

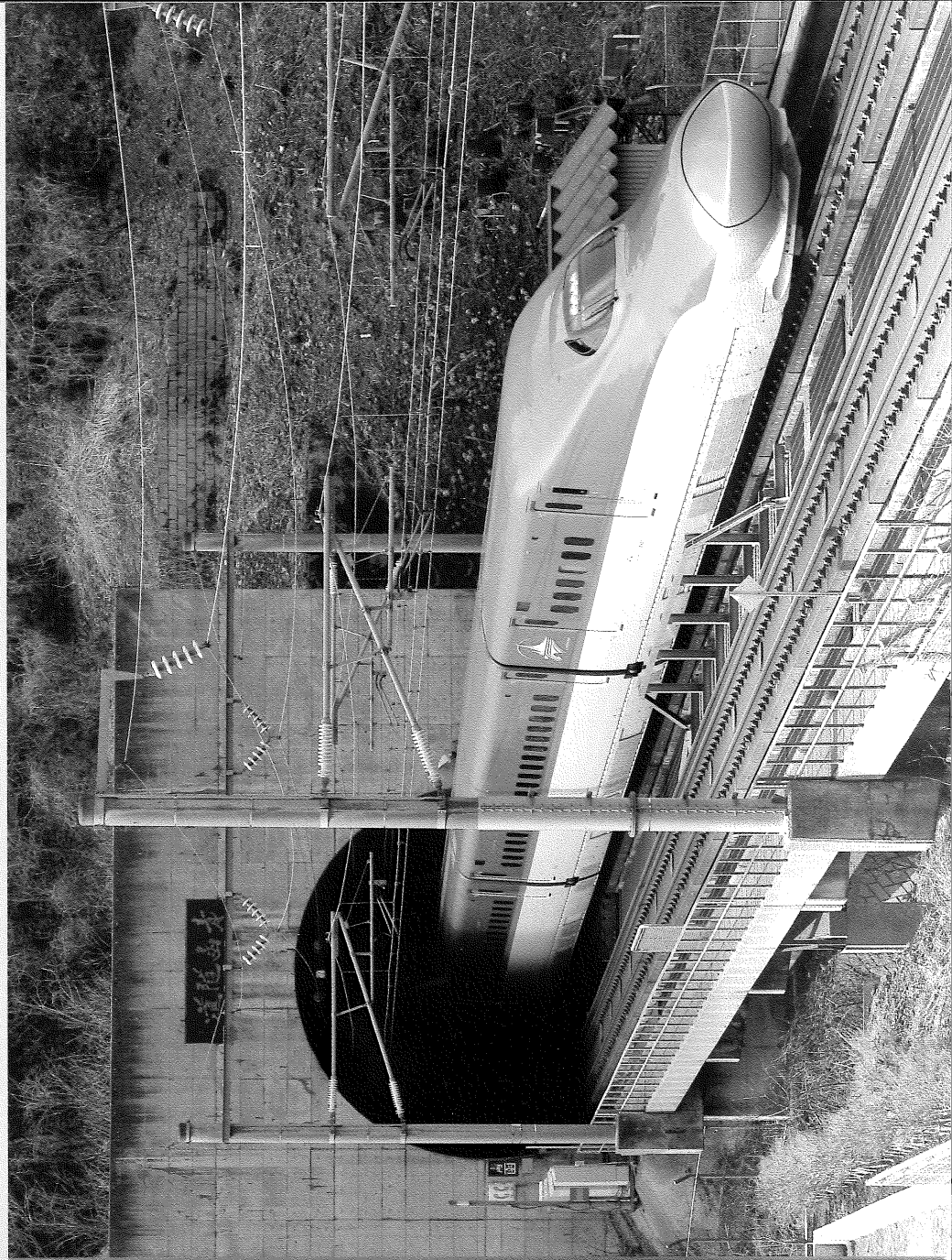
トンネルと地下

Tunnels and Underground

vol. 47
no. 5
2016

開業を迎えた北海道新幹線(新青森・新函館北斗間)のトンネル群
河川・都市施設と都市高速道路トンネルの一体整備
地下鉄直上の残置仮受け杭を特殊泥濃推進工法で切削・除去
名古屋港海底下を横断する長距離シールドの設計と施工
地下空間を利用した国際リニアコライダー研究施設を日本国内に建設予定

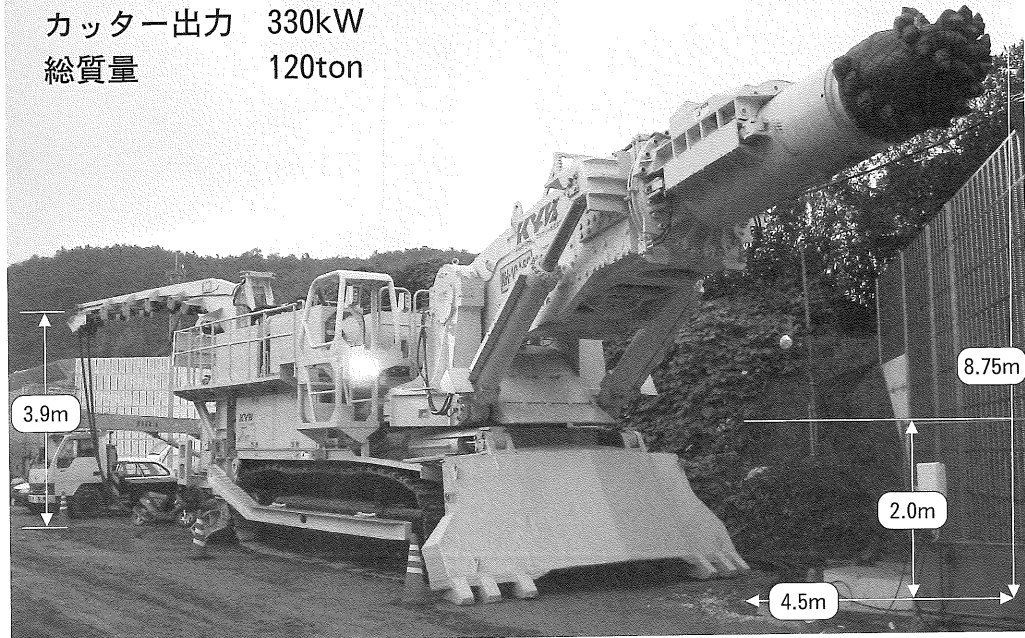
日本トンネル技術協会誌



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、強力な切削力を発揮し、軟岩から硬岩まで幅広い地質に対応。
- ・機体寸法は、高さ3.9m×幅4.2m×長さ16.5m(ケーブルハンガーを除く)
- ・定位置最大切削範囲は、高さ8.75m×幅9.0m
- ・高圧水ジェット噴射で粉塵抑制とピック消費量低減。
- ・接地圧が低く、軟弱地盤にも対応。

KYB カヤバシステム マシナリー株式会社

KAYABA SYSTEM MACHINERY CO.,LTD.

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

本社・営業 〒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 〒812-0013 福岡県福岡市博多区博多駅東2丁目6番26号 安川産業ビル TEL 092-411-4998
 福岡支店 〒514-0396 三重県津市雲出長常町1129番地11 TEL 059-234-4111
 三重工場

トンネル工事用 電気集じん器

e-DUSCO 240
イ-ダスコ・ニコ・ヨソマル

e-DUSCO 270
イ-ダスコ・ニコ・ナマル

たった37kWで
2750m³/min

NETIS
国土交通省 新技術活用システム
登録番号: TH-100024-A

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

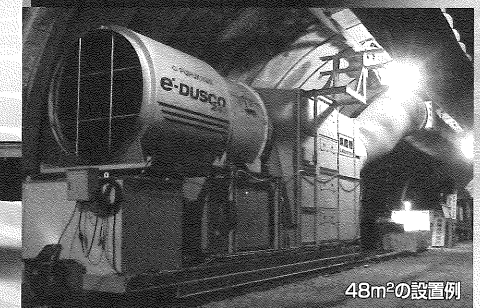
新版・換気技術指針でも**全ての断面、全ての延長**に対応。

**全てのトンネルに
適用可能!**

- クラス最高の集じん効率95%*
- 有害な微細粉じんも逃さない電気式
- 現場メンテナンスは手間いらず
- 大風量と省エネを同時に実現



吸引捕集方式にも対応



希釈封じ込め方式での計算例

- ① 粉じん発生量
 $Fo = 360 \times 22 \text{m}^3/\text{h} \times 0.75 = 5,940 \text{ (mg/min)}$
- ② 所要換気量
 $Q4a = \frac{5,940}{3.0-0.07} = 2,027 \text{ (m}^3/\text{min)}$
 $Qa = 54.0 + 2,027 = 2,081 \text{ (m}^3/\text{min)}$
- ③ 集じん機の選定
 $Qs = 1.2 \times \frac{2,081}{0.93} = 2,686 \text{ (m}^3/\text{min)} \leq 2,750 \text{ (m}^3/\text{min)}$

品名	e-DUSCO240	e-DUSCO270
型式	FTE2400-E	FTE2700-E
集じん装置の容量	1800・2100・2400m ³ /min 任意設定の4モード	1800・2100・2700m ³ /min 任意設定の4モード
全長 ^{※1}	7411mm (サイレンサー含む)	
全幅	2350mm	
全高 ^{※2}	3700mm	
本体重量	10t	11t
電源仕様	3相3線400V58kVA	3相3線400V107kVA
ファン動力	30kW	37kW
消費電力	23kW・28kW・33kW・任意 (伸縮風管接続時同)	23kW・28kW・40kW・任意 (伸縮風管接続時同)
洗浄水 ^{※3}	2.4m ³ /回	
捕集ダスト処理	湿式	
集じん効率 ^{※4}	95%以上	93%以上
吸引捕集方式	対応可	

注) 伸縮風管システムは本体には含まれません。

*1 入口ダクト及び絞りダクトは含まれません。*2 台車の高さは含まれません。*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。*5 任意設定にて2,750m³/minまで可能です。

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
第二営業部 ☎03-3212-6575

大阪支店 ☎06-6344-2532
東北支店 ☎022-221-3532

名古屋支店 ☎052-661-4580
札幌支店 ☎011-784-1179
九州支店 ☎092-741-5193
小山栃木工場 ☎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

地山注入工



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)

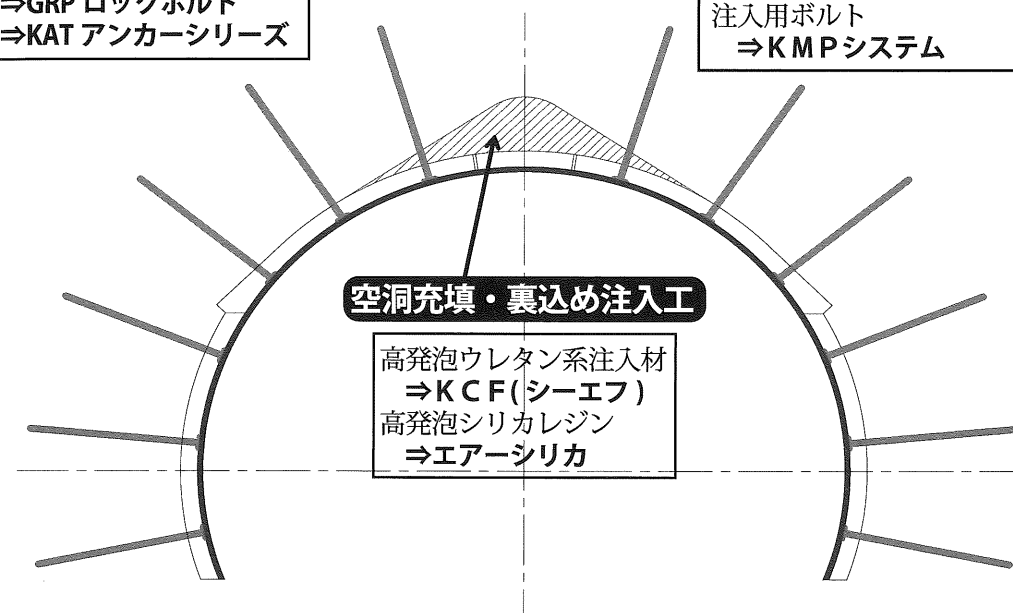
ロックボルト工

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(スクエアール)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

高耐食性めっき「ZAM」鋼管を採用した膨張型摩擦式ロックボルト

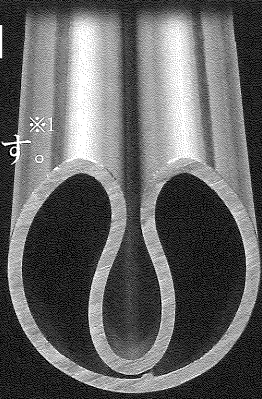
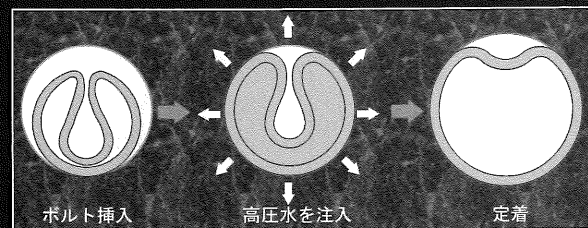
RPE ROCKBOLT

RUST PROOFING EXPANSIVE

RPE ロックボルト

「鋼管膨張型摩擦式ロックボルトの進化形」

即効性、耐湧水性、定着材不要による省力化。
高耐食性めっきによる半永久的な機能が期待できます。



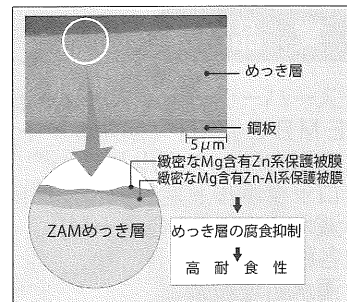
※1 地山条件によってめっき層の寿命は大きく変動します。

① 「RPE ロックボルト」の特徴

- ・ 施工後、直ちに地山支保性能を発揮します。
- ・ 摩擦抵抗による定着のため、定着材は不要です。
- ・ 定着材の養生が必要ないため、湧水時にも使用できます。
- ・ 定着材の空袋が発生しないことから産業廃棄物の低減が図れます。
- ・ 「ZAM」めっきは、他の垂鉛めっきと比較し、硬度が高く傷が付きにくいめっき構造です。また、施工時の膨張によるめっき層の剥離はありません。
- ・ pH4～12の地山条件において優れた耐食性を発揮します。
- ・ 耐力 180kN タイプには高張力鋼を使用、軽量化により取り扱いが容易です。

・「ZAM」は、日新製鋼株式会社の登録商標です。
・「ZAM」は、日新製鋼株式会社が開発した溶融亜鉛 Zn-アルミニウム Al-マグネシウム Mg 合金めっき鋼板の商品名です。

◎ZAMの耐食機構



② 「RPE ロックボルト」の仕様

■ RPE ロックボルトの種類

呼称	RPE120	RPE180
耐力(kN)	120 以上	180 以上
推奨穿孔径(mm)	φ 45～φ 51	φ 45～φ 51
鋼種	NTRB-400	NTRB-540
本体外径(母材鋼管)(mm)	φ 36(φ 54×2.0t)	φ 36(φ 54×2.3t)
単位質量(kg/m)	2.6	2.7
破断伸び(%)	35 以上	20 以上
標準長さ(m)	(2.0),3.0,4.0,(6.0)	3.0,4.0,6.0

※標準長さの()内は、受注生産になります。



(RPE ロックボルト施工状況)

KFC 株式会社 ケー・エフ・シー

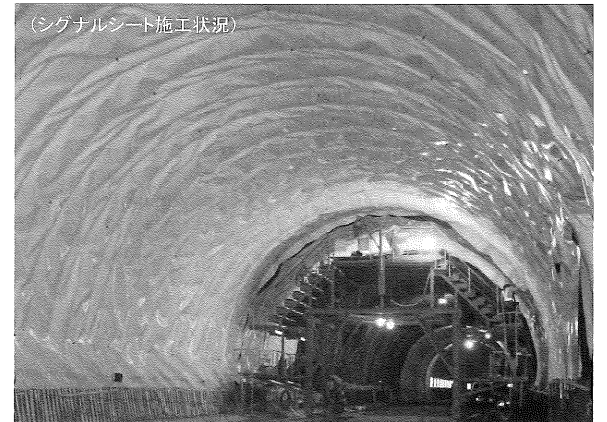
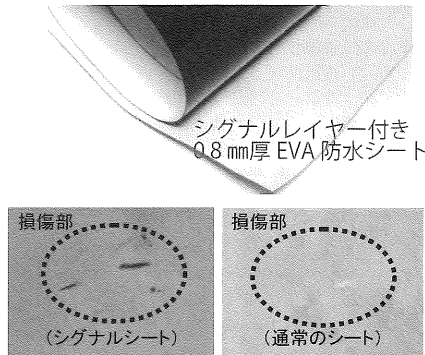
東京土木営業部: 東京都港区芝公園 2 丁目 4 番 1 号 TEL 03-6402-8251
大阪土木営業部: 大阪市北区西天満 3 丁目 2-17 TEL 06-6363-1884
技術部: 東京都港区芝公園 2 丁目 4 番 1 号 TEL 03-6402-8256

損傷を目視で確認できる防水シート

シグナルシート

NETIS 登録番号
KK-100083-A

防水層に「シグナルレイヤー」を設けることにより目視で傷を容易にチェックできます。



通常のシートと比較し、通常の明かりにおいて目視でたやすく損傷が確認できます。

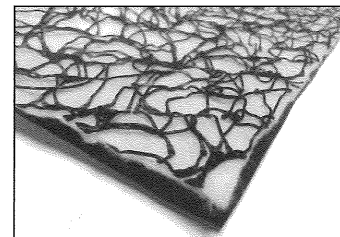
「立体網状体」による高排水機能

立体網状体付き長繊維不織布

「立体網状体」の効果により、抜群の排水性能を発揮します。

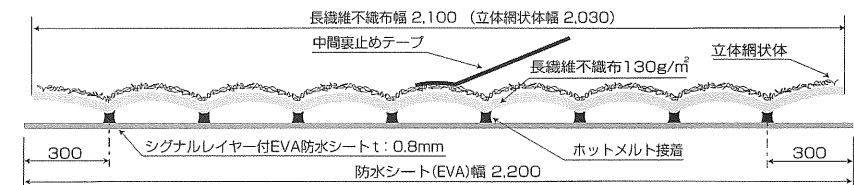
「立体網状体付き長繊維不織布」は通常の厚さ3mmの不織布に比較して約40倍の排水性能を有します。

排水能力比較結果 (試験方法 ISO12958 準拠)



商品名	ハイパネルSSシート SS-8030	ハイパネルシグナルシート SGP-8013/20
	不織布3mm	立体網状体付き長繊維不織布
載荷重 0.05MPa	0.0354L/10分	1.3670L/10分
0.10MPa	0.0180L/10分	0.8030L/10分

■ 「シグナルシート」と「立体網状体長繊維不織布」の組み合わせ

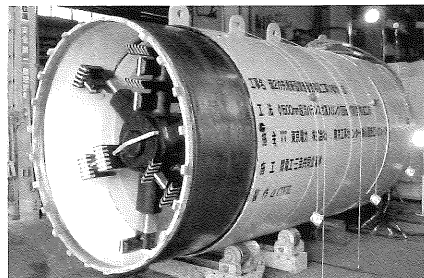


KFC 株式会社 ケー・エフ・シー

東京土木営業部: 東京都港区芝公園 2 丁目 4 番 1 号 TEL 03-6402-8251
大阪土木営業部: 大阪市北区西天満 3 丁目 2-17 TEL 06-6363-1884
技術部: 東京都港区芝公園 2 丁目 4 番 1 号 TEL 03-6402-8256

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、内部駆動装置を発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

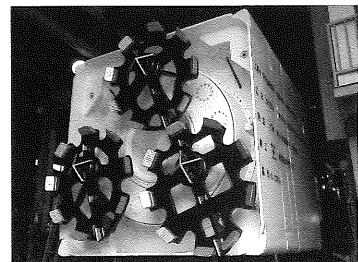
密閉型先受け長距離・曲線パイプルーフ工法の特徴

- 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

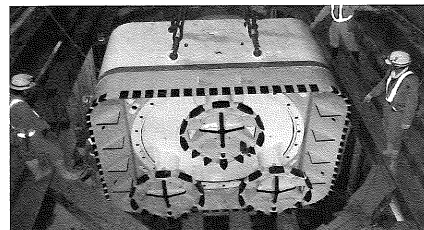
ボックス推進工法

ボックス推進工法協会 NETIS QS-100019-A

多軸自転・公転掘進機(内寸寸法□3000×3000)



多軸自転・公転掘進機(内寸寸法□2800×1800)

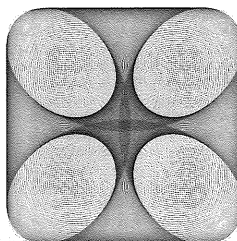


- ① 経済性
- ② 工期短縮
- ③ 狭路施工技術

- 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

- 電力回路や通信回路の構築
- 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
下水道渠・雨水渠の構築
- 先受け大断面アンダーパス工事の構築



カッタービット軌跡

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管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管を直接推進するため、迅速な施工が可能

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

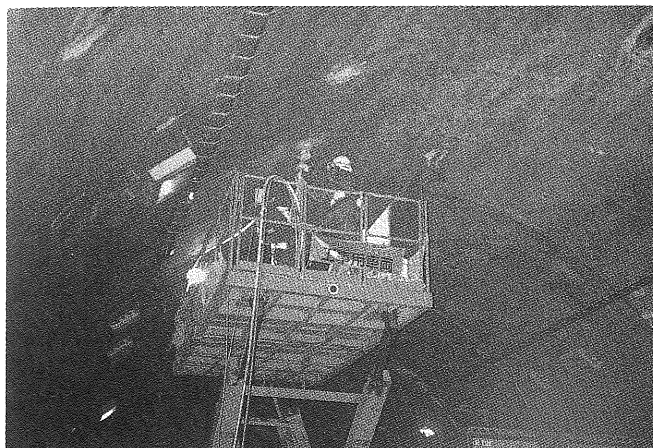
〒812-0015福岡市博多区山王1丁目1番18号
TEL (092) 482-6311 FAX (092) 482-6363
E-mail: arfa@oregano.ocn.ne.jp
URL <http://www.alpha-civil.com>

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。

急結性・高性能裏込注入材 セットフォーム工法

NETIS CB-040060-V

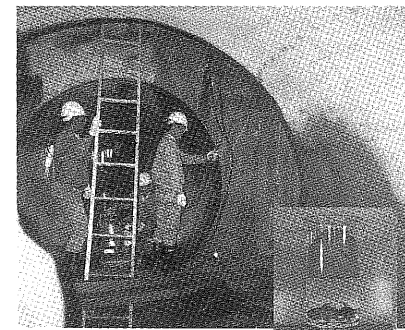


- 既設道路・水路トンネルの裏込注入工法
- シールド急曲線部の裏込注入(即時地盤反力の効果)
- シールド発進到達部の止水

漏水を瞬時にストップ!

SF-A工法

長期耐久性に優れた
無溶剤タイプの
ウレタン系止水材



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

ケミカルフォーム協会会員

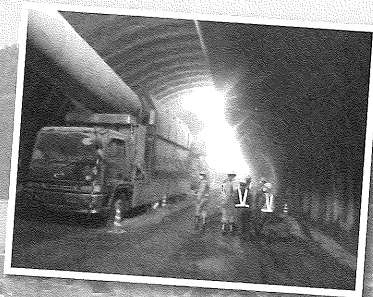
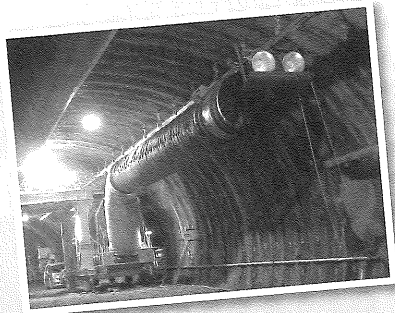
アルス株式会社	〒950-0944	新潟市中央区愛宕1-4-25	TEL 025-280-0337
株式会社内田工業	〒332-0032	埼玉県川口市中青木2-12-2	TEL 048-257-0848
エコシビックエンジ株式会社	〒135-0047	東京都江東区富岡1-12-4み満きビル	TEL 03-3643-7241
エスイーリア株式会社	〒811-1313	福岡県福岡市南区日佐5-15-24	TEL 092-585-5133
MC山三ポリマーズ株式会社	〒103-0012	東京都中央区日本橋堀留町1-2-10イトーピア日本橋SAビル	TEL 03-3662-0253
株式会社共和	〒462-0832	名古屋市北区生駒町7-148-1	TEL 052-911-3984
四国リニューアル株式会社	〒780-0815	高知市二葉町3-5	TEL 088-878-0050
株式会社シーテクノ	〒371-0017	群馬県前橋市日吉町3-22-3	TEL 027-235-5498
ショーレジン株式会社	〒104-0032	東京都中央区八丁堀3-14-4直平ビル	TEL 03-3551-8391
株式会社総合開発	〒768-0065	香川県観音寺市瀬戸町2-14-16	TEL 0875-25-4162
日本綜合防水株式会社	〒171-0022	東京都豊島区南池袋3-11-10ペリエ池袋	TEL 03-5950-8211
株式会社デーロス・ジャパン	〒921-8005	石川県金沢市間明2-70	TEL 076-229-7260
林建設工業株式会社	〒998-0023	山形県酒田市幸町1-6-6	TEL 0234-23-3322
前田産業株式会社	〒755-0032	山口県宇部市寿町3-5-23	TEL 0836-21-2666
株式会社マシノ	〒733-0822	広島市西区庚午中1-19-23	TEL 082-507-2737
株式会社松井商店	〒062-0902	札幌市豊平区豊平2条1-1-1	TEL 011-820-8688
株式会社マノール	〒120-0047	東京都足立区宮城2-4-16	TEL 03-3927-1331
株式会社三原工業	〒531-0074	大阪市北区本庄東1-22-3四本ビル	TEL 06-6371-9947

協会事務局

〒103-0012 東京都中央区日本橋堀留町1-2-10イトーピア日本橋SAビル MC山三ポリマーズ(株)内
TEL 03-3662-0253 <http://www.chemicalfoam.jp>

製造元 日清紡ケミカル株式会社 断熱事業部

〒289-2505 千葉県旭市鎌数9163-13 TEL 0479-60-3555



大型集じん機 300 台！
送風機 650 台！
世界最大の換気設備保有メーカー！

いままでにない技術。いままでにない挑戦。

なんとかする力

「トンネル環境」のトータルソリューションは当社へお任せください。



1977年創業から、平素よりお世話になっております。
2014年10月、39期より西村向が代表取締役社長に就任し、新しい「画」とともに全社員一丸で邁進しています。
手に握めない「流」体を「機」械で「エンジニアリング」する会社として、様々な分野の「最適環境の創造」をして参ります。

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
TEL: 03-3452-7400
URL: <http://www.ryuki.com/>
E-mail: eigyobu@ryuki.com

(PC・スマホ専用)

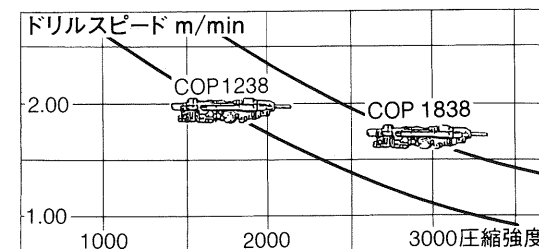
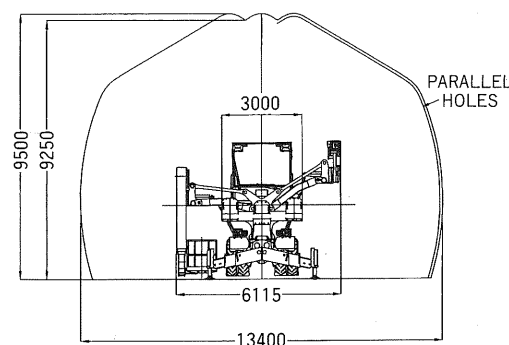
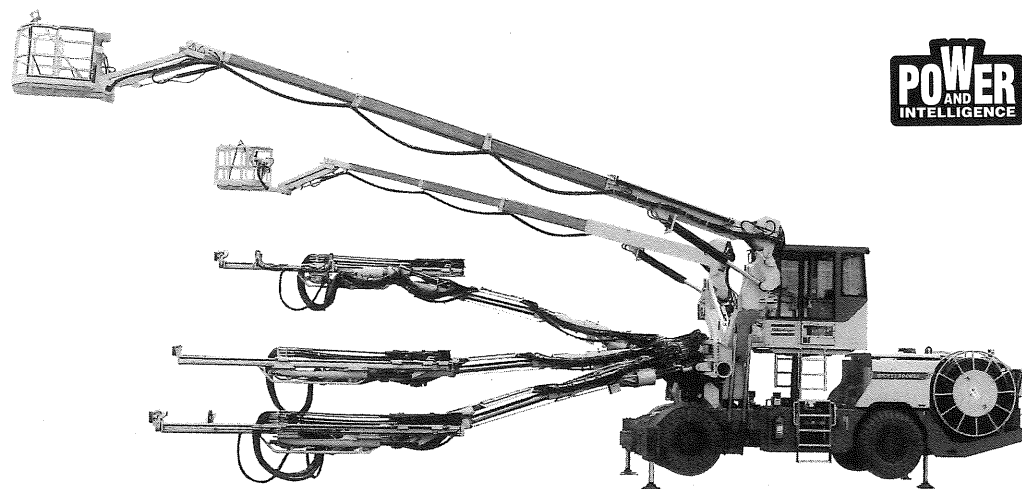


アトラスコプコ・コンピュータジャンボ

The Next Generation ロケットブーマーL3C-2B

COP1838 油圧ドリフター搭載

3ブーム・2バスケット



ドリルマシン株式会社

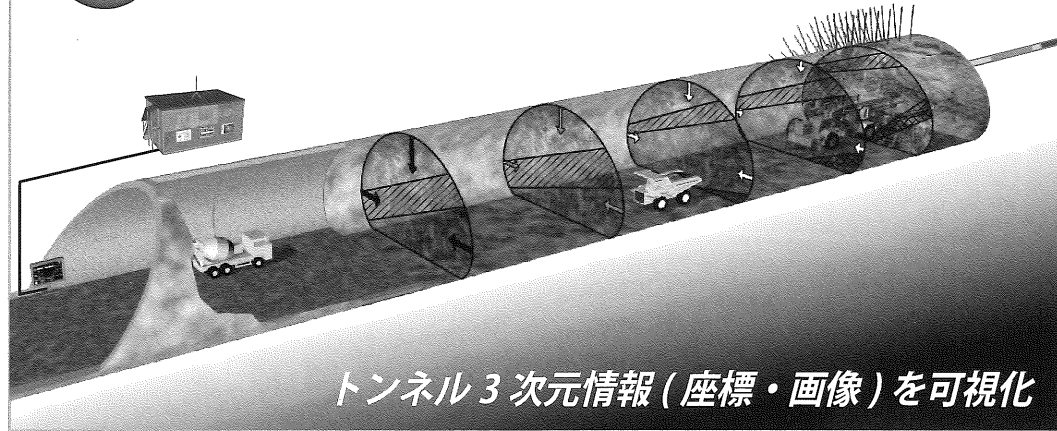
DRILL MACHINE CO., LTD.

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

トンネルCIM



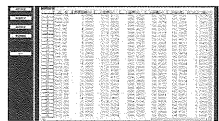
3D可視化プラットフォームによる
CIM Communication (情報共有・一元管理)



トンネル3次元情報(座標・画像)を可視化

基礎資料の収集

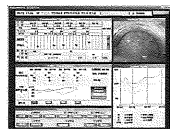
モデル作成に必要なデータや管理したい調査データを収集します。



線形情報(設計)



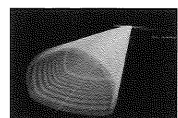
支保パターン情報(設計)



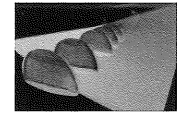
CyberNATM

1 初期モデルの作成

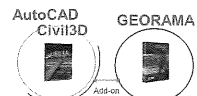
基礎資料をもとにCivil3D/GEORAMAを利用してモデル化を行います。



初期構造モデル



初期地盤情報モデル



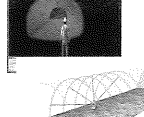
2 施工モデルの作成

計測データや施工属性データをモデル化に反映し、日々の工事状況を可視化、管理していきます。



観察データ

A計測データなど



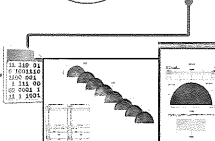
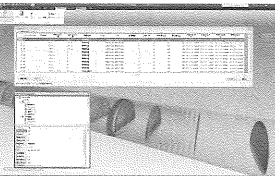
CyberNATM

日々更新



3 維持管理モデル

施工時に作成したモデルを利用して維持管理側でも利用します。追加の情報はエクセル等を用いて、その都度更新が可能です。



現在稼働中も含めて多数の実績があります。CIMに関する相談は、下記にお問い合わせ下さい。



株式会社 演算工房

■ 本社 〒602-8268 京都府京都市上京区智恵光院通中立売下ル山里町 237 番地 3
TEL: 075-417-0100 FAX: 075-417-0200

最新型・電気集じん機

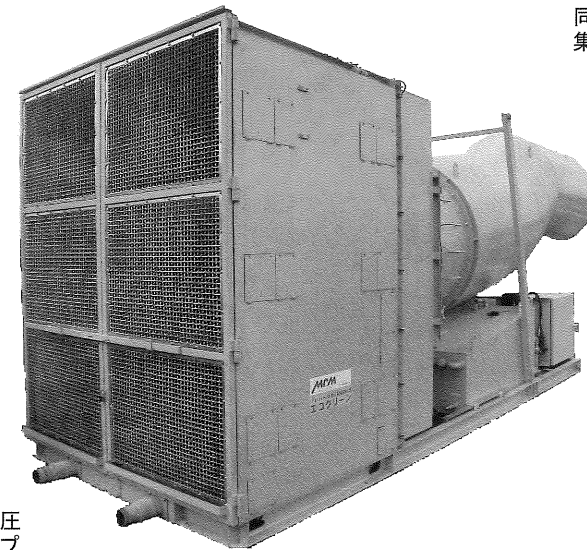
エコクリーンX

NETIS登録番号:KT-040047-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およそ1/4



処理風量
750m³/minから3000m³/minまで製作実績あり

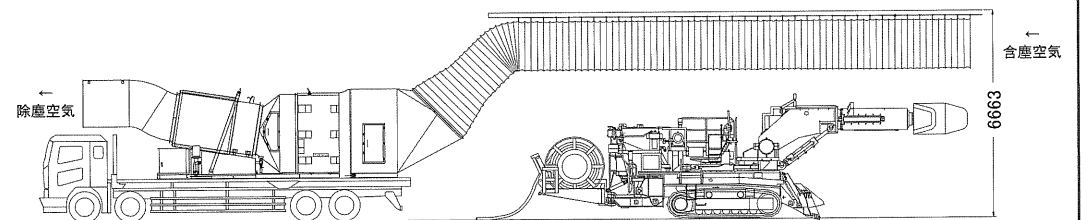
コンパクト
同クラス集じん機の中で最小

貯水タンク
自動洗浄が
随時可能

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

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

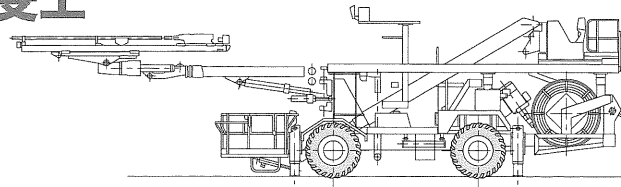
fax.0766-64-0352



環境対応型長尺鋼管先受工

TOHO **AGF** System

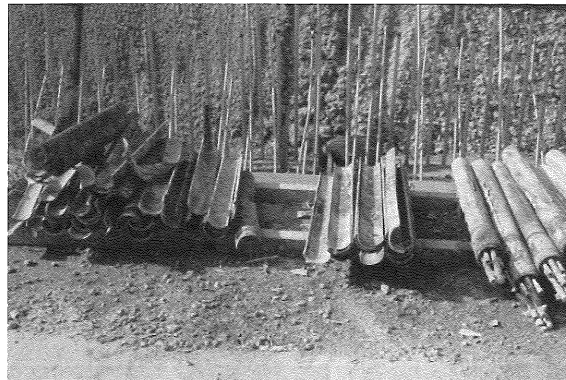
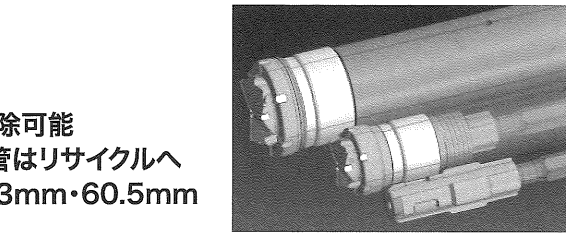
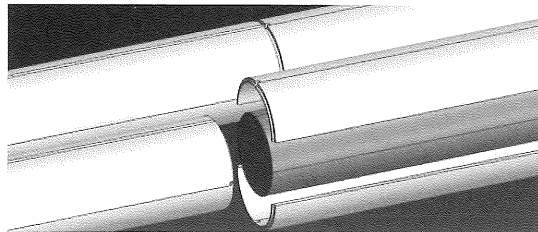
All Ground Fastening;
Long-Distance, Fore-Pilling Method



AGF-Me工法

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

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



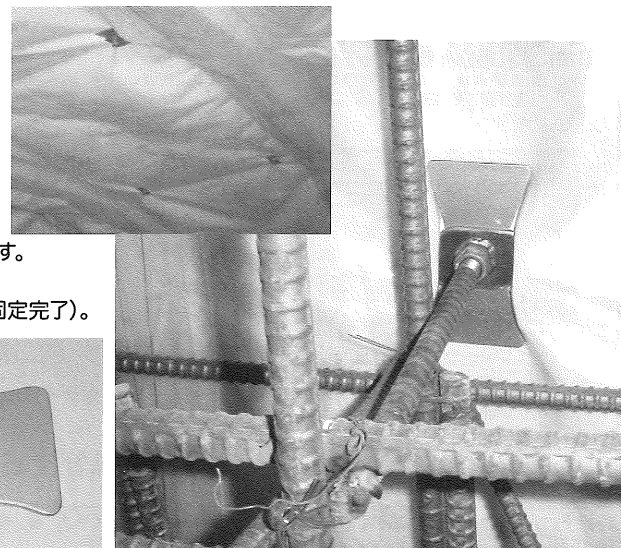
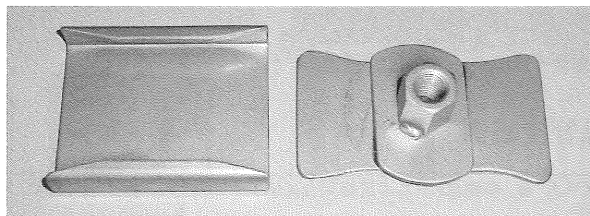
防水シート非貫通型鉄筋吊り金具

TKグリッパー

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

固定方法は3ステップ

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



東邦金属株式会社
TOHO KINZOKU Co., LTD

営業部

〒541-0051
大阪府大阪市中央区備後町2-4-9 日本精化ビル 2階
Tel: 06-6229-9881 Fax: 06-6229-8150
URL: <http://www.tohokinzoku.co.jp>

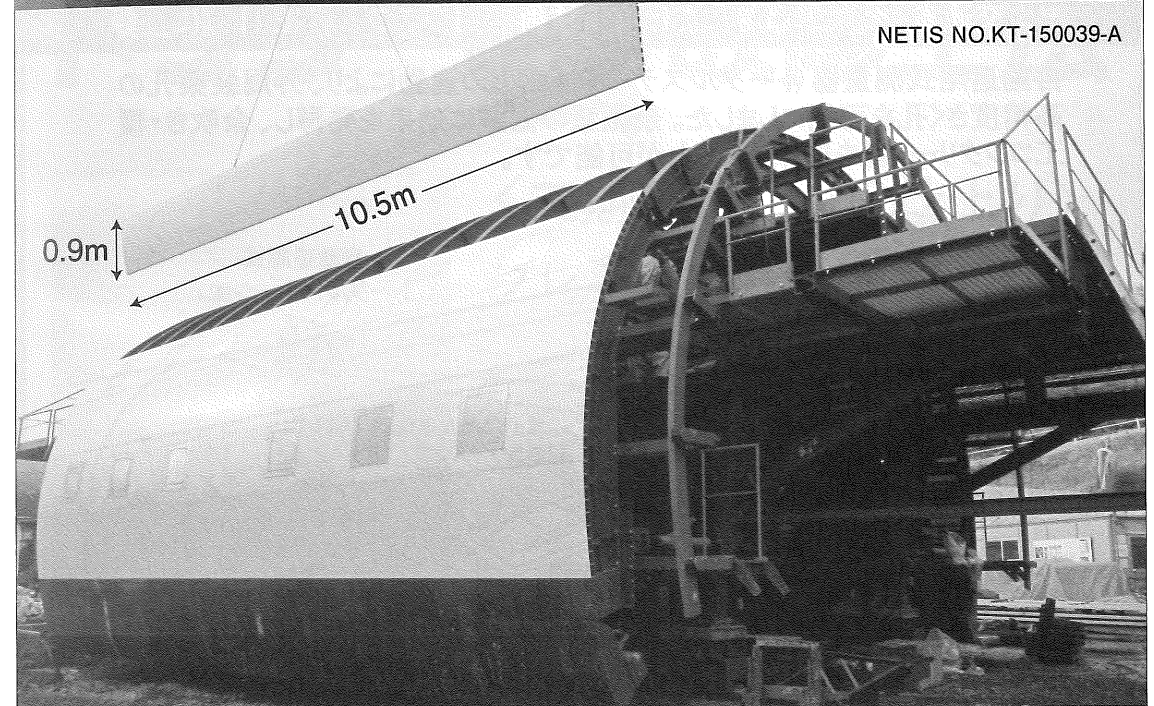
株式会社 トーキョーオール

〒210-0854
神奈川県川崎市川崎区浅野町4-11
Tel: **044-333-0012** Fax: **044-333-0321**
(お問い合わせ先)

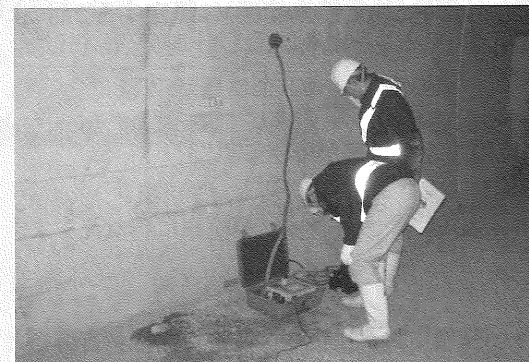
NEW

トンネル覆工初期養生FRP工法 ～ハイブリッドフォーム誕生～

NETIS NO.KT-150039-A



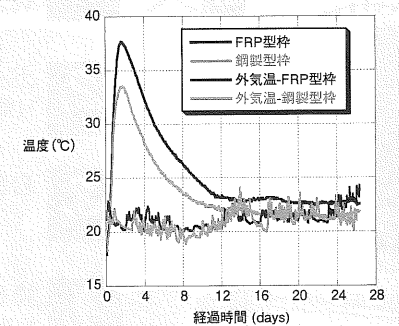
■透気試験実施



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

■覆工コンクリート温度の経時変化

[宮崎大学との共同研究により、横アジタ 吉江トンネル南にて測定]



◎3～4℃の保温効果により、コンクリート強度が15～20%向上

M.K.E 株式会社 エムケーエンジニアリング

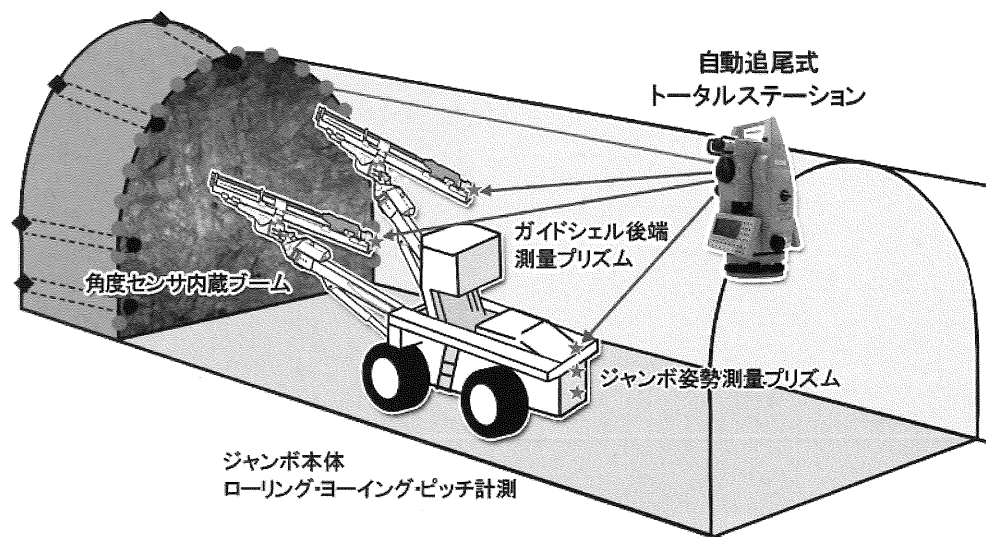
■ 本社 〒553-0006 大阪市福島区吉野1-20-30 阪神野田駅前ビル TEL:06-6443-7060
 ■ 九州営業所 〒812-0011 福岡市博多区博多駅前2丁目20番1号 TEL:092-409-8008
 ■ 指定工場 〒919-0441 福井県坂井市春江町定重(森本工業) TEL:0776-51-2410

NETIS登録番号:KK-100049-A

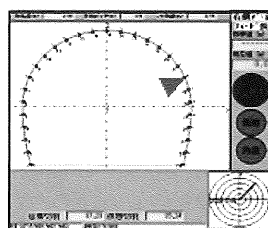
自動追尾式余掘り低減システム

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、外周装薬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
FURUKAWA

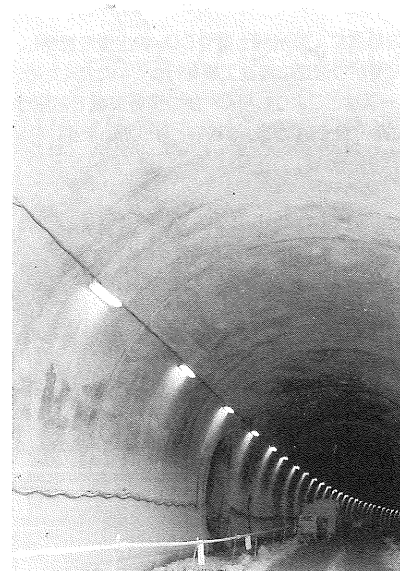
〒103-0027 東京都中央区日本橋1-5-3
特機部

TEL:03-3231-6966 FAX:03-3231-6993

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



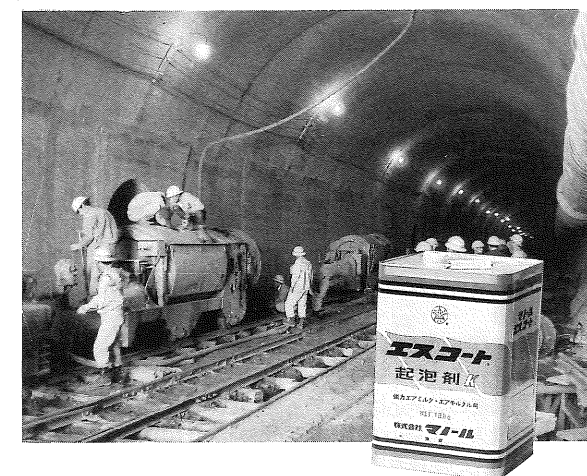
〈工期短縮, 即日仕上り〉

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)

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よりも早く、かつ情報満載でお届けしており、管路敷設に限らず、地下インフラの再構築の計画・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ております。

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

月刊推進技術

検索



株式会社エルエスプランニング

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

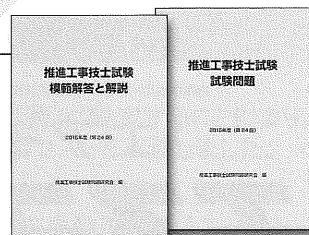
推進工事技士試験 過去14年間(平成14~27年度)

試験問題と模範解答・解説集

推進工事技士試験問題研究会編

推進工事技士試験は、推進工法に係わる技術、技能を適正に認定することを目的に(公社)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、管路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。



2015年度版発売中!!

1. 内容と特長

- 過去14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

各年度単体に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をお願いしています。

ご購入ご希望の方は、郵便局備え付けの払込取扱票に①「通信欄」に購入したい年度と冊数②「ご依頼人」欄に発送先の郵便番号、住所、会社(団体)名、氏名、電話番号を記入して郵便局からお申込下さい。

これらのことをインターネットでご案内しています。

株式会社エルエスプランニング

株式会社 LSプランニング

<http://www.lswb.co.jp/shiken/annai>

〒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

推進工法の理論と実際

推薦の言葉

中本 至・石橋信利・金成英夫

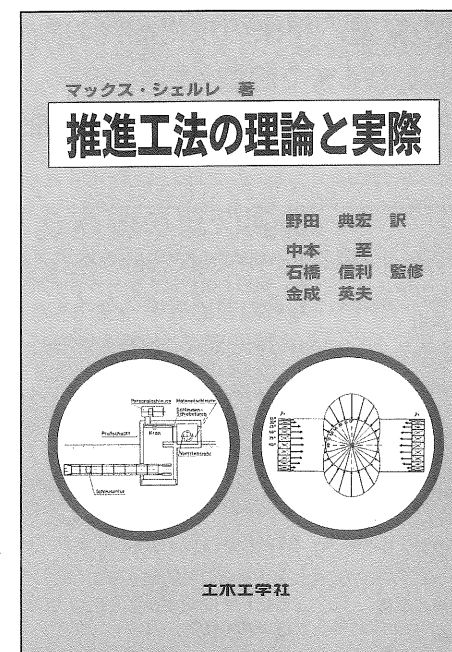
推進工法によって、下水道をはじめ多くの管渠が布設されている。下水道については一九六〇年にはわが国の普及率は十五%にすぎなかったが、今日では六〇%近くになっている。当初、一五〇〇キロしか施工実績がなかったが、近年の施工延長は年間一五、〇〇〇キロになっている。下水道の施工方法の選定にあたって、施工条件や建設環境、地下埋設物や地盤条件などの関係から、開削工法

より推進工法などの特殊工法が選定されることが多くなり、その中でもとくに推進工法の適用は多くなった。ところが、わが国では推進工法に関する実務書は多いが理論面を記述したものはあまり見当たらず、推進工法の一層の発展のためにも理論書が求められていた。

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

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

マニュアルを超えて 推進工法の理解を さらに深める一冊



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
B5判 定価：8,500円+税

〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16メイジャー神楽坂
tel: 03-3567-2888 fax: 03-3267-2807 <http://www.tunnel.ne.jp>

株式会社 **土木工学社**

シールド トンネルの 新技術

シールドトンネルの新技术研究会 編
B5判 280頁 定価：4,660円＋税

進化を続けるシールド工法。その誕生から技術の変遷、将来の技術開発の動向までをまとめ、最先端の技術について理論と実際にいたるまで記載した。

豊富な設計・施工例を掲載し、応用のしやすい的確な解説を加えた好評の一冊。

主要目次

第1章 概説

1. シールド工法の変遷と将来の技術開発の方向性
シールド工法の歴史/わが国におけるシールド工法の歴史/今後の技術開発の方向性

第2章 調査・計画編

1. シールド工法の調査技術
シールド工事における調査の取り組み方/基本計画時の調査(予備調査)/設計時の調査(基本調査, 詳細調査)/施工時の調査(確認調査, 管理調査)/施工後の調査(追跡調査)
2. 断面および線形計画
断面および線形/鉄道用シールド/下水道用シールド/断面と線形における今後の展開
3. シールド機種の種類と選定
シールド機の構造と装備/現状のシールド機種の種類と選定方法
4. 新しいシールド工法
大断面化, 大深度化, 長距離化への展望

第3章 設計・施工編

1. 覆工
一次覆工の設計/二次覆工の設計と施工/シールドトンネルの防水技術
2. 立坑の設計と施工設備
立坑の設計と施工
3. 仮設備
仮設備の計画
4. シールド工事の自動化
掘進管理システム/方向制御システム/セグメント自動組み立てロボット/自動搬送システム/その他の自動化技術
5. 掘進と施工管理
シールド掘進と施工管理/シールド機の発進と到達/裏込め注入工法と注入効果/曲線施工と地中接合/補助工法の種類と選定
6. 近接施工と環境対策
近接工法と対策/アンダーピニングおよび支障物対策/シールド工事と環境対策
7. 新工法の現状と将来展望
自由断面シールド掘進(縦楕円断面)/

- 異形断面シールド/分岐・接合シールド/球体シールド(ホルン)工法/複円形, 矩形および拡大シールドの開発動向/ECL工法
8. 切羽の安定と地盤変位防止
切羽安定の理論と実際/泥水式シールド工法の切羽安定/土圧式シールド工法の切羽安定/特殊条件下の切羽安定
 9. 地盤変位の理論と実際
地盤変位の実際/地盤変位の予測解析

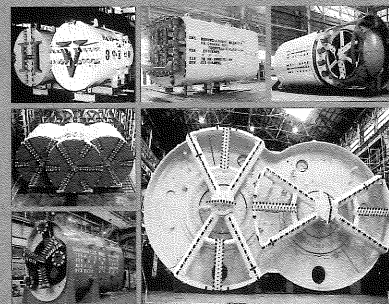
付録

1. セグメントの設計例
セグメントの設計例/外国の設計手法との比較/有限要素法を用いたシールド覆工設計例
2. 地盤変位予測解析手法の例
地盤変位の一般的性状/予測解析手法の例
3. シールド工事の施工計画
施工計画書とは/施工計画立案手順/シールド工事施工計画書の参考例

参考文献/索引

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
代表 鈴木 卓



土木工学社

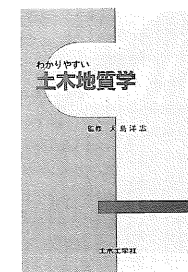
土木工学社の地質学書

[好評発売中]

わかりやすい 土木地質学

大島洋志 監修

B5判 209頁 税込2,625円 円340円



主要目次

序編 トンネルと地質の関わり

1. 地質学とは, 応用地質学とは 2. トンネルと地質

第I編 トンネル工事に必要となる基礎的地質学

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

第II編 トンネル工事と地質条件

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

第III編 地質調査法

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

第IV編 工事を対象とした地質調査の進め方

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

[その他の既刊図書]

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

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

地下水の科学 P.A.ドミニコ・F.W.シュワルツ 共著 大西有三 監訳

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

第II巻 地下水環境学 B5判 252頁 税込4,485円 送料340円

第III巻 地下水と地質 B5判 197頁 税込3,873円 送料340円

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

B5判 444頁 税込10,290円 送料450円

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

A5判 360頁 税込5,097円 送料340円

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

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

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

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

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01110-8-190072

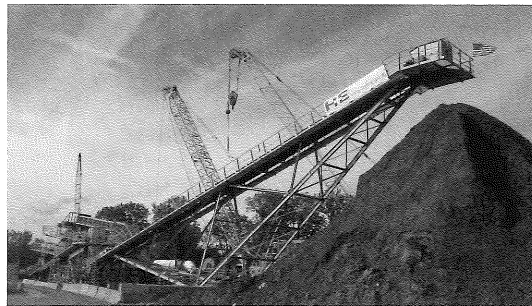
土木工学社 〒162-0832 東京都新宿区岩戸町メイジャー神楽坂
TEL: 03 3267 2888 FAX: 03 3267 2807 http://www.tunnel.ne.jp

HE
H+E LOGISTIK GMBH

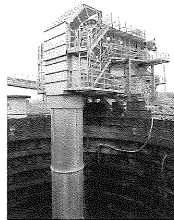
Clever Conveying



Tunnel Diameter: 7.10 m
Min. Radius: 1,000 m
Minera l: EPB
TBM Supplier: Herrenknecht
Conveyor Length: 2,500 m
Belt Width: 1,200 mm
Capacity: 2,000 t/h
Installed Power: 2×355 kW
Belt Storage Capacity: 400 m / vertical



Tunnel Diameter: 11.30 m
Min. Radius: > 457 m
Minera l: EPB, Hard Rock
TBM Supplier: Herrenknecht
Conveyor Length: 5,410 m
Belt Width: 1,000 mm / 1,600 mm
Capacity: 1,200 t/h
Installed Power: 4×160 kW, 2×90 kW
Belt Storage Capacity: 2×300 m / horizontal



H+E Logistik GmbH
日本代理店



山崎マシーナリー株式会社

担当: 富樫

〒438-0216 静岡県磐田市飛平松 216 番地 1
代表 TEL0538-66-1211 FAX0538-66-6410

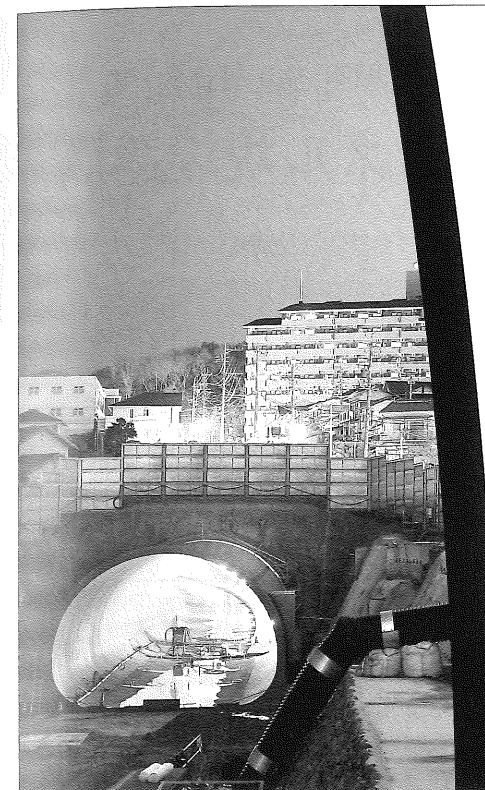
振動 マネージメント ソリューション

近接地に住居が存在する場合、振動の予測と管理を複雑高度な技術に頼らざるを得ません。利害関係は多岐にわたるので失敗をする余地は殆どありません。トンネル、道路、トレンチ、港湾、パイプライン等の掘削は、今後ますますコスト高となり、時間のかかる作業となっております。

オリカ社は、日々直面するチャレンジに対する方策を見出す為に、全世界の技術研究所と技術力を使って前向きな考え方で取り組んでおります。その成果は電子雷管eDevilや発破デザインソフトであるShotPlus-T また、各種の爆薬に表れておりご理解頂けるものと思っております。

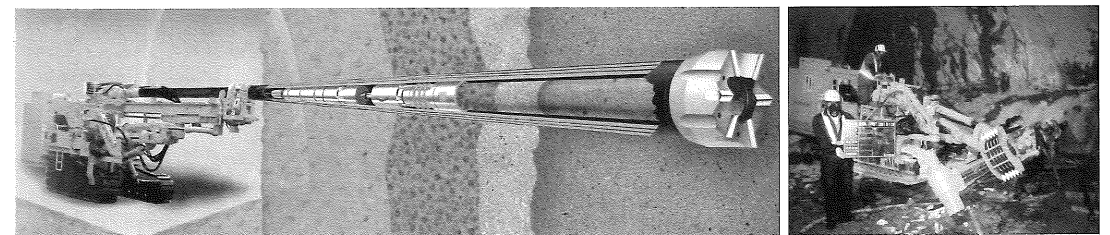
一日でも早く完工する為に、日々の発破のモデル化、計測そして効率化を図っております。オリカ社がどの様な形で貴社のお手伝いを出せるかについて orica.com/edevill にアクセスして eDevil Case Study のビデオをご覧ください。

orica.com



トンネル掘さくの安全施工に アロードリル前方探査システム パーカッションワイヤーライン サンプリング工法

- 断層破砕帯や湧水をとまなう難地層のコアサンプリングをスピーディかつ確実に行なえ、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

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

本社 〒171-8572 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

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

北海道支店: (011)561-4961
大阪支店: (06)6385-0350

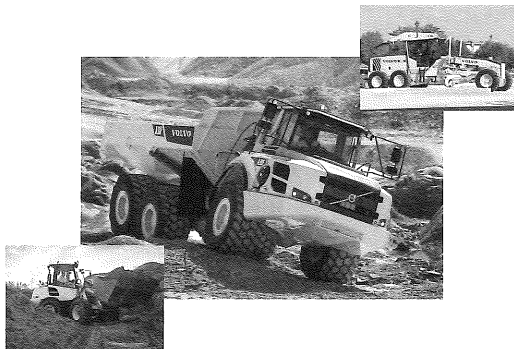
東北支店: (022)762-6075
中国支店: (083)972-8757

信越支店: (025)275-6877
九州支店: (092)924-5001

首都圏事業部: (03)-6907-7511
海外事業部: (03)-6907-7515

VOLVO 建設機械

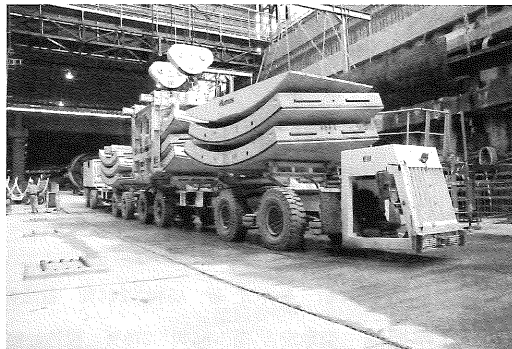
高い作業性とクールなデザインが人気
年々強化される排ガス規制にも対応



ボルボ建機社 日本代理店 担当: 浅野
(直通) TEL0538-66-1215 FAX0538-66-6162

TMS Techni-Metal Systèmes

多目的運搬台車
4次オフロード法取得 レールからの解放



TMS社 日本代理店
担当: 富樫

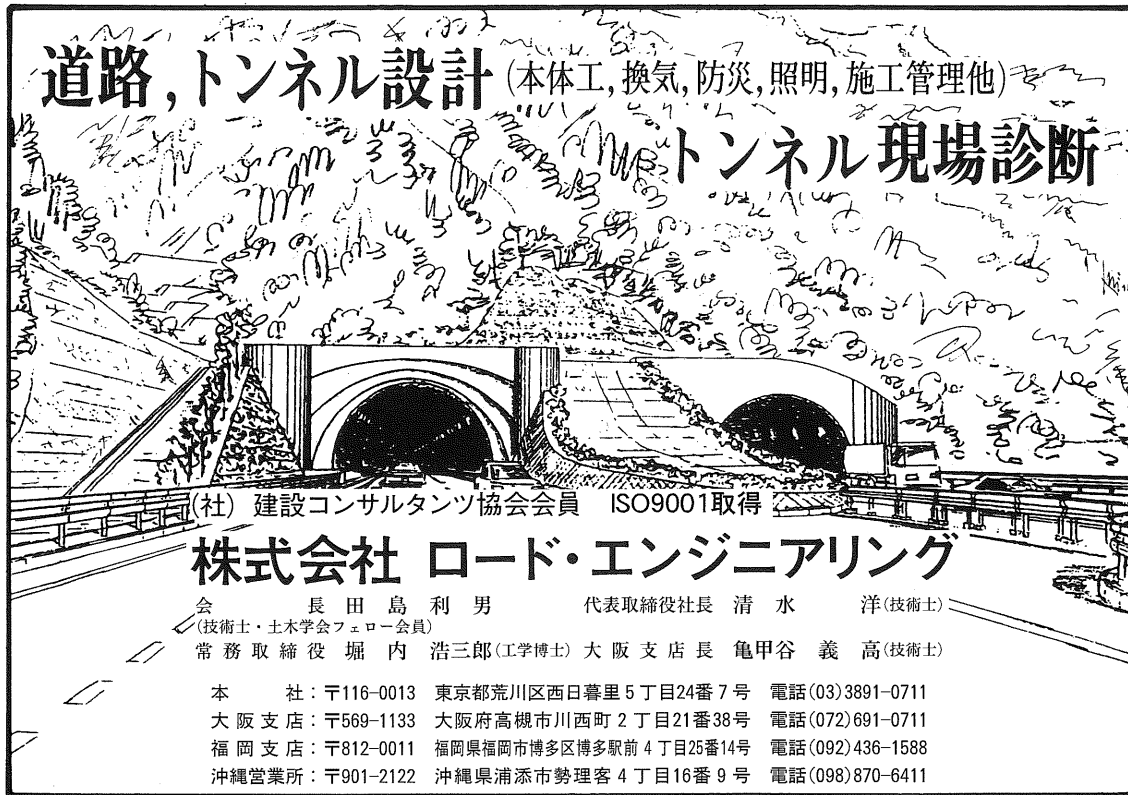


山崎マシーナリー株式会社

〒438-0216 静岡県磐田市飛平松 216 番地 1
代表 TEL0538-66-1211 FAX0538-66-6410

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



(社) 建設コンサルタント協会会員 ISO9001取得

株式会社 ロード・エンジニアリング

会長 田島 利男 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

「デジ ー・パー」

技術提案・創意工夫
イメージアップ

重機用パトライトシステムで接触災害防止 システムの特徴

重機作業エリアに近づく作業員・現場職員がリモコンボタンを押すと、オペレーターにブザー音とランプ点滅で知らせます。オペレーターが確認し、操作/受信BOXのボタンを押すと重機の積層パトランプが緑色点灯に変わり「一方通行ではない意思の疎通」が迅速にとれます。



機材一式

オペレーター操作状況

重機取付け状況

《取り扱い商品》

- ・削孔ツール全般
- ・空撮業務 (マルチコプター)
- ・トンネル出入坑、坑内管理システム
- ・振動・騒音自動監視警報システム
- ・建設資材全般
- (吊鉄筋金具、コンクリート養生マット、安全用品、工具、他)
- ・長尺水抜き鋼管削孔システム
- ・LED照明
- ・ダンプ運行管理システム
- ・補助工法注入管理

《問い合わせ先》

株式会社アローズ 代表取締役佐川和矢
 Mobile: 080-1604-1097 (365days 24h OK)
 〒168-0064 東京都杉並区永福2-36-4-107
 TEL: 03-3327-7089 FAX: 03-6800-2163
 E-mail: ksagawa@arrows-sgw.com
 URL: www.arrows-sgw.com

ゴムクローラ式エレクター付 コンクリート吹付システム 『新型スコピオン NSCPI-TN』



安全・操作性を徹底的に追求した次世代型吹付機！
 状況に応じキャッチャーやポンプの選択が可能！

項目	仕様	項目	仕様
1 寸法	全長 13465 mm 全幅 3165 mm 全高 3360 mm	1 吹付距離	115 m
2 重量	48500 kg	11 エレクター	ブーム伸縮長 2550 mm ブーム伸縮長(上) 3875 mm ブーム伸縮長(下) 4100 mm ブーム伸縮長 1600 mm スライダ伸縮長 1200 mm ブーム伸縮長 360 mm
3 吹付能力	90000 m³/24h 50/60Hz 31.0/31.2/31.2/27.5 100V/200V 4.1/6.2 3.0	12 コンプレッサー	120/15-40/15 40-50 33-18 30/15 40-53 ブーム伸縮長(上) 33-18 ブーム伸縮長(下) 30/15 ブーム伸縮長(内) 40-53 ブーム伸縮長(外) 102-41 ブーム伸縮長 165 ブーム伸縮長(上) H100-200 ブーム伸縮長(下) H100-200 ブーム伸縮長 140/19-40/19 ブーム伸縮長 150/20-25
4 走行性能	走行速度 0/10/20 走行距離 31.3/12.0 走行距離(標準) 160/270 走行距離(最大) 400/400/250/100	13 ポンプ	吐出量 11.8 m³/min 吐出圧力 5.9 MPa 吐出圧力 5.9 MPa 吐出圧力 2.7 MPa
5 電気仕様	電源形式 三相 3相 200V 消費電力 21400W		

T&M

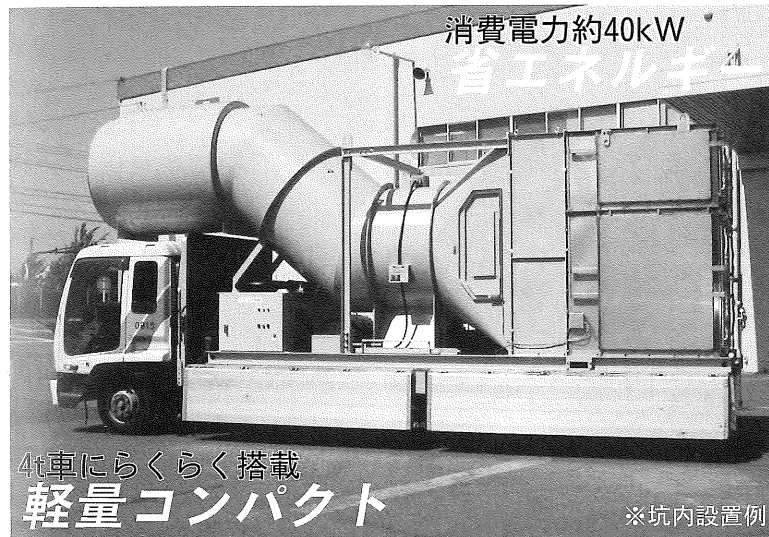
Tunnel & Mining
 ニシオティードエム株式会社
 山岳トンネル施工機械等の総合レンタル企業
<http://www.nishio-tm.co.jp>

〒569-0836 大阪府高槻市唐崎西2-26-1

- 北海道営業所 TEL:0133-72-3715
- 東北営業所 TEL:0197-71-2405
- 東日本支店 TEL:0268-62-1426
- 浜松営業所 TEL:0538-66-0166
- 西日本支店 TEL:072-677-2101
- 九州支店 TEL:0982-26-2111
- 福岡営業所 TEL:092-976-6331



トンネルの掘削や建設現場の状況に応じて、より最適なコンクリートポンプの選択が可能です。
 当機では掘削現場で使用するポンプが掘削機に固定された状態で高圧吹付が可能で、掘削機が掘削機に固定された状態で高圧吹付が可能です。
 掘削機が掘削機に固定された状態で高圧吹付が可能です。
 掘削機が掘削機に固定された状態で高圧吹付が可能です。



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)

消費電力約40kW
省エネルギー

RENT

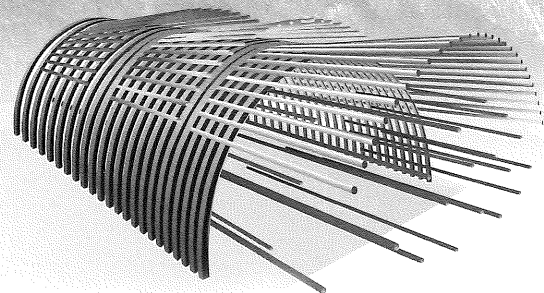
- 取扱レンタル商品
- MACレーザーシステム
 - オアシス(坑内休憩室)
 - 発電機エコ装置
(従来より小容量の発電機で施工できる為、省エネ効果)

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

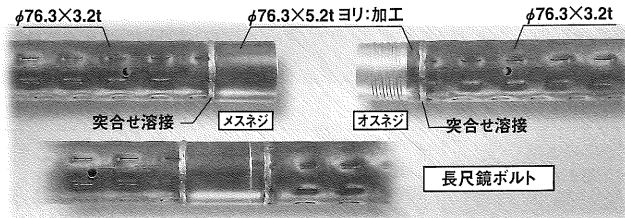


NETIS登録申請中

ストロング

FIXチューブ(S型)

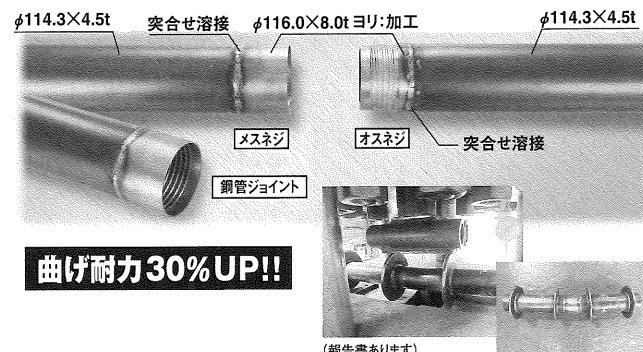
- ※長尺鏡ボルトは凹み面状の鋼管で周辺地山をしっかりとFIXします。
- ※長尺フォアパイリングのねじ強度改善!
- ※鋼製シースで環境に優しい無拡幅施工!



NETIS No.KK-150045-A

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幅施工!



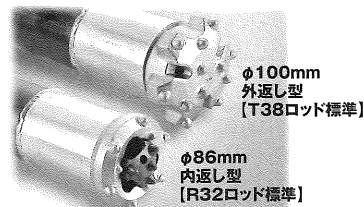
曲げ耐力30%UP!!

(報告書あります)

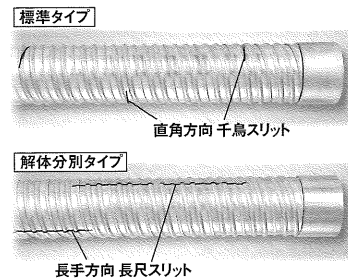
接続部の抗折力試験

注入材・その他工法

- ※ウレタン系注入材: NEW-TSRF、NEW-TBU
- ※ウレタン系空洞充填: NTRI工法
- ※高速フォアポーリング: SP-IF工法
- ※高速ルートパイル: SPフィックスパイル工法
- ※高速マイクロパイル: SPマイクロパイル工法
- ※φ27.2注入管、自穿孔ボルト各種在庫あり



撤去管の選択



STD BITS (ロストリング方式)

呼称	鋼管径	リングビット径
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

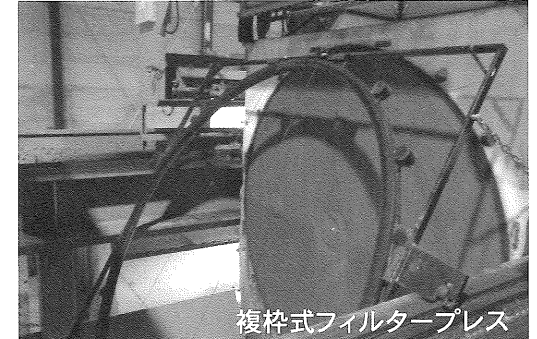
TEL:072-990-0250 FAX:072-990-0251

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

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

水路トンネルの耐震化

甲村 謙友 5

■計画

地下空間を利用した国際リニアコライダー研究施設を日本国内に建設予定

宮原 正信・山本 明・秋田 勝次・近久 博志 57

■施工

開業を迎えた北海道新幹線(新青森・新函館北斗間)のトンネル群

深沢 成年・種田 昇・橋本 浩市 7

河川・都市施設と都市高速道路トンネルの一体整備

—阪神高速道路2号淀川左岸線 正蓮寺川トンネル—

藤田 哲夫・佐々木一則 19

地下鉄直上の残置仮受け杭を特殊泥濃推進工法で切削・除去

—東京下水道 千代田区永田町一丁目, 霞が関二丁目付近再構築—

毛利 光夫・山崎 貴裕・先崎 和範・富田 昌晴 29

名古屋港海底を横断する長距離シールドの設計と施工

—西名古屋火力発電所ガス導管トンネル—

滝川真太郎・河村 晋平・亀井 達司・小坂 琢郎 39

■連載講座

トンネル新技術への挑戦(6)

—ツインアーチフォーム(TAF)工法—

「トンネル新技術への挑戦」連載講座小委員会 69

■現場だより

「世界遺産の登録をめざす」長崎県新上五島町より

西尾 泰三 18

■語り継ぎ 言ひ継ぎ行かむ

わが「トンネルと地下大空洞」の40年

福岡 孝 49

■資料

土木情報

編集部 48

工法・技術・製品ニュース

編集部 79

トンネルジャーナル

編集部 68

トンネルワールドニュース

JTA 国際委員会 80

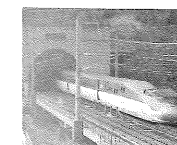
■会報

会報

日本トンネル技術協会 82

【表紙説明】

開業を迎えた北海道新幹線(新青森・新函館北斗間)のトンネル群



北海道新幹線(新青森・新函館北斗間)は、津軽海峡を挟んで本州と北海道を結ぶ総延長約149kmの路線である。このうち、津軽海峡線として既に開業している区間を除く新線区間では、トンネル数12本、合計延長約25kmの建設に取り組んできた。

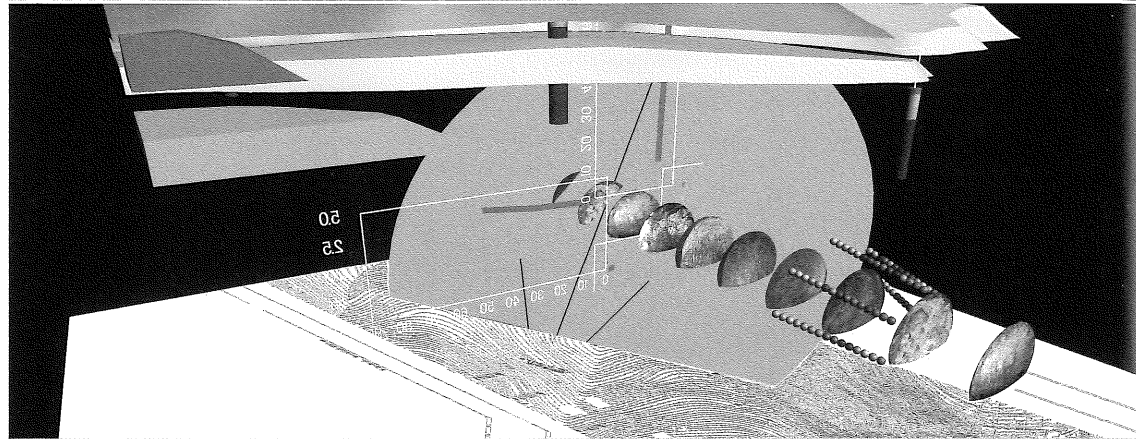
工事は平成17年4月に着手し、11年の歳月を経て、平成28年3月26日に開業した。写真は、青函トンネルから出てくるH5系車両である。(本文7頁参照)

ヤマモト ざくがんき 無騒音 無振動 静かな破碎
 超大型油圧破碎機
YTB 1120
トンネルビッカー

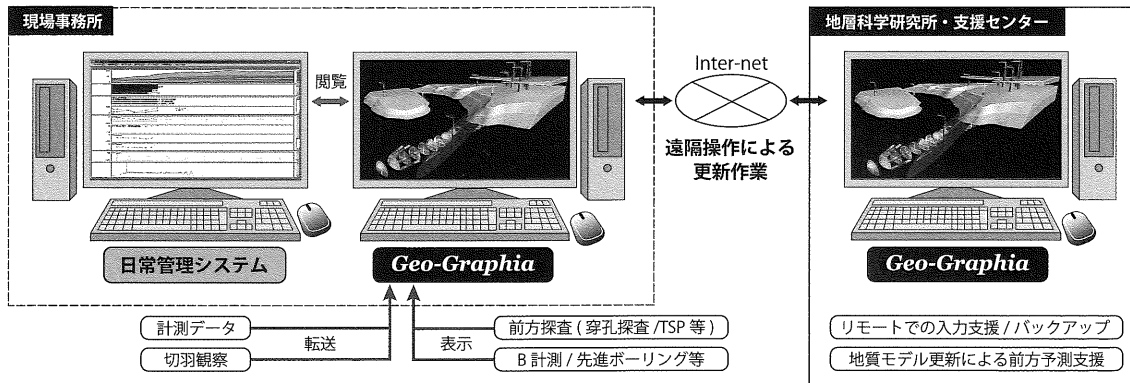
ヤマモトロックマシン株式会社
 本社 東京都千代田区丸の内2丁目4番1号 丸の内ビル 903区 ☎ (03)3201-0701代
 工場 広島県庄原市東城町川西424-1 ☎ (08477)2-2137代

仙台営業所 (022)792-4534代 大阪営業所 (06)6531-1571代 高知営業所 (088)892-4048代 九州営業所 (092)471-0381代

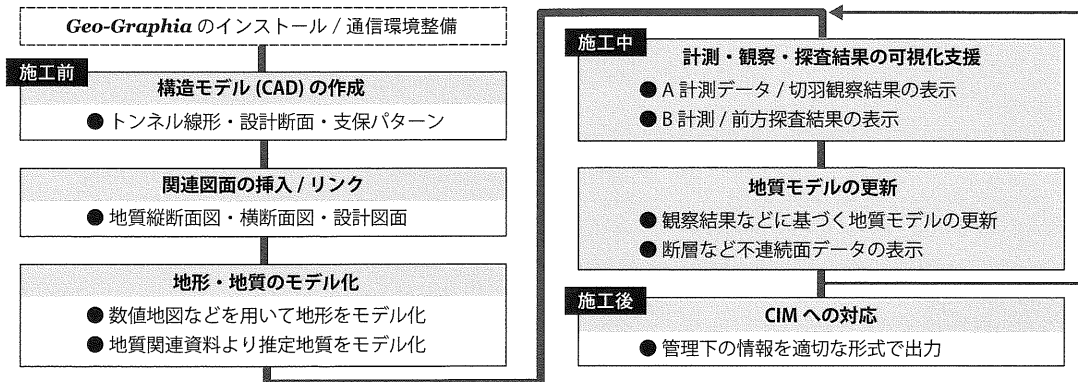
Geo-Graphia® を活用したトンネルの情報化施工支援



技術者の意思決定を支援 ▶▶▶▶ 3次元可視化により現状の迅速な把握を可能に



情報化施工支援センター ▶▶▶▶ 初期モデルの作成や施工中のモデル更新などをお手伝い



<http://www.geolab.jp/> お問い合わせは chisouken@geolab.jp



株式会社 地層科学研究所

本社 〒242-0017 神奈川県大和市大和東 3-1-6
 東京事務所 〒112-0004 東京都文京区後楽 2-3-25
 大阪事務所 〒532-0011 大阪市淀川区西中島 5-7-9

JMビル 4F TEL.046-200-2281
 金子ビル 6F TEL.03-5842-7677
 第7新大阪ビル 301号 TEL.06-6886-7774

Geo-Graphia
 特設サイトは
 こちらから→



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〕

小山 幸 則 立命館大学総合科学技術研究機構客員教授

〔幹 事〕

- | | |
|---|---|
| 居 相 好 信
株式会社大林組生産技術本部統括部長 | 藤 井 義 文
株式会社竹中土木常務執行役員 |
| 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 | 松 原 利 之
飛鳥建設株式会社土木事業本部
エンジニアリング部部長 |
| 岩 田 美 幸
国土交通省大臣官房技術調査課技術企画官 | 森 正 彦
前田建設工業株式会社土木事業本部
トンネル担当部長 |
| 江戸川 修 一
清水建設株式会社土木技術本部
地下空間統括部長兼機械技術部長 | 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 |
| 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 | 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 |
| 西 岡 和 則
鹿島建設株式会社土木管理本部統括技師長
(兼)土木管理本部土木工務部トンネルグループ長 | 渡 邊 修
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 |

トレンチャー

硬質地盤の溝掘はトレンチャーをお試し下さい。



トンネル中央排水路
掘削状況



施工例

トレンチャーによる
施工

トレンチャーの性能・諸元

トレンチャーの種類	TRS-985	1175/D6	M3
メーカー名	テスマック	テスマック	テスマック
掘削幅 cm	60	75	90
掘削岩の硬さ(最大)	500kg/cm ²	700kg/cm ²	800kg/cm ²
重量 t	36	40	40
長さ m	13.0	10.8	11.2
幅 m	2.5	3.2	2.67
高さ m	3.30	2.86	3.41
エンジンの出力 PS	300	402	350

※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〕

小山 幸則 立命館大学総合科学技術研究機構客員教授

〔編集参与〕

大島 洋志 国際航業株式会社技術本部最高技術顧問 首都大学東京客員教授	今田 徹 東京都立大学名誉教授
木谷 日出男 国際航業株式会社フェロー技術本部 土木地盤研究担当	松浦 将行 地方共同法人日本下水道事業団理事
	山田 隆昭 東日本高速道路(株)参与(シニアエキスパート)

〔委員〕

家壽田 昌司 東京都下水道局建設部設計調整課長	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
清水 満 東日本旅客鉄道株式会社構造技術センター次長	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上席研究員
中谷 誠一 東京都水道局建設部工務課長	安田 智 東京都交通局建設工務部計画改良課長
沼田 敦 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	山本 武史 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
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	吉本 正浩 東京電力パワーグリッド株式会社 工務部管路土木技術担当



●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/>

特許
取得済

表面温度センサ！

【スマートセンサ型枠システム・セントル仕様】
無線なので打設毎の配線手間が不要！

NETIS登録番号 QS-110040-VE



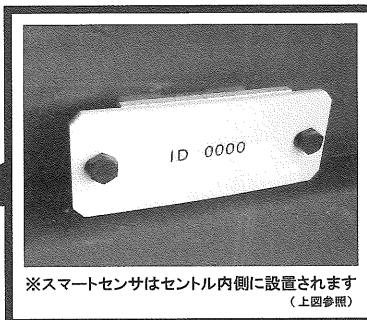
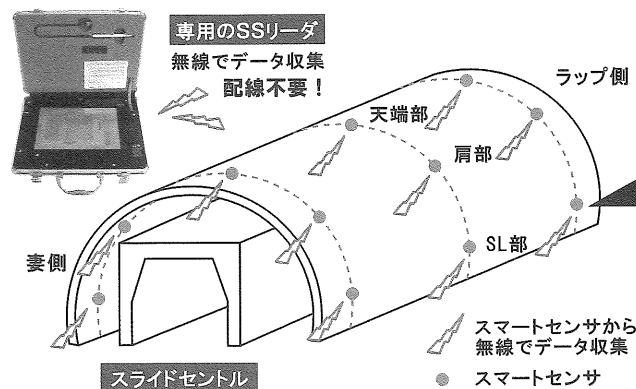
スマートセンサ型枠システム 【セントル仕様】の特長

コンクリート表面温度を 自動計測！

コンクリートの表面温度や型枠周辺温度、
打設開始・脱型時期を記録します。

専用リーダーでデータを 読み取り！

表面温度や推定強度はグラフやカラー
マッピングで解りやすく表示され、躯体の
状態を現場でリアルタイムに把握するこ
ができます。



※スマートセンサはセントル内側に設置されます
(上図参照)

NETIS標準仕様見積り単価

■ スマートセンサシステム

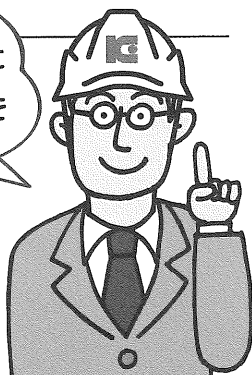
(1セット=1断面5台×3列=15台) *セントル本体は別途

- ・ 使用料金 …………… 90,000円/ 打設回数 (基本料金含む)
- ・ 取付け・調整料金 … 400,000円・回/1セット (センサの穴あけ別途)
- ・ 取外し・校正料金 … 400,000円・回/1セット (センサ部分の穴埋め別途)

■ SSリーダー

- ・ 使用料金 …………… 2,500円/日 (基本料金含む)
- ・ 諸経費・一般管理費 (技術指導・動作確認含む)

コンクリート内部に
センサ等の異物を
混入しない！



児玉株式会社 & 東京大学 大学院工学系研究科 建築材料研究室

共同研究開発 特許製品

児玉株式会社エンジニアリング事業部

〒812-0042 福岡市博多区豊2-4-23 TEL: 092-474-5360

Email: engi.office@kodama-boss.jp

掲載頁
7

開業を迎えた北海道新幹線(新青森・新函館北斗間)のトンネル群

鉄道・運輸機構 深沢 成年

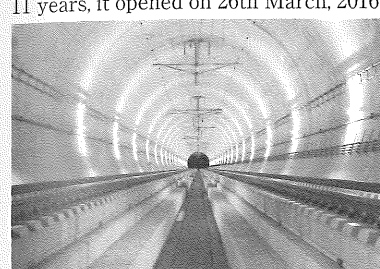
北海道新幹線(新青森・新函館北斗間)は、2005年4月に着手し、11年の歳月を経て、2016年3月26日に開業した。津軽海峡を挟んで本州と北海道を結ぶ総延長約149kmのうち、津軽海峡線としてすでに開業している区間を除く新線区間では、トンネル数12本、延長約25kmの建設に取り組んできた。

本稿では、北海道新幹線(新青森・新函館北斗間)の開業にあたり、路線概要、トンネルの概要、および新設した主要なトンネル(SENSによる機械化施工を採用した津軽蓬田トンネル、新線区間最長の渡島当別トンネル、大規模地すべり地形を通過する新茂辺地トンネル)について述べ、建設の足跡を振り返る。

Tunnels of the Hokkaido Shinkansen Newly Opened between Shin-Aomori and Shin-Hakodate-Hokuto

By Narutoshi Fukazawa, Japan Railway, Construction, Transport and Technology Agency

Works on the Hokkaido Shinkansen between Shin-Aomori and Shin-Hakodate-Hokuto began in April, 2005 and, after 11 years, it opened on 26th March, 2016. The total length of the line that links Honshu with Hokkaido over the Tsugaru



Channel is approx. 149km. On new line sections, not including the Tsugaru-Kaikyo Line which has been already opened, 12 tunnels of total length of 25km has been excavated.

This report contains information on just-opened Hokkaido Shinkansen between Shin-Aomori and Shin-Hakodate-Hokuto consisting of an outline of the train line and tunnels as well as major new tunnels: the Tsugaru-Yomogita Tunnel which was constructed using mechanized construction with the SENS, the Oshima-Tobetsu Tunnel which is the longest tunnel in the new line section and the Shin-Moheji Tunnel which passes through a large-scale landslide area, to look back over the history of the works.

写真は完成した津軽蓬田トンネル

掲載頁
19

河川・都市施設と都市高速道路トンネルの一体整備

一阪神高速道路2号淀川左岸線 正蓮寺川トンネル

阪神高速道路(株) 藤田 哲夫

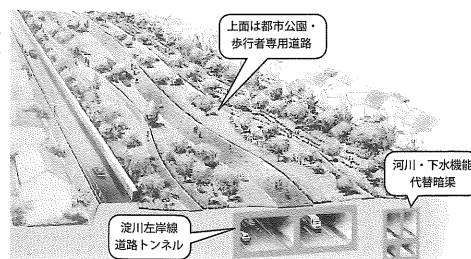
大阪都市再生環状道路の一翼を担う、阪神高速2号淀川左岸線1期区間(約4.3km)は開削トンネル構造が8割を占め、そのうち2.4kmは1級河川正蓮寺川を陸地化したあとにトンネルを構築した。この陸地化工事では厚く堆積していた底質の処理方法が課題となった。先行して行ったセメント系固化材による原位置固化改良工法では、のちの掘削工事で強い臭気を放ったことから、工法の見直しを行い、底質を浚渫して現地プラントに圧送し超高压フィルタープレスで脱水固化を行う方法を採用して対応した。また、底質の一部はPCBなどで汚染されていたため、環境監視を行いながら処理土の封込めを行うなど、周辺の環境保全に配慮して施工を進めるとともに、開削トンネルの構築にあたって設計・施工上の工夫を行った。

本稿は、都市部の河川空間を活用して建設した高速道路トンネル工事の概要を述べる。

A Project Unifying River, Sewer, Park, Walkway and Expressway—Hanshin Expressway Route 2 Yodogawa-Sagan Line ShorenJi-Gawa Tunnel—

By Tetsuo Fujita, Hanshin Expressway Company Limited

About 80% of Phase 1 of Hanshin Expressway Route 2 Yodogawa-Sagan Line is cut-and-cover tunnels and the tunnel on 2.4km-section of this line was built at place where the ShorenJi-gawa of the 1st Class River that was relocated underground once exited. Problems of this relocating works was treatment methods for the thick sediment of the river. The in-situ solidification improvement method with cement-type solidification material executed previously emitted a



図は正蓮寺川総合整備事業整備イメージ

strong odor during the following excavation works. After reviewing this method a different method was employed that dehydrate and solidify sediment with an ultra-high pressure filter press that are pressure-fed to the on-site plant after dredging. In addition, part of the sediment was polluted with PCB, etc. We proceeded with works such as sealing the treated soil while monitoring the environment taking the conservation of the surrounding environment into consideration. We also tried various measures in design and construction for building cut-and-cover tunnels.

This report contains an overview of expressway tunnel construction using river space in an urban area.

地下鉄直上の残置仮受け杭を特殊泥濃推進工法で切削・除去

—東京下水道 千代田区永田町一丁目、霞が関二丁目付近再構築—

東京都下水道局 毛利 光夫

本工事は、皇居内濠の浄化対策、官公庁周辺の浸水対策および老朽化対策を図る再構築事業として、計画降雨強度50mm/h、流出係数80%対応の主要枝線を障害物対応型特殊泥濃式推進工法(ミリングモール工法)で布設するもので、仕上り内径はφ1,500mm、路線延長は102mである。

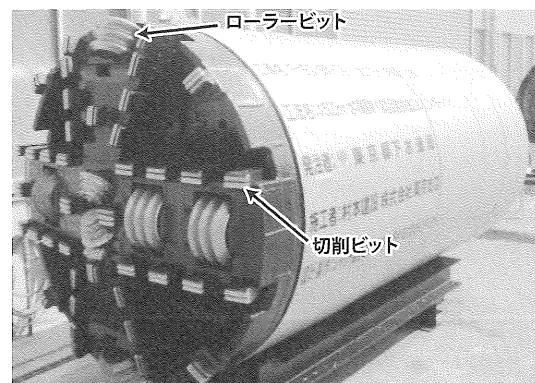
本推進機は特殊専用ビットを装備した掘進機と、障害物除去時に本機を微動させる特殊伸縮装置などで構成される。本現場では、推進途中に地下鉄工事などで残置された鋼材類に障害物として複数回遭遇したが、特殊専用ビットを障害物へ超低速で押し当てカッタを回転させ切削を行った。

本稿では、障害物対応型特殊泥濃式推進工法(ミリングモール工法)選定の経緯および施工結果を中心に報告する。

Cutting and Removal of Buried Piles with a Special Sludge-Based Jacking Method Directly above a Subway Line—Bureau of Sewerage, Tokyo Metropolitan Government, Reconstruction in the Vicinity of Nagata-Cho 1 Chome and Kasumigaskei 2 Chome, Chiyoda-Ku—

By Mitsui Mori, Bureau of Sewerage, Tokyo Metropolitan Government

These works are part of a reconstruction project for measures to clean up the inner moat of the Imperial Palace and against inundation and deterioration in the vicinity of government offices. We install a major branch line with a finished diameter of φ1,500mm and a total line length of 102m that can respond to maximum rainfall intensity of 50mm/h and run-off Coefficient of 80% using a special sludge-based Jacking method for obstructions in the earth (milling mole method).



写真はミリングモール推進機

This jacking machine comprises a tunneling machine fitted with special bit for cutting obstructions, a special extension tube used to push the tunneling machine into obstructions at ultra-low speed etc. At this site, a number of buried steel obstacles that had been used during the subway construction were encountered but cutting them was conducted with the special bit by pushing and rotating the cutter at ultra-low speed for obstacles.

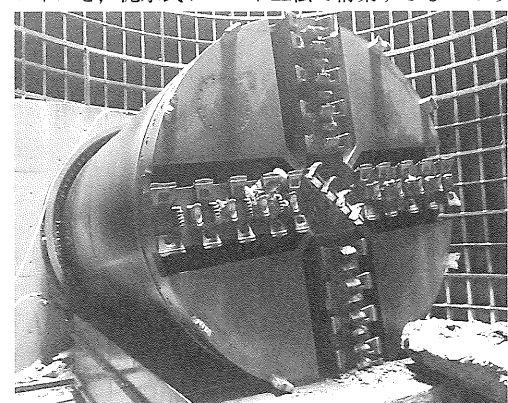
This report focuses on reason for choosing the special method and construction results.

名古屋港海底下を横断する長距離シールドの設計と施工

—西名古屋火力発電所ガス導管トンネル—

中部電力(株) 滝川真太郎

西名古屋火力発電所リフレッシュ工事のうちガス導管トンネル工事は、延長4,551m、内径3.0mのガス導管敷設用トンネルを、泥水式シールド工法で構築するものである。シールドの掘進は最大水圧0.5MPaが作用する名古屋港の海底下を、4,551mの長距離にわたって横断するものであった。



写真は到達したシールド

本稿では、このガス導管トンネル工事の計画・設計の概要、施工計画およびその施工実績について報告する。

Design and Construction of Long-Distance Shield Tunnel under Nagoya Port—Nishi-Nagoya Thermal Power Station Gas Pipeline Tunnel—

By Shintaro Takigawa, Chubu Electric Power

The works to refresh the Nishi-Nagoya Thermal Power Station include the construction of a tunnel to install gas pipeline of 4,551m in length and 3.0m in inner diameter using the slurry shield TBM. The TBM went beneath the Nagoya Port over a long distance of 4,551m under maximum water pressure of 0.5MPa.

This report contains an outline for plans and design, construction plans and results of the gas pipeline tunnel.

地下空間を利用した国際リニアコライダー研究施設を日本国内に建設予定

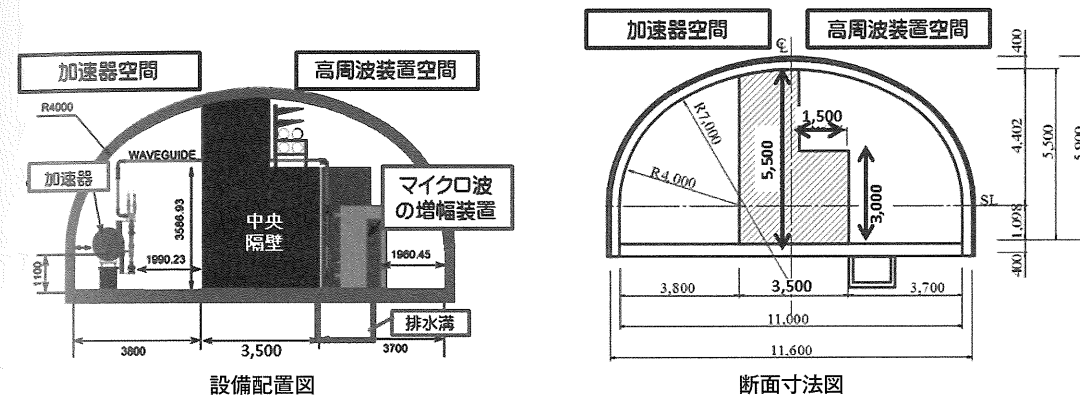
(大)高エネルギー加速器研究機構 宮原 正信

国際リニアコライダー(ILC: International Linear Collider)は、延長31~50kmの直線トンネルの中に設置する素粒子加速器を主体とする地下式研究施設となる。2013年のノーベル物理学賞につながったビッグス粒子の発見に続き、宇宙の起源と宇宙の創造と終焉の解明、宇宙のダークマターやダーク・エネルギーの同定や解明につなげるために、IUPAP(国際純粋・応用物理学会)は、世界で唯一の電子陽電子衝突型の将来加速器計画に対して、日本の北上山地の花崗岩体内が施設の建設地としてもっとも相応しいと判断した。

本稿では、全体計画を概説したあとに、おもにTDR(技術設計書)以後の検討課題と対策案について論じる
International Linear Collider Research Facility Plan Underground in Japan
By Masanobu Miyahara, Inter-University Research Institute Corporation, High Energy Accelerator Research Organization

The ILC (International Linear Collider) will be an underground research facility consisting mainly of a particle accelerator installed in a straight tunnel of between 31 and 50km in length. IUPAP (International Union of Pure and Applied Physics) has determined that the granite bedrock in Kitakami Mountains in Japan is the most appropriate location for the facility of the globally unique future accelerator with collision between electrons and positrons.

This report outlines the whole plan and discusses the agendas and measures following the TDR (Technical Design Report).



図はメインライナックトンネル断面

水路トンネルの耐震化

(独)水資源機構理事長

阿部謙二



独立行政法人水資源機構(以下「当機構」という.)は7つの水系(利根川, 荒川, 豊川, 木曾川, 淀川, 吉野川, 筑後川)において, 都府県を超えた広域なエリアに水道用水, 農業用水, 工業用水を安定して供給するとともに, 洪水調節などを行っています。7水系の面積はわが国の17%ほどですが, 人口は総人口の52%を占めており, このため, 当機構は, 用水の安定供給はもとより, わが国の過半の人口が住む地域を洪水被害から守るという重要な責務を負っていることになります。

昨年の鬼怒川の洪水や, 平成25年の淀川水系での大雨に代表されるように, 近年は雨の降り方が以前と変わってきております。従来の治水計画, あるいは利水計画は, 治水であれば過去の雨を確率処理をして, 100年に1回とか200年に1回の雨に対する安全度を確保していこうとしていますし, 利水であれば, 確率という以前の話として, 過去のある特定の期間の計算をして, 10年に1回, 実際は5年に1回, 3年に1回の渇水に対する安全度が確保できるように施設整備をしてきているわけですが, それらの前提となる雨の降り方が以前とは変わってきているわけでありませう。

そういう中で, われわれは何をなすべきか。当然ながら, 災害が起こる前の施設の強化, 洪水, 渇水に対してはもちろんのこと, とくに, 近年頻発している大規模な地震に対応する「耐震」も最優先の対策の一つです。さらに, 実際災害が発生したときの施設の操作も重要であり, これまで経験と勘に頼りながらも操作できてきた部分は, もう少し科学的かつ技術的な裏づけにもとづいて, どの施設においても体系化・共通化ができるように技術を発展していく必要があると思います。

さて, 当機構が管理する水路は約3,000km, このうち, 規模の大きな幹線水路は約1,000km, うちトンネルは約300kmであり, 大きなウエイトを占めております。

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

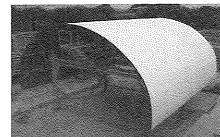
セントル型枠

加温しながら初期強度を上げる
加温養生(型枠)



第二養生

加温と湿潤を同時に行い品質向上
加温・湿潤養生



第三養生

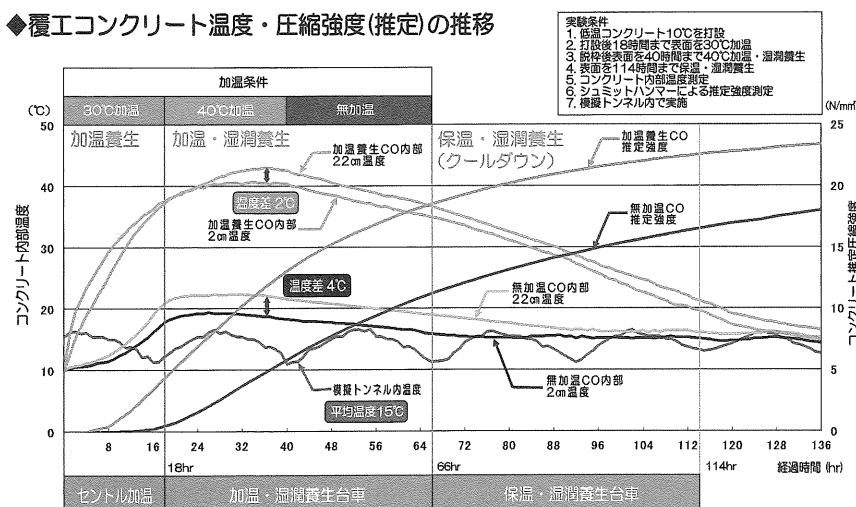
保温湿潤しながら急激な変化を防ぐ
保温・湿潤養生



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

TOUJOU
株式会社 東 宏

一方で、水資源機構が抱える基幹的な水路システムは、道路や水道などとは異なり、ネットワーク化することが容易でなく、バイパス機能を持たない場合が一般的です。このため、1か所寸断されただけでも水供給に大きな影響を与える可能性があります。

これまで、とくに山岳トンネルは一般に耐震性に富む構造物と言われてきましたが、既往の研究によって、地震の規模や震源からの距離によっては覆工コンクリートのひび割れや圧ざ(曲げ圧縮破壊)、トンネル内の崩壊などの被害を生じることがあるとされており

そのうえで、当機構の水路トンネルにおいては、①常時通水をしているため、内部の点検などが困難であり、補修などが必要な場合も断水などの制約が伴う場合が多い、②トンネル内で崩壊などの被災があった場合、断面閉塞が生じ、上流からの溢水などの第三者被害が懸念される、③道路トンネルと比べると断面が小さく、復旧作業が困難、あるいは復旧に長期間を要する、といった特徴があるため、耐震性を有しない水路トンネルの存在は大規模地震などの発生時においては大きなリスクとなると考えております。

このため、当機構においては、平成25年度～平成29年度までを目標年次とする第3次中期計画において、トンネルを含めたすべての施設を対象に、「ダム・水路等施設の耐震性能の強化を図り、安全性に係る信頼を高めるために、大規模地震に対する耐震性能照査を実施し、その結果を踏まえ、計画的に耐震対策を実施する」こととしております。現在、利根導水路(群馬県、埼玉県、東京都)、房総導水路(千葉県)、豊川用水(愛知県)において取水堰やトンネル、水路などの耐震補強工事を実施しております。このうち、豊川用水においては、本年度まで、主に土砂トンネルの耐震化を進めてきましたが、来年度からは山岳部の岩トンネルの耐震補強工事に着手することとしております。また、これら水路の耐震補強工事においては、工事期間中の仮廻し水路として併設水路を造成することとしておりますが、耐震工事が完了した後は、施設点検や補修などを行う際のバイパス水路として活用し、施設の長寿命化とリスク管理の充実を図ることとしております。

本協会会員の皆様にはこれからも何かとお世話になります。どうぞよろしくお願いたします。

施工

開業を迎えた北海道新幹線(新青森・新函館北斗間)のトンネル群

鉄道・運輸機構新幹線部長 深 沢 成 年
 鉄道・運輸機構新幹線部新幹線第三課長 種 田 昇
 鉄道・運輸機構新幹線部新幹線第三課 橋 本 浩 市

1 はじめに

北海道新幹線(新青森・新函館北斗間)は、2005(平成17)年4月に着手し、11年の歳月を経て、ついに開業した。津軽海峡を挟んで本州と北海道を結ぶ総延長約149kmのうち、津軽海峡線として既に開業している区間を除く新線区間では、12本のトンネル(合計延長約25km)の建設に取り組んできた。開業にあたり、関係者への大いなる感謝の意を表するとともに、トンネルの概要と新設した主要なトンネル(津軽蓬田トンネル、渡島当別トンネル、新茂辺地トンネル)について述べ、建設の足跡を振り返りたい。

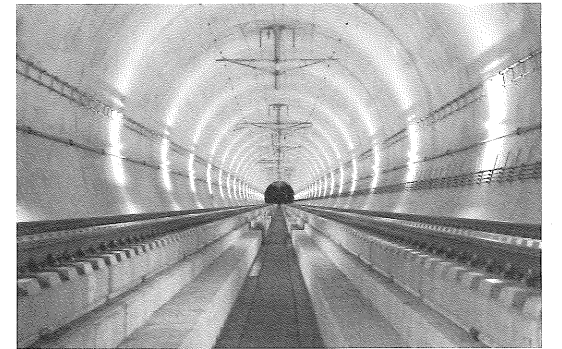


写真-1 完成した津軽蓬田トンネル

2 北海道新幹線(新青森・新函館北斗間)の概要

2-1 建設経緯

北海道新幹線は、函館市付近、小樽市付近を經由して青森市と札幌市を結ぶ路線である。

新青森・新函館北斗間については、2005(平成17)年4月に工事実施計画が認可され、工事に着手した。線路延長は148.8km、工事延長は148.3kmで、このうち青函トンネルとその前後の区間の82.0kmは、津軽海峡線として1988(昭和63)年3月に開業しており、新幹線と在来線が共用走行している。

2-2 路線概要

新青森駅から最初のトンネルである阿弥陀トンネル入口までの約18.6kmは、青森市北西部および蓬田村内の水田地帯と山裾を高架橋や橋梁で通過する。阿弥陀トンネルからは、津軽山地南東部に入るため、SENS(シールドを用いた場所打ち支保システム)で施工した津軽蓬田トンネル(延長6,190m)を最長とする6本のトンネルが連続する。最後の館沢トンネルを抜けると、蟹田川、主要地方道鱒ヶ沢・蟹田線、JR津軽線、JR津軽海峡線などと橋梁で交差し、新幹線と在来線との共用走行区間(以下「共用区間」)へと続く。

共用区間に入ると、大平トンネルや津軽トンネルを経ながら奥津軽いまべつ駅に至る。その後、7本のトンネルを経て、青函トンネル(延長53,850m)へと入っていく。

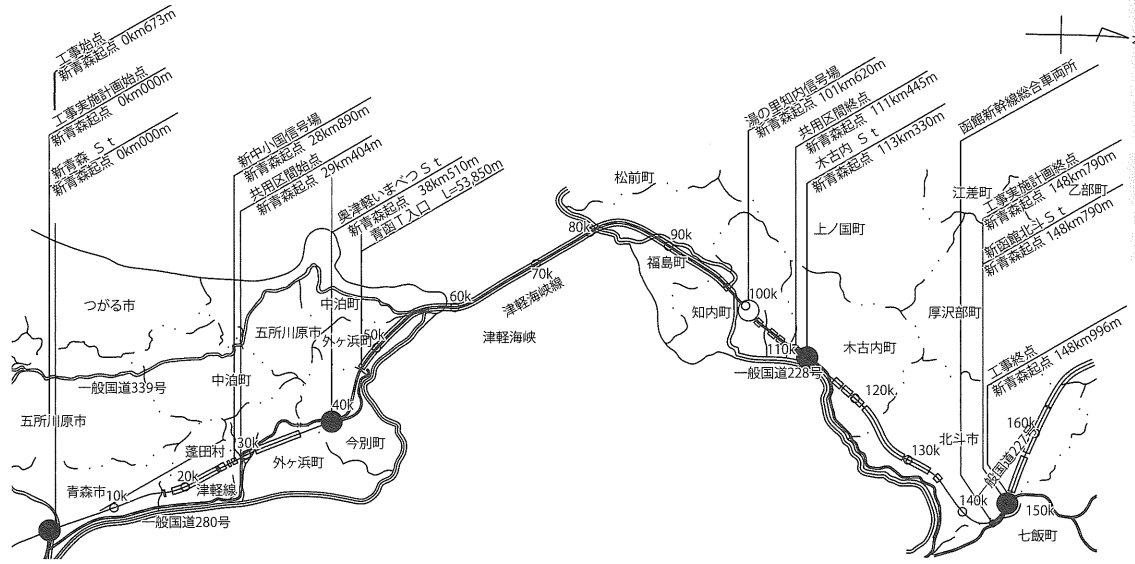


図-1 新青森・新函館北斗間線路平面図

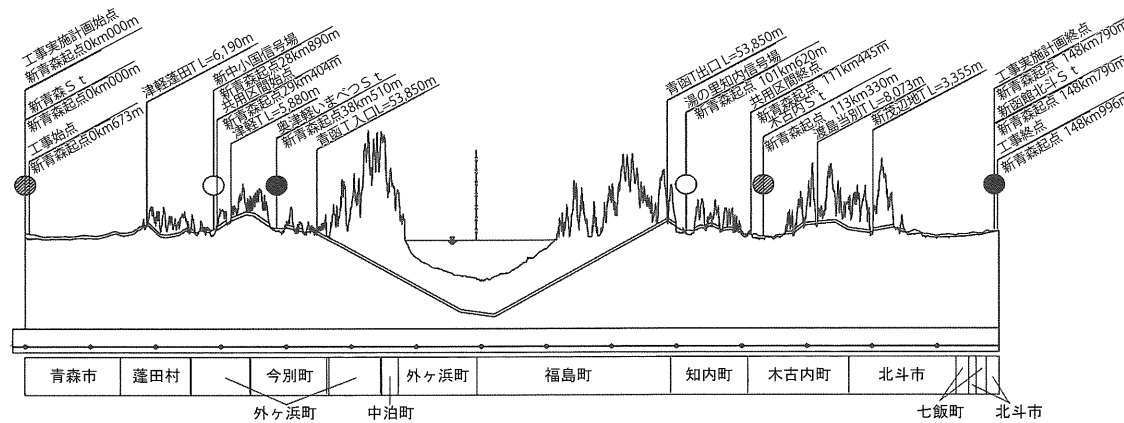


図-2 新青森・新函館北斗間線路縦断面図

青函トンネルを出たあとは東進し、木古内川の手前で在来線と新幹線に分岐し、木古内駅に至る。木古内駅を出たあとは、新線区間で最長の渡島当別トンネル(延長8,073m)をはじめ、6本のトンネルが連続する。トンネルを抜けると渡島平野に入り一気に視界が開け、右手に函館山を眺めながら、新函館北斗駅に至る。

なお、新函館北斗駅の手前2km付近には、新幹線車両の留置や日常点検に加え、自動車の車検にあたる台車検査、全般検査など車両検査のすべてを担う工場設備を有する函館新幹線総合車両所がある。

2-3 トンネルの概要

共用区間を除く新青森・新函館北斗間のトンネル延長は24.6kmで、今回工事延長の37%に相当する。トンネル一覧(延長1,000m以上)を表-1に示す。トンネルは、2005(平成17)年9月の渡島当別トンネルの工事着手に始まり、2012(平成24)年10月の津軽蓬田トンネル貫通を最後に、すべてのトンネルが貫通した。

新線区間は、全線を通じてNATMによるトンネル掘削を基本としているが、本州方新線区間の津軽蓬田トンネルでは、地質状況からSENS(シールドを用いた場所打ち支保システム)により施工

表-1 おもなトンネル(延長1,000m以上)

区間	名前	延長
本州方新線区間	津軽蓬田T	6,190m
	大平T	1,510m
共用区間	津軽T	5,880m
	大川平T	1,337m
	青函T	53,850m
	第一湯の里T	1,167m
	第二湯の里T	1,638m
	第二重内T	1,218m
北海道方新線区間	第一森越T	1,634m
	札刈T	1,235m
	幸連T	1,410m
	泉沢T	1,720m
	渡島当別T	8,073m
	新茂辺地T	3,345m



写真-2 青函トンネル本坑の内空断面測定

べり地形を通過する新茂辺地トンネル(3-3節で詳述)がある。

一方、共用区間のトンネルは、津軽海峡線が開業した1988(昭和63)年3月までに新幹線規格で完成済みであり、現在に至るまで供用されている。とくに青函トンネルは、海底トンネルという特殊性から、供用後のトンネルの長期的な健全性の確保が不可欠であり、開業当初から今日まで、内空計測や湧水圧測定などの調査を実施(写真-2)するとともに、構造物の耐久性能の評価と健全性の検証を行っている。このように広範囲の事項の変化を長期にわたって継続して計測したことは世界的に見てもまれなことであり、そのことが今後のトンネル工学・技術に大きく貢献すると評価され、2013(平成25)年度土木学会技術賞を受賞している。

3 新線区間の主要なトンネル

3-1 津軽蓬田トンネル

3-1-1 概要

津軽蓬田トンネルは、青森県東津軽郡蓬田村から外ヶ浜町に至る延長6,190mの山岳トンネルである。2009(平成21)年11月に掘削を開始し、2012(平成24)年10月に貫通した。本トンネルは、当該区間の地質状況から、掘削切羽の安全性を確保するため、SENS(シールドを用いた場所打ち支保システム)による機械化施工を採用し、施工を行った。

SENSは、東北新幹線三本木原トンネルの約3,000m間で2004~2006(平成16~18)年にかけて

を行った。

本州方6本のトンネル群の地質は、昭和50年代後半~60年代に施工した津軽海峡線津軽トンネルなどと同様な未固結な砂を主体とする蟹田層が基盤である。蟹田層は地質の特徴から、蓬田部層、瀬辺地部層、砂川沢部層に分類される。蓬田部層は、全体として固結度が低く帯水層となっており、層相は側方または上下方向に大きく変化する特徴を有する。瀬辺地部層は、軽石質凝灰岩と中・細粒砂の薄互層によって特徴づけられる。砂川沢部層は、全体として均質で塊状無層理の固結した砂岩層からなる。代表的なトンネルとして、SENSによる機械化施工を採用した津軽蓬田トンネル(3-1節で詳述)がある。

北海道方6本のトンネル群の地質は、先新第三紀の堆積岩類および深成岩類からなる上礫地塊を基盤とし、これを不整合に覆う新第三紀層が広く分布する。新第三紀層は中新世から鮮新世の八雲層と黒松内層からなり、ルート上の地質のほとんどを占めている。これらの地層は褶曲が多数発達するほか断層も多く複雑な地質構造を呈しているため、当該区間は同一の地層がくり返し出現している。代表的なトンネルとして、新線区間最長の渡島当別トンネル(3-2節で詳述)や、大規模地す

初めて開発、採用されたものであり、「密閉型シールドにより掘削および切羽の安定を図り、シールド掘進(Shield)と平行して一次覆工となる場所打ちコンクリートライニング(ECL)によりトンネルを支保し、一次覆工の安定を計測により確認したのち、湧水処理工と力学的機能を負荷させない二次覆工を施工(NATM)してトンネルを完成させる工法(System)」としており、各用語の頭文字をとってSENSと命名されている(図-3)。津軽蓬田トンネルでの施工は2例目となる。

3-1-2 地質

津軽蓬田トンネルの通過する地層は、未固結な砂を主体とする蟹田層が基盤であり、蓬田部層、瀬辺地部層、砂川沢部層に分類される。

蓬田部層は、全体として固結度が低く帯水層となっており、層相は、側方または上下方向に大きく変化する特徴を有する。瀬辺地部層は、軽石質凝灰岩と中・細粒砂の薄互層によって特徴づけられる。砂川沢部層は、全体として均質で塊状無層

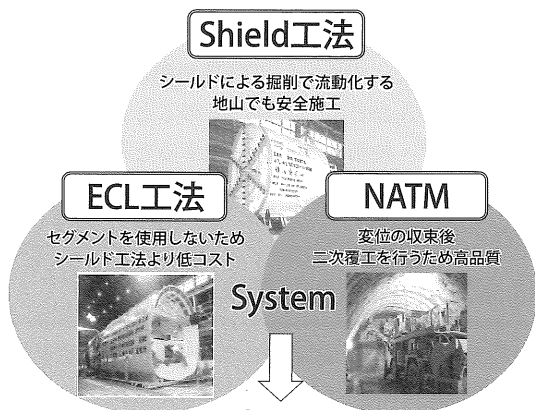


図-3 SENSとは

理の固結した砂岩層からなる。蟹田層の一部は細粒分含有率9%、均等係数3.0と非常に流砂を生じやすい砂層である。

また、地下水位はおおむねトンネル天端以上(最大、天端+34m)である。

3-1-3 縦断線形の変更

SENSはシールドで掘削を行うため、切羽の安全性は十分に確保されるが、シールド製作などの初期投資が大きいため、経済性を高めるため、可能な限り施工延長を伸ばす必要があった。このことから、当初6本のトンネル群として計画していた縦断線形を変更し、1本のトンネル(津軽蓬田トンネル)とした(図-4)。

3-1-4 高速掘進

新青森・新函館北斗間を所定の時期までに完成させるためには、過去のSENSの実績である東北新幹線三本木原トンネルの平均月進110mを大幅に更新し、高速で掘進することが求められた。このことから、一次覆工コンクリートの性能および機械設備改良などを行う必要があったため、以下の検討を行った。

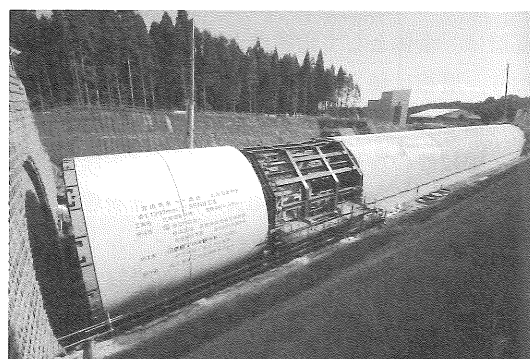


写真-3 地上発進状況

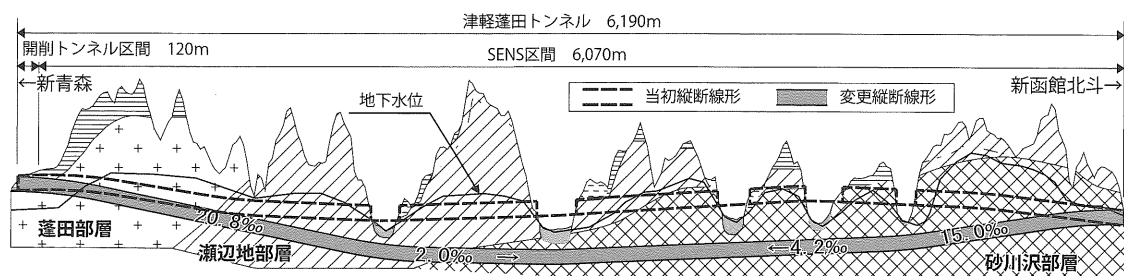


図-4 津軽蓬田トンネル地質縦断図

(1) 一次覆工コンクリートの性能改良

SENSの一次覆工コンクリートは、一次圧送ポンプ、レミキサを経て、二次圧送ポンプへ送られシールドの掘進と同時にコンクリートを圧送打設する(図-5)。

SENSで用いる一次覆工コンクリートに求められる性能としては、

- ① 狭隘箇所へ締固めなしで充填可能な高流動性
- ② 高水圧下で打設するため水中分離を生じない粘性
- ③ 内型枠の早期脱型を可能とする初期強度の発現性
- ④ 長時間にわたり断続的にポンプ圧送可能とするフレッシュ保持性

が挙げられる。

一方、高速掘進を目指すにあたって、従前の三本木原トンネルと同様の配合では、

- ① 粘性が高く圧送抵抗が高くなる
- ② 1回の連続掘進距離を伸ばすと1日半ごとに配管の清掃が必要となる
- ③ 季節変動によるコンクリートの温度変化により安定した掘進ができない

といった課題があった。

そこで、以下の性能改良を行い、連続掘進などの施工性能の大幅な改善を図った。

- ① 粘性が低く、圧送性を改善した新配合を開発
- ② 要求性能の見直しを行い(表-2)、一定時間経過後の流動性を維持する(図-6)ことで、連続掘進によるポンプ油圧の上昇を抑制
- ③ 温度変化に応じた高性能AE減水剤などの調整を行い、安定したコンクリート性状を確保

(2) マシン設備の改良

マシン設備および内型枠について、表-3に示す

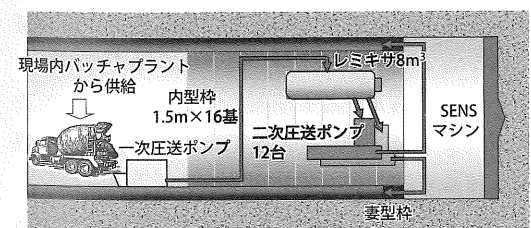


図-5 SENSの一次覆工コンクリート打設設備

改良を行い、掘進速度の向上、施工時間の短縮、組立て・解体作業の大幅な効率化を図った。

(3) 高速掘進検討のまとめ

高速掘進技術の開発を行った結果、下記の成果を得ることができた。

- ① 一定時間経過後の流動性に優れた一次覆工コンクリートの開発により、ライン清掃の回数を減じ、高速掘進を実現
- ② 二次圧送ポンプを増設し、コンクリート打設能力を改善することにより掘進速度を向上
- ③ 内型枠の幅(L=1.2m→1.5m)や軸方向挿入などのマシン構造の変更で内型枠の組立て、解体を効率的かつ安全に施工

本トンネルでは、2012(平成24)年6月に最高月進367.5m、ビット交換を除く平均月進190mとシールド工法なみの高速掘進を実現した(図-7)。

未固結合水地山における山岳工法(NATM)と同等以下の工事費で施工でき、経済性にも優れた高

表-2 要求性能の見直し

項目	津軽蓬田T	三本木原T
スランブフロー	650±50mm	600±50mm
フレッシュ保持性	所定のフレッシュ保持時間における50cmフロー到達時間が180秒以下	4時間後のスランブフローが練上り時の80%
強度性状	材齢24時間強度で15N/mm ² 以上、材齢28日強度で30N/mm ² 以上	
ポンプ圧送性	3インチ配管で30mの距離に5m ³ /hを打設可能	
材料分離抵抗性	圧送および充填時に材料分離を生じない	
水中不分離性	pH=12.0以下 懸濁物質量500mg/L以下	pH=12.0以下

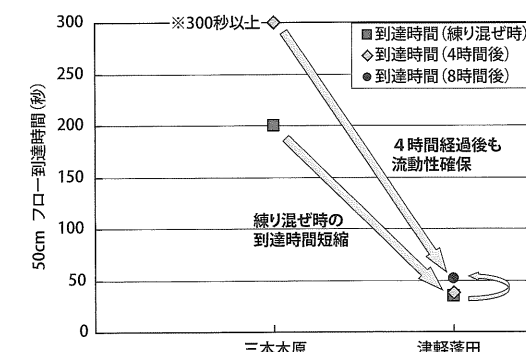


図-6 50cmフロー到達時間の低減

表-3 三本木原トンネルとの各種設備の比較

項目	改良目的	三本木原トンネルとの比較	貫通時の評価
施工速度の向上	一次覆工コンクリート打設能力の向上	コンクリート打設ポンプ 6台→12台	打設速度が約2倍に増加
	内型枠幅の増幅により組立て回数低減	1リング内型枠幅 1.2m→1.5m	組立て回数が20%低減
品質確保・施工性の向上	内型枠組立てボルトの剪断力の低減 (内型枠変形の抑制)	内型枠構造 半径方向挿入型→軸方向挿入型	到達時においても、有害な内型枠の変形などはみられない
	妻型枠部のメンテナンス性の向上	妻型枠ジャッキストローク 0.9m→1.6m	妻枠背面の清掃作業性が改善
長距離施工	カッタビットライフの長寿命化	カッターモータ 定速回転→変速回転 ビット配置 2段段差→4段段差	中間立坑でのビット交換の効果もあり、ビット残量に余裕をもって到達
	坑内走行車両台数の低減	発生土の坑内搬送方法 ダンプトラック→連続ベルトコンベヤ	坑内の車両が大幅に減少

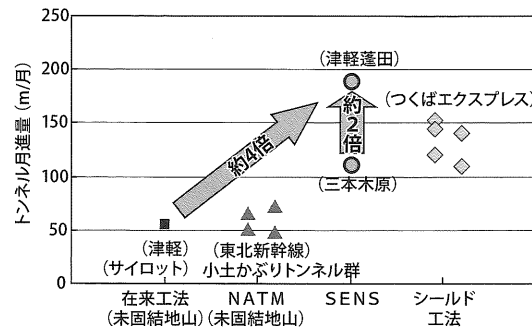


図-7 掘進速度の向上

速掘進技術を確認したことが評価され、2012(平成24)年度土木学会技術賞を受賞している。

3-2 渡島当別トンネル

3-2-1 概要

渡島当別トンネルは、北海道木古内町から北斗市に至る延長8,073mの山岳トンネルで、新青森・新函館北斗間の新線区間で最長である。2005(平成17)年4月の認可後、最初のトンネル工事として2005(平成17)年9月に掘削を開始し、約4年後の2009(平成21)年8月に貫通した。

3-2-2 地質

トンネル起点方は硬質頁岩層の八雲層が主である。全体として大規模な向斜地形を形成しており、この八雲層は緩い傾斜の褶曲構造を示し、5本の褶曲軸が存在する。一方、終点方は坑口付近が八雲層、ほかは砂質泥岩層主体で、一部、凝灰岩層

や砂岩層を挟在する黒松内層である。褶曲軸は1本のみだが、比較的岩相の変化が激しい。このため、地山状況に応じて支保パターンをこまめに変更したり、長尺先受け工や長尺鏡ボルト工といった補助工法を併用しながら掘削を行った。

3-2-3 高品質吹付けコンクリートの開発

これまで新幹線のトンネル工事で採用されている高品質吹付けコンクリートは、材料としてシリカフェュームや石灰石微粉末の使用を基本としている。しかし、シリカフェュームは輸入に依存しているため、供給量およびコストが不安定となるリスクがあった。また、石灰石微粉末については再生材料で置き換えることができれば、採取時の環境負荷の低減およびコスト削減につながる事が考えられた。北海道地区では、再生材料としてフライアッシュと高炉スラグ微粉末の安定供給が可能であったことから、これらを用いた新たな高品質吹付けコンクリートの開発を本トンネルの施工で行った。

施工にあたっては、事前に室内試験および実機試験を行い、新たな吹付けコンクリートのフレッシュ性状、施工性および硬化性状を確認した。この試験結果を踏まえ、実施工においてはその再現性を確認するとともに、従来の吹付けコンクリートとの比較検証を目的として、起点側の坑口から2,000m程度を従来の吹付けコンクリートで施工

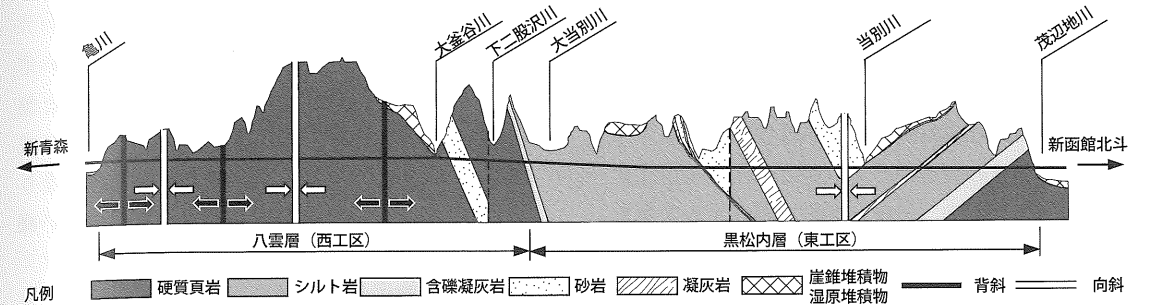


図-8 渡島当別トンネル地質縦断面

表-4 試験施工における吹付けコンクリートの配合

配合	粗骨材の最大寸法(mm)	スランプの範囲(cm)	水結合材比(%)	水セメント比(%)	細骨材率(%)	単 位 量(kg/m ³)										
						水	セメント	シリカフェューム	細骨材	石灰石微粉末	フライアッシュ	高炉スラグ微粉末	粗骨材	高性能減水剤	一次水	二次水
現配合	15	8±2	60	—	62	216	342	18 ^{注1}	1,039	60 ^{注2}	—	—	686	1.8 ^{注4}	108.8	107.2
新配合	15	18±2	—	56	62	202	360	—	1,057	—	42 ^{注3}	18 ^{注5}	702	2.7 ^{注4}	117.0	85.0

注1 シリカフェュームは、セメントの内割りで5%置換とした。

注2 石灰石微粉末は、細骨材の内割りで5%置換とした。

注3 フライアッシュと高炉スラグ微粉末の割合は7:3とし、細骨材の内割りで5%置換とした。

注4 高性能減水剤は、現配合ではセメント×0.5%、新配合ではセメント×0.75%とした。

を行い、残りの区間に新配合の吹付けコンクリートを使用して施工を行った。

(1) 試験施工における吹付けコンクリートの配合

表-4は試験施工における吹付けコンクリートの配合である。ここでは、シリカフェュームと石灰石微粉末を使用した従来の配合を現配合とし、今回採用したフライアッシュ(JIS規格II種)と高炉スラグ微粉末(JIS規格4,000級)を混入した配合を新配合として示している。なお、フライアッシュと高炉スラグ微粉末の混合割合は、室内試験や実機試験を実施して定めた。

単位結合材量は、現配合ではセメントとシリカフェュームの合計で360kg/m³、新配合ではセメントのみで360kg/m³である。また、新配合は現配合と比べて粘性が高い性質があることから、ポンプ圧送時に施工性が低下することが懸念された。そのため高性能減水剤を増量し、目標スランプを18cmまで上げている。

表-5 試験施工における強度試験結果

	3時間強度 σ _{3h} (N/mm ²)	24時間強度 σ _{24h} (N/mm ²)	28日強度 σ _{28d} (N/mm ²)
現配合	1.75	12.02	31.24
新配合	2.21	16.47	31.54
管理基準強度	1.5以上	8.0以上	18.0以上

(2) 試験施工における吹付けコンクリートの強度
新配合の吹付けコンクリートの強度は、当機構で定める管理基準強度を十分に満足し、現配合と同程度の結果となった(表-5)。

(3) 経済性

新配合では単位あたりのセメント量および高性能減水剤量が増加しているが、結果として材料費のみで1割弱のコスト縮減となった。これは、新配合で使用しているフライアッシュと高炉スラグ微粉末が北海道で安定供給が可能なりサイクル材料であることから、コスト低下にも貢献したものである。

3-3 新茂辺地トンネル

3-3-1 概要

新茂辺地トンネルは、北海道北斗市に位置する延長3,345mの山岳トンネルである。施工は、トンネル起点側の西工区と終点側の東工区の2工区に分割して行われ、2007(平成19)年11月に掘削を開始し、2012(平成24)年3月に貫通した。

本トンネルは、両坑口とも条件の違う地すべり地形となっている。起点側の西工区は地すべり土塊の中を掘削する中、高水位の地下水を積極的な水抜き工により低下させ施工し、終点側の東工区では、不安定な地すべり土塊をトンネル掘削土を利用した大規模な押え盛土により抑制している。

3-3-2 地質

新茂辺地トンネルを含む北海道西部の松前半島には黒松内層が広く分布する。堆積時期は新第三紀であり、砂岩を主体とし砂岩、泥岩の砂質岩相で礫岩、凝灰岩の薄い層を含む。また、周辺の斜面上には崖錐堆積物が広く分布している。

3-3-3 起点側坑口部の施工

西工区の坑口となる茂辺地川北東側斜面は、大規模な地すべり地形を呈している。本トンネル周辺も比較的大きな地すべり地形内に位置しており、陥没帯、滑落崖などの地すべり地形特有の地形が

認められる。

坑口から約500m進んだ位置の地表部において、地すべりにより破碎帯が陥没して形成されたと想定される陥没帯地形が観測されている。地山状況は緩んでおり、地下水がトンネル天端よりかなり高位で存在し、旧すべり面は著しく強度の低い礫混り粘土となっている。

(1) 坑口部の施工

掘削においては、とくに軟弱な地すべり堆積物が分布する坑口付近において、トンネル天端の補助工法として、注入式長尺フォアパイリング工を実施した。

坑口部の支保パターンを図-10に示す。掘削時の切羽状況は、想定されたとおり切羽全面が地すべり土塊内であり、亀裂や空隙に流入粘土を挟み、土砂化、風化が著しく発達していた。また、岩塊がランダムに堆積した状態や、ときには10cm以上の大きな空洞がみられることもあった。

掘削中には、土砂化した部分からの抜落ちや岩塊ブロックの落下など、切羽からの小規模な崩落が発生したが、補助工法の効果もあり、無事に通過することができた。

(2) 陥没帯部の施工

追加の地質調査によって、地質や貯留帯の状況

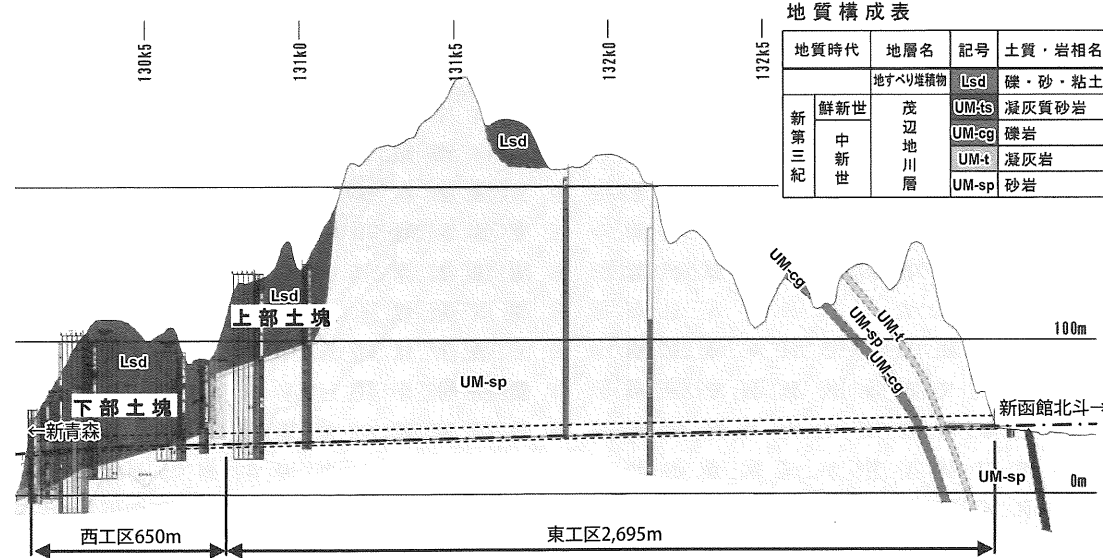


図-9 新茂辺地トンネル地質縦断面図

を詳細に捉えていること、また、陥没帯部での減濁水による周辺の影響が少ないことから、一般的に工期や工費で有利な排水工法で対応することとし、坑内からの水抜きボーリングを採用した。

水抜きボーリングは、水抜きの効果を確実に得るために、貯留帯と想定される位置に向けて、角度を決定して施工することとした。さらに、水抜きボーリングで排水しきれない残留水に対応するため、ドリルジャンボによる水抜き削孔(15~50m)を施工することとし、できる限り地下水位を低下させる体制を取った。

水抜きボーリング孔からの湧水状況を写真-4に示す。最大湧水量は1,200L/分を記録し、水抜き

工により、掘削中の切羽から湧水はほとんど観測されなかった。

3-3-4 終点側坑口部の施工

東工区の坑口部は、起点側に向かって掘削を進め、約200m掘削が完了したところで、降雪から防護するため掘削機械を坑内に退避させ、年明けの作業に備え休暇に入った。しかしながら、その翌日午後、本線左側斜面が前日からの大雨により突然崩落し、坑内にまで土砂が流入し、トンネルは閉塞された(写真-5)。

この崩落により、明り区間の長大法面に大規模な地すべり跡が確認されたことから、施工中を含む構造物に対する安全性について、現況調査と地すべり防護対策の検討を行った。

(1) 現況調査

当該地区の現況を把握するため、坑口部長大法面を包括する現況地山を正確に調査し、現況地形、地質状況、地山物性値を把握することを目的とした現地調査を実施した。その結果、不安定ブロック化が懸念される地すべりブロックとして、図-11に示すAブロック、A'ブロック、Bブロックを特定した。

1) Aブロック

現在有意な活動は認められないが、新幹線トンネルに対し長期的な安全性を確保する必要があるため、恒久的な地すべり対策が必要である。

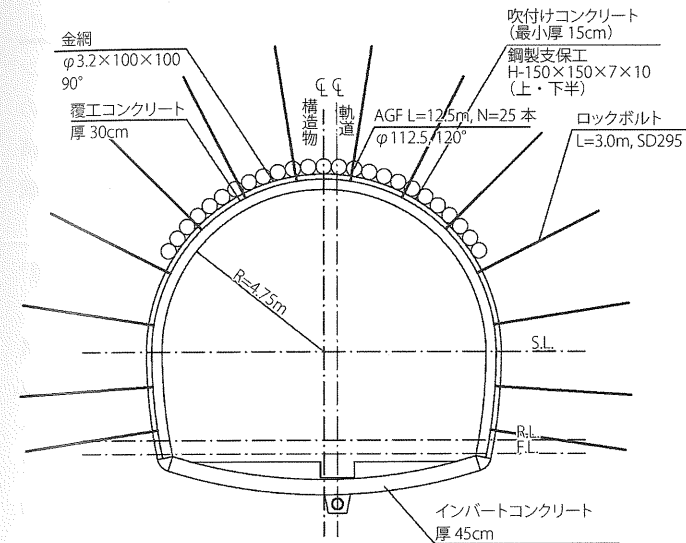


図-10 坑口部支保パターン図



写真-4 ボーリング孔からの湧水状況



写真-5 終点側坑口部崩落状況

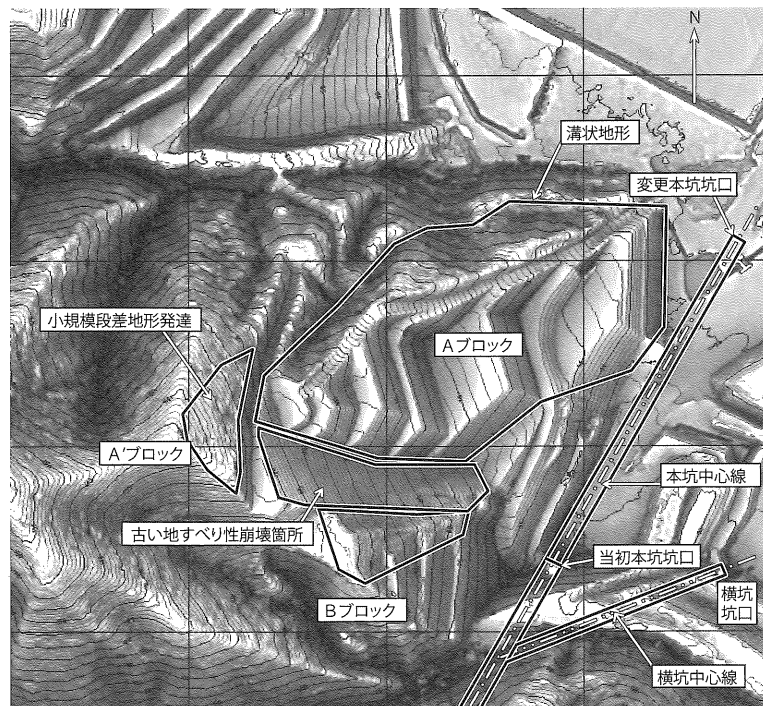


図-11 地すべりブロック特定図

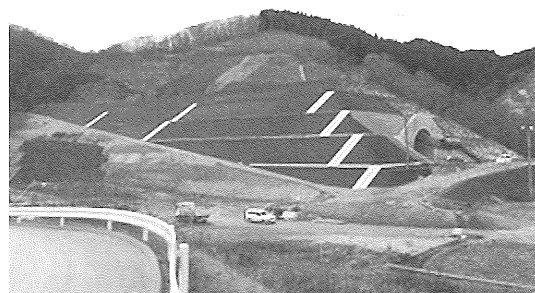


写真-6 終点側坑口部押え盛土工

2) A'ブロック

もともとAブロックの頭部を形成していたが、地権者の切土掘削によりAブロックから分離され、末端の押えが取り除かれた不安定形状を示しており、早急な対策が必要である。

3) Bブロック

古い地すべり性崩壊箇所の坑口南側上部斜面に位置しており、片側側面のない三角状の地形を呈し不安定な形状を示しており、A'ブロックと同

様に早急な対策が必要である。

(2) 対策工の実施

A'ブロックおよびBブロックの対策工については、もっとも本線への影響の高い上部崩積土砂を除去し、表面保護を目的とした緑化を行うこととした。

A'ブロックについては、対策工として抑止工や排土工、押え盛土工が考えられたが、比較検討の結果、トンネル発生土を有効に利用できる押え盛土工によることとした(写真-6)。

4 おわりに

新青森・新函館北斗間のトンネル施工にあたっては、数々の難条件を克服し、安全かつ経済的な施工を行うため、学識経験者を含む技術委員会を設置し、

適切な技術を導入するべく指導、助言をいただいた。以下、委員会の経緯について記述する。

「北海道新幹線(本州方)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)」では、津軽蓬田トンネルをはじめとした本州方のトンネルを対象とし、2006～2013(平成18～25)年度までご指導をいただいた。「北海道新幹線(北海道方)トンネル施工技術委員会(委員長：三上隆・北海道大学教授)」では、渡島当別トンネルや新茂辺地トンネルをはじめとした北海道方のトンネルを対象とし、2006～2012(平成18～24)年度までご指導をいただいた。委員会関係の皆様のご協力のおかげで、無事開業を迎えることができました。改めて感謝、お礼申し上げます。

最後に、11年間の長きにわたり、北海道新幹線の工事にご理解と温かい応援をいただいた沿線住民の皆様、ならびに関係者の皆様に、誌面を借りてお礼申し上げます。

付表 北海道新幹線 新青森・新函館北斗間 『トンネルと地下』への発表(2005(平成17)年以降)

第一著者	主 題	副 題	区間	巻 号	年 月
土谷 幸彦	青函トンネルの覆工の長期的挙動に関する研究		②	Vol.39, No. 8	2008.08
長谷川正明	未固結地山の小トンネル群をSENSで一本化	北海道新幹線 津軽蓬田トンネル	①	Vol.40, No. 4	2009.04
齊木 功	坑口を延伸したトンネル一体型の押さえ盛土で大規模斜面を防護	北海道新幹線 新茂辺地トンネル 東工区	③	Vol.40, No. 9	2009.09
小川 淳	小土かぶり区間のSENSによる初期掘進	北海道新幹線 津軽蓬田トンネル	①	Vol.41, No.10	2010.10
松井 康彦	高規格道路との交差計画を考慮したトンネル坑口部の設計・施工	北海道新幹線 札苅トンネル	③	Vol.42, No. 8	2011.08
三上美輝雄	長距離掘進SENSのカッタービットの摩耗状況を中間立坑で確認	北海道新幹線 津軽蓬田トンネル	①	Vol.43, No. 3	2012.03
若公 雅敏	小土かぶり3区間を地表または坑内からの対策工と計測管理で掘る	北海道新幹線 万太郎トンネル	③	Vol.43, No.11	2012.11
宮寄 俊彦	SENSで平均月進190mを達成	北海道新幹線 津軽蓬田トンネル	①	Vol.44, No. 7	2013.07
宮寄 俊彦	SENSの一次覆工の構造安定性評価法についての現場計測と三次元解析	北海道新幹線 津軽蓬田トンネル	①	Vol.45, No. 6	2014.06

区間 ①新青森-奥津軽いまべつ ②奥津軽いまべつ-木古内 ③木古内-新函館北斗

■ 図書案内

地下水の科学 全3巻

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

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



第I巻 地下水の物理と化学
4,078円+税 B5判

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

第II巻 地下水環境学
4,272円+税 B5判

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

第III巻 地下水と地質
3,689円+税 B5判

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

株式会社 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



「世界遺産の登録をめざす」長崎県新上五島町より

西尾 泰三

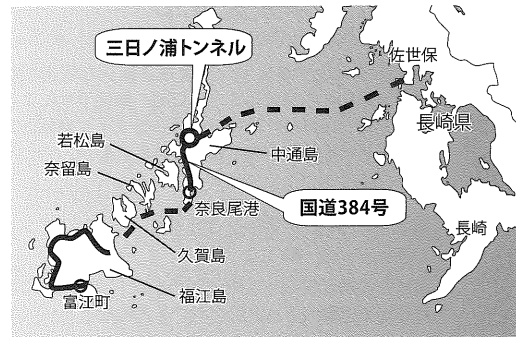
新上五島町は、長崎県の海上はるか西に位置する五島列島の北側、中通島にある。五島列島は、中通島、若松島、奈留島、久賀島、福江島と南西の方角に並んでおり、中通島と若松島は連絡橋でつながっているが、その他の島へは船での移動となる(福江島のみ飛行場あり!)

この地域には、16世紀の大航海時代に西洋から日本へキリスト教が伝わったが、その後の日本におけるキリスト教は「伝播と普及」「禁教下の継承」「解禁後の信仰の復帰」という世界に類を見ないプロセスを辿った。この地域に現存する教会群は明治のキリスト教解禁による開花の結果であり、「長崎の教会群」はこの独自の歴史とキリスト教が日本に根づいていく過程を示す貴重な文化遺産(新上五島町には29ものカトリックの教会が存在している)となっている。

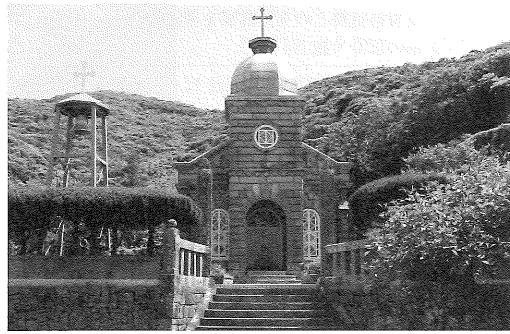
そしてこれらは「長崎の教会群とキリスト教関連遺産」として、2007(平成19)年1月、世界遺産の「暫定リスト」に登録され、2014(平成26)年度のユネスコへの国内推薦決定、2016(平成28)年度の世界遺産登録を目指している(新上五島町で登録される予定のものは、頭ヶ島天主堂のみ)。

五島はこのように文化遺産に恵まれている一方、日本三大うどんのひとつとも言われる「五島うどん」、ハコフグを味噌焼きにした「かっつぽ」、さつま芋ともち米を一緒についた「かんころ餅」など、郷土料理も豊富である。

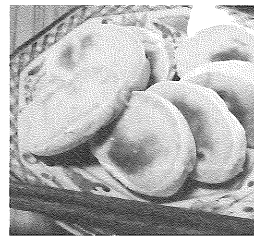
さて、一般国道384号は、長崎県五島列島の南端に



位置図



頭ヶ島天主堂



かんころ餅

位置する福江島の五島市富江町を起点に、中通島の新上五島町を経由し、佐世保市に至る延長約100kmの幹線道路である。このうち、新上五島町の中通島においては長崎市と連絡するフェリーやジェットfoilが就航している奈良尾港を起点に島の西岸を縦走している。この道路は島内の人口集積地区である青方、浦桑地区を経由し、佐世保港との連絡港である有川港に至る延長約30kmの道路となる。当該三日ノ浦トンネルは延長794mで、新上五島町の未改良区間の中でも線形が悪く、幅員が狭いことから、大型車の離合困難箇所の解消および上五島間の地域連携支援を目的として整備している区間の一部である。

2016年1月末現在、トンネル掘削も80mに達し、防音扉を二重に設置して発破掘削を開始していくことになる。地元の方々との交流を深めながら環境にも配慮し、安全でより良いものを作り上げるために職員、協力会社一丸となって早期完成を目指す所存である(竹中・なかはら・大坪特定建設工事共同企業体(仮称)三日ノ浦トンネル作業所現場代理人)

施工

河川・都市施設と都市高速道路トンネルの一体整備

一阪神高速道路2号淀川左岸線 正蓮寺川トンネル一

阪神高速道路(株)建設・更新事業本部大阪建設部担当部長 藤田 哲夫
阪神高速道路(株)建設・更新事業本部大阪建設部企画・設計課長 佐々木 一 則

1 はじめに

阪神高速道路(株)が整備を進めてきた阪神高速2号淀川左岸線のうち、大阪市此花区島屋から同区高見の4.3kmが2013(平成25)年5月に開通した。この開通により「大阪都市再生環状道路」(約60km)の一翼を担う淀川左岸線の1期区間が完成した。3号神戸線と5号湾岸線の直結により、大阪都心北部からの通過交通の分散による都心部の慢性的な交通混雑の緩和とともに、大阪ベイエリアと都心部を結ぶ東西の交通軸の強化により物流の効率化が図られた。

本事業では、都市土木ゆえの種々の制約条件下での難しさだけでなく、1級河川正蓮寺川の陸地化にあたっての汚染物質への対応や、河川と都市(公園、下水、歩行者専用道路)と道路の整備を一体的に進める正蓮寺川総合整備事業の一環として、事業特有の多くの課題や困難があった。

本稿では、河川の陸地化技術と淀川左岸線1期で採用したトンネルに関する技術の概要を述べる。

2 大阪都市再生環状道路と淀川左岸線1期

大阪府の阪神高速道路ネットワークは、大阪市中心部の延長約10km、4車線で時計回りに一方

通行の環状線から、7路線が放射状に延びている。このため、中心部に起終点を持たない通過交通も、環状線を経由して、北から南、西から東へと移動せざるを得ない状況にある。環状線の断面交通量は平日で10万台を超え、とくに、放射路線の上り方向で慢性的な渋滞が生じている。

こうした状況の改善に向け、図-1に示す大阪都市再生環状道路として、既存の阪神高速湾岸線と近畿自動車道および新たに淀川左岸線と大和川線を整備して、延長約60kmの環状ネットワークを形成する計画が2001(平成13)年に策定された。なお、淀川左岸線2期および大和川線はすでに事



図-1 大阪都市再生環状道路概要図

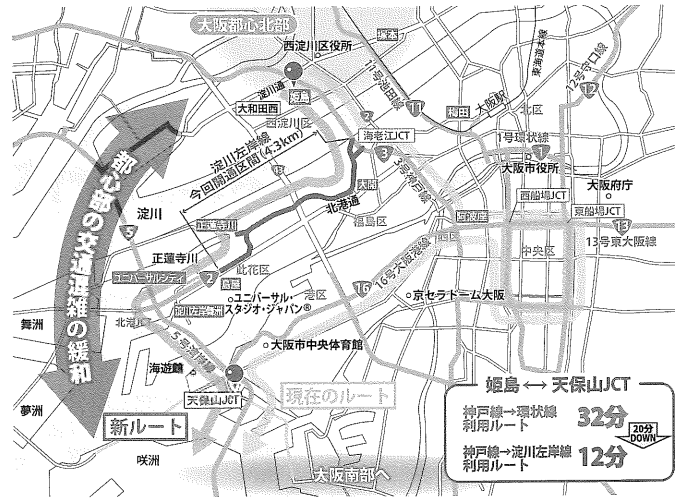


図-2 整備効果概要図(都心部の交通混雑緩和)

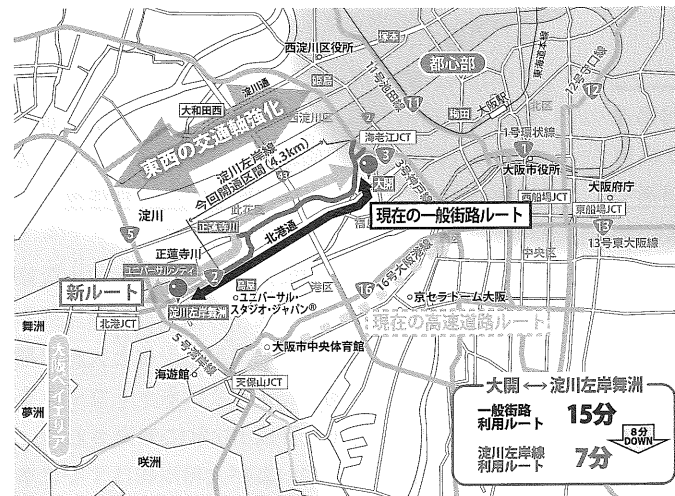


図-3 整備効果概要図(東西の交通軸強化)

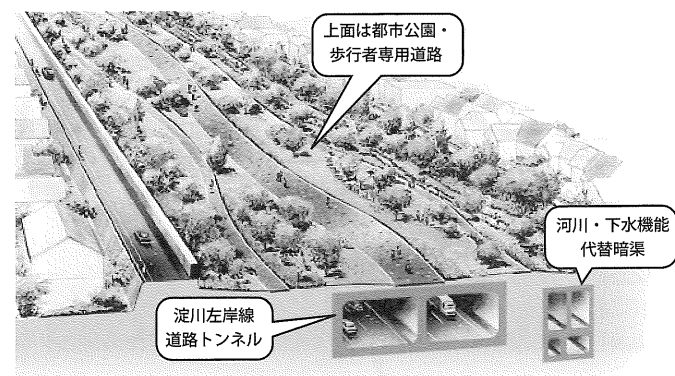


図-4 正蓮寺川総合整備事業整備イメージ図

業中で、淀川左岸線延伸部は、現在、都市計画決定に向けた手続きが進められているところである。

この路線の開通で、3号神戸線と5号湾岸線を直結するルートが形成されることにより、図-2に示すように大阪都心北部からの通過交通が分散され、都心部の慢性的な交通混雑が緩和される。また、図-3に示すように開発の進む大阪ベイエリアと都心部を結ぶ東西の交通軸が強化され、物流の効率化が図られる。

3 正蓮寺川総合整備事業の概要

3-1 正蓮寺川の陸地化の経緯

1896～1910(明治29～43)年に新淀川が開削され、これを契機に中津川やその下流部である正蓮寺川の工業用水と水運としての機能を背景に、当該地域は日本を代表する近代工業地帯として発展した。しかし、この地域は1950(昭和25)年のジェーン台風、1961(昭和36)年の第2室戸台風などで高潮による甚大な被害を受け、正蓮寺川の堤防も幾度となく嵩上げが行われてきた。

これらに加え、河川の水質悪化、陸上交通の発達による舟運の減少、地域の分断などの実情や幹線道路の必要性に鑑み、河川の埋立ての機運が高まった。地元住民からは1964(昭和39)年10月以降に国や地方自治体に対して正蓮寺川の埋立て要望にかかる陳情が出された。このような動きを背景に、関係機関の間で調整が重ねられた結果、正蓮寺川を陸地化して河川および下水機能を地下ボックス化して機能代替させたのち、高速道路トンネル完成後に生まれる連続した上部空間を都市公園

と歩行者専用道として総合的に整備することを目的とした「正蓮寺川総合整備事業」が策定され、大阪府(河川)、大阪市(下水道、公園、歩行者専用道)、阪神高速道路(株)(高速道路)の3者で進めることになった。

1986(昭和61)年に河川空間を利用した淀川左岸線1期が都市計画決定し、河川の陸地化は道路事業で実施することになった。正蓮寺川総合整備事業の整備イメージを図-4に示す。

3-2 汚染底質のある河川の陸地化技術

3-2-1 陸地化工法選定

大阪市西部の住宅密集地に位置する正蓮寺川の陸地化工事では、施工中も河川機能を確保する必要から半川締切りによる2分割施工とした。

河床には底質(ヘドロ)が約3～7mの厚さで堆積していたため、右岸側の陸地化ではセメント系固化材で原位置固化改良を行ったが、改良土掘削時に発生する強い悪臭(アンモニアが主体)の問題が発生した。そこで、左岸側の陸地化では工法を見直し、約22万m³の底質を真空吸引圧送方式で

浚渫して処理施設へ送ったあと、4MPaの超高压フィルタープレスを用いて脱水固化処理を行い、悪臭拡散、水質汚濁の防止に努めた。処理した改良土は埋戻し土として有効利用した。

なお、底質の一部は暫定除去基準を超えるPCBなどの有害物質が検出されたため、環境関係の学識経験者を委員とする環境対策検討委員会

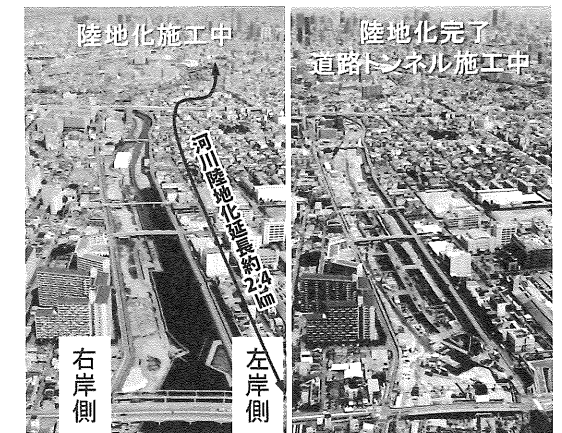


図-6 河川陸地化と道路トンネル施工状況(写真提供：(株)大阪建設工業新聞社)

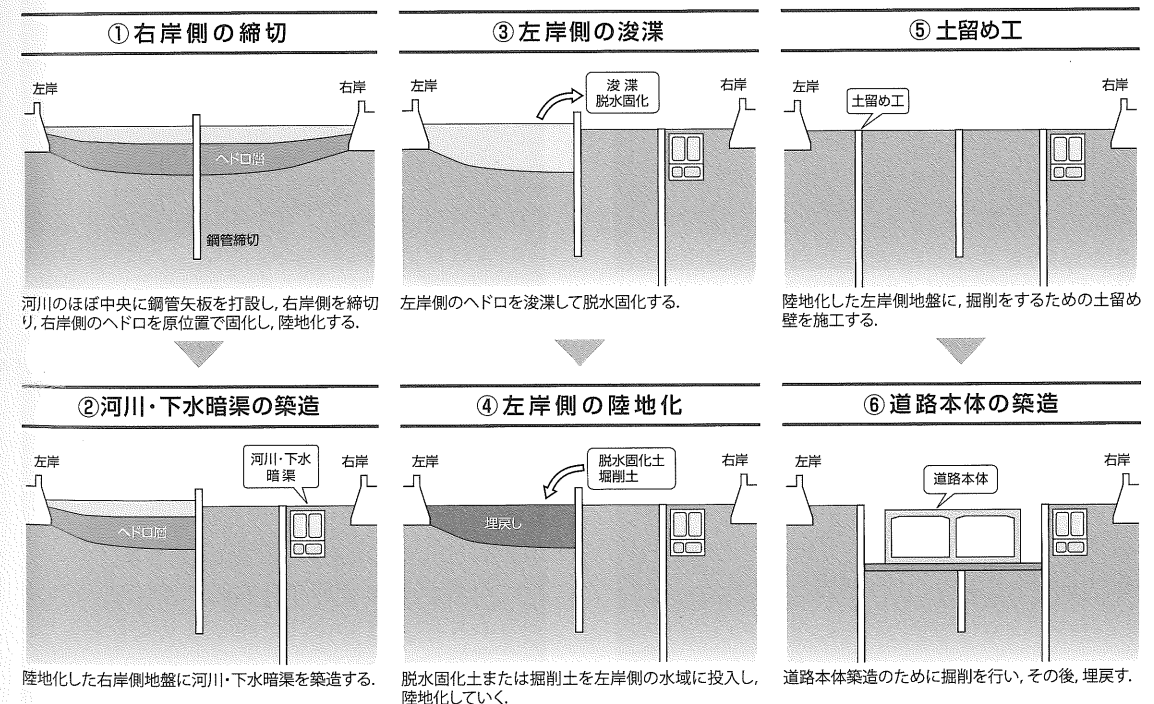


図-5 河川陸地化と道路トンネル施工手順図

(略称)を設置して環境対策工事や環境監視計画の検討が行われ、基本的な考え方が整理された。

河川陸地化と道路トンネル施工手順のイメージを図-5に、河川陸地化と道路トンネル施工状況を図-6に示す。

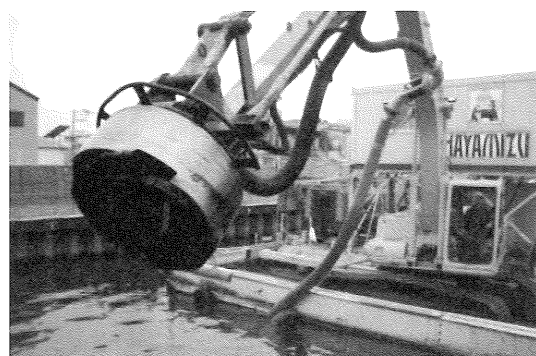
3-2-2 ポンプ浚渫船の選定

対象河川は、川幅約30m、延長約2.4kmにわたる都市河川であり、高速道路建設に伴う仮設構造物(仮水路、締切り鋼矢板)により川幅を分割し、狭めている範囲があるほか、桁下高が低く通行困難な横断橋梁があるなど、一般の浚渫に比べて制約条件が多い。また、底質そのものにも強い臭気が発生していた。

選定した浚渫船は、バックホウ式浚渫船であり、先端のドラムアタッチメントのカッタを回転させ底質を削り取り、真空吸引圧送方式によりパイプラインを通じて処理施設まで圧送を行う。これにより、浚渫の際に底質を気中に暴露させずに処理施設まで送ることが可能なことから、悪臭の拡散



(1) バックホウ式浚渫船



(2) ドラムアタッチメント
写真-1 浚渫の状況

防止および底質を極力乱すことなく浚渫可能なため、水質汚濁の拡散防止ができた。

浚渫の状況を写真-1に示す。

3-2-3 浚渫脱水固化処理工法の概要

浚渫した底泥は脱水固化改良プラント設備に送り込み減容化した。プラント設備は、①前処理設備、②脱水固化設備、③余水処理設備、の3つの部位から構成される。脱水固化改良プラントの全景を写真-2に示す。

(1) 前処理設備

前処理設備は、浚渫された底泥に含まれる夾雑



写真-2 脱水固化改良プラントの全景

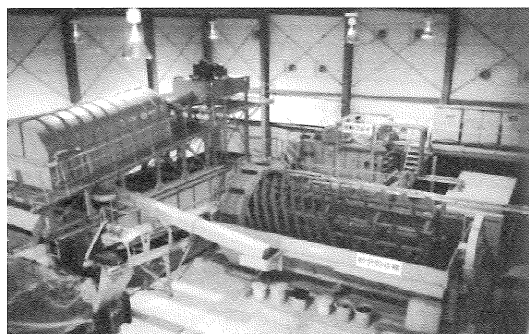


写真-3 前処理設備

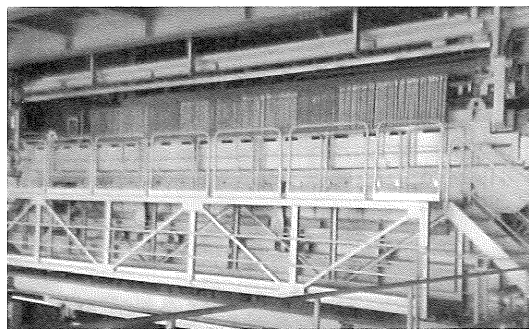


写真-4 超高压フィルタープレス

物および砂分を除去することを目的とした。前処理設備の状況を写真-3に示す。川底には不法投棄された多種多様な廃棄物が多量にあると想定されることから、設備の計画にあたっては、幅広く対応可能な機械構造にするようにした。

(2) 脱水固化設備

脱水固化設備は、底泥の減容化を目的とした。あらかじめ実施した実証実験の結果より、品質、脱水時間および底泥処理量を確保するため、脱水圧力4MPaの超高压フィルタープレスを5台設置した。また、それらの条件を確保するために、スラリー含水比の変化に対応できる薬剤添加装置を設けた。超高压フィルタープレスを写真-4に示す。

(3) 余水処理設備

余水処理設備は生活環境の保全を目的とし、排水基準の厳守が重要課題である。

本工事においては、河川底質内に存在が確認されているPCB、T-Hg、アルキル水銀、DXN類の汚染物質のほか、pH、SS(または濁度)が重要な要素となる。実証実験では、すべての項目において基準値を満足する結果が得られたが、底泥に含まれるPCB、総水銀、アルキル水銀を場外に排出しないため、各項目と相関関係にある濁度については、通常の排水基準より数十倍厳しい値が要求された。そこで、汚染物質をさらに確実に除去するため砂濾過器を設置した。

凝集沈殿に使用する薬剤のうち、フロナイトは強酸性を示し、フロナイトの最適効果領域と処理水の中性域を確保するため、中和剤の自動添加装置が必要となった。

3-2-4 環境監視活動

本工事を施工するにあたり、周辺環境の保全に万全を期するため、環境監視活動を実施した。

環境監視対象は、①河川水質(環境基準)、②地下水水質(環境基準)、③余水処理水水質(排水基準)、④水生生物(暫定的規制値)、⑤大気質(環境基準)であり、「底質の処理・処分に関する指針(平14.8.30、環水管211、環境省通知)」に準拠して監視点、調査項目、調査頻度、監視項目を定めている。また、土壌汚染対策法との整合性を確認する

ため、⑥土壌暴露試験(環境基準)もあわせて実施した。

3-2-5 汚染土の6面封じ込め処理

汚染底質の封じ込めについては、検討の結果、当該地の特徴として、人との接点が直接ないこと、汚染範囲が明確であること、汚染された底質は地中部に封じ込められ安定した状態にあること、汚染された底質の下には厚さ約10m以上の不透水層(粘土層)があること、地下水汚染がないこと、原位置での固化技術や封じ込め技術が確保されていることなどから、「当該水域を締め切ったうえで覆土によって封じ込める方法」が、当時として、もっとも安全かつ有効な対策方法とされ、汚染底質を脱水固化改良後河川内に適切に封じ込めることとなった。

具体的には、底部は粘土層、側部はセメント系の遮水壁、締切り鋼矢板、高速道路の土留め壁、上面はアスファルトと遮水シートで覆った上に覆土するという、6面封じ込め処理を確実に実施した。

4 開削トンネル構築技術の合理化

4-1 側壁合成構造の採用

近年、都市部における開削トンネルや立坑など他の構造物との近接施工になることが多く、深い掘削を行う場合には大きな側圧を受けることから、土留め壁には高い剛性を有する地下連続壁を用いることが多くなっている。地下連続壁の施工法においては最近の技術進歩により施工精度が向上し、工法の信頼性が高まっていることから、これを永久構造物として本体に利用して、構造物幅の縮小、掘削土量の削減、コスト削減のほか、用地幅の制約にも対応できる事例がある。

ここでは、鳥屋北工区において採用した合成土留め壁の接合部材として、孔あき鋼板ジベル(阪神高速道路・鹿島建設共同特許、以下「PBL」)を採用したので施工概要を述べる^{1),2)}。

当該工事は、工区全域にわたって大規模工場(精密機械製品などを製造)や市街地が近接していた。この工場重要施設や近隣家屋への影響を抑制

するために土留め壁(SMW)芯材には剛性の大きい部材(H-700×300×13×24など)を使用して変位を抑制しているが、応力的には余裕が生じた。そこで余裕ある応力分を本設構造物に生かすべくSMW芯材を本設利用する合成土留め壁構造を採用している。

この構造ではSMW芯材を函体側壁の引張り部材として利用するため、図-7に示すように側壁厚を一般構造と比べて薄くすることができる(当現場の側壁厚は450mm)。そのため、高速道路用地幅も2m程度狭くすることが可能となった。したがって掘削・埋戻し土量やコンクリートボリュームが低減できるだけでなく、用地取得に要する費用も大きく削減することが可能となった。

4-1-1 PBLの構造

PBLとは孔をあけた鋼板を鋼材に溶接して取り付け、孔に充填されたコンクリートにより鋼材と

コンクリートとを一体化させるものである。

本工事では発注者標準案として頭つきスタッドジベルが採用されていたが、入札時のVE提案でPBLが採用された。標準案とVE提案の比較を表-1に示す。PBLは力学特性に優れるほか³⁾、スタッドジベルよりジベル高を低く抑えられるため、側壁鉄筋との干渉がなくなり、鉄筋組立ての施工性や品質の向上が期待できる。側壁合成構造の概

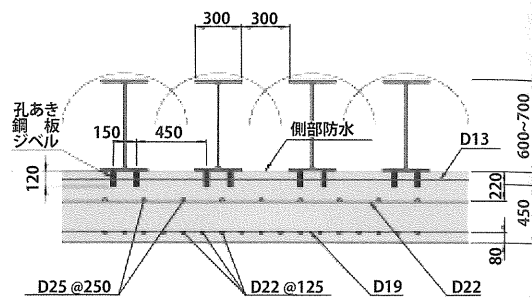


図-8 側壁合成構造の概要図

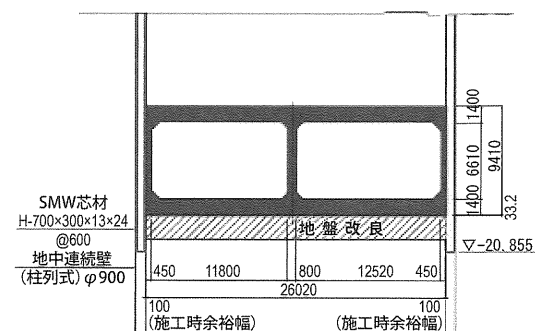


図-7 側壁合成構造のイメージ

表-1 標準案とVE提案の比較

発注者標準案 (頭つきスタッドジベル)	VE提案 (孔あき鋼板ジベル)

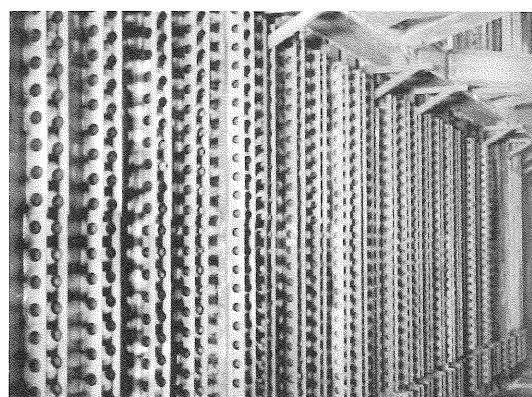


写真-5 PBL設置完了状況



写真-6 孔あき鋼板ジベルと側壁鉄筋の状況

要図を図-8示す。

本工事では工場製作したPBLをSMW芯材1本に対し鉛直方向に2列設置し、接合は現場溶接(半自動溶接)にて行った。溶接は片側すみ肉溶接(脚長7mm)とし、溶接の熱によるPBLのひずみを抑えるべく片側500mmずつの千鳥溶接とした。なお、土留め壁からは漏水によりSMW芯材の表面が濡れている区間があったため、先行して土留め壁の漏水部にドレーン材の貼付を行い、溶接面が乾燥状態になるようにした。さらに、ドレーン材でも漏水を止められない区間は薄鉄板を全面溶接して対処した。

PBL設置完了状況を写真-5に、孔あき鋼板ジベルと側壁鉄筋の状況を写真-6に示す。

PBLはスタッドジベルに比べて工程面ではやや劣るという短所もあるが、本工事のように側壁厚450mmという狭隘な施工条件においては、ジベ

ルと側壁鉄筋との干渉をなくして鉄筋組立ての施工性が向上したことで有効であった。

4-2 側壁盛替え工法の採用

4-2-1 側壁盛替え工法の概要

開削トンネルの構築方法のひとつである側壁盛替え工法は、施工途中の片持ち梁状態の側壁で切梁反力を受替えながら、土留め支保工を撤去して躯体を構築する方法である。本工法は、従来から採用されてきた内梁盛替え工法などと比較して、コスト縮減、工期短縮、安全性向上などが期待できる工法であるが、施工過程で側壁に発生する施工時残留応力の評価手法は、これまで確立されていなかった。

土留め支保工撤去方法の比較を表-2に示す。

側壁盛替え工法の適用にあたり、施工時残留応力がコンクリート特有のクリープ特性により緩和されることに着目した、合理的な躯体設計手法を

表-2 土留め支保工撤去方法の比較

支保工撤去方法	切梁残置切断工法	内梁盛替え工法	切梁複数段同時撤去工法	側壁盛替え工法
概要図				
工法概要	既設切梁を残置したまま本体を構築し、本体完成後に撤去可能な切梁を切断・撤去	既設切梁下まで側壁を構築し、躯体内空側に内梁を設置したあとに、既設切梁を撤去	底盤構築後、本体構築に支障となる切梁を複数段同時に撤去	既設切梁下まで側壁を構築し、片持ち梁状態の側壁で盛替えを行い、既設切梁を撤去
長所	<ul style="list-style-type: none"> 本体構築時に土留め構造を変化させないため、土留め壁の応力や変形が少ない 本体構築時に側壁に外力を作用させない 	<ul style="list-style-type: none"> 内梁を利用して盛替えるため、土留め壁の変形、応力を抑制できる 側壁に貫通材が存在しないため、品質上の弱点が少ない 	<ul style="list-style-type: none"> 作業空間が十分に取れ、施工性に優れる 本体構築時に側壁に外力を作用させない 側壁の打継ぎ目を少なくでき、止水性に優れる 	<ul style="list-style-type: none"> 側壁を利用して盛替えるため、土留め壁の変形、応力を抑制できる 内梁の設置・撤去が不要となり、作業空間が十分に取れるため、経済性および安全性に優れる
短所	<ul style="list-style-type: none"> 切梁切断時に躯体にクラックが生じやすい 切梁残置部の側壁鉄筋切断箇所が応力上の弱点となる 防水工の不連続箇所が発生し、止水性に劣る 	<ul style="list-style-type: none"> 内梁設置撤去工は狭所、高所での作業となるため、安全性に劣る 費用がかさむうえ、工期も長くなり経済性に劣る 	<ul style="list-style-type: none"> 切梁撤去時における土留め壁の変形、応力が大きくなる 土留め壁の変形による背面地盤の沈下量が大きくなる 	<ul style="list-style-type: none"> 施工途中の側壁に外力を作用させるため、本体完成後の残留応力として適切に評価する必要がある
本工区への適用性	△	△	× (近接構造物が存在)	○

考案したので、設計手法と側壁盛替え工法の概要について述べる^{4),5)}。

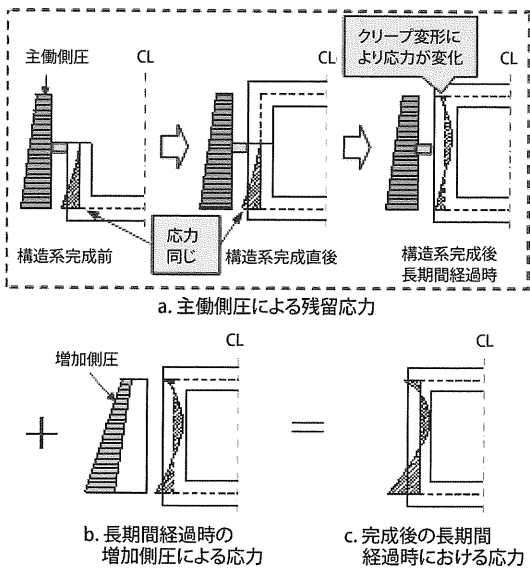
4-2-2 施工時応力の評価手法

一般的に用いられている施工時残留応力の評価方法としては、完全分離法計算法、逐次的分離計算法、逐次計算法が挙げられる。これらの評価方法は、簡便であるが完成後の応力を過小あるいは過大評価する、厳密な方法であるが計算が煩雑で実用的でないなど、いずれの方法も長所、短所を有している。このため、新たな残留応力評価手法として、計算が比較的簡便であり、コンクリート特有のクリープ特性を取り入れることにより各施工段階における応力変化を忠実に捉えることができる「逐次的分離-クリープ応力緩和法」を考案し、その設計を試みた。

「逐次的分離-クリープ応力緩和法」は、構造系完成後の部材のクリープ変形に伴い施工時応力が変化することを考慮した躯体の応力評価手法である。

逐次的分離-クリープ応力緩和法による応力評価の概念を図-9に示す。

施工時の盛替え反力は、構造系完成後も長期間持続的に作用し続けるため、この反力が作用する側壁ではクリープ変形が生じる。この場合、構造



系完成前は変形に伴う応力変化は生じないが、構造系完成後は変形量に応じて応力分布が変化する。すなわち、構造系完成前の片持ち梁状態の側壁に発生した応力は、構造系完成後、クリープ変形に伴い両端固定梁状態の応力分布に近づくように変化する(図-9a)。

本手法では、完成後の長期間経過時の応力(図-9c)は、上記のクリープ変形に伴い変化した主働側圧による残留応力(図-9a)と完成後の増加側圧による応力(図-9b)の重ね合わせにより評価する。

4-2-3 実構造物への適用

(1) 検討対象構造物の概要

側壁盛替え工法を適用した島屋第2工区における側壁盛替え位置を図-10に示す。

本工事では、施工段階に応じて、底板から高さ3.1mと5.1mの2か所に盛替えコンクリート梁を設置して、側壁盛替えを行いながら本体構造物を構築した。

(2) トンネル躯体の応力度照査

躯体完成後の応力度照査時期は、土留め壁を介

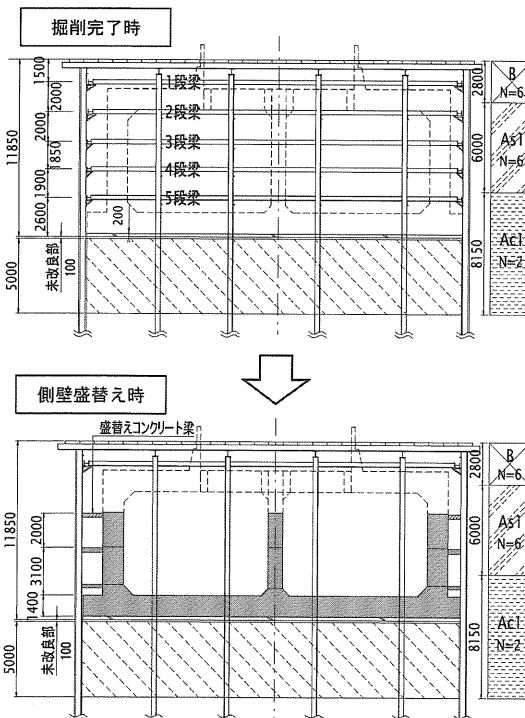


図-10 検討対象構造物の側壁盛替え位置

して躯体に作用する側圧が主働側圧から静止側圧に変化する時期とし、ここでは、既存の文献資料などを参考に、躯体構築完了後5.5年(2,000日)と

した。すなわち、盛替え時に発生した施工時応力が2,000日後にクリープによって緩和される量を算出し、これを長期間経過時の残留応力として評価した。

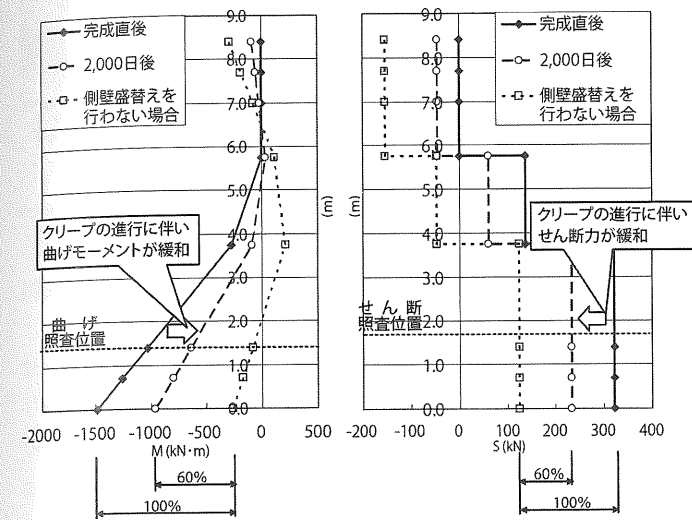


図-11 クリープによる施工時応力の変化

表-3 内梁盛替え工法と側壁盛替え工法の比較

	内梁盛替え工法	側壁盛替え工法
概要図		
工費	内梁設置・撤去工 0.63 1段目内梁賃料 0.17 2段目内梁賃料 0.20 合計 1.00	補強鉄筋工(材工) 0.37 合計 0.37
工期	内梁設置・撤去工 75日	補強鉄筋組立て工 20日

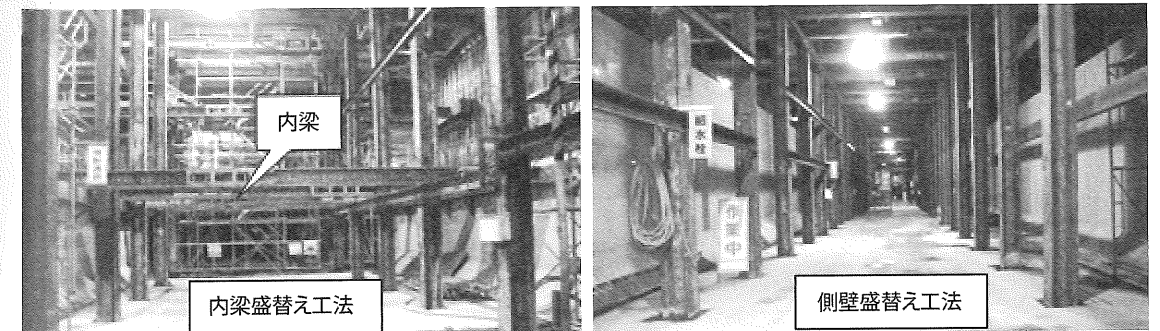


写真-7 トンネル躯体構築状況

側壁盛替えにより発生した側壁の施工時応力の算出結果を図-11に示す。

躯体完成直後に発生している施工時応力は、曲げモーメント、せん断力ともに側壁部材のクリープの進行に伴って減少し、側壁盛替えを行わない場合の応力分布に近づいていくことがわかる。その結果、側壁下端の応力は、曲げモーメント、せん断力ともに、躯体完成2,000日後には約60%まで減少しており、この値を施工時残留応力として評価し、長期間経過後の躯体応力度照査に反映した。

4-2-4 側壁盛替え工法の効果

内梁盛替え工法(当初設計)と側壁盛替え工法の土留め支保工撤去費用について比較した結果を表-3に示す。

側壁盛替え工法では、盛替えの影響による応力の増加分をわずかな補強鉄筋で対処することができたため、内梁設置・撤去費用、躯体構築費用(補強鉄筋)を含めてコスト削減を図ることができた。また、内梁の省略により、躯体構築時において躯体内空部の作業スペースが広く取れたため、躯体構築作業(鉄筋工、型枠支保工など)の施工

性および安全性の向上が図れた。

これにより、躯体構築に要する期間についても当初計画されていた1年8か月のうち、約2か月間短縮することができた。トンネル躯体構築状況を写真-7に示す。

5 都市内トンネルの防災技術

5-1 インバータ制御ジェットファンによる省エネルギー運転と風速零化制御

正連寺川トンネルは、ランプの分合流部を有するトンネルであり、縦流換気方式を採用しているが、換気運転の省エネ化と渋滞時に火災が発生した場合の避難環境確保を目的として、阪神高速道路(株)とメーカーの共同開発によるインバータ制御方式のジェットファンを採用した。これにより、トンネル内環境に応じたきめ細やかな風量コントロールが可能となり省エネルギー運転を実現した。

また、トンネルで火災が発生した際は、火点前方に渋滞がない場合はジェットファンにより前方に排煙するが、前方に渋滞がある場合は、避難者が煙に巻かれないよう、ジェットファンの風向、風量を微調整して、一定の時間、煙の拡散を抑制する「風速零化(低風速)制御」を確立して避難時の安全性を向上させた。

風速零化(低風速)制御のイメージを図-12に示す。

6 おわりに

本工事は、都市内の1級河川を陸地化して、地下空間に高速道路トンネルを構築するという、他に類を見ない大規模工事であり、かつ、有害物質、悪臭など、環境面で特段の配慮を要する工事であった。

工事中は環境監視結果においても工事に起因する問題もなく、陸地化工事着手からおおむね四半

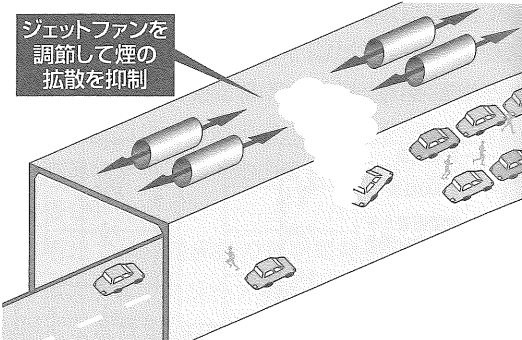


図-12 風速零化(低風速)制御のイメージ

世紀の歳月を要して2013(平成25)年5月に淀川左岸線1期区間の開通につなげることができた。

大阪都市再生環状道路の最初の段階を完成させたことにより、大阪都心部の交通混雑緩和に寄与している。また、正連寺川総合整備事業にかかる河川施設や横断橋梁の復旧も無事に完了することができた。

最後になりましたが地元住民の皆さまをはじめ関係機関のご理解とご協力に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 佐々木一則：特集 土留め・山留め壁の本体利用、道路構造物における本体利用検討と施工事例、基礎工、Vol.41, No.6, pp.11-14, 2013.6.
- 2) 佐々木一則・河本勝久：新しい鋼コンクリートの接合構造によるコスト縮減、土木施工、Vol.54, No.5, pp.41-43, 2013.5.
- 3) 平陽兵・古市耕輔・坂梨利男・河本勝久・佐々木一則・奥西史伸：合成土留壁に適用した孔あき鋼板ジベルの力学的特性、土木学会第7回複合構造の活用に関するシンポジウム、pp.23-1-23-6, 2007.11.
- 4) 志村敦・中島隆・三村光太郎・川又啓介：側壁盛替え工法による開削トンネルの設計と施工、コンクリート工学、Vol.46, No.11, pp.35-40, 2008.11.
- 5) 志村敦・長谷川弘明・三村光太郎：コスト縮減と施工空間の確保による工期短縮を実現、土木施工、Vol.54, No.5, pp.44-46, 2013.5.

施工

地下鉄直上の残置仮受け杭を特殊泥濃推進工法で切削・除去

—東京下水道 千代田区永田町一丁目、霞が関二丁目付近再構築—

東京都下水道局中部下水道事務所建設課長 毛利 光 夫
 東京都下水道局中部下水道事務所建設課工事係 山崎 貴 裕
 村本建設(株)東京支店現場代理人 先崎 和 範
 ジャット協会ミリングモール部会技術委員長 富田 昌 晴

1 はじめに

都心部では、推進工法において地下障害物(残置された仮設物など)の撤去が必要な事例は少なくない。また、その多くは竣工図や施設管理図などで、あらかじめ障害物として判明している。しかし、施工前に残置された仮設物の位置が確定できないケースや施工中に想定外の障害物に当たってしまうケースがある。その際に有効な工法として、地中障害物対応型泥濃推進工法(ミリングモール工法)がある。

本稿は、交通量の多い都心部の国道部において、地下鉄駅舎や共同溝など地下構造物が輻輳するというきわめて厳しい施工条件下で実施した地中障害物対応型泥濃推進工法(ミリングモール工法)を紹介したものである。

2 事業概要

首都機能が集中する東京都千代田区永田町周辺の下水道管渠の大部分は布設してから50年以上が経過しており、

老朽化の進行による下水道の機能低下や道路陥没による都市機能への影響が懸念されている。また、近年、都民の関心が高い集中豪雨などによる浸水被害の軽減を図るため、排水能力の向上も喫緊の課題となっている。さらに、この周辺地域は、汚水

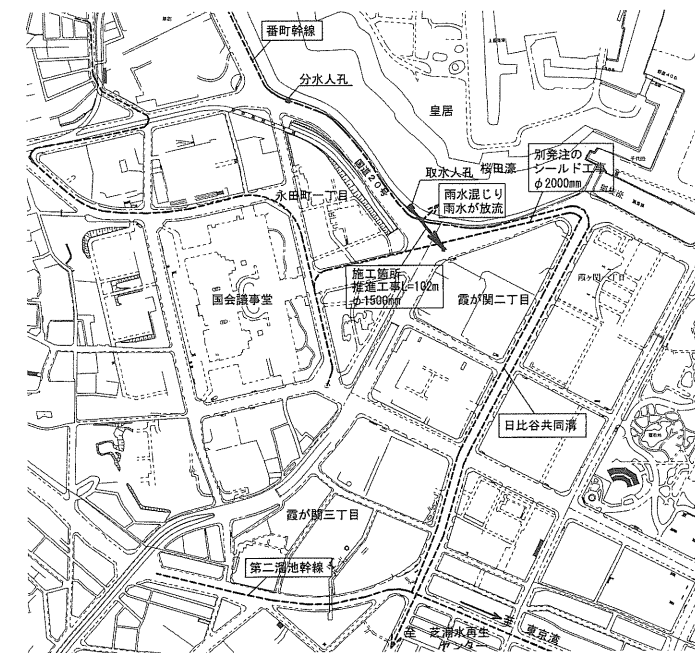


図-1 事業概要図

と雨水を同じ1本の下水道管で流す合流式下水道となっており、一定量以上の雨が降ったときに汚水混じりの雨水が皇居内濠に流れ込むことから、内濠の水質を悪化させる一因と考えられている。

それら課題に対応すべく、現在、当事務所は当該地域で下水道管渠の再構築事業を鋭意進めているところである。具体的には、第二溜池幹線整備に合わせ、複数の主要枝線や分水人孔を整備し、雨天時の放流先を東京湾(隅田川)に切り替えること(図-1)を第一としている。この整備により、皇居内濠の水質改善が図られるとともに雨天時の排水能力を向上させることができる。その後、速やかに面的な枝線再構築を展開することで早期の老朽化対策も実施可能となる。

3 工事概要

3-1 工事概要

本工事は、千代田区永田町、霞が関付近で行われている下水道再構築事業のひとつで、施工内容は、桜田濠への雨水放流渠を閉塞し、汚水混じりの雨水を第二溜池幹線(φ8,000mm)に導水することを目的に、主要枝線(L=102m, φ1,500mm)および取水人孔を構築するものであり、2014(平成26)年7月に着手した。

当該流域は、千代田区の平河町、隼町など桜田濠西側の約45haを有しており、晴天時、汚水は既設主要枝線から番町幹線へ流入し、芝浦水再生センターで処理している。一方、一定量以上の雨が降ったときには、分水された汚水混じりの雨水が、雨水放流渠から桜田濠に放流される構造となっている。このため、新たに取水人孔を設け、本主要枝線へ流路を変えることで、流下先を東京湾に切替えることが可能となる。この新設管渠は、仕上り内径φ1,500mmの鉄筋コンクリート管で、当初設計では通常の泥濃式推進工法で約100m掘進する設計であった(図-2)。

なお、本工事における当該放流渠の切替え作業は、2015(平成27)年度未完了目途としている。

3-2 施工環境

推進部の地層は粘性土層(N値=1~2)で、土

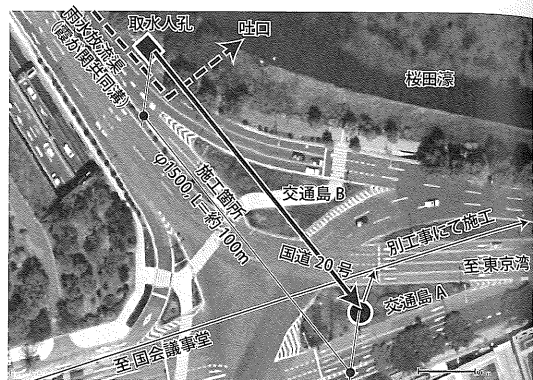


図-2 現場平面図(流下方向)

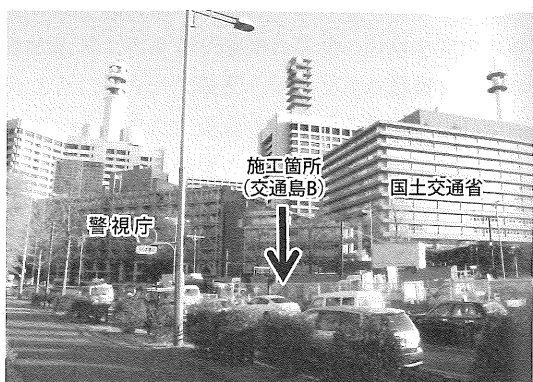


写真-1 工事現場写真

かぶりは10m程度である。施工環境は、①交通量の多い国道20号線の斜横断、②霞が関共同溝、東京メトロ地下鉄有楽町線との近接施工、③皇居、国会議事堂、警視庁などの重要施設との隣接、など厳しい状況である(写真-1)。

また、発注時点では、推進路線にある地下鉄築造時の杭の残置が確認できたため、ライナー立坑で事前に撤去する設計となっていた。しかし、着手後、試掘および他企業との協議の結果、有楽町線直上に埋設管受け防護(2か所、コンクリート構造)が確認でき、それが推進の支障になることが新たに判明した。(図-3~6)

加えて、企業間協議でのヒヤリングなどにより、それ以外にも残置仮設鋼材などの障害物の輻輳が予見できる状況でもあった。そのため、それら障害物に国道直下で遭遇した場合でも、幹線道路の交通止めをすることなく、確実に対応できる施工体制が不可欠であった。

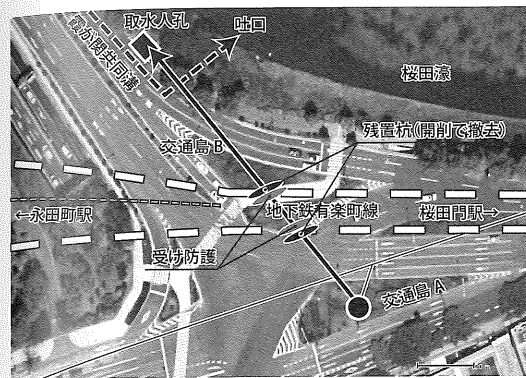


図-3 現場平面図(地中構造物)

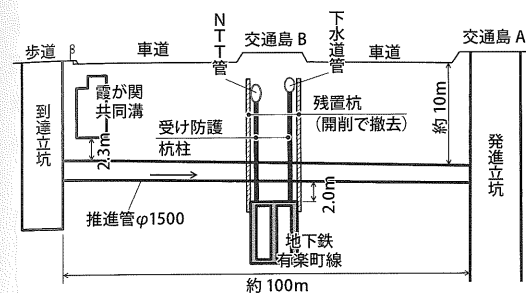


図-4 現場断面図(地中構造物)

3-3 工法選定経緯

受け防護の杭柱について、地下鉄有楽町線の躯体と連結されている可能性が高いことが判明した。また、杭柱が地下埋設管の直下に位置しており、2015(平成27)年度末までに皇居内濠への放流を停止するという時間的制約を考えると、地上からの撤去は困難であった。そのため、推進にあたり、周囲への影響を最小限にしつつ、受け防護の杭柱を貫通させることが必要となり、設計変更を行うこととなった。その際、地下鉄管理者と綿密な協議を行い、さまざまな障害物対応型の推進工法を比較検討した。

検討項目は、コストや工期、安全性と多岐にわたるが、とくに懸念したのが貫通による地下埋設物と地下鉄への影響であった。地下埋設物については、試掘により埋設管(NTT管および下水道管)と受け防護の杭柱に隙間があり、埋設管の荷重を受けていないことが確認できた。そのため、受け防護の杭柱に対し地盤改良などの補助工法が不要であるとの検討結果が出たことがポイントと

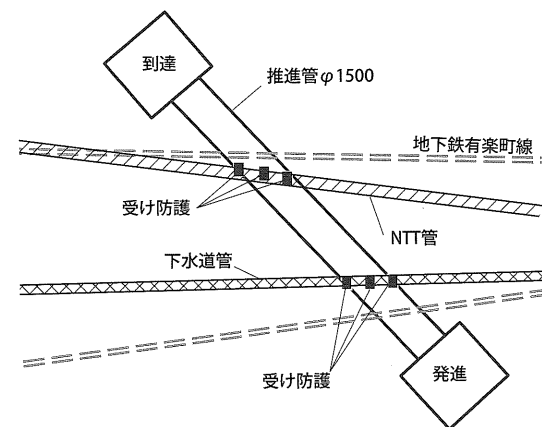


図-5 受け防護詳細平面図

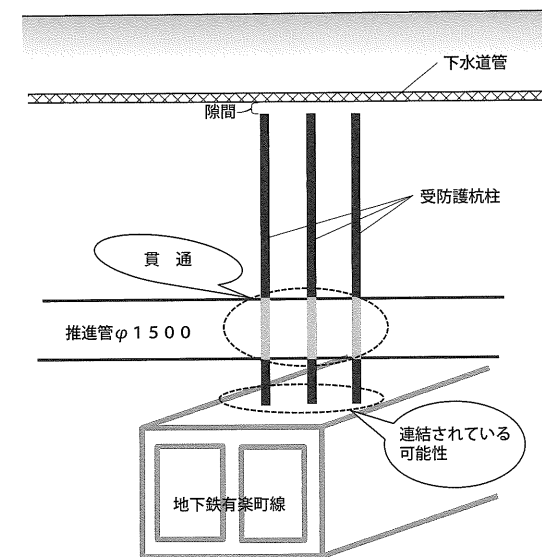


図-6 受け防護詳細断面図

なり、最終的に、地下鉄への影響を考慮し、超低速で掘進できるミリングモール工法を選定し、2015(平成27)年3月、設計変更にて同工法を採用した。

本工法は、専用特殊ビットを装備し、コンクリートやH形鋼など多様な障害物に対応可能な泥濃推進工法である。通常時は一般的な泥濃推進工法として機能し、障害物に遭遇した場合には、特殊伸縮管によって掘進機カッタを障害物へ超低速で接触、回転させ、切削機能を働かせる仕組みとなっている。

東京都下水道局では、新工法は通常、技術管理

委員会などの手続きを経るが、今回は設計変更案件であり、工期の制約、関係者協議などを考慮し、やむを得ず、前述のと通りの最低限の安全性を確認したうえで、本工法を採用した。

4 地中障害物対応型泥濃推進工法 (ミリングモール工法)について

4-1 ミリングモール工法概要

ミリングモール工法は電磁波による地中前方探査装置と誘導測量装置を組み込んだ掘進機に、障害物を切削除去する機能を搭載した泥濃式推進工法である。探査、切削、改良、誘導の4つの機能を有した統合システムであり、本工事においては、「探査」「切削」機能を使用した。

図-7はミリングモール推進機(外径1,820mm)の断面図である。全長約7m、特徴としては前胴部外周に探査電磁波コイルが埋込まれており、中胴部には特殊伸縮管を配備している。

4-2 機能概要

4-2-1 探査

地中障害物を検知するシステム掘削推進中に障害物が存在した場合、掘進機から約1.0m先の障害物を捕らえ検知する。掘進機に取り付けた発信

コイルから電磁波が放出され、地中にある金属障害物に磁気(一次磁場)を浴びせる。その磁気を帯びた金属障害物は誘導電流を発生し、磁気(二次磁場)を放出する。

この磁気(二次磁場)を掘進機に取り付けた受信コイルで検出し、金属障害物の有無、障害物までの距離を概略に把握し、超低速掘削を行うための開始位置を把握する(図-8)。

なお、本現場では、該当の障害物以外の地下鉄や共同溝などに反応し、事前の障害物の把握には至らなかった。

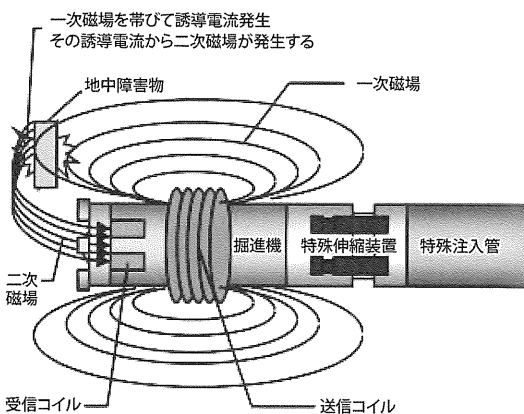


図-8 探査機能

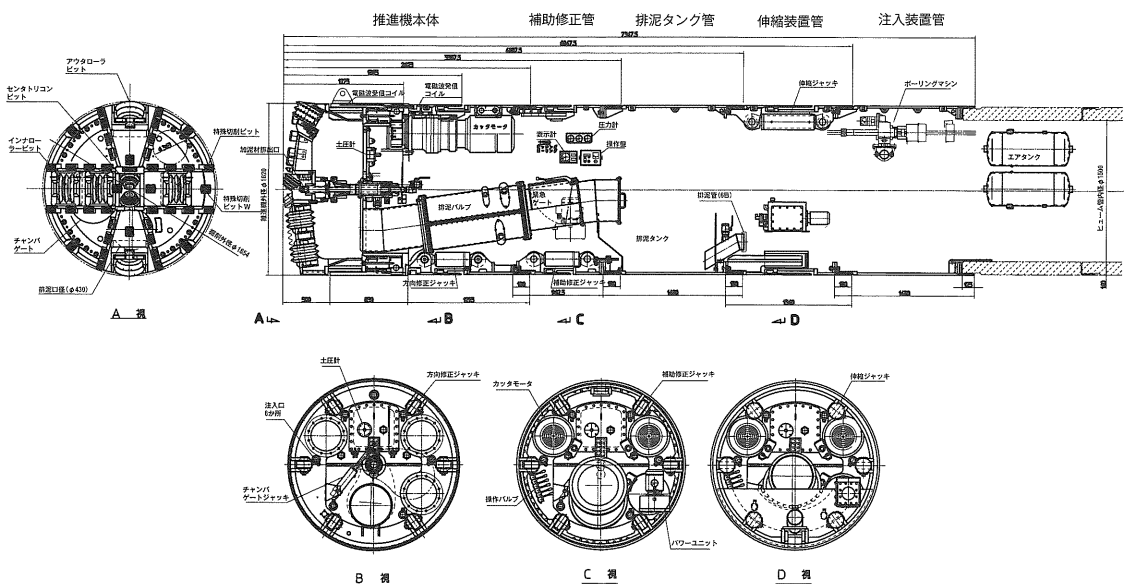


図-7 ミリングモール推進機

4-2-2 切削

ミリングモール工法は掘進機、特殊伸縮管、特殊注入管の3つの装置から構成される。掘進機には障害物を切削するための専用特殊ビットを装備し、障害物探査用の発信コイル、受信コイルを内蔵してある。特殊伸縮管には障害物を切削時に使用し、超低速で掘進機を障害物に接触させ切削を行う(図-9)。

障害物の切削には時間を要するため、切削する前後の地盤が緩く、切削による振動で沈下などが見られる場合、また障害物が安定せず切削に支障を及ぼす場合は、地盤を補強(改良)し安定させ、障害物の切削を行うこととしている。本工事では地上部の沈下がなく、支障物が安定していたため補強の実施はなかった。

ミリングモール工法の切削は2段階切削システムにて行う(写真-2)。ローラービットと切削ビットの2種類で構成し、ローラービットは切削ビットよりも数mm程度先行して切削を行っている。

第1段階でローラービットにより、のこぎり状の山形に切削し、逆側の山の部分を切削ビットによって切削する(図-10,11)。

4-2-3 切削速度

支障物までの掘削は特殊伸縮装置によって0.1~1.0mm/minの速度で障害物までを掘削する。このときカッターが障害物に噛込んだ場合は伸縮装置によっていったん引き戻す。

切削は特殊伸縮装置によって超低速の速度で障害物を切削する。ミリングモールの特徴は切削した金属障害物を粉状(鉄粉)にして通常の排泥

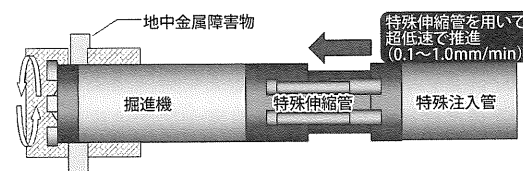


図-9 切削概要図

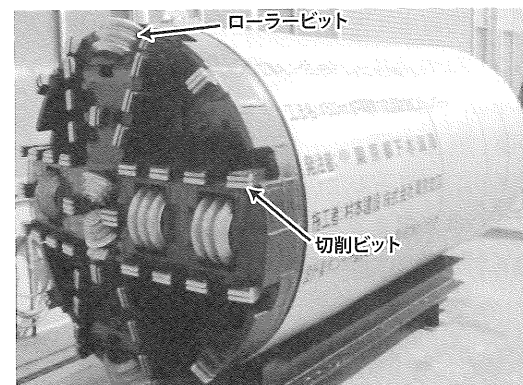


写真-2 ミリングモール推進機φ1,500mm, 外径φ1,820mm

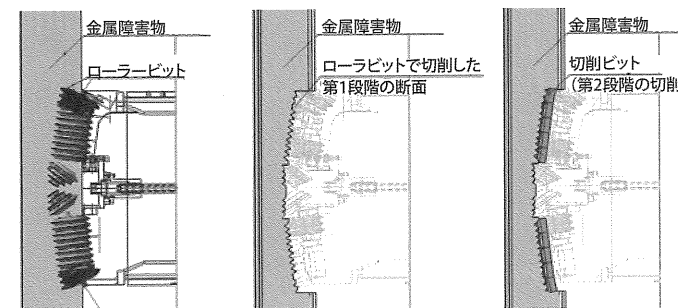


図-10 切削メカニズム

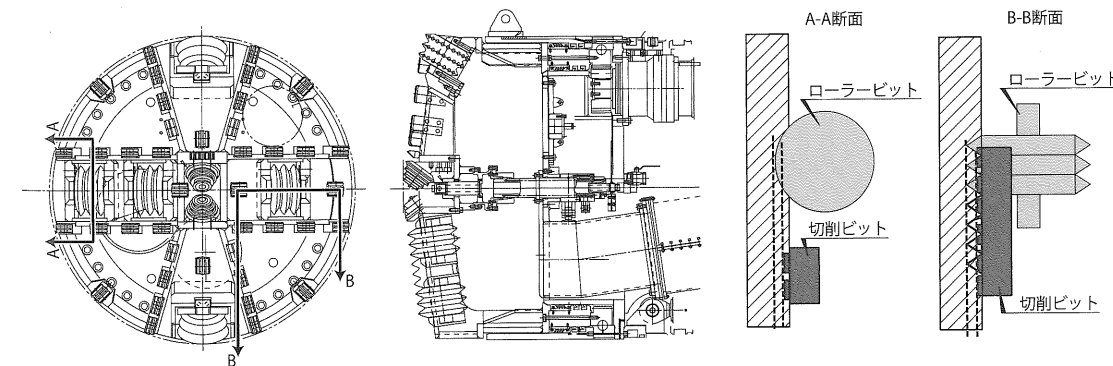


図-11 切削メカニズム(拡大)

と一緒に機内へ取込み、真空輸送にて地上まで搬送するところにある。切削においては旋盤の回転材料と切削工具を逆転したものと同一要領で切削する。

金属を切削するには、適切な条件がある。金属障害物と切削ビットの相対速度を切削速度と呼び、回転数と直径から決まる周速度が切削速度になる(図-12)。

切削速度(mm/min)

$$= \text{円周率} \times \text{直径(mm)} \times \text{回転数(rpm)} / 1,000$$

これは周速度であり、前記の推進方向速度0.1mm/minとは関係ない。

4-3 施工実績

ミリングモール工法の施工実績は表-1に示すとおり、本工事の実績も含めて14件である。東京都下水道局では初の事例である。

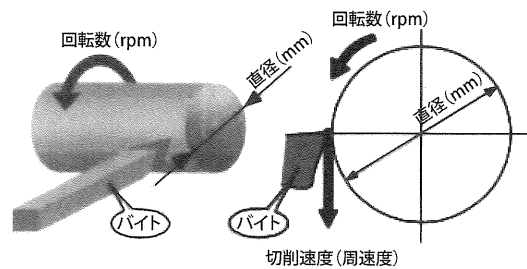


図-12 切削速度

表-1 ミリングモール施工実績一覧

No.	工事場所	工期	工事概要	障害物種別
1	大阪府岸和田市	平成23年12月～平成24年3月	φ1,000mm, L=432m	鋼矢板Ⅲ型×6か所
2	三重県四日市市	平成24年12月～平成25年1月	φ1,000mm, L=58m	ワイヤー・テトラポット
3	東京都港区	平成24年12月～平成25年2月	φ2,000mm, L=78m	H-300 2本×4か所
4	大阪市大正区	平成25年7月～平成25年8月	φ800mm, L=127m	木杭φ150～300×9本
5	大阪府八尾市	平成25年6月～平成25年8月	φ1,800mm, L=119m	φ1,800ヒューム管
6	長崎県佐世保市	平成26年10月～平成27年3月	φ1,650mm, L=325m	鋼矢板Ⅲ型×2か所
7	大阪市西成区	平成26年12月～平成27年3月	φ2,600mm, L=158m	鋼矢板Ⅲ型×1か所
8	大阪府八尾市	平成26年12月～平成27年2月	φ1,350mm, L=150m	PC杭
9	東京都千代田区	平成26年12月～平成27年4月	φ1,000mm, L=226m	H-400 2本×2か所
10	千葉県市川市	平成26年12月～平成27年2月	φ1,350mm, L=150m	鋼矢板Ⅲ型×2か所
11	大阪府八尾市	平成26年12月～平成27年4月	φ1,000mm, L=226m	H-300×1本(想定)
12	東京都品川区	平成27年5月～平成27年7月	φ900mm, L=47m	H-300×2本, 鋼矢板Ⅲ型L=4m
13	東京都中央区	平成27年4月～平成27年8月	φ1,200mm, L=134m	保険方式(障害物なし)
14	東京都千代田区(東京都下水道局)	平成27年4月～平成27年8月	φ1,500mm, L=102m	コンクリート×2か所, 鋼材×6か所

5 ミリングモール工法の施工

5-1 施工結果

推進工の施工では、2015(平成27)年5月16日～7月17日に、障害物に計8回遭遇(図-13,14)したが、すべて切削し無事に到達した。表-2に障害物の詳細、写真-3,4に推進施工状況、写真-5,6に障害物の切削写真を示す。

5-2 当初計画の支障物の切削

立坑から発進した推進機は約35m先にある受け防護の杭(1か所目の支障物)と、立坑から約44m先にある受け防護の杭(2か所目の支障物)の切削を行った。杭はいずれも鉄筋コンクリートで、切削の平均速度は0.9mm/min、切削までに合計10日要した。有楽町線の直上での切削であったが、地下鉄躯体のひび割れ、漏水、剝離、剝落などの異常は認められなかった。かりに切断後、杭が自重により沈下し、掘進時の推力が上昇した場合には、掘削による撤去や地盤改良などの補助工法などを検討する予定であったが、幸い、掘進中の推力上昇や異常音は発生しなかった。

5-3 計画外の障害物の切削

5-3-1 計画外の障害物1か所目

6月6日の夜間作業時に、3か所目の障害物(計

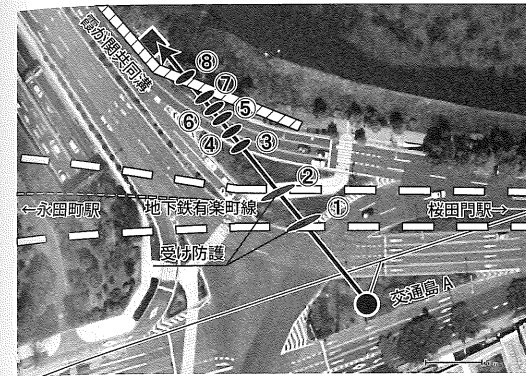


図-13 障害物平面図

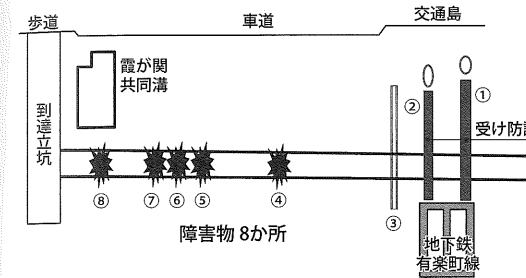


図-14 障害物断面図

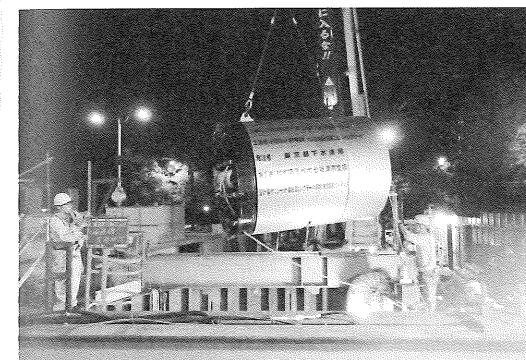


写真-3 マシン搬入状況

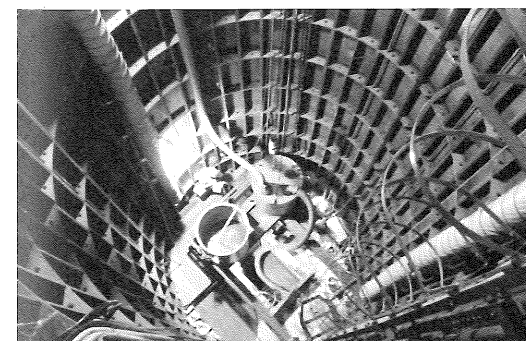


写真-4 発進立坑

表-2 支障物撤去結果

箇所	障害物	切削延長(mm)	切削平均速度(mm/min)	施工日数	備考
①	鉄筋コンクリート構造物	2,653	0.9	昼間5日	当初計画
②	鉄筋コンクリート構造物	2,695	0.9	昼間5日	当初計画
③	鋼材(H形鋼)	380	0.1	昼夜間6日	計画外
④	鋼材	325	0.1	昼夜間5日	計画外
⑤	鋼材	287	0.1	昼夜間5日	計画外
⑥	鋼材	282	0.1	昼夜間5日	計画外
⑦	鋼材	251	0.08	昼夜間6日	計画外
⑧	鋼材	264	0.08	昼夜間7日	計画外



写真-5 鋼材(鉄粉状)

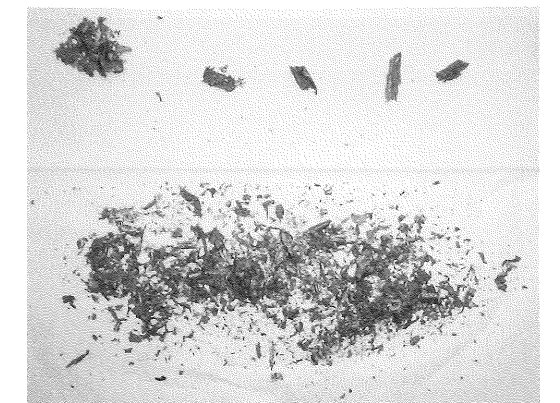


写真-6 鋼材(鉄粉状)

画外の障害物1か所目)に遭遇した。緊急的にすべての企業者と協議し、埋設物の有無を確認するとともに、交通島内での推進停止のため、道路管理者と協議を行ったうえで、試掘を実施し、H形鋼とI形鋼であることを確認した(写真-7)。また、偶然、昭和40年代に施工した工事の仮設図面の収集ができ、試掘で確認された箇所を含む数多くのH形鋼が推進範囲の周囲に残置されていることが判明した。加えて、推進機内の切削音から障害物は金属であることが推定された。

以上のことを総合的に勘案し、障害物は残置の仮設鋼材(H形鋼)と判断した。そして、6月12日の夜間作業から掘進を再開した。なお、I形鋼は平面的には推進施工箇所が存在していたが、根入れが浅かったと思われる、推進機の障害となることはなかった。

5-3-2 計画外の支障物2か所目以降

6月20日の夜間作業時に、4か所目の障害物(計画外の障害物2か所目)に遭遇した。以降、試掘

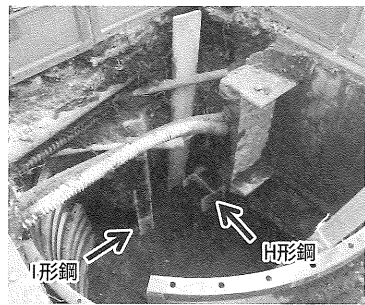


写真-7 試掘写真



写真-8 マシン回収状況

が困難な国道車道部のため、前述の残置図面などを参考に管理者と協議し、埋設状況の有無を綿密に確認した。掘進にあたっては、路面沈下、共同溝の変位の動向を注視するとともに、切削音や排出した切削片で材質などを判定しつつ、速度を極限まで落とす(0.08~0.1mm/min)など、慎重な施工を心掛けた。共同溝に近接する際には、共同溝へ入溝し、振動、クラック、漏水について確認を行い、支障がないことを確認して、掘進を行った。

障害物には合計で8か所(そのうち、計画外6か所)遭遇したが、近接する地下埋設物や路面沈下などの影響を最小限に留めて、掘進を完了することができた。

5-4 マシン回収

本工事の到達立坑は鋼製ケーシングで、内径

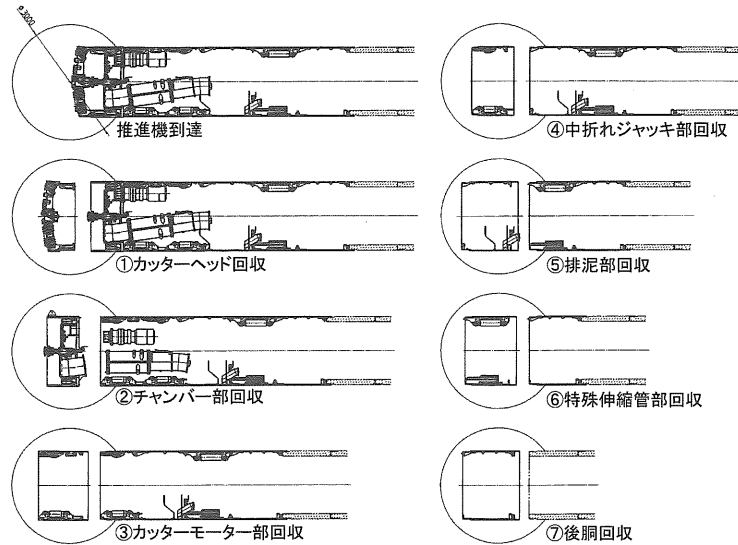


図-15 マシン回収手順



写真-9 マシン回収状況

3,000mmであり、回収スペース、推進機引抜き長が狭小な条件での回収となるが、推進機分割構造からカッタ部の分割、修正ジャッキ部での分割が可能(図-15)であるので、計7分割の最小分割でマシン回収を行った(写真-8,9)。最小到達立坑はφ2,800mm(ライナープレート時)である。

5-5 計測(地下鉄、共同溝への影響)

地下鉄と共同溝に計測器を設置した。一次管理値を超えた場合は新たな対応策を講じることとなっていたが、結果的には、地下鉄の沈下・隆起、共同溝の鉛直変位・傾斜ともに一次管理値以内に収まり、追加の対応策が必要となる事態は生じなかった(表-3,4)。超低速な切削により周囲への影響もなく施工完了できたと考える。

5-6 ビット摩耗

7か所目(計画外の障害物5か所目)切削の際に、特殊伸縮装置

表-3 共同溝計測結果

共同溝	鉛直変位 (mm)	傾斜 (min)
一次管理値	±5.0	±2.5
最大変位・傾斜	-3.08	-0.37

表-4 地下鉄計測結果

地下鉄	沈下・隆起 (mm)
一次管理値	±3.5
最大変位	+1.1

の切削スピードを0.1mm/minに設定し切削をしたところ、カッタトルクが上昇し、掘進機が振動した。特殊ビットが摩耗していることが原因と考察され、スピードを下げた(0.018mm/min)。

到達後、工場内でビット摩耗を調査したところ、協会の計算式によるビット摩耗の予測結果より、摩耗率は最大20.8%、平均8.4%と小さかった(写真-10,11,図-12)。摩耗により切削スピード0.1mm/minが維持できない場合でも、切削スピードを調整することによりカッタトルクの上昇を減少

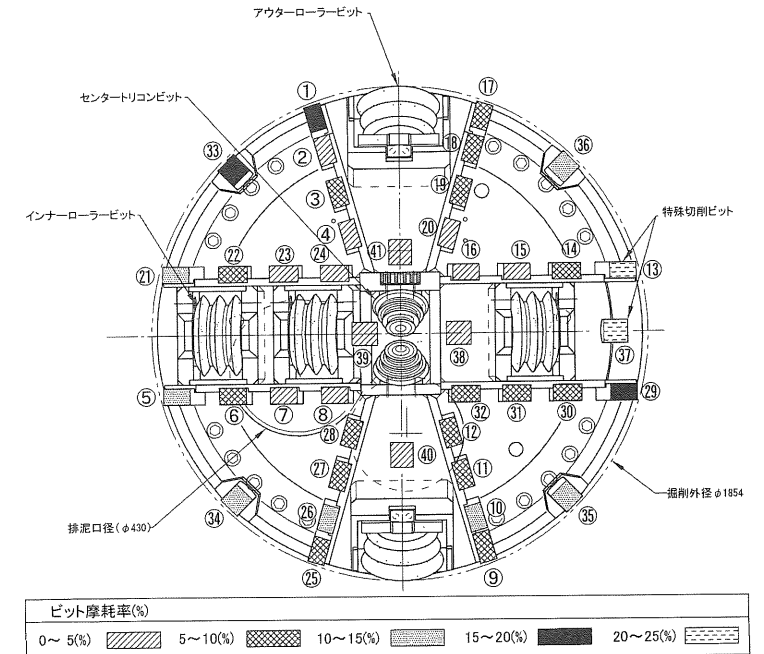


図-16 先端ビット摩耗結果

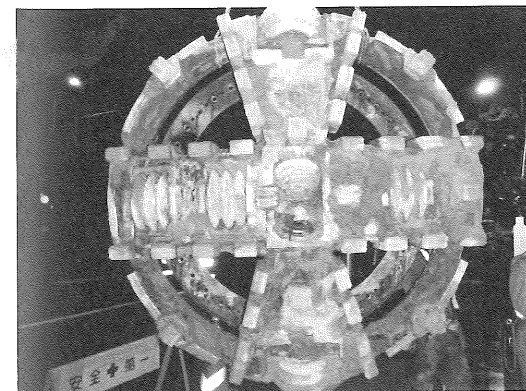


写真-10 カッタヘッド(到達後)



写真-11 ローラービット(到達後)

させたことで、推進機の振動を抑え、解決できた。

結論として、状況により適正な切削スピードで障害物を切削し、また切削中のビット摩擦熱を冷却水(高濃度泥水)により抑え、ビットの消費を低減させた結果だと考察される。

6 おわりに

本工事においては、鋼構造障害物切削時のジャッキスピードを0.1mm/min以下を厳守し、カットルク、掘進機の揺動の状態により超低速での切削を行った結果、排出された障害物は鉄粉状にて排出された。前節にも記述したが切削後のカタヘッドのローラービットおよび切削ビットの摩耗状況を確認したところ、大きな摩耗や損傷は見られなかった。

なお、近接構造物(東京メトロ有楽町線、霞が関共同溝)、地上への影響については、施工時は管理値内に収まっていたものの、長期的な施工管

理の観点から、今後、周辺構造物や地盤の沈下などの影響がないかどうかを継続的に確認していく必要がある。また、本工法の探査機能が十分発揮でなかったことを鑑みると、適用箇所の事前調査の徹底もさることながら、当該技術の更なる改良・改善による機能向上を期待したい。

本工事ではミリングモール工法として貴重な施工経験ができ、高度な「切削技術」をはじめ本工法のさまざまな知見を得ることができた。また、周辺への影響の継続的な調査や探査技術の改良・改善などいくつか課題が確認されたが、PC杭、コンクリート構造物、連続壁など多様な障害物に対応可能な推進工法として提案されたその技術力の一端を見ることもできた。

本稿が、今後の地中障害物対応型泥濃推進工法(ミリングモール工法)を適用する現場の参考になれば幸いである。

施工

名古屋港海底下を横断する長距離シールドの設計と施工

—西名古屋火力発電所ガス導管トンネル—

中部電力(株)西名古屋火力建設所土木建築課副長 滝川 真太郎
中部電力(株)西名古屋火力建設所土木建築課主任 河村 晋平
鹿島建設(株)西名古屋火力土木工事事務所所長 亀井 達司
鹿島建設(株)土木設計本部地下空間設計部シールドGR設計長 小坂 琢郎

1 はじめに

中部電力(株)は、2013(平成25)年11月より西名古屋火力発電所(愛知県海部郡飛鳥村)のリフレッシュ工事を進めている。このリフレッシュ工事は、運転開始から約40年経過した石油を燃料とする汽力発電方式の発電設備(1~4号機、出力119万kW)を液化天然ガス(LNG)を燃料とする高効率のコンバインドサイクル発電方式の発電設備(出力237.6万kW、低位発熱量基準の熱効率62%程度)に更新するものである。

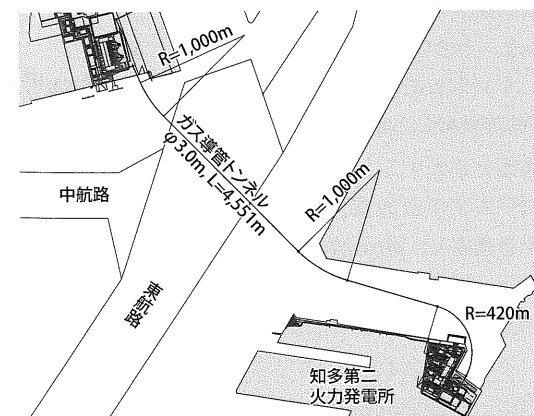


図-1 トンネル平面線形

ガス導管トンネル工事は、リフレッシュ工事の主要な土木工事のひとつであり、西名古屋火力発電所の発電用燃料である天然ガスを知多第二火力発電所(愛知県知多市)に敷設されている既設燃料ガス導管より分岐し、供給するため、名古屋港を横断するガス導管敷設用トンネル(延長4.551m、内径3.0m)を、泥水式シールド工法で構築する(図-1)。シールドの掘進は最大水圧0.5MPaが作用する名古屋港の海底下20m以深を、4.551mの長距離にわたって横断するものであった。

本稿では、このガス導管トンネル工事の計画・設計の概要、施工計画およびその施工実績について報告する。

2 工事概要

図-2にトンネル断面図を示す。
掘削は、西名古屋火力発電所構内の発進立坑から知多第二火力発電所構内の到達立坑に向けて、1台のシールドで行われ、名古屋港を横断する。ガス導管トンネルは、トンネル内にインバート、架台を施工したあとに、ガス導管(500A×2条)を敷設し、トンネル内部に中詰め材(エアモルタル)を充填する計画である。

『トンネルと地下』投稿原稿応募のご案内

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

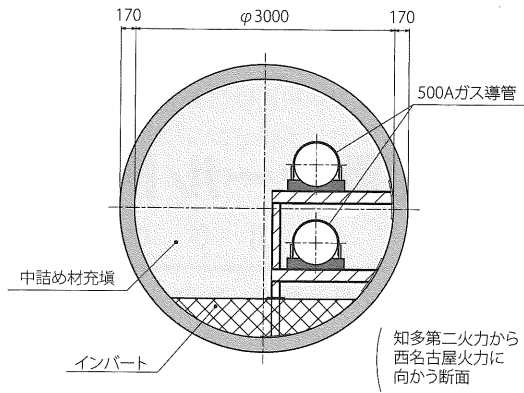


図-2 トンネル断面図

工 事 名：西名古屋火力発電所7号系列放水設備およびガス導管トンネル他工事

工 事 場 所：愛知県海部郡飛島村東浜3-5 西名古屋火力発電所構内および構外
愛知県知多市北浜町10-1 知多第二火力発電所構内

工 期：2013(平成25)年10月7日～
2017(平成29)年8月31日

シールド形式：泥水式シールド

延 長：4,551m

内 径：φ3.0m(外径φ3.34m)

土 か ぶり：最小23.3m～最大45.3m

縦 断 勾 配：上り最大3.0%，下り最大-2.9%

最小曲線半径：R = 420m

最大地下水位：53m(シールド底部～H.W.L.)

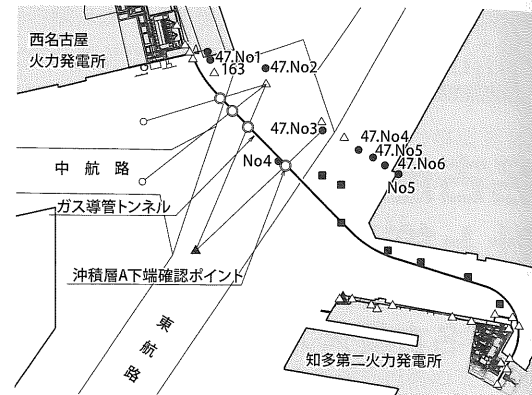
3 計画・設計の概要

3-1 海底土層縦断の設定

海底土層縦断は、トンネル北東約100～650mに位置する名港導水路建設時(1976～1979(昭和51～54)年施工)のボーリングデータ¹⁾、沿岸部周辺のボーリングデータ^{2)～4)}およびトンネル線形に沿って実施した音波探査結果をもとに設定した。

主要ボーリングデータ位置を図-3に示す。

本トンネルが横断する名古屋港東航路は、国際コンテナ船などの船舶の往来が激しい主要航路であるため、トンネル線形直上でのボーリングによ



△西名古屋火力発電所7号系列詳細地質調査ほか工事報告書土質データ
●名港導水路海底トンネル地質調査業務委託地質縦断図¹⁾
○名古屋港臨海工業地帯の地盤²⁾
■名古屋地盤図³⁾
▲愛知県の地質・地盤その1⁴⁾

図-3 主要ボーリングデータ位置

る地質調査を実施できなかった。そのため、トンネル線形に沿って調査船による音波探査を実施した。音波探査記録の分析、評価にあたっては、本海域で過去に実施されている地質調査データと既往の文献を参考にした。

とくに、発進立坑から500～1,400mの沖積の南陽層A(N=3, 粘性土・N=12, 砂質土)と熱田層下部D3L-c(N=6, 粘性土)の層境については、トンネル敷設深度に影響することから、ガス導管トンネルを跨いで存在する複数のボーリングデータを参照して、層境の精度を高めることに留意した(図-3参照)。

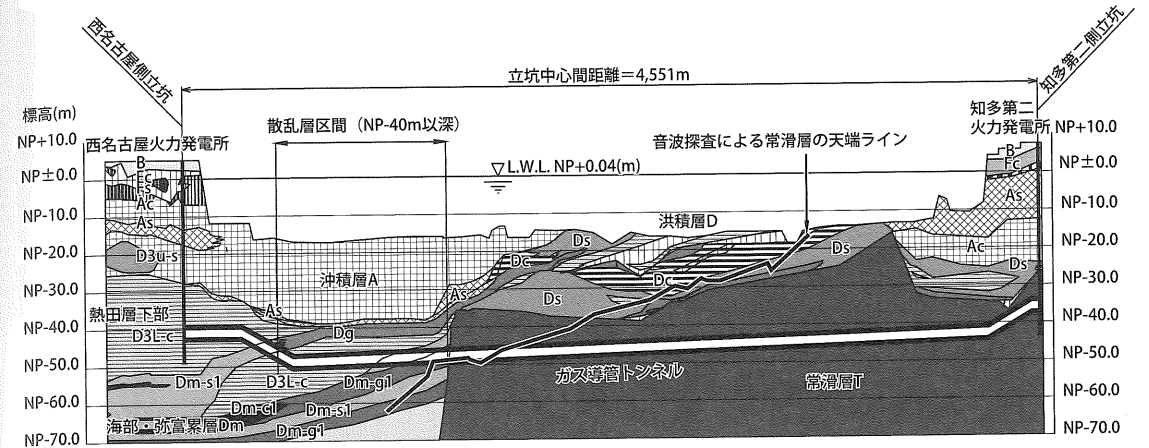
図-4に設定した海底土層縦断図およびトンネル縦断図を示す。

3-2 トンネル縦断線形計画

トンネルの縦断線形の計画にあたっては、下記の制約条件を満足しつつ、所要の構造安全性や耐震性を確保するとともに、工期、工費(セグメント、シールド・仮設備、残土処理、立坑など)、施工性を考慮し、総合的に優れる線形を採用した。

(1) 制約条件

- ① 最小土かぶり10m以上(海域部、投錨による影響を考慮)
- ② 近接構造物との離隔1.5D以上(D:掘削外径)



西名古屋火力発電所				知多第二火力発電所					
新 生 代	第四紀	現代	人工地盤	地層名		N値			
			B	盛土層	5	B	盛土層	7	
新 生 代	第四紀	完新世	Fc	埋土層砂質土	2	Fc	埋土層砂質土	1	
			Fs	埋土層粘性土	13	Fs	埋土層粘性土	7	
		更新世	Ac	沖積粘性土層	3	Ac	沖積粘性土層	3	
			As	沖積砂質土層	12	As	沖積砂質土層	17	
		更新世	後期	D3u-c	熱田層上部-粘性土層	19	Dc	洪積層粘性土	9
				D3u-s	熱田層上部-砂質土層	38	Ds	洪積層砂質土	33
			中期	D3L-c	熱田層下部-粘性土層	6	Dg	洪積層礫質土	79
				Dm-s1	海部・弥富累層-第1砂質土層	75	T	常滑層部	115
				Dm-cl	海部・弥富累層-第1粘性土層	23			
				Dm-gl	海部・弥富累層-第1礫質土層	75			

図-4 海底土層縦断およびトンネル縦断線形

- ③ 最大勾配±3%
 - ④ 西名古屋側発進立坑からの水平区間300m
なお、縦断線形の計画にあたっては、以下の項目について検討した。
- (2) 検討項目
- ① 常時(施工時)・地震時荷重
 - ② トンネルの浮き上がり(常時(施工時), 地震時)
 - ③ 圧密沈下
 - ④ 投錨
 - ⑤ 近接構造物への影響
- 検討の結果、図-4に示すトンネル縦断線形を設定した。

シールドのおもな掘進地盤は、西名古屋側1,000m区間が熱田層下部D3L-c(N=6, 粘性土)、その後約500m区間が海部・弥富累層Dm-gl(N>50, 礫質土)、知多側がN値50以上の固結粘性土と砂の互層となる常滑層Tとした。

同線形は、土かぶり20m以上であり、投錨、将来の浚渫に対しても十分安全であること、液状

化による影響を受けず、安定地盤に敷設され、耐震性に優れること、ほぼ全線でRCセグメントが採用できることなどから決定した。

3-3 セグメントの設計

3-3-1 設計概要

沖積層と洪積層の層境から2Dのかぶりを確保することで発進から到達までの全区間で「ゆるみ土圧」で設計し、ほぼ全線でRCセグメントを採用した。

リング継手にはエレクタで押し込むだけで組立てできるピン式継手(DS(locked Disk Spring)継手)を採用した。また、ピース継手には、短ボルト継手を採用した。

表-1にセグメント諸元、図-5にセグメント概要、図-6にDS継手概要、写真-1にRCセグメントを示す。

3-3-2 安全に対する検討・検証

本工事は2012(平成24)年2月に発生した岡山県倉敷市の海底シールド工場の事故後に設計・施工された長距離海底シールドトンネル工事である。

表-1 セグメント諸元

種別	RCセグメント
外径 (mm)	3,340
内径 (mm)	3,000
厚さ (mm)	170
幅 (mm)	1,350
分割数	6等分割
最大分割角度	60°
Kセグメント	軸挿入式
最大重量 (kg/ピース)	1,000
リング継手	DS継手 (12本)
ピース継手	短ボルト継手 (M22 × 2本/継手)

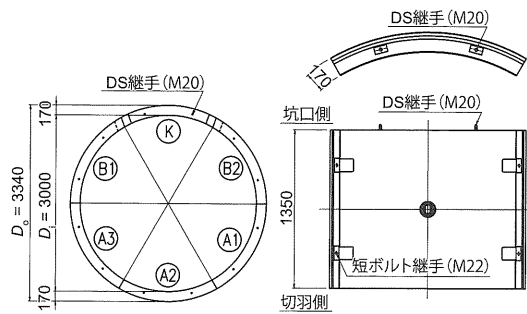
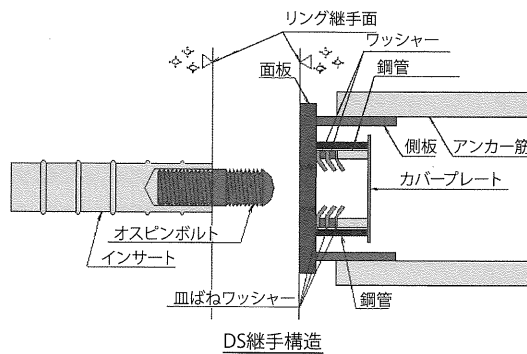
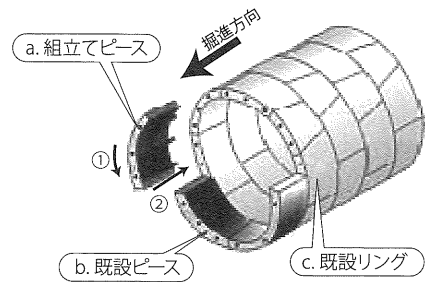


図-5 セグメント概要



DS継手構造



組立てイメージ

図-6 DS継手概要

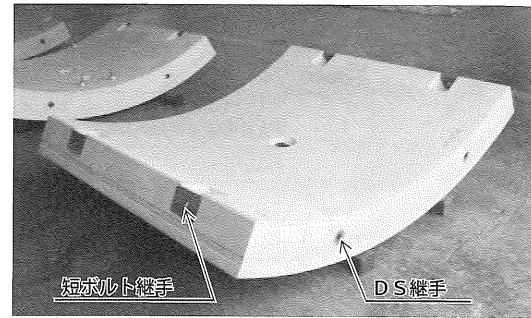


写真-1 RCセグメント

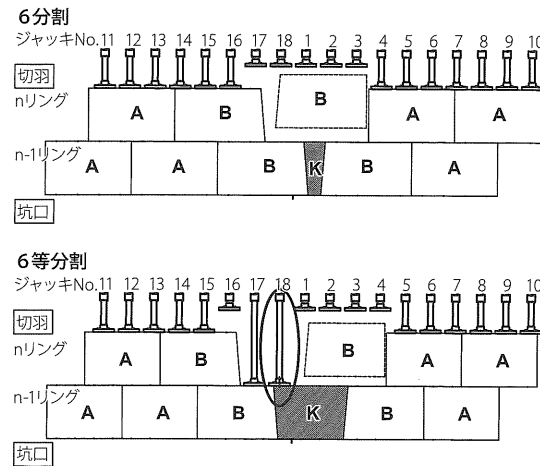


図-7 Kセグメントとジャッキの関係

事故を受け、2012(平成24)年7月および8月に、国土交通省と厚生労働省よりシールドトンネルの設計・施工の安全性向上に関する注意事項^{5),6)}が公表された。これを受けて、本工事の設計においては、以下に示す検討・検証を実施した。

- ① セグメント形状寸法と既往の実績との比較
- ② Kセグメントリング継手目開きの検討
- ③ 裏込め注入時期、位置、硬化過程を考慮した多リング梁バネモデルによる検討
- ④ ジャッキ推力に対する検討(テールクリアランス分の偏心を考慮)

本工事では、セグメント組立て中における既組立てセグメントリングの安定を確保するため、セグメント組立て中においても、常にKセグメントをジャッキで押さえられる「6等分割」セグメントを採用するとともに、掘進完了後においても、既組立てセグメントがシールドテール内に留まるよう「かかり代(機長)」を確保した。また、

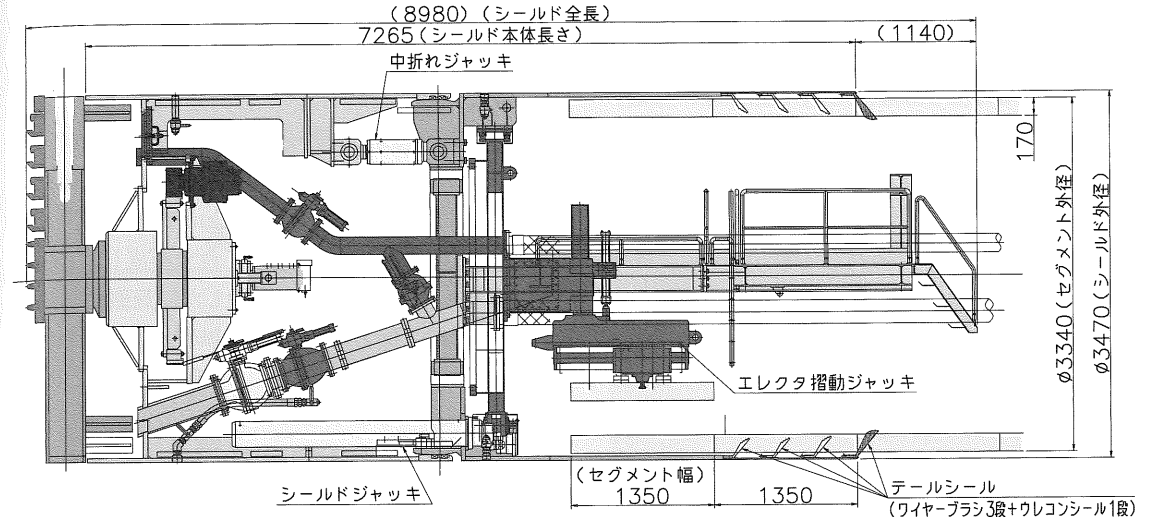


図-8 シールド構造図(セグメントとテールの位置関係)

既組立てセグメントリングに設計水圧相当のテールグリス圧が作用しても、リング継手(DS継手)の引張抵抗およびピース継手ボルトのせん断抵抗によりKセグメントの切羽方向への変位(目開き)を防止できることを確認した。

一般的な「6分割」と今回採用した「6等分割」でのKセグメントとジャッキの関係を図-7に、既組立てセグメントとテールの位置関係を図-8に示す。

4 施工計画

4-1 基本方針

最大水圧0.5MPaの高水圧と延長4,551mの長距離掘進に耐え得るシールドの耐久性を確保するとともに、N値50以上の固結粘性土(常滑層T)を掘進できる仕様とした。

本工事は工期の制約により、本掘進工を8か月で終わらせる必要があった。そのため、計画月進量を540m/月(27m/日)、セグメント組立て時間を17分/リングに設定し、設備を計画した。

4-2 シールド

ビットは、先行ビットを40mmで段差配置し、コピーカッターは常用1本、予備1本を装備した。ワイヤーブラシ式テールシールを4段装備し、最後段にはウレコンシールを採用した。

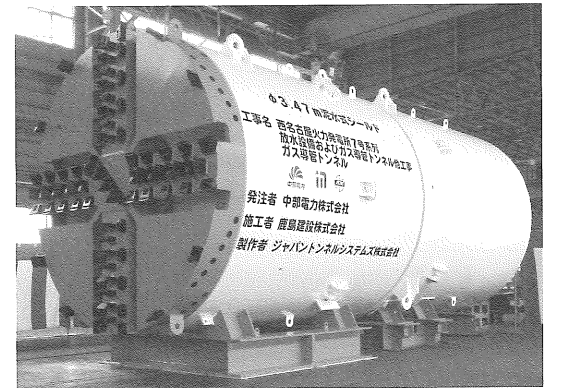


写真-2 シールド

計画月進量を確保するとともに常滑層Tの掘進に対応するため、常用トルク時のカット回転数を 3.2min^{-1} (外周速35m/min)、最大トルク時のカット回転数を 1.5min^{-1} (外周速17m/min)とした。加えて、シールドには最大伸長速度119mm/min、4本引き時引き速度187mm/minのシールドジャッキを装備した。なお、礫質土の掘進を伴うことから、最大礫径300mmの玉石、礫に対応可能な仕様とした。

シールド構造図を図-8、シールドを写真-2に示す。

4-3 泥水処理設備

泥水処理設備は、掘進速度85mm/minを想定し、フィルタープレス3基(13m³×2台, 7.3m³×1台)、

ローヘッドスクリーン(振動篩により粒径3mm以上を分離)1基, サンドコレクター(遠心分離により粒径75 μ m以上を分離)2基を設置した。なお, 各水槽の容量は, 調整槽80m³×2台, 余剰泥水槽200m³, スラリー層170m³(写真-3)とした。

4-4 流体輸送設備

流体輸送設備の送泥流量を2.9m³/minに, 排泥流量を3.7m³/minとし, それぞれの流量に対応する送排泥設備を計画した。排泥ポンプは高揚程ポンプ(揚程61m)を使用し, 中継距離は最大1,075



写真-3 調整槽, 余剰泥水槽

表-2 坑内搬送設備の仕様と設置数量

設備名	仕様	数量
軌道装置	6tサーボロコ(速度11km/h) +4t積みセグメント台車×4台 +8人乗り人車	坑口~3,260m:1編成 3,260m以降:2編成
セッター台車	定格荷重3.5t	4台(2リング分)
自走台車	3t積み速度20m/min	1台
1.5t吊りテルハ	巻上げ10.38m/min 横行18.2m/min	1台
セグメント供給装置	テーブル供給・退避速度12m/min 6ピース(1リング分)搭載	1台



写真-4 セッター台車

mとした。配管延長時間を短縮するため, 中間バイパスと, 6m配管2本分のホースドラム台車を設置した。

4-5 坑内搬送設備

坑内搬送設備の仕様と設置数量を表-2に記す。軌道装置は, 最高速度11km/hの6tバッテリーロコに台車4台と人車1台で編成し, 1往復でセグメント2リングを運搬した。発進から延長3,260mまでは1編成, それ以降は, 坑口から2,700mに複線区間を設置し, 2編成で運搬した。

切羽には2リングのセグメントを仮置きできる4台のセッター台車(写真-4)を装備し, 自走台車に盛替え, 切羽へ搬入したあと, 最終的に1.5t吊りテルハによりスライドテーブル式セグメント自動供給装置(写真-5)上に移動することとした。

4-6 安全設備

おもに坑内における異常出水, 停電などの非常時を想定して, 下記の設備を配置した。

- ① 停電時のバルブ緊急開閉手段を確保するため, 機内送排泥バルブにアキュムレータを設置した。
- ② 停電時の制御系電源を確保するため, 後続台車にカセットボンベ式発電機を常備した。
- ③ 坑内の停電に備えバッテリー内蔵型蛍光灯を坑内50m間隔で設置した。とくに, 坑口から2.5km区間については, 切羽からの退避時間を考慮し, 連続点

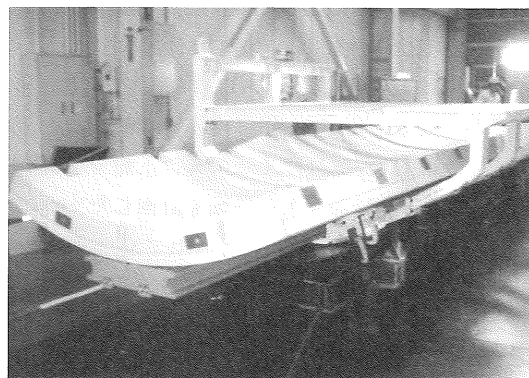


写真-5 スライドテーブル式セグメント自動供給装置

灯60分のバッテリー強化型非常灯を設置した。

- ④ 停電時の坑内排水, 坑内照明(坑口から1km区間), 切羽への通信手段を確保するため, 地上に非常用発電機(300kVA)を常備した。

5 施工実績

5-1 掘進実績

図-9に掘進実績を示す。

2014(平成26)年10月に初期掘進を開始したのち, 2015(平成27)年1月初旬から本掘進に入り, 計画8か月間に対して, 同年7月までの7か月間で無事本掘進を完了した。2015(平成27)年3月に最大月進量717m/月を達成したほか, 本掘進期間の平均月進量は602m/月となり, 計画月進量540m/月を大幅に上回る結果となった。

掘進当初の熱田層下部層D3L-c(N=6, 粘性土), 海部・弥富累層Dm-s1(N>50, 砂質土)の掘進では, 計画どおり平均速度85mm/minで掘進することができた。ただし, フィルタープレスは, 粘性土1基あたり7回/方の打込み開枠が必要となり, 設備能力上限値での稼働を強いられた。

海部・弥富累層Dm-gl(N>50, 礫)から常滑層T(N>50, 固結粘性土)の掘進では, 常用トルクを大きく上回り, 掘進速度を制限しながら掘削を行い, 平均速度は45mm/minとなった。

常滑層T掘進時の固結粘性土の流体輸送では, 粒径70mm程度の大量の粘土塊が泥水に溶け込まず, そのまま地上まで排泥され(写真-6, 7), 排泥管内が閉塞する事態が頻発したため, その都度, 掘進速度を制限した。

RCセグメントの組立て時間は, 計画17分に対

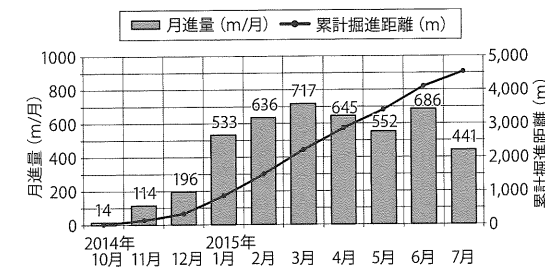


図-9 月進量と累計掘進距離

してテールクリアランスなどの計測を含めて12分であった。これはジャッキ伸長速度とセグメント供給装置の稼働速度の向上が寄与したためと考えられる。

ビットに関しては, 1次先行ビットだけが均等に摩耗し, 最外周は最大37mm摩耗した。これに対して2次先行ビットはほとんど摩耗が見られな



写真-6 固結粘性土塊



写真-7 固結粘性土塊(拡大)

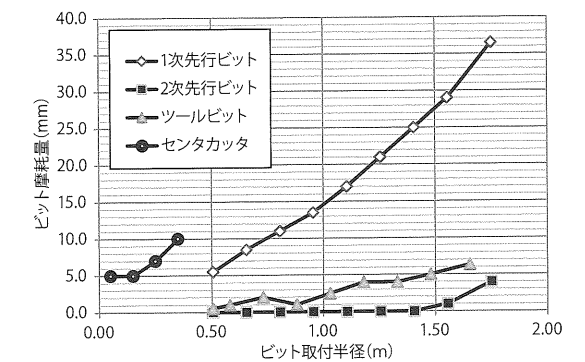


図-10 ビット摩耗量実績

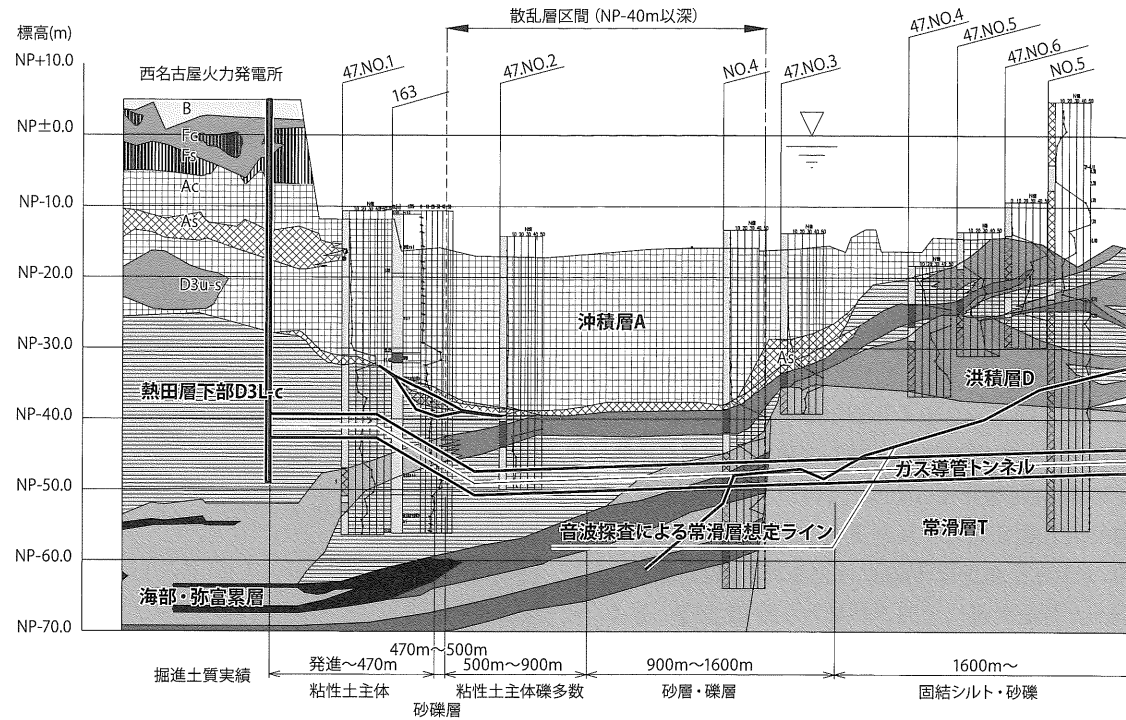


図-11 ボーリング柱状図および掘進土層実績

かった。これは、1次先行ビットが十分に機能したためと考えられるが、ビット交換ができない海底条件下での計画としては妥当なものであったと考えている。ビット摩耗量実績を図-10に示す。

なお、掘進後半の2015年4、5月には、配管やポンプの摩耗による掘進停止も発生したが、配管やポンプカバーの板厚を定期的に監視し、部品交換が速やかに行えるように、損傷リスクの高い配管やポンプの近くに交換部品をストックしておくことで、設備トラブルによる損失時間を低減し、稼働率の低下を防いだ。

5-2 シールド掘進土層

シールド施工状況、残土処理状況などから各区間での掘進土層について考察した。図-11にボーリング柱状図および掘進土層実績を示す。

(1) 発進立坑～500m

粘性土が主体であり、砂分はほとんど見られなかった。470～480m区間に砂礫層が現れたがすぐに粘性土層に変化した。粘性土層は土層縦断における熱田層下部D3L-c、砂礫層は海部・弥富累

層Dm-g1と想定される。

(2) 500～900m

粘性土が主体であったが、20cmを超える礫が含まれており、ロータリークラッシャーが連続して稼働することになった。この粘性土層は土層縦断における熱田層下部D3L-cと考えられるが礫の含有は想定外であった。

(3) 900～1,600m

砂、礫が主体であり、振動篩に玉石が多く見られるようになった。土層縦断における海部・弥富累層Dm-s1、Dm-g1と想定される。

(4) 1,600m～到達立坑

固結シルトが確認された。土の性状から第三紀層の常滑層Tと想定される。当初想定した土層縦断と比較すると、常滑層Tの出現は約200m遅かったが、音波探査による想定ラインに近い結果であった。

以上より、掘進土層は、音波探査と既存ボーリングデータから推定した想定土層縦断図とおおむね一致していることが確認できた。

6 おわりに

シールドは、2015(平成27)年7月に無事到達立坑に到達した(写真-8)。

高水圧下での長距離掘進に対応した適切な施工計画と掘進管理により、計画(540m/月)を大きく上回る月進量(602m/月)を達成することができた。また、トンネル線形上の海底土質データが少ないなか、音波探査およびトンネル周辺の既存ボーリングデータを活用することで、掘進土層を精度よく予測することができた。

本稿が同種工事の参考となれば幸いである。

参考文献

1) 愛知県水道局：名港導水路海底トンネル工事誌，1980。
 2) 名古屋港管理組合：名古屋港臨海工業地帯の地盤，1968。
 3) 名古屋地盤図，コロナ社，1969。

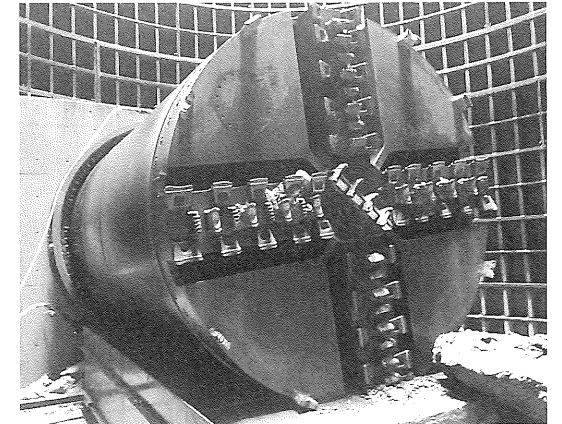


写真-8 到達したシールド

4) 愛知県防災会議地震部会：愛知県の地質・地盤その1，1983。
 5) 国土交通省：シールドトンネル施工技術安全向上協議会・中間報告，2012.7.23。
 6) 厚生労働省労働基準局：シールドトンネル施工に当たっての留意事項について，2012.8.6。

セグメントの新技术

監修 小泉 淳

B5判 132頁 本体価格 2,000円 円300円

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

株式 土木工学社
会社

〒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

土木情報 No. 515

今月の主な入札結果 (3月10日～4月9日)

事業主体	工事名	請負会社	請負額 単位 百万円
沖縄総合事務局	那覇空港滑走路増設BC	若築・大米JV	1,186.5
中四国農政	吉野川下流域農地防災事業第十幹線水路(1工区その3)建設	前田建設工業	3,140
北海道開発局	旭川十勝道路富良野市北の峰T新設	鹿島・三井住友・荒井JV	2,222.89
関東地整	新笹子T他補修	ショーボンド建設	105.5
〃	東京外環中央JCT北側ランプ函渠	戸田・浅沼JV	13,930
北陸地整	R8柏崎T(函渠部)その2	植木組	237.7
〃	馬下排水樋門及び築堤護岸他	帆苺組	153.3
中部地整	H27天竜川水系穴沢砂防堰堤管理用道路T	戸田建設	1,115
〃	H27北勢BP坂部T	五洋建設	4,028
近畿地整	R42新毛見T他補強補修	ショーボンド建設	204.5
鉄道・運輸機構	北海道新幹線, 立岩T(ルコツ)	奥村・竹中・山田・近藤JV	10,517.6
〃	北陸新幹線, 第2福井T(北)他	竹中・TSUCHIYA・キハラJV	3,719
〃	〃 第2福井T(南)他	鴻池・青木あすなろ・西尾JV	3,814
〃	〃 第2鯖江T他	大林・奥村組土木・道端JV	3,997
〃	〃 新北陸T(樫曲)他	奥村・西武・半澤JV	4,138
〃	〃 新北陸T(田尻)他	奥村・西武・半澤JV	4,199.9
東日本高速道路	横浜環状南線釜利谷JCT CランプT	鹿島・西武JV	5,530
〃	〃 公田笠間T	鹿島・竹中・佐藤JV	68,670
中日本高速道路	新東名高速湯触T他1T	東急建設	14,260
都・財務局	H28南北線中防内側陸上T整備	清水・鴻池・岩田地崎JV	7,536
都・水道局	江戸川区西葛西五丁目地先から同区西葛西六丁目地先配水本管(800mm)布設替	フジケン	643
新潟県	県営かんがい排水事業(一般)信濃川右岸(1期)地区第7次	福田組	257
富山県	鴨川河川総合交付金放水路第3工区	関口組	255
滋賀県	琵琶湖流域下水道東北部愛東幹線上岸本3工区管渠	日建	179.4
横浜市	高速横浜環状北西線(下谷本地区)函渠築造	長野工務店	113.28
名古屋市	高速度鉄道耐震補強(27-3)(一般土木)	大日本土木	639
〃	〃 (27-4)(一般土木)	塩浜工業	523.5
〃	堀川左岸雨水幹線下水道築造(その2)	大林・川口JV	1,096.3
京都市	山科川13-1号幹線(雨水)(その1)公下	岡野・吉川・ケイコンJV	1,638
北九州市	沼南雨水幹線(その3)管渠築造	奥村・池間JV	622.3

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メイジャー神楽坂
電話 (03) 3267-2888 (代) 振替 00110-8-190072

わが「トンネルと地下大空洞」の40年

福岡 (元)鹿島建設(株)

孝

第七十七回
語り継ぎ
言ひ継ぎ行かむ



はじめに

2012(平成24)年6月12日, LPG 国家備蓄倉敷基地建設工事の総決算であるプロパン貯槽の「気密試験」が, おかげさまで無事, きわめて優秀な成績で合格し, 貯蔵量40万t(掘削量80万m³), 世界最大級のLPG地下岩盤貯槽としての品質が, 高压ガス保安協会(KHK)により保証・認定された。

1972(昭和47)年, 鹿島建設(以下, 「鹿島」)に入社以来, 振返れば「トンネルと地下大空洞」一筋40年余の会社人生であったが, それはまさにその集大成の瞬間であった。

勤務先は技術研究所を皮切りに, 海外を含め5支店に及んだ。東京電力玉原, 台湾電力明湖, 関西電力大河内, それに本体工事は幻となったが中部電力川浦地下発電所, さらにLPG倉敷地下岩盤貯槽の地下大空洞工事に, また京滋パイパス宇治トンネル換気立坑, 第二阪奈道路阪奈トンネル, 神戸淡路鳴門道路舞子トンネルならびに新

名神高速道路栗東(供用名: 金勝山)トンネルといった関西圏の主要道路トンネル工事に従事した。その間, 海外事情の収集に, また社外の各委員会活動にも駆り出された。

時代に恵まれたというか, 運が良かったか, ほぼ切れ目なく, ベルコン用の小断面トンネルから地下発電所の空洞まで, 水平はもとより, 急勾配斜坑から換気立坑まで, ありとあらゆるトンネル工事を経験することができた。

この貴重な機会を得たので, 誌面に限りがあるため, 若干アバウトな内容になって恐縮であるが, 「わが40年」を省みて, 若手トンネル技術者の参考になればと思い, 筆を取る次第である。

バックボーン形成

■技術研究所時代

1972(昭和47)年4月, 鹿島に入社が決まり最初の勤務先は, 技術研究所であった。当時, 東京電力では, 長野県高瀬川上流において



著者近影

著者略歴

- 1972年 4月 鹿島建設入社、技術研究所「新高瀬川プロジェクト」配属
- 1978年 4月 東京電力玉原発電所工事
- 1981年 5月 台湾電力明湖発電所技術指導
- 1985年 9月 千葉県猿尾トンネル工事
- 1986年 5月 京滋バイパス宇治トンネル上り線換気立坑工事
- 1987年 11月 関空和歌山加太土取ベルコントンネル工事
- 1988年 12月 関西電力大河内発電所工事
- 1991年 12月 第二阪奈道路阪奈トンネル奈良方工事次長
- 1993年 7月 神戸淡路鳴門道路舞子トンネル南工事副所長
- 1996年 4月 中部電力川浦発電所取付トンネル工事所長
- 2002年 4月 新名神高速道路栗東トンネル下り線西工事所長
- 2005年 4月 LPG 国家備蓄倉敷基地建設工事総合事務所長
- 2013年 6月 鹿島建設退職

出力128万kWの新高瀬川揚水式発電所の建設を開始し、鹿島は発電所工区を担当していた。

配属時の面接で土木部長から、「君は信州(大学)出身だから」との非常にわかりやすい理由で「新高瀬川プロジェクト」配属となった。

運命の一瞬であった。社内では、「土木屋は全員高瀬川に目を向けよ」との檄が飛び、技術研究所においても、支援のためのプロジェクトチームが、前年に発足していた。

新高瀬川発電所空洞の断面積は1,430m²と、今なお国内最大級である。また地質は新鮮堅硬な花崗閃緑岩であった。このような大規模地下空洞の場合、一般のトンネル工事と本質的には変わらないが、設計に先立ち岩盤の工学的性質、とくに初期地圧や岩盤の変形・強度特性をより定量的に把握することが求められ、そのために原位置岩盤試験が実施される。

高瀬川においては、1971～1974

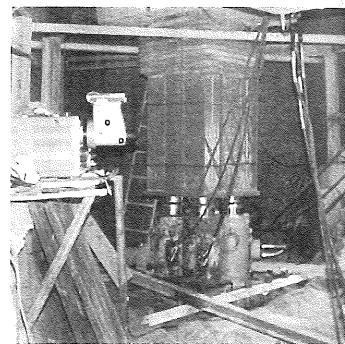
(昭和46～49)年にかけて、初期地圧測定をはじめ原位置岩盤試験としてジャッキ試験、せん断試験、断層三軸試験さらには岩盤三軸試験が実施された(右写真)。

そのほか空洞掘削に伴う緩み域の進展については弾性波速度の低下率による評価を、また、水圧管路における内圧の岩盤負担率を評価するために水室試験も実施した。

昭和50年代は東京電力のほか、国内で地下発電所の計画、建設が目白押しで、引続き鹿島は四国電力本川、北海道電力高見、東京電力玉原その他の発電所地点において、一連の初期地圧測定ならびに原位置岩盤試験を実施した。

さらに、青函トンネルにおいても京都大学と共同で潜在(初期)地圧の測定を行った。それらを機に解析手法の進展と相まって、わが国における岩盤力学は一気に飛躍を見た。

技術研究所にはちょうど6年間勤務したが、その間、東京電力新高瀬川発電所をはじめ全国の地下



岩盤三軸試験

発電所地点での各種試験を通じて、初期地圧をはじめ岩盤物性値についての知見を得ると同時に、岩盤力学の一端にも触れることができた。また優秀な上司、先輩に恵まれ、ボーリング技術、地質観察、空洞安定解析における初期地圧・岩盤物性の重要性、弾性波速度の測定法、トンネル掘削工法などの基礎的な知識を学ぶことができた。

一方、NATMのわが国への導入期にあたり、概念の理解、支保設計法の混雑や、坑夫連中の拒絶反応などのバタバタを目の当たりにした。そういった意味で、まさに充実した時間であり、技術研究

所での経験は間違いなくその後のバックボーンとなった。

応用編のスタート

■東京電力玉原発電所工事

1978(昭和53)年4月、技術研究所で得た知見を施工に活かすべく、東京電力玉原発電所工事へ異動となった。応用編の始まりであった。当工事は群馬県水上町に出力120万kWの地下発電所を設け揚水式発電を行うものであった。

鹿島は発電所工区の担当であったが、東京電力では、このころから共同企業体に発注するようになり、大成建設とのJVであった。鹿島の所長は高瀬川での工事部長T氏であったが、次から次へと新しい発想で新機軸を打ち出せば周囲を驚かせた。常に前向きで「前言撤回、恥とせず、朝礼暮改は気にせず」、また、ON-OFFの切替えが実に絶妙であった。社員は右往左往の毎日であったが……。

JVは工区分けで主要変圧器室以外の発電機室をはじめ水圧管路、放水路などの地下工事のすべてが鹿島の施工となった。各工事担当は1～2名、人数は同規模の高瀬川と比べて、常軌を逸する少なさに加えてトンネル経験は不問で若手主体であった。所長の口癖は「社員は計画せよ」。そのため事務所は所長の強い意向で2人1部屋の個室制となった。

国産初の油圧削岩機1、2号機を導入し、玉原地点の緻密堅硬な礫岩に対して長孔削孔など、油圧削岩機の威力を十二分に発揮させた。また、発電所アーチ部での振

り子式施工法や発電機器周りの箱抜き先行施工など、その後の地下発電所の標準となるような施工法を次々と編み出した。

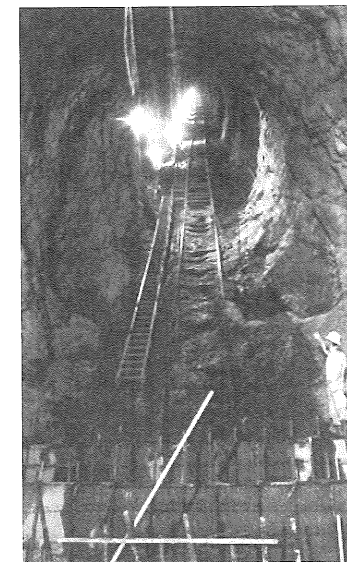
現場運営では、社内の土木現場では初めてオフコンを導入し、材料管理、火薬管理、経理処理などを行った。赤字の実行予算は当てにせず、各担当者は毎月、自分の担当範囲の施工予算を作成し出来高と対比して損益管理を行うなど、T所長のくり出す新しい手法は留まるところを知らず、社員はただ心酔するしかなかった。

そんな中、自分は53°という急勾配水圧管路斜坑の導坑切り、切掘り掘削を担当を命じられた。現場経験のないところへ、いきなり急勾配斜坑を任せられ、所長から「斜坑の工法はこれだというもの確立せよ」との命を受けた。

導坑はクライマにより切上がる計画であった。積算した結果を所長室へ持参したところ、所長はやおら機の引出しから自ら積算したものを取出し、見比べては、「よし、これでいい」と。なんとか信頼を得た気がした。

導坑掘削は厳しい作業環境であったが1、2号とも湧水もほとんど見られず、経験豊富な坑夫たちのおかげで、大きなトラブルもなく無事所定の位置まで到達した。

引続き、切掘り掘削である。ジャンボは空いてきた油圧削岩機2台を搭載し3.0mの長孔発破を可能とした。導坑掘削時点で地質は良好であったため、支保は吹付けのみとした。上部作業基地からホース配管にて乾式吹付けを行っ



球分岐室2号水圧管路(53°)を見る

たが、ホースの閉塞が頻発し、骨材の水分管理に苦慮した(上写真)。

初めての現場であったが、施工計画から工事管理までを通して大きなトラブルもなく、「斜坑工法の確立」という所期の目標以上の成果を上げることができ、この先なんとか現場でやっていける自信がついた。

先日30年ぶりに玉原発電所を訪問した際、東京電力の維持管理担当者から、「手の掛からない発電所ですよ」との言葉をいただいた。

海外での技術指導

■台湾電力明湖発電所工事

1970年代に入り台湾経済の成長は目覚ましく、それに対応するため台湾電力では、台湾中部の日月潭を上池とし、下池として、新たに明湖ダムを築造して出力100万kW、東南アジア最大級の明湖揚水式発電所建設を計画していた。鹿島は計画時点から参画し、地下

工事全般について施工担当の栄工處(RSEA)に対して技術指導をすることになった。

玉原の現場からも所長をはじめ数名が行くことになり、自分も手を挙げてメンバーに加わった。1981(昭和56)年、年明けから順次赴任したが、最盛期は社員、フォアマン合わせて50名の大所帯であった。ただ玉原の現場から台湾へ直行したため言葉も何もぶっつけ本番であった。

明湖一帯の地質は砂岩、頁岩の互層で、水が付くとすぐドロドロになり、きわめて始末が悪い。担当していた鉄管路工区(第二工区)の水平区間では湧水を伴う断層破碎帯がいたるところで現出し、支保工の変形もみられたため、ほぼ全線にわたって仮巻きコンクリートによる補強を余儀なくされた。当時、まだNATMが日本でもやっと導入期を迎えた段階で、台湾ではもちろん矢板工法が全盛であった。今なら地山が悪ければ、長尺先受け工やロックボルト、吹付けコンクリートなどを用いた補強工がすぐに思いつくが、当時は仮巻きコンクリートによる補強しかないのが実情であった。

そんな中、メインの傾斜角50°の鉄管路斜坑においても支保工の変形や前倒れ現象がみられ、急遽掘削を中断し、仮巻きコンクリートによる補強を実施した。いったん仮巻きコンクリートを施工すると、区間長にもよるが、1週間から10日、ヘタをすればその何倍もの時間を要し、工程への影響は避けられない。ましてや当工区

は全体のクリティカルであり、まさに苦渋の「決断」であった。そのとき「決断」させたものは、「止めて補強したほうがいい」という経験豊富なフォアマンの一言の後押しと、後工程で挽回できるという確信、それに「彼らなら」という台湾人への信頼であった(下写真)。

鉄管路斜坑では、2班制で支保工1基建て込んで交代する仕組みで、運悪く地山の悪い箇所に入った班は一昼夜でも二昼夜でも支保工を建て込むまで次の班と交代できない。坑内に鍋や釜を持ち込んでの食事も辞さなかった。それでも「没有办法」(どうしようもない)と文句も言わず黙々と働いた。

鉄管搬入坑での予期せぬ崩落などもあり、現場では苦闘の毎日であったが、台湾での生活は異文化に戸惑いながらも言葉の問題もなんとかクリアし、順応性があったのか3年半の任期を全うできた。

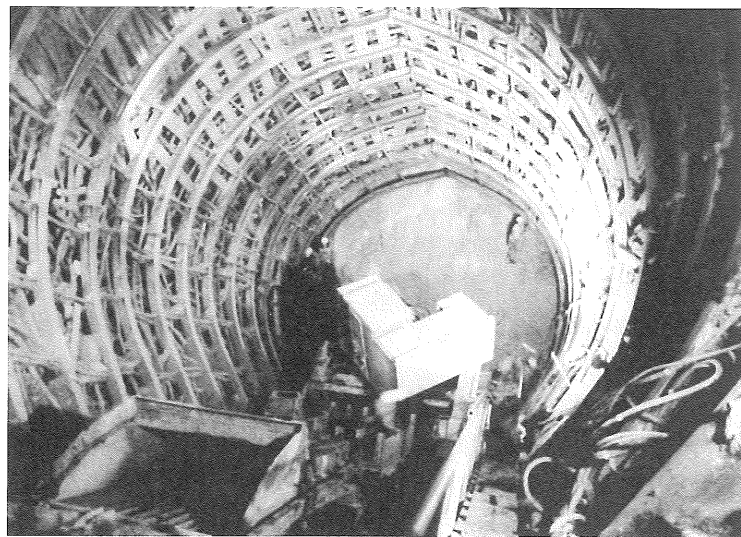
難工事にもかかわらず、工期を

3か月も短縮して発電を開始し、台湾側から高い評価を得た。これがその後の明潭発電所工事につながっていく。

急速施工について

■関西電力大河内発電所工事

1988(昭和63)年12月、関西電力では兵庫県中部の大河内町(現神河町)に最大出力128万kWの純揚水式発電所の建設に着手した。鹿島は地下工事全般を担当する第二工区JVの代表会社として参加し、自分は工事課長として地下発電所を担当した。生まれ育った地にも近く、いやがうえにもモチベーションは高まった。発電所空洞は幅24m、高さ46.6m、長さ134.5mで、その断面形状は大規模地下空洞では国内初の弾頭形が採用され、大断面NATMによる施工を行った。発電所付近の地質は新鮮堅硬な班状ひん岩で、顕著な断層、破碎帯もなく安定した地質条件といえた。当時の電力事情

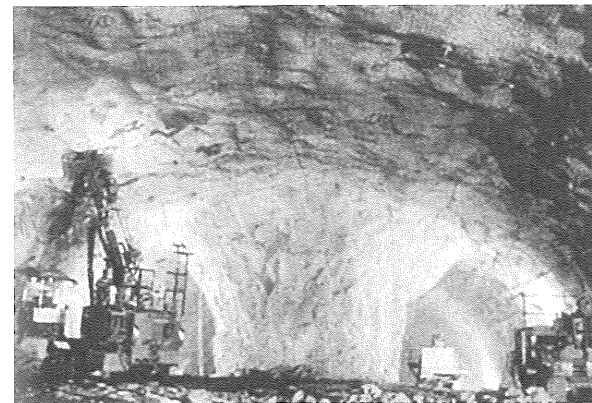


鉄管路斜坑部分の掘削

により同規模の地下発電所工事に比べて工期は大幅に短縮して設定されており、そのため工程を確保するうえで、急速施工が不可欠であった。

急速施工その1としてクリティカルであったアーチ部掘削に地下発電所で国内初のサイロット先進中央切掛け掘削工法を採用した(左下写真)。アーチ部の掘削については、①岩盤が良好であり、②最終設計支保が早期に施工可能であること、③汎用機械による掘削が可能で加背割りであることなどを条件に、計画段階から種々検討した結果、最終的にサイロット先進中央切掛け掘削工法を採用した。掘削は順調に進捗し、懸念された最終ピラーの撤去も問題なく、基地の掘削からアーチ切掛け完了までの期間は、従来の同タイプの地下発電所に比べて、大幅に工程を短縮することができた。

急速施工その2は、本体部におけるクレーンポスト逆巻き工法の採用である(右下写真)。発電機器据付け用天井クレーンの走行路はポスト36本で支える構造となっ



アーチ部掘削

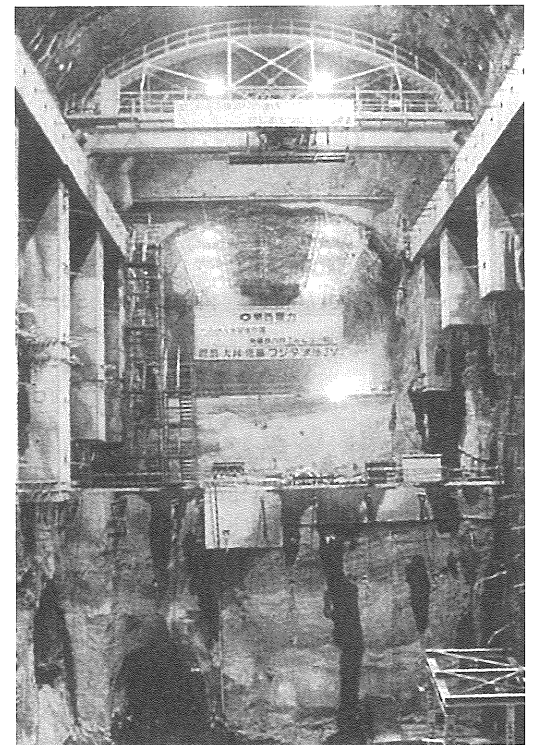
おり、クレーンアップまでには足付けを完了しておく必要があった。当初、ポストコンクリートについては、本体掘削完了後にベースから一気に立上げる計画であったが、掘削完了後にドラフト据付けが控えているため作業の輻輳が予想され、またクレーンアップまでの期間が従来の発電所に比べて短く設定されているなどから工程的に非常に厳しい状況であった。

そこで、①ポスト構築作業の標準化による作業員の確保、②高所作業、上下作業の低減による施工の安全確保、③PS工をベンチごとにより縫付けることにより従来よりも早期に「面」で岩盤を支える効果が期待できること、などの狙いもあり、また、ポスト構築作業が掘削サイクルに取り込め

る目途が立ったため、企業者と協議の結果、本体盤下げの進行に合わせてポストコンクリートを打設する逆巻き工法を採用した。

余談ながら、バブル期の当時、鉄筋・型枠工不足は深刻で、クレーンポストを吹付けコンクリートによる「ショットポスト」ではダメか、とまで真摯に考えた。

本体掘削と併行してクレーンポスト全体の約70%を逆巻き工法により先行施工できた結果、クレーンアップまでの後工程の厳しさを大幅に緩和することができた。おかげで企業者の土木担当はもちろん、設備担当からも高い評価を得ることができた。これら急速施工法については1992(平成4)年のITA(国際トンネル協会)で発表した。



ベンチ掘削とクレーンポスト逆巻き工法

周辺環境への配慮

■舞子トンネル工事

神戸淡路鳴門道路舞子トンネルは明石海峡大橋の神戸側に接続し、全長約3,000m、片側3車線の大断面トンネルである。鹿島は大林組(代表会社)、銭高組、竹中土木、アイサワ工業とともに南工事を担当した。1993(平成5)年7月、社命によりJV副所長として異動した。このころから、エンジニアとしてよりマネージャとしての業務が多くなる。

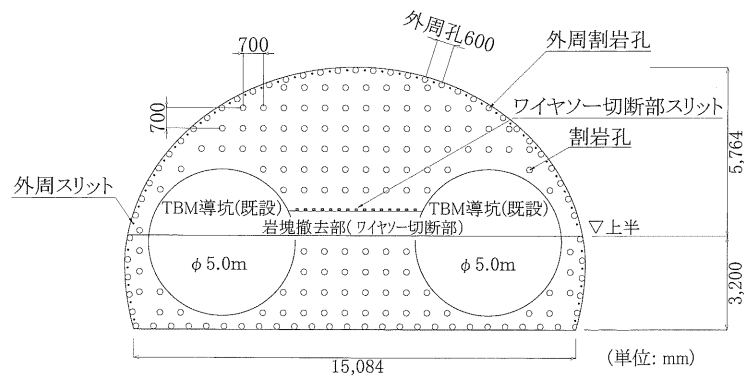
南工事の花崗岩部は土かぶりがあり10~20mと小さく、トンネル直上には中層集合住宅が建ち並ぶため、周辺住民への環境に配慮して割岩工法(スリット+油圧クサビ)が採用されていた。先行の下り線においては一部ブレーカ工法(スリット+ブレーカ)区間も設定されていたが、実際に施工してみると周辺住民から苦情が殺到し、全線にわたって油圧クサビによる割岩工法に変更された。併せて夜間での時間制限も行い一応の成果を見る事ができたが、それでもとくに

二次破碎でのブレーカ使用時に発生する振動に対して昼夜を問わず周辺住民からの切実な苦情が絶えず、それらの対応に苦慮した。

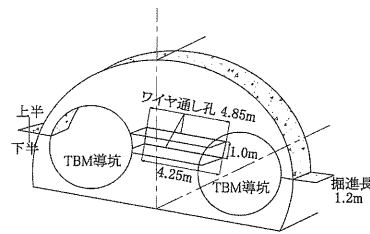
周辺環境への負荷低減は時代の要請でもあり、先の阪奈トンネルでも対応に苦慮したが、舞子トンネルは有数の住宅密集地であり、その比ではなかった。上り線掘削は下り線に比べて対象戸数も多く、しかも小土かぶり住宅直下を通過することからブレーカを極力使用しない工法が要求された。

企業者からの要請もあり、必死になって無振動工法を検討した。左右のTBM導坑に着目し、導坑間にトンネル掘削では初めての、「ワイヤソー工法」による岩盤切断により自由面を追加形成することで、ブレーカをいっさい使用しない「ノン・ブレーカ工法」が可能になるのではと閃き、その採用に踏み切った(図)。

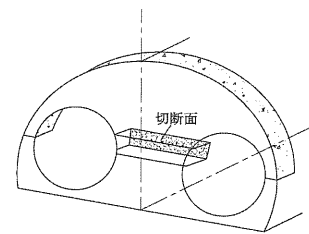
直上民家で振動レベルを測定したところ、最大でも40dBに収ま



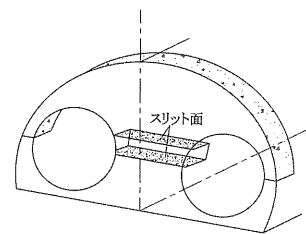
「ノン・ブレーカ工法」標準パターン



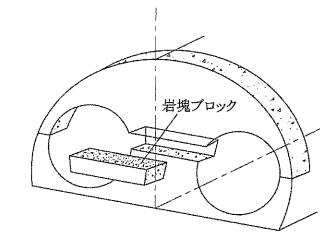
① ワイヤ通し孔ボーリング



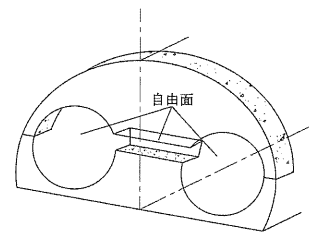
② ワイヤソーによる切断面形成



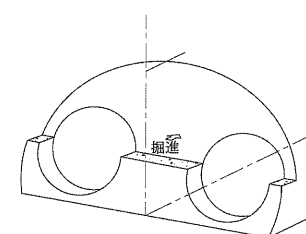
③ 上下スリット面形成



④ 岩塊ブロック撤去



⑤ スリット・割岩掘削



⑥ 上半掘削完了

「ワイヤソー工法併用ノン・ブレーカ工法」施工概要

り、自主振動規制基準(昼間50dB)を十二分に満足し、その結果、それまで多発していた周辺住民からの苦情が1件も発生しなかった。ほぼ掘削が完了した1995(平成7)年1月17日、阪神淡路大震災が発生した。震源地に近かったが、覆工前であったせいか幸いにも被害はほとんどなかった。

安全について思うこと

■栗東トンネル工事

応力場にある岩盤に空洞を開けると、その周りに応力集中が生じる。そもそもトンネルを掘削する行為自体が不安定な状態を生み出す行為であり、まして自然地山を相手にしている以上、不確定要素も多く、切羽周りで思いがけなく災害が発生する。

2002(平成14)年3月26日、当時は関西支店土木部に在籍していたが、夕方に第一報が入った。「栗東トンネルで夜番のかかりに、装薬中の切羽が崩落し作業員1名が巻き込まれた」とのこと。まもなく「残念ながら死亡災害に……」との続報が入った。

当時、トンネル担当であったため事故対応に忙殺された。そんな中、覚悟はしていたが、4月半ばに「信頼を回復せよ」との命を受け、所長として急ぎ赴任した。引受けをすることを決断したのは、旧知の若い連中が現場で大変な思いをしているのでは、と案じたからである。

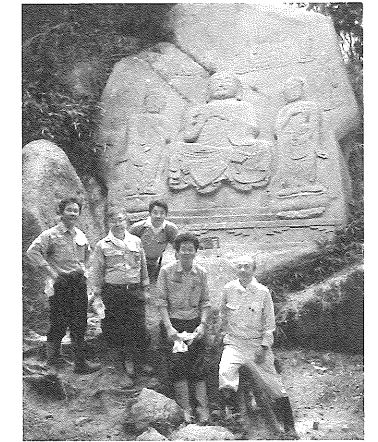
全社を挙げて要因分析、再発防止策を検討し、その結果をJH((現)NEXCO)の支社、事務所への打合せ、説明に日参した。当然

のことながら、JHからは「厳しい指摘、言葉を受けた」。事故は、TBM先導坑回りの花崗岩特有の交差する節理面(鏡肌)から岩塊が脱落し、下部で装薬作業中の作業員を直撃したものと想定された。JHから「切羽の地質観察の緻密化と昼番夜番の確実な引継ぎ」を強く要請された。

再発防止のため、地質専門技術者を昼夜配置するとともに、切羽状況は昼夜間の引継ぎ時に、当時普及し始めていたデジタルカメラ画像をテレビモニターに映して要注意箇所・事項などを引継ぐことにした。また、発破ごとの切羽を実際に見ながら、危険箇所や補強対策のグレードなどを、JHと協議しながら、鏡吹付けならびにフェースボルトによる補強を決定することにした。鹿島社内では、この事故を機に、発破後の切羽防護のための鏡吹付けは、全現場で実施するよう本社から通達がなされた。

これら再発防止策を、JH本社ならびに技術委員会委員長の了承を得て、5月9日に工事を再開したが、事故発生から工事再開までに約1.5か月を要したことになる。いったん事故が発生すると、長期間工事が中断することを覚悟しておく必要がある。

工事再開後、まもなく栗東トンネル下り線では、6月末にジャンボマンケージのアームが破断し、搭乗していた作業員が骨折する事故が発生した。また、他社施工の上り線でもそれ以前に死亡災害が発生していた。連続する事故、災



狛坂寺址 磨崖仏前にて(左から二人目が筆者)

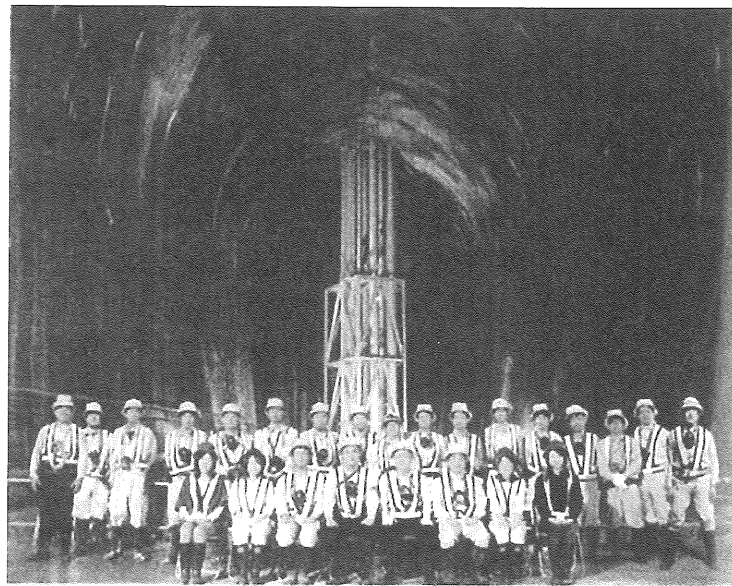
害に見かねて、JHの施工監理員から、「あんたら、この上の磨崖仏に参ったか?」と。

地図上で確認するとトンネル路線の直上にあった。金勝山の尾根伝いを西方に下っていくと、花崗岩の巨石に刻まれたみごとな磨崖仏が現れた。狛坂磨崖仏である。理屈抜きで何かの因縁を感じざるを得なかった。「これは……」と思い、それ以降、毎月安全大会のあとに半日苦行であったが、有志で安全祈願登山を続けた(上写真)。

LPG倉敷基地建設工事においても8年間にわたって地元の氏神「天神宮」への安全祈願を毎月欠かさず励行した。おかげさまで、両工事とも竣工まで大きなトラブルに巻き込まれることはなかった。

鹿島社内では安全所管部署が躍起になって再発防止を図っても、図っても事故、災害が続発した時期があった。聞いた話だが、あるトップが、「皆さん、祈りが足りないのでは?」と。まったく同感である。

緊張感を持って災害防止に全力



LPG倉敷JV集合写真

を挙げるのは当然であるが、自然を相手にしている以上、やること、やれること、人事を尽くしたうえは手を合わせ祈るのは当然のことであろう。

おわりに

「わが40年」では、わが国におけ

る地下発電所建設の最盛期を経験し、また、NATMのわが国への導入期から定着、本格化までを目の当たりにした。

その間、常に「企業者・顧客の信頼」を高め、現場のニーズに合った「新しい技術・工法の開発」へ積極的に挑戦し、さらに「トラブ

ルの未然防止」を図ることにより円滑な現場運営に当たってきた。

完成間もないLPG倉敷地下岩盤貯槽をはじめ、東京電力新高瀬川、東京電力玉原、台湾電力明湖、関西電力大河内の各発電所は、今なお主力発電所として、また、宇治、阪奈、舞子ならびに栗東の各トンネルは関西圏の主要トンネルとして今なお立派に機能を果たしており、健全な土木構造物の施工を通じて地域社会の発展に何とか貢献できたものと考えている。

今後、道路、鉄道、エネルギー分野などにおいてより大規模、より大深度の「トンネルと地下大空洞」が各方面で検討されている。それらを担うのは言うまでもなく、これまで関係各分野のたゆめぬ努力によって進展してきたトンネル・地下空洞建設技術である。それらをさらに発展させられるのは若手トンネル技術者の皆さんしかいない。大いに期待します。

計 画

地下空間を利用した国際リニアコライダー研究施設を日本国内に建設予定

(大)高エネルギー加速器研究機構リニアコライダー計画推進室CFS計画グループリーダー 宮原正信

(大)高エネルギー加速器研究機構リニアコライダー計画推進室長 山本明

鉄道・運輸機構新幹線部参与 秋田勝次

(株)地盤システム研究所所長 近久博志

1 はじめに

本稿では、鉄道や道路やエネルギー関連施設で活用されてきた地下空間の構築技術の新しい展開として、近年、日本国内に計画されている国際リニアコライダー計画¹⁾の地下空間利用について紹介する。

リニアコライダー(linear collider)とは、直訳すれば、linear(直線的)にcollide(衝突)させる装置となる。つまり、リニアコライダーとは、直線状に並べられた加速器によって、光速近くまで加速した電子と陽電子を衝突させて、衝突後に発生する未知の粒子の性質やエネルギー状態を調べるための実験施設であり、周辺の自然環境変化の影響を受けないように、地下深くに建設される。

既往の加速器としては、フェルミ国立加速器研究所(FNAL)の衝突型粒子加速器(Tevatron, 米国)、欧州合同素粒子原子核研究機構(CERN)の大型ハドロン衝突型加速器(LHC, スイス・フランス)、高エネルギー加速器研究機構(KEK)の大強度陽子加速器施設(J-PARC, 茨城県)などが有名である。これら従来型の加速器は、陽子・陽子または陽子・反陽子同士を衝突させることが目的であったため、加速器をリング状の地上施設内に設置して実験されてきた。これに対して、電子・

陽電子の衝突は、必要とされるエネルギーレベルや実験精度が極度に高くなるため、エネルギーロスが少ない直線型の加速器を振動の少ない地下に設置して実験することが選択された。

本計画は、2013年のノーベル物理学賞受賞につながったヒッグス粒子の発見に続き、人類の究極の謎とされている宇宙の起源と宇宙の創造と終焉の探索、宇宙のダークマターやダークエネルギーの同定や解明につなげるために、国際純粋・応用物理学会などによって、現在、強く推し進められている²⁾。さらに、研究開発される関連技術は、医療・生命科学から新機能の材料・部品の創出、情報・通信、計量・計測、環境・エネルギーに至る幅広い産業分野で、新しい産業イノベーションの創出につながると高い関心が寄せられている。

このため、国際リニアコライダー(ILC: International Linear Collider)研究施設を核とした国際科学技術研究圏域は、地域と共生しながらも「世界の頭脳が集積した最先端の科学創造と技術革新を先導する圏域」および「世界の人々が集い豊かな自然環境のもとで生活・交流する多国文化共生圏域」として、世界最先端の科学創造と技術革新を先導することが期待されている³⁾。後述する技術設計書(TDR: Technical Design Report)⁴⁾の段階までは、いくつかの機会^{5),6)}を捉えて紹介して

きたため、本稿では、全体計画を概説したあとに、おもに、TDR 以後の検討課題⁷⁾と対策案について論じることとする。

2 国際リニアコライダー研究施設

2004年、IUPAP (International Union of Pure and Applied Physics) は、世界で1つの電子・陽電子衝突型の将来加速器計画として国際リニアコライダー計画を推進することを決定した。そして、国際設計チームとして GDE (Global Design Effort) が組織され、100 を越える研究機関や大学が結集して、ILC に関する研究開発や施設の調査研究を実施し、2007年に概念設計書 (RDR: Reference Design Report)²⁾ を、2012年末には TDR⁴⁾ を取りまとめた。これを機会に、ICFA (International Committee for Future Accelerator) の下部組織として、LCC (Linear Collider Collaboration) が新設され、CERN (European Organization for Nuclear Research) が推進するもう1つの直線型加速器構想 (CLIC) と ILC の研究グループが協力して、新しいタイプの加速器の実現に向けた研究を実施することとなった。図-1に ILC 施設の概念図を示す。

この研究施設では、生成した電子とその反物質である陽電子は、まず、ダンピングリング内部で運動の向きが整えられる。次に、電子と陽電子は、主直線加速器 (メインライナック) トンネルの両端に送られ、その後、高周波の電磁波によって加速されながら中央部に向かって進んでいく。そして、光速近くまで加速された電子と陽電子は、施設中央部のホール内に設けられたディテクター (検出器) の中で、衝突させられる。

このとき、両者は完全に消滅して、宇宙誕生とされるビッグバンから1兆分の1秒後の世界と同じエネルギー状態となり、そのときに宇宙を支配していた基本的な法則や未知の素粒子が現れては消える不思議な現象を再現できることになる。このエネルギー状態を調べることで、宇宙と素粒子

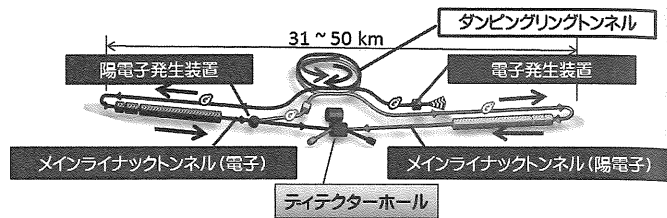


図-1 ILC施設レイアウト

の基本的な法則を探ろうとしている。この実験過程の中で、光速レベルにまで加速された電子と陽電子は、衝突確率を高めるために、各ビーム幅をナノオーダーにまで絞り込んだあとに、中央部のディテクター内でお互いを衝突させることになる。この加速された電子・陽電子ビームは、周辺の自然環境に影響を受けやすく大気圧、気温、潮汐、列車や自動車や工場などの振動などの影響までも極限まで少なくする必要があるため、安定した岩盤内に加速器を設置しなければならないとされている。

3 ILC 研究施設計画と地形・地質

ILC 計画では、次の3つの施設が中核を占めることになる。表-1にそれぞれの地下空洞の寸法と構造の概略諸元を示す。

- ① 加速器を設置するメインライナックトンネル (主線形加速器トンネル)
- ② 生成された電子や陽電子の流れを調整するためのダンピングリングトンネル
- ③ 加速された電子と陽電子の衝突後の状態を調べるディテクターホール (検出器ホール)

これらの主要施設は、実験中に気候や気温や人工振動 (通行車両や工場や交通など) の影響を受けないように、土かぶりが25~600m程度の地下深くに設置される。このため、地表面からのアクセスなどのために、メインライナックトンネルやダンピングリングトンネルに取り付ける9本の斜坑とディテクターホールとその周辺に取り付ける2本の立坑が設置される。

これらの斜坑や立坑は、研究者や技術者の出入りだけでなく、地下空間構築、実験や保守点検のための資機材や装置の搬出入、これに関連した重

表-1 ILC 研究施設における主要な地下空間の概略諸元

名称	寸法	土かぶり	仕上げ	地質
メインライナックトンネル	延長: 31km (将来 50km), 掘削断面: 56m ² , 幅: 11m, 高さ: 5.5m	25~637m	覆工コンクリート (覆工背面での導水処理), 中央隔壁	おもに、B~CH級の岩盤 (花崗岩類など)
ダンピングリングトンネル	延長: 3km, 掘削断面: 30m ² , 幅: 5.5m, 高さ: 4.7m	70m強	覆工コンクリート (覆工背面での導水処理), 中央隔壁	
ディテクターホール	長さ: 108m, 掘削断面: 1,069m ² , 幅: 25m, 高さ: 42m	70m	吹付けコンクリート (実験機器を守るための導水処理)	

※ダンピングリングトンネルの直線部はメインライナックと同じ断面であるため、曲線部の断面寸法を示す。

車両の入退場、電気・水道・ガス・空調や実験装置の冷却などのサービス、さらには、火事や事故などの救急時の対策や避難などの緊急対策に活用されることになる。また、トンネルの二次覆工背面に設置された防水シートで遮水された地下水は、いったん、アクセスホール付近に設けられた集水ピットに集められて、斜坑や立坑を通じて坑外に排出されることになる。こうした活用を考えて、とくに、斜坑となるアクセストンネルとメインライナックトンネルとの接合部には、大きな断面のアクセスホールの設置を予定している。

3-1 建設地点の選定

国際設計チーム (GDE) が取りまとめていく概念設計書 (RDR) や技術設計書 (TDR) に対して、次のような5機関から6地点のサンプルサイトの提案があり、ILC 施設の基本設計がなされてきた⁸⁾。

- ① フェルミ国立加速器研究所 (FNAL: Fermi National Accelerator Laboratory), アメリカ
- ② 欧州合同素粒子原子核研究機構 (CERN: European Organization for Nuclear Research), フランスとスイス
- ③ ドイツ・シンクロトロン研究センター (DESY: Deutsches Elektronen-Synchrotron), ドイツ
- ④ ロシア・ドブナ合同原子核研究所 (Dubna JINR: Joint Institute for Nuclear Research), ロシア
- ⑤ 高エネルギー加速器研究機構 (KEK: High Energy Accelerator Research Organization) 日本

GDE が中心になって、これらの提案の中から、おもに、「電力 (特高送電線・電力潮流安定性)、地質 (とくに活断層がないこと、振動が小さいことなど)、アクセス・輸送の便利さ」の条件から適地を絞込んでいき、最終的に、日本のサイトがもっとも適しているという結論に至った⁹⁾。この過程で、日本では数十のサンプルサイトが2つにまで絞り込まれ、2013年、専門科学者の立場からサイトを検討してきた ILC 戦略会議は、許認可、施工上および運用上のリスク、工期・コストなど、技術的現実性の観点から北上サイトが最適であると判断した¹⁰⁾。

これを受けて、LCC では、日本政府の正式受入れ承認を待ちながらも、北上サイトに焦点を絞って関連する実験装置や研究施設の研究開発を進めてきている¹¹⁾。これに並行して、北上サイトでは、地下空間の計画と設計の精度を高めるために、さらに、詳細な地形・地質調査が実施され、その結果にもとづいて、詳細な技術検討が展開されている。

次に、こうした最近の研究開発成果の中から地下空間の計画設計に関するものを紹介する。

3-2 地形概要

北上山地は、南北250km、東西80kmに及ぶ非火山性の山地である。尾根には定高性があり、起伏が小さくならかな高原状地形を示し、隆起準平原とされている。このうち ILC の建設予定地点 (図-2) は、北上山地の南部にあたる。

当該地域では、^{ひとかべ}人首深成岩体、^{せんまや}千厩深成岩体の周囲が貫入時の接触変成作用により硬質なホルンフェルスとなっているため、花崗岩体を縁取るように、しづく状の地形を形成している。この中で、

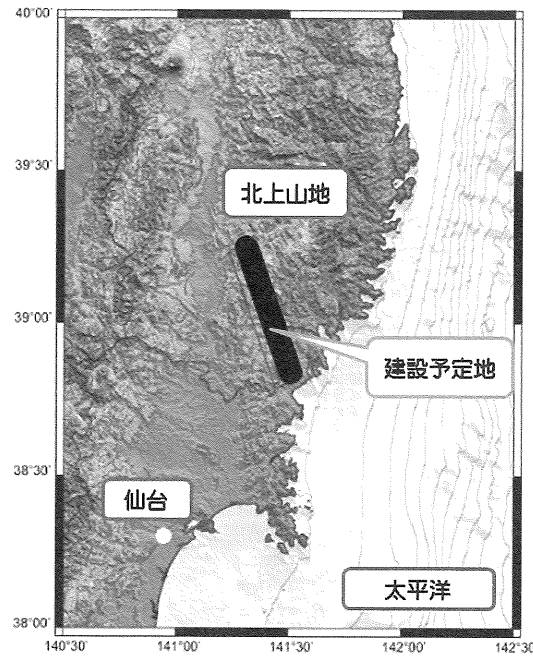


図-2 ILC 研究施設の建設予定地点

ILCの計画地沿いでは、花崗岩類からなる山体が、全体になだらかな高原状の地形(標高400~500m程度の山体)をなしている。花崗岩類の周囲は熱変成が進んだ中・古生層が分布しており、標高700~800mの山体が多く存在する。

3-3 地質概要

北上山地は、おもに古・中生代の堆積岩類とそれに貫入する白亜紀の花崗岩類からなる。地質的には、盛岡から釜石に位置する北西-南東方向の早池峰構造帯を境にして、北部北上山地と南部北上山地に分けられる。ILCの計画地は南部北上山地の地質であり、先シルル系を基盤岩として浅海性の堆積岩に花崗岩を主とする深成岩体が併入している。

図-3に示すように、ILCの地下空洞は、南部北上山地の南西部に接しながら続く人首深成岩体、千厩深成岩体および折壁複合深成岩体を掘削することになり、50kmまで施設延長した場合、南側の一部で中生代三畳系にあたる稲井層群に至ることになる。延長31kmの一期工事でトンネル掘削することになる人首深成岩体と千厩深成岩体は、ボーリング孔で熱水変質の影響や長石の風化を受

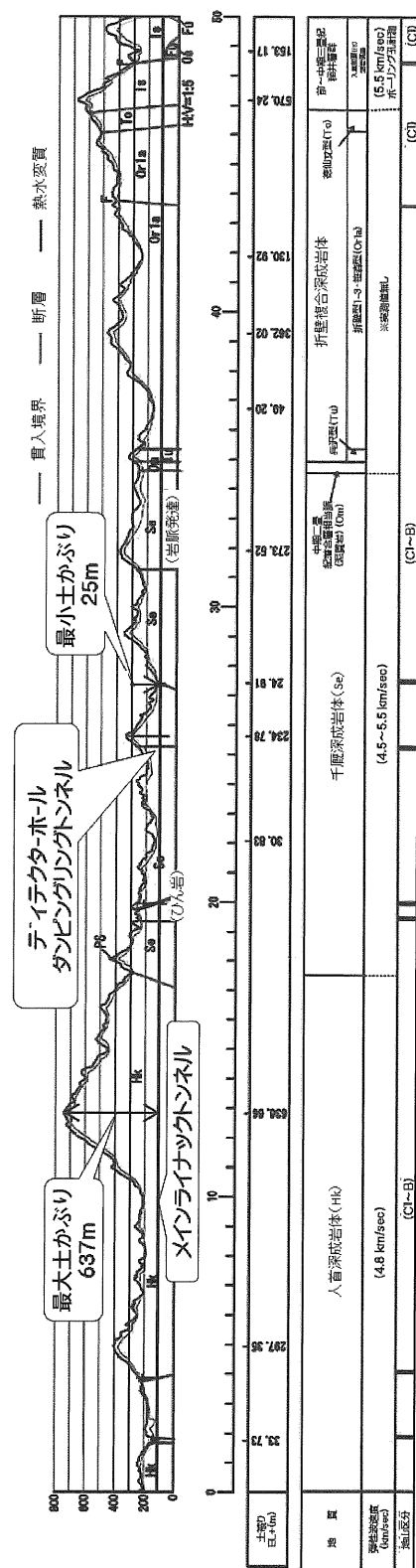


図-3 ILC施設の建設地点における地質概要とトンネル土かぶり

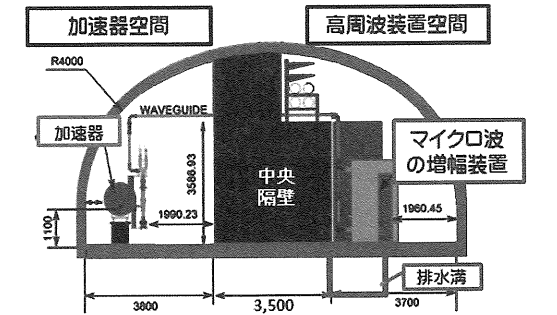
ける場合が見られるものの、全体的に硬質で健全な花崗岩類(P波速度は4.8~6.0km/secであり、一軸圧縮強度は100~150MN/m²程度)をトンネル掘削することになると予想されている。しかし、石英閃緑岩よりも石英の含有が多いトーナル岩が主体との報告もあり、トンネル掘削中の削岩機のロットやピットの損耗が激しくなることが懸念されている。また、一部区間で、花崗岩の風化や珩岩の貫入によって、脆弱な地山や突発的な湧水に遭遇する可能性が残されている。このため、トンネル施工に際して、急変する岩質変化や突発湧水に対応できるように、事前に備えておくことが肝要となる。

4 ILC計画の地下施設

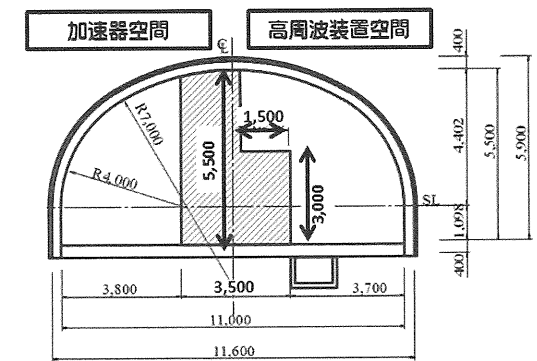
4-1 メインライナックトンネル

メインライナックトンネルは、現在、図-4に示すように、吹付けロックボルト工法によって掘削する、かまぼこ型断面で計画されている。トンネルの掘削断面積と扁平率(縦横比)は、それぞれ56m², 0.5であり、在来型新幹線トンネル(掘削断面積73~80m², 扁平率:0.8)よりは断面積が2.5割程度少なく、4割程度扁平な断面性状を示している。また、断面の中央に設置するコンクリート製の隔壁によって、次のような2つの空間に区画されている。

- ① 加速器空間：超伝導加速器(クライオ・モジュール)を設置
 - ② 高周波装置空間：加速器へ高周波を供給するクライストロンや電源機器などを設置
- メインライナックトンネルやダンピングリングトンネルへのアクセストンネルは、下り勾配で掘削される予定である。一方、冷却のために用いる液体ヘリウムの液面を水平近くに保つ必要があり、加速器設置されるトンネルの大部分は、ジオイド面に沿って加速器を設置する必要があるとされている。このため坑内湧水を自然流下させにくい環境にある。この課題を解決するために、現在、現地の山岳地形をうまく利用して、坑内水を坑外へ自然流下で排出できるような排水トンネルの可能



a) 設備配置図



b) 断面寸法図

図-4 メインライナックトンネル断面

性を探っている。しかし、適切な排水トンネルが設置できない場合は、水気を嫌う精密試験装置をうまく保護しながらもいかに効率的に坑内水を坑外へ排出するかが大きな課題となる。これに対して、トンネル底盤下部に設置する排水溝の縦断勾配やアクセストンネルとの交点部における排水ピットやリレーポンプの規模や能力などの検討をしている。

中央隔壁は、ビーム運転によって発生する放射線を遮蔽することを主目的としている。そして、基本設計では、ビーム運転中でも高周波(Radio Frequency, RF)装置のメンテナンスのために人が立入ることができるという計画を立てた。さらに、万が一の火災やヘリウムガスのリークなどの災害時には、この隔壁によって、片方の空間が避難路となり、施設の冗長性を確保することが可能となる。このトンネル構造は、大深度地下空間となるILC施設にとって宿命的な課題とも言える防災機能の向上に大きく寄与するものと位置づけら

れている。

4-1-1 中央隔壁とトンネル断面

前述した基本設計段階の考えに対して、コスト削減の可能性を検討する目的で、ビーム運転中のメンテナンスをなくした場合を想定して、メインライナックトンネルの中央隔壁の厚さと断面形状を検討した。基本計画で3.5mであった中央隔壁の厚さを2.5~1.5mに変更することによって、建設費は、1~2割程度削減できる。図-5に、中央隔壁の厚さが2.5mの場合のトンネル形状を示す。

中央隔壁の厚さに関しては、単なる構造上の問題だけでなく、今後の実験やメンテナンスの作業手順と施設の安全管理上のスキームとも関連することになる。このため、さらに、厚さ1.5mを中心にして、費用対効果だけでなく、安全や安心を含めた幅広い検討が加えられ始めている。

4-1-2 インバートコンクリート

メインライナックトンネルは、おもに新鮮で健全な白亜紀の花崗岩類を掘削することを想定しているため、これまでインバートコンクリートの検討を十分にしていなかった。しかし、千厩岩体、人首岩体、折壁岩体のそれぞれの境界付近や珩岩の貫入箇所や地表面付近では、亀裂帯や熱水変質帯や風化帯に遭遇する可能性が高い。そして、不良岩体をトンネル掘削する場合、遭遇時に敏速な対応ができるように、事前に掘削方法や支保パターンを準備しておくことが重要である。

こうした背景を受けて、検討したインバートコンクリートの適用について、隔壁厚さ2.5mの場合(図-6)を例にして紹介する。トンネル構造物には、掘削後、地盤内の応力再配分やプレートテクトニクスなどの影響で、さまざまな応力再配分挙動(後荷現象と呼ばれている)が生じることになる。基本設計されたメインライナックトンネルの覆工コンクリートでは、作用荷重が増加すると、覆工コンクリートの脚部の地盤だけで抵抗することになり、その部分の地盤の強度が小さい場合、支えきれないことになる。一方、底盤コンクリートは地盤の上部に置いてあるだけの状態であり、底盤を押し上げるような変位挙動に対して、抵抗する

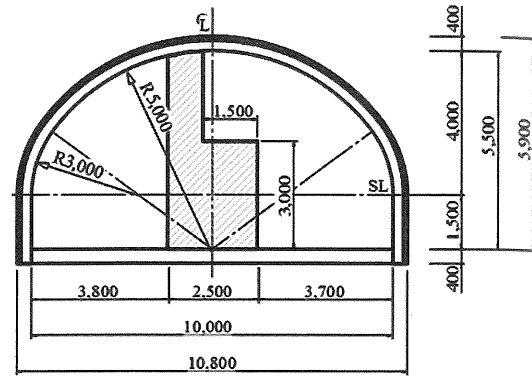


図-5 中央隔壁厚が2.5mの時のメインライナックトンネル断面

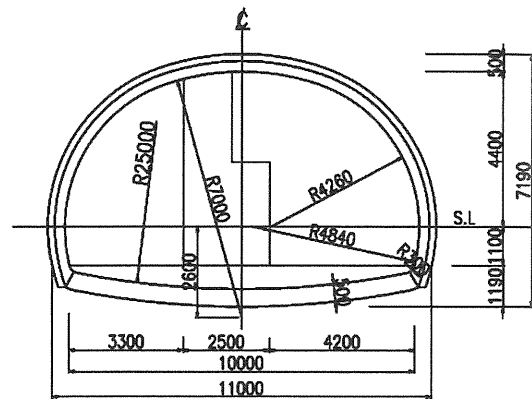


図-6 メインライナックトンネルのインバートコンクリート

構造になっていない。このため、鉛直方向の作用荷重の増加に関して、抵抗力が小さい構造形式になっている。

これに対して、覆工コンクリート脚部の応力集中を分散させて、より広い範囲の地盤で作用荷重を支えることができるように、インバートコンクリートの上に覆工コンクリートを載せ、作用荷重を支えるために発生している覆工コンクリートの軸力を、極力、インバートコンクリートに(せん断力ではなく)軸力として伝わるような構造にする必要が生じる。こうした考えから図-6のようなインバートコンクリートが計画されている。

4-2 デテクターホール

電子と陽電子を衝突させ、その後のエネルギー状態を観測するデテクターホール(図-7)は、幅25m、高さ42m、延長108mの弾頭型の地下空間

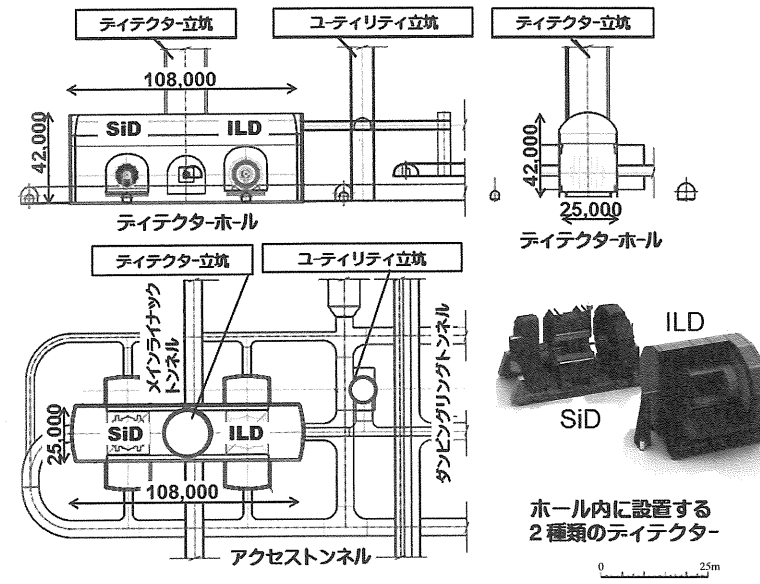


図-7 デテクターホールとその周辺

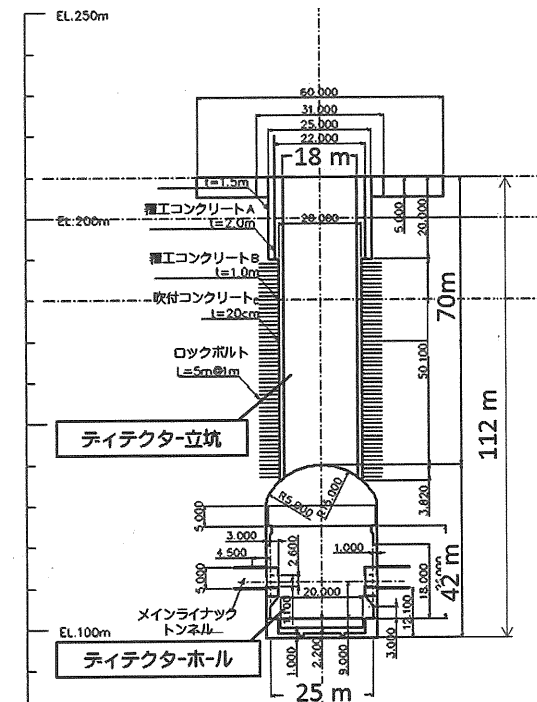


図-8 デテクター立坑と坑外仮設

であり、ホールの底面から10mの高さの位置に直交するようにメインライナックトンネルが設置されている。ホール内には、観測精度を高めるために、ILD(国際大型測定器、重量約15,000t)とSiD(シリコン測定器、重量10,000t)の2種類の

違った方式のデテクターが設置される。

この2種類のデテクターを互いに入れ替えて、同じ現象を観測することになるため、ホール内には、メインライナックトンネルを挟んで、アルコープと呼ばれるデテクターの設置やメンテナンスのためのスペースが設けられ、デテクターや周辺機器装置の揚重のために、天井クレーン(250t×2機)が設置される。

デテクターはコンクリート製のエアパレット(D:20m, W:20m, H:3m)上に設置し、

パレットと一緒に移動することになる。アルコープは、移動されたデテクターを挟んでホールの両側面に合計4か所設置される。アルコープの空洞寸法は、幅20m、高さ18~20.5m、延長12.5mである。

4-2-1 デテクター立坑

地上で組み立てられたデテクターを、直接、デテクターホールへ下ろすことができるように図-8のような立坑を計画した。この立坑によって、デテクターの組立て工事と地下空間構築工事とが、互いに影響を受けることなく、個別に実施することができるようになる。また、地下のデテクターホールは、組立て作業を考えるとなく、デテクターの設置と実験と保守点検に必要な空間として設計することができる。

結果として、当初の斜坑案に比べて立坑の建設工期が9か月ほど長くなるが、デテクターの組立て工事とデテクターホールの建設工期が短くなり、全体としては、当初計画より1割以上の工期短縮を図ることが可能となった。

4-3 ビームデリバリーシステム(BDS)

ビームデリバリーシステムは、メインライナックの終端部から受継いだ電子と陽電子ビームを、目標光度が得られるまでビームサイズを絞り

込んでから、衝突点に送り込むための最終段階にある加速器である。

ビームを輸送する機能以外にも、ライナックからのビームハローを除去してディテクターのバックグラウンドを最小限にする役割および衝突前後のビームパラメータを精密に測定する役割など、多岐にわたる機能を有している。

基本設計段階では、サービストンネル(H: 4 m, W: 4.5m, A: 21.9m²)とビームディリバリーシステムトンネル(H: 5 m, W: 8 m, A: 41.9m²)の2本に分けて計画されてきたが、現在、図-9に示すように、厚さ1.5mのコンクリート隔壁で仕切られた1本のトンネル(幅10m)に集約できるかどうかの技術検討が開始されている。

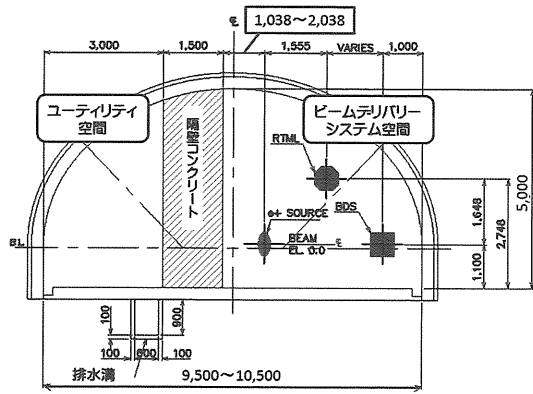


図-9 統合型ビームディリバリーシステムトンネル

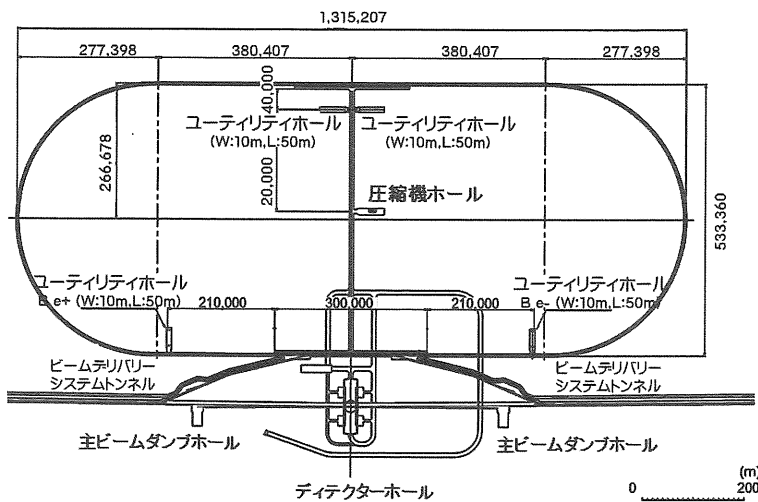


図-10 ダンピングリングトンネルと周辺施設

4-4 ダンピングリングトンネル

ジェネレーターで生成された電子と陽電子ビームは、いったん、ダンピングリング内でエミッタンスを低減し、整えられたあとに、ライナックへ送り込まれる。このとき、ダンピングリング内は、各ビームは反対方向に周回するように、1つのトンネル内に電子リングと陽電子リングが2層に設置されている。

ダンピングリングトンネルは、図-10に示すように、半径約267mの急曲線を有する延長約3.2kmのレーストラック形状をしている。基本的に全周ジオイド面に沿った縦断線形となる。また、ダンピングリング内には幅10m、長さ50mほどの冷却装置を設置するユーティリティホールが4か所、避難用横坑が4か所計画されている。

直線部のトンネル断面は、メインライナックトンネルと同じであり、覆工コンクリートが施工され、湧水に対して適切な防水・排水構造となることが求められている。

4-5 アクセス施設(斜坑, 立坑)

地下施設と地上施設を連絡するアクセストンネルとしては、次の4種類が計画されている。

① メインライナックトンネルへのアクセス斜坑：内空幅8m、高さ7.5m、勾配10%以下で、約5km間隔にメインライナックトンネルと直交するように設置(合計8本)

② ダンピングリングトンネルへのアクセス斜坑：メインライナックトンネルへのアクセス斜坑と同断面

③ デテクターホールへのアクセス立坑(デテクター立坑)：内空幅18m、高さ70m

④ ユーティリティホールへのアクセス立坑(ユーティリティ立坑)：内空幅10m、高さ100m

アクセス施設は、ILC地下施設群と地上を連絡する通路とな

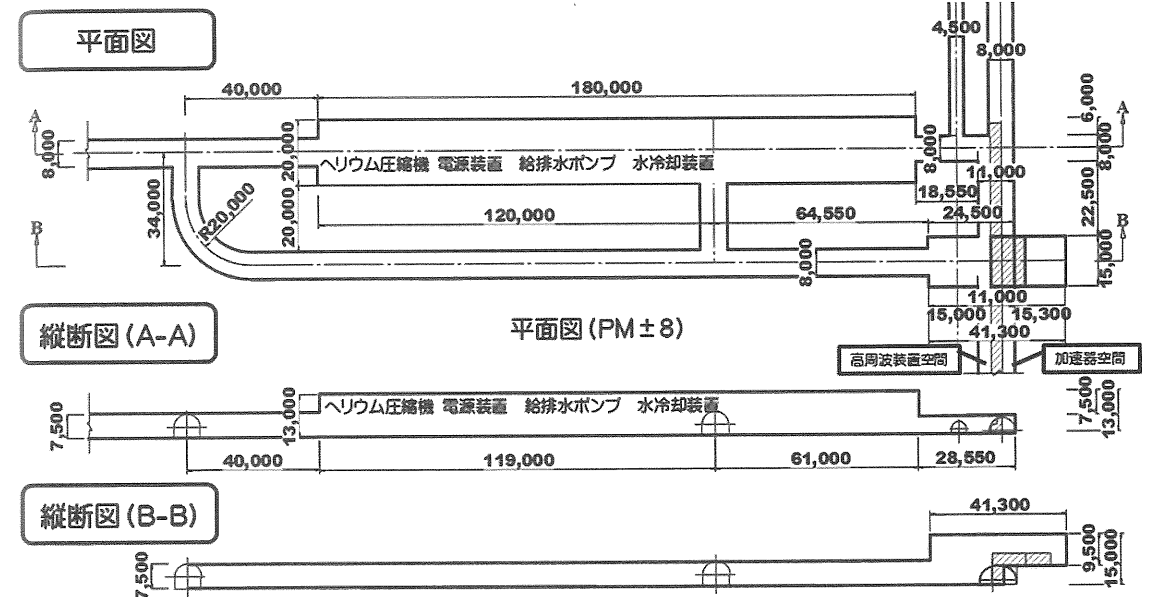


図-11 アクセスホール

るため、建設時の施工性、機械・装置類設置時の作業性、さらに維持管理上の経済性を総合的に判断して平面・縦断線形、内空断面、仕様、接続方法などを検討して決定した。アクセス施設の仕上げには、経済性を考慮して、おもに吹付けコンクリートを用いた支保構造としている。

4-6 アクセスホール

メインライナックトンネルの約5kmおきに設置されるアクセストンネルとの交点部には、内空幅20m、高さ13m、延長180mのアクセスホールを設置する。このホール内には、図-11に示すように、ヘリウム圧縮機(41m)、電源設備(30m)、配管装置(10m)、冷却水装置(20m)、コールドボックスやヘリウム用タンク(51m)を設置する予定である。

メインライナックトンネルとの接合部には、トンネルの両端に幅15m、高さ15m、長さ41mの小空洞が設けられ、トンネル内の高周波装置などにつながる機器が設置される。現在、更なる安全性と維持管理作業の効率性の向上を目的にヘリウム冷却機器(Cryogenics)の配置計画の見直し作業が進められており、地上への移設が適当と判断されれば、このアクセスホールの空洞延長は半分

程度に縮められることになる。

5 ILC計画の概略工程

ILC計画の地下空間施設建設とその計画設計の概略工程を図-12に示す。現在(2015年)、基本設計が終わった段階にあるが、ILC計画の政府承認を待って本研究施設の建設と研究推進の中核機関となるILC研究所を設立して、本計画の実現に向けて本格的な活動を実施することになる。しかし、当面、高エネルギー加速器研究機構が中心になって、できる範囲の作業を進めている。

今後、詳細設計から実施設計を実施して、地下空間施設のコストも含めた設計仕様を煮詰めていくことになる。そして、その設計計画にもとづいて、建設工事が開始される。

現在、地下空間の設計と建設工事に、13年かかる見積もられているが、地下空間は地上構造物と違い、事前に設計条件を完全に確定しにくい。このため、地下空間建設は、計画・設計・施工の段階ごとに、工期短縮やコスト削減を進める必要がある。この意味で、クリティカルになる項目を事前に抽出し、できる限り事前に対応しておくことが重要とされている。

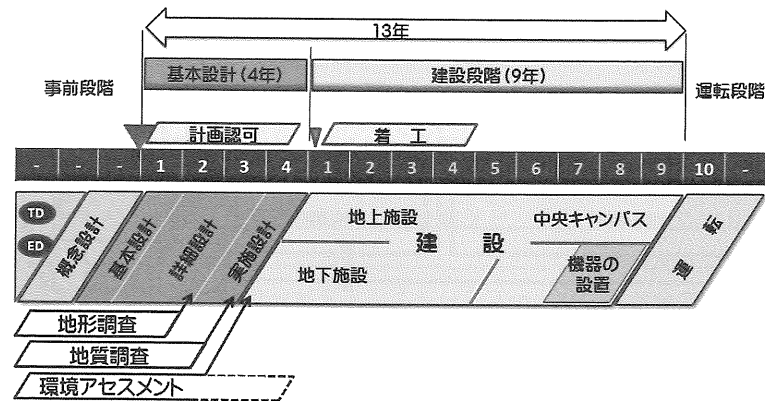


図-12 ILC計画の地下空間施設建設に関する概略工程

例えば、広域にわたる地下空間建設に関しては、計画時の環境アセスメントが重要な事項で、最低でも3年かかり、場合によっては、さらに多くの年月が必要になる。このため、工期を短縮するためには、環境アセスメントや関連する調査を早い時期に進める必要がある。また、大規模な地下空洞となるディテクターホールの頂設部分に地質調査坑を施工して、環境アセスメントや大空洞の詳細設計に必要な調査・試験を原位置で行い、この結果を用いて、より経済的な支保形式や空洞形状の実施設設計を行うことも模索されている。さらに、その地質調査坑は、工事が輻輳し、全体工事のクリティカルになると懸念されているディテクター立坑の底部でのずり出し用の作業坑として活用することができれば、掘削工事の進捗が著しく改善されることになる。

このように、現時点でも、全体工程を勘案しながらも、工期短縮や工事費の削減に向けて、施策を立案し、実施していくことが重要であると考えている。

6 おわりに

日本における地下空間は、従来、世界的にも多くの施設開発がされてきたが、その活用は、道路、鉄道、発電所、上下水道などのインフラ関連施設に限られてきた。そして、それらの地下空間施設は、事業者ごとに独自の設計手法や指針を作って、計画・施工が実施されてきた。一方、近年、地下

河川や貯水槽、地下備蓄基地などの新しい施設¹²⁾、更には、美術館¹³⁾や食物貯蔵倉庫などのような建築物にも活用されるようになってきている。こうした地下施設は、事業者が同じような施設をくり返し建設することが少ない。また、基本的には、事業者が独自の設計・施工指針を持つことが少なく、例えば、監督官庁の安全基準や建築基準法¹⁴⁾などをもとにした安全審査

を受けて、設計・施工を実施することになる。

これらと同様に、ILC計画は、これまでになかったような構造形式や構造機能が求められるようになってきている。さらに、地下深くに加速器実験施設を建設した経験のある欧米に比べて、わが国では同じような地下空洞を施工したことがなく、関連する情報がほとんど整わない状況で計画が進められる状況にあった。

このため、2005年、ILC施設の日本誘致を成功させるために、日本でのILC建設が他国よりも魅力的であることを示したいので支援して欲しいという依頼が、高エネルギー加速器研究機構から土木学会にあった。これを受けて、世界的にも珍しく特殊な地下空間となるILC研究施設を実現させるために、日本の産官学に属しているトンネルや地下空洞建設に携わっている現役の岩盤工学のエキスパートが、ボランティア活動として、これまでさまざまな立場や分野の事業目的で研究開発してきた世界に誇るわが国の地下空間構築技術を集約させて、最適に組み合わせて、本研究施設の建設に活用できるようにしたいと考えて、『国際リニアコライダー(ILC)施設の土木工事に関するガイドライン』¹⁵⁾をまとめた。

海外の研究者や技術者からは、このガイドラインの技術的な内容もさることながら、いろいろな事業分野の産官学の研究者や技術者が、一堂に会して、このようなガイドラインをまとめ上げたこと、いわゆる日本特有の「和の精神」こそが、日

本におけるILC建設の一番の魅力になるとの評価を受けている。

今回、プレILC研究所となるリニアコライダー計画推進室の活動の中間成果を整理する目的で、本稿にまとめた。今後、ILC計画は、さらに、広範囲で研究開発されてきた技術を活用して、より高品質で、経済的な計画になるように、基本設計の見直しを図っていきたいと考えている。

最後になるが、ILC計画の地下空間施設のこれまでの具体的な計画・設計は、ILC計画に関係する産官学の科学者や技術者だけでなく土木学会の岩盤力学委員会とトンネル工学委員会や先端加速器科学技術推進協議会からの強力な支援の賜であり、ここで改めて謝意を表したい。

参考文献

- 1) Linear Collider Collaboration (LCC) : International Linear Collider Progress Report, https://www.ilc.kek.jp/LCoffice/OfficeAdmin/Test/Progress%20Report_final151029.pdf, 2015.
- 2) ILC Global Design Effort (GDE) : ILC Reference Design Report, <http://www.linearcollider.org/about/Publications/Reference-Design-Report>, 2007.
- 3) 東北ILC推進協議会 : 東日本大震災からの復興に向けて、ILCを核とした東北の将来ビジョン, 2012.
- 4) ILC Global Design Effort (GDE) : ILC Technical Design Report, <https://www.linearcollider.org/ILC/Publications/Technical-Design-Report>, 2013.
- 5) Chikahisa, H., Enomoto, A., Mityanhara, M. and Mashimo, H. : Current plan of underground openings for international linear collider in Asia and the development of its guidelines, the 13th World Conference of the Associated Research Centers for the Urban Underground Space (ACUUS), Singapore, pp.1375-1385, 2012.
- 6) Enomoto, A., Tanaka, M. and Chikahisa, H. : PRESENT STATUS OF THE ILC CONVENTIONAL FACILITY DESIGN, 5th Annual Meeting of PASJ and 33rd Linear Accelerator Meeting, pp.177-179, 2008.
- 7) Yamamoto, A. : Problems and requests from ILC-GDE (the present status and requests), JSCE, 41th Japanese Symposium on Rock Mechanics, 2012.
- 8) 榎本収志・宮原正信・近久博志 : 日本における国際リニアコライダー(ILC)の地下空洞の計画の現状, 岩の力学国内ニュース, pp.5-8, 2012.
- 9) Brumfiel, G. : Japan in pole position to host particle smasher, <http://www.nature.com/news/japan-in-pole-position-to-host-particle-smasher-1.12047>, 2012.
- 10) ILC戦略会議 : 国際リニアコライダー圏内候補地の立地評価会議の結果について立地評価会議の結果について, <http://ilc-str.jp/topics/2013/08231145/>, 2013.
- 11) ILC Organisation : Status of the project, <https://www.linearcollider.org/ILC/What-is-the-ILC/Status-of-the-project>.
- 12) 「大規模地下空洞」連載小委員会 : 岩盤地下空洞の新たな活用, 北欧における不特定多数が活用する岩盤地下空洞, トンネルと地下, Vol.30, No.1, pp.73-82, 1999.1.
- 13) Nakada, K., Chikahisa, H., Kobayashi, K. and Sakurai, S. : Plan and Survey of an Underground Art Museum in Japan, Using a Large-Scale Rock Cavern, Tunnelling and Underground Space Technology, Vol.4, No.11, pp.16-23, 1996.
- 14) JSCE ILC Committee : Development of the guidelines on civil works for International Linear Collider (ILC) facility, JSCE, 41th Japanese Symposium on Rock Mechanics, 2012.

岩盤地下空洞の設計と施工

E. フック・E. T. ブラウン共著 / 小野寺透・吉中龍之進・斉藤正忠・北川隆 共訳

B5判・442頁・上製本 本体価格9,800円(〒450円)

株式会社 土木工学社

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

トンネルジャーナル

青函トンネルで北海道と本州を結ぶ北海道新幹線開業

北海道新幹線(新青森・新函館北斗)が、3月26日、開業した。これにより、東京と新函館北斗は最速4時間2分で結ばれ、新幹線は北海道から青函トンネルを抜けて、本州、九州までつながった。

新青森・新函館北斗間は、2005年4月に工事実施計画が認可され、工事着手した。線路延長は148.8km、工事延長は148.3km。このうち青函トンネル53.85kmとその前後の区間を合わせた82.0kmは、津軽海峡線として1988(昭和63)年3月に開業している。この区間では、新幹線と在来線が共用走行することになるため、軌間が異なる新幹線列車と貨物列車が共用走行を行えるよう、3本のレールを敷設する三線軌道方式が採用された。

青函トンネルは、長大な海底トンネルのためトンネル中央部に向けて下り勾配が長く続くことから、安全対策として、緊急時の避難、誘導および消火活動を行う拠点となる、かつて海底駅としても利用されていた「定点」を2か所設置しているほか、列車火災対策、地震、異常出水への対策が施されている。開業により、東京、神奈川、千葉、埼玉から北海



(写真提供: JR北海道)

道への鉄道による入込み数は、観光で144%、ビジネスで159%増加すると見込まれており、年間で約136億円の経済波及効果が北海道内にもたらされるとの試算がある。また、2030年度末に予定されている新函館北斗・札幌間の開業では、年間約900億円を超える規模の道内への経済波及効果が見込まれていることから、沿線自治体や関係機関が連携して着実な整備を進めていくことが期待されている。



山岳トンネル設計の考え方

今田 徹 著

B5判 183頁 上製本 本体価格3,200円 円350円

山岳トンネルを設計するうえでの考え方は勿論、設計の留意点などを平易にまとめている。山岳トンネル工事に携わる諸兄の必読書である。

主要目次

山岳トンネル技術の要素と変遷/トンネル掘削による周辺地山の挙動/岩石の特性/トンネルと地質/トンネルの線形/断面の設計/支保構造物/吹付けコンクリート/ロックボルト/鋼アーチ支保工/覆工/切羽の安定/掘削工法・掘削方式の選定/併設トンネルの設計/特殊地山/坑口の設計/環境対策

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

連載講座

トンネル新技術への挑戦(6)

— ツインアーチフォーム(TAF)工法 —

「トンネル新技術への挑戦」連載講座小委員会

① はじめに

今回は、ツインアーチフォーム(TAF)と称するテレスコピック型の特殊な型枠を用いて、覆工コンクリートのさらなる品質向上を目指す工法に関する技術開発の現状を紹介する。

現在、社会インフラの健全性確保に伴う維持管理コストの増大が問題となっており、トンネル構造物においては、近年のさまざまな技術的工夫により、長寿命化に対する改善は図られているものの、覆工コンクリートの若材齢時の初期ひび割れの顕在化や経年劣化に伴うコンクリートの剥落リスクは、依然として存在している。コンクリートの剥落は第三者に甚大な影響を及ぼし、今後の維持管理に過大な負荷を掛けるため、どのようにして覆工コンクリートの長期耐久性をさらに向上させるかが、トンネル構造物の大きな課題となっている。

コンクリート標準示方書によれば、一般的なコンクリート構造物の脱型時期は発現強度が参考値として示されており、薄い部材の鉛直に近い面、45°より急な傾きの下面、小さいアーチの内面については5.0N/mm²とされている。

一方、トンネルの覆工コンクリートについては、部材厚が薄いうえに、トンネル内が遮光、恒温、多湿であり養生環境が屋外とは異なることから、自重に対する支持強度が十分発現すれば脱型することが許容されており、一般的な2車線道路トン

ネル断面で厚さ30cmの無筋コンクリートの場合、圧縮強度が2~3N/mm²に達した時期、材齢に換算すると約12~20時間、平均18時間程度で脱型している。

このため、覆工コンクリートの品質をさらに向上させるためには、打設工程に影響を与えることなく型枠存置時間を長く取ることで、脱型時に発生する部材内部の収縮ひずみを軽減し、さらにコンクリート表面の緻密化が図れる施工法の確立が必要であった。ツインアーチフォーム(TAF)工法は、この課題解決のための新技術への一挑戦といえる。

② 開発の背景

現場で実際に打設した覆工コンクリートの内部温度を測定した結果を図-1に示す。このグラフによると、コンクリートの内部温度のピーク(つまり、もっともセメントの水和反応が活発な時期)は打設完了後約21時間であり、18時間の時点では、水和反応はピークの手前であることがわかる。すなわち、18時間で脱型すると、覆工表面では水和反応に必要な水分まで蒸発し、コンクリートの強度増進が妨げられる。このため、コンクリート表面の緻密化が進まないことになり、水や気体の浸透劣化により、覆工コンクリートの長期耐久性に悪影響が出る懸念される。一方、TAF工法で標準とする66時間の脱型では、温度ピーク後まで型枠による養生時間が確保されてお

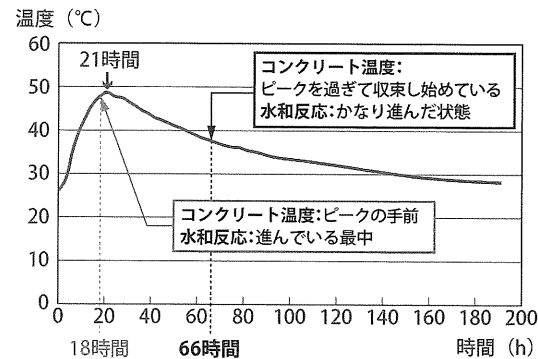


図-1 覆工コンクリート内部温度の経時変化の例

り、コンクリートの圧縮強度も表面の緻密化も十分増進した状態になっていると言える。

通常、型枠の存置時間を延長するためには、

① 工程を調整して1台のセントルを長時間存置する

② セントルを2台用意して交互に打設することが考えられるが、①の場合、標準的なトンネル覆工の施工サイクルは、打設6時間+養生18時間+脱型～移動セット8時間+夜間休止16時間=48時間で計画されており、打設工程の遅延は避けられない。また②の場合、トンネル全長を2区間に分割して、2台のセントルで個々に分割施工するケースと、1台を歯抜けて先行させて、2台目はその間を打設しながら併進するケースとが考えられる(図-2参照)。

前者の場合、打設工程の適正化を図るためには、2台のセントルの施工延長がほぼ等しくなるように適切な離隔をとる必要が生じるため、比較的施工延長の長いトンネルへの適用に限定され、かつ個々の施工場所が分散されるため、作業管理が非常に煩雑になる。また、施工ブロックの割付けによっては、施工途上で個々のセントルの大移動が発生し、他の坑内作業との錯綜が生じ、全体の施工効率が低下する。後者の場合、先行部は常に両妻枠となり、天端の充填圧力を十分に確保することが困難になる一方で、後行部は常に両側に覆工コンクリートが打設されているため、エアブリーディング水の逃げ場がなく充填不良の可能性が高くなるなど、天端の充填性確保のうえで問題

施工区間を分割して交互打設



・ある程度の離隔が必要
⇒ブロック割によっては大移動が必要となる

1台を千鳥で先行させて交互打設



・先行は常に両妻枠、後行は常に両ラップ施工
⇒天端の充填性に問題が多い施工となる

図-2 2台のセントルを使う場合の問題

が大きい施工となる。

以上の課題を解決し、従来と同様に覆工コンクリートを連続的に打設しつつ、打設サイクルを変えずに型枠存置時間を長く取るために、2台のアーチフォームを交互に移動させ、打設・脱型をくり返すことが可能となるテレスコピック構造を採用することとした。

③ 開発の経緯

従前の円形テレスコピックセントルの構造をそのまま馬蹄形に展開した場合、図-3のように厚いフォームをガントリーから直接ジャッキで固定し、脚部の支持も別機構が必要になるなど、フォーム離合時のクリアランスやガントリー内の車両および仮設備の通過スペースの確保が困難となる。そのため、1方作業でのセントルの脱型・移動・セットが難しくなり、2日に1回の打設サイクルの確保が困難となる。

そこで、フォーム厚を薄くし、フォームとジャッキとの間にウォールと称する鋼製のフレームを配置して、打設時はフォームとウォールでコンクリート打設圧を支持し、型枠存置時は薄いフォームだけを残す構造とした。また、脱型・移動・セット時はフォームをウォールに載せて一体で縮径・拡張することで、操作性の向上と2台のフォームの離合クリアランス、ならびにずり出し用の連続ベルトコンベヤや換気設備風管などの仮設備の通過スペースを確保し、施工性の向上を図った(図-4参照)。この脱着可能なウォール方式

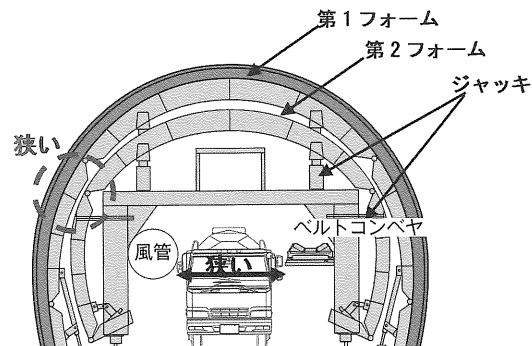


図-3 従前の構造を馬蹄形に適用した例(フォーム離合時)

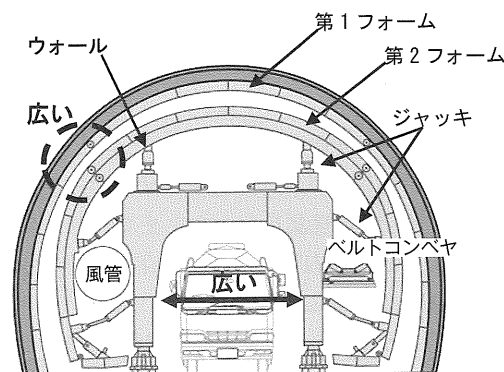


図-4 ウォール構造を導入した例(フォーム離合時)

の採用により施工性は飛躍的に向上し、セントルの脱型・移動・セットを1方で無理なく実施することが可能となった。

型枠存置時間を66時間に延長する効果について、開発に先立ち、小規模模擬試験にてコンクリート表面の4週後の透気係数を比較することにより検証した¹⁾。図-5にその結果を示す。従来の18時間脱型では約 $2.0 \times 10^{-16} \text{m}^2$ に対して、66時間脱型では約 $0.2 \times 10^{-16} \text{m}^2$ と1/10に低下しており、7日間型枠を存置して養生した場合とほぼ同等の結果となることがわかった。つまりTAF工法によって66時間型枠を存置することで、材齢初期の型枠養生効果は十分に発揮されることを確認した。

④ 新規に開発したTAFセントルによる施工手順

今回開発したTAFセントルの概念図を図-6に、このセントルを適用したTAF工法の施工手順を

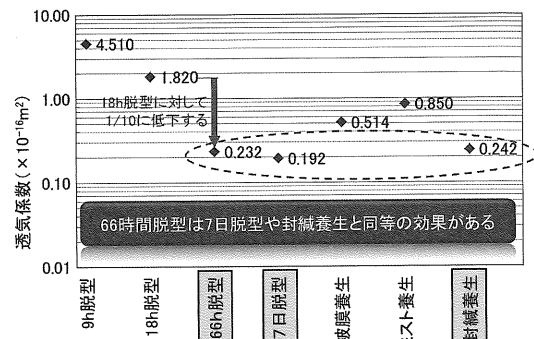
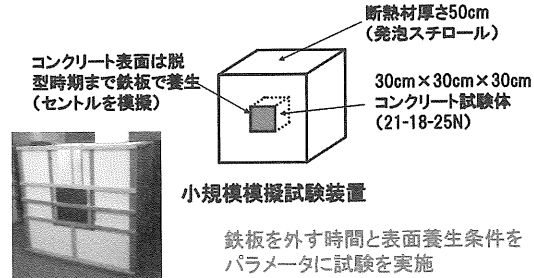
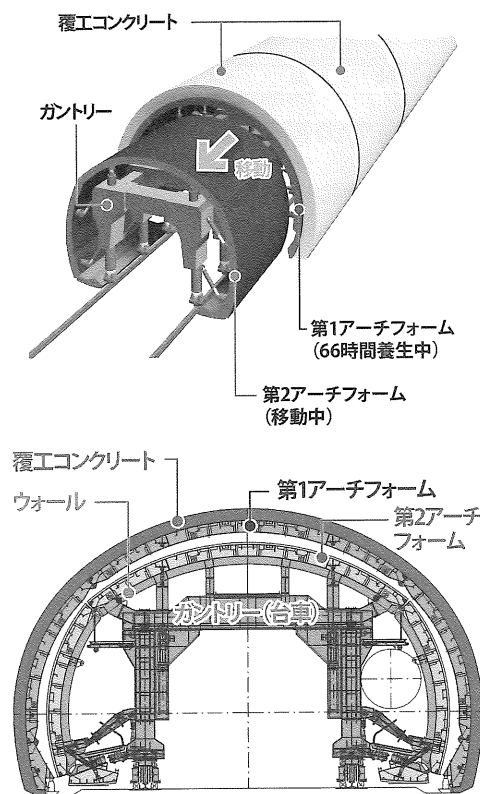


図-5 透気試験結果(小規模模擬試験)



断面図

図-6 今回開発したTAFセントルの概念図

【TAF工法の施工手順】

- 第1日目**
第1型枠は養生中。
第2型枠を使用してコンクリートを打設する。
- 第2日目**
第2型枠と運搬装置（ガントリー）を分離し、第2型枠はそのままの状態では養生する。
第1型枠の径を縮小してガントリーに乗せ、第2型枠の下をくぐり抜け、次の打設位置まで前進する。
- 第3日目**
第2型枠は養生中。
第1型枠を使用してコンクリートを打設する。
- 第4日目**
第1型枠と運搬装置（ガントリー）を分離し、第1型枠はそのままの状態では養生する。
第2型枠の径を縮小してガントリーに乗せ、第1型枠の下をくぐり抜け、次の打設位置まで前進する。

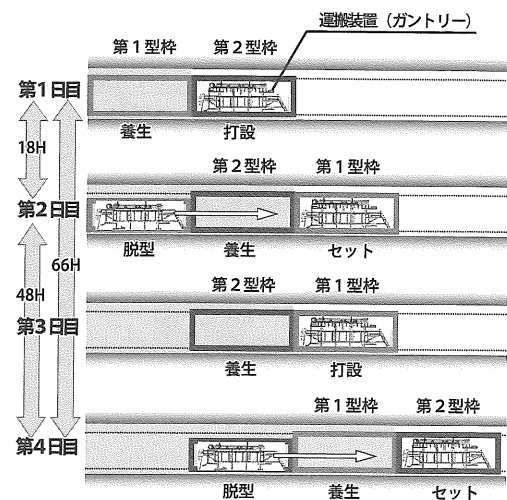


図-7 TAF工法の施工手順

図-7に示す。同図のように、1台のガントリーが2台のフォーム間を往来することで、交互に連続した打設が可能となる。また、型枠存置による養生完了部のフォームは、ガントリー接合後に縮径し、存置中フォームの内側をくぐり抜ける構造になっている。

5 現場での適用事例

5-1 岩古谷トンネル(TAF 1号機)の適用例 (普通コンクリート21-15-40BB)²⁾

TAF 1号機は、岩古谷トンネル(掘削内空断面積が62.8m²の2車線道路トンネル)に適用し、トンネル延長1,287mの全線にわたって使用した。TAF工法の初めての適用現場であり、当工事で

はTAFセントルの基本動作(フォームとウォールの脱着、縮径・拡張、存置中フォーム内側のくぐり抜けなど)の確認を行った。また、開発に先立って実施した室内試験での型枠存置時間の延長効果の実証を実施工で行った。

5-1-1 TAFセントルの基本動作確認

フォームセット時とフォーム移動時の断面を図-8に示す。同図のように、フォーム移動時のクリアランスは十分に確保されており、フォームのくぐり抜けはスムーズに行われ、打設も2日に1回のサイクルで実現できた(写真-1参照)。

5-1-2 型枠存置時間の延長効果の検証

(1) 覆工コンクリートの内部温度測定結果
熱電対による覆工コンクリートの内部温度測定

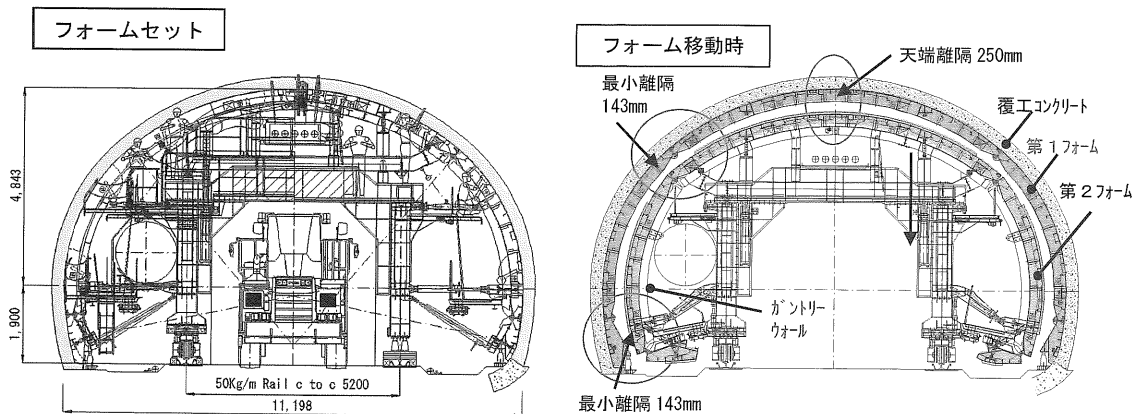


図-8 各施工段階のフォームの状況(岩古谷トンネル：TAF 1号機)

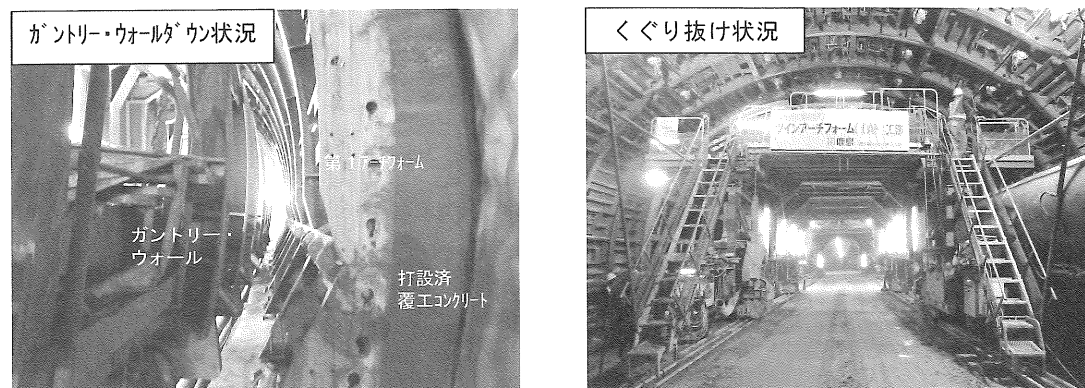


写真-1 ガントリーダウン・くぐり抜け状況(岩古谷トンネル：TAF 1号機)

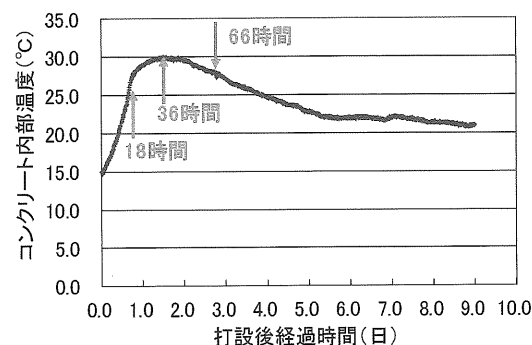


図-9 覆工コンクリート内部温度の経時変化

結果を図-9に示す。この図より、岩古谷トンネルではコンクリートの内部温度のピークは打設完了後約36時間であり、打設完了後18時間の時点では、図-1と同様に水和反応はピーク手前であることがわかる。なお、図-1と比較するとコンクリート内部温度のピーク発現が遅くなっているが、これは打設時期が3月で打設時のコンクリート温度が15℃と低かったこと、および高炉セメントを使用していることに起因すると考えられる。また、それぞれの時間に対する現場養生供試体の一軸圧縮強度は、18時間が0.8N/mm²、66時間が5.0N/mm²であった。同図から66時間で脱型することにより、温度ピーク後まで型枠による養生期間が確保されており、強度も十分発現しているため、コンクリート温度および坑内温度が低下する冬期打設において、今回開発したセントルは、覆工表面の強度発現不足による剝離の抑制にも効果があると考えられる。

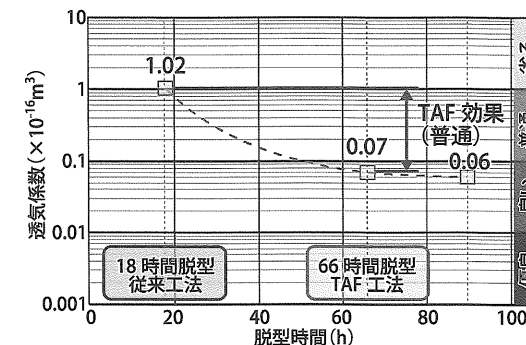


図-10 透気係数測定結果(岩古谷トンネル)

(2) 覆工表面の透気係数測定結果(表層品質改良効果)

現場で実際に脱型する時間を18,66,90時間として、コンクリート表層部の透気係数を比較測定した結果を図-10に示す。この図から、型枠の存置時間を18時間から66時間に延長することで、室内試験結果と同様に、透気係数が1/10程度と大幅に小さくなっていることがわかる。このことから、型枠存置時間を延長することによりセメントの水和反応が促進され、コンクリート表層部が緻密化していることが確認できた。また、66時間と90時間を比較した場合、透気係数にほとんど差が見受けられないことも室内試験の傾向と合致しており、初期の型枠存置時間として66時間は妥当な値であることも実証できた。

5-2 徳定トンネル(TAF 2号機)の適用例 (中流動覆工コンクリート)³⁾

TAF 2号機は徳定トンネル(掘削内空断面積が

75~80m²の新東名高速道路トンネル)に適用し、トンネル延長1,172m(上り線582m, 下り線590m)の全線にわたって使用した。コンクリートは単位セメント量が350kg/m³の特殊混和材系中流動覆工コンクリートを打設した(表-1参照)。2号機を適用した当工事では、中流動覆工コンクリートへの適用と施工性のさらなる向上のための改造を実施するとともに、型枠存置時間の延長による覆工コンクリートの、①表層品質の改良効果、②収縮ひずみ低減効果、③ひび割れ低減効果、の実施工での実証を行った。

5-2-1 TAFセントルの改造と施工性の確認

中流動覆工コンクリートに2号機を適用するにあたり、1号機の普通コンクリートに比べて、側圧が増加することによって各部材が厚くなることが予想された。このため、第2フォームのくぐり抜け時のクリアランスを十分に確保すべく、ウォールに横梁を通してフォームとの接合は横梁で行う構造に変更した。また、設計条件の精査によりフォームの部材厚を3cm低減した。フォーム移動時の断面を図-11に示す。この改造により、側圧が増加しても天端部で約300mm、肩部で約

表-1 特殊混和材系中流動覆工コンクリートの配合

W/C (%)	s/a (%)	単用量 (kg/m ³)									
		W	C	S ₁	S ₂	S ₃	G ₁	G ₂	VSP (%)	FB (%)	
50.0	49.0	175	350	387	218	258	551	365	1.00	0.30	

VSP: 特殊混和材(グレニウム6500), FB: 繊維(ポリプロピレン)

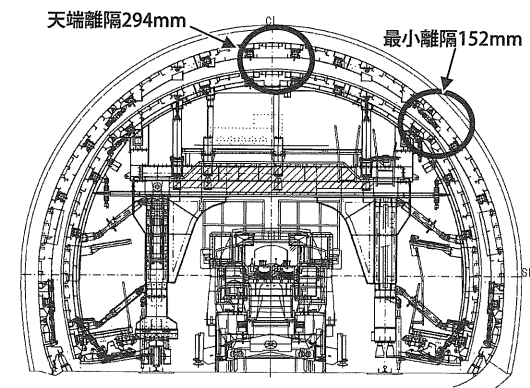


図-11 くぐり抜け時のフォームの状況(徳定トンネル: TAF 2号機)

150mmの離隔が確保でき(写真-2参照)、大口径の風管や連続ベルトコンベヤについても、セントル内を容易に通すことが可能となった。図-12に新名神高速道路箕面トンネル西(トンネル延長5,811m, 上り線2,916m, 下り線2,895m)に適用した3号機の断面を示す。



写真-2 フォームくぐり抜け状況(徳定トンネル: TAF 2号機)

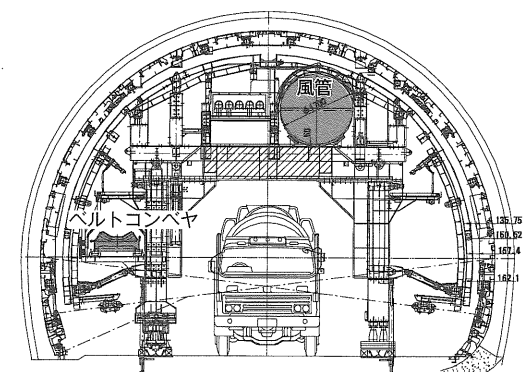


図-12 風管とベルトコンベヤの配置例(箕面トンネル: TAF 3号機)

表-2 標準施工サイクル

セット日	打設日
7:00 朝礼・KYK	朝礼・KYK
8:00 妻型枠解体・ジャッキ解体	ポンプ車セット・配管
9:00 ガントリーダウン・移動	コンクリート打設 CIパターン 10.52m/BL 100m ³
10:00 フォームキャッチ・ダウン・移動	
11:00 ケレン	
12:00 セット	
13:00 昼休み	
15:00 ジャッキ固定 妻型枠・差板組立て	先行均しコンクリート打設
16:00	打設片付け
17:00	レール移動
18:00 片付け	片付け

施工に際しては、各種計測器をセントルに設置して、コンクリートの側圧やフォーム応力および支持ジャッキの軸力を測定した。その結果、フォームに作用した側圧は設計荷重以下に収まっており、中流動覆工コンクリートに対しても、構造上問題がないことを確認した。表-2に標準的な施工サイクルを示すが、覆工コンクリート施工開始当初は、ジャッキ操作に慣れるまでの時間がかかり、2日に1回の打設サイクルが乱れることもあった。しかし、15ブロック以降は、通常の施工人員体制で、2日に1回の打設サイクルで66時間脱型を実施できた。

5-2-2 徳定トンネルでの型枠存置時間延長効果の実証試験結果

徳定トンネルにおいては、発注者と協議のうえ、下り線の施工において、通常はTAFセントルを用いて66時間脱型で施工しているところに、従来工法と同じ18時間で脱型したブロックを設定して、低温・低湿度の冬期と、それ以外の時期(以下「通常期」と称す)で、覆工表面の透気係数測定と埋設ひずみ計測を実施した。

それによって、従来の18時間で脱型した場合と、TAF工法により66時間で脱型した場合の、覆工コンクリートに対する初期養生効果について比較検証を行った。

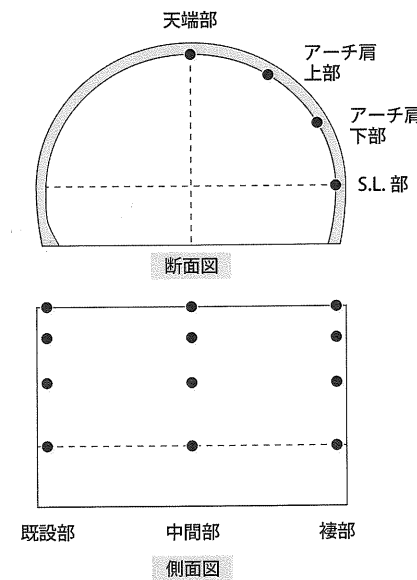


図-13 透気係数測定位置

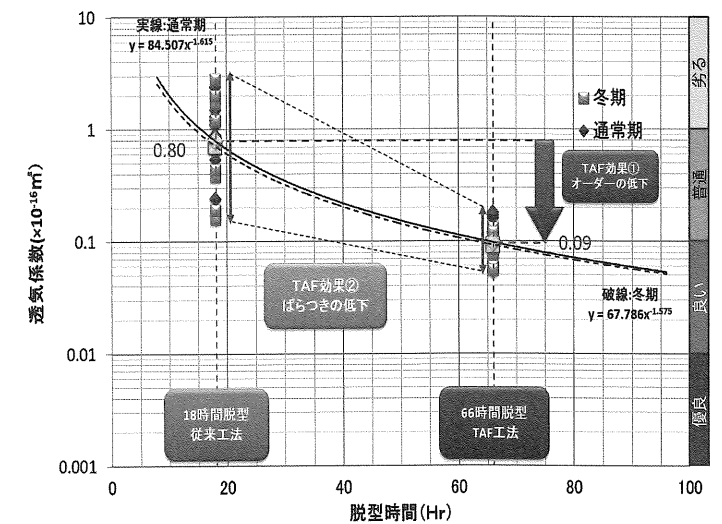


図-14 透気係数測定結果(徳定トンネル: 打設4週後)

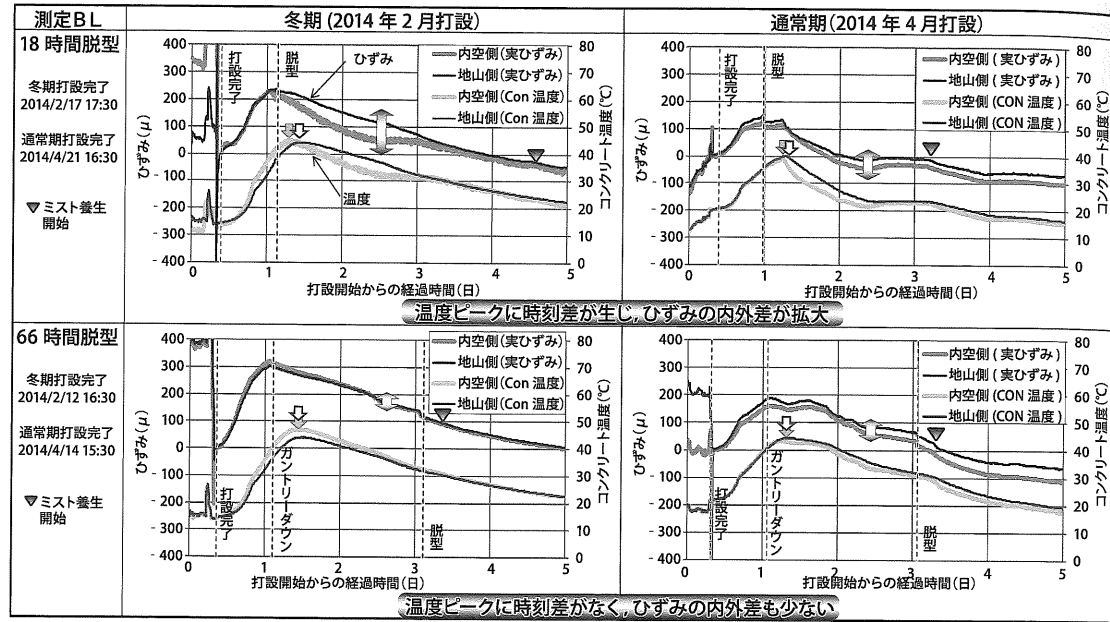


図-15 埋設ひずみ計による覆工内ひずみの測定結果(徳定トンネルアーチ天端：打設から5日間)

(1) 透気係数測定結果(表層品質改良効果)

図-13に示すように断面方向ではアーチ天端とアーチ肩の上部・下部とS.L.部の4か所、トンネル軸方向では既設部・中間部・妻部の3か所の計12か所について、18時間脱型ブロックと、同時期打設の66時間脱型ブロックでトレント法により透気係数を測定し比較した。その結果を図-14に示すが、打設時期にかかわらず、18時間脱型ブロックの透気係数は $0.10 \sim 3.00 \times 10^{-16} \text{m}^2$ とばらつきが大きく、対数平均値が $0.80 \times 10^{-16} \text{m}^2$ 程度になっている。一方、66時間脱型ブロックは、 $0.05 \sim 0.20 \times 10^{-16} \text{m}^2$ とばらつきが小さく、対数平均値は $0.09 \times 10^{-16} \text{m}^2$ 程度となった。

すなわち、中流動コンクリートにおいても、従来の工法により18時間で脱型した場合に対して、TAF工法により66時間型枠を存置して脱型した場合、普通コンクリートと同様に透気係数は1オーダー小さい値になり、ばらつきも小さくなることから、覆工表面全体が均等に緻密化されることが確認できた⁴⁾。

(2) 覆工コンクリートの収縮ひずみ測定結果

(収縮ひずみ低減効果)

天端およびアーチ肩上下部とS.L.部の覆工コン

クリート内部に、ひずみ計を覆工表面から10cmの位置(内側)と20cm(外側)の位置2か所に埋設し、型枠存置期間の差によって生じる覆工内部のひずみの変化量を測定し比較検証した。

図-15にアーチ天端における測定結果を示す。18時間で脱型すると、まだ水和反応により発熱が盛んな時期に内空側が外気により急速に冷却されるため、内空側と岩盤側に温度ピークの時間差が生じており、硬化のごく初期の段階で、内部拘束による引張応力が発生していると考えられる。また、その後の温度差や表面の乾燥により、内空側と岩盤側の収縮ひずみ差は拡大しており、この傾向は冬期において顕著に表れている。一方で、66時間で脱型した場合は、施工時期にかかわらず、内空側と岩盤側に温度ピークの時間差は生じず、収縮ひずみも内空側と岩盤側で、ほぼ一様な動きを示しており、顕著な差は発生していない。

すなわち、TAF工法により66時間型枠を存置することにより、材齢初期における急冷や乾燥などによる不均衡な収縮ひずみの発生を抑制し、覆工断面内を一様な応力状態に保つことができる。これによって、材齢初期段階に発生する微細なひび割れが低減されると考えられる。

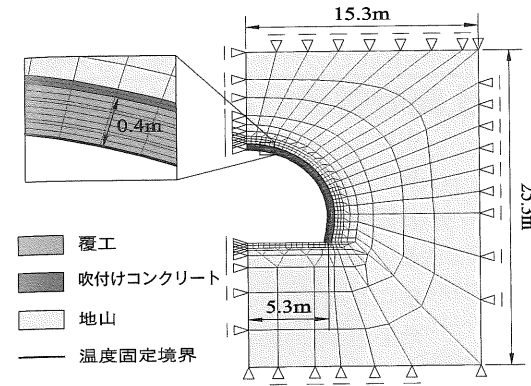


図-16 解析モデル

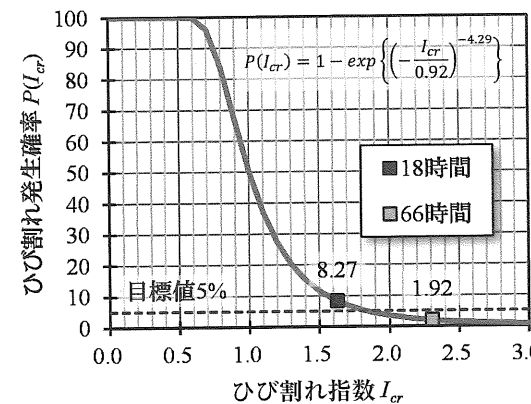


図-17 ひび割れ発生確率

(3) 乾燥収縮特性を考慮した温度応力解析

(ひび割れ低減効果)⁵⁾

図-15の測定結果のうち冬期の天端での測定データに着目して、図-16に示す解析モデルにより乾燥収縮特性を考慮した温度応力解析結果を実施した。

型枠存置時間を18時間と66時間の2つについて実施した結果、引張応力と引張強度の比であるひび割れ指数で比較すると、66時間脱型は2.31となり、18時間脱型の1.63よりも高くなった。

この結果から図-17によりひび割れ発生確率を求めると、18時間脱型は8.27%に相当するのに対して、66時間脱型は1.92%となり、同一条件下においては、66時間型枠を存置することにより、材齢初期のひび割れ発生確率は、解析上は18時間脱型の1/4~1/5まで低減されることがわかった。

表-3 ひび割れ発生率の比較

トンネル名	竣工時期	施工BL数	ひび割れ発生BL数	発生率(%)
Sトンネル(従来)	2007.03	134	48	36
Tトンネル(従来)	2011.03	120	25	21
岩古谷トンネル	2014.03	126	7	6
徳定トンネル	2014.05	107	4	5

※徳定トンネルのインパート拘束ひび割れは除く

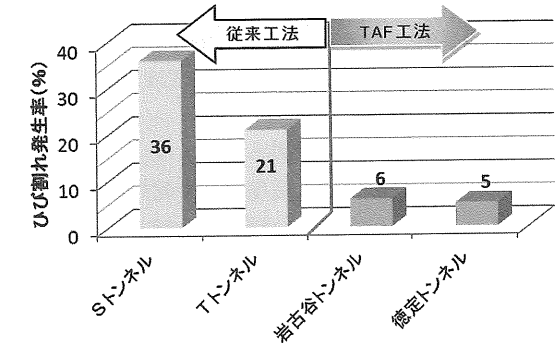


図-18 ひび割れ発生率の比較図

5-3 実際のひび割れ低減効果

上述の結果を確認するために、岩古谷トンネルでは全線目視観察を実施し、また徳定トンネルではクラックスケール内蔵光波測量器(KUMONOS)を使用し、それぞれの竣工前に初期ひび割れ調査を行った。

表-3および図-18に鹿島建設で施工した既往のトンネルとのひび割れ発生率の比較を示す。これによると、従来工法による場合は、竣工時に施工ブロック全体の20~35%にわたってひび割れが発生しているが、TAF工法を適用した岩古谷トンネルや徳定トンネルでは5~6%に留まっている。すなわち、TAF工法により初期ひび割れの発生が低減され、その度合いは従来工法に対して1/5程度となっており、前節の解析によるひび割れ発生確率比とよく合致している。

5-4 TAF工法の効果のまとめ

以上の2現場での適用実績と解析結果から、TAF工法の効果をまとめると以下ようになる。

66時間まで型枠存置による初期養生時間が確保できることにより、

- ① 使用するコンクリートの種別にかかわらず

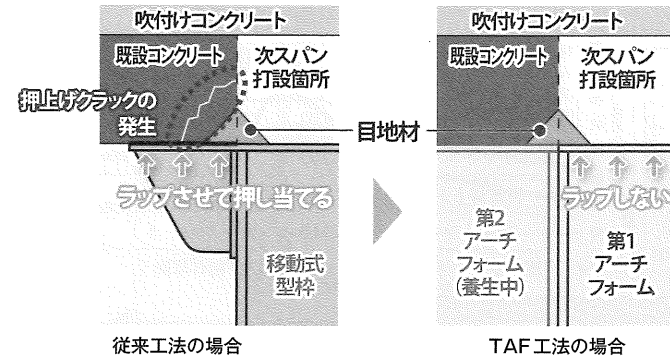


図-19 セントルセット時の従来工法との比較(ラップ部)

覆工表面の緻密化が図られる。

- ② 脱型による急激な温度変化や乾燥に伴う覆工表面の収縮ひずみの発生が抑制される。
- ③ 脱型後の覆工断面内応力を一様な状態に保つことができる。
- ④ 初期のひび割れ発生率は従来工法に比べて1/5程度まで低減される。

などの効果があり、これらによって覆工コンクリートの長期耐久性向上が期待できると考えている。

なお、従来工法では、次スパンのフォームセット時に、ラップフォームを使って既施工の覆工コンクリートにフォームを押し当てる必要があるが、今回開発したTAFセントルでは、次スパン打設箇所のフォームと既施工側のフォームとを突き合わせてセットするため(図-19)、打継目に集中して発生するクラック(いわゆる押し上げクラック)が発生しない構造になっていることも、初期のひび割れ発生率の低下に寄与している。

⑥ 今後の展開

上述のとおり、今回開発したTAF工法は、現状の打設サイクルを維持したまま覆工コンクリートの品質を向上させることに対して、顕著な効果

があることが確認された。なお、NEXCOの『トンネル施工管理要領(本土工編)』(平成27年7月改訂)の中にも、約3日間の型枠存置は中流動覆工コンクリートの標準養生方法(7日間の湿潤または封緘養生)と遜色がないことが記載されており、TAF工法による覆工コンクリートの品質向上効果が評価された。

今後の展開であるが、TAF工法はアーチフォームを3基組み合わせることで型枠存置時間を維持したまま毎日打設することも可能になるため、品質向上と工程短縮を両立することが可能である。また、2016(平成28)年2月現在、TAF工法は鹿島建設の6現場で採用し、計7台のTAFセントルが稼働中である。これらを効率よく転用することでコスト削減を図り、品質向上と工程短縮の両立も含めて、さらに積極的に展開していく予定である。

(文責：西岡和則・手塚康成/鹿島建設(株))

参考文献

- 1) 近藤啓二・西岡和則・坂井吾郎・安齋勝：第68回年次学術講演会，VI-424，土木学会，2013。
- 2) 竹市篤史・日野博之・西岡和則・手塚康成：新型テレスコピックセントル『TAF工法』による覆工コンクリートの施工，一般国道473号 岩古谷トンネル，第74回施工体験発表会(山岳)，日本トンネル技術協会，2014。
- 3) 間井博行・橋爪智・居川圭太・金子恵一：2組の型枠を用いたツインアーチフォーム工法で覆工養生時間を確保，新東名高速道路 徳定トンネル，トンネルと地下，Vol.45，No.9，pp.17-25，2014.9。
- 4) 金子恵一・川崎雄太・坂井吾郎・佐藤崇洋：第69回年次学術講演会，VI-065，土木学会，2014。
- 5) 手塚康成・玉村公兎・村上浩次・西川航平・井関隆文：第25回トンネル工学研究発表会I-4，土木学会，2015。

工法・技術・製品ニュース

製品 CATから作業性が向上した新型モーターグレーダ



キャタピラー・ジャパン(株)
GCI Marketing Innovation
TEL. 03-5717-1292
<http://www.caterpillar.com/>

キャタピラー・ジャパンは、Cat 12M3 AWDモーターグレーダ(除雪仕様車 18,275kg, 土工仕様車 19,300kg)を発売した。

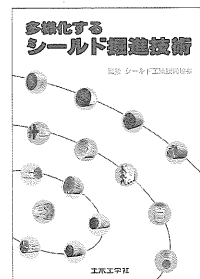
同機は、新たにジョイスティックレバーを採用。旋回、前後進切替え、作業機操作などの機能を2本のジョイスティックレバーに集約してオペレータの作業効率を向上させたほか、前輪に左右独立の油圧モータを装備し、軟弱地や雪道などでのスリップを抑制することで、優れた牽引力を発揮するAWD(6輪駆動)を搭載するなど、先進の技術による高い操

性と作業効率を実現した。

環境性能では窒素酸化物(NOx)を低減するシステムとして「NOxリダクションシステム」および尿素SCRシステムを採用したほか、ディーゼル酸化触媒およびディーゼルパーティキュレートフィルタからなる「Cat クリーンエミッションモジュール」を装備して、一酸化炭素、炭化水素、粒子状物質(PM)を低減・除去するなど、最新の排出ガス規制であるオフロード法2014年基準をクリアする環境性能を備えている。

多様化するシールド掘進技術

監修 シールド工法技術協会
B5判 141頁 本体価格2,500円



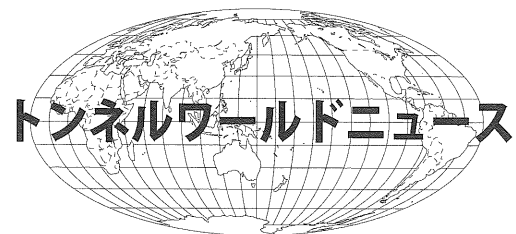
本書は、「トンネルと地下」に約1年間にわたり連載した『多様化するシールド掘進技術』をベースとして、掲載しなかった工法、技術などを整理、体系化するとともに、各種工法の境界、システム・考え方の違い、適用での留意点が、よりわかりやすいように手を加え再度同名の図書としてシールド工法技術協会が監修を行ったものである。

〔掲載工法〕

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

株式会社 土木工学社

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



(一社)日本トンネル技術協会
国際委員会

ITA-techがFRCセグメントの ガイドラインを発刊

ITA-techは繊維補強コンクリートセグメントの設計ガイドラインのドラフトを公表した。T&Tとしては内容の一部はドラフト段階だと認識しているがガイドラインは最終版に近いと考える。内容は鋼繊維と高分子繊維で補強するそれぞれのコンクリートセグメントの設計に関するドキュメントになっている。ガイドラインの冒頭では繊維補強コンクリートセグメントをトンネル二次覆工とTBM(シールドを含む)工法に採用するときの長所短所について設計会社、施工会社、事業主からその見解を聴取し記載している。

また、ガイドラインでは設計仕様と試験に関する項目も記載されている。ITAのワーキンググループ2は2016年にガイドラインの内容を更新してタイトルを付けて公表する予定だ。そのタイトルは“Twenty Years of FRC Tunnel segments Practice: Lessons Learnt and Proposed Design Procedure”である。

ITA-techとしては発刊後も継続してフィードバックを得てこのガイドラインを改訂してゆく。Elast Plastic Concrete社のGeoff Sedgman氏は個人的な見解を次のように語った。「鋼繊維と高分子繊維補強コンクリート技術はこの業界全体の将来にとって強力なシステムとなる。」

Mott MacDonald社のChristoph Eberle氏によるとこのガイドラインは繊維補強コンクリートセグメントの設計と製作に大きく貢献できる。またガイドラインは2010年繊維補強コンクリート設計指針と併せて今後の有効な手引きになるだろう。

そしてこのガイドラインはたくさんの調査資料や委員会活動の掲載により最新の設計指針となるはずである。それゆえにITAtechとしてはこのガイドラインのドラフトを公開することによって繊維補強コンクリート業界から広く情報を得ることでさらに内容が充実され、最新の繊維補強コンクリート技術の設計と仕様を反映された内容にしたと考えている。

また、ITA-techはこれらのコメントを受けてガイドラインの改訂をくり返し完成版を無償でリリースする予定である。

(T&T '15.9 担当: 篠原慶二・前田建設工業(株))

トルコ・イスタンブールで ユーラシアトンネル貫通

ユーラシアトンネルが2015年8月22日、トルコ首相以下来賓を迎えた式典にて貫通した。延長3.34km、掘削径13.66mのこの道路トンネルはヘレンクネヒト社の泥水TBMにより、11barの水圧の下、破碎岩や軟弱地盤の中を掘削した。

請負者はトルコのYapi Merkezi建設と韓国のSK建設によるJVで、発注元はトルコ運輸通信省である。

ヘレンクネヒト社は同トンネル建設にあたり、高水圧であることや、岩塊、破碎岩、硬岩などの硬い地質がある一方で、軟弱な地層もあり適宜切り替えなくてはならなかったことなどさまざまな困難を挙げた。

同工事で用いられた特製のセグメント可変ジョイントは日本で開発・試験されたもので、2か所の難所で用いられた。そのほかの通常の箇所でも、平均圧縮強度70MPaもの不透水性RCセグメントが現地生産されて使われた。さらなる難点は、シールド内部の気圧を維持しながら高水圧下でディスクカットを取り替えることであった。ヘレンクネヒト社によると、19inカットの交換には2~3時間を要し、全体で500個もの部品が掘進中に交換されたという。

(T&T '15.10 担当: 清水健志・鉄道・運輸機構)

ユークリッド・クリークトンネルが 予算内で完成

9月17日、オハイオ東北地方下水道局(NEORS)はユークリッド・クリークトンネルが予算を360万米ドル下回る金額で完成したと発表した。

延長5.5kmのユークリッド・クリークトンネルは地表面下60~70mに位置し、内径は7.3mである。トンネルは雨水と汚水合せて23万m³の貯水能力を有する。建設は2011年に始まり、2013年に完了した。

もともと1億9,800万米ドルのプロジェクトで、クリーン・レイクプロジェクトの一部として建設される一連の貯水トンネルの最初のトンネルであり、NEORSの25年間、30億米ドルのプログラムは地域の水域における未処理放流水を減少させる。

「われわれのエンジニアリング・建設チームは予算内でこのプロジェクトを完了させるため一生懸命取り組んだ。われわれは継続的にコスト削減を行い、顧客のお金を節減したため、ユークリッド・クリークトンネルは新しい財務ベンチマークとなる」とKellie Rotunno COOは述べた。

トンネルは2016年にトンネル排水機場が完成したうえで、完全な供用となる。NEORSによると、そのプロジェクトはNEORSにおいて、あるいはトンネル分野においてさまざまな記録を樹立した。

世界記録:

- ・岩盤におけるワンパス工法を用いたトンネル掘削・覆工プロセス

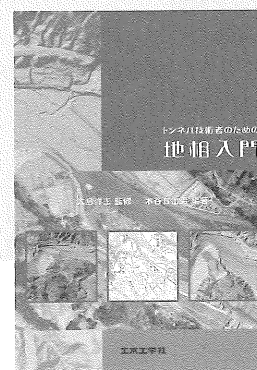
- ・プラスチック繊維補強コンクリートの使用

アメリカ記録:

- ・先端より先まで掘削する最深の柱列式連続壁

(T&T '15.10 担当: 山口洋介・鉄道・運輸機構)

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

《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 / マスムーブメント・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

図・表・写真
288点収録

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

一般社団法人

日本トンネル技術協会

会報

1. 会員の現状

	3月31日現在
個人会員	910名
団体会員	204名
推薦会員	207名
特別会員	8名
名誉会員	4名
賛助会員	216名
合計	1,549名

2. 平成27年度第5回理事会

日時：平成28年3月11日(金) 12:00~13:00

場所：一般社団法人日本トンネル技術協会会議室

出席者：理事10名，監事3名，代理出席1名，計14名
議事：

- ①設立40周年記念事業積立金の取崩について
- ②平成28年度定時総会の開催(平成28年6月14日(火) 16:00~17:00)および進行計画について
- ③平成28年度定時総会議案要綱について

3. 委員会の開催状況(3月1日~31日)

①運営広報委員会関係

◎総務委員会

・広報小委員会

会誌WG(3/2)

小山幸則主査ほか13名，4月号の会誌と3か月計画を検討

◎設立40周年記念実行委員会

・記念事業実行委員会(3/16)

木村宏委員長ほか26名，記念事業の結果を検討

・記念事業実行幹事会(3/24)

久多羅木吉治幹事長ほか7名，全体報告および50周年に向けての意見交換

◎国際委員会

・海外文献小委員会

海外ニュースWG(3/22)

清水健志主査ほか9名，海外文献の査読

対外広報WG(3/23)

清水健志主査ほか3名，原稿進捗状況の確認

計 5回開催 63名出席

②調査研究委員会関係

◎技術委員会

・安全環境小委員会打合せ(3/29)

佐溝時彦主査ほか5名，苦情調査方針を検討

・都市トンネル小委員会

シールド変遷史WG(3/18)

中村隆良副主査ほか22名，成果品の取扱いと確認を検討

・近接ガイドライン編集小委員会(3/1)

小山幸則委員長ほか23名，成果品・完成報告

◎受託研究特別委員会

・既設新設接合検討委員会(3/23)

二羽淳一郎委員長ほか28名，あと施工アンカーに関する実験中間報告を検討

・長期耐久性特別委員会小幹事会(3/7)

松岡茂幹事長ほか30名，計測現場視察および各種検討中間報告を検討

計 5回開催 113名出席

合計 10回開催 176名出席

4. 国際会議の開催予定

会議名	開催日	場所	主催者等
第42回ITA総会およびコンGRESS「Uniting Our Industry」	2016. 4.22~28	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.wtc2016.us/
第43回ITA総会およびコンGRESS「Surface problems -Underground solutions」	2017. 6. 9~15	ベルゲン(ノルウェー)	Norwegian Tunnelling Society, ITA(国際トンネル協会) http://www.wtc2017.no/ (論文募集中)
第44回ITA総会およびコンGRESS「Smart Cities : Managing the Use of Underground Space to Enhance the Quality of Life」	2018. 4.20~26	ドバイ(UAE)	Society of Engineers-UAE, ITA(国際トンネル協会) http://www.uaesocietyofengineers.com

*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

5. 平成28年度催物開催現況

(平成28年3月現在)

催物名	開催日	人数	場所	CPD取得単位
(施工体験発表会) 第78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—」	2016. 6.22	200	東京	
第79回(都市)「市街地におけるトンネル・地下構造物の築造技術」(講習会)	2016. 6.23	200	東京	
都市トンネルのための地盤改良講習会	2016. 5.18	40	東京	5.7

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

会員の皆様へお願い

各種異動届の提出はお済でしょうか。会誌の送付先など変更が生じた場合は速やかにご連絡くださいますようお願いいたします。また、新たにトンネルに携わる方にとって、会員になることは大変有意義と考えます。ぜひ加入の勧誘をお願いします。まだ、会員になられていない方もこの機会にぜひご加入をお願いします。なお、変更や入会の申し込み様式はホームページに掲載していますのでご参照ください。

また、当協会では、事業活動に対するご意見ご提案を受け付けています。会員の皆様のニーズを反映した諸活動を目指してまいりますので、下記メールアドレスに送信をお願いいたします。

メールアドレス webmaster@japan-tunnel.org

平成28年度定時総会のお知らせ

定款第14条の規程により平成28年度定時総会を下記のとおり開催いたします。会員の皆様には5月上旬にはご案内をお送りする予定です。総会議案の議決には、正会員総数の過半数の出席がなければ、議案を議決することができません。総会には、ご出席または委任状の提出による代理出席をお願いいたします。なお、総会議案は、ホームページに掲載いたしておりますのでご覧いただきますようお願いいたします。

—記—

日 時：平成28年6月14日(火) 16:00開会

場 所：弘済会館4階「菘」 千代田区麹町5-1 TEL:03-5276-0333

議 題：第1号議案 (報告事項)平成27年度事業報告について

第2号議案 (審議事項)平成27年度事業収支決算について

第3号議案 (報告事項)平成28年度事業計画について

第4号議案 (報告事項)平成28年度事業収支予算について

第5号議案 (審議事項)役員を選任について

※総会終了後、17:00から懇親会を同階で予定しています。

平成28年度施工体験発表会

恒例の現場技術者による施工体験発表会は、下記のとおり開催いたします。詳しくはWEBをご参照してください。

■第78回施工体験発表会(山岳)

開 催 日：平成28年6月22日(水)

開催場所：発明会館 地下ホール

テ ー マ：「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—」

趣 旨：近年、山岳トンネルは、新設、改良を問わず、難しい立地条件における高度な施工が求められているとともに、工事区域の住民や生態系などの環境への配慮も不可欠となっており、各種補助工法や新技術、創意工夫などの技術を駆使して施工がなされています。また、一方では、合理的かつ品質の良い構造物の施工も求められています。このため、今回は「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—」をテーマとし、これらを体験した方々に発表していただく予定です。

■第79回施工体験発表会(都市)

開 催 日：平成28年6月23日(木)

開催場所：発明会館 地下ホール

テ ー マ：「市街地における地下構造物の新設および改良工事—近接，拡幅，再構築等の施工事例—」

趣 旨：都市部の地下は、各種地下施設が輻輳しており、トンネルや地下構造物の新設に限らず既存インフラにおいても改良・再構築に際し、これらを避けるために近接施工や狭隘な作業条件下での工事を余儀なくされている。さらには市街地では、周辺住民の環境に対する関心がこれまで以上に高くなってきている。このため、今回は幅広く「市街地におけるトンネル・地下構造物の新設および改良工事—近接，拡幅，再構築等の施工事例—」をテーマとし、これらを体験した方々に発表していただく予定です。

都市トンネルのための地盤改良講習会のご案内

『トンネルと地下』で連載した「都市トンネルのための地盤改良工法」(平成26年6月～平成27年1月)をもとに講習会を開催することとなりました。

本講習会は、トンネル経験5～10年程度の中堅技術者を主な対象とし、実務経験豊かな講師陣により、沖積層、洪積層、第三紀層を対象とし、薬液注入工法、セメント固化改良工法、凍結工法、地下水低下工法について事例を含めて実施する予定です。都市部のトンネル工事に携わる技術者にとりまして、大変有意義な講習会と存じますので、多数ご参加くださいますようお願いいたします。

なお、本研修会は(公社)土木学会のCPDプログラムに認定(認定番号JSCE16-0165単位数5.7)されているほか、土木学会トンネル工学委員会後援事業でもあります。

—記—

開 催 日：平成28年5月18日(水) 10:00～17:00

会 場：日本印刷会館2階「201+202」

〒104-0041 中央区新富1丁目16番8号

プログラム：

10:00～10:20 はじめに

小山 幸則

立命館大学総合科学技術研究機構客員教授

10:20～10:40 薬液注入工法Ⅰ(概論)

赤木 寛一

早稲田大学理工学術院教授

10:40～11:20 薬液注入工法Ⅱ(事例)

仲山 貴司

(公財)鉄道総合技術研究所構造物技術研究部トンネル研究室副主任研究員

11:20～12:00 セメント固化改良工法Ⅰ(概論)

坂梨 利男

鹿島建設(株)土木設計本部地盤基礎設計部都市グループ長

12:00～13:00 昼休み

13:00～13:50 セメント固化改良工法Ⅱ(事例)

田中 博之

ケミカルグラウト(株)技術本部設計部設計課長

13:50～14:30 凍結工法Ⅰ(概論)

小椋 浩

(株)精研凍結本部技術設計部部長

14:30～14:40 休 憩

14:40～15:30 凍結工法Ⅱ(事例)

大館 良吉

(株)精研凍結本部技師長

15:30～16:30 地下水低下工法

高坂 信章

清水建設(株)基盤技術部地盤グループ主査

16:30～16:40 休 憩

16:40～17:00 まとめ，質疑応答，アンケート

小西 真治

東京地下鉄(株)鉄道本部工務部土木担当部長

定 員：40名

参 加 費：個人会員15,000円，団体会員17,000円，一般20,000円
(昼食代，テキスト代を含む)*申し込み方法など詳細は、協会ホームページ(http://www.japan-tunnel.org/event_japan)をご参照ください。

第43回ITA総会および国際トンネル会議(2017)の論文募集のお知らせ

国際トンネル協会

拝啓、時下ますますご清祥のこととお慶び申し上げます。また、日ごろから本会の事業活動には、種々ご支援、ご協力賜り誠にありがとうございます。

さて、このたびITAより標記会議の開催および論文の募集の案内がありましたのでお知らせ致します。奮ってご応募いただきますようお願い致します。

—記—

会議開催期間：平成29年6月9～15日

場 所：ベルゲン(ノルウェー)

主 催：ノルウェートンネル協会(Norwegian Tunnelling Society)
国際トンネル協会(ITA)

会議テーマ：「Surface challenges - underground solutions」 URL：http://www.wtc2017.no/

論文募集のトピックス：

1. Site investigation, ground characterization
2. Urban tunneling (planning, design and construction)
3. Strategic use of underground space for resilient city growth
4. Utilization of underground for hydropower projects (unlined tunnels and shafts, underwater piercing, air cushion chambers)
5. Mechanized excavation (hard rock, soft rock and soil)
6. Innovations in drill and blast excavation
7. Large caverns (planning, design and construction)
8. Underwater tunnels (strait crossings for road and railway, utility tunnels)
9. Tunnelling for mining purposes
10. Underground waste storage and disposal
11. Innovations in rock support and water proofing technology
12. Operation, surveillance and maintenance
13. Safety management of complex underground excavations
14. Stability assessment, risk analysis and risk management
15. Seismic design of tunnels and underground excavations
16. Tunnel refurbishment
17. Case histories - lessons learnt

論文概要および本論文提出のスケジュール(現地時間)：

手続きはウェブサイトとE-mailで行います。

論文概要提出受付締切り：平成28年6月15日

論文概要採否通知：平成28年10月1日

本論文提出締切り：平成29年1月15日

本論文採否通知：平成29年3月14日

本論文種別通知：平成29年4月15日

論文概要の応募要領：

- ①概要 要：英文200words(前記のトピックスの内容に沿って作成すること)
- ②提出先：世界トンネル会議2017年ウェブサイト概要提出ページ
https://www.rifu-events.com/wtc2017/
- ③問い合わせ先：一般社団法人日本トンネル技術協会 担当：関(noriko.seki@japan-tunnel.org)
〒104-0041東京都中央区築地2-14-7 築地MKビル6F TEL：03-3524-1755

「ITAトンネル大賞(ITA Tunnelling Awards-2016)」募集のご案内

国際トンネル協会

国際トンネル協会(International Tunnelling and Underground Space Association)主催の第2回「Tunnelling Awards」の応募要項は下記のとおりです。奮ってご応募ください。

—記—

- 応募項目：1)年間優秀事業(工事規模：500Mユーロ以上)
2)年間優秀掘削事業(工事規模：50Mユーロから500Mユーロ)
3)年間優秀主要事業(工事規模：50Mユーロ以上)
4)年間優秀補修・補強事業
5)年間優秀技術革新
6)年間優秀環境対策
7)年間優秀安全対策
8)年間地下空間利用の革新
9)年間優秀若手トンネル技術者

応募締め切り：2016年5月30日(月)

申し込み方法：https://awards.ita-aites.org/

申し込み先：ITA事務局

ITA-AITES c/o EPFL-Bat GC-Station 18, CH-1015 Lausanne, Switzerland

E-mail：secretariat@ita-aites.org

ウェブサイト：www.ita-aites.org

表彰式ならびに受賞祝賀会：2016年11月10, 11日

場 所：シンガポール

問い合わせ先：一般社団法人日本トンネル技術協会 関

〒104-0045 中央区築地2-11-26 築地MKビル6階

TEL：03-3524-1755 FAX：03-5148-3655

E-mail：noriko.seki@japan-tunnel.org

新刊図書案内

図書名：都市部近接施工ガイドライン<図書番号 201504>

体 裁：A4判, 370頁

頒布価格：個人会員4,500円, 団体会員5,000円, 一般6,000円

(消費税込み, 送料実費負担となります。)

申し込み：TEL：03-3524-1755, FAX：03-5148-3655または, E-mail：book@japan-tunnel.orgにてお申し込みください。担当：米田

本書は、平成11年度発刊の『地中構造物の建設に伴う近接施工指針』の改訂版として、最新の事例・技術を反映したものです。発注参考図書として提示している機関に対しては、本書を紹介していただくようお願いします。

※成果品の内容については、本協会ホームページ「新刊・近刊図書案内」を参照ください。

6月号予告[6月1日発売予定]

- 国道45号 吉浜釜石道路
- 北海道新幹線 村山トンネル
- 東京メトロ浸水対策
- 広深港高速鉄道 XRL825トンネル
- 寧波市鉄道交通地下鉄3号線

【連載講座】

- トンネル新技術への挑戦(7)

*内容等は変更になる場合がございます

編集後記

◆少し前の話になりますが、2月の中旬に岐阜と富山へ車で旅行に行っていました。その際、「安房トンネル」や「飛驒トンネル」を通過してきました。本誌に掲載されたトンネルを通過するたびのそのころの編集を思い出され、編集者としては親近感がさらに増します。旅行中、安房トンネル近傍で日帰り温泉をネットで検索したところ「ひらゆの森」(<http://www.hirayunomori.co.jp/>)という入浴料500円の温泉を発見しました。500円なのであまり期待せずに訪れましたが、施設の充実にびっくりしました。私の知る限りではコストパフォーマンスNo.1の温泉です。万一、近くを訪れる機会がございましたらぜひ立ち寄ってみてください。

◆3月26日に北海道新幹線・新青森・新函館北斗間149kmが開業いたしました。本誌ではそれを記念いたしまして該当区間の総まとめを掲載いたしました(7頁参照)。また、表紙写真には青函トンネルからH5系新幹線がまさに通過するところの写真を採用しました(H5系のHは「Hokkaido Railway Company」の頭文字です)。かつて昭和63年に企画しました「青函トンネル開業記念特集号」(Vol.19, No.4)では同じく青函トンネルから列車が通過するところの写真を表紙写真に採用しました。ただし、そのときの列車は特急「はつかり」でした。北海道新幹線の開業は、津軽海峡線の開業から28年、昭和21年の青函トンネル建設に伴う地質調査から数えればなんと70年も経ちます。本誌も一つでも多くトンネル工事を掲載し、後世に歴史を刻んでいけるようこれからも努めてまいります。

(LY)

★購読の申し込み、または、送付先変更などの問い合わせは(株)土木工学会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47巻 第5号(通巻549号)

ISSN 0285-631X

Tonneru to chika

平成28年4月20日 印刷

平成28年5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 株式会社土木工学会社

〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16番地メイジャー神楽坂

TEL: 03-3267-2888

FAX: 03-3267-2807

http://www.tunnel.ne.jp

発行人 山本 育徳

編集人 山本 勝誉

印刷 新協印刷株式会社

本誌の購読について

■購読をご希望の方は、書店または土木工学会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

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

トンネル二次覆工型枠総合メーカー

スパイダー打設システム
特許 第4083308号
NETIS登録 KT120099-A

トンネル天端部
懸垂パイプレタ締固め工法
NETIS登録 KK-120003-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

型枠パイプレタ
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	28	0
NEXCO	6	1
地方自治体	25	4
鉄道・運輸機構	1	0

平成28年4月1日 現在

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

一步前進! ~限らない未来への挑戦~



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

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い解説を与えた。



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酸欠・有害ガス・ガス爆発・湧水などの建設災害について、著者の経験を交えながらまとめた。



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・F.W.シュワルツ 共著, 地下水の科学研究会・大西有三 監訳

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



第I巻 地下水の物理と化学
4,078円+税 B5判

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囲にわたり掲載した。シールドトンネルの計画・設計・施工に用いるときに参照しやすくまとめた。



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

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



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・斉藤正忠・北川 隆 共訳
9,800円+税 B5判

岩盤内に地下空洞の設計を行うための地盤工学上の基本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・矢嶋壯吉 共著
4,300円+税 A5判

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



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病や有害環境条件、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事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

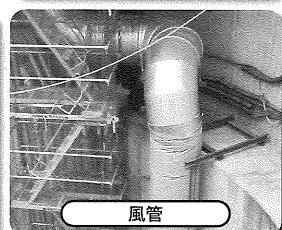
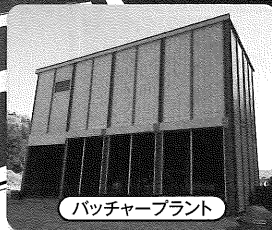
ご注文は当社へFAXまたは、書店にてお申し込みください。FAXでご注文の際は、書名、部数、送り先、氏名、電話番号を明記のうえ下記までお送りください。

(株)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

TKK

トンネル・地下工事で使用される 資・機材のリース・販売。 確かな技術と豊富な実績で 様々なニーズにお応えいたします。

東京機材工業は創業以来、国内外のプロジェクトにおいて資・機材の受注製作はもとより、各種多彩なリースや保守管理も担っております。ご要望や用途に応じた資・機材の検討から納品まで一貫体制をとっており、的確できめ細か、かつ迅速に対応できる体制を整えています。



主な取扱商品

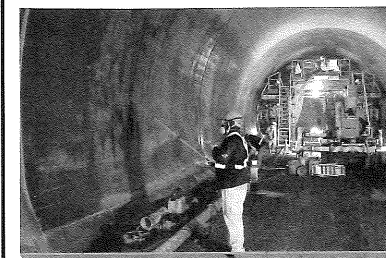
受注製作品
支保工材、架設架台、鋼構造物、風管 他

リース商品
パッチャープラント、ターンテーブル、タイヤ泥落とし装置
水処理装置、配管材、汎用機材各種 他



TKK 東京機材工業株式会社
<http://www.t-kizai.co.jp>

- | | | |
|--------|---|-----------------------------------|
| 本社 | 〒103-0022 東京都中央区日本橋室町1-9-12 共同ビル3階 | TEL 03-3245-1001 FAX 03-3245-0160 |
| 大阪支店 | 〒541-0042 大阪府大阪市中央区今橋3-2-20 洪庵日生ビル8階 | TEL 06-6121-6261 FAX 06-6121-6241 |
| 東北支店 | 〒980-0023 宮城県仙台市青葉区北目町1-18 ビースビル北目町4階 | TEL 022-738-7011 FAX 022-748-7881 |
| 九州支店 | 〒812-0011 福岡県福岡市博多区博多駅前2-2-1 福岡センタービル8階 | TEL 092-432-0501 FAX 092-432-0504 |
| 名古屋営業所 | 〒460-0003 愛知県名古屋市中区錦2-19-1 名古屋鴻池ビルディング13階 | TEL 052-228-6441 FAX 052-228-6442 |



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

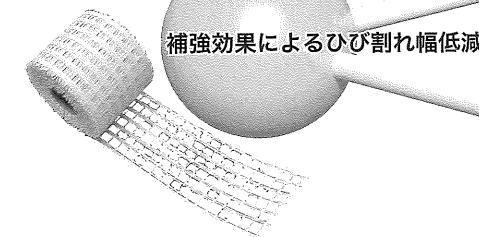
NETIS登録番号 SK-080003-V



コンクリート混入・コンクリート用膨張材
ハイパーエクスパン

NETIS登録番号 QS-020033-V

コンクリート収縮抑制

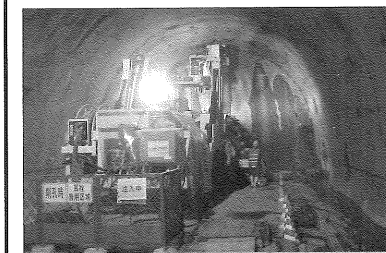


養生効果



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
	瞬結工法用無機懸濁型 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
裏込材	プレミックス裏込用充填材	太平洋フォルトカバー

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

できるをつくる。～デンカ100周年～ デンカのトンネル関連技術

驚異の低粉じん吹付け

デンカクリアショット NETIS:KT-080020A

デンカナトミックLSA (酸性液体急結剤)

デンカナトミックUSS (粉体助剤 $F_c=18N/mm^2$ 用)

デンカナトミックHSS (粉体助剤 $F_c=36N/mm^2$ 用)

- ・脅威の低粉じん吹付けで労働環境、作業性が改善
- ・リターナブルコンテナにより廃棄物・環境負荷低減
- ・確かな初期強度、長期強度発現性
- ・付着性が高く、跳ね返りが少ない
- ・湧水、低温にも強く、粉体急結剤と同等の吹付け性状

瞬結・初期高強度吹付け

デンカシグマショットSH (専用高強度混和材)

デンカナトミック TYPE-10S (専用急結剤)

- ・吹付け後10分で $3N/mm^2$ 、3時間で一般吹き付けの24時間強度(概ね $8N/mm^2$)、28日で2倍以上の強度が得られます

トンネル関連製品

吹付けコンクリート用混和剤

デンカライフセッター：吹付けコンクリート用凝結調整剤

FTN-30：吹付けコンクリート用高性能減水剤

トンネル補助工法

デンカES/ES-L：無公害なセメント系土質安定用急硬材

デンカコロイダルセメント：微粒子セメント

デンカコロイダルスーパー：超微粒子セメント

デンカPモル：注入式ロックボルト定着材

小型吹付け

PFモルタルTYPE-K：小断面、TBM、シールド工用吹付け

裏込注入工法

デンカクリーニンググラウト：非エア系可塑性モルタル

覆工コンクリート補修

デンカワンステップガード工法：工期短縮型はく落防止工法

NAV-G工法：可視型はく落防止工法 (NEXCO規格対応)

NAV-G工法(UV仕様)：坑口・坑門部、明かり部対応
可視型はく落防止工法 (NEXCO規格対応)

トンネル・土砂捨場用コルゲート管

トヨドレン：軽量で施工がしやすく、耐薬品性、耐衝撃性に優れています

信頼の粉体急結剤

デンカナトミック TYPE-5 (一般吹付け・高品質吹付け)

デンカナトミック TYPE-10 (高強度吹付け)

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

粉体急結剤用粉じん低減剤

クリアップ2：主に天然砂配合コンクリートに適用

クリアップ3：主に砕砂配合コンクリートに適用

クリアップα (NETIS:KT-080020A)

- ：スランプの出難い種類の砂に対しても適度な粘性とスランプを付与します



覆工のひび割れ対策

デンカパワー-CSATYPE-T

トンネル覆工コンクリート用膨張材

デンカクラッコフ

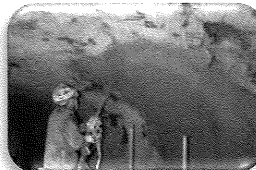
有機無機複合型被膜養生剤

GRACE Microfiber

爆裂防止・ひび割れ抑制 ポリプロピレン短繊維

中流動コンクリート用混和剤

ADVA-PLUS：後添加型 ※JIS対応



Denka

デンカ株式会社

(旧社名：電気化学工業株式会社)

東京都中央区日本橋室町2-1-1

インフラ・無機材料部門

特殊混和材部 トンネル材料G

TEL: 03-5290-5558

FAX: 03-5290-5085



デンカビッグスワンスタジアム

DENKA BIG SWAN STADIUM



Denkaは「デンカビッグスワンスタジアム」のネーミングライツパートナーです

定価 1,620円

本体価格1,500円

雑誌06619-5



4910066190569

01500