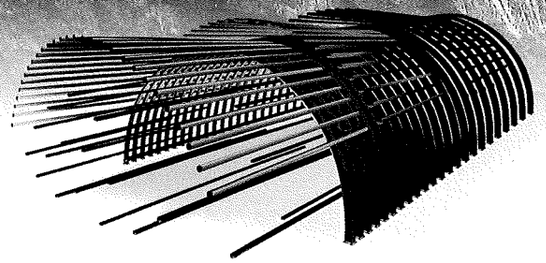
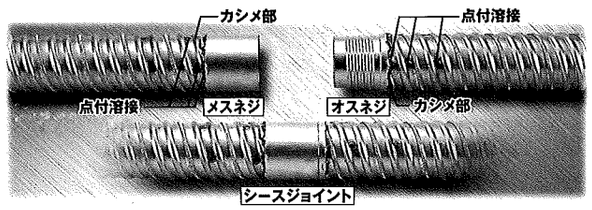
トンネルと地下　平成18年9月1日発行第37巻第9号　昭和45年11月18日第3種郵便物認可
出版元　株式会社土木工学社　東京都新宿区岩戸町16番地メイジャー神楽坂

ユニークな発想と高品質・自信の価格

FIXチューブ工法



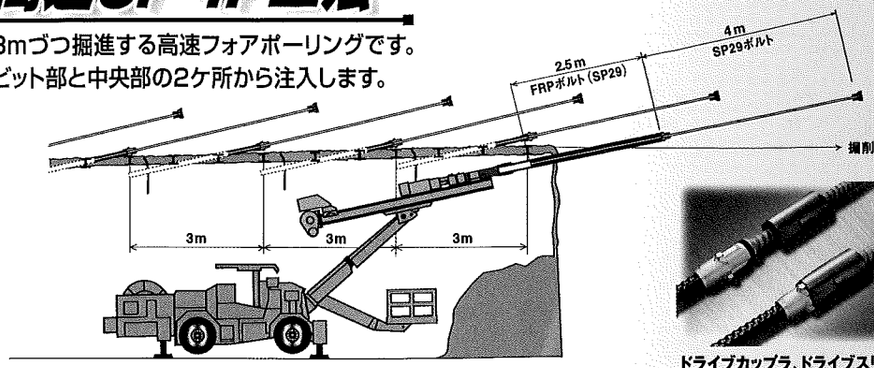
※天端にφ76.3長尺鋼管、鏡部に連続突起を有する長尺鋼製シースを引込み薄肉鋼管を挿入して注入。周辺地山にしっかりと"FIX"します。

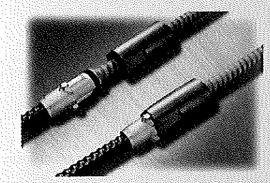




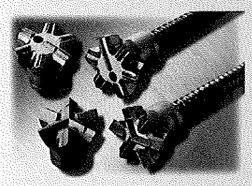
高速SP-IF工法

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



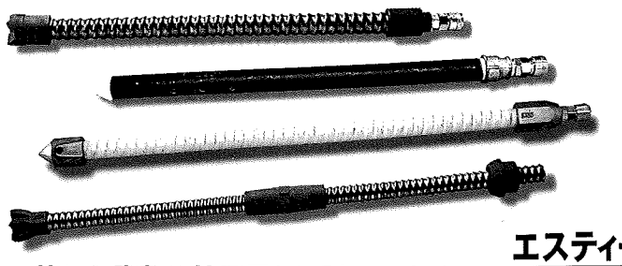


ドライブカップラ、ドライブスリーブ



φ65mm ロストビット(SP29)

自穿孔ボルト&注入管



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

STE
エスティーエンジニアリング株式会社
ST ENGINEERING CORPORATION
〒581-0833 大阪府八尾市旭ヶ丘1丁目108番地2
TEL.0729-90-0250 FAX.0729-90-0251
http://www.st-eng.co.jp

定価 1,575円
本体価格1,500円
雑誌06619-9
4910066190965
01500

昭和45年11月18日第3種郵便物認可　平成18年9月1日発行(毎月1回1日発行)　第37巻第9号　通巻433号　ISSN 0285-631X

トンネルと地下 9

vol. 37
no. 9
2006

Tunnels and Underground

脆弱化地盤の地下水を制して変電所直下を突破
可燃性ガス地盤を新防爆型推進工法で貫く
仙台市高速鉄道東西線建設計画の概要
樹脂ネットを用いた狭小レンガトンネルの剝落対策
「第32回ITA総会」報告

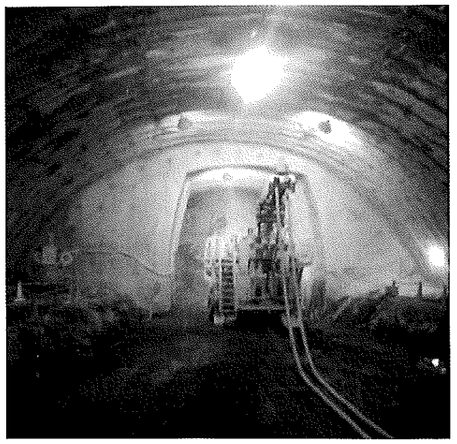
日本トンネル技術協会誌



ミニベンチ工法 両用型 ショートベンチ工法

RH-10J-SS 強力型ブームヘッダー





主な特長

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

KYB カヤバ システム マシナリー株式会社

KAYABA SYSTEM MACHINERY CO.,LTD.

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

(旧社名:日本鉱機株式会社)

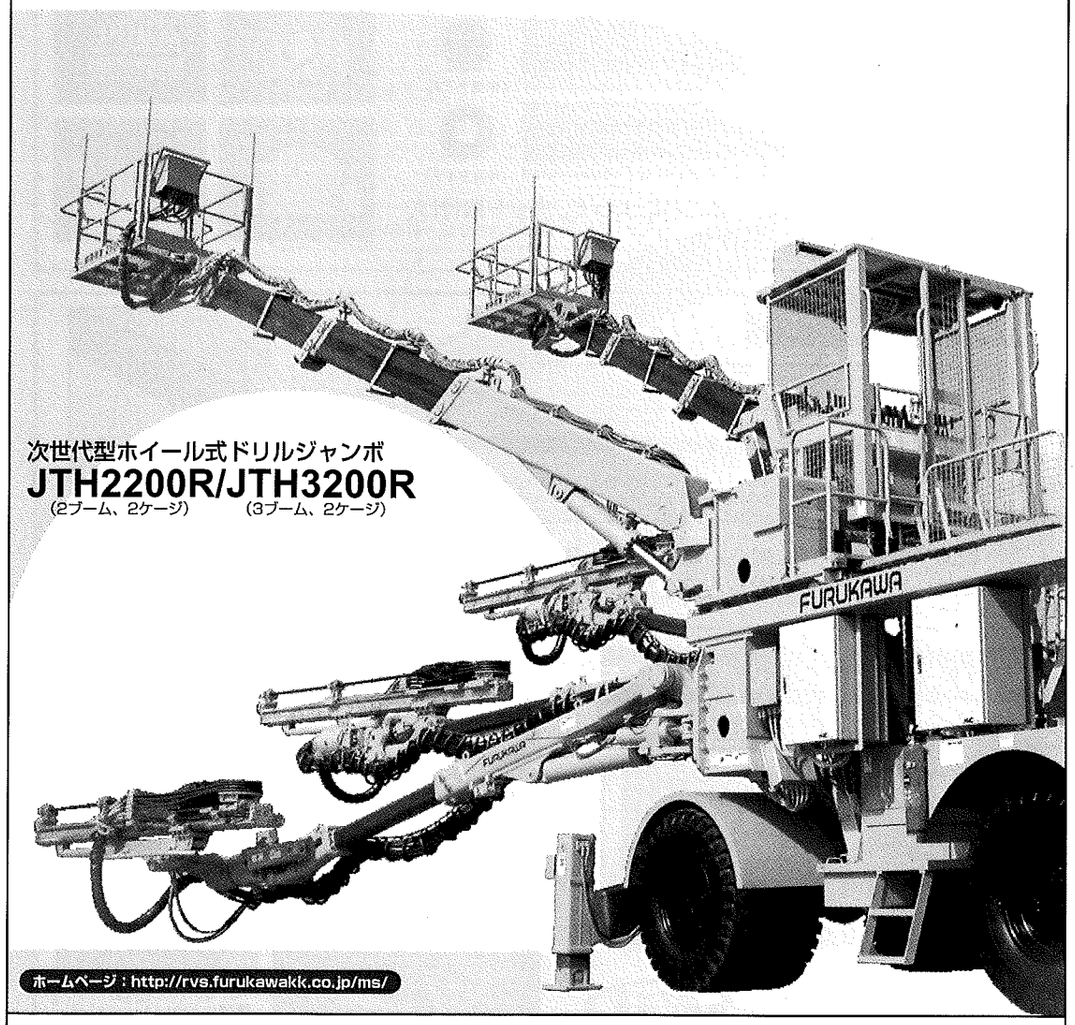
本社・営業 カスタマーサービス 〒105-0012 東京都港区芝大門2丁目5番5号 住友不動産芝大門ビル TEL 03-5733-9444

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

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

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

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 〒103-0022 東京都中央区日本橋室町2丁目3番14号 古河ビル 特機営業部 TEL:03-3231-6966

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

— NATM を支える —

技術と信頼！

ケー·エフ·シーの ロックボルト

全ネジFRP ロックボルト

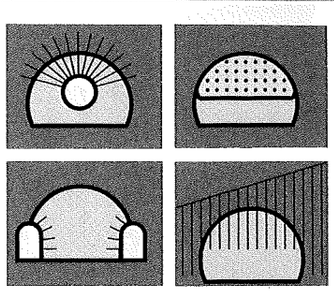


CG22S

（中実タイプ）

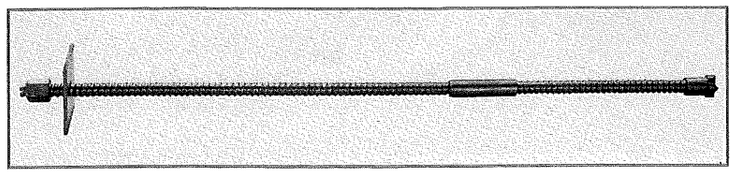
CGR32

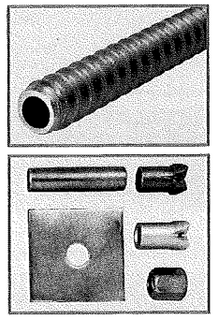
（中空タイプ）



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

自穿孔 IBO アンカー



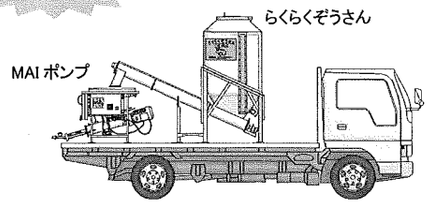


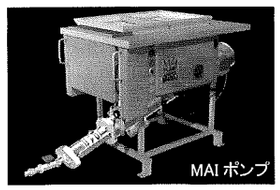
現場での取扱いが非常にし易い R32 ネジを全長にわたって転造した中空ロックボルトです。

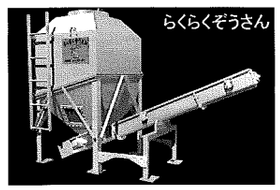
MAI ポンプ＆らくらくぞうさん（モルタル投入システム）

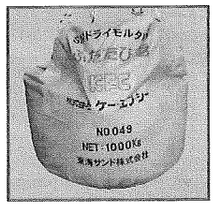
特許第 3256532 号
（らくらくぞうさん）

ECO システム!









環境にやさしいパッケージ
「ふたたびくん」

現場ゼロエミッションに貢献します。

KFC 株式会社 ケー·エフ·シー

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

ホームページ http://www.kfc-net.co.jp/

1本1本が大切！　だから

次世代 防食 ロックボルト

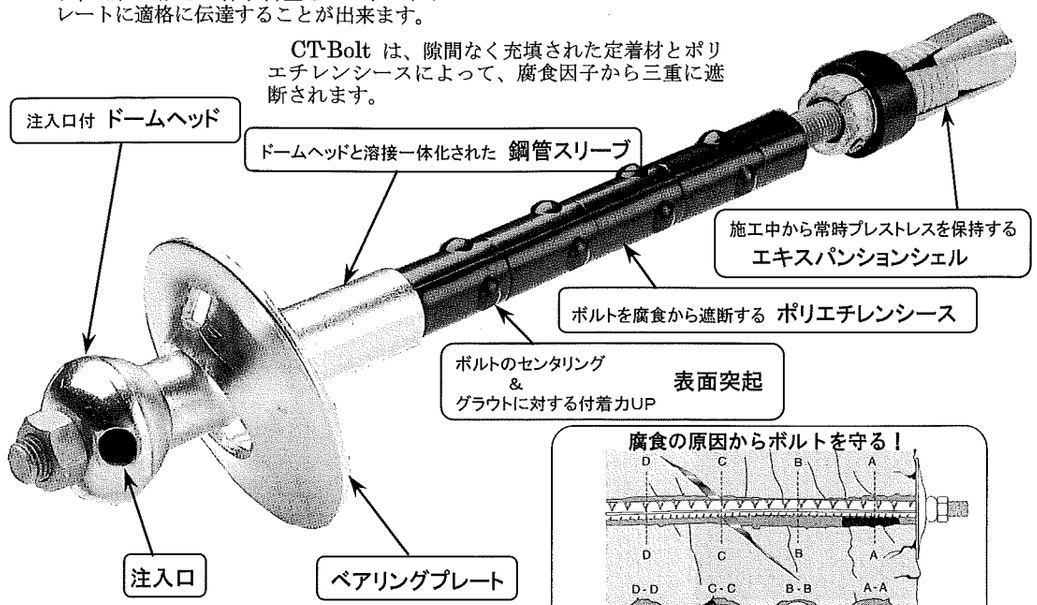
CT-Bolt

Ørsta Stål

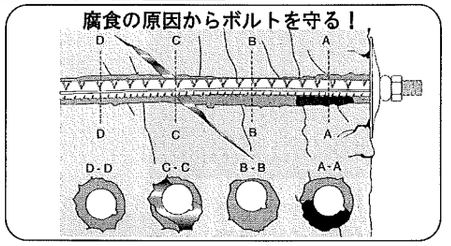
通常施工により超長期支保

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。

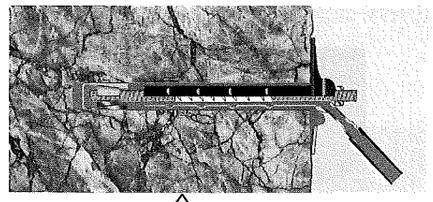


腐食の原因からボルトを守る！



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。

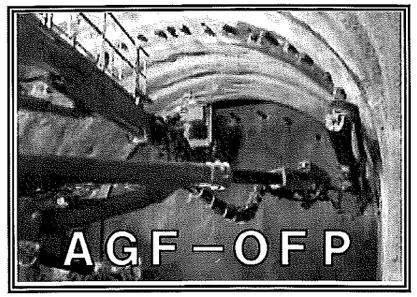
総発売元　Your Fastening Partner

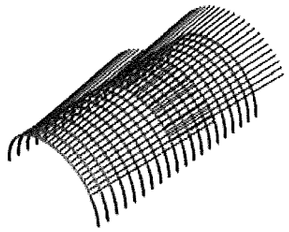
KFC 株式会社 ケー·エフ·シー

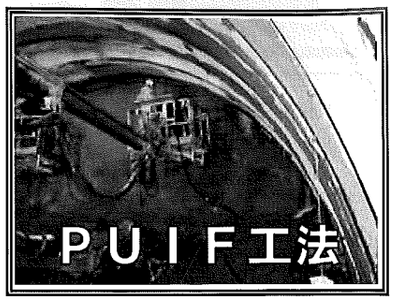
〒105-0014 東京都港区芝 2-5-10
お問い合わせ先 TEL:03-3798-8517
技術部 FAX:03-3798-8850

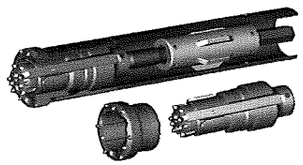
トンネル補助工法【岩盤固結材他】

トンネル補助工法における資材の製造・販売

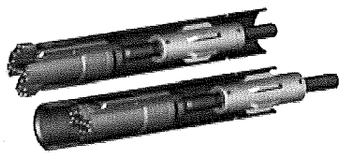




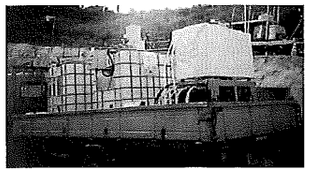








R（リサイクル）コンテナシステム



◎環境に配慮した注入システムであり１斗缶の産業廃棄物処理が無くなります。
◎R（ﾘｻｲｸﾙ）コンテナが工場と現場を往復します。



岩盤固結材

New－TSRF



New－TBU



NTR フォーム



＊ 平成 18 年 6 月から東海ゴム工業㈱より岩盤固結材に関する事業を継承し製造・販売を行っております。

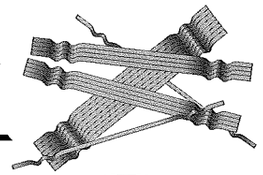
TMC 株式会社ティーエムシー

本　　社	〒116-0013	東京都荒川区西日暮里 5-23-3　冠第 2 ビル 5F	TEL. 03-3891-8211	FAX. 03-3803-6380
大阪支店	〒578-0903	大阪府東大阪市今米 1-2-1　中辻第 3 ビル 3F	TEL. 072-966-6280	FAX. 072-966-5720
仙台支店	〒984-0826	宮城県仙台市若林区若林 2-5-5　SK ビル 3F	TEL. 022-286-5111	FAX. 022-286-5113
名古屋支店	〒486-0844	愛知県春日井市鳥居松町 4-165　春日井中央ビル 4F	TEL. 0568-56-4288	FAX. 0568-56-9219
九州営業所	〒839-0809	福岡県久留米市東合川 3-12-40 ｱｲ･ｿﾘｭｰｼｮﾝﾋﾞﾙ 1F	TEL. 0942-40-8151	FAX. 0942-40-8152
富山営業所	〒933-0806	富山県高岡市赤祖父 707　古川ビル 2F	TEL. 0766-29-0001	FAX. 0766-29-0002

BRIDGESTONE　厳しい条件下の施工に迅速な対応・信頼のブランド

コンクリートをより強く、よりしなやかに。

タフグリップ コンクリート補強用鋼繊維



地山不良

断層破砕帯
膨張性地山
変形増大

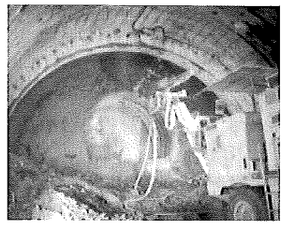
技術提案

トラブル対応

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

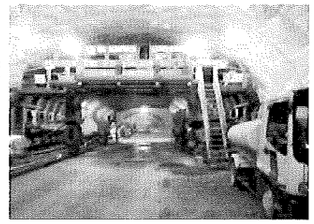
一次吹付

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



二次覆工

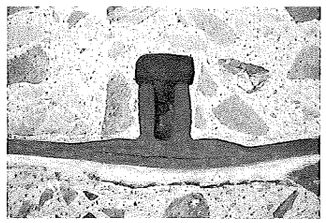
- 内空変位増大対策
- 無筋化
- 剥離・剥落防止



防水への信頼性・施行性の向上へ

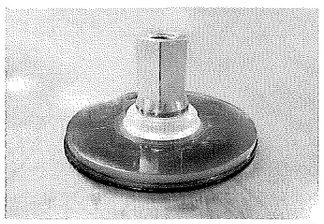
ナトミックシート トンネル用防水シート

■ 高い防水性



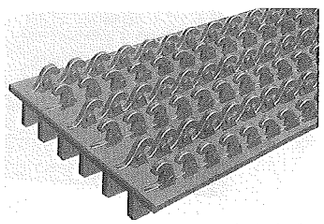
ウォーターバリア

■ 豊富な品揃え



吊鉄筋金具

■ 容易な施工性

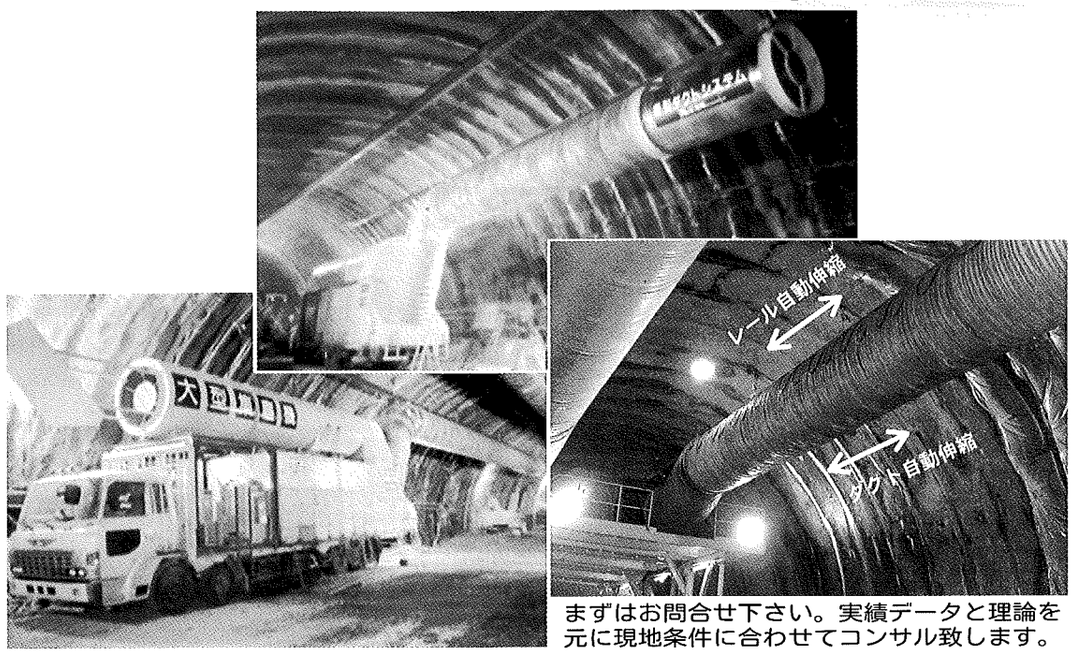


クイックバー

株式会社ブリヂストン
土木・建築資材販売促進第2部
東京都中央区八重洲1-6-6　〒103-0028
TEL.(03)5202-6872　FAX.(03)5202-6874

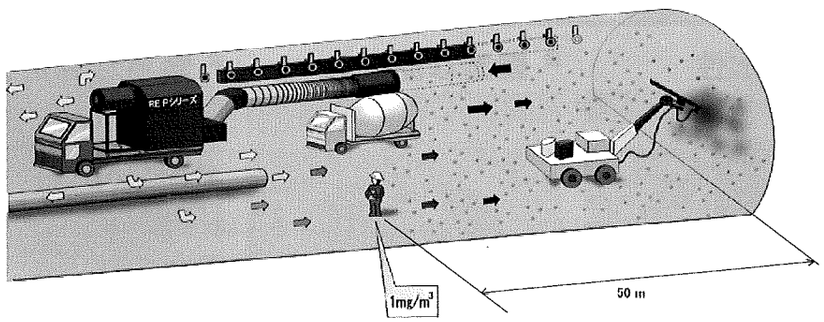
吸引ダクトシステム

ガイドラインをクリア(※)0.5mg/m³達成!!



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

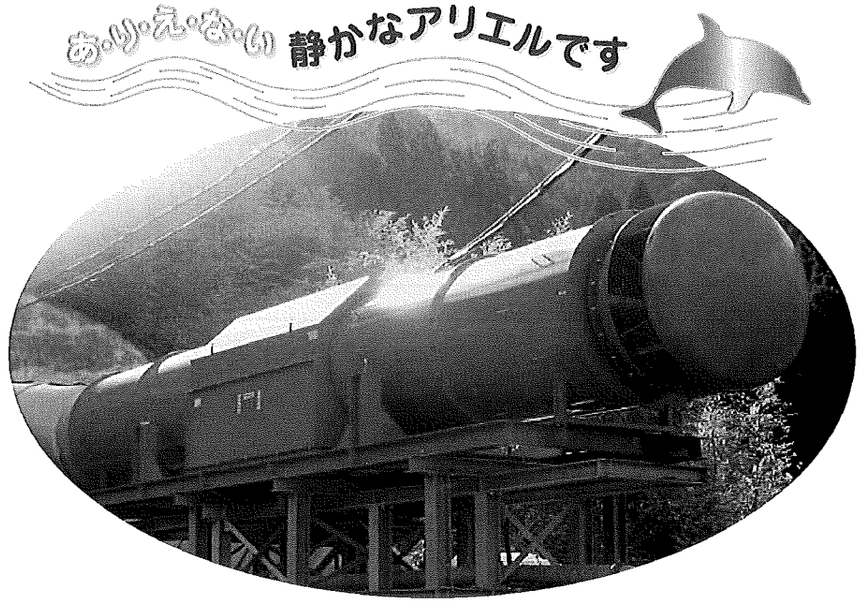
- 発生源粉塵対策の決定版。
- ダクトはもちろん、吊下げレールも無線リモコンで楽々前進。
- 掘削工法や作業サイクルに適応。操作にお手間をとらせません。
- 最低限の切羽送気量と後方の高い清浄空間の確保で換気コストとランニングコストの大幅なコストダウンに。
- 適応外径はΦ600～Φ1800、負圧－2kpa、収縮率1/5、100m以上もレンタルで対応可。



宇宙・原子力・環境など開発部門の人材を募集しています

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

超低騒音・二軸反転ファン エアロ★MAX アリエル



今時、静かなのは当たり前!!

ファンの性能を保持したまま、より低騒音に、よりスタイリッシュに。

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

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

宇宙・原子力・環境など開発部門の人材を募集しています

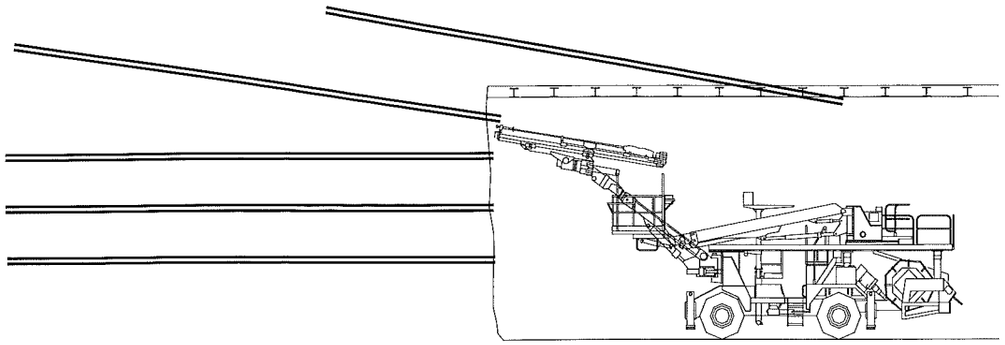
株式会社流機エンジニアリング
本　社／〒108-0073 東京都港区三田 3-4-2 プロフィットリンク聖坂
TEL：03 (3452) 7400 (代) FAX：03 (3452) 5370
つくば／〒308-0114 茨城県筑西市花田84-6
URL：http://www.ryuki.com E-mail：eigyobu@ryuki.com リースセンター TEL：0296 (37) 7680 (代) FAX：0296 (37) 7681

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

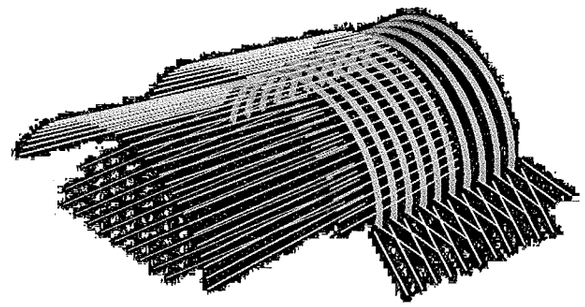
SR－Lは、シリカレジンをベースとして従来のセメント系や無機系定着材の欠点を克服し、パノラマ工法の定着材として開発された発泡タイプの定着材です。
砂層、粘土層及び亀裂の多い崩壊性岩盤や破砕帯に注入することにより、高強度の複合シリカレジンを形成し芯材を確実に地山に定着させ、さらに発泡性能によって亀裂に充填されることにより芯材周囲の地山を改良できます。

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

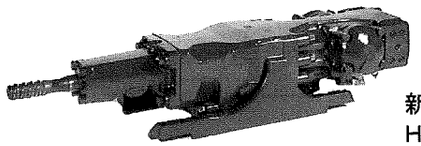
関西営業所　〒550-0015　大阪市西区南堀江4丁目1番18号
TEL 06-6578-3235　FAX 06-6578-3237

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

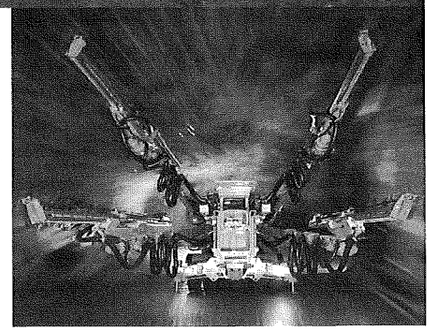
九州営業所　〒816-0932　福岡県大野城市瓦田4-15-26
TEL 092-574-0856　FAX 092-574-0846

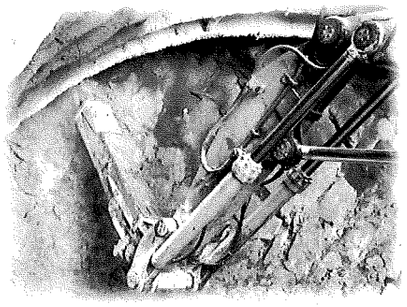
北海道地区　〒003-0011　札幌市白石区中央1条5丁目8番2号
㈱エイチ・アール・オー　TEL 011-821-5868　FAX 011-821-6644





新型高性能ドリフター
HLX5



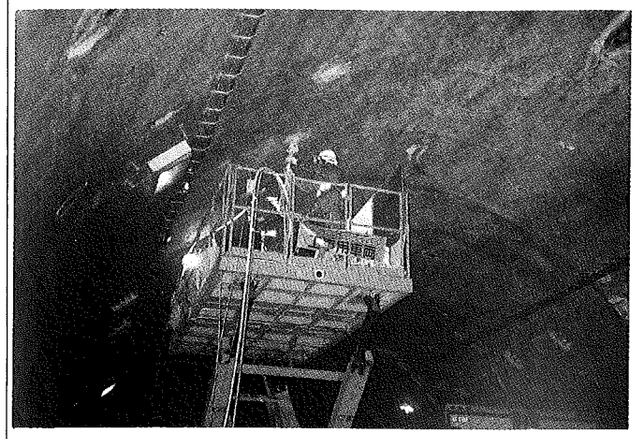


サンドビックトーヨー 株式会社
〒222-0033 横浜市港北区新横浜 2-15-12
共立新横浜ビル6F

TOYO EJC Rammer
TAMROCK TORO

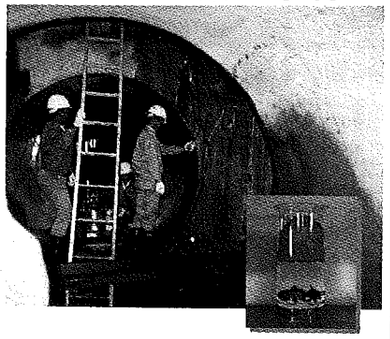
Tel: 045-478-0660 Fax: 045-478-0661
URL: http://www.SMC.sandvik.com

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	〒950-0944	新潟県新潟市愛宕 1-4-25	TEL 025-280-0337
エコシビックエンジ株式会社	〒135-0047	東京都江東区富岡 1-12-4 み満きビル	TEL 03-3643-7241
MC山三ポリマーズ株式会社	〒103-0023	東京都中央区日本橋本町3-6-2小津本館ビル	TEL 03-3662-0253
株式会社共ショウ	〒103-0014	東京都中央区日本橋蛎殻町 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 024-543-0511
四国リニューアル株式会社	〒780-0804	高知市日の出町 2-12	TEL 088-878-0050
ショーレジン株式会社	〒104-0032	東京都中央区八丁堀 3-14-4 直平ビル	TEL 03-3551-8391
成和リニューアルワークス株式会社	〒163-0610	東京都新宿区西新宿 1-25-1	TEL 03-5326-0720
株式会社西日本ザイペックス	〒755-0032	山口県宇部市寿町 3-5-23	TEL 0836-21-2666
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
林建設工業株式会社	〒998-0023	山形県酒田市幸町 1-6-6	TEL 0234-23-3322
フジモリ産業株式会社	〒141-0022	東京都品川区東五反田2-17-1オーバルコート大崎マークウエスト	TEL 03-5789-2206
株式会社マシノ	〒733-0822	広島市西区庚午中 1-19-23	TEL 082-507-2737
株式会社松井商店	〒007-0870	札幌市東区伏古 10 条 2 丁目 11-8	TEL 011-782-4441
株式会社マノール	〒142-0043	東京都品川区二葉 1-18-8	TEL 03-3787-1131
株式会社三原工業	〒531-0073	大阪市北区本庄西 3-7-5	TEL 06-6371-9947

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

製造元 **日清紡** 化成品事業本部
〒103-8650 東京都中央区日本橋人形町2-31-11 TEL 03-5695-8939

吹付けコンクリートシステム

Experts on Sprayed Concrete

コンクリート吹付機

Sika®-PM500 PC

by Putzmeister

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

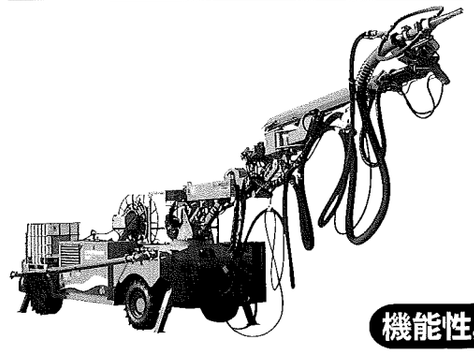


特にコンクリート吹付機の要はコンクリート圧送ポンプです.

プツマイスター圧送ポンプの特長

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

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



コンパクトで群を抜く使いやすさ！

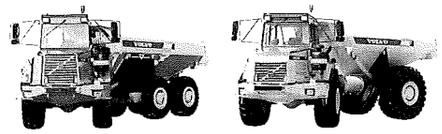
機能性，機動性の基に理想的な機械化を実現！

総販売元　東友エンジニアリング㈱　製造輸入元　プツマイスタージャパン㈱

トンネル関連製品

吹付けコンクリートシステム
　putzmeister・Sika®–PM500PCコンクリート吹付機
　Putzmeister S.A.
　一体型吹付機・特殊型吹付機
　設計・製作：東友エンジニアリング株式会社

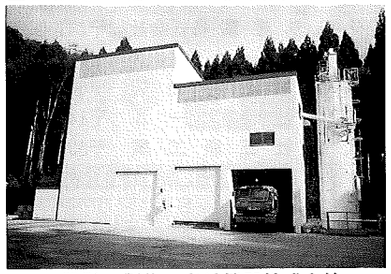
VOLVOダンプトラック
（A25C–TS，A25C–TR，A20/30C–T）



Volvo East Asia(Pte)Ltd

その他，トンネル施工機械全般

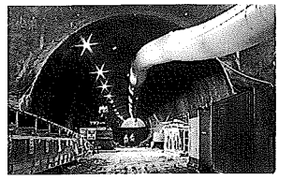
バッチャプラント
（全自動式，3槽クラム式，簡易型，特殊型）



設計・製作：名岐機器株式会社

トンネル換気システム

ABC VENTILATION SYSTEMS





●ファスナー式風管　●ツインダクト風管
●スパイラル風管　●帯電防止型風管

総代理店　東友エンジニアリング株式会社

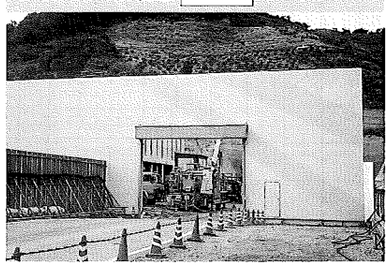
騒音防止システム

エコフラット −35db Cタイプ



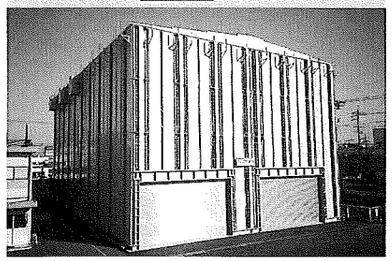
美観を重視した高性能の防音ハウス

エコパネル防音壁 −15db Aタイプ



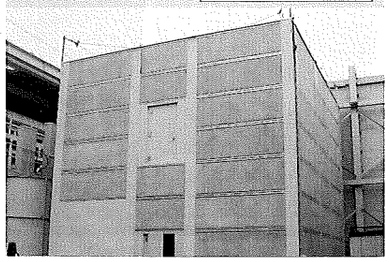
適応性の優れた防音パネル

エコユニット −30db Bタイプ



組立て容易な標準型防音ハウス

スーパーエコハウス 超低周波音−25db



超低周波音対策に適した防音ハウス

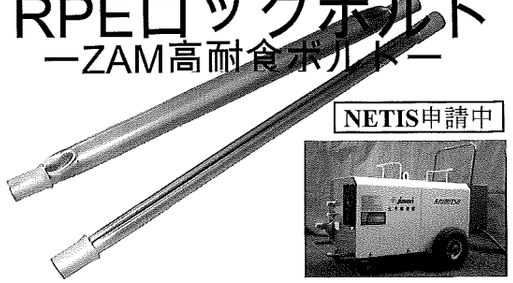
設計施工　株式会社トーユーエコサポート

建設業界に貢献するTOYU GROUP

東友エンジニアリング株式会社

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













fujimori

フジモリ産業株式会社

〒141-0022
東京都品川区東五反田２－１７－１
オーバルコート大崎マークウエスト９F

URL　http://www.fujimori.co.jp

– 東京本社	TEL：03-5789-2384	FAX：03-5447-2073	担当：平山
– 大阪支店	TEL：06-6228-3864	FAX：06-6228-3886	担当：南川
– 北海道営業所	TEL：011-222-4171	FAX：011-221-1370	担当：大黒
– 東北営業所	TEL：022-263-1591	FAX：022-223-0067	担当：村田
– 九州営業所	TEL：092-262-8521	FAX：092-262-6750	担当：北村

高品質・SEC・高強度対応型　吹付プラント

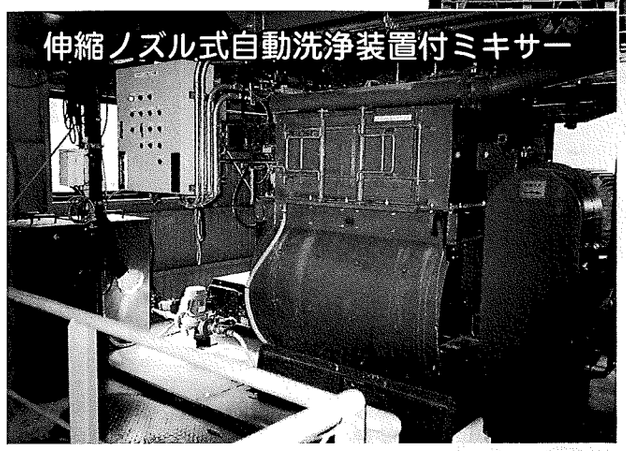
全自動式 バッチャプラント

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

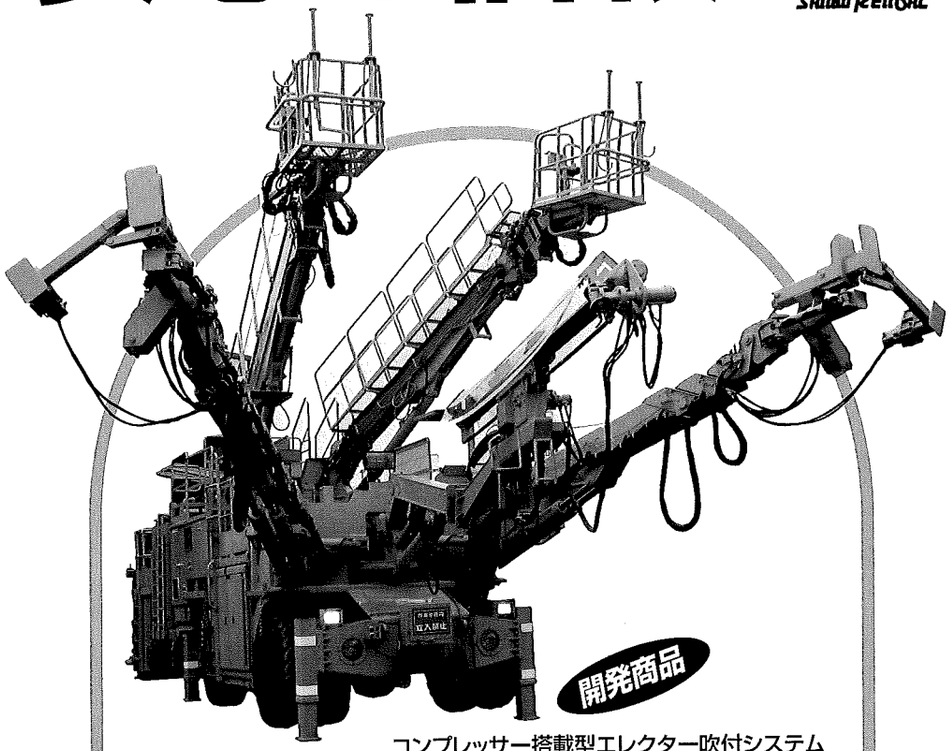
- ◆ スチールファイバー供給設備
- ◆ 濁水処理プラント（能力 10T/H～100T/H）ユニットタイプ
- ◆ 砕石プラント・産廃プラント・ベルトコンベアー　設計・製作
- ◆ 油圧バケット、特殊クレーン設計・製作
- ◆ ターンテーブル（30ton・重タンプ用・40ton通過）

MK 名岐機器株式会社

本　　社　岐阜県養老郡養老町有尾600-100
〒503-1227　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

安心と信頼



コンプレッサー搭載型エレクター吹付システム
（ホイール式）

〈1台2役のスグレモノです!〉

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

トンネル機械の総合レンタル

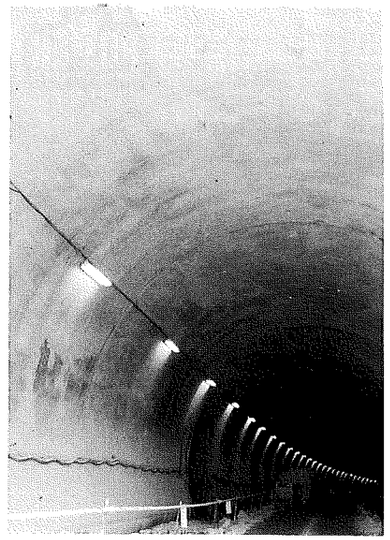
三興レンタル株式会社

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

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



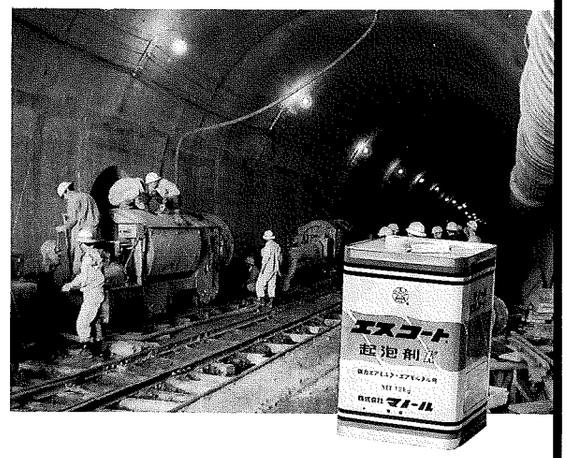
〈工期短縮，即日仕上り〉

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

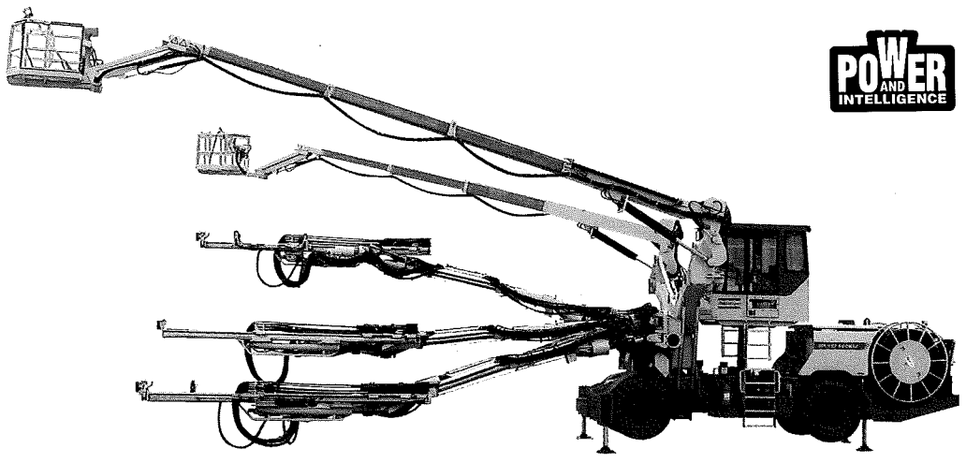
〒142-0043 東京都品川区二葉1丁目18番8号
TEL 03 (3787) 1131 (代)

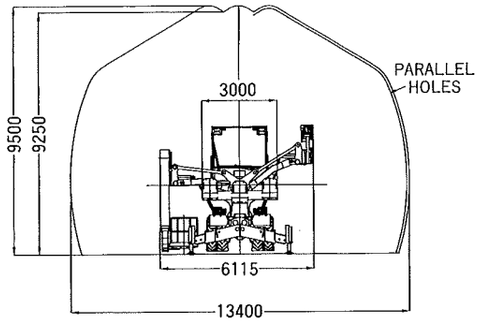
アトラスコプコ・コンピュータジャンボ

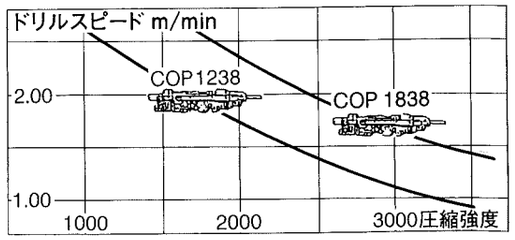
The Next Generation ロケットブーマーL3C-2B

COP1838油圧ドリフター搭載

3ブーム・2バスケット





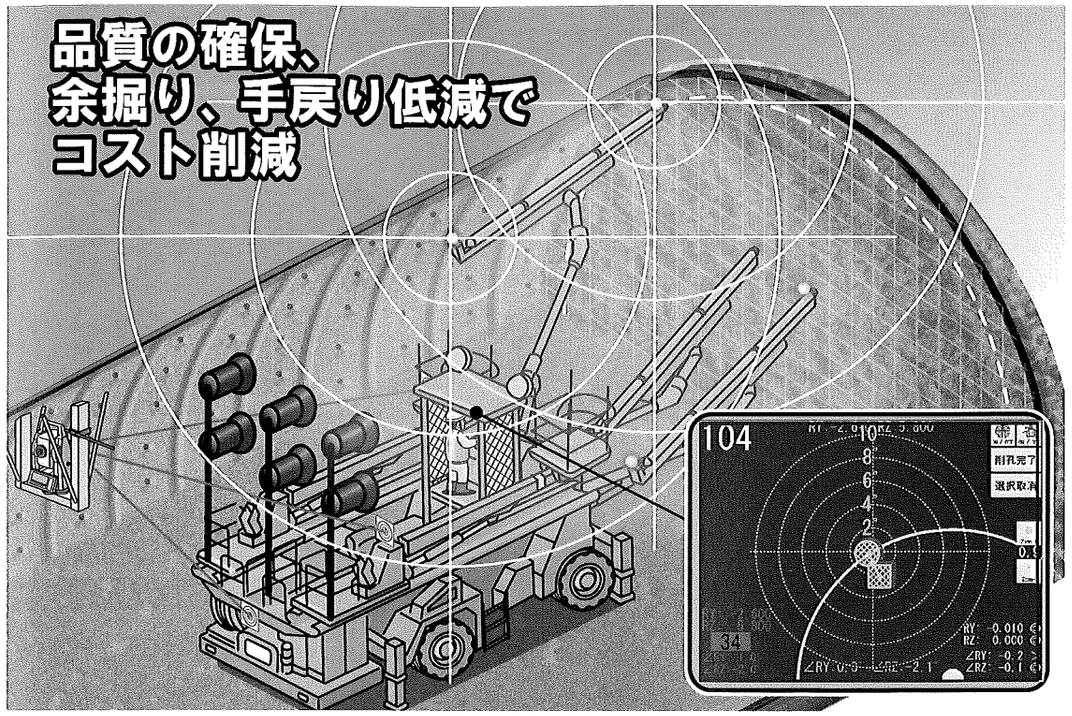


ドリルマシン株式会社
DRILL MACHINE CO.,LTD.

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

ジャンボナビゲーションシステム

3次元リアルタイム画像処理と高精度自動測量により究極の余掘り管理を実現します



★最適な削孔位置、角度の割り出し

3次元リアルタイム画像処理技術によりガイドセルの位置、角度を正確に把握

★オペレーターの作業性UP

最適Pointを運転席モニターでガイダンス

★削孔情報のデータベース化

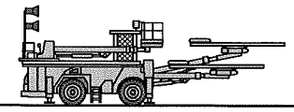
データは数値化され、データベースとして蓄積、次の削孔に活用

★リアルタイムモニタリング可能

オンライン化により事務所でも同時にデータ閲覧が可能

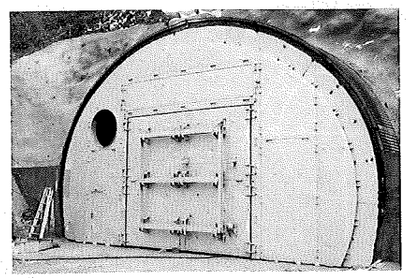
★従来のジャンボがグレードアップ

お手持ちのジャンボに搭載が可能

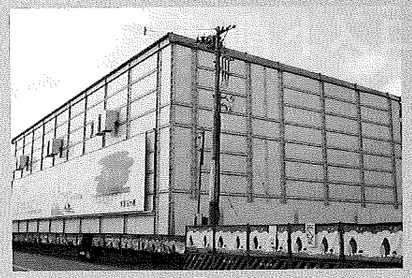


株式会社 演算工房 http://www.enzan-k.com/
■京都本社　〒604-0847　京都府京都市中京区秋野々町535番地　日土地京都ビル4階　TEL. 075-213-7200　FAX. 075-213-7201
■東京office　〒101-0054　東京都千代田区神田錦町三丁目15番5号　川崎パークビルⅠ7階　TEL. 03-3518-2588　FAX. 03-3518-2589

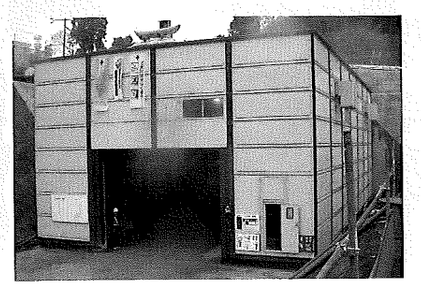
快適な作業環境を約束する騒音対策システム



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



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



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



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

【建設騒音対策協会】（旧 騒音対策研究会）

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

E-mail　souon@fuse-ind.co.jp

ISO9001取得〜防音設備の設計、製造、施工、リース
◆計量証明事業登録 騒音レベル第913号　◆建設業登録　とび・土工工事業(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　TEL.03-3617-8111　FAX.03-3617-7565
大阪営業所　〒531-0072　大阪府大阪市北区豊崎3-15-19 東洋東ビル　TEL.06-6359-2611　FAX.06-6359-2288
E-mail　info@fuse-ind.co.jp　URL　http://www.fuse-ind.co.jp

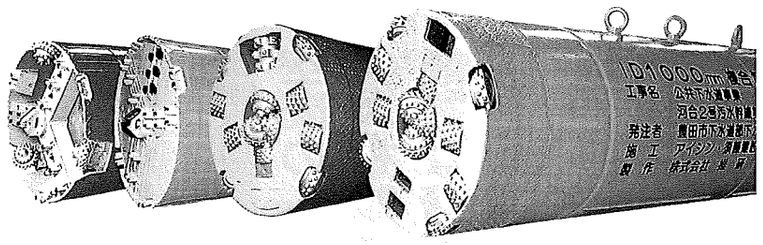
岩盤推進を創めて20年

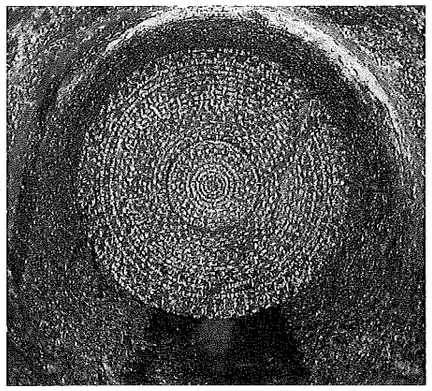
軟弱土から硬岩まで!!

複合推進工法（C.M.T工法）

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

■ CMT工法で使用される様々なカッターヘッドの一例



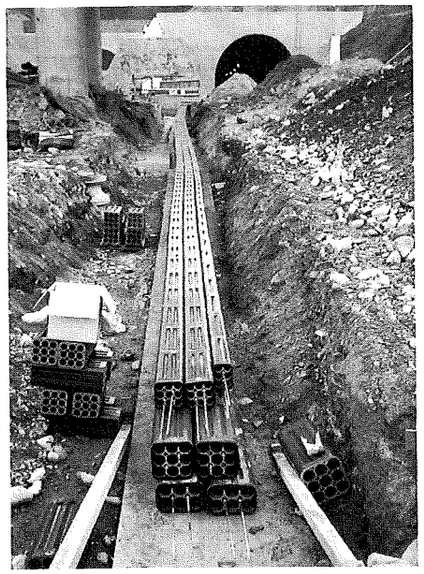


C.M.T工法協会
株式会社 推研

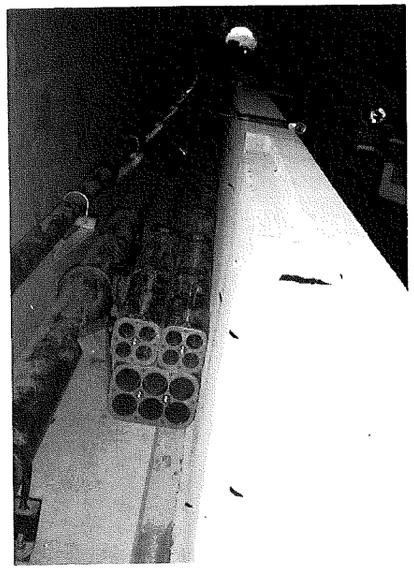
本　社 〒547-0002 大阪市平野区加美東4-3-48
TEL 06-4303-6026
FAX 06-4303-6029

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

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

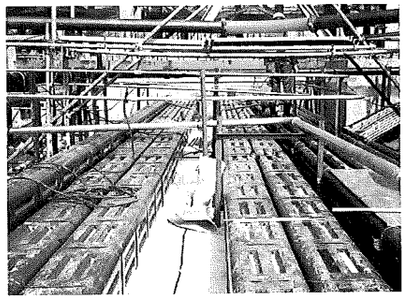
燃えない　錆びない　壊れない

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

ジェルフォー

無機系超微粒子地山改良注入材



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

自穿孔式
長尺先受工法

AGFST工法

○完全無機系の為、BOD, CODの心配が無く、不燃性
○ゲルタイムが1～2分
○3～4μmと超微粒子
○ホモゲルは1日で1.5～3.0MN／m²
○1.5ショットで注入

○作業性が抜群（実績21m／本）
○ロッド外径φ78がロープねじの為、注入材との付着が良好
○二段ビットにより、位置決めと直進性が良好
○特別な作業足場は不要

トンネル工事の強い味方

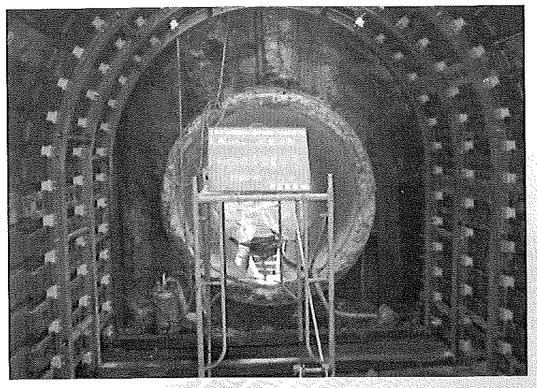
高強度ねじふしロックボルト
NOSHボルト

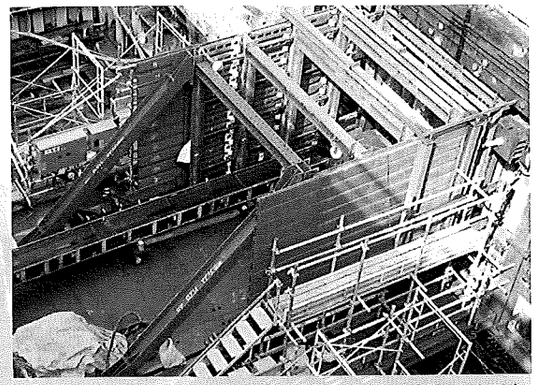
okabe 岡部株式会社
土木事業部
ホームページ:
http://www.okabe.co.jp

〒130-0002 東京都墨田区業平3-14-4 日土地押上ビル
TEL.03-3624-5116　FAX.03-3624-5189
ホームページ　http://www.okabe-doboku.com/
北海道 電話 011-837-2030　東　北 電話 022-288-8484　関　東 電話 03-3624-5116
新　潟 電話 025-287-7700　中　部 電話 0568-76-5611　関　西 電話 06-6535-0621
九　州 電話 092-624-5878

アーストンネル掘削工法に最適

SS-メッセル工法





30年の実績(工法指導致します)

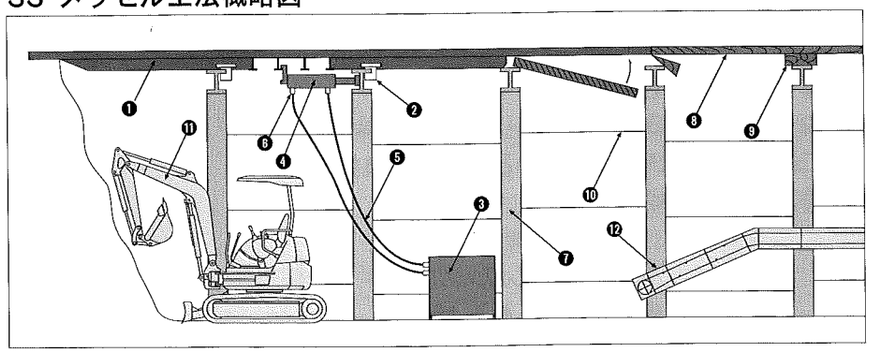
特徴

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

実績

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

SS-メッセル工法概略図

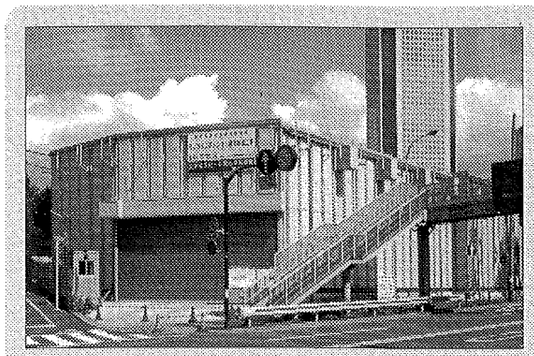


❶SS-メッセルプレート
❷スタビライザ
❸油圧ユニット
❹油圧ジャッキ
❺油圧ホース
❻油圧手許切換装置
❼支保工
❽木矢板
❾木製キャンバー
❿径間パイプ、タイロットボルト
⓫バックホウ
⓬ベルトコンベア

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

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

大丸の防音システム

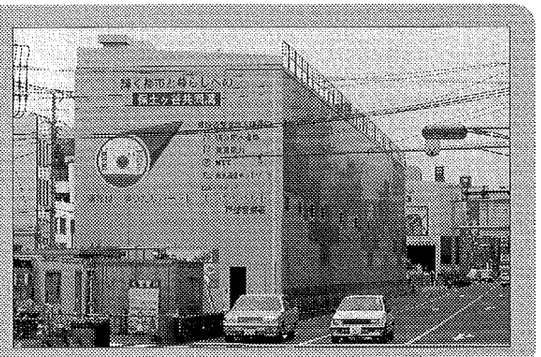


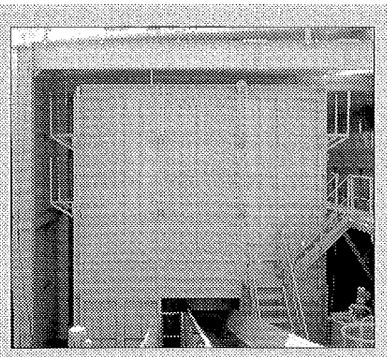
サイレントハウス(Bタイプ)

- 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 〒564-0063 大阪府吹田市江坂町1-17-23 江坂Mビル8F
TEL.06-6821-6151(代表) FAX.06-6821-6477

湿式吹付けコンクリート用高性能減水剤
NT-1000シリーズ

急結剤と併用することにより、
高品質で経済的な吹付けコンクリートを実現。

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

アルカリフリー・低アルカリ型液体急結剤
メイコ®SAシリーズ

成分中にアルカリ分をほとんど含まない液体急結剤。

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



もっといい吹付けコンクリートのために。

現場のニーズに専用の混和剤システムがお応えします。

二酸化ケイ素を主成分とした球状で
超微粒子のシリカフューム。

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

シリカフューム
メイコ®MS610

吹付けコンクリートの
練置きを1～16時間
まで自由にセットコントロール。

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

湿式吹付けコンクリート用セットコントロール剤
デルボクリート

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

●(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。

BASF
The Chemical Company

【好評発売中】

セグメントの新技術

監修　小泉　淳

B5版　132頁　本体価格 2,000円　送料 290円

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

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

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

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

本書はこの連載講座をもとに新たに「セグメントの新技術」編纂委員会を作り，個々のセグメントに加筆，修正を加え，より充実した内容にまとめたものである．

〈セグメントの新技術〉

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

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

き---り---と---り---線

《ご　注　文　票》

セグメントの新技術 _____ 冊　申込みます．

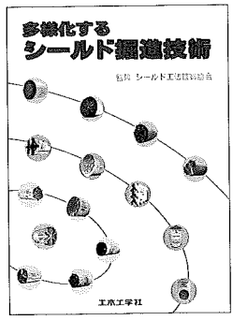
所在地　〒(　　)
事業所名　　☎
部課名　　申込者名　　㊞

好評発売中

多様化するシールド掘進技術

監修 シールド工法技術協会

B５判　141頁　　本体価格2,500円



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

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

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

〔掲載工法〕

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

本書は東京都立大学名誉教授の山本稔先生よりご推薦いただいております

申し込み先
㈱土木工学社　〒162-0832　東京都新宿区岩戸町16メイジャー神楽坂
TEL：03-3267-2888　　FAX：03-3267-2807



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）

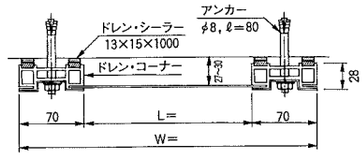
【営業品目】複層タイヤ／油圧ホース／マテリアルホース／各種中古車／触媒／線路（中古）

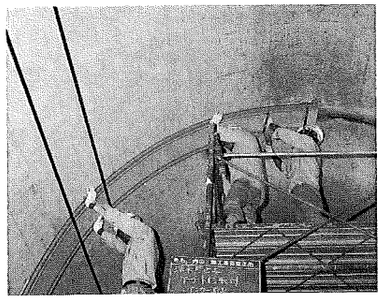
中濃産業株式会社
代表取締役 土田義弐
本社 〒501-1534 岐阜県本巣市根尾神所 362-1
TEL(0581)38-2241㈹ FAX(0581)38-3383
営業所 〒501-1203 岐阜県本巣市文殊 64-387
TEL(0581)34-3990㈹

トンネル・カルバート・地下構造物の漏水対策に

アーチ・ドレン導水樋

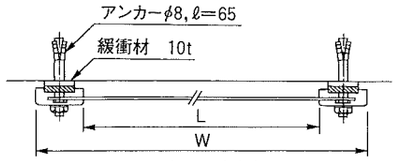
■特　徴
・漏水幅に応導水幅の選択が可能
・導水プレートはアクリル変性P.V.C強化樹脂で驚異的な耐衝撃性有り
・寒冷地型、Box カルバート用勾配型、etc 有。





コンクリート剥落対策に

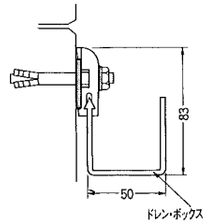
アーチ・パネル



JH 水戸　大久保トンネル、etc。

水平導水樋に

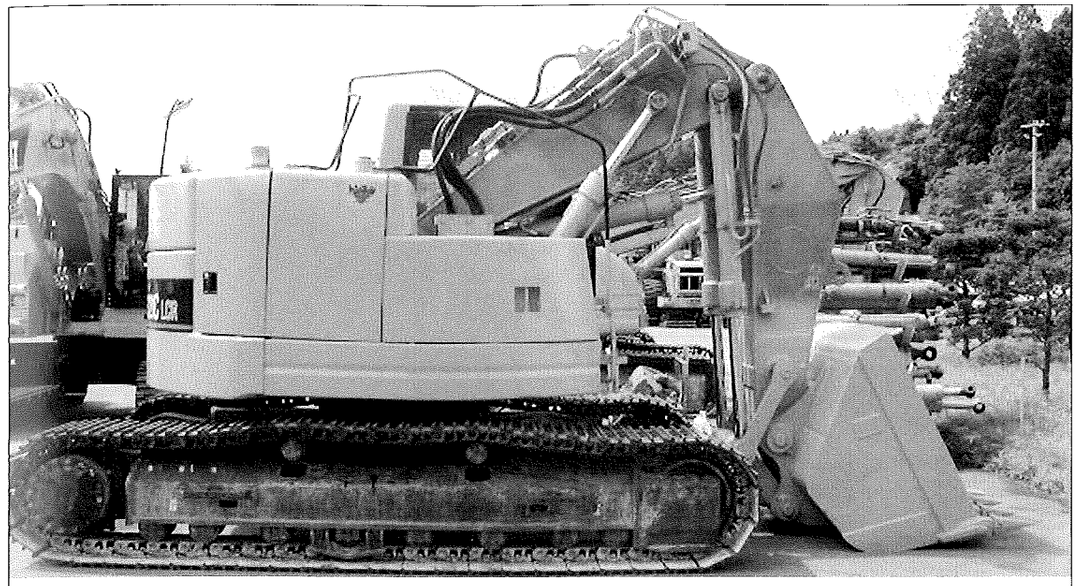
サイド・ドレン



■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



上半先進や狭い断面に
0.7m³ベースマシン　ローディングショベル

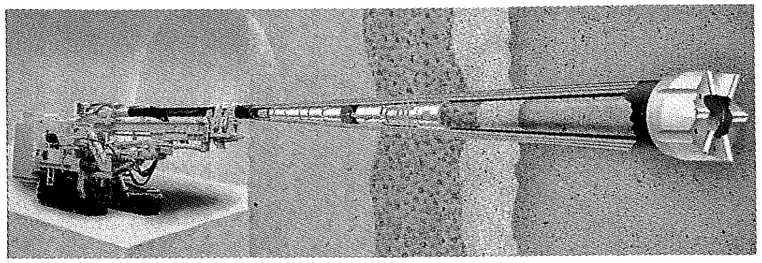
klea

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

URL　http://www.klea-cat.com

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

お問い合わせ先 ： 工事営業本部
TEL.（03)6907-7512　FAX.（03)6907-7522
http://www.koken-boring.co.jp

21世紀の地球環境を見つめる土木専門図書

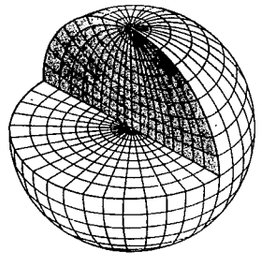
ブロック理論と岩盤工学への応用
R.E.グッドマン，G.H.シー著／吉中龍之進・大西有三訳
A5判　360頁　税込 5,097円　送料 340円

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

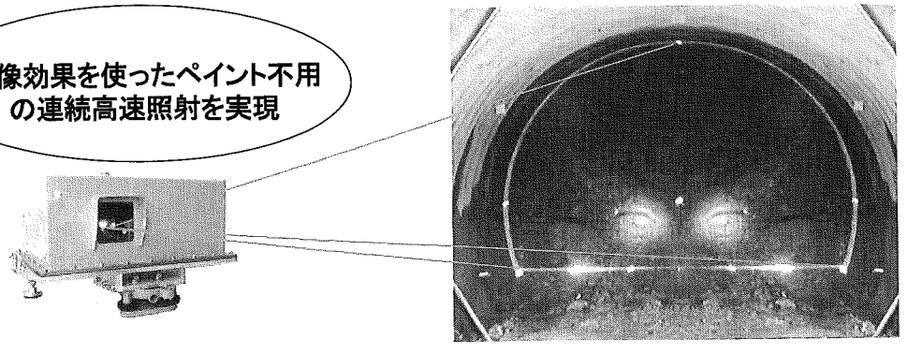
地質工学概論
菊地宏吉　著
B5判　276頁　税込 4,994円　送料 340円

〒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

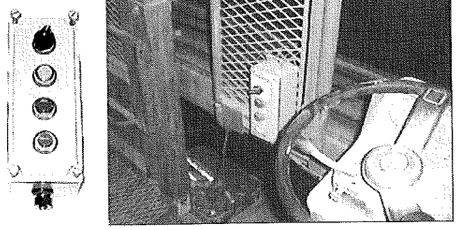
レーザーマーキングシステム

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

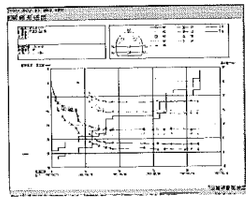


現場環境に耐え得る
頑強なコントローラー

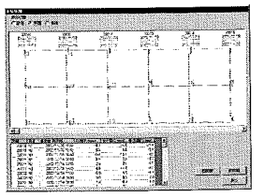


ジャンボに
取付けて使用可
AC200V対応

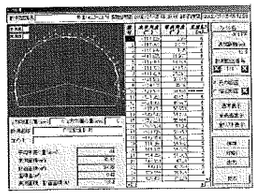
各種トンネル計測関連ソフトも標準装備。もちろんネットワークにも対応。



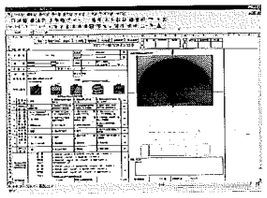
A計測データ処理



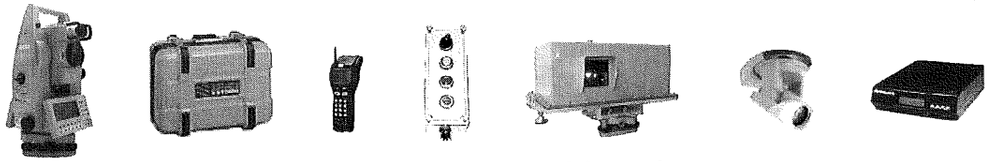
支保工立込精度、変形量



内空、巻厚検査



切羽観察、etc



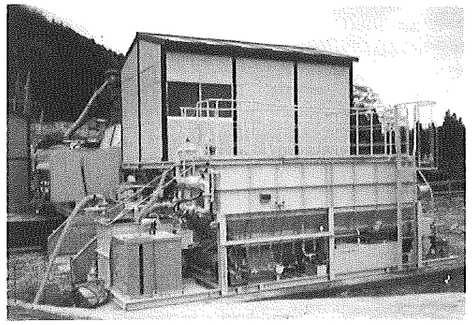
豊富なキャリアと数多くの実績をもつ当社へ、是非お問い合わせ下さい。

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

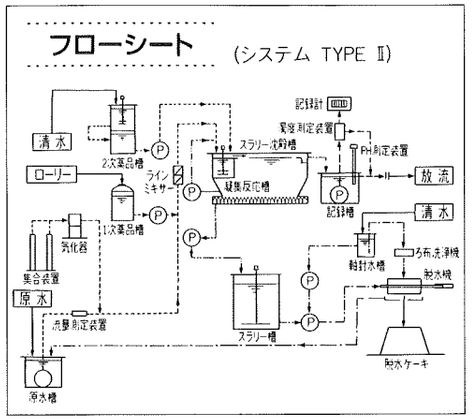
〔販売元〕
古河ロックドリル株式会社
伊藤忠建機株式会社
株式会社レント

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。
凝集反応槽攪拌機及び集泥用レーキにインバーターを採用し、水量及び濃度に幅広く対応する。

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

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　9月号目次　Vol.37, No.9, 2006 Sep.

CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS

■巻頭言

プロジェクト推進と技術力
小林　覚……5

■計画

仙台市高速鉄道東西線建設計画の概要
森　研一郎・早坂　利秋……27

■研究

樹脂ネットを用いた狭小レンガトンネルの剥落対策
髙森麻有美・根橋　和也・岩崎　浩……35

■報告

「第32回ITA総会」報告
日本トンネル技術協会……45

■施工

脆弱化地盤の地下水を制して変電所直下を突破
—広島高速１号線(安芸府中道路)　福木トンネル—
河村　洋治・吉光　康夫・尾畑　洋・中川　浩二……7

可燃性ガス地盤を新防爆型推進工法で貫く
—大津市尾花川雨水幹線工事—
高田　公・佃　康浩・吉田　桂三……17



CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS

■連載講座

都市トンネル工事の計測(９)
—計測データの維持管理—
新井　泰・佐藤　亘・西田与志雄・粥川　幸司……57

各種装置を活用した新しいトンネル検査手法(６)
—Ⅲ．トンネル覆工内部の検査手法(２)—
JTA保守管理委員会……69

■現場だより

「万世大路を貫く」米沢街道・栗子峠より
髙橋　保……16

「岡部町とトンネルの歴史」ふるさと田園都市岡部町より
森　英治……26

■資料

トンネル千夜一夜(21)
小野田　滋……24

土木情報
編　集　部……44

トンネルジャーナル
編　集　部……56

工法・技術・製品ニュース
編　集　部……68

トンネルワールドニュース
JTA国際委員会……77

海外文献速報
JTA国際委員会……78

■会報

会　報
日本トンネル技術協会……80

【表紙説明】

脆弱化地盤の地下水を制して変電所直下を突破
—広島高速１号線(安芸府中道路)　福木トンネル—



本工事は，変電所直下を最大土かぶり45mで２本の道路トンネルを掘削するものである．掘削対象地質は，白亜紀後期の広島花崗岩および閃緑岩であるが，ともに深層風化の影響を著しく被り，マサ化および粘土化した状態であった．加えて地下水位がトンネル天端より25～30m上位に位置している．そのため，重要構造物に対する影響低減と経済性に配慮した地下水位低下抑制による沈下対策工を駆使して，重要構造物の機能を損なわせることなくトンネルを掘削した．写真は，切羽崩落状況である．

〔**写真提供**：広島市高速道路公社〕(本文７頁参照)

Kanaflex の電力・通信ケーブル保護管

都市部での電線集中化工事を省力化・効率化

電力・通信ケーブル用多条保護管　特許出願中

カナレックスML

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

1.独自構造（波付き管と管台一体型リブの連続構造）
・リブに平面部があり、管を密着させて敷設できる為、掘削幅、深さを小さく出来る。
・従来品に比べ、良好な砂の充填ができ、一括埋め戻しが可能。

2.可とう性に優れる
・上下左右に曲がり、既設物や障害物の回避が容易。

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

4.摩擦係数が低く整直性が良い為通線がスムーズ



ハンドホール工事の工期短縮・工費削減に現場の加工作業を大幅に軽減できる

ワンタッチ継手付ハンドホール



※特許・
意匠出願中



管路に継手差口をねじこみ　継手受口に差しこむだけ　これで接続完了。

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

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

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

カナフレックス コーポレーション株式会社　ISO 9001認証取得
株式会社 インデック

東京本社　〒106-6117　東京都港区六本木6-10-1（六本木ヒルズ森タワー17F）
TEL(03)5770-5111　FAX(03)5770-5130
大阪本社　〒530-6017　大阪市北区天満橋1-8-30（OAPタワー17F）
TEL(06)6881-0767　FAX(06)6881-0769
営業所　札幌・仙台・新潟・横浜・金沢・名古屋・神戸・広島・高松・北四国・福岡・鹿児島
直営工場　北海道・仙台・栃木・千葉・滋賀・愛東・広島・四国・九州

会誌ＷＧの構成（五十音順・敬称略）

〔主　　査〕

大　島　洋　志　　国際航業株式会社上席フェロー技術センター長

〔幹　　事〕

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

大　石　敬　司
東京地下鉄株式会社建設部工事課課長

久多羅木　吉治
東亜建設工業株式会社本社土木部門技術部長

鈴　木　　明
独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構
鉄道建設本部計画部計画課長

千　葉　　隆
清水建設株式会社土木技術本部
技術第二部部長

長　島　芳　雄
株式会社竹中土木取締役技術本部長

端　　則　夫
大成建設株式会社土木本部土木技術部
トンネル技術室室長

濱　　建　介
株式会社アオバ取締役会長

松　尾　勝　弥
飛島建設株式会社土木本部トンネル統括部長

山　田　邦　博
国土交通省大臣官房技術調査課技術企画官

山　田　隆　昭
中日本高速道路(株)中央研究所
トンネル研究主幹

山　道　哲　二
株式会社大林組東京本社土木技術本部技術
第二部部長

編集顧問の構成（五十音順・敬称略）

伊吹山　四　郎
攻玉社工科短期大学名誉学長

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
NPO法人いきいきハイウェイ支援全国ネット
トンネル担当

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

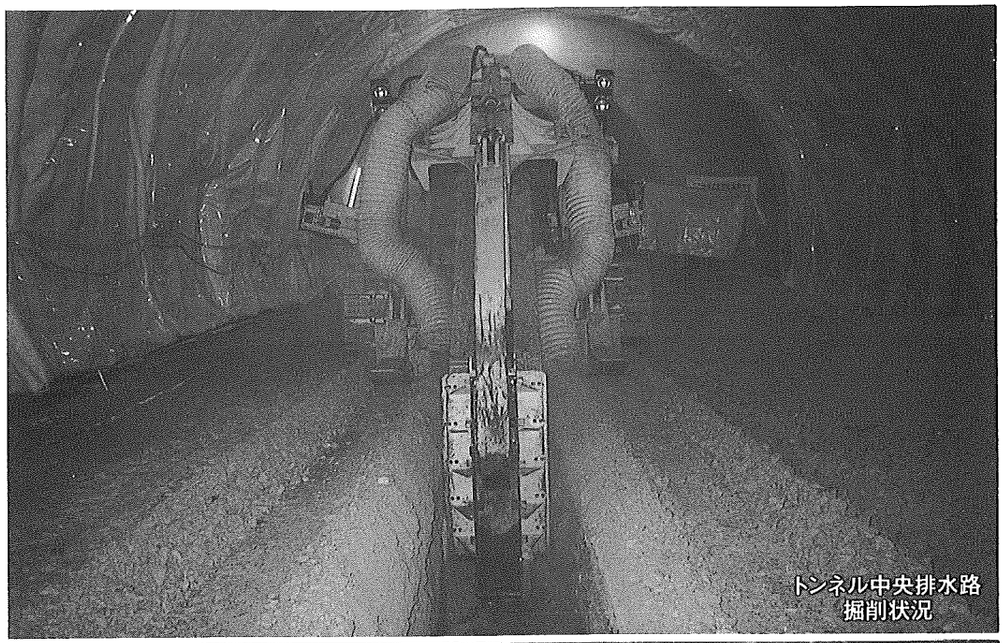
丸　安　隆　和
東京理科大学教授

吉　村　　恒
吉村とんねる・らぼ

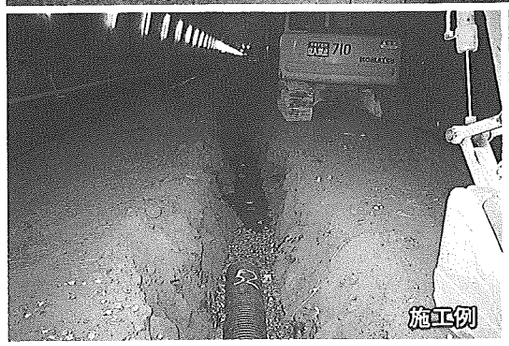
渡　邊　和　夫
株式会社熊谷組執行役員副社長

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〕

大島洋志　国際航業株式会社上席フェロー技術センター長

〔編集参与〕

今田　徹
東京都立大学名誉教授

定塚正行
日本シビックコンサルタント株式会社
参与・技師長(山岳トンネル担当)

高橋良文
東京都下水道サービス株式会社技術部長

橋本定雄
中黒建設株式会社顧問

濱　建介
株式会社アオバ取締役会長

〔委員〕

城戸　務
東京都水道局建設部工務課長

木谷日出男
財団法人鉄道総合技術研究所
防災技術研究部主任研究員

坂根良平
東京都下水道局建設部設計調整課長

佐藤　亘
東京電力株式会社電力流通本部・工務部
設備渉外・調整グループ課長

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

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

西村　聡
東京地下鉄株式会社建設部
新宿工事事務所所長

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

町田俊二
東京都交通局建設工務部計画改良課長

山田隆昭
中日本高速道路株式会社中央研究所
トンネル研究主幹

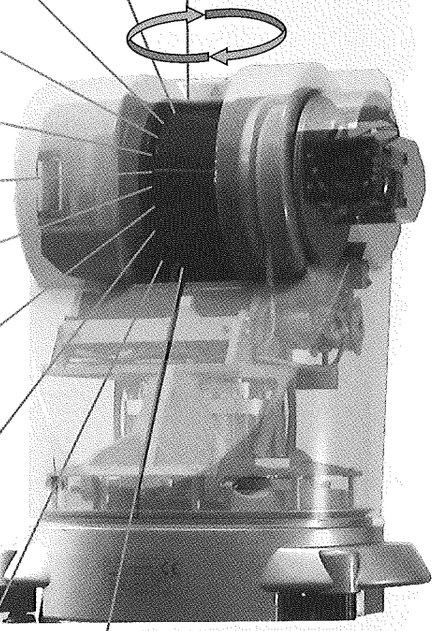
Callidus™ レーザースキャナー

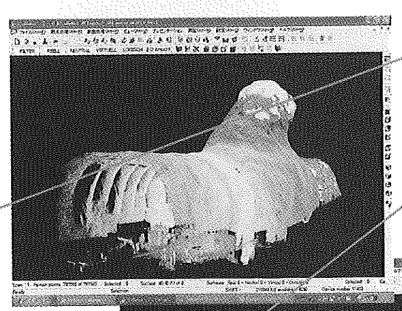
3次元トンネル断面計測機

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。

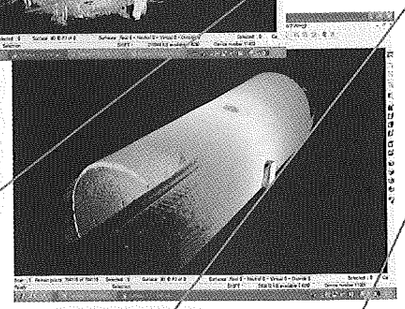
(1) 直径約8mのトンネルの場合

全周360°を10分でスキャン

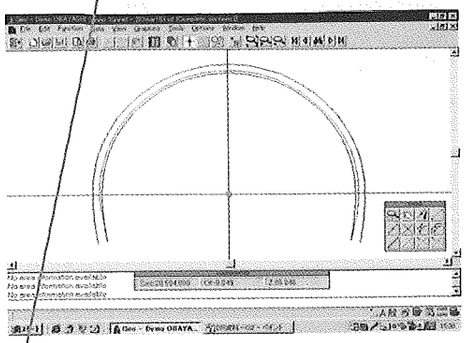




特殊なトンネル形状も対応可能です。



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. 37 No. 9 掲載概要

掲載頁 7

脆弱化地盤の地下水を制して変電所直下を突破
—広島高速1号線（安芸府中道路） 福木トンネル—

広島高速道路公社 河村 洋治

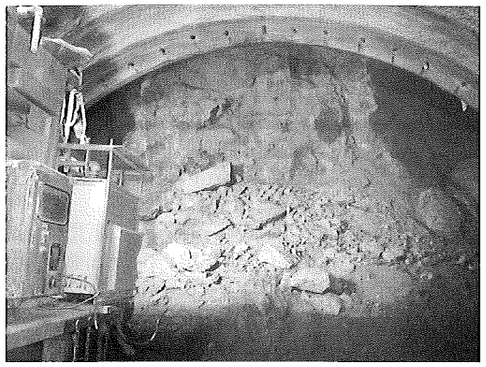
本工事は，広島市内の大半の電力需要を担う変電所直下を最大土かぶり45mで2本の道路トンネルを掘削するものである．掘削対象地質は，白亜紀後期の広島花崗岩および閃緑岩であるが，ともに深層風化の影響を著しく被り，マサ化および粘土化した状態であった．加えて地下水位がトンネル天端より25〜30m上位に位置しており，トンネルは切羽の自立を確保しつつ直上に位置する重要構造物の電力供給機能を維持できるように細心の注意を払った．

当初，地下水位低下に伴う地表面沈下の発生が懸念されていたが，学識者へのヒアリング，および過去の施工事例調査や経済性などを勘案した結果，沈下発生状況に応じて柔軟な対応が可能な山岳工法が計画された．しかし，施工の進捗に伴って地下水位低下によって地表面沈下が発生することが判明し，本格的な対策工を余儀なくされた．

本稿は，重要構造物に対する影響低減と経済性に配慮した地下水位低下抑制による沈下対策工を駆使して，重要構造物の機能を損なわせることなくトンネルを掘削した結果について報告するものである．

Road Tunnel Construction in Weathered and Collapsible Ground beneath Substation

By Youji Kawamura, Hiroshima Expressway Public Corporation



写真は切羽崩落状況

The construction of Fukuki Tunnel is one part of the project of Hiroshima Expressway No.1 of Aki-Fuchu Road. This tunnel is a twin tunnel with a cover of up to 45 m and was excavated beneath the existing substation that supplies the electricity to Hiroshima City. The geology is the weathered Hiroshima granite and the clayed diorite in the latter period of the Cretaceous. The stability of face had to be secured because the ground water level is located 25 to 30 m above the tunnel crown.

It was concerned that the surface settlement induced by the lowering of ground water level would give negative impact to surrounding structures. This paper reports the selection of tunnelling method and the auxiliary methods to mitigate the damage to surrounding structures in consideration of the cost performance.

掲載頁 17

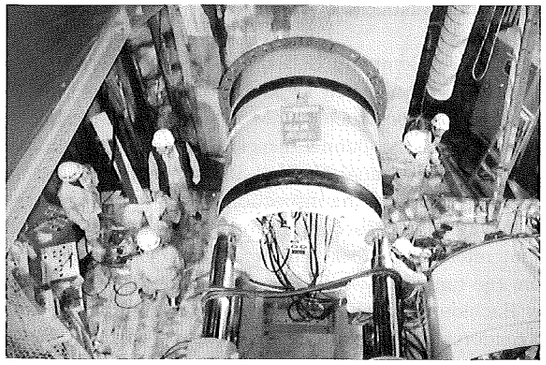
可燃性ガス地盤を新防爆型推進工法で貫く
—大津市尾花川雨水幹線工事—

大津市 高田 公

推進工事において，推進路線の地盤中にメタンガスなどの可燃性ガスが存在する場合がある．そのため，可燃性ガスが掘進機や管内に侵入しても爆発や火災が発生しないように機器類を防爆改造して使用する方法が一般に行われてきたが，坑内に可燃性ガスが存在するという安全面に問題があった．

そこで，掘削土を流体輸送で連続排土できる泥水式掘進機を採用し，管列の継手部には特殊シール材を充填して可燃性ガスを坑内に侵入させない新防爆型推進工法が開発されている．

本稿では，安全性を重視した新防爆型推進工法の概要と曲線を含む推進工事の施工例を述べる．



写真は掘進機発進状況

Breakthrough of Storm-Water Sewer Main in Ground having Flammable Gas using Explosion-Proof Type Pipe Jacking Method

By Hiromu Takada, Otsu Municipal Government

Obanagawa Storm-Water Sewer Main was constructed in the ground containing flammable gas such as methane with the pipe jacking method using the explosion-proof facilities and equipments in the tunnel. The slurry type pipe jacking method was adopted and joints of pipes were sealed to prevent gas explosion. This paper presents the construction records of this project and the explosion-proof system adopted in this project.

掲載頁 27

仙台市高速鉄道東西線建設計画の概要

仙台市　森　研一郎

仙台市高速鉄道東西線は，軌道系交通機関を中心としたコンパクトな都市構造への転換を目指す，仙台市の骨格交通軸として，市の南西部から都心を経て東側とを結ぶ延長14kmの路線である．

市域の地形や市街地を通過するため，東西線の線形は最急勾配57‰，最小曲線半径105mとなり，鉄輪式のリニア地下鉄方式を採用することとした．

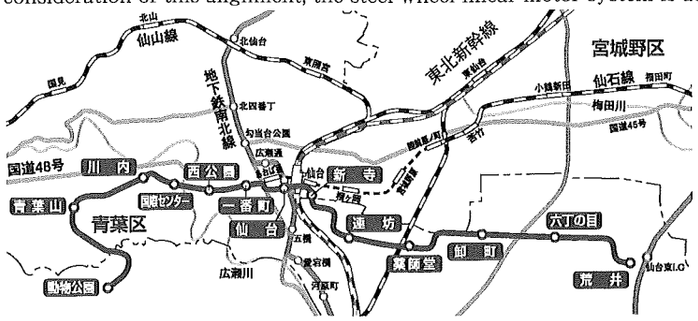
路線の建設計画は，駅部は開削工法を基本とするが，市の中心部にある活断層による撓曲地形を境として，地質が大きく軟岩層と砂礫層に分かれるため，一般線路部では，西側ではNATMを，東側ではシールド工法を基本としている．

事業は各種法手続がほぼ完了し，また，文化財調査などの事前の準備工事も進み，平成18年度からの本体工事着手を目指し，鋭意，事業を進めている段階である．

Outline of Project of Rapid Railway Construction—To-Zai Line in Sendai City

By Ken-ichiro Mori, Sendai Municipal Government

The To-Zai Line in Sendai City is one part of the rapid railway network of Sendai City and has a length of 14 km joining the south-west region of Sendai City and the east region, passing through the center of this city. In consideration of this alignment, the steel-wheel linear motor system is adopted, and the gradient of this line is up to 5.7 % and the minimum radius of plan is 105 m. Underground stations are excavated with the cut and cover method and tunnels in the west section of the fault are excavated in soft rock with the NATM and ones in the east section are done in gravel with shield tunnelling method.



図は仙台市高速鉄道東西線路線平面図

The construction of this line will begin in 2006 after the preliminary works such as the research of cultural assets are over.

掲載頁 35

樹脂ネットを用いた狭小レンガトンネルの剝落対策

東日本旅客鉄道(株)　髙森麻有美

東日本旅客鉄道(株)では，1,263か所で，全長882kmのトンネルを保有している．これらのトンネルは，都市部から山間部までさまざまな工法で作られ，その時期は明治から現在にいたるまで幅広い．また，これらのトンネルの機能を維持していくために，トンネル検査マニュアル，土木構造物等補修補強マニュアルが整備され，これにもとづき検査を行い，変状内容にあわせた補修・補強を実施してきた．

このような中，平成17年6月，八王子支社管内の中央線高尾～相模湖間の小仏トンネル内で，平成9年にレンガ覆工剝離・剝落対策として施工されたガラス繊維補強ポリマーセメントモルタル吹付け工(ラス網なし)のアーチ部からモルタル片が剝落し，輸送障害が発生した．

本稿では，今回の事象により早急な対策を実施した「狭小レンガトンネル覆工剝落対策」について報告する．

Measures to prevent Exfoliation of Narrow Brick Lining Tunnel using Resin Net

By Mayumi Takamori, East Japan Railway Company



写真は樹脂ネット施工状況

East Japan Railway Company (EJR), has 1,263 tunnels with the total length of 882 km in urban areas and mountainous ones of Japan. They have been constructed since 19th century. In consideration of such conditions, the Tunnel Inspection Manual and the Repair and Reinforcement Manual for Civil Structures were issued by EJR and EJR has performed the inspection works to maintain the function of railway tunnels, according to these manuals. On June, 2005, the shotcreted glass-fiber reinforced polymer mortar was dropped from the tunnel crown in Kobotoke Tunnel of Chuo Line managed by Hachiouji Branch of EJR. This shotcreted mortar was executed to reinforce the brick lining. This paper reports the measures to prevent the exfoliation of this narrow brick lining tunnel.

掲載頁 45

「第32回ITA総会」報告

日本トンネル技術協会

第32回ITA総会は，2006年4月22, 26日に韓国・ソウルCOEX(韓国国際貿易センター，国際会議場)で加盟53か国中，35か国が出席して開催された．

総会では，事業報告，会計報告，活動報告，各国からの報告，作業部会報告などが行われた．2009年の開催地の選挙では，ブダペスト市・ハンガリーが選出された．また，会議と並行して，作業部会が行われ，部会ごとにテーマを検討・議論した．

Report of 32nd ITA General Assembly in Seoul

By Japan Tunnelling Association

The 32nd General Assembly of ITA was held in COEX World Trade Center, Seoul, Korea on 22 and 26, April in conjunction with the World Tunnel Congress and the meetings of Working Groups. This General Assembly (GA) was attended by 35 representatives of 53 member nations. In this GA, the activities of the Executive Council, member nations and the Working Groups were reported and the accounting and budget were approved. It was decided the ITA-Congress 2009 will be held in Budapest, Hungary.

トンネルバルーン覆工コンクリート
トータル養生工法

長期耐久性に優れた高品質な覆工コンクリート施工を実現します！

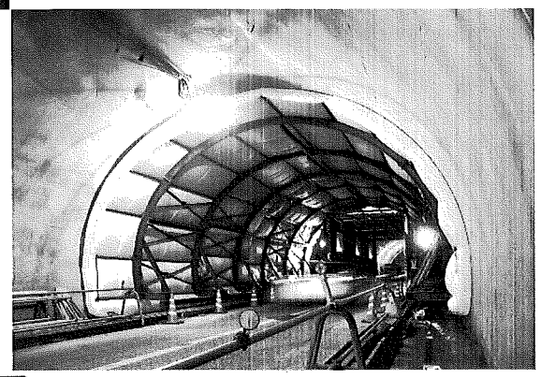
NETIS登録
(No.HR－040005)



セントル温度養生バルーン

打設後から脱型までセントルをバルーンで覆い温度養生をします。

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

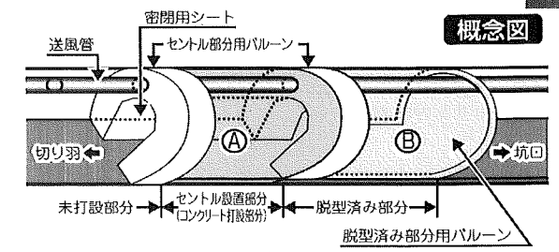


覆工養生バルーン

脱型後の覆工コンクリートを覆います。

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

概念図



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

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

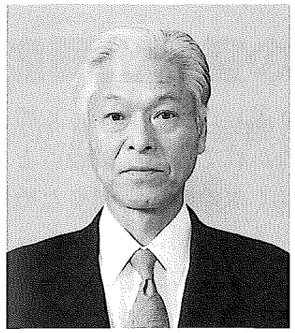
２００５年『日経ＢＰ技術賞　建設部門』受賞

岐阜工業株式会社
GIFU KOGYO CO., LTD.
本社・工場　岐阜県本巣市十四条１４４番地
TEL 058(323)2000(代)　Fax 058(323)1176
東京支店　TEL 03(3262)1285(代)　Fax 03(3262)6093
仙台営業所　TEL 022(259)2239　Fax 022(259)3664
九州営業所　TEL 092(713)5265　Fax 092(714)3028
URL http://www.gifukogyo.co.jp/

TOUKOU 株式会社 東宏
本　社　北海道札幌市東区北２０条東５丁目１番７号
TEL 011(742)3331　Fax 011(742)3333
関東支店　TEL 027(352)2061　Fax 027(352)6065
道東営業所　TEL 0155(34)6311　Fax 0155(34)8494
URL http://www.k-toukou.jp/

巻頭言
（題字　小森　博会長）

プロジェクト推進と技術力



(株)竹中土木代表取締役副社長(本協会理事)
小林　寛

徳川幕府の支配が固まってきた17世紀後半は，全国的に新田開発が盛んになった時代である．当時，日本は米経済であり，新田を開き畑地を水田に変えることと，田の水の安定確保は農民の願望であった．米の増産は農民だけでなく支配する各藩の生産性向上にも大きく寄与するものであった．

私が居住する静岡県駿東郡長泉町は，隣接する裾野市とともに当時は小田原藩の支配下にあった．富士山周辺特有の地質により下土狩村(現在の長泉町)，深良村(現在の裾野市)付近を流れる黄瀬川は常に水不足に悩まされていたという．

小田原藩主は領内の米の増産を図り，農民の生活の安定，藩の利益向上を目的に，深良村名主大庭源之丞に箱根芦ノ湖の水を引き黄瀬川に流す用水の計画を命じた．源之丞は江戸の町人友野与右衛門にこの計画を持ち込んだとされる．与右衛門は，土木工事に必要な測量技術と工事関係者や作業員をたくみに働かせ，企業経営能力のあった人物(現代で言えばゼネコンの経営者)であり，源之丞はここに着目したのでないかと思われる．

沼津代官や箱根権現から芦ノ湖の水を使用する許可を取得するのに３年，建設に４年を要し，深良用水(箱根用水)として完成すると，芦ノ湖の水が当時の29か村(現在の２市２町)，約530haを潤し，旱魃に苦しむことなく安定的な米の収穫が図れたという．この用水は現在も機能を損なうことなく，生活用水や発電にも使われている．

深良用水建設という当時としての大プロジェクトはどんな推移をたどったのであろうか．実は公共事業として幕府もしくは藩が進める直轄事業ではなく，友野与右衛門が用水完成後，農民から徴収する水掛料(水の使用料)によって，幕府からの借り入れと自己資金を賄い利益を得るという，いわば民間資金を活用したPFI事業であった．当時の新田開発などは町人の投機的事業であったといわれている．

さて，用水は芦ノ湖と深良村の間にそびえる箱根外輪山の湖尻峠の直下を掘りぬかなくてはならない．延長1,280m，高低差9.8m，断面積約1.5m²のトンネルを建設することは，今で言えば難易度の高い大規模工事の部類であろう．

トンネルは火薬を使わず両方からツルハシとノミで比較的やわらかい凝灰岩を掘り進

んだ，途中硬い安山岩にあたると迂回をして掘り進むことをくり返したためトンネル線形は蛇行している．換気のための立坑が何箇所か山頂まで掘りぬかれている．貫通点と思われる地点では１mの段差が生じているが，これは誤差ではなく水の勢いを削ぐための細工ともいわれパーフェクトな工事であった．当初のトンネル予定工期は１年であったが実際は難工事であったに違いない．土砂崩壊や出水など多くの事故に遭遇し犠牲者もでたと思われる．延べ人数83万人，7,300両をかけてトンネルは完成した．全体工事費は9,700両(米の価値換算で現代では約10億円)，幕府からの貸付6,000両，自己資金3,700両であったといわれている．

しかし，４年を費やした建設工事は当初の目論見から大きくはずれ，新田開発も予想を下回り，投資した資金の回収は藩と契約した期間内ではままならず，用水の権利は幕府に没収されてしまい，与右衛門たちの行く末は不明である．

その後，このようなプロジェクトは幕府の直轄または諸大名に経費を負担させる今で言う公共事業に転換されたそうである．

近年の社会資本整備の手法として多く採用されている民間資金活用方式も，歴史を紐解けば武家社会にビジネスとして挑んだ町人たちのたくましさと事業遂行を裏づける技術力があってのことであり面白いものである．

事業としては失敗したかもしれないが，1,280mの長さを水路トンネルとして機能を損なうことなく精度を確保し，しかも手掘りにより完成させた土木技術は先人たちの創意と工夫の賜物ではないだろうか．

さて，昨年から年初にかけて公共工事の品質確保の促進に関する法律(品確法)や改正独占禁止法の施行により，入札制度が大きく変化をしている．すなわち価格と価格以外の要素を総合的に評価する総合評価落札方式の大幅な適用である．高度技術提案型，標準型，簡易型とタイプの違いはあるが入札参加者に求めているものは，品質の確保であり，効率的で安全，環境を配慮した施工方法の提供である．企業が蓄積している技術力と技術者が経験や研鑽で得たノウハウから生まれる工夫や施工能力を活用して社会資本整備を遂行しようとする考えである．

先人たちが進めた深良用水プロジェクトと，現在進められている多くのプロジェクトを重ね合わせると，最終的に社会資本として世に残すために共通することは，技術力を駆使する人間ということになる．

どんな高度な技術が開発されたとしてもこれを使いこなし，工夫をしながら更に改善することができる人材の育成こそ建設産業に携わる者として，将来を見据える中で重要な課題であることを常に認識しなければならない．

施工

脆弱化地盤の地下水を制して変電所直下を突破

—広島高速１号線(安芸府中道路)　福木トンネル—

広島高速道路公社建設部建設第三課係長　河　村　洋　治
広島高速道路公社建設部建設第三課主任　吉　光　康　夫
(元)熊谷・前田・鴻治建設工事共同企業体安芸府中トンネル作業所主任　尾　畑　　洋
NPO法人臨床トンネル工学研究所理事長　中　川　浩　二

1　はじめに

広島高速１号線(安芸府中道路)は，広島市内中心部の幹線道路網を構成する北東部地域の主要幹線道路と位置づけられており，主要地方道広島中島線の交通混雑の解消と山陽自動車道広島東ICから広島中心部へのアクセス機能の強化を目的として，昭和61年３月に暫定２車線で部分供用を開始して，平成８年７月に４車線化供用を行っている．

安芸府中道路のうち，山陽自動車道広島東ICまでの延伸区間(2.3km)は，現在鋭意施工が進められており，そのうち本事業区間の約１kmがトンネル区間として上下線２本のトンネルを施工中である(図-1)．

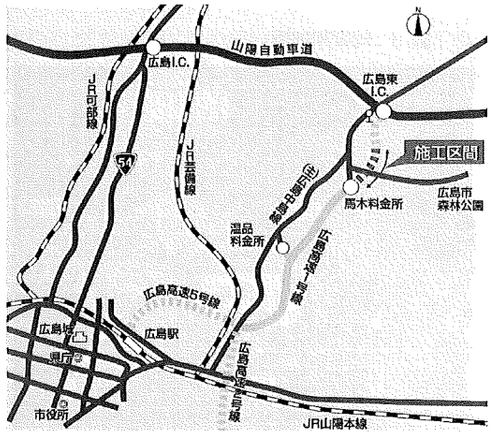


図-1　位置図

トンネルは最大土かぶり45mで，地質が深層風化の影響を著しく被った花崗岩および閃緑岩からなっており，地下水位はトンネル天端25～30m上方に位置する．さらに，トンネルルート直上には，広島市内の大半の電力需要を担っている変電所をはじめとした重要構造物が位置している．このような地質・周辺環境条件下におけるトンネル掘削において，重要構造物に対する地表面沈下などへの対応が求められた．

本稿は，このような条件下で品質を満足しつつ経済的な工法を創出することによって重要構造物直下を無事通過した施工結果について報告するものである．

2　工事概要

2-1　工事概要

工事名称：広島高速１号線(安芸府中道路)道路新設工事(トンネル工区)
発注者：広島高速道路公社
工事場所：広島市東区馬木地先～福田地先
工　　期：平成12年６月26日～
　　平成18年９月30日(75か月)

施 工 者：熊谷・前田・鴻治建設工事共同企業体
工事内容：トンネル延長　上り線 L＝ 990m
　　下り線 L＝1,026m
　　掘 削 方 式　機械掘削
　　（一部発破掘削）
　　掘削断面積　82～104m²
　　明かり部延長　L＝419m

2-2　地質概要

本トンネルは広島市街地の北東約10kmに位置し，地形は北東－南西に連なる二ヶ城山山列と呉娑々宇山山列に挟まれた幅1.5km程度の丘陵性山麓緩斜面地帯になっている（図-2）．

トンネルに分布する地質は，黒雲母花崗岩および閃緑岩であるが，ともに強く風化の影響を被りマサ状を呈する．土かぶりは総じて小さく，最大で45m程度である．また，地下水位は高い位置（トンネル天端より25～30m上位）にあることが事前の地質調査から得られていた．

黒雲母花崗岩（以下，花崗岩マサと称す）は，トンネル計画深度での一軸圧縮強度でわずか0.2～1.0N/mm²程度であった．また，閃緑岩（以下，閃緑岩マサと称す）も花崗岩マサ同様に強度は相当に低く，相対的に粘土化が進行している．花崗岩マサと閃緑岩マサの関係は貫入で，閃緑岩はトンネル中央付近の変電所直下に延長約350～400mにわたって分布しており，花崗岩マサは閃緑岩マサを挟み込むように分布する（図-3）．

トンネル計画ルート直上には，中国電力（株）（以下，施設管理者と称す）が所有する変電所や送電鉄塔などの重要構造物や家屋，墓地，ため池などが存在する（写真-1）．

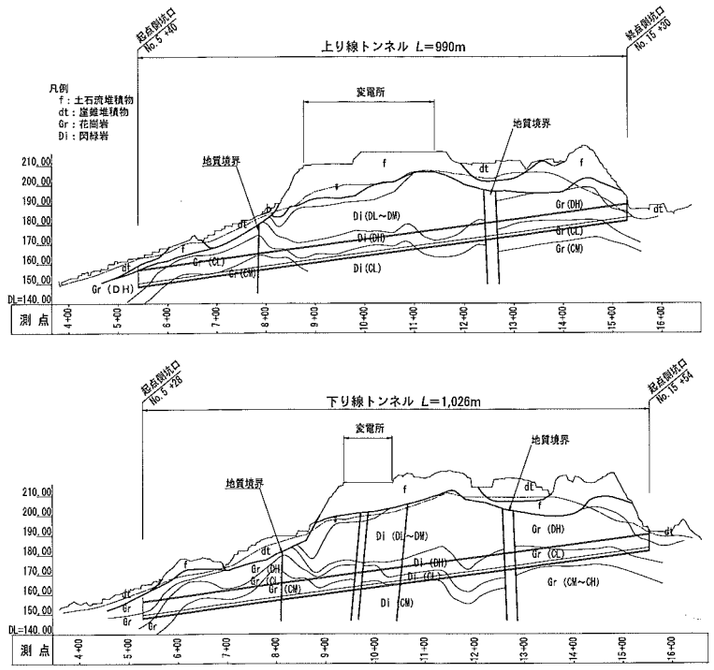


図-3　地質縦断図

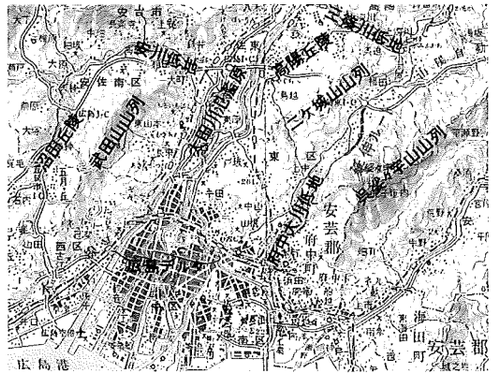


図-2　広島市地勢図

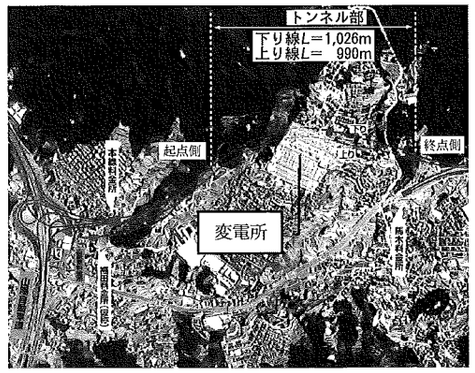


写真-1　航空写真

3　設計時における近接影響予測

前述の近接構造物に対する影響を評価するため，事前設計段階においてトンネル通過に伴う地表面沈下量をFEM掘削解析（二次元非線形弾性解析）を用いて予測した．また，トンネル天端上位の地盤がDM級以下の脆弱地山であることから，設計段階から地下水位低下に伴う地表面沈下の発生が懸念されていた．そのため，予測解析においては，浸透流解析を用いてトンネル掘削による定常水位を算出し，掘削前との水位差を地盤内増加有効応力としてFEM掘削解析に付加することで地下水位低下に伴う地表面沈下量の予測を行った（表-1参照）．

あわせて，学識経験者へのヒアリング（地下水位低下に伴う地表面沈下の発生や設計段階における予測法の是非）や施工事例調査を行った．しかし，地下水位低下を起因とする地表面沈下には不確定要素やその機構に未解明な部分が多く，また過去の事例でもほとんど報告されていない．事前設計段階で限りなく安全側を考えると，地表面沈下抑制を念頭においた工法（例えばシールド工法など）を採用することも検討されたが，沈下発生の不確実性を考慮すると過大な計画となってしまう可能性もあり，判断には困難が伴った．地下水位低下に伴う地表面沈下発生の可能性は否定できないが，沈下発生状況に応じて柔軟な対応が可能な山岳工法（NATM）による掘削とし，想定外の地表面沈下が発生する危険性を考慮して，工事中は動態観測を行ってその動向を逐次把握することとし，状況に応じて最適な対策法を確立していくことが最善策であると判断した．

このような事前検討を踏まえて施設管理者との協議を重ね，変電所内設備（鉄構など）に対して，事前補強あるいは部材交換を行うとともに沈下状況に応じた対策工を講じることを前提としたうえで変電所をはじめとする地表面沈下の管理値を表-2のように設定した．

ただし，変電所内施設の最重要構造物である変圧器については事前補修や補強などが困難であるため，最大限の沈下抑制努力が求められた．

表-1　解析結果

掘削による沈下量	水位低下による沈下量
15mm	35mm

表-2　管理基準値

	一次管理値	二次管理値
沈下量	15mm	一次管理値を超過した時点で協議して決定（30mm）
傾　き	1/3,000rad	1/1,200rad

4　施　工　結　果

4-1　動態観測結果

トンネルは，機械掘削方式で常に下り線を上り線より約30m先行して，終点側坑口より掘削を行った．

施工の進捗に伴い，変電所到達前において地表面沈下が予想以上に大きいとともに動態観測結果から，地下水位低下と地表面沈下に非常に高い相関性があることが確認され，その沈下量が管理基準値を満足するうえで無視できないものであることが判明した．

とくに閃緑岩マサ区間においてはその傾向が顕著であった（図-4～6参照）．

加えて地質境界付近から閃緑岩マサ区間にかけて，風化・変質による粘土化の影響を被って地山が相当に劣化した状態にあったため，切羽の押し出しや崩壊が顕著に現れ，内空変位も増大し，支保に変状が認められた（写真-2，3および図-7参照）．

このように切羽の自立が確保できない劣悪な地山性状に対して，切羽前方地山全体を補強するための補助工法と早期にインバートを閉合して変位の抑制とトンネルの安定化を図る必要が生じた．同時に重要構造物に与える影響を最小限とする対策工の検討が不可欠となった．

4-2　沈下発生要因の分析と対策工の立案

4-2-1　沈下発生要因の分析

既往の地質調査結果の再確認や施工中に実施した追加調査ボーリングコアの顕微鏡観察，および動態観測結果（地表面沈下測定，地盤内層別沈下

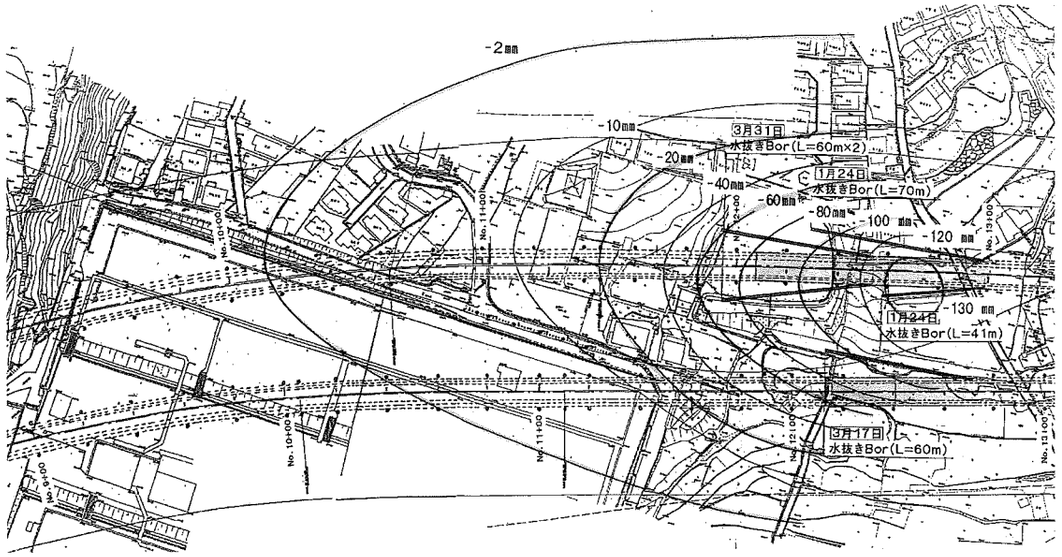


図-4 地表面沈下コンター図(閃緑岩区間)

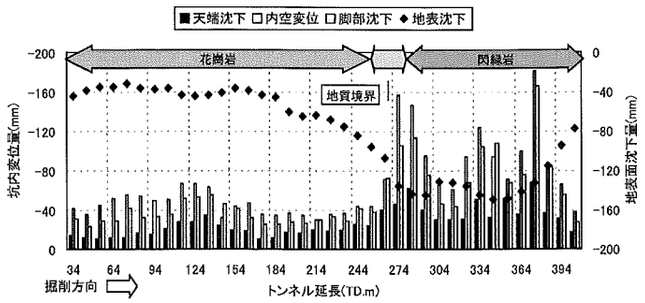


図-5 地表面沈下および坑内変位分布グラフ(下り線)

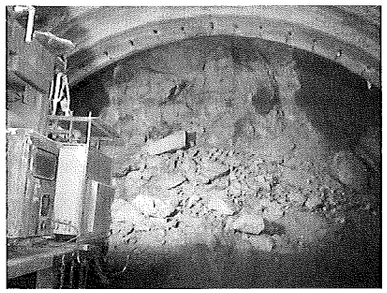


写真-2 切羽崩落状況

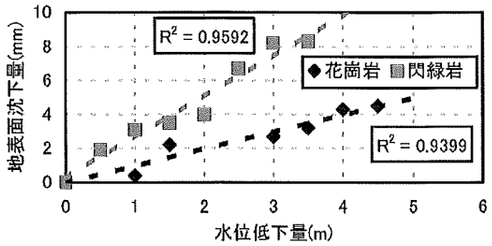


図-6 水位低下と地表面沈下の関係

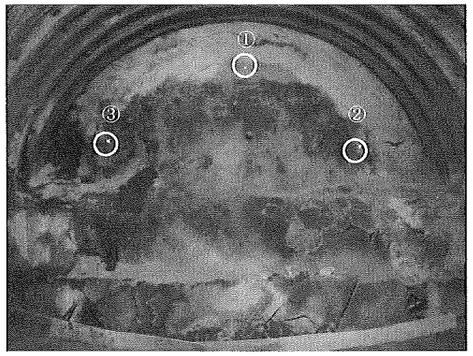


写真-3 鏡押し出し状況

測定，地下水位測定)などのデータ分析を行い，以下の結果を得た．

① トンネル上方に分布するDM級風化岩(閃緑岩マサ)内には顕微鏡観察によって微細な割れ目が発達していることを確認した．

② 動態観測結果の工学的分析から，閃緑岩マサは沖積層や洪積層並みの変形特性しか有していない地盤性状である．

これらの結果から，本トンネルで発生している地表面沈下の大半は，地下水位が低下(有効応力が増加)することによって閃緑岩マサ内の微細な

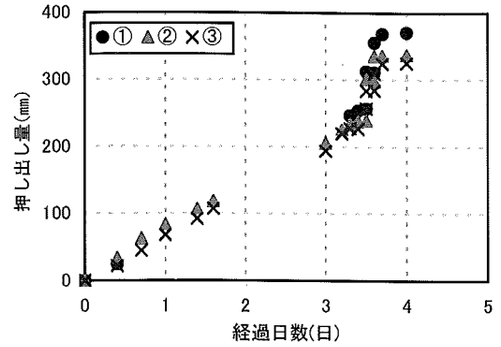


図-7 鏡押し出し経時変化グラフ

割れ目が即時的に閉塞(体積圧縮)したために生じたものと推定された．これは，追加調査ボーリングコアにあらかじめ有効応力増加分の圧力を載荷させたサンプルの顕微鏡観察でもその状況が確認された．

4-2-2 地表面沈下量の見直し予測

変電所直下でのトンネル通過に伴う地表面沈下量を予測するため，上記分析結果と変電所直下到達前の沈下データをもとに再度FEM掘削解析を行った．

なお，地下水位低下に伴う地表面沈下量の算出は，事前設計時の解析方法にならうこととした．その結果，トンネル直上で約90㎜(掘削分：15㎜，水位低下分：75㎜)の地表面沈下が発生することが想定された．

4-2-3 対策工の立案

対策工立案の最重要課題は，「いかにして経済的に地下水位低下が主因となる地表面沈下量を管理値以内に抑制するか」ということにあった．しかし，30㎜の二次管理値に対して見直し予測沈下量は約90㎜であり，地表面沈下を二次管理値以内に抑制しようとすれば，経済的にかなりの負担を強いられてしまうことが考えられた．そこで，再度施設管理者と協議を重ね，変電所内鉄構などの事前補強や部材交換などの対応が可能である目標値(50㎜程度)を設定し，これを満足できる対策工を立案して試験施工で検証することとなった(表-3)．

目標値を達成するためには，シールド工法へ変更することがもっとも効果的であるものと考えられたが，シールド工法へ変更した場合，シールドを製作するのに相当の時間を要することと現有設備の大幅な見直しが必要となることなどから多大なコスト増加となってしまうことが懸念された．また，圧気工法や凍結工法は，抜気や解凍後に水位低下が発生してしまう危険性があるため十分な効果を得ることができないことが想定された．薬液注入工法で止水を目的とした場合，改良層厚は3m～(1～2)Dが一般的とされており，層厚を大きくするほど信頼性は高くなるが，コスト増加に直結してしまう．そこで，完全に地下水の流入を遮断するのではなく，目標値を満足するまでの水位低下を許容することとした．つまり，薬液注入によってトンネル外周地山の透水性能を低下(原地盤の1/10の透水性能に改良する)させるが，坑内への地下水の流入をある程度許容して制水することとした．その必要改良層厚は浸透流解析を用いて算出して2mとした(図-8)．

また，切羽前面のバルクヘッド部は溶液型水ガラス系注入材(仮設グラウト)とし，トンネル外周地山は，長期的な劣化がきわめて少ない溶液型活

表-3 対策工比較表

工法	シールド工法	圧気工法	凍結工法	薬液注入工法
品質	もっとも効果が期待できる．	抜気後に水位低下が生じる．	解凍後に水位低下が生じる．	シールドの次に効果が期待できる． 長期劣化がきわめて少ない注入材の採用．
	◎	×	×	○
経済性	・マシン製作に期間を要する． ・現有設備の見直しが必要(コスト増)．	設備の見直しなどが生じ，コスト増となることが想定されるが，いずれも品質性能を満足できないため，除外する．		・現有設備での施工が可能． ・シールドに比べ安価(最適な改良層厚算出)．
	×	—	—	◎
総合評価	△	×	×	◎

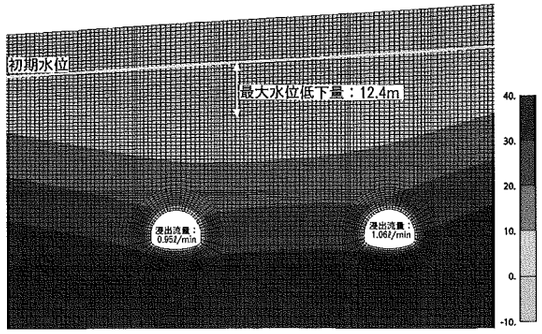


図-8　浸透流解析モデル図

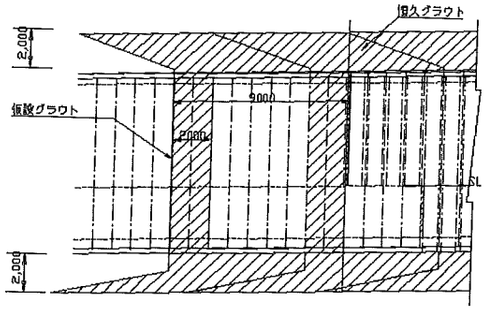


図-9　注入縦断図

性シリカ系注入材(恒久グロウト)を使用することとして経済性と品質(沈下抑制)確保に配慮した工法を創出し立案した(図-9参照)．さらに，施工の効率化を図るため，削孔～注入までの一連の作業を油圧ジャンボで行うこととした(図-10機械配置参照)．

注入は，二重管ロッド注入(ステップアップ方式)とした．図-11に油圧ジャンボによる注入システムを示す．油圧ジャンボによる注入は，削岩機と二重管ロッドの間に二重管スイベルを設置して，削孔は削岩機から削孔水を供給し，注入はジャンボ後方に設置したプラントから二重管スイベルを介してA，B液を送り込み，二重管ロッド先端にある混合モニターでA，B液を混合して地山に注入する．

また，切羽は自立が困難なほど地山強度が低下していることから，切羽自立を助け，ゆるみの増長を抑制するために切羽全体を補強・拘束する効果が期待できる注入式長尺先受け工と注入式長尺鏡補強工(ともにFITチューブによる施工)を併用するとともに，掘削は補助ベンチ付き全断面掘削(ベンチ長4m)とし，下半掘削後直ちにインバート支保工を施工して速やかに断面を閉合すること

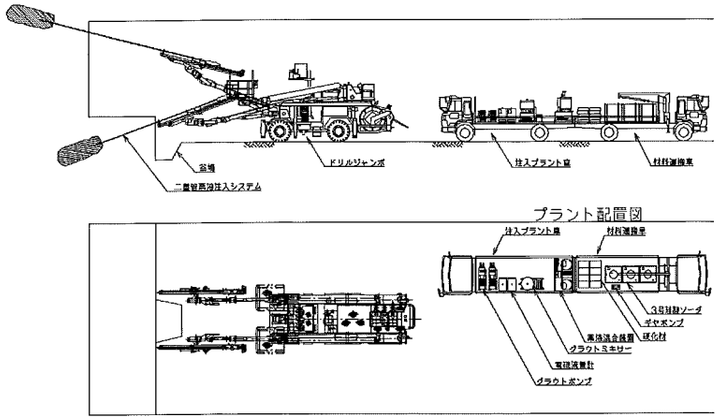


図-10　機械配置図

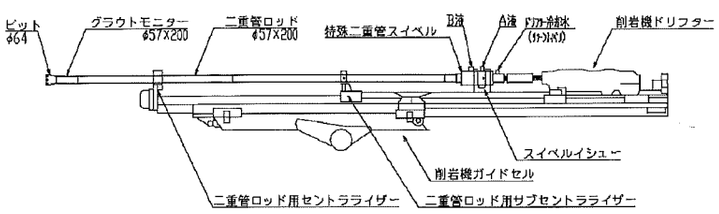


図-11　注入システム

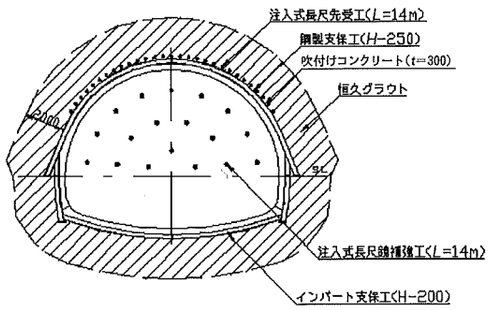


図-12　対策工支保パターン

とした．ロックボルトは薬液注入によって形成された難透水ゾーンに水みちを作ることが考えられたため，支保工のサイズアップで代替することとした．図-12に対策工の支保パターンを示す．

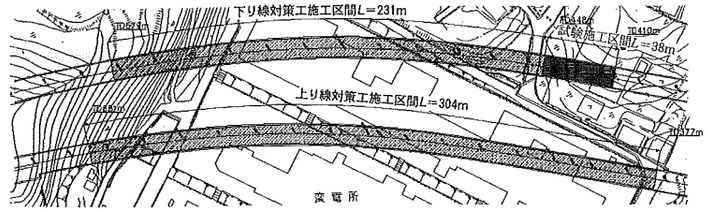


図-13　対策工施工区間平面図

5　対策工の効果

5-1　試験施工結果

図-13に試験施工区間を示す．また，対策工施工フローを図-14に示す．対策工は，まず未改良地山の透水試験を実施して，その後切羽補強工，薬液注入工の順で施工し，改良地山の透水試験を行った後，掘削を行うサイクルとした．薬液注入および掘削は，1シフト7mとした．また，切羽補強工の部材長は14m/本とし，常にラップすることとした．地下水位測定は時間単位の測定頻度とし，施工サイクルが地下水位挙動へ与える影響要因を常に把握できるようにした．また，試験施工の開始と同時に学識経験者を委員とする技術検討会を設け，対策工施工の是非を検討することとした．

試験施工完了後，技術検討会において動態観測結果をもとに対策工の評価を行った結果，原地盤の1/30程度の透水性能に改良できていることが推定されたため，立案した対策工が変電所直下区間で所定の品質を満足できると判断して，継続施工を行うこととした．

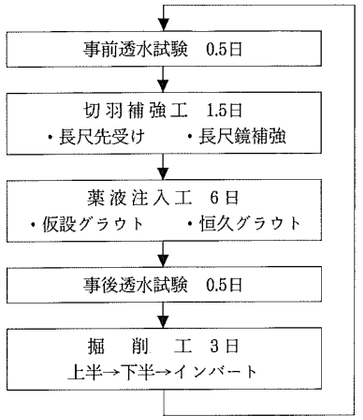


図-14　対策工施工フロー

5-2　対策工の効果

写真-4, 5に注入状況と掘削状況を示す．また，図-15に坑内変位・地表面沈下測定結果を，図-16にB計測結果を示す．

図-15, 16から，インバート支保工によって早期に断面閉合して変位を抑制することができた一方で，変位を拘束するあまり，支保工には比較的大きな応力が発生した．しかし，極端な集中応力は生じることなく，支保全体に応力が伝達される結果を得ることができた．

地表面沈下は，対策工施工開始初期段階では目

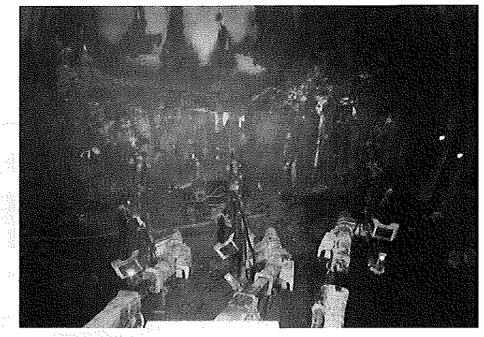


写真-4　注入状況

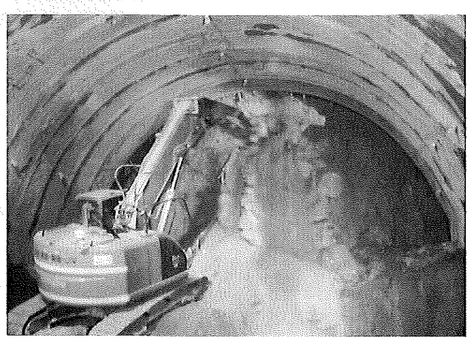


写真-5　掘削状況

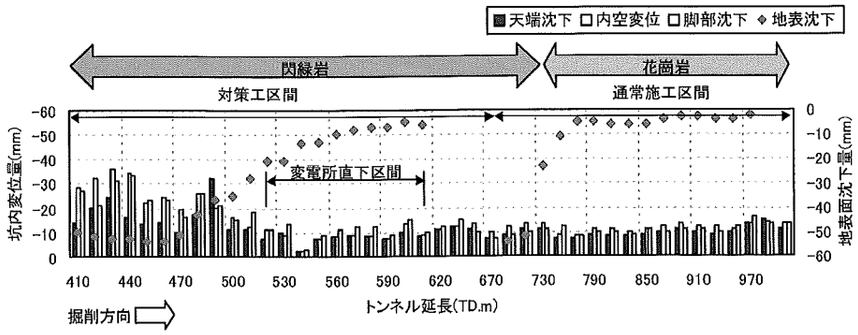


図-15　坑内変位および地表面沈下分布(下り線)

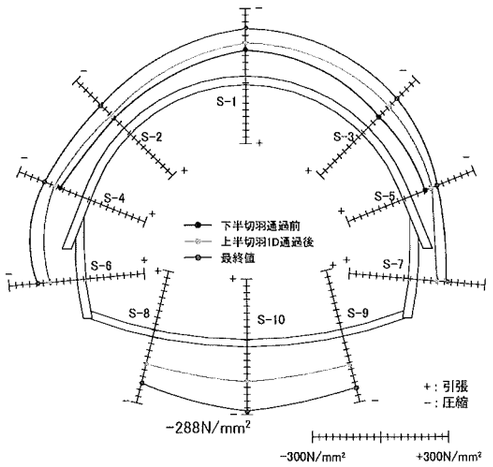


図-16　B計測結果(鋼製支保工応力)

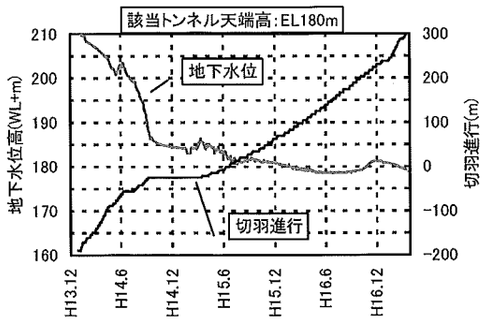


図-17　対策工施工前区間の地下水位挙動

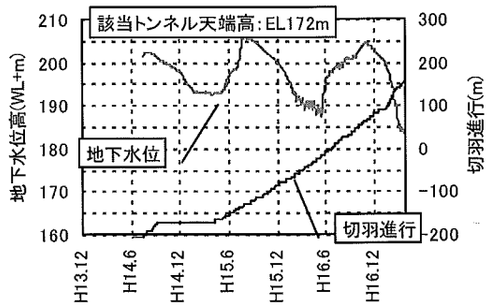


図-18　対策工施工区間の地下水位挙動

標値前後で推移しているものの対策工の施工延伸に伴って沈下量は急激に低減して図-5に示した対策工施工開始以前の地質境界から閃緑岩区間で遭遇した沈下量(150㎜前後)に比べると特段の違いがあることが認められる.

図-17に対策工施工開始前区間の地下水位挙動グラフと**図-18**に対策工施工区間の地下水位挙動グラフを示す.

対策工施工前後の地下水位挙動を比較したグラフである. 図-17から, 対策工施工前における地下水位挙動は, トンネルの接近に伴って水位低下がきわめて顕著に認められ, トンネル天端以下まで水位が低下しているのがわかる. 一方, 図-18では, 対策工の施工によって季節的な上下動と切羽進行によって多少の変動はあるもののトンネルよりも高い位置に水位を維持できていることがわかる.

これらのことから, 地下水位低下を抑制した効果として, 格段に地表面沈下が少なくなり, 変電所直下区間においては所期の目的である目標値を十分に確保する結果を得ることができ, 変電所内の諸施設はトンネル掘削中にその機能を逸することなく安定した電力供給を行うことができた.

また, この対策工は, 経済性の観点からも合理的な施工法として評価することができるものと考える.

6　おわりに

本工事は, トンネル計画ルート直上に変電所をはじめとする重要構造物を擁した周辺環境に加え, 高地下水位ならびに深層風化影響を著しく被った閃緑岩マサを掘削対象とした山岳トンネルの施工を行った. 事前の調査・設計段階において, 地下水位低下を起因とした地表面沈下の発生は危惧されていたが, これには不確定要素や未解明な発生機構が多いこと, ならびに過去に類似事例がほとんど見受けられなかったことなどから, 設計段階における施工法の決定には非常に困難な判断が求められたが, 動態観測を強化して工事中の状況に応じて対応することとした. しかし, 施工の進捗に伴い, 地下水位低下と地表面沈下に非常に高い相関性があることが判明し, 重要構造物への影響低減と経済性に配慮した対策工を創出して無事掘削することができた.

近年, 山岳トンネル工法が有する自由度の高さと経済性の観点から, 厳しい地山および周辺環境条件下における計画・施工が多々見受けられる. その一方で, 豊かな国土および地域形成を目指した社会資本整備に対して建設費縮減の時代要請がある. 今回の報告が今後の困難な周辺環境条件下における計画・施工の一助になれば幸いと考える.

最後に, 施工にあたりご指導をいただいた安芸府中トンネル技術検討会の委員の方々とご協力いただいた中国電力(株)の皆様, ならびに工事関係者の方々には誌面をお借りして心からお礼申し上げます.

【新刊紹介】



建築・土木

わかりやすい基礎の設計と計算例

吉田　巌／世良耕作／平原勲　監修
基礎工編集委員会　編集
A5判　406頁　本体価格3,200円　総合土木研究所

本書は, 基礎設計技術者に要求される常識として, 地盤とは何か, 基礎の働き, 基礎形式の選定上の注意, 耐震設計について記述し, 各基礎形式について建築, 土木それぞれの計算例をやさしく記述解説してある.

〔主要目次〕

1. 基礎設計技術者に要求される常識
2. 基礎形式の種類と選定
3. 基礎の設計
4. 擁壁の設計
5. 地盤改良工法の設計
6. 補強土工法の設計
7. 土留め(山留め)・仮設工の設計
8. アンカー工法の設計
9. アンダーピニング工法の設計
10. 盛土の安定計算
11. 設計計算例(土木)
12. 設計計算例(建築)

現場だより
平成18(2006)年

「万世大路を貫く」米沢街道・栗子峠より

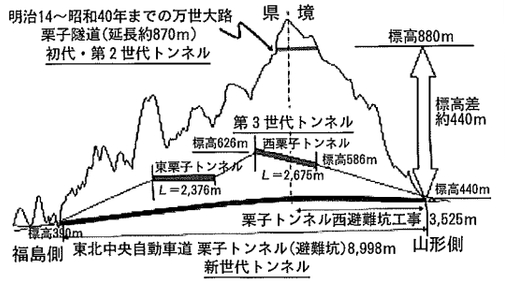
髙　橋　　保

出羽の国，置賜(おきたま)地方(山形県米沢市を中心)と陸奥の国，福島県北地方(福島市を中心)をつなぐ米沢街道は1549年伊達晴宗によって，奥羽山脈の板谷峠(標高737m)を開削して作られた．関ケ原戦の後，米沢30万石として上杉氏が米沢と福島を支配すると，板谷峠越えの米沢街道は上杉氏の参勤交代の公用の道として，また政治・経済・文化の交流機能を果たしながら，明治維新初期まで幹線道路として使用されていた．

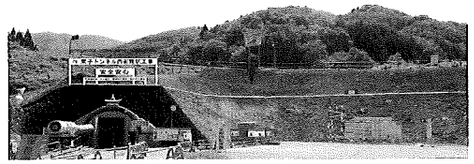
明治14年に，初代栗子トンネルとして新道栗子山隧道(標高880m，長さ869m)が，東坑口(福島側)からはアメリカ製蒸気式穿孔機を用い，西坑口(米沢側)からは手掘りで施工され，コンクリート巻き立て16m，木巻き立て231m，素掘り622mの人馬車の通行が可能な道路(幅員も狭く，屈曲や勾配の激しい)が完成し，『万世大路(ばんせいたいろ)』と命名された．このトンネルの開通により米沢街道は利用が減った．

昭和に入り，自動車の出現により，初代トンネルの改築が必要となり，第２世代のトンネルが求められた．これに応えるため，国の直轄事業として，旧隧道の拡張が行われ，コンクリート巻き立て，路面はコンクリート舗装のトンネルが，昭和12年に完成した．第２世代トンネルは完成後，十分な維持管理や補修が行われず，道路の損傷が激しく，また12月～４月の冬期間は２mを超す積雪により通行を断念しなければならない状態であり，冬期間交通不能の栗子峠では急激な自動車交通の増加に追随できなくなりはじめた．

昭和38年，栗子国道の改良計画の中心であるメイントンネルが，東・西栗子トンネル(東2,376m，西2,675m)として完成した．これらは，山岳地における除雪などの限界を考慮して，標高600mに設置されている．西栗子トンネルの施工にあたっては中央部から1,600ℓ/分の水に悩まされたと記録にある．供用開始後は円滑な交通の確保がなされている．



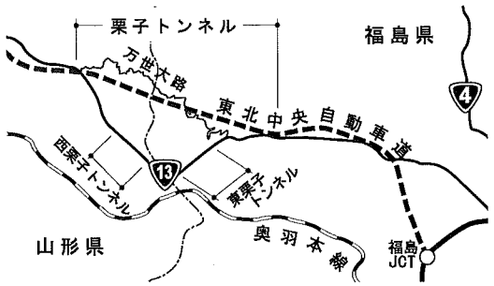
栗子トンネルによる峠越えの歴史縦断図


坑口状況

当現場は，東北中央自動車道福島JCT～米沢北IC間にあり，新直轄方式事業の栗子トンネル避難坑工事(8,998m)のうち，標高440mの国道直下を通過する山形県側(3,525m)の新世代トンネル，東北中央自動車道栗子トンネル西避難坑工事である．

トンネル地質は凝灰岩・流紋岩が主体で，NATMによるレール工法を採用した．吹付けコンクリートに，酸性液体急結剤と粉体急結剤を複合化(スパースラリー急結剤)し，発生粉じん量を低減するとともに，従来の粉体急結剤の急結性・初期強度発現性を両立させた工法を世界で最初に採用するなど，作業環境・品質の改善に努めているところである．工事にあたっては，地元の理解と発注者および関係各位の指導のもと，安全・安心を基本にし，無事故・無災害での竣工を目指し全員一丸となって鋭意施工中である．

(大豊建設(株)・矢作建設工業(株)特定建設工事共同企業体所長)



位　置　図

施工

可燃性ガス地盤を新防爆型推進工法で貫く

—大津市尾花川雨水幹線工事—

大津市建設部河川課主幹　高　田　　公
(株)アルファー建設工事部土木課工事長　佃　　康　浩
機動建設工業(株)関西支店工事部係長　吉　田　桂　三

1　はじめに

大津市では，昭和37年に中心市街地の浸水対策を目的として，県内の市町村に先駆けて下水道事業に着手した．その後，琵琶湖の水質汚濁が深刻になり，水質保全と生活環境の改善のため，汚水整備を重点施策として実施してきた．

このような中，平成９年８月の集中豪雨により，北部地域を中心に多大な被害が発生した．これを契機に浸水対策にも精力的に取り組んできたところであり，本事業もその一環である．

不動川と熊野川との間に位置する尾花川排水区は，西側山間部の流入が大きく，既設水路がたびたび氾濫し，市役所を含む周辺地域を浸水させている．また，当該地域は既成市街地で道路にも多くの埋設物があり，かつ京阪電鉄石坂線を横断する必要がある．このため，推進工法により伏越構造の雨水管を埋設し，浸水被害の解消を図ったものである．今回の工事は，平成13年度より着手した本事業の最終区間にあたり，推進路線部には可燃性ガスであるメタンガスが存在するという厳しい条件下の工事であった．

2　工事概要

2-1　工事概要(図-1，2)

工　事　名：平成17年度尾花川雨水幹線管渠築造工事その２
施工場所：大津市御陵町地内
工　　法：アルティミット泥水式防爆型推進工法
工事内容：管　　径　ϕ1,650㎜
　　推進延長　L＝385.000m
　　曲線推進　R＝100m
　　CL＝76.358m
土　　質：礫混じりシルト・粘土
土かぶり：4.3～6.5m
地下水位：GL-1.8m

2-2　施工環境

本工事区間では，事前の土質調査報告書(尾花川雨水幹線土質調査委託報告書)により可燃性ガスであるメタンガスの存在が確認されていた．

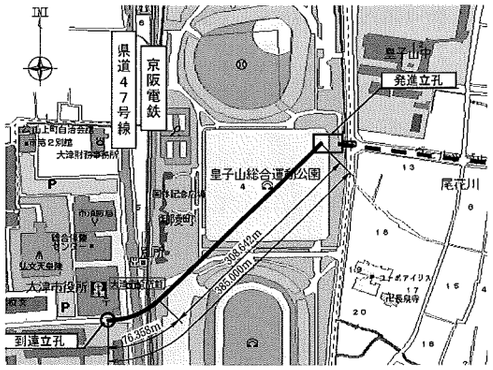


図-1　推進路線図

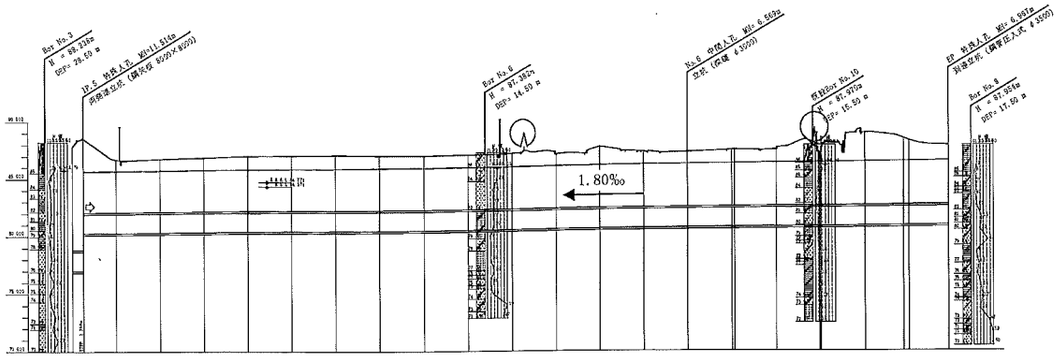


図-2　縦断図

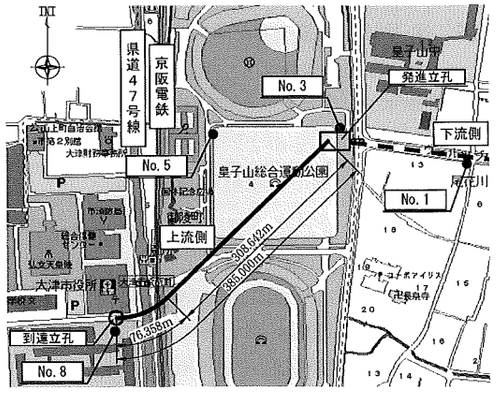


図-3　調査位置平面図

表-1　地中ガス測定結果

単位：%LEL

経過時間	No.1	No.3	No.5	No.8
1分	4	0	100以上	100以上
5分	4	0	100以上	100以上
10分	4	0	100以上	100以上
15分	4	0	100以上	100以上
20分	4	0	100以上	100以上
25分	4	0	100以上	100以上
30分	4	0	100以上	100以上
翌朝	4	0	100以上	100以上

2-2-1　メタンガス調査

事前に実施されたメタンガス調査より，その測定結果について報告する．**図-3** に調査位置平面図を，**表-1** に地中ガス測定結果を示す．上流側に位置するNo.5, 8においては，メタンガス濃度が100%LEL(5VOL%)以上になっているとともに，5～10kN/m²の圧力も観測されている．

2-2-2　メタンガスの危険性

メタンガスの爆発範囲は，空気中の濃度が約5～15VOL%で火源があると爆発し，濃度約9.5VOL%で最大の爆発力となる．濃度5 VOL%以下もしくは15VOL%以上では爆発しないで，火源の周りで青炎を放って燃焼する．

もっとも激しい爆発では，爆発圧700kN/m²，爆発温度2,000℃となる．爆発に至らず燃焼した場合でも，火炎を吸い込んで死亡した事例がある．無毒であるが濃厚になると酸素欠乏による呼吸困難や窒息も懸念される．

メタンガスの爆発は，周辺住民や施工者の安全性を脅かす要因となる．とくに当工事の推進区間には京阪電鉄線下を急曲線(R=100m)で横断していくことから推進管継手部の曲線外側が大きく開口してメタンガスが侵入しやすくなることや，市役所などの重要施設が隣接していることからも，ガス爆発が与える社会的影響は非常に大きなものになると考えられる．

このため，メタンガスに対する最善の安全性を確保した防爆対策技術が必要となる．

3　防爆型推進施工の課題と対策

従来実施されてきた防爆対策は，掘進機や推進管内にメタンガスが侵入しても，爆発や火災が起きないように発火源となる機器類やスイッチ類を防爆構造とする方法が用いられてきた．しかし，設備費用が非常に高価となることや坑内にメタンガスが存在するという安全性に問題がある．炭坑では，発火源が作業服の静電気からメタンガス爆発を誘発したという事例もある．

このため，防爆対策として，前記した従来技術の防爆方法と，「坑内への可燃性ガス侵入を遮断する」方法を基本方針として比較検討した．

推進施工中に，坑内にメタンガスが侵入する経路としては以下の2点が考えられ，その侵入防止技術の検討・対策を行った．

・掘削土砂の搬出による侵入
・推進管継手部からの侵入

3-1　掘進工法の選定

推進工法には，開放型の刃口式推進工法と密閉型の泥水式推進工法，土圧式推進工法，泥濃式推進工法に大別される施工方法がある．これらの工法を，推進施工時に坑内に爆発性雰囲気がまったくない安全な環境とする条件を「防爆仕様」として，以下に比較検討を行った．

3-1-1　刃口式推進工法

刃口式推進工法は，先端の切羽が開放されており，土中にあるメタンガスが掘削土砂とともに大量に管内に取り込まれる可能性があり，本工事で設定した「防爆仕様」に適合しない．

3-1-2　泥濃式推進工法(土圧式推進工法)

泥濃式や土圧式は，切羽部は隔壁によって遮断された密閉構造となっているが，掘削土砂を排土バルブやスクリュウコンベヤから掘進機後方の大気圧下にいったん排出する構造となっていることから，推進管内に大量にメタンガスを取り込む可能性が高くなる．とくに，掘進機内付近にメタンガスが滞留することになるため，本工事の「防爆仕様」に適合しない．「防爆仕様」と同等とするためには，掘進機の機器類やスイッチ類の防爆改造が必要となる．これに対して，推進管継手部からの侵入は，排泥バルブなどからの掘削土砂排出に比べて比較的少ないと考えられることから，エアーカーテンや換気設備の対応で本工事の「防爆仕様」に適合する領域に入ってくると考えられる．ただし，この領域はエアーカーテンなどで仕切られた推進管内だけであり，掘進機内についてはメタンガスが存在しており，本工事の「防爆仕様」の領域に入らない．

3-1-3　泥水式推進工法

泥水式は，切羽部は隔壁によって遮断された密閉構造となっており，掘削土砂は送泥水に混入して排泥管内を流体輸送しながら坑外に連続搬出する循環管路となっている．

したがって，掘進機内や推進管内にメタンガスが漏れることはなく，本工事の「防爆仕様」に適合する．また，送排泥管の接続作業時も機内バイパスで循環させることによりメタンガスを完全に除去できる．しかしながら，前項と同様に推進管継手部からのメタンガスの管内侵入が考えられるため，その対策が必要となる．

3-1-4　推進工法の決定

上記比較検討の結果，掘削方式は本工事の「防爆仕様」から判断すると，泥水式が安全性で優れていることは明らかであった．また，泥濃式(土圧式)が，掘進機の防爆対策に高価な改造費用が必要となるのに対して，泥水式では改造を必要としないことから経済性でも泥水式が有利となり，掘削方式として「泥水式推進工法」を採用した．

泥水式掘進機は，発進立坑付近の土質調査結果からシルトに角礫が混入しているため，コーンクラッシャを装備した礫対応型を選定した(**写真-1**)．

3-2　推進管継手部の防爆対策

メタンガスのもう一つの侵入防止技術として，推進管継手部からの侵入防止技術がある．

推進工法は，推進管列の後端を油圧ジャッキで押し込むことによって，掘進機や推進管を地中に

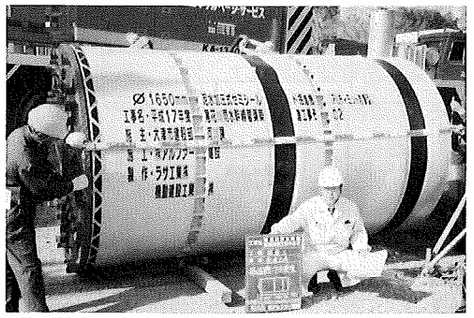


写真-1　礫対応泥水式掘進機

埋設していく方法で，推進管を溶接やボルトで結合する場合を除き，推進管継手部の目地は負荷(推進力)を受け，絶えず伸縮している状態にある．このため，推進作業中の推進管継手部からのメタンガス侵入がもっとも懸念された．また，本工事においては，メタンガスの存在が確認された推進路線の到達側に急曲線(R＝100m)が設定されており，曲線外側の目地の開きが大きくなることから，万全の防爆対策が必要となった．

3-2-1　TSシール材の採用

推進管は，外圧強さ，許容耐荷力，継手性能などの組み合わせが可能な管材として，(社)日本下水道協会により認定されている．通常，継手部に用いられているシール材である止水ゴム輪は，水密性に優れ止水には効果を発揮するが，気密性に関しては実証されておらず，メタンガスの侵入には不安を残している．

このため，本工事では止水ゴム輪とは別に継手部に気密性・水密性に優れたTSシールを採用した(**写真-2**)．



写真-2　TSシール充填状況

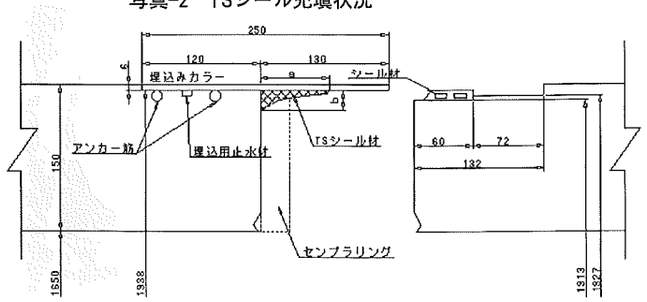


図-4　TSシール出来形標準図

曲線区間は，管継手部の上下に設置するセンプラリングの計算ソフトにより，継手部の目地の伸縮量を算出して，**図-4** に示すように密閉構造となるようにTSシールを先行充填した．TSシール材は，水酸基末端液状ポリブタジエンゴムを主成分とする弾性力と復元力に優れた特殊ゴムである．

3-2-2　TSシール材の特長

TSシール材の特長を以下に示す．

(1)　強力な弾性力と粘着性

強力な弾性力と粘着性を有しており，接合目地が1～2㎜程度で，優れたクッション効果と密封機能を発揮する．

(2)　優れた復元性

推進圧力がかかると強力な弾性力によって，大きく変形して管接合部の隙間を完全に密封する．推進圧力が少なくなると，当初の形に戻ろうとする復元力がある．このため，推進工事のように推進管継手部が常時伸縮している条件には最適なシール材である．

(3)　高品質の充填

シール材は，推進管の製造工場にて充填するため，品質にバラツキのない確実な充填施工ができる．

(4)　自由な形状選定

シール材の形状が自由であり，現場の施工条件にあったシール材の形状選定ができる．

3-3　ガス検知システムの設置

前記の基本となる防爆対策技術により，掘進機内および推進管内にはメタンガスが侵入することなく，安全な推進施工が可能となる．

しかしながら，本工事は到達側の曲線区間の土質に高濃度のメタンガスが存在することから，より安全性を確保するためにガス検知システムを設置した．

本検知システムは，メタンガス，硫化水素ガス，一酸化炭素ガス，酸素などの濃度を表示し，労働安全衛生規則に規定された常時監視機能を有した定置式システムである(**写真-3**)．

ガス検知システムの設置位置は**図-5**

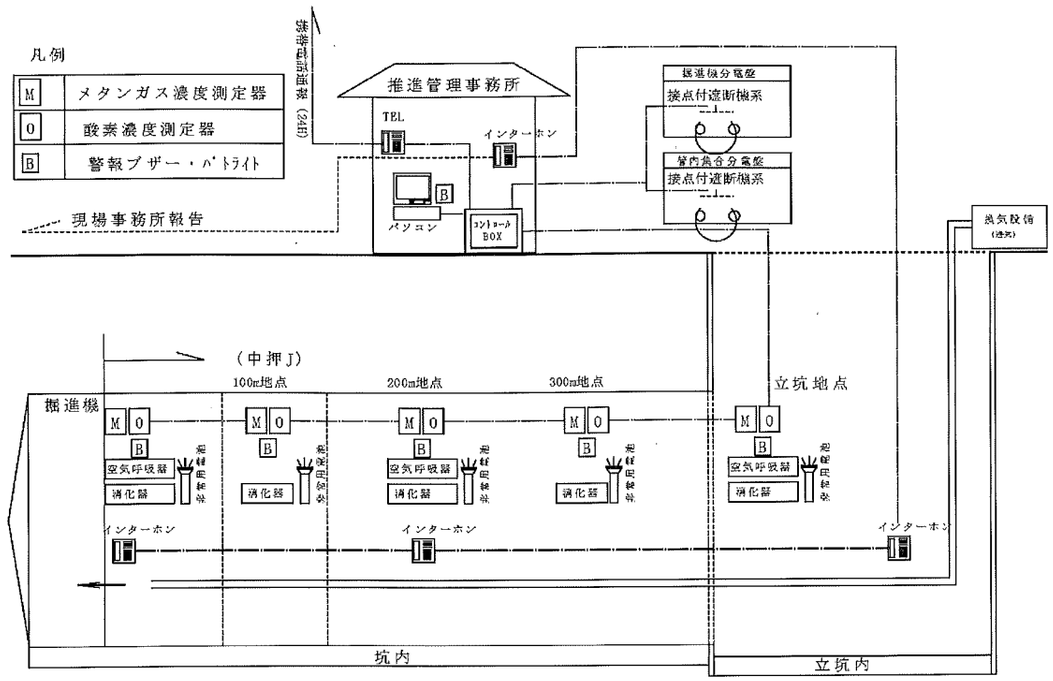


図-5　ガス検知管理仕様図

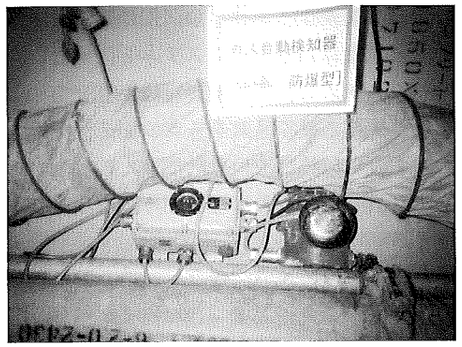


写真-3　可燃性ガス検知器

に示すように，掘進機内，切羽から100m(中押し部)，200m，300m地点と発進立坑内の5か所に計画し，24時間の監視体制をとった．

4　推進施工計画

4-1　総推進力

本工事の推進力は，後で紹介するアルティミット工法技術の一つであるULIS(自動滑材注入システム)を採用したことから，アルティミット工法協会の推力算定式を採用した．総推進力 F＝5,435kNとなっており，元押し設備としては，総推進力に余裕を持った油圧ジャッキの配置をした．

4-2　中押し設備

当推進区間の所要推進力は5,435kN，これに対する支圧壁背面の支持力は5,970kNと算定され，数値上では元押しジャッキのみで推進可能との算定結果となった．

しかしながら，推進路線に京阪電鉄線の横断があること，また，土質条件が腐植土を含む軟弱なシルト・粘土層であることなどから，推進休止中の地山の締め付けの発生が予測された．前記のように所要推進力に対して，支圧壁背面の支持力に余裕がないため，締め付けによる推進抵抗の増加は，大きなトラブルに発展することが懸念される．

このため，当工事においては，中押し設備を1段を下記装備で計画した．

・油圧ジャッキ
　500kN×300st×10台
　計　5,000kN

4-3 ULIS(自動滑材注入システム)

土質は，礫混じりシルト・粘土で，曲線半径R＝100mを含む長距離推進である．このため，主な推進抵抗力となる推進管外周と土との摩擦抵抗を低減するために，管外周に滑材を注入するULIS(自動滑材注入システム)を採用した(**図-6**)．

ULISは，一定間隔ごとに推進管壁周面に設置した注入孔から，注入箇所・注入時間などを自動制御しながら滑材を注入するシステムであり，推進時における管内作業の無人化が図れ，推進力の低減とともに作業員の安全性が確保できる．

また，本システムにより管外周に高粘性の滑材であるアルティKを均等に充填することによって，管外周面に滑材膜を形成してメタンガスの侵入を抑制する効果も見込める．

4-4 センプラカーブシステム

本推進路線には，曲線推進が含まれていることから，掘進機が造成したトンネル軌道に推進管を追随させるセンプラカーブシステムを採用した．

センプラカーブシステムは，推進管の継手部の上下または左右対称位置に，推力伝達材(センプラリング)を設置し，曲線区間でも推進力の伝達を管の中央部分で行い，管を掘進機の造成した曲線軌道に正確に追随させる機能を有している．センプラリングには，塑性領域の広い低発泡ポリスチレンが用いられている．

センプラリングの設計にあたっては，設置する位置での推進力の大きさと推進管の折れ角により，種類，発泡倍率，設置面積，厚さが決定される．

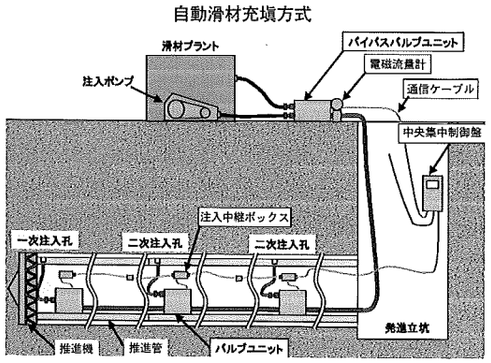


図-6 滑材注入(一系統方式)

5 推進工法の施工

5-1 初期推進

発進立坑からの初期発進段階では，メタンガス調査結果のとおり，発進立坑内に設置した検知器でメタンガスが検出されることはなかった．土質調査結果のとおり，当初はシルトに角礫が混入した土質となっており，選定した礫対応型の掘進機で効率の良い推進施工ができた(**写真-4**)．

5-2 曲線管理

推進区間の到達手前には，京阪電鉄線や県道47号線下を横断していく厳しい条件の曲線区間(R＝100m)がある．

曲線維持は，推進管の継手部上下の中央部分に設置したセンプラリングが，掘進機が造成した曲線軌道に追随するように塑性変形して，自由に推進管を後続させていくことから，管内に入って開口調整などの作業を行う必要がない．

曲線区間の測量時間の短縮，省力化のために，推進中の姿勢監視はジャイロコンパスによる方位角表示をリアルタイムに行い，掘進機および推進管の精度測量は自動測量システムを採用した．自動測量システムは，管体内の可視距離をつなぐ位置に自動追尾トータルステーションを複数箇所設置し，お互いの位置を自動計測し，これらのデータをパソコンで演算して短時間で掘進機位置を検出するシステムである．

防爆型で長距離・急曲線推進という厳しい施工条件での本工事で，測量時間の大幅な短縮が図られ非常に有効であった．

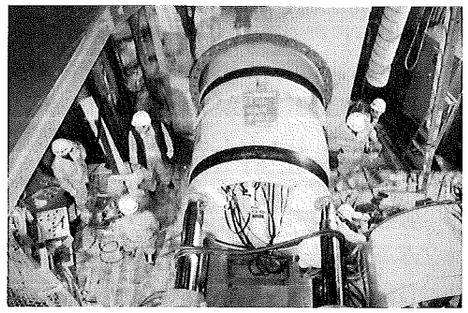


写真-4 掘進機発進状況

5-3 到 達

後半は土質調査結果のとおり，シルト分，腐食物を全体に混入した砂質シルトと変化してきたが，慎重な掘削土量管理を行うことによって，京阪電鉄石坂線下の横断時にも軌道に影響を与えることもなく，推進施工を完成させた．

推進施工中は，掘進機によって掘削された土砂はチャンバ内から管内で開放されることなく，流体輸送によって坑外へと連続排土されることや，推進管継手部に設置したTSシールによって継手部が密閉された状態となって，掘進機内，推進管内および発進立坑内に設置したメタンガス検知システムが一度も作動することなく，安全に推進施工を完了した．

推進精度は前記した測量システムやセンプラカーブシステムなどにより，計画線からの誤差が右10㎜，上20㎜と高精度な結果を得ることができた．

推進力は，シルト・腐植土と推進管外周面が締め付けられやすい土質条件であったが，初期発進時からULISによる滑材注入を実施して，設計総推進力F＝5,435kNを下回る4,600kNで到達した(**写真-5**)．

到達立坑内では，掘進機到達前に探り穴を穿孔し，メタンガスの存在を簡易防爆検知機で確認した．その結果，地下水とともに高濃度のメタンガスが検出された．これは，掘進機到達時に掘進機外周地盤の崩壊を防止する目的で実施した地盤改良のための薬液注入時に，土砂の間隙から押し出されたメタンガスを含む地下水が，到達立坑の鋼矢板背面に残留していたためと考えられる．

対策として，探り穴から残留メタンガスを取り除き，到達立坑内も換気を行って状況を見た．一昼夜の期間をおいた後，メタンガス測定を行い，安全を確認して到達土留め壁の撤去を行い，掘進機を到達立坑内に回収した．

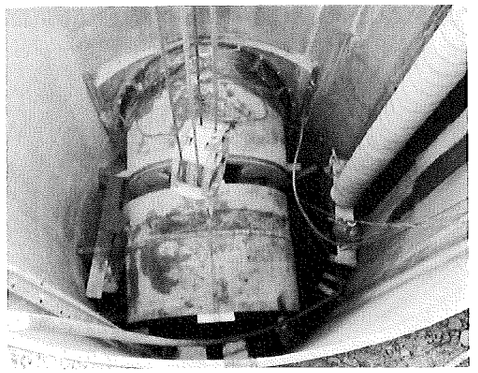


写真-5 掘進機到達状況

6 あ と が き

本工事は，尾花川排水区の氾濫による浸水被害の解消を図るための雨水管埋設で，推進路線の土質に存在するメタンガスの対策が重要な課題となっていた．

そこで，ガス爆発による社会的影響の大きさを考慮して，従来行われていた坑内発火源を防爆改造する方法から，本稿で報告した坑内への可燃性ガス侵入を遮断する新防爆型推進方法を採用し，実施した．本推進工事では，掘削された土砂をチャンバ内から管内で開放することなく流体輸送で連続排土する泥水方式の採用と，路線に曲線区間があり，絶えず屈曲して目地部が前後に伸縮開口する管継手部に充填したTSシールとにより，メタンガスが管内などに侵入することなく無事工事を終了できたことで，その効果は実証できたものと考える．

推進工事による防爆型推進工法についての事例は数少ないが，本工事で採用した技術は，安全性を重視した経済的な推進工法として有効性が認められ，今後，同じような施工条件での防爆型推進工法やシールド工法に寄与するものと考える．

参 考 文 献

1) 岡村道夫：長距離・急曲線に対応した防爆型推進工法，月刊推進技術，Vol.18，No.6，pp.53-59，2004.6.



■高山祭りのふるさとへ

岐阜県高山市は，宮川に沿った風情ある町並みで知られ，朝市や高山祭りなど，観光都市として発展している．その高山市に，わが国最初の民間用大規模地下空洞による高山祭りミュージアムが誕生したのは，1998(平成10)年のことであった．筆者も開館当時，この建設に携わったある方から招待状までいただいていたが，つい行きそびれたまま今日に至っていた．今年の４月，名古屋へ出かけたおりに足を伸ばし，念願かなって現地を訪れることができたので，その印象などをここに記してみたい．

■高山祭りミュージアムの実現まで

高山祭りミュージアムについては，本誌の1996(平成８)年３月号などでも構想が発表されているので，トンネル関係者ならすでにご存知の方も多いことと思うが，ここでもう一度その概要を紹介しておこう．

高山祭りミュージアムのプロジェクトは，地元で土木・造園業を経営する中田金太・飛騨庭石社長の発案によるもので，高山の伝統文化を後世に残すため，高山祭りの屋台を新たに制作し(「平成屋台」と呼ばれている)，これを多くの人々に見学してもらうための展示館として計画された．展示館は，高山の自然環境をできる限り保全したいという社長自身の願いにより，地下に建設されることとなり，以前からつながりのあった建設会社に相談が持ちかけられた．

設計は，学識経験者などを交えて進められ，延長70mのアプローチトンネルと，直径40m，高さ20.5mの円形地下空洞による展示室が建設されることとなった．また，不特定多数が利用する施設として，建築基準法にもとづく構造評定と防災評定が行われたが，前例のない構造物であったため，日本建築センターに評定委員会を設置して審査が実施され，1994(平成６)年10月に大臣認定を受けた．

工事は，1996(平成８)年５月に着手し，頂設導坑にあたる調査坑と，底設導坑にあたるアプローチトンネルを切り上りでつなぎ，上部から徐々に切り拡げるという順序で行われ，展示室の外周には，避難通路となる小断面のトンネルが掘削された．施工法はNATMであるが，吹付けコンクリートを３層(うち１層は鋼繊維補強)としたほか，ロックボルトに代わる永久支保部材としてPC鋼より線によるロックアンカーが使用された．工事は，1997(平成９)年７月に掘削を完了，翌年４月27日に竣功し，同29日に開館した．

■魅力ある地下空間の創造

高山にある岩盤地下空洞ということで，飛騨帯の奥深くに掘削された地下空洞のようなものを勝手に想像していたが，現地は高山の中心地から車で南へわずか十数分ほどの山のふもとに位置していた．地質は，白亜紀後期の濃飛流紋岩に区分される溶結凝灰岩で，電中研の岩盤分類でCH級相当とされているので，とくに堅硬な岩盤というわけではなく，一般的な中硬岩クラスである．最小土かぶりは約30mで，山の中腹にミュージアムの入口があり(**写真-1**)，そこからアプローチトンネルをくぐると，奥に円形の大規模地下空洞が現れる．

アプローチトンネルは，「ケ」(日常)と「ハレ」(非日常)の世界を結ぶ導入部分としての役割を果たしている．このアプローチ部分は，人々の胎内記憶を覚醒させる機能もあり，参観者は陽光あふれる田園地帯ののどかな日常風景から，夜祭りの非日常的世界へと徐々にいざなわれる(**写真-2**)．

メインホールである展示室は，夜祭りを再現した空間となっており，８基の屋台がスポットライトに映えて幻想的な「ハレ」の世界を演出している(**写真-3**)．ドーム内に轟く祭り囃子や祭り太鼓は，岩盤や吹付けコンクリートの表面の凹凸がほどよく音を吸収するためか，実に心地よく響きわたる．

また，吹付けコンクリートの表面に血管のように浮き出した導水工は，ここが人工的な空間ではなく，何か生き物の体の中か，胎内にいるような印象を与えている．昨年11月号で紹介した香川県直島の地中美術館もそうであるが，工事現場としての地下施設に見慣れてきた眼には，逆にこのような幻想的な地下空間が新鮮に感じられ，地下の世界が本来持っている妖しくも神秘的な魅力を堪能させてくれる．

北欧では，硬い岩盤に恵まれて，こうした不特定多数が利用する地下空間の開発がさかんに行われているようであるが，地盤条件に恵まれないわが国でも，これまで培われてきたトンネル技術を駆使すれば，同様の施設を実現できるサイトはあちこちに存在すると思われる．一定の温度と湿度を保ち，有害な紫外線から展示物を守り，自然環境や景観への影響も少なく，地震などの災害にも強い地下空間の長所や魅力を，もっと積極的にPRする必要があるだろう．トンネルの建設需要を拡大するためにも，こうした施設がさらに普及することを期待したい．

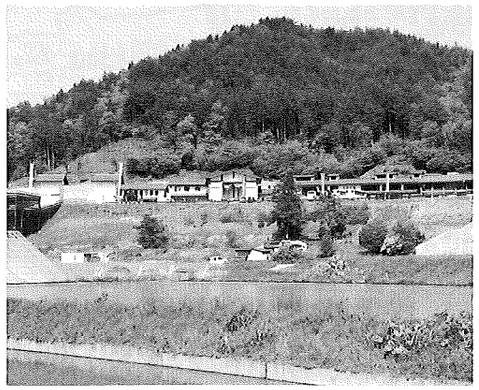


写真-1　高山祭りミュージアムの遠景
(中央の建物が入口)

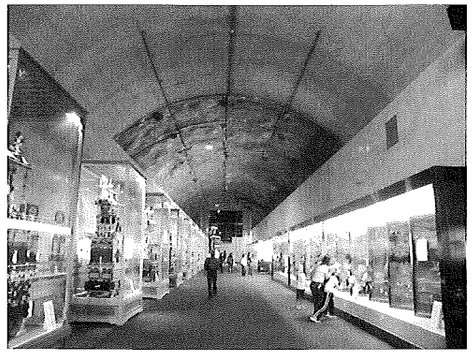


写真-2　アプローチトンネルの内部

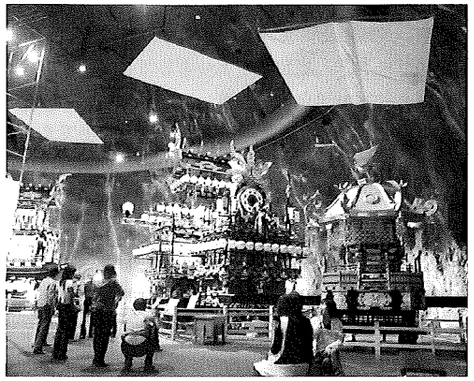


写真-3　展示室と屋台

現場だより
平成18(2006)年

「岡部町とトンネルの歴史」ふるさと田園都市岡部町より

森　英治

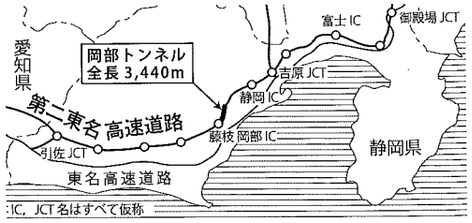
岡部町は静岡県のほぼ中央に位置し，東と北は静岡市，西は藤枝市，南は焼津市に囲まれている．標高200～500m級の山々に町全体の８割が覆われ，夏は比較的しのぎやすく，冬は温暖なうえ日照時間・降水量に恵まれている．朝比奈川の清流に沿って開ける平坦地と高草山を背にする山麓に茶園が開かれ，とくに玉露茶の最適地として，福岡の「八女」，京都の「宇治」と並び日本三大産地のひとつとして全国的に「朝比奈玉露」の名が知られている．

岡部町の歴史は古く，「伊勢物語」に出てくる岡部から宇津の谷峠越えの道は『蔦の細道』と呼ばれ，約千百年前の平安時代から室町時代にかけて官道として往来が行われ，多くの歌が詠まれてきた．とくに有名なのが，在原業平が詠んだ

「駿河なる　宇津の山邊の　うつつにも
　　夢にも人に　あはぬなりけり」

であり，この歌以来，「蔦の細道」は歌枕としても有名となり，多くの歌人に詠まれたり絵画・彫刻・歌舞伎などの題材となった．また，この“まち”の地名が文献に登場するのは，鎌倉時代からで，幕府の史書『吾妻鏡』に記されているのが最初である．その後は東海道屈指の難所，宇津ノ谷峠を背にした21番目の宿場として賑わいを見せていた．

岡部町には有名な祭りがある．新船地区の六社神社の例祭を飾る行事として，現在２年に一度打ち上げが行われている「朝比奈大龍勢」である．地方武士であった朝比奈氏が治めていた朝比奈城から岡部氏の治めていた朝日山城に急を知らせる「ノロシ」が発展したものではないかと伝えられている．龍勢づくりは朝比奈川流域の13の連(チーム)が製作するが，マニュアルのようなものはなく，すべて口伝で火薬の配合，炭の原料，吹き矢の素材などが伝承されている．近郊とのこともあり，当作業所設立以来，地元(桂島龍勢連)の協力を得て，龍勢作成を手伝い，打ち上げに参加している．今年も８月より日常業務終了後，地元の公民館で打ち上げ準備を行っている．



位　置　図

また岡部町は，トンネルともかかわりが深いところでもある．宇津の谷峠が古来より難所であったため明治９年６月木枠で岩を隠した日本初の有料トンネルがここ岡部町に完成した．岡部側は地質がよく，杉や楠，ケヤキなどの角材で合掌枠に覆われたが，静岡側は地盤が脆弱のため土砂崩落を何回もくり返し，当時としては珍しく硬質の青石を組んで掘ったそうである．貫通までには莫大の費用が投じられ，わずか200mのトンネルに携わった労役人夫は15万人に及んだといわれている．その後失火により岩壁が崩落し通行できなくなったが，明治37年，県の事業により赤煉瓦で固めたトンネルに生まれ変わった．この周辺にはこのトンネル(通称『明治のトンネル』)のほか，大正・昭和・平成に作られた４つのトンネルの変遷を見ることができる．

第二東名は岡部町のほぼ中心を東西に横切っているが，その目的は現東名の混雑を抜本的に解消し高速道路本来の機能である高速性・定時性を回復させるとともに，ここ数年発生が懸念されている東海地震の緊急輸送路としての役割を担っている．

当工事は，岡部町から静岡県葵区飯間を結ぶ3,400mの区間であり，トンネル区間としては上り線2,653m，下り線2,612mの施工を行っている．トンネル掘削は，大断面(掘削断面180m²)を安全かつ経済的に掘削するため，TBM(φ5.0m)による先進導坑掘削で上下線の施工を行った．７月末現在，下り線は完成し土運搬路として使用されている．上り線は2,370mの上半掘削が完了し残り240mとなった．最後まで安全・品質はもとより，地域性・環境に配慮し，無事しゅん功を目指して頑張っている．

(前田・鉄建・錢高特定建設工事共同企業体第二東名高速道路岡部トンネル作業所所長)

計　画

仙台市高速鉄道東西線建設計画の概要

仙台市交通局東西線建設本部建設部建設課主幹　森　研一郎
仙台市交通局東西線建設本部建設部工事事務所所長　早坂利秋

1 はじめに

仙台市では，昭和62年に開業した南北線に続く２本目の地下鉄として，平成27年度の開業を目指し，東西線の整備事業を進めている．この事業は，市の南西部住宅地から都心や東部の流通業務地区を経て新市街地の整備が予定される荒井地区に至る建設キロ約14kmの都市高速鉄道を整備するものである(図-1)．

整備方針の決定からおよそ10年という長い年月を掛け，さまざまな議論や検討を重ねてきたが，工事施行認可を取得するとともに，都市計画決定や環境影響評価の手続きなどが完了し，工事施行の段階に至ったことから，本稿では東西線整備事業の経緯と建設計画の概要について述べる．

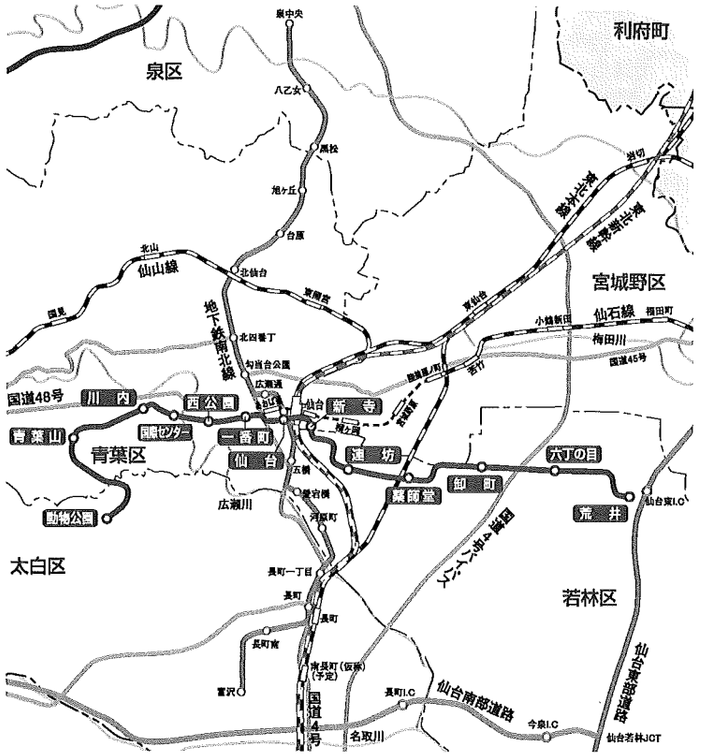


図-1　仙台市の基幹交通網

2 仙台市の交通計画の現状

仙台市は，商業業務機能を始めとしたさまざまな都市機能の集積とともに，人々の日常的な交流の広域化が進み，仙台都市圏のみならず東北の中枢都市として発展を続けてきた．

また，郊外部での住宅地開発などによる急激な市街地の外延的拡大や，東部の流通業務地域整備による就業地の分散化・多核化などにより，郊外部と都心を結ぶ交通需要が大きく増加してきた．

これまで仙台市では，地下鉄南北線を整備するなどにより，鉄道利用圏域の拡大を図ってきたが，依然として市の南西部や南東部を中心に鉄道利用の空白域が残って

いる．こうした地域では，自動車利用の割合が依然として大きく，都市計画道路や公共交通機関整備の遅れに起因する幹線道路での慢性的な交通渋滞，排出ガスによる大気汚染といった環境問題など，さまざまな都市交通問題が深刻化しており，自動車交通に過度に依存しない総合的な交通体系の構築が課題となっている．

このため，仙台市では，地下鉄やJR線などの軌道系交通機関を都市交通の主役に据え，市街地をその沿線にコンパクトに誘導していくという新しい都市構造への転換を目指すこととした．暮らしやすく動きやすい新しいまちづくりを実現するうえで質の高い交通環境の整備は不可欠であり，地下鉄南北線と一体となって骨格交通軸を形成する東西線の整備を本市の最重要プロジェクトと位置づけ，早期開業を目指し事業の推進を図っている．

3 事業の経緯

仙台市における東西線整備事業は，市民からさまざまな要望や提言・陳情などを受け，市議会においても調査特別委員会が設置されるなど，事業化に向けて種々の検討を行ってきたなか，「仙台市基本計画(平成10年２月策定/計画目標平成22年度)」に合わせ，目標とする整備スケジュールを設定した．

さらに，地下トンネル方式を主体とした13の駅位置を含めたルートや，リニアモーター地下鉄により整備することなどの方針を段階ごとに決定・公表してきた．

このような事業計画については，市政広報誌やパンフレット，マスメディアなどによる情報提供と併せ，シンポジウムの開催，沿線での説明会など，さまざまな機会を通じてPRしながら，市民の理解を深めるよう努めるとともに，国を始めとした関係機関との調整を行いながら，事業化を目指してきた．

平成11年４月には東北運輸局長の諮問機関である東北地方交通審議会より，整備の必要性や整備区間などについて答申がなされている．また，平成14年12月には，国の平成15年度予算のなかで新規整備路線として採択され，平成15年９月に鉄道事業法にもとづく第１種鉄道事業許可を受けるとともに，平成17年８月に工事施行認可を得たところである．

さらに，工事施行認可に合わせ，都市計画決定の告示，環境影響評価書の公告・縦覧など主な手続きも完了したことから，現在，平成18年度の本体工事着手を目指して，その準備を行っているところである．

4 事業計画の概要

平成17年８月に取得した工事施行認可における事業計画の概要は**表-1**のとおりである．

表-1　仙台市高速鉄道東西線計画概要

項目		計画概要
路線規格	建設区間	(仮称)動物公園駅～(仮称)荒井駅間
	営業キロ	13.9km
	建設キロ	14.4km
	軌間	1,435mm
	軌条	50N
	最小曲線半径	105m(本線)
	最急勾配	57‰(本線)
	電気方式	直流　1,500V(架空単線式)
車両		リニアモーター駆動車両
運転	編成車両数	開業当初４両編成・将来５両編成
	必要車両数	開業当初　84両(21編成)・ 将　来　105両(21編成)
	運転方式	ワンマン運転方式(ATO)
	運転時隔	開業ピーク時４両：３分45秒
建設	建設費	約2,735億円(190億円/km)
	工法・構造	地下部：開削工法，シールド工法， NATM 地上部：橋梁
	建設期間	事業期間　平成15年度～平成26年度
	開業予定	平成27年度
施設	駅 (駅名は仮称)	13駅 (動物公園・青葉山・川内・国際センター・西公園・一番町・仙台・新寺・連坊・薬師堂・卸町・六丁の目・荒井)
	車庫	荒井車庫　約6.5ha(地上式)
	変電所	３か所(青葉山・新寺・卸町)
信号保安設備		自動列車制御装置(ATC)

5 路線計画の概要

東西線は，南西部の動物公園付近から青葉山，さらには都心部，東部の流通業務地区を経て，新市街地整備を予定している東部道路仙台東インターチェンジ付近の荒井地区に至る約14kmの路線であり，広瀬川や竜の口渓谷の横断部分を除き地下トンネル方式としている．

平面線形を**図-2**に，縦断線形を**図-3**に示す．また，路線計画の決定にあたっては下記の条件を考慮した．

5-1　平面線形

（１）　地下鉄南北線やJR東北本線との乗り継ぎ利便性を考慮する．

（２）　できるだけ既存道路，都市計画道路および公園など公共用地の地下空間を活用し，建設費の縮減を図る．

（３）　既存の地下鉄の乗車習慣を考慮し南北線と同様，全駅のホームを島式に統一するための平面線形の採用を前提とする．

5-2　縦断線形

（１）　用地取得の可能性を考慮するとともに，環境および景観への影響を最小限に抑えることへの配慮などから，全線地下式を基本とする．ただし，青葉山地区との高低差のある地形的な制約への対応から，広瀬川および竜の口渓谷の渡河区間は橋梁形式とする．

（２）　駅部は可能な限り浅い位置に計画する．

（３）　重要地下埋設物との横断または縦断する箇所では，影響を考慮し十分な離隔を確保する．

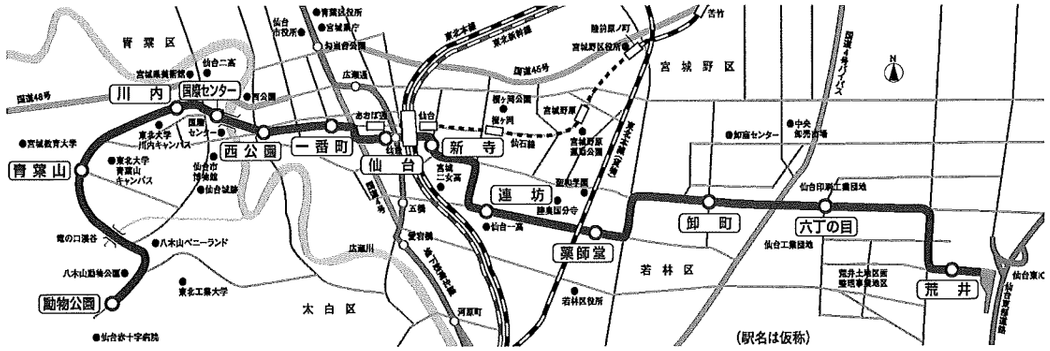


図-2　路線平面図

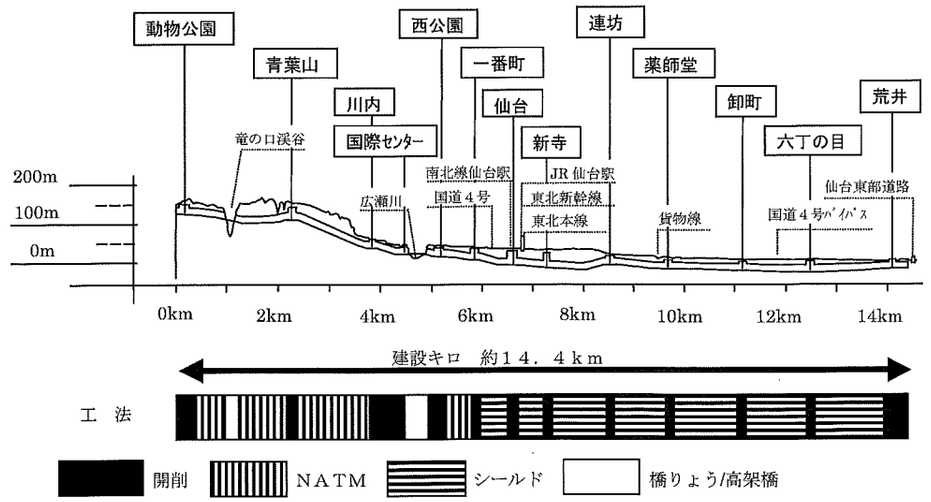


図-3　路線縦断面図

6 地形の概要

東西線(動物公園～荒井間)における地形・地質の概要を図-4に示す.

仙台市域の地形は大きく捉えると，全体がゆるく東側に傾斜する地形であり，市域の西側から丘陵部，台地部，低地部に分かれる．中心市街地の西側を広瀬川が蛇行しながら北西から南東方向に流れ，その西側には標高100～200mの青葉山丘陵が広がっている．中心市街地は広瀬川などによる河岸段丘が分布する台地で，標高30～100mの範囲にわたって，大きく４つの段丘が見られる．中心市街地の東部は宮城野原平野と呼ばれる沖積低地であり，その標高は20m未満である.

路線に沿って地形を見ていくと，起点の動物公園駅から竜の口橋梁までは八木山と呼ばれ，竜の口橋梁から川内駅付近までは，青葉山と呼ばれる，いずれも標高約130～150mの青葉山丘陵の一部である．二つの地域は，広瀬川に争奪された際の河床高さの急激な低下から形成された，比高約70mの竜の口渓谷と呼ばれる，著しい谷地形により分断されている.

川内駅付近から連坊駅付近までは台地部に位置し，標高約30～40mの間に，広瀬川によって形成された仙台上町段丘，仙台中町段丘，仙台下町段丘の３つの段丘を見ることができる.

連坊駅付近から荒井駅付近までは宮城野原平野の中央部に位置し，標高約15～５mの平坦な地形である.

7 地質の概要

仙台市域の地質のもっとも大きな特徴は，市域に長町-利府断層帯と呼ばれるNE-SW方向に伸びるいくつかの顕著な活断層が見られることである．このうち，長町-利府線と呼ばれる活断層とその副断層である大年寺山断層が東西線と交差する方向に見られる．長町-利府線は確実度Ⅰ，活動度B，長さ21kmの北西側が隆起した逆断層である．断層面は地下400m以深に見られ浅部は高低差約160mの撓曲となっている．大年寺山断層は長町-利府線と平行する副断層であり，確実度Ⅰ，活動度B，長さ８kmの南東側が隆起した逆断層であり，断層面は地表まで達している.

地質時代		記号		地層名	土質・地質名	地下鉄レベルでの地質に関する記事
第四紀	現世			表土	粘性土～砂礫	表土・盛土・現河床堆積物
	完新世	A		沖積層	粘性土～砂礫	連坊駅付近から終点側に見られ砂礫が主体．12.1km付近から砂.
	更新世	D		洪積層	粘性土～砂礫	3.5～4.1km付近に見られ，砂混じり粘土および砂礫.
		Ab		青葉山層	ローム～砂礫	段丘堆積物．0.5km付近に見られ，砂礫が主体.
新第三紀	鮮新世	Dn		大年寺山層	泥岩～凝灰質砂岩	動物公園駅付近に見られ，比較的固結度の低い軟岩.
		Mk	Mku	上部向山層	泥岩～凝灰質砂岩	1.2km，2.8～3.5km，5.0～5.5km付近に見られ，固結度はやや低い．泥岩，シルト岩，砂岩の互層をなす.
			Mkt	広瀬川凝灰岩層	軽石凝灰岩・凝灰質砂岩	
			Mkl	下部向山層	泥岩～凝灰質砂岩	
		T		竜の口層	泥岩～凝灰質砂岩	1.2～2.8km，5.5～8.5km付近に見られ，固結度は高い．泥岩，シルト岩，砂岩の互層をなす.

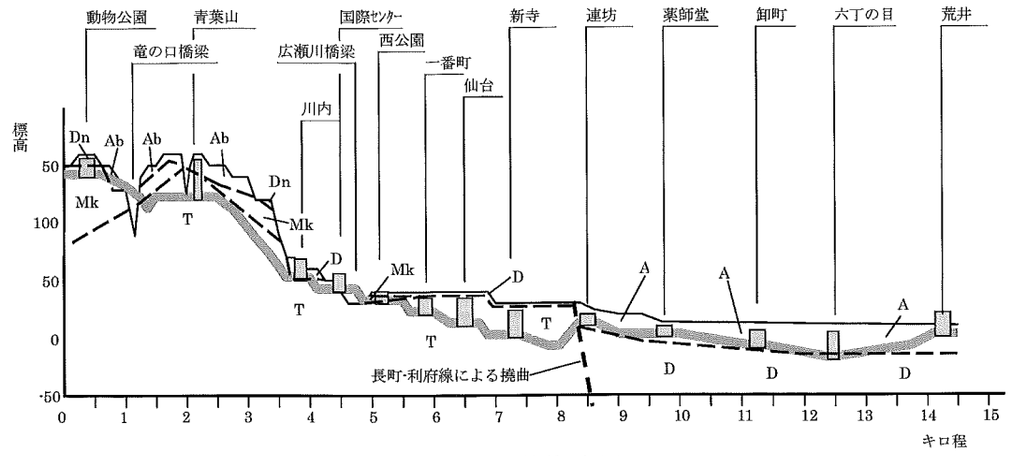


図-4　地形・地質の概要

大年寺層Dnは動物公園駅付近に見られるほかは，一部キロ程3.5km付近に見られる．この層はいわゆる軟岩層に分類されるが，比較的固結度が低い地層であり，砂岩層のボーリングコアはしばしば土砂状で採取される．向山層Mkは青葉山駅付近を除く区間全体で見られる．全体としてはN値50以上を示す軟岩層で比較的固結度が高いが，砂岩層部分や各層の表面付近の風化部では，土砂状のコアが見られることがある．竜の口層Tは区間全体の深部に見られ，N値50以上を示す軟岩層で，固結度も高い地層である．地下水位は，上部の青葉山層(砂礫層)と，下部の軟岩層にそれぞれ見られている.

7-1　丘陵部の地質

動物公園駅から川内駅までの丘陵部は，上位から，青葉山層Ab，大年寺層Dn，向山層Mk，竜の口層Tから構成されている．このうち青葉山層Abは竜の口橋梁の前後から青葉山駅付近までの区間に見られる．この層は第四紀更新世の河成砂れき層および火山灰層からなる地層でN値40程度であるが，一部に介在する粘性土ではN値10程度となる．層厚はもっとも厚い箇所では20mにもなる.

7-2　台地部の地質

川内駅から連坊駅までの台地部では丘陵部に見られる仙台層群の基盤上に，２～７mの厚さで，第四紀更新世の段丘堆積物層Dが見られる．この層は粘土混じり砂礫を主体とする礫質土層で，N値40程度であるが，一部川内駅付近にN値２～10程度の粘土層が見られる．比較的透水性が高く，透水係数は，10^{-4}～10^{-3}cm/sのオーダーである.

基盤部分は西公園駅付近にのみ向山層が見られ，その他の区間は竜の口層が形成している．竜の口層は泥岩層，砂岩層，凝灰岩層が互層をなし，このうち砂岩層は軟岩としては比較的透水性が高く，透水係数が10^{-3}cm/sのオーダーである．地下水位は段丘砂礫層中と基盤岩中にそれぞれ異なる水位が確認された.

7-3　低地部の地質

長町-利府断層帯の東側となる連坊駅から荒井駅までの低地部は，沖積層および洪積層から構成される．沖積層は地表付近に局所的に分布する粘性土層Ac・砂質土層As1および強度によりおおむね二分される礫質土層(Ag1，Ag2)からなる.

Ac層はN値１～３であるが層厚が１～２mと薄く，連続性も悪い．As1層は，卸町駅から六丁の目駅間に見られ，N値５前後，層厚は４～５mである．Ag1層およびAg2層は六丁の目駅終点側のキロ程14km付近までに見られ，キロ程13km付近から徐々に砂質土層As2へと変化する．Ag1層のN値はおおむね50以下，層厚３～８mの地層であり，Ag2層はN値がおおむね50程度で，層厚15mの地層である，いずれも透水性が高く，10^{-2}cm/sのオーダーの透水係数が得られている．As2層は比較的均一なN値30以上の締まった砂層であり，層厚は荒井駅付近で10～13mとなる.

洪積層は礫質土層Dg1とAg2層とDg1層の間に分布する粘性土層Dc1層からなる．Dg1層は沖積層の下位に位置する礫質土層でN値50を超え層厚は30m程度と見られる．透水係数はボーリング調査では10^{-3}cm/sオーダーの透水係数が得られているが，砂礫層全体に対して行った揚水試験では10^{-1}cm/sというオーダーの透水係数が得られて

おり，透水性が高いものと考えている．Dc1層はN値10程度の粘性土層で連続性は悪いものの，荒井駅付近では3～5mの厚さで確認されている．

低地部では，地域一帯が揚水を規制していることもあり，ほかの区間に比べ地下水位が高く，連坊駅付近でDL＝10m，卸町駅付近でDL＝5m，六丁の目駅，荒井駅付近でDL＝2～4mである．このため，六丁の目駅では，掘削底盤において水頭差が20mを超えることとなる．

8 土木工事の施工方法および区分

東西線は，車庫および広瀬川や竜の口渓谷の横断部を除き，地下方式を主体とした計画としており，駅部と一般部の施設の違いなどを考慮し，次のとおり各構造物の施工方法を選定した(図-2)．

8-1 駅部の施工方法

駅は，コンコース，改札口，プラットホーム，駅諸室などの施設を設けるため，大きな空間が必要になることから，主に開削工法を採用する．また軟岩層に位置し，土かぶりを確保できる動物公園駅や青葉山駅などでは，一部区間でNATMも採用する．

開削工法区間のうち，動物公園駅および川内駅から新寺駅の区間では，比較的地下水が少なく安定した砂礫層や軟岩層での施工となることから，親杭横矢板工法を採用する．

また，沖積層や洪積層で構成され，固結度が低く地下水位が高い連坊駅から荒井駅の区間および青葉山駅では，地中連続壁(柱列式)工法を採用することとしている．前述したとおり，東部の低地では掘削底面以深では基盤層までの間に連続した粘性土層が認められず，水頭差の影響を検討しなければならない．このため，平成17年11月から，土留め工法と地盤改良工法の適合性などを調査するため，六丁の目駅の出入り口用地を使用し，調査工事を実施している．

なお，開削トンネルの設計にあたっては，現在の『鉄道構造物等設計標準・同解説　開削トンネル』の規定にのっとり，限界状態設計法による設計を行っている．

8-2 一般線路部の施工方法

8-2-1 シールド採用箇所

路面交通や沿道建物への影響を最小限に抑える必要がある都心部の，一番町駅から新寺駅を経て連坊駅に至る区間や，沖積層および洪積層などの固結度の低い地質で地下水位が高い，連坊駅付近から東側の区間においてはシールドを採用する．

シールドトンネルは駅が島式ホームであることから単線並列とし，セグメント外径5,400㎜の土圧式シールドを基本とする予定である．セグメントは，RCセグメントを基本とし，ほかのリニア地下鉄路線と同様，曲線部では，鋼またはダクタイルを用い，セグメントを薄くすることにより，曲線部の建築限界の拡幅に対応することとしている．

なお，前述した，大年寺山断層の断層面と交差することが想定される，新寺駅と連坊駅の間のシールドトンネルについては，将来，断層変位が発生した場合のトンネルの再使用性を高めるため，内径を500㎜拡幅し，セグメント外径を5,900㎜としている．

8-2-2 NATM採用箇所

一番町駅から西側の軟岩層が主体となる区間では，周辺環境への影響が少なく安全に施工でき，かつ建設費の縮減化につながるNATMを採用する．

NATMトンネルは丘陵部に位置する区間では，複線構造を基本とし，地質および地上部の用途により対策工を選定することとしている．道路下に位置する西公園駅～一番町駅の区間では，地表面沈下を抑えるため，単線並列としている．

なお，NATMトンネルの将来にわたる地下水環境への影響をできるだけ小さくするよう，二次覆工の設計にあたっては防水型とすることを基本としている．

8-2-3 開削工法採用箇所

路線のうち，川内駅～国際センター駅の間や地上式の車両基地への入出庫線などトンネル箇所や，土かぶりが小さい箇所では，開削工法を採用することとしている．

8-3 橋梁部

広瀬川ならびに竜の口渓谷の渡河区間は，橋梁(広瀬川橋梁には一部高架橋が付随する)を採用する．このうち竜の口橋梁については，一帯が，環境保全区域であるため，自然環境への影響をできるだけ少なくするよう配慮する必要があり，上段を都市計画道路，下段を鉄道線路として使用する道路と鉄道の併用橋構造により，一体的に整備する計画調整を行った．

また，本市の重要な景観資源の一つである広瀬川を横断する橋梁については，「仙台市高速鉄道東西線広瀬川橋梁他設計競技」を実施中であり，市民の憩いの場となっている西公園など，周辺の景観に配慮した，より良い橋梁デザインを選定することとしている．

9 駅施設計画

東西線では13駅を計画している．駅はすべて島式・直線ホームを基本とし，ホーム長は，最大列車長である5両編成長(83m)対応とし，可動式のホーム柵を設けることから，長さの余裕は設けていない．営業線である南北線に比べ，需要の少ない東西線では，ホームの幅員は階段・エスカレーターの幅員と階段脇のホーム幅員により決定している．

なお，南北線との乗継駅である仙台駅では，エレベーターの位置を他駅と統一できないため，全駅で，車イス利用者が階段壁脇部分を通行することが避けられない．そのため，可動式ホーム柵部分でも車イスと歩行者がすれ違えるホーム幅としたうえで，ホーム全幅員を決定している．

さらに，JR線との乗換駅となる仙台駅を除き，改札口は1か所に集約し，出入り口数は2か所設置を基本とするなど，駅全体をできるだけコンパクトな施設配置とすることにより建設費の縮減化を図っている．また，エレベーターの設置はむろんのこと，上下移動の負担が大きい深い駅へ下りエスカレーターを設けるなど，利用しやすい駅施設の整備を目指している．駅施設の概要は**表-2**のとおりである．

表-2　各駅の施設概要

駅名(仮称)	構造	ホーム		改札口	出入口
		形式	幅員延長		
動物公園	地下3層	島式	7.8×83m	1か所	2か所
青葉山	地下6層	〃	7.0×83m	〃	〃
川内	地上1層 地下3層	〃	〃	〃	〃
国際センター	地上2層 地下1層	〃	7.8×83m	〃	〃
西公園	地下2層	〃	7.0×83m	〃	〃
一番町	地下2層	〃	8.3×83m	〃	〃
仙台	地下4層	〃	9.7×83m	2か所	〃
新寺	〃	〃	8.0×83m	1か所	〃
連坊	地下2層	〃	7.0×83m	〃	〃
薬師堂	〃	〃	7.8×83m	〃	〃
卸町	〃	〃	〃	〃	〃
六丁の目	地下3層	〃	〃	〃	〃
荒井	地上2層 地下1層	〃	〃	〃	〃

10 車庫

東西線では，南北線と車両構造が異なるため，新たに独自の車庫を設置する必要がある．その条件としては，

① 路線にできるだけ近く効率的な運用を可能とする車庫配置ができること

② まとまった規模(約6.5ha程度)の用地確保が可能であること

③ 周辺環境との調和が図れること

などが挙げられる．

沿線でこれらの条件を満たすことが可能な地区は，現在は農地であるが将来的には新たな新市街地整備が予定されている荒井駅付近(図-1参照)があり，荒井駅に近い東部道路沿いの西側付近に設けることとした．車庫は地上方式とすることにより，建設費の抑制を図っている．

11 車両および運行計画

車両は，必要とされる輸送力や急勾配，急カーブへの対応など，東西線の路線特性に最適な機能を有するシステムとして，鉄輪式リニアモーター

方式を採用する．また，列車構成は開業時４両編成(全M車)で，その後の需要に応じて５両編成(全M車)に増強する計画である．５両編成時の最大列車長(連結面間長)は83.0m，定員は490名である．本線に地上走行部分があることから，背景に調和しかつ先進性や地域性などを考慮した車両デザインとするとともに，車内はユニバーサルデザインの考え方にもとづいた構造とするなど，市民に愛され誇りがもてる車両にしたいと考えている．

運転ヘッドは，平日の朝ラッシュ３分45秒，昼間７分00秒，夕ラッシュ５分30秒で計画しており，開業時の列車編成数は21編成(84両)で，朝ラッシュ時の運転本数は18本投入の予定である．また，列車最高速度は70km/hで，動物公園駅～荒井駅間13.9kmを約26分で走行する計画である．

運転方式はATOワンマン運転とし，将来全自動運転が可能となるようなシステムの構築も予定している．

12 環境影響評価

本路線は，環境影響評価法に定めるアセスメントの対象路線であり，平成12年度から方法書の作成に取り組み，平成13年３月に環境影響評価の実施方法が確定した．その後，準備書について３回の説明会，宮城県および仙台市で各審査会での５回にわたる審議を経て，公聴会での市民意見や，宮城県知事意見を受け評価書の作成を行い，平成17年６月に開催された仙台市都市計画審議会での審議の後，平成17年８月に評価書の公告縦覧に至ったところである．

路線の丘陵地の区間は青葉山のうち天然記念物に指定されている区域を迂回するような位置にあり，また，広瀬川や竜の口渓谷の一帯も市の条例により環境保全区域に指定されていることから，準備書の審査や多くの市民意見，宮城県知事意見の重点が，青葉山および広瀬川に関することにあった．これらの課題は，動植物，生態系，地下水，景観など多岐にわたり，東西線の設計および工事計画ではこれらの点について十分な配慮が求められたほか，評価書の公告縦覧後も事後調査を実施することとしている．

13 おわりに

地下鉄東西線の建設については，既に平成16年度から地下埋設物の移設工事や埋蔵文化財調査などの準備工事を進めており，平成17年11月には起点から国際センター駅手前までの4.3kmを鉄道・運輸機構に工事施行委託し，施工体制が整ったところである．

現在，平成18年度中の本体工事着手に向けて，その準備を進めているところであり，今後とも一日も早い東西線の開業を待ち望む多くの市民の期待に応えられるよう，工事中の安全確保はもちろんのこと，さらなる経費削減への取り組みなども行いながら，安全で利用しやすい地下鉄の早期実現を目指して，着実に事業を進めていきたい．

『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)

研　究

樹脂ネットを用いた狭小レンガトンネルの剥落対策

東日本旅客鉄道(株)八王子支社八王子土木技術センター　髙森麻有美

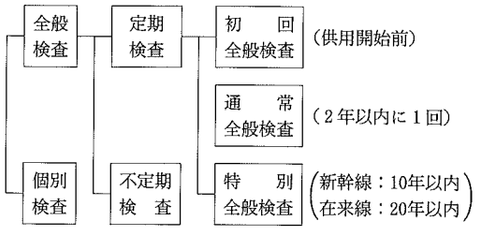
東日本旅客鉄道(株)八王子支社設備部設備土木課　根橋和也

東日本旅客鉄道(株)八王子支社設備部設備土木課　岩崎浩

1 はじめに

東日本旅客鉄道(株)では，1,263か所で，全長882kmのトンネルを保有している．これらのトンネルは，都市部から山間部までさまざまな工法で作られ，その時期も古くは，明治から現在にいたるまで幅広い．また，これらのトンネルの機能を維持していくために，トンネル検査マニュアル[1]，土木構造物等補修補強マニュアル[2]が整備され，これにもとづき検査を実施し，変状内容にあわせた補修・補強を実施してきた．

当社におけるトンネル検査は，全般検査と個別検査からなる．全般検査は，初回全般検査，通常全般検査，特別全般検査，不定期検査があり，変状の早期発見および調査，措置の必要性の判定が主な目的である．個別検査では，全般検査において，外力や材料劣化による変状または漏水などにより機能障害が認められた場合に実施している．



※初回全般検査・特別全般検査では至近距離からの目視＋打音

図-1　検査分類図

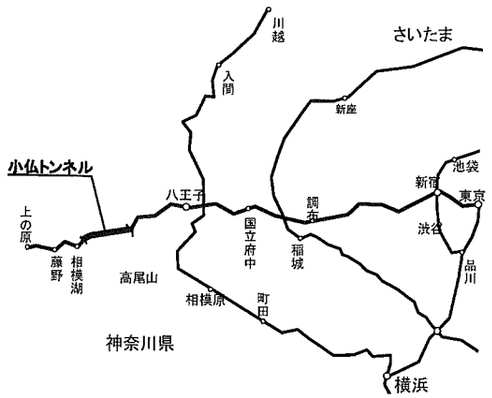


図-2　小仏トンネル位置図

図-1に検査分類図を示す．

また，補修・補強方法は，土木構造物等補修補強マニュアルにおいて，剥離・剥落対策工の選定について「想定される剥落規模と対象範囲の状況を十分に検討したうえで対策工の適用性，施工性，耐久性，経済性，効果，覆工検査の容易さなどに応じて適切なものを選定する．」と定められている．

このように，トンネルを健全に保つ取り組みが行われている中，平成17年６月，八王子支社管内の中央線高尾～相模湖間，小仏トンネル内(図-2)で，平成９年にレンガ覆工剥離・剥落対策として施工されたガラス繊維補強ポリマーセメントモルタル吹付け工(ラス網なし)のアーチ部からモルタル片が剥落し，輸送障害が発生して，お客さまに

多大なご迷惑をかけることとなった．

本稿では，今回の事象により早急な対策を実施した「狭小レンガトンネル覆工剝落対策」について報告する．

2 トンネルおよび剝落概要

2-1 小仏トンネル概要

小仏トンネルは，明治33年に完成した延長2,574mのレンガ覆工の狭小トンネルである(**図-3**参照)．狭小トンネルとは，建築限界より小さい断面のトンネルを示す．

当トンネルは，レンガ覆工の表面劣化や目地切れが発生していたため，剝離・剝落対策として平成９年にガラス繊維補強ポリマーセメントモルタル吹付け工(ラス網なし)を実施していた．ガラス繊維補強ポリマーセメントモルタル吹付け工法は，繊維材を混合することで曲げ強度や破壊靱性の向上が期待できることや，吹付け後30分程度で凝結が始まることによりラス網が不要となり作業の効率化が図れること，特殊急結剤の添加により湿潤面への施工も可能であるといった特長があり採用されてきた．

なお，施工にあたっては廃坑を利用した試験施工が実施され，効果については確認されていた．

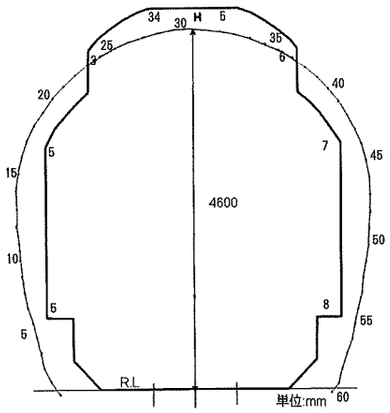


図-3　トンネル断面図

今回，剝落のあった箇所は，施工後数年で打音検査時に濁音が確認され，平成14年４月，平成16年４月には剝落の危険があると思われる箇所について叩き落としを実施しており，要注意箇所として継続的に注視していた箇所である．

また，浮きがアーチクラウン部に密集している箇所，叩き落としが難しい箇所などには応急対策として樹脂ネット(複合アンカー使用)を施工していた．

図-4にトンネル点検フロー，**表-1**に外力・劣化・漏水などに対する判定区分，**表-2**に剝落に対する判定区分を示す．

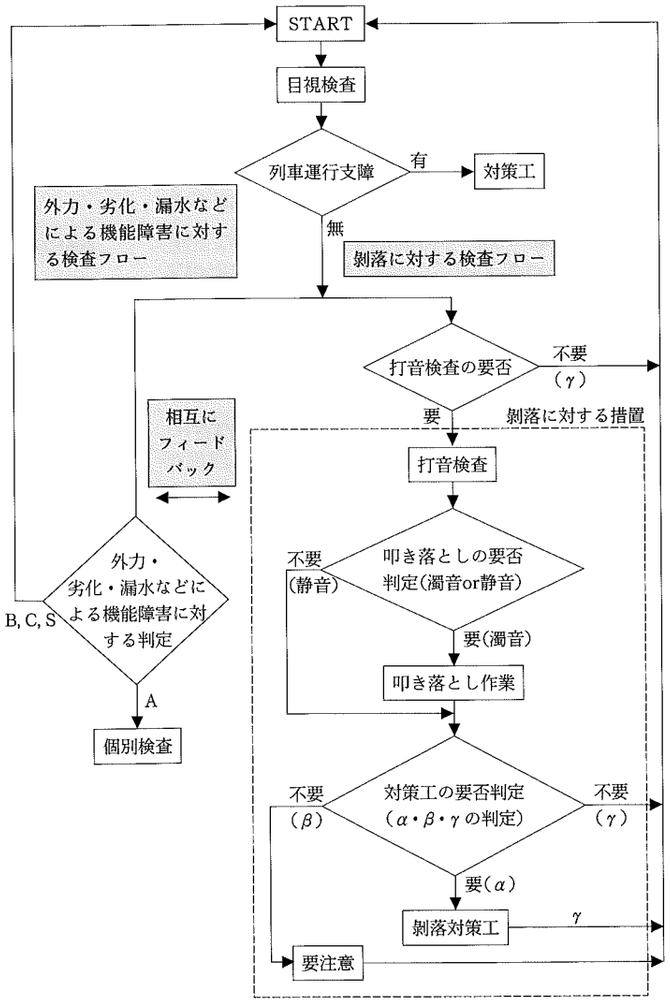


図-4　トンネル点検フロー

表-1　外力・劣化・漏水に対する判定区分

判定区分	運転保安などに対する影響	変状の程度	措置
AA	危険	重大	直ちに措置
A1	早晩脅かす異常外力の作用時の危険	変状が進行し，機能低下も進行	早急に措置
A2	将来脅かす	変状が進行し，機能低下の恐れ	必要な時期に措置
B	進行すればAランクになる	進行すればAランクになる	監視
C	現状では影響なし	軽微	重点的に検査
S	影響なし	なし	——

表-2　剝落に対する判定区分

判定区分	対策の必要性
α	要対策
β	要注意
γ	問題なし

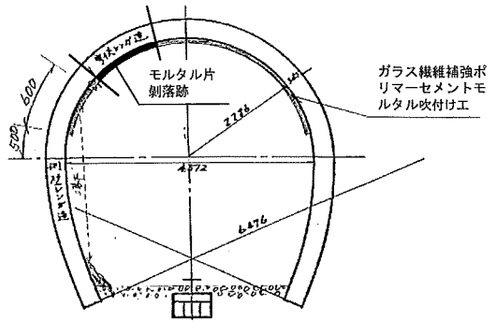


図-5　剝落箇所断面図

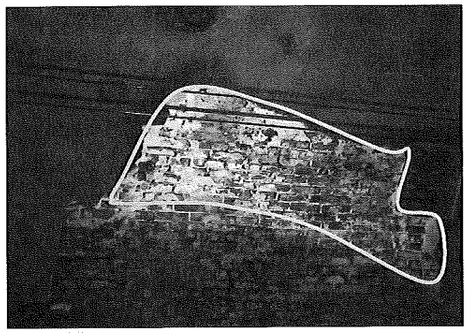


写真-1　モルタル片剝落箇所　約2.0m×1.0m

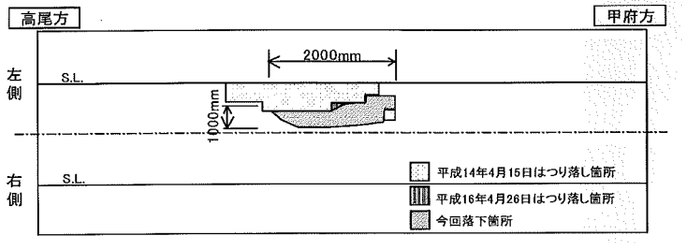


図-6　剝落箇所展開図

2-2 剝落概要

剝落は，**図-5, 6**に示すとおり，トンネルアーチ部で約２m×１m，厚さ20～30㎜の大きさで発生した(**写真-1**参照)．落下したモルタル片は，レンガとの付着面に水分が付着しており，軟らかく変質していることが確認されていることから，レンガ目地部から湧出する地下水によるモルタル劣化が原因と思われる．また，平成14年および16年の叩き落とし時には水分は確認されておらず，その後の地下水の湧出箇所の変動により劣化が進んだものと考えられる．さらに，定期的に測定しているトンネル断面測定結果からトンネル断面の変形はなく，地山は安定しており今回の剝落は外力に起因するものではないと判断できる．

3 類似箇所点検

八王子支社内には，99のトンネルがあるが，このうち25のトンネルにガラス繊維補強ポリマーセメントモルタル吹付け工(ラス網なし)が採用されており，その延長は約3.2kmに及ぶ．

点検は，既設の類似箇所の徒歩による目視検査と軌陸車を使用した打音検査の２回に分けて行った(**写真-2**)．

一方，点検は複数の検査担当者によって行うため，検査者の違いによる点検結果のばらつきに配慮し，濁音箇所を次の６項目の剝落要因について評価し，合計点で危険性を判定した．

【剝離・剝落要因】

① 漏水箇所である．　(３点)
② 叩き落とした箇所である．　(３点)
③ 過去に剝落実績がある．　(３点)
④ クラックが生じている．　(１点)
⑤ 浮きが密集している．　(１点)
⑥ 施工端部である．　(１点)

なお，①～③の３項目については以下の理由により配点を多くした．

① 漏水箇所は，前回の対策工施工時においても，トンネル内面が湿潤状態にあった可能性があり，レンガと吹付け材の付着力不足の恐れがある．また，地山からの湧水や，覆工に付着していた煤煙に起因する硫化物イオンによる付着力低下の事例も確認されている．

② 叩き落としは，一般的吹付け工において剝落の危険性を低減する有効な対策となるが，ラス網などが設置されていない条件下では，アーチアクションが期待できなくなることや，漏水の進入，列車通過時の風圧による影響などにより叩き落とした周辺部の劣化が進行する恐れがある．

③ 過去に剝落実績のあるトンネルでは，同様の環境下で施工された箇所でレンガと吹付け材の付着力不足の恐れがある．

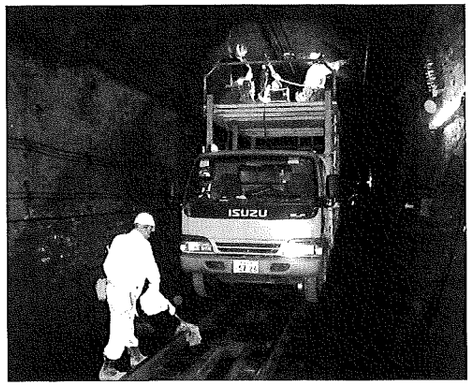


写真-2　トンネル打音検査状況

表-3にトンネル点検結果一覧表の例について示す．なお，点検において緊急に対策工が必要と思われる箇所については，叩き落としを行うとともに，ネットによる対策工を施した．

表-3　トンネル結果一覧表の例

濁音の位置	①	②	③	④	⑤	⑥	合計
57k920m～57k942m	3	3	3	1	1	1	12
57k950m～57k977m	0	0	3	1	1	0	5

4 対策工の検討

対策工の検討は，ガラス繊維補強モルタル吹付け工を施工したトンネルのほとんどが狭小トンネルであること，対策工施工箇所が多数で広範囲に及ぶこと，早急な対策工の措置が求められることなどを考慮し，①耐久性，②施工性，③経済性，④狭小トンネルへの適用性を検討し総合的に判断した．対策工の比較は，既存の吹付けモルタルを一度はつり落としを行った後に目地を修繕する案(はつり落とし＋目地修繕)と既存の吹付けの上に金網(ステンレスネット)を設置する案，吹付け工を実施する案，金網の代わりに樹脂ネットを利用する案の３案より行った結果，樹脂ネットによる対策工を選定した(表-4，写真-3)．

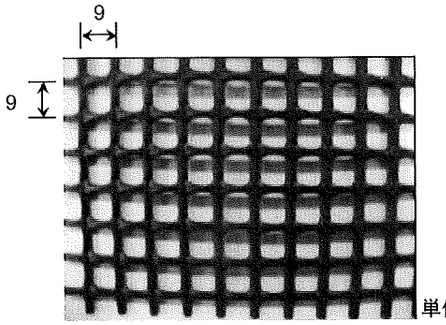


写真-3　樹脂ネット

表-4　対策工法比較表

対策工案	一般分類	耐久性	施工性	経済性	適用性	判定
はつり落とし＋目地修繕	抜本対策	レンガ母材同等	5(m²/日)程度(はつり落としのみ)	150,000(円/m²)程度	問題なし	△
		○	×	×	○	
ステンレスネット	恒久対策	50年程度	10(m²/日)程度	50,000(円/m²)程度	通電性高く架線との離隔が取れない	△
		○	△	○	×	
樹脂ネット	応急対策	屋外で10年程度	20(m²/日)程度	33,000(円/m²)程度	問題なし	○
		△	○	○	○	

施工条件：狭小トンネル，間合い２時間程度とする

5 樹脂ネットの技術的課題と対応策

5-1　樹脂ネットの技術的課題

樹脂ネットは，表-4に示すとおり，ほかの案に比べ，耐久性が劣ると考えられる．耐久性に関する技術的課題としては，ネットを固定する主部材であるアンカーのレンガ母材での信頼性向上とネット本体の耐久性が挙げられる．

5-2　アンカーの信頼性向上

5-2-1　アンカー概要

今回利用するアンカーは，金属拡張アンカーに樹脂充填するものとした．施工直後の初期耐力を金属拡張アンカーに期待し，自重および，樹脂材料が硬化する前に通過する列車による風圧などに耐えられるよう配慮した．また，長期の耐力を充填した樹脂に期待することでレンガトンネルでのアンカーの信頼性は向上すると考えた．さらに，アンカー長はトンネル内面から２段目のレンガ覆工材料に届く長さとした(図-7参照)．

5-2-2　レンガ母材に対する設計引抜強度の算出

レンガ母材に対する対策工の設計基準強度は存在しない．そこで，鉄道総合技術研究所の研究結果[5]より，レンガ母材に対するアンカーの設計強度を算出し，引抜試験結果の検証を行うこととした．

目地強度にかかわらず，レンガ母材に対するアンカー耐力は，①母材強度に支配，②対コンクリート用の設計式により評価可能，という知見が得られている．また，母材強度の試験(コア採取法＆シュミット法)より，レンガの母材強度は12～15 N/mm²であることがわかった．これらの結果を引用し，(1)式から，接着系アンカーの設計引抜強度を11.8kNと算出した．この結果を用い引抜試験結果を検証する．

・注入型接着アンカー設計引抜耐力(『あと施工アンカー設計マニュアル』，JR東日本)

引抜耐力：

$$P=0.44\times\pi\times\phi\times(D+5.5\phi)\times\sigma_c + 0.32\times\pi\times D\times(l_{ad}-4\phi)\,\sigma_c^{2/3} \quad (1)$$

l ：穿孔深さ(mm)，　ϕ ：アンカー径(mm)，

D ：削孔径(mm)，　σ_c：母材強度(N/mm²)，

l_{ad}：アンカーの設計定着長(mm)

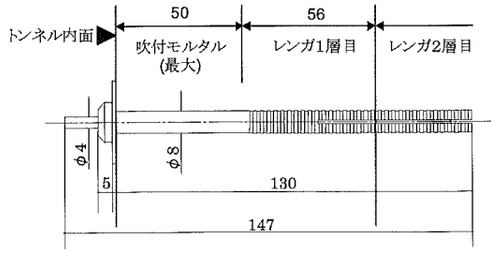


図-7　金属拡張式アンカー(JP-813)概要

5-2-3　接着系金属拡張式アンカー引抜試験

中央線深沢トンネル(廃坑)を試験トンネルに選定し，接着系アンカーの引抜試験を行い，その結果に対して上述した設計引抜耐力をもとに評価を行った．

試験は，油圧シリンダ＋手動回転式油圧ポンプ式(図-8，写真-4参照)により実施した．

今回行った接着系アンカーの性能試験では，ア

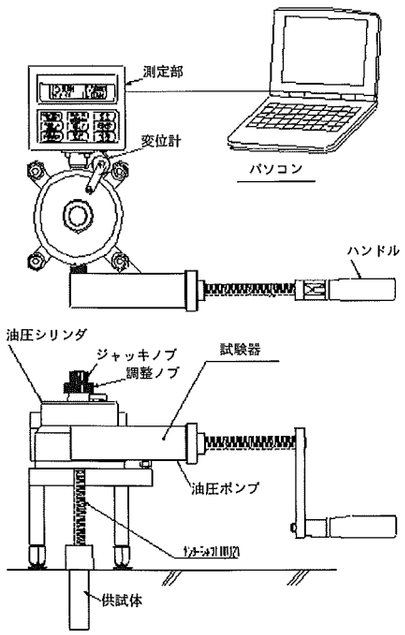


図-8　アンカー引抜試験概要

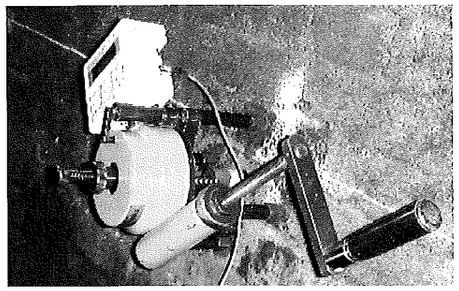


写真-4　アンカー引抜試験状況

表-5　使用樹脂材料比較表

樹　脂	湿潤面	使用温度範囲			樹脂硬化時間		
		−10℃	0℃	10℃	−10℃	0℃	10℃
エポキシ系	○	×	×	○	×	×	16h
アクリル系	○	○	○	○	2.5h	1h	0.5h
エポキシアクリレート系	○	×	○	○	×	4h	3h

○：使用可，×：使用不可

ンカーの引抜耐力に与える①施工面の影響，②充填樹脂の効果，③充填樹脂の養生時間による効果，を検証した．

①　施工面の影響

穿孔した切粉状態により，乾燥状態・湿潤状態・レンガ表層部の剝離が激しい湿潤劣化状態の３種に区分し，施工面が与える引抜耐力への影響を検証する．

②　充填樹脂の効果(**表-5**参照)

土木分野において主に用いられてきたエポキシ樹脂およびアクリル樹脂に加え，エポキシアクリレート樹脂の３種を用い，充填樹脂による引抜耐力の違いを検証する．

③　充填樹脂の養生時間による効果

樹脂ネット施工後，初列車通過までに十分な強度を発現する必要性がある．そこで養生時間３時間後および24時間後での引抜強度を比較した．

5-2-4　試験結果

(１)　金属拡張式アンカー単体の定着耐力

施工面による拡張式アンカー単体の引抜試験の結果を**表-6**に示す．上述した拡張式アンカー設計耐力と比較すると，湿潤面および湿潤劣化面において課題があることがわかる．

表-6　拡張式アンカー単体引抜強度

施　工　面	乾燥面	湿潤面	湿潤劣化面	吹付け面
引抜強度(kN)	16.9	8.7	8.0	11.4

拡張式アンカー設計強度　11.8kN

表-7　拡張式アンカー樹脂併用引抜強度(kN)

施工面	養生時間(h)	拡張式アンカー単体	充填樹脂		
			エポキシ	アクリル	エポキシアクリレート
湿潤面	3.0	—	9.4	14.4	21.9
	24.0	8.7	26.9	23.5	24.4
湿潤劣化面	3.0	—	9.3	10.1	17.2
	24.0	8.0	13.2	10.1	24.3

(２)　樹脂併用時の定着耐力

拡張式アンカー単体で引抜耐力に課題のあった湿潤面および湿潤劣化面に関し，樹脂併用時の養生時間・充填樹脂による引抜強度を示したものを**表-7**に示す．なお，アンカー単体で十分な引抜強度を発現した乾燥面に関しては，樹脂併用時において，アンカー単体以上の引抜強度(養生時間24hで平均23.3kN)が確認された．

アンカーの配置をトンネル方向，および断面方向ともに500㎜間隔とした場合，１本に必要な引抜強度は，列車通過時の風圧を考慮しても５kN程度と考えられることから，レンガ表面の状態にかかわらず安定した引抜強度が得られ，使用温度範囲が広くかつ，硬化時間が早いアクリル系および，エポキシアクリレート系を利用することを基本とした．

5-3　樹脂ネット本体の耐久性の検討

5-3-1　樹脂ネットの劣化要因と試験概要

当社では，17年前からレンガトンネルの剝離・剝落対策工の一つとして樹脂ネット(高密度ポリエチレン製)を利用してきたが，その劣化状況は十分に把握されていなかった．そこで，経年14～17年の試験片を用い，次の事項について確認試験を実施した．

①　紫外線の影響(とくに坑口付近で紫外線による劣化が懸念される)

②　材料強度の低下(①による影響や，経年劣化による強度低下が懸念される)

③　熱による影響(ディーゼルエンジン保守用車両の排気熱などの影響が懸念される)

試験は，トンネル坑口から５m，20m，40m，167mの位置で採取した試験片を使用し，①引張伸び試験，②引張試験，③FT-IR試験を実施した．

5-3-2　引張伸び試験

引張伸び試験は，紫外線による劣化を確認する試験である．試験片は，JIS K 6922-2にもとづき，採取した樹脂ネットから，圧縮成形，専用打抜型により作製する(**写真-5**)．この試験片を用いて，定速度伸張型引張試験機により破断点伸びを測定し，引張伸び残率を算出した(**写真-6**)．結果は試験片３個の平均とし，**表-8**に試験結果を示す．

5-3-3　引張試験

引張試験は，経年による劣化を引張強度の低下によって判断するものである．採取したネットから縦糸・横糸(90㎜)を採取し定速度伸張型引張試験機により降伏点強度を測定した．**表-9**に引張試験結果を示す．

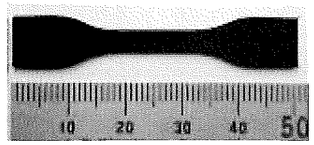


写真-5　試験片(平行部幅4.0㎜×厚み1.0㎜)



写真-6　試験状況

表-8　引張伸び試験結果一覧表

坑口からの距離	採取場所	引張伸び残率(%)
167m	青梅線　36k520m	80.2
40m	青梅線　34k727m	81.2
20m	青梅線　34k747m	87.0
5m	青梅線　34k762m	80.1
新品材料		100

伸び残率：引張伸び残率＝破断時伸び×100/新品材料破断時伸び．引張伸び残率が，50%以下となった場合劣化と判断する

5-3-4　FT-IR試験

FT-IR試験は熱による劣化を確認する試験であり，赤外分光装置によりポリエチレンの劣化時に現れるカルボニル基(>C=O)を測定する．**図-9**に熱劣化試験結果を示す．

5-3-5　樹脂ネットの耐久性評価

上記の各種試験結果から，樹脂ネットの耐久性に関して以下のことが確認された．

①　紫外線による影響は，劣化が懸念される坑口付近においても大きな変化はなく，品質は安定している．

②　坑口に近づくほど引張強度が低下する傾向があるものの，すべての位置で引張強度は製品規格値を満足しており，品質上の問題はない．

③　熱劣化については，ポリエチレンの熱劣化に現れるカルボニル基の吸収がみられなかったため，熱による劣化は生じていない．

屋外では10年程度と考えられる樹脂材料だが，

表-9　引張試験結果一覧表

坑口からの距離	採取場所	試験結果(N/m)
167m	青梅線 36k520m	縦：9,732 横：10,560
40m	青梅線 34k727m	縦：9,908 横：10,372
20m	青梅線 34k747m	縦：9,560 横：9,588
5m	青梅線 34k762m	縦：9,228 横：8,700

製品規格値(7,550N/m以上　縦横とも)

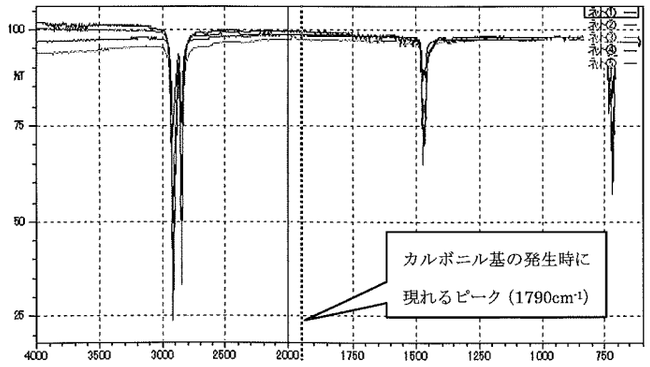


図-9　熱劣化試験結果

本試験より，トンネル内では経年14～17年のネットでも大きな劣化は認められないことが確認できた．

6 対策工の実施

対策工は，最終的に浮きの有無にかかわらず，すべてのガラス繊維補強モルタル吹付け箇所で実施することとなった．また，対策工の範囲は，剥落片が直接列車に当たらない範囲とし，クラウン部5.0mとした．**図-10, 11**に展開図および，断面図を示す．施工は，1パーティ5人編成で行い，4m/日(1パーティあたり)程度の進捗で進んでいる．**図-12**に小仏トンネルでのタイムサイクルを示す．タイムサイクルからわかるように実施工時間はわずか120分であり，計画的な施工が求められることがわかる．**写真-7**に施工状況を，**写真-8**には樹脂ネット施工後のトンネルの状況を示す．

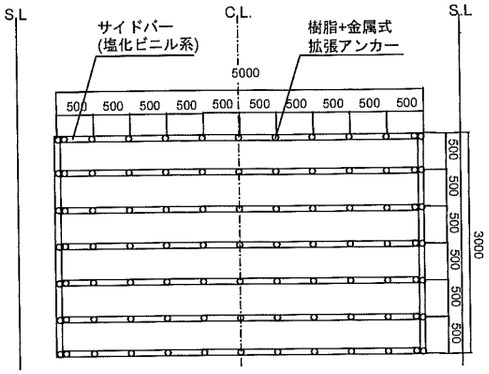


図-10　対策工展開図

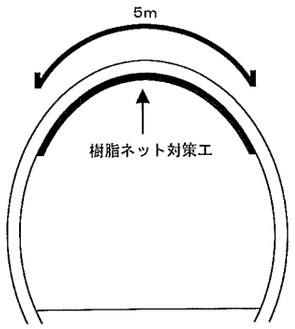


図-11　対策工断面図

作業工種＼時間	23	0	1	2	3
線路閉鎖間合					
き電停止間合い					
準備作業			←約2時間→		
樹脂ネット貼り付け					
後片付け					

施工時間：2時間のき電間合いとする

図-12　施工タイムサイクル

平成17年度内には早急な対応が必要と判断した

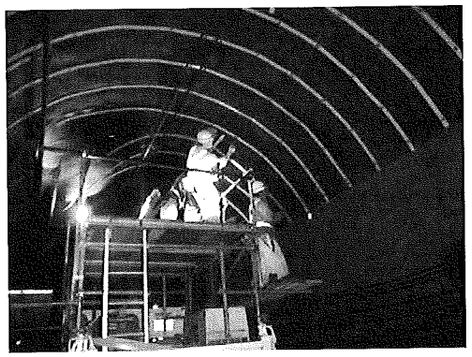


写真-7　施工状況

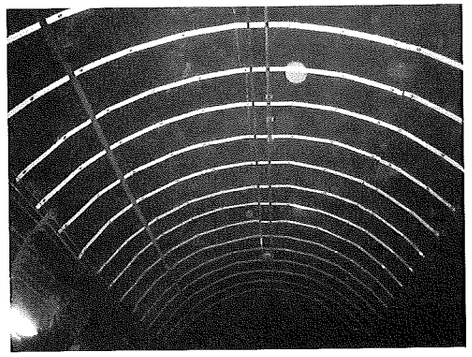
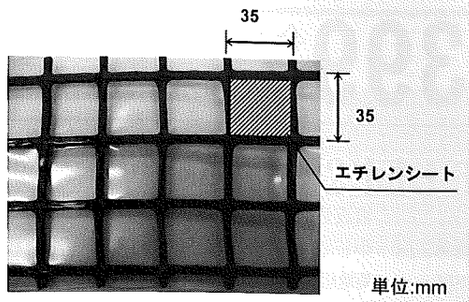


写真-8　樹脂ネット完了状況



写真-9　つらら発生状況



単位:mm

写真-10　3Sネット

中央線小仏トンネルほか2トンネル(延長1,266m)の対策工を完了した(全体の35%対策工完了)．また，今後，平成18～19年度にその他の要対策箇所について順次施工していく計画である．

また，従来の樹脂ネットを設置すると検査時の視認性が悪くなることや，冬期のつらら発生を助長するといった事象があった(**写真-9**)．そこで，従来の樹脂ネットに比べ，網目を大きくし視認性の向上を図るとともに，エチレンシート(透明)を圧着，補強することにより剥離・剥落防止効果に加え，漏水とつららの発生を抑制する効果を兼ね備えた3Sネット(**写真-10**)を開発し，青梅線氷川トンネルで試験的に採用した．当トンネルは例年つららが発生し，建築限界を支障しないよう叩き落しが必要になる箇所であったが，3Sネットの設置により，17年度はつららの発生がなく漏水とつららの発生の抑制に一定の効果が認められた．ただし，寒冷地での使用には詳細検討が必要と思われる．

7 まとめ

狭小トンネルといった特殊な条件下における剥離・剥落対策は，時間的あるいは経済的条件が許されるのであれば，従来の恒久対策である全面叩き落とし後に目地修繕などを行うことが望ましいと考えられる．しかし，今回のように早急な対応が求められる場合において，樹脂ネットによる対策工は，既存技術の組み合わせではあるが，その耐久性と信頼性を確認することで求められる性能を満たす工法となった．今後は，過去に設置された樹脂ネットを含めて継続して劣化度の調査を行い，適切な更新時期について検討していく必要があると考える．さらに，補修技術に関しては日進月歩の状態にあり，新たな技術開発に取り組んでいくとともに，その利用に関しては耐久性や信頼性に関して十分な検討を行う必要があると考える．

参考文献

1) 東日本旅客鉄道(株)：トンネル検査マニュアル，2004.12.
2) 東日本旅客鉄道(株)：土木構造物等補修補強マニュアル，2004.12.
3) 土木学会：トンネルの維持管理，2005.7.
4) 根橋和也：レンガトンネルにおける表層剥落に関する対策工法の検討，土木学会論文集，Ⅳ-183，pp.365-366，2005.
5) 栗林・岡野・仲山・小島：レンガ積みトンネル覆工における対策材料の定着および接着に関する実験，コンクリート工学年次論文報告集，2005.6.

研究論文募集のお知らせ

弊誌「トンネルと地下」では，研究論文（実験，技術開発など）を募集いたします．大学や技術研究所などからの貴重な研究成果を多数お待ちしておりますので奮ってご応募下さい．とくに若手トンネル技術者の技術向上を主眼としておりますので，平易・簡潔にまとめていただくようご配慮のほどお願い致します．なお，応募方法の詳細につきましては34頁に掲載の『投稿原稿応募のご案内』を参照のうえ，ご応募下さい．

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

土木情報 No.399 今月の主な入札結果

（6月27日～7月21日）

事業主体	工事名	請負会社	請負額 単位百万円
北開・釧路	北海道横断自動車道白糠町大曲T	宮坂建設工業・中山組JV	684
北開・札幌	道央用水(三期)地区道央注水工東三川西部工区	中谷組・植村建設JV	548
〃	〃 〃 端北部工区	菊地組・横関建設工業・河村工業JV	495
〃	〃 〃 舞鶴工区	新昌建設	420
〃	〃 〃 南6号放水工	高橋建設	276
〃	篠津中央地区月形幹線用水路外	生駒組	222
〃	樺戸(二期)地区総富地注水工花月台西6線工区	北海道三祐	218
〃	空知中央地区豊沼6号支線用水路	不二建設	168.5
北開・留萌	幌進(二期)地区下沼配水路外	大北土建工業	170
〃	〃 (一期)外1地区北斗配水路外	田中建設	222
北開・帯広	札内川第二(二期)地区勢雄送水幹線用水路東3号工区	アスワン	185
〃	下浦幌(二期)地区豊北1号排水路外	宮坂建設工業	298
〃	更別地区東更別幹線排水路東19号工区	早水組	304
〃	〃 中央幹線排水路東20号工区	高堂建設	287
関東地整	外郭放水路第2工区トンネル覆工	青木あすなろ建設	878
九州地整	新若戸道路沈埋T(3号函)	ハザマ・飛島・大豊JV	1,938
〃	熊本3号花岡T	大豊建設	730
東日本高速	北海道横断自動車道下トマムT	福田組	1,280
首都高	西新宿南連絡路半地下	フジタ・株木JV	358
都・水道局	町田市相原町706番地先から鑓水小山給水所間送水管用Tおよび立坑	飛島・鉄建JV	2,000
〃	板橋区常盤台三丁目地先から同区前野町六丁目地先間配水本管布設替	佐田建設・三共田中JV	326
〃	江東区塩浜一丁目地先から同区枝川一丁目地先間配水本管布設替	佐藤工業	428
都・下水道局	日本堤南幹線その2	竹中土木・白石・淺沼JV	799.9
〃	台東区鳥越一丁目，小島一丁目付近再構築	黒部工業・池上建設JV	435.9
〃	中央区日本橋浜町二丁目付近再構築その2	足立建設工業	243.4
〃	〃 日本橋一，二丁目付近再構築	ハリマ	210
〃	港区三田一丁目付近再構築	星野建設	121
〃	〃 六本木七丁目付近再構築	泉建設	144
〃	〃 六本木五丁目，麻布十番一丁目付近再構築	大本組	240.97
〃	錦糸町幹線再構築その2	大日本土木	221.3
札幌市	創成川処理区Ⅳ-0150下水道新設2工区	杉原建設	109.5
〃	厚別処理区厚別西地区下水道新設2工区	スミセキコンテック	119.5
〃	新川通幹線新設その1 No.9-0001	豊和建設・新日建設・若松建設JV	128.44
〃	二十四軒手稲通幹線新設その20No.9-0020	坂本建設・石山組・沢木テックJV	185.2
帯広市	第1工区下水道新設その1	笹谷・高堂・東亜飯田・ネクサス・尾関土建JV	204.7
江別市	公下新設大麻3号幹線その16	龍田工務店・丸正久保総業・松美建設JV	128.5
苫小牧市	中央鉄南地区下水道新設第3工区	勝幸辰建設・武田組・王子不動産JV	112.5
横須賀市	9工区根岸第2排水区汚水第1幹線ほか築造	東海興業・田中機工JV	842.8
相模原市	公下相模川第6-イ雨水幹線整備(1工区)	東急建設	109.4

報　告

「第32回ITA総会」報告

日本トンネル技術協会

1 総　会

第32回総会は2006年4月22日，26日に韓国，ソウルCOEX(韓国国際貿易センター，国際会議場)で開催された．この国際会議はITAおよび韓国トンネル協会の共催である．本大会のスローガンは“地下空間の安全”であり，会議には各国代表，会議参加者，作業部会出席者などが53か国中35か国から参加した．

1-1 出席国(記者発表順)

南アフリカ，ドイツ，オーストラリア，オーストリア，ベルギー，ブラジル，カナダ，中国，韓国，デンマーク，エジプト，スペイン，アメリカ，フィンランド，フランス，ギリシャ，ハンガリー，インド，イスラエル，イタリア，日本，ノルウェー，オランダ，ポーランド，ポルトガル，ルーマニア，イギリス，ロシア，シンガポール，スロバキア，スウェーデン，スイス，チェコ，タイ，トルコの計35か国である．

1-2 欠席国(記者発表順)

アルジェリア，サウジアラビア，ブルガリア，チリ，コロンビア，クロアチア，インドネシア，イラン，アイスランド，レソト，マレーシア，モロッコ，メキシコ，ニュージーランド，スロヴェニア，ウクライナ，ヴェネズエラ，ベトナムの計18か国である．

1-3 新理事会メンバー

会　　長　H. Parker　(アメリカ)2007年まで
名誉会長　A. M. Muir Wood　(イギリス)
前 会 長　A. Assis　(ブラジル)2007年まで
第一副会長　K. Ono　(日本)2007年まで
副 会 長　M. Knights　(イギリス)2007年まで
副 会 長　H. Wagner
(オーストリア)2007年まで
副 会 長　Y. Erdem　(トルコ)2007年まで
理　　事　M. Belenkiy　(ロシア)2007年まで
理　　事　E. Grov　(ノルウェー)2007年まで
理　　事　F. Gruebl　(ドイツ)2007年まで
理　　事　Y. Leblai　(フランス)2007年まで
理　　事　P. Grasso　(イタリア)2008年まで
理　　事　W. Liu　(中国)2008年まで
理　　事　I. Hrdina　(チェコ)2007年まで
出 納 長　F. Vuilleumeir(スイス)2007年まで
事務局長　C. Berenguier
(フランス)2008年まで
準 理 事
内部監査員　S. Calinescu
(ルーマニア)2006年まで
2008年開催国　G. N. Mathur
(インド)2008年まで

1-4 会員状況

17の有資格会員(10賛助会員，7個人会員)が新

規加盟となった．結果として53の正規加盟国と267の有資格会員(131賛助会員，136個人会員)が現在の会員状況である．

1-5 協賛企業

協賛企業はゴールドメンバーをはじめとして4区分に分類されている．全体で44企業が協賛企業として参加し，そのうち韓国企業が37社(全体の84%)を占めている．今年度は日本の協賛企業としての参加はなかった．

1-6 議事内容

ITA活動に貢献した2名の物故者への黙祷の後，以下の内容に沿って議事が進行した．

(1) 議事次第の確認
(2) ITA機関誌TribuneおよびITA@newsについては前日の担当連絡者会議の内容がそのまま報告された．
(3) 会計監査報告
(4) ITA活動計画
- ウェブサイトの積極的活用を図るための具体的方法の検討．
- 通信連絡者会議の参加国の積極的な交流の促進を図る．具体的には各国で発行しているトンネル関連技術誌の概要紹介など．
- 参加国のリスト配布．
- ITA事務作業その他事務局活動への加盟国からの一層の支援を図る．
- 啓発，広報活動の促進．具体的にはディスカバリーチャンネル，雑誌，新聞など，メディアの活用．
- 2006年度のトンネル技術者の教育，訓練とロンドンでの技術講習会(火災安全)の開催．

(5) 各国からの報告
(6) 会計報告

2005年より賛助会員からの賛助金の導入によって収支内容は健全化の傾向にあるが，全体としての財務規模が小さく，新規事業や各作業部会への資金提供には依然として厳しさが見られる．

(7) 2009年の開催地

2009年の開催地にはエディンバラ市・イギリス(スコットランド)とブタペスト市・ハンガリーが立候補し，4月26日の出席国による選挙の結果，ハンガリー18票，スコットランド17票で，ブタペスト市・ハンガリーに決定した．

(8) オープンセッション報告(4月26日総会報告)
(9) 各WG報告

(文責：太田義和・太田技術事務所)

2 ITA連絡会議(コミュニケーションミーティング)

4月22日16：00から連絡会議が開催された．

出席者はH. Parker会長，C. Berenguier事務局長およびITA理事国，次期開催国代表者，TUST編集主幹，Tribune編集長などの関係国の連絡窓口担当者が出席した．

日本からは，小野副会長，福本部会長，太田が出席した．

はじめに会長挨拶，議事次第の確認に続き2005年の同会議議事録の確認とともに2005年の活動報告があった．

2-1 機関誌 トリビューン(Tribune)

2006年度版では韓国特集と加盟32か国からの報告と同時にオープンセッションの内容，プライムスポンサーと賛助会員からの報告も掲載し，総会の席上各国に配布した．

2-2 ita@news

2005～2006年にかけて6回にわたりを発行した．その内容としては，協会報告，作業部会報告，加盟国の情報，今後の行事，関連協会情報などである．ita@newsは2,200か所の加盟国と会員に配信している．

2-3 Tunnelling and Underground Space Technology：TUST(トンネルと地下空間技術)

2005年第20巻は6回発行された．全体で59項目の技術分野で23か国からの寄稿があった．6号誌には前年のイスタンブール大会におけるオープンセッションの8件の報告が掲載され，2006年発行の第21巻にはソウル大会の技術報告が掲載の予定である．非開削トンネル特集は2007年に実行される予定となっている．

2-4 ウェブサイト

ITAウェブサイトには現在500htmlページと400のpdfドキュメントが約5,000ページの印刷可能なページ上に記載されている．毎月17,000件以上のアクセスがあり最大のヒット件数は400,000件に達している．新規ページとして教育訓練課程に関する記事，イスタンブール，サンパウロでのワークショップ報告，ita@news，イスタンブールでのオープンセッション報告が加わった．

(文責：太田義和・太田技術事務所)

3 ITAオープンセッションの概要

ITAオープンセッションは4月25日午前の基調講演に引き続き行われた．

「トンネル工事における危機管理」と題して，M. Knights(イギリス)のあいさつに始まり，以下の順でオープンセッションが行われた．

「トンネル工事における危機管理に関するITA技術指針」 (S. D. Eskesen, E. Leca・WG 2 調査部会部会長)

「トンネル工事における危機管理：危機管理のための適切な契約条項の設定」 (A. Dix・WG 3 契約実務部会部会長)

「トンネル工事における健全度と安全性に関する危機管理」 (D. Lamont・WG 5 健康と安全部会部会長)

「韓国における請負契約者の観点からの危機管理の実際」 (W. S. Yoo・SKエンジニアリング副社長・韓国)

「トンネル工事における危機管理の実行規則―保険業社の視点によるトンネル工事保険の将来」 (H. Wannik・ミュンヘン保険会社上級コンサルタント)

(文責：太田義和・太田技術事務所)

4 ITAテクニカルセッションの概要

ITAテクニカルセッションは4月24～26日の3日間にわたって開催された．今回の大会に共通するテーマは「トンネルと安全」である．

セッション内容と論文数は口頭発表として，①岩盤掘削17件，②軟弱地盤掘削9件，③研究開発24件，④健康と安全18件，⑤トンネルの運営と維持管理9件，⑥特定プロジェクト9件，⑦機械化掘削14件，⑧環境と都市問題6件，⑨地下空間の開発と計画8件，⑩現地調査と設計15件，の計129件であった．さらに，ポスター発表として，トンネル掘削25件，研究開発12件，健康と安全7件，トンネルの運営と維持管理8件，特定プロジェクト1件，機械化掘削6件，環境と都市問題2件，地下空間の開発と計画3件，現地調査と設計4件，計68件であり発表総数は197件であった．今大会の共通テーマである「トンネルと安全」に直接言及するような論文は少なく，オープンセッションでの講演以外のテクニカルセッションでは講演発表のサブテーマの設定もなかった．

日本からの発表内容は**表-1**に示すとおり13件で，全体の7.5%に留まっている．日本トンネル技術協会へのアブストラクト添付での申し込みは例年どおり30件程度には達しており，採用件数も前年度までの大会では20～30件近くあったことからすると，韓国での今大会の日本論文の採用件数は異例に低かったと言わざるを得ない．

(文責：太田義和・太田技術事務所)

5 作業部会

5-1 WG 2 研究開発作業部会

(部会長：E. Leca〈フランス〉，副部会長：高野佳博〈日本〉，チュータ：H. Wagner〈オーストリア〉)

本作業部会は，4月23，24日の2日間にわたり12か国より16名の委員が出席して開催された．本作業部会は，以下の3テーマを研究課題としている．

① 都市トンネル工事による沈下の問題(担当：E. Leca(フランス)，B. New(イギリス))
② トンネルプロジェクトにおける現地調査(担当：高野(日本))
③ 地下建設工事におけるモニタリングとその管理(担当：C. S. Yoo(韓国))

テーマ1は，作業部会内での審議は，昨年完了

表-1 日本からの発表者の一覧

テーマ	論文タイトル	発表者/所属団体名
研究開発	既設杭切断撤去工法の開発	石村隆俊・目時政紀・清水 満/東日本旅客鉄道(株)
沈埋・浮きトンネル	大阪夢洲沈埋トンネルでの新形式柔継手の設計施工	清宮 理/早稲田大学，東島義郎・江口秀二・横田 弘・成瀬英治/国土交通省近畿地方整備局
研究開発	SWING法を適用したトンネル工事における地下水情報化施工	大西有三・大津宏康/京都大学，安田 亨・高橋健二/パシフィックコンサルタンツ(株)
トンネル供用と維持・補修	鉄道トンネルにおけるトンネルマネジメントシステムの構築	中村一樹/応用地質(株)，大津宏康/京都大学，竹内昭男・山田 正/京浜急行電鉄(株)
地下空間工事における安全	長距離・高速施工シールド工事における安全施工	藤野 敦・川端僚二/鹿島建設(株)，今井武雄・工藤美紀男/国土交通省関東地方整備局
研究開発	シールドを用いた場所打ち支保の内部ひずみ計測方法について	飯田廣臣・井浦智実/(独)鉄道・運輸機構，小西真治・小野隆利/鉄道総合技術研究所，小山幸則・水原勝由/(財)地域地盤環境研究所
土砂，岩盤，混合地山におけるトンネル掘削岩盤もしくは研究開発	鏡ボルトによる切羽補強効果 ―打設角度による影響分析―	土門 剛・徐 景源・西村和夫/首都大学東京
開削トンネル	3次元動的有限要素を用いたマルチアーチカルバートトンネルの安定性	黄 再弘・菊本 統・岸田 潔・木村 亮/京都大学
研究開発	鋼繊維補強高流動コンクリートセグメントの開発と実施工への適用	土橋 浩・西 由人/首都高速道路(株)，中山正夫・松原健太/(株)大林組
土砂，岩盤，混合地山におけるトンネル掘削	地下1.5mのところをシールドトンネルが通過する中での地下換気所の施工	猪瀬研一・亀ヶ谷勲/首都高速道路(株)，上田明生・富井孝喜・今中康貴/(株)大林組
その他	大断面シールドトンネル切り開き部の設計施工	土橋 浩・川田成彦・白鳥 明・深山大介/首都高速道路(株)
マイクロトンネリングと非開削工法調査と開発	シールド機挙動解析及び三次元FEMモデルを用いたシールド施工時荷重に関する研究	岸田政彦・田嶋仁志/首都高速道路(株)，団 昭博・藤井直光・斉藤正幸/日本シビックコンサルタント(株)
地下空間の計画と開発	道路シールドトンネルのランプ接続部における非開削拡幅施工法	寺山 徹・山本泰幹/首都高速道路公団，今田 徹/(財)国土技術研究センター，田家 学/日本シビックコンサルタント(株)

注)表中の分類は論文募集時に設定された分類であり本会議での発表分類とは異なる．

し，Recommendation on “Settlement Induced by Tunnelling (Final Draft)” の理事会の承認を得られた．“Recommendation”は，本年，TUSTに掲載される予定である．

テーマ2に関しては，高野(欠席)は会議前に，D. Chapman が訂正し，自身が再訂正した“Strategy for Site Investigation of Tunnelling Projects”(以下，指針案)を各委員に提出していたが，今回の会議にて以下の修正・加筆が求められた．

① Preface (案)に発注者の要望を追加する．
② 「1. 1 目的」の中で，現地調査が，コストとリスクの削減に貢献することを強調する．
③ 現地調査に関する技術はAppendix(補足事項)に記載する．
④ トンネルプロジェクトにおける全工事費と現地調査費を対比した資料を追加する．
⑤ 現地調査法にかかわる国際示方書，国際指針および各国の国内示方書，国内指針の一覧表を完成させる．

テーマ3は，新テーマで，担当のC. S. Yooは会議前に “Monitoring & Control” (以下，指針案)を各委員に提出しており，この指針案に関する検討が行われた．主な修正事項は以下のとおりである．

① リスクマネジメントにかかわる記述を追加する．
② シールドトンネルの監視・制御システムに関する条文をより詳細にする．
③ 参考文献を追加する．

テーマ2，3は，2007年のWGの会議にて指針を完成させることとした．

最後に，今後の研究課題として，“Risk management” が提案された．この研究テーマは，一度完了しており，2004年にTUSTに “Guidelines” を報告しているが，最近の同研究に対する需要・関心の高まりに鑑み，トンネルの長寿命化，開業後の運営，維持管理までも対象とした検討を行うこととした．すなわち，2007年より再研究課題とする．

(注)本作業部会は欠席のため，作業部会長作成の議事録をもとに報告書をまとめた．

(文責：高野佳博・(株)千代田コンサルタント)

5-2 WG 6 トンネルの保守管理作業部会

(部会長：H. Russel〈アメリカ〉，副部会長：R. Van Den Bosch〈オランダ〉，チュータ：W. Liu(中国))

本作業部会は，4月23日14：00～18：00および4月24日13：30～17：00の2回にわたって行われた．部会長は，H. Russel(アメリカ)が2002年から担当しており，副部会長はR. Van Den Bosch(オランダ)が2005年から担当している．チュータは2005年度からW. Liu(中国)が担当しているが，前任者のA. Haack(ドイツ)も初日のみ出席した．出席国は，フランス，ドイツ，日本(2名)，韓国，オランダ，ノルウェー，スイス，チェコ，ハンガリー，イギリス，アメリカ，中国などの14か国からのメンバーが出席者して会議を行った．日本からは九冨 理(ジェイアール東日本コンサルタンツ(株))と太田義和(太田技術事務所代表)の2名が出席した．

作業部会初日は，各国の出席者がプレゼンテーションを行った．韓国から出席していたS. W. Hong(韓国トンネル協会会長)のご好意で2003年2月に発生したテグ駅の地下鉄火災について，本来は翌日のTechnical Sessionで発表される予定の論文を発表者の方にパワーポイントでプレゼンテーションしていただいた．次に部会長のH. Russelがアメリカにおけるトンネルの耐火構造についてパワーポイントでプレゼンテーションを行った．最後に，ノルウェーのG. Gjaeringenがノルウェーのトンネル火災事故の事例について写真を使って説明した．作業部会2日目には，昨年より作業を開始した“Guidelines for fire resistance for Metro tunnels(地下鉄の耐火構造ガイドライン)” の目次案に沿って，以下の3つのグループに分かれて各担当者間でDraft作成作業について議論した．

① 地下鉄トンネル火災の時間～温度曲線
② トンネルの耐火構造を含む火災に関するシステム
③ 駅部の耐火構造

③の駅部の耐火構造グループはチュータのW. Liu(中国)，グループ責任者のJ. H. Jonker(オランダ)，太田・九冨(日本)の4名で作業分担することになり，中国，ヨーロッパ，アメリカ，日本の地下鉄駅部の耐火基準について調査することになった．各グループは今年10月までにDraftを作成し，来年のプラハ会議の作業部会で全体のDraft版を完成させることを確認し，作業部会を終了した．

一昨年に作業を終了した「Guidelines for structural fire resistance for road tunnels(道路トンネルの耐火構造ガイドライン)」は下記のITAホームページ上で誰でも閲覧できる．

http://www.ita-aites.org/cms/fileadmin/filemounts/general/pdf/ItaAssociation/ProductAndPublication/WorkingGroupsPublication/WG6/FireGuidelines.pdf

(文責：九冨 理・ジェイアール東日本コンサルタンツ(株)/太田義和・太田技術事務所代表)

5-3 WG11 沈埋トンネル・浮きトンネル作業部会

部会長：C. Ingerslev〈アメリカ〉，副部会長：J. Baber〈イギリス〉，チュータ：Y. Lebais〈フランス〉)

本作業部会は，2006年4月23日14：00～18：00,

および24日14：00～16：30の２日間行われた．今回から部会長となったC. Ingerslev(アメリカ)以下参加者は，初日12名，２日目14名(うち８名は昨年参加者)，国別ではオランダ，デンマーク，ノルウェー，スウェーデン，フィンランド，イギリス，フランス，アメリカ，日本の９か国と，２日目のみ参加した中国を加え合計10か国であった．韓国の釜山で沈埋トンネルのビッグプロジェクトがスタートしたにもかかわらず，開催国の不参加は残念であった．昨年のイスタンブールでの議事録の確認がなされ，この１年間の活動状況が報告されたが，とくに進捗はなく，沈埋トンネルのカタログに追加すべきプロジェクトも報告されなかった．トンネルカタログはウェブサイトにリンクを貼って詳細が参照できるようにするのがよいとの意見があった(現在2004年版がサイトにある)．前回からの討議課題であった沈下問題に関しては，大阪の咲洲(さきしま)トンネルについて可能であれば詳細を次回報告してほしいとの要請があった．もうひとつの課題でノルウェーからの提案であった施主向けの沈埋トンネルの手引き(Owner's Guide for Immersed Tunnels)については，いくつかの項目を各国で分担し次回報告することになった．日本の担当は沈埋函の電気防食である．

新規プロジェクトの報告は，釜山～巨済間沈埋トンネルについて，プロジェクトのアドバイザーであるデンマークとオランダのコンサルタントから説明された．その他トルコ・ボスポラス海峡トンネルとノルウェー・オスロ港トンネルの進捗が報告された．日本からは那覇港トンネルを例に新技術(合成構造沈埋函，鋼製可撓継手，沈埋函輸送方式，くさび型キーエレメント最終継手など)を報告した．最後に浮きトンネルの研究が盛んなノルウェーからTrans Atlantic Tunnel Conceptという大陸間海中トンネルに関する雄大な構想のプレゼンテーションがあった．海底にアンカーするのではなく，自動位置認識装置により海中の規定点に位置決めするという構想である．純技術的には実現可能との確信があり，このような大きな夢を持つことで若い技術者を刺激したいとのことであった．このWGでも沈埋トンネルの計画・事例を持つ国および若い技術者の参加をさらに呼びかけていこうということで締めくくった．

(文責：高橋正忠・(株)オリエンタルコンサルタンツ)

5-4 WG12 吹付けコンクリート作業部会報告

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

本作業部会は４月23日14：00～18：20に行われた．出席者は12か国から24人(ノルウェー４名，スウェーデン，スイス２名，フランス，チェコ２名，ルクセンブルグ，イタリア，イスラエル２名，シンガポール２名，ブラジル，韓国６名，日本)，ノルウェーと開催国である韓国からの出席者が多い．ITAのプライムスポンサーであるDegussa社，Sika社は毎年出席している主要メンバーである．

吹付けコンクリートの現状報告(State of the art report on Shotcrete)の仕上げ段階に来ており，理事会からの指摘に対して修正加筆して完成する予定．本報告は規格，設計，コンクリート技術，設備，繊維補強，シングルシェルなどに関し，20か国からの情報を取りまとめているが，情報収集と報告書取りまとめから数年経過しており，最新情報とは言えなくなりつつある．

最近は，本作業のような項目が多岐にわたり，情報収集に時間のかかる作業は避け，焦点を絞り，情報源がある程度限定される作業を進める方向にある．

耐火吹付けモルタルに関する作業を進めており，フランスの出席者が一覧表に取りまとめた資料を提示した．資料には８種類の材料があり，今回の会合で得た新たな情報を加えて完成する．日本では８種類中の２種類が市販されている．この成果は今年10月のトンネルの安全に関するシンポジウムで発表する予定．さらに本作業に加えて，ファイバーや素材自体の耐火性能について調査することにした．

今後，新設トンネルの耐火設計，既設トンネルの耐火補修の要求が増え，耐火材料の要望が増えると予想される．

吹付け作業員の能力と資格に関する情報をフランスの出席者がまとめている．吹付けコンクリートの施工性や物性，仕上げ状態などに影響を与える因子として吹付け作業員(ノズルマン)の能力や資質が挙げられ，本成果は資格規定のない日本を含む各国の参考になると考える．これまでフランス，ノルウェー，ブラジル，北米(アメリカ，カナダ)の情報をまとめており，さらにほかの国の情報を収集して完成するが，現状では手吹きとロボット吹き，乾式と湿式，水平方向と天井方向などに区分けした場合にすべてを包括した規格はなく，今後この作業をもとに新たな規格作成に寄与できることを期待したい．

吹付けコンクリートの繊維補強に関してノルウェーの出席者を中心に，各種繊維の比較評価試験を開始しており，３月にスイスのハーゲルバッハ試験トンネルで３種類の繊維を吹付け試験し，夏に２回目の試験を予定している．本作業に関連して，プレートテスト(直径60cm，厚さ10cmの吹付け試験体を作製し，中心部に荷重をかけ，25㎜変形時の吸収エネルギーを計測評価する規格)の試験体の作製方法を吟味し，適切な方法を提案することにした．

吹付け作業環境の写真情報の収集を始めており，収集した写真をITAウェブサイトの作業部会フォーラムに掲載して作業を進めることにした．

ITA理事会でトンネル工事にかかわる事故・災害の調査研究を開始しており，吹付けコンクリートにかかわる事故・災害を調査することにした．材料，施工，設備など要因を分けて質問状を作成し，各国に配布し，情報収集することにした．

(文責：石田 積・電気化学工業(株))

5-5 WG14 機械化掘削作業部会

(部会長：福本勝司〈日本〉，副部会長：F. Amberg〈スイス〉，チュータ：小野紘一〈日本〉)

本作業部会は，オーストラリア，カナダ，チェコ，中国，ドイツ，日本，韓国，ノルウェー，シンガポール，スイスの10か国から12名のメンバーが参加して，４月23日14：00～17：30に実施した．

まず，出席者の確認をした後，部会長の福本(日本)が昨年の部会からの活動を報告し確認した．

TBMに関する単語集は韓国語，スペイン語がまだ完成していないが来年の部会までには韓国語は韓国トンネル協会が，また，スペイン語はカナダのR. Lovatが担当することを確認した．

前々回の部会のときにITAのウェブサイトに掲載することを確認した「トンネルボーリングマシンのキーワードによる分類と定義」は昨年11月に３名の理事に査読を依頼したが，まだ事務局に査読結果報告がなされていないので，理事に連絡を取り，早くウェブサイトに掲載することを確認した．

次に，前回の部会で機械化掘削に対するITAのガイドラインに代えて，メンバー各国の示方書，マニュアルなどを集めて一覧表を作成することとしたが，この一年間でオーストラリア，EU，フランス，ドイツ，日本から合計７編の情報が集められたことが部会長から報告された．今秋を目指して各国の示方書の概要と入手方法をまとめて出版する予定である．

前回の部会で各地域からの代表としてF. Amberg(スイス)，M. Herrenknecht(ドイツ)，R. Lovat(カナダ)，福本(日本)の４人がサブグループを形成しWG14のミッション作成の方針について議論した．その後メールでの議論を経てF. Ambergが作成した原案をもとに，昨年10月に開催されたフランスのトンネル会議でF. Amberg，福本と事務局のC. Berenguierが集まりWG14のVision2020を策定したことが紹介され，部会出席者の間で確認された．

また，ミッション作成に並行して進められた，機械化掘削によるチャレンジングな事例の収集は，26例が報告された．北・南米を担当しているB. Felcher(アメリカ)からの連絡がないので，R. Lovat(カナダ)が引き継いで北・南米を担当することとなった．事例は施工完了した工事と施工中の工事について集めることとし，施工業者の情報

はなるべく本社の連絡先を載せることとした．また，多くの事例を収集するために事務局を通してITA参加各国に依頼することに決まった．事例集は今年度中に初版の発行を目指し，その後は毎年更新することが確認された．

次に，機械化掘削によるチャレンジングな事例の収集の次の活動として，発注者のニーズ，施工業者のニーズを整理することになった．Vision 2020に挙げられた項目の中から，3項目を重点的に行うこととし，参加者による投票の結果，①トレーニング，②機械化掘削が他の工法より優れている点，③リスクマネジメントと保険の3項目が選ばれた．

参加者は6月末までに部会長にそれぞれの項目の具体的な内容を提出し，部会長がそれをまとめることとした．今後は機械化掘削部会の提案としてまとめ，参加各国に発信する予定である．

（文責：福本勝司・(株)大林組）

5-6 WG15 地下工事と環境作業部会

（部会長：J. Rohde〈ノルウェー〉，副部会長：J. Kaneshiro〈アメリカ〉，チュータ：H. Parker〈アメリカ，ITA会長〉）

本作業部会は，ノルウェー，中国，日本，チェコ，ロシア，アメリカの6か国から8名の代表者が参加して4月23日14：00～20：00と4月24日13：30～18：00の2回にわたって開催された．

R. Craig(イギリス)前部会長が取りまとめを行っている「環境と持続的地下開発の有利性」の報告書は掲載する図，写真などの最終取りまとめの段階にある．この報告書に掲載の各国の技術情報についての著作権への対応が完了後，TUST(技術情報誌)，ITA論文集などに掲載の予定．

会議では，日本，ロシア，ノルウェーからトンネルの施工中，供用時の環境影響に関する報告があった．とくに日本からは道路トンネルの換気塔からのガス拡散に関する環境問題，国連大学(ロシア留学生)から都市域での地下開発の利点に関する研究報告があった．

ノルウェーからは道路トンネルの建設時の環境対策の具体事例の紹介があった．

会議においては下記の内容について議論された．

- 地下工事中の作業員への労働環境影響の低下．
- 地下開発にあたってのエネルギー削減，温室効果の低減など．
- これらの対策と地下空間開発との関連およびライフサイクルコストの考え方の導入と調和．

地下空間開発にあたって情報不足のため技術的に信頼性に不安がある場合にはこのWG15が技術的なサポートが可能である．

今後のWG15の作業計画としては最終的には「環境対策ロードマップ」の作成を目標とし，地下空間の施工時の環境インパクトの設定とその対策，加えて供用時の長期間にわたる環境問題とその対策事例を収集する．これらの「環境インパクト」はトンネル周辺の外部環境問題を対象とする．これらの作業は今後3年間で成果を得るよう作業を進める．

（文責：太田義和・太田技術事務所）

5-7 WG16 品質作業部会(Quality)

（部会長：C. Oggeri〈イタリア〉，副部会長：A. Sagy〈イスラエル〉，チュータ：M. Knights〈イギリス〉）

本作業部会は日本，イタリア，イスラエル，イギリス，ノルウェー，韓国の6か国から7名が参加し，4月23日14：00～18：00と4月24日14：00～18：00に開催された．日本からは横尾敦(鹿島建設(株))が出席した．品質作業部会では1997年の部会設立以来検討してきた「トンネル工事の品質保証に関するガイドライン」の作成が完了し，2004年5月に発行されたITA機関誌「TUST」への掲載をもって一区切りがついている．今回のWGでは，まず始めにこのガイドラインの概要について部会長が説明し質疑応答を行った後，今年度の活動内容について討議した．その結果，今年度は，具体的な条件，あるいは状況下でのトンネル工事における実践的な品質保証方法について検討を行うこととなった．具体的には，長大トンネルや近接トンネルにおける品質保証の留意点は何か，想定地質と異なる地質に遭遇した場合の品質保証手法はどのようなものかなどについて検討する．これらの検討結果は当ガイドラインの別添資料としてまとめられる予定である．また，品質保証とリスクマネジメントと関連づけることにより，より有効な品質マネジメントの構築を検討することも決まった．これについては本WGで検討していくのか，あるいは，新WGを立ち上げるのかも合わせて検討する予定．

（文責：横尾　敦・鹿島建設(株)）

5-8 WG17 長大土かぶりトンネル作業部会

（部会長：P. Grasso〈イタリア〉，副部会長：下河内稔〈日本〉，チュータ：F. Vuilleumier〈スイス〉）

本作業部会は，今回で8回目の会議である．[中国(3)]，フランス(1)，イタリア(2)，日本(1)，韓国(3)，[スウェーデン(1)] およびスイス(2)の7か国([ ]以外は常連国である．常連国の一つであるノルウェーは今回不参加．( )の数字は出席者数)から13名が参加し，4月23日14：00～18：30まで行われた．会議は，約1週間前に部会長からEメールで常連者および前回参加者に送付された次第に沿って進められた．

関連する事例(鉄道と水路の長大土かぶりトンネル)の講演は，次のとおりであった．

(1) スイスのF. VuilleumierとG. Seingreからゴットハルドベーストンネルの現状について講演があった．

(2) フランスのM. Schivreがモンダミントンネルの現状を講演した．この中でフランス側の坑口付近に頁岩と蛇紋岩との混在層があり，土かぶりが小さいけれども大きな内空変位を生じて難航しているとの説明であった．

(3) イタリアのS. Xuが上述の内空変位を逆解析により地圧を求める方法を講演した．これにP. Grassoが最適支保と覆工についての説明を追加した．

(4) イタリアのP. Grassoが講演する予定の水路トンネルについては取り止め，日本からの講演を求めてきた(会議次第には，下河内の名で特別講演があると記されていた)．下河内は，今まで毎回レポートを提出したのは日本だけであることを説明し，今回講演することはない旨を説明し，前回までのレポートをまとめたCDを全員に配布した．

(5) 作業部会の第一の報告書である「長大土かぶり交通トンネル：Long Traffic Tunnels at Great Depth, Final draft of the WG report reviewed after the WG17 meeting in Amsterdam－April 2003, updated July 2003.」についての各国の意見を提出することになったが，とくに意見はなかった．

(6) 部会長が前回に提示した作業部会の第二の報告書である「長大土かぶり水路トンネル：Long Hydraulic Tunnels at Great Depth」の概要のたたき台(draft outline)についての各国の意見を提出することになっていたが，日本以外はどこも提出しなかった．下河内が長大トンネル分科会でまとめた意見書の英文を配布し，説明した．

(7) 作業部会長P. GrassoのITA理事への就任(昨年の総会)により，新しい部会長を選出することになった．P. GrassoとF. Vuilleumierから下河内を新部会長に推薦し異議はなかったが，下河内は辞退した．G. Seingreが部会長に下河内が副部会長に再度推薦され選出された．チュータとしてF. Vuilleumierが継続し，P. Grassoも加わることになった．

（文責：下河内稔・応用地質(株)）

5-9 WG18 トレーニング作業部会

（部会長：D. Peila〈イタリア〉，新副部会長：H. Admiraal〈オランダ〉，チュータ：F. Gruebl〈ドイツ〉）

本作業部会は4月23日午後に，トリノ工科大学(イタリア)のD. Peilaを部会長として，ドイツ，フランス，オランダ，ルーマニア，アメリカ，日本の7か国から7名が参加し開催された．参加者の自己紹介の後，F. Gruebl理事から理事会で話題になった内容が紹介された．その後2005～2006年度の活動報告と，今後の活動内容について議論がなされた．

（1） F. Gruebl理事からの報告

トレーニングに関する小委員会がITAに設立された．

ヨーロッパ各国でも他の地域でも，学生の意識の方向がビジネススクールやプロジェクトマネージメントへシフトしている．トンネル技術者になりたい学生が少なくなっており，今後の方策を至急考える必要がある．地質学・土質力学・岩盤力学だけの知識では不十分なトンネル工学を，どのように教えていくかの標準的な内容を決めていく必要がある．

（2） 2005～2006年度の活動報告

第2回ITAトレーニングコースが，4月20，21日に130名(韓国から113名)の参加者を得て実施された．16時間にわたるパワーポイントを用いた各講義は，ITAのウェブサイトからダウンロードできる．

イタリアのトリノ工科大学に設立されている，ITAが承認するPost-Graduate Master Course (www. Formazione. corep. it/gallerie. html)の概要が紹介され，パンフレットが配布された．

フランスとベルギーの大学で共同開発され，WGで有用と考える教育教材が，ITAのホームページにリンクされた(http://www. solem. ch/Tunnel/index. html)．ただし，本教材はフランス語で記述されている．

（3） 今年度の活動内容

WG参加者の教育経験・内容に関する情報を，会議中具体的に部会長が作ったフォーマットに各自記入した．

ITAとして，学部用と大学院修士課程用のトンネル技術者育成のための講義内容を項目ごとに具体的に列挙し，必要な講義内容と講義時間数を検討した．

ここ3年ほど姿を見せなかったN. Chittenden〈スイス〉副部会長から，積極的に発言してきたH. Admiraal〈オランダ〉に変更になった．

最後に日本は，特別にWG参加者に「Tunnelling Activities in Japan 2006」の最新号を配布した．

（文責：木村　亮・京都大学大学院）

5-10 WG19 NATM作業部会

（部会長：H. Ehrbar〈スイス〉，副部会長：R. Galler〈オーストリア〉，チュータ：A. Assis〈ブラジル〉）

本作業部会は，日本，ノルウェー，ポルトガル，スロバキア，スイス，アメリカから計16名が参加し，4月23日13：00～17：30に開催された．

世界の標準工法となっているNATMについて，品質を確保するための統一したガイドラインが現時点では存在しない．本作業部会の目的は，発注者，コンサルタント，施工者が各国で経験している事前設計，施工法，計測管理，工事契約について，現状をまとめ，標準的なガイドラインを作成することである．そのため，ソウル大会においては，基本枠組みとなるガイドラインの1stバージョンについて，用語の使い方，内容について全章を読み合わせ，各国の意見を出し合った．会議後，部会長，副部会長を中心に各国の意見を集約し，1stバージョンを完成させる．

今後の進め方としては，ガイドラインとして重要な項目である契約，設計および計測管理の2つのテーマに絞って，部会を2つに分けたうえで再度内容を議論することとなった．契約については，アメリカにおける事例を中心に地質評価に対するリスク管理などの現状を評価していく．また，設計および計測管理については，各国の設計ツールの内容と計測管理の考え方を整理し，オーストリアの三次元計測管理手法を中心にガイドラインを整備していくこととなる．すでに，日本においては標準仕様書および各発注機関の設計要領などが存在するが，NATMの枠組みの中で，欧州，アメリカなどとの違いを議論でき，世界市場におけるわが国の位置づけを明らかにできると考えられ，意義深い議論の場となることを期待する．

（文責：伊藤文雄・大成建設(株)）

5-11 WG20 地下利用による都市問題解決作業部会

（部会長：M. Thewers〈ドイツ〉，副部会長：G. Arends，J. Nishi〈ACCUS〉，チュータ：H. Parker〈アメリカ〉）

本作業部会は4月23，24日午後に9か国から10名の参加者で開催され，新しい部会長と副部会長が選出された．このWGは，都市計画とその持続的な問題解決策としての地下空間利用に関する典型的な挑戦的事業について，その総覧を作成するという目的に向けて集中的に作業を行っている．本作業部会の最初の成果物は，都市問題における地下空間利用による解決策の広範囲なレポートの作成である．今回，これらの解決策における決断要因と，ある地域に特有な過去の事例が話し合われて了承された．WGの作業は，このレポートのドラフト版作成に向けて引き続き行われることになった．

（注)本作業部会には欠席のため，プレスリリースをもとに報告書をまとめた．

（文責：湯浅康尊・(財)先端建設技術センター）

P.A.ドミニコ，F.W.シュワルツ著

地下水の科学　各B5判 全3巻

地下水の科学研究会　大西　有三　監訳

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

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

＜第Ⅰ巻　主要目次＞

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

＜第Ⅱ巻　主要目次＞

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

＜第Ⅲ巻　主要目次＞

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

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

トンネル ジャーナル

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

山上トンネルが貫通

近畿地方整備局滋賀国道事務所が進めている国道161号西大津バイパスの「山上トンネル」が貫通した．

同トンネルは，延長128m，幅員9.5m，内空断面積55m²．施工には，NATMの上半先進ベンチカット工法を採用し，軟弱な坑口部付近では補助工法にフォアパイリングを採用した．施工は奥村組土木興業が担当．

樫田トンネル貫通

島根県が進めている益田市匹見町と吉賀町七日市を結ぶ県道吉賀匹見線の樫田トンネルが6月28日に貫通した．

同トンネルは，延長388mの片側一車線，幅員5.5m．平成17年10月にトンネル工事に着工し，同時に周辺1.9kmの県道改良工事も進めている．来春に同時開通する予定．

二古トンネル貫通

東日本高速道路が進めている秋田県由利本荘市岩城の内道川と二古地区を結ぶ日本海東北自動車道の(仮称)本荘IC～岩城IC間に建設中の二古トンネル(1,417m)が6月28日に貫通した．

同トンネルは，本荘～岩城間(21.3km)にある2つのトンネルのうちの一つ．幅員9.5mの片側1車線で，平成16年10月に掘削が始まった．もう1つの芦川トンネル(638m)は同年6月に貫通している．

荷路夫2号トンネル貫通

福島県いわき工事事務所が進めている国道289号の荷路夫バイパス(全長約3.6km)で，荷路夫2号トンネル(仮称)が7月3日貫通した．

荷路夫バイパスは，荷路夫1，2号トンネルと2つの橋を設ける．今回の2号トンネルは全長742mで平成16年度に着手し，平成18年度内に本体工事が完了する予定．完成予定は，平成20年度．

三陸縦貫自動車道 釜石山田道路が起工

三陸縦貫自動車道のうち，釜石市両石町地区～同市片岸地区間約4.6kmの釜石山田道路(釜石地区)の起工式が7月1日行われた．

釜石山田道路は，仙台市～岩手県宮古市に至る延長約220km．三陸縦貫自動車道の一部で，今回本格着工した「釜石地区」は先行整備区間に位置づけられ，両石トンネル(延長1,209m)，恋の峠トンネル(延長342m)，鵜住居トンネル(延長934m)の3つのトンネルと橋梁4か所などが整備される．

春日井共同溝貫通

中部地方整備局が進めている愛知県春日井市大泉寺町と勝川町四丁目を結ぶ延長6,820mの春日井共同溝が7月13日貫通した．

同共同溝は，平成14年3月に立坑から発進したφ4,800㎜の泥土圧式シールドが国内最長となる長距離高速施工を実現．これには，VE技術提案によって採用した，リレービット，クイックブロック(QB)セグメント，坑内自動搬送システム，世界最小径でのセグメント自動組立などの新技術・新工法が活躍した．施工は，鹿島・清水・奥村JV．

新トンネル設置で準備を進める

埼玉県は，県道藤倉吉田線の要トンネルを開削工事により拡幅する計画を変更し，新たに山側にトンネルを設置する．

現トンネルは，延長14m，幅員3mと狭く，老朽化も進み，山を切り崩して拡幅する計画だったが，地質調査の結果，地質が弱いことが判明．検討の結果，山側へ新トンネルを設置する案が有力となり，工事へ向けた準備を進める．

牛鍵トンネル貫通

鉄道・運輸機構東北新幹線建設局が進めている東北新幹線八戸～新青森間にある全19本のトンネルのうち，10本目となる牛鍵トンネル(2,070m)が貫通した．

同トンネルの貫通により，八戸～新青森間の未貫通トンネルは，高館(1,280m)，錦ヶ丘(1,370m)，館野(780m)，芝山(920m)，六戸(3,810m)，三本木原(4,280m)，有野部(250m)，上北(625m)，赤平(220m)の9本となった．

「トンネル標準示方書」改訂

土木学会は，「トンネル標準示方書」を10年ぶりに改訂した．

同示方書の主な改訂点は，山岳では，都市NATMの採用増加に伴い，岩盤や土砂地山への適用を含む内容の充実，TBMが編として独立．シールドと開削では，許容応力度設計法から限界状態設計法への対応を図るとともに，シールドでは密閉型が主体に，開削では耐震設計法を充実させた．

蘇我～村田共同溝 シールド発進

関東地方整備局千葉国道事務所が進めている千葉市中央区塩田町～同区浜野町の道路下に整備する「蘇我～村田共同溝」のシールドが掘削を開始する．

同共同溝は，延長約1.2kmで仕上がり内径3,900㎜．施工は，奥村・福田特定JV．

連載講座

都市トンネル工事の計測(9)

—計測データの維持管理—

(財)鉄道総合技術研究所構造物技術研究部トンネル研究室主任研究員 新井 泰
東京電力(株)電力流通本部工務部設備渉外・調整グループ課長 佐藤 亘
大成建設(株)東京支店土木部技術部技術室課長 西田与志雄
(財)地域地盤環境研究所東京事務所主任研究員 粥川幸司

① はじめに

地下施設の設計・施工条件は，地上施設と比較して複雑であり，現在の設計・施工管理基準類は，主として浅深度の地下施設を対象として，これまでさまざまな機関で実施された現地調査・計測，模型実験および数値解析などの結果を踏まえて策定されたものである．

一方，大深度地下領域に眼を向けると，対象となる地盤深度は，最低でも地表面下40m以深であり，設計・施工条件については浅深度を対象とした既往の事例とは必ずしも同様ではないと考えられる．加えて，大深度地下施設の施工実績は非常に少なく，施工時の安全対策，施工時あるいは供用開始後の環境保全策などを立案するに足る知見が十分に蓄積されているとは言いがたい．

「大深度地下の公共的使用に関する基本方針」(平成13年4月閣議決定)においては，「国，地方公共団体及び事業者は連携して，事業の実施に伴い得られる情報を収集・整備し活用することが必要である」とされている．さらに，「大深度地下利用に関する技術開発ビジョン」(平成15年1月)においては，「安全かつ合理的に大深度地下施設を施工するため，施工中の地下から直接地盤などの情報を調査，計測するための技術が必要」とされ，施工中のリアルタイム計測技術や施工後あるいは供用開始後の維持管理業務を円滑にするための長期対応の計測技術開発の必要性に言及している．

そこで，本稿では，大規模地下施設の設置に伴う安全性確保および環境保全に寄与すると考えられる調査・計測データの収集・管理体制について検討した結果について述べる．

② 調査・計測データの収集・管理体制の検討

本検討における実施項目は，以下の3項目であり，各項目の実施概要を(1)～(3)に示す．なお，各項目の詳細については，3～5章に各々記述する．

(1) 事業者ヒアリング[1),2)]

ヒアリングでは，これまで地下施設の設置を実施してきた各事業者に対して，これまでの計測業務のあり方，計測項目の選定の考え方，そして今後の計測業務のあり方などに関して意見聴取し，その結果から，今後実施されるであろう各プロジェクトの調査・計測計画において留意すべき事項についてまとめた．

(2) 仮想プロジェクトにおける計測工事の実施体制の検討[1),3)]

ヒアリングの結果より，①これまで国内において蓄積されてきた貴重な計測結果の適切な保存と

有効活用が必ずしもなされていない現状や，②建設市場の縮小と工事費削減のため，貴重な工事の計測機会が減少の一途をたどっている現状を踏まえて，計測業務の実施体制のあるべき姿を，都市部の大深度地下鉄工事という仮想のプロジェクトを通じて考察し，調査計測結果を有効活用するための方策についてまとめた．

（3）　計測工事仕様書(案)の策定[1),4)]

過去のプロジェクトにおいて実施されてきた計測工事は，現場の施工管理を目的としたものが多く，工事担当者の人事異動に伴う当該業務の引き継ぎが十分になされてこなかったこともあり，収集された計測データを有効活用できる状態にあるとは言いがたい．このような状況を打開することを目的として「計測工事仕様書(案)」を策定し，実際の地下鉄建設現場の計測工事で試験運用し，当該仕様の実プロジェクトでの適用性について考察した．

③　事業者ヒアリング[1),2)]

3-1　方　法

ヒアリング方法は，これまで地下施設の設置を実施してきた各事業者に対して，1)これまでの計測業務のあり方と今後の計測業務のあり方，2)計測項目の選定の考え方，に関して意見聴取した．

1)では，①計測の目的は何か，②得られた計測結果は当初の目的を果たしているか，③果たしていない場合，その原因は何か，④③に対してどのような方策をとれば目的を果たせるか，⑤他企業者の計測結果を活用する必要はあるか，⑥⑤で必要と考えた理由は何か，⑦計測結果の公表についてどのように考えるか，について回答を求めた．

2)では，①計測項目の選定は誰が行っているか，②過去の計測結果の保存形式は何か，③過去の計測結果の保存状態はどうか，④保存状態が芳しくない場合はどのような対策が有効であるか，⑤得られた結果の予算上あるいは所有権の取り扱いはどのようになっているか，⑥計測項目の選定に関して反省点はあるか，⑦反省点であると考えた理由は何か，について回答を求めた．

3-2　結　果

ヒアリング結果は，3-1で説明した質問に関する回答を踏まえて，1)これまでの計測業務のあり方と今後の方策，2)他企業者によるプロジェクトの計測結果活用の必要性，3)計測項目の選定方法と今後の方策，4)計測結果の保存状態と今後の方

表-1　これまでの計測業務のあり方と今後の方策

目的		・施工管理，安全管理，次期プロジェクトへの結果の反映 ・現状の設計・施工技術の確認と整理 ・維持管理への活用
目的を果たしていない場合の理由	制度上	・工事費低減要求により計測数量の削減を余儀なくされた． ・得られたデータの整理方法が明確に決まっていない場合は，データ整理を外注した後のデータの取り扱いがその担当者のやり方や勘所に委ねられ，以降のフォローアップが難しい． ・次期プロジェクトへの水平展開の意識が欠如していた． ・「計測」がもたらすさまざまな効用に対する認識が，請負者・発注者・学識者の間で統一されていなかった．
	技術上	・計測機器にトラブル，故障が発生した． ・計測結果を集約する仕組み(DBシステムなど)が未構築であった． ・計測結果と事前解析結果の分析不足により満足な計測結果が得られなかった． ・設計と施工方法のアンバランスが発生し，意図した計測結果が得られなかった． ・担当者同士の問題意識が不統一であった． ・とりまとめを依頼したコンサルタント担当者の問題意識が希薄であった． ・計測結果とりまとめの趣旨が不明確で，処理に充当できる時間も少ない場合が多かった． ・得られた結果が当該計測箇所特有の問題を含んでいて，普遍的な知見として活用することが難しいと判断された．
今後の方策	制度上	・必要不可欠な計測項目は計測費の問題があっても理解してもらえるような体制を確立する． ・建設コスト低減と計測コスト削減の違いを明確にし，現状ある一般的な認識を改める努力をする． ・計測そのものの計画・立案は発注者が責任をもって行うとともに計測データは原則公開する．ただし，当該データを活用した者は，その知見を関係箇所に過不足なく周知する．とくに請負者にはコスト縮減や品質確保に資する知見を，学識者には主としてメカニズムの解明や現状技術に関する高度な検証に資する知見を提出してもらい，関係者間で情報を共有する．
	技術上	・計測機器の性能向上と精度向上を図る． ・計測結果を集約する仕組み(DBシステムなど)を構築する． ・「現象把握→計測結果の収集→結果の考察」といった流れがあって初めて役立つ知見が得られることを周知する． ・専属スタッフを擁する計測結果の分析体制を確立する．

表-2　他企業者によるプロジェクトの計測結果活用の必要性

必要性に関する意見	・設計仕様を確定する場合に発注者として不可欠である． ・設計・施工実績を多数積み重ねることができる発注者の場合は，計測状況が不明確な他者の結果をあてにするよりは，状況把握が容易な自らのプロジェクトで得られた結果を使用する． ・施工者が，構造物の健全度確保，周辺環境保全，施工の安全性確保を目的として必要であると考える場合もある． ・各種協議の説明に発注者として不可欠である．
必要と考える理由	・これから行われるプロジェクトにおける各種設計仕様確定のためのバックデータとして活用できる． ・これから行われるプロジェクトにおいて計測すべき事象を明確にすることができる． ・結果を活用することによって，1)計測実績を積み上げ，次期プロジェクトにおいて分析時の精度向上を図る，2)次期プロジェクトにおける計測コストの削減を図る，ことができる． ・各種協議には過去の類似の施工実績に関する説明が不可欠であり，プロジェクトの円滑な推進に大きく寄与する．
自らの計測結果の公開に関する意見	・内容を精査して公開することを基本とする．ただし，当該知見に対するオリジナリティーの主張が不可欠である． ・公開に意味があるものについては公開請求がなくとも，学協会主催の講演会概要集，論文集，業界誌，工事誌などの形で公開している． ・施工中に発生した個々のトラブルや，主だった施工時のデータは，「施工報告書」的な技術資料を竣工間際に作成し保管する． ・上記技術資料を揃えておけば，公開を希望する項目について深く探求心をもち，かつ勉強している技術者に対しては，当該資料の結果提供のみならず，当時の担当者の見解も添えて対応することが可能となる．万人に何でもすべて公開するという方針に固執する必要はない． ・計測結果を特定の営利目的で使用されないように，信頼あるデータ管理機関を通じて希望者に公開できる体制を確立して欲しい．

表-3　計測項目の選定方法と今後の方策

計測項目の選定方法	・基本的には担当者，設計者(発注者)が選定する． ・おおよその項目を担当者，設計者(発注者)が選定し，最終的には委員会形式で有識者のオーソライズを得て決定する場合もある． ・発注者・請負者合同の設計・施工研究会を開催し，計測の必要性を議論し決定する． ・施工管理(設計，解析方法の検証)以外の目的で行われている計測項目では，施工者(研究部門担当者)，計測専業者が選定することが多い．
問題点	・計測費は工事費に計上されるのが一般的である．この場合，現場で想定外の状況が発生し，当初予定の計測が困難になっても，発注者が十分なフォローアップをできないこともある． ・計測費は自主的な計測とみなされて，施工者側の技術開発枠から充当されることが多く，一般に，データの所有権は発注者に帰属する．
今後の方策	・実際の計測ボリュームは，工事規模，担当者数，発注者側責任者の認識の度合いによって決まってくるものの，「計測項目選定マニュアル」的なものは是非作成して欲しい． ・発注者は「知恵も含めて請負額」という認識を改める．

表-4　計測結果の保存状態と今後の方策

保存メディア	・過去の結果はもとより，将来の結果についても基本的には報告書(紙焼き)形式と認識している．
保存状態	・リストについては，きちんと整理されている場合とそうでない場合の両方がある． ・実物についても，保管規定で定められた期間内のものは基本的にすべてあるという場合とそうでない場合の両方がある． ・組織として破棄して良いと判断されているものでも，個人的な興味や理由で私蔵されている場合が多々あるが，この場合，第三者による活用は不可能である．
今後の方策	・生の物理量データも重要であるが，「計測結果の活用」に力点を置くならば，誰が見てもわかる「一手間」かけた報告書形式が有用である． ・技術的観点からの方策としては，1)定型的なデータの蓄積方法を確立する，2)計測結果DBシステムを構築する，などがある． ・計測結果を有効に残すためには，それそのものを単独に保管するのではなく，その分析結果もリンクさせた形にすることが望ましい． ・まとめるべき内容については，ガイドライン的なものを整備したうえで，当該業務をある程度定型的な業務形態になるような努力をする． ・イントラネットを活用したナレッジマネジメントシステムを通じて，私蔵の情報や個人的ノウハウを収集できるようにする．

表-5　これまでの計測業務における反省点

反　省　点	反省点と考えた理由
・計測結果DBシステムを構築していなかった.	・各々の結果とその解釈については報告書の一部に記載される以外は，担当者の私蔵資料や記憶にのみ残る状況である. ・度重なる人事異動によって，内容の引き継ぎ精度が甘くなる.
・計測結果をフィードバックして作成した成果があっても，その内容に至るまでの経緯まで追える場合は非常に少ない.	・そのような情報を得るためには，当時の担当者しかあてにできない.
・立坑側壁の計測を行っていなかった.	・当該結果を活用して，シールドの鏡切りのタイミングなどを把握することができ，結果的に工期の短縮を図ることができる.
・基準点の管理が曖昧であった.	・計測結果の信頼性を十分得られなかった.
・地下河川の場合，内水圧作用時の状況を把握したいが，洪水は自然現象であり，非常に高価な常時観測システムが必要となるため計測項目としなかった.	・部内でもその必要性については十分議論がなされていないが，合理的な設計荷重の設定には不可欠な計測項目と考える.

策，5)これまでの計測業務における反省点，の5項目について集約した．具体的な内容を**表-1～5**に示す．

3-3　まとめ

表-1～5の結果を踏まえ，今後の調査・計測において留意すべき事項と計測業務のあり方に関する検討結果を以下に示す．

（1）　地下施設が今現在置かれている状況を時系列で把握するには，現在に至るまでの履歴データが必要であり，それには蓄積された計測データが代々適切に継承されなければならないという認識を関係者全体で共有する必要がある．

（2）　大深度地下プロジェクトは数も少なく貴重な機会と認識し，必要と思われる計測工事については，資料性も考慮して積極的に実施できるよう検討する．

（3）　計測項目の選定を円滑化するために，選定の目安(メニュー)を作成するとともに，計測の意義あるいは計測費用負担に関する認識を明確にする．

（4）　都市部では，ボーリング調査一つとっても難しい場合があり，他者のプロジェクトで得られた知見を有効活用できるような仕組みを検討する．なお，この場合，データの解析，分析等を効果的に実施できる体制も併せて検討する．

（5）　社内データベースなど，部内で蓄積されるさまざまな検討結果や，個々のプロジェクトで得られた計測結果を有効活用することによって，今後，効率的な設計に寄与できる可能性があるものについて，公開請求可能な仕組みを検討する．

（6）　設計・施工のノウハウは，本来そのメカニズムを説明できる知見であることが望ましいが，現状では実績収集して統計化を図った資料をもってノウハウとする場合が多い．計測の目的を明確化する際には，この点に留意する必要がある．

（7）　以上のプロセスを経て蓄積された計測データを分析，整理することにより，さまざまな指針やマニュアルの整備に役立てることが可能になると考えられる．

（8）　変状については進行性の有無の判断が重要であり，そのためには構造物完成直後の初期状態を把握することが望ましい．したがって，新設構造物については，変状の進行性の有無が判断可能な初期状態の計測を実施するとともに，これらのデータを円滑に施設管理担当箇所へ継承できるように努める．

（9）　施設管理担当箇所には，施工について熟知した人材をできる限り配置するようにする．

(10)　維持管理に関する認識の高まりを受けて，構造物の健全度や劣化の進捗を各種の計測結果によって把握しようとする動きが活発になっている．しかし，既往の計測項目の多くは，そのシステムを建設当初から導入する必要があるので，後付けで同様な機能を期待できる装置や手法の開発を促進できる体制を構築する．

④　仮想プロジェクトにおける計測工事の実施体制の検討[1),3)]

本検討では，昨今の社会情勢や3章で示したヒアリング結果に見られる，計測工事に関する諸課題を解決するために，以下に詳述するシナリオと**図-1～4**に示すフローで構成される「計測工事の実施体制」なるものを提案する．

4-1　計測工事実施から計測結果活用までのフロー

4-1-1　時代背景

（1）　国内において行われてきた大規模プロジェクトにおける貴重な計測結果でさえ，適切な保存と有効活用がなされていないことが，官・学・民の共通認識として持ち上がってきた．

（2）　国内建設業の技術的なスキルアップと国際競争力アップの一つの方策として，計測工事の重要性が再認識されることとなった．

（3）　工事発注システムおよび施工体制の分業化により，現状の受発注システムでは効果的な計測と当該データの保存および活用を図ることが困難になっている現状に，多くの実務者が疑問を抱いていた．

4-1-2　大規模地下プロジェクト推進制度の提示

（1）　4-1-1の諸問題を解決するために，下記の行動指針(大規模地下プロジェクト推進制度)が大規模地下プロジェクト委員会において提示された．

【行動指針】

大規模地下プロジェクト推進制度(以下，地下プロ推進制度)を活用する工事(以下，地下プロ推進制度活用工事)は，発注前に計測計画を立案すること．必要により，大規模地下プロジェクト委員会(以下，地下プロ委員会)の承認を受けること．発注に際して，計測内容と計測項目，数量と仕様を明示すること．発注工事が，“地下プロ推進制度活用工事”であることを周知させ，計測結果の提出は「計測データ保存管理基準(案)」に従って，地下プロ委員会に行うこと．

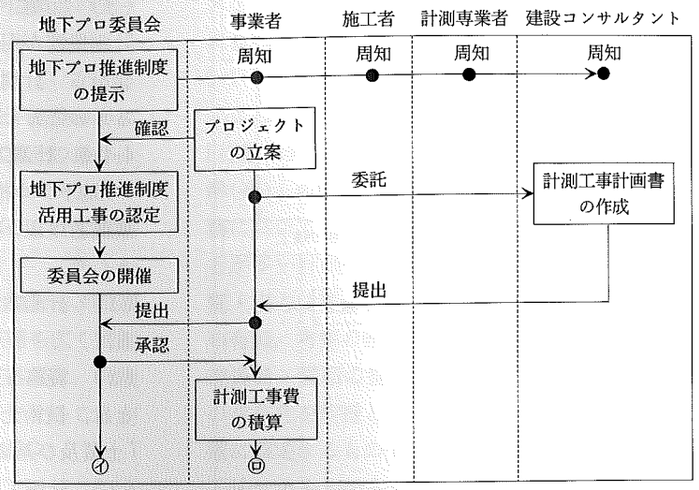


図-1　計測工事実施体制の確立に関するフロー

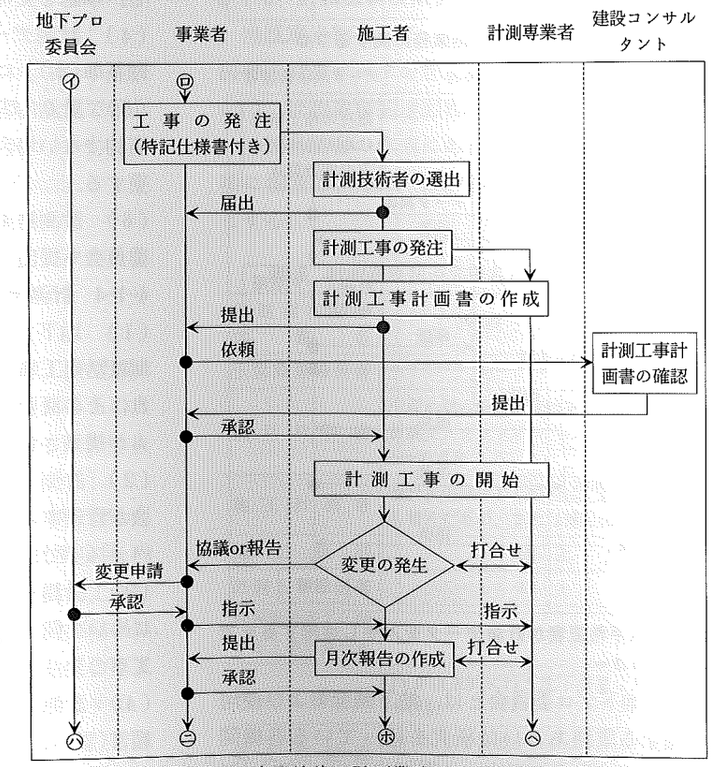


図-2　工事発注後の計測業務に関するフロー

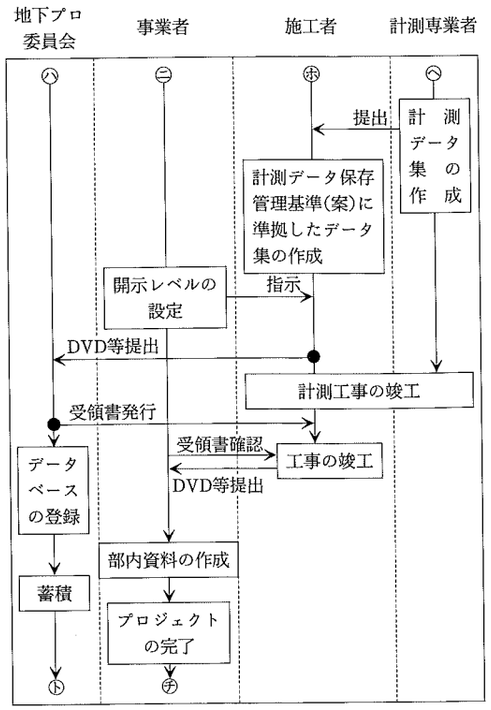


図-3 竣工前後の計測業務に関するフロー

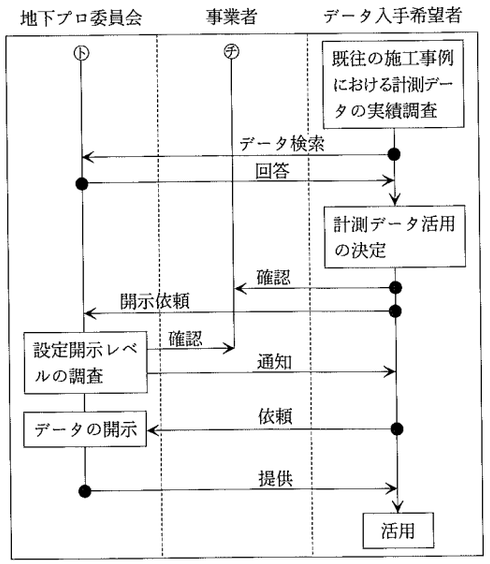


図-4 入手希望者が計測データを入手し活用するまでのフロー

(2) 地下プロ委員会とは，地下開発および使用に関する業務あるいは研究を行っている各機関(官・学・民)の有識者からなるトンネル学会(仮称)内の常設委員会で，「地下プロ推進制度活用工事」にかかわる計測業務の指導，承認，データの蓄積・登録，データの公開を委託された審査・意思決定機関とした．

(3) 「地下プロ推進制度活用工事」にかかわる計測業務が円滑に行われるように，地下プロ委員会から「計測データ保存管理基準(案)」が出されるものとした．

4-1-3 計測工事を含んだ工事発注

「地下プロ推進制度活用工事」の発注に関して，事業者は以下の事項を特記仕様書に明記するものとした．

(1) 計測内容と計測項目，数量と仕様を明示する．

(2) 資格を有する計測技術者を配置する．資格とは，技術士(総合技術監理部門および建設部門「土質及び基礎」または「トンネル」)を指す．

(3) 計測工事計画書を計測機器の設置前に提出し，承認を受ける．

(4) 計測データの提出は，「計測データ保存管理基準(案)」に従うものとする．

(5) 計測内容や方法が，工事の現状に対して現実的でない場合には，甲乙の協議により内容を変更する．

(6) 計測結果は，計測終了後速やかに地下プロ委員会へ提出し受領書を受け取る．

4-1-4 計測データの活用

(1) 地下プロ委員会において，「地下プロ推進制度活用工事」における計測データの蓄積が行われ，その概要をホームページで検索できるシステムが構築されているものとした．

(2) 計測データの入手希望者は，地下プロ委員会が管理する「地下プロ推進制度活用工事データベース」で，自由に検索を行えるものとした．

(3) 計測データの入手希望者は，希望する件名について開示依頼を地下プロ委員会に行い，当該工事の発注者へも連絡を入れることとした．

(4) 計測データの入手希望者は，データ開示依頼書(誓約書含む)に必要事項を記入し，必要費用を添えて地下プロ委員会に提出することとした．

(5) 地下プロ委員会は，計測データの入手希望者に各種のデータを収録したDVDを送ることとした．

(6) 計測データの入手希望者は，これらを活用して業務資料を作成する際に地下プロ委員会のデータを使用した旨を同資料に記すこととした．

4-2 まとめ

改築や代替新設が難しい大深度地下施設などについては，ここで説明した「工事計測」のほか，「環境調査計測」や竣工後のランニングコストの縮減や施設の長寿命化の促進を目的とした「維持管理計測」も必要であると考える．

一方，各プロジェクトにおける計測データの取得と活用は，地下開発の優位性と課題を広く周知する有力な手段とも考えられ，当該結果は，今後のプロジェクトへ何らかの形で反映させることが望ましいと考える．

⑤ 計測工事仕様書(案)の策定[1),4)]

5-1 計測工事仕様の検討

5-1-1 前提条件

計測工事仕様の検討にあたっては，3章で示したヒアリング結果を踏まえて，次の(1)～(4)を前提条件として考える．

(1) システム管理機関の設定

計測データの蓄積・登録，公開，データベースの運用管理を委託する第三者機関とする．

(2) 計測対象プロジェクトの設定

第三者機関が設定するもので，当該工事では，建設費以外に計測工事費が別途計上されるものとする．

(3) 計測工事を含んだ工事発注

計測工事費が別途計上され，計測工事を含んだ工事発注となる．発注にあたっては，計測項目，内容，数量を仕様書に明示するとともに，計測工事計画書をシステム管理機関に提出する．計測結果は，「計測データ保存管理基準(案)」に従ってとりまとめ，システム管理機関に提出するものとする．

(4) 計測データの活用

計測データの入手希望者が，①システム管理機関に蓄積された計測データの概要を同管理機関が運営する第三者検索用データベースからHP経由で検索する，②入手希望件名について同管理機関に問い合わせ，各種の手続きを経て計測データベースから当該データの提供を受ける，という流れにより実現するものとする．

5-1-2 計測工事仕様書の役割

ここでの「計測工事仕様書(案)」は，4-4-1の「行動指針」で説明した「計測データ保存管理基準(案)」の核をなす仕様書であり，現在の計測業務において，当該業務の当事者間で決定されることが多い計測仕様(測定頻度，データの書式，閲覧・出力仕様，施工状況と計測データの関連づけの有無，考察の精度，事後のデータ保存方法，関連資料・図面の整理方法や保存方法)を「データの共有化を前提とした保存と活用」の観点から明確に規定するものである．なお本調査では，開削工法によるトンネル築造工事を想定した．

5-1-3 計測工事仕様書(案)で明記される提出物

当該提出物として，本調査では，計測業務関連図書と計測データを想定した．詳細を以下に示す．

(1) 計測業務関連図書

当該各図書の作成にあたっては，表-6に示す事項に留意し，doc，pdfなどのデジタルファイルとする．

表-6 計測業務関連図書名と作成上の留意点

計測業務関連図書名	作成上の留意点
土質調査報告書	−
設計計算書	土留め壁の設計計算結果は，表-7に示す計測データファイルへの適用も考慮してcsv形式化
施工計画書	設計変更が生じた場合は，該当箇所を差し替えたもの，または補足図書を用意
施工法図	同上
計測工事計画書	同上
計測器設置工に関する工事写真一式	−
施工日報	JVが自主的に行う沈下測量などの結果も併記
実工程記録	表-7に示す計測データファイルへの記載も可能

表-7 データ書式例(傾斜計から土留め壁変位を算定する場合)

傾斜計→壁変位	計測値	・・・	計測値	換算値	・・・	換算値	予測値	・・・	予測値	計測業務関連ファイル名
単位	rad	・・・	rad	mm	・・・	mm	mm	・・・	mm	--
標高	0.0	・・・	-20.5	0.0	・・・	-20.5	0.0	・・・	-20.5	--
計測機器ID	AI-1	・・・	AI-8	AI-1	・・・	AI-8	AI-1	・・・	AI-8	--
2005/9/12 10:20	******	・・・	******	******	・・・	******	******	・・・	******	file://¥kkk平面縦断01.jpg
2005/9/13 10:20	******	・・・	******	******	・・・	******	解析ステップ外	・・・	******	file://¥kkk平面縦断02.jpg
2005/9/14 10:20	******	・・・	******	******	・・・	******	解析ステップ外	・・・	******	file://¥kkk平面縦断03.jpg
2005/9/15 10:20	******	・・・	******	******	・・・	******	******	・・・	******	file://¥kkk平面縦断04.jpg
2005/9/16 10:20	******	・・・	******	******	・・・	******	解析ステップ外	・・・	******	file://¥kkk平面縦断06.jpg
2005/9/17 10:20	******	・・・	******	******	・・・	******	******	・・・	******	file://¥kkk平面縦断07.jpg

(2) 計測データファイル

計測データファイルの書式(以下，データ書式)は，**表-7**に示すcsvを基本としたテキスト形式とする．なお，計測業務関連ファイル名は，「file://」なる文字列とともに記述する．

5-1-4 第三者検索用データベースに必要な項目

5-1-1(4)で説明した第三者検索用データベースに記載すべき事項は，①工事名称，②工事場所，③工期，④発注者，⑤施工者，⑥計測内容，⑦土留め壁［仮設または本体利用の区別，(仮設，本体利用など)，工法(RC連続壁，SMW，SPなど)，厚さ，長さ，芯材形式(H形鋼，鉄筋など)］，⑧掘削［床付け深さ，平面形状(縦×横，または内径など)］，⑨支保工［形式(切梁腹起し，グラウンドアンカー，逆巻きコンクリートなど)，段数］，⑩フリーキーワード，とする．

なお，当該項目に網羅されていない事項でありながら検索に必要と思われる事項については，フリーキーワードに含めるものとする．

5-2 計測工事仕様書(案)の試験運用

5-2-1 試験運用現場の概要

対象現場は，都道305号線に位置し，始端側の大久保通り交差点，終端側の職安通り交差点に挟まれた交通量が非常に多い区域にある．

また，当該工事は，幅員22mの道路内に開削工法で延長407m，地下4階層(一部2階層，6階層)の地下鉄駅を築造するものであり，掘削深が約37mと非常に深く，大型埋設物のほか交差する地下鉄躯体もあるなど，非常に規模が大きい．

5-2-2 試験運用現場の施工内容と施工順序

当該現場における施工内容と施工順序を**図-5**に示す．今回の試験運用は，矢印で示す範囲で行った．

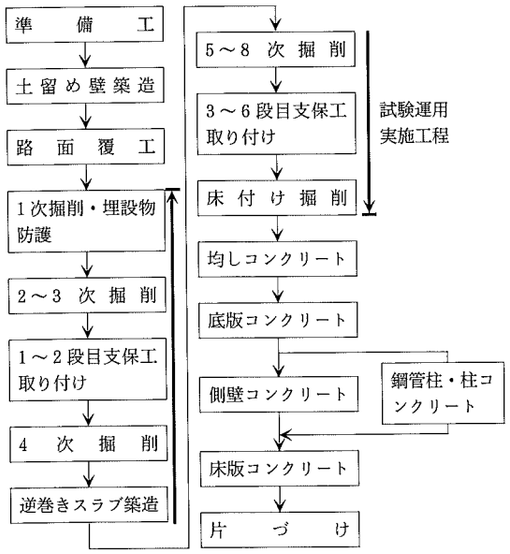


図-5 施工内容と施工順序

5-2-3 計測工事仕様の適用

(1) 計測断面および計測項目

本調査で対象とした計測断面を**図-6**に示す．計測項目は，①土留め壁芯材ひずみ，②土留め壁傾斜角，③切梁ひずみ，④地下水位(間隙水圧)，の4種類である．

ここで，①の土留め壁芯材ひずみは，土留め壁芯材応力および土留め壁の曲げモーメント・軸力に，②の土留め壁傾斜角は土留め壁変位に，③の切梁ひずみは切梁軸力に各々換算され，実務に供される．なお，今回の試験運用にあたっては，当該現場の計測管理に当初から用いられている計測項目を対象とし，新たな計測項目の提案は行わなかった．

(2) 計測業務関連図書のデジタル化

計測工事仕様に則り，計測業務関連図書は**表-8**に示すようにデジタル化して保存した．これらの

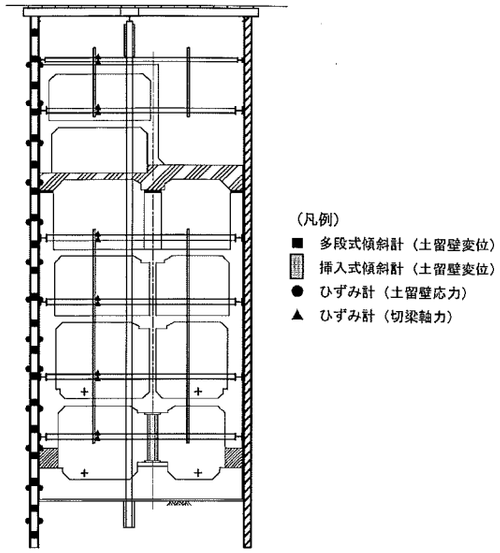


図-6 計測断面図

表-8 計測業務関連図書とファイル形式

①土質調査報告書. pdf	⑤計測工事計画書. doc
②土留壁設計計算書. pdf	⑥計測器設置工に関する工事写真. pdf
③施工計画書. pdf	⑦施工日報. pdf
④施工手順図. pdf	⑧第三者検索用データ. xls

うち，最初からデジタル化されていたものは⑤，⑥，⑧であり，これら以外の書類はすべて印刷物のイメージをスキャナでスキャンしデジタル化(pdf化)した．

(3) 計測データの構成

当該断面における計測項目は，5-2-3(1)に示した4項目であるが，計測データは，計測工事仕様に則って作成されるため，ひずみなどの生データと，その生データを用いて換算された応力，変位などの物理量が併記される．

(4) 計測データの保存に関する実態と問題点

1) 計測業務関連図書について

5-2-3(2)で説明したように，計測業務関連図書は現場において，その取り扱いの容易さから未だ印刷物で存在することが多く，今後もこの傾向は大きく変化しないと考えられる．

一般的な工業製品の製造現場では，CALSが一般化しており，建設業界においても国土交通省発注の工事などでは，竣工図書の電子化が推進されつつある．このような中，当該図書の適切な保存と有効活用を目指すならば，当該図書作成にあたり，必要な物は最初からデジタル化するという前提が必要であると考えられる．

2) 計測データについて

一般に，計測結果は現場ごとの担当計測専業者が作成する計測システムによって管理される．この際，データ書式が当該計測工事仕様と異なる場合，取得済みのデータを所定のデータ書式に合わせる作業が必要となるため，当該計測システムには任意の計測項目に関するデータをテキスト形式で出力することが可能な機能や，当該計測工事仕様で規定したデータ様式に出力することが可能な機能を用意する必要がある．

(5) 計測データの活用に関する実態と問題点

1) 計測工事仕様で規定したcsvのデータ構成に大きな問題はなかった．データシートから直接的図を作成したい場合はExcelなどにインポートし，活用する人自身が発意するデータ分析方法に則って分析作業を進めることができた．

2) 所定のデータ書式においては，列の数が多くなり，モニター一画面で表示しきれなくなるため，横方向のスクロール頻度が非常に多くなり，作業効率が著しく低下した．

したがって，計測工事仕様で規定したデータ様式の改善にあたっては，セルの幅を可能な限り小さくできるように，入力する数値の表示桁数を計測項目あるいは計測機器の精度などから十分見極め，モニター一画面で得られる情報をなるべく多くなるようにすることが重要である．

3) 今回の分析作業では，異常値と思われる数値について何ら修正(補正)を加えなかったが，これはその原因を調査し判断する時間および材料が得られなかったためである．

したがって，当該データの有効活用を念頭に置くならば，そのデータの信頼性を確保するために，その原因を正確に把握する体制や時間的余裕が必要であると考える．

4) 分布図などの作成においてはExcelの図化機

能の活用を定位とし，高機能な図化用ソフトウェアなどの使用は必要に応じて別途検討したほうが良いと考える．

5) 対象現場の計測項目については，計測(出力)頻度が1日あたり2回(8時および20時)となっていた．しかし，温度や湿度といったファクターが計測精度に影響するような計測項目については，最低でも1時間あたり1回程度の計測頻度を確保すべきと考える．

6) ある段階の掘削終了から次の段階の掘削開始までの期間が長い場合などで，当該施工段階のデータとしてどの日時のデータで代表させるか決定することが難しい場合は，地盤，地下水などの挙動や温度が安定していると判断される日時のデータを代表させると良い．

(6) 今後の課題

計測工事仕様の実現場での試験運用から得られた課題は以下のとおりである．

1) 表-6で示した計測業務関連図書のうち，施工計画書の内容は，あくまでも工事着手前の当初計画である．

したがって，工事の過程で発生する設計・施工に関する変更内容を当該図書に反映させるには，何らかの追加作業が適切に行われなければ，第三者が利用する場合の参考資料になり得ない可能性がある．

また，計測工事計画書については，本調査が前提とするようなレベルに至っていない場合も多く，データ様式の改良はもとより，計測工事そのものの意義や信頼性に関する議論が重要である．

2) そのためには，計測工事の意義あるいはノウハウというものを，かつてのベテラン技術者に対するヒアリングから把握し，ひとまとめにする作業も重要であると考える．

3) 計測工事仕様の策定の目的は，計測結果と設計計算値の比較にある．しかし，実現場では工期の短縮が重要となるため，計測断面は安全管理を行うという目的から施工が先行するところに設定される傾向にある．

したがって，本来，設計計算を行った断面で計測が実施されない場合は，変更された計測断面に対する後追い設計を行うことができれば計測データを効果的に活用できると考える．

4) 今回策定した計測工事仕様で規定したデータ書式は，実務者にも好意的に受け入れられた．ただし，現行の計測工事の体制では，データ様式がダブルスタンダードになり，データ書式の修正作業が不可欠となる．

5) 現行の体制について満足していない技術者も多々いるものの，計測工事に対する意識の差は大変大きく，個人の努力だけではよい方向に向かない．計測工事の目的と活用方法を発注者が施工者に明確に示すことが極めて重要である．

5-3 まとめ

本調査で策定した計測工事仕様を実現場に適用し，その運用結果についてはおおむね良好であった．しかし，これ以上の計測工事の実施効果を見込むためには，下記の議論が不可避であることもわかった．

(1) 計測に関する情報の収集・管理体制を抜本的に改める．

(2) プロジェクトが立ち上がった段階から計測工事の目的，意義に関する議論を十分行い，プロジェクトにかかわるすべての技術者の間で，それらの目的，意義を共有できるようにする．

(3) 計測工事計画に携わる技術者の意識の向上とスキルアップを促進する体制を早急に整備するとともに，適切な計測工事計画書の策定が円滑にできるような体制を構築する．

⑥ おわりに

本調査結果は，主として(社)地盤工学会「地下空間建設における調査計測技術とその活用に関する研究委員会(委員長：橋本正・(財)地域地盤環境研究所)」のうち「計測活用ワーキンググループ」においてとりまとめたものである．

本稿で示した計測工事のあり方や計測結果の維持管理に関する方向性については，今後の社会情勢や個々の事業特性に応じて適宜議論を深めていただき，それらにもとづいて数多くの有益な計測データの蓄積と活用が図られることを期待したい．

最後に，事業者ヒアリングにご協力いただいた，東京都第三建設事務所，帝都高速度交通営団，国土交通省江戸川工事事務所，東京電力(株)，日本鉄道建設公団(訪問順，名称は当時)ならびに計測工事仕様書(案)の実現場での試験運用にあたってご協力いただいた，東京地下鉄(株)建設部，同早稲田工事事務所，鴻池JV新宿七丁目工事事務所の関係各位に謝意を表する次第である．

参考文献

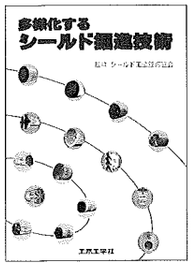
1) 地盤工学会地下空間建設における調査計測技術とその活用に関する研究委員会(第2 WG)：計測の実施体制と計測結果の活用体制，地盤工学会地下空間開発における調査・計測に関するシンポジウム発表論文集，pp.4-1-4-14，2006.5.

2) 新井・杉本・小西・五十嵐：地下空間建設における計測業務のあり方，第39回地盤工学研究発表会，pp.161-162，2004.7.

3) 新井・西田・小西：仮想の大深度地下鉄建設プロジェクトにおける計測業務の実施体制について，第40回地盤工学研究発表会，pp.129-130，2005.7.

4) 新井・佐藤・西田・粥川：現場計測データの共有化と活用を考慮した計測工仕様の確立に関する調査研究，第41回地盤工学研究発表会，pp.69-70，2006.7.

【新刊図書】



多様化するシールド掘進技術

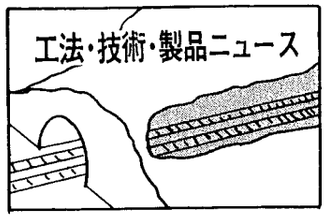
監修　シールド工法技術協会
B5判　141頁　本体価格2,500円

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

〔掲載工法〕

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

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



模擬試験機で部材の切削性能を確認

前田建設工業は，自社開発したシールドトンネルの分岐・合流部の構築技術「セグメント切削シールド工法」で改良型NOMST部材を用いた実証実験を行い，セグメントの切削性を重視した部材性能や模擬シールド(外径1,100㎜)による切削性能などを確認した．

同工法は，先行して構築されたトンネルに切削可能なセグメントを事前に配置し，後から施工するシールドが切削・貫入して分岐・合流部を築造する技術．

今後，セグメントの基本材料や分割方法，カッタビットの形状などを検討し，最適な施工法を確立していく．

セグメントの変位を無線計測

フジタは，FBS(システム開発の子会社)と共同で，シールド掘進時に生じるセグメントの動きを無線で計測する新システム「シールドセグメント・リアルタイム・ワイヤレス計測システム(SRW計測システム)」を開発し，横浜高速鉄道４号線恩田川工区土木工事で実証試験を行った．

同発信機は，充電式バッテリーを搭載した１チャンネルと４チャンネルの２種類があり，瞬間接着剤でセグメントに貼り付けるだけで，１分間に１度データを送信する．

今後，データ解析やセンサーの取り付け位置の検証を行い，シールドをはじめ，土留め，橋梁などの変位計測，法面の監視などへの適用を目指し，外販も検討する．

耐火セグメント実用化

大成建設は，耐火被覆材を必要としない道路トンネル用の耐火セグメントの実証試験を行い，セグメント製作に必要な配合や製造方法を確立し実用化した．

同セグメントは，セメントにポリプロピレン繊維(PP繊維)を混入したもので，高温に達するとPP繊維が溶け出し，コンクリートの爆裂を抑える．

従来のようにセグメント表面に耐火被覆材を貼り付ける手間が省けるだけでなく，目視点検が容易になり，耐火被覆材の剥離・剥落の心配もなくなる．

性能実験で覆工構造の安全性確認

西松建設は，大深度の大断面トンネルの分岐・合流部を非開削で合理的に施工できる「カップルバード工法」を使った覆工構造の性能実験で安全性と施工性を確認した．

同工法は，分岐・合流部で円形トンネルの外部に拡張セグメントを張り出し，本線トンネルとランプトンネル間をNATMで掘削してシールド外部の空間を広げ，拡張セグメント間を鋼殻セグメントで接合する．

今後，技術の向上を図り，大深度下の分岐・合流部の施工に有効な技術として積極的に営業していく．

補強鉄筋で地下構造物を耐震補強

大成建設は，既設の地下コンクリート構造物を効率的に耐震補強する工法を開発した．

同工法は，ドリルで構造物を削孔し，新たに開発した可塑性の高いグラウトを注入したうえで鉄筋の先端にプレートが取り付けてある「Post-Head-Bar」と称する補強鉄筋を構造物に挿入することでコンクリートに有効に定着させる．これにより，地震時のコンクリート部材のズレを抑制し，甚大な被害が生じるのを防ぐ．

小口径推進機のレンタル開始

サコスは，SHスーパー工法協会の会員である大林道路，トッケン，常磐ボーリング３社が共同開発したSHリターンアドバンス工法用泥水推進機TSMM-45のレンタルを開始した．

同機の特徴は，①あらゆる土質変化に対応，②既設マンホールなどに直接到達可能，③存置された山留め材の切断が可能，④推進機を発進立坑へ引き戻すことが可能，⑤推進時にビット交換が可能，⑥2,000㎜の円形立坑で発進可能，⑦推進距離100m，などである．

世界最大シールドで技術協力

大林組は，スペイン・マドリード市に建設中の「マドリード環状道路M30改造工事南工区バイパス南トンネル」で施工計画や土圧管理の技術支援を行った．

シールドは，世界最大となる直径15mの泥土圧式シールドで，設計・製作は三菱重工業とスペインの重工メーカー，これに両者が出資する合弁会社の３社が担当．

工事は，国内の一般的な掘削速度の２倍近い月進360mの高速施工が要求されている．同社では，掘削断面の解析技術など，泥土圧シールド工事の精度を向上させるための研究にも弾みがつき，今回の工事で培った技術を，国内のシールド工事にも取り入れていく考え．

今後，用地確保やトンネル断面，土質などの各種条件を総合的に勘案しながら，最適な方式を選択するとともに提案活動を積極的に展開していく．

連載講座

各種装置を活用した新しいトンネル検査手法(６)

—Ⅲ．トンネル覆工内部の検査手法(２)—

JTA保守管理委員会

④　電磁波探査機による二次覆工コンクリート調査(東京都交通局)

電磁波法による調査については，東京都交通局でも取り組みが進められている．目視検査によりクラックが確認できたシールド区間において，二次覆工コンクリート厚および空洞の調査を電磁波探査機により実施するというものである．

4-1　電磁波レーダー探査の概要

本調査は，「電磁波は誘電率が変化する境界で反射する」という性質を利用して，図-6のように二次覆工コンクリート厚およびセグメント内面との間の空洞状況を計測した．

電磁波は，周波数が数百MHz～数GHz，波長が数cm～１m程度で高い分解能を有しており，局部的に存在する道路における舗装下の空洞や地下埋設物あるいはトンネル覆工背面の空洞調査などに用いられている．今回の調査では，周波数350MHz，波長１cmの電磁波を使用した．

4-2　調査方法

電磁波探査は，探査機の記録部などを納めた計測ハウス，アンテナ走査アーム，アンテナ部，発電機などを保守用トロ(11t)に搭載し，保守用モーターカーでおおむね１km/hの速さで牽引して行う(図-7)．調査箇所では，走査アームを伸ばしてアンテナ部をコンクリート面に接触させる．コンクリート面に漏水処理用樋掛けなど障害物がある箇所では，その都度アームを伸縮させ回避しながら行った．なお，電磁波探査機による調査終了後，測定精度確認のために削孔調査を実施している．

4-3　電磁波探査結果と評価

本調査では，セグメントと二次覆工部には大き

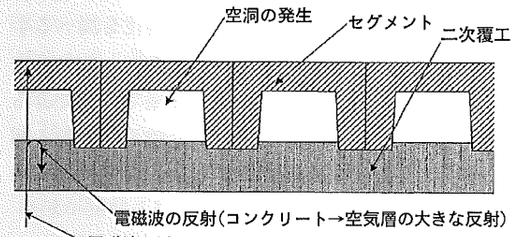


図-6　中子部分の空洞

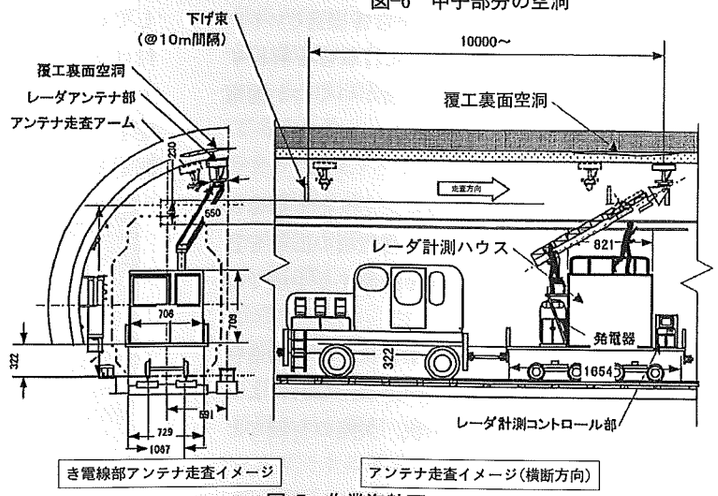


図-7　作業姿勢図

な空洞はなかったが，セグメントの中子部分には十分なコンクリート充填が行われず，大半にわたり空洞が存在することが確認されている．

本調査では，強度試験などは実施されていないが，表面亀裂の発生状況，二次覆工裏面の空洞状況，覆工厚状況を組み合わせて評価が行われている．

参　考　文　献

1) 魚本健人監修，加藤佳孝，非破壊検査研究会編著：コンクリート構造物の検査・診断，非破壊検査ガイドブック，理工図書，237p.，2003.8.

⑤　打音法による覆工内部の検査手法

トンネルの維持管理では，覆工コンクリートの剝離，剝落などの第三者被害が重要な課題であり，その性状を的確に把握する必要がある．

そのための方法として，「石橋を叩いて渡る」ということわざに示されるように，打撃音あるいは反発度によって構造物の損傷や劣化を調べる手法は古くから経験的に用いられてきた．この方法は，比較的簡便であることやその場で判定できるなどの長所があるが，検査者の経験や勘に頼る部分があり，定量的な判断や結果の記録性の面で課題が残る．

そこで，これらの課題を解決すべく，構造物を打撃したときに生じる打撃音を音響機器(マイクロフォン)により測定し得られた打撃音を解析することで定量的に評価を行う方法がいくつか提案されている．

5-1　測定原理

打音法は，測定対象であるコンクリート構造物の表面を打撃したときに生じる構造物の振動を音響機器によって測定し，欠陥を評価する手法である．

構造物を打撃したときの打撃音は，その構造物の表面振動と非常に強い相関があり，これによって対象構造物の物性値や，形状，欠陥の有無など種々の特徴が把握される．

コンクリート構造物に存在する欠陥は，トンネルを例に考えると，覆工厚が薄い，浮き・剝離，背面空洞，内部ひび割れなどが考えられる．打撃によりこれらの欠陥の表面を振動させると，振動が大きく発生する音も大きい，あるいは健全な箇所に比べて音色が低いなどの違いが表れる．これら欠陥箇所と健全箇所との音の違いを客観的に評価するために，測定波形の分析が行われる．

部材の形状が単純で，境界条件や支持条件などが明確な場合は，得られた波形のFFT解析と固有値解析の結果を固有振動数により比較し，健全性を判断できる場合がある．しかし，一般に土木構造物は，長大かつ複雑な形状であり，基礎部分など境界条件などが明確でない場合が多く，このような固有振動による健全性の評価は難しいのが現状である．

5-2　打音法による検査手法(1)

佐藤工業では，得られる打撃音の振幅に着目し，簡単なパラメータに置き換える評価方法を用いた，ハンディシステムと自動化システムが開発されている．

5-2-1　ハンディシステムの概要

装置は，**写真-5**に示すように，打撃用ハンマ(インパルスハンマ)，マイクロフォン，アンプ，A/D変換器，パソコンにて構成されている．

このシステムでは，打撃にインパルスハンマを用いることで，構造物に入力された衝撃力を把握している．また，マイクロフォンにフードを取り付けることで測定時の周囲の騒音の影響を受けにくくすることや，フード内にマイクロフォンを固定することでコンクリート面との距離を一定とし，測定条件を同じにする工夫がなされている．

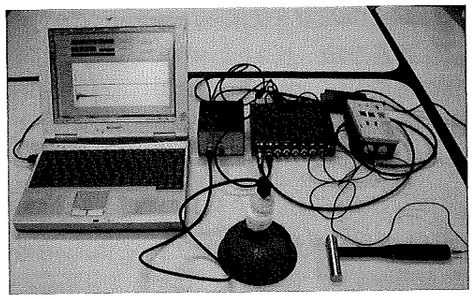


写真-5　測定システム

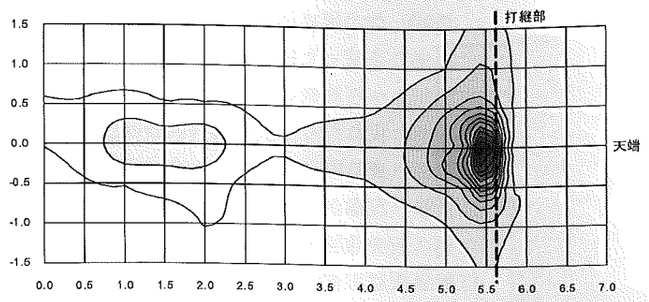


図-8　トンネル覆工面測定例

表-5　システム構成

項　目	名　称	備　考
ベースマシン	高所作業車	モバイルローラ付き
	ガイドレール	
打音測定ユニット	打撃ハンマ	
	打音測定	特殊フード付き
コントローラ	制御装置 波形分析ソフト	

5-2-2　ハンディシステムによる測定方法

トンネル覆工のような高所では，高所作業車などにより覆工面に近づき測定を行う．測定はランダムに行うのではなく，設定した測定位置や間隔で行い，打撃・打撃音を収録する．

この得られた打撃音に対して振幅に着目する方法を適用し，打撃音パラメータを算出し，覆工厚さや浮き・剝離などの評価を行う．

図-8はその例であり，振幅が大きいほどコンターの色が濃くなり，覆工厚さが薄いことを示している．

5-2-3　自動化システムの概要

打音自動化システムは，**表-5**に示す構成となっており，モバイルローラ付き高所作業車に打音測定ユニットをガイドレールとともに搭載したものである．

写真-6に示す打音測定ユニットはハンディシステムの性能(打撃・打撃音特性)と同一レベルとしている．また，2車線のうち，片側1車線のみの車線規制でシステムを稼働できる仕様・寸法となっている．

5-2-4　自動化システムによる測定方法

自動化システムでは，アーム式ロボットを用いてトンネル横断方向の1断面の測定後，トンネル軸方向に一定間隔で測定するタイプの機械や，ブームに測定ユニットを取り付け，トンネル軸方向に車両を一定速度で走行させながら測定する方式の機械が開発されている．

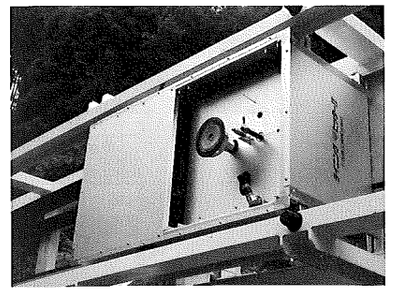


写真-6　打音測定ユニットとガイドレール

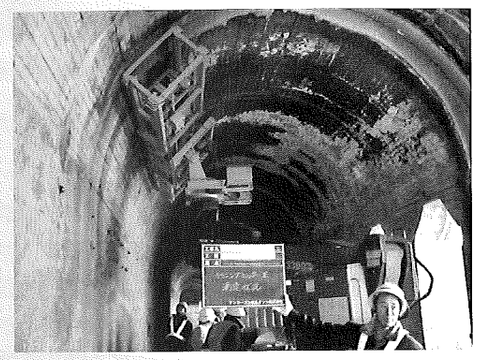


写真-7　測定状況

このシステムは，**写真-7**に示すようにトンネル延長方向の同一測線での移動測定を基本としている．測定は，打音測定ユニットがガイドレール内である測定間隔にて打撃・打撃音収録を行う機構であるため，一連のサイクルは10秒前後である．

5-2-5　測定データと判定例

本装置を用いて実施された調査結果の一例を紹介する．対象とした構造物は，新潟県の日本海沿岸に位置し，昭和29年の竣工で50年程度の年月が経過している．内空断面は，天端高さH=5.3mの馬蹄形である．覆工箇所の部材厚さは300㎜である．

図-9は測定結果である．この区間は，覆工内に設置された鋼材の錆汁が見られる箇所もあり，コンクリートの浮きが生じている．測定結果から，浮き箇所では推定厚さが薄く算定されており，そ

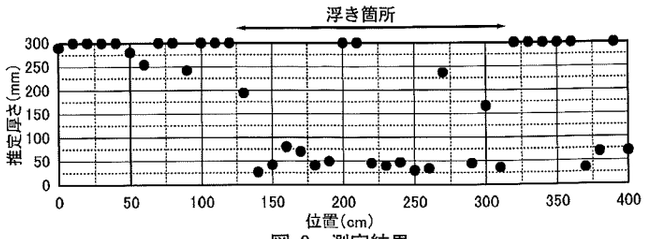


図-9 測定結果



写真-8 鉄道総研式打音検査装置

れは水平位置125～300cm程度の範囲で生じていることがわかる．浮きの深さは5cm程度であり，鋼材のかぶり深さの位置での変状が主である．それ以外の箇所は，部材厚さ300㎜とほぼ同程度となり，健全であった．

5-3 打音法による検査手法(2)

5-3-1 検査装置の概要

鉄道総研で開発された検査装置[1]は，**写真-8**に示すように，①打撃装置，②フード付きマイクロフォン，③打撃音解析装置(ノートパソコン)で構成されており，専用の打撃装置で壁面を打撃し，その打撃によって発生する壁面の振動を打撃位置近傍に押し当てたフード付きマイクロフォンで音として収録し，A/D変換したのち時間－周波数分析を行うものである．

実際の測定作業は打撃装置を壁面に押し当てフックを引くと1～2秒で判定が終了し，必要によりデータ保存を行う．1か所あたり15～20秒(3回打撃)程度で実施できる．測定要員は作業性を考えると2人が基本であるが，1人でも可能である．

5-3-2 測定原理

厚さを変えたり，内部に空洞，剝離，ジャンカなど埋め込んだコンクリート覆工模型を使った打撃実験を行い，厚さの違いが周波数の卓越パターンの違いとして現れたり，欠陥では周波数，振幅，減衰時間に健全なコンクリートと異なる現象が見られることを利用して，厚さや危険性の程度を判定する．

打撃装置は，**図-10**に示す構造にしている．壁面押し当て棒を押し込むことで，棒と連結したフックが打撃部を後方に一定距離まで引き離し，フックが開放されると打撃部が放出される仕組みである．この方法を用いることで，ほぼ一定の打撃力で打撃可能である．

フード付きマイクロフォンは，**図-11**に示す構造としている．コルク部分をコンクリート面に押しつけて収録することで，衝突によって発生する打撃装置の振動音やコンクリートとの衝突音など測定対象外の音を低減することが可能である．また，この方法によれば，厚さに対応して発生するピークを捉えることができる．

打撃音の分析には，時間-周波数分析の中で打撃音分析に実績のあるウェーブレット変換を採用

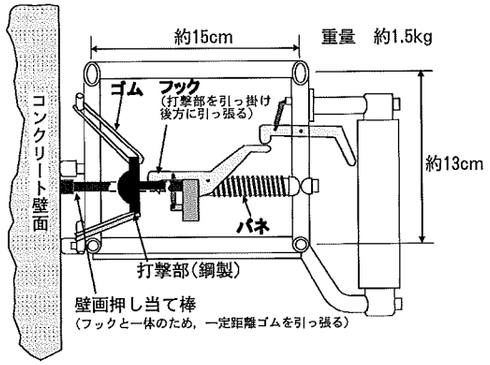


図-10 打撃装置の概略構造

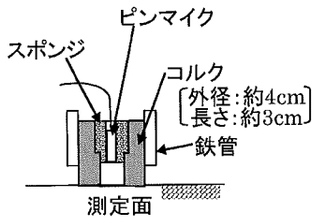


図-11 フード付きマイク

し，マザーウェーブレットとしてGabor関数を使用している．このウェーブレット変換によって得られる時間－周波数領域での卓越状況から縦波共振周波数を見出し，コンクリートの厚さを判定する考え方を提案した．また，このウェーブレット変換で得られる値の最大値を用いて，空洞やクラックなどの欠陥の程度を評価するしきい値(**表-6**)を設定した．

5-3-3 測定データと判定例

まだ実用化には至っていないため，本報告では，①シールドの二次覆工の巻き厚検査に実験的に使用された例と，②矢板工法のトンネル側壁に発生した空洞(覆工内の分離)の探査例について紹介する．

図-12は，シールドの二次覆工で覆工厚を測定した記録で，厚さ20cmと判定され，ボーリングによりコンクリート厚16cm，その背面が空洞であることが確認された．

図-13は，新幹線トンネル側壁部における，通

表-6 しきい値と判定区分

減衰時間	最大強度* 10,000以上	10,000未満5,000以上	5,000未満
20ms以上	危険度2		
20ms未満10ms以上		危険度1	
10ms未満			健全

＊最大強度：打撃音のウェーブレット変換から得られる振幅の最大値

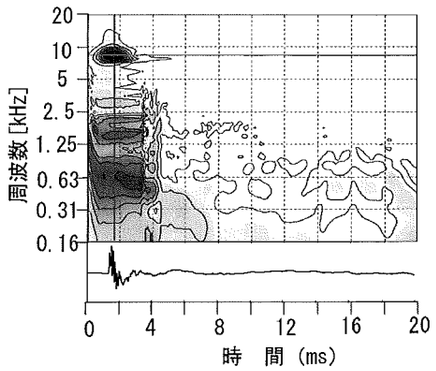


図-12 巻き厚16cmでの時間－周波数分析結果

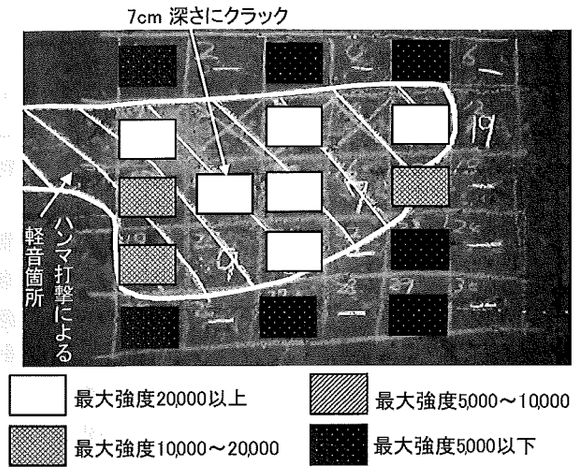


図-13 軽音箇所での最大強度分布

常の打音検査で発見された軽音箇所(斜線部)に対する空洞探査の実験結果である．各マス目中心付近で打撃した音のウェーブレット変換から得られる振幅の最大値(最大強度)を分類して示したもので，人間の耳で判断した範囲と全く同じ範囲を定量的に判別できている．なお，ボーリングにより7cmの深さにコンクリートの分離面を確認している．このほかにもいくつかの矢板工法やNATMのトンネルで実験を行い，この検査装置により厚さや空洞の有無をおおむね評価できることを確認している．

また，現在はれんが覆工の目地切れに着目した健全度判定に適用すべく研究を進めている．

5-4 今後の課題

打音検査は，赤外線法や電磁波法による検査と異なり，ハンマなどの打撃による衝撃力を検査対象面に入力する．そのため，最低限の対象面との接触は避けられず，検査の高速化や連続性が難しい面もある．

一方，超音波法や衝撃弾性波法などと比較すると，打撃音収録のマイクロフォンは非接触で測定が可能であるため，センシングの面では優れている．

このような，特徴をうまく利用することで，より高度な検査システムへと改良されてゆくものと思われる．

参 考 文 献

1) 榎本秀明・稲川敏春：覆工コンクリートを対象とした新しい打音検査手法，トンネルと地下，Vol.33, No.3, pp.53-60, 2002.3.

⑥ 小径コアによる覆工内部の検査手法

トンネルの目視観察や打音検査による点検後，その健全度を的確に判断するためには，構造体コンクリートの強度，中性化深さ，塩化物イオン量の確認が必要になる場合があり，従来は直径100㎜のコアを用いた試験が標準とされていた．

しかし，コアの採取が困難な場合や，コア採取による構造物への影響を極力軽微に留めたいという要望が強い．強度試験についてはシュミットハンマ法や非破壊試験機による方法もあるが，試験目的によっては，十分な手法とは言えない部分があり，作業性がよく，かつ精度の高い調査法の開発が望まれていた．

6-1 小径コア技術の概要

前述のような理由から，開発されたのが，小径コアによる方法である．この調査方法は，まず，骨材径の小さな建築構造物のコンクリート強度調査法として，直径20㎜程度のコアによる方法として開発されたが，土木構造物分野でもニーズがあり，骨材径の比較的大きなコンクリートでも調査可能な技術として研究を拡大し，確立されたものである．

写真-9に示すように，小径コアは通常コアに比べて非常に小さいことから，過密配筋の部材からも採取できること，構造物に与える損傷を軽微にできること，簡易な機械により容易に採取できること，コア採取跡の補修が容易であることなどの特長がある．

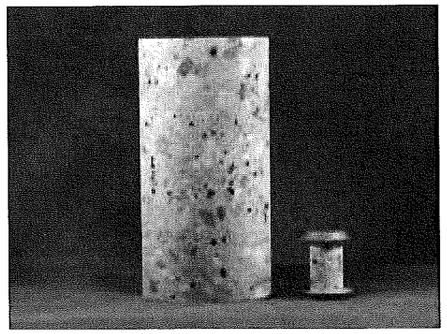


写真-9 直径100㎜のコアと小径コア

なお，本方法は，①使用骨材は普通骨材，②粗骨材最大寸法が40㎜以下のコンクリートに適用できる．通常使用する直径100㎜コア供試体とほぼ同等の精度で試験を行うことができる．

6-2 測定方法

既存コンクリート構造物から直径25㎜の小径コアをコア採取装置により採取し，それを用いて圧縮強度，塩化物イオン量，中性化深さのうちの1つ以上の項目を測定する．

6-2-1 圧縮強度の測定方法

測定可能な圧縮強度の範囲は，10～70N/㎟である．採取するコアの直径は25㎜とし，圧縮強度試験に供する供試体の高さは，直径の2倍とする．圧縮強度の推定値は，強度補正式（2N/㎟を減ずる）および異常値の棄却検定などを行って算出する．

直径100㎜コアと直径25㎜小径コアの圧縮強度の相関を**図-14**に示す．

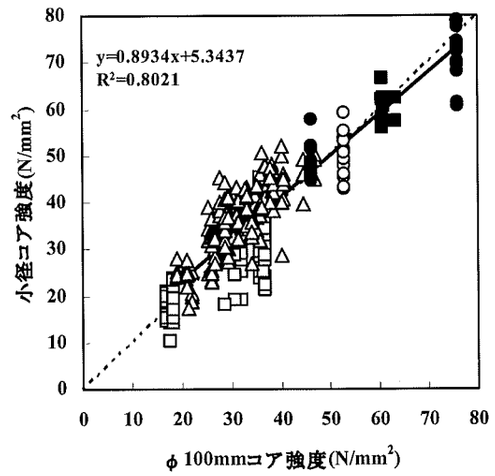


図-14 直径100㎜コアと25㎜コアの圧縮強度の相関

6-2-2 塩化物イオン量の測定方法

小径コアによる塩化物イオン量の測定手順を，**図-15**に示す．分析用の試料は，所要の分析精度が得られるよう，粗骨材最大寸法の大きさに応じて，所定の数を混合したものを用いる．塩化物イオン量の分析は，JIS A 1154「硬化コンクリート中に含まれる塩化物イオンの試験方法」に準拠して行う．

6-2-3 中性化深さの測定

中性化深さは，コア採取後，直ちに水洗いして若干乾燥した状態のときにフェノールフタレインの1％エタノール溶液をコア側面に噴霧し，呈色していない部分の長さを中性化深さとして，コア側面の5か所以上を測定する．

6-2-4 従来の測定法との比較

構造体コンクリートの圧縮強度，塩化物イオン量および中性化深さを測定する従来の方法との比較を示す．

（1） 圧縮強度を測定する場合，従来は，JIS A 1107「コンクリートからのコア及びはりの切取り方法及び強度試験方法」に準拠して，粗骨材最大寸法の3倍以上の径のコアで圧縮強度を測定する．この場合，直径100㎜コア供試体3本による推定精度と直径25㎜コア供試体6本による推定精度とは，同等の測定精度を得る．

（2） 塩化物イオン量を測定する場合従来は，JIS A 1154附属書1「硬化コンクリート中に含まれる塩化物イオン分析用試料の採取方法」に準拠し，粗骨材最大寸法の3倍以上の径のコアで塩化物イオン量を測定する．

塩化物イオン量測定試験では，図-15に示したように骨材径により，直径100㎜コアに対して小径コアの方が多くの本数が必要になり，採取は増えるが，採取断面が小さいので補修は容易である．

（3） 中性化深さを測定する場合，従来はJIS A 1152に準拠して直径100㎜のコア1本を採取し，その側面あるいは割裂面を対象として測定する．小径コアでも側面を5か所以上測定することにより，従来と同等の測定精度が得られる．

従来の測定法との比較を**表-7**に示す．

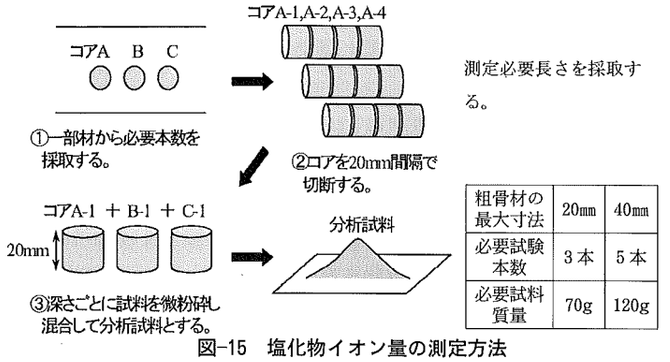


図-15 塩化物イオン量の測定方法

6-3 測定例

トンネルの通常検査（目視，打音検査）の後，ひび割れ箇所，漏水箇所を中心に，小径コアにより，覆工コンクリートの厚さ，コンクリート強度および中性化深さの測定を行った．

本調査の目的は，覆工コンクリートをコアリングすることによって，その厚さを測定するとともに，コンクリートの充填状況を把握することである．また，併せて採取したコンクリートを用いて中性化深さの測定および圧縮強度試験を行い，構造体

表-7 在来法との比較表

測定項目	従来法	ソフトコアリングC⁺
圧縮強度	粗骨材最大寸法の3倍以上の直径（100㎜）のコアを採取して強度試験（JIS A 1107）を行う．	直径25㎜のコアを採取し，圧縮強度の測定値を実験式により補正する（2N/㎟を減ずる）．
塩化物イオン量	粗骨材最大寸法の3倍以上の直径（100㎜）のコアを採取して（JIS A 1154附属書1），長さ20㎜に切断して分析試料とする．	・最大骨材寸法が20,25㎜の場合，直径25㎜のコアを採取して，長さ20㎜に切断し，それを3本混合して分析試料とする ・最大骨材寸法が40㎜の場合，直径25㎜のコアを採取して，長さ20㎜に切断し，それを5本混合して分析試料とする
中性化深さ	直径100㎜のコアを1本採取し，その側面あるいは割裂面を対象として測定する（JIS A 1152）．	直径25㎜のコアを1本採取し，その側面を対象として測定する．

表-8　調査結果一覧

位置記号		覆工コンクリート厚さ (cm)	覆工背面の空隙の厚さ (cm)	圧縮強度 (N/mm²)	密度 (g/cm³)	中性化深さ (mm)
S−3（肩）−目地から3.3m−No.1	下り	20.0以上	貫通せず	38.6	2.28	4.4
S−8−目地から1.1m−天端から1.5m−No.3	上り	11.0	10.0	32.4	2.31	17.9
S−9（肩）−目地から2.6m−No.4	上り	39.0以上	貫通せず	24.0	2.34	22.2
S−12−目地から1.8m−天端から1.4m−No.13	上り	30.0	5.5	21.2	2.32	26.8
S−14−目地から4.4m−天端から0.85m−No.5	下り	23.5	0.0	18.9	2.37	14.0
S−18（肩）−目地から7.8m−No.7	上り	39.0	0.0	19.9	2.33	27.4
S−19（肩）−目地から5.0m−No.8	下り	25.0以上	貫通せず	26.7	2.25	24.1
S−21−目地から0.5m−天端から1.5m−No.10	上り	34.0	0.0	21.2	2.29	33.5
S−23−目地から0.5m−天端から1.4m−No.11	下り	38.0以上	貫通せず	22.2	2.31	42.3
平均値				25.9	2.30	21.9
標準偏差 σ				5.9	0.04	12.6

コンクリート強度の品質を評価することである．

調査対象構造物の概要は次のとおりである．

トンネル延長：358m
幅員：7 m
建築限界：H=4.5m
縦断勾配：0.9%
二次覆工巻き厚：75，60，40cm
竣工：1964年12月（経過年数39年）

6-3-1　調査項目および試験方法

調査項目は，覆工コンクリートの厚さ，覆工背面の空隙の厚さ，コンクリートの圧縮強度および中性化深さである．

覆工コンクリートの厚さの測定は，外径34mm（内径25.5mm）のビットを用いて覆工コンクリートを貫通するまでコアリングを行い，採取したコアの長さあるいは覆工コンクリートの厚さを直接測定することによって行った．覆工背面の空隙の厚さは，コンクリート表面から地山までの距離を測定し，採取コアの長さと比較することによって評価した．

コンクリートの中性化深さおよび圧縮強度の測定は，覆工コンクリートの厚さ測定時に採取した直径25mmのコアを用いて行った．コアの採取から供試体の成形，圧縮強度試験までの手順は，参考文献1）の調査マニュアルによった．なお，圧縮強度試験は，公的試験機関である（社）建築研究振興協会で実施した．

調査結果の一覧表を表-8に示す．

6-4　小径コアの開発・利用状況

紹介した技術は，（株）錢高組・前田建設工業（株）・日本国土開発（株）の3社で共同開発したものである．

小径コアによる調査関連技術は，（独）土木研究所でも研究されており，同研究所と日本構造物診断技術協会が編著し発行した「非破壊試験を用いた土木コンクリート構造物の健全度診断マニュアル」でも紹介されている．

また，コンクリート構造物の品質調査技術は既設構造物の調査だけでなく，新設の検査にもニーズが広がっており，2002〜2004年度にかけて土木研究所との共同研究を実施している．

参考文献

1）（財）土木研究センター：建設技術審査証明報告書，小径コアによるコンクリート構造物の調査技術，「ソフトコアリングC⁺」，2003.12.

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

スイスのPorta Alpina駅が住民の大多数の賛成により現実に

スイスのGraubunden（Grisons）州で，Porta Alpina駅の夢の実現に2,000万SF（1 USドル＝1.3 SF（スイスフラン））の州税を使うことについての住民投票が2月12日に行われ，有権者の大部分である71.6%の賛成により，プロジェクトが動きだした．

Porta Alpina駅は，AlptransitのGotthardトンネルの工事用立坑と横坑を改築し，Sedrunの設備と連絡することにより，スイスアルプスの中心に位置する駅となる．

Porta Alpina駅は，深さ800mの2本の立坑の下に設置される世界最深の鉄道駅で，Sedrun盆地と延長1 kmの工事用横坑で接続する．工事用立坑と横坑はすでに設置されているため（延長56 kmのトンネルの安全避難路として利用する予定），乗降用の駅として改築するための追加費用は比較的少なく，約4,000〜5,000万SFである．

現在の計画では，4つの待合室設置と4つのプラットフォームの拡大工事を含む地下工事は，2006年中旬に行われる予定である．

州の資金提供の決定は，スイス議会がこの計画に対して750万SFの資金提供を公約したことを受けて行われた．

一見したところ，Porta Alpina駅計画は，スイスにもっとも魅力的なエリアのひとつをもたらすとても良い計画に見えるが，チューリヒから鉄道で90分以内，ミラノからたった2時間の場所にありながら，より貧しい地域のひとつを生み出すことにもなる．

この計画は，人口が徐々に減少しているこのエリアの状況を改善させ，冬はスキーリゾートへ，夏はすばらしい風景が眺められるハイキングへと，年間5万人以上の観光客をもたらすと予測されている．これにより駅の運営費用以上の税収入の増加が期待されている．

しかしながら，この計画の主要な反対勢力の一つにスイス国鉄があると報道されている．それはトンネルの中間でいくつかの列車が停車することで，高速鉄道網を最大限利用するねらいが妨げられると考えられているからである．

（T＆TC　'06.3　担当：山崎貴之・（独）鉄道・運輸機構）

セグメントの新技術　監修　小泉　淳
B5判　132頁　本体価格 2,000円

本書は「トンネルと地下」の連載講座として，過去10年間に開発され，実用化されたセグメントを中心に開発中のものも含めてアンケート調査を実施し，また，土木学会の年次学術講演会における発表状況も参考にして34件のセグメントを抽出し，同じフォーマットで紹介したものをもとに，新たに「セグメントの新技術」編纂委員会を作り，個々のセグメントに加筆，修正を加え，より充実した内容にまとめたものである．

海外文献速報

（社）日本トンネル技術協会
国際委員会

ベルギー2都市におけるAIDE（リェージュ地方下水局）の新しい下水道建設/AIDE channels new wastewater collection near two Belgian cities

By Ian Clark：Tunnelling & Trenchless Construction, July/August, 2005, pp.20–21

約3,300万ユーロに及ぶベルギー東部の下水収集の再構築事業の一環として，ムーズ川沿岸にあるLiegeとOupeye周辺に下水道用のパイプラインを敷設する必要があった．AIDE(リェージュ地方下水局)が発注者兼施工管理責任者となる．

プロジェクトの一部は，Oupeye市からWandre周辺まで3本の小口径トンネルによるパイプラインを敷設する計画である．

AIDEは，K-Boringen社を中心とする共同企業体に工事を発注した．計画では，推進工法により外径1,920㎜，内径1,600㎜のトンネルを3本(長さ250，500，630m)掘削する．

250，500mのトンネルは掘削対象がほとんど砂混じりの礫層であるが，630mのトンネルは岩盤掘削となる．この630mのトンネルが最初に完了したが，もっとも複雑で困難なトンネルとなった．トンネルはムーズ川と運河，および高速道路の下を通過する路線となる．地質担当チームは，10本のボーリング調査を実施し，モンス大学では，掘削対象岩石の強度や摩耗性といった力学・物理特性を分析することにより，岩盤掘削に対しての最適なカッタヘッドと掘進方法を提案した．

ムーズ川と運河におけるトンネル路線は土かぶり25mとなり，地質調査より破砕岩盤の存在が確認された．このような河床下における掘削は，大量の湧水を伴うことが予想された．これらより，掘削は泥水式のセミシールド工法として，面盤にはローラー形式のディスクカッタを取り付けた岩盤対応とした．さらに，本体には隔壁を持たせて圧気を加えられる構造とし，必要に応じ圧気下においてローラーディスクを交換可能とした．

この隔壁のついたセミシールドは，Herrenknecht社のAVN 1600を，レーザー測量装置としてGEO laser社のVL50を採用した．また，泥水の循環・処理装置としてはSchauenburg社のMAB150を採用した．さらに，推進時の滑材としてベントナイトを使用した．しかし，掘進時に発生する摩擦は極端に低く，滑材はほとんど使用しなかった．

この摩擦については，掘削深さおよび対象地山が岩盤となるため，K-Boringen社は掘削作業中に中押し装置が必要となると予測し，4台の中押し装置を準備したが，結局中押し装置を使用することなく掘削することに成功した．滑材の使用量もごくわずかであったこともあわせ，なぜこのような低摩擦となったかを調べてみたところ，トンネル線形が一直線であり，軌道修正は微調整をくり返すことのみにより掘削が終了したことより，摩擦がほとんど発生しなかったことが明らかとなった．

採用した推進管は長さ3.3m，外径1,920㎜の鉄筋コンクリート製(ステンレスカラー付き)である．

3月30日に掘削を開始して，約9週間後の5月31日に掘削を終了している．330mまで掘進した段階で，新しいディスカッタに交換することを決定した．地質調査時に予測したとおり，掘進中には相当量の湧水に遭遇したが，泥水の循環のみで湧水の流入に対応した．これより，切羽における圧気下作業を省くことが可能となった．岩盤掘削が成功裏に終了した後，250mと500mの掘削は本誌(T&TC)が出版されるころ掘削開始となる．掘削対象地山が岩盤から砂混じりの礫層となることより，主として礫層掘削対応の泥水式推進工法用カッタヘッドが取り付けられることになる．

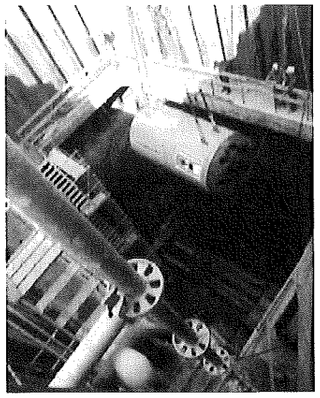


写真-1　深さ25mの立坑へのAVN1600投入状況

（文責：野間達也・(株)フジタ）

最近のトンネルおよび火災対策/Refurbishing for safe and modern tunnels

By Maurice Jones Tunnels & Tunnelling International, July, 2005, pp.34–36

今や，トンネル火災対策は国際的にも非常に大きな課題である．同時にその修復手段や対策に関する市場は活性化している．本稿はその一部を紹介するものである．

間接的防護

火災発生時のコンクリート爆裂防止策としてポリプロピレンファイバーを混入する．ファイバー混入効果によりコンクリート内の透過性を増加させ，温度上昇による爆裂圧(間隙圧)を減少させるものである．現場打ちコンクリート，プレキャストコンクリートいずれにおいても適応可能である．

火災発生時の対応

火災発生時の緊急避難路を早急に確認可能な最新型照明や標識の採用．火災発生時より最低90分はその機能が保障されている．

内面ライニング

防火ライニングパネルが開発している．これらは非可燃性で火災による中毒性ガスを放出するものではない．反射作用と異なる色彩作用によって，避難口方向を示す効果も有している．

換気ファン

防煙効果を強化した換気ファンが普及している．また，2時間400℃耐熱対応型が開発している(直径315～1,250㎜)．

ケーブル防護

各種ケーブルにも耐火コーティングが施されている．粉体と液体を混合した粘性体がコーティング材料として採用されており，その厚さはおおむね2㎜程度である．

安全性設計と人々の挙動

コンピュータを用いた火災発生時3-D歩行者避難シミュレーションソフトが開発され，年々，その精度がグレードアップしている．最近では，世界中のトンネルプロジェクトに広く採用されている．

火煙遮断板

火煙遮断板は，火災による構造物へのダメージを軽減する目的で使用される．構造物表面に接着させるもので，圧縮・引張りに対しても十分な耐力を有している．本体そのものは1,350℃の高温まで耐え得る仕様となっている．

信号と制御

インターネットデータ通信による火災発生時の安全確保システムが普及しており，列車走行データなどと連動しながら，情報交換を早急に行うものである．

モニタリング

リアルタイムに火災状況を探知するためのモニタリング技術である．最大の安全を確保すると同時に，被災状況を最小にとどめることを目的としている．

伝達手段

無線放送を用いて，緊急時にドライバーへの非難手段を伝達するとともに消防や警察機関へ早急に情報を提供するシステムが整備され，携帯電話からの回線が常時確実な環境整備も実施している．

防護吹付け

構造物の損傷を軽減することを目的とした耐熱性吹付けモルタルも考案されている．

換気設備関係

換気ファンを主とするその他の関連設備においても，少なくとも1時間以上は高温環境下でも機能する仕様が要求されている．

（文責：山口　英・五洋建設(株)）

社団法人 日本トンネル技術協会 会報

1. 会員の現状

	6月25日現在	7月25日現在
正会員	2,222名	2,222名
団体会員	338名	338名
個人会員	1,884名	1,884名
名誉会員	1名	1名
計	2,223名	2,223名

2. 委員会の開催状況（7月1日～31日）

①調査研究関係委員会

◎技術委員会

支保WG打合せ会：7/4(服部修一主査ほか6名)作業方針を検討

都市トンネル小委員会Q＆A施工WG：7/18（中島泰彦主査ほか22名)原稿を検討

◎飯山トンネル他特別委員会：7/19，20(足立紀尚委員長ほか58名)現地視察，設計施工法を検討

同　幹事会：7/4(岡田勝也幹事長ほか33名)設計施工法を検討

◎北海道新幹線トンネル特別委員会：7/27，28(三上隆委員長ほか28名)現地視察，設計施工法を検討

計　5回開催　152名出席

②運営広報関係委員会

◎総務委員会

広報小委員会

会誌WG：7/3（大島洋志主査ほか13名）8月号の会誌と3か月計画を検討

◎国際委員会

ITA総括WG：7/25（福本勝司主査ほか9名)ITA理事会報告ほか

海外文献小委員会

海外文献紹介WG：7/5(大久保誠介幹事長ほか19名)海外文献を査読

海外ニュースWG：7/18（平澤泰作主査ほか8名）海外ニュースを査読

◎事業委員会

同　打合せ会：7/10(秋本幸久委員ほか4名)講演会開催課題を検討

計　5回開催　58名出席

合計　10回開催　210名出席

3. 国際会議の開催予定

会議名	開催日	場所	主催者等
第1回国際シンポジウム「都市部における地下空間の利用」	2006. 11. 6～7	シャルムエルシェイク（エジプト）	Egyptian Tunnelling Society エジプトトンネル学会 http://www.egyts.com/
第4回アジア岩盤力学シンポジウム「都市部における地下空間利用」	2006. 11. 8～10	シンガポール（シンガポール）	International Society for Rock Mechanics (ISRM) and the Tunnelling and Underground Construction Society of Singapore(TUCSS) 国際岩盤力学協会 シンガポール地下建設協会 http://www.arms2006.org/
第12回中国土木学会年次会議，第14回トンネル工学会年次会議「トンネルおよび地下建設のための最新の理論と実践」	2006. 11. 9～11	上海（中国）	China Civil Engineering Society, Institute of Tunnel and Underground Engineering 中国土木学会 トンネル工学会 http://www.cces.net.cn
第33回ITA総会およびコングレス「地下空間：巨大都市の4次元利用」	2007. 5. 5～10	**プラハ（チェコ共和国）**	Czech Tunnelling Committee International Tunnelling Association チェコトンネル協会 国際トンネル協会 http://www.wtc2007.org
第34回ITA総会およびコングレス「より良い環境と安全のための地下空間を目指して」	2008. 9. 22～27	**ニューデリー（インド）**	CBIP International Tunnelling Association 灌漑・水力中央委員会 国際トンネル委員会(ITA) http://www.cpib.org

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

4. 平成18年度催物開催現況

催物名	開催日	人数	場所
（見学会）			
大阪市地下鉄現場研修会	2006. 4. 17	16	大阪府
横浜市地下鉄現場研修会	2006. 5. 30	28	神奈川県
東京地下鉄13号線現場研修会	2006. 6. 2	24	東京都
首都高速新宿線現場研修会	2006. 6. 20	25	東京都
名古屋地区高速道路現場研修会	2006. 8. 25	25	愛知県
北関東自動車道蓮田トンネル現場研修会	**2006. 9. 8**	**25**	**茨城県**
東京地下鉄13号線現場研修会(南池袋工区)	**2006. 9. 15**	**25**	**東京都**
京都高速道路伏見工区トンネル現場研修会	**2006. 10. 20**	**25**	**京都府**
（発表会）			
第58回(山岳)「最近注目されるトンネル工事」	**2006. 11. 29**	**150**	**東京都**
第59回(都市)「密集した市街地におけるトンネル工事」	**2006. 11. 30**	**150**	**東京都**
（講演，講習会）			
第9回トンネル技術ステップアップ研修会(山岳部門)	**2006. 9. 28, 29**	**30**	**青森県；下記参照**
第8回トンネル技術ステップアップ研修会(シールド部門)	**2006. 11. 1, 2**	**30**	**東京都**
（講演，講習会）			
第6回モグラ研究会	2006. 8. 28	12	東京都

第9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，トンネル技術者の技術力向上を目的とし，併せて若い技術者同士の交流の機会を提供する場として第9回トンネル技術ステップアップ研修会「山岳部門」を下記のとおり開催することといたしました．

研修はトンネル経験5～10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くださいますようご案内申し上げます．

なお，本研修会は(社)土木学会のCPDプログラムに認定(CPD：10.3)されているほか，土木学会トンネル工学委員会後援事業でもありますことを申し添えます．

建設現場概況

発注者	(独)鉄道・運輸機構鉄道建設本部東北新幹線建設局	
見学箇所	東北新幹線　高館トンネル	東北新幹線　館野トンネル
施工者	戸田・佐伯・森・畑中JV	前田・大本・伊藤・東北JV
概要	地形は丘陵地帯で，国道下で交差し天端が突出する沢部を通過． 地質は含水未固結砂質土． 延長1,280m 平均7m程度の土かぶりをNATM機械掘削によるショートベンチ工法で，地下水低下などの補助工法を検討	延長780m　土かぶり2～12m． 地質はトンネル上部は高館・天狗岱火山灰層，下部は高館段丘構成層，野辺地層． 湧水対策としてディープウエルを施工． 補助工法は鋼管鋼矢板先受け工を行う． 県道下部を土かぶり3mで通過．

開　催　日：平成18年９月28日(木)，29日(金)

研 修 内 容：

第１日目(９/28)

13：00　東北新幹線「八戸」駅改札前集合，バスにて移動
（参考：東京９：56～八戸12：59　はやて13号）
13：20　八戸建設所着，工事概要説明，着替え(各自持参)
14：00　建設所出発
14：30　高館トンネル現場事務所着，工事状況説明，ヘルメット・長靴貸与，現場見学
15：10　質疑応答，ヘルメット・長靴返却
15：30　現場事務所出発
15：50　館野トンネル現場事務所着，工事状況説明，ヘルメット・長靴貸与，現場見学
16：30　質疑応答，ヘルメット・長靴返却
16：50　現場事務所出発
17：30　宿舎着(八戸市内)，懇親・宿泊

第２日目(９/29)

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総務部次長　木谷日出男
10：40　覆工・インバート
飛島建設(株)土木本部環境・リニューアルグループトンネルリニューアル担当課長　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課長　中北　昭浩
12：20　昼　食
13：00　補助工法　前田建設工業(株)盛岡北山トンネル作業所長　櫻井　孝臣
13：50　TBM　大成建設(株)土木本部土木技術部部長　領家　邦泰
14：40　新技術の動向　中日本高速道路(株)中央研究所道路研究部土木研究室長　大窪　克己
15：00　低土かぶり区間のNATM施工＆SENS工法
(独)鉄道・運輸機構鉄道建設本部東北新幹線建設局工事第二部工事第三課長　佐伯　則幸
15：20　質疑応答
15：50　修了証書授与，同所解散
（参考：八戸16：56～東京20：08　はやて28号）

定　　員：30名

参　加　費：会員58,000円，一般65,000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し込み書に記載のうえ，FAXをもってお申し込み下さい(複数の場合は申し込み書を複写願います)．電話での申し込みは受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，下記にお振り込み願います．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．
②9/28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，作業着は各自持参してください．
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．
下記申し込みに係わる個人情報につきましては，他に利用するものではありません．

第９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．					

10月号予告[10月１日発売予定]

●循環型地下水制御工法の開発
●初期高強度吹付けを用いたNATM新支保パターンにおける計測結果と考察
●チャンネルトンネルレールリンク220工区(イギリス)
●東京都下水道　第２十二社幹線
【連載講座】
●都市トンネル工事の計測(最終回)
●各種装置を活用した新しいトンネル検査手法(最終回)

＊内容等は変更になる場合がございます

編集後記

◆７月の豪雨は，気象庁から「平成18年７月豪雨」と命名された．平成に入って「豪雨」と命名されたものに「平成16年７月福井豪雨」,「平成16年７月新潟，福島豪雨」がある．いずれの時期も７月中旬に梅雨前線が活発になって引き起こされたものである．平成16年の豪雨は，１～２日間程度であったが，今回の豪雨は約１週間も続き，九州から甲信越にかけて河川の氾濫，土石流，斜面崩壊，道路の陥没，浸水害などの大きな被害をもたらし，各地で雨量の記録を塗り替えた．
◆今後，台風や秋雨前線の活動する時期ですが，平成16年のときもかなりの台風被害がでています．また，この年の10月に発生した新潟県中越地震はまだ記憶にあたらしいところです．無事に平成18年が終わってくれることを祈ります．
◆原油高の長期化とさらなる高騰で，とうとうガソリンスタンドの看板もハイオク150円台/ℓ，レギュラー140円台/ℓ，軽油110円台/ℓとなり，軽油も三桁の時代になってしまった．資源輸入国のわが国では，原油高騰の影響が多方面に広がっており，これからあらゆる単価が上がってくるのではないかと懸念されている．
◆中国や韓国との領土問題が解決していないが，一説によれば，東シナ海にはかなりの量の天然ガスや石油などが埋蔵されているとか．また，次世代のエネルギーとして注目されている海底下500m以深にねむる「メタンハイドレード」も日本近海にはかなりの量があるとされている．「燃える氷」ともいわれ，採掘方法や環境への問題などを研究中であり，実用化できれば，資源輸入国から輸出国へと代わるかもしれないと期待されている．

(K.Y)

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

トンネルと地下
第37巻 第９号〔通巻433号〕
ISSN 0285-631X
Tonneru to chika
平成18年８月20日　印刷
平成18年９月１日　発行

社団法人日本トンネル技術協会
会長　小森　博
〒104-0041　東京都中央区新富２丁目14番７号(新光第一ビル)
TEL：03-3553-6174
FAX：03-3553-6145
http://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

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