

トンネルと地下 **6** vol. 41 no. 6 2010

Tunnels and Underground

地山改良工で最大土かぶり7mの水田丘陵地を掘削
大断面トンネルの偏圧斜面坑口部の対策と繊維補強による覆工無筋化
営業線直下を1.7kmにわたり泥土圧シールドで掘進
既設下水道幹線直下の残置鋼矢板をDO-Jet工法で切断撤去
貫通迫る アルプス越えの世界最長ゴットルドベーストンネル

日本トンネル技術協会誌



トンネル開発技術に 70年のヒストリー！

2009
中国初の断面φ14.27m泥土圧シールド
上海外灘地区の交通渋滞解消に貢献
上海万博に合わせ貫通

2008
支障物切削シールド
土中の杭やシートパイルをシールドマシンで切削

2007
(ハイライト用シールド)
ドバイの交通網の発展に貢献

2006
世界最大径φ15.01m泥土圧シールド
スペインマドリッド環状道路M30の渋滞回避に活躍

2004
大断面SENS工法シールド
東北新幹線三本木原トンネル工事の建設で活躍

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

1999
世界最大級の泥水式シールド
東京湾横断道路工事で活躍

1989
英仏海峡トンネルT-5工区貫通式完成にわく関係者たち

1939
日本最初の本格的シールド
関門トンネル工事で活躍

1995
3心円泥水式駅シールド
地下鉄12号線環状部飯田橋駅工区建設工事で活躍

世界中で
1700台の
実績！

昭和14年(1939年)我が国初の本格的シールド式トンネル掘削機を開発して以来、三菱重工はトンネル開発技術のパイオニアとして70年にわたり国内や海外で数多くの実績を築いてきました。豊かな21世紀を育むために、三菱は最先端のジオテクノロジーでさらに前進しています。

三菱重工メカトロシステムズ(株)のシールド式トンネル掘削技術

三菱重工メカトロシステムズ株式会社 都市開発部
神戸市兵庫区和田宮通五丁目4番22号 TEL.078-672-2873 FAX.078-672-2869
東京都港区港南二丁目16番5号 TEL.03-6716-4092 FAX.03-6716-5833

定価 1,575円 雑誌06619-6
本体価格1,500円



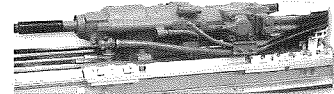
4910066190606
01500

FRD
FURUKAWA

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製品と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。

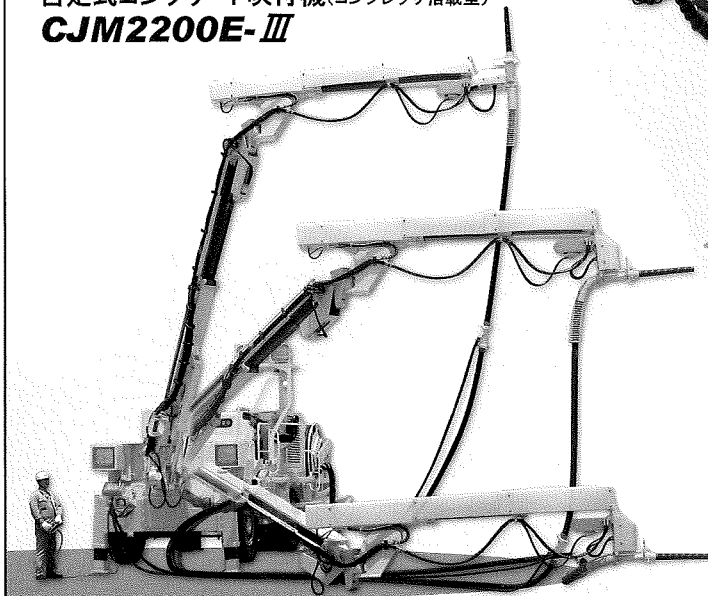
ホイール式ドリルジャンボ
JTH2200R/JTH3200R

新幹線・道路・水路等の全断面および補助ベンチ工法のトンネルさく孔に威力を発揮します。
新世代型油圧ドリフタHD210 II 搭載。



◆主な仕様	JTH2200R 2ブーム、2ケージ	JTH3200R 3ブーム、2ケージ
質量	35.5 ton	43 ton
全長	14,270 mm	14,760 mm
全幅	2,690 mm	3,140 mm
全高	4,000 mm	4,190 mm
水平さく孔範囲		
幅	12,770 mm	13,220 mm
高さ	8,490 mm	8,840 mm

自走式コンクリート吹付機(コンプレッサ搭載型)
CJM2200E-III



◆CJM2200E-III 主な仕様

質量	24 ton
全長	15,600 mm
全幅	3,000 mm
全高	4,000 mm
水平さく孔範囲	
幅 × 高さ	13.3m x 10 m

自走式キャリアに、コンクリートポンプ、急結剤供給装置、コンプレッサ、高圧水ポンプ等、吹付け作業に必要な装置を搭載したコンパクトな一体型コンクリート吹付け機です。

△ 古河機械金属グループ

FRD 古河ロックドリル株式会社

本社 〒103-0022 東京都中央区日本橋室町二丁目3番14号

特機部 ☎03(3231)6966

札幌支店 ☎011-861-3261 東北支店 ☎022-384-8991 関東支店 ☎027-326-9611 名古屋支店 ☎0568-77-7700

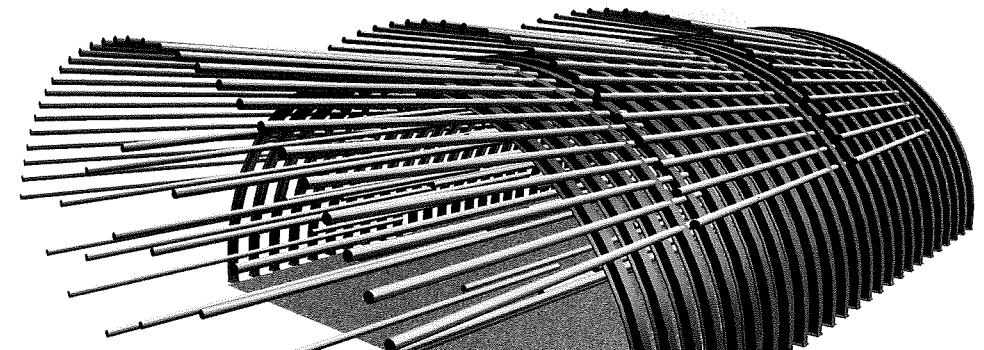
関西支店 ☎06-6475-8221 広島支店 ☎082-832-3542 九州支店 ☎092-948-2010

www.furukawarockdrill.co.jp

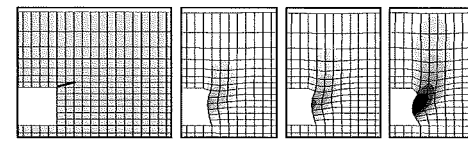
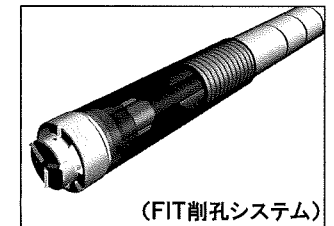
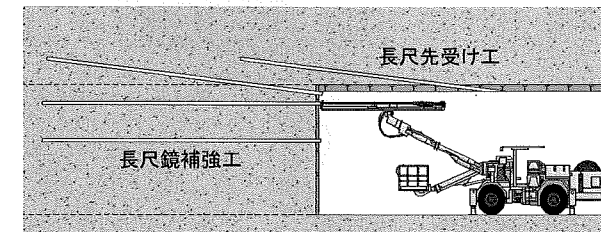
全方位 GFRP 管長尺補強システム

特許登録 第 2955279 号
NETIS登録(No. CB-030065)
施工実績 300 件以上

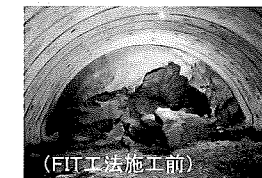
FIT 工法
FRP INJECTION TUBE



切削可能で掘削の妨げにならないGFRP管を使用し、切羽前方地山を確実にホールドできます。



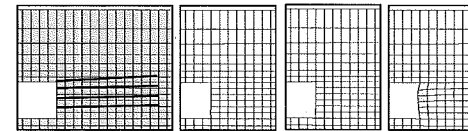
フォアポーリング



(FIT工法施工前)

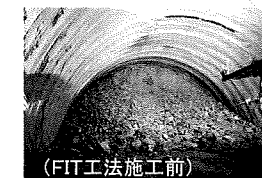


(FIT工法施工後)

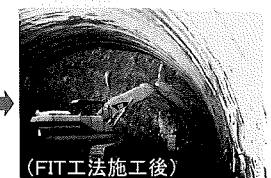


FIT工法

(数値解析による効果の検証例)



(FIT工法施工前)



(FIT工法施工後)

KFC 株式会社 ケー・エフ・シー

東京土木営業部 TEL(03) 3570-5223 FAX(03) 3570-5233
大阪土木営業部 TEL(06) 6363-1884 FAX(06) 6313-0755
札幌支店 TEL(011) 751-4681 FAX(011) 751-4682

ホームページ <http://www.kfc-net.co.jp/>

ホンモノしか残らない。。。

…1960～ 1970～ 1980～ 1990～ 2000……



大容量ファン



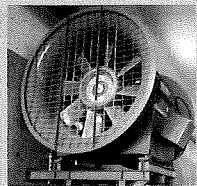
二軸反転
サイレントファン



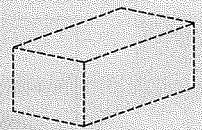
可変翼やインバーター
での風量制御ファン



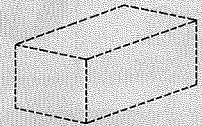
中型集塵機
ノッカー払落し式



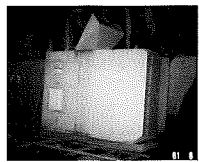
単段ファン



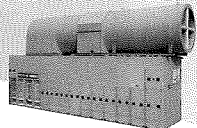
中型集塵機湿式



中型集塵機電気式



大型集塵機
フィルタ交換型



大型集塵機
1000～4000m³/min
30000hメンテナンス
フリー。トンネル
用は清浄度0.1mg/
m³以下保証

吸引ダクト SUPER LIGHT〔新型〕

自走式伸縮ダクト，自走レール，
全体の重量が半減！
φ600～1700，最長130m，
切羽照明で安全UP



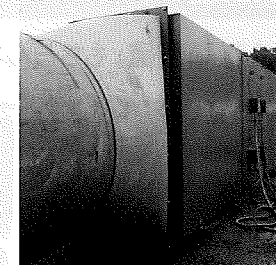
換気・環境技術は進化しています

2009……



密着

コンクリート密着養生システム
コンクリート自身を持つ水分と水和熱により自然
な状態で硬化



〔新型〕
大風量中圧ファン
EZ-2000Q
(2000m³/min, 2.94kpa,
150kw)

重量1/2に半減!!

漏れない風管シリーズ〔新型〕


従来のビニール・鋼管の風管に比べて漏風がほぼゼロのため、
中継なしで長距離送風が可能で大幅な省エネ
負圧＝ピタジョイントダクト(超軽量鋼管)
正圧＝ノンリークダクト(FRPリング式ビニール)

2010……



コンパクト大型集塵機
(低動力・ガス吸着・冷房除湿)
(高効率運転・再資源化…)

最適環境を創造する

 株式会社流機エンジニアリング

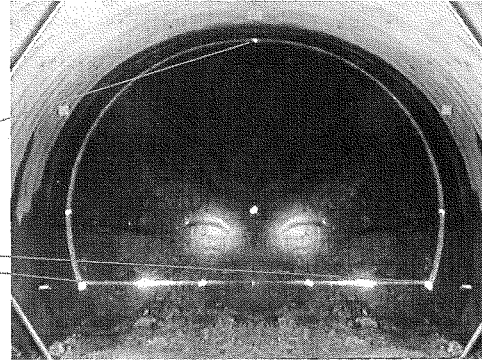
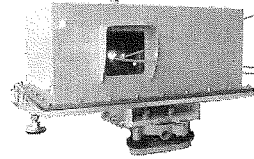
URL: <http://www.ryuki.com> E-mail: eigyobu@ryuki.com

〒108-0073 東京都港区三田 3-4-2 COI聖坂ビル TEL: 03(3452)7400

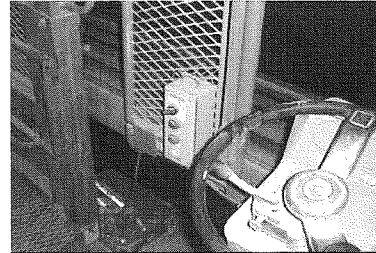
レーザーマーキングシステム

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

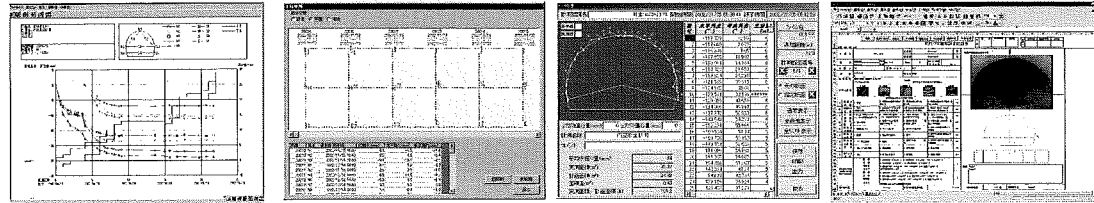


現場環境に耐え得る
頑強なコントローラー

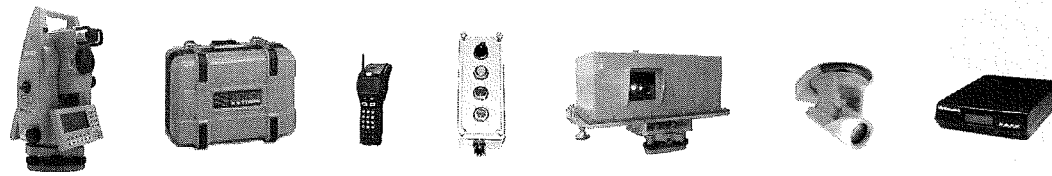


ジャンボに
取付けて使用可
AC200V対応

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

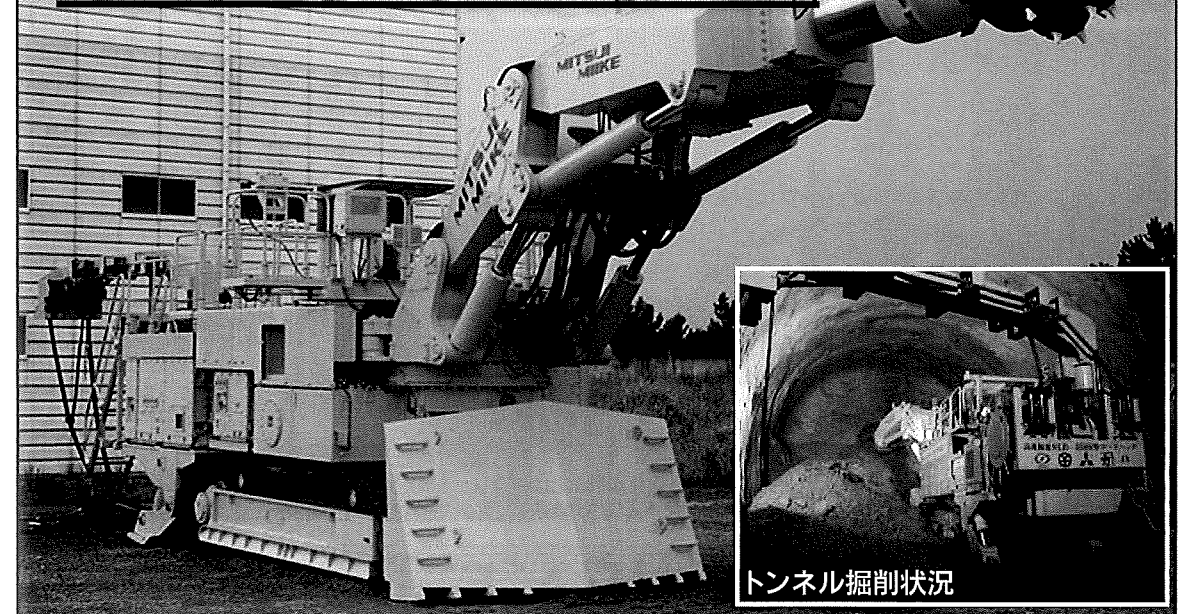
〒272-0832 千葉県市川市曾谷8-16-3
TEL (047) 371-3191 FAX (047) 371-3190

〔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

全断面对应トンネル高速施工掘進機

ロードヘッド SLB-350S



トンネル掘削状況

全断面トンネルの高速施工を目指して


特徴

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

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



スライドデッキ

製造、販売、レンタル及びメンテナンス  **株式会社 三井三池製作所**

本店/〒103-0022 東京都中央区日本橋室町2丁目1番1号 三井ビル2号館

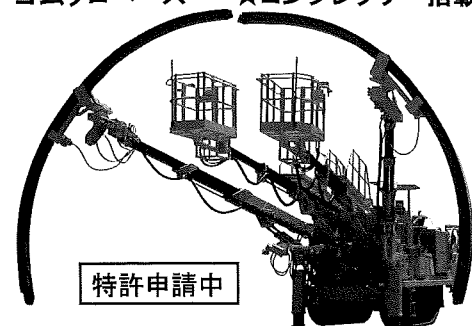
産業機械営業部 TEL.03-3270-2008, 03-3241-4711 FAX.03-3245-0203

http://www.mitsumiike.co.jp E-mail sanki@mitsumiike.co.jp



商品提供をより強力に
2010年4月より新体制
(旧トンネルのレンタル参入)

スコピオン I 型
ゴムクロベース ★コンプレッサー搭載



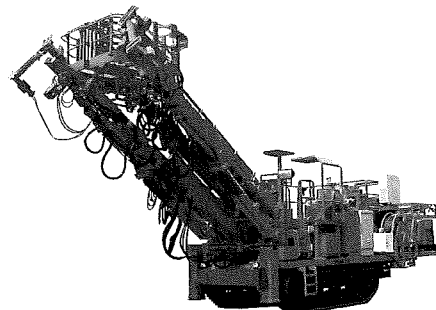
特許申請中

弁慶
鉄クロベース

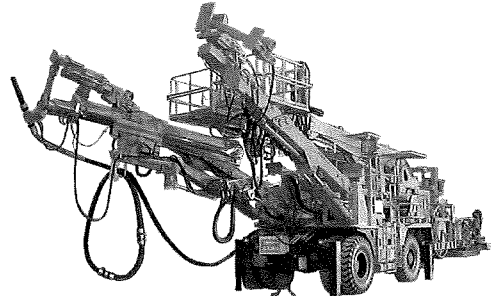


エレクター搭載吹付システム ラインナップ

スコピオン II 型
ゴムクロベース



EJS
ホイールベース ★コンプレッサー搭載

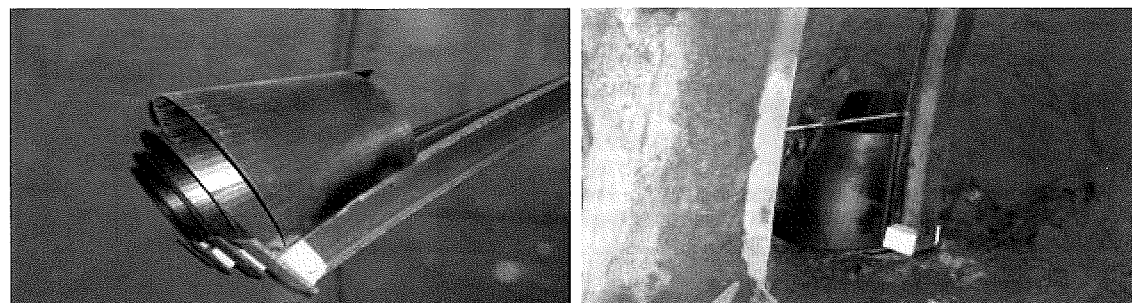


山岳トンネル施工機械、鉱山・採掘機械の総合レンタル企業
ニシオティーアンドエム株式会社

本 社(大阪) 072-634-3939 【支店及び工場】 ・大阪支店・工場 072-677-2101
営業推進(東京) 03-3280-3661 ・石狩工場 0133-72-3715 ・九州支店・工場 0982-26-2111
東日本営業本部(長野) 0268-62-1426 ・東北支店 0197-77-4101 <製作・整備協力>
西日本営業本部(大阪) 072-677-2101 ・関東支店・工場 0268-62-1426 ・岡山支店 0538-66-1211

軟弱地盤に効果を発揮

薄鋼板を用いたウイングリブ
『YM ウィングコーン』 NETIS 登録:CG-070015-A

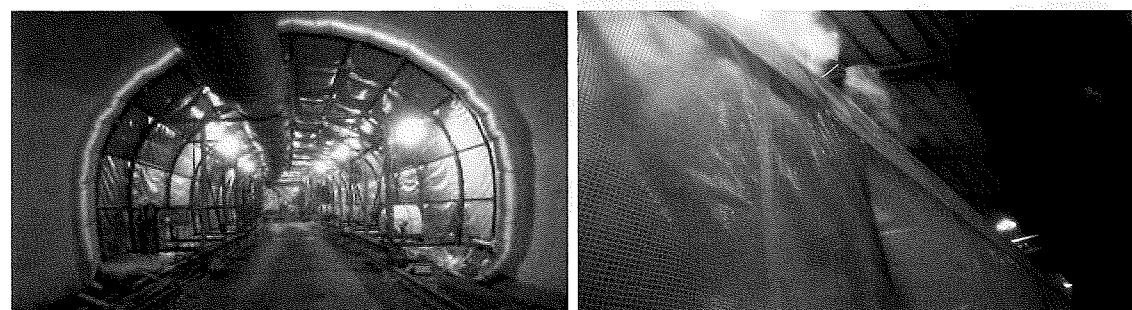


従来のH形鋼ではなく、薄鋼板を中空の円錐台形に加工したウイングリブです。
現場ストックが可能な、ボルトによる脱着式です。

- 【効果】
- ・直接コーン内に吹付コンクリートを吹き込み、地山と密着させ一体化させることにより、初期沈下抑制効果を発揮します。
 - ・吹付コンクリートで地山密着させるため、危険な切羽近傍での接地面の地山均しが不要です。
 - ・現場でのストックが可能のため、事前対策・急な地山変化に効果を発揮します。

トンネル覆工コンクリートの品質革命

散水式による覆工コンクリート養生システム
『トンネルミスト@』 NETIS 登録:CG-080012-A



散水式養生台車を使用します。
養生シートと覆工コンクリートの空間に散水を行い、湿潤養生を行います。
気密性が保持され、保湿性・保温性が得られます。

実績および計画物件
(平成21年12月現在)

- 【効果】
- ・コンクリートは密実になり、初期・長期強度を確保できます。
 - ・乾燥収縮・温度応力によるひび割れが低減できます。
 - ・耐久性に優れたコンクリートが得られ剥離剥落を防止できます。
 - ・従来のひび割れ補修に比べて工期が短縮でき、コストダウンが可能となります。

施 主	実績	計画物件
国土交通省	11件	8件
NEXCO	4件	2件
その他	3件	2件
合 計	18件	12件

株式会社 マシノ トンネルグループ

本 社 〒733-0822 広島市西区庚午中1丁目19-23
TEL (082) 507-2737 FAX (082) 507-2721
大阪支店 〒564-0062 大阪府吹田市垂水町3丁目16-3
TEL (06) 6389-6400 FAX (06) 6389-6410

Kanaflexの電力・通信ケーブル保護管

都市部での電線集中化工事を省力化・効率化

電力・通信ケーブル用多条保護管 特許出願中

カナレックスML

1. 独自構造 (波付き管と管台一体型リブの連続構造)

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

2. 可とう性に優れる

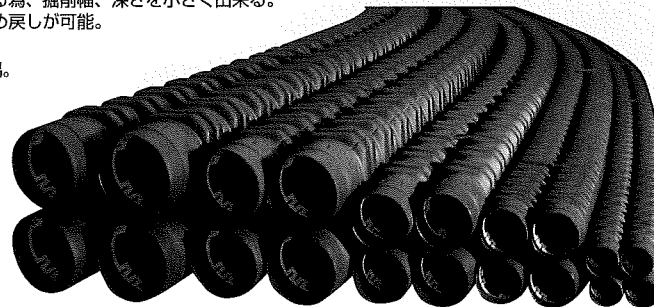
- ・上下左右に曲がり、既設物や障害物の回避が容易。

3. 優れた性能

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

4. 摩擦係数が低く整直性が良い為通線がスムーズ

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



ハンドホール工事の工期短縮・工費削減に現場の加工作業を大幅に軽減できる

ワンタッチ継手付ハンドホール



管路に継手差口をねじこみ 継手受口に差しこむだけ これで接続完了。

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

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

※特許・意匠出願中

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

カナフレックスコーポレーション株式会社 ISO 9001認証取得

株式会社 インテック

東京本社 〒106-6117 東京都港区六本木6-10-1 (六本木ヒルズ森タワー17F)
TEL(03)5770-5111 FAX(03)5770-5130

大阪本社 〒530-6017 大阪市北区天満橋1-8-30 (OAPタワー17F)
TEL(06)6881-0767 FAX(06)6881-0769

営業所 札幌・仙台・横浜・金沢・名古屋・神戸・広島・高松・福岡・鹿児島
直営工場 北海道・仙台・栃木・千葉・滋賀・愛東・広島・四国・九州

トンネル工事を支えるコンクリート・ソリューション

長期耐久性に優れた高品質な覆工コンクリートの施工にお応えします。



湿式吹付けコンクリート用高性能減水剤

NT-1000シリーズ

急結剤と併用することにより、高品質で経済的な吹付けコンクリートを実現。

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

品質向上
対策

高性能AE減水剤 収縮低減タイプ

レオプラス800S/800SR

AE減水剤 高機能・収縮低減タイプ

ポリヒード® 15DS/15DSR

一般強度から高強度コンクリートまでの乾燥収縮ひび割れ対策を可能にする収縮低減タイプの混和剤。

- 収縮ひび割れを5~15%低減できる
- リーズナブルに使用できる

ひび割れ
対策

覆工コンクリート用膜養生剤(水性タイプ)

マスターキュア® 106

セメントの水和反応を最適環境下で進行させることができる養生剤。

- 保湿・保水性が高く養生効果に優れる
- 初期ひび割れ発生を低減する

養生
対策

コンクリートプラント廃棄物の再利用技術

デルボシステム

プラントミキサ・トラックアジテータから発生するスラッジ廃棄物を削減。

- コンクリート廃棄物量を抑制できる
- 廃棄物処理費を低減する
- 環境に対する負荷を軽減できる

廃棄物
削減対策

BASF ポゾリス株式会社

本社 東京都港区六本木6丁目10番1号 六本木ヒルズ森タワー 21階
TEL 03-3796-9710 (代) FAX 03-3796-9980 (代)

支店 仙台、東京、名古屋、大阪、福岡
営業所 札幌、宇都宮、千葉、神奈川、上越(松本・金沢)、静岡、広島、高松、鹿児島
http://www.pozzolite.basf.co.jp

BASFポゾリス 検索

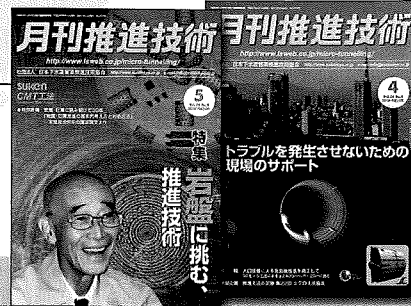
BASF

The Chemical Company

月刊推進技術

定期購読のご案内

定期購読料金 **12,000円** (@1,000円/月×12ヶ月 税・送料込)



わが国の管渠整備事業においては、社会的ニーズや現場の施工条件等の要因により、推進工法の採用が必要不可欠と言われています。月刊推進技術では、円滑かつ適正に推進工事を行っていただくため、必要とされる技術情報をわかりやすく解説しております。また、推進関連のニュースはどこよりも早く、かつ情報満載でお届けしており、管渠埋設の計画・設計・施工の業務にお役立ていただける内容となっています。

申込方法

お申込は、郵便局備え付けの払込取扱票に口座番号：00130-3-576039 加入者名：株式会社エルエスプランニングとして、通信欄に購読開始月を明記し年間購読料金 12,000円(毎月1冊×12ヶ月 税・送料込)をお支払いください。

詳しくは、月刊推進技術編集室にてご案内いたしております。

月刊推進技術 編集室

<http://www.lswb.co.jp/micro-tunnelling/>

〒135-0046 東京都江東区社丹2-2-3-105 株式会社 LSプランニング内
電話 03-5621-7850 FAX 03-5621-7851 E-mail akasaka@lswb.co.jp

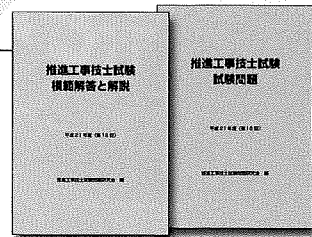
推進工事技士試験 過去8年間(平成14~21年度)

試験問題と模範解答・解説集

推進工事技士試験問題研究会編

推進工事技士試験は、推進工法に係わる技術、技能を適正に認定することを目的に(株)日本下水道管渠推進技術協会が平成4年度より実施している制度で、管渠施工の安全性と品質を確保する上で有益な制度です。

解答付きの解説書に対する受験者の皆様からのご要望に応じて、この程、推進工事技士試験過去問題集を刊行しました。受験対策書としてご利用いただければ幸いです。



1. 内容の特長

- 過去8年間の試験「学科」と「実地」問題を一年単位に収録
- 各年度の試験問題と模範解答・解説集は別冊になっており実力テストに最適
- 解説には設問に採用された図書(推進工法体系)の出典箇所を明記

2. 価格

各年度単位に1set 2,000円(消費税・送料込)

3. 申込方法

本図書のお申込は前金でお願いしています。

ご購入ご希望の方は、郵便局備え付けの払込取扱票に①「通信欄」に購入したい年度と冊数②「ご依頼人」欄に発送先の郵便番号、住所、会社(団体)名、氏名、電話番号を記入して郵便局からお申込下さい。これらのことをインターネットでご案内しています。

株式会社 LSプランニング

http://www2.ocn.ne.jp/~ls_siken/

〒135-0046 東京都江東区社丹2-2-3-105
電話 03-5621-7850 FAX 03-5621-7851 E-mail oda@lswb.co.jp

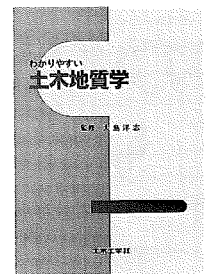
土木工学社の地質学書

[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 税込2,625円 送料340円



主要目次

序 編 トンネルと地質の関わり

1. 地質学とは、応用地質学とは 2. トンネルと地質

第I編 トンネル工事に必要となる基礎的地質学

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

第II編 トンネル工事と地質条件

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

第III編 地質調査法

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

第IV編 工事を対象とした地質調査の進め方

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

[その他の既刊図書]

建設工事の保安地質学〔改訂版〕 石井康夫 著 A5判 475頁 税込6,300円 送料340円

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

地下水の科学 P.A. ドミニコ・F.W. シュワルツ 共著 大西有三 監訳

第I巻 地下水の物理と科学 B5判 235頁 税込4,281円 送料340円

第II巻 地下水環境学 B5判 252頁 税込4,485円 送料340円

第III巻 地下水と地質 B5判 197頁 税込3,873円 送料340円

岩盤地下空洞の設計と施工 E. フック・E.T. ブラウン 共著 小野寺進・吉中龍之進・斎藤正忠・北川隆 共訳

B5判 444頁 税込10,290円 送料450円

ブロック理論と岩盤工学への応用 R.E. グッドマン・G.H. シー 共著 吉中龍之進・大西有三 共訳

A5判 360頁 税込5,097円 送料340円

岩盤の計測と解析 鈴木光 著 A5判 244頁 税込4,410円 送料340円

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

続 きみの庭にも温泉が出る 石井康夫・俣野恭寛 共著 新書判 217頁 税込1,260円 送料210円

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

株式会社 **土木工学社**

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

好評発売中

トンネル発破技術のバイブル

わかりやすい

トンネルの発破技術

監修 山田隆昭 B5判 76頁 定価 1,500円+税(送料別途)

火薬類や発破技術の基礎から最新技術まで!
振動や騒音の環境問題を詳述!!

山岳トンネルといえば、何を思い出すであろうか。「貫通発破」を思い出す方が多いのでは。発破の響きとともに岩が壊れ、外の光が差し込み、風が流れる。この感動は昔も今もトンネル関係者にとって普遍である。しかし、意外にも発破技術について詳しい人は少ないのが現状である。近年、機械の性能の向上に伴い、TBMを含めた機械掘削は増加の傾向にあるが、硬岩掘削は効率の良さから従来と変わらず発破が多用されており、発破技術はトンネル技術者にとって基本事項である。また、発破も時代とともに進歩しており、火薬類はダイナマイトから含水爆薬が主流となり、電気雷管も耐静電気性のもとなり安全性は格段に向上している。また、起爆を高精度に制御できるIC雷管も登場し、振動の軽減を図るための制御発破技術も一段と進歩している。さらに、近年のトンネル作業の効率向上と安全環境の確保の面から、発破の機械化、自動化が進められている。削岩機においては、自動的に位置を決めて穿孔するコンピュータジャンボも開発されている。また、2004年3月には火薬取締法施行規則の改正により、含水爆薬に関して移動式製造設備で火薬類を製造しながら装薬ができるようになり、爆薬の機械装填についても準拠できる基準が示された。これにより、含水爆薬の自動装填技術の取り組みも積極的になされている。

本書は、「トンネルと地下」に連載した「発破技術の現状」に若干の加筆、整理をして書籍化したものである。本書は、若いトンネル技術者にも発破技術が理解できるように、火薬類や発破技術の基礎的な知識から最新の技術まで幅広く取り上げるとともに、火薬類を使用するうえで避けては通れない振動や騒音などの環境対策についても詳しく説明している。これだけまとまった発破技術の書籍が少ないため、ぜひ、多くの技術者に参考書として手元において愛読していただきたい。

〈主要目次〉

第1章 現状と展望、第2章 火薬類の基礎知識、第3章 発破技術の基本、
第4章 新しい発破技術、第5章 発破と環境問題、資料

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

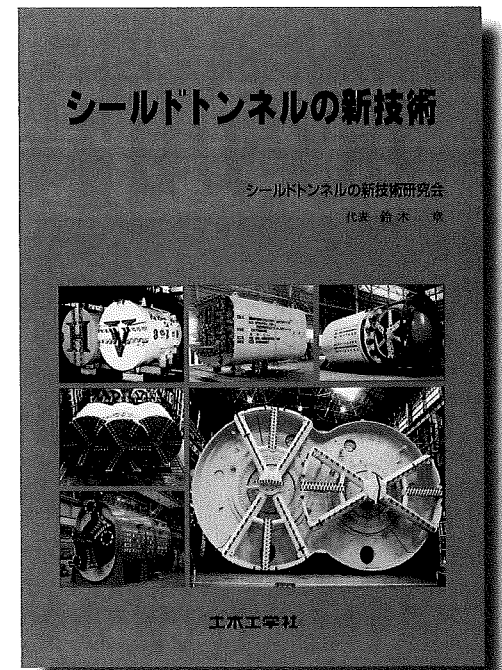
株式会社 **土木工学社**

〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16 メイジャー神楽坂
TEL 03-3267-2888 FAX 03-3267-2807

シールド トンネルの 新技術

シールドトンネルの新技术研究会 編

B5判 280頁 定価：4,660円+税



進化を続けるシールド工法。その誕生から技術の変遷、将来の技術開発の動向までをまとめ、最先端の技術について理論と実際にいたるまで記載した。豊富な設計・施工例を掲載し、応用のしやすい的確な解説を加えた好評の一冊。

主要目次

第1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/わが国におけるシールド工法の歴史/今後の技術開発の方向性

第2章 調査・計画編

1. シールド工法の調査技術
シールド工事における調査の取り組み方/基本計画時の調査(予備調査)/設計時の調査(基本調査、詳細調査)/施工時の調査(確認調査、管理調査)/施工後の調査(追跡調査)

2. 断面および線形計画
断面および線形/鉄道用シールド/下水道用シールド/断面と線形における今後の展開

3. シールド機種の種類と選定
シールド機の構造と装備/現状のシールド機種の種類と選定方法

4. 新しいシールド工法
大断面化、大深度化、長距離化への展望

第3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

3. 仮設備
仮設備の計画

4. シールド工事の自動化
掘進管理システム/方向制御システム/セグメント自動組み立てロボット/自動搬送システム/その他の自動化技術

5. 掘進と施工管理
シールド掘進と施工管理/シールド機の発進と到達/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

6. 近接施工と環境対策
近接工法と対策/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

7. 新工法の現状と将来展望
自由断面シールド掘進(縦楕円断面)/

異形断面シールド/分岐・接合シールド/球体シールド(ホルン)工法/複円形、矩形および拡大シールドの開発動向/ECL工法

8. 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/土圧式シールド工法の切羽安定/特殊条件下の切羽安定

9. 地盤変位の理論と実際
地盤変位の事態/地盤変位の予測解析
付録

1. セグメントの設計例
セグメントの設計例/外国の設計手法との比較/有限要素法を用いたシールド覆工設計例

2. 地盤変位予測解析手法の例
地盤変位の一般的性状/予測解析手法の例

3. シールド工事の施工計画
施工計画書とは/施工計画立案手順/シールド工事施工計画書の参考例

参考文献/索引

株式会社 **土木工学社**

〒162-0832 東京都新宿区岩戸町メイジャー神楽坂
TEL: 03 3267 2888 FAX: 03 3267 2807 <http://www.tunnel.ne.jp>

トンネル工事からパンクを追放 坑内用特殊複層タイヤ



特許第1610830号

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

- タイヤ間との隙間が無いため石を噛まない
- サイドの切断に強い
- 石および普通釘に強い
- 弾性波

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

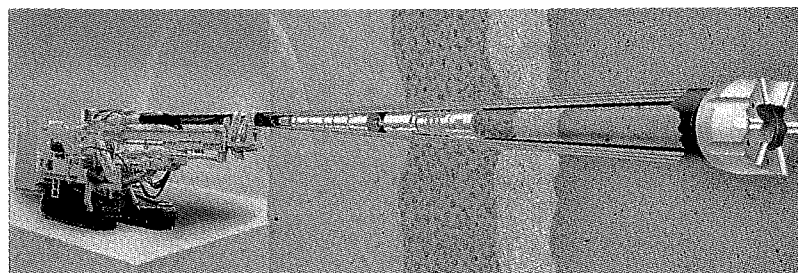
【営業品目】 複層タイヤ/油圧ホース/マテリアルホース/
各種中古車/触媒/線路 (中古)

中濃産業株式会社
代表取締役 土田 義 式

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

トンネル掘さくの安全施工に アロードリル前方探査システム

パーカッションワイヤーライン サンプリング工法



■ 特長

- ①断層破砕帯や湧水をとま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、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。



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

お問い合わせ先 : 工事営業本部

TEL. (03)6907-7512 FAX. (03)6907-7522

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



機械掘削ツインヘッド

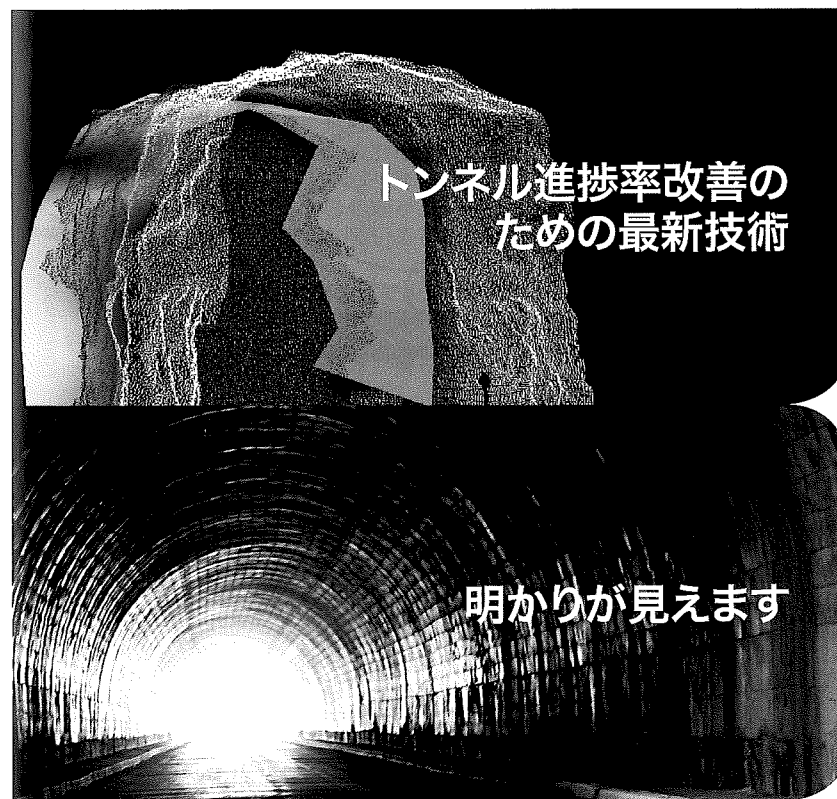
1.0m³クラス 322C 他

区分 Type	型式 Model	ピック型式 Tooth Type	ピック本数 Number of Teeth
標準型 Standard	MT-300S-F	HABCM-15	48
	MT-600S-F	HABCM-15	64
	MT-1000S-F	HABCM-15	72
	MT-2000S-F	HABCM-15	72
	MT-300S-C	RM5C-9	52
	MT-600S-C	RM8B-15	54
	MT-1000S-C	RM8B-15	62
	MT-2000S-C	RM8B-20	68
	MT-4000S-C	RM8B-25	80
			丸ピック Conical
		平ピック Flat	

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
尾 道 : TEL.0848-56-1124
機材センター : TEL.022-359-4951

URL <http://klea.catrent.com>



トンネル進捗率改善の ための最新技術

明かりが見えます

トンネルが貫通するまでの長い道のりの中で、工事完了までの間に大いなる違いを生む原動力となるのは、トンネル進捗率における日々改良の積み重ねです。もちろん、発破のたびに進捗度を上げたいとご希望されることでしょう。

オリカ社は、今まで積み重ねてきた研究開発と技術力を駆使して、お客様が毎日直面する課題の解決策をご提供することができます。自由に延時設定可能なトンネル専用電子雷管eDev、トンネル発破デザインソフト New SHOTPlus-TM、高エネルギーエマルジョン爆薬の結果をご覧になることができます。これらはずべて、お客様のご要望に沿って全てのプロジェクトに最適な技術サービスとサポートをご提供した結果です。

これこそがオリカ社が提案する「Power of Partnership (パートナーシップの力)」です。

www.oricamining.com にアクセスして頂ければ、トンネル現場の最新技術をご覧になることができます。



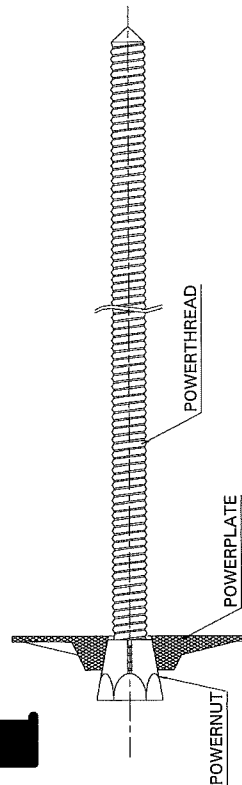
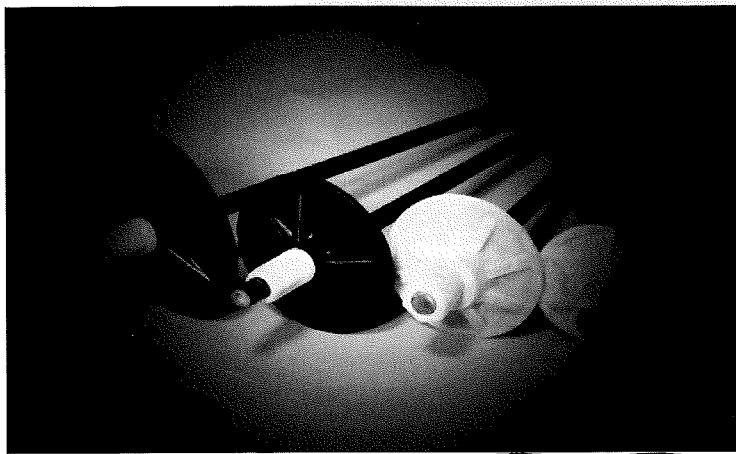
パターンボルトのGRP化

POWERTHREAD

耐食機能に優れたロックボルト

POWERTHREADは、POWERNUT/POWERPLATEを組み合わせることにより、
全てGRP製に！！

※ GRPとは、Glassfiber Reinforced Plastic
(ガラス繊維強化プラスチック)の略。



- 棒鋼型ロックボルトと同等の耐力を有する。
- 軽量である。
- 腐食しない。錆びない。
- 導電しない。耐電しない。
- 製造過程でのCO₂排出量が少ない。

環境にやさしいロックボルトシステム

KATECS

株式会社 カテックス 建設資材事業部

ホームページ <http://www.katecs.co.jp/>

技術営業部

TEL)052-331-8821 FAX)052-332-0164

東京支店

TEL)03-3260-8321 FAX)03-3266-1648

九州営業所

TEL)092-574-0856 FAX)092-574-0846

中部営業部

TEL)052-331-8821 FAX)052-332-0164

関西営業所

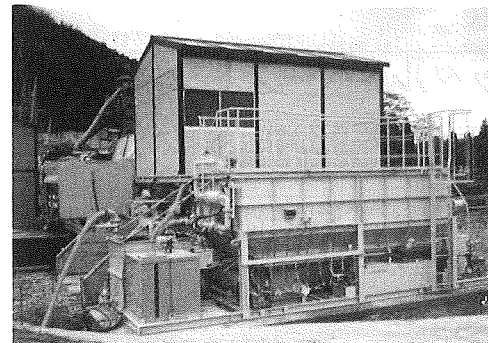
TEL)06-6578-3235 FAX)06-6578-3237

北海道地区(株)エイチ・アール・オー

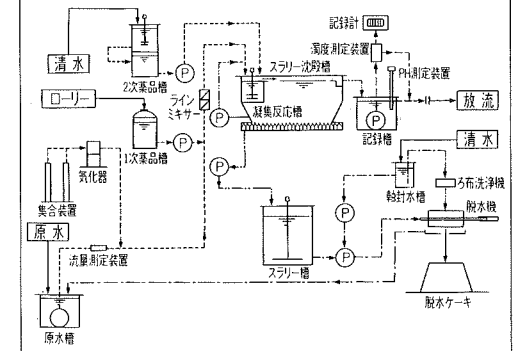
TEL)011-821-5868 FAX)011-821-6644

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。複式浮板型の脱水機を採用していることから汚布等の消費量が少ない。
又、加圧型脱水方式の為無薬注で脱水出来る。
3. シクナー内流速を最少にする設計であることより清澄度の高い処理水が得られ、再利用が可能である。
4. 運転管理が容易である。
原水流入に合せた自動運転方式を採用している。パトライトによる異状警報装置を標準装備している。

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

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

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

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

詳細資料請求、お問い合わせは

株式会社 フジテックス

本社 〒930-0821 富山市飯野12-1
TEL (076)452-1616(代) FAX (076)452-1617

Waste Water Treatment System

■巻頭言

日本のCO₂削減に思う

吉田 幸司5

■報告

貫通迫る アルプス越えの世界最長ゴットルドベーストンネル

佐藤 岳史・竹下 俊輔・鈴木 一真49

■計画

既設下水道幹線直下の残置鋼矢板を DO-Jet 工法で切断撤去

—東京都下水道 王子西一号幹線シールド—
家壽田昌司・千葉 正孝・北原 淳41

■施工

地山改良工で最大土かぶり 7m の水田丘陵地を掘削

—北陸新幹線 魚津上中島トンネル—
梶田 覚・中島 活哉・亀井 次生・黒田 裕之7

大断面トンネルの偏圧斜面坑口部の対策と繊維補強による覆工無筋化

—新東名高速道路 清水第二トンネル上り線—
海瀬 忍・土屋 将樹・溝端 拓哉・津國 正一17

営業線直下を1.7kmにわたり泥土圧シールドで掘進

—京王電鉄 調布駅付近連続立体交差工事—
寺田雄一郎・岩村 忠之・沼澤憲二郎・辻 忠彦33

■連載講座

ずり処理入門(6)

—発生土の運搬方法・連続ベルトコンベヤ方式—
「ずり処理入門」連載講座小委員会57

■現場だより

「川沿いの散歩道」中土佐町久礼より

田内 信男15

「世界遺産と日本百名山」吉野郡上北山村より

齋藤 佑樹16

■語り継ぎ 言ひ継ぎ行かむ

トンネルは経験工学か

—設計が先か、施工が先か—
横田 高良27

■資料

土木情報

編集部32

トンネルジャーナル

編集部66

工法・技術・製品ニュース

編集部67

トンネルワールドニュース

JTA国際委員会68

海外文献速報

JTA国際委員会69

■会報

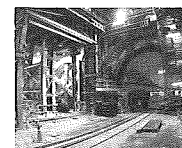
会報

日本トンネル技術協会70

【表紙説明】

営業線直下を1.7kmにわたり泥土圧シールドで掘進

—京王電鉄 調布駅付近連続立体交差工事—



京王電鉄は、2003年度より東京都、調布市と協力し調布駅付近でシールド工事区間が約1.7km、開削工事区間が約2.2kmの計3.9kmを地下化する連続立体交差工事を施工している。このうち、シールド区間である国領駅～調布駅にて、営業線の軌道直下、小土かぶり、砂礫層といった厳しい条件の中、泥土圧シールドにて施工した。写真は、シールド到達状況である。
〔写真提供：京王電鉄(株)〕(本文33頁参照)



セグメントの新技术

監修 小泉 淳

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

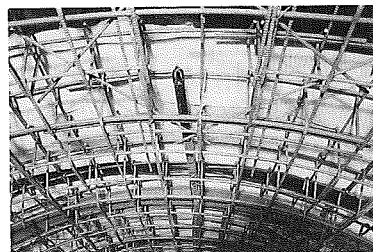
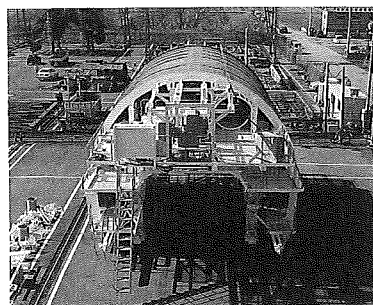
高品質なトンネル覆工に挑む

高品質なトンネル覆工を実現する 引抜バイブレータ締固システム

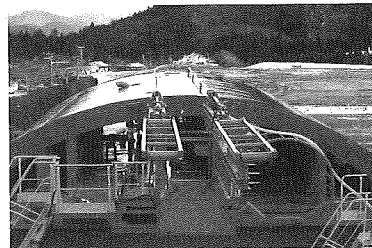
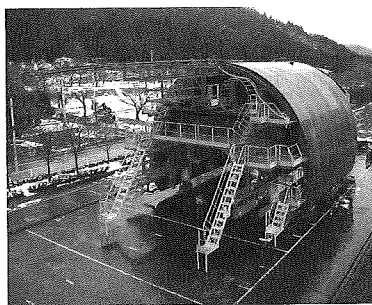
トンネルの二次覆工コンクリートには、トンネルクラウン部の締固め方法に課題があり、結果として漏水や空隙の発生など、覆工コンクリートの品質に問題が生じるケースがありました。また、覆工コンクリートの締固め作業は、狭隘部での苦渋作業という問題もあります。そこで、引抜バイブレータ締固めシステムを用いることにより、上記の課題を克服し、高品質な覆工コンクリートの構築を可能としました。

【特許出願中】

ホースパイプ巻取り式



パイプパイプ伸縮式



特願 2000-073694・2002-329301・2004-021814・2004-021817

効果・特徴

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



岐阜工業株式会社
GIFU KOGYO CO.,LTD

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

本社営業部 (058) 323-2001
東京支店 (03) 5836-0531
仙台営業所 (022) 259-2239
九州営業所 (092) 713-5265

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

総務委員会広報小委員会会誌WGの構成 (五十音順・敬称略)

〔主 査〕

大島 洋志 国際航業株式会社上席フェロー技術センター長

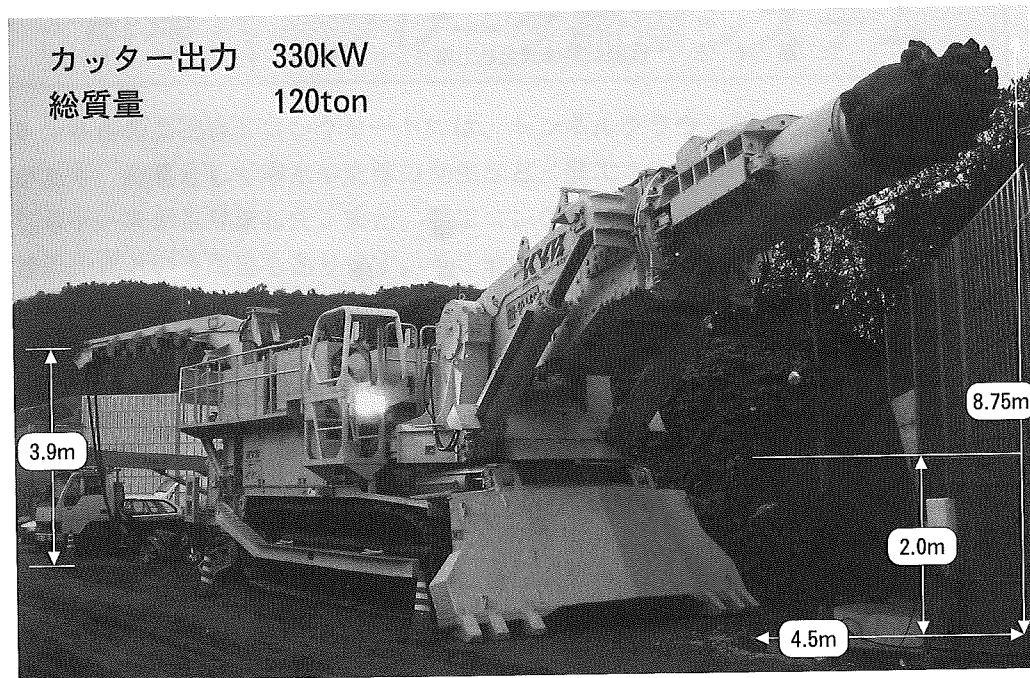
〔幹 事〕

居 相 好 信 株式会社大林組東京本社生産技術本部 トンネル技術部部长	千 葉 隆 清水建設株式会社土木事業本部工事監理部 上席エンジニア
池 田 豊 人 国土交通省大臣官房技術調査課技術企画官	濱 建 介 (元)日本鉄道建設公団理事
大 石 敬 司 東京地下鉄株式会社鉄道本部改良建設部 改良建設企画課課長	福 家 佳 則 鹿島建設株式会社土木管理本部土木工務部 トンネルグループ長
久多羅木 吉治 東亜建設工業株式会社土木事業本部技術部長	松 原 利 之 飛島建設株式会社土木事業本部土木技術部 トンネル技術グループ部長
城 間 博 通 株式会社高速道路総合技術研究所 道路研究部トンネル研究担当部長	三 浦 克 株式会社竹中土木常務執行役員
高 瀬 昭 雄 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	領 家 邦 泰 大成建設株式会社土木本部土木技術部 トンネル技術室参与

ミニベンチ工法 両用型 ショートベンチ工法

RH-10J-SS 強力型ブームヘッダー

カッター出力 330kW
総質量 120ton



主な特長

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

KYB カヤバシステム マシナリー株式会社

KAYABA SYSTEM MACHINERY CO.,LTD.

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

本社・営業
カスタマーサービス 〒105-0012 東京都港区芝大門2丁目5番5号 住友不動産芝大門ビル TEL 03-5733-9444
中部支店 〒514-0396 三重県津市雲出鋼管町62番地2 TEL 059-234-4139
西部支店 〒812-0016 福岡県福岡市博多区博多駅南1丁目7番14号 ボイス博多 TEL 092-411-4998
三重工場 〒514-0396 三重県津市雲出鋼管町62番地2 TEL 059-234-4111

編集委員会の構成 (五十音順・敬称略)

〔編集委員長〕

大島 洋志 国際航業株式会社上席フェロー技術センター長

〔編集参与〕

今田 徹 東京都立大学名誉教授	濱 建介 (元)日本鉄道建設公団理事
高橋 良文 東京都下水道サービス(株)管路部長	三浦 克 株式会社竹中土木常務執行役員
橋本 定雄 (元)東京都公営企業管理者下水道局長	

〔委員〕

池田 匡隆 東京都下水道局建設部設計調整課長	清水 満 東日本旅客鉄道株式会社東京工事事務所 立体交差課長
今井 滋 東京都水道局建設部工務課長	城間 博通 株式会社高速道路総合技術研究所 道路研究部トンネル研究担当部長
葛城 真治 東京電力株式会社電力流通本部工務部 地中送電グループ課長	中本 忠道 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
亀山 勝 東京地下鉄株式会社鉄道本部改良建設部 計画担当課長	真下 英人 独立行政法人土木研究所 道路技術研究グループ長
木谷 日出男 財団法人鉄道総合技術研究所 企画室長	両角 幸範 東京都交通局建設工務部計画改良課長

掲載頁
7

地山改良工で最大土かぶり7mの水田丘陵地を掘削
—北陸新幹線 魚津上中島トンネル—

鉄道・運輸機構 梶田 覚

北陸新幹線魚津上中島トンネルはNATM区間(L=559m)と開削区間(L=40m)からなる延長599mのトンネルで、地質は第四紀中期更新世から後記更新世に堆積した未固結な玉石混じり砂礫層を主体とし、間に粘土質砂を介した構成となっている。また、同箇所地下水位はトンネル全線にわたり天端～S.L付近にかけて分布している。本トンネルは土かぶりが0～7mと非常に小さく、地表面は主に水田であるが途中、県道・市道と交差する。

本稿では、丘陵地を小土かぶりで掘削する課題とそれに対する検討による施工計画と施工経過について報告する。

Excavation of Improved Ground with Cover of 7m under Paddy Hill—Hokuriku Shinkansen Uozu-Kaminakajima Tunnel—

By Satoru Kajita, Japan Railway, Construction, Transport, and Technology Agency



写真は上半仮インバート

The Hokuriku Shinkansen Uozu-Kaminakajima Tunnel is 599m long and composed of an NATM section (L=559m) and an cut-and-cover section (L=40m). Its main geological features are an unconsolidated stony gravel bed intercalated with clayey sand that was formed from middle to post Pleistocene. In addition, the groundwater level is at height of between tunnel crown and spring line over entire tunnel. The cover for this tunnel is extremely small from 0-7m. Its surface is mainly paddy fields and it intersects with Prefectural and City roads.

This report gives information on plans and construction process through investigation of the challenges of excavating with a small cover in hilly land.

掲載頁
17

大断面トンネルの偏圧斜面坑口部の対策と繊維補強による覆工無筋化
—新東名高速道路 清水第二トンネル上り線—

中日本高速道路(株) 海瀬 忍

新東名高速道路清水第二トンネルは、静岡県静岡市清水区に位置する掘削断面積190m²の大断面トンネルである。斜面斜行型の東側坑口では、切羽天端部の崩落、切羽鏡面の押し出し、計測工では150mmを超える天端沈下、上半脚部沈下が観測され、吹付けコンクリートのクラックやロックボルトの変状などが発生した。

また、新たな取り組みとして覆工コンクリートに混入している非鋼繊維の量を変更することにより標準的に覆工コンクリートに設計されている補強単鉄筋の代替えとして適用し、作業の効率化を図り、かつ十分な品質を確保するといったことに挑戦した。

本稿では、本トンネルにおいて採用した対策工や施工技術について、その概要と施工にあたっての検討事項について記述する。

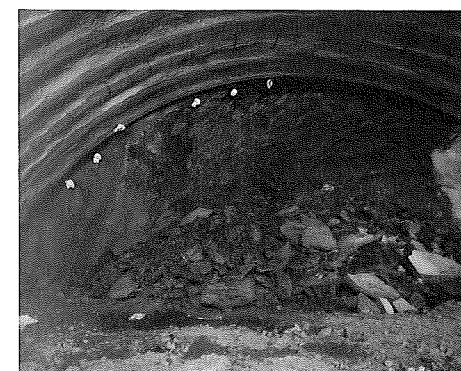
Countermeasures for Skew Portal of a Large Tunnel under Unsymmetrical Earth Load and Fibre Reinforcement in Lining—Shin Tomei Expressway Shimizu 2nd Tunnel Inbound Lane—

By Shinobu Kaisei, Central Nippon Expressway Company Limited

The Shimizu 2nd Tunnel Inbound Lane on the Shin Tomei Expressway is in Shimizu Ward in Shizuoka City, Shizuoka Prefecture, and a large cross-section tunnel that reached an excavation cross-section area of 190m². At the skew portal on the east side, the following occurred: collapse at the top of cutting face, squeezing on cutting face, settlement of over 150mm at crown and at foot of upper section support, and cracks in shotcrete lining and deformation of rock bolts.

In addition, as a new effort, by changing the non-steel fibre volume mixed with lining concrete, we tried to apply this as a substitute for single rebar that is standard in lining concrete design, to make the works more efficient and to ensure satisfactory quality.

This report gives information on countermeasure works and construction technology employed for this tunnel, an overview of these and investigation points for construction.

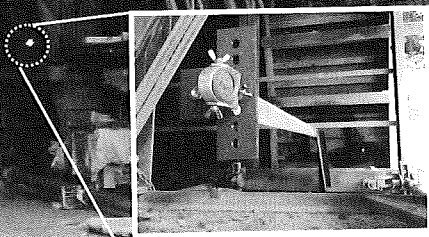


写真は切羽鏡面の崩落状況



セントル位置・変位
自動測定監視システム

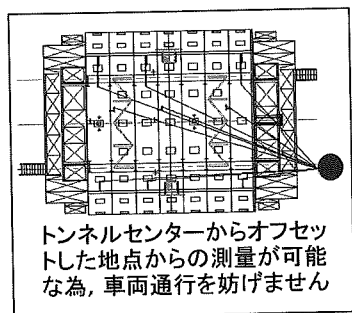
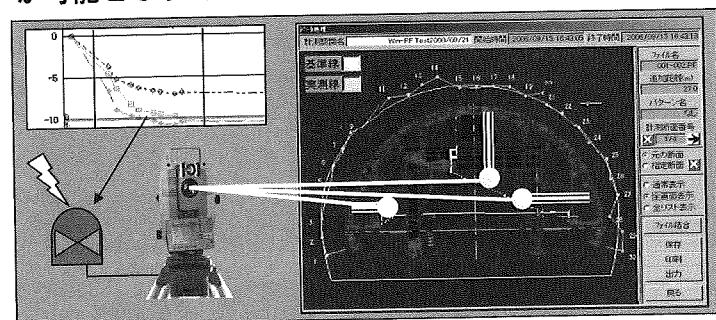
特許出願中



面板へのプリズム取付状況

セントル面板にセットされたプリズムを打設開始～終了まで自動計測することにより

- ・ セントルの設置位置測定の自動化
- ・ 打設中の沈下、変位の自動計測
- ・ 変位量の管理値設定と、警報出力(パトライト)機能
- ・ 実測セントル位置とノンプリズム断面測定結果を基準としたボリュームの算出が可能となりました。



トンネルセンターからオフセットした地点からの測量が可能とな為、車両通行を妨げません

トンネル用機材一般/土木資材の販売

大栄工機株式会社

本社 〒526-0842 滋賀県長浜市春近町90番地
TEL 0749-64-0246 FAX 0749-63-6765

仙台営業所 〒981-1104 宮城県仙台市太白区中田5丁目16-8-313号
TEL 022-796-4510 FAX 022-796-4505

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

営業線直下を1.7kmにわたり泥土圧シールドで掘進

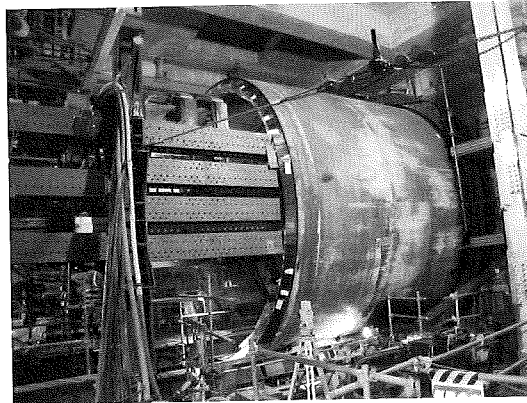
—京王電鉄 調布駅付近連続立体交差工事—

京王電鉄(株) 寺田雄一郎

京王電鉄は、2003年度より東京都、調布市と協力し調布駅付近でシールド工事区間が約1.7km、開削工事区間が約2.2kmの計3.9kmを地下化する連続立体交差工事を施工している。

そのシールド区間である国領駅～調布駅間(2工区、延長861m×2本)にて、営業線の軌道直下、小土かぶり、砂礫層といった厳しい条件の中、泥土圧シールドにて施工した。本稿では、このような条件下における泥土圧シールドの施工計画、課題と対策、施工実績について報告する。

1.7km Excavation beneath Railway Lines in Service with Slurry Shield—Keio Chofu Station Area Grade Separation Project—



写真はシールド再発進状況

By Yuichiro Terada, Keio Corporation

Since 2003, Keio Corporation has been cooperating with Tokyo Metropolitan Government and Chofu City for grade separation works in the Chofu Station area to bury 3.9km railway lines including an approximately 1.7km shield works section and an approximately 2.2km cut-and-cover works section.

In this shield section which is between Kokuryo and Chofu Stations (2 sections, length 861m×2), construction with a slurry shield was conducted beneath an operating railway lines under difficult conditions such as small cover and gravel bed. This report gives information on the shield construction planning, challenges and countermeasures, and construction results under such conditions.

既設下水道幹線直下の残置鋼矢板をDO-Jet工法で切断撤去

—東京都下水道 王子西一幹線シールド—

東京都下水道局 家壽田昌司

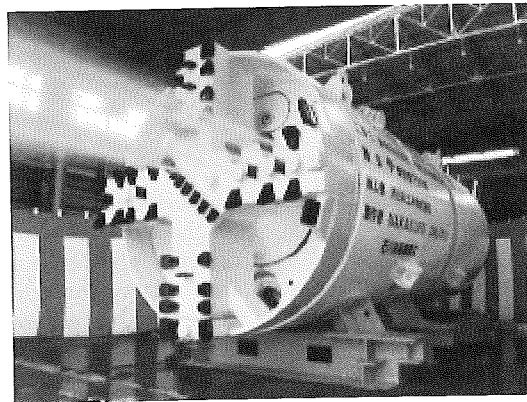
王子西一幹線は、内径2,600mm、全長約2.3km(主要枝線部を含む)の下水道幹線であり、泥土圧シールド工法で施工するものである。ルート上には河川横断部(石神井川)があるが、橋梁および首都高橋脚との近接施工や将来の護岸耐震化への影響を考慮して、既設下水道幹線(内径3,800mm)の直下を掘進することとなった。

この下水道幹線の下部には河川横断部を施工する際に使用した鋼矢板が残置されており、今回のシールド通過の支障となる。河川横断部かつ既設幹線直下という条件下では、地上部からの地盤改良が困難であることから、DO-Jet工法(最大噴射圧245MPaの超高压ジェット水などを用いてシールド内から地盤改良および支障物の切断・撤去)を採用した。

Cutting and Removal of Steel Sheet Pile Left in Ground with the DO-Jet Method beneath an Existing Sewer Main—Oji Nishi No.1 Sewer Main Shield, Bureau of Sewerage, Tokyo Metropolitan Government—

By Masashi Kesuda, Bureau of Sewerage, Tokyo Metropolitan Government

The Oji Nishi No.1 Sewer Main has a diameter of 2,600mm, is approximately 2.3km long (including main branch sections) and was installed with a slurry shield. On the route there is a river crossing section (Shakujii gawa) but, considering the effects of adjacency to bridges, metropolitan expressway pier as well as future seismic reinforcement works for the revetment, it was decided that boring should be conducted directly under an existing sewer main (diameter 3,800mm).



写真はDO-Jet掘進機

Steel sheet piles that had been used for the construction of existing sewer at the river crossing section had been left and they were an obstacle for the driving though of the shield this time. Under the conditions of a river crossing section and working directly under an existing sewer main, due to the fact that it was difficult to conduct soil improvement from surface, the DO-Jet Method (soil improvement and cutting/removal of obstacles from inside of the shield using maximum jet pressure 245MPa ultra-high waterjet, etc.) was employed.

貫通迫る アルプス越えの世界最長ゴットハルドベーストンネル

東海旅客鉄道(株) 佐藤 岳史

アルプスを南北に貫くゴットハルドベーストンネルは、スイスが国家プロジェクトとして建設を推進する、完成すれば世界最長(延長57km)となる鉄道トンネルである。

その計画については本誌Vol.31, No.9(2000年9月)で報告なされているが、筆者らは2010年1月下旬に本トンネルを視察し、その後の進捗や施工状況について、把握する機会を持つことができた。

10年前(2000年時点)の計画と比べ、開業予定や建設費に変更が見られるが、目下、2010年末の貫通を目指してセドルン-ファイド両工区間で最後の掘削が行われているほか、2017年末の開業に向け、覆工や鉄道設備の敷設も順次進められている。

本稿では、AlpTransit Gotthard社の進めるトンネル建設の現状に加え、プロジェクトの進行を左右してきた要因(環境、組織、社会など)についても、簡単に紹介する。

The Gotthard Base Tunnel, the Longest Tunnel in the World, Almost Penetrating the Alps.

By Takeshi Sato, Central Japan Railway Company

The Gotthard Base Tunnel is promoted as a national project of Switzerland. It is a railway tunnel that penetrates the Alps and will be the longest (57km) tunnel in the world upon completion.

Back article (Vol. 31, No. 9, 2000.9.) gave information on plans for this tunnel but we were able to have an opportunity to observe the tunnel in January of 2010 and to comprehend the progress and construction conditions after that.

Compared with the plan from 10 years ago (in 2000), changes to expected opening dates and construction costs can be seen. However, now, both the Sedrun and Faido sites are in the final excavation stages aiming for break-through at the end of 2010 and, in addition, working towards opening in 2017, lining and railway installations are continuously carried out.

This report briefly gives information on factors (environment, organizations, society, etc.) that the progress of this project has depended on, in addition to the current conditions in this project that is being promoted by AlpTransit Gotthard.



写真は北坑口の明かり巻き状況

日本のCO₂削減に思う

(株)鴻池組執行役員(本協会監事)

吉田幸司



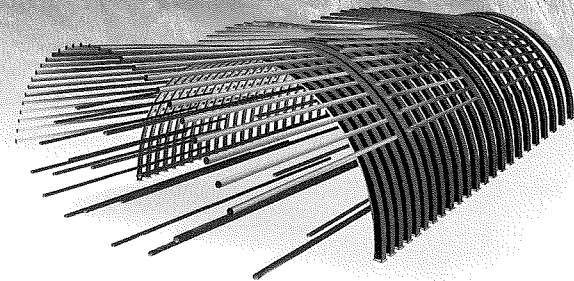
2009年9月、国連総会時に開催された気候変動首脳会議で鳩山首相は、地球温暖化防止のため二酸化炭素(CO₂)などの温室効果ガスを、2020年までに1990年比で25%削減することを表明しました。

日本が排出しているCO₂は、2007年度で約13.4億トンであり、1990年以降2007年度までに約1.1億トン(約9%)増加していると言われています。この排出量の内訳は、直接排出方式で評価すると、エネルギー転換部門(発電所など)で約34%、生産部門(工場など)で約30%、運輸部門(自動車関連など)で約19%であり、これらの3部門で全体の約8割を占めています。

これらの部門の企業では、CO₂排出を削減するため現在さまざまな努力が図られています。発電関係では原子力、水力、太陽光や風力への転換や設備の更新、自動車関連では燃費改善、ハイブリッド車や電気自動車の開発導入、家電メーカーでは消費電力の少ない製品の開発販売などが実施されています。その他の企業や一般家庭でも、エコ商品への切り替えや小まめな消灯に至るまで、少しでもCO₂削減に貢献できるよう取り組みがなされています。ただし、エコ商品に切り替えた際の古い商品の廃棄処分に必要なCO₂排出まで考えた場合、本当の意味でCO₂削減につながっているのか筆者は少々疑問を感じています。

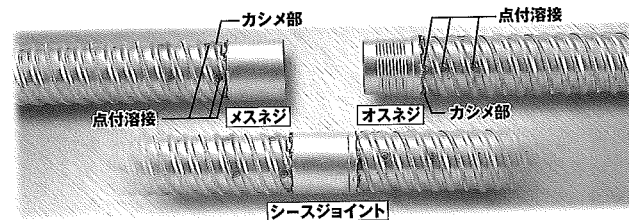
ただ、このような涙ぐましい努力にもかかわらず、期限内に削減目標を達成することは困難と言われており、ここに「排出権取引」という制度を利用して何とか達成しようということが進められています。この排出権取引という制度は、CO₂削減の未達成部分をお金で許してもらおうというものであり、問題点として①本来のCO₂削減に何ら寄与しない、②削減努力している企業の取り組みや技術開発の活力を削ぐ、③排出権に関する市場が高騰するなどにより市場経済に不当な影響を及ぼす懸念がある、などが指摘されています。筆者も「排出権取引」は、いたずらに日本のお金が海外に流出するだけでCO₂削減には全く貢献しないため、その資金をCO₂削減のための技術開発や設備投資・

ユニークな発想と高品質・自信の価格



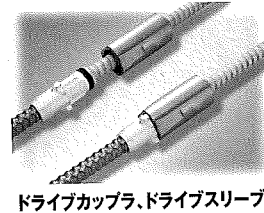
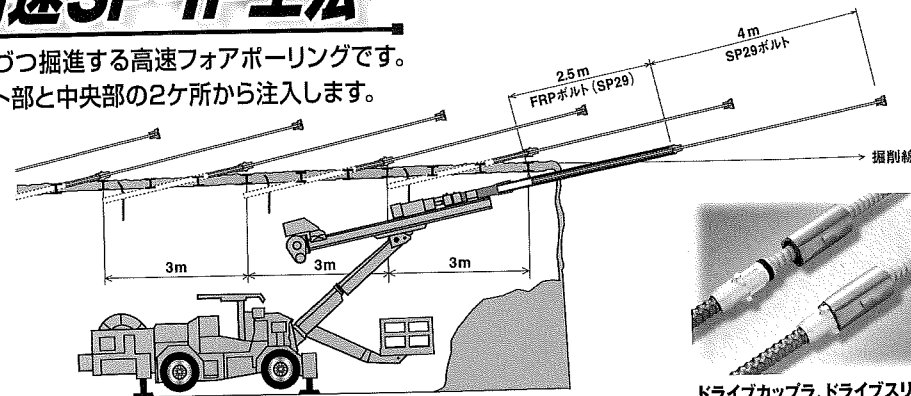
FIXチューブ工法

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

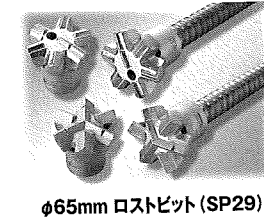
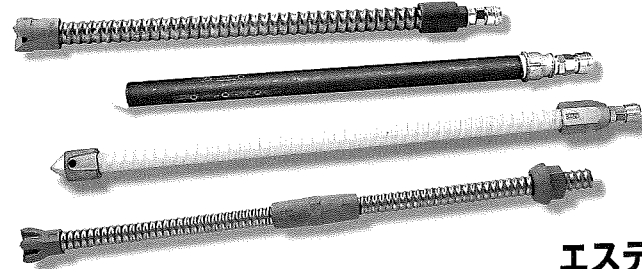


高速SP-IF工法

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



自穿孔ボルト&注入管



STE

エステーエンジニアリング株式会社

ST ENGINEERING CORPORATION

〒581-0833 大阪府八尾市旭ヶ丘1丁目108番地2

TEL.0729-90-0250 FAX.0729-90-0251

http://www.st-eng.co.jp

※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。

事業に廻し、日本経済の活力向上に活用するのが良策と考えます。

これらの産業分野のCO₂削減に向けた取り組みに対して、日本の建設業の取り組みはどうでしょう。建設業から排出されるCO₂は直接評価方式で評価すると国内全排出量の約1%程度と言われていたが、建設資材の生産や運輸などの誘発効果まで含めると約10%、更に施設完成後の運用まで含めると40%強を占めるとされています。したがって、これからの建設業は工事によって直接排出されるCO₂の削減のみならず、間接的な影響まで配慮したCO₂削減に向けて活動することが求められると考えます。

また、これまでの建設事業に取り組むかどうかの判断は、その事業による経済効果が主たるものでした。しかしながら視点を変えて視ると、トンネル建設の場合、工事でCO₂は排出されますが、建設されたことにより運輸事業の輸送距離が短縮されることや、周辺の渋滞が緩和されることによりCO₂削減に一役かっていると考えられます。また、鉄道や公共交通手段を建設・整備することも同様な効果が期待できます。さらには、エネルギー転換部門や生産部門におけるCO₂削減に向けた設備の建設や更新を下支えするのも建設業の役目であると考えられます。このような点を考えると、事業によるCO₂削減効果をどのように評価するかは議論の余地はあるとしても、今後は建設事業の取り組みに関する評価軸として「CO₂削減への効果」という点を付け加えていくべきではないかと考えます。

さらに一歩進めて、建設業がCO₂の排出削減のみではなく、吸収・固定という分野で貢献できる事業はないでしょうか。一つにはCO₂を地中に固定するという研究がなされていますが、日本の国土の約7割を占める緑の資源(森林)を活用する方策はないでしょうか。森林は光合成によりCO₂を吸収しますが、成熟した天然林では木々自身の呼吸や枯死木の腐食分解によりCO₂を放出するため、全体としてCO₂を増やしも減らしもしないようです。CO₂の吸収源として期待できるのは樹齢10~40年程度の針葉樹で「適切に整備(森林経営)されている森林」です。日本では、森林全体の約40%が人工林ですが、現状では外国産木材の流入により林業の経営が全く成り立たず、人手不足の影響でその80%が未整備の状態にあると言われています。現在、政府は「森林・林業再生プラン」を掲げ木材自給率を伸ばそうとしています。ここに排出権取引の資金を投入することにより、林業と建設業が手を携えて「カーボンニュートラル」な世界を形成できないものかと考えます。

何れにせよ今後日本は人口減少を辿ることは明白であり、若い世代が少なくなる状況に備えて低炭素社会・国土の形成が必要です。建設業に携わる者としても、その実現に向けて技術と知恵を注がなければならないと思っています。

施工

地山改良工で最大土かぶり7mの水田丘陵地を掘削

—北陸新幹線 魚津上中島トンネル—

鉄道・運輸機構北陸新幹線第二建設局魚津鉄道建設所長	梶田 寛
鉄道・運輸機構北陸新幹線第二建設局魚津鉄道建設所主任	中島 活哉
大林・松尾・辻特定建設工事共同企業体魚津上中島トンネル作業所長	亀井 次生
大林・松尾・辻特定建設工事共同企業体魚津上中島トンネル作業所工事長	黒田 裕之

1 はじめに

北陸新幹線魚津上中島トンネルは、高崎起点265km071m~265km670m間に位置し、山岳NATMトンネル区間(L=559m、以下「NATM区間」)と開削トンネル区間(L=40m、以下「開削区間」)からなる総延長599mの山岳トンネルであり、富山駅より東に約25km、富山湾より内陸に約3kmの地点に位置する(図-1参照)。

本トンネル付近においては、終点側坑口より約600m富山方(266km244m付近)に位置する北陸自

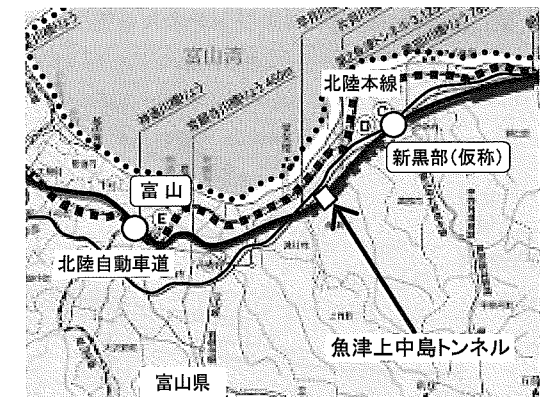


図-1 トンネル位置図

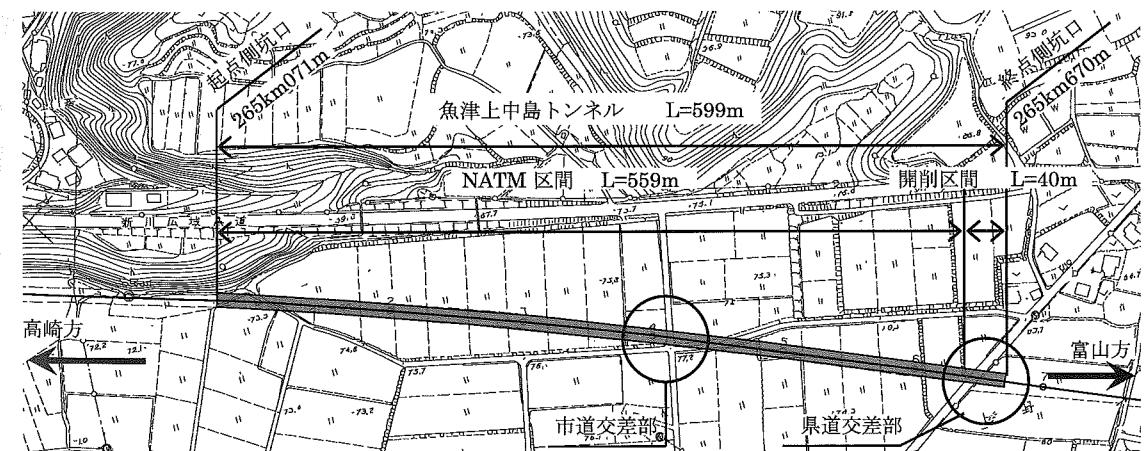


図-2 トンネル平面図

自動車道の交差離隔(H=4.7m)を確保する必要がある。このことから、当初計画においては、地形的な制約も踏まえ、E.L.70.00~80.00mの丘陵地を縦断線形30%の上り勾配で最大土かぶり約7mで貫く延長800mの小土かぶりトンネルとして計画をしていたが、施工計画においては、以下の2点が課題となった。

- ① 起点側坑口付近(264km876m~265km071m間)に存在する連続した段丘斜面を有する偏圧地形におけるトンネル坑口位置の選定および偏圧対策
- ② 本トンネルの地上部は広く水田として利用されているほか、市道および県道との交差がある(図-2参照)が、このような条件のもと、最大土かぶり約7mで貫く小土かぶり未固結地山における合理的な掘削計画の策定

本稿では、魚津上中島トンネルの施工計画における上記課題への対応およびトンネルの施工経過について報告する。

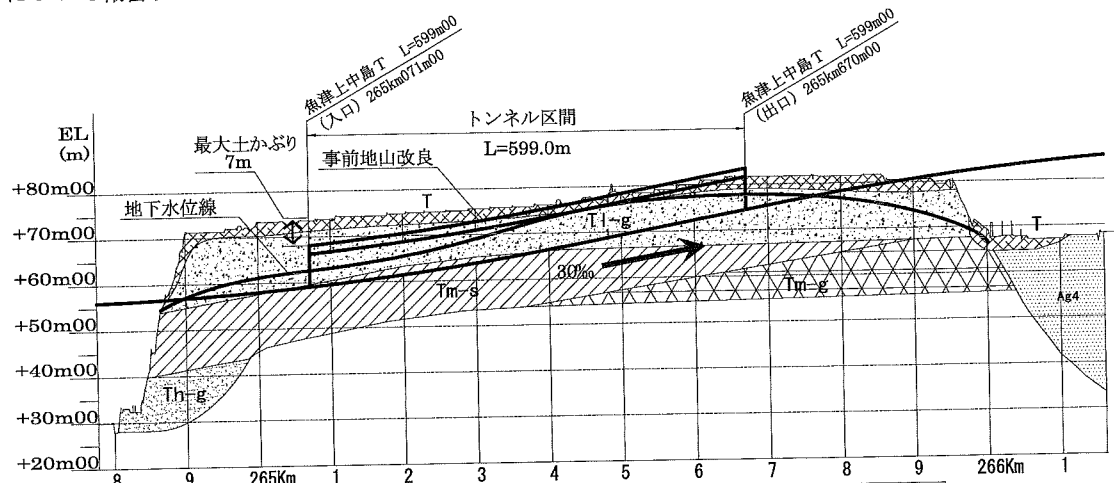
2 地形・地質概要

本トンネルが位置する地形は起点側の角川、終点側の早月川に挟まれた丘陵地である。

地質縦断図を図-3に示す。トンネル区間に分布する地質は、第四紀中期更新世~後期更新世の堆積物で構成され、トンネル掘削断面には未固結巨礫(φ500~1,000mm; 写真-1参照)を含む未固結



写真-1 玉石混じり砂礫層(Tm-g層)



地質年代	地質	記号	層相等
完新世	表土・盛土	T	表層の有機質粘性土(耕作土)およびその下に分布する火山灰質粘性土
後期更新世	下段累層	Tl-g	表土・盛土層の下位に分布する玉石混じりの砂礫層
	上段累層	粘性土	Tm-s
砂質土		Tm-g	下段累層の下位に分布する。当層は、段丘の終点側では、砂礫層を主体とする。この区間では下段累層との層相上の境界は明瞭ではない。
中期更新世	砂礫	Tm-g	

図-3 トンネル地質縦断図

な玉石混じり砂礫層(Tl-g層)(N値:30~50)を主体として、その下段に礫混じり粘性土層と礫混じり砂質土層(Tm-s層)(N値:10~20)が堆積している。切羽においてはその大半にTl-g層が、下半部底盤付近には部分的にTm-s層が分布することとなるが、Tl-g層は粘着力が小さく切羽の安定性が不良となることが予想され、また施工時には巨礫の抜け落ちに伴う切羽の急激な安定性の低下が懸念された。さらに、地質調査結果よりトンネル天端からS.L.付近に地下水位が確認されており、Tm-s層の最上位には軟弱な火山灰質粘性土が薄く堆積しているため、トンネル掘削時における突発的な湧水や水みちなどの地下水対策にも留意する必要がある。

3 施工計画

工事の概要を表-1に示す。本トンネルの掘削は、県道交差部の40m区間のみは開削工法により行い、その他は機械掘削により行うこととした。本トンネルの施工計画において大きく二つの課題を有しており、以下にそれらに対する検討内容とその結果について示す。

3-1 坑口位置の検討

前述のとおり、当初は土かぶりの状況と地形的

検討を踏まえ、上中島トンネルは起点側坑口を264km876mとして全長約800mのトンネル構造で計画した。しかしながら、その後の調査から、地質構造の主体となるTl-g層は、内部摩擦角は大きいものの粘着力が小さいことが判明した。このため、トンネル断面が段丘斜面に近接する265km070m付近までの区間においては、トンネル構造に作用する偏圧荷重として悪影響を及ぼすことが懸念された。また、段丘斜面においては表層崩壊の履歴も見られた。

本区間の偏圧荷重に対する構造については上記の状況を踏まえ、将来的な安定性に懸念の残る段丘斜面を切土する工法により行うこととし、施工

表-1 工事概要

工 事 名	北陸新幹線、魚津上中島トンネル他
工 事 場 所	富山県魚津市
請 負 業 者	大林・松尾・辻IV
工 期	平成20年3月6日~平成23年9月30日
工 区 延 長	2,006m(橋りょう、土工、トンネル含む)
トンネル延長	599m(NATM区間:559m, 開削区間:40m)
平 面 線 形	曲線(R=4,000m)~緩和曲線
縦 断 勾 配	上り30%
掘 削 断 面 積	約80m ²
掘 削 工 法	NATM(上半開削改良)、開削工法

表-2 起点側坑口付近構造比較

概 要 図	構 造 比 較	評 価
<p>パターン1: 全断面開削トンネル構造</p>	<p><概要> 全断面を切土し、明かり巻きによるRC構造のトンネルを構築する</p> <p><長所> 埋戻しを伴うため、残土処理量が少ない</p> <p><短所> 複鉄筋構造物(D22~D29, ctc150)となり施工性低下 アウターセトル(外型枠)などの大規模な型枠設備が必要 トンネル構築時の切土面の安定対策が必要(吹付けコンクリートなど)</p>	×
<p>パターン2: 補強土留め壁工による切土構造</p>	<p><概要> 全断面を切土し、補強土留め壁工を施工する</p> <p><長所> 補強土留め壁単独で安定性を確保することができる 耐震性能を満足するために必要な補強対策が容易である セトルなどの特殊な仮設備が不要</p> <p><短所> 掘削範囲が広く、掘削土量・残土処理量が多くなる</p>	○

性、経済性を考慮した以下の2パターンについて比較検討を行った。

パターン1：全断面開削トンネル構造

パターン2：補強土留め壁工による切取構造

検討結果を表-2に示す。

パターン1は埋戻しにかかる残土処理は少なくなるものの、耐震性能を満足させるため、複鉄筋構造物(D22~D29, ctc150mm)による施工性の低下、全断面スライドセトルおよびアウターセトル(外型枠)などの大規模な型枠設備による費用の増大が課題であった。これに対し、パターン2は補強土留め壁工単独で斜面安定性を確保できること、耐震性能を満足するために必要な補強対策が容易であること、パターン1と比較して大規模な型枠設備などを必要としないことから経済的な構造であると判断した。

以上の検討結果から、段丘斜面に近接し、偏圧荷重の影響が懸念される区間は、当初のトンネル構造から補強土留め壁工による切取構造に変更し、起点側坑口位置を264km876mから265km071mに変更することとした(図-4参照)。

3-2 掘削計画の検討

小土かぶり未固結地山でのトンネル施工においては地上の制約がない場合、地表から掘削範囲の一部をあらかじめ開削してセメント系固化材により地盤改良を行ったうえでNATMにより掘削す

る工法(以下「事前地山改良工法」)が有効であり、施工事例も数多く報告されている。本トンネルにおける掘削計画の検討にあたっては、この工法も含め、本トンネルの地上条件、地質条件を踏まえた以下の3種類について比較検討を行った。

パターン1：坑内からの補助工法+NATM

パターン2：全断面開削トンネル工法

パターン3：事前地山改良工法+NATM

その結果を表-3に示す。

パターン1は、トンネルアーチ部の安定対策のための坑内からの先受け工などの補助工法を併用する方法である。本工法は、地上に制約がある場合に採用されることもあるが、施工サイクルが長くなり、玉石混じり砂礫層に対する注入効果の把握や注入範囲の確認にも課題は多い。また、施工費や材料費も割高であるため経済性の観点でも課題がある。パターン2は、全断面開削し覆工鉄筋コンクリートを構築後に埋戻す方法である。本工法は、施工による既設構造物への影響をもっとも容易に把握することができ、確実なトンネル構築が可能であるが、坑口位置の検討でも示したように耐震性能を考慮した複雑な鉄筋構造物となること、開削に伴う借地範囲の拡大と借地期間の長期化が問題となる。

これらの工法に比べ、パターン3の事前地山改良工法は、坑内からの補助工法と比較して均一で

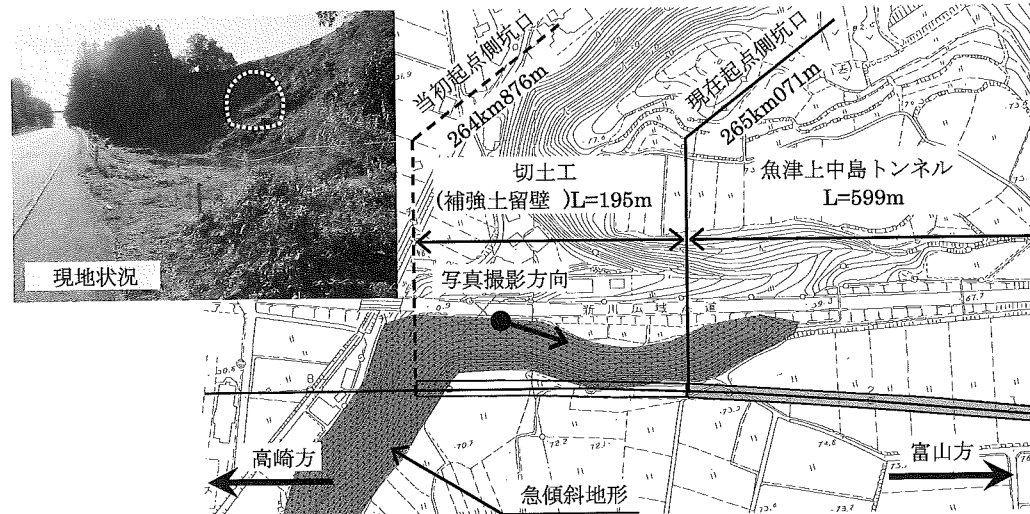
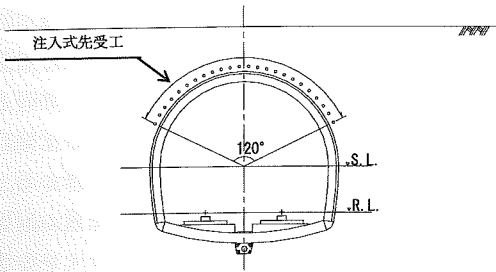
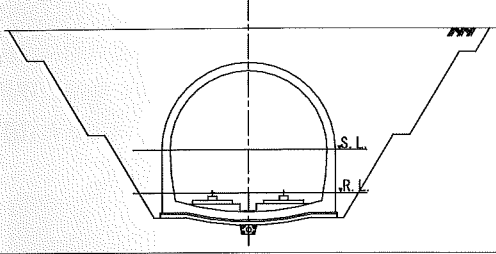
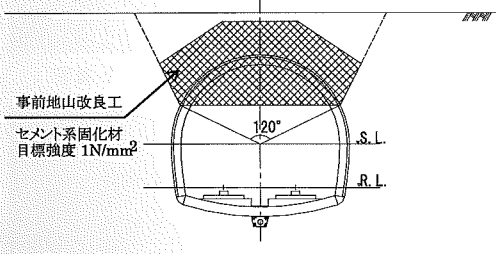


図-4 起点側坑口位置平面図

表-3 トンネル掘削方法比較

概要図	構造比較	評価
<p>パターン1：坑内からの補助工法+NATM</p> 	<p>〈概要〉 上半120°の範囲に注入式先受け工を補助工法としてNATMにより掘削する</p> <p>〈長所〉 地上からの対処は不要 通常のトンネルジャンボで施工可能</p> <p>〈短所〉 注入範囲の設定、注入効果の把握、注入管理が難しい 先受け工を考慮した掘削サイクルとなり、掘削工程が長くなる 打設設備は小規模だが、施工費と材料費が割高である</p>	△
<p>パターン2：全断面開削トンネル工法</p> 	<p>〈概要〉 全断面開削し、明かり巻きによるRC構造のトンネルを構築し埋戻す</p> <p>〈長所〉 トンネル坑外設備を必要としない(スライドセトルのみ)</p> <p>〈短所〉 全断面掘削となり掘削範囲が広く、掘削土量も多くなる 借地範囲が広く、借地期間も長期化する</p>	×
<p>パターン3：事前地山改良工法+NATM</p> 	<p>〈概要〉 上半120°の範囲を開削し、セメント系固化材により地盤改良を行い埋戻した後、NATMで掘削する</p> <p>〈長所〉 上部のみの掘削となり掘削範囲、土量とも最小限に抑えられる トンネル掘削に先立って地質や地下水の状況を直接確認できる 掘削に先立ちアーチ部に均一で強固な改良体を構築できる 借地範囲と期間を抑えることができる</p> <p>〈短所〉 原位置における発生土は巨礫を含むことから篩い分けや破碎が必要</p>	○

強固な改良体を掘削に先立ち構築できるため、施工サイクルの向上と安定した進捗を確保できる。さらには、上半部をあらかじめ開削するため地山や湧水状況などの詳細な地山情報をトンネル掘削前に把握することができるため、トンネルの掘削に際し必要最小限の補助工法の採用に留めることが可能となる。また、全断面開削工法と比較して掘削深度が浅いため、掘削土量、借地範囲および借地期間を最小限に抑えることができ、3種類の中でパターン3がもっとも経済的である。

したがって、本トンネルでは、①地上に人家がなく広く水田として利用されているため、制約が少ない、②地下水位が高いためにトンネル掘削時の天端の安定性が強く求められる、③基層となる

玉石混じり砂礫層が不確定要素を多く含んでおり、事前に地山情報を入手することが掘削時に効果的である、ということから、補助工法として事前地山改良工法を採用することとした。

事前地山改良工法の改良体の範囲や強度は類似の施工実績を参考に図-5のように定めた。範囲は天端120°、強度は軟岩相当として一般的に用いられる一軸圧縮強度(1.0N/mm²)を確保するものとした。さらに、地山改良の方法は浅層攪拌改良工法で行うことも考えられたが、このような巨礫を含む玉石混じり砂礫においては同工法により改良体の均一性を期待することは困難であることから、原位置における置換工法とすることとした。

また、最小土かぶりは過去のNATMでの掘削

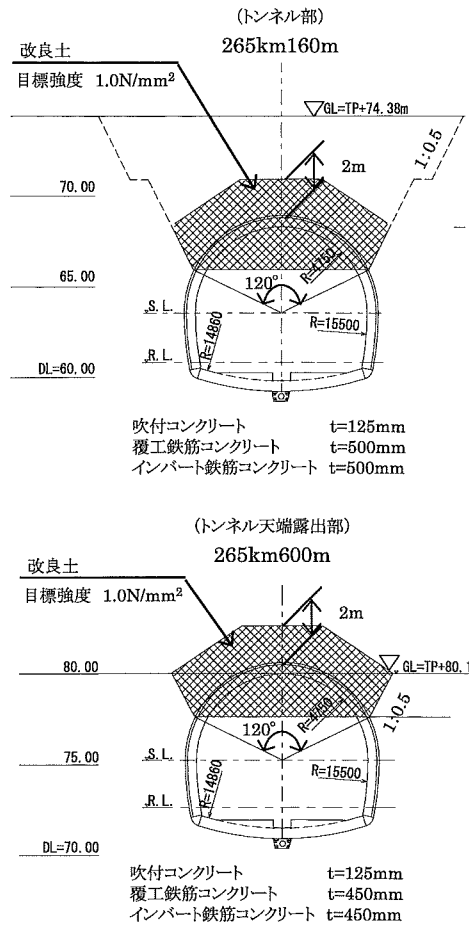


図-5 NATM区間トンネル掘削横断面

事例から2mとし、最小土かぶり確保できない箇所においては、改良土による保護盛土を行うこととした。

他方、終点方40m区間は、全断面開削の覆工鉄筋コンクリート構造とした。本トンネルは終点側坑口(265km670m)から約30m手前において県道と交差するが、交差部の土かぶりは県道の拡幅計画によると、約1.2mと小さい。これを踏まえ、当該区間については路面交通荷重や雪荷重の耐震性および県道に埋設されているライフラインの切回しなどを考慮し、全断面開削の覆工鉄筋コンクリート構造とした(図-6参照)。なお、当該区間の施工手順は、既設の県道をトンネル起点側に迂回させた後、全断面開削し、トンネルを構築、埋戻し完了後に計画県道を復旧させる計画とした(図-7参照)。

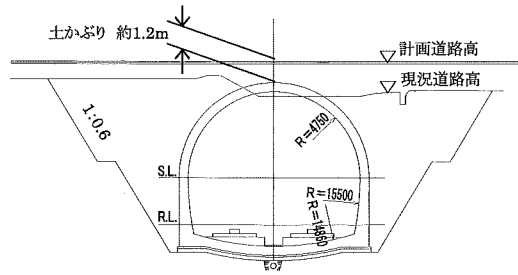


図-6 開削区間トンネル横断面

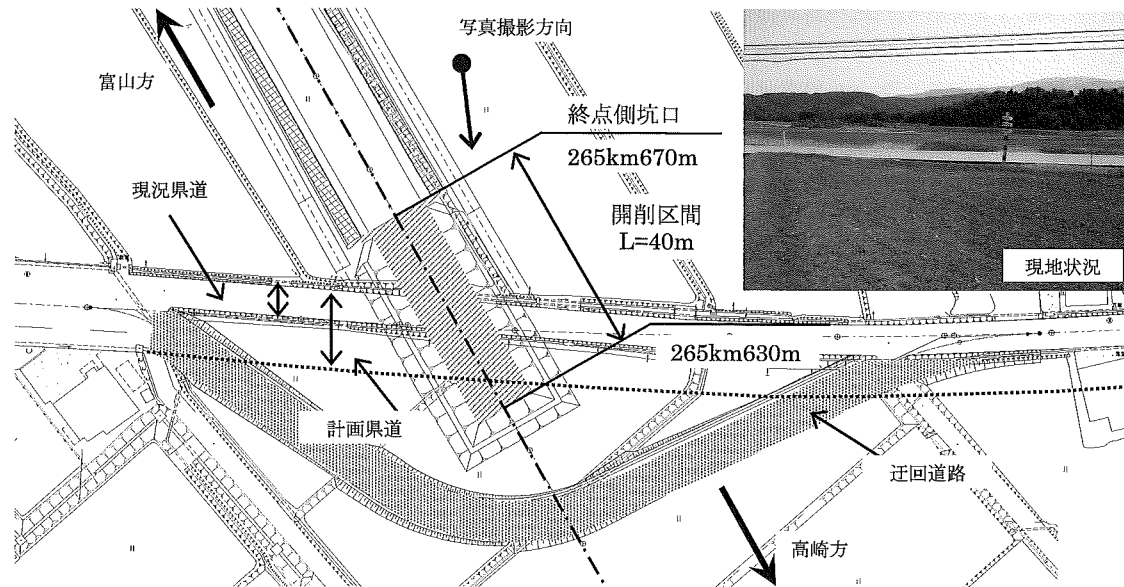


図-7 県道迂回道路計画平面図

4 トンネルの施工経過

4-1 事前地山改良の施工

事前地山改良に使用する土砂は原位置における発生土を有効利用するが、前述のように巨礫を含む砂礫が主体であることから、改良体の均一性を担保することが重要である。これに対してまず、土砂の均一化を目的に自走式破砕器により玉石をφ50mm以下まで破砕し、次に自走式土質改良機によるセメント系固化材を均一に混合した。そのうえで、1層あたりの仕上がり厚を30cmとし撤出



写真-2 自走式土質改良機・自走式破砕器

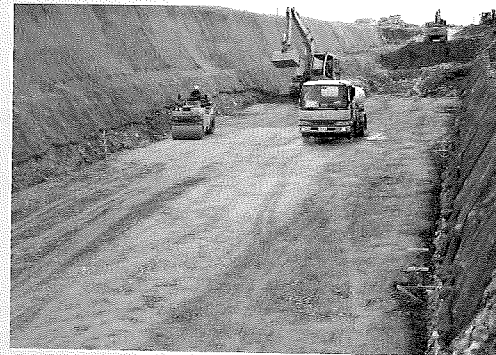


写真-3 事前地山改良施工状況

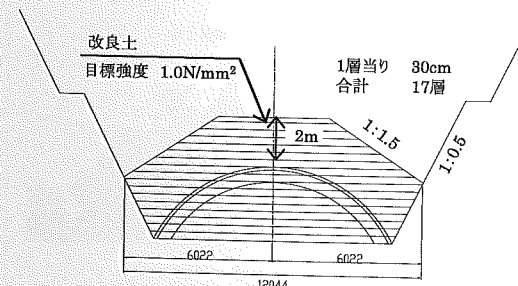


図-8 事前地山改良施工図

し・締め固めを行い、改良体の品質向上を図ることとした(写真-2,3, 図-8参照)。また、改良材の配合については、室内配合試験結果に対して隣補正を行い、目標強度 $q_u=1.0N/mm^2$ を満足するよう74kg/m³の添加量とした。

4-2 上半仮インバートコンクリートの施工

坑口付近では後方に拘束力がないうえ、本トンネルのような地形では下半掘削時に上半盤の脚部において地山のせん断力が增大することによりきわめて大きく有害な沈下が発生し、トンネルの安定性に深刻な影響を及ぼすことが懸念される。これに対し、坑口付近の上半の安定性を確保し、下半掘削時の沈下を抑制する目的で坑口より30mまでの範囲を対象に上半仮インバート(吹付けコンクリート: $t=20cm$)を施工した(写真-4, 図-9参照)。その結果、下半掘削時の沈下量には大きな変化がなく、上半仮インバートによる沈下抑制を図った効果が得られているものと考えられる(図-10参照)。

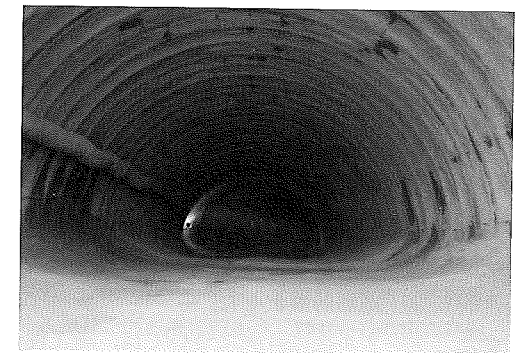


写真-4 上半仮インバート

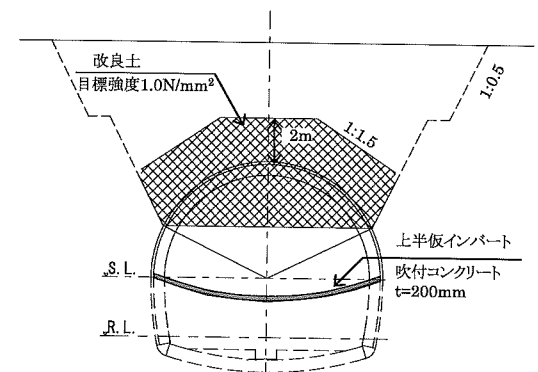


図-9 上半仮インバート施工図

265km081m 天端・脚部沈下量

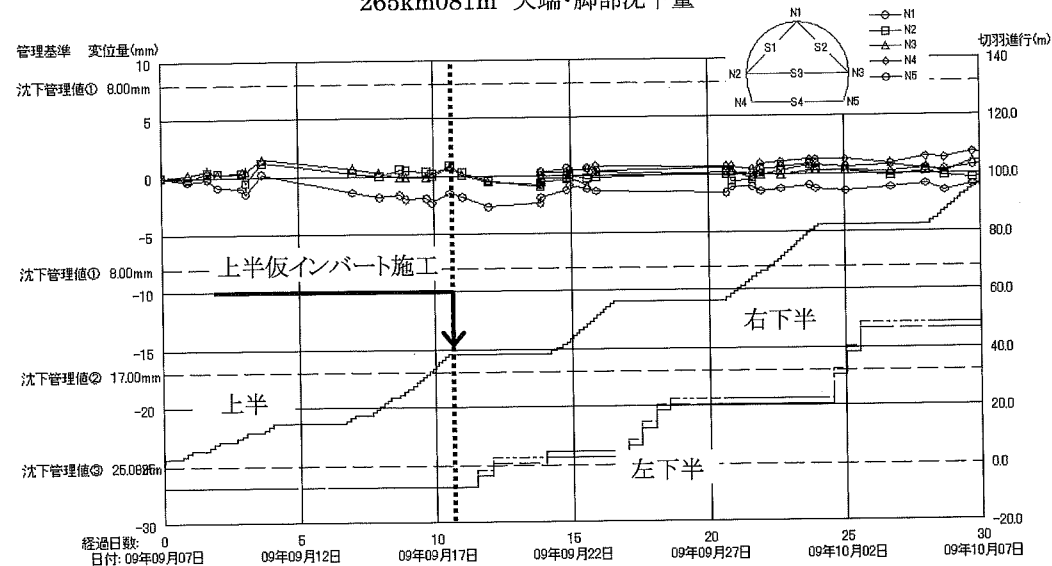


図-10 天端・脚部沈下量計測結果

5 おわりに

本稿では、最大土かぶり約7mで小土かぶり未固結地山を貫く魚津上中島トンネルの課題に対して施工性および経済性の観点からの検討について報告した。

起点側坑口位置の検討については、段丘斜面において偏圧荷重に対する構造検討から、坑口位置を急斜面の影響が小さい位置とし、当初のトンネル構造を補強土留め壁工による切土構造に変更し合理的な偏圧地形対策とした。

また、トンネル掘削計画については、施工性や経済性に優れた事前地山改良工法を採用するとともに、巨礫を含む砂礫に対する改良体の均一性の確保および上半仮インバートによる下半掘削時の沈下抑制を図り、安定した掘削進捗を確保す

ることが可能となった。

本トンネルでは、今後も施工時の切羽観察や緻密な計測管理を行うとともに突発的な湧水や水みちなどの地下水対策に注視してトンネル掘削に臨みたい。本報告が同様の施工事例の参考となれば幸いである。

参考文献

- 1) 鉄道・運輸機構：山岳トンネル設計施工標準・同解説，2008.4.
- 2) 北野仙之・水谷哲也・山本一郎・藤野晃：小土かぶり連続する河川・民家・道路直下の段丘を掘る，北陸新幹線 第2魚津トンネル，トンネルと地下，Vol.40, No.5, pp.7-13, 2009.5.
- 3) 清水健志・三浦貴幸・野田軍治・小沼宏嗣：小土かぶり未固結地山でのトンネル掘削，東北新幹線 高館トンネル，トンネルと地下，Vol.39, No.2, pp.7-13, 2008.2.

お詫び

第41巻，第5号，p.47，右段3行目に誤りがありましたので訂正いたします。

〈誤〉

池田俊雄・長崎技術科学大学名誉教授

〈正〉

池田俊雄・長岡技術科学大学名誉教授



「川沿いの散歩道」中土佐町久礼より

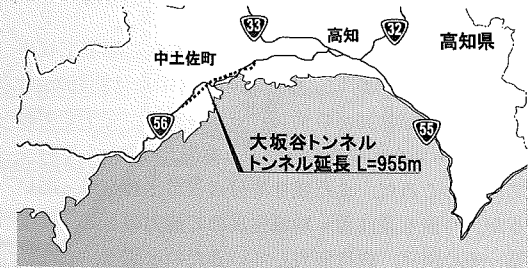
田内信男

四国横断自動車道は、徳島県を基点として、香川県、高知県を經由して愛媛県に至る延長441kmの道路で、四国における産業、経済、文化の発展に重要な役割を果たすとともに、高規格幹線道路ネットワークの機能強化および今後想定される「東南海・南海地震」などによる災害時の代替路としての役割を担う。当社が担当する工区は、高知県須崎市から窪川町に向かう間の七子峠を抜けるトンネル工事である。この辺りは昭和40年代に国道56号線が開通する以前、海岸線あるいは山中をクネクネと普通乗用車がようやく離合できる程度の道が一本あるだけで、もっぱら船での往来が盛んな地区だった。

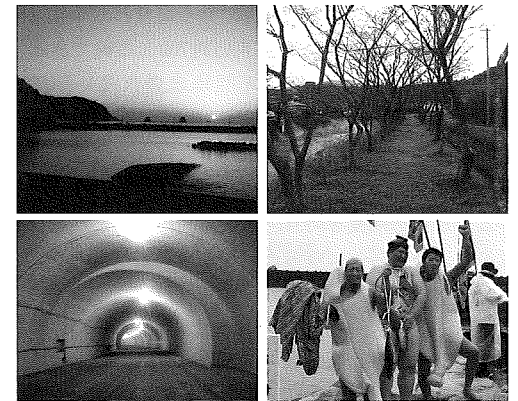
トンネル掘削は、「工期の短縮」を目標に、切羽前方予測、切羽評価点、大型機械などを採用し順調に推移した。覆工コンクリートも「出来映えの良いコンクリート構造物の築造を行う」を目標に掲げ、天端充填性を高めるための流動化コンクリート、剝離・剝落防止のための短繊維補強コンクリート、ひび割れ防止のための膨張コンクリートの採用などにより良好な結果を得ている。今後は、全線にわたり天端部のレーダ探査による空隙調査を行う予定である。

一方、現場職員は忙しさによるストレスと地元の食材の美味しさから体重が徐々に増え始め、メタボリックシンドローム防止の散歩をする人が増えてきた。ここでは、久礼の町を流れる大坂谷川沿いの散歩道を紹介しよう。

出発点の事務所は、久礼漁港から七子峠へと続く遍路道に面し、ときおり四国八十八箇所巡りの人々が行き交う、竜馬が現れそうなたたずまいの中に建ってい



位置図



(左上)久礼漁港の日の出，(右上)桜並木，(左下)覆工状況，(右下)かつお祭

る(ちなみに、地主さんは「坂本」姓である)。ここから久礼漁港までは約2kmの道のりで、大坂谷川沿いのなだらかな下り道である。川岸には地域の人たちが大切に守ってきた桜並木(つぼみが膨らみもうすぐ開花(3月25日現在))が続き、水面には鴨の群れ(8羽いる)。せせらぎの音は優しく、水は飲めるほど澄みきっており、朝霧が漂うさまは一幅の絵のようだ。橋を渡り、民家沿いの細い道を進めば、鎮守の森、漁師たちに信仰が篤い久礼八幡宮(秋期大祭は土佐三大祭りのひとつ)に至る。工事の無事と家内安全を祈って柏手を打ち、神社正面の海に向かう。晴れた日の出の時刻、港はカメラを抱えた地元のお年寄りが5~6人腕自慢に花を咲かしている。この港では毎年5月の第3日曜日に「かつお祭り」が開かれる。わずか1日で2.5トンもの鰹が胃袋に消え、「鰹の1本釣り競争」なども開かれる。仮装部門で当事務所は昨年2位となり、賞金2万円を獲得した(衣装代は数倍掛かったが)。そこから、午前中に捕れた魚が並ぶ大正市場、中土佐町の芸術の中心地、中土佐町美術館を横目に見て帰路につく。

事務所に帰り着いたころには、うっすらと汗ばみ心も体もリフレッシュされる。竣工時には心身ともに健康優良児を目指し一同がんばります。

((株)奥村組大坂谷トンネル所長)



「世界遺産と日本百名山」吉野郡上北山村より

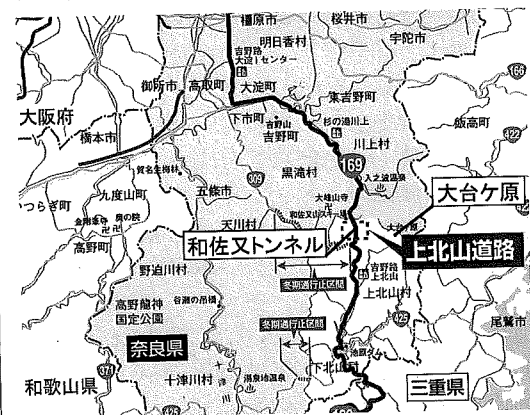
齋藤 佑樹

吉野郡上北山村は紀伊半島である奈良県南東部に位置する、大自然に囲まれた人口約700人の村である。年間平均気温は約14℃、年間降水量は多い年では4,000mmを超える日本でも有数の多雨地帯である。この多雨によって、西は大峰山系、東は大台ヶ原を源流とする北山川が村の中心を流れている。清流と感じさせるほどの透明度を誇り、あまご・あゆなどの川魚が数多く、シーズンになると魚釣りを楽しむ人で活気づく。

西に広がる大峰山系には、北は吉野より、南は熊野三山に至るまで、修験者の修行の場として縦走する道がある。これが大峯奥駈道であり、2004年に「世界遺産」に登録された熊野古道の一部である。

東に位置する「日本百名山」の一つ大台ヶ原は、吉野熊野国立公園の中でもとくに規制の厳しい特別保護地区に指定され、希少な動植物が多種生息している。山頂からの景色が抜群で、運が良ければ富士山をも眺めることができる。秋には人手の入らない原生林の紅葉を見るため、大台ヶ原へ向かう道は観光客の車や大型バスで大賑わいである。

実は、この大台ヶ原に向かって自転車などで登坂する地元イベントが2001年よりスタートした。それがヒルクライム大台ヶ原である。上北山村役場付近をスタートし、総距離約30km、標高差1,240mを疾走する。今では600人もの参加者が、北は北海道から南は沖縄まで、



位置図



ヒルクライム

更には韓国からも集まるほどになった。是非ともこの村を挙げてのイベントに、参加してみたいだろうか。大自然を満喫できるだけでなく、日頃の運動不足も解消できるのではないだろうか。

このような観光・イベントが多数ある村ではあるが、最寄りの駅までは隣村を越えていかないとないような立地で、車での移動が主な交通手段となる。その際使われているのが国道169号であり、その沿線にて平成19年1月30日に大規模な土砂崩落が起き、死傷者も出る事態となった。全面通行止め解除までに80日間も要した。この国道は県北部への唯一の交通路であり、買い物・通勤・病院また物資の輸送など、村民にとっての生命線である。

そこで、安心して安全な道とするための抜本的な対策としてトンネル工事の着手に至った。この地帯は以前から崩土が多く発生しており恒久的な対策が必要であること、また制御発破工法などの高度な技術を必要とすることから国直轄の権限代行にて施工を行うこととなった。

和佐又トンネルの全長は924mであり、掘削工は平成21年8月に開始し、平成22年3月中には約480mの掘削、起点側約70mのインバートの施工が完了しており、3月末現在起点側の坑門工と掘削とを並行して行っているところだ。まだ残り半分ほどの工事が残っているが、今後も発注者・地域住民のご協力のもと、安全第一を心掛け、鋭意努力していきたいと思う。

(五洋建設(株)和佐又トンネル工事事務所)

施工

大断面トンネルの偏圧斜面坑口部の対策と繊維補強による覆工無筋化

—新東名高速道路 清水第二トンネル上り線—

中日本高速道路(株)東京支社清水工事事務所工事長 海瀬 忍
(株)竹中土木清水第二トンネル作業所現場代理人 土屋 将樹
(株)竹中土木清水第二トンネル作業所監理技術者 溝端 拓哉
竹中技術研究所主任研究員 津 國正一

1 はじめに

新東名高速道路清水第二トンネルは、静岡県静岡市清水区和田島に位置する掘削断面積約190m²の大断面トンネルである。上下線は別工事となり、1本目として下り線(411m)を施工し、本工事で

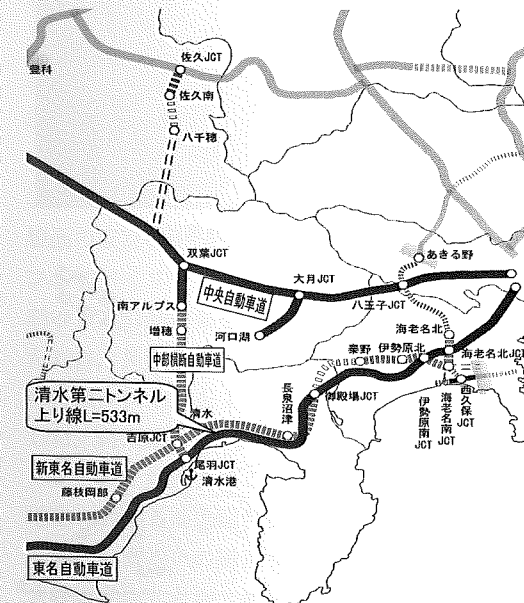


図-1 位置図

は、上り線(533m)を西側から東側に向かって施工を行った。

本トンネルは、興津川と中河内川の合流する山地部に位置する。東西両坑口部は標高293mを山頂とする南南東に張り出した尾根部にあたり、比較的急傾斜な斜面となっている。西側坑口には尾根の鞍部があり、崖錐堆積物が厚く堆積しており、比較的急峻でトンネルが等高線に対して斜交する斜面斜交型である。東坑口部はやせ尾根状の地形であり、周辺には表層の崩壊跡もみられる。

トンネル部は最大土かぶり約110mで地質D級が78%を占める。地質は新世代新第三紀の中河内累層で礫岩優勢層、凝灰角礫岩優勢層、砂岩優勢泥岩互層からなり、砂岩優勢泥岩互層は全体的に層理が発達している。

東側坑口付近の砂岩優勢泥岩互層では、ロックボルトの変形、吹付けコンクリートのクラックなどの変状が顕著にみられ、計測工においては150mmを超える天端沈下、上半脚部沈下が発生した。本工事では、こういった変状に対して支保パターンの変更や補助工法の実施、また、斜面安定のための地表面からのグラウンドアンカー工といったさまざまな対策を行った。

また、新たな取り組みとして、覆工コンクリートに標準的に混入されている非鋼繊維量の設定を変更し、覆工コンクリートに設計されている補強単鉄筋を繊維に置き換えることで、作業の効率化を図るといったことに挑戦した。

本稿は、本トンネル工事において採用した対策工や施工技術について、その概要と施工にあたっての検討事項を述べたものである。

2 工事概要

本トンネルは掘削断面積が約190m²に達する大断面となっている。インバートを含め五つの円芯からなる扁平断面である。掘削工法はNATM(機械掘削・上半先進ベンチカット・タイヤ方式)である。

- トンネル延長 L=533m
- 掘削工期 12か月
- 内空断面積 149m²

3 東坑口部の変状対策

本トンネルの地質は、出口側の東側坑口から約100m程度は砂岩優勢泥岩互層であるが、粘土化が進み、多数の断層により全体として著しい亀裂

地質時代	地層名	岩相・土質	記号
第四紀	沖積世	現河床堆積物	r d
	低位段丘堆積物	崖錐堆積物	d t
		粘土・砂・礫	t r
新第三紀	浜石岳層群	礫岩優勢層	H g
		(砂岩、凝灰角礫岩を挟在)	H t
	中河内累層	凝灰角礫岩優勢層	H t
		(礫岩、砂岩をはさむ)	H m s
	砂岩優勢泥岩互層	(一部泥岩優勢層)	(H m)

発達帯を形成している。掘削時には毎分約30~50ℓ程度の湧水があり、切羽天端部の崩落や切羽鏡面の押し出し、滑落などが発生した。また、脚部沈下により支保の変状が発生し、内空断面の確保が困難となるため、対策工を行った。

3-1 長尺鋼管フォアパイリング工、長尺鋼管鏡ボルト工

切羽の崩落防止および地山のゆるみ防止を目的としてAGF鋼管による長尺鋼管フォアパイリング工(φ114.3)を施工した。東坑口から80m付近では1シフトを9mとし、その際の打設基地はAGF鋼管と支保工とのなれが極力小さくなり、鋼管打設角度が確保できるように最小拡幅方法を採用した。最小拡幅方法は、上半支保工脚部および天端部に20cmのピースを付けた支保工を建て込み、拡幅を行うもので、拡幅長は2mとした。注入材は、亀裂が著しく発達し、湧水のある地山に対して、浸透・割裂ともに有効なウレタン系のシリカレジンを採用した。

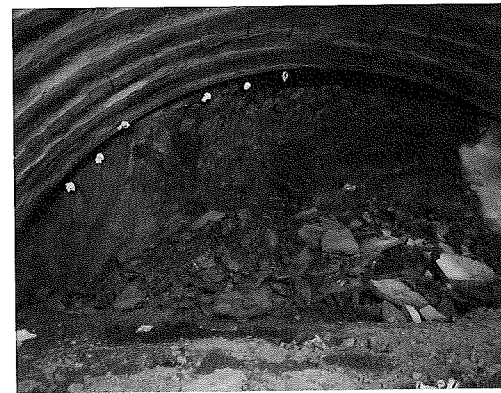


写真-1 切羽鏡面の崩落状況

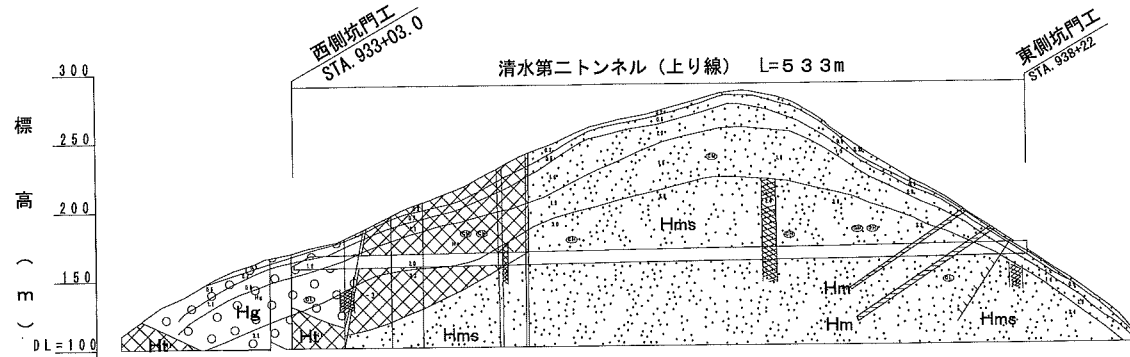


図-2 地質縦断面図

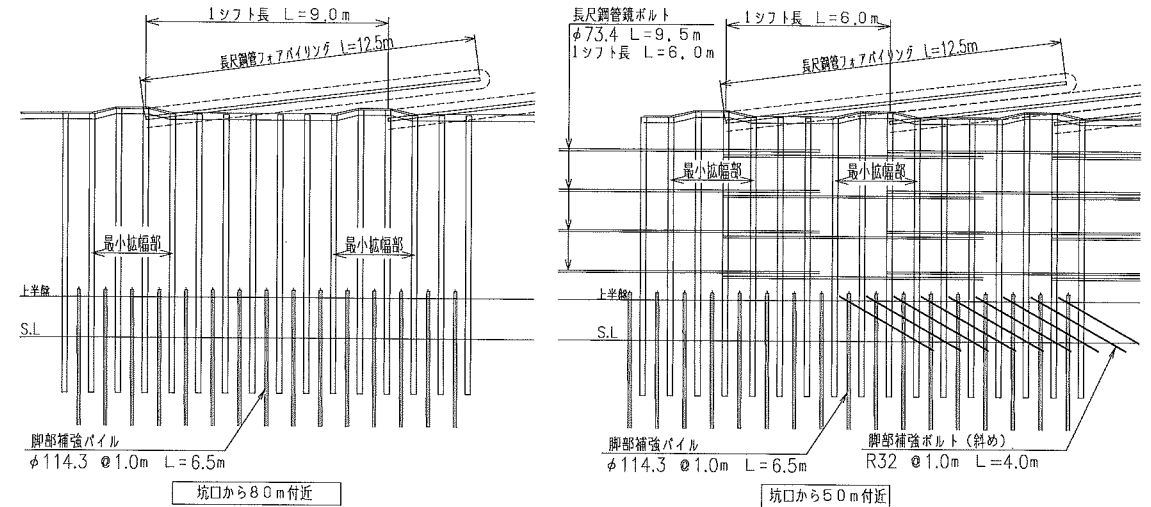


図-3 補助工法の概要

東坑口より約50m付近には断層破砕帯があり、切羽全体的に劣化、風化が著しく、上半掘削時には切羽全面の押し出しが発生し、切羽鏡面が崩落すると同時に切羽天端のAGF鋼管下からの崩落が発生した。事前ボーリングデータから今後も同様の地山が続くと予測されていたことから、前方地山の補強剛性を向上させるため二つの対策を実施した。

まず、切羽鏡面の押し出しに対して安定を図るための補助工法として長尺鋼管鏡ボルト工を採用した。切羽鏡面に対して長尺の鋼管(φ73.4)を打設、その後長尺鋼管フォアパイリング工と同様に注入材(シリカレジン)を注入し、鋼管の剛性による地山のせん断強さの増加効果および注入材による地山改良効果により切羽鏡面の安定化を図った。次に長尺鋼管フォアパイリング工における前方地山のゆるみ抑制効果をさらに発揮させるために、長尺鋼管フォアパイリング工の打設シフト長を1シフト6mに変更した。長尺鋼管フォアパイリング工のシフト長を短くすることにより、前方地山に対する補強剛性が向上した。切羽面の節理沿いの滑落や押し出しは引き続き発生したが、長尺鏡ボルト工および長尺鋼管フォアパイリング工のシ

フト変更の効果により、次サイクルまでの切羽自立が可能となり、切羽天端AGF鋼管下からの崩壊も抑制することができた。ロックボルト工やAGF工といった切羽直近での作業に対する安全性向上につながった。

3-2 沈下対策(脚部補強パイル)

断層破砕帯では、150mmを超す大きな脚部沈下・天端沈下が生じた。地盤の支持力不足が原因と考えられる変状であり、脚部支持力の増強を主な目的として、上半掘削時には脚部補強パイルおよび支保工脚部の先行地山改良として注入式フォアボーリングの施工を行った。脚部補強パイルは、φ114.3mmの鋼管をAGF工と同様の仕組みで支保工

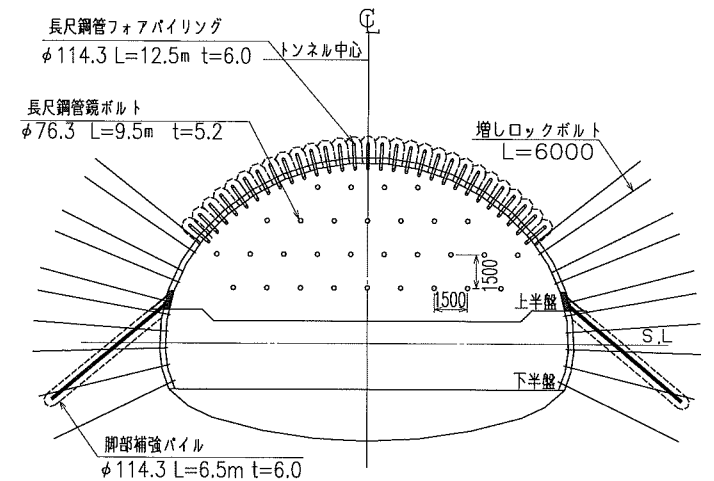


図-4 補助工法断面図

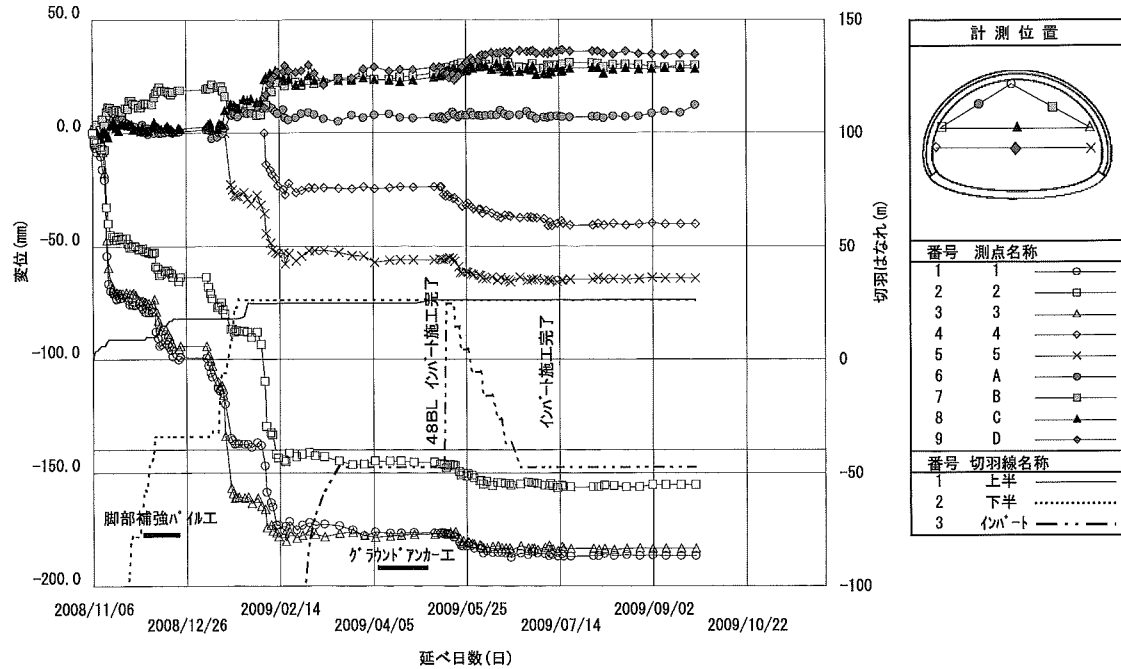


図-5 沈下・内空変位経時変化図

脚部に下方に打設し、注入材により地山改良および応力の分散を図ったものである。対策工の結果、上半掘削時には支保工脚部支持力が増加したことにより沈下が抑制される傾向がみられたが、下半掘削時には沈下抑制効果はできなかった。これは、上半脚部補強で行った地山改良部に下半掘削の影響でゆるみを与えたためと考えられる。沈下抑制対策検討の際には、地山条件を考慮したうえでサイドパイルなどの引張り材についても十分検討を要する。

ロックボルトの変状や吹付けコンクリートのクラックが発生した箇所(東側坑口から60~11m区間)には高耐力ロックボルトの増し打ちや支保工同士の鋼材による連結などを行い、変位の抑制を図った。

3-3 グラウンドアンカー工

トンネル掘削により生じた変位は沈下だけでなく、等高線に直角方向に水平変位したことが特徴的であった。地山の地耐力不足と尾根に出口があったことによる地山からの偏圧が原因と考えられた。事前のボーリング調査結果では、コアは破碎質であるが、すべり面は確認できなかった。トンネル

掘削による地表面の変位速度が大きいこと、また現地踏査の結果から、変位の増大が大規模な地すべりに発展することが懸念された。現段階での地すべりの可能性を詳細に把握するため、図-6のような地すべりを想定し、孔内傾斜計を地すべり想定ブロックを取り囲むように配置し、計測工の強化を行った。孔内傾斜計の観測結果から、深度GL-8.0~12.0mの位置で変位の発生が確認でき、地表面やトンネル内の変位はこの位置を境として発生しており、地形形状も合わせて考えると、第二段階のブロックに区分される形態で変位が発生したと推察した。

地すべりが考えられる坑口部では、トンネル坑内から対策を行うよりも坑外から法面に対して直接行う対策の方が、効果の期待度が高く、経済性にも優れていたため、グラウンドアンカー工を選定した。実施に関しては、東坑口から70mの位置でトンネル掘削を停止し、変位の発生状況、施工性、経済性を考慮して対策工のレベルを第一段階、第二段階にわけて施工する計画を立案した。トンネル掘削が残っている現状を考慮し、まず第一段階として手前の小ブロックに対する対策を行い、

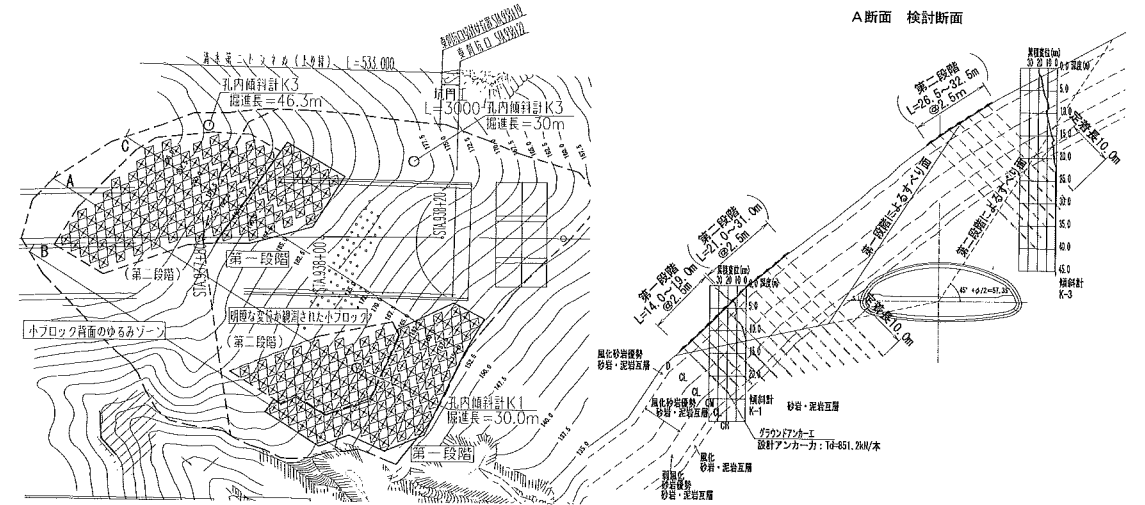


図-6 変状範囲の想定とグラウンドアンカー計画図

表-1 グラウンドアンカー工検討結果一覧表

項目	第一段階 (小ブロック)	第二段階 (大規模地すべり)	摘要	
安定解析	計画安全率 F_p	1.200	1.200	
	現況の安全率 F_r	1.004	1.000	
	必要抑止力 P_r (kN/m)	1,497.3	3,475.9	
	滑動力(kN/m)	7,643.710	17,379.071	
	抵抗力(kN/m)	7,675.174	17,379.074	
アンカー工	打設間隔(m)	2.5×2.5	2.5×2.5	
	打設本数(本)	109	144	トータル 253本
	削孔径(mm)	φ115	φ115	
	定着長(m)	10.0	10.0	
	設計アンカー力 (kN/本)	851.2	851.2	

トンネル掘削による変位の進行を防止することを最優先の目的とした。第二段階に関しては、第一段階施工完了後の観測結果を注視し、その抑止効果で変位の進行を抑えられなかった場合、大ブロックの追加施工を行うこととした。

グラウンドアンカー工は、第一段階を必要抑止力1,497kN/m、設計アンカー力851.2kN/本、配置間隔@2.5mの109本を施工した。

グラウンドアンカー施工時は、トンネル掘削を中断していたため、大きな変位は生じなかった。グラウンドアンカー工施工完了後、トンネル掘削

再開にあたってトンネルリング閉合による沈下の抑制対策としてインバートコンクリートによる早期閉合を行った。インバート掘削における坑内変位はトンネル加背、他の新東名大断面の変位値より予測された変位量(23mm)を管理基準と設定して施工したが、坑内から行った種々の補助工法およびグラウンドアンカー工の変位抑止効果からインバート掘削の坑内沈下量は6mm程度に抑えることができた。トンネル掘削が完了して地山に影響を与えることがなくなり、各種計測工の値も収束したため、斜面やトンネルの変位の進行も収束傾向にあると判断した。そのため、グラウンドアンカー工の第二段階の施工は行わなかった。

4 覆工無筋化への取り組み

4-1 覆工無筋化の概要

新東名高速道路の扁平大断面トンネルでは、全線において地山等級にかかわらず、覆工コンクリートの剝離、剝落防止を目的として、非鋼繊維補強材料(0.3%)の混入が計画されている。また、地山等級DのうちDⅠ区間およびDⅢ区間においては、覆工コンクリートの補強鉄筋による補強がなされている。DⅠ区間では、内空側に単鉄筋、DⅢ区間では、複鉄筋によるものである。本工事では、トンネル覆工の吹上げ方式によるコンクリート打設の施工性、防水シートの確実性の向上を目的と

して、単鉄筋で補強されたDI区間における覆工コンクリートの無筋化について検討を行った。覆工コンクリートの無筋化を行うことにより、以下の利点が挙げられる。

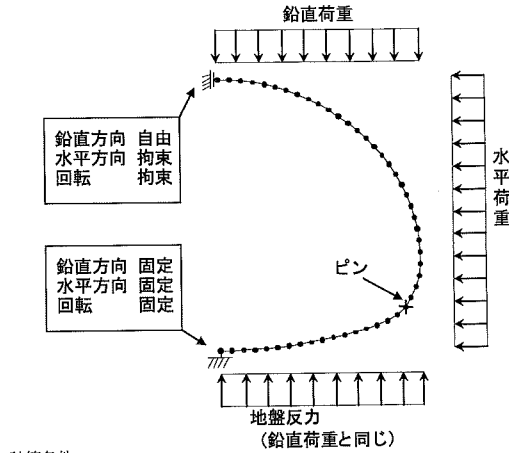
- ① 鉄筋の組立て手間の省略による工程短縮およびコスト削減。
- ② コンクリート打設時の締め固め施工性向上によるコンクリート品質の向上、コンクリートの確実な充填。
- ③ 鉄筋の段取り筋などの省略から防水シートを完全非貫通とし、防水性が向上。また、鉄筋施工時の防水シートの損傷防止。
- ④ かぶり管理や鉄筋の位置出し測量などの手間の省略。

4-2 検討内容

今回の検討では、単鉄筋コンクリートのDI区間において、単鉄筋コンクリートの耐力と同等以上となる、非鋼繊維混入率を増加した補強コンクリートについて検討を行った。耐力については、内空側も地山側も同等な曲げ抵抗力を有する非鋼繊維補強コンクリートの利点に着目して、鉄筋コンクリートの耐力と比較した。

4-3 検討方法について

補強の主目的であるトンネルに対する予期できない荷重に対する要求性能は、地山条件、土かぶり条件などにより影響を受けるため、現状では不明確である。そこで、標準的なDI地質であることを前提に代表的な荷重状態として、鉛直荷重および側方荷重を等分とし、側圧比を1.0と0.5とした2種類のパターン「鉛直荷重1対水平荷重1」と「鉛直荷重1対水平荷重0.5」の荷重による設計断面力を算定し、鉄筋コンクリート(以下、RCとする)の耐荷性能を推定する。鉛直荷重および側方荷重を徐々に大きくし、部材に生じる断面力が断面耐力線に接した時点を覆工の耐力と定めた。そして同様に算定した設計断面力から繊維補強コンクリートによる耐荷性能を推定し比較した。繊維補強コンクリートの耐力算定は鋼繊維の例を参考に限界状態I(対象となる覆工体の長期にわたる耐久性を確保する観点から定めた限界状態)



計算条件

部材	高さ	鉄筋コンクリート	繊維補強コンクリート
アーチ部	500mm		インバート部: 700mm
部材	幅	1,000mm	
コンクリートの設計基準強度		$f_{ck}=30\text{N/mm}^2$	
コンクリートの引張強度		2.22N/mm ²	0.777N/mm ²
コンクリートのヤング係数		$E_c=28\text{kN/mm}^2$	

図-7 応力算定モデル

とし、限界ひび割れ幅を0.25mmとした³⁾。応力算定解析のモデル化はRCと繊維補強コンクリートの耐力の比較であるため、応力算定モデルは図-7とした。骨組は500mm程度の直線部材とし、節点は覆工コンクリート設計断面の中央とする。

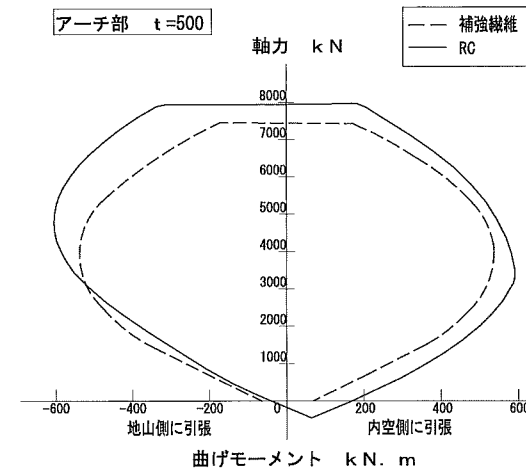
- ・アーチとインバートはピン接続とする。
- ・支点はアーチとインバートの中央2点とし、水平方向・回転を拘束とするが、インバート中央はモデルの不動点として鉛直方向も拘束とする。

4-4 検討結果

図-8にRCと補強繊維の断面耐力線比較図を、図-9に応力算定解析時の曲げモーメント図を示す。

図-8の比較から内空側が引張りとなる曲げに対しては、RCの耐力が大きく、地山側が引張りとなる曲げに対しては、繊維補強の耐力の方が大きいことがわかる。アーチ部では、地山側に引張りとなる曲げが最大となる。インバート部では、断面力のすべてが内空側の引張りとなるため、RCが有利となる。

次に断面耐力線比較図に側圧比を1.0と0.5とした2種類のパターン「鉛直荷重1対水平荷重1」



【RC】
 $\sigma_{ck}=30\text{N/mm}^2$, SD345, $f_t=2.22\text{N/mm}^2$
 【繊維補強】
 $\sigma_{ck}=30\text{N/mm}^2$, $f_{tr}=0.777\text{N/mm}^2$

図-8 限界状態断面力図

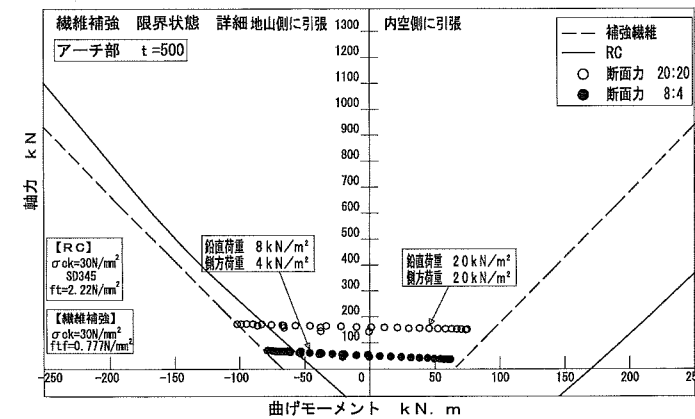
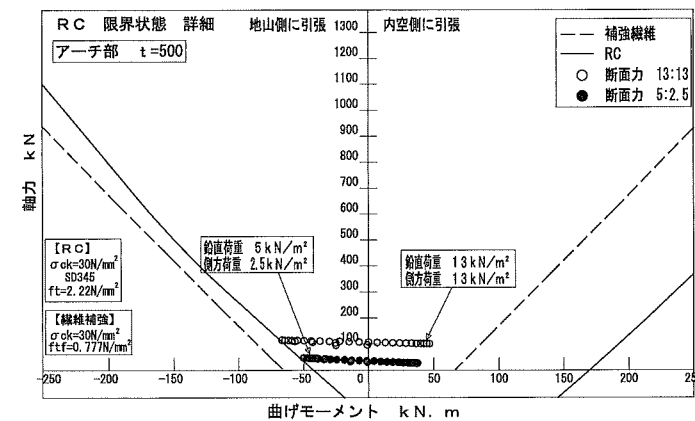


図-10 断面力の分布比較図

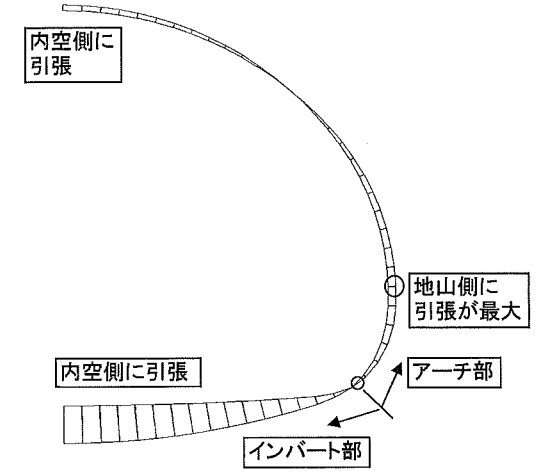


図-9 応力算定解析時の曲げモーメント図

表-2 耐力一覧表

覆工の耐力一覧(アーチ部 $t=500\text{mm}$)
 単位(kN/m²)

鉛直:側方	鉄筋コンクリート(RC)		繊維補強コンクリート(FRC)	
	鉛直	側方	鉛直	側方
1:1.0	13	13	25	25
1:0.5	5	2.5	11	5.5

覆工の耐力一覧(インバート部 $t=700\text{mm}$)
 単位(kN/m²)

鉛直:側方	鉄筋コンクリート(RC)		繊維補強コンクリート(FRC)	
	鉛直	側方	鉛直	側方
1:1.0	11	11	7	7
1:0.5	9	4.5	6	3

「鉛直荷重1対水平荷重0.5」の荷重から算出した各部材の断面力をプロットしたものを図-10に示す。

RCでは、側圧比1.0の場合、覆工の耐力は地山側が引張りとなる曲げで決定され、その際の荷重は13kN/m²であった。繊維補強でも同様に地山側が引張りとなる曲げで耐力が決定され、その際の荷重は20kN/m²であり、RCよりも大きな耐力を有している。側圧比0.5の場合でも同様の傾向がみられる。表-2に耐力表を示す。覆工

全体の耐荷力が増加することから繊維混入量を増加した補強繊維コンクリートによる覆工コンクリート無筋化が有効であるといえる。

4-5 曲げ靱性試験について

繊維補強コンクリートの曲げ靱性試験の代表的な荷重-たわみ曲線は、ピークから大きく荷重が低下し、その後靱性を保持する傾向にある。強度による耐力の算定は、限界ひび割れ幅0.25mmまでの範囲であり、それ以上は曲げ靱性の確保である。曲げ靱性性能は限界ひび割れ幅から中央点たわみを求め、曲げ靱性係数を算出する。

限界ひび割れ幅 $b_c=0.25\text{mm}$ の中央点たわみ σ_c は、 $\sigma_c=3/4 \times 0.25=0.19\text{mm} \rightarrow 0.25\text{mm}$ (安全率 $F=1.3$ とした場合)。

また、繊維補強コンクリートのひび割れ強度 f_{it}
 $=0.777$ の曲げ荷重 P は、 $f_{it}=0.44 \cdot P \cdot L / (b \cdot h^2)$
 より、 $P=0.777 \times (150 \times 150^2) / (0.44 \times 450) / 1,000=13.2\text{kN} \rightarrow 15\text{kN}$ (安全率 $F=1.15$ とした場合)

したがって、曲げ耐力として必要とされる曲げ試験の荷重-たわみ曲線は図-11に示す品質管理基準

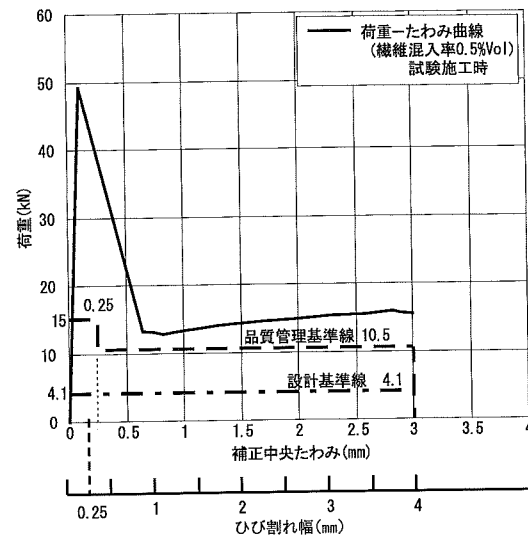


図-11 曲げ靱性試験の荷重-たわみ曲線

準線を上回り、曲げ靱性係数 1.45N/mm^2 を確保することを前提とした。

耐力については、アーチ部は繊維補強コンクリートが優位であるが、インバート部は、想定されるような荷重状態においても内空側が引張りとなる曲げモーメントが発生するため単鉄筋コンクリートが優位となる。したがって、アーチ部を繊維補強コンクリート、インバート部を鉄筋コンクリート(設計断面)とした。

また、アーチ部とインバート部の接続部は、断面力算定のモデルではピン構造としており、インバート部の鉄筋をアーチ部へ定着させるものとして、ずれなどを防止する。

4-6 配合決定の経緯および修正配合の検討

覆工無筋化で使用するコンクリートの配合は、非鋼繊維を従来の0.3%から0.5%に上げて混入することにより、繊維混入後のコンクリートの性状変化が大きく、流動性やワーカビリティを確保するのが困難であると考えられたため、施工性の向上を目指して『トンネル施工管理要領：中流動コンクリート編』(東・中・西日本高速道路(株))を参考にして、混和材に石灰石微粉末を使用する特殊な配合とした。

室内試験練りでは、ベーススランプフロー値62.5cmから非鋼繊維混入後のスランプフロー値平均は6.7cmであった。

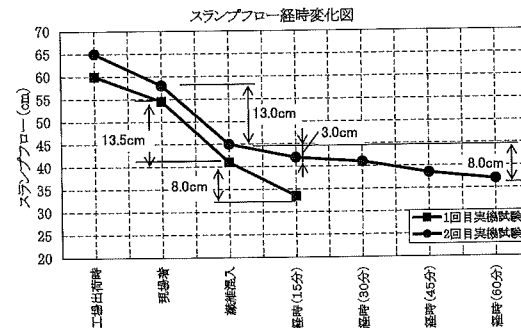


図-12 スランプ経時変化グラフ

表-3 計画配合表

T3-2A 計画配合	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	セメント (kg)	水 (kg)	細骨材 (kg)	粗骨材 (kg)	混和剤 (g)	石灰石微粉末 (kg)	非鋼繊維 (kg)
	50.0	56.0	350	175	908	737	4,560	130	4.55

室内試験練りでは、工場出荷時から現場到着時までのスランプフローロスは見込んでいなかったが、現場実機試験の際に運搬時間42分でスランプフローロスが5.5cmあった。また、非鋼繊維混入後のフロー値は41.0cmとなり、現場到着時よりも13.5cmのロスとなった。これは室内試験時に確認した繊維混入ロスに経時によるロスが加わったためで、さらに15分後のロスは21cmとなり、打設可能なワーカビリティを確保することが難しい状況となった。そこで、高性能AE減水剤の使用量を0.05%増し、工場出荷時のスランプフロー目標値を60cmから65cmに変更し、再度実機試験を行った。繊維混入後のスランプフローロスは減水剤増加前と同様に13.0cmであったが、15分後のロスは16.0cmであり、ロスを少なく抑えることができた。非鋼繊維混入60分後までのフローロス量は8.0cmとなり、施工性の向上を期待できるワーカビリティおよび各種強度試験を満足する品質基準を確保することができた。

4-7 試験施工について

試験施工として、変位が15mm程度で標準的なD1区間2スパン(10.5m×2スパン=21.0m)にて実施工を行った。

混入率0.5%の繊維補強コンクリートは、圧送時も材料分離を起こさずに良好な圧送を行うことができた。打設状況としては、通常時は有筋であるため、締め固めが困難な状況も出てくるが、コンクリートの流動性が良好であり、また、無筋としたことによりコンクリート打設時の締め固め施工性が向上した。通常時には稜柱に対策を講じる必要があるブリージング水が発生するが、今回はブリージング水の発生もごくわずかであった。

コンクリート自体のワーカビリティの向上および施工性の向上によりS.Lよりも下方に発生しやすい空気アバタなども非常に少なく密実なコンクリートとなった。覆工コンクリートの出来栄も向上することができた。

圧縮強度試験および曲げ靱性試験などの品質試験については、品質規格を満足する結果が得られた。

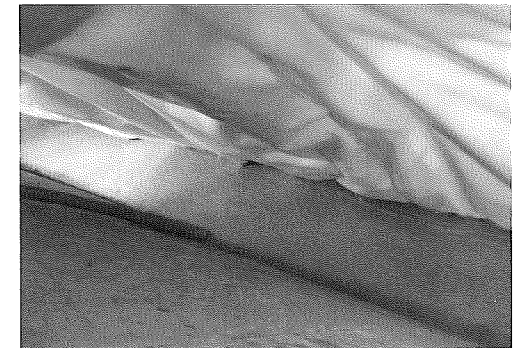
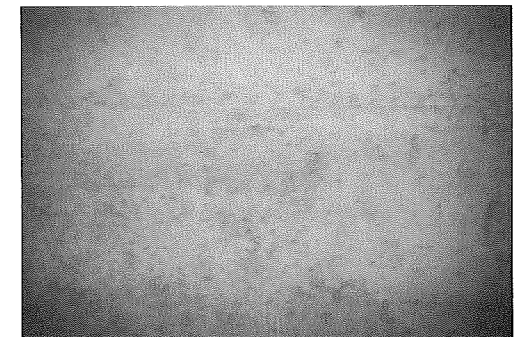
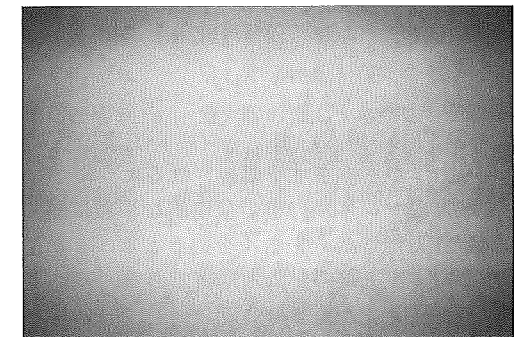


写真-2 コンクリート打設状況



(1) 通常有筋部



(2) 無筋化部

写真-3 覆工コンクリート(S.L下)出来栄の比較

5 おわりに

本工事のような地山からの偏圧を受け、大きな変位が発生する懸念のある偏圧地形の場合は、当該地形をトンネル掘削が通過する前の坑外からの対策工が有効であるといえる。設計段階においても現地の地形・地質などを踏査により把握するなど十分な配慮が必要であると考え、本工事の変状に対して採用した対策工などが今後同様な条件での施工の参考になれば幸いである。

覆工コンクリートの補強鉄筋の代替として採用した非鋼繊維補強コンクリートについては、無筋化への取り組みの第一歩であるため、今回の解析では安全側と考えられる状況である。混入量を減らして同等の耐力を得ることができないか、繊維補強の評価手法、解析方法、繊維の形状についても更なる検討を行っていききたい。最後に、覆工無筋化の検討・施工について首都大学東京の西村教授、地すべりについて中日本高速道路清水工事事務所管内のり面対策現地検討会の奥園委員長には、評価方法に関して多くのご指導・ご協力をいただいた。誌面を借りて、厚くお礼を申し上げます。

参考文献

- 1) ジェオフロンテ研究会アンブレラ工法分科会：脚部補強工技術資料，2004.11.
- 2) 土木学会：山岳トンネル覆工の現状と対策，トンネル・ライブラリー第12号，2006.6.
- 3) 日本鉄鋼連盟：鋼繊維補強コンクリート設計施工マニュアル[トンネル編]，2002.
- 4) 東・中・西日本高速道路(株)：設計要領第三集トンネル編，2009.7.
- 5) 東・中・西日本高速道路(株)：トンネル施工管理要領，2009.7.

わかりやすい トンネルの力学

B5判 286頁 本体価格 5,825円 円340円

福島啓一 著

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

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

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



株式会社 土木工学社

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

第六回 語り継ぎ 言ひ継ぎ行かむ

設計が先か、
施工が先か

トンネルは経験工学か

横田 高良
(元) 熊谷組

はじめに

私のトンネル経験を振り返ってみると、NATM以前の施工法・機械化施工・NATMへの変革・NATM補助工法・都市部へのNATM応用とめまぐるしい技術革新の流れがありました。その流れの中で、(株)熊谷組の現場と研究所での設計と施工のほかに委員会活動を通じて、まさに激動の時代を苦しくとも楽しく経験させていただいたように思います。私の経験した技術革新の流れや思い出をお話することで、皆さんの今後に少しでもお役に立てれば幸いです。

トンネルとのかかわり

私は、昭和28年に(株)熊谷組に入社しました。最初のトンネル現場は黒部川第四発電所・通称「黒四ダム」のトンネルでした。石原プロダクションが制作した映画『黒部の太陽』の舞台となった「大町トンネル(関電トンネル)」の工事です。「黒四ダム」は人跡

未踏といわれる黒部川上流につくられた巨大なアーチ式ダムです。北アルプスの山腹を貫く全長5.4kmの山岳トンネルでした。1950年代後半から60年代初めにかけて行われた関西電力の黒部川第四発電所建設工事は、九電力体制が発足して半世紀を経た今も、20世紀最大級の電力土木プロジェクトとして刻まれています。ダム、発電所、水路トンネル、すべての工区が近代土木史上に残る難工事でしたが、とりわけ長野県大町市と富山県の黒部溪谷上流を結ぶ大町トンネル(関電トンネル)掘削工事は、計画全体の成否を握る生命線でした。当時の日本は、復興から高度成長期への転換点。伸び続ける電力需要を担うために多くの人々が渾身の力を振り絞った世紀の大プロジェクトでした。近年、映画『黒部の太陽』が再度脚光を浴びており、ご存知の方も多いかと思いますが、初経験のトンネルから凄現場に配属になったことから、その後の



映画「弟」の撮影に際して指導中の著者((株)熊谷組豊川工場において)

私の人生も大きく方向が変わったのではないかと考えています。その後、東海道新幹線、信濃川発電所導水路トンネルなどの工事現場に従事しました。昭和44年からは本社のトンネル関係の部署に従事することになり、全国のトンネル工事を視察する機会に恵まれました。私の家には、トンネル屋の勲章である「貫通石」の展示棚があって、数多くの貫通石が並んでいます。

(株)熊谷組を引退した後も、委員会活動などでトンネルとかかわる機会が多々あり、まさにトンネル一途の人生を送ることになりました。

貫通石縁起

話は少し外れますが、「貫通石」の話をしたと思います。

工事中は崩落・落盤・出水などの克服や、人海戦術で掘ったのは昔の話、いまや施工法も大きく変



自宅にある貫通石展示棚

わり、機械化も進み加えて安全性も格段に向上しましたが、いつの時代でもトンネルが貫通の瞬間トンネルを通りぬける風は、トンネルに初めて生命が通った瞬間で、その感動はトンネル屋のみが味わえる男のロマンを覚えます。貫通式では、両側から来た技術者たち

著者略歴

昭和24年 3月	飯田長姫高等学校卒業
昭和28年 3月	(株)熊谷組入社
昭和31年	黒部川第四発電所新設工事(第三工区)
昭和35年 1月	東海道新幹線越後トンネル(東)
昭和35年 6月	東海道新幹線音羽山トンネル(西)
昭和35年 9月	久々野発電所新設工事第3工区
昭和37年	三方原農業水利事業第一トンネル
昭和39年	上越線北堀之内越後川口間第二工区所長
昭和42年	信濃川発電所第四期水路トンネル工事所長
昭和44年	技術研究所第一技術部課長
昭和47年	同次長
昭和48年	土木本部土木工務部
昭和54年	同部長
昭和62年	土木本部副本部長
平成3年	技術開発本部副本部長
平成6年	建設総合本部専任主幹(副本部長待遇)
平成11年	非常勤顧問

「貫通石」の謂われ

その昔、神功皇后三韓征伐の勲、彼の地において敵を攻めあぐみ、ふと間道に祠あり、三日三夜不眠の甲斐ありて洞を突貫き、敵の背後より攻め大勝を得たという。その記念にと貫通点の石を持ち帰りて角鹿の地(現在の福井県敦賀市の気比神宮)に上陸、御自ら産気づき記念の石を枕辺にはべりたるどころ、すこぶる安らかにして男子出産し給う、これより隧道貫通点の石を安産の石と称し珍重されております。

が顔を合わせて固く手を握り合い、樽酒を、被っていた汗臭いヘルメットで飲む酒が腸にしみこんだ味はこの世のものとはおもえない美味です。苦労と感激の賜物として最後に破られた岩石の中から、親指の先ほどの大きさの石が集められ貫通石になります。昔は、それを

一個ずつ封筒に入れて配っていました。木箱などに納めることはありませんでした。現在は、トンネルの名称・貫通年月日・企業者・建設会社名など、透明樹脂の中に入れちょっとした飾り物になっていますが、これがトンネル屋の勲章「貫通石」です。

NATM以前のトンネル施工法

戦後のトンネル技術の発展を振り返ると、矢板工法からNATMの導入までは、本質的には同じなのかも知れませんが、技術が未熟だったため、簡単に掘れる良質な地山の所にトンネルを作っていました。それでも部分的には困難な場所があって、いろいろな工夫や発明がなされてきました。この点が「トンネルは経験工学」と言われるゆえんです。現在では、調査技術や施工技術が格段に進歩しているので、当時では困難な場所でも、それほど難しくなく計画が進められています。ある意味で、変な妥協をしているのかも知れません。

鋼製支保工や吹付けコンクリートが使われるようになるまでは、

木製支保工や矢板の設置に関しても高度な技術が伝承されていて、古くからの技術をその場に合うように工夫を重ねてトンネルを作ってきました。

測量ひとつを見ても、カンテラを使った坑内の測量や立坑から煙を出して山越えの測量をしました。だから、実際に地上踏査を何回もくり返すことにもなって、地形の特徴が頭にしっかり叩き込まれていました。

現在から見れば、随分と体力のいる作業だったと思うのですが、かえって当時のほうが勝っている面もあるのかも知れないと感じています。

国力増強のため高速・大量輸送を可能にすることが要求されました。結果として長大化や大断面化の要求が進み、鋼製支保工も随分使われましたが、大型の鋼製支保工を組み立てる技術が不足していたことや、施工速度を上げて工期を短縮する必要から作業の機械化が進められました。また、縦断・平面線形を緩くする必要から、どのような地質でも大丈夫な、矢板

工法に代わる新しいトンネル施工法の開発が望まれてきました。

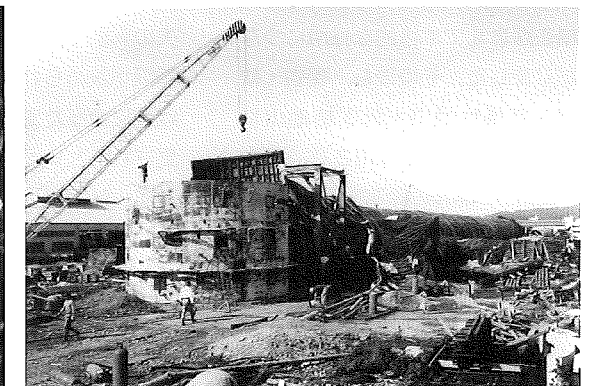
NATMの導入

わが国の山岳トンネル工法での戦後の施工法については、欧州との交流が活発になったことによる急速な発展と、近年のNATMの導入による移り変わりという二つの大きな節目を見ることが出来ます。こうした変遷は、その折々の社会の要請に応じて、改善されてきたもので、わが国の国土開発に大いに貢献してきたといえましょう。

例えば、昭和28年後半より採用され始めた鋼製支保工と、それによる大型断面での掘削工法の開発などは、戦後のわが国の経済の成長に伴う国土開発のニーズに応えたもので、このことは、東海道新幹線に始まった今日の新幹線網あるいは高速道路網の整備に、その効果が如実に示されていることは、ご承知のとおりです。振り返って、その当時の記録を見ますと、木を中心とした工法から鉄を使った工法への移り変わりなどは、「画期的な事柄」と大きく評価されてい



映画『黒部の太陽』で用いた破砕帯直前のトンネルと大出水の装置。(株)熊谷組豊川工場内に模擬トンネル(実物大、当時現地で用いた支保工を使用)を作成して撮影が行われました。





上越新幹線 中山トンネル(左:従来工法, 右: NATM)

ます。しかし、ここに、今日 NATMが普及、定着していますが、これこそわが国のトンネル技術の変遷の中でもっとも「画期的」と評価されるにふさわしい出来事といっても過言ではないでしょう。

わが国において、新工法を導入、採用することは、わが国の請負制度からなかなか困難であります。NATMの場合には、技術研究所を中心に実験と研究を重ね、NATMの優位性を検証し、日本初の施工現場となった上越新幹線中山トンネルでは試験施工を行い、その実績を踏まえて本格的な採用につながりました。その後も、硬岩・軟岩・膨張性地山・未固結地山に NATMが積極的に採用され、日本の山岳トンネルの標準施工法となったのです。

NATMがいろいろな所で使われるようになって、切羽が自立しないような場合に使う補助工法が必要になってきました。この「補助工法」の名前は私が最初に提唱し、

さまざまな補助工法が考え出され、NATMで施工できる範囲が拡大されるようになりました。

その当時には、「設計が先か、施工が先か」という議論がありました。これについてはNATM以前は二つの立場がありました。それは、物を作る順序に重きをおく「設計が先」という立場と、トンネルは切羽から先は掘ってみなければわからず、一寸先は闇ということから、「施工が先」という立場です。「施工が先」とする立場については、切羽で仕事をする坑夫の判断で、たとえ設計で支保工間隔が決まられていても、現場の状況に合った支保工間隔に適宜変更されるという状況がその拠り所です。NATM以降については、設計と施工の一体化が図られるようになり、地質の事前評価も進んできていますので、「一寸先は闇」ということはなくなってきていますが、それでも「設計が先」というわけにはいきません。このあたり



がトンネルづくりの難しさであると同時に、技術者の腕の見せどころになるわけで、技術者の楽しみだと私は感じています。

都市NATMの時代

1982年ヨーロッパの都市部トンネルを視察した際に、とくに感銘したのはミュンヘンの地下鉄工事でした。日本で中壁式あるいはCD工法とっているやり方でした。「これは日本に合う」と思いました。その後、都市NATMの実績が急激に伸びてきました。理由は、シールド工法に比べて圧倒的に安いという点です。また、シールド工法に比べてNATMは任意の断面形状に連続的に変化させることが可能だという点で非常に有効です。

ただ、都市部の柔らかい地山をNATMで掘るには、切羽の安定対策や地下水対策などいろいろな補助工法が必要になります。そのような意味からも、NATMの補助工

法をきちんと確立して、使い方を間違えないようにするということが大切になります。委員会などで NATMの補助工法を定義し、統一基準をオーソライズし、現在では現場レベルまで浸透し客観的な目安になったと思っています。

これから大深度地下開発などで都市部のトンネル掘削が増えると、既存の地下の施設をかいぐったり、いろいろ複雑な形で掘る必要も増してきます。それを可能にするのは都市NATMしかないと思います。

NATMで都市部を掘るといって、大丈夫なのか？ という声が挙が

ると思いますが、都市NATMとは都市部でも大丈夫なNATMなのであって、そこで、それらの条件を満たす技術的な発展があって可能になったと思っています。

おわりに

私は機会に恵まれてトンネル技術が発展してゆくさまを直接に経験することができました。わが国におけるトンネルの役割は日常生活に欠かすことのできない重要構造物であることは紛れもない事実です。長大化・大断面化・急速施工・機械化施工などの要求に答えるべく、日夜努力したつもりでは

ありますが、自然を相手にどれほどのことができたのかは疑問です。「月とともにリズムカルに動く青函トンネル」のように自然の力は人知ではなかなか理解しがたいものかも知れません。

これから先も、私が経験した以上の技術要求・発展があり、皆様が直接経験なさる機会があると思いますが、その際に、従来の技術がどのように発展してきたのかということも、もう一度振り返っていただき、新しい技術を開発・展開される際の参考にさせていただければ幸いです。

土木情報 No.444

今月の主な入札結果
(4月10日～5月9日)

事業主体	工 事 名	請 負 会 社	請負額 単 位 百万円
北陸農政局	九頭竜川下流(二期)農業水利事業河合春近用水路建設	奥村・東急・りんかい日産JV	4,908.7
九州農政局	H22筑後川下流白石平野(二期)農業水利事業山脚導水路(大町工区)	松尾建設	251.8
首都高速道路	(負)岸谷生麦線(国道1号行き)T	西松建設	933
西日本高速道路	東九州自動車道鹿場第1T	前田・旭JV	1,707.4
栃木県	一般県道小山下野線出井工区道路排水施設建設その1	板橋・斉藤JV	153.46
千葉県	松戸市二ツ木・幸谷土地区画整理事業H22調整池築造	岡本組	141.5
都・財務局	城山T(仮称)整備(西一城山の5)	五洋・浅川・総成JV	2,910.7
都・水道局	川崎市多摩区登戸地先から同区登戸新町地先間配水本管(1600mm)既設管内配管	JFEエンジニアリング	587.5
〃	長沢浄水場から川崎市多摩区東三田二丁目間配水本管(1600mm・1350mm・1000mm)既設管内配管	JFEエンジニアリング	629.2
〃	新宿区西新宿三丁目地先送水管(1800mm・1200mm)既設管内配管	JFEエンジニアリング	258.04
長野県	H21地域活力基盤創造交付金・豊野南志賀公園線	北野建設	207.15
大阪府	都計道大和川線天美開削Tその1(駆体工)	森・吉田・井上JV	3,777
鳥取県	R482T(茗荷谷T)(交付金改良)	清水・藤原JV	716.6
島根県	宍道湖流域下水道西部2号幹線管渠移設	中筋・今岡JV	903
横浜市	港北処理区新羽末広幹線太尾支線下水道整備(その2)	竹中・宮本JV	1,109.44
〃	金沢処理区港南区港南地区下水道再整備	馬淵建設	124.99
〃	(仮称)新磯子幹線口径1200mm送水管新設	飛島・村本・奈良JV	2,249.72
名古屋市	海部郡大治町大字堀之内字郷中地内富田幹線改良	大鉄工業	207.56
〃	〃 字半之返地内富田幹線改良	徳倉建設	284.08

『トンネルと地下』投稿原稿応募のご案内

1. 原稿は弊社ホームページ(<http://www.tunnel.ne.jp>)に掲載されている投稿規定により執筆して頂きます。
 2. 原稿のボリュームは、原則として刷上がりで8頁以内とします(図・表・写真含む)。
 3. 原稿掲載の採否は、本誌編集委員会で審査のうえ決定します。
 4. 掲載論文については当社規定の原稿料をお支払いいたします。
 5. 原稿は、原則として返却いたしません。
(注:「現場だより」の投稿は受け付けておりません)
- 送付先 株式会社土木工学社 編集部 投稿係
〒162-0832東京都新宿区岩戸町16 メイジャー神楽坂
電話 (03) 3267-2888(代)

施工

営業線直下を1.7kmにわたり泥土圧シールドで掘進

—京王電鉄 調布駅付近連続立体交差工事—

京王電鉄(株)鉄道事業本部工務部長 寺田 雄一郎
京王電鉄(株)鉄道事業本部調布工事事務所長 岩村 忠之
京王電鉄(株)鉄道事業本部調布工事事務所区長 沼澤 憲二郎
大林・京王・前田・鴻池特定建設工事共同企業体現場代理人 辻 忠彦

1 はじめに

東京都、調布市および京王電鉄(株)では、京王本線の柴崎駅～西調布駅間約2.8kmの区間と相模原線の調布駅～京王多摩川駅間約0.9kmの区間を地下化する立体交差化事業を2004年9月より施工している。その区間において、三つの駅部および3か所の掘削り部は開削工法、駅間はシールド工法を採用し、早期完成に向けて現在工事を進めている。図-1に事業全体平面図、図-2に事業全体イメージ図および表-1に事業概要を示す。

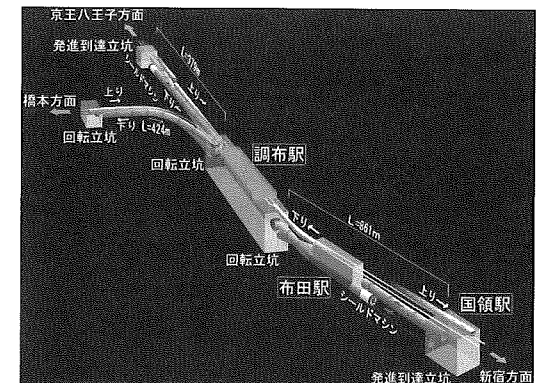


図-2 事業全体イメージ図

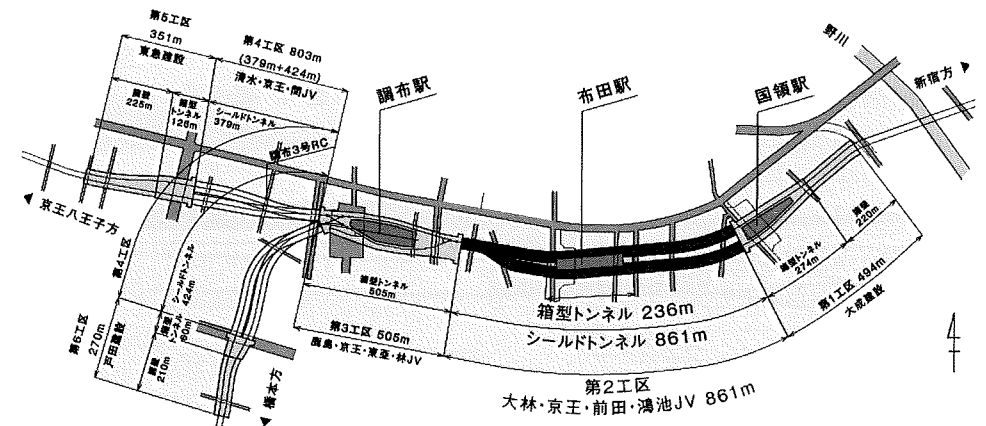


図-1 事業概要図

表-1 事業概要

事業目的	鉄道と道路の連続立体交差工事・鉄道の地下化工事
事業名称	京王電鉄京王線(柴崎駅～西調布駅)及び同相模原線(調布駅～京王多摩川駅間)連続立体交差工事
事業区間	京王線の柴崎駅～西調布駅間の2.8km, 相模原線の調布駅～京王玉川駅間の0.9km 合計3.7km
構造形式	地下方式
事業者	東京都・調布市・京王電鉄(株)
駅施設	国領駅・布田駅・調布駅
発注者	京王電鉄(株)
事業期間	2004年9月～2013年3月

2 第2工区シールド工事

2-1 工事概要

第2工区シールド工事は、国領駅～調布駅間の861mを泥土圧シールドにて施工する工事である。シールドトンネルは上下線2本からなり、延長1,722m(L=861m×2本)を1台のシールドでUターン施工を行う。今回のシールドトンネルは、国領駅～布田駅間は並列配置であるが、将来の線増線(急行線)を調布駅に接続する計画であることから、調布駅手前のスパイラル区間を経て調布東立坑では完全な縦列配置となる。

2-2 地質概要

土質縦断面図を図-3に示す。

シールド掘削対象地盤の大半を占める立川礫層(Tag)は、玉石状の礫を含む砂礫層であり、玉石の最大径は300mmで、いずれの深度においても径200mmクラスの玉石が3～10個/m³程度混入し、バインダー分が5%以下という特徴を有している。

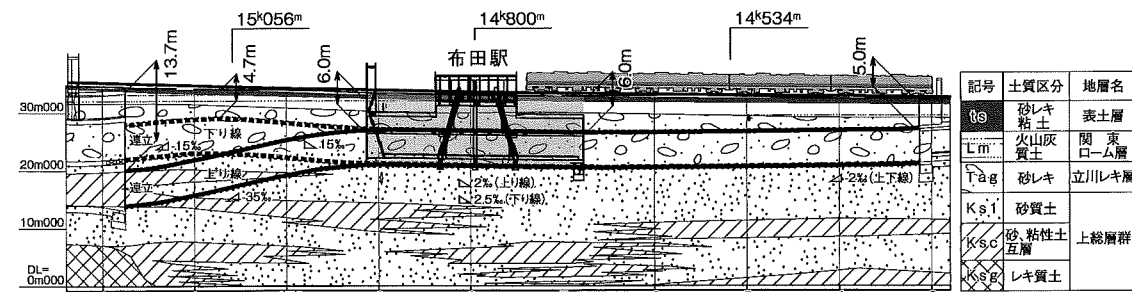


図-3 土質縦断面図

また、透水係数はおおむね $10^{-2} \sim 10^{-1} \text{cm/s}$ を示している。

上総層群砂質土層(Ks1)は、比較的均質な細砂～粗砂が互層状をなしており、所々に粘性土薄層を介在する。N値は最上部で20～40程度であるが、おおむね50以上の非常に締まった地層である。

上総層群粘砂性土層(Ksc)は、固結シルトと砂の互層で、N値は35～50以上を示し、多くは50以上の非常に硬い地層である。また、地下水位はGL-5.5～-7.3mであり、トンネル断面の上半部から天端付近まで季節変動する。

2-3 セグメント構造

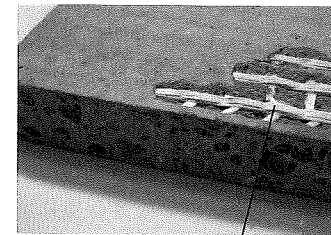
第2工区シールド工事では、切開きにより駅舎を築造する布田駅部はダクタイルセグメント、国領駅～布田駅間および布田駅～調布駅間はRCセグメントを用い、二次覆工省略で計画した。

このうち、上下線2本のトンネルが左右の併設から上下の併設へと暫時変化し、土かぶり13.7mまで深くなる布田駅～調布駅間の上り線259m(185リング)においては鉄道トンネルとして初めて鋼繊維補強高流動コンクリートセグメント(以下、「SFRCセグメント」)を採用した。本セグメントは、鋼繊維の補強効果により曲げ耐力の増加が見込める。また、鉄道トンネルでは、コンクリート片のはく落は重大な事故に直結するが、その防止効果が期待できる。

さらに、一般部のRCセグメントにおいても、トンネル覆工のはく離・はく落を防止するため、セグメントの内表面に「耐アルカリガラス繊維シート」を設置したEXP(エキスパート)セグメントを採用した(図-4、表-2)。

表-2 セグメント緒元

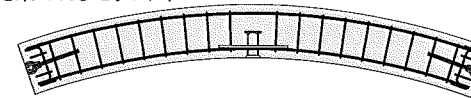
種別	外径(mm)	桁高(mm)	幅(mm)	継手構造	備考
SFRCセグメント	6,700	300	1,400	リング間: プッシュグリップ3 ピース間: 先付け水平コッター	内面平滑型 不等6分割
EXPセグメント					
DCセグメント		250	1,250	ボルト	アゴ付き 等6分割



耐アルカリ
ガラス繊維シート

(1) EXPセグメント

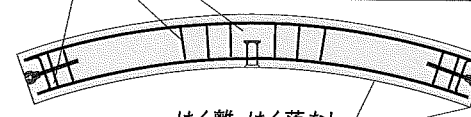
従来のRCセグメント



SFRCセグメント

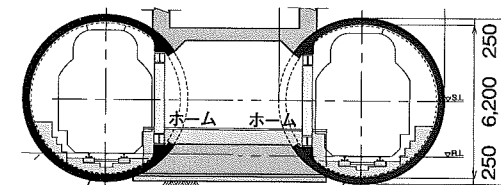
組立筋(配力筋・フープ筋省略)

鋼繊維補強高流動コンクリート



はく離・はく落なし

(2) SFRCセグメント



ダクタイルセグメント

(3) DCセグメント

図-4 セグメント構造

2-4 本工事の特徴

本シールド工事の特徴を以下に示す。

- ① 営業線の直下を小土かぶり(最小土かぶり4.7m/0.69D)で縦断方向に連続して掘進

- ② 掘削対象地盤は立川礫層が主体のため、バインダー分が少なく最大礫径300mmを想定

- ③ 地下水位はシールド掘削断面に対し不飽和で季節変動

- ④ 上下線のシールドトンネルの最小離隔が400mmと超近接

- ⑤ 中間駅となる布田駅部では、シールド通過後、併設シールドの地中切掘げにより駅舎を築造

- ⑥ 営業線直下の調布駅(新宿側)回転立坑において、約300tのシールドを回転・扛上

以上に示すとおり、これまで日本国内でも例を見ないきわめて厳しい条件のシールド工事といえる。今回は、このような条件下における泥土圧シールドの施工計画、課題と対策、施工実績について報告する。

3 営業線直下・小土かぶり・SEW発進到達・礫層掘進対策

3-1 シールドの仕様

本工事で使用した泥土圧シールドの仕様を表-3に示す。シールド形式は、立川礫層への対応、小土かぶり掘進、発進基地の用地などを考慮して泥土圧シールド工法を採用した(図-5参照)。カッターヘッド形状は、立川礫層に対して破砕よりも取込みを優先してスポークタイプを採用し、玉石を取込むスクリーコンベヤは排土可能径φ500mmのリボン式を採用し、確実なプラグゾーンを確保するため2次スクリーコンベヤを設置した。

また、地表面への影響を小さくするため、シールドには同時裏込め注入装置を設けず、セグメントからの同時注入方式を採用し、できる限り早いタイミングで裏込め注入を開始するために、形状保持装置の上部を二股構造とした。さらに、止水性向上および再注入が可能な二重止水裏込め注入孔を採用した。

さらに、本シールドは、礫層を長距離掘進することに加えて、発進部および到達部にシールドで直接切削可能なSEW壁を採用しているため、カッ

た。測定箇所は、上下線の内軌側レールとシールド直上地盤とし、測定ピッチは10mとした。

3-4 掘進結果

上記、各対策を施し、掘進を行った結果を示す。

3-4-1 添加材管理結果

発進当初は気泡を主体で添加材を使用した。切羽の安定が困難となり、ベントナイト系加泥材を主体に変更したところ切羽の安定を確保するこ

とができた。また、断面が深く飽和された上総層および地下駅構築のために先行薬液注入を実施した地中切掘り区間の掘進においては、気泡での掘進が適していた。添加量および注入位置の選択は土砂流動管理技術のリアルタイムシミュレーション結果を判断材料として活用した。

3-4-2 土圧管理結果

トライアル計測において土圧管理方法を確立させ、軌道・地盤計測結果をフィードバックしながら土圧管理を行った結果、営業線直下においておおむね管理目標値の±5mm以内(平均-2mm)の変位量に抑えることができ、列車の運行を妨げることなく掘進することができた。地盤変状測定結果を図-9に示す。

なお、その結果、後続トンネルの掘進では同条件の先行トンネル掘進時よりも高い切羽土圧を必要とすることがわかった。

さらに、掘進停止時におけるチャンバ内土圧の減少によって直上の営業線に影響を及ぼすことがないように、ベントナイト系加泥材を用いてチャンバ内土圧保持を行った。

また、掘進開始当初は直上の営業線の進行による列車動的荷重の影響が懸念されたが、土圧計実測値がシールド天端で約2~3kPaと非常に小さいものであった。これは軌道のバラスト道床がクッション材の役割を果たしたと想定される。

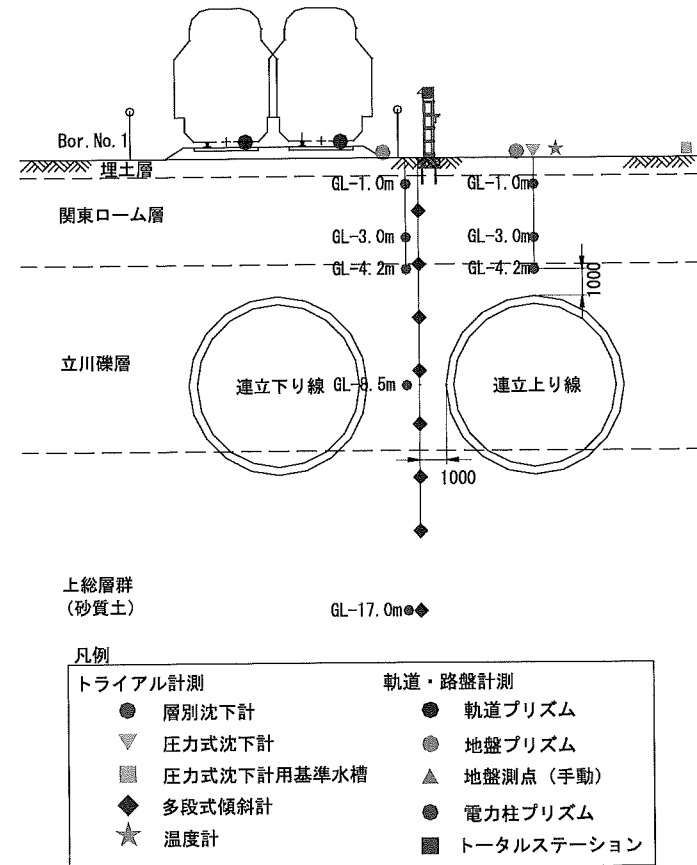


図-8 トライアル計測断面

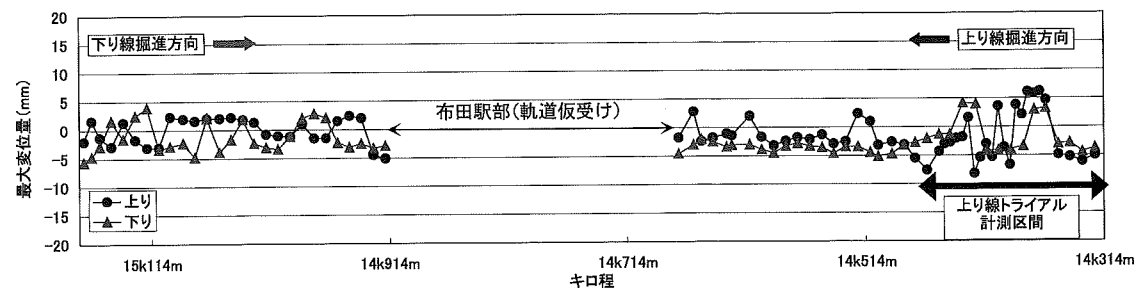


図-9 地盤変状管理結果

4 上下線最近接部400mm以下の近接施工対策

4-1 セグメント計測

本工事では、併設されるトンネル間の離隔がきわめて小さいため、後続トンネル(下り線)掘進時の切羽圧力や裏込め注入圧などが、先に構築された先行トンネル(上り線)に影響を及ぼす可能性が考えられた。そこで図-10に示すように先行トンネルのセグメント計測を行い、掘進管理にフィードバックするとともに、後続トンネル掘進の影響が大きいと判断される場合には、仮設支保工の設置など、先行トンネルの補強を検討することとした。

4-2 近接施工結果

後続トンネルが計測断面①(トンネル離隔550mm)を通過する際に得られたセグメントの計測結果から、上下線のトンネルがもっとも近接する計測断面③(トンネル離隔400mm)の位置でのセグメントの応力状態を予測し、特別な対策は不要であると推定された。さらに計測断面②(トンネル離隔1,400mm)にて上記推定の妥当性を確認して、計測断面③を通過した結果、先行トンネルに有害な影響を及ぼすことなく、当該箇所の施工を実施することができた。なお、ひずみゲージの測定値から推定した断面力は軸力が卓越し、セグメントの応力状態は設計値に比べて安全側であることが明ら

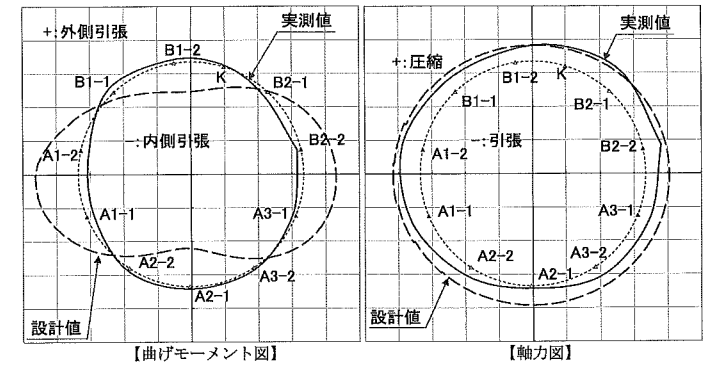


図-11 セグメント計測結果

かとなった(図-11参照)。

5 狭隘な回転立坑におけるシールドの回転・扛上

5-1 回転

乾性摩擦低減材による工法を採用し、シールドの回転を行った。これは回転架台接触面に乾性摩擦低減材を塗布することで回転時の摩擦力を低減する方法であり、湿式のグリスのように落下せず現場環境を悪化させることがない二硫化モリブデンを主剤とした灰黒色の乾性被膜潤滑材を使用した。

回転架台は、下部より敷桁、受桁、敷鉄板、到達架台より構成し、回転面を受桁と敷鉄板の間に設けた。回転中心には移動式センターピンを設ける構造とした(図-12参照)。

架台を含むシールドの重量は約300tであり、回

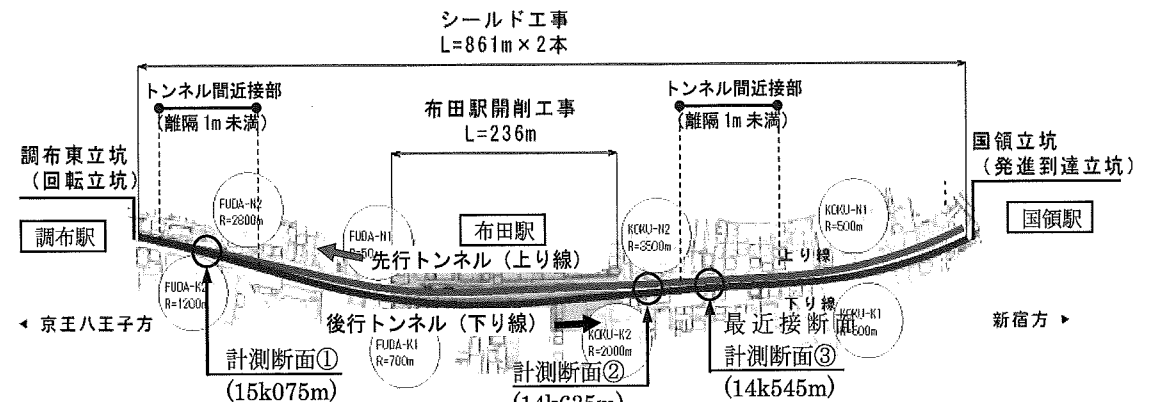


図-10 セグメント計測

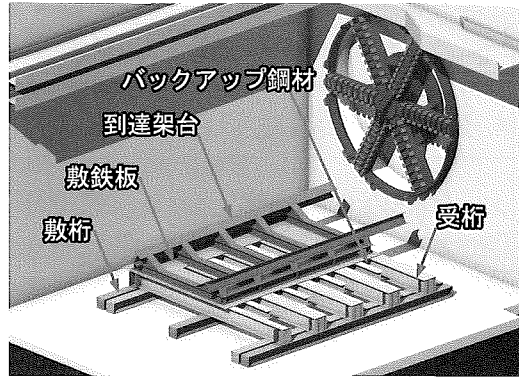


図-12 シールド回転状況

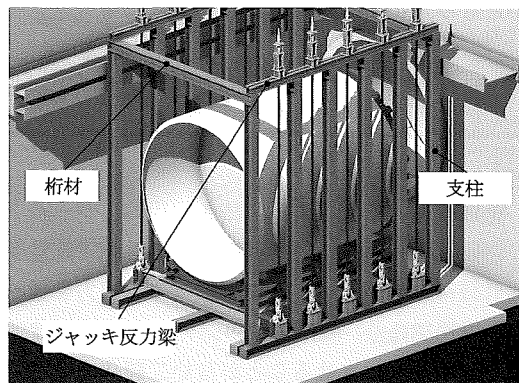


図-13 シールド扛上状況

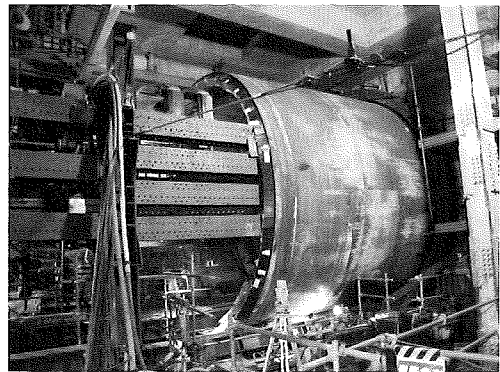


写真-1 シールド再発進状況

転作業に必要な牽引力はおおよそ15tであった。

5-2 扛上

回転立坑が営業線直下で空頭が小さく、シールド上部に吊り桁を設置できないため、シールドの側面に設置した支柱・ジャッキなどの反力設備により、シールドを載せた受桁を吊上げる、吊上げ

方式を採用し、約7.9mシールドを扛上させた(図-13参照)。

使用した機材は、センターホールジャッキ(揚重能力700kN、ストローク200mm)とPC鋼より線(φ28.6mm)10セットで、各ジャッキにはストローク計を装備した。また、補助ストランドを装備し、ジャッキトラブルやPC鋼より線の破断による万一の落下に備えた。

1サイクルあたりの扛上量を200mm、上昇速度を100mm/分とし、各ジャッキの相対変位が5mm以内となるよう自動運転制御し、さらに人為計測の結果をもとに手動で微調整を行った。

懸念されたシールドと支柱材の接触については、受桁および支柱の剛性向上と、全ジャッキの一元管理により、各受桁・ジャッキの作用荷重が均等となるとともに変形量が抑えられ、ジャッキ操作に伴うシールドの横ぶれもなく、扛上作業を無事に完了することができた。

5-3 仮セグメントを省略した再発進

初期掘進時におけるシールド推力の伝達部材として、仮セグメントを用いる方法が一般的であるが、本工事では、下り線工事にてシールド内に設置した初期掘進用の小型連続ベルコンが仮セグメントの組立て作業に支障するため、組立て用スペースが機内に確保されるまでの発進から2mの区間を仮セグメントに依らない方法で掘進した(写真-1参照)。

仮セグメントの省略によって、初期掘進用の小型連続ベルコンの利用が可能となり、土砂の運搬作業が効率化されたとともに、初期掘進工程において5日間の工期短縮効果も得られた。

6 おわりに

本シールド工事は日本国内でも例を見ないきわめて厳しい条件のシールド工事であったが、平成21年1月に上り線が到達し、シールドの回転・扛上後、平成21年10月下り線が国領立坑に到達した。本稿がこのような条件下での施工計画の一助となれば幸いである。

計画

既設下水道幹線直下の残置鋼矢板をDO-Jet工法で切断撤去

—東京都下水道 王子西一号幹線シールド—

東京都下水道局基幹施設再構築事務所設計課長 家壽田 昌 司

東京都下水道局基幹施設再構築事務所設計課設計第二係長 千葉 正 孝

東京都下水道局基幹施設再構築事務所設計課設計第二係主事 北原 淳

1 はじめに

王子西一号幹線は、北区東十条一丁目を起点とし、北区堀船三丁目を終点とする全長約2.3km(主要枝線部を含む)、流域面積約51haの雨水幹線(合流式)であり、既設王子西幹線を補完するために築造するものである。現在、当該流域の雨水は、既設王子ポンプ所に流入している。

本幹線を整備し、流末として計画している王子第二ポンプ所に流入させることで、時間50mm降雨対応の基幹施設が整備され、王子ポンプ所および計画王子第二ポンプ所流域の枝線管きよの面的な再構築が可能となる。

本幹線は平成25年度の完成を予定しているが、完成後、王子第二ポンプ所の完成までの間、暫定

貯留管として有効活用を図る。

2 王子西一号幹線工事の概要

今回工事は、王子第二ポンプ所予定地(当局用地)に築造する立坑を発進し、第1期分として国道122号の手前までの区間を施工する計画である。概要は以下に示すとおりである。

工 事 件 名：王子西一号幹線工事

延 長：約1.5km

仕 上 が り 径：内径2,600mm(外径2,950mm)

使用セグメント：二次覆工一体型RCセグメント(曲線部は鋼製セグメント)

土 か ぶ り：10.3~15.9m

3 河川横過

3-1 ルート選定条件

本幹線は、流末の計画王子第二ポンプ所と対象流域の位置関係から発進直後(発進立坑から約45m)、石神井川を横断することが不可避である。石神井川横断箇所を図-2に示す。近接して首都高速道路の橋脚、既設護岸杭、堀船幹線(既設、合流式下水道)、橋梁(以下「豊石橋」という)が立地している。また、石神井川の護岸は将来の耐震化が計画されており、これらを避けたいので

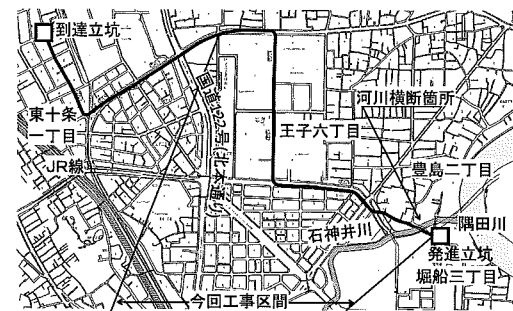


図-1 位置図

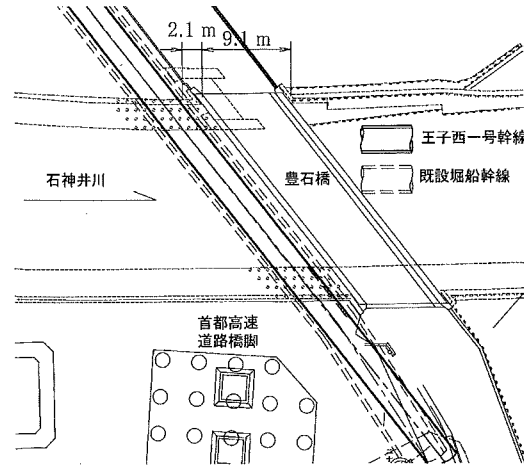


図-2 石神井川横断面図

最適なルートを選定を行う必要がある。

3-2 ルート選定

ルート選定の結果、豊石橋脇の既設掘船幹線の直下に布設するルート(図-4)を採用した。採用にあたり、比較を行った二つの案について図-3および図-4に示す。

検討ルート案1は、豊石橋、掘船幹線および首都高速道路の橋脚を避けて迂回するルートである。シールド通過に先行して護岸を撤去し、既設護岸杭(生松丸太杭φ180mm、H形鋼294mm×302mm、鋼矢板Ⅲ型、鋼管杭φ450mm)を事前に引き抜き処理する方法である。王子西一号幹線の通過空間を確保した耐震護岸を先行築造する。

しかし、このルートを採用した場合、とくに左岸側は、新設する王子西一号幹線、既設掘船幹線および豊石橋が非常に近接することとなり、将来の護岸計画(杭の配置など)に大きな影響を与える。よって、河川管理者との協議の結果、ルート案2の既設掘船幹線と平面的に同一占用とすることで、護岸計画への影響を最小限に抑えることとなった。採用ルートは、既設護岸杭および首都高速道路の橋脚などの他企業への影響についても最小限に抑えることが可能である。

3-3 支障物概要とその処理方法について

採用路線における既設護岸および既設掘船幹線(内径3,800mm)との位置関係は図-5に示すとおりである。

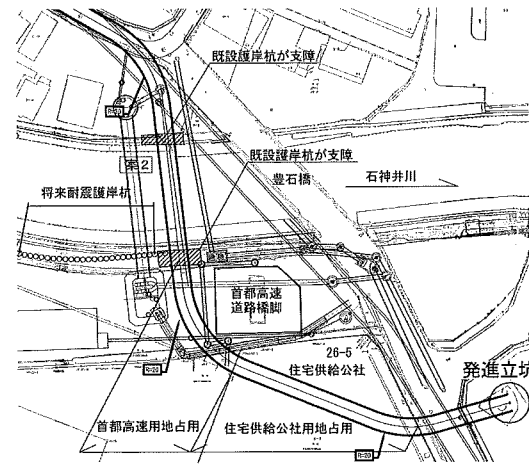


図-3 検討ルート案1

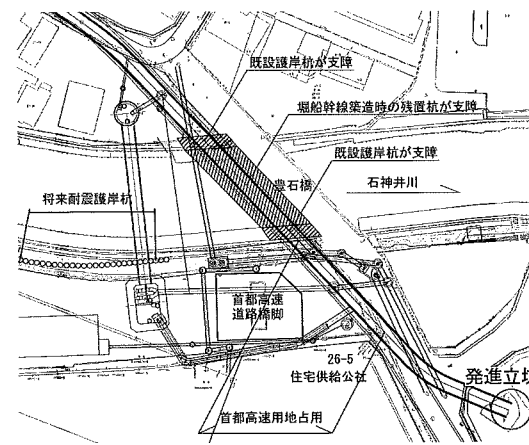


図-4 検討ルート案2(採用案)

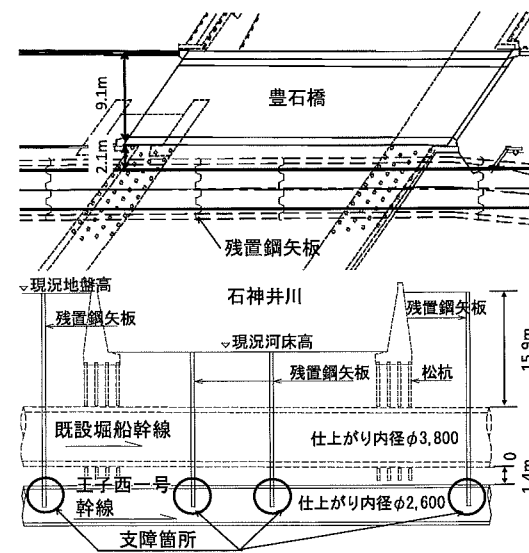


図-5 支障物概要図

既設掘船幹線直下には、同幹線を築造した際の仮設鋼矢板が残置されていることが判明した。また、既設掘船幹線との離隔が少なく(約1.4m)、縦断的に非常に近接した施工となる。これらの条件から河川横断面では、既設掘船幹線の下部を防護(地盤改良)しながら残置物の撤去を行う必要がある。

検討にあたって、同幹線の布設年度は昭和43年であり、現存する情報が少なく不明確な点も多かったが、当局では、鋼矢板の残置長を既設掘船幹線下端から、最低3.0mと想定し検討を行った。

王子西一号幹線は、既設掘船幹線の直下に占用するため、支障物処理および防護に必要となる地盤改良を地上から施工することは不可能であった。よって、鋼矢板の切断・除去と地盤改良を掘進機に装備した超高压ジェットシステムを用いて施工できるDO-Jet工法を採用した。

4 DO-Jet工法による支障物撤去および地盤改良

支障物の撤去方法として採用したDO-Jet工法は超高压ジェット水(最大噴射圧245MPa)とセメントミルクまたはアプレシブスラリー(研磨材とポリマー溶液の混合液)を超高压噴射ノズルから噴射することにより、非開削・非接触により超高压地盤改良(以下「地盤改良」という)と地中障害物の切断・除去の双方を可能とした工法である。

4-1 超高压噴射ノズル

超高压噴射ノズルは、ジェットラインから加圧

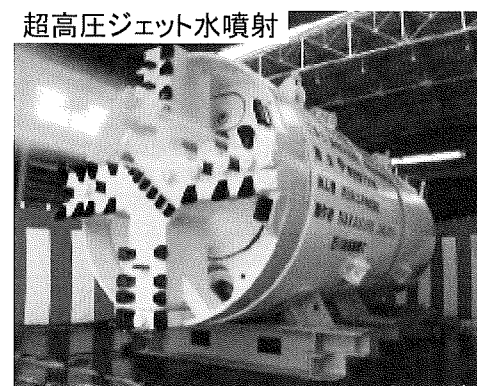


写真-1 DO-Jet掘進機(他工事)

(最大噴射圧245MPa)された超高压ジェット水を送り、アプレシブラインから地盤改良時はセメントミルク、切断時はアプレシブスラリー(研磨材とポリマー溶液の混合液)を送り、ノズル内のミキシング室で混合・攪拌し、超高压で噴射させるノズルである。

4-2 前方探査システム

前方探査システムは、地中障害物の位置、材質、形状、寸法、範囲などを、超高压ジェット水と音波探査により、探査・解析を総合的に行う一連のシステムである。

超高压噴射ノズルから100MPaの超高压ジェット水を噴射し、そのときの超高压ジェット水の反射音を音響センサで測定し、地中障害物の位置、材質、形状、寸法、範囲などを総合的に判定し、地盤改良の改良計画と地中障害物の切断計画を立案する。

前方探査の概念を図-6に、前方探査の解析例を図-7に示す。

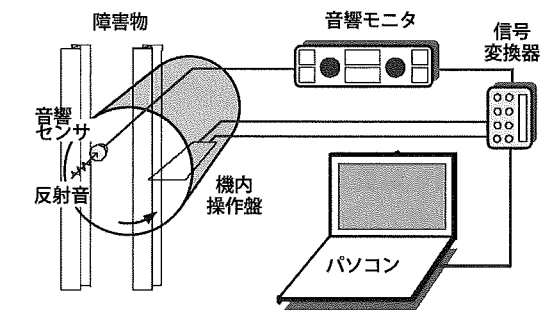


図-6 前方探査システム概念図

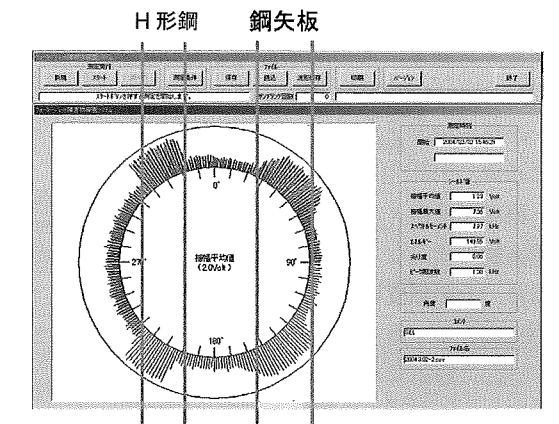


図-7 前方探査解析例

4-3 地盤改良システム

地盤改良システムは、地中障害物の切断・除去作業中および切断・除去後の周辺地盤の安定や既設構造物防護などのために、機内から地盤改良を行うシステムである。

ジェットラインから送られてくる245MPaの超高压ジェット水とアプレシブラインから送られてくるセメントミルクを混合・噴射し、改良体を造成する。

地盤改良を行う主な目的は、以下の5点である。

- ① 障害物切断中の障害物前面・側面・背面への噴流の影響を防止
- ② 地中障害物切断後における残存物の変位防止
- ③ 地中障害物の共振防止
- ④ 地中障害物の固定化による切断作業の効率アップ
- ⑤ 高水位での切断作業の効率アップ

以上の目的を達成するために、地盤改良時には、超高压噴射ノズルによる地盤改良材の噴射のほか、加泥材注入、パック材注入、洗浄を行う。

4-4 切断・除去システム

切断・除去システムは、前方探査システムで作成した切断計画図にもとづき、超高压ジェット水(溶液型注入材)とアプレシブスラリー(研磨材)の混合液を245MPaで噴射し、地中障害物を細かく切断し、その切断片を除去(回収)し坑外に搬出するシステムである。

超高压噴射ノズルの配置例を写真-2に示す。

超高压噴射ノズルは、シールド径や障害物の状況などにより設置個数は異なり、その都度の検討となるが、基本的にはコピーカッター部(外周)と面盤部(内周)に設置する切断用ノズルは、外周部から内周部への移動と面盤の回転により地中障害物を任意の大きさに切

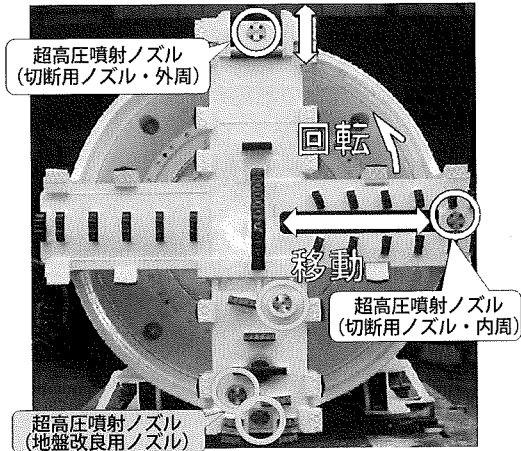


写真-2 超高压噴射ノズルの配置例

表-1 DO-Jet工法施工実績

工事件名	工事概要	DO-Jet工法施工内容
第二十二社幹線 暫定貯留に伴う 切替その2工事 ¹⁾	推進工法 呼び径φ1,650	切断除去：H形鋼-350 3か所 超高压地盤改良：H形鋼-350部地盤補強 (φ800, L=1.5m, 16×3=48本)
港区赤坂一丁目・ 六本木二丁目付 近再構築その2 工事	推進工法 呼び径φ1,500	切断除去：RC杭-φ400 2か所 H形鋼-250 2か所 超高压地盤改良：RC杭, H形鋼部地盤補強 (φ800, L=1.5m, 17本, 30本)
中央区八重洲一 丁目・日本橋三 丁目付近再構築 その3工事	推進工法 呼び径φ2,200	切断除去：松杭, φ180mm 2か所 (35+28=63本) 超高压地盤改良：首都高速道路横断橋橋台 杭防護(φ800, L=1.5m, 24本)
品川区東品川一 丁目, 北品川二 丁目付近再構築 工事 ²⁾	推進工法 呼び径φ1,500	切断除去：SPⅢ型全面 1か所 H形鋼-300 4か所 超高压地盤改良：SPⅢ型部, H形鋼-300部 (φ800, L=1.5m), 全体 L=4.5m SP前面部 15本+SP背面部 8本+H形鋼部 15本=38本
新宿区住吉町, 片町付近再構築 工事	シールド工法 シールド外径 φ2,280	切断除去：既設幹線全線の基礎松杭 (φ150, 840本) 超高压地盤改良：既設幹線全線の防護 (φ800, L=1.5m, n=18本/1スパン) 全体 L=181.5m, 121スパン, 2,235本 (試験施工本数含む)
港区西麻布二丁 目, 南青山二丁 目付近再構築工 事	推進工法 呼び径φ1,650	切断除去：既設下水路基礎松杭 (φ150, 38本) 超高压地盤改良：既設下水路防護 (φ800, L=1.5m, n=11本/1スパン) 全体 L=18m, 12スパン, 132本
新宿区住吉町, 片町付近再構築 その4工事	シールド工法 シールド外径 φ2,280	切断除去：既設幹線全線の基礎松杭 (φ150, 639本) 超高压地盤改良：既設幹線全線の防護 (φ800, L=1.5m, n=17本, 18本/1スパン) 全体 L=136.5m, 91スパン, 1,596本

断することが可能である。

本件での地中障害物は鋼矢板であるが、これまで鋼矢板以外にもH形鋼, RC杭, 木杭を切断した実績がある(表-1)。

地中障害物を切断する速度は、地中障害物の種類により異なるが、木杭を除き掘進機を停止した状態で5~20mm/分の速度で面盤の回転とノズルをスライド移動させて切断する。

4-5 施工実績

これまでに当局では、DO-Jet工法での施工実績が7件(表-1)あり、鋼矢板全面の切断・除去、既設下水道管渠(最小離隔0.26m)の全線防護および基礎松杭切断(約1,500本), H形鋼の切断・除去、重要構造物防護の地盤改良などの実績がある。よって、今回の施工も十分対応可能であると考えられる。

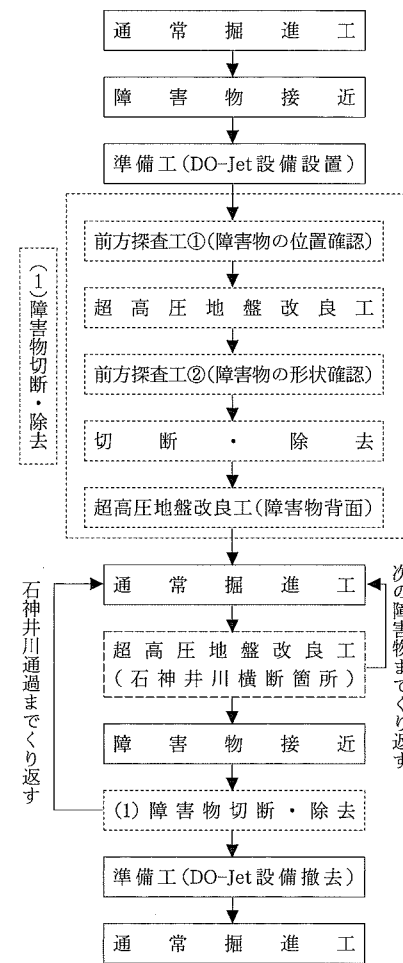


図-8 施工フロー

5 王子西一号幹線工事における施工方法

5-1 本工事の施工フロー

本工事の施工フローを図-8に示す。

5-2 地盤改良について

本件における地盤改良の施工は、既設幹線防護、既設護岸防護および鋼矢板切断時の洗掘防止などの目的で行う。図-9に本件における地盤改良計画を示す。

表-2に示すとおり、本工事で対象とする土質は粘着力の高い粘性土層である。

5-2-1 2工程方式の採用について

DO-Jet工法には1工程方式と2工程方式の2種類がある。砂質土層では、1工程方式として直接地盤改良材を噴射して改良体を造成するが、粘着力の高い粘性土においては、粘性土の粒子が微小であることから直接地盤改良材を噴射した場合に、所定の改良範囲が造成されないという問題点があった。2工程方式は、この課題を解決するた

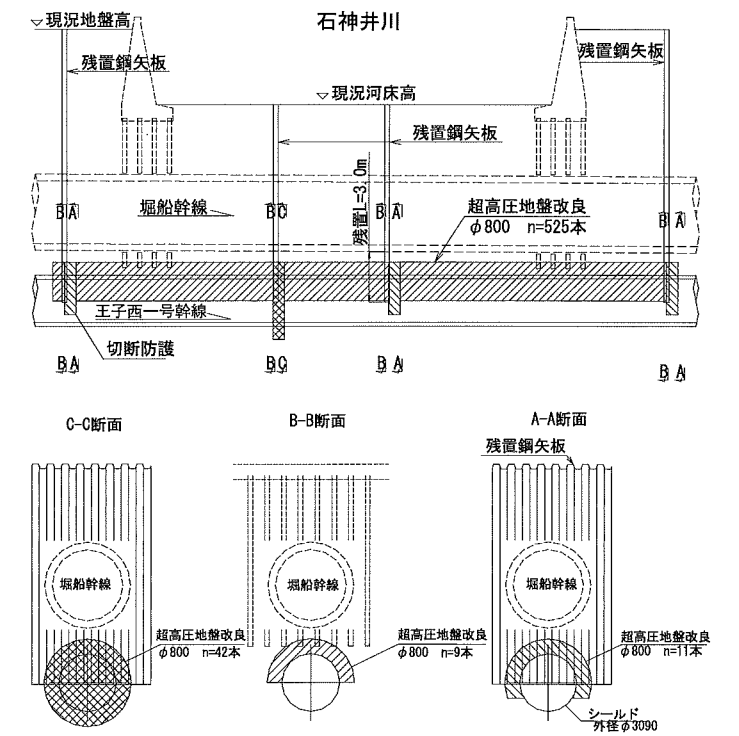


図-9 地盤改良計画

表-2 土質状況

		今回施工	H19年度 施工試験時
土層区分		有楽町層	有楽町層
土質区分		粘性土	粘性土
N値		0~1	0~1
一般	土粒子密度	2.654g/cm ³	2.682g/cm ³
	自然含水比	63.1%	65.0%
	間隙比	1.689	1.759
	飽和度	99.2%	99.1%
粒度	礫分(2~75mm)	0.0%	0.0%
	砂分(0.075~2mm)	3.3%	2.2%
	シルト分(0.005~0.075mm)	56.2%	59.8%
	粘土分(0.005mm未満)	40.5%	38.0%
コンシステンシー特性	最大粒径	0.250 mm	0.106 mm
	液性限界	60.4%	66.3%
	塑性限界	28.5%	33.2%
地盤材料の分類名		粘性土 (高液性限界)	シルト (高液性限界)
	試験条件	UU三軸	CU三軸
せん断	全応力	C	52.1kN/m ²
		φ	5.2
			44.1 kN/m ²
			5.7

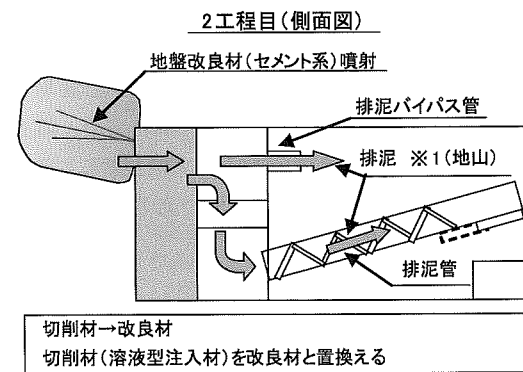
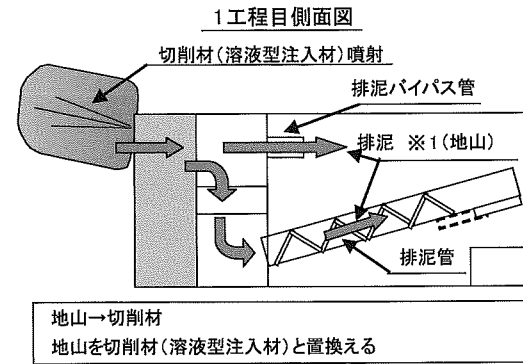
めの方式である。

2工程方式の概要を図-10に示す。2工程方式とは1工程目に切削材(溶液型注入材)により粘性土を切削剤で置き換え、改良体の造成範囲を確保し、2工程目では1工程目で確保した造成範囲内に地盤改良材を噴射し改良ゾーンを形成する方式である。当局では、表-2に示すような土質を対象とした2工程方式による施工を平成19年度に行っている。

5-2-2 地盤改良材料

本件では、前述したとおり1工程目の切削材に溶液型注入材を用い、2工程目の地盤改良時にはセメントミルクと珪酸ナトリウム溶液の混合液を用いる。

また、地盤改良については、今回得られる地盤強度としては、施工サイクルから養生時間を12時間として設定し、DO-Jet工法研究会の技術資料で提案する標準配合に対して珪酸ナトリウム溶液



※1 排泥については、1工程目および2工程目ともに、掘進機下側での施工時には排泥管を用い、掘進機上側での施工時には排泥バイパス管を用いて排泥を行う。

図-10 2工程方式の概要

表-3 改良材の配合表(1m³あたり)

セメント量	セメントミルク (0.56m ³)		ジェット水 (0.44m ³)		
	水	早強セメント	混和剤(減水剤)	水	珪酸ナトリウム
1.5倍	348.3 ℓ	638.4kg	10.1kg	352 ℓ	88 ℓ

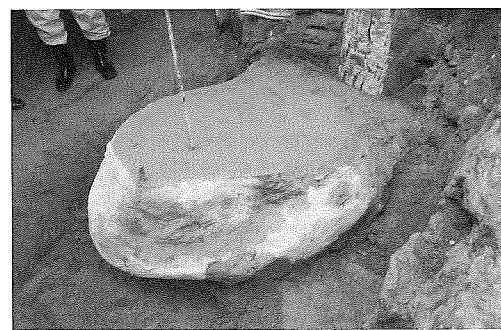


写真-3 鋼矢板背面の改良体の実験状況⁹⁾

20%、セメント配合1.5倍とし、12時間養生後910 kN/m²、最終強度2,790kN/m²を想定する。配合表を表-3に示す。

5-3 鋼矢板切断について

鋼矢板の切断・除去の施工方法は、地盤改良後、掘進機を鋼矢板まで前進させ前方探査により鋼矢板の位置、形状を確認後、切断計画を作成する(図-11参照)。切断計画にもとづき切断用ノズルを回転および移動させて取り込み可能な大きさに細断する¹⁾。

5-3-1 切断計画

図-11に本件における切断計画を示す。

本工程では、残置鋼矢板Ⅲ型4か所を予定しており、前面に面上に存在する残置鋼矢板を350mm×300mm以下のサイズに切断するものである。切断延長は、1枚あたり28.20mである。

これらの切断が可能となるようなノズル配置として、外周切断ノズル1か所、内周切断ノズル3か所に切断ノズル3か所の計7か所に切断用ノズルを配置する計画とした。

5-3-2 切断材料

鋼矢板を切断するアプレシブ材料は、研磨材にポリマーを添加したアプレシブスラリーに超高压ジェット水(溶液型注入材)を加えた混合材とする。また、切断材は溶液型注入材を加えた混合材を噴射することにより切断後すぐにゲル化(ホモゲル)させることにより、超高压ジェットによる地山の乱れを防止しながら切断する。

切断状況を図-12に示す。切断材の配合を表-4

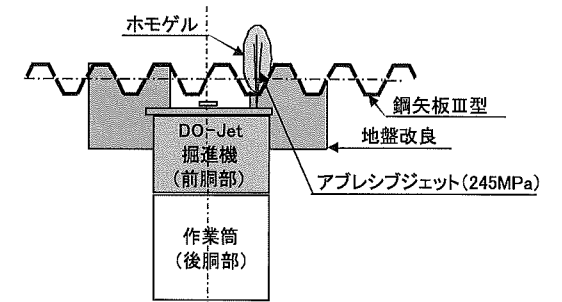


図-12 切断状況

表-4 切断材の配合表(1m³あたり)

珪酸ナトリウム溶液(0.50m ³)		硬化剤溶液(0.50m ³)	
水	珪酸ナトリウム	水	硬化材
400.0 ℓ	100.0 ℓ	455.0 ℓ	45.0 ℓ

に示す。

なお、切断材はホモゲル状であるが、恒久性を期待できないことから、切断した鋼矢板の背面の地盤改良を行い、ホモゲルの範囲内を地盤改良材に置き換える³⁾。

5-4 土圧管理および排泥管理

土圧管理および排泥管理は、通常のシールド施工と同様に、DO-Jet工法施工においても重要な管理項目である。

土圧管理は、地盤改良中および鋼矢板の切断施工中は、自然土圧+0.01~0.02MPaの範囲で土圧管理を行うことで切羽を安定させ、地山の隆起および崩壊を防止する。

噴射量と排泥量の管理は、超高压ジェット水と切羽からの排泥量との収支バランスが取れる管理を行うことにより、地山への影響を最小限にする方式とした¹⁾。

6 おわりに

東京のような都市部での施工においては、さまざまな地中構造物が輻射しており、施工方法の制限を受ける。このような環境の中でトンネル工事を行う際には、十分な検討のうえ、周辺環境に配慮したルート選定や工法選定が求められる。今回採用したDO-Jet工法は地上から地盤改良が困難な場所で、土中で支障物を切断・撤去することが可能な工法である。重要な埋設物が輻射した都市

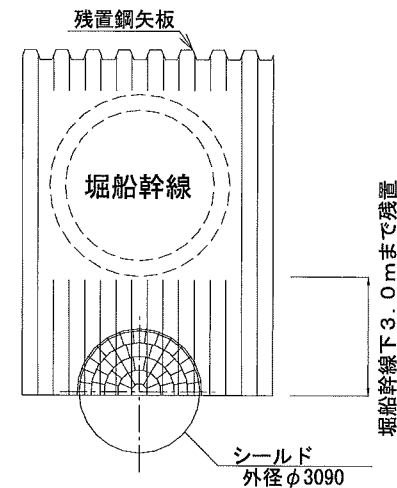


図-11 切断計画図

部における支障物件除去に活用できる工法として期待している。難しい施工であるが、今回の施工が無事完了することで、トンネル施工の発展性、新たな可能性に寄与することを望む。

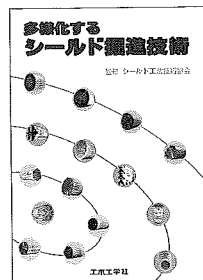
参考文献

- 1) 宇田川孝之・吉川静雄・船越誠・田村憲：アプレシブジェット水流で地中障害物を切断除去し推進，東

京都下水道 第二十二社幹線暫定貯留切替推進工事，トンネルと地下，Vol.37，No.10，2006.10.

- 2) 高橋智・船橋信行：「DO-Jet工法」による地中障害物撤去および地盤改良の安全で効率的な施工事例，(社)日本下水道協会45回下水道研究発表会講演集，2008.

- 3) 高橋智・船橋信行：「DO-Jet工法」が周辺地盤に与える影響についての実験報告，(社)日本下水道協会46回下水道研究発表会講演集，2009.



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 工本工学社

〒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

報告

貫通迫る アルプス越えの 世界最長ゴットルドベーストンネル

東海旅客鉄道(株)建設工事部東京建設部副長 佐藤 岳 史

東海旅客鉄道(株)東海道新幹線21世紀対策本部企画推進部担当課長 竹下 俊 輔

東海旅客鉄道(株)東海道新幹線21世紀対策本部企画推進部副長 鈴木 一 真

1 はじめに

アルプスを南北に貫くゴットルドベーストンネルは、スイスが国家プロジェクトとして建設を推進する、完成すれば世界最長(延長57km)となる鉄道トンネルである。

その計画については本誌Vol.31, No.9で報告がなされているが、筆者らは2010年1月下旬に本トンネルを視察し、その後の進捗や施工状況について、把握する機会を持つことができた。

10年前(2000年時点)の計画と比べ、開業予定や建設費に変更が見られるが、目下、2010年秋の貫通を目指してセドルン-ファイド両工区間で最後の掘削が行われているほか、2017年末の開業に向け、覆工や鉄道設備の敷設も順次進められている。

本稿では、AlpTransit Gotthard社(スイス国鉄100%出資の工事発注会社。以下ATG社)の進めるトンネル建設の現状に加え、プロジェクトの進行を左右してきた要因(環境、組織、社会など)についても、簡単に紹介したいと思う。

2 アルプスの峠を越える

アルプスは、フランスの地中海岸を西端とし、スイス・イタリア北部・ドイツ南部を通り、東は

オーストリアの首都ウィーン付近まで至る延長約960kmの大山脈であり、北ヨーロッパ平原と地中海地方を分ける分水嶺となっている。

ヨーロッパ最高峰モンブラン、マッターホルン、モンテ・ローザなど世界的に有名な山々が聳るほか、フランス・イタリア国境のモン・スニ峠、スイス・イタリア国境のグラン・サン・ベルナル峠およびシンプロン峠、スイス国内のサン・ゴットルド峠、オーストリア・イタリア国境のプレナー峠などが、古くからアルプス越え交通の要衝として知られている(図-1)。

アルプス越えのトンネルは、今日の長大トンネルの原点となるモン・スニトンネル(12.8km、

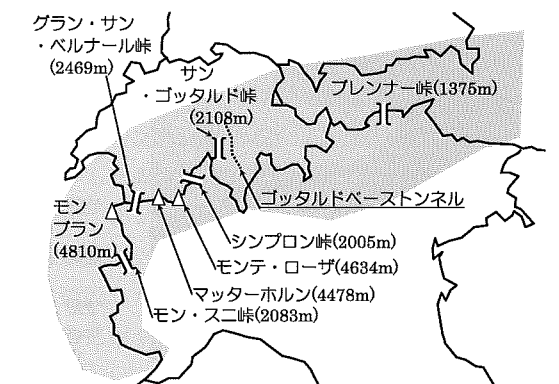


図-1 アルプス主要峰と峠

1871年)や、ゴットアルドトンネル(15.0km, 1882年), シンプロントンネル(19.7km, 1906年), レッチベルグトンネル(14.6km, 1913年)といった鉄道トンネルのほか, モンブラントンネル(11.6km, 1965年), ゴットアルドトンネル(16.9km, 1980年)などの道路トンネルが建設されている。さらに現在ではスイス国鉄のレッチベルグベーストンネル(34.6km, 2007年)が開業したほかゴットアルドベーストンネル(57.1km, 2017年予定)が建設中である。またオーストリア・イタリア両国がEUの資金協力を得て鉄道トンネルのプレナーベーストンネル(55.0km)を着工したところである。

3 サン・ゴットアルド峠とベーストンネル

サン・ゴットアルド峠は, 北側のライン川へ注ぐロイス川沿いの谷と, 南側のポー川へ下るティツィーノ川沿いの谷を結ぶアルプス越えの要衝である。中部アルプス越え最短ルートとして中世13世紀ごろに初めて道が開かれて以来, ドイツ南部とイタリア北部を直接結ぶヨーロッパでもっとも重要な交通路として利用されてきた。

峠より北側の険しさは, ロイス川最上流のシュレネン溪谷にある「悪魔の橋(写真-1)」で有名である。この橋は, ロイス川の溪谷に橋をかけるのがあまりにも困難なため, 最初に橋を渡るものを生贄にする条件で悪魔に架橋を願い, 完成させたという伝説をもつ。また峠の南側も, 透閃石(ト

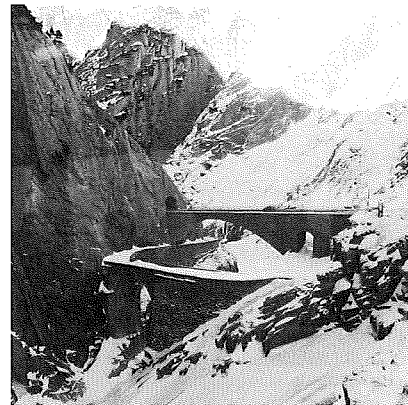


写真-1 下の橋が「悪魔の橋」, 上は道路橋(筆者撮影)

レモライト)と呼ばれる鉱物を産出する, つづら折りの道がつづくトレモラの谷(震えの谷)と呼ばれる難所である。こうした険しい地形のため, 現在はスイス国鉄・高速道路ともこの地域をトンネルで通過している。そしてここを通過する輸送量は鉄道, 道路とも年を追って増加している。

ゴットアルドベーストンネル建設をその基軸とするスイスの新アルプス横断計画(NEAT)の詳細については本誌Vol.31, No.9を参照していただきたいが, これはアルプスを南北に横断する貨物輸送量の急増(2000~2008年で34.8%増加)を背景として, 鉄道の供給輸送能力向上と時間短縮を図ることと, また交通渋滞の解消と環境負荷の低減のために道路から鉄道への物流シフトを促す(2008年時点でスイス国内におけるアルプス横断輸送シェアは鉄道対道路=64%:36%)ことを主な目的としている²⁾。

ゴットアルドベーストンネルは, 現トンネルよりも15km程度東側の山中を通り, 旅客列車と貨物列車の最高速度をそれぞれ250km/h, 160km/hに設定するため, 最小曲線半径は $R=5,000m$, 最急勾配は8‰に設定されている(軌間は1,435mm)。従来の同区間の最急勾配は26‰であり, 路線の最高標高点は1,150mから550mへと600m低下している(図-2)。

トンネルは, 円形断面かつ単線並列(軌道中心間隔が40m)で建設されており, 312mごと(全体で178か所)に連絡坑で結ばれている。

掘削径は通常の間で8.8~9.6m(掘削断面積60~70m²), 押し出し性の地山区間では13.1m(同135m²)にも及んでいる^{4),5)}。

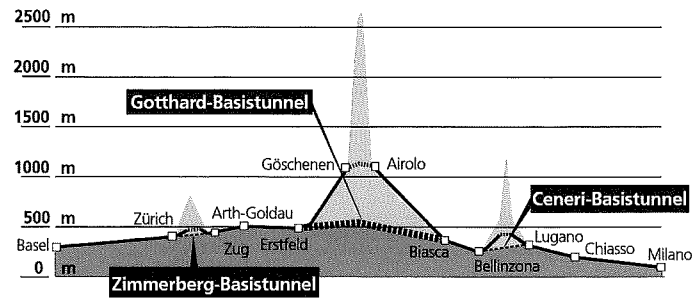


図-2 路線縦断(ATG社HP³⁾より)

4 トンネルの路線選定

トンネルの路線位置(図-3)については, 以下の四つの基本的要件を満足するよう, 慎重に設定されたと考えられる。

- ① 不良地質を避けること。
- ② 土かぶりを極力小さくすること。
- ③ 貯水池直下の通過を避けること。
- ④ 中間立坑・斜坑が設置でき, かつ本坑作業に必要な面積が確保できるもっとも谷奥の平地をヤードに選び, そこに極力路線を接近させること(アムステーク, セドルン, ファイド)。

トンネル本坑付近の地質は大陸基盤をなす花崗岩, 片麻岩が主として分布し, 良好な地質のためTBM掘削も一部の断層区間を除き順調な進捗を見せている。とくに土かぶりの大きい箇所においては層がほぼ鉛直方向に広がり, トンネル軸はそれに直交するため構造的安定性の面からも都合がよい地質状況である。

花崗岩, 片麻岩よりも新しい堆積性の地質には,

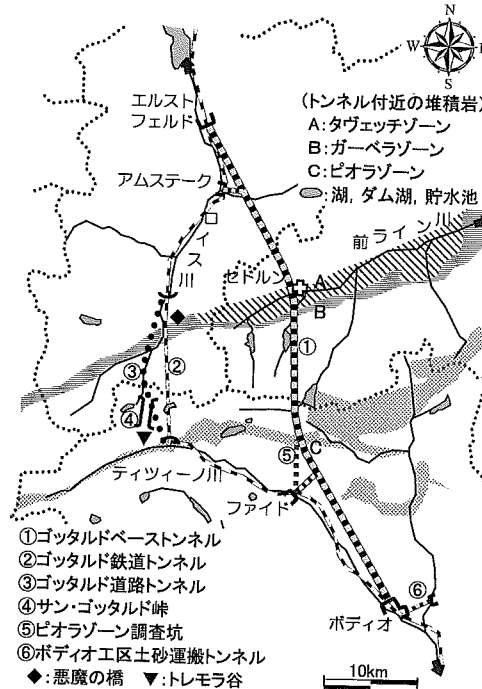


図-3 地質, 貯水池の分布と路線位置(在来鉄道, 道路トンネル位置も併せて示す)

トンネルの中央北寄りに東西方向に分布するタヴェツェゾーンや, 中央南寄りに東西方向に分布するピオラゾーンがある。これらの地質区間についてはトンネル掘削に困難が伴うと考えられ, 事前に入念な地質調査が実施された。

注目すべき調査として, 本誌Vol.31, No.9で紹介のあったように, もっとも悪い地質(ドロマイト主体)と考えられた「ピオラゾーン」への調査坑掘削による確認がある。

この調査の際には, ピオラゾーンの約50m手前, 本坑上約350m地点でTBM調査坑(延長5.5km)を停止させ, その先端で径10cmの先進ボーリングを実施したところ, 圧力9MPa(90bar)もあるドロマイト混じりの水が噴出し, その量がわずか3時間で1,400m³に達したため, それ以上のTBM掘削を断念したという逸話が残っている。代わりに調査坑端部より同ゾーン付近に対し十数本のボーリングを実施した。その結果, 本坑施工基面ではドロマイトと硬石膏を主体とする地質が分布し, 水が全くないことが判明したため, 同区間での施工に対する懸念は少なくなった⁶⁾(2009年2月までに本坑TBMは同区間を問題なく通過している)。

土かぶりは, トンネルの全区間にわたり非常に大きい。土かぶり1,000m以上がトンネル57.1km中約30km, そのうち1,500m以上は約20km, うち2,000m超は約5kmとなっており, 最大土かぶりはトンネル中央部付近で2,470m^{6),7)}である。

路線選定中, 特筆すべきはヤード配置とそれに対する路線の接近である(半径5,000mの曲線が2か所入っているのもそのことと関連する)。さらに驚くべきは, そうしたヤードが計画どおりの位置に土地を確保して建設された, ということである。アルプス山間の決して広くはない谷の中で, しかもその場所よりも谷奥にはもう適切な場所はない, という場所においてまとまった平地を確実に確保し, 10万m²近くはあろうヤードを3か所も建設したこと, そしてそのようなアレンジを, 環境に対する社会の目が厳しいこの地域で実施し得たということから, 路線計画は成功したと考えてもよいのであろう。

5 工事の進捗状況

5-1 工区の状態

ゴットアルドベーストンネルには作業ヤード位置を基準として五つの工区(北からエルストフェルド [7,778m], アムステーク [11,330m], セドルン [8,605m], ファイド [13,420m], ボディオ [15,971m])が設定されている。なお上記 [] 内は2010年1月現在の東線トンネル工区長である。

各工区の掘削方法については、エルストフェルド、アムステーク、ファイド、ボディオの各工区については基本的に地質が良好であるとの予想のもと、TBMでの掘進が可能と判断された。

中央のセドルン工区については、工区の大部分に堆積岩が分布していることから、NATM以外での施工は難しいと考えられた。

また、2か所ある多目的(非常)駅は複雑な形状かつ大断面部を持つため、NATM施工である(セドルン、ファイド両工区)。

以下に、われわれの視察した3工区の状態を簡単に述べたいと思う。

(1) エルストフェルド工区

トンネルの北坑口からの掘進であったが、地元の政治状況や、入札時のクレーム処理などから、全工区中最後の工事着手となった。しかし2007年12月に掘進を開始してわずか1年半後の2009年6月には東線TBMが、9月には西線TBMが、7.2kmの掘削をそれぞれ完了し、貫通した。

西線TBMは平均日進18m、最高日進56mと、かなりの高速掘進を記録した。現在、作業ヤードではトンネル北坑口の明かり巻き(写真-2)が完了しているほか、覆工や軌道工事のための作業が行われている。

(2) セドルン工区

ライン川源流のセドルン渓谷の中で、これより上流側には必要面積をもつ平坦地が確保できない、最奥部に作業ヤードが位置している。

ヤード内にはATG社屋のほか、作業員宿舎、土砂再利用プラント、輸送設備、変電所などがすべて備わっている(写真-3)。

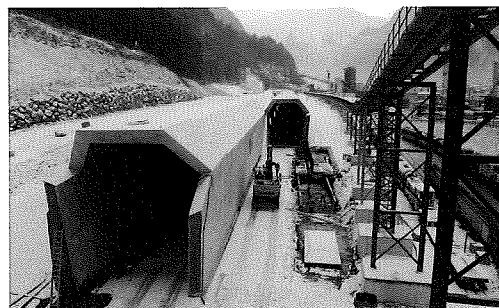


写真-2 ゴットアルドベーストンネル北坑口の明かり巻き(筆者撮影)

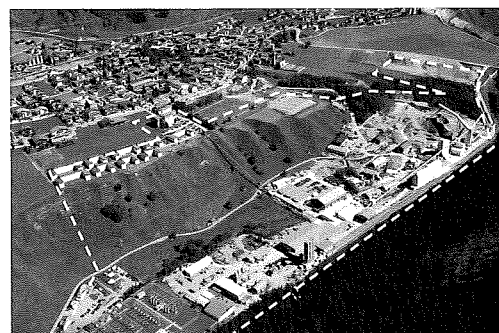


写真-3 広いセドルン工区作業ヤード(写真はATG社HPより)

ヤードから南側の山に掘削された延長990mのアクセス横坑終点には、深さ800mの立坑が2本ある。2000年6月に掘削が完了した第1立坑(発破掘削:掘削径8.6~9.0m、内径7.9m)⁹⁾に設置されたエレベーターはダブルデッキで、定員60名、最大揚量6,350t、人が乗ったときの速度12m/s、資材やずりだけの場合16m/sで移動する⁹⁾もので、坑底までわずか1分少々で到達する。そのため、本坑レベルに到達しても、地中深く潜ったという意識はほとんどない。

また、実は当初計画では1本だけ設置予定だった立坑だが、換気、防災上の排気口が不足ということがわかり、2003年に第2立坑(機械掘削:先進ボーリングφ0.4m+レイズボアφ1.8m+拡張マシンφ7.0mの三段階)⁹⁾が追加された。現在は常時250m³/sの排気がなされており、坑底ではかなりの風速を感じた。

なお、換気と並んで重要な排水については、濁水処理設備として1,000ℓ/秒の処理能力を持たせているが、2010年1月現在の坑内湧水は50ℓ/

秒と、ことのほか少ないようであった。

立坑と接続する多目的駅部では覆工作業が進んでいた。東・西両線間の渡り線分岐部(断面積200m²程度)や、トンネル天井部分に排気口(φ6m程度)の開いた箇所などで、1,300mの土かぶり圧に耐えうる、複雑なRC構造の覆工施工状況が見られた。

(3) ファイド工区

ファイドにある作業ヤードからは、延長2.7km、勾配12.6%、断面積63m²の斜坑が本坑まで延びている¹⁰⁾。

筆者らがTBM切羽を訪れたのは1か月に及ぶオーバーホール期間があと2、3日で終わろうとしていたところであり、切羽から9m後方へマシンをバックさせて作業を実施していたため、最先端の地質状況を十分に観察することができた(写真-4)。

切羽の岩は非常に良好なメデルゼル花崗岩であり、地質図での従来予想よりも延長にして2km近く長い間トンネル切羽に出現している、とのことだった。また、湧水はあまり見られなかったが、一部染み出しているものは温度が50度近くあり、熱かった。トンネル壁面も触ってみるとやや温かった(換気のため湧水よりは温度が低い)。

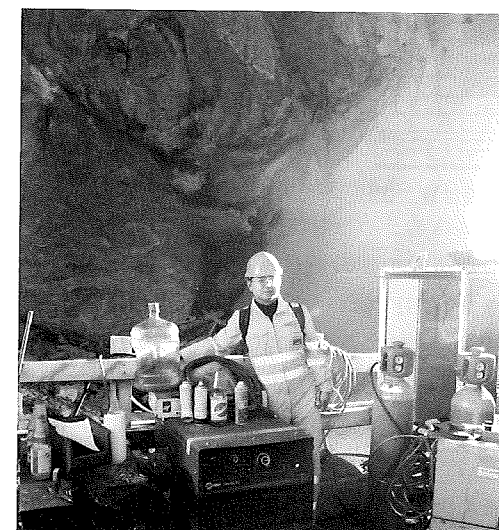


写真-4 南坑口から26km地点(TBM西線230.810km、土かぶり2,000m下)のトンネル切羽に立つ筆者の一人)

5-2 工期および建設費の変更について

5-2-1 工期の変更

進捗状況を理解するために、1999年7月時点と2008年末時点の全体工程計画を比較した(図-4)。当初6年(2002年初~2007年末)予定のトンネル本坑掘削工期は、現在では8年(2002年末~2010年末)へと延長されていることがわかる。施工工程がいかに変化したか、主要な修正がどこで図られたかを確認してみた。

(1) 工程上のクリティカルパス

2001年10月にボディオ工区とファイド工区を一括で施工する契約が行われた。入札した6社中5社までが両工区を一括施工する技術提案をしていた¹⁰⁾。理由は、ファイド工区の土砂搬出場所が少ないため、運搬先が豊富に確保されているボディオ工区をいち早く貫通させ、そこから土砂を搬出する必要があったからである。こうしてボディオ工区-ファイド工区の掘削工程が全体のクリティカルとなったため、ボディオ工区のTBM(東線)本坑掘削開始は全5工区中もっとも早い2002年11月であった。

(2) 政治的、また入札クレームによる遅れ

北側のエルストフェルド工区においても大きな変更があった。当初エルストフェルド工区も他工区と併進して掘削する予定だったが坑口周辺の地元同意がなかなか得られず、ヤード着工にこぎつけたのは2004年7月だった。このため、隣接のアムステーク工区(2003年5月TBM掘削開始)が終わり次第、TBMを解体しエルストフェルドまで運び再度組立て、2006年末には再発進する予定であった。ところが、落札できなかったコンソーシアム(JV)が2度にわたって不服申し立てを行ったため、最終的にTBM掘削が開始されたのは約1年遅れの2007年12月となってしまった。ただし、この工区は予想以上に地質が良く計画よりも半年早く貫通し、全体工程への影響が生じることはなかった。

(3) 地質の影響

一般的に良好な地質を掘削し、湧水もわずしか出ていない本トンネルであるが、地質不良区間

Gotthard Base Tunnel
General Schedule of Work

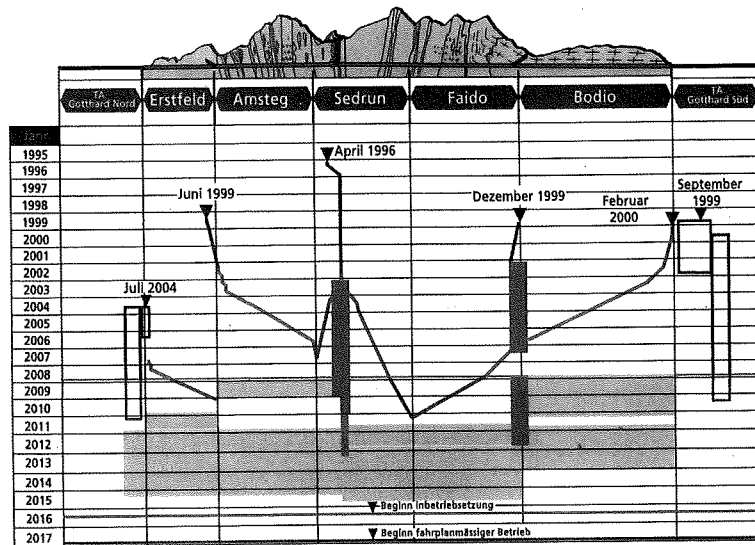
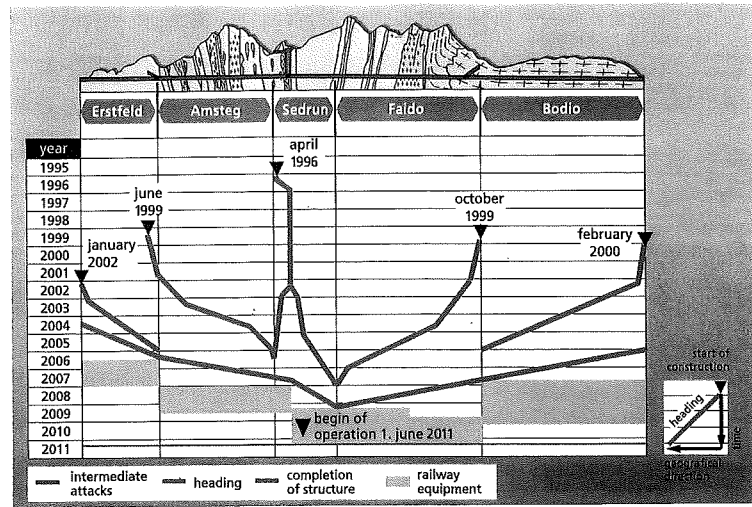


図-4 工程計画(上:1999年7月⁹⁾, 下:2008年末時点¹⁰⁾, 2008年の表は覆工工程が省略されている)

に何箇所か遭遇している。これらに起因する工程の遅れは長くても合計1年程度と考えられる。

主な地質不良区間の一つ目は、TBMがボディオ工区を発進した直後である。2003年2～9月まで、約500m以上にわたって水平に近い断層がトンネルレベルに現れ、天端が崩壊するなどして日進が3m程度に低下している⁹⁾。

もう一つはファイド斜坑底に予定されていた多目的駅付近に、断層とそれに伴う押し出し性地山が分布していたことである。この断層と脆弱な地

山のため、多目的駅は2003年末に600m南への移設が決定され、工程が必要以上に遅れるのを防いだ。ただし、最終的に2007年3月の駅部掘削完了まで、総じて比較的難しい地質を掘削することとなった⁹⁾。また、この多目的駅前後のTBM掘削区間では、掘削後縫い返しなどを余儀なくされた箇所があり、覆工の施工に影響が出ている^{11), 12)}。

(4) セドルン工区の延長増

2010年春現在で最後の未貫通区間となったセドルン-ファイド工区であるが、上述のように契約時点でボディオ-ファイド工区が工程上のクリティカルになったことに加え、地質その他の影響で進捗が遅れが生じていた。一方、これまでのセドルン工区側の掘削は予想以上に順調だったことから、当該工区長は2005年12月に1km、2008年3月にさらに1.5km南側に延長が決定された(ファイド工区は2.5km短縮)^{13), 14)}。

5-2-2 建設費の変化

ゴットハルドベーストンネルとその南のチェネリベーストンネルを合わせた、いわゆるゴットハルド交通軸の建設費は、2000年の77.16億スイスフラン[CHF](ゴットハルド63.23億CHF+チェネリ13.93億CHF)から2009年12月末の121.59億CHF(ゴットハルド97.43億CHF+チェネリ24.16億CHF)へと変化している(1CHF=約85円[2010年3月末現在])^{9), 16)}。

その理由としては、安全・技術基準にかかわる増額がもっとも大きく、ついで想定地質の違い、政治的な遅れによるもの、契約によるものが上位を占める。今のところこうした増分があるものの、

政府が当プロジェクトに承認した予算限度額(131.57億CHF)の枠内に収まっている。

予算上の問題は別にしても、当初計画と乖離が生じている点について、ATG社がどのように説明し国民の理解を得ているか、注目していきたい。

6 プロジェクトを支える仕組み

ここでは、日本でのトンネル施工との共通点や差異を念頭に置きつつ、本プロジェクトがどのように運営されているかを簡単に紹介したい。

6-1 プロジェクトを推進する組織について

案内をしていただいたATG社の担当からは、発注側の管理体制として、ルツェルン本社70名、エルストフェルド工区とアムステーク工区を合わせて20名、セドルン工区5名、ファイド工区10名、ボディオ工区とチェネリベーストンネル(15.4km、2010年3月から本坑掘削開始)を合わせて40名の合計145名程度で実施しているとの話を伺った。

またトンネル施工のコンソーシアムは、北2工区がAGN社(当初契約10.3億CHF)、セドルンがTRANSCO社(同11.7億CHF)、南2工区がTAT社(同14.8億CHF)であり、全体で2,000名以上が働いている。これらコンソーシアムの施工管理を行っているのは、Amberg社やLombardi社などのATG社と契約を結んだプロジェクトエンジニア達である。プロジェクトエンジニアが基本的に現場を管理し、重要な案件についてATG社の担当に相談することになっている。案内をしてくれた同社のPeggs氏によると、技術的な事柄はATG社の担当だけではとても処理しきれないほど膨大なため、プロジェクトエンジニアの人は必須だ、とのことであった。

6-2 作業体制について

トンネル建設に従事する作業員はスイス、ドイツ、オーストリア、イタリアから来た4か国多国籍軍である。

作業員は五班一組の体制で、作業時間は6:00～14:00、14:00～22:00、22:00～6:00の各8時間、稼働している三つの班以外の二班は休暇をとっている。また、各班は10日間働いて5日間

休む、というシフトをとっていた。

長期間の工事に対応するにはこれぐらいの余裕を持ったシフトが必要なのかと驚いたが、雇用や労働の慣行はもちろん日本とは違うため、どちらが良いという比較は簡単にはできないと思う。ただ多国籍軍を率いる苦労はあるようで、ATG社のある担当者は、A国の作業員は諸事きっちりした仕事ぶりだが、B国の人たちは雑なところがあり、例えば覆工の仕上がりなど見たらわかる、国民性の違いが問題になることもあるのだ、と真顔で話してくれた。

6-3 マテリアルマネジメントについて

このプロジェクトに特徴的なのは、環境への配慮というそもそものプロジェクト目的を忠実に実行していることである。

発生した土砂については、最大限コンクリート骨材に再利用する努力がなされている。また、品質がコンクリート骨材に満たない場合は盛土やその他の建設材料に使うように決められている(写真-5)。いわゆるざり出し、土捨てについても全工区でダンプを一切使用しないことが決められている。

したがって、坑内の土砂運搬は工区にもよるがベルコンまたは坑内軌道であり、坑外についてもベルコンまたは鉄道による運搬を徹底していた。

さらに坑外のベルコンについては、粉塵と騒音を出さないようすべてに覆いがかけられている。

いちばん南のボディオ工区では、坑口付近から延長3,160mの土砂運搬専用トンネル(TBM、φ5.0m)を掘削し、山ひとつを隔てた土捨て場までベルコンを設置して運搬している。

一般に、5kmまでの運搬はベルコンで実施し、それ以上の距離になれば軌道を使うようである。

6-4 二方向の避難路について

各工区においては、基本的に災害時の二方向避難路が確保されているようである。すなわち本坑(東・西両線)では、312mごとの連絡坑を介し、反対線トンネルへの退避が可能であり、また斜(横)坑、立坑から施工をする中間工区についても、それぞれ次のような経路が整えられている。

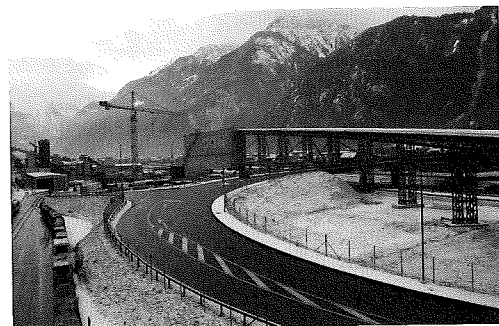


写真-5 エルストフェルド工区の掘削土砂再利用施設
(コンクリート骨材用, 筆者撮影)

アムステーク工区については、延長1.8kmの横坑(NATM, 60m²)のほかに1.9kmのケーブルトンネル(TBM, φ3.7m)が横坑と本坑の接続部付近に連絡するよう掘削されている^{9),10)}。

セドルン工区では前述した第1および第2立坑が設置されている。現在第2立坑は換気(排気)を主な役割としつつも、大型重機などの揚げ降ろしにも使われている。

ファイド工区では、当初計画では2005年にボディオ工区と接続され、斜坑および本坑トンネルによる二方向避難が可能となる予定だったが、TBM掘進の遅れのため、それが実現したのは1年後の2006年中頃だった。

こうした二方向避難路確保への姿勢は、施工時における災害リスクに対し、どのレベルの備えを必要とすべきかの意識を窺わせるものである。なおこの原則は今年本坑掘削を開始したチェネリベストーンネルにおいても守られており、シギリノにある中間作業ヤードと本坑の接続のために、2.7kmの調査坑と2.3kmの斜坑が建設されている。

最後に、ゴットタルドベーストンネルで現地を案内いただいたATG社のHans-Peter Vetsch氏、Simon Peggs氏、Andreas Huber氏ほかの皆様には、この場をお借りして厚くお礼を申し上げる。

参考文献

ATG社で入手したパンフレットや工程表などのほかに、以下の資料を参考とした。

- 1) 溝畑靖雄・大島洋志・増田達：21世紀へ向けたスイス国鉄の偉大なる挑戦、世界最長のアルプス横断ゴッ

タルドベーストンネル、トンネルと地下、Vol.31, No.9, pp.71-79, 2000.9.

- 2) Swiss Confederation Federal Office of Transport FOT: Swiss modal shift policy "AlpTransit" fact sheet, As of: May 2009.

- 3) AlpTransit社: <http://www.alptransit.ch>

- 4) D.FABBRI: The Gotthard-Base Tunnel: Project Overview, the 6th Annual Tunneling 2004 Conference, Sydney, August 30-31, 2004.

- 5) H.EHRBAR: Gotthard Base Tunnel, Switzerland Experiences with Different Tunnelling Methods, Congresso Brasileiro de Tuneis e Estruturas Subterraneas Seminario Internacional "South American Tunnelling", 2008.

- 6) D.FABBRI: Experiences from the ground probing in the Gotthard-Base tunnel, ITA / AITES-Training Course, TUNNEL ENGINEERING, Istanbul-2005(Paper).

- 7) H.HOFLE: Driving Operations, Sedrun Part-Section: Excavation in extensive Fault Zone, Advance Exploration Concept, Tunnel, pp.22-24, 2009.4.

- 8) M.REHBOCK-SANDER, R.MEIER: Sedrun access and ventilation shaft for the new Saint Gotthard railway base tunnel, AITES-ITA 2000-World Tunnel Congress-Tunnels under Pressure, Vol. 24, pp.615-620, 2000.

- 9) S.SCHOCH, M.REHBOCK, D.FABBRI, B.BOSS: Gotthard Base Tunnel: Progress and Planning, Tunnel, pp.15-32, 2003.4.

- 10) K.AERNI, M.REHBOCK-SANDER, M. NEUENSCHWANDER, B.SCHWEGLER, S.MUFF, C.GENOUD: Gotthard Base Tunnel: Special Aspects and Progress, Tunnel, pp.16-30, 2002.4.

- 11) S.FLURY, A.PRILLER: Gotthard Base Tunnel, Faido Part-Section, Tunnel, pp.47-51, 2008.4.

- 12) S.FLURY, C.PONZIO: Gotthard Base Tunnel, Bodio Part-Section, Tunnel, pp.52-54, 2008.4.

- 13) D.MARTI, A.THEILER, R.MEIER: Gotthard Base Tunnel, Sedrun Part-Section, Tunnel, pp.26-29, 2006.4.

- 14) R.LIEB: Gotthard Base Tunnel, Sophisticated Material Management, Tunnel, pp.34-38, 2009.4.

- 15) R.SIMONI: Focus on the Gotthard Axis, Tunnel, pp.12-19, 2009.4.

- 16) S.S.KELLER, K.AERNI: Gotthard Base Tunnel: Stage reached by Work and Planning, Tunnel, pp.40-42, 2005.4.

連載講座

ずり処理入門(6)

—発生土の運搬方法・連続ベルトコンベヤ方式—

「ずり処理入門」連載講座小委員会

① 前回までの概要

近年のトンネル工事において、坑内外の環境の改善、安全性の向上、施工の高速化が求められている。

ずり処理の方式としては、レール方式、タイヤ方式が多く用いられているが、上記の抜本的な改善には至らない状況であった。そのような状況の中で、最近注目を集めているのが連続ベルトコンベヤを用いたずり処理である。

当初、TBM(Tunnel Boring Machine)によるトンネル掘削用に用いられたが、その後NATM(New Austrian Tunnel Method)による発破掘削や機械掘削にも用いられるようになってきた。

② コンベヤの構造と特徴

連続ベルトコンベヤとは、トンネルの掘削進捗に合わせて、漸次ベルトを延伸させ、掘削ずりを連続的に搬送するものである。TBM掘削における連続ベルトコンベヤの概略図を図-1に示す。

2-1 コンベヤの構造

連続ベルトコンベヤは、テールピース台車、中間部材、ストレージカセット、ブースタドライブ、主駆動装置であるメインドライブ、ずりの排出部のヘッドプーリで構成される。

さらに、通常のNATMトンネル掘削の場合、採用するベルトの幅によりずりを小割りする必要が生じるため、自走式クラッシャが必要になる。

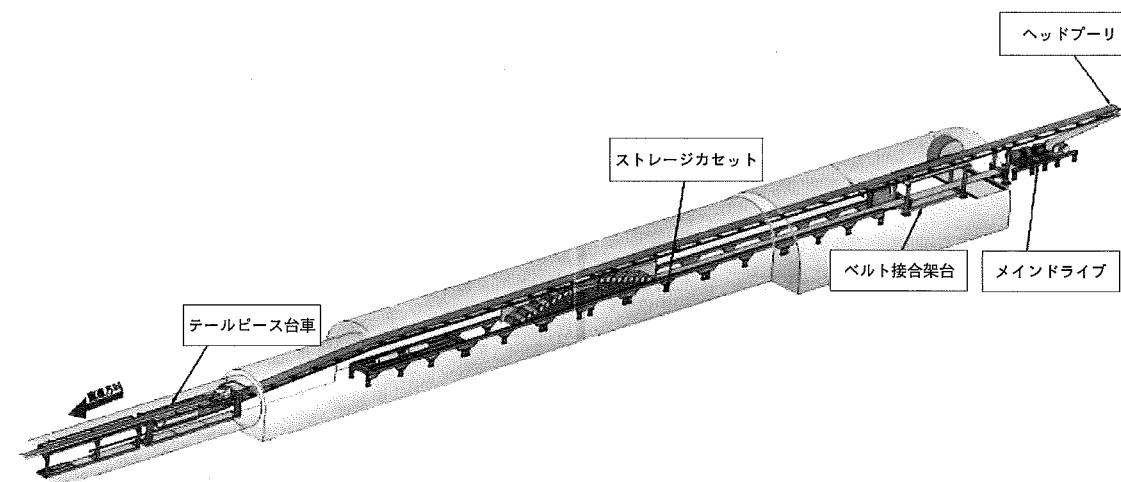


図-1 連続ベルトコンベヤ概略図¹⁾

また、作業坑や坑口と坑外ずり仮置き場間のずり搬送のために、固定ベルトコンベヤを設置することも多い。ここでは自走式クラッシャも含めて説明する。

2-2 延伸方法

連続ベルトコンベヤは、図-2に示すようにストレージカセットに貯蔵されたベルトを、テールピース台車の前進とともに引き出すことにより延伸する。

延伸部分のローラは、テールピース台車で設置する。ストレージカセットに貯蔵されたベルト(通常300m)を出し切ると、いったんベルトを切断して、新たにベルトをストレージに挿入し、ベルトを接合する。

2-3 テールピース台車

切羽側で掘削ずりを積み込む部分である。

テールピースはベルトコンベヤの端部に当たるテールプーリを内蔵し、その前後で中間部材(ローラやフレームなど)の設置ができる構造になっている。TBMやシールド工法においては、後続台車上に設置される(写真-1参照)。

また、ベルトの蛇行修正やレベル合わせのために、上下左右やローリング、チルト調整機能を持つ。

NATMでは、上記テールピースの機能に自走装置を設けて、テールピース台車としている。

なお、テールピース台車をバックアップデッキと称することもある(写真-2参照)。

2-4 中間部材

中間部材は、図-3に示すようにベルト、キャリ

アローラ、リターンローラ、サイドフレーム、ブラケットで構成され、ブラケットは、未覆工区間ではチェーンによる吊り下げ方式が、既覆工区間ではニーブレスや建柱による支持方式が多い。

中間部には、ベルトの蛇行を修正するための自動調芯ローラを、おおむね50mごとに設置する

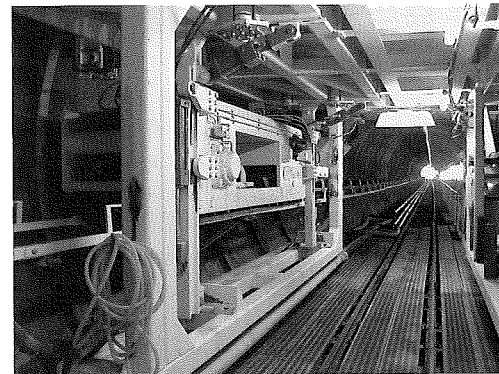


写真-1 TBM掘削におけるテールピース台車

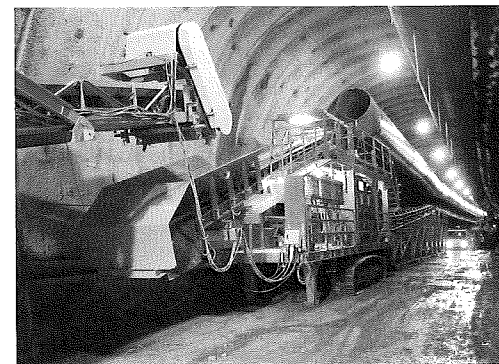


写真-2 NATM掘削におけるテールピース台車

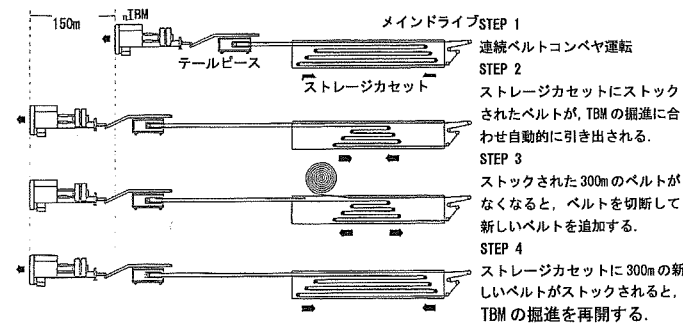


図-2 連続ベルトコンベヤの延伸(TBM)

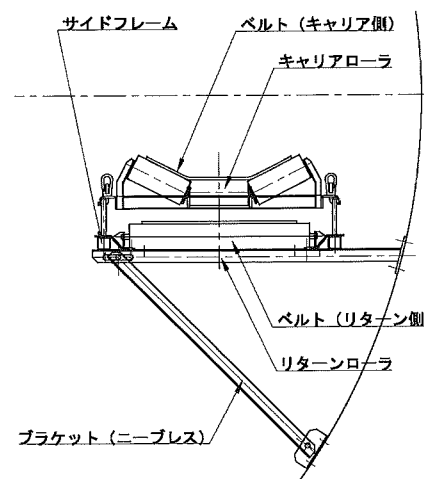


図-3 コンベヤ中間部材構造(断面図)

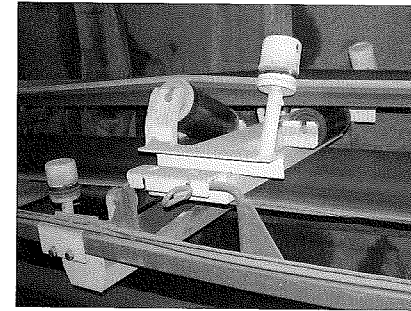


写真-3 自動調芯ローラ

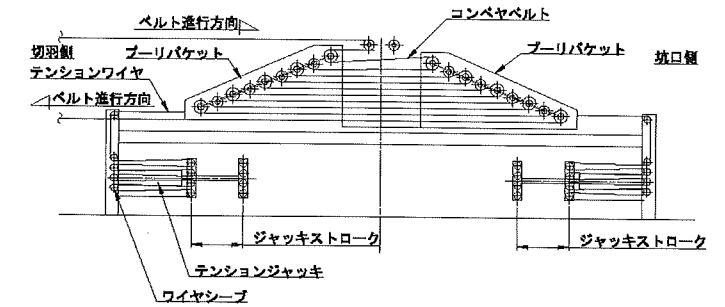


図-4 ストレージカセット構造概略図

(写真-3参照)。

NATMで連続ベルトコンベヤを適用する場合、掘削と並行して覆工の施工を行うことが多いため、スライドセトルなどを通過できる構造にする必要がある。

事例を写真-13に示す。

2-5 ストレージカセット

連続するベルトを貯蔵し、かつ油圧ジャッキやウインチによってベルトに適切な張力を与える設備である(図-4、写真-4参照)。

貯蔵するベルト長は、従来は300m巻きのベルト1本分を延伸できるように、400m程度の容量であったが、最近は2本分を貯蔵できるタイプもあり、ベルトの追加段取り替え数を減らしている。

2-6 メインドライブ

連続ベルトコンベヤを駆動させる主駆動装置である。インバータ制御により起動、速度調整を行うものがほとんどである(写真-5参照)。

2-7 ブースタドライブ

構造はメインドライブと同様であり、所要動力を1台のドライブで駆動した場合、ベルトの張力が許容を上回るときにブースタドライブを追加する。

従来は延長が4,000m程度のトンネルの場合、1台導入していたが、更に長い延長の場合、複数台以上を導入する例もある(写真-6参照)。

2-8 自走式クラッシャ

連続ベルトコンベヤで使用されるクラッシャはシングルトルクのジョーがほとんどであるが、一部インパクトロールが使用された例もある。ジョークラッシャタイプは、クラッシングの前に振動フィー

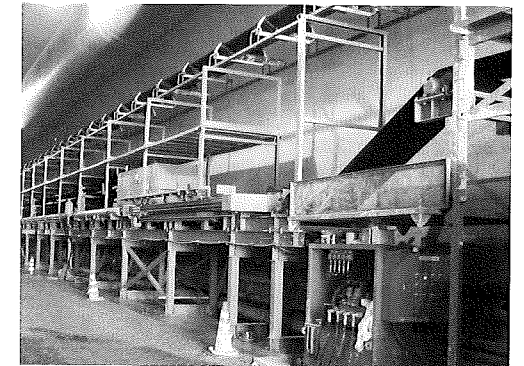


写真-4 ストレージカセット

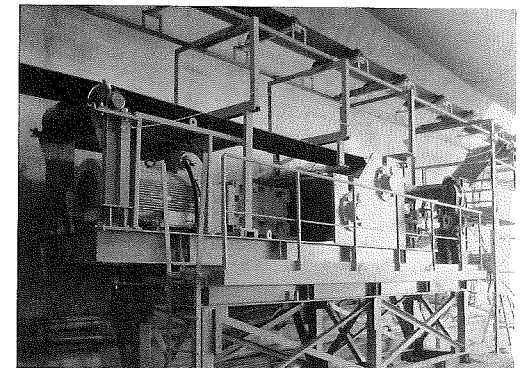


写真-5 メインドライブ

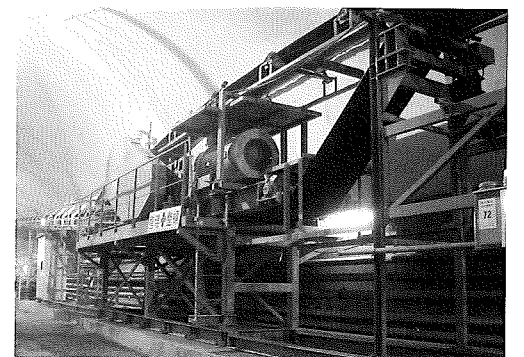


写真-6 ブースタドライブ

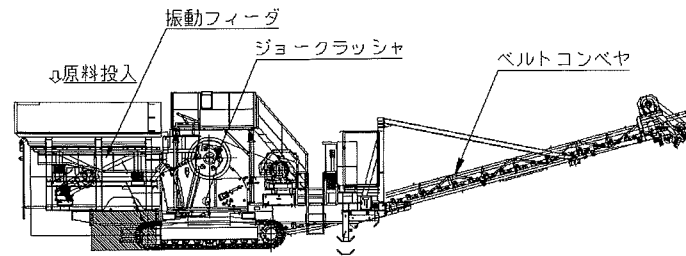


図-5 自走式クラッシャ(ジョークラッシャ)

表-1 労働安全衛生規則にもとづく安全設備一覧

第	略	文	対	応
101条 第1項	原動機、回転軸等による危険の防止	ベルトコンベヤの設置位置が、通路脇にある場合など、接触の恐れがある場合は囲いや柵を設ける(写真-7)。		
103条 第1項	動力しゃ断装置の設置	ベルトコンベヤ全線に引き綱スイッチによる非常停止装置を設置する(写真-8)。		
104条 第1項	運転開始の合図	回転灯やサイレンにより運転開始前に合図を発生してから起動する。その合図方法を周知する。		
107条 第1項	掃除等の場合の運転停止	整備、清掃をする場合には必ず運転を停止したうえで実施する。		
538条	物体の飛来による危険の防止	ベルトコンベヤの下に立ち入る恐れがある場合は、防網設備の設置が必要になる(写真-9)。		

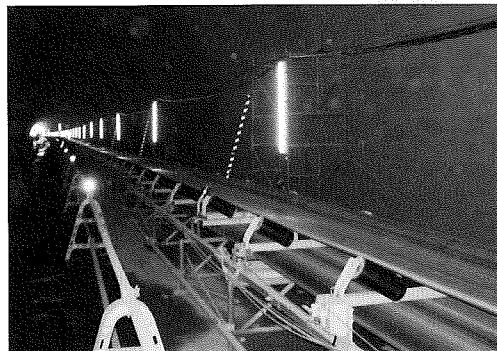


写真-7 コンベヤ安全柵

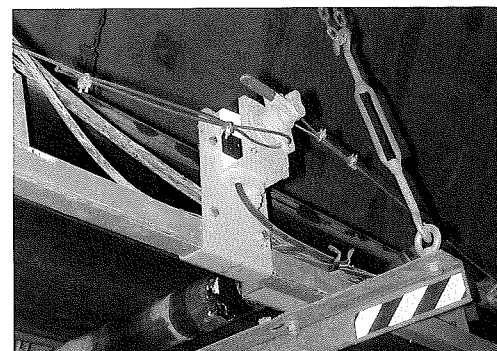


写真-8 引き綱スイッチ

的である。

2-9 安全設備

ベルトコンベヤに関する法規は、労働安全衛生法第20条第1項(労働安全衛生規則第101, 103, 104, 107)および規則第538条にあり、表-1に具体的な対応を記載する。

③ コンベヤの適用

連続ベルトコンベヤの導入効果としては、ダンプトラックの通行がなくなり、坑内の通行車両の減少による安全性の向上や、排出ガス・走行粉塵の発生が減るため坑内環境の向上が図られる。また、運搬が長距離になった場合のダンプトラックの台数増加がなく、人員の増員が必要でないこと、路盤整備費や換気設備の動力費削減などから、コストの削減が可能であったり、切羽でのダンプトラックの入れ替えロスが発生しないため掘削サイクルタイムの短縮が図られたりする場合もある。

ただし、コストに関して、ベルトコンベヤを採用した場合初期投資が大きく、積み込み機械のサ

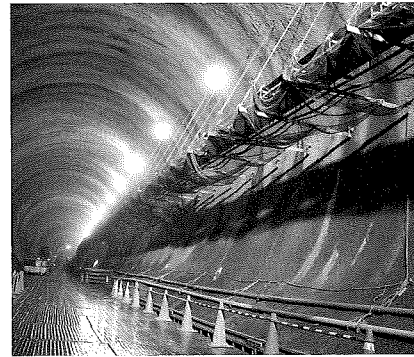


写真-9 防網設備(落下防止ネット)

ダが組み込まれ、事前に小径のずりはクラッシャを経ずに後方へ送られるため、負荷が小さく、歯の消耗も小さい(図-5, 写真-12参照)。

自走式クラッシャの一般的な切羽からの離れは、30~70m程度であり、掘削進行の40mごとに掘削作業を停止して、自走式クラッシャとテールピース台車の前進、中間部材の設置により連続ベルトコンベヤを延伸するのが一般

イクルおよびクラッシャの能力によってはサイクルタイムの短縮に結びつかない場合もあり、十分検討のうえ、採用すべきである

また、工事箇所地域の環境により、ダンプトラックの坑外の走行が規制される場合も、ベルトコンベヤの導入により、騒音や粉塵の影響を与えずに、所定のずり置き場まで運搬することが可能である。

従来、おおむねトンネル延長3,000m以上であれば、メリットが発揮されると言われていたが、最近では2,000m程度の延長でも、環境面の理由から採用する例がある²⁾。

なお、ダンプトラックの燃料消費量とベルトコンベヤの電力量から求めたCO₂排出量は、ベルトコンベヤ方式の方が少なく²⁾、更に換気設備の動力削減などにより、CO₂削減を実現できるメリットも考慮すべきである。

④ コンベヤの計画

連続ベルトコンベヤの計画は、おおむね以下の手順で実施する。

4-1 連続ベルトコンベヤ導入可否判断

- ① 掘削断面、線形、縦断勾配で、ベルトコンベヤ設備を設置できるか。
- ② 坑外仮設備ヤードの、坑口と坑外ずり仮置き場間にベルトコンベヤを設置できるか。

4-2 連続ベルトコンベヤ能力の決定

- ① NATM掘削の場合
 - ・積み込み機の選定、積み込みサイクルタイムから必要搬送能力算出。
 - ・クラッシャを選定。
- ② TBM掘削の場合
 - ・掘削径、予定掘進速度から求めたずり量と、TBM本体、後続台車間のベルトコンベヤ能力から算出。

4-3 ベルトコンベヤ仕様の決定

- ① ベルト幅の決定
- ② ベルト速度の決定
- ③ 所要動力の算出
- ④ ベルト張力の計算

4-4 ブースタドライブの必要性

所要動力とベルト張力のバランスからメインドライブの出力、ブースタドライブの必要性、台数、出力を決定する。

⑤ コンベヤの施工事例

トンネルの掘削方式別の事例を紹介する。

5-1 TBM掘削(第二名神高速道路甲南トンネル上り線工事)

表-2にトンネルおよびコンベヤ設備概要を示す。写真-10, 11にそれぞれ坑内と坑外の状況を、図-6, 7に設備配置を示す。TBM掘削の場合、ずりの大きさが小さいため、自走式クラッシャは不要であり、TBM本体および後続台車間のベルトコンベヤの後方端部に連続ベルトコンベヤのテールピースを設置する。

5-2 発破掘削(九州新幹線鹿児島ルート田上トンネル北工事)

表-3にトンネルおよびコンベヤ設備概要を示す。図-8, 9に設備配置を、写真-13, 14に坑内の状況を示す。

発破掘削方式で連続ベルトコンベヤを適用する場合、ベルトコンベヤに積載できるずりの大きさはベルト幅の1/3程度であり、ずりを小割りする必要がある。そのためにテールピース台車の切羽側に自走式クラッシャを置き、そこにずりを投入することになる。

表-2 トンネルおよびコンベヤ設備概要³⁾

区分	項目	仕様
トンネル(先進導坑)	掘削径	5.0m
	延長	2,563m
	平面線形	3,000mR
TBM	勾配	2.0%
	形式	オープン
ベルトコンベヤ	ベルト幅	610mm
	ベルト速度	168m/min
	ベルト強度	800kg/cm
	メインドライブ	110+110kW
	ブースタドライブ	なし
	ベルト継ぎ足し量	300m



写真-10 TBM掘削における設備(坑内)

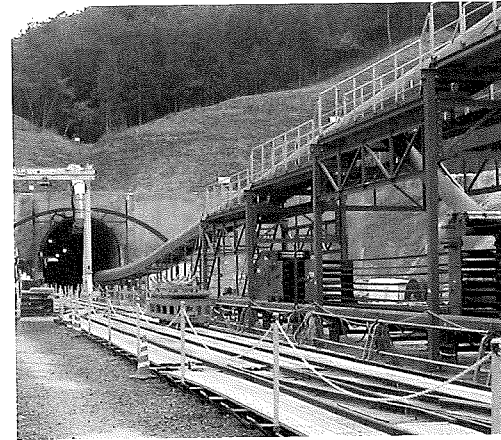


写真-11 TBM掘削における設備(坑外)

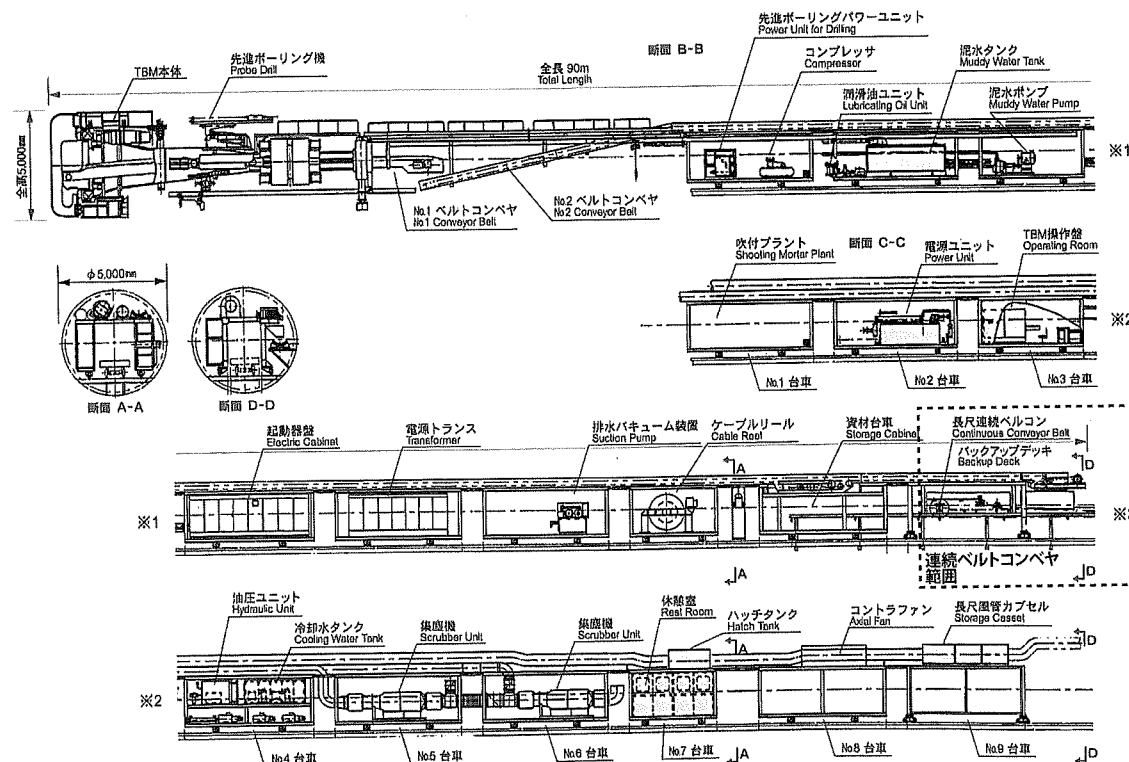


図-6 TBM掘削における連続ベルトコンベヤ設備(坑内)^④

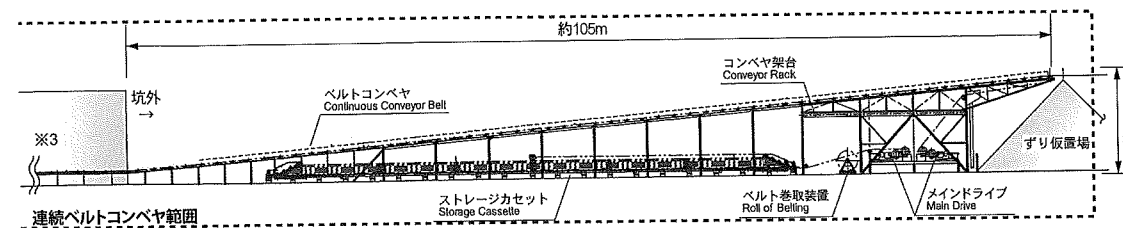


図-7 TBM掘削における連続ベルトコンベヤ設備(坑外)

表-3 トンネルおよびコンベヤ設備概要^⑤

区分	項目	仕様
トンネル (本坑)	掘削断面積	約74.5m ²
	延長	4,738m
	平面線形	6,000mR
	勾配	1.5%
積み込み機械	トラクタショベル	3.0m ³ 級
	形式	ジョー
クラッシャ	出力	110kW
	ベルト幅	610mm
	ベルト速度	168m/min
	ベルト強度	630kg/cm
	公称運搬能力	300t/h
	メインドライブ	112kW
ベルト コンベヤ	ブーストドライブ	112kW
	ベルト継ぎ足し量	300m

ずり処理入門(6)

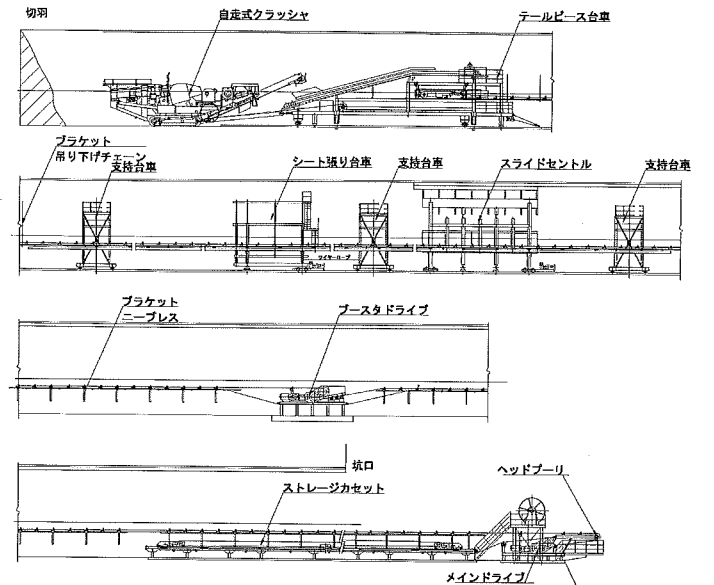


図-8 発破掘削におけるベルトコンベヤ設備^⑤

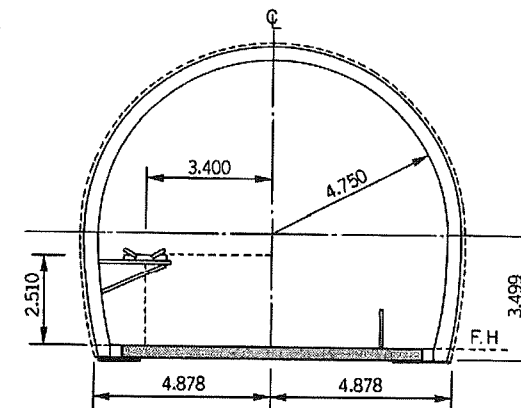


図-9 断面図^⑤

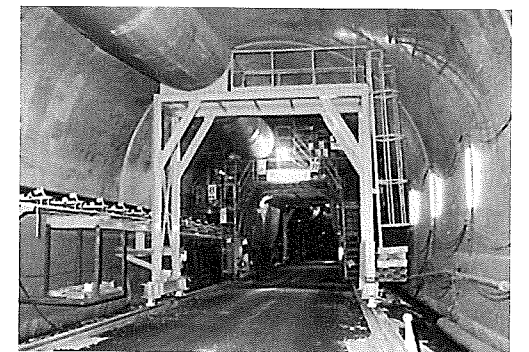


写真-13 セントル通過状況^⑤

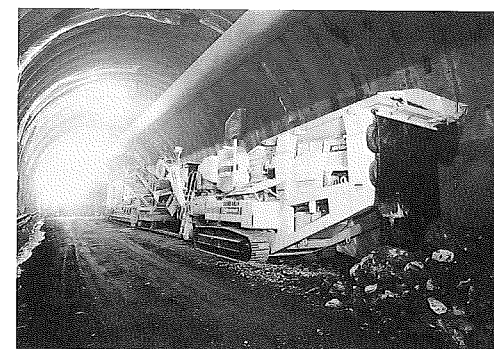


写真-12 自走式クラッシャー(ジョー)^⑤

ずりの投入は、通常トラクタショベル(タイヤ式・サイドダンプ式)が多く使われるが、バックホウで投入する場合もある。

⑥ 維持管理

連続ベルトコンベヤは、連続的に大量のずりを運搬することに関して非常に優れているが、トンネル掘削ずりは硬軟、含水状況、形状などのばらつきが大きく、多湿、粉塵などの過酷な環境下で

5-3 機械掘削(北陸新幹線飯山トンネル木成(上越)工区工事)

表-4にトンネルおよびコンベヤ設備概要を示す。機械掘削方式もほぼ発破掘削方式と同様であるが、ずりを小割りする自走式クラッシャの必要性あるいは能力の検討が必要である。つまり、掘削時に発生するベルトコンベヤに積載できない、小割りの必要量を想定する必要がある。

表-4 トンネルおよびコンベヤ設備概要³⁾

区分	項目	仕様	区分	項目	仕様
トンネル(本坑/上越側)	掘削断面積	約80.1m ²	クラッシャ	形式	ジョー
	延長	2,005m		出力	55kW
	勾配	0.30%	ベルトコンベヤ	ベルト幅	610mm
トンネル(本坑/長野側)	掘削断面積	約80.1m ²		ベルト速度	168m/min
	延長	1,795m		公称運搬能力	200t/h
	勾配	0.30%		メインドライブ①	110kW
斜坑(作業坑)	掘削断面積	26.7m ²		メインドライブ②	110kW
	延長	719m		斜坑用ドライブ①	110kW
	勾配	12.0%		斜坑用ドライブ②	11kW
積み込み機械	トラクタショベル	3.0m ³ 級	ベルト継ぎ足し量	300m	

表-5 ベルトコンベヤのトラブルの原因と対策

トラブル	原因	処置・対策
ベルトの横裂き	接合不良	接合状況の確認, 良質な接合業者の選定
	異常張力	張力調整
	ドライブバランスの不良	メイン, ブースタドライブごとの回転調整(電流値などによるインバータ回転調整)
	金属の混入	ボルトなどの金属を排除, 磁選機の設置, 監視
	テールおよび乗り継ぎ部のずりのこぼれ	ホッパ形状の修正, スカートの整備
	投入ホッパの詰まり	ホッパ形状の修正, クラッシャ調整でずりの小径化, 詰まりセンサの設置, 監視
	投入ホッパのずりの投入衝撃	ホッパ形状の修正, クラッシャ調整でずりの小径化
ベルトの縦裂き	ドライブプーリの土砂付着	ホッパ形状の修正, スカートの整備, スクレーバ, ベルト洗浄の装置の整備
	ローラ, プーリの破損	ローラ, プーリ, ベアリングの交換
	ローラ, プーリの調整不足	ローラ, プーリの角度調整
	ローラ, プーリの土砂付着	ホッパ形状の修正, スカートの整備, スクレーバ, ベルト洗浄の装置の整備
ベルトのスリップ	ドライブプーリの土砂付着	スクレーバ, ベルト洗浄の装置の整備
	ベルトの土砂付着	スクレーバ, ベルト洗浄の装置の整備
ベルト脱索	ローラ, プーリの破損	ローラ, プーリ, ベアリングの交換
	ローラ, プーリの調整不足	ローラ, プーリの角度調整
	ローラ, プーリの土砂付着	ホッパ形状の修正, スカートの整備, スクレーバ, ベルト洗浄の装置の整備
	ベルトの土砂付着	スクレーバ, ベルト洗浄の装置の整備
フレーム倒壊	強度不足	設計時の確認, セントル通過部前後の確実なブラケット設置
	アンカの不良	アンカ強度, 打設長の確認, 溶接長の確認
	車両などの接触	車両通行の制限, 表示
不 作 動	制御系不良(制御線の切断)	セントル通過点付近の養生
	安全装置の作動(非常停止)	引き綱スイッチ, 非常停止ボタンの復旧
		プーリ, ローラの角度調整(ベルトの蛇行, ずりとの接触対策)
	保護装置の作動(過負荷, 速度異常)	プーリ, ローラの土砂付着対策
投入ホッパの詰まり対策		
	ローラ, プーリの破損対策	

の稼働になる。そのため、時にはトラブルが発生し、ずり出しを実施できない状況に陥る。

トラブルとしては表-5に示すようなことが考えられ、機械設備である以上、日々の点検整備が必要である。

また、ストレージカセットに貯蔵したベルトを出し切った都度、いったんベルトを切断し、新たなベルトとの結合が必要になるが、多く採用されている方法は加硫接合と言われている方法であり、専門の業者により2か所まで4~5時間(610mm幅)を要するため、各種整備日と合わせて実施することが好ましい。

(文責: 領家邦泰・内田正孝/大成建設(株))

参 考 文 献

- 1) ジェオフロンテ研究会掘削分科会ベルトコンWG: 連続ベルトコンベヤシステムの計画と施工(山岳トンネル編), 2008.3.
- 2) (社)日本トンネル技術協会共通技術小委員会ずり出し方式調査WG: 山岳トンネルのずり出し方式実態調査報告書, 2009.3.
- 3) 大成建設(株): 土木技術資料(社内No.55, 56).
- 4) 日本道路公団関西支社大津工事事務所・大成・五洋・フジタ共同企業体: 第二名神高速道路甲南トンネル上り線工事パンフレット.
- 5) 日本鉄道建設公団九州新幹線建設局・大成・東亜・地崎特定建設工事共同企業体: 九州新幹線(八代・西鹿児島間)田上トンネル(北)工事パンフレット.
- 6) タグチ工業(株): 連続ベルトコンベヤシステム製品案内.

■図書案内

地 下 水 の 科 学 — 全 3 巻 —

P. A. ドミニコ・F. W. シュワルツ 共著
地下水の科学研究会・大西有三 監訳

地球という複雑なシステムを循環する水、とくに地下水循環を考え、汚染地下水など環境問題を地下水理学の立場から取り扱うため、水の物理的・科学的性質、地球の状況、水資源としての地下水の状況、地下水の水理学的特性とその調査方法などをわかりやすく解説した。



第I巻 地下水の物理と化学
4,078円+税 B5判

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

第II巻 地下水環境学
4,272円+税 B5判

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

第III巻 地下水と地質
3,689円+税 B5判

■水資源 ■堆積盆水循環における地下水 ■地殻における地下水 ■地下水流動における熱輸送

株式 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 http://www.tunnel.ne.jp

トンネルジャーナル

TH パイプーフ技術協会通常総会

TH パイプーフ技術協会は4月22日に東海大学校友会館(東京)で第13回通常総会および懇親会を開催した。通常総会では、平成21年度事業報告、収支決算報告、平成22年度事業計画および収支予算などを審議し、満場一致で承認された。

総会後に行われた懇親会の冒頭で、荒井民雄会長から、都市部で行われた工事を例に挙げ、埋設物が輻輳する都市部での当工法の優位性などが述べられた。さらに、土木工事は建設から維持管理への時代へシフトしてきており、当工法も提案型PRをもっとしていきたいとの挨拶があった。



中央環状線山手トンネル(3号渋谷線~4号新宿線)開通後の利用状況

首都高速道路は、平成22年3月28日(日)に開通した3号渋谷線と4号新宿線を結ぶ中央環状線山手トンネルについて、開通後の利用状況(速報)をとりまとめ結果を公表した。

朝ピーク(11時台)の所要時間の変化は平均で、東名(用賀)から東北道(川口)まで、開通前に対し約16分短縮、東名(用賀)から常磐道(三郷)までは開通前に対し、約10分短縮していることが確認された。

また、朝ピーク時(11時台)の東京線での渋滞長は、開通前に約6~76km(平均約26km)あったものが、開通後には約3~45km(平均約21km)へと約22%減少するなどの効果を上げている。

所要時間の変化をみると、東名-東北道の場合、開通前、都心環状線を利用するルートでは約47~97分(平均約62分)かかっていたものが、開通後、山手トンネルを利用するルートでは約38~68分(平均約

推進技術6団体通常総会・合同懇親会

推進技術関連6団体(ユニコーン協会、エスパー探査協会、ベビーモール協会、PIT&DRM協会、エースモール工法協会、SHスーパー工法協会)は4月27日にルポール麹町(東京)で各協会の通常総会および合同の懇親会を開催した。

懇親会冒頭、6団体を代表して、菊地眞・ユニコーン協会会長より挨拶があった。

公共工事縮減のなか、都会で錯綜するインフラ整備も徐々に耐用年数が迎えてくることになり、非開削工事の必然性をアピールし、更なる1歩を踏み出したいと抱負を述べた。



46分)となった。

東名-常磐道の場合、開通前、都心環状線を利用するルートが約50~91分(平均約63分)かかっていたものが、開通後、山手トンネルを利用するルートだと約43~65分(約53分)となった。

開通前の推計値では、東名-東北道が58分から40分へと18分の短縮、東名-常磐道が65分から59分へと15分の短縮と予測されていた。

なお、3号渋谷線(下り)大橋ジャンクション付近や中央環状線熊野町ジャンクション付近など、一部渋滞が悪化している部分も観測されており、同社では、渋滞解消に向けた取組みを実施していくとしている。

(※開通前 H20.4.7~4.18, 開通後 H22.4.5~4.16の平日データ, 開通前の期間は, H19.12山手トンネル(4号新宿線~5号池袋線)6.7kmの開通後)

工法・技術・製品ニュース

製品 コスト・サイズをコンパクトに



エプソンは、A3カラー対応の省スペース、高速モデルオフィリオプリンターLP-S7100を発売した。

同製品は、高速A3カラーページプリンターでありながら「コンパクトサイズ」「低ランニングコスト」を実現した商品で、従来機種「LP-S7000」と比べ約40%減のコンパクトサイズとカラー30枚/分の高速プリントを両立した。また、A4カラー出力1枚あたり11.9円で、標準容量のMサイズトナーに加えて、標準価格(税別)が7,700円(シアン、マゼンタ、イエロー)、8,100円(ブラック)と購入しやすい価格のSサイズトナーを用意している。急なトナー切れに備える場合や、モノクロ出力が多いオフィスでは、ブラックトナーをMサイズで使用し、カラートナーをSサイズで使用することで、ト

ナー購入時のコスト削減を図ることも可能となる。

環境にも配慮しており、各種規格に対応する(グリーン購入法適合、欧州RoHS指令(2002/95/EC)準拠、国際エネルギースタープログラム適合、エコマーク認定商品)ほか、輸送時の安全性はそのままに、梱包材を従来機種と比べて総質量で約30%削減した。

また、プリンターのメンテナンスの際に使用する清掃棒には、植物(とうもろこし)由来成分を30重量%以上含むバイオマスプラスチックを採用し、従来の石油系樹脂を使用した場合に比べて、原料採取から廃液までの工程で発生するCO₂排出量を約20%削減している。

(数値算出条件などは同社HPを参照)

エプソンインフォメーションセンター
TEL 050-3155-8055
URL <http://offirio.jp>

技術 22年度 NETIS 推奨技術を選定

国土交通省は、4月20日、平成22年度の新技術活用システムにおける「推奨技術」1件、「準推奨技術」6件を選定し、発表した。

推奨技術には、静的締固め砂杭工法「SAVE コンポーザー」が、準推奨技術では、高圧式電磁誘導式非開削工法「テラ・ジェット工法」、「ダイブラハウエル管による道路下カルバート工の設計・施工方法」などが選定された。

「テラ・ジェット工法」はテラ・ジェット協会が技術開発を行った、立坑を必要とせず最大管径400mmまでのパイプ、ケーブルなどを、先行掘削、拡孔、管材引き込みの3工程を行い埋設する非開削工法。ドリルヘッドには発信機が内蔵されており、ドリルヘッドの位置(深度)、回転角

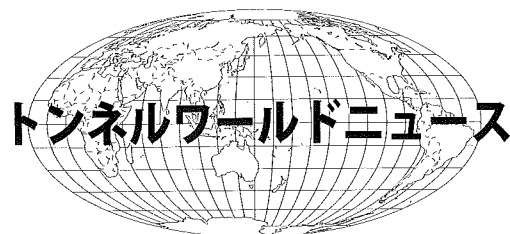
度、傾斜角度などの情報を地上部の受信機に送り、オペレーターはその情報をもとに方向修正してゆくため、長距離施工、カーブ施工が容易に行え、3次元カーブ推進が可能。

機械を地上に設置するため立坑内での作業が少なく安全で、埋設管の周囲は泥土で充填されるために空隙がなく、地盤沈下などの問題が発生しないこと、従来工法である小口径推進工法に比べ最大施工延長が長くなることにより、立坑築造にかかる工期および日進量増大による工期短縮が可能であることが評価された。

「ダイブラハウエル管による道路下カルバート工の設計・施工方法」は大日本プラスチック(株)が技術開発を行ったもの。ダイブラハウエル管とは、軽量・高剛性の中空リブ

構造のポリエチレン管で、軽量なため施工が容易なこと、コンクリート基礎を必要としないため短期間に施工が可能なこと、管継ぎ手、管本体の変位能力により、軟弱地盤における不等沈下に対応可能なこと、曲管・分岐管などの加工品が現場条件に合わせて製作可能なこと、また、耐薬品性・耐摩耗性・耐衝撃性に優れることが評価された。

同省では、有用な新技術の活用促進と技術のスパイラルアップを目的に事後評価を中心とした「公共工事等における新技術活用システム」を運用しており、公共工事などに関する技術の水準を一層高めるため、申請情報、評価情報などにもとづき、画期的な新技術を対象に「推奨技術」「準推奨技術」を選定している。



(社)日本トンネル技術協会
国際委員会

ウエストハムの下水道トンネルが貫通

Thames Water社のWest Ham下水道プロジェクトは7か月間の掘進を終え貫通した。請負者Costain社はLovat社の土圧式TBMを用い、12月3日にロンドンのニューアムで貫通を迎えた。

立坑の建設を2008年の夏に開始し、直径2.8mのTBMによる延長3.33kmの掘削を2009年5月から開始した。トンネルは19,770個の台形のプレキャストコンクリートセグメントで覆工された。

Costain社の広報担当者によると、このプロジェクトは順調に進み、異常事態は何もなかった。地質条件はこの地域において典型的であった。このトンネルはロンドンクレイ層、すなわちHarwich層の基礎部を通過する。これは、ここの地盤が、砂や小石のようなさまざまな物質、ときおり貝殻や固結砂のような石灰質分、および火山灰層などを含んでいたということの意味する。トンネルは地下水面に対して上に位置していたため水の浸入はなかった。

Forest Gate, West Ham および Stratford 地区の800件の民家と会社を下水氾濫のリスクから守るためのWest Ham下水道プロジェクトに対して、Thames Water社は9,000万ポンドを投じている。

新しいトンネルは、Abbey Millsに新設するポンプ場で既存の下水道網に連結される。Costain社はThames Waters社とともに、このほかに5kmの下水道トンネルを、この計画のもとに拡張近代化するための改修工事を行っている。プロジェクトの工期は2010年春である。

(T&TI '09.12 担当: 山口雄大・(株)間組)

ロビンスEPBは記録を達成し、革新的なPVCライナーを採用

米国サクラメントの下水道トンネル(5.7km)で、最近到達したロビンスのTBMが、週間進行210m以上を達成したと言っている。同社は、軟弱地盤トンネルにおける新たな掘進基準を設置すると言う。8時間3交代で、直径4.25mのマシンは、EPBタイプのTBMでは最速と言われる日進量50.3mを達成した。

そのうえ、コンクリートセグメント(厚さ230mm)の内面に被覆されたPVCライニングが、トンネル内の送水管を不要とする。厚さ1.75mmのPVCシートが、非常に腐食性の強い下水のガスからコンクリートを防護する。この種のライナーは、初めて米国で採用されたものである。

掘進後の恒久的なシールのために、セグメント間の継ぎ手は溶着された。リング間は100mm幅のPVC片を使用し、セグメント間は25mmのPVC片を使用することでシールされた。

マシンは、スポークタイプのカッタヘッドと耐摩耗プレートで、主に粘性土と連続する砂を掘削した。その際、掘削残土は500mm径のシャフトタイプのスクリーコンベヤからロビンスの連続ベルコンシステムによって排土された。

半径400mのカーブに対応するために、中折れ機構が採用された。このシステムは、推進時にシールドの前胴と後胴のそれぞれ独立した動きを許容し、カーブ施工におけるリングの変形問題を解決している。

下水道トンネルは、サクラメント地区の公衆衛生を目的としたUNWI(Upper Northwest Interceptor)下水プロジェクトのために、最大5億6000万ℓ/日の排水を運ぶことになる。プロジェクトは、現在、大雨によってオーバーフローしそうな地域の既存下水処理システムの容量を増加することになる。

全長30kmのUNWI-1と2の下水網は、2010年の最後の四半期には稼働する見込みである。

(WT '10.1.2 担当: 岡村光政・戸田建設(株))



(社)日本トンネル技術協会
国際委員会

ミード湖の第三取水トンネル/Lake Mead Intake Tunnel No.3

TUNNEL, June, 2009

ミード湖はアメリカ最大の人造湖であり、ネバダ州ラスベガスの南東約48kmの位置で、コロラド川がフーバーダムによって堰きとめられることによって作られた。湖の水はカリフォルニア州およびネバダ州へ送られており、ラスベガスでは、給水の90%をミード湖に依存している。本稿で述べられている第三取水トンネルは、近年の渇水の影響によりミード湖の水位が低下していることに対応し、ラスベガスへの給水を安定的に確保するために、既存の取水トンネルよりも低い位置に建設されている。

ここでは、本トンネルで採用されたデュアルモードTBMについて詳述されている。

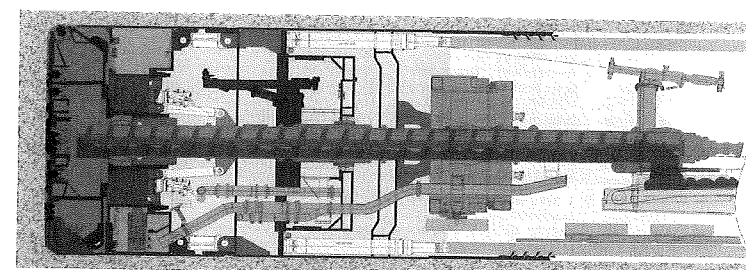
①開放モード
本トンネルの施工条件は、トンネル湧水量が多く、かつ高水圧であると予測されており、1種類のTBMでは掘削が困難と想定されていた。すなわち、掘削に際しては、加圧により切羽を保持しながら掘削する区間と、掘削前に大規模な地盤注入もしくは地盤改良を実施する区間があると考えられた。このような背景から、開放モードと密閉モードを自由に選択できる、デュアルモードTBMが採用された。開放モードの場合、掘削ずりはスクリーコンベヤとベ

ルトコンベヤで搬出されるのに対して、密閉モードの場合、掘削ずりは流体輸送される。また、調査ボーリングおよび地盤改良ができるように、TBMの周囲14か所に削孔可能となっており、120秒以内に開放モードから密閉モードに移行できるような機構となっている。

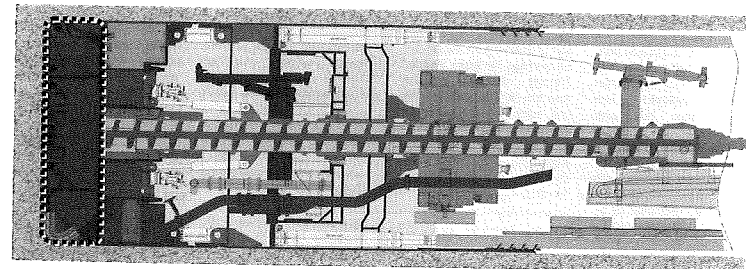
(文責: 小池真史・大成建設(株))

TBM仕様表

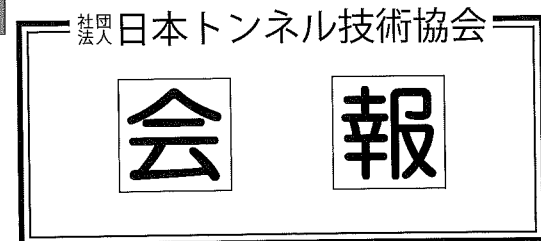
型式	ミックスシールド, デュアルモード
製造者	ヘレンクネヒト社
掘削径 (m)	7.22
全長 (m)	190
総重量 (t)	1,450
カッタヘッド	硬岩用, デュアルモード
カッタサイズ	17"
動力 (kW)	2,800
回転数 (rpm)	0-5
トルク (MNm)	10.1/11.7
推進力 (kN)	70,000(最大100,000)
ずり搬出設備(開放モード) (t/h)	690(連続ベルコン)
ずり搬出設備(密閉モード) (m ³ /h)	1,100
調査ボーリング/地盤注入用削岩機	3機(固定式), 1機(仮設)
削孔パターン	周方向14か所



②密閉モード



デュアルモードTBM



1. 会員の現状

	4月30日現在
正会員	1,422名
団体会員	373名
個人会員	1,049名

2. 第199回理事会, 第69回顧問・評議員会

日時:平成22年4月23日(金) 12:00~13:00

場所:東京商工会議所8階「東商スカイルーム」

出席者:理事24名, 監事3名, 顧問2名, 評議員23名, 計52名

議題:

①入退会について103名の入会と50名の退会を承認

②理事, 評議員の交替を承認

〈理事〉

旧	新	所属役職
土谷 幸彦 大塚 正博 神原 裕一	宮林 秀次 角江 俊昭 土谷 誠	(独)鉄道・運輸機構理事 東京電力(株)フェロー (株)奥村組取締役執行役員土木本部長
船本 隆則 小林 将志	石垣 和男 木村 洋行	(株)熊谷組常務取締役 大成建設(株)代表取締役専務土木本部長
山口 徹 熊谷紳一郎	吉川 大三 澤井 信樹	(株)間組土木事業本部役員待遇顧問 三井住友建設(株)土木本部副本部長

〈評議員〉

旧	新	所属役職
伊吹山四郎 豊島 英明	— 三輪 誠	攻玉社工科短期大学名誉学長 (独)鉄道・運輸機構鉄道建設本部東京支社長
河口 浩二	岡野 哲	本州四国連絡高速道路(株)東京事務所次長
株木 雅浩 日野 峻栄	— —	株木建設(株)代表取締役社長 大日本土木(株)代表取締役副社長

③副会長の互選

旧	新	所属役職
土谷 幸彦	金澤 博	(独)鉄道・運輸機構副理事長

④第36回通常総会議案(案)を承認

3. 委員会の開催状況(4月1日~30日)

①運営広報関係委員会

◎総務委員会

広報小委員会誌WG(4/7)

大島洋志主査ほか15名, 5月号の誌と3か月計画を検討

◎国際委員会

海外文献小委員会対外広報WG(4/16)

早坂治敏主査ほか8名, 原稿を最終確認

海外文献小委員会海外文献広報WG(4/20)

大久保誠介主査ほか19名, 海外文献を査読

海外文献小委員会海外ニュースWG(4/23)

早坂治敏主査ほか4名, 海外ニュースを翻訳

◎事業委員会

事業委員会(4/8)

桑原彌介委員長ほか15名, 平成22年度催物事業計画の検討

計 5回開催 66名出席

②調査研究関係委員会

◎技術委員会

保守管理小委員会(4/13)

伊藤泰司委員長ほか15名, 連載原稿および22年度作業方針を検討

山岳トンネル小委員会支保WG(4/15)

深沢成年主査ほか14名, 報告書原稿を検討

◎受託研究特別委員会

効率的掘削工法特別委員会施工・支保材料WG(4/5)

領家邦泰主査ほか7名, 報告書原稿を検討

効率的掘削工法特別委員会技術資料WG(4/6)

楠本太主査ほか5名, 報告書原稿を検討

効率的掘削工法特別委員会補助ベンチWG(4/7)

鈴木雅行主査ほか11名, 報告書原稿を検討

効率的掘削工法特別委員会中流動コンクリートWG

(4/15)

金田勉主査ほか5名, 報告書原稿を検討

耐震設計検討特別委員会(4/28)

今田徹委員長ほか23名, 対策フローの検討ほか

計 7回開催 87名出席

合計 12回開催 153名出席

4. 国際会議の開催予定

会議名	開催日	場所	主催者等
第37回ITA総会およびコンgres* 「Underground spaces in the Service of a Sustainable Society」	2011. 5. 21~25	ヘルシンキ (フィンランド)	Finish Association of Civil Engineers RIL (フィンランド土木学会) International Tunnelling and Underground Space Association (国際トンネル協会) http://www.wtc11.org/
第38回ITA総会およびコンgres 「Tunnelling and Underground Space for a Global Society」	2012. 5. 18~24	バンコク(タイ)	Thailand Underground & Tunneling Group International Tunnelling and Underground Space Association (国際トンネル協会) http://www.wtc.2012.com/

*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

5. 平成22年度催物開催現況

催物名	開催日
(見学会)	
北海道新幹線本州方津軽蓬田トンネル現場研修会	2010. 6. 4
調布駅付近連続立体交差現場研修会	2010. 6.18
(施工体験発表会)	
第66回(山岳)「山岳トンネルにおける創意工夫事例」	2010.11. 1
第67回(都市)「厳しい施工条件下における都市トンネル工事」	2010.11. 2
(講演, 講習会)	
第13回トンネル技術ステップアップ研修会(シールド部門)	2010秋予定
第14回トンネル技術ステップアップ研修会(山岳部門)	2010秋予定

催物の案内は逐次協会のホームページに掲載いたしますので閲覧くださいますようお願いいたします。一般検索サイトで〈トンネル技術協会 国内催物〉あるいは下記URL入力でたどりつけます。

http://www.japan-tunnel.org/event_japan

6. 新刊図書案内

図書No.	図書名	頒布価格(税込)		
		個人	団体	一般
201001	トンネル年報2010(トンネル工事記録と会員名簿)	2,000	2,000	3,000
	トンネル年報2010工事記録CD-R	10,000	10,000	15,000
201002	Tunnelling Activities in Japan 2010	3,000	3,000	3,600

7月号予告[7月1日発売予定]

- 二車線トンネルへの高規格支保材料の適用
 - 舞鶴若狭自動車道 谷田部トンネル
 - 天然ガス高圧岩盤貯蔵実証試験
 - 北多摩一号・南多摩水再生センター間連絡管工事
- 【連載講座】
- ずり処理入門(7)
 - トンネル保守管理における記録とその活用(1)

*内容等は変更になる場合がございます

編集後記

◆ゴールデンウィーク中、運悪く40kmの渋滞に巻き込まれました。ここまで渋滞すると流れにまかせて走行するしかありません。そこで、渋滞ではどのレーンがスムーズに走行できるか3車線の左側から順番に走行実験をしてみました。左車線は他の2車線より先に行けるとなんだか優越感を感じますが、合流時やPA出入口などで車が増える欠点があります。真ん中の車線は成り行きに任せると感じるのですが、早く進もうと思わなかったら比較的気軽に運転できます。追い越し車線は、他の2車線より早く進まないところを走る意味がないという感じがして、他の車線が流れ出すと「イライラ」してきます。結局どこを走っても渋滞を抜けるまでは大きな違いはないようです。渋滞中は、あまり車線変更せずに車間距離をとって安全に走行するのがよいようです。こんなことをやりながら目的地に到着するまでに通常の3倍以上かかりました……。

◆本誌でも紹介させていただきました首都高の山手トンネルを走行する機会がありました。大橋JCTで自走式の地下駐車場のようにくるくる回りながら山手トンネルへ導かれました。トンネル内は明るく断面も大きいため約10kmのトンネルですが圧迫感もなく走行しやすい印象を持ちました。また、途中で断面形状が変わっているところがあるのがわかります。運転中でじっくり見ることができませんでしたが、機会があったらぜひ走行してみてください。大橋JCTでは、スピードの出しすぎに注意してください。

(K.Y)

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

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

トンネルと地下

第41巻 第6号 [通巻478号]

ISSN 0285-631X

Tonneru to chika

平成22年5月20日 印刷

平成22年6月1日 発行

社団法人日本トンネル技術協会

会長 佐藤 信彦

〒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.japan-tunnel.org>

発行所 株式会社土木工学社

〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16

番地メイジャー神楽坂

TEL: 03-3267-2888

FAX: 03-3267-2807

<http://www.tunnel.ne.jp>

発行人 山本 育徳

編集人 山本 勝誉

印刷 新協印刷株式会社

本誌の購読について

■購読をご希望の方は、書店または土木工学社へ直接お申し込みください。

■お申し込みの際は、誌名、購読期間、住所、所属、氏名などを明記のうえ、FAX(03-3267-2807)にてお申し込みください。後日、本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本社「トンネルと地下」営業部までご連絡ください。

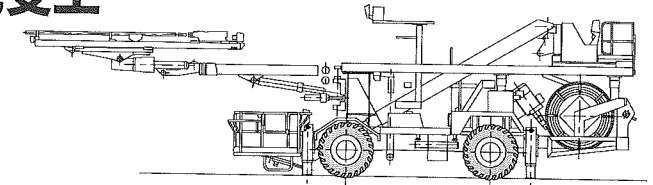
TEL: 03-3267-2888

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、本社(03-3267-2888)までご連絡ください。

環境対応型長尺鋼管先受工

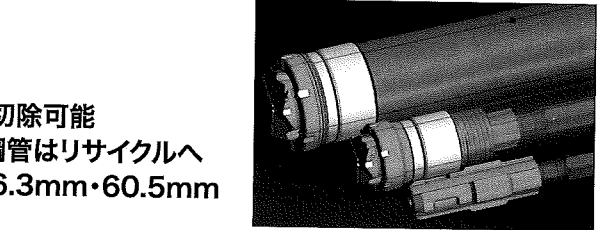
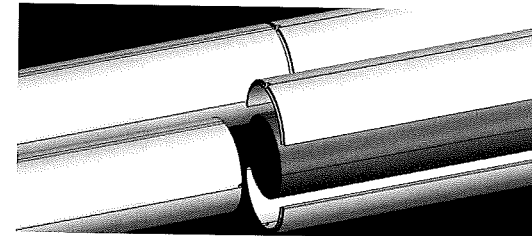
TOHO AGF System

All Ground Fastening;
Long-Distance, Fore-Pilling Method

AGF-Me工法

- トンネル掘削時に露出した末端管を容易に切除可能
- 硬化注入材と鋼管を容易に分別処理して、鋼管はリサイクルへ
- 豊富なサイズ、114.3mm・101.6mm・76.3mm・60.5mm

最後端部に接続される鋼管は、縦貫通スリット管を用いることにより、掘削時に露出した鋼管を折り曲げ除去するだけで、内部の硬化した注入材と鋼管とを分離して、分別処理を簡便に行えるようにした環境対応型長尺鋼管先受工です。



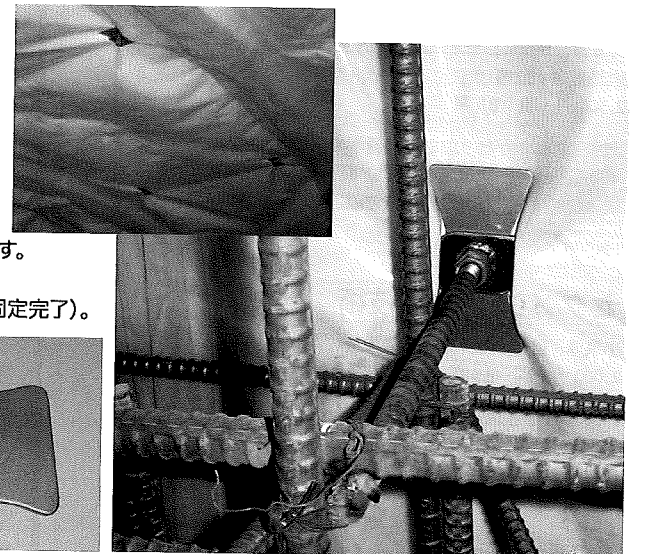
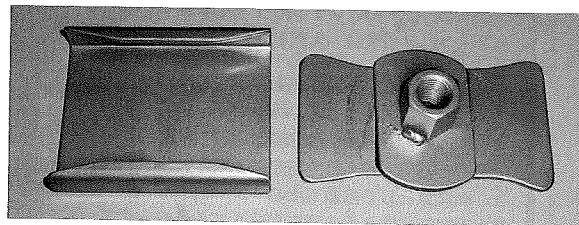
防水シート非貫通型鉄筋吊り金具

TKグリッパー

- 防水シートへの穴あけ不要
- 一人で容易に取り付けが可能
- 外れ防止機構付き、施工後の高い安全性

固定方法は3ステップ

1. 支保工へ溶接したグリッパーに防水シートを当てます。
2. 回転プレートを押し込みます。
3. ナットを回し、止め位置まで90度右回転します(固定完了)。



東邦金属株式会社 TOHO KINZOKU Co., LTD

東京営業部

〒107-0052

東京都港区赤坂2-19-8 赤坂2丁目アネックス6F

Tel: 03-5545-7900 Fax: 03-5545-7905

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

株式会社 トーキョーオール

〒210-0854

神奈川県川崎市川崎区浅野町4-11

Tel: 044-333-0012 Fax: 044-333-0321

(お問い合わせ先)

わかりやすいトンネルの発破技術

山田隆昭 監修
1,500円＋税 B5判

火薬類や発破技術の基礎的な知識から最新の技術まで幅広く取り上げ、また、火薬類を使用するうえで避けては通れない振動や騒音などの環境対策についても詳しく解説。



建設工事の保安地質学〔改訂版〕

石井康夫 著
6,000円＋税 A5判

建設技術者に必要な地質・岩石・岩盤などの基礎知識と酸欠・有害ガス・ガス爆発・湧水などの建設災害について、著者の経験を交えながらまとめた。



多様化するシールド掘進技術

シールド工法技術協会 監修
2,500円＋税 B5判

近年に開発、実用化された29工法を整理、体系化するとともに、各工法の境界、システム・考え方の違い、適用での留意点などをわかりやすく説明した。



地質工学概論

菊地宏吉 著
4,757円＋税 B5判

土木構造物や岩盤構造物の計画・調査から設計・施工において必要と地質や岩盤に関する情報を得るために必要な理論および技術を平易に解説した。



ブロック理論と岩盤工学への応用

R.E.グッドマン・G.H.シー 共著、
吉中龍之進・大西有三 共訳
4,855円＋税 A5判

岩盤内に分布する不連続面と掘削面などの自由面の間の三次元的幾何学的関係から安定に影響する岩塊を見出す新手法を解説。



岩盤の計測と解析

鈴木光 著
4,200円＋税 A5判

地質や地盤の事前調査と測定、工事中の施工管理計測、さらには、地盤や構造物の変形や応力分布に関する予測解析などの計測法と解析法を解説した。



推進工法の理論と実際

マックス・シェルレ 著 野田典宏 訳、
中本至・石橋信利・金成英夫 監修
8,500円＋税 B5判

推進工法の理論を、多くの挿図を用い解説した。日本の現在の推進工法の基本となった原著を斯界の権威が翻訳・監修。



シールドトンネルの新技术

シールドトンネルの新技术研究会 編
4,660円＋税 B5判

シールド工法について変遷から将来の開発の動向にいたるまで広範にわたり掲載した。シールドトンネルの計画・設計・施工に用いるときに参照しやすくまとめた。



山岳トンネルの新技术

ジェオフロント研究会 編
14,573円＋税 B5判

NATMによるトンネルを施工する際の基本事項を概説するとともに、1990年頃までに実用化された各種工法・補助工法について理論から施工のポイントを掲載した。



わかりやすいトンネル技術入門〈都市トンネル編〉

橋本定雄・松本崇義・松本正敏 共著
2,800円＋税 A5判

都市の代表的な地下施設である地下鉄、下水道、下水道の各トンネルについて、それぞれの主だった工法ごとに計画から施工まで実例をまじえてわかりやすく解説した。



ジオテクスタイル設計マニュアル

T. A. Haliburton・J. D. Lawmaker・
V. C. McGuffey 共著、
田中茂・山岡一三・廣田泰久 共訳
8,000円＋税 A5判

ジオテクスタイルの交通施設への利用について詳述された1981年の報告書を完訳。



海洋資源開発

稲田善紀 著
3,400円＋税 A5判

海洋の石油・天然ガス・石炭などのエネルギー資源と、マンガン・ジュールの鉱物資源、また、海洋エネルギーなどの開発と利用についてまとめた。



わかりやすい土质地質学

大島洋志 監修
2,500円＋税 B5判

土木工事にかかわりのある地質学の基礎知識を盛り込み、土木工事において問題となる地質事象や、各種地質調査の原理についてわかりやすい解説を与えた。



わかりやすいトンネルの力学

福島啓一 著
5,825円＋税 B5判

トンネルを掘るときに、どのような力学的な問題が生じるかについて、わかりやすく解説した。トンネル工学の理論と実際が統一されることを願って記された一冊。



岩盤地下空洞の設計と施工

E. フック・E.T. ブラウン 共著、
小野寺透・吉中龍之進・斉藤正忠・
北川隆 共訳
9,800円＋税 B5判

岩盤内に地下空洞の設計を行うための地盤工学上の基本的事項について詳述した。



トンネルと地下

1,500円＋税 B5判 月刊(毎月1日発売)

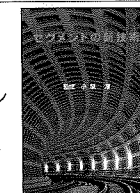
日本で唯一のトンネルと地下構造物の専門月刊誌。研究、調査・設計から施工にいたるまで、その時点での技術的問題点を中心に、業界の動向などをあわせて網羅しながら、新鮮な情報を提供する。



セグメントの新技术

小泉淳 監修
2,000円＋税 B5判

1990年代から急速に機能が拡大したシールド用セグメント34種を掲載。セグメントの設計・施工の際に利用しやすいよう各々の特徴を整理して掲載した。



地下水の科学 I～III(全3巻)

P.A. ドミニコ・E.W. シュワルツ 共著、
地下水の科学研究会・大西有三 監訳

地球という複雑なシステムを循環する水、とくに地下水循環を考え、汚染地下水など環境問題を地下水理学の立場から取り扱うため、水の物理的・科学的性質、地球の状況、水資源としての地下水の状況、地下水の水理学的特性とその調査方法などをわかりやすく解説した。



建設工事の地質診断と処方

石井康夫・矢嶋壯吉 共著
4,300円＋税 A5判

地質の基礎知識を説明して、調査・試験方法とその判断と評価について解説を加え、地すべり・斜面崩壊・山岳・都市トンネル・ダムなどの地質診断の要点を解説。



続きみの庭にも温泉が出る

石井康夫・俣野恭寛 共著
1,200円＋税 新書判

温泉開発における一般論から探査技術についてまとめ、今後の温泉開発の考え方を、外国の事例も交えながらわかりやすくまとめた。



トンネル工事の衛生と環境保全

白谷三郎・橋本康孝・友田孝 共著
3,200円＋税 A5判

トンネル工事の際の労働衛生と環境保全の検討に有用な項目について、医学分野の知見から職業性疾患や有害環境条件、健康障害、衛生管理、保護具などを解説した。



書籍のお申し込み

ご注文は当社へFAXまたは、書店にてお申し込みください。FAXでご注文の際は、書名、部数、送り先、氏名、電話番号を明記のうえ下記までお送りください。

株式会社 土木工学社

〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16 メイジャー神楽坂
TEL: 03 3267 2888 Fax: 03 3267 2807

覆工コンクリート湿潤養生システム パラソル30ミスト工法

1. 一週間湿潤状態を保ち乾燥収縮によるひび割れを抑制
2. パラソル内でミストを噴出するため坑内の視界が良い
3. 天井部から吊っているためレール敷設が無く移動が簡単
4. 超細霧のため効率的な養生が出来て路盤の泥濘化を防止

NETIS登録申請中



NATMトンネル二次覆工コンクリートを最適に仕上げます

特許出願中



菅機械工業株式会社

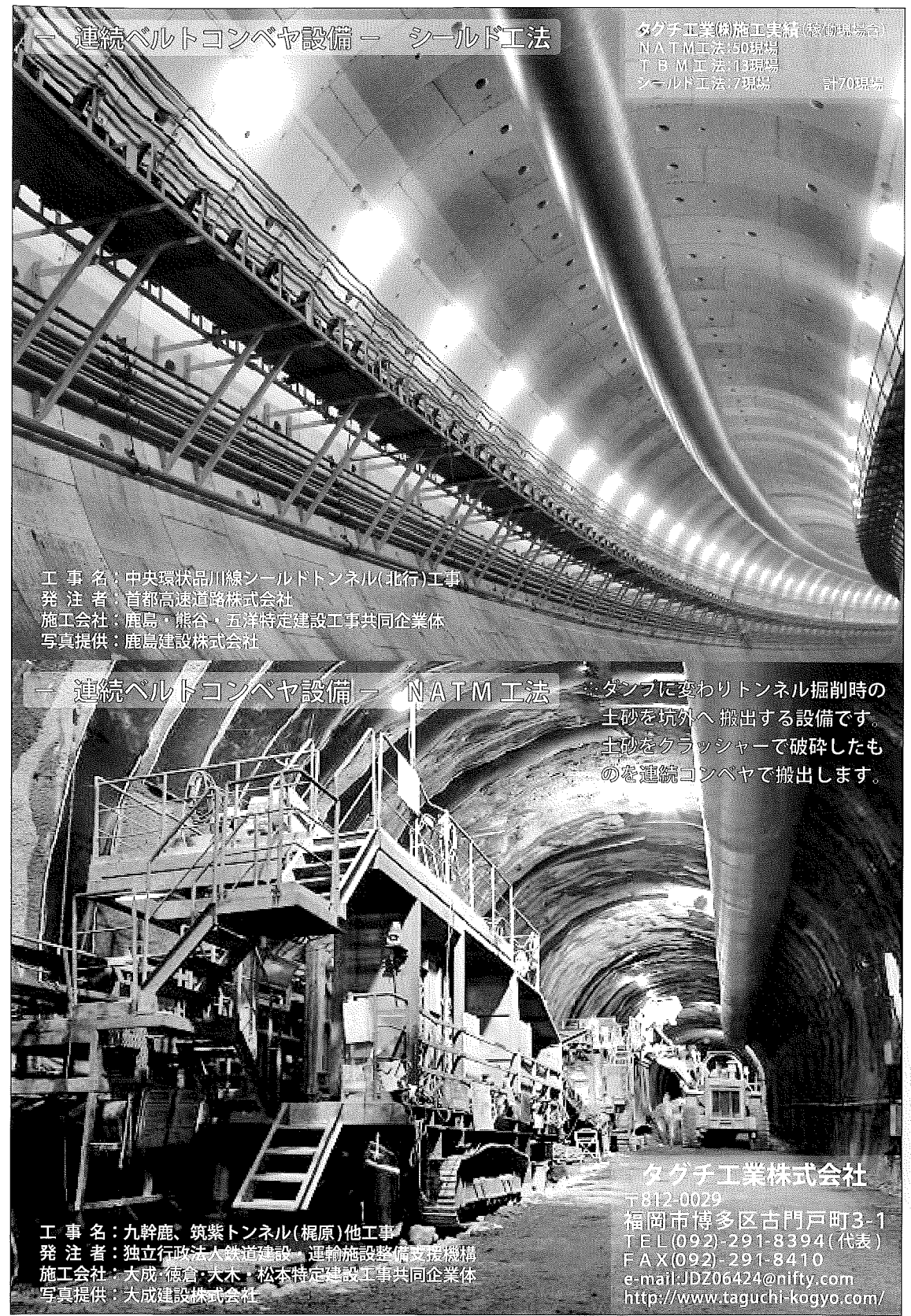
URL <http://www.suga-kikai.co.jp>

本社・大阪支店	〒550-0015	大阪府大阪市西区南堀江3-9-27	TEL 06(6541)7931
東京支店	〒101-0021	東京都千代田区神田司町2-8-4	TEL 03(5296)0551
福岡支店	〒812-0013	福岡県福岡市博多区博多駅東1-13-9	TEL 092(431)7181
名古屋営業所	〒455-0008	愛知県名古屋市港区九番町3-37	TEL 052(653)2491
京都営業所	〒615-0022	京都府京都市右京区西院平町25	TEL 075(314)4460

本製品は特許出願中の技術であり、弊社はその特許出願について製品の実施権許諾を受けております

連続ベルトコンベヤ設備 シールド工法

タグチ工業(株)施工実績(特許現場)
NATM工法:50現場
TBM工法:13現場
シールド工法:7現場 計70現場



工事名: 中央環状品川線シールドトンネル(北行)工事
発注者: 首都高速道路株式会社
施工会社: 鹿島・熊谷・五洋特定建設工事共同企業体
写真提供: 鹿島建設株式会社

連続ベルトコンベヤ設備 NATM工法

ダンプに変わりトンネル掘削時の
主砂を坑外へ搬出する設備です。
主砂をクラッシャーで破碎したも
のを連続コンベヤで搬出します。

工事名: 九幹鹿・筑紫トンネル(梶原)他工事
発注者: 独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構
施工会社: 大成・徳倉・大木・松本特定建設工事共同企業体
写真提供: 大成建設株式会社

タグチ工業株式会社

〒812-0029
福岡市博多区古門戸町3-1
TEL(092)-291-8394(代表)
FAX(092)-291-8410
e-mail: JDZ06424@nifty.com
<http://www.taguchi-kogyo.com/>