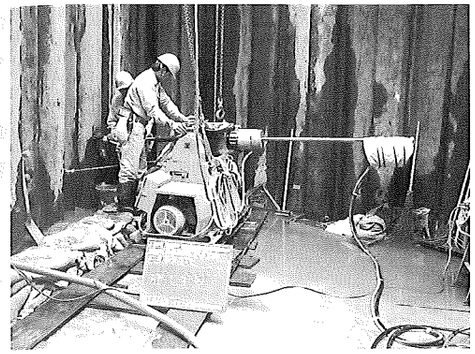


写真-1　薬液注入状況

には既設構造物の変状も近接埋設物への影響もなく完了した．

① 注入機械台数を2台から1台に削減する．
② 吐出量をQ＝14ℓ/minから8ℓ/minへと少なくする．
③ 一次管理値を超えた場合は，注入を中断し，注入圧を放散させ，変位の低下を図り，変異低下を確認後再注入を行った．施工状況を写真-1に示す．

4-2-4　箱型ルーフ推進工

箱形ルーフ推進は，函体推進時の既設出入口構造物防護のために行う．

箱形ルーフは門形に配置し，図-6箱形ルーフ掘進順序図にあるように水平部は3列同時推進，垂直部は左右2列同時推進とした．

使用したルーフ管は函体の寸法に合わせて，以下のサイズの管を使用した．

・水平部
　□1,000㎜×800㎜ L＝3.0m×4本＝12m
　2列
　□950㎜×800㎜　L＝3.0m×4本＝12m
　1列
・垂直部
　□800㎜×800㎜　L＝3.0m×4本＝12m
　4列

ルーフ管長さは標準L＝6.0mであるが，立坑形状の制約があり，L＝3.0mのものを使用した．

箱形ルーフの施工精度は，引き続き推進する函体の施工精度にも大きく影響するので慎重な施工

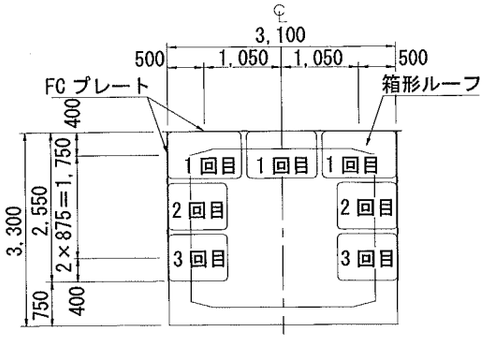


図-6　施工順序図

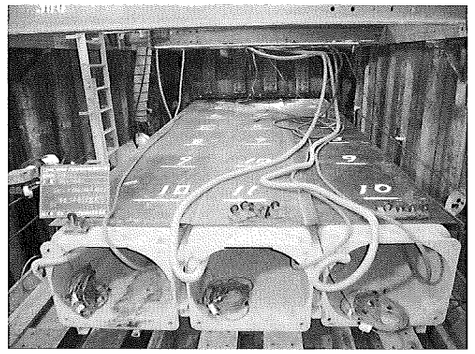


写真-2　FCプレート設置状況

写真-3　箱形ルーフ内掘削状況

が必要である．施工精度を常時確認し，きめ細かく掘削部位を確保しながら，人力で慎重に掘削・排土を行い，ルーフ管を推進した．作業場所出入口部近くに一之江駅駅務員の仮泊所があり，夜間は終電後，職員が仮眠している．よって，資材運搬車や，ダンプトラックの出入りができず，推進作業は原則的には昼間作業のみとした．掘進作業終了後はルーフ管内先端部に土留め矢板にて仮土

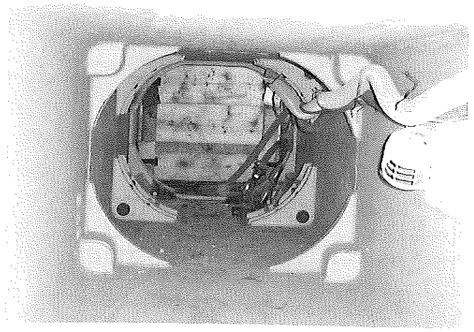


写真-4　箱形ルーフ内土留め状況

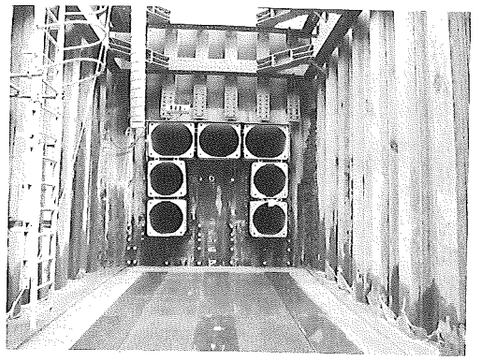


写真-5　箱形ルーフ推進完了

留めを行った．

施工状況を**写真-2～5**に示す．

4-2-5　函体推進工

函体は工場製作とした．これは工期の短縮と函体推進作業用地が駅前広場の一画で，作業用地内に函体製作スペースが確保できないからである．

（1）　函体・刃口

函体は外径で幅3.1m，高さ3.3m，1ブロックの長さ1.5m（重量13t）とした．函体間はPC鋼棒φ17×4本で緊張連結し，連結面は水膨張タイプの止水ゴムを施した．

刃口は工場で製作し発進立坑上で組み立て，函体と一体化させた．

（2）　推進力の検討

箱形ルーフ推進設備は150tジャッキ2台で，箱型ルーフジャッキ収納管に設置した．刃口には切羽仮土留め用のフェースジャッキ30tを4台装備した．

元押しジャッキは150tジャッキを4台設置した．

元押しジャッキの台数算出根拠は，函体の算出推進抵抗力(T=448t：安全率α=1.2)より150tジャッキ4台(推力600t)とした．

元押しジャッキの推進力の管理値としは函体推進抵抗力がT=448t，ジャッキ1台あたりの推進力P=448/4=112tの80%を一次管理値(90t)とし100%を二次管理値(112t)とした．

推進力を支える支圧壁からの反力による既設駅舎部への影響は，最大推進力T=448t作用させた解析結果では駅舎の構造に問題なしという結論であった．施工後の構造確認でもその影響は認められなかった．

（3）　函体推進掘削工

人力で掘削し，元押しジャッキにて函体を推進した．作業は箱形ルーフ推進時と同様に昼間作業とし，　掘進作業終了後は刃口に切羽土留め矢板とフェースジャッキにて土留めを行い切羽の崩壊を防止した．

切羽状態は掘削中，湧水なども見受けられず，薬液注入の効果により安定した状態であった．

残土搬出は，人力掘削した残土をベルトコンベヤで函体後部に仮置きしたバケット(1 m³)まで排土し，ラフタークレーンにてダンプトラックに積み込み，場外へ搬出した．

到達部では，箱形ルーフ管端部の下がりを防止するため，撤去受け架台を設置し，箱形ルーフ管は引き抜き後，ラフタークレーンにて引き上げ，回収した．

施工状況を**写真-6～10**に示す．

4-3　施 工 結 果

4-3-1　箱型ルーフ推進工

箱形ルーフの到達位置での施工精度は，規格値±30㎜に対し，上下変位で＋24㎜，水平変位は環七側に17㎜であった．

箱形ルーフ管の推進抵抗力は設計上，最大で66tであった．実際の施工でも上段中央の箱形ルーフ管施工到達時に推進力が66tとなり，計画どおりの推力のであった．

4-3-2　函体推進工

函体推進の完了時，到達位置においての施工精

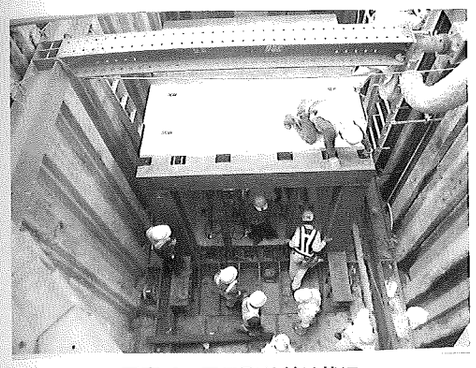


写真-6　刃口取り付け状況

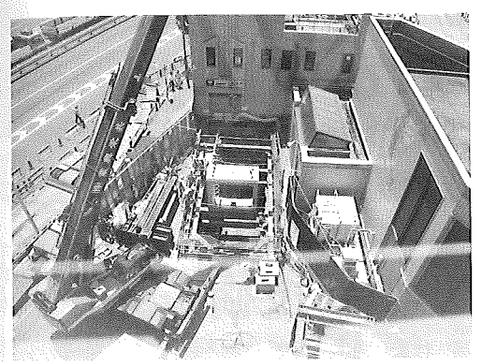


写真-7　函体設置状況

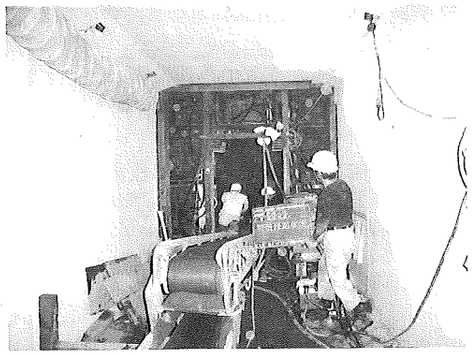


写真-8　函体掘進状況

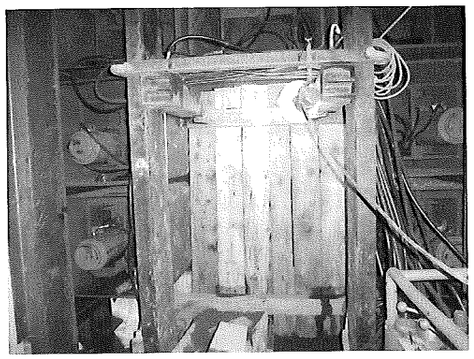


写真-9　函体内土留め状況

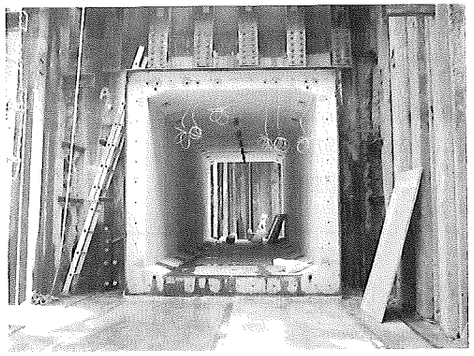


写真-10　函体推進完了状況

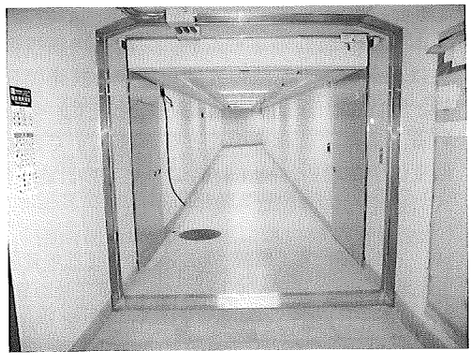


写真-11　連絡通路完成写真

度は規格値±30㎜に対し，函体上下変位で底版天端の環七側(左)は＋11㎜，既設出入口側(右)は－15㎜，水平変位は既設出入口側に11㎜であった．

矩形推進精度の課題として，ローリングが挙げられるが，規格許容値以下となり，最終構造物形状に影響はなかった．

推進抵抗力は設計上，最大で448tであったが，実際の施工では到達時の推進力が最大で，204tであった．

今回の推進力の計画と実施の比較について検討した結果，設計では函体の周面摩擦抵抗力を函体全外周で算出している．今回，摩擦力は下床部と側部の一部(FCプレート設置以外)のみ作用していたと考えると，推進力計算の結果から，函体の推進抵抗力T=220t（安全率α=1.2含む）となり，実施とほぼ同等の数値となる．

このことから，FCプレートを設置することによって，周面摩擦力の軽減を図ることができた．

5 おわりに

本工事の施工環境は非常に厳しい条件であった．出入口直下の土かぶりが小さい深度で，かつ，出入口構造物基礎杭との離隔が極小，しかも地下水位が高いルーズな微細砂層でのR＆C工法による工事であった．品質の良い構造物を安全に，しかも無事故で施工することができた．また，後続工事も順調に進み，無事に竣工することができた．

現在は躯体内の建築工事も完了し，平成17年4月の供用開始を待つのみとなっている．

本工事の施工に際しては，江戸川区をはじめとして，多くの方々にご協力・ご指導をいただき感謝いたします．

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．

〔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

研　究

押し出し性地山を克服するための戦略メニューの提案

三井住友建設(株)土木技術部次長　高　橋　　浩
山口大学工学部社会建設工学科助教授　進　士　正　人
NPO法人臨床トンネル工学研究所理事長(山口大学名誉教授)　中　川　浩　二

1 はじめに

いわゆるNATMが日本に導入されて20数年経過し，施工技術は矢板工法の時代よりも格段に進歩した．しかし，NATMによる施工においても，押し出し性地山に建設されるトンネルでは，施工が難渋することはまれではない．

この原因のひとつに，変位抑制に対して早期閉合が有効[1]であることが周知されているものの，変位抑制を目的とした対策工や支保構造および施工方法の選択基準などが必ずしも一般化されておらず，施工現場で直接関係するトンネル技術者が現場の施工条件に応じて，経験的にそれらを選択していることが挙げられる．また，現段階では，解析的アプローチにも限界があると思われる．

本研究[2),3)]では，臨床トンネル工学[4)]的アプローチにより，経験的事実，すなわち押し出し性地山を克服した事例を整理することで共通性を見出し，トンネル技術者が簡易に概略評価・検討を行えるような判断基準(目安あるいは平均値)を提案した．具体的には，2車線道路断面および新幹線断面クラスのトンネル施工事例のうち，トンネル技術者が押し出し性地山と評価し，公表している事例報告をできる限り収集し，それらを同一の観点から整理することで，押し出し性地山を克服するための戦略メニューを提案することを試みたものである．

なお，本研究では，土圧が地山の強度を超えることにより，トンネル掘削後に地山の塑性化による大変形の発生が懸念される地山を「押し出し性地山」(squeezing ground)と定義する．また，おおむね100㎜(押し出し性地山の一軸圧縮強度を5 MPa，限界ひずみ[5)]を2.0%と仮定し，掘削半径を5.0m，計測可能な変位を全変位量の50%とした場合の内空変位に相当する)をしきい値とし，これを越える内空変位を「大変形」と定義した．

2 研究に用いた施工事例データ

2-1 施工事例の収集範囲

本研究では，施工機械や施工技術の発展を考慮し，国内において1990年以降の押し出し性地山の施工で問題が発生した2車線道路断面クラスおよび新幹線断面クラスの30トンネルを対象とした．

2-2 事例整理のために用いた指標

施工事例を比較・検討するための指標のひとつとして，式(1)～(4)に示すHoekとBrownが提案した支保内圧算定式[6)]により，支保工が地山に与える外圧(以下，「支保内圧」と呼ぶ)を算出した．

本経験式は，等方均質地山中の円形トンネルに与える拘束圧をそれぞれの支保部材の強度の和として算定するものである．施工順序や吹付けコンクリートの硬化などの時間的要素が考慮されていない，ロックボルトによる支保剛性には長さが影

響しない，トンネル断面形状は円形でなく馬蹄形が多いなど，実際のトンネルの支保内圧を正確に算出できるものではないが，支保内圧を同一の指標で数量化し，比較できる長所を有している．

$$P_i = P_{sc} + P_{ss} + P_{sb} \quad (1)$$

$$P_{sc} = 1/2 \times \sigma_{cc} \left[1 - (r_i - t_c)^2 / r_i^2\right] \quad (2)$$

$$P_{ss} = (\sigma_{ss} \times A_s) / (S \times r_i) \quad (3)$$

$$P_{sb} = T_{bf} / \{(s_c \times s_l) \times 10^6\} \quad (4)$$

ここに，

P_i　：支保内圧(MPa)

P_{sc}　：吹付けコンクリートの支保内圧(MPa)

P_{ss}　：鋼製支保工の支保内圧(MPa)

P_{sb}　：ロックボルトの支保内圧(MPa)

σ_{cc}：吹付けコンクリートの圧縮強度(MPa)

r_i　：トンネル掘削半径(m)

t_c　：吹付けコンクリートの厚さ(m)

σ_{ss}：鋼製支保工の降伏強度(MPa)

A_s　：鋼製支保工の断面積(m²)

S　：鋼製支保工の設置間隔(m)

T_{bf}　：ロックボルトの引き抜き耐力(N)

s_c　：ロックボルトの周方向間隔(m)

s_l　：ロックボルトの延長方向間隔(m)

3 押し出し性地山の判定基準および設計方針に関するメニュー

図-1に，本研究で提案する押し出し性地山を克

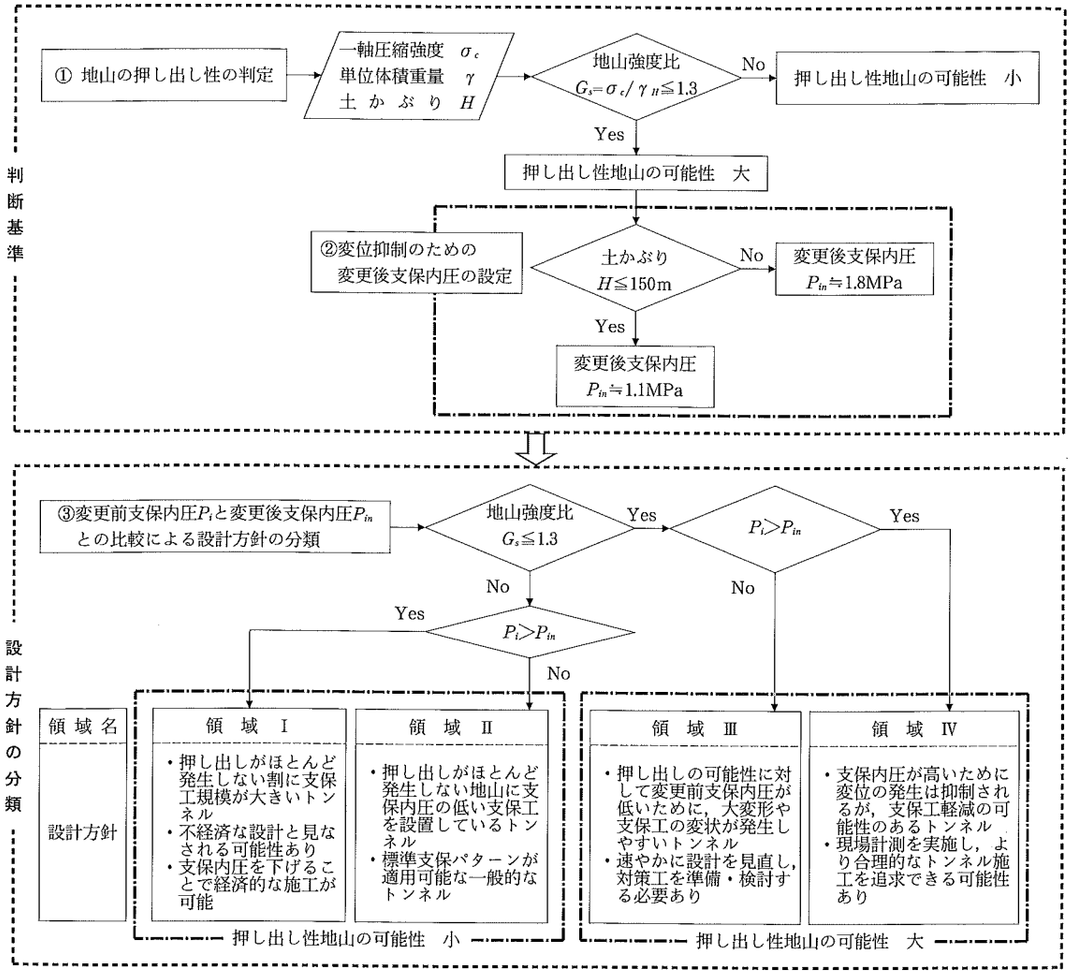


図-1　施工事例にもとづく判断基準と設計方針

服するための判断基準および設計方針に関するメニューを示し，以下で図の内容について詳述する．

3-1　押し出し性地山の判定基準

地山の押し出し性を1指標のみで精度良く判定することは難しい．一般には，トンネル周辺の地山に塑性領域が生じ始める値として，仲野[7]による地山強度比2.0がよく知られており，本研究においても簡易的に判定可能な地山強度比を判定指標とした．

図-2に，収集した施工事例から算出した各トンネルの地山強度比と支保構造変更前の計測された天端沈下および内空変位の関係を示す．図によると，バラツキはあるものの，押し出し性が問題となった施工事例は，1例を除き地山強度比がおおむね1.3以下となっている．

本研究で得られた地山強度比1.3は，前述の地山強度比2.0よりも十分小さい値で，日本鉄道建設公団NATM施工指針[8]に採用されている小島ら[9]による地山分類特S(標準支保パターンでは不十分)に区分可能とされる地山強度比0.5以上1.5未満の範囲である．すなわち，NATMがトンネル標準工法として日本に定着した近年の施工事例の整理結果によると，実務上，変形の大きさそのものが問題となり，何らかの対策工による変位抑制が必要となる押し出し性地山の判断基準は，地山強度比1.3以下として差し支えないと思われる．

3-2　変位抑制のための支保内圧

地山の押し出し性と土かぶりに関して，「土かぶり100mを超えると変位が急増する」[10]という報告がある．また，文献などには見あたらないが，ベテランのトンネル技術者は経験的あるいは主観的に「押し出し性の判断基準は土かぶり120mである」，「土かぶり200mを越えると押し出しが著しい」など明快な力学的根拠はないものの，いくつかの判断基準を持っていることを耳にする．

図-3に土かぶりと支保内圧の関係について整理した結果を示す．参考のために，図には，日本道路公団(以下，JHという)の各支保パターン[11]について，掘削半径5.5mとして算出した支保内圧を矢印で示している．図によると，支保構造変更前の支保内圧(以下，「変更前支保内圧P_i」と呼ぶ)と押し出し性地山を克服するための支保構造変更後の支保内圧(以下，「変更後支保内圧P_{in}」と呼ぶ)の両者ともに，おおむね土かぶり150mを境に支保内圧が変化しているように読み取れる．このため，上述の経験的な土かぶりの判断基準をも考慮し，土かぶり150mをしきい値として，一般的なトンネルと高土かぶりトンネルを区別した．すなわち，黒マークで示した変更前支保内圧は，土かぶり150m以下のトンネルではJHのDⅡ-aクラスに相当する平均0.97MPa，土かぶり150mを越えるトンネルではJHのDⅢ-aクラスに相当する平均1.17MPaとしたにも関わらず，変位が十分に抑制されていない場合がある．また，白マークで示した変更後支保内圧は，土かぶり150m以下のトンネルでは平均1.11MPa，土かぶり150mを越え

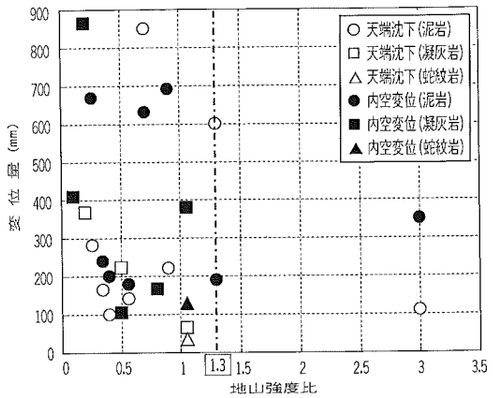


図-2　地山強度比と変更前の変位量

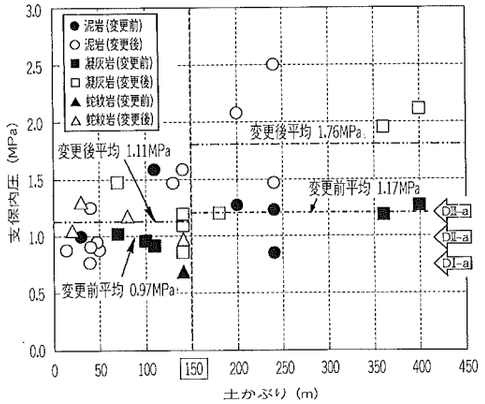


図-3　土かぶりと支保内圧

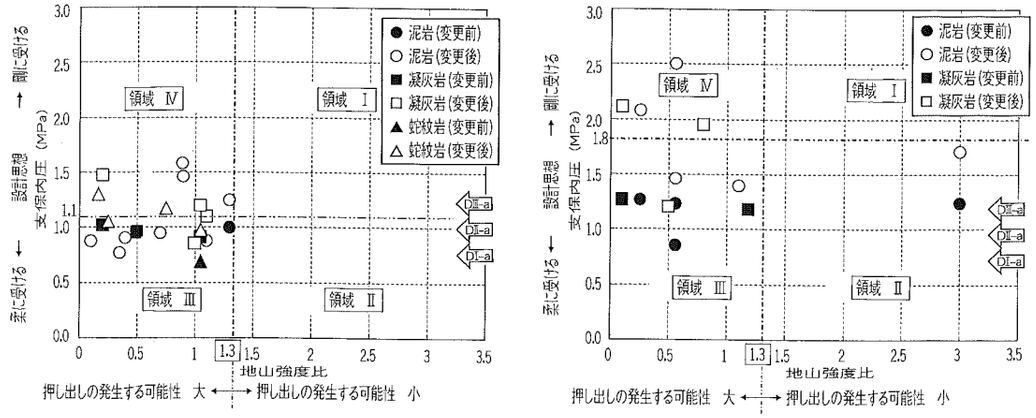
るトンネルでは平均1.76MPaとなっている．

支保構造変更後の変位量は50㎜程度以下にまで抑制された事例も多く含まれているため，合理的な支保工を設計する場合，この変更後支保内圧の平均値は若干大きめの値である．したがって，今後のデータの蓄積により，ここで設定した変更後支保内圧は下げうる可能性があると思われる．以上より，押し出し性地山において，実務上，押し出し性地山を克服するための平均的目安としての変更後支保内圧は，土かぶりがおおむね150m以下のトンネルでは1.1MPa程度，土かぶりがおおむね150mを越えるトンネルでは1.8MPa程度とすることを提案する．

3-3　設計方針の分類

図-4は地山強度比と支保内圧の関係を示したもので，図-4a)は土かぶりが150m以下の事例，図-4b)は土かぶりが150mを越える事例である．この図をもとに，地山強度比と支保内圧の関係から，図-1に示したように押し出し性の対策工の設計方針を４つの領域に分けて考えることを提案する．すなわち，図-4a)およびb)の右上の領域Ⅰは地山強度比，支保内圧ともに大きく，押し出しがほとんど発生しない割に支保工規模が大きいため，いわゆる不経済な設計と見なされる可能性がある領域である．右下の領域Ⅱは地山強度比が1.3よりも大きく，押し出しがほとんど発生しない地山に支保内圧の低い支保工を設置している領域で，図-4b)に１例プロットがあるものの，多くの事例において標準支保パターンが適用可能な一般的なトンネルと言って差し支えない．したがって，地山強度比と変更前支保内圧の関係が領域Ⅰにプロットされるトンネルでは，領域Ⅱに区分されるように支保内圧を下げることで経済的な施工が可能となる．

図-4a)およびb)左側の地山強度比が1.3以下の領域Ⅲおよび領域Ⅳは押し出しの発生する可能性が高い領域である．領域Ⅲは，押し出しの可能性に対して，土かぶりが150m以下のトンネルでは変更前支保内圧を1.1MPa以下，土かぶりが150mを越えるトンネルでは変更前支保内圧を1.8MPa以下としているために，大変形や支保工の変状が発生しやすい領域である．したがって，この領域に区分される場合には，速やかに設計を見直し，対策工を準備・検討する必要がある．一方，領域Ⅳは，支保内圧が高いために変位の発生は抑制されるが，支保工軽減の可能性のある領域である．この領域に区分されるトンネルは，現場計測結果をもとに，より合理的な施工を追求できる可能性がある．なお，いずれの領域に区分されるトンネルにおいても，現場計測などによって支保工の妥当性を検証する必要がある．また，極端に地山強度比が小さい場合，土かぶりが2.0*D*以下(*D*は掘



a)土かぶり150m以下の場合　　b)土かぶり150mを越える場合

図-4　地山強度比と支保内圧

削径)の坑口部や小土かぶり部，あるいは土かぶりが数百m以上のいわゆる高土かぶりの場合などについては，別途支保構造を検討する必要がある．

4　施工方法に関するメニュー

4-1　押し出し性地山における施工方法の分類

表-1に，変位抑制の考え方を基本に国内の施工事例を大きく５つの代表的な施工方法に定義・分類し，その特徴を整理した．表には，国内の施工事例を各工法に分類し，その事例数とトンネル名を合わせて示した．また，**図-5**は，特性曲線を用いて，表-1に示す各施工法を概念的に説明したものである．

表-1から明らかなように，押し出し性地山における施工方法は，支保工に作用する荷重を軽減するために変位を許容する，あるいは緩みを抑えるためにできるだけ早期に変位を抑制する，という相反する施工思想[12]によって，いわゆる「柔に受ける工法」と「剛に受ける工法」に大別できる．

「柔に受ける工法」は，その代表的な施工方法として，①いなし工法(導坑方式)と②多重支保工法に分類した．

①いなし工法(導坑方式)とは，比較的長距離の導坑を単独で上半部に先進させ，あらかじめ初期地圧の一部を変位として解放し，先行変位や先行応力を解放して，拡幅時の支保工の変形や部材発生応力を軽減しようとする工法である．概念的には，図-5に示したように，“いなす”ことで先行変位が発生し，結果的に本坑の支保工設置時期を遅らすことになり，支保工に作用する土圧が軽減され，場合によっては支保工規模の軽減が可能となる工法である．

②多重支保工法[13]とは，切羽で設置する一層目の支保工に二層目の設計巻き厚と変形余裕および覆工の設計巻き厚を確保するための大きな変形余裕を持たせ，切羽後方3.0*D*以上の位置で二層目以降の支保工を設置してトンネルを安定させる工法で，基本的に縫い返しを行わない工法である．本工法を概念的に説明すると，図-5に示したように一次支保(②－1)は降伏しているが，二次支保(②－2)を設置することで土圧と支保反力がバランスし，変位を収束させることができる[14]というものである．なお，鍋立山トンネル[15]や朝日トンネル[16]で採用された支保工を三重もしくは二重に設置する方法は，剛性を高める目的で支保工を当初から多重に設置する工法で，ここで言う多重支保工法とは設計思想が異なる．

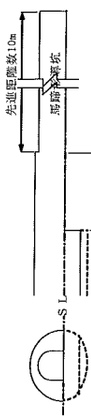
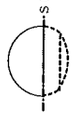
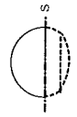
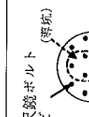
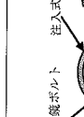
③段階的変位抑制工法とは，変位の発生に応じて増しボルトなどの段階的変位抑制工を実施する工法で，一般的によく採用される工法である．本工法は，「柔に受ける考え方」と「剛に受ける考え方」の中間に位置づけられる．本工法を特性曲線で説明すると，図-5に示したように，設置した支保工だけでは変位を抑制するための支保剛性が不足するため，段階的変位抑制工を実施して支保工の剛性を高め，トンネルの安定化を図ろうとするものである．

代表的な「剛に受ける工法」は，トンネル周辺地山を補強するか否かで，④早期閉合工法と⑤地山補強工法に分類した．

④早期閉合工法とは，長尺鏡ボルトや導坑(ショートスパン導坑先進工法[17,18])などによって切羽の安定性を確保して，切羽近傍で吹付けコンクリートやストラッドなどを用いて，できるだけ速やかに断面閉合を行うもので，図-5に示したように，③段階的変位抑制工よりも高い剛性を有する支保工を設置して，変位を抑制する工法である．切羽近傍で３m程度まとめてインバートコンクリートを打設して，早期閉合を達成した事例[19]もある．

ADECO-RS[20]に代表される⑤地山補強工法は，注入式長尺先受け工と長尺鏡ボルトによって，トンネルの周辺地山および切羽前方を補強することで支保工の軽減を図ると同時に，切羽直近で早期閉合するために変位が抑制できるとされている．本工法を特性曲線で説明すると，図-5に示したように，地山を先行補強したことで見かけの変形係数の低下が小さくなり，地山特性曲線が図の左下側にシフトすると見なされる．さらに，剛性の高い支保工を設置することで，他の工法よりも発生

表-1 施工方法の定義と分類

施工思想	名称	施工方法の概要	施工事例にもとづく概要図	事例数（比率） 10 20	トンネル名
柔に受ける ←→ 中間 ←→ 剛に受ける	①いなし工法	先行変位や先行応力を解放することを主目的に，導坑を単独で比較的長距離先進させてから拡幅掘削する工法．掘削工法は，導坑がベンチカットもしくは補助ベンチ付き全断面掘削．		4件（11%）	日暮山Ⅰ(後)，太郎山Ⅰ期千(後)，瀬波(後)，検儀谷
	②多重支保工法	一層目の支保工である程度の変位を許容し，切羽後方で二層目以降の支保工を設置する工法． 掘削工法は，補助ベンチ付き全断面掘削．		2件（5%）	飯山(富倉)(後)，飯山(新井)(後)
	③段階的変位抑制工法	変位の発生状況に応じて，段階的変位抑制工を実施する工法． 掘削工法はベンチカットもしくは補助ベンチ付き全断面掘削．		29件（79%）	中佐久間，日暮山Ⅰ期線(前)，太郎山Ⅰ期線(前)，堀越第２(北)，蒲原，藤の里，大沢山，春日山Ⅱ期線，日暮山Ⅱ期線(前)，太郎山Ⅱ期線，瀬波(前)，飯山(新井工区)，孟山Ⅰ期線，新宇津，岩手(中里工区)，一ノ瀬(西工区)，里見，中屋，岩手(一戸工区)，ぶな森，朝日(東工区)，孟山Ⅱ期線，加久藤Ⅱ期線(前)，第２今泉(南)，逢坂山，下佐久間
	④早期閉合工法	長尺鏡ボルトや導坑(ショートスパン導坑先進工法)などによって切羽を安定させ，切羽近傍で吹付けコンクリートなどで短区間ずつインバート閉合し，変位を抑制する工法．掘削工法は，補助ベンチ付き全断面掘削．		2件（5%）	日暮山Ⅱ期線(後)，加久藤Ⅱ期線(後) ※日暮山Ⅱ期線(後)はショートスパン導坑先進工法．
	⑤地山補助工法	長尺鏡ボルトや注入式長尺先受け工などで切羽前方および周辺地山を補強し，切羽直近で早期閉合することによって，地山変位を連続的に制御することを基本としたトンネル安定化工法． 例えばADECO-RSなど． 掘削工法は，全断面掘削．		0件（0%）	国内での本格的な事例報告は見あたらない． ADECO-RSの事例としては，イタリアのVasto，ラティコザなど．

※トンネル名に付した(前)は支保構造変更前，(後)は支保構造変更後を表す

変位をさらに抑制可能な工法となる．しかし現時点では，本工法による国内での本格的な事例報告は見あたらない．

4-2　合理的な施工方法の選択基準の考え方

図-6は，２車線道路断面および新幹線断面クラスのトンネルを対象に，押し出し性地山における合理的な施工方法の選択基準の考え方を提案するものである．

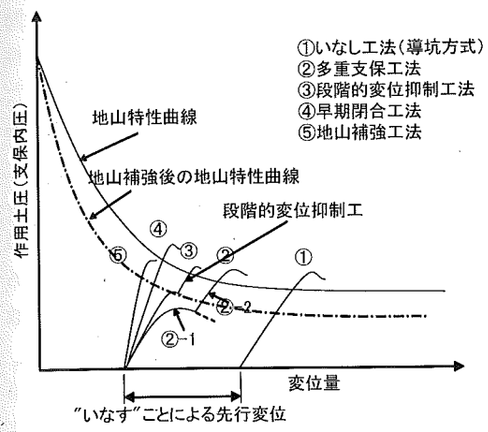


図-5　特性曲線による施工方法の概念図

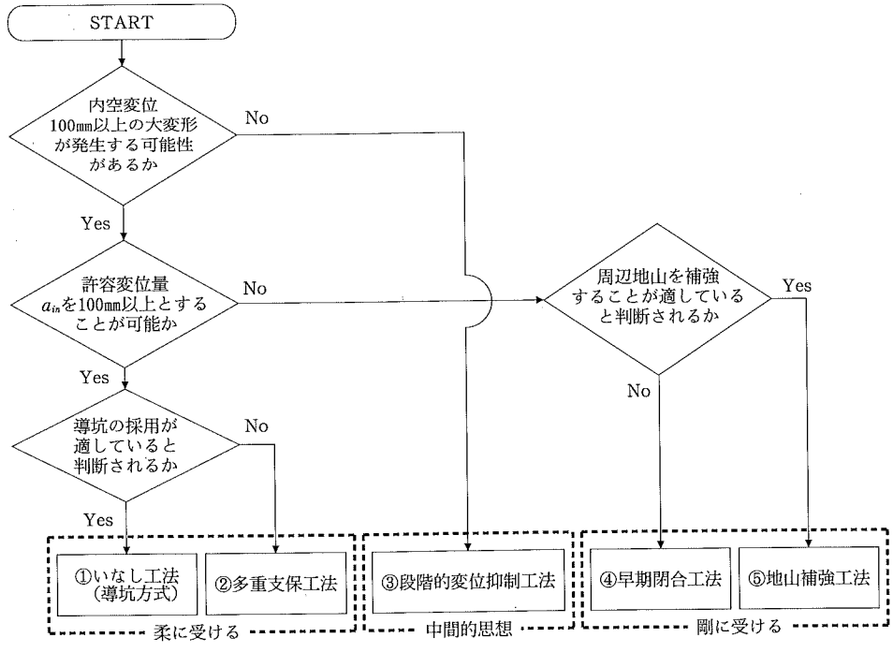


図-6　合理的な施工方法の選択基準の体系化

本提案では発生変位量に着目し，はじめに，100㎜以上の大変形が発生する可能性があるかを判断する．このときの判断基準は，前述の地山強度比1.3などが適用できる．大変形の発生する可能性が少ないと想定される場合は，変位の発生状況に応じて対策を講じる③段階的変位抑制工を選択することが経済的と考えられる．次に，発生変位量をどの程度まで許容できるのか，すなわち許容変位量 a_{in} を設定する．なお，許容変位量とは，縫い返しを行わずに覆工の設計巻き厚が確保できることを前提とするもので，変形余裕もしくは施工余裕と同義で，その値は天端沈下および内空変位×1/2とした．

例えば，100㎜を越える許容変位量を設定することが可能な場合，すなわち大変形が許容できる場合，次の選択基準として，導坑の採用が適しているかを判断する．導坑用施工機械を新たに導入することが可能で，変位抑制効果に加えて前方切羽の確認や水抜き効果などを期待する場合，①いなし工法(導坑方式)が選択される．②多重支保工法については，北川[21]は特殊な支保工や工法を必

要とせず，現場にフレキシブルに適用可能で，支保工のランクアップで対応できない場合に採用するとしているが，本研究ではより多くの施工方法の中から合理的な施工方法を選択することを目的としたことから，図-6に示すように「柔に受ける工法」のひとつとして取り扱うことにした．

一方，許容変位量を100㎜以下とする場合，すなわち大変形の発生を抑制する必要がある場合，④早期閉合工法もしくは⑤地山補強工法が選択される．このうち，筆者ら[17),18)]が押し出し性地山における合理的な施工方法のひとつとして実トンネルで有用性を確認しているショートスパン導坑先進工法は，④早期閉合工法のうち切羽安定対策として導坑を適用し，切羽距離0.5D程度の早期閉合を達成した工法で，導坑専用機械を導入せずに現場状況に柔軟に対応させることのできる工法である．

また，切羽安定対策に長尺鏡ボルトなどを採用する場合，三谷ら[19)]は早期閉合の切羽距離を変えた施工パターンの実施結果から，切羽距離0.5D程度まで近づけた早期閉合の変位抑制効果がもっとも高いことを確認している．

⑤地山補強工法は，コンスタントな切羽進行を確保できるために設計段階で設定した工期，工費との乖離が少ない[20)]とされるが，現段階では国内における本格的な施工事例が見あたらないため，切羽に加えて周辺地山をも補強する必要があるかの判断基準は，解析的検討を加える必要がある．

表-1に示した国内の報告事例数調査では，設計段階で一般的に採用される③段階的変位抑制工法の事例が79%を占めている．一方，近年では②多重支保工法，④早期閉合工法など，新しい変位抑制の考え方にもとづく施工方法が採用されつつある．このことは，近年の交通網の整備に伴って，これまで以上に地形・地質条件が悪く，大変形の発生が予想される押し出し性地山にトンネルを建設するケースが多くなり，一般的に採用されている③段階的変位抑制工法では対応が難しいケース，あるいはより合理的な施工方法が求められるケースが増えてきていることを示していると思われる．

5 ま と め

本研究では，臨床トンネル工学的アプローチから，公表されている押し出し性地山の施工事例をできる限り収集し，体系的に整理した．それをもとに，これまで難工事を強いられる場合が少なくなかった押し出し性地山を克服するための戦略メニューを提案することを目的とした研究を行った．その結果，２車線道路断面クラスおよび新幹線断面クラスのトンネルにおいて，事前に押し出し性地山のトンネル施工時の状況を判断・評価するための判断基準と設計方針の選択基準，施工方法の選択基準などを提案することが可能となった．

なお，本研究は，臨床トンネル工学的アプローチとしている．したがって，今後の施工データの蓄積により，本研究の成果は更新されるべきであると考えている．また，判断基準として示した数値は，施工事例をもとにした平均値であるため，極端に地山強度比が小さい場合，小土かぶりや高土かぶりなど特殊な事例については，別途十分な検討が必要である．

本研究が，押し出し性地山を克服するための対策を検討するうえでの一助となれば幸いである．

参 考 文 献

1) 土木学会：トンネル標準示方書［山岳工法編］・同解説，pp.251-255，1996.
2) 高橋浩：押出し性地山におけるトンネルの合理的施工方法に関する研究，―臨床トンネル工学的アプローチ―，山口大学大学院学位論文，2004.
3) 高橋浩・進士正人・中川浩二：事例に基づく押出し性地山におけるトンネルの設計・施工法の提案，土木学会論文集，No.777/VI-65, pp.83-96, 2004.
4) 中川浩二：臨床トンネル工学のすすめ，トンネルと地下，Vol.33，No.12，pp.5-6，2002.12.
5) 桜井春輔：トンネル工事における変位計測結果の評価法，土木学会論文報告集，第317号，pp.93-100，1982.
6) 今田徹・岡林信行・野間正治：山岳トンネルの施工，鹿島出版会，pp.31-32，1996.
7) 仲野良紀：膨張性地山の実態，トンネルと地下，Vol.6，No.10，pp.15-25，1975.10.
8) 日本鉄道建設公団：NATM設計施工指針，p.40, 1996.
9) 小島芳之・朝倉俊弘・吉川恵也：NATMのための膨張性泥質岩の地山分類，鉄道総研報告，Vol.3, No.5, pp.49-55，1989.
10) 光木香・小幡芳文：北陸新幹線飯山トンネル地質調査最終報告，トンネルと地下，Vol.31，No.7，pp.53-61，2000.7.
11) 日本道路公団：設計要領第三集トンネル，p.75，1997.
12) 今田徹：トンネル支保構造物の設計思想，土木学会論文集，N0.672/VI-50，pp.1-12，2001.
13) 例えば，北川修三・梶原雄三・鈴木恒男・川原一則：二重支保工法で膨張性地山を克服，トンネルと地下，Vol.31，No.11，pp.7-16，2000.11.
14) 北川修三・梶原雄三・進士正人：施工時差を考慮した多重支保工法の膨張性地山トンネルに対する適用，土木学会論文集，No.721/VI-57，pp.27-39，2002.
15) 例えば，小暮誠・木村裕俊：超膨圧トンネル掘削完了，トンネルと地下，Vol.26，No.7，pp.7-12，1995.
16) 豊原正俊・早坂治敏・江戸川修一：鋼製支保工の高耐力化と早期閉合で膨圧を克服，トンネルと地下，Vol.29，No.12，pp.7-17，1998.
17) 谷井敬春・下田哲史・高橋浩・菊地裕一・釜谷薫幸：日暮山トンネルにおける早期閉合を目的とした導坑先進工法について，トンネル工学研究論文・報告集，Vol.11，pp.209-214，2001.
18) 高橋浩・谷井敬春・岩井勝彦・桑原秀樹・進士正人・中川浩二：膨張性地山における導坑の適用性に関する実験的研究，土木学会論文集，No.728/VI-58，pp.27-39，2003.
19) 三谷浩二・山戸隆秀・足立宏美・井上博之：加久藤トンネル(II期線)における変位抑制工の設計と施工，トンネル工学研究論文・報告集Vol.12，pp.383-388，2002.
20) ジェオフロンテ研究会ADECO-WG：切羽前方コアに着目した新しいトンネル工法，2002.
21) 北川修三：軟岩トンネルでの膨圧現象と対策工法に関する研究，京都大学工学部学位論文，2002.

わかりやすい **トンネルの力学**

B５判　286頁　本体価格 5,825円　〒340円

福島啓一 著

NATMの導入以来，トンネル工事の現場に計測が大幅に取り入れられるようになって，トンネルの力学がますます重要視されるようになった．

本書はトンネル力学の基礎的な事項に基づく問題点を経験則と理論則から説明し，設計・施工に携わる実務者がトンネルを掘るとき，また，計画・設計するときに考慮しなければならないトンネルの力学を主眼にした入門書である．

〔目　次〕 ○従来のトンネル力学の考え方／トンネル力学の発展，NATM以前の考え方／ゆるみ高さの推定，ゆるんだ地山の釣り合い，沈下量の差により変わる土圧，切羽の安定，地山の分類による支保の設計，NATMの考え方／せん断破壊説，変形による圧力の低減，地山のゆるみ防止，アンカーボルトによる地山の補強，地山挙動の時間依存，せん断破壊説による設計法，経験的設計法，地山分類と地山等級に対応した支保工の標準設計，NATM力学についての問題点，○弾性論による解析／弾性学の基礎，軸対称円形トンネル，線対称円形トンネルの弾性解，円形トンネルの弾性解析，地表面に近いトンネル，だ円形のトンネル，球形空洞周わりの応力と変位　○弾そ性論による解析／そ性力学の基礎，軸対称円形トンネル，線対称円形トンネルの弾そ性解，円形トンネルで地山の自重を考えた弾そ性解析　○弾そ性解以外の検討／トンネルの大きさの影響，時間の影響，表面の影響，山はね，ゆるみと締まり，地山のゆるみ，再圧密を考えた考察　○その他の検討／二次覆工の役割とひび割れ，安全率，支保工の設計・観察・計測の解釈と逆解析，力学的に好ましい，または好ましくないトンネルの設計および施工法，有限要素法，トンネルと地下水

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

■中越地震と山古志村

昨年10月に発生した中越地震で，一躍全国にその名を知られることになった新潟県古志郡山古志村(人口約2,400人，約700世帯)は，それまでごくありふれた日本の山村のひとつに過ぎなかった．しかし，四方を山に囲まれたこの村にとって，生命線とも言うべき道路交通の寸断は致命的で，異例の全村避難という事態になった．

この山古志村の名は，地震発生以前に制作されたあるドキュメンタリー映画によって，一部の土木関係者の間ではすでに知られていた．映画のタイトルは「掘るまいか」．その名が示すとおり，トンネル工事を題材とした映画である．

■山古志村と中山隧道

山古志村の小松倉地区は，隣接する小出町へ出るために標高400mの中山峠を半日がかりで越えなければならなかった．村人たちはこの峠を越えて小出町で農作物を売り，日用品を買い足すことで細々と生活を続けていたが，豪雪地帯の新潟でも一二を争うとされるこの地域では，冬の峠越えはまさに命がけであった．

1932(昭和7)年，村の有志はこの中山峠にトンネルを掘ることを決意し，総会の賛同を得た．しかし，貧しい村にはトンネルを掘るための資金がなく，トンネル工事の経験者すらいないというありさまであった．このため，この地方に古くから伝わる横穴式の井戸掘り技術を用いて，ツルハシで掘り進めることとなり，農閑期の冬季に村民が交代で工事にあたった．測量は，3本の糸を中心線に垂らして見通す方法がとられ，「ずり」の運搬はカイコ棚に用いる棚木をレール代わりとして木製車輪のトロッコによって行われた．しかし，資金難に加えて豪雪や凶作などによって脱落者が相次ぎ，またトンネル工事に反対する村民との確執などもあって工事は難航をきわめた．そして

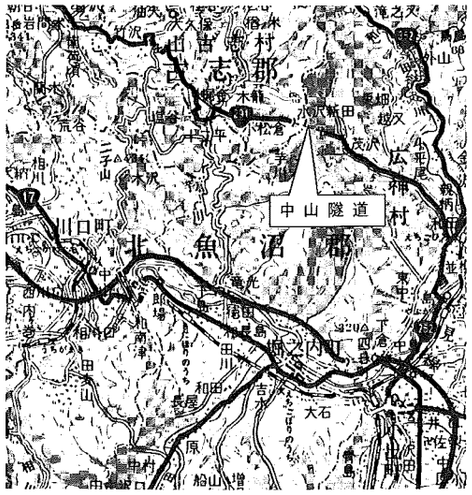


図-1 中山隧道の位置
(国土地理院発行 1/20万地勢図「高田」平成元年)

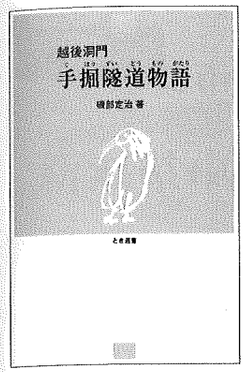


写真-1 磯部定治『手掘隧道物語』

1933(昭和8)年に開始された工事は，1943(昭和18)年までに324mを掘った時点で戦争のためにやむなく中断されたのである．

やがて戦争の終結とともに1948(昭和23)年に工事は再開されたが，今度はわずかばかりの補助金も支給され，長岡土木出張所からトロッコの払い下げを受け，廃坑となった鉱山から古レールを購入するなどして万全の体制で臨んだ．このため掘進速度は著しく向上し，ひとりの犠牲者も出すことなく工事は進み，1949(昭和24)年5月1日，延長922mの中山隧道は16年の歳月を要して貫通を果たした．その後，中山隧道は1998(平成10)年に隣接して2車線の道路トンネル(延長913m)が完成したためその使命を終えることとなり，半世紀にわたる供用に終止符を打った．

■映画「掘るまいか」

この中山隧道の物語は，1999(平成11)年に地元在住の元新聞記者・磯部定治によって『越後洞門・手掘隧道物語』として新潟日報事業社から出版されたが，これと前後して作家・三宅雅子の企画によって映画化されることとなった．取材の様子は，本誌1998年8月号の現場だより『「錦鯉の里」山古志村より』と題して中山トンネルＪＶの星勉作業所長により報告され，作家の意気込みを伝えている．映画は，ドキュメンタリー番組の制作で定評のある橋本信一を監督に迎え，山古志村民の参加によってクランクインし，2003年2月に完成した．制作は「手掘り中山隧道の記録」制作委員会，上映時間は83分間の16ミリ・カラー作品で，その年の第1回文化庁文化記録映画優秀賞，2003年度キネマ旬報文化映画ベストテン第5位などにも選ばれた．

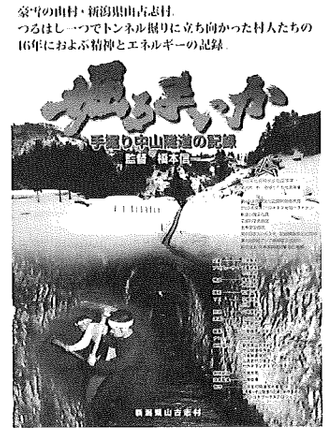


写真-2 映画「掘るまいか」

映画の概要や映画化のいきさつなどは，全国建設研修センターの発行する季刊誌『国づくりと研修』の2005年冬号に「未来に残すまちの映画づくり」として特集されているほか，下記の「掘るまいか」のホームページでも紹介されているので詳細は省略するが，震災前の山古志村の美しい風景をバックとして，実際にトンネル工事に携わった人々の苦労話や，村民の出演による掘削工事の再現シーンなどを交えながら計画から完成，そして今日までを描いている．

現在この映画は，山古志村復興支援チャリティとして全国各地の公共施設などで自主上映されているので，まだご覧になっていない方はぜひこの機会に鑑賞していただきたいと思う．上映予定は「掘るまいか」のホームページで確認できるほか，フィルムの貸し出しにも応じている．

山古志村は，2005(平成17)年4月1日に長岡市に編入されてその名を消したが，中山隧道を掘り抜いた村民の強靱な意志は，隧道とともに後世に語り継がれることであろう．本稿執筆時点で未だ全村避難が続く山古志村であるが，その一日も早い復興を祈念したい．ちなみに初代中山隧道は，震災後も健在とのことなので，復興が一段落したおりにはぜひ現地を訪れ，先人達の残したツルハシの跡をこの目で確かめてみたいと思う．

〈「掘るまいか」ホームページ〉
http://www005.upp.so-net.ne.jp/zuidou/

現場だより
平成17(2005)年

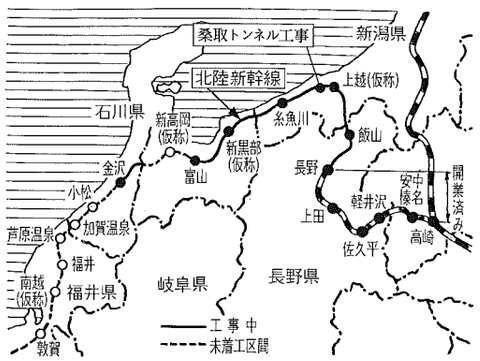
「歴史と自然が調和する街」上越市より

五十里　好　孝

新潟県上越市は新潟県の南西部に位置し，昭和46年に長い歴史を持った高田市と直江津市が合併して誕生した．上越市の上越とは奈良時代に越後国府が置かれたこの地を上越後（かみえちご），略して上越（じょうえつ）と呼んだことに由来する．戦国時代には上杉謙信の居城である春日山城を中心として城下町が栄え，一説によると京都に次ぐ人口6万人の大都市であったといわれている．江戸時代には徳川家康の第6男松平忠輝の居城として高田城が築城され，現在は高田公園として市民に開放されている．高田公園には約3,400本の桜が植えられており，とりわけ夜桜は「日本三大夜桜」のひとつとされ春を待ちわびた市民はもとより各地から訪れる人々で大変なにぎわいを見せる．また，オーストリアの軍人レルヒ少佐によって明治時代に初めて日本にスキーが伝えられた地で，日本有数の豪雪地でもある．

レルヒ少佐

上越の人の性格（誠実で忍耐強い）は，この豪雪の冬が作るといわれているが，19年ぶりといわれる今年の大雪を経験して，それが過言ではないと実感している毎日である．



位置図

坑口全景

われわれが工事の一部を担う北陸新幹線事業とは，東京を起点として長野，上越，富山，金沢，福井などの主要都市を経由して大阪を結ぶ延長約600km の新幹線整備事業である．

すでに東京～長野間は長野新幹線として平成9年10月から営業が開始されている．長野～富山間の工事が完成すると東京～富山間は約2時間10分で結ばれる予定で北陸地方へのアクセスが容易になることから同地方の発展，観光客の増加などに寄与できるものと大きな期待が寄せられている．

桑取トンネルは上越市の土口より富山側の名立区に向け山岳トンネル $L=1{,}685$m を NATM で施工している．掘削は機械掘削による上半先進交互併進工法を採用し，2月末現在で1,170m の掘削を完了したところである．

このトンネルの起点，終点両坑口は地すべり地形をなしており，とくに終点側は地すべり地域に指定されているので地すべり抑止対策の選定が大きなポイントとなる．坑内からはメタンガスの湧出があり膨張性の地山でもあることからこれから先も気の抜けない毎日が続く．

上越市の中でもとくに自然豊かなこの地域の美しい環境と調和しながら地元の方々との協調そして交流を大切にしつつ全員一丸となって無事故・無災害で高品質・高精度な製品を作るべく日夜努力している次第である．

（鴻池・不動・地崎・櫛谷特定建設工事共同企業体所長）

報　告

新潟県中越地震における鉄道トンネルの被害

東日本旅客鉄道(株)建設工事部構造技術センター地下・トンネル構造グループ課長　清　水　　満
東日本旅客鉄道(株)建設工事部構造技術センター地下・トンネル構造グループ主席　栗　栖　基　彰
東日本旅客鉄道(株)設備部構造物管理グループ課長　加　藤　正　二

1 はじめに

2004年10月23日，17時56分頃，新潟県中越地方（北緯37.3度，東経138.9度，深さ13km）を震源とするマグニチュード6.8の地震（川口町：最大深度7）が発生した．その後，深度6弱以上の余震が連続し，活発な余震活動が長期に続いた．

新潟県中越地震は，東日本旅客鉄道(株)（以下，当社）の上越新幹線，上越線などの主要鉄道幹線をはじめ，関越自動車道，国道17号，117号などの主要道路にも大きな被害が生じた．当社においては，橋梁，高架橋，盛土，トンネルと多くの構造物に被害が発生したが，今回の地震では，耐震性が高いといわれていたトンネルに大きな被害が生じたことが今回の地震被害の特徴である．

本稿では，当社が所有する鉄道トンネルにおける地震被害の概要について報告するものである．

2 鉄道トンネルの被害状況

今回の地震により被害を受けた鉄道トンネルは，図-1および表-1に示すように21トンネルである．このうち，2005年3月25日下り線運転を再開した上越線小千谷・越後滝谷間の榎峠トンネルを除き，上越線，飯山線のトンネルは12月27日，上越新幹線は12月28日までに運転再開を果している．上越線の榎峠トンネルは，トンネル上部の斜面崩壊により坑口が閉塞したため，斜面安定対策工事が降雪期と重なり，復旧に期間を要することとなった．

21トンネルのうち，覆工コンクリートの崩落や軌道隆起により復旧に2か月程度要する比較的大

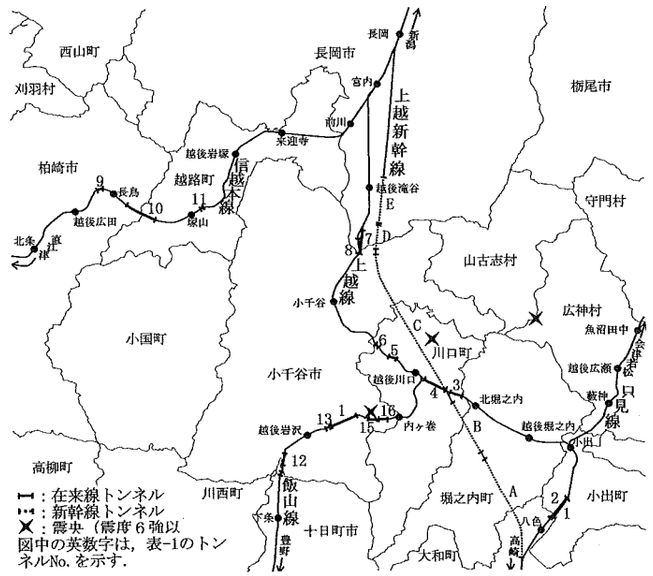


図-1　トンネル位置図

表-1　被害トンネルの基本データと被害状況

No.	被害程度	トンネル名	線名	駅間 自	駅間 至	単複別	長さ (m)	土かぶり (m)	覆工(t=cm)	幅，高さ (m)	地質	被害状況
A	C	浦佐	上越新幹線	浦佐	長岡	複線	6,087	15	C(70～90)	9.6，7.4(90)	砂礫，凝灰角礫岩，礫岩	中央通路側壁ひび割れ
B	B	堀之内	上越新幹線	浦佐	長岡	複線	3,300	100	C(70～90)	9.6，7.4(90)	礫岩，砂岩	打継目部の剥落，ひび割れ，側壁食い違い
C	A	魚沼	上越新幹線	浦佐	長岡	複線	8,624	70	C(50～90)	9.6，7.4(90)	シルト岩，泥岩，砂岩	アーチ部の崩落，打継目部の剥落，ひび割れ，軌道隆起
D	A	妙見	上越新幹線	浦佐	長岡	複線	1,459	65	C(70～90)	9.6，7.4(90)	シルト岩	アーチクラウン部の圧ざ，打継目部の剥落，ひび割れ，軌道隆起
E	B	滝谷	上越新幹線	浦佐	長岡	複線	2,673	55	C(70～90)	9.6，7.4(90)	シルト岩，砂岩，砂礫	アーチクラウン部の圧ざ，打継目部の剥落，ひび割れ
1	B	福山	上越線	八色	小出	単線	1,350	−，75	CB(39～91)	4.9，5.6(91)	軟岩	ひび割れ，剥落
2	B	新福山	上越線	八色	小出	単線	1,463	−，7	C (45,60)	4.8，5.0(60)	軟岩	アーチクラウン部の圧ざおよびせん断ずれ，ひび割れ
3	A	和南津	上越線	北堀之内	越後川口	複線	725	29，41	C (50,60)	8.7，6.4(60)	砂岩	アーチクラウン部の圧ざ，アーチ部の崩落，打継目部の剥落，ひび割れ，トンネル坑口部のずれ
4	B	中山	上越線	北堀之内	越後川口	複線	1,205	71，92	C (50)	8.7，6.5	頁岩，砂岩	打継目部の剥落，アーチ肩部のひび割れ
5	B	牛ヶ島	上越線	越後川口	小千谷	複線	432	−，14	C (50)	8.6，5.8	砂岩，頁岩	打継目部の剥落，トンネル坑口部のずれおよび面壁の亀裂
6	A	天王	上越線	越後川口	小千谷	単線	285	4，11	C (45,60)	4.7，5.1	砂岩，頁岩	トンネル上部斜面崩壊に伴う側壁の亀裂，打継目部の剥落，ひび割れ，トンネル坑口部面壁のひび割れ
7	A	新榎峠	上越線	小千谷	越後滝谷	単線	1,372	−，75	C (30～50)	4.7，5.1(60)	頁岩，砂岩	アーチクラウン部の圧ざ，ひび割れ，側壁部の押出し
8	B	榎峠	上越線	小千谷	越後滝谷	単線	641	−，70	CB(23～56)	4.8，5.4(56)	頁岩，砂岩	斜面崩壊に伴うトンネル坑口部の損傷，ひび割れ，剥落
9	C	鼻田	信越本線	越後広田	長鳥	複線	330	−，23	C (60)	8.6，6.3	頁岩，砂岩	剥離
10	B	塚山	信越本線	長鳥	塚山	複線	1,766	150	C (50,60)	8.7，6.3(60)	頁岩，砂岩	アーチクラウン部の圧ざ，打継目部の剥離，ひび割れ
11	B	東山	信越本線	塚山	越後岩塚	複線	166	−，22	C (60)	8.8，6.4	泥岩，細砂	打継目部の剥離，ひび割れ
12	C	岩山	飯山線	下条	越後岩沢	単線	652	50，54	CB(39～56)	4.7，5.2(56)	砂岩	剥落
13	B	岩沢	飯山線	越後岩沢	内ヶ巻	単線	203	29，38	CB (39～47)	4.6，5.1(47)	シルト岩	アーチ肩部の軽微な圧ざ，補修用吹付けコンクリートの剥落
14	B	妙高山	飯山線	越後岩沢	内ヶ巻	単線	1,465	−，151	CB(23～91)	4.6，5.2(91)	水成岩	アーチクラウン部の軽微な圧ざ，剥落
15	B	高場山	飯山線	越後岩沢	内ヶ巻	単線	500	36，67	C (45～60)	4.8，5.1(60)	軟岩	アーチクラウン部の圧ざ，ひび割れ，打継目部の剥離，トンネル坑口部のずれ
16	B	内ヶ巻	飯山線	越後岩沢	内ヶ巻	単線	425	18，30	CB(47～87)	4.6，5.2(87)	泥岩	アーチ肩部の軽微な圧ざ，ひび割れ

・被害程度　A：大規模な補強，補修を必要とした被害　　B：補修を必要とした被害　　C：補強，補修を必要としなかった軽微な被害
・覆　工　C：コンクリート，CB：コンクリートブロック
・土かぶり　代表的な被害箇所の土かぶり，最大土かぶり

きな被害を受けたトンネルは，上越新幹線の魚沼トンネル，妙見トンネルと上越線の和南津トンネルである．この3トンネルに共通していることは，いずれも坑口付近は健全であり，被害箇所がトンネルの中間位置であり，被害箇所が点在していることである．

過去の地震におけるトンネル被害報告によると，大きな被害はそのほとんどが坑口付近に集中しているようであり，今回の地震でも堀ノ内トンネル，牛ケ島トンネル，天王トンネル，新榎峠トンネル，榎峠トンネルの5トンネルは坑口付近の被害であった．

以下に，甚大な被害を受けた上越新幹線の魚沼トンネル，妙見トンネルと上越線の和南津トンネルの3トンネルを中心に，斜面崩壊の影響を受けたと思われる上越線天王トンネルを加えて，その被害状況と復旧方法の概要について述べる．

3　新幹線トンネルの被害

3-1　魚沼トンネルと妙見トンネルの概要

上越新幹線魚沼トンネルと妙見トンネルが位置している地質は，新第三紀中新世および鮮新世の層の堆積岩が中心である．このうち，魚沼トンネルの被害箇所は鮮新世西山層のシルト岩層と中新世椎谷層の泥岩・砂岩互層部であり，妙見トンネルの被害箇所は鮮新世灰爪層のシルト岩層であった．

この区間のトンネルは1972～1979年頃に矢板工法により施工されており，掘削工法は地山条件に応じて底設導坑先進工法，側壁導坑先進工法により建設されている．

覆工巻き厚は，岩種別に50cm，70cmを標準としているが，地山条件によっては90cm以上の区間もある．また，この区間のトンネルはすべてインバートコンクリートが施工されており，その厚さは覆工と同様に地山条件に応じて30～50cmとなっている．

路盤はスラブ軌道構造のため，全区間25cm厚さの路盤鉄筋コンクリートがインバートコンクリート上に施工されている．

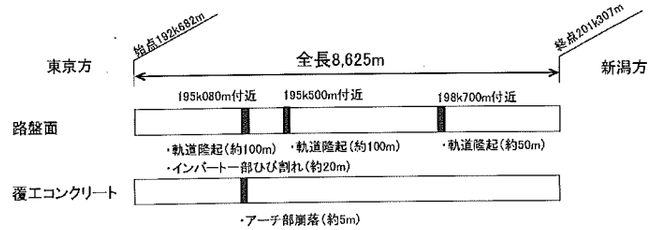


図-2　魚沼トンネル全体被害状況

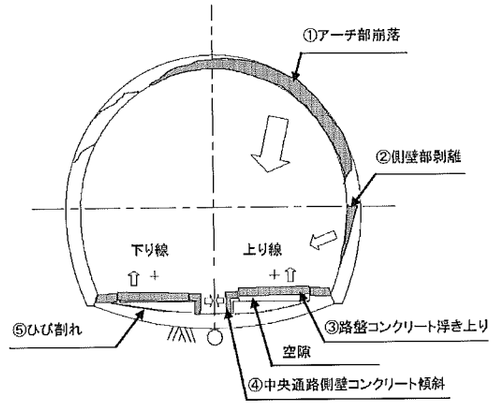


図-3　魚沼トンネル被害状況(195k080m付近)

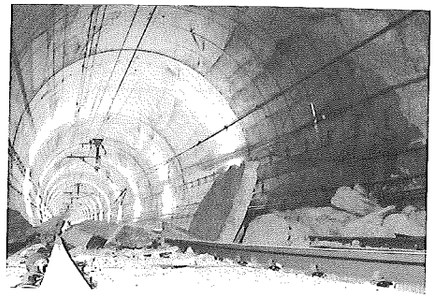
3-2　魚沼トンネルの被害

魚沼トンネルにおいては，トンネル中間部の3か所で被害が発生したが，このうち，195k080m付近の被害がもっとも顕著であり，覆工コンクリートアーチ部の崩落(延長約5m)，覆工コンクリートのひび割れ，側壁の押し出し，路盤コンクリートの隆起(約250mm)，インバートコンクリートのひび割れなどの被害が発生した(**図-2, 3**)．

路盤コンクリートの隆起に伴う軌道隆起は，この区間ばかりでなく，195k500m(約100m)，198k700m(約50m)の区間でも発生していた．

195k080m付近の覆工アーチ部コンクリート崩落は，下り線側のアーチ部を中心に発生しており，この区間の一部は鋼製支保工や木矢板が露出したものの，地山の崩落は生じなかった．なお，崩落コンクリート塊の最大長は1辺2m近くのものもあった(**写真-1**)．

インバートコンクリートの損傷は，復旧工程に大きな影響を与えるため早期に調査を実施しており，調査の結果，インバートには大小さまざまな



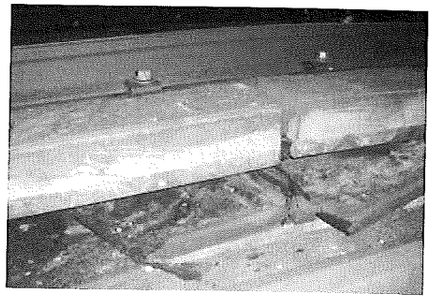


写真-1　魚沼トンネル被害状況

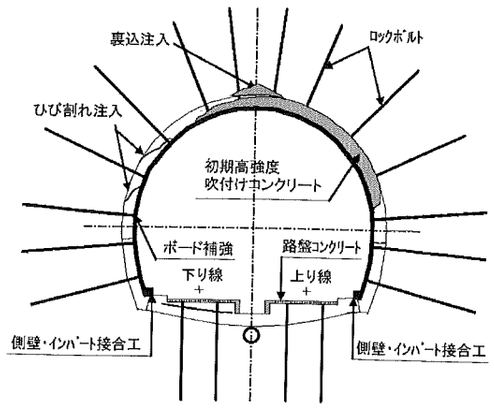


図-4　魚沼トンネルの復旧イメージ(195k080m付近)

形態のひび割れが発生しているものの，インバート底面と地山はどの箇所においても地山と密着していることが確認された．

3-3　魚沼トンネルの復旧

覆工コンクリートの崩落箇所は，ロックボルト打設(L=3.0m，D29，自穿孔ボルト，ctc1.0m)，吹付けコンクリート，ひび割れ注入，繊維補強板による内面補強などにより復旧・補強を行った．インバートコンクリートの損傷箇所は，ひび割れ注入を行い，とくに損傷の大きな箇所は，ロックボルトの打設，路盤コンクリートの打ち替え，インバート・側壁接合工を実施した(図-4)．

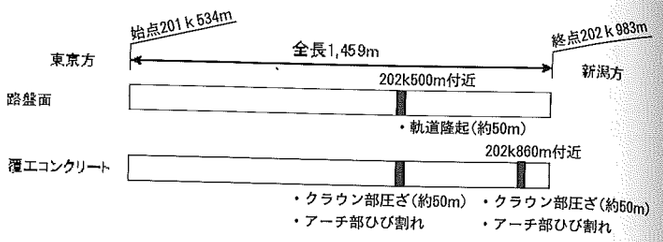


図-5　妙見トンネル全体被害状況

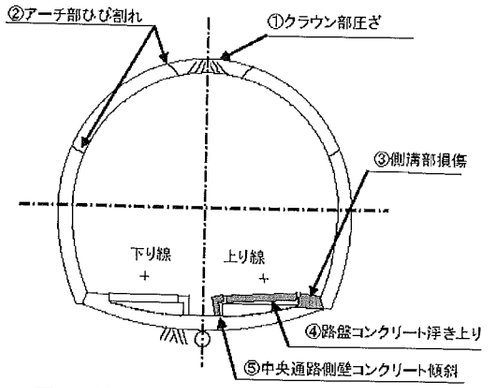


図-6　妙見トンネル被害状況(202k500m付近)

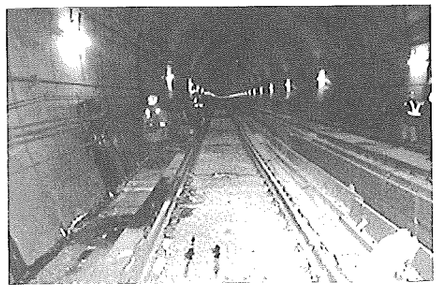
3-4　妙見トンネルの被害

妙見トンネルでは，202k500m付近において，クラウン部に大規模な圧ざ(約50m)とこれに伴う覆工コンクリートの剝落が発生し，この圧ざ区間にはアーチ部にトンネル軸方向および斜め方向の多数のひび割れが発生した．また，この区間の一部下り線側路盤コンクリートが隆起し，インバートコンクリートの一部損傷が生じた(図-5, 6，写真-2)．

また，202k860m付近においても同様にクラウン部に大規模な圧ざ(約50m)とアーチ部にひび割れが生じたが，202k500mのような路盤隆起は発生していない．

3-5　妙見トンネルの復旧

202k500mの大規模な圧ざ発生区間では，圧ざ箇所のひび割れ注入，吹付けコンクリート，アーチ部のひび割れ注入を行い，覆工内面全周を繊維補強板(50㎜厚)で覆い，側壁部にロックボルト(L=3.0m，D29，自穿孔ボルト，ctc1.0m)を施工した．また，復旧工事の最終段階でトンネルクラウン部の裏込め注入を実施している．



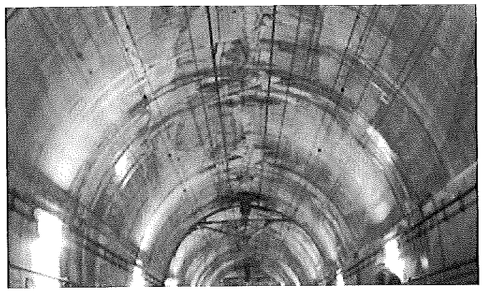


写真-2　妙見トンネル被害状況

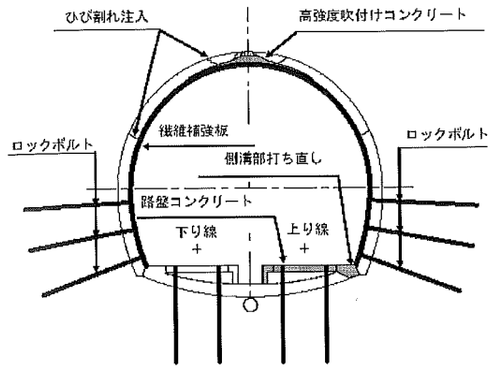


図-7　妙見トンネルの復旧イメージ(202k500m付近)

路盤コンクリート隆起箇所は，インバートコンクリートのひび割れ注入，ロックボルト打設，路盤コンクリートの打ち替えを行った(図-7)．

4　在来線トンネルの被害

4-1　上越線和南津トンネルの被害

4-1-1　トンネルの概要

上越線和南津トンネルは，北堀之内・越後川口間に位置するトンネルで，1964～1966年にかけて上越線の複線化に伴い建設された延長725mの複線断面トンネルである(図-8)．

地質は砂岩が主体であるが，終点側坑口付近は粘土質の地山となっている(図-9)．

施工は，在来工法であり，底設導坑先進上部半断面工法により掘削されており，支保工は150H，175H，覆工はコンクリート造で巻き厚は50cmを標準としている．

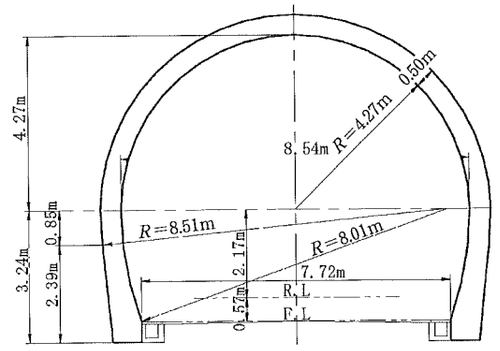


図-8　和南津トンネル断面図

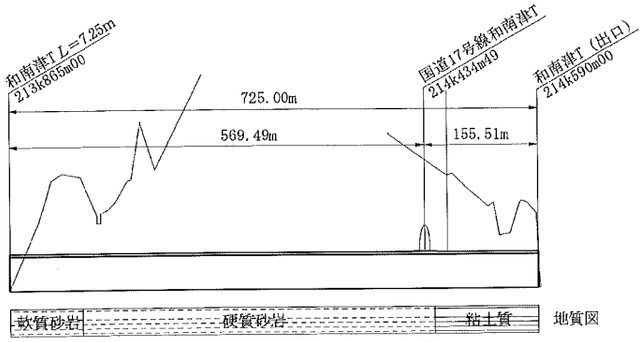


図-9　和南津トンネル縦断図

4-1-2　トンネルの被害

和南津トンネルでは，ほぼ全線にわたりひび割れの発生，ひび割れからの漏水，アーチ・側壁打ち継目部の剝離・剝落が生じた．もっとも大きな被害は，坑口から500m付近で発生し，約40m区間にわたりクラウン部に圧ざが生じるとともに，一部覆工コンクリートが崩落し支保工が露出した(写真-3，4)．

また，トンネル入口のコンクリート製の雪覆いが線路方向および線路直角方向に約40cmずれる

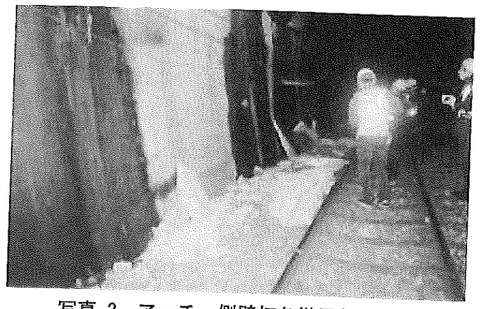


写真-3　アーチ・側壁打ち継目部の剝落

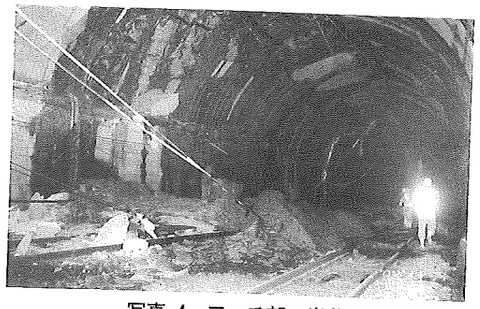


写真-4　アーチ部の崩落

写真-5　坑口部雪覆いのずれ

などの被害も発生した(写真-5).

なお，このトンネルは，今回の地震により被害を受けた国道17号和南津トンネルと坑口より約570mの位置で交差している.

4-1-3　トンネルの復旧概要

覆工コンクリートの崩落箇所付近は，被害が大きかった上半断面の覆工コンクリートを延長48mにわたり撤去し，新たに覆工コンクリートを打ち替えることとした．この方法は，まず既設のコンクリートを撤去し，既設支保工の内側に新たな支保工を建て込み，吹付けコンクリート，ロックボルト，防水シートを順次施工した後に，スライドセントルを用いて覆工コンクリートを打設した

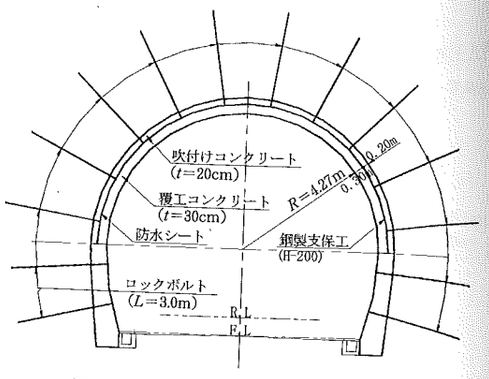


図-10　アーチ部崩落箇所の復旧概要

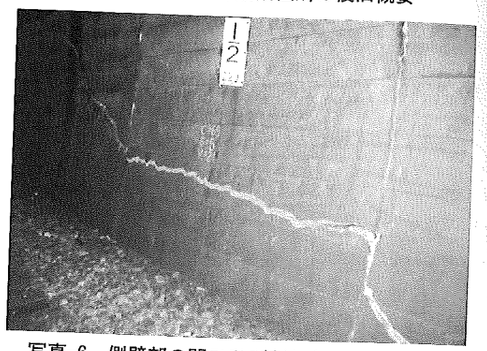


写真-6　側壁部の開口ひび割れ(天王トンネル)

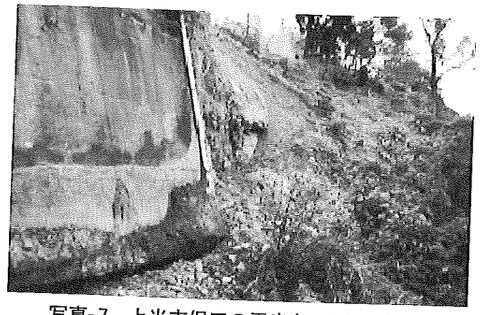


写真-7　上半支保工の露出(天王トンネル)

(図-10).

起点坑口部の雪覆いの復旧は，SL近傍をワイヤーソーにて切断し，2,000kN油圧ジャッキにて雪覆いの上半部のみを被災前の位置に移動させ，左右の側壁部のはつりおよび打ち足しを行い復旧した.

4-2　上越線天王トンネルの被害

4-2-1　トンネルの概要

上越線天王トンネルは，新第三紀鮮新世川口層の砂・泥岩互層に建設された延長285m(雪覆い

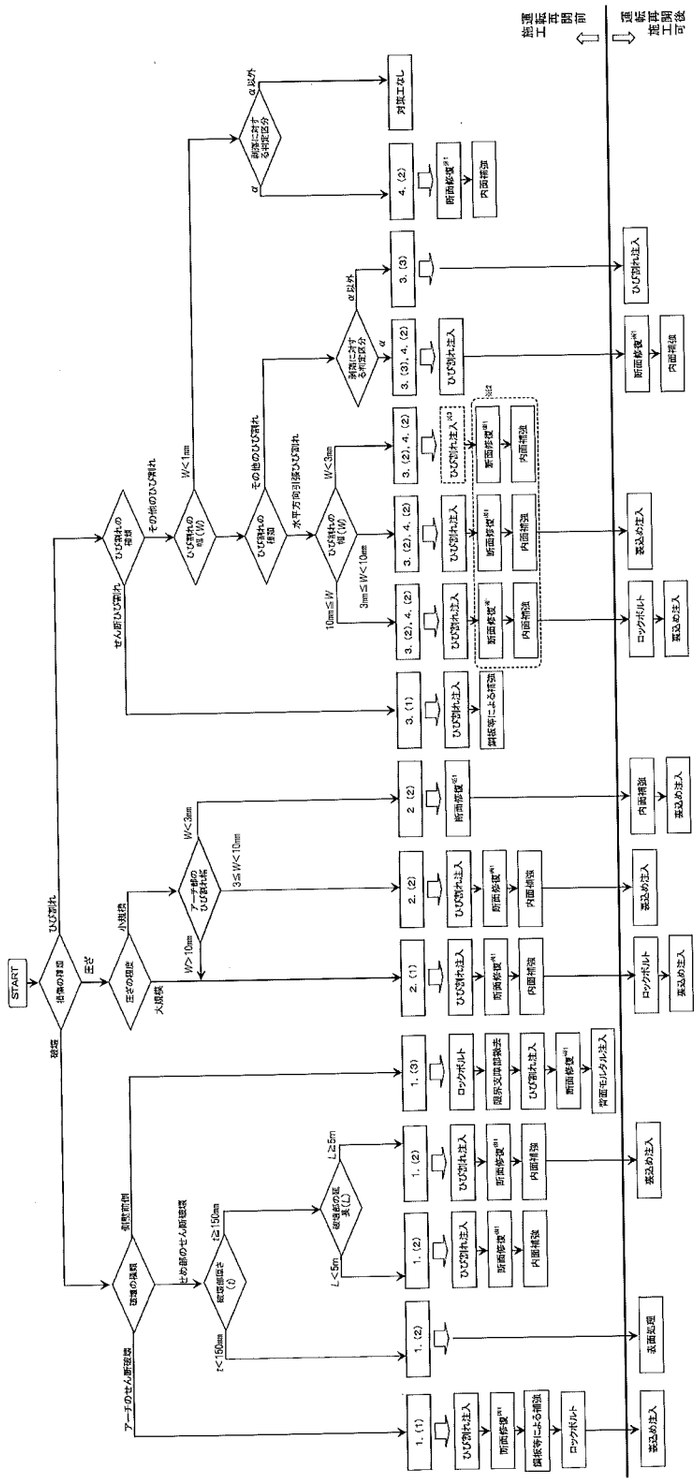


図-11　復旧フロー

72.1mを含む)の単線鉄道トンネルである．1964～1965年にかけて導坑先進上部半断面工法により施工されている．なお，天王トンネルの下り線は盛土構造であり，今回の地震により下り線の盛土は信濃川方に崩壊し，山側の天王トンネルの上部においても土砂崩壊が発生していた．

4-2-2　天王トンネルの被害

トンネル部の被害は，下り線およびトンネル上部の土砂崩壊の影響を受けたと思われ，側壁部，アーチ部にひび割れが発生し，側壁・アーチ部の打ち継目部は5～6 cmの開口が発生した(**写真-6**)．また，トンネル坑口部では，斜面崩壊に伴い上半支保工が一部露出していた(**写真-7**)．

4-2-3　天王トンネルの復旧概要

天王トンネルでは，覆工のひび割れによる損傷が激しい区間において，高靭性セメント系吹付けモルタルによる覆工補強を行った．この復旧方法は，損傷部の覆工コンクリートをはつり落とした後，エキスパンドメタルを設置し，この上に高靭性モルタルを吹付けるという構造である．

5　トンネル復旧の進め方

トンネルの復旧にあたっては，トンネルの原形復旧を原則としたが，比較的大きな被害を受けたトンネルにおいては安全性の向上の観点から，補強を行うこととした．

また当社では，今回の地震発生直後より復旧に向けた調査を開始し，余震により調査が難航したものの早期に被害状況に応じた復旧・補強方法の方針を策定し，この方針を現場に周知させた．このため，現場においては被害パターンに応じた復旧計画を現場担当者が即座に判断でき，担当者の裁量で詳細な施工方法を決定することができることとなった(**図-11**)．

6　おわりに

今回の新潟県中越地震においては，トンネルが大きな被害を受けたため，新幹線，在来線ともトンネルの復旧工程が鉄道運転再開のネックとなった．トンネル被害に対する復旧工事においては，復旧資機材の搬入路の確保が重要である．とくに上越新幹線の魚沼，妙見の両トンネルは，トンネル間が雪覆いに囲われているため，魚沼トンネル・妙見トンネル・滝谷トンネルの3トンネルが延長13kmもの1本のトンネルのような構造となっており，資機材の搬入に困難を強いられることとなった．また，地震直後から大きな余震が続き，調査および復旧作業に影響を与えることとなった．このような中，被災から約2か月という短い期間で鉄道不通区間の運転再開を果たすことができたのは，工事関係者の真摯な努力によるものと考えている．なお，今回は地震被害の概要を中心に述べたが，復旧工事の詳細については，今後工事関係者により発表されるものと考えている．

現在当社では，列車運転再開後に詳細なトンネル被害調査を実施中であり，社内に朝倉・京都大学教授を委員長とする「中越地震トンネル被害原因調査検討会」を設置し，今回のトンネル被害の原因を調査し今後のトンネルの対策方法を検討して行く予定である．

『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)

報　告

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

1　はじめに

JTA－COB第7回技術交流会議は，2004年11月8日(月)～10日(水)にかけて東京で開催された．会議出席のためCOBからはOud会長以下総勢12名が来日した．今回の交流会議は2003年オランダで開催した第6回技術交流会議の際のJoint Meetingでの打ち合わせ結果，ならびに2004年5月のシンガポールでのITA総会の際の打ち合わせ結果にもとづき，交流日程を従来の5日間より3日間に短縮し，またマスタークラスに替えてセミナーを開催することとし，ワークショップ1日，セミナー1日，現場視察1日とした．プログラムの概略は**表-1**のとおりである．

今回のワークショップとセミナーのテーマは日本側が必要とするノウハウをオランダ側からできるだけ吸収することを主眼に選定した．この結果，ワークショップのテーマとして「道路トンネルの火災対策」,「トンネルの洪水対策」ならびに「発展途上国への技術移転」を取り上げた．また，セミナーは「国際ビジネス推進戦略」をテーマとし，講演とパネルディスカッションを行った．以上が第7回技術交流会議の概要であるが，以下に主な項目について，会員の皆様に役立つような点を中心に報告する．

(文責：宮口尹秀・(社)日本トンネル技術協会)

2　Joint Meeting

今後の技術交流の進め方，次回の交流会議の計画のアウトラインなどについて意見を交換するため，双方の幹部によるJoint Meetingを開催した．会議出席者はCOB側はOud会長，Admiraal専務理事ほか3名，JTA側は三谷会長，宮口専務理事，岡国際委員長ほか4名であった．今後の技術交流の進め方に関し，JTAの関係委員会，理事会で事前に第8回以後も継続すべきか否かなどの基本方針が議論された．その結果，JTAとしての方針は次回の第8回技術交流会議は第7回と同じやり方で実施する．第9回以降の開催は，今回のJoint Meetingで開催をコミットするのではなく第7回，第8回の結果を見てJTAとして得るべき価値があるかどうかで判断することとなった．Joint Meetingでは以上のJTAの方針を説明，COB側もこれに同意した．また，第8回技術交流会議の計画についても打ち合わせをし，そのアウトラインを以下のように決定した．

- 第8回技術交流会議は来年の9月または10月にオランダで開催する．
- プログラムはワークショップ1日，セミナー1日，現場視察1日の3日間とする．
- ワークショップ，セミナーのテーマなど細部は2005年5月イスタンブールITA総会の際に，

表-1　JTA-COB第7回技術交流会議プログラム

11月8日(月)

ワークショップ　会場：日本トンネル技術協会　9：00～15：10

チェアマン　小野　紘一(京都大学教授，ITA副会長)
チェアマン　Ir. Mr. H.M. Schroten (COB)
コチェアマン(逐次通訳担当)　高野　佳博((株)千代田コンサルタント技術部長，ITA研究開発副部会長)
9：00～9：30　オープニングセレモニー　三谷　浩((社)日本トンネル技術協会会長)
Ir. H. J. C. Oud (COB会長)

トンネルの防災対策(9：30～12：20)

9：30～9：50　日本におけるトンネル防災技術　真下　英人((独)土木研究所基礎道路技術研究グループ 上席研究員)
9：50～10：10　Measures for fire protection　Drs. A.J. Arbouw (Ministry of Transport)
10：10～10：20　質疑応答
10：20～10：40　首都高速道路のトンネル耐火対策に関する検討　田嶋　仁志(首都高速道路公団工務部設計技術課補佐)
10：40～11：00　Design for fire resistance　Ir. W.P.S. Janssen (TEC)
11：00～11：10　質疑応答
11：10～11：30　Coffee break
11：30～11：50　東京地下鉄の洪水対策　米島　賢二(東京地下鉄(株)鉄道本部構築物構造改善プロジェクトチーム課長)
11：50～12：10　Measures for flood prevention　ir. F. de Boer (Holland railconsult)
12：10～12：20　質疑応答
12：20～13：30　昼　食

Joint Meeting(12：20～14：00)

発展途上国のへの技術移転(13：30～15：10)

13：30～13：50　発展途上国における技術セミナー　中山　隆((社)海外建設協会常務理事)
13：50～14：10　Examples of technical seminars in developing countries and their evaluations　Ing. J.B.M. Admraal MBA (COB)
14：10～14：20　質疑応答
14：20～14：40　ハイパントンネル(日本のODAプロジェクト)における技術移転の成功例と失敗例　野口　彰((株)間組 国際事業統括支店土木部部長)
14：40～14：50　質疑応答
14：50～15：10　総　括　チェアマン
15：10～15：50　移　動

特別講演会　会場：東京商工会議所8階「東商スカイルーム」　15：50～18：30

15：50～16：00　開会挨拶　三谷　浩((社)日本トンネル技術協会会長)
16：00～17：00　トンネル技術の変遷と今後の動向　今田　徹(東京都立大学名誉教授)
17：00～17：15　質疑応答
17：15～18：15　オランダのトンネル技術と海外ビジネスの振興(逐次通訳)　Ir. H. J. C. Oud(COB会長)
18：15～18：30　質疑応答
18：30～20：00　レセプション

11月9日(火)

セミナー　会場：日本青年館中ホール　9：45～17：00

テーマ：国際ビジネスを推進するための戦略
チェアマン　小野　紘一(京都大学教授，ITA副会長)
コチェアマン(逐次通訳担当)　高野　佳博((株)千代田コンサルタント技術部長，ITA研究開発副部会長)
9：45～10：00　オープニングセレモニー　三谷　浩(社団法人 日本トンネル技術協会会長)
Ir. H. J. C. Oud (COB会長)
10：00～10：40　建設分野の国際ビジネス戦略　富瀬　南((社)海外建設協会専務理事)
10：40～11：20　Strategies for Internatinal Business in Construction Industry　Dr. ir. P. van den Berg. (Delft Cluster)
11：20～12：00　国際ビジネス推進のための教育　菅原　天意(東日本旅客鉄道(株)総合企画本部国際部次長)
12：00～12：40　Educational system to promote international business　Prof. Ir.J. W. Bosch (TU Delft)
12：40～14：00　昼　食

パネルディスカッション(14：00～17：00)

テーマ：国際ビジネスの進め方
コーディネーター：小野紘一(京都大学教授，ITA副会長)

14：00～14：40　**話題提供**：10分×4人
・台湾高速鉄道プロジェクト　梶川　健二((株)大林組海外土木事業部海外土木第一部専任役)
・入札における代案の競争力　福林　和英(五洋建設(株)国際事業本部副部長)
・International experience ： Oresuntunnel　Ir. W.P. S. Janssen (TEC)
・Design and construction tunnels in other countries　Mr. Ing. R. R. Slot (Volker Sterin Construction Europ BV)
14：40～15：00　Coffee Break
15：00～16：30　**パネルディスカッション**
梶川　健二((株)大林組海外土木事業部海外土木第一部専任役)
福林　和英(五洋建設(株)国際事業本部副部長)
富瀬　南((社)海外建設協会専務理事)
Ir. W.P. S. Janssen (TEC)
Mr. Ing. R. R. Slot (Volker Sterin Construction Europ BV)
Prof. Ir.J. W. Bosch (TU Delft)
16：30～17：00　総　括　小野　紘一(京都大学教授，ITA副会長)

11月10日(水)

現場視察　(地下鉄13号線「明治神宮前駅(仮称)」開削工事)

打ち合わせ会を開き決定する．なお，以上の打ち合わせ内容を整理したSummaryを作成のうえ，両会長により確認された．

(文責：宮口尹秀・(社)日本トンネル技術協会)

3　ワークショップ

日　時：平成16年11月8日　9：00～15：10
場　所：日本トンネル技術協会4F会議室
参加者：COB：12名　JTA：30名

3-1　ワークショップのテーマ

テーマは，毎回両国で協議をして決められているが，今回は日本企業の海外進出戦略の一助としてのテーマとオランダ側から学ぶべき点の多いトンネル防災を取りあげた．

(1)　トンネルの防災対策
1)　道路トンネルの火災対策
2)　道路トンネルの耐火設計
3)　地下鉄の洪水対策
(2)　発展途上国への技術移転
1)　発展途上国での技術セミナーの実施例とその評価
2)　技術移転の成功例と失敗例

以上5つのサブテーマが取り上げられ，それぞれのテーマについて両国から発表があった．ワークショップの開始に先立って，三谷JTA会長とH. J. C. Oud COB会長の挨拶があり，ワークショップは日本側は小野紘一・京都大学教授(ITA副会長)が，オランダ側はH. M. Schroten氏がチェアマンとなり，また高野氏(ITA研究開発副部会長)がコチェアマン(逐次通訳担当)として進められた．

3-2　発表の概要

3-2-1　トンネルの防災対策

(1)　道路トンネルの火災対策

1)　日本における道路トンネルにおける安全技術
真下英人((独)土木研究所上席研究員)

わが国における道路トンネルの現状としてトンネル本数が8,000本以上でその全長が2,500km以上となったことが示され，それらのトンネルに対する安全性の確保の概念が示された．その内容は，関連法整備，トンネルのデザイン改良，防火施設の充実などにより事故の確率を低減することと対応をすばやく行うことなどであった．結論的には，人命救助を第一に避難路の確保，煙の制御方法の確立，さらには教育や訓練が重要であり，さらなる安全研究が大切であると説明された．

2)　防火対策
A. J. Arbouw (Ministry of Transport)

Arbouw氏はオランダの運輸省におけるトンネル安全政策に関する担当官である．オランダのトンネルの安全規則を作る作業は2001年の9月から開始された．それは，欧州で発生したモンブラントンネルやゴットハルトトンネルの事故の教訓を

オランダのトンネルに生かそうとするものである．プレゼンテーションでは行政側としての法規制の企画立案制定までのプロセスを示し，その過程でトンネル施工業者や施設の施工者の知見や経験を取り入れつつ，さらには政府や専門技術者に認めてもらう手順を示した．法律は2005年６月に出来上がる予定とのことである．

（２） 耐火設計

1） 首都高速道路公団の耐火トンネル構造へのアプローチ　　田嶋仁志

（首都高速道路公団工務部設計技術課補佐）

首都高は現在施工中である新宿線において，コンクリートセグメントの火災による爆裂を防止する対策をすることで二次覆工費や掘削費などのコストダウンを図る耐火構造トンネルを目指している．その構想を実現するために防火対策としてボードタイプと耐火物のスプレイタイプを選定してRABT曲線による耐火試験を実施した．この結果，RCセグメントの爆裂深さは鉄筋のあるところまでであり，爆裂はコンクリート最高温度だけでなくその上昇速度にも関係していることが判明している．さらにフルスケールの実験ではセグメントは爆裂のあとでも破壊はせず，たわみ性能の低減も小さいことがわかった．

2） トンネルにおける安全と耐火性

P.S.Janssen

（Tunnel Engineering Consultants）

Janssen氏はTECの取締役をつとめているコンサルタントである．

近年オランダでは，トンネル数の増大によりトンネルにおける安全性が注目されてきている．火災などのリスクの推定や事故のシナリオの設定に確率論や決定論的なシナリオ作成アプローチ方法が採用されてきている．

具体的にはQuantitative Risk Analysisやシナリオ解析を実施のうえ現場の条件を勘案し安全対策を立案し，さらに救助方法まで指示を行うというものである．例えば，1976年までは道路交通に制限はなかったが，1980年以降ではトンネルの分類を行い交通規制を（危険物の運搬など）実施している．一方では，トンネル火災のコンクリート爆裂に対しての対策工の実施を行っている．安全確保におけるコストにおいて適切なものとなっていると考えている．

（３） 洪水対策

1） 東京メトロにおける洪水災害防止対策

米島賢二

（東京地下鉄（株）鉄道本部構築物構造改善PT課長）

東京における地下鉄が東京メトロとほかの地下鉄を含め延長が310kmにわたっている状況や，昨今の降雨データが示され，年に7～8件の洪水事故の発生があることなどについての説明が行われた．洪水対策としては，施工中の工事における対策と現在運営中の地下鉄における具体的な対策が示された．例えば，運営中の対策としては，出入口対策，換気口対策，水門工，通信施設などそれぞれの具体的な状況が示された．結論的には過去の事例に学び，適切な対策と訓練プログラムを用意することが重要であると結んだ．

2） 洪水－地下インフラに対する制御ができるリスク　　F. deBoer（Holland Railconsult）

オランダは干拓地にトンネルを構築するケースが多く，いわゆる洪水やトンネル上方の水路からの漏水による洪水が発生することが多い．前者の基本的な対策としては，堤防にへこみを作る構造，スライディング扉を設置することである．それらの対策の実際例としてWillemspoor Tunnel（ロッテルダム），North－South Metroline（アムステルダム）Sophia Railway Tunnelの事例を紹介した．安全性を確保するための運行を中止することを判断するRAMS－Analysisについての紹介もあった．

3-2-2 発展途上国への技術移転

（１） 発展途上国での技術セミナーの実施例とその評価

1） 発展途上国での技術セミナーの実施例とその評価　　中山　隆（海外建設協会常務理事）

海外建設協会の活動のひとつに発展途上国へ日本の先端技術を移転することがあるが，これにより国際的な協力，交流，公的関係を達成する効果をもたらす．その手法としては，OJT，十分な施設での教育，セミナーがある．このうちセミナーに関しては現在年に2～3回行われており，主としてODAプロジェクトがある地域で，とくに東南アジア（マレーシア，インドネシア，タイ，シンガポール，フィリピンなど）で開催されている．このうちの多くは国交省がスポンサーとなり海外建設協会が推進役を担当している．セミナーのテーマとしては，さまざまであるが，大きくは，道路，橋，トンネル，洪水対策，水の浄化，建設現場での環境保全や，リサイクル，耐震技術などである．これらの活動を推進するにあたっての問題も多くあり，予算の確保や語学力のあるプレゼンターの増強，これまで実施していない国への展開，新しいテーマの開拓などがあると結んだ．

2） 発展途上国における技術セミナーの例とその評価　　J. B. M. Admraal（COB専務理事）

COBはオランダにおけるトンネルプロジェクトの経験を生かし，インドネシアにおいて地下利用の社会資本を整備する知識をたかめる活動をしてきている．これはオランダとインドネシアの両国における土木工学分野における相互協力活動の一部である．

インドネシアにおいては，水力発電における導水路トンネルの技術はあるが，道路においてトンネル技術が応用されることが少ないのが現状であった．これは，社会資本整備においてトンネルの有益性や重要性を理解していないことによるものである．COBとIRDA（インドネシア道路協会）は共同して土木の分野での技術移転をすることとし，COBはその計画案を作成した．これらは，インドネシアにおけるトンネルに関する社会資本を整備することに関しての基本的なものとなり，成功を収めたものとなっている．具体的には，大学との技術連携や教育機関の設立を行い最新技術の提供だけでなく生徒や先生の交流も実施している．さらにはトンネルに関する国際会議を共同でインドネシアで２回開催している．この会議ではインドネシアでの地下利用の必要性，地下利用の利点，地下施設の経済性や計画，技術，施工といったテーマがとりあげられ，地下施設の構築にむけての機運を高めようとしている．

（２） 技術移転の成功と失敗例

1） トンネルの施工技術移転の成功と失敗例：ベトナムハイバンパストンネル

野口　彰（（株）間組国際事業統括支店土木部長）

このプロジェクトは日本のODAによるものであり，2000年10月から着手されて，2005年５月に供用開始の予定である．トンネルは施工延長は6,274mで，換気坑道が1,810mの長大トンネルである．施工にあたっての問題は現地のスタッフがトンネル技術の知識が皆無であったことである．そのため，技術移転のプログラムを計画した．それらは，NATMの技術移転，現場管理技術，OJTからなるものである．OJTでは現場の技術者，労働者に対してトンネル技術の全般にわたる指導を行った．その結果，成功した点は現場の技術者が自分たちで施工管理や安全管理，施工パターンなども決定できるようになり，労働者は施工機械をうまく使用して作業を自分たちの判断で進めることが可能となったことである．一方，失敗した点としては，技術者は短い講義のみで教育したことから，現場の理解が十分でなく，施工管理がうまくできなかったことである．この原因としては，技術者は汚れ仕事をしないという悪いプライドがあったことも考えられた．技術移転をすることの効果としては，彼ら自身で技術力をあげられる，次のプロジェクトのときに再雇用ができる，日本の技術を示せる，人的ネットワークを構築できるといったことがあげられる．何が大事なポイント

ワークショップ

かという会場からの質問には，日本のやり方をあまり押し付けないのが大切との回答があった．

ワークショップの発表終了後，日本側は小野先生が，COB側はSchroten氏がポイントをまとめられて今回のワークショップの成果を確認して終了した．

（文責：三上 哲司・(株)大林組）

4 トンネル技術特別講演会

日　時：平成16年11月８日　15：50～18：30
場　所：東京商工会議所８F東商スカイルーム
講演者とテーマ：
①　トンネル技術の変遷と今後の動向
　　今田　徹(東京都立大学名誉教授)
②　オランダのトンネル技術と海外ビジネスの振興　　H. J. C. Oud (COB会長)
参加者：COB　12名，JTA　100名

今回の特別講演会は両国から講師をだして，広くJTAの会員の参加を募って行われたが，COBとの技術交流会でははじめての企画である．はじめに三谷JTA会長の挨拶と講師の紹介があり，今田先生，Oud会長の順で講演が行われた．

（１）　トンネル技術の変遷と今後の動向

トンネル技術に関して，現在飽和感があるが，今後どのような方向に向かっていくかを考えるために，これまでのトンネル技術の変遷を考えてみた．トンネル技術の発展は，19世紀初頭の産業革命が背景となっているが，大きく分けると２つの分野に分かれて発達してきている．それらは，軟弱地盤におけるシールドトンネル工法と発破を用いる山岳トンネル工法である．

1)　山岳トンネル工法の変遷

山岳トンネルは発破工法が基本となっており，その枠組みは変化せず，岩石を破砕する技術，ずりの運搬技術，掘削された空間を安定させる支保技術などの構成技術要素を改善することで発展してきている．日本では，1960年代に木製支柱式支保工から鋼アーチ支保工へ変化し大型機械の導入が可能となり作業の効率化と安全性が向上した．しかし，1970年代の中ごろから技術の飽和感がもたれ，ロックボルトと吹付けコンクリートが個々に導入されNATMとなり1980年代から普及するにいたった．この間，計測技術や解析技術の進歩，先受け工技術の開発により山岳トンネルの大断面化や不良地山への適用範囲が広がってきている．NATMも20年以上の歳月がたち次世代の技術を見出せないでいるのが現状である．しかし，山岳トンネル工法では切羽の安定が基本であることから，地山安定化対策が今後の鍵を握っており，掘進能率の向上という点では，機械能力の向上，大型化という流れは変わらないと考えられるのでTBMやTWSの積極的な利用が進められると思われる．

2)　シールドトンネル工法

シールドトンネル工法は1825年にテームズトンネルから始まっているが，切羽の安定を圧気やブレストボードにたよる第１世代の技術は20世紀中ごろまで使われた．1960年代から密閉型シールドが開発され，泥水，泥土シールドは第２世代の技術といってよい．現在わが国はその技術をベースとして，親子シールドやDOT，MFシールドなどの技術が開発され，第３世代のシールドの時代になっている．今後においては長距離，高速，高水圧対応，大断面シールドなどへの合理化，必要性への対応が進められている．また，より硬い地盤への適用性を高めTBMの領域も含めた全天候型の工法として発展することが期待される．

3)　まとめ

両方の工法をまとめると山岳トンネルでは，切羽崩壊や高水圧対策，押し出し地山などの地山制御が課題である．一方，TBMとシールドをひとくくりとして，地山の安定性がよいところはTBMが担当し，不良地山では密閉型のシールドが受け持つ．ただし，そのときの水圧は1.5MPa程度までが限界であると思われる．

恒常的なニーズとしてはコストの縮減，工期短縮，安全性の確保，耐久性などの品質確保が要求されている．新しいニーズとしては，都市部における環境問題の克服，大深度地下利用を促進する新しい工法のブレークスルーが望まれるところである．

特別講演会

〈参考資料〉

今田徹：何がトンネル技術を発展させたか，(財)先端建設技術センター．

（２）　オランダのトンネル技術と海外ビジネスの振興

講演は英語で行われ，高野氏(ITA研究開発副部会長)により逐次通訳された．

オランダは，ヨーロッパの北海に面した角にあり，国土の大半は海にかこまれ，人間の存在によって守られている国である．トンネル建設は近年急速に広がってきており，たくさんの社会資本や道路の下のトンネルを建設するために新しい方法がもとめられている．

1)　オランダの歴史

オランダは，オランダ人が住み着く前，今から20万年前に海と川によって形成された．国土の半分以上が洪水水位以下にある．人口密度の高い干拓地を守るために水工学の技術が重要である．地質学は1000年のあいだ海水位が上昇していることを示しており，紀元前1000年には現在よりも16～18m低い状態であった．ライン川とムーズ川の氾濫が，国土を形成した．

2)　東インド会社(VOC)

17世紀になると，大航海時代であり，東インド会社はオランダ社会全体に影響をもたらした．航海のネットワークが整備され，アムステルダムはその交易の中心であった．VOCは1602年に設立され，インドやセイロンとの交易，後には中国や日本との貿易を行った．これによりオランダに世界各国から移民がきたり，世界にオランダの植民地を形成することになる．

3)　洪水との戦い

度重なる水害との戦いは水工学の進歩をもたらし，1916年の深刻な水害の後，Zuider Zeeを300kmの堤防で囲み内海化するプロジェクトが行われた．また，1953年の洪水は巨大な三角州計画をもたらした．

4)　オランダの交通網整備

オランダは，国際的な交通網に依存していることから自国の交通網を整備しなければならない状況におかれていた．地上には，運河の交差部や道路，鉄道，パイプラインなどが密にあり，それらの下を通行しなければならないところが多くあった．そこで，50年代から60年代にかけて地下の社会資本整備を解決策とするたくさんのプロジェクトが実現されたのである．現在も道路や鉄道の数多くのトンネルが沈埋トンネルで，計画中あるいは施工中である．

5)　オランダのトンネル

オランダのように洪水が多い国では，地上から掘削する工法が一般的であり，ニューマチックケーソンや開削工法が用いられる．アムステルダムの地下鉄のように，連壁工法が用いられることも多い．

6)　オランダの沈埋トンネル

オランダでは，Maasトンネルが完成する1942年までトンネル工事が見られなかった．日本の延長5,500kmのトンネルに対してオランダは41km，計画中が100kmという状況である．それは，オランダの地質によるものが大きい，しかし，沈埋トンネルに関しては，世界の定評を得ている．Vlakeトンネルでは，コンクリートを冷却することにだけによって止水を達成した．このほかいろいろな技術の開発を実施している．Baraendrechtドッグはオランダの西における沈埋トンネルの躯体のほとんどを製作している．トンネルの躯体が運搬可能であれば，200kmの運搬距離の事例もある．

7)　シールドトンネル

20世紀中ごろまでオランダの技術者はφ５m以

上のトンネルにシールドトンネル工法を採用しなかった．しかし現在では，技術的に追いつき，いくつかのプロジェクトに採用されつつある．第2 Heinenoordトンネル(φ8.55m　泥水シールド)の例を示す．COBは現在Westerscheldtトンネル(φ11.24mでツインチューブ，全長6.6kmの海底トンネル)を検討中である．また，ロッテルダムからドイツのヒンターランドまでの鉄道で，φ9.5m延長7.5kmなど多くのトンネルが計画されていることが紹介された．

8)　オランダの国境を越えて

第2次世界大戦後すでに60年経過しているが，通信の進歩のおかげで世界中の出来事の情報が入手できる．このことは，われわれを世界の一員として他国と一緒となり活動する必要性を感じさせる．国際レベルでは，新しい技術革新についてお互いに情報を持つようにしなければならない．仕事が複雑になればなるほど，契約やエンジニア会社の専門性が高くなくてはならない．自国のマーケットだけではもはや十分な仕事は得られないのである．そこで海外ではいたるところで競争が発生するのである．協力は先進国と発展途上国の間で必要である．後者はわれわれの失敗から多くを学べるであろう．オランダの三角州のプロジェクトから設計会社や施工業者はいろいろなノウハウを獲得した．それらは，サウジアラビアのBahrain CausewayやデンマークのStorebelt橋，カナダのPrince Edward Island橋，デンマークとスウェーデンの間のOresund Causewayなどの国際プロジェクトに参画できることにつながっている．

9)　結　論

オランダは17世紀には100以上を数える共和国であった．新しい海路をもとめスペインやポルトガル，英国と競って貿易を行った．第2次世界大戦前には巨大な植民地帝国を築いていた．その歴史において，住民はオランダの宗教や法律を学んだ，それが後になり教育や商業知識のプログラムに変わったのである．

発展途上国からの有望な人材はオランダで数年間学び自国に帰ると指導的な地位に着くのである．

Oud会長の講演

これほどオランダにとってよい大使はいない．国際言語を話すことはとくに重要で，地方の言葉の知識も同様である．

次の項目が海外での成功の鍵になるものである．

- 自国の進歩的な知識を得て，それを海外に出していく
- 仕事をやるときにはその地方の人間を育てる
- 社会的な，専門的かつ科学的なネットワークをつくる
- 創造性や柔軟性，より上を目指す才能
- 海外で働く人間に決定権をあたえること
- 英語の十分な知識と地方の言語の知識
- 大きなプロジェクトでは資金の仲介を行う
- ローカルの人間を雇うことによるコスト縮減
- ローカルの人間へプロジェクトの成功に伴う恩恵を与える

(文責：三上哲司・(株)大林組)

5　セ　ミ　ナ　ー

日　時：平成16年11月9日　9：45～17：00

場　所：日本青年館「中ホール」

大テーマ：海外ビジネスを推進するための戦略

5-1　キーノートスピーチ(10：00～12：40)

(1)　建設業界における国際ビジネス戦略

富瀬　南((財)海外建設協会)

日本の建設会社の海外工事での取り組み状況，日本の建設会社からみた海外市場，日本の建設会社と外国企業との対比，今後の海外進出のための秘訣と方策を紹介した．その中で，現地での建設計画の一層の明確化，現地の市場ノウハウの開拓，現地のサブコンへの権限の付与，取り組むべくプロジェクトの選択の明確な判断基準，しっかりしたリスク管理などの重要性を強調した．また，従来の価格のみの契約方式への固執から脱皮し，価値向上などを付加した新しい契約方式への取り組みの必要性を説明した．

(2)　欧州技術推進計画(European Technology Platform)におけるオランダの建設技術の貢献

Dr. Ir. P. van den Berg (Delft Cluster)

欧州における今後の社会構造の変化や社会環境の変化に対して，オランダの建設技術研究機関であるDelft ClusterやDelta Neth，COBの役割や活動状況，今後の課題などを紹介した．

(3)　国際協力推進のための教育研修

菅原天意(東日本旅客鉄道(株))

JR東日本の途上国を中心とした海外への教育研修について紹介した．その中で，派遣状況，人事交流，協定，交換研修，インターン受け入れ，共同セミナー開催などについて事例を挙げて説明した．

(4)　国際ビジネスを推進するための教育システム　　Prof. Ir. J. W. Bosch (TU Delft)

デルフト工科大学における途上国の学生を対象とした特別の教育システムについて紹介した．習得した学生の帰国後の立場や活動，システムに対するオランダの高い評価などを通して，今後のオランダの途上国に対するビジネス進出へ大きな役割を果たす可能性について言及した．

5-2　パネルディスカッション

テーマ：海外ビジネスを推進するための戦略

コーディネーター：小野紘一・京都大学教授

パネリスト：

JTA側：梶川健二(大林組)，福林和英(五洋建設)，富瀬　南((財)海外建設協会)

COB側：Ir.W.P.S. Janssen (Tunnel Engineering Consultants)，Ing. R. R. Slot (Volker Sterin Construction Europe BV)，Prof. Ir. J. W. Bosch (TU Delft)

5-2-1　双方からの話題提供(14：00～14：40)

(1)　台湾高速鉄道の建設プロジェクトの紹介

(梶川　健二)

同プロジェクトは世界でも最大級のBOTによるプロジェクトである．プロジェクトの概要，組織，BOTの仕組みなどを紹介した．このプロジェクトの特徴は，発注形態であるBOT，一括契約，設計施工，品質管理体制などである．

(2)　シンガポールでのマリーナベイプロジェクトでの入札における代案の競争力　(福林和英)

当プロジェクトの概要を述べるとともに，地盤改良，護岸および埋め立て工事に関して当初設計の課題と採用された代案の事例を紹介した．この代案は日本では目新しいものではないが，シンガポールでは初めてであり，同国にとって，今後の同種の工事に対するよい技術移転となった．また，代案の生まれた背景には現地との長年の協調を通して得られた現地ノウハウの蓄積が有効であった旨，説明があった．

(3)　Oresunトンネルプロジェクトの紹介

(Ir.W.P.S. Janssen)

デンマークの海峡横断沈埋プロジェクトの概要を紹介するとともに，プロジェクトへの参画を通しての海外ビジネス進出の成功の秘訣を述べた．同氏はコンサルタントとして，国際入札であるプロジェクトに参画した．受注競争に勝ち残った秘訣として，大きな課題であった環境問題を解決できる発注者ニーズにあった提案や高い技術力，競争力のあった価格などを挙げた．得られた教訓として，今後の海外工事における成功の秘訣としては，現地との協調，発注者が持っている潜在的な課題の克服，価格競争力と多少の運である．

(4)　Volker Stevin Construction Europeの会社概要およびビジネス戦略　(Ing. R. R. Slot)

同氏は，所属する会社が海外プロジェクトに参画するための種々の条件を紹介するとともに，参画方法(EPCやBOT，施工請負，設計施工など)，参画する場合の立場(元請けや下請けなど)や体制，参画すべきでない事例の条件，リスク管理方法などを述べた．

5-2-2　パネルディスカッション(15：00～16：30)

討議要旨：(以下，J：JTA側，C：COB側を指す)

話題1：今後の地下建設プロジェクトと有望な市場

(C)：オランダに似た軟弱地盤で高地下水位の条件を持った案件(国)ではオランダは強い．

(J)：日本のODAの対象としてJBIC(国際協力銀行)はインドネシアやベトナムなどの国では適している．

話題2：途上国との友好関係の構築や技術移転の重要性

(C)：途上国に対する教育や技術移転は目的を明確にして実施することが重要である．さもなければ情報が漏洩し，競争相手に市場を侵される危険がある．

(C)：相手国との信頼関係のもとで，教育を行うべきである．

(J)：相手国において仕事をうまく進めるには，土地の人との友情やよい関係を築くことが非常に重要である．

(C)：よい関係を築くことは，一朝一夕ではできず，10～15年の長い歳月が必要である．

(J)：中国に対する技術移転に関しては，同国は技術の吸収が速く，早い段階で日本の競争相手となっていく．

(J)：スリランカでの経験では，現地のサブコンは，日本側が実際に仕事を指示し，任せることにより，仕事を覚え，育っていくものである．

話題3：建設プロジェクトにおける資金

(C)：途上国のプロジェクトに参画するに際しては，ポイントはいかに資金を確保するかである．

(C)：メキシコでのBOTに参画したが，発注者は十分な資金を有しておらず，オランダ政府の保証が必要であった．

(J)：日本企業は，一般的には，途上国のプロジェクトにおいては，ODAやJICAのように資金源がしっかりしている場合のみ，対応している．

(J)：BOTは，発注者の責任者が代わることによる方針変更や通貨下落のリスクがある．

話題4：国際市場で建設ビジネスを推進するために求められる方策

(J)：日本は国内市場が今後とも縮小する傾向にあり，われわれは生き残るためには積極的に海外に進出していかなければならない．

(J)：国際的な調達能力，現地への一層の定着，高度な技術が必要となっていく．

(J)：PFI，BOT，PPPなどはハイリスク，ハイリターンである．

(J)：日本企業は売上高を確保するのに苦労しているが，PFI事業は売上高にはあまり貢献しない．

(C)：発注者の要求にあった価格を提案することが重要である．

話題5：競争に勝つためのポイント

(C)：リスクは極力，減らすこと．

(C)：相手国に対しては，傲慢な態度をとらず，友好関係を築くこと．

(C)：互いの信頼関係が重要であり，長い友好関係の蓄積が必要である．

(J)：一言では言えない．取り組むべきプロジェクトを見極める能力や，辞退すべきプロジェクトを判断する能力が重要である．

(J)：世界銀行がスポンサーであるプロジェクトには日本はなかなか参入できないが，その理由の一つに，日本は入札価格が高いことがある．しかし，日本は，いったん契約すると，後は，めったにクレームはつけない．一方，外国組は，安い価格で応札し，晴れて受注後は，クレームを多くつけ，金をつり上げることがある．台湾政府は，わが国に対しては，高い信頼をもっている．

パネルディスカッションの最後に，コーディネーターである小野教授が，テーマである「海外ビジネスを推進するための戦略」に関して，以下のまとめを行った．

1. 政府の強いバックアップを有効に利用し，ビジネスに関する情報を最大限収集すること．
2. ファイナンスの強化や優れたスタッフの拡充などにより，強いビジネス基盤を構築すること．
3. 先進国の優れた企業との連携を強化することにより，リスクやビジネスノウハウなどを共有すること．
4. 現地の建設会社との連携を強化し，技術移転を行うこと．
5. 収益性に優れたプロジェクトの得意な分野をターゲットとすること．
6. 顧客満足を追求し，顧客と良好な関係を構築すること．
7. 現地の建設会社に対して効果的な教育を行い，契約ノウハウ，クレーム能力，リスク管理能力などを向上させること．
8. コストダウンを追求すること．
9. 技術開発を推進すること．
10. 海外建設を通して，一層の国際貢献を行うこと．
11. BOTなどのような新しいビジネスモデルに取り組むこと．
12. 今後期待される分野やプロジェクト，とくに，環境，エネルギー，情報インフラ，海外の大きなプロジェクト，大都市のインフラ整備などに注目すること．

最後に，小野教授が以下の提案で本日のセミナーを締めくくった．

1. 建設会社，コンサルタント，メーカーが団結し，政府の強いバックアップをもとに，「ニッポントンネル会社」を立ち上げ，海外市場に参入しようではないか．
2. 海外建設分野での国際貢献において，JTAとCOBは一層，協力して取り組もうではないか．

(文責：河野重行・清水建設(株))

6 現 場 視 察

日　時：平成16年11月10日　10：00～12：00
場　所：東京メトロ渋谷工事事務所
　　地下鉄13号線　明治神宮前駅
参加者：COB12名

午前9時30分，COB12名が宿泊するホテルからバスにて現地に向かった．バス内にて日本においてもっとも歴史の古い地下鉄運営会社である東京地下鉄(株)の概要と，現在の路線総延長約190kmのうち約70kmがシールド工法を採用しており，地下鉄13号線は同社にとって最後の新設路線であることなどが紹介された．午前10時に東京メトロ渋谷工事事務所に到着し，約30分間にわたって西村高明・東京メトロ渋谷工事事務所所長から地下鉄13号線全体計画および明治神宮前駅(仮称)の開削工事の概要について説明を受けたのち，池袋方の明治神宮前一工区に移動し，掘削工事が進行中の構内を視察した．その後，工事事務所に戻り，質疑応答の後，午前12時ごろ現場視察を終了した．COBメンバーからの質問も活発にあり，今回の現場視察に大変感銘を受けたという感想が聞かれた．また，事務所内に掲示されている地元向け広報紙に興味を示し，COBの要望でそのサンプルも資料として提供した．説明および質疑応答の主な内容は以下のとおりである．

- 地下鉄13号線は既に志木～和光市間を東武東上線として，和光市～池袋間を有楽町線として営業しており，東京メトロが建設する池袋～渋谷間の8.9kmはこの延伸工事である．現在工事中の7つの駅は開削工法を採用し，今後着工される駅間区間はシールド工法を採用する予定である．開通を2008年3月に予定しており，土木構造物はその約1年前の完成を目指している．
- 明治神宮前駅は明治通り直下に位置し，地下を約30mまで掘削して，幅約18m，高さ約18m，延長約307mの3階建ての躯体が構築される．本体構築は，B1中床スラブのみ逆巻き工法で施工している．
- 現在，計画掘削深さの約半分まで掘削が進行している．駅部延長を二つの工区に分割し，池袋方延長約159mの一工区，渋谷方延長約148mの二工区からなり，それぞれゼネコン3社で構成されるJVが月曜日から土曜日まで24時間体制で施工をしている．
- 土留め壁は上部と下部に分割した構造となっている．この構造は，当該地域の歩行者・交通量

がたいへん多いため，地上部分に施工機械が存在する期間を短くしたいという地元の要望に応えて採用された．下部の土留め壁は上部を掘削して確保される地下空間内から構築している．掘削に伴って排水する地下水は地下にリチャージしている．掘削土砂は東京湾の埋立地に搬出し，埋め戻しには流動化処理土を用いる計画である．

- シールド工区は2005年４月に最初の工区を着工し，2006年３月までに全10工区を着工する予定である．延長の短い工区では１台のシールドをUターンさせて施工することによりコストダウンを図っている．また，雑司ケ谷地区では１台のシールドで直径８mの断面区間と直径6.6mの断面区間を掘削する予定である．
- 地元コミュニティ向けに広報紙を年4回発行し，工事の内容や進捗状況に関するわかりやすい情報を提供することにより，一般市民の理解増進に努めている．

（文責：清水保明・鹿島建設(株)）

7 おわりに

第７回JTA－COB技術交流会議では，前回双方で合意したできるだけ内容をスリム化するという方針に従い日程を３日間に短縮して実施した．このためCOBからの参加者も12人とこれまでに比して半減した．しかし，今回の技術交流会議のワークショップ，セミナーのテーマは日本側の参加者に役立つものとの観点から選ばれたので日程はスリムにはなったが，内容的には大変実りの多い交流会議だったと評価される．とくに日蘭両国のトンネルの権威による特別講演会は約100名の参加者で盛り上がり，講演会終了後の参加者のアンケートを見ても大変好評だった．セミナーの参加者は約40名で，期待していたより少なかった．日本ではトンネル技術の活用の場を今後もっと海外に求めてゆく必要性が高まっている現在，「国際ビジネス推進戦略」というテーマは時宜に適したものだと思われるが，会員の皆様からは多分トンネル技術とかけ離れた話題と受け止められ，あまり関心を引かなかったものとも思われる．大変興味深い方向や議論が沢山あっただけに事前のPRが十分でなかったことが反省される．新しい方針による第７回JTA－COB技術交流会議では成功裡に実施されたが，最後に色々と御尽力いただいた関係者の皆様ならびに熱心に聴講頂いた皆様に厚く感謝する次第である．

（文責：宮口尹秀・(社)日本トンネル技術協会）

「読者の声(仮タイトル)」投稿募集のご案内

新設コーナー：読者の声(仮タイトル)の投稿を募集します．読者の方の意見や提言，または，有意義な情報など何でも結構ですのでご投稿ください．ただし，宣伝色の強い内容や他人を中傷するような内容は掲載をお断りすることもございますので予めご了承ください．原稿は文字のみとし，ボリュームは1,000字以内程度，タイトルは20字以内でお願いいたします．掲載にあたり，所属団体名と氏名も掲載いたします．原稿には，連絡先(住所，氏名，所属名，電話，E-mailなど)明記のうえ，電子媒体(FD，CD，MO，いずれも可)と一緒に投稿してください．原稿は(株)土木工学社編集部までお送りください．

原稿送付先：〒162-0832　東京都新宿区岩戸町16メイジャー神楽坂
(株)土木工学社　編集部

土木情報 No.383 今月の主な入札結果

（２月19日～３月18日）

事業主体	工事名	請負会社	請負額 単位百万円
水機構	吾妻橋川サイホン併設水路	みらい・飛島JV	2,560
小樽開建	国道229号古平町厚苫T	岩田・協成JV	732
〃	〃　神恵内村大森T	岩田・協成・堀口JV	1,228
〃	国道230号神恵内村新大森T	伊藤・草別・福津JV	1,215
東北地整	荒沢T	青木あすなろ建設	1,250
〃	津軽ダム県道付替２号T	徳倉建設	515
関東地整	大森蒲田共同溝	戸田・大日本JV	3,450
〃	真里谷第一T	若築建設	770
〃	〃　第二T	東洋建設	970
〃	蘇我～村田共同溝	奥村・福田JV	2,150
〃	保土ケ谷共同溝14	名工建設	800
〃	東京外かく環状道小塚山T	鹿島・西松JV	7,200
〃	国道129号上依知第２T	三井住友・ハザマJV	5,330
〃	水戸T覆工	青木あすなろ建設	840
関東地整	圏央道高尾山T(その１)	大成・大林・大豊JV	15,900
中部地整	三遠南信大島T	福田組	480
〃	〃　久井田T	戸田・国土開JV	2,750
〃	〃　別所T	フジタ	1,880
〃	中部縦貫道下林T	前田・五洋JV	2,780
〃	〃　前原２号T	アイサワ工業	1,900
中部地整	熊野尾鷲道路第５T三木里工区	鹿島・竹中土JV	3,660
〃	153号第１足助T	奥村組	1,760
近畿地整	西大津BP山上T	奥村土木興業	405
〃	26号堺共同溝	鹿島・鴻池JV	4,230
〃	五條道路西寄足Tその他	木原建設	710
〃	大阪港夢洲T沈埋部(１・２)沈設	東亜・若築・国土JV	1,800
〃	〃　(３・４)沈設	東洋・佐伯・りんかい日産JV	2,420
九州地整	497号弓張T	大林・不動JV	2,600
道公・東北	日本海沿岸東北道雪沢第２T	大成・ハザマJV	3,720
北陸地整	氷見第４T	鉄建	850
〃	楡原T	竹中土木	1,050
鉄運・盛岡	東北幹，市川T他２	大林・東亜・小田急・東北JV	1,468
道公・中国	鳥取道末宗T	佐藤・若築JV	2,160
〃	尾道道打宇津戸第一T	東洋・鴻治JV	1,900
〃	山陰道大津T	鹿島・前田JV	3,300
都・水道局	一之江２～春江４地先間配水本管	勝村・澤JV	388
〃	西尾久１～東尾久２地先間配水本管	清水建設	350
〃	八王子市椚田町～町田市相原間送水管用立坑	鹿島	671
〃	八王子市中野上町５～千人町１地先間送水管用立坑	清水建設	658
都・財務局	交通広場地下駐輪場16汐留-6	大成・冨士JV	628
都・下水道局	目黒川上流合流改善貯留管	鹿島・西松JV	1,488
奈良県	国道166号道改女寄T	大林・熊谷・青木あす・松塚JV	1,490
〃	信貴山幹線管渠１号	鹿島・森本・ハンシン・三和JV	1,065
広島県道公	国道487号道改警固屋T	銭高・芳信JV	1,225
鳥取県	千代川市瀬河川T	熊谷・山陰JV	1,466
名古屋市	第２次当知雨水幹線下水道築造	鴻池・若築・白石JV	1,270

東京湾横断長距離海底シールドが到達

東京電力が，03年４月から建設を進めている東西連係ガス導管新設工事（富津工区）のシールド（9,030m）が，3月16日に，東京湾海底下の地中接合地点に到達した．

本工事は，密閉型シールドとしては世界最長となる長距離を，03年11月発進以来，短期間で掘進した．過去に類のない長距離をカッタビット，テールシールなどの交換をすることなく掘進し，組み立て時間の短いボルトレスセグメントの適用や，セグメント自動搬送設備の採用など設備に十分な能力を持たせることで安定した高速掘進を維持し，綿密な施工管理により大きなトラブルなく掘進を完了した．今後，扇島工区（9,030m）の到達を迎え，高水圧下での機械式地中接合を行い，08年４月の竣工を目指す．

西大路西工区でシールド発進

京都市交通局が右京区太泰安井松本町～中京区西ノ京西中合町で進めている高速鉄道東西線建設工事・西大路西工区で２月25日シールドが発進した．

一つのトンネル内に上下線を敷設する「複線断面隧道」が特徴でシールド外径9,480㎜は，京都市地下鉄のトンネル断面では最大．同工区は，東西線の天神川駅～西大路駅間，延長1,162mを結ぶトンネル内を内径8,600㎜の泥土圧シールド工法で施工する．06年６月の完成を予定している．

真里谷第３トンネル貫通

関東地方整備局千葉工事事務所が建設を進めている，首都圏中央連絡自動車道の千葉県区間のうち茂原～木更津間の真里谷第３トンネル（180m）が３月９日開通した．

千葉県内の圏央道は01年３月に木更津市下郡地先で着工し，工事を進めてきた．圏央道の茂原～木更津間は，200～300m級の山々が続く房総丘陵を通ることから，６本のトンネルが計画されており，今回開通したトンネルはその一つ．圏央道の千葉区間では，初めてのトンネル開通となる．

光ファイバー計測事業の国内展開を開始

飛島建設は，構研エンジニアリングと光ファイバー計測事業の国内展開の第一弾として，北海道内における優先販売権を含んだ技術提携を締結した．

導入した光ファイバーは，インセンス社製のFBG光ファイバーで，従来の光ファイバーシステムとは全く異なるTDM方式（時間分割多重方式）を使用しているのが最大の特徴．メリットとして，①従来の光ファイバー計測に比べ計測点数が大幅に増加，②機械的稼働部分がないため，長寿命で長期安定性に優れる，③高性能でコストパフォーマンスに優れたシステムを提供．

今後，光ファイバー計測システムを核とした防災関連技術を軸にストックビジネスへの展開を図っていく．

東南アジア最長の道路トンネル完成

ハザマが北工区を担当した東南アジア最長となる道路トンネルは，日本の円借款を利用して建設されたベトナムを南北に縦断する国道１号のハイバントンネルで，全長6.3km．開通後は，これまで１時間かけて越えていたハイバン峠区間を，わずか10分程度で通過できる．

同トンネルは，同国において初めてNATMを用いた道路トンネルとなるため，技術の習得を期待したトンネル技術移転プログラムがプロジェクト全体に盛り込まれた．供用は，2005年５月の予定．

愛知県ではじめてのDOT工法

東部丘陵線・藤が丘～はなみずき駅付近1.3kmの地下構造のうち，藤が丘駅から東側６kmは名古屋市域のため，愛知県と名古屋市の共同試行とした．このうち愛知県が試行した東部丘陵線シールド工事工区は，愛知県ではじめて複心円（DOT工法）を導入．R100mの急曲線部では慎重に施工をし，発進から４か月で到達．

管更生工法の工事管理手法の統一

川崎市は，道路の開削を行わずに下水管渠を更生するいわゆる管更生工法の管理手法の統一化をする方針を決めた．コスト縮減，品質確保策の一環で工事管理の効率化を図るのが狙い．

新たに策定する手引きには工事の進捗状況に応じて実施する管理上の確認項目を盛り込み事前調査項目や取り付け管更生の管理の説明のほか工法ごとの規格値を記載．出来形の管理を容易にした．

第二狩勝トンネル開通

日本道路公団北海道支社帯広工事事務所が北海道横断自動車道占冠IC～十勝IC間で建設を進めていた第二狩勝トンネルが開通した．

同トンネルは，南富良野町と新得町の町堺に位置する延長2,576m．掘削はNATMによる発破掘削．北海道の高速道路における貫通済みトンネルでは最長となる．

連載講座

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

1. はじめに

トンネル工事における支保工の目的は，周辺地山を安定させることである．その施工については，周辺地山の有する支保機能が早期に発揮するよう，できるだけ早く実施するとともに，支保工と地山を密着させることで一体化を図る必要がある．また，各支保部材の機能を十分に活用するとともに，支保工全体としての効果が得られるよう，地山状態を十分考慮して支保工の施工順序を決定する必要がある．一般に，支保工の施工順序は図-1に示すとおりであるが，とくに地山条件が悪い場合は，切羽の崩壊や周辺地山のゆるみを最小限にするために，掘削後，ずり出しを実施する前に吹付けコンクリートを行うことがある．

これらの条件を勘案して，支保工の機械選定の留意点について以下に述べる．

2. 吹付け機械

一般に山岳トンネルで使用される吹付け機械は，

① コンクリートを搬送する吹付け機
② 吹付けロボット（マニピュレータ）
③ 急結剤供給装置

で構成され，これらを１台の台車に搭載したものが主流となっている．また，これにコンプレッサーを搭載した一体型吹付け機も多く見受けられる．

吹付け機械は，機械の特性，地山状況，吹付け量や配合，あるいはトンネル断面や延長などの施工条件を十分に検討して選定する必要がある．とくに，選定のポイントとして，発生粉じん量が少ないこと，リバウンドが少ないこと，適切な吹付け能力を有すること，準備・清掃などが簡便に行えることなどが挙げられる．現在，実用的に使用されている吹付け機の種類を表-1に示す．

表-1 吹付け機の種類

吹付け方式	搬送方式	材料送出方式	機械例
乾式	空気圧送	ロータリ式	アリバ ニードガンほか
湿式	ポンプ圧送（＋空気圧送）	ピストン式	テックマン ブッツマイスタ スイングエースほか
	空気圧送	ロータリ式	アリバ ニードガンほか

表-1に示すように搬送方式は空気圧送方式とポンプ圧送方式に大別され，空気圧送方式は乾式と湿式のどちらの吹付け方式にも適用することができ，ポンプ圧送方式は湿式に限られている．なお，ポンプ圧送方式ではコンクリートの閉塞や脈動によるトラブルの防止や，急結剤の混合効率の向上など施工性を向上させるため「ほぐしエア」と呼ばれる空気圧送を併用する．

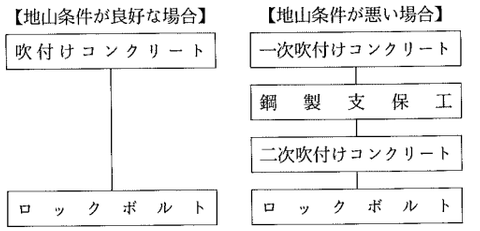


図-1 支保工の施工順序

3. ロックボルト工の機械

ロックボルトを施工する主な機械としては，穿孔機械と定着材の練り混ぜ圧送装置が挙げられる．穿孔機械は施工する地質を考慮し，効率の良い機械を使用する必要がある．一般的には，複数の油圧ドリフタを搭載したホイール式ドリルジャンボが主流となっており，発破掘削方式では発破穿孔と兼用の３ブーム，機械掘削方式では２ブームのホイールジャンボが選定されることが多い．

ガイドセルの長さやロッド長については，トンネル断面の大きさ，形状あるいは加背割りを考慮することで適切に選定する必要があり，また，複数のドリフタを用い

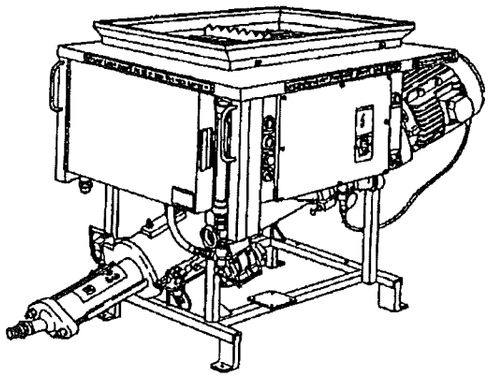


図-2　定着モルタルの練り混ぜ・圧送装置の例

て穿孔する場合，ガイドセル同士の干渉などにも配慮が必要である．

ロックボルトがロッド長より長い場合は，継ぎロッドなどが必要となるが，ロッドチェンジャーの適用などで穿孔時間の短縮や安全性の向上を図ることができる．

ロックボルトの定着材としてはモルタルを使用することが主流であり，一般的に，練り混ぜ圧送については図-2に示すような装置が用いられる．本装置では，あらかじめ所定の配合に混ぜられたドライモルタルをホッパーに投入し，練り混ぜ水量を調節することで，連続的に所要スランプフローのモルタルを圧送することができる．

4. 鋼製支保工設置機械

一般的な鋼製支保工の設置については，穿孔用のドリルジャンボのガイドセル先端に鋼製支保工をのせる専用の治具を取り付け，これを利用して行っている．左右の支保工を連結するセンターボルトの取り付けは，ドリルジャンボのマンケージを足場として行っている．

一方，鋼製支保工設置の専用機械としてエレクタ台車が使用される事例もある．本機械の場合，鋼製支保工の運搬，建て込みを連続的に行うことができ，サイクルタイムの短縮化や鏡付近での作業量低減による安全性の向上が期待できる．また，近年ではエレクタ台車と吹付け機を一体とした機械もあり，工期短縮や安全性向上に寄与している．

（文責：大西康之・(株)大林組）

5. エレクタ付き一体型吹付け機，ロッドチェンジャーを用いたトンネル施工事例：（道道夕張新得線道路改良(赤岩トンネル)工事）

5-1　工事概要

赤岩トンネルは北海道旭川土木現業所が建設を進めている道道夕張新得線の最長のトンネルで，北海道勇払郡占冠村に建設されている延長2,115mの２車線道路トンネルである．平成13年12月から機械掘削方式によるショートベンチカット工法でトンネル掘削を開始し，平成17年１月現在，上半掘削が1,300m完了している．

5-2　地質概要

本トンネルの地質は中生代白亜紀の粘板岩，砂岩，蛇紋岩を主体とし，日高山脈に分布する付加体に属する．図-3に地質縦断図ならびに掘削方式を示す．

5-3　本トンネルの特徴

掘削開始から100m区間を過ぎた付近から超硬岩(一軸圧縮強度100～150N/㎟)の酸性凝灰岩がL＝350mにわたり出現した．この区間についてはトンネル坑口部の岩盤すべり，トンネル直上の地すべりを考慮し，割岩工法により施工を行った．

坑口から450m付近からは当初予定していた粘板岩，砂岩，蛇紋岩を主体とする脆弱な地質が出現するとともに，大規模地すべり(長さ800m×幅550m×深さ120m以上)と延長L＝250mにわたりトンネルが交差することとなった．地すべり交差部ならびに影響区間については，２重支保(H-200＋H-200，吹付け厚45cm，高強度鋼繊維補強吹付け，高耐力SPボルト30t，覆工コンクリート60～80cm，RC構造)と各種補助工法(AGF，鏡吹付け，上半仮閉合ストラッド(H-150，吹付け20cm)，上半２分割掘削，長尺水抜き削孔)が採用された．

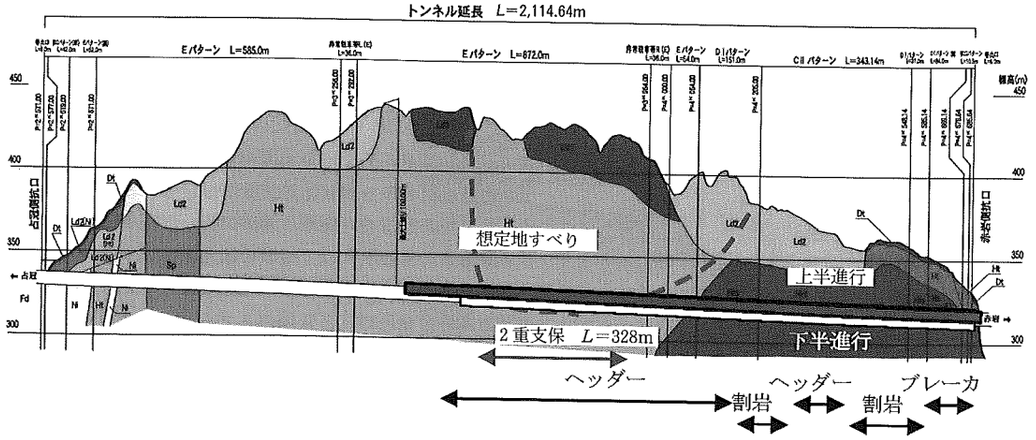


図-3　地質縦断図ならびに掘削方式

２重支保に変更となる直前のL＝32.4m区間においては，最大変位量が200㎜を超えるとともに，吹付けコンクリートのクラック，ロックボルトの破断が随所に確認されたため，この区間においては縫い返しを余儀なくされた．

平成16年９月には大規模地すべり区間を無事突破したが，脆弱な地質が続いており，現在は１重支保(H-200，吹付け厚35cm，高強度鋼繊維補強吹付け，高耐力SPボルト30t，覆工コンクリート45cm，RC構造)と各種補助工法(長尺鏡ボルト，鏡吹付け，上半仮閉合ストラッド(H-150，吹付け20cm)，上半２分割掘削，長尺水抜き削孔)で施工を進めている．

5-4　施工計画の特徴

赤岩トンネル工事においては上述の条件を踏まえ，トンネル施工の安全性，作業効率の向上を目的に下記の特徴を持つ施工機械を採用している．

- ショートベンチカット工法による上下半同時併進掘削において上下半の輻輳作業を避けるため，上半乗り上げ桟橋の採用．
- 吹付けコンクリートの粉塵，はね返りの低減を目的にアルカリフリー液体急結剤を採用．
- 鋼製支保工建て込み時の安全性ならびに作業効率の改善と，吹付け作業との入れ替え時間を短縮する目的でエレクタ付き一体型吹付け機を採用．
- 長尺ロックボルト(L＝６m)の削孔，ならびにAGF削孔時の安全性，作業の効率化を目的にオートロッドチェンジャーを採用
- 坑内環境を改善する目的で大型の電気集塵機(2,000 m³/min)を採用
- 吹付けコンクリートの品質確保ならびに混練りの省力化を目的に全自動タイプのバッチャープラントを採用
- リアルタイムに現場状況を把握する目的で切羽監視システムの採用
- 坑内における作業員の快適な休憩所を提供するため，バイオトイレ併設のクリーンルームの採用

上述の特徴のうち，ここでは，エレクタ付き一体型吹付け機と，オートロッドチェンジャーについて述べる．

5-5　エレクタ付き一体型吹付け機

トンネル工事における危険作業の第１番目に挙げられるのが切羽災害である．NATMの主たる支保部材である吹付けコンクリートの作業は遠隔操作による吹付けロ

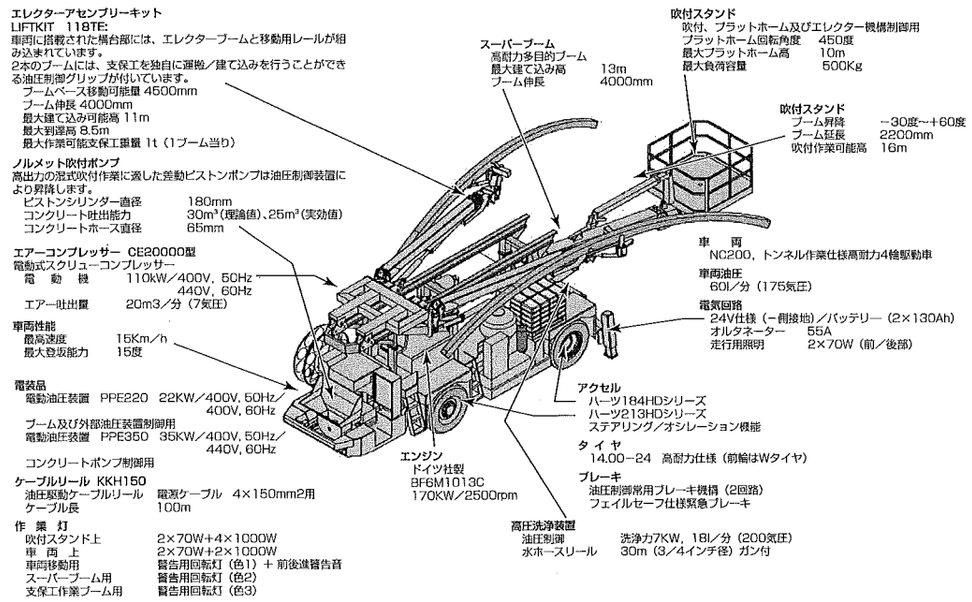


図-4　エレクタ付き吹付け機(スプレーメック2000WPCブーミン，ノルメット社製，日本代理店KFC)

ボットで施工されており，吹付け時の切羽災害の発生は少なくなっている．一方，地山不良箇所においては鋼製支保工が採用される場合が多く，鋼製支保工の建て込み作業において以下の作業時に作業員が切羽に近づくことになる．

① 鋼製支保工の脚部の地山整形
② 鋼製支保工の切羽への仮置き
③ 鋼製支保工の位置決め

赤岩トンネルにおいては，**図-4**に示すエレクタ付き一体型吹付け機を採用した．支保工建て込み作業に先行して，支保工台車から直接エレクタに鋼製支保工を搭載するため，切羽での仮置き作業は不要となる．また，鋼製支保工は油圧制御のグリップにより挟まれており鋼製支保工の位置決めにおいて微調整ができる．現場における鋼製支保工建て込みのサイクルは建て込み5分，タイロッド金網取り付け12分である．鋼製支保工建て込みが迅速に行えることにより，切羽での災害の確率は小さくなる．

当初設計においては計画されていなかったが，大規模地すべり区間において2重支保が採用された．2次側の支保工は切羽後方5～6mにおいて建て込むため，切羽に仮置きできない．そのため，エレクタを用いないと非常に危険な作業となる．また，大変状区間における縫い返し作業においても同様なことが言える．

赤岩トンネルでは全体の7割がEパターンの設計であり，切羽での災害の防止のため，1次吹付け時に切羽吹付けも行っている．エレクタ付き一体型吹付け機の場合，1次吹付けから鋼製支保工建て込み，2次吹付けまで同じ機械で施工できるため，機械の入れ替え作業による重機関連災害を防止できるとともに，入れ替え時間のサイクル時間の短縮が図れる．**写真-1**に鋼製支保工建て込み状況を，**写真-2**に吹付け状況を示す．

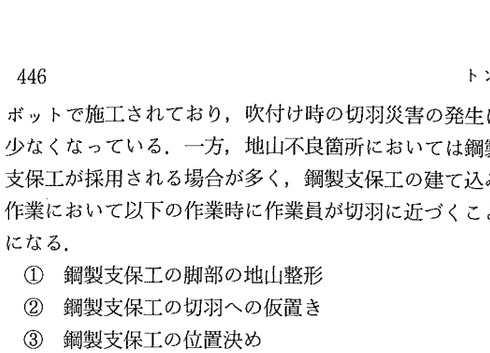


写真-1　エレクタ付き一体型吹付け機による鋼製支保工建て込み状況

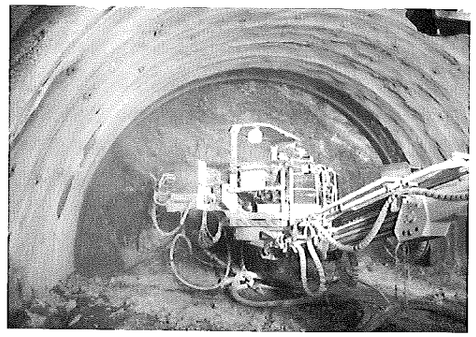


写真-2　エレクタ付き一体型吹付け機による吹付け状況

5-6　ロッドチェンジャー

長尺のロックボルト，AGFなど1本のロッドで削孔ができない長さの削孔が必要になる場合，ロッドの継ぎ足し作業ならびに切り離し作業が必要となる．従来，ロッドの継ぎ足し，切り離しは作業員がジャンボのマンゲージに乗り，パイプレンチ・スパナなどの工具を用いて人力で行っていた．人力によるロッド継ぎ足し，切り離し作業は以下の危険性がある．

① ロッドの切り離し時にロッドレンチを掛けた後，ロッドを回転させねじ部を外すが，オペレーターとの合図がずれた場合ならびにオペレーターの誤操作によりロッドレンチにより手，指を挟む，レンチが飛び作業員に当たるなどの危険性がある．
② 上向きに打設する場合，ロッドを人力で固定する必要がありロッドが落下し作業員に当たる危険性がある．
③ ロッド継ぎ足しならびに切り離し作業時，ロッドを手で押さえる必要があり，オペレーターとの合図がずれた場合ならびにオペレーターの誤操作によりロッドに手が巻き込まれる危険性がある．

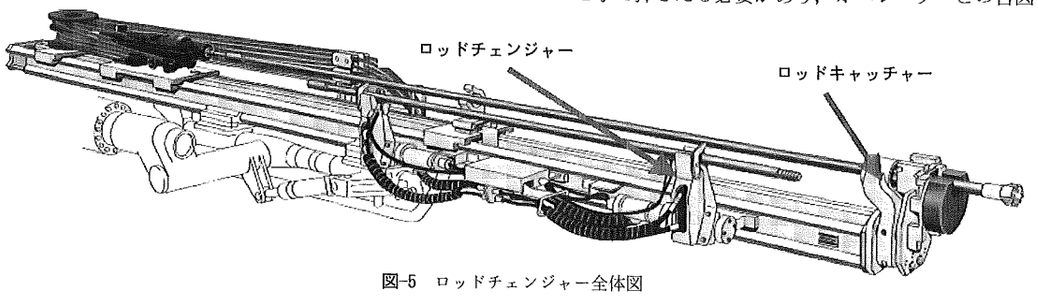


図-5　ロッドチェンジャー全体図

赤岩トンネルにおいては**図-5**に示すロッドチェンジャーを採用した．ロッドチェンジャーはロッドの継ぎ足し，切り離し作業を機械的に行う装置であり，ガイドセル先端に取り付けたロッドの回転を抑えるロッドキャッチャーとガイドセル中央部脇に配置されたロッド継ぎ足し装置からなる．

ロッドチェンジャーを用いることにより，ロッドの継ぎ足し，切り離しの際に人力を必要としないため，安全性が向上するとともにサイクルの短縮が図れた．

（文責：河田孝志/清水・荒井・熊谷特定建設工事共同企業体）

6.　ロックボルト無水穿孔の施工事例：（名古屋市道高速1号高針線　藤巻工区トンネル工事）

6-1　工事概要

本工事は，名古屋市内を東西に横断する名古屋市道高速1号線の一部であり，東山丘陵地域の土砂地山において総延長2,500mの区間を山岳工法で施工するものである．本工法を採用した藤巻工区は東山トンネル工事のうち，もっとも東側に位置する約500m(上り線：490.9m，下り線496.2m)の2車線道路トンネル区間である．掘削対象地山は新第三紀鮮新世の東海層群矢田川累層のシルト～粘土層および砂質土の互層から構成されている．地層の走向・傾斜はトンネル軸にほぼ直交し，東から西に緩やかに傾斜している．また，計画線上には直上家屋が存在し，トンネル土かぶりのもっとも小さい区間においては，旧河床堆積物を含有するルーズな層が存在し，非常に厳しい条件での工事であった．

6-2　無水穿孔用ホイールジャンボの特徴

本工事の掘削対象地山である未固結地山において，効果的なロックボルトの施工やトンネルの土かぶりが5～15mと非常に小さく，直上家屋や近接家屋への油圧ドリフタのパーカッションによる騒音・振動低減を目的に施工機械を選定する必要があった．通常のロックボルトの施工方法として，穿孔に水を使用する油圧ドリフタではロックボルト孔の孔荒れ，穿孔水によるトンネル周辺地山の乱れ，穿孔水による路盤の泥濘化，および油圧ドリフタのロータリーパーカッションによる穿孔時の騒音・振動が懸念されることから，これらの対策として，ロックボルトの施工にあたり，無水穿孔と低騒音・低振動を目的に，油圧ロータリードリルのほかに，エアー加圧装置，ミックスブロー装置を搭載したホイール式ジャンボを採用した．

表-2にホイール式ジャンボの仕様一覧を，**図-6**にホイール式ジャンボを，**写真-3**にジャンボの全景を，**写真-4**に油圧ロータリードリルを，**写真-5**にスパイラルロッドを示す．

表-2　ホイールジャンボ仕様一覧

ジャンボ本体	
名称	ドリルジャンボ
製造者	マツダアステック(株)
形式名	THMJ-3900
ブーム数	2ブーム(標準：3ブーム)
バスケット数	2バスケット
穿孔機	PIH-138（標準：TH900）
ガイドセル	フィード長：4,000㎜
エアー加圧装置	吐出圧力：1 MPa
排ガス対策	国土交通省指定トンネル工事用対策型
電動モータ	55kW×3基(400V)
電源ケーブル	125sq×3芯＋14sq×1芯
走行エンジン定格出力	180PS
寸法	L：15,480×W：3,000×H：3,700
総重量	41,000kg
総電力	180kW
油圧ロータリードリル	
製造者	モンターベル社(フランス)
型式名	PIH-138
回転トルク	25kg-m
定格出力	34PS
回転数	2段階 (高速：1,056rpm，低速：704rpm)
所要油量	150 ℓ/m(高速回転時)
シャンク径	32㎜ロープネジ
単体重量	61kg

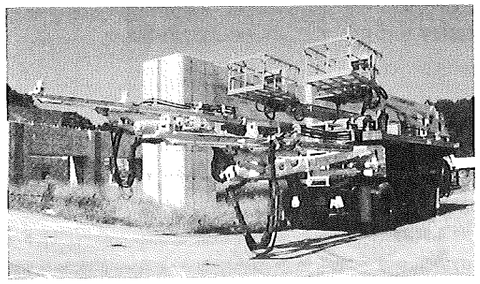


写真-3　油圧ジャンボ全景

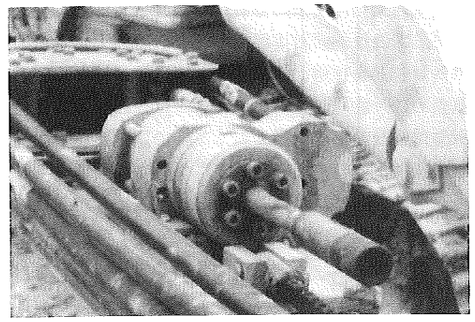


写真-4　油圧ロータリードリル

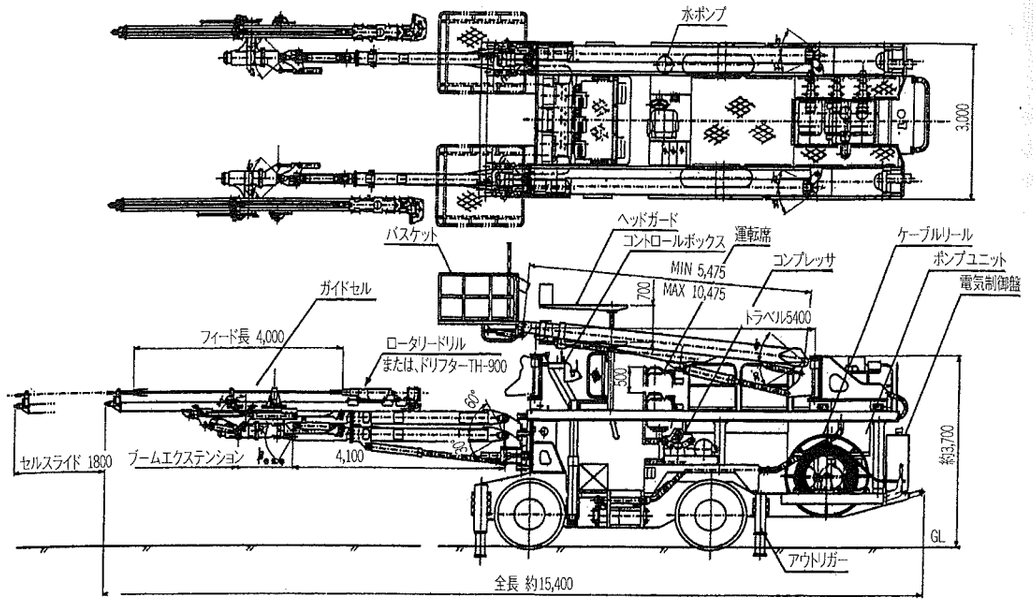


図-6 ホイール式ジャンボ

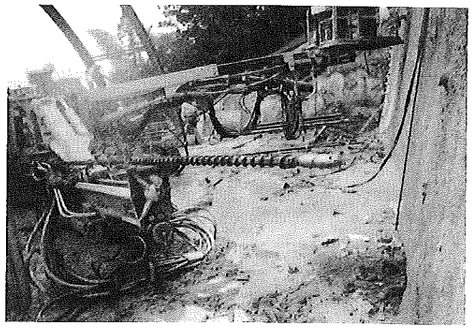


写真-5 スパイラルロッド

6-3 ロックボルト施工状況

施工にあたり，無水穿孔の効果を確認する目的で，通常の油圧ドリフタと無水の油圧ロータリードリルを用いて無水穿孔の施工性，効果について坑口位置において試験穿孔を行った．また，穿孔に使用するロッドは通常のHexタイプのロッドと排泥効率が高いと考えられるスパイラルロッドを採用し比較した．さらに，排泥効率を高めるために，油圧ジャンボのエアー供給装置に加圧装置を取り付けた．その結果，無水条件の穿孔においては油圧ロータリードリル＋スパイラルロッドの組み合わせがもっとも効果的に穿孔できることが確認でき，本工事での本格採用に至った．

本工事のように，未固結地山への効果的なロックボルトの施工対策として，油圧ロータリードリルとスパイラルロッドを採用した施工法は非常に有効な方法であるといえる．

（文責：鈴木雅行・(株)間組）

参 考 文 献

1) 名古屋高速道路公社：東山トンネル工事記録(山岳工法施工区間)，2004.3.
2) 間・西松・住友特定工事共同企業体：名古屋高速道路公社市道高速1号四谷高針線藤巻工区トンネル工事工事報告書，2003.9.

7. 乾式吹付けコンクリート施工事例：（新主寝坂トンネル工事）

7-1 はじめに

一般国道13号は，福島市を起点として，山形市，新庄市，横手市を経て秋田市に至る広域主要幹線道路であり，山形県の産業・経済・文化を支える重要な役割を担っている．このうち，金山町主寝坂峠付近は地形条件，気象条件(豪雪，雪寒特別地域)下で隘路区間となっており，広域主要幹線道路の安全性，信頼性を確保し，地域活性化を図るための基盤施設として「主寝坂道路」が計画され，新主寝坂トンネルはその一部である．

掘削起点となる金山町坑口付近は，希少動物の「クマタカ」が生息する区域にあり，また，トンネル全体が加無山県立自然公園に指定されているため，自然環境に配慮した．とくに，掘削開始時期が平成12年末になり，「クマタカ」が非常に敏感な時期とも重なり，坑口への

防音扉の設置や，坑外照明の種類と向き，および，仮設備の色彩にも配慮した．

一方，掘削に先立つ地元説明会において，濁水の発生量を低減して欲しいとの強い要望があり，吹付けコンクリートを湿式方式から乾式方式に変更することにした．

これは吹付けコンクリート施工機械の洗浄水や坑内湧水は，トンネル構造が0.346％の下り勾配のためすべて切羽に集まり，ポンプ圧送で濁水処理プラント設備へ送られる．

また，吹付けプラントの洗浄水は，乾式方式では発生せず，湿式方式では坑内排水同様，濁水処理プラント設備へ送られる．吹付けプラントは一般のコンクリート製造プラントに比べ，一回の吹付け用コンクリート製造量が少なく，その割に製造回数が多い．そのため，吹付け用コンクリートの製造量に対する洗浄水の発生率が高い．したがって，トンネルの濁水発生量低減は，各吹付け機械設備などの洗浄水をなくすことであり，乾式方式の採用がこれを可能にした．

そこで，当現場では低粉じん吹付けシステムで建設大臣より評価認定を受けているKumagai-Clean Dry-type Shot-crete Method[1)](以下：K－C Dryショット工法と記す)を採用した．

本章では，K-C Dryショット工法による現場施工結果を報告するものである．

7-2 乾式吹付けコンクリートの施工事例

7-2-1 工事概要

当トンネルは山形県北部に位置し，一般国道13号主寝坂峠付近が，

① 幅員狭小，急カーブ，急勾配の連続状況である
② 大型車のすれ違いが困難である
③ 主寝坂トンネルは老朽化が著しい

表-3 工事概要

工事名	新主寝坂トンネル工事， 新主寝坂トンネル第2工事
工事場所	山形県最上郡金山町大字中田字主寝坂～ 山形県最上郡真室川町大字及位字新及位
工期	平成12年8月31日～14年11月30日 平成14年11月7日～16年12月20日
発注者	国土交通省東北地方整備局
請負者	熊谷組・三井住友建設特定建設工事共同企業体
掘削延長	1,900m，1,044m
覆工延長	1,386m，1,558m
掘削方法	NATM
ずり出し	タイヤ方式
道路土工	路体盛土一式

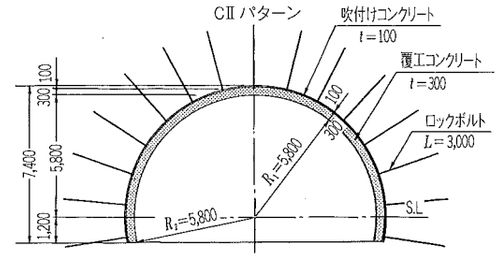


図-7 標準断面図

④ 通行規制(連続雨量150㎜以上)の指定区間である
⑤ 一般国道13号最大の隘路区間である

などの理由により，供用中の主寝坂トンネルと並行して新設された延長2,944m，掘削断面積76m²，内空断面積66.8m²の道路トンネルである．表-3に工事概要を，図-7に標準断面図を示す．

7-2-2 乾式吹付けコンクリート

K－C Dryショット工法では，水を添加する場所は切羽の吹付けノズル直前である．したがって，材料がドライ状態でエアー圧送されるため，吹付けプラント，吹付け機，および，トラックミキサーの洗浄が不要である．つまり，濁水の発生量削減に大いに役立ち，かつ，発生粉じんも少ないことから，環境に優しい吹付け方法である．

そこで，乾式方式(K－C Dryショット工法)と湿式方式の一般的な比較を表-4に示す．

7-2-3 配 合

当トンネルで採用した吹付けコンクリートの配合を表-5に示す．

7-2-4 使用機械

使用機械を表-6に示す．

7-3 乾式吹付けの改良

当トンネルでは，K－C Dryショット工法を採用するにあたり，「品質面」，「粉じん」について，改良した点を以下に示す．

7-3-1 品質面の改良

一般的に乾式方式では，材料の圧送中に混練り水を混入するため，ノズルマンが吹付け状態を見て水量を調整する．そのため，水セメント比の管理が湿式方式に比較して劣るといわれている．これに対し，混練り水のラインに流量計を設置することにより，常時流量を監視可能とし，水セメント比の管理能力を高めた．その結果，ノズルマンは吹付け時の最適な付着状態を基本に，水セメント比を調整するが，結果的によく安定した水セメント比となっている．

7-3-2 粉じん対策

施工中の粉じん発生量は湿式方式に比べて乾式方式が

表-4　乾式と湿式の比較

項　目	乾式方式(K－C Dryショット工法)	湿　式　方　式
概　要	吹付けプラントでセメント，骨材を空練りする．吹付け機から圧縮空気により圧送し，急結剤を添加し，ノズルの手前で圧力水を混合し，吹付ける方式	吹付けプラントでセメント，水，骨材を練り混ぜる．吹付け機から圧縮空気またはポンプで圧送し，ノズルの手前で急結剤を加えて，吹付ける方式
品　質	低W/C化すなわち初期強度発現を図ることが可能である．吹付け面の状況(乾燥～湿潤)によってW/Cを管理できる．水量の管理をダブルバルブで行い，かつ，流量計を取り付け，ノズルマンよる最適付着状況を確保する．	水量管理が十分になされ，安定した品質・強度が得られる．W/Cは一定となるが，施工性に優先され，一般に乾式方式より多目になっている．湧水対策では，練り混ぜ水の水量調整ができないため，対応幅が非常に小さい．
施工機械	ローター式	ローター式，ポンプ式
清　掃	吹付けプラント，吹付け機，ホースほか，エアーブロー程度の清掃で済む．洗浄水の発生がなく，路盤の泥濘化を防止できる．	吹付けプラント，吹付け機，ホースほか，完全な水洗いによる清掃が必要なため，濁水が発生する．また，軟弱地盤では路盤の泥濘化をまねく．
吹付け面	吹付け直後の強度発現が大きいため，吹付け面は比較的滑らかになる．	吹付け直後の強度発現がやや遅いため，後から付着する骨材により表面にクレーターやアバタができやすい．
粉じん	専用の粉じん抑制剤と混練り方式により，粉じん抑制効果は高い．	ガイドライン基準値を守るためには，低粉じん対策が必要であるが，抑制効果はK－C Dryショット方式に比べ，やや効果が甘い(当社比)．

表-5　吹付けコンクリート配合

圧縮強度 (N/mm²)	W/C (%)*	単位セメント量 (kg)	粗骨材最大寸法 (mm)	急結剤 (kg)	単位細骨材量S (kg)	単位粗骨材量C (kg)	粉塵抑制剤 (kg)
18以上	50	360	15	19.8	1,086	675	0.36

＊W/Cは流量計による使用実績で表示

表-6　吹付け関係の使用機械

名　称	仕　様	台　数	備　考
吹付けプラント	0.5m³練り	1基	骨材ビン3槽式 (細骨材2槽，粗骨材1槽)
セメントサイロ	30t	1基	
コンクリート吹付け機	AL285一体型	1台	
トラックミキサー	4.5m³	2台	

図-6　流量計設置状況(吹付け機に搭載した流量計)

表-7　集じん機の有無による粉じん量

換気方式	送気式	送気式＋集じん機
粉じん量	2.49mg/m³	2.36mg/m³

多いといわれている．しかし，実情はほとんど大差はなく，むしろ，乾式方式ではエアー圧送メカニカルから，粉じん抑制対策は容易である．当工事ではDry専用タイプの粉じん抑制剤を，対セメント比0.1%で添加(K－C方式)した．

また，坑内換気は坑口に設置した2,000m³/min送風機で，坑内必要換気量1,200m³/minを送気した．切羽から50m地点(以下：粉じん測定位置と記す)の粉じん測定結果は平均2.49mg/m³で，送気換気方式のみでもガイドラインを満足した．

一方，掘削以外の工種を開始するのに先立ち，健全な坑内作業環境を確保するために，大型集じん機(集じん量1,700m³/min)を約700m掘削後に導入した．これに伴う粉じん測定位置の平均粉じん濃度は，2.36mg/m³であり，大型集じん機の効果も確認した．なお，大型集じん機は切羽から100～250mの離隔範囲で使用し，3週間を目安に移動をくり返した．表-7に送気方式換気システムで，集じん機の設置前後の総平均粉じん量を示す．

なお，前述したように粉じん抑制剤の添加・攪拌は，K－C 専用の高分散攪拌方式を採用して，微粒分捕獲能力の向上を図り，粉じん抑制効果を高めた．

7-3-3　吹付けプラントの対策

当工事区域付近は東北地方でも有名な豪雪地帯でもあり，吹付けプラントに次のような改良を行った．

①　乾式方式を考慮して，細骨材の表面水の低減と安定のため，骨材ビンは上げ底方式を採用することで，細骨材の表面水の低減が可能となった．また，細骨材ビンを2槽用意することで交互に取り込みができ，表面水の安定に寄与し，かつ，底部には排水用のポンプアップ設備を設けた．

②　冬期は上げ底部分にジェットヒーターで温風を吹き込み，骨材の凍結を防止することで，底部に表面水を効率的に導水した．さらに，循環させた温風を骨材ホッパー下部に導き，凍結防止，保温に利用した．

7-4　おわりに

当工事では，坑口における「クマタカ」に対する自然環境対策として，防音扉の設置，坑外照明の配慮，および，仮設備の景観対策を実施した．

また，地元から要望のあった濁水発生量を低減させるために，乾式方式の採用に踏み切り，K－C Dryショット工法に改良を加え，設備的な変更もなく通常の換気対策で粉じん濃度は3 mg/m³以下であった．

K-C Dryショット工法は，坑内の作業環境，路盤環境，および，坑外における自然環境対策にも非常に有効であるといえ，山岳トンネル工事における環境に優しい吹付け方式であると認識した．

(文責：廣瀬俊文・(株)熊谷組)

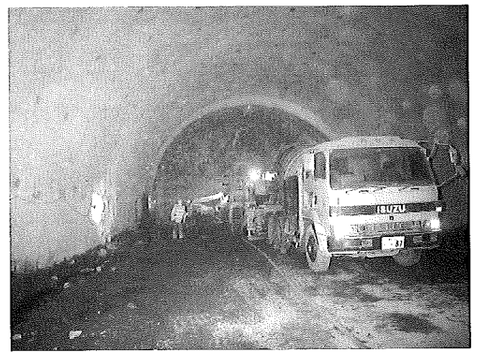


写真-7　吹付け状況
(40m手前より切羽吹付け状況を撮影，切羽まで完全に見通せる．手前：吹付け機操作員，奥：ノズルマン)

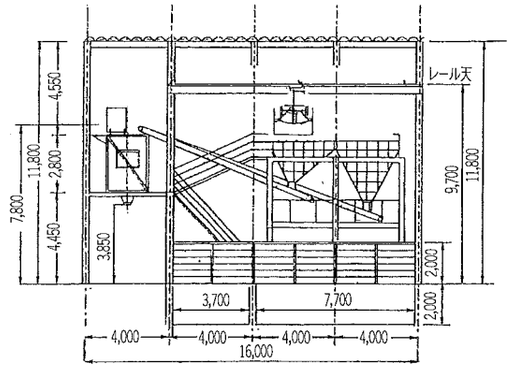


図-8　吹付けプラント正面図

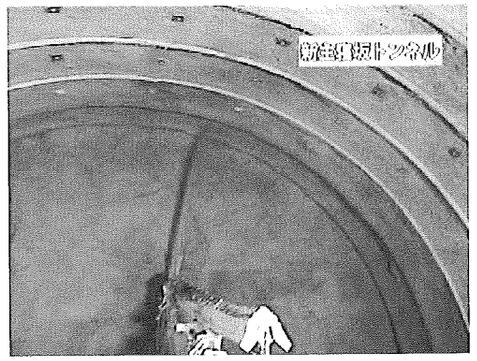


写真-8　吹付けノズルの粉じん状況
(ノズル先端の粉じん状況を撮影，低粉じんのため材料が付着する状況まで確認できる．)

写真-9　坑口環境対策
(金山町坑口環境対策状況を空撮)

参　考　文　献

1) 評価書　建技評第85203号

文献紹介

中村幸一・橋本信仁：鬼怒川上流ダム群連携事業，ダム技術，No.219，2004.12.

調　査・計　画

設　計・理　論

中川浩二：山岳トンネルの事前調査・設計における問題点と今後の展望，土木学会論文集，No.777，VI-65，2004.12.

伊藤哲男・馬場弘二・城間博道・吉武勇・中川浩二：トンネル覆工コンクリートにおけるひび割れ界面のせん断強度実験，土木学会論文集，No.777，VI-65，2004.12.

山村賢輔・清宮理：開削トンネル擁壁部のせん断力に対する鉄筋差込による耐震補強方法，土木学会論文集，No.777，VI-65，2004.12.

石橋忠良・清水満・渡邊明之・森山智明・栗栖基彰・山口昭：噛み合わせ継手の力学特性，土木学会論文集，No.777，VI-65，2004.12.

高橋浩・進士正人・中川浩二：事例に基づく押出し性地山におけるトンネルの設計・施工法の提案，土木学会論文集，No.777，VI-65，2004.12.

室達朗・土屋清・河野幸一：多段式トンネル掘進機における岩石材料の定常端面掘削実験，土木学会論文集，No.777，VI-65，2004.12.

松本直司・近久博志・加藤毅・勝崎香奈：地下空間における期待感，空間拡大時の期待感位置とその強さ，土木学会論文集，No.777，VI-65，2004.12.

大津宏康・尾ノ井芳樹・大西有三・足立純：PFIプロジェクトの地盤に起因する建設コスト変動評価に関する研究，土木学会論文集，No.777，VI-65，2004.12.

寺内伸・谷口裕史・喜多達夫・割田巳好・吉武勇・中川浩二：New PLS工法に用いる特殊急硬性コンクリートのコスト最適化，土木学会論文集，No.777，VI-65，2004.12.

西垣誠・小松満・入江彰・矢野耕一郎・太田拓郎：山岳トンネル掘削時の地下水変動の簡易的予測法と適用性，土木学会論文集，No.778，III-69，2004.12.

川相章：すそ野の広がったトンネル工法，技術の多様化が進む中で，月刊下水道，Vol.27，No.14，2004.12.

諫山和仁：浸水対策と分流化による雨対策の強化，再整備事業を支えるトンネル技術，月刊下水道，Vol.27，No.14，2004.12.

石川和秀：超大口径推進工法開発のねらいとその実現性，月刊下水道，Vol.27，No.14，2004.12.

原敏昭・熊谷成之・木村哲・石山宏二：山岳トンネルでの高精度切羽前方探査システムの現場適用，建設機械，478，Vol. 40，No.12，2004.12.

石村利明：既設トンネルの断面拡大，建設機械，478，Vol. 40，No.12，2004.12.

小早川忠行・今岡彦三・吉永正雄・村本利行：長大トンネルずり搬出システム，ベッセルによる運搬・仮置き工程と連続ベルトコンベヤによる搬出工程に分けたずり搬出，建設機械，478，Vol. 40，No.12，2004.12.

岩永茂治・中北昭浩・稲田正毅・松本壮太郎・松尾勉：先行アーチ支保による地山補強工法，PSS-Arch(プレ・サポーティング・システム-アーチ)，建設機械，478，Vol. 40，No.12，2004.12.

庭屋純一・井上幸芳・中西隆司・金瑞夫：急曲線部のトンネル排土コンベヤによる連続搬送，連続カーブコンベヤによる急曲線(R＝30M)180度Uターン施工，建設機械，478，Vol. 40，No.12，2004.12.

萩森健治・大野好春・浅利秀也・古賀成樹：山岳トンネル用スロット削孔機による水力発電所改修工法，建設機械，478，Vol. 40，No.12，2004.12.

荒井浩成：放電衝撃力破砕技術と施工適用例，建設の機械化，No.658，2004.12.

施　　工

伊藤和利：河川と地下河川の併用による浸水対策，泥土圧式シールド工法により半田東雨水３号幹線の整備，月刊下水道，Vol. 27，No.14，2004.12.

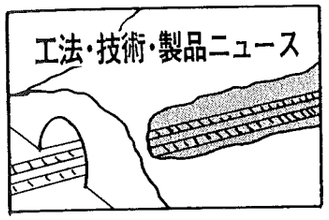
服部稔・坂野博一：シールド工事の立坑築造における円形SMW施工実例について，月刊下水道，Vol.27，No.14，2004.12.

小野啓二・茅野浩一・木内勉・藤井攻：TBM掘削による全断面鉄道トンネルの高精度急速施工と施工機械，全断面TBMによる高速施工，建設機械，478，Vol. 40，No.12，2004.12.

維　持・管　理

水戸義忠：地下水の閉塞による岩盤の凍害，豊浜トンネル事故の検証を例として，土木施工，Vol.45，No.12，2004.12.

高橋浩一・松本伸・大河内保彦・龍岡文夫：りんかい大井町駅建設工事における東京礫層の止水対策，土木学会論文集，No.777，VI-65，2004.12.



遠心力で投射圧着

大林組は，低粉塵吹付け工法の「ベルトショット」を愛媛県・波方基地ブタン貯槽工事の水封トンネルで本格採用した．

遠心力でコンクリートを投射圧着させる同工法は，従来のエア吹付けに比べ，切羽での粉塵発生量を1/5～1/10と大幅に低減．導入工事でも，吹付け箇所近くで十分に視界が確保でき，粉塵の発生量を抑制し，作業環境の改善に大きな効果を挙げた．

スライドカッタ工法

奥村組と奥村機械製作は，シールドカッタ掘進地盤の変化に応じてカッタヘッドを最適な形態に即時に変更できる「スライドカッタ工法」を共同開発した．

カッタスポークが固定式と掘進方向に前後にスライド可能な二重構造となっており，土質と施工距離に応じて最適なカッタヘッドを選定して掘削する．外径2,130～6,250㎜のシールドに対応する．

計測作業ローコスト化

清水建設は，トンネル工事で地山の安定を確認する新しい自動計測システム「3DAIMS(サンデイエームズ)」を開発した．

従来高価な反射鏡(プリズム)を計測点に使っていたが，その代わりに市販の安価な反射シートを使用．CCDカメラからパソコンに取り込んだ画像に，パターンマッチングをと呼ばれる手法で画像処理を施してターゲットの中心位置を算出し，高精度に自動計測を行うことができる．作業に要するコストの低減が図れる．

ワンタッチ式鋼製セグメント

銭高組とJFE建材は，長距離・高速施工が可能な小中口径泥土圧シールドシステム向けの新技術「ワンタッチ式鋼製セグメント」の実用化にて向けて構造実験を行った．リングを締結する部品と従来の短ボルトから，新開発の「プレスプッシュ継ぎ手」に変更し，組み立て速度の向上と大幅な組み立て精度の改善，全体コストの低減を実現した．

切羽に湿度低い冷風供給

空調機器メーカの新晃工業は，コアプランニングと共同で，切羽の高湿作業環境を改善するシステムを開発した．

同システムは，坑内の後続台車に設置したファン・コイルユニット，坑外に設置した空冷ブラインチラーユニット，両者間を移動する移動型氷蓄熱槽で構成される．チラーユニットで製氷してた移動型氷蓄熱槽を切羽まで運搬し，ファンコイルユニットに接続して冷却する．

１台で障害物除去，地盤改良

中黒建設，スギノマシン，東京都下水道サービスの３社は，１台の掘削機で地中障害物の切断・除去と地盤改良ができる「DO-Jet」工法を開発した．

高圧ジェット技術を応用し，掘削機の両盤全面に接着したノズルから，研磨剤入り溶液や硬化剤を噴射して掘進．立坑を設置しての障害物除去や地盤改良工事などが省略でき，工期を短縮しコストが低減できる．

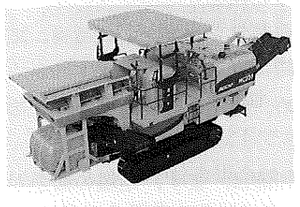
セグメントなどのボルトボックス充填用高性能モルタル

テクノスジャパンは，セグメントなどのボルトボックス充填用高性能モルタル「モルボックスHM-1000高強度タイプ」，「同HM-2000　軽量タイプ」を開発した．従来品と比べ厚く付けてもダレやずれが生じず，３～４回に分けて充填していたボルトボックスでは，１～２回程度の充填で済む．また，無収縮性が高いため隙間が生じることなく，優れた接着性や耐久性を発揮．軽量タイプは，天井部に，高強度タイプは，その他に適する．

20tクラスの自走式破砕機

新キャタピラ三菱は，環境リサイクル機械の「SOCIO(ソシオ)」シリーズに，20tクラスの自走式破砕機MC220を新発売した．

同機は，路盤材として需要が高い40㎜アンダー製品を安定した品質で生産でき，さらに強力は破砕力でコンクリート塊だけでなく自然石も破砕可能．二次排出ガス規制をクリアしたハイパワーでクリーンな最新の電子制御エンジンを搭載したコンパクトで高い処理能力を発揮．



地中での分岐・接合可能

大成建設，銭高組，積水化学工業の３社は，ガラス長繊維強化プラスチック発砲体(FFU部材)を使った新しいセグメントを共同開発した．

同セグメントは，高強度でありながら切削しやすいという特性があり，本線トンネル内の一部に組み込んでおくと本線トンネル内から分岐部施工用のシールドで同セグメントを切削しながら分岐部の施工が行える．従来の分岐部の地盤改良が省け低コスト・短工期に作業が行えるのに加え安全面も向上する．

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

モスクワの爆弾事件がテロ攻撃への恐怖をあおる

8月31日火曜日，混雑するモスクワの地下鉄駅付近の路上で1人の女性が自爆した．第一報によると，少なくとも10人が死亡，50人以上が負傷した．

イスラム武装勢力のウェブサイトが犯行声明を出し，この攻撃はチェチェンの反乱軍に対するロシアの戦争への報復だと述べているが，声明が本当に犯人グループによるものかどうかまだ確認されていない．

攻撃は，世界中の地下鉄事業者がテロ攻撃に対する脆弱性を危惧しているときに起こった．米国の首都ワシントンDCでは，地下鉄事業者は，災害時に列車およびトンネルからの避難を支援するため，特定の通勤者グループの訓練計画を開始した．

訓練は，まず，地域の緊急対応チームの構成員である地下鉄利用者を対象に実施されているが，1年以内に訓練の対象を定期的な地下鉄利用者まで拡大する予定である．

動画による案内は，CD-ROMや事業者のウェブサイト(www.wmata.com/riding/safety/evac.cfm)で利用することができる．

ニューヨークでは，市の都市圏交通局(Metropolitan Transportation Authority＝MTA)が，地下鉄トンネル，とくにイーストリバーの下を走る8本の既設トンネルの耐爆発ライニングを取り付ける計画を検討している．

MTAは，Jacobs Engineering社，Parsons Brinckerhoff社，SAIC社，およびURS社と協力して，爆発を封じ込めるための炭素繊維複合材の適合性を検討している．

計画には，「ビニール床材」のような，薄いシート状の材料でのトンネル壁への被覆の適用が含まれる．炭素繊維の柔軟な特性が，あらゆる爆破の衝撃を吸収し，抑えるのに役立つものと期待されている．

4社のコンサルタントも，MTAの長期テロ対策に協力している．真夏に，MTAは安全対策の策定に1億USドルを支出したといわれている．これらの資金は，州および連邦政府によってMTAに提供された5億9,100万USドルの資金の中から拠出された．

すでに着手されているいくつかの対策としては，交通警察官の増員，トンネル内の監視カメラ，駅構内の空気中の汚染物質を監視するためのセンサー，および化学兵器による攻撃に備えてパトロールする警察官に軽量ガスマスクの支給を行っている．

今年初め英国では，地下鉄の施設への脅威を認め，武器を携帯した私服警察官がロンドン地下鉄ネットワークのパトロールを開始した．

(T&TI'04.10　担当：北川 義人・大成建設(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．

海外文献速報

（社）日本トンネル技術協会
研究開発委員会

TROLLHATTANトンネルのプレグラウトによる遮水/SEALING BY PREGROUTING AT TROLLHATTAN

World Tunnelling ; Vol.17, No.2, March, 2004

ノルウェーのOsloとGothenburgを現在の4時間から2時間半に短縮する鉄道改良計画のTROLLHATTANトンネルの現況報告である．

このトンネルは地表のループ状の単線軌道を複線トンネル(延長3.5km，断面積108㎡)に置き換えるもので，花崗岩，片麻岩主体の地山を全断面で発破掘削する．トンネルは2か所に総延長2.2kmの避難坑(断面積27㎡)が併設される．トンネル掘削は3か所で進められており，北坑口でAtlas Copco 353ES，南坑口でAtlas Copco 185ES，北側の避難坑位置では，本坑でAtlas Copco XL 3C，避難坑でAtlas Copco 175が使用されている．

発破はSSE(Site Sensitized Emulsion)によるスムースプラスティングを採用している．170本の削孔(φ48，L5.2m)とミキサートラックからの装薬で，Nonel雷管を用いてダイナマイトで起爆する．

このトンネルの技術的な特徴として，鉄道システムの電気的な制約からトンネル内への湧水が3.5～2.5ℓ/分/100m以内に制限されている．そのため，トンネル外周にセメント注入による遮水壁を形成する．この遮水壁は，30本の長さ20mの削孔とセメント注入で1日をかけて作成し，次の日に6本の長さ20mのチェックボーリングで4～5気圧の水圧をかけ，リークが0.2ℓ/分以下であることを確認する．もし注入が不十分の場合は，このチェックボーリング孔から再度セメント注入を行う．遮水壁の作成は掘削後より掘削前に行う方が効果が大きく，経済的とのことである．

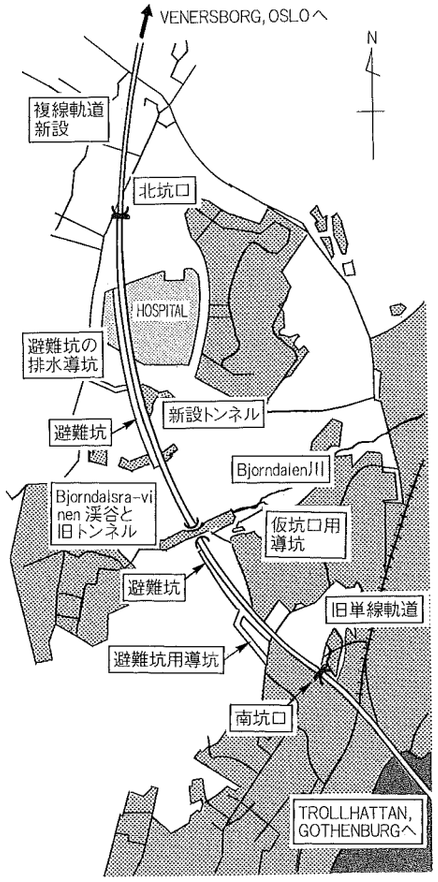


図-1　TROLLHATTANトンネルの路線図

労務管理では特殊な2班の勤務体系が特徴的である．トンネル掘削は7時から20時までの昼間に限定されている．最初の班は，水曜日の昼から8時間，木，金を各々14.5時間，土，日を休んで，月，火を各々14.5時間働き，水曜日の午前の8時間で1週間の勤務を終了する．次の1週間は全休で，別の班が作業にあたる．変則的ではあるが，単身赴任者が多く家での時間が増えるため好評とのことである．

(文責：香川和夫・(株)フジタ)

山岳トンネルの不安定性/Instability of tunnels in rock By Anmol Bedi

AUSTRALIAN UNDERGROUND CONSTRUCTION AND TUNNELLING ASSOCIATION, March, 2004, No.5

Hoek-Brownの破壊基準はGSI(地質強度指数)を導入するなど改訂を重ねている．このGSIは岩の局所的特性を表し，1976年にBieniawskiにより提案されたRMRに対応するものである．

2002年に改訂されたHoek-Brownの破壊基準を以下に示す．

$$\sigma 1' = \sigma 3' + \sigma_{ci}(m_b \cdot \sigma 3' / \sigma_{ci} + s)a \quad (1)$$

σ_1' ：破壊時の最大有効主応力
σ_3' ：破壊時の最小有効主応力
σ_{ci} ：健岩供試体の一軸圧縮強度
m_b ：m_iを改良した岩盤定数
s, a ：岩盤の状態を示す定数

ただし：m_b，s，aの値は，Hoekが提示した次式(2002年)により求める．

$$m_b = m_i \cdot \exp\{(GSI-100)/(28-14D)\} \quad (2)$$

$$s = \exp\{(GSI-100)Z/(9-3D)\} \quad (3)$$

$$a = 1/2 + \{\exp(GSI/15) - \exp(-20/3)\}/6 \quad (4)$$

m_iとσ_{ci}は標準的な室内試験装置を使った非排水三軸試験結果にもとづき，Hoekが提示した方法(2000年)により求める．式(2)，(3)のDは岩盤のゆるみの程度を表し，健全な岩盤では$D=0$，発破による損傷が大きい岩盤のように極端にゆるんだ地山では$D=1$となる．DとGSIの評価についてはHoek (2000)を参照のこと．

(参考)Hoek-Brownの破壊基準(第１版)：

$$\sigma_1 = \sigma_3 + (m \cdot \sigma_{ci} \cdot \sigma_3 + s \cdot \sigma_{ci}^2)1/2$$

σ_1：破壊時の最大主応力
σ_3：破壊時の最小主応力
σ_{ci}：健岩供試体の一軸圧縮強度
m，s：岩石の性質と応力σ_1およびσ_3が発生する前に岩石が受けていた破壊の程度に依存する定数(m_iは健岩供試体のmの値)

(文責：梨本　裕・前田建設工業(株))

トンネル建設におけるリスクマネジメントのためのガイドライン：ITAワーキンググループ No.2/Guidelines for tunnelling risk management: International Tunnelling Association, Working Group No.2

By Soren Degn Eskesen, Per Tengborg, Jorgen Kampmann, Trine Holst Veicherts：Tunnelling and Underground Space Technology, Vol.19, No.3, 2004, pp.217-237

(目　次)

まえがき
1. 序論および範囲
2. リスクマネジメントの適用
3. リスクマネジメントの目的
 3.1 リスクの範囲
 3.2 リスクの目標値
 3.3 リスクマネジメントの戦略
4. 初期設計段階におけるリスクマネジメント
 4.1 リスク方針
 4.2 リスク許容基準
 4.3 定性的リスクアセスメント
 4.4 特定リスクアセスメント
5. 入札および契約段階のリスクマネジメント
 5.1 入札書類準備中のリスクマネジメント
 5.2 業者選定中のリスクマネジメント
 5.3 契約におけるリスクマネジメント
6. 建設段階のリスクマネジメント
 6.1 業者のリスクマネジメント
 6.2 施主のリスクマネジメント
7. 代表的なリスクマネジメントの構成要素
 7.1 序文
 7.2 ハザードの特定
 7.3 分類
 7.4 定量的リスクアセスメント
8. リスクマネジメントのツール
 8.1 フォルトツリー分析
 8.2 イベントツリー分析
 8.3 デシジョンツリー分析
 8.4 マルチリスク
 8.5 モンテカルロシミュレーション
付録A 事　例

(文責：岩田充功・鹿島建設(株))

トンネル建設における品質：ITA ワーキンググループ16　最終報告/Quality in tunneling：ITA-AITES Working Group 16 Final report

By Claudio Oggeri, Gunnar Ova：Tunnelling and Underground Space Technology Vol.19, No.3, 2004, pp.239-272

(目　次)

1. 序　論
 1.1 要旨とレポート構成
 1.2 対象範囲
 1.3 用語の定義
 1.4 品質ワーキンググループ
2. 一般論
 2.1 プロジェクトの必要条件
 2.2 リスク分担
 2.3 責任分担
 2.4 品質目標
3. 計画段階
 3.1 組織と責任の分配
 3.2 能力と情報伝達
 3.3 工程管理
 3.4 留意点
4. 調　達
 4.1 責任分担
 4.2 能力と情報伝達
 4.3 工程管理
 4.4 財政的制約
 4.5 契約方式
5. 設　計
 5.1 責任分担
 5.2 設計のインプット
 5.3 設計のアウトプット
 5.4 能力開発
 5.5 留意点
6. 施　工
 6.1 組織
 6.2 能力と情報伝達
 6.3 施工品質
 6.4 留意点
7. 維持管理
 7.1 組織
 7.2 能力開発
 7.3 工程管理
 7.4 留意点
8. 結　論
 8.1 最新関連資料
 8.2 本提言の概要
9. ワーキンググループメンバー
10. レポートの要約
 10.1 品質目標
 10.2 本提言の概要

(文責：岩田充功・鹿島建設(株))

BART トンネル耐震補強について/Seismic retrofit for BART

By Shani Wallis(T&TNA Editor)：T & T I (NORTH AMERICA)MARCH, 2004, pp.14-16

北米サンフランシスコ近郊トランス湾に位置するBART(Bay Area Rapit Transit system)トンネルは世界でもっとも古い鋼殻RC製沈埋トンネルで1970年代に築造された．１エレメント長100m，57エレメントで構成されており，海面下30m 部に敷設されている．

トンネル断面は鉄道複線断面と中央部に緊急避難通路が設けられている．トンネル両坑口は換気塔と接続しており，耐震継手が採用されている．耐震継手の変形吸収量はトンネル軸水平方向で4.25インチ，鉛直方向で9.4インチである(図-1, 2)．

過去の地震における被害として周辺地盤の液状化によるトンネルの浮き上がりが指摘されている．液状化したトンネル周辺地盤は非常にルーズな状態となり弱体化している．地震波による継手部の挙動によりその疲労度が著しいことも指摘されている．

サンフランシスコ換気塔は高さ36.5m で，海底下地盤は液状化を受けた背面地盤の側方流動土圧を受けている状況である．

U.S.G.S によれば，今後2030年までに起こり得る大きな地震の発生確率は62%とされている．そのために耐震補強準備が要請されている．BARTにおいては大規模な耐震補強計画を延べ115km，34拠点のネットワーク路線で策定し2000年９月に始動している．

とりわけ，沈埋トンネル部は150,000人/日の利用量があり，耐震補強についてはプライオリティの高い区間として認定された．

補強概要について

補強を講じる際，考慮すべき大きな問題はコストである．できるだけ低コストで壊滅的な被害を避ける補強法を選択することが重要である．そのために多くの有識者から構成される委員会を設立して検討を重ねた．

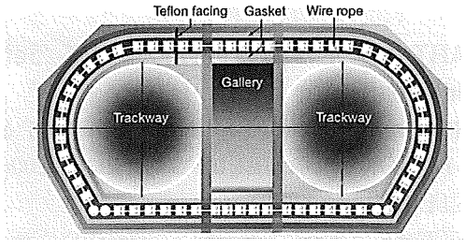


図-1　沈埋トンネル断面

補強に際しては，トンネル供用中に行うことも前提とした．その結果，トンネル周辺の補強策が提案された．マイクロパイルをトンネル内中央緊急避難通路より打設することと周辺地盤を振動締め固めによって改良することである．締め固めにより周辺地盤の相対密度が60～70%まで増加することが期待された．ほかにはケミカルグラウトやジェットグラウトによる改良も提案されたがコストが高いことやその効果が確認しにくいことが課題となった．サンフランシスコ湾岸斜面の安定性を確保するために鋼管による抑止杭の打設やセメント改良土によるせん断補強壁などの構築が検討された．その後の補強対策として鋼製ライナープレートスリーブを現在の継手部付近からトンネルの外周に巻き立てることなども検討されている．

これらの様々な補強対策に必要なコスト捻出はトンネル通行運賃を上げることによる収入源を期待しており，運賃設定については検討が実施されている．

関係当局はおおむね10年を目処に耐震補強策の策定と実施を検討していく予定である．

（文責：山口　英・五洋建設(株)）

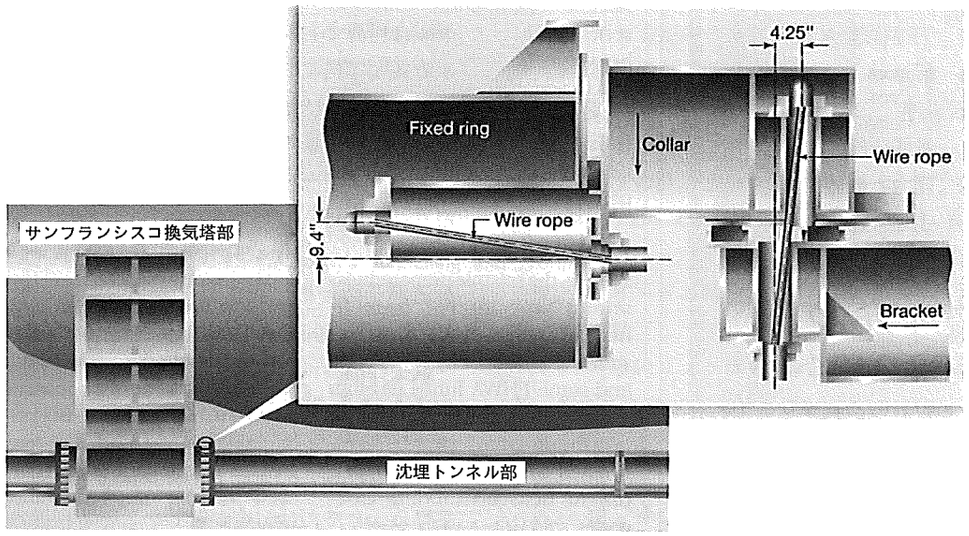
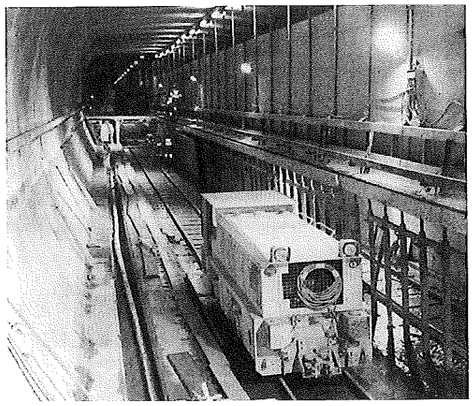


図-2　トンネル～換気塔接続

交通を通しながらのSt. Bernhardトンネルの改修工事/Traffic to continue running during the Redevelopment of the St. Bernhard Tunnel

Tunnel 3/2004, May, 2004, pp.35–38

スイスの A13自動車道の St. Bernhard トンネルは延長6.6km あり，開通後35年以上経過して55百万台の車両を通しており，換気坑の改修と避難連絡坑の設置工事を実施している．スイス national highway ネットワークのボトルネックである St. Bernhard トンネルの改修は１日1,000台以上の大型トラックを含む7,000台の車両を通しながら工事をしなければならない．工事は2003年に開始された．この１本のトンネルは1961年から1967年にかけて１億５千万スイスフランを投じて建設された．このトンネルの特徴は通行帯の下に換気坑が配置されていることであり，車両は一種の橋の上を走行していることになる．交通量の多さに加えて，凍結防止用塩と硫酸を含んだ地下水がコンクリートの劣化を促進している．走行盤のスラブは広範囲に鉄筋が腐食しており，高温多湿の環境下で表面が損傷している．そのため，走行盤下の避難通路と換気坑を分離する隔壁とともにスラブを撤去する．新たにトンネル全長にわたってプラスチックを混合した瀝青止水層を設置したジョイントレスの鉄筋コンクリートのスラブを構築する．走行盤下の中央部の２つのダクトは避難通路とレスキュー隊の通路となる．トンネルの西側17か所に走行盤から避難通路につながる避難連絡坑を設置する．天井スラブには新たに100m ごとに４m^2の断面積の火災排煙口を設ける．長さ21m，深さ1.1m の地下の２か所のコントロールセンターに，火災時の対処のために9,000Nの水圧のジェットファンを６基設置して走行路の風の流れを作る計画としている．新しい歩道は走行路にプレキャスト部材を用いて構築する．天井スラブは坑口部だけ修理の必要があるがトンネル中央部はとくに問題ない．走行部や換気坑付近の側壁コンクリートの多くの箇所で特殊なモルタルあるいは吹付けコンクリートを用いた補修を必要としている．



改修にあたって，床を50cm 掘り下げて新しいケーブルパイプを配置する．17の避難坑は300～375m 間隔に設けており，そのうちの13避難連絡坑は車いすが通れるように7.2～8.7%の勾配にした30～40m の長さになっている．避難連絡坑の工事は平日の夜間工事としてトンネルを通行止めにして発破を行っている．装薬量は１段200g 以下に制限している．走行盤下の隔壁は３枚新設するが，両側の２枚は既設の位置に構築してもう１枚は中央部の避難通路とレスキュー通路を分離するように中央に構築する．覆工は吹付けコンクリートのシングルライニングとしている．

平日は１車線規制をして工事しているが，週末，祭日，夏休みは２車線の通行を確保しなければならない．１週の工事期間は日曜の午後10時から土曜の午後２時までとなっている．作業員は45名が３交代で勤務している．工事区間は最長800m としている．

（文責：山田和男・(株)竹中土木）

社団法人 日本トンネル技術協会 会報

1. 会員の現状

	2月25日現在	3月25日現在
正会員	2,054名	2,054名
団体会員	359名	359名
個人会員	1,695名	1,695名
名誉会員	1名	1名
計	2,055名	2,055名

2. 委員会の開催状況(3月1日～31日)

①調査研究関係委員会

◎契約積算委員会

支保幹事会編集分科会：3/17（蛭子清二幹事ほか14名)編集方針を検討

TBM工法小委員会幹事会：3/25（高津壮太幹事長ほか18名)原稿を検討

同　打合せ会：3/11（西岡和則幹事ほか5名)原稿を検討

◎研究開発委員会

トンネル技術白書小委員会Aグループ打合せ会：3/16（小野田滋主査ほか10名)編集方針を検討

同　Bグループ打合せ会：3/23（岩田充功幹事長ほか11名)原稿を査読

同　B2グループ打合せ会：3/25（木梨秀雄主査ほか7名)原稿を査読

同　B1グループ打合せ会：3/30（盛重和也主査ほか8名)原稿を査読

◎保守管理委員会：3/28（吉田幸一委員長ほか13名)掲載原稿を検討

◎地盤掘削研究特別委員会：3/14（田村武委員長ほか29名)現場視察

◎東北新幹線トンネル施工技術委員会機械化WG：3/3（田村武委員長ほか16名)施工法を検討

◎川崎縦貫高速鉄道線コスト縮減検討委員会：3/24（大石敬司委員ほか28名)まとめなどを検討

◎小田急立体交差特別委員会：3/31（小山幸則委員長ほか23名)課題項目を検討

◎13号線交差部特別委員会：3/10（小山幸則委員長ほか17名)補強方法を検討

計　13回開催　212名出席

②運営広報関係委員会

◎国際委員会

対外広報WG：3/8（小島健一幹事長ほか9名)取りまとめ方針を検討

国内広報WG：3/30（小島健一幹事長ほか8名)海外文献の査読

ITA総括WG：3/8（金井誠主査ほか9名)ITA総会対策

◎事業委員会：3/29（桑原彌介委員長ほか12名)催物事業計画を検討

同　打合せ会：3/24（朝倉俊弘講師ほか7名)トンネル技術ステップアップ研修会を検討

同　打合せ会：3/25（木戸義和委員ほか8名)トンネル技術ステップアップ研修会を検討

◎会誌委員会：3/9（橋本定雄委員長ほか11名)4月号の会誌と3か月計画を検討

計　7回開催　71名出席

合計　20回開催　283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
第31回 ITA総会およびコングレス「地下空間利用：過去の分析と未来への教訓」	2005. 5. 7～12	イスタンブール（トルコ）	TRA Turkish Road Association トルコ道路協会 国際トンネル協会	http://www.ytmk.org.tr
第5回 国際シンポジウム 軟弱地盤における地下建設の土質工学の現況	2005. 6.15～17	アムステルダム（オランダ）	TC28 Symposium 国際地盤工学会第28回技術委員会	http://www.tc28-amsterdam.org
国際シンポジウム —世界最大のトンネル市場— 中国	2005. 9. 7～ 9	上海（中国）	Tunnel and Underground Works Branch, China Civil Engineering Society, Intex Shanghai Co. Ltd. 中国土木学会トンネルおよび地下建設分科会	http://www.tunnel-china.com
国際会議「長大トンネルのデザイン，建設，管理・雪山トンネル開通記念」	2005.11. 7～10	台北（台湾）	Chinese Taipei Tunnelling Association 台湾トンネル技術協会	http://www.longtunnel2005.taneeb.gov.tw
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）	Korean Tunnelling Association 韓国トンネル協会 国際トンネル協会	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.org Call for papers

＊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

第8回トンネル技術ステップアップ研修会「山岳部門」開催のご案内

各社におかれましても，社員に対して独自の技術研修を実施しておられるかと思いますが，今回対象技術者のさらなるステップアップに資するとともに，若い技術者同士の交流の機会を提供するものであります．

研修はトンネル経験5年程度の新進気鋭の中堅技術者を主な対象とし，本研修会のために書き下ろされた教材にもとづき，執筆者が直接講義するものであります．また現場研修会も併せて開催いたしますので奮ってご参加下さいますようご案内申し上げます．

なお，同研修会は(社)土木学会の継続教育であるCPDプログラムに認定されています．

— 記 —

開　催　日：平成17年6月23日(木)，24日(金)

研修内容：

第1日目(6/23)　飛騨トンネル現場研修会

工事件名	東海北陸自動車道　飛騨トンネル
発注者	日本道路公団中部支社
施工者	本坑：大成・西松・佐藤共同企業体，避難坑：飛島・鉄建共同企業体
トンネル延長	10,750m
概要	本坑，避難坑ともにTBM(本坑＝φ12.84m，避難坑＝φ4.5m)で掘削． 車道の下は換気坑として有効利用．本坑は世界最大級であるTBMによる2車線断面のトンネル施工．完成すれば国内第2位となる長大道路トンネル．不良地山の連続と大量の高圧湧水による難工事となったが，現在は地山状況も良好となり，本坑TBM，避難坑TBMともに順調に掘進中．

行　程：13：00　北陸本線「金沢」駅改札前集合，バスにて移動，車中にて概況説明

参　考：①大阪10：12～金沢12：56雷鳥15号，②名古屋9：57～金沢12：45しらさぎ5号
③東京8：36～米原10：50ひかり305号，米原10：58～金沢12：45しらさぎ5号
④東京7：48～越後湯沢9：05とき307号，越後湯沢9：13～金沢11：53はくたか4号

14：30　工事事務所着，ヘルメット・長靴貸与，飛騨トンネル現場見学
17：00　質疑応答，ヘルメット・長靴返却
17：30　事務所出発
19：00　宿舎着，懇親・宿泊

第2日目(6/24)　研修会

8：30　開会の挨拶　　日本交通技術(株)代表取締役社長〈事業委員会委員長〉桑原　彌介
8：40　総説　　京都大学大学院工学研究科資源工学専攻教授　朝倉　俊弘
9：00　設計　　首都大学東京都市環境学部都市環境学科都市基盤環境コース教授　西村　和夫
9：50　調査　　(財)鉄道総合技術研究所防災技術研究部主任研究員　木谷日出男
10：40　覆工・インバート　　飛島建設(株)土木本部土木技術部技術第一担当課長　川端　康夫
11：30　膨圧・崩落対策　　(株)熊谷組土木事業本部トンネル技術部副部長　垣内　幸雄
12：20　昼食
13：00　補助工法　　前田建設工業(株)土木本部土木技術部設計技術グループ課長　櫻井　孝臣
13：50　TBM　　大成・西松・佐藤共同企業体飛騨トンネル工事技術部長　領家　邦泰
14：40　新技術の動向　　日本道路公団技術部道路技術課課長代理　大窪　克己
15：00　質疑応答　15：30　修了証書授与，16：20　金沢駅前解散

参　考：①金沢16：44～大阪19：32　サンダーバード40号　②金沢16：28～米原18：20　しらさぎ14号，米原18：28～名古屋　18：57～東京　20：43　ひかり322号

定　　員：30名

参 加 費：会員65,000円，一般70,000円(バス，宿泊・懇親，食事，教材代含)

申し込み方法：この案内文書添付の申込用紙に記載のうえ，FAXをもってお申し込み下さい(複数の場合は申し込み書複写願います)．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　ステップアップ研修会係
TEL：03-3553-6174　FAX：03-3553-6145

支 払 方 法：上記お申し込みののち，郵便振替用紙通信欄に行事名と参加者氏名記入のうえ，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，代理出席は差し支えありません．
②6/23の現場見学では，ヘルメット，長靴は貸与していただきますが，作業着は各自持参．
③参加者の変更通知は，開催日1週間前までに願います(修了証書発行)．

＊テキストを事前に送付いたしますので，住所などは必ず記載願います．

第8回トンネル技術ステップアップ研修会参加申し込み書

氏名(ふりがな)		年齢	歳	足のサイズ	cm
最終学歴	年　　卒			専攻	
会社名				所属役職	
会社住所	〒　—			電話番号	—　—
現場経験	現場箇所と担当部署を記載(ない場合は，「なし」と書いてください．)				
研修会でお聴きになりたいことや議論する課題がございましたら書いてください．					

6月号予告[6月1日発売予定]

- ●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
- ●東北新幹線八甲田トンネル
- ●首都高速中央環状新宿線
- ●横浜環状鉄道
- ●東京下水道　谷川雨水幹線
- ●Zimmerbergベーストンネルにおける検討と手順

【連載講座】

- ●山岳トンネルにおける工事用機械の選定(20)

＊内容等は変更になる場合がございます

編集後記

◆4月に入り，都内のいたるところで個性のないリクルートスーツをまとった若者のたちを多く見かけた．これから社内の各部署や地方の支店に配属される前に都内で全新入社員を集めて社内研修をしているようだ．彼らの様子は，スーツを身にまとっているものの，さながらキャンパスでの休み時間のように同僚と語らっている．今から1年後，彼らがどのような社会人になっているか楽しみだ．多少落ち着きはみせてもらいたいと思うが，社会慣れして妙に落ち着かれてしまうのも残念に思う．冷静に観察している自分にもこんなときもあったかと思うようではいつまでも若い気でいるが，十分，歳を取ったのかと少しさびしい気分である．

◆数か月前にテレビの情報コーナーで興味深いタイトルの本を紹介していた．タイトルは「帝都東京・地下の謎86」(秋庭俊 著)というものだ．早速，最寄りの本屋に見に行くと何と一番目につくレジの脇に何十冊も平積みして売られていた．内容は主に明治期に作られた，または，計画された都内の地下構造物の紹介で，タイトルのとおり86か所が掲載されている．日ごろ論文の編集をしているせいか，著者の推測の部分が多いのと掲載されている図がもう少し見やすいように修正してもらいたいという不満があるが，図も多く，興味深い内容が多々掲載されている．興味をもたれた方は読まれてみてはいかがでしょうか．発行は洋泉社で本体価格1,400円のお手ごろ価格です．

(I.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5号〔通巻417号〕
ISSN 0285-631X
Tonneru to chika
平成17年4月20日　印刷
平成17年5月1日　発行

社団法人日本トンネル技術協会
会長　三谷　浩
〒104-0041　東京都中央区新富2丁目14番7号(新光第一ビル)
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．

吹付けコンクリート用急結剤
「太平洋ショットマスター」

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

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

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

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

太平洋マテリアル株式会社

●営業本部 土木資材営業部　〒103-0023 東京都中央区日本橋本町4-8-15 ネオカワイビル7F　TEL.03-3278-5319
○北海道支店／TEL.011-221-5855　○東北支店／TEL.022-221-4511　○東京支店／TEL.03-3278-5331
○北 陸 支 店／TEL.076-234-1670　○中部支店／TEL.052-452-7141　○関西支店／TEL.06-6228-6660
○中 国 支 店／TEL.082-261-7191　○四国支店／TEL.087-833-5758　○九州支店／TEL.092-781-5331