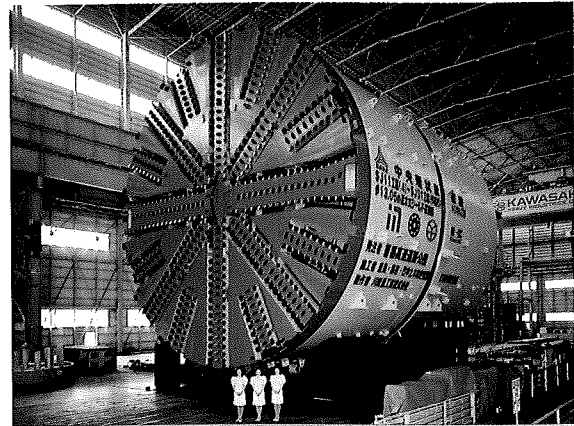


Breakthrough

Kawasaki

長距離道路用 シールドトンネル到達 首都高速中央環状新宿線

SJ11工区(4)~SJ31工区(外回り)トンネル工事



発注者：首都高速道路株式会社
施工者：鹿島・熊谷・竹中土木特定建設工事共同企業体
工事名：SJ11工区(4)~SJ31工区(外回り)トンネル工事
機械名：φ13.05m泥水式シールド掘進機

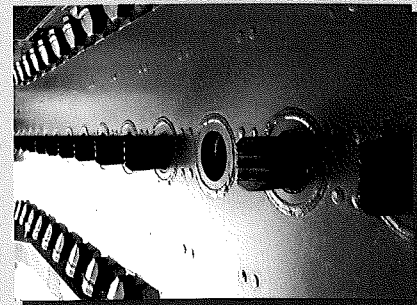
【シールド機の特徴】

1. 長距離掘進：2,660m

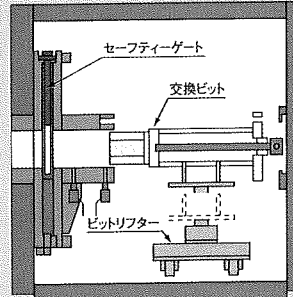
本機は約1,575m疎層区間を含む2,660mの長距離を中間立坑なしで掘進します。この対策として、カッタービット交換装置(セーフティゲート式)を装備しています。摩耗したカッタービットの交換はもちろん、掘進途中での地中杭、NOMST壁等の埋設物の出現や、地質の変化に応じた最適なビット形状を選択し、作業員が機内よりカッターディスク内に入り軽量の治具により交換します。

2. 最小曲線半径：R=238m

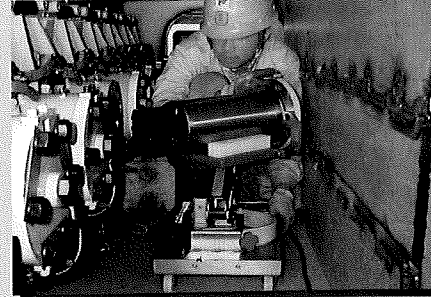
シールド本体が左右最大±2°中折れできる装置を装備しています。



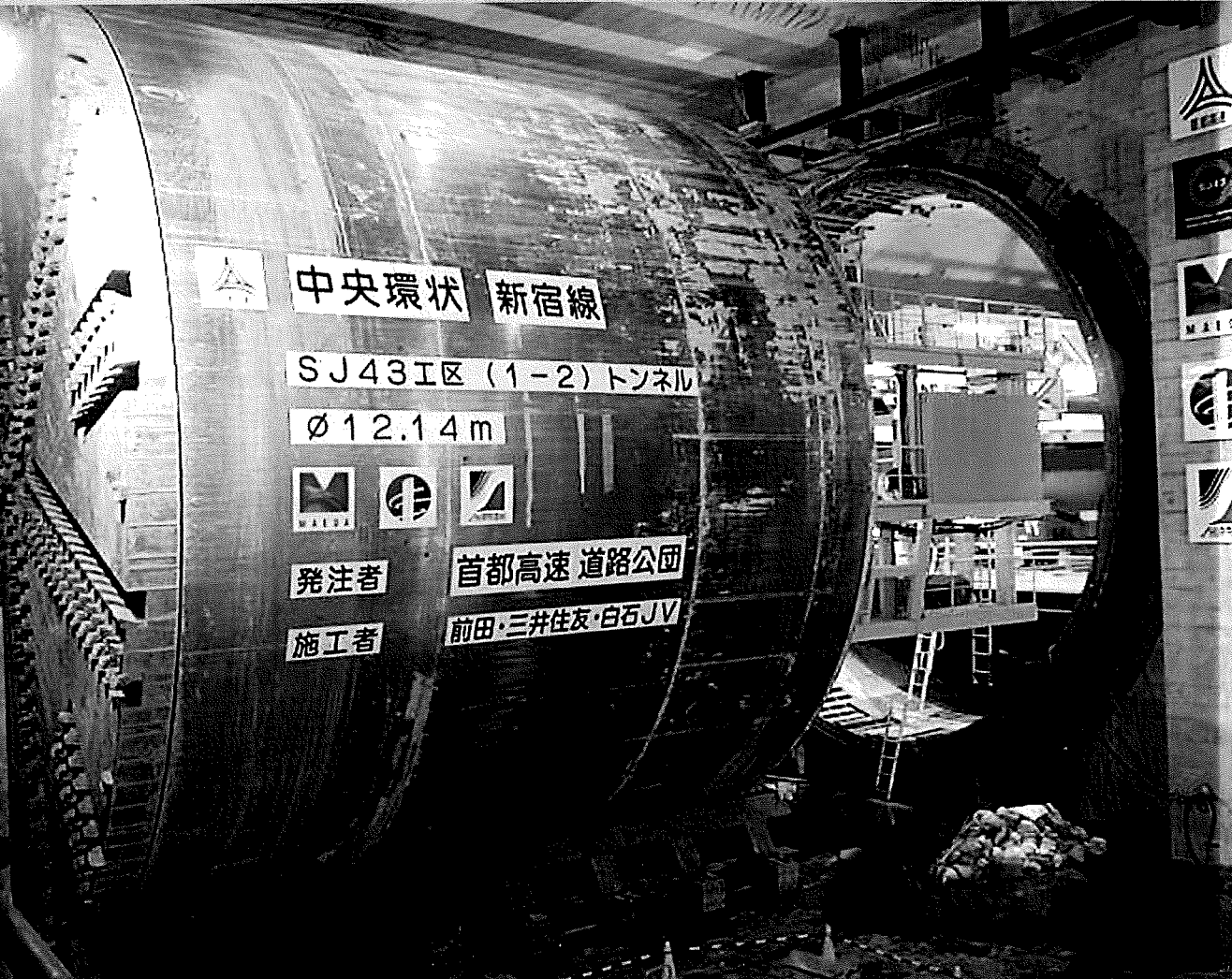
■交換ビットの引き込み状態



■交換ビットのカッターディスク内、取り外し状態



日本トンネル技術協会誌



中央環状 新宿線

SJ43工区(1-2)トンネル

φ12.14m

発注者 首都高速道路公団

施工者 前田・三井住友・白石JV

川崎重工

大型構造物ビジネスセンター 土木機械・機器営業部

東京本社：東京都港区浜松町2-4-1(世界貿易センタービル)

関西支社：大阪市北区堂島浜2-1-29(古河大阪ビル)

〒105-6116 (03) 3435-2387~9

〒530-0004 (06) 6348-8255

定価 1,575円
本体価格1,500円

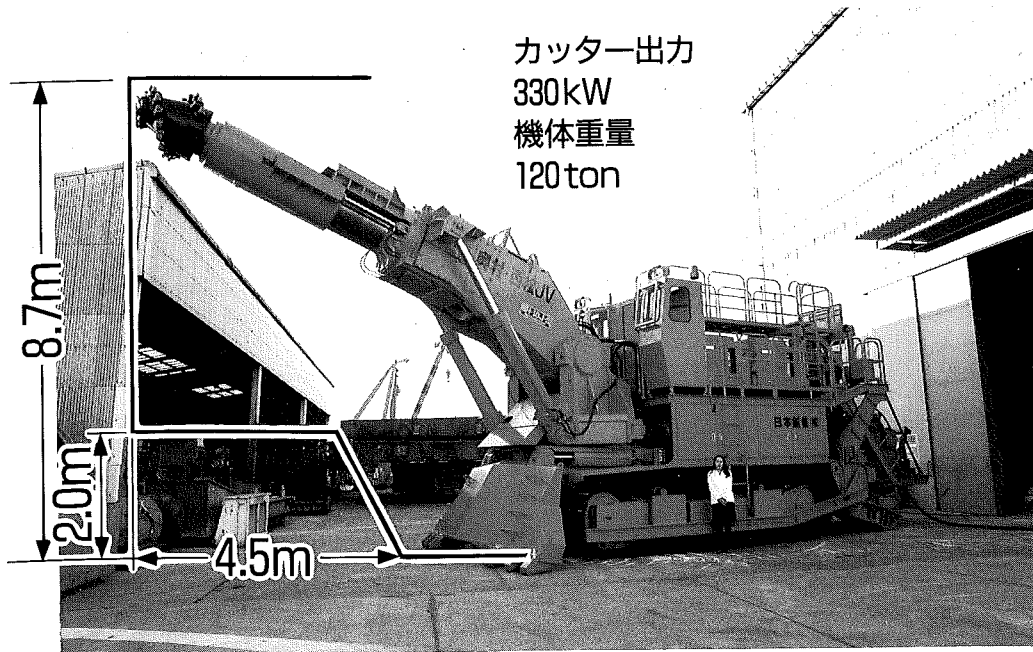
雑誌06619-5



4910066190569
01500

RH-10J-S ミニベンチ機械掘削工法 ブームヘッダー

カッター出力
330kW
機体重量
120ton



RH-10J-S型は

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

KYB カヤバシステムマシナリー株式会社 建設機械部

KAYABA SYSTEM MACHINERY CO.,LTD.

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

旧社名: 日本鉱機株式会社

本社・営業
カスタマーサービス 〒105-0012 東京都港区芝大門2丁目5番5号 住友不動産芝大門ビル6階 TEL 03-5733-9441

中部支店 〒514-0396 三重県津市雲出鋼管町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

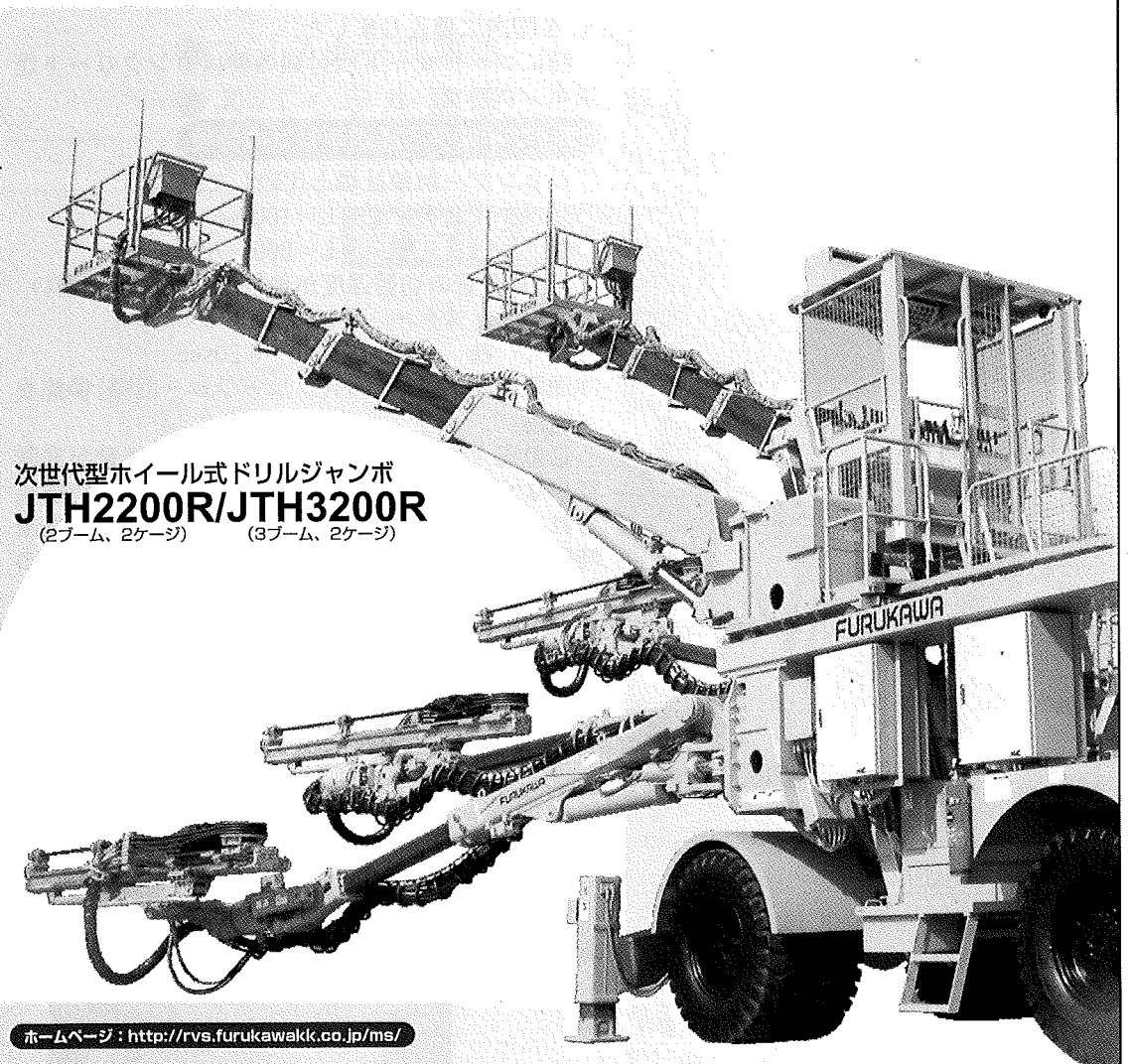
三重工場 〒514-0396 三重県津市雲出鋼管町6番地2 TEL 059-234-4111



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)

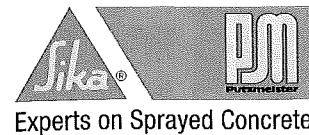
本社 〒101-0047 東京都千代田区内神田2丁目15番9号 古河千代田ビル 特機営業部 TEL: 03-3252-2544

札幌 ☎011-861-3261 東北 ☎022-356-5771 関東 ☎027-322-5953 名古屋 ☎0568-77-7700 静岡 ☎054-620-1641

関西 ☎06-6475-8221 広島 ☎082-231-5621 四国 ☎087-833-4833 九州 ☎092-948-2010

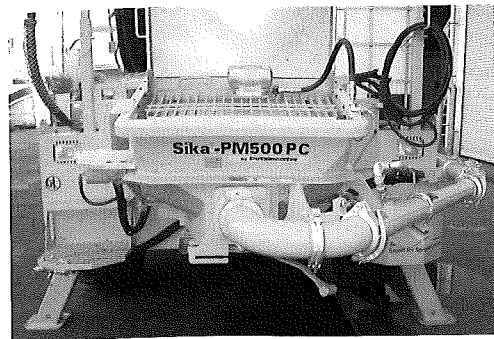
整備工場 関東工場 ☎027-460-7011 名古屋工場 ☎0568-77-6363 大阪工場 ☎06-6475-8461 九州工場 ☎092-948-2010

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。

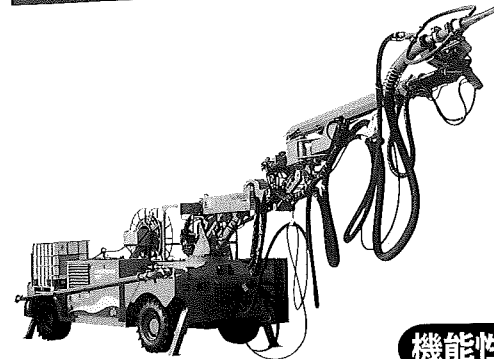


特にコンクリート吹付機の要はコンクリート圧送ポンプです。

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つきが防止され、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)

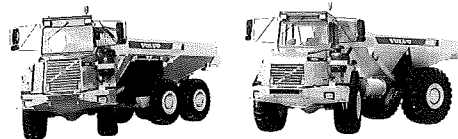
トンネル関連製品

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)

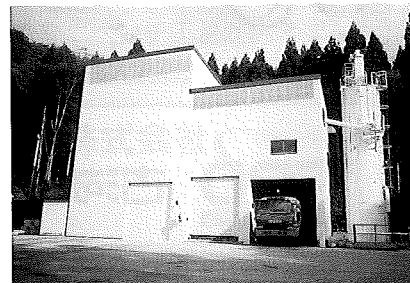


Volvo East Asia(Pte)Ltd

その他、トンネル施工機械全般

バッチャプラント

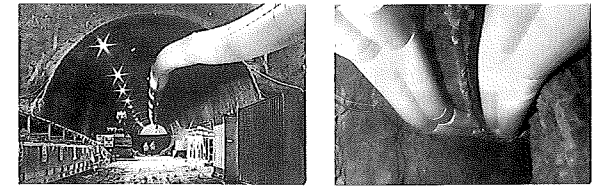
(全自動式, 3槽クラム式, 簡易型, 特殊型)



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

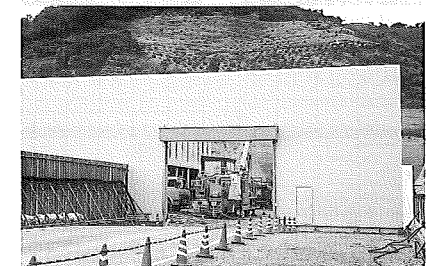
騒音防止システム

エコフラット -35db Cタイプ



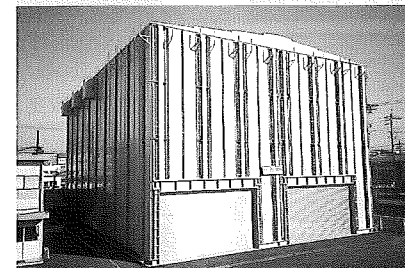
美観を重視した高性能の防音ハウス

エコパネル防音壁 -15db Aタイプ



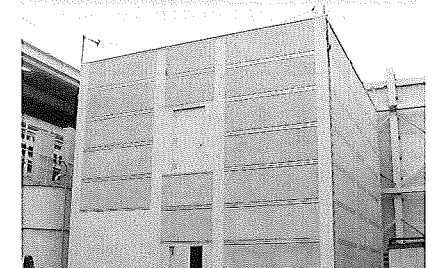
適応性の優れた防音パネル

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

— NATM を支える —

技術と信頼!

ケー・エフ・シーの ロックボルト

全ネジ FRP ロックボルト

CG22S



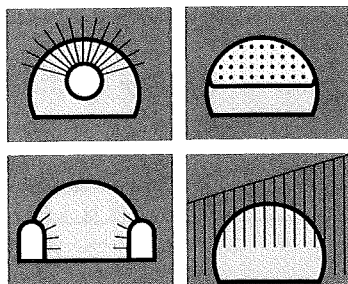
(中実タイプ)

CGR32

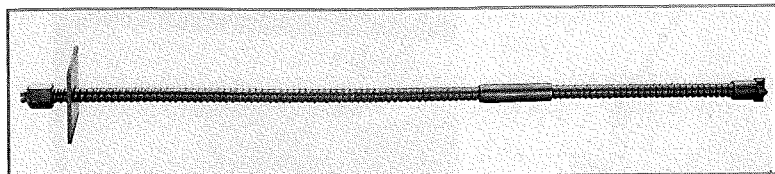


(中空タイプ)

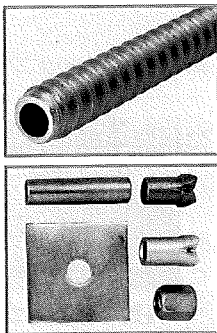
FRP ボルトに全ネジ加工することによって、ナット取付け、カプラー接続が簡単にできます。



自穿孔 IBO アンカー

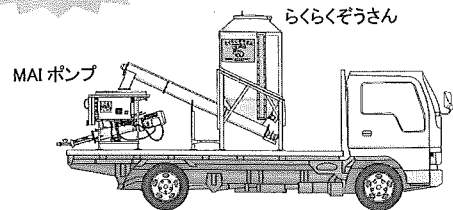


現場での取扱いが非常にし易い R32 ネジを全長にわたって転造した中空ロックボルトです。

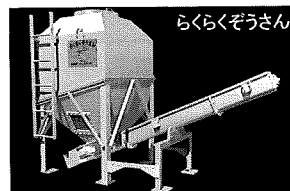
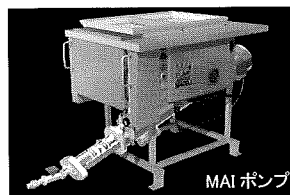


MAI ポンプ & らくらくぞうさん(モルタル投入システム)

ECO システム!



現場ゼロエミッションに貢献します。



特許第 3256532 号
(らくらくぞうさん)



環境にやさしいパッケージ
「ふたたびくん」

KFC 株式会社 ケー・エフ・シー

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

ホームページ <http://www.kfc-net.co.jp/>

1本1本が大切! だから

次世代 防食 ロックボルト

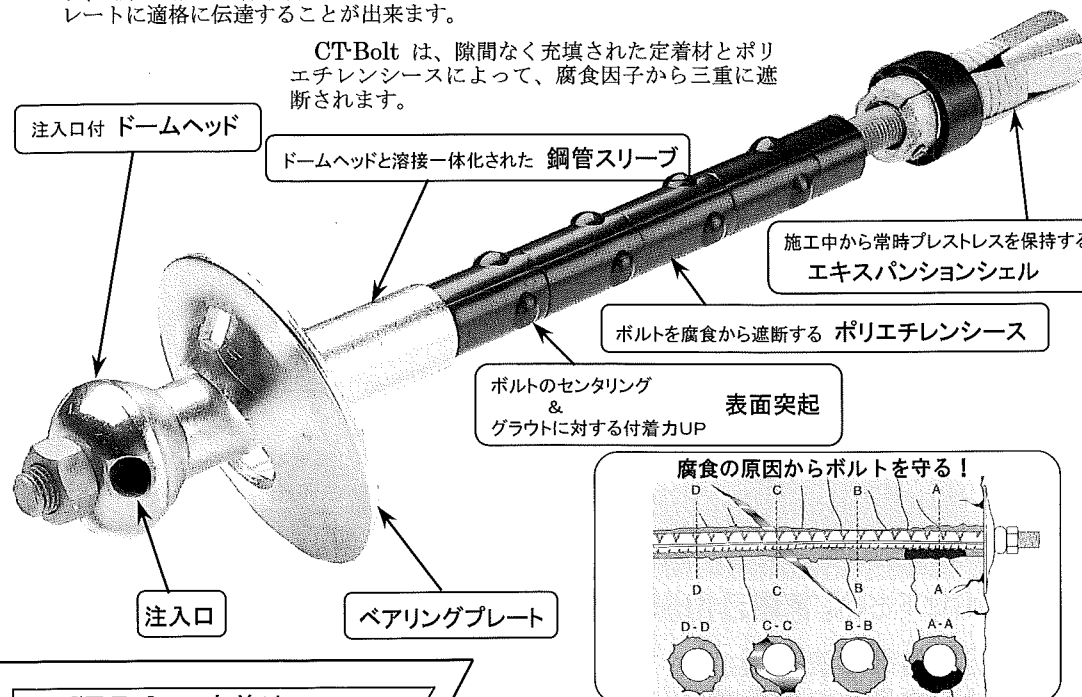
CT-Bolt

Orsta Stål

通常施工により超長期支保

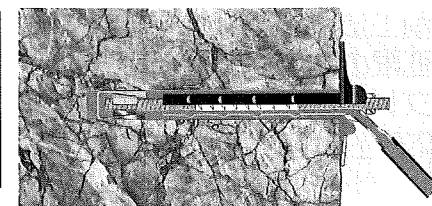
CT-Bolt は、施工直後からプレストレスを導入し、特殊半球型ドームヘッドにより、地山の動きに伴う荷重をベアリングプレートに適格に伝達することが出来ます。

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



CT-Bolt の定着は・・・

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



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

完全充填

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

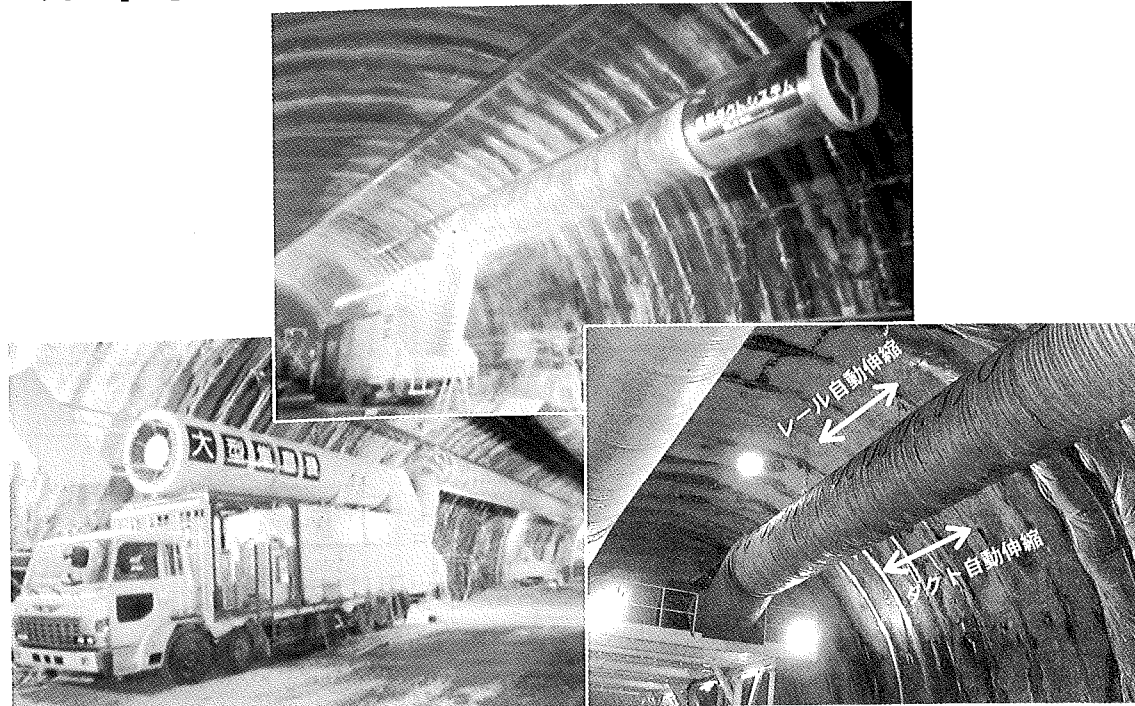
総発売元 Your Fastening Partner

KFC 株式会社 ケー・エフ・シー

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

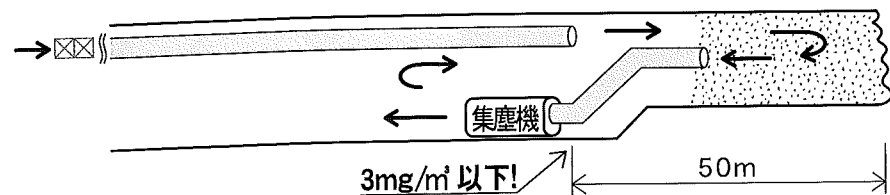
吸引ダクトシステム

ガイドラインをクリア(*) 0.5mg/m³達成!!



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

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

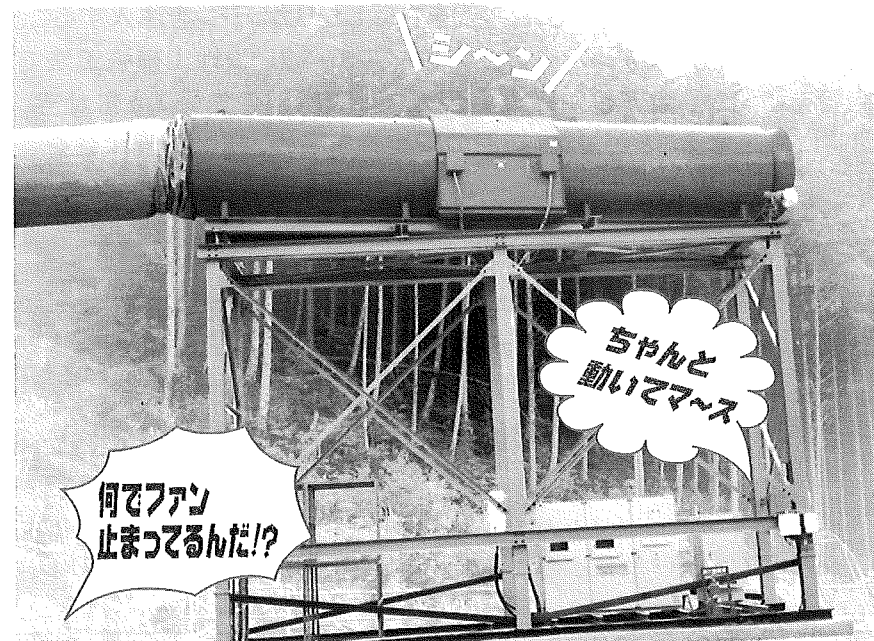
本社/〒108-0073 東京都港区三田 3-4-2 プロフィットリンク聖坂
TEL: 03 (3452) 7400 (代) FAX: 03 (3452) 5370

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**

耳をすまして下さい! ●●♯♯〜これ、ファンの音なんです。



今時、静かなのは当たり前!!

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

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

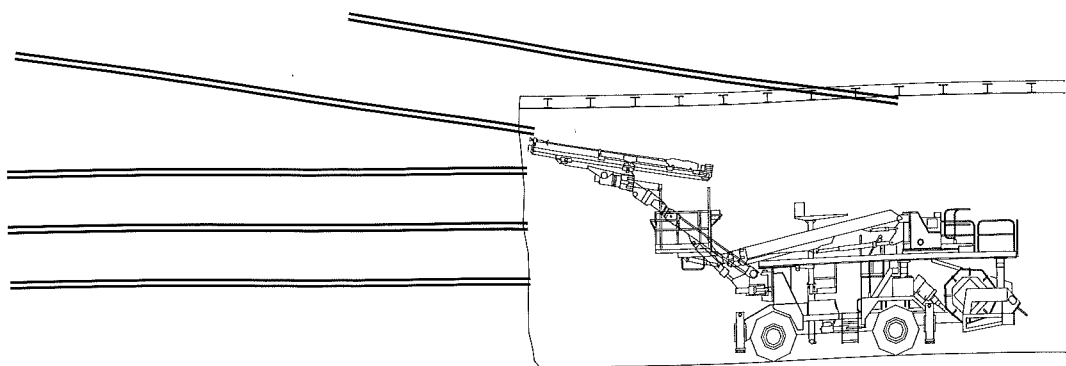
リースセンター TEL: 0296 (37) 7680 (代) FAX: 0296 (37) 7681

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

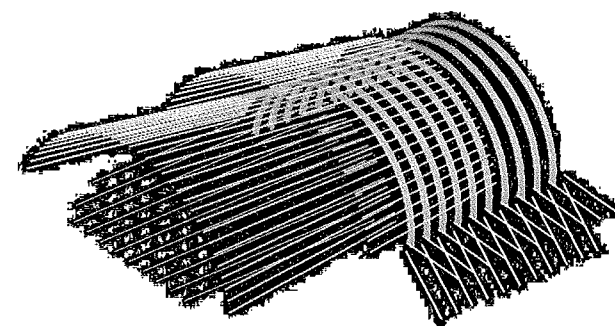
AGF工法

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

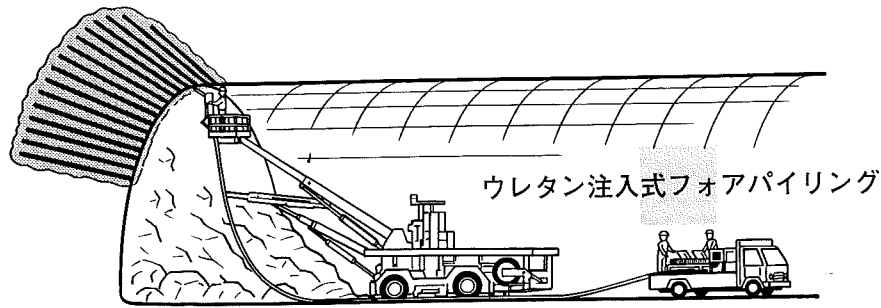
北海道地区 〒003-0011 札幌市白石区中央1条5丁目8番2号
㈱エイチ・アール・オー TEL 011-821-5868 FAX 011-821-6644

BRIDGESTONE

厳しい条件下の施工に
迅速な対応・信頼の
ブランド

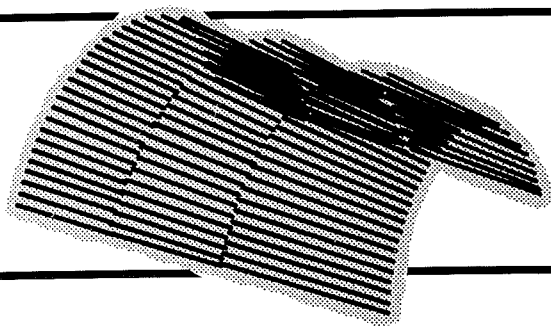
ブリヂストンのトンネル資材

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

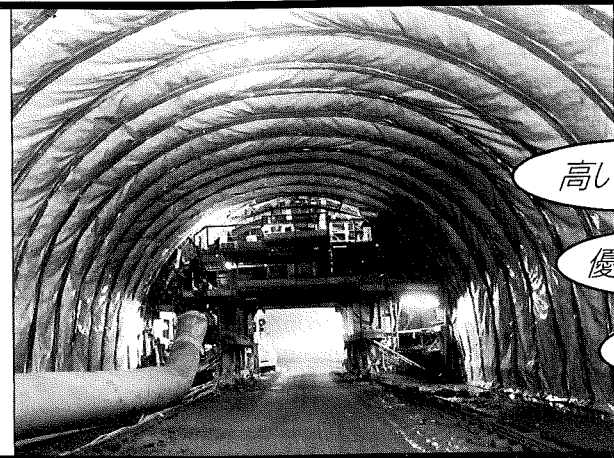


ウレタン注入式フォアパイリング

注入式長尺先受工法
(AGF工法)



ナトミックシート トンネル用防水シート



高い防水性

優れた耐久性

容易な施工性

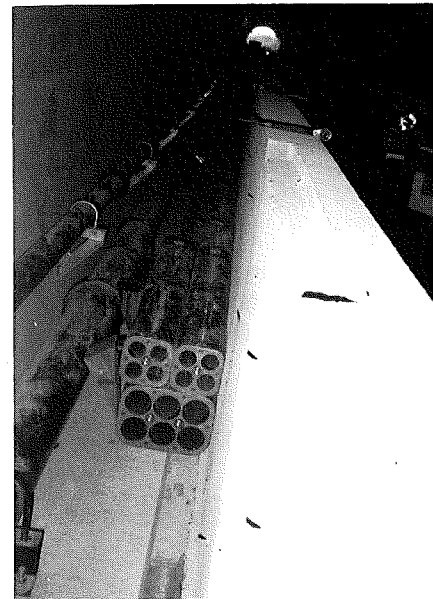
株式会社ブリヂストン

土木・海洋商品販売部
東京都中央区八重洲1丁目6番6号 〒103-0028
電話 東京(03)5202-6870

永久施設に永久管路



▲ 宇治トンネル (日本道路公団)



▲ 関南トンネル (日本道路公団)

地下ケーブルの保護に
杉江の多孔陶管

セラダクト

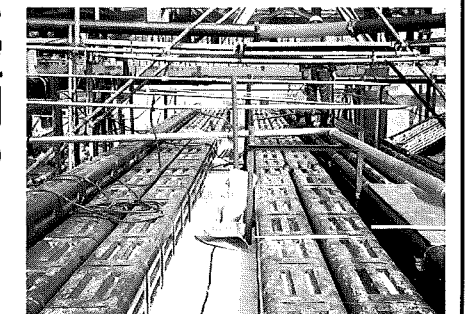
燃えない 錆びない 壊れない

地中配線管路材 (JIS C 3653)

トンネル内の狭い空間の
多条数のケーブル布設に
最適な管路です



▲ 川越火力発電所 (中部電力株)



▲ 広野火力発電所 (東京電力株)

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



杉江製陶株式会社

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

大丸の防音システム



サイレントハウス(Bタイプ)

- 工期の早い標準型
- 音源対策から大型プラントまで

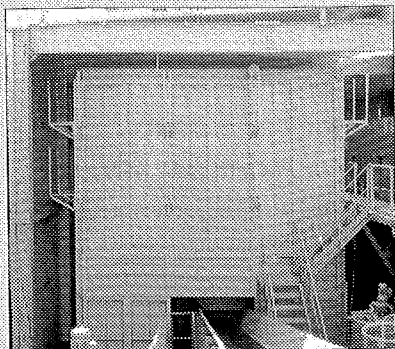
コスモス (Cタイプ)

- 防音効果が最大
- 環境問題の解決に



VLFシステム

- 超低周波音対策に
- 16Hzで-26dB (実績)



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

DMR
Daimaru

大丸防音株式会社

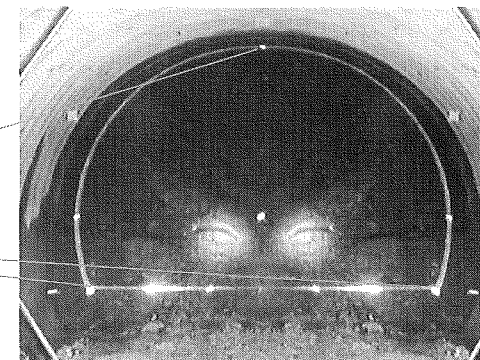
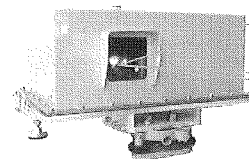
<http://www.daimaru-bouon.co.jp>

本社 〒104-0043 東京都中央区湊2-4-1 TOMACビル2F
TEL.03-3537-6700 (代表) FAX.03-3537-6701
営業所 〒564-0063 大阪府吹田市江坂町1-17-23 江坂Mビル8F
TEL.06-6821-6151 (代表) FAX.06-6821-6477

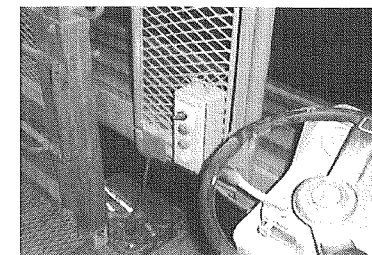
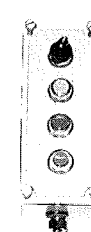
レーザーマーキングシステム

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

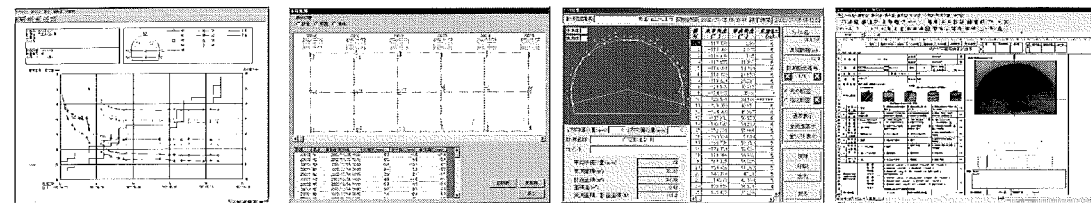


現場環境に耐え得る頑強なコントローラー

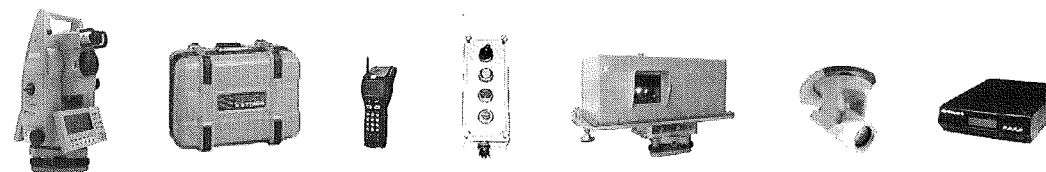


ジャンボに取付けて使用可
AC200V対応

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

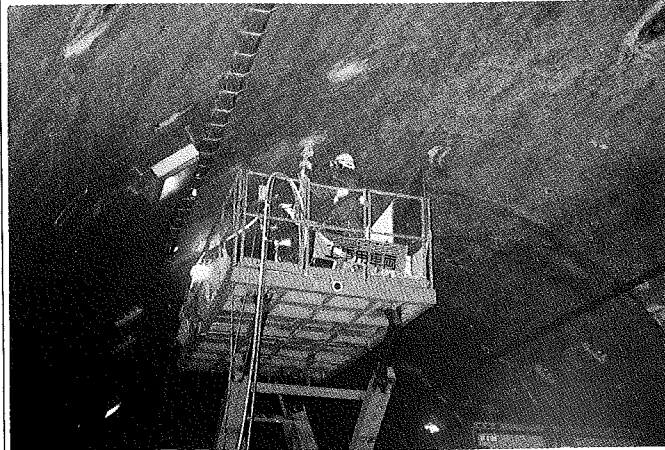
〒272-0832 千葉県市川市曾谷8-16-3
TEL (047) 371-3191 FAX (047) 371-3190

〔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

硬質発泡ウレタン セットフォーム工法

急結性・高性能空隙充填材

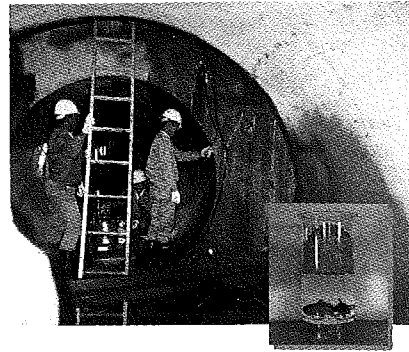


- シールドにおける滞水層、軟弱地盤の全面裏込め注入
- シールド急曲線部の裏込め注入(即時地盤反力の効果)
- トンネル構造物などの背面空洞充填
- 深基礎工法の裏込め(止水,裏込め後の即時掘削可能)

漏水を瞬時にストップ!

SF-A工法

長期耐久性に優れた
無溶剤タイプの
ウレタン系止水材



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

ケミカルフォーム協会会員

アルス株式会社	〒950-0944 新潟県新潟市愛宕 1-4-25	TEL 025-280-0337
エコシビックエンジニアリング株式会社	〒135-0047 東京都江東区富岡 1-12-4 み満きビル	TEL 03-3643-7241
MC山三ポリマーズ株式会社	〒103-0023 東京都中央区日本橋本町3-6-2小津本館ビル	TEL 03-3662-0253
株式会社共ショウ	〒103-0014 東京都中央区日本橋蛸殻町 1-12-6	TEL 03-3668-8416
株式会社共和	〒462-0832 名古屋市北区生駒町 7-148-1	TEL 052-911-3984
寿建設株式会社	〒960-0231 福島市飯坂町平野字東地蔵田 8-1	TEL 024-543-0511
四国リニューアル株式会社	〒780-0804 高知市日の出町 2-12	TEL 088-878-0050
ショーレジン株式会社	〒104-0032 東京都中央区八丁堀 3-14-4直平ビル	TEL 03-3551-8391
成和リニューアルワークス株式会社	〒163-0610 東京都新宿区西新宿 1-25-1	TEL 03-5326-0720
株式会社西日本サイベックス	〒755-0032 山口県宇部市寿町 3-5-23	TEL 0836-21-2666
日本綜合防水株式会社	〒171-0022 東京都豊島区南池袋 3-11-10ペリエ池袋	TEL 03-5950-8211
林建設工業株式会社	〒998-0023 山形県酒田市幸町 1-6-6	TEL 0234-23-3322
フジモリ産業株式会社	〒141-0022 東京都品川区東五反田2-17-1オーバルコート大崎マークウエスト	TEL 03-5789-2206
株式会社マシノ	〒733-0822 広島市西区庚午中 1-19-23	TEL 082-507-2737
株式会社松井商店	〒007-0870 札幌市東区伏古 10条 2丁目 11-8	TEL 011-782-4441
株式会社マノール	〒142-0043 東京都品川区二葉 1-18-8	TEL 03-3787-1131
株式会社三原工業	〒531-0073 大阪市北区本庄西 3-7-5	TEL 06-6371-9947

協会事務局

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

製造元 日清紡 化成品事業本部

〒103-8650 東京都中央区日本橋人形町2-31-11 TEL 03-5695-8939

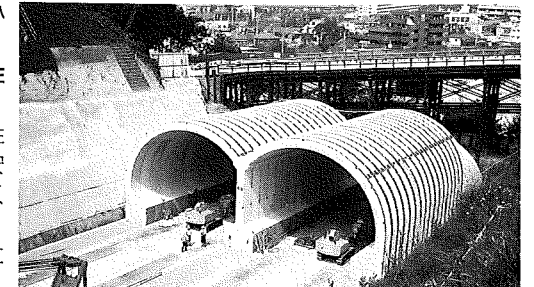
美しさと合理性をもつ多分割式アーチシステム モジュラーチ®

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

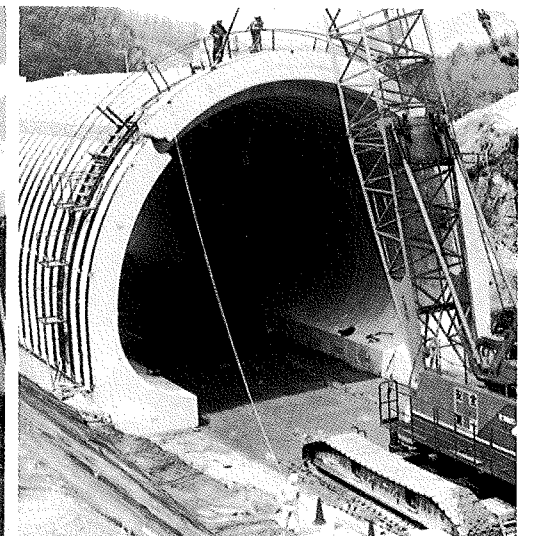
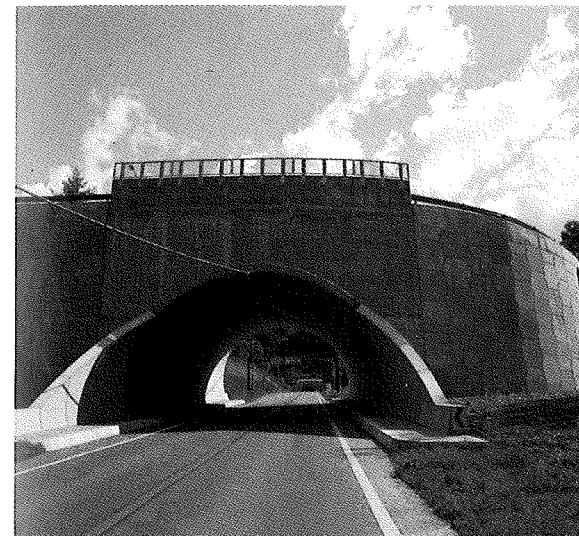
- (1) 多分割式のため大断面の構造物が構築できます。
- (2) アーチ型構造物に加わる荷重によるモーメントが、最も小さい箇所で分割する合理的な分割方式です。
- (3) 頂版部と側壁部の継手はヒンジ構造となっており、耐震性に優れた構造です。
(財)土木研究センターによる「モジュラーチ工法の耐震性向上に関する研究委員会」において、地震時に対する安全性について実験を行い、部材、継手とも安全上まったく問題ないことが確認されております。
- (4) 側壁部材が自立する構造になっており、安全性、施工性に優れています。

モジュラーチには次のものがあります。

- (1) シングルアーチ
4分割1組を単体としたもの
- (2) マルチアーチ
4分割で中間側壁をもつ2連以上のもの



マルチアーチ



シングルアーチ



モジュラーチ工法協会

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

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

鉄道技術の最先端を展示する業界トップイベント

Railway Technology · Interiors Infrastructure · Services
Public Transport · Transport IT · Tunnel Construction
in



2006年9月
19日-22日

InnoTrans 2006

国際鉄道技術専門見本市
ベルリン見本市会場

技術革新コンポーネント・車両・システム
レールフィールドでの展示ならびにコンベンション

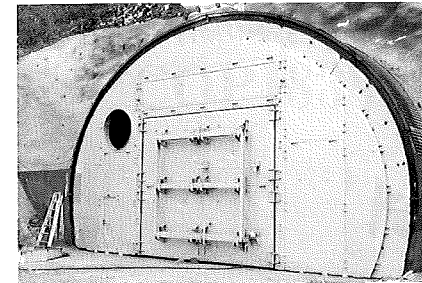
ウェブサイト: www.messe-berlin.jp



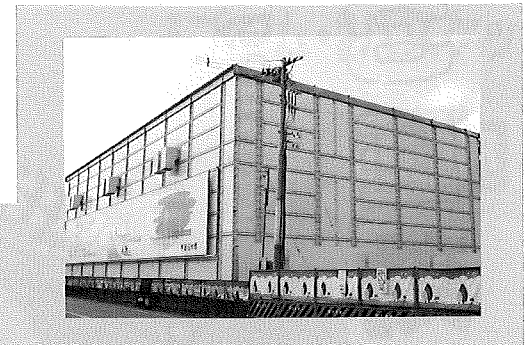
メッセ・ベルリン日本代表部(担当 久保田)
Tel.: 03-5276-8730 · Fax: 03-5276-8735
E-mail: info@messe-berlin.jp

||||| Messe Berlin

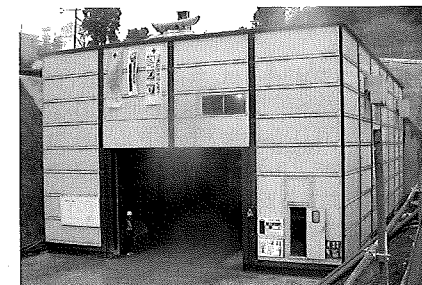
快適な作業環境を約束する騒音対策システム



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



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



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



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

【建設騒音対策協会】(旧 騒音対策研究会)

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

ISO9001取得～防音設備の設計、製造、施工、リース

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



ヒューズ工業株式会社
FUSE INDUSTRIES CO.,LTD.

本 社 〒132-0035 東京都江戸川区平井6-35-5 TEL.03-3617-8111 FAX.03-3617-7565
大阪営業所 〒531-0072 大阪府大阪市北区豊崎3-15-19 東洋東ビル TEL.06-6359-2611 FAX.06-6359-2288
E-mail info@fuse-ind.co.jp URL <http://www.fuse-ind.co.jp>

degussa.

creating essentials



環境対策、経済性、効率性の三拍子
そろった吹付けコンクリートを実現
します。

「メイコSAエコショット」は、主に一般強度（材齢28日
圧縮強度=18N/mm²、単位セメント量360kg/m³～）
の吹付けコンクリートを対象としたアルカリフリー液体
急結剤で、成分中にアルカリ分をほとんど含みません。こ
のため作業員に対する安全性が高く、かつ粉じんの発生
量を大幅に低減することができます。そのうえ、エコショ
ットを用いた吹付けコンクリートは、リバウンド量が少なく、
長期強度の発現性に優れています。また、単位水量を大
幅に低減する湿式吹付けコンクリート用高性能減水剤「NT-
1000シリーズ」を併用することにより、さらに高品質
で経済的な吹付けコンクリートを効率的に施工できます。

アルカリフリー液体急結剤

メイコ®SAエコショット

湿式吹付けコンクリート用高性能減水剤
NT-1000シリーズ

- 高強度化・施工性の改善にはシリカフェーム「メイコMS610」
- 湿式吹付けコンクリートの練り置き時間を
1～16時間制御可能な「デルポクリート」

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

株式会社 エヌエムピー
株式会社 ポゾリス物産

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



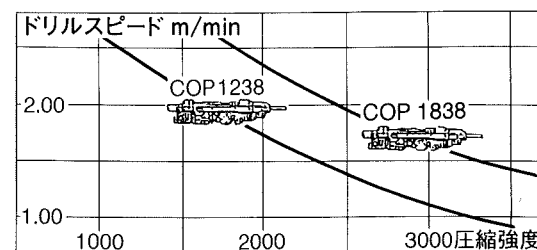
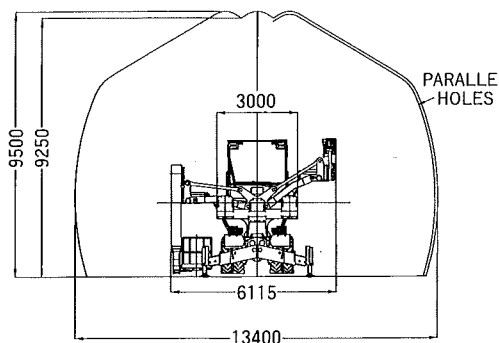
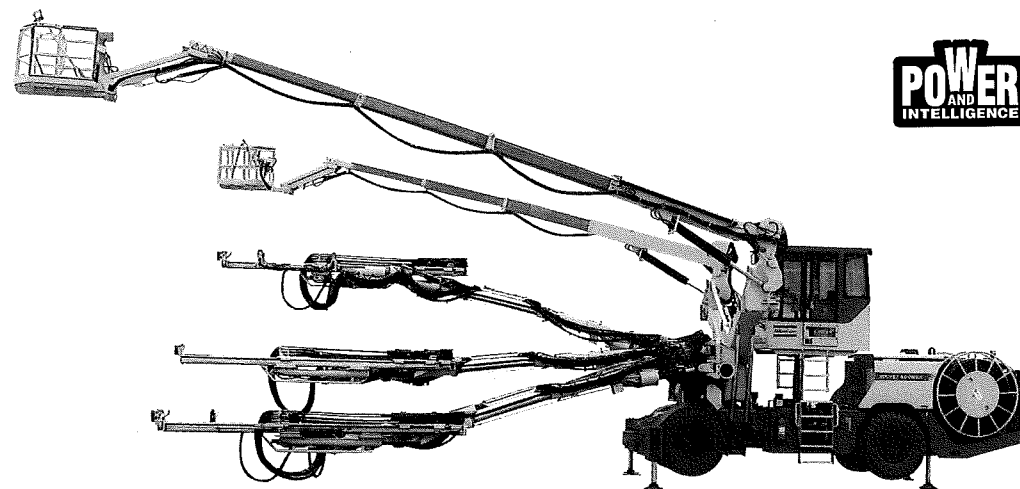
●(株)エヌエムピーは中央研
究所と茅ヶ崎工場において、
ISO9001およびISO14001の
審査登録をしています。

アトラスコプコ・コンピュータジャンボ

The Next Generation ロケットブーマーL3C-2B

COP1838油圧ドリフター搭載

3ブーム・2バスケット



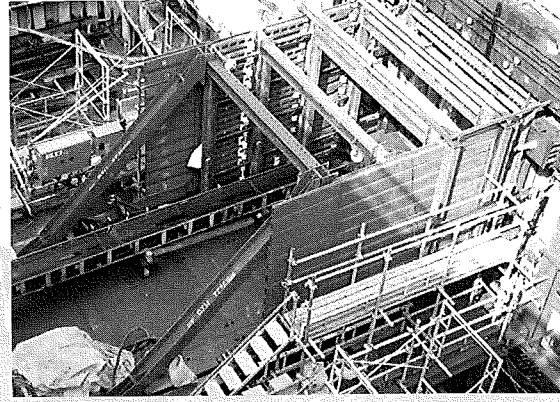
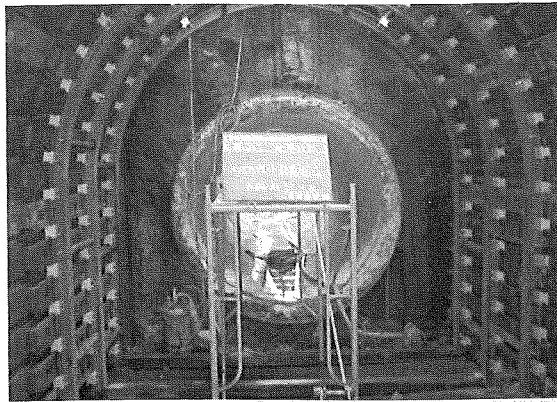
ドリルマシン株式会社

DRILL MACHINE CO., LTD.

本社 〒116-0014 東京都荒川区東日暮里6-16-8 桂ビル5階
TEL(03)3806-3377番 FAX(03)3806-8461番
関西支店 〒657-0864 兵庫県神戸市灘区新在家南町5-8-4
TEL(078)802-5551番 FAX(078)802-5528番
九州支店 〒839-0841 福岡県久留米市御井旗崎1-6-14
TEL(0942)43-5315番 FAX(0942)43-5832番
焼津営業所 〒425-0072 静岡県焼津市大住6338-1
TEL(054)620-7301番 FAX(054)620-7303番
兵庫工場 〒679-1332 兵庫県多可郡多可町加美区大袋川端454-3
TEL(0795)36-0461番 FAX(0795)36-0467番

アーストンネル掘削工法に最適

SS-メッセル工法



30年の実績(工法指導致します)

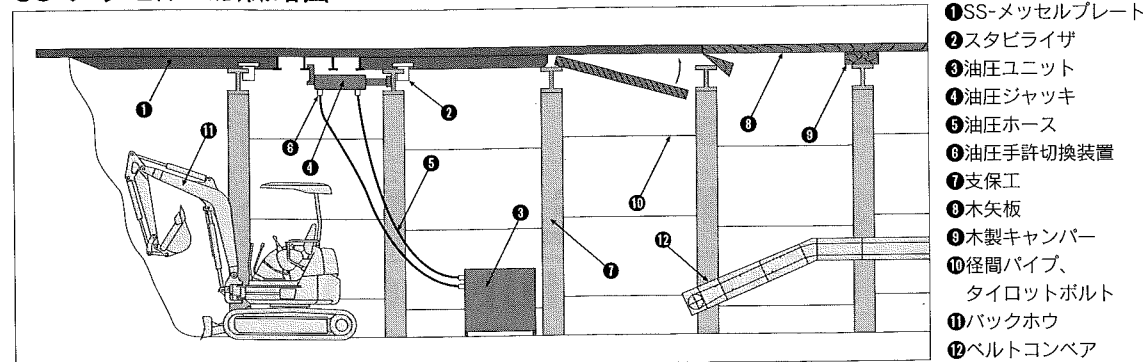
特徴

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

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



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

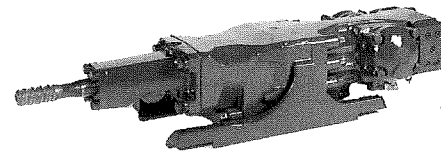
〒102-0072 東京都千代田区飯田橋4丁目4番5号 TEL.(03)3263-7457(代) FAX.(03)3262-0915

TOYO

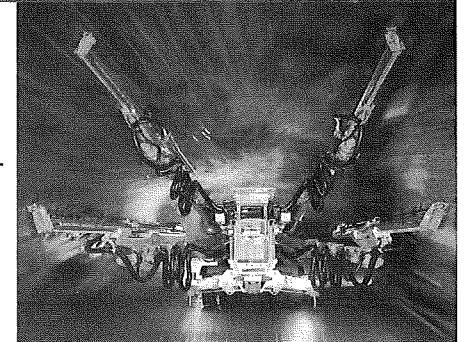
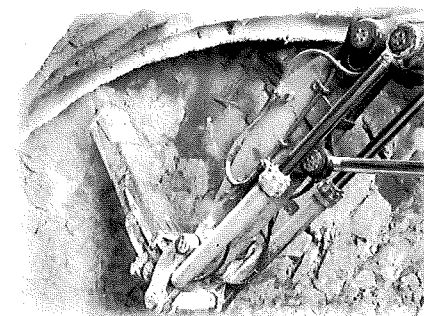
SANDVIK



サンドビクトーヨーは、高速さく孔と作業環境改善の実現をお約束します



新型高性能ドリフター HLX5



TOYO EJC Rammer

TAMROCK TORO

サンドビクトーヨー 株式会社

〒222-0033 横浜市港北区新横浜 2-15-12
 共立新横浜ビル6F

Tel: 045-478-0660 Fax: 045-478-0661

URL: <http://www.SMC.sandvik.com>

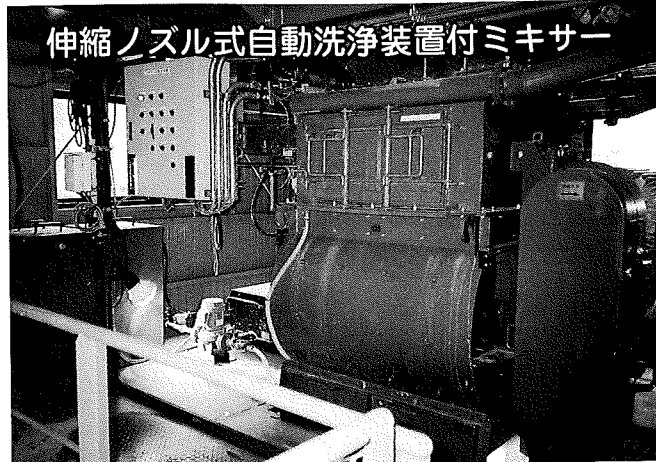
高品質・SEC・高強度対応型 吹付プラント

全自動式 バッチャプラント

吹付コンクリート用

自動スランプ調整装置

バッチャプラントの水分補正は
名岐の自動スランプに
おまかせ下さい。



■ MKS-500KBE-TME型

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)

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

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 リサイクル
トラミキ洗浄水

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!

NETIS
No.KK-050087

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

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

—補助工法全機—

NETIS
No.KT-000107

防水シート

—NATMシート—

SK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 |

コンクリートの劣化、欠陥箇所の改修、補修……

急硬性改修モルタル

ドクターQ改修工法



〈工期短縮，即日仕上り〉

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

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

エアモルタル裏込め注入……

エスコート L & K 起泡剤

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



◆ 土木資材の総合プランナー ◆
株式会社 **MAIL**

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

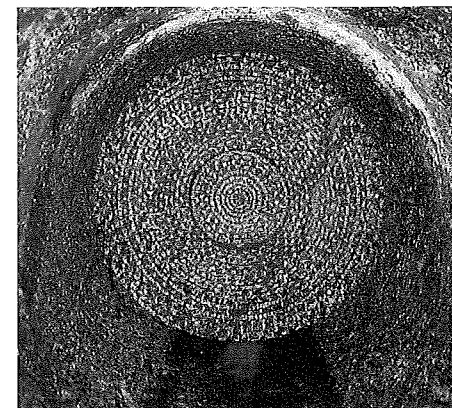
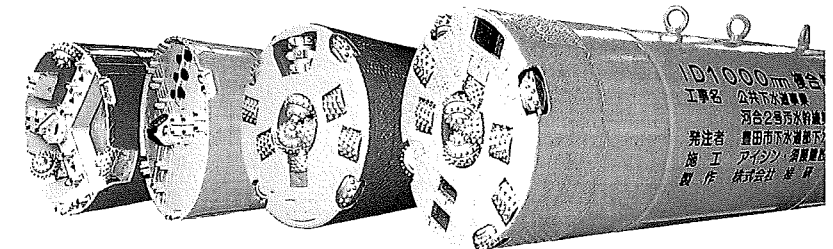
岩盤推進を創めて20年

軟弱土から硬岩まで!!

複合推進工法 (C.M.T工法)

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

■ CMT工法で使用される様々なカッターヘッドの一例



C.M.T工法協会
株式会社 **推研**

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

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

新製品

CyberWorksシリーズ PictureMAGIC

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

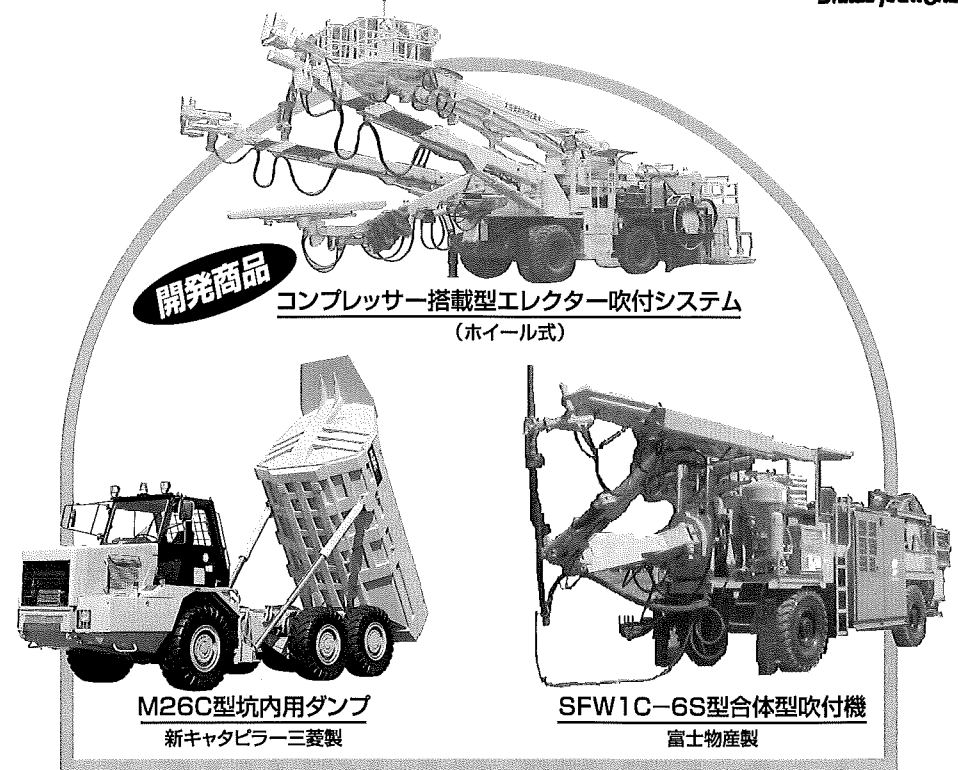


3Dカメラキャナ
自動測量、自動撮影
遠隔リモートコントロール
軽量ポータブル

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

<http://www.enzan-k.com/> enzan

安心と信頼



開発商品

コンプレッサー搭載型エレクター吹付システム
(ホイール式)

M26C型坑内用ダンプ
新キャタピラー三菱製

SFW1C-6S型合体型吹付機
富士物産製

〈経験と実績、メーカーとの一体型、安心と信頼〉
を追求し、お役に立つよう日々行動しています。

- TotalCost削減の為にサービスマン付レンタルを積極的に展開中です!
- メンテナンス対応=ご希望のサービス体制をお聞かせ下さい。
50名のメンテナンスサービス員が、迅速に対応致します。
- ユーザーニーズに合った提供システム=現場のご予算をお聞かせ下さい。
- 総保有機台数 500台=ブローカーにない強み! 途中入替もOK!

トンネル機械の総合レンタル

三興レンタル株式会社

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

〈協賛〉

サンドビクターヨ一(株)
新キャタピラー三菱(株)
富士物産(株)

好評発売中

多様化する シールド掘進技術

監修 シールド工法技術協会

B5判 141頁 本体価格2,500円



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

このような背景を踏まえて、掘進技術を広くシールド技術者の参考となることを意図し、最近に開発、実用化された技術を中心に日本トンネル技術協会誌「トンネルと地下」に平成16年春より約1年にわたり『多様化するシールド掘進技術』という連載講座を設け紹介した。その結果、読者の方々より、掲載対象とした以外の

技術との関係、従来工法との関わりなどの情報が欲しいとの意見が寄せられた。

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

〔掲載工法〕

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

本書は東京都立大学名誉教授の山本稔先生よりご推薦いただいております

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

道路,トンネル設計 (本體工,換気,防災,照明,施工管理他)

トンネル現場診断



(社)建設コンサルタンツ協会会員 ISO9001取得

株式会社 ロード・エンジニアリング

会長 田島利男 (技術士・土木学会フェロー会員) 本誌編集顧問
代表取締役社長 清水洋 (技術士)
取締役副社長 山田憲夫 (技術士)
常務取締役 堀内浩三郎 (工学博士)
大阪支店長 亀甲谷義高 (技術士)
福岡支店長 朽網新

本社: 〒116-0013 東京都荒川区西日暮里5丁目24番7号 電話(03)3891-0711
大阪支店: 〒569-1133 大阪府高槻市川西町2丁目21番38号 電話(072)691-0711
福岡支店: 〒812-0016 福岡県博多区博多駅南1丁目15番22号 電話(092)436-1588
沖縄営業所: 〒901-2122 沖縄県浦添市勢理客4丁目16番9号 電話(098)870-6411

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)

コンパクトで計量精度は抜群...

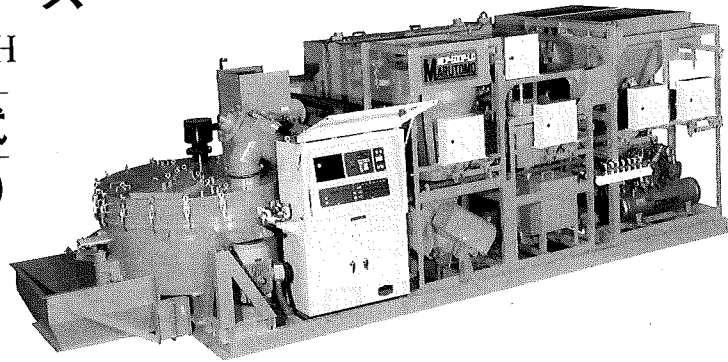
丸友の 移動式 コンクリートプラント


製造・販売・リース

生産量 10~90m³/H

電子制御自動式

(印字自動記録装置付)



 丸友機械株式会社

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

大阪

〒532-0011
 大阪市淀川区西中島6丁目3-32
 第2新大阪ビル808

TEL/06 (6838) 1372

FAX/06 (6390) 9511

e-mail

r0klosas@tces.scm.co.jp

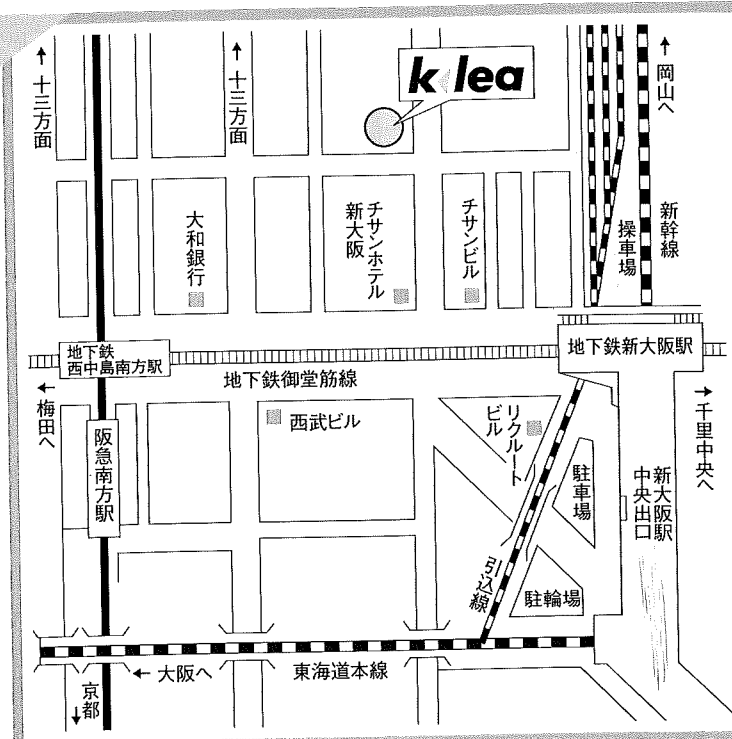
アクセス

JR新大阪駅より徒歩10分
 地下鉄新大阪駅より徒歩7分

klea

株式会社 ケイリー

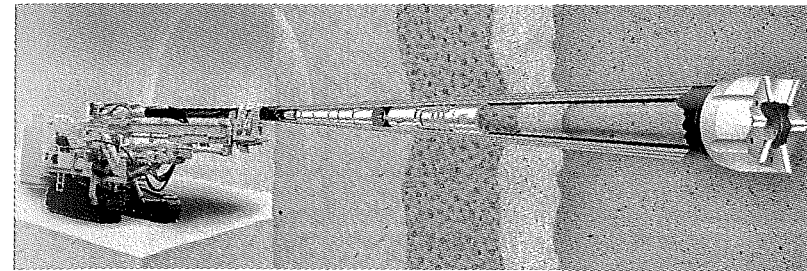
仙台: TEL.022-359-5331
 東京: TEL.03-3661-5651
 大阪: TEL.06-6838-1372



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

トンネル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らぬ難地層のコアサンプリングをスピーディかつ確実に行え、施工時間が大幅に短縮できます。
- ②2重管ワイヤーライン サンプリングシステムにより、地質条件にかかわらず、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 〒164-8650 東京都中野区中央1-29-15
 TEL (03)3366-3111(大代表) FAX (03)3366-3341

お問い合わせ先: エンジニアリンググループ

TEL. (03)3366-3123 FAX. (03)3366-3365

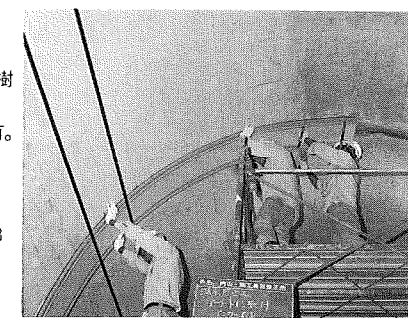
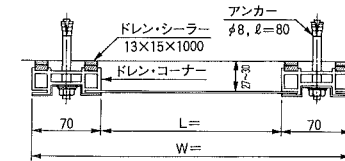
<http://www.koken-boring.co.jp/>

トンネル・カルバート・地下構造物の漏水対策に

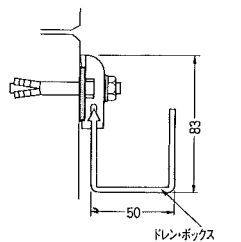
アーチ・ドレン 導水樋

■特徴

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



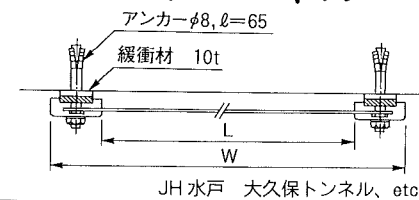
水平導水樋に サイド・ドレン



■特徴

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

コンクリート剥落対策に アーチ・パネル



JH水戸 大久保トンネル、etc。

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

ユニークな発想と高品質・自信の価格



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

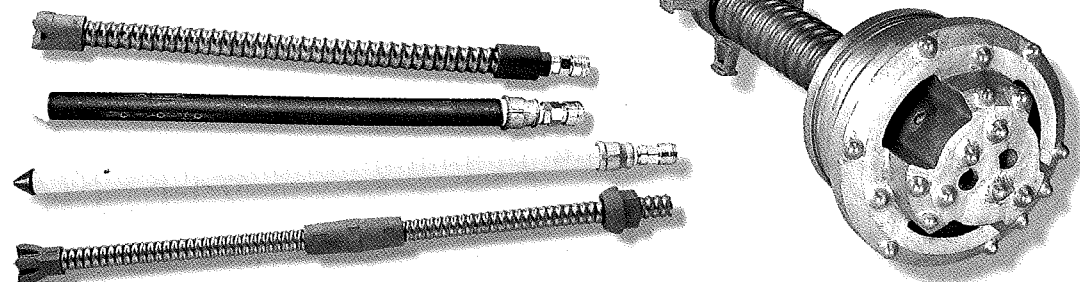
STD BITS

(ロストリング方式)

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

FIX TUBE 工法

長尺フェイスボルト工、水抜き工に最適。



自穿孔ボルト&注入管

AGF-SP 工法

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

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

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



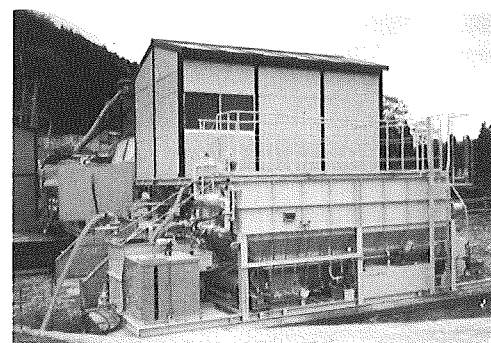
エスティーエンジニアリング株式会社
ST ENGINEERING CORPORATION

〒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

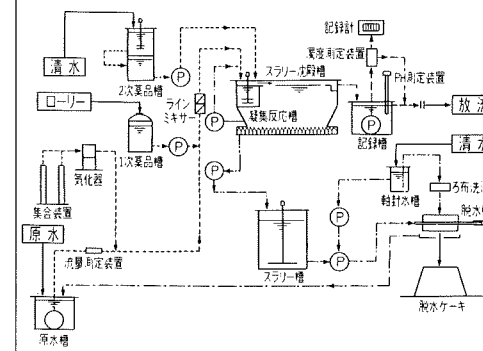
E-mail: steng@kawachi.zaq.ne.jp

TWS型シリーズ 濁水処理装置

コンパクトながら 大きな処理能力



フローシート (システム TYPE II)



特長

1. 基礎、土木工事の期間が短く安価である。設置面積が小さくフラット基礎で設置可能である。
2. 運転経費が少ない。
ラインミキサー及び余剰ガス循環システムの組み合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。処理水の水質監視装置及び記録を自動化しており、運転状況の確認が容易である。

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

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

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

CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS

■巻頭言

開発途上国でのトンネル工事に想う

橋本 徳昭5

■研究

鉄バクテリア汚泥発生抑制剤の検討

上原 元樹・佐々木孝彦49

■施工

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7

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17

車両基地直下にパ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25

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39

■連載講座

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63

■現場だより

「創造とふれあいの海洋・拠点都市」呉より

橋本 彰文16

「みどり豊かな健康文化都市」豊見城より

齊藤 靖孝38

■資料

トンネル千夜一夜(17)

小野田 滋36

土木情報

編集部48

トンネルジャーナル

編集部68

工法・技術・製品ニュース

編集部69

トンネルワールドニュース

JTA国際委員会国内広報ワーキング70

海外文献速報

JTA研究開発委員会71

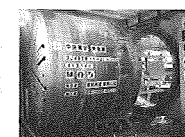
■会報

会報

日本トンネル技術協会74

【表紙説明】

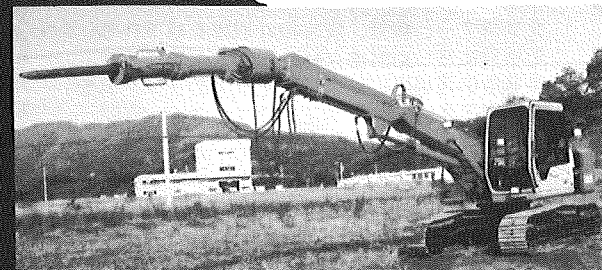
2,000tfの大断面シールドを立坑内でUターン
—首都高速中央環状新宿線 東中野～中野坂上間—



首都高速中央環状新宿線の東中野～中野坂上間(延長約520m)において、上部に環状第6号線(山手通り)、下部に都営地下鉄大江戸線が位置する地下空間に、外回り線、内回り線の2本の道路トンネルをφ12.14mの泥水式シールド工法でUターン施工した。シールドは、外回り線の発進到達立坑から発進し、520m掘進後に回転立坑に到達し、シールドを引き抜き、回転、再発進して先行トンネルと並行に発進到達立坑に戻る掘進延長1,040mのUターン式双設トンネルである。写真は、回転立坑でのシールド引き抜き状況。

〔写真提供：首都高速道路(株)〕(本文17頁参照)

ヤマモト (さくがんき)



無騒音 無振動 静かな破碎

超大型油圧破碎機

YTB 1120

トンネルビッカー

ヤマモトロックマシン株式会社

本社 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号富士ビル ☎(03) 3201-0701(代)

工場 広島県比婆郡東城町36番地 ☎(08477) 2-2137(代)

仙台営業所 (022) 262-4531(代) 大阪営業所 (06) 6531-1571(代) 高知営業所 (0888) 22-1367(代) 九州営業所 (092) 471-0381(代)

電力・通信ケーブル用多条保護管

Kanaflex
ISO9001
認証取得

カナパイプPV型

トンネル内埋設工事を
省力化・効率化

用途

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

難燃ポリエチレン製の多条ユニット(定尺5m)
ワンタッチで管路接続、作業性抜群です。
配管間隔が狭い省スペース施工に威力を
発揮します。

カナフレックス コーポレーション 株式会社

東京本社 〒106-6117 東京都港区六本木6-10-1 六本木ヒルズ森タワー17F TEL(03)5770-5111 FAX(03)5770-5130
 大阪本社 〒530-6017 大阪市北区天満橋1-8-30 OAPタワー17F TEL(06)6881-0776 FAX(06)6881-0760
 札幌営業所 TEL(011)271-8770 仙台営業所 TEL(022)792-3055 横浜営業所 TEL(045)241-7511 新潟営業所 TEL(025)226-5111
 静岡営業所 TEL(054)275-2258 金沢営業所 TEL(076)234-5660 名古屋営業所 TEL(052)955-1511 神戸営業所 TEL(078)360-6173
 広島営業所 TEL(082)240-0609 高松営業所 TEL(087)861-4600 北四国営業所 TEL(0875)57-6120 福岡営業所 TEL(092)474-2630
 鹿児島営業所 TEL(099)224-8404

直営工場 北海道工場 仙台工場 栃木工場 千葉工場 滋賀工場 愛東工場 広島工場 四国工場 九州工場

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

会誌委員会の構成 (五十音順・敬称略)

〔委員長〕

大島 洋志 国際航業株式会社上席フェロー技術センター長

〔委員〕

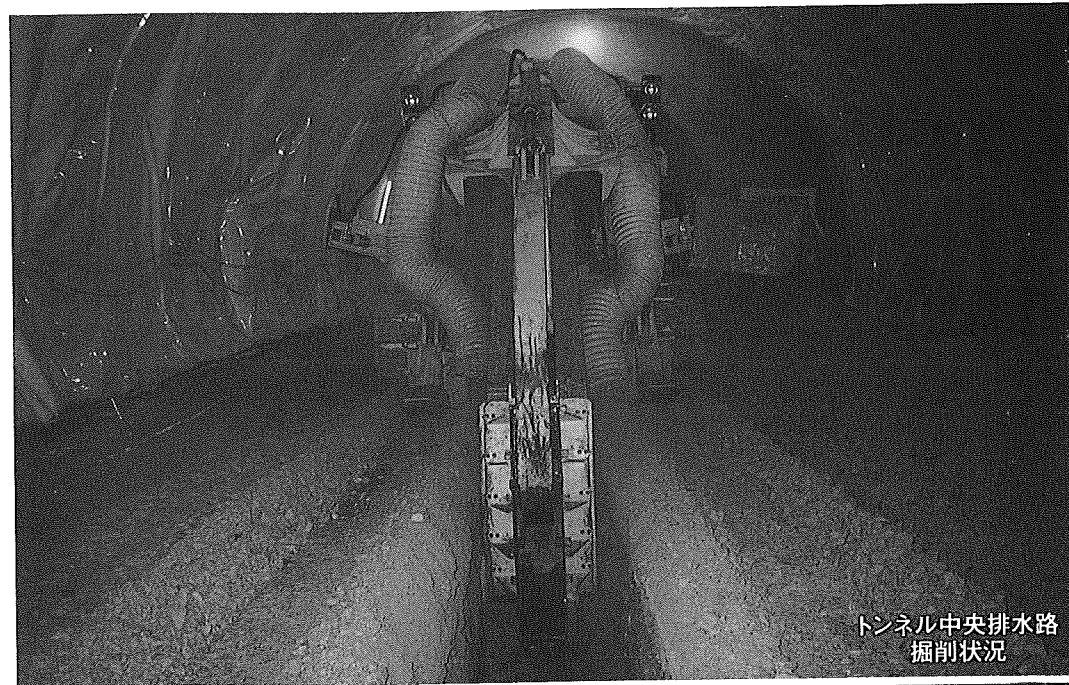
伊藤 範行 鹿島建設株式会社土木管理本部土木工務部 グループ長	端 則夫 大成建設株式会社土木本部土木技術部 トンネル技術室室長
久多羅木 吉治 東亜建設工業株式会社本社土木部門技術部長	濱 建介 株式会社アオバ取締役会長
鈴木 明 独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構 鉄道建設本部計画部計画課長	松尾 勝弥 飛鳥建設株式会社土木本部トンネル統括部長
千葉 隆 清水建設株式会社土木技術本部 技術第二部長	山田 邦博 国土交通省大臣官房技術調査課技術企画官
永島 茂 東京地下鉄株式会社鉄道本部工務部次長	山田 隆昭 中日本高速道路(株)中央研究所 トンネル研究主幹
長島 芳雄 株式会社竹中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

編集顧問の構成 (五十音順・敬称略)

伊吹山 四郎 攻玉社工科短期大学名誉学長	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

トレンチャー

硬質地盤の溝掘はトレンチャーをお試し下さい。



トンネル中央排水路掘削状況



施工例

トレンチャーによる施工

トレンチャーの性能・諸元

トレンチャーの種類	TRS-985	1175/D7	40/30	60/35
メーカー名	テスメック	テスメック	マステンブルグ	マステンブルグ
掘削幅(最小)cm	45	75	70	70
掘削幅(最大)cm	60	100	110	110
掘削岩の硬さ(最大)	500kg/cm ²	700kg/cm ²	700kg/cm ²	1000kg/cm ²
重量 t	36	53	50	59
長さ m	13.0	10.8	14.0	15.4
幅 m	2.5	3.2	2.95	2.98
高さ m	3.30	2.86	3.00	3.20
エンジンの出力 PS	300	402	450	600

※掘削岩の硬さは目安になります。詳細はご相談ください。

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	橋本 定雄	中黒建設株式会社顧問
定塚 正行	株式会社コンテック代表取締役社長	濱 建介	株式会社アオバ取締役会長
高橋 良文	東京都下水道サービス(株)技術部長	水谷 敏則	(財)先端建設技術センター専務理事

〔委員〕

城戸 務	東京都水道局建設部工務課長	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
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	西村 聡	東京地下鉄株式会社建設部 新宿工事事務所所長
坂根 良平	東京都下水道局建設部設計調整課長	真下 英人	独立行政法人土木研究所 基礎道路技術研究グループ 上席研究員(トンネル担当)
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	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
佐野 正生	東京都交通局建設工務部計画改良課長	清水 満	東日本旅客鉄道株式会社建設工務部 構造技術センター課長



ワールド開発工業株式会社

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

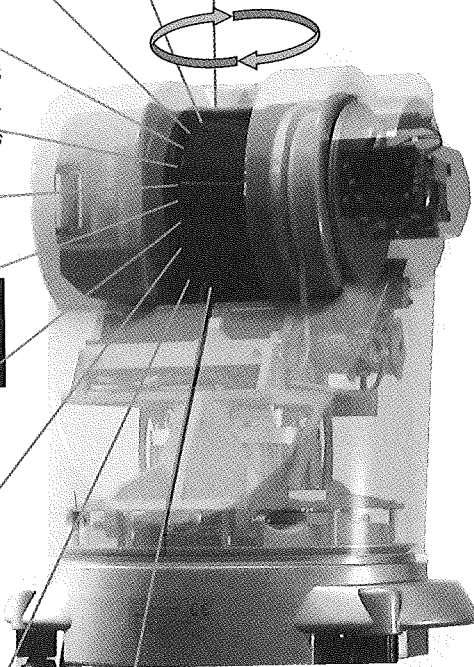
Callidus™ レーザースキャナー

3次元トンネル断面計測機

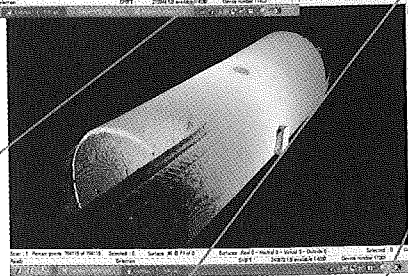
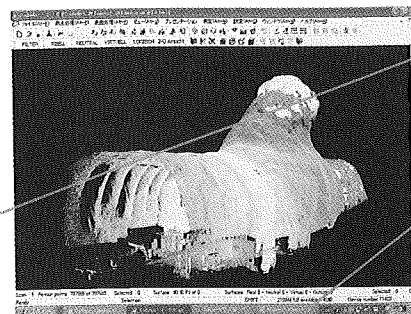
測距精度±5mmで、1秒に1000点以上計測する3次元トンネル断面計測機。1つの機械点からトンネルの約20m⁽¹⁾の範囲を10分で計測できます(機械点前後)。測定データの3次元展開図は、まさにトンネルを絵画のように詳細表示します。又、内蔵デジタルカメラで測定範囲を写真として記録可能です。

(1) 直径約8mのトンネルの場合

全周360°を10分でスキャン



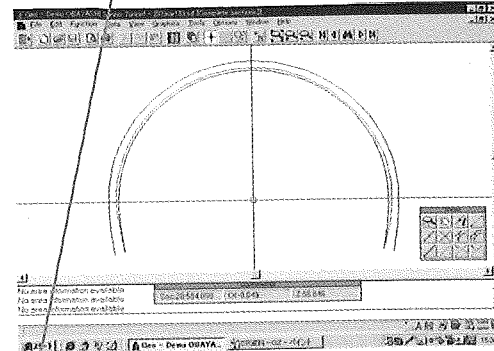
特殊なトンネル形状も対応可能です。



単独スキャンを合成し、トンネル全体を簡単に3次元表示できます。

データ解析および製図「GEOWIN」

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



■ 販売・レンタル 株式会社ソーキ

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

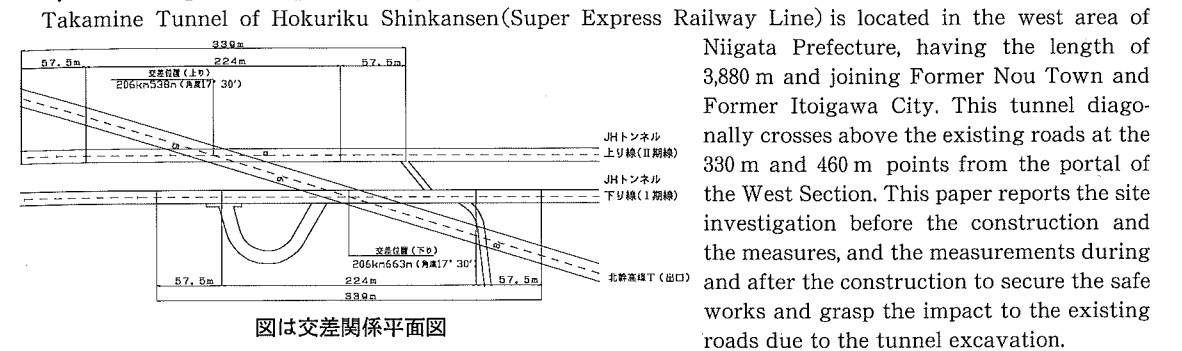
掲載頁
7

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—

鉄道・運輸機構 萩原 秀樹

北陸新幹線高峰トンネルは、新潟県の西端に位置する旧能生町と旧糸魚川市を結ぶ全長3,880mのトンネルである。本稿では、本トンネルの西工区を掘削していくうえで、坑口より約330mの地点と約460mの地点で供用中の道路トンネル直上を斜め横断することから、事前調査・対策工・計測管理および交差後の高峰トンネルならびに供用中の道路トンネルの状況について報告するものである。

Tunnel Construction passing above Road Tunnels — Takamine Tunnel of Hokuriku Shinkansen
By Hideki Hagiwara, Japan Railway Construction, Transport and Technology Agency



図は交差関係平面図

Takamine Tunnel of Hokuriku Shinkansen(Super Express Railway Line) is located in the west area of Niigata Prefecture, having the length of 3,880 m and joining Former Nou Town and Former Itoigawa City. This tunnel diagonally crosses above the existing roads at the 330 m and 460 m points from the portal of the West Section. This paper reports the site investigation before the construction and the measures, and the measurements during and after the construction to secure the safe works and grasp the impact to the existing roads due to the tunnel excavation.

掲載頁
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—

首都高速道路(株) 荒神 敏郎

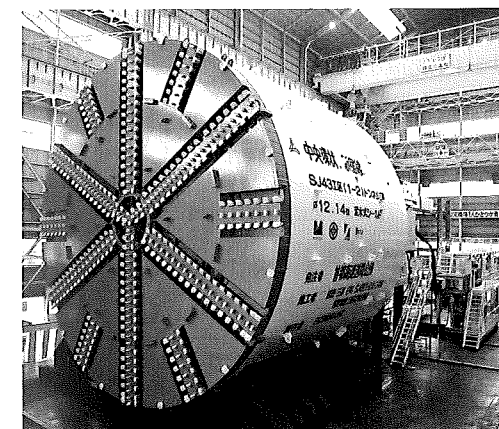
本工事は、首都高速中央環状新宿線の工事区間のうち、東中野～中野坂上の延長約520m区間において、上部に環状第6号線(山手通り)、下部に都営地下鉄大江戸線が位置する地下空間に、外回り線、内回り線の2本の道路トンネルをφ12.14mの泥水式シールド工法で施工するものである。

シールドは、外回り線の発進到達立坑から発進し、520m掘進後に回転立坑に到達する。続いて回転立坑でシールドを引き抜き、回転、再発進して先行トンネルと並行に掘進し、発進到達立坑に戻る掘進延長1,040mのUターン式双設トンネル施工である。

本稿は、立坑下の地下空間における大断面シールドの到達引き抜きからシールド回転にかかわる施工について報告するものである。

Construction of Metropolitan Expressway Central Circular Shinjuku Route using Shield U-turn Method
By Toshiro Aragami, Metropolitan Expressway Co., Ltd.

The Higashi-Nakano - Nakano-Sakaue Section(HN-NS Section), having the length of 520 m, of Metropolitan Expressway Central Circular Shinjuku Route has the twin tube system and was constructed with the slurry shield tunnelling method. In this project, the shield U-turn method was adopted and one shield machine with a diameter of 12.14 m excavated both of the Outer-bound tunnel and the Inner-bound one. The sequence of shield drive is as follows:



写真はシールド

- ① The shield starts from the starting and arrival shaft and excavates the Outer-bound tunnel.
- ② The shield arrives at the rotation shaft.
- ③ The shield is picked up and rotated.
- ④ The shield restarts from the rotation shaft and excavates the Inner-bound tunnel.
- ⑤ The shield arrives at the starting and arrival shaft.

This paper reports the works of shield pick-up, the rotation and restart of it in the rotation shaft.

車両基地直下にパイプ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—

東京地下鉄(株) 藤本 繁

補助第258号線は、東京都足立区鹿浜五丁目から同区大谷田五丁目を結ぶ延長8,290mの都市計画道路である。このうち、千代田線綾瀬車両基地の直下を横断する228m区間については、東京地下鉄(株)が事業主体である足立区から施工を依頼されている。

本工事は、パイプーフ工法を用いて軟弱地盤の盛土車両基地直下に二層式横断道路トンネル(延長約100m)を構築するものである。

本工事におけるパイプーフ工事の施工状況については、既報(Vol.35, No.12)で詳細にしたので、本稿ではパイプーフ施工後の掘削について報告するものである。

Pipe-Roof Method applied to Construction of Road Tunnel(Part II)

By Shigeru Fujimoto, Tokyo Metro Co., Ltd.



写真は掘削完了状況

Tokyo Metropolitan Branch Road No.258 is one of the City Planning Roads. This road joins 5 Chome, Shikahama, Adachi Ward and 5 Chome, O-yada, Adachi Ward and has a total length of 8,290 m, 228 m of which passes under the Ayase Depot of Tokyo Metro Co., Ltd. Tokyo Metro Co., Ltd was awarded the underpassing work of this section by Adachi Ward Government.

100 m of this section(228 m) has a two-story underground structure and was constructed in very soft ground using the pipe-roof method as an auxiliary method. This paper is the second report following the first one reported in Vol. 35, No.12 of *Tunnels and Underground*. The first one reported the construction of pipe jacking and the second reports the excavation works after the penetration of pipes.

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—

東京都下水道局 黒木 鎮利

東京都では、下水道施設の経年的な老朽化に加え機能の低下に伴う再構築事業や浸水対策事業などに取り組んでいる。建設には豊富な実績のあるシールド工法が多用されているものの、幹線位置の大深度化、車両の交通の確保や地下埋設物の存在などから立坑築造にコストがかかったり、築造自体が困難になってきた。そこで、新設トンネルをシールド工法によって既設トンネルに直接地中接合できる「T-BOSS工法」を開発、実用化した。

本稿では、既設の下水道幹線に切削補強リングが単筒構造のT-BOSS/S方式を初めて採用した東京都下水道局施行の「飛鳥山幹線その5工事」の事例およびそのために行った実証実験の概要などを報告するものである。

Underground Shield Docking by T-BOSS Method in Sewage Project of Tokyo

By Shizutoshi Kuroki, Tokyo Metropolitan Government

Tokyo Metropolitan Government tackles the restructure projects and the projects to mitigate inundation caused by the decaying and deterioration of function of sewage system in Tokyo. The shield method is usually

adopted to construct sewers in densely populated areas having much traffic volume like Tokyo. The newly built underground structures shall be more deepened and the construction cost of shaft shall be more expensive in Tokyo because there are many existing substructures, utilities and pipes. The T-BOSS(T-type basement Branch off Shield System) has been developed to settle this problem and applied to Phase No.5 of Asukayama Sewer Main Project. In this system, shield equipped with steel cutter ring cuts segmental lining of existing tunnel and a newly built shield tunnel joint an existing one. This paper reports this project and the experiment to verify the availability of this system.

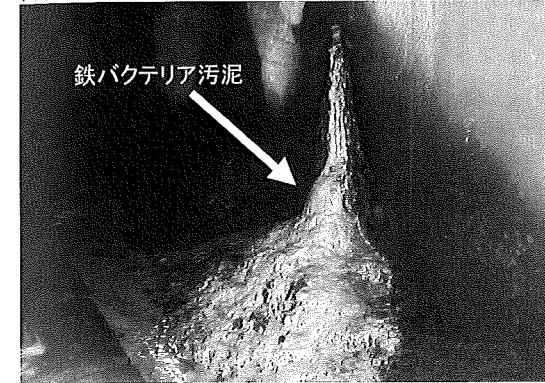


写真はシールド外観

鉄バクテリア汚泥発生抑制剤の検討

(財)鉄道総合技術研究所 上原 元樹

トンネル内では、漏水箇所に鉄バクテリア汚泥が発生し、排水溝を詰まらせるなどの問題を生じさせる場合がある。そこで、この鉄バクテリア汚泥の発生を抑制する徐放性薬剤を作成し、それをトンネル漏水箇所に設置して、その汚泥発生抑制効果を検討した。その結果、鉄バクテリア汚泥の発生がジデシルジメチルアンモニウムクロライド(DDAC)を含有する徐放性薬剤を設置することにより抑制されること、加えて、その抑制に必要な薬剤設置量から、漏水箇所のできるだけ上流側に、カセットなどを設置し、必要な薬剤量を定期的に投入する方法が提案された。



図は堆積する鉄バクテリア汚泥

Solution of Stop of Drain in Tunnel using Chemical By Motoki Uehara, Railway Technical Research Institute

Iron bacteria mud developing leakage spots in tunnel sometimes stops drains. We studied the effectiveness of chemicals to mitigate it. Our study has proved that the chemical containing didecyl-dimethyl ammonium chloride having the sustained-release effect is the best one among chemicals and chemical put in cassettes shall be installed at leakage spots in upper steam. We propose the optimum volume of this chemical and the period to renew it in this paper.

高品質なトンネル覆工に挑む

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

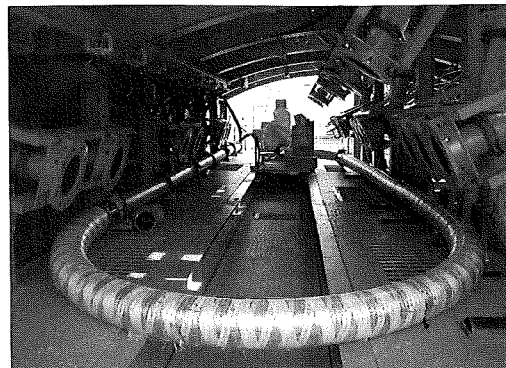
品質の向上

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

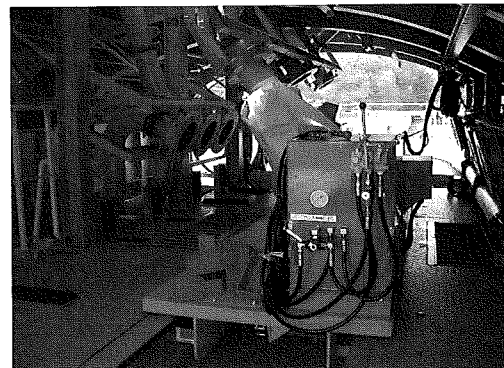
環境の改善

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

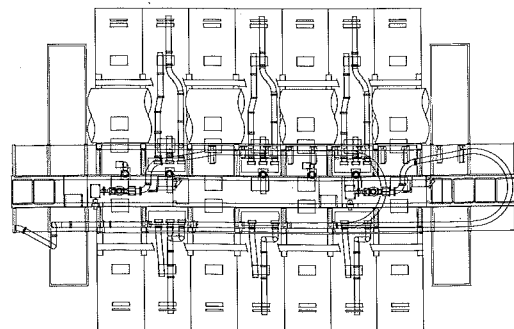
システム全景



配管挿入状態

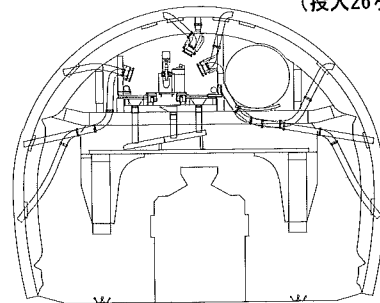


全体平面図



全体トンネル断面図

(投入26ヶ所)

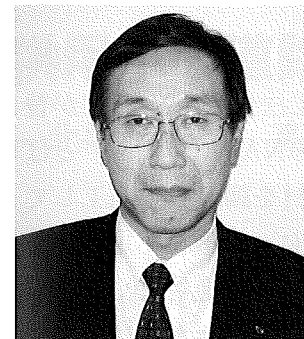


岐阜工業株式会社
GIFUKOGYO CO.,LTD

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

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

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



開発途上国でのトンネル工事に思う

関西電力(株)土木建築室長(本協会評議員)

橋本徳昭

公共工事に対するアゲインストな風がなかなか吹き止む気配が感じられない日々が続いてもはや何年経つであろうか？電力業界にあっても発電部門の自由化に伴い、国内における新規の電源開発が激減し、東京電力の神流川揚水発電所が最近運転を開始したため、現在工事中は九州電力の小丸川、北海道電力の京極の両揚水プロジェクトだけとなるなど大規模なトンネル、地下にかかわる工事は実に細々とした状況にある。さらには、せっかく建設した大規模地下構築物が当初の使用目的に供されることなく、ただよんどんだ空気貯留空間と化してしまっているケースも散見される始末である。電力という設備投資部門に身を置く一人として、日本の誇るトンネル技術、地下空洞建設技術を活かさないこうした状況をはなはだ残念に思うとともに、これまで力を貸していただいていた多くの施工会社の方々にいささか心苦しくも感じている。

電力の自由化に伴い、一方では、国内の需要家の方々に迷惑をかけない範囲ではあるが、海外での発電事業への進出が可能となり、私の属する関西電力においても、フィリピン、タイ、台湾で発電事業に乗り出すとともに、目下いくつかの国でその準備をしている。さらに、当社のグループ会社の一つであるコンサルタント会社がかつて電源計画作成に深くかかわっていた縁で、ミャンマーの電力省からの依頼により、4、5年前から3名の水土木技術者をインハウス・エンジニアとして派遣し、ミャンマー国の「水力開発5か年計画(12地点200万kW)」に対する技術支援と水力開発局の人材への技術移転を行う機会を得ている。ミャンマーは現在、民主化問題に端を発するアメリカの経済制裁に追随する形で、西側諸国からの経済援助が凍結されている。そのため技術不足に加え、資金、資材不足の状況にあり、産業の基幹を担う電力供給が思うように進まないのもいたしかたのないところであるが、インハウス・エンジニアを派遣しているわれわれから見ると、その割にはというか、それだからこそなのか、ミャンマー電力省のスタッフは懸命に逆境に耐えつつ、よく敢闘精神を発揮していると感心させられることも多々ある。

われわれがインハウス・エンジニアとして乗り込んだ当初、ミャンマーには発電用水路トンネルがまだなかったのであるが、日本ではトンネルの施工法は今やNATMが普通であるため、相手国の事情を十分に認識せずに、「トンネルならNATMが標準」とばかりに、NATMの優位性を理解してもらい、施工に必要な資機材を調達し、施工してもらうことにしていた。しかしながら、この国では上記したように、資機材不足がいかにともしがたい問題としてわれわれの行く手を阻んでいた。NATMに絶対欠くことのできないショットクリート、ロックボルトが思うように入手できないことがしばしばであった。NATMとは資機材が自由に調達できる国の施工法であり、昔主流であった鋼製支保工と矢板によるシンプルな在来工法がミャンマーのような国には現実的であることを痛感した次第である。一方、ミャンマーは極度の電力不足のため、多くの水力開発を手がけ、かつ工事を急いでいる。資機材不足に加え、工程を優先するあまり、しばしば支保が遅れ気味になり、地質不良と相まって落盤などのトラブルに遭遇するケースが見られる。NATMにせよ、在来工法にせよ、トンネル掘進の基本は同じで、要は山と相談して、その地質にふさわしい掘削長を1サイクルとして確実に掘り進んでいくのが結果的にはもっとも大きな進捗を上げるのであるが、まだまだ十分に理解してもらっていないようである。ミャンマーのようなトンネル技術をほとんど持っていない国が存在する中、日本の誇るトンネル技術をいろいろなチャンネルを通じて普及・移転していくことが大切なことではないかと考える。最近のODAは箱物づくりから教育や人材育成に次第にシフトしつつあるようであるが、われわれの行っているサービスが民間ベースでそのような役割の一端を担うものであって欲しいと願っている。

ただ、こうした途上国への技術支援・移転には本質的にあるリスクが伴うことも事実であろう。われわれの場合は相手国の電力省との有償契約で実施しているわけであるが、多重債務国、デフォルト宣言している国などの場合にこうした契約が単なる形式になる恐れが高いことも懸念の一つである。しかし、真摯に支払おうと努力する国にはつい同情、いとおしさを感じてしまう場合もあるが、中には知的財産に金を払うつもりが初めからなく、吸収できるだけ吸収して、後は知らぬふりを決め込む国には腹立たしさを通り越して哀れすら感じさせられる。はてはわれわれからそうやってまでして吸収した技術を固有のものとして恥じないケースを見聞すると、日本の優れた技術で世界に貢献していこうという勢いをそがれる思いがするが、私の子供時代に「メイド・イン・ジャパン」という自嘲的な物言いがあったことを思い返すと、あまりに狭量であるのもいかなものかと、海外業務の話聞くたびに思いが揺れる今日このごろである。

施工

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—

鉄道・運輸機構北陸新幹線第二建設局糸魚川鉄道建設所所長 萩原 秀 樹
 鉄道・運輸機構北陸新幹線第二建設局糸魚川鉄道建設所担当副所長 針 生 孝 志
 鉄道・運輸機構北陸新幹線第二建設局糸魚川鉄道建設所所員 星 野 義 樹
 熊谷組・勝村建設・森組・後藤組特定建設工事共同企業体所長 吉 川 忠 雄

1 はじめに

北陸新幹線高峰トンネル(以下、高峰トンネル)は、新潟県の西端に位置する旧能生町と旧糸魚川市を結ぶトンネルであり、北陸新幹線建設局管内(東工区)と北陸新幹線第二建設局管内(西工区)にまたがり施工している。延長は高崎起点203km120m~207km000m(明かり巻き含む)までの全長3,880mとなっている(図-1参照)。

本トンネルの西工区は、高崎起点205km020m~207km000mの1,980mを富山方から上越方に施工している。

本稿では、高峰トンネル(西工区)を掘削していくうえで、坑口より約330mの地点と約460mの地点で交差する東日本高速道路(株)(旧:日本道路公団)北陸自動車道高の峰トンネル(以下、JHト



図-1 位置図

ンネル)との近接施工について、事前調査、既設トンネルへの対策、計測管理を中心に述べる。

2 地形および地質概要

2-1 地形概要

本トンネル区間の地形は、新潟県の南西部にある西頸城山地の北西端に位置しており、この台地状の山地は、海岸線付近までつづき、急崖~急斜面で海に面しており、平野部はほとんどなく海岸と山地の間のごく幅の狭い平地を国道8号線、一部に北陸本線が通っている。

縦断的には、工区境界より200mほど終点側でピーク(土かぶり約230m)となり、終点側の中央川に向かって多少の起伏を呈しながら下がっており、終点側坑口では土かぶりが2m程度になっている(写真-1参照)。

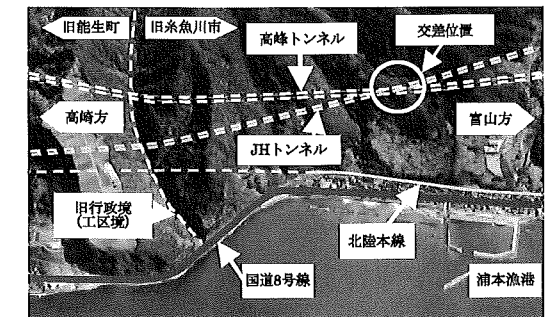


写真-1 工事箇所の地形

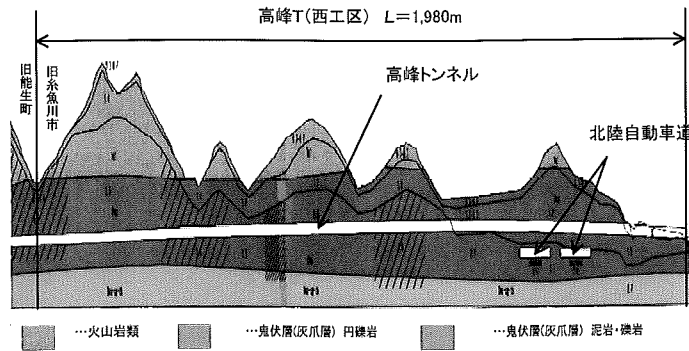


図-2 高峰トンネル(西工区)地質概要図

2-2 地質概要

本トンネル区間の主な地質は、第三紀鮮新世～第四紀更新世の礫、砂、シルト(泥岩)層よりなる鬼伏層である。

トンネル終点側坑口付近はφ5～50cmの安山岩礫を主体とする砂礫層で固結度は著しく低く風化されており地すべり地形の様相を呈している。

坑口部より200mから起点方は、円礫を主体としたルーズな地質であり、上位は土砂状のルーズな砂礫層である

が、下位は安山岩礫を多く含む巨礫(φ50cm程度)の入ったやや締まりの良い角礫混じりの凝灰質砂岩である(図-2参照)。

3 交差するJHトンネルについて

高峰トンネルと交差するJHトンネルについて簡単に説明する。

今回交差するトンネルは2本あり、初めに交差するJHトンネル下り線(I期線)は在来工法(底設導坑先進上部半断面工法による矢板工法)で施工されており、交差角度は17°30'、最

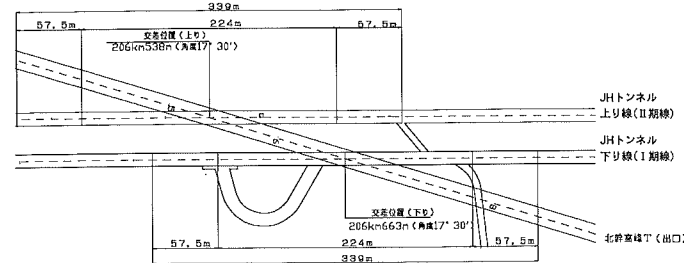


図-3 交差関係(平面図)

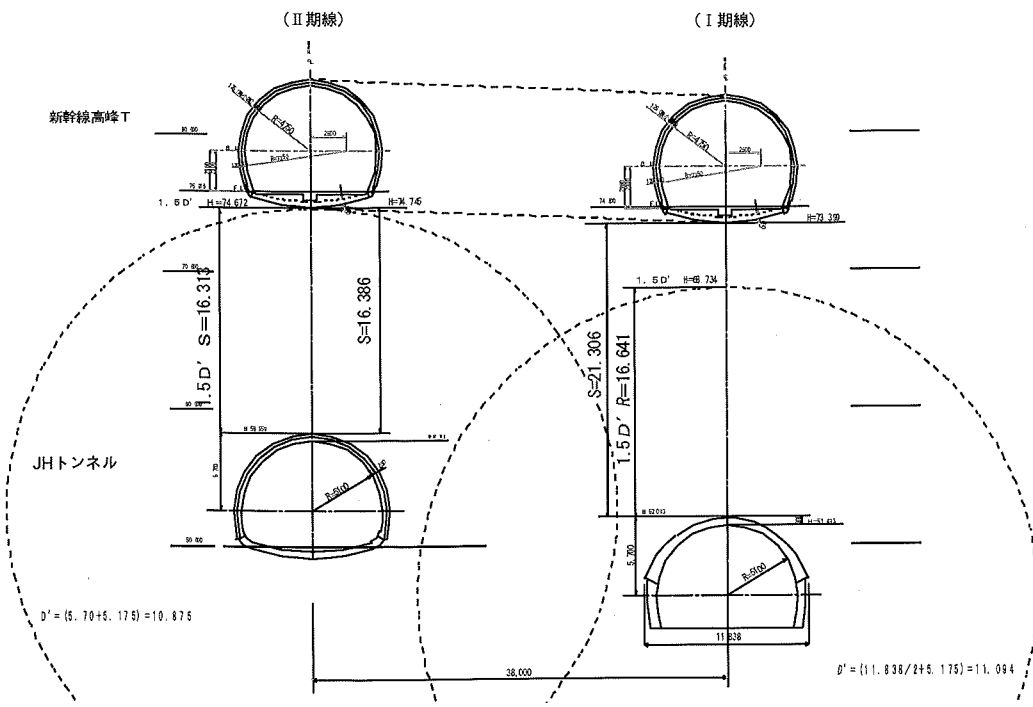


図-4 交差関係(横断面図)

接近時の離隔が21.3mである。

次に交差する上り線(II期線)は、NATMで施工されており、交差角度は下り線と同様で17°30'、最接近時の離隔が16.4mである(図-3,4参照)。

4 影響検討

高峰トンネルがJHトンネル上部を掘削することにより、JHトンネルが高峰トンネル側に引張られるように変位・変形するとともに、JHトンネル周辺のグラウンドアーチが損なわれ、新たな荷重が既設トンネルへ作用するなどの影響が懸念される。そこで、JHトンネルの健全度調査、近接度、FEM解析の順に検討した。

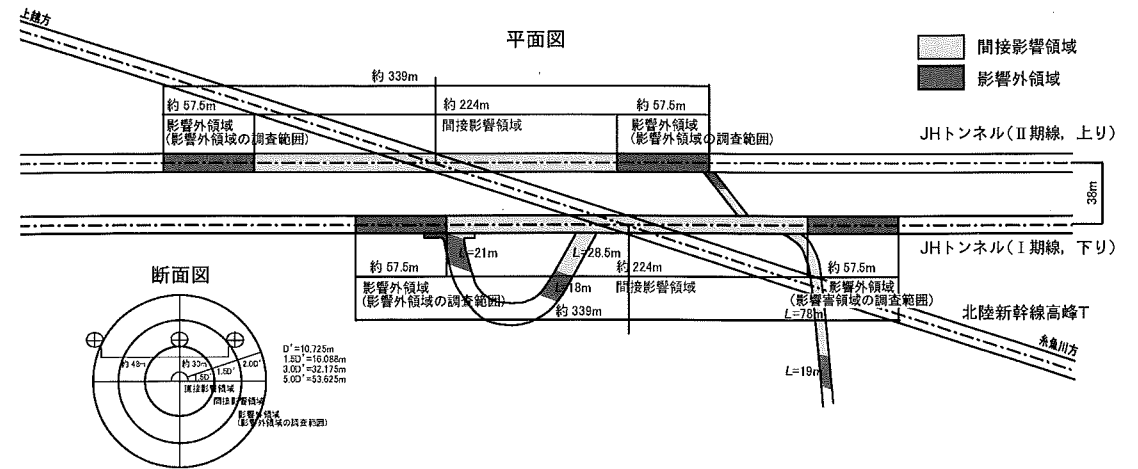


図-5 高峰トンネル施工時のJHトンネル調査範囲

表-1 JHトンネルの健全度調査の結果

場所	施工法	ひび割れ		劣化		湧水などによる選阻	
		方向	幅	浮き	局所的に見られるが少ない	湧水	無
上り線	NATM	天端に集中	縦断方向が主	剥落	同上	湧水	無
		0.2mm以下がほとんど、最大0.6mm	0～6cm/m ²	見られない			
	判定	OK		OK		OK	
下り線	在来	ほとんどのスパンに存在	横断方向、縦断方向の連続したものはない	浮き	5スパンで浮き	湧水	無
		3mm以下	0～31cm/m ²	剥落	気味の異音	湧水	無
	判定	ひび割れ密度 20cm/m ² 以上をB		5スパンをB		OK	

表-2 点検結果の判定区分

判定区分	一般的状況
AA	損傷が著しく、交通の安全確保、または第三者に対し、支障となっているか、もしくはその恐れがあり、緊急補修の必要のある場合
A	損傷が大きく、補修するかどうかの検討が必要な場合
B	損傷は小さいが、補修するかどうかの検討が必要な場合
OK	損傷がないか、もしくは軽微で、補修する必要がない場合

注)上表の補修とは、変状対策のための総合的な対策工のことをいう。

5 健全度調査

覆工および舗装面を対象に、間接影響領域については、目視調査(スケッチ・写真撮影など)、ひび割れ調査(ひび割れ展開図の作成、写真撮影)を、影響外領域については目視調査(スケッチ、写真撮影)を実施した。

なお、調査範囲・調査内容については、日本道路公団『設計要領第三集トンネル(1)トンネル本体工保全編 [近接施工]』および『同 [変状対策]』を参考に行った。

5-1 健全度調査範囲

上下線とも、間接影響領域対象は約224m、影

響外領域対象は、間接影響領域の外側の両側にそれぞれ約57.5mの計約115mとした(図-5参照)。

5-2 調査結果

今回の健全度調査において健全度は「BまたはOK」と判定した(表-1,2参照)。

6 近接度区分

既設トンネルに近接して、新設トンネルが建設される場合の、近接度の区分を判定する方法として、

- ① 日本道路公団：設計要領第三集トンネル (1)トンネル本土工保全編 [近接施工]
- ② (財)鉄道総合研究所：既設トンネル近接施工対策マニュアル

がある。

新設トンネルが既設トンネルの上方に計画される場合、JHおよび鉄道総研の近接度区分の考え方は、離隔に用いるD'の取り方および既設トンネルの健全度・地質条件による補正がいくらか異なる。

JHによると近接度区分および健全度調査の結果から、間接影響領域にあると判断した(図-6参照)。

鉄道総研による近接度区分からは、要注意範囲にあると判断した(図-7, 表-3参照)。

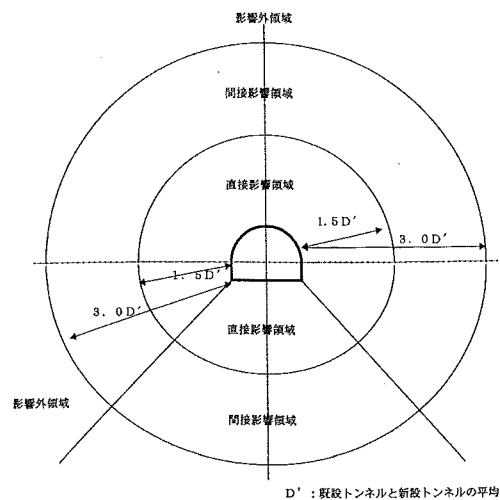


図-6 JH設計要領第三集による近接度の区分 (トンネルが近接する場合) <標準的な場合>

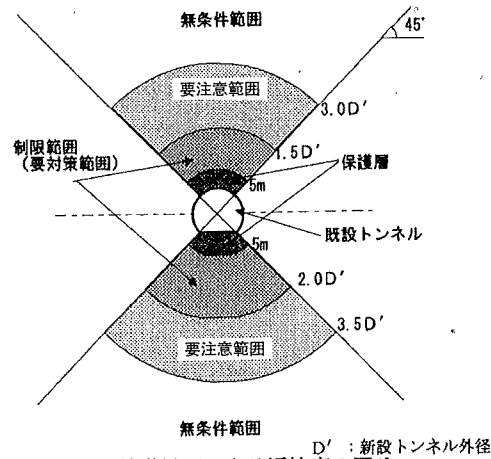


図-7 鉄道総研による近接度の区分 (トンネルの交差) <標準的な場合>

表-3 地山条件による近接度の補正率(%)¹⁾

健全度	地山条件			
	地山	硬岩地山	軟岩地山	脆弱地山
BまたはOK	+20	0	-20	
A	+10	-10	-30	
AA	0	-20	-40	

7 FEM解析

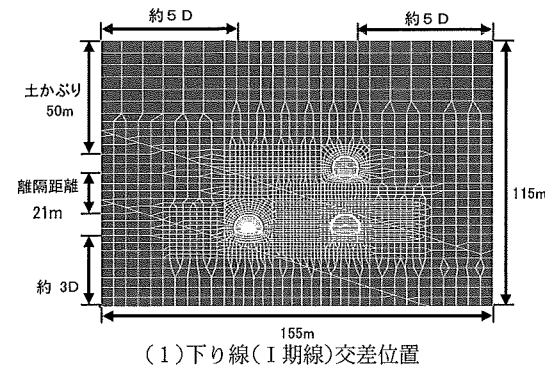
JHトンネルI期線およびII期線の交差部における近接度区分結果から、高峰トンネルの施工により、JHトンネルに変位や変形などの可能性があることがわかった。そこで、もっとも近接する以下の2断面について解析を行う。

- ① 下り線(I期線)交差位置
高峰トンネル 206km663m
- ② 上り線(II期線)交差位置
高峰トンネル 206km538m

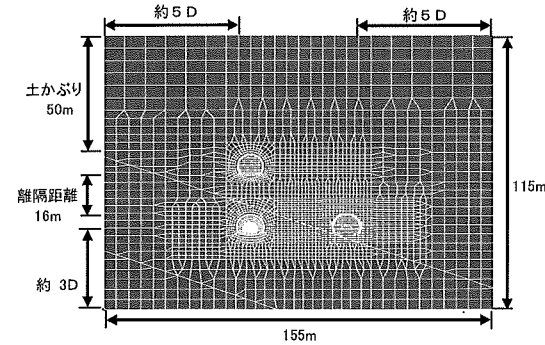
なお、交差角度が17°30'であるが、本解析は二次元平面ひずみ問題として扱うため両方のトンネルが上下に並行している場合がもっとも不利であると考え、同一平面状に各トンネル断面を投影したモデルとした(図-8参照)。

FEM解析結果から、

- ① 覆工増加応力は、JHトンネルの健全度が「B,OK」とした場合でも、高峰トンネル直下でトンネルS.L付近にI期線：22.6kgf/cm²、II期線：25.0kgf/cm²と増加応力が許容値



(1)下り線(I期線)交差位置



(2)上り線(II期線)交差位置

図-8 解析モデル図

(10.8kgf/cm²)を超える結果となった。

- ② JHトンネルの変位については、FEM解析結果からは比較的小さい結果(天端最大：+5.8mm, 内空最大：-2.0mm)となった。
- ③ トンネル周辺のせん断ひずみは、上り線交差時に下り線S.L付近にわずかな範囲であるが、限界ひずみが1.0%に対して、約1.2%に達する箇所があった。

8 JHトンネル変状観測

8-1 JHトンネルの現状観測

健全度調査をもとに高峰トンネル施工時に異常が発生しないかを監視することとした。目視による観測は、健全度調査と並行して行った。

8-2 高峰トンネル施工中のJHトンネル計測管理

JHトンネルの上方に高峰トンネルを施工することから、JHトンネルへの影響は、FEM解析をもとに考えると、覆工天端付近の地山側への変形と引張応力の発生が懸念される。そこで、JHト

表-4 計測項目選定の目安²⁾

項目	近接施工の分類			
	上方	側方	下方	側方
	切土・トンネル	盛土		
目視観察	◎	◎	◎	◎
ひび割れ測定	◎	◎	◎	◎
トンネル変位測定	天端沈下測定	◎	◎	◎
	内空変位測定	◎	◎	◎
	断面形状測定	○	○	○
支保構造調査	水準測定	○	◎	◎
	覆工ひずみ測定	◎	◎	◎
	ロックボルト軸力測定	○	○	◎
地山変位測定	地中変位測定	○	○	○
	傾斜測定	△	△	◎
	斜面変位測定	△	△	◎

◎非常に有効 ○有効 △場合によっては有効

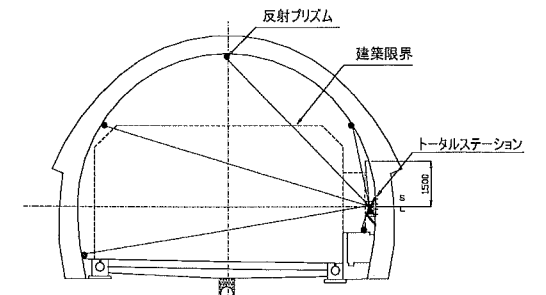


図-9 自動追尾(トータルステーション)標準断面設置図

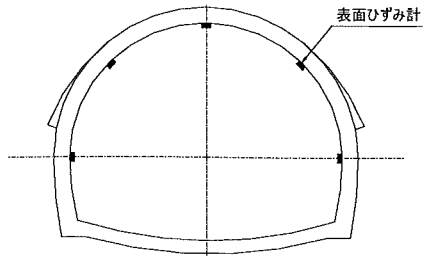
トンネルの覆工の変形や応力状態の変動に着目した計測を行い、トンネルの安定性評価、近接施工に伴う挙動の把握および評価、変状の発生、進行などを把握することが重要であると考えた。表-4より非常に有効とされる項目を基準として、「目視観察、ひび割れ測定、天端沈下測定、内空変位測定、覆工ひずみ測定」を計測項目とした。目視観察以外は、供用路線での測定となることから自動測定とし、計測機器の配置については、図-9,10に示す。

8-3 計測管理方法

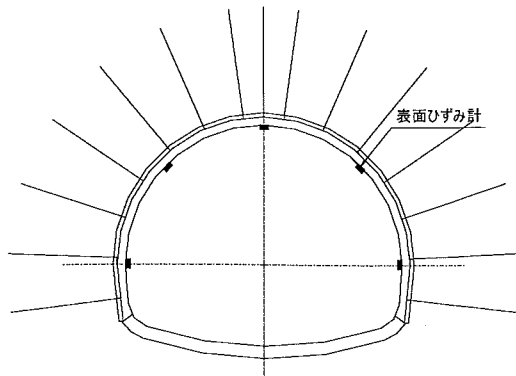
計測システムフローを図-11に示す。

8-4 JHトンネル管理基準

今回管理基準値の設定について日本道路公団『設計要領第三集トンネル(1)トンネル本土工保



(1) 下り線(I期線)標準断面



(2) 上り線(II期線)標準断面

図-10 表面ひずみ計標準断面設置図

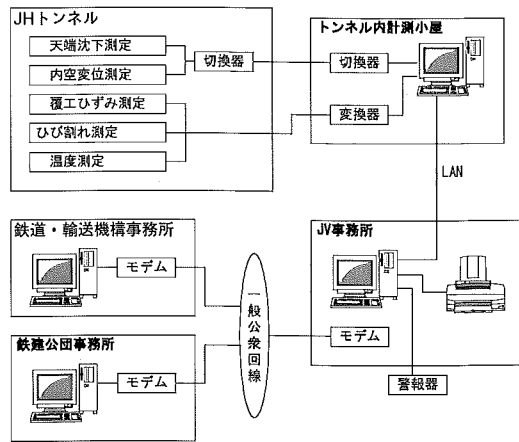


図-11 計測システム

全編「近接施工」をもとに行った。

(1) JHトンネルの変位量に関する管理限界値

表-5の中で、今回該当するのは□部分(鉛直圧卓越)であり、これをもとに管理基準値を沈下量10mm、内空変位量8mm(水平変位量4mm×2=8mm)と定めた。

(2) JHトンネル覆工応力に関する限界値

表-6の中で、今回該当するのは□部分であり、

表-5 JHトンネル変位量の上限値(インバートあり)

変形モード	側圧と鉛直圧の関係	上限値
側圧卓越	側圧のみ作用	水平変位 8mm
側圧卓越	側圧：鉛直圧=2：1	天端沈下1.5mm 水平変位 3mm
鉛直圧卓越	鉛直圧のみ作用	天端沈下15mm
鉛直圧卓越	側圧：鉛直圧=1：2	天端沈下10mm 水平変位 4mm

表-6 トンネル覆工増加応力の許容値の目安³⁾

既設トンネル覆工の健全度判定区分	増加圧縮応力 (N/mm ²)	増加引張応力 (N/mm ²)
B, OK	0.3σ _{ck}	0.06σ _{ck}
A	0.2σ _{ck}	0.04σ _{ck}
AA	0.1σ _{ck}	0.02σ _{ck}

表-7 覆工ひび割れに関する判定目安

箇所	位置	ひび割れ				判定区分
		幅		長さ		
覆工坑門	断面内	3mm以上	3mm未満	5m以上	5m未満	3A~2A
		○		○		2A~A
			○	○		A
			○	○		B

σ_{ck}=18N/mm²として計算すると、増加圧縮応力は5.4N/mm²、増加引張応力は1.08N/mm²を許容値(=管理基準値)とした。

(3) 覆工コンクリートの亀裂変位に関する管理限界値

表-7に示すようにひび割れ幅3mmという値が用いられているが、判定区分の内容については表-8に示すとおりである。これらから、ただちに対策を要するレベルに安全率F_s=1.5を見込んで、亀裂変位の管理限界値を2mmとした。

8-5 管理基準と注意レベル

鉄道総研の『既設トンネル近接施工対策マニュアル』および日本道路公団『設計要領第三集トンネル(1)トンネル本体工「近接施工」』では、注意レベルを表-9のようにしており、これにもとづき表-10に示す管理基準値を定めた。

8-6 高峰トンネルの管理基準

高峰トンネルとJHトンネル交差部での管理基

表-8 覆工ひび割れに関する判定区分の内容

判定区分	判定の内容
3A	変状が大きく、通行者・通行車両に対して危険があるため、直ちに何らかの対策を必要とするもの。
2A	変状があり、それらが進行して、早晚、通行者・通行車両に対して危険を与えるため、早急に対策を必要とするもの。
A	変状があり、将来、通行者・通行車両に危険を与えるため、重点的に監視をし、計画的に対策を必要とするもの。
B	変状がないか、あっても軽微な変状で、現状では通行者・通行車両に対して影響はないが監視を必要とするもの。

表-9 注意レベル

(1) 鉄道総研

注意レベル	措置	注意レベルの目安
I	計測値の確認、担当箇所への注意喚起	許容値の1/2
II	計測制度を密にし、対策会議により対策工の検討を行う	許容値の3/4
III	ただちに工事を止め、新たな対策工の検討を行う	許容値

(2) 日本道路公団

注意レベル	注意レベルの考え方
I	管理基準値を超えるか、明らかに超える恐れがあり、新たな対策工を施工する必要がある
II	管理基準値を超える恐れがあることから、十分な監視を行う必要がある
III	予測値どおりか、予測値を下回っており、通常の監視を行う

表-10 高峰トンネル施工時におけるJHトンネル管理基準値

注意レベル	注意レベルの考え方		
	III	II	I
計測項目	1次管理値	2次管理値	管理限界値
沈下量	5.0mm	7.5mm	10.0mm
内空変位量	4.0mm	6.0mm	8.0mm
覆工増加応力	圧縮	2.7N/mm ²	4.1N/mm ²
	引張	0.6N/mm ²	0.8N/mm ²
亀裂変位	1.0mm	1.5mm	2.0mm

準値はFEM解析より天端沈下量13.8mm、水平変位量24.1mmであるので、卓越している水平変位量24.1mmにより基準値を決定する(表-11参照)。

表-11 高峰トンネルの管理基準値

岩石名称 鬼伏砂礫層	地山応力解放を考慮した半径方向限界変位 (mm)	半径方向変位管理値 (mm)				
		注意レベル III	注意レベル II	注意レベル I	影響解析値	
		一次管理値	二次管理値	三次管理値		
水平変位	上半	15	5	10	15	20
	下半	24	8	16	24	30
天端沈下	上半	8	3	5	8	10
	下半	12	4	8	12	15
備考		限界変位の1/3	限界変位の2/3	限界変位		

上半時 24.1mm×0.6=14.5≒14mm
下半時 24.1mm×0.4=9.6≒10mm

9 対策工の検討

交差部での「間接影響領域」および「要注意範囲」の延長が長いので、FEM解析で用いた地山物性値と異なる地質部分があるので、下記の2点を実施した。

- ① 切羽観察、A計測の強化
- ② 坑内からの前方地質確認ボーリング(L=20m程度、ノンコア、左右1本ずつ)

また、計測結果がFEM解析結果と相違する場合や、前方地質確認ボーリング結果による地山状況がFEM解析で用いた地山物性より劣悪な場合には対策工の検討が必要となるので、日本道路公団『設計要領第三集トンネル(1)トンネル本体工保全編「近接施工」第五章 対策工』を参考に検討した。

対策工には、

- ① 既設トンネル(JHトンネル)側での対策
- ② 新設トンネル(高峰トンネル)側での対策
- ③ 中間地山(既設トンネルと新設トンネルの間)での対策

がある。

①と③については、今回の近接工事での対策が採用しづらいことから、②の新設トンネル(高峰トンネル)側での対策を基本に検討した。

また、平面での位置関係から新設トンネルの側壁から既設トンネル側壁までの離れが5m以下で、新設トンネルのセンターから既設トンネル側壁ま

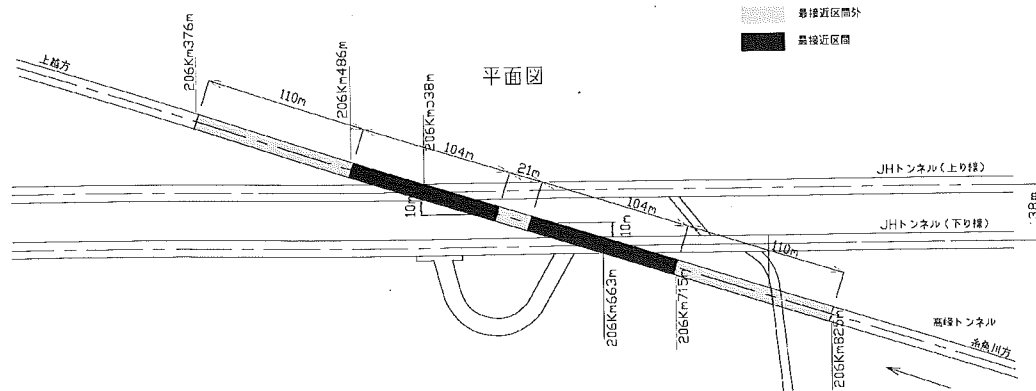


図-12 高峰トンネル施工時の対策工実施位置図

での離れが10m以下の区間を「最接近区間」と位置づけて、対策工の検討を行った(図-12参照)。

9-1 最接近区間以外の対策

JHトンネル施工および高峰トンネル施工状況から、これまでの地質と大きく変わることはなく、JHトンネルへの影響を与えるほどの変位は生じないものと想定されるが、計測結果などから、JHトンネルの影響が懸念されるような傾向が見受けられる場合には、変位抑制効果をもっとも高いと考えられる早期閉合を採用する。その際、閉合位置を切羽にできるだけ近づけ、トンネル全周の閉合が可能なミニベンチカット工法を採用し、吹付けコンクリートによる閉合を行い、さらに変位の抑制が必要な場合は、支保の増強・補助工法の採用などを検討することにした(図-13参照)。

9-2 最接近区間の対策

(1) 下り線

直上では、下記の施工を行うことにした。

- ① 掘削をミニベンチ工法にて行い、下半インバートを吹付けコンクリートで仮閉合する。
- ② JHトンネルでの計測結果が2次管理値を超える場合には、ミニベンチ下切羽より前方下向きに地盤注

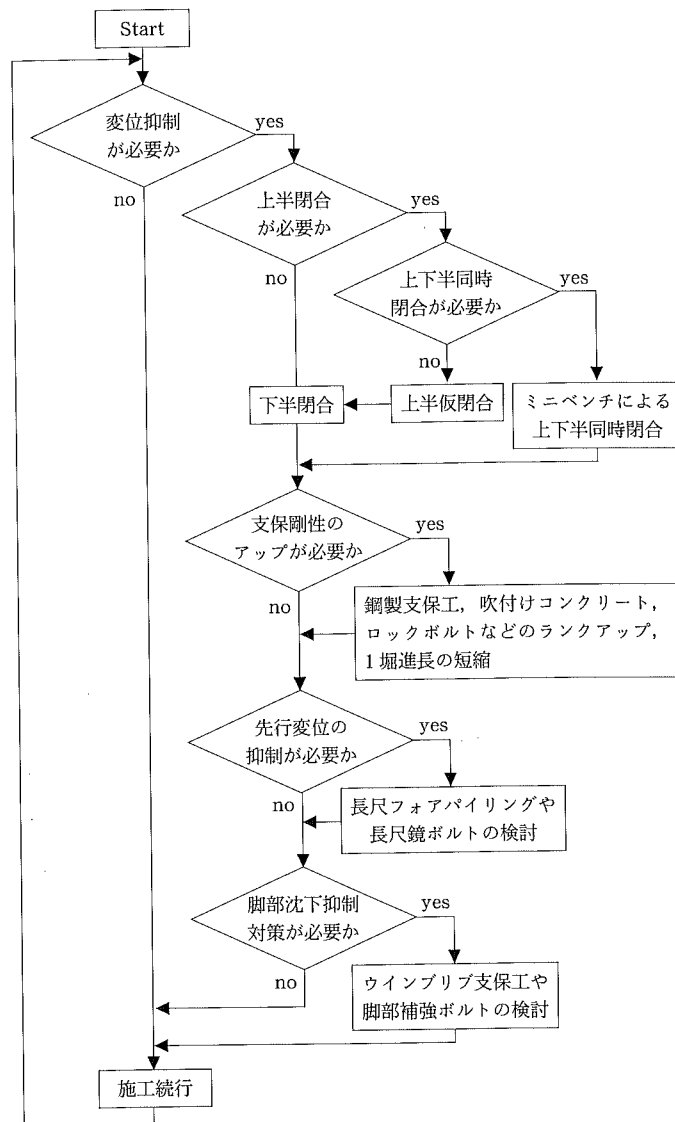


図-13 対策工の流れ

入を実施する。

(2) 上り線

NATMによる施工のため、トンネル健全度は高く下り線交差時の施工および計測結果状況により、掘削工法の変更および下半インバート仮閉合などを検討することにした。

10 影響領域通過

現在(上下半およびインバート、影響領域を通過)の時点では、

- ① 事前解析でのJHトンネル覆工コンクリートの引張増加応力が許容値を超えていたが、実施工時の計測値は1次管理値(0.6N/mm²)内である。
- ② JHトンネルの内空変位もほとんど変位していない。
- ③ 高峰トンネルの掘削も順調に進み、インバート通過時の想定変位量(天端部13.2mm)に対して、3mm以内である。

11 まとめ

FEM解析で想定した変位量に対してごくわずかな変位量で高峰トンネルの掘削を終えることができた。これは、切羽観察・坑内からの前方地質確認・A計測などから鑑みるに、想定地山よりも良好な地山だったことが、変位量を少なく抑えられた要因ではないかと推定される。

想定変位量に対しての実変位量の結果が著しく異なることから、新幹線坑内においてPS検層・孔内水平載荷試験にて、変形係数を調査する予定である。

参考文献

- 1) 日本道路公団：設計要領第三集トンネル，トンネル本土工保全編 [近接施工]，p.19，1998。
- 2) 日本道路公団：設計要領第三集トンネル，トンネル本土工保全編 [近接施工]，p.39，1998。
- 3) 日本道路公団：設計要領第三集トンネル，トンネル本土工保全編 [近接施工]，p.25，1998。

【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

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

〔主要目次〕

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



〒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

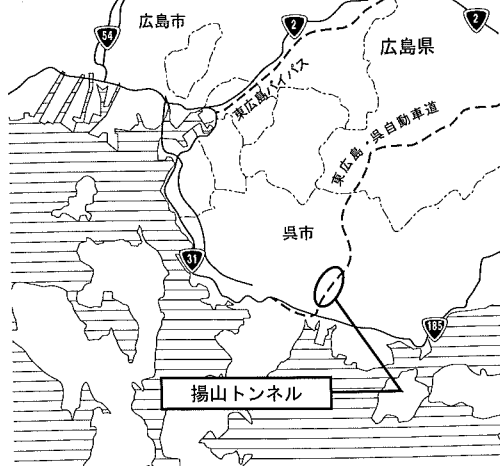


「創造とふれあいの海洋・拠点都市」呉より

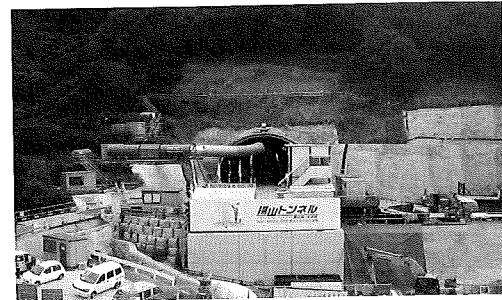
橋本 彰文

広島県呉市は、広島県の中心都市である広島市の南東に位置し、2005年3月にかけての市町村合併により人口約256,000人、多島美あふれる瀬戸内海に約300kmの海岸線を持つこととなった特例市である。戦前は、日本一の海軍工廠を持つ町として発展を遂げてきた町も、終戦によりその都市基盤を失い荒廃することとなったが、1950年に制定された旧軍港市転換法により旧軍施設への企業誘致が行われ、瀬戸内海有数の臨海工業都市として発展を遂げてきた。中でも造船は、戦艦大和築造にいたる戦前からの技術が継承され、世界最大級のタンカーやコンテナ船が数多く進水している。呉市では現在、「創造とふれあいの海洋・拠点都市」を目指し、町づくりが進められている。

広島県といえば呉の隣町、東広島市西条町が酒処として伏見、灘に並び名を馳せているが、呉市も酒作りの盛んな町である。広島県内には70あまりの蔵元があり、そのうち呉市には12、東広島市には10の蔵元が集まっている。辛口である灘の酒を男酒と称すのに対し、広島の酒はまろやかで女酒といわれる。金賞やグランプリに輝いた酒も多数あり、ついつい呑みすぎてしまう。有名な黒田節は酒席で母里太兵衛(黒田長政家臣)が福島正則(広島城主)から日本号(槍)を呑み取った話を歌ったものであるが、そのときの酒も広島酒であっ



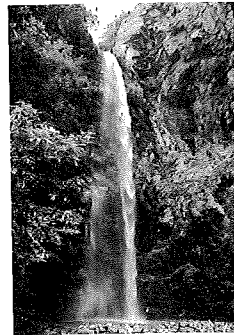
位置図



坑口全景

たかもしれない。

酒の話がでたついでではないが、工事現場が位置する呉市広町は、駄菓子子の「いかの姿フライ」生産では国内トップであり、1日100万枚以上が作られているらしい。広島ではお好み焼きに入れたりもするようであるが、最近ではいろいろな味付けのものがあ、また酒が進んでしまう。



白糸の滝

話は変わって呉市の観光スポットであるが、昨年開館した呉市海事歴史科学館(大和ミュージアム)は、11月で入場者100万人を突破し、大盛況である。明治から戦争、終戦、そして現在にいたる流れ、町や人々の様子がよくわかり、大変興味深く見ることができる。

さて、東広島・呉道路は酒処2市を結び、広島広域都市圏東部地域の迅速な交通ネットワークを形成する自動車専用道路であり、当揚山トンネル工事は呉市側から2番目のトンネルである。呉市側より掘削を進め、1月末現在、延長1,053mのうち930mまで掘削が進み、覆工も約半分が終了している。出口側には白糸の滝(小滝)という瀬戸内海沿岸では珍しい約38mの垂直瀑布があり、不動明王、観音菩薩が鎮座され、滝修行も行われている。トンネルを通して法螺貝の響きを聞けることを楽しみに、慎重に掘削を進めていく所存である。(熊谷・大日本土木特定建設工事共同企業体所長)

施工

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—

首都高速道路(株)東京建設局工事第二グループ工事長 荒 神 敏 郎
 首都高速道路(株)東京建設局設計第一グループメンバー 江 水 淳
 前田建設工業(株)土木技術部シールドグループ 後 藤 真 吾
 前田・三井住友・白石SJ43(1-2)トンネル特定建設工事共同企業体監理技術者 柴 田 佳 彦

1 はじめに

現在の首都東京の高速道路ネットワークの骨格は、図-1に示す9つの放射道路と3つの環状道路で構成される。この3環状道路の中で、都心から約8kmに位置する首都高速中央環状線は、約47kmの計画総延長のうち、東および北側区間の26kmが完成している。

中央環状新宿線は、中央環状線西側区間の11

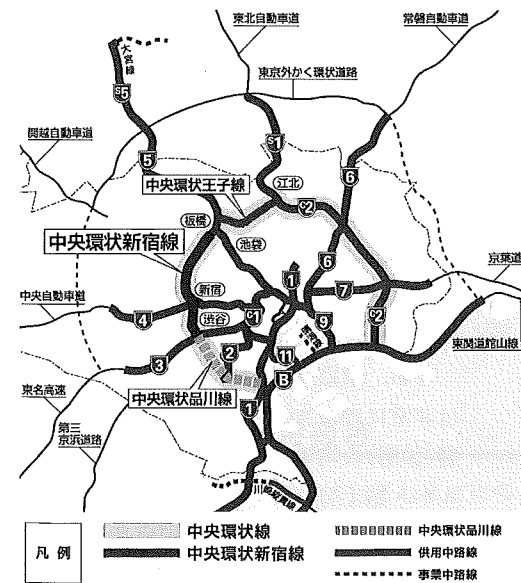


図-1 首都圏高速道路ネットワーク図

kmにあたり、高速3号渋谷線、4号新宿線および5号池袋線と相互接続する区間である。

本工事は、この中央環状新宿線の工事区間のうち、東中野～中野坂上の延長約520m区間において、上部に環状第6号線(山手通り)、下部に都営地下鉄大江戸線が位置する地下空間に、外回り線、内回り線の2本の道路トンネルをφ12.14mの泥水式シールド工法にて施工するものである。図-2に完成予想断面図を示す。

シールドは、図-3に示すように外回り線の発進到達立坑から発進し、520m掘進後に回転立坑に到達する。続いて回転立坑でシールドを引き抜

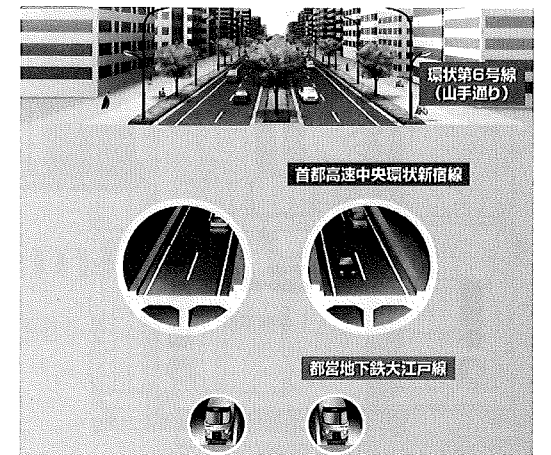


図-2 完成予想断面図

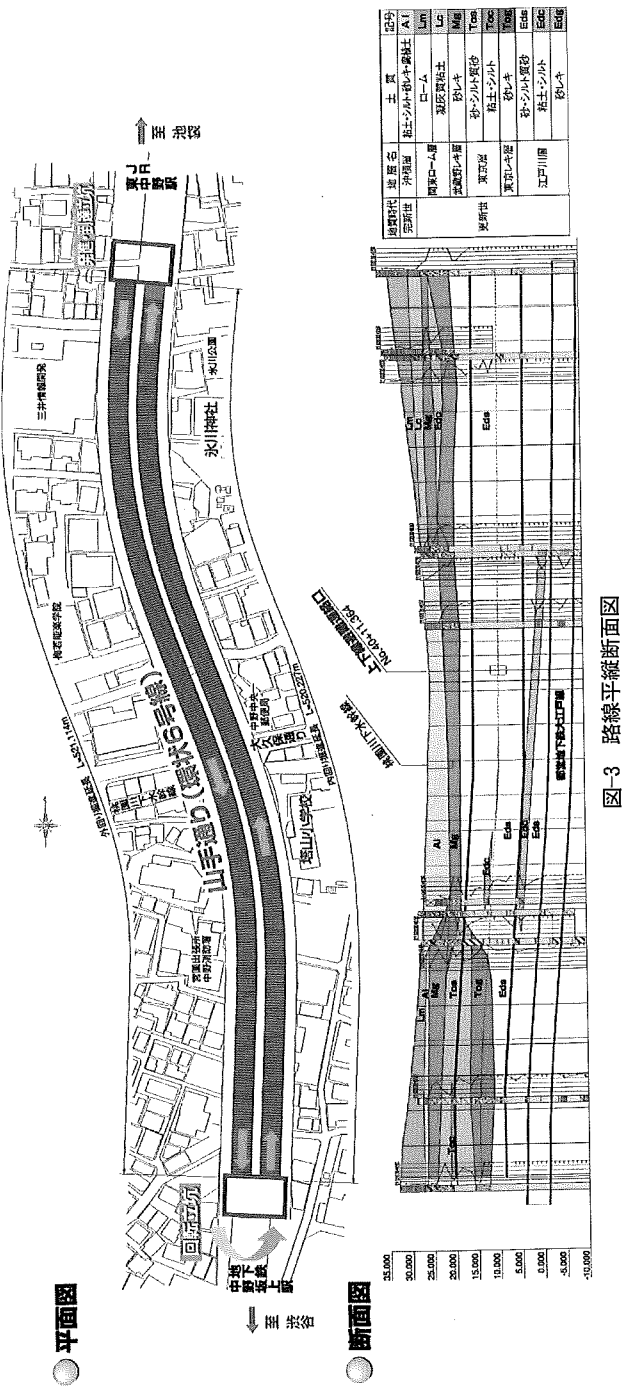


図-3 路線平縦断面図

き、回転、再発進して先行トンネルと並行に掘進し、発進到達立坑に戻る掘進延長1,040mのUターン式双設トンネル施工である。

本稿は、立坑下の地下空間における大断面シールドの到達引き抜きから、シールド回転にかかわる施工について報告するものである。

2 工事概要

2-1 工事内容

工事名称：首都高速中央環状新宿線SJ43工区(1-2)トンネル工事
 発注者：首都高速道路(株)
 施工者：前田・三井住友・白石SJ43(1-2)トンネル特定建設工事共同企業体
 施工場所：東京都中野区中央一丁目・二丁目～東中野一丁目・二丁目
 延長：520m×2(Uターン施工)
 一次覆工：仕上がり内径 11,100mm
 平面線形：S字曲線(R=323m)
 縦断線形：i=0.3~3.0%
 土かぶり：9.5~18.5m

2-2 地質概要

工事区間の地層構成は、図-3に示したように地表よりローム層、武蔵野礫層、東京層、江戸川層と続いており、地下水は地表から3~8mに位置する。シールド通過断面の土質は、回転立坑側の約120m区間において東京砂層、東京礫層がトンネル中央より上部にでてくるが、この区間以外はN値50程度の江戸川層(砂層および粘性土層)がトンネル全面に現れる。

なお、東京礫層および江戸川層については非常に地下水が豊富であり、かつ江戸川層(砂層)の均等係数は3~10と小さく、シルト・粘土分も10%程度であることから、崩壊性の高い地質でもある。

2-3 シールドの概要(写真-1) 形式：泥水式シールド

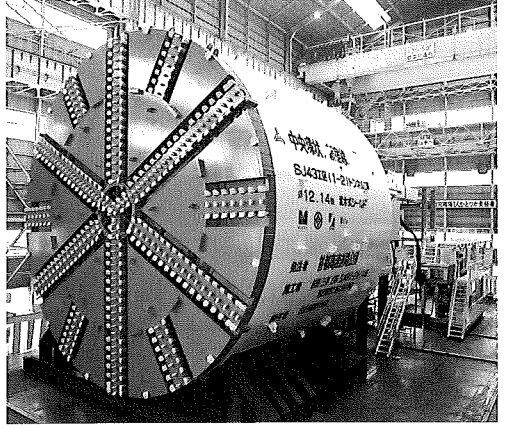


写真-1 シールド

外径：φ12,140mm
 機長：10,060mm
 重量：約2,000tf
 総推力：126,000kN(3,500kN×36本)
 カッタトルク：定格19,200kN・m

2-4 セグメントの概要

外径：φ11,900mm
 内径：φ11,100mm
 幅/桁高：1,500mm/400mm
 継手：コッター・クイックジョイント

2-5 工事の特徴

- 本工事の代表的な特徴は以下のとおりである。
- ① 回転立坑でシールドを回転させる「Uターン」方式による施工
 - ② 径厚比(セグメント桁高/セグメント外径)3.4%の薄型RCセグメントの採用
 - ③ 掘進延長の80%が平面と縦断の複合した曲線
 - ④ 掘進延長の70%が土かぶり1D(Dはシールド外径)以下の小土かぶり施工
 - ⑤ シールド下方4.0~4.5mの位置に地下鉄大江戸線が併走

3 シールドの引き抜き

シールドの引き抜きについてはこれまでに多くの実績があるが、共通の問題点は引き抜き時の出水対策である。本工事においては、地盤改良と地下水位低下(ディープウェル工法)の併用で対処す

ることを基本とした。ただし、土かぶりが小さく周辺家屋に影響を与える可能性があるため、ディープウェルによる揚水範囲は東京礫層を含むシールド中心高までの最小限とした。さらに、シールドが大断面であることや、地上が交通量の多い都心部の主要幹線道路という環境条件を考慮し、シールド引き抜き時における立坑内への地下水出水および土砂流出のリスクを最大限に低減する工法として、シールド到達立坑口に圧力封入式のエントランスパッキング(SPSS工法)を採用した。

3-1 回転立坑概要

シールドの到達・回転・再発進作業を行う回転立坑の内空寸法は横29.8m×縦19.5mであり、回転床から下方3.2mに地下鉄大江戸線が運行している。

図-4に、回転立坑平面図を示す。

3-2 到達準備

本工事のシールドは、石灰碎石と炭素繊維強化プラスチック(CFRP)を補強材とするシールド切削可能な土留め壁(NOMST壁)を切削しながらの到達であることを考慮し、施工を行った。

3-2-1 鋼製隔壁

NOMST壁を切削する条件として、写真-2に示すように立坑側にはシールド推進反力に対抗できる仮設構造物が必要である。本工事では、構築箱抜き部に鋼製隔壁を設置し、内部に1:5モルタルを充填した。

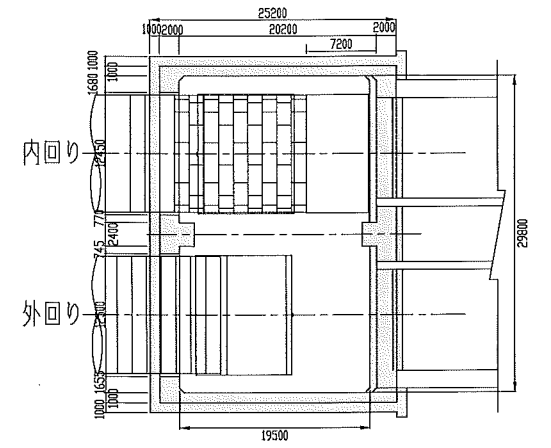


図-4 回転立坑平面図

3-2-2 土留め背面の止水地盤改良

シールド到達時には、NOMST切削片(コンクリート塊やCFRP部材)により排泥管が閉塞する

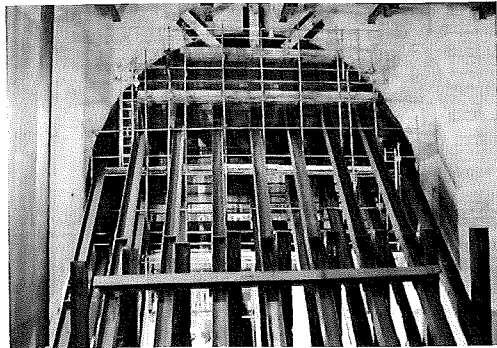
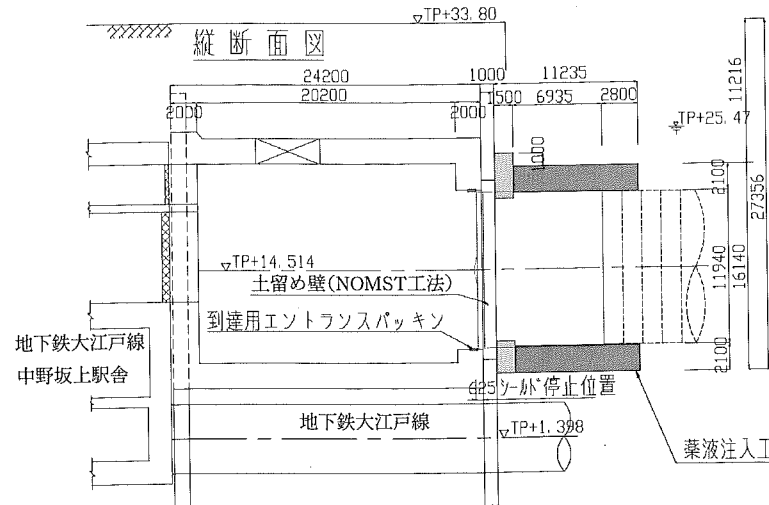
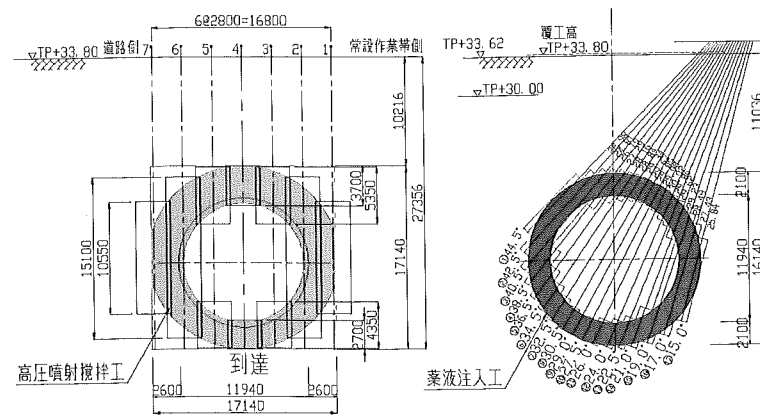


写真-2 到達時の坑口鋼製隔壁正面写真



(1) 地盤改良縦断面図



(2) 高圧噴射攪拌工横断面図

(3) 薬液注入工横断面図

図-5 止水地盤改良縦断面図

ため、泥水の逆送り返し運転行程が生じ、周辺地山への波状泥水圧が作用する。これにより、土砂が流動化現象をおこし、土砂を取り込むことで土砂崩壊を発生させ、道路が陥没する危険性がある。そのため、図-5に示すように、地盤を強化する目的で高圧噴射攪拌工(スーパージェットミディ)を土留め背面1.5m区間で円筒形に施工し、シールド到達後の鋼製隔壁解体から引き抜き作業終了までの期間における出水を防止する目的で薬液注入工(ダブルパッカー)をシールド機長+2.8m区間で円筒形に施工した。

また、シールドの前進に伴い発生するテールガイドは裏込め注入により充填し出水防止対策とした。

3-2-3 SPSS工法

図-6に示すSPSSの構造は、シールド外面部の凹凸や坑口の構築形状に追従したパッキング効果およびパッキング圧力の調整による止水性を確保できる圧力封入式のエントランスパッキングである。

SPSSの取り付けはシールドのカッタフェイスが鋼製隔壁に到達し、隔壁を撤去後、立坑構築時に先行して設置された金物にチューブ式パッキングを取り付ける手順で行った。写真-3に取り付け作動状況を示す。

到達時の掘削面にはシールド下端で約0.17MPaの水圧が作用すると想定される。本工事のように外径φ12,140mmという大断面シールドを1段の引き抜き用パッキングで到達させた実績はないが、SPSS工法は0.40MPaまでの止水性能をもっていることに加え、地下水位低下工法の併用を採用していることで機能を確保できるものと考えた。

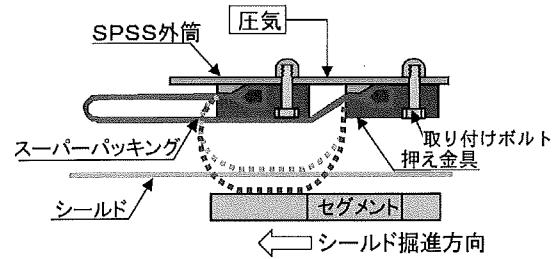


図-6 SPSS詳細断面図

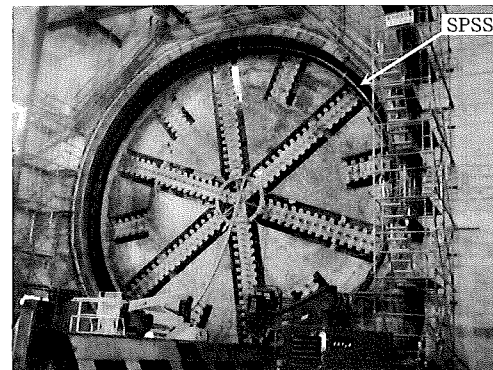


写真-3 SPSS取り付け作動状況

3-3 到達引き抜き

到達から引き抜きまでの施工手順を図-7に示す。

前述に示した対策により、引き抜き速度は30mm/minで行ったが、問題なく安全に施工できた。

【STEP 1】

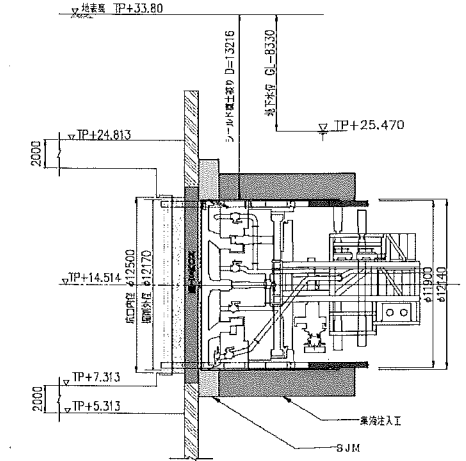
NOMST壁外面にシールド先端が接触後、掘進速度1mm/minで隔壁の貧配合モルタル内における所定の位置まで切削した。

【STEP 2】

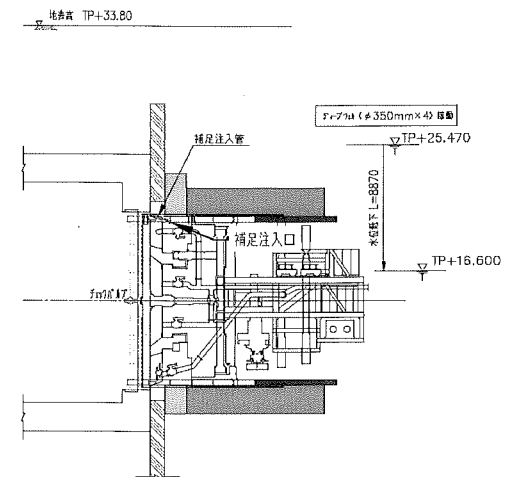
停止したシールド内からの補足注入が完了後、シールド周辺のディープウエル(4か所)の稼働およびチャンバ内の泥水を回収した。さらに、チェックバルブから隔壁内の止水性を確認したのち、隔壁解体およびSPSSを設置した。

【STEP 3】

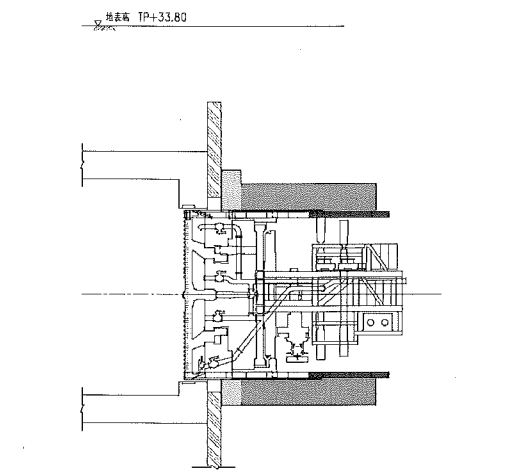
シールド前面が通過するまでの区間はSPSS損傷防止のため、バキュームにより負圧をかけて収納した。その後、シールドが通過すると同時にSPSSを作動(加圧)させ、シールド引き抜きおよび裏込め注入をした。



(1) STEP 1: シールドNOMST壁接触



(2) STEP 2: シールド隔壁内一時停止



(3) STEP 3: シールド初期引き抜き最大前進位置

図-7 到達引き抜き施工手順図

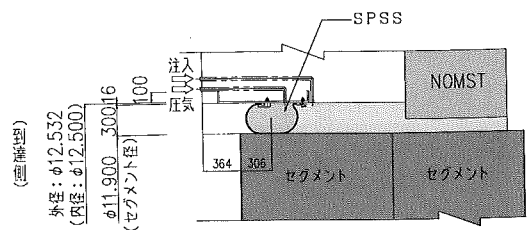


図-8 坑口処理横断面図

3-4 空掘進

シールドを完全に立坑内へ引き抜くためには、装備されたジャッキストロークでは不十分であるため、仮組みセグメントを3R組み立て、シールドを所定の位置まで前進させた。なお、引き抜き完了後は図-8に示すように最終セグメントにSPSSを作動させ、裏込め注入による坑口処理をした。

4 シールドの回転

本工事では、1台のシールドで外回り、内回りの2本のトンネルを施工するため、回転立坑においてシールドの方向転換をした。回転作業は、立坑底版に敷設した表面被覆鉄板により摩擦抵抗を低減させ、その上で40か所の支承を備えたシールド受け台をジャッキにより滑らせる方法を採用した。

4-1 施工基面

回転床の計画における設定条件を以下に示す。

- ① 図-9, 10に示す受け台下に設置した回転床部材と支承部材の摩擦係数は $\mu = 0.10$ 以下であること。
- ② 摩擦係数の上昇を防止するため、回転床表面(とくに継ぎ目)の凹凸が1mm以下であること。
- ③ 底版コンクリートとの固定が可能であること。

本工事では、図-9に示す構造である表面被覆鉄板を採用した。これは、表面を研磨した鉄板にグラファイト潤滑塗料を工場で重層塗布したものである。

4-2 シールド受け台

受け台は、シールドをスムーズに180°回転させ

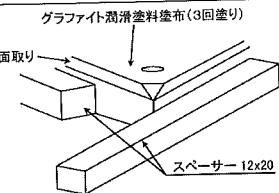
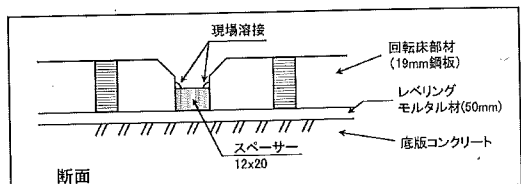


図-9 表面被覆鉄板構造図

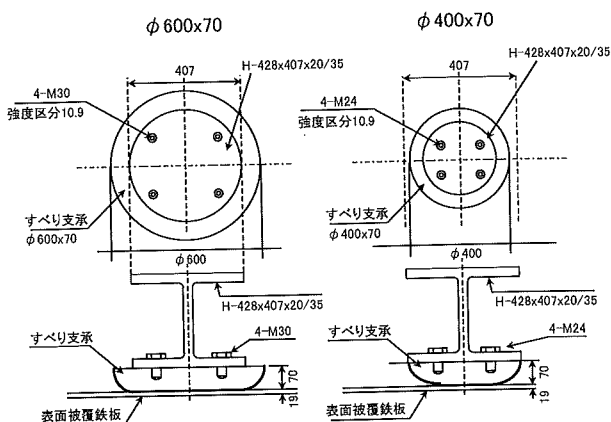


図-10 支承部材平面図および断面図

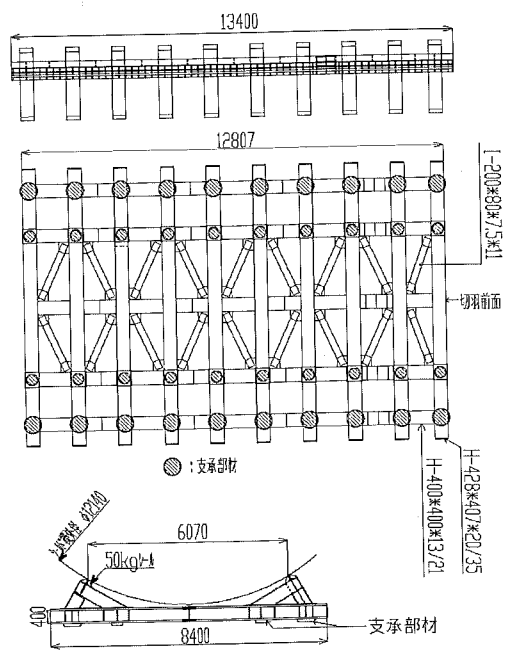


図-11 受け台平面図および断面図

再発進させることが要求されることから、回転台の機能と再発進の機能を備えていることが必要である。さらに、引き抜き、再発進精度の大半が受け台により決定されることから、製缶品と同等の寸法精度が必要となるため工場製品とした。

また、構造検討の設定条件としては、シールドの重心位置を考慮した自重と回転ジャッキ推力およびシールドジャッキ推力を考慮し、図-10, 11に示す受け台および支承構造とした。支承部材の寸法および配列は、シールド自重分布において発生する支圧応力および水平力に対して所要の強度が確保できるものとした。

4-3 移動と回転

回転作業においては、図-12に示すように移動経路を事前に決定した。設定条件としては回転軸(シールド重心位置)からシールド全体を含む最小半径を求め、構築に接触しない範囲で回転、移動をくり返した。

回転ジャッキは、ロングクレビスジャッキ(300tf用、ストローク1,750mm)を2本使用し、シールドをのせた受け台を押す方法を採用した。また、ジャッキの反力棒は回転床に溶接し、1ストロー

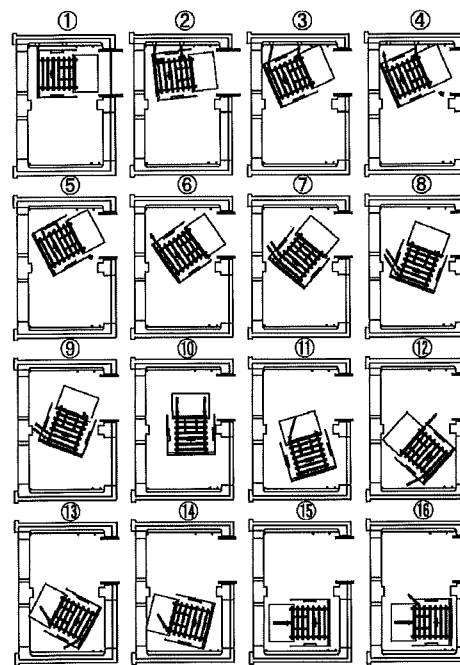


図-12 回転行程平面図

表-1 回転移動摩擦係数

回転行程	回転角 θ (°)	最大ジャッキ総推力T (kN)	摩擦係数 μ
①~④	0~30	564.2	0.028
⑤~⑧	30~90	753.6	0.038
⑩	(立坑横断)	942.0	0.047
⑪~⑬	90~150	686.4	0.034
⑭~⑯	150~180	629.2	0.031

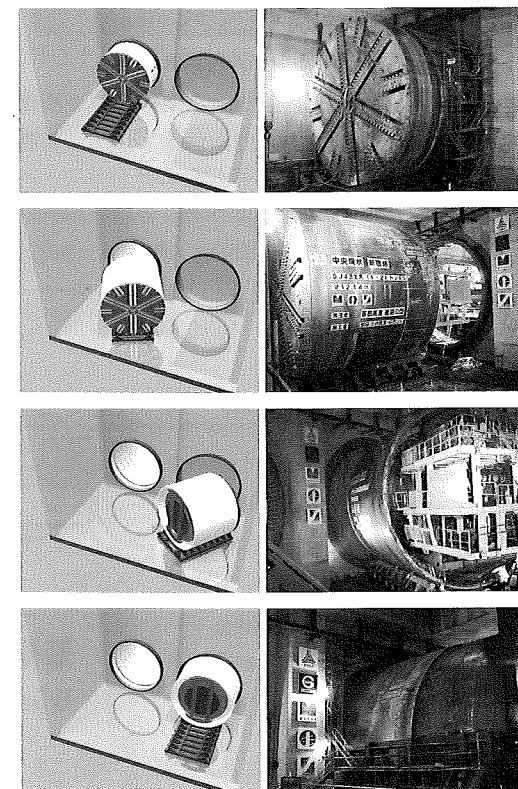


写真-4 引き抜き・回転計画イメージ図および施工写真

クごとに盛り替える方法とした。その結果、表-1に示すように、この回転工法により求められた摩擦係数は、 $\mu = 0.05$ 以下となり、立坑内空が狭い地下空間で写真-4に示すように計画どおりに移動および回転することができた。

5 おわりに

近年における都市部のシールド工事は、多くの地下構造物が存在する限られた地下空間のなかに計画されるケースが多いことから、施工環境条件



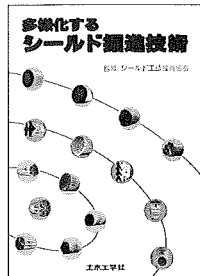
写真-5 トンネル内状況

は小土かぶり，狭隘部施工と大深度施工の2極化が進む傾向にある。また，同時に地下空間の有効利用による大断面化も進んでいる。

本稿は，地上に交通量の多い都心の主要幹線道路と直下に地下鉄が併走という施工環境条件のなかで，φ12,140mmの大断面シールドの引き抜きおよび回転を安全かつ効率的に施工し，写真-5に示すようにトンネルを完成することができた実施例をまとめたものである。過去にある多種多様な引き抜き回転実績のなかで，現場の環境条件，工期，工事費などを総合的に検討し最適な工法を採用するための1事例として参考になれば幸いである。

最後に，今後も品質と安全を確保しながら首都高速中央環状新宿線の早期完成を目指すとともに，本工事に携わりご尽力をいただいた皆様に感謝の意を表する次第である。

【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



株式会社 土木工学社

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

施工

車両基地直下にパ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—

東京地下鉄(株)改良工事事務所長 藤 本 繁
地下鉄メンテナンス(株)綾瀬工事監理所長 石 川 和 彦
大成・西松建設工事共同企業体現場代理人 山 村 学
大成・西松建設工事共同企業体監理技術者 高 橋 幸 久

1 はじめに

補助第258号線は，東京都足立区鹿浜五丁目から同区大谷田五丁目を結ぶ延長8,290mの都市計画道路で環状7号線の北側約500mに位置している。その整備目的は，環状7号線のバイパス効果と，平成17年8月24日に開通したつくばエクスプレスへのアクセス道路ならびに道路ネットワークの形成である。

本事業の主体は足立区であるが，東京地下鉄(株)の千代田線綾瀬車両基地の直下を横断することから，この区間の228mについては，足立区から東京地下鉄が施工を依頼されている。

トンネル構造はRC二層一径間ラーメン構造で，上層階は歩行者および自転車道，下層階は2車線の自動車専用道路である。

本工事におけるパイプルーフ工事の施工状況については，既報(トンネルと地下，Vol.35, No. 12, 2004.12.)で詳細に掲載したので，本稿ではパイプルーフ施工後の掘削から構築築造までの施工について報告するものである。よって，以下の「2.工事概要」および「3.地質概要」については簡単に記載する。

2 工事概要

全体工事概要を以下に示す。

工 事 名：補助第258号線綾瀬車両基地立体交差一工区土木工事

工事場所：東京都足立区谷中四丁目四番地東京メトロ綾瀬車両基地内

工 期：平成14年6月1日～平成18年6月30日(49か月)

発 注 者：東京地下鉄(株)

施 工 者：大成・西松建設工事共同企業体

構造形式：二層一径間ボックスカルバート



図-1 施工場所位置図

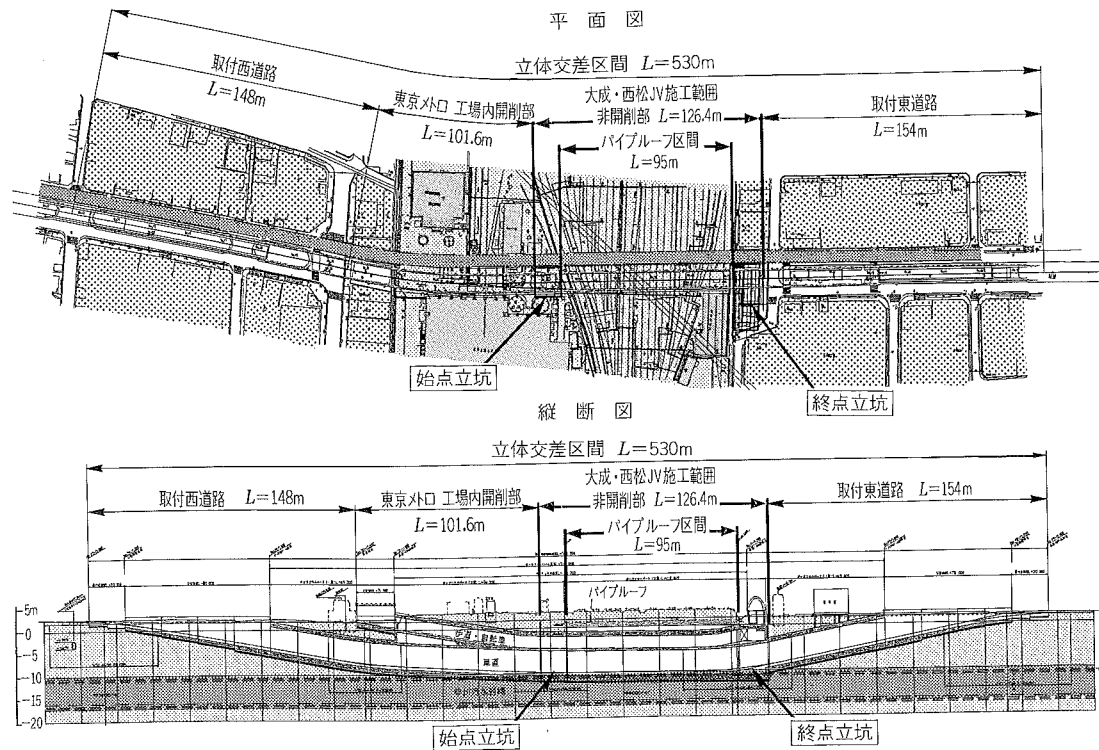


図-2 全体計画図

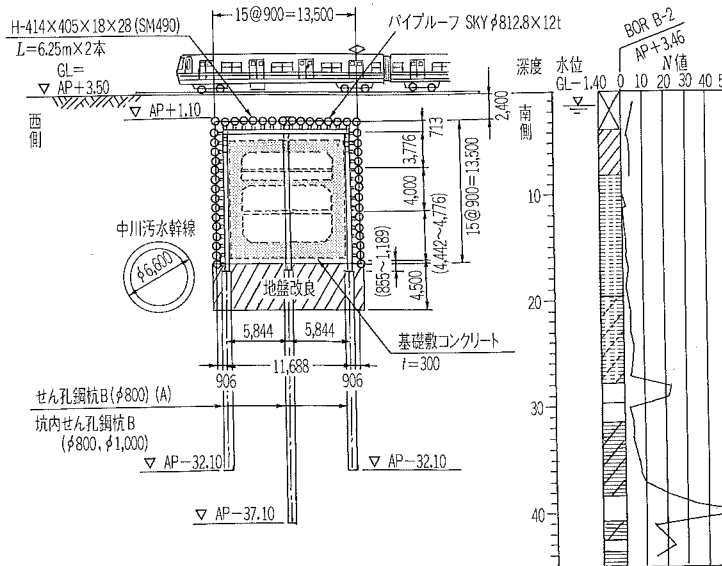


図-3 非開削部標準断面図および地質構成図

(断面W=10.9m, H=11.0m)

図-1に施工場所位置図を、図-2に全体計画図を、図-3に非開削部標準断面図を示す。

3 地質概要

当該工事場所の足立区谷中付近一帯は、荒川お

よび中川の扇状地で東京低地と呼ばれ、砂質土を主体とする東京層を基層とし、その上位を沖積層の7号地層および有楽町層が覆っている。図-3に地質構成図を示す。

4 施工概要

4-1 施工概要

綾瀬車両基地軌道直下に横坑掘削にて延長95mの道路トンネルを施工するため、両端に発進立坑を設けた後、立坑を掘り下げながら併せてパイプルーフ工事を行った。

次に立坑を利用し横坑掘削を行い掘削完了後に躯体を築造することになるが、軟弱地盤であることからさまざまな工夫を行った。

それらについて以下に報告する。図-4に上段掘削時縦断面図を、図-5に掘削横断面図を示す。

4-2 施工順序

図-6にパイプルーフ工以降の施工フローチャートを示すが、軟弱地盤区域における軌道直下での工事であることから、以下①～⑤の対策を行った。

- ① 全断面(約13×13m)を一度に掘削せず3段(上段, 中段, 下段)に分割して掘削した。
- ② 坑内掘削によるパイプルーフの

変形を小さくするため、上段掘削に先立ち水平方向地盤改良をMJS工法(メトロジェットシステム: 高圧噴射攪拌工法)にて行った。

- ③ 軌道の安全ならびに上段掘削時の切羽の安定のため薬液注入で地盤改良を行った。
- ④ 3.6mごとに坑内にて支持杭を打設しパイプルーフ受け桁を架設しながら上段掘削を行った。
- ⑤ ヒービング防止のため上段掘削完了後、坑内で底部改良をSJM工法(スーパージェットミディ: 高圧噴射攪拌工法)にて行った。

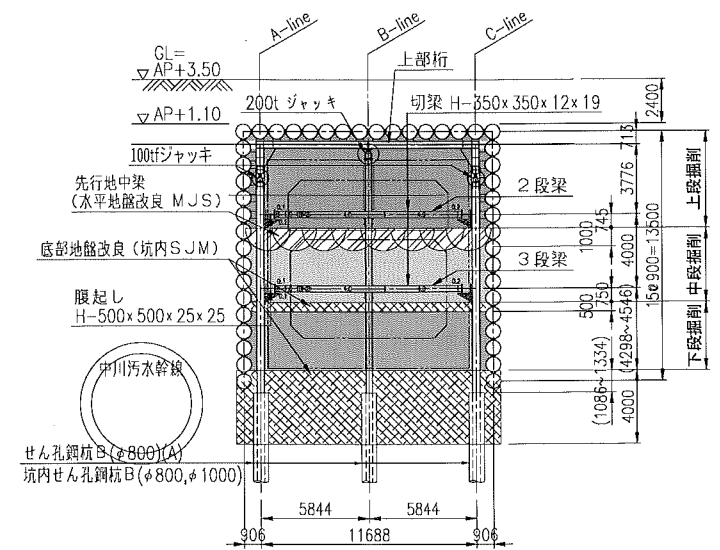


図-5 掘削横断面図

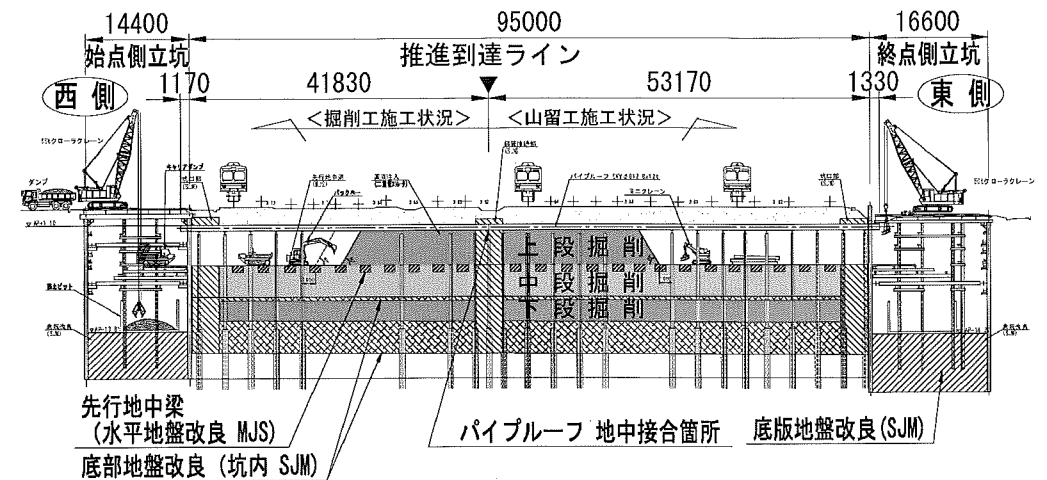


図-4 上段掘削時縦断面図

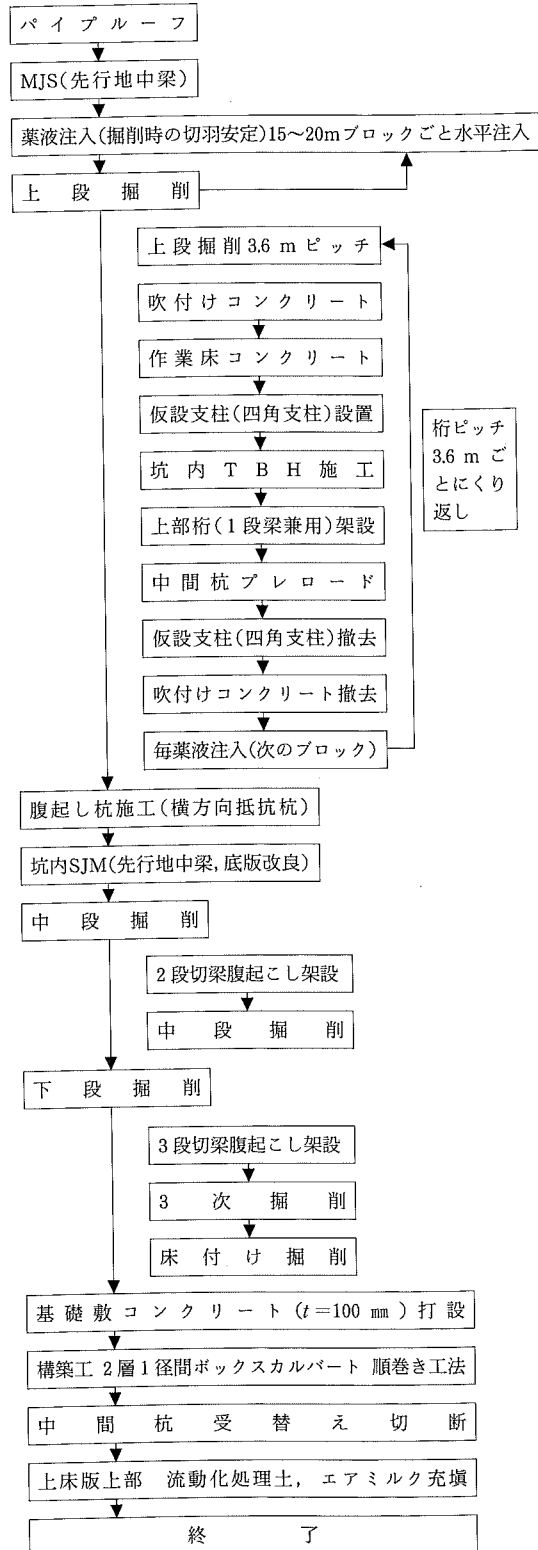


図-6 施工フローチャート

5 工事の詳細

5-1 長距離MJS工法の施工

5-1-1 MJSの概要

図-7にMJS工の全体平面図を、図-8に断面図を示す。門型パイプルーフの内部を掘削する際の横方向変形防止のための先行地中梁を施工するものであり、立坑から水平方向に半円形の改良体を8本連ねて1本の梁とするもので、50mを超える長距離水平方向削孔を行い精度良く改良体を井桁構造(切梁腹起し構造)に配置することを要求された。

5-1-2 MJS工法の特徴

MJSは造成管と排泥管を1本の管の中にまとめることにより水平方向施工が可能となった。写真-1に管(多孔管)の断面を示す。

施工時の地盤変状(沈下, 隆起など)を抑えるために地盤内圧力を多孔管先端に取り付けた地内圧センサにて常時管理し、それにもとづいて排泥量の調整吸引を行った。写真-2に施工状況を示す。

5-1-3 先行地中梁の施工精度

8本の改良体を水平に連ねて先行地中梁を形成するが、地中梁1本あたりの水平軸力50tfに対応する必要断面は幅×厚さ=1.5×0.7mとなるが、そのためには8本中1本でも精度が悪いと地中梁として無効になるので、削孔精度を高めることが重要である。

5-1-4 施工精度の測定

削孔精度の計測はジャイロオンライン、デジタルオンラインを用いて行った。写真-3にジャイロオンライン挿入状況を示す。

ジャイロオンラインは機械式ジャイロを内蔵しており、水平方向、鉛直方向を精度±0.1°(1/500)で計測することができる。

一方、デジタルオンラインは加速度計を内蔵しており、精度は±0.02°(1/2,500)、再現性は高いが、鉛直方向のみの計測となる。

当現場では水平方向はジャイロオンライン、上下方向はデジタルオンライン(3mピッチ)で測定しながら掘削した。

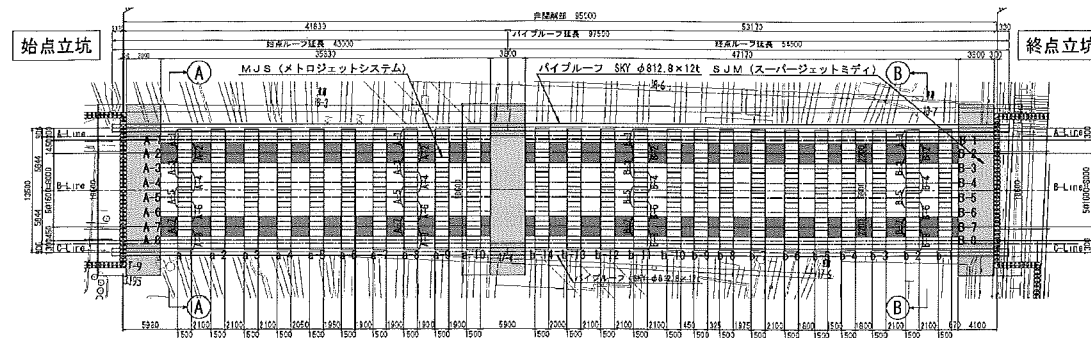


図-7 MSJ工全体平面図

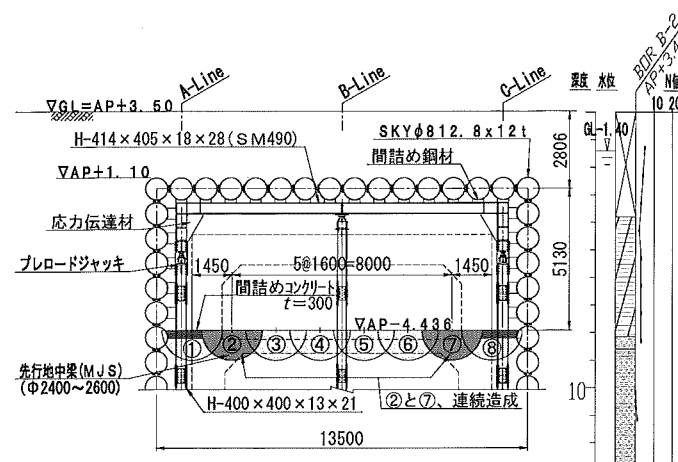


図-8 断面図

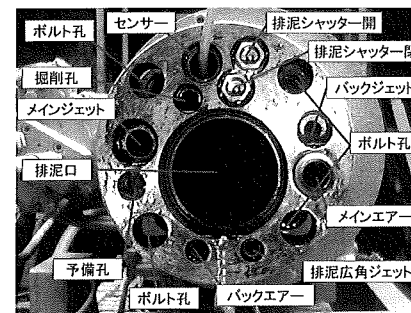


写真-1 多孔管断面図

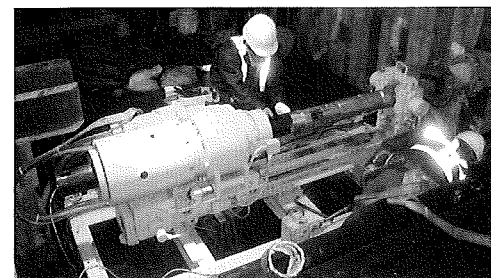


写真-2 施工状況

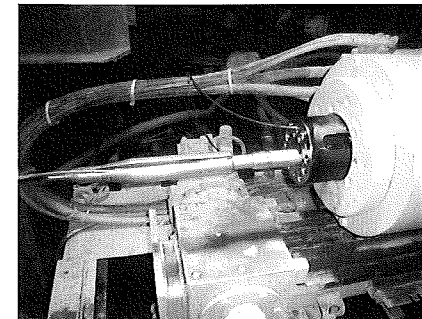


写真-3 ジャイロオンライン挿入状況(排泥口を利用)

5-1-5 精度確保

削孔中に生じる穴曲がりを補正するため、拡径ビットは試行錯誤の結果、最終的に写真-4、図-9のような形状にした。多孔管先端に装着した拡径ビットを修正の方向に向け揺動回転により、削孔し補正した。図-10にビットの揺動と方向修正のイメージ図を、図-11にMJS精度管理グラフの一例を示す。削孔精度を計測し、所定の精度が確保できなかった場合は、固化材(LW)にて穴埋めし、再削孔した。

±1/250(±20cm)を管理目標値としたが、実施工では±10cmを満足できた。

5-1-6 出来形確認

写真-5は中段掘削時にMJS改良体の断面を露出し出来形の確認を行ったものである。ラップ部分の最小厚はすべて確保できていた。また、ラップ部分は完全に一体化していた。

5-1-7 周辺への影響

MJSの施工において、当初懸念された軌道へのミルク・排泥の噴出はなく、軌道整備を必要と

する隆起・沈下もなかった。

5-2 薬液注入

5-2-1 パイプルーフ先受け地山の補強

上段掘削時(図-12参照)には上部桁とパイプルーフ先受け地山法肩までの距離が8.1m(切羽(法面)角度は60°)となり、先受け地山に作用する上載荷重が6.1tf/m²と大きいため、すべり破壊の可能性があった。よって、薬液注入を行い、この先

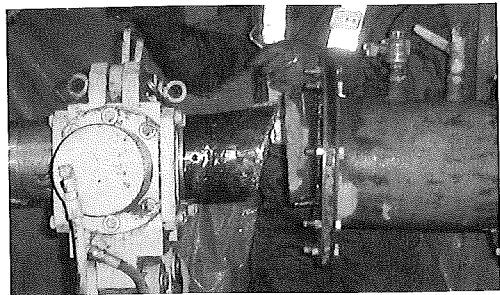


写真-4 拡張ビット先端

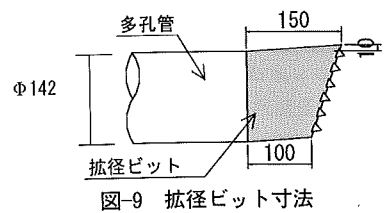


図-9 拡張ビット寸法

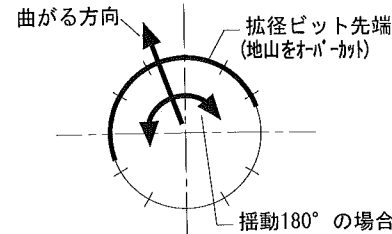


図-10 ビットの揺動と曲がる方向

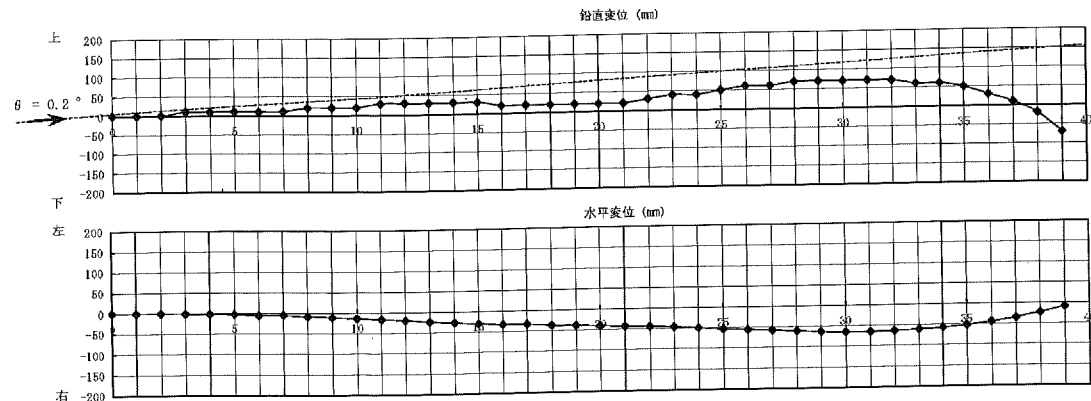


図-11 MJS精度管理グラフ

受け地山(緩い砂質土である有楽町層上部Yus層)を粘着力5.0tf/m²以上に補強する必要があった。

5-2-2 注入材の種類

試験施工の結果、この砂層の粘着力5.0tf/m²を確保するためには、有機系の注入材で注入率30%程度が必要となった。複相式の注入工法で瞬結：中結=1：2~1：4を採用した。その仕様は以下の

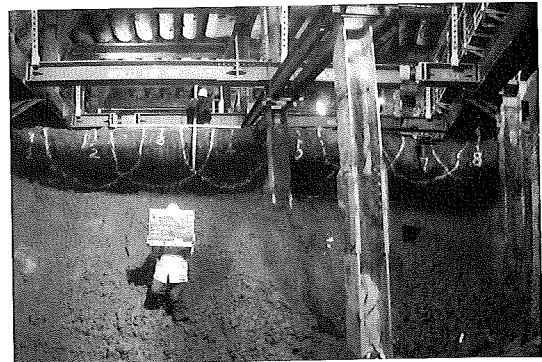


写真-5 中段掘削時MJS改良体断面(合成写真)

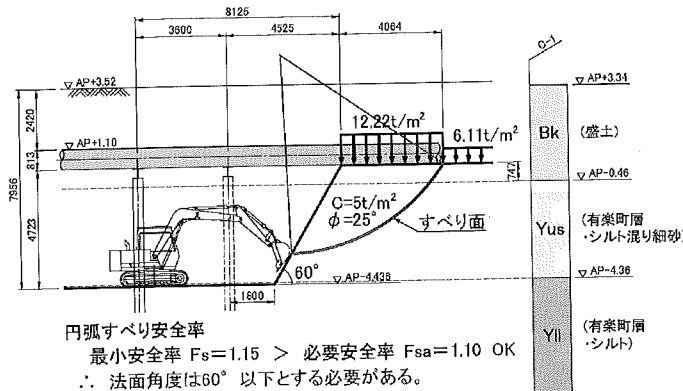


図-12 法面安定(円弧すべり)

とおりである。

溶液型有機系瞬結タイプ：

標準ゲルタイム 10秒±3秒(20℃)

溶液型有機系中結タイプ：

標準ゲルタイム 10分程度(20℃)

図-13に注入断面を示す。

5-2-3 複相式薬液注入状況

注入にあたっては軌道面の安全確保を第一に施工したが、薬液注入の圧力により軌道が隆起し1次管理値を超えることも多く、注入速度や量を制限せざるを得なかった。強度不足の場合は横坑上段掘削において何らかの補助工法を行い対応することとし、次の箇所の注入に進んだ結果、最終的には平均21%の注入量となった。

掘削時の切羽は薬液注入の効果により安定しており、肌落ち、すべり破壊などの兆候はなく、補助工法は必要なかった。

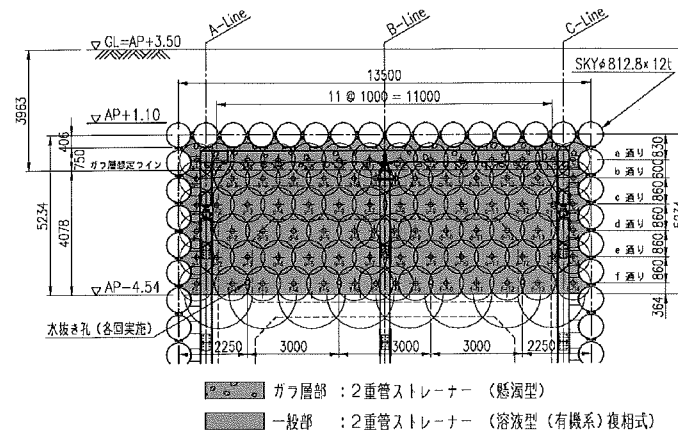


図-13 注入断面

5-3 吹付けコンクリート

パイプルーフ下端にガラ層があることおよび列車通過時のパイプルーフの振動などを考慮して、肌落ち防止のため吹付けコンクリート工(t=5cm)を行った。

5-4 仮設支柱

切羽前面での杭打ち作業の安全確保のため、仮設支柱(四角支柱)を上面パイプ1本ごとに1支柱架設した。写真-6に吹付けコンクリートおよび仮設支柱を示す。

5-5 坑内TBH杭

パイプルーフ荷重を受ける支持杭を1断面(3.6mピッチ)あたり3本をTBH工法(坑内せん孔鋼杭、AおよびC-lineはφ800、L=32m、B-lineはφ1,000、L=36m)にて施工した。内空4.7mの中で施工するため、H形鋼材3.0mの継ぎ杭となった。写真-7に坑内TBH杭施工状況を示す。

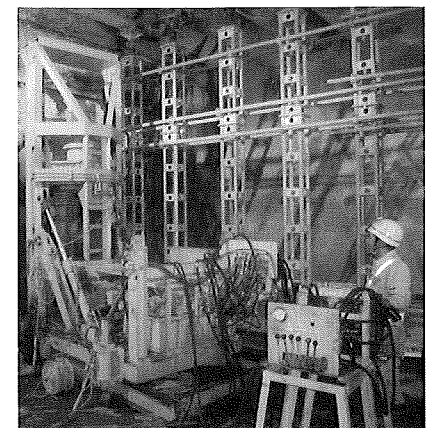


写真-7 坑内TBH杭施工状況

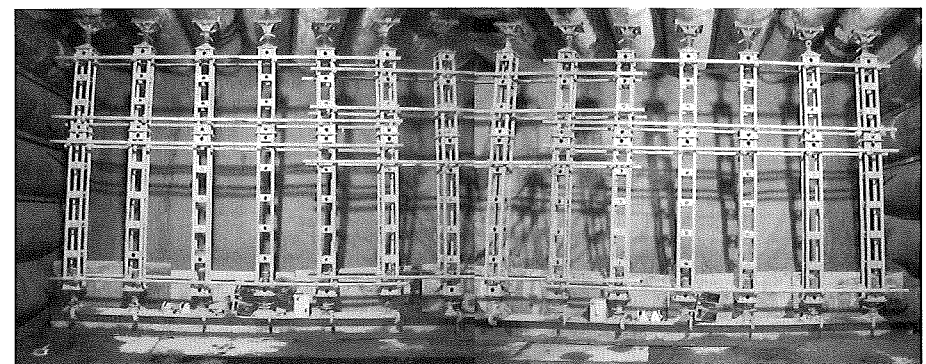


写真-6 吹付けコンクリートおよび仮設支柱断面図(合成写真)
(左右別々に撮影して合成したため、平行に施工したパイプルーフがV字形になって見える)

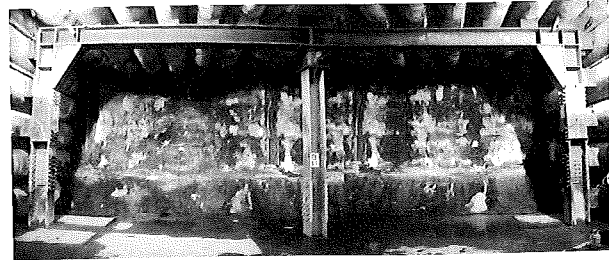


写真-8 上部桁架設状況(合成写真)

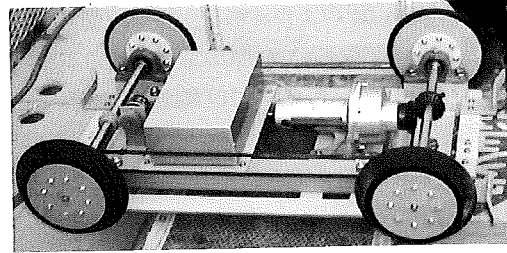


写真-9 パイプルーフ計測用自動走行台車

5-6 上部桁架設時プレロード

パイプルーフ変形防止, 軌道沈下の抑制を目的とし, 上部桁架設時にプレロードを実施した。AおよびC-line杭は100tfジャッキ, B-line杭は200tfジャッキを用いた。

なお, 通常プレロードジャッキ部はピン結合で設計されることが多い。しかし, この現場では支保工としての耐力確保のため, 杭と上部桁とは剛結合(ラーメン構造)とする必要がある。A,C-line杭はプレロード後, カバープレート現場溶接して箱型とし, 曲げモーメントおよびせん断力を伝達できる構造に補強した。

写真-8にカバープレート取り付け後の上部桁架設状況を示す。

5-7 パイプルーフ変形計測

上段掘削における, 軌道および切羽の安定・安全を図るため水平パイプルーフの変位を計測した。

写真-9, 図-14のように, パイプルーフ管の中にターゲットプリズムを搭載した台車をリアルタイムに走行させ, 後方のトータルステーションで視準しパイプの変位(X, Y, Z)を計測した。

5-7-2 横坑掘削に伴う上面パイプルーフの変位(予測値)

掘削によるパイプルーフの変形予測は, 2次元弾塑性山留め

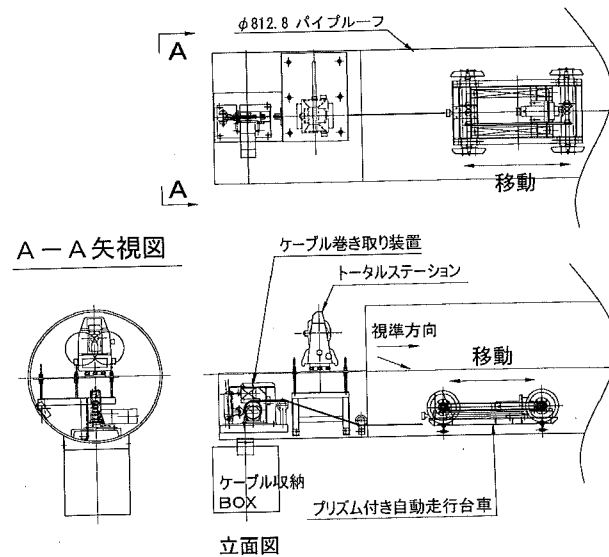


図-14 パイプルーフ変形計測

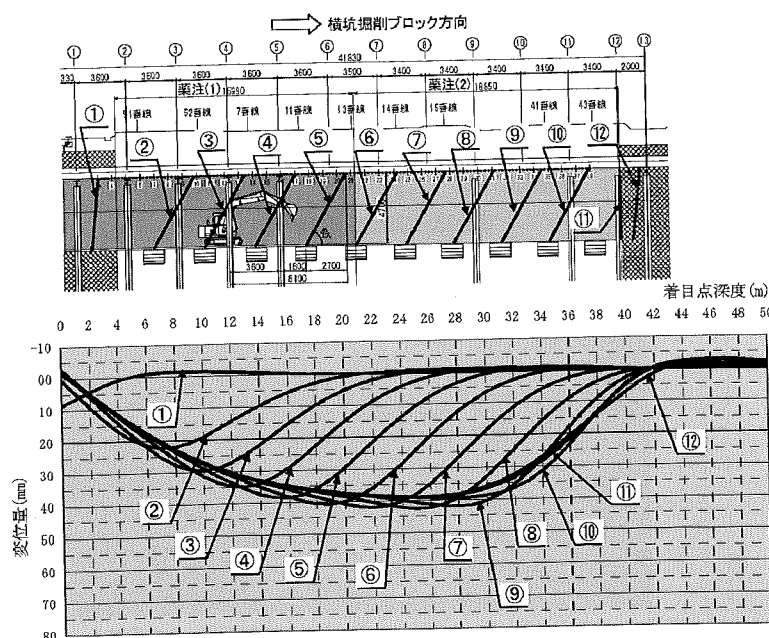


図-15 横坑掘削に伴う上面パイプルーフの変位グラフ(予測値)

解析ソフトを用いて行った。通常の山留め計算を90°回転させ, パイプルーフを山留め壁に, 中間杭を切梁に, 上載荷重を背面山の土圧に見立てて, 立坑から中間接合箇所の地盤改良部までを計算した。

図-15は変位グラフ(予測値)である。累計変位量で⑤通りから⑧通り間のパイプルーフは40mm程度の沈下が予想された。また, 掘削の進行に伴うブロックごとのパイプルーフ切羽側の沈下量は17mm程度と予想された。

5-7-2 横坑掘削に伴う上面パイプルーフの変位(実測値)

図-16は変位グラフ(実測値)である。このように掘削の進行によるブロックごとの沈下量は10~14mm程度であり, 予想の範囲内であった。また, 変位グラフ(予測値)のように変形は凹を示すと思われたが, 5-2項で述べた薬液注入(延長40mを②ブロックに分けて施工)の影響でパイプルーフが

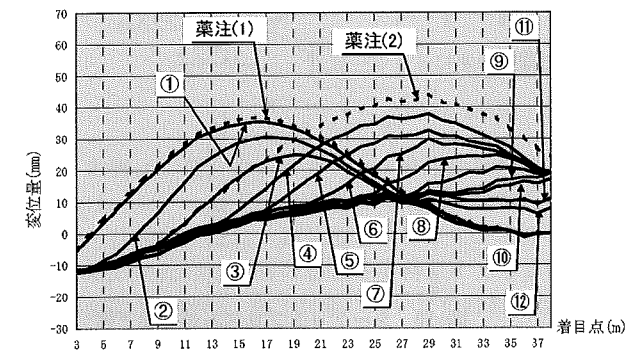


図-16 横坑掘削に伴う上面パイプルーフの変位グラフ(実測値)

隆起したため, 変位グラフ(実測値)は凸の形状を示した。

掘削に伴い法肩付近の変形は除々に進行したが, 予想値の範囲であり, 安全を確保しながら施工できた。

また, 実測値は予測値よりやや小さいが, 計算上の仮定(上載荷重, 地盤バネ, 中間杭バネなど)および計算手法も適切であったと考える。

5-8 底部地盤改良(坑内SJM)の施工

写真-10, 図-17に坑内SJMの施工状況を示す。内空高さが少ないため排泥ピットが確保できないことおよび工期短縮のため, 坑内SJMは, 口元管を工夫し, 排泥はノッチタンクを介して直接排泥車に積み込めるようにした。写真-11に口元管を示す。

底部地盤改良の施工に併せ, 中段と下段掘削の境界にt=500mmの地盤改良を行った。これにより, 2次掘削時の重機通路が確保できたこと, ま

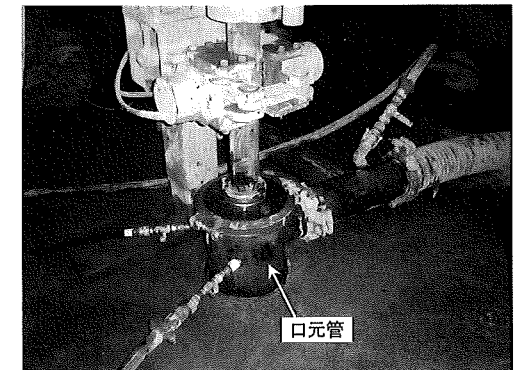


写真-11 口元管

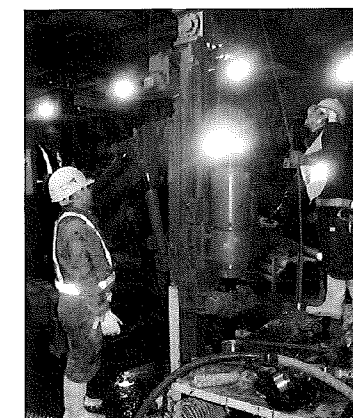


写真-10 坑内SJMの施工状況

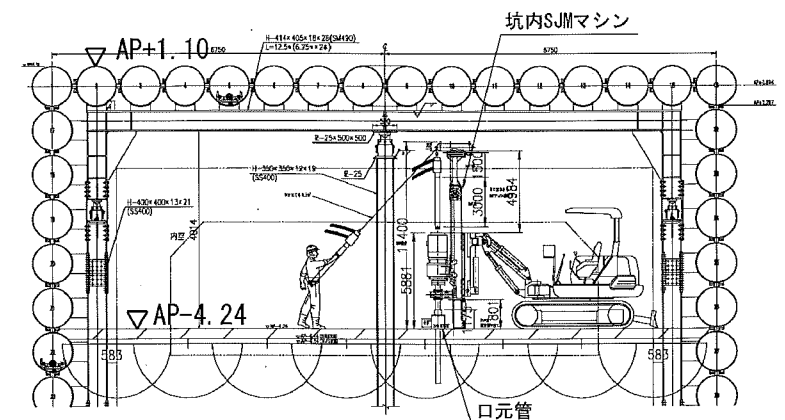


図-17 坑内SJMの施工

た、先行地中梁として有効に働き3段梁をあと施工で掘り進むことができたことから、工期を大幅に短縮できた。

5-9 掘削完了

95mの横坑掘削は、平成16年6月16日にSMW切断(かがみ切り)を開始し、平成17年5月28日に基礎敷コンクリートを打設するまで約1年を要した。写真-12に掘削完了状況を示す。

5-10 横坑掘削部の構築

側壁は1.2mと厚く、マスコンクリート対策として、低発熱ポルトランドセメント(L)を使用したため、クラックの少ない良質なコンクリートを施工できた。

5-11 パイプルーフ工法に伴う路面の沈下状況

パイプルーフから構築完成までの33か月の間、



写真-12 掘削完了

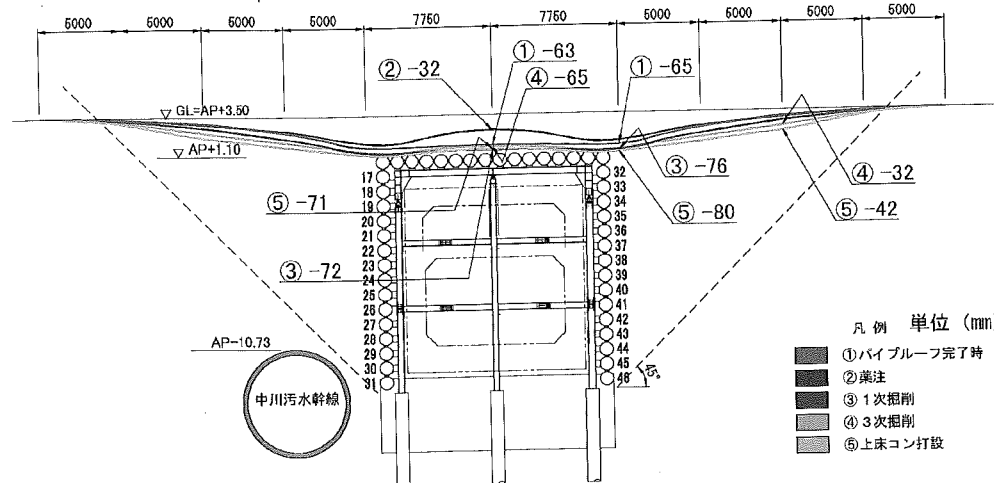


図-19 沈下状況図

施工影響範囲の軌道および路床に合計123か所を選定し、その測定点にターゲットプリズム(写真-13, 図-18)を設置し、自動追尾型の測定器(トータルステーション2台)および座標演算コントローラー(ハイポス: Hyper Positioning System 2台)を用いて24時間の自動計測を行った。

パイプルーフ施工以降の軌道上の計測点の変位データを平均化して地表横断面の沈下状況を表現

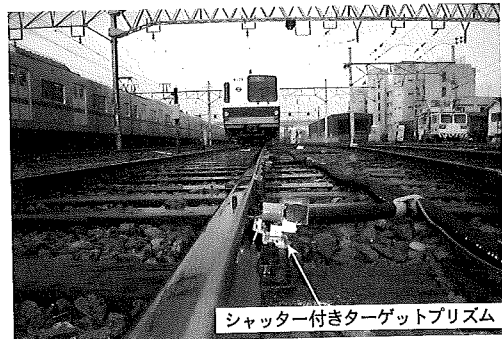


写真-13 シャッター付きターゲットプリズム

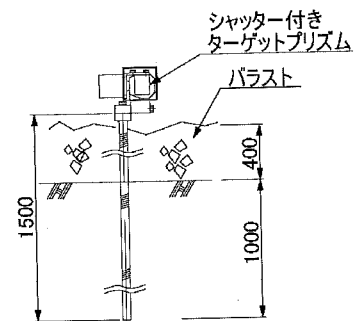


図-18 ターゲットプリズム付き沈下棒

したものが図-19である。小土かぶりのトンネル施工における地表面沈下の貴重なデータが得られた。

薬液注入では地盤への注入に伴い隆起し、上段掘削ではパイプルーフの変形に伴い沈下した様子がよくわかる。

中段掘削時、下段掘削時にも沈下は除々に進行し、鉄筋コンクリート施工時の切梁撤去時にも見られたが、N値0~2程度の軟弱な有楽町層下部(YII)の影響と思われる。

6 おわりに

車両基地直下の小土かぶりの道路トンネル築造

において、周辺に大きな影響を与えず、無事故で施工できたことは、足立区、東京地下鉄、地下鉄メンテナンス、大成・西松建設工事共同企業体が一丸となって課題に取り組み対処したたまものであり、また、2度にわたり当該工事について掲載していただいた「トンネルと地下」の編集に携わった方々も含め、皆様のご尽力に厚く感謝する次第である。

参考文献

1) 栗田幸雄・石川和彦・高橋幸久:車両基地直下にパイプルーフで道路トンネルを施工、綾瀬車両基地立休体交差工事, Vol.35, No.12, トンネルと地下, 2004. 12.

シールドトンネルの新技術

シールドトンネルの新技術研究会編 代表 鈴木 章

B5判 285頁 本体価格4,660円 円340円

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

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

株式会社 土木工学社

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



■平山復二郎と『トンネル』

昨年(2023)の11月、ジェオフロンテ研究会から『トンネル』と題した1冊の本が復刻された。この本は、1943(昭和18)年に、当時、満洲電気化学工業理事長として吉林市に単身赴任していた平山復二郎が、岩波書店の岩波全書シリーズに書き下ろしたもので、トンネルとは何かを一般向けに平易に解説したものである。60年以上も前の著作であるため、旧漢字・旧仮名遣いで読みにくいことから、「現代語訳」として現在の言葉に書き改めたうえで出版された。現代語訳の労をとったのは、五洋建設の武内秀木さんで、「顕擔柱」^{あごにないばしら}、「斧指」^{よきまし}など今や死語となってしまった木製支保工時代の専門用語を解きほぐしながらこれを完成させた努力に、心より敬意を表したい。ここでは、『トンネル』の現代語訳にちなんで、平山復二郎と、その周辺の人物たちにスポットをあててみたいと思う。

■平山復二郎の足跡

平山復二郎は、1888(明治21)年に東京市本郷区で生まれ、府立一中から一高を経て東京帝国大学土木工学科に入学した。1912(明治45)年に同校を卒業した平山は、ただちに鉄道院に入庁したが、同期には関門トンネルの所長として活躍した釘宮磐、生涯の友であった白石多士良がいた。入庁後



写真-1 平山復二郎(1888~1962)

は、志願兵としてしばらく陸軍に籍を置いたのち復帰し、1920(大正9)年にはアメリカへ留学した。さらに復興局道路課長として関東大震災後の帝都復興に尽力し、熱海建設事務所長として丹那トンネル工事の最前線で活躍した後、鉄道省建設局長、南満洲鉄道理事などの要職を歴任した。戦後は、日本技術士会理事(のち会長)として技術士制度の確立に貢献したほか、パシフィックコンサルタンツ社長、復興建設技術協会理事、ピー・エス・コンクリート社長として、初期のコンサルタント業

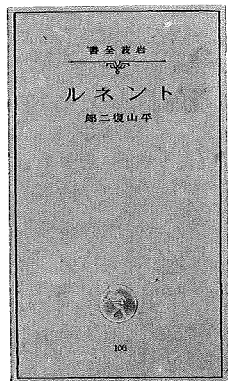


写真-2 『トンネル』の原本(筆者所蔵)

界の育成や、新技術の普及に情熱を注いだ。さらに1956(昭和31)年には土木学会会長に就任したが、1962(昭和37)年1月、胃癌のため74歳で逝去した。

この間、『工事と請負』(日本工人倶楽部・1928)、『土木施工法』(アルス・1937)、『トンネルの話(訳書)』(岩波書店・1939)、『地底に基礎を掘る』(パンフィックコンサルタンツ・1955)など多くの著書を著した。また、若いころは一高野球部主将として学生野球に熱中し、壮年期は名門・相模カントリー倶楽部の理事としてゴルフを愛し、その一方で短歌雑誌『郷土』同人として短歌にも親しむなど、多趣味な人生を送った。

■名三塁手・平山の大トンネル

平山の人物像やエピソードは、自著である『土木建設に生きて』(山海堂・1961)や、没後に追悼録として出版された『平山復二郎君の思い出』(同書刊行会・1962)などに数多く記されている。

一高野球部の二塁手で、のちに朝鮮銀行副総裁となった君島一郎の回想によれば、平山の守備は歴代の三塁手の中でも傑出し、「いかなる球も三塁はぬけじ」とさえ評された。その平山が難工事となった丹那トンネルを指揮し、見事に完成へと導いたことから、往時を知る人々は「ゴロをトンネルしなかった平山が大トンネルをやった」と讃えたという。ちなみに、一高野球部で平山の後の三塁手を継いだのは、『馬酔木』^{あしび}を主宰した俳人・水原秋櫻子であった。



写真-3 丹那トンネル東坑口と平山復二郎(右から2人目)、『平山復二郎君の思い出』より



写真-4 C.E.Museumの展示室

また、ゴルフ熱も相当なもので、平山が鉄道省岡山建設事務所長を務めていた1929(昭和4)年ごろ、君島も日本銀行岡山支店長だったため、仲間をつのって高梁川の河川敷に6ホールのゴルフ場を造成したほどであった。君島はこれが日本における河川敷ゴルフ場の最初であったと記しているが、そのとおりかどうかはわからない。蛇足ながら1957(昭和32)年に開設された赤羽ゴルフ倶楽部は、復二郎の実弟で運輸事務次官を務め、ゴルフ理論の訳書などもある平山孝の設計によるもので、兄弟そろってゴルフ界に縁が深かった。

■C.E.Museumと平山復二郎

平山が初代社長を務めたパシフィックコンサルタンツ本社(東京都多摩市)には、平山復二郎の業績を展示したC.E.(Consulting Engineers)Museum(パシコン史料館)がある。ここでは、「土木」の源流を中国の古典やイギリス土木学会の成立に求め、技術士制度やコンサルタント業の理念などにかかわる史料が展示されており、その中に平山の関連資料も含まれている。平山は、単に土木技術者としての枠にとどまらず、技術の意味や、技術者のあるべき姿を考究し続けた人物でもあり、その主張は『技術と哲学』(理工図書・1950)、『技術と生活』(交通協力会・1952)、『技術』(交通協力会・1958)などの啓蒙書にも表れている。

見学を希望される方は、同社取締役顧問で、C.E. Museum館長を務める宮越堯^{たかし}さんへ連絡すれば対応していただけるとのことなので、ぜひ訪れてその片鱗に触れていただきたいと思う(連絡先: 042-372-0111)。



「みどり豊かな健康文化都市」豊見城より

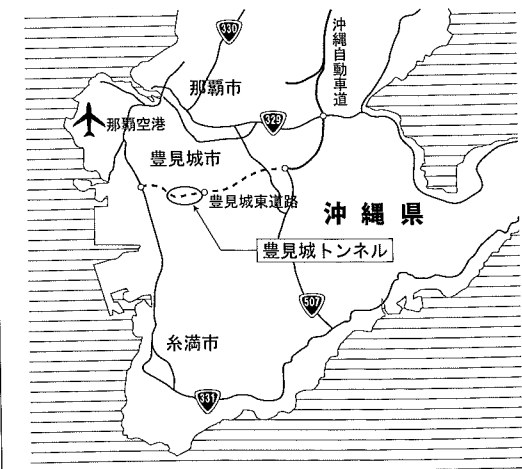
齊藤 靖 孝

沖縄県は、13～15世紀には琉球王朝ともいわれ、その時代に造られた首里城跡・識名園・玉陵・今帰仁城跡など世界遺産が数多くあり、さらに沖縄本島だけでもビーチが30数か所、世界一の水族館「沖縄美ら海水族館」など、数多くの魅力的な観光地がある。

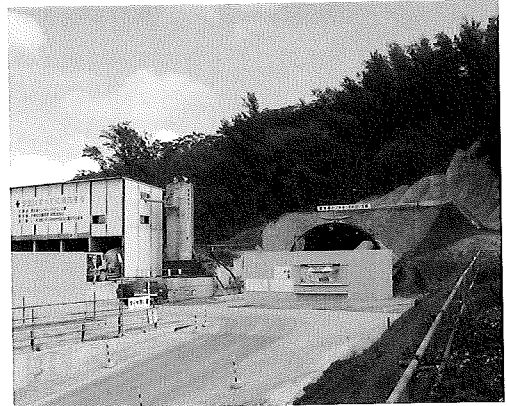
ここ豊見城市是那覇市の南に隣接し、那覇空港からも約15分のところにある。地形は、低地や大小さまざまな丘陵地に分かれ変化に富んでいる。豊見城市の地名は、13～15世紀の三山時代に後の南山王と汪応祖が漫湖を眺望する高台に城を築き、それを「とよみ城」と美称したことに由来する。「とよみ」とは「鳴り響く」、「名高い」などの意味があり、時代とともに「とよみぐすく」、「ていみぐすく」、「とみぐすく」と変化したといわれている。

1879年の廃藩置県で琉球藩から沖縄県となり、1908年には琉球王朝時代の呼称である豊見城間切から豊見城村に改称した。最近では隣接する那覇市のベッドタウンとして急速に都市化が進み、人口も増加の一途をたどった。1976年には全国一人口の多い村に発展し、2002年に村から市に昇格した。

さて、当豊見城トンネル是那覇空港自動車道の一翼を担うもので、豊見城東道路(L=6.2km)のうち約1,074mの山岳トンネルである。工事は、その1工事L



位置図



坑口全景

=331.15mとその2工事L=742.85mの2工区に分かれ、当作業所はその2工事を担当している。

地質は、島尻層群泥岩が主体である。全体的に小土かぶりであり、工区の約6割が9～18m(1.5D以下)の小土かぶりとなっているため、天端安定対策としてフォアポーリングや注入式フォアポーリングなどを採用しながら慎重に掘削を進めている。

坑口ヤード周辺の10～30m付近には民家が密集しているため、周辺環境対策として高さ4～9mの防音壁で囲い騒音対策を行っている。しかし、「囲いの中はどうなっているのか、何をしているのか見てみたい」と住民の方々の興味をそそり、現場見学を開催した。現場見学に参加した人から、「トンネル現場は思っていたより明るくて綺麗ですね」、「吹付けコンクリートで囲われているから安心感がある」、「大変な仕事をしているね」、「トンネル現場のイメージが変わったよ」などの多くの励ましの言葉をいただき、トンネル現場のイメージアップが図れたと思っている。現場見学以降、住民の方々と道で会うと「どのくらい進んだの」と気軽に声を掛けられるようになった。

最後に、住民の方々のご期待に応えるべく、発注者および関係各位のご指導のもと、一步一步踏みしめながら無事故・無災害・明るい建設業を目指し頑張る所存である。

(ハザマ・大城JV豊見城トンネル作業所長)

施工

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—

東京都下水道局北部建設事務所工事第三係長 黒木 鎮利
五洋・みらい・りんかい日産建設共同企業体所長 峯 英治
五洋建設(株)土木部門土木本部土木設計部係長 小野 友成
五洋・みらい・りんかい日産建設共同企業体機電主任 網野 巖

1 はじめに

長い年月を費やし下水道整備を行ってきた東京都では、施設の経年的な老朽化に加え機能の低下が顕在化している。例えば、道路陥没の多発や浸水被害の頻発、雨天時の水域の汚濁など都市活動や都市生活にかかわる問題となって現れている。東京都では、これら問題に対応するために老朽化対策である再構築事業や浸水対策事業などに取り組みしており、すでに下水道が整備された地域においても新たな下水道幹線の建設が進められている。

この下水道幹線の建設には豊富な実績のあるシールド工法が多用されているものの、下水道は枝葉のようにネットワークを形成するため、既設の幹線に接合する工事が多発するようになる。従来、このような接合工事は接合地点に立坑を築造し既設幹線を掘り出し施工したり、接合部周辺を地盤改良して対応していた。しかし、地下スペースの関係から幹線位置の大深度化により、立坑築造に多大な費用を要したり、車両の交通の確保や地下埋設物の存在などから立坑自体の築造が困難になってきた。そこで、立坑を必要としない安全で経済的な地中接合技術が求められるようになった。

このような背景のもと、筆者らグループ¹⁾は新設トンネルをシールド工法によって既設トンネ

ルに直接地中接合できる「T-BOSS工法」を開発、実用化²⁾してきた。

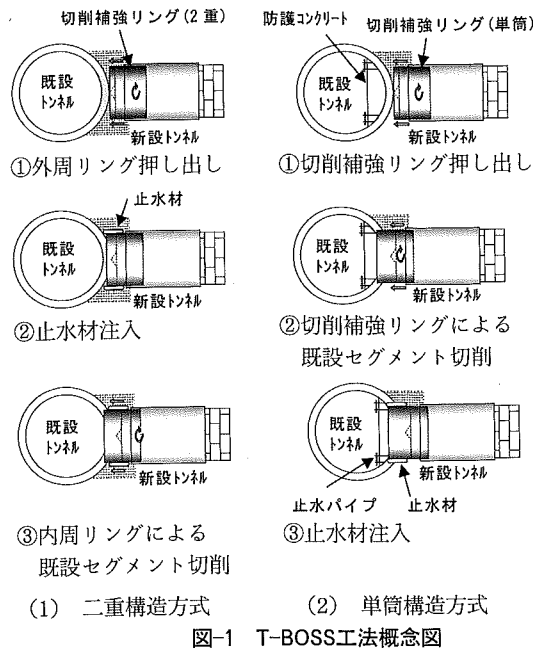
本稿では、既設の下水道幹線に切削補強リングが単筒構造のT-BOSS/S方式を初めて採用した東京都下水道局施行の「飛鳥山幹線その5工事」の事例およびそのために行った実証実験の概要などを報告するものである。

2 T-BOSS工法の概要

2-1 T-BOSS工法の概要

T-BOSS工法は、シールド内に格納装備された“切削補強リング”と呼ばれる切削ビット付きの円筒形鋼板リングにより既設トンネルを直接切削・貫入し、新設トンネルをT字形に既設トンネルに機械接合するシールド地中接合法である。従来の地中接合では、接合部周辺を地盤改良などを行い地山の安定を保ちながら接合させる方法が行われてきた。このため、とくに大深度の条件下では接合時の切羽内作業の安全性に課題があった。T-BOSS工法は次のような特徴をもっており、従来の工法と比較して安全性・工期・コスト面で有利となる。

- ① 接合部地上からの作業が不要。
- ② 地山を緩めず安全確実な作業が可能。
- ③ 地盤改良などの補助工法が大幅に低減可能。



2-2 T-BOSS工法の種類

T-BOSS工法は、図-1に示すように切削補強リングが単筒構造(T-BOSS/S工法)、二重構造(T-BOSS/W工法)の2種類がある。それぞれの特徴を以下に示す。

2-2-1 二重構造方式(T-BOSS/W工法)

切削補強リングを二重構造とすることで、既設トンネル内での作業なしに切削作業の途中で、外周リングと充填材により止水性を確保した後、内周リングのみ押し出し、セグメントを切削・貫通する方法(図-1(1))。本工法の場合は新設トンネルのセグメント外径が、φ3,150mm以上の場合に適用可能な工法である。

2-2-2 単筒構造方式(T-BOSS/S工法)

切削補強リングは単筒構造とし、既設トンネル内に防護コンクリートを設置することにより、既設トンネルへの地下水流入防止措置を施した後セグメントを切削・貫入する方法(図-1(2))。新設トンネルと既設トンネルの接続部の止水作業は、既設トンネル切削後に既設トンネルおよび新設シールド内より行う。T-BOSS/S工法は次の特徴

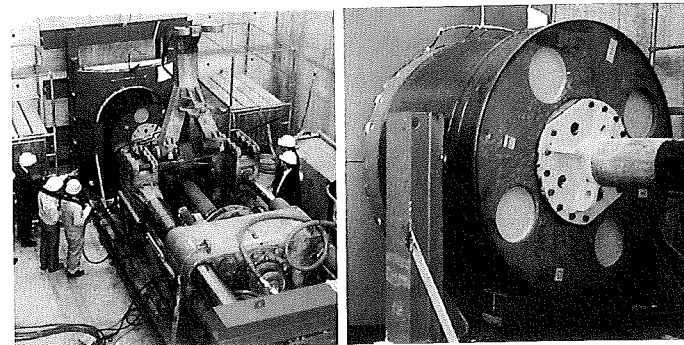


写真-1 実験状況写真^{3),4)}

を有している。

- ① 防護コンクリートで既設トンネルが支持されているため、切削時に必要なセグメントの補強工が低減できる。
- ② 新設シールド外径が、φ2,750mm以上の場合に適用可能な工法である。

本工法では、後述するように施工当初は既設飛鳥山幹線内は下水が流下しておらず、幹線内から防護コンクリートの設置が可能であること、また新設セグメント外径がφ2,750mmであることからT-BOSS/S方式が採用された。

3 実証実験の概要

本工法は実用化に向けて、さまざまな実験と検討を重ねてきた。基礎的技術の確立段階では次のような切削方法とビットにかかわる知見が得られた。

- ① 外周切削(コア抜き)が適している。
- ② 特殊合金母材に円柱形超硬チップを多数埋め込んだ特殊ビット(自生刃ビット)が有効である。

このような基礎的知見を踏まえ、実際の現場を想定した実証実験を実施した。実験状況を写真-1に示す。

この実験は大口径岩盤掘削機のボーリングロッドを水平に配置し、その先端に自生刃ビット付き切削補強リング(φ1,400mm)を取り付けて、さまざまな状況を想定して実験パラメータを変更しながら鋼製セグメントを切削した。そしてシールドの仕様決定や切削時の既設トンネルに与える影響

などを解析するデータを得ることを目的に行った。その結果、以下のことが明らかになった。

- ① 自生刃ビットは超硬チップの配列、突出量などを改良することで実用化可能である。
- ② 自生刃ビットの配置は、切削補強リングの内周刃：外周刃=1：1が適切である。
- ③ 自生刃ビットが鋼製セグメントを安定した状態で切削するには、切り込み深さは0.0125mm/個以下とする必要がある(図-2)。なお、切削ビットの切り込み深さを式(1)のように定義した。

$$t = V / (N \times R) \text{ (mm/個)} \quad (1)$$

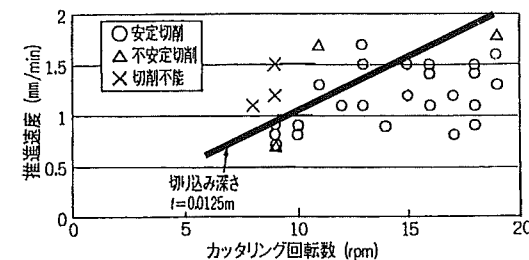
t: 切削ビットの切り込み深さ(=0.0125mm/個)

V: 切削推進速度(mm/min)

N: 切削ビット取り付け数(=8個)

R: リング回転数(rpm)

- ④ 切削時に必要なトルク係数α値(T/D³)は、1.2~3.4となり、通常掘進時より非常に小さく、通常掘進時トルクでの切削が可能である。
- T: 切削トルク(kN・m)
D: カッターリング直径(=1.4m)



※「不安定切削」とはリングのブレ、ビット母材の変形、回転ムラなどが生じたが切削可能である状態のこと。

図-2 切削性能比較^{3),4)}

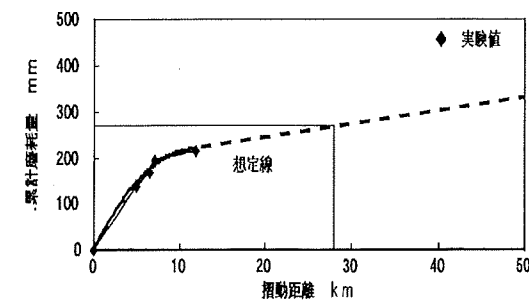


図-3 ビット累積磨耗量³⁾

- ⑤ 切削補強リングの摺動距離とビットの累積磨耗量の関係は、図-3のとおりとなった。
- ⑥ 切削面に鋼材の占める割合が大きく冷却水がその部分に直接当たらない場合には、切削面が過熱し切削トルクの上昇が確認された。実施工では切削補強リング先端よりジェット水を噴出させるなどして、切削面の冷却と切削切り粉の排除が必要である。
- ⑦ 鋼製セグメント(被切削体)内側にコンクリートを打設することにより、ビットの周囲にボーリングロッド内より注入した冷却水が帯水するため、冷却効果が向上し切削状況が安定した。実施工ではその効果も含め防護コンクリートの打設が必要である。

4 工事概要

4-1 工事諸元

工事名: 飛鳥山幹線その5工事
工期: 平成16年10月~平成17年8月
主要工種: 泥水式シールド工法・地中接合(仕上がり内径: φ2,000mm)
路線延長: 1,781.15m(前回工事700mを含む)
既設飛鳥山幹線の構造: 図-4

4-2 路線概要

飛鳥山幹線は東京都板橋区加賀公園内を発進し、石神井川およびJR埼京線下の横断後、王子新道下を東進する。そしてJR京浜東北線下を横断した後、王子二丁目において既設飛鳥山幹線(以下、

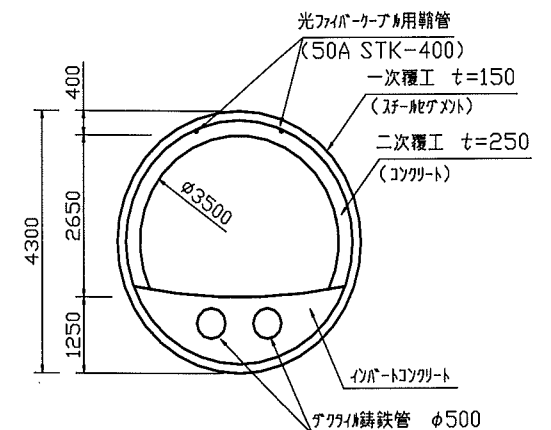


図-4 既設飛鳥山幹線の構造

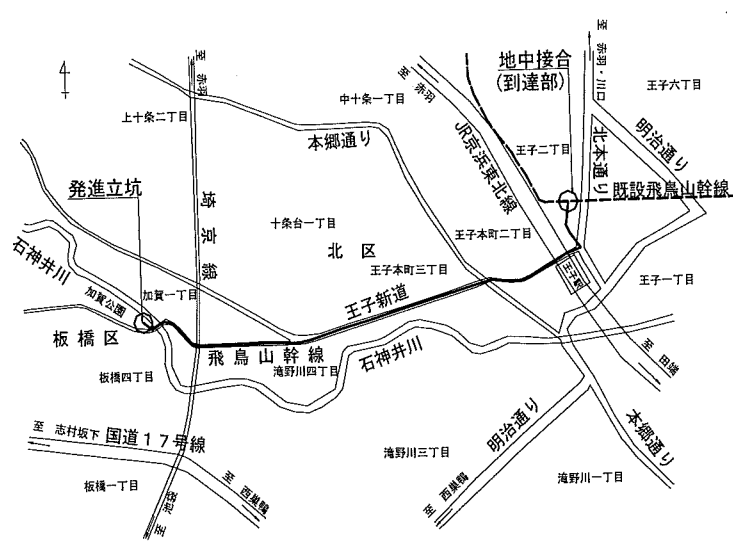


図-5 飛鳥山幹線位置図

既設トンネルと記述する)へ地中接合により到達する(図-5)。

当該路線は約1.8kmの延長であり、全延長にわたって道路幅が狭く交通量が多い、とりわけ、既設トンネルとの接合部路上は住宅地が近接しており、立坑の建設が不可能と判断されたため、地中接合により接続することとなった。

4-3 地質概要

当工事区間は、武蔵野台地東端部から東京低地にかけての地域にあり、発進側(上流側)は石神井川沿いの谷底平野の盛土地、中間部は武蔵野台地(本郷台)の段丘面や凹地、到達側(下流側)は東京低地の盛土地に位置している。図-6は地中接合部の土質を示したものである。上から埋土層、有楽町層、江戸川層の順に成層している。トンネル接合位置では江戸川層の砂および礫層であり透水性の高い地質が分布していること、および約0.3MPa(水頭約30m)の地下水圧があることなどから接合作業時の止水が重要となる。

4-4 既設トンネル準備作業

本工法で既設トンネルを切削するためには、接合部に防護コンクリート設置など既設トンネル内での作業が必要である。

当工事の既設トンネル地中接合部は以下のような施工条件下にあった。

- ① 既設トンネル内への入出坑口は接合部から

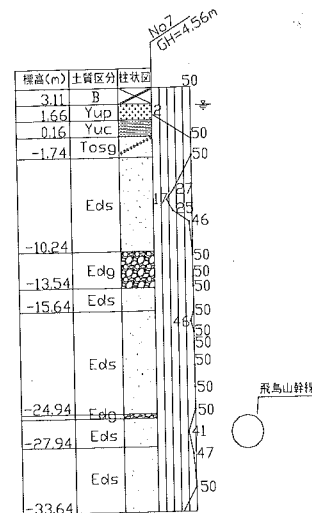


図-6 地中接合部土質柱状図

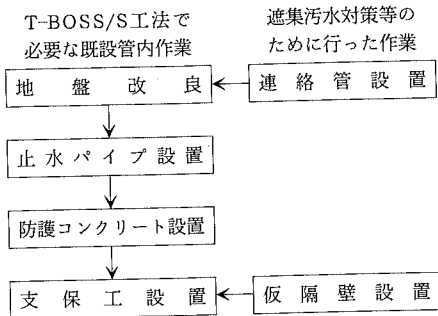


図-7 既設トンネル準備作業

約700m離れた既設人孔のみであり、既設トンネルの換気や照明電源の確保および資材の供給が困難であった。

- ② 当工事の施工当初はトンネル内はドライ状態であるが、接合作業を行っている時期は遮集汚水が流下するため、その対策が重要となる。

このため、①の対策として地中接合部にφ300の連絡管を設置し、②の対策として既設トンネルに仮隔壁を設置した。

なお、既設トンネル準備作業は図-7に示すとおりであり、遮集汚水が通水される前に実施した。

4-4-1 連絡管設置

既設トンネルとの接合部路上は狭隘な道路であるが、ボーリングマシンを使って歩道部から斜め削孔により連絡管を設置した。

4-4-2 地盤改良

地中接合部の土質は砂および礫層であるため、切削補強リングの回転に伴う地山の肌落ち防止を目的として新設トンネル上半部のみ止水材の注入による地盤改良を行った。

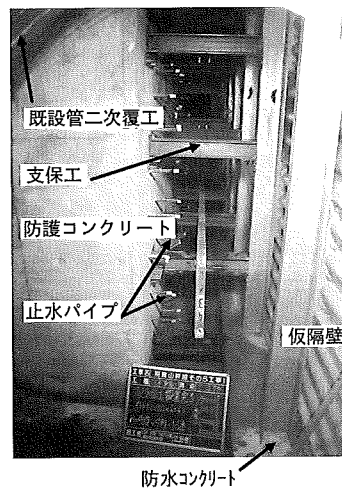
4-4-3 止水パイプ設置

地中接合時、既設トンネルから切削補強リングへ止水材を注入するため、鋼管を防護コンクリート内へ埋設した。

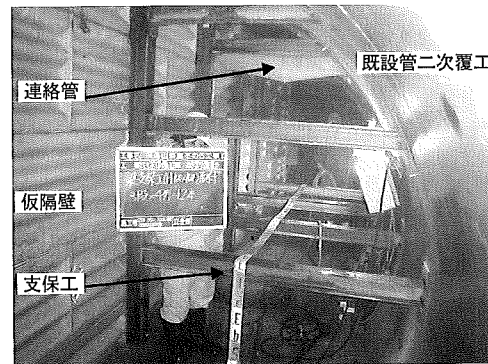
写真-2(1)に既設トンネル準備設置物のうち、仮隔壁の内側設置物を示す。止水パイプは30cmピッチで切削補強リングに沿って配置した。

4-4-4 防護コンクリート設置

地中接合時の止水、既設セグメントの補強および冷却水の帯水を目的として防護コンクリートを



(1) 既設管内(仮隔壁内側)



(2) 既設管内(仮隔壁外側)

写真-2 既設管内準備作業

打設した(写真-2(1))。

4-4-5 仮隔壁設置

仮隔壁を既設トンネル内に設置し、遮集汚水の流入を防止した。写真-2(2)に既設トンネル準備設置物のうち、仮隔壁の外側設置物を示す。仮隔壁の主要材料はライナープレートと溝形鋼であり、これらをホールインアンカーによりトンネル二次覆工およびインバートへ固定した。

また、仮隔壁下端部は止水性を向上させるために防水コンクリートを打設した(写真-2(1),(2))。

4-4-6 支保工設置

地中接合時の泥水圧に対する反力として支保工を設置した。支保工の主要材料はH形鋼で人力運搬可能な長さとした。

また支保工の設置高さは通常時の遮集汚水の通水を阻害しないように通常時水位(760mm)上の高さとした(写真-2(1),(2))。

4-5 T-BOSS/Sシールドの施工

4-5-1 T-BOSS/Sシールド

「3 実証実験の概要」の結果および検討結果からT-BOSS/S仕様のシールドを製作した。写真-3にシールド外観を、図-8にシールド構造図を、表-1にT-BOSS/Sに関する装備一覧を示す。

4-5-2 切削準備

(1) 切削補強リング作動準備

シールドのフィッシュテール先端が既設トンネルに接触した時点で切削補強リングに連結ブラケットを設置して、カッタヘッドとの締結作業を行った。

(2) 冷却水注水準備

切削補強リング先端の注水孔から冷却水を噴出

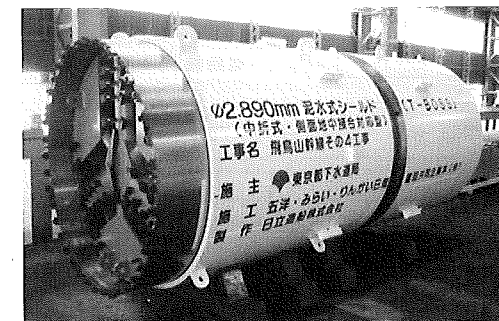
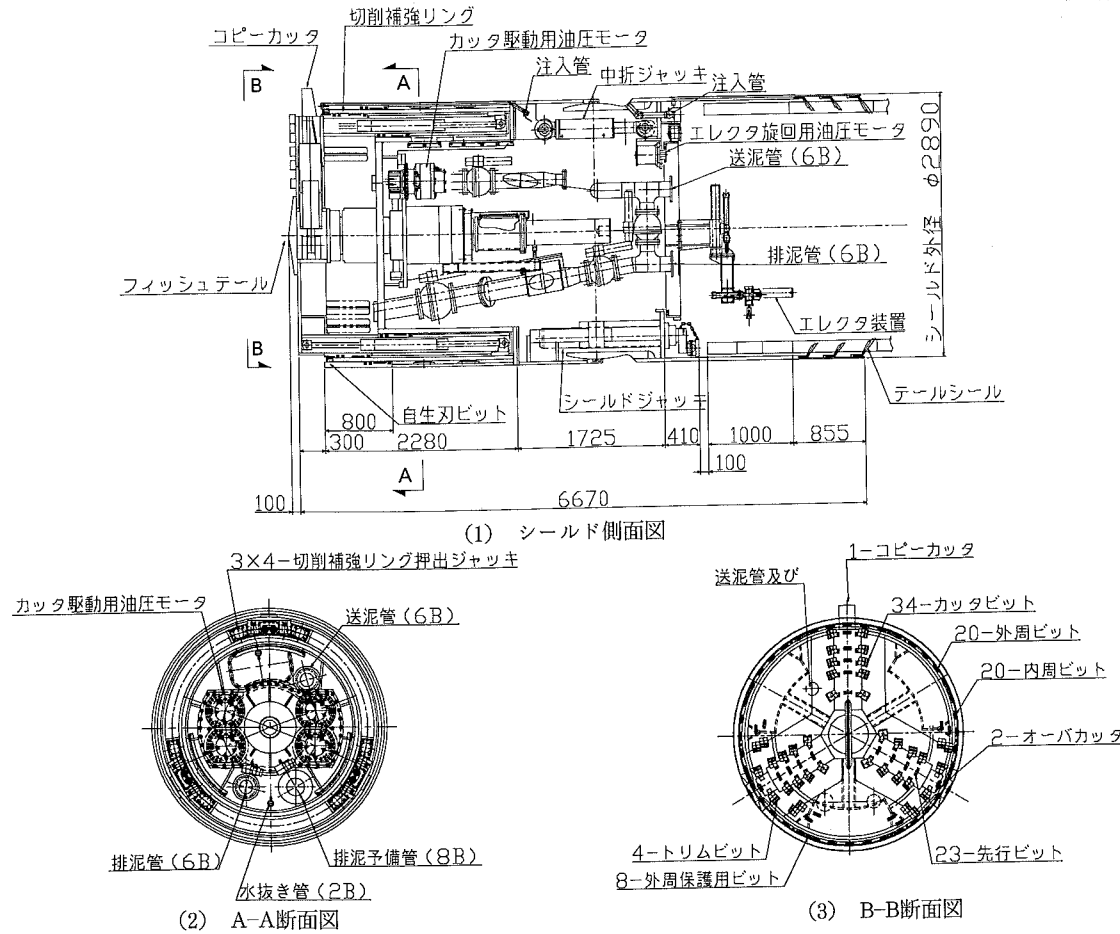


写真-3 シールド外観



(1) シールド側面図

(2) A-A断面図

(3) B-B断面図

図-8 シールド構造図

表-1 T-BOSS/Sに関する装備一覧表

切削補強リング旋回用機器		
駆動トルク	掘進時	最大353/常用283kN-m(α = 最大14.6/常用11.7)
	地中接合時	283kN-m(α = 11.7)
回転数	掘進時	最大トルク時1.5/常用トルク時1.96rpm(周速=14/18m/min)
	地中接合時	4.57rpm(周速=40m/min)
駆動用油圧モータ	掘進時	最大トルク時19.48/常用トルク時15.6kN-m×25/20MPa×4台
	地中接合時	15.6kN-m×20MPa×4台
(パワーユニット)油圧ポンプ	掘進時	最大トルク時68/常用トルク時110ℓ/min×25/20MPa×2台
(パワーユニット)電動機	地中接合時	110ℓ/min×20MPa×4台
45kW×4P×50Hz×2台		
切削補強リング押し出し用機器		
押し出しジャッキ	地中接合時	引113kN×st685mm×21MPa×2本×3セット
		引113kN×st715mm×21MPa×2本×3セット
コピーカッタ・伸縮スボーク用機器		
常用コピーカッタジャッキ	250kN×st300mm×14/21MPa	
予備コピーカッタジャッキ	370kN×st300mm×21MPa	
伸縮スボークジャッキ	370kN×st140mm×21MPa	
(パワーユニット)油圧ポンプ	70ℓ/min×21MPa×1台	
(パワーユニット)電動機	30kW×4P×50Hz×2台	

させるための注水ポンプとして、裏込め圧送用ポンプと3.7kWハイウォッシャーを使用した。おのおのポンプから分岐管を介してシールドロータリージョイントへホースで配管した。

ホース設置後、全注水孔6か所について閉塞の有無を確認したが、4か所で閉塞が確認されたためにハイウォッシャーで水圧を作用させて閉塞の解除を行った。

4-5-3 地中接合作業

(1) 既設トンネル切削作業

既設トンネル切削にあたっては、実験結果や検討結果などから次のような運転基準を定めた。

- ① 切削補強リングの推進速度：1 mm/min
- ② 切削補強リングの回転速度：4.57rpm

式(1)より

$$t = V / (N \times R) = 1 / (20 \times 4.57) = 0.011 \text{ mm/個} < 0.0125 \text{ mm/個} \dots\dots\text{OK}$$

- ③ 冷却水注水量：40 ℓ/min以上
- ④ 切羽水圧：泥水圧(315kN/m²)

以上の運転基準に従いながら既設トンネル切削を進めた結果、おおむねスムーズで静かな切削を完了することができた。なお、切削所要時間は約35時間であった。

(2) 止水材注入

中折れ部のバルブから裏込め材を4 m³注入し、

さらに切削補強リング先端の冷却水注入口からゲルタイム40~80秒の膨張性止水材を4 m³注入した。なお、補注注入として既設トンネルにあらかじめ取り付けした止水パイプから、止水材を注入する計画であったが止水状態が十分得られたため実施しなかった。

(3) トンネルの接合

既設セグメントおよび防護コンクリートを撤去した後、切削補強リングを所定の形状に切断し二次覆工およびインバートを復旧した。写真-4に防護コンクリート撤去後の切削補強リングと既設トンネル内の状況を示す。

4-5-4 施工結果と考察

接合部の施工(切削開始から止水完了まで)は約



写真-4 セグメント切削完了

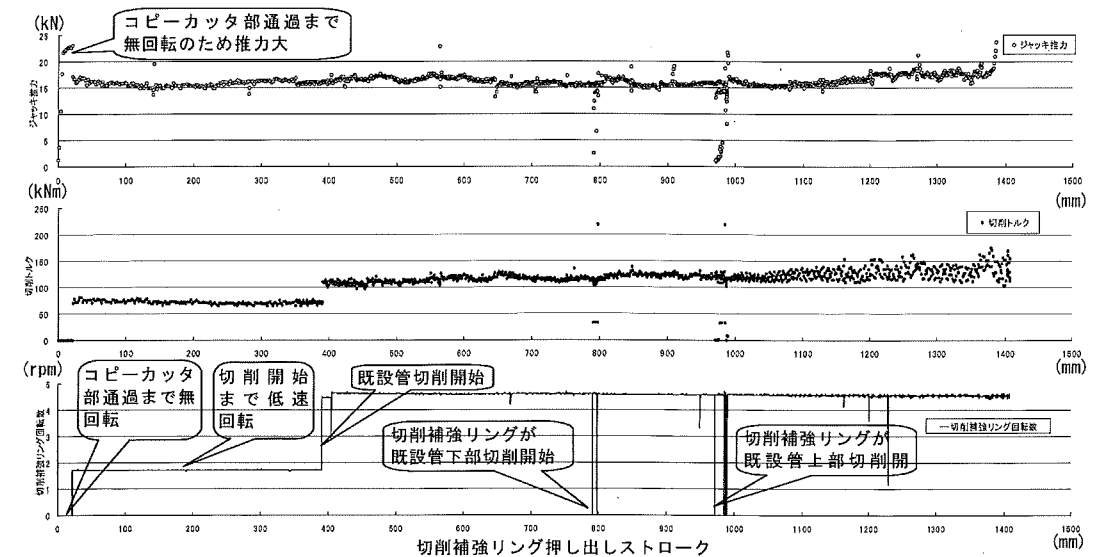


図-9 切削結果

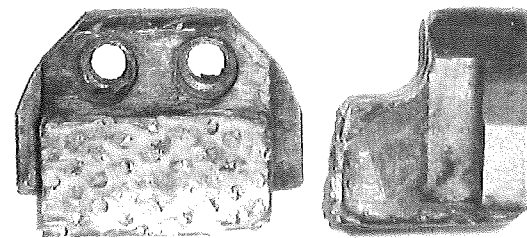
5日間にわたり行い、無事終わることができた。施工時の切削トルク、押し込み力、自生刃ビットの摩耗および既設トンネルへの影響について以下に述べる。

(1) 切削トルク

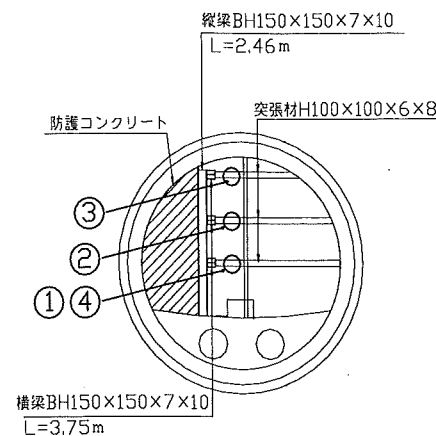
切削結果を図-9に示す。既設トンネルの切削をストローク(以下、stと記述する)400mm付近からスムーズに開始した。切削補強リング下部が切削を開始するst800mm付近や上部が切削を開始するst1,000mm付近でカッタがロックしたものの、ここまでの切削では無負荷時の切削トルクと比べて極端に上昇することはなかった。st1,000mm以降の全断面切削では、ゆるやかな切削トルクの上昇傾向となったが、切削トルクの増大分としては30.7kNm(137.6-106.9kNm)であり実験結果から想定していた切削トルク($T=D^3 \times \alpha = 2.89^3 \times 2.3$)の約60%で切削が可能であった。

(2) 切削補強リング押し込み力

切削補強リングの押し込みについては数値の変



(1) 切削面 (2) 切削側面
写真-5 自生刃ビット(切削完了)



(1) 側面図

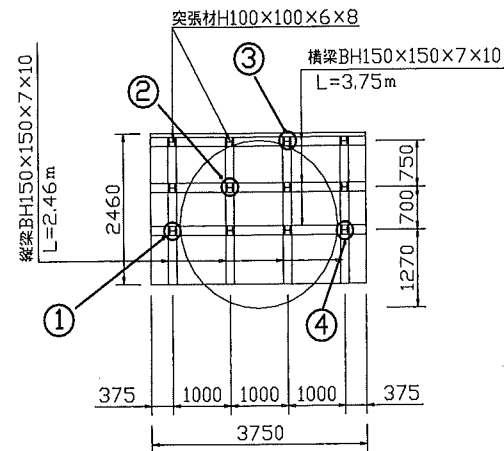
動はあるものの、ストローク増加に伴う目立った変化は見られなかった。

(3) 自生刃ビット磨耗状況

写真-5に自生刃ビットの磨耗状況を、写真-6に切削完了後の切削補強リングを示す。実証実験などより摺動距離40km、ビット取り付け個数48個(内側20個、外側20個、外周保護8個)の条件下での磨耗量は約10mm程度(累積摩耗量/総ビット数×安全率=300mm/40個×1.5、図-3)と想定していたが、実施工では外周用ビットの磨耗量は3mm、内周用ビットの磨耗量は6mm程度であり、磨耗量に差が生じる結果となった。これは、切削粉が内周用ビット周辺にせき止められた状態となり、内周用ビットの磨耗量が大きくなったためと思われる。しかしながら、磨耗量は想定磨耗量の1/3~1/2程度であり良好な状態での切削が行われたと推定される。



写真-6 切削補強リング(切削完了)



(2) 正面図

図-10 軸力計配置図

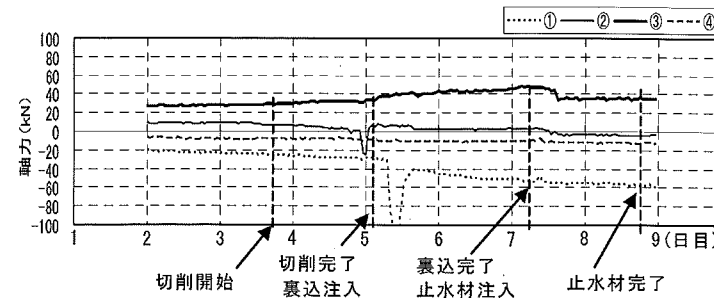


図-11 軸力計測結果

(4) 既設トンネルへの影響

地中接合地点での地下水頭が約30mであるため、設計では地中接合時の泥水圧(315kN/m²、切羽全体で1,900kN)により支保工1本あたり160kN程度の軸力が生じると考えられる。また、T-BOSS/Sによる地中接合は初めての試みであることから、切削中の切羽泥水圧が軸力に与える影響を確認するため、支保工に軸力計を設置して軸力の経時変化を計測した。図-10に軸力計配置図、図-11に軸力計測結果を示す。

切削開始時は30kN/本程度(③軸力計)、止水材注入時には50kN/本に変化した。これは設計軸力(切羽での泥水圧÷支保工本数)の1/3程度である。一方、軸力計①、②、④については軸力が0もしくは引張軸力となった。これはインバートコンクリートの一部をはずり、防護コンクリートを設置したことで防護コンクリートとインバートコンクリートの圧縮力で抵抗したためと考えられる。

5 今後の課題

本工事を進めるにあたり自生刃ビットの切削性能、切削補強リングの運転管理と運転設備、切削後の止水および既設トンネルへの影響などさまざまな課題を実証実験および設計検討などにより事前に検討した。この結果、実施工では予想以上に良好な止水状態のもとに既設トンネルの切削が所定どおりに行うことができた。今後はさらなるコストダウンを図るため次の課題に取り組みたいと

考える。

- ① 自生刃ビットの形状や設置数量の改良
- ② 既設トンネル内での準備作業の軽減
- ③ シールド解体を意識したシールドの設計(誌面の都合で述べなかったが、シールド解体時、作業手間が煩雑であった)

6 おわりに

都市部のトンネル接合工事は、今後ますます大深度化が進む傾向にある。T-BOSS工法は、こうした大深度のトンネル接合工事で安全かつコストメリットが非常に大きい工法である。今後、本工法に改良を加え、さらなるコストダウンを行うことにより、社会基盤整備に貢献していきたいと考える。

参考文献

- 1) 高橋良文・山森規安・関伸司・磯陽夫・荻原勉：新しい側方地中接合法の開発、切削補強リング付きシールド、トンネルと地下、Vol.28, No.7, pp.39-46, 1997.7.
- 2) 植田勝紀・濱田和人・稲田徹：側面地中接合法の開発、五洋建設技術年報、Vol.27, pp.71-78, 1997.
- 3) 高橋春夫・平井幹男・植田勝紀・古田哲男・稲田徹：側面地中接合法の開発(その2)、五洋建設技術年報、Vol.29, pp.51-60, 1999.
- 4) 平井幹男・古田哲男・田中雄次・高橋良文：シールド側面地中接合法の開発、トンネルと地下、Vol.31, No.10, pp.59-67, 2000.10.
- 5) 外裏雅一・高松伸行・原田喜可・平間利昭：機械式T字接合シールド工法による実施工報告、日本プロジェクトリサーチ第48回「シールドトンネル工法施工技術」講習テキスト、2004.3.
- 6) 網野巖・峯英治・植田勝紀：T字接合シールド工法(T-BOSS/S)による既設管との側面地中接合、日本プロジェクトリサーチ第50回「シールドトンネル工法施工技術」講習テキスト、2006.3.

土木情報 No.395

今月の主な入札結果
(2月25日～3月22日)

事業主体	工事名	請負会社	請負額 単位 百万円
中国四国農政局	那賀川(一期)農地防災事業那賀川幹線導水路T	三井住友建設	297
北開・留明	一般国道40号幌延町幌延函渠外一連工事	大和建設工業	169
北開・室蘭	〃 230号虻田町青葉T	鹿島・三井住友・北興工業JV	750
北開・札幌	空知中央地区大願幹線末流用水路	早水組	413
〃	〃 〃 〃 中工区	岸本組	241
〃	〃 〃 〃 下工区	田端本堂カンパニー	194
〃	〃 〃 〃 用水路	前田建設工業	248
〃	〃 〃 〃 岩見沢幹線下流岩見沢南幹線用水路	横関建設工業	195
東北地整	一般国道4号線瀬原函渠工	浅沼組	403
〃	東地下歩道	石橋建設工業	119
近畿地整	西大津BP長等T	ハザマ	2,865
〃	大阪北道路三ツ島調節池	清水建設	3,380
関東地整	さがみ縦貫道路城山八王子トンネル(その1)	鹿島・佐藤JV	4,987
〃	横浜湘南道路立坑設置	戸田・奥村JV	3,580
〃	国道20号新宿地下歩道	鴻池・アイサワJV	1,280
中部地整	東海環状笠神T	佐藤工業	1,200
〃	21号坂祝第2T	東急建設	875
中国地整	松永道路神村T	大本組	1,190
〃	三原バイパス第3T	アイサワ工業	587.5
四国地整	平成17-19年度新松尾T第2	東洋建設	1,650
九州地整	佐賀202号北波多T	大日本土木	680
鉄道・運輸機構	東北幹, 三本木原T他	熊谷・東洋・大本・井上JV	658
〃	九幹鹿, 筑紫T(梶原)他2	大成・徳倉・大木・松本JV	925
〃	〃, 〃 (山浦)他2	ハザマ・大本・梅林・深町JV	360
東日本高速	釜石自動車道赤部T	アイサワ・東海興業JV	1,780
〃	北海道横断自動車道大夕張T西	大林・浅沼・JFE工建JV	4,800
〃	〃 〃 軽満T	清水・青木あすなる・佐伯JV	3,330
〃	上信越自動車道永江T	西松・真柄JV	2,147.84
〃	日本海沿岸東北自動車道温海T南	鹿島・鉄建JV	2,020
中日本高速	第二東名高速道路清水地区函渠	銭高組	995
西日本高速	東九州自動車道丸目T	三井住友・不動JV	3,680
〃	九州横断自動車道延岡線大平T	大林組	1,620
北海道室蘭土現	明野川苦小牧市改修導水管移設	西松・新太平洋JV	335
都・水道局	品川区八潮四丁目から同区東大井一丁目地先開送・配水管及び立坑築造	鹿島・大豊・地崎JV	1,206
〃	玉川浄水場から世田谷区奥沢八丁目地先開送・配水管管替え及び新設	松尾工務店・大達土木JV	630
都・新都市建設公社	町田市公下鶴川幹線その11	エヌシー・丸工務店JV	547.32
〃	八王子市上川町2322番地先外下水道築造51(公31工区)	永光建設・ユウコウ建設JV	429.263
〃	〃 高月町1145番地先外下水道築造51(公30工区)	東邦建設工業	205.66
〃	町田市公下小野幹線その11	真柄建設	189.34
大阪府	今宮幹線・浪速枝管1350mm連絡管布設	中林建設	166
和歌山県	紀の川中流域下水道(那賀処理区)桃山幹線管渠(推進)	第五・木村JV	116
〃	〃 〃 貴志川幹線管渠(推進)	丸山・川嶋JV	149
〃	〃 〃 那賀幹線管渠(推進)	久本組・丸山組JV	169.9
広島県道路公社	主要地方道音戸倉橋線道路改良工事(仮称)音戸T	前田・武田組JV	1,250
愛媛県	国道197号名取T災害復旧	大本組・安藤工業・小林組JV	1,520
名古屋市	第3次惟信雨水幹線下水道築造	アイサワ工業	291.5
神戸市	和田岬連絡雨水幹線築造(その3)	白石	319
広島市	千田地区下水道築造17の1	白石・増岡JV	468

研究

鉄バクテリア汚泥発生抑制剤の検討

(財)鉄道総合技術研究所材料技術研究部コンクリート材料主任研究員 上原元樹
(財)鉄道総合技術研究所材料技術研究部コンクリート材料GL 佐々木孝彦

1 はじめに

トンネル内の漏水箇所に鉄バクテリア(鉄細菌)による茶褐色の寒天状汚泥が発生する場合がある(写真-1)。この鉄バクテリア汚泥は、塩水、淡水にかかわらず発生することがわかっており、山岳トンネル、都市トンネル、海底トンネルなど、各トンネルで排水阻害の原因となることがある¹⁾。そこで、鉄バクテリア汚泥の発生を抑制する薬剤も試作されている^{2),3)}が、既薬剤は漏水量、徐放量(効力を長時間にわたって持続させるために、内容成分を徐々に放出させる量)とバクテリア汚泥発生抑制効果との相関が明らかでない。

本稿では、鉄バクテリア汚泥の発生を抑制する薬剤の徐放性と汚泥抑制効果の検証を行い、必要徐放量・薬剤量などを報告する。

2 トンネル内に生じるバクテリア

トンネル構築に影響を与える可能性が考えられる主なバクテリア(細菌)は以下のとおりである。

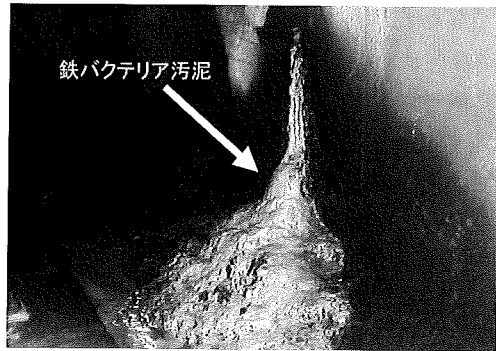


写真-1 堆積する鉄バクテリア汚泥

(1) 鉄バクテリア

1) Gallionella ferruginea BDなど
主に中性領域の湧水中で発生する。湧水中の鉄分を多量に濃集して、赤褐色スライム状汚泥を生じさせ、排水溝の排水阻害などの原因となることがある。

2) Thiobacillus ferrooxidans

近年、住宅地盤膨れの要因となったバクテリアである。主に酸性領域で発生し、黄鉄鉱(FeS₂)などを酸化し、硫酸(H₂SO₄)を生じさせる。この硫酸とCaが反応することにより多量の石膏(CaSO₄・2H₂O)が生じ、盤膨れの原因となることが報告されている⁴⁾。しかし、トンネルでこのバクテリアが多量に発生して被害が生じた事例は報告されていない。

(2) 硫酸還元細菌

硫酸塩を還元し、硫化水素(H₂S)を生じさせる。硫化水素には、独特の卵の腐ったようなにおいがある。湧水に下水が混入しているような都市トンネルや上記鉄バクテリアにより生じた汚泥物質の中で共生する例が見られる。

(3) 硫酸酸化細菌

硫酸還元細菌により生じた硫化水素(H₂S)を酸化し、硫酸(H₂SO₄)を生じさせる細菌である。この硫酸により、コンクリート表面のpHが低下しコンクリートの脆弱化が生じることが、しばしば下水道で問題となっている⁵⁾。しかし、密閉された下水道とは異なりトンネルにおいて硫酸還元細菌および硫酸酸化細菌のみが多量に生じた例は報告されていない。

3 鉄バクテリア汚泥による被害例

鉄バクテリア汚泥が生じている箇所のコンクリートの圧縮強度や劣化成分の浸透程度を調査した結果、バクテリア汚泥そのものが直接コンクリート躯体および鉄筋に影響するものではないことが確認されている。しかし、一般に鉄バクテリア汚泥は漏水箇所に堆積するため、時に排水障害を引き起こし、それにより鉄筋腐食や構築部材の腐食などの原因となることもある。写真-2, 3は、鉄バク

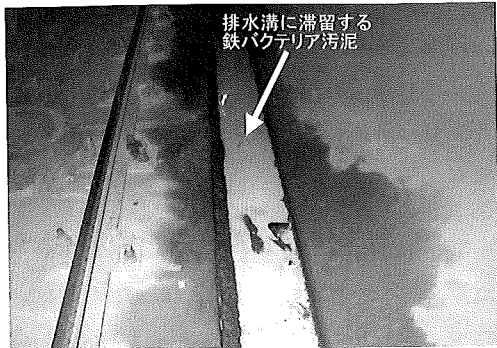


写真-2 排水溝に滞留する鉄バクテリア汚泥



写真-3 排水溝が詰まり湧水が溢れた事例

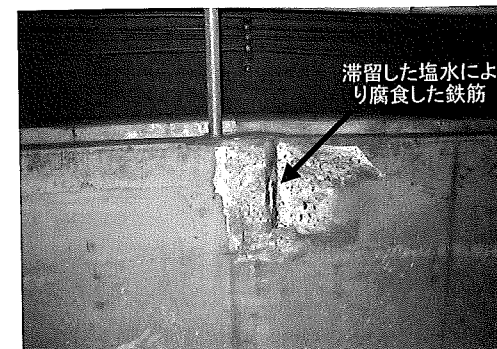


写真-4 滞留した塩水により腐食した鉄筋

テリヤ汚泥が樋掛部や排水溝の詰まり(写真-2)や道床の汚染(写真-3)などの問題を引き起こした例である。とくに、排水障害により溜まった水が塩分を含む場合、コンクリートが塩分を吸い上げ、濃縮することによりコンクリート構造物の鉄筋腐食の原因となることもある(写真-4)。したがって、この鉄バクテリア汚泥は、堆積しないよう定期的に除去することが望まれるが、現実には定期的な清掃は多くの労力を要する。

4 鉄バクテリア抗菌成分の検討

中性領域で生じる市販鉄バクテリア(スフェロチルスネータンス：(財)発酵研究所、IFO13543)に対する各抗菌成分の最小発育阻止濃度(以下、MICと記す)を求めた。抗菌成分として、一般的に可能性があるジデシルジメチルアンモニウムクロライド(以下、DDACと記述)、銅イオン、銀イオン、亜鉛イオン、チオスルファト酸銀イオン、ポリヘキサメチレンピグアナイド(以下、PHMBと記述)をさまざまな濃度に希釈して用い、鉄バクテリア培養による4週後のバクテリアスライム形成を観察し、菌の発育が肉眼的に認められない最小濃度をMICとした。その結果、表-1に示すように、DDACと銀イオンのMICがそれぞれ0.5mg/lおよび1mg/lと小さいことがわかった。そこで、これらMICを参考に各種抗菌成分を含有した徐放性薬剤を試作した。

DDAC水溶液に関しては、ホワイトカーボン(シリカ微粉)を混合したものを脂肪酸などで固めて徐放性をコントロールした。試作した薬剤の概要を表-2に示す。なお、表-2の薬剤における溶解性の調整は、撥水性を示し溶解速度が遅くなる方向に機能する脂肪酸、溶解速度が速くなる方向に機能するポリエチレングリコール(PEG)、ポリビニルアルコール(PVA)の各濃度を調整することで行った。また、金属イオンに関しては、それらを抗菌成分として含む溶解性ガラスカレット(粉碎処理されたガラス片をカレットと呼ぶ)を試作した。ガラスは水に対して、その組成により溶解性を示すことから、徐放性を調整することが可

表-1 鉄バクテリアに対する各抗菌成分の発育阻止濃度(MIC)

各イオン濃度 (mg/l)	鉄バクテリア発生の有無					
	銀イオン	銅イオン	亜鉛イオン	チオスルファト酸銀イオン	DDAC	PHMB
100	無	無	無	無	無	無
50	無	無	無	無	無	無
25	無	無	無	無	無	無
10	無	発生	発生	無	無	無
5	無	発生	発生	発生	無	発生
2.5	無	発生	発生	発生	無	発生
1	無	発生	発生	発生	無	発生
0.5	発生	発生	発生	発生	無	発生
0.25	発生	発生	発生	発生	発生	発生
0.1	発生	発生	発生	発生	発生	発生
MIC(mg/l)	1	25	25	10	0.5	10

4週後のスライム形成を観察し、菌の発育が認められない濃度をMICとした。スライムが肉眼的に認められた場合：発生、肉眼的に全く認められない場合：無
DDAC：ジデシルジメチルアンモニウムクロライド
PHMB：ポリヘキサメチレンピグアナイド

表-2 試作したDDAC含有薬剤の概要

薬剤番号	抗菌成分(DDAC) (%)	溶解性調整剤 ((PEG・PVA)/脂肪酸) (%)	硬さ調整剤 (ホワイトカーボン) (%)
1	50	37(8.25)	13
2	53	36(5.00)	11
3	49	39(3.33)	12
4	50	39(2.54)	11
5	53	36(3.50)	11
6	50	40(1.86)	10
7	50	41(1.28)	9
8	44	46(1.00)	10
9	40	51(0.65)	9
10	36	56(0.47)	8
11	47	46(0.53)	7
12	46	46(0.59)	8
13	52	42(0.56)	6
14	38	54(0.54)	8
15	57	37(0.54)	6

PEG：ポリエチレングリコール

PVA：ポリビニルアルコール

能であり、殺藻剤や水処理剤として実用化されている。試作した溶解性ガラス薬剤は表-3のとおりである。

鉄バクテリア汚泥が発生しているトンネルに試

表-3 試作した抗菌溶解性ガラス

試料名	形状・粒径 (直径)	抗菌成分	溶解速度* (%/日)
16	おはじき状 10mm	銅イオン	0.4
17	粒状 1.4~4.75mm		1.7
18	粒状 0.42mm>		32
19	ブロック状 20×20×6mm		12
20	粒状 0.2mm>	銀イオン	9.0

* 500mlの溶液(pH7.6の緩衝溶液)中で24時間20℃で静置後、重量減を測定

作した各薬剤を設置し、その汚泥発生抑制効果を検討した。試験は鉄バクテリア汚泥が発生する漏水箇所にモルタルで囲いを作成し、あるいは

透明なアクリル板で堰き止めることにより、他の漏水との干渉を排除してバクテリア汚泥が堆積しやすい環境を人為的に作製して行った。

表-4は鉄バクテリア汚泥発生抑制試験の主な結果である。溶解性ガラスに関しては銅イオン濃度が3mg/l以上で鉄バクテリア汚泥の顕著な発生を抑制できることがわかった。この値はMICの値と比較して小さいが、湧水が粒状薬剤間を通過するとき薬剤周辺で抗菌成分濃度が高くなるためと考えられる。ただし、流量の多い箇所では、溶解性ガラスでは十分な抗菌成分溶解量が得られず、鉄バクテリア汚泥の発生を抑制することが困難であることがわかった。また、低い濃度で効果が大きい銀イオンに関しては、溶解性を大きくしたガラスを作製することが困難であること、加えて塩水を含む場合、塩化銀の沈殿が生じ、銀イオン濃度が高くないことなどから鉄バクテリア汚泥の発生を抑制する効果は小さかった。また、これら金属イオンを使用した場合、汚泥量が減るものの、後に記すDDACを使用した場合と異なり、バクテリア汚泥が全く発生しないという試験結果は得られなかった。

写真-5はDDACを含有した薬剤による鉄バクテ

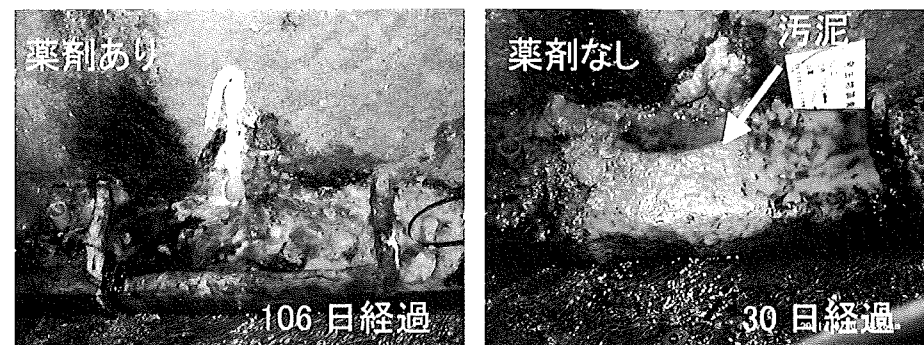
表-4 鉄バクテリア汚泥発生抑制試験結果

試番	薬剤番号	設置量(g)	流量(ml/分)	汚泥発生抑制効果(判定期間)	抗菌成分	流水中抗菌成分濃度(mg/l)
1	5	180	40	◎(12日), △(40日)	DDAC	1~3
2	15	180	50	◎(106日)	DDAC	5
3	7	120	60	◎(84日)	DDAC	7~9
4	17	900	60	○(50日)	Cu ²⁺	2
5	18	500	70	○(118日)	Cu ²⁺	3
6	9	180	80	○(43日), ×(82日)	DDAC	1~2
7	9	400	120	○(106日)	DDAC	7
8	8	300	180	○(55日)	DDAC	8~9
9	17	1,500	210	×(20日)	Cu ²⁺	1
10	20	2,400	210	○(17日), △(62日)	Ag ⁺	≪1
11	16	1,200	220	×(14日)	Cu ²⁺	<1
12	18, 20	500, 500	240	○(57日)	Cu ²⁺ , Ag ⁺	2(Cu ²⁺), ≪1(Ag ⁺)
13	19	1,090	250	○(62日)	Cu ²⁺	3
14	2, 3	180, 180	270	◎(40日)	DDAC	7~8
15	1, 15	280, 370	270	◎(85日), ○(148日)	DDAC	2~11
16	5, 12	180, 180	300	△(39日), ×(63日)	DDAC	1~2
17	15	360	300	○(42日), △(85日)	DDAC	2~3
18	4	400	330	○(42日)	DDAC	2~3
19	7	360	330	◎(21日), ×(42日)	DDAC	1~2
20	14	540	330	○(43日)	DDAC	8
21	12	130, 500	330	○(39日), △(63日)	DDAC	2~3
22	10, 11	400, 400	330	○(90日)	DDAC	6
23	17	1,500	350	×(20日)	Cu ²⁺	<1
24	16	900	370	×(14日)	Cu ²⁺	<1
25	15	360	490	○(42日)	DDAC	2~3
26	4, 8	180, 180	500	◎(42日)	DDAC	3~4
27	11	360	730	○(148日)	DDAC	1
28	5	360	910	◎(12日), ○(40日)	DDAC	2
29	6, 8	400, 140	950	○(42日)	DDAC	2~3
30	17	900	1,030	×(20日)	Cu ²⁺	<1(Cu ²⁺)
31	9, 13	180, 210	1,050	○(42日), △(85日)	DDAC	2
32	7	600	1,100	○(42日)	DDAC	1~3
33	16	1,200	1,160	×(14日)	Cu ²⁺	≪1(Cu ²⁺)
34	2	360	1,200	◎(12日), ○(40日)	DDAC	2
35	17	900	1,600	×(10日)	Cu ²⁺	<1
36	18, 20	1,000, 500	1,800	×(57日)	Cu ²⁺ , Ag ⁺	<1(Cu ²⁺), ≪1(Ag ⁺)

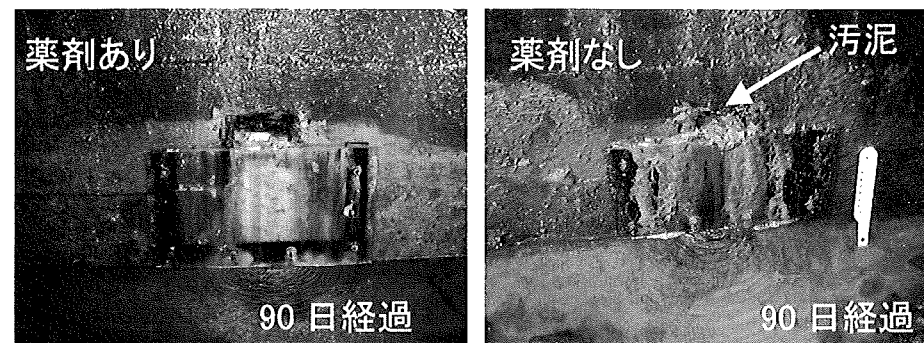
◎汚泥発生せず, ○流水に沿った箇所で汚泥が発生せず, △流水に沿った箇所で汚泥発生抑制効果が認められる, ×汚泥発生

リア汚泥繁殖抑制試験の代表的な写真である。各試験とも少量の汚泥は発生しているが、薬剤を設置しない場合と比較すると明らかに鉄バクテリア

による汚泥量が減少していることがわかる。また、DDAC濃度が高い場合は、溶解性ガラスと異なり全く汚泥が発生しない場合もあった。これは、各



試験番号7



試験番号22

写真-5 鉄バクテリア汚泥発生抑制試験

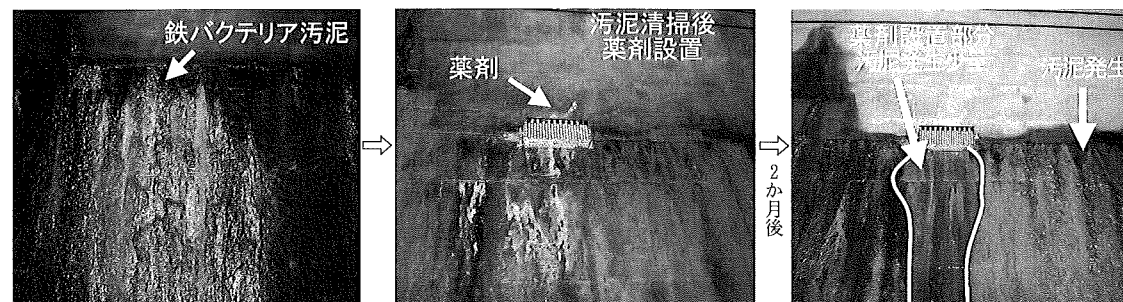


写真-6 トンネル側壁からバクテリア汚泥が生じている箇所に薬剤を設置した例

抗菌成分の細菌への作用メカニズムが異なり、すなわち、DDACが細菌細胞膜の細胞表面層構造に損傷を与え、菌体内代謝物質の漏洩を引き起こす^{7),8)}、より直接的な作用であるのに対し、金属イオンは酵素の活性基であるSH基と反応し、代謝障害を引き起こす^{7),8)}、いわゆる間接的な作用であることに起因していると推察される。

DDACを使用した薬剤では、漏水量の少ない箇所(100ml/min以下)では、流水中のDDAC濃度がおおよそ5mg/l以上で鉄バクテリアによる汚泥

の発生を抑制することができた。また、流量が600ml/minまでの中程度の漏水箇所では、流水中のDDAC濃度が3~4mg/l以上で、流量が600ml/minより多い場合、DDAC濃度3mg/l程度以上で鉄バクテリア汚泥の発生が抑制されることがわかった。この値は、DDACの鉄バクテリアに対するMIC(0.5mg/l)の6~10倍程度であり、実環境では実験室で得られたMIC値の10倍程度の濃度を必要とするという経験則におよそ対応する。流量が多いほど必要なDDAC濃度が低い

のは、一般的に、鉄バクテリア汚泥は漏水量が少なく水流が滞った箇所が生じやすいこと、流量の多い方が薬剤の流水中での分散状態が良好な場合が多いことに起因していると考えられる。また、必要な薬剤濃度に関して、淡水および塩水による鉄バクテリア汚泥発生抑制結果に大きな相違は認められず、同様の薬剤量で効果が得られることも確かめられた。

写真-6はトンネル側壁の漏水箇所に薬剤受けを設置して、薬剤番号7番(表-2参照)の薬剤40gを不織布に入れて取り付けした事例である。設置後2か月で、設置部分両側で鉄バクテリア汚泥が生じ、側壁表面に堆積しているが、設置部分下面では、汚泥量はわずかであり、その発生が抑制されていることが確認された。

5 鉄バクテリア汚泥発生抑制剤の利用法

現在、鉄バクテリア汚泥発生抑制剤として、不織布に石鹸状薬剤を詰めた形で薬剤が提供されている。DDAC入り鉄バクテリア汚泥発生抑制試験の結果から、1年間、鉄バクテリア汚泥の発生を抑制するためのDDAC量は、流量100~1,000mℓで約260~1,300g、すなわち100g入り薬剤(DDAC量50%)で5~26本程度となる。したがって、漏水の状況によって必要量を設置できない場合は、写真-6のような薬剤受けを設置し、薬剤を定期的に必要量投入すればよい。使用にあたっては、ま

ず鉄バクテリア汚泥を清掃し、その後薬剤を設置する。このとき薬剤と漏水がよく接するように、漏水の状況に応じて、一旦オーバーフローさせるなど薬剤受けの穴あき率をフィルムなどで調整するとよい。なお、鉄バクテリアは、漏水が空気と接触した箇所で生じるため、漏水箇所のできる限り上流側に薬剤を設置することが望ましい。

参 考 文 献

- 1) 鈴木利克・山野勝次・楡垣宮都・河村肇：青函トンネル海底部坑内で鉄道材料に被害を及ぼす微生物の検索と防止対策に関する研究(第1報)、硫酸塩還元菌ならびに鉄細菌の分布について、防菌防黴誌, Vol. 10, No.4, pp.143-154, 1982.
- 2) 立松英信・山野勝次・滝永進・桜井孝：トンネル内微生物のスライムによる被害とその防止対策(第1報)、鉄道技術研究所速報, No.81-187, pp.18-35, 1981.
- 3) 山野勝次：微生物によるトンネルの被害とその対策、トンネルと地下, Vol.19, No.10, pp.41-46, 1988.10.
- 4) 山中健生：独立栄養細菌の生化学, (株)アイピーシー, pp.71-72, 1999.
- 5) 東レリサーチセンター：抗菌・防カビ技術, 抗菌・防カビ剤とその応用展開の全容, pp.406-409, 2004.
- 6) 大橋文彦・大谷朝男：粘土鉱物系抗菌抗黴剤に関する研究(9)、Ag[2-(4-チアゾリル)ベンズイミダゾール]₂錯体と複数の第4級アンモニウムを担持したモンモリロナイトの諸特性, 粘土科学, Vol.37, No.2, pp.58-65, 1997.
- 7) 西野敦・富岡敏一・富田勝巳・小林晋抗：抗菌剤の科学, (株)工業調査会, pp.64-69, 1999.
- 8) 東レリサーチセンター：抗菌・防カビ技術, 抗菌・防カビ剤とその応用展開の全容, pp.107-108, 2004.

『トンネルと地下』投稿原稿応募のご案内

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

都市トンネル工事の計測(5)

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—

東京地下鉄(株)建設部新宿工事事務所長 西村 聡

パシフィックコンサルタンツ(株)交通事業本部鉄道部技術部長 水上 博之

パシフィックコンサルタンツ(株)交通事業本部鉄道部地下構造設計グループ主任 清水 幸範

① はじめに

アンダーピニングは、わが国において歴史ある工法であり施工実績も多い。これに加えて、近年の都市土木工事においては、地上だけではなく地下も密集していることなどから、鉄道や道路などの比較的規模の大きい施設を建設する場合にはアンダーピニングが不可欠な工法となりつつあり、今後もその需要は増加するものと考えられる。実際に、東京地下鉄(株)の地下鉄13号線の建設工事においても、銀座線、半蔵門線、千代田線、丸の内線などを対象としたアンダーピニングが行われている状況にある¹⁾。

近年のアンダーピニングは、狭隘な空間での施工が余儀なくされるとともに、既設構造物の老朽化なども進んできており一層厳しい条件下での施工とならざるを得ない。既設構造物の機能と安全性とを確保するためには、既設構造物の変位を極力抑制するべきである。このためアンダーピニングにおいては、計測工が重要な位置を占めていると考えられる。本稿では、アンダーピニングにおける計測工の位置づけと現状の技術などについて概説するとともに、計測データを用いた構造物の挙動予測について考察していく。

② アンダーピニングにおける計測工の位置づけ

一般に計測工は、安全管理、設計条件の確認、構造物の予測解析とそれに伴う経済性の追求、構造物の供用後の維持管理のための基礎情報の収集などを目的として実施され、これらのうち一つを目的として実施される場合もあれば、複数を目的として実施される場合もある。したがって、一般の掘削工事などに伴う計測工の目的は多様であり、何を目的として何を測定するかについて十分な検討を行う必要がある。

一方、アンダーピニングの計測工の目的は比較的明確である。アンダーピニング工事でもっとも

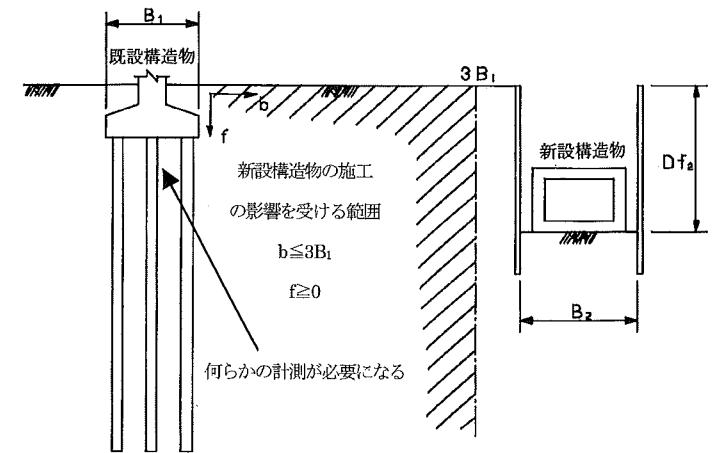


図-1 近接工事の判定区分の例(文献2)に加工

重要な事項は、既設構造物の健全性を確保すること、およびその供用を維持することである。したがって、アンダーピニングにおける計測工の目的は、経済性の追及などではなく、「既設構造物を守る」との語に集約できる。他方で、アンダーピニングはその語源どおり構造物を下から支える工事であることから、例外なくそれは近接工事²⁾となり、また計測工も例外なく行われることが多い。近接工事となる場合には、計測項目、計測手法、管理基準値などについて、発注者や施工者が独自に決めることはできず、既設構造物の所有者や管理者と十分な協議を行ったうえでこれらを決定していく必要がある。したがって、アンダーピニングにおける計測工は、その目的は唯一不変のものであるが、その手法や項目は事例ごとにさまざまであり、換言すればアンダーピニングに精通した技術者が十分な検討を行いそれについて施工者、発注者のみならず既設構造物の管理者と合意する必要があるという特殊性をもつものと位置づけることができる。

⑧ 計測項目とその選定

アンダーピニングにおける計測工は、計測期間

が数年間と長期にわたることが多いこと、掘削、仮受け工、本受け工と施工の進捗とともに構造物の支持状態や荷重状態が逐次変化するためそれに適応できる必要があること、構造物の変位や変形を抑制するためのプレロード工が必要になることが多く適切な荷重の制御に反映できることなどに特徴がある。

アンダーピニングにおける主な計測項目と計測機器を表-1に示す。計測項目は、アンダーピニングの規模、既設構造物の用途、形状および重要度、受替えの方式、許容変位量、新設構造物の施工方法などに応じて選定する必要がある。また計測の精度、計測の測定数、測定の頻度などについても経済性のみならず前述の事項に応じて計画する必要がある。計測の対象となる構造物は、既設構造物、新設構造物、仮受け杭などの受替え構造物、仮設構造物に分類できる。計測項目は、いずれの構造物においても変位(沈下、隆起、傾斜)が主体的であり、これとあわせて軸力や曲げによる応力度、ひずみ、受替え部周辺の温度などを計測する例も多い。受替え構造物ではプレロード時のジャッキ荷重などを計測する。これらの中でとくに重要

表-1 アンダーピニングにおける計測項目と計測機器の例(文献③)に加筆修正)

対象となる構造物	計測する部材	計測項目	計測機器	計測の内容
既設構造物(ラーメン高架橋、ビル地下構造物など)	柱、フーチング、側壁	沈下	沈下計	絶対鉛直変位、柱および壁間の相対変位
		傾斜	傾斜計	柱および壁間の相対変位
受替え構造物 ¹⁾	仮受け杭	ジャッキ荷重	ロードセル	仮受け杭に作用する荷重の変化
		軸力	鉄筋計、ひずみ計	仮受け杭に生じる軸力の深度方向の分布 杭の周面摩擦力の分布 掘削の影響による軸力の変化
		沈下	変位計	仮受け杭の沈下
	仮受け桁	応力度	鉄筋計、ひずみ計	仮受け桁に生じる曲げ応力度
新設構造物 ²⁾ (例:地下鉄躯体)	上床版	応力度	鉄筋計	本受替え時に上床版に生じる応力度
	側壁・柱	沈下	変位計	本受替え時の沈下量
仮設構造物 (例:土留め壁、切梁)	土留め壁	応力度	ひずみ計、鉄筋計	土留め壁に生じる応力度
		変位	挿入式傾斜計	土留め壁のたわみ
		土圧・水圧	壁面用土圧計、水圧計	土留め壁に作用する土圧・水圧の変化
	切梁	軸力	ひずみ計	切梁に生じる軸力

*1: 受替え構造物とは、仮受け杭、仮受け桁、耐圧版などを意味している。すなわち、既設構造物の重量を受替えるための基礎構造物である。混乱をさけるために*2の新設構造物とは異なる表現を用いることとした。

*2: 新設構造物とは、アンダーピニングした構造物の直下に建設する本来の目的をもつ構造物であり、地下鉄や道路のトンネル等を意味している。

表-2 構造物の鉛直変位の計測方法とその特徴(文献③)に加筆修正)

計測器の種類	計測方法	長 所	短 所
レベ ル	レベル、スタッフを利用し目視で測定。	・簡易である。 ・測定環境への適応性が高い。 ・経年による劣化がない。	・測定は人力による。 ・安全面などから常時の監視が困難であることが多い。 ・状況によっては測定の精度が劣ることがある。
水盛式沈下計(液圧式含む)	連通管により基準タンクと子タンクとを結び、タンク内水位の変動を電氣的に計測する。	・自動計測が可能である。 ・測定の精度が高い。	・日照などの温度変化の影響を受けやすい。 ・タンク間に配管が必要となる。 ・タンク間的高低差に制限がある。
アンカー式沈下計	地盤の深部を不動点とみなし、鉛直方向にロッドあるいはワイヤーを張り、その頂部と対象構造物との間の変位量を差動トランスなどにより測定する。	・自動計測が可能である。 ・測定の精度が高い。 ・長期的な安定性が高い。 ・地盤の変位も計測できる。	・測点1つごとにボーリングが必要である。 ・掘削範囲内に不動点を設ける場合は他の工事の支障となる。 ・盤ぶくれ、リバウンドなどの影響を受ける可能性が高い。
ピアノ線式沈下計	基準点間に水平にピアノ線を張り、対象構造物に取り付けたセンサによってセンサとピアノ線との間の変位量を測定する。	・自動計測が可能である。 ・測定の精度が高い。 ・軌道などの連続した多測点の測定に向いている。 ・装置が比較的コンパクトである。	・測点を直線上に配置する必要がある。 ・風、その他の影響を受ける可能性がある。 ・掘削範囲内では他の工事の支障となる。
電子スタッフ(レーザー式沈下計)	水平に回転する電子レベルから放射されたレーザーを対象構造物に取り付けたセンサ(電子スタッフ)により検出し、鉛直変位を測定する。	・自動計測が可能である。 ・測定の精度が高い。 ・長期的な安定性が高い。 ・広範囲の測定が可能である。	・測点を同一平面上に配置する必要がある。レーザーを遮る障害物がないことが前提となる。 ・空気の密度差でレーザーが屈折することもある。
光学式自動測量	自動追尾型のトータルステーションを利用し、測点にプリズム、反射シートを設け、角度と距離を測定する。	・自動計測が可能。 ・路面、軌道など広範囲かつ立体的な測定が可能である。 ・他の工事に支障しにくい。	・見通しが必要である。 ・基準点の精度の管理が必要である。 ・測定に時間を要し同一時刻での測定が困難である。

となる構造物の鉛直変位の計測方法についてまとめれば表-2のとおりである。

またアンダーピニングの計測にあたって、とくに留意すべき点を列挙すれば次のとおりである。

① 掘削や受替え工を実施する以前にも、準備工事の段階で地盤改良などによる既設構造物の隆起が生じたり、受替え杭、土留め壁の築造などにより、既設構造物が変位することもある。このため工事の早い段階から計測を開始し、これらの事前の変動を考慮した計測管理を行う必要がある。

② 計測値は、列車や自動車などの活荷重による振動の影響、温度や地下水位の変動による影響なども受ける。このため、事前計測によりこれらの影響を把握し、アンダーピニングによる構造物の真の変状とその原因の把握に

努める必要がある。

③ 施工箇所の近傍に設置した不動点は、経年とともに変動することが多く、不動点の精度を常に確認することが重要である。

④ 計測工が長期にわたるため、単に精度の高い計測器を用いるのではなく、必要最小限の精度が得られ、環境の変化に対する安定性が高く、他の工事に支障せずまた同時に他の工事による影響を受けにくい計測器を用いるのがよい。また、計測期間が長くなれば計測費用の増大に直結することから、事前に計測を終了させる時期とその判断の基準を明確にしておくことが重要である。

④ 許容変位量の設定と計測管理

許容変位量は、既設構造物の機能や安全性など

を確保するために設定する変位量や変形量の制限値のことであり、アンダーピニング工事の影響度を判断する際の客観的な指標となるものである。一般に、許容変位量やこれにもとづいて設定される管理基準値は、既設構造物の管理者と協議のうえ決定するものである。許容変位量を決定する主な要因は次のとおりである。

- ① 既設構造物の機能(使用性)の維持：鉄道構造物や道路構造物などでは、良好な乗り心地や走行上の安全性の確保が重要であり、例えば鉄道では軌条の相対変位量で許容変位量を設定する例が多い。同様に、水路構造物では勾配の確保、建築物では居住性や設置されている機器類が正常に作動する限界の変位量などから許容変位量を定めることもある。
- ② 所要の空間の確保：静定構造物や構造物の用途からその変位がさほど重要でない構造物の場合には、機能上、あるいは構造上から定まる許容変位量は比較的大きな値となる傾向にある。これらの場合、とくにトンネルなど建築限界外の余裕が少ない構造物の場合では、建築限界から許容変位量が定まることもある。
- ③ 既設構造物の耐力、耐久性の保持：不静定構造物では不同沈下などにより応力の増加や変形、および部材のひび割れなどが発生し、構造物の耐力や耐久性に影響することになる。耐力や耐久性から許容変位量を定める場合には、既設構造物の劣化の程度などを反映する必要がある。
- ④ 既設構造物の各部の構造的な機能の確保：桁と橋台部との間隔、可動支承の許容伸縮ストローク、ヒンジの回転余裕量など、設計上考慮されている構造的な機能を確保する必要がある。また、橋脚などが橋軸直角方向に大きく傾斜すると一部の支承の反力が減少し、桁のばたつきが発生することもあり、許容変位量の設定にあたってはこれらも考慮する必要がある。
- ⑤ 既設構造物の安定性の確保：一般には、変位によって鉛直支持や転倒、滑動といった既

設構造物の安定が損なわれる前に、前述の要因により許容変位量が定まることが多いが、既設構造物の安定性を考慮して許容変位量を設定することもある。

許容変位量がいずれにより決定されるかは、構造物の使用目的、立地条件、構造特性、強度などにより異なる。一般には、不同沈下などにより大きな応力が発生する不静定構造物や、使用性の確保に厳しい制限を有しない構造物では、構造物の耐力や耐久性から許容変位量が定まることが多い。一方、鉄道構造物や精密機器類を有する建築物や工場などでは、構造物の機能の保持から許容変位量を設定することが多い。

これらの許容変位量は、桁下の空頭が問題となるなどの特殊な場合を除き、構造物の絶対変位量よりも、隣接する構造物との相対変位量や、同一構造物の基礎の相対変位量、構造物と地盤との間に生じる相対変位量などが問題となる。また、これらの変位が将来にわたって残留すると考えられる場合には、地震時の挙動に対する影響を別途考慮する必要がある。

施工に際しては、この許容変位量を管理値の限界と考えると、これよりも小さな値を管理基準値として設定し計測管理や既設構造物の機能の確保に努めることが多い。図-2は、これら許容変位量や管理基準値をもとに計測管理フローの例を示したものである。フローに示すように、構造物の計測値が一次管理値を超えた場合には、観察の頻度を高める、巡回点検を強化するなど監視体制の強化とともに工事を継続するように定めることが多い。ただし、早い段階で一次管理値を超えるような場合には、最終段階で許容値を超えるか否かについての検討を行い、超える可能性が高い場合には、ただちに変状防止対策工などの手段を実施する必要がある。また、計測値が二次管理値を超える場合には、工事を一時中断し、変状防止対策工を施した後に、工事を再開することが望ましい。

さらに、計測値が許容値を超えた場合には、工事をただちに中止するとともに、原則として許容値以内に回復させる対策を実施する必要がある。

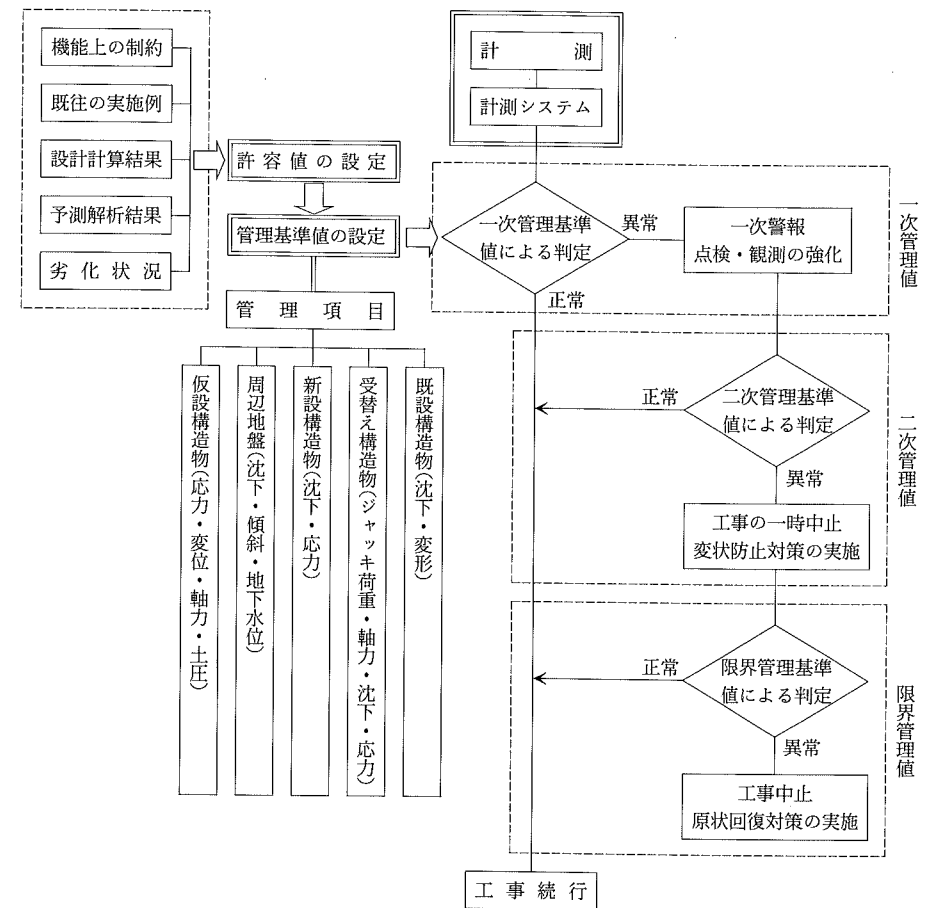


図-2 許容値および管理基準値の設定と計測管理のフローの例

その対策としてプレロードで使用した油圧ジャッキの利用や流動性の低い注入材を地盤に注入する地盤改良工法などがある。しかしながら、これらの対策工は、期待した効果が得られない場合もあり、さらに局部的にこれを行った場合には、既設構造物に悪影響を与えることもあるため注意が必要である。なお、管理値は、例えば許容値の50%、80%をそれぞれ一次、二次管理値などと設定することや、二次管理値として設計計算値を採用したりすることが多いが、実際には既設構造物の管理者との協議で設定する必要があり、一概に決定できるものではない。

⑤ 計測工を構造物の挙動予測に活用した事例

すでに述べたように、アンダーピニングは既設

構造物の健全性を確保することがもっとも重要な目標であるため、既設構造物や受替え構造物の挙動を精度よく予測し計測結果とそれを逐次比較することは重要なことである。しかしながら、わが国の設計基準類にこのような計測工や挙動予測に関する記述は少ない実状にある。例えば、『トンネル標準示方書(開削工法編)・同解説』⁴⁾や『トンネル標準示方書(シールド工法編)・同解説』⁵⁾では、アンダーピニングが補助工法として取り上げられているものの、その概要と施工上の留意点が述べられているのみである。また、『アンダーピニング設計施工の手引き』⁶⁾では、設計の基本は示されているものの、それは鉄道の高架橋によく用いられる添え梁方式のアンダーピニングを中心としたものであるため、現在の多様化したアンダーピニングには適用が困難であるとともに、計

測や挙動予測に関する考えが示されていない。このように、アンダーピニングにおける計測工の挙動予測への反映ははまだ研究途上にあるのが実状である。

これらを踏まえて、ここでは今後の計測工と挙動予測において有益と考えられる手法を紹介する。

構造物の挙動予測は、設計段階における挙動予測と施工段階における挙動予測とに大別できる。

前者は、設計段階において、許容値や管理基準値の設定、あるいは計測結果の妥当性を判断するための指標とすることを目的としているものであ

り、猪瀬ら⁷⁾、西林ら⁸⁾の研究成果がある。

後者は、施工の進捗とともに既設構造物に生じた不同変位を除去すること、次の施工ステップの安全性を確認することなどを目的としたものであり、計測結果に統計的な処理を施して構造物の挙動を予測するものである。これには市野ら⁹⁾の研究がある。

市野らの手法は統計処理の手法としてよく用いられる重回帰分析を用いたものである。重回帰分析は、いくつかの変数にもとづいて別の変数を予測する手法であり、本手法は、アンダーピニング

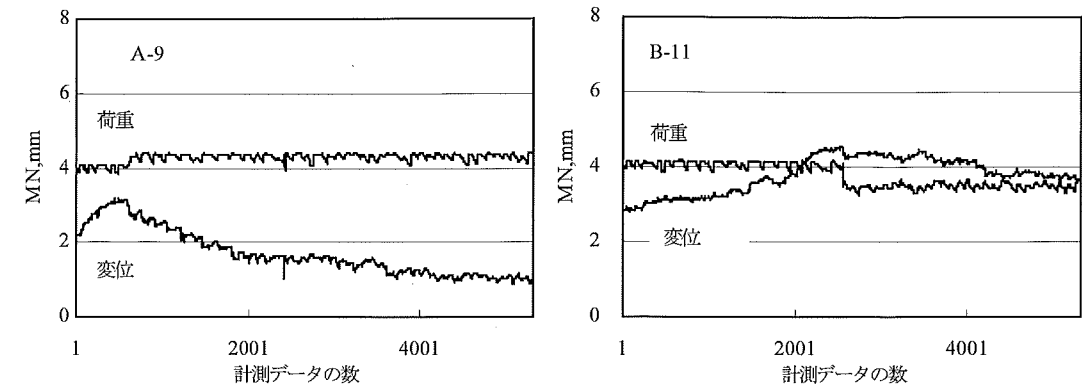


図-4 建築物変位と受替え荷重の計測結果の一例(文獻9)に一部加筆修正)

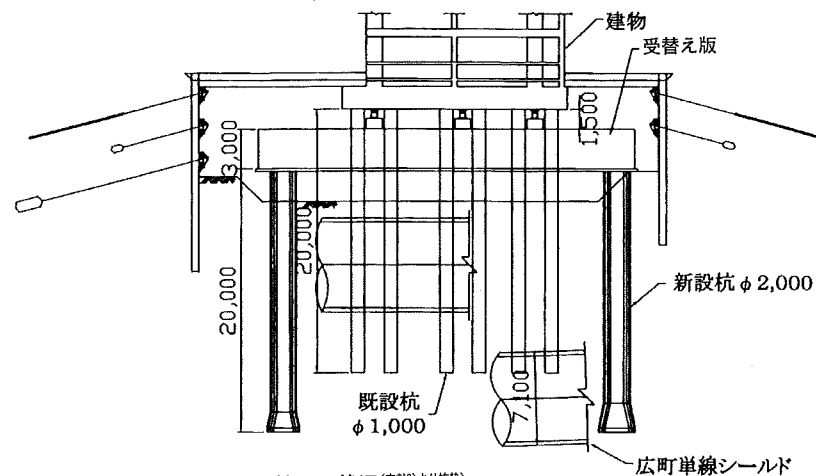
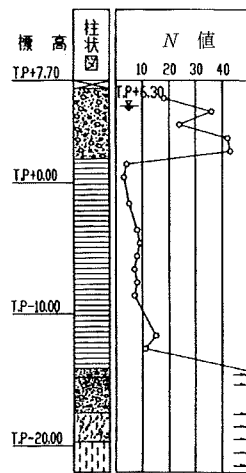
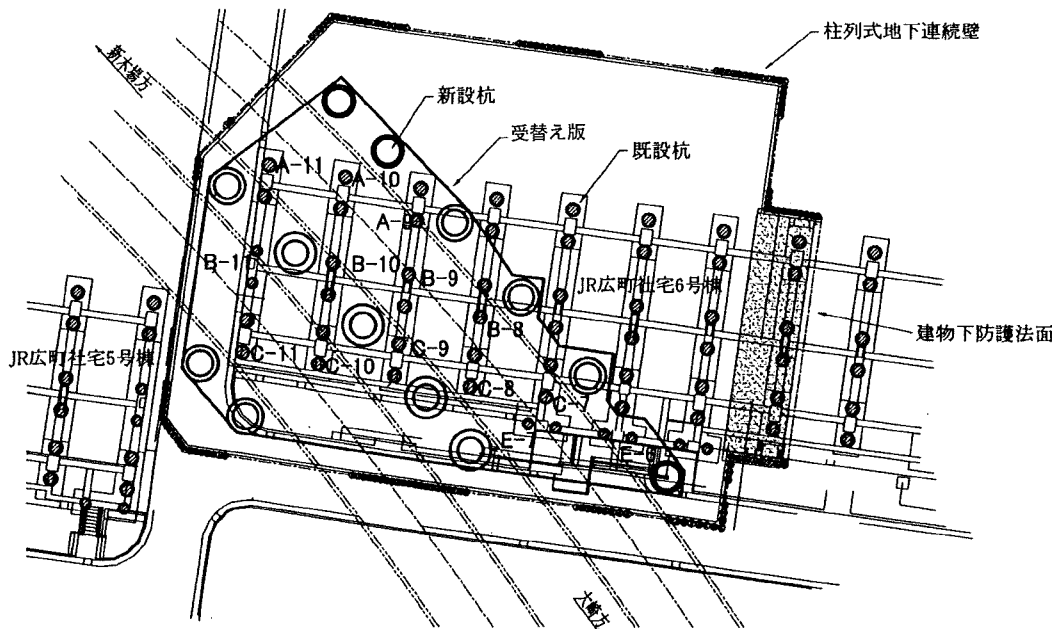
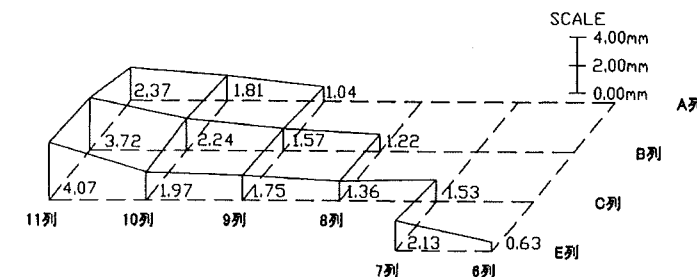
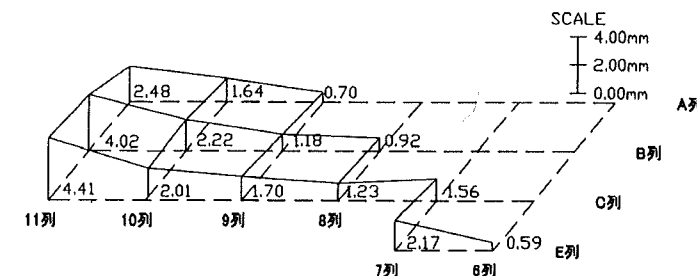


図-3 建築物の受替えの状況(文獻9)より抜粋)



(1) 建築物各点の変位の実測値



(2) 建築物各点の変位の予測値

図-5 重回帰分析による構造物各点の変位の予測値の例(文獻9)より抜粋)

の工事期間中の構造物各点の受替え荷重、変位および雰囲気温度からなる計測データを独立した変数として扱い、将来変化する荷重状態における構造物各点の変位を予測するものである。すなわち、構造物の各点の不同変位を除去できうる受替え荷重のパターンを算出することを目的としたものである。

本手法は、鉄道の建設工事のアンダーピニングにおいて、その妥当性が検証されている。図-3は受替えの状況を、図-4は受替え荷重と建築物変位の計測結果の一例を、図-5は本手法による構造物の変位と受替え荷重の予測値と実測値ををそれぞ

れ示したものである。

図-4より、建築物各点の変位と受替え荷重とは複雑な挙動を示していることがわかる。例えば、A-9点において荷重は増減を示していないが、変位は緩やかな沈下を示している。これは、建築物の変位と荷重とが単純な相関関係にあるのではなく、建築物のある位置の変位は、ほかのいくつかの位置の受替え荷重と重相関の関係にあることを示しており、このような複雑な挙動が建物に不同変位が生じる要因の一つとも考えられる。

図-5より、本手法による予測値と実測値とがよい一致を示していることがわかる。すなわち、本手法のように計測値に統計的な処理を施すことにより、

施工の次ステップの構造物の挙動が比較的精度よく予測できうることを示唆している。

5 おわりに

今回、「アンダーピニング工事における計測」との題で、執筆依頼をいただいた。先にも述べたが、わが国のアンダーピニングの実績は多く、いまさらその計測工について述べる必要があるのか、計測は従来からある技術を用いたものであり、最新の技術ではないものを紹介することに意義があるのか、アンダーピニングの多くは異なる企業の構造物を対象としているため互いの協議と合意が前

提であり、本稿のような内容が参考になるのかなどの疑問を感じた。

しかしながら、執筆を始めてみると、アンダーピニングの計測にあたって留意すべき部分が見えてきたり、あるいは多くの文献を拜読することによって気づかされることも多かった。アンダーピニングの目的は、既設構造物の防護であることから、本来、計測工などによって構造物の挙動を事前に予測する必要がある。多くの事例で計測工が行われているものの、それらは事後判定の指標としてのみ扱われていることに課題があると考えている。今後のアンダーピニングにおいては、計測工を積極的に活用し、既設構造物の変状を未然に防ぐことに尽力し、また構造物の挙動を予測するといった技術を確立することが重要であると考え。本稿がこれからアンダーピニング工事やその計測工を計画される技術者の方々に何らかの参考になれば幸いである。

最後に、本稿の執筆にあたり、多くの貴重なご意見をいただいた新アンダーピニング工法等研究会委員会の委員各位に深謝する次第である。

参 考 文 献

- 1) 例えば、岡田龍二・小山浩史：総重量5000tfの地下鉄丸の内線を受ける、トンネルと地下、Vol.36, No.9, pp.67-75, 2005.9.
- 2) 例えば、(社)日本トンネル技術協会：地中構造物の建設に伴う近接施工指針, 2000.2.
- 3) 新アンダーピニング工法等研究会：アンダーピニング設計・施工マニュアル(H18年度発刊予定), 参照先URL, <http://www.geocities.jp/unpinken/>
- 4) 土木学会：トンネル標準示方書(開削工法編)・同解説, pp.230-232, 1996.7.
- 5) 土木学会：トンネル標準示方書(シールド工法編)・同解説, pp.200-202, 1996.7.
- 6) (財)鉄道総合技術研究所：アンダー・ピニング設計・施工の手引き, 1987.9.
- 7) 猪瀬二郎・小西謙二・中村兵次：杭基礎で支持された建物のアンダーピニング時の挙動について, 土木学会論文集, No.435/VI-15, pp.43-50, 1991.9.
- 8) 西林聖武・矢萩秀一：高層ビル群のアンダーピニング, トンネルと地下, Vol.21, No.3, pp.7-16, 1990.3.
- 9) 市野道明・清水幸範・小泉淳：アンダーピニング工事における最終受替荷重の重回帰式を用いた算定法に関する考察, 土木学会論文集, No.714/VI-56, pp.111-124, 2002.9.

連載講座

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

① 活用されている技術の概要

トンネル覆工表面の検査法として一般的な方法である目視に代わるもしくは補完する技術として、赤外線カメラ、CCDカメラ、レーザーなどによる検査法が開発・実用されている。これらの検査法の概要を以下に示す。

1-1 赤外線カメラ

赤外線カメラは撮影した物体の表面の温度差を映像としてとらえることが可能である。トンネル覆工表面を熱源で加熱した場合、浮きや剝離箇所は健全な箇所より熱しやすく、さめやすいため温度差が生じる。これを赤外線カメラで撮影することにより欠陥箇所を抽出することができる。また、撮影した画像を輝度により2値化するなどの処理を加え、数値データとして記録するデータ処理技術も開発が進んでいる。赤外線を活用した検測は表面だけでなく剝離など内部の状況が判断できる点が優れている。

1-2 CCDカメラ

近年のデジタルビデオカメラの発達に伴い、各方面でカメラによる画像を検査に活用する技術が開発されている。さらに画像の重ね合わせ技術も開発、実用化され、覆工表面が連続的に展開画像として作成することが可能となった。CCDカメラによる画像撮影は必要な照明、カメラから覆工表面までの距離に合わせたピントの調整などが必要である。

1-3 レーザー

レーザーユニットでレーザー光を覆工表面に照射し、反射光を微妙な輝度の強弱を読み取れる光センサーで感知し、映像化するものである。レーザーの利点は撮影用の照明が不要なこと、ピントの調整がいらぬことなどである。逆にCCDカメラに比較し、レーザーユニットや、冷却装置などが必要となる。

これらの技術を使った検査装置は、基本的には、カメラや照明器具、熱源やレーザーユニットなど

表-1 赤外線を活用した検査装置

システム	システムの目的と原理	仕様・性能	備考
赤外線画像処理による検査システム	走行しながらハロゲンランプを活用した照射装置で覆工を加熱し、赤外線カメラで撮影する。剝離箇所と健全箇所の加熱速度の差により生じた温度差を赤外線カメラで撮影することにより変状箇所を把握する。さらに単純なひび割れ、析出物などの把握を行う目的で普通のCCDカメラを併用して画像を得る。	処理方式：赤外線画像をサーモグラフィ装置で処理 赤外線カメラ：エリア型CCD赤外線カメラ 検知波長領域 3.6~4.6μm 最小検知温度差 0.03℃ 素子数 160×120 加熱照射装置：光源 ハロゲンランプ 1走行あたり加熱面積 2.8m ² ヒーター出力 6.4kW/m ²	東京地下鉄(株)
		測定能力：走行時速度 2.0km/h 動力方式：自走の保守用車に各設備を搭載	



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。



株式 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

表-2 CCDカメラを活用した検査装置

システム	システムの目的と原理	仕様・性能	備考
CCD デジタルビデオカメラ計測システム	高速道路のトンネル覆工表面を高速走行する車両に搭載したCCDカメラを活用し撮影、記録、画像化し、損傷展開図を作成し、健全度評価を実施する。	方式：専用の車両にCCDデジタルビデオカメラを複数搭載し、覆工表面情報を連続的に記録し画像化する。 ビデオ：画素数 3 CCD, 34万画素 照明：消費電力 1kW 電圧 100V 録画装置：記録方式 DV-CAM 連続記録時間 3時間 測定能力：走行速度 60km/h程度まで 計測精度 ひび割れ幅0.5mm以上 計測範囲：SLより上部アーチ部分	東, 中, 西日本 高速道路(株)
CCD カメラによる覆工表面検査装置	保線用トンネルにビデオカメラ, 照明器具, レコーダーを搭載し, モーターカーで牽引しながらトンネル表面の画像を撮影, 撮影した画像より展開図を作成し, 欠陥箇所を管理する。	方式：CCDビデオカメラによる撮影 検測速度：5~15km/h 測定精度：2.0mm以上のひび割れをトレース 走行方式：保守用車による牽引	東京都交通局
テレビカメラによる小口径管路調査システム	小口径の下水道管路を調査するため, ベルト走行する自動走行装置にテレビカメラを搭載し, 管内を撮影して破損や継ぎ目のずれ, 腐食などを調査・測定する。	方式：自走する走行装置にテレビカメラを搭載し, 管内を撮影する。 走行速度：0~17m/分 連続走行距離：約100m 重量：約23kgf	東京都下水道局
メトロビームシステム(大口径下水道管路のテレビカメラによる計測システム)	大口径管路は流水の速度や水量, 有害ガスの発生があり, 人の立ち入りが制約されるため, 船体方式の浮体に調査カメラを搭載し, 有線リモートコントロールで管内を撮影する。画像はデジタル化され, 記録, 管理に活用する。	方式：船体タイプの浮体にカメラを搭載し, 有線コントロールにより撮影する。 CCDカメラ：画素数, 42万画素 水平解像度, 470本 大型投光器：110V, 250W×2 ケーブル：1,000m 測定可能管径：φ1,200mm以上 流速：3m ² /s程度まで	東京都下水道局
ラインセンサーカメラによる検査	軌道を自走する車両に1次元ラインセンサーカメラを搭載し, 覆工表面を撮影し, 連続走査画像を作成する。	方式：自走する保守用車などにラインセンサーカメラを搭載し, 走行しながら覆工表面を撮影 ラインセンサー：画素数 4,096画素/ライン カメラ：モノクロCCDラインセンサーカメラ 計測速度：10km/h 計測精度：クラック幅1mm	(財)鉄道総合技術研究所 東海旅客鉄道(株)など

表-3 レーザー光を活用した検査装置

システム	システムの目的と原理	仕様・性能	備考
アルゴンレーザー計測システム	高速道路のトンネル覆工表面に車両に搭載したレーザー照射装置を搭載し, 反射光を光センサーで読み取り表面画像を記録, 印刷し維持管理に活用する。	方式：アルゴンレーザー照射装置を車両に搭載, 覆工に照射し, 反射した光を高精度の光センサーで読み取り, 画像とする。 レーザー：レーザー光源, アルゴンイオンレーザー 出力 4W センシングユニット：センサー, 光電子増倍管 データレコーダー：記録速度 30MB/sec 記録容量 250GB 計測速度：60km/h程度まで 計測精度：ひび割れ幅 0.5mm程度以上	東, 中, 西日本 高速道路(株)
レーザーを活用したトンネル内面クラック探査装置	東京電力の水路トンネル内をレーザー計測装置と対話型処理器を搭載した計測車により走行し, レーザーを覆工表面に照射し映像を撮影し, 欠陥などを把握管理する。	方式：レーザーキャニング方式 測定速度：2 km/h 測定精度：クラック幅0.3mm 測定可能内径：1.5~5 m 画像処理速度：40m/h 走行方式：自走車両	東京電力(株)
レーザー光を活用した覆工表面撮影装置	レーザー光線とレーザーセンサーを活用しレーザーキャニング電子写真方式によるトンネル表面の画像を撮影, 印刷し, デジタルデータとして維持管理に活用する。	方式：自走する車両にレーザー照射装置, センサー装置を搭載し, トンネル覆工表面に照射したレーザーの反射光をセンサーで認識し画像とする。 レーザー：水冷アルゴンガスレーザー 出力 4W 発振波長ピーク 488.514nm 光センサー：高感度光検出ユニット6セット 計測速度：5~10km/h 測定精度：ひび割れ幅 0.5~1 mm	東日本旅客鉄道(株)

を自動車, 保守用車, 特殊なものとしては船体, あるいは専用の走行装置を有した車両に搭載し, 移動しながら測定するものであり, 使用環境に従って, 測定範囲, 速度, 水の有無や段差に対応できる走行装置などさまざまな工夫がなされている。事業者において開発・実用化されている覆工表面の検査装置の例を, 表-1~3に示す。以降では, これら各手法の詳細を紹介する。

② 赤外線カメラを利用した検査手法(東京地下鉄(株))

日本でもっとも古い地下鉄トンネル(銀座線浅草~上野間)は, 供用開始から既に80年の歳月が経過している。地下空間としての地下鉄トンネルは, 経年劣化による変状が社会に与える影響が大きく, 社会資本の次世代への継承という観点からも, 維持管理にかかわるトンネル検査の重要性が改めて注視されている。

このような状況のなか, 東京メトロでは, トンネル検査の高速化・効率化, 客観的かつ定量化された検査データの取得, 劣化・変状の自動抽出による精度の向上, データベース化による時系列挙動の把握を目的として, サーモグラフィ装置による赤外線画像処理による覆工表面下の剝離・漏水の変状を検知するトンネル検査システムが開発, 運用されている。

2-1 検査装置の概要

トンネル検査システムは, 測定データを取得す

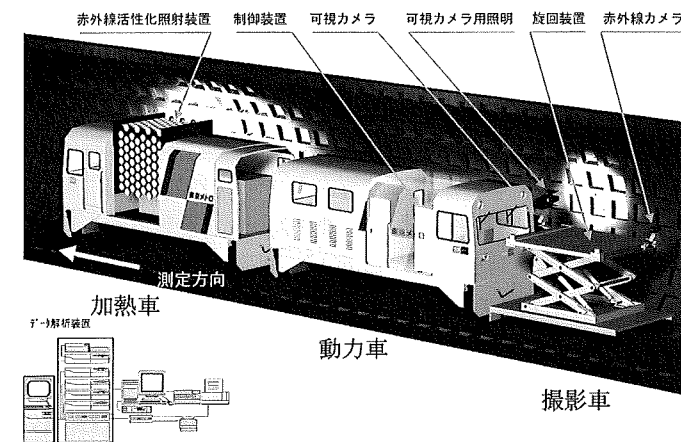


図-1 トンネル検査システム概観図

る計測装置を搭載したトンネル検査車とデータの画像処理などを行う解析装置からなり, オフラインで構成している。トンネル検査車は, 先端部から加熱車, 動力車, 撮影車の3両編成で構成し, その外観を図-1に示す。

地下鉄トンネルの特殊性, トンネル健全度評価を行ううえで必要な評価項目および要求精度から, 赤外線法による非破壊・非接触での検査画像データを取得する一方, 覆工面上のひび割れ, 析出物などの把握精度を向上させるため, 可視画像(CCDカメラ)による検査画像データの取得を併用する構成としている。

なお, 画像処理によるデータ解析については, 赤外線画像と可視画像の特性を相互に活用して, 変状検知の精度向上を図っている。

2-2 測定原理および検査方法

2-2-1 測定原理

コンクリート覆工の表面に人工的に光(電磁波)を照射すると, 光のエネルギーが吸収され覆工表面温度が上昇する。表面で発生した熱はコンクリート内部に伝導するが, 剝離などで内部に空気層が存在する場合には熱伝導が妨げられる。この結果, コンクリート覆工の表面温度が他の健全な部位と比べて増加する。

本システムは, この温度上昇を赤外線カメラで検知(アクティブ赤外線法)することで, コンクリート覆工表面近傍内部の剝離状況を把握するものである。コンクリートから放射される赤外線(電磁波)を赤外線カメラにより撮像し, その画像処理を行うことで解析し, 検査データとする。

取得した赤外線画像には輝度レベルの設定が必要であり, 開発に際しては画像処理に苦労があった。剝離に推定する輝度を1に, 他の輝度を0に設定して背景ノイズを除去する2値化処理, 剝離以外の対象物を除去するフィルタリング処理, 剝離領域の絞り込み, ラベル付けを実施するラベリング処理, 剝離判定基準となる輝度を算出する特

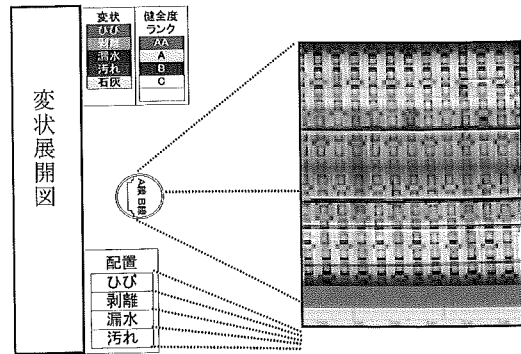


図-2 変状展開図

微量の抽出を順次行った結果、画像処理による剥離・漏水の変状解析が可能となった。

2-2-2 検査方法

具体的な検査方法は、まず加熱車に搭載した赤外線活性化照射装置(ヒーター=ハロゲンランプ)でトンネル覆工を加熱する。次に、撮影車に搭載した剥離部位を検知する赤外線エリア型カメラおよび画像取得用光源を装備した覆工面の可視画像・ひび割れ観測用ラインセンサーカメラにより、照射加熱後の覆工表面の温度分布の計測を行う。

なお、中央部の動力車には、走行装置と計測機器の制御装置を搭載している。また、撮影車にはカメラ・照明設備機器を、走査パターンごとに指向制御を行う旋回装置上に搭載されている。

取得された画像データは、媒体装置を介したオフラインで解析装置に取り込み、変状部位の自動抽出などの画像処理と同時に、画像データをつなぎ合わせて画像を合成し、結果出力として連続した変状展開図(図-2)を作成する。同時に変状帳票として評価対象変状の属性計測値を出力する。

2-3 仕様, 要求性能

物体が常時発散している熱放射(赤外線)を計測して、その物体の温度計測を行うサーモピュアの原理を活用している。覆工から放射する赤外線の計測は、近赤外線領域に現れる分子の振動スペクトルとしている。画像撮像には検知波長領域3.6~4.6μm・最小検出温度差0.03°Cで、素子数160×120のエリア型CCD(電荷結合素子)赤外線カメラを採用した。

加熱照射には、その光源をハロゲンランプによ

表-4 走査・検知機能の概要

走 査 速 度	2 km/h(走査時速度)
走 査 幅	2 m/走査あたり(縦走直角方向)
検出可能剥離深さ	5 mm(2.0km/h) 10mm(0.5km/h)
検出可能ひび割れ幅	0.8mm以上
検出可能変状種別	漏水・ひび割れ・剥離・析出物・汚れ
※ 健全度判定	相対評価値(数値化)による自動判定

注)剥離・漏水以外の検出は可視画像による

る可視光線とし、1走査あたりの加熱面積2.8m²(2.0×1.4m)の所要照射熱量から60個(1,150W/個)を点灯しヒータ出力6.4kW/m²を確保し、覆工との最大離隔1.5mの保持には筐体昇降機能を設けての対応とした。

剥離検出温度差0.3°Cの設定は、覆工面の加熱照射位置からカメラ撮像間距離を17m、加熱時間30sec、走行時速2.0km/hで構成している。

可視画像取得は、照度25,000ルクスのメタルハライドランプの照明と2,048画素のCCD(電荷結合素子)ラインセンサーカメラで装置を構成し、計測走査幅2mを連続した撮像で、背景画像と検査画像データを取得する。

変状(ひび割れ・析出物)検出は、画像処理による輝度の差異から抽出して、検出するひび割れ幅のスペック値を0.8mm以上に設定している。

なお、0.8mm以下は、地下鉄トンネルの覆工材質が鉄筋を密に配したRC構造物であり、構造物への影響が少ないものとして評価の対象から外している。走査・検知機能の概要は表-4に示すとおりである。

また画像処理では、取得した可視画像の輝度階調区分を可能にしている。輝度変化の大きな箇所を強調する「エッジ強調フィルタ処理」、画像を明るさの領域に分割する「領域分割処理」、輝度別に区分して画素を閾値より明るい輝度を1に、暗い輝度を0に設定して背景ノイズを除去する「デジタル化処理」、明るい輝度に分類された数画素の集合体を変状として抽出する「ラベリング処理」、2値化画像の変状集合体を膨張・収縮による判定評価および既得の同種の変状との重ね合わせにより合否判定する「特徴量抽出」を順次行い、

画像処理による解析処理でひび割れ・析出物などの変状を抽出している。

走査ごとに連続取得する画像をつなぎ合わせおよび変状接合を行い、処理結果の対比照査するフュージョン判定などを経て変状展開図・変状帳票を出力している。

2-4 使用状況

2-4-1 測定データと判定

従来の健全度判定値は、ベテランの現場技術者の経験にもとづく評価判定に頼った「機能値」のため、均質に定量化された判定評価が困難であった。測定データの数値化を可能にしたため、その機能値を「数量値」に置き換えて定量的な判定評価による健全度判定の手法を確立した。この健全度判定手法では、機能維持に多大な影響を及ぼすと考えられる「剥離」、「ひび割れ」、「漏水」の変状を評価対象とした。この3種類ごとの変状の程度を示す属性データ(表-5)に対し、各変状ごとの特徴量(表-6)にもとづく評価点数を設定して、危険性の加重づけを行い各属性データの評価点数の積を得ることで、各変状の健全度判定を行っている。表示する健全度判定は、トンネル縦断方向5m間隔で分割した区間ごとの各変状属性データ評価点数の和を用いた3種類の変状判定評価値とした。

表-5 評価対象変状とその属性データ

変状名称	属性データ	備 考
漏 水	発生位置, 面積, 増加率(面積)	周囲より1°C以上低い部位を抽出
ひ び	発生位置, 幅, 長さ, 形状, 方向性, 増加率(幅, 長さ)	最小ひび検出幅1mm以下
剥 離	発生位置, 形状, 面積, 増加率(面積)	最小剥離ひび検出厚さ5mm以上

表-6 変状の評価指標

変状	特 徴 量	評価点数
漏水	W _{pos} :発生位置(トンネル上部, 下部), W _{are} :面積(大, 中, 小), W _{are} :面積増加率(大, 小)	W _{total}
ひび	C _{wid} :幅(大, 中, 小), C _{len} :延長(長, 中, 短, 微小, 極小), C _{dir} :方向性(横断, 縦断, 斜め), C _{sha} :形状(閉塞, 未閉塞), C _{area} :幅増加率(大, 小), C _{len} :長さ増加率(大, 小)	C _{total}
剥離	D _{pos} :発生位置(トンネル上部, 下部), D _{sha} :形状(閉塞, 未閉塞), D _{are} :面積(大, 中, 小, 微小, 極小), D _{are} :面積増加率(大, 小)	D _{total}

健全度判定のランクは、判定評価点数の合算点に応じて、処置対象(AA)、経過監視(A)、問題なし(B)、健全(S)の4段階の相対評価での設定とした。

2-4-2 結果の活用方法, 措置など

数値化した定量的な検査測定データの取得で、検査記録の蓄積・既存データとの重ね合わせにより、時系列挙動の定量的な把握および変状の進捗増加率を数値として把握でき、検査精度の向上ならびに、均質な検査データの取得を確立した。各種変状のパラメータ化で、経時挙動変化の経緯を把握し、その兆候から変状(剥離など)発生を事前に検知して早期に適切な措置対応を可能にした。

なお、健全度判定に相対評価値(数値化)を導入したことにより、熟練技術者の減少に伴う検査技術の低下および検査担当者の資質・個人差による差異を解消し、均質な精度を確保した判定評価を維持している。

2-4-3 マニュアルなど

サーモグラフィ法を用いた剥離検知では、材質の差異などから、周辺温度差で誤検知が発生する。データ解析処理過程での識別処理で順次対処しているが、最終的には、可視画像と重ね合わせて、発生部位・形状・周辺環境などを勘案した、検査担当者の技量・資質に委ねられた評価判定としている。誤検知判定を一定以上の水準で評価するための、スペック値の設定が必要と考えている。

全般検査を対象に本システムを運用しているが、データ解析処理の評価機能を更に深度化させて、個別検査などへの詳細なデータ出力に努めている。

2-5 今後の課題

現状では剥離検知深さが覆工表面近傍であり、剥離要因である鉄筋腐食の兆候を把握するためには、鉄筋かぶり深さまでの検知深さの機能を向上させるとともに、取得画像の重ね合わせ(赤外線・可視)画像のずれ低減および画像接合の高速化などで検査の速度向上を図る必要がある。このため新たな技術開発などの情報収集に努め、より精度の高い効率化させた検査システムにするために研究を進めていきたい。

トンネル ジャーナル

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

北大河原バイパス予備設計
ならびに地質調査に着手

京都府は、国道163号北大河原バイパスの予備設計と地質調査に着手する。

同バイパスは、京都府南山城村北大河原地内を通る延長3.2km、幅員6.5mの2車線道路で、設計速度を50km/hとしている。このうち、約4割にあたる520mと850mの2本のトンネルを計画している。

大規模構造物の
詳細設計業務範囲を見直し

国土交通省は、トンネルなどの大規模土木構造物の詳細設計業務範囲の発注を見直すことにした。

同省直轄工事の入札に総合評価方式が普及していくなか、詳細設計付きの工事となるデザイン・ビルド方式での発注が増える見込まれており、コンサルタントが行ってきた詳細設計業務と、工事を請け負う建設会社が実施している業務の一部が重複しているために事業の効率性を高めるのが狙い。

地下自動車道の
構造検討を本格化

東京都建設局は、都道環状第5の1号線のうち、豊島区雑司が谷～南池袋区間(延長990m)で計画中の地下自動車道の建設に向けた検討を本格化させる。

同区間は、中央部に都電荒川線が通る幅員30mの2車線の道路として整備される。都建設局では、幹線道路の機能を維持するために、地下自動車道の建設によって4車線を確保したいとしている。同道路は、東京メトロで建設中の地下鉄13号線と地上部の空間に構築されるため慎重な検討が必要としている。

栗尾バイパスルート案が
決定

京都市が右京区の京北地域に建設を予定している「一般国道162号栗尾バイパス」のルート案がまとまった。

同バイパスの事業延長は約4.2km、幅員10m。このうち、全体の約5割にあたる2.3kmがトンネルで、残りの約1.9kmが現道を改良する。

07年度から詳細設計と用地買収を進め、09年度の着工、14年度の供用開始を目指す。

立川トンネル貫通

西日本高速道路(株)が進めている高知自動車道の4車線化工事で延長約775mの立川トンネルが3月9日貫通した。

同工事は、高知IC～川之江JCT間約57.7kmに25本のトンネルを計画。同トンネルを含め23本が貫通し、これまでに14本が供用している。

すべてのシールドが発進

東京地下鉄(東京メトロ)が建設を進めている地下鉄13号線(池袋～渋谷間8.9km)戸山工区(西松・西武・みらいJV)のシールドが3月9日発進した。

このシールドの発進により同路線で使用する10機のシールドがすべて発進した。コスト縮減と環境負荷の低減を実現するため各工区で地盤条件などを考慮した独自のシールドを開発し投入している。掘削工事は、08年の開業に向け佳境に入っている。

紀勢道勢和多気～
大宮大台間が開通

中部高速道路(株)が建設を進めてきた紀勢自動車道の勢和多気JCT～大宮大台IC間が3月11日開通した。

同区間は、延長13.4km、暫定2

車線の紀伊半島南端を走る同自動車道の最初の開通区間。このうち、構造物は、土工約6.7km、橋梁約3.9km、トンネル約2.8kmとなっている。

伊豆縦貫道で初の
トンネルが貫通

中部地方整備局沼津河川国道事務所が進めている伊豆縦貫自動車道天城北道路の本立野トンネルが3月12日貫通した。

伊豆縦貫道で初の貫通となった同トンネルは、延長1,031m、断面85m²、幅員10.5mをNATMで施工した。天城北道路は伊豆縦貫道の一環として伊豆地域に高速サービスを提供するとともに、伊豆半島の交通混雑の緩和を期待されている。

鴛波トンネル貫通

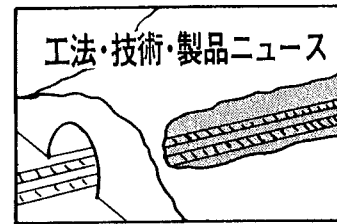
三陸縦貫自動車道桃生登米道路・鴛波トンネルが3月15日貫通した。

鴛波トンネルは、豊里町と登米町境の山間部を通過する区間で、全長約990mのトンネル。三陸縦貫自動車道の宮城県内区間では初の貫通トンネルとなる。工事は平成16年2月に着工し、平成18年6月末に完成する見込み。

山古志トンネル貫通

北陸地方整備局震災復旧事業として権限代行により進めていた山古志トンネル(仮称)が3月16日貫通した。

新潟県中越地震で国道291号の芋川支流の神沢川沿いでは、現道が大崩落して壊滅的な状況になった。同局では、専門家らによる検討委員会を立ち上げ、トンネルによる別線ルートを採用。工区を2つに分け1日も早い復興支援をするために土木技術の粋を結集して、24時間体制で冬季の過酷な気象条件と戦いながら今回の貫通にこぎつけた。

ダム技術を
道路トンネルに活用

清水建設は、ダム建設に用いられるCSG(Cemented Sand and Gravel)工法を、首都圏中央連絡自動車道(圏央道)の「八王子城跡トンネル(その2-2)工事」の坑口部の改良工事で活用した。

同工法は、現地発生土とセメント、水を簡易混合してブルドーザで敷き均し、振動ローラーで転圧する工法。

同社は、自社が開発した特殊装置を用いることでセメント添加量を半減させることに成功し、大幅なコストダウンにつなげた。

道路トンネル分岐合流部の
非開削技術の実用性向上

西松建設は、道路トンネル分岐合流部を非開削工法で施工できる「カップルバード工法」の実用性を向上させた。

同工法は、合流部で上・下段の所定の範囲を余掘りし、拡張セグメントを外側に張り出して周辺部の止水対策を行った後、NATMで外部の空間を切り抜け、拡張セグメント間を鋼殻セグメントで接合し、高流動コンクリートを充填して合成構造とするもの。今後、詳細検討を進め実用性をさらに高め、大深度・大断面を対象にした道路トンネルに有効な工法として積極的に提案していく方針。

後方超旋回型ミニ油圧ショベル
をフルモデルチェンジ

新キャタピラ三菱は、後方超旋回型ミニ油圧ショベル「REGA」シリーズ

ズ3機種をフルモデルチェンジした。フルモデルチェンジに際して、エンジン出力を大幅にアップするとともに、作業性能全般のレベルアップを行った。また、排出ガス対策については、国土交通省の第二次規制はもちろん、2007年10月に施行される排ガス新法(特定特殊自動車排出ガス規制法)および第三次規制の基準値をクリアする能力を備えている。



円形シールドで地上発進

清水建設と石川島播磨重工業は共同で、地上発進シールド工法「ノン・シャフト・シールド工法」を開発した。

同工法は、シールドのカッタ面を進行方向に対して30度傾斜させて掘進することで、大規模な地盤改良を行うことなく浅深度で地表面沈下の抑制を可能にしたのが最大の特徴。これまでに、アンダーパス向けの矩形シールドによる地上発進はあったが円形では初めて、道路トンネルの本線や出入り口となるランプトンネル工事に積極的に提案していく。

ボックス推進と土留め壁を
併用

戸田建設は、ボックス推進と土留め壁を組み合わせる地下部に立体交差道路を構築する「T-アンダーパス工法(T-UPS)」を開発した。

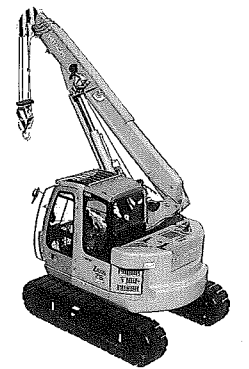
同工法は、密閉型機械式ボックス推進機でトンネル上部の構造体だけを分割施工したうえで、両端部のエレメント下部から仮設の土留め壁を

構築して円形構造を形成。その後、内部を掘削し、トンネル側壁と底盤部にコンクリートを打設し矩形トンネルを完成させる仕組み。これにより、安全で低コスト・短工期を実現。今後、都市部のアンダーパス工事に積極的に提案していく。

テレスコピッククローラ
クレーン

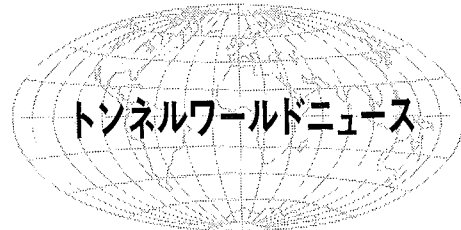
日立建機は、吊り上げ荷重4.9tfのZX75USTテレスコピッククローラクレーンを発売した。

同機は、ZX75URTをモデルチェンジしたもので、ワイドな運転スペースを確保し、作業の安全性・快適性を一段と向上させるとともに、市街地の狭小な場所での資材運搬などで活躍が期待される。

短時間高剛性
吹付けコンクリート

清水建設と電気化学工業は、短時間で高剛性が得られる吹付けコンクリートを共同開発した。

同コンクリートは、吹付け後3時間には土木学会指針で28日後の強度として求められている18N/mm²を確保。従来品の2倍以上の強度が発現するので、地表面沈下の抑制効果が高くなり、都市部大断面トンネルでも安全に工事を行うことができる。また、通常の機械で施工できるため、一般トンネルでも支保工の軽量化や掘進速度の高速化にもつながる。



(社) 日本トンネル技術協会
国際委員会国内広報ワーキング

ロンドンケーブルトンネル延伸事業 でLovat社製TBMを再使用

J MURPHY & Sons社は、EDF Energy社のセントラルロンドンでの延長1,400mに及ぶ高压ケーブルトンネル延伸事業の準備を進めている。

MURPHY社は、テムズ川を横断する幹線トンネルを首尾よく完成させた後、この契約を受注した。

Shorts Gardensまで延伸トンネルを掘進するために、“Bernice”と呼ばれるLovat社製のMp 116SE TBMを使用し、トンネルの覆工は、内径2.59mのプレキャストコンクリートのウェッジブロックセグメントで形成する予定である(図-1)。トンネルの路線の地質は、ロンドン粘土層である。“Bernice”は、直径8m、長さ20mのStep Plateジャンクションまで、延長1,000mにわたる既設のトンネル区間を運搬された。そこで、再組み

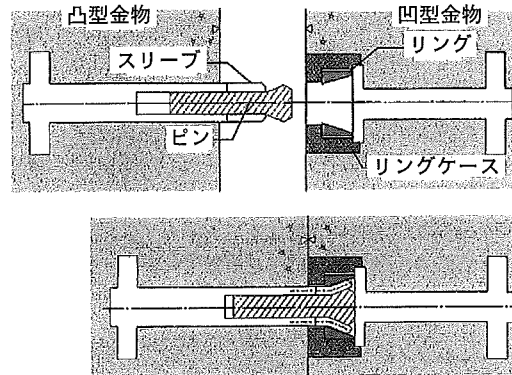
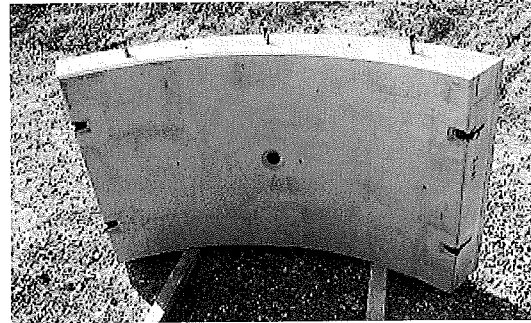


図-1 ウェッジブロックセグメント

立てを行い、8月の終わりに発進する予定である。

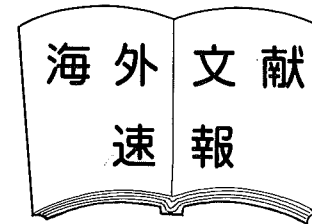
これまで、“Bernice”は、テムズ川の横断とBlackfriars駅部、Fleet Sewer線とWaterloo District線の地下鉄トンネル部下を通過し、テートモダン美術館の下部を首尾よく掘進した後、昨年10月、Farringdon通りの立坑に到達した。(T&TC '05.10 担当：松浦浩一・東京都交通局)

研究論文募集のお知らせ

弊誌「トンネルと地下」では、研究論文(実験、技術開発など)を募集いたします。大学や技術研究所などからの貴重な研究成果を多数お待ちしておりますので奮ってご応募下さい。とくに若手トンネル技術者の技術向上を主眼としておりますので、平易・簡潔にまとめていただくようご配慮のほどお願い致します。なお、応募方法の詳細につきましては54頁に掲載の『投稿原稿応募のご案内』を参照のうえ、ご応募下さい。

問い合わせ先 株式会社 土木工学社 編集部

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



(社) 日本トンネル技術協会
研究開発委員会

二軸圧縮条件での地下掘削に伴う岩盤の 進行性破壊シミュレーション/Simulation of progressive fracturing processes around underground excavations under biaxial compression

By W.C.Zhu, J.Liu, C.A.Tang, X.D.Zhao, B.H.Brady: Tunnelling and Underground Space Technology, Vol.20, No.3, 2005, pp.231-247

概要

地下掘削に伴う岩盤の進行性破壊はRFPA (Rock Failure Process Analysis)と呼ばれる解析コードを用いてシミュレーションすることができる。このコードは岩盤の弾性係数と強度のmesoscopicな(マクロでもマイクロでもない中間的スケールに着目した)不均一性を取り込んでい。岩盤の弾性係数や強度の不均一性の度合いはワイブル分布に従って定義する。また、このコードのもう一つの特徴は、前もって仮定することなく、どこにどのように破壊が生じるかを予測できることにある。つまり、クラックが自然に生じたり、ある局所的な応力条件を超えた場合にクラックがさまざまなメカニズムを表したりする。これらの特長によりRFPAはさまざまな荷重条件の下で、掘削周辺岩盤の破壊の開始から進展、破壊域の合体など破壊過程全体をシミュレートできる。

本論では、円形、楕円形、逆U字形の3種類のトンネル形状周辺の破壊進展過程をRFPAによりシミュレーションしている。それらの破壊パターンは、これまでの研究ですでに報告されているも

のとよく一致している。本論ではさらにほかの荷重条件での破壊パターンについても予測している。RFPAについて

RFPAは、大きさは同一で一つ一つの物性が異なる多くのメソスコピック要素からなる二次元FEMコードであり、岩のような準脆性的な破壊をシミュレートできる。弾性損傷メカニズムがメソスケールな要素の構成則を記述するのに用いられ、引張ひずみの破壊基準とモール・クーロンの破壊基準が用いられている。

メソスコピック要素そのものは等方均質であるが、その力学的性質の空間的ばらつきは、(1)式に示すワイブル分布に従っている。

$$f(u) = \frac{m}{u_0} \left(\frac{u}{u_0}\right)^{m-1} \exp\left(-\frac{u}{u_0}\right) \quad (1)$$

ここで、 u は要素の弾性係数や強度などの力学的パラメータ、 u_0 はパラメータの平均値、 m は分布形状を規定するパラメータであり、 m の値が解析モデルにおける物性の空間的不均一性の大きさを規定している。なお、解析モデルの中のそれぞれの要素は、実際の岩盤の不均一性を的確に反映させるために、十分小さなものでなくてはならない。

ここではRFPAの一軸応力状態における各要素の応力・ひずみ関係を解説する。ひずみが最大引張ひずみ、もしくは応力がモール・クーロンの破壊基準に抵触したら、引張もしくはせん断での要素の損傷が開始する。そして、微視的な(引張)破壊が基本的に岩盤の損傷過程であると考え、引張ひずみの破壊基準を優先して適用する。要素の(割線)弾性係数は損傷の進行に従い、(2)式で表す。

$$E = (1-\omega)E_0 \quad (2)$$

ここで、 E_0 は損傷を受ける前の弾性係数、 E は損傷した弾性係数、 ω は損傷変数であり、いずれも等方性のスカラー量である。ここで、 ω は(3)式で表される。

$$\omega = \begin{cases} 0, & \varepsilon > \varepsilon_{10} \\ 1 - \frac{\lambda \varepsilon_{10}}{\varepsilon}, & \varepsilon_{10} < \varepsilon < \varepsilon_{1u} \\ 1, & \varepsilon \leq \varepsilon_{1u} \end{cases} \quad (3)$$

なお、 λ は弾性損傷構成モデルにおける $f_{tr} = \lambda f_{t0}$ (f_{t0} は一軸引張強度、 f_{tr} は残留状態での一軸引張強度)で表される残留引張強度係数である。

解析コードRFPAでは、特定の荷重や変位を解析モデルにステップバイステップで作用させる。もし、ある荷重ステップで要素が損傷したら、応力を再配分し、すべての要素に対して破壊判定を再度行うことになる。そして新しく損傷する要素がなくなるまで、応力再配分計算は継続し、収束したら次の荷重ステップに移る。これによって、静的荷重の漸増による進行性破壊プロセスをシミュレートすることができる。

地下空洞掘削解析(円形トンネルの場合)

解析モデルは240mm×240mmの四角形領域の中に直径60mmの円形トンネルがあり、モデル周囲から地圧相当分布外力を作用させるというモデルであ

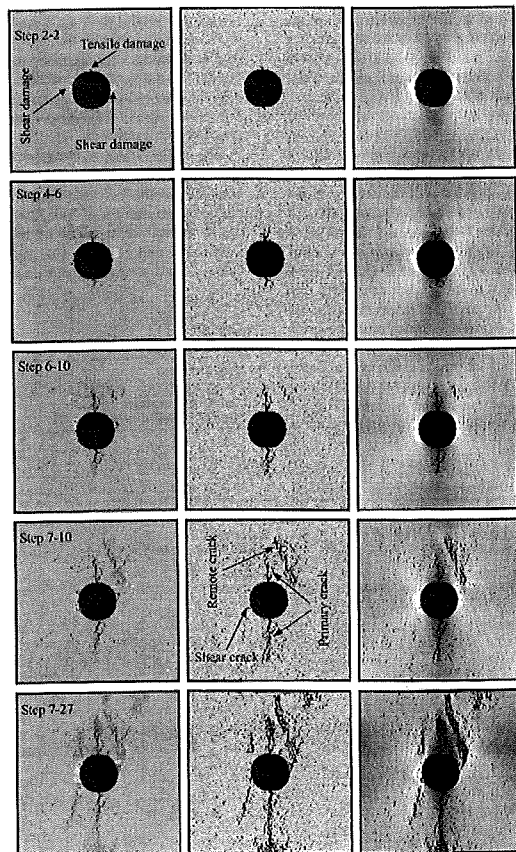


図-2 鉛直応力(側圧係数 $\kappa = 0$)にある円形空洞の破壊パターン

る。物性は平均弾性係数60GPa、平均圧縮強度200MPaであり、均質指数(分布形状を規定するパラメータ) m は3.0としている。モデル周囲から作用させる分布外力は1ステップあたり4MPaとした。

解析結果を図-2に示す。

図-2(a)がアコースティックエミッション(AE)分布として表したもので、現在のステップで損傷した要素は白(せん断)もしくは濃いグレー(引張)で示し、既に損傷している要素は黒で示している。図-2(b)は弾性係数の分布であり、グレーが明ければ明いほど弾性係数は大きい。引張で完全に損傷している要素は黒で表されている。図-2(c)は最大せん断応力を表し、せん断応力が大きいほど明るい色で示されている。なお、図中の例えばStep 4-6の意味は、4番目の荷重ステップにおける6番目のイテレーションステップの結果であることを示している。

これらの図を見ると、はじめにトンネル天端と底盤で引張クラックが生じ、その次に空洞外周部やトンネルから離れた位置にクラックやせん断破壊が生じている様子が見える。その後離れた位置にあったクラックは空洞から離れる方向に伸びるとともに、空洞方向にも進展し、最終的には圧縮による破壊域と2本の離れた位置のクラックが合体することがわかる。この破壊進展状況は、図-3に示すMartinらによって行われた円形トンネルの実験による破壊パターンの観察結果とよく一致していることがわかる。

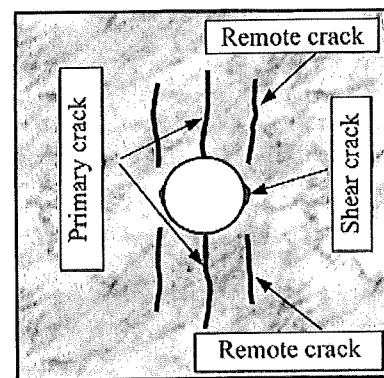


図-3 円形トンネルの実験結果(側圧係数 $\kappa = 0$)

結論

いずれのトンネル形状の場合でも側圧係数が小さいと、天端と底盤にクラックが入るとともに空洞から離れたところにもクラックが入り、それが進行するような破壊形態をとるが、側圧係数が大きくなると、全体的にせん断破壊が優勢になることがシミュレーションされ、これらの結果はこれまでの地下空洞の物理実験や計測で得られた結果と一致している。本シミュレーション結果は、初期段階で天端・底盤の引張クラックの発生を制限することが岩盤内部のクラックの形成を止める効果的な方法であることなど、重要な示唆を与えている。

(文責：岩田充功・鹿島建設(株))

ヴェローナ(Verona)の企業がリーヴァ(Riva)の垂直掘削に挑む/ Verona company rises to Riva's vertical drill challenge

Tunnelling & Trenchless Construction, April, 2005, pp.19-20

イタリア北部のガルダ湖湖畔のリーヴァに水を供給するため、新しく給水管を設置するプロジェクトが計画された。この工事の工法として、周辺環境への影響を最小限に抑えることと、工費削減のため、Horizontal Directional Drilling(HDD)工法が採用された。

発注者は地方自治体のRiva del Garda、コンサルタントはトレンツのStudio Zanetti-De Iorio社、請負業者はヴェローナのTrenchless Technology Italia社である。

給水管は岩壁に設置され、長さ275m、平均95%の上り勾配で、工法はHDDというよりはVDDと呼ばれるべきである。掘削箇所の上部にはヘリコプターか徒歩でしか行くことができず掘削機械を据えるスペースが山のふもとにのみ制約されたため、掘削は山のふもとから山頂へ上向きに行われた。縦断線形は、最初が16°の上り勾配で、250mRの縦断曲線をはさみ、45°の勾配になり、発進と到達の高低差は105mであった。また、地

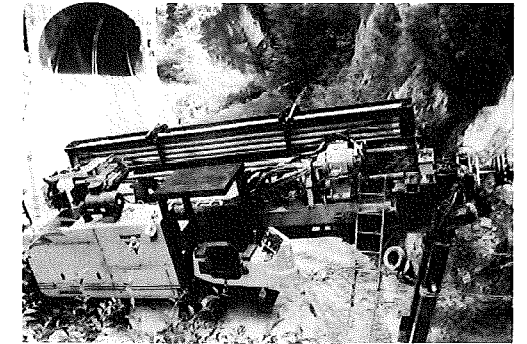


写真-2 削孔機械



写真-3 現場全景、PE管設置状況

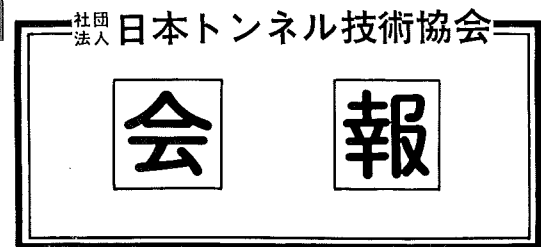
質は1,000kgf/cm²の硬い石灰岩であった。

到達点の山頂の地形は、通常とは異なっていたため、高精度の掘削が求められ、許容水平誤差は8mであった。これに対し、到達口での水平誤差は3.5m、延長誤差は数センチで収まった。

パイロット孔の完成後、310mmと443mmの2段階で掘削を行った。山頂の到達口には作業スペースがなかったため、ヘリコプターで山頂の到達口から直径280mmのPE管と制御ケーブル2本を設置し、ボーリング孔との間にセメントを充填して固定した。全所要工期は10週間以内であった。

HDD技術の最近の発展により、リーヴァのような数年前には考えられなかったような難しい工事でも、この技術が使えるようになり、さまざまな施工条件で利用可能になった。

(文責：金崎伸夫・佐藤工業(株))



1. 会員の現状

	2月25日現在	3月25日現在
正会員	2,188名	2,188名
団体会員	346名	346名
個人会員	1,842名	1,842名
名誉会員	1名	1名
計	2,189名	2,189名

2. 委員会の開催状況(3月1日~31日)

①調査研究関係委員会

◎施工技術委員会

TBM工法小委員会編集打合せ会：3/10(岡田喬幹事
ほか5名)編集方針を検討

同 WG：3/22(岡田喬幹事ほか5名)原稿を査読

都市トンネル小委員会幹事会：3/10(服部公一幹事
ほか7名)編集方針を検討

◎保守管理委員会：3/27(吉田幸一委員長ほか14名)

活動テーマを検討

◎東北新幹線トンネル施工技術委員会：3/29(足

立紀尚委員長ほか57名)活動報告

同 機械化WG：3/23(田村武幹事ほか18名)ま

とめ

◎処分空洞設計施工特別委員会：3/23(足立紀尚委員

長ほか31名)計測データを検討

◎開削トンネル設計方法特別検討会：3/7(木村亮委

員長ほか16名)逆巻き工法を検討

◎小田急立体化特別委員会：3/29(小山幸則委員長ほ

か36名)リスク管理ほかを検討

計 9回開催 198名出席

②運営広報関係委員会

◎国際委員会

対外広報WG：3/3(光木香幹事長ほか6名)レイア

ウト原稿を検討

同 同：3/17(光木香幹事長ほか6名)校正原稿

を検討

国内広報WG：3/6(光木香幹事長ほか6名)海外文

献を査読

ITA対応総括WG：3/24(福本勝司主査ほか11名)活

動方針を検討

◎会誌委員会：3/7(大島洋志委員長ほか11名)4月号

の会誌と3か月計画を検討

計 5回開催 45名出席

合計 14回開催 243名出席

3. 国際会議の開催予定

会議名	開催日	場所	主催等
第7回国際トンネル2006展示会 「インタートンネル」	2006. 5. 16~18	トリノ (イタリア)	Regione Piemonte, RFI, GTT, LTF共催 http://www.intertunnel.com
第10回吹付けコンクリート国際会議	2006. 9. 12~16	ウイスラー (カナダ)	Engineering Conferences International 国際技師会議事務局 http://www.engconfintl.org/6ad.html
イノトランス2006 「国際鉄道技術専門見本市」	2006. 9. 19~22	ベルリン (ドイツ)	Team InnoTrans イノトランス事務局 http://www.innotrans.com 問い合わせ先：メッセ・ベルリン日本代表部(在 日ドイツ商工会議所) TEL：03-5276-8730 info@messe-berlin.jp http://www.messe-berlin.jp(日)
第1回国際シンポジウム 「都市部における地下空間の利用」	2006. 11. 6~7	シャルムエル シェイク (エジプト)	Egyptian Tunnelling Society エジプトトンネル学会 http://www.egyts.com/
第4回アジア岩盤力学シンポジウム 「都市部における地下空間利用」	2006. 11. 8~10	シンガポール (シンガポール)	International Society for Rock Mechanics (ISRM) and the Tunnelling and Underground Construction Society of Singapore(TUCSS) 国際岩盤力学協会 シンガポール地下建設協会 http://www.arms2006.org/
第12回中国土木学会年次会議, 第14 回トンネル工学会年次会議 「トンネルおよび地下建設のための 最新の理論と実践」	2006. 11. 9~11	上海 (中国)	China Civil Engineering Society Institute of Tunnel and Underground Engineering 中国土木学会 トンネル工学会 http://www.cces.net.cn
第33回ITA総会およびコン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 International Tunnelling Association チェコトンネル協会 国際トンネル協会 http://www.wtc2007.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

6月号予告[6月1日発売予定]

- 東北新幹線 市川トンネル
 - 金沢外環状道路山側幹線 涌波トンネル
 - 国道210号日田バイパス 石井トンネル
 - 京阪本線 天満橋駅付近切り換え工事
 - 東京都水道局 東南幹線
- 【連載講座】
- 都市トンネル工事の計測(6)
 - 各種装置を活用した新しいトンネル検査手法(3)
- *内容等は変更になる場合がございます

編集後記

◆今月の10~16日は愛鳥週間です。もともとアメリカで1894年から行われているこの行事は、日本では1947(昭和22)年から「野鳥保護・自然保護思想の普及」を目的として開始されました。

◆最近、都会ですずめを見かける機会が少なくなりました。30年前ごろは都会の近くにもまだ田んぼがかなりあり、また天敵のからすもさほど多くなかったので結構な数のすずめがいたと思います。色が地味であまりきれいとはされていないこの鳥の増減は、とくに社会の注目を浴びることなどめったにありません。ですが、よく目を凝らして見てみると愛嬌があって、色もただ単に「茶色」と一言で言い表せないような複雑な「茶系」で構成されています。日ごろ見慣れているものでもじっくり観察すると、また新しい発見が見えてきたりします。今度すずめを見かけたらじっくりと見てみてください。

◆磐越道の猪苗代湖に近い関都西トンネルや高玉東トンネルは白鳥のデザインの坑門です。殺風景なトンネルも坑門を美しく凝った造りにしていただければ通行する際、非常に楽しくなります。なかなか坑門の写真を撮るのはむずかしいですが、いろいろなテーマごと、例えば「鳥」、「動物」、「魚」、または「色」などにきれいにファイリングすると結構楽しいかもしれません。ひとつ紹介させていただくと、沖縄県石垣市の於茂登トンネルはシーサーがモチーフとされてとてもきれいな坑門です。

◆5月になり、天候も暖かく活動しやすい季節になりました。坑門の写真を撮りにドライブに行くもよし、山へハイキングを兼ねて野鳥の声を聴いたり、写真を撮りに行くのもいいのではないのでしょうか。

(I.Y)

★購読の申し込み、または、送付先変更などの問い合わせは(株)土木工学社までご連絡ください。

★(社)日本トンネル技術協会会員の方の住所(送付先)変更は直接(社)日本トンネル技術協会へご連絡ください。

トンネルと地下

第37巻 第5号 [通巻429号]

ISSN 0285-631X

Tonneru to chika

平成18年4月20日 印刷

平成18年5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

番地メジャー神楽坂

TEL: 03-3267-2888

FAX: 03-3267-2807

http://www.tunnel.ne.jp

発行人 山本 育徳

編集人 山本 勝誉

印刷 新協印刷株式会社

本誌の購読について

■購読をご希望の方は、書店または土木工学社へ直接お申し込みください。

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

購読料

1冊 1,575円(送料108円)
(本体価格 1,500円)

1年 15,000円(前納)

振替 00110-8-190072

本誌広告のお申し込み方法

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

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

吹付けコンクリート用急結剤

「太平洋ショットマスター」



急結性に
優れています

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

短時間強度長期耐久性が
良好です

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

3

塩化物を
含んでいません

塩化物を含んでいないので
ロックボルト・鋼製支保工等の鋼材を腐食させません

優れた付着性!!

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

 太平洋マテリアル株式会社

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