

トンネルと地下 **11**

vol. 45
no. 11
2014

Tunnels and Underground

線路下を鋼板で先行防護し小断面地下通路を構築

道路トンネルで初めて超長尺先進コントロールボーリングを採用

腐植土下の軟弱地盤でシールドを施工

北陸新幹線(金沢・敦賀間)最長の新北陸トンネルに工事着手

飽和度に応じた粘着力の変化と地下水圧を考慮した切羽安定評価法

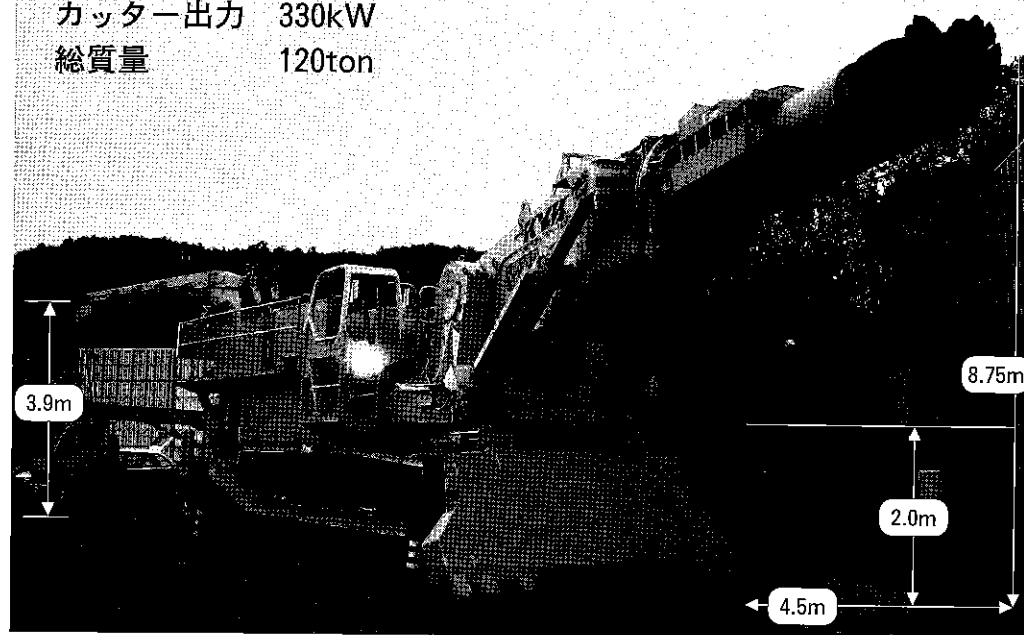
日本トンネル技術協会誌



ミニベンチ工法 両用型 ショートベンチ工法

RH-10J-SS 強力型ブームヘッダー

カッター出力 330kW
総質量 120ton



主な特長

- ・カッター出力は330kWで、強力な掘削力を実現し、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（ケーブルランギアを除く）
- ・定位置最大切削範囲は、高さ8.75m×幅8.75m
- ・高圧水ジェット噴射で粉塵抑制とビック消費量低減。
- ・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 〒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
カスタマーサービス 〒252-0328 神奈川県相模原市南区麻溝台1丁目12番1号 TEL 042-767-2586
相模事業所 〒564-0063 大阪府吹田市江坂町1丁目23番地20号 TEK第二ビル TEL 06-6387-3371
大阪支店 〒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
西部支店 〒514-0396 三重県津市雲出長常町1129番地11 TEL 059-234-4111
三重工場

NETIS
公共工事等における新技術活用システム
登録番号: TH-100024-A

お待たせしました!

吸引捕集方式対応

ファン動力30kW
換気電力を格段に低減

48m²の設置例

トンネル工事用 電気集じん器

e-DUSCO
イーダスコ・ニーヨンマル

経済産業省後援
第39回優秀環境装置
日本産業機械工業会 会長賞

クラス最高の集じん効率95%
従来の電気式では達成できなかった
95%以上の高集じん率を確保。

現場メンテナンスは手間いらず
放電電極は丈夫で長持ちするブレード式により
断線故障無く安心して御使用頂けます。
捕集した粉じんもラクラク処理。

微細粉じんも逃さない電気式
電気式だから人体に有害な微細粉じん
(0.2~7μm)も捕集できます。

大風量と省エネを同時に実現
安定した処理風量で電力負荷低減とCO₂削減
を実現するエコ製品です。

仕様	
品名	e-DUSCO240
型式	FTE2400-E
集じん装置の容量	1800・2100・2400m ³ /min 任意設定の4モード
全長※1	7411mm (サイレンサ含む)
全幅	2350mm
全高※2	3700mm
本体重量	10t
電源仕様	3相3線400V58kVA
ファン動力	30kW
消費電力	23kW・28kW・33kW・任意 (伸縮風管接続時と同じ)
洗浄水	2.4m ³ /回※3
捕集ダスト処理	湿式
集じん効率※4	95%以上

※1 入口ダクト及び絞りダクトは含みません。
※2 台車の高さは含みません。
※3 機種により多少異なります。
※4 JIS Z 8808 並びに
換気技術指針(H24.3)に定める試験方法に
基づき測定した値です。
注) 伸縮風管システムは本体には含まれません。

△ 古河機械金属グループ
古河産機システムズ株式会社 URL: <http://www.furukawa-sanki.co.jp/>

本 社 〒100-8370 東京都千代田区丸の内2-2-3
第三営業部 ☎03-3212-6575
大阪支店 ☎06-6344-2532 名古屋支店 ☎052-561-4580 札幌支店 ☎011-784-1179
東北支店 ☎022-221-3532 九州支店 ☎092-741-5193 小浜木工場 ☎0285-23-8662

K series

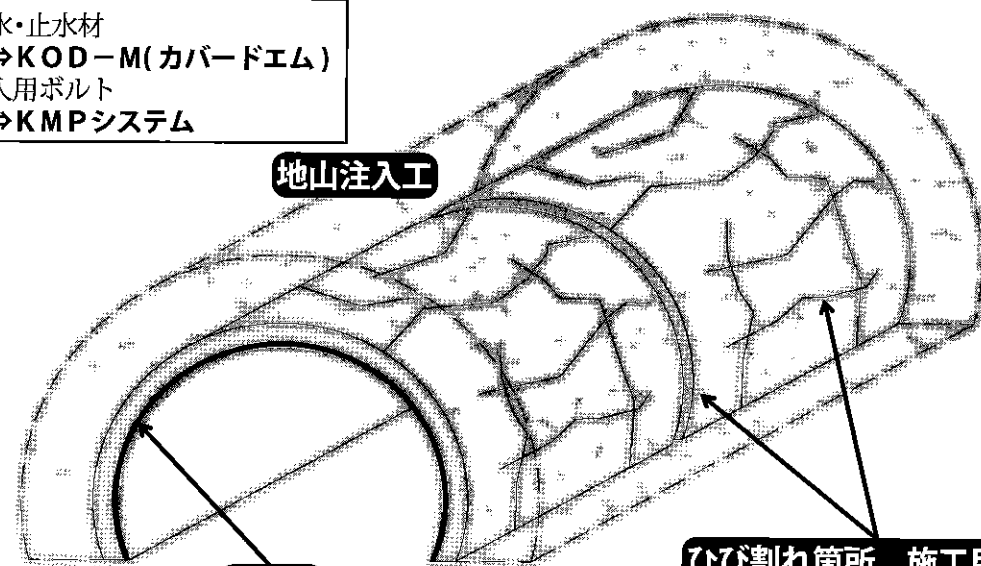
カテックスの補修・補強材料

当社は、注入式フォアポーリングや長尺フォアパイリング、長尺鏡ボルトなど山岳トンネル工事の補助工法における樹脂系の注入材のパイオニアとして、数多くの実績を築いてきました。一方、老朽化してきている既設トンネルにおいては、適正に維持管理をし延命化するための補修、補強工事が行われています。これらに対応して、当社の樹脂系注入材の豊富なノウハウと技術力を活用して、既設トンネル補修、補強工事に適する樹脂系材料「Kシリーズ」を開発しました。

このKシリーズには、①減水止水材料あるいは地山注入工として適用する圧縮強度 60MPa 以上を有する高強度ウレタン系注入材「KOD-M(カバードエム)」②空洞充填工や裏込め注入工として適用する高発泡ウレタン系注入材「KCF(シーエフ)」③滞水弱層におけるロックボルト工の定着材として適用する湧水に流されことなく即効果を発揮するウレタン系ロックボルト定着材「KUF(クフ)」があります。

いずれも山岳トンネル工事の補助工法における樹脂系注入材で培われたノウハウと環境保全を優先する技術力を注ぎ込んで開発しています。

減水・止水材
⇒KOD-M(カバードエム)
注入用ボルト
⇒KMPシステム



防水工

防水シート
⇒スーパーシート
⇒EMBOシート

ひび割れ箇所、施工目地部
への漏水対策工

減水・止水材
⇒KOD-M(カバードエム)

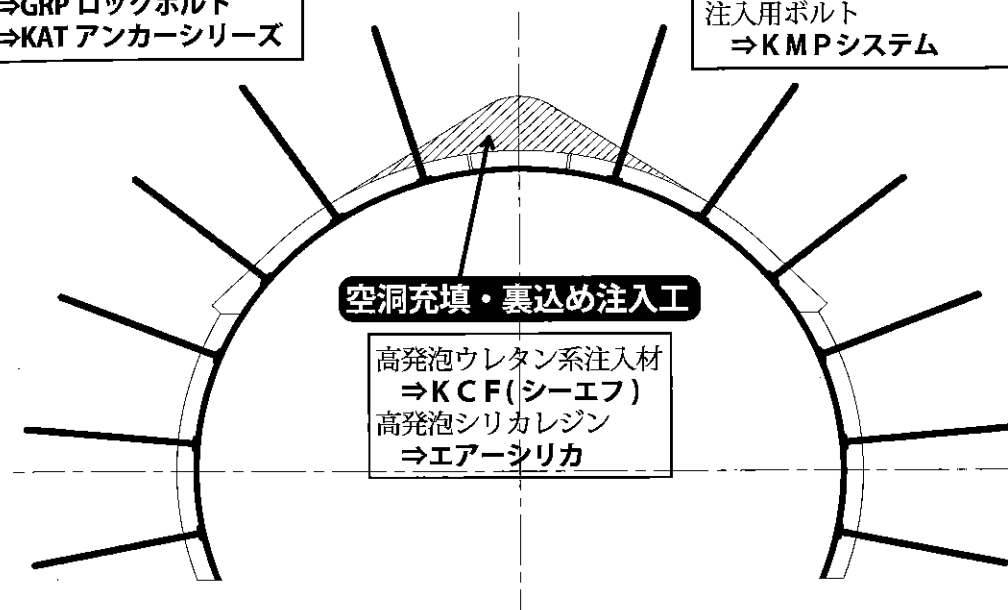
ロックボルト工

ロックボルト材
⇒ツイストボルト
⇒異形棒鋼ロックボルト
⇒GRP ロックボルト
⇒KAT アンカーシリーズ

ウレタン系ロックボルト定着材
⇒KUF(クフ)
⇒高強度シリカレジン(SRC)

背面注入工

背面注入材(減水止水材)
⇒KOD-M(カバードエム)
注入用ボルト
⇒KMPシステム



空洞充填・裏込め注入工

高発泡ウレタン系注入材
⇒KCF(シーエフ)
高発泡シリカレジン
⇒エアーシリカ

営業品目

- ・スーパーシート(防水シート)
- ・EMBOシート(防水シート)
- ・高耐力ロックボルト
- ・ロックボルト定着材
- ・減水止水材(KOD-M)
- ・各種注入材
- ・濁水処理設備
- ・アルカリフリー型液体急結材AFK-777J
- ・ツイストボルト/異形ロックボルト
- ・GRPロックボルト
- ・空洞充填材(高発泡ウレタンKCFシリーズ)
- ・切羽対策工全般
- ・コンクリート被膜養生剤クラテキュア
- ・建設資材全般

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.jp/>

技術部・中部営業部

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

東京支店

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

東京支店(仙台事務所)

TEL) 022-344-6041 FAX) 022-344-6042

R²C(スキューアル)工法研究会 事務局 (株)カテックス 内 TEL) 052-331-3997

関西営業所

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

九州営業所

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

北海道地区(株)エイチ・アール・オー

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

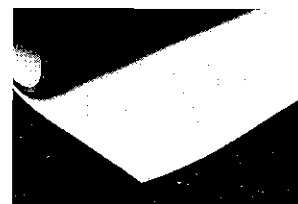
ウォータータイトトンネル 防水システム



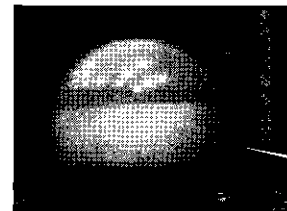
非排水型防水システム用メンブレン
KFCタイトライナー

シート防水材

- KFCタイトライナー
追随性・溶着性・耐破損性の優れた防水シート
- シグナルレイヤー
防水シート損傷部の発見が容易なシグナルレイヤー付防水シート
- 裏面緩衝材
長繊維不織布から透水性の優れた立体網状体まで豊富なバリエーション



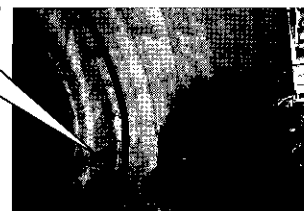
シグナルレイヤー付防水シート



シート多軸伸び試験



シグナルレイヤーに付いた傷



漏水対策システム

- ストリップグラウト
打継目からの漏水対策
漏水発生ブロックの特定
- リペアシステム
クラックや打継目からの恒久止水対策

基本システム

- ウォーターバリア
打継目からの漏水防止および漏水範囲の限定
- コンタクトグラウト
被圧された地下水から防水シートの損傷防止

KFC 株式会社 ケー・エフ・シー

土木資材事業部(東京) TEL(03)6402-8251 FAX(03)6402-8255
土木資材事業部(大阪) TEL(06)6363-1884 FAX(06)6313-0755

1本1本が大切! だから
次世代 防食 ロックボルト

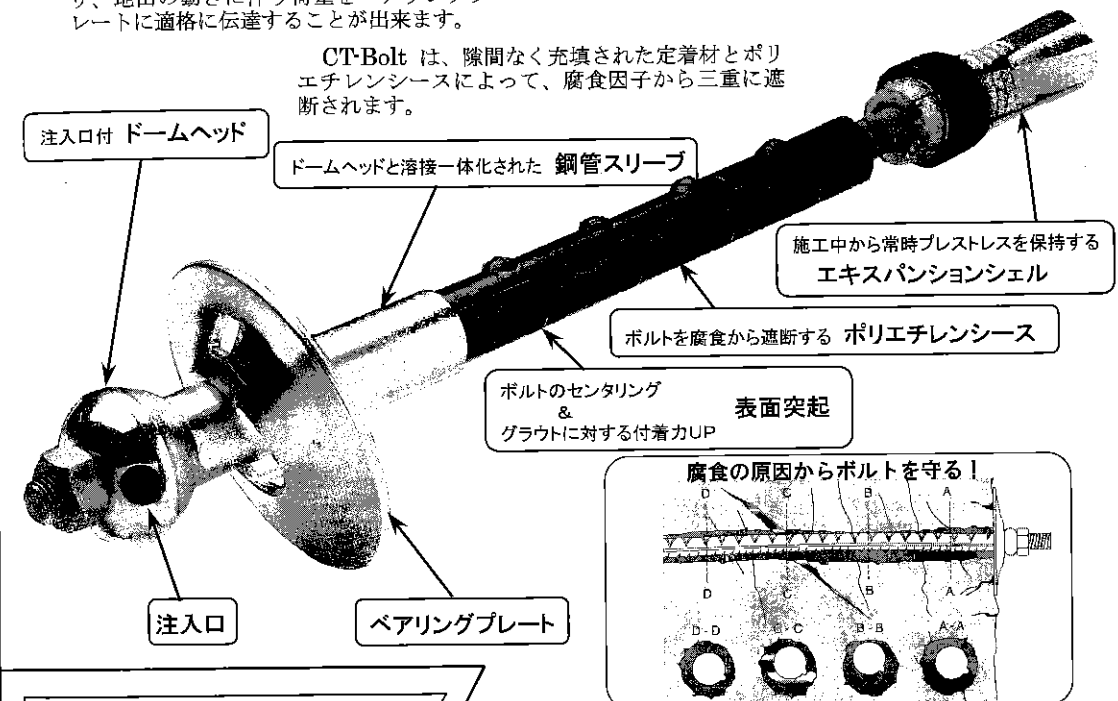
CT-Bolt

Orsta Stål

通常施工により超長期支保

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

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



CT-Bolt の定着は・・・

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



完全充填

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

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

総発売元

Your Fastening Partner

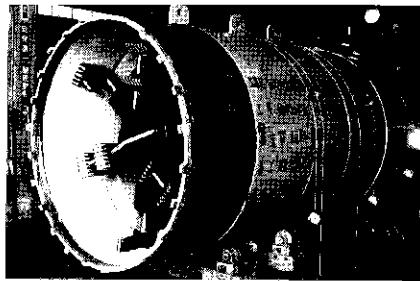
KFC 株式会社 ケー・エフ・シー

〒105-0011 東京都港区芝公園2丁目4番1号
お問い合わせ先 TEL: 03-6402-8256
技術部 FAX: 03-6402-8255

超流バランスセミシールド工法

超流セミシールド協会

貫入リング押し出し回転切削型接合法



φ1500mm 貫入リング回転切削型掘進機(接合切削時)

① 人孔直接到達

② 到達作業省略形

③ 到達地盤改良省略

④ 急曲線・高深度施工

貫入リング回転切削型接合法の特徴

- 呼び径φ800~φ1500に対応可能(それ以上はMELIT)
- PC・RC・鋼製セグメント等の既設構造物を直接切削接合可能
- 大規模な到達地盤改良が不要(掘進機内注入可)
- 人孔等の直接到達後、内部取組装置を推進側へ迅速に引戻しが可能(駆動装置引き戻し再設置可能)
- 急曲線・高深度施工に対応可能
- 軟弱層~玉石・砂礫層に対応可能

密閉型先受け長距離・曲線パイプルーフ工法



φ1016mm鋼管対応リターン回収機能付掘進機

① 地下水位以下の施工が可能

② 高水圧対応

③ 長距離・曲線施工

④ 到達立坑不要

密閉型先受け長距離・曲線パイプルーフ工法の特徴

- JIS鋼管φ812~φ1216に対応可能(角鋼管も対応可能)
- 密閉型掘進機のため、高水圧下においても施工可能
- 長距離・急曲線推進が可能
- 軟弱層~粘性土層~硬質土層に対応可能
- 到達回収立坑がない場合でも、迅速な引き戻し回収が可能

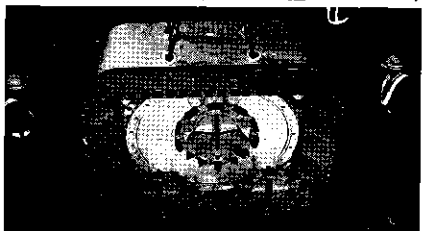
ボックス推進工法

ボックス推進工法協会 NETIS QS-100019-A

多軸自転・公転掘進機(内空寸法□3000×3000)



多軸自転・公転掘進機(内空寸法□2800×1800)



① 経済性

② 工期短縮

③ 狭路施工技術

④ 地表面への影響低減

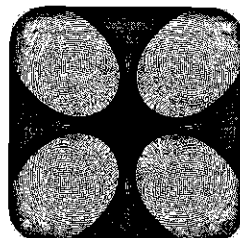
⑤ 短距離からの施工

ボックス推進工法の活用例

- 電力管路や通信管路の構築
- 開かずの踏切の解決策として、軌道下の人道通路の構築
- 高速道路盛土区間の横断通路の構築
- 必要流量を確保した下水函渠・雨水函渠の構築
- 先受け大断面アンダーパス工事の構築

ボックス推進工法の特徴

- 低土被り推進が可能
- 長距離・曲線推進が可能
- PC・RCボックスカルバート函体および角鋼管に対応可能
- 密閉型のため切羽の安定性に優れ、地山の緩みを防止可能
- 高トルク掘進機のため、多様な土質に適用可能
- 工場製品のボックスカルバート函体を直接推進するため、迅速な施工が可能



カッタービット軌跡

協会事務局・技術本部 株式会社アルファシビルエンジニアリング

αCIVIL

〒812-0015福岡市博多区山王1丁目1番18号
TEL (092) 482-6311 FAX (092) 482-6363
E-mail: arfa@oregano.ocn.ne.jp
URL http://www.alpha-civil.com

建設コンサルタント登録番号: 建23第8677号
測量登録番号: 登録第(2)-30507号
建設許可番号: 国土交通大臣許可(特-23)第19193号

※各工法協会名簿については、ホームページをご参照下さい。

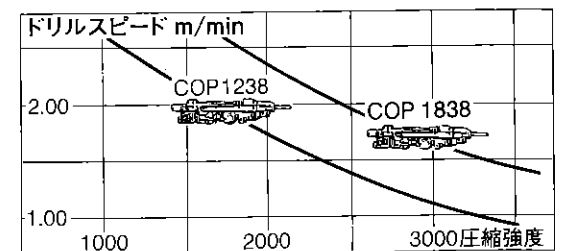
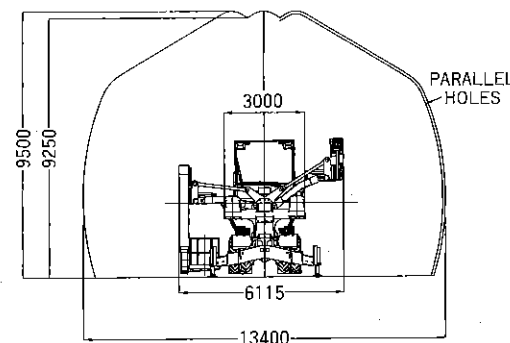
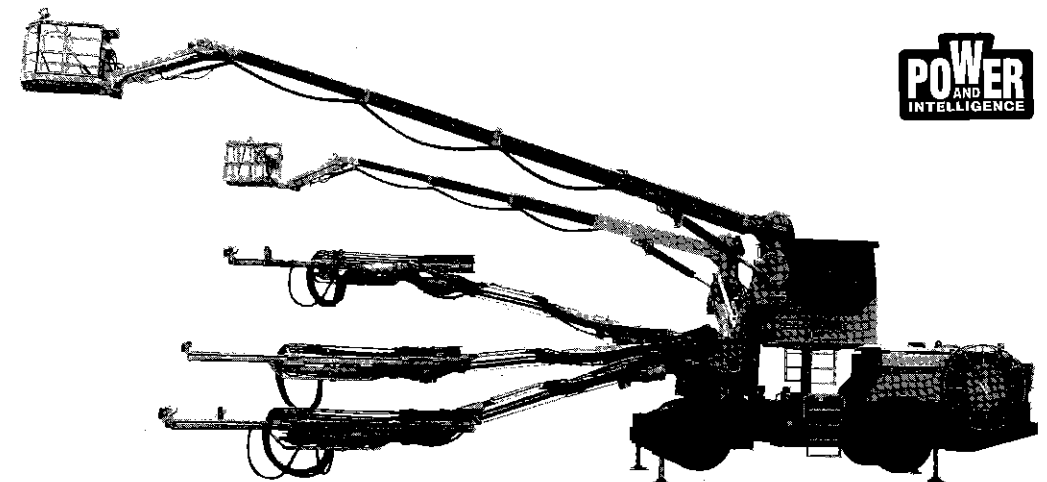
アトラスコプコ・コンピュータジャンボ

The Next Generation ロケットブーマーL3C-2B

COP1838油圧ドリフター搭載

3ブーム・2バスケット

POWER
AND
INTELLIGENCE



ドリルマシン株式会社
DRILL MACHINE CO., LTD.

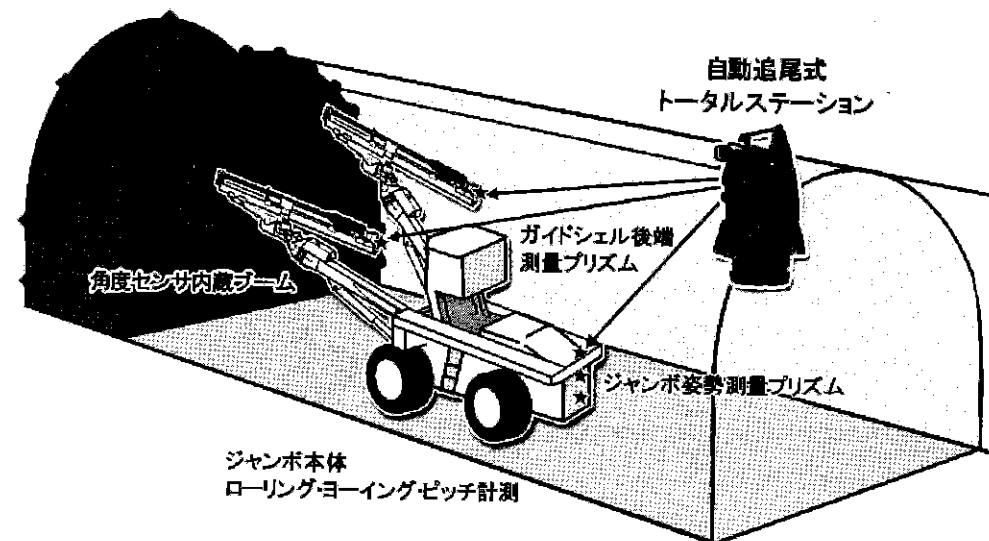
本社 〒116-0014 東京都荒川区東日暮里 6-16-8 桂ビル5階
TEL (03) 3806-3377 FAX (03) 3806-8461
関西支店 〒657-0864 兵庫県神戸市灘区新在家南町5-8-4
TEL (078) 802-5551 FAX (078) 802-5528
東北営業所 〒024-0055 岩手県北上市大堤南 2-1-38
TEL (0197) 72-7416 FAX (0197) 72-7418
九州営業所 〒830-0021 福岡県久留米市篠山町 12-3-301
TEL (0942) 27-5992 FAX (0942) 27-5993
兵庫工場 〒679-1332 兵庫県多可郡多可町加美区大袋川端454-3
TEL (0795) 36-0461 FAX (0795) 36-0467

NETIS登録番号:KK-100049-A

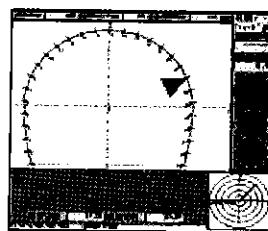
自動追尾式余掘り低減システム

国土交通省 公共工事等における新技術活用システム『NETIS』に登録。

自動追尾式測量器(トータルステーション)との連動により、外周装葉孔の高精度さく孔を可能にしました。余掘量の低減に効果を発揮し、余吹き・覆工コンクリート量を低減することが可能です。



■ディスプレイ表示



さく孔位置・さし角表示

1. 最も重要な外周孔(追尾視準範囲)に限定することにより、従来のナビゲーションと比較し低コストを実現しました。
2. ガイドシェルの後端のターゲットを自動追尾することにより常に高い精度を得る事ができます。
3. 自動測量により本体セットアップが簡単に行なえます。
4. 操作方法が簡単でオペレータへの特別な教育を必要としません。

多数の採用実績および余掘り低減の実績を有する本システムのご用命は

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

FRD 古河機械金属グループ 古河ロックドリル株式会社

〒103-0027 東京都中央区日本橋1-5-3

特機部
TEL:03-3231-6966 FAX:03-3231-6993

流機エンジニアリングだから出来ること お客様の「できたらいいな」を実現します

吸引ダクト SUPERLIGHT

〔重量 1/2+オーバーハングノズル 新型〕



超低騒音ファン EZ-Q シリーズ

EZ-3000Q : (3000 m³/min 220kW) Coming soon !

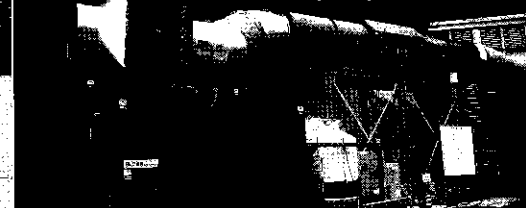
EZ-2000Q : (2000 m³/min 150kW)

74dB

省エネ

CO₂ 削減

トンネル用冷房装置
トンネルクーラー



除染事業対応装置のご提案 『除染作業を大幅に省力化できます』



集塵・換気設備 (10 m³/min ~ 3000 m³/min)

バキュームシステム

エジェクターユニット (コンプレッサーエアによる移送装置)

最適環境を創造する
株式会社 流機エンジニアリング

〒108-0073 東京都港区三田 3-4-2 いちご聖坂ビル

TEL: 03-3452-7400

URL: <http://www.ryuki.com/>

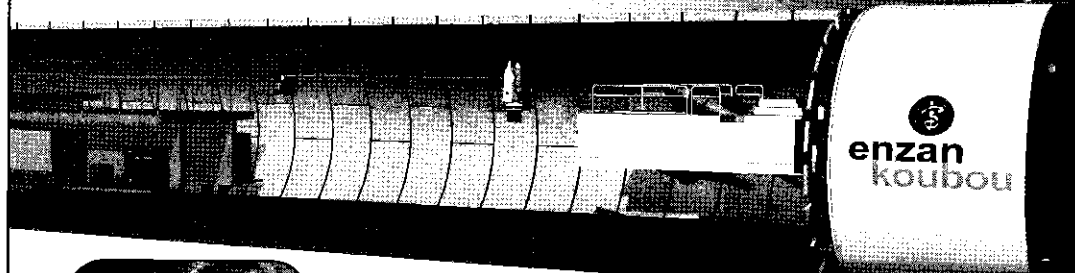
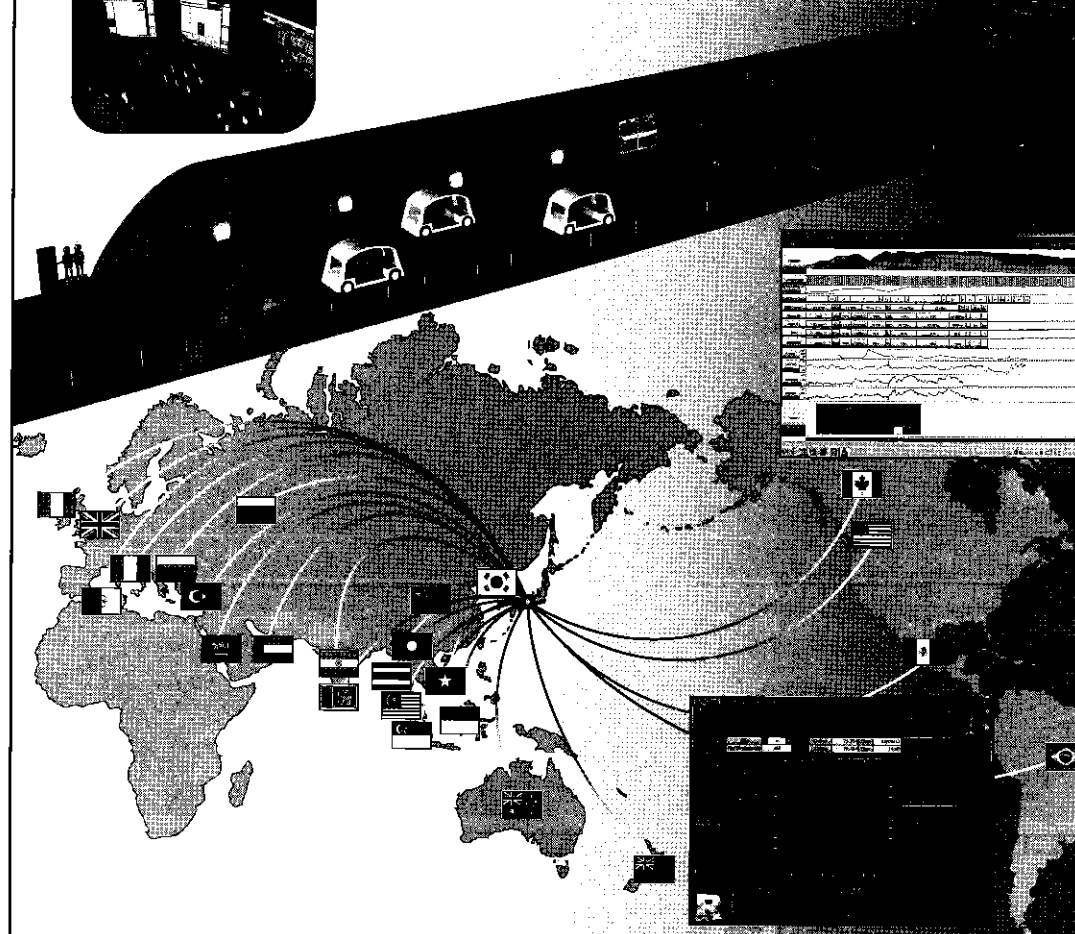
E-mail: eigyobu@ryuki.com



Easy to handle, Difficult to imitate.

GUIDANCE & LOGGING & SURVEY system for TUNNEL

Our target will be No.1 tunneling system company in the world



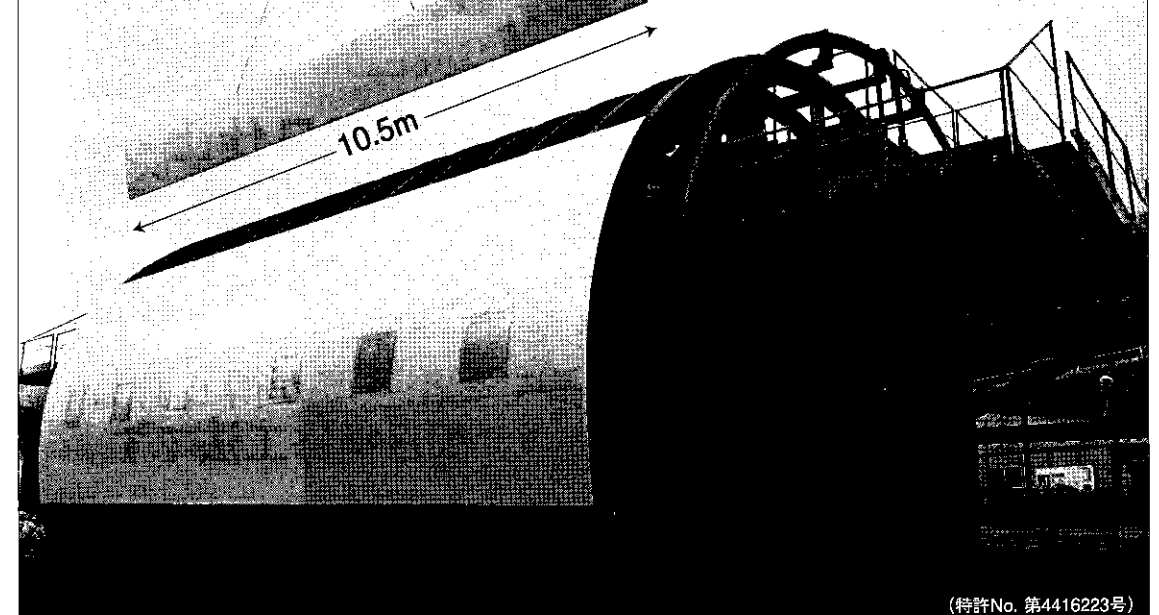
from Kyoto/Japan to the world.

ENZAN KOUBOU CO., LTD (www.enzan-k.com)



新着ニュース FRPセメントによる 覆工コンクリートの密実性を検証

初期養生FRPセメント ハイパーフォームG



(特許No. 第4416223号)

■透気試験状況



国土交通省東北地方整備局横道トンネル 機フタ施工

国土交通省東北地方整備局が発注した東北中央自動車道(相馬～福島)の横道トンネル工事(全長1,492.8m)において、トンネル全線(非常駐車帯部を除く)で採用したFRP製セメントと非常駐車帯部で使用した鋼製セメントで施工された覆工コンクリートの表層部分の透気係数を測定することにより、コンクリートの中性化速度係数が30%～50%程度低下し耐久性が大幅に向上する事が実証された。

特徴

1. すぐれた断熱効果により、保温養生を実現(鋼製型枠に対し熱伝導率1/150以下)
2. 外気の温度変化に対する影響が少なく、寒冷地に最適
3. 剥離性がよく、ケレン作業が低減

M.K.E 株式会社 エムケーエンジニアリング

■ 本社 〒553-0006 大阪市福島区吉野1-20-30 阪神野田駅前ビル TEL:06-6443-7080
 ■ 九州営業所 〒812-0011 福岡市博多区博多駅前2丁目20番1号 TEL:092-409-8008
 ■ 指定工場 〒919-0441 福井県坂井市春江町定重(森本工業) TEL:0776-51-2410

コンクリートの劣化、欠陥箇所の改修、補修……

急硬性改修モルタル

ドクターQ改修工法



〈工期短縮、即日仕上り〉

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

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

エアモルタル裏込め注入……

エスコート

L & K 起泡剤

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



◆ 土木資材の総合プランナー ◆

株式会社 マイル

〒120-0047 東京都足立区宮城 2-4-16
TEL 03(3927)1331(代)

最新型・電気集じん機

エコクリーンX

型式番号: KT-010047-A

このたび、弊社エムシーエムは1999年にクリンジェット1号機を現場納入して以来、
培ってきたノウハウを結集し、電気集じん機の大幅な性能アップを図った
「エコクリーンX」を開発いたしました。

極板放電方式
放電線をなくし消耗品の
削減と断線トラブルの撲滅

少ない消費電力
同クラスのフィルター方式
集じん機に比べおよそ1/4

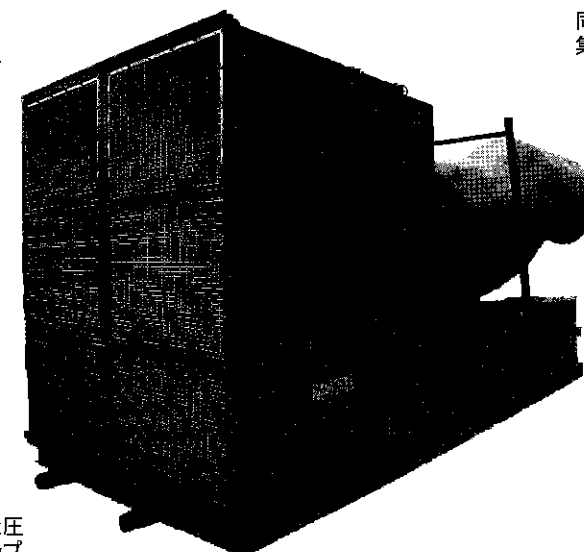
処理風量
750m³/minから3000m³
/minまで製作実績あり

高圧電源分割
集じんユニット毎の個別電圧
印加により集じん効率アップ

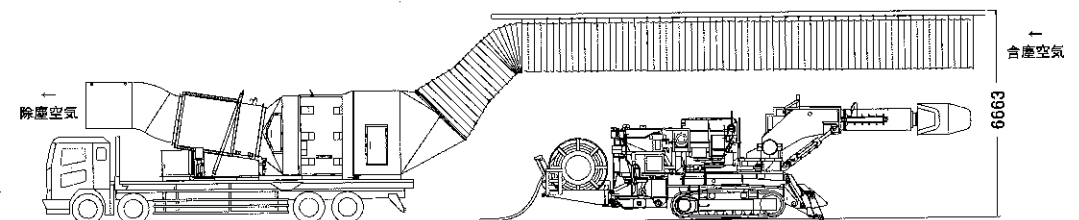
コンパクト
同クラス集じん
機の中で最小

貯水タンク
自動洗浄が
随時可能

オプション
自走クローラ台車
自走ホイール台車
伸縮風管...etc.



伸縮風管(軽量型Φ1500,Φ1600製作実績あり)



伸縮風管接続例

弊社では「エコクリーンX」以外にTBM用吹付け「サブショットシステム」等、多様なトンネル工事用システムを開発・提供しております。
機器に関するお問合せはご遠慮なく下記までどうぞ。

株式会社エムシーエム

<http://www.mcmcm.jp>

本 社 : 愛知県名古屋市天白区植田東2丁目1014番地
tel.052-804-9633 fax.052-804-1505
北陸センター : 富山県高岡市福岡町下老子43番地2号
tel.0766-64-0351 fax.0766-64-0352



月刊推進技術

購読のご案内



年間定期購読料金 **12,337円** 1冊1,130円 (本体952円 税76円 送料102円)

わが国のライフラインなどのインフラ整備またはその再構築や新たな地下空間の築造に、掘削残土量やCO₂排出量を抑制し、なおかつ耐震性の高い推進工法のニーズが高まっています。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をしております。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定期購読料金12,337円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ます。

<http://www.lswb.co.jp/micro-tunnelling/> 月刊推進技術



お問い合わせ先

月刊推進技術 編集室

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

〒135-0033 東京都江東区深川2-12-4-201 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

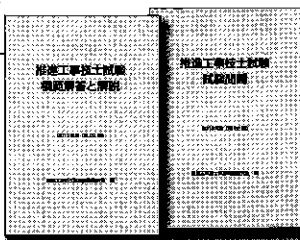
推進工事技士試験 過去12年間(平成14~25年度)

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、推進工法に係る技術、技能を適正に認定することを目的に(財)日本下水道管渠推進技術協会(現(公)日本推進技術協会)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活用いただければ幸いです。



平成25年度版発売中!!

1. 内容と特長

- 過去11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。[推進工事技士試験] [検索]

株式会社LSプランニング

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

〒135-0033 東京都江東区深川2-12-4-201
電話 03-5621-7850 FAX 03-5621-7851 E-mail oda@lswb.co.jp

【好評発売中】

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 送料 290円

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

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

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

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

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

〈セグメントの新技术〉

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

株式会社 **土木工学社**

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

《ご注文票》

セグメントの新技术 _____ 冊 申込みます。

所在地 〒 ()

事業所名

部 課 名

申込者名

㊞

新刊図書のご案内 地形にも相がある 地形の性質を知ろう！



トンネル技術者のための 地相入門

大島洋志 監修 木谷日出男 編著
B5判 203頁 定価3,200円+税 送料別

図・表・写真 288点収録

山にも人の人相のように山の相がある。地形の性質を知り、事前に危険な箇所を把握することはトンネルを施工する上で重要である。

本書のように地形中心にこれほどまとまったトンネル技術書は今までになかった。施工者には施工中に予測される地形上の危険把握のため、発注者にはもっとも安全に施工できる路線選定ため、本書を有効利用いただくことが執筆陣の願いである。

第Ⅰ編では地形図の読み方を平易にまとめ、第Ⅱ編ではそれぞれの地形種について施工事例を交え説明している。第Ⅲ編では監修者の経験を基に路線選定の注意点を施工事例とともに紹介している。

《主要目次》

序編 まえがき

地相は人相 山の性状

第Ⅰ編 地形から読み取れる情報

地形から地相を読む方法 / 地形から得る具体的な情報

第Ⅱ編 地形種とトンネルの施工事例

段丘・台地 / 崖錐・沖積錐・扇状地 / 傾斜層 / 地すべり /

マスマーブメント・滑落崖 / 断層 (断層変位地形) /

断層 (断層削剥地形) / 火山地形 / カルスト地形・残丘 / 地形改変

第Ⅲ編 路線選定

地相をよく観て路線選定を行う

あとがきにかえて

座談会

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



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

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-T™、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。これらはすべて、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。

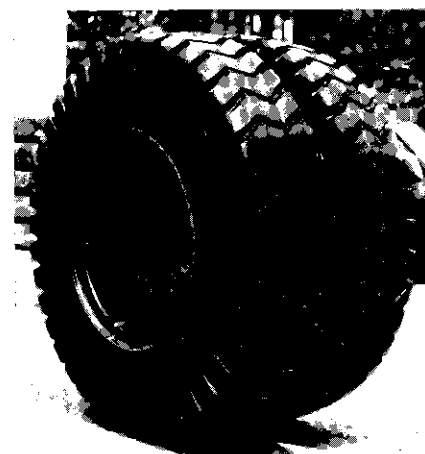
これこそがオリカ社が提案する「Power of Partnership (パートナーシップの力)」です。

www.oricaminingservices.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。



トンネル工事からパンクを追放 坑内用特殊複層タイヤ

特許第1610830号



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

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

0~20 (約2年) 20~30 (1年6か月)

30~40 (約1年) 40~50 (6か月)

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



中濃産業株式会社

代表取締役 土田 義 式

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

道路,トンネル設計 (本体工,換気,防災,照明,施工管理他)

トンネル現場診断

株式会社 ロード・エンジニアリング

会 長 田 島 利 男 代表取締役社長 清水 洋 (技術士)
(技術士・土木学会フェロー会員)
常務取締役 堀 内 浩三郎 (工学博士) 大阪支店長 亀甲谷 義 高 (技術士)

本 社: 〒116-0013 東京都荒川区西日暮里5丁目24番7号 電話(03)3891-0711
大 阪 支 店: 〒569-1133 大阪府高槻市川西町2丁目21番38号 電話(072)691-0711
福 岡 支 店: 〒812-0011 福岡県福岡市博多区博多駅前4丁目25番14号 電話(092)436-1588
沖縄営業所: 〒901-2122 沖縄県浦添市勢理客4丁目16番9号 電話(098)870-6411

ゴムクロ・ミキサー車

国土交通省排ガス2次トンネル工事用指定

クローラーだから小旋回
斜路、軟弱路盤等悪路に強い!!
後部運転席付。小断面でも前後進が可能!!

【仕様】	ゴムクローラ式ミキサー車 TGM-MR45T 上部ミキサー・カヤバ製 (適合容量4.5m³)		
全長	7,500mm	タンブラ中心間距離	3,870mm
全幅	2,690mm	クローラ全長	9,800mm
全高	3,620mm	クローラ幅	700mm
最大地上高	590mm	セメント積載時質量	(100ピッチ×98リンク) 22,000kg
空車質量	11,000kg	定額出力	165kw/2,700min
形式	三菱6D-TLE26	最大トルク	700N・m/1,300min
排気量	7,545cc		
速度1段	最大 7.6km/h		
速度2段	最大 20.0km/h		
空車時接地圧	20kpa	運転時接地圧	40kpa

・ドラム回転電動式 (オプション)
・生コン荷下時使用後部アウトリガー
・ドラム回転&アイドルアップ機構
・オフロード法少数特例承認機
(承認番号) NS-641

T&M

Tunnel & Mining

ニシオティーアンドエム株式会社

山岳トンネル施工機械等の総合レンタル企業

http://www.nishio-tm.co.jp

〒569-0836

大阪府高槻市唐崎西2-26-1

■北海道営業所

tel: 0133-72-3715

fax: 0133-72-3716

■東北営業所

tel: 0197-71-2405

fax: 0197-71-2406

■関東支店

tel: 0268-62-1426

fax: 0268-62-1999

■大阪支店

tel: 072-677-2101

fax: 072-677-2109

■九州支店

tel: 0982-26-2111

fax: 0982-26-2290

トンネル掘さくの安全施工に アロードリル前方探索システム

パーカッションワイヤーライン サンプリング工法

- 断層破砕帯や湧水をとまな難地層のコアサンプリングをスピーディかつ確実にこなえ、施工時間が大幅に短縮できます。
- 2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比べて大幅に向上しました。



KOKEN 鉋研工業株式会社

本 社 〒171-6572 東京都豊島区高田2丁目17番22号 目白中野ビル1階
TEL(03)6907-7888(大代表) FAX(03)6907-7527

お問合せ先: エンジニアリング本部 エンジニアリング部

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

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

北海道支店: (011)561-4961

東北支店: (022)762-6075

信越支店: (025)275-6877

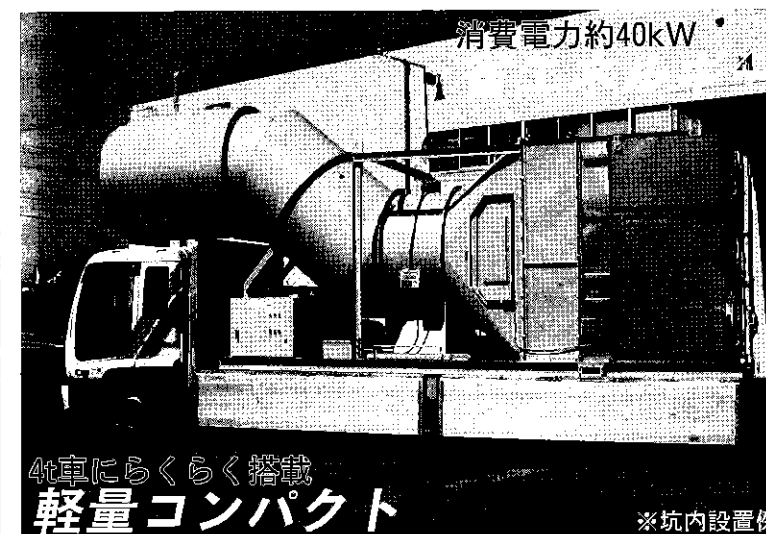
首都圏事業部: (03)-6907-7511

大阪支店: (06)6385-0350

中国支店: (083)972-8757

九州支店: (092)924-5001

海外事業部: (03)-6907-7515



消費電力約40kW
4t車にらくらく搭載
軽量コンパクト
※坑内設置例
National電気集塵機クリンジェット (2,000m³/minタイプ)

RENT

取扱レンタル商品

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

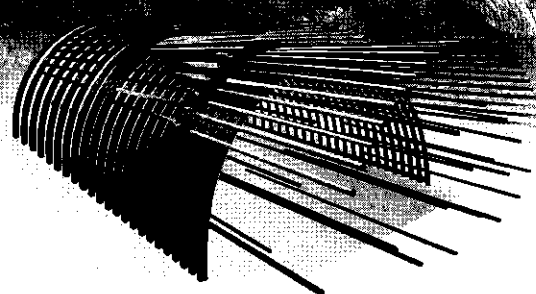
株式会社 レント

特機営業課 担当者 工藤

〒134-0093 東京都江戸川区二之江町1409-1 TEL: 03-5667-7803 FAX: 03-3804-6053

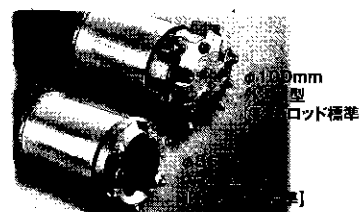
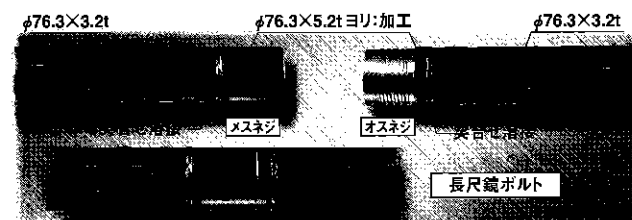
URL: http://www.rent.co.jp E-mail: kudo.yuji@rent.co.jp

ユニークな発想でVEを提案



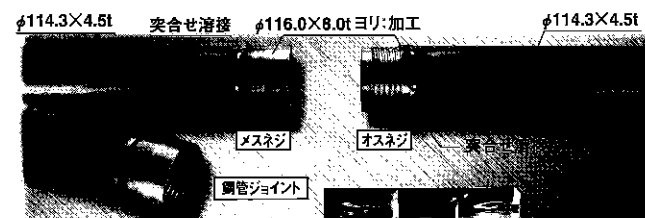
ストロング FIXチューブ(S型)

- ※長尺鏡ボルトは凹み面状の鋼管で周辺地山をしっかりとFIXします。
- ※長尺フォアパイリングのねじ強度改善!
- ※鋼製シースで環境に優しい無拡張施工!

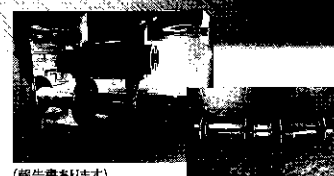


AGF-STD工法

- ※軽量化による作業性とねじ強度の改善!
- ※鋼製シースで環境に優しい無拡張施工!

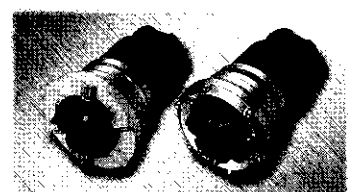
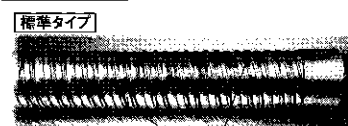


曲げ耐力30%UP!!



接続部の抗折力試験

撤去管の選択



規格	外径φ	長さ
100A	φ114.3	φ124

STE

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

〒581-0833 大阪府八尾市旭ヶ丘1丁目108番地2
TEL:072-990-0250 FAX:072-990-0251

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

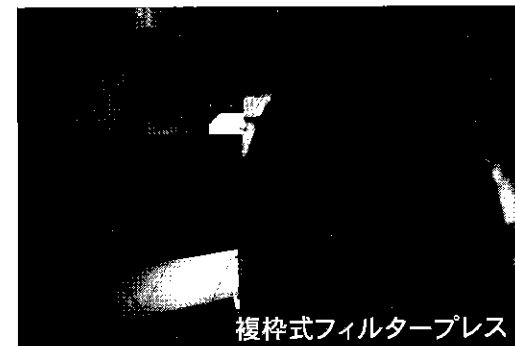
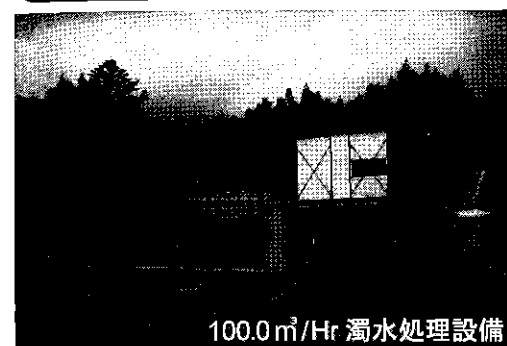
注入材・その他工法

- ※ウレタン系注入材: NEW-TSRF、NEW-TBU
- ※セメント系注入材: コロイダルスーパー、デンカES
- ※セメント系充填材: デンカPモル
- ※高速フォアボーリング: SP-IF工法
- ※高速ルートパイル: SPフィックスパイル工法
- ※φ27.2注入管、自穿孔ボルト各種在庫あり

濁水処理からズリ出しまで トータルにフォローアップいたします

環境にやさしい TWS 型濁水処理シリーズ

小規模のpH中和装置～ダム骨材用の大規模処理装置まで対応します



【TWS型濁水処理装置の特徴】

1. シックナーを大型化し、沈降面積を増やし槽内流速を抑えています
2. 複枠式フィルタープレスにより、確実な自動運転を実現しています
3. 砂ろ過装置、高分子自動溶解装置等豊富なオプション設備で様々な条件に対応します

汎用車両全般



VOLVO ダンプトラック (A25CTS, A25CTR, A20/30CT)



10T ミキサー



4.5m³ベッセル搭載ダンプ



10T 低床ダンプ



10T ダンプ

各種車両 取り扱っております

株式会社 フジテックス

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

■巻頭言

東京五輪2020に向けて

野崎 誠貴 5

■研究

飽和度に応じた粘着力の変化と地下水圧を考慮した切羽安定評価法

小西 真治・仲山 貴司・豊田 浩史・松長 剛 51

■計画

北陸新幹線(金沢・敦賀間)最長の新北陸トンネルに工事着手

平手 知・樋口 哲哉・張 信一郎 43

■施工

線路下を鋼板で先行防護し小断面地下通路を構築

—JR横浜線 矢部駅—

金木 健一・荒木 信博・山口 高嶺・功刀 雅博 7

道路トンネルで初めて超長尺先進コントロールボーリングを採用

—新名神高速道路 箕面トンネル—

岡 浩一・山下 学・三隅 宏明・加藤 宏征 15

腐植土下の軟弱地盤でシールドを施工

—東京都下水道 北区赤羽台三丁目付近再構築—

泉谷 信夫・山本 成吉・尾口 岳史・田中 宏典 25

■連載講座

都市トンネルのための地盤改良工法(6)

—凍結工法(2)—

「都市トンネルのための地盤改良工法」連載講座小委員会 61

■現場だより

「森の中の新しい街」箕面森町より

入山 哲男 32

■語り継ぎ 言ひ継ぎ行かむ

私のトンネル人生

—挑戦の記録—

氏原 完典 33

■資料ほか

土木情報

編集部 42

工法・技術・製品ニュース

編集部 68

トンネルジャーナル

編集部 67

■会報

会報

日本トンネル技術協会 69

【表紙説明】

線路下を鋼板で先行防護し小断面地下通路を構築

—JR横浜線 矢部駅—



本工事は、JR横浜線矢部駅の南北を結ぶ地下通路を構築するものである。このうち、十分な施工空間が確保できない狭隘箇所の線路下に、主に小断面の構造物を対象に開発した非開削工法のCOMPASS工法を採用し、内空幅4.0m、内空高さ3.0mのプレキャストボックスカルバートを敷設した。写真は防護用の鋼板をけん引挿入しているところである。

[写真提供：東日本旅客鉄道(株)] (本文7頁参照)

ヤマモト たくがんき

無騒音 無振動 静かな破碎

超大型油圧破碎機

YTB 1120

トンネルビッカー

ヤマモトロクマシン株式会社

本社 東京都千代田区丸の内2丁目4番1号 丸の内ビル 903区

☎ (03) 3201-0701(代)

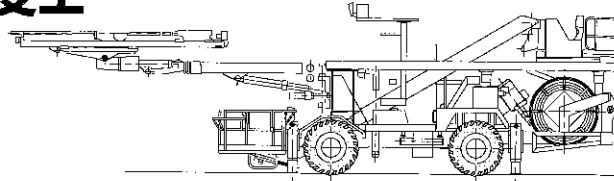
工場 広島県庄原市東城町川西424-1 ☎ (08477) 2-2137(代)

仙台営業所 (022) 792-4534(代) 大阪営業所 (06) 6531-1571(代) 高知営業所 (088) 892-4043(代) 九州営業所 (092) 471-0381(代)

環境対応型長尺鋼管先受工

TOHO **AGF** System

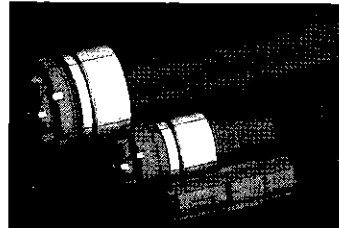
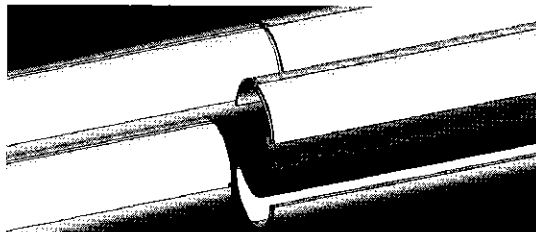
All Ground Fastening;
Long-Distance, Fore-Pilling Method



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。



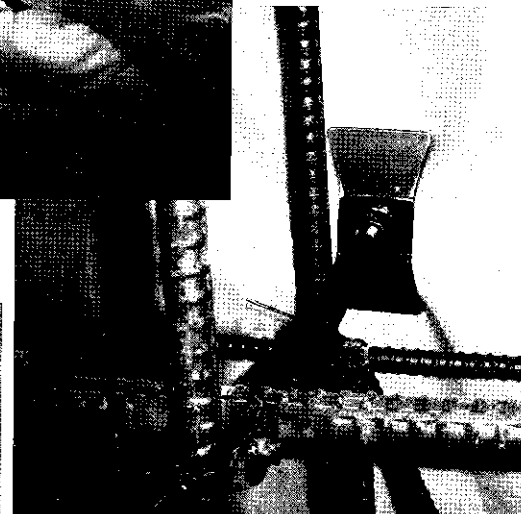
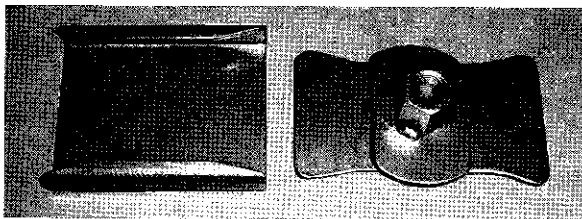
防水シート非貫通型鉄筋吊り金具

TKグリップー

- ・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プに防水シートを当てます。
2. 回転プレートを押込みます。
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 東京営業部
TOHO KINZOKU Co., LTD

〒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 トーキンオール

〒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)

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開発センター最高技術顧問
首都大学東京客員教授

〔幹 事〕

居 相 好 信 株式会社大林組生産技術本部統括部長	西 岡 和 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
伊 藤 聡 東京地下鉄株式会社鉄道本部改良建設部 改良建設企画課長	長谷川 雅 彦 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
岩 田 美 幸 国土交通省大臣官房技術調査課技術企画官	藤 井 義 文 株式会社竹中土木執行役員
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 飛島建設株式会社建設事業本部 エンジニアリング事業推進部長
小 松 敏 彦 前田建設工業株式会社土木事業本部土木部 担当部長(トンネル)	八 木 弘 株式会社高速道路総合技術研究所参与(外環担当) 道路研究部トンネル研究担当部長
志 岐 寛 清水建設株式会社土木技術本部地下空間統括部 部長	吉 富 幸 雄 大成建設株式会社土木本部土木技術部 トンネル室参与

トレンチャー

硬質地盤の溝掘はトレンチャーをお試し下さい。



トンネル中央排水路
掘削状況



施工例

トレンチャーの性能・諸元

トレンチャーの種類	TRS-985	1175/D6	40/30	60/30
メーカー名	テストメック	テストメック	マステンブルグ	マステンブルグ
掘削幅 cm	60	75	70	70
掘削岩の硬さ(最大)	500kg/cm ²	700kg/cm ²	700kg/cm ²	1000kg/cm ²
重量 t	36	40	50	59
長さ m	13.0	10.8	14.0	15.4
幅 m	2.5	3.2	2.95	2.98
高さ m	3.30	2.86	3.00	3.20
エンジンの出力 PS	300	402	450	600

※掘削岩の硬さは目安になります。詳細はご相談ください。

編集委員会の構成 (五十音順・敬称略)

〔編集委員長〕

大 島 洋 志 国際航業株式会社上席フェロー技術開発センター最高技術顧問
首都大学東京客員教授

〔編集参 与〕

木 谷 日出男 国際航業株式会社フェロー技術開発センター 地盤研究室長	今 田 徹 東京都立大学名誉教授
小 山 幸 則 立命館大学総合科学技術研究機構客員教授	高 橋 良 文 東京都下水道サービス株式会社技術顧問
	松 浦 将 行 地方共同法人日本下水道事業団理事

〔委 員〕

岡 田 龍 二 東京地下鉄株式会社鉄道本部改良建設部 技術基準担当課長	真 下 英 人 国土交通省国土技術政策総合研究所 道路構造物研究部長
佐 原 圭 介 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	松 田 信 夫 東京都水道局建設部工務課長
清 水 満 東日本旅客鉄道株式会社構造技術センター次長	八 木 弘 株式会社高速道路総合技術研究所参与(外環担当) 道路研究部トンネル研究担当部長
高 橋 晃 東京電力株式会社パワーグリッド・カンパニー 工務部流通土木グループマネージャー	焼 田 真 司 公益財団法人鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部トンネル研究室長
谷 内 雅 之 東京都交通局建設工務部計画改良課長	柳 雄 東京都下水道局建設部設計調整課長



ワールド開発工業株式会社

●本社/営業部 〒381-0101 長野県長野市若穂綿内7484

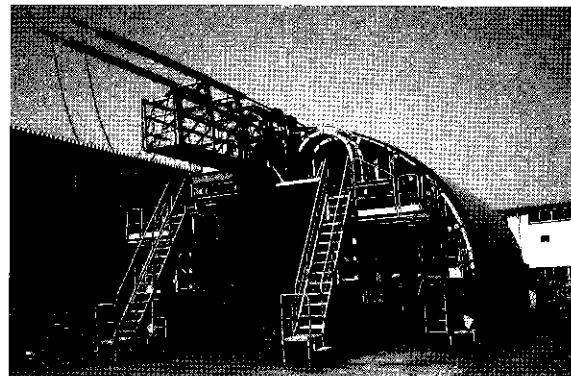
☎(026)213-7024(代) FAX(026)282-5803 <http://www.wkk.co.jp/>

要求性能を満たす 覆工コンクリートの品質向上技術

鉄筋区間併用タイプ

天端引抜バイブレータ装置

NETIS 登録 No.HR-080001-V
(平成 26 年度活用促進技術)



期待される効果・特徴

- ・トンネルクラウン部の締固めと密充填が出来る
- ・高品質な覆工コンクリートが形成出来る
- ・鉄筋区間で一部主筋をずらして使用することが出来る
(但し、カーブ区間はケーブル式を推奨します)
- ・覆工表面の縞模様を減らすことが出来る

コンクリート湿潤養生システム

NETIS 登録 No.CG-080012-A (製造:株式会社マシノ)



期待される効果・特徴

- ・セントルと養生台車を連続してシートで覆い、坑内通気から遮断し、乾燥収縮クラックを防止する
- ・脱型直後の覆工コンクリートに水を噴霧し、湿潤状態を保持し、初期強度を向上させる
- ・養生中に追加噴霧することで湿潤状態を長期保て、覆工コンクリートの長期強度が増進する
- ・3台連結することにより7日間の湿潤養生が出来る

北 陸 鋼 産 株 式 会 社

URL <http://www.hokuriku-kosan.co.jp>

北 野 工 場 : 〒936-0806 富山県滑川市北野新 888 番地 TEL076(476)2155 FAX076(476)2177

滑 川 工 場 : TEL076(476)0333 FAX076(475)9121 東北営業所・工場 : TEL0223(32)2420 FAX0223(32)2423

東京支店 : TEL03(3851)1016 FAX03(6908)6789 大阪支店 : TEL06(4963)3520 FAX06(4963)3521

トンネルと地下 VOL.45 No.11 掲載概要

線路下を鋼板で先行防護し小断面地下通路を構築

—JR横浜線 矢部駅—

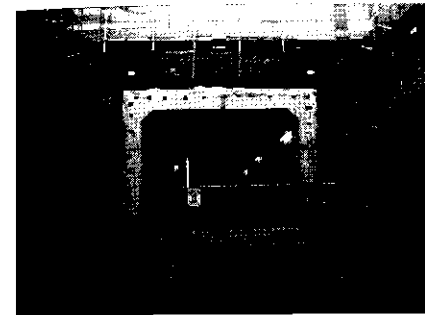
東日本旅客鉄道(株) 金木 健一

本工事は、JR横浜線矢部駅の南北を結ぶ地下通路を構築するものである。JR横浜線下は、非開削工法のCOMPASS工法を採用し、内空幅4.0m、内空高さ3.0mのプレキャストボックスカルバートを敷設した。COMPASS工法は、線路または道路下横断構造物のうち、おもに小断面の構造物を対象に開発した非開削工法であり、ワイヤーソーにて地盤や支障物を切削すると同時に防護用の鋼板をけん引挿入するため、地表面の変位を抑制することができるなどの特長を有している。今回、COMPASS工法の実施において、十分な施工空間が確保できないといった課題があった。本稿では、狭隘箇所におけるCOMPASS工法による地下通路の施工結果について報告する。

Build Small Underground Passage under Tracks Protecting by Pre-installed Steel Plates—JR Yokohama Line Yabe Station—

By Kenichi Kanaki, East Japan Railway Company

A Newly installed underground passage in Yabe Station links the north and south sides of Yabe Station on the JR Yokohama Line. The COMPASS technique as trenchless technology was used to build the tunnel of a



写真は函体推進完了状況

precast concrete box culvert (interior width: 4.0m, interior height: 3.0m) under the JR Yokohama Line. The COMPASS technique is a trenchless technology developed mainly for small cross-section structures under railway tracks or roads and has the advantage of making it possible to control ground surface displacement because it cuts ground and obstacles with a wire saw while simultaneously towing to install protective steel plates. The condition in the implementation of the COMPASS technique in this case was that it was not possible to secure adequate construction yard. This report contains construction results for an underground pedestrian passage in cramped conditions with the COMPASS technique.

掲載頁

15

道路トンネルで初めて超長尺先進コントロールボーリングを採用

—新名神高速道路 箕面トンネル—

西日本高速道路(株) 岡 浩一

新名神高速道路箕面トンネル東工事は、全長4,997mの箕面トンネルのうち、東坑口側の2,087mをNATMで施工するものである。坑口より約1,000mの地点において土かぶり約18mで勝尾寺川と交差する。勝尾寺川周辺は豊かな自然、豊かな水環境であり、周辺地域住民による水利用が盛んであり、トンネル施工による影響を最小限に抑える必要がある。また、勝尾寺川周辺では高透水性の断層が密集しており、完成時にトンネル本体工を非排水構造とすることを基本とした。事前地質解析による非排水構造区間の起終点位置が適切かどうかを検証するために1,000m級の超長尺先進ボーリングを採用した。この工法は道路トンネルでは前例がなく、今回施工報告とともに課題を挙げた。

First Use of Ultra-long Advanced Boring during Construction of A Road Tunnel—Shin-Meishin Expressway Minoh Tunnel—

By Koichi Oka, West Nippon Expressway Company Limited

The works on the east side of the Shin-Meishin Expressway Minoh Tunnel are to construct a road tunnel of 2,087 m on the east side using NATM out of the whole length (4,997 m). It intersects 18 m under the Katsuoji River at a point of approximately 1,000 m from the east portal. There is abundant nature and a rich water environment in the vicinity of the Katsuoji River and the use of this water is popular with the residents of the surrounding area so it is necessary to minimize the effects of tunnel construction works. In addition, highly-permeable faults were densely found in the vicinity of the Katsuoji River and the tunnel was designed as water-proof structure. The Ultra-long advanced boring of 1,000 m class was employed in order to verify adequacy of water-proof section that were designed based on prior analysis of geological condition. There is no example for the use of this class boring in a road tunnel and this report contains agendas as well as information about construction.



写真は非常駐車帯部における施工状況

腐植土下の軟弱地盤でシールドを施工
—東京都下水道 北区赤羽台三丁目付近再構築—

東京都下水道局 泉谷 信夫

「北区赤羽台三丁目付近再構築工事」は当該地区における浸水被害を軽減させることを目的とし、泥土圧シールド工法により内径 $\phi 3,250\text{mm}$ の主要枝線330m(暫定貯留管)を築造する工事である。

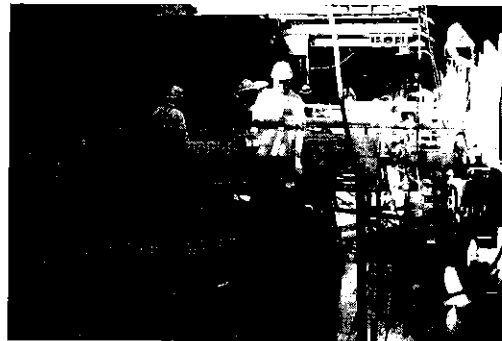
土質データをもとに予測影響解析を行った結果、発達立坑周辺の地盤および近接する埋設管に許容値を超える変位が発生することがわかり、その対策を検討する必要があった。そのため、地盤改良の実施、地盤変状の計測、さらには掘削土量の電磁流量計などを用いた管理を行い、地盤への影響を極力抑制しながらシールドを施工した。

本稿では、軟弱地盤におけるシールド施工時に実施した各種取組みについて報告する。

Shield TBM Digs Soft Ground under Humus Soil—Bureau of Sewerage, Tokyo Metropolitan Government Re-construction of sewerage in the vicinity of Akabanedai 3-chome, Kita-ku—

By Nobuo Izumitani, Bureau of Sewerage, Tokyo Metropolitan Government

The Kita-ku Akabanedai 3-chome area re-construction of sewerage works aim to mitigate inundation damage in the said districts and to construct 330 m of a main branch line (temporary storage pipe) with a diameter of 3,250 mm using the muddy soil pressure balance shield TBM.



写真は地盤改良施工状況

The results of predictive influence analysis based on soil test data showed the probability of displacement of ground in the vicinity of the starting shaft and neighbouring underground pipes that exceeded the allowable value. That requires to investigate countermeasures to control this. The shield TBM dug to tightly control the effects on the ground by means of soil improvement, monitoring ground deformation and further, management of muck volume using an electromagnetic flow meter.

This report contains information on all the auxiliary works while the shield TBM digging soft ground.

北陸新幹線(金沢・敦賀間)最長の新北陸トンネルに工事着手

鉄道・運輸機構 平手 知

新北陸トンネルは、北陸新幹線金沢・敦賀間に位置する延長約20.0kmの長大山岳トンネルであり、北陸自動車道と計3回交差する計画である。

地質は、中生層堆積岩(砂岩、粘板岩、チャート)主体で、一部に貫入岩(花崗岩、ひん岩)が存在する。また、途中で2本の活断層(柳ヶ瀬断層帯およびウツロギ断層)と交差することが予想される。断層の存在や貫入岩の狭在により、地質が著しく変化することが予想され、中生層のため亀裂が発達しており、多量の湧水が発生すると考えられる。

本報告では、新北陸トンネル全体の概略施工計画および現在までの施工状況について報告する。

Start Tunnelling of Shin-Hokuriku Tunnel The Longest in Hokuriku Shinkansen between Kanazawa Station and Tsuruga Station

By Tomo Hirate, Japan Railway, Construction, Transport and Technology Agency

The Shin-Hokuriku Tunnel is a long mountain tunnel of approximately 20.0 km in length located between Kanazawa and Tsuruga on the Hokuriku Shinkansen line and intersects with the Hokuriku Expressway three times.

Geological condition consists mainly of sedimentary rocks (sandstone, slate, chert) of Mesozoic - Paleozoic group and partly of intrusive rocks (granite, porphyrite). In addition, it is expected to penetrate through two active faults (Yanagase fault zone and the Utsurogi fault). Due to the existence of faults and the inter-bedding of intrusive rock, it is predicted that geological condition will change frequently and highly cracked rock of Mesozoic - Paleozoic group will cause a large volume of water inflow.

This report contains a brief construction plan of Shin-Hokuriku tunnel and construction status up to the present.



写真は奥野々工区斜坑切羽

飽和度に応じた粘着力の変化と地下水圧を考慮した切羽安定評価法

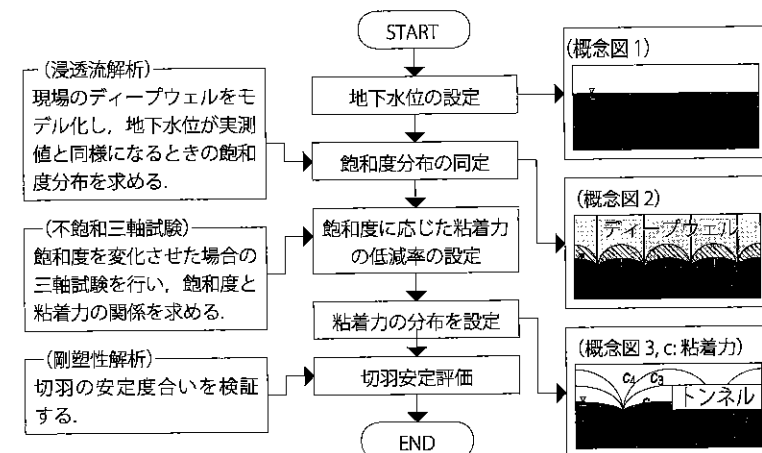
東京地下鉄(株) 小西 真治

高い地下水位を有する未固結地山で山岳工法(NATM)によってトンネル掘削を行う場合、切羽の安定は地下水の状況に大きく左右される。このため、施工に際しては地下水位低下工法の併用や地下水位の常時観測などが重要となる。著者は、このような現場でより安全かつ合理的な施工管理を行うためのツールとして、数値解析による新しい切羽安定評価法を研究開発した。本論文では、この手法の妥当性を、施工事例をもとに検証した結果を紹介する。

Tunnel Face Stability Evaluation Taking into Account The Changes in Cohesion Corresponding to Saturation Rate and The Groundwater Pressure

By Shinji Konishi, Tokyo Metro Co., Ltd

When excavating a tunnel using NATM in unconsolidated ground which has high levels of ground water, condition of ground water has significant influence on stability of tunnel face. For this reason, it is important to concurrently dewater and to constantly monitor groundwater levels while working. We researched and developed a new evaluation of tunnel face stability using numerical analysis as a tool in order to conduct safer and more rational construction management at such sites. This report contains validation results of appropriateness of this evaluation method based on tunneling works.



図は切羽安定評価の検討フロー

東京五輪2020に向けて



東京都交通局建設工務部長(本協会理事)

野崎 誠貴

2013年9月は東京都として大きな転換期となった。IOC総会において2020年オリンピック・パラリンピック競技大会の東京開催が決定した。東京都は、史上最高の東京五輪2020の実現に向け準備を進めている。東京都交通局(以下「交通局」)は交通事業者として、大会開催時の輸送責任を果たすとともに、大会後を見据えた都市づくりに貢献するよう、積極的な都営交通を目指していく。

都営地下鉄は、浅草線・新宿線・三田線・大江戸線4路線を営業し、併せて営業キロは109km、駅数は106駅となっている。また、現在約246万人のお客様にご利用いただき、都心部を巡る交通体系の一翼を担っている。その中で、われわれ交通局技術職員が事業を進めていくうえで、以下の大きな3つの課題がある。

一つ目は、安全対策についてである。トンネルや高架部の耐震対策については、平成7年に発生した阪神淡路大震災の被害状況を受け、平成7年からトンネル部の中柱補強、高架部橋脚の補強などの耐震補強工事を実施し、平成22年度に完了した。現在は、東日本大震災において東北新幹線や仙台市営地下鉄が運転再開まで約1か月半を要したことを踏まえ、運転の早期再開を図る観点から、トンネル中柱、高架部橋脚の柱約3,800本の耐震補強を進めている。

また、地下鉄構造物の長寿命化に取り組んでいる。とくに、はく落の主たる原因である漏水対策を前倒しし、東京オリンピック・パラリンピック競技大会も見据え着実に実施していくこととしている。また、平成26年度から新たにトンネル内全線の画像撮影を実施し、画像データに点検や工事の情報などを加えたデータベースを構築し、漏水対策工事などの事前調査に活かすなどの取り組みを始めている。

二つ目は、快適性の向上についてである。交通局は、ホームから地上(道路または公共道路)をエレベーターなど(EV)で結ぶ「1ルート確保」の整備に長年取り組んできた。その結果、平成25年度末をもって都営線全駅で1ルートの確保を達成した。引き続き、すべての人に優しい交通機関として、より便利で快適なサービスを提供するため、

管理しながらコンクリートを育てる

NETIS登録No.CB-120032-A

コンクリートトータル養生システム

セントル型枠

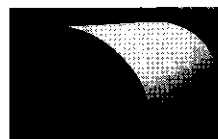
第二養生

第三養生

加温しながら初期強度を上げる
加温養生(型枠)



加温と湿潤を同時に行い品質向上
加温・湿潤養生



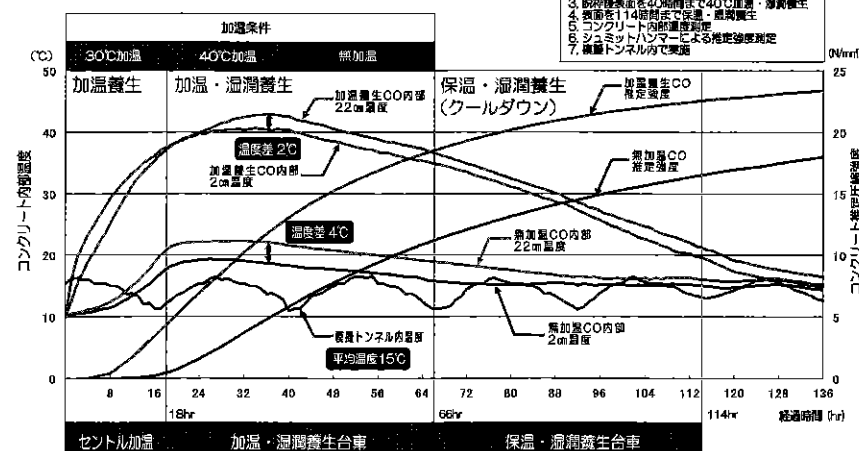
保温湿潤しながら急激な変化を防ぐ
保温・湿潤養生



コンクリートの強度を予測管理
養生管理システム

コンクリート打設完了から養生完了までのコンクリート内部温度及び推定強度を表示します
必要なコンクリート強度から使用者の判断で任意に加温設定が可能です

◆覆工コンクリート温度・圧縮強度(推定)の推移



岐阜工業株式会社

本社 岐阜県瑞穂市田之上 811 番地 TEL 058-257-1000(代) FAX 058-257-1013
営業部本部 TEL 058-257-1001 東京支店 TEL 03-5836-0531 札幌営業所 TEL 011-374-7027
仙台営業所 TEL 022-259-2239 九州営業所 TEL 092-918-3880 宮古出張所 TEL 0193-77-5472

【製作・販売協力】

TECHNO
テクノプロ株式会社

rouzu
株式会社 東 宏

他路線との乗換駅などにおいてEVを追加整備し、さらなる駅のバリアフリー化を進める「乗換駅等へのエレベーター整備」事業に取り組んでいる。具体的には、まず東京メトロとの乗換駅である新宿西口駅などにおいて、乗換ルートのEV設置を進めている。

また、駅の大規模改良による都営地下鉄の機能強化を図っている。例えば、都営大江戸線勝どき駅の改良工事を行っている。開業当初、約3万人/日であった勝どき駅の乗降客数は、周辺開発などに伴い、倍増している。今後も、オリンピック選手村の跡地利用や周辺開発が予定されており、利用者数の増加が見込まれる。このため、1面2線であるホームを2面2線化するホームの増設やコンコースの拡張を図るなど、早期供用開始を目指して、工事を進めている。

さらに、都営浅草線は、開業からすでに50年以上が経過しており構造物の老朽化が進んでいる。一方で、沿線には再開発事業も進みつつ、それに併せて、駅施設の機能強化を検討している。例えば、泉岳寺駅周辺では、今後JR山手線新駅構想、リニア中央新幹線、周辺開発などが予定されている。これらの開発に併せて、現在、泉岳寺駅のホーム・コンコースの拡幅、EV設置によるバリアフリー整備の推進など、駅の機能強化に向けた検討を進めている。このように、時代の変化に対応し、利用者の安全性・利便性を向上させ、より便利で快適な都営地下鉄を目指していく。

三つ目は、安全性や利便性を確保するうえで、必要不可欠である技術力向上・技術継承についてである。近年、業務の質が高度化かつ複雑化し、技術職員の取り巻く環境が、変化している。一方で、ベテラン職員の大量退職、業務委託の拡大により技術力低下が予想される。技術職員の精鋭化を図り、ニーズに即応できるよう、仕事の進め方を変革することが必要である。そのためベテラン職員の指導のもと、現在、各保線管理所で保線作業の技術継承のための軌道整備などをはじめとした実地研修を行っている。また、毎年若手職員へのバイブルとして活用できるよう技術論文集の発刊を行うことや他の鉄道事業者との情報交換を積極的に行うことで、技術力の維持・向上に取り組んでいる。

東京都が世界の都市と比較して最先端の技術力を誇り、世界をリードしていることは間違いない。しかし、6年後に迫る東京オリンピック・パラリンピック競技大会を成功させ、大会後も見据えたより魅力あるインフラ整備を進めるか否かはわれわれ技術者の努力と結束にかかっている。さらに東京だけに留まらず、今回の東京五輪2020を契機として、日本のインフラ全体が、持続可能な社会づくりへ進み、さらに魅力あるものになるための一翼を担う所存である。

施工

線路下を鋼板で先行防護し小断面地下通路を構築

—JR横浜線 矢部駅—

東日本旅客鉄道(株)横浜支社横浜土木技術センター科長 金 木 健 一
東日本旅客鉄道(株)横浜支社設備部土木課課員 荒 木 信 博
東日本旅客鉄道(株)横浜支社設備部土木課副課長 山 口 高 嶺
鉄建建設(株)東京鉄道支店矢部駅作業所監理技術者 功 刀 雅 博

1 はじめに

本工事は、相模原市から東日本旅客鉄道(株)(以下「JR東日本」)が設計・施工を受託した工事で、JR横浜線矢部駅の横浜方にある矢部踏切(幅員1.8m、歩行者専用)の除却に伴い、南北を結ぶ地下通路を新設するものである。JR横浜線下の地下通路(延長14.5m)の構築は、工事桁工法と非開削工法であるCOMPASS工法および函体推進工法の3工法を比較し、工期・工事費に優れるCOMPASS工法を採用した。また、矢部駅を挟んだアプローチ部は、U形擁壁にて階段および斜路付き階段を構築する(図-1, 2)。

これまで、COMPASS工法は5件の施工実績があるが、首都圏での施工は今回が初めてである。このため、列車運行に対するさらなる安全性確保のため、各施工段階において綿密なリスク対策を検討、実施した。また、本工事では、十分な大きさの立坑の確保が困難という制約条件があったため、狭隘箇所における施工



図-1 工事位置図

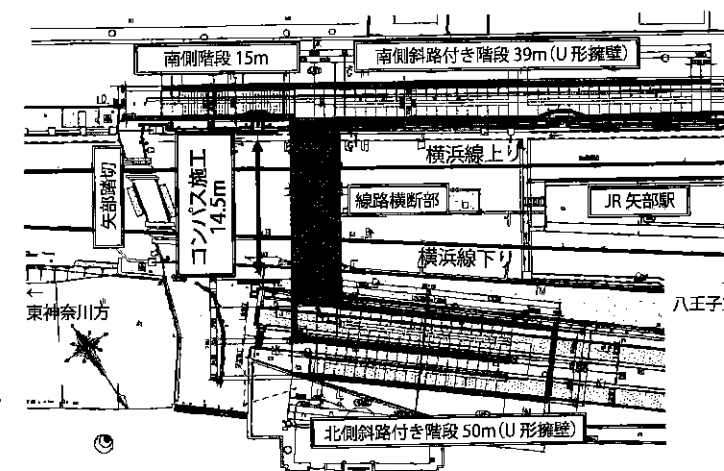


図-2 工事計画図

上のさまざまな対策を実施した。

本稿では、狭隘箇所におけるCOMPASS工法による地下通路の施工結果について報告する。

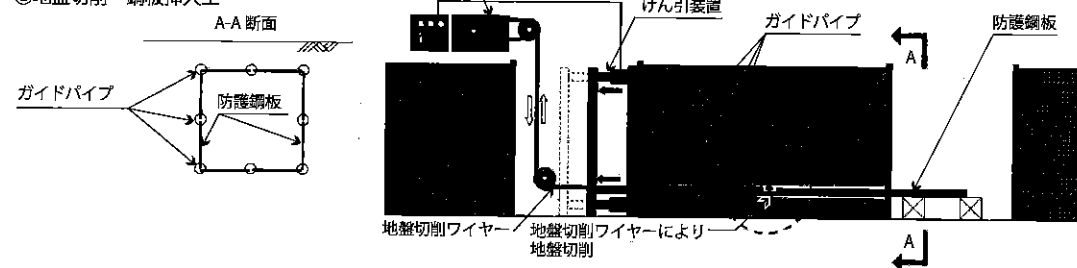
2 COMPASS工法の概要

COMPASS工法 (COMPAct Support Structure method) は、線路または道路下横断構造物のうち、おもに小断面の人道、水路ボックスなどの構造物を非開削にて構築する工法である¹⁾。図

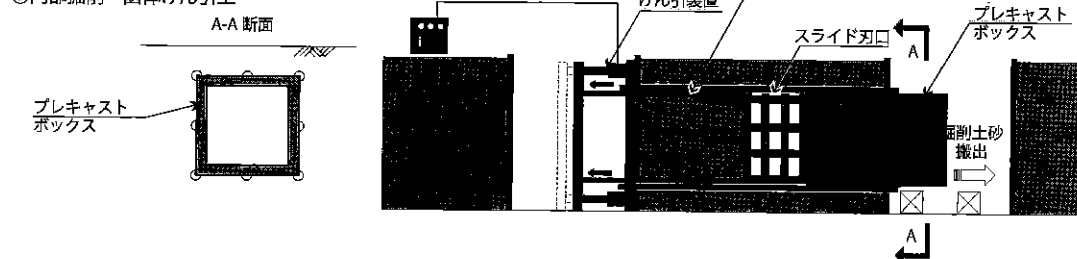
①ガイドパイプ設置工



②地盤切削・鋼板挿入工



③内部掘削・函体けん引工



④裏込め充填工

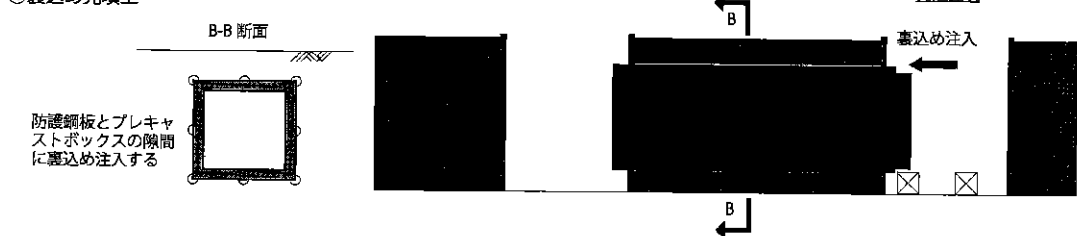


図-3 COMPASS工法の施工手順

-3にCOMPASS工法の施工手順を示す。

施工は、まず地盤を切削するワイヤーなどを配置するためのガイドパイプ(塩ビ管VP300)を2m間隔程度に敷設する。計画構造物の外周4面について、地盤切削ワイヤー($\phi 11\text{mm}$)により地盤を切削すると同時に、防護鋼板($t=19\sim 22\text{mm}$)を順次けん引挿入する。その後、防護鋼板に囲まれた内部にスライド刃口を据付け、掘進を行う。スライド刃口の後方にはプレキャストボックスを連結し、

函体けん引(推進)を同時に行う。

COMPASS工法の主な特長を以下に示す。

- ① 地盤切削ワイヤーにより地盤を切削すると同時に防護鋼板を挿入するため、地表面の陥没、隆起が発生しにくい。
- ② 掘削時に防護鋼板による先行防護が図られ、出来形に追従可能な機能を有するスライド刃口の使用により、安全な掘削が可能である。

3 工事概要

3-1 全体工事概要

工事件名：矢部駅構内地下道新設その他工事

事業主体：相模原市

発注者：東日本旅客鉄道(株)横浜支社

工期：平成23(2011)年7月4日～

平成26(2014)年6月27日

施工者：鉄建建設(株)

工事場所：相模原市中央区矢部 矢部駅構内

主な工事内容：

- | | |
|-------------|------------------|
| 掘削土留め工 | 一式 |
| 線路横断管渠工 | $L=14.5\text{m}$ |
| 南側斜路付き階段擁壁工 | 一式 |
| 南側階段擁壁工 | 一式 |
| 北側斜路付き階段擁壁工 | 一式 |

3-2 施工条件

本工事では、COMPASS工法にてJR横浜線下の土かぶり約1.2mの位置に、内空幅4.0m、内空高さ3.0mのプレキャストボックスカルバートを敷設する(図-4、5)。

対象土質は、 N 値4～5程度の自立性の良いロームおよび粘性土であり、地下水位は計画断面以深である。

本工事では、各施工段階での軌道変状リスク対策を検討し、作業区分を表-1のように決定して施工を行った。当該線区の夜間線路閉鎖間合いは、

線路下を鋼板で先行防護し小断面地下通路を構築

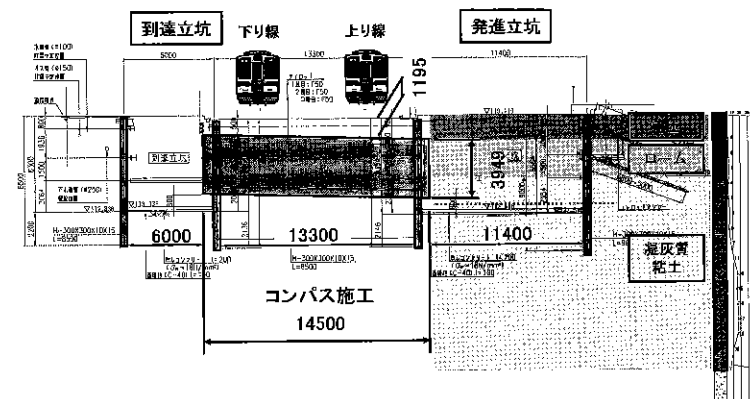


図-4 縦断面図

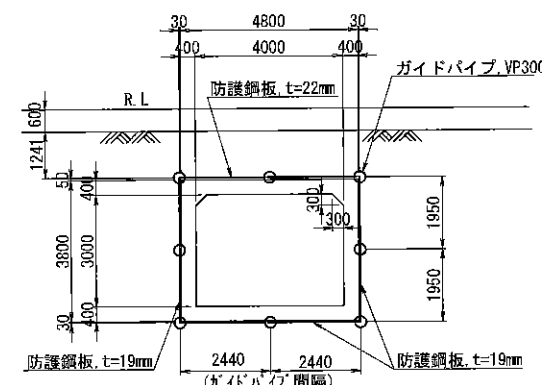


図-5 横断面図

表-1 作業区分一覧表

工種	位置	作業区分
ガイドパイプ設置工	上段3本	夜間線閉間合い作業
	中段2本, 下段3本	昼間作業
鋼板挿入工	上床2枚, 側壁上段2枚	夜間線閉間合い作業
	下床2枚, 側壁下段2枚	昼間作業
函体掘進工	全延長	夜間線閉間合い作業
裏込め注入工	上床版部	夜間線閉間合い作業
	下床版部, 側壁部	昼間作業

上り線が228分(0:41～4:29)、下り線が230分(1:01～4:51)であり、実作業時間としては約3時間である。昼間作業は8:00～17:00の約7時間の作業時間である。

通常、COMPASS工法における到達立坑延長は8.0mを標準²⁾としている。本工事では、地下埋設物が支障するため6.0mしか確保できないといった作業空間の制約があった。

3-3 狭隘空間での施工に伴う各種対策

狭隘な立坑内において、円滑な施工を行うために以下の対策を実施した。

(1) 函体掘進方式の変更

当初計画では、けん引方式であった函体掘進方式を推進方式へ変更した。これにより、到達立坑側の設備の簡素化が図られ、スライド刃口回収スペースの確保が可能となった。なお、推進方式への変更の際に、推進ジャッキに多段ジャッキを採用し、盛替え手間の低減を図った。これに伴い、到達立坑での作業減につながり、周辺住環境への影響低減も可能となった。

(2) けん引装置のスリム化

函体掘進を推進方式に変更することにより、けん引設備は防護鋼板のけん引作業のみとなる。このため、当初計画のけん引ビーム方式から、作業性に優れるセンターホールジャッキ方式に変更し、

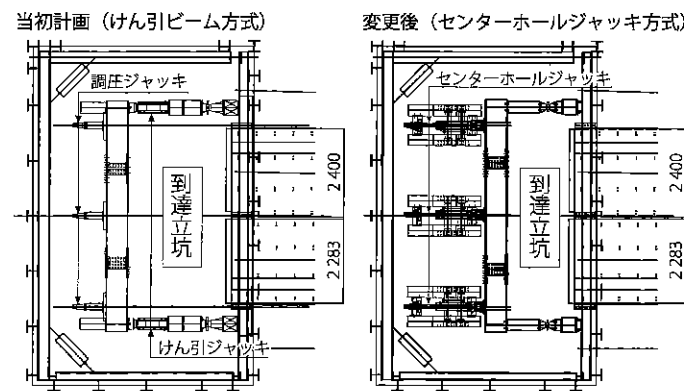


図6 けん引設備平面図

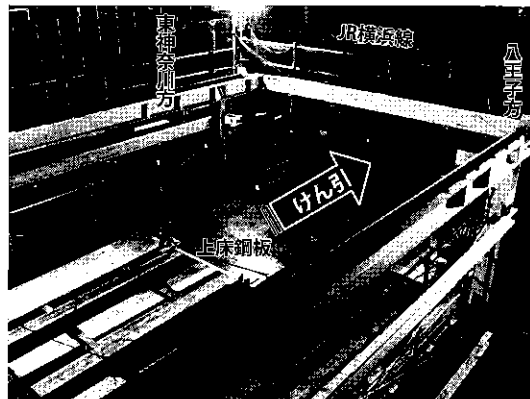


写真-1 防護鋼板挿入状況（発進立坑）

設備のスリム化を図った。けん引設備図を図-6に示す。なお、防護鋼板のけん引に使用するPC鋼より線は、立坑内に鋼線を巻取るスペースが確保できないため逐次切断撤去することとした。

(3) 支保工形式の変更

到達立坑の支保工は、COMPASS工法で一般的に採用されているグラウンドアンカーが適用できなかった。このため、支保工の腹起し材を補強してプレストレスを導入する山留め支保工を採用し、切梁スパンを拡げることで立坑内のスペース確保を図った。

4 施工結果

4-1 防護鋼板挿入工

防護鋼板の挿入状況を写真-1, 2に示す。通常、防護鋼板挿入工は、下床防護鋼板を先行して施工することを標準としている。工程検討の結果、上床防護鋼板の施工が酷暑期になることが判明した。酷暑期施工に伴う軌道変状リスクあるいは作業規制などを回避するため、上床防護鋼板を先行施工とする施工順序の変更を行った。図-7に鋼板の割付け図を示す。図中の○数字は防護鋼板の挿入順序を示す。鏡切りから到達までの施工日数は、上床防護鋼板が平均16日、側壁上段は14日、下床と側壁下段は8日であった。防護鋼板のけん引速度は、いずれの位置でも

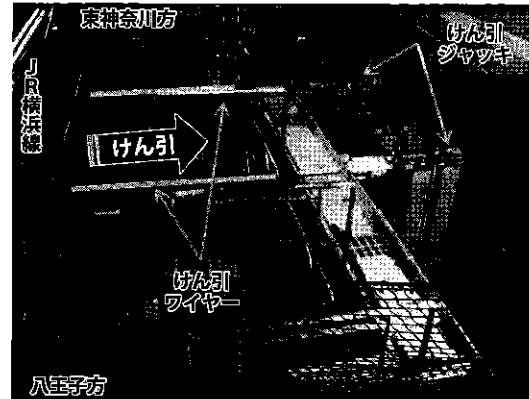


写真-2 防護鋼板挿入状況（到達立坑）

8~10mm/min程度であることから、作業区分（作業時間）の違いが作業日数の差として現れている。なお、下床防護鋼板施工による上床防護鋼板への

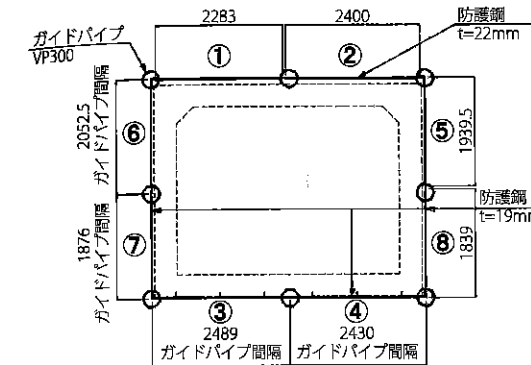


図7 防護鋼板割付け図

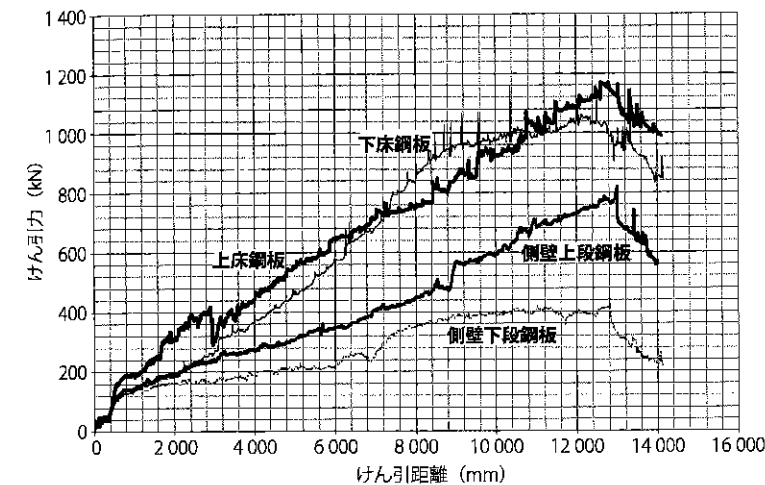


図8 防護鋼板けん引力図

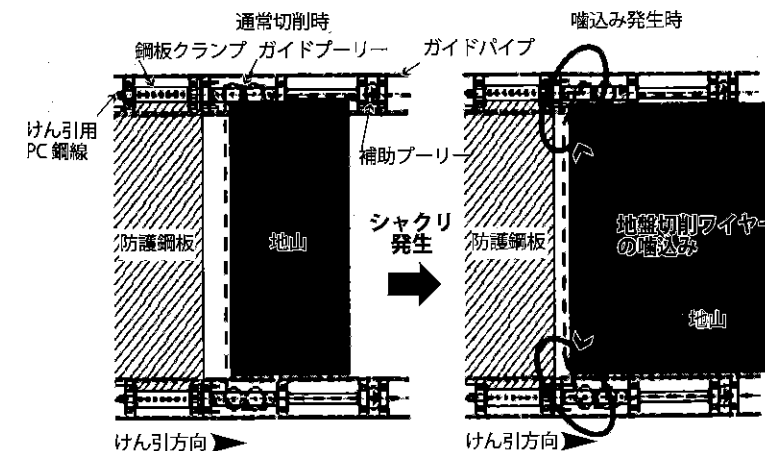


図9 地盤切削ワイヤー嚙込み状況想定図

影響は、ほとんど確認されなかった。

図-8に防護鋼板挿入時のけん引力図を示す。けん引力の最大値は、上床防護鋼板挿入時の1,200 kNであった。

本工事では、けん引力の低減を図るため、通常では、防護鋼板の上面のみに実施していた周面摩擦低減工（滑材注入）を鋼板の両面に実施した。また、後述する本現場で発生した防護鋼板のシャクリ現象対策として、側壁下段防護鋼板挿入時においても摩擦低減工を実施している。図から明らかに、未対策の側壁上段防護鋼板挿入時と比較すると、けん引力は低下（周面摩擦力度が50%程度低減）しており、摩擦低減工の効果が確認できた。

八王子方の側壁上段施工時に、地盤切削ワイヤーがガイドパイプに嚙込み、ワイヤーの接続箇所が外れる事象が発生した。これは、けん引力の増加に伴いPC鋼より線の伸び量が大きくなることにより発生する、防護鋼板のシャクリ現象によるものと想定された。シャクリ現象により、防護鋼板は急激に前方に進み、その前方にあるガイドブリーを押し込むことになる。そのため、ガイドブリーに取付けられている地盤切削ワイヤーに切り遅れが発生し、状況によってはガイドパイプに嚙込んでしまう（図-9）。今回は、ガイドパイプ内でワイヤー接続部が外れたため、これを回収し、立坑内で再接続することができ、大きなトラブルには至らなかった。この事象を受け、シャクリ量が大きくなる場合には（当該現場では800kN）、発進側から補助的に推進ジャッキにて防護鋼板の推進を行うこととした。その

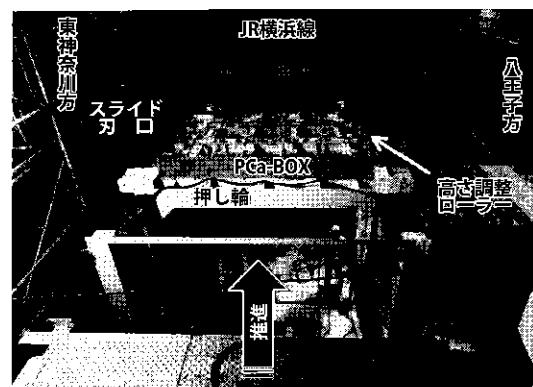


写真-3 函体推進状況(発進立坑)

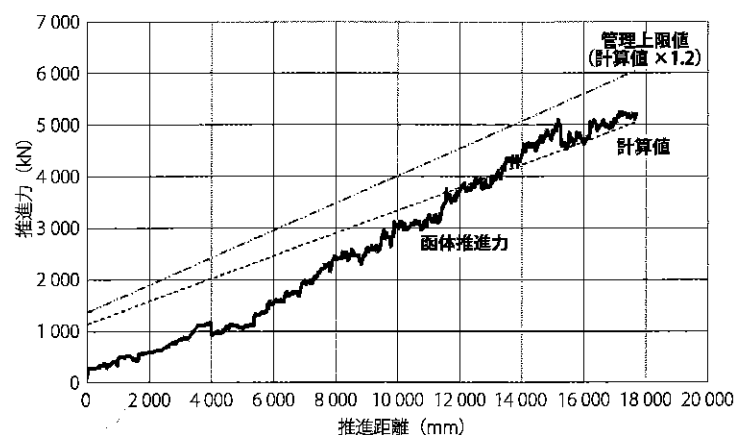


図-10 函体推進力図

後は、地盤切削ワイヤーの噛込みは発生しなかった。

4-2 函体掘進工

函体掘進状況を写真-3、内部掘削状況を写真-4に示す。函体掘進は、鏡切り～スライダ刃口の撤去までに37日を要した。切羽の自立性は良好であったが、作業空間および作業時間帯を夜間閉鎖作業としたため、1日の進捗は40～50cm程度であった。

図-10に函体掘進時の推進力図を示す。推進力の最大値は、到達時で5,250kNであった。推進力は、計画時の計算値を超えたものの、想定していた管理上限値(計算値×1.2)内での推進であった。函体掘進時に、とくに異常は認められず、安定した推進作業を行うことができた。

函体の出来形は表-2に示すとおりであり、精度よく設置することができた(写真-5)。

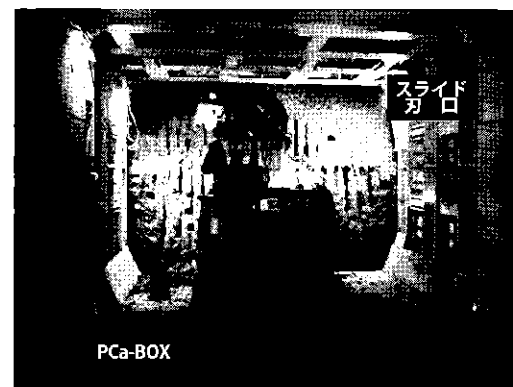


写真-4 内部掘削状況

表-2 函体出来形一覧表

項目	規格値	実測値
延長 L	-100mm以上	-20mm
基準高	±30mm	+3mm
内壁～道路中心	—	5mm

表-3 軌道管理値一覧表

	警戒値	工事中止値	限界値
軌間	±5mm	±9mm	±14mm
高低	±7mm	±13mm	±19mm
通り	±7mm	±13mm	±19mm
平面性	±7mm	±12mm	±18mm

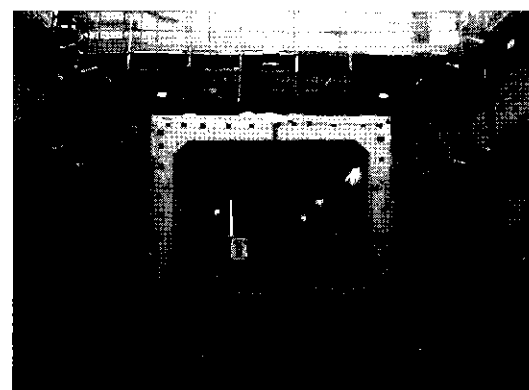


写真-5 函体推進完了状況

4-3 軌道監視

軌道への影響を確認するために、上下線に自動計測器(リンク型変位計および水準計)を設置し、3分間隔で軌道計測を実施した。計測器の測点間隔は2.5mであり、ガイドパイプ上に測点を配置した。なお、夜間線路閉鎖間合い作業については

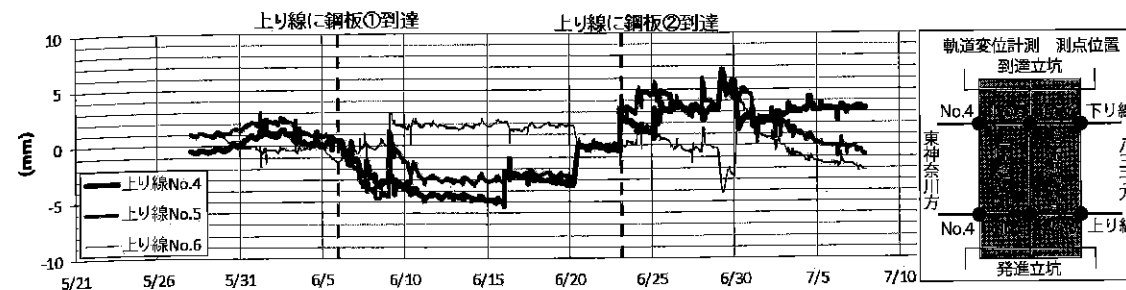


図-11 軌道変位図(上り線高低:上床鋼板挿入時)

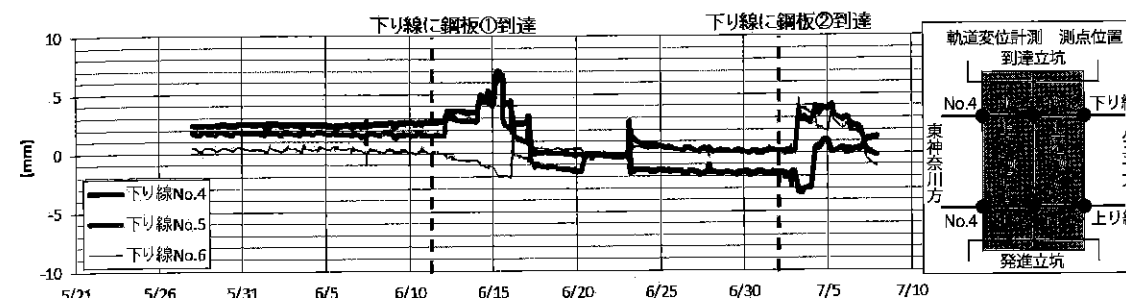


図-12 軌道変位図(下り線高低:上床鋼板挿入時)

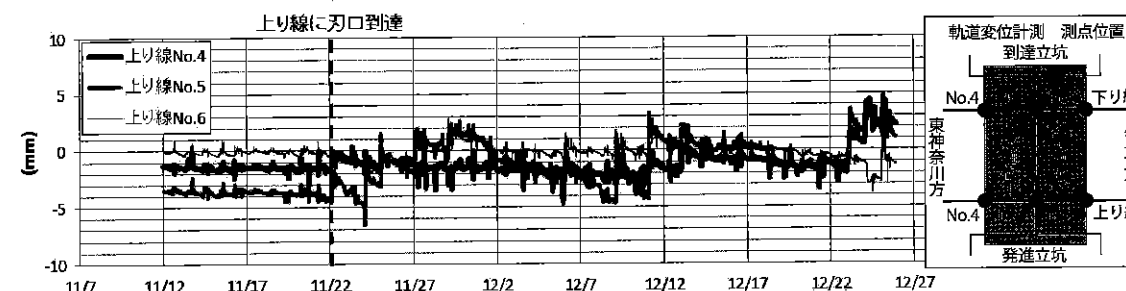


図-13 軌道変位図(上り線高低:函体推進時)

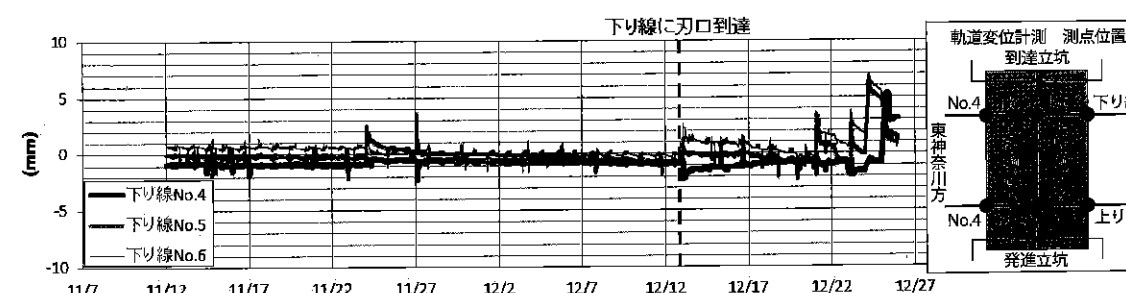


図-14 軌道変位図(下り線高低:函体推進時)

軌道の重点監視とし、軌道工による軌道監視もあわせて実施した。

軌道変位の管理値を表-3に示す。軌道変位の管理値は、マニュアル²⁾にもとづき、10m弦の測定

値に対し、警戒値(A×0.4)、工事中止値(A×0.7)、限界値(A:軌道整備基準値)の3段階で管理した。図-11, 12に上床防護鋼板挿入時の軌道変位測定結果を示す。

上床防護鋼板挿入時については、防護鋼板が計測位置に達すると変位が生じるが、警戒値を超えるような変位は発生しなかった。軌道工による軌道監視(鋼板挿入時)においても、変位はほとんど確認されなかった。

図-13, 14に函体推進時の軌道変位測定結果を示す。刃口先端が上り線に達したのち、徐々に変位は発生しているが、変位量は上床防護鋼板挿入時と同様に微小であった。しかしながら、刃口が到達立坑に近づくにつれ、下り線の変位に増加傾向が確認された。このため、軌道計測状況に応じて軌道整備を実施し、警戒値以内での推進を行った。

COMPASS工法は施工事例が少ないため、防護鋼板挿入工、函体推進工などの線路直下での作業は、夜間線路閉鎖間合いでの施工を原則としている。しかしながら、本工事における防護鋼板挿入工のように、列車運行に対する安全性を示す施工データの蓄積により、今後は、一部工種の昼間施工への移行による工期短縮、コストダウンなども期待される。

5 おわりに

本工事では、事前に施工条件に応じた各種対策を検討し、実施工において確実に実施することで、列車運行に影響を与えることなく、工事を無事完了することができた。また、立坑寸法に制約を受ける狭隘空間での施工となり、作業が細分化され施工手間が増えることとなったが、狭隘箇所に見合った設備の選定や前作業時間の有効活用などの工夫により、効率的かつ安全に工事を進めることができたと考えている。

本報告が、非開削工法により線路または道路下に人道地下道、水路などの小断面構造物を構築する同種工事の設計、施工の際の一助となれば幸いである。

参考文献

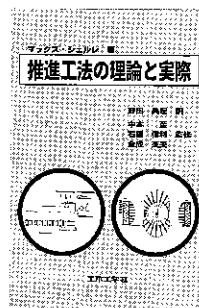
- 1) 清水満・藤沢一・栗栖基彰・鈴木尊・長尾達児：新しい小断面地下構造物の構築工法の開発、トンネル工学報告集, Vol.14, pp.413-419, 2004.11.
- 2) JR東日本：非開削工法設計施工マニュアル, 2013.5.

推進工法の理論と実際

B5判 437頁 本体価格8,500円 送料460円

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



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



株式会社 土木工学社

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

施工

道路トンネルで初めて超長尺先進コントロールボーリングを採用

—新名神高速道路 箕面トンネル—

西日本高速道路(株)関西支社新名神大阪西事務所茨木西工事長 岡 浩 一

西日本高速道路(株)建設事業本部建設事業部建設課 山下 学

大成建設(株)本社土木本部土木技術部部長 三 隅 宏 明

大成建設(株)関西支店新名神高速道路箕面トンネル東工事作業所工事課長 加 藤 宏 征

1 はじめに

新名神高速道路(近畿自動車道名古屋神戸線)は、名古屋を起点として神戸市に至る延長174kmの高速道路である。名神高速道路、中国自動車道などの周辺の高速道路とともに、近畿圏と中部圏を結ぶ高速道路のネットワークの多重化を形成する。これにより、円滑な交通を確保し、名神高速道路などの混雑を解消し、災害や事故・大規模改修工事の際には、名神高速道路と相互に代替機能を果たし、国民生活産業のさらなる発展に寄与することを目指し、鋭意事業中である。図-1に施工位置を示す。

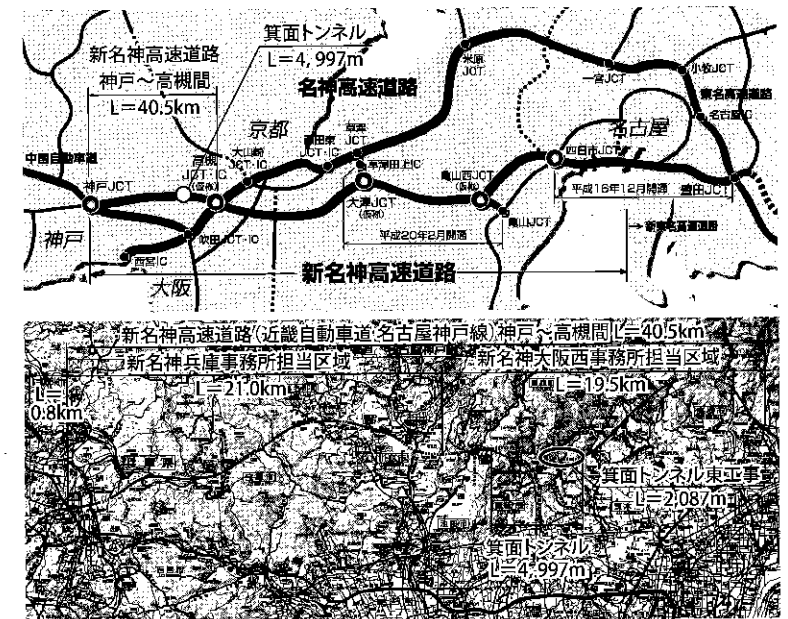


図-1 位置図

2 箕面トンネル東工事の概要

2-1 全体概要

箕面トンネルは、茨木市佐保地区(東坑口)を起点とし、箕面市下止々呂美地区(西坑口)に至る上

り線4,997m、下り線4,982mのトンネルである(全幅9m+監視員通路)。そのうち箕面トンネル東工事は、東坑口から上り線2,081m、下り線2,087mであり、坑口の高盛土、橋台2基、橋脚2基を含む工事である。東坑口より約1,000mの地点では、土かぶり約18mで「勝尾寺川」と交差する。

勝尾寺川周辺は豊かな自然、豊かな水環境(明治の森箕面国定公園に近接)に恵まれ、周辺地域住民による農業用水としての水利用が盛んである。

そこで、さまざまな課題や技術的な助言を得ることを目的とした学識経験者からなるトンネル施工検討委員会を設置し、水環境保全対策や施工方法などについて検討を行っている。

2-2 地形概要

地形は主として標高250~550mの山地であり、主要河川沿いには狭い平地が分布している。主要河川は、東坑口盛土下方に佐保川、トンネルと交差する勝尾寺川がある。

2-3 地質・断層概要

地質は基盤岩である古生代の超丹波帯、中生代の丹波帯である。丹波帯は東工事区間に広く分布しており、主として頁岩や頁岩主体の混在岩であるが、流紋岩や石英斑岩が貫入している。工区境付近より西側には超丹波帯が広く分布しており、砂岩・砂岩優勢頁岩・砂岩互層である。図-2に地質縦断面図を示す。

すでにトンネル掘削の終わっている区間では、頁岩が主体であり、亀裂が発達していた。また、トンネル付近には多数の断層が分布しており、東坑口より300m間は箕面断層があり、勝尾寺川交差部より工区境方向には高透水性の東西系断層破砕帯が密集している。

平成26(2014)年7~8月にかけ、勝尾寺川交差部の断層破砕帯(Fewb2)に到達した。この区間は、旧河川の弾性波低速度帯にも含まれ非常に脆

弱であり、断層粘土や砂層も挟んでいた。しかし、湧水は想定より少なく、補助工法(AGF、長尺鏡ボルト)を行いながら慎重に施工し無事に通過することができた。

3 水環境保全対策の基本方針

3-1 基本方針の内容

水環境保全対策の基本方針は以下のとおりとする。

- ① トンネル掘削によって周辺地域の利水に影響が及ばないように調査・対策を行いながら慎重に施工する。
- ② 施工中は、水文調査、地質調査、先進ボーリングなどの前方調査により、多量の湧水が想定され、かつ地表の水環境および周辺利水に影響が出ることが想定される場合は、可能な限り湧水の抑制を図る。

3-2 工事中の対策

河川交差部で土かぶり小さい勝尾寺川交差部区間については、高透水性の断層破砕帯が密集しており、表層近くの地下水や河川水がトンネル坑内へ引き込まれることが懸念されたため、施工中の河川などの対策に加え、完成時においてトンネル本体工に非排水構造(WT:ウォータータイト)を採用することを基本とした。これを実行するために、1,000m級の超長尺先進ボーリングや100m級の長尺ボーリング、および水文モニタリングなどを用いた地下水情報化施工を採用している。図-3に箕面トンネル東工事全体平面図を、図-4に非排水構造区間断面図を示す。

排水構造区間断面図を示す。

3-3 地下水情報化施工

施工中に得られる情報(超長尺先進ボーリング、長尺ボーリング、水文モニタリング、切羽地質湧水状況など)を用いて、水環境への影響を把握し、より的確な水環境保全の実現を図ることを目的としている。これにより以下に示す対応が可能となる。

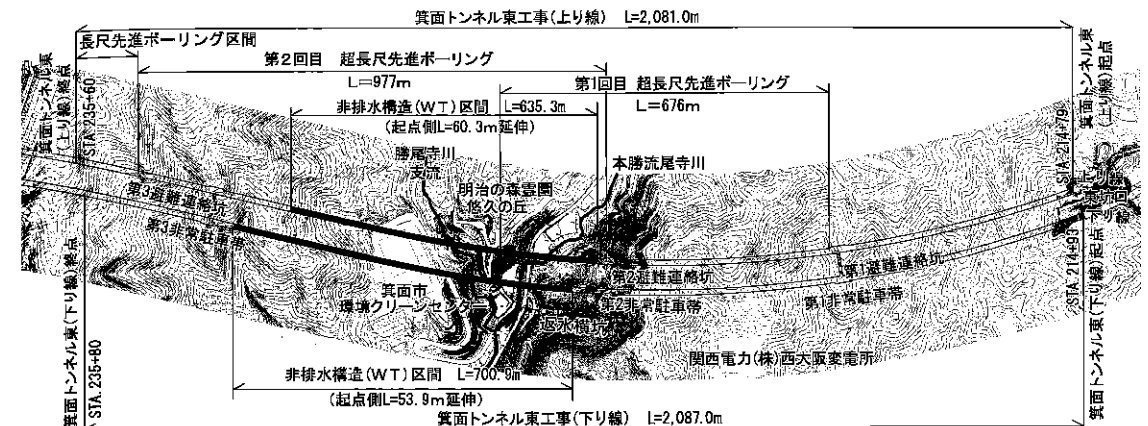


図-3 箕面トンネル東工事平面図

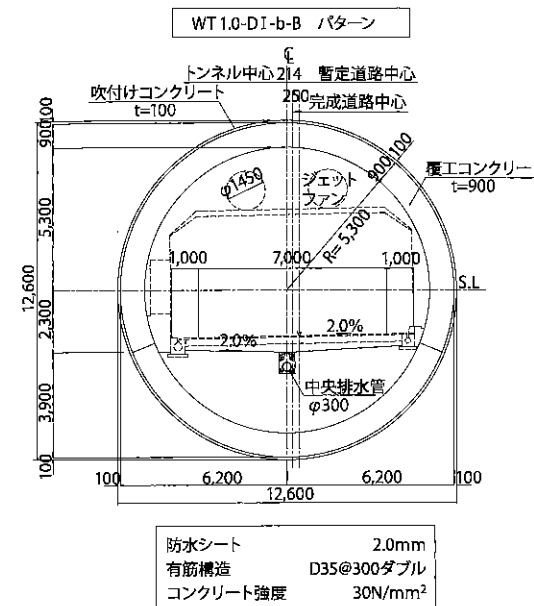


図-4 非排水構造区間断面図

- ① 迅速な対策工の提示
- ② 的確な水環境保全対策の実施
- ③ 合理的な施工

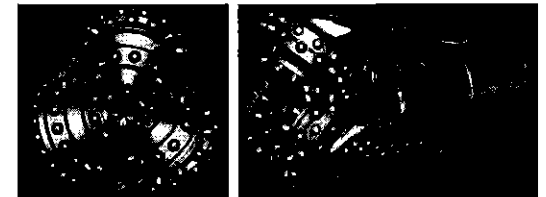
4 超長尺先進ボーリングの概要

4-1 採用経緯

当工事では、詳細な非排水構造区間の起点・終点位置の設定や現地条件に合わせた構造詳細を検討する目的で、切羽前方の水理地質情報をトンネル掘削作業に支障のない超長尺先進ボーリングを実施することとした。

【削孔用ビット：トリコンビット (VAREL社製)】

仕様	名称	外径	備考
トリコンビット	口元 12-1/4"	φ311.2mm	
2段目	2段目 7-7/8"	φ200mm	DHM高速回転用
3段目	3段目 4-3/4"	φ120.6mm	DHM高速回転用



- ◆高速回転対応のための新技術：高速・長寿命のモータータイプ・スリーコンビットを採用
- ◆特徴
 - ・銀メッキ処理付フローティングタイプジャーナルベアリング
 - ・信頼性が向上した給脂システム
 - ・特殊断面HSN シール
 - ・ゲージプロテクション
 - ・デザインテクノロジー
 - ・HETインサートチップ

図-5 削孔ビット概要

このボーリングには、掘進方向を制御しながら高速で1,000m程度を掘進できるコントロールボーリングを採用した。コントロールボーリングは、トンネル施工速度と比較してきわめて速く掘進することが可能であり、早い段階でトンネル前遠方の湧水状況や地質状況を把握でき、対策工の検討に十分な時間が確保できる。

4-2 工法概要

超長尺先進ボーリングは、方向制御可能なコントロールボーリングである。トリコンビットによるノンコアボーリングであり、ビット後方のダウ

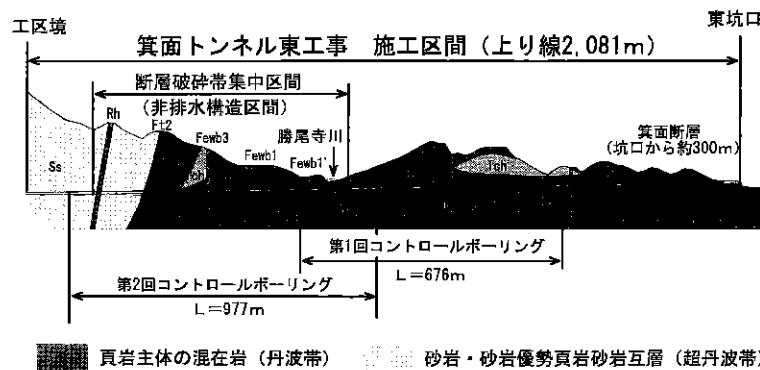
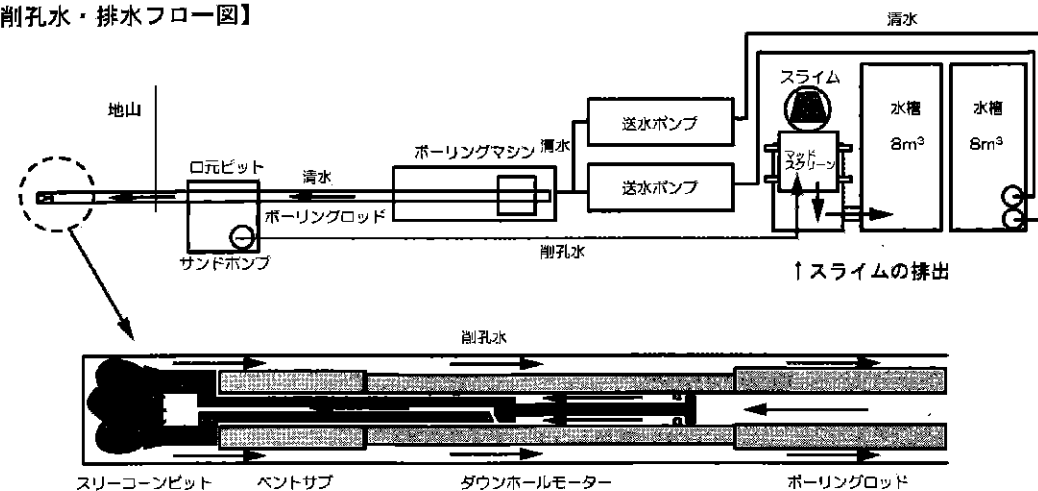


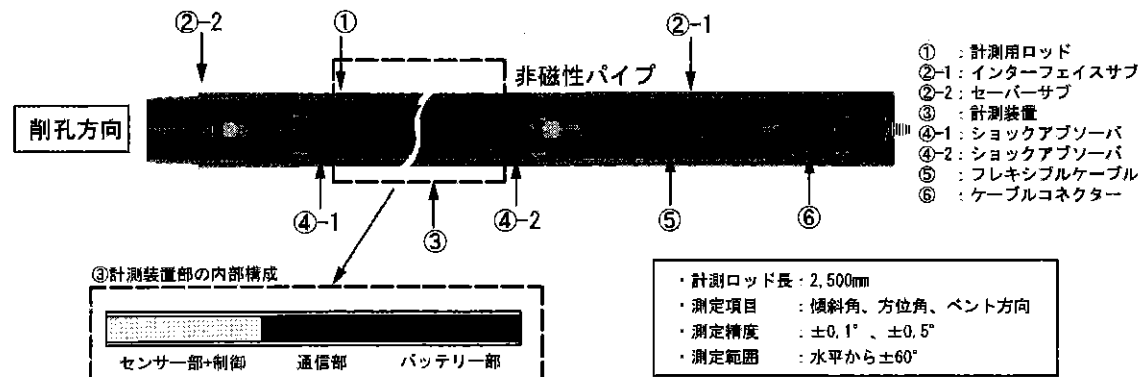
図-2 地質縦断面図

【削孔水・排水フロー図】



- ◆削孔水は、スライムと共にロ元釜場に排出され、サンドポンプにて分離機（マッドスクリーン）へ送水する。湧水が多い場合は、削孔余剰水を濁水処理設備へ送水する
- ◆脆弱層で孔壁崩壊が発生しやすい場合は、泥水掘りとする

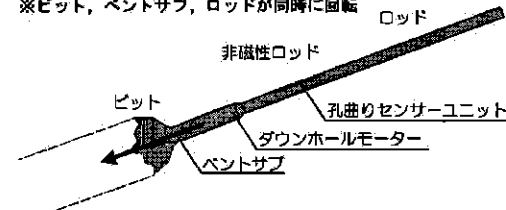
【孔曲がり計測ユニット（DGS）：AMT社製】



【削孔方向を制御する仕組み】

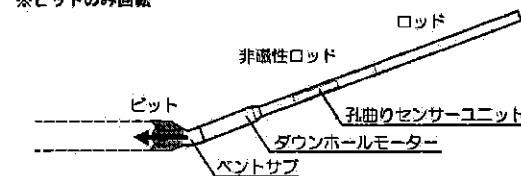
◆直進掘削の場合

※ビット、ベントサブ、ロッドが同時に回転



◆方向制御掘削の場合

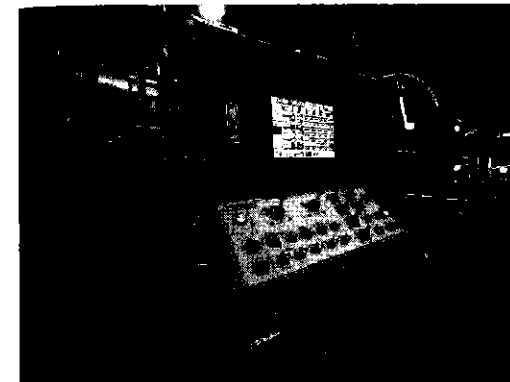
※ビットのみ回転



ロッドを回転させると、ベントサブからビットまでの先端部全体が円すい形を描くように回転し、直進方向に掘削する

先端のビットだけを回転させて、ベントサブの曲がった方向に掘削する

図-6 コントロールボーリング概要



◆ボーリングデータ記録装置（BDR）により、時間、掘削深度、推進力（給進力）、ロッド回転数、ロッド回転トルク、送水量、送水圧力などのデータを、削孔長 1.0cm ごとに記録し、エクセルに出力

【孔曲り計測用パソコン】



◆傾斜角、方位角、ツールフェイスの向きなどを表示（傾斜角、方位角は画面を切替える）

【孔曲り計測モニター表示例】

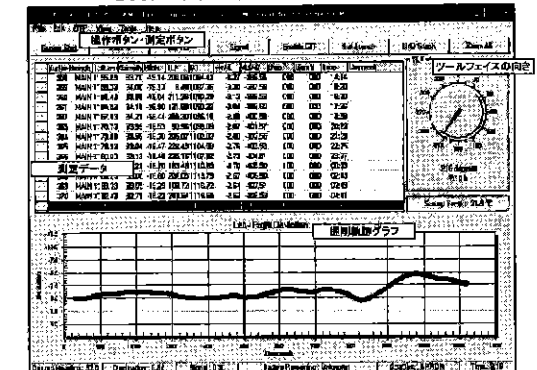


図-7 ボーリングマシン制御ユニット概要

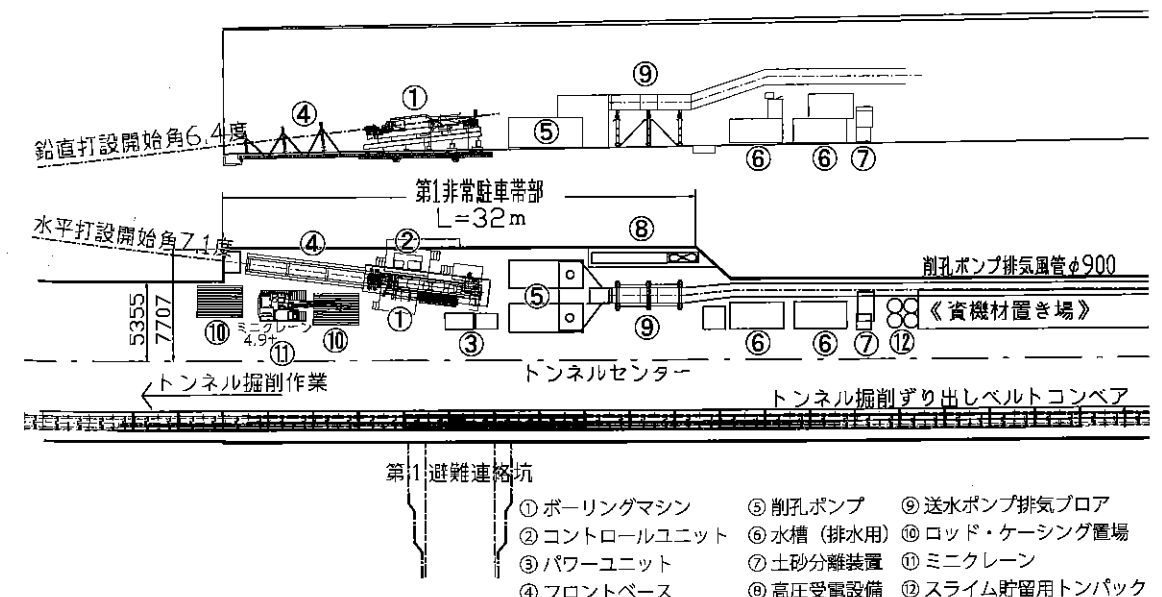


図-8 坑内機材配置図

ンホールモータに高水圧をかけビットを回転させる。図-5に削孔ビット概要を示す。

ダウンホールモータの後方には孔曲り計測ユニットがあり、水平・傾斜角をリアルタイムで計測している。計測ユニットは非磁性パイプ内にあり、センサ部、通信部、バッテリー部で構成されている。削孔水はロッドと地山間を通り排水槽へ送られ、マッドスクリーンによりスライムが除去される。残りの排水は削孔水としてリサイクルする。図-6にコントロールボーリング概要を、図-7にボーリングマシン制御ユニット概要を示す。

4-3 坑内機材配置

東坑口から約500mの地点に第1非常駐車帯があり、その拡幅部にボーリングマシンとプラント設備を配置した。

図-8に坑内機材配置図を示す。

4-4 方向制御と曲線掘進

図-9に示すように、計画のボーリング掘進位置は、トンネル断面より右下に約5mの位置となる。この位置は、計測器が鉄製の支保工やロックボルトから影響を受けないよう離隔を取った位置である。掘削中は同位置から離れないようコントロールを行った。

また、トンネルと並行の縦断勾配(下向きに

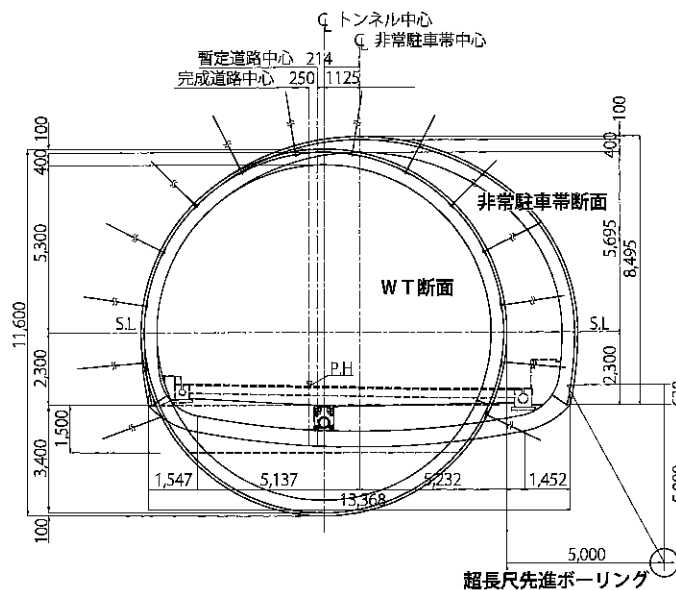


図-9 超長尺先進ボーリング位置図

1.53度), 平面線形($R=2,500m$)で掘進を進めた。

口元から200m間では、孔壁崩壊をくり返したため、孔径が大きくなり方向制御ができない状態も発生した。方向制御を行う場合は、先端のトリコンビットとダウンホールモータとの間に装着されたベントサブと呼ばれる装置により0.93度ほどビットの方向を曲げてある(実績にもとづく値であり、1.5度まで対応可能。図-5参照)。方向を制御する場合、このベントサブの方向を曲げる方向にセットし、孔壁に支点をとり方向を変えていく。しかし、孔壁崩壊により孔径が拡大し、方向制御ができなかったため、セメンテーションを行ったうえで、ベント角度を1.5度に増角し、リボーリングを行った。その結果、本来の線形に沿うことができた。

4-5 掘進実績

平成26(2014)年1月上旬より仮設を開始し、1月下旬より本掘進を開始した。計画時の総作業日数は65日、平均削孔速度は40m/日であった。実施総作業日数は75日で、ボーリングマシン据付け、資機材搬入、プラント設置で12日、掘進期間は51日、ケーシング抜管と仮設撤去で12日であった。ただし、口元から200mまでの間は亀裂が発達しきわめて脆弱であり、掘進時にジャミング(ロッド拘束)が頻発し、孔壁崩壊対策としてセメンテーションをくり返し行った時間を含んでいる。

掘進実績工程を図-10に示す。

削孔径 $\phi 200mm$ の深度200mまでの地山脆弱区間では、孔壁崩壊対策(削孔ロッド引抜き、セメンテーション、養生、リボーリング)、ビット交換1回を含めた平均掘進速度は16.7m/日(2方昼夜作業)であり、崩壊対策を除くと29.4m/日であった。

また、深度200mから終点676mまでの $\phi 120mm$ 裸孔掘進区間では、平均掘進速度は27.9m/日(ビット交換2回を含む)であり、最大掘進速度は71.3m/日であった。

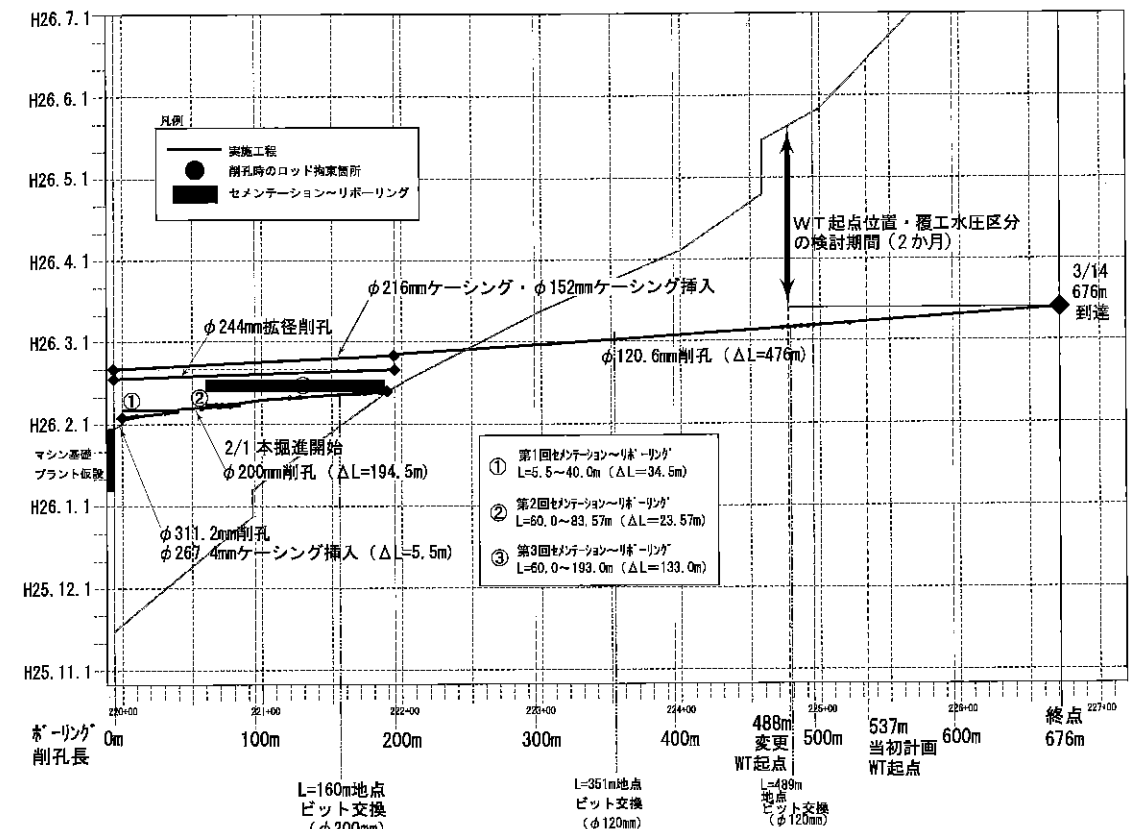


図-10 超長尺先進ボーリング掘進実績工程

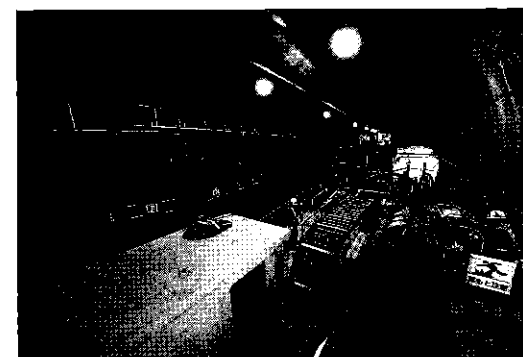


写真-1 非常駐車帯部における施工状況

当初計画では、超長尺先進ボーリングの準備開始は、トンネル掘削がボーリング掘進開始位置より50m進んだ段階で行うものであったが、発破掘削における安全な離隔確保とベルトコンベヤずり出し設備や換気台車との位置関係により、切羽が120m程度先行した段階でボーリング作業を開始

することとした。

ボーリング掘進完了時、切羽より160m先行しており、これを期間に直すと2か月程度となる。

この2か月でWT起点位置の検証を行い、WT区間の掘削準備へと移行した。

また、今回は掘進完了時に200L/分程度の湧水があり、水文モニタリング地点の影響を調べるため、ケーシング撤去前に十分な影響調査時間を取る必要があった。掘進後に湧水がある場合、切羽安定のために水抜き孔として利用できるが、当工事の場合、トンネル掘削前に地下水環境に極力影響を出さないように、ボーリング孔の閉塞注入を行った。

5 掘進データによる地山評価

掘進データはボーリングマシンと高圧ポンプに設置されている各種センサにより測定を行った。

記録されるデータとしては、深度、送水圧、送水量、掘進速度、ロッド回転トルク、ロッド回転数、マシン推進力があり、深度1.0cmごとに自動記録される。また、5mごとに削孔スライムを連続採取し、スライム分析により岩種、破碎帯の確認を行った。また、区間湧水量は5mごとに行った(増水時はその都度)。

WT区間の起終点を定める指標として以下の項目を設定した。

- ① 区間湧水量
- ② 地質状況
- ③ 削孔エネルギー係数

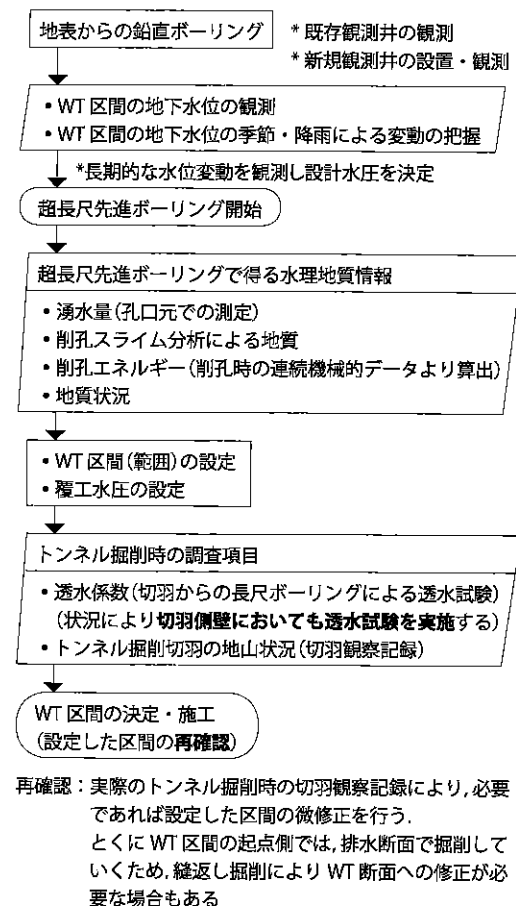


図-11 非排水構造区間詳細検討フロー

	3	20	130	850	
地山分類	DII	DI	CII	CI	B
					(MN・m/m³)

図-12 削孔エネルギー係数と地山分類

④ 水文モニタリングによる周辺水環境への影響

⑤ 透水係数 $k=2.7 \times 10^{-7}$ (m/s) 以下の健岩に起終点を配置する

図-11に非排水構造区間詳細検討フローを示す。各種削孔データより削孔エネルギー係数を算出し、地山評価を行った。削孔エネルギー係数は、マシン推進エネルギー、モータ回転エネルギー、ロッド回転エネルギーを用い、マシン推進力補正、ビット回転エネルギーの推力補正と送水圧補正を行い算出した。

ノンコアボーリングの地山評価では、削孔時に消費したエネルギーによる評価が主流である。超長尺先進ボーリングの施工時は、トンネル掘削作業も並行して行われている。今回、地山分類基準を設定するうえでは、トンネルの施工実績(切羽観察記録の切羽評価点)とボーリングによる削孔エネルギー係数とを比較した。図-12に削孔エネルギー係数と地山分類との関係を示す。

6 非排水構造区間の修正

図-13に得られた水理地質情報を示す。ボーリング時に区間湧水量がもっとも多かった488m付近まではCIIが主体であり、CIが点在していた。また、488m以深ではCIIが主体であるが、勝尾寺川交差部付近でDIが密集していた。

区間湧水量は、深度488m付近(当初計画の非排水構造起点位置より約50m東坑口側)で急激に増加し、削孔スライムの径は、それまで1mm程度の小さいものであったが、5mmを超える大きなものまで混入するようになった(亀裂が多いため)。また、同地点までは削孔エネルギー係数が100MN・m/m³程度あったものが、30MN・m/m³以下へ低下した。

削孔水も青灰色から茶褐色に変わり、ジャミングがくり返し発生し、削孔水の逸水も見られた。また、勝尾寺川交差部付近にある2か所の地下水位観測地点で水位が低下しはじめた。

これらの結果より非排水構造起点位置を深度488m地点に修正した。

■超長尺先進ボーリングによる水理地質情報や削孔データ解析などにより、WT区間起点位置の仮設定を行う

■超長尺先進ボーリングの区間湧水量・孔口湧水量・削孔エネルギー係数・削孔時機械データなどから、総合的に判断すると、深度488m(TD1,004m: STA.224+83.7)から断層破碎帯と考えられる。この位置を上り線WT区間起点位置と仮設定する

■上り線の長尺先進ボーリングの透水試験結果より、透水係数 $k=2.7 \times 10^{-7}$ (m/s) 以下の健岩部は、超長尺先進ボーリングで仮設定した起点位置(TD1,004m)より5m手前までとなる。しかし、湧水の発生により観測井へ影響を及ぼしたのがTD1,004m地点であることから、WT起点部の手前には1D(延長12m)ファンカーテングラウト部があり、この区間もWT構造となることから、上り線のWT起点位置は、TD1,004m: STA.224+83.7と考える

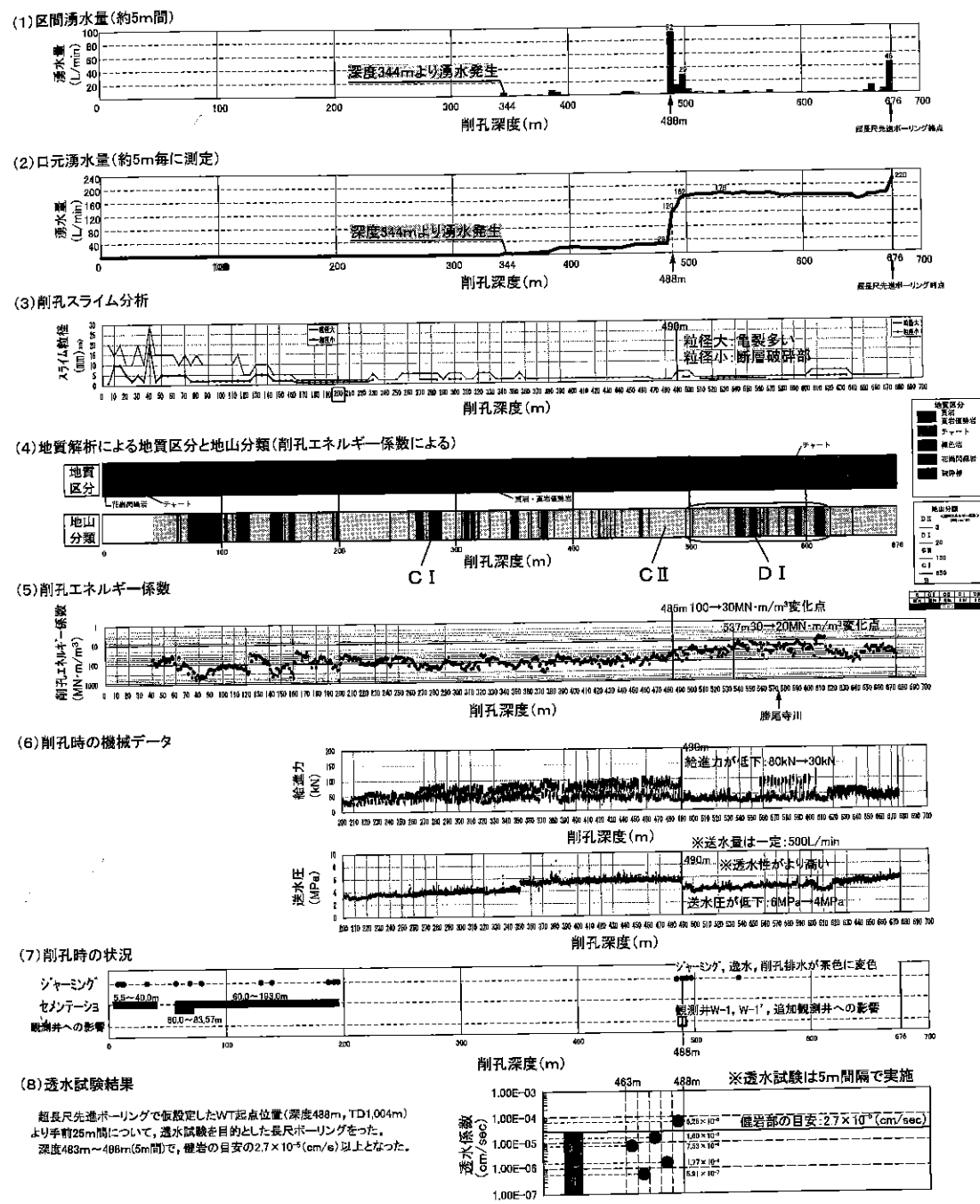


図-13 超長尺先進ボーリングの水理地質情報・削孔データ分析結果

7 今後の課題

今回の施工では、亀裂の多い頁岩層や断層破砕帯を孔壁保護対策を行いながら無事に計画長の676mを掘進できたが、今後改善すべき課題もいくつか挙げられる。

まず、ボーリングは、高水圧による掘進のため、地山脆弱部や亀裂の発達した地山では孔壁の崩壊が著しい。これにより方向制御が困難となったり、ジャーミングが頻発し、孔壁崩壊対策をくり返し、工程が大幅に遅延した。地山脆弱部では、ケーシングを追従させた掘削方法(二重管掘進)が確立されれば、掘進可能となり、セメンテーションとリボーリング、ケーシング挿入時間が大幅に短縮される。

ケーシング挿入は、300~400mの延長を一度に挿入するため、掘進ロッド引抜き時に孔壁を崩壊させた場合、ケーシングが挿入できず、再度孔洗浄をしなければならない。これは、ケーシング自体を曲げたり、切断する原因にもなり、後の削孔自体不可能になる場合もある。よって、ケーシングプログラムを検討する段階では、口元より極力長い区間にケーシングを入れることが望ましく、拡張(リーミング)により段落としをしていく方法も検討すべきである。

また、地山脆弱部での方向制御を確実にするためには、孔内で支点が取れるように孔壁を保護しなければならない。孔壁崩壊時のセメンテーションの方法も、実施深度、地山状況、湧水の有無、孔壁の状態によりパッカーの種類、注入方式、および注入材料をあらかじめ複数組合せたパターンを選定しておくことが重要である。

仮設備では、削孔に必要な吐出圧力を確保でき、坑内に配置可能な送水ポンプはエンジン式であり、その排気ガスが坑内に充満することになる。トンネル換気で送気式の場合、切羽に排気ガスが流れる。また、今回はトンネル掘削と並行して行ったため高圧受電設備を設置し受電できたが、調査坑などの場合、大型発電機が必要となり、この排気ガス処理も問題となる。この対処方法として当工事の場合、排気用のブローを追加し坑外まで強制排気を行った。

8 おわりに

平成26(2014)年10月より、非排水構造区間の終点位置の検証のため、第2回超長尺先進ボーリングを施工する予定である。計画延長は977mとなり、勝尾寺川交差部である旧河川の地山脆弱部と断層破砕帯(Fewb2)直前より掘進を開始し、複数存在する断層破砕帯を抜け、終点側を目指すこととなる。計画では、400mまではφ200mmで掘進し、φ152mmケーシングを400m挿入する。その後400~977m終点まではφ120.6mm裸孔掘進となる。このことからジャーミングが頻発する場合、極力奥までケーシングを入れる変更ケーシングプログラムも検討する必要がある。また、終点に向かい、1.0MPaもの高水圧となるため、セメンテーション方法も課題となる。

道路トンネルでは前例のない超長尺先進ボーリング(コントロールボーリング)は、従来の先進ボーリングにない画期的な技術であり、切羽前方の地質を早期に把握し、トンネル施工を安全・計画的に実施することが可能である。

建設工事の地質診断と処方

石井康夫・矢嶋壯吉 共著 A5判 326頁 本体価格 4,300円(〒300円)



株式
会社 土木工学社

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

施工

腐植土下の軟弱地盤でシールドを施工

—東京都下水道 北区赤羽台三丁目付近再構築—

東京都下水道局第一基幹施設再構築事務所工事第二課長 泉 谷 信 夫
東京都下水道局第一基幹施設再構築事務所工事第二課工事担当係長 山 本 成 吉
東京都下水道局第一基幹施設再構築事務所工事第二課工事係 尾 口 岳 史
戸田建設(株)赤羽台作業所監理技術者 田 中 宏 典

1 はじめに

東京都北区赤羽台三丁目付近は、沖積土が堆積した埋没谷に位置し、降雨時には高台からの雨水が集中するため、浸水被害が発生する地域である。

「北区赤羽台三丁目付近再構築工事」は、下流側の管整備に先駆け、主要枝線(内径3,250mm、延長約330m(泥土圧シールド))を先行整備し、暫定貯留管として活用することで、当該地域の浸水被害の軽減を図るものである。

施工位置図を図-1に示す。

本工事の立坑箇所の土質は、埋没谷特有の腐植土と腐植土混じりシルトで形成されており、シールドの施工に伴い、埋設物や家屋の沈下が懸念された。このため、地盤改良の実施、地盤変状の計

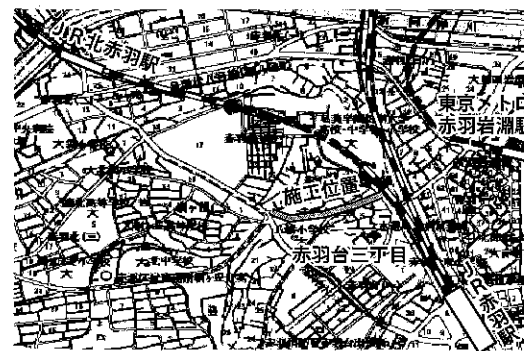


図-1 施工位置図

測、さらには掘削土量の電磁流量計などを用いた管理を行い、周辺地盤への影響を極力抑制しながらシールドを施工した。

本稿では、こうした軟弱地盤におけるシールド施工時の取組みについて報告する。

2 工事概要および地質概要

2-1 工事概要

工事件名：北区赤羽台三丁目付近再構築工事

発注者：東京都下水道局

受注者：戸田建設(株)

内 径：3,250mm

施工延長：328.1m

工 法：泥土圧シールド工法

土かぶり：6.2~14.3m

被圧水位：5.5m

工事全体平面図を図-2に示す。

2-2 地質概要

当該路線の地質想定縦断面図を図-3に示す。

発進立坑は埋没谷に位置し、表層には湿潤重量10.0kN/m³、含水比450%に達する腐植土(Ap)が分布している。有楽町層上部とほぼ同時代の堆積物と推定され、未分解の有機物が多い地層である。

また、発進立坑から約13.5m付近までは、下部沖積粘性土層(Ac-2)となっており、N値ゼロの

非常に軟弱で、所々に有機物や木根を含んでいる地層である。約13.5m付近から到達立坑の手前80m付近まで、シールドは台地の下を掘進する。この区間の地層は、 N 値15程度の洪積砂層(Ds層)および洪積粘性土層(Dc層)である。

到達立坑の手前80m付近からは、再度埋没谷となる。シールドは、非常に軟弱な下部沖積粘性土層(Ac-2層)を掘進するが、その上部には厚さ1.8mで腐植土(Ap)が堆積している。

3 シールド施工に際しての課題と対応

前章で示したように、シールド発進立坑から約13.5m付近までと、シールド到達立坑から手前80m付近までは N 値ゼロの非常に軟弱な地盤が含まれる。このため、シールド工事による周辺地盤へ

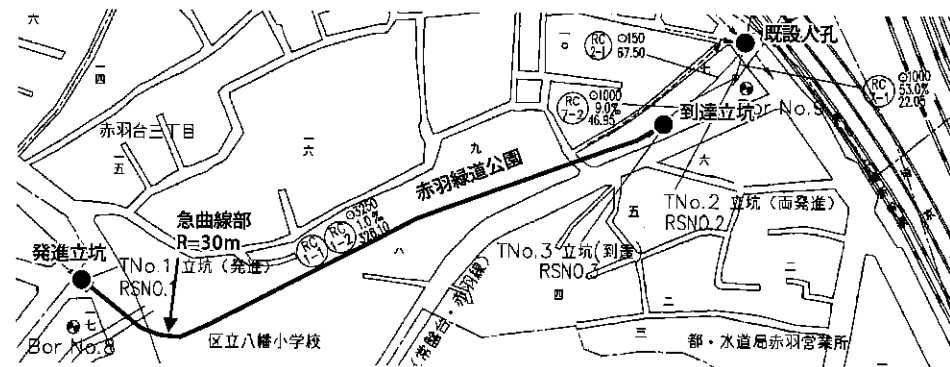


図-2 全体平面図

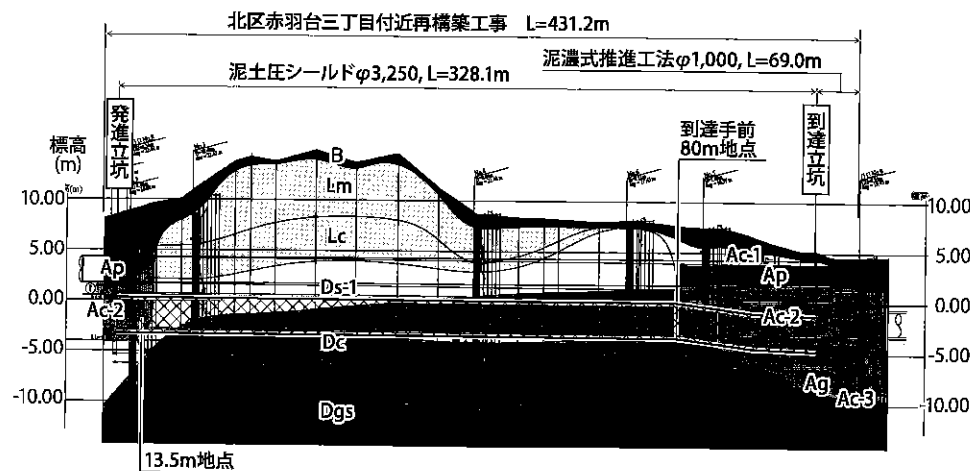


図-3 地質想定縦断面図

の影響が懸念された。そこで、土質データをもとに予測影響解析を行い、地盤改良、地盤変状管理、掘削土量管理の対策を実施することで、周辺地盤への影響を極力抑制することとした。以降、発進立坑付近での取組みについて記載する。

図-4に発進立坑付近の土質柱状図を示す。

3-1 FEMによる予測影響解析

FEMによる予測影響解析を実施したところ、対応策なしで施工した場合の埋設管の鉛直方向変位が、許容値20mmに対して最大23.2mmと予測された(図-5、表-1)。そのため、事前の対策として地盤改良が必要であることがわかった。

3-2 地盤改良工法の選定と施工

3-2-1 地盤改良を考慮したFEM解析結果

改良断面の選定にあたっては、全断面、上部のみ、門型の3タイプで比較を行った。

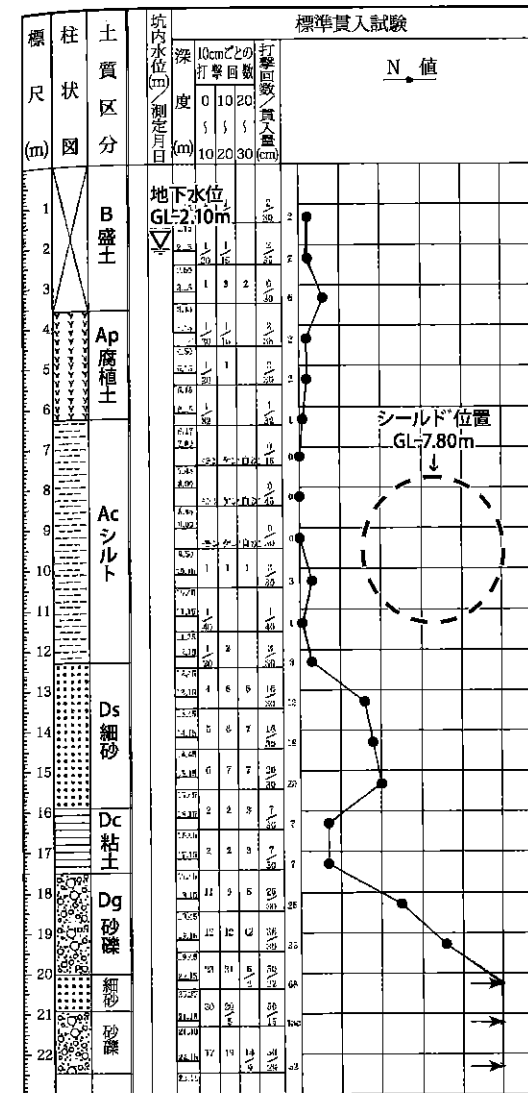


図-4 発進立坑付近の土質柱状図

その結果、経済的かつ効果が期待できる門型を改良断面として採用した。また、改良延長は、シールドの通過に伴い大きく沈下することが予測される腐植土の分布範囲となる11.4mまでとした(図-6、7)。

さらに、調査結果より得られた粘性土層の変形係数 $E=944(\text{kN}/\text{m}^2)$ を、改良範囲の変形係数 $E'=10,000(\text{kN}/\text{m}^2)$ として影響解析を行った。

その結果、地盤改良によって近接する埋設管の鉛直方向変位を7mm以下に抑えることができると推定された(表-2)。

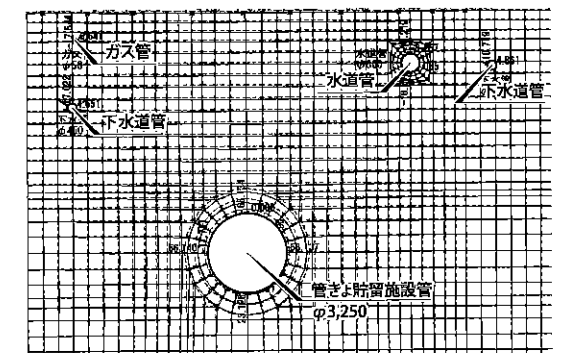


図-5 FEM解析モデル

表-1 FEM解析結果

	鉛直方向変位(mm)	
	解析値	許容値
ガス管	-22.5	-20
水道管	-23.2	-20
下水道管	-22.0	-20

※許容値は各企業者との協議による

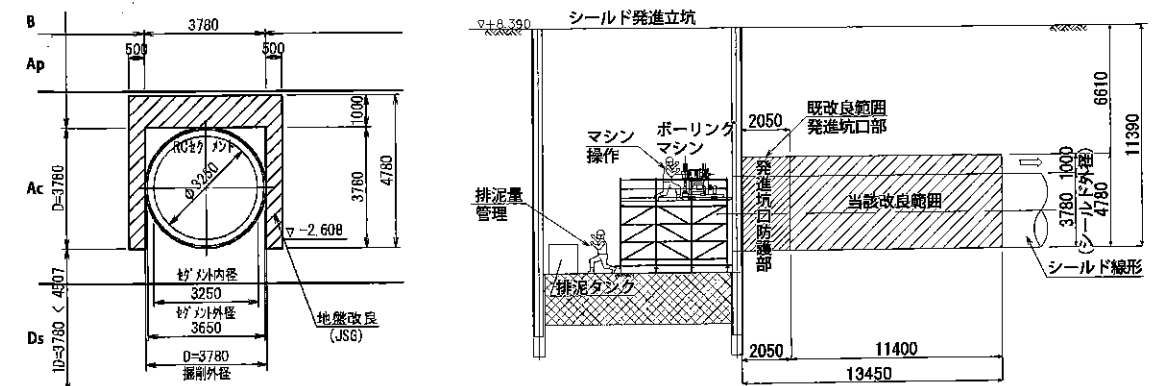


図-6 地盤改良範囲断面図(横断方向)

図-7 地盤改良範囲断面図(延長方向)

3-2-2 施工方法の検討

現地での地盤改良にあたっては、下記の課題があった。

- ・発進部路線には樹木があり、鉛直方向の削孔に支障がある
 - ・シールドの計画線形が既存道路線形に対して斜めに横断する占用位置となっているため、交通車両に対する影響を考慮する必要がある
- 施工方法を検討した結果、発進立坑内側から水平方向削孔を行う水平高圧噴射攪拌工法で地盤改良を行うこととした。水平高圧噴射攪拌の施工割付け断面図を図-8に示す。

水平高圧噴射攪拌を行うに際し、有効改良径が1.0m未満の場合、使用ロッドに単管を使用する高圧噴射攪拌工法(単管工法)が採用されることが多い。しかし、単管工法は超高压水による地盤の切削と硬化材の噴射を同時に行う構造(2工程式)になっておらず、今回のような地層で水平施工する場合には、超高压水の切削時や、切削から硬化

材噴射に切替える間の地山の緩みによる沈下の懸念があった。そのため今回は超高压水の切削と硬化材噴射を同時に行うことのできる二重管を用いた特殊仕様のダブル噴射方式を採用した(図-9)。

施工はまず、発進立坑の土留め壁(柱列式地中連続壁)に対してφ150mmでコア削孔を行い、ロッドを挿入するためのφ125mmの管を芯材に取付けた。次に発進坑口防護部(改良長2.05m)をφ100

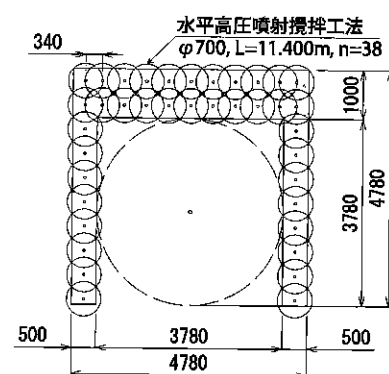


図-8 水平高圧噴射攪拌の施工割付け断面図

表-2 地盤改良を考慮したFEM解析結果

	鉛直方向変位(mm)	
	解析値	許容値
ガス管	-6.4	-20
水道管	-6.9	-20
下水道管	-0.1	-20

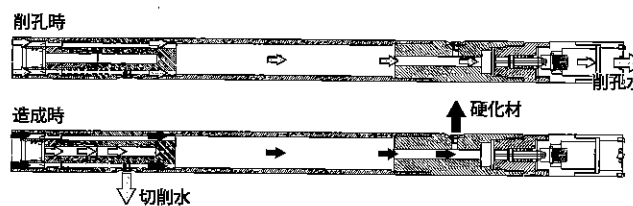
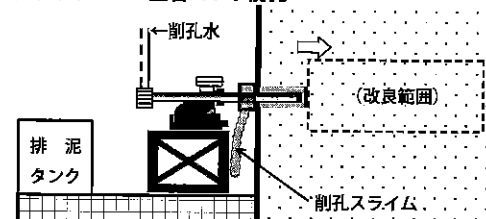
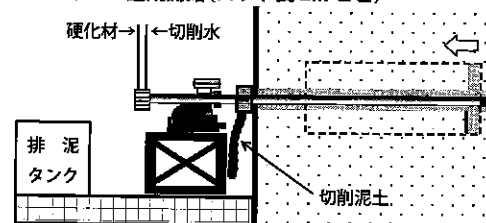


図-9 二重管ロッド構造図

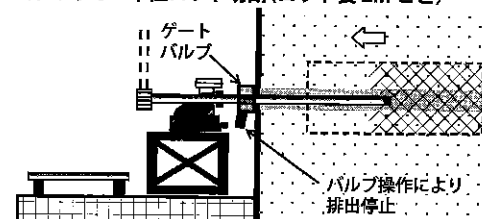
ステップ1 二重管ロッド削孔



ステップ2 造成開始(ロッド長2mごと)



ステップ3 単位ロッド切断(ロッド長2mごと)



ステップ4 造成完了

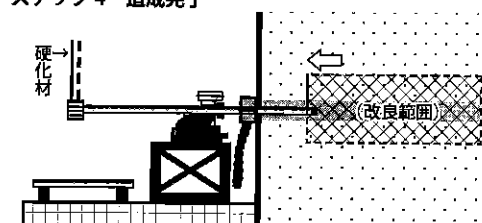


図-10 水平高圧噴射攪拌工法の施工フロー



写真-1 地盤改良施工状況

mmで削孔し、流出防止装置を取り付けたあとにマシンを設置した。

その後、図-10に示す施工ステップに従い、坑口に取り付けたゲートバルブで排泥量の調整や内圧の保持を行いながら施工を行った。

実際の施工状況を写真-1に示す。

ステップ1 二重管ロッドによる削孔

ステップ2 造成開始(ロッド長2mごと)

ステップ3 単位ロッド取外し

(ステップ2, 3をくり返す)

ステップ4 造成完了

3-3 地盤変状管理

シールド工事により軟弱地盤がどの程度変動しているかを把握するため、地上でのレベル測量に加え、任意の位置で沈下量を計測できる層別沈下計によるリアルタイムでの監視を行った。

3-3-1 層別沈下計の設置

沈下計は地盤改良範囲内に2か所設置した(図-11, 12)。1か所につき、層別沈下計×2台、地表面沈下計(圧力式沈下計)×1台を取付けた。

層別沈下計の設置深さは腐植土層と粘性土層の挙動を監視できるように、各土層の上端とし、GL-4.30mとGL-6.30mに設置した。また地表面沈下計はシールド直上にある層別沈下計の頭部付近に設置し(図-13)、沈下計の測定値から地表面沈下を算出することで、不動点のない層別沈下計の測定値を補完した。

計測は5分ごとに自動計測し、計測データを現場事務所の専用モニターに配信した。シールド施

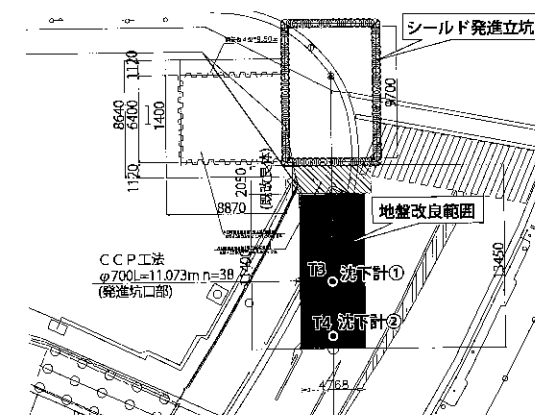


図-11 沈下計設置箇所(平面)

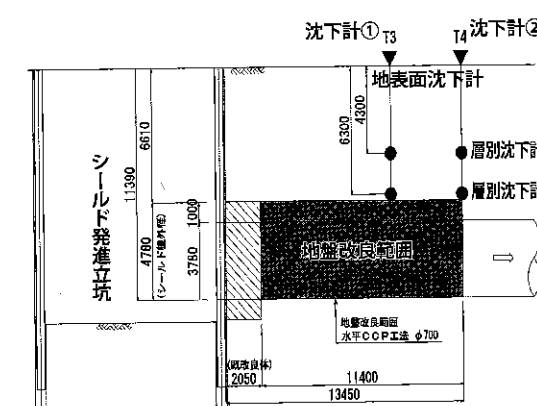


図-12 沈下計設置箇所(断面)

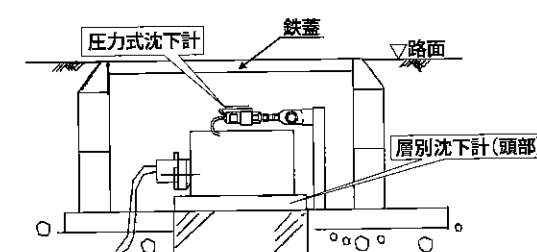


図-13 沈下計構造

表-3 地盤変状測定の実管理値

管理基準	測定値	対策
1次管理値	±10mm	施工中断、状況把握
2次管理値	±20mm	施工中止、協議

※埋設物管理者との協議による

工中はこの計測値と定期的に実施した地上のレベル測量の結果と合わせて地盤変状監視を行った。なお、GL-4.30m、GL-6.30m地点の変状測定の実管理基準は表-3のとおりとした。

3-3-2 計測管理結果

シールド施工中の2か所の層別沈下計(それぞれGL-4.3m地点、GL-6.3m地点)の計測データを図-14に示す。

層別沈下計の計測結果は、シールド施工期間中の変位量は最大で4.0mm程度、レベル測量結果も1.0mmとそれぞれ許容値に対して小さい変位に収まった。周辺地盤および埋設物についても異常は見られなかった。

3-4 掘削土量管理

切羽地山の安定を保つためには、掘削土量を適正に管理することが重要である。適正な管理が行われず、掘削土量が多すぎた場合には、地山崩壊、地盤沈下さらには道路陥没といった懸念がある。一方、掘削土量が少なすぎた場合には、地山を圧迫して地盤が隆起するといった懸念もある。とくに今回のような軟弱地盤下での施工に際しては、掘削土量を適正に管理することが重要であることから、次の対策を行った。

3-4-1 従来の土砂管理方法の問題点

泥土圧シールド工法における土砂搬送方法は、ずり鋼車による坑内搬送が一般的である。現場では、ずりが入った状態の鋼車の質量を1台ずつ測定し、1リング終了後に集計を行って掘削土量を確認し、管理を行っている。

ずり鋼車による土砂搬送設備図を図-15に示す。

しかし、今回のような軟弱地盤が対象となる場合には、掘削土量をリアルタイムに計測・管理して、地盤の変動を正確に予測することが重要であったため、運搬方法を変更する必要があった。

3-4-2 圧送方式の採用と特徴

掘削土量をリアルタイムに計測・管理するため、土砂搬送方法はロータリーポンプ(写真-2)を用いた土砂圧送方式を採用した。ロータリーポンプはブレードの回転により土砂を押出す機構のため、安定した流量で圧送が可能となり流量の計測に適

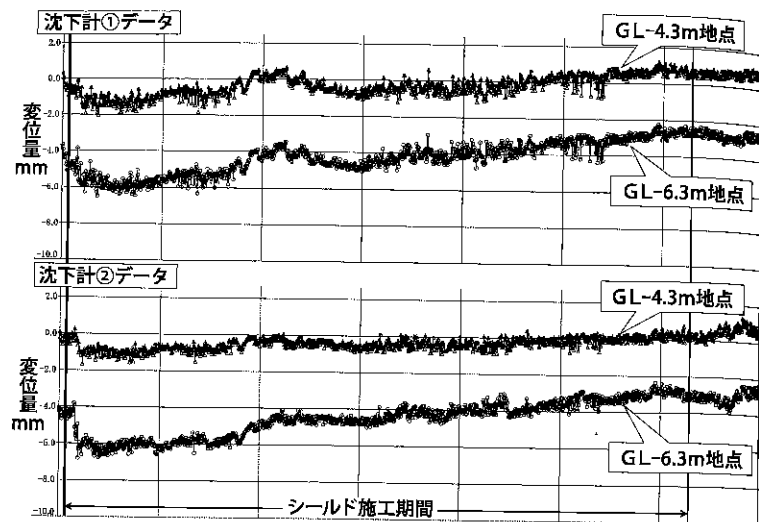


図-14 施工期間中の沈下計①②の計測データ

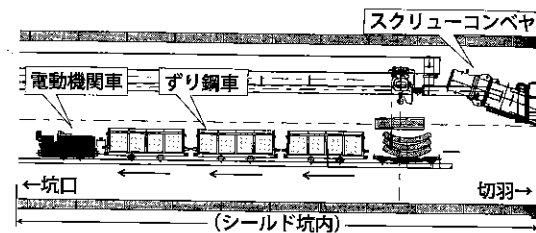


図-15 ずり鋼車による土砂運搬設備図

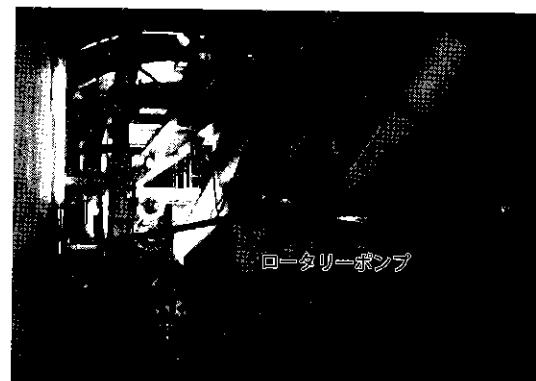


写真-2 ロータリーポンプ(一次圧送)

している。ただし圧送力がほかの方法に比べ弱いので、長距離圧送には適していない。そのため、搬送設備の中間に二次圧送ポンプを設置した。

圧送方式による土砂搬送設備図を図-16に示す。

3-4-3 圧送方式の土量管理方法

掘削土量を計測する方法としては、スクリーンコンベヤの回転数や、二次圧送ポンプの回転数か

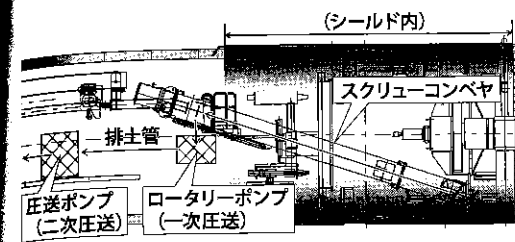


図-16 圧送方式による土砂運搬設備図

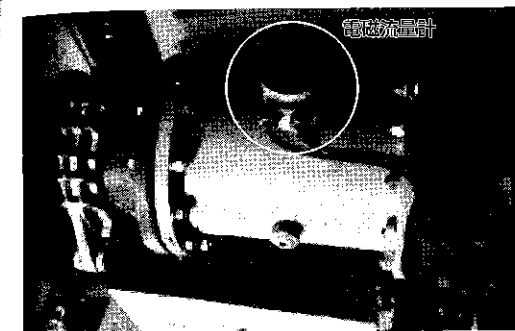


写真-3 電磁流量計

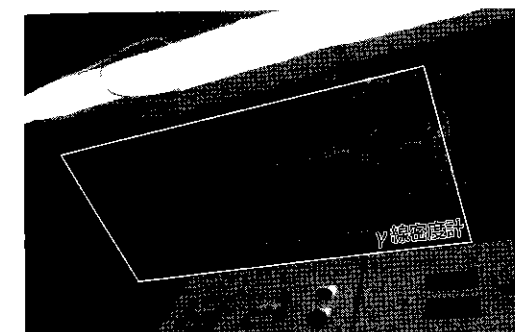


写真-4 γ線密度計

ら土量を換算して出す方法があった。しかし、これらの方法では、充填率や作業効率を正確に設定することが難しいため信頼度が低い。そのため排土管に電磁流量計などの計器を設置した。

写真-3, 4に示すように排土管に電磁流量計とγ線密度計を設置して連続的に計測することで、管路内を流れる排土流量と排土密度をリアルタイムに把握することが可能となった。計測した排土流量と排土密度から実掘削量を算出し、現場事務所、中央監視室およびシールド運転席の専用モニタに表示した。

図-17に土量管理モニター画面を示す。

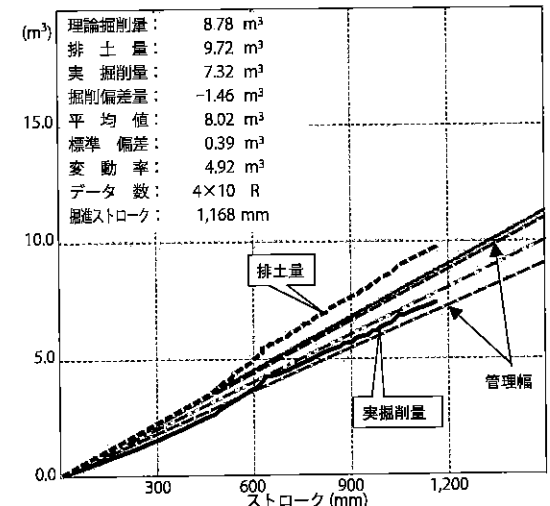


図-17 土量管理モニター画面

図-17の実掘削量とは、排土管内を流れる排土量から掘進のために加えた加泥材などを除いた数値で、対象地盤から実際の掘削土量を示している。この実掘削量が設定した管理基準値内に収まるように確認しながらシールド掘進管理を行った。なお、今回適用した管理基準は同種工事の施工実績と当工事の施工条件を考慮し、計画掘削土量±10%で管理を行った。

4 おわりに

本稿では、シールド施工の発進側における軟弱地盤に対する対策について紹介した。到達側の軟弱地盤対策についても、予測影響解析の結果から、補助工法として高圧噴射攪拌工法による地盤改良を施工するとともに、沈下や掘削土量の管理を適切に行うことで、周辺地盤への影響を極力抑制しながらシールドを施工することができた。

最後に、本稿が類似事例の施工に多少なりとも参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 土木学会編：トンネル標準示方書[シールド工法編]・同解説、2006。
- 2) CCP協会：CCP設計と施工指針、p.20、2013
- 3) JJGA日本ジェットグラウト協会：ジェットグラウト工法 技術資料、p.9、2013



「森の中の新しい街」箕面森町より

入山 哲男

箕面森町は、大阪府箕面市の北部丘陵に位置し、大阪市内までバス・地下鉄で45分という立地ながら、豊かな自然環境に囲まれた新しい住宅地です。また、新名神高速道路の工事最盛期を迎えており、周辺地域は活気づいています。

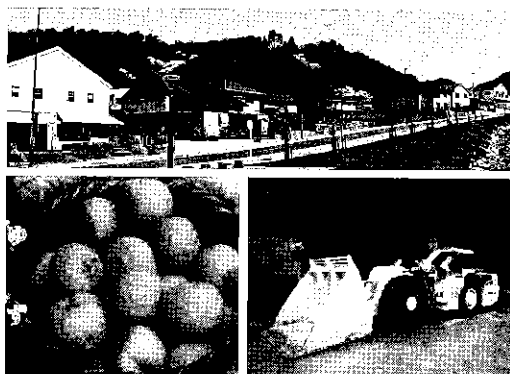
近隣には、美しい山々と歴史的史跡に囲まれた止々呂美地区があり、「明治百年」を記念して東京の高尾山とともに国定公園に指定された「明治の森箕面国定公園」があります。春は山を彩るヤマザクラやイロハモミジ、夏は谷間を飾るシダ類、秋は見事な紅葉、冬は赤く色づくアオキの実などが楽しめ、四季を通じて多くの観光客が訪れます。

また、公園内には「日本の滝百選」の一つに選定されている景勝「箕面大滝」があり、その流れ落ちる滝の姿が農具の「箕」に似ていることから、箕面滝と呼ばれるようになりました。落差33mの滝は息をのむ迫力です。

昔から人々の行き交う止々呂美地区には、今も多くの特産品が受け継がれています。「菊炭」と呼ばれる池田炭はその代表で、切り口が菊の文様のように美し



位置図



(上)箕面森町里山地区、(左下)止々呂美の特産「柚子」、
(右下)ロードホウルダンプ

いためその名がつけられ、最高級の炭として今も重宝されています。古い文献によると、勝尾寺への年貢として納められており、お茶席などで用いられていたそうです。

昭和30年代に入り、燃料革命により製炭業が衰退し、替わって江戸時代から続く柚子や枇杷の生産がいつそ盛んになってきました。なかでも柚子はそのほとんどが種から約18年かけて育てられる実生栽培で、日本の「三大実生柚子」の産地としても知られています。

箕面北部丘陵地区北山川トンネルは、箕面森町の土地区画整備事業の一環であり、住宅地造成時に仮排水路にて流下させている北山川を水路トンネルにより本復旧する工事です。工事は超丹波帯に属する頁岩を主体とするベルム系山下層に、トンネル全長746mおよび上流・下流の各取付け水路を構築します。

掘削断面は約12m²と小さく、タイヤ方式のNATMでは最小規模となるトンネルです。掘削機械は全国に数台しかないロードホウルダンプをはじめ、1ブームホイールジャンボや吹付けロボットも最小クラスの機種を採用しています。

平成26年3月に掘削を開始し、平成26年7月10日現在、336mまで掘削が進んでいます。平成28年2月末の工期まで無事故・無災害を目指し鋭意工事を進めていきます。

((株)熊谷組北山川トンネル作業所工事主任)

第五十九回 語り継ぎ 言ひ継ぎ 行か

私の人生 挑戦の記録

(元)大成建設(株)
氏原 完典

はじめに

私は、昭和40(1965)年に大成建設(株)に入社し、約23年間の現場経験を踏まえ、本社・支店での管理業務、さらに道路関係を担当するグループ会社の大成ロテック(株)での業務を経験し、平成25(2013)年3月に48年間の土木屋人生に終止符を打ちました。

長い現場経験のうち実に9割以上をトンネル工事に携わることとなり、昭和40年代からの日本のトンネル技術の変遷、とくに鋼アーチ支保工の使用と矢板による在来工法からNATMへの変革と、その後の進化を目の当たりにすることができました。戦後の日本の山岳トンネルの技術革新は種々考えられますが、在来(矢板)工法からNATMへの変革はもっとも「画期的」といえるものだと思います。このことによりトンネル工事の省力化・機械化、坑内環境の改善が図られ、さらに補助工法の開発による適用地質の幅の拡大は、コス

ト面でも安全面でも著しい成果を上げました。

今回、私の経験したトンネル工事や技術革新の流れをお話しさせていただくことが、現在活躍されているトンネル技術者の皆さんに少しでもお役に立つことがあれば幸いに思います。

トンネル工事との出会い

昭和40(1965)年4月、私は入社後ただちに大阪支店地下鉄5号線今里駅工事の現場に配属されました。この工事は、東成区の交通量の多いことで知られる今里交差点の下に駅を新設するもので、工事は都市部の地下鉄工事であり、ほとんどが夜間工事でした。こうして私の会社人生は都市土木の「明かり工事」で幕を開けました。

2年半後の昭和42(1967)年11月、山陽新幹線赤穂トンネル(延長2,300mの複線トンネル)の現場に転勤を命じられ、これがそのあと長く続くトンネル屋人生の始まりでした。昭和39(1964)年に東海道



著者近影

新幹線が開業しましたが、引き続き新大阪・岡山間の工事が着手されていたのです。

この当時の新幹線工事では、支保部材は昔の木製支保工にかわり全面的に鋼アーチ支保工であり、岩質によってさまざまな掘削工法が採用されていました。赤穂トンネルは当時では一般的な「底設導坑先進上半逆巻き工法」が採用されました。

私にとって初めてのトンネル工事でしたが、そこで働くトンネル坑夫の技術力・技能の高さに感銘を受けたものでした。全員が発破技士の資格を持ち火薬類の取扱いに長けており、各自がすべての重機車両の運転を分担し、世話役を中心としたチームとしてつねに作業効率向上を考える技能集団でした。

ただし、その作業環境は現在と

比べきわめて劣悪なものでした。坑外から送風機によって新鮮な空気を坑内に送り込むわけですが、今に比べ送風機的能力が劣り、空気を送り込む送風管も、トンネル下半部の「大背」や「土平」の発破作業により分断されるため、発生する粉塵が坑内に残り、つねに見通しが悪い状態でした。このような作業環境が原因で、経験の長い坑夫は塵肺症となり健康障害を起こすことが多かったわけです。

その後のトンネル工事

■山陽新幹線安芸トンネル

山陽新幹線は、引き続いて岡山・博多間も着工されることになりました。この当時の日本国有鉄道のスローガンは「ひかりは西へ」というものでした。このスローガンのとおり、われわれ赤穂トンネルのメンバーは元請け、下請けを含

著者略歴

昭和40年3月	九州大学工学部土木工学科卒業
昭和40年4月	大成建設(株)入社 大阪市地下鉄5号線今里駅新設工事
昭和42年11月	山陽新幹線赤穂トンネル工事
昭和45年5月	山陽新幹線安芸トンネル工事
昭和46年5月	山陽新幹線野口トンネル工事
昭和52年1月	北陸自動車道柳瀬トンネル工事
昭和53年4月	土木本部土木技術部トンネル室
昭和54年4月	大阪支店福知山線第二名塩トンネル工事
昭和56年12月	東大阪線名塩トンネル工事作業所長
平成元年6月	土木本部土木技術部トンネル室長
平成4年6月	東京支店土木部室長
平成8年6月	取締役東京支店副支店長兼土木部長
平成10年6月	取締役九州支店長
平成13年6月	常務役員関西支店長
平成16年6月	常務役員社長室・副社長
平成17年6月	大成ロテック(株)代表取締役社長
平成25年3月	大成ロテック(株)退任

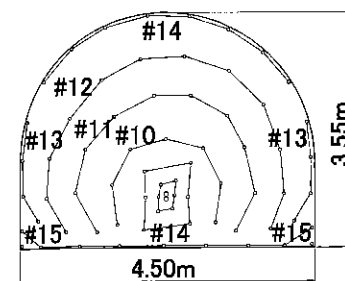
め大半が広島支店管内の山陽新幹線安芸トンネル工事に移動となりました。

山陽新幹線の特徴の一つは、路線に占めるトンネルの比率が多いことです。全延長565kmのうち47%の267kmがトンネルです。なかでも広島県下にはとくにトンネルが多く、全延長133kmのうち64%の86kmがトンネルとなっています。このため新開門トンネルの18,560mを最長として長大トンネルが多くなっています。

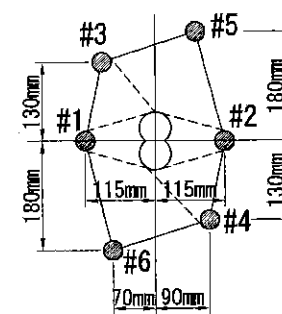
安芸トンネルは、山陽新幹線では3番目に長い延長13,040mのトンネルであり、当社は広島市側からの3,430mの海田工区を担当しました。当時とすればあまり例のない長大トンネルであり、掘削工法は底設導坑先進上半逆巻き工法を、ずり出しはレール工法によって工事が開始されました。約14m²の底

設導坑掘削を開始したのは昭和45(1970)年9月でしたが、岩質(広島花崗岩)がどんどん硬くなり、装薬量が1m³あたり2kgを越す状況となりました。芯抜きはVカット工法を採用し、1発破進行は1.5mを目指したものの1.2m程度しか進めず、思うような進行が取れない状況でした。

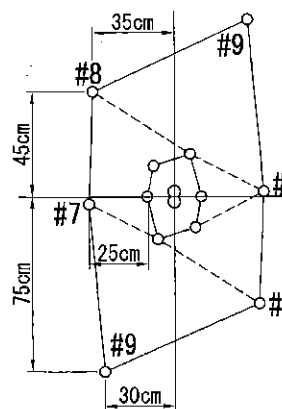
このため既設のブームジャンボ



コロマントカット工法穿孔図



芯抜き標準穿孔図



芯抜き標準穿孔図

および削岩機で穿孔可能なコロマントカット工法に切替えることになりました。コロマントカット工法とは、50mmの2つのパイロットホールを自由面とする平行芯抜き発破工法であり、周辺の発破孔には、通常の2号複ダイナマイトの間にスペーサを入れて全孔長に装薬します。1発破あたりの掘進長は2mを目標としました。

この発破工法は、当然、きわめて高い穿孔精度の確保、15段までの電気雷管の使用、最適装薬長の確保が必要であり、当時の4ブーム空圧式削岩機と国産のノミでは当初は失敗の連続でした。失敗の原因は穿孔精度の不足、装薬長のミス、点火順序のミスがほとんどでしたが、その原因を修正することにより成功の確率も高くなり、作業員の意欲も高まり成果を上げることができました。

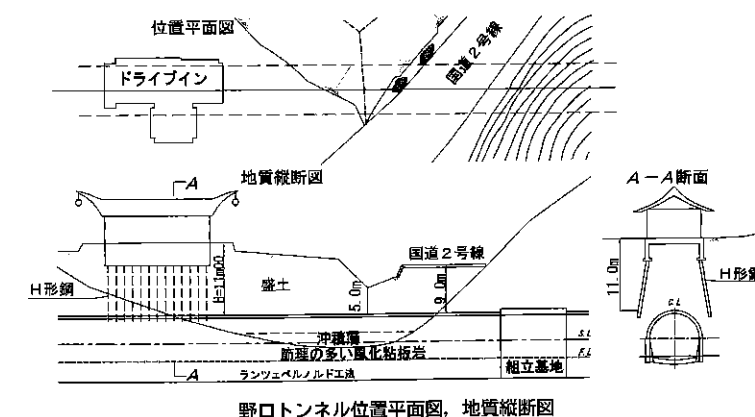
底設導坑3,430mの約80%にあたる2,700mの区間でコロマントカット工法を実施しましたが、底設導坑掘削は平均月進204m、最大日進14.4mを記録し、17か月で片押しで3,430mの掘削を完了しました。その結果、昭和47(1972)

年2月2日に、当工区と隣接する熊野工区との間で安芸トンネルにおいて最初の貫通式を行うことができました。

■山陽新幹線野口トンネル

昭和48(1973)年5月、国鉄下関工事局担当の山陽新幹線野口トンネルに転勤になりました。このトンネルは延長1,008mの短いトンネルですが、岩国方東坑口付近約100m区間は、国道2号と土かぶり9mで交差し、さらに土かぶり11mでドライブインの直下を通過します。このドライブインは、ドライブインの建築計画の段階からオーナーと国鉄で協議が行われ、その結果、トンネルを跨ぐようにドライブインの基礎杭が施工され、盛土上に建設されたものです。このため、この区間では種々の特殊工法が検討され、その結果、切羽からの薬液注入工法(LW)とランツェ・ベルノルド工法が採用されました。

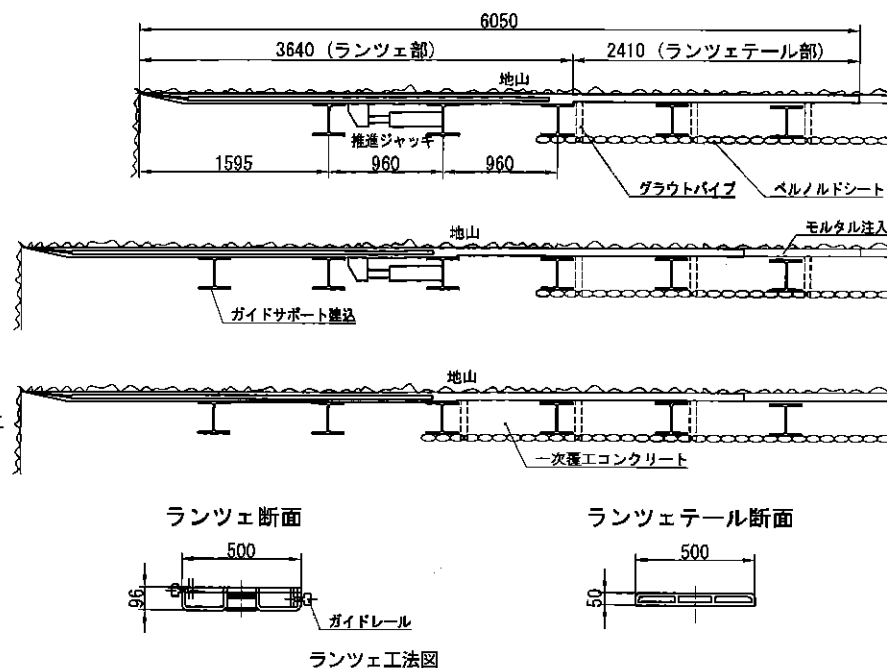
このランツェ・ベルノルド工法とはランツェ(槍)と呼ばれる特殊形状の鋼矢板を油圧ジャッキにより1枚ずつ切羽面に挿入し、その後リングカットで人力掘削するも



野口トンネル位置平面図、地質縦断面図

①推進前

②推進後

③一次覆工
コンクリート工

ランツェ工法図

ので、メッセル工法と類似した工法です。ただメッセル工法ではテール部分を木矢板で普請しますが、この工法ではガイドサポートに型枠兼補強版としてベルノルドシートを建込み、仮巻きコンクリートをただちに打設し地山の弛みを抑えるものです。

ランツェ・ベルノルド工法の組立て基地を掘削し、ランツェの掘進を開始したのは昭和48(1973)年10月でした。小土かぶり区間の掘削は、風化した粘板岩や盛土中に大きな転石が出現するなど、多くの困難に遭遇しました。とりわけ盛土区間の掘削では土圧によって推進用ジャッキの推力が不足するなど、この100m区間の掘削には予定以上の日時を要し、掘削を終えたのは昭和49(1974)年3月、平均月進はわずか17mでした。地表面に対する影響は、国道上で69mm、ドライブイン周辺の盛土部分で79

mmの沈下が発生しましたが、ドライブイン本体にはほとんど影響なく施工できました。ただ施工期間中ドライブイン経営者との連絡・調整に多大の労力と時間を費やしましたが、良好なコミュニケーションを維持することができました。

山陽新幹線岡山・博多間は昭和50(1975)年3月に開業しましたが、当野口トンネルが竣工したのは昭和50(1975)年1月のことであり、新幹線の開業を左右するトンネルの1つとなりました。

■北陸自動車道柳ヶ瀬トンネル

柳ヶ瀬トンネルは、北陸自動車道の滋賀県と福井県の県境にまたがる全長1,300mのトンネルです。著名な柳ヶ瀬断層の直接的な影響を受けており、坑口から約300mに及ぶ大口径水平ボーリング(外径165~406mm)を実施するなど、地形・地質的な困難が予想されるトンネルでした。当初設計では坑

口から30m区間の掘削工法は側壁導坑方式でしたが、結果的には全線にわたってこの工法を採用せざるを得なくなりました。

50~140m離れて旧国鉄北陸線の柳ヶ瀬トンネルが並行して掘削されていたにもかかわらず、湧水はあまり絞られておらず、大量湧水により切羽の自立が困難となり、いくどとなく掘削の停止を余儀なくされました。このトンネルでは切羽からの水抜きボーリングが大きな効果を発揮することになりますが、複雑な地質のためボーリング自体にも相当な困難を伴いました。このような状況からこのトンネルでは、当時としては相当大規模な毎時200tの濁水処理設備を設置し、濁水処理の管理に努力を払いました。

NATMとの出会い

昭和50(1975)年ごろからでし

うか、当時の国鉄はトンネル掘削において、これまでの在来(矢板)工法と全く異なるNATMを各所のトンネルで試行しはじめていました。このNATMはご承知のように、それまでのトンネル掘削の常識を大きく覆すものでした。地山を吹付けコンクリートやロックボルトで補強し、一定量の内空変位を許容しながらトンネルを支保するという理論は、在来(矢板)工法によるトンネル掘削の経験が長ければ長いほど理解に苦しむものでした。しかし、やがてこの工法が昭和50年代前半から本格的に鉄道トンネルで採用されることになりました。

大成建設でもこの趨勢を認識し、『NATMによるトンネル施工指針』をまとめることになり、昭和53(1978)年4月、本社土木技術部に在籍していた私もこれに参画しました。土木設計部や技術研究所で、岩盤力学やNATMの理論を勉強していた若手社員を主体としたプロジェクトチームを立ち上げ、ヨーロッパのトンネル工事の文献調査、岩盤力学のイロハ、地山計測や支保の応力測定、吹付けコンクリートや最新の油圧削岩機など施工機械の調査、最適施工計画の検討・立案などを行い、3か月余りで『施工指針』を取りまとめました。この施工指針の社内説明会の様子は今でも鮮明に記憶に残っています。30代の若手社員が40代、50代のトンネル屋の大先輩に対し説明を行い質問に答える。それまでの社内では見られない光景でした。大先輩たちの意見は、吹付けコンクリートやロックボルトの作用効

果に対する疑問がほとんどで、地山の計測によってトンネルの支保を判断する理論に対しては、すぐには理解を得られない状況でした。トンネルの施工も「経験と勘」から「地山計測と岩盤力学」の世界に移ろうとしていました。

■福知山線第二名塩トンネル

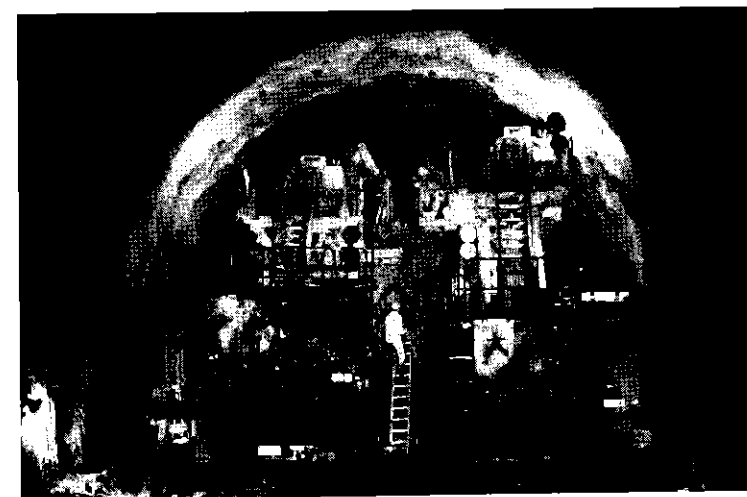
昭和53(1978)年12月に国鉄大阪工務局から発注された第二名塩トンネルは、国鉄福知山線の輸送力増強のため、複線電化を目的に計画された延長2,960mの新設の複線トンネルで、関西地区で初めてNATMが採用されました。このトンネルでは比較的安定した岩盤が予想されたため、当時としては思い切った新技術に挑戦することになりました。その課題は次の3点でした。

- ① 掘進長3mの全断面長孔発破
- ② 地山を傷めず掘削面をより平滑に仕上げる、正確なスームプラスティングによるトンネル掘削

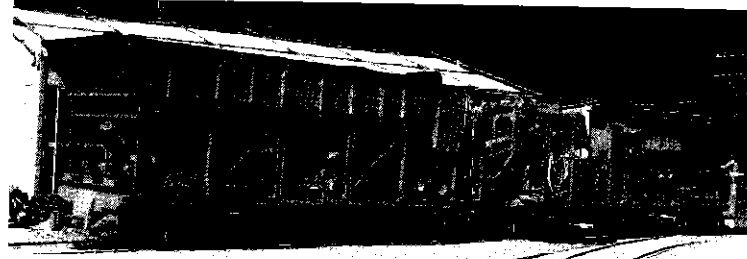
③ 新しく自社で開発されたSEC吹付けコンクリートシステムの改善と完成

1掘進長3mの長孔発破は一般に用いられるVカット芯抜きでは難しいため、大口径バーンホール2孔によるシリンダカット芯抜きを採用しました。このような平行芯抜きは正確な孔の配置とその平行性が求められることは言うまでもありません。さらに長孔発破では、孔尻をいかにきれいにそろえるかが大きな課題であり、孔尻が不揃いのため所定の掘進長が得られないこともたびたび経験しました。

スームプラスティング(SB)は、発破孔へ比較的薬包径の小さい爆薬を装填することにより爆発力が緩和されるというデカップリング効果を利用します。当時、油圧削岩機の標準的なビットゲージは42mmのため、SB用爆薬としてφ20mmのスラリー爆薬を使用しました。当初はDS電気雷管を使用しましたが芯抜き部の焼結現象や



油圧ジャンボ



SEC式吹付けプラント

良好なSB効果が得られないなど問題が多発しました。さまざまな試行錯誤をくり返し、起爆誤差の少ないMS雷管を使用、発破孔の底部密装填の実施などにより安定的な掘進長とSB効果を得ることができました。このトンネルの覆工コンクリートの設計厚さは30cmでしたが、コンクリートの余巻き率は、鋼製支保工はほとんど使用しない状況で50%程度に抑えることができました。

NATMにとってきわめて重要な支保である吹付けコンクリートの施工上の問題点は、跳ね返りロスと粉塵による作業環境の悪化です。この問題を解決するために開発されたSEC吹付けシステムは、名塩トンネルでの実施工によりSECモルタルの含水比や最適配合の模索など数々の改良を重ね大きな成果を上げました。それが認められ昭

和55(1980)年度の土木学会技術賞に輝きました。

また名塩トンネルでは坑内作業環境の改善を目指し、効率の良い換気システムを目標にさまざまな工夫を行い、その結果、坑内はつねに見通しが良い状況を維持することができました。

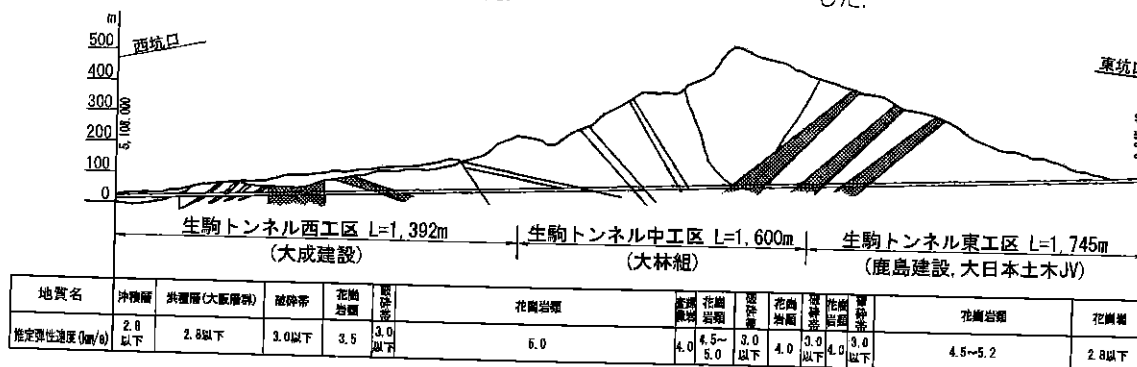
■東大阪線生駒トンネル(西工区)

近鉄東大阪線は、奈良県から大阪都心部へ向かう輸送力の増強と、沿線地域開発への寄与のため計画された延長10.2kmの鉄道新線で、開通後は大阪市の地下鉄4号線と相互乗り入れを行うものです。生駒トンネルはこの東大阪線のほぼ東半分を占める4,737mの長大複線トンネルで、全線NATMで計画されました。トンネルは東、中、西の3工区に分割され、私は初めての作業所長として西工区を担当しました。

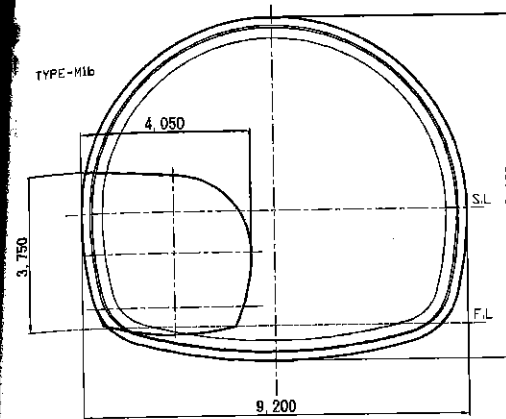
西工区の地質は、沖積層、洪積層の大阪層群を通過して基盤の花崗岩に至りますが、生駒山の隆起に伴う著名な生駒断層による大規模な破碎帯が存在します。また西坑口付近は第2種住居専用地域で、市営住宅や民家と近接しています。西工区の土かぶりは8~100mで、地表には墓地、密集した民家、道路、鉄道(近鉄奈良線)があり、坑口の開削部では埋蔵文化財の調査も必要で、地質・環境上、多くの問題を抱えていました。

このため小断面側壁導坑を本坑左側に先行し、地下水位低下工法を基本とし、必要に応じ薬液注入工を併用することになりました。

大阪層群は、粘土層と砂層の互層で30~60°の傾斜があり、その粘土層に挟まれた砂層はすべて帯水しており、粘土層で遮断された別々の水みちが存在しています。このため、この水抜きには相当の困難と日時を要しました。地表からのバキュームディープウェルも施工しましたが、帯水砂層が傾斜しているため効果が少なく、結局切羽からの水平バキューム式水抜きボーリングに頼ることになりました。



生駒トンネル地質縦断面図



生駒トンネル標準断面図

さらに前方の地質確認のための250mの長孔コアボーリング調査を行いました。その結果、かなり正確な地質状況の把握が可能となり、その後のトンネル掘削において参考になりました。

大阪層群と花崗岩帯の間に存在する生駒断層の破碎帯は、砂、砂質シルト、粘性土、巨礫混じり粘土が不規則・複雑に出現し、断層運動による大規模な地層の擾乱がうかがえました。側壁導坑掘削中に、花崗岩帯まであと約50mで到達する地点で、粘土層の切羽から出水が始まりました。湧水は毎分2tに達し、山鳴りを伴って切羽が崩壊し、12m²の導坑は100m²余りの流出土砂で埋まりました。この出水位置は近鉄奈良線の直下50m地点であり、非常態勢で地表の監視にあたりましたが、間もなく崩壊もおさまり、湧水も減少していきました。その後、切羽前方の崩壊部と空洞は薬液注入によって充填・補強し、掘削を再開しました。

花崗岩帯に入ってもつねに先進ボーリングを実施し、いくつか切



地上の陥没箇所

羽出水に見舞われたものの、比較的順調に掘進することができました。しかし、昭和60(1985)年3月28日、工区境から466m手前で、地表(土かぶり80m)を陥没させる大出水事故が発生しました。この大出水によりトンネル内は導坑切羽から本坑を含む400m間が4,000m³を超える流出土砂で埋まりました。地表は人家が密集していましたが、陥没部は人家の少ない石切神社上宮の境内であり、人的被害がなかったことがなよりの幸運でした。

事故発生後、陥没部周辺住民の避難、坑内作業員の退避、導坑内でのバルクヘッドの構築などを行い、陥没部の埋戻しが完了したのは50時間後の3月30日でした。

この事故は私たちにも予測できないものでしたが、地元住民にとっても青天の霹靂といえるもので大きな恐怖感とショックを与えました。いくどもくり返した地元説明会もきわめて感情的なものとなり、しばらくは全くの五里霧中の状況でした。今回の事故に伴いさまざまな補償問題が発生し、その中に

は事故とは直接には関係しない井戸の湧水補償も含まれました。

そして事故原因究明のため、日本トンネル技術協会内に「生駒トンネル特別委員会」が発足しました。生駒トンネル特別委員会は精力的な活動を行い、今回の事故の発生メカニズムと原因、事故予測の困難性、今後のトンネルの施工方法などについて、7月9日に最終答申を公表しました。この答申を受けて、東大阪市と地元自治会が主導する地元説明会が行われ、この時点ではさまざまな補償業務も終了していたため、工事再開の地元同意が得られ、7月18日、事故発生以来112日目に工事を再開することができました。

工事再開後は、本坑未掘削区間は466mでしたが、東側の204mは中工区施工となり、私たちは崩壊部を含む264mを担当することになりました。崩壊部は坑内からと地表からの薬液注入と、注入区間外側の減水圧ボーリングを実施することで突破し、12月19日、上半の貫通を迎え、翌年の昭和61(1986)年3月末、トンネル工事は



貫通式

すべて完了しました。引き続き軌道・電気工事ののち東大阪線は予定どおり10月1日から営業運転を開始しました。

この工事は当初想定した以上に最後まで水との戦いで、地形・地質的な困難性を予測し、さまざまな補助工法を組合せながら施工してきただけに、この陥没事故で各方面に多大な迷惑をおかけしたことはきわめて残念なことでした。

硬岩自由断面掘削機 (MM130R)の開発

昭和63(1988)年4月、兵庫県姫路市の北、山陽自動車道増位山トンネルで23年間の現場生活にピリオドを打ち、本社勤務となり、翌平成元年(1989)年7月から土木技術部トンネル技術室長に任ぜられました。

この当時、発破によるトンネル掘削において、周辺環境への影響

が問題になることが多く、無発破工法による硬岩トンネル掘削技術が必要とされてきました。機械掘削に多く用いられるブーム式掘削機は、任意の断面の掘削が可能ですが、岩盤の一軸圧縮強度50MPaを超えたあたりから掘削能力が極端に低下してきます。

また、圧砕方式のTBMは、硬岩掘削能力は高いものの掘削断面は円形に限られます。トンネル技術室では、この技術の空白を埋める硬岩自由断面掘削機の研究を行っていました。

アメリカのロビンズ社が開発し、オーストラリアの鉱山で稼働するモービルマイナは、TBMと同様な圧砕方式を基本とし、薄く回転するカッタホイールにディスクカッタを取付け、これをスイングブームによって支持し、水平に移動させて掘削を行います。したがってカッタホイールの直径の、角の丸

い長方形断面が掘削されます。この機械をベースにして硬岩のトンネル切羽を半径4.5~6.0mのアーチ形に掘削できる掘削機を開発する目標を立てました。

ロビンズ社との打合せを日本とアメリカで何度もくり返し、共同開発契約書に調印したのは平成2(1990)年8月でした。この時点では両社は上記の基本認識は一致していましたが、実際に開発可能であるか、どのような機械にすべきかなどについて具体的なアイデアは確立していませんでした。このため、開発は次の4段階に分けて実施し、施工する立場・製作する立場が連携して進めることになりました。

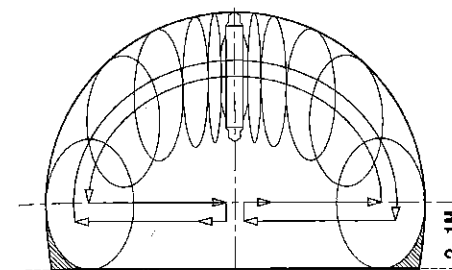
- ① フェーズⅠ：概念設計
- ② フェーズⅡ：詳細設計
- ③ フェーズⅢ：製作
- ④ フェーズⅣ：性能確認試験と評価

断面積：50~80m²

断面寸法：高さ…6.1~8.1m

幅…9~12m

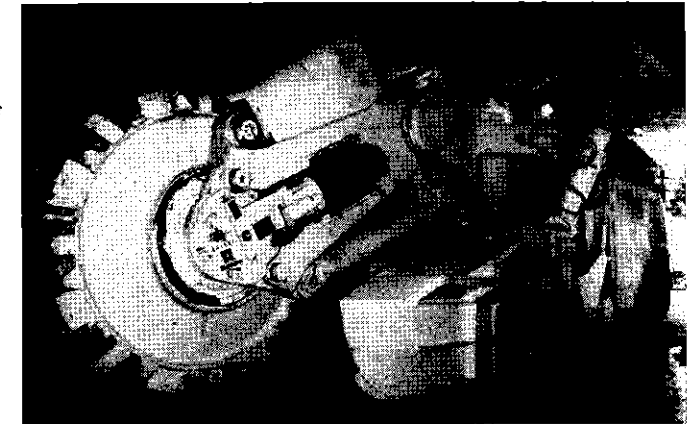
断面形状：アーチ型、馬蹄型、長方形など



掘削可能諸元

フェーズⅠではクローラ式・ガントリー式・スライディングフロア式など5種類のコンセプトから、それぞれの案の長所・短所を綿密に比較してクローラ式レンジングヘッドタイプを選定しました。フェーズⅡでは、詳細で包括的な動的解析や本体の詳細設計とともに、ずりの取込み方式・ステアリング方式・粉塵処理システム・自動掘削制御システムが決定されました。そして、何度も仕様を変更しながら平成4(1992)年に本体の製作が始まり、すべてのフェーズにもとづき掘削機本体が完成したのは平成5(1993)年末でした。

そして平成7(1995)年、阪神高速道路公団神戸山手線高取山トンネルでの実施工を迎えることになります。このトンネルの掘削により、一軸圧縮強度100MPaの地山でも25~30m³/時間の掘削能力を示し、150MPa以上の岩盤でも計画された25m³/時間の掘削能力が確認されました。開発1号機であるため当初は自動掘削制御システムや排土システムなどに構造的・強度



硬岩自由断面掘削機

的トラブルが続出しましたが、さまざまな改良が施され、中盤以降は完全自動運転による連続掘削が可能となり掘削効率を上げることができました。この当時、多くの雑誌や新聞で取り上げられ話題になりました。

しかし、その後いくつかのトンネルで採用が検討されましたが適切なものがなく、メーカーのロビンズ社もスウェーデンのアトラスコブコ社に買収されるなど、事業環境も大きく変わり、売却処分されたことは非常に残念なことでした。

おわりに

私は20年余りで8か所のトンネル工事にかかわってきました。そのうち6つのトンネルは同じ坑夫集団との共同作業でした。その坑夫集団とは、昭和42(1967)年、私が初めての山陽新幹線赤穂トンネルと一緒に吉岡建設藤田班のみなさんです。長い期間にわたるため、もちろん人も入れ替わっていましたが、多くのみなさん

とともにトンネル工事に携わってきました。

「NATM」の導入は経験のある坑夫にとっても、とまどうことだらけでした。当時、吹付けコンクリートの効果にはだれしも不安を覚えたでしょうし、新しい発破工法ではこれまで要求されたことのない削孔精度が求められました。坑夫まかせだった装薬もSB工法ともなれば、さまざまな試行錯誤がくり返されました。そのような問題に対して、自分たちの経験も踏まえ、数多くの提案をしてくれました。これが第二名塩トンネルの成果に結びつきました。

今ではもちろん全員が引退し、亡くなった人も数多くなりましたが、本稿を書くにあたり、多くの人々の顔が懐かしく頭に浮かんできました。

若いトンネル技術者のみなさんには、これまでのトンネル技術のさらなる進化とつねに新しいものへ挑戦する気持ちを忘れず、日本のトンネル技術のレベルアップに努めていただきたいと思います。

土木情報 No.497

今月の主な入札結果

(9月10日～10月9日)

事業主体	工事名	請負会社	請負額 単位 百万円
九州農政	沖永良部農業水利事業地下ダム止水壁(8工区)	青木あすなろ建設	589.3
北海道開発局	日高道日高町豊郷T	熊谷・宮坂JV	3,112.7
東北地整	R115塩手山T	清水建設	6,020
関東地整	市川共同溝補強その4	古谷建設	230
"	H25東宝山第2排水樋管新設	細谷建設工業	205
"	新宿地下歩道出入口その1	大和小田急建設	173
中部地整	1号静清丸子薬科T西地区	前田建設工業	2,082.4
"	" 東地区	大本組	2,007.5
近畿地整	鍋谷峠道路鍋谷峠T残土掘削処分	浅川道路	250
中国地整	鳥取西道路気高第1T西	鹿島建設	2,570
"	" 福井御熊T	福田組	2,613.18
"	" 気高鹿野T	福田組	1,207.71
四国地整	高知空港地下施設耐震補強	大豊建設	300.6
"	H26-27山伏T	鴻池組	619.86
鉄道・運輸機構	九州新幹線(西九州), 第1岩松T外3カ所他	熊谷・アイサワ・堀内JV	5,160
都市再生機構	浦和東部第二地区H26公下(その1)他3件	森本組	588.6
中日本高速道路	中央道恵那山T他1T補修	ケー・エフ・シー	1,188
首都高速道路	(修)T剝落防止対策26-1-1	奥村組	420
北海道	望月寒川広域河川改修(放水路T)	大成・岩田地崎・豊松吉JV	6,080
都・財務局	新宿歩行者専用道第2号線Ⅲ期-1工区整備(26三-主4 青梅街道)その2	鉄建・カジマリノバイトJV	1,295
都・下水道局	台東区下谷二, 三丁目付近再構築	多田建設	470
"	北区赤羽北一丁目, 板橋区小豆沢四丁目付近枝線	大豊建設	2,053.86
長野県	H26社会資本整備総合交付金(道路)・R152飯田市和田BP(下市場T)	吉川建設	673
愛知県	第2犬山幹線第1工区外送水管敷設	渡邊・丸周・林本JV	1,330
"	地盤沈下対策事業木曽川用水地区光西支線その30	加藤建設	400
岡山県	地域高規格道路美作岡山道路公共道路(八島田T・仮称)	大本・アイサワ・峰谷JV	2,230.9
大分県	H26道改国第2号中津3号T(1工区)	前田・西武・石栄JV	3,442.6
"	" 第2-2号中津3号T(2工区)	三井住友・小田・野村JV	3,337
東京都都市づくり公社	西平山地区都計道3・3・2号線(その5), 3・4・24号線雨水排水管布設及び145, 156街区整地並びに浅川左岸第五処理分区(公社26-7)	東邦建設工業	116.9
坂東市	26国補公下第2号・26市単公下第6号・26国補社資交第2号-1合併・江川第五排水区雨水管渠・街路改良合併	アレスコ	104.13
前橋市	都市計画道路3・5・64号線六供土地地区画整理事業公共下水道(第3工区)	稲村建設	126.5
さいたま市	鴨川第4排水区下水道(北建-26-86)	三ツ和・とだかJV	429.87
"	芝川右岸第1-2排水区下水道(南建-26-404)	佐伯工務店	157.34
船橋市	二重川2号幹線管渠築造	東急・京葉JV	1,145.35
流山市	向小金雨水幹線	中村組	219
相模原市	国道413号道路改良(橋津原第3工区)(仮称横山T)	安西興業	104.11
新潟市	白根第1排水区白根西1号雨水幹線555下水道	加賀田組	431.6
御嵩町	南海トラフ巨大地震亜炭鉱跡防災モデル事業第1期防災	飛島・天野JV	647
"	" 第2期防災	飛島・大日本・御嵩重機JV	2,342

計画

北陸新幹線(金沢・敦賀間)最長の新北陸トンネルに工事着手

鉄道・運輸機構大阪支社敦賀鉄道建設所長 平手 知

鉄道・運輸機構大阪支社敦賀鉄道建設所担当副所長 樋口 哲哉

鉄道・運輸機構大阪支社工事第三部工事第六課担当係長 張 信一郎

1 はじめに

北陸新幹線は、東京を起点として長野市、上越市、富山市、金沢市、福井市などの主要都市を経由し、大阪市に至る新幹線鉄道路線である。このうち、高崎・長野間は平成9(1997)年10月に開業し、長野・金沢間は平成26(2014)年度末の完成に

向け、現在試験走行を実施中である。

一方、金沢・敦賀間(路線延長約125.2km)については、平成24(2012)年6月29日に建設主体である鉄道・運輸機構が工事実施計画の認可を受け、着工している。

金沢・敦賀間は、構造物で比較すると、工事延長約114.4kmのうち、トンネルが約36.5kmと約3割、残り約7割が明かりとなっている。同区間では、20本のトンネルが計画されており、現在新北陸トンネルの工事に着手している。

今回報告する新北陸トンネルは、延長約20.0kmで金沢・敦賀間では最長、北陸新幹線全体としても長野県と新潟県の県境に位置する飯山トンネル(延長約22.3km)に次ぐ2番目に延長の長い山岳トンネルである。本稿は、新北陸トンネル全体の概略施工計画および現在までの施工状況の概要について述べるものである。同区間の主なトンネルを表-1に、金沢・敦賀間の縦断線形を図-2に整理する。

表-1 北陸新幹線(金沢・敦賀間)の主なトンネル

名称	延長	名称	延長
花房T	1,635m	第2鯖江T	1,455m
奥谷T	1,202m	武生T	2,399m
柿原T	2,493m	新北陸T	20,009m
第2福井T	3,447m		

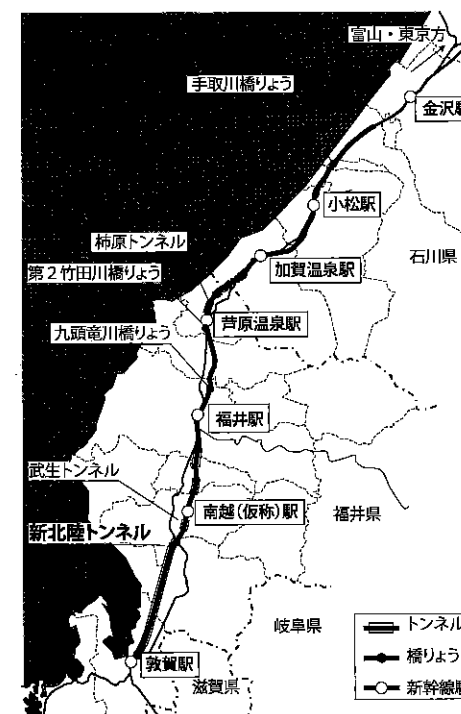


図-1 北陸新幹線(金沢・敦賀間)ルート概要図

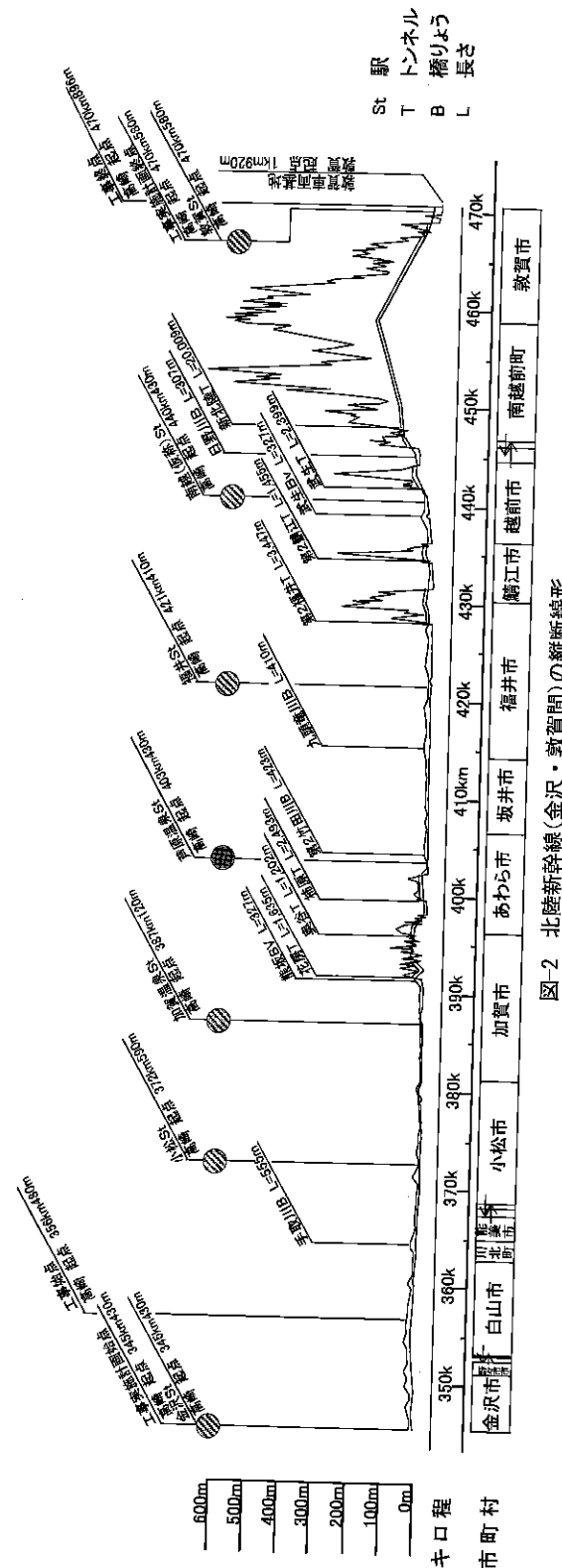


図-2 北陸新幹線(金沢・敦賀間)の縦断線形

2 工事計画

2-1 平面および縦断線形

新北陸トンネルは、福井県南条郡南越前町から敦賀市にかけて位置する延長約20.0kmのトンネルである。

ルートはほぼ南北方向で、平面線形は、起点方は坑口部に一部緩和曲線区間があるものの、ほぼ直線であり、終点方に $R=7,000m$ の曲線区間を有している(図-3)。縦断線形は、トンネル湧水の排水を考慮し、分水嶺となる南越前町と敦賀市との市町境を頂点とする線形とした。土かぶり最大で540m程度である。

2-2 作業坑および本坑計画

新北陸トンネルは、入口と出口に加え、作業坑を3か所設置し、工区を分割して掘削する計画とした。また、施工中の湧水処理を考慮して、極力上り勾配で掘削できるよう計画した。

発注済の工区は、起点方より、当該地区の地名を採り、奥野々工区、大桐工区および葉原工区と称している。各工区の作業坑および本坑の諸元を図-4に示す。

作業坑は、地山条件、作業坑坑口部の災害(洪水、雪崩、地すべりなど)の可能性を考慮したうえで、湧水処理も含めた施工性の観点から、できる限り延長を短く抑えつつ、坑口付近にヤードを確保できることを前提に地点を選定した。

奥野々工区では、本坑取付け用作業坑として、延長306mの斜坑を下り勾配で計画し、すでに平成26(2014)年6月より掘削を開始している。

大桐工区は、終点方において柳ヶ瀬断層帯(柳ヶ瀬断層・山中断層)と交差することが予想され、また同区間においてトンネル直上に北陸自動車道敦賀トンネルが存在しており、施工上の検討課題が多い工区である。当工区では、本坑取付け用作業坑として、延長485

mの斜坑を下り勾配で掘削する予定である。

葉原工区は、本坑取付け用作業坑として、延長570mの斜坑を下り勾配で掘削する予定である。

終点方の未着工区間は、ウツロギ断層と交差することが予想され、また起点方および終点方において北陸自動車道と交差する計画となっており、

大桐工区と同様に施工上の検討課題が多い工区である。今後掘削計画について検討を進めていく予定である。

2-3 標準断面と標準支保パターン

作業坑は、ダンプトラックによるずり出しを考慮し、標準部については、掘削断面積約 $30m^2$ 、

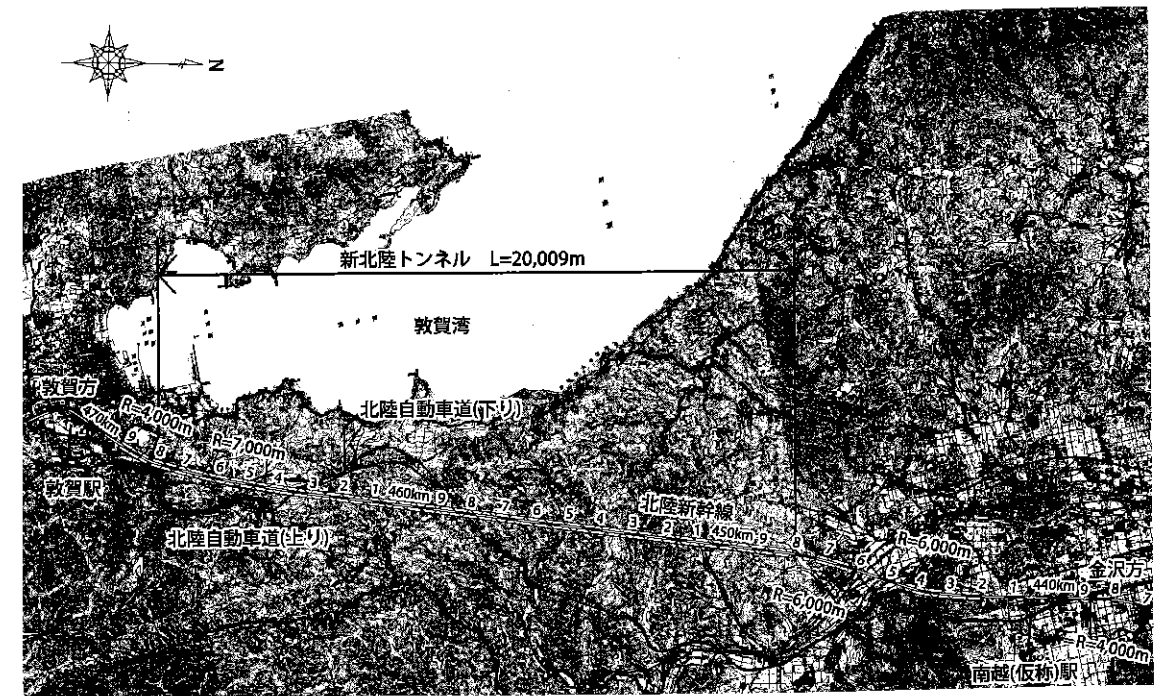


図-3 新北陸トンネル平面線形概要図

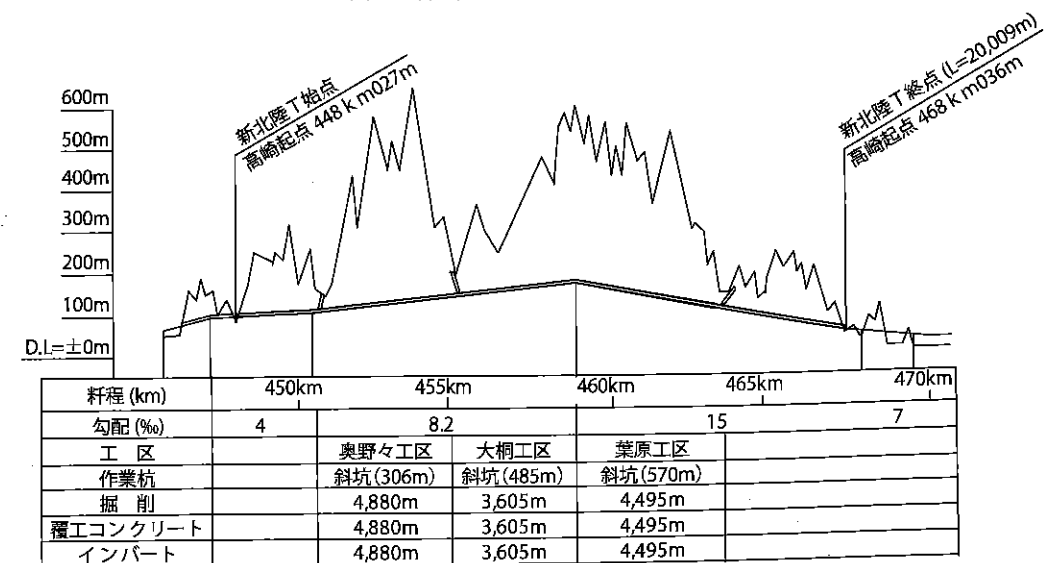


図-4 発注済工区の諸元

最急勾配を12.5%とした。

また、ダンプトラックの離合が可能な拡幅部を斜坑延長100mおきに24m間設置する計画とした。拡幅部については、掘削断面積約50m²、勾配は2～3%である。

本坑は、新幹線複線断面であり、掘削断面積がおおむね76～80m²程度(インバート部分を含む)である。

作業坑・本坑の掘削支保パターンは、鉄道・運

輸機構『山岳トンネル設計施工標準・同解説』にのっとり、地山等級をⅠ_{N-1}、Ⅰ_{N-2}、Ⅱ_N、Ⅲ_N、Ⅳ_Nに分類し、それぞれ標準支保パターンを設定している(図-5)。

3 地質概要

3-1 地質概要

新北陸トンネルは、福井県を嶺北地方と嶺南地方に分ける南条山地および敦賀湾東縁山地を貫く

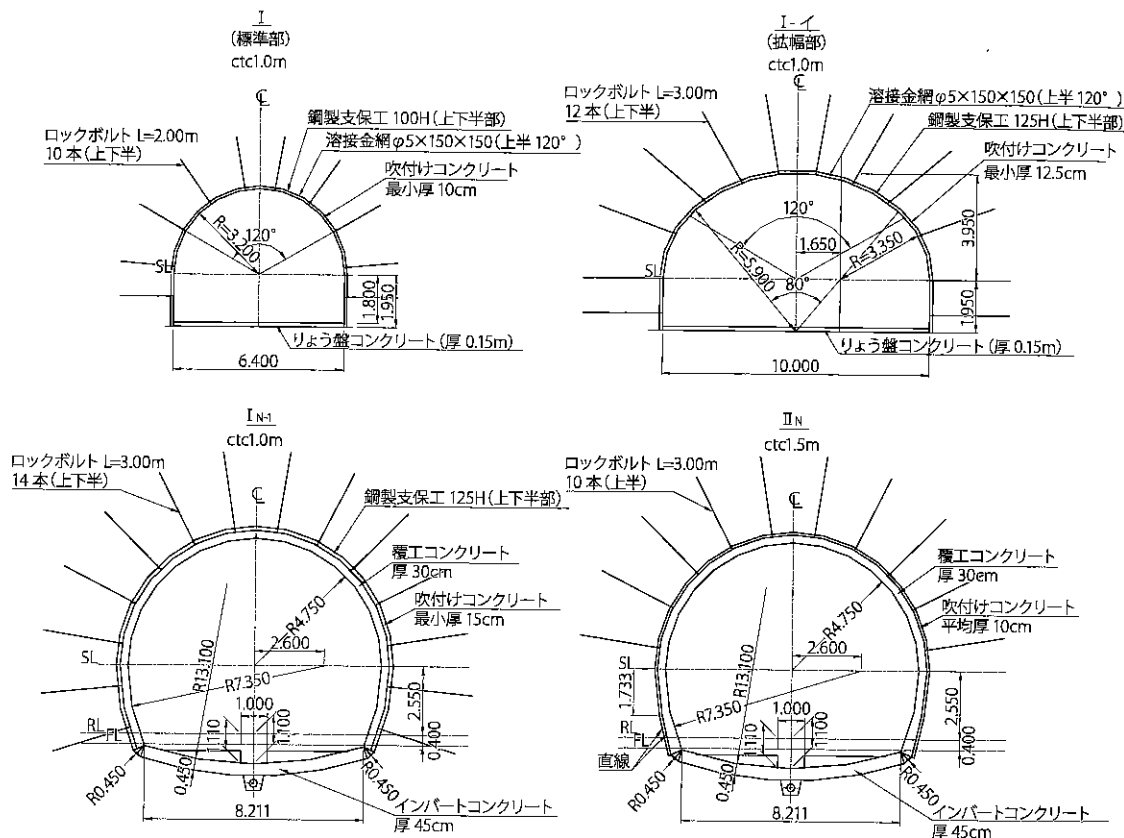


図-5 標準支保パターン図

種 別	単 位	作 業 坑		本 坑				
		Ⅰ	Ⅰ-Ⅰ	Ⅰ _{N-1}	Ⅰ _{N-2}	Ⅱ _N	Ⅲ _N	Ⅳ _N
掘削断面積	m ²	30	53	80	80	77	76	76
1 発破進行	m	1.0	1.0	1.0	1.2	1.5	2.0	2.5
吹付けコンクリート厚	cm	10.0	12.5	15.0	12.5	10.0	10.0	5.0
鋼製支保工	—	H100	H125	H125	H125 (上半)			
覆工厚	cm	—	—	30	30	30	30	30
インバート厚	cm	—	—	45	45	30	30	30

トンネルである。

南条山地および敦賀湾東縁山地は、美濃帯に属す古生代から中生代ジュラ紀の堆積岩で構成されており、おもに砂岩、粘板岩(頁岩)、チャートおよび緑色岩類などの岩石・地層が発達している。

南条山地と敦賀湾東縁山地を分ける柳ヶ瀬断層帯は、甲斐城断層、山中断層、柳ヶ瀬断層で構成されており、これら断層は当トンネルと近接するJR北陸本線の北陸トンネルや北陸自動車道敦賀トンネルでも確認され、脆弱な地山がトンネル工事の困難にしたとの記録が残っている。

なお、柳ヶ瀬断層帯南西側の鉢伏山は、花崗岩や花崗閃緑岩で構成されており、第三紀の深成岩と考えられている。

3-2 地質状況

現在までに整理した地質縦断図を図-6に示す。断層の存在や貫入岩の狭在により、地質が著しく変化することが予想される。また、中古生層のため亀裂が発達しており、亀裂内などに蓄積された帯水により大量の湧水が発生することが考えられる。断層などの地層境界が出現した場合には、突発的な湧水が想定されるとともに、地表部の渇水も懸念される。

以上のことから、トンネル坑内からの探り削孔や水平ボーリングにより、前方の湧水・地質状況を確認しながら、トンネル掘削を実施することが重要であると考えている。また、掘削を進めることにより、逐次、地質縦断図を変更・修正し、その後の掘削にフィードバックしていくことを考えている。

4 各工区の概要

ここでは、作業坑掘削中の奥野々工区、掘削に向けて準備作業を進めている大桐工区、葉原工区の概要について述べる。

4-1 奥野々工区

奥野々工区は、作業坑(斜坑、勾配12.5%)306m、本坑4,880mからなり、新北陸トンネルで最長の工区である。

作業坑は平成26(2014)年6月に掘削に着手し、

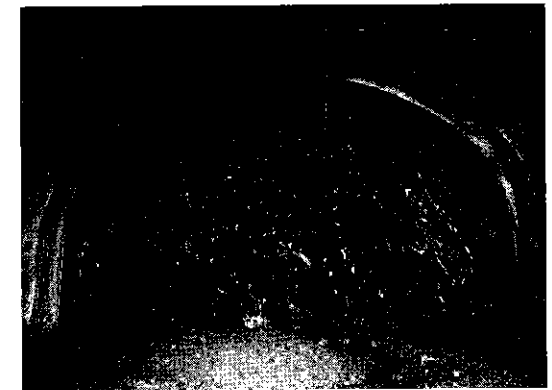


写真-1 斜坑切羽(坑口より74m)

平成26(2014)年7月末現在で72mの掘削を完了している。

当工区の地質は、中・古生代の堆積岩であり、チャート、砂岩、粘板岩からなる。6か所の断層破碎帯も想定されている。これらの地層は、全体に著しく変形し、複雑に互層をなしていることから、岩相の変化が激しいと想定される。粘板岩から砂岩へ遷移する際は、水頭差による突発湧水に留意する必要がある。チャート層では、亀裂内などに蓄積された帯水により大量の湧水が発生することが考えられる。また、土かぶりが最大で540m程度であり、高被圧地下水による突発的な湧水の発生も考慮しておく必要がある。

3工区共通の特徴であるが、作業坑が下り勾配のため、作業坑坑底と坑口とで高低差があり、本坑交点付近よりポンプによる強制排水を考慮する必要がある。

ずり出し設備については、3工区ともに作業坑掘削時にはダンプトラック方式を、本坑掘削時にはベルトコンベヤ方式を採用する予定である。

4-2 大桐工区

大桐工区は、作業坑(斜坑、勾配12%)485m、本坑3,605mからなる。

当工区の地質は、中古生層の堆積岩である砂岩・粘板岩とひん岩、花崗岩からなり、起点方は砂岩、途中ひん岩と砂岩・粘板岩互層をくり返し、終点方は花崗岩と想定されている。奥野々工区と同様に岩相の変化が激しいことが予想される。

とくに、当工区の特徴としては、先にも述べた

ように、終点方において柳ヶ瀬断層帯(柳ヶ瀬断層・山中断層)と交差することが予想され、また同区間においてトンネル直上に北陸自動車道敦賀トンネルが存在しており、施工上の検討課題が多い工区である。

北陸自動車道敦賀トンネルとの交差箇所におけるトンネル間の離隔が約50m程度あることから、計測により変位などの確認を行うとともに、今後は、近傍で施工されたJR北陸本線の北陸トンネルや北陸自動車道敦賀トンネルの施工記録を参考にしつつ、道路管理者と協議のうえ、検討の深度化を図っていきたいと考えている。

4-3 葉原工区

葉原工区は、作業坑(斜坑、勾配11%)570m、本坑4,495mからなる。

当工区の地質は、大桐工区と同様に、中生代層である砂岩・粘板岩とひん岩、花崗岩からなり、起点方は花崗岩、途中砂岩・粘板岩互層、砂岩・粘板岩とひん岩をくり返すことが想定され、同様に岩相の変化が激しいことが予想される。また、土かぶりが最大で450m程度であり、高被圧地下水による突発的な湧水の発生も考慮しておく必要がある。

5 おわりに

新北陸トンネルについては、平成26(2014)年8月現在、1工区が斜坑掘削に着手し、2工区が掘削に向けて準備作業を進めている。本稿で述べたように、当トンネルの施工にあたっては、トンネル周辺地域の地質特性を把握するとともに、断層・破碎帯間における地山安定対策、トンネル掘削に伴う構造物などへの影響防止対策など各種技術的な課題を有することから、学識経験者で構成される「北陸新幹線(金沢・敦賀間)トンネル施工技術委員会(委員長:朝倉俊弘・京都大学大学院教授)」において、今後検討を行い、深度化を図ることとしている。

新北陸トンネルの工事は緒に就いたばかりであり、これから本格的な施工となる。安全第一を念頭に置きながら、今後の金沢・敦賀間の完成全体工期に支障しないよう、十分な工程管理を行うとともに経済性の追求も含めて対応していききたいと考えている。

新北陸トンネルの施工を安全かつ経済的で合理的に推進するためには、多方面の方々のご支援・ご指導が必要不可欠であり、今後ともご協力をお願いしたい。

研究

飽和度に応じた粘着力の変化と地下水圧を考慮した切羽安定評価法

東京地下鉄(株)鉄道本部工務部土木担当部長 八戸 隆夫

(株)鉄道総合技術研究所構造物技術研究部トンネル研究室副室長 佐藤 浩二

長岡技術科学大学環境・建設系准教授 佐藤 浩二

パンフレックコンサルタンツ(株)交通基盤事業本部 佐藤 浩二

1 はじめに

高い地下水位を有する未固結地山において山岳工法(NATM)でトンネル掘削を行う場合、地下水の状況によって切羽の安定が大きく左右される。

この地下水と切羽安定の関係を理論的に解明することを目的とした研究はこれまでにも行われており、もっとも代表的なものに斉藤¹⁾や木谷・太田²⁾の研究がある。これらの研究は単一砂質土層を対象として検討したものであるが、著者らは互層地盤を対象とした研究を行ってきた^{3,4)}。

著者らの研究は「剛塑性有限要素法」という数値解析手法で切羽安定性を判別するものであり、この手法でパラメータスタディを行い、切羽が不安定化する地下水位高さと切羽高さの関係を整理して、切羽安定性評価が現場で容易に行えるノモグラムを提案している。

ただし、著者らの研究において、解析結果が地盤の物性値、とくに粘着力の値に大きく支配されたことから、これまで切羽安定性では考慮されてこなかった地盤の不飽和化に起因した見かけの粘着力^{5,6)}の増加も、切羽安定性評価で考慮すべきパラメータである可能性が課題として残されていた。

そこで、本研究では、地盤の飽和度に応じた粘着力の変化も考慮できる新たな手法を検証した。

この手法は、飽和・不飽和浸透流解析でトンネル施工時の地下水位と地盤の飽和度を求めたうえで、等価節点外力に置換えた地下水圧と地盤の飽和度に応じた粘着力を用いて、剛塑性有限要素法で解析するものである。以下に、著者らの既往の手法と新たな手法について施工事例を用いて比較検証した結果を紹介する。

2 施工事例

比較検証に用いたトンネル現場は、図-1の東北新幹線三本木原トンネルである⁷⁾。比較的土かぶりの小さい複線断面の鉄道トンネルで、山岳トンネル工法(NATM)で一部の施工を行った。

地下水位は高く、切羽付近の地盤は粘性土層を挟んだ砂質土層である。この粘性土層は、掘削が

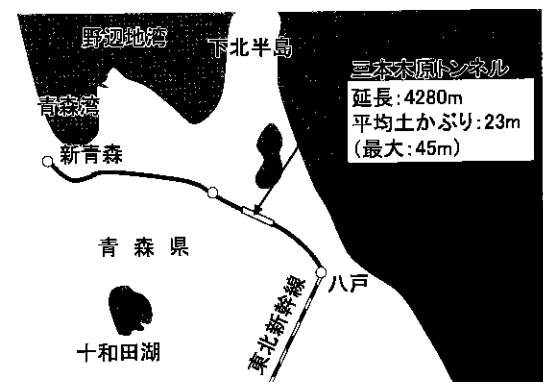


図-1 三本木原トンネルの位置

ユニークな手法を駆使!! 建設災害を考慮してまとめた地質学書の決定版!!

建設工事の 保安地質学 (改訂版)

理学博士 石井康夫 著

A5判 上製本 475頁 本体価格6,300円 円350円

本書は、多くの人が『地質の知識を通して、安全を守る』という点の理解を深めることを目的とし、安全教育の資料、あるいは災害時に直接役立つように各種のエピソードや適用法規まで加えた他の技術専門書とは異なったタイプのユニークな地質専門書である。

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



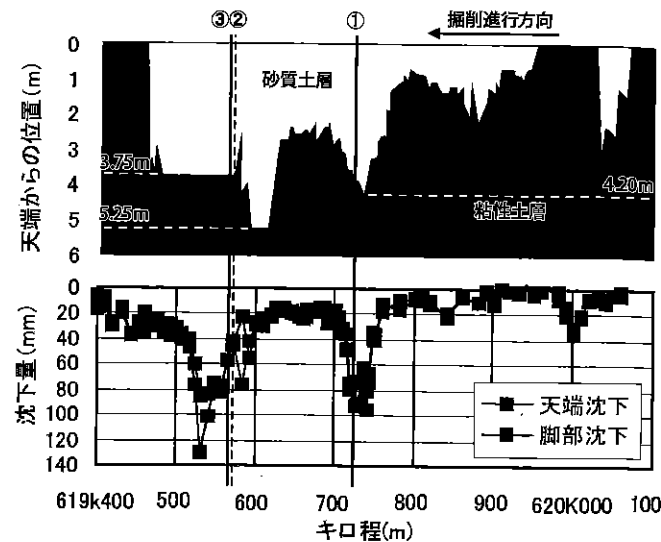
写真-1 切羽崩壊(1回目)

進むにしたがって掘削断面内の高さ方向の位置が変化した。粘性土層で浅い砂質土層は崩壊性地盤のうへに不均質で、ディープウェル工法を用いても、地下水位を低下させることが困難であった。

そのため、この現場では2度の比較的大きな切羽崩壊が発生した。1回目の切羽崩壊の状況を写真-1に示す。湧水により脚部付近の砂が流れ出すと同時に、切羽面や側壁などに地下水位が加わり、やがてバランスを崩して、トンネル上方の砂が天端から崩落した。ただし、これらの崩落は地表面まで到達するものではなかった。

図-2に天端以下の砂質土層と粘性土層の割合および天端、脚部沈下量を示す。これらの切羽崩壊が発生したときは、掘削を上半先進工法(図-3、最大切羽高さ5.25m)で行っていた。なお、多段ベンチカット工法(上半加背2分割、図-4、最大切羽高さ3.75m)に掘削方法を変更後は、粘性土層の割合が大きくなったことも加わり、大きな切羽崩壊は発生しなかった。

これらの切羽崩壊が発生した位置では、事前の地下水対策として図-5のように約20mピッチで揚



①切羽崩壊(1回目) ②切羽崩壊(2回目) ③掘削方法の変更
図-2 砂質土層と粘性土層の割合および沈下量

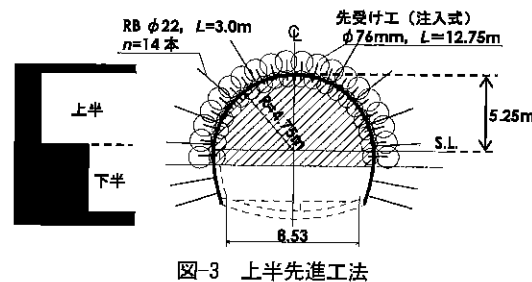


図-3 上半先進工法

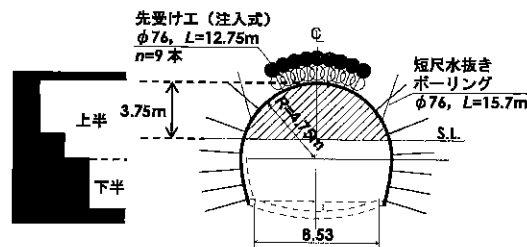


図-4 多段ベンチカット工法(上半加背2分割)

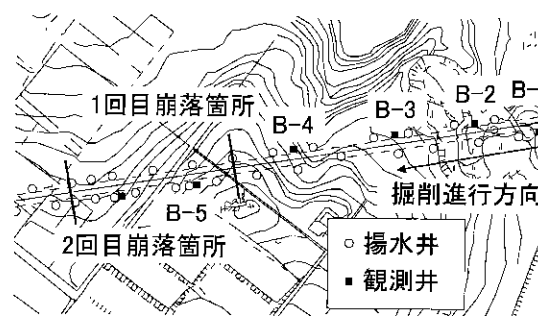


図-5 揚水井および観測井の設置位置

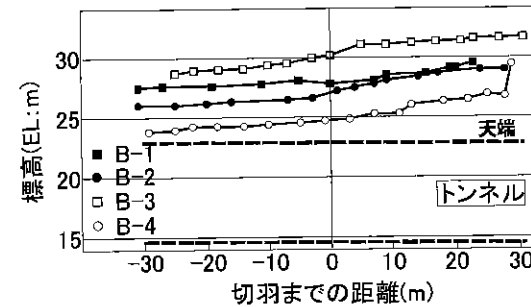


図-6 地下水位と切羽までの水平距離の関係

水井、観測井を設置していた。図-6には観測井B-1～B-4における地下水位と切羽までの水平距離の関係を示す。この図は、横軸の切羽までの距離が0mの位置で各揚水井に切羽が到達したことを示すものである。地下水位は切羽手前30m～切羽到達までの間でおおむね直線となっていて、天端付近までしか地下水位が低下していないことがわかる。

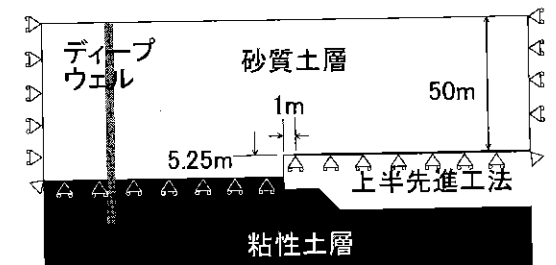
3 切羽安定評価法

3-1 剛塑性有限要素法の概念

剛塑性有限要素法^{9)~10)}(以下「剛塑性解析」と記す)とは塑性理論のみを有限要素法にもとづき式展開した数値解析手法である。地盤が塑性流動するものと仮定し、Mohr-Coulomb則にもとづく応力の釣合い式を上界定理などで解き、破壊時の①荷重係数 μ 、②応力分布、③変位速度分布(単位時間あたりの変位量)を求めるものである。

著者らの解析手法はトンネルを含む領域全体で遠心力荷重試験を行い、破壊時の遠心加速度 μ_g を求めるのと同義のを行うものであり、遠心加速度 μ_g が荷重係数 μ にあたる。つまり、土と地下水の単位体積重量と荷重係数の積($\mu \times \gamma$)をもとに土かぶり、地下水位から地盤全体の自重を求める。荷重係数 $\mu = 1$ が通常の重力場を表すため、解析結果が荷重係数 $\mu < 1$ の場合は、通常の重力場では地盤が塑性流動し始めることを意味している。また、応力分布や変位速度分布は、荷重係数が1以下となった場合の崩壊形状の評価に用いる。

したがって、トンネル掘削をモデル化した解析



①掘削工法：上半先進工法
②補助工法：ディープウェル工法
③地層：土かぶり50m、上半切羽断面内に層境を持つ粘性土層(下層)と砂質土層(上層)の互層

図-7 施工モデル

表-1 地盤物性値(定数)

項目	値
土の乾燥単位体積重量	$\gamma_d = 15 \text{ kN/m}^3$
土の飽和単位体積重量	$\gamma_{sat} = 18 \text{ kN/m}^3$
土の内部摩擦角	$\phi = 32^\circ$

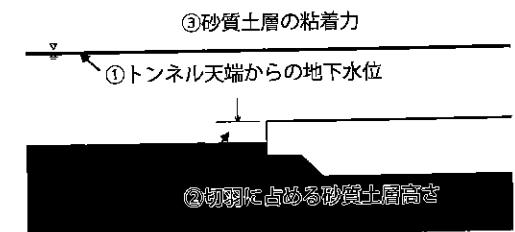


図-8 地盤物性値(パラメータスタディ)

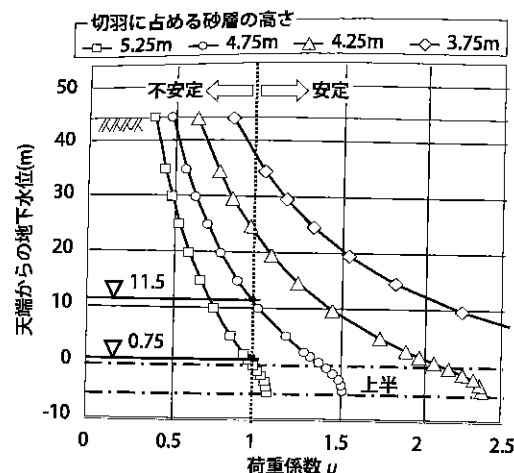
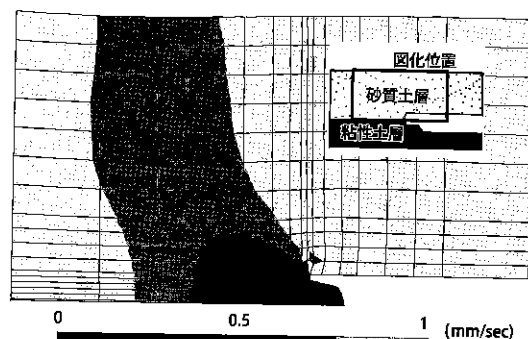
を行った場合は、この荷重係数 μ が1以上であれば切羽は安定、1以下で不安定となることを意味するため、荷重係数を指標として切羽安定性を確認することができる。

なお、今回の検証対象とする切羽の不安定化は地表面まで到達するまでの大変形を生じていなかったため、関連流れであるとした。

3-2 地下水位を考慮した切羽安定性評価法

まず、著者らの既往の手法を用いて切羽安定性評価を行った。三本木原トンネルの施工データから、施工モデルを図-7のように決定し、切羽崩壊は砂質土層で発生したため、解析モデルでは砂質土層のみをモデル化した。また、室内試験から地盤物性値は表-1とするほか、図-8の3項目に対してはパラメータスタディを行った。

なお、トンネルはこれまでの既往の研究⁹⁾から、

図-9 地下水位と荷重係数 μ の関係 ($c=50\text{kN/m}^2$)図-10 切羽崩壊時の変位速度コンター図 ($c=50\text{kN/m}^2$, 砂層高さ4.75m, 天端からの地下水位20m)

トンネル縦断方向の2次元問題としてモデル化した。

図-9は砂質土層の粘着力が 50kN/m^2 の場合の天端からの地下水位、切羽に占める砂層の高さに対するパラメータとして、天端からの地下水位を縦軸、荷重係数 μ を横軸として整理したものである。例えば、切羽に占める砂質土層の高さが4.75m、5.25mのとき、それぞれ天端からの地下水位が11.5m、0.75mで荷重係数 $\mu=1$ となり、これよりも地下水位が上昇すると切羽は不安定化する。

図-10は切羽崩壊時 ($\mu=1.0$ の場合) の変位速度分布のコンター図の一例を示したものである。切羽が不安定化することで切羽前方の地表面からトンネル坑内にかけて地盤が流動している状況がわかる。

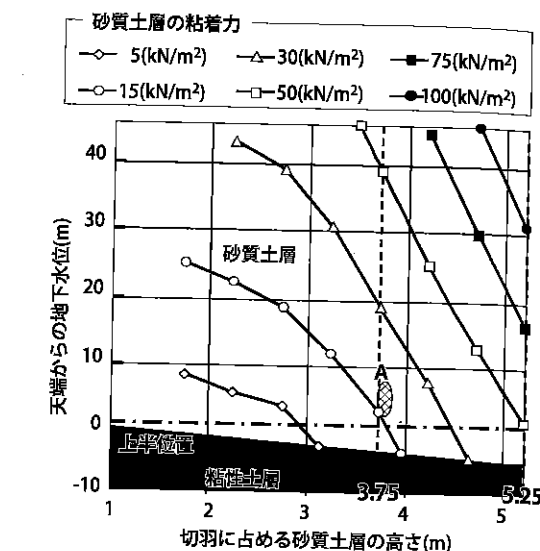


図-11 ノモグラム(1)

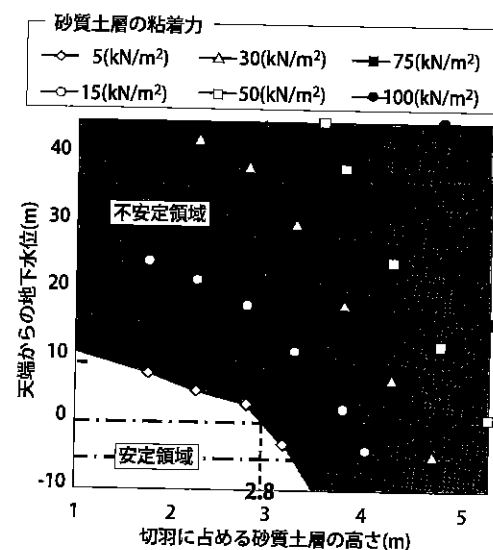


図-12 ノモグラム(2)

このように剛塑性解析から切羽に占める砂質土層高さごとの安定・不安定の境界となる地下水位が求まる。さらに砂質土層の粘着力ごとに同様の計算をくり返し、図-9の点線で示すような荷重係数 $\mu=1$ となる天端からの地下水位と切羽に占める砂質土層の高さで整理すると図-11のノモグラムができる。このノモグラムによる切羽安定の評価方法を砂質土層の粘着力が 5kN/m^2 のときを例にとり解説する。

図-12は粘着力が 5kN/m^2 のときの切羽の安定・

不安定領域を示したものである。天端からの地下水位と切羽に占める砂質土層の高さの関係が、曲線よりも右上側の領域にあると切羽は不安定化していることを、逆に左下側の領域にあると切羽が安定していることを意味する。例えば、天端に地下水位がある場合、砂層の占める高さが2.8m以上で切羽が崩壊する。

このように作成されたノモグラムは、地下水位や切羽に占める砂質土層のほか、粘着力によっても切羽安定性が大きく異なることがわかる。三本木原トンネルの切羽崩壊が発生したときの砂層の占める割合は図-2から3.75m、地下水位は図-6における天端+2~7m程度であり、図-11ではAで示した部分にあたる。砂質土層の粘着力は室内試験から 5kN/m^2 であったため、ノモグラム上でも切羽は不安定化する状態であったことがわかる。

一方、図-11には粘着力 5kN/m^2 の場合、上半先進工法、多段ベンチカット工法の切羽高さである3.75mの破線で示した。当初の上半先進工法の場合、図-2から砂質土層の占める割合が最大で切羽高さと同じ5.25mに達しているが、このときは切羽崩壊が発生していない。これに相反して、図-11では地下水位にかかわらず切羽が不安定化する判別となる。また、同様に多段ベンチカット工法の場合、図-2から砂層の占める割合が3.75mに達しても切羽崩壊は発生していないが、図-11では、この場合も地下水位にかかわらず切羽が不安定化する。

よって、三本木原トンネルの切羽崩壊位置ではノモグラムでも不安定の判別となるが、その他の切羽崩壊が発生していない位置においても不安定の判別になってしまう。この結果から過大に安全側の評価をしていることがわかり、地下水の影響を評価する場合には、飽和度を考慮したより詳細な取扱いが必要なものと考えられる。

4 飽和度を考慮した切羽安定評価法

4-1 検討の流れ

著者らの既存の手法に地盤の飽和度による粘着力の変化を考慮するため¹⁾、研究を次の手順で進めた。

- ① ディープウェル工法および切羽からの湧水のデータを用いた浸透流解析(以下「浸透流解析」と記す)を行い、地下水位および切羽周辺の飽和度分布を求める
- ② 現地試料を用いて不飽和三軸試験を行い、飽和度と粘着力の関係を求める
- ③ これらの結果から切羽周辺の見かけの粘着力の分布を求める
- ④ 地下水位、飽和度に応じた粘着力を用いた剛塑性解析により切羽安定評価を行う(図-13)

また、実際の掘削では図-3, 4に示した先受け工および鏡吹付けを行っていたため、これらもモデル化した解析を最後に実施した。

4-2 浸透流解析

ディープウェル稼働後の地盤の地下水位、飽和度分布を把握するために、三本木原トンネルの施工データを用いた浸透流解析を実施した。解析モデルは図-14に示すようにトンネルを縦断方向に切った2次元モデルであり、また、地層構成はトンネル下半に粘性土層を均一に介在させたものと

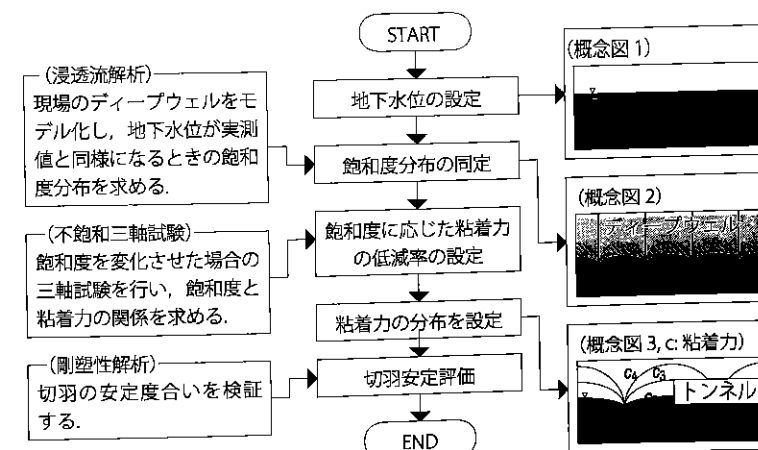


図-13 検討フロー

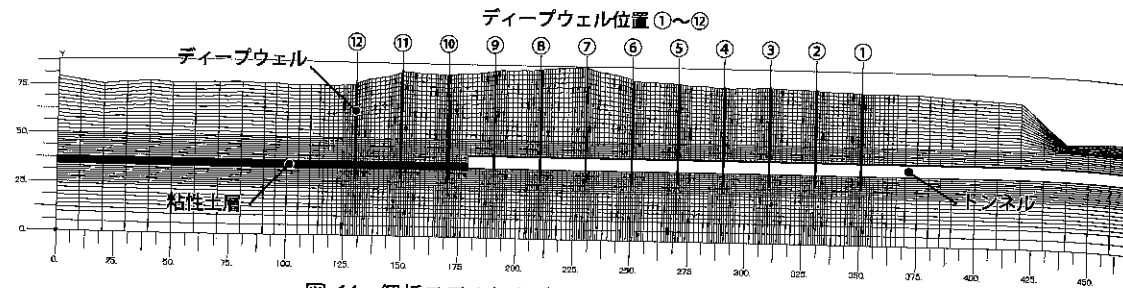


図-14 解析モデルおよびトンネル、ディープウェル位置

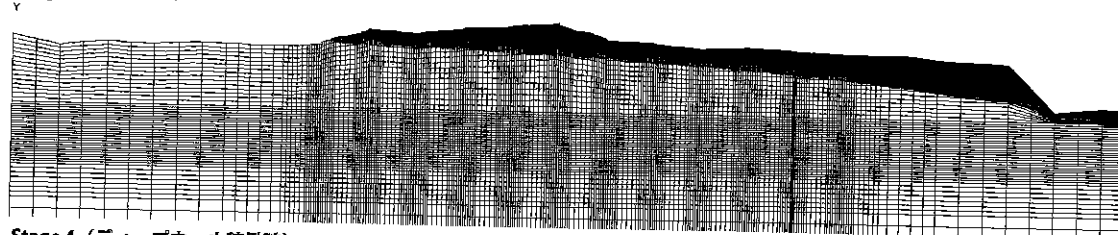
表-2 浸透流解析に用いた地盤条件

地層	透水性係数 $k(\text{m/sec})$	体積含水率 θ	比貯留係数 $S_r(\text{m}^{-1})$
砂質層	1.0×10^{-5}	0.3	1.0×10^{-3}
粘性土層	1.0×10^{-7}	0.6	1.0×10^{-3}

表-3 ディープウェル稼働状況(稼働から91日目まで切羽到達)

日数	内容
stage 1 0	初期水位の状態
stage 2 0~20	ディープウェル No.①~No.④稼働
stage 3 20~30	ディープウェル No.①~No.⑥稼働
stage 4 30~91	ディープウェル No.①~No.⑧稼働 ディープウェル No.⑪~No.⑫稼働

Stage 1 (初期状態)



Stage 4 (ディープウェル稼働時)

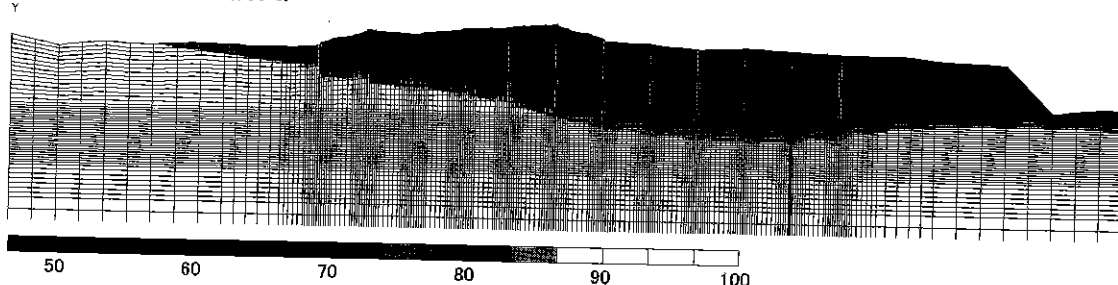


図-15 飽和度の変化(解析結果)

した。なお、ディープウェルは図中に示す位置(1回目の切羽崩壊位置)に切羽が到達したときに稼働していた前後10本(図-14の①~⑧, ⑪~⑫)をモデル化した。

地盤の浸透条件は、現地試料を用いた室内試験結果から表-2のように決定した。また、解析ステップは表-3に示すように初期水位の状態から順々にディープウェルを稼働させ地下水位を低下させていく4段階の手順を取っており、これは実際に三本木原トンネルのディープウェル稼働実績から決

定している。初期水位および初期の飽和度分布は施工中も地下水位が一定であった両端境界の地下水位を固定して地盤が完全に飽和している状態から安定するまで事前に計算を行って求めた。また、揚水量は、実際のディープウェル稼働中の地下水位の実測値と解析値が一致するように決定した。

図-15には、初期水位の状態(stage 1)、ディープウェルが10本稼働した時点(stage 4)における飽和度分布のコンター図を示す。各ステップの解析結果から、飽和度は地表面に向かい徐々に変化

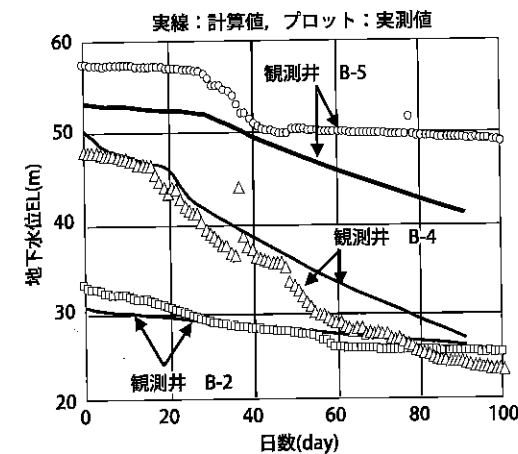


図-16 地下水位の変化の比較

するものの、地下水位が浅では50~60%程度で推移していたことが確認できる。

また、図-16は切羽位置付近の観測井の地下水位の実測値と解析値を比較したものである。地盤を簡略化した解析モデルを用いたが、地下水位を実現値に比較的近い値にフィッティングすることができた。

4-3 飽和度と粘着力の関係

三本木原トンネルの砂質土試料を採取し、土の保水性試験、不飽和三軸試験から飽和度と粘着力の関係を検証した。不飽和三軸試験に用いた試験機は、サクシオン制御のためにセラミックディスクと体積変化測定のために二重セルが装備されている¹²⁾。採取試料は、土粒子の密度が 2.745g/cm^3 、JIS A 1224による最大間隙比は1.150、最小間隙比は0.671である。また、細粒分(75 μm 以下)含有率は約15%程度であり、粒度分布が悪く自立性は低いと考えられる。原位置で未固結の砂質土であることが確認できたので、採取試料が原位置密度と等しくなるように、5層で動的に突き固めて三軸供試体(直径5cm、高さ10cm)を作製した。

まず、土の保水性試験を行った(図-17)。この結果からサクシオン8kPa程度を境に飽和度が低下し始めており、間隙水が排出されることがわかる。また、同図には飽和度とサクシオンの関係を表す代表的なBrooks & Coreyの経験式(式(1)¹³⁾とVan Genuchtenの経験式(式(2)¹⁴⁾)とでフィッ

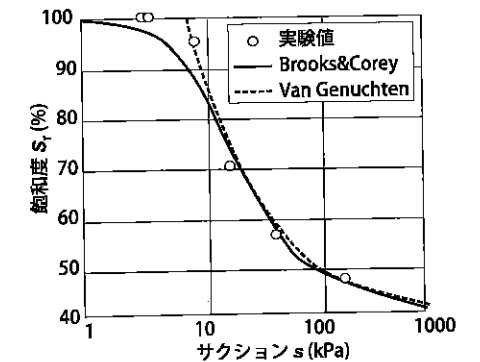


図-17 飽和度とサクシオンの関係

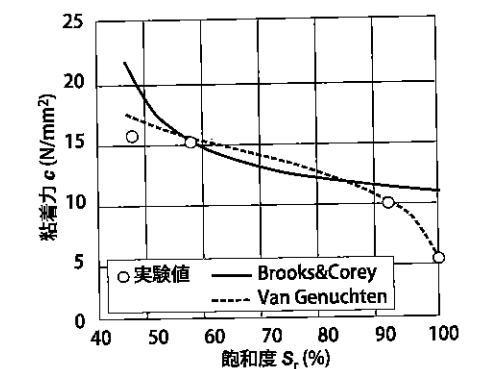


図-18 粘着力と飽和度の関係

ティングした近似曲線を描いた。

$$\begin{cases} S_r = \left(\frac{s_0}{s}\right)^\lambda & (s > s_0) \\ S_r = 1 & (s \leq s_0) \end{cases} \quad (1)$$

ここに、 S_r : 飽和度、 s : サクシオン、 s_0 : 空気侵入値、 λ : 無次元パラメータ

$$S_r = \{1 + (-\alpha s)^n\}^{-m} \quad (2)$$

ここに、 α , m , n : 無次元パラメータ

次に不飽和三軸試験を行った。図-18には土の保水特性試験と不飽和三軸試験の結果から得られた飽和度と粘着力の関係を示す。ここで、サクシオンと内部摩擦角、粘着力の関係は、Fredlundらにより式(3)が与えられている¹⁵⁾。また、このときのサクシオンへの寄与度合いを表す係数 χ は軽部ら¹⁶⁾により(4)式が与えられている。

$$\begin{cases} \phi = \phi' \\ c = c' + \chi s \tan \phi' \end{cases} \quad (3)$$

ここに、 c : 粘着力、 c' : 飽和時の粘着力、 ϕ : 内部摩擦角、 ϕ' : 飽和時の内部摩擦角、 χ : 係数

$$\chi = \frac{S_r - S_{r0}}{100 - S_{r0}} \quad (4)$$

ここに、 S_r : 飽和度、 S_{r0} : 最小の飽和度

よって、式(4)を式(3)に代入すると不飽和土の粘着力とサクション、飽和度の関係式が求まる。さらに前述した図-17ではBrooks & Coreyの経験式とVan Genuchtenの経験式で、サクションと飽和度の関係を求めているため、これも代入すると粘着力と飽和度のみの関係が求まる。

これらの式を用いた近似曲線は図-18に示したとおりであり、飽和度と粘着力の関係はVan Genuchtenの経験式から求めた飽和度を用いた場合に良い一致がみられた。

4-4 剛塑性解析

浸透流解析結果から、地下水位が浅い飽和度を60%、地下水位が深い飽和度を100%として、これらの飽和度に応じた粘着力を用いた剛塑性解析を行った。なお、飽和時の粘着力5 kN/m²のほか、粘着力の違いによる影響を確認するため、砂質土層の飽和状態の粘着力を30 kN/m²とする2ケースを行った(図-19)。なお、飽和度とサクションの関係は、土の保水特性試験と不飽和三軸試験から良い一致がみられたVan Genuchtenの経験式を用いた。

飽和度に応じた粘着力を考慮した場合、考慮しない場合のノモグラムを図-20、21に示す。粘着力5 kN/m²、30 kN/m²のどちらの場合においても、地下水位が天端以下となった場合に、地盤の飽和度の影響がみられる。地下水位が脚部付近まで低下した場合には、曲線が層境のラインに漸近して、切羽安定性が良くなることが確認できる。ただし、三本木原トンネルの砂質土層の粘着力である5 kN/m²の場合、上半先進工法では地下水位にかかわらず、依然として切羽が不安定化する。

4-5 補助工法のモデル化

三本木原トンネルは地山等級I_L、特I_Lに属し、補助工法として、先受け工、鏡吹付けを行っていた。よって、これらも平面ひずみ要素でモデル化して、飽和時の粘着力が5 kN/m²の条件でのノモグラムを再度作成した。なお、比較のため、①

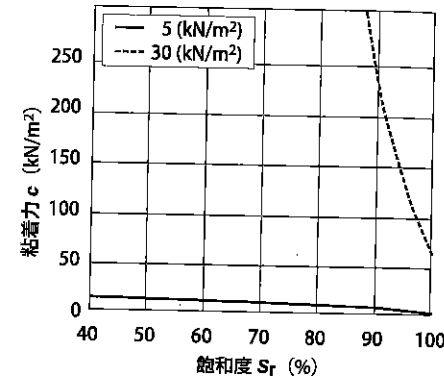


図-19 粘着力と飽和度の関係

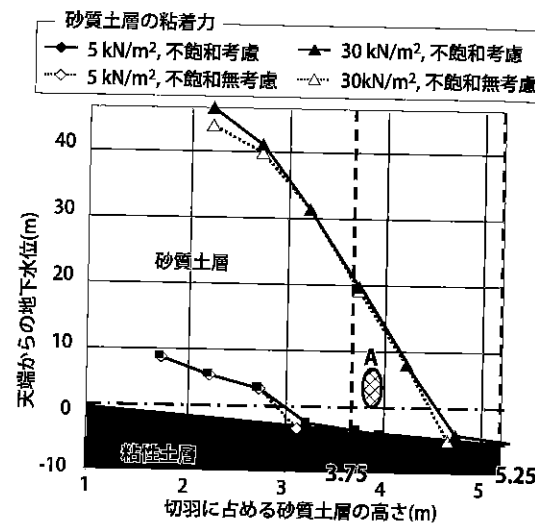


図-20 ノモグラム(全体)

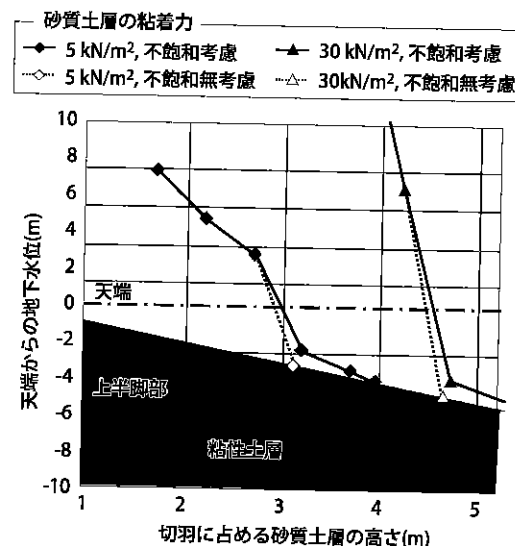


図-21 ノモグラム(地下水10m以下)

表-4 解析に用いた補助工法部分の物性値

補助工法	内部摩擦角(度)	粘着力(kN/m ²)
先受け工	0	150
鏡吹付けコンクリート	0	9

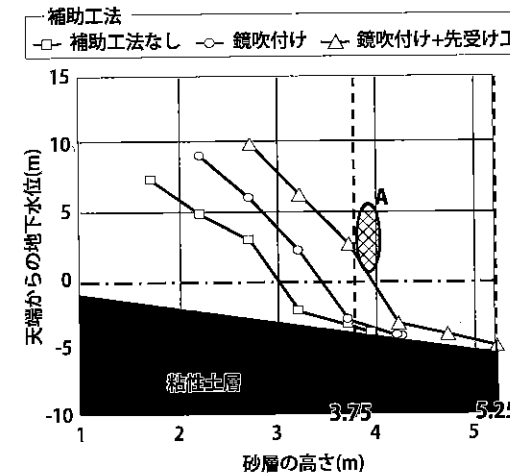


図-22 ノモグラム(補助工法併用, c=5 kN/m²)

先受け工のみ、②先受け工+鏡吹付けの2パターンとした。これらの材料の物性値は表-4とした。

解析結果から得られたノモグラムを図-22に示す。鏡吹付けは切羽の安定性を多少増加させるに留まるが、先受け工を併用した場合、天端からの地下水位が2 m以下の条件では砂層の高さが3.75 mでも切羽が安定する結果となった。

三本木原トンネルに対して考察すると、2回の切羽崩壊箇所では切羽は不安定化し、かつ、上半先進工法では地下水位が上半脚部付近にあれば切羽が安定すること、また、多段ベンチカット工法では、天端+2 m程度でも切羽が安定する。よって、飽和度に応じた粘着力を考慮し、また、補助工法をモデル化することで、実際の施工を説明できる判定とすることができ、本研究の切羽安定評価法の妥当性を確認することができた。

5 まとめ

本研究の成果および知見を以下にまとめる。

- ① 従来のように剛塑性解析で飽和度による粘着力の変化を考慮しない場合、三本木原トンネルの切羽崩壊位置では不安定化していると

の判定になるが、実際には崩壊が発生していない低い地下水位でも切羽崩壊が起こる判定となり、安全側の評価となる課題が明らかになった。

- ② 三本木原トンネルの砂質土試料を用いた不飽和三軸試験による飽和度と粘着力の関係は、Van Genuchtenの経験式を用いることで良い一致がみられた。
- ③ 地下水位を考慮した切羽安定解析に、飽和度に応じた粘着力の変化、鏡吹付けや先受け工の補助工法を考慮することで、切羽崩壊のあった実際のトンネルの現象を正確に再現することができた。

本研究で提案した手法が、より安全かつ合理的な施工管理を行ううえでのツールとして役立てば幸いである。また、本来トンネル安定は3次元で複雑な形状を考慮すべき問題ではあるが、本研究では問題をノモグラムを作成するため単純化して取扱った。この結果は実現場の切羽安定性と一致するものであった。実現場とのさらなる検証を続けていくとともに、3次元での検討を行い改善していくことが今後の課題である。

さいごに、本研究を進めるにあたって、故田村武先生(京都大学教授)に丁寧にご指導いただきました。また、東北新幹線トンネル施工技術委員会(委員長:足立紀尚京都大学名誉教授)の委員の皆様から貴重なご意見をいただきました。さらに、井浦智実様(鉄道・運輸機構)には、研究のとりまとめにご協力いただきました。深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 国鉄盛岡工務局・応用地質調査事務所: 昭和56年度土砂トンネルの調査及び設計に関する調査報告書, 1982.
- 2) 木谷日出男・太田岳洋: トンネル切羽の安定性評価法の検討, 鉄道総研報告, Vol.7, No.12, pp.49-56, 1993.
- 3) 小西真治・北川隆・中山範一・磯谷篤実・松長剛: 地下水圧を考慮した切羽安定評価法, 土木学会トンネル工学論文集, Vol.14, pp.1-7, 2004.
- 4) 小西真治・仲山貴司・田村武・豊田浩史・松長剛・井浦智実: 地下水圧および飽和度による粘着力の変

- 化を考慮した切羽安定評価法, 土木学会論文集F1, Vol.69, No.1, pp.1-9, 2013.
- 5) Brooks, R. H. and Corey, A. T.: Properties of porous media affecting fluid flow, *Proc. ASCE*92, IR (92), pp.61-88, 1966.
- 6) Van Genuchten: A closed-form equation for predicting hydraulic of unsaturated soils, *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Vol.44, pp.892-898, 1980.
- 7) 佐伯則幸・後藤光理・井浦智実: 未固結地山における小土かぶりトンネル群の施工, 東北新幹線六戸・三本木原・牛鍵トンネル, トンネルと地下, Vol.37, No.4, pp.7-15, 2006.4.
- 8) Tamura, T., Kobayashi, S. and Sumi, T.: Rigid-plastic finite element method for frictional materials, *Soils and Foundations*, Vol.27, No.3, pp.1-12, 1987.
- 9) 田村武・足立紀尚・小西真治・辻鉄也: 剛塑性有限要素法によるトンネル切羽の安定性評価について, 土木学会論文集, No.638, pp.301-310, 1999.
- 10) 小西真治・朝倉俊弘・田村武・辻鉄也: 粘性土層が介在する砂地盤の切羽安定評価について, 土木学会論文集, No.659, pp.51-62, 2000.
- 11) Toyota, H., Nakamura, K. and Sakai, N.: Evaluation of dike and natural slope failure induced by heavy rainfall in Niigata on 13 July 2004, *Soils and Foundations*, Vol.46, No.1, pp.83-98, 2006.
- 12) 河野敬・豊田浩史・中村公一・仲山貴司・小西真治: 東北新幹線三本木原トンネルより採取した砂の不飽和せん断特性, 第23回土木学会関東支部新潟会研究調査発表会, III-5, pp.102-105, 2005.11.
- 13) Fredlund, D. G., Morgenstern, N. R. and Widger, R. A.: The shear strength of unsaturated soils, *Can. Geotech. J.*, Vol.15, pp.313-321, 1978.
- 14) 軽部大蔵・加藤正司・浜田耕一・本田道識: 不飽和土の間隙水の状態と土塊の力学的挙動の関係について, 土木学会論文集, No.554, pp.83-92, 1996.

■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。



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 http://www.tunnel.ne.jp

連載講座

都市トンネルのための地盤改良工法(6)

—凍結工法(2)—

「都市トンネルのための地盤改良工法」連載講座小委員会

① はじめに

前回では、凍結工法の原理、施工方法、留意点、対象、および設計手法を紹介した。今回は、都市トンネルに対して凍結工法を用いた、特色ある適用事例を3例と、効果の評価と新技術について紹介する。

② 事例1: 既設洞道と立坑を接続する際の掘削防護に採用された事例

牛島町超高圧洞道工事¹⁾は、JR名古屋駅の北約400mに計画された牛島南第一種市街地再開発事業の一環として行われたもので、そのうち、地下30mにある既設洞道と新設シャフトを接続する際の洞道築造防護に凍結工法が採用された事例である。

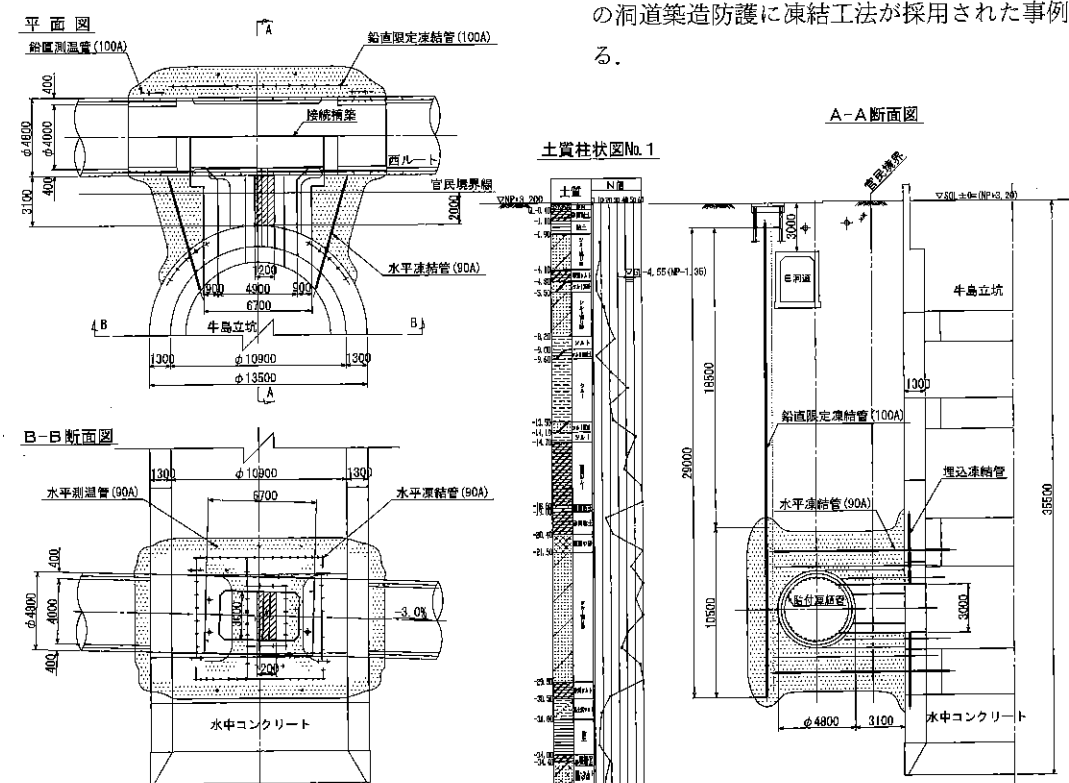


図-1 施工概要図(事例1)

表-1 凍結工の計画(事例1)

土質条件	砂質粘土、砂質シルト層、シルト混じり砂
地盤の容積含水率	砂質土: $0.5\text{m}^3/\text{m}^3$ 粘性土: $0.6\text{m}^3/\text{m}^3$
造成凍土厚	作業坑下床部: 2.6m
凍結管径	90A
埋設ピッチ	0.8m
凍結ユニット	110kW型凍結ユニット2台
ブライン温度	-25.0°C
凍土造成日数	作業坑: 54日間

2-1 工事概要

工事名称: 牛島町超高圧洞道新設工事
 発注者: 牛島市街地再開発組合
 施工場所: 名古屋市西区牛島町6-54
 工期: 平成14年10月~平成16年5月
 (凍結工事のみ)

施工者: 大成建設(株)

2-2 設計と施工

本工事は図-1に示したように、ケーソン立坑(外径 $\phi 13,500\text{mm}$ 、壁厚 $1,300\text{mm}$)と既設洞道(外径 $\phi 4,800\text{mm}$ 、巻厚 400mm)を地中にて接続する際の防護を、ケーソン内より埋設した水平凍結管と地上より埋設した鉛直限定凍結管により既設洞道周囲を囲い込んだ凍土壁を造成して行ったものである。凍土壁厚を抑えるために中柱に相当する凍土壁を設け、トレンチ掘削方式により凍土と新設構築で支持しながら、段階的に掘削・構築していく方法を採用した。

凍結対象土に凍結膨張性のある粘性土があり、既設洞道および地下埋設物に影響を与えるおそれがあったため、凍土造成中の凍結膨張に対して地山抜き取り、解冻収縮に対しては強制解冻充填を行うことで、変位の一次管理値 $\pm 10\text{mm}$ 以内で無事工事を終えた。表-1に計画の詳細を示す。

③ 事例2: 支障物撤去防護への適用

都市計画道路大和川線ランプシールド工事において、外径 $\phi 8,980\text{mm}$ のシールド掘削の妨げとなる支障物を撤去する際の補助工法として凍結工法が採用された事例である。

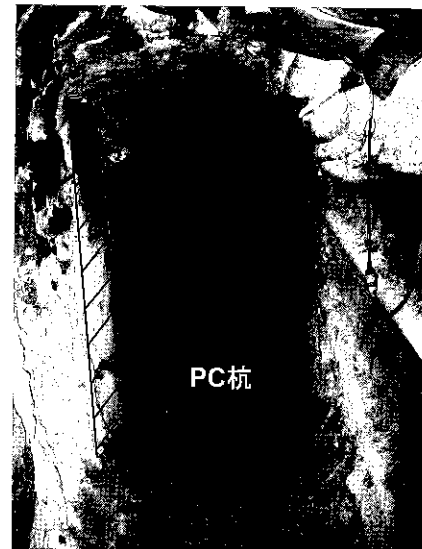


写真-1 PC杭露出状況

3-1 工事概要

工事名称: 都市計画道路大和川線ランプシールド工事

発注者: 大阪府都市整備部富田林土木事務所
 施工場所: 堺市北区常磐町3丁目地内

工期: 平成19年12月17日~
 平成26年9月30日

施工者: 森本・ハンシン・久本・ヤスダ特定
 共同企業体

工事内容: 泥土圧シールド工法

シールド外径 $\phi 8,980\text{mm}$

機長 $L=10,155\text{mm}$

シールド路線延長 662.883m

3-2 設計と施工

本工事は図-2に示すように、シールド通過断面に出てくる放流渠下にある旧護岸のPC杭($\phi 500\text{mm}$)6本(平面図参照)を事前に撤去するために、ケコム工法で $\phi 4,000\text{mm}$ 立坑を築造した。立坑から埋設した水平凍結管により造成したブロック状の土留の止水凍土壁が完成したのちに、ケコム立坑から凍土内を掘削して、シールド通過断面にあるPC杭を撤去した。支障物撤去完了後、掘削部を埋め戻して、シールド通過断面にある水平凍結管、測温管を抜去した。

シールド上部には凍結膨張性のある粘性土が介

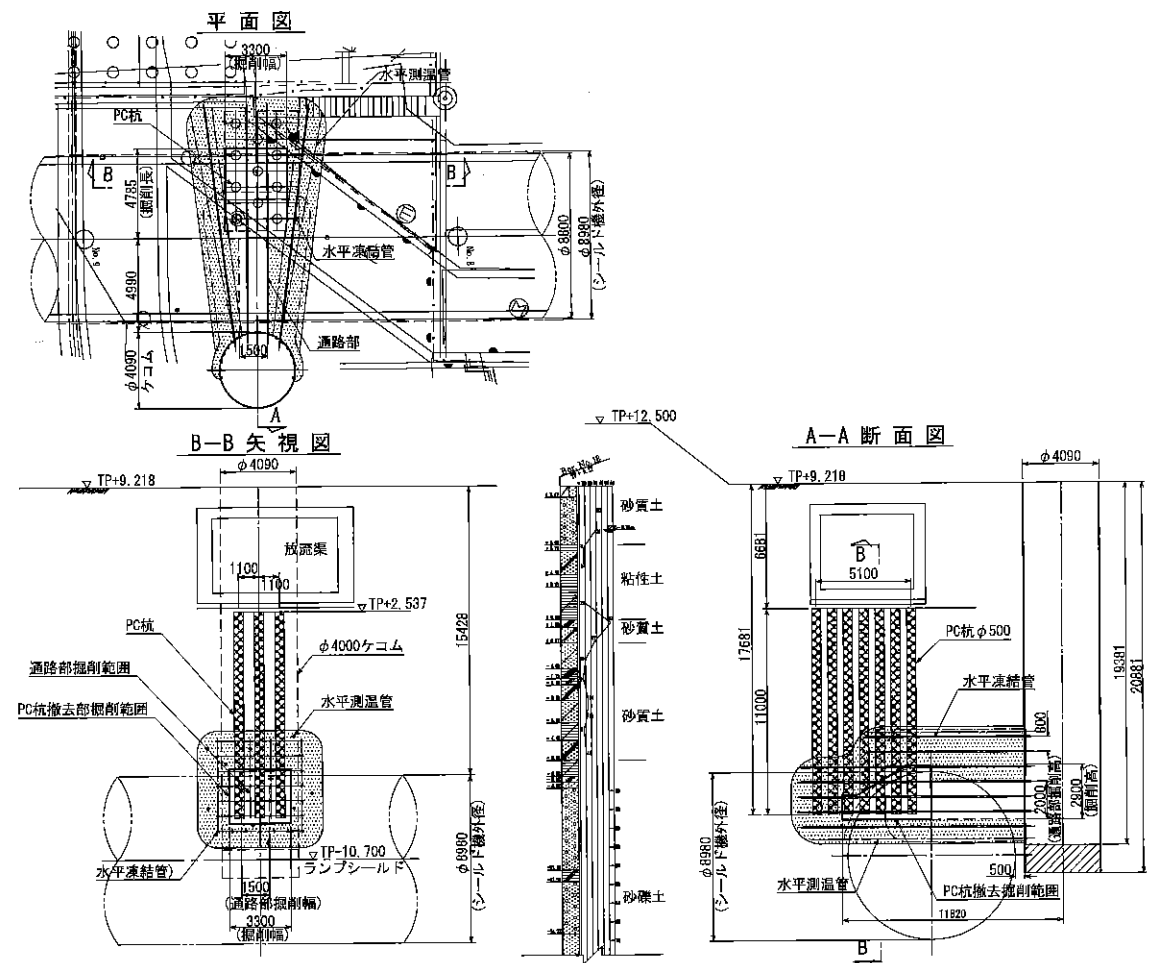


図-2 施工概要図(事例2)

表-2 凍結工の計画(事例2)

土 質 条 件		上部：砂混じり粘土、シルト混じり砂 下部：砂礫
地盤の容積含水率		0.6m³/m³
凍 土 厚	上 面	1.9m
	下 面	1.3m
	側 面	1.2m
	前 面	2.2m
凍 結 管 径		65A
埋 設 ピ ャ ッ チ	通 路 部	0.8m
	杭撤去部	0.9m
凍 結 ユ ニ ッ ト		75kW型凍結ユニット1台
ブ ラ イ ン 温 度		－27.5℃
凍土造成 日 数	通 路 部	33日間
	杭撤去部	52日間

在しているため、無対策で自然解冻すると放流渠が大きく沈下することが予想された。そこで、シールド通過断面にかからない水平凍結管を残置して温水管に転用し強制解冻を行い、残留凍土の解冻量に応じて充填材を注入した。放流渠下端レベルの凍上変位量は 3mm 、沈下変位量は隆起点より -3mm の施工前レベルに抑えることができた。表-2に計画の詳細を示す。

④ 事例3: パイプルーフ間止水への適用

併設された2本のシールドトンネルを地上から開削を行わずに地中で切り開き、両シールドを接続する目的で設置したパイプルーフの止水防護と

して凍結工法が採用された事例である。

4-1 工事概要

工事名称：首都高速中央環状新宿線SJ22工区

(2-1) 富ヶ谷出入口トンネル工事

施工場所：東京都渋谷区富ヶ谷一、二丁目、
上原一丁目

工 期：平成17年9月～平成21年4月
(凍結工事のみ)

発 注 者：首都高速道路(株)

施 工 者：大成・鹿島・鉄建特定建設工事共同
企業体

4-2 設計と施工

本工事は図-3に示すように、上部は直線パイプ

ルーフ($\phi 1,016\text{mm}$, $L=46\text{m}$, 16本), 下部は曲線パイプルーフ($\phi 812.8\text{mm}$, 曲率 $R=16\text{m}$, 円弧長 $L=20.4\text{m}$, 41本)を掘削時の土留め支保材として利用し、パイプルーフ内に2本ずつ建て込んだ凍結管により、パイプルーフ間の止水凍結を行った。路面や周辺構造物に対する凍上の影響を抑えることを目的として、冷却ブラインを限定的に循環できる凍結管構造にしたり、間引き運転や間欠運転を行った。

その結果、シールド間の切詰めおよび躯体の築造までの約21か月間に及ぶ長期間の凍結工事を、無事に終えることができた。表-3に計画の詳細を示す。

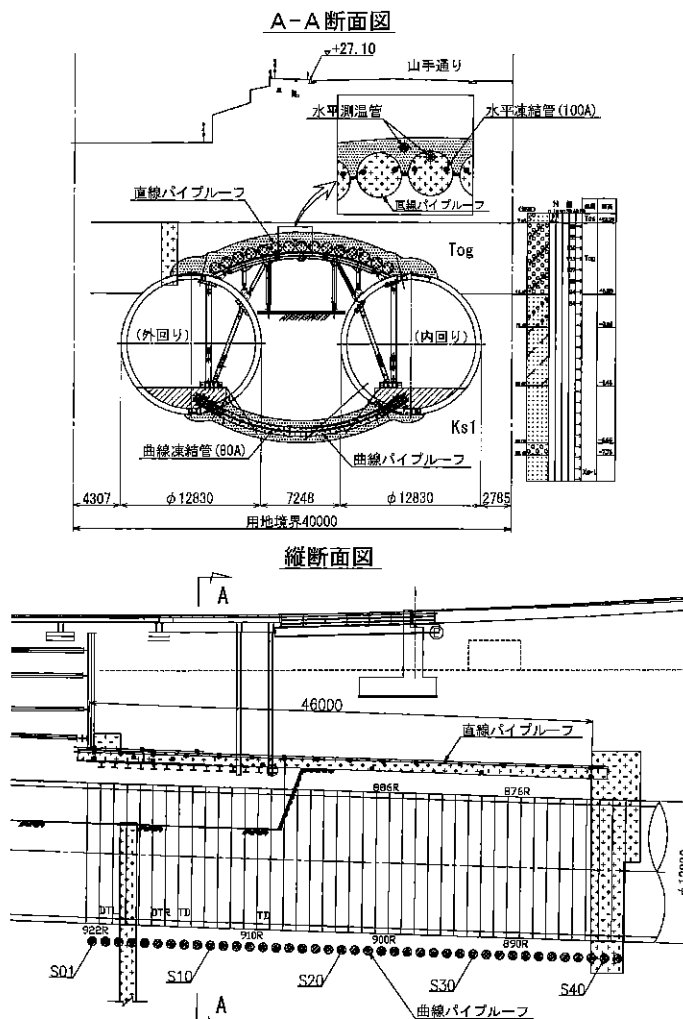


図-3 施工概要図(事例3)

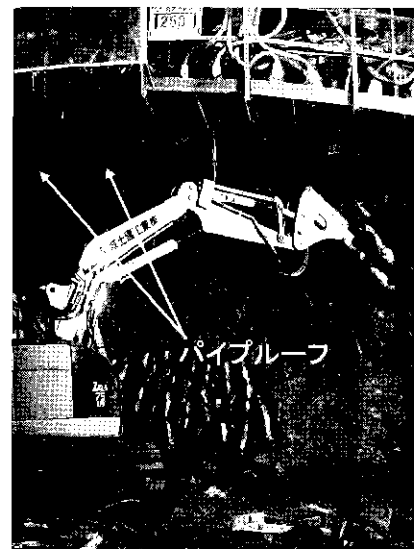


写真-2 上半掘削状況

表-3 凍結工の計画(事例3)

土 質 条 件	東京礫層, 上総砂層
地盤の容積含水率	$0.5\text{m}^3/\text{m}^3$
凍 土 厚	上部 0.7m 下部 0.8m
凍 結 管 径	上部 100A 下部 80A
埋設ピッチ	上部 平均ピッチ0.6m 下部 平均ピッチ0.6m
凍 結 ユ ニ ッ ト	150kW型凍結ユニット4台
ブ ラ イ ン 温 度	-20°C
凍 土 造 成 日 数	35日間

⑤ 効果の評価

5-1 地盤温度モニタリングによる評価

前号で述べたように、同一地層の土からなる凍土の強度は温度により一義的に決まるため、現地で確実につリアルタイムでモニタリング可能な地盤温度計測から得られる凍土壁断面の平均温度を用いて、現地凍土壁の強度および止水性を評価している。

凍土壁内の温度分布のイメージは、図-4に示すように、凍結管でもっとも温度が低く、凍土壁と周辺地盤の境界で 0°C となる。測温管は凍結管列から適切な距離と位置に設置し、凍結管5～7本に1本設置することが多い。また、水平方向の測温管では、代表する地層に測温管を1本以上を設置している。

計測される地盤温度と、ブライン温度や凍結管配置などを用いる数値シミュレーション計算結果から、凍土壁の厚み、形状、温度分布を推定している。

なお、地下水流の可能性がある場合には、上流方向と下流方向にも測温管を設置し、それらの温度低下の状況を比較し、地下水流による凍土造成阻害の有無を推定している。地下水流による凍結阻害が顕著な場合には、上流に薬液注入などを実施している。

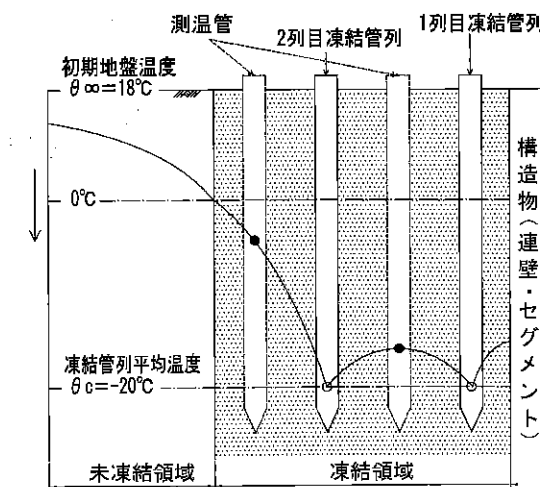


図-4 地盤温度分布測定の様式図

また、凍土壁強度の重要性に応じて、現地からサンプリングされた試料土を用いて凍土供試体を作製し、この凍土の一軸圧縮試験を行い、設計強度の確認を行う場合もある²⁾。

5-2 凍土壁閉塞確認による評価

凍土壁には土留め壁としての強度だけでなく、凍土壁外側に存在する地下水への止水性能も要求される。このため、下記の確認を行い、凍土壁で囲われた掘削域に1滴の漏水もないようにしている。

(1) 間隙水圧の上昇

掘削予定域を凍土壁と構造物で周辺地下水から閉塞すると、それ以降の凍土壁内側への凍土成長に伴う水の凍結膨張により、掘削予定域の間隙水圧は上昇する。これを確認することで止水性を評価する。

(2) 閉塞水の排水

凍土壁閉塞後に、掘削予定域から排水させ、時間経過とともに排水がなくなることで、凍土壁の閉塞を確認する。

⑥ 新技術紹介

(1) パイプルーフ+止水凍結

地中でシールドトンネルを切り抜いたり、シールド間の連絡路を作る際に、従来は土留め壁として凍土壁が利用されてきた。しかし近年、浅くて凍結膨張により凍土変位が大きいと予測される現場には、事例3に示したパイプルーフ間に土留め凍土壁より薄い止水凍土壁を造成する施工事例が増えている。土留めに適したパイプルーフ工法に優れた止水性能を持つ凍結工法を併用することにより、安全な地中切り抜けや連絡路の築造が行われている。

(2) 凍結膨張対策手法の進歩

近年は、凍結対象の大深度化に伴い地盤が硬質になり凍結膨張圧が大きくなる。逆に大断面凍土壁を地表面付近で造成することにより、凍土の影響が出やすくなることもある。

凍結膨張対策の基本は、必要最少限の凍土壁を造成し、掘削や構築を施工する期間(凍土壁維持

中)には余分な凍土を極力成長させないことである。

この技術開発のために、熱解析シミュレーションを多用し、凍結管内のブライン循環のON-OFFやブライン温度調整などを最適に制御し(事例3)、凍土壁の要求品質を維持しつつも、凍土成長は最小限にする技術を磨いてきた。

上記に次ぐ対策は、凍土壁周辺の地盤の一部を抜き取ること(地山抜き取り方式⁹⁾:事例1参照)、立坑などの構造物に接する部分の粘性地盤のみを緩い砂に置き換えること(砂緩衝帯方式)を開発し、施工実績を積み重ねている。

例えば、横浜市の硬質シルト(土丹)でのシールド発達防護凍結工事では、砂緩衝帯方式の凍結膨張軽減対策により、立坑に付加する膨張圧を0.8 MN/m²低減できた⁹⁾。

(3) 凍結膨張圧および開口の影響低減

立坑-トンネル間などの接続工事を行うための凍結工事では、凍土造成期間に生じる凍結膨張圧により既存構造物の変形・応力増加が発生することがある。また、トンネルの開口部撤去に伴いトンネルが変形し、凍土壁との付着(凍着)が剥離し漏水を生じる可能性もある。

これらは接続工事に多大な影響を与えるため、凍土造成中の凍結膨張圧発生が既存構造物の変形・応力増加に与える影響をフレーム解析を用いて事前解析し、計測管理を実施した事例がある⁹⁾。また、開口作業によるトンネルなどの内空変位の变化速度の計測事例を増やし、暫定的に-5mm/日以内になるよう協力いただいている。

⑦ おわりに

都市での掘削防護としてわが国で独自の発展を遂げてきた凍結工法について、原理や施工法、特徴や留意点、施工事例、効果の評価、および新技術を紹介した。

都市地下開発はますます複雑化し、大深度や大断面の施工が増えている。都市トンネル工事での地盤改良においては、さらなる高度な品質が求められると予測されるため、凍結工法への要望が増加するものと思われる。本稿が、凍結工法の適切な選択の一助になれば幸いである。

(文責:大館良吉・伊豆田久雄/(株)精研)

参考文献

- 1) 高木敏雄・下平義明・神保幸則・遠藤伸治:既設洞道接続工事の凍結工法による変位予測と対策:トンネルと地下, Vol.36, No.7, pp.31-39, 2005.7.
- 2) 山本英夫・生頼孝博・岡本純:攪乱・不攪乱凍土の一軸圧縮特性に関する比較実験, 土木学会年次講演会, III-346, pp.691-692, 1984.
- 3) 江口公道・中村隆良・今石尚・西田与志雄:穿孔抜き取りで凍結膨張圧を軽減 外郭放水路第2工区, トンネルと地下, Vol.31, No.5, pp.37-44, 2000.5.
- 4) K.Okubo, T.Okamoto, K.Ryokai and H.Izuta: Evaluation of Countermeasures for 1.10MPa Frost Expansion Pressure using New Measurements System, Ground Freezing, Frost Action in soils, pp.299-304, 2000.
- 5) 青木誠・深澤裕志・石原和典・伊豆田久雄・森保史:凍結工法による大深度でのシールド地中接続工事における施工管理について, 同計測管理について, 土木学会第57回年次学術講演会, III-168, 169, pp.335-338, 2002.

トンネルジャーナル

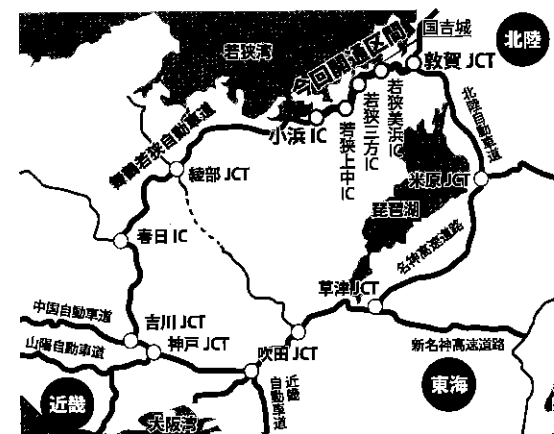
舞鶴若狭道全線開通1か月 若狭地域の観光客が20%増

近畿地整, NEXCO中・西日本, 福井県, 京都府は, ことし7月20日に小浜IC~敦賀JCTの開通により, 全線開通した舞鶴若狭自動車道の開通1か月後の整備効果を発表した。開通により, 前年に比べ, 隣接区間の交通量が2倍, 若狭地域の沿線主要観光地(7施設)の来場者数が約20%増加したとしている。

舞鶴若狭自動車道は, 兵庫県三木市の中国自動車道吉川ジャンクション(JCT)を起点とし, 京都府福知山市, 同府舞鶴市, 福井県小浜市などを経て, 福井県敦賀市の北陸自動車道敦賀JCTに至る約162kmの高速道路。中国自動車道, 名神高速道路, 北陸自動車道など一体となって広域的な環状ネットワークを形成し, 近畿, 東海, 北陸をはじめ, 各地へのアクセスが向上して, ルート選択の幅が大きく広がることが期待されている。

今回開通した小浜IC~敦賀JCT間は, 第1種第3級で, 設計速度は80km/h。暫定2車線での供用となる。1998年12月25日の施行命令から, 約16年を経て今回の開通となった。同区間は, 海と山に挟まれた地域を通過することから, 全延長39kmのうち, 土工15km, トンネル18km, 橋梁6kmと構造物比率が高い。とくにトンネル構造が全体の約47%を占めており, 同区間で最長の国富トンネル(2,897m)のほか, 鳥浜トンネル(1,269m, 本誌, Vol.44, No.1, pp.15-22), 田上トンネル(上り148m, 下り149m, 本誌, Vol.44, No.7, pp.17-24)など14のトンネルが並ぶ。

今回開通した小浜IC~敦賀JCT間では, 開通後1



か月間に約9,100台/日(平日:約7,100台, 休日:12,200台)の交通量があり, 隣接する既開通区間の小浜西IC~小浜ICでは, 約3,700台/日から7,400台/日と交通量が約2倍に増加した。

開通区間にある若狭上中IC, 若狭三方IC, 若狭美浜ICの1日あたりの利用台数は, 平日は700~1,500台, 休日は1,300~2,300台となっており, 平日は, 福井県内のICとの利用が多く, 休日は, 近畿・東海地方との利用が平日に比べて多い。平行する国道27号の国吉城地点では, 交通量が18,100台/日から14,200台/日へ約22%減少した。

また, 舞鶴若狭自動車道が開通した若狭地域の主要観光地(7施設)の合計来場者数は, 前年同時期と比較して, 282,100人から338,900人と, 約20%増加した。

わかりやすい土木地質学

大島洋志 監修 B5判 209頁 本体価格 2,500円 円350円

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

株式会社 **土木工学社**

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

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・斎藤正忠・北川隆 共訳

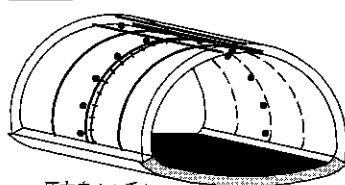
B5判・442頁・上製本 本体価格 9,800円 (円450円)

株式会社 **土木工学社**

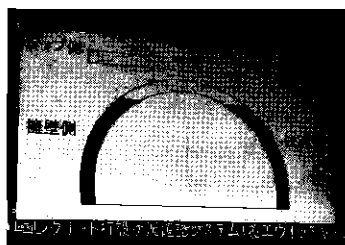
〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16メジャー神楽坂
電話 (03) 3267-2888 (代) 振替 00110-8-190072

工法・技術・製品ニュース

工法 覆工コンクリートの施工状況を見える化



● 圧力ウォッチャー
— 覆工ウォッチャー — 温度ウォッチャー



(上) 坑内各ウォッチャー設置位置
(下) 覆工ウォッチャーの表示例

フジタ(株)広報室

Tel 03-3402-1911

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

フジタは、四国地整発注の道路トンネル工事(高知県南国市、稲生トンネル)において、覆工コンクリートの打込みから脱型、養生までの施工状況を「見える化」するためのシステムを全線に適用したと発表した。

同社はこれまで、覆工コンクリートの品質向上を目的とした施工時におけるさまざまな計測システムの開発を行ってきた。同システムは、昨年開発した「多機能セントルシステム」(各種計測機器が一体型のシステムとして機能するセントル型枠)を発展させ、覆工コンクリートの施工状況をだれでも把握できるよう大型モニターで表示させたもの。

覆工の施工方法や施工サイクルの遵守と安定的な品質確保を目的に、

覆工作業の完全自動化の実現を目指す次世代型施工システム開発の第一段階と位置づけている。

今回、大型モニターで見える化を行ったシステムは、①圧力ウォッチャー(セントルに作用するコンクリートの圧力を見える化する)、②覆工ウォッチャー(静電容量式センサによってコンクリート打込み状況を見える化する)、③温度ウォッチャー(温度センサを用いてコンクリート強度の発現状況を見える化する)の3種の計測状況をモニター表示したもので、各計測機器により得られたデータの解析や外部機器への制御など高い拡張性を有している。同社では今後、利便性の高いシステムへと発展させていく予定としている。

製品 キャタピラーが油圧ブレーカ・ダンプトラックなどを発売



(左) Cat Eシリーズ 油圧ブレーカ
(右上) Cat 770Gダンプトラック
(右下) Cat 988Kホイールローダ
キャタピラー・ジャパン(株)広報室
Tel 03-5717-1122
E-mail: cjl-public@cat.com

キャタピラー・ジャパンは、油圧ブレーカ、ダンプトラック、大型ホイールローダを発売した。

Cat Eシリーズ油圧ブレーカは11~76tクラスの油圧ショベル向けの油圧ブレーカで、H110Es、H115Es、H120Es、H130Es、H140Es、H160Es、H180Esの7モデルが用意されている。油圧源となる油圧ショベルの性能を最大限に引き出すことで高い打撃力を発揮し、さまざまな岩石などを効率的に破碎する。

Cat 770Gダンプトラックは最大積載量35.3tで、低燃費なCat ACERT

エンジンを搭載し、オフロード法少数特例2014年基準同等(届出準備中)をクリアする環境性能を備えている。姉妹機である最大積載量が43.7tのCat 772Gは受注開始となる。

Cat 988Kホイールローダはパケット容量7.0m³、運転質量53.1tで、低燃費のCat ACERTエンジンを搭載し、オフロード法少数特例2014年基準同等に適合。新油圧システムの搭載やパワートレインの更新により優れた燃費性能や走行性を実現したほか、パフォーマンスシリーズパケットが積込み作業の効率を高める。

一般社団法人

日本トンネル技術協会

会 報

◎国際委員会

・海外文献小委員会

海外ニュースWG(9/10)

清水健志主査ほか8名、海外文献の査読

海外ニュースWG(9/30)

清水健志主査ほか7名、海外文献の査読

計 8回開催 75名出席

②調査研究関係委員会

◎技術委員会

・山岳工法小委員会

支保WG(9/29)

丸山修主査ほか21名、報告書原稿を検討

・都市近接施工ガイドライン編集小委員会

文献調査WG(9/16)

滝本邦彦主査ほか9名、事例集を検討

本文編集WG(9/24)

西田与志雄主査ほか9名、原稿を検討

参考資料WG(9/22)

山元寛哲主査ほか8名、原稿を検討

・都市トンネル小委員会

シールド変遷史編集WG第3サブWG(9/16)

守屋洋一主査ほか8名、作業方針を検討

シールド変遷史編集WG第2サブWG(9/18)

名倉浩主査ほか4名、原稿執筆方針を検討

シールド変遷史編集WG第1サブWG(9/19)

河越勝主査ほか7名、原稿執筆方針を検討

・保守管理小委員会(9/5)

藤森伸一委員長ほか14名、特別講演会および次期テーマを検討

◎受託研究特別委員会

・長期耐久性特別委員会幹事会(9/4)

松岡茂幹事長ほか16名、報告書(案)を検討

・九州新幹線(西九州)トンネル委員会幹事会(9/8~9)

大島洋志幹事長ほか29名、設計・施工法の検討

計 10回開催 135名出席

合計 18回開催 210名出席

1. 会員の現状

	9月30日現在
個人会員	853名
団体会員	202名
推薦会員	202名
特別会員	13名
名誉会員	0名
賛助会員	163名
合 計	1,433名

2. 委員会の開催状況(9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

会誌WG(9/3)

大島洋志主査ほか10名、10月号の会誌と3か月計画を検討

◎設立40周年記念事業実行委員会

映像記念誌WG記念誌サブWG(9/1)

安井啓祐主査ほか9名、あゆみ変遷史原稿を検討
実行幹事会(9/2)

久多羅木吉治幹事長ほか11名、作業進捗状況を確認

映像記念誌WG映像ライブラリーサブWG(9/4)

富澤直樹主査ほか6名、映像リストの確認および提供依頼文を確認

作品展示WG(9/17)

吉富幸雄主査ほか11名、進捗状況の確認および方針を検討

編集催物企画WG(9/24)

中間祥二主査ほか5名、座談会および見学会実施に向けた方針を検討

続 きみの庭にも温泉が出る

その後の温泉開発と建設の考え方

石井康夫・俣野恭寛 共著 新書判 217頁 本体価格 1,200円(〒210円)



株式 土木工学社

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

3. 国際会議の開催予定

会 議 名	開 催 日	場 所	主 催 者 等
第41回ITA総会およびコンgres 「Promoting Tunnelling in See Region」	2015. 5. 22~28	ドヴロヴニク (クロアチア)	Croatian Tunnelling Association ITA(国際トンネル協会) http://wtc15.com/
第42回ITA総会およびコンgres 「Uniting the Industry」	2016. 4. 22~27	サンフランシスコ (アメリカ)	Underground Construction Association of SME ITA(国際トンネル協会) http://www.wtc.2016.us
第43回ITA総会およびコンgres 「Surface problems — Underground solutions」	2017. 6. 9~16	ベルゲン (ノルウェー)	Norwegian Tunnelling Society ITA(国際トンネル協会)

* 会議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。 TEL: 03-3524-1755 FAX: 03-5148-3655

4. 平成26年度催物開催現況

(平成26年10月現在)

催 物 名	開 催 日	人 数	場 所	CPD取得単位
(現場研修会)				
東北地区道路トンネル工事現場研修会 — 国道108号花沢山2号トンネル —	2014. 6. 27	18	宮 城	2.0
中部横断自動車道トンネル工事現場研修会 — 八之尻トンネル, 宮狩トンネル —	2014. 7. 24	32	山 梨	2.8
北海道道路トンネル工事現場研修会 — 北海道横断自動車道第二天神トンネル・天狗山トンネル, 国道 5号忍路トンネル —	2014. 8. 28	23	北海道	3.8
近畿地区道路トンネル工事現場研修会 — 名塩道路・八幡トンネル —	2014. 9. 12	20	兵 庫	2.0
有楽町線小竹向原・千川間連絡線工事現場研修会	2014. 9. 29	21	東 京	2.0
(施工体験発表会)				
第74回(山岳)「課題克服に取り組んだトンネル工事—新技術, 創 意工夫, 周辺環境への配慮—	2014. 6. 24	172	東 京	6.3
第75回(都市)「創意工夫・新技術によるトンネル・地下構造物工 事—新設および改良・再構築の施工事例—	2014. 6. 25	114	東 京	5.5
(講演・講習会)				
第16回ステップアップ研修会(シールド)	2014.10.1~2	34	東 京	15.5
第17回ステップアップ研修会(山岳)	2014.11.6~7	25	東 京	9.8
(記念事業)				
トンネル保守管理特別講演会	2014.10.29	150	東 京	3.7

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ご覧ください。 http://www.japan-tunnel.org/event_japan

設立40周年記念事業のご案内

40th Anniversary

詳しくは、次のwebを参照願います。

http://www.japan-tunnel.org/40th_Anniversary

統一テーマ「暮らしを支え、夢を叶えるトンネル・地下空間」

40周年記念事業は、統一テーマに含まれる意味合いである「生活・暮らしを支える」「転機を迎えた(これまでのトンネル, これからのトンネル)」「国際貢献」を反映した会員へのサービス活動の拡充を第一としています。また、これと同時に、国民生活の安全向上, 経済活動に不可欠なトンネルに対する一般国民の意識を高め、トンネルやJTAの活動を広く周知することを基本方針としています。具体的には、以下の各事業を企画・実施中です。

<イメージアップ>

- ☐ フォトコンテスト……………→実施中11月30日締め切り, 2015年6月発表予定
- ☐ 見学会(保護者と子供対象)……………→2015年7月下旬予定
- ☐ パネル展示(保護者と子供向け)……………→2015年8月2日~8日, 有楽町交通会館
- ☐ 一般向けのパンフレット作成……………→編集中, 2015年5月完成予定

<技術の伝承>

- ☐ 映像資料ライブラリーの設置……………→資料収集中, 2015年4月提供開始
- ☐ シールド技術変遷史記念出版……………→編集中, 2016年3月完成予定
- ☐ 若手技術者の座談会……………→2015年9月実施予定, その後会誌掲載

<施工技術>

- ☐ 理論と実際の乖離シンポジウム(仮題)……………→企画中

<安全の啓発活動>

- ☐ 安全標語募集……………→応募締め切り, 666作品を審査中, 2015年1月発表予定
- ☐ 安全シール作成……………→企画中, 2015年4月配布予定
- ☐ 安全教育用資料作成……………→作成中, 2015年4月配布予定

<保守>

- ☐ 保守管理特別講演会……………→2014年10月29日開催, 虎ノ門発明会館
- ☐ 保守管理講習会……………→企画中, 2015年秋開講予定

<記録>

- ☐ 記念出版(JTA歩み)……………→編集中, 2015年6月配布予定

12月号予告[12月1日発売予定]

- 能越自動車道 氷見第15トンネル
- 相鉄・JR直通線 西谷トンネル
- 岡山市水道局 中央幹線
- 中部電力 徳山水力発電所
- 東京ガス ガスパイプライン

【連載講座】

- 都市トンネルにおける地盤改良工法(7)

*内容等は変更になる場合がございます

編集後記

◆10月上旬、テレビや新聞でわれわれの業界関連で2つの大きなニュースが紹介されました。紹介されたニュースは「東海道新幹線の開業50周年」と「首都高速中央環状品川線のトンネル点灯式」です。首都高速中央環状品川線のニュースはトンネル点灯式の話より道路トンネルで世界第2位の長さになることが大きく取り上げられておりました。

◆東海道新幹線の開業50周年関連ではおもしろい情報を2,3見つけたのでこの場で紹介したいと思います。JR東海では開業50周年の専用のサイトを設けています。サイトのURLは<http://shinkansen50.jp/>です。サイト内のコーナーを一部紹介しますと「50周年パーフェクトストーリー」や「新幹線トリビア」などがあります。すべてを見るにはかなり時間を要するくらいのおもしろい記事満載ですのでぜひご覧ください。また、来年3月には記念硬貨も出ます。100円硬貨5種類で表面には東海道、山陽、東北、上越、北陸の各新幹線の車両のデザインで、裏面はいずれも「団子っ鼻」の愛称で知られた初代新幹線「0系」のデザインです。さらに江戸東京博物館(<http://www.edo-tokyo-museum.or.jp/>:東京都墨田区)では、「東京オリンピックと新幹線」と題して特別展が今月16日まで開催されております。「0系」の座席などが展示されております。40歳以上の方ですと新幹線といえば「0系」を思い浮かべる方が多いかと思いますが「0系」の雰囲気を思い出されたい方は博物館へ訪れてみてはいかがでしょうか。

(I.Y)

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

★(一社)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(一社)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45巻 第11号 [通巻531号]

ISSN 0285-631X

Tonneru to chika

平成26年10月20日 印刷

平成26年11月1日 発行

一般社団法人 日本トンネル技術協会

会長 佐藤 信彦

〒104-0045 東京都中央区築地2丁目11番26号(築地MKビル6階)

TEL: 03-3524-1755

FAX: 03-5148-3655

<http://www.japan-tunnel.org>

発行所 株式会社土木工社

〒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、書店または土木工社へ直接お申し込みください。

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

購読料

1冊 1,620円(送料110円)
(本体価格 1,500円)

1年 15,000円(前納)

振替 00110-8-190072

本誌広告のお申し込み方法

本誌への広告掲載は小社「トンネルと地下」営業部までご連絡ください。

TEL: 03-3267-2888

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

トンネル二次覆工型枠総合メーカー

スライダ打設システム

特許 第4083308号
NETIS登録 KT120099-A

セントル位置・変位
自動測定監視システム
(セントル監視くん)

特許 第5247491号
NETIS登録 KT-130037-A

**トンネル天端部
懸垂パイプレンダ締固め工法**

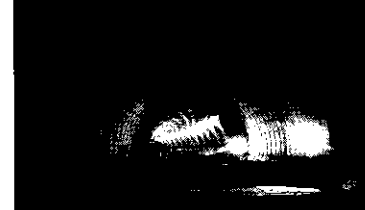
NETIS登録 KK-120003-A

**型枠パイプレンダ
集中制御システム DKV-20**

NETIS登録 KK-130066-A

新しいタイプの覆工コンクリート養生システム

EPS パネル養生工法



EPS 移動台車



EPS パネルの保温性、保湿性が効く

実績および計画

施主	実績	計画中
国土交通省	27	1
NEXCO	6	1
地方自治体	14	3
鉄道・運輸機構	1	0

平成25年12月1日 現在

実施権許諾第 10396 号
NETIS登録 (No.CB-090003-A)

一歩前進! ~ 限らない未来への挑戦 ~



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

URL <http://www.daieikouki.co.jp/> E-Mail: daiei-co@minos.ocn.ne.jp

営業品目 各種鋼製型枠(セントル)の設計・製造・販売 ※詳しくはホームページを御覧ください

図書案内

トンネル技術者のための地相入門

大島洋志 監修, 木谷日出男 編著
3,200円+税 B5判

トンネルの計画・設計・施工にあたって留意すべき「地相」について、施工事例をもとに、豊富な図版と地形図を用いて、ていねいに解説した、画期的な入門書。



山岳トンネル設計の考え方

今田 徹 著
3,200円+税 B5判

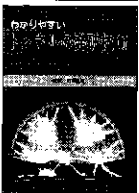
地山の力学状態を表す理論式から導かれる地山挙動の特徴を図表などを用いて手際よく説明した。トンネル掘削における工学的な理解を深化させる一冊。



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。



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。



推進工法の理論と実際

マックス・シェレ 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。



わかりやすい土木地質学

大島洋志 監修
2,500円+税 B5判

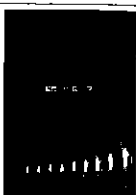
土木工事にかかわりのある地質学の基礎知識を盛り込み、土木工事において問題となる地質事象や、各種地質調査の原理についてわかりやすく解説を与えた。



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。



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。



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、地下水・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。



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。



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徴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

第II巻 地下水環境学
4,272円+税 B5判

第III巻 地下水と地質
3,689円+税 B5判

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とまとめた。



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務が統一されることを願って記された一冊。



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。



山岳トンネルの新技术

ジェオフロンテ研究会 編
14,573円+税 B5判

NAIM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。



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。



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・齊藤正忠・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事項について詳述した。



建設工事の地質診断と処方

石井康夫・矢嶋壮吉 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。



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

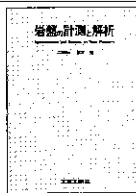
トンネル工事の際の労働衛生と環境保全の検討に有用な項目について、医学分野の知見から職業性疾患や有害環境条件、健康障害、衛生管理、保護具などを解説した。



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。



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、上水道、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。



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。



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。



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 は、書名、部数、送り先、氏名、電話番号を明記のうえ右記までお送りください。

〒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

株式会社 土木工学社

各種トンネル覆工型枠・施工設備メーカー

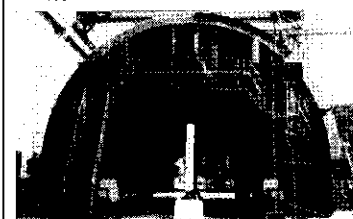


東和機電工業株式会社 かいた 穎田工場

〒820-1111 福岡県飯塚市勢田2594番地の18
 電話：(09496)2-3500(代表)
 F A X：(09496)2-6310
 E-mail：info@towakiden.co.jp
 ホームページ http://www.towakiden.co.jp

道路・鉄道・水路トンネル用コンクリート型枠はもとより、
 各種鋼構造物の設計・製造をおこなっております。

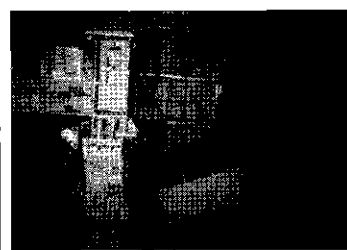
高流動コンクリート対応型
 全断面ステンレスフォーム



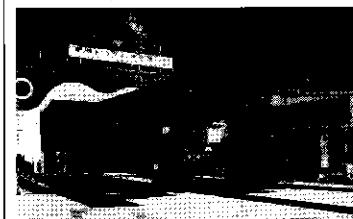
ワークステーション架台



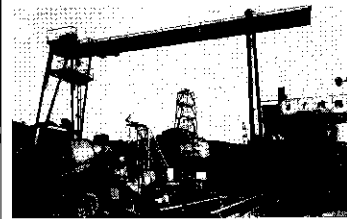
全輪タイヤ式インバート栈橋



勾配対応全輪駆動式
 トンネル床版撤去架台



立坑ズリ出し設備
 (4.5t×60m)



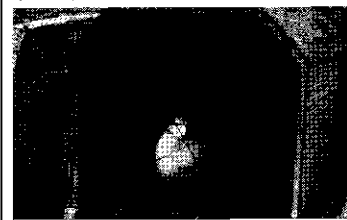
林道橋



トンネル坑口修景ルーバー



新幹線微気圧伝播緩衝工
 (鋼製、総溶融亜鉛メッキ)



防音シェルター



離島を含む九州一円中国四国圏内におきましては、
 地の利を生かした営業・打合せ・納品・対応を行ってまいります。

連続ベルコンを通過させるセントルにおいて、ベルコン側の懐を拡げるためにガントリー
 を偏芯させ高強度化することは、弊社の所有特許です。

コンクリートの
 「有害なひび割れ」対策に
 “新たなご提案” (ひび割れ低減
 3点セット)

コンクリート打設前設・耐アルカリ性ガラス繊維ネット

ハイパーネット60

NETIS登録番号 SK-080003-V

コンクリート混入・コンクリート用膨張材

ハイパーエクспан

NETIS登録番号 QS-020033-V

コンクリート収縮抑制

補強効果によるひび割れ幅低減

養生効果

硬化後塗布・塗布型高性能収縮低減剤

クラックセイバー

NETIS登録番号 SK-080001-V

様々な現場で力を発揮する
 注入材、裏込材
 “最適な選択をご提供”

注入材

超微粒子注入材

太平洋アロフィクスMC

鋼結工法用無機膨潤型
 土質安定材・下水道止水材

太平洋アロフィクスMC2号

注入式長尺先受工法用注入材

太平洋スーパーハード

注入式長尺先受工法用注入材

太平洋スーパーファスナー



太平洋マテリアル株式会社

営業本部

〒135-0064東京都江東区青海 2-4-24 青海フロンティアビル 15F

http://www.taiheiyo-m.co.jp

TEL.03-5500-7510 FAX.03-5500-7542