

トンネルと地下 12

vol. 37
no. 12
2006

Tunnels and Underground

大規模地すべり脆弱部を2重支保で突破
特殊セグメントを用いた地下鉄換気塔
工期を大幅に短縮したインドの地下発電所掘削
現場測定結果と模型実験にもとづく地下鉄振動に関する考察
線路下横断工事における安全性向上の取り組み

日本トンネル技術協会誌

三菱重工

2004
《大断面SENSI工法シールド》
東北新幹線二本木橋トンネル
工事の建設で活躍

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

1993
《世界最大級の泥水式シールド》
東京湾横断道路工事で活躍

1989
英仏海峡トンネルT-5工区貫通式
完成にわく関係者たち

1939
《日本最初の本格的シールド》
関門トンネル工事で活躍

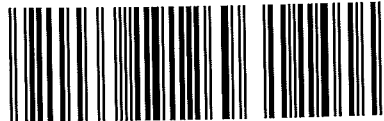
トンネル開発技術に 60余年のヒストリー。

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



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

定価 1,575円 雑誌06619-12
本体価格1,500円



4910066191269
01500



世界に誇る日本のNATMトンネル

信頼の品質

安全性・経済性・高品質

デンカナトミック

吹付けコンクリート用急結剤

一般吹付け・高品質吹付け デンカナトミックTYPE-5

- ・NATMトンネル万能タイプ
- ・信頼の実績
- ・優れた急結性
- ・確かな初期強度、長期強度発現性
- ・湧水に強い
- ・付着性が大きく、跳ね返りが少ない

高強度吹付け デンカナトミックTYPE-10

- ・安定した初期強度・長期強度発現性
- ・付着性が大きく、跳ね返りが少ない

瞬結吹付け・初期高強度吹付け デンカナトミックTYPE-10S デンカΣショットS

- ・脅威の初期強度発現性(10分-3N/mm²)
- ・優れた長期強度発現性
- ・急結剤による強度低下がない
- ・付着性が大きく、跳ね返りが少ない

優れた低粉じん吹付け

《デンカスラリーショット》

デンカナトミックUS-32 デンカナトミックUS-50

《デンカスーパースラリーショット》

デンカナトミックUSS デンカナトミックLSA

- ・安定した低粉じん吹付けが可能
- ・確かな初期強度、長期強度発現性
- ・湧水、低温に強い
- ・付着性が大きく、跳ね返りが少ない

◆トンネル関連製品

- ・FTN-30…吹付けコンクリート用高性能減水剤
- ・デンカライフセッター…吹付けコンクリート用凝結調整剤
- ・デンカクリアップ…吹付けコンクリート用粉じん低減剤
- ・デンカPFモルタル、PFモルタルTYPE-K…小断面・TBM用吹付けモルタル
- ・デンカES/ES-L…無公害なセメント系土質安定用急硬材
- ・デンカコロイダルセメント/コロイダルスーパー…微粒子、超微粒子セメント
- ・デンカPモル…注入式ロックボルト定着材
- ・デンカCG-1000、CG-2000…可塑性モルタル用混和材
- ・デンカパワーCSAタイプS/タイプR…コンクリート用膨張材
- ・デンカハードロックⅡ…アクリル系接着剤(ひび割れ注入、シート接着)

DENKA

電気化学工業株式会社

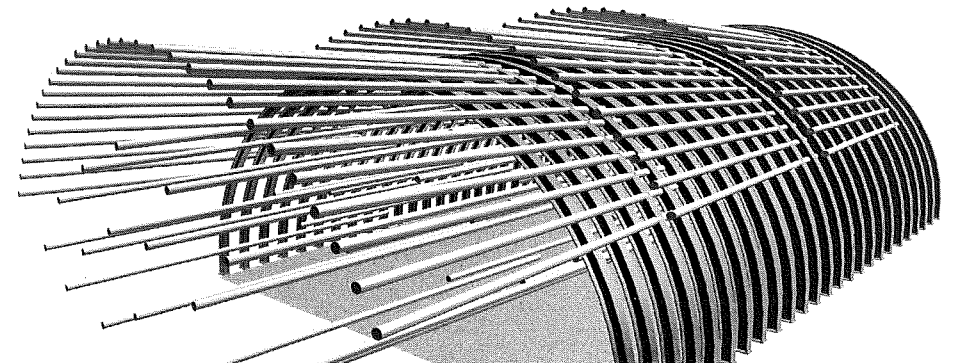
特殊混和材事業部
東京都中央区日本橋室町2-1-1
電話 03-5290-5558

全方位 GFRP 管長尺補強システム

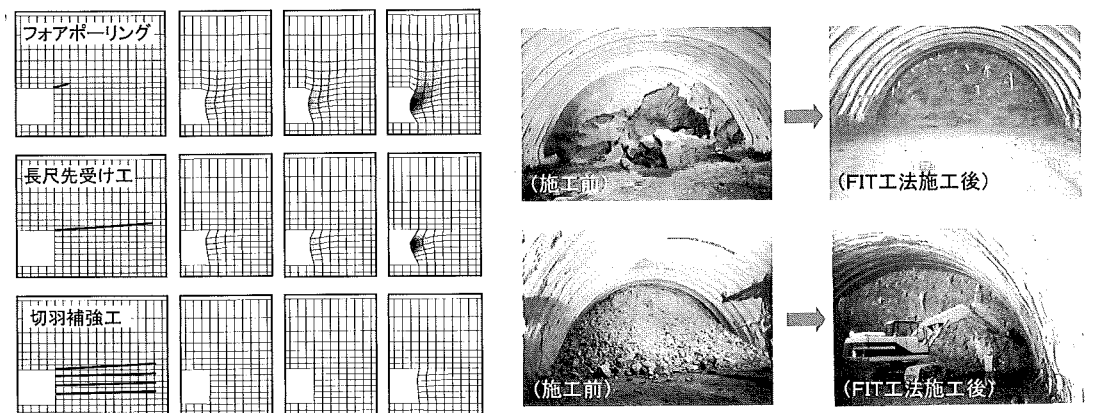
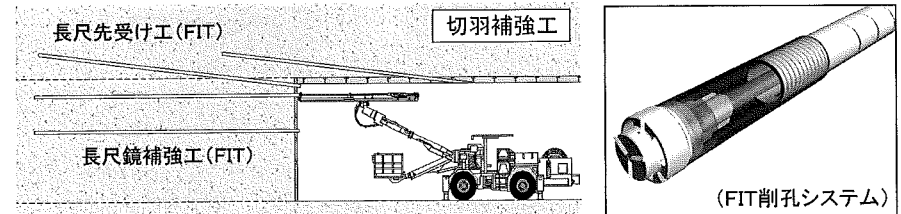
NETIS登録
(No. CB-030065)
施工実績 150 件以上

FIT 工法

FRP INJECTION TUBE



最も効果的な「掘削断面内からの切羽前方地山補強」



(数値解析による切羽補強効果の検証例)

KFC 株式会社 ケー・エフ・シー

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

ホームページ <http://www.kfc-net.co.jp/>

高品質・SEC・高強度対応型 吹付プラント

全自動式 バッチャプラント

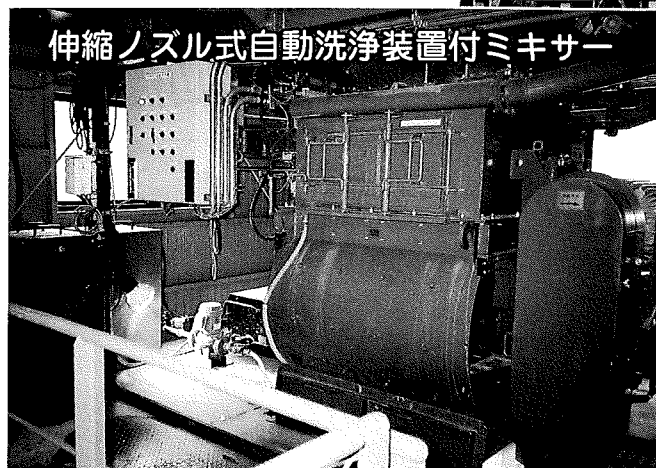
吹付コンクリート用

自動スランプ調整装置

バッチャプラントの水分補正は
名岐の自動スランプに
おまかせ下さい。



オペレーターのいない
全自動式バッチャプラント



伸縮ノズル式自動洗浄装置付ミキサー

■ MKS-500KBE-TME型

生コン洗浄水処理装置

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

**長工期
トンネルに適し
人件費の
大幅削減!**

ミキサー洗浄水

トラミキ洗浄水

リサイクル

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(代)
FAX (0584) 35-3736

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

拡大された能力。 継続的なお客さまへの コミットメント。



www.oricaminingservices.com

オリカ・マイニング・サービス
——産業爆薬、起爆システムおよ
び高度な爆破ソリューションの
世界的リーダー企業。

オリカは、ダイノ・ノーベルのアジア、
中南米、欧州、中東およびアフリカ事業
を買収しました。当社は、お客さまとの
関係の維持、ならびに統合プロセス全般
における滞りのない移行の実現に努めて
います。

当社は、オリカとダイノ・ノーベルの
最良部分を活用し、お客さまの最終利益
拡大をお手伝いいたします。

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

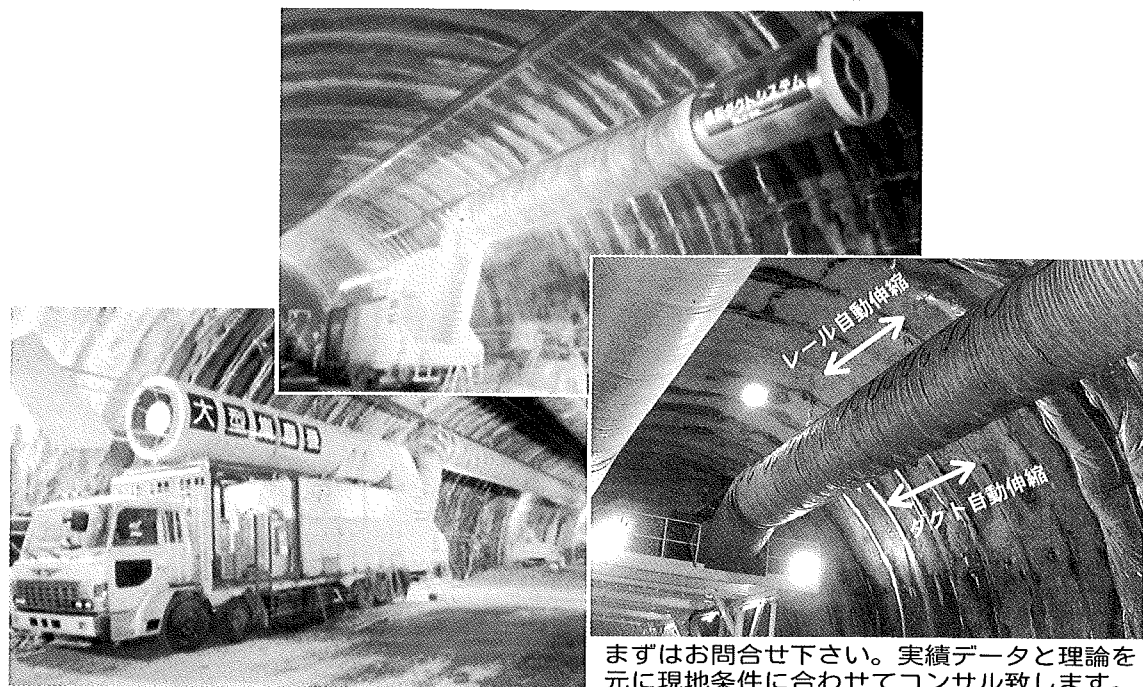
オリカは、鉱業および建設業界、
ならびに当社のお客さまへの
コミットメントをお約束します。

オリカジャパン株式会社
〒105-0001
東京都港区虎ノ門3丁目7-11
虎ノ門三須ビル7階
Tel: 03 5777 4681 Fax: 03 5777 4682



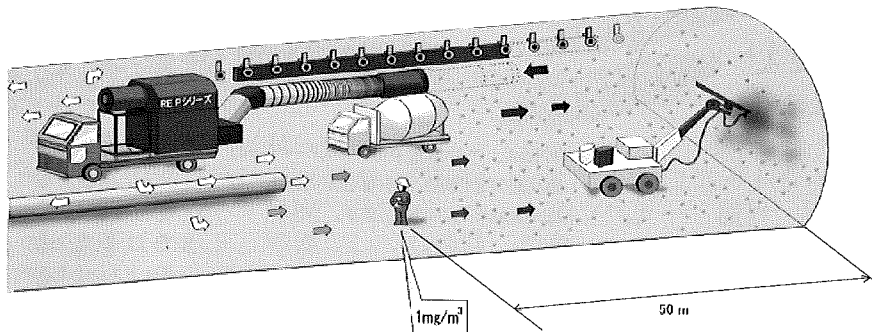
吸引ダクトシステム

ガイドラインをクリア(*) $0.5\text{mg}/\text{m}^3$ 達成!!



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

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

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

本社 / 〒108-0073 東京都港区三田 3-4-2 プロフィットリンク聖坂
TEL: 03 (3452) 7400 (代) FAX: 03 (3452) 5370
つくば / 〒308-0114 茨城県筑西市花田84-6
リースセンター TEL: 0296 (37) 7680 (代) FAX: 0296 (37) 7681

超低騒音・二軸反転ファン エアロ★MAX アリエル

あゆみ、静かなアリエルです



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

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

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

本社 / 〒108-0073 東京都港区三田 3-4-2 プロフィットリンク聖坂
TEL: 03 (3452) 7400 (代) FAX: 03 (3452) 5370
つくば / 〒308-0114 茨城県筑西市花田84-6

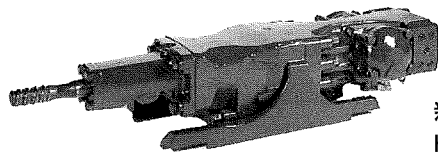
リースセンター TEL: 0296 (37) 7680 (代) FAX: 0296 (37) 7681

TOYO

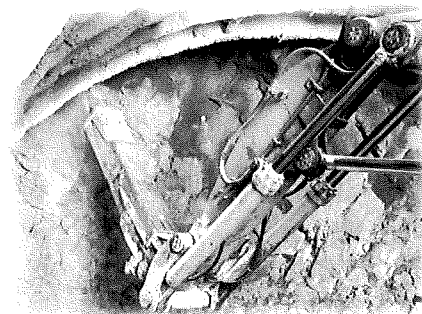
SANDVIK



サンドビクトーヨーは、高速さく孔と作業環境改善の実現をお約束します

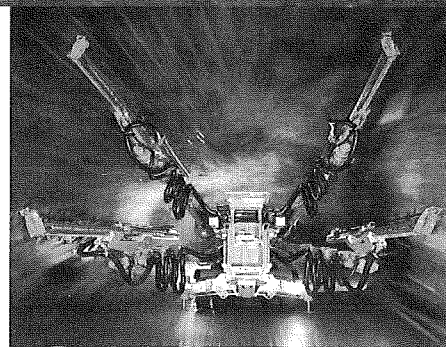


新型高性能ドリフター
HLX5



サンドビクトーヨー 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>

NEW F-Sボルト

—長尺鋼管注入式鏡ボルト—

掘削後の廃棄物処理
が簡単でスムーズ!



F-Sボルト工法
長尺鋼管注入式鏡ボルト

- 1. 低価格
- 1. 簡単施工
- 1. 超長尺施工
- 1. 産業廃棄物軽減

fujimori

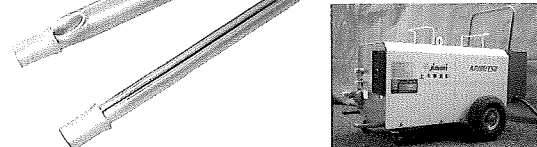
NETIS
No.KK-050087



RPEロックボルト

—ZAM高耐食ボルト—

NETIS申請中



FKパネル

—トンネル内面補強—

NETIS
No.CB-050021



AGF工法

—補助工法金網—

NETIS
No.KT-000107



防水シート

—NATMシート—



S&Kバーメッシュ

—ユニット化鉄筋—

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>

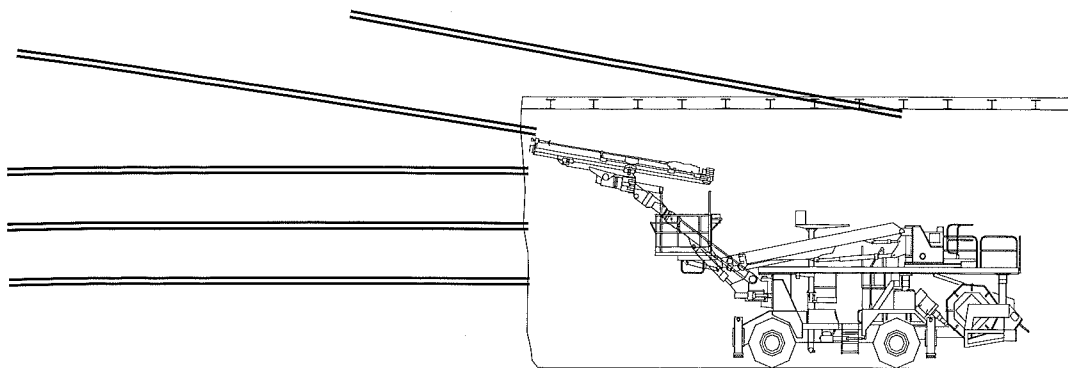
- | | | | |
|----------|--------------------|--------------------|---------|
| - 東京本社 | TEL : 03-5789-2384 | FAX : 03-5447-2073 | 担当 : 平山 |
| - 大阪支店 | TEL : 06-6228-3864 | FAX : 06-6228-3886 | 担当 : 南川 |
| - 北海道営業所 | TEL : 011-222-4171 | FAX : 011-221-1370 | 担当 : 大黒 |
| - 東北営業所 | TEL : 022-263-1591 | 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 |

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。



対策!

「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碎帯に注入することにより、高強度の複合シリカレジン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

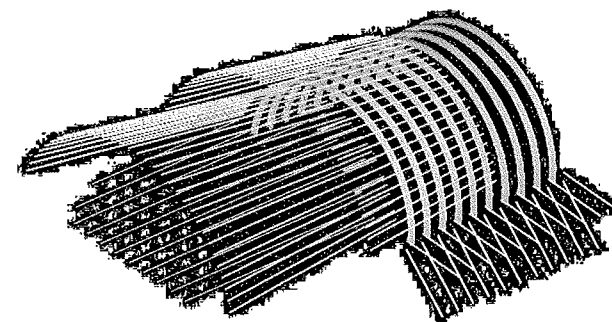
AGF工法

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

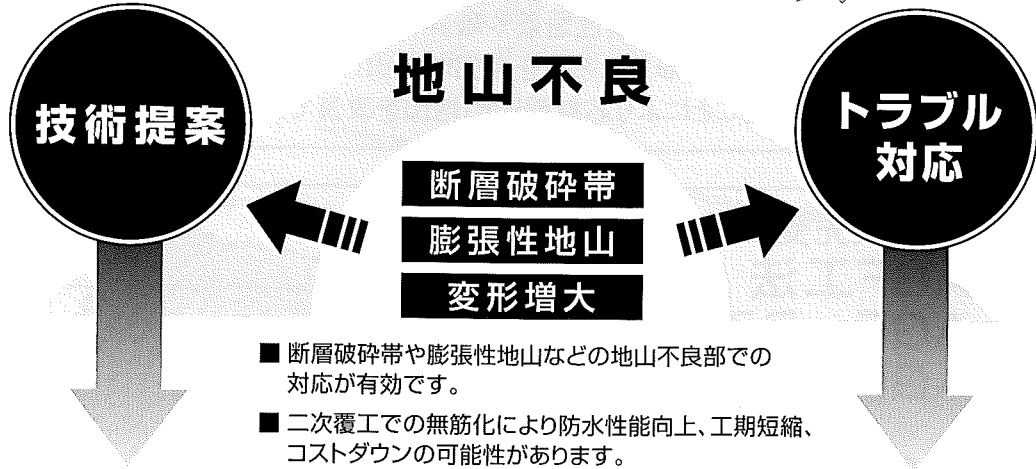
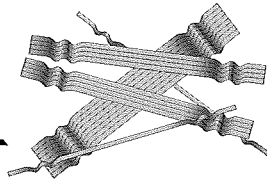
北海道地区 〒003-0011 札幌市白石区中央1条5丁目8番2号
株式会社イー・アール・オー TEL 011-821-5868 FAX 011-821-6644

BRIDGESTONE

厳しい条件下の施工に迅速な対応・信頼のブランド

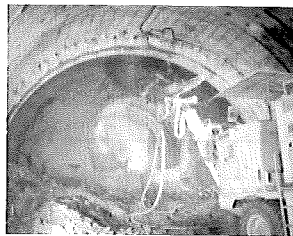
コンクリートをより強く、よりしなやかに。

タフグリップ コンクリート補強用鋼繊維



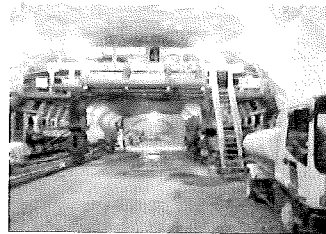
一次吹付

- 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

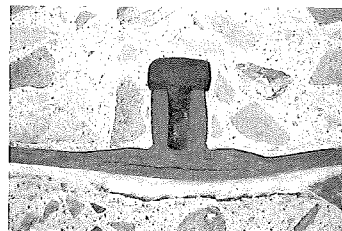
- 内空変位増大対策
- 無筋化
- 剥離・剥落防止



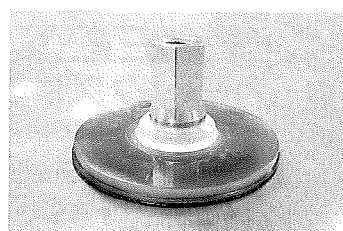
防水への信頼性・施行性の向上へ

ナトミックシート トンネル用防水シート

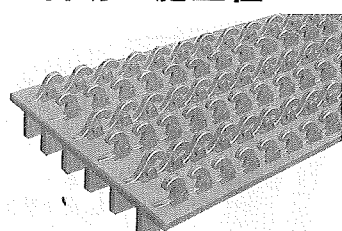
- 高い防水性
- 豊富な品揃え
- 容易な施工性



ウォーターバリア



吊鉄筋金具



クイックバー

株式会社ブリヂストン

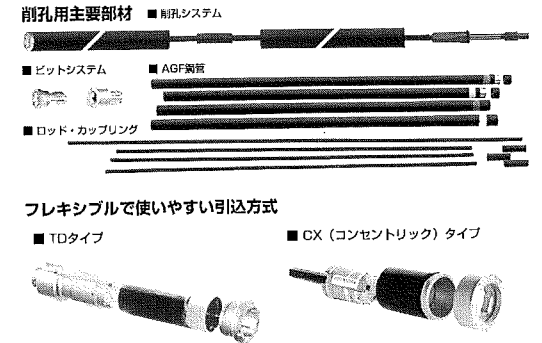
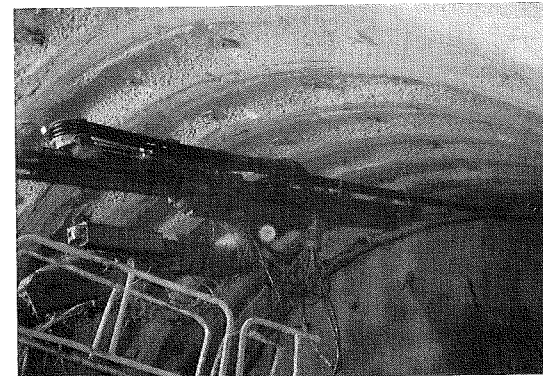
土木・建築資材販売促進第2部
東京都中央区八重洲1-6-6 〒103-0028
TEL. (03) 5202-6872 FAX. (03) 5202-6874

TFT のトンネル資材

▼ **AGF工法**

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

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

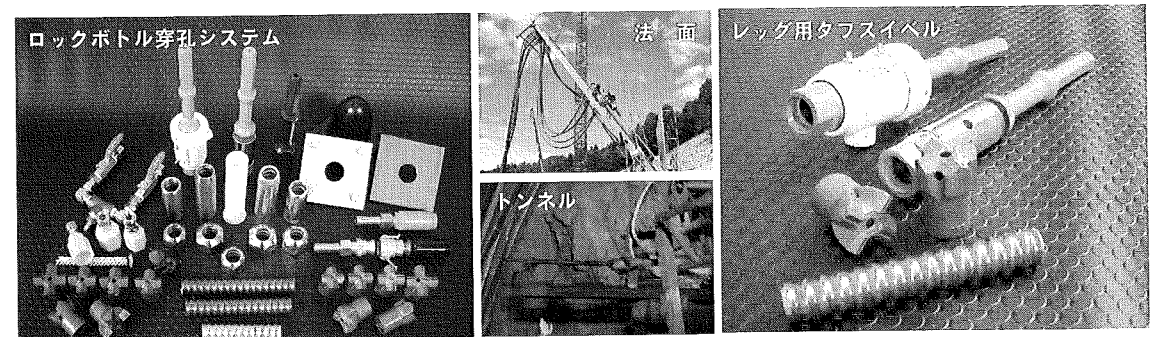


▼ **タフボルト (自穿孔ロックボルト)**

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

また削孔ビットもφ45～φ65mmと広く準備されています。

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



TFT 株式会社 **ティーエフティー**

Tube Forming & Technological

〒220-0051 神奈川県横浜市西区中央1丁目29番16-201号

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

吹付けコンクリートシステム



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

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

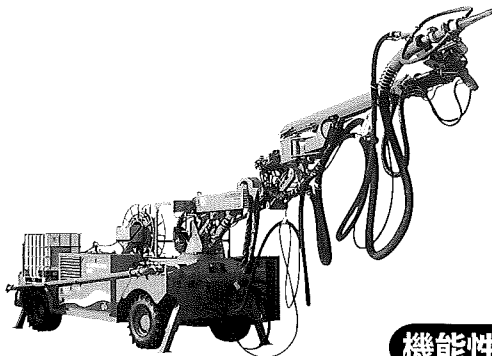


特にコンクリート吹付機の要はコンクリート圧送ポンプです。

プツマイスター圧送ポンプの特長

- ① シリンダーが他社機と比較して長い
プツマイスター L=1000mm
他社機 L=600~700mm
- ② S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づきが防止され、コンクリートの付着性が著しく向上、作業時間の短縮、飛散リバンドの減少、さらに部品の消耗、油圧ホース、油圧ポンプ等々を含めコストダウンその減額を可能とします。



コンパクトで群を抜く使いやすさ!

機能性、機動性の基に理想的な機械化を実現!

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

トンネル関連製品

吹付けコンクリートシステム

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

一体型吹付機・特殊型吹付機
設計・製作: 東友エンジニアリング株式会社

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

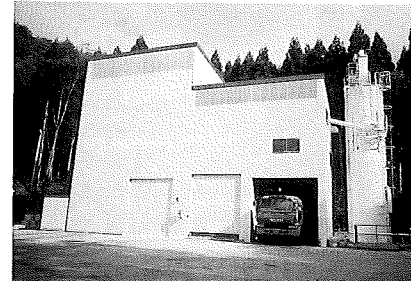


Volvo East Asia(Pte)Ltd

その他, トンネル施工機械全般

バッチャプラント

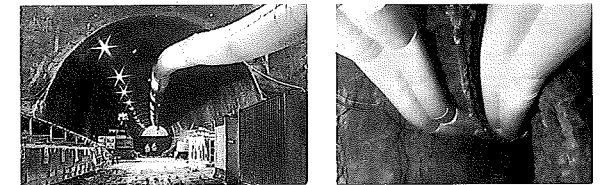
(全自動式, 3槽クラム式, 簡易型, 特殊型)



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

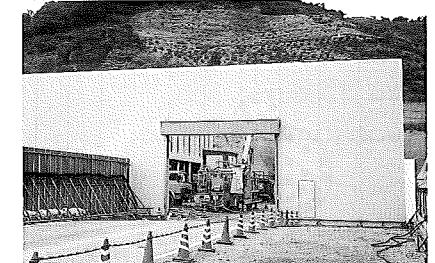
騒音防止システム

エコフラット -35db Cタイプ



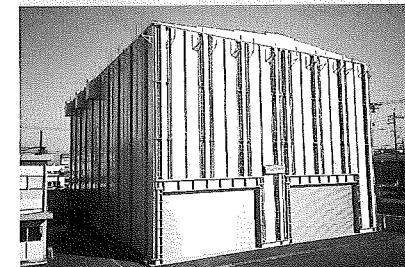
美観を重視した高性能の防音ハウス

エコパネル防音壁 -15db Aタイプ



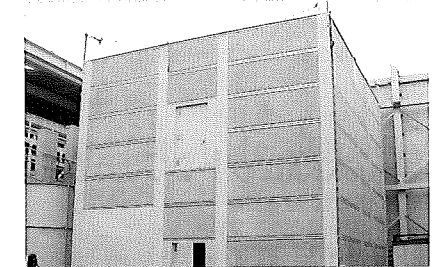
適応性の優れた防音パネル

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

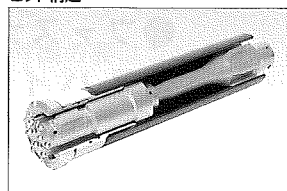
三菱マテリアルの補助工法用削孔工具システム

■用途 注入式鋼管先受け工法・脚部補強・水抜き・フェイスボルト・パイプルーフ・基礎工・アンカー

●ウルトラメックスビット (UMB) 打撃削孔式リングロストタイプ

- ・崩壊性地盤から硬質地盤まで対応する高い削孔性能
- ・独自のロッキング構造とワンタッチ式勘合により回収時のトラブルを克服
- ・穴曲がりを極力抑えたハイスピード削孔を実現
- ・水平方向を含め、安定した全方位削孔が可能

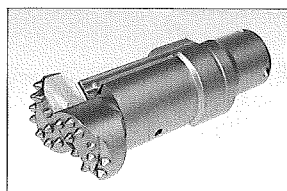
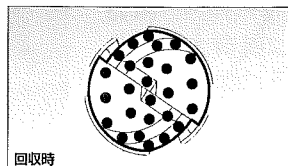
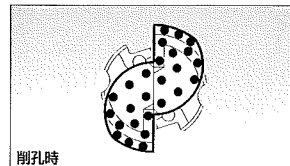
ビット構造



●スーパーメックスビット (SMB) 打撃削孔式拡張径タイプ

- ・国内外で多くの使用実績を誇るヘッド全可動式拡張径タイプ
- ・ヘッド全可動式が可能とする安定した削孔性能
- ・ヘッド全面を取り替える為、高いコストパフォーマンスを実現
- ・軟・中硬岩に幅広く対応

ビット構造

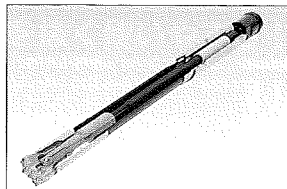


●スモールP (Small-P) システム

●小孔径 (2~2.5インチ) 打撃削孔式ビットロストタイプ

- ・崩壊性地盤から硬質地盤まで対応する高い削孔性能
- ・独自のロッキング構造とワンタッチ式勘合によりインナーの回収時のトラブルを克服
- ・穴曲がりを極力抑えたハイスピード削孔を実現
- ・水平方向を含め、安定した全方位削孔が可能

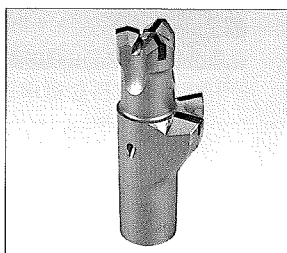
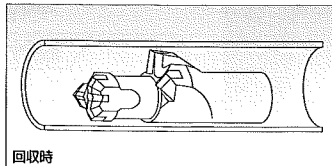
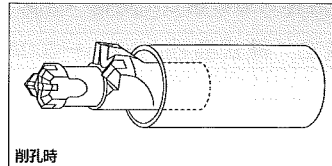
ビット構造



●かん太郎ビットシステム打撃削孔式鋼管内偏芯回収タイプ

- ・軟質層等軟岩用簡易拡張
- ・独自の形状・構造の為、使い易い
- ・シンプル形状の為、製品剛性が高い

ビット構造

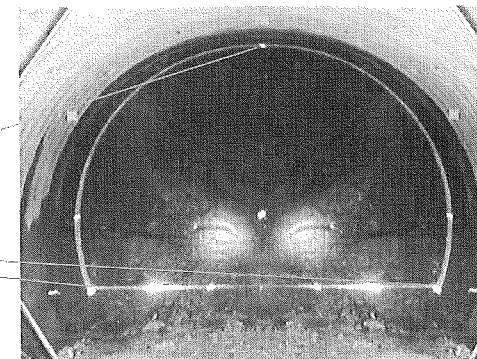
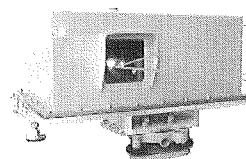


※鋼管サイズ・削孔径等の条件に合わせ、各種設計承ります。

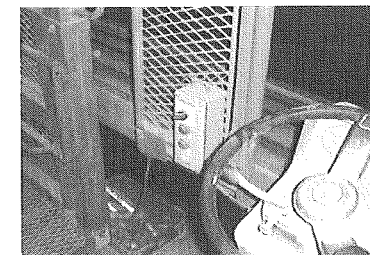
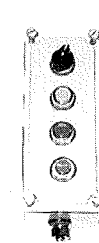
レーザーマーキングシステム

国内、海外特許取得済み

残像効果を使ったペイント不用の連続高速照射を実現

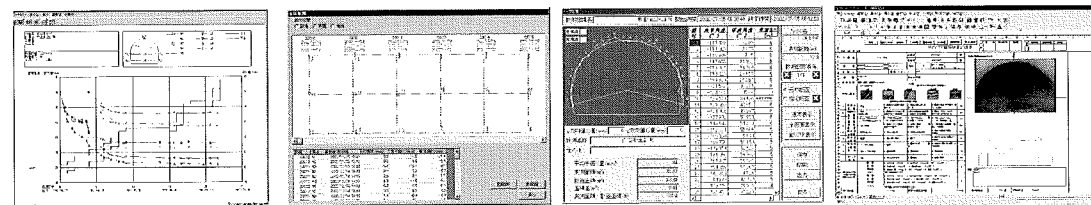


現場環境に耐え得る頑強なコントローラー



ジャンボに取付けて使用可
AC200V対応

各種トンネル計測関連ソフトも標準装備。もちろんネットワークにも対応。

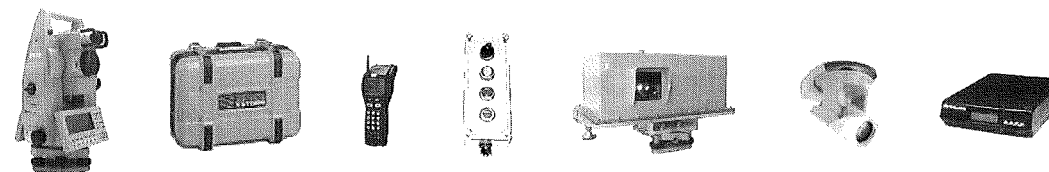


A計測データ処理

支保工立込精度、変形量

内空、巻厚検査

切羽観察、etc



豊富なキャリアと数多くの実績をもつ当社へ、是非お問い合わせ下さい。

MAC マック株式会社

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

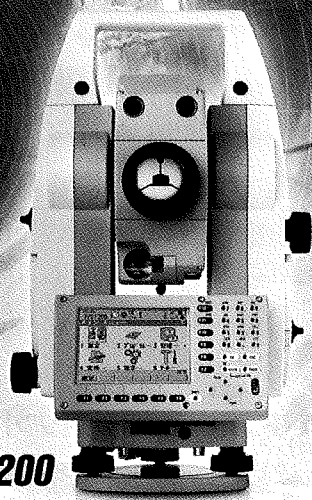
〔販売元〕

古河ロックドリル株式会社
伊藤忠建機株式会社
株式会社レント

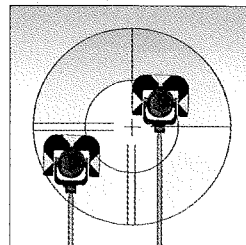
トンネル測量システム

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

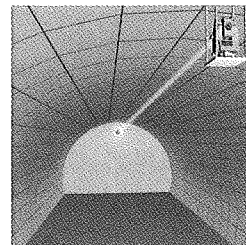
TCRA1200



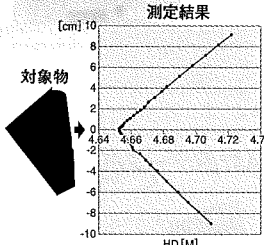
精度が向上した自動視準
プリズムの観測回数を上げると共に、CCDカメラの解像度を細かくすることで自動視準の内部処理スピードや精度が向上。



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



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



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

ライカ ジオシステムズ株式会社

本社 〒113-6591 東京都文京区本駒込2-28-8 文京グリーンコート
 テクニカルセンター 〒113-6591 東京都文京区本駒込2-28-8 文京グリーンコートB1F
 大阪支店 〒540-6131 大阪市中央区城見2-1-61 Twin21 MIDタワー31F
 福岡営業所 〒812-0016 福岡市博多区博多駅南1-3-6 第三博多階ビル6F
 札幌出張所 〒063-0829 札幌市西区発寒9条13丁目1-10 プレサント発寒ステーション3F

<http://www.leica-geosystems.co.jp>

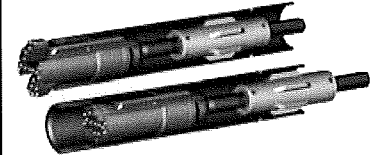
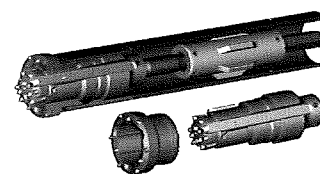
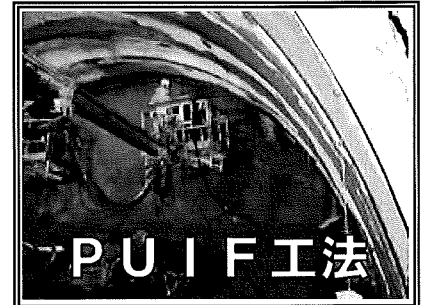
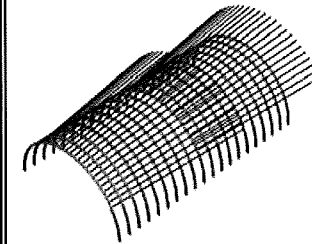
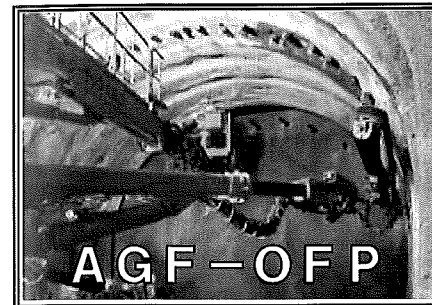
Leica
Geosystems

Tel.03-5940-3020 Fax.03-5940-3056
 Tel.03-5940-3035 Fax.03-5940-3059
 Tel.06-6910-3871 Fax.06-6910-5733
 Tel.092-432-8201 Fax.092-432-8221
 Tel.011-669-1101 Fax.011-669-1102

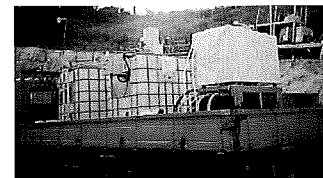
トンネル補助工法

【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

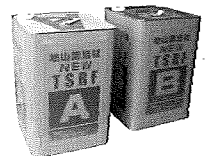


◎環境に配慮した注入システムであり1斗缶の産業廃棄物処理がなくなります。
 ◎R (リサイクル) コンテナが工場と現場を往復します。

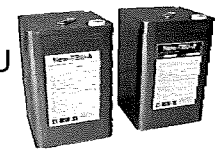


岩盤固結材

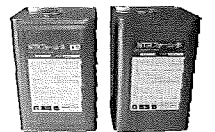
New-TSRF



New-TBU



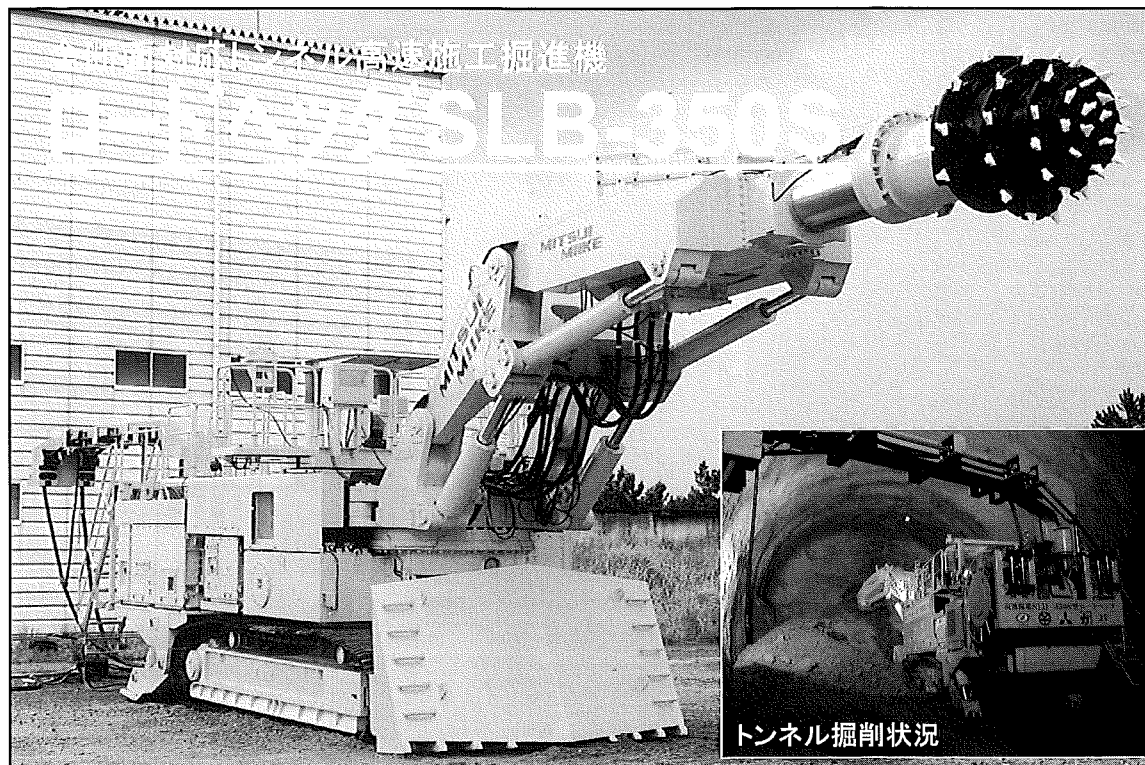
NTRフォーム



* 平成18年6月から東海ゴム工業(株)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・ツェンビル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

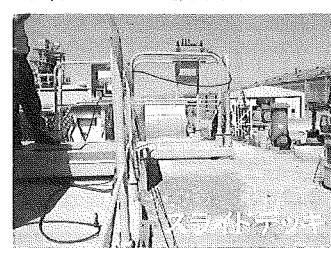


大断面トンネルの高速施工を目指して

特徴

- 国内最大の350kW-4/6P定出力型2速切換式電動機を搭載しており、軟岩トンネルはもとより、中硬岩トンネルにおいても十分な掘削能力を発揮します。
- 切削部には中折れブームを採用しており、ベンチ長は最大5mまで確保できます。又、中折れブームを取り外しての全断面掘削、及び上半掘削も可能です。
- 中折れブームの取り外し、及び低速掘削を行うことにより、機体安定性と掘削トルクが増加し、中硬岩トンネル掘削時において高い効果を発揮します。(硬岩用ドラム使用)
- 油圧式のスライドデッキを機体両サイドに装備しており、機体幅より各々1mの張り出しが可能であるため、下部掘削時等におけるオペレータの視界が大幅に改善されます。
- ※1,2
ディーゼルエンジンの搭載により、ロードヘッダ単独での走行が可能です。よって、機体移動に際し配線替えや別途発電機の準備が不要となり、作業時間が短縮されます。

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



販売・レンタル
及びメンテナンス

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

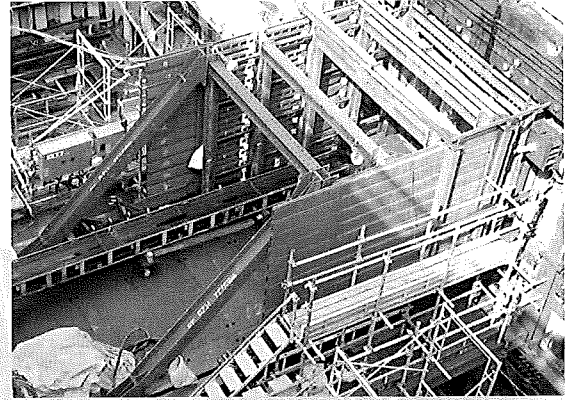
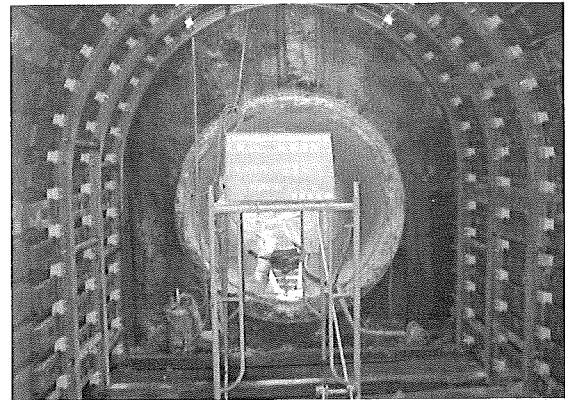
札幌営業所 TEL. 011-644-9110 / 仙台営業所 TEL. 022-247-7155 / 新潟営業所 TEL. 0258-47-1085
名古屋営業所 TEL. 052-895-5460 / 大阪営業所 TEL. 06-6308-1090 / 福岡営業所 TEL. 0944-59-6201

製造元 **株式会社 三井三池製作所** 本店 / 〒103-0022 東京都中央区日本橋室町2丁目1番1号 三井ビル2号館
産業機械部 TEL. 03-3270-2006 FAX. 03-3245-0203

販売元 **株式会社 三井三池製作所**
http://www.mitsumiike.co.jp E-mail koken@mail.mitsumiike.co.jp

アーストンネル掘削工法に最適

SS-メッセル工法



30年の実績(工法指導致します)

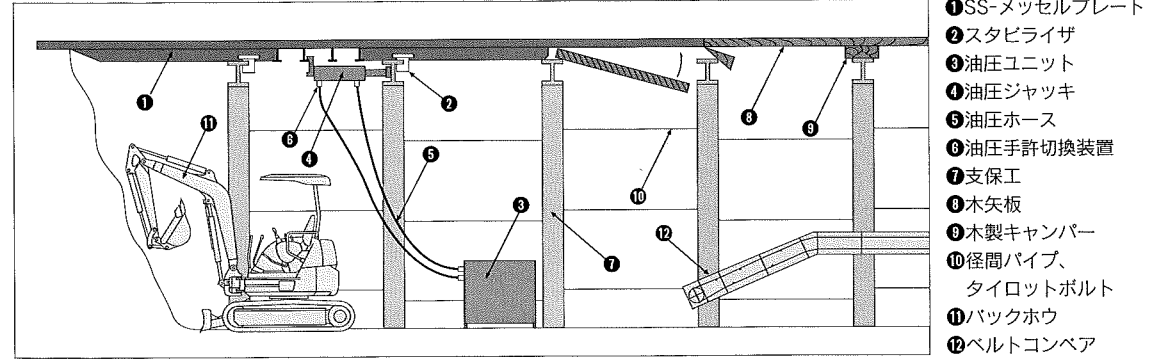
特徴

- 地山をゆるめず任意の断面形状のトンネル掘削ができます。
- 余掘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・曲線掘進に適用します。
- 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



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

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

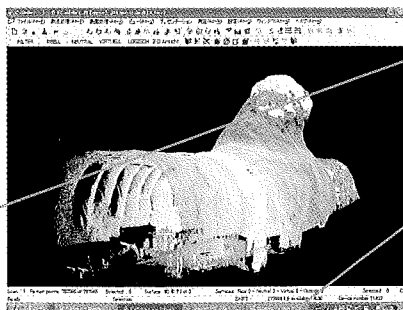
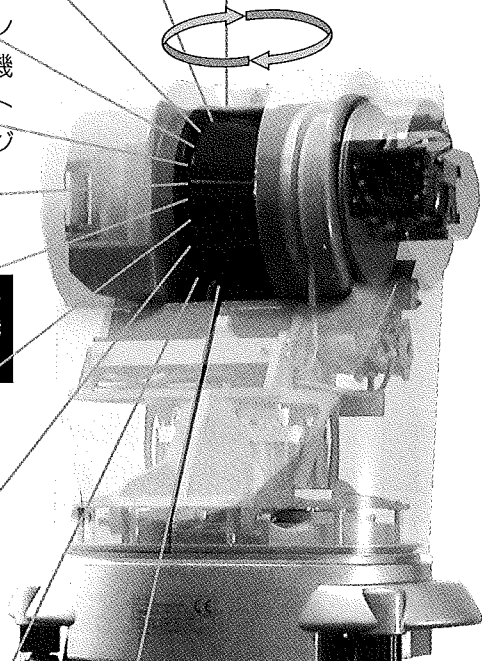
Callidus™ レーザースキャナー

3次元トンネル断面計測機

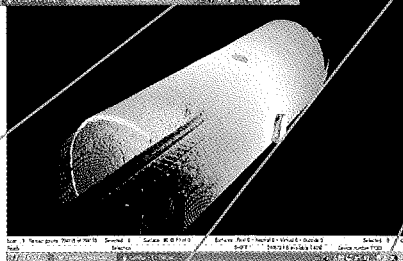
測距精度±5mmで、1秒に1000点以上計測する3次元トンネル断面計測機。1つの機械点からトンネルの約20m⁽¹⁾の範囲を10分で計測できます(機械点前後)。測定データの3次元展開図は、まさにトンネルを絵画のように詳細表示します。又、内蔵デジタルカメラで測定範囲を写真として記録可能です。

(1) 直径約8mのトンネルの場合

全周360°を10分でスキャン



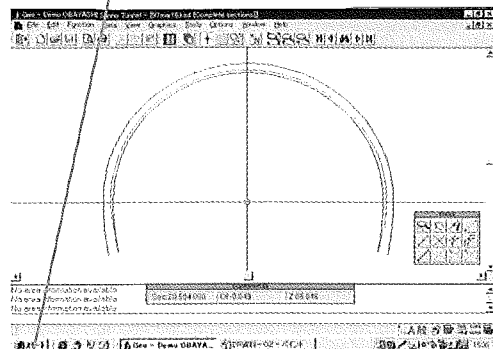
特殊なトンネル形状も対応可能です。



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、観測範囲のボリュウム計算などが計算・表示・出力できます。



■ 販売・レンタル 株式会社ソーキ

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

■ 製造元 トリンブルジャパン株式会社

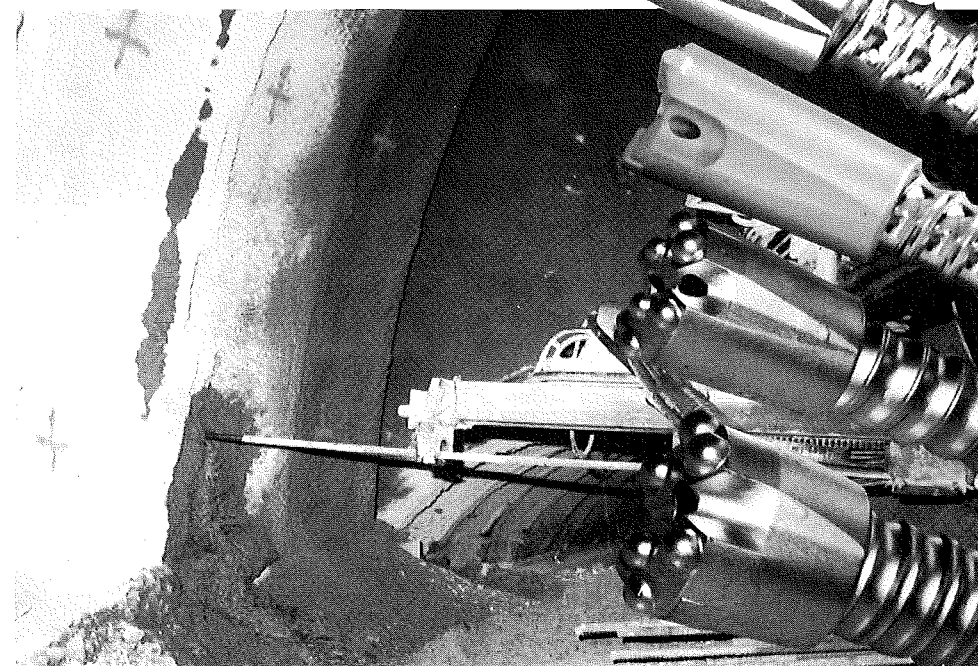
〒135-0007 東京都江東区新大橋1-8-2
新大橋リバーサイドビル101
TEL: 03-5638-5022 FAX: 03-5638-5016

自削孔 NTロックボルト PAT.P

特徴

- 自削孔:** 削孔時には、ビットとロッドの役割をなし、削孔後には、中空ロッド内からグラウト材を充填し、完了するもので、中空ロッド自体がロックボルトの役割をなす。
- 施工性:** スイベルスリーブを使用し、グラウト材をフラッシングとして、削孔すれば、削孔完了が注入完了となり、施工性が大幅に上昇する。
- 左ネジ:** 削孔時のズリ排出が容易。
グラウト材との付着が良く引抜き抵抗が高い。
全長左ネジで、カップリングで接続でき、長尺ボルトの
多様化: 適地地山、使用目的に適した4種類のロックボルト
ある。

打設が可能。
と各種ビットが



NTロックボルト本体仕様

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

製造元



日東鐵工株式会社

本社 〒142-0043 東京都品川区二葉4-1-20 MC中延ビル
TEL 03-5702-0161(代表)
FAX 03-5702-0165
中国営業所 〒700-0824 岡山県岡山市内山下1-5-11 YAF内山下ビル
TEL 086-234-4800
FAX 086-234-4400
相模原工場 〒229-1112 神奈川県相模原市宮下1-1-38
TEL 042-773-4111(代表)
FAX 042-774-0939

Kanaflexの電力・通信ケーブル保護管

都市部での電線集中化工事を省力化・効率化

電力・通信ケーブル用多条保護管 特許出願中

カナレックスML

1. 独自構造 (波付き管と管台一体型リブの連続構造)

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

2. 可とう性に優れる

- ・上下左右に曲がり、既設物や障害物の回避が容易。

3. 優れた性能

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

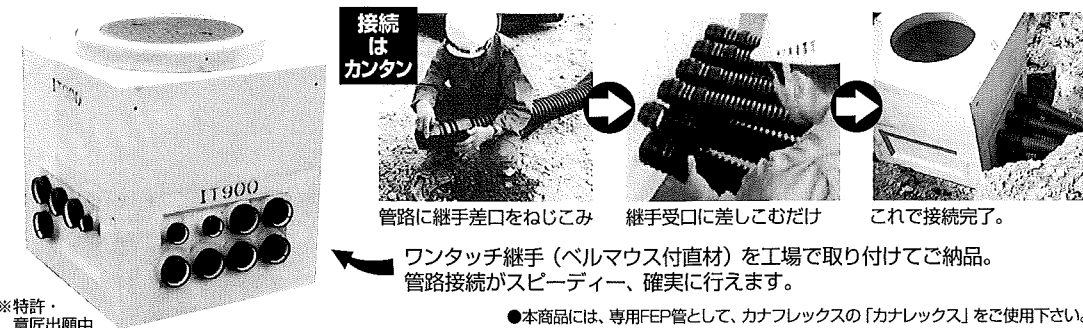
4. 摩擦係数が低く整直性が良い為通線がスムーズ



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

ハンドホール工事の工期短縮・工費削減に現場の
加工作業を大幅に軽減できる

ワンタッチ継手付ハンドホール



※特許・意匠出願中

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

カナフレックスコーポレーション株式会社 ISO 9001 認証取得

株式会社 インテック

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

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

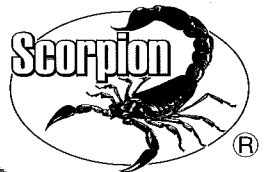
大阪本社 〒530-6017 大阪市北区天満橋1-8-30 (OAPタワー17F)

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

営業所 札幌・仙台・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

Tonneru no Rental



エレクター台車と吹付機との
機械入替え時間の削減

軟弱地盤や斜路
での適応力

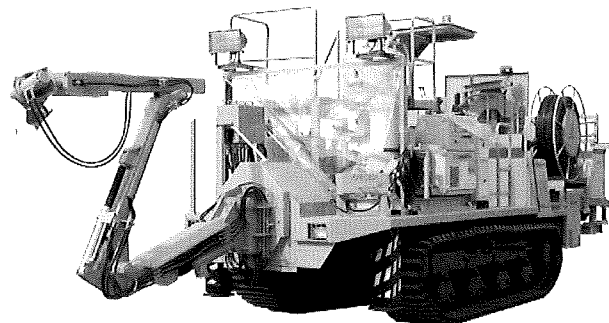
スコーピオン
SCORPION

ゴムクローラ式吹付一体型エレクター

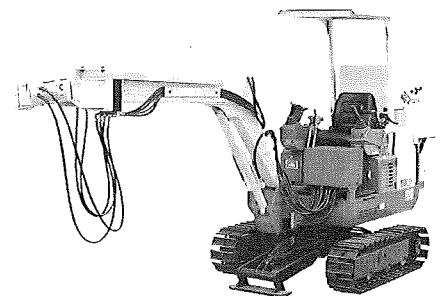
エレクター2基、バスケット2基、ロボット、吹付機、
コンプレッサー、急結剤補給装置(オプション) 搭載のマルチ機

特許出願済

ほかの当社オリジナル機



MBTL: 小断面(20m²)適用可能一体型吹付機



MR: 小断面用吹付ロボット
避難坑、連絡坑の吹付けに最適

ホームページにアクセス下さい 機械図、動画

URL <http://www.tonneru-rental.co.jp/>

株式会社 トンネルのレンタル

〒389-0514 長野県東御市加沢字大谷地 2 8 6-1

TEL 0268(62)1426 FAX 0268(62)1999

E-mail: tonneru-rental@luck.ocn.ne.jp

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

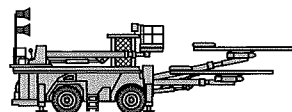
データは数値化され、データベースとして蓄積、次の削孔に活用

★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/>



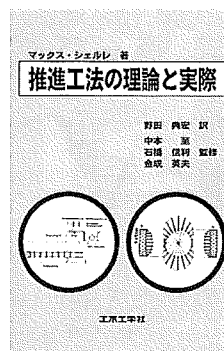
■京都本社 〒604-0847 京都府京都市中京区秋野々町535番地 日土地京都ビル4階 TEL. 075-213-7200 FAX. 075-213-7201
 ■東京Office 〒101-0054 東京都千代田区神田錦町三丁目15番5号 川崎パークビル17階 TEL. 03-3518-2588 FAX. 03-3518-2589

マックス・シェルレ 著

推進工法の理論と実際

野田典宏 訳 中本 至・石橋信利・金城英夫 監修

B5判 437頁 税込 8,925円 送料450円



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

〈主要目次〉

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

推薦のことは

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

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

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

中本 至・石橋信利・金城英夫

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

株式会社 **土木工学社**

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

《書籍申込書》

推進工法の理論と実際 冊 申し込みます

住所(〒)

事業所名

TEL

部課名

申込者



業界のトップブランド
LEISTER



トンネル用防水・シート (遮水プラスチック・シート) 熱風自動溶接機

特徴

- コンパクトで高い作業性を実現。
- 高品質で安定した溶接仕上がり。
- 様々な土木・トンネル工事用途に適合するプロ仕様の製品を用意。

使用用途

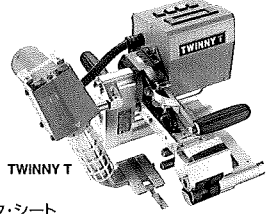
スイスのライスター社が製造する、遮水プラスチック・シート熱風自動溶接機は、シビル・エンジニアリングにおける様々な用途に使用されています。

- トンネル土木
- 温水貯水池、養殖魚池
- アースダムのコア
- 工業用貯水池、工業用沈殿池
- 産業廃棄物最終処理場
- ゴルフ場のウォーターハザード

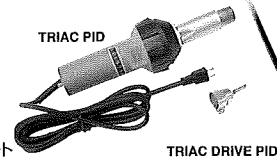
ライスター社製品の総販売元

株式会社 ライスター・ジャパン

〒160-0022 東京都新宿区新宿5-8-8 カールツァイス新宿別館4F
TEL.03-5369-0352 FAX.03-5369-0353
E-mail:info@leister.co.jp URL:http://www.leister.co.jp



TWINNY T

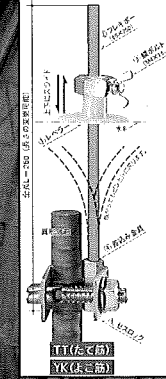


TRIAC DRIVE PID

Epoch-Making New Type

コンクリート床版天端出し表示具

テンパー

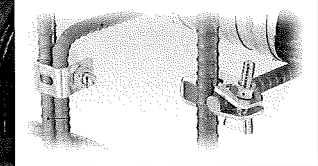


溶接同等にガッチリとねじ固定

“現場志向”が創出する大きな効果

わたしたちは
皆さまと“インテリッサンテ”の共有を
目指します。

無溶接結束金具
ゼスロック



コンクリート圧送ホースにもフレキシブルに耐えて、天端仕上がり確実

“工事の安全”と“省力化”のお役に立つ
工事副資材メーカーです。

製造元 建設の安全と省力化にアタック
ゼン技研株式会社

〒818-0105 太宰府市都府楼南5-16-13
TEL.(092)925-8161 FAX.(092)925-3449
URL http://www.zen-g.co.jp/

トンネル工事からパンクを追放 坑内用特殊複層タイヤ



特許第1610830号

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

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

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

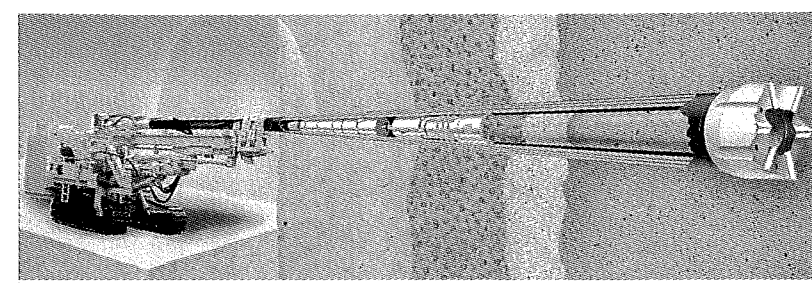
【営業品目】 複層タイヤ/油圧ホース/マテリアルホース/
各種中古車/触媒/線路 (中古)

中濃産業株式会社
代表取締役 土田 義 式

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

トンネル掘さくの安全施工に アロードリル前方探査システム

パーカッションワイヤーライン サンプリング工法



■ 特長

- ①断層破砕帯や湧水をとまなう難地層のコアサンプリングをスピーディかつ確実に、施工時間が大幅に短縮できます。
- ②2重管ワイヤーライン サンプリングシステムにより、地質条件にかかわらず、コアサンプルの採取率が従来とくらべて大幅に向上しました。

KOKEN 鉦研工業株式会社

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

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



機械切削工事に!!
1.0m³ベース+MT2000ツインヘッド

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

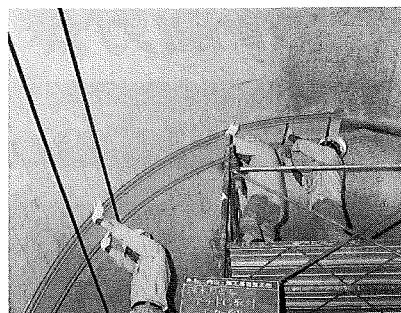
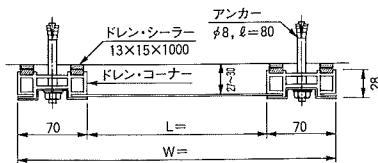
URL <http://www.klea-cat.com>

トンネル・カルバート・地下構造物の漏水対策に

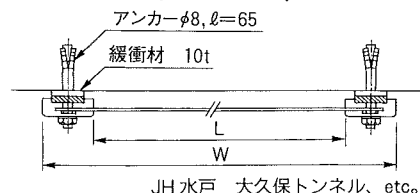
アーチ・ドレン 導水樋

■特徴

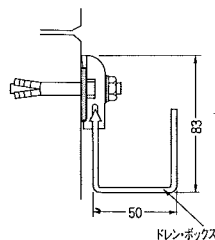
- 漏水幅に応導水幅の選択が可能
- 導水プレートはアクリル変性P.V.C強化樹脂で驚異的な耐衝撃性有り
- 寒冷地型、Boxカルバート用勾配型、etc有。



コンクリート剥落対策に
アーチ・パネル



水平導水樋に
サイド・ドレン

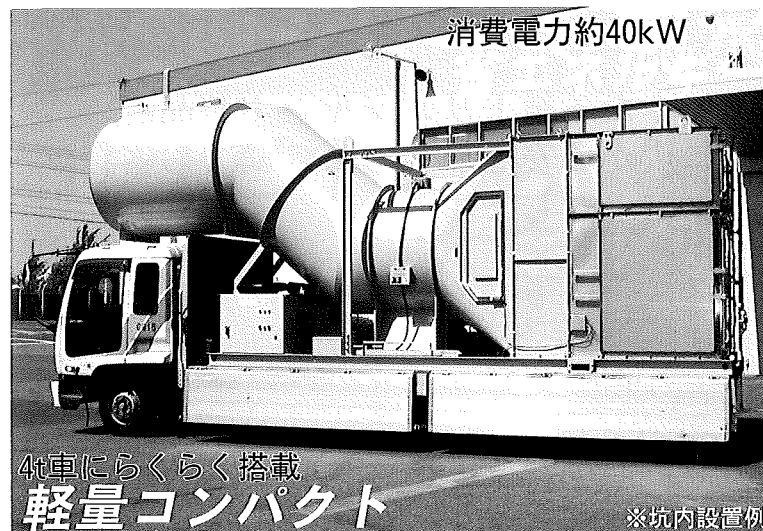


■特徴

- 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



National電気集塵機クリンジェット(2,000m³/minタイプ)

RENT

取扱レンタル商品

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

株式会社 レント 特機営業課 担当者 工藤・近江

〒134-0093 東京都江戸川区二之江町1409-1

TEL: 03-5659-7502 FAX: 03-5676-0167 E-mail: kudo.yuji@rent.co.jp

【好評発売中】

わかりやすい 土木地質学

大島洋志 監修
B5判 209頁 本体価格2,500円 円340円

主要目次

序編 トンネルと地質の関わり

1. 地質学とは、応用地質学とは 2. トンネルと地質

第I編 トンネル工事に必要となる基礎的地質学

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

第II編 トンネル工事と地質条件

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

第III編 地質調査法

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

第IV編 工事を対象とした地質調査の進め方

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

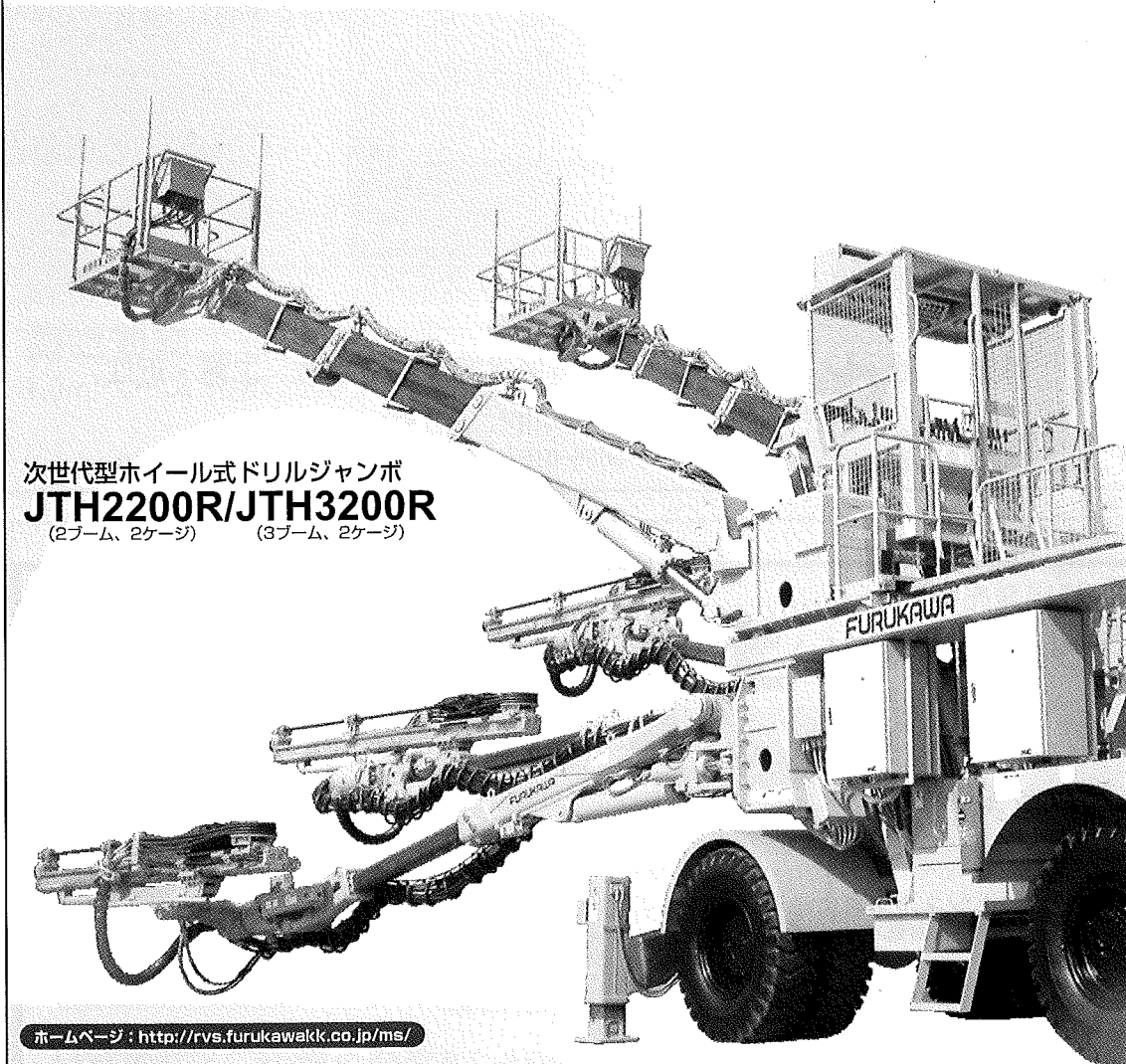
お申し込みは、当社へFAXまたはお近くの書店にてお申し込みください。FAX(03-3267-2807)にてお申し込みの方は、書名・部数・送付先・氏名・電話番号を明記のうえ、お申し込みください。

株式会社 **土木工学社**

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



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ケーシ) (3ブーム、2ケーシ)

ホームページ: <http://rvs.furukawak.co.jp/ms/>



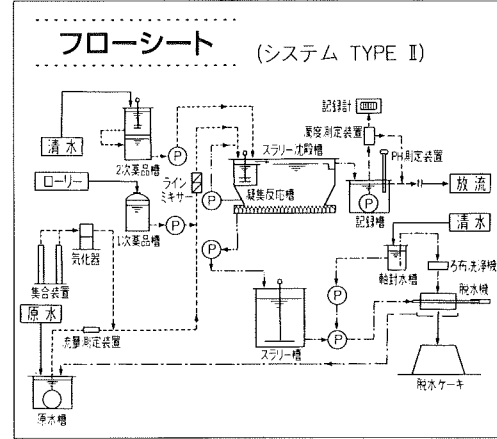
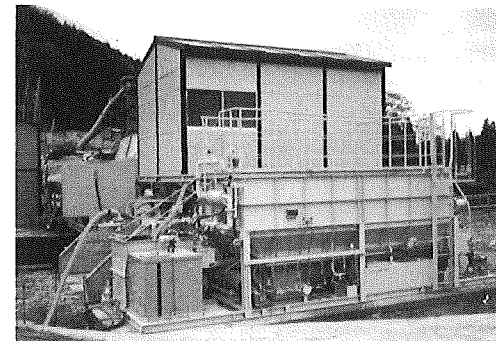
△ 古河機械金属グループ
古河ロックドリル株式会社
(旧社名: 古河機械販売株式会社)

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

TWS型シリーズ 濁水処理装置

コンパクトながら 大きな処理能力



特長

1. 基礎、土木工事の期間が短く安価である。設置面積が小さくフラット基礎で設置可能である。
2. 運転経費が少ない。
ラインミキサー及び余剰ガス循環システムの組み合わせにより効率の良い中和が出来炭酸ガス使用量の節約になる。角型シックナー沈降面積及び容積をより大きく設計しており又傾斜板を採用していることから一次、二次薬品が少量でも効率の良いSS処理が出来る。複式汙板型の脱水機を採用していることから汙布等の消費費が少ない。
又、加圧型脱水方式の為無薬注で脱水出来る。
3. シックナー内流速を最少にする設計であることより清澄度の高い処理水が得られ、再利用が可能である。
4. 運転管理が容易である。
原水流入に合せた自動運転方式を採用している。パトライトによる異状警報装置を標準装備している。

脱水機は、全自動無人化タイプを採用している。処理水の水质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
自動汙布洗浄装置

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。

詳細資料請求、お問い合わせは

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

Waste Water Treatment System

■巻頭言

大学が直面する二つの大きな教育問題

三上 隆5

■研 究

現場測定結果と模型実験にもとづく地下鉄振動に関する考察

津野 究・古田 勝39

■解 説

線路下横断工事における安全性向上の取り組み

石橋 忠良・清水 満・藍郷 一博47

■施 工

大規模地すべり脆弱部を2重支保で突破

—道道夕張新得線 赤岩トンネル—

川村 俊一・島 豊・河田 孝志・金岡 幹7

特殊セグメントを用いた地下鉄換気塔

—地下鉄13号線 雑司ヶ谷駅—

沼澤 憲二郎・藤沼 愛・藤木 育雄・倉木 修二17

工期を大幅に短縮したインドの地下発電所掘削

—西ベンガル州電力公社 プルリア揚水発電所—

青山 博文・高市 一馬・柴田 勝実27

■連載講座

発破技術の現状(2)

—火薬類の基礎知識—

「発破技術の現状」連載講座小委員会55

■現場だより

「国際会議観光都市」木更津より

横田 貴浩16

■資 料

トンネル千夜一夜(24)

小野田 滋36

土木情報

編集部38

トンネルジャーナル

編集部46

文献紹介

編集部63

工法・技術・製品ニュース

編集部64

トンネルワールドニュース

JTA国際委員会65

海外文献速報

JTA国際委員会68

「トンネルと地下」平成18年・年間総目次

編集部70

■会 報

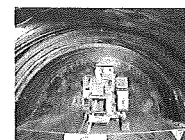
会 報

日本トンネル技術協会74

【表紙説明】

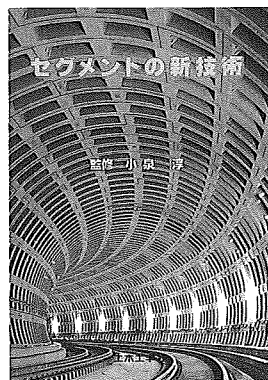
大規模地すべり脆弱部を2重支保で突破

—道道夕張新得線 赤岩トンネル—



道道夕張新得線赤岩トンネルは、占冠赤岩地区の鶴川沿いの大規模な地すべり地帯にあり、地すべりや冬期間の雪崩による通行止めが絶えない現道区間をトンネルルートに変更し、交通の安全確保を図るため計画された延長2,115mの2車線道路トンネルである。工事着手時には予想しなかった過去に例のない大規模地すべりと交差したが、2重支保を駆使するなどして無事に突破した。

写真は、地すべり交差区間上半掘削状況である。〔写真提供：北海道〕(本文7頁参照)



セグメントの新技术

監修 小泉 淳

B5判 132頁 本体価格 2,000円 千290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「セグメントの新技术」編集委員会を作り、個々のセグメントに加筆、修正を加え、より充実した内容にまとめたものである。

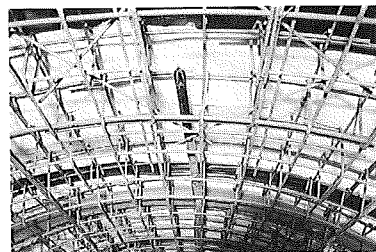
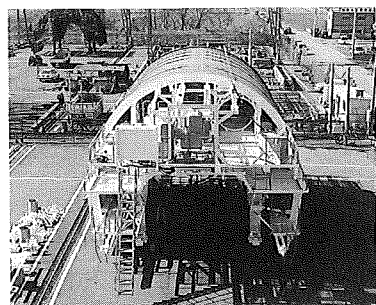
高品質なトンネル覆工に挑む

高品質なトンネル覆工を実現する 引抜バイブレータ締固システム

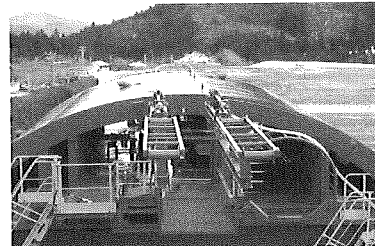
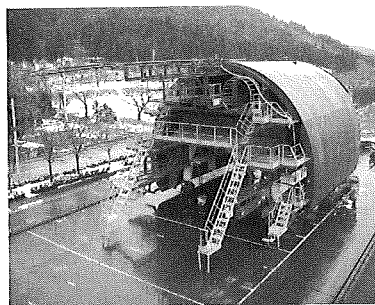
トンネルの二次覆工コンクリートには、トンネルクラウン部の締固め方法に課題があり、結果として漏水や空隙の発生など、覆工コンクリートの品質に問題が生じるケースがありました。また、覆工コンクリートの締固め作業は、狭隘部での苦渋作業という問題もあります。そこで、引抜バイブレータ締固めシステムを用いることにより、上記の課題を克服し、高品質な覆工コンクリートの構築を可能としました。

【特許出願中】

ホースバイブ巻取り式



パイプバイブ伸縮式



効果・特徴

1. 覆工コンクリートの品質が向上する。
2. トンネルクラウン部の締固めが省力化できる。
3. 作業環境が改善でき、狭隘なヶ所での作業が無くなります。
4. 鉄筋、無筋区間での共用が可能で、経済性に富んでいます。



岐阜工業株式会社
GIFU KOGYO CO.,LTD

GIFU KOGYO

本社 岐阜県本巣市十四条144番地 〒501-0464
本社工場 TEL (058) 323-2000(代) FAX (058) 323-1176

本社営業部 (058) 323-2001
東京支店 (03) 3262-1285(代)
仙台営業所 (022) 259-2239
九州営業所 (092) 713-5265

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

会誌 W G 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〕

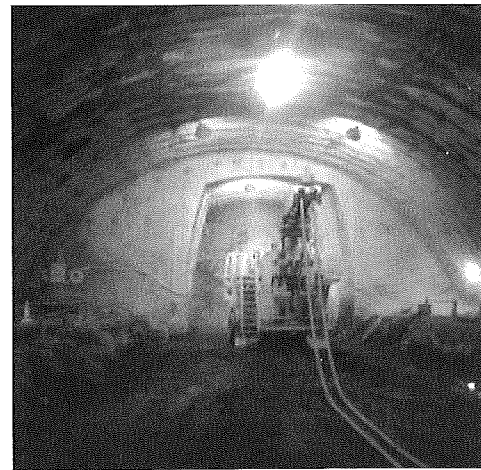
伊藤 範行 鹿島建設株式会社土木管理本部土木工務部 グループ長	端 則夫 大成建設株式会社土木本部土木技術部 トンネル技術室室長
大石 敬司 東京地下鉄株式会社建設部工事課課長	濱 建介 株式会社アオバ取締役会長
久多羅木 吉治 東亜建設工業株式会社本社土木部門技術部長	松尾 勝弥 飛島建設株式会社土木本部トンネル統括部長
鈴木 明 独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構 鉄道建設本部計画部計画課長	山田 邦博 国土交通省大臣官房技術調査課技術企画官
千葉 隆 清水建設株式会社土木技術本部 技術第二部部长	山田 隆昭 中日本高速道路(株)中央研究所 トンネル研究主幹
長島 芳雄 株式会社竹中土木取締役技術本部長	山道 哲二 株式会社大林組東京本社土木技術本部技術 第二部部长

編集顧問の構成 (五十音順・敬称略)

伊吹山 四郎 攻玉社工科大学短期大学名誉学長	林 博 西松建設株式会社専務取締役
島田 隆夫 鉄建建設株式会社社友	松本 崇義 (元)東京都理事
高橋 彦治 伸光エンジニアリング株式会社技師長	丸安 隆和 東京理科大学教授
田島 利男 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	吉村 恒 吉村とんねる・らぼ
西松 裕一 東京大学名誉教授	渡邊 和夫 株式会社熊谷組執行役員副社長

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: 日本鋸機株式会社)

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

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

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

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

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事務
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

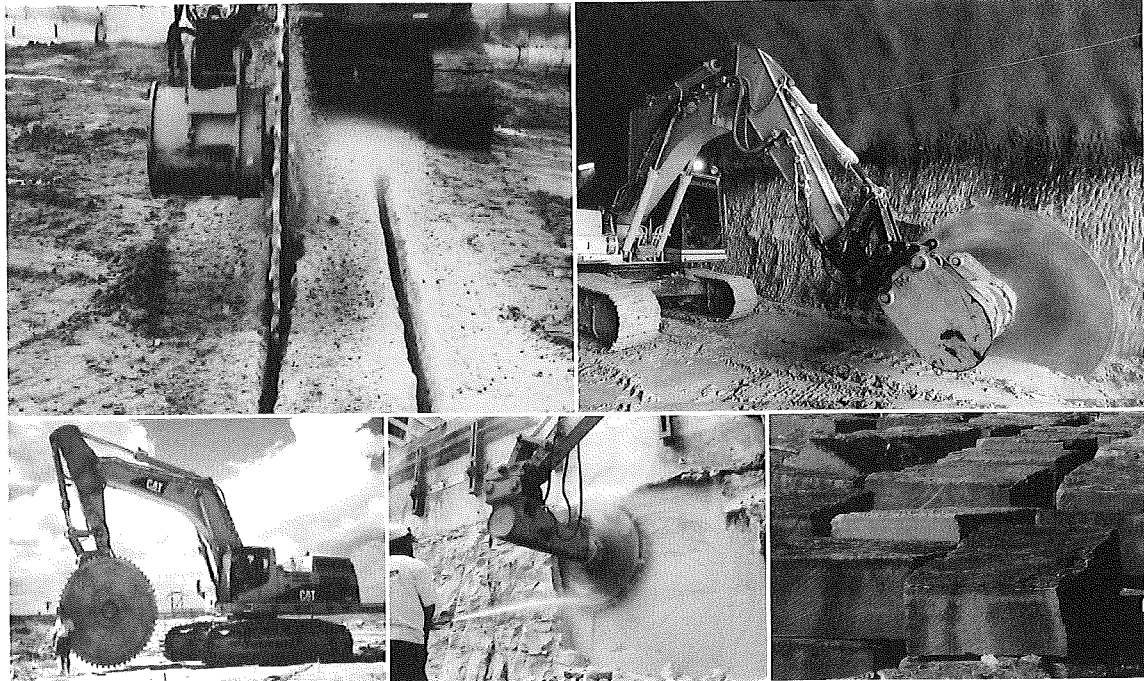
山田 隆昭

中日本高速道路株式会社中央研究所
トンネル研究主幹



Rock Saw

Denver, U.S.A.



- ① ロックソーは巾75mm、深さ0.35~1.52mの硬岩細溝切削用カッターです。
- ② 油圧ショベルに取り付け、その油圧源で駆動します。
- ③ カッター出力55hp、500hpの2種類があります。
- ④ 水平、垂直、斜め方向、油圧ショベルのアームの届く範囲の切削が出来ます。

お問い合わせは下記連絡先まで、webサイトもご訪問下さい(www.rocktoolsinc.com)。

岩盤切削用 C P C ビット

- ① WC超硬チップはWCとCoの焼結合金です。原料のWCの主なる産出国は中国です。
- ② ビット損耗の主なるものにWCチップの破損と磨耗が有ります。チップは、
- ③ WC粒子が大きいと耐破損強度は大きくなり耐摩耗性能が低くなる、
Co含有量が少いと硬く耐摩耗性能が高くなるが耐破損強度は低くなる、
WC粒子、Co量の組み合わせにより最良最適ビットが出来上がります。
- ④ WC粒子には、細粒、中粒、粗粒、超粗粒があります。商業ベース的には粗粒が限度でした。
- ⑤ CPCは商業ベースで供給出来る超粗粒WCの開発に成功しました。

皆様のお問い合わせをお待ちします。

China Pacific Carbide 東京事務所

(China Pacific Carbideは米国に本社、中国に生産拠点を置く超硬合金メーカーです)

(連絡先) オオヤマ & Co.

〒121-0813 東京都足立区竹の塚1-27-9

TEL/FAX: 03-3885-0864 E-mail: ohyama2630@lake.ocn.ne.jp

トンネルと地下 VOL. 37 No. 12 掲載概要

掲載頁
7

大規模地すべり脆弱部を2重支保で突破 —道道夕張新得線 赤岩トンネル—

北海道土川支庁旭川土木現業所 川村 俊一

道道夕張新得線は、夕張市から占冠村、南富良野町を経由して十勝管内の新得町に至る約88kmの路線。赤岩トンネルは、占冠赤岩地区の鶴川沿いの大規模な地すべり地帯にあり、地すべりや冬期間の雪崩による通行止めが絶えない現道区間をトンネルルートに変更し、交通の安全確保を図るため計画された、延長2,115mの2車線道路トンネルである。

本稿では、道道夕張新得線道路改良(赤岩トンネル)工事において、工事着手時には予想しなかった大規模地すべりとトンネルが交差することが判明し、日本国内外においても例のない大規模地すべり交差部のトンネル掘削に挑み、無事これを突破したので、その施工について報告するものである。

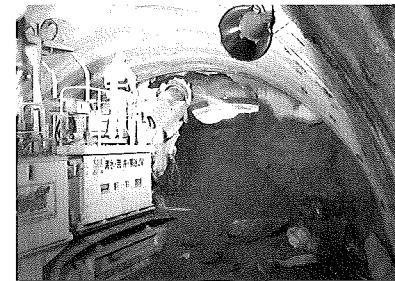
Breakthrough Achieved Through a Double Support Structure for a Construction Involving Landslide of an Unexpected Scale that was a Vulnerable Site

—Hokkaido highway Yubari Shintoku route(Akaiwa tunnel)—

By Shun-ichi Kawamura, Hokkaido Government Kamikawa Subprefectural office Asahikawa District Public Works Management Office

Hokkaido highway Yubari Shintoku route spans 88 km from Yubari to Shintoku in Tokachi passing Shimukappu and Minami Furano. The Akaiwa tunnel lies in a large-scale landslide area along the Mukawa river in the Shimukappu Akaiwa area, and is a 2-lane traffic tunnel 2,115 meters in length planned to ensure the safety of traffic in an area of unceasing traffic blocks due to landslides and snow avalanches in the winter.

In the renovation activities of the Hokkaido highway Shintoku route, it was discovered that the tunnel intersects with a massive landslide area, which was completely unexpected when the construction started. An unprecedented landslide area appeared before the tunnel excavation, but this problem was successfully overcome. This report explains the details of this construction.



写真は上半貫通状況

掲載頁
17

特殊セグメントを用いた地下鉄換気塔 —地下鉄13号線 雑司ヶ谷駅—

東京地下鉄(株) 沼澤憲二郎

東京メトロは、地下鉄13号線(池袋~新宿三丁目~渋谷間 8.9km)の平成20年6月開業を目指し、鋭意建設を進めている。現在、ほとんどの駅で駅舎となる構築工事が完了しており、出入口・換気塔などの付帯構造物の築造も進めている。また、駅間トンネルについては本年中にすべてのシールドが貫通する予定である。今後は、順次軌道等の施設工事に着手することにしており、開業に向け工事は着々と進捗している。

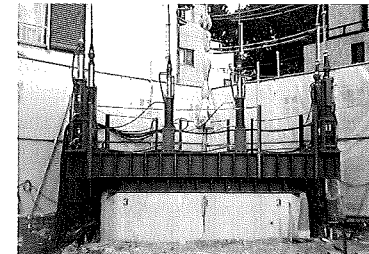
本稿は、地下鉄13号線雑司ヶ谷駅(仮称)の換気塔工事において、工期短縮と工事費削減などを目的に鉄筋コンクリートセグメント(ガラス繊維シート付き; EXPセグメント)を用いて圧入工法により立坑部の施工を行ったので、その概要を報告する。

Drilling of the Subway Ventilation Shaft Using EXP(Exfoliation Prevention) Segment

—Subway No. 13 Zoshigaya station—

By Kenjiro Numazawa, Tokyo Metro Co., Ltd.

Tokyo Metro is committed to the construction of subway No. 13(8.9 km running from Ikebukuro to Shinjuku Sancho to Shibuya) in view of its inauguration in June 2008. At present, construction of the station house is complete for most stations, and incidental constructions such as entrance and exits, ventilation towers, etc. is



写真はセグメント圧入状況

under progress. It is planned to be penetrate shields for the shield tunnels between stations by the end of this year. Tokyo Metro will now sequentially start with the construction of the rail tracks, etc, and all construction is well on track considering the inauguration.

In the construction activity for the ventilation tower at Zoshigaya station(tentative name) on Subway no. 13, Tokyo Metro adopted shaft engineering through press-fit method using reinforced concrete segment(with glass fiber sheet, named EXP) in order to reduce the time and cost required for the construction. This report explains the details of this construction.

本稿は、インドの西ベンガル州にて施工されているプルリア揚水発電所における、地下発電所にかかわる工事全般について報告するものである。

本工事では、非常に厳しい工期が設定されていたため、さまざまな施工促進対策を講じた。グローリーホールのアリマックによる施工、クレーンガーダー、柱コンクリートの逆巻き施工などがそれである。気候、風土、文化が違う中で国内とは異なるアプローチを報告する。



写真は地下発電所掘削

The Excavation of an Underground Power Plant in India that Managed to Shorten the Period Substantially
—West Bengal Power Company Puruliya, Pumped Storage Project—

By Hirofumi Aoyama, Taisei Corporation.

This article provides a general report regarding the construction in Puruliya pumped storage plant located in the western state of Bengal in India.

This construction had an extremely rigorous schedule and hence various measures to boost the engineering efficiency were adopted. Some of them are drilling a glory hole using Alimak Climber, crane girder, inverted lining of column concrete, etc. We report about an approach adopted at a location that differed in weather, climate, and culture from that in Japan.

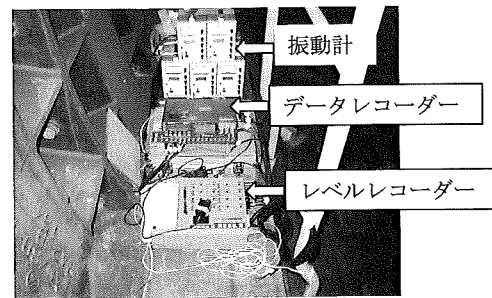
地下鉄シールドトンネルから伝播する列車走行時振動を対象として、東京都内および近郊の14地点において現場測定を実施し、地表部では40~80Hzにピークを持つことなど、地下鉄振動の性状を把握した。また、地盤中の減衰傾向をBornitzの計算式を用いて分析し、周波数と内部減衰定数の関係を把握した。この関係を用いることにより、トンネル内の振動加速度のスペクトルから地表部の1/3オクターブバンド分析による振動加速度レベルが予測することが可能となった。一方、地下鉄から発生する地盤振動を対象とした遠心模型実験方法を開発し、明確な地盤条件のもとで減衰傾向を検討した。また、模型実験より得られた周波数と内部減衰定数の関係が現場測定の結果とおおむね対応が取れていることを確認した。

Observations Regarding Vibration of the Subway Based on Model Experiment and Measurement at the site

By Kiwamu Tsuno, Railway Technical Research Institute

We measured the vibration that is transferred when the train passes a subway shield tunnel in 14 locations in Tokyo and neighboring areas, and understood the characteristics of subway vibration, such as it peaks at 40 to 80 Hz on the surface. We analyzed the decay tendency of the ground using Bornitz formula, and tried to understand the relation between the frequency and the internal decay constant.

By using this relationship, it is now possible to predict the vibration acceleration level through analysis of 1/3 octave-band of the surface from spectrum of vibration acceleration in the tunnel. We also developed the centrifuge model equipment for ground vibrations that take place from the subway and determined the decay tendency based on accurate ground conditions. We confirmed that the relation between the frequency and the internal decay constant obtained through the model experiment fundamentally supports the measurement results.



写真は測定機器の設置状況(トンネル内)

鉄道との立体交差に伴う線路下横断工事では、列車走行性の安全と定時運行の確保がもっとも重要である。ところが2006年2~4月にかけて、JR東日本が施工する線路下横断工事の現場で、3件の連続した輸送障害トラブルが発生した。このため、当社ではトラブルの再発防止のため3件の原因の調査・分析を行い、防止方法を策定した。

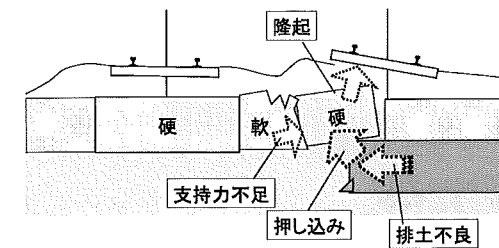
本稿では、今回の3件の輸送障害トラブルの原因の調査・分析結果と、線路下横断工法全般における安全性の考え方について報告する。

Efforts to Improve Safety in Construction of a Crossing under the Rail Track

By Tadayoshi Ishibashi, East Japan Railway Company

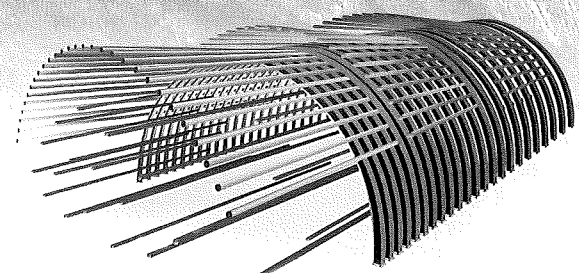
It is of extreme importance in a construction of a crossing under the rail track to ensure timely operation of trains and safety when a train passes. However, between February and April 2006, in this construction sites managed by JR East, there were three incidents of problems in transport. In order to prevent re-occurrence of such problems, we analyzed the causes of these three problems and suggested preventive measures.

This report presents the causes, analysis results, and overall considerations regarding the safety in the construction of a crossing under the rail track.



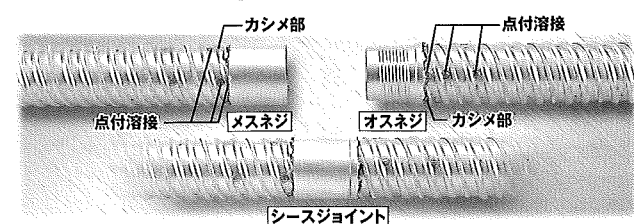
図は軌道隆起メカニズムのイメージ

ユニークな発想と高品質・自信の価格



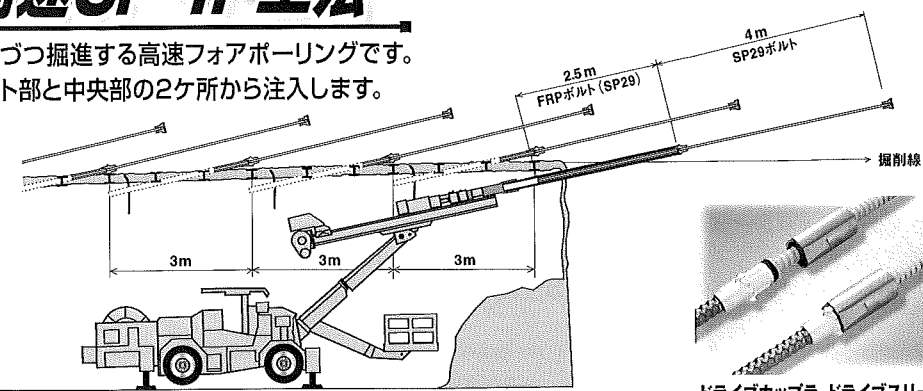
FIXチューブ工法

※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。

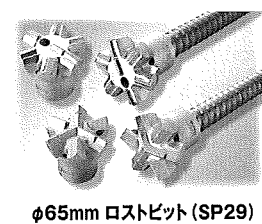
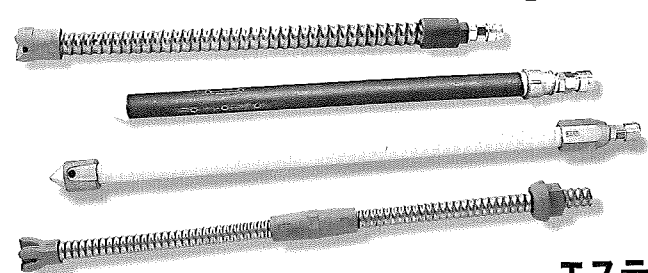


高速SP-IF工法

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



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



大学が直面する二つの大きな教育問題

北海道大学大学院工学研究科長・教授

三上 隆

大学は、100年に一度といわれる制度改革の後、今まさに、二つの大きな問題、いわゆる「2006年問題」と「2007年問題」に直面している。この問題は、急速に人口減少と少子高齢化が進む中、これまでと同様に科学技術創造立国を目指すわが国にとれば、きわめて深刻な問題である。

2006年春に、2003年度から高校で始まった新学習指導要領(以下、新要領と記す)、いわゆる、ゆとり教育を受けた学生が大学に入学してきた。新要領のもとで、現実には起きた問題は、生徒達の理数離れである。この問題は大学の「2006年問題」といわれ、例えば高校物理の履修率は4人に1人と激減し、筆者が勤務する北海道大学の理工系入学者でも物理履修者は6割に留まっている。

大学の「2007年問題」とは、少子化によって短大・大学の学生受け入れ数が07年に100%に達するという大学全入時代にかかわる問題である。18歳人口は、1992年にはピークの約200万人から2007年には約130万人と4割近く減少する。数字の上の話であるが、受験生は進学を希望すれば必ずどこかの大学・短大に入学できることになる。大学が初めて、学生に選んでもらう側になる。現実には学生は有名大学にひきつけられるので、場合によっては、不人気学部の廃止などスリム化が進むことが予想され、また募集人員枠の学生の確保は学生の質の低下という表裏一体の関係に悩むことになる。

われわれ工学関係者にとって、「2006年問題」と「2007年問題」に共通する大きな問題は、大学の工学部人気低迷し、それによる受験生の深刻な工学部離れである。例えば、岐阜大学の全国調査により、工学部志願者(前期日程)は2002年度(約64,000人)から06年度(約53,000人)にかけて約17%減少し、平均倍率も3.3倍から2.7倍になるなど、深刻な工学部離れが進んでいることがわかった。この背景には、情報系・福祉系などの学部の新設も指摘されているが、新要領により、理科の授業時間数や学習内容が削減され

た結果、実験や実習の時間が減り、モノづくりへの関心の一層の低下などが考えられる。若者の理数離れが言われてから15年ほど経過した。その間、モノづくりの重要性が指摘され、最近では、どの大学も高大連携、出前授業・実験、科学教室、オープンユニバーシティなど考えられる限りの対策を実行しているが、目立って改善された様子がない。とくに土木系の学科は、学生の確保に苦慮しているところである。一方、2007年に始まる団塊の世代の大量退職はわれわれに、工学部で学ぶ学生が減少傾向のなか、大量退職で起こる専門的な技術・技能や知識の継承問題という、別の2007年問題を投げかけている。こうした相互に関係する問題に直面する今こそ、問題意識を産官学で共有し、早急に対策を講じる必要がある。産官学交流組織の設置、インターンシップ(就業体験)の推進、寄附講座および連携講座の開設、実務経験者の大学教員への招聘など、産官学連携による人材育成が一層重要になってきている。

わが国が科学技術創造立国として持続的に発展するには、先端科学技術の一層の開発を心がけなければならないが、その振興には、これまでの技術・技能という基礎が必要であることを忘れてはいけない。独創的・創造的研究が高く評価されるのは当然であるが、同時に、これまでの技術・技能、知識を継承・改善して基礎技術とし、先端技術として生まれ変わらせる研究も高く評価されるべきである。

トンネル工学は、経験工学、総合工学の最たるものであり、あるいは独断であるが失敗工学ともいえるかもしれない。それは、自然の脅威を克服し、安全・安心な社会基盤構造物として世に送り出すために、地質、土木、機械関係の先人達の智慧と工夫が継承、改善され、わが国には世界に誇れる先端トンネル技術が生まれている。今後、世界に類のない急速な人口減少と高齢化が進むわが国においては、後継技術者育成と先人の技術・技能・知識の継承問題は、大きな課題として認識を新たにする必要がある。

いずれにせよ、少子高齢化が進む中、科学技術力を維持・向上させるには、産官学連携でモノづくりへの関心を高める啓蒙活動が重要であり、また理数教育を一層充実し底上げを図ることが必要である。さらに、技術や知識の伝承が、これからの日本を考えるうえで大きな課題となるだろう。工学の力と夢が社会に伝われば、工学を学びたいという学生が増え、人材を厚くするだろう。

施工

大規模地すべり脆弱部を2重支保で突破

—道道夕張新得線 赤岩トンネル—

北海道上川支庁旭川土木現業所富良野出張所道路第二係長 川村 俊一
 北海道上川支庁旭川土木現業所富良野出張所道路第二係主任 島 豊
 清水建設(株)土木技術本部副本部長 河田 孝志
 清水・荒井・熊谷特定建設工事共同企業体所長 金岡 幹

1 はじめに

道道夕張新得線は、夕張市から占冠村、南富良野町を經由して十勝管内の新得町に至る約88kmの路線で、赤岩トンネルを含めた当該事業区間は道道占冠穂別線(旧村道日勝赤岩線)とあわせて道央圏と道東圏を結ぶ「北海道横断自動車道」と国道274号線を結ぶインター機能を有する重要な区間であり、高速道路、国道、道道の連携が図られ、広域ネットワーク路線として有効な利用が期待されている。

赤岩トンネルは、占冠赤岩地区の鶴川沿いの大規模な地すべり地帯にあり、地すべりや冬期間の

雪崩による通行止めが絶えない現道区間をトンネルルートに変更し、交通の安全確保を図るため計画された、延長2,115mの2車線道路トンネルである。占冠赤岩地区には景勝地である赤岩青巖峽があり、鶴川でのラフティング、ロッククライマーに人気の巨岩など大自然の景観が楽しめる観光スポットとしても有名な場所である。

赤岩トンネルを含めた道路改良工事が完成することにより国道274号から占冠村、国道237号への最短ルート(9km)となり、日高町を經由し、2つの峠を越える現在の国道ルート(約22km)と比較して、交通の利便性と安全性が改善される。平成19年には「北海道横断自動車道」トマムIC～十勝清水IC間が供用開始予定であり、未開通の夕張IC～トマムIC間のアクセス道路となるため、札幌～帯広間の暫定主要ルートとしても期待されている(図-1参照)。

本稿では、道道夕張新得線道路改良(赤岩トンネル)工事において、工事着手時には予想しなかった大規模地すべりとトンネルが交差することが判明し、日本国内外においても例のない大規模地すべり交差部のトンネル掘削に臨み、無事これを突破したので、その施工に

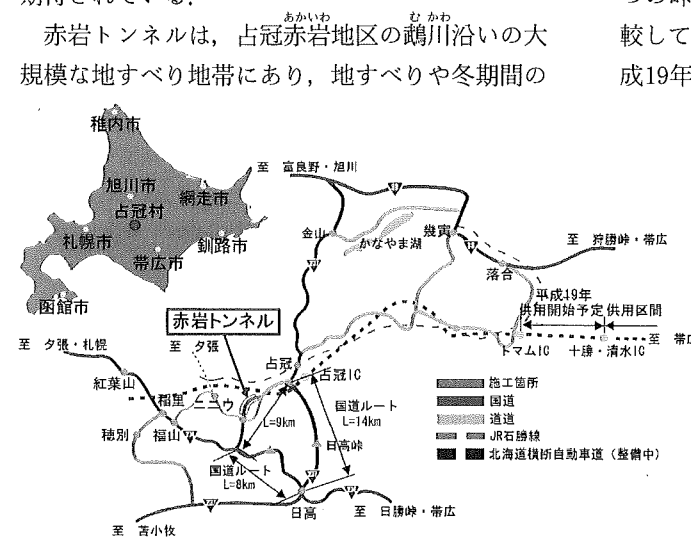


図-1 位置図

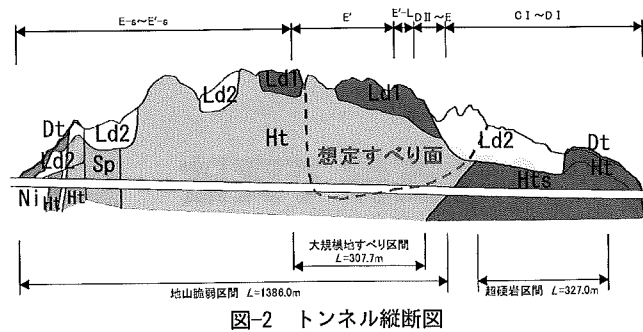


図-2 トンネル縦断面

について報告するものである。

2 地形・地質の概要

トンネルが位置する地域は、^{かひいこたん}神居古潭帯に属する。神居古潭帯は蛇紋岩と各種変成岩からなる地帯である。本地域の基盤は、蛇紋岩と^{へいじょう}その進入によって上昇したと考えられているハッタオマナイ層と呼ばれる高圧タイプの弱変成を受けた中生代白亜紀の地層から構成される。ハッタオマナイ層は、堆積性メラングをなす付加コンプレックスとされ、粘板岩・砂岩・チャート・緑色岩(変質した玄武岩)などが混在する地層である。図-2に地質縦断面を示す。

3 大規模地すべりとの遭遇

3-1 当初想定地のすべりと追加調査

トンネル線形上の地質は、当初から地すべり地帯であり、地表面には多くの地すべりの存在が確認されていた。事前調査によりトンネル坑口から500~550m付近にも地すべりが確認されていたが、トンネル上部と2D以上離れており、トンネル本体への影響はないものと考えられていた。地すべり観測傾斜計が観測不能になったため、トンネル掘削開始直前に、トンネル坑口から630m付近で地すべり観測のための新たな追加調査ボーリングを実施した。ところが、追加調査による地すべり観測の結果から、地すべり面が当初想定よりトンネルに近いことが判明した。

地すべり面がトンネルとさらに接近している可能性もあるため、トンネルと地すべりの位置関係を詳細に確認するために、トンネル坑口から約

680m付近にて追加調査を実施した。その結果、トンネル上方3.8mに地すべりが近接しており、さらにトンネル坑内からの先進ボーリング調査、斜めボーリング調査の実施により、地すべりはトンネルと交差することがほぼ確実となった。

そのため、上半掘削を停止し、施工方針が検討された。その一方で、地すべりとトンネルの位置関係と地すべりの全体像を把握するため、坑外からの地質調査を実施した。

3-2 大規模地すべりの全体像と施工方針

地質調査の結果、トンネルと交差する地すべりは、長さ800m×幅500m×深さ120mという大規模なものであり、傾斜計データから3mm/月の変動があることがわかった(図-3, 4, 写真-1)。

国内外でも例のない大規模地すべりと交差するトンネルの施工となることから、工事の必要性、ルート変更を含めた今後の方針について以下のような検討が行われた。

- ① 平面線形ならびに縦断線形の変更ルート案は当該地域全体が地すべり地域のため、現在判明している大規模地すべり以外の存在についても詳細な調査検討が必要である。
- ② 既にトンネル掘削が810m施工されており、線形変更に伴い、約半分の既施工区間が不要となる。
- ③ 大規模地すべり検討結果から、地すべり抑止工法として地下水位低下工法により、地下水位の低下が図れ、それに伴い地すべりの挙動が落ち着く傾向が予測された。
- ④ トンネル掘削は、適切な補助工法を採用することにより安全が確保できる。
- ⑤ トンネル完成後もメンテナンスを行うことによりトンネル構造物としての機能は十分に果たせる。

以上から、トンネルルートは変更せず、大規模地すべり交差部を突破する方針に決定した。

3-3 大規模地すべり区間のトンネル構造

地すべり区間の設計は、覆工巻き厚を80cmと

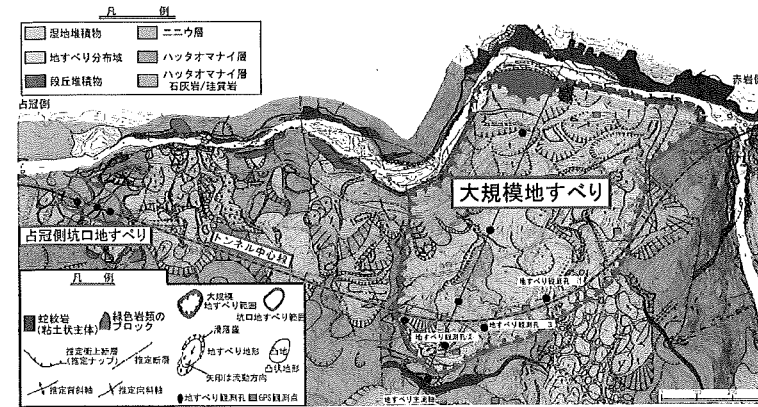


図-3 地質平面図

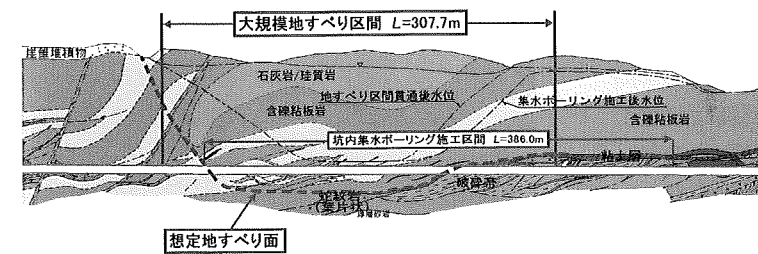


図-4 大規模地すべり区間地質縦断面



写真-1 トンネル区間航空写真

し、将来的な内巻きコンクリート補強の余裕量として山側120cm、谷側に90cmを確保する170m²の拡幅断面(E'-Lパターン)とした。

その後のトンネル掘削と水抜き削孔の効果により地すべり変動速度が当初の3mm/月から低下の傾向にあり、さらに地下水位低下による地すべり抑制が期待できることからトンネル構造の再検討を行い、覆工巻き厚60cm、将来の補強余裕量25cmの断面(E'パターン)に変更した。

掘削時の支保は、掘削対象地山が脆弱な粘土混

じり粘板岩を主体とする地山であることから、E'-L、E'パターンとも2重支保構造とした。

4 大規模地すべり区間の掘削

4-1 掘削と支保パターン

170m²大断面の掘削機械は、上半断面における掘削高さを考慮し、カットヘッド出力300kW級の自由断面掘削機(SLB-300)を使用した。

支保パターン(E'-L)は、一次支保が鋼製支保工H-200c.t.c.0.9m、吹付け厚250mm、高耐力ロックボルト@0.9m、二次支保がH-200c.t.c.0.9m、吹付け厚250mm、の2重支保とした。通常断面へ変更後のE'パターン

も同様の支保構造とした。補助工法は、長尺鋼管先受け工(AGF-P)を地すべり区間で実施した。また、長尺鏡補強工(FIT)および長尺自穿孔水抜き工(DIP)を必要に応じて実施し、切羽の自立性を確保した。E'-Lパターンを図-5に示す(写真-2参照)。

4-2 上半仮閉合と2重支保の施工

2重支保については、①一次支保によりトンネルを变形させ、地山応力を開放させた後に健全な

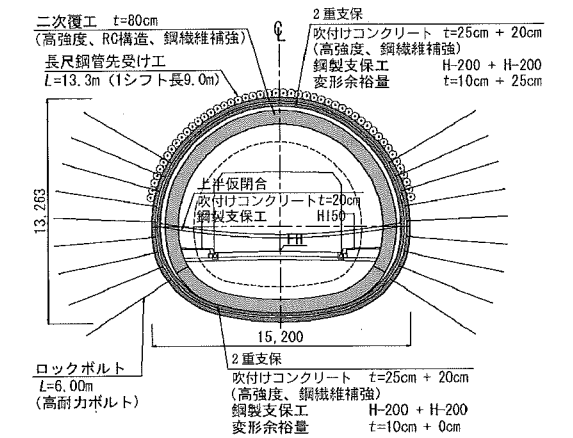


図-5 E'-Lパターン断面図

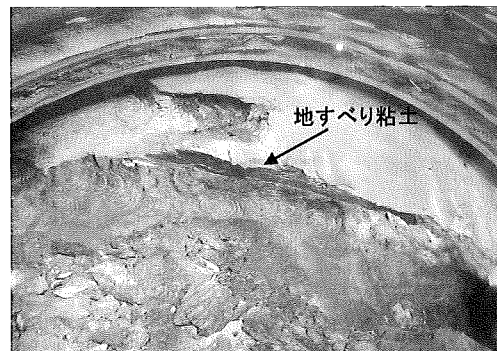


写真-2 地すべり交差部切羽状況

二次支保を施工する方法と、②一次支保の施工後、早期に二次支保を施工することにより2重支保全体の剛性によりトンネルおよび地山の変形を極力抑える方法があるが、本トンネルでは大規模地すべりへの影響を考慮し、トンネル掘削による地山の変形を極力抑える必要があることから後者の方法を選択した。

上半の2重支保の施工順序としては、切羽で通常支保と同様に一次支保を行い、二次支保は4~6サイクル(3.6~5.4m)遅れて2基ずつ施工した。二次側施工時に上半仮閉合ストラッド(H-150)を建て込み、二次側のアーチと同時に仮閉合部の吹付けコンクリートを施工し、上半半断面の剛性を高め、トンネル変形抑止と上半脚部の沈下防止を図った(写真-3)。

また、支保全体の機能を高めるために、二次側の鋼製支保工にフラットプレート(700mm×200mm×22mm)を溶接し、両側にロックボルトを打設することで、鋼製支保工と吹付けコンクリートおよび一次支保と二次支保の一体化させ、縁切れによる支保機能低下の防止を図った。

4-3 補助工法(AGF-P, DIP)

トンネル掘削による地すべりへの影響を極力少なくする必要性から、長尺鋼管先受け工(AGF-P)を地すべり影響範囲の全区間で実施した。地山は粘土混じり粘板岩を主体とした非常に脆弱な状況で、天端付近からの肌落ち、抜け落ちが激しい状況であった。とくに大断面(E'-L)上半掘削においては、天端だけでなく肩付近からの抜け落ちも多く、AGF-Pの範囲を150°(48本/断面)に拡げて

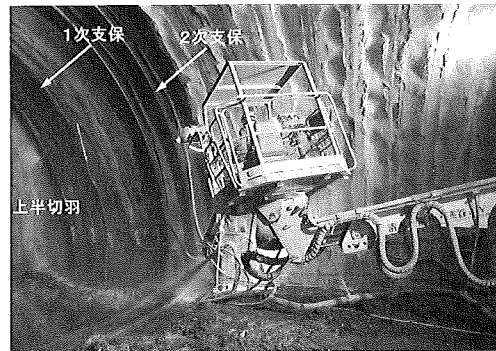


写真-3 上半仮閉合吹付け施工状況



写真-4 上半掘削状況

施工を行った(写真-4)。

切羽の自立性は、粘土混じりの脆弱部では地山の粘性により比較的安定している場所もあったが、複雑な地質の変わり目では、頻りに切羽崩落が発生した。とくに湧水がある場合は、切羽崩落が著しく、崩落が収まらない現象も発生した。そこで、切羽に先行して坑内からトンネル周辺の水抜き工を実施して切羽前方の水位を下げ、できるだけ湧水が鏡面につかないよう処置を行った。水抜き工は長尺自穿孔タイプ(DIP)21.5mを使用し、AGFシフト長に合わせて9mごとに実施した。また、必要に応じて長尺鏡補強工(FIT)を施工し、切羽の自立性の確保に努めた。

4-4 計測工

A計測工は、9mごとに計測断面を設け、天端脚部沈下、内空変位の測定を行った。管理基準として変位速度10mm/日、累計変位量100mmの警戒値を設定した。脆弱地山の場合、100mm以上の変位を許すと支保が変状し、十分にその機能を果たさなくなる危険性があると考えたからである。

B計測工として、鋼製支保工応力、吹付けコン

クリート応力、ロックボルト軸力の測定を行った。測定断面は、地すべり2重支保施工箇所では5断面、通常支保の地山脆弱区間で3断面実施した。

鋼製支保工応力は限界値を大きく超えた応力が発生した箇所も見られたが、座屈などの変状は見られなかった。これは、吹付けコンクリートと鋼製支保工が一体化して支保機能を果たしていることを示している。吹付けコンクリート応力は計測結果では最大発生箇所では28N/mm²と限界値(高強度40N/mm²)以下であった。

ロックボルトについては、通常支保の施工箇所

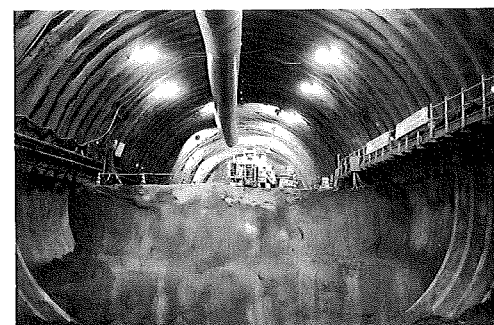


写真-5 E'-Lパターン断面

では、上半肩部および脚部にボルト破断およびプレート変形が随所で見られた。2重支保施工箇所でのパターンボルトは一次支保のみで施工しており、二次支保の構築により変状状況は目視確認できなくなる。一方で、ロックボルト軸力計の計測結果では、測定開始から限界値に達する勢いで応力が増加するが、二次支保構築後は急激に収束する傾向が見られた(写真-5)。

5 地すべり以外の地山脆弱部におけるトンネル変状

5-1 支保の変状

大規模地すべり区間およびその他の地山脆弱区間の掘削実績により、その後の地山脆弱部は、切羽観察結果にもとづく切羽評価点と実績支保パターン、初期変位速度と最終変位量の相関の実績から、より最適な支保パターンを採用して施工を進めた。表-1に大規模地すべり区間~地山脆弱区間の支保パターンの実績の一覧を示す。

最適な支保パターンを模索しながら、施工を進

表-1 支保パターン一覧

パターン	掘削延長(m)	鋼製支保工	吹付け(mm)	ロックボルト	上半仮閉合	上半変形余裕量(mm)	覆工巻き厚(cm)
E'-L	52.2	二重支保 H-200+H-200	高強度SF t=450	高耐力SP24 L=6m	H-150, 吹付け	100+250	80
E'	216.0	二重支保 H-200+H-200	高強度SF t=450	高耐力SP24 L=4~6m	H-150, 吹付け	100+200	60
E'	27.0	二重支保 H-200+H-150	高強度SF t=450	TD24 L=4m	H-150, 吹付け	100+150	60
E'-S	33.0	二重支保 H-200+H-150	高強度SF t=450	TD24 L=4m	H-150, 吹付け	100+150	45
Ea-S	63.0	H-200	高強度SF t=350	高耐力SP24 L=4m	H-150, 吹付け	300	45
Ea-S	195.4	H-200	高強度SF t=350	TD24 L=4m	H-150, 吹付け	200	45
Ea-S	30.0	H-200	高強度SF t=350	TD24 L=4m	なし	200	45
E-S(45)	384.0	H-200	高強度SF t=250	TD24, スエレックス L=4m	H-150, 吹付け	200~300	45
E-S(45)	142.0	H-200	高強度SF t=250	TD24, スエレックス L=4m	吹付け	200	45
E-S(45)	11.0	H-200	高強度SF t=250	TD24, スエレックス L=4m	なし	200	45
E-S(30)	10.0	H-200	高強度SF t=250	TD24 L=4m	吹付け	200	30
E-S(30)	17.0	H-200	高強度SF t=250	TD24 L=4m	なし	200	30
DII-S	74.4	H-200	高強度SF t=200	TD24 L=4m	なし	100~200	30

パターン名の「L」は2重支保構造、「-L」は拡大断面、「-S」は縮小断面、()内は、覆工厚を示す。縮小断面とは、設計見直しによる仕上り内空断面の変更によるもの。

める中には、トンネル変形が収束せず、覆工の設計巻き厚を確保できない箇所や、鋼製支保工の座屈や吹付けコンクリートのクラック発生により、トンネル支保の健全性が確保されない箇所も発生した。

ロックボルト破断、吹付けコンクリートクラックの発生箇所には、トンネル変位の進行を防ぐべく、早急に増しロックボルトを変状箇所の前後に範囲を広げて打設した。増しロックボルトの施工にもかかわらず、変位が収束しない場所は、上半盤の盤膨れ現象に発展した。盤膨れ現象は上半仮閉合ストラット支保工の座屈を伴っており(写真-6)、上半脚部沈下と内空変位の増加が著しい状況であった。

内空断面測定と内空変位計測結果から、内空断面(覆工巻き厚)が確保できる区間と確保できない区間に分け、対策工の検討を実施した。内空断面を確保可能と判断される区間については、変位を抑制する必要性から、引張材として水平力への抵抗と注入による地盤改良効果を狙い、上半脚部に



写真-6 上半盤膨れ(ストラット座屈)



写真-7 上半アーチ部鋼製支保工座屈

サイドパイル(L=7.0m)を打設した。これにより、下半・インバート施工時の変位増加を抑制し、鋼製支保工と吹付けコンクリートによるインバート閉合により変位の早期収束に努めて内空断面を確保させた。一方、内空が確保できない区間と、鋼製支保工アーチ部に座屈現象が見られ(写真-7)、支保の健全性が確保できない箇所は、縫い返し掘削を実施した。

5-2 計測結果

図-6に変状箇所での内空変位経時変化の一例を示す。上半掘削時の初期変位速度は内空変位で20mm/日と非常に大きい状況であるが、いったんは収束する傾向を示す。その後、吹付けコンクリートのクラック発生の確認と前後して、再び変位の増加現象が見られる。対策工として増しロックボルトの施工を実施するも変位は抑制されず、この断面付近は対策工として縫い返し掘削に至っている。

この変位再増加の現象は、下半切羽位置から40m以上離れているときに起きており、下半掘削の影響による変位増加とは考えにくい。トンネル支保への応力増加により吹付けコンクリートのクラック発生などでトンネル支保の健全性が失われ、上半仮閉合支保工の座屈を伴って一気に変位が進行したものと推察される。

5-3 2重支保施工箇所との比較と考察

大規模地すべり区間では、非常に脆弱な地山状況であったことと大規模地すべりの不明確な部分への懸念から全区間2重支保での施工を行ったが、内空変位は二次支保の施工により収束傾向となり、上半水平測線の最終変位量は最大でも120mm程度で収束している。また、鋼製支保工には大きな応力が発生したが、支保に大きな変位は現れなかった。

一方で、地すべり以外の地山脆弱部では積極的に最適な支保パターンを選定しながら施工を進めたが、一部では支保に変位が発生し、変位が収束せず、累積変位が上半水平側線で300mmを超えた。

地すべり以外の地山脆弱部で支保に大きな変位が発生した箇所と地すべり区間を比較すると、地質状況は脆弱な粘土混じり粘板岩と蛇紋岩が主体であり、切羽観察による切羽評価点も同等程度で

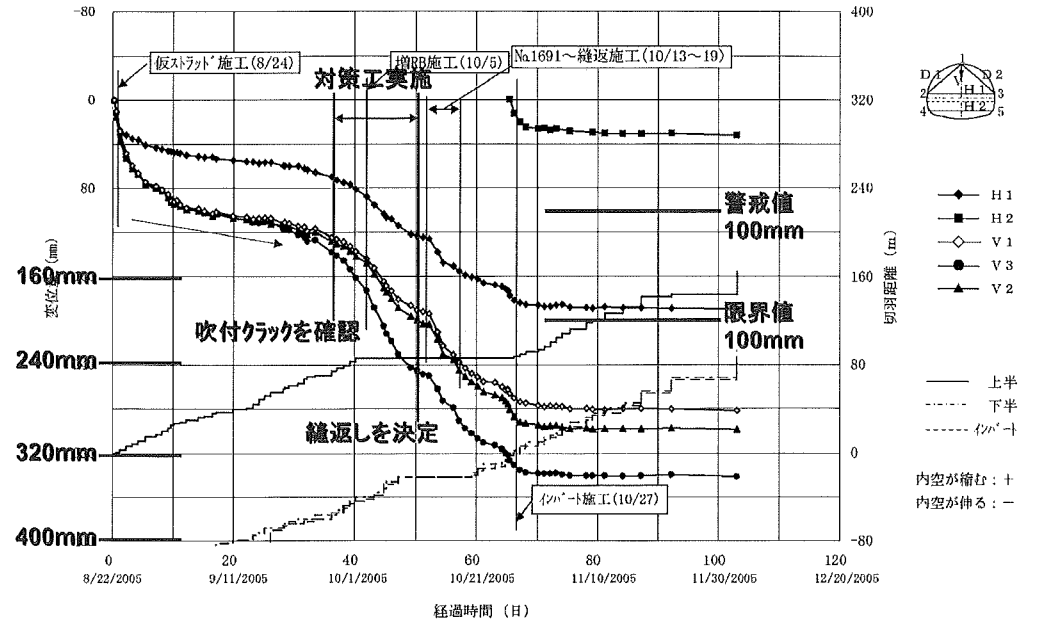


図-6 変状箇所の内空変位経時変化図

ある。計測結果から上半内空変位の初期変位速度を比較すると、変状発生箇所で30~40mm/日と2重支保施工区間と大きな差異は認められず、切羽から0.5D離れた上半水平変位量は2重支保の施工箇所の方がむしろ大きい。

以上から、2重支保の変位抑制効果は大きく、地山脆弱部の変位発生箇所は、2重支保パターンであれば、支保変位などは発生しなかったものと考えられる。しかしながら、2重支保を実施するためには、あらかじめ二次支保施工用の断面を確保しなければならない。その必要性を切羽観察状況から判断することは非常に難しい。初期変位速度と切羽状況を細かくチェックし、過去の掘削データから技術的に判断していくことが重要であると考える。

6 坑内からの水抜きによる地すべり抑止

6-1 掘削時の切羽前方への水抜き削孔

地すべり交差部および地すべり土塊内のトンネル掘削においては、非常に脆弱な切羽状況での湧水による切羽崩落と大規模地すべり活動による地形変化による突発湧水発生の懸念があった。そこ

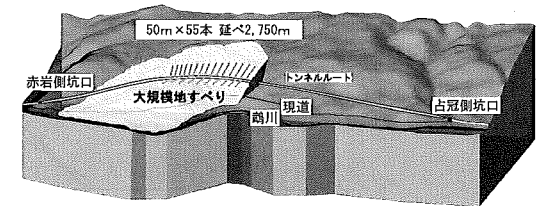


図-7 坑内集水ボーリング全体模式図

で切羽前方への水抜き削孔を行い、地下水位の低下と突発湧水発生を回避するとともに、切羽前方の地質状況の確認を行った。

水抜き削孔は、切羽より10m先行させるために、掘削9mごとに長さ21.5mを削孔した。長尺削孔で孔壁自立は困難なため長尺自穿孔タイプ(DIP工法)を採用した。切羽前方への水抜き削孔と地すべり土塊内のトンネル通過により地すべり観測孔の水位は約20m低下した。

6-2 集水ボーリングの施工

地すべり土塊内のトンネル通過後、さらに地下水位の低下を図るため、坑内集水ボーリング(L=50m×55本)をトンネル放射状に施工した(図-7,8)。

坑内集水ボーリング施工により、当初と比較してトンネル山側で20~55m、谷側で75mの水位低下が得られた。水位低下により大規模地すべりの

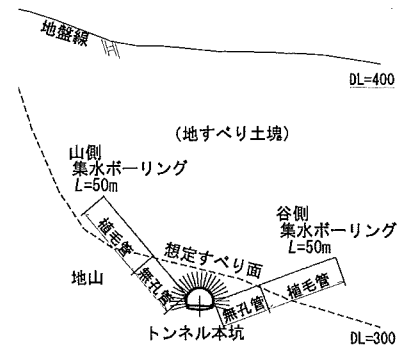


図-8 坑内集水ボーリング標準図

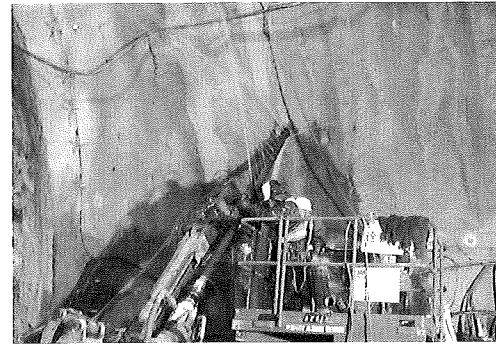


写真-8 坑内集水ボーリング施工状況(湧水量 4 t/min)

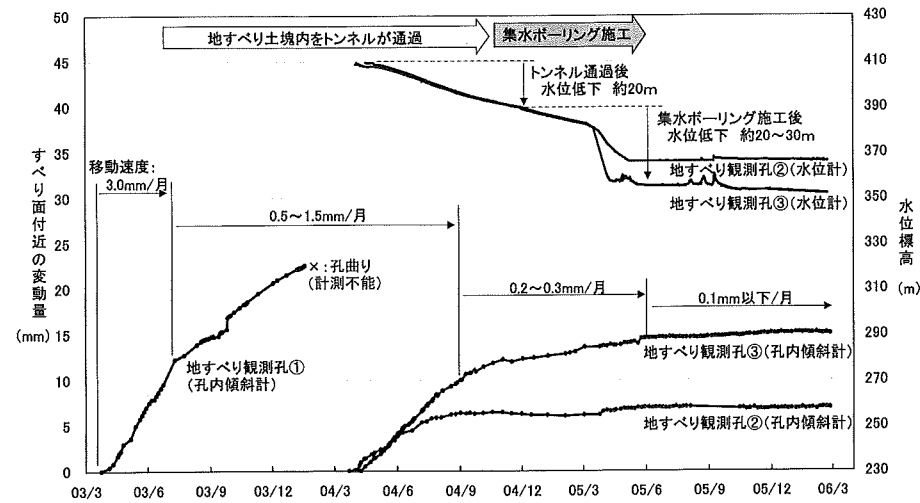


図-9 地すべり変動・水位変動図

地中内傾斜計の動きで、当初の3mm/月の変位速度から水位低下により0.1mm/月にまで収束している(図-9, 写真-8)。

7 地すべり交差部の覆工の設計と施工

7-1 地すべり交差部と土塊内の覆工設計

地すべり土塊内の覆工設計は、計測結果から逆解析により周辺地山変形係数を推定し、推定された変形係数を用いた有限要素法解析(順解析)により得られた塑性域に安全率を乗じた値を緩み高さとしてフレーム計算し、限界状態設計法により構造を決定した。

地すべり交差区間の覆工設計は、吹付けコンクリート応力の計測結果から経過年数ごとにトンネルに作用する外力を推定し、限界状態設計法によ

り、50年後の外力に耐えるものとし、高強度(50N/mm²)高密度鉄筋(内側主鉄筋D29@125mm, 外側主鉄筋D29@250mm)構造を採用した。

また、地すべり交差区間は想定した以上の外力が作用した場合も考えて対策を検討し、以下の構造とした。

- ① 地すべりによる外力に対し、フレキシブルな構造とするために、1打設長を6mとし、打ち継ぎは5cmの目地材とスリップバーを使用する。
- ② コンクリートにクラックが発生した場合にコンクリート塊の落下を防ぐため、繊維補強コンクリートとする。

7-2 高密度鉄筋・繊維入り高強度コンクリートの施工

過密配筋区間については、鉄筋コンクリートの

表-2 地すべり交差部覆工コンクリート配合

スランブ (cm)	空気量 (%)	G _{max} (mm)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)					
					セメント C	水 W	細骨材 S ₁	粗骨材 G	混和剤 A _d (C×%)	補強繊維 STRUX-85/50
23±2.5	4.5±1.5	25	35.0	56.5	500	175	948	745	7.50 (1.50%)	3.68 (0.4%)

確実な充填を行うためにTヘッドバー(せん断補強鉄筋)と束ね鉄筋を採用し、施工した。

コンクリートの配合は、高強度(50N/mm²)繊維補強覆工コンクリートとなるため、以下の問題があった。

- ① 50N/mm²の強度があり、かつ覆工コンクリートとしての品質、仕上がり状況を確保できるコンクリート性状を有すること
- ② 50N/mm²の圧縮強度に対して所定のじん性を得るための繊維混入率の設定

以上の問題について、室内試験、現場模擬打設試験を行い、配合を決定した。表-2に決定した配合を示す。決定した配合により高強度繊維補強覆工コンクリートの打設を現在まで順調に進めている。

8 トンネル供用後の維持管理

このような大規模地すべりと交差する赤岩トンネルでは、供用開始後の一般交通車両の安全を確保するためのトンネル維持管理業務が非常に重要である。

大規模地すべりの活動状況については、引き続き地上からの地中内傾斜計および地下水位の測定を実施し、地すべりの変動と地下水位などに異常がないか確認を行う。トンネル内では通常の巡回パトロール、定期点検に加えて、トンネル監視システムによる監視を行う。トンネル監視システムは、地すべり影響区間の覆工応力(コンクリート内部応力、鉄筋応力、コンクリート表面歪み)、目地段差、坑内温度を常時測定し、リアルタイムで監視するものである。

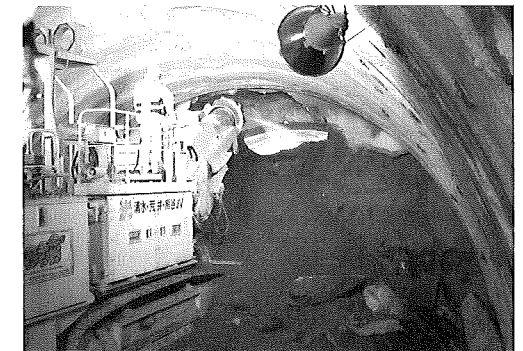


写真-9 上半貫通(平成18年4月18日)

また、地すべり区間で施工した集水ボーリングの湧水量を測定できる設備を設置し、定期的に湧水量の変化を確認する。

これらの計測データについては、管理基準値を設け、異常がある場合には速やかに対策を検討、実施できる体制とする計画である。

9 おわりに

国内外においてこのような大規模地すべりとトンネルが交差する例はなく、この区間の設計ならびに施工方法については、三上隆・北海道大学教授を委員長とする有識者で構成される赤岩トンネル検討委員会にて方針を決定しながら進められた。赤岩トンネル検討委員会の委員の方々、設計者である(株)ドーコン、明治コンサルタント(株)の関係各位のご指導とご支援により無事難局を突破し、貫通できたものと、ここに深く感謝の意を表す(写真-9)。今後は、地すべり区間を含めた覆工コンクリートなど、残りの工事を進め、無事竣工を迎えられるよう努力していきたい。



「国際会議観光都市」木更津より

横田 貴浩

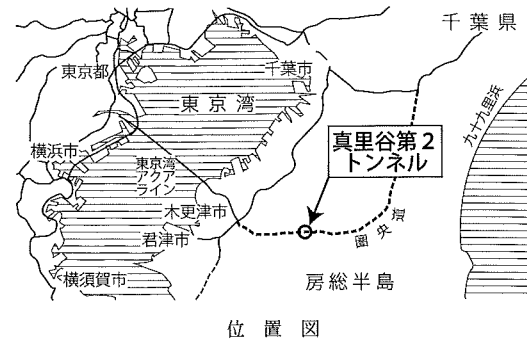
木更津市は、千葉県中西部に位置し東京湾岸に面した温暖な町で、東京湾アクアラインが通る房総半島中部における代表的な都市の一つである。内陸部には万葉集にも詠われた緑豊かな房総丘陵がなだらかに連なっている。地名に津の文字が用いられているように、古くから港町として栄えた。現在は風光明媚な「国際会議観光都市(コンベンションシティ)」として発展を目指している。

歴史を遡ると「古事記」、「日本書紀」の記述から始まっている。奈良時代に記された文献には、馬来田国と記されており馬来田国造という豪族が支配していたとされる。室町時代に入ると、上総武田氏の祖である武田信長が上総守護代となり真里谷城を築城するが、戦国時代に豊臣秀吉の小田原の役で侵攻された後に、廃城となる。現在城跡は、キャンプ場(少年自然の家)として利用されている。昭和に入ると、八幡製鉄所(現 新日本製鐵(株)君津製鉄所)が隣接する君津市に誘致され、木更津市内には同社の関連企業が進出し人口が急増する。

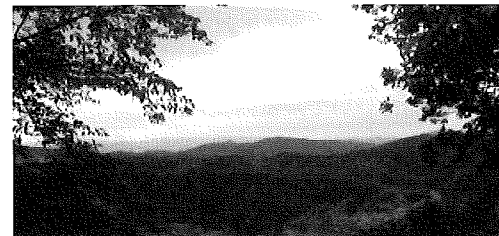
観光としては、平成9年に開通した東京湾アクアラインの海ほたるや、日本で1番高い歩道橋・中の島大橋、童謡「証城寺の狸ばやし——♪しよ、しよ、しようじょうじ〜」のモチーフになった證誠寺がある。

また、特産品としては、「焼き海苔・栗・ブルーベリー・キウイ・洋ラン・落花生」などがあり、海や山の幸が豊富な地域である。

当トンネル工事は、圏央道(首都圏中央連絡自動車道)の整備の一環で、当社は、トンネル延長L=267m



親子トンネル見学会



房総丘陵

(暫定2車線)を担当している。施工位置は、木更津市の東部に位置し、房総半島内陸部の特徴として見られる房総丘陵に位置する。市内にはとくに高い山がなく、もっとも高い場所でも標高200m程度である。

地質は、上位から関東ローム層、粘性土層や砂質土層などの層相変化の富む藪層、最終確認層である砂質土主体の地蔵堂層からなる。トンネル部の地質を構成するのは、この地蔵堂層である。また、2D以下の小土かぶり区間が全体の70%を占めるのも特徴の一つである。トンネル全線が、補助工法(先受け・鏡ボルト併用)採用の上半先進機械掘削で計画されている。

工事施工中は、イベントとして、小学校の夏休み時期に、親子によるトンネル見学会を開き、トンネル機械のリモコン操作、坑口周りで採取されたカブトムシのプレゼントなどを行い、工事の理解と関心を深めてもらった。

現在、当初より懸念された東京電力鉄塔下の掘進、軟弱地盤層が存在する埋没谷部も掘削が終わり、今後は、貫通・竣工に向け、「安全第一、地域貢献」を目標に無事故・無災害での完成を目指していく。

(東洋建設(株)真里谷第2トンネル作業所所長)

施工

特殊セグメントを用いた地下鉄換気塔

—地下鉄13号線 雑司ヶ谷駅—

東京地下鉄(株)建設部調査課課長補佐 沼澤 憲二郎
東京地下鉄(株)建設部早稲田工事事務所副主任 藤沼 愛
メトロ開発(株)技術部部长 藤木 育雄
日本コンクリート工業(株)セグメント営業部技術グループリーダー 倉木 修二

1 はじめに

東京メトロは地下鉄13号線(池袋~新宿三丁目~渋谷間8.9km)の平成20年6月開業を目指し、鋭意建設を進めている。現在、ほとんどの駅で駅舎となる構築工事が完了しており、出入口・換気塔などの付帯構造物の築造も進めている。また、駅間トンネルについては本年中にすべてのシールドが貫通する予定である。今後は、順次軌道などの施設工事に着手することにしており、開業に向け工事は着々と進捗している。

本稿は、地下鉄13号線雑司ヶ谷駅(仮称)の換気塔工事において、工期短縮と工事費削減などを目的に鉄筋コンクリートセグメント(ガラス繊維シート付き、以下EXPセグメント)を用いて圧入工法

により立坑部の施工を行ったので、その概要を報告する(図-1)。

2 雑司ヶ谷駅換気立坑工事

雑司ヶ谷駅は、13号線で新設する7駅のうち一番北側に位置している。駅は西早稲田駅(仮称)と同様で両端部が開削工法による駅舎(1層2径間~3層3径間)で、ホーム部はシールドトンネル(セグメント外径8m)の構造となっている。また、開削部の掘削深さは約23~38mで、シールドトンネルの土かぶりは約27.5mである(図-2)。

従来、駅施設に必要な換気塔は出入口との併設が一般的であるが、本駅は駅舎の規模、施設の配置などの関係から単独の換気塔(吸排気)が必要となった。

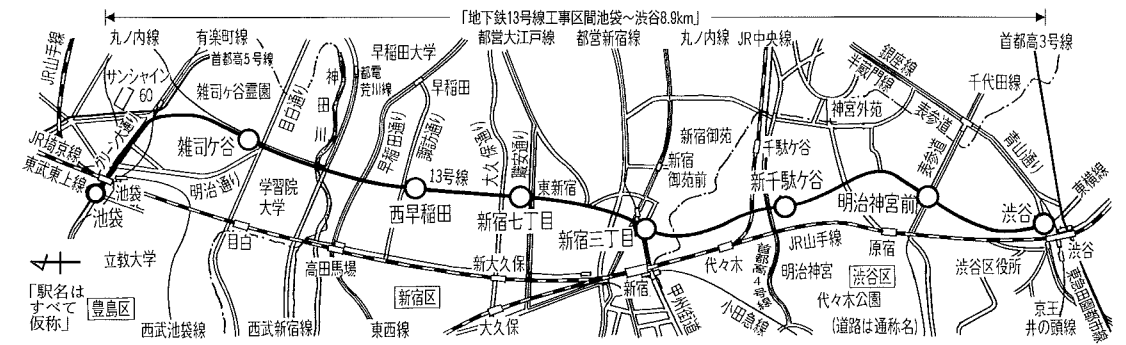


図-1 13号線の路線概要

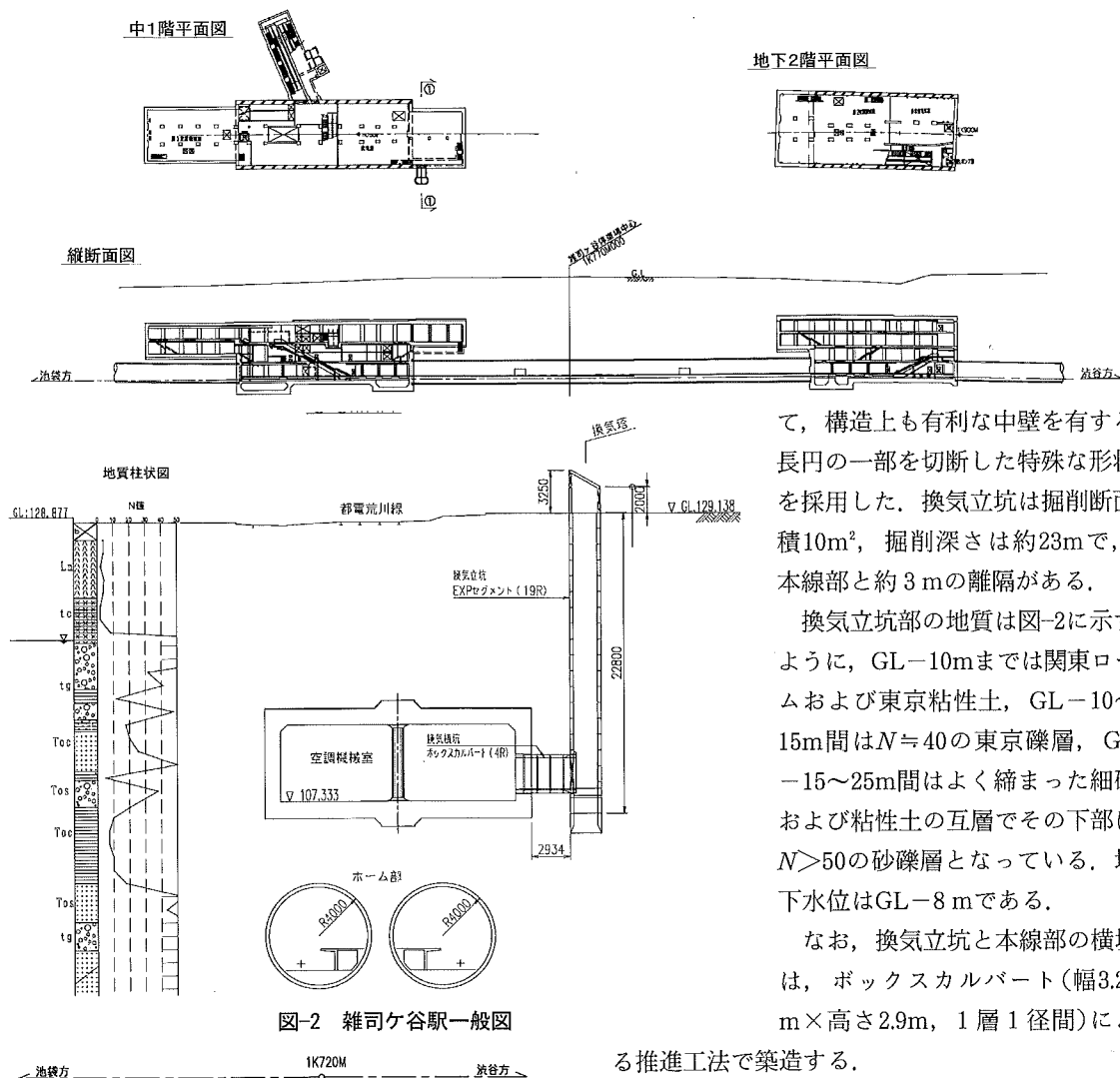


図-2 雑司ヶ谷駅一般図

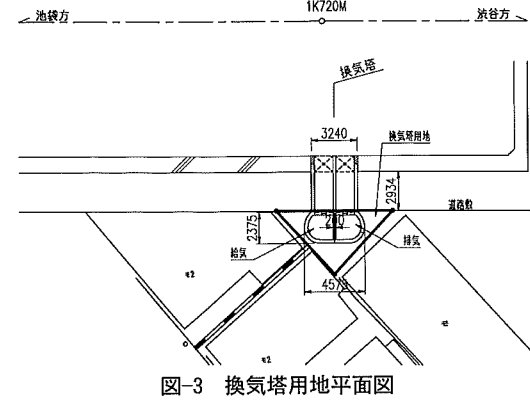


図-3 換気塔用地平面図

換気塔用地は、図-3に示すように狭隘な三角形状である。このため、用地を有効に利用し、かつ必要な「吸気・排気」面積を確保できる断面とし

て、構造上も有利な中壁を有する長円の一部を切断した特殊な形状を採用した。換気立坑は掘削断面積10m²、掘削深さは約23mで、本線部と約3mの離隔がある。

換気立坑部の地質は図-2に示すように、GL-10mまでは関東ロームおよび東京粘性土、GL-10~15m間はN=40の東京礫層、GL-15~25m間はよく締まった細砂および粘性土の互層でその下部はN>50の砂礫層となっている。地下水位はGL-8mである。

なお、換気立坑と本線部の横坑は、ボックスカルバート(幅3.24m×高さ2.9m、1層1径間)による推進工法で築造する。

3 EXPセグメントの採用

換気塔の施工は、雑司ヶ谷駅の開削工事の進捗状況から、大幅な工程短縮が求められた。このため、開削工法に比べ工程短縮が見込めるアーバンリング工法などの圧入工法を計画した。通常、覆工は鋼製セグメントを用い、掘削完了後に二次覆工を施工している。本工事では二次覆工の施工は工程短縮効果が少ないため、経済性にも優れた二次覆工を省略できる鉄筋コンクリートセグメントで一次覆工のみとした。しかし、セグメントの圧入・沈設に際し立坑内部をグラブバケットで水中掘削するため、グラブバケットの接触によりセグメン

トの内表面が破損することが懸念された。そのため、セグメントのクラック低減、破損を防止する目的で、剥落防止効果を有しているEXPセグメントを採用することとした。以下にEXPセグメントの概要について述べる。

4 EXPセグメントの概要

4-1 開発目的

鉄道トンネルや道路トンネルなど、多くの人々が利用するトンネルでは、覆工コンクリートの剥落は大きな問題となる。このような剥落事故は山岳トンネルにおいてとくに顕著であったが、シールドトンネルにおいても同様な剥落が発生する可能性がある。

EXPセグメント(Exfoliation Prevention Segment)は、このようなトンネル覆工の剥落を確実に防止することを目的として開発した鉄筋コンクリートセグメントである。

4-2 EXPセグメントの構造および特長

EXPセグメントは、セグメントの製作時に繊維シートをあらかじめセグメント型枠内表面および側面に敷設し、その上に鉄筋かごを置き、この状態でコンクリートを打設して製造する(写真-1)。これにより、セグメント内表面全体は繊維シートで完全に覆われるため、コンクリートにクラックが生じた場合でも、コンクリート片は崩落することなく、確実に剥落を防止することができる。

この際、使用するシートは繊維をメッシュ状に織り込むことによって剥落片を確実に保持できる形状を選定するとともに、使用コンクリートはセメントペーストを繊維シートの表面に十分に回り込ませることができる流動性の高い粉体系高流動コンクリート(目標スランプフロー値65±5cm、目標空気量1.5±1%)である。

写真-2は、EXPセグメントの内表面の状況である。繊維シートの縞模様若干認められるが、セメントペーストは繊維シートの表面まで十分に回り込み、繊維シートを完全に覆っていることが確認できる。

EXPセグメントの特徴をまとめると、以下の

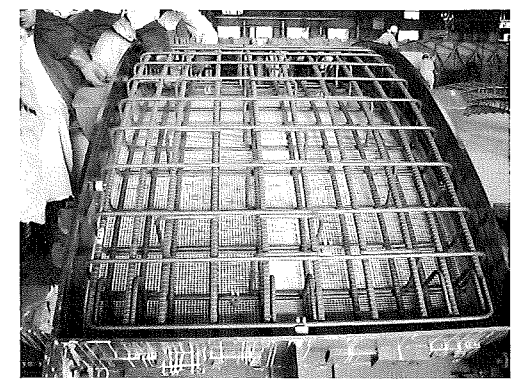


写真-1 EXPセグメントの製造状況

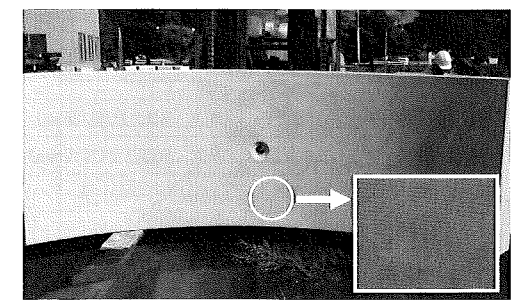


写真-2 EXPセグメント内表面の状況

とおりである。

- ① セグメントの内表面は繊維シートで覆われているため、コンクリート片の剥落を確実に防止することができる。
- ② セグメントの製造時点で繊維シートを設置するため、シールド施工時に内在ひび割れが生じた場合でも、確実に剥落防止機能を発揮することができる。
- ③ 強アルカリ中においても高い耐久性を保つ繊維シートを使用しているため、長期にわたって剥落防止機能を維持することができる。
- ④ 高流動コンクリートを用いているため、繊維シートの隙間を通して表面までセメントペーストが回り込み、繊維シートを完全に覆っているため、耐久性を長期にわたって維持することができる。

4-3 繊維シートの性能

EXPセグメントに用いる繊維シートの素材は、耐アルカリガラス(ARG)である。ガラス繊維の耐アルカリ性は、主にガラス中のジルコニア(ZrO₂)含有率によって決定され、ジルコニア含

表-1 ARG繊維の力学的特性

力学的特性	引張強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (N/mm ²)	伸び (%)	密度 (g/cm ³)	直径 (μm)
	1,800 ~3,500	70,000 ~76,000	2~3	2.27	8~12
耐アルカリ性重量減少率	セメント飽和水溶液 80°C×200時間			0.8%	
耐アルカリ性引張強度保持率	ガラス繊維にセメントペーストを塗布し 50°Cで300時間保持			75%	
耐酸性重量減少率	10% HCl	80°C×90時間	1.6%		
	10% H ₂ SO ₄	80°C×90時間	1.2%		

表-2 ARG繊維シートの仕様

格子サイズ	□7.0×5.0(mm)
織密度	タテ 45.3±1, ヨコ 3.3±1(本/25mm)
引張強度	タテ 1,500以上, ヨコ 950以上(N/25mm)
単位質量	400(g/m ²)以上
厚さ	0.85±0.2(mm)

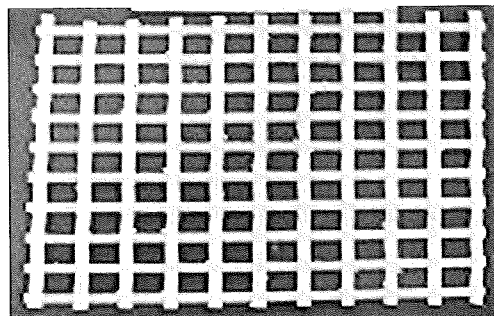


写真-3 繊維シート

有率が高いほど耐アルカリ性が増大することが知られている。ARGはジルコニアを約20%含有し、通常のガラスに比べて耐アルカリ性に非常に優れている。

ARGの力学特性およびアルカリや酸に対する化学的抵抗性を表-1に、ARGを織り込んで製作した繊維シートの仕様を表-2に、またその状況を写真-3に示す。

5 換気立坑用セグメントの概要

5-1 セグメント・継手の概要

図-4に立坑用鉄筋コンクリートセグメントの一般形状を示す。立坑はそれぞれ形状の異なるA~D型の4種類のセグメントでリングを構成し、中

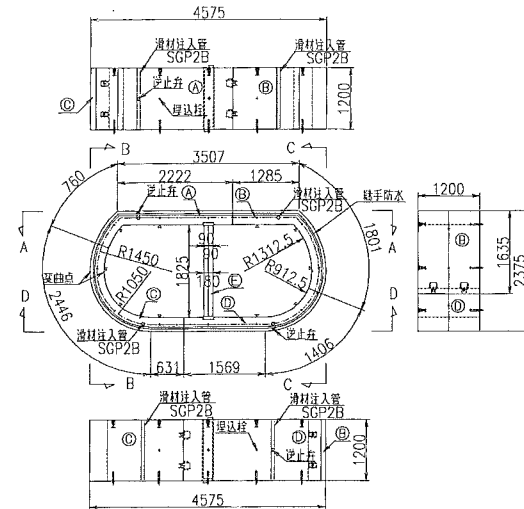


図-4 RCセグメント構造図

部に中壁用Eセグメントを設けた構造としている。

A~D型セグメントのセグメント間継手は片側インサートの鋼板継手とし、リング間継手は本地下鉄13号線のシールドトンネル用に開発・実用化した内面平滑型のTS-Ring継手を採用した。

中壁用E型セグメントは掘削時にはグラブバケットの支障となるため、圧入完了後に設置する。そのため、施工時に生じる誤差や変形などを考慮してリングセグメントの間には継手は設けず角落とし構造とし、間隙には無収縮モルタルを充填して結合することとした。

また、セグメントと地山の間隙に沈設時には滑材を、沈設完了時には裏込め材を注入するために、A~D型セグメントには滑材注入管を埋め込んでいる。

さらに、沈設時の摩擦抵抗を軽減するために、一部セグメントの外周面にはフリクションカット用鋼板をバンド状に設置している。

5-2 セグメントの製作

A~D型セグメントはそれぞれ特異な形状をしているが、製作は円形のシールドトンネル用セグメントの製造と同様に平打ちを採用した。写真-4はB型セグメント用型枠に繊維シートを設置した状況である。なお型枠は、

- ① セグメント製作リング数が少ない

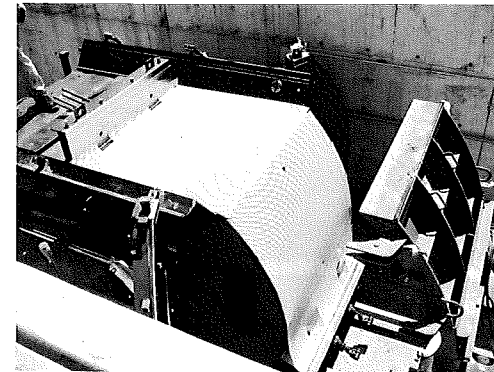


写真-4 B型セグメント製造状況

- ② 寸法精度を若干下げる
- ③ 高流動コンクリートの使用

により、従来のセグメント用型枠と比べ簡略化できコストの削減が図られた。

5-3 性能確認試験

EXPセグメントの採用にあたり、性能特性および製作精度の確認を目的として、各種性能試験(単体曲げ試験、仮組み試験、基本性能試験)を実施した。

5-3-1 単体曲げ試験

単体曲げ試験は、形状が通常のシールドトンネル用セグメントにもっとも類似しているCセグメントで実施した。試験方法は、シールドトンネル用セグメントと同様に両端可動の単純支持とし、支点中央の荷重支点間を600mmとした2点集中荷重で、正曲げについて実施した(写真-5)。

試験結果は、Cセグメントは曲率が大きいので、通常のコンクリートの圧縮または鉄筋の引張破壊ではなく、コンクリートのせん断破壊となった。しかし、繊維シートの埋設は耐力に影響を及ぼさないため、繊維シートによる鉄筋のかぶりの減少を考慮する必要はなく、EXPセグメントも通常のセグメントと同様の設計手法を適用してよいことを確認した。荷重と鉛直変位の関係図を図-5に示す。

5-3-2 仮組み試験

写真-6は、2リング仮組みしたときの状況である。本セグメントは複合円と直線の組み合わせという非常に複雑な形状をしているが、仮組み試験

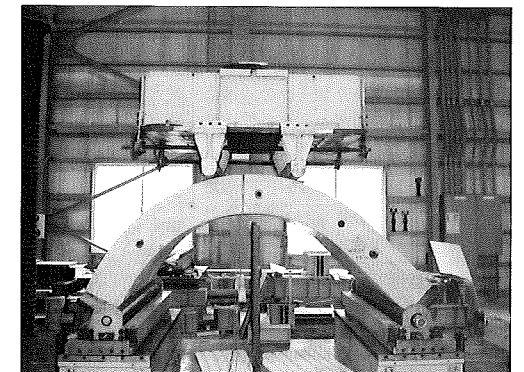


写真-5 C型セグメント単体曲げ試験状況

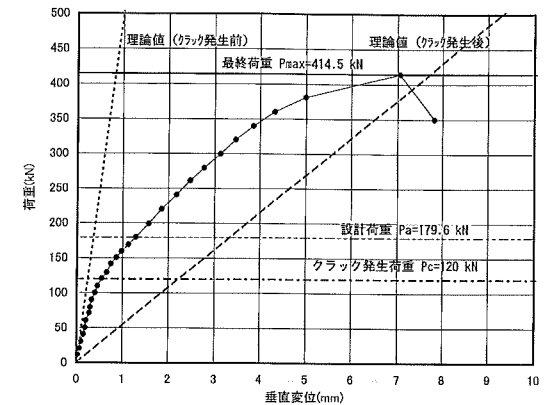


図-5 単体曲げ試験(C-2型)

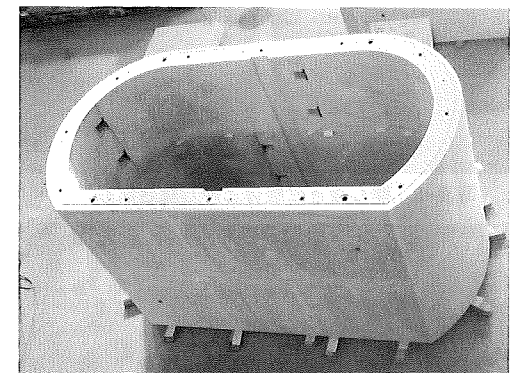


写真-6 セグメントの仮組み状況

の結果、所要の寸法精度を有していることを確認した。

5-3-3 基本性能確認試験

上記試験のほか、EXPセグメントの開発にあたっては、今までに数々の基本性能の確認試験を実施してきた。表-3に試験項目とその目的を、また、試験状況を写真-7~10に示す。

これらの基本性能確認試験により得られた繊維

表-3 基本性能確認試験一覧

試験項目	試験目的	測定項目
圧縮試験	局部コンクリートの圧壊に対する繊維シートの抑止効果の確認	最大荷重 荷重と鉛直・水平変位
押し抜き試験	表面部コンクリート脱落に対する繊維シートの抑止効果の確認	荷重と鉛直変位量 繊維シート剥離面積
耐久性試験	繊維シート貼り付けによるコンクリート表面の耐久性の確認	中性化深さ 塩化物イオンの浸透深さ
偏圧載荷試験	ジャッキ推力などの偏圧荷重に対する繊維シートの爆裂・剝離抑制効果の確認	破壊荷重
膨張試験	膨張材を用いた模擬鉄筋膨張破壊に対する繊維シートの抑止効果の確認	破壊性状
暴露試験	繊維シートの剝離および劣化の確認	表面の劣化状況

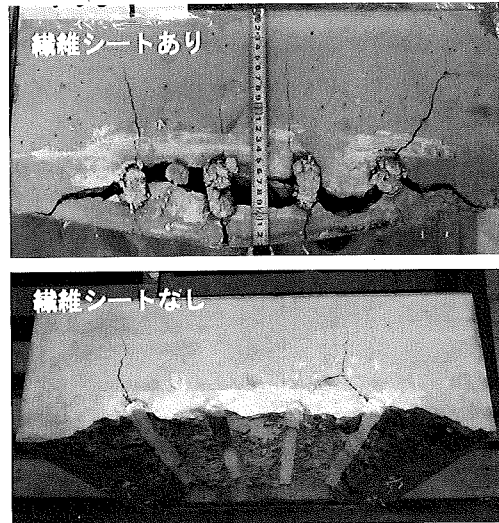


写真-10 模擬鉄筋の膨張破壊試験体の状況

も、コンクリート自身の圧縮強度や静弾性係数の大きさにはほとんど影響しない。

② 繊維シートはコンクリートの押し抜きに対して脱落防止効果がある。また、押し抜き荷重の保持性および変位追従性は、繊維シート自身の引張強度およびコンクリートとの付着性に依存する。

③ セグメントに偏圧荷重が生じた場合、繊維シートにはコンクリート片の爆裂抑制効果と剝落防止効果がある。

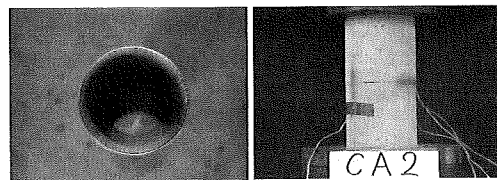


写真-7 繊維シートの敷設と圧縮試験状況

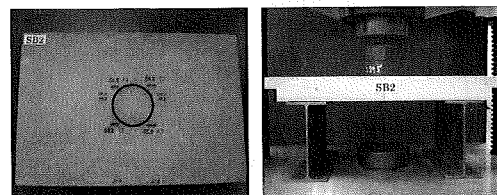


写真-8 押し抜き試験体と押し抜き試験状況

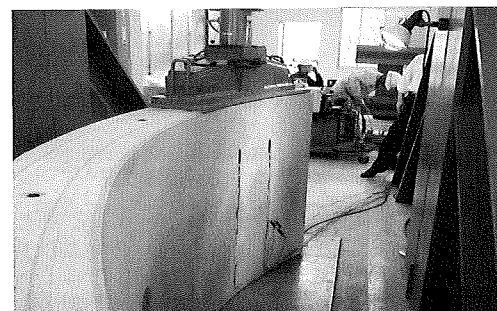


写真-9 偏圧載荷試験状況

シートの効果をまとめると、以下のとおりである。

① 繊維シートはコンクリートの圧壊時にコンクリートの爆裂を防止する効果がある。また、コンクリート表層部に繊維シートが存在して

6 セグメント圧入工事の施工概要

6-1 圧入工事の概要

換気立坑の構築工における特徴は、①セグメント圧入は施工の効率化を図るため2R(2.4m)を陸組みして継ぎ足し圧入する。また、②中壁を圧入後に施工することである。前述のとおり、給気・排気を区分するための中壁は、施工時には掘削作業に支障するため設置できない。そのため、圧入時の外圧に対しては、坑内水を張った状態で中壁設置位置に仮支保工を水中で設置したのち坑内の水を排出し、仮支保工を本設の中壁に盛り替える計画とした。

仮支保工の水中設置方法については、仮支保工全体を上下2分割にあらかじめ坑外で仮組みし、

1. アンカー打設、刃口・沈設装置組み立て	2. 制御圧入・掘削	3. 所定深度到達	4. スライム処理、底板コンクリート工
グラウンドアンカー打設刃口リングを仮組みし、圧入用保護リング、ジャッキシステムを圧入位置で組み立てる	専用の内足場を撤去した後圧入設備を戻しハンマグラフによりRCセグメント内部を掘削しながら制御圧入する。以降リングを組み立て掘削・圧入作業をくり返す	定着地盤1~2m手前より掘削速度を制御して所定の深度に到達させる	所定深度到達後、バキューム車で床ざらえ掘削を行う。底板コンクリートをプランジャーレミー工法により打設し、その後、コンタクトグラウトを打設する。
5. 開口部支保工設置	6. 地盤改良工・水替工・昇降設備工	7. 底板コンクリート打設	8. ボックス推進工
水替え時に生じる応力度を低減するために、地組みした支保工を水中で設置する	坑内水を排出する範囲を地盤改良する。坑内水を排出する。昇降設備を設置する	支保工の縦梁下部を支持することを目的とした底板コンクリートを打設する	坑内よりボックスカルバート推進で施工する。構築内に推進用の反力壁などの設備を設置する

図-6 施工フロー図

下部支保工から順に水中に吊り込み、ダイバーが水中内で位置決めしてキリンジャッキを締め付けて固定することとした。

換気塔構築の施工フローを図-6に、仮支保工の水中固定状況を図-7に示す。

セグメントの圧入にあたっては、計算による必要最大圧入力(17,660kN)を施工時の圧入荷重にフィードバックして適宜修正することとした。確実に圧入するため、500kN×6台=3,000kNの油圧ジャッキを、また、圧入の反力用としてグラウンドアンカーを6か所設置した。これは、設計上は4本のグラウンドアンカーで圧入が可能であったが、用地の関係から短辺方向の制御が難しいと

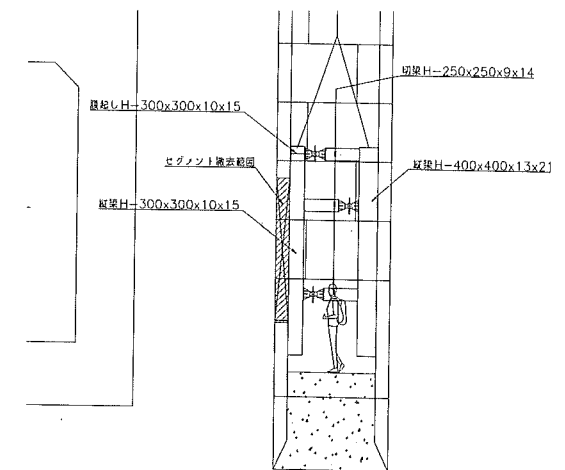


図-7 仮支保工水中固定状況図

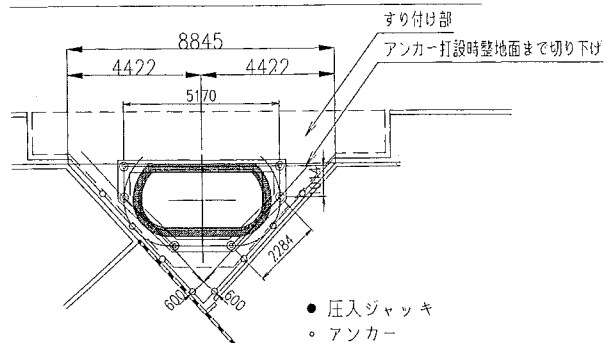


図-8 グラウンドアンカー打設位置平面図

表-4 グラウンドアンカー仕様

設計荷重	500kN/箇所×6か所
PC鋼材	PC綱より線 7本より 12.7mm×6本
鋼材長	33.10m
削孔長	32.10m
拘束長	4.50m
自由長	27.60m
余長	1.00m
削孔径	φ135mm

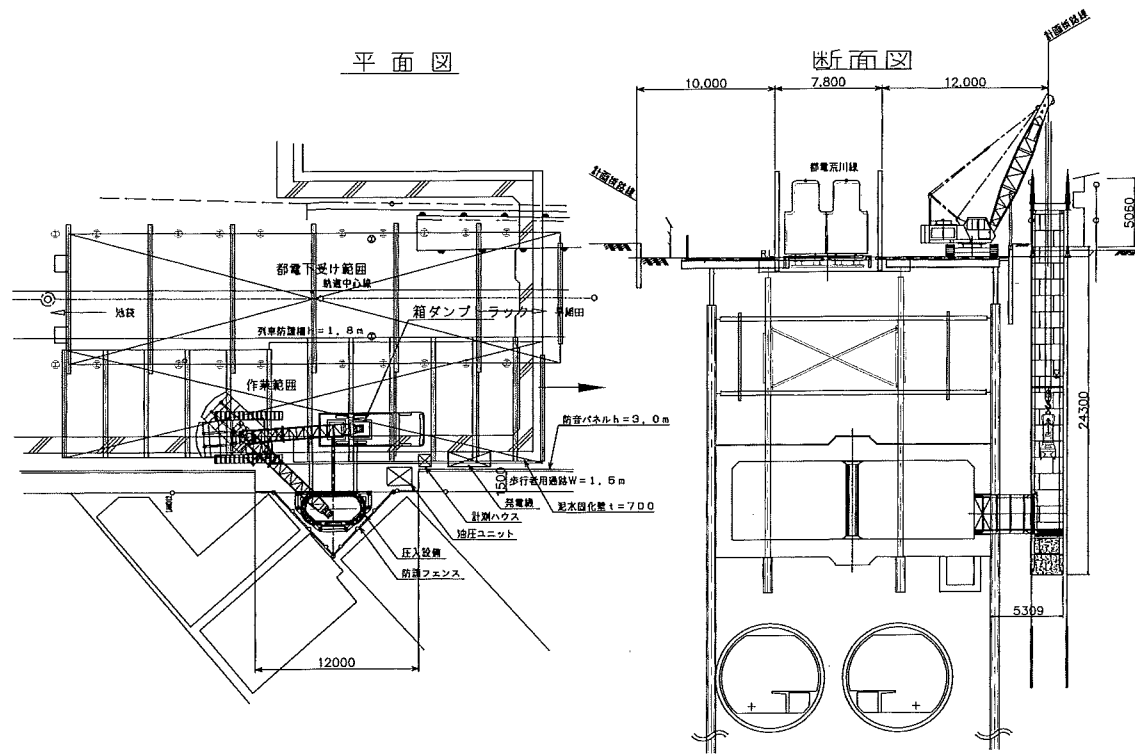


図-9 沈設時仮設備配置図

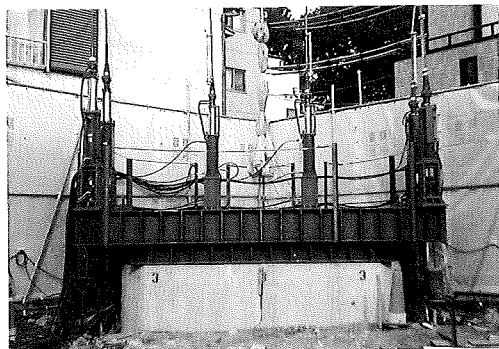


写真-11 セグメント圧入状況

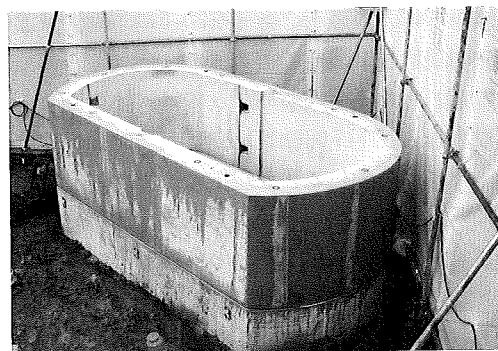


写真-12 セグメント組み立て状況

年月日	平成18年												平成19年																			
	5			6			7			8			9			10			11			12			1			2			3	
名称																																
準備工	型枠製作 60日						セグメント製作 26日												セグメント養生 28日													
施工基面正整・仮囲い ほか																																
グラウンドアンカー工																																
刃口リング・圧入沈設装置組み立て・据え付け																																
圧入沈設・掘削工																																
底版コンクリート工																																
圧入沈設装置解体工																																
換気塔躯体工																																
上部躯体工																																

図-10 工程表

判断し、偏荷重をバランスさせるために6本のグラウンドアンカーを設置した。図-8にグラウンドアンカーの設置位置、表-4にグラウンドアンカーの仕様を示す。

圧入に使用する掘削機械は、作業ヤードの広さ、周辺環境などの作業条件から使用可能な50~60t吊りクローラレーンに0.3m³のハンマーグラブを採用した。

RCセグメントの圧入は本年9月中旬に開始した。全19リングの圧入は10月末に終了する。その後底版コンクリートの打設、水抜き、横坑用ボックスカルバート(長さ1.0m, 4R)の推進を行い、平成19年3月には、すべての工事を完了する予定である。図-9にセグメント圧入時の設備配置状況を、図-10に工程表を、また写真-11, 12に圧入時の施工状況を示す。

6-2 セグメント圧入の管理

鉄筋コンクリートセグメントを圧入する場合、部材厚、リング剛性などからセグメントの位置・姿勢に一度大きな傾斜を与えてしまうと修正不能に陥ったり、修正に多大な工期と工費を要するこ

表-5 セグメント沈設管理一覧

管理項目	管理方法	管理頻度	規格値
沈下量	沈下管理装置によりリアルタイムに管理し、毎リング沈設完了後にレベルングにより管理および補正する	全数のRCセグメントで各リフトごと	
掘削土砂量	目視および測定	全数のRCセグメント	掘削土砂を土質分類し、各土質ごとの層厚を測定し、掘削柱状図を作成する
底面地盤高	現地確認、下げ振りに行う	全数のRCセグメントで4か所以上	
底版コンクリート厚	現地測定	全数のRCセグメントで4か所以上	測定値のすべてが契約書類に定められた設計厚以上
平面位置	RCセグメント中心位置で偏心量を測定	全数のRCセグメントで各リフトごと	最終偏心量100mm以内
傾斜角	現地測定	全数のRCセグメントで各リフトごと	最終傾斜量1/200以内測定は、交差する2方向より行う

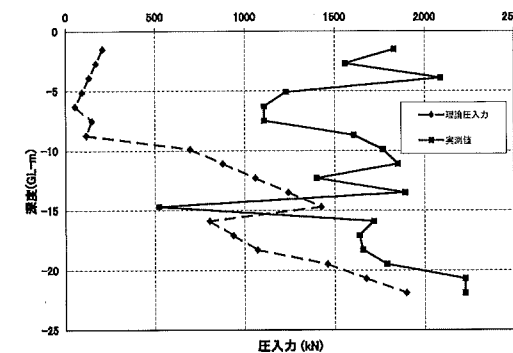


図-11 圧入力対比図

とが想定された。そのため、①セグメント位置、姿勢および沈下抵抗力の把握(計測)、②リアルタイムでの圧力制御(制御)、を重点計測の項目とした。圧入時に実施した管理項目一覧を表-5に、また圧入力の設計値との対比を図-11に示す。

7 おわりに

本来、EXPセグメントは、シールドトンネルの施工時に発生した不良箇所からの剥落や、補修跡などからの剥離を確実に防止し、トンネル完成後に実施する健全度検査の簡素化、検査間隔の拡大、補修工事費の低減などが可能になることも想定して開発したものである。

今回の換気立坑工事は、工程短縮および掘削時のグラブバケットによるセグメント内表面の損傷低減を目的に採用した。

今回の施工結果から、小規模な立坑掘削工事に

おけるEXPセグメントの採用は、セグメント製作費の低減、二次覆工省略による工程短縮などの効果が明らかとなり、適用範囲が拡大したと判断している。

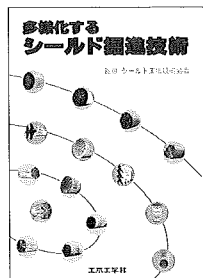
なお、13号線池袋～雑司ヶ谷間の単線シールド区間においてEXPセグメントの試験施工を行い、有効性を確認することとしている。

今回の施工実績が、これからの類似工事の参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) (社)土木学会：コンクリート標準示方書〔維持管理編〕, pp.75-77, 2001.1.
- 2) 星 英徳・倉木修二・清水幸範・木村定雄：シールド工事用コンクリート系セグメントの剥落防止を目的とした繊維シートの適用に関する研究, JCI, コンクリート工学論文集, Vol.27, No.2, pp.1375-1380, 2005.6.

【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・カット・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



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

施工

工期を大幅に短縮したインドの地下発電所掘削

—西ベンガル州電力公社 プルリア揚水発電所—

大成建設(株)国際事業本部国際土木支店土木部 青山博文
大成建設(株)波方基地プロパン貯槽工事作業所課長 高市一馬
大成建設(株)八王子城跡トンネル工事作業所課長代理 柴田勝実

1 はじめに

インドは、慢性的なエネルギー不足であり、とくに供給電圧の安定化とピーク時の電力不足の解消が緊急の課題となっている。この問題を解決するために、新規の電源供給と、90%以上を占める石炭火力の効率的な運用を目的とし、日本政府のODAによる資金供与を受け、最大出力900MWのプルリア揚水発電所が建設されている。

本事業は、コルカタから北西に300km内陸へ入った、西ベンガル州・プルリア地区の標高約250~520mの丘陵部に位置する(図-1, 2)。事業者は西ベンガル州電力公社(WBSEB)で、インハウ

スエンジニアを擁している。また、エンジニアのコンサルタントとして、電源開発(株)・WAPCOS(インドのコンサルタント会社)JVが設計・監理業務を行っている。大成建設(株)は1999年の国際入札を経て、2001年6月に単独で土木・建築工事を受注した。その後、同年8月の契約、2002年3月の着工を経て、現在、2007年2月の竣工に向けて施工中である。工事概要を表-1に示す。

本工事のうち地下・建築工事は、インドの大手ゼネコン2社(HCC: Hindustan Construction Company LtdとL&T: Larsen & Toubro Ltd)にJV形式で発注した。インドでは現地企業同士でJVが構成されることはまれであるが、工事の

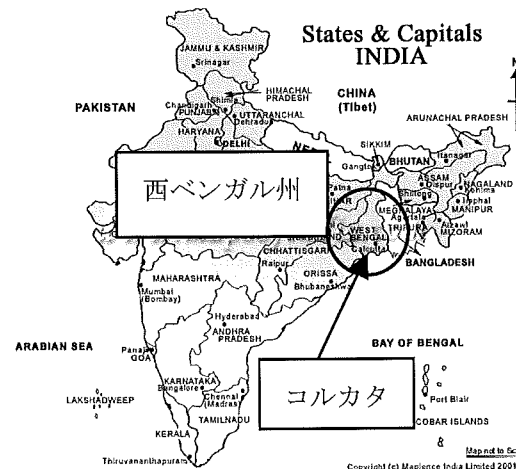


図-1 現場位置図(インド全土)

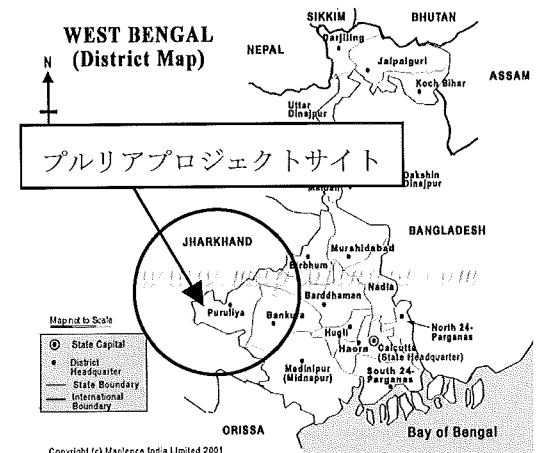


図-2 現場位置図(西ベンガル州)

規模、内容を考慮したうえで、契約破棄などの大きなリスクを回避するために、あえてJV形式とした。

当地域の気候は、10～5月までの乾季と6～9月までの雨季に分かれており、年間降水量は約1,700mmである。また、日中最高気温は12月で25度程度、5月で50度を超える猛暑も観測される。

表-1 工事概要

上池ダム	総貯水容量 16.5×10 ⁶ m ³ 、堤高 71m、堤頂長 1,505m、盛立量 300万m ³
下池ダム	総貯水容量 16.0×10 ⁶ m ³ 、堤高 95m、堤頂長 310m、盛立量 180万m ³
地下発電所	225MW×4基、弾頭型、幅 24.5m、高さ 48m、長さ 157m、掘削量 14万m ³
トンネル	総延長 5,973m(導水路、水圧管路、放水路など)
明かり工事	洪水吐、取水口、放水吐、開閉所
建設設備	発電所空調設備、発電所管理棟、開閉所管理棟など

2 工事概要

図-3に地下工事全体を模式的に示す。

工事は大きく、上池ダムエリアと下池ダムエリアに分けることができる。

上池ダムエリアは、取水口(Power Intake)、ゲート立坑、導水路トンネルの水平坑と斜坑などが主な構造物であり、下池ダムエリアは、発電所、ドラフトゲート(H=約12m)、放水路、放水ゲートなどが主な構造物である。下池ダムの管理用トンネルも施工している。

主要工程を表-2に示す。

本工事では、全体で26項目、地下建築工事だけでも、18項目もの中間工期が設定されていた。遅滞なく工事を進めるために、施工箇所を増やし、でき得る限りの並行作業を行う必要があった。

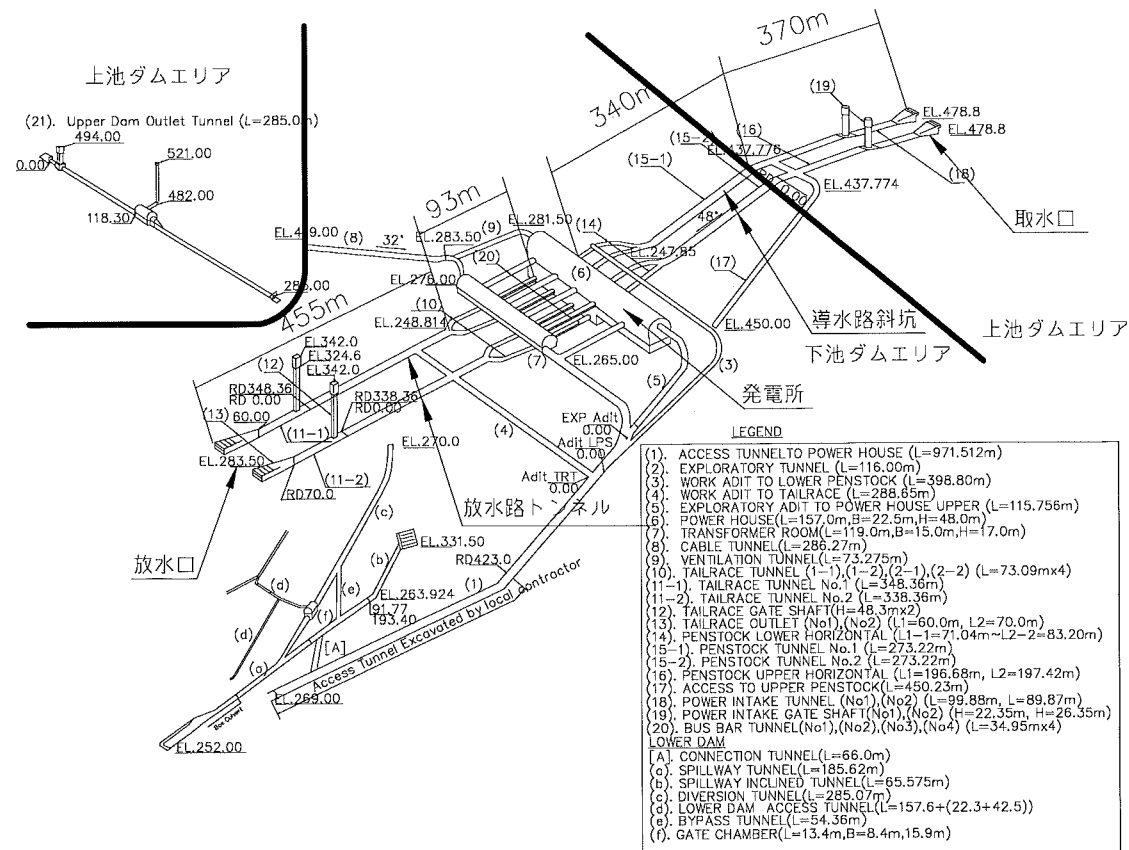


図-3 鳥瞰図

3 掘削工事

3-1 地下発電所

3-1-1 地質

プロジェクト地点の地質は、CH級の花崗岩が主であり、岩強度は100～150MPaである。一部変質した片麻岩が介在する箇所もあった。湧水量は多いところでも一時的に20ℓ/minを観測した程度であり問題とならなかった。また、地表面からの土かぶりは約220mで、弱層が発電所横断方向に1か所(No.3水車センター付近)、変質帯がEL.246m付近に一部見られた。

3-1-2 加背割り・支保

地下発電所掘削の加背割りを図-4に示す。良好な地山を反映して、弾頭型の空洞である。掘削は、頂設導坑(No.1 A)、アーチ切り掘削(No.1 B)、ベンチ掘削(No.2～16)の順に行った。ベンチ高は3mを基本とし、形状に応じて3m以下のベンチも設定した(図-5)。ベンチ掘削において、ホールジャンボで掘削を行う場合には、2つのベンチを同時に施工する場合もあった。支保はアーチ部ならびに側壁上部(EL.265m以上)で金網付き吹付けコンクリート(25MPa)16cmとロックボルト6mを1.5m×1.5m間隔で打設し、側壁下部(EL.265m以下)で吹付けコンクリート5cmとロックボルト6mを1.5m×3.0mの間隔で打設した。変質帯部、弱層部が見られた箇所には、増しロックボルト

表-2 主要工程

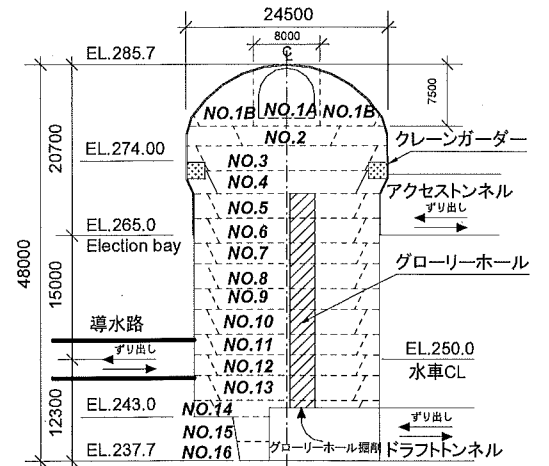
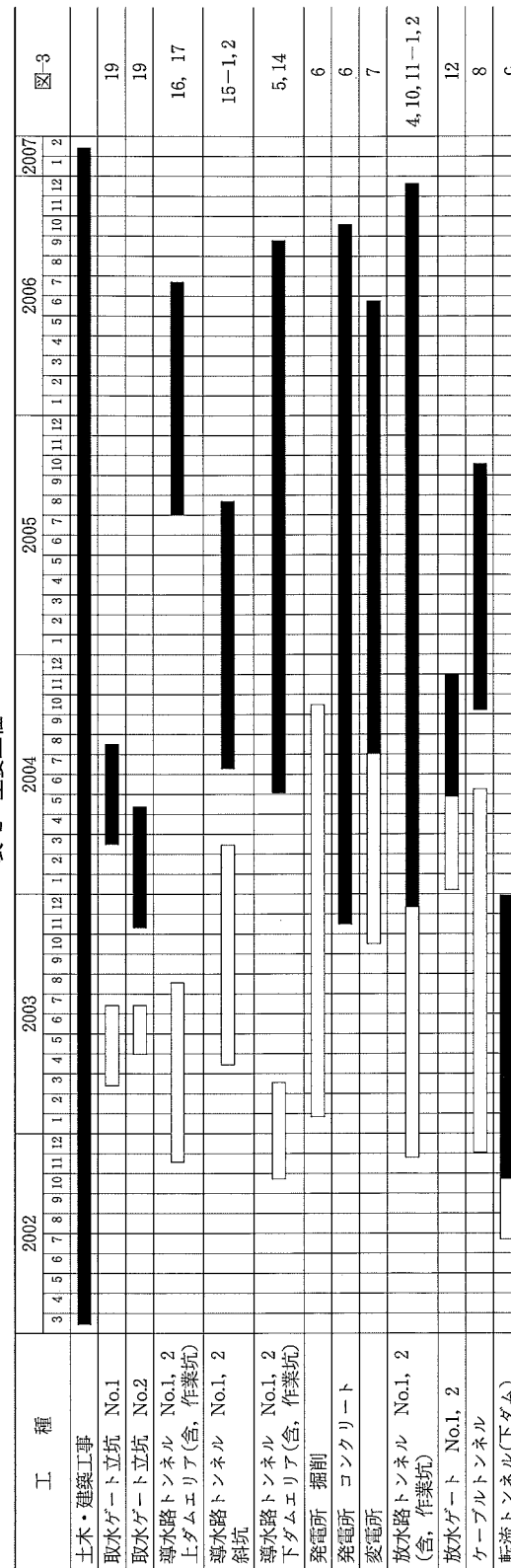


図-4 地下発電所断面図

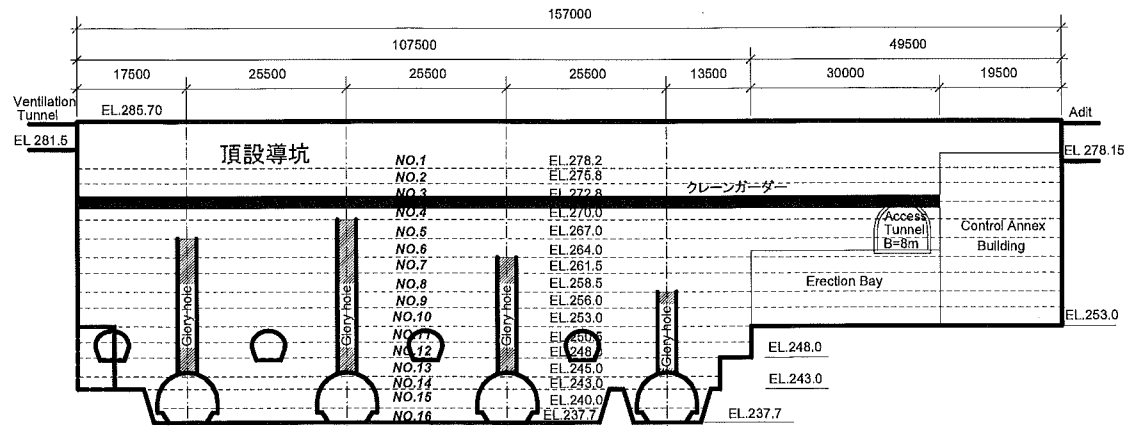


図-5 地下発電所縦断面

ト(L=6m), 増し吹付けコンクリート(t=16cm)で対応した。また、クリーンガーダー部にPS(プレストレス)アンカー(L=15m)を6.5m間隔で42本施工している。吹付けコンクリートはすべて現地プラントで生産している。セメントについては、供給の問題もあり、3社から袋セメント(50kg/袋)を調達した。砕石、砂は原石山もしくはトンネルの掘削ずりからクラッシングしたものを用いた。急結材は、粉体急結材を基本としたが、湿気を含みやすく、搬入時に湿気を帯びていることもあったため、とくに重要な発電所のアーチ部には施工性がよく、品質が比較的安定している液体急結材を使用した。鋼製支保工については、トンネル坑口部に用いたが、全体としてはほとんど用いていない。ロックボルトは、鉄筋(D25)を購入し、切断、先端部の旋盤加工や、ボルト加工は現場にて行った。

3-1-3 計測工

計測工は内空変位計測、ロックボルト軸力測定、地中変位測定(L=10m)の3種類で行った。内空変位測定は、座標管理による測定で日本の標準と同様としたが、地中変位測定(MPBX)については、グラウト充填式の設置方式を採用し、ロックボルト軸力測定については、ボルトの頭部にロードセルを設置する方式を採用した。計測断面は、当初から予定されていたNo.1, 4の水車センターおよびNo.2, 3の中間付近の計3断面(軸力測定(5か所), 地中変位測定(5か所), 内空変位測定)に

加え、地山観察から必要と判断された2断面に対して内空変位測定を追加した。また、クリーンガーダー部のPSアンカーの軸力管理(42本中2本)も行った。内空変位は、絶対値の累計で最大約5mm、地中変位計は約2mmであり、特筆すべき大きな変位が見られなかった。

3-1-4 掘削

頂設導坑(8.0m×7.5m), アーチ切り掘削は、ホイールジャンボにより削孔を行った。No.2以降のベンチ掘削については、主にクローラードリルの垂直削孔によるベンチカットと、ホイールジャンボの水平削孔による大背・土平の発破掘削の併用で行った。ずり出しは、タイヤ方式で、低床20tダンプトラックとホイールローダー2.3m³または2.6m³の組み合わせで行った。ずりの搬出経路は、発電所に接続するトンネルからと、グローリーホールを用いた発電所下部からの2通りがあり、両者を使い分けて搬出した。グローリーホールは、水車センター上に4本(2.2m×2.2m, H=13~24m)、アリマッククライマーにより掘削した(写真-1, 2)。

アリマッククライマーによる斜坑、立坑掘削は、国内ではあまり見られなくなった工法である。しかし、レイズボラーなどの機械掘削と比較した場合、安価であり、施工速度も短い延長であれば遜色はなく、非常に有効な工法である。今回の掘削は、インドネシアから経験を積んだ作業員を呼び寄せ、1班6人編成の昼夜作業とした。岩盤は安定しており、掘進長は1m、削孔数は約40孔で、

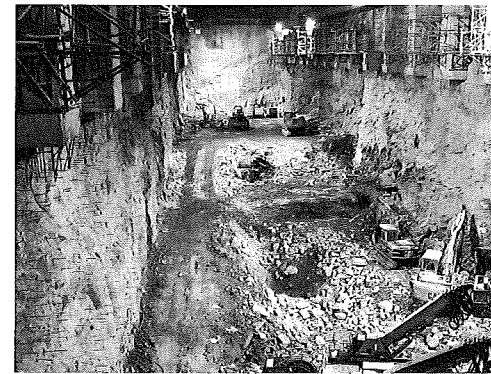


写真-1 地下発電所掘削

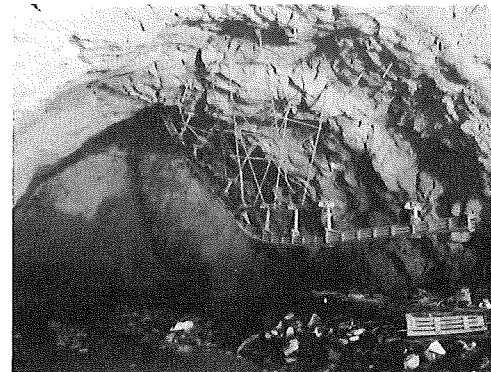


写真-2 グローリーホール掘削

準備工も含めて1か所あたり約2週間で終了した(掘進4m/日)。

3-1-5 クリーンガーダー

当初の施工計画では、クリーンガーダーの施工は、掘削完了後に壁コンクリートから順巻きに施工する計画であった。クリーンガーダーは、200tの発電機設置などに使用される移動式クレーンを支える梁で、高さ2.0m、幅2.2m、延長137.5mの長大な構造物である。順巻きで施工した場合、契約で定められた中間工期内に施工を完了することは困難であると判断し、ベンチ掘削を一時中断して、壁コンクリートを施工する前にクリーンガーダーおよびそれを支える柱コンクリートを先行して施工することにより、全体としての工期短縮を図った(図-6)。

クリーンガーダーを先行するためには、ガーダーを岩盤に固定する必要があった。そこで、コンクリートの自重、仮設移動式クレーンの輪荷重などを考慮したうえで、PSアンカー(L=15m)を6.5m

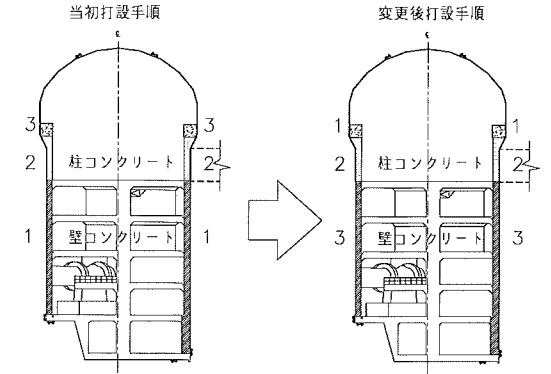


図-6 打設手順の変更

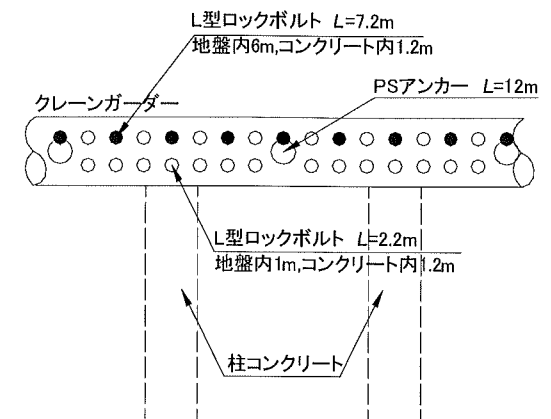


図-7 クリーンガーダー支保状況

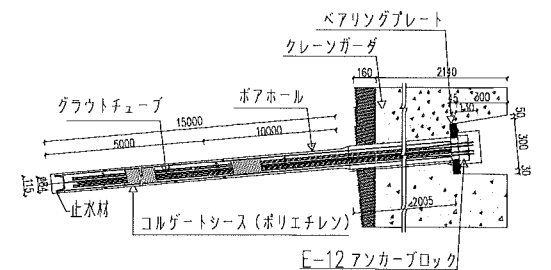


図-8 PSアンカー詳細図

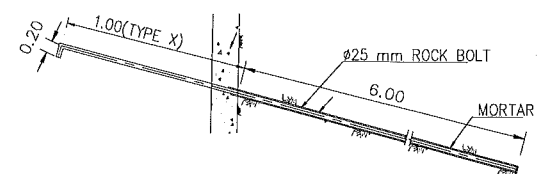


図-9 L型ロックボルト詳細図(Type-X)

ごとに打設し、かつロックボルト(D25)を0.75m間隔で2本ずつ打設するものとした(図-7~9)。また、クリーンガーダーの設置高さは、空洞の断面形状変化点でもあり、応力集中による空洞変状

表-3 無収縮グラウトの配合

セメント(kg)	水(kg)	混和材(kg)
100	38	0.6

* 混和材：Sika製インタープラストEP

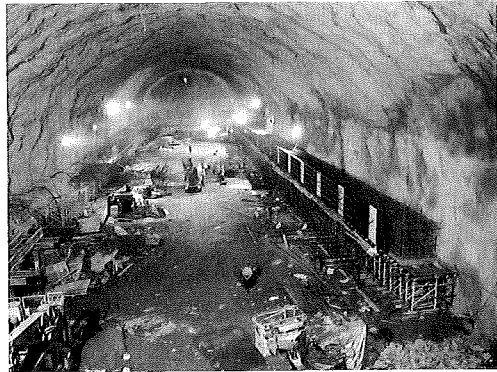


写真-3 クレーンガーダー施工状況

のリスクも考えられた。PSアンカーの打設は、このリスクの回避に対しても寄与したと考えている(写真-3)。

PSアンカーはVSLアンカーE5-12タイプを用い、PC鋼より線は9本用いた。全長は15mとし、定着長は5mとした。設計緊張力は65tである。グラウトは無収縮とし、配合を表-3のように設定した。

3-1-6 柱コンクリート

全体工期短縮の対策として、掘削中に柱コンクリートも並行して施工を行うこととした。壁コンクリートによって、柱コンクリートが支持されるまでは、柱コンクリートには自重しか作用しないので、ロックボルトのせん断力で施工中の柱コンクリートを支えることが可能であると判断した(安全を考慮し、柱コンクリートと岩盤の付着力を考慮せず、柱コンクリート背面のボルトのせん断力のみで設計を行った)。

柱コンクリートの打設順序図を図-10に示す。まず、掘削期間中にベンチ掘削を止めて、1リフト目の2mを支保工を用いて打設する(写真-4)。養生後、掘削を行うが、このとき最初のリフトに架台・足場を設置し、2、3リフト目を打設する(写真-5)。材料の搬出入は主に仮設クレーンを用いて行い、コンクリートの打設も、主にコンクリ

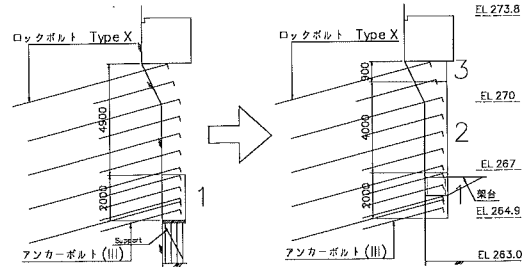


図-10 柱コンクリート打設順序

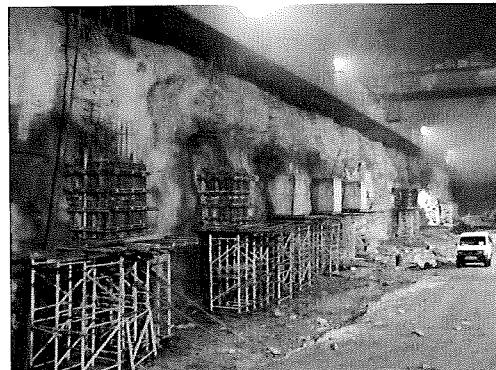


写真-4 柱コンクリート施工状況1

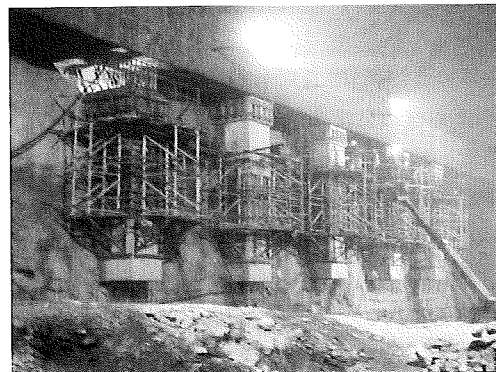


写真-5 柱コンクリート施工状況2

トバケットを用いて行った。打設時には、クレーンガーダーと柱コンクリート(第3リフト)の間に0.1mの隙間を空けておき、柱コンクリートと壁コンクリートが結合し、200tクレーンを設置するまでに無収縮グラウト(表-3)により充填した。

コンクリート打設後、掘削を開始したが、その際、発破振動がコンクリートに与える影響を考慮し、制御発破を行った。基準値は $v=110\text{mm/秒}$ とした((U. Langefors and B. Kililstrom : ROCK BLASTING, HALSTEAD PRESS BOOK, pp.276-281, 1978)により振動によるコンクリート

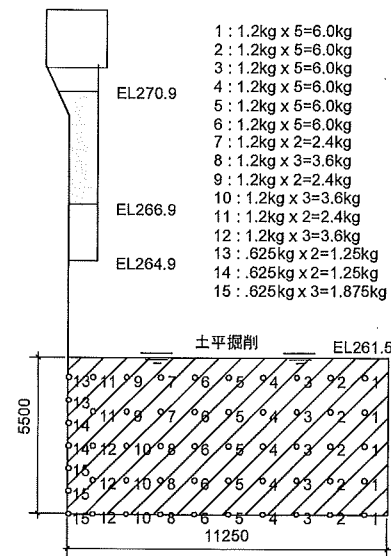


図-11 代表的な制御発破パターン

の破壊を評価した)。重要構造物に近接する制御発破では、30~50mm/秒の基準値を用いることが多いが、今回は、補修が可能であることから、安全率を低くし、施工の効率化を優先した。実際には、目に見えるクラックが生じることはなかった。図-11に土平部の代表的な発破パターンを示す。雷管に導火管付き雷管(EXEL)を用い、正確な秒時を得るようにした。

3-2 水圧管路

3-2-1 施工概要

地形条件に恵まれ、取水口から発電所までの水路延長はこのクラス(900mクラス)の揚水発電所としては短い。取水口から取水口ゲート立坑下流部までを取水口トンネル(Intake Tunnel)、それより下流側を水圧管路(Penstock Tunnel)と区分される(図-12)。水圧管路部はさらに、上部水平坑部、斜坑部、下部水平部に区分され、取水口トンネルから水圧管路斜坑部までが2条、水圧管路水平部が4条である(写真-6)。

掘削は、全線発破工法で行った。斜坑部以外のトンネルについては、3ブームホイールジャンボによる削孔で、ずり出しは2.6m³もしくは2.3m³のサイドダンプと低床20tダンプトラックの組み合わせで行った。取水口トンネルおよび水圧管路は全線鉄管および充填コンクリートの覆工形式であ

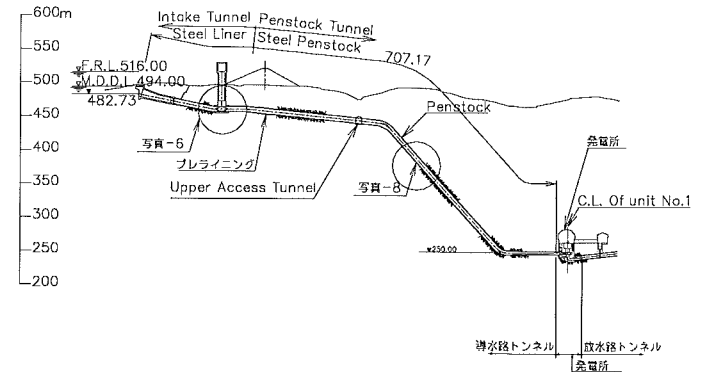


図-12 導水路トンネル縦断面図

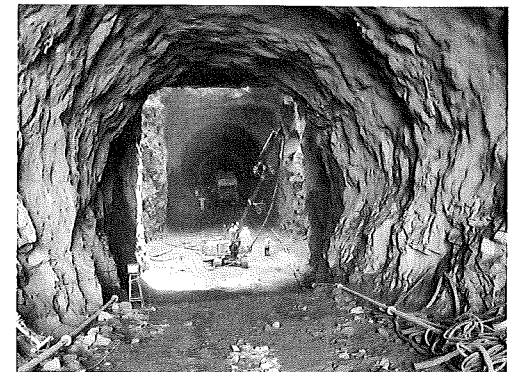


写真-6 取水口よりゲート部を望む

る。

3-2-2 斜坑掘削

斜坑は48度でNo. 1, 2の合計で546mを施工した(図-3: (15-1), (15-2))。斜坑掘削は下部から導坑の掘削を行い、上から切り上げを行った。導坑掘削では、図-13に示すように、アリマックライマーを用い、2.2m x 2.2mの導坑を斜坑下部から切り上がり、上部水平トンネルに貫通させた(写真-7)。拡幅掘削については、上部側に足場台車を設置し、ウィンチで昇降させながら行った(写真-8)。削孔はレッグドリルにて行った。拡幅掘削の約80%のずりは、発破時に自動的にずり出し導坑を通して下部に自由落下する。切羽踏前に残った20%のずりは人力で導坑に落とした。斜坑下部のずり出しは、斜坑切羽作業の合間を縫ってホイールローダーと20tダンプにて行った。吹付けコンクリート(25MPa)は湿式にて行った。上部より6インチの鋼管(出口部は塩ビ)にて、吹付け機の隣に設置したタブまで送り、タブから人力

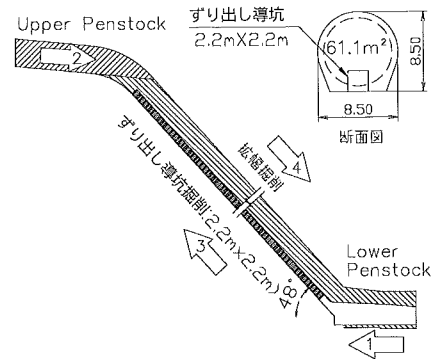


図-13 斜坑掘削模式図

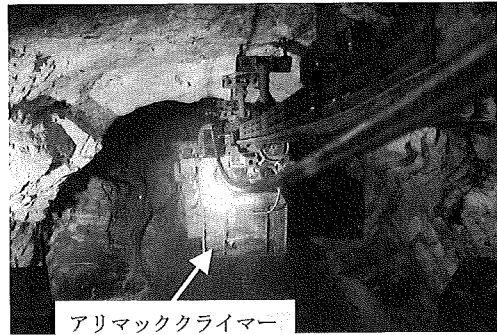


写真-7 ずり出し導坑掘削

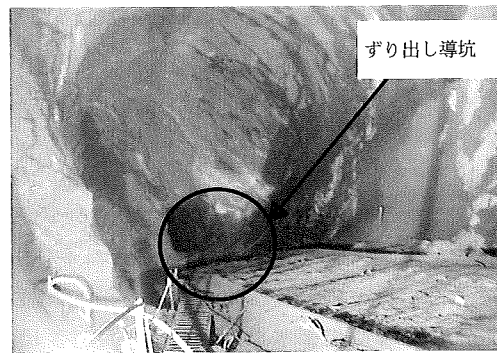


写真-8 斜坑拡張掘削

で吹付け機に投入し、手吹きにて吹付けた。昼夜2交代制で、導坑掘削は日進約4m、拡張掘削はレグドリルを8台用いて日進約2mであった。

3-3 放水路

3-3-1 施工概要

放水路(Tailrace Tunnel)は発電所と下池を連結するトンネルであり、4条部と2条部より構成される。4条部は発電所側約95m区間で、覆工形式は内張管および充填コンクリートである。また、2条部は4条部の下流側に位置し、延長約380m

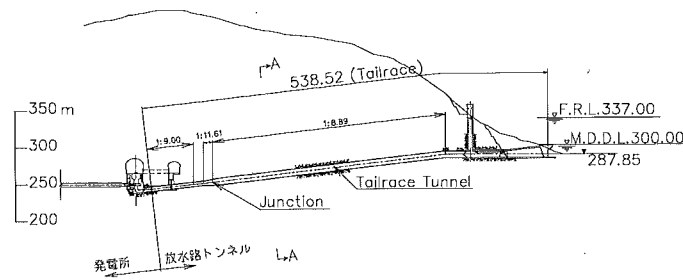


図-14 放水路トンネル縦断面図

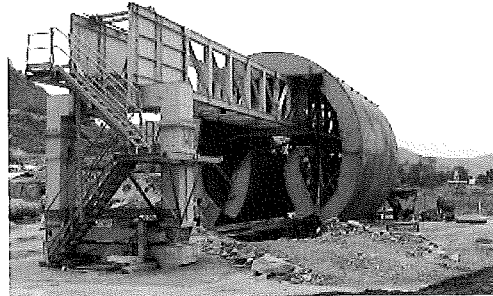


写真-9 ニードルビームタイプセントル

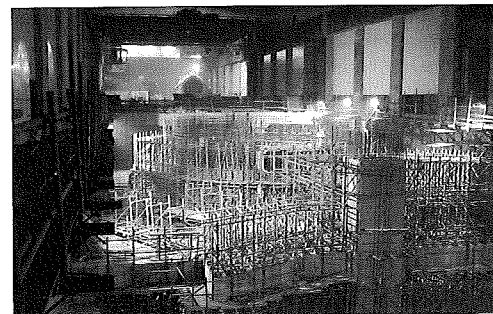


写真-10 最近の発電所構築状況

で、覆工形式は鉄筋コンクリート構造である。また、ドラフトゲート立坑(H=15m)が変圧器室空洞下部より4条部へ、放水口ゲート立坑(H=48.3m)が2条部放水口へ、それぞれ接続している(図-14, 15)。

掘削は、3ブームホイールジャンボによる発破掘削であり、ずり出しは2.6m³もしくは2.3m³のサイドダンプと低床20tダンプトラックの組み合わせで行った。

3-3-2 覆工コンクリート

放水路トンネルはコンクリートライニング($\sigma = 30\text{N/mm}^2$)であり、速やかな施工のみならず、円形の形状に維持、良質なコンクリートの打設などの課題があった。今回は施工性がよく、工期を短

縮できる点、品質の管理が容易であることから、ニードルビームタイプのセントルを導入し、覆工コンクリートを施工した(写真-9)。インドでは、あまり例のない工法であったが、問題なく施工することができた。

4 おわりに

現在、掘削工事は終了し、構築工事も大詰めと

なっており、2007年2月の竣工に向けて邁進している(写真-10)。

最後に、計画および施工にあたりご協力を賜っている国際協力銀行(JBIC)、発注者側のコンサルタントである電源開発(株)ならびに関連コンサルタントの皆様、深く感謝の意を表するとともに、今後とも関係各位のご指導ご支援を賜りますようお願い申し上げます。

わかりやすい トンネルの力学

B5判 286頁 本体価格 5,825円 円340円

福島啓一著

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

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

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



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



■「丹那トンネル」を見つけるまで

筆者が「丹那トンネル」という漫才があることを知ったのは、全く偶然の機会からであった。インターネットの検索機能を使って「丹那トンネル」について調べていたところ、某ネットオークションに出品されていた「漫才・丹那トンネル」というSPレコードが引っかかった。

内容はよくわからないが、SPレコードで、しかも上方漫才の至宝と言われた砂川捨丸(1890～1971)のネタとあれば、聞き捨てならない。さっそく値段を入れたが、こんな古いレコードなど誰も入札しないだろうと高をくくっていたところ、直前になって強力なライバルが現れたのには驚いた。他人のことをとやかく言えないが、どの世界にも熱心なコレクターはいるものである。最後になんとか競り勝つてめでたくレコードを取り寄せたものの、今度はこれを再生できる蓄音機がない。

そこでもう一度ネットの力を借りて検索してみると、SPレコードをCD化してくれる専門業者がいくつかあることがわかった。技術力がありそうな1st Storage Audioを選んで相談したところ、わずか数日後にめでたくCDが完成した。

■「漫才の骨董品」 砂川捨丸

砂川捨丸と言っても、ピンとくる方は少ないと



写真-1 砂川捨丸、中村春代(写真提供：大阪府立上方演芸資料館・ワッハ上方)

思うが、1970年ごろまでテレビの寄席番組にも出演し、鼓をポンポンと叩きながら中村春代(1897～1975)とかけ合い漫才をやっていた奥目でチョビ髭のお爺さんと言えば、一定の年代以上の方は懐かしく思い出すだろう。砂川捨丸は1971(昭和46)年に80歳で亡くなっているのが、テレビの姿はその最晩年ということになるが、全盛時代はしゃべくり漫才の元祖と言われるエンタツ・アチャコに対して、昔ながらの「萬歳芸」(このため、捨丸の漫才を「萬歳」と表すことが多い)にこだわり続けた古典的な芸風で人気を集めた。相方のコメディエンヌは、加藤滝子、高橋笑子、荒川歌江などがつとめたが、昭和に入ってから元ミス神戸の中村春代がほぼ定位置を占めた(写真-1)。

捨丸のスタイルは、話芸だけで進める「しゃべ

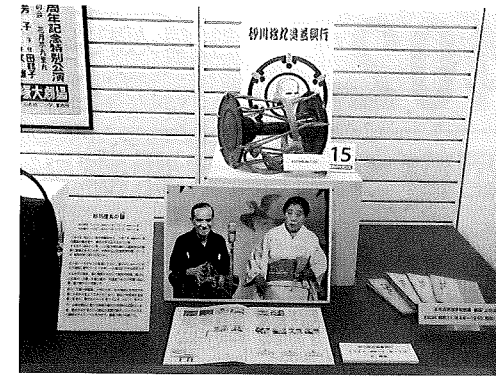


写真-2 大阪府立上方演芸資料館・ワッハ上方に保存されている捨丸の鼓と捨丸・春代コーナー

くり漫才」に対して、江州音頭や河内音頭、民謡、流行歌、都々逸といった芸をはさみながら進行するにぎやかな「芸尽くし漫才」を基本としている。晩年は自ら「漫才の骨董品」と称し、貧相な捨丸はもっぱらボケ役で、恰幅のいい春代にツッコミを入れられて(時には張扇ではたかれて)右往左往する姿がユーモラスであった(写真-2)。

■「丹那トンネル」を聞く

さて、届いたCDをデッキにかけ、いよいよ捨丸・春代コンビの独演会の始まりである(写真-3)。「サァ、ひとつ陽気にやりましょか」、「よろしいネ」という名調子で始まる「丹那トンネル」は、まず捨丸が1914(大正3)年に流行したマックロケ節の1番を披露する。「箱根山、昔は背で越す駕籠で越す。今じゃ夢の間汽車で越す。煙でお顔がマックロケノケ……」というわけで、丹那トンネルが完成するまでの東海道本線国府津～沼津間は、蒸気機関車で現在の御殿場線を経由していたが、1934(昭和9)年に丹那トンネルが開業し、湯河原、熱海、三島を短絡するルートとなった。

「丹那トンネル」はこの御殿場ルートから熱海ルートへの切り替えをネタにしており、東海道本線の列車が長年連れ添った箱根のトンネルと離縁し、富士山の仲人で丹那トンネルと新たに縁を結ぶことに相なった、という列車からの挨拶状を捨丸が紹介する形で進行する。「拙者儀」は「列車儀」、「沼津国府津」は「飲まず食わず」、「丹那ト

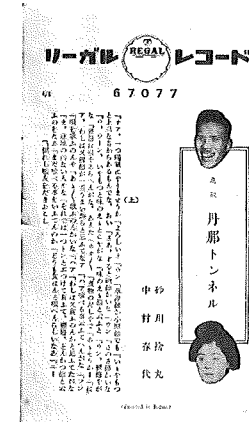


写真-3 「丹那トンネル」付録のしおり(リーガルレコード67077：筆者所蔵)

ンネル」は「旦那と寝る」、「掘れたる中」は「惚れたる仲」と洒落で読みかえられ、そのたびに中村春代が「エエ、ややこしいな」、「あんた舌まわらへんのんかいな」とすかさずツッコミを入れる。「熱海前(あたりまえ)の事と小田原(お笑い)こうむりたく」、「今更、鉄道省(どうしよう)とも思案も付かず、ご意見は一切電気機関(聞かん)車」といういささか苦しい駄洒落もあるが、自分の駄洒落に「しっかり読まんかいな」、「そらあんたのこっちゃんがな」という一人ツッコミもあり、このあたりの笑いのセンスは今と変わらない。

最後は、丹那トンネル開通に伴う時刻改正と同時に、マックロケ節も改正されたというもので、捨丸が「急行列車、なんぼスピード出したとて、昼から昼へは飛べはせぬ、やっぱり夜になりマックロケノケ……」と唄い、春代が「あたりまえやがな」とツッコミを入れてオチとなる。

現在のショートコント中心のテンポの速い漫才に慣れた耳には、のどかで牧歌的な雰囲気さえただろうが、かえってそれが新鮮に感じられて面白い深い。それにしても、丹那トンネルの開業が1934(昭和9)年12月で、レコードの発売が翌年6月なので、トンネルの完成は国民にとって大きな関心事だったのである。伝統的なスタイルを守りながらも、新鮮なネタに敏感だったと言われる捨丸師匠にとって、丹那トンネルは、単なるトンネルではなかったのである。

土木情報 No.402

今日の主な入札結果 (9月4日~9月25日)

事業主体	工事名	請負会社	請負額 単位 百万円
東北農政局	平鹿平野(2期)農業水利事業皆瀬2号幹線用水路(その1)	沢木建設	169.99
"	平鹿平野(1期)農業水利事業皆瀬1号幹線用水路3工区(その6)	八重樫建設	126
"	新安積(2期)農業水利事業幹線用水路梅田工区(その3)	佐藤工業	183.6
北開・函館	一般国道277号八雲町浄瑠璃T	伊藤組土建・松本組・協成建設工業JV	1,790
北開・帯広	下浦幌(二期)地区浦幌2号排水路外	戸田建設	365
北開・札幌	空知中央地区山形幹線用水路外	五洋建設	250
"	" 北海幹線用水路奈井江宮村工区	桜井組・中村建設JV	214
"	" 大富幹線大富19号幹線用水路	安田建設	159
"	樺戸(二期)農業水利事業総富地頭首工総富地T	宮坂建設	1,145
"	" 徳富ダム社志T	鹿島	3,200
関東地整	上田坂城BP半過T	ハザマ	837
首都高速	KJ124工区(3-1)立坑躯体	竹中土木・青木あすなろ建設JV	867.3
石狩西部広域水道	送水施設創設9号送水管新設その13	岩倉建設・北海土木工業・緑地建工JV	240
都・下水道局	芝浦水再生センター再生水利用事業永田町・霞が関地区送水管敷設その2	地崎工業	420
"	落合水再生センター合流改善施設	熊谷組	106.5
"	北多摩一水再生センター流入渠外	飛島・大日本JV	156.28
"	南部港湾埋立地区下水道整備その6	仲間建設	179.2
"	大田区下丸子二丁目付近枝線	北野建設	102
"	文京区千駄木一, 二丁目付近再構築	大隅建設	206
"	北区豊島七, 八丁目付近再構築	康和建設・三和建設・西徳建設JV	256
"	板橋区板橋三, 四丁目付近再構築その3	渡辺建設	299.73
"	北区岩淵町付近再構築	渡辺建設	296.53
"	小台幹線	大豊建設	820
"	東陽幹線その5	五洋・青木あすなろ・坂田JV	1,890
"	墨田区亀沢二, 四丁目付近再構築	井上工業・中村建設JV	368
神奈川県	津久井導水路立坑建設	熊谷組	328.5
山梨県	主要地方道南アルプス公園線蝮山T3工区	早野組	204.8
愛知県	日光川下流域下水道事業管渠布設(大坪工区)	加藤建設	460
"	247号荒子T(仮称)	鈴中工業	438
兵庫県但馬県民局	一般国道178号地域連携推進事業船越T(余部工区)	ハザマ・安藤・山本土木・株本JV	1,347
岐阜県	ふるさと林道緊急整備事業和良・明宝線畑佐T(和良工区)	土屋・岐建・大西JV	2,110
鳥取県	県道河原インター線(2号T)T	ハザマ・中信建設JV	1,280
"	導水施設創設導水管新設その7	勇建設・新昌建設・丸竹竹田組JV	113
"	送水施設創設1号送水管新設その78	坂本建設・久保組・興陽技建JV	131
島根県	(主)浜田作木線下口羽工区宮尾T	堀工務店	380
札幌市	8・4・35坂橋札幌駅前通公共地下歩道(北4条線~国道12号間)新設第1工区	東急建設・中山組・荒井建設JV	2,680
"	" 2工区	三井住友・岩田・田中組・佐藤・札建JV	2,590
"	藻岩導水管布設替えその6	東亜・北舗・北宝JV	126
苫小牧市	中央鉄南地区下水道新設2工区	勝幸辰建設・三ツ矢建設工業・門脇建設JV	135
仙台市	長町第2雨水幹線4	竹中土木	188
東村山市(東京)	東村山駅西口地下自転車駐車場築造	西武・扶桑JV	560.8
静岡市	中島処理区服織4号幹線下水道	大林組	165
豊橋市(愛知県)	中島処理区大岩・二川地区公下(3工区)	鉄建	377
門真市(大阪府)	公下三ツ島千石幹線築造(7)	名工建設	268.01
高松市	一宮1号汚水幹線(1工区)	新井組	297.22

研究

現場測定結果と模型実験にもとづく地下鉄振動に関する考察

(財)鉄道総合技術研究所構造物技術研究部研究員((現)東京地下鉄(株)) 津野 究
東京都交通局建設工務部保線課課長補佐 古田 勝

1 はじめに

近年都市部においては、既存の建物直下に地下鉄を建設するなど、地下鉄に近接した建物内で低レベルの列車走行時振動が伝播し、問題となる場合がある。

通常、地表部や建物内で観測される振動加速度は、人間の閾値(人間が振動を感じるようになる振動加速度)より小さいことがほとんどであるが、まれに振動加速度が閾値以下でも静寂を求める施設において固体音が問題となり、振動対策が必要となった事例がある。

地下鉄沿線の地表部や建物内に伝播する振動を予測し評価するためには、地盤中における振動の伝播性状を適切に把握することが重要となる。

これまで、環境影響評価などで地表部の振動レベルの予測をするための予測式が提案されているが、周波数ごとの減衰性状については一般に考慮されていなかった。一方、地下鉄からの振動に伴う固体音の予測や、振動対策を施したときの対策効果を精度良く予測するためには、振動レベルで扱う範囲より広帯域の1/3オクターブバンドごとの振動加速度レベルを予測する必要がある。さらに、地盤中における振動の伝播性状を把握するためには振動源に近いトンネル内と伝播する地表部の両方の測定データが必要となるが、これも十分蓄積されていないのが実情である。

そこで、実測データの蓄積を目的とし、地下鉄

シールドトンネルからの振動に着目して、複数地点において現場測定を実施した。これをもとに、地盤中における振動の伝播性状を検討し、周波数特性を考慮して振動の減衰を分析することとした。さらに、地下鉄からの振動を対象とした遠心模型実験を実施し、明確な地盤条件のもとで地盤中における振動の伝播性状の確認をした。

2 地下鉄振動の測定例

2-1 トンネル・地表部の振動測定

2-1-1 測定概要

東京都内および近郊の14地点の地下鉄シールドトンネルを対象に、トンネル内および地表部の振動加速度を測定した¹⁾。測定箇所は土かぶり11.5~28.3m、トンネル外径は5.3, 7.3m(単線)および8.5, 10.4, 12.7m(複線)であり、列車速度は38~69km/hである。図-1のように、圧電型加速度ピックアップおよび振動計を用いて測定し、振動加速度をデータレコーダーに記録した。トンネル内の測定機器設置状況の一例を写真-1に示す。

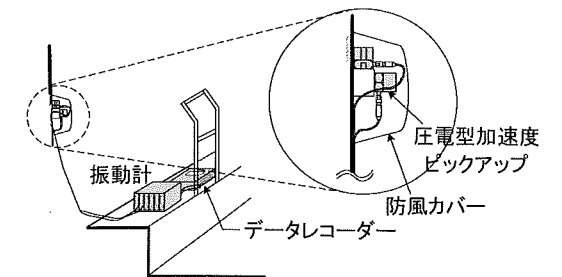


図-1 測定機器の配線

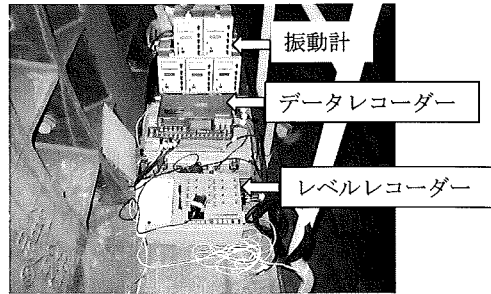


写真-1 測定機器の設置状況(トンネル内)

従来の環境影響評価などでは、人体の振動感覚に関する周波数補正特性で重み付けした「振動レベル」が一般的に用いられるが、本報告では重み付けをしていない「振動加速度レベル」を用いて結果を取りまとめた。振動加速度レベルは次式で計算される。

$$L_{VA} = 20 \log_{10}(A/A_0) \quad (1)$$

ただし、

L_{VA} : 振動加速度レベル (dB)

A : 振動加速度実効値 (m/s^2)

A_0 : 基準の振動加速度 ($=10^{-6} m/s^2$)

測定結果の取りまとめにあたっては、1/3オクターブバンド分析器を用いて周波数分析を行い、振動加速度レベルを求めた。ここでは、複数列車(原則として6列車)を分析対象とし、平均値を求めている。

2-1-2 周波数分析結果

周波数分析結果の一例として、図-2に概要を、図-3にトンネル外径の異なる4トンネル(トンネルA~D)の1/3オクターブバンド分析結果を示す。図中にトンネル側壁の円周方向(鉛直方向とほぼ等しいため、以下「Z方向」と記す)、トンネルアーチの半径方向(水平線路直角方

向とほぼ等しいため、以下「Y方向」と記す)およびトンネル中心直上地表部のZ方向の結果を示している。

トンネルA~C(外径が7m以上、車両が20m/両以上)については、トンネル内で30~40Hz以上の周波数域の振動加速度レベルが高く、地表部では40~80Hzの周波数域にピークを有する傾向がみられる。また、ピークのある40~80Hz以上の周波数域では、周波数が高くなるほど地表部のレベルがトンネルと比較して小さくなっており、地盤中における減衰が大きいことを示している。一方、トンネルDはリニア駆動小型地下鉄が走行しているが、トンネル内では250Hz付近に、地表部では16Hz付近にそれぞれピークがみられる。地

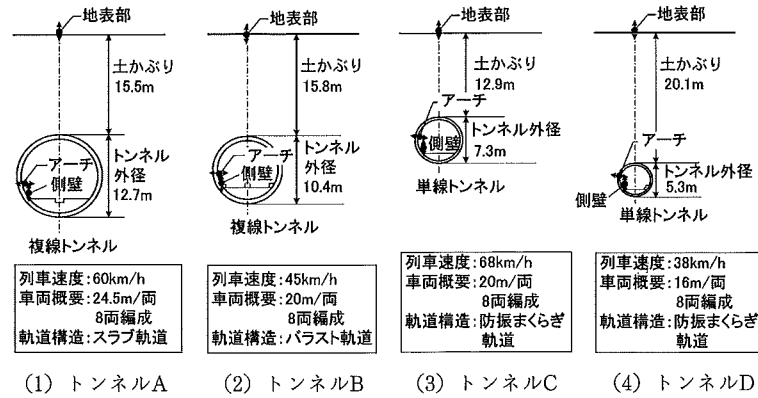


図-2 測定地点の概要

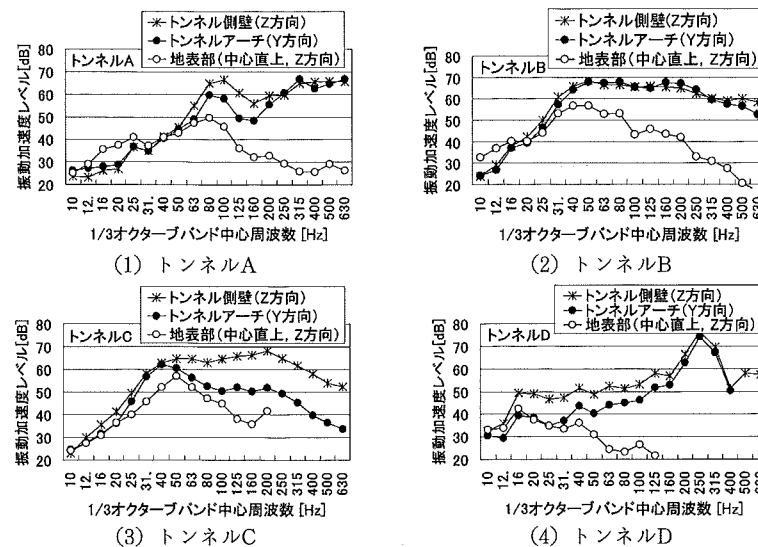


図-3 1/3オクターブバンド分析結果(トンネル内—地表部)

表部のピークは、台車と軌道で構成される鉛直方向の固有周波数が63Hz付近にあり地表部でもこれが卓越していると考えているが、小型地下鉄は、車両の小型軽量化によってこの周波数成分が明瞭に現れなかったものと思われる。

なお、測定を実施したほかの10地点(小型地下鉄6地点を含む)においても、周波数分析結果には同様の傾向がみられた。また、土かぶりが小さく山岳工法で施工された新幹線トンネル(列車速度約260km/h)の測定例でも、地表部において63~80Hzにピークを持つ傾向が報告されている²⁾。

2-1-3 地盤中における振動の伝播性状

地盤中における振動の伝播性状を把握するため、トンネルアーチ部Y方向の1/3オクターブバンド分析による振動加速度レベルを基準値とし、これ

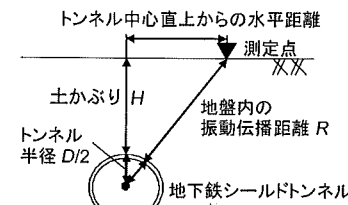


図-4 振動伝播距離の定義

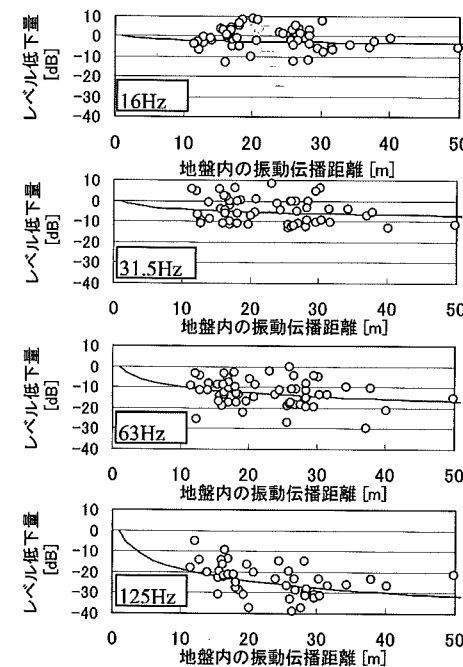


図-5 振動伝播距離とレベル低下量の関係

に対する地表部の鉛直方向の振動加速度レベルの低下量(以下「レベル低下量」と記す)を計算した。さらに、振動伝播距離Rを図-4のように定義し、振動伝播距離Rとレベル低下量の関係をプロットした。例として、中心周波数が16, 31.5, 63および125Hzのバンドについて、振動伝播距離Rとレベル低下量の関係を図-5に示す。周波数の低い16および31.5Hzでは、レベルが増加しているプロットもあり、レベルの低下が緩慢である。一方、31.5, 63, 125Hzと周波数が高くなるほど、距離が離れることによるレベルの低下傾向が顕著になっている。

2-2 地中部の振動測定

2-2-1 測定概要

シールドトンネルを対象とする既存の振動調査では、作業の容易さからトンネル内ないし地表部位置における測定がほとんどであり、地中部に加速度計を設置し測定した報告はほとんどみられない。そこで、地中における振動の減衰傾向を把握するために、図-6のようにトンネルBの近接位置

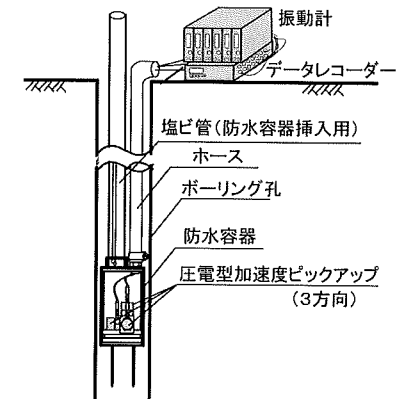


図-6 地中部の測定における機器設置概要

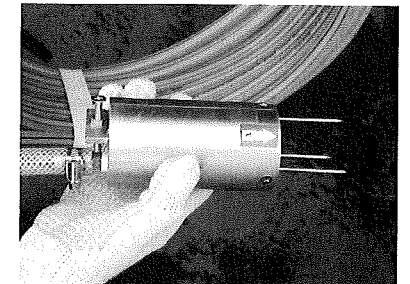


写真-2 防水容器

(離隔 2 m)にボーリングを行い、孔内の深さ5、15および25mの位置に圧電型加速度ピックアップを格納した防水容器(写真-2)を設置して、地中部の振動加速度を測定した^{13,14)}。防水容器を設置した後、ボーリング孔は砂で埋め戻し、測定を実施した。トンネル内および地表部でも同時に測定を実施し、トンネル内—地中部—地表部の振動加速度の分布を把握した。

2-2-2 測定結果

図-7に、振動加速度レベル(4~1,000Hzの1/3オクターブバンド分析による振動加速度レベルのエネルギーを和したオーバーオール値)を示す。振動加速度レベルの分布は、トンネル側壁(T2)とアーチ(T3)は同レベルであり、Y方向とZ方向もおおむね同じレベルであるが、X方向(水平線

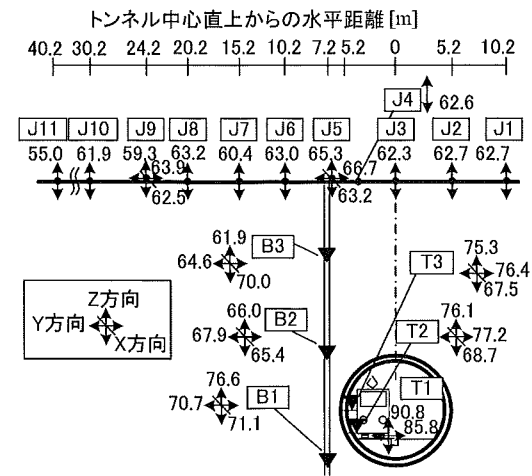


図-7 振動加速度レベルの分布(トンネル内—地中部—地表部)

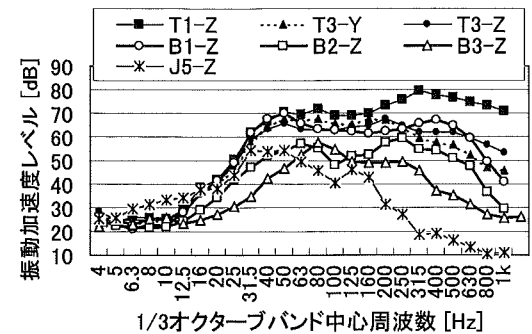


図-8 1/3オクターブバンド分析結果(トンネル内—地中部—地表部)

路方向)は7 dB程度低い。地中部については、B1, B2, B3と地表部に近くなるほど振動加速度レベルが低下している。地表部では、Z方向の最大値が中心直上のJ3測点ではなく、7.2m離れたJ5測点にみられる。地中部のB3測点と地表部J4~J6測点の振動加速度レベルを比較すると、地表部の各測点はB3測点よりも0.7~3.4dB大きく、これは地表部付近で振動が増幅していることを示している。

つぎに、1/3オクターブバンド分析の結果を図-8に示す。振動源に近い軌道脇のZ方向(T1-Z)と各測点とを比較すると、地表部に近くなるほど100Hz以上の高い周波数成分が減衰していく傾向が確認できた。

3 地盤中における振動の減衰に関する検討

3-1 検討概要

2-1-3では、周波数が高くなるほど、振動加速度レベルの低下傾向が顕著になり、減衰が大きくなる傾向を把握した。そこで、この傾向を分析し、1/3オクターブバンドごとに地盤中における振動加速度レベルの低下量(減衰量)を検討することとした。ここでは、14地点の地下鉄シールドトンネルを対象とした現場測定の数値をもとに、Bornitzの計算式⁹⁾を用いて地盤中の減衰性状を分析している。

3-2 内部減衰定数に関する検討

3-2-1 伝播計算式

分析に用いたBornitzの計算式⁹⁾を振動加速度レベルで表示して以下に示す。

$$L_{VA}(f) - L_{VA0}(f) = -20n \log(R/R_0) - 8.68\alpha(f)(R - R_0) \quad (2)$$

ただし、

$L_{VA}(f)$: 地表部における中心周波数 f (Hz) の振動加速度レベル(Z方向) (dB)

$L_{VA0}(f)$: トンネルアーチ部半径方向における中心周波数 f (Hz) の振動加速度レベル (dB)

n : 幾何減衰定数

$\alpha(f)$: 内部減衰定数

R : 振動伝播距離(m) (図-4に示すトンネル外周と地表部測点の最短距離)

R_0 : 振動源から基準点の距離(m)

ここでは、一列車の長さ(132~200m)に比較して、振動が問題とされる距離は水平距離で30m程度であることから、地下鉄トンネルを無限長の線状の振動源と見なして、幾何減衰定数 n を0.5とした。また、 R_0 は1mと仮定した。

3-2-2 内部減衰定数の試算

1/3オクターブバンドごとに $L_{VA}(f)$ 、 $L_{VA0}(f)$ および R が決まるため、測定データより、未知数となる1/3オクターブバンドごとの内部減衰定数 $\alpha(f)$ を計算した。なお、各地点においてトンネルアーチ部に対して地表部測定点が複数あることから、測定した各地点それぞれについて対数回帰式による回帰分析を行い、内部減衰定数 α を計算している。

図-9に、10~200Hzの範囲について、各測定点の周波数 f と内部減衰定数 α の関係を示す。これより、周波数 f が高くなるほど内部減衰定数 α が大きくなる傾向が把握できる。

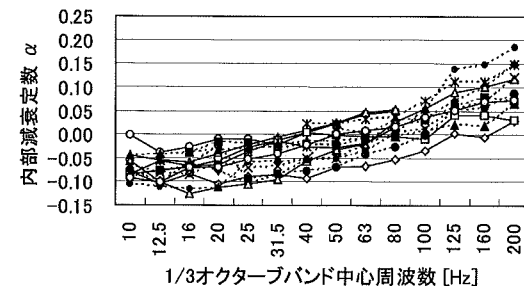


図-9 各地点の周波数と内部減衰定数 α の関係

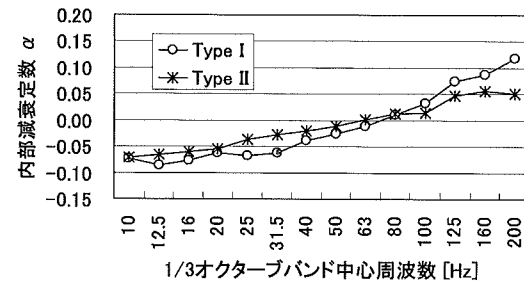


図-10 沖積地盤と洪積地盤の内部減衰定数 α の比較

つぎに、今回測定を実施した地点の地盤条件を、洪積地盤(Type I)と沖積地盤(Type II)に区分し、 α の平均を求めて比較した。結果を図-10に示す。これより、10~100Hzの領域では顕著な差異は確認されない。これは、今回調査を実施した地域の洪積地盤の表層部に、ローム層や N 値が小さい層が分布しており、その影響による可能性が考えられる。

3-2-3 周波数と内部減衰定数の関係式

14地点の内部減衰定数 α の平均を求め、回帰分析することで求めた周波数 f と内部減衰定数 α の関係を次式に示す。

$$\alpha(f) = 0.001f - 0.06 \quad (3)$$

これより、式(2)および(3)を用いて地盤中を伝播する振動の1/3オクターブバンドごとの振動加速度レベルの低下量を計算することが可能となった。また、これを用いて、トンネル内におけるスペクトル(1/3オクターブバンドによる振動加速度レベル)を仮定すれば、1/3オクターブバンドごとの振動加速度レベルが予測できる。

一方、図-9では地点ごとのばらつきがみられるが、式(3)に標準偏差 σ の1.5倍に相当する ± 0.053 を加えた範囲に、全体の95%のプロットが収まっていることを確認した。これが、東京都内および近郊で想定される地点ごとの条件の違いによる α の変動量に相当すると考えている。

4 地下鉄振動を対象とした遠心模型実験

4-1 遠心模型実験の概要

現場測定では、地盤中の減衰傾向に地点ごとのばらつきが見られたが、地盤条件が異なることも要因の一つであると考えられる。そこで、明確な地盤条件のもとで検討するため、模型実験により地下鉄から発生する地盤振動の伝播性状を検討することを試みた。ただし、通常の縮尺模型を用いた重力場の実験では、重力加速度や地盤内の応力に関して相似則を満たさないという理由から定量的な知見が得られないと考え、地下鉄から発生する地盤振動を対象とした次のような遠心模型実験

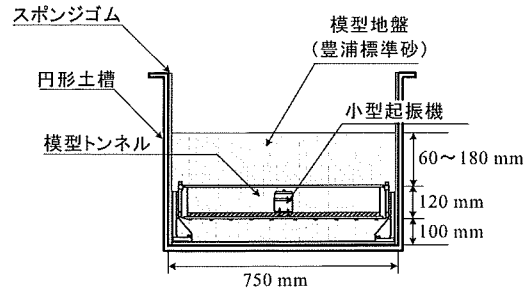


図-11 模型実験装置の概要

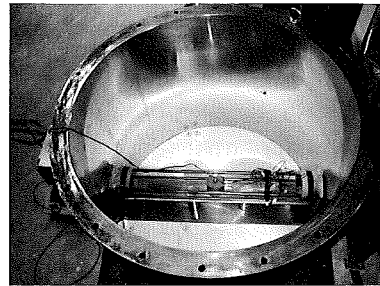


写真-3 円形土槽と模型トンネル

方法を考案・実施した⁹⁾。

実験では、図-11および写真-3のように、小型起振機を内蔵した縮尺1/62.5の模型トンネル(アクリル製、外径120mm)を内径750mmの円形土槽に入れ、遠心場で小型起振機を用いて加振すること

により、地下鉄シールドトンネルから伝播する列車走行時振動を模擬した。模型地盤は、乾燥豊浦砂を用いて作成し、相対密度 D_r が80%となるようにした。土かぶり D は1.0D(D :トンネル外径)あるいは1.5Dとし、周波数が10~80Hzの正弦波で加振した。遠心加速度は、相似則を満たすよう、62.5Gとした。

4-2 実験結果の一例

加振実験より得られた地中部および地表部の加速度波形の一例を図-12に示す。地中部および地表部においても、入力周波数と同じ正弦波となっており、入力周波数と同じ周波数にピークを持つ正弦波が地盤中を伝播していることが

わかる。

つぎに、トンネル下部の鉛直方向の振動加速度レベルを基準値とし、地表部のレベル低下量を計算した。土かぶり1.5Dのケースについて、トンネル中心直上から0~17.5mの範囲に設置した8つの測定点のレベル低下量の平均を求め、周波数と平均レベル低下量の関係をプロットした(図-13)。これより、現場測定と同様に、周波数が高くなるほど振動加速度レベルの低下量(減衰量)が大きくなる傾向が確認できた。

つぎに、地中部および地表部に23測定点を設けて、トンネル下部を0 dBとした振動加速度レベルのコンター(Z方向)を作成した(図-14)。これより、トンネル下部のレベルが大きく、振動がトンネル下より放射されている傾向が見られる。また、地表部のレベルの最大値は、トンネル中心直上から若干離れた位置に現れる傾向が確認された。さらに、入力周波数が低い20Hzのケースにおいて、地表部付近で増幅している傾向が確認できた。

現場測定と同様に、周波数と内部減衰定数 α の関係をプロットし、現場測定の結果と比較して図-15に示す。ここでは、土かぶり1.5Dのケースを

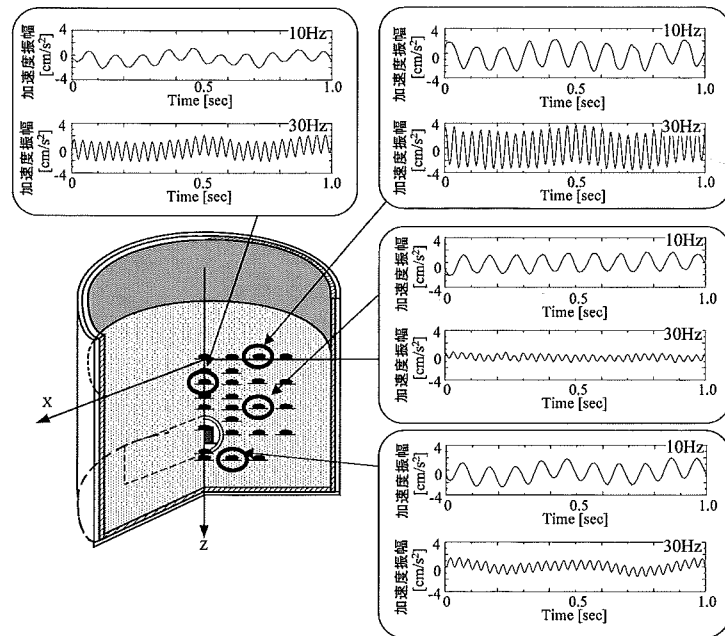


図-12 地中部および地表部の時刻歴波形(土かぶり1.5D、入力周波数10Hzおよび30Hz)

5 まとめ

地下鉄シールドトンネルから伝播する列車走行時振動を対象とし、現場測定および模型実験を行った。東京都内および近郊の14地点における現場測定により、地表部では40~80Hzにピークを持つことなど、地下鉄振動の性状を把握した。また、地盤中の減衰傾向をBornitzの計算式を用いて分析し、1/3オクターブバンドごとに周波数と内部減衰定数の関係を把握した。この関係を用いることにより、トンネル内の振動加速度のスペクトルから地表部の1/3オクターブバンド分析による振動加速度レベルが予測することが可能となった。一方、地下鉄から発生する地盤振動を対象とした遠心模型実験方法を開発し、明確な条件のもとで減衰傾向を検討した。また、模型実験より得られた周波数と内部減衰定数の関係が現場測定の結果とおおむね一致することを確認した。

参考文献

- 1) 津野究・古田勝・藤井光治郎・長嶋文雄・日下部治：地下鉄シールドトンネルから伝播する広帯域振動の減衰特性，土木学会論文集，No.792/III-71，pp.185-197，2005。
- 2) 山崎貴之・丸山修・藤井光治郎・武居泰・津野究：新幹線トンネルにおける列車振動予測に関する研究(その1)，土木学会年次講演会講演概要集，Vol.61，3-084，2006。
- 3) 藤井光治郎・武居泰・津野究：トンネルからの地盤振動伝搬特性，鉄道総研報告，Vol.18，No.11，pp.37-42，2004。
- 4) Bornitz, G.: Über die Ausbreitung der von Grozklolben-maschinen erzeugten Bodenschwingungen in die Tiefe, *J. Springer*, 1931.
- 5) Tsuno, K., Morimoto, W., Itoh, K., Murata, O. and Kusakabe, O.: Centrifuge modeling of subway-induced vibration, *International Journal of Physical Modelling in Geotechnics*, Vol.5, No.4, pp.15-26, 2005.

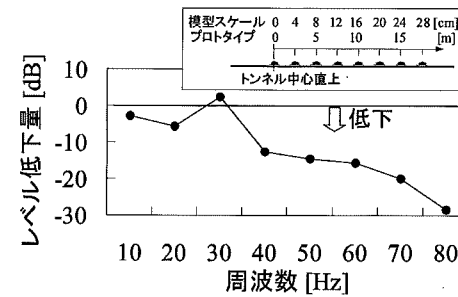


図-13 周波数と平均レベル低下量の関係(土かぶり1.5D)

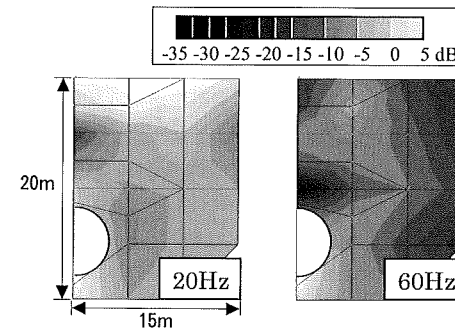


図-14 レベル低下量のコンター(土かぶり1.5D)

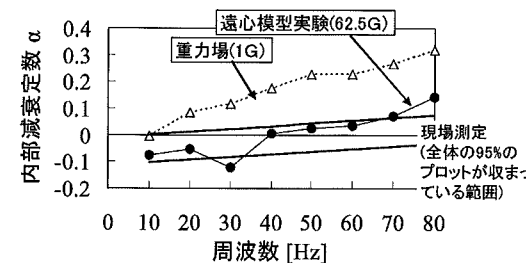


図-15 模型実験と現場測定の内部減衰定数 α の比較

図示し、遠心加速度の影響を把握するために、同じ縮尺模型で重力場(1G)で実験を実施した結果についても併せて示している。これより、遠心模型実験の結果はおおむね現場測定の結果と一致していることがわかった。一方、地盤内の応力に関して相似則を満たさない重力場(1G)で実験を行ったケースについては、内部減衰定数 α が現場測定より大きくなり、遠心加速度が62.5Gの場合と異なる結果となった。

トンネル ジャーナル

TUNNEL JOURNAL・TUNNEL JOURNAL・TUNNEL JOURNAL・TUNNEL JOURNAL・TUNNEL

「環境・社会報告書2006」発行

横浜ゴムは、2005年度の同グループの事業活動を環境側面、社会的側面、経済的側面から総括的に捉えた「環境・社会報告書2006」を発行した。同社では、2000年から環境保護活動をまとめた「エコレポート」を発行してきた。同グループは本年5月に公表した新中期経営計画のひとつに「トップレベルの環境貢献企業」を掲げ、「グローバルな環境経営」、「環境貢献商品の開発」、「トップレベルの環境対応」を目指すことにし、こうした企業姿勢を明確に伝えるために本報告書の内容を見直し、併せて名称を本年度から「環境・社会報告書」とした。

東九州道丸目トンネル着工

国土交通省九州地方整備局は、東九州自動車道の清武IC～北郷IC間にある丸目トンネルを新直轄方式として初めて着工した。

同自動車道は、北九州市を起点に大分・宮崎を通り鹿児島に至る延長436kmの高速道路。同トンネルは、延長1,273m、幅12m。施工は、三井住友・不動JV。

溝口駅南バイパス完成

兵庫県が98年度から整備を進めていた一般県道中寺北条線「溝口駅南バイパス(延長1,620m)のうち、JR播但線をアンダーパスする区間(延長760m)が完成し、供用を開始した。

同線は、姫路市香寺町と加西市北条町を結ぶ延長約9.5kmの幹線道路。溝口駅周辺は、幅員約6mと乗用車のすれ違いも難しく、歩道もないことから、幅員14m(車道6m)に拡大し、車線両側に歩道を設けて自動車の円滑な通行と歩行者の安全を確保した。

京都広河原美山二の瀬バイパス 推奨ルート案を公表

京都市は、鞍馬や貴船などの名所旧跡への観光客による主要府道京都広河原美山線の渋滞を緩和するため、同市左京区二の瀬地区に計画している「二の瀬バイパス」の推奨ルートを公表した。

同バイパスは、鞍馬貴船町～静海市原町に至る全長1,810mで、そのうち4割にあたる775mをトンネルで整備する計画。

トンネルの幅員は、7m(車道6m)、勾配は2%、NATMの片押しで掘削。07年度に詳細設計・用地買収に着手し、14年度の供用開始を予定。

山梨リニア実験線延伸

JR東海は、リニア実験線を現在の18.4kmから42.8kmに延伸する設備投資計画を決定した。

延伸に併せて電気設備を長大編成車両に対応したものに更新し、長大編成車両による時速500km/hの長距離走行実験を行うとともに、大深度地下環境の技術的検討を行うための模擬設備も設置。

トンネルなどの地上設備費に3,190億円を投入。

新観音坂トンネルを計画

滋賀県は、一般県道間田長浜線のうち、幅員が狭く、老朽化が著しい「観音坂トンネル(延長321m)」の南側に「新観音坂トンネル」を計画している。

間田長浜線は、米原市間田～長浜市高田町までの延長8.6km。このうち、峠部に位置する現トンネルは供用後70年以上が経過し、幅員も4.7mと狭く、十分に歩道が確保できず利用者にとって危険な状態となっ

ている。このため、検討を進めた結果、現トンネルを廃止して、南側に新たにトンネルを建設することにした。

計画延長は1,550m。うちトンネル部は、延長450m、幅員9m(車道6m、歩道3m)の2車線NATMにより片押しで掘削する予定。

和田山八鹿道路が起工

近畿地方整備局が事業を進めている北近畿豊岡自動車道の「和田山八鹿道路」が起工した。

北近畿豊岡自動車道は、兵庫県豊岡市と氷上郡春日町の近畿自動車道敦賀線を結ぶ延長約70kmの高規格道路。和田山八鹿道路は、養父市八鹿町高柳の八鹿IC(仮称)～朝来市和田山町市御堂の和田山JCT・IC(仮称)までの延長13.7km。このうち構造物は、トンネル5か所(延べ約8.4km)、橋梁6か所(延べ1.7km)を設置し、全体の約4分の3を占める。

トンネルは、八鹿トンネル(約3,015m)、畑トンネル(約1,810m)、上谷トンネル(約1,470m)、別所トンネル(1,480m)、牧田トンネル(610m)。

内陸部にトンネルを掘削し 新たなバイパスを整備

宮崎県は、5月の大雨で通行止めになっている国道448号の小崎地区の道路復旧案として内陸部にトンネルを掘削し新たなバイパスを整備する案を提示。

通行止めになっているのは、宮崎県串間市大字大納字小崎の延長約200m。同区間は、海岸線沿いに位置しており、地すべりによって海側に大きく崩壊した。新バイパスは、宮ノ浦と恋ヶ浦を内陸側でつなぐことになる。延長約1kmでトンネル部が最低500mとなる。

解説

線路下横断工事における安全性向上の取り組み

東日本旅客鉄道(株)建設工事事務部構造技術センター所長 石橋 忠 良
東日本旅客鉄道(株)建設工事事務部構造技術センター課長 清水 満
東日本旅客鉄道(株)設備部 藍 郷 一 博

1 はじめに

わが国では古くから鉄道網が発達し地域発展に大きな役割を果たしてきた。一方、鉄道が地平を走ることによる踏切での交通渋滞や事故の発生などにより、都市機能に支障をきたす場合が生じてきている。このため、鉄道を高架化または地下化することによる連続立体交差や、道路を地下化する単独立体交差事業が進められてきている。

踏切の解消方法としてもっとも有効な方法は鉄道の連続立体化であるが、費用、工期の面からこれに準ずる方法として単独立体交差化が多く実施されている。この単独立体交差の施工方法には、道路を鉄道の下で交差させる方法(跨道橋方式)と道路を鉄道の上で交差させる方法(跨線橋方式)があるが、既存の道路との取り付け距離を最短とするため跨道橋方式(線路下横断)が多く採用されている。

立体交差の施工においてもっとも重要なことは、交差交通の安全性の確保と交通機能の維持である。とくに鉄道の場合、軌道変状は高速で走行する列車に大きな危険を負わせることになり、列車に速度制限を設ければ定時運行に支障をきたすことになる。このため、JR東日本では線路下横断工事においては厳格な施工管理と軌道監視を定め実施してきたところであるが、今年2～4月にかけて3件の大きな輸送障害事故が発生した。そこで、本稿では線路下横断工事における輸送障害事故事例を分析し、その原因と防止方法に関する検討結果について報告する。

2 現状の線路下横断工法の特徴と課題

現在実用化されている線路下横断工法を大別すると、「開削工法」と「非開削工法」の2つに分けられ、施工方法によりさまざまに分類される(図-1)。これらの工法は、社会情勢の変化や交差構造物条件の変化、施工技術の進展などから次々に開発・実用化されてきた工法である(図-2)。

開削工法は古くより用いられてきた工法で、線路下横断構造物を構築する場合、従前はこの工法のみで施工されてきた。この工法は、軌道を桁(工事桁)により仮受けし、この桁の下を掘削し場所打ちコンクリートで函体を構築する工法であり、工事桁工法と呼ばれている。なお、用地が近傍に

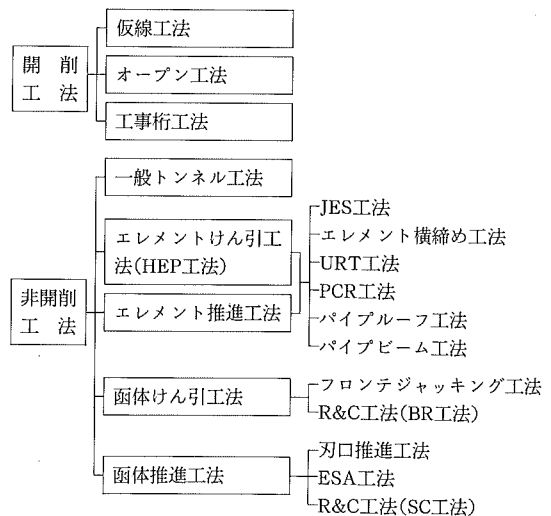


図-1 各種線路下横断工法

確保できる場合には、工事箇所の近傍に仮線を敷設し工事箇所の仮受けなしで施工できるケースもあるが、このような事例はまれであり、通常は前述の工事桁工法が採用されている。

工事桁工法は、工事桁の架設、撤去、橋台の設置を列車が走行しない(線路閉鎖)時間帯に施工する必要があり、また工事桁架設期間中は仮設の桁上を列車が走行することになるため、通常は列車速度に制限を設けた運転(徐行運転)をする必要があった。

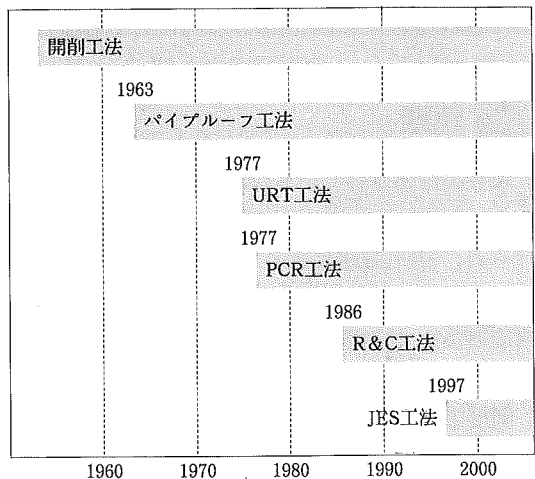


図-2 線路下横断工法技術の変遷

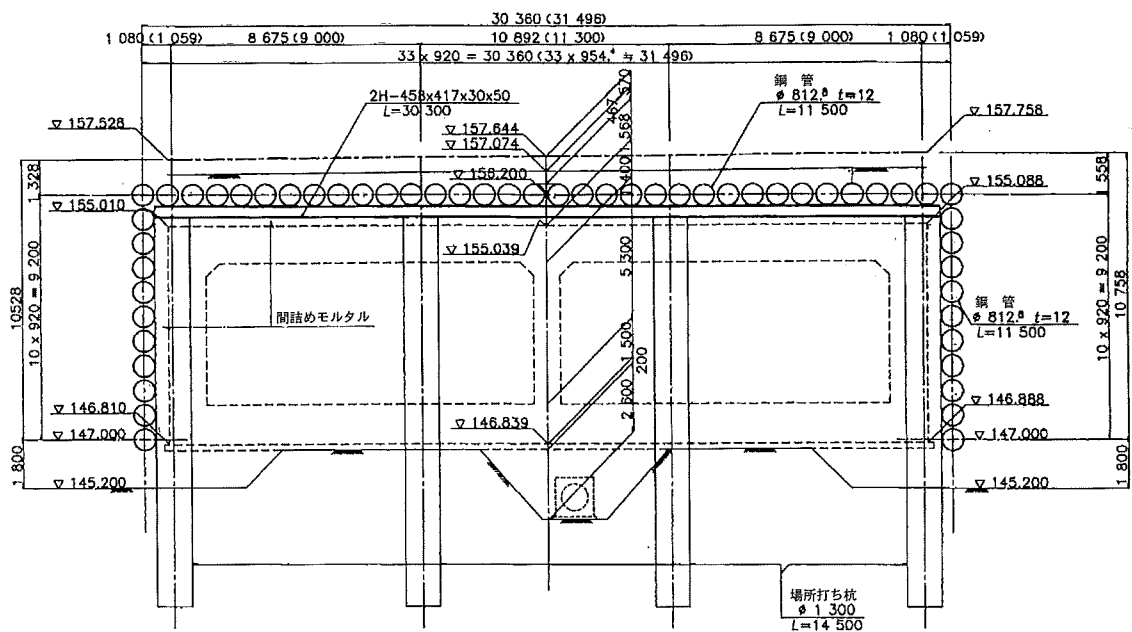


図-3 パイプルーフ工法

1960年代に入ると、わが国の経済成長の進展に伴い鉄道輸送も過密化してきた。このため、線路内作業が多く徐行を伴う開削工法では列車ダイヤに支障を与えるようになり、徐行を伴わない工法として非開削工法が実用化され始めてきた。

初めて実施された非開削工法は、線路をパイプルーフなどにより仮受けした後、その下を掘削して支保工を建て込み、場所打ちで函体を構築する「パイプルーフ工法(図-3)」および「パイプビーム工法」, その後まもなくパイプルーフで軌道防護した後、立坑で製作した函体を線路下に引き込む「フロンテジャッキング工法(図-4)」も施工されるようになった。しかし、これらの工法の施工方法は、軌道防護のためのパイプルーフなどの施工と、その後の線路下掘削または函体挿入という2回の軌道変状リスクを伴う作業を行う必要があるため、列車の安定輸送に課題が残ることとなった。

その後1970年代になると、「URT工法」や「PCR工法(図-5)」という「下路桁」形式構造の工法が開発され実用化されるようになった。この工法は線路横断方向に鋼製またはRC製のエレメントを挿入し、これを下路桁の床版として主桁、

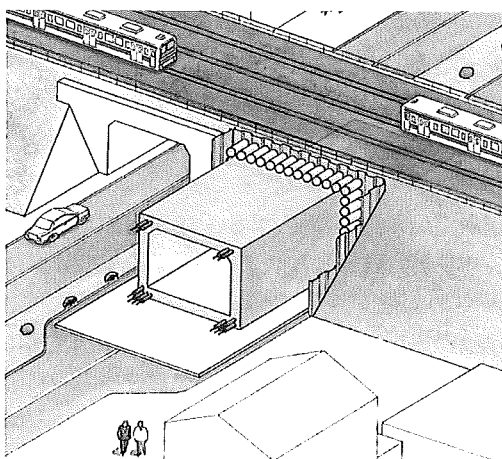


図-4 フロンテジャッキング工法

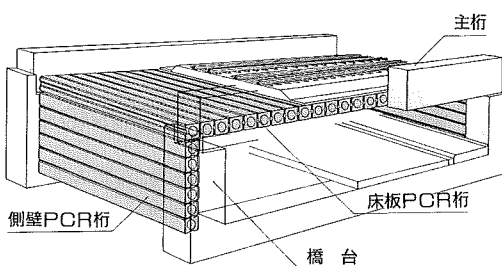


図-5 PCR工法(下路桁形式)

橋台で受ける形式である。この工法は、線路下での軌道変状リスクを伴う作業がエレメントの挿入作業1回のみであるため、列車の走行安全性を脅かす施工期間が短い。そのため、この工法が多く用いられるようになった。しかし、エレメントが線路横断方向の下路桁として軌道荷重を受ける下路桁形式は、構造的に複線程度の横断距離が限界なため、横断距離が長い構造物には適用が困難であることや、一般に主桁を支えるシュー(沓)が必要となるため、供用開始後も構造物の定期的な検査が必要となるメンテナンス上の課題もある。

その後、線路下横断のためのアプローチの距離を短縮する要望が都市側から高まり、1980年代にフロンテジャッキング工法の改良型に分類される「R&C工法(BR工法, SC工法)(図-6)」が開発され採用されるようになった。この

工法は、軌道と函体間の土かぶりを小さくすることを目的に、防護用鋼管を角型鋼管として函体上床版位置に施工し、これを函体の挿入時に押し出す工法である。BR工法は函体牽引工法でありSC工法は函体推進工法である。これにより横断道路のアプローチ距離を短くすることが可能となった。しかしながらこの工法は、フロンテジャッキング工法と同様に線路下軌道防護のための防護用鋼管の施工とその後の線路下掘削・函体挿入という2回の軌道変状リスクを伴う作業を行う必要があるなどの問題のため、フロンテジャッキング工法と同様の課題が残ることとなった。

軌道変状リスクを低減した箱型形式の施工法としていくつかの工法が1990年代から実用化されるようになった。その一つとして従来下路桁形式として採用されてきたURT工法とPCR工法による「エレメント横締め工法(図-7)」である。この工

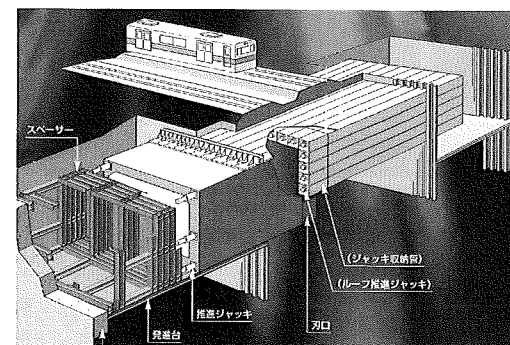


図-6 R&C (BR)工法

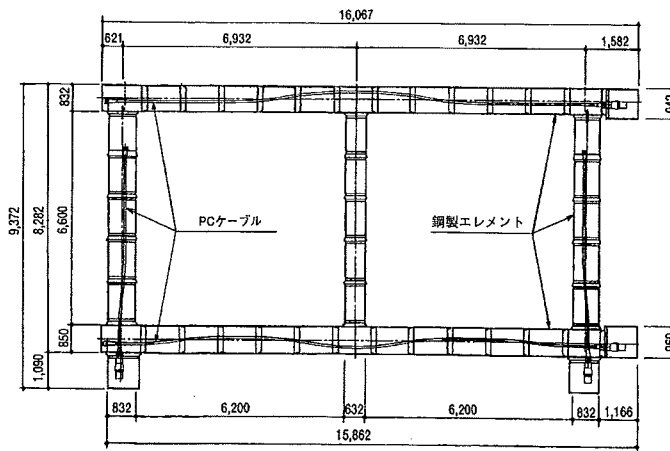


図-7 エレメント横締め工法(URT工法)

法は、地中に挿入したエレメントをPC鋼材により横方向に緊張し、これによりエレメント相互が剛結されたボックス構造の函体を構築する工法である。この工法による軌道への影響は下路桁形式

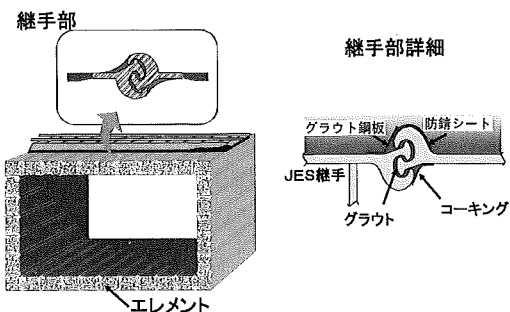


図-8 JES工法

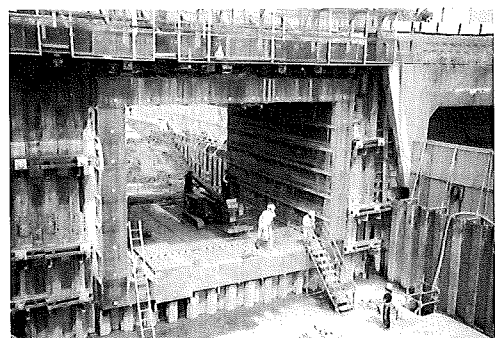


写真-1 JES工法

と同様であり、線路下で行う作業がエレメントの挿入の1回のみであることから、軌道変状リスクが少ない工法と考えられる。

さらに1990年代後半には、エレメントの横方向の連結方法を横締めにて代えて隣接エレメント相互を剛な継手で嵌合挿入する「JES工法(図-8、写真-1)」が開発された。この工法によれば、エレメントの線路下挿入時の継手の嵌合と挿入終了後の継手グラウト充填によりエレメント相互を剛に連結することが可能であることから、エレメント内におけるPC鋼材による連結という狭隘・煩雑な作業が不要となり工費、工期の削減が可能となった。

以上の現状の線路下横断技術を構造形式から整理すると表-1のようになる。

3 最近の輸送障害トラブルの概要と原因

今年の2~4月にかけて発生した3件の輸送障害トラブルはいずれもJES工法による施工途中で発生したものであった。JES工法は前述のように、軌道変状を極力少なくする目的で開発された工法であり、軌道に影響を与えるおそれのある作業は

表-1 構造種別による線路下横断工法の分類

構造形式	工法概要	工法名	防護工の扱い	本体構築方法	軌道に影響を与えるおそれのある主な作業	横断延長の制限	特記事項
下路桁形式	挿入したエレメントを下路桁とし、主桁、橋台により支持する工法	URT工法	本体利用	主桁、橋台	1回 (エレメント挿入)	複線程度	シューのメンテナンスが必要
		PCR工法					
		NNCB工法					
箱形式	線路下で函体を場所打ちする工法	パイプルーフ工法	仮設利用	線路下で場所打ち	2回 (防護工挿入、内部掘削)	なし	支保工設置に伴い、函体施工が煩雑になる
		パイプビーム工法					
	函体を地中に挿入する工法	フロントジャッキング工法	仮設利用	函体挿入	2回 (防護工挿入、函体挿入)	なし	・良好な管理のもとで函体構築が可能 ・函体のけん引、推進時の軌道変状
		BR工法					
エレメントを横方向に剛結する方法	エレメントを横方向に剛結する方法	ESA工法	本体利用	エレメント内コンクリート充填	1回 (エレメント挿入)	なし	狭隘箇所では緊張作業が必要となる。 継手が力を伝達する
		エレメント横締め工法(URT)					
		エレメント横締め工法(PCR)					
		JES工法					

上床部のエレメント挿入作業のみである。このため、今まで50件以上の工事実績の中でも、工法に起因する輸送障害トラブルは皆無であった。しかしながら、今回3件のトラブルが短期間に発生したことから、JR東日本内で施工中の線路下横断工事をすべて中止し、この3件のトラブルの原因調査を行い、これにもとづき再発防止策を策定し工事を再開させた。調査の結果、3件とも上床エレメント部の施工中に発生したものであるが、原因は3件とも異なっていることが判明した。以下にそれぞれのトラブルの原因について述べる。

3-1 上床部エレメント挿入時の軌道隆起事例

3-1-1 トラブルの概要と原因

この事例は、夜間に行った上床エレメントの挿入作業において軌道隆起(約40mm)が発生し、その対処として行った軌道整備(軌道低下)が不十分であったため、初電以降の列車走行時に異常な動揺を感知したため列車の運転を抑制するに至ったものである。この事故では直接的な原因は軌道整備不良であるが、根本的な原因は上床部エレメント挿入時に軌道隆起を発生させ、その軌道隆起の発生に気づくのが遅れたため、軌道整備が間に合わなくなったことにある。

トラブル発生後、当該現場を調査したところ、上床エレメントの施工位置は盛土であり、エレメント挿入時の沈下防止として事前に路盤下の地盤改良を行っていたことがわかった。これは、もともとの盛土内にはたくさんの支障物(レンガ片や石積み土留めなど)が確認されていたため、事前に支障物を撤去し、埋め戻し時には軌道防護を兼ねて路盤下改良を行ったものである。しかし、その改良体の造りが施工上の手戻りから、部分的に改良体の取り壊し・再構築を行うという計画外の施工を行ったことが判明した。

軌道隆起は、この路盤下改良の不均一箇所ではエレメントの推進を行ったときに発生しており、この不均一な改良体が軌道隆起の主因と考える。

軌道隆起メカニズムを考察すると以下のとおりである。

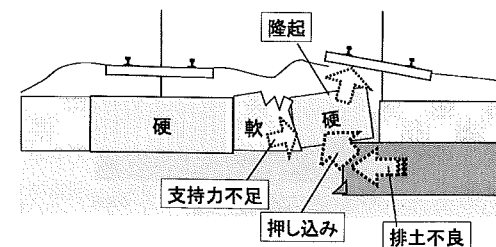


図-9 軌道隆起メカニズムのイメージ

- ① 当該現場は、上床エレメントと路盤面との土かぶり高が690mmと小さい。
- ② エレメント挿入時の沈下対策として行った路盤下改良の強度が大きく、硬質な改良体となっていた。
- ③ 手戻りで施工した改良体がエレメント挿入時までに十分な強度となっておらず、軟質な改良体となっていた。
- ④ エレメント挿入に用いたオーガ式掘削機は下層の軟弱地盤に対応したものであり、上床部の自立性の高い地盤を掘削・排土するためには刃口を切羽面に押し付けながら掘進する必要があり、この影響により、掘削機前方の切羽面に大きな推力が作用した。
- ⑤ 路盤下が②および③により不均一な改良体となっており、これに④による圧力が硬質の改良体付近に作用したため、軟質の改良体ではこの圧力を支えきれずに路盤を隆起させたものである(図-9)。

3-1-2 現地におけるエレメント掘進試験

輸送トラブル発生後、現地において停止させていた掘削機を深夜の列車が走行しない時間帯に推進させ軌道隆起の現象を再現する試験を実施した。試験は軌道への影響を考慮して、軌道下のバラストを撤去し路盤面を露出した状態で掘削を行い、路盤面の動きを観察することにより軌道隆起のメカニズムを確認することとした。

試験では、オーガを回転させながら掘削機を推進したところ、わずかに動かし時点で路盤が隆起し、路盤面にひび割れが発生した(図-10)。このときの隆起量は45mmであった。これにより、路盤下に硬軟の不均一な改良体が存在した場合、掘

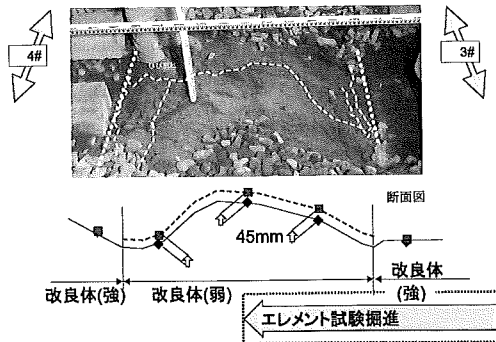


図-10 エレメント掘進試験による隆起状況

掘削機前面の圧力を軟らかい地盤が支えきれずに路盤が隆起することが確認でき、想定した軌道隆起メカニズムを実証することができた。

3-1-3 軌道変状防止対策

軌道変状対策としての路盤下改良は、改良体が不均一な強度で造成されると軌道に対して悪影響を及ぼすことが確認された。このため、改良体が不均一となるおそれのある路盤下改良は基本的にに行わないことが望ましく、分岐器下などの施工時の許容変位量に厳しい制限があり事前の路盤下改良が必要な場合は、改良体の強度の均一さを保証できる材料を用いて施工を行うことが必要である。

また、地盤に適応した掘削機の選定も重要で、掘削部の土質を考慮して、オーガ方式、バケット方式、人力方式などの掘削方式を適切に選定する必要がある。

さらに上記に加え、施工時の重点的な軌道監視を行えば、わずかな軌道変状を早期に捉えることができるため、輸送障害トラブルを確実に防止できることになる。

3-2 上床部エレメント裏込め注入時の軌道隆起

3-2-1 トラブルの概要と原因

この事例は、昼間の列車運行時間帯に上床エレメント背面の裏込め注入を行っていたときに軌道隆起が発生したものである。隆起量は最大14mm程度であり、この値はこの線区での列車の運転を中止する値以下であったが、運転手の判断により安全を考慮して列車の運転を抑制したものである。

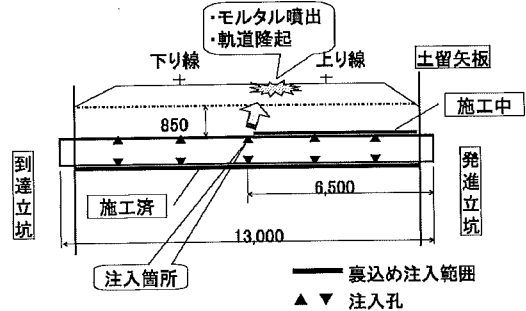


図-11 裏込め注入時の軌道隆起

裏込め注入はエレメント挿入時にエレメント背面に空隙が発生した場合に行う作業で、昼間に行う場合はその注入圧力に十分注意を払わなければならない作業である。とくにこの現場は上床エレメントの土かぶりが850mmと小さいことから、注入圧力は極力小さな圧力とし、厳しい管理が必要とされる条件であった。この注入圧力の管理の困難さを考慮すると、当該現場における裏込め注入作業は列車が走行しない時間帯に作業することが望ましかったと考えられる(図-11)。

3-2-2 裏込め注入時の軌道変状対策

裏込め注入による軌道への影響は、エレメントの土かぶりの大きさに左右されるため、上床エレメントの裏込め注入は、基本的に夜間に行うことが望ましい。また、裏込め注入時の圧力は、土かぶりによる抵抗力を考慮して、土かぶり荷重以下とすることが必要と考えられる。

施工時においては、注入圧力を正確に管理する必要があるため、精度の高い圧力計を用いて正確な管理を行うことも重要である。また、裏込め注入施工時には、裏込め注入の影響を受けると想定される範囲の軌道を重点的に監視することも重要である。

3-3 上床部コンクリート充填時の軌道隆起

3-3-1 トラブルの概要と原因

この事例は、上床部に設置した調整エレメントのコンクリート充填時に、高流動コンクリートの充填圧力により調整エレメントのカバープレートが押し上げられたもので、上部の軌道の隆起量は最大66mmであった。このコンクリート充填を昼間に行っていたため、列車の運転に大きな影響を与

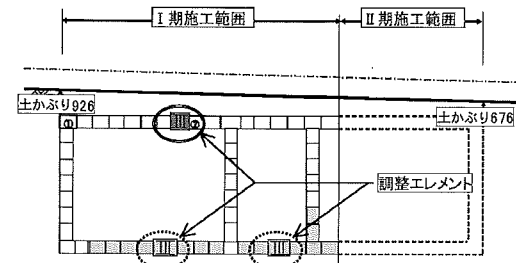


図-12 調整エレメントの配置

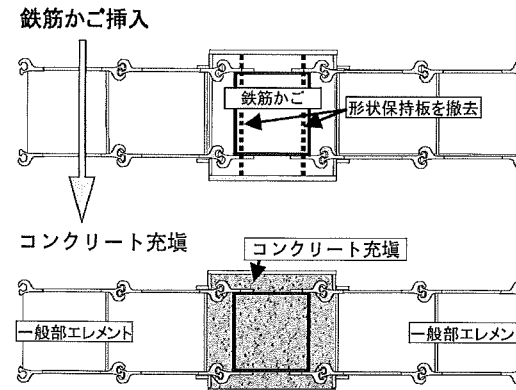


図-13 調整エレメントのコンクリート充填

え運転再開まで長時間を要することになった。

コンクリートの充填方法は、調整エレメントの端部から片押しで延長28.5mのエレメント内を高流動コンクリートで充填するものであり、コンクリート到達端部は穴明きの鋼板により充填を確認する方法をとっていた。また、コンクリートの充填は通常のポンプ車によるものであった。軌道隆起はエレメント内部のコンクリートが充填終了後に発生したものである。

調整エレメントとは、躯体構築時の閉合部分に用いられるエレメントのことで、一般部エレメント間を閉合するためのエレメントであり、コンクリート充填後はRC構造の接合部となる(図-12, 13)。このため一般部エレメントは鋼製の枠を溶接した密閉構造であるのに対し、調整エレメントの上面と下面は無固定のカバープレートである。これは通常のJES構造物では躯体の閉合部は土かぶりの大きな下床版に位置するため、

大きな土かぶりによりコンクリート充填圧力を抑えることができることから無固定の構造としていた。

しかし、当該現場では上床エレメントの土かぶりが800mm程度と小さいが、高流動コンクリートの充填であるため高い充填圧力は作用しないものと判断し、一般部エレメントのコンクリート充填方法と同様な方法でコンクリート充填を行ったものである。

3-3-2 高流動コンクリート充填時の作用圧力

コンクリート充填時にエレメント内部にどの程度の圧力が作用するかを把握するため、当該現場の調整エレメントを模擬した試験体を作成し、充填試験を実施した。試験概要は以下のとおりである。

- ① 当該現場の調整エレメントを模擬した角型鋼管(850×850mm、延長28.5m)の内部に当該現場と同量の鉄筋かごを設置した。
- ② コンクリートの充填は実施工と同様に行い、高流動コンクリートは、実施工と同様にマニュアルにもとづき、土木学会「高流動コンクリート施工指針」で定める充填性のランクを2とした配合のコンクリートとした。
- ③ エレメント内の圧力計測は、充填口、到達部のほか、5m間隔にエレメントの側壁、天井部に圧力計を設置して行った。

試験の結果、高流動コンクリートの充填圧力は充填距離におおむね比例して上昇していくものの、連続して充填される場合は0.1MPa以下であるが、充填中断後の再開時や充填完了時に0.1MPaを超える圧力が作用することが確認された(図-14)。

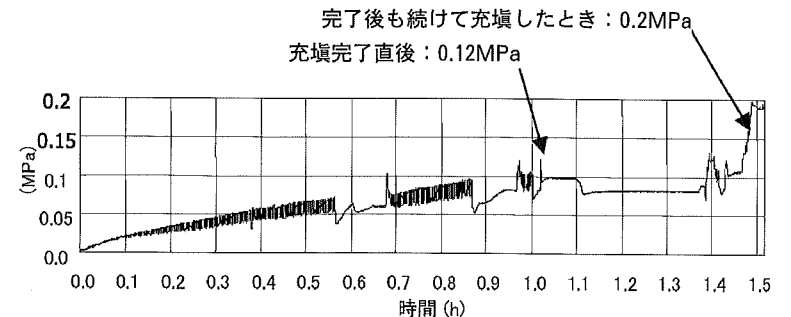


図-14 高流動コンクリート充填時の圧力測定結果

また、充填完了後も充填を続けると圧力が急激に増大し、0.2MPaを超える圧力が作用することも確認された。

3-3-3 軌道変状防止対策

当該現場の土かぶりおよび軌道重量から想定される軌道隆起に対する抵抗力は、0.1MPa程度である。このため当該現場における軌道隆起は、コンクリート充填完了直後の余剰なコンクリートの打設によるものと考えられる。このことから、上床部に調整エレメントを配置した場合のコンクリート充填管理方法は、以下の施工上の対策を実施することが必要と考えている

- ① コンクリート充填時は、充填口付近に圧力計を設置して圧力管理を行うこと。
- ② コンクリート充填量を管理し、計画充填量に近づいたら充填速度を落とすなどの施工上の配慮を実施すること。
- ③ カバープレートが打設圧力で移動しないよう、上下のカバープレートを確実に固定すること。

4 過去の線路下横断工事の輸送トラブル事例

JR東日本における過去15年間の線路下横断工事による輸送トラブル事例は、前述の3件を除くと13件の事例がある(表-2)。これによると、上床部のエレメントや上床部付近の防護用鋼管の挿入作業時に発生したものが6件ともっとも多く、この内訳は軌道隆起が2件、路盤沈下が1件、路盤陥没が3件である。このように今回の3件の事例と同様に、工法を問わず上床部の作業時に施工トラブルがもっとも発生しやすいことがわかる。

線路下横断構造物の上床部の施工は軌道までの土かぶりが小さく、とくにエレメントや防護鋼管などの挿入時には切羽付近の支障物や土質の条件などによるトラブルが直ちに軌道へ影響を与えることになる。このため、軌道に影響を及ぼす可能性のある上床部付近の施工は、工法の種別に関係なく細心の注意を払って施工を行うことが必要である。このようなことから、軌道に変状を与える

表-2 線路下横断工事における過去の輸送トラブル事例(JR東日本)

種別	トラブル発生時の作業内容	件数	工法
①	上床部防護鋼管などの挿入	6	パイプーフ、パイプビーム、R&C、URT
②	函体けん引(推進)	5	R&C
③	その他	2	薬液注入、降雨災害による

可能性のある作業は、列車の運行時間帯を避け、線路閉鎖間合いで行うことが原則であると考えている。

5 おわりに

線路下横断工事における輸送トラブルの発生防止方法としては、横断構造物と軌道との離隔(土かぶり)を大きくとることが有効と考えられるが、これは立体交差のアプローチ距離が長くなるため事業者である都市側の意向と反することになる。このため、前述した3件のトラブル事例のように、ほとんどの横断構造物において土かぶりが1.0m以下となっているのが実情である。

しかしながら列車の安全な走行のためにはミリ単位での軌道管理が必要であるため、軌道直下で行われる線路下横断工事においては、厳しい施工条件となる。このため、施工においては軌道変状防止の観点から厳格な施工管理が必要となる。さらに上床部の各種作業など、軌道に影響を及ぼす可能性のある作業は列車の運行時間帯を避け、線路閉鎖間合いで行うことにより安全性を向上させることが可能となる。また、施工中の軌道監視により変状の小さいうちに対応することも軌道変状対策として重要なことであり、施工時および施工後の一定時間において軌道を重点的に監視する必要があると考えている。

JR東日本では上記の考えから、線路下横断工事に関するマニュアル類の全面的な見直しを行い、輸送障害トラブル対策として徹底を図っているとある。また、さらに施工技術の面から軌道変状を確実に防止できる工法の開発が必要と考えており、更なる安全性の向上を目的に開発を進めていく所存である。

連載講座

発破技術の現状(2)

—火薬類の基礎知識—

「発破技術の現状」連載講座小委員会

① はじめに

トンネル現場において使用される火薬類には、大きく「爆薬」と「雷管」がある。

爆薬とは、瞬時に爆発して衝撃波を発生し、外部に多大なエネルギーを放出するものであり、トンネル分野では主にその力を岩盤破壊に利用する。

雷管とは、端的に言えば、上記爆薬を起爆させるための起爆装置であり、雷管は発破器によって起爆される。

火薬類が使用される環境・条件は、乾燥した理想的な発破孔から、水孔、高温孔、可燃性ガス地帯および発破の騒音・振動の制御が必要な環境や高圧線などの影響で漏洩電流や誘導電流に気を配る必要があるなど多岐にわたる。火薬類は、これらのさまざまな環境・条件に合わせていろいろな種類のものが考えだされ製造されている。

したがって、トンネル掘削を安全かつ効率的に行うためにはその状況に応じて最適な火薬類を選択する必要があり、そのためにトンネル技術者は、火薬類の基本的な性質を知っておく必要がある。

ここでは、発破技術の動向のうち「現在のトンネル現場で一般的に使用されている火薬類」について述べる。

② 爆薬の歴史と現状

現在、日本のトンネル現場で使用される火薬類には、大きくダイナマイト、含水爆薬、トンネル用ANFOの3種類がある。

1970年代ごろまではトンネル火薬消費量のほとんどが2号燧と呼ばれるダイナマイトであった。

その後、1960～1970年代に含水爆薬が開発・改良され、その安全性の高さから徐々に含水爆薬の消費量が多くなり、現在では、含水爆薬がトンネル全体の火薬消費量の約90～95%を占めている(トンネル用ANFOが約5～10%、残りがダイナマイト)。

③ 雷管の歴史と現状

現在、日本のトンネル現場で使用される雷管には、主に、電気雷管、導火管付き雷管(別名、非電気式雷管)、IC雷管の3種類がある。

1900年以前には、導火線と工業雷管によるいわゆる導火線点火が行われていたが、その後開発された電気雷管により、遠隔で正確な点火ができるようになり安全性が飛躍的に向上した。

さらに、現在の電気雷管は耐静電気性を向上させるなどの商品改良も行われており、現在では日本のトンネルにおける雷管消費量の約90%以上が電気雷管である(導火管付き雷管は約5～6%、IC雷管は約1～2%)。

導火管付き雷管は、別名「非電気式雷管」と呼ばれるように、静電気や漏洩電流・誘導電流などの電気に対して全くの安全性を有した雷管である。日本では、1990年代ごろから主にトンネル用ANFO爆薬とANFO装填機と併用して用いられ始めている。

同じ1990年代には起爆時間をICタイマーを用

いて正確にコントロールできるIC雷管も登場し、その用途は主に発破振動軽減やトンネル外周のスムーズプラスティングに使用されている。

④ 爆 薬

4-1 ダイナマイト

ノーベル賞で有名な、スウェーデンのアルフレッド・ノーベルが、1866年に発明したもので、特許取得から既に100余年になるが、今日でも産業用爆薬の中で重要な地位を占めている。日本では明治39(1906)年から製造が開始された。

日本では、ダイナマイトに樹木の名前をつけて種別を表しており、代表的なものとして、松、桜、桐、榎、桂、梅などがある。

現在国内のトンネルで使用されているのは2号榎程度である。

ニトログリセリン、ニトログリコール、ニトロセルロースを主剤とし、酸化剤として硝酸アンモニウム、硝酸カリウム、硝酸ナトリウム、可燃剤として木粉、でんぷんを加えたものである。

ニトログリセリン単体を主剤とするダイナマイトは気温8度で凍結し非常に鋭敏となり危険であるが、国内の製品はニトログリコールとニトログリセリンの混合物を主剤としているので気温-20度以下でも凍結の心配がなく、安全に取り扱える。しかし、ニトログリコールは毒性があるため、取り扱いに注意が必要である。

4-1-1 ダイナマイトの製品構成

現在日本で市販されている主なダイナマイトの製品構成を以下に述べる。

① 3号桐ダイナマイト、あかつきダイナマイト

後ガス改良を行っていないため、トンネルには不向きである。主として明かりの岩盤掘削に使用される製品である。

② 2号榎ダイナマイト

2号榎ダイナマイト(写真-1)は、後ガスが良好な、坑内用のこう質ダイナマイトで、トンネル掘進にダイナマイトを使用する場合には主に本爆薬が使用される。



写真-1 2号榎ダイナマイト

4-2 含水爆薬(スラリー系、エマルジョン系)

含水爆薬はその名のとおり、組成中に水を含むことを特徴とする爆薬で、水の含有率は普通8~15%である。

また、ダイナマイトが成分自体に火薬・爆薬を含む(ダイナマイトはニトログリセリンという取り扱い上危険なものにさまざまなものを添加して安全にしている)ものであるのに対し、含水爆薬は成分には一切火薬類を含んでいない(含水爆薬は、火薬・爆薬でない成分を混ぜ合わせて爆薬にしている)。そのため、含水爆薬の特筆すべき性能として、「取り扱い上安全性が高い」とこと「ダイナマイトよりも経時安定・安全性に優れる」ことがあげられる。

日本で製造されている含水爆薬は、スラリー系とエマルジョン系の2種類に大別される。製造方法や成分は全く異なるが、安全性や威力などの性能には大きな差はない。もっとも異なる点は「性状」であり、スラリー系はゼラチン(ゲル)状であり、エマルジョン系はようかん(こう質)状であるのが特徴である。

含水爆薬はトンネル現場では主に写真-2のようにカートリッジ(紙巻き)型が使用されることが多いが、ここ数年は、含水爆薬の機械装填が活発に開発されており、機械装填専用の紙巻き含水爆薬や、バルク状・粒状の含水爆薬も登場している(詳細は第4章で記述)。

4-2-1 含水爆薬の主な特長

含水爆薬の主な特長を以下に述べる。

- ① 安全性：成分に火薬類を含まないので、衝撃感度、摩擦感度が非常に鈍感で、取り扱い安全性に優れている。
- ② 耐水性：含水爆薬はとくに耐水性に優れ、24時間水中に放置しても性能変化はなく湧水の多い場所でも使用可能。
- ③ 後ガス：含水爆薬はダイナマイトに比べて一酸化炭素、二酸化窒素が少なく、後ガスが非常に優れている。
- ④ 非可燃性：含水爆薬に直接第二種導火線の終発炎を吹付けても燃焼せず、また、点火源を取り除くと燃焼が中断し、自立燃焼はせず、耐火感度は非常に鈍感である。
- ⑤ 無臭気：含水爆薬はニトログリセリンを含有しないため、臭気による頭痛の心配がない。

4-2-2 含水爆薬の製品構成

トンネルで使用される含水爆薬には主に次のような製品構成がされている。

(1) カートリッジ(紙巻き包装)

もっともトンネルで使用されている商品である(写真-2)。薬径は25~32mmφ(従来は30mmφが一

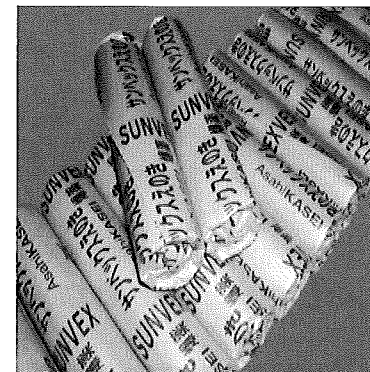


写真-2 紙巻き包装含水爆薬

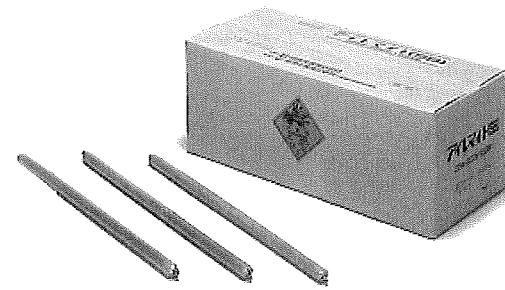


写真-3 SB用含水爆薬

般的)があり、重量は100gと200gが一般的である。また、最近では150gのものも登場している。

(2) SB(スムーズプラスティング)用含水爆薬
SB用の含水爆薬で、岩盤を痛めず、かつ余掘りを少なくするSB工法に適した爆薬である(写真-3)。

一般的には、薬径は約20mmφ、薬量は150~200gのものが多い。

4-3 トンネル用ANFO(硝安油剤爆薬)

ANFOは世界中でもっとも多く使用されている爆薬であるが、その消費場所は主に明かりが一般的である。その主な理由は、後ガスが悪いことと耐水性に乏しいことである。

また、ANFOは6号雷管で起爆しないため、親ダイで起爆する必要がある。ANFOはプリル硝安(Ammonium Nitrate)と燃料油(Fuel Oil)の94:6の混合物である。ANFOを起爆させるための親ダイは、安定した爆轟が得られるように薬径が大きく長さも十分なものを選択する必要がある。親ダイはANFOよりも高爆速のものを用いるべきであり、高爆速の親ダイを使用すれば直ちに高爆速を得ることができる。

ANFOは耐水性に乏しいため、水孔ではポリエチレン筒などの袋で防水保護をする必要がある。発破の際、褐色~茶色のガスが発生するのは水に浸されている証拠である。

これまで日本ではプリル硝安と軽油を混合した標準品のみが使用されてきたが、近年トンネルでの使用を目的としたANFOが開発されたため、本項ではそのトンネル用ANFOについて説明する。

4-3-1 トンネル用ANFO

いわゆるANFO装薬中の前ガス(アンモニア)の発生を抑制した商品である(写真-4)。

強アルカリであるトンネル吹付けコンクリートとANFOの主成分である硝安とが反応すると、アンモニアガスが発生する。アンモニアガスは強烈な臭気を持つ刺激性の強いガスで、作業環境を大きく悪化させるため、アンモニアの発生を抑制する必要がある。



写真-4 トンネル用ANFO

トンネル用ANFOは従来の明かり用ANFOに比べアンモニアの発生を抑制しているものの、その効果は完全ではなく、水で湿ったコンクリート部や踏まえの水たまりにANFOがこぼれたり、水が残った発破孔にANFOを装薬するとやはりアンモニアが発生する。

この対策は、装填方法を工夫しANFOをこぼさないことや発破孔に貯まった水をエアブローなどであらかじめ除いておくことである。水が発破孔から自然に排出されるようにやや上方に穿孔することも大変有効である。よって、踏まえ部分には含水爆薬が用いられることも多く、その他湧水孔でもANFOが不爆となる可能性が高いので含水爆薬を用いる方が良い。湧水が顕著な場合は装薬中にANFOが流出する場合もある。

装薬時の前ガスについては上述のとおり従来ANFOよりも改善しているが、後ガスについては従来の明かり用ANFO同様にダイナマイトや含水爆薬よりも悪いため、発破後の待避時間を長くしたり、換気設備の能力向上により対処しているのが現状である。

また、ANFOの主成分であるプリル硝安は、目や肌に接触すると刺激作用があり、薬傷を起こす。よって、装薬時には、直接人体に触れないように、ゴーグル、長袖、長ズボン、手袋を着用しなければならない。

表-1 各種爆薬の性能¹⁾

	含水爆薬	2号履ダイナマイト	トンネル用ANFO(硝安油剤爆薬)
状態	こう質またはゲル状	こう質状	粒状
かさ密度(g/cm ³)	1.00~1.30	1.35~1.45	0.85
爆速(m/s)	4,000~6,000	5,000~6,000	約3,000
弾動振子(mm)	65~75	78~88	—
雷管起爆感度	起爆	起爆	不爆
落つい感度(等級)	8	5	8
殉爆度	2~4	3~6	—
耐水性	優良	優良	耐水性なし
後ガス	優良	良	要注意

*爆速：主に、爆薬の衝撃的(動的)な威力の目安となる。数値が高い方が威力が強い。
 *弾動振子：主に、爆薬の爆発ガスによる静的な威力の目安となる。数値が高い方が威力が強い。
 *落つい感度：等級の数字が大きいがより安全になる(もっとも安全なのは8等級)。

4-4 各種爆薬の性能

含水爆薬およびダイナマイト、トンネル用ANFOのそれぞれの性能を表-1に示す。

⑤ 雷 管

5-1 電気雷管

電気雷管が登場して、発破作業員は離れた安全な所から点火でき、点火時間も安全に選択できるようになった。また検査器具で結線のチェックなどが可能になり、点火作業の失敗が減少するなど、安全は飛躍的に向上した。

電気雷管(写真-5)は、起爆時間によって「瞬発雷管」、「MS段発雷管」、「DS段発雷管」の3種類に分類できる。

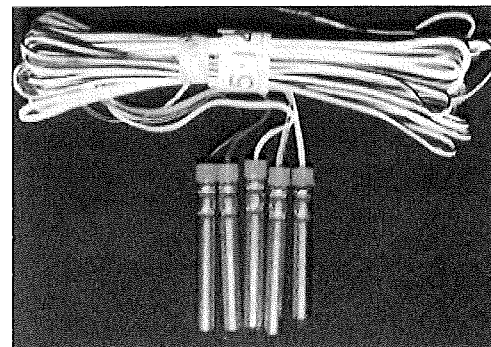


写真-5 電気雷管

5-1-1 瞬発雷管

瞬発雷管は主にトンネルの心抜き部分に使用される。段発雷管のような延時装置がないため、発破器で通電後、瞬時に起爆される。瞬発雷管(図-1)は、段差が必要ないか、または段差が望ましくない場合に用いられる。

5-1-2 MS段発雷管, DS段発雷管

点火薬と起爆薬の間に、化学的な燃焼により起爆時間を遅らせて起爆時間をコントロールする延時装置を挿入して爆発までの時間を遅延させた雷

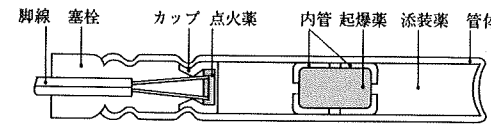


図-1 瞬発雷管構造

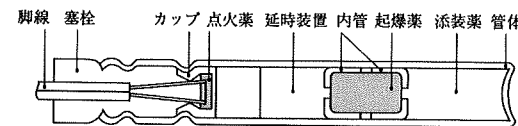


図-2 MS, DS段発雷管構造

表-2 MS・DS雷管の起爆秒時

段別	MS雷管起爆秒時(ms)	DS雷管起爆秒時(ms)
1	0	0
2	25	250
3	50	500
4	75	750
5	100	1,000
6	130	1,250
7	160	1,500
8	200	1,750
9	250	2,000
10	300	2,300
11	350	2,700
12	400	3,100
13	450	3,500
14	510	4,000
15	570	4,500
16	640	5,100
17	710	5,700
18	800	6,300
19	890	6,900
20	980	7,500

管(図-2)であり、MSとDSの2種類がある。

MS段発雷管は、ミリ秒雷管ともいい、各段ごとの起爆時間差が約25ms以上である。

DS段発雷管は、デシ秒雷管ともいい、各段ごとの起爆時間差が約250ms以上である。

(1) MS・DS雷管の起爆秒時

各製造メーカーによって、若干異なるが、MS・DS雷管の雷管段数と各段ごとの遅延時間の関係を表-2に示す。

5-1-3 トンネルにおける使用雷管

トンネルでは、主に心抜き部に瞬発雷管、払い部にDS段発雷管が用いられるのが一般的であり、使用する段数としては、瞬発(1段)~10段程度である。

DS段発雷管は、主に、破碎岩を移動させるための時間間隔が必要なトンネル用に作られたものである。

5-2 導火管付き雷管(別名、非電気式雷管)

近年ではトンネル発破において、導火管付き雷管(写真-6)が使用されるケースが増加してきた。その主な用途は、トンネル用ANFOと組み合わせて使用するケース(電気雷管は、ANFO装填機でANFOを装填すると静電気が発生するため使用不可)や、漏洩電流などの電気的な問題があって電気雷管が使用できない現場で用いられている。

5-2-1 導火管付き雷管の構造

(1) 導火管付き雷管の内部(管体)構造

導火管付き雷管の構造を図-3に示す。なお、品種、段数によって、管長、構造が変わることに留

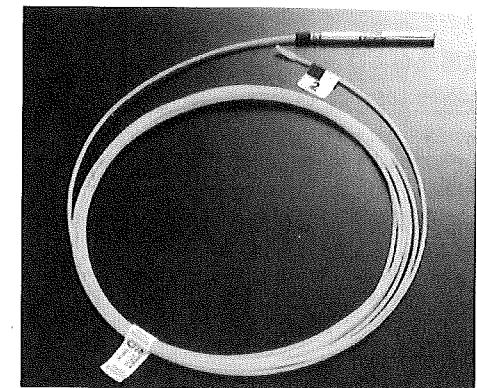
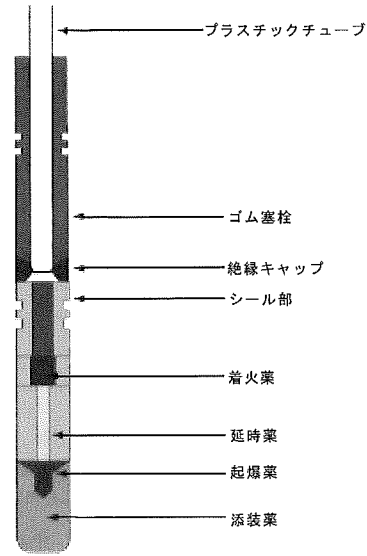


写真-6 導火管付き雷管(親ダイ用)



※内部構造は品種・段数によって多少異なります。

図-3 導火管付き雷管の構造

意する必要がある。

(2) プラスチックチューブ(導火管)構造

プラスチックチューブは、外径約3mm、内径約1mmのプラスチック製のチューブである。チューブ内面には、特殊爆薬が一定割合で塗布されている。特殊爆薬は約2,000m/sの速度でチューブ内を爆轟(伝爆)し、雷管部の着火薬を点火して雷管を起爆させる。

5-2-2 特長

導火管付き雷管の特長は次のとおり。

- (1) チューブの接続作業が迅速かつ容易に行え、またリークやショートなどの電気的問題がなく、高い作業性と信頼性を確保できる。
- (2) チューブは強靱で、摩耗に強く、静電気、漏洩電流および各種の電波による暴発に対して高い安全性を有している。
- (3) チューブ内を伝播する衝撃波は、装填された爆薬、込め物に対して影響を与えることがない。また、導爆線とは異なり、チューブ内を衝撃波が伝播する際にもほとんど音は発生しないため、環境への配慮が必要な地域でも使用することが可能である。
- (4) 雷管部には、8号雷管相当の原管を用いており、親ダイに使用されるダイナマイトおよび含

水爆薬を確実に起爆することができる。

(5) チューブは発破後もそのまま残り、そのため、場合によっては回収するなどの作業が必要になるケースも生じている。

5-2-3 導火管付き雷管の製品構成

次に、トンネル発破用の導火管付き雷管の商品構成について示す。

(1) 親ダイ用雷管

写真-6のような親ダイ用雷管を用い、その段数はメーカーによって異なるが20~25段程度である。

(2) 導爆線とチューブ結束用雷管

トンネルにおける導火管付き雷管の結線は、電気雷管とは異なる。

導爆線とチューブ結束用雷管を用いて、チューブを複数本結束して、チューブ結束用雷管に接続された導爆線で一度にチューブに起爆するのが一般的である。これを一般的にはバンチ結線という。

チューブ結束用雷管には、導爆線を起爆するための雷管が組み込まれており、導爆線を介して最大約20本までのチューブを起爆することができる。

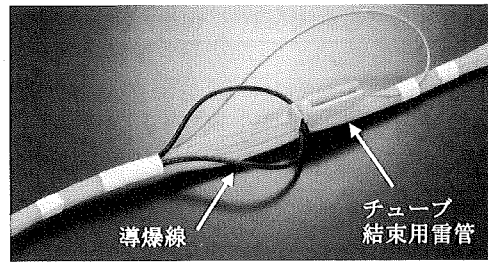


写真-7 バンチ結線例

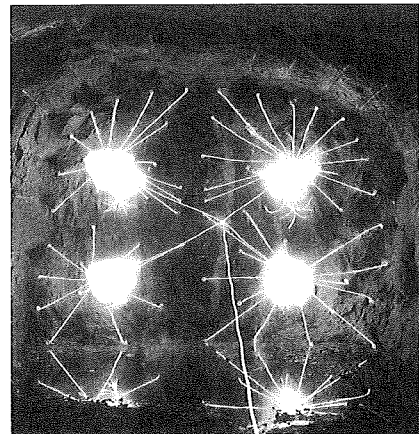


写真-8 導火管付き雷管の起爆の瞬間

写真-7にチューブ結束用雷管によるバンチ結線の一例を、写真-8にバンチ結線された導火管付き雷管を点火した瞬間の写真を示す。

5-3 IC雷管(電子雷管)

電気雷管や導火管付き雷管の起爆時間コントロールは、延時装置という化学物質の燃焼時間によって行われている。そのため、電気雷管や導火管付き雷管の起爆精度は、一概には言えないが、約±2~5%とされている。

それに対し、IC雷管では、起爆時間コントロールにICタイマーが用いられているため、きわめて高い秒時精度を達成することが可能になった。さらに、IC雷管は任意に起爆秒時を設定することが可能なため、フレキシブルな発破設計に対応が可能である。また、IC雷管は、火薬類取締法では電気雷管に分類される。

5-3-1 IC雷管の特徴

(1) あらゆる秒時の設定が可能

10msから約8,000msまで、1msきざみで希望に応じた秒時設定ができる。

(2) 起爆誤差がほとんどない

設定した起爆秒時に対して、±0.2ms以内の誤差で起爆する。

(3) 高精度な制御発破を実現

- ① SB(スムーズブラステング)工法での使用
SB工法を成功させる要素の一つに、雷管の同時起爆精度がある。トンネル最外周のみにIC雷管を使用することにより、きれいな掘削面を実現し、地山を傷めないで空洞の安全性を高めることが可能になった。

写真-9、図-4にSB工法用のIC雷管の外観と構造を、写真-10にIC雷管によるSB発破例を示す。

② トンネルの発破振動・騒音の軽減

高い秒時精度を有し、なおかつ最大200段発の発破が可能のため、発破振動規制の厳しいトンネルにおいても分割発破を用いずに同時に起爆する薬量を最小限とした1段1孔の発破を行うことが可能である。

図-5に、IC雷管を用いた心抜き発破と通

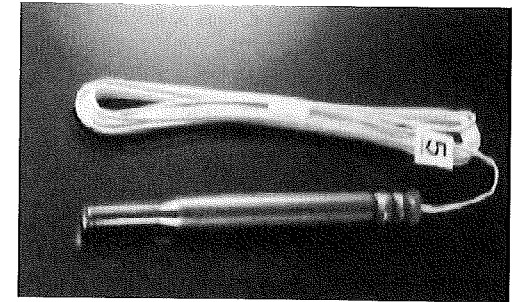


写真-9 IC雷管(SB用)外観

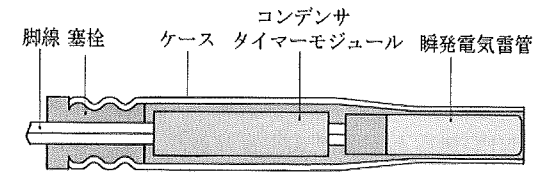


図-4 IC雷管(SB用)構造

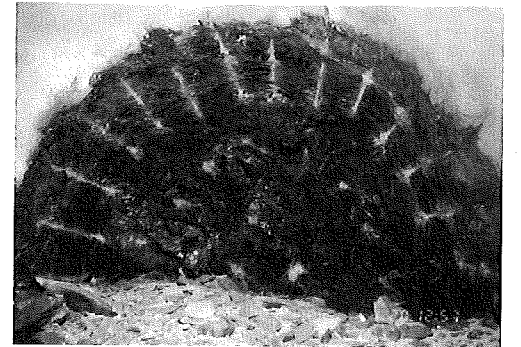


写真-10 IC雷管によるSB発破例

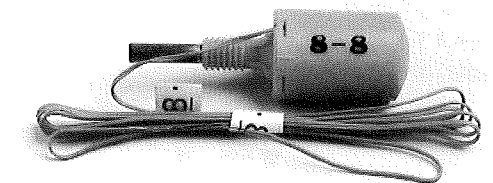


写真-11 IC雷管(振動・騒音軽減用)

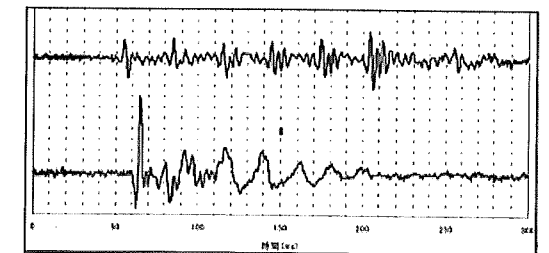


図-5 IC雷管(上段)と瞬発発破(下段)の心抜き(全6孔)振動波形(1孔あたりの薬量は同じ)

常の瞬発雷管による心抜き発破の振動比較例を示す。

⑥ おわりに

わが国では、トンネル掘削に用いる爆薬や雷管は、NATMが普及してきた1980年代以降に、海外の製品の導入と合わせて改良・改善の動きが活発化してきた。これは、それまで用いられてきた爆薬であるダイナマイトの暴発の危険性を低減することに主眼を置いた含水爆薬を開発する動きとは別に、NATMの採用により確立した機械化施工の安全性と作業効率を向上させるためのANFO爆薬と非電気式雷管の採用、あるいは、大規模・重要構造物工事の増加にも対応するための余掘りの低減による経済性の向上と周辺地山を損傷させない施工品質の向上を目指したIC雷管の開発など、爆薬や雷管についても時代のニーズを取り込むかたちで進化・発展してきていることをうかがわせる。活発化した改良・改善の動きは、1990年代の中ごろ以降、少し鈍ってきているよう

にもみえる。このことは、トンネル工事に直接かわるニーズに対しては、現時点までの開発、改良・改善によりかなりのレベルで要求を満たす状況になってきていることの表れとみられる。

しかし、時代のニーズも進化してきており、最近ではトンネル工事を含めた建設工事の対象場所が生活領域に接近してきていることから、周辺環境問題がクローズアップされてきている現状において、今後はトンネル工事に直接かわるニーズに対応するだけでなく、間接的な問題である、トンネル工事に伴う騒音・振動あるいは大気汚染などの周辺環境への負荷を低減するためのトータルシステムを確立することが、発破掘削における重要な要求項目である。そのためには、工法や使用機械を改良・改善するだけでなく、環境負荷を低減する爆薬や雷管の開発・導入あるいは改良・改善が望まれている。

参考文献

- 1) (社)日本火薬工業会：一般火薬学，p.54，1999。

訂正

11月号広告頁に誤りがございましたので、関係者にお詫びして訂正させていただきます。

広告主名：株式会社レント

訂正箇所：広告写真内の語句

誤

37W

正

約40kW



設計・理論

武田厚：ツインアーチジャンクション工法，シールドトンネルの非開削連結技術，建設機械，Vol.42，No.6，2006.6.

文献紹介



古谷信幸・中藤英樹：トンネル工事(NATM工法)における騒音対策について，防音ドームによるトンネル工事の騒音抑制，建設機械，Vol.42，No.6，2006.6.

広瀬俊文・岡田喬：爆薬遠隔装填システムによる装薬作業の機械化，爆薬装填作業の安全性向上と効率化，建設機械，Vol.42，No.6，2006.6.

西村晋一・木内勉・池田建太郎・阿部正直：都市NATM先受け工の超長尺化，高精度方向制御削削を可能にするELPS工法の開発，建設機械，Vol.42，No.6，2006.6.

宇野洋志城・倉木修二・伊藤信男：高流動エコセグメントの導入，下水汚泥焼却灰の高流動コンクリート二次製品への適用，建設の施工企画，No.676，2006.6.

長野祐司・山本信幸・中野陽一：遠心力トンネル吹付け工法の実施工と坑内環境改善，坑内吹付け作業時の低粉じん化を目指して，建設機械，Vol.42，No.7，2006.7.

請川誠・浅野均・下坂賢二：「すいすいMOGLA(モグラ)工法」の開発，非開削都市トンネルの工期短縮とコスト縮減を両立，建設機械，Vol.42，No.7，2006.7.

清宮理：沈埋トンネルの歴史，基礎工，Vol.34，No.7，2007.7.

早川淳一・小野崇：アーバンゲートの開発と実用化，地盤改良を不要としたアーバンゲートによるシールドの発進・到達，建設機械，Vol.42，No.9，2006.9.

平井幸雄・高橋浩史・金井孝行・森正孝：省スペース型垂直土砂搬送装置の開発と実用化，鉄道建設工事への適用，建設機械，Vol.42，No.9，2006.9.

近藤保徳・岸本公輝：シールド機の変遷，機械化，大断面化，多様化の歴史とTBMとの融合，建設機械，Vol.42，No.10，2006.10.

寺田紳一・盛岡享一：全断面掘削機(TBM)の変遷，建設機械，Vol.42，No.10，2006.10.

若松茂樹：自由断面トンネル掘削機の変遷，建設機械，Vol.42，No.10，2006.10.

施工

新谷壽教：中越地震復旧工事へのトンネルバルーンの導入，建設機械，Vol.42，No.6，2006.6.

山口博章・吉久良治・芳崎貴彦：重要施設の隙間を掘り進む開放型矩形シールド，大阪市営地下鉄第8号線蒲生四丁目停留所地下連絡通路工事，建設機械，Vol.42，No.6，2006.6.

山田高大・島橋寛・石倉洋一：低土かぶりの沖積砂礫層掘進，低土かぶりシールドの掘進管理と地中支障物対策，建設機械，Vol.42，No.7，2006.7.

佐野正生・中村茂之・平山義貴：汐留連絡線，大江戸線と浅草線を結ぶ，建設機械，Vol.42，No.7，2006.7.

三浦隆：環状第8号線練馬トンネル工事における地下水流動保全対策，土木施工，Vol.47，No.7，2007.7.

石川浩・宮本馨・齋藤勝：徳島南環状道路・法花トンネル工事，最低土被り3mの山岳トンネルの施工，土木技術，Vol.61，No.7，2006.7.

宮島正悟・田辺義夫：新・衣浦海底トンネル建設の概要，基礎工，Vol.34，No.7，2006.7.

島田剛・工藤山城・櫻井昭二・中村一郎：水中躯体移動設置工法を用いた地下水流動保全対策の施工事例，建設機械，Vol.42，No.8，2006.8.

梅澤一・加瀬俊久・示戸恒夫・山岡貴志：トンネル坑口部改良工事をCSG工法で施工，圏央道八王子城跡トンネル(その2)工事，土木施工，Vol.47，No.8，2006.8.

芳賀康司・永利将太郎・千葉昭彦：長大山地トンネル施工に伴う大深度高密度電気探査，筑紫トンネル，基礎工，Vol.34，No.8，2006.8.

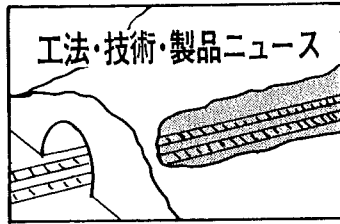
磯谷篤実・井浦智実・千代啓三：三本木原トンネルにおけるシールドを用いた場所打ち支保システム(SENS)の施工，土木技術，Vol.61，No.9，2006.9.

維持・管理

真下英人・石村利明・金氏眞・石井清：既設トンネル覆工の新はく落防止技術，土木技術，Vol.61，No.7，2006.7.

高柳淳二・山藤稔：首都圏外郭放水路(内水圧が作用するシールドトンネルの剥離対策)，土木技術，Vol.61，No.9，2006.9.

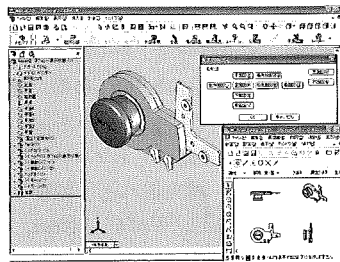
岩井孝幸・森康雄：水路トンネルの補修・補強対策，サポートライニング工法の開発と施工事例，建設の施工企画，No.679，2006.9.



ミドルレンジ 3次元CAD

武藤工業は、2次元図面へのシームレスなデータ連携を実現できるミドルレンジ3次元CADとその機能を充実化したオプションソフトの販売を開始した。

ミドルレンジ3次元CADは、ソリッドワークス社(米国)から、日本で初めてのビジネスモデルとなる3次元CAD「Solid Works」のエンジンをOEM提供を受けたもの。



ひび割れの幅と位置座標が離れた所から計測

関西工事測量は、離れた所から構造物のひび割れの幅と位置座標が正確に測れる、世界初の計測システム「KUMONOS」を開発し、発売するとともにレンタルを開始した。

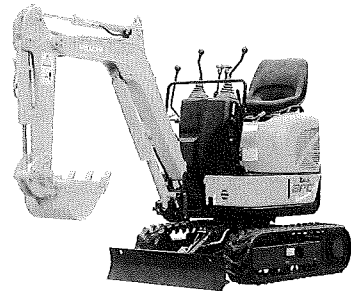
同機は、離れた所から計測できるため、高所作業の必要がなく安全。高精度な位置座標を持つ計測データを機械的に取得できるうえにCADデータへも自動的に変換できるため、正確な3次元データ化が可能。その結果、時間の経過に伴う耐久性の低下を把握することが容易になり、適切な補修計画が可能。これらの機能により、従来の調査に比べ大幅な調査期間の短縮につながる。



後方超小旋回ミニショベル

日立建機は、後方超小旋回型ミニショベルZX8U₂(標準バケット容量0.022m³、重量890kg)を発売した。

同機は、狭い所でも通過可能な720~910mmまで伸縮できる「可変脚式クローラ」を標準装備。フルオープン式エンジンカバーや分割式フロントホースの採用などで、点検整備性も大幅に向上、国土交通省の3次規制をクリア、など幅広い活躍が期待される。

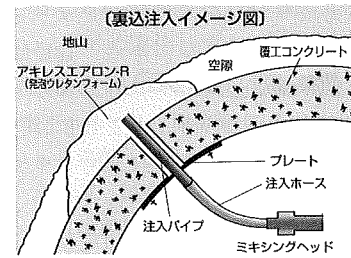


トンネル裏込め補修用ウレタン注入工法

アキレスは、40倍の高倍率発泡を可能にしたトンネル裏込め補修用ウレタン注入工法「アキレスTn-p工法」を開発した。

同工法は、40倍発泡を可能にしたため、従来の30倍発泡に比べ、材料費、注入時間が4分の3となるため、

コストダウンが図れる。また、発泡設備もコンパクトな仕様となっているため、狭いトンネルでの作業に最適。



高強度薄肉補強工法

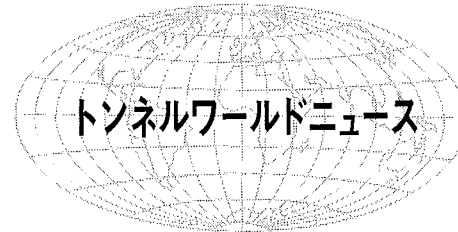
鉄建とクラレは土木研究所と共同で、高強度繊維補強モルタルを使って既設トンネル内を補強する高強度薄肉補強工法を開発した。

同工法は、高強度のモルタルにPVA(ポリビニールアルコール)繊維を混入した高強度繊維補強モルタルと連続繊維メッシュを組み合わせたもので、補強層厚75mm。生コンクリート工場で高強度繊維モルタルの製造が可能のためプラントの設置が不要。さらに、セントル型枠も不要なため、工期とコストの縮減が可能。また、短繊維補強モルタル製セメントボードを埋め込み型枠として使うと、形状に合わせて加工できる。

ICタグを用いた骨材混入防止・運行管理システム

飛鳥建設は、コンクリート骨材の運搬管理および骨材貯蔵設備への誤投入防止などをトータル的に管理する「ICタグを用いた骨材混入防止・運行管理システム」を開発した。

同システムは、積み込みから運搬、荷受けまでをICタグを用いて管理し、人的ミスを排除して異種骨材の誤投入を確実に防止するとともに、運搬状況をリアルタイムに把握し、骨材量の集計などの入力作業もほとんどなく、数量管理が正確・容易・迅速に実施できる。



(社)日本トンネル技術協会
国際委員会

推進工法によるTBM支障物件の除去

ライプチヒ市でBabendererde Ingenieure GmbH(Bab)社は、計画されている市内の新地下鉄トンネルの施工において、支障となるグラウンドアンカー除去のために新しい推進工法(新パイプジャック工法)の設計および施工管理を行っている。

7年前に市内の大型ショッピングセンターが完成した際に、いくつかのグラウンドアンカーが残置された。

建物のオーナーであるKIG社はBab社にアンカー除去計画に援助することを約束した。なぜならば、彼らがそこにルートを設定したために、新地下鉄のTBM掘削が始まる前にアンカー除去が必要となったからである。それらのアンカーは下方へ水平斜角35°で長さ最大25mまで打設されていた。

T&TIの取材によると、アンカー除去はショッピングセンターの地下室からアンカーを取り囲むように直径1.2mのオープンシールド工法により行われ、地盤を人力掘削し、アンカーは推進が進むにつれて、適当な箇所まで切断された。

地下水位より低い位置での作業となるため、1.7気圧の圧搾空気の下で施工された。複雑な地下室の作業場出入口部にはマンロックが取り付けられ、床部は推進ユニットの設置を可能とするように取り壊された。

T&TIの取材によると、作業は1月の開始から順調に進み、4月までに完成する。

6億9,400万USドル(798億円)のLeipzig Cityトンネルは、ドイツ鉄道、サクソニー州のリーステイトとライプチヒ市により発注され、市の中心

部とライプチヒ市のバーバリアン駅間を接続する。計画は直径9mの単線並列トンネルで延長4kmになり、内径は7.9mで多様な地質条件と高い地下水位地盤をTBMで掘削する。

非常に多くの建物のグラウトによる補強対策が計画の一部に含まれている。

(T&TI '06.4 担当:下田哲史・中日本高速道路(株))

Hochtief社らのコンソーシアムがBrisbaneのバイパストンネル工事を落札

Hochtief社のオーストラリアユニットであるLeighton Contractorsが主導するコンソーシアム(River City Motorway Consortium)が、現地で話題となっているBrisbane高速道路の南北バイパストンネル(NSBT)プロジェクトを落札した。

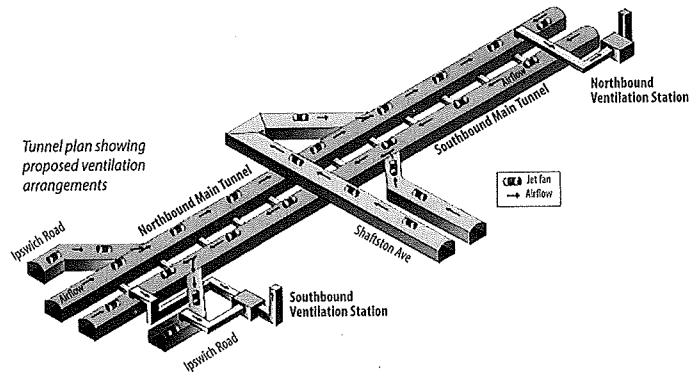
このコンソーシアムには、Bilfinger Berger Pty Ltd., ABN AMRO Australia Ltd., およびBoulderstone Hornibrook Pty Ltd.も参画している。8月には最終契約を結び、45年間にわたって、トンネルの工事と運営を司る予定である。

NSBTプロジェクトは2本の双設道路トンネル(北行き2車線トンネル、および南行き2車線トンネル)からなり、本坑の延長は約5.2kmで、都市域およびBrisbane川の下を岩盤を通過する。トンネルは、北側でInner City BypassとLutwyche Roadに、南側でIpswich RoadとSouth East Freewayに接続する。また、Shafston Avenueと接続することで、東側の郊外からトンネルへのアクセスが可能となる。

NSBTプロジェクトは、都市域を縦断する高規格の代替道路を整備することで、商業中心地区およびFortitude Valley地域を含む都市域の過密交通を緩和することを主目的としている。

トンネル工事の概要は、下記のとおりである。

- ・本坑の掘削には、TBMおよびロードヘッダーが使用される。
- ・開削区間は、通常の施工法で施工する予定で



ある。

- 作業基地にもっとも近いトンネルの分岐部および坑口部は、発破およびロードヘッダーによる掘削となる。
- Bowen Hills, Kangaroo Point, および Woolloongabba に、トンネル工事の作業基地が設置される。Shafston Avenue と Gibbon Street には作業用の立坑が設けられ、Bowen Hills には作業基地からの斜坑が設けられる。立坑の施工は、ブレーカあるいは発破による掘削とされている。Ipswich Road/Dibley Street の作業基地では、South East Freeway の西方に至る開削トンネルを施工する。
- トンネル工事の主要作業基地は、工事騒音を低減するために防音設備が設けられる予定である。
- 掘削ずり物はダンプトラックで坑口から搬出され、幹線道路を通過して所定のずり搬出先に運ばれる。掘削ずり物は、週6日を上限として昼間に搬出され、夜間には搬出を行わない。
- 避難通路として、2本のトンネルを結ぶ連絡坑が設けられる。トンネルには、火災や避難状況を確認できるCCTVによる監視システムが導入される。また、交通管理・管制センターが設置される。

トンネルの換気には、縦流換気方式が提案されている。坑内の排気ガスは、ジェットファンおよび車両通行で発生する風によって、排気立坑に向けて送り出される。

北行きのトンネルの排気立坑は、Bowen HillsのCampbell Streetの近くに設置され、南行きのトンネルの排気立坑は、WoolloongabbaのLogan RoadとJurgens Streetの近くの商業地域に設置される予定である。排気ガスを効果的に分散させるために、排気口の高さは約30mとなる予定である。排気立坑は、独立構造あるいは換気所との一体構造となる予定である。

環境影響評価における大気質の計算では、坑内・坑外ともに所定の目標値を満足していること、および周辺地域の大気環境が維持されることが示されている。

事前の環境調査によれば、公衆衛生に対する潜在的なリスクが評価されており、NSBTプロジェクトによる公衆衛生への影響は、ほとんどないことが示されている。Brisbaneの大気環境は、道路交通網の改善、よりクリーンな燃料の使用、エンジン技術の向上、自動車の排気ガス規制などにより、時間とともに改善されると考えられている。(T&TC '06.5 担当：伊藤 彰・(株)間組)

Navarraトンネルにおいて Wirth社のTBMが早期に貫通

スペインのNavarra事業において掘削長4,000mを超えるトンネルが、直径6.19mのWirth社製TBMによって、当初予定された貫通時期の3月より早く、2月27日に貫通した。Navarra地方の首長(Miguel Sanz氏)とConfederacion hydrographic del Ebro社の社長(Jose Luis Alonso氏)、および地方の政治家の参加の下で式典が催された。

このトンネルは、スペインの北西部におけるCanal de Navarra導水事業の一部をなしている。なお、本事業はスペイン政府のCanal de Navarra SA 会社により実施されている。

全体事業計画は、Navarra地方の中南部地域における57,000haの灌漑用のためのItoizダムからの用水を導くために全長177kmの水路を整備するものである。

Wirth社は、UTE Canal de Navarra 企業連合(Sacyr社, Copisa社, Arian社)の下で、TBMを請け負うことになった。掘削機械は、同社のCavet シリーズのダブルシールドである。その仕様は、17インチの内側取り付け方式ディスク・カッタ、カッタヘッド出力3,000kW、推進力25,000kN、カッタヘッド・トルク4,000kNm、カッタヘッド回転数7.8rpmであり、時間あたり6mの掘進が可能となっている。

最大日進は50.4mにも達しており、1週間の実

掘削長は169m、月あたり870mの掘進を記録したとしている。

Wirth社は、現場組み立てを考慮して、大型の部材を船積みすることにより、TBMの効率的な輸送を実現させて、これにより2か月間の工期短縮を可能としたと説明している。

現時点において、今年半ばの早い時期に用水がトンネル内を通水する計画である。

(T&TI '06.5 担当：平澤泰作・鉄道・運輸機構)

P.A.ドミニコ, F.W.シュワルツ著

地下水の科学 各B5判 全3巻

地下水の科学研究会 大西 有三 監訳

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

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

<第I巻 主要目次>

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

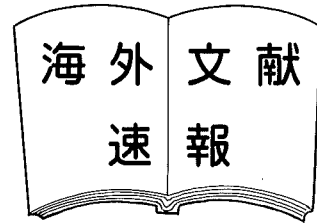
<第II巻 主要目次>

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

<第III巻 主要目次>

■水資源 ■堆積盆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



(社) 日本トンネル技術協会
国際委員会

地下構造物の損傷の記録に関する指針/
Catalogue des desordres en ouvrages
souterrains

By Recommandation de l'AITES(フランストンネル協会第14作業部会): TUNNELS ET OUVRAGES SOUTERRAINS, 2005, 9, 10月号

序
本指針の構成

1. 無普請トンネルの損傷
2. 覆工トンネルの損傷
 - 2.1 覆工の劣化
 - 2.2 構造および内空断面に影響を及ぼす欠陥
 - 2.3 地下水に起因する損傷
3. 隣接物に影響する損傷
 - 3.1 立坑および塔に影響する損傷
 - 3.2 自然および人工地下空間に影響する損傷
 - 3.3 坑口に影響する損傷
 - 3.4 ウイング壁に影響する損傷

非破壊試験方法
専門用語

参考文献
(文責: 高野佳博・ジェイアール東日本コンサルタンツ(株))

Laeken 地下鉄の列車通行により生ずる振動被害の調査/Vibrations dans l'environnement lors du passage du tram dans le tunnel de Laeken

By Ch.Dochy(STIB), G.Verheulpen(AED), P.Vanhonacker(D25 International): Situation actuelle(2004) par rapport a la situation apres installation des voies (1994)

ブリュッセル市内のGros Tilleul 交差点とSaint-Lambert 広場を結ぶLaekenトンネルは、延長520mの複線矩形断面トンネルで、1958年の万国博覧会の際に建設されたもので、1978年から地下鉄トンネルとして使用されている。この地下鉄トンネルは、ベルギー国営放送局の建物直下を通行しており、列車通行に伴う振動・騒音が大きな問題となった。ブリュッセル交通局は、この問題を解決するために、1994年より、各種防振装置の試験的設置およびトンネル内の振動・騒音の計測を開始した。ここで、防振装置として、浮きスラブの採用は高価となるので、レールとスラブの間に緩衝材を設置して、振動を軽減する方法、道床スラブに伸縮目地を設置する方法など4種類の手法が試行された。表-1にレールと道床スラブ間に設置する緩衝材の性状を示す。

表-1に示す緩衝材の性能を比較するために、列車がトンネル内を30km/hで走行した場合の列車

表-1 緩衝材の性状

No.	名称	材料	硬材弾性係数		軟材弾性係数	
			静的	動的	静的	動的
1	D2S DS ISO RAIL	ポリウレタンマイクロセルコース	36	63	4	6
2*	D2S 遷移部(道床スラブに伸縮目地を設置)	ポリウレタンマイクロセルコース	36	63	17	25
3	LORD 軟材	弾性ゴム			12	15
4	LORD DS ISO RAIL	弾性ゴム	50	80	8	12

弾性係数の単位: $\times 10^6 \text{N/m}$

*: No.2においては、バラストスラブとコンクリートスラブの遷移部に緩衝材を設置した。

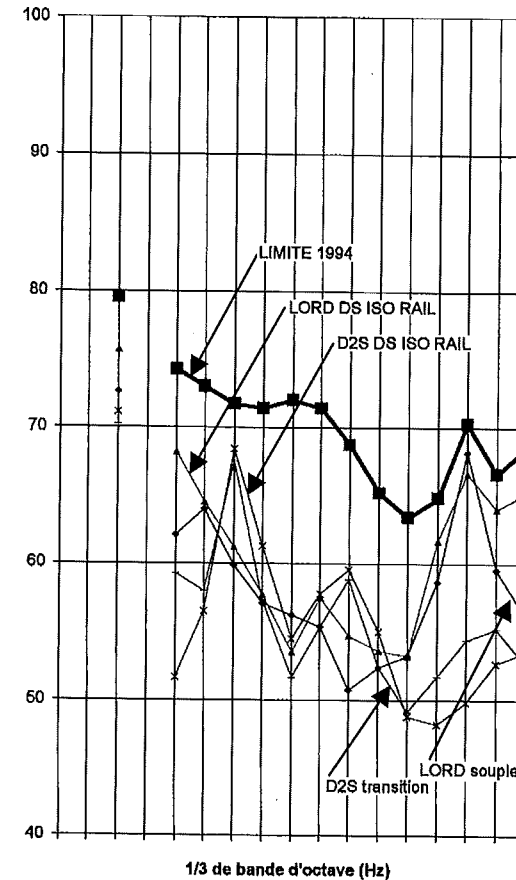


図-1 列車走行1/3オクターブバンドによる周波数の計測(開業10年後トンネル内壁面にて測定)

振動の計測を行った。その結果を図-1に示す。一般に、周波数は30~200Hzであれば、周辺環境に害を与えないとされているが、表-1のすべての緩衝材においてこの基準は満足した。その中で、波形がもっとも安定しているのは、「No.4 LORD DS ISO RAIL」であることが判明した。

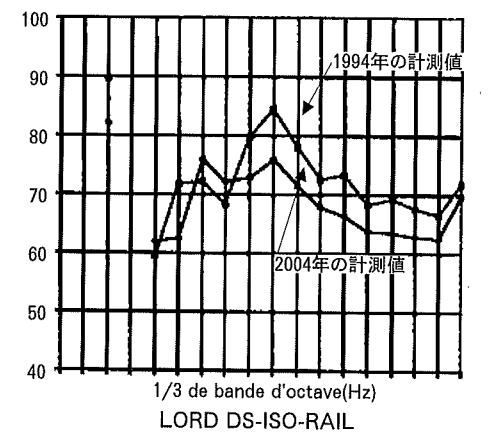
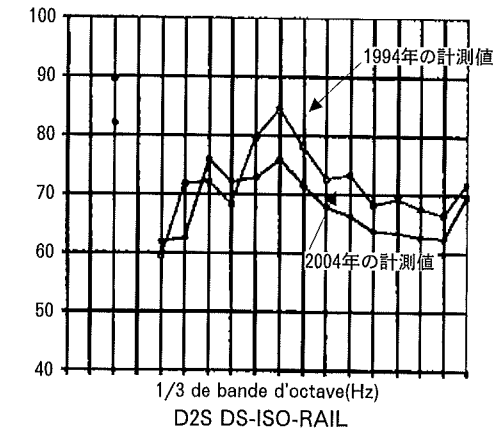


図-2 列車走行速度50km/hの場合のインパート振動の計測の比較(1994年, 2004年)

また、この計測は1994年より2004年まで10年間継続して行われたが、「No.1 D2S DS ISO RAIL」、「No.4 LORD DS ISO RAIL」ともに、取り付け後、10年を経過しても機能が損なわれていないことが確認された(図-2参照)。

(文責: 高野佳博・ジェイアール東日本コンサルタンツ(株))

きみも金鉱を発見できる

金鉱の有望地域と探し方

理学博士 石井康夫著 新書判 202頁 本体定価 980円 (〒210円)

株式会社 土木工学社

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

「トンネルと地下」2006年1~12月号総目次

〈平成18年・年間総目次〉

巻月号頁	内容
巻頭言	
年頭所感	小森 博 37 1 5
ものづくり、人づくり	川合 勝 37 2 5
団塊の世代の技術者として	野崎 春己 37 3 5
もっと信頼性の高い当初設計を	山田 俊郎 37 4 5
開発途上国でのトンネル工事に想う	橋本 徳昭 37 5 5
トンネル技術 今昔	戸村 和彦 37 6 5
成熟社会における技術開発	今田 徹 37 7 5
トンネル技術への期待	南部 隆秋 37 8 5
プロジェクト推進と技術力	小林 覚 37 9 5
既存設備の資産価値向上に向けて	砂道 紀人 37 10 5
海外プロジェクトへの挑戦	友野 希成 37 11 5
大学が直面する二つの大きな教育問題	三上 隆 37 12 5
計 画	
単線並列シールドから複線山岳トンネルへの移行	環状鉄道 駒林工区・日吉駅工区
	萩野幸男・谷畑一行・橋本芳実 37 4 39
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 37 9 27
研 究	
めがねトンネルから超近接トンネルへ	森田篤・宮野前俊一・梨本裕・今田徹 37 1 55
SMW芯材を本体利用した立坑設計と計測	内藤幸弘・須田嘉彦・井出周治 37 2 37
小土かぶり土砂地山トンネルの掘削時挙動の分析	東北新幹線 八戸~新青森間
	北川隆・磯谷篤実・後藤光理・野城一栄 37 3 45
内水圧が作用するセグメントの剝離現象の考察	外郭放水路 第一工区・第二工区
	高柳淳二・山藤稔・佐々木一英・佐藤元治 37 3 53
臨海部シールドトンネルの塩害調査の結果とその考察	田辺将樹・佐藤豊・鈴木延彰・吉田聖浩 37 4 51
鉄バクテリア汚泥発生抑制剤の検討	

……………佐伯則幸・後藤光理・井浦智実 37 4 7
供用中の道路トンネル直上を斜め横断〈北陸新幹線 高峰トンネル西工区〉……………
萩原秀樹・針生孝志・星野義樹・吉川忠雄 37 5 7
幹線道路直下を90mのバイプルーフで克服〈東北新幹線 市川トンネル〉……………
飯島興二・梅木信夫・高橋聖二・千代谷朝男 37 6 7
アーチ状防護工により新幹線トンネル上への空港用高盛土を可能に〈東海道新幹線第一高尾山トンネル防護工事〉……………
酒井克衛・高木政道 37 8 7
小土かぶり含水マサ土地山で長崎自動車道と交差〈九州新幹線 筑紫トンネル(山浦工区)〉……………
佐々木幸一・武内繁一・永利将太郎・坂田和幸 37 11 7

【道路トンネル】

急傾斜不安定坑口部を大規模アンカー工で克服〈国道361号 番所トンネル1工区〉……………
小林康夫・高橋剛士・駒村一弥・菖蒲幸男 37 1 19
HEP & JES工法でJR中央線直下に首都高ボックスカルバートを構築〈首都高中央環状新宿線JR東中野駅付近交差工事〉……………
山口敏・三丸英寿・杉浦慎一・橋新重雄 37 2 13
大断面トンネルの脆弱地山区間を特殊支保工で克服〈第二東名高速道路 金谷トンネル〉……………
岩本英将・河合朝仁・大志万久芳・吉田安利 37 3 15
JR神戸線高架橋下の函型トンネル下に道路を増設〈神戸市道路公社 新神戸トンネル第Ⅱ期築造工事〉……………
柏原茂・田村暢慶・川下光仁・大谷良輝 37 3 23
石灰岩区間における高濁度突発湧水の克服〈第二東名高速道路 浜松トンネル〉……………
後藤正登・井口哲也・真邊剛典・川越佳人 37 4 17
2,000tfの大断面シールドを立坑内でUターン〈首都高速中央環状新宿線 東中野~中野坂上間〉……………
荒神敏郎・江水淳・後藤真吾・柴田佳彦 37 5 17
車両基地直下にバイプルーフで道路トンネルを施工(その2)〈綾瀬車両基地立体交差工事〉……………
藤本繁・石川和彦・山村学・高橋幸久 37 5 25
めがねトンネルの中央導坑を利用した先行アーチ支保〈金沢外環状道路 涌波トンネル〉……………
高橋裕之・田中志人・岩永茂治・中北昭浩 37 6 17
砂地山に鏡補強で扁平大断面トンネルを掘る〈国道210号日田バイパス 石井トンネル〉……………
古閑靖啓・広瀬武志・森本一・倉原隆二 37 6 29
小土かぶりの超近接大断面双設トンネルをCD工法で貫く〈第二東名高速道路 今里第一トンネル〉……………

田中貞俊・池田克樹・志岐寛・本村浩志 37 8 17
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 37 9 7
小土かぶり破碎質地山における補強対策〈北海道浦河町町道まきば通線 まきばトンネル〉……………
郷康則・荒井隆治・伊藤由明・村山秀幸 37 10 7
重金属と突発湧水への対応〈国道289号 甲子トンネル〉……………
岩淵誠・篠田耕二・原淳二・新居直人 37 11 15
TBM導坑先進により大断面トンネルを経済的に施工〈第二名神高速道路 甲南トンネル(下り線)〉……………
奥隅豊栄・大矢隆二・木村厚之・楠本太 37 11 27
大規模地すべり脆弱部を2重支保で突破〈道道夕張新得線 赤岩トンネル〉……………
川村俊一・島豊・河田孝志・金岡幹 37 12 7

【地下鉄トンネル】

都営地下鉄・浅草線と大江戸線をつなぐ〈汐留連絡線 東新橋工区〉……………
佐野正生・中村茂之・平山義貴・岩本史生 37 1 29
地下水位下の成田層での止水壁併用NATMと新防水工法〈つくばエクスプレス 南流山トンネル(西平井工区)〉……………
木村宏・本堂亮・小松敏彦・櫻井孝臣 37 2 25
営業中の複線軌体を抱え込んだボックストンネル〈中之島新線建設工事 京阪本線天満橋駅〉……………
谷口智之・南裕一 37 6 39
公園地下の車両基地築造と新契約方式〈新交通日暮里・舎人線車両基地〉……………
松本憲行・坂田政紀・池田謙太郎・江頭正州 37 8 31
土圧シールドの7.5kmにわたる逆解析手法を用いた沈下計測管理〈チャンネルトンネルレールリンク220工区(ロンドン付近)〉……………
南敏文・山崎宏・萩原敏行 37 10 19
特殊セグメントを用いた地下鉄換気塔〈地下鉄13号線 雑司ヶ谷駅〉……………
沼澤憲二郎・藤沼愛・藤木育雄・倉木修二 37 12 17

【サービストンネル】

フライアッシュで坑内作業環境を改善〈北海道電力 京極発電所放水路トンネル〉……………
中井雅司・村田浩一・堀川直毅 37 1 43
潮位差8mでの湾内における沈埋トンネルの施工〈中国嘉興火力発電所 冷却水路工事〉……………
林家祥・楊国祥・何擁軍・齋藤尚武 37 3 37

情報化施工を用いた16万m³地下空洞掘削工事〈九州電力 小丸川地下発電所〉……………
 柏木雄二・高森重治・江口聡一郎・小林康夫 37 4 31
 単筒構造T-BOSSで既設幹線に地中接合〈東京都下水道 飛鳥山幹線シールド〉……………
 ……黒木鎮利・峯英治・小野友成・網野巖 37 5 39
 各種新技術を駆使した大規模水道シールド工事〈東京都 水道局 東南幹線〉……………
 原蘭一矢・伊東克郎・安田昭二・松井紀尚 37 6 47
 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 37 9 17
 アプレシブジェット水流で地中障害物を切断除去し推進 〈東京都下水道 第二十二社幹線暫定貯留切替推進工 事〉……………
 宇田川孝之・吉川静雄・船越誠・田村憲 37 10 29
 地下深部約100mの堆積軟岩中に大規模試験空洞を掘削 〈余裕深度処分埋設施設本格調査のうち試験空洞掘削 工事〉……………
 富田敦紀・姥名孝仁・福田勝美・戸井田克 37 11 39
 工期を大幅に短縮したインドの地下発電所掘削〈西ベン ガル州電力会社 プルリア揚水発電所〉……………
 ……青山博文・高市一馬・柴田勝実 37 12 27

特集

東京湾海底地質の想定と実際……………
 ……富所達哉・高橋聡・野口和博 37 7 7
 海底シールドの覆工設計……………
 富所達哉・権守英樹・中川雅由・服部佳文 37 7 18
 長距離シールドの設計・施工におけるリスクマネジメン ト……………
 ……富所達哉・権守英樹・米沢実・守田聡 37 7 26
 長距離シールドにおける高速施工(富津工区)……………
 ……米沢実・隈部毅彦・齊藤祐輔・黒崎秀 37 7 34
 長距離シールドにおける高速施工(扇島工区)……………
 金森研二・日比谷稜・秋山秀夫・竹林基 37 7 40
 単胴型ロングジャッキ式同時掘進シールドの制御(扇島 工区)……………
 金森研二・福島謙一・飛田一幸・竹村光弘 37 7 47
 長距離掘進後の高水圧下における機械式地中接合……………
 ……富所達哉・高橋聡・米沢実・京屋宜正 37 7 53

連載講座

都市トンネル工事の計測(1)〈講座をはじめるにあたり〉 ……佐藤亘 37 1 65

都市トンネル工事の計測(2)〈最近の計測技術の概要〉… ……佐藤亘・中山淳 37 2 55
 都市トンネル工事の計測(3)〈大深度急曲線シールド施工 時荷重の計測とその評価〉……………
 坂根良平・吉本正浩・杉山仁實・佐藤健人 37 3 61
 都市トンネル工事の計測(4)〈土留め、リバウンドの計測 例とその評価〉……………
 ……西村聡・水上博之・北浦実 37 4 59
 各種装置を活用した新しいトンネル検査手法(1)〈I. 序 論〉……………JTA保守管理委員会 37 4 67
 都市トンネル工事の計測(5)〈アンダーピニング工事にお ける計測〉西村聡・水上博之・清水幸範 37 5 55
 各種装置を活用した新しいトンネル検査手法(2)〈II. ト ンネル覆工表面の検査手法(1)〉……………
 ……JTA保守管理委員会 37 5 63
 都市トンネル工事の計測(6)〈大断面・道路シールドトン ネルの技術的課題と計測例〉……………
 ……土橋浩・田中弘・斉藤正幸・名倉浩 37 6 57
 各種装置を活用した新しいトンネル検査手法(3)〈II. ト ンネル覆工表面の検査手法(2)〉……………
 ……JTA保守管理委員会 37 6 67
 都市トンネル工事の計測(7)〈特殊断面・鉄道シールドト ンネルの技術的課題と計測事例〉……………
 ……古川衛・新治均・中川雅由・粥川幸司 37 7 65
 各種装置を活用した新しいトンネル検査手法(4)〈II. ト ンネル覆工表面の検査手法(3)〉……………
 ……JTA保守管理委員会 37 7 77
 都市トンネル工事の計測(8)〈都市部山岳工法を適用した 東急東横線地下化工事の計測事例〉……………
 ……関聡史・岩村巖 37 8 59
 各種装置を活用した新しいトンネル検査手法(5)〈III. ト ンネル覆工内部の検査手法(1)〉……………
 ……JTA保守管理委員会 37 8 71
 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 37 9 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 37 9 69
 都市トンネル工事の計測(最終回)〈座談会〉……………
 ……佐藤亘・斉藤正幸・清水幸範・関聡史・土橋浩・ 名倉浩・西村聡・樋口佳意・三戸憲二 37 10 55
 各種装置を活用した新しいトンネル検査手法(最終回) 〈IV. その他の検査手法および変状監視手法, V. 連 載のおわりに〉……………JTA保守管理委員会 37 10 67
 発破技術の現状(1)〈現状と展望〉……………

…「発破技術の現状」連載講座小委員会 37 11 57
 発破技術の現状(2)〈火薬類の基礎知識〉……………
 ……「発破技術の現状」連載講座小委員会 37 12 55
現場だより
 「神秘の湖 大鳥池」山形県朝日村より……………
 ……土内満雄 37 1 28
 「群馬の秘境」上野村から……………
 ……寺田丈夫 37 1 42
 「最新工業団地とゆたかな自然」ふるさと愛川より……………
 ……水越史郎 37 2 36
 「四国有数のスキーの町」井川町より……………
 ……合敏垣誠司 37 3 36
 「世界遺産・熊野古道」東紀州(尾鷲市・熊野市)より… ……
 ……浅野健一郎 37 3 44
 「大河のほとり鶴沼」岐阜県各務原市から……………
 ……石田豪史 37 4 16
 「創造とふれあいの海洋・拠点都市」呉より……………
 ……橋本彰文 37 5 16
 「みどり豊かな健康文化都市」豊見城より……………
 ……齊藤靖孝 37 5 38
 「南国土佐の地」高知県芸西村から……………
 ……植村 徹 37 6 28
 「北の大地に新幹線」最初の着工地木古内より……………
 ……大沼伸哉 37 7 61
 「日本最後の清流」四万十川より……………
 ……安永礼三 37 7 64
 「いのち輝く島」蒲刈より……………今村欣文 37 8 30
 「万世大路を貫く」米沢街道・栗子峠より……………
 ……高橋 保 37 9 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 37 9 26
 「人と自然が調和した交流文化のまち」郡上市より……………

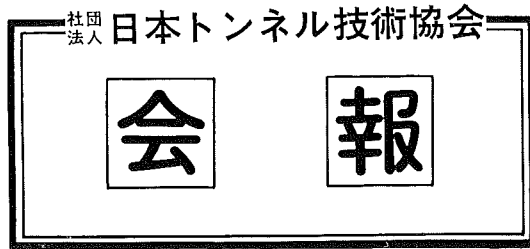
……………田中英男 37 10 28
 「昔石炭、今ししゃもの町」白糠より……………
 ……後藤良平 37 10 38
 「コノハズクの里」新城市より……………玉井昭雄 37 11 14
 日本三景「天橋立」を望みつつ……………福家佳則 37 11 26
 「国際会議観光都市」木更津より……………
 ……横田貴浩 37 12 16

トンネル千夜一夜

光のファンタジー「きらら夢トンネル」を体験する……
 ……小野田滋 37 1 40
 パリのアンダーグラウンド(1)〈「死の帝国」カタコンベ を訪ねる〉……………小野田滋 37 2 52
 パリのアンダーグラウンド(2)〈パリ下水道博物館を訪ね る〉……………小野田滋 37 3 34
 パリのアンダーグラウンド(3)〈21世紀のメトロを訪ね る〉……………小野田滋 37 4 28
 平山復二郎とその周辺(1)〈平山復二郎著『トンネル』の 現代語訳にちなんで〉……………小野田滋 37 5 36
 平山復二郎とその周辺(2)〈日本ゴルフ界の草分け・白石 多士良〉……………小野田滋 37 6 26
 平山復二郎とその周辺(3)〈トンネル技術者を育てた釘宮 磐〉……………小野田滋 37 7 62
 平山復二郎とその周辺(4)〈舟橋聖一「男」と河野康雄〉 ……小野田滋 37 8 28
 高山祭りミュージアムを訪ねて〈わが国最初の民間用大 規模地下空間施設〉……………小野田滋 37 9 24
 トンネルで祝った開業式〈幻の伊田山トンネル〉……………
 ……小野田滋 37 10 36
 博物館になった地下工場〈瑞浪市「化石の地下壕」と 「地球回廊」を訪ねる〉……………小野田滋 37 11 24
 漫才ネタになったトンネル〈砂川捨丸・中村春代の「丹 那トンネル」を聞く〉……………小野田滋 36 12 36

『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」の投稿は受け付けておりません)
- 送付先 株式会社土木工学社 編集部 投稿係
 〒162-0832東京都新宿区岩戸町16 メイジャー神楽坂
 電話 (03) 3267-2888(代)



1. 会員の現状

	9月25日現在	10月25日現在
正会員	2,287名	2,290名
団体会員	405名	405名
個人会員	1,882名	1,885名
名誉会員	1名	1名
計	2,288名	2,291名

2. 委員会の開催状況(10月1日～31日)

①調査研究関係委員会

- ◎技術委員会：10/25(今田徹委員長ほか16名)各小委員会活動計画を検討
都市トンネル小委員会Q&A施工WG：10/26(中島泰彦主査ほか18名)原稿を検討
- ◎小田急下北沢地区線増連続立体交差事業技術委員会：10/3(小山孝則委員長ほか30名)セグメント仕様書を検討
- ◎耐震設計特別委員会：10/4(今田徹委員長ほか18名)実験計画案を検討
- ◎東北新幹線トンネル特別委員会幹事会：10/20(田

村武幹事長ほか40名)設計・施工法を検討

- ◎効率的掘削工法特別委員会：10/24(西村和夫委員長ほか22名)作業方針を検討
- ◎八甲田トンネル技術委員会：10/24, 25(須田熙委員長ほか23名)現地視察ほか
計 7回開催 174名出席

②運営広報関係委員会

- ◎総務委員会
企画運営幹事会：10/24(土谷幸彦幹事長ほか6名)今年度事業活動状況報告
広報小委員会：10/26(大塚正博委員長ほか9名)作業方針を検討
会誌WG：10/3(大島洋志主査ほか10名)11月号の会誌と3か月計画を検討
- ◎国際委員会
海外文献小委員会
ニュースWG：10/27(平澤泰作主査ほか8名)海外ニュースを翻訳
- ◎事業委員会
第7回モグラ研究会：10/25(寺内伸委員ほか15名)課題を検討
計 5回開催 53名出席
合計 12回開催 227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 国際フォーラム 「道路・鉄道トンネルの安全」	2007. 4. 23～25	リスボン (ポルトガル)	Tunnel Management International (トンネルマネジメントインターナショナル社) http://www.tmi-intelligence.com
第33回ITA総会およびコンgres 「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 (チェコトンネル協会) International Tunnelling Association (国際トンネル協会) http://www.wtc2007.org
第34回ITA総会およびコンgres 「より良い環境と安全のための地下空間を目指して」	2008. 9. 22～27	ニューデリー (インド)	CBIP(灌漑・水力中央委員会) International Tunnelling Association (国際トンネル協会) http://www.cbip.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(駒林工区)	2006. 5. 30	28	神奈川県
東京地下鉄13号線現場研修会(新宿工区)	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	13	愛知県
北関東自動車道蓬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	18	東京都
横浜市地下鉄現場研修会(日吉駅工区)	2006. 10. 3	32	神奈川県
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
LPG国家備蓄基地現場研修会(倉敷, 波方)	2006. 10. 30, 31	17	岡山県, 愛媛県
(発表会)			
第58回(山岳)「最近注目されるトンネル工事」	2006. 11. 29	200	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	200	〃
(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	23	青森県
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	32	東京都

詳細は、協会ホームページ(<http://www.soc.nii.ac.jp/jta>)を参照ください。

1月号予告[1月1日発売予定]

- 北陸新幹線 飯山トンネル富倉工区
- 首都高速中央環状新宿線 本町シールド
- 国道2号 三原バイパス第5トンネル
- 大阪市営地下鉄第8号線 緑橋駅連絡通路
- 東京都下水道 業平橋ポンプ所放流渠

【連載講座】

- 発破技術の現状(3)

*内容等は変更になる場合がございます

編集後記

◆2006年も残すところあと1か月です。小泉内閣から安倍内閣へと政権が移譲し、北朝鮮の核問題が依然として懸案事項ではあるが、中国・韓国との外交は改善の兆しが見えはじめている。一方、アメリカでは、イラク政策の是非が問われた中間選挙が行われ、民主党が上院・下院ともブッシュ共和党を破り過半数を確保した。そもそも2001年9月11日に起きた「同時多発テロ」を受けてアフガニスタンに侵攻したのが事の発端であった。その後、大量破壊兵器を保有しているという情報をもとにイラクへ侵攻し、サダム・フセインは捕らえられ裁判で死刑判決が下ったが、イラク国内の治安は依然として不安定のままイラク国内のテロ活動によるアメリカ軍への攻撃がくり返され、多くの若いアメリカ兵が尊い命を落としている。さらには、「大量破壊兵器」保有が間違った情報であったことがわかるなど、国民の不信感を募らせたことが今回のイラク政策の不支持という形となったのだろう。

◆アメリカで中間選挙が行われた時期に、北海道で竜巻が発生し、トンネル現場の仮設事務所が吹き飛ばされるなど幅200m、長さ1kmにわたり細い帯状に被害があった。この竜巻は、9名の尊い命と26名の負傷者、多くの住戸が崩壊するなど被害は甚大であった。地震、台風、豪雨などによる災害に対する対策は、国をはじめとして地方自治体でも行われているが、竜巻に対する備えは、規模が小さいために予測などが難しく、雲の動きを各自で注意するしかない。

◆残念ながら今回お亡くなりになったトンネル工事関係者の中には、「トンネルと地下」誌をご愛読していただいた方がいたかもしれません。心からご冥福をお祈りいたします。

(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12号 [通巻436号]

ISSN 0285-631X

Tonneru to chika

平成18年11月20日 印刷

平成18年12月1日 発行

社団法人日本トンネル技術協会

会長 小森 博

〒104-0041 東京都中央区新富2丁目14番7号(新光第一ビル)

TEL: 03-3553-6174

FAX: 03-3553-6145

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

発行所 株式会社土木工学社

〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16番地メイジャー神楽坂

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。

【好評発売中】

シールドトンネルの新技术

シールドトンネルの新技术研究会編 代表 鈴木 章

B5判 約280頁 本体価格4,660円 送料 340円

【推薦の言葉】

東京都技監兼下水道局長・工学博士 村田 恒雄

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

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

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

主要目次

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



株式会社 土木工学社

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

きりーとーりー線

《ご注文票》

シールドトンネルの新技术 _____ 冊 申込みます。

所在地 〒 ()

事業所名

部 課 名

申込者名



TAIKU



CL301E型 カッタローダ

強力な掘削

最大掘削高さ6.6m

特長

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

トンネル掘進機の本命・カッタローダ

山岳土木の豊富な実績を基に、なお開発に挑戦します。

RL型タフローダ



RL10

油圧式ズリ積機

アタッチメントとして
カッタヘッド
油圧ブレーカ搭載可能

型式	RL16	RL10	RL5-1
適用ズリ取断面	10~32㎡	7~30㎡	4~14㎡
油圧パワーバック	53kW	45kW	31kW
ベルトコンベア能力	150㎡/H	150㎡/H	70㎡/H
質量	16.5トン	12.6トン	9.2トン

製造・販売・レンタル 株式会社 **タイクウ**

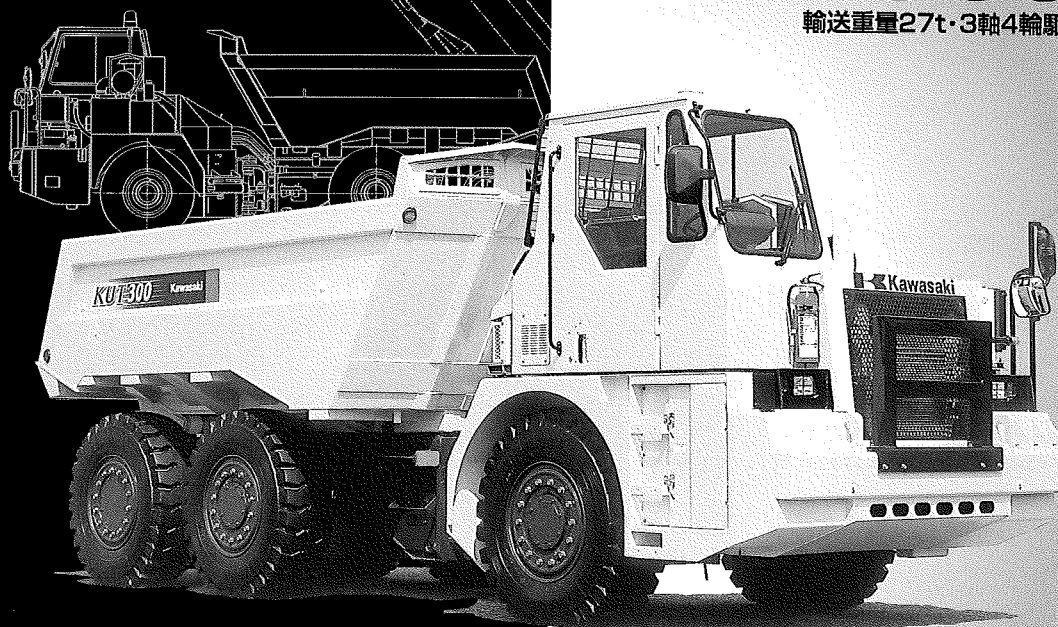
本社 〒144-0047 東京都大田区萩中三丁目6番5号 ☎(03)3741-3131(代表) FAX(03)3741-6457

Kawasaki

KUT300

輸送重量27t・3軸4輪駆動

コンパクトで大出力
坑内ダンプの革命児!!



コンパクト

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

大出力

- クラス最大級のエンジン出力
 - ・212Kw/2,300min⁻¹

クリーン

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

安全

- 安全性
 - ・4段階調整式リターダ
 - ・後方カメラ&モニター

■両サイドダンプ

モデル名	バケット容量(m³)
80ZV	2.6
80ZV	3.2

ズリ積込機も運搬機もカワサキにお任せ下さい

■ロードホールダンプ

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



ONE FOCUS
Complete Solutions

Kawasakiは一人ひとりのお客様を大切にします

川崎重工業株式会社

建設機械ビジネスセンター

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